

## 2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋

### 2.6.1 基本設計

#### 2.6.1.1 設置の目的

既設1～4号機の原子炉建屋，タービン建屋（コントロール建屋及び，2，3号機海水配管トレンチ・立坑<sup>※1</sup>を含む），廃棄物処理建屋には，高レベル放射性汚染水（以下，「滞留水」という。）が滞留している。また，集中廃棄物処理建屋のうち，プロセス主建屋，雑固体廃棄物減容処理建屋（以下，「高温焼却炉建屋」という。）は，1～4号機のタービン建屋の滞留水を移送するための受け入れ先とするものであることから，各建屋の滞留水の状況を適切に監視し，放射性物質の建屋外への漏えいを防止するための機能を満足する設備とする。

※1：立坑とは，規模の大きな地中構造物のうち，比較的深い（10m程度）「縦の坑道」をいう。

#### 2.6.1.2 要求される機能

- (1) 建屋等に滞留する滞留水の状況を監視できる機能を有し，建屋等の外への漏えいを防止できる機能を有すること。
- (2) 汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合にも，建屋等の外への漏えいを防止できるよう水位を管理できること。
- (3) 滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出を抑制・管理できる機能を有すること。
- (4) 建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能を有すること。

#### 2.6.1.3 設計方針

- (1) 建屋等の滞留水の状況を監視できる機能を有し，建屋等の外への漏えいを防止できる機能を有する設計とする。

具体的には，建屋等の滞留水の状況を監視できる機能として，水位計を設置する。また，各建屋からの滞留水の漏えいを防止するために，建屋に滞留する滞留水の水位が地下水の水位よりも低くなるように管理する必要があること，地下水の水位は，サブドレン水<sup>※2</sup>の水位により確認していることから，建屋近傍の適切なサブドレンに水位計を設置する。

※2：サブドレン水とは，建屋周辺の地下水をいう。

- (2) 汚染水処理設備の長期間の停止，豪雨等があった場合にも，建屋等の外への漏えいが

防止できるよう水位を管理する。

具体的には、汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、タービン建屋等の水位を余裕のある水位に維持することにより管理する。また、プロセス主建屋、高温焼却炉建屋については、受け入れを停止すれば問題とならない。また、1～4号機の滞留水が急激に増加した場合、タービン建屋の復水器等に貯留する。

- (3) 滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出を抑制・管理できる機能を有する設計とする。

具体的には、滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため、可能な限り地下開口部の閉塞を行い、必要に応じて各建屋についてダストサンプリングを実施する。

- (4) 建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能を有する設計とする。

具体的には、サブドレン水のサンプリングの測定箇所を適切に設定し、定期的に測定する。

- (5) 必要に応じて、貯留または滞留している滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理が適切に行える機能を有する設計とする。

具体的には、滞留水を建屋内に貯蔵した後に水素濃度測定を実施し水素の滞留のないことを確認する。また、念のため、必要に応じて換気口を設けるなど水素の滞留を抑制する。

- (6) 環境条件に対する設計上の考慮は、次の通りとする。

海水による影響については、「Ⅲ. 3. 1. 3. 1. 2(5) 1～4号機原子炉建屋の点検について及び、同 添付資料-6 コメント回答③」に記載している。

- (7) 電源停止に対する設計上の考慮は、次の通りとする。

全電源喪失による水位の遠隔監視機能が喪失の場合でも、これまでの実績から地下水の流入及び原子炉注水による水位の上昇は緩慢なものであり、水位のシミュレーションも可能である。また、交流電源を使用しない別の水位計により電源復旧までの間、手動での水位計測も可能である。以上のことから、漏えい防止の水位監視機能は喪失しないことから、安全上の問題は生じない。

- (8) 信頼性に対する設計上の考慮は、次の通りとする。

建屋等の外への漏えいを防止できる機能については、多重性を持たないが、滞留水を貯留する機能については、1～4号機各建屋の滞留水をプロセス主建屋、高温焼却炉建屋に



移送することができ、更に、タービン建屋の復水器等にも移送が可能であり、それぞれ独立した設備であることから多重性、独立性を有している。

(9) 検査可能性に対する設計上の考慮は、次の通りとする。

建屋そのものの構造・強度の健全性については、直接的には、水没部が高線量であり確認することは出来ないが、類似箇所からの類推評価や解析により健全性を評価することが可能である。

また、建屋の滞留水を貯留する能力については、滞留水の水位制御により担保されていることから、水位が規定の値に制御されていることにより能力が保たれていることを確認することが可能である。また、建屋周囲のサブドレン水の放射能濃度を計測することにより、漏えいがないことを確認でき、滞留水の地下水への漏えいのないことを確認可能である。

(10) 建屋等内に滞留する滞留水の増加抑制及び滞留水漏えいリスク低減にかかる方針は、次の通りとする。

滞留水の増加抑制及び滞留水漏えいリスク低減を図るためには、今後、地下水位を管理し地下水の流入を抑制し滞留水の水位を下げタービン建屋、原子炉建屋、廃棄物処理建屋内にある滞留水を処理する必要がある。このため、地下水バイパス、トレンチ止水等の方策を検討する。

#### 2.6.1.4 供用期間中に確認する項目

(1) 建屋等の外への滞留水の漏えいを防止できる機能を有すること

#### 2.6.1.5 主要な機器

(1) 設備概要

滞留水を貯留している建屋等は、集中廃棄物処理建屋のうち、滞留水を貯留するプロセス主建屋、高温焼却炉建屋と、滞留水が滞留する1～4号機の原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋で構成する。

各号機の建屋等について設計内容を目標ごとに以下に記載する。

(2) プロセス主建屋

プロセス主建屋に貯留する滞留水は、1号機、2号機、3号機及び4号機から滞留水移送装置（移送ポンプ、ポリエチレン管等）で移送され、汚染水処理設備で処理されることにより水位調整を行う。移送については、移送元の1～4号機の水位や移送先となる集中廃棄物処理建屋の水位の状況を考慮し実施する。

プロセス主建屋について、以下のとおり設計する。

a. 滞留水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として、水位計を設置し、建屋内水位を監視する。

また、建屋からの漏えいを防止する機能として、以下について実施する。

(a) 貫通部の止水

漏えいの経路となり得る当該建屋の系外への貫通部に適切な止水を実施する。

(b) 外壁、床面等の亀裂からの漏えい対策

亀裂等からの漏えい対策として、外壁、床面等の亀裂や浸潤などにひび割れ補修を実施する。

(c) 建屋に貯留する滞留水の水位管理

建屋に貯留する滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するため、建屋近傍の適切なサブドレンに水位計を設置する。

(d) コンクリート壁中における放射性物質の拡散について

建屋のコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性があるため、拡散評価を行う。

(e) サイトバンカ建屋における滞留水の対応について

プロセス主建屋に隣接するサイトバンカ建屋においては、地下に滞留している水に放射能が検出されていることから、プロセス主建屋に貯留する滞留水が両建屋間を繋ぐ階段室を介し流入した可能性は否定できない。

このため、サイトバンカ建屋の滞留水は適宜プロセス主建屋へ移送する。

また、サイトバンカ建屋近傍のサブドレン水の水位及び放射能濃度を監視する。

b. 汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、受け入れ元であるタービン建屋等の水位を余裕のある水位に維持する。このことから、プロセス主建屋への受け入れを停止すれば問題とならない。また、1～4号機の滞留水が急激に増加した場合、タービン建屋の復水器等に貯留する。

c. 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため、可能な限り地下開口部の閉塞を行う。また、必要に応じてプロセス主建屋についてもダストサンプリングを実施する。

なお、水の放射線分解により建屋内に水素が発生した場合の対策として設置する局所排風機は、チャコールフィルタ、高性能粒子フィルタを通して排気するものとする。

d. 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として、サブドレン水のサンプリングの測定箇所を適切に設定し、定期的に測定する。

e. 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

滞留水を建屋内に貯蔵した後に水素濃度測定を実施し、水素の滞留のないことを確認する。また念のため、水の放射線分解により建屋内に水素が発生した場合の対策として、建屋上部より吸気して排気する局所排風機を設置する。

なお、滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため地下開口部を閉塞する部位については、可燃性ガスが滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合、対策を実施する。

(3) 高温焼却炉建屋

高温焼却炉建屋に貯留する滞留水は、1号機、2号機、3号機及び4号機から滞留水移送装置（移送ポンプ、ポリエチレン管等）で移送することにより受け入れ、汚染水処理設備により処理することにより水位調整を行う。移送については、移送元の1～4号機の水位や移送先となる集中廃棄物処理建屋の水位の状況を考慮し実施する。

高温焼却炉建屋について、以下のとおり設計する。

a. 滞留水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として、水位計を設置し、建屋内水位を監視する。

また、建屋からの漏えいを防止する機能として、以下について実施する。

(a) 貫通部の止水

漏えいの経路となり得る当該建屋の系外への貫通部に適切な止水工事を実施する。

(b) 外壁、床面等の亀裂からの漏えい対策

亀裂等からの漏えい対策として、外壁、床面等の亀裂や浸潤などにひび割れ補修を実施する。

(c) 建屋に貯留する滞留水の水位管理

建屋に貯留する滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理する。そのため、建屋近傍の適切なサブドレンに水位計を設置する。

(d) コンクリート壁中における放射性物質の拡散について

建屋のコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性があるため、拡散評価を行う。

(e) 隣接する地下通路への滞留水の漏えい対応について

高温焼却炉建屋の滞留水は、隣接する地下通路に漏えいしていることが確認されたが地下通路部の水位の方が高いことから漏えいは抑制されていると考える。念のため、高温焼却炉建屋近傍のサブドレン水の水位及び放射能濃度を監視する。

b. 汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、受け入れ元であるタービン建屋等の水位を余裕のある水位に維持する。このことから、高温焼却炉建屋への受け入れを停止すれば問題とならない。また、1～4号機の滞留水が急激に増加した場合、タービン建屋の復水器等に貯留する。

c. 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため、可能な限り地下開口部の閉塞を行う。また、必要に応じてプロセス主建屋についてもダストサンプリングを実施する。

なお、水の放射線分解により建屋内に水素が発生した場合の対策として設置する局所排風機は、チャコールフィルタ、高性能粒子フィルタを通して排気するものとする。

d. 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として、サブドレン水のサンプリングの監視箇所を適切に設定し、定期的に測定する。

e. 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

滞留水を建屋内に貯蔵した後に水素濃度測定を実施し、水素の滞留のないことを確認する。また念のため、水の放射線分解により建屋内に水素が発生した場合の対策として、建屋上部より吸気して排気する局所排風機を設置する。

なお、滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため地下開口部を閉塞する部位については、可燃性ガスが滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合、対策を実施する。

(4) 1号機

1号機の滞留水については、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋に滞留しており、原子炉建屋から主に廃棄物処理建屋を通して2号機廃棄物処理建屋へ流出するとと

もに、タービン建屋にも流出する場合がありますと考えられる。これらの滞留水は、1号機原子炉建屋・タービン建屋から3号タービン建屋または集中廃棄物処理建屋へ滞留水移送装置（移送ポンプ、ポリエチレン管等）を通じて移送することにより水位調整を行う。また、1号機タービン建屋の滞留水については、水位状況に応じて1号機廃棄物処理建屋へ滞留水移送装置（移送ポンプ、ポリエチレン管等）を通じて2号機タービン建屋に移送する。移送については、移送元の各建屋の水位及び移送先の各建屋水位を考慮し実施する。1号機の各建屋について、以下のとおり設計する。

a. 滞留水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋に水位計を設置し滞留水の水位を監視する。

また、建屋からの漏えいを防止する機能として、以下について実施する。

(a) 建屋内滞留水の水位管理

建屋内滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するため、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋の滞留水と適切な測定箇所のサブドレンに水位計を設置する。

また、地下水バイパスにより建屋周辺の地下水の水位を低下させる場合においても、建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

さらに、地下水による海洋汚染拡大防止を図るため1～4号機の既設護岸の前面に遮水壁を設置した場合においても、建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

(b) コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋のコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性があるため、拡散評価を行う。

b. 汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、1号機の滞留水が流入する2号機タービン建屋等の水位を、余裕のある水位に維持する。また、1～4号機の滞留水が急激に増加した場合、タービン建屋の復水器等に貯留する。

c. 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため、タービン建屋及び廃棄物処理建屋について、可能な限り地下開口部の閉塞を行い、原子炉建屋上部及び必要に応じてタービン建屋、廃棄物処理建屋についてダストサンプリングを実施する。

d. 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として、サブドレン水のサンプリングの測定箇所を適切に設定し、定期的に測定する。

e. 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため地下開口部を閉塞の後、滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合、対策を実施する。

(5) 2号機

2号機の滞留水については、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋に滞留しており、各建屋間において水位状況に応じた滞留水の連動があり、2号機原子炉建屋・タービン建屋・廃棄物処理建屋から3号機タービン建屋または集中廃棄物処理建屋へ滞留水移送装置（移送ポンプ、ポリエチレン管等）を通じて移送することにより水位調整を行う。移送については、移送元の各建屋の水位及び移送先の各建屋水位を考慮し実施する。2号機の各建屋について、以下のとおり設計する。

a. 滞留水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋に水位計を設置し滞留水の水位を監視する。

また、建屋からの漏えいを防止する機能として、以下について実施する。

(a) 建屋内滞留水の水位管理

建屋内滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するため、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋の滞留水と適切な測定箇所のサブドレンに水位計を設置する。

また、地下水バイパスにより建屋周辺の地下水の水位を低下させる場合においても、建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

T. P. 2, 564mm\* (O. P. 4, 000mm) に開口部を有する立坑については閉塞する。

さらに、地下水による海洋汚染拡大防止を図るため1～4号機の既設護岸の前面に遮水壁を設置する場合においても、建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

(b) コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋のコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性があるため、拡散評価を行う。

b. 汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏

えい防止

汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、タービン建屋等の水位を、余裕のある水位に維持し、滞留水が急激に増加した場合の海洋への放出リスクの高まる T.P. 2, 564mm※(O.P. 4, 000mm)までの余裕を確保する。また、1～4号機の滞留水が急激に増加した場合、タービン建屋の復水器等に貯留する。

c. 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため、タービン建屋及び廃棄物処理建屋について、可能な限り地下開口部の閉塞を行い、原子炉建屋上部及び必要に応じてタービン建屋、廃棄物処理建屋についてもダストサンプリングを実施する。

d. 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として、サブドレン水のサンプリングの測定箇所を適切に設定し、定期的に測定する。

e. 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため地下開口部を閉塞の後、滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合、対策を実施する。

(6) 3号機

3号機の滞留水については、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋に滞留しており、3/4号機の各建屋間において水位状況に応じた滞留水の連動がある。また、1号機および2号機から滞留水移送装置で移送された滞留水が流入する。これらの滞留水は3号機原子炉建屋・タービン建屋・廃棄物処理建屋から4号機タービン建屋、集中廃棄物処理建屋へ滞留水移送装置(移送ポンプ、ポリエチレン管等)で移送することにより水位調整を行う。移送については、移送元の各建屋の水位及び移送先の各建屋水位を考慮し実施する。3号機の各建屋について、以下のとおり設計する。

a. 滞留水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋に水位計を設置し滞留水の水位を監視する。

また、建屋からの漏えいを防止する機能として、以下について実施する。

(a) 建屋内滞留水の水位管理

建屋内滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するた

め、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋の滞留水と適切な測定箇所のサブドレンに水位計を設置する。

また、地下水バイパスにより建屋周辺の地下水の水位を低下させる場合においても、建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

T. P. 2, 564mm<sup>\*</sup>(O. P. 4, 000mm)に開口部を有する立坑については閉塞する。

さらに、地下水による海洋汚染拡大防止を図るため1～4号機の既設護岸の前面に遮水壁を設置する場合においても、建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

(b) コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋のコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性があるため、拡散評価を行う。

b. 汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、タービン建屋等の水位を、余裕のある水位に維持し、滞留水が急激に増加した場合の海洋への放リスクの高まる T. P. 2, 564mm<sup>\*</sup>(O. P. 4, 000mm)までの余裕を確保する。また、1～4号機の滞留水が急激に増加した場合、タービン建屋の復水器等に貯留する。

c. 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため、タービン建屋及び廃棄物処理建屋について、可能な限り地下開口部の閉塞を行い、原子炉建屋上部及び必要に応じてタービン建屋、廃棄物処理建屋についてもダストサンプリングを実施する。

d. 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として、サブドレン水のサンプリングの測定箇所を適切に設定し定期的に測定する。

e. 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため地下開口部を閉塞の後、滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合、対策を実施する。



(7) 4号機

4号機の滞留水については、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋に滞留しており、3/4号機の各建屋間において水位状況に応じた滞留水の連動があり、3号機タービン建屋または4号機原子炉建屋・タービン建屋・廃棄物処理建屋から滞留水移送装置（移送ポンプ、ポリエチレン管等）で集中廃棄物処理建屋へ移送することにより水位調整を行う。移送については、移送元の各建屋の水位及び移送先の各建屋水位を考慮し実施する。4号機の各建屋について、以下のとおり設計する。

a. 滞留水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋に水位計を設置し滞留水の水位を監視する。

また、建屋からの漏えいを防止する機能として、以下について実施する。

(a) 建屋内滞留水の水位管理

建屋内滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するため、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋の滞留水と適切な測定箇所のサブドレンに水位計を設置する。

また、地下水バイパスにより建屋周辺の地下水の水位を低下させる場合においても、建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

T.P. 2, 564mm※(O.P. 4, 000mm)に開口部を有する立坑については閉塞する。

さらに、地下水による海洋汚染拡大防止を図るため1～4号機の既設護岸の前面に遮水壁を設置する場合においても、建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

(b) コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋のコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性があるため拡散評価を実施する。

b. 汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、タービン建屋等の水位を、余裕のある水位に維持し、滞留水が急激に増加した場合の海洋への放出リスクの高まる T.P. 2, 564mm※(O.P. 4, 000mm)までの余裕を確保する。また、1～4号機の滞留水が急激に増加した場合、タービン建屋の復水器等に貯留する。

c. 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため、タービン建屋及び廃棄物処理建屋について、可能な限り地下開口部の閉塞を行い、必要に応じて原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋についてもダストサンプリングを実施

する。

d. 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として、サブドレン水のサンプリングの測定箇所を適切に設定し、定期的に測定する。

e. 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため地下開口部を閉塞の後、滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合、対策を実施する。

※構内基準点沈下量（-709mm，平成26年3月測量）とO.P.からT.P.への換算値（-727mm）の和（-1,436mm）により換算。

水位は、「2.35 サブドレン他水処理施設 添付-11 別紙-7 サブドレン及び建屋滞留水水位への測量結果の反映について」に基づき、計測する。

#### 2.6.1.6 自然災害対策等

(1) 津波

津波対策は、「Ⅲ.3.1.3.2 津波への対応」に記載している。

(2) 豪雨・台風

豪雨・台風対策は、「Ⅲ.3.1.4.1 台風・豪雨について」に記載している。

(3) 竜巻

竜巻対策は、「Ⅲ.3.1.4.2 竜巻について」に記載している。

(4) 火災

建屋内の各設備においては、設備毎に必要な火災対策を実施している。また、滞留水を貯留・滞留している建屋地下エリアは、火気作業が無いため火災が発生するリスクが低く、仮に火災が発生したとしても、滞留水の貯留機能に影響はないことから、追加の火災対策は不要である。

## 2.6.1.7 構造強度及び耐震性

### (1) プロセス主建屋

#### a. 東北地方太平洋沖地震後の地震応答解析，点検による確認

プロセス主建屋は耐震Bクラスであり，今回の東北地方太平洋沖地震及びその余震を経験したものの，弾性範囲の挙動を示したものと考えられるが，構造物としての健全性が維持されていることについて，地震応答解析，点検により確認を行う。

#### b. 地下階への貯水後における耐震安全性評価

大量（満水）の滞留水を貯蔵する荷重条件に対し，参考に基準地震動 $S_s$ に対して，構造強度を満足することを確認する。

### (2) 高温焼却炉建屋

#### a. 東北地方太平洋沖地震後の地震応答解析，点検による確認

高温焼却炉建屋は耐震Bクラスであり，今回の東北地方太平洋沖地震及びその余震を経験したものの，弾性範囲の挙動を示したものと考えられるが，構造物としての健全性が維持されていることについて，地震応答解析，点検により確認を行う。

#### b. 地下階への貯水後における耐震安全性評価

大量（満水）の滞留水を貯蔵する荷重条件に対し，参考に基準地震動 $S_s$ に対して，構造強度を満足することを確認する。

### (3) 1～4号機

#### a. 東北地方太平洋沖地震後の地震応答解析

原子炉建屋は耐震Sクラス，タービン建屋，廃棄物処理建屋は耐震Bクラスであり，今回の東北地方太平洋沖地震及びその余震を経験したものの，弾性範囲の挙動を示したものと考えられるが，原子炉建屋とタービン建屋は構造物としての健全性が維持されていることについて，地震応答解析により確認を行う。

#### b. 地下階への貯水後における耐震安全性評価

大量（満水）の滞留水を貯蔵する荷重条件に対し，原子炉建屋について，基準地震動 $S_s$ に対して，構造強度を満足することを確認する。

また，参考に，タービン建屋，廃棄物処理建屋について，基準地震動 $S_s$ に対して，構造強度を満足することを確認する。

## 2.6.2 添付資料

### 添付資料－1 系統概略図

- 添付資料－ 2 構造強度及び耐震性
- 添付資料－ 3 地下水バイパスによる地下水流入量の低減
- 添付資料－ 4 プロセス主建屋の貫通部の止水措置
- 添付資料－ 5 プロセス主建屋の健全性 ひび割れ等の漏えい対策
- 添付資料－ 6 プロセス主建屋の建屋外への放射性物質移行量の評価
- 添付資料－ 7 高温焼却炉建屋の貫通部の止水措置
- 添付資料－ 8 高温焼却炉建屋の健全性 ひび割れ等の漏えい対策
- 添付資料－ 9 高温焼却炉建屋の建屋外への放射性物質移行量の評価
- 添付資料－ 1 0 1～4号機の各建屋外への放射性物質移行量の評価
- 添付資料－ 1 1 建屋等内に滞留する滞留水の増加抑制及び滞留水漏えいリスク低減にかか  
る方針
- 添付資料－ 1 2 汚染水処理対策委員会で議論された汚染水処理問題の抜本対策
- 添付資料－ 1 3 汚染された地下水の港湾への流出抑制策等について
- 添付資料－ 1 4 陸側遮水壁設置による地下水流入量の低減
- 添付資料－ 1 5 陸側遮水壁の閉合について
- 添付資料－ 1 6 陸側遮水壁（山側ライン）の試験凍結の実施

系統概略図

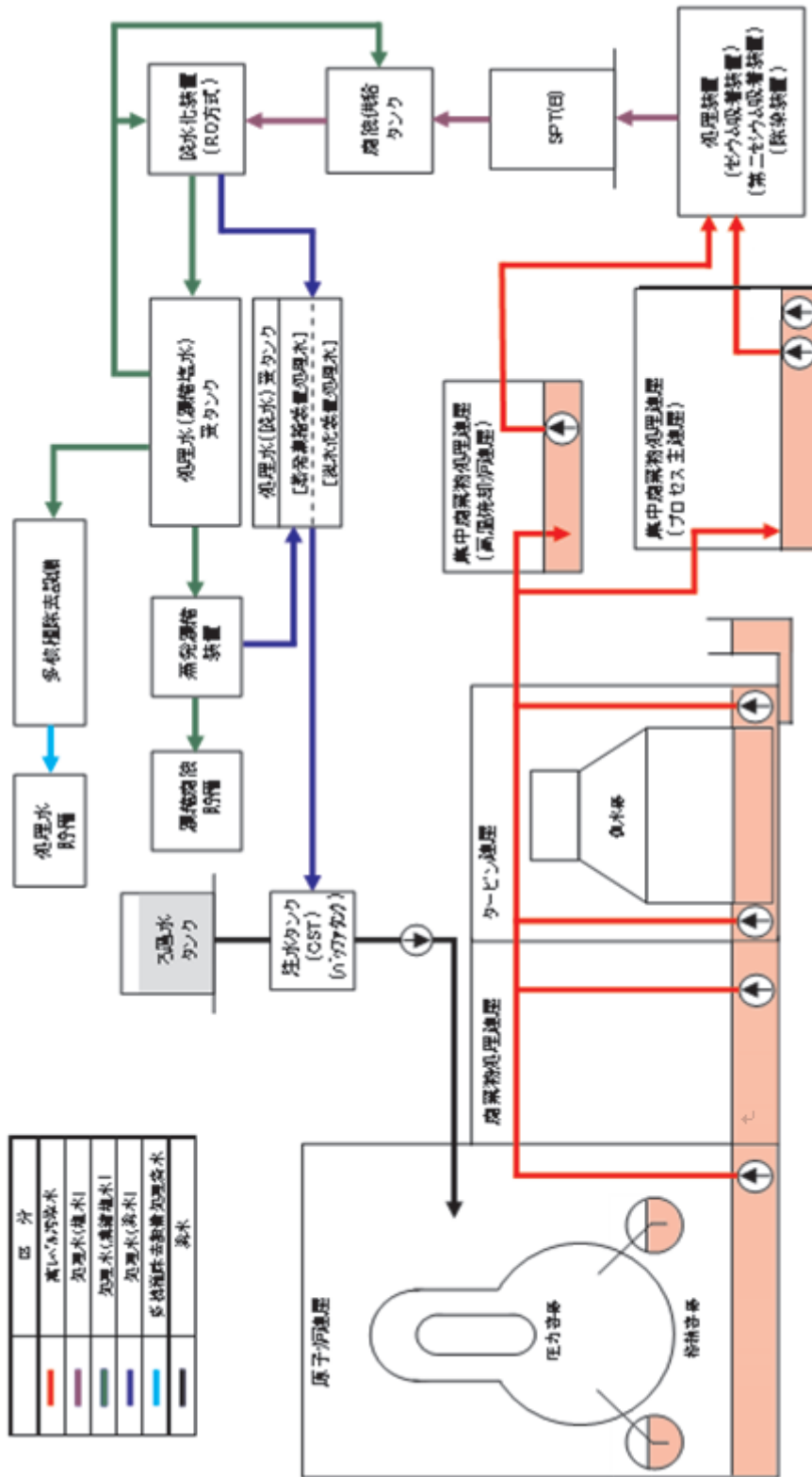


図1 滞留水移送概念図

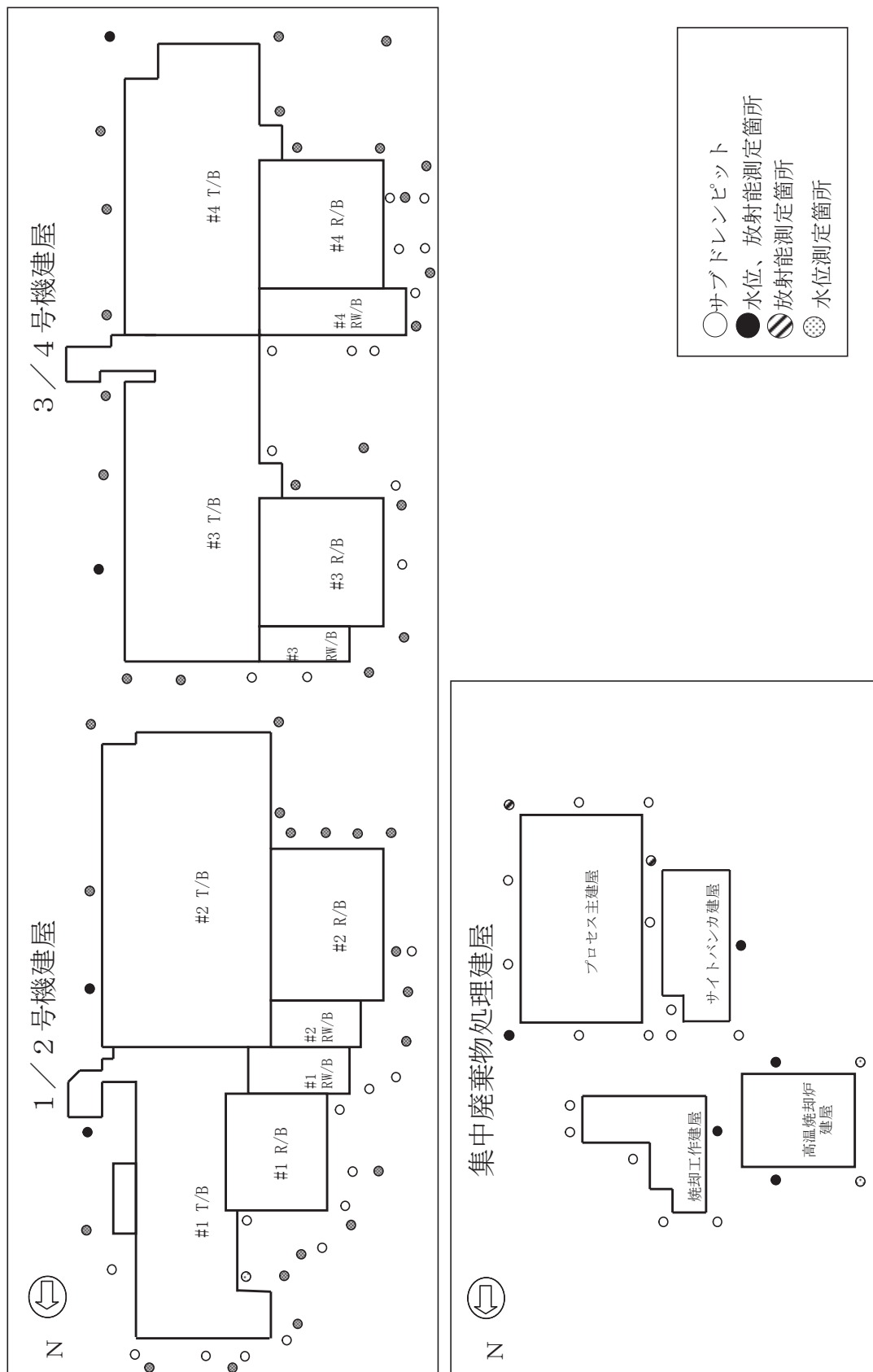


図2 サブドレンピット概略配置図

- : 制御水位計設置位置
- : 監視水位計設置位置<sup>※</sup>
- : 個別水位管理箇所

※局所的な水の滞留が確認された場合は、  
個別の水位管理を実施  
(「Ⅲ.3.1.7」参照)

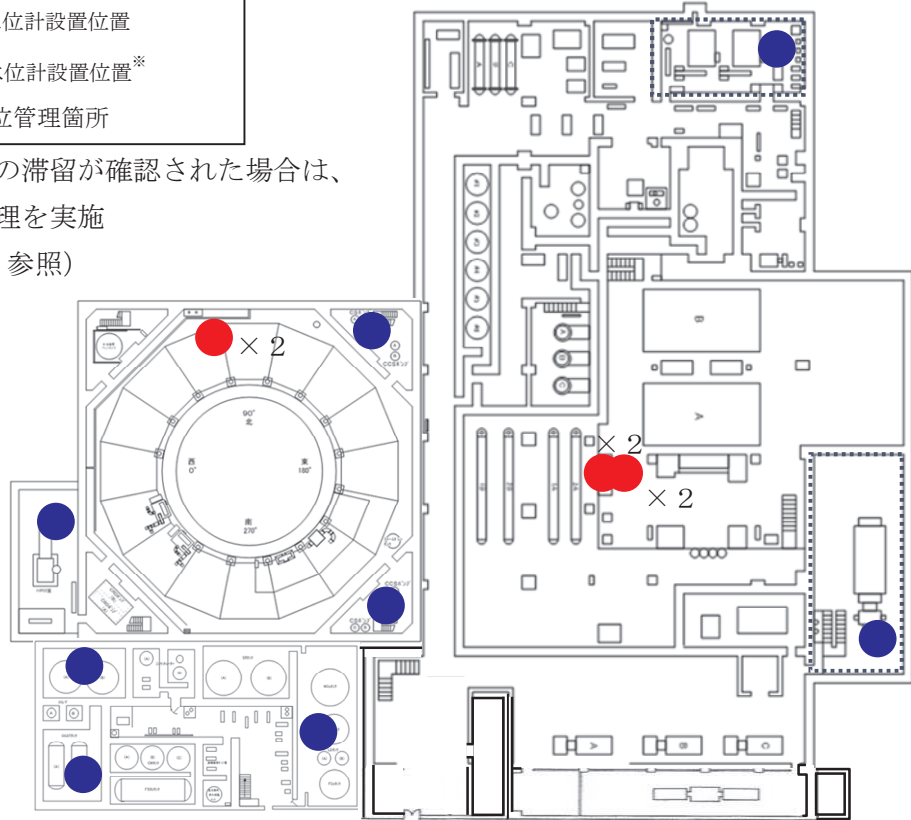


図3 1号機水位計設置位置図

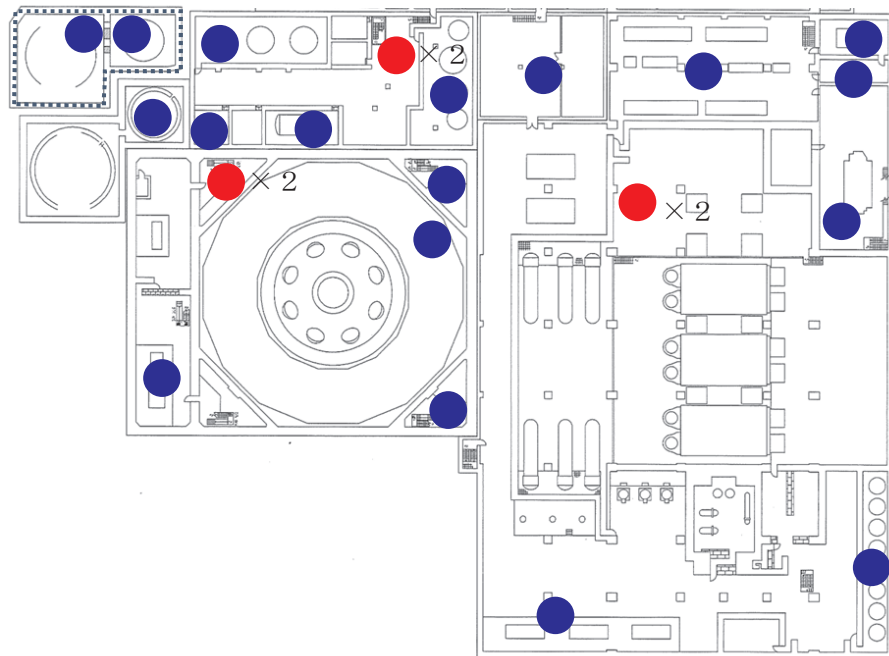
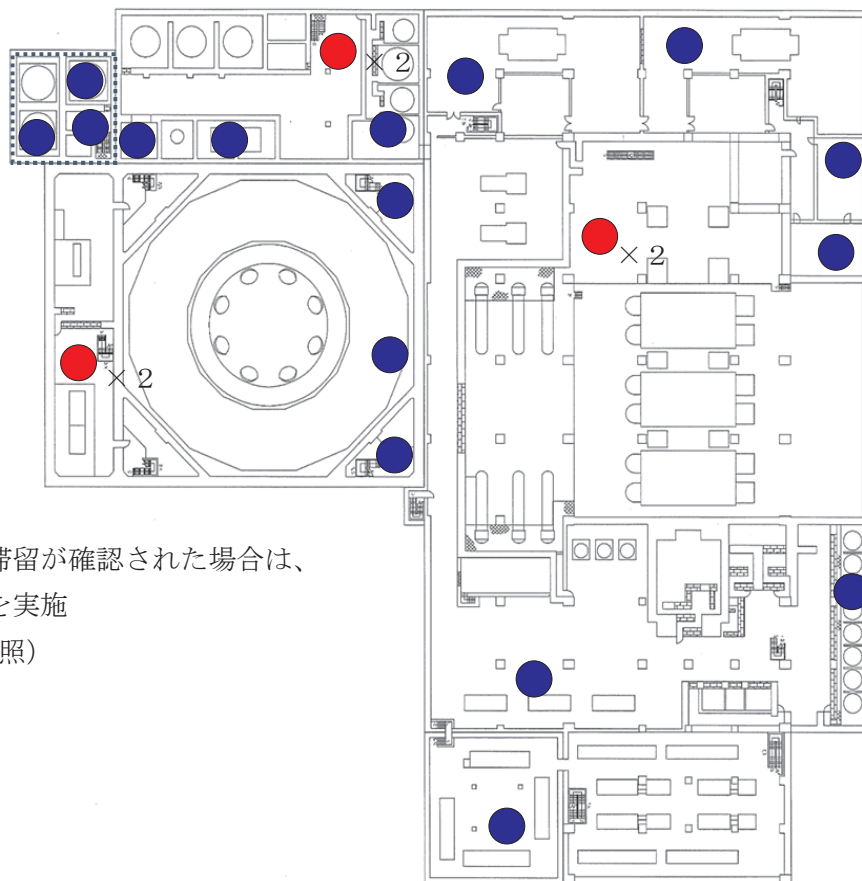
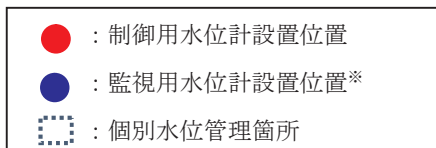


図4 2号機水位計設置位置図



※局所的な水の滞留が確認された場合は、  
個別の水位管理を実施  
(「Ⅲ.3.1.7」参照)

図5 3号機水位計設置位置図

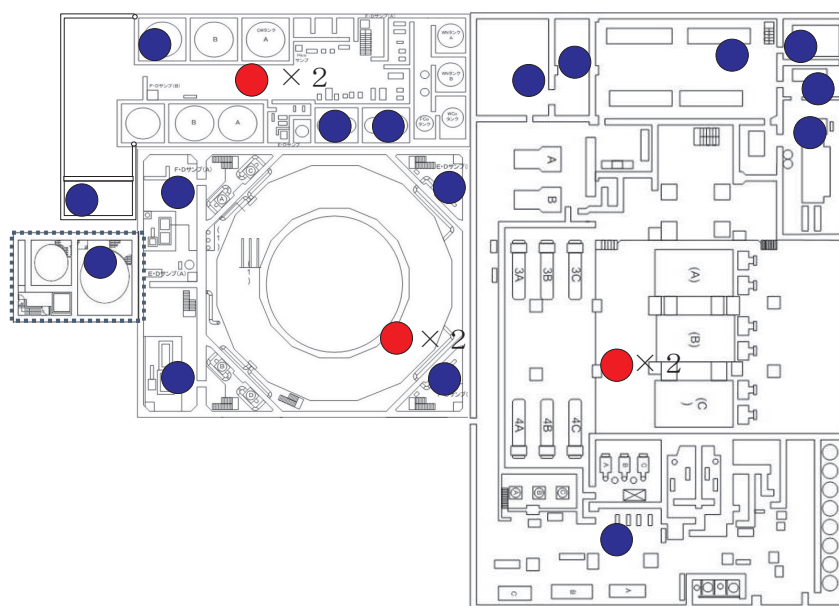


図6 4号機水位計設置位置図



構造強度及び耐震性  
(地下滞留水を考慮した建屋の耐震安全性評価)

1 はじめに

地下に滞留水を貯留する1～4号機原子炉建屋，1～4号機タービン建屋，1～4号機廃棄物処理建屋及び1～4号機コントロール建屋について，地下階に滞留水があることを考慮し，基準地震動 $S_s$ に対し，地下外壁が崩壊しないことを確認する。なお，判定は地下階の耐震壁が終局限界に至らないことを確認する。

1～4号機原子炉建屋について，基準地震動 $S_s$ に対する地下滞留水を考慮した地震応答解析を実施し，地下外壁の耐震安全性を評価する。(4号機原子炉建屋については，Ⅲ.3.1.3 添付資料3を参照)

また，1～4号機タービン建屋，1～4号機廃棄物処理建屋及び1～4号機コントロール建屋について，それぞれ代表号機を選定した上で，基準地震動 $S_s$ に対する地下滞留水を考慮した地震応答解析を実施し，地下外壁の耐震安全性を評価する。なお，代表号機以外については，代表号機の耐震安全性評価結果を踏まえ，建屋の類似性等を考慮して，耐震安全性を評価する。ここで，代表号機は滞留水の容量が最大の号機とする。

## 2 原子炉建屋

### 2.1 1号機原子炉建屋

#### 2.1.1 解析評価方針

1号機原子炉建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全性評価は、基準地震動  $S_s$  を用いた地震応答解析によることを基本とし、建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

解析モデルは、地下1階から地上5階に設置された機器を含む建屋全域をNS、EW方向とも1軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し、固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は、地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが、評価基準値 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認することとする。

1号機原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例を、図2.1.1-1に示す。

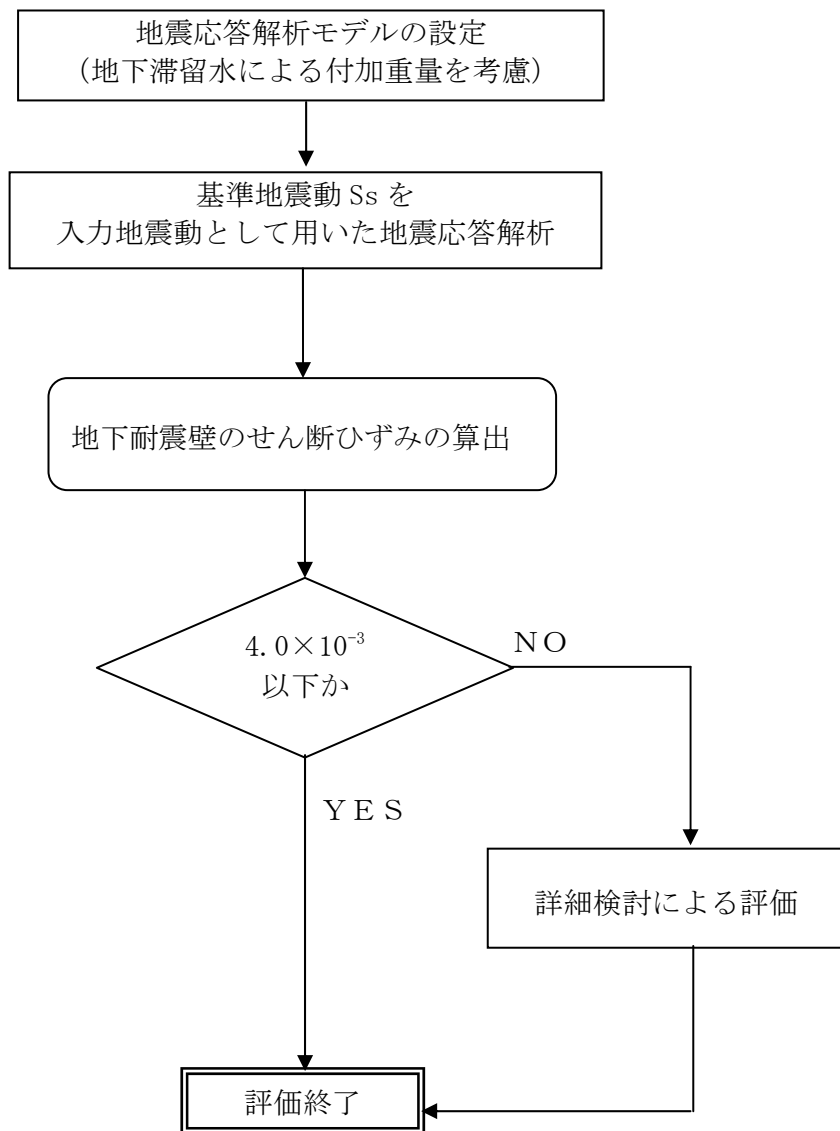


図 2.1.1-1 1号機原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例

## 2.1.2 1号機原子炉建屋の水位及び地下滞留水量

1号機原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表 2.1.2-1 に示す。

表 2.1.2-1 1号機原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	1号機
水位	O.P. 7,000
貯水量	5,600m <sup>3</sup>

### 2.1.3 解析に用いる入力地震動

1号機原子炉建屋への入力地震動は、「福島第一原子力発電所 『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」(原管発官19第603号 平成20年3月31日付け)にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図2.1.3-1に示す。この1号機原子炉建屋の解析モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち、解放基盤表面位置 (O.P. -196.0m) における基準地震動  $S_s$  の加速度波形について、図2.1.3-2に示す。

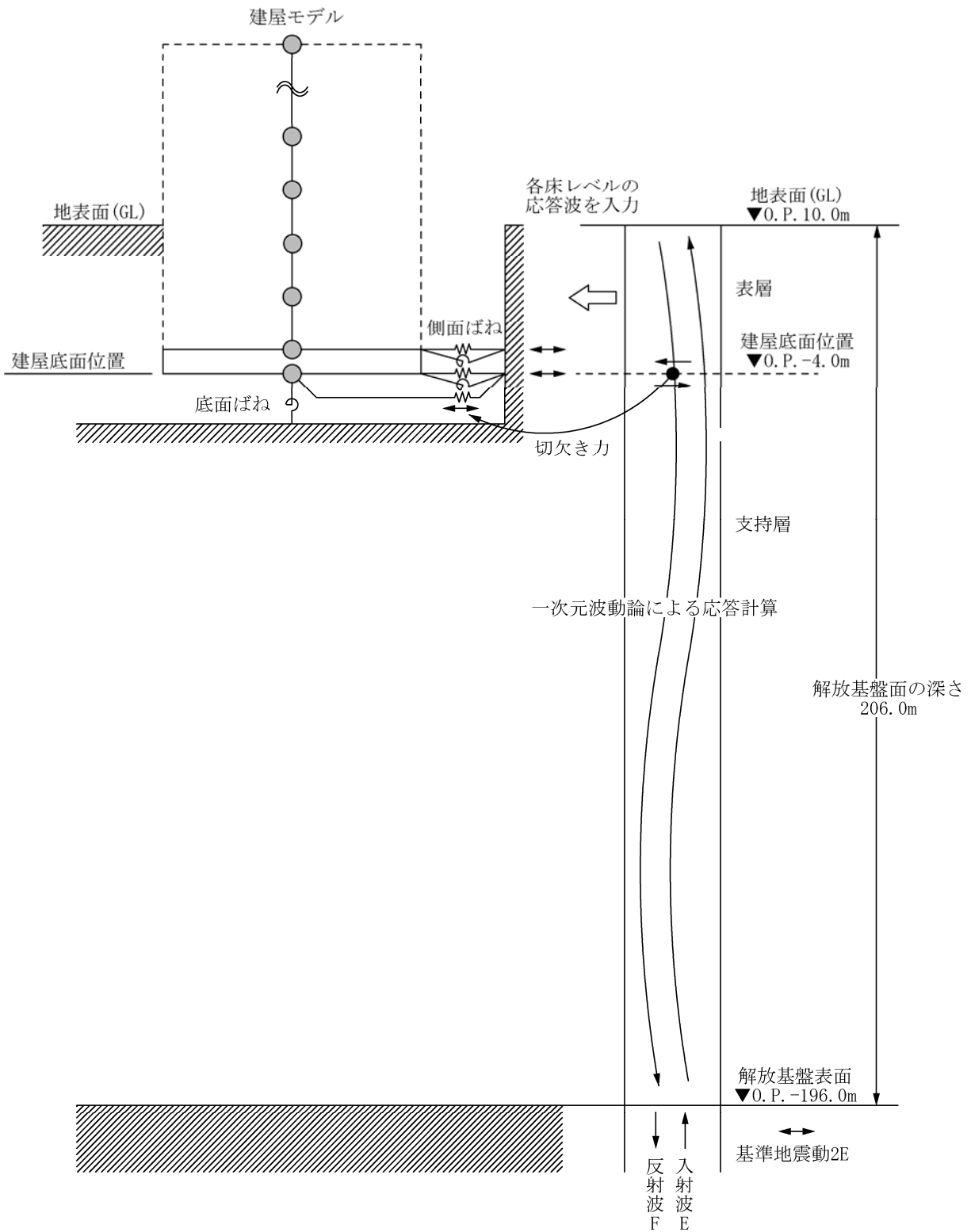


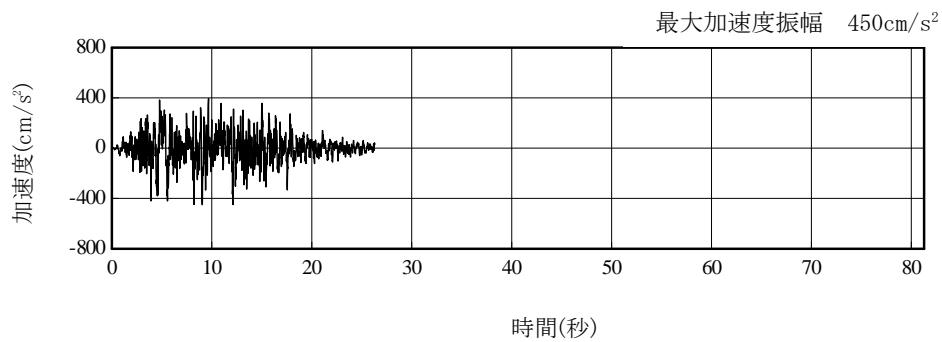
図 2. 1. 3-1 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2.1.3-2 解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形 (水平方向)

#### 2.1.4 地震応答解析モデル

基準地震動  $S_s$  に対する 1 号機原子炉建屋の地震応答解析は、「2.1.3 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは、図 2.1.4-1 及び図 2.1.4-2 に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばね及び入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 2.1.4-1 に、建屋解析モデルの諸元を表 2.1.4-2 に示す。

地盤定数は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 2.1.4-3 に示す。

解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にし、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似的に評価する。また、埋込部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて、水平及び回転ばねを「JEAG4601-1991」により NOVAK ばねに基づいて近似法により評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図 2.1.4-3 に示すようにばね定数 ( $K_c$ ) として実部の静的な値を、また、減衰係数 ( $C_c$ ) として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。



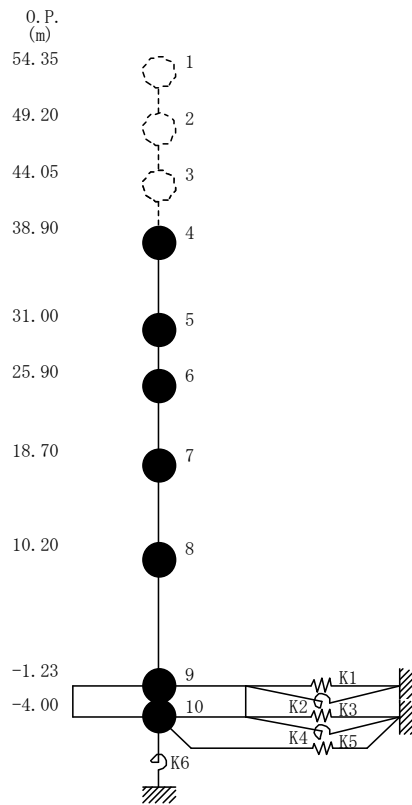


図 2.1.4-1 1号機原子炉建屋 地震応答解析モデル (NS方向)

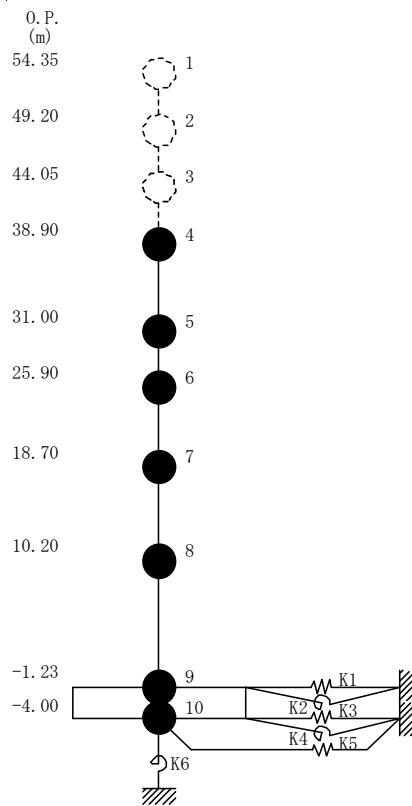


図 2.1.4-2 1号機原子炉建屋 地震応答解析モデル (EW方向)

表 2.1.4-1 地震応答解析に用いる物性値

コンク	強度*1 F <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数*2 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数*2 G (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ (kN/m <sup>3</sup> )
リート	35.0	2.57×10 <sup>4</sup>	1.07×10 <sup>4</sup>	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

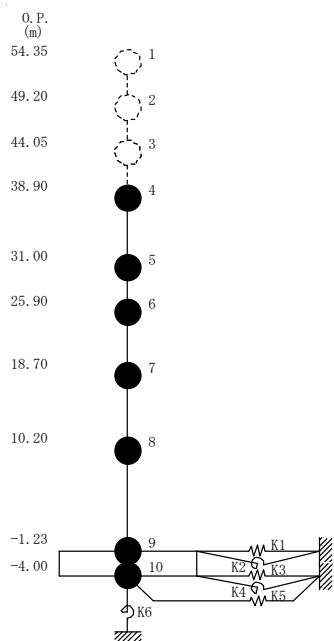
\*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は、過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまとめた値とした。

\*2：実強度に基づく値を示す。

\*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

表 2.1.4-2 建屋解析モデルの諸元

NS 方向

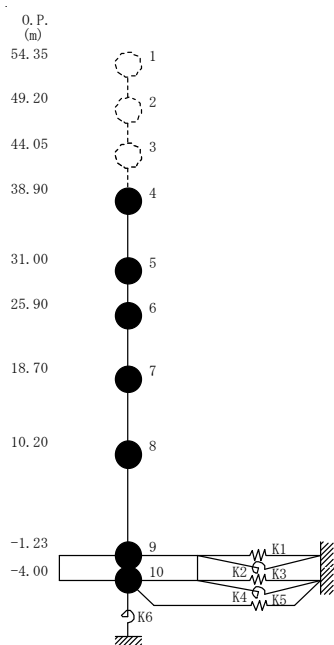


質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2)$	せん断断面積 $A_S (\text{m}^2)$	断面2次モーメント $I (\text{m}^4)$
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	—	—	—	—
4	58,690	84.43	—	—
5	67,910	97.77	135.0	16,012
6	77,220	111.11	160.8	21,727
7	88,440 [1,240]	127.32 [1.79]	132.8	24,274
8	162,800 (16,780)	234.31 (24.15)	155.6	36,481
9	185,210 (38,140)	266.64 (54.91)	294.0	52,858
10	62,400	89.83	1,914.3	275,530
合計	702,670			

注 ( )内は滞留水による付加分を示す。  
[ ]内はカバリング工事による付加分を示す。

ヤング係数  $E_c$   $2.57 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 せん断弾性係数  $G$   $1.07 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰  $h$  5%  
 基礎形状  $41.56\text{m} (\text{NS 方向}) \times 43.56\text{m} (\text{EW 方向})$

EW 方向



質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2)$	せん断断面積 $A_S (\text{m}^2)$	断面2次モーメント $I (\text{m}^4)$
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	—	—	—	—
4	58,690	48.34	—	—
5	67,910	55.90	102.7	9,702
6	77,220	63.55	163.9	13,576
7	88,440 [1,240]	127.32 [1.79]	131.6	14,559
8	162,800 (16,780)	234.31 (24.15)	197.8	36,427
9	185,210 (38,140)	327.39 (67.42)	294.0	52,858
10	62,400	110.32	1,914.3	338,428
合計	702,670			

注 ( )内は滞留水による付加分を示す。  
[ ]内はカバリング工事による付加分を示す。

ヤング係数  $E_c$   $2.57 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 せん断弾性係数  $G$   $1.07 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰  $h$  5%  
 基礎形状  $41.56\text{m} (\text{NS 方向}) \times 43.56\text{m} (\text{EW 方向})$

表 2.1.4-3 (1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 2.1.4-3 (2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 2.1.4-3 (3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
-10.0	泥岩  (解放基盤)	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-



図 2.1.4-3 地盤ばねの近似

### 2.1.5 地震応答解析結果

地震応答解析により求められた NS 方向, EW 方向の最大応答加速度を, 滞留水を未考慮の場合と比較して\*注, 図 2.1.5-1~図 2.1.5-6 に示す。

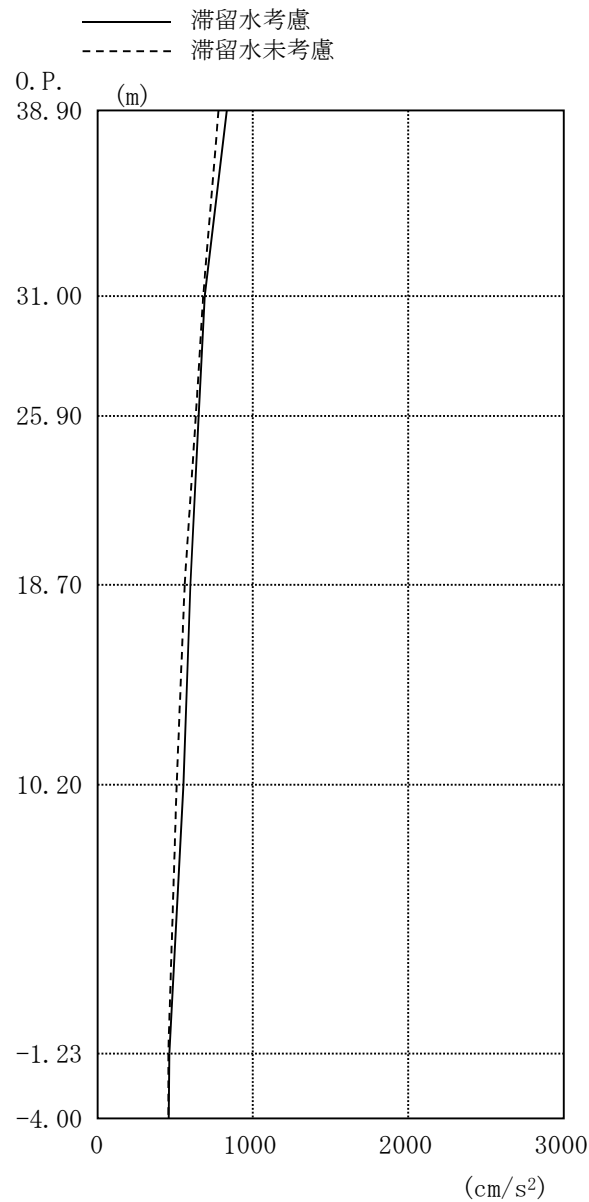


図 2.1.5-1 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-1H)

\*注：滞留水考慮：本検討における結果であり，滞留水の重量の他，原子炉建屋カバーの重量を考慮したもの。

滞留水未考慮：損傷前の「福島第一原子力発電所 『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書 (改訂版)」(原管発官 21 第 110 号 平成 21 年 6 月 19 日付け)の結果。

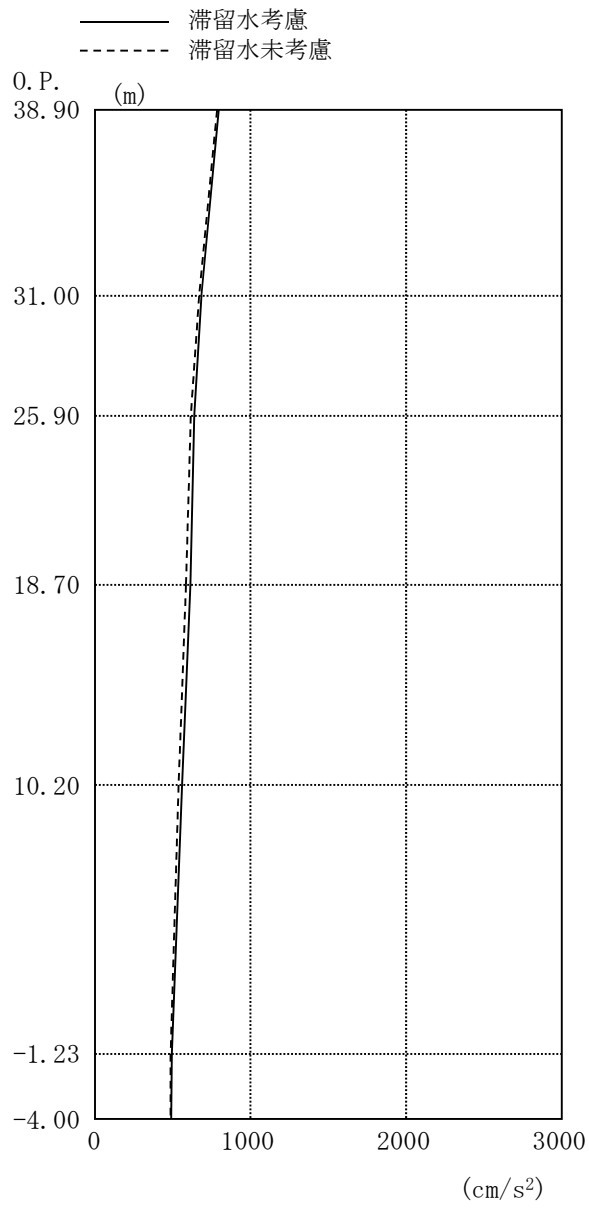


图 2.1.5-2 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-2H)



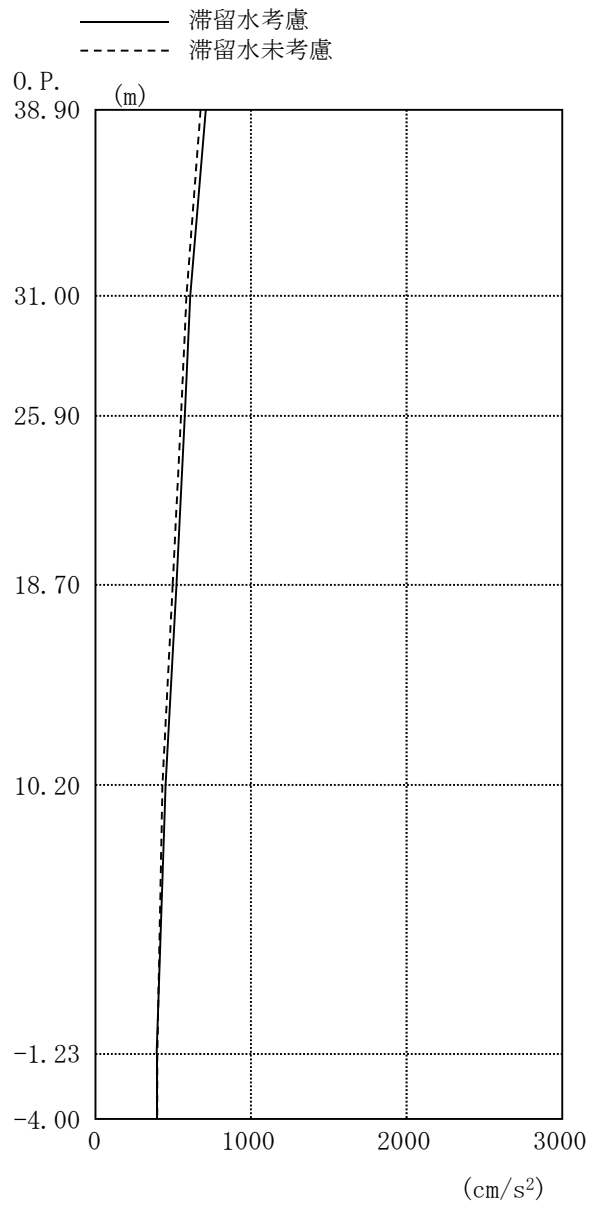


图 2.1.5-3 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-3H)

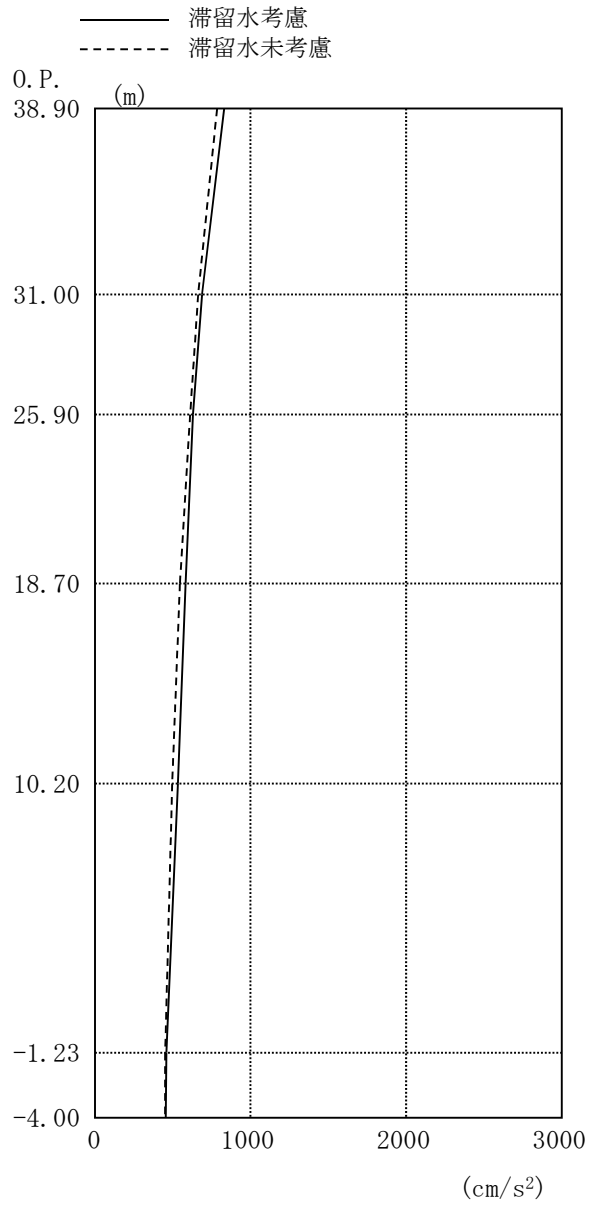


图 2.1.5-4 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-1H)

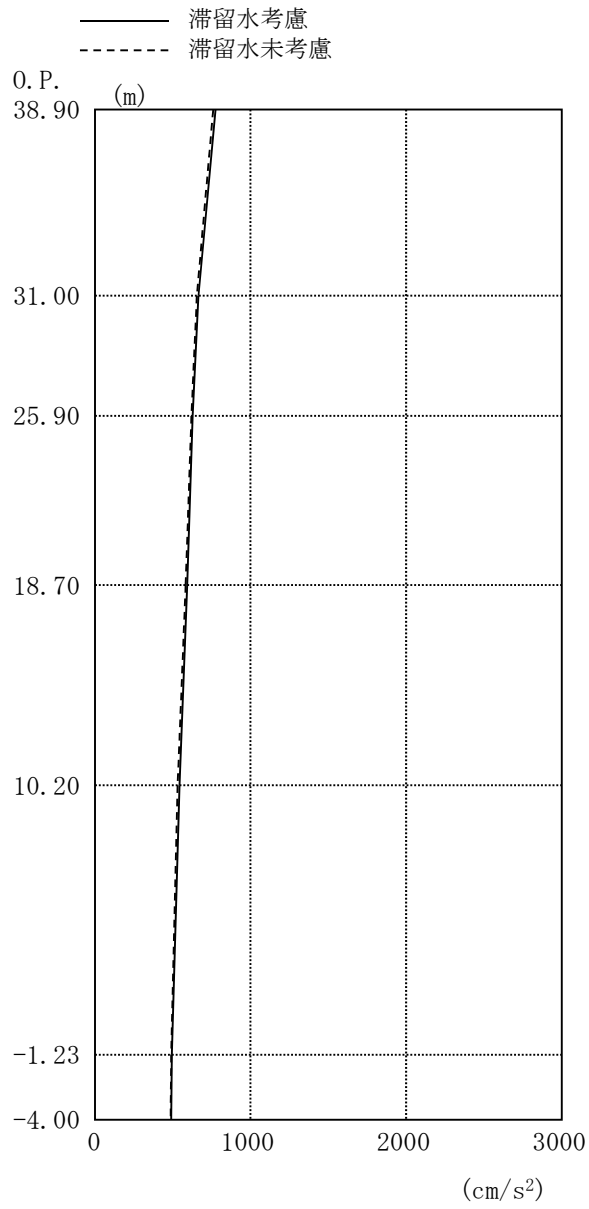


图 2.1.5-5 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-2H)

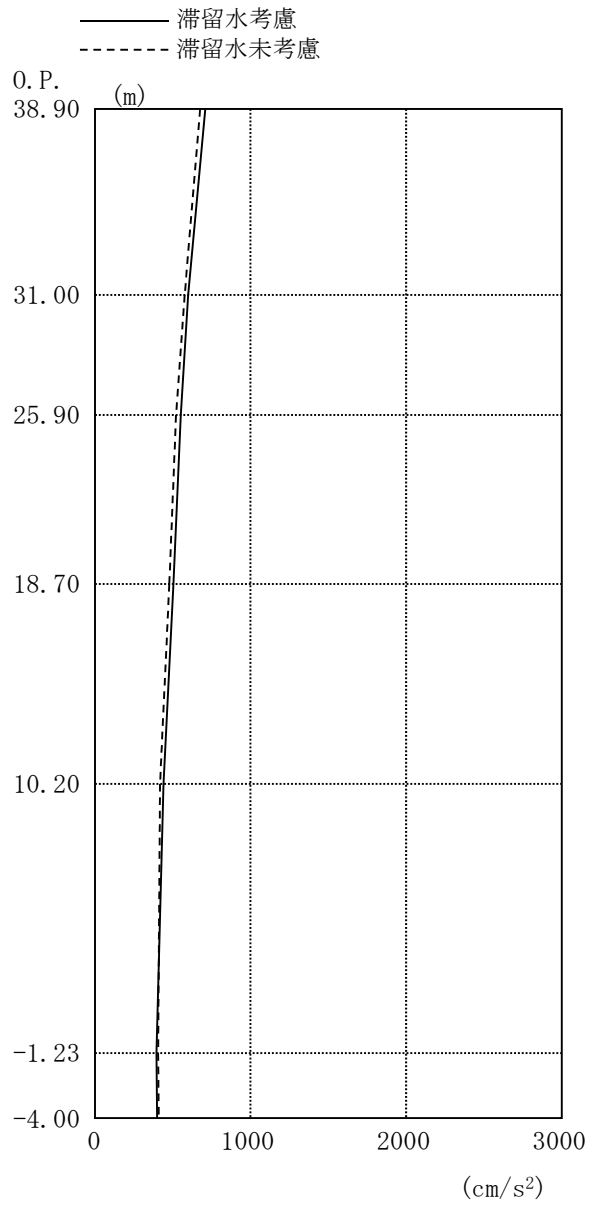


图 2.1.5-6 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-3H)

## 2.1.6 耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を、滞留水を未考慮の場合と比較して、表 2.1.6-1 及び表 2.1.6-2 に示す。また、図 2.1.6-1 及び図 2.1.6-2 に基準地震動 Ss に対する最大応答値を、滞留水を未考慮の場合と比較して、耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、滞留水を考慮した場合でも、最大で  $0.09 \times 10^{-3}$  であり、評価基準値 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) に対して十分余裕がある。なお、スケルトン曲線は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから、1号機原子炉建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 2.1.6-1 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (NS 方向)

(単位： $\times 10^{-3}$ )

階	O. P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20～ -1.23	考慮	0.09	0.09	0.08	4.0 以下
		未考慮	0.08	0.09	0.07	

表 2.1.6-2 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (EW 方向)

(単位： $\times 10^{-3}$ )

階	O. P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20～ -1.23	考慮	0.09	0.09	0.08	4.0 以下
		未考慮	0.08	0.09	0.07	

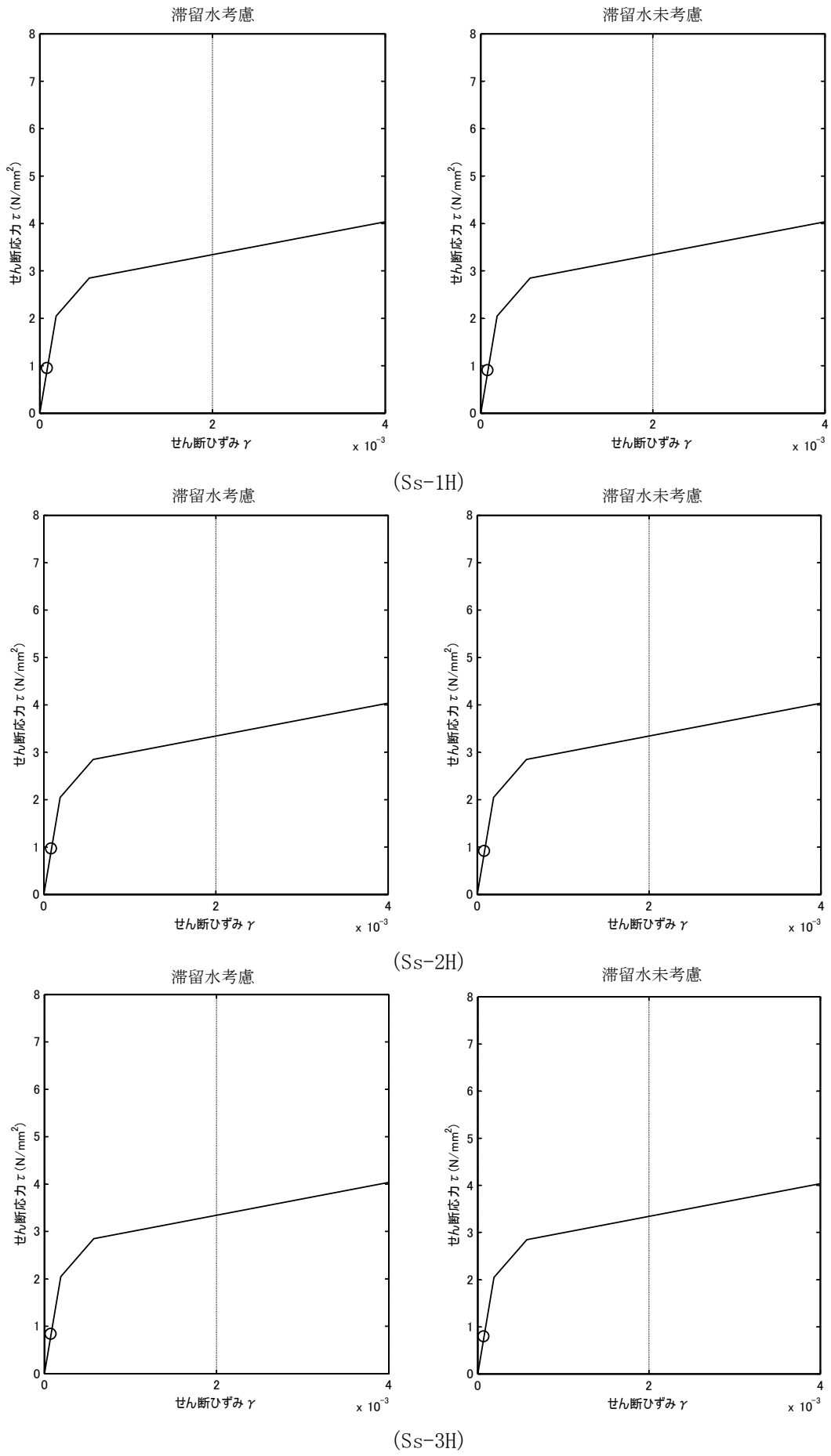
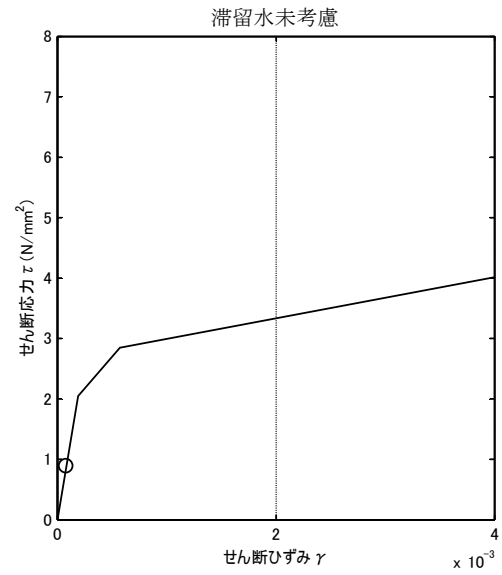
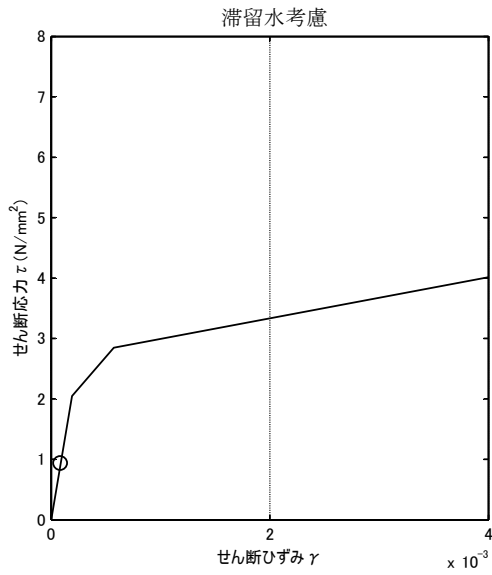
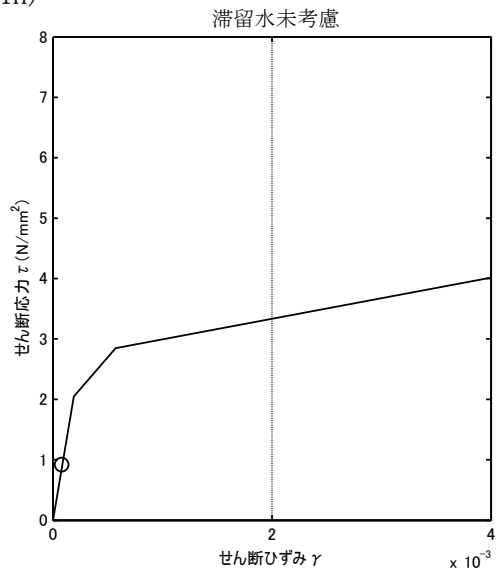
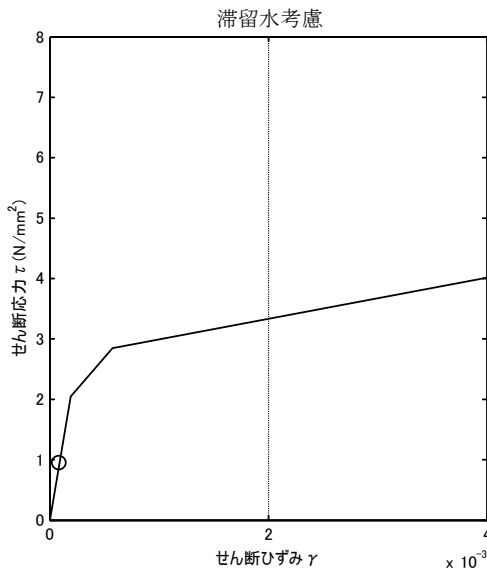


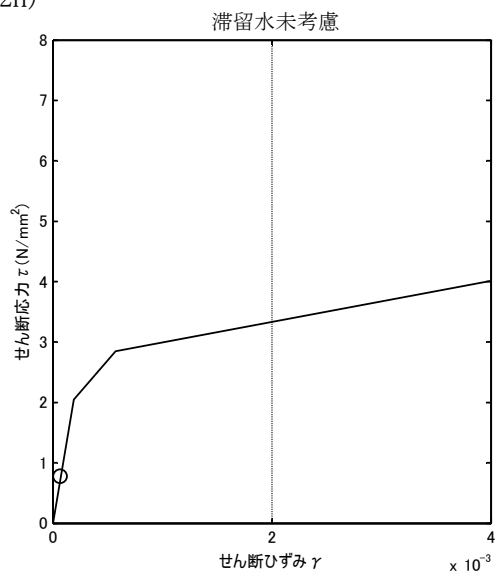
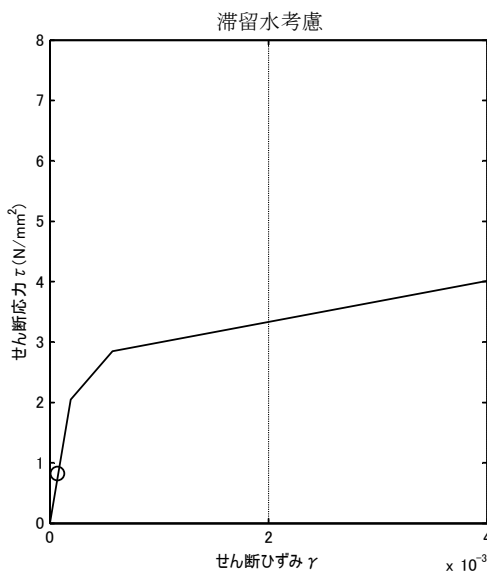
図 2.1.6-1 耐震壁のせん断ひずみ (NS 方向)



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2.1.6-2 耐震壁のせん断ひずみ (EW 方向)

## 2.2 2号機原子炉建屋

### 2.2.1 解析評価方針

2号機原子炉建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全性評価は、基準地震動  $S_s$  を用いた地震応答解析によることを基本とし、建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

解析モデルは、地下1階から地上5階に設置された機器を含む建屋全域をNS、EW方向とも1軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し、固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は、地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが、評価基準値 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認することとする。

2号機原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例を、図 2.2.1-1 に示す。



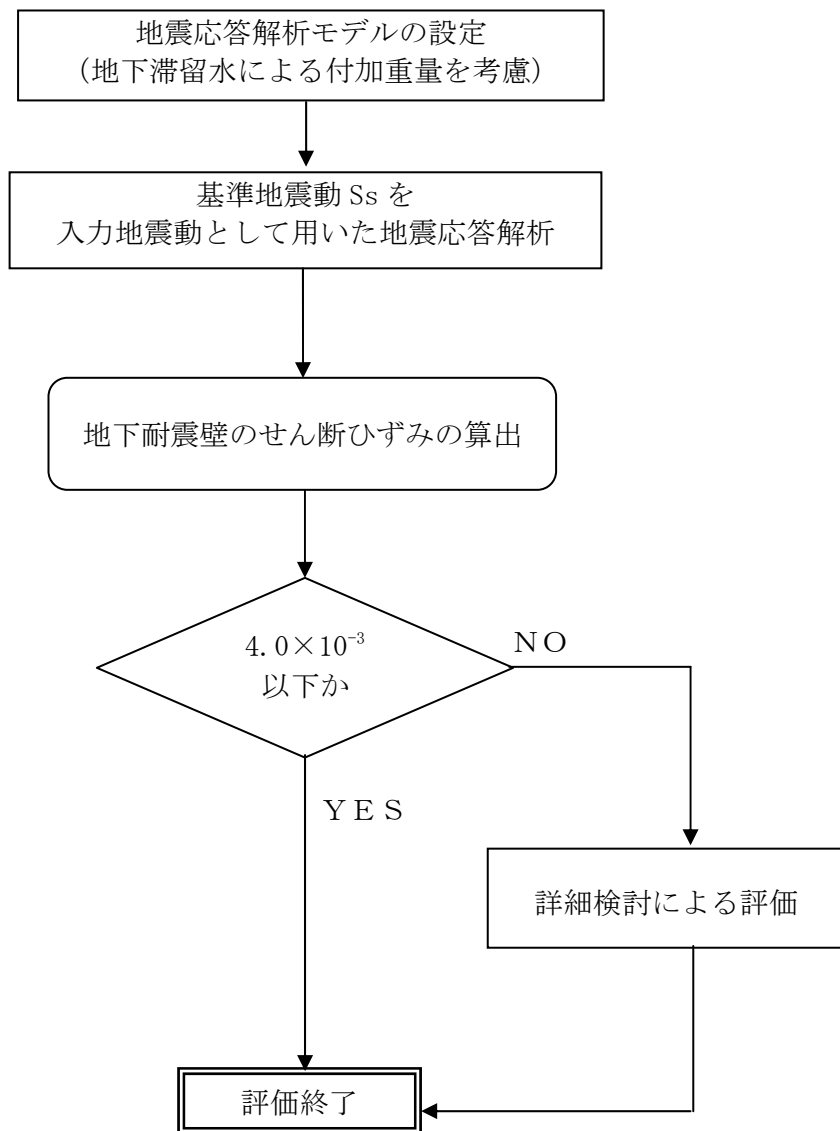


図 2.2.1-1 2号機原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例

## 2.2.2 2号機原子炉建屋の水位及び地下滞留水量

2号機原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表 2.2.2-1 に示す。

表 2.2.2-1 2号機原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	2号機
水位	O.P. 4,000
貯水量	6,500m <sup>3</sup>

### 2.2.3 解析に用いる入力地震動

2号機原子炉建屋への入力地震動は、「福島第一原子力発電所 『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」(原管発官19第603号 平成20年3月31日付け)にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図 2.2.3-1 に示す。この2号機原子炉建屋の解析モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち、解放基盤表面位置 (O.P. -196.0m) における基準地震動  $S_s$  の加速度波形について、図 2.2.3-2 に示す。

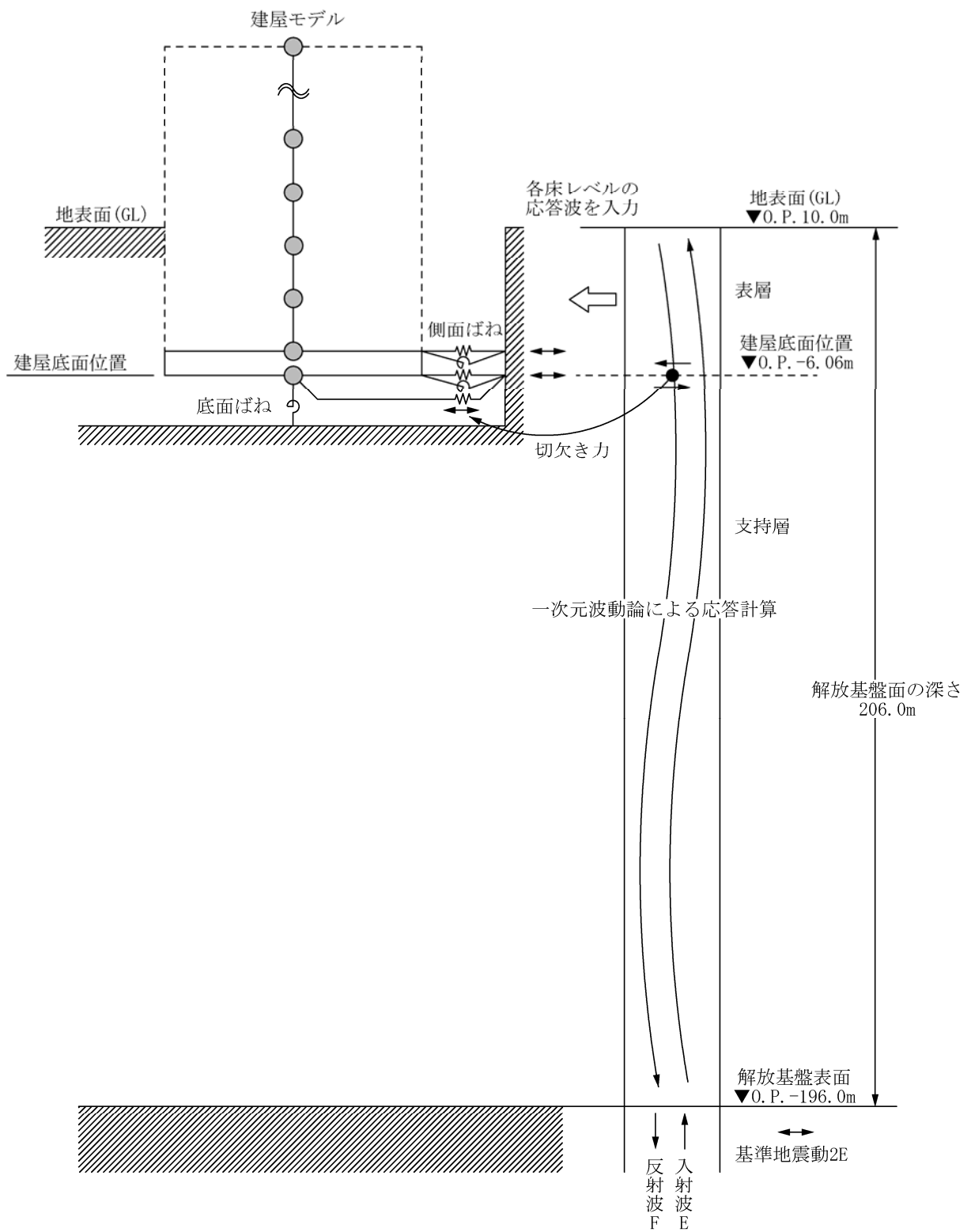


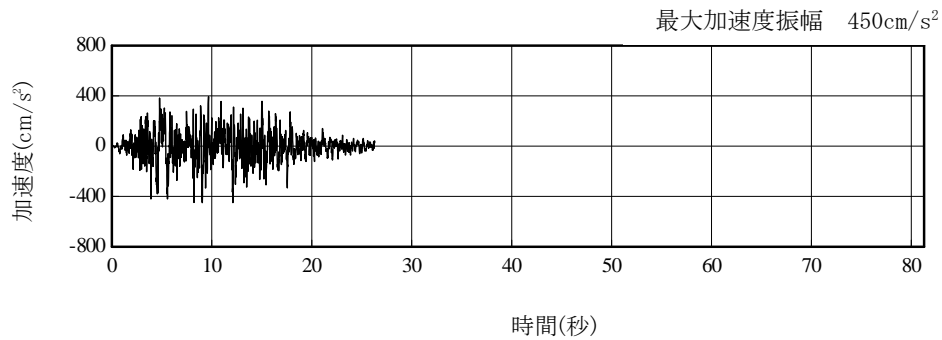
図 2. 2. 3-1 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2. 2. 3-2 解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形 (水平方向)

#### 2.2.4 地震応答解析モデル

基準地震動  $S_s$  に対する 2 号機原子炉建屋の地震応答解析は、「2.2.3 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは、図 2.2.4-1 に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばね及び入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 2.2.4-1 に、建屋解析モデルの諸元を表 2.2.4-2 に示す。

地盤定数は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 2.2.4-3 に示す。

解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にして、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似的に評価する。また、埋込部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて、水平及び回転ばねを「JEAG4601-1991」により NOVAK ばねに基づいて近似法により評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図 2.2.4-2 に示すようにばね定数 ( $K_c$ ) として実部の静的な値を、また、減衰係数 ( $C_c$ ) として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

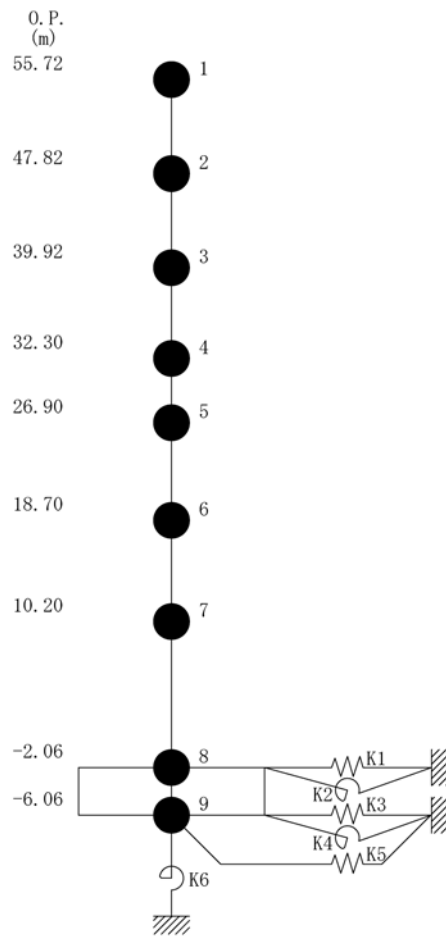


図 2.2.4-1 2号機原子炉建屋 地震応答解析モデル (NS・EW 方向)

表 2.2.4-1 地震応答解析に用いる物性値

コンク リート	強度*1 F <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数*2 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数*2 G (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ (kN/m <sup>3</sup> )
	35.0	2.57×10 <sup>4</sup>	1.07×10 <sup>4</sup>	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

\*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は、過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまとめた値とした。

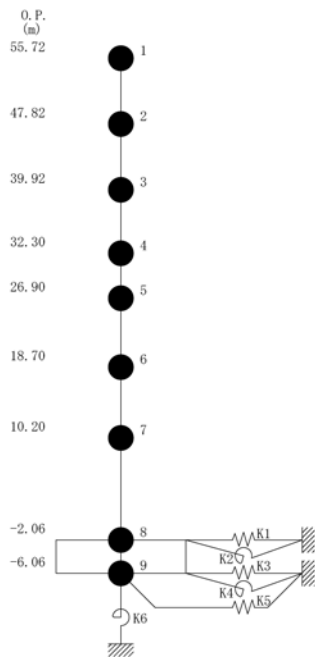
\*2：実強度に基づく値を示す。

\*3：鉄筋コンクリートの値を示す。



表 2. 2. 4-2 建屋解析モデルの諸元

NS 方向

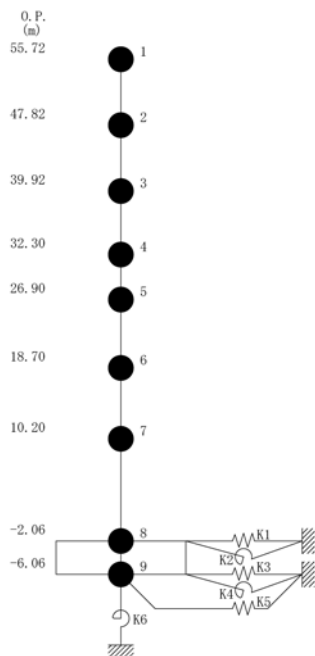


質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2)$	せん断断面積 $A_S (\text{m}^2)$	断面2次モーメント I ( $\text{m}^4$ )
1	14,380	25.99		
2	10,220	18.53	18.6	10,154
3	58,470	105.81	18.6	10,675
4	70,440	127.49	184.3	22,551
5	107,720	194.96	166.8	24,629
6	116,670	211.14	249.3	44,401
7	199,190	360.49	157.1	40,661
8	341,290 (63,750)	617.55 (115.35)	456.8	110,444
9	125,030	226.24	2,656.2	480,675
合計	1,043,410			

注 ( )内は滞留水による付加分を示す。

ヤング係数  $E_c$   $2.57 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 せん断弾性係数  $G$   $1.07 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰  $h$  5%  
 基礎形状 46.60m(NS 方向)  $\times$  57.00m(EW 方向)

EW 方向



質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2)$	せん断断面積 $A_S (\text{m}^2)$	断面2次モーメント I ( $\text{m}^4$ )
1	14,380	14.71		
2	10,220	10.40	14.0	5,941
3	58,470	59.72	14.0	6,307
4	70,440	71.88	108.2	11,927
5	107,720	194.96	117.3	14,199
6	116,670	211.14	185.7	33,796
7	199,190	539.37	173.1	41,960
8	341,290 (63,750)	923.98 (172.59)	418.1	132,121
9	125,030	338.53	2,656.2	719,166
合計	1,043,410			

注 ( )内は滞留水による付加分を示す。

ヤング係数  $E_c$   $2.57 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 せん断弾性係数  $G$   $1.07 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰  $h$  5%  
 基礎形状 46.60m(NS 方向)  $\times$  57.00m(EW 方向)

表 2.2.4-3 (1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 2.2.4-3 (2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 2.2.4-3 (3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
-10.0	泥岩  (解放基盤)	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

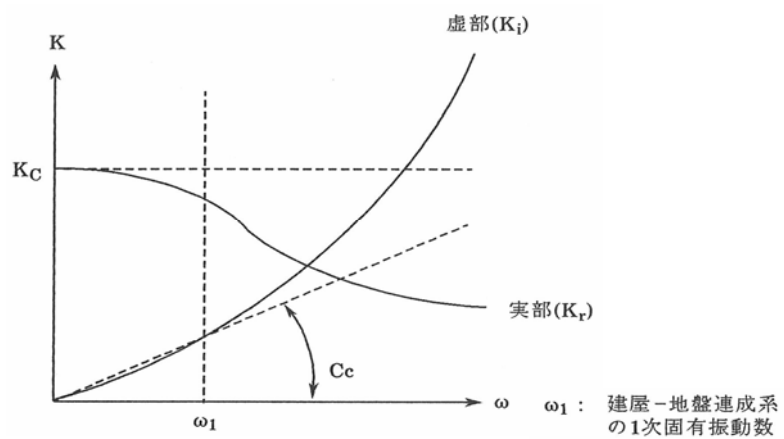


図 2.2.4-2 地盤ばねの近似

### 2.2.5 地震応答解析結果

地震応答解析により求められたNS方向、EW方向の最大応答加速度を、滞留水を未考慮の場合と比較して、図2.2.5-1～図2.2.5-6に示す。

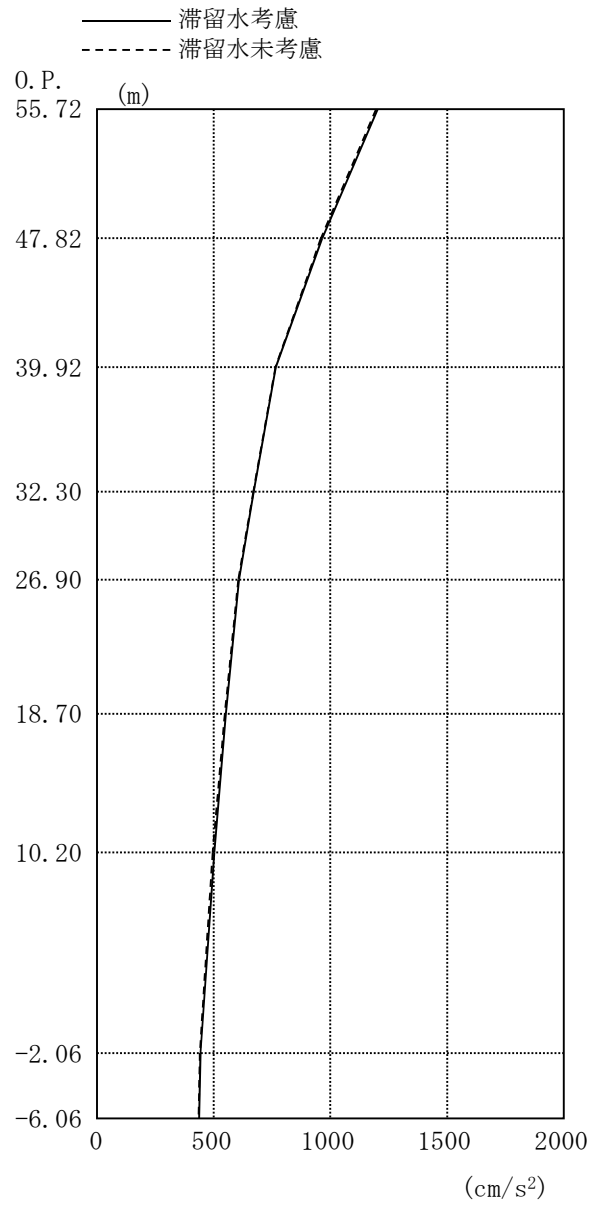


図 2.2.5-1 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-1H)

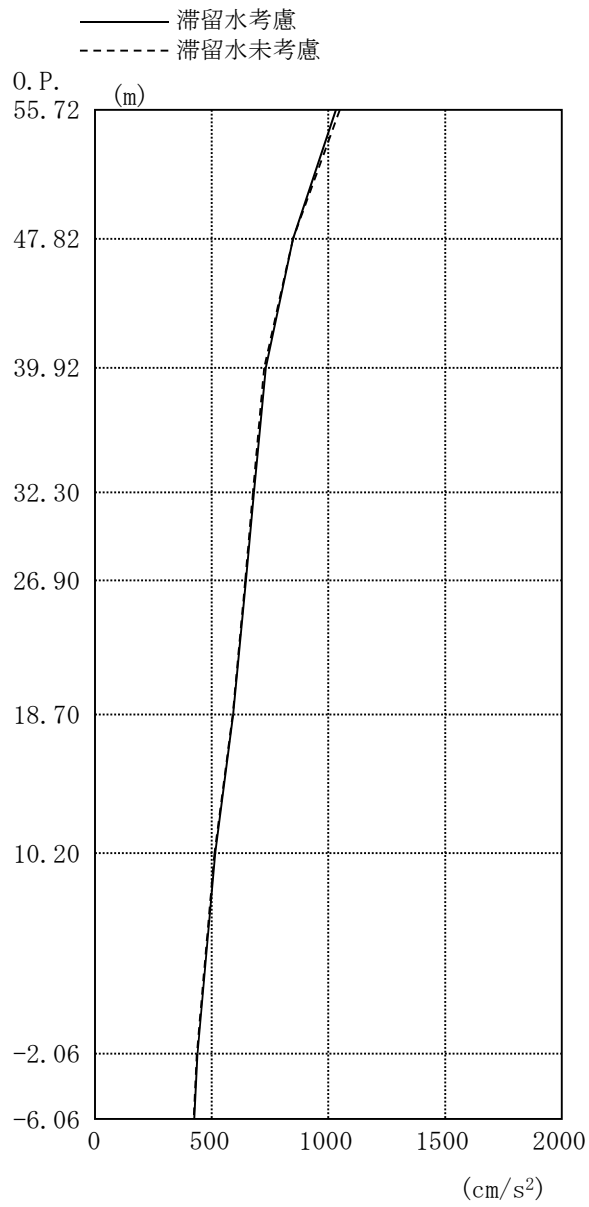


图 2.2.5-2 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-2H)

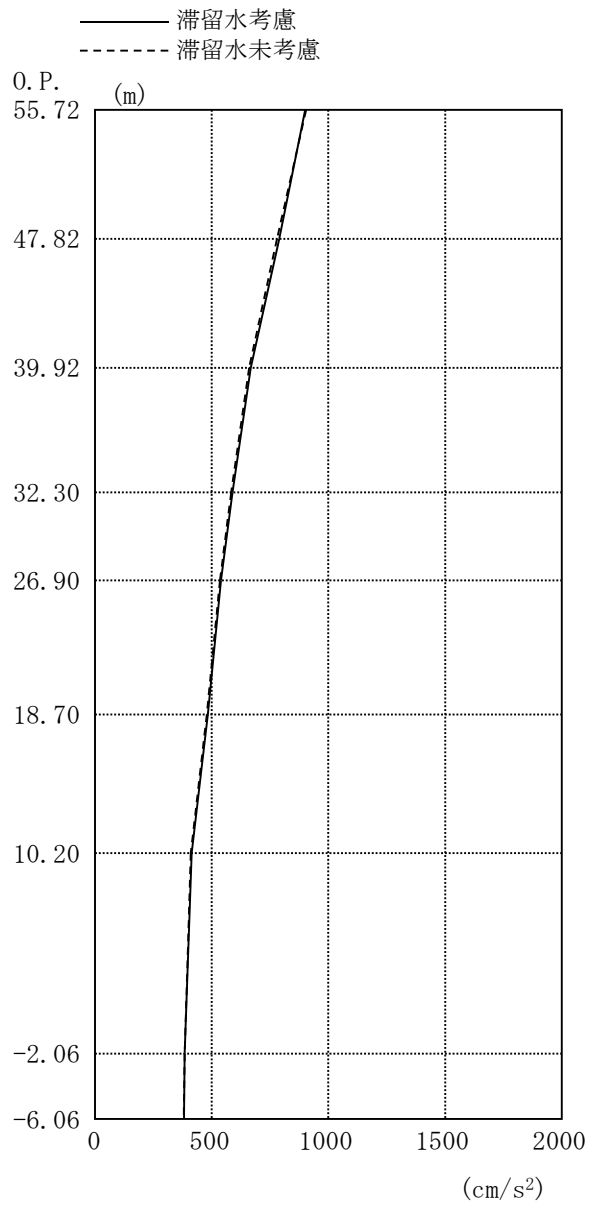


图 2.2.5-3 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-3H)

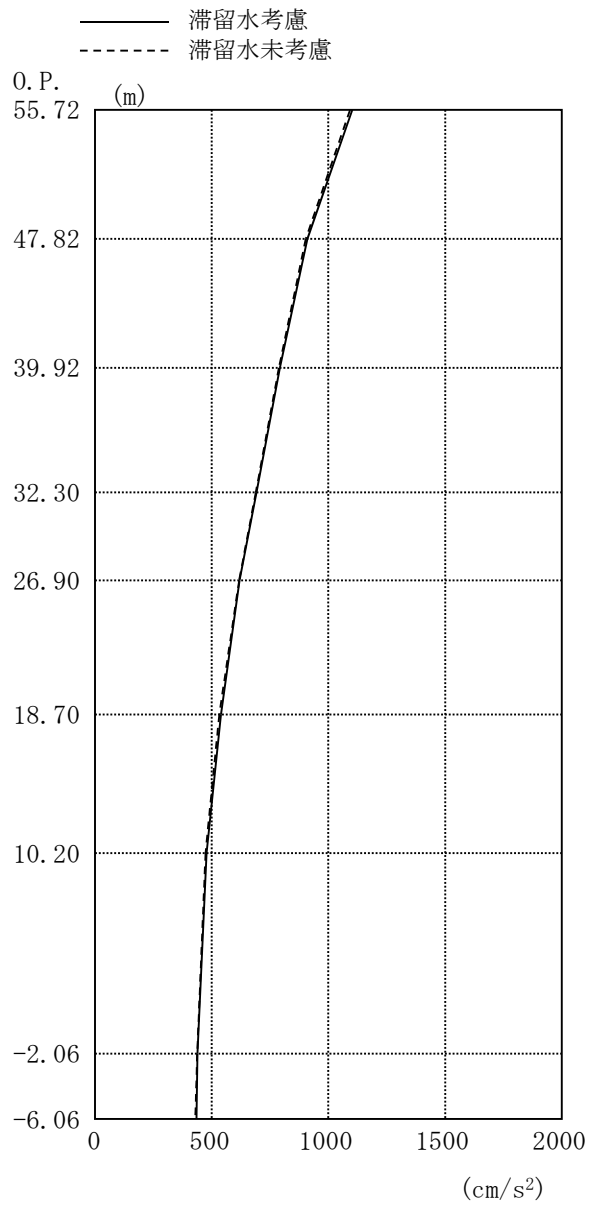


图 2.2.5-4 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-1H)



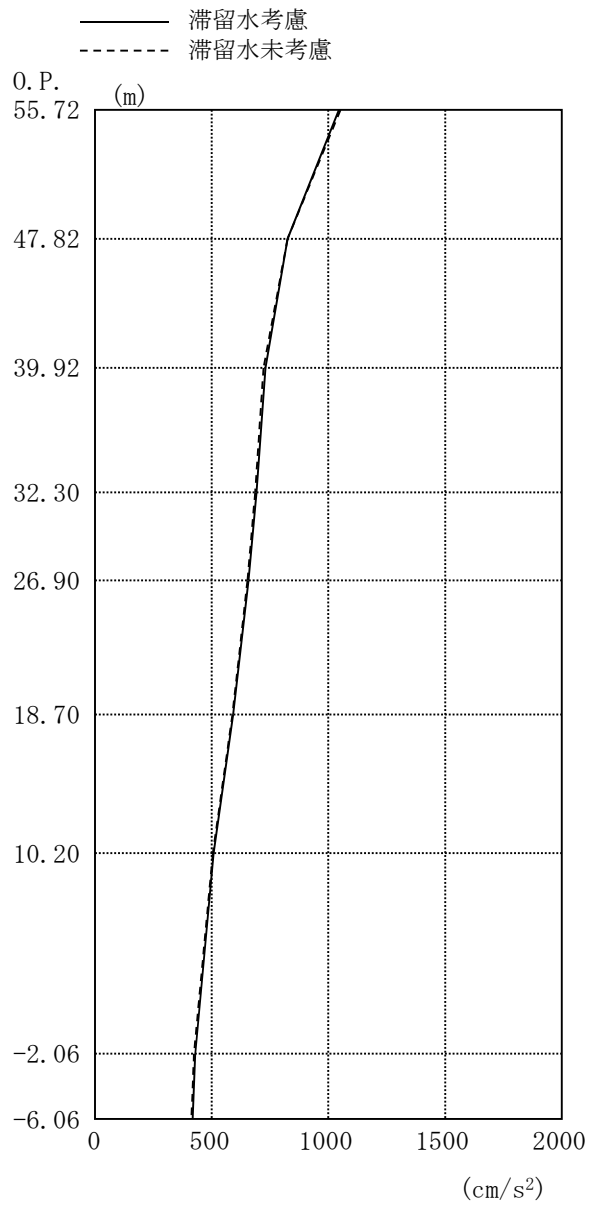


图 2.2.5-5 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-2H)

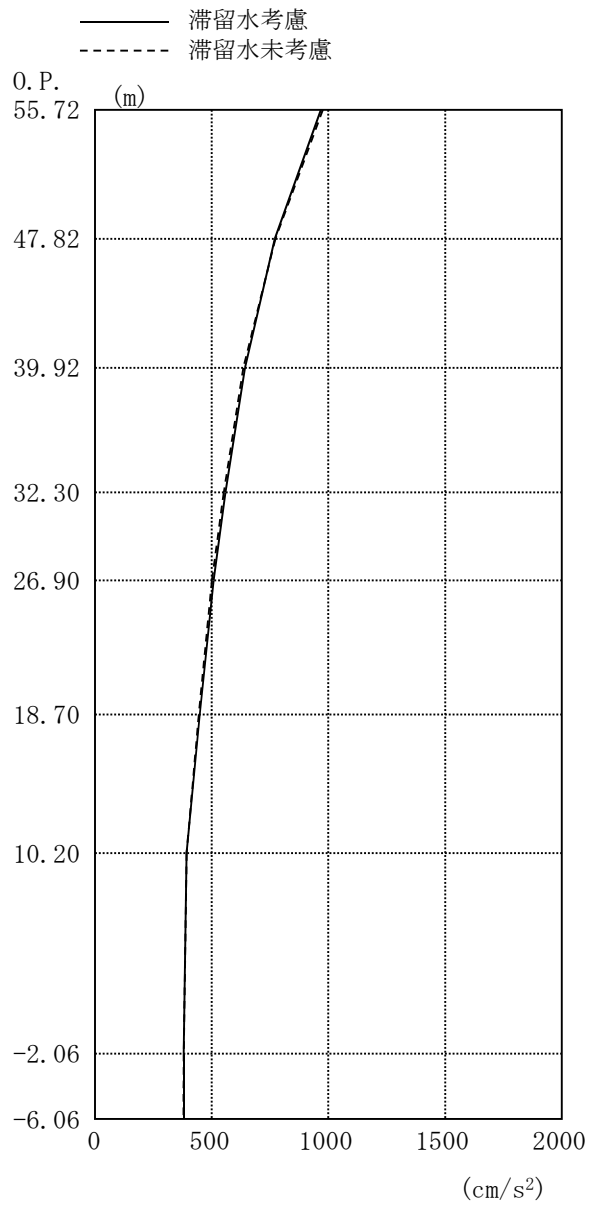


图 2.2.5-6 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-3H)

## 2.2.6 耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を、滞留水を未考慮の場合と比較して、表 2.2.6-1 及び表 2.2.6-2 に示す。また、図 2.2.6-1 及び図 2.2.6-2 に基準地震動  $S_s$  に対する最大応答値を、滞留水を未考慮の場合と比較して、耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、滞留水を考慮した場合でも、最大で  $0.08 \times 10^{-3}$  であり、評価基準値 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) に対して十分余裕がある。なお、スケルトン曲線は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから、2号機原子炉建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 2.2.6-1 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (NS 方向)

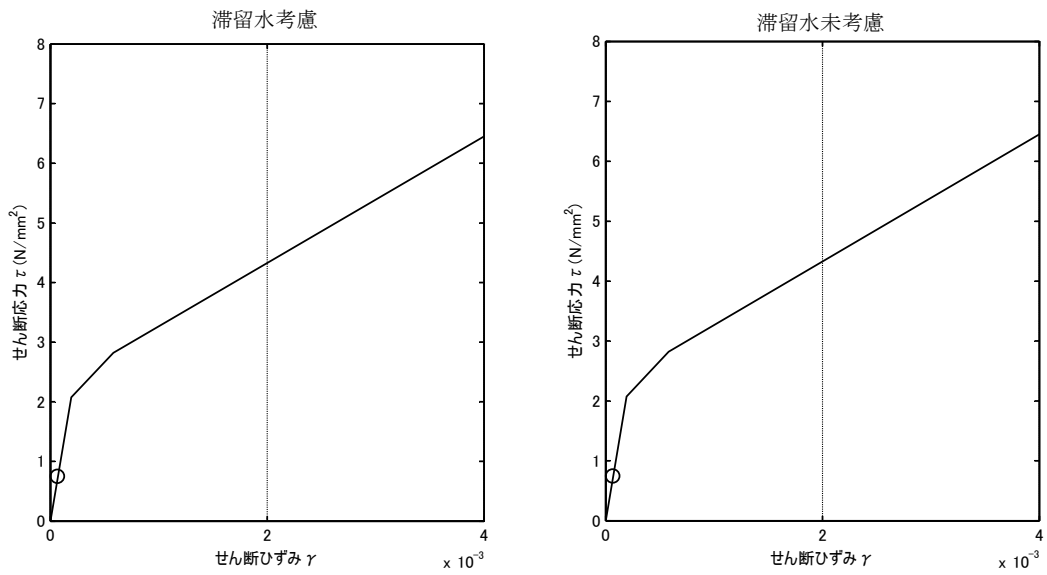
(単位:  $\times 10^{-3}$ )

階	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20~-2.06	考慮	0.07	0.08	0.07	4.0 以下
		未考慮	0.07	0.07	0.06	

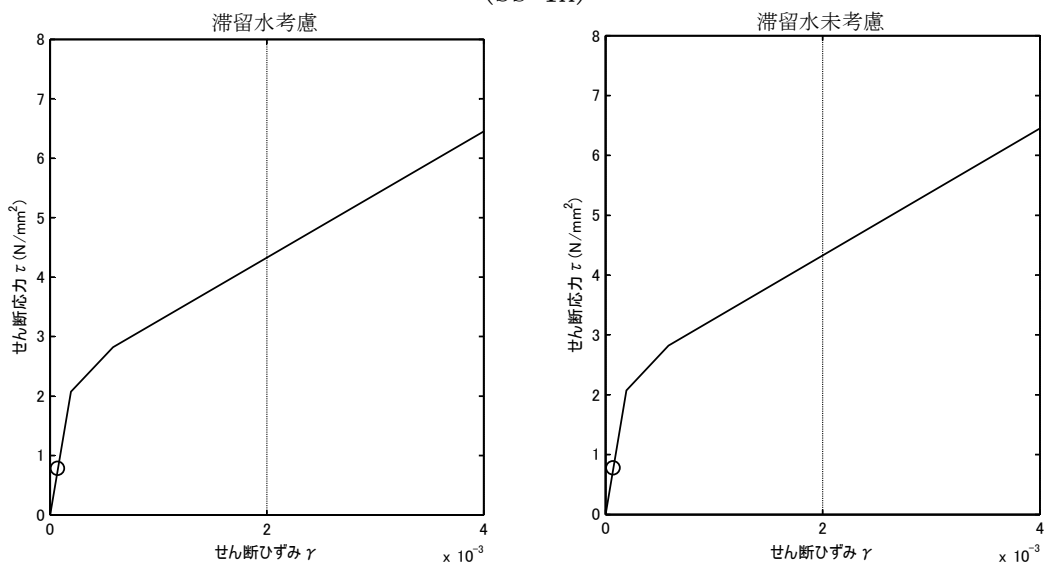
表 2.2.6-2 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (EW 方向)

(単位:  $\times 10^{-3}$ )

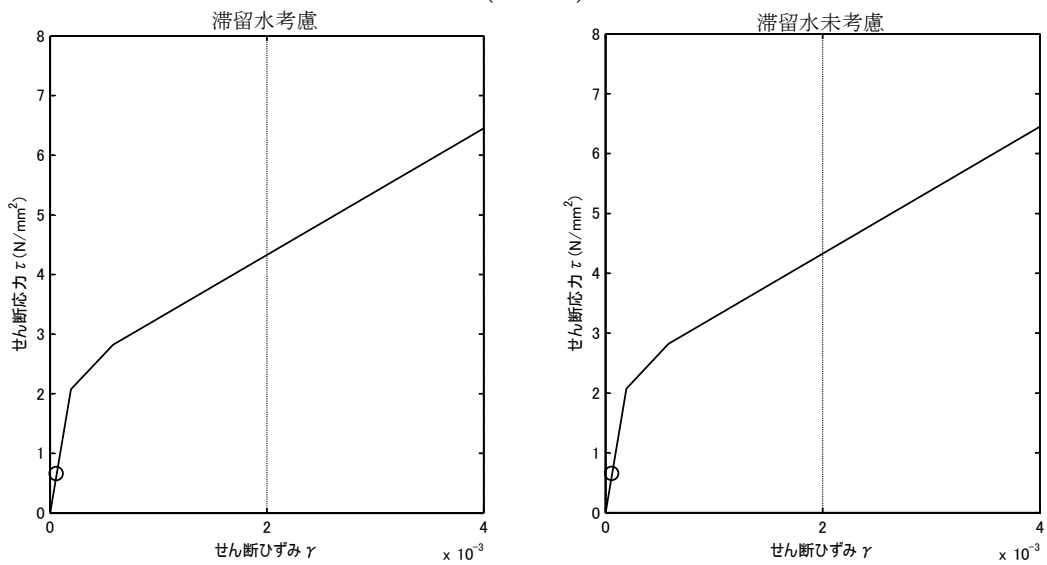
階	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20~-2.06	考慮	0.08	0.08	0.07	4.0 以下
		未考慮	0.07	0.08	0.06	



(Ss-1H)

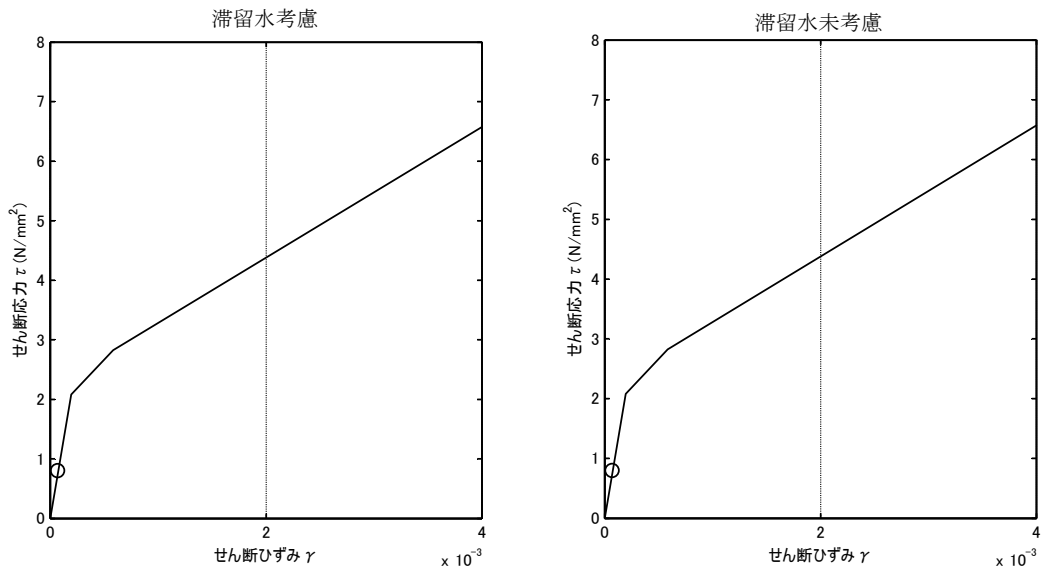


(Ss-2H)

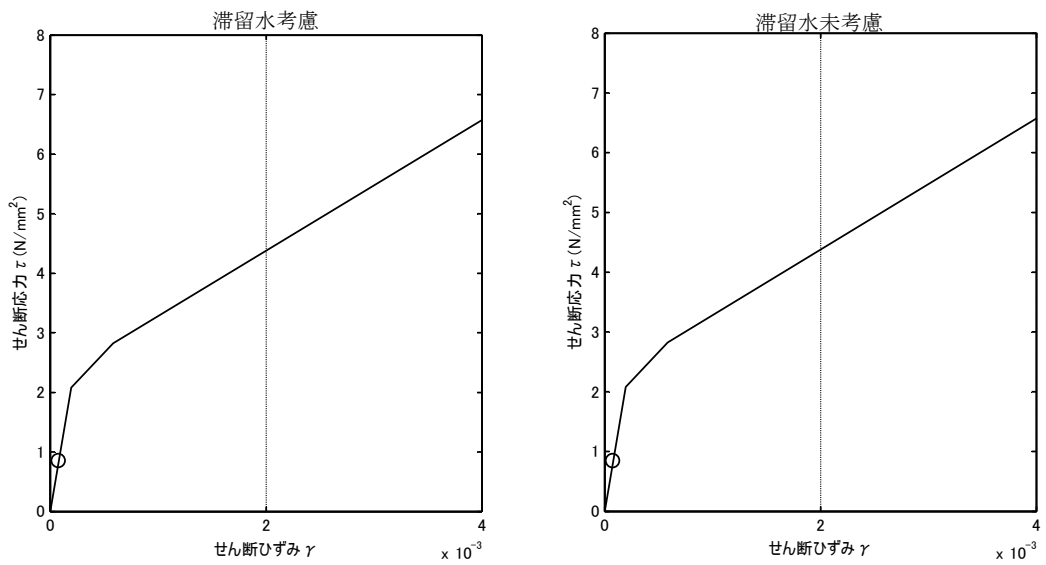


(Ss-3H)

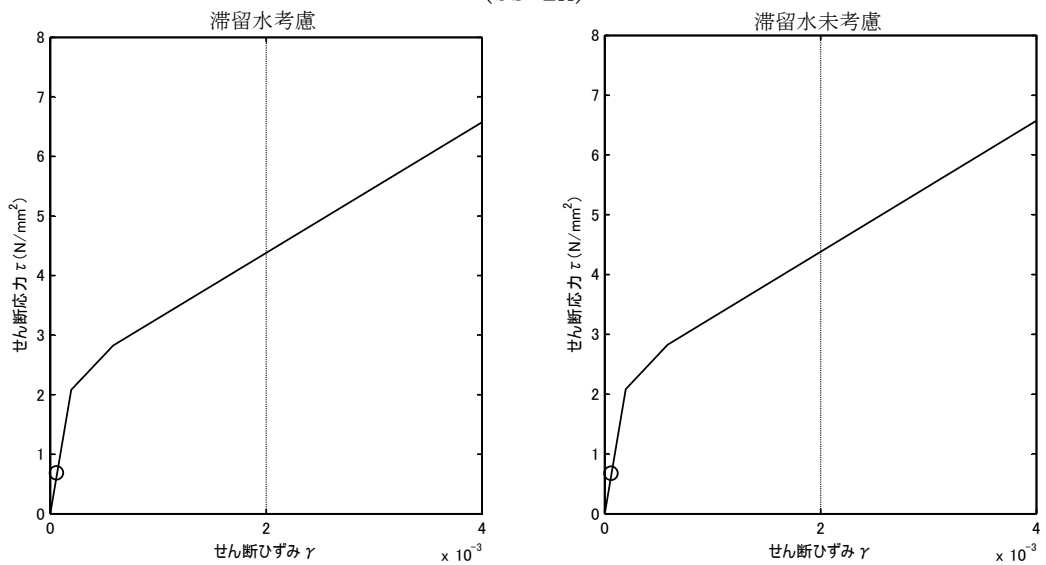
図 2.2.6-1 耐震壁のせん断ひずみ (NS 方向)



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2.2.6-2 耐震壁のせん断ひずみ (EW 方向)

## 2.3 3号機原子炉建屋

### 2.3.1 解析評価方針

3号機原子炉建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全性評価は、基準地震動  $S_s$  を用いた地震応答解析によることを基本とし、建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

解析モデルは、地下1階から地上5階に設置された機器を含む建屋全域をNS、EW方向とも1軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し、固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は、地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが、評価基準値 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認することとする。

3号機原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例を、図 2.3.1-1 に示す。

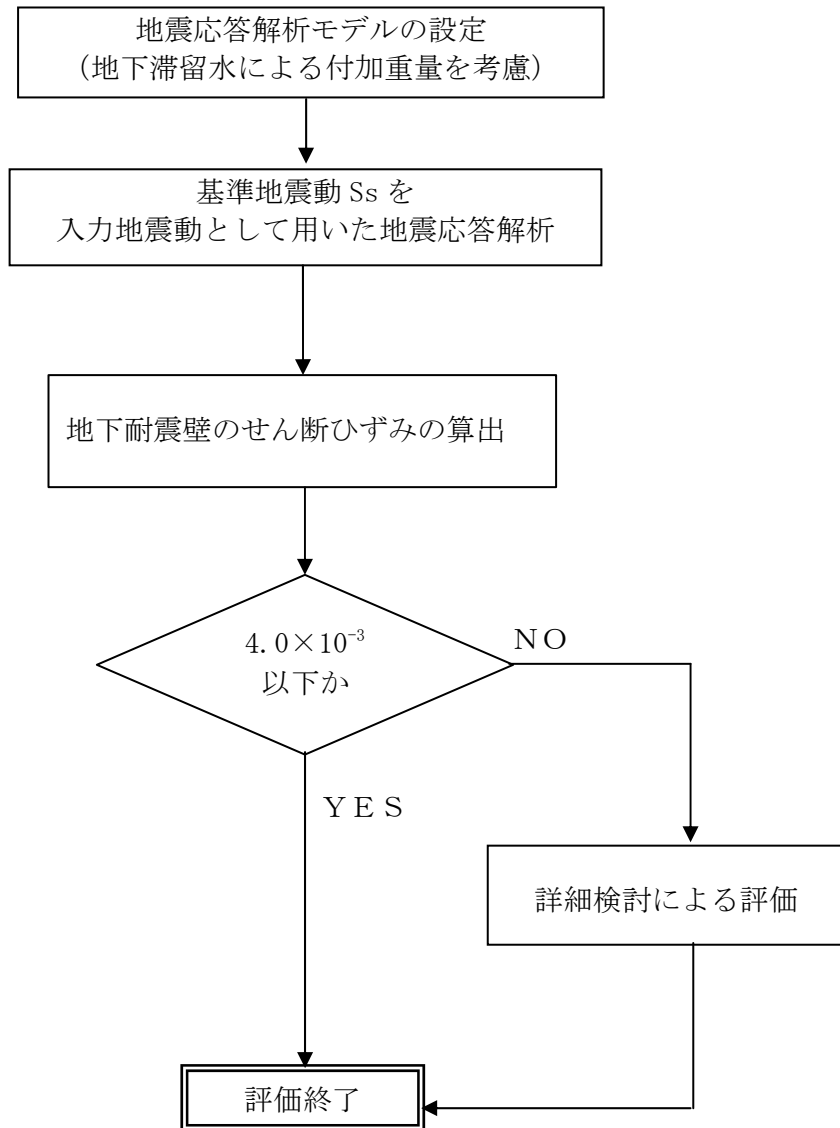


図 2.3.1-1 3号機原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例

### 2.3.2 3号機原子炉建屋の水位及び地下滞留水量

3号機原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表 2.3.1-1 に示す。

表 2.3.2-1 3号機原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	3号機
水位	O.P. 4,000
貯水量	6,800m <sup>3</sup>



### 2.3.3 解析に用いる入力地震動

3号機原子炉建屋への入力地震動は、「福島第一原子力発電所 『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」(原管発官19第603号 平成20年3月31日付け)にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図2.3.3-1に示す。この3号機原子炉建屋の解析モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち、解放基盤表面位置 (O.P. -196.0m) における基準地震動  $S_s$  の加速度波形について、図2.3.3-2に示す。

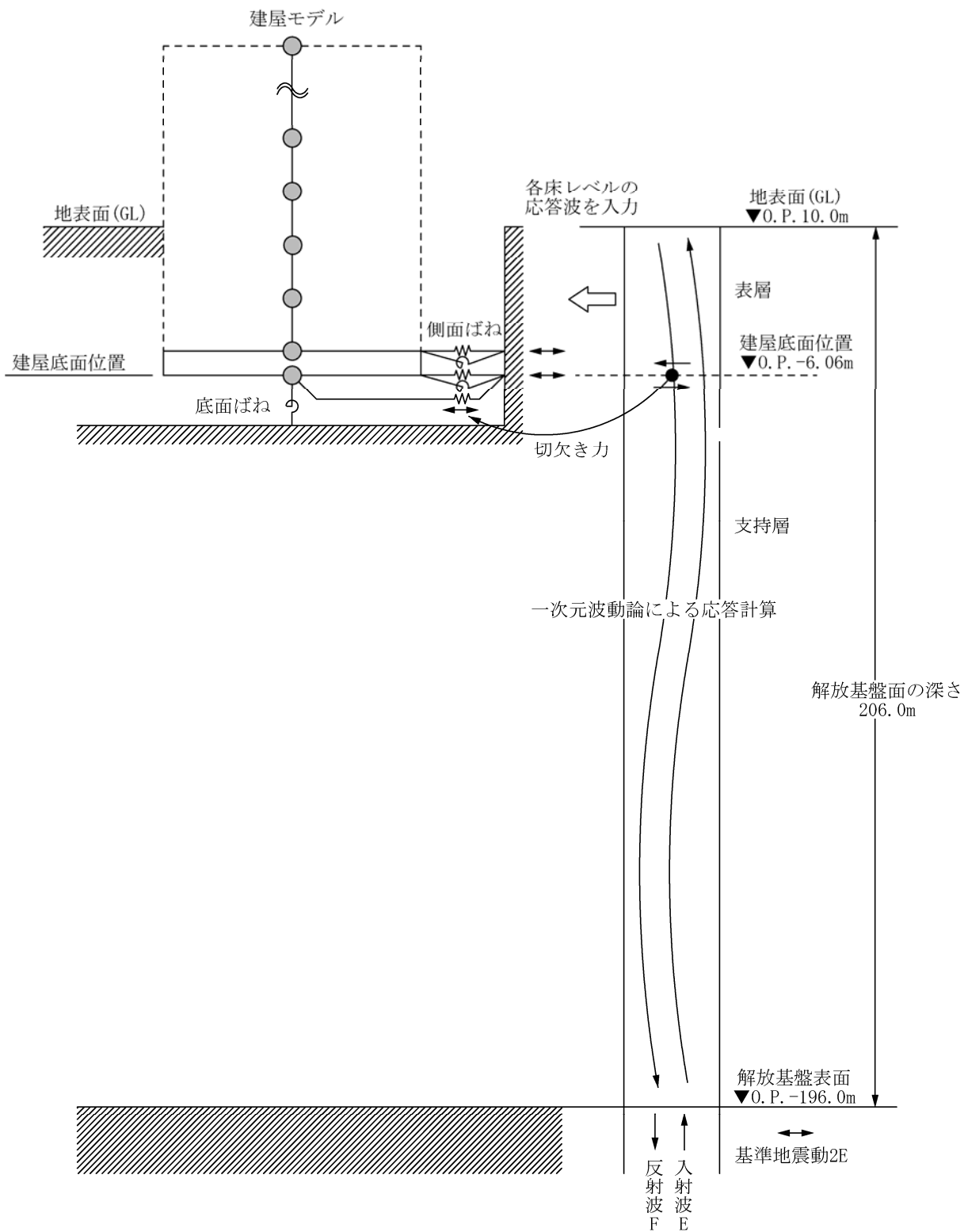
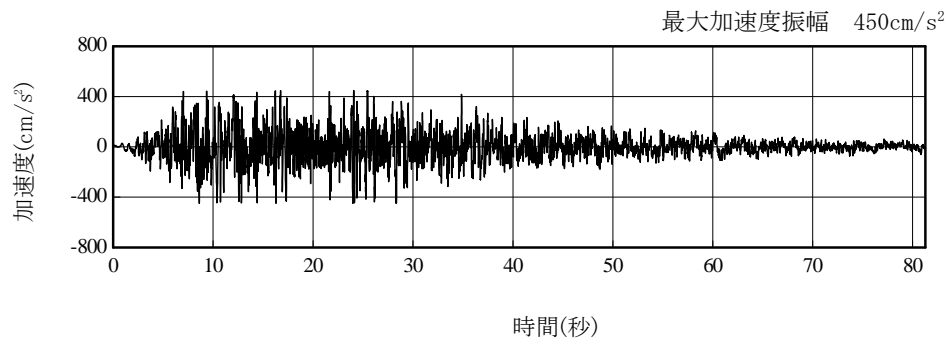
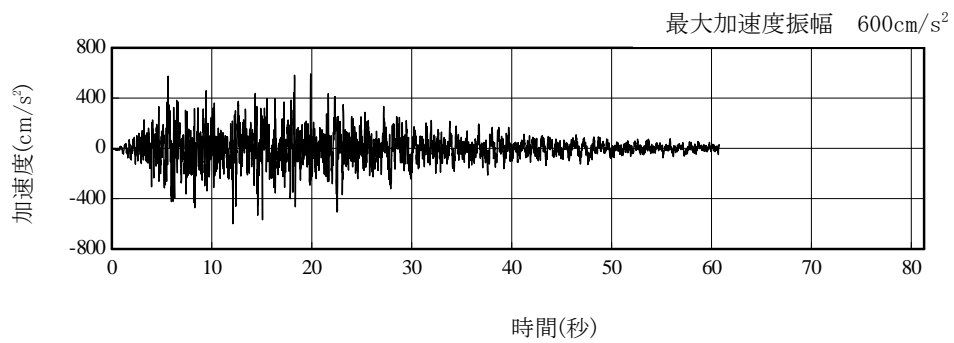


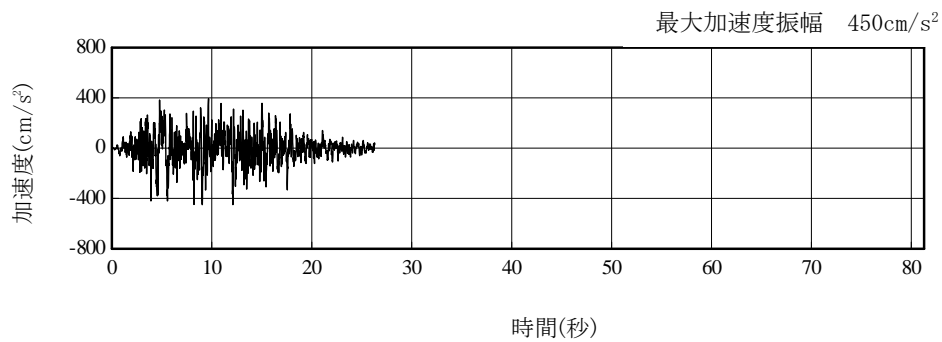
図 2.3.3-1 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2.3.3-2 解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形 (水平方向)

#### 2.3.4 地震応答解析モデル

基準地震動  $S_s$  に対する 3 号機原子炉建屋の地震応答解析は、「2.3.3 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは、図 2.3.4-1 及び図 2.3.4-2 に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばね及び入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 2.3.4-1 に、建屋解析モデルの諸元<sup>\*注</sup>を表 2.3.4-2 に示す。

地盤定数は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 2.3.4-3 に示す。

解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にし、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似的に評価する。また、埋込部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて、水平及び回転ばねを「JEAG4601-1991」により NOVAK ばねに基づいて近似法により評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図 2.3.4-3 に示すようにばね定数 ( $K_c$ ) として実部の静的な値を、また、減衰係数 ( $C_c$ ) として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

\*注：建屋に係る部分の諸元については、「II-2-11 添付資料-4-2 3. 第 3 号機燃料取り出し用カバーの構造強度及び耐震性について」において原子炉建屋の耐震安全性評価に用いたモデルに、滞留水による重量増分を付加したものである。

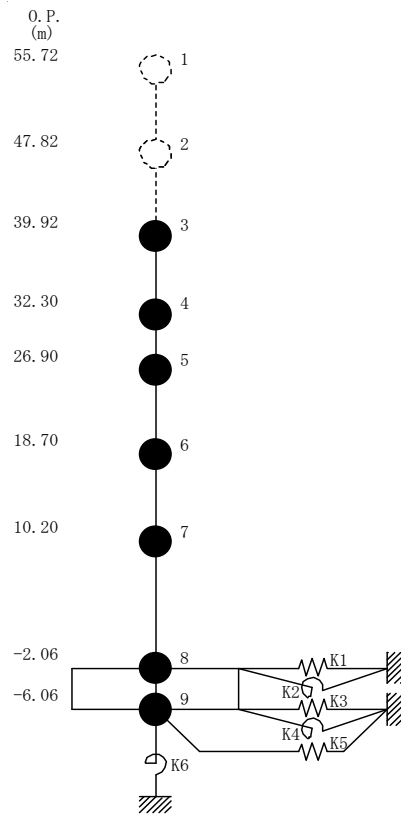


図 2.3.4-1 3号機原子炉建屋 地震応答解析モデル (NS 方向)

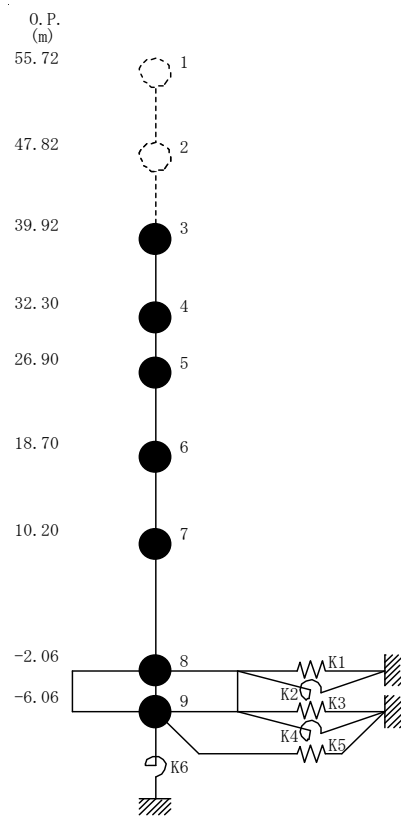


図 2.3.4-2 3号機原子炉建屋 地震応答解析モデル (EW 方向)

表 2.3.4-1 地震応答解析に用いる物性値

コンク リート	強度*1 F <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数*2 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数*2 G (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ (kN/m <sup>3</sup> )
	35.0	2.57×10 <sup>4</sup>	1.07×10 <sup>4</sup>	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

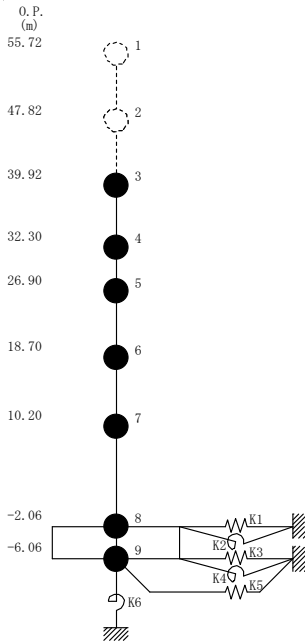
\*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は、過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまとめた値とした。

\*2：実強度に基づく値を示す。

\*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

表 2.3.4-2 建屋解析モデルの諸元

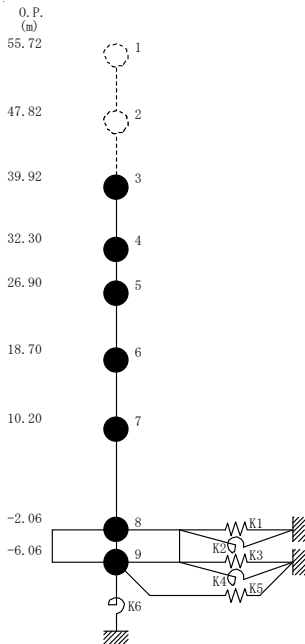
NS 方向



質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2)$	せん断断面積 $A_S (\text{m}^2)$	断面2次モーメント $I (\text{m}^4)$
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	87,590	92.34	145.3	9,598
4	119,490	238.33	146.1	29,271
5	111,340	204.95	237.3	56,230
6	130,160	239.58	208.6	60,144
7	253,710	467.09	458.7	112,978
8	367,710 (66,690)	676.94 (122.77)	2,697.8	496,620
9	127,000	233.79		
合計	1,197,000			

柱：( )内は滞留水による付加分を示す  
 ヤング係数  $E_C$   $2.57 \times 10^7$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数  $G$   $1.07 \times 10^7$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰  $h$  5%  
 基礎形状 47.0m(NS方向)×57.4m(EW方向)

EW 方向



質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2)$	せん断断面積 $A_S (\text{m}^2)$	断面2次モーメント $I (\text{m}^4)$
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	87,590	67.32	61.9	5,665
4	119,490	124.49	123.4	12,460
5	111,340	204.95	204.1	41,352
6	130,160	239.58	226.6	61,084
7	253,710	696.62	431.3	135,128
8	367,710 (66,690)	1,009.61 (183.11)	2,697.8	740,717
9	127,000	348.72		
合計	1,197,000			

柱：( )内は滞留水による付加分を示す  
 ヤング係数  $E_C$   $2.57 \times 10^7$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数  $G$   $1.07 \times 10^7$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰  $h$  5%  
 基礎形状 47.0m(NS方向)×57.4m(EW方向)

表 2.3.4-3 (1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 2.3.4-3 (2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-



表 2.3.4-3 (3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
-10.0	泥岩  (解放基盤)	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

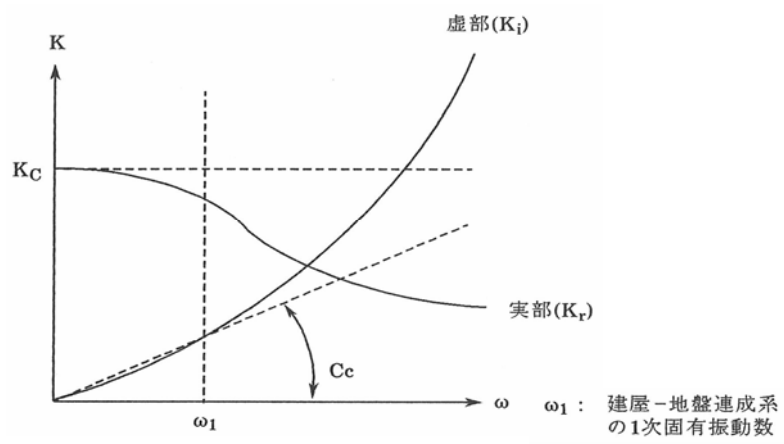


図 2.3.4-3 地盤ばねの近似

### 2.3.5 地震応答解析結果

地震応答解析により求められた NS 方向, EW 方向の最大応答加速度を, 滞留水を未考慮の場合と比較して\*注, 図 2.3.5-1~図 2.3.5-6 に示す。

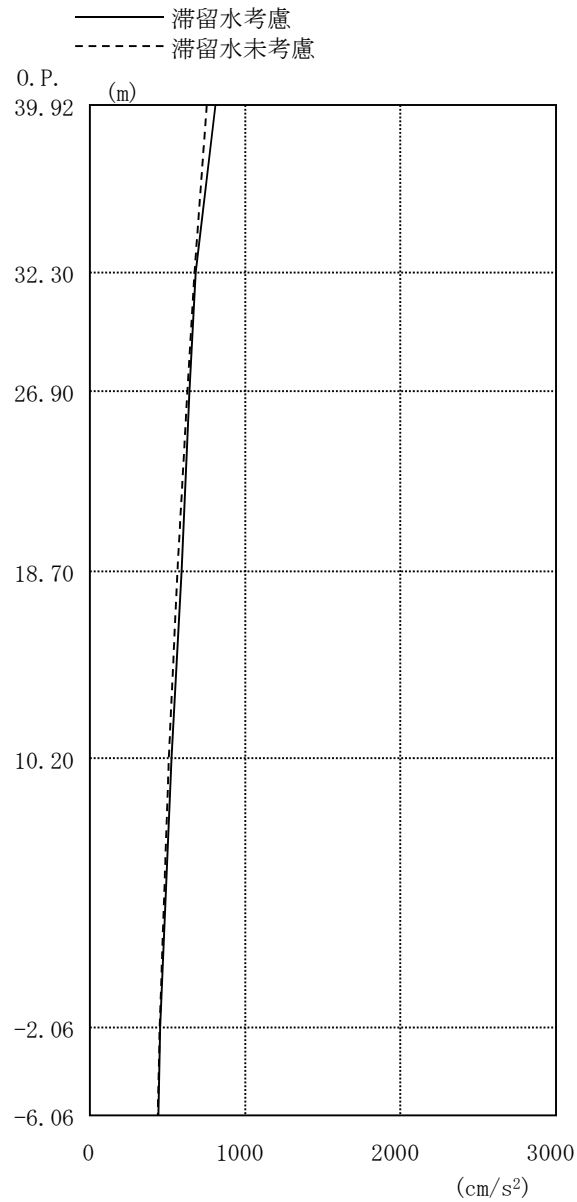


図 2.3.5-1 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-1H)

\*注：滞留水考慮：本検討における結果であり，滞留水の重量の他，瓦礫撤去等による重量増減や燃料取り出し用カバールの重量を考慮したもの。

滞留水未考慮：損傷前の「福島第一原子力発電所 『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書 (改訂版)」(原管発官 21 第 110 号 平成 21 年 6 月 19 日付け)の結果。

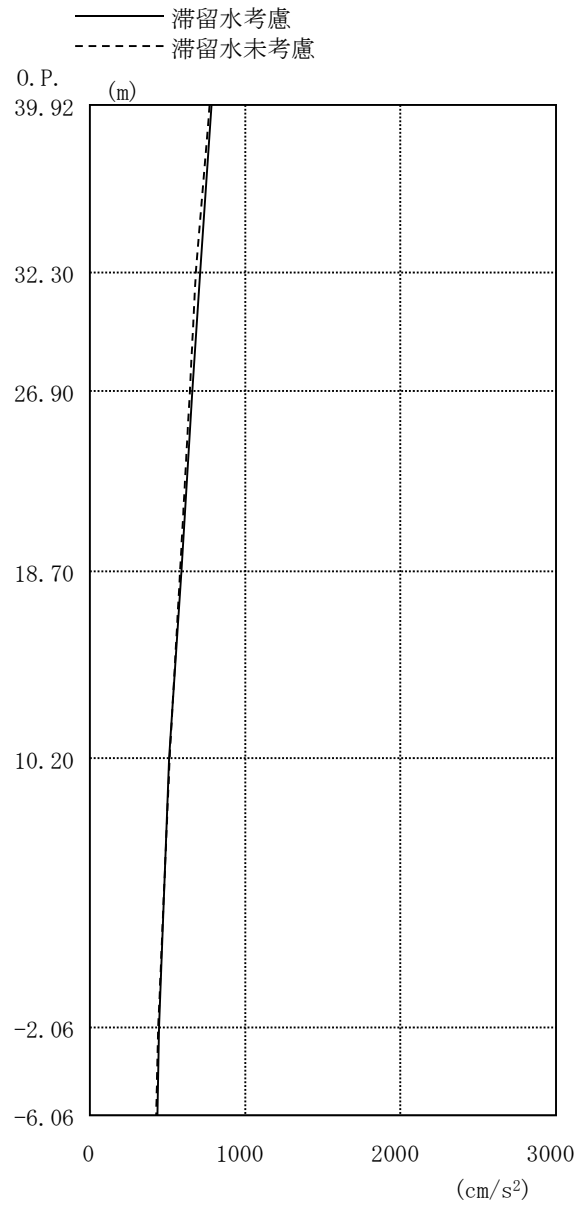


图 2.3.5-2 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-2H)

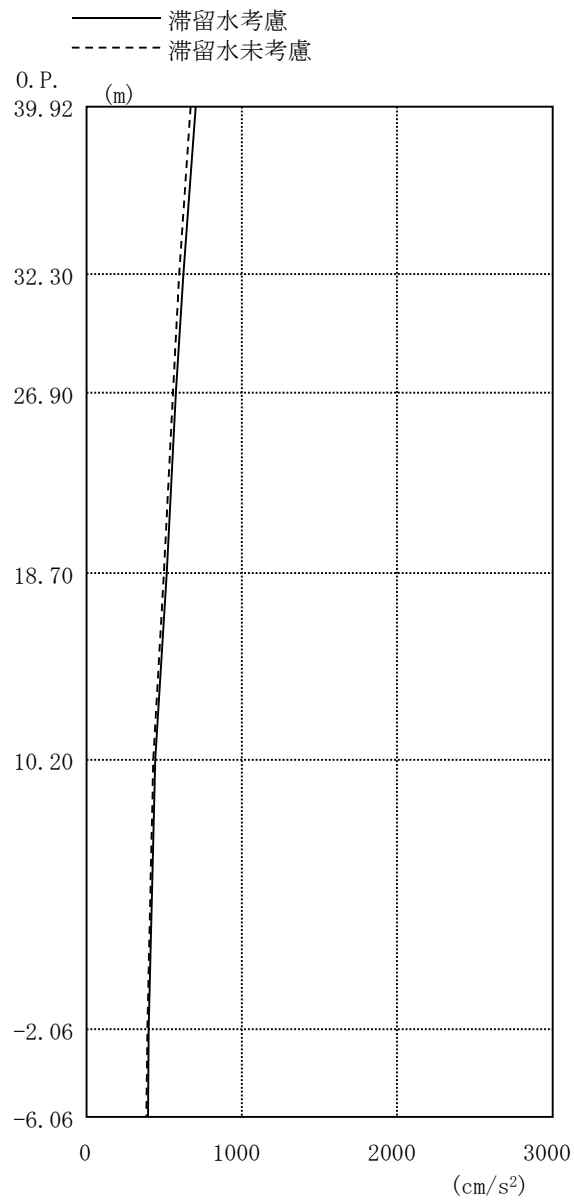


图 2.3.5-3 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-3H)

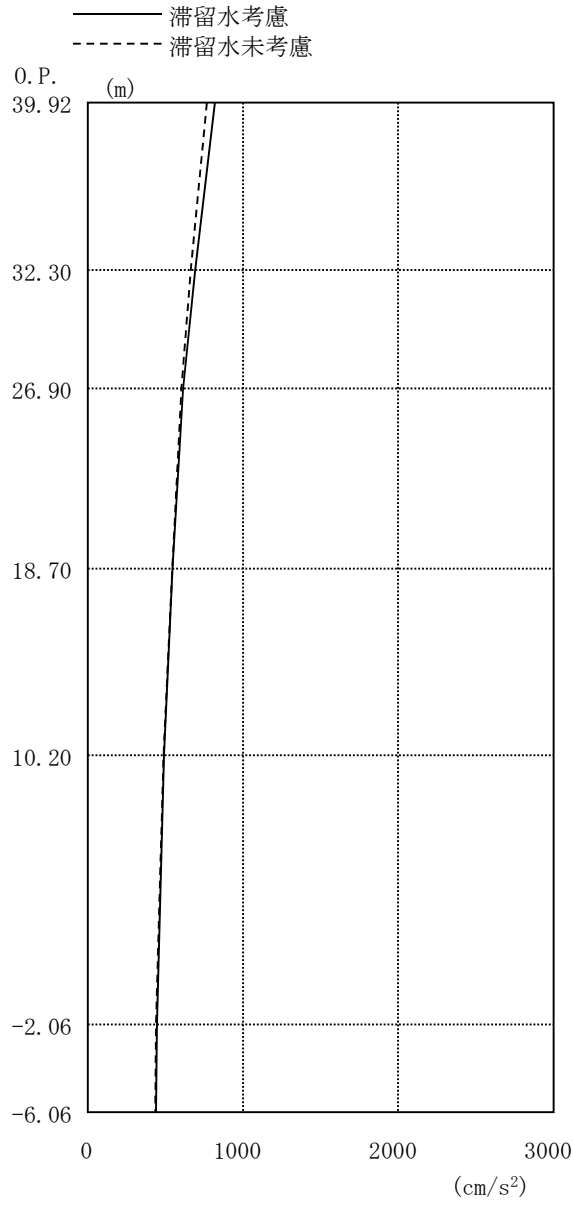


图 2.3.5-4 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-1H)

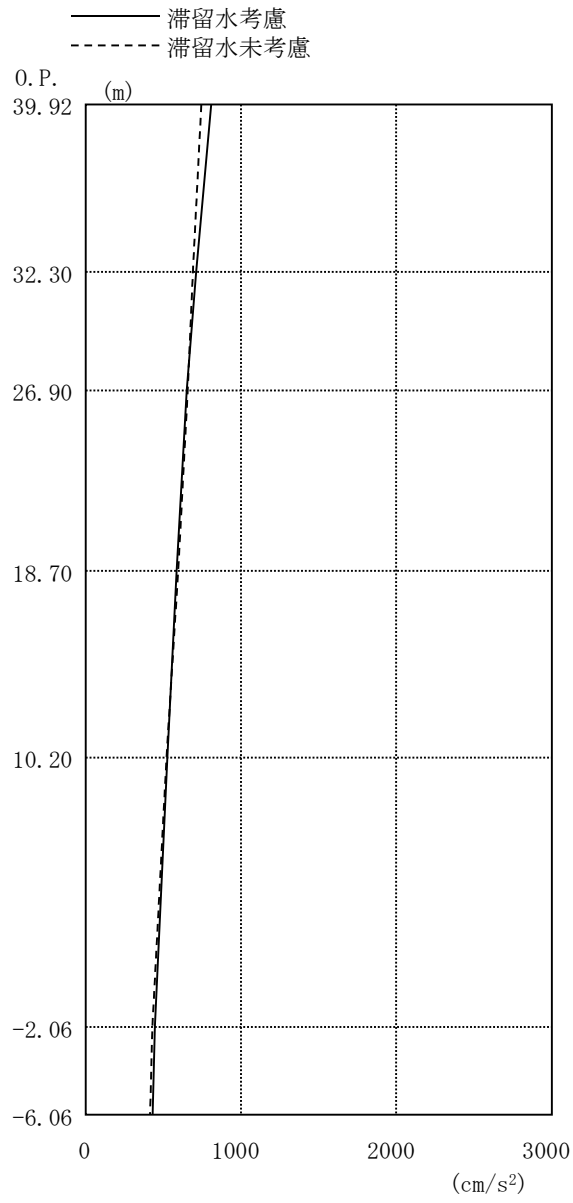


图 2.3.5-5 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-2H)

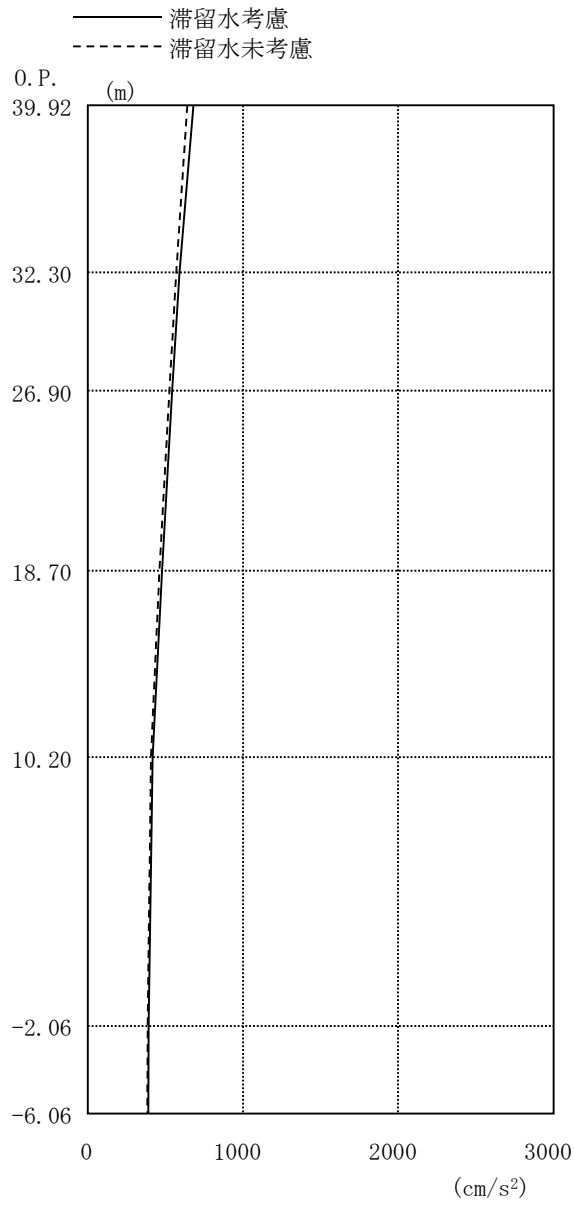


图 2.3.5-6 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-3H)



### 2.3.6 耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を、滞留水を未考慮の場合と比較して、表 2.3.6-1 及び表 2.3.6-2 に示す。また、図 2.3.6-1 及び図 2.3.6-2 に基準地震動 Ss に対する最大応答値を、滞留水を未考慮の場合と比較して、耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、滞留水を考慮した場合でも、最大で  $0.10 \times 10^{-3}$  であり、評価基準値 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) に対して十分余裕がある。なお、スケルトン曲線は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから、3号機原子炉建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 2.3.6-1 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (NS 方向)

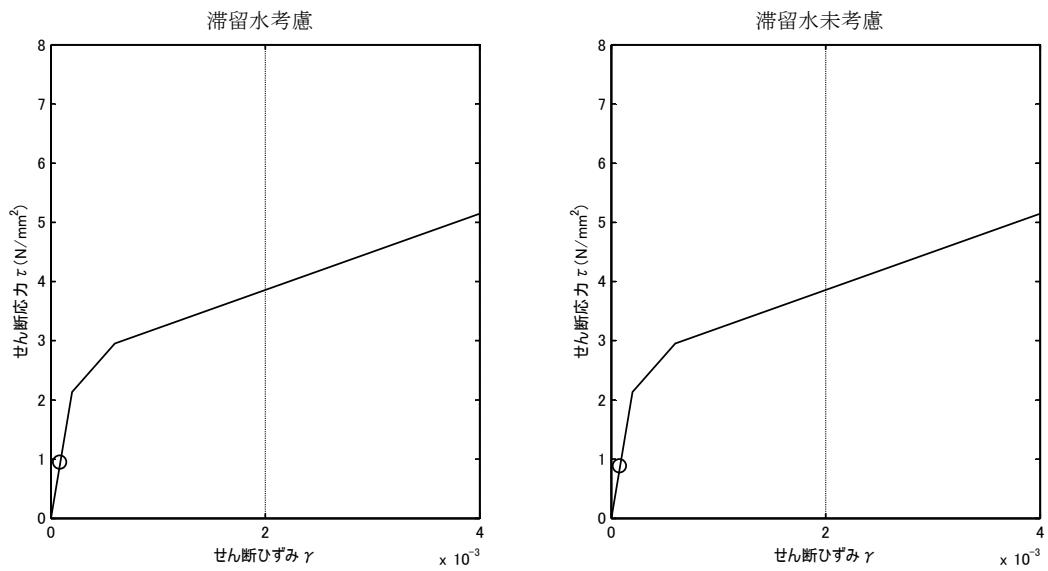
(単位： $\times 10^{-3}$ )

階	O. P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20～ -2.06	考慮	0.09	0.09	0.08	4.0 以下
		未考慮	0.08	0.08	0.07	

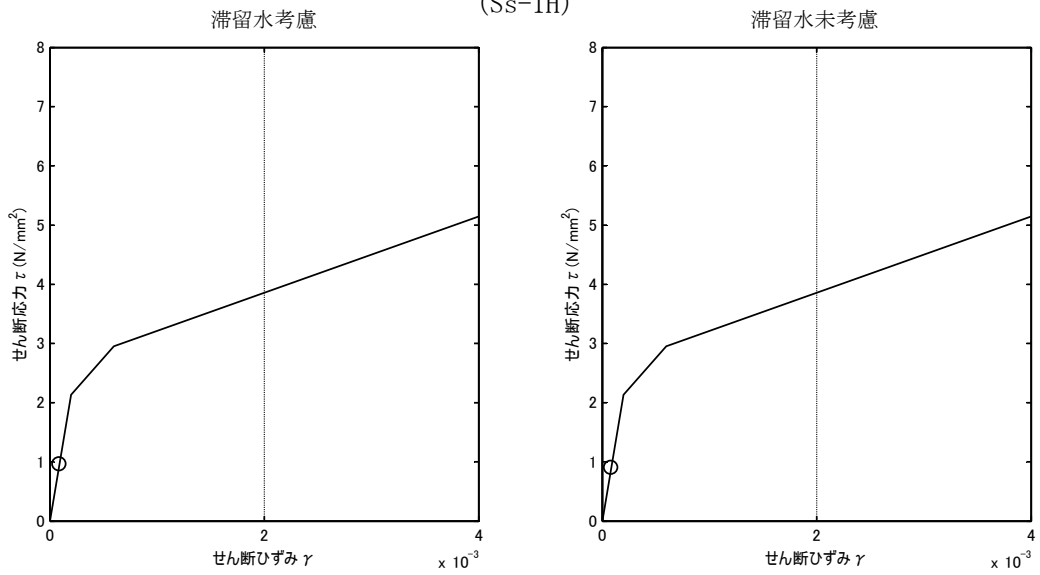
表 2.3.6-2 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (EW 方向)

(単位： $\times 10^{-3}$ )

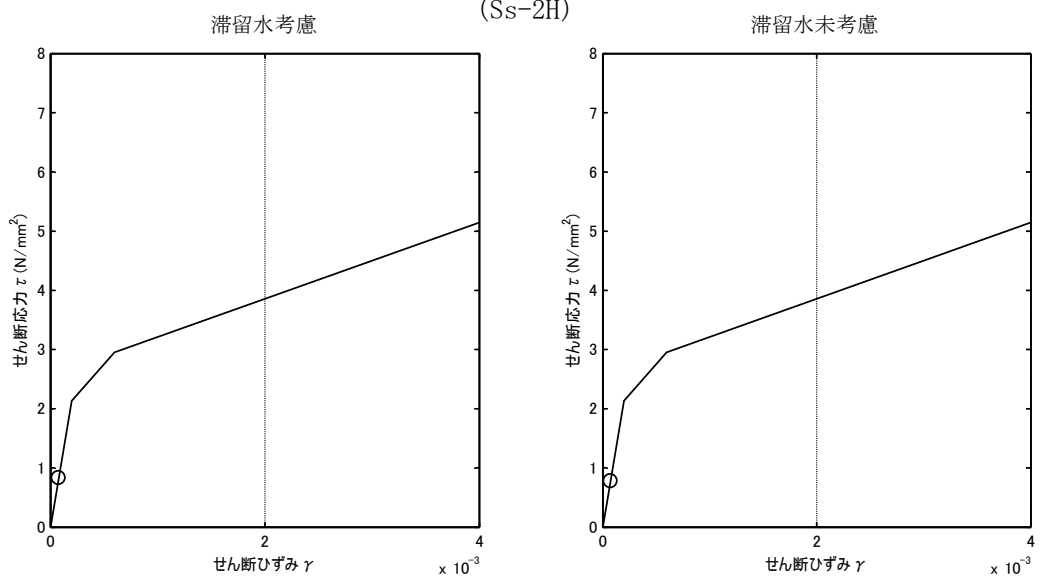
階	O. P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20～ -2.06	考慮	0.09	0.10	0.08	4.0 以下
		未考慮	0.08	0.09	0.07	



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2.3.6-1 耐震壁のせん断ひずみ (NS 方向)

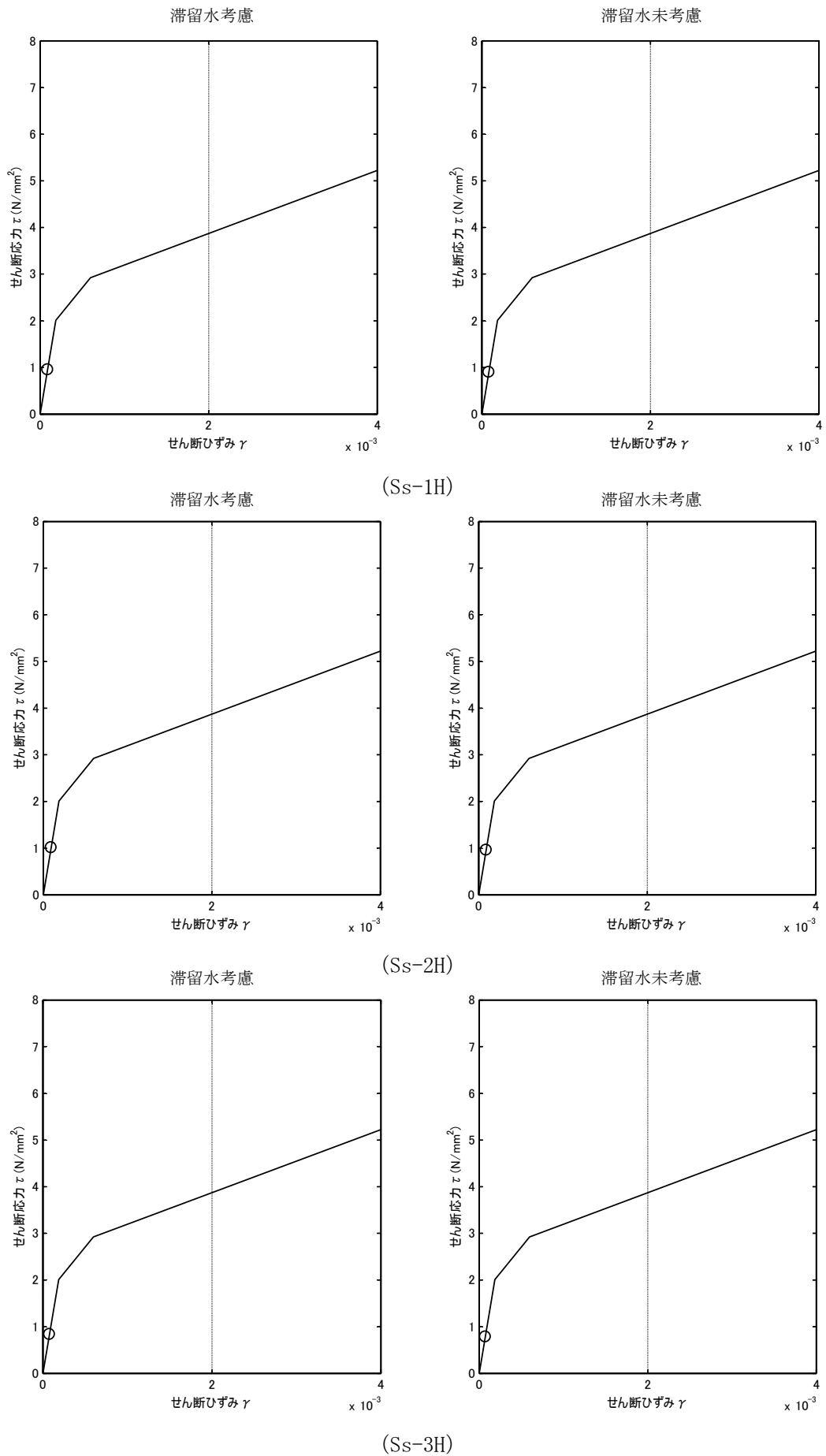


図 2.3.6-2 耐震壁のせん断ひずみ (EW 方向)

### 3 タービン建屋

#### 3.1 3号機タービン建屋（代表号機）

##### 3.1.1 解析評価方針

タービン建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全評価は、基準地震動  $S_s$  を用いた地震応答解析によることを基本とし、建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

タービン建屋については地下滞留水量が最大となる代表号機を選定する。

解析モデルは、地下1階から地上3階に設置された機器を含む建屋全域をNS、EW方向とも多軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し、固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は、地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが、評価基準値 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認することとする。

タービン建屋の地震応答解析の評価手順例を、図-3.1.1に示す。

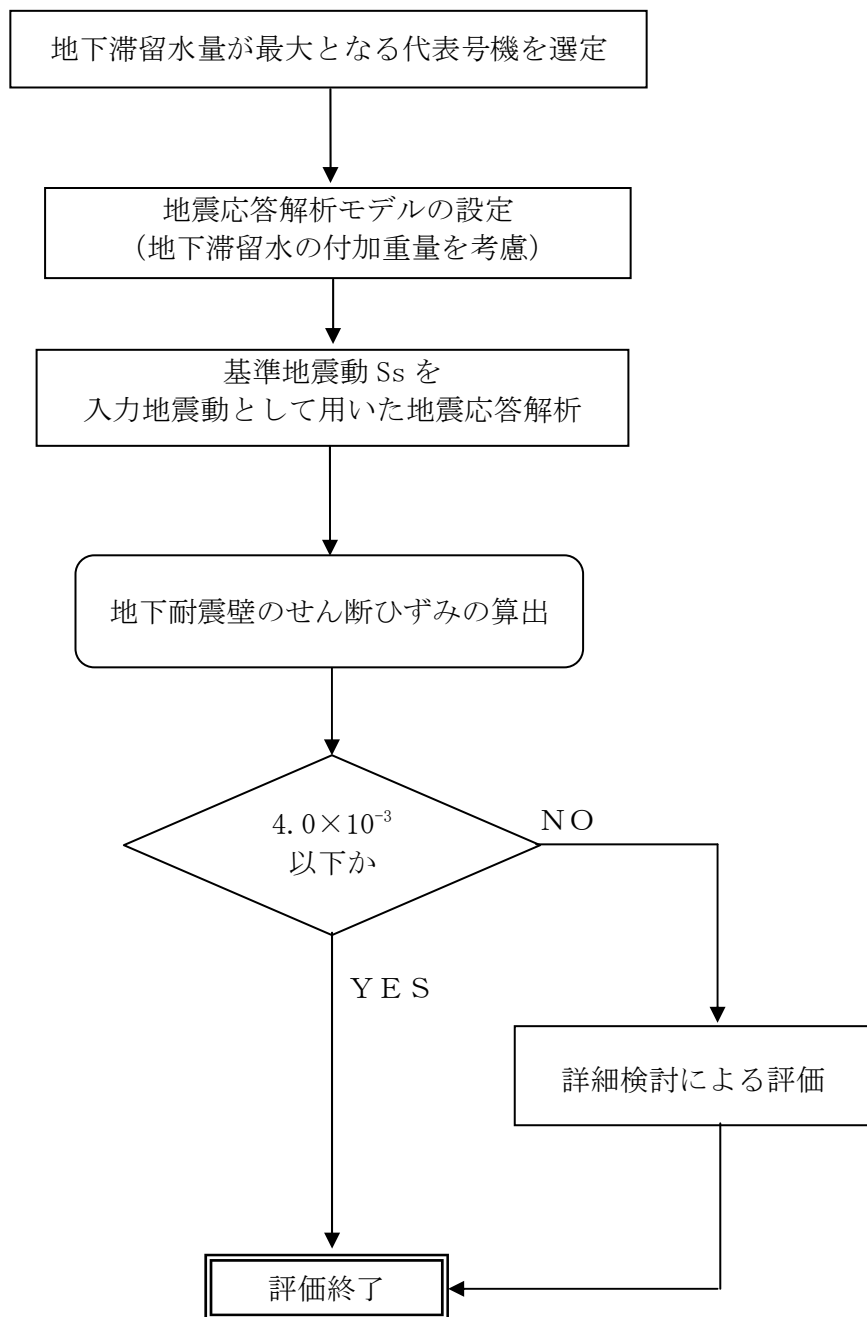


図 3.1.1-1 タービン建屋の地震応答解析の評価手順例

### 3.1.2 代表号機の選定

タービン建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表 3.1.2-1 に示す。表 3.1.2-1 より、貯水量の最も多い3号機を代表号機と選定する。

表 3.1.2-1 タービン建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	1号機	2号機	3号機	4号機
水位	O.P. 5,300	O.P. 4,000	O.P. 4,000	O.P. 4,000
貯水量	9,600m <sup>3</sup>	13,500m <sup>3</sup>	16,400m <sup>3</sup>	12,800m <sup>3</sup>

### 3.1.3 解析に用いる入力地震動

3号機タービン建屋への入力地震動は、「福島第一原子力発電所 『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」(原管発官19第603号 平成20年3月31日付け)にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図3.1.3-1に示す。この3号機タービン建屋の解析モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち、解放基盤表面位置 (O.P. -196.0m) における基準地震動  $S_s$  の加速度波形について、図3.1.3-2に示す。

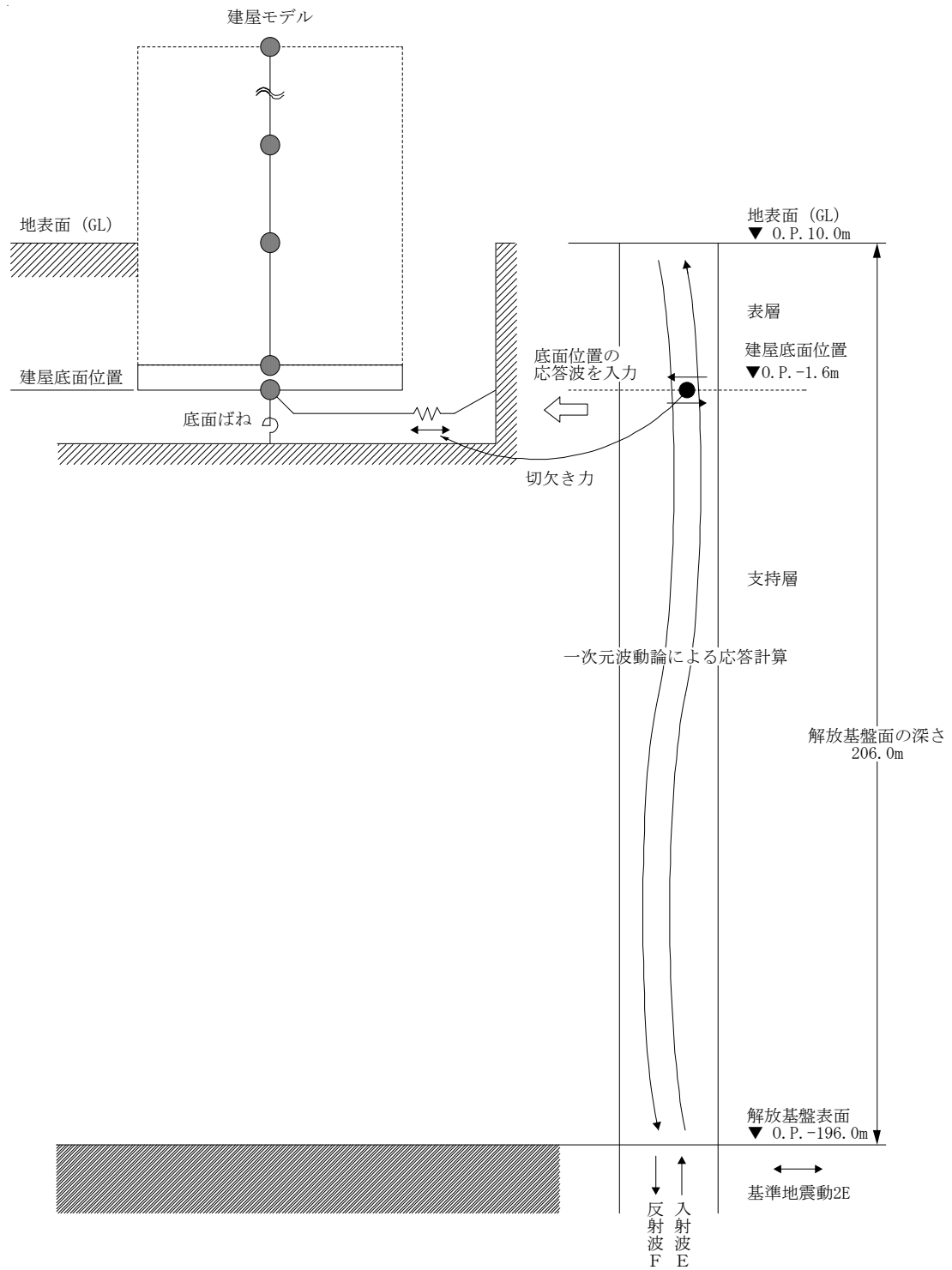
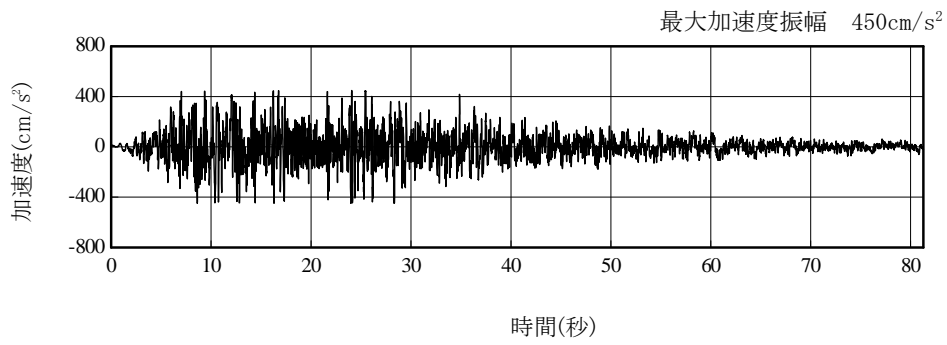
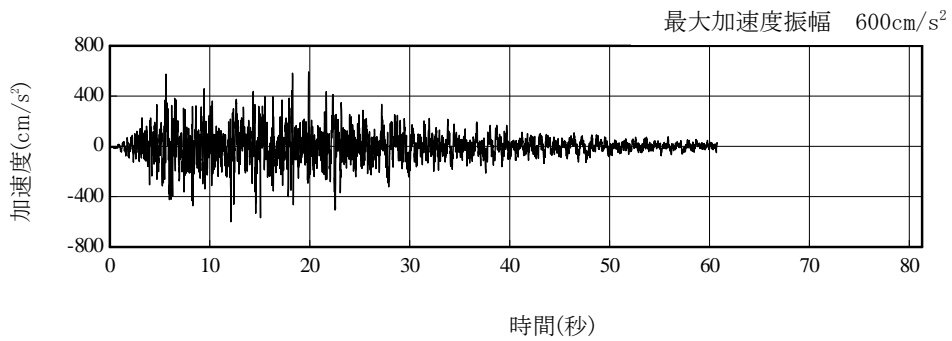


図 3. 1. 3-1 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図

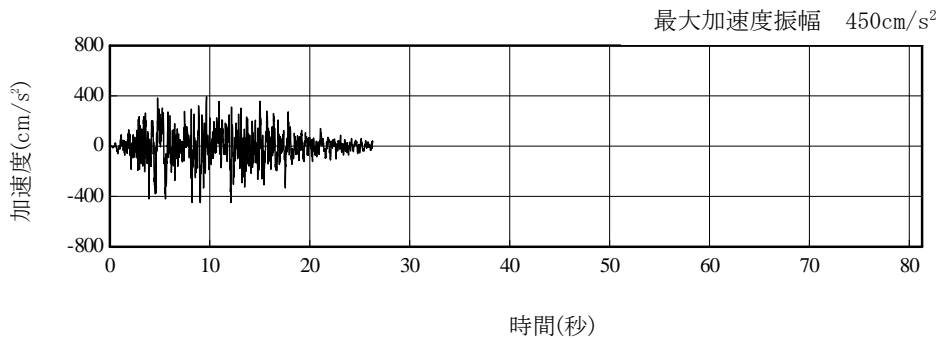




(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 3. 1. 3-2 解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形（水平方向）

#### 3.1.4 地震応答解析モデル

基準地震動  $S_s$  に対する 3号機タービン建屋の地震応答解析は、「3.1.3. 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは、図 3.1.4-1 及び図 3.1.4-2 に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばね及び入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 3.1.4-1 に、建屋解析モデルの諸元を図 3.1.4-3～図 3.1.4-6 に示す。

地盤定数は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 3.1.4-2 に示す。

解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にし、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似的に評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図 3.1.4-7 に示すようにばね定数 ( $K_c$ ) として実部の静的な値を、また、減衰係数 ( $C_c$ ) として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

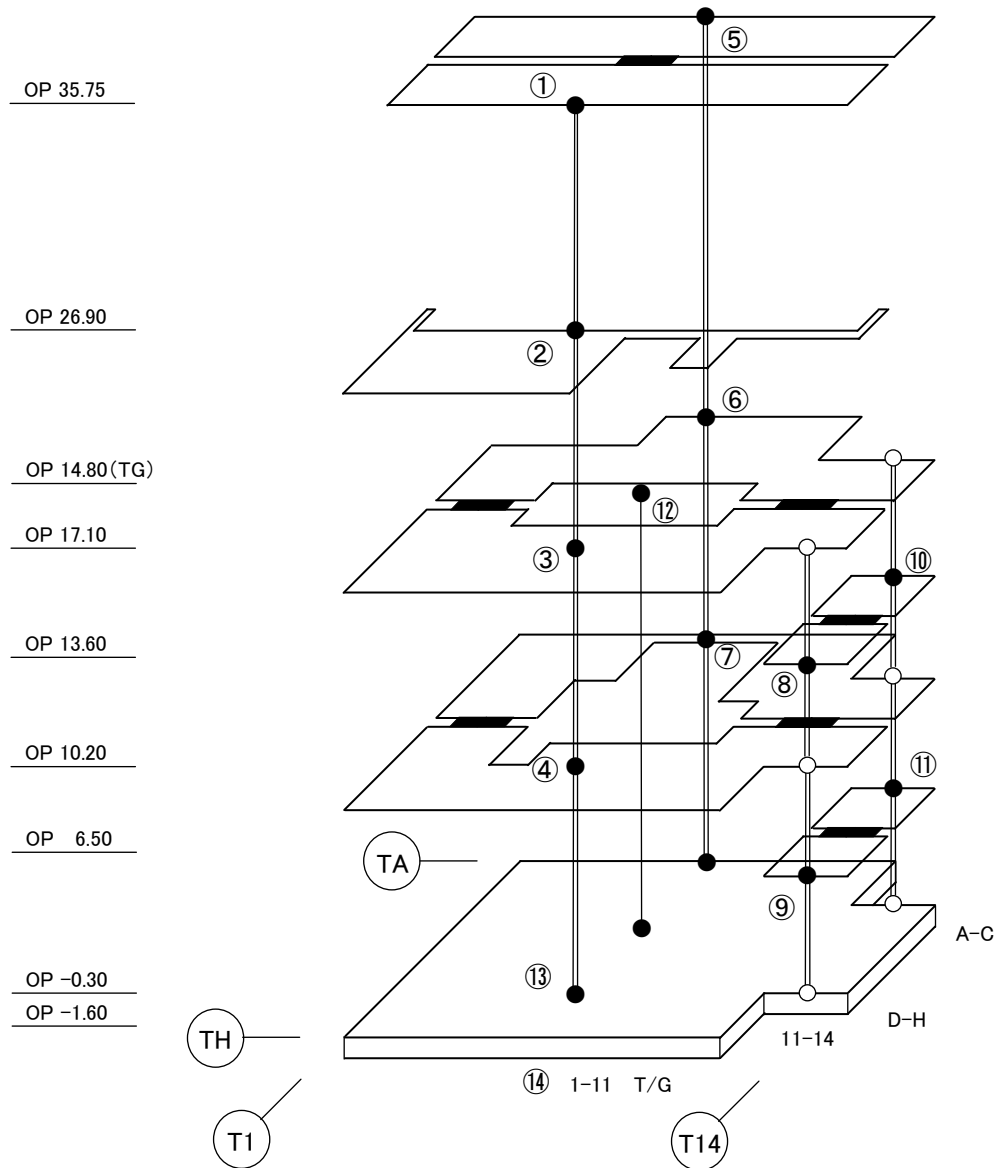


図 3.1.4-1 3号機タービン建屋 地震応答解析モデル (NS 方向)

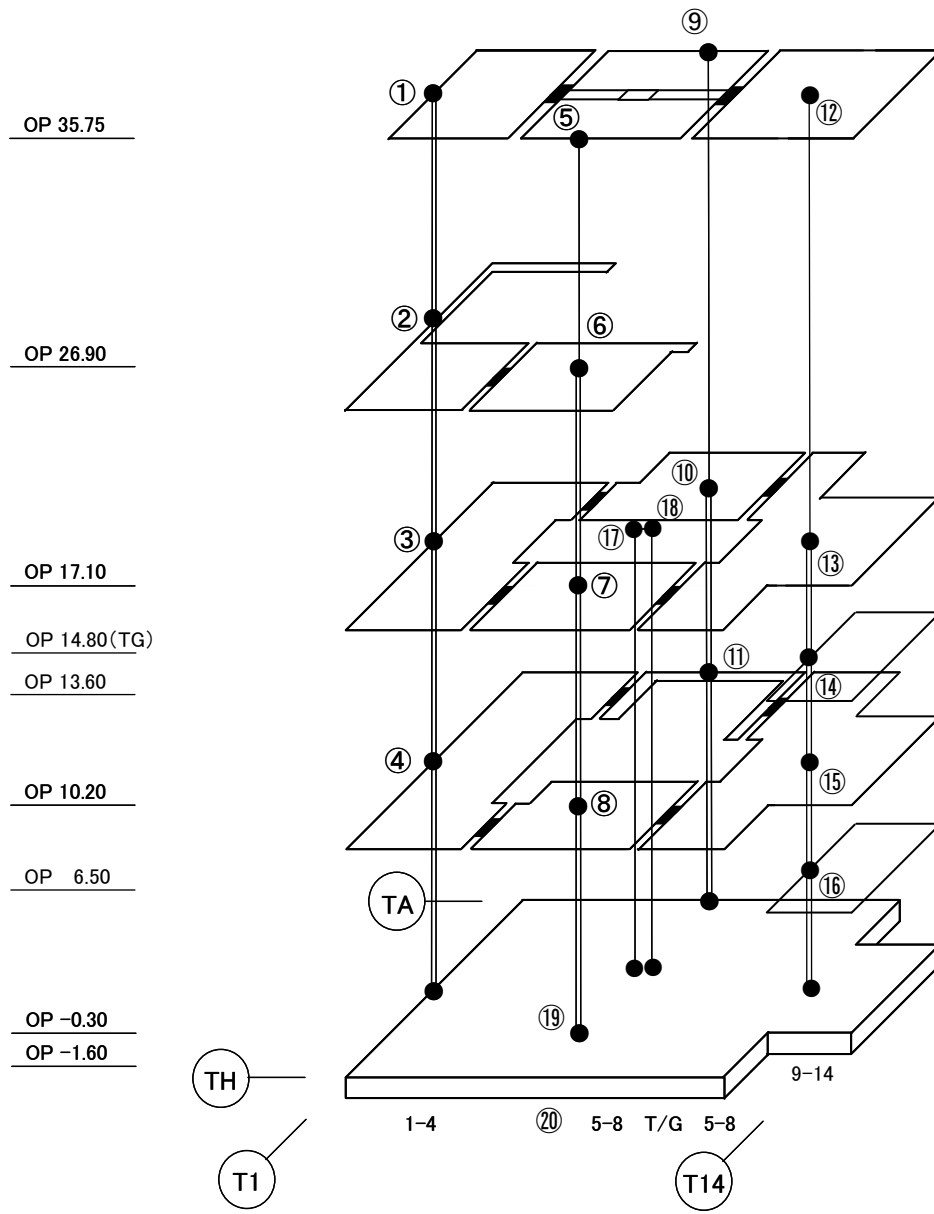


図 3. 1. 4-2 3号機タービン建屋 地震応答解析モデル (EW 方向)

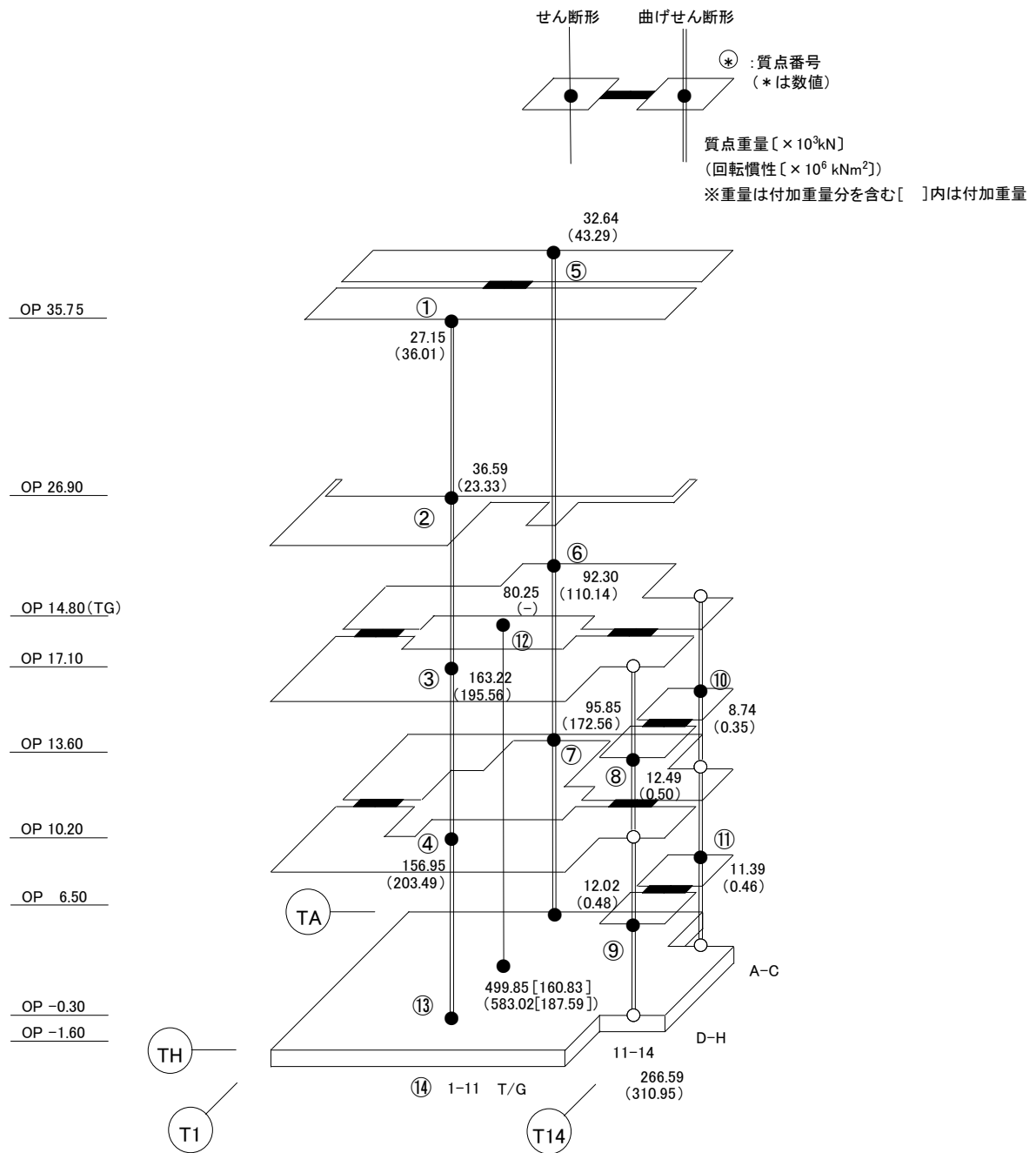
表 3.1.4-1 地震応答解析に用いる物性値

コンク リート	強度*1 F <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数*2 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数*2 G (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ (kN/m <sup>3</sup> )
	35.0	2.57×10 <sup>4</sup>	1.07×10 <sup>4</sup>	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				
鋼材	SS400相当 (SS41)				

\*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は、過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまるめた値とした。

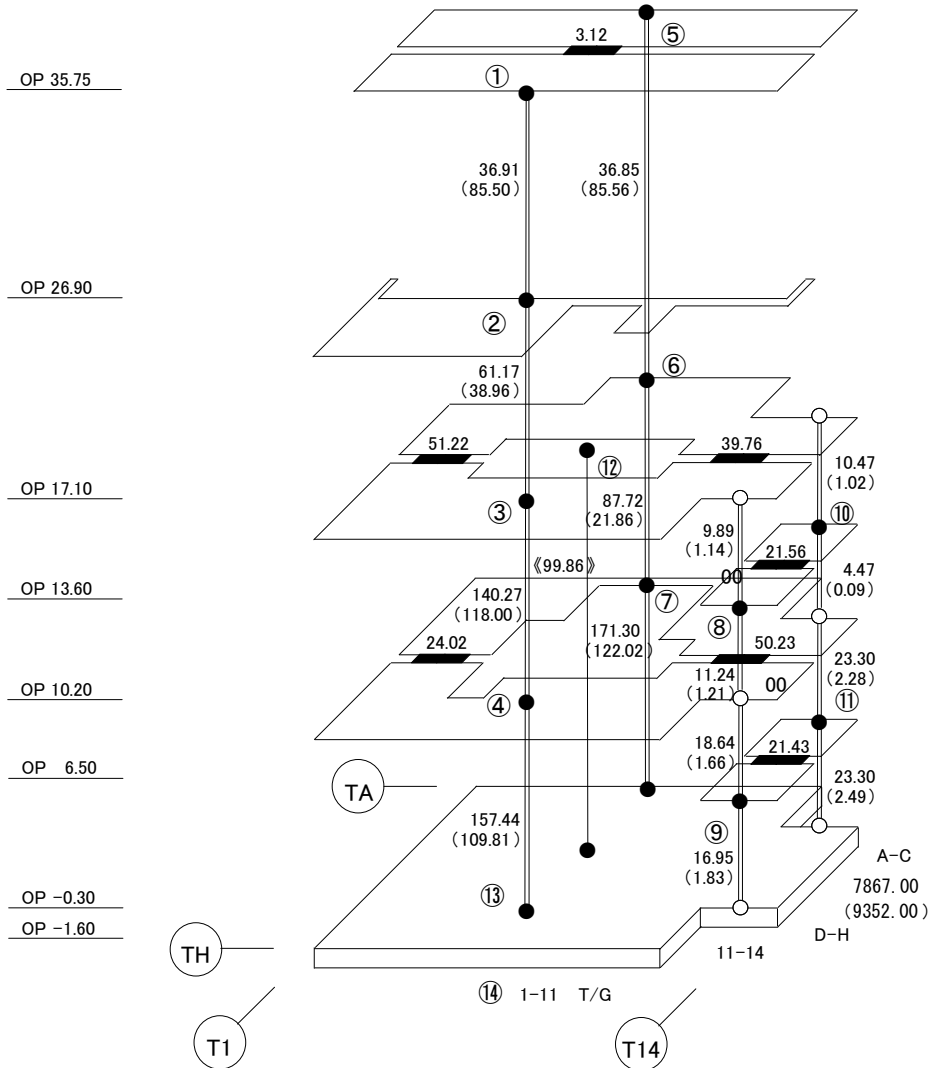
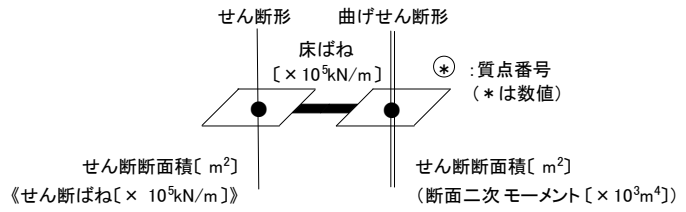
\*2：実強度に基づく値を示す。

\*3：鉄筋コンクリートの値を示す。



総重量 : 1,496,030 kN

図 3.1.4-3 建屋解析モデルの諸元 (重量・回転慣性) (NS 方向)



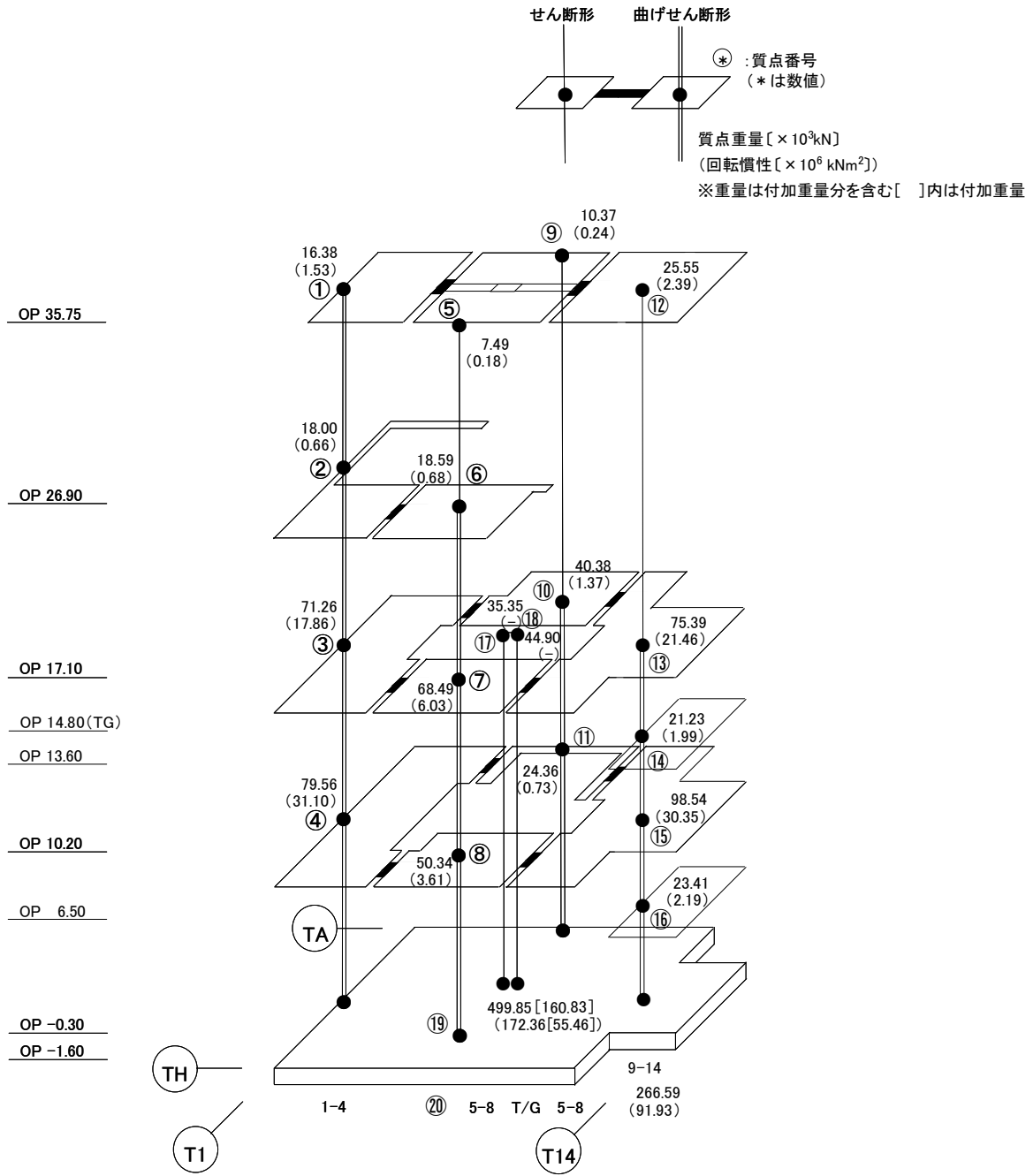
建屋の物性値

ヤング係数 :  $E = 2.57 \times 10^7$  [kN/m<sup>2</sup>] コンクリートの物性

せん断弾性係数 :  $G = 10.7 \times 10^6$  [kN/m<sup>2</sup>] コンクリートの物性

基礎形状 116.38m (NS方向) x 67.60m (EW方向)

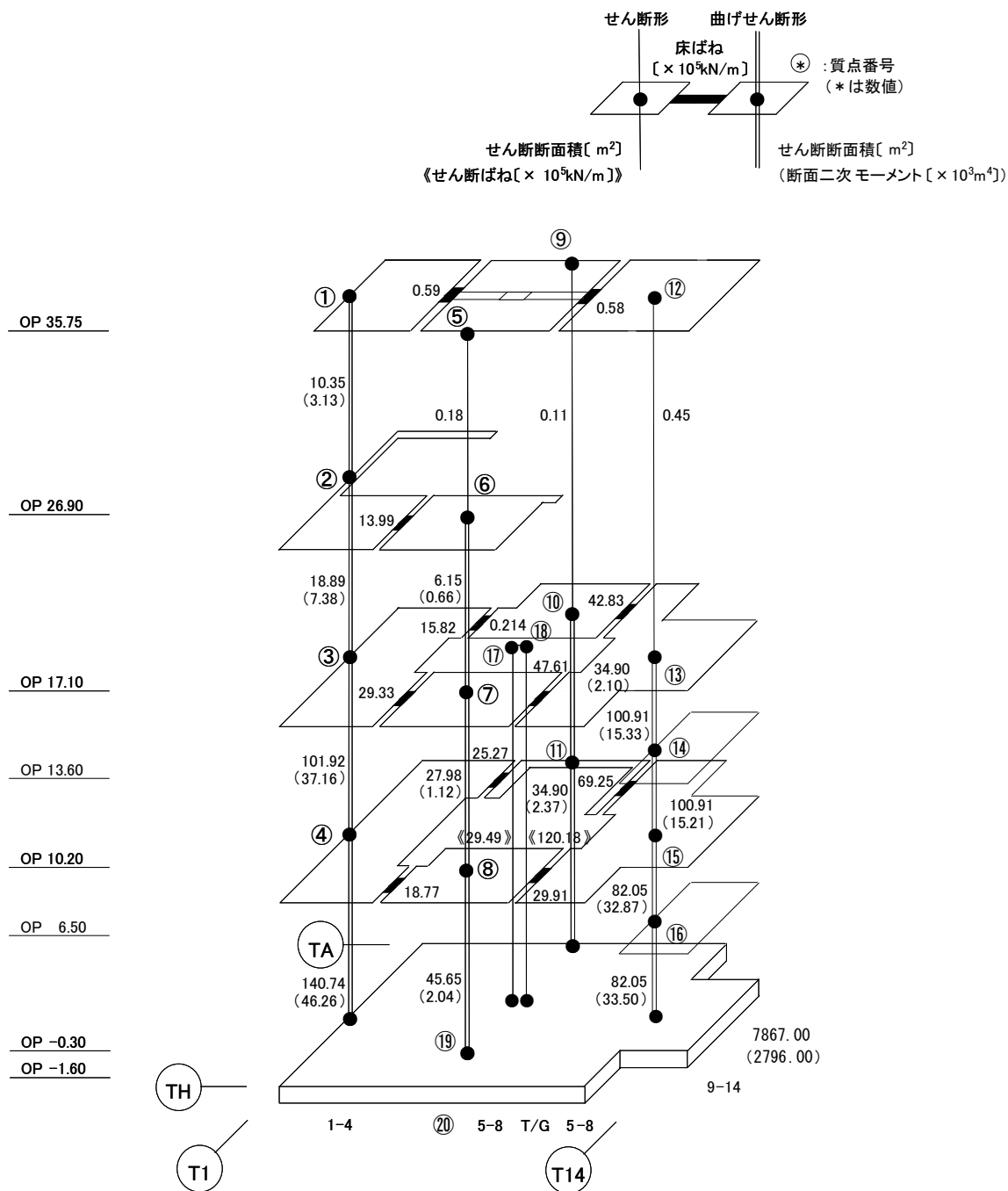
図 3.1.4-4 建屋解析モデルの諸元 (剛性) (NS方向)



総重量 : 1,496,030 kN

図 3.1.4-5 建屋解析モデルの諸元 (重量・回転慣性) (EW 方向)





建屋の物性値

ヤング係数 :  $E = 2.57 \times 10^7$  [ $\text{kN/m}^2$ ] コンクリートの物性  
せん断弾性係数 :  $G = 10.7 \times 10^6$  [ $\text{kN/m}^2$ ] コンクリートの物性  
基礎形状 116.38m (NS方向) x 67.60m (EW方向)

図 3.1.4-6 建屋解析モデルの諸元 (剛性) (EW方向)

表 3.1.4-2 (1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 3.1.4-2 (2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E (×10 <sup>5</sup> kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 3.1.4-2 (3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

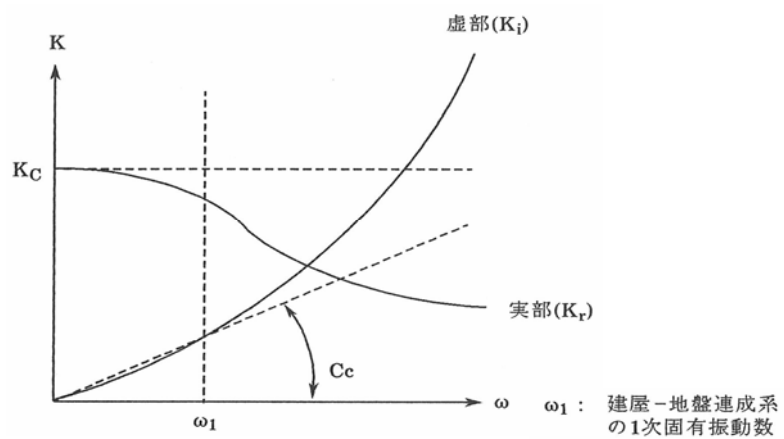


図 3.1.4-7 地盤ばねの近似

### 3.1.5 地震応答解析結果

地震応答解析により求められた NS 方向, EW 方向の最大応答加速度を, 滞留水を未考慮の場合と比較して, 図 3.1.5-1～図 3.1.5-6 に示す。

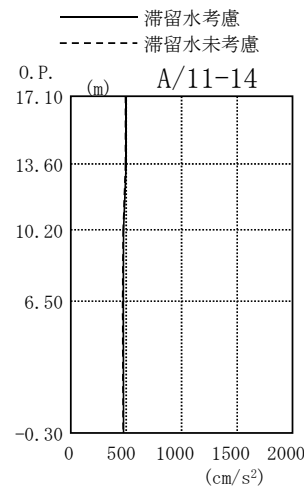
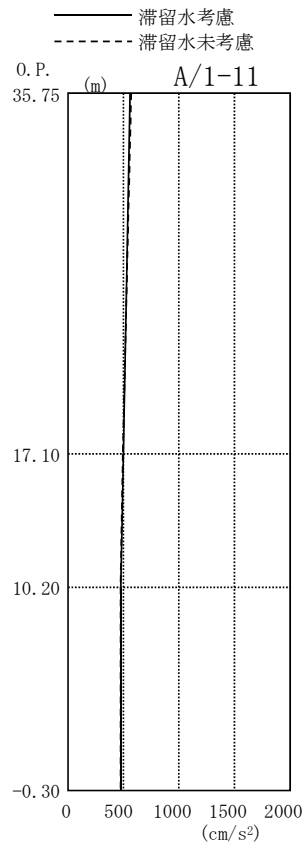
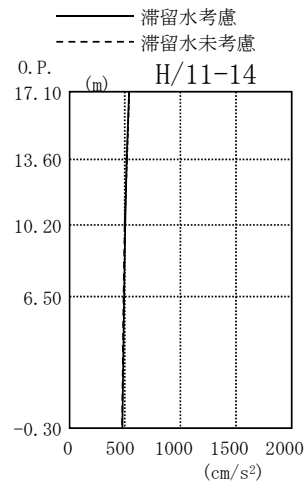
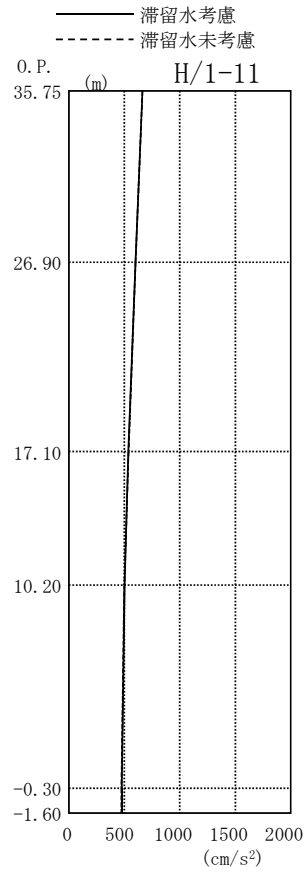


図 3.1.5-1 最大応答加速度 (NS 方向・S<sub>S</sub>-1H)

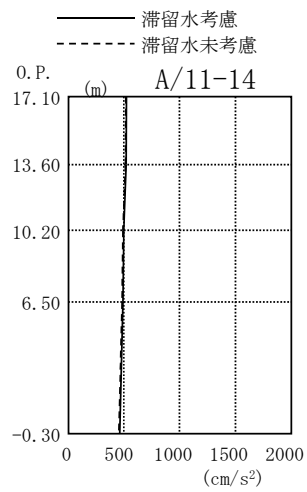
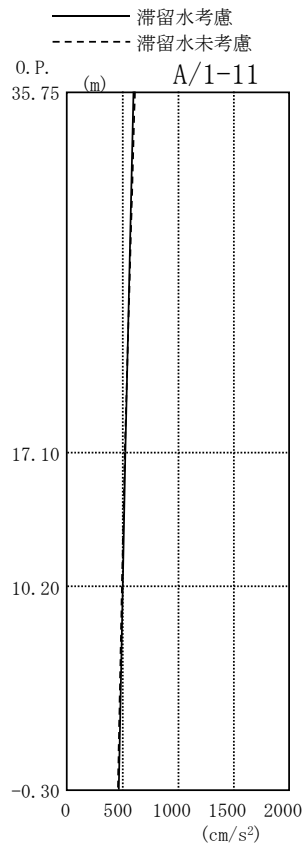
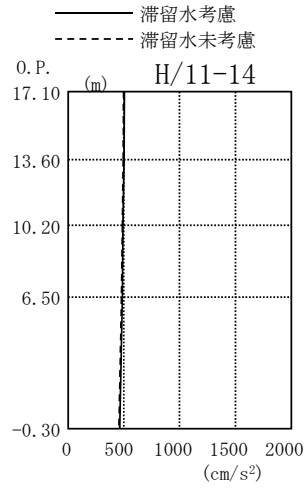
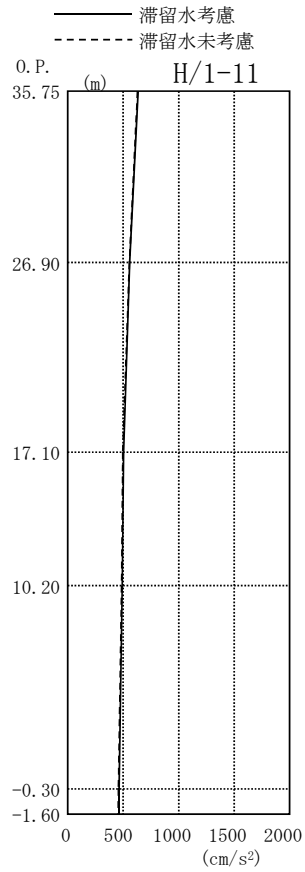


図 3.1.5-2 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-2H)

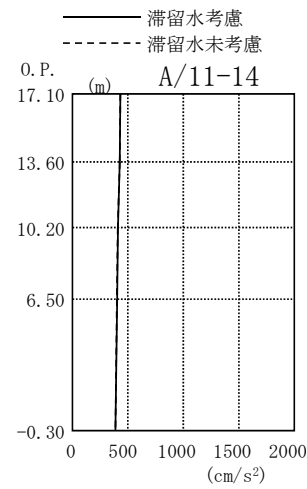
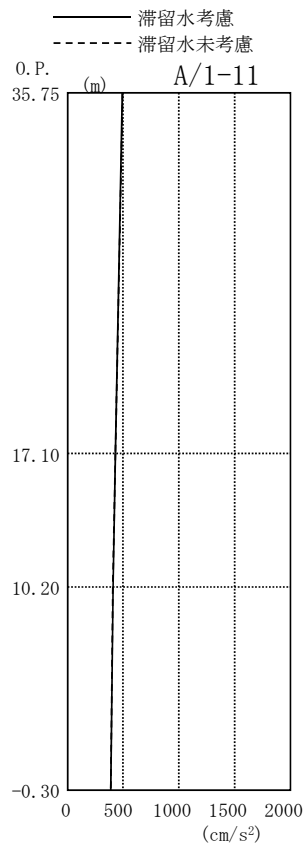
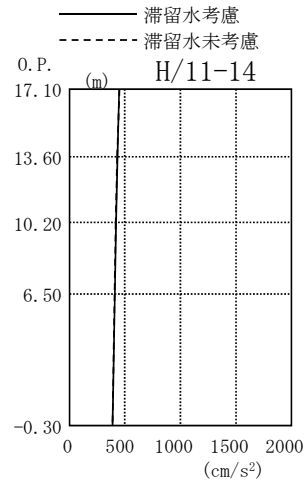
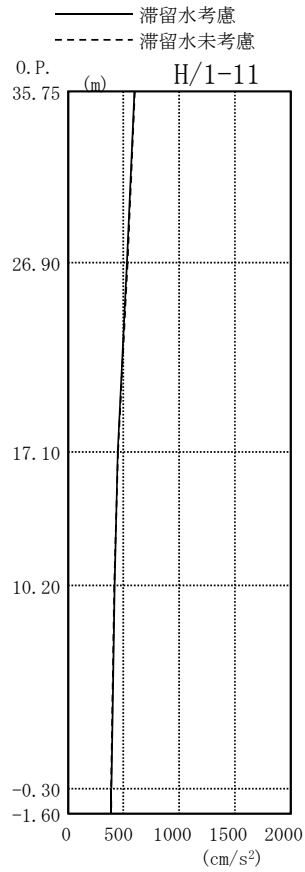


图 3.1.5-3 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-3H)



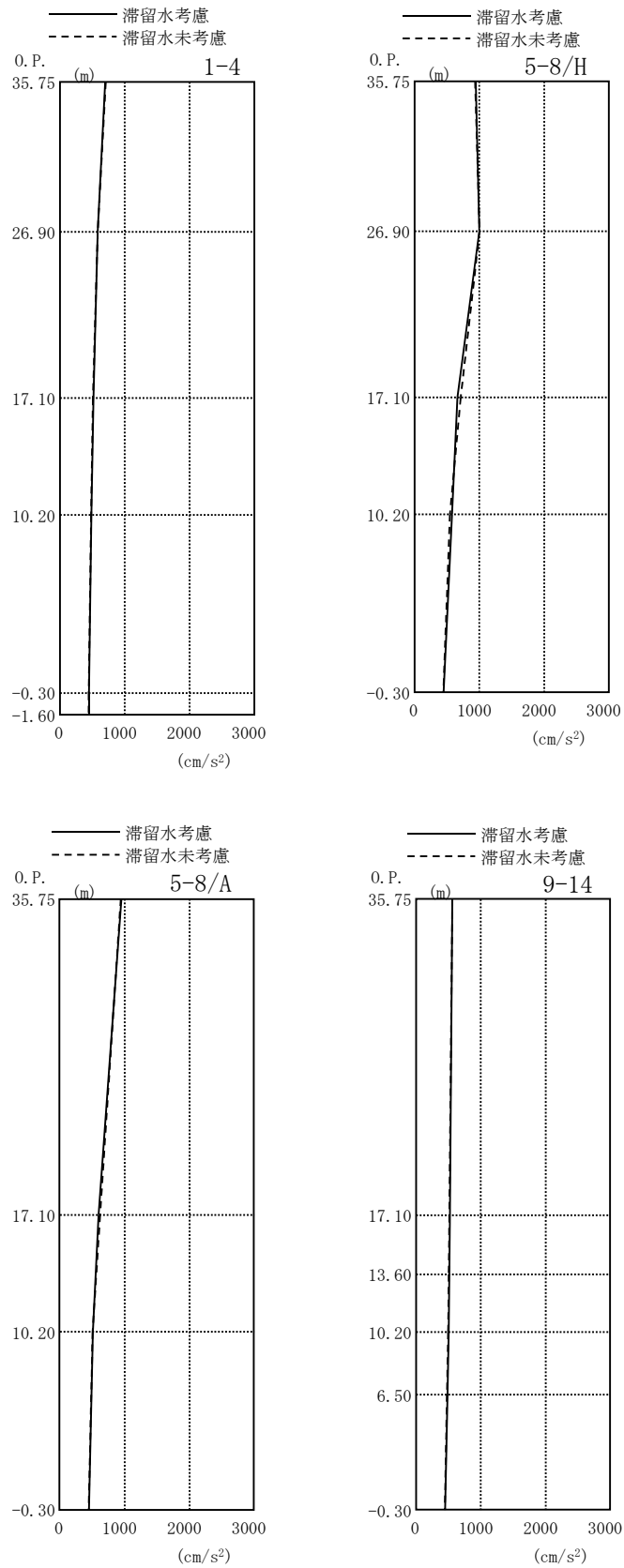


图 3.1.5-4 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-1H)

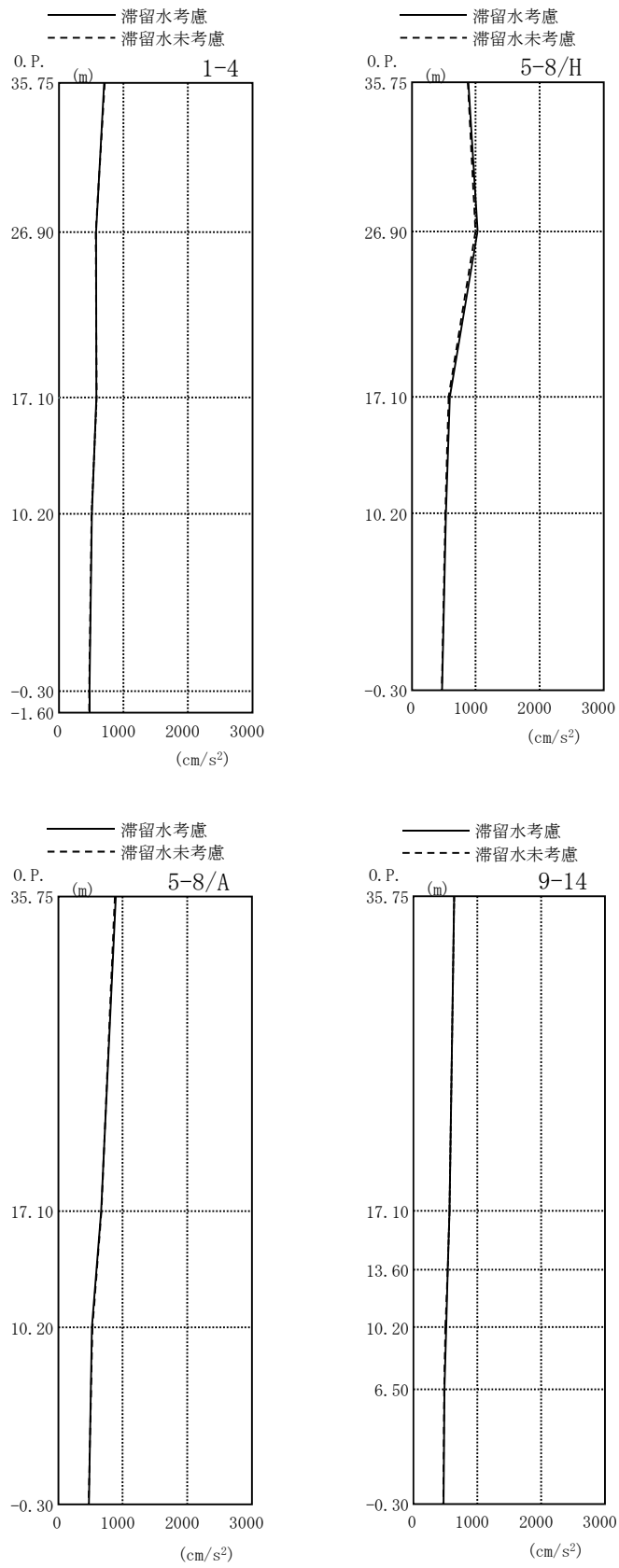


图 3.1.5-5 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-2H)

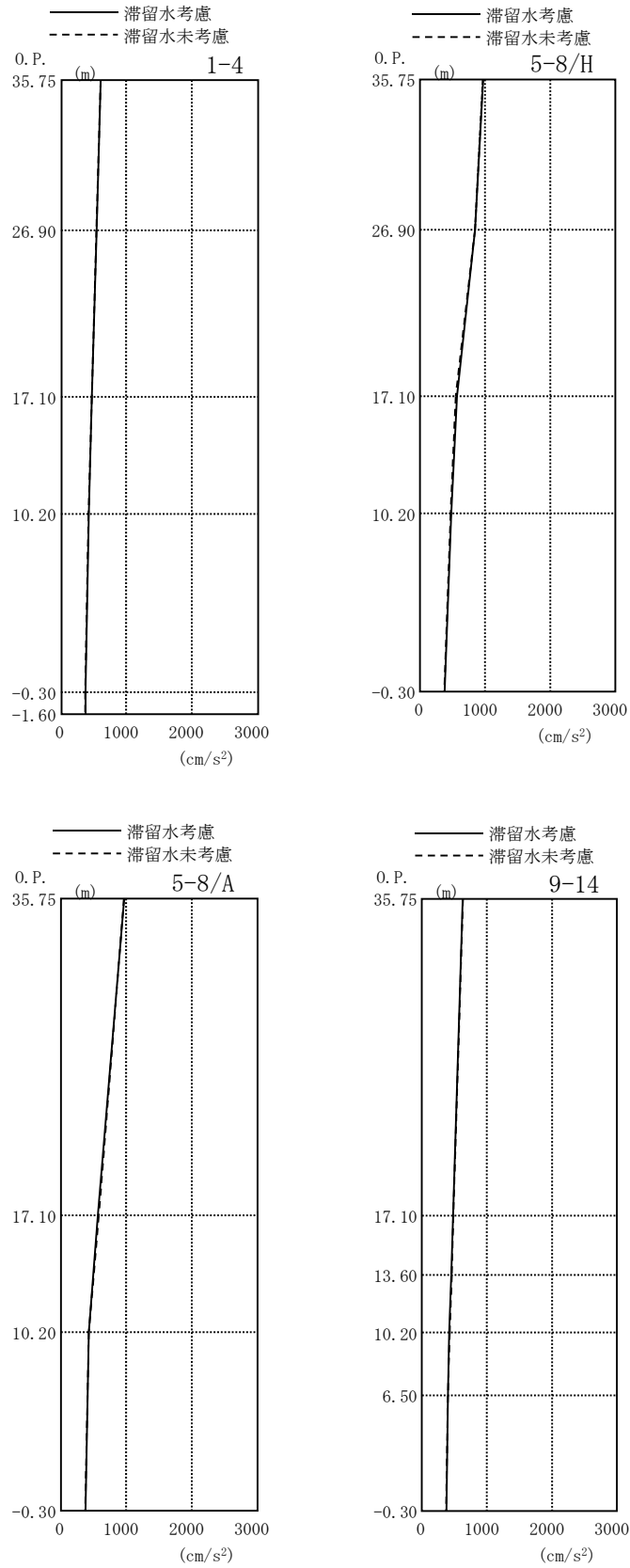


图 3.1.5-6 最大応答加速度 (EW 方向・SS-3H)

### 3.1.6 耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を、滞留水を未考慮の場合と比較して、表 3.1.6-1 及び表 3.1.6-2 に示す。また、図 3.1.6-1 及び図 3.1.6-2 に基準地震動  $S_s$  に対する最大応答値を、滞留水を未考慮の場合と比較して、耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、滞留水を考慮した場合でも、最大で  $0.15 \times 10^{-3}$  であり、評価基準値 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) に対して十分余裕がある。なお、スケルトン曲線は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから、3号機タービン建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 3.1.6-1 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (NS 方向)

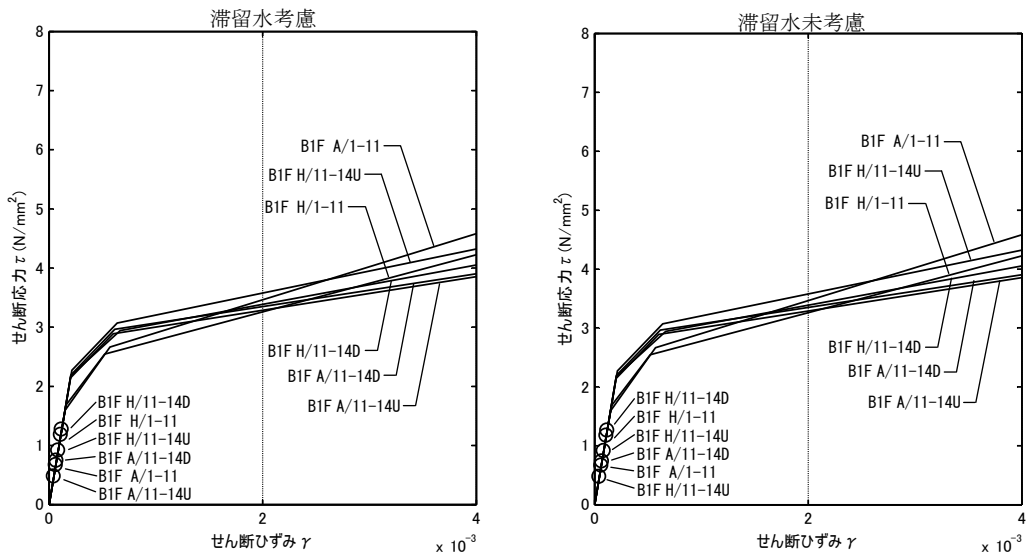
(単位:  $\times 10^{-3}$ )

階	通り	O.P.	S <sub>s</sub> -1H		S <sub>s</sub> -2H		S <sub>s</sub> -3H		評価基準	
			滞留水		滞留水		滞留水			
			考慮	未考慮	考慮	未考慮	考慮	未考慮		
B1F	H/1-11	10.20~-0.30	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	4.0 以下	
	H/11-14	U	10.20~6.50	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08		0.08
		D	6.50~-0.30	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11		0.11
	A/1-11	10.20~-0.30	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06		
	A/11-14	U	10.20~6.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04		0.04
		D	6.50~-0.30	0.07	0.07	0.08	0.07	0.06		0.06

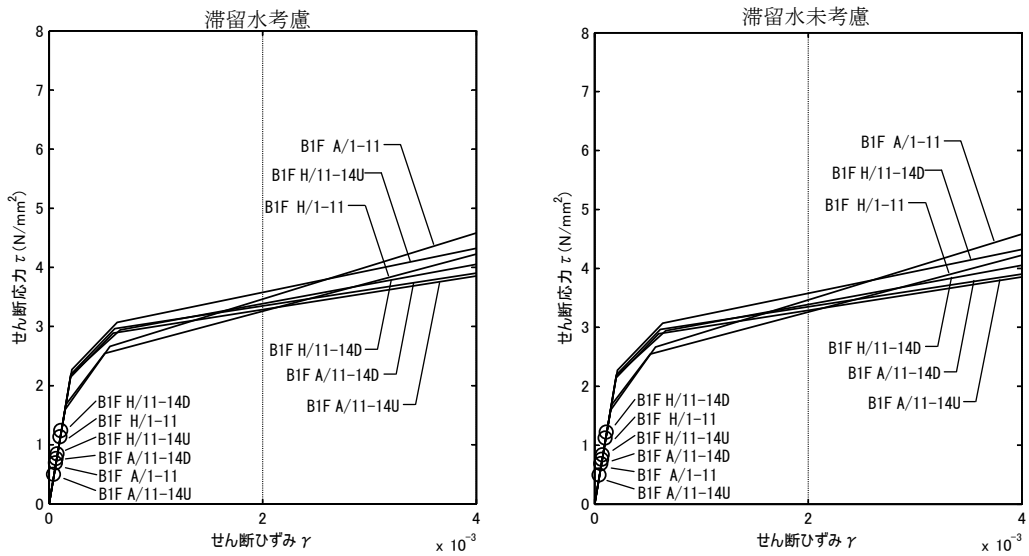
表 3.1.6-2 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (EW 方向)

(単位:  $\times 10^{-3}$ )

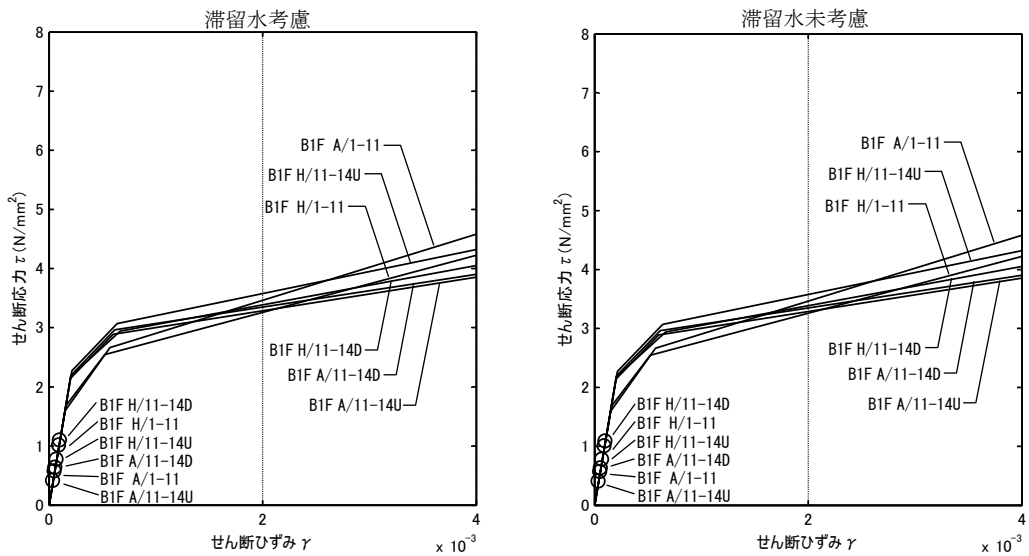
階	通り	O.P.	S <sub>s</sub> -1H		S <sub>s</sub> -2H		S <sub>s</sub> -3H		評価基準	
			滞留水		滞留水		滞留水			
			考慮	未考慮	考慮	未考慮	考慮	未考慮		
B1F	1-4	10.20~-0.30	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	4.0 以下	
	5-8/H	10.20~-0.30	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08		
	5-8/A	10.20~-0.30	0.09	0.09	0.10	0.10	0.08	0.08		
	9-14	U	10.20~6.50	0.13	0.13	0.14	0.13	0.11		0.11
		D	6.50~-0.30	0.14	0.14	0.15	0.15	0.12		0.12



(Ss-1H)

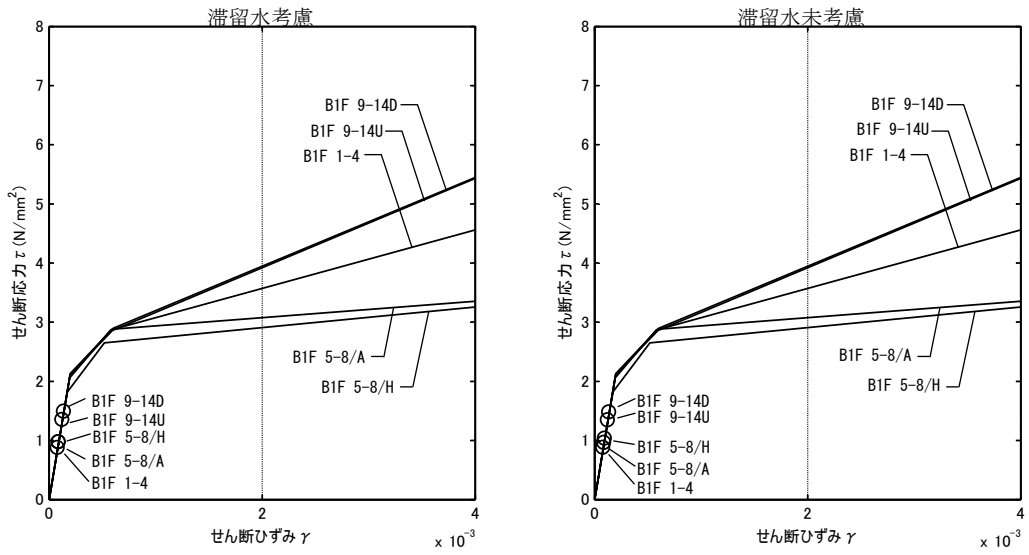


(Ss-2H)

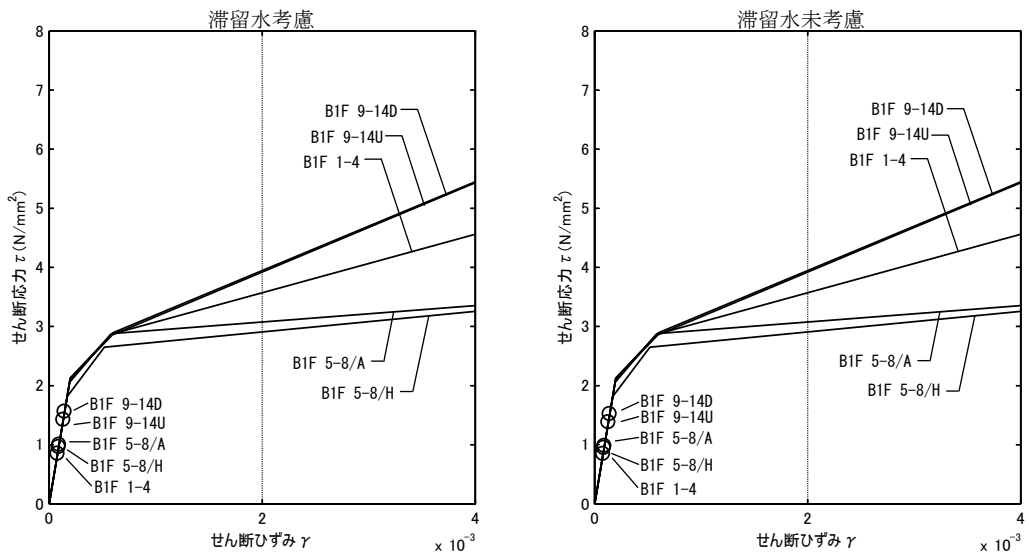


(Ss-3H)

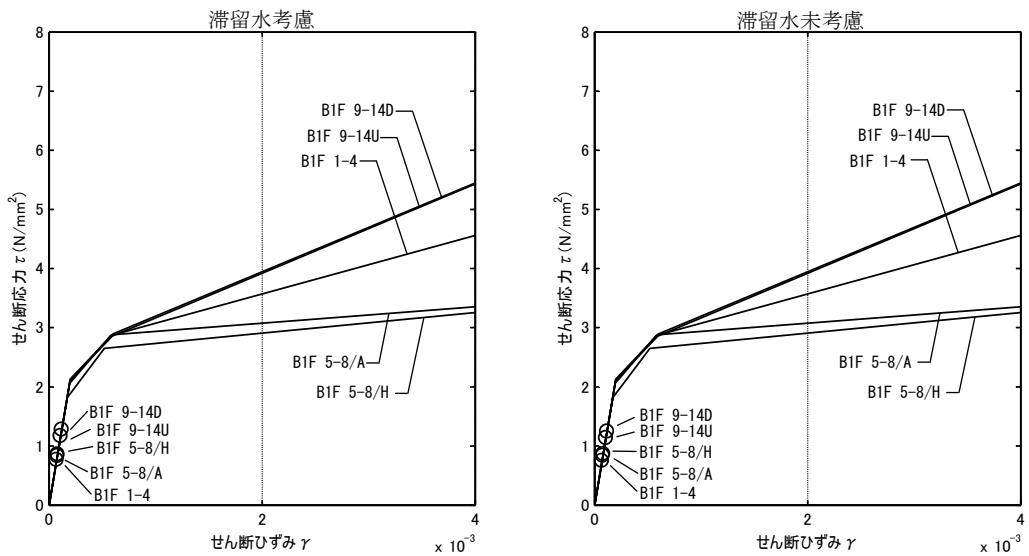
図 3. 1. 6-1 耐震壁のせん断ひずみ (NS 方向)



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

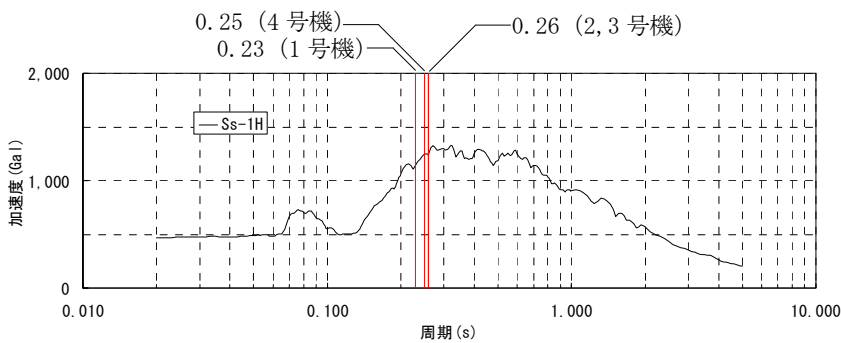
図 3.1.6-2 耐震壁のせん断ひずみ (EW 方向)

### 3.2 代表号機以外の検討

滞留水による影響を確認するため、滞留水量が最大であり重量変動が最も大きくなる3号機タービン建屋を代表号機として耐震安全性評価を行った結果、滞留水を考慮しても地下外壁の耐震安全性については十分余裕があることを確認している。

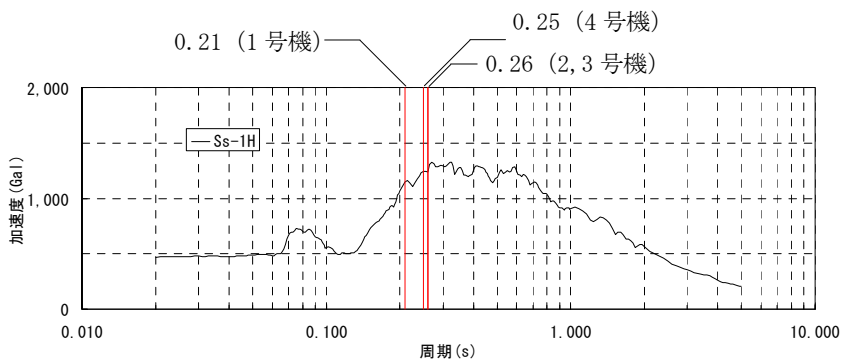
また、タービン建屋は、各号機の機能は同じであることから、構造形式および形状は各号機で同様となっている。各号機のタービン建屋の固有周期を比較した場合、一次固有周期はNS方向で0.23～0.26秒、EW方向で0.21～0.26秒となり、各号機の振動性状に顕著な差はみられない。

代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルに各建屋の一次固有周期を重ね描きしたもの、および代表号機の地下外壁の最大応答せん断ひずみに、代表号機の入力動の応答スペクトルにおける代表号機の一次固有周期の応答加速度 $\alpha_{T1}$ と各号機の一次固有周期の応答加速度 $\alpha_{T1}$ の比 $\alpha_{amp}$ を乗じた $\gamma_{resp}$ を図3.2-1～図3.2-3に示す。 $\gamma_{resp}$ は各号機ともに評価基準値 $4 \times 10^{-3}$ に対して十分に小さいことから、代表号機以外についても地下外壁の耐震安全性は確保されているといえる。



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答 加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答 加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.23	1,139	0.92	0.11
#2	0.26	1,238	1.00	0.12
#3	0.26	1,238	—	0.12
#4	0.25	1,247	1.01	0.13

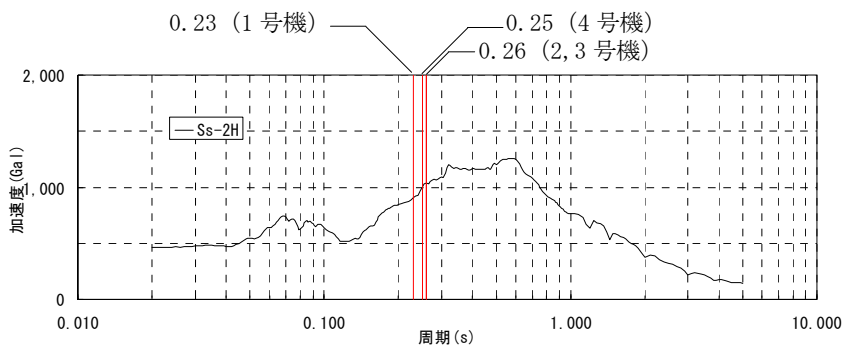
(タービン建屋 NS 方向)



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答 加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答 加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.21	1,150	0.93	0.13
#2	0.26	1,238	1.00	0.14
#3	0.26	1,238	—	0.14
#4	0.25	1,247	1.01	0.15

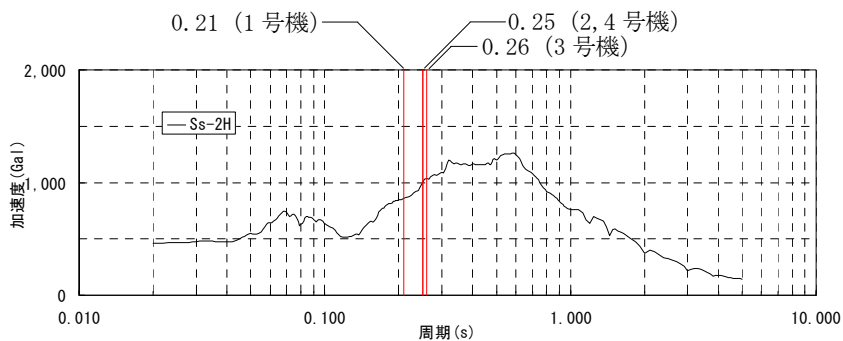
(タービン建屋 EW 方向)

図 3.2-1 代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期 (Ss-1H)



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.23	909	0.88	0.11
#2	0.26	1,038	1.00	0.12
#3	0.26	1,038	—	0.12
#4	0.25	1,000	0.96	0.12

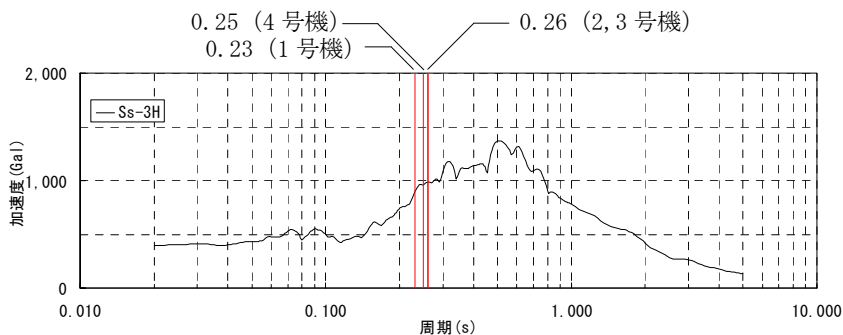
(タービン建屋 NS 方向)



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.21	860	0.83	0.13
#2	0.25	1,000	0.96	0.15
#3	0.26	1,038	—	0.15
#4	0.25	1,000	0.96	0.15

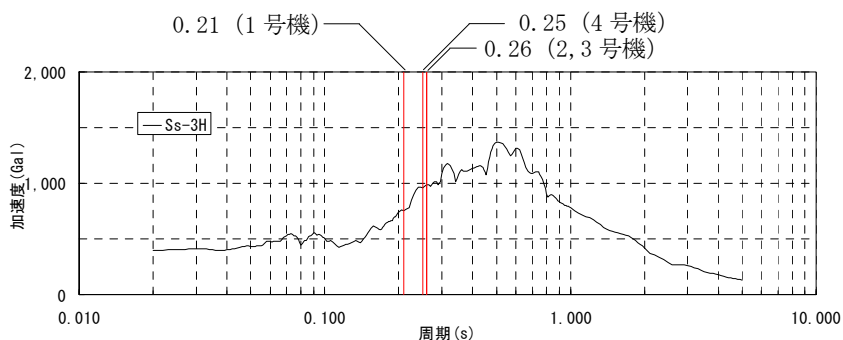
(タービン建屋 EW 方向)

図 3.2-2 代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期 (Ss-2H)



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.23	898	0.91	0.10
#2	0.26	984	1.00	0.11
#3	0.26	984	—	0.11
#4	0.25	959	0.97	0.11

(タービン建屋 NS 方向)



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.21	757	0.77	0.10
#2	0.26	984	1.00	0.12
#3	0.26	984	—	0.12
#4	0.25	959	0.97	0.12

(タービン建屋 EW 方向)

図 3.2-3 代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期 (Ss-3H)



表 3.2-1 タービン建屋の形状・一次固有周期・滞留水量の比較

		1号機タービン建屋	2号機タービン建屋	3号機タービン建屋 (代表号機)	4号機タービン建屋	
平面図						
N S 方向断面						
E W 方向断面						
一次固有周期 (s)	N	Ss-1H	0.23	0.26	0.26	0.25
		Ss-2H	0.23	0.26	0.26	0.25
		Ss-3H	0.23	0.26	0.26	0.25
	E	Ss-1H	0.21	0.26	0.26	0.25
		Ss-2H	0.21	0.25	0.26	0.25
		Ss-3H	0.21	0.26	0.26	0.25
滞留水量 (m <sup>3</sup> )		9,600	13,500	16,400	12,800	
同一レベルの貯留比率※		B1F:0.330	B1F:0.313	B1F:0.370	B1F:0.285	

※同一レベルの滞留水重量と質点重量の比率

## 4 廃棄物処理建屋

### 4.1 4号機廃棄物処理建屋（代表号機）

#### 4.1.1 解析評価方針

廃棄物処理建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全性評価は、基準地震動  $S_s$  を用いた地震応答解析によることを基本とし、建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

廃棄物処理建屋については地下滞留水量が最大となる代表号機を選定する。

解析モデルは、地下1階から地上3階に設置された機器を含む建屋全域をNS、EW方向とも多軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し、保守的にその全てを固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は、地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが、評価基準値 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認することとする。

廃棄物処理建屋の地震応答解析の評価手順例を、図 4.1.1-1 に示す。

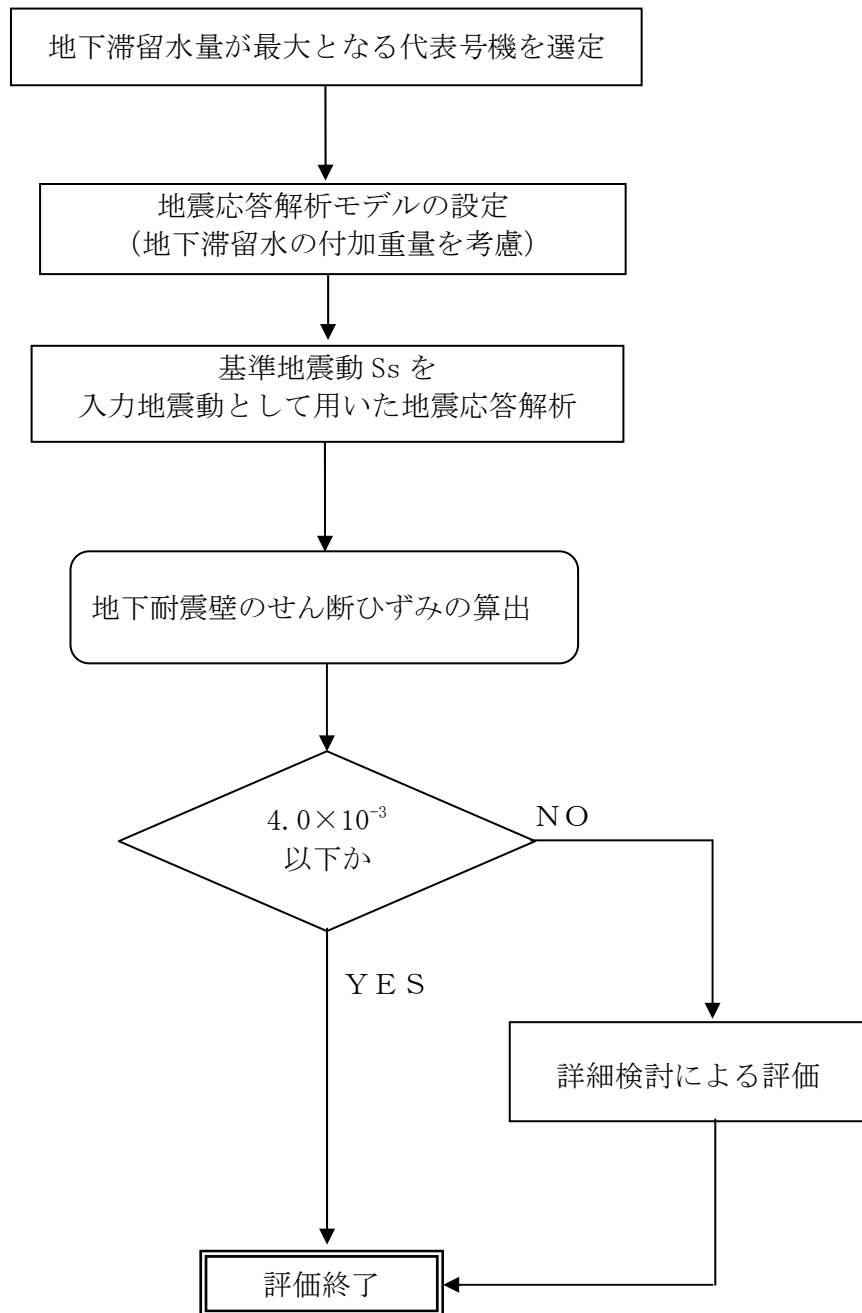


図 4.1.1-1 廃棄物処理建屋の地震応答解析の評価手順例

#### 4.1.2 代表号機の選定

廃棄物処理建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表 4.1.2-1 に示す。表 4.1.2-1 より、貯水量の最も多い 4 号機を代表号機と選定する。

表 4.1.2-1 廃棄物処理建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	1 号機	2 号機	3 号機	4 号機
水位	O.P. 4,000	O.P. 4,000	O.P. 4,000	O.P. 4,000
貯水量	1,400m <sup>3</sup>	2,600m <sup>3</sup>	2,600m <sup>3</sup>	4,500m <sup>3</sup>

#### 4.1.3 解析に用いる入力地震動

4号機廃棄物処理建屋への入力地震動は、「福島第一原子力発電所『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」(原管発官19第603号 平成20年3月31日付け)にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図4.1.3-1に示す。この廃棄物処理建屋の解析モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち、解放基盤表面位置 (O.P. -196.0m) における基準地震動  $S_s$  の加速度波形について、図4.1.3-2に示す。

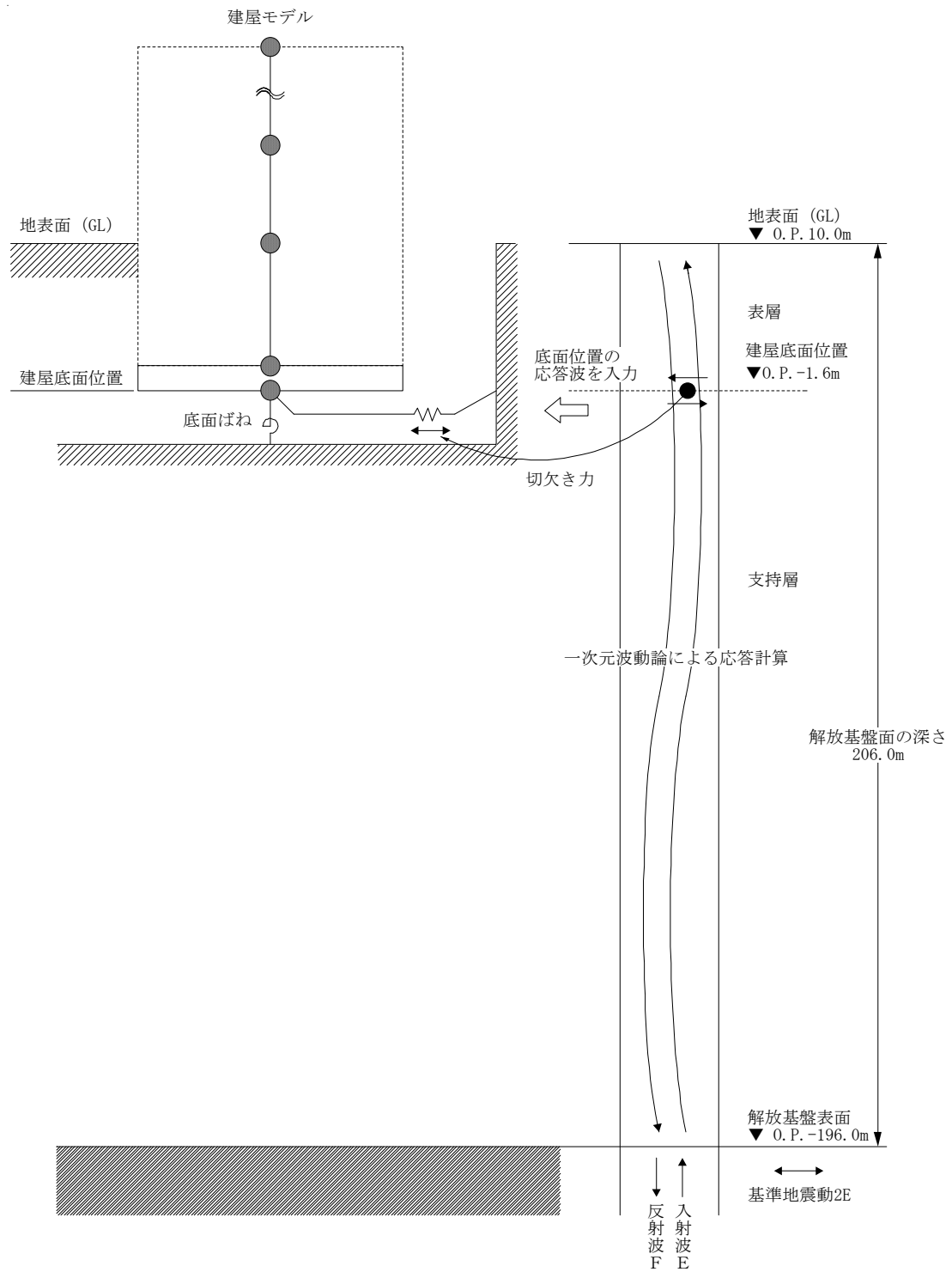


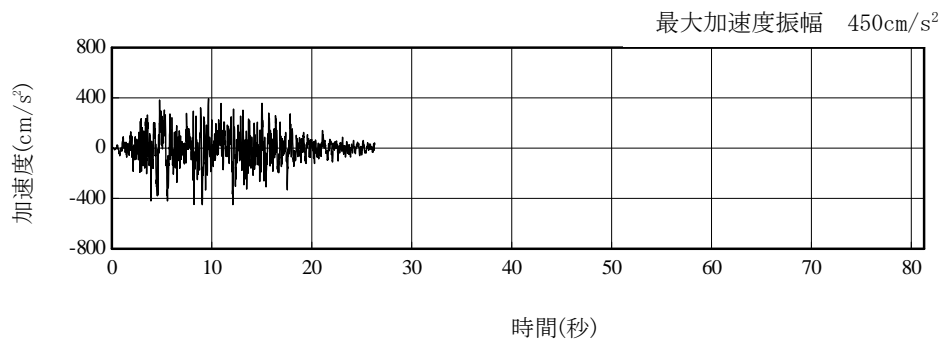
図 4.1.3-1 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 4. 1. 3-2 解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形 (水平方向)

#### 4.1.4 地震応答解析モデル

基準地震動  $S_s$  に対する 4号機廃棄物処理建屋の地震応答解析は、「4.1.3. 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは、図 4.1.4-1 及び図 4.1.4-2 に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばね及び入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 4.1.4-1 に、建屋解析モデルの諸元を表 4.1.4-2 に示す。

地盤定数は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 4.1.4-3 に示す。

解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にし、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似的に評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図-1.4.3 に示すようにばね定数 ( $K_c$ ) として実部の静的な値を、また、減衰係数 ( $C_c$ ) として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。



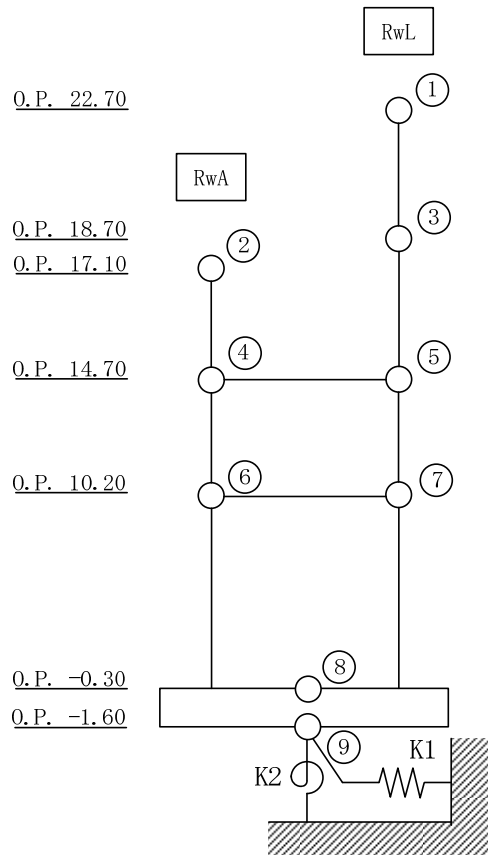


図 4. 1. 4-1 4号機廃棄物処理建屋 地震応答解析モデル (NS 方向)

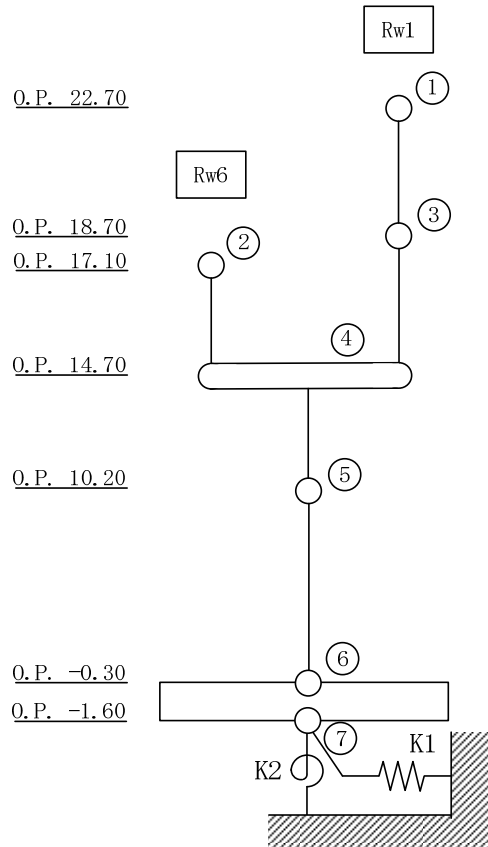


図 4. 1. 4-2 4号機廃棄物処理建屋 地震応答解析モデル (EW 方向)

表 4.1.4-1 地震応答解析に用いる物性値

コンクリート	強度*1 F <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数*2 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数*2 G (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ (kN/m <sup>3</sup> )
	35.0	2.57×10 <sup>4</sup>	1.07×10 <sup>4</sup>	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

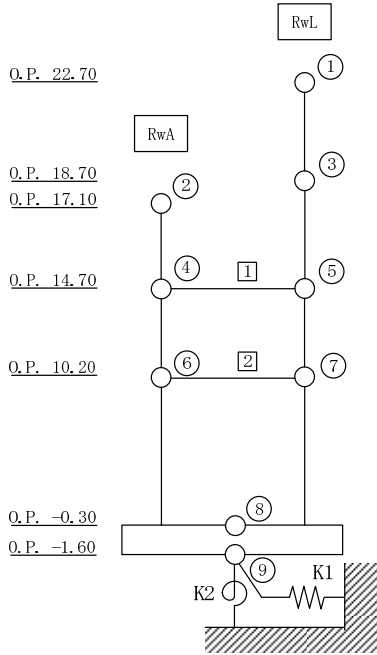
\*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は、過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまるめた値とした。

\*2：実強度に基づく値を示す。

\*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

表 4.1.4-2 建屋解析モデルの諸元

NS 方向

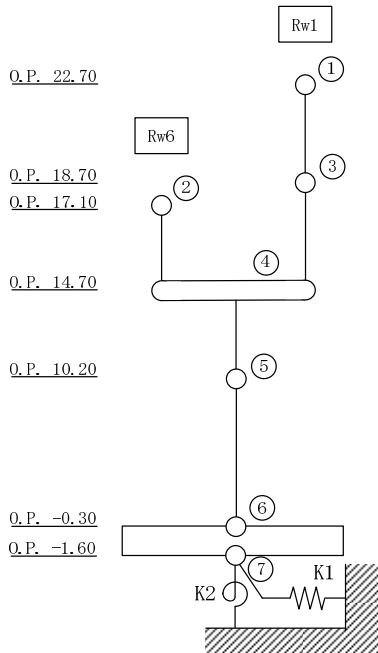


質点番号	質点位置 O.P. (m)	質点重量 W (kN)	回転慣性 $I_R$ ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	せん断断面積 $A_s$ (m <sup>2</sup> )	断面2次モメント $I_B$ (m <sup>4</sup> )	質点番号	質点位置 O.P. (m)	質点重量 W (kN)	回転慣性 $I_R$ ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	せん断断面積 $A_s$ (m <sup>2</sup> )	断面2次モメント $I_B$ (m <sup>4</sup> )
						①	22.7	4,050	0.69		
②	17.1	1,920	0.65	16.0	987	③	18.7	11,790	2.33	13.2	271
④	14.7	13,110	5.48	34.3	4,408	⑤	14.7	24,610	10.29	30.6	1,186
⑥	10.2	35,150	14.70	44.1	6,208	⑦	10.2	75,660	63.32	50.9	6,138
⑧	-0.3	129,370 (44,130)	91.69 (31.28)	1,832.6	129,874					125.7	25,167
⑨	-1.6	28,040	19.87								
合計		323,700									

注 ( ) 内は滞留水による付加分を示す。

ヤング係数  $E_c$   $2.57 \times 10^7$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数  $G$   $1.07 \times 10^7$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰  $h$  5%  
 基礎形状 25.22m (NS 方向)  $\times$  72.65m (EW 方向)  
 床のせん断ばね定数  $K_s$  ① :  $44.48 \times 10^5$  (kN/m) ② :  $45.21 \times 10^5$  (kN/m)

EW 方向



質点番号	質点位置 O.P. (m)	質点重量 W (kN)	回転慣性 $I_R$ ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	せん断断面積 $A_s$ (m <sup>2</sup> )	断面2次モメント $I_B$ (m <sup>4</sup> )	質点番号	質点位置 O.P. (m)	質点重量 W (kN)	回転慣性 $I_R$ ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	せん断断面積 $A_s$ (m <sup>2</sup> )	断面2次モメント $I_B$ (m <sup>4</sup> )
						①	22.7	4,050	0.52		
②	17.1	1,920	0.08	5.4	30	③	18.7	11,790	5.15	21.2	280
④	14.7	37,730	127.38	151.8	30,007					45.2	1,824
⑤	10.2	110,800	526.07	176.5	66,926						
⑥	-0.3	129,370 (44,130)	614.23 (209.52)	1,832.6	870,078						
⑦	-1.6	28,040	133.13								
合計		323,700									

注 ( ) は滞留水による付加分を示す。

ヤング係数  $E_c$   $2.57 \times 10^7$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 せん断弾性係数  $G$   $1.07 \times 10^7$  (kN/m<sup>2</sup>)  
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰  $h$  5%  
 基礎形状 25.22m (NS 方向)  $\times$  72.65m (EW 方向)

表 4. 1. 4-3(1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 4. 1. 4-3 (2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 4.1.4-3 (3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-



図 4.1.4-3 地盤ばねの近似

#### 4.1.5 地震応答解析結果

地震応答解析により求められた NS 方向, EW 方向の最大応答加速度を, 滞留水を未考慮の場合と比較して, 図 4.1.5-1~図 4.1.5-6 に示す。

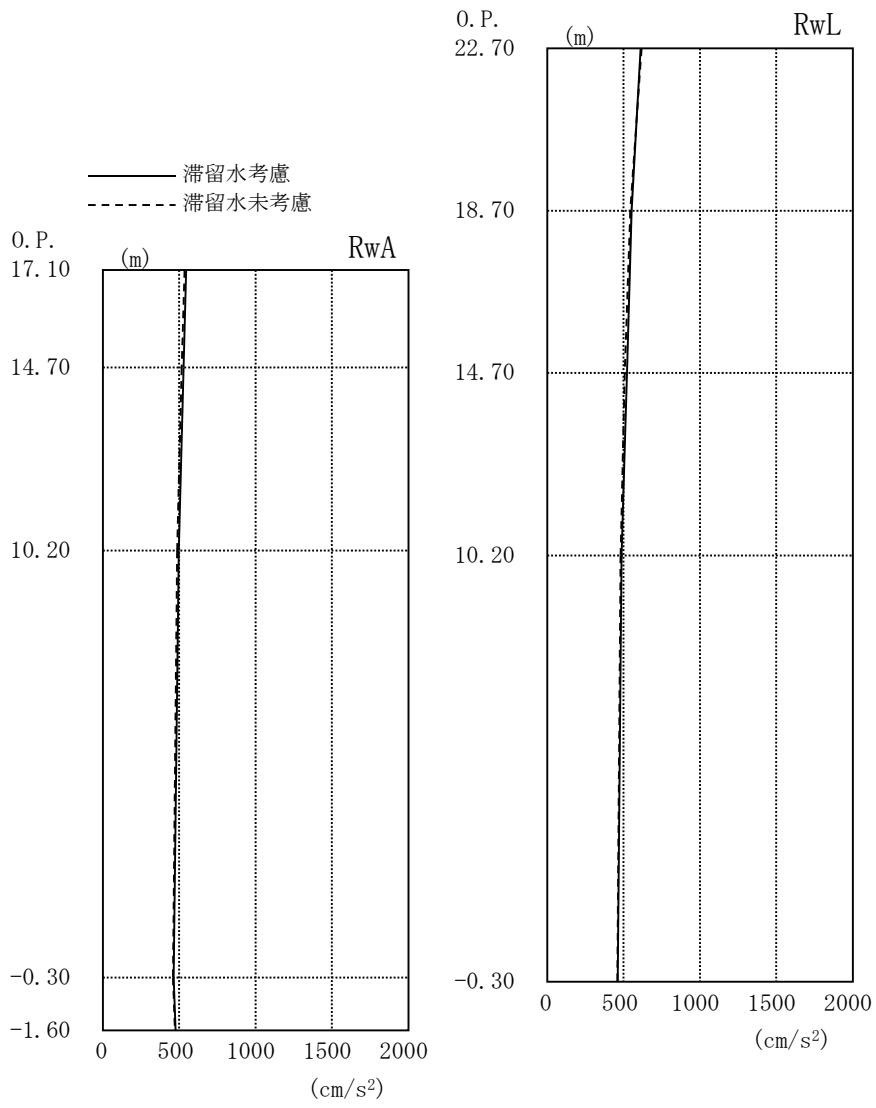


图 4.1.5-1 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-1H)



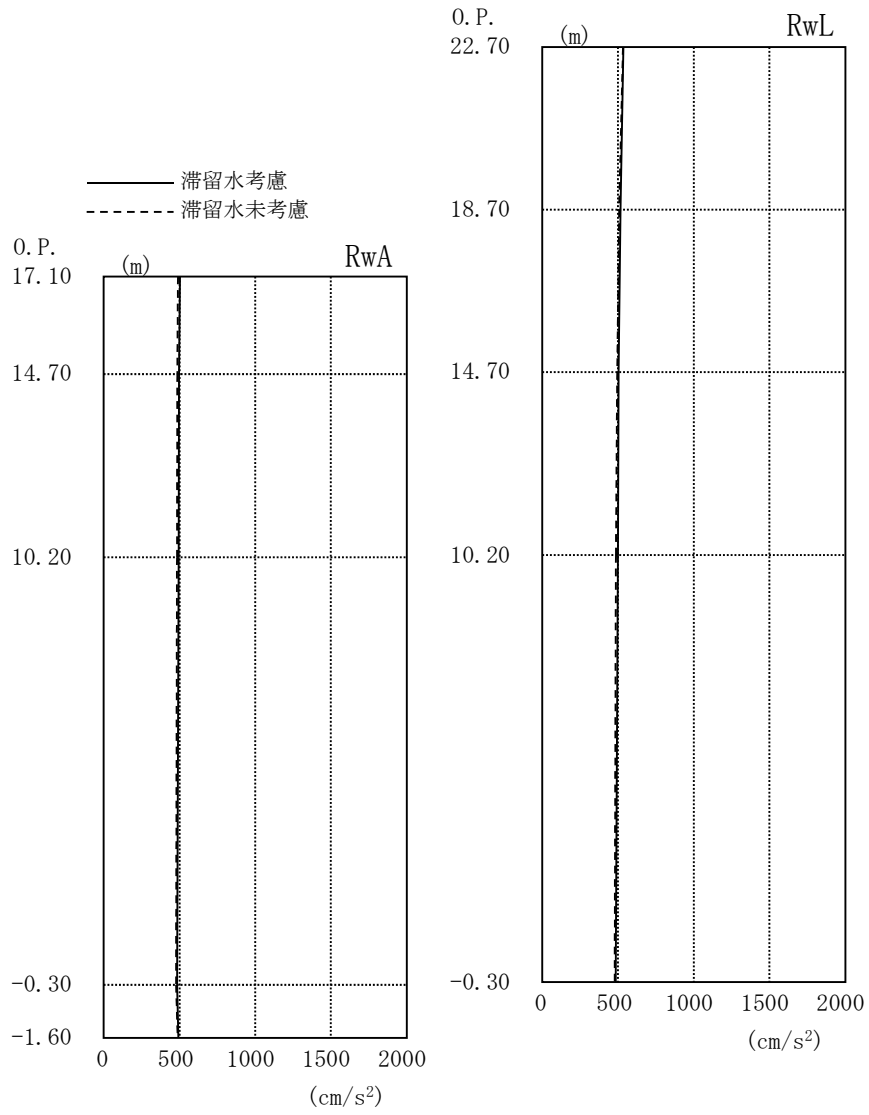


图 4.1.5-2 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-2H)

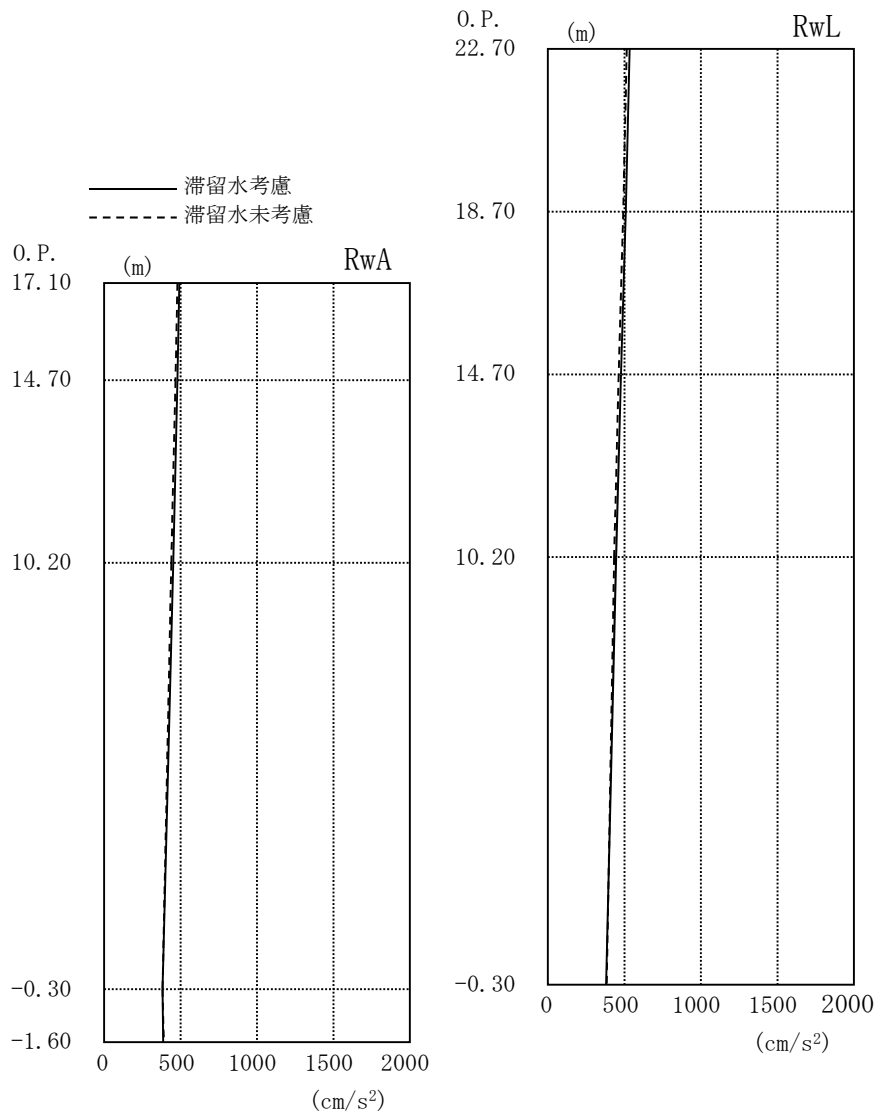


图 4.1.5-3 最大応答加速度 (NS 方向・Ss-3H)

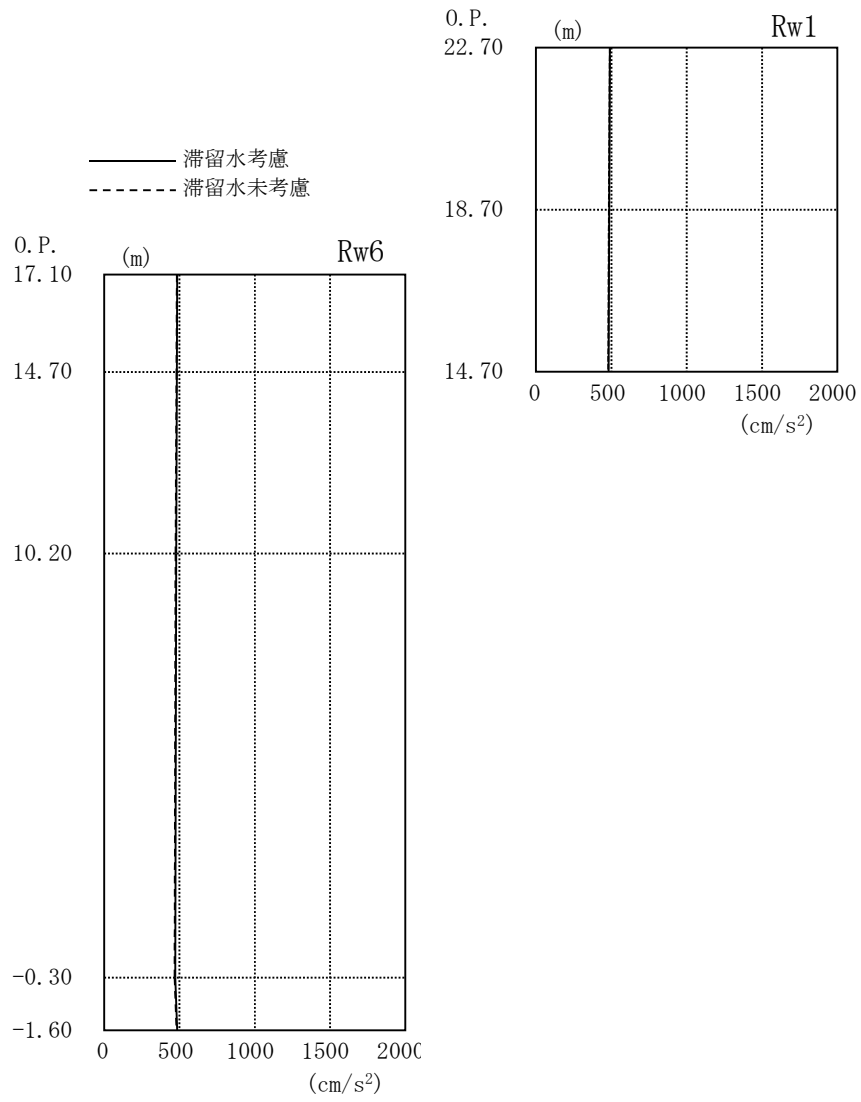


図 4.1.5-4 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-1H)

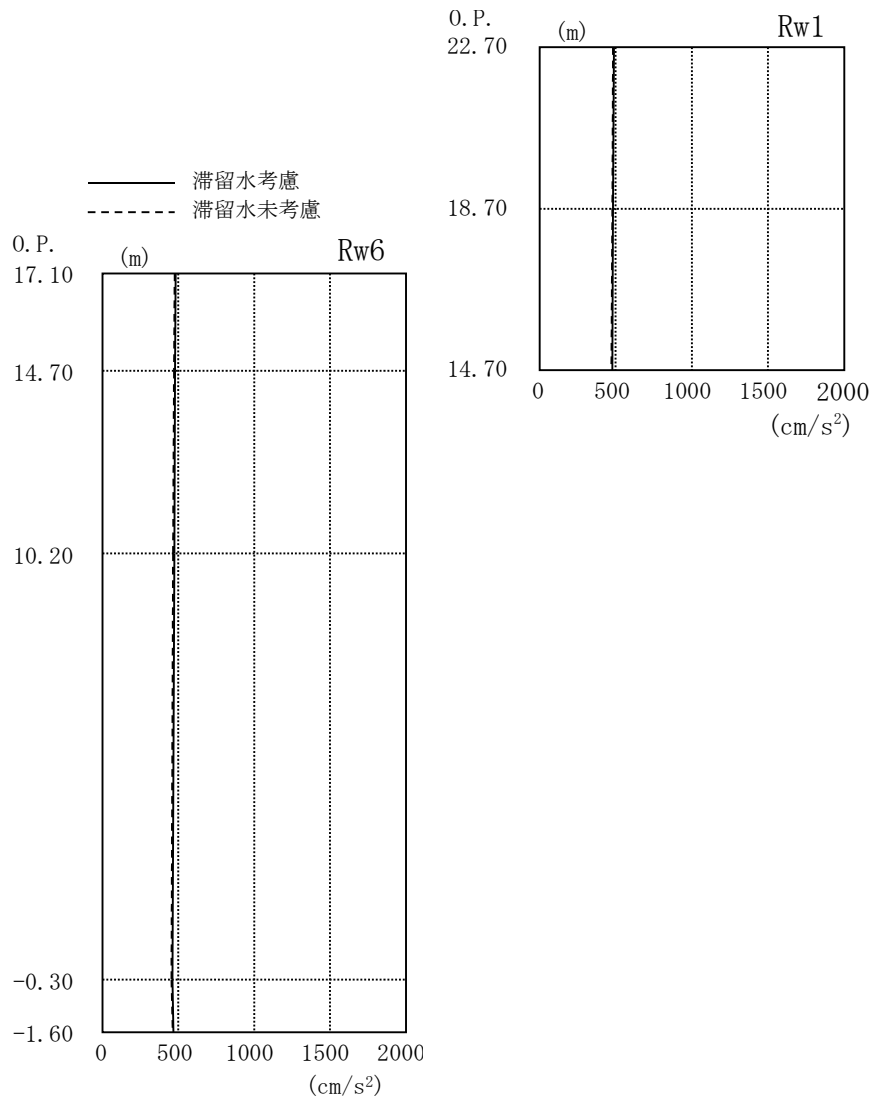


图 4.1.5-5 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-2H)

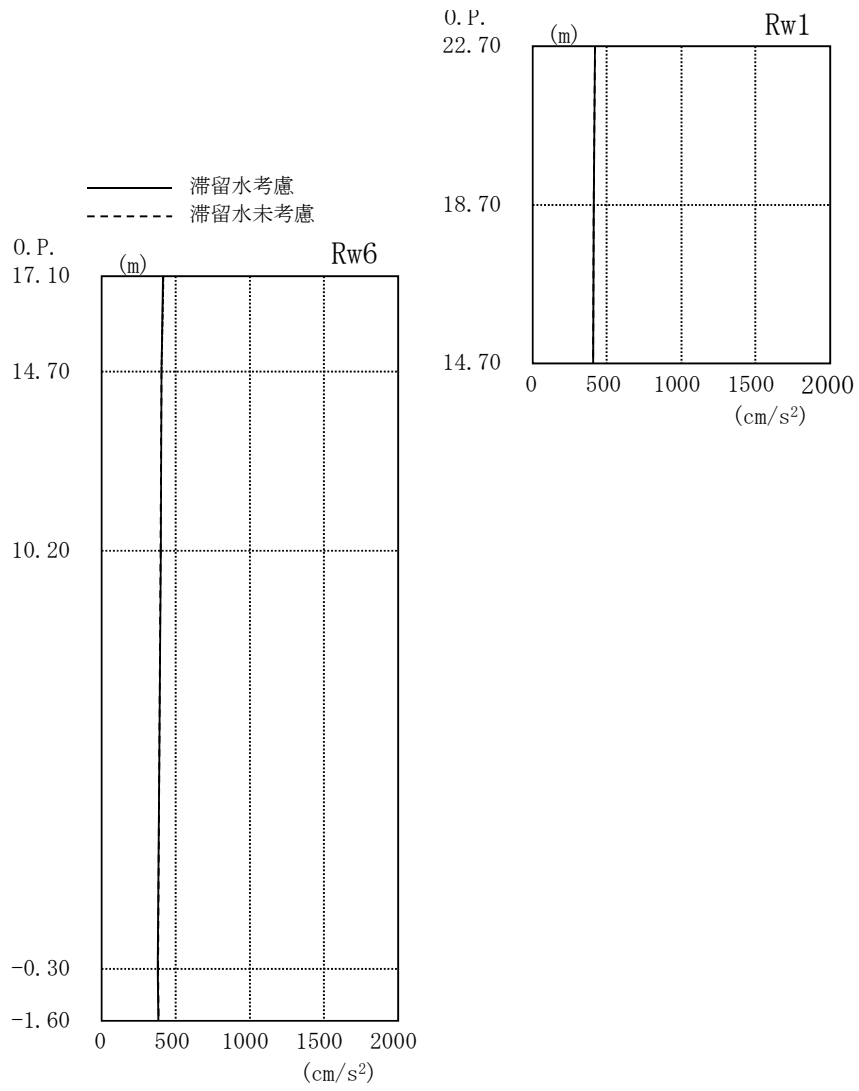


图 4.1.5-6 最大応答加速度 (EW 方向・Ss-3H)

#### 4.1.6 耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を、滞留水を未考慮の場合と比較して、表 4.1.6-1 及び表 4.1.6-2 に示す。また、図 4.1.6-1 及び図 4.1.6-2 に基準地震動  $S_s$  に対する最大応答値を、滞留水を未考慮の場合と比較して、耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、滞留水を考慮した場合でも、最大で  $0.06 \times 10^{-3}$  であり、評価基準値 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) に対して十分余裕がある。なお、スケルトン曲線は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから、4号機廃棄物処理建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 4.1.6-1 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (NS 方向)

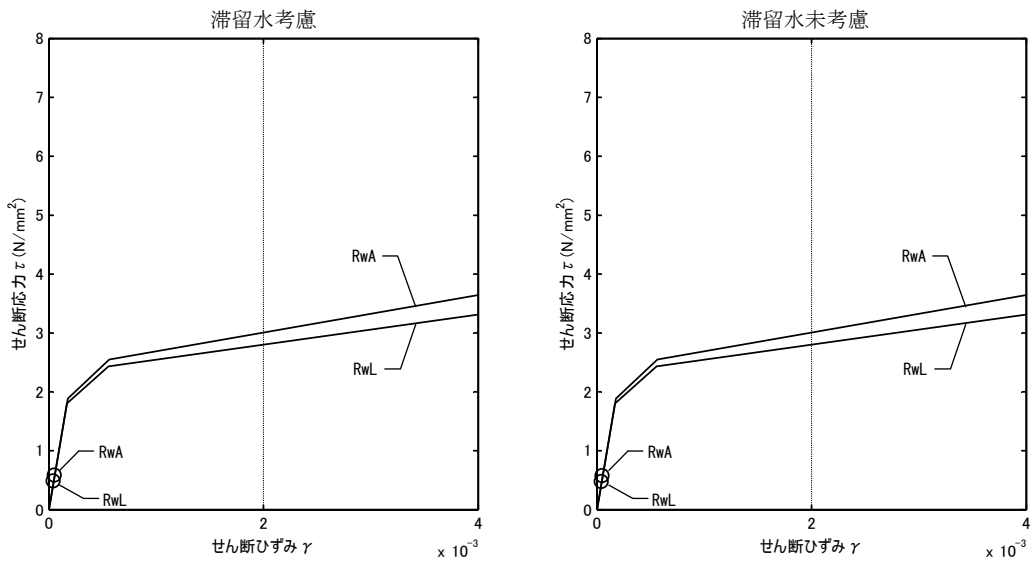
(単位:  $\times 10^{-3}$ )

階	通り	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	RwA	10.20～ -0.30	考慮	0.06	0.06	0.05	4.0 以下
			未考慮	0.06	0.06	0.05	
	RwL	10.20～ -0.30	考慮	0.05	0.05	0.05	
			未考慮	0.05	0.05	0.04	

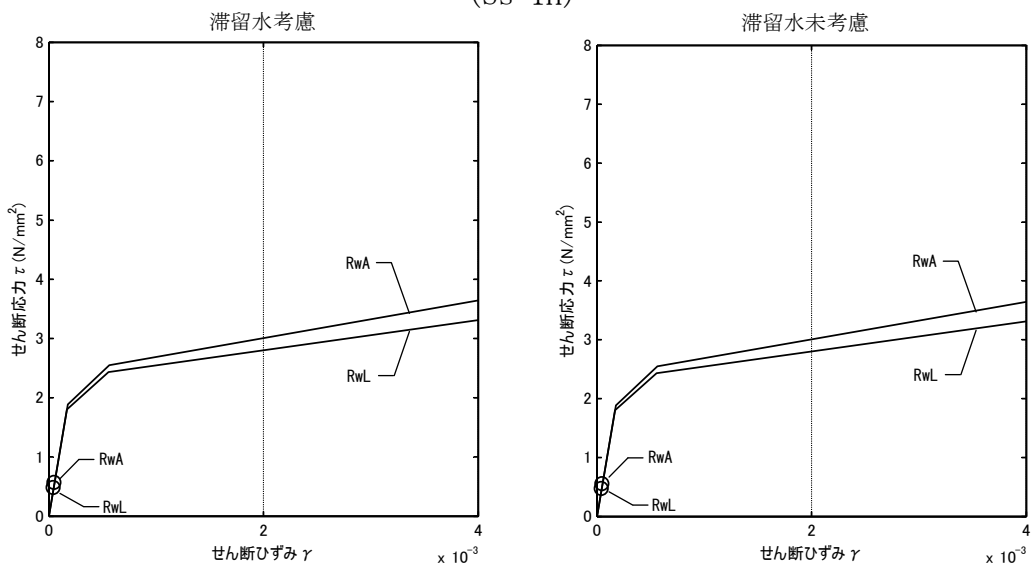
表 4.1.6-2 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (EW 方向)

(単位:  $\times 10^{-3}$ )

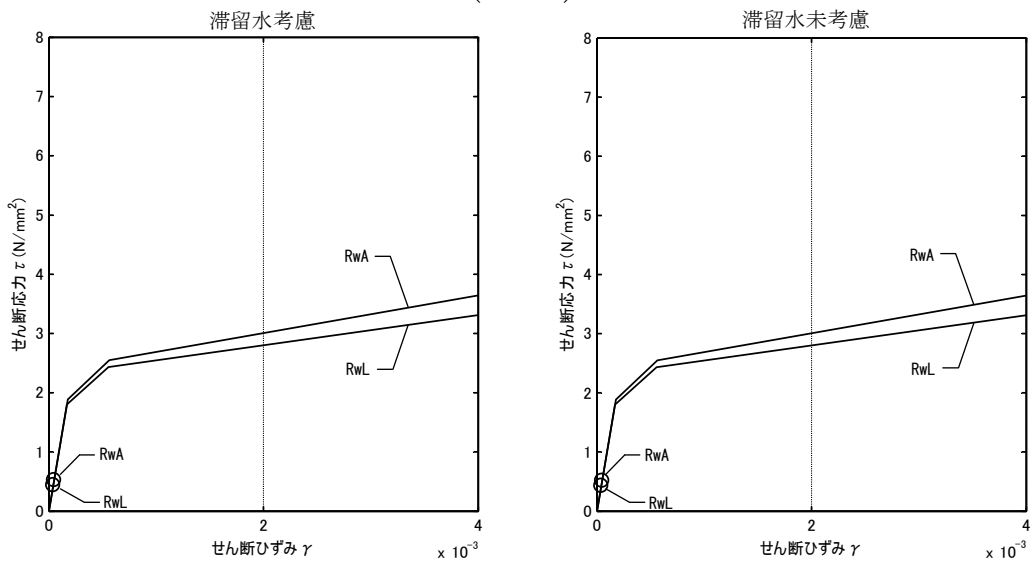
階	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20～-0.30	考慮	0.05	0.05	0.04	4.0 以下
		未考慮	0.05	0.05	0.04	



(Ss-1H)

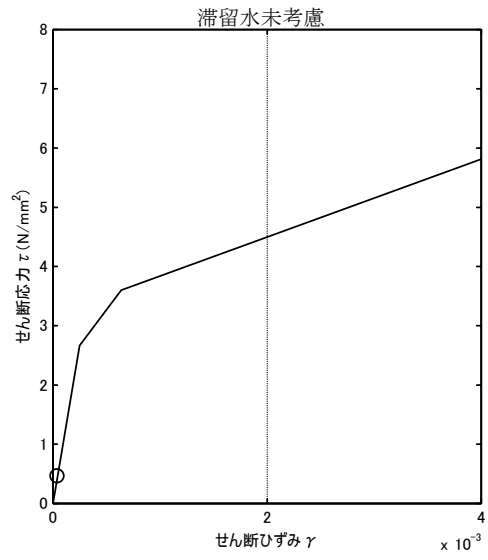
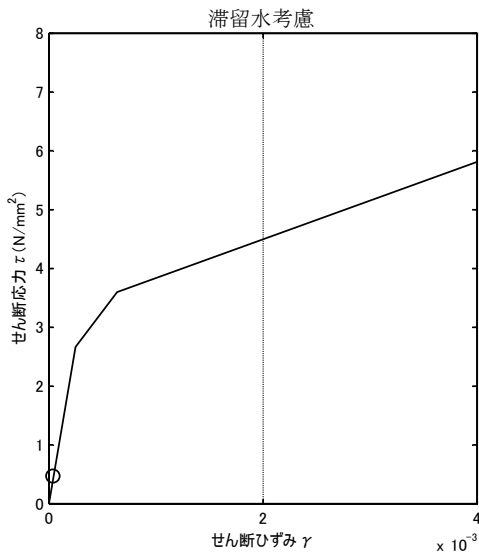


(Ss-2H)

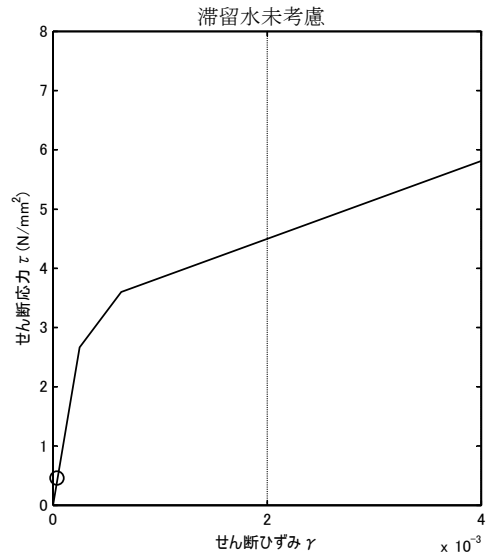
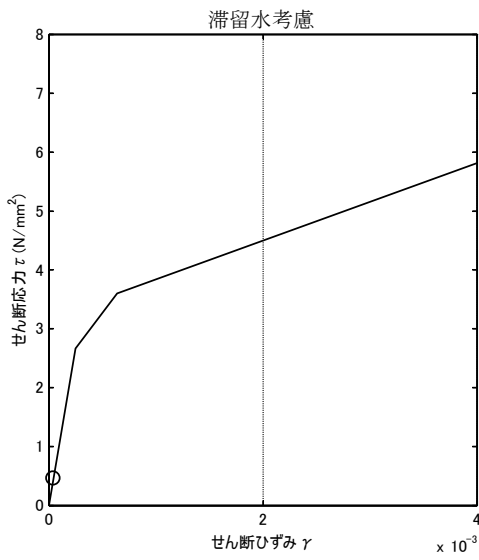


(Ss-3H)

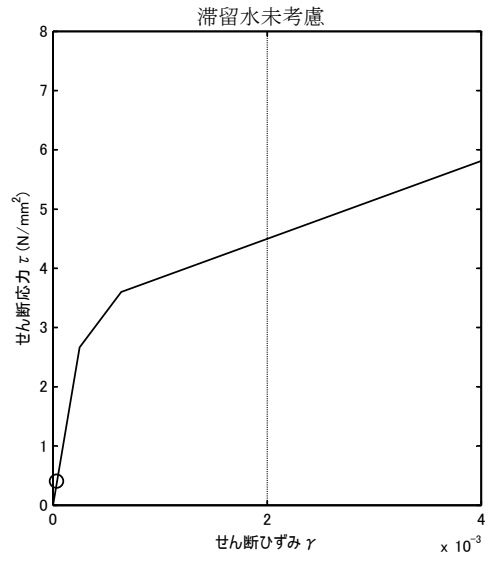
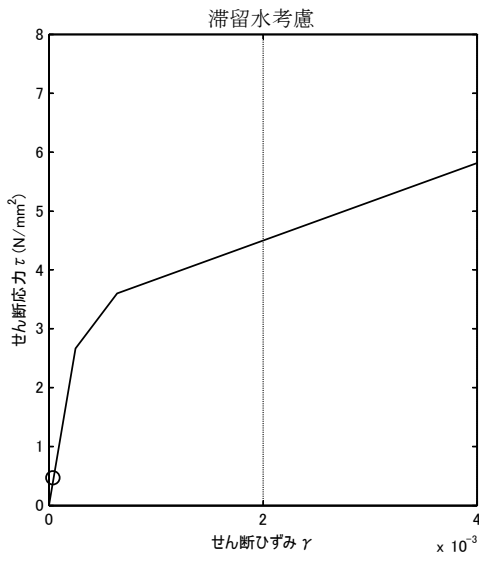
図 4.1.6-1 耐震壁のせん断ひずみ (NS 方向)



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 4.1.6-2 耐震壁のせん断ひずみ (EW 方向)

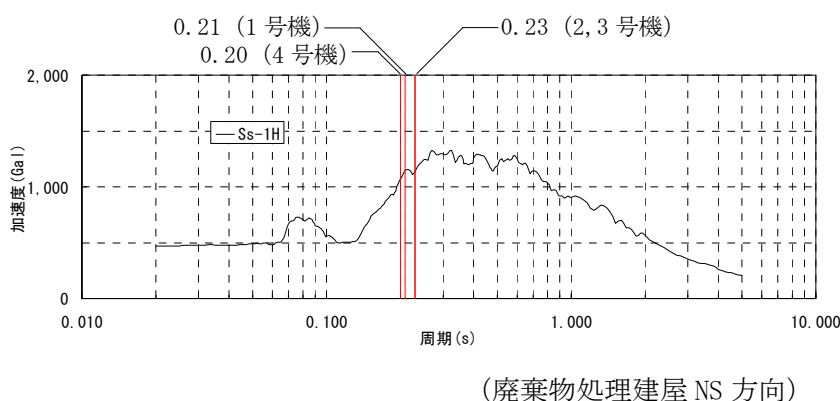


## 4.2 代表号機以外の検討

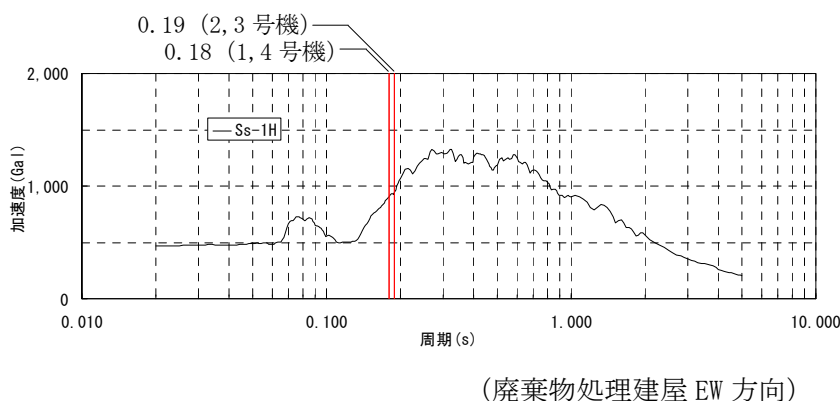
滞留水による影響を確認するため、滞留水量が最大であり重量変動が最も大きくなる4号機廃棄物処理建屋を代表号機として耐震安全性評価を行った結果、滞留水を考慮しても地下外壁の耐震安全性については十分余裕があることを確認している。

また、廃棄物処理建屋は、各号機の機能は同じであることから、構造形式および形状は各号機で同様となっている。各号機の廃棄物処理建屋の固有周期を比較した場合、一次固有周期はNS方向で0.21~0.23秒、EW方向で0.18~0.19秒となり、各号機の振動性状に顕著な差はみられない。

代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルに各建屋の一次固有周期を重ね描きしたものの、および代表号機の地下外壁の最大応答せん断ひずみに、代表号機の入力動の応答スペクトルにおける代表号機の一次固有周期の応答加速度 $\alpha_{T1}$ と各号機の一次固有周期の応答加速度 $\alpha_{T1}$ の比 $\alpha_{amp}$ を乗じた $\gamma_{resp}$ を図4.2-1~図4.2-3に示す。 $\gamma_{resp}$ は各号機ともに評価基準値 $4 \times 10^{-3}$ に対して十分に小さいことから、代表号機以外についても地下外壁の耐震安全性は確保されているといえる。

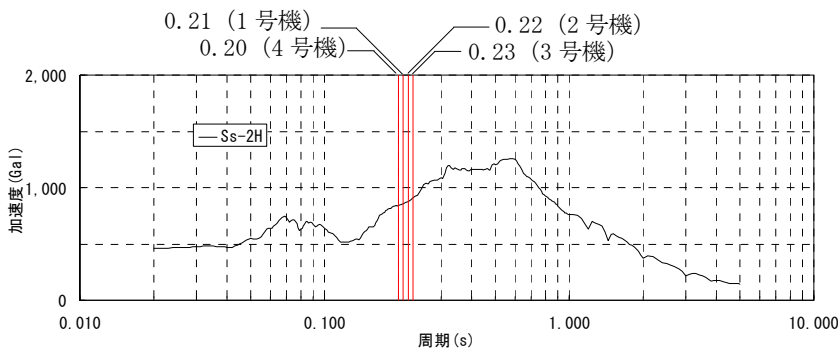


号機	一次固有周期 $T_1$ (sec)	応答 加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答 加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.21	1,150	1.08	0.07
#2	0.23	1,139	1.07	0.07
#3	0.23	1,139	1.07	0.07
#4	0.20	1,067	—	0.06



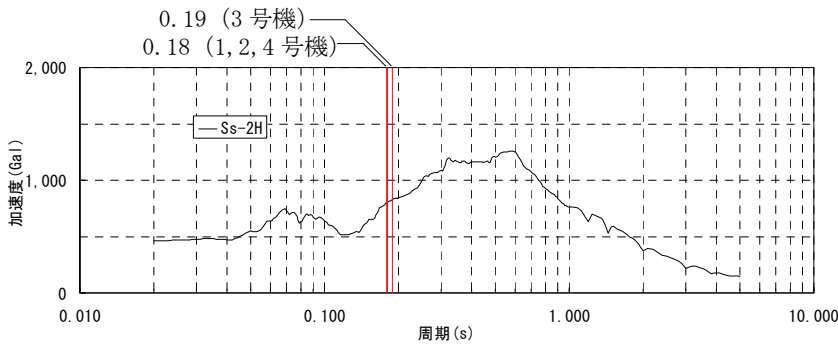
号機	一次固有周期 $T_1$ (sec)	応答 加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答 加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.18	903	1.00	0.05
#2	0.19	944	1.05	0.06
#3	0.19	944	1.05	0.06
#4	0.18	903	—	0.05

図 4.2-1 代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期 (Ss-1H)



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.21	860	1.02	0.07
#2	0.22	877	1.04	0.07
#3	0.23	909	1.07	0.07
#4	0.20	847	—	0.06

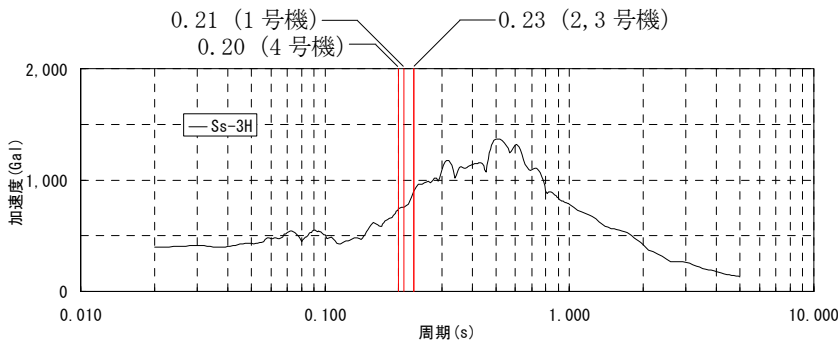
(廃棄物処理建屋 NS 方向)



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.18	805	1.00	0.05
#2	0.18	805	1.00	0.05
#3	0.19	832	1.03	0.06
#4	0.18	805	—	0.05

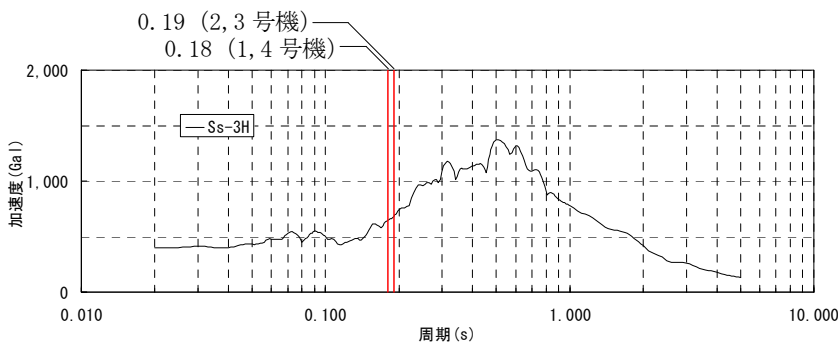
(廃棄物処理建屋 EW 方向)

図 4.2-2 代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期 (Ss-2H)



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.21	757	1.02	0.06
#2	0.23	898	1.21	0.07
#3	0.23	898	1.21	0.07
#4	0.20	742	—	0.05

(廃棄物処理建屋 NS 方向)

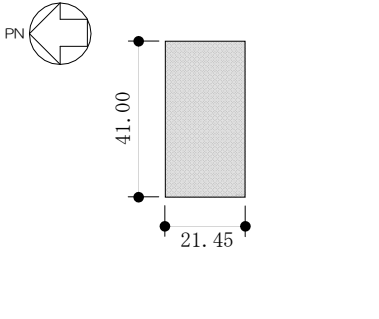
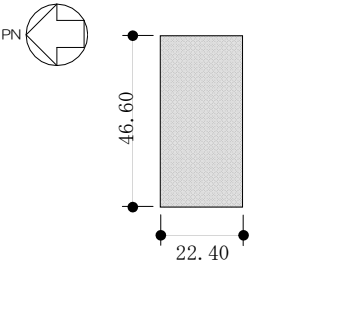
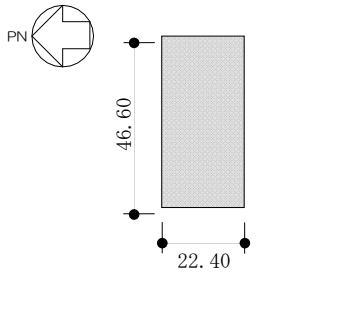
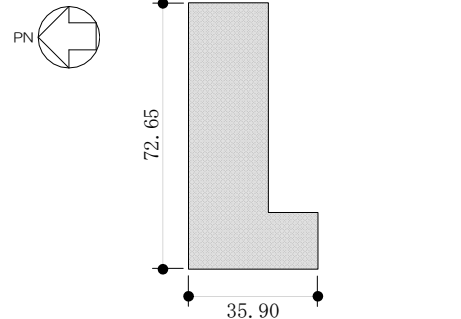
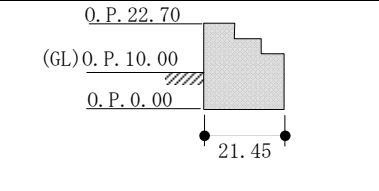
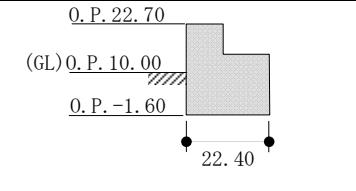
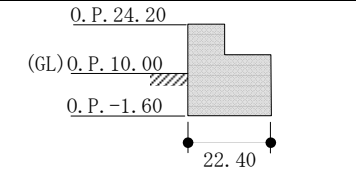
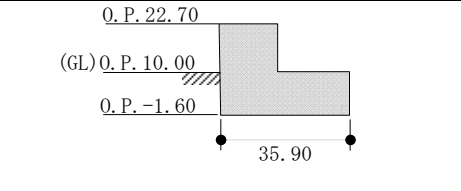
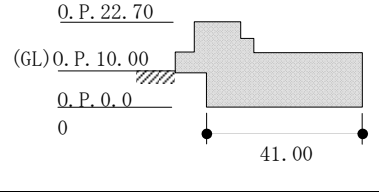
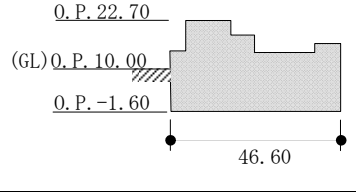
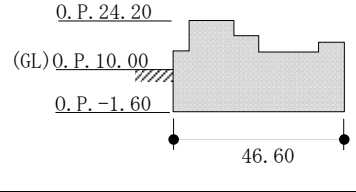
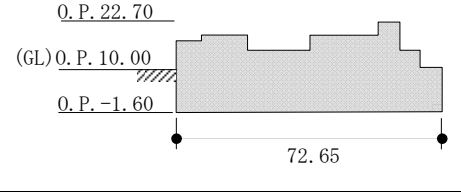


号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.18	647	1.00	0.04
#2	0.19	683	1.06	0.05
#3	0.19	683	1.06	0.05
#4	0.18	647	—	0.04

(廃棄物処理建屋 EW 方向)

図 4.2-3 代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期 (Ss-3H)

表 4.2-1 廃棄物処理建屋の形状・一次固有周期・滞留水量の比較

		1号機廃棄物処理建屋	2号機廃棄物処理建屋	3号機廃棄物処理建屋	4号機廃棄物処理建屋	
平面図						
N S 方向断面						
E W 方向断面						
一次固有周期 (s)	NS	Ss-1H	0.21	0.23	0.23	0.20
		Ss-2H	0.21	0.22	0.23	0.20
		Ss-3H	0.21	0.23	0.23	0.20
	EW	Ss-1H	0.18	0.19	0.19	0.18
		Ss-2H	0.18	0.18	0.19	0.18
		Ss-3H	0.18	0.19	0.19	0.18
滞留水量 (m <sup>3</sup> )		1,400	2,600	2,600	4,500	
同一レベルの貯留比率※		B1F:0.286	B1F:0.495	B1F:0.512	B1F:0.518	

※同一レベルの滞留水重量と質点重量の比率

## 5 コントロール建屋

### 5.1 3号機コントロール建屋（代表号機）

#### 5.1.1 解析評価方針

コントロール建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全性評価は、基準地震動  $S_s$  を用いた地震応答解析によることを基本とし、建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

コントロール建屋については、地下滞留水量が最大となる代表号機を選定する。

解析モデルは、地下2階から地上2階に設置された機器を含む建屋全域をNS, EW方向とも1軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し、固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は、地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが、評価基準値 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認することとする。

コントロール建屋の地震応答解析の評価手順例を、図 5.1.1-1 に示す。

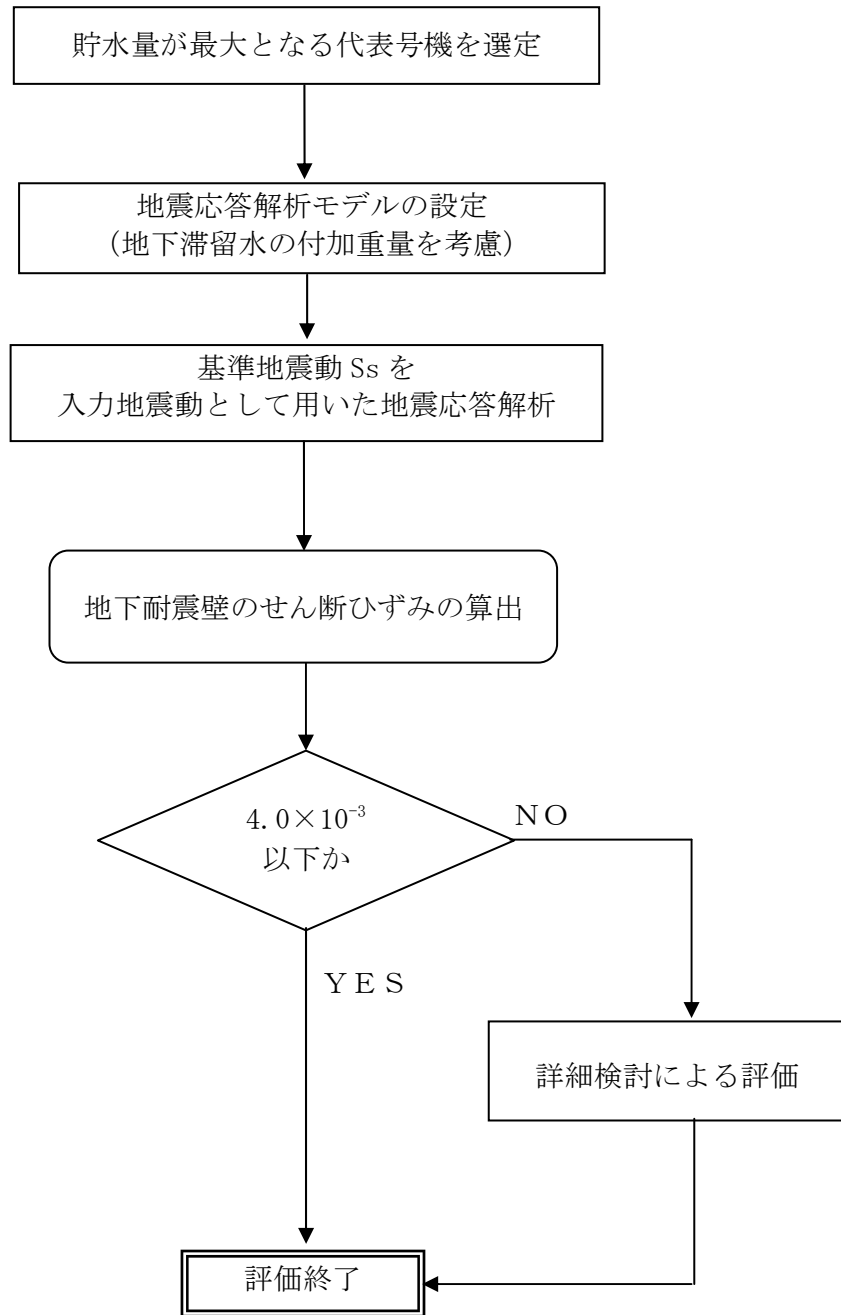


図 5.1.1-1 コントロール建屋の地震応答解析の評価手順例

### 5.1.2 代表号機の選定

コントロール建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表 5.1.2-1 に示す。表 5.1.2-1 より、貯水量の最も多い 3 号機を代表号機と選定する。

表 5.1.2-1 コントロール建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	1 号機	2 号機	3 号機	4 号機
水位	O.P. 5,300	O.P. 4,000	O.P. 4,000	O.P. 4,000
貯水量	700m <sup>3</sup>	1,600m <sup>3</sup>	1,900m <sup>3</sup>	1,600m <sup>3</sup>

### 5.1.3 解析に用いる入力地震動

3号機コントロール建屋への入力地震動は、「福島第一原子力発電所 『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」(原管発官19第603号 平成20年3月31日付け)にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図5.1.3-1に示す。このコントロール建屋の解析モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち、解放基盤表面位置 (O.P. -196.0m) における基準地震動  $S_s$  の加速度波形について、図5.1.3-2に示す。

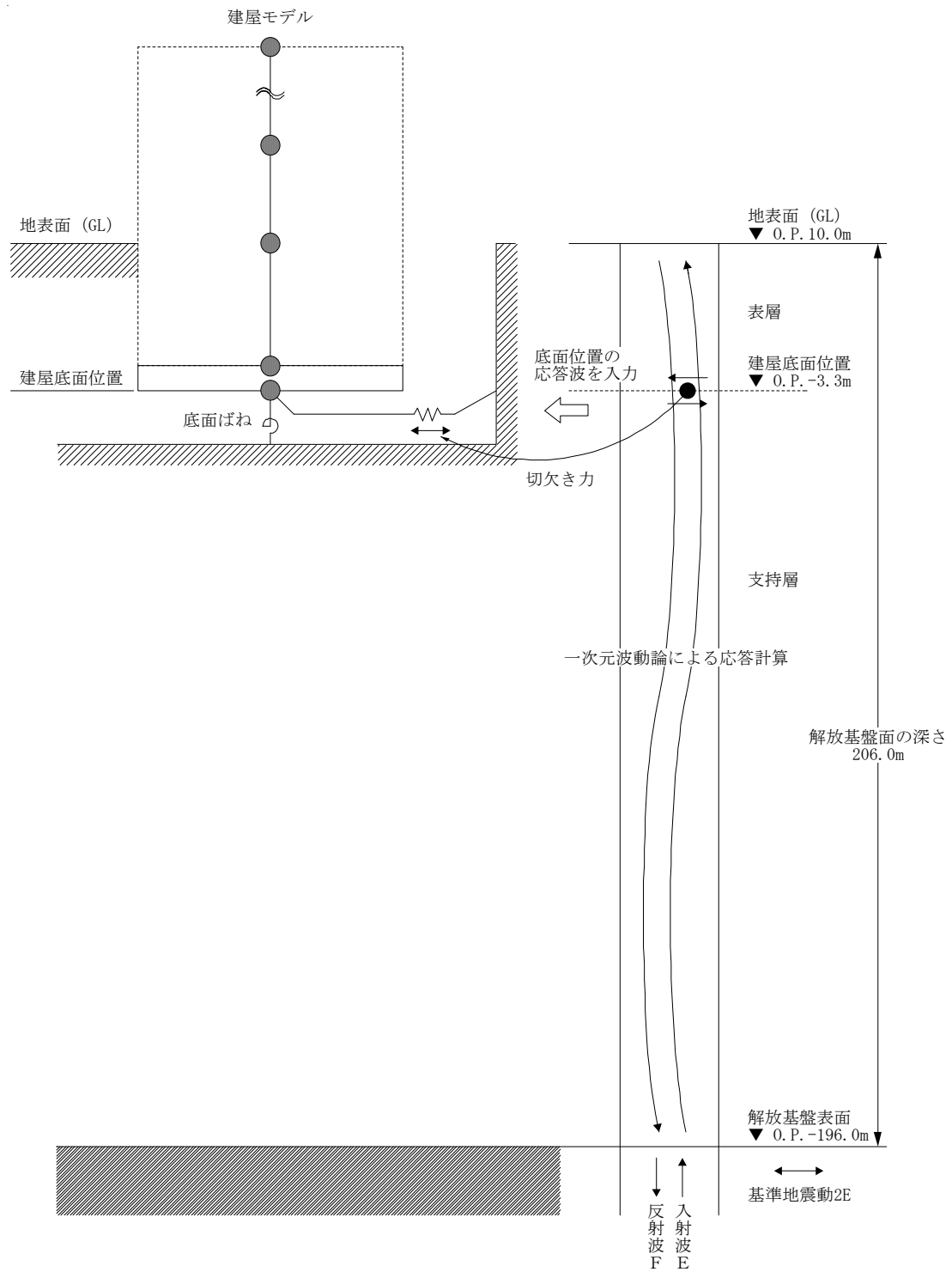
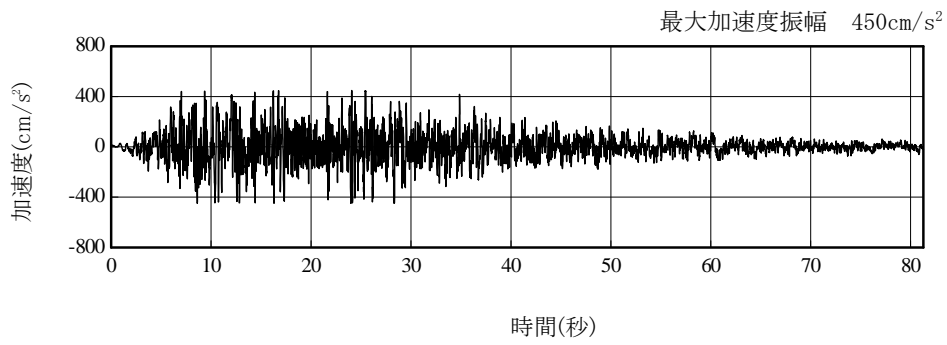
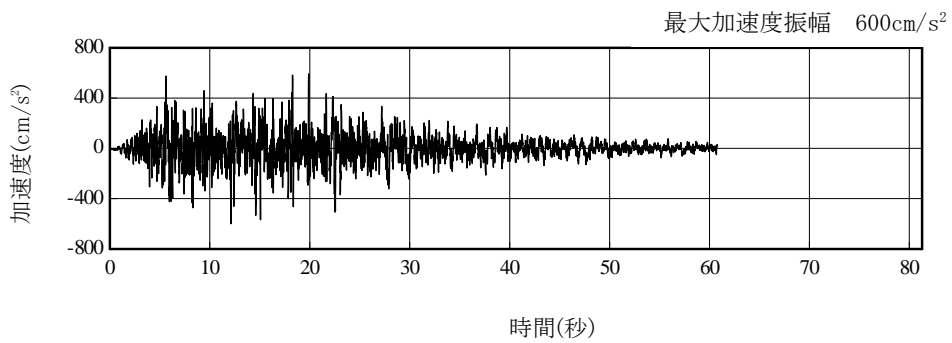


図 5. 1. 3-1 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図

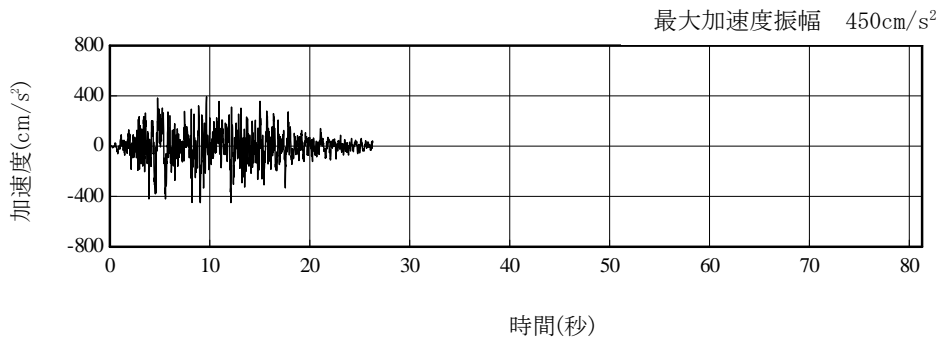




(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 5. 1. 3-2 解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形 (水平方向)

#### 5.1.4 地震応答解析モデル

基準地震動  $S_s$  に対する 3号機コントロール建屋の地震応答解析は、「5.1.3. 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

水平方向の地震応答解析モデルは、図 5.1.4-1 及び図 5.1.4-2 に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばね及び入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 5.1.4-1 に、建屋解析モデルの諸元を表 5.1.4-2 に示す。

地盤定数は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 5.1.4-3 に示す。

水平方向の解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にして、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似的に評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図 5.1.4-3 に示すようにばね定数 ( $K_c$ ) として実部の静的な値を、また、減衰係数 ( $C_c$ ) として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

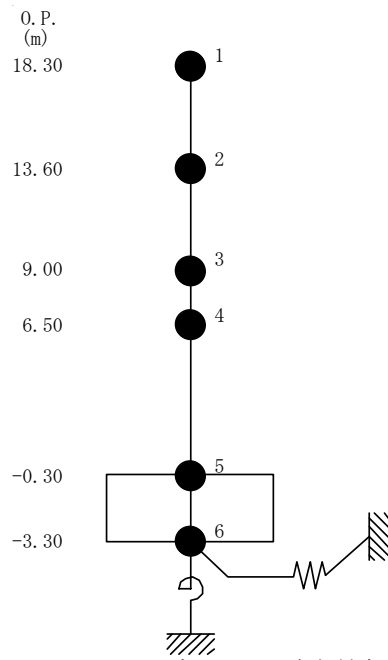


図 5.1.4-1 3号機コントロール建屋 地震応答解析モデル (NS 方向)

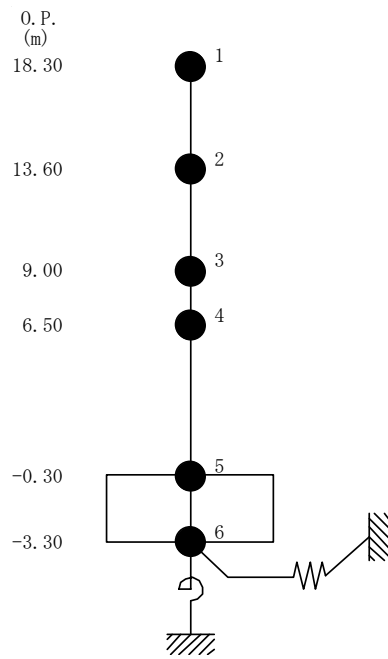


図 5.1.4-2 3号機コントロール建屋 地震応答解析モデル (EW 方向)

表 5.1.4-1 地震応答解析に用いる物性値

コンク リート	強度*1 F <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数*2 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数*2 G (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ (kN/m <sup>3</sup> )
	35.0	2.57×10 <sup>4</sup>	1.07×10 <sup>4</sup>	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

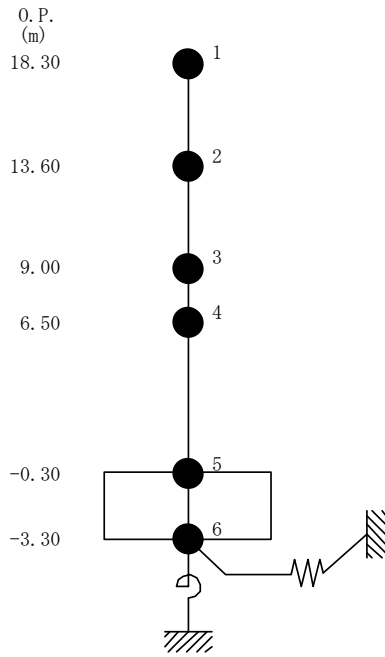
\*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は、過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまとめた値とした。

\*2：実強度に基づく値を示す。

\*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

表 5.1.4-2 建屋解析モデルの諸元

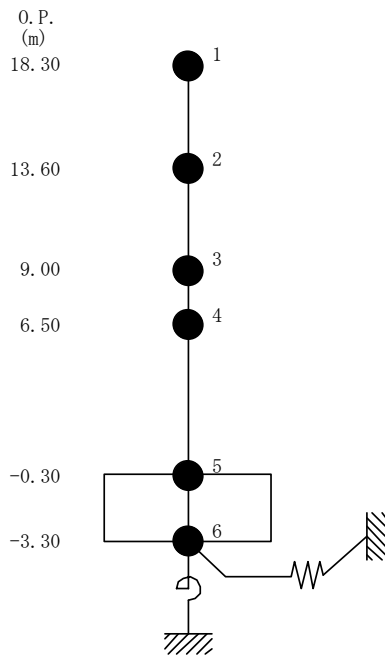
NS 方向



質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2)$	せん断断面積 $A_S (\text{m}^2)$	断面2次モーメント $I (\text{m}^4)$
1	13,620	547		
2	9,160	368	21.5	2,658
3	8,290	333	21.5	3,177
4	15,110 (3,900)	607 (157)	33.8	5,271
5	36,680 (14,740)	1,473 (592)	33.8	5,271
6	16,230	652	459.9	18,463
合計	99,090			

注 ( )内は滞留水による付加分を示す。  
 ヤング係数  $E_c$   $2.57 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 せん断弾性係数  $G$   $1.07 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰  $h$  5%  
 基礎形状 21.95m(NS 方向)  $\times$  20.95m(EW 方向)

EW 方向



質点番号	質点重量 W (kN)	回転慣性重量 $I_G (\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2)$	せん断断面積 $A_S (\text{m}^2)$	断面2次モーメント $I (\text{m}^4)$
1	13,620	498		
2	9,160	335	16.0	2,855
3	8,290	303	20.5	2,957
4	15,110 (3,900)	553 (143)	32.2	4,654
5	36,680 (14,740)	1,342 (539)	32.2	4,654
6	16,230	594	459.9	16,819
合計	99,090			

注 ( )内は滞留水による付加分を示す。  
 ヤング係数  $E_c$   $2.57 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 せん断弾性係数  $G$   $1.07 \times 10^7 (\text{kN}/\text{m}^2)$   
 ポアソン比  $\nu$  0.20  
 減衰  $h$  5%  
 基礎形状 21.95m(NS 方向)  $\times$  20.95m(EW 方向)

表 5.1.4-3(1) 地盤定数

(Ss-1)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩  (解放基盤)	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 5.1.4-3 (2) 地盤定数

(Ss-2)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩  (解放基盤)	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
		700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 5.1.4-3 (3) 地盤定数

(Ss-3)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	せん断 弾性係数 G ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	初期せん断 弾性係数 G <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性 低下率 G/G <sub>0</sub>	ヤング 係数 E ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
-10.0	泥岩  (解放基盤)	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

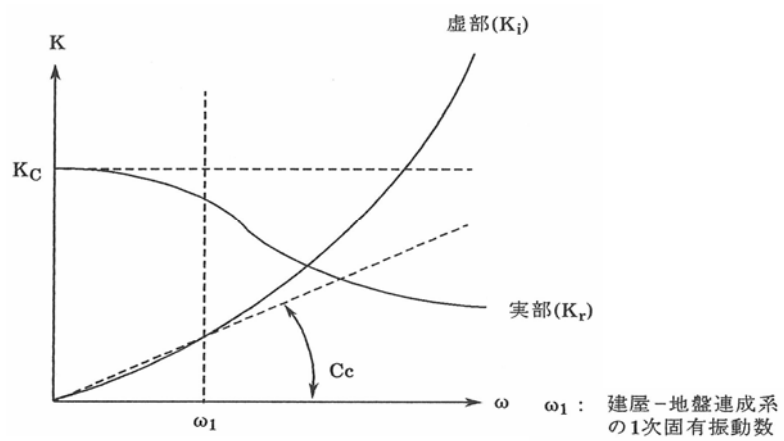


図 5.1.4-3 地盤ばねの近似



### 5.1.5 地震応答解析結果

地震応答解析により求められたNS方向,EW方向の最大応答加速度を図5.1.5-1及び図5.1.5-2に,地下滞留水の影響を考慮しない場合と併せて示す。

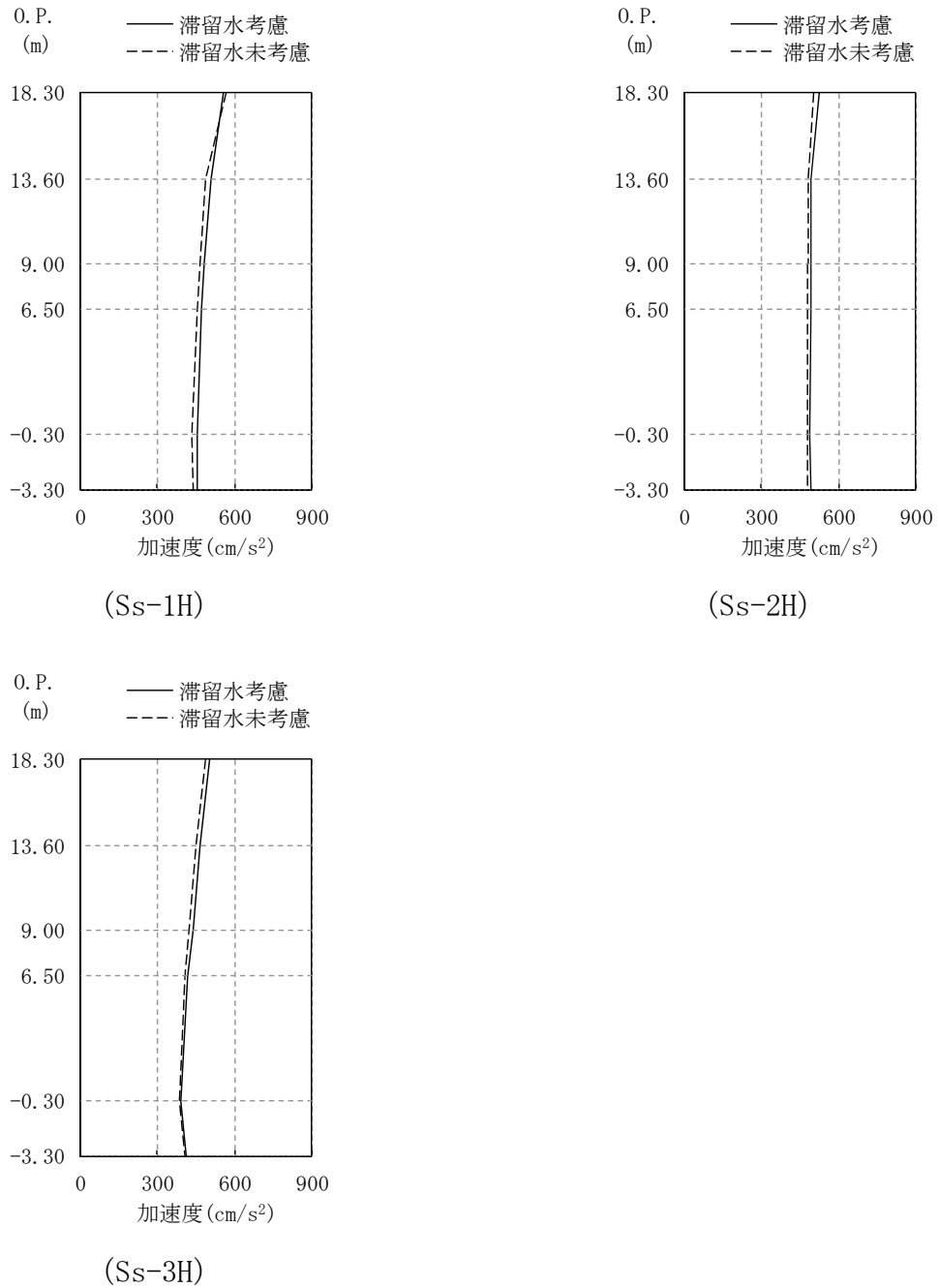
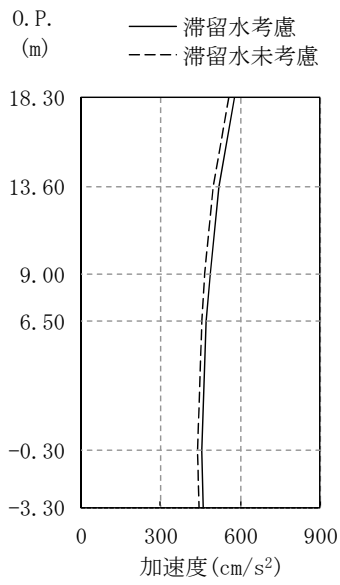
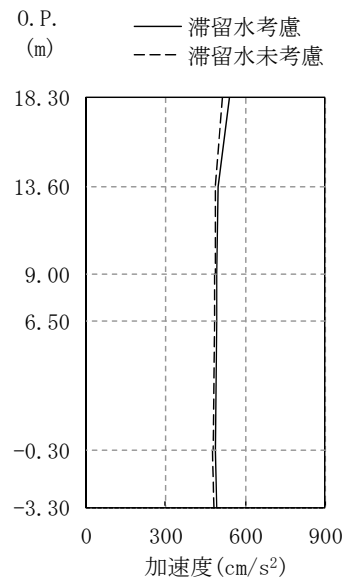


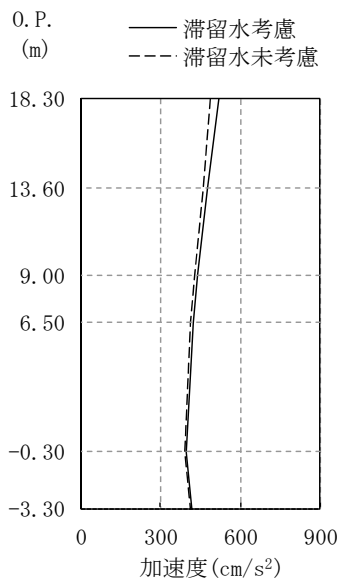
図 5.1.5-1 最大応答加速度 (NS 方向)



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

图 5.1.5-2 最大応答加速度 (EW 方向)

### 5.1.6 耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を、表 5.1.6-1 及び表 5.1.6-2 に示す。また、図 5.1.6-1 及び図 5.1.6-2 に基準地震動 Ss に対する最大応答値を耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは、最大で  $0.07 \times 10^{-3}$  であり、評価基準値 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) に対して十分余裕がある。なお、スケルトン曲線は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから、3号機コントロール建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 5.1.6-1 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (NS 方向)

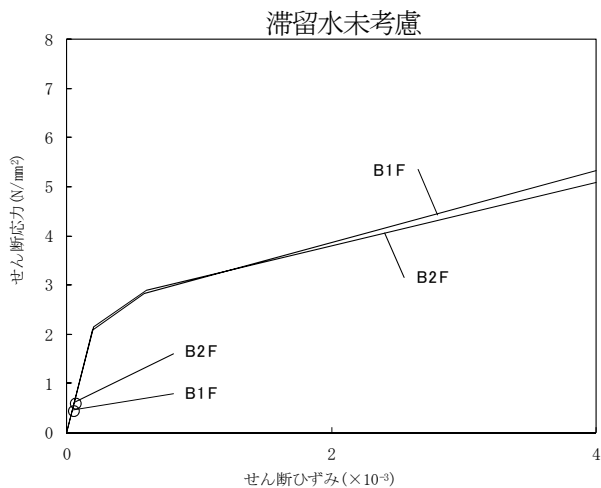
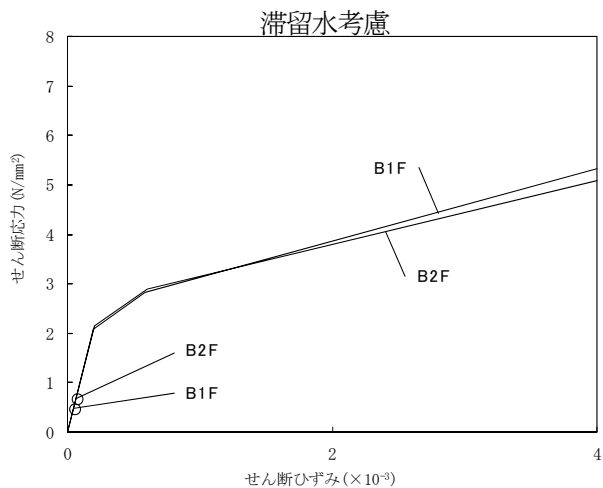
(単位： $\times 10^{-3}$ )

階	O.P.	地下滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	9.00～ 6.50	考慮	0.05	0.05	0.05	4.0 以下
		未考慮	0.05	0.05	0.04	
B2F	6.50～ -0.30	考慮	0.07	0.07	0.06	
		未考慮	0.06	0.06	0.06	

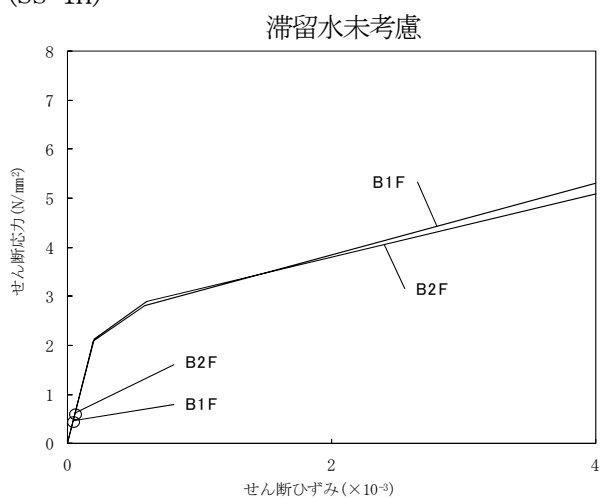
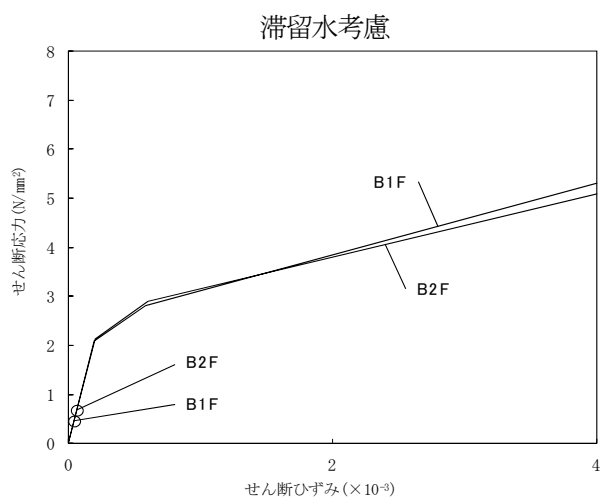
表 5.1.6-2 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (EW 方向)

(単位： $\times 10^{-3}$ )

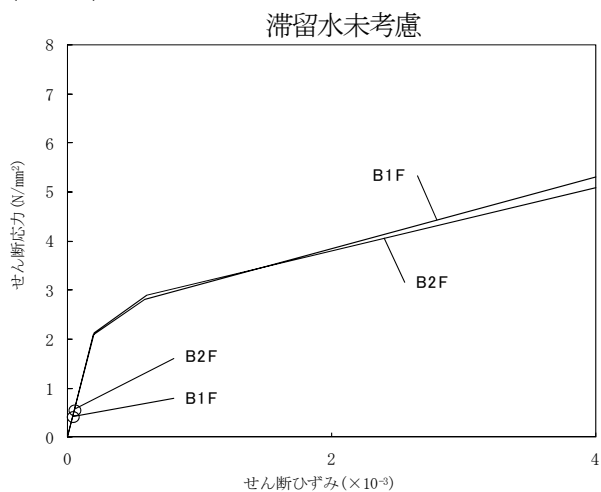
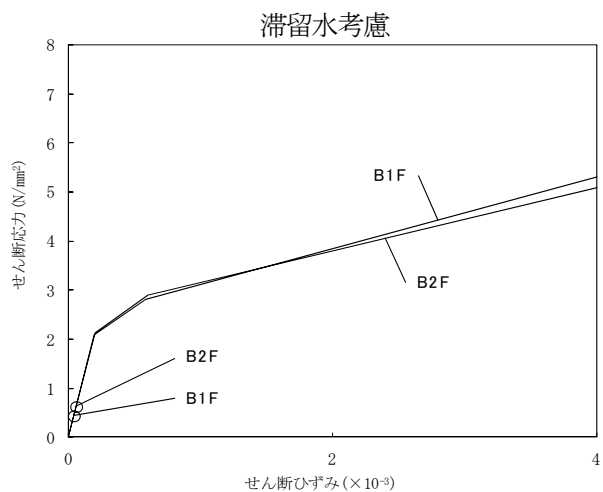
階	O.P.	地下滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	9.00～ 6.50	考慮	0.05	0.05	0.05	4.0 以下
		未考慮	0.05	0.05	0.05	
B2F	6.50～ -0.30	考慮	0.07	0.07	0.07	
		未考慮	0.06	0.06	0.06	



(Ss-1H)

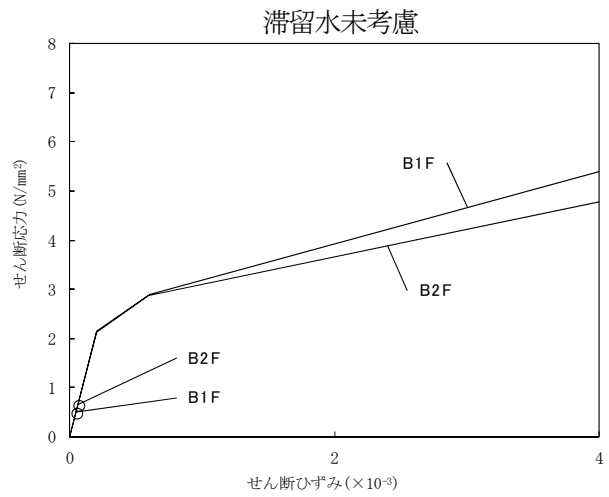
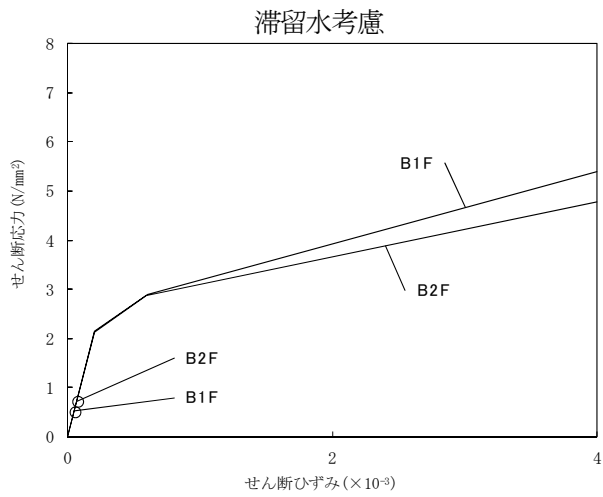


(Ss-2H)

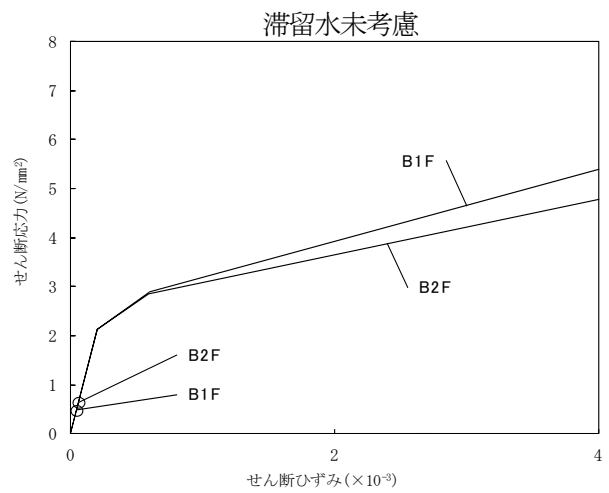
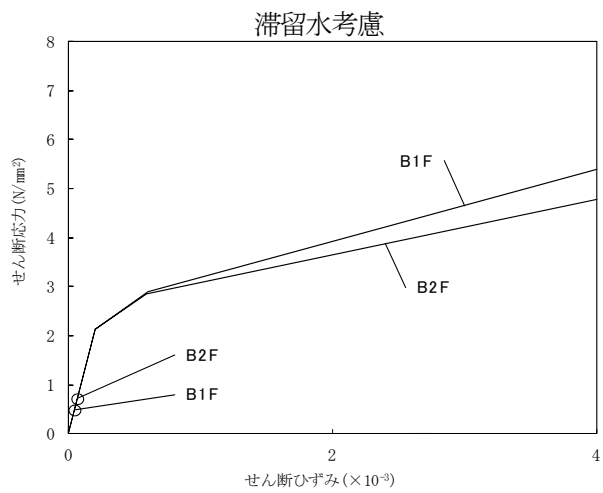


(Ss-3H)

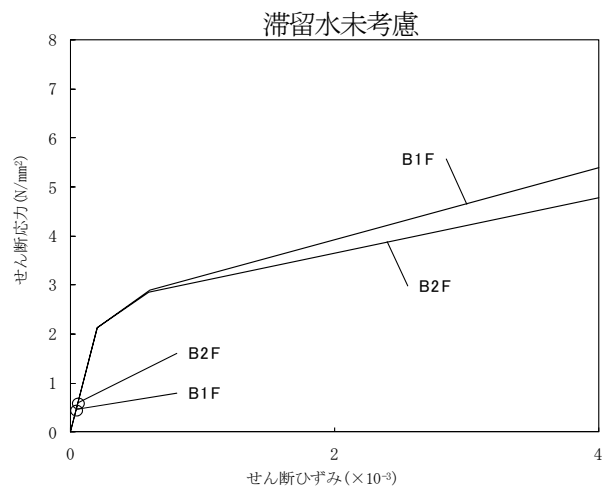
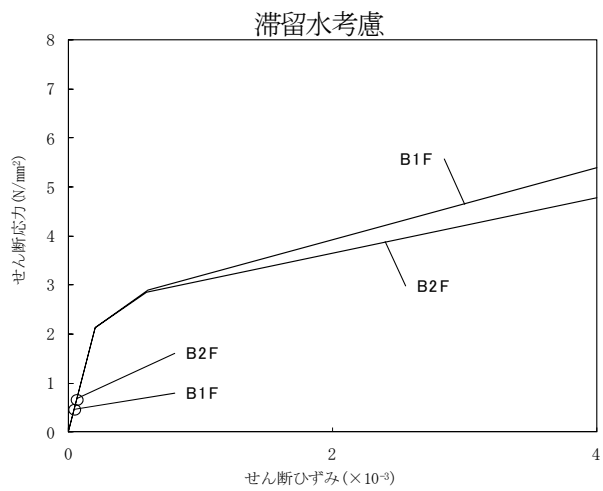
図 5.1.6-1 耐震壁のせん断ひずみ (NS 方向)



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

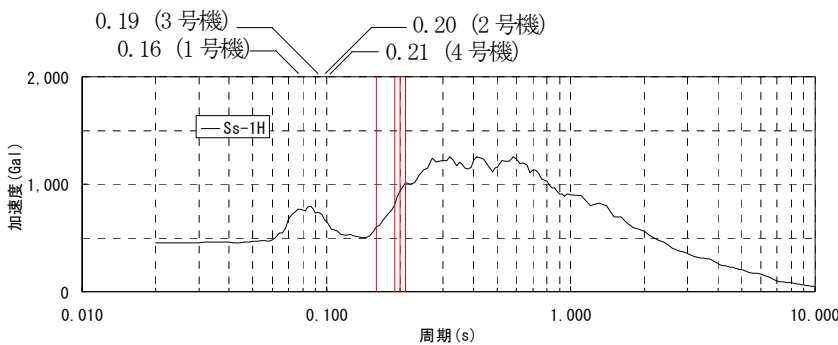
図 5. 1. 6-2 耐震壁のせん断ひずみ (EW 方向)

## 5.2 代表号機以外の検討

滞留水による影響を確認するため、滞留水量が最大であり重量変動が最も大きくなる3号機コントロール建屋を代表号機として耐震安全性評価を行った結果、滞留水を考慮しても地下外壁の耐震安全性については十分余裕があることを確認している。

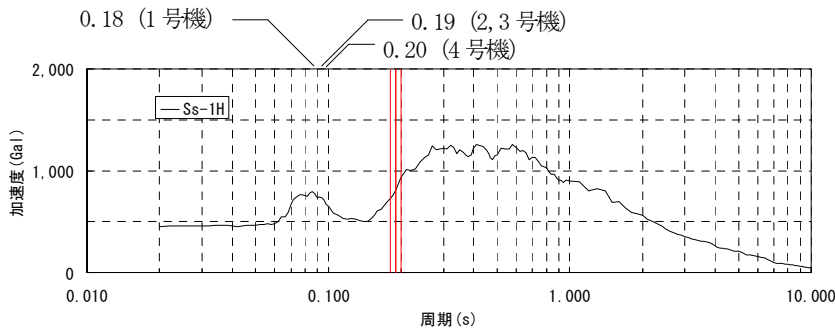
また、コントロール建屋は、各号機の機能は同じであることから、構造形式および形状は各号機で同様となっている。各号機のコントロール建屋の固有周期を比較した場合、一次固有周期はNS方向で0.16～0.21秒、EW方向で0.18～0.20秒となり、各号機の振動性状に顕著な差はみられない。

代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルに各建屋の一次固有周期を重ね描きしたもの、および代表号機の地下外壁の最大応答せん断ひずみに、代表号機の入力動の応答スペクトルにおける代表号機の一次固有周期の応答加速度 $\alpha_{T1}$ と各号機の一次固有周期の応答加速度 $\alpha_{T1}$ の比 $\alpha_{amp}$ を乗じた $\gamma_{resp}$ を図5.2-1～図5.2-3に示す。 $\gamma_{resp}$ は各号機ともに評価基準値 $4 \times 10^{-3}$ に対して十分に小さいことから、代表号機以外についても地下外壁の耐震安全性は確保されているといえる。



号機	一次固有周期 $T_1$ (sec)	応答 加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答 加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.16	606	0.75	0.06
#2	0.20	934	1.16	0.09
#3	0.19	807	—	0.07
#4	0.21	1,012	1.25	0.09

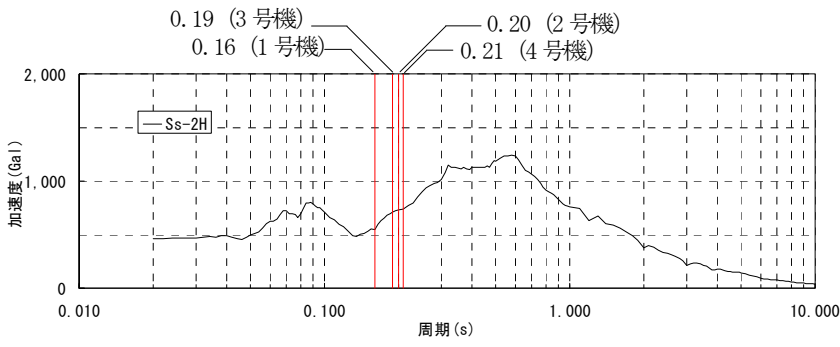
(コントロール建屋NS方向)



号機	一次固有周期 $T_1$ (sec)	応答 加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答 加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.18	728	0.90	0.07
#2	0.19	807	1.00	0.07
#3	0.19	807	—	0.07
#4	0.20	934	1.16	0.09

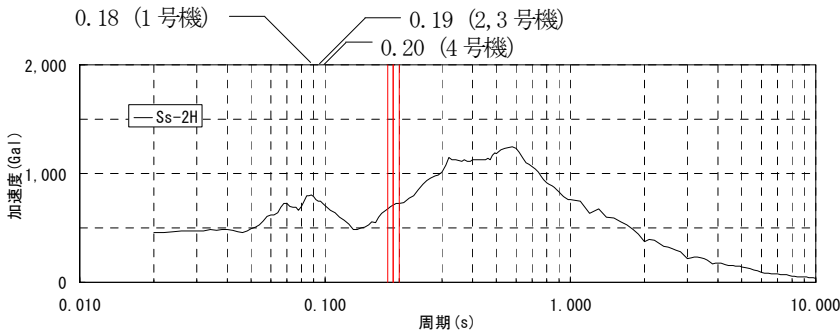
(コントロール建屋EW方向)

図5.2-1 代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期 (Ss-1H)



(コントロール建屋NS方向)

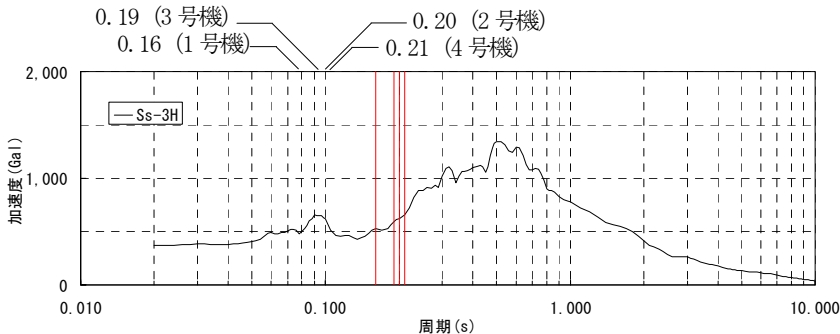
号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.16	549	0.78	0.06
#2	0.20	728	1.03	0.08
#3	0.19	708	—	0.07
#4	0.21	734	1.04	0.08



(コントロール建屋EW方向)

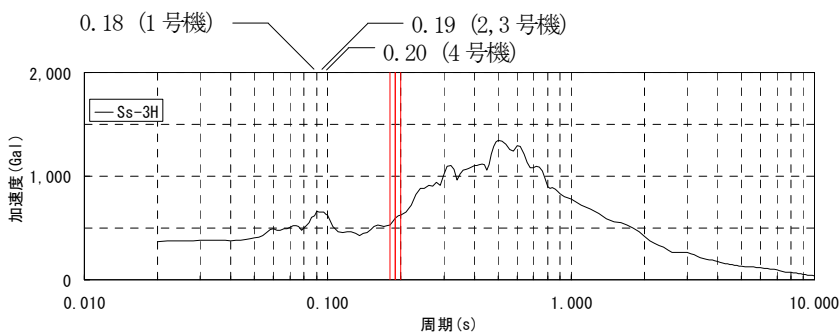
号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.18	678	0.96	0.07
#2	0.19	708	1.00	0.07
#3	0.19	708	—	0.07
#4	0.20	728	1.03	0.08

図 5.2-2 代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期 (Ss-2H)



(コントロール建屋NS方向)

号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.16	528	0.89	0.06
#2	0.20	625	1.05	0.07
#3	0.19	594	—	0.06
#4	0.21	655	1.10	0.07



(コントロール建屋EW方向)

号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 $\alpha_{T1}$ (Gal)	応答加速度比 $\alpha_{amp}$	$\gamma_{resp}$ ( $\times 10^{-3}$ )
#1	0.18	532	0.90	0.07
#2	0.19	594	1.00	0.07
#3	0.19	594	—	0.07
#4	0.20	625	1.05	0.08

図 5.2-3 代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期 (Ss-3H)

表 5.2-1 コントロール建屋の形状・一次固有周期・滞留水量の比較

		1号機コントロール建屋	2号機コントロール建屋	3号機コントロール建屋	4号機コントロール建屋	
平面図						
NS方向断面						
EW方向断面						
一次固有周期 (s)	NS	Ss-1H	0.16	0.20	0.19	0.21
		Ss-2H	0.16	0.20	0.19	0.21
		Ss-3H	0.16	0.20	0.19	0.21
	EW	Ss-1H	0.18	0.19	0.19	0.20
		Ss-2H	0.18	0.19	0.19	0.20
		Ss-3H	0.18	0.19	0.19	0.20
滞留水量(m <sup>3</sup> )		700	1,600	1,900	1,600	
同一レベルの貯留比率*		B1F:0.342	B1F:0.623 B2F:0.273	B1F:0.348 B2F:0.672	B1F:0.487	

※同一レベルの滞留水重量と質点重量の比率



## 地下水バイパスによる地下水流入量の低減

## 1 概要

建屋周辺の地下水は、山側から海側に向かって流れていることから、建屋山側の高台で地下水を揚水し、その流路を変更して海にバイパスすることにより、建屋周辺の地下水位を段階的に低下させ、建屋への地下水流入量の低減を図っていく（図1）。

地下水バイパスの設備は、建屋山側で地下水を汲み上げる揚水井及びポンプ、汲み上げた地下水を一時的に貯留して水質を確認するタンク、地下水を移送するための配管等からなる（図2）。

## 2 地下水バイパスによる地下水の建屋流入抑制効果

建屋周辺の地下水位は、浸透流解析により検討した結果、地下水バイパスの実施に伴い、原子炉建屋山側で現況（O. P. + 9 m程度）より最大で1. 3 m程度、タービン建屋海側で現況（O. P. + 4 m程度）より最大で0. 2 m程度低下するものと想定され（図3～5）、これにより、建屋内への地下水流入量は現況より2 0 m<sup>3</sup>/日～1 2 0 m<sup>3</sup>/日程度低減されるものと考えられる。

## 3 滞留水の建屋外漏えい防止対策への影響

地下水バイパスの実施にあたっては、地下水低下状況及び水質等をモニタリングし、浸透流解析結果の検証を行いつつ、段階的に地下水位を低下させることで（図6）、建屋内滞留水が建屋外に漏れ出さないように慎重な水位管理を実施していく。

モニタリングにあたっては、原子炉建屋山側のサブドレンを活用するとともに、原子炉建屋と揚水井の間に観測孔を新設する（図7）。

なお、豪雨等の発生による直接的な雨水の流入及び地下水位上昇による地下水流入量の増加時には、地下水位と建屋内滞留水の水位を注意深く監視し、必要に応じて、集中廃棄物処理建屋への移送量を増加すること等により、建屋内滞留水の水位上昇を抑制する。

## 4 地下水の汲み上げによる地盤沈下

地下水バイパスの実施に伴い地下水を汲み上げるが、O. P. + 1 0 m盤の原子炉建屋、タービン建屋、運用補助共用施設（共用プール）などの建屋については、直接岩盤に支持されていることから沈下の恐れはないと考えられる。また、建屋周辺の地下水位は、東北地方太平洋沖地震前にはサブドレンが稼働し十分に低下していたことから、地下水バイパスの実施に伴い現況から地下水位が低下しても、建屋周辺の地盤沈下の恐れはないと考えられる。

O. P. + 3 5 m盤のタンクエリア等の一部については、地下水位が若干低下する

が、その量は2 m程度以下と少なく、また、揚水する地下水は不圧地下水であり、現況の地下水位よりも下の地層は地質年代が古く（新第三紀）、十分圧密されていることから、地下水位の低下に伴う沈下の恐れはないと考えられる。

#### 5 汲み上げた地下水の管理

地下水バイパスの実施に伴い汲み上げた地下水は、一時貯留タンクに貯留し、含まれる放射性物質濃度が告示濃度限度よりも十分に低い運用目標（告示濃度限度に対する割合の和0.22）を満足することを確認した後に、排水を行う。汲み上げた地下水を汚染させない管理については、以下のとおりである。

- ・ 水質確認のための一時貯留タンクとバイパス用の専用配管を通して移送する。
- ・ 一時貯留タンクエリア周辺の空気は、事故発災後の測定において、管理区域設定基準を超えておらず、現在は基準値の2桁程度低い濃度で安定に推移しているが、万一の空气中放射性物質混入を防止する対策として、一時貯留タンクの吸気管口を汚染のおそれのない管理対象区域に設ける。
- ・ 水質確認の結果、運用目標以上の放射性物質が確認された場合には、揚水井からの地下水くみ上げを停止する。

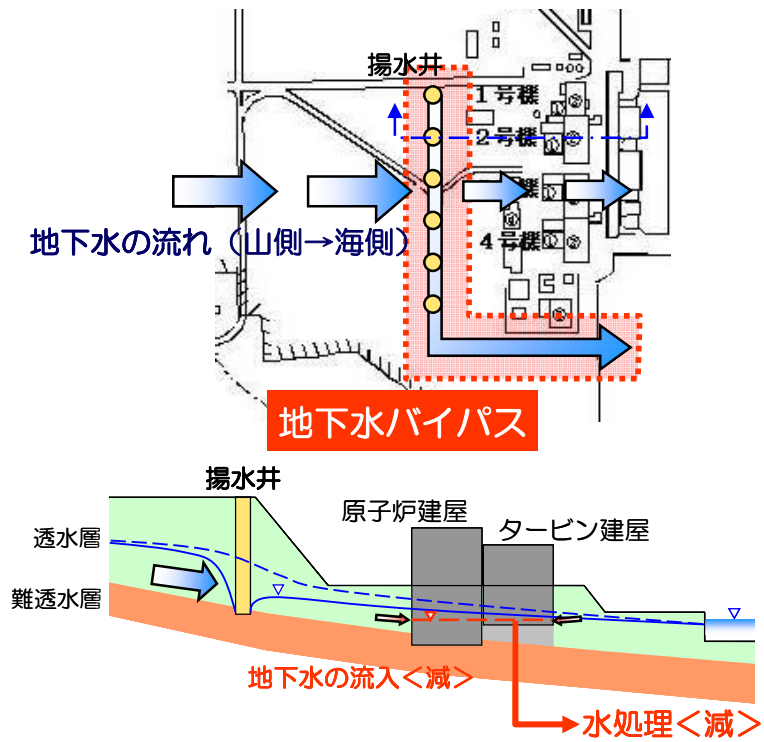


図1 地下水バイパス (イメージ)



図2 地下水バイパスの設備

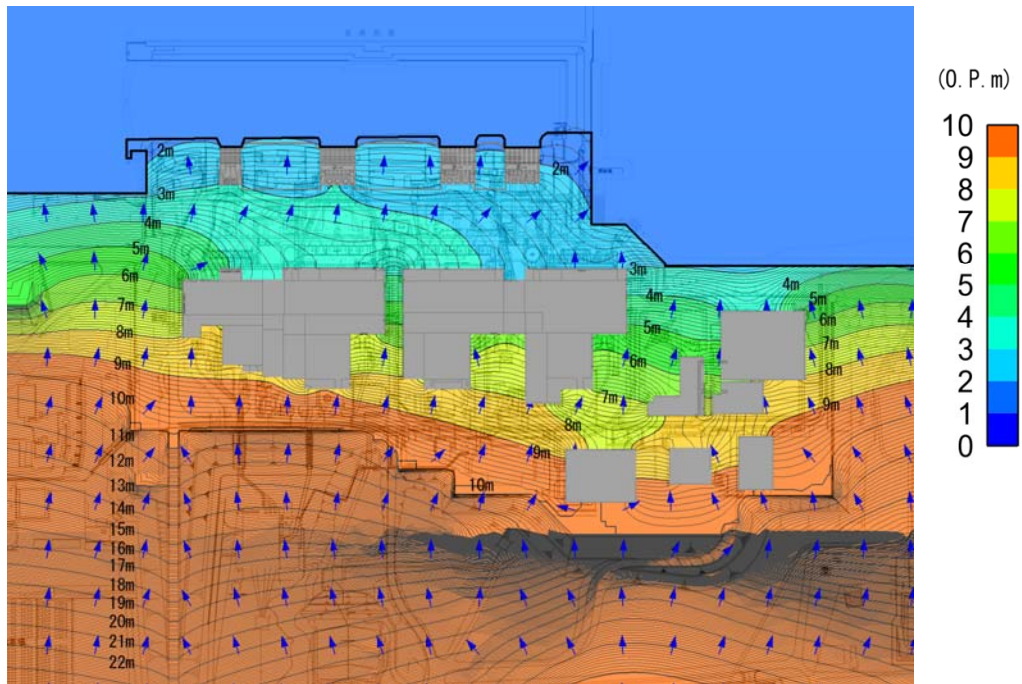


図3 建屋周りの地下水位（現況）

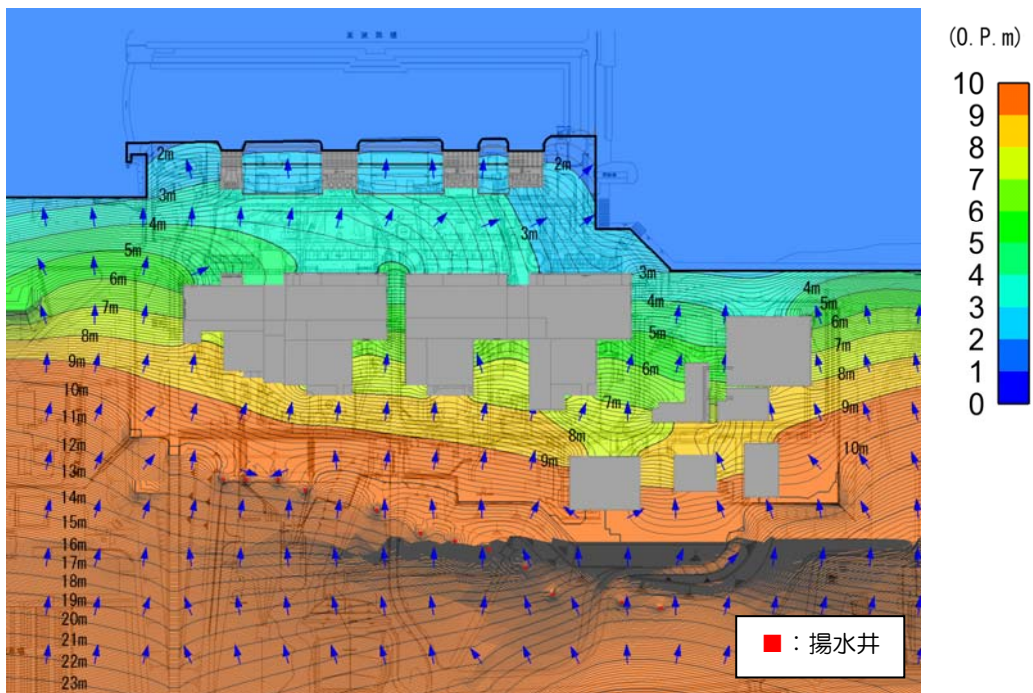


図4 建屋周りの地下水位（地下水バイパス実施後）



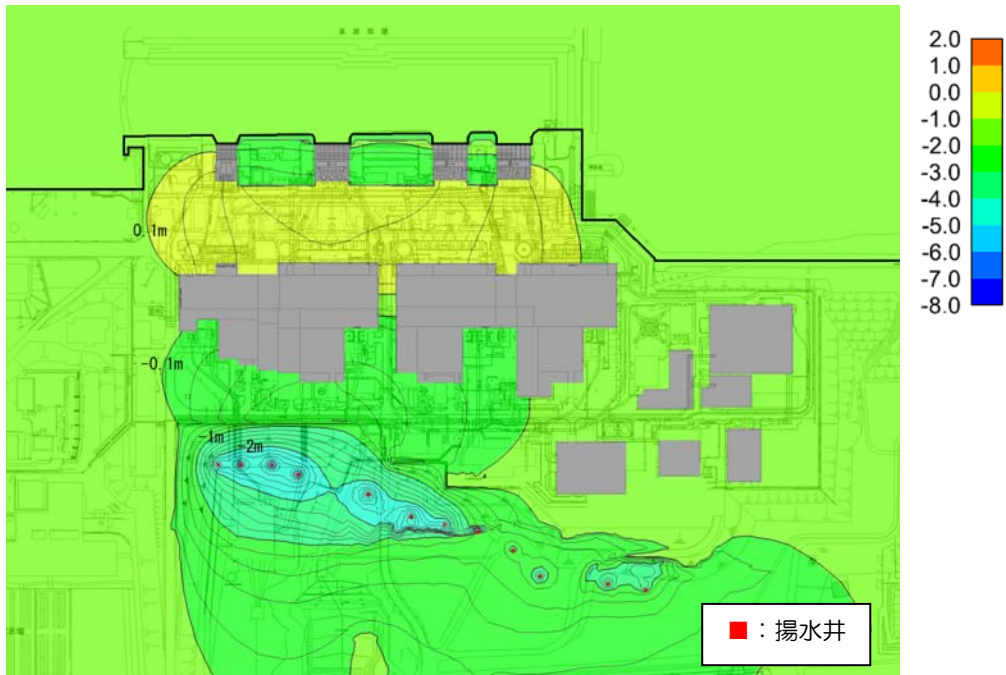


図5 建屋周りの地下水位の低下量（現況と地下水バイパス実施後の差分）

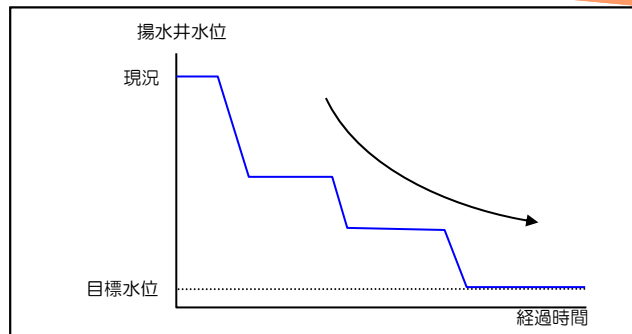
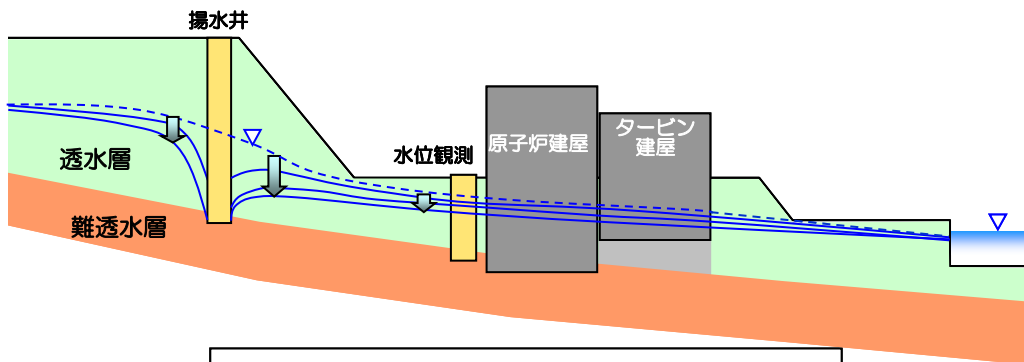


図6 段階的な地下水位低下のイメージ

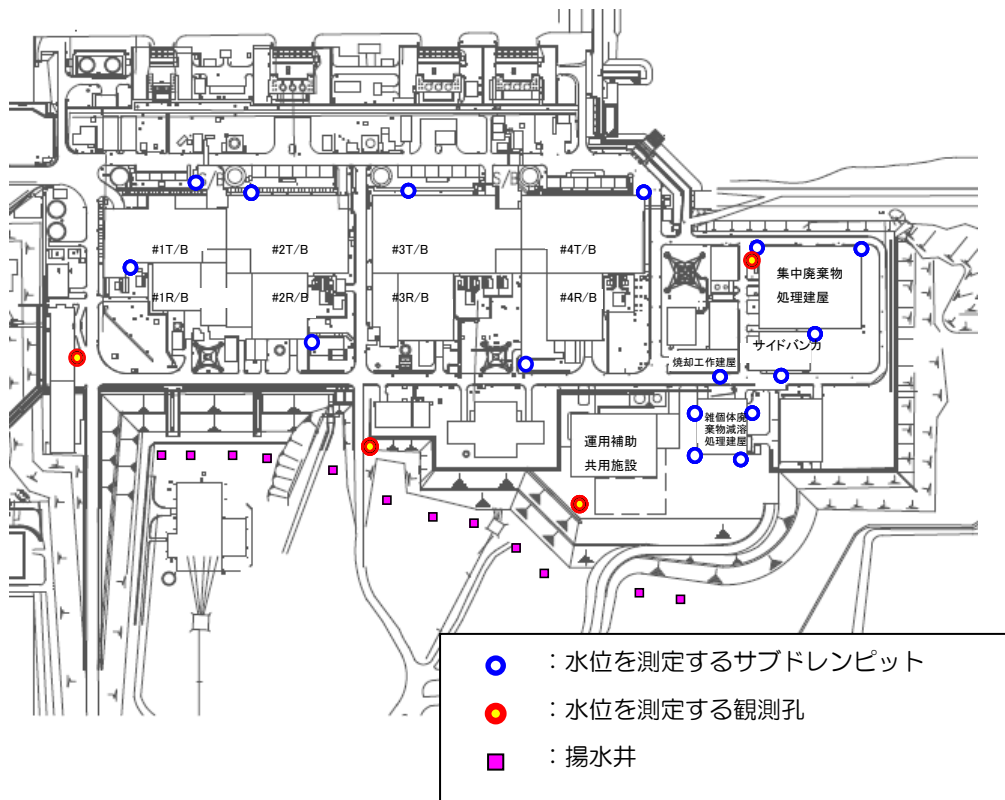
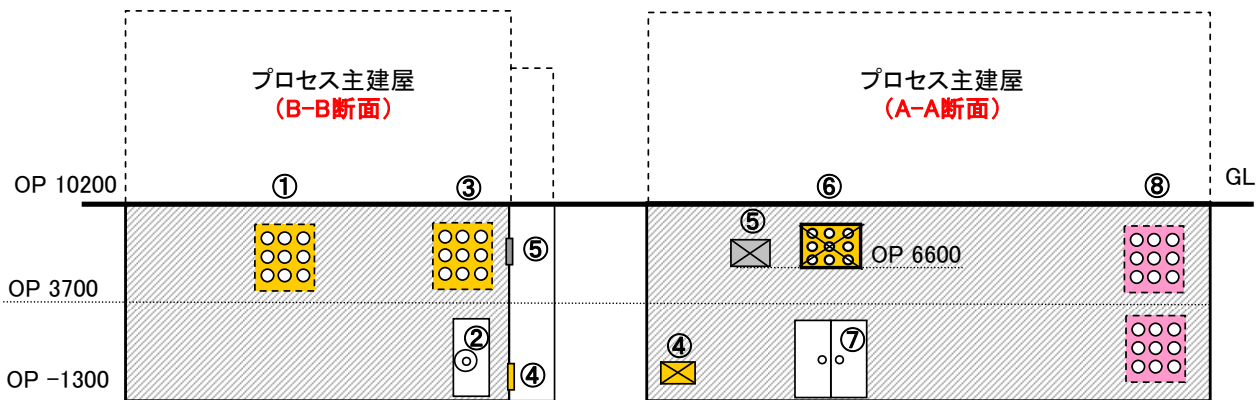
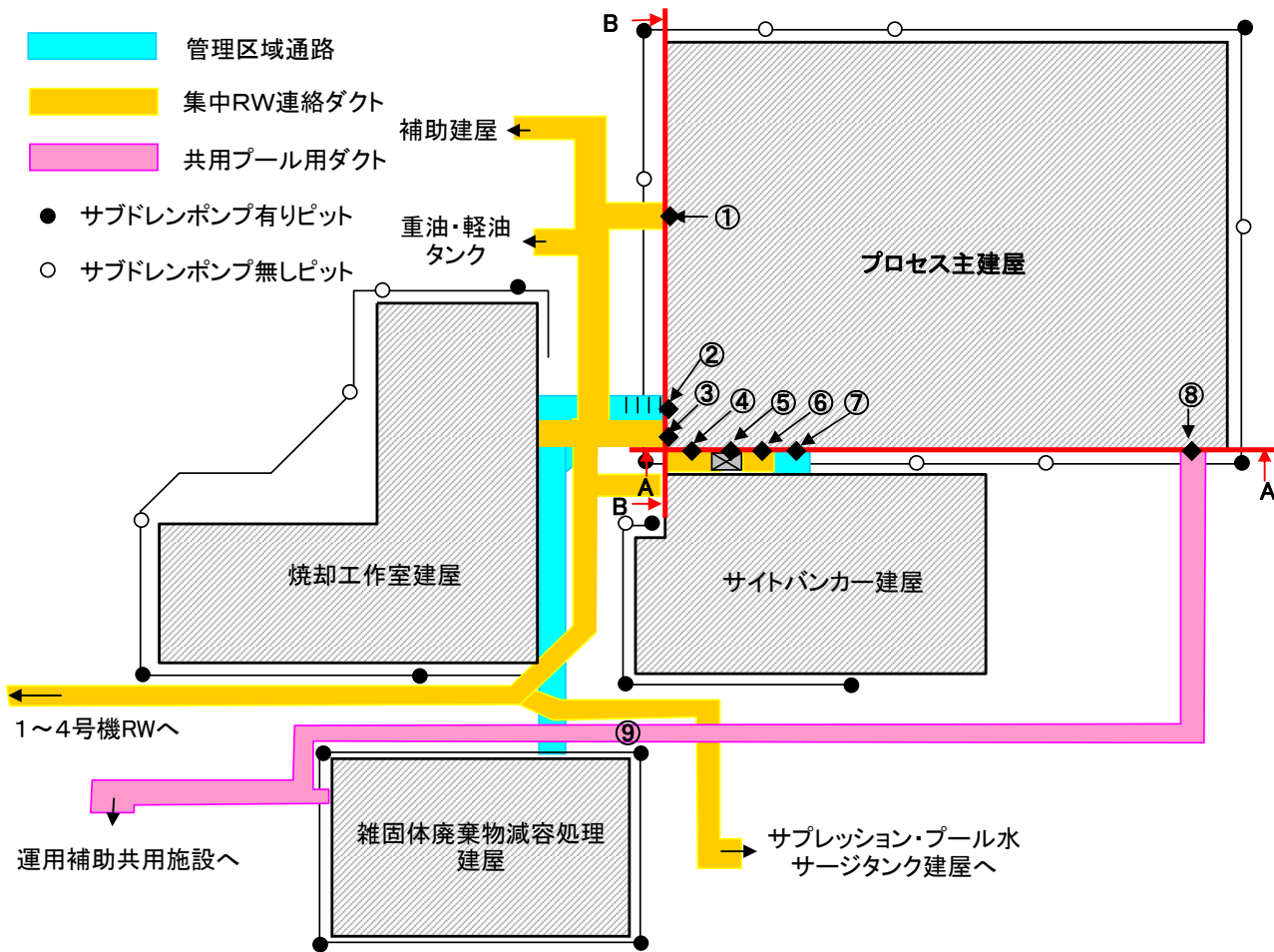
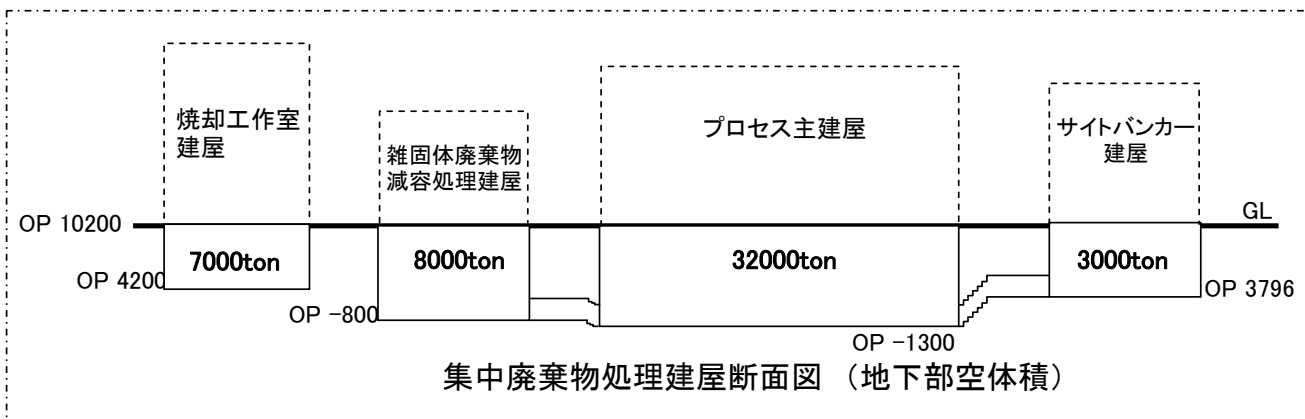


図7 モニタリング計画

プロセス主建屋の貫通部の止水措置



プロセス主建屋位置関係図

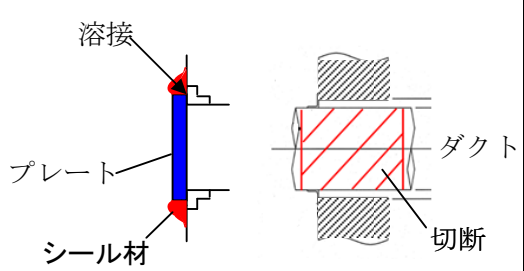
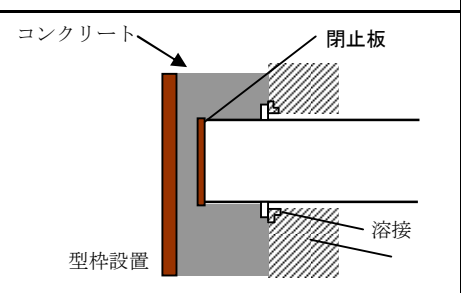
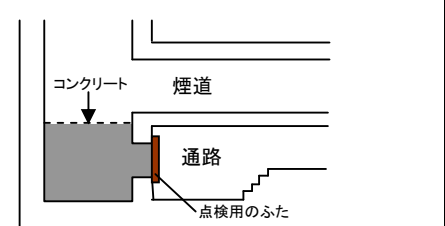
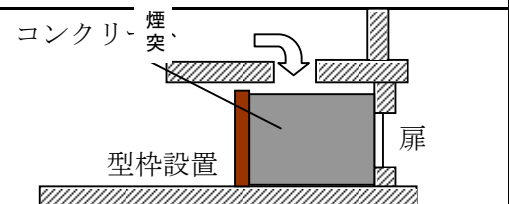
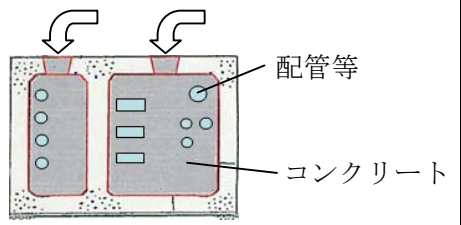
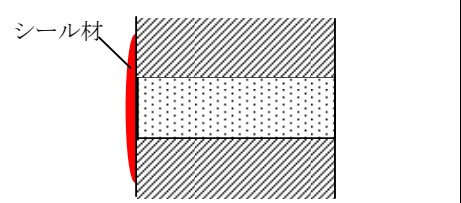


集中廃棄物処理建屋断面図 (地下部空体積)

貫通部止水工事 施工方法について

	<p>型枠を設置してコンクリートを充填する。</p>		<p>B</p>
	<p>開口部の両端に土のうを積み開口内部にコンクリートを充填する。</p>		<p>C</p>
	<p>ファンネル流入口に閉止板を設置し、モルタルをファンネル内に充填した後、床面と充填したモルタルの境界表面にシール材を塗布する。</p>		<p>D</p>
	<p>配管を切断し、閉止板を溶接にて取り付けることにより閉塞する。</p>		<p>E</p>
<p>電線管</p>	<p>電線管切断後、シール材を充填する。</p>		<p>F</p>
	<p>トレンチ側の電線を切断し、コンクリートで充填する。</p>		<p>G</p>



設備	処置方法	概要図	記号
ダクト	ダクトを切断し、プレートを取り付けて閉止した後、溶接箇所にはシール材を塗布する。		H1
	ダクトに閉止板を設置し、型枠との隙間にコンクリートを充填する。		H2
煙道	煙道出口に閉止板を設置した後、コンクリートを充填して閉塞する。		I
扉	型枠を設置した後、コンクリートを充填することで閉塞する。		J
トレンチ	地上との貫通部よりコンクリートを充填する。		K
予備スリーブ	予備スリーブの加工箇所の壁面、モルタル充填部表面にシール材を塗布		L

## プロセス主建屋の健全性 ひび割れ等の漏えい対策

## 1 はじめに

プロセス主建屋の地下躯体部分の水密性を確保する観点から、ひび割れ点検を行うとともに、ひび割れ箇所の補修を行った。

## 2 現場確認方法

プロセス主建屋のひび割れ点検は、日常点検における記録を基に地震後に新たに生じたと考えられるひび割れについて目視点検を行った。

## 3 点検結果及び評価

点検では、新たに地震により生じたひび割れは確認されなかった。今回の地震前から存在していたと思われるひび割れは確認されたが、縦方向のひび割れであることから、経年によるコンクリートの乾燥収縮によって生じたひび割れと判断した。

その他のひび割れについても、ひび割れ部分にはエフロッセンス（白華現象）等の変化が見られないことから、通常時には漏水等の問題はなかったものと考えられる。

また、プロセス主建屋は、不透水層である富岡層（泥岩）に基礎マットが設置されていること、地下外壁面周囲にアスファルト防水が施工されていることから、止水性は確保されているものと考えられるが、地下外壁のひび割れ部の補修を行い、水密性を高めるものとする。

## 4 ひび割れ補修

## 4.1 補修範囲

ひび割れの補修は、プロセス主建屋の日常点検により記録されたひび割れのほか、目視で確認できる全てのひび割れについて実施した。プロセス主建屋のひび割れの補修本数を表-1に示す。

表-1 ひび割れ補修本数

	部 位	実施本数 (0.3mm以上のひび割れ)
プロセス主建屋	地下1階	59
	地下2階	249

## 4.2 補修方法

- ・ 目視で確認できるひび割れを全て補修する。
- ・ 使用材料：ポリマーセメント系塗膜防水材

## 5 まとめ

対象となるひび割れについて全て補修を実施し、当社は適切に補修されたことを確認した。

6 ひび割れ調査図 (壁展開図・ひび割れ幅 0.3mm 以上のものを記録)

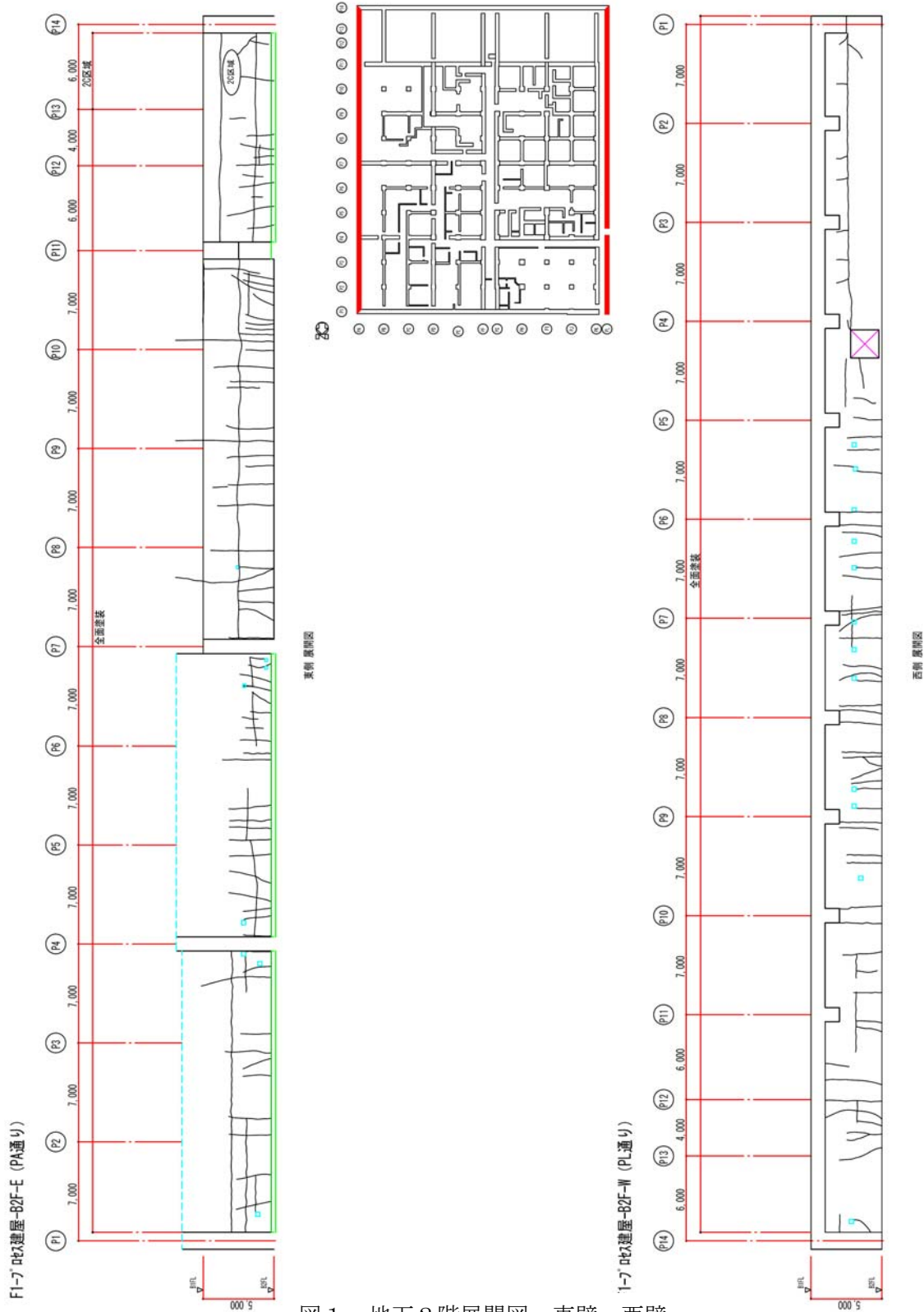
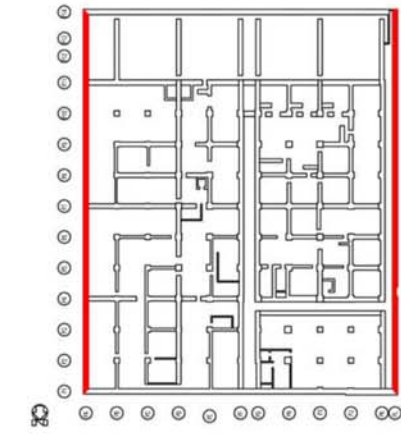
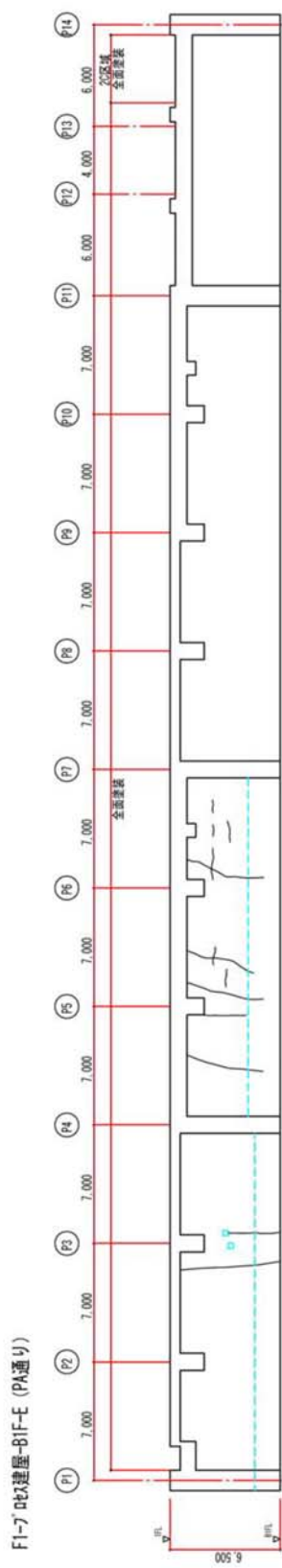
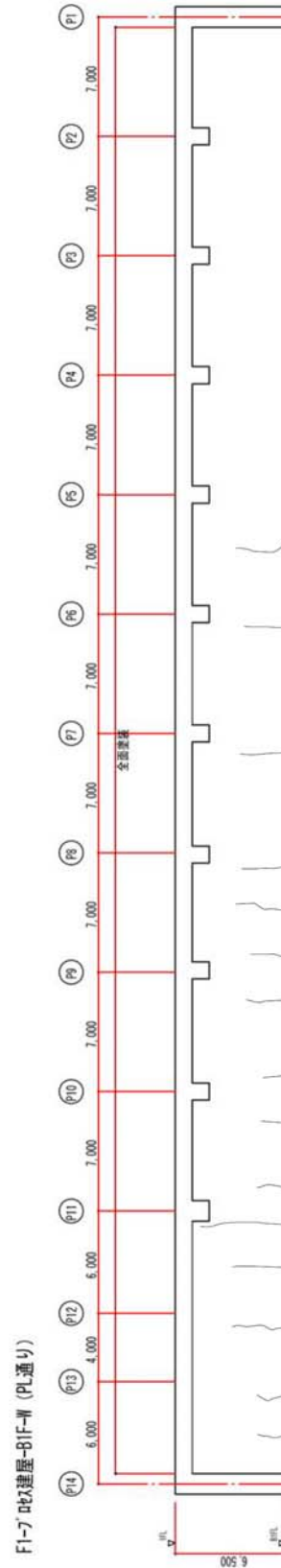


図1 地下2階展開図 東壁, 西壁





東側 展開図



西側 展開図

図3 地下1階展開図 東壁, 西壁

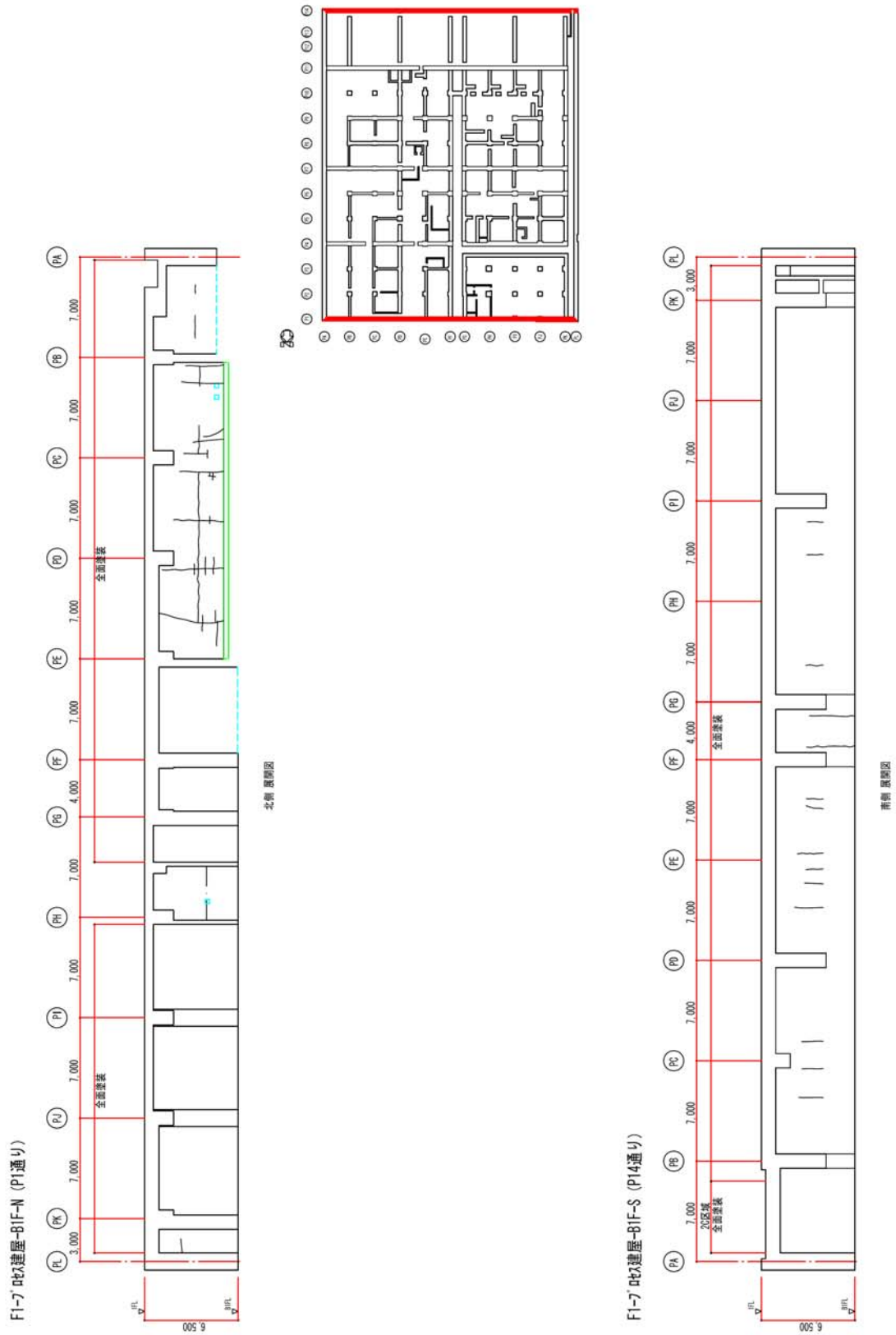
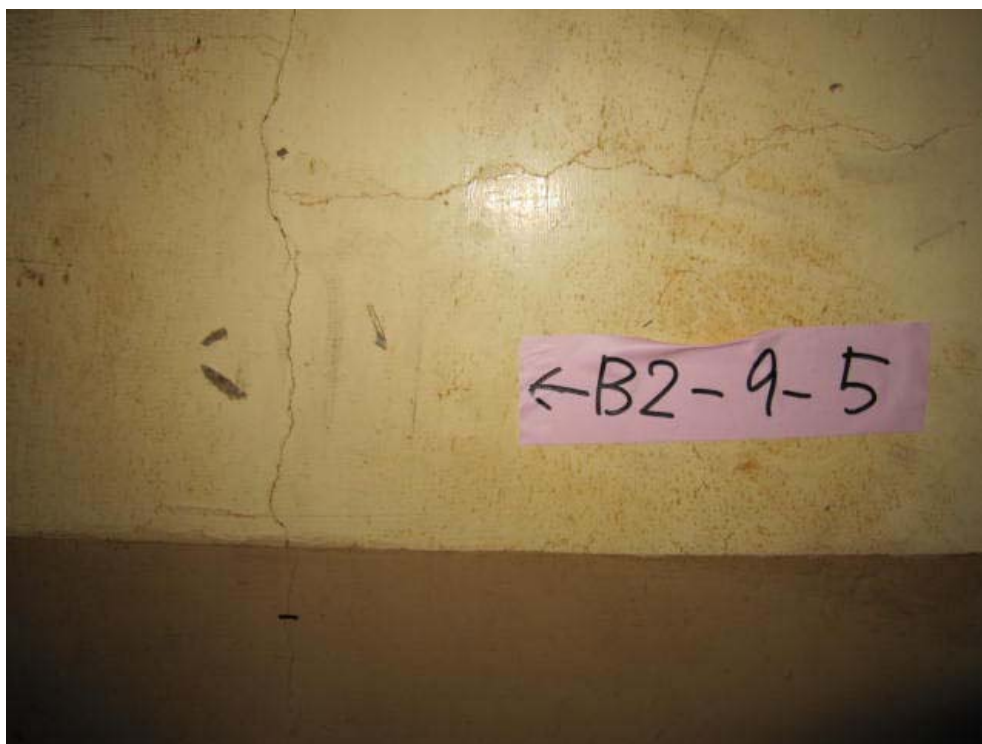


図4 地下1階展開図 北壁, 南壁

7 幅 0.3mm 以上のひび割れ補修状況



補修前

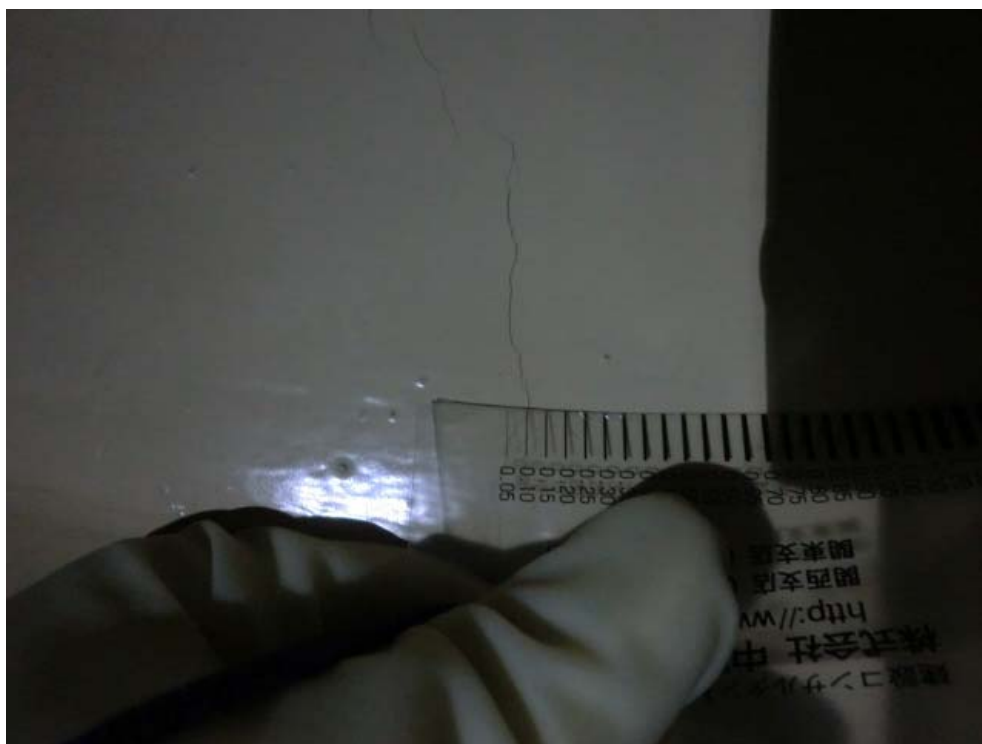


補修後

図 5 幅 0.3mm 以上のひび割れ補修状況



8 幅 0.3mm 未満のひび割れ補修状況



補修前



補修後

図 6 幅 0.3mm 未満のひび割れ補修状況

## プロセス主建屋の建屋外への放射性物質移行量の評価

## 1 建屋外への放射性物質の移行

放射性廃液を建屋の地下に貯蔵した場合には、建屋周辺の地下水水頭よりも建屋内部の水頭が高い場合には圧力差による放射性廃液の漏出が考えられる。この圧力差による漏出は建屋内外の水位の管理によって回避することができるが、その場合でも建屋コンクリートの健全部の拡散による移行が考えられるので、ここでは、その移行量を評価する。

## 2 評価モデルの概念と主要な評価パラメータ

廃液を現状地下水位と同等未満の高さまで貯蔵する場合には、周辺の地下水水頭が建屋内部の水頭よりも大きいので、内向きの流れと拡散による移行が考えられる。ひび割れ部のような透水性の高い開口部では、1 mm程度の水頭差による移流によって拡散移行量が無視小となるので、一定の水頭差があれば、健全部の拡散が支配的となる。

地下水位と同等の水頭高さまで貯蔵するケースの建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念を図1に示す。

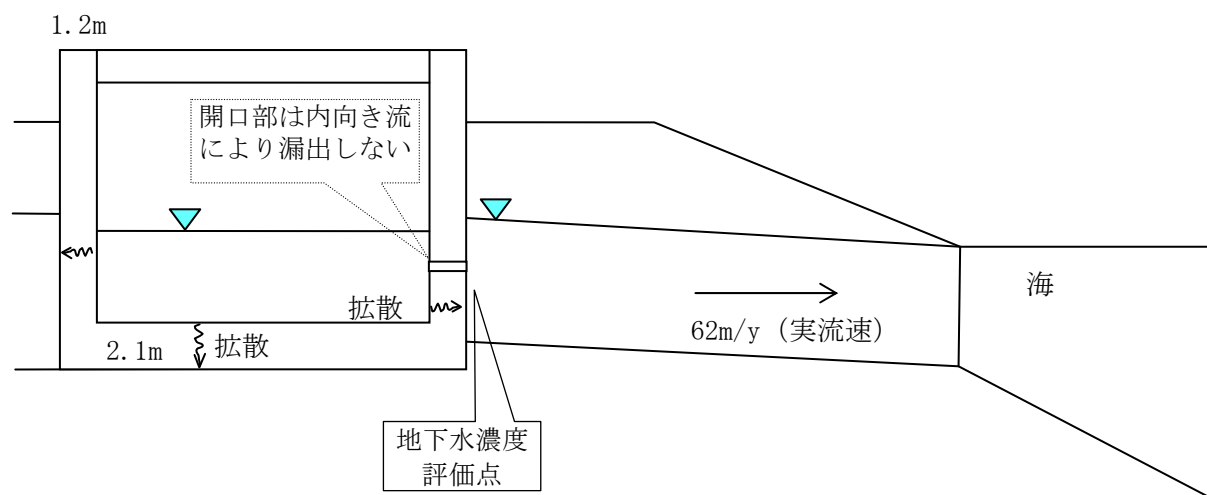


図1 建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念

図1の場合には、建屋からの放射性物質の漏出について、地下水流れが生じないこと及びひび割れ等の開口部の拡散は無視小となるので、健全部の拡散だけを考慮した次式で計算できる。

$$R = -Sc \cdot Dec \cdot \left. \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial z} \right|_{z=L} \dots\dots\dots (1)$$

$$\varepsilon c \cdot Rfc \cdot \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial t} = Dec \cdot \frac{\partial^2 Cc(z,t)}{\partial z^2} - \lambda \cdot \varepsilon c \cdot Rfc \cdot Cc(z,t) \dots\dots\dots (2)$$

$$Cc(0,t) = Cw = Cw0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$Cc(L,t) = 0 \dots\dots\dots (3)$$

$$Cc(z,0) = 0$$

$$Cc(0,t) = 0, (t > Tc)$$

- $R$  : 放射性物質の漏出量 (Bq/s)
- $Cw$  : 廃液中の放射性物質の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $Cw0$  : 廃液中の放射性物質の初期濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $Sc$  : 建屋コンクリートの底面積または側面積 (m<sup>2</sup>)
- $Dec$  : コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m<sup>2</sup>/s)
- $Cc(z, t)$  : コンクリート中の放射性物質の間隙水中濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $\cdot$  : 崩壊定数 (1/s)
- $L$  : コンクリートの側面厚さまたは底面厚さ (m)
- $Rfc$  : 放射性物質のコンクリートにおける遅延係数 (-) =  $1 + \frac{1-\varepsilon c}{\varepsilon c} \cdot \rho c \cdot Kdc$
- $\cdot c$  : コンクリートの間隙率 (-)
- $\cdot c$  : コンクリートの粒子密度 (kg/m<sup>3</sup>)
- $Kdc$  : コンクリートの分配係数 (m<sup>3</sup>/kg)
- $Tc$  : 廃液貯蔵終了時間 (s)

### 3 評価に用いたパラメータ

評価に用いたパラメータの一覧を表1に示す。

表1 評価に用いたパラメータ一覧

パラメータ	設定値	備考
廃液中の放射性物質の濃度 (Bq/m <sup>3</sup> )	I-131 : 1.3E+13 Cs-134 : 3.1E+12 Cs-137 : 3.0E+12	2011/3/27 採水 2号機タービン建屋 滞留水の分析結果に基づく
建屋コンクリートの内面積 (m <sup>2</sup> )	底面積 : 5834.24 側面積 : 1751.04	底面積 : 84.8W×68.8L 側面積 : 84.8W, 68.8L, 5.7H の 4 側面
コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m <sup>2</sup> /s)	1E-11	土木学会技術資料より
コンクリートの間隙率 (-)	0.2	
コンクリートの粒子密度 (kg/m <sup>3</sup> )	2700	単位体積重量 2.15 t/m <sup>3</sup> と間隙率 0.2 より, 2.15/0.8=2.7 (t/m <sup>3</sup> )
コンクリートの分配係数 (m <sup>3</sup> /kg)	I : 0 Cs : 0.001	JAEA-Review 2006-011 の海水系地下水のセメントモルタルの値をオーダーでまるめた。
コンクリート健全部のダルシー流速 (m/s)	0	健全部の内向き流は小さいので保守的に考慮しない。

パラメータ	設定値	備考
開口部面積 (m <sup>2</sup> )	実質 0	逆向き流れになるので、拡散に寄与しない。
建屋からの漏出継続期間 (y)	0.25~10 継続	3ヶ月から10年の範囲で検討
帯水層のダルシー流速 (m/y)	25.42	実流速 62 m/y (2E-5m/s×0.04/0.41) ダルシー流速 = 実流速×0.41
帯水層の厚さ (m)	7	底板下面から地下水面までの高さを保守的に設定

#### 4 評価結果

コンクリートひび割れ部からの流れを内向きになるように管理した場合の評価結果を図2及び図3に示す。継続期間を3ヶ月～10年及び永年としたケースを合わせて示した。

この結果では、100年以内に建屋を解体撤去することにより、建屋外への移行は、環境試料の放射能濃度分析におけるCs-137の検出限界である $8 \times 10^{-6}$  Bq/cm<sup>3</sup>を下回る値となる。

廃液貯蔵継続年数の影響確認(Cs-137)

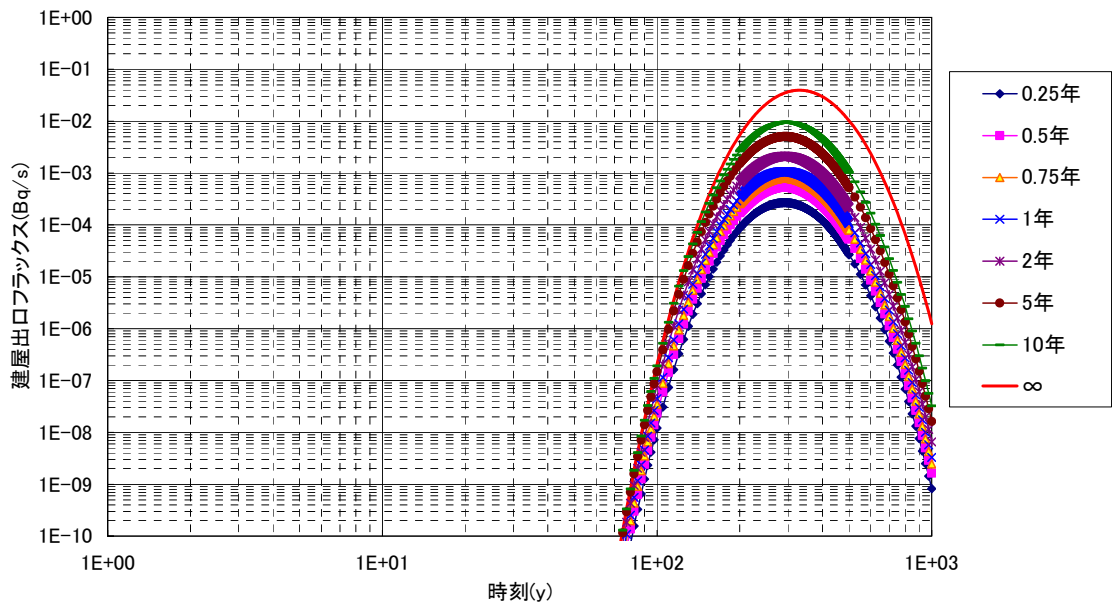


図2 建屋からの流出フラックス  
(プロセス主建屋 側壁 1.2 m)

廃液貯蔵継続年数の影響確認(Cs-137)

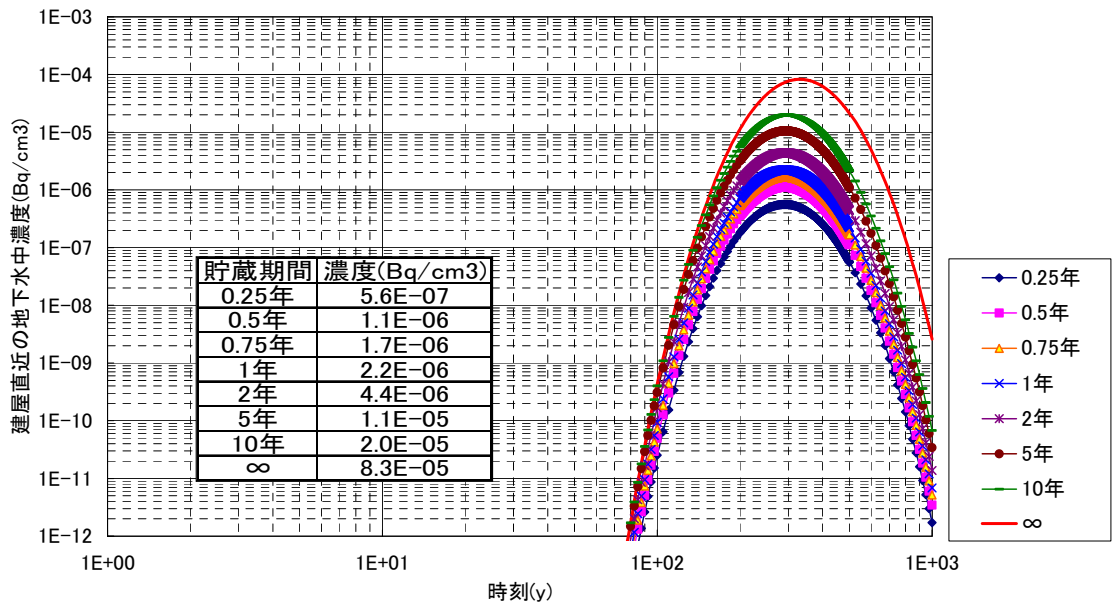
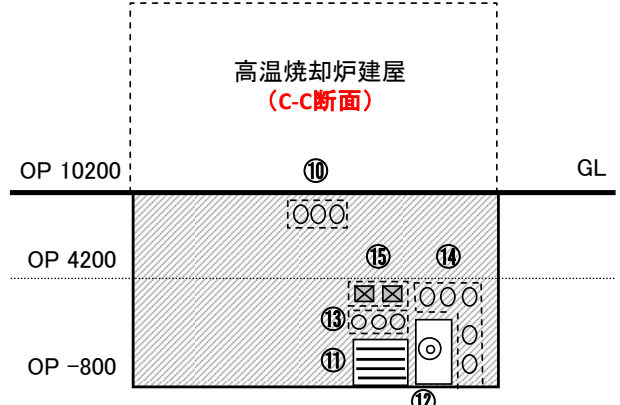
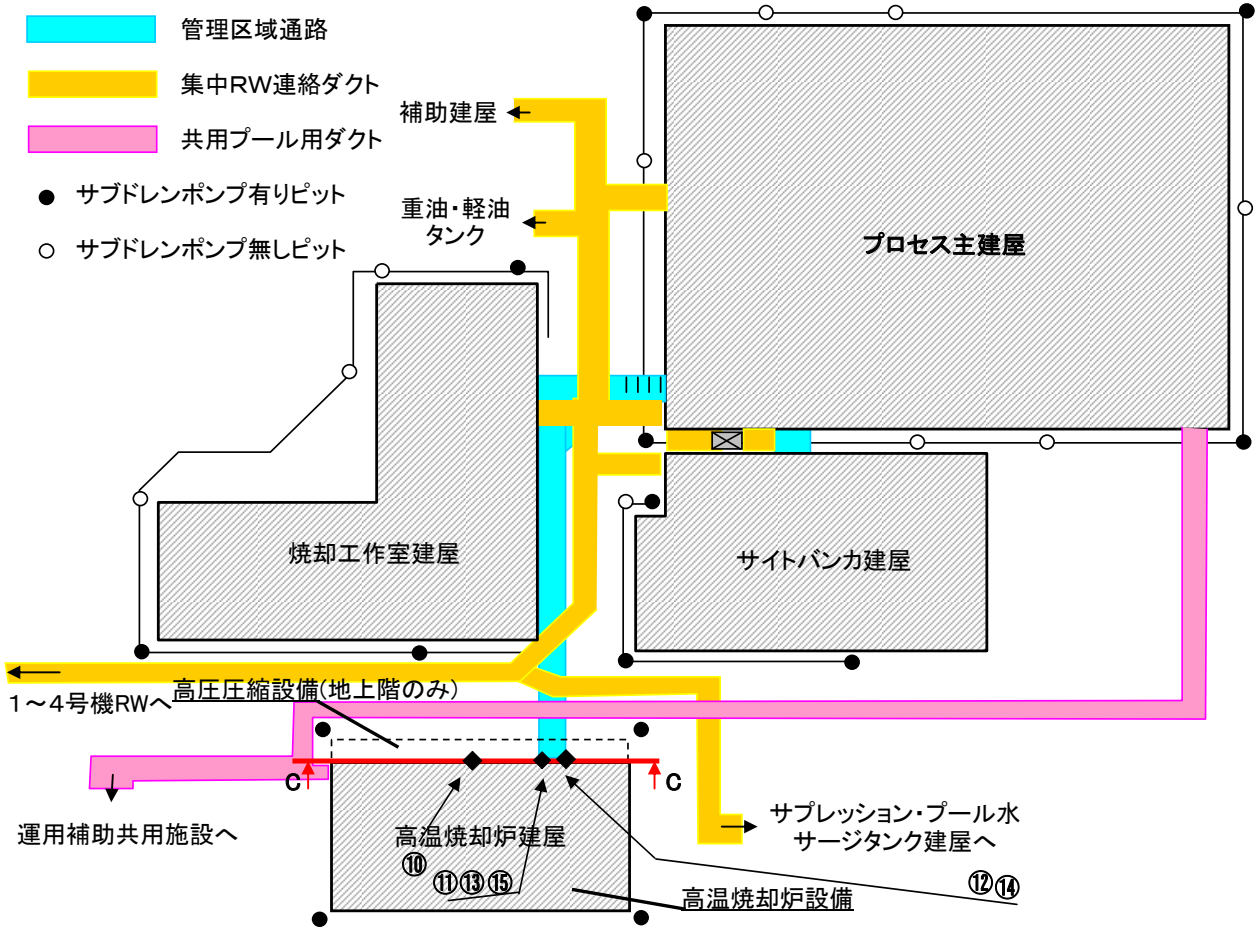
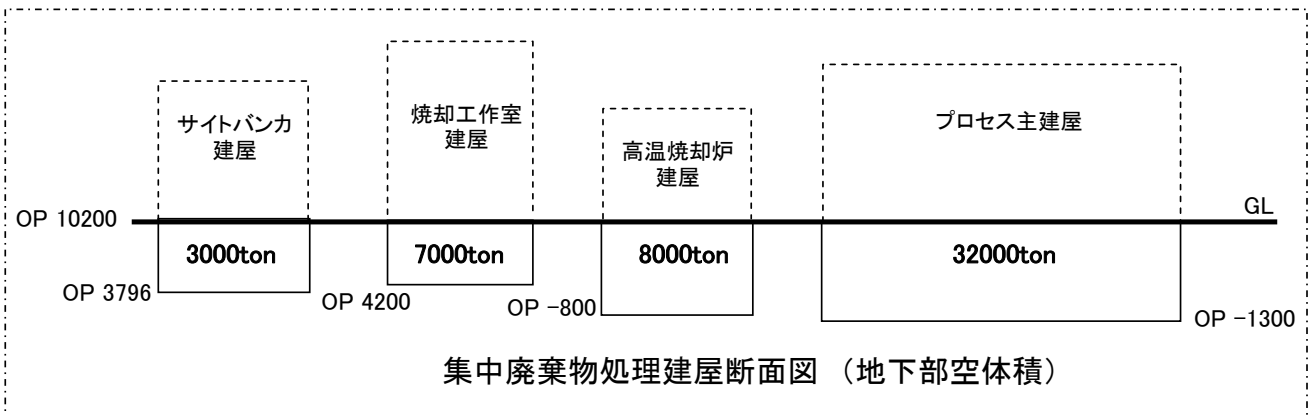


図3 建屋直近の放射性物質の濃度  
(プロセス主建屋 側壁 1.2 m)



高温焼却炉建屋位置関係図



集中廃棄物処理建屋断面図 (地下部空体積)

## 高温焼却炉建屋の健全性 ひび割れ等の漏えい対策

## 1 はじめに

高温焼却炉建屋の地下躯体部分の水密性を確保する観点から、ひび割れ点検を行うとともに、ひび割れ箇所の補修を行った。

## 2 現場確認方法

高温焼却炉建屋のひび割れ点検は、地下外壁を対象とし、日常点検における記録を基に地震後に新たに生じたと考えられるひび割れについて目視点検を行った。

## 3 点検結果及び評価

点検では、新たに地震により生じたひび割れは確認されなかった。今回の地震前から存在していたと思われるひび割れは確認されたが、縦方向のひび割れであることから、経年によるコンクリートの乾燥収縮によって生じたひび割れと判断した。

また、その他のひび割れについても、ひび割れ部分にはエフロッセンス（白華現象）等の変化が見られないことから、通常時には漏水等の問題はなかったものと考えられる。

また、高温焼却炉建屋は、不透水層である富岡層（泥岩）に基礎マットが設置されていること、地下外壁面周囲にアスファルト防水が施工されていることから、止水性は確保されているものと考えられるが、地下外壁のひび割れ部の補修を行い、水密性を高めるものとする。

## 4 ひび割れ補修

## 4.1 補修範囲

ひび割れの補修は、高温焼却炉建屋の日常点検により記録されたひび割れのほか、目視で確認できる全てのひび割れについて実施した。高温焼却炉建屋のひび割れの補修本数を表-1 に示す。

表-1 ひび割れ補修本数

	部 位	実施本数 (0.3mm 以上のひび割れ)
高温焼却炉建屋	地下1階	42
	地下2階	48

## 4.2 補修方法

- ・ 目視で確認できるひび割れを全て補修する。
- ・ 使用材料：ポリマーセメント系塗膜防水材

## 5 まとめ

対象となるひび割れについて全て補修を実施し、当社は適切に補修されたことを確認した。



6 ひび割れ調査図（壁展開図・ひび割れ幅 0.3mm 以上のものを記録）

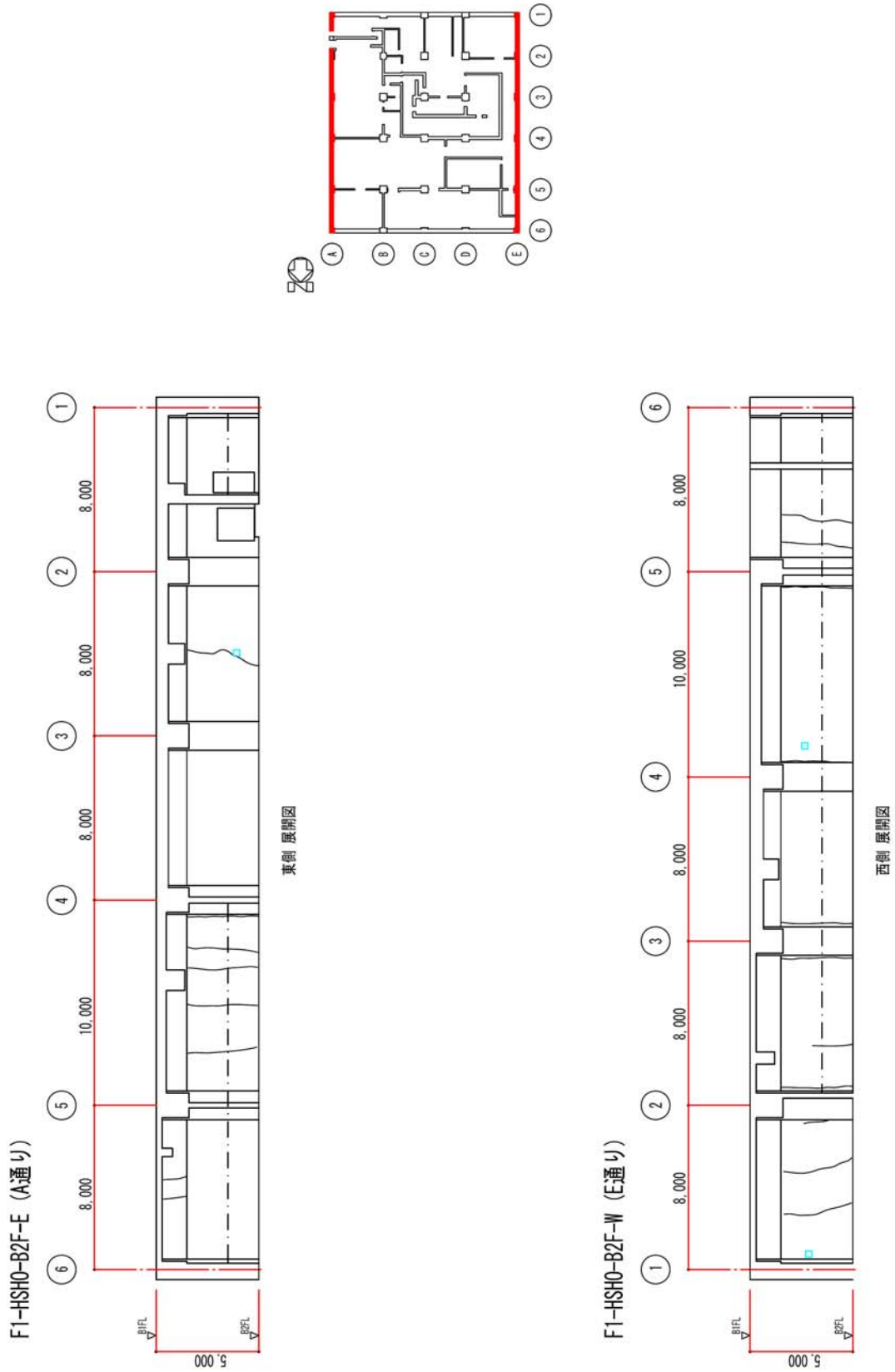


図1 地下2階展開図 東壁, 西壁

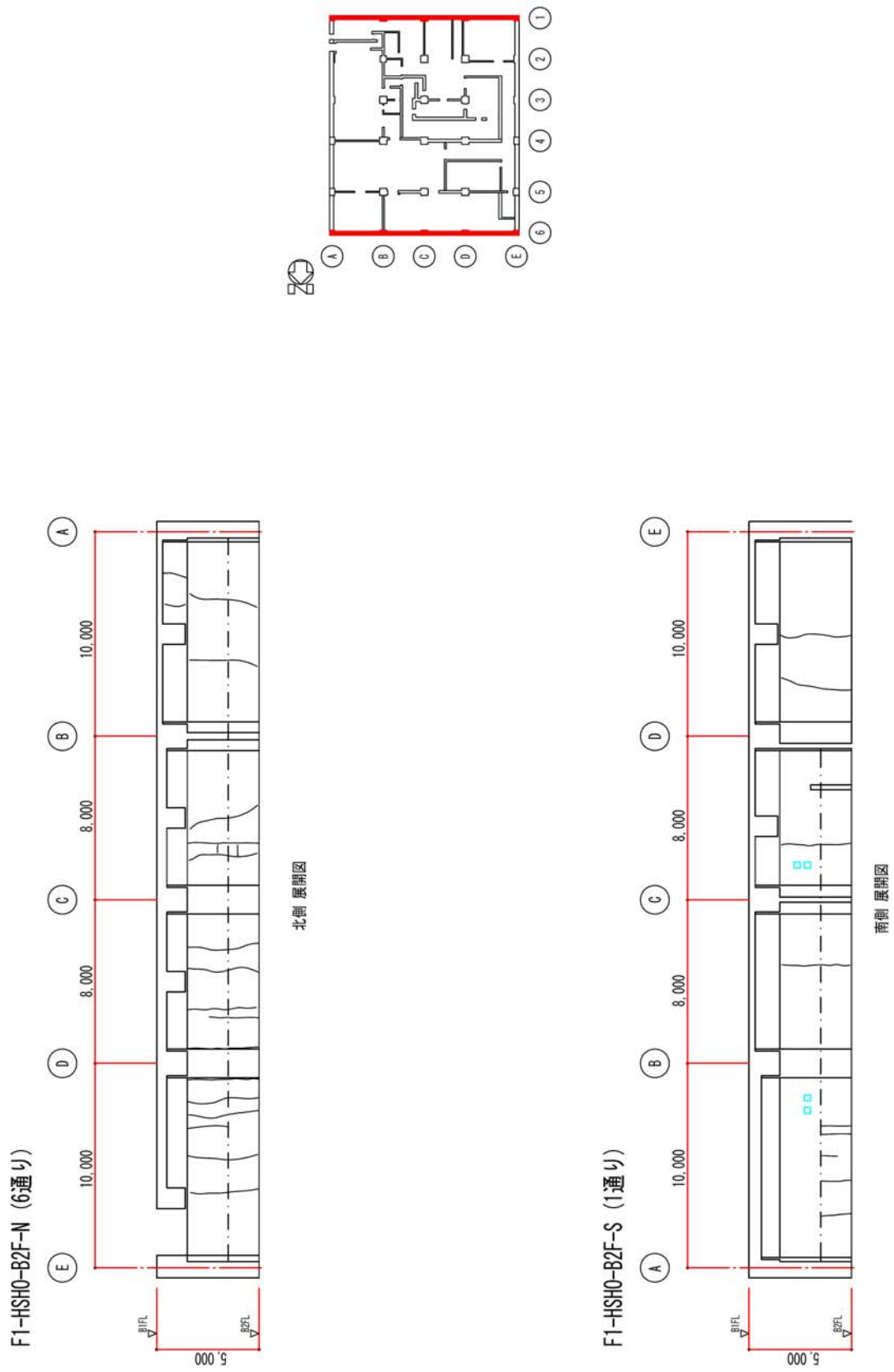


図2 地下2階展開図 北壁, 南壁

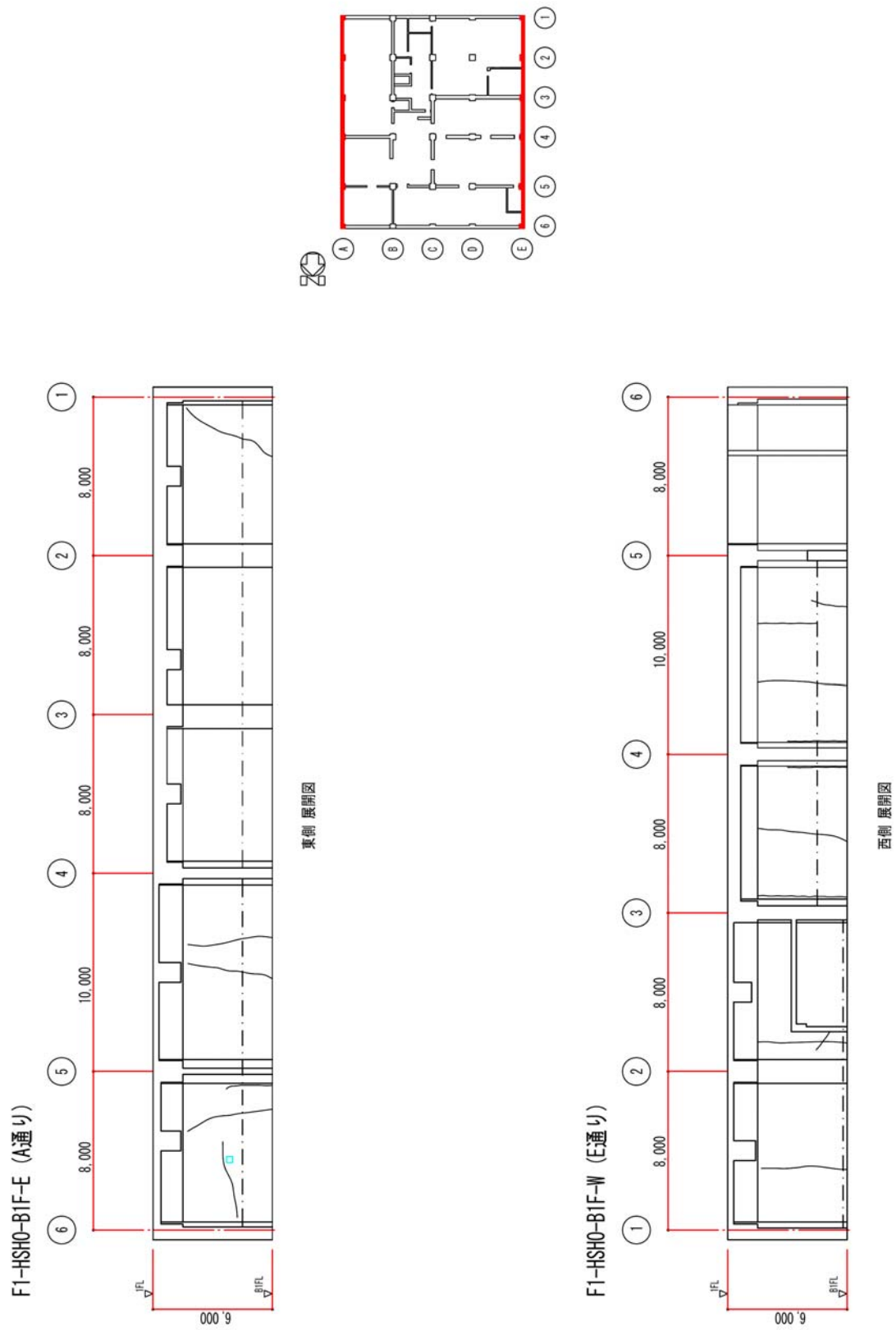


図3 地下1階展開図 東壁，西壁

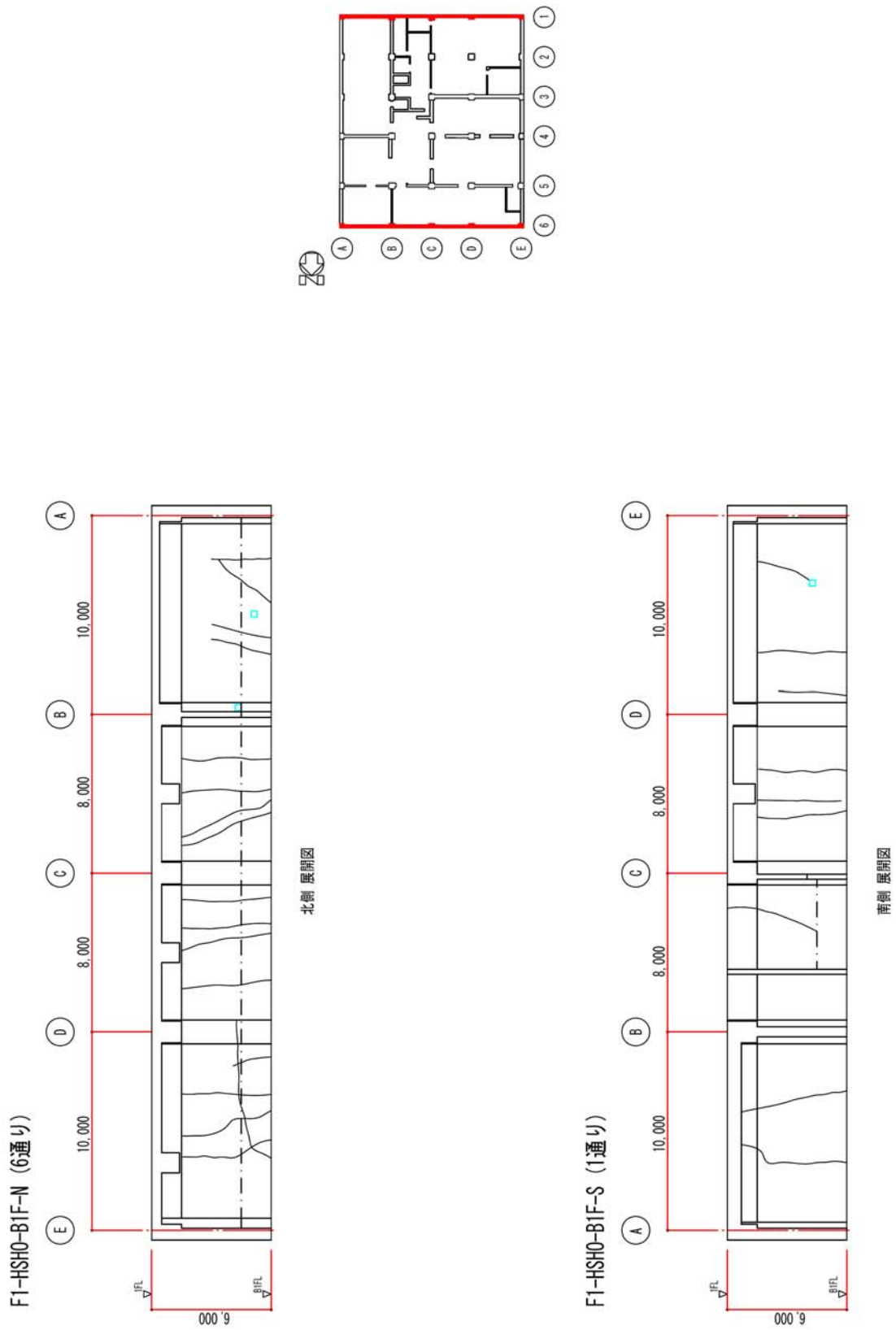
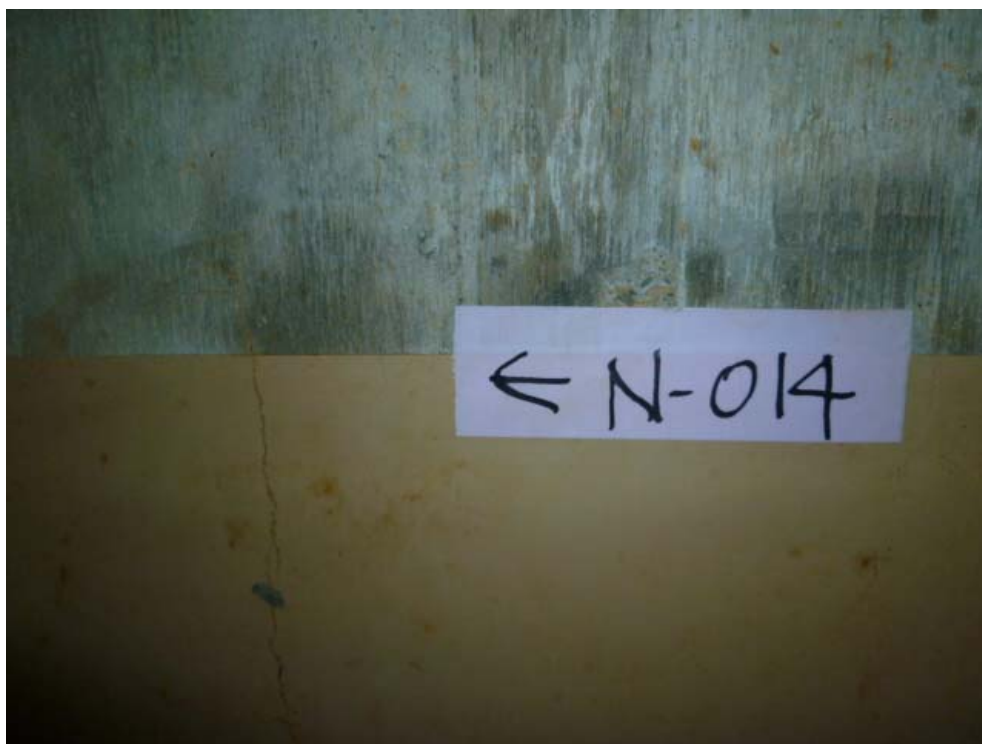
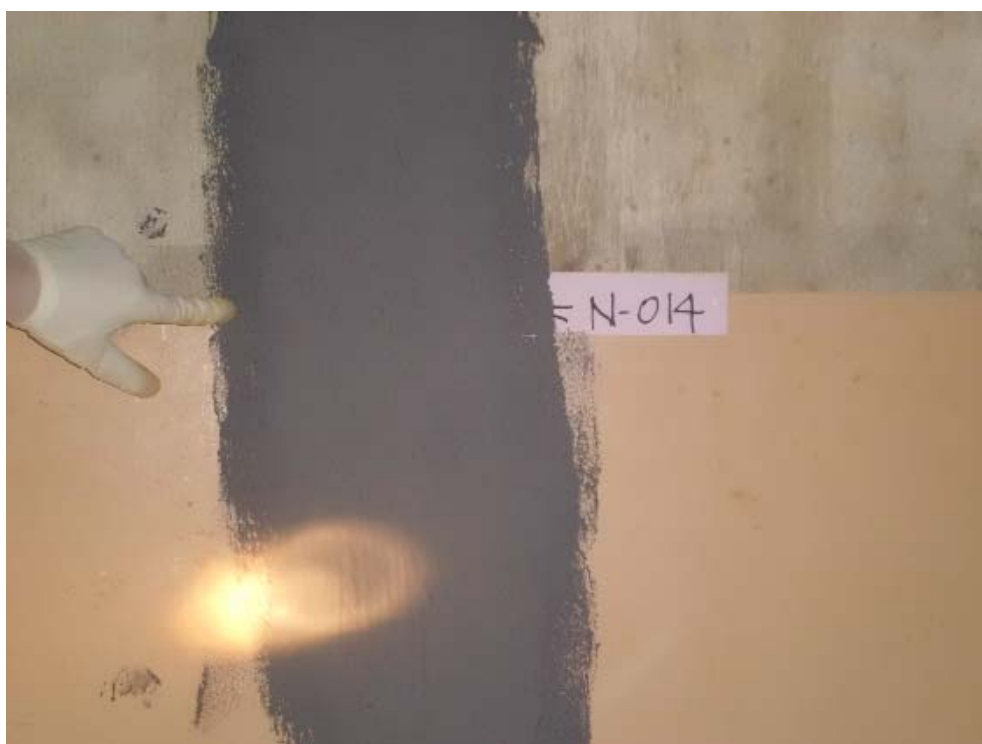


図4 地下1階展開図 北壁, 南壁

7 ひび割れ補修状況（幅 0.3mm 以上のひび割れ）



補修前



補修後

図5 ひび割れ補修状況（幅 0.3mm 以上のひび割れ）

## 高温焼却炉建屋の建屋外への放射性物質移行量の評価

## 1 屋外への放射性物質の移行

放射性廃液を建屋の地下に貯蔵した場合には、建屋周辺の地下水水頭よりも建屋内部の水頭が高い場合には圧力差による放射性廃液の漏出が考えられる。この圧力差による漏出は建屋内外の水位の管理によって回避することができるが、その場合でも建屋コンクリートの健全部の拡散による移行が考えられるので、ここでは、その移行量を評価する。

## 2 評価モデルの概念と主要な評価パラメータ

廃液を現状地下水水位と同等未満の高さまで貯蔵する場合には、周辺の地下水水頭が建屋内部の水頭よりも大きいので、内向きの流れと拡散による移行が考えられる。ひび割れ部のような透水性の高い開口部では、1 mm 程度の水頭差による移流によって拡散移行量が無視小となるので、一定の水頭差があれば、健全部の拡散が支配的となる。

地下水水位と同等の水頭高さまで貯蔵するケースの建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念を図 1 に示す。

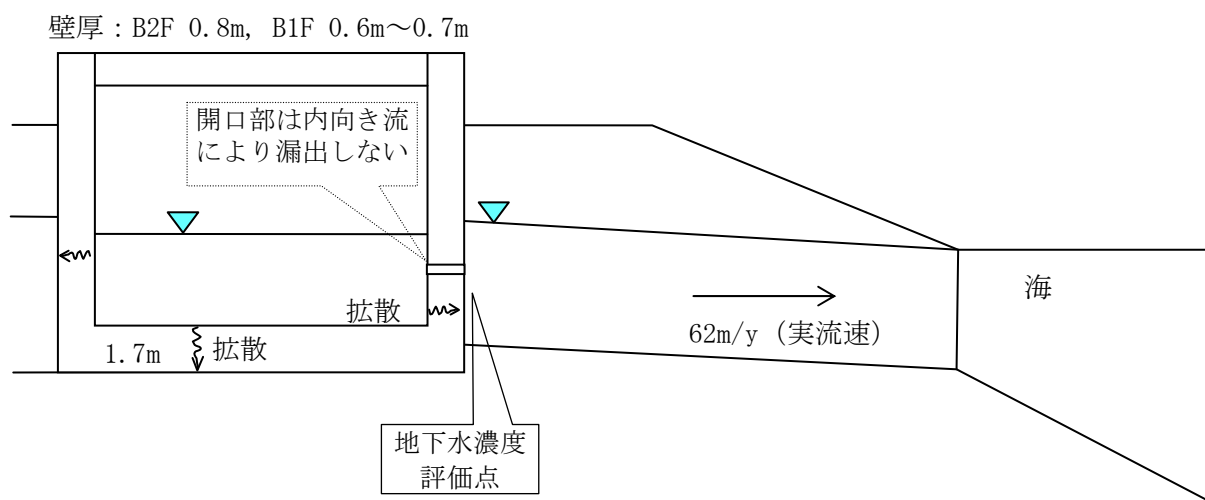


図 1 建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念

図 1 の場合には、建屋からの放射性物質の漏出について、地下水流れが生じないこと及びひび割れ等の開口部の拡散は無視小となるので、健全部の拡散だけを考慮した次式で計算できる。

$$R = -Sc \cdot Dec \cdot \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial z} \Big|_{z=L} \dots\dots\dots (1)$$

$$\varepsilon c \cdot Rfc \cdot \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial t} = Dec \cdot \frac{\partial^2 Cc(z,t)}{\partial z^2} - \lambda \cdot \varepsilon c \cdot Rfc \cdot Cc(z,t) \dots\dots\dots (2)$$

$$Cc(0,t) = Cw = Cw0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$Cc(L,t) = 0 \dots\dots\dots (3)$$

$$Cc(z,0) = 0$$

$$Cc(0,t) = 0, (t > Tc)$$

- $R$  : 放射性物質の漏出量 (Bq/s)
- $Cw$  : 廃液中の放射性物質の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $Cw0$  : 廃液中の放射性物質の初期濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $Sc$  : 建屋コンクリートの底面積または側面積 (m<sup>2</sup>)
- $Dec$  : コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m<sup>2</sup>/s)
- $Cc(z, t)$  : コンクリート中の放射性物質の間隙水中濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- $\cdot$  : 崩壊定数 (1/s)
- $L$  : コンクリートの側面厚さまたは底面厚さ (m)
- $Rfc$  : 放射性物質のコンクリートにおける遅延係数 (-)  $= 1 + \frac{1-\varepsilon c}{\varepsilon c} \cdot \rho c \cdot Kdc$
- $\cdot c$  : コンクリートの間隙率 (-)
- $\cdot c$  : コンクリートの粒子密度 (kg/m<sup>3</sup>)
- $Kdc$  : コンクリートの分配係数 (m<sup>3</sup>/kg)
- $Tc$  : 廃液貯蔵終了時間 (s)

### 3 評価に用いたパラメータ

評価に用いたパラメータの一覧を表1に示す。

表1 評価に用いたパラメータ一覧

パラメータ	設定値	備考
廃液中の放射性物質の濃度 (Bq/m <sup>3</sup> )	I-131 : 1.3E+13 Cs-134 : 3.1E+12 Cs-137 : 3.0E+12	2011/3/27 採水 2号機タービン建屋 滞留水の分析結果に基づく
建屋コンクリートの内面積 (m <sup>2</sup> )	底面積 : 1465.56 側面積: B2F(壁厚0.8m) 768.0 B1F(壁厚0.6m) 414.96 B1F(壁厚0.7m) 174.42	底面積 : 41.4W×35.4L 側面積 : B2F 41.4W, 35.4L, 5.0H の4側面 B1F(壁厚0.6m) 壁厚0.6m, 0.65m 部分の長さ 109.2×3.8H B1F(壁厚0.7m) 壁厚0.7m部分の 長さ 45.9×3.8H
コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m <sup>2</sup> /s)	1E-11	土木学会技術資料より
コンクリートの間隙率 (-)	0.2	
コンクリートの粒子密度 (kg/m <sup>3</sup> )	2700	単位体積重量 2.15 t/m <sup>3</sup> と間隙率 0.2より, 2.15/0.8=2.7 (t/m <sup>3</sup> )

パラメータ	設定値	備考
コンクリートの分配係数 ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )	I : 0 Cs : 0.001	JAEA-Review 2006-011 の海水系地下水のセメントモルタルの値をオーダーでまるめた。
コンクリート健全部のダルシー流速 ( $\text{m}/\text{s}$ )	0	健全部の内向き流は小さいので保守的に考慮しない。
開口部面積 ( $\text{m}^2$ )	実質 0	逆向き流れになるので、拡散に寄与しない。
建屋からの漏出継続期間 (y)	0.25~10 継続	3 ヶ月から 10 年の範囲で検討
帯水層のダルシー流速 ( $\text{m}/\text{y}$ )	25.42	実流速 62 $\text{m}/\text{y}$ ( $2\text{E}-5\text{m}/\text{s} \times 0.04 / 0.41$ ) ダルシー流速 = 実流速 $\times 0.41$
帯水層の厚さ (m)	7	底板下面から地下水面までの高さを保守的に設定

#### 4 評価結果

コンクリートひび割れ部からの流れを内向きになるように管理した場合の評価結果を図 2 及び図 3 に示す。継続期間を 3 ヶ月～10 年及び永年としたケースを合わせて示した。

この結果では、30 年以内に建屋を解体撤去することにより、建屋外への移行は、環境試料の放射能濃度分析における Cs-137 の検出限界である  $8 \times 10^{-6} \text{ Bq}/\text{cm}^3$  を下回る値となる。



廃液貯蔵継続年数の影響確認 (Cs-137)

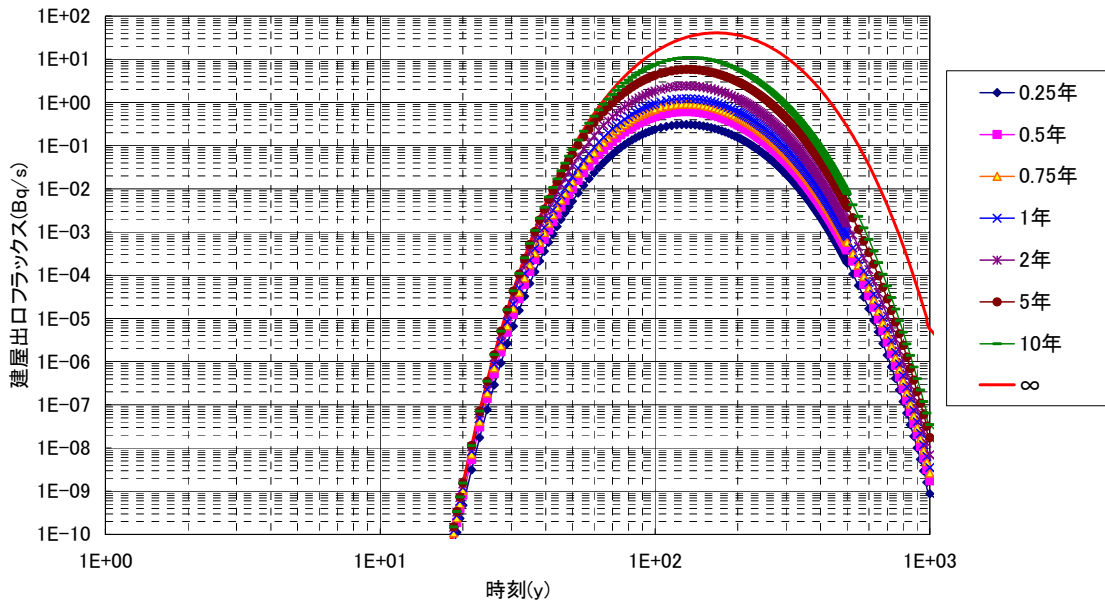


図2 建屋からの流出フラックス  
(高温焼却炉建屋)

廃液貯蔵継続年数の影響確認 (Cs-137)

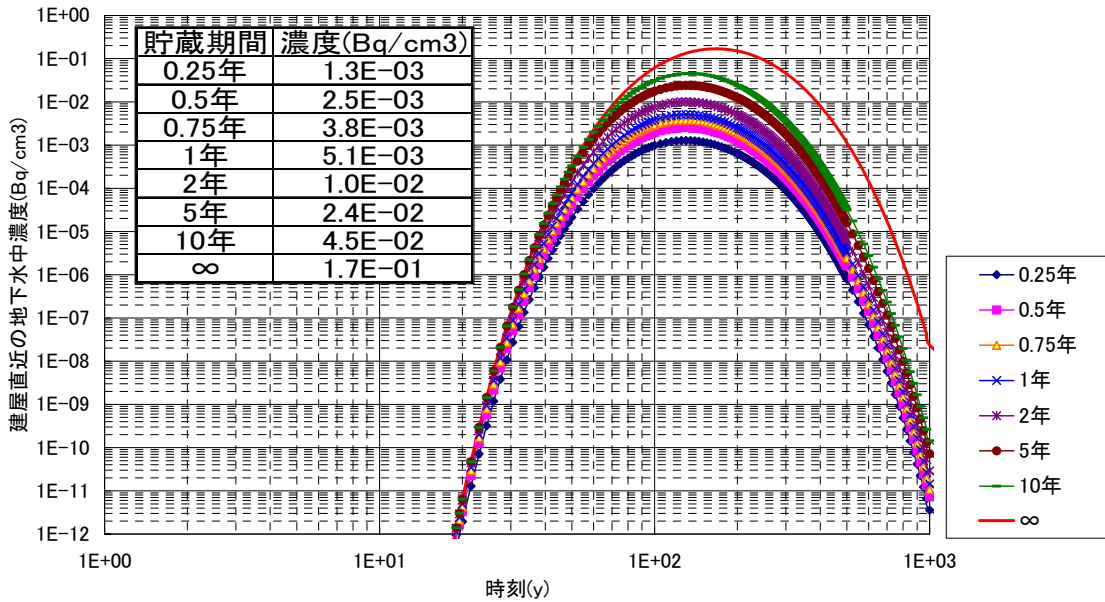


図3 建屋直近の放射性物質の濃度  
(高温焼却炉建屋)

## 1～4号機の各建屋外への放射性物質移行量の評価

## 1 建屋外への放射性物質の移行

高レベル放射性汚染水（以下、「滞留水」という。）が建屋の地下に滞留した場合、建屋周辺の地下水水頭よりも建屋内部の水頭が高くなったときに圧力差による滞留水の漏出が考えられる。この圧力差による漏出は建屋内外の水位の管理によって回避することができるが、その場合でも建屋コンクリートの健全部の拡散による移行が考えられるので、ここでは、その移行量を評価する。

## 2 評価モデルの概念と主要な評価パラメータ

滞留水を現状地下水水位と同等未満の高さまで貯蔵する場合には、周辺の地下水水頭が建屋内部の水頭よりも大きいので、内向きの流れと拡散による移行が考えられる。ひび割れ部のような透水性の高い開口部では、1 mm程度の水頭差による移流によって拡散移行量が無視小となるので、一定の水頭差があれば、健全部の拡散が支配的となる。

地下水水位と同等の水頭高さまで貯蔵するケースの建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念を図1に示す。

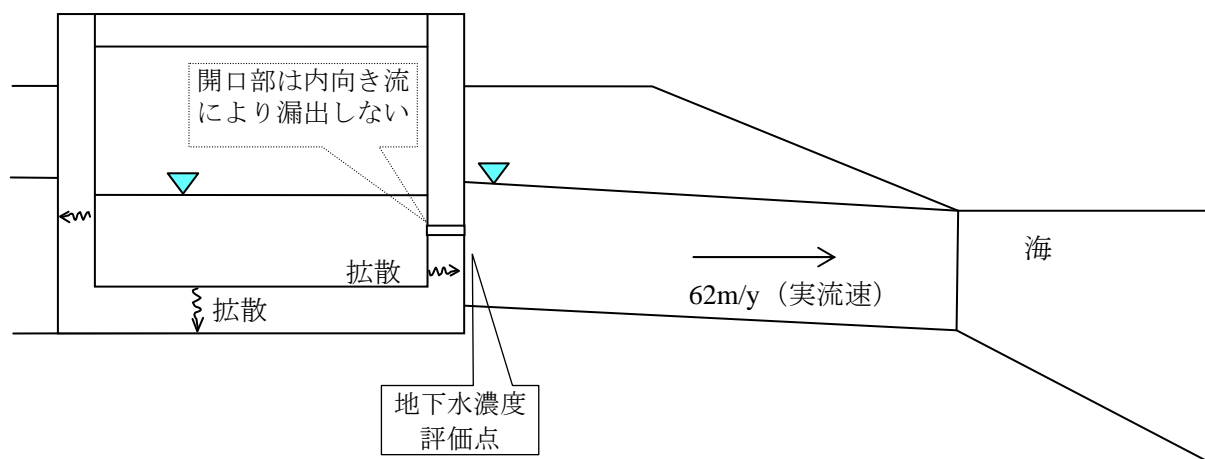


図1 建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念

図1の場合には、建屋からの放射性物質の漏出について、地下水流れが生じないこと及びひび割れ等の開口部の拡散は無視小となるので、健全部の拡散だけを考慮した次式で計算できる。

$$R = -Sc \cdot Dec \cdot \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial z} \Big|_{z=L} \dots\dots\dots (1)$$

$$\varepsilon c \cdot Rfc \cdot \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial t} = Dec \cdot \frac{\partial^2 Cc(z,t)}{\partial z^2} - \lambda \cdot \varepsilon c \cdot Rfc \cdot Cc(z,t) \dots\dots\dots (2)$$

$$\begin{aligned} Cc(0,t) &= Cw = Cw0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \\ Cc(L,t) &= 0 \\ Cc(z,0) &= 0 \\ Cc(0,t) &= 0, \quad (t > Tc) \end{aligned} \dots\dots\dots (3)$$

- R : 放射性物質の漏出量 (Bq/s)
- Cw : 滞留水中の放射性物質の濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- Cw0 : 滞留水中の放射性物質の初期濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- Sc : 建屋コンクリートの底面積または側面積 (m<sup>2</sup>)
- Dec : コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m<sup>2</sup>/s)
- Cc(z,t) : コンクリート中の放射性物質の間隙水中濃度 (Bq/m<sup>3</sup>)
- λ : 崩壊定数 (1/s)
- L : コンクリートの側面厚さまたは底面厚さ (m)
- Rfc : 放射性物質のコンクリートにおける遅延係数 (-) =  $1 + \frac{1 - \varepsilon c}{\varepsilon c} \cdot \rho c \cdot Kdc$
- εc : コンクリートの間隙率 (-)
- ρc : コンクリートの粒子密度 (kg/m<sup>3</sup>)
- Kdc : コンクリートの分配係数 (m<sup>3</sup>/kg)
- Tc : 滞留水貯蔵終了時間 (s)

3 評価に用いたパラメータ

評価に用いたパラメータの一覧を表1に示す。

表1 評価に用いたパラメータ一覧

パラメータ	設定値	備考
滞留水中の放射性物質の濃度 (Bq/m <sup>3</sup> )	Cs-137: 1.5E+12	2011/7/17 採水_2号機タービン建屋滞留水の分析結果に基づく
建屋コンクリートの内面積 (m <sup>2</sup> )	—	表2 (滞留水に接する表面積) 参照
コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m <sup>2</sup> /s)	1E-11	土木学会技術資料より
コンクリートの間隙率 (-)	0.2	
コンクリートの粒子密度 (kg/m <sup>3</sup> )	2700	単位体積重量 2.15 t/m <sup>3</sup> と間隙率 0.2 より, 2.15/0.8=2.7 (t/m <sup>3</sup> )
コンクリートの分配係数 (m <sup>3</sup> /kg)	I: 0 Cs: 0.001	JAEA-Review 2006-011 の海水系地下水のセメントモルタルの値をオーダーでまらめた。
コンクリート健全部のダルシー流速 (m/s)	0	健全部の内向き流は小さいので保守的に考慮しない。

パラメータ	設定値	備考
開口部面積 (m <sup>2</sup> )	実質 0	逆向き流れになるので、拡散に寄与しない。
建屋からの漏出継続期間 (y)	0.25～10 継続	3 ヶ月から 10 年，継続の範囲で検討
帯水層のダルシー流速 (m/y)	25.42	実流速 62m/y (2E-5m/s×0.04／0.41) ダルシー流速 = 実流速×0.41
帯水層の厚さ (m)	7	底板下面から地下水面までの高さを保守的に設定

#### 4 評価結果

コンクリートひび割れ部からの流れを内向きになるように管理した場合の評価結果を図 2 及び表 2 に示す。継続期間を 3 ヶ月～10 年及び永年としたケースを合わせて示した。

この結果では、今後 3 年間程度に 1～4 号機の各建屋のコンクリート壁中から放射性物質が拡散により建屋外への漏えいする可能性は低いと考える。

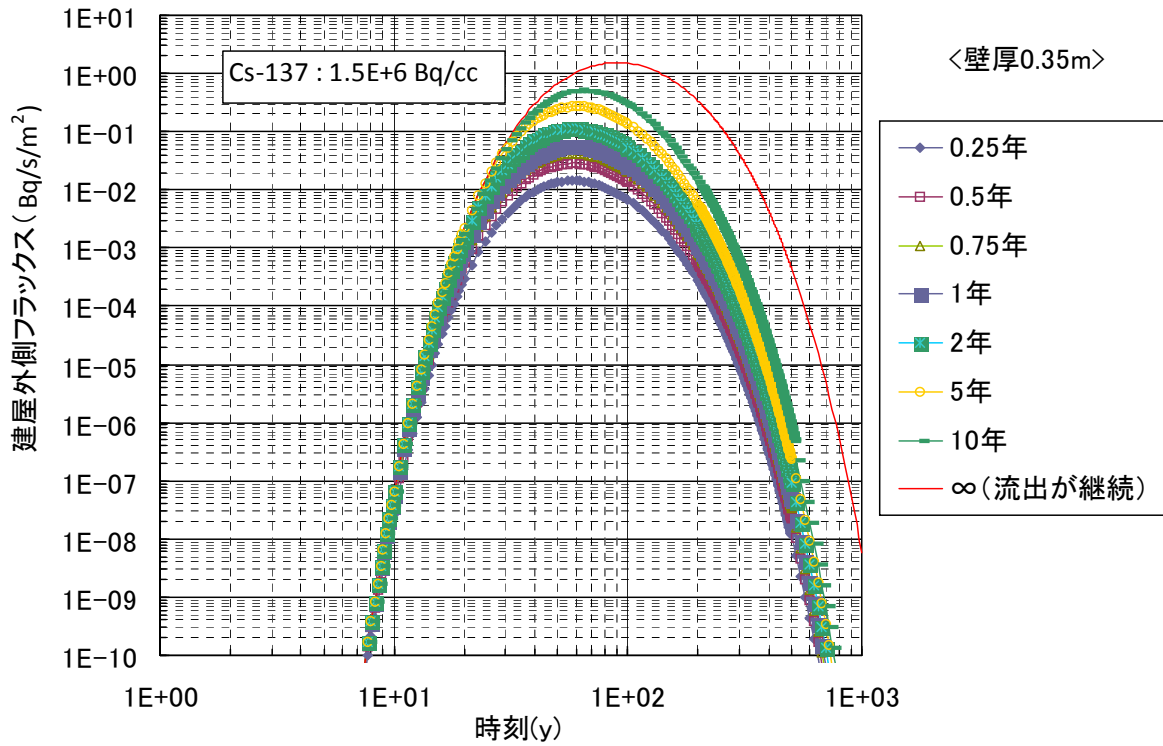


図2 (1) 建屋からの流出フラックス  
(側壁 0.35m)

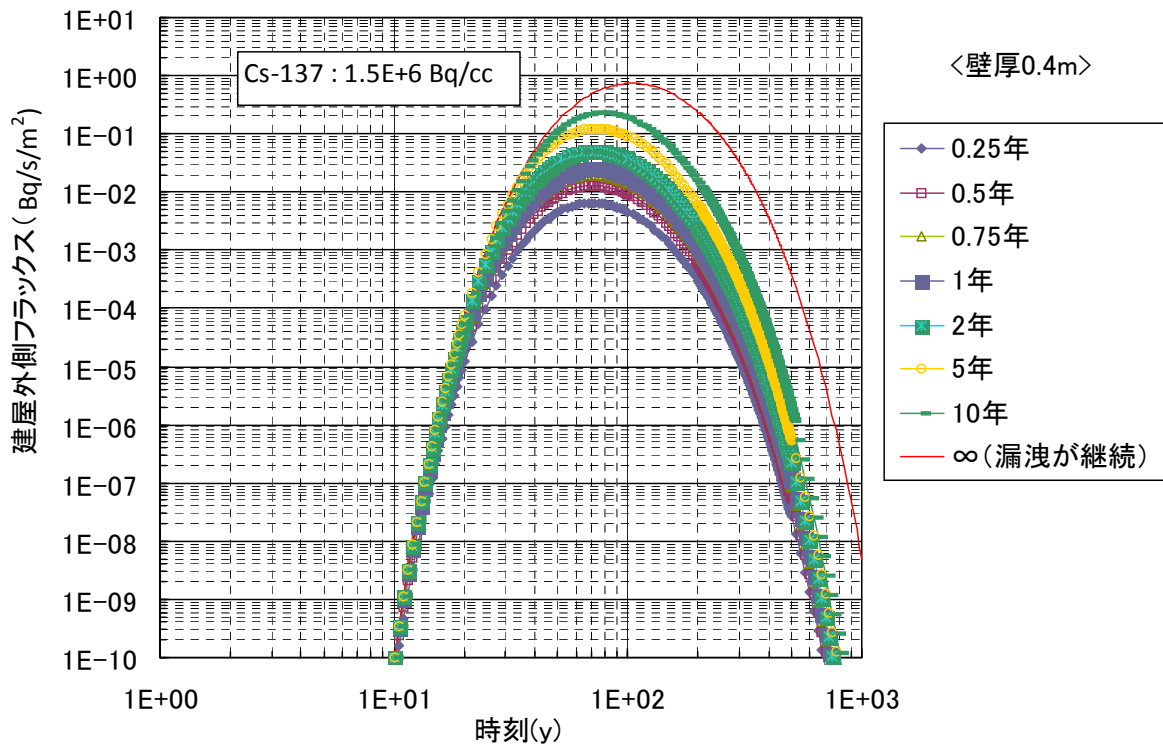


図2 (2) 建屋からの流出フラックス  
(側壁 0.4m)

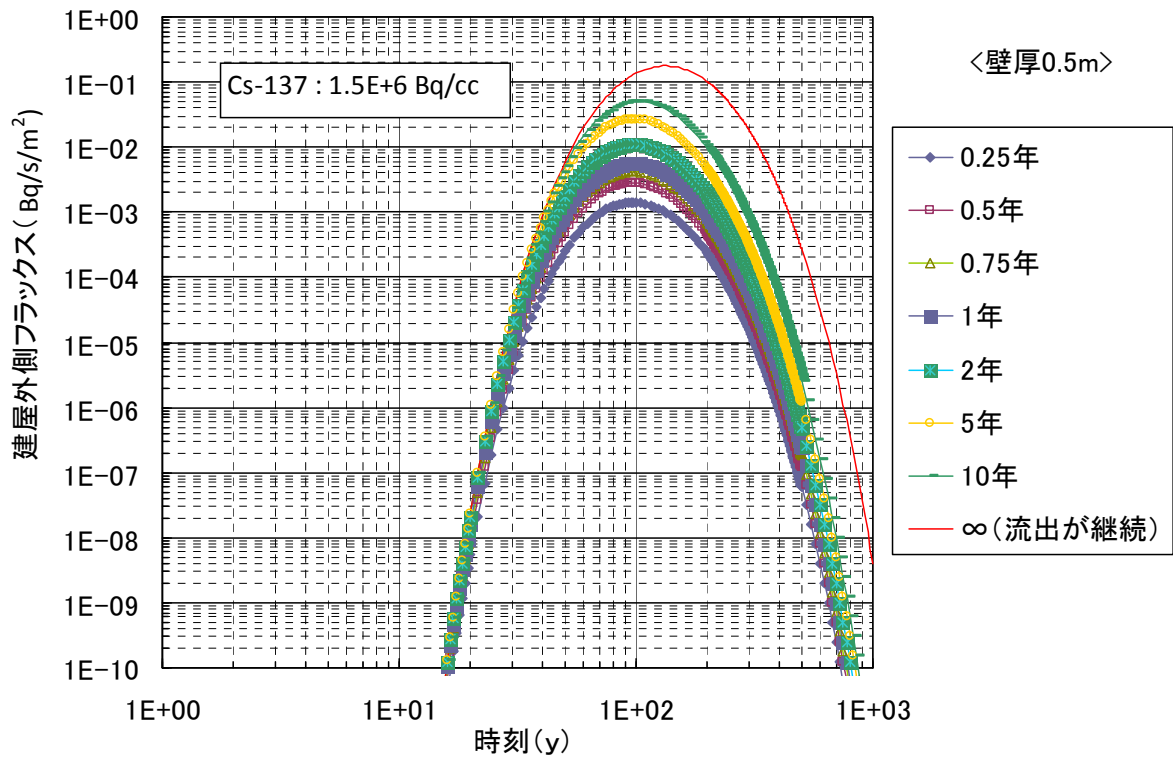


図2 (3) 建屋からの流出フラックス  
(側壁 0.5m)

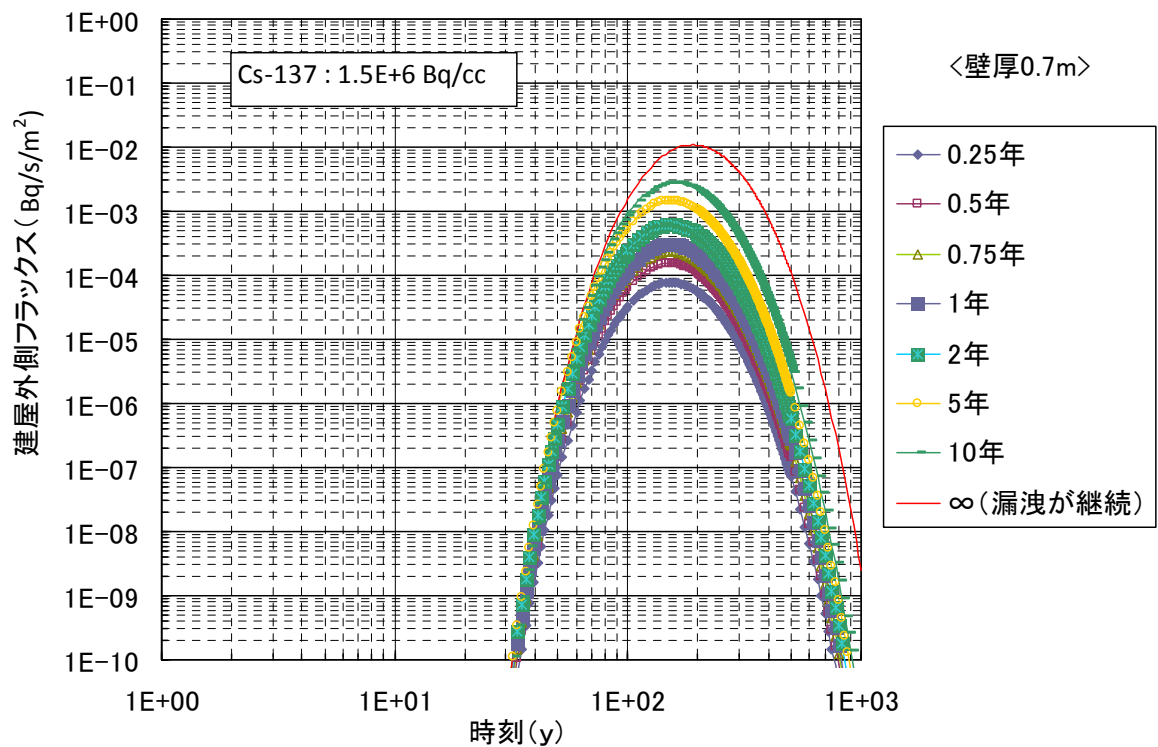


図2 (4) 建屋からの流出フラックス  
(側壁 0.7m)

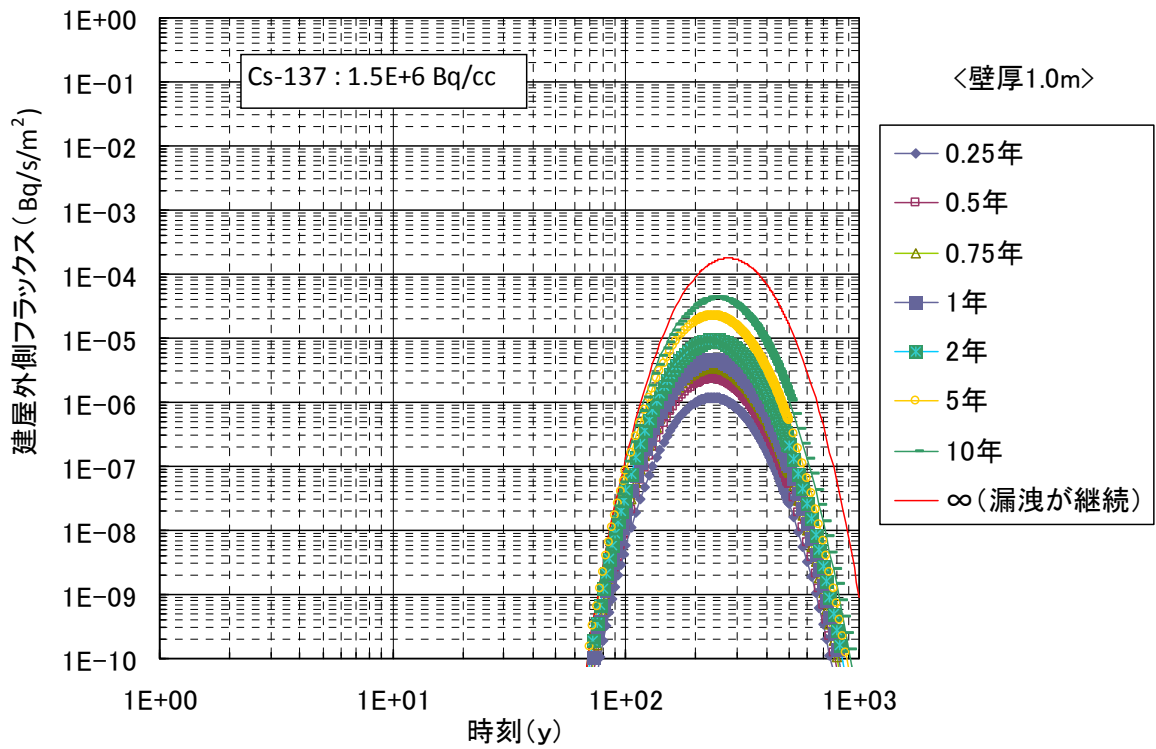


図2 (5) 建屋からの流出フラックス  
(側壁 1.0m)

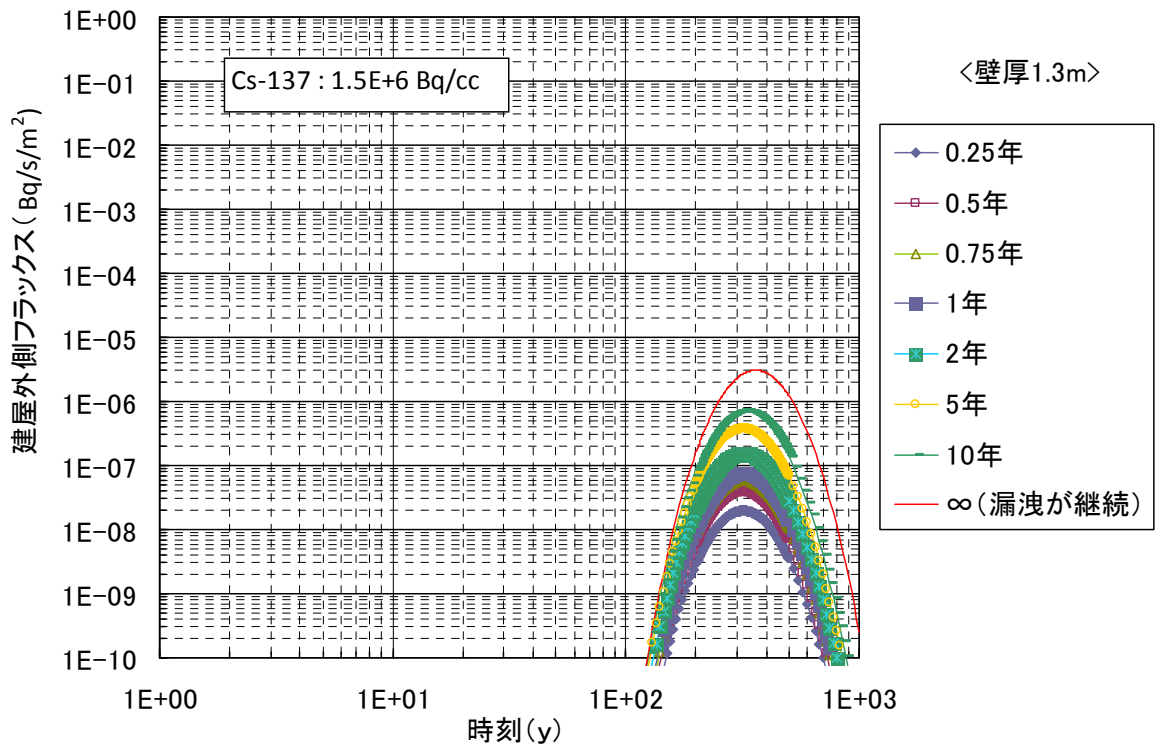


図2 (6) 建屋からの流出フラックス  
(側壁 1.3m)

表2 建屋外への放射性物質移行量の評価

1号炉	壁厚(m)	滞留水に接する 表面積(m <sup>2</sup> )	建屋の南北長(m)	8E-6Bq/cm <sup>3</sup> となる経過年
R/B	1.3	3040	42	200
T/B	0.5	6250	97	20
RW/B	0.5	1080	22	20

2号炉	壁厚(m)	滞留水に接する 表面積(m <sup>2</sup> )	建屋の南北長(m)	8E-6Bq/cm <sup>3</sup> となる経過年
R/B	1.5	3760	47	200* <sup>1</sup>
T/B	0.55	8530	105	20* <sup>2</sup>
RW/B	0.7	1510	23	40

3号炉	壁厚(m)	滞留水に接する 表面積(m <sup>2</sup> )	建屋の南北長(m)	8E-6Bq/cm <sup>3</sup> となる経過年
R/B	1.5	3840	47	200* <sup>1</sup>
T/B	0.7	9800	128	40
RW/B	0.7	2050	23	40

4号炉	壁厚(m)	滞留水に接する 表面積(m <sup>2</sup> )	建屋の南北長(m)	8E-6Bq/cm <sup>3</sup> となる経過年
R/B	1.5	3840	47	200* <sup>1</sup>
T/B	0.5	8410	106	20* <sup>1</sup>
RW/B	0.7	2760	36	40

	壁厚(m)	滞留水に接する 表面積(m <sup>2</sup> )	トレンチの南北長(m)	8E-6Bq/cm <sup>3</sup> となる経過年
2号炉トレンチ	0.4	1380	7	13
3号炉トレンチ	0.4	1180	6	13
4号炉トレンチ	0.35	1090	5	10

\*1: 壁厚1.3mで評価

\*2: 壁厚0.5mで評価



## 建屋等内に滞留する滞留水の増加抑制及び滞留水漏えいリスク低減にかかる方針

### 1 現状及び中期的見通し

現状、1～4号機の滞留水については、建屋内水位を地下水水位よりも低く管理し滞留水の系外流出を防止している。

滞留水の増加抑制及び拡散リスク低減を図るためには、今後、地下水水位を管理し地下水の流入を抑制し滞留水の水位を下げタービン建屋、原子炉建屋、廃棄物処理建屋内にある滞留水を処理する必要がある。このため、地下水バイパス、トレンチ止水等の方策を検討する。

### 2 基本的対応方針及び中期的計画

滞留水の水位を維持するとともに、下記の基本的考え方にに基づき、処理を継続していく。将来的には、水位低下に必要となる技術、工法の研究開発を進め、滞留水の減少を図っていく。

#### 滞留水処理の基本的考え方

- ・現行水処理設備について、引き続き一部機器の設備改善などを行い、更なる信頼性向上を図るとともに、運転継続・延命化を行い、安定運転を維持する。
- ・タービン建屋等の滞留水の水位が建屋周囲に設けられたサブドレン水位を上回らないように管理しつつ、サブドレン水位を低下させ、地下水流入量の抑制を図る。
- ・今後実施する研究開発成果に基づき滞留水量を減少させていくとともに、これに応じた循環ラインの段階的な縮小化等を検討していく。

中期的には、現行水処理設備の信頼性向上による運転継続、サブドレン水位の低下方法の検討・水位低下を進める。

#### 今後の検討と対策

##### (1) 建屋等からの漏えい防止

1～4号機建屋内に滞留している高濃度放射性汚染水については、プロセス主建屋、高温焼却炉建屋に移送し、さらに、汚染水処理設備により放射性核種のセシウム及び塩分を除去して淡水を生成し、原子炉への注水に再使用している（循環注水冷却）。ただし、1～4号機の建屋内には地下水が流入しているため、高濃度放射性汚染水が系外に放出しないよう適切に建屋内水位を管理する必要がある。

建屋内の水位については、引き続き管理を継続していく。また、万一、水位が T. P. 2, 564mm<sup>※</sup> (O. P. 4, 000mm) に到達するようなことになれば、高濃度放射性汚染水を

タービン建屋の復水器等に移送する措置を施す。さらに、滞留水の地下水への流出を防止するため、建屋内の水位をサブドレン水位より低く管理している。

万一、建屋内の水位がサブドレン水位より高くなった場合は、サブドレン水の放射能濃度を確認し、建屋内からサブドレンへの滞留水の流出の有無を確認する。また、当該建屋からプロセス主建屋、高温焼却炉建屋、タービン建屋の復水器等へ滞留水を移送することにより、当該建屋内の水位を早期に下げることとする。

今後、地下水の流入量を低減させるため、建屋山側の高台で地下水を揚水し、建屋周辺の地下水の水位を段階的に低下させる計画である（地下水バイパス）。

地下水バイパスの設備は、建屋山側で地下水を汲み上げる揚水井及びポンプ、汲み上げた地下水を一時的に貯留して水質を確認するタンク、地下水を移送するための配管等からなる。地下水バイパスの稼働にあたっては、段階的な稼働とモニタリングにより、水質及び地下水低下状況等を確認し、建屋内滞留水が建屋外に漏れ出さないように慎重な水位管理を実施していく。

## (2) 止水・回収方法

### ①建屋に滞留する汚染水の止水・回収

汚染水の上流側に位置する原子炉建屋（格納容器下部を含む）を止水するためには、漏えい箇所を特定し、漏えい状況に応じた補修（止水）工法や装置を検討する必要がある。現在、漏えい箇所を調査・補修（止水）するための工法と遠隔操作装置を研究開発しているところである。今後、開発成果を活用して漏えい箇所の特定や漏えい状況の確認を行うとともに、補修（止水）工法や装置の開発成果をもって原子炉建屋（格納容器下部を含む）を補修（止水）する予定である。建屋内に滞留する汚染水については、水処理状況を踏まえつつ、原子炉建屋やタービン建屋等への地下水の流入を抑制するため建屋周辺の地下水位を低下させながら回収する。

地下水位を低下させるには、建屋周辺のサブドレン水を汲み上げる方法が有力であるが、一部のサブドレンピット内の水に僅かな汚染が確認されていることから、サブドレンピット内の溜まり水の浄化を行った後にサブドレン設備の復旧を順次実施する。

また、漏えい箇所の調査や止水のための工法・装置開発を進めつつ、建屋間の配管貫通部を対象とした止水工法・材料の検討も行っている。建屋間の配管貫通部からの漏水を模擬した大型試験装置を製作し、基礎試験で選定した止水材料を用いて止水試験を行い、効果を確認している。

なお、建屋内に滞留する汚染水を回収するまでの間、2、3号機立坑、プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋の滞留水の水位を制限値以下に維持し、原子炉建屋及びタービン建屋等の滞留水の水位についても周辺のサブドレン水の水位以下に維持するとともにサブドレン水の放射性物質濃度を監視していく。

### ②トレンチ等に滞留する汚染水の止水・回収

建屋内と同レベルの高濃度の汚染水が滞留していると想定される2号機、3号機並びに4号機海水配管トレンチ等については、タービン建屋内の汚染水の水位よりもトレンチの接続高さが低いことから、トレンチ内の汚染水を回収しても、継続的にタービン建屋から汚染水が流入するため、現時点では、汚染水の回収は困難である。

このため、タービン建屋内の汚染水が回収され、海水配管トレンチ等への汚染水の再流入が無い状態になってから、海水配管トレンチ等の汚染水を回収することとしていたが、系外への流出リスクの低減の観点から、海水配管トレンチ等の汚染水の回収をできるだけ早期に実施できるように、タービン建屋と海水配管トレンチの接続部における止水の可能性について検討を進めるとともに、水処理状況等を踏まえ、可能なトレンチ等から順次、止水・回収を実施する予定である。

なお、海水配管トレンチ等から海へ汚染水が流出しないように、ピットの閉塞等の措置は既に実施しており、2、3号機立坑、プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋の滞留水の水位を制限値以下に維持し、原子炉建屋及びタービン建屋等の滞留水の水位についても周辺のサブドレン水の水位以下に維持するとともにサブドレン水の放射性物質濃度を監視していく。

※構内基準点沈下量（-709mm、平成26年3月測量）とO.P.からT.P.への換算値（-727mm）の和（-1,436mm）により換算。

水位は、「2.35 サブドレン他水処理施設 添付-11 別紙-7 サブドレン及び建屋滞留水水位への測量結果の反映について」に基づき、計測する。

## 汚染水処理対策委員会で議論された汚染水処理問題の抜本対策

## 1 陸側遮水壁の設置

## 【基本方針】

陸側遮水壁は、1号機～4号機の汚染水が滞留している建屋を囲い込むように、遮水性の高い壁を設置するものである。これにより、山側から建屋に向かう地下水の流れを遮断し、建屋周辺の地下水位を低下させることができ、建屋内への地下水の流入を抑制するものである。この陸側遮水壁を設置し、可能な限り早期の建設・運用を行う。また、地下水の流入抑制を効果的に行うために、地下水観測網の整備、遮水壁で囲い込む範囲の地下水位の管理等を実施するとともに、フェーシング（地面をアスファルト等で覆うことで、雨水の地下への浸透を防止するなど）等の検討を進める。汚染水処理対策委員会で、凍土方式による施工が適切と判断されていることを踏まえ、今後、概念設計等を進めていく中で、技術的な課題の解決状況を検証していく。

また、建屋周辺の地下水と建屋内の汚染水の水位のバランスを十分に制御することも重要な技術課題である。

## 【目標工程】

2013年6月～	概念設計，詳細設計，施工計画等の策定
2013年上期	地下水観測網の拡充，早期の整備
2013年12月	陸側遮水壁の施工性，効果，水位管理方法等の検証の実施
2013年度内	陸側遮水壁のフェージビリティ・スタディの実施
2015年度上期	陸側遮水壁の運用開始

## 2 海水配管トレンチ内の汚染水の除去

## 【基本方針】

2号機及び3号機の海水配管トレンチ<sup>※1</sup>には、高濃度な汚染水が滞留している。早期に海水配管トレンチ内の汚染水を処理するため、まず、汚染水の放射性物質の濃度を再計測し、建屋接続部の止水方法、トレンチ内の汚染水の移送方法、トレンチ内の充填方法等について直ちに具体化するとともに、その濃度の低減を図るなどの環境改善措置を行う。また、この対策は、建屋を囲い込む形で陸側遮水壁を運用開始する前に、完了させることを目指す。

## 【目標工程】

2014年度内	海水配管トレンチ内の汚染水の除去完了を目指す
---------	------------------------

※1 「地下水の流入抑制のための対策」汚染水処理対策委員会（平成25年5月30日）には、高濃度の汚染水が滞留する海水配管トレンチを2号機から4号機としたが、その後の調査結果により2/3号機とされた。

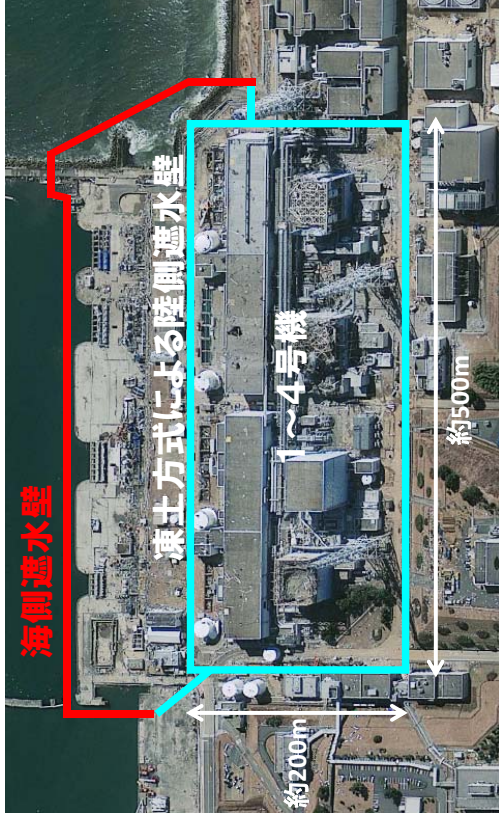
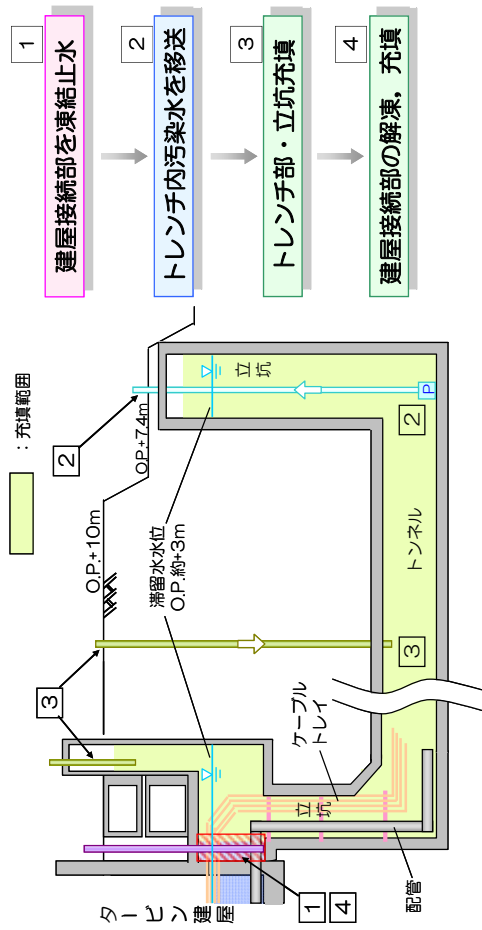
### 陸側遮水壁の設置

- 1号機～4号機の汚染水が滞留している建屋を囲い込むように、遮水性の高い壁を設置することで、山側から建屋に向かう地下水の流れを遮断し、建屋内への地下水の流入を抑制する。
- 汚染水処理対策委員会で、凍土方式による施工が適切と判断されており、今後、凍土方式による陸側遮水壁について、概念設計等を進め、2013年内を目的に技術的課題の解決状況を検証する。
- 2013年度末までにフィージビリティスタディを実施し、その後準備が整い次第速やかに建設工事着手、2015年度上期を目的に運用開始する。

### 海水配管トレンチ内の汚染水の除去

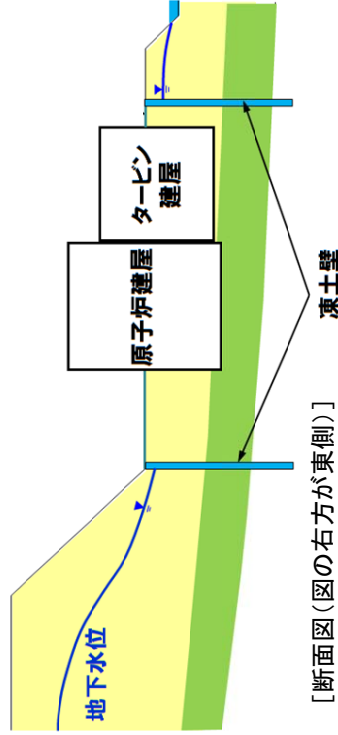
- 2号機から4号機の海水配管トレンチに滞留している、高濃度な汚染水について、2014年度中の除去完了を目指す。

### ■ 2号機施工案



[平面図(図の上方が東側)]

[凍土による陸側遮水壁の配置イメージ(図の上方が東側)]



[断面図(図の右方が東側)]

[断面イメージ(図の右方が東側)]

## 汚染された地下水の港湾への流出抑制策等について

## 1 現状及び基本的対応方針について

1, 2号機タービン建屋東側の護岸付近の地下水において、放射性物質が告示濃度限度（海水中の放射性物質濃度が線量限度等を定める告示に定める周辺監視区域外の濃度限度）を上回る高い濃度で検出されており、港湾内海水中の放射性物質濃度が減少しておらず、地下水の水位等のデータ分析結果から、汚染された地下水が海水に漏えいしているものと推定した。

このため、地下水を経由しての海洋汚染の拡大を抑制する措置を早急に講じるとともに、地下水のモニタリング等により汚染経路の調査を実施する。

また、高濃度の汚染水が滞留している2号機及び3号機の海水配管トレンチ等については、トレンチ内の汚染水の処理、移送、止水を検討、実施していく。

さらに、地下水及び港湾内の海水についてモニタリングを強化する。

また、海洋汚染の拡大防止のための対策として着手している海側遮水壁の設置を進めていく。

なお、本流出抑制策等については、可能な限り早期に着手・実施していくとともに、新たな対策についても継続して検討していく。

## 2 具体的計画について

## (1) 護岸付近の地盤改良

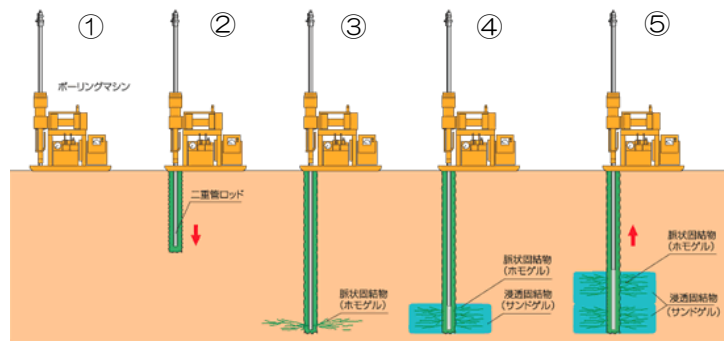
告示濃度限度を超える放射性物質の海域への流出を抑制するため、護岸付近の地盤改良や地下水の移送等の対策を実施する。特に、海水中におけるトリチウム濃度の上昇傾向が見られることから、1－2号機間、2－3号機間、3－4号機間の護岸付近において、地盤改良による汚染範囲の囲い込みを実施することなど、可及的速やかに汚染水の海洋への漏えい拡大抑制対策の実施・完了を目指す（図1、図2）。

## (2) トレンチ内汚染水処理・排水及び閉塞

2号機及び3号機の主トレンチ（図3、図4）、2号機の分岐トレンチ（図5）には、高濃度の汚染水が滞留していることが確認されている。早期にこれらトレンチ内の汚染水を処理するため、トレンチ毎（電源ケーブル管路を含む）に汚染水の滞留状況を調査する。その後、調査結果に基づき、分岐トレンチについては、汚染水の排水及び当該トレンチの閉塞を実施する。主トレンチについては、建屋接続部の止水方法、トレンチ内の汚染水の移送方法、トレンチ内の充填方法等について具体化するとともに、その濃度の低減を図るなどの環境改善措置を行う。

主トレンチ内の放射性物質濃度の低減策としては、モバイル式の処理装置を導入する





出典：ライト工業（株） マルチライザー工法パンフレット

図1 薬液注入による地盤改良（概念図）

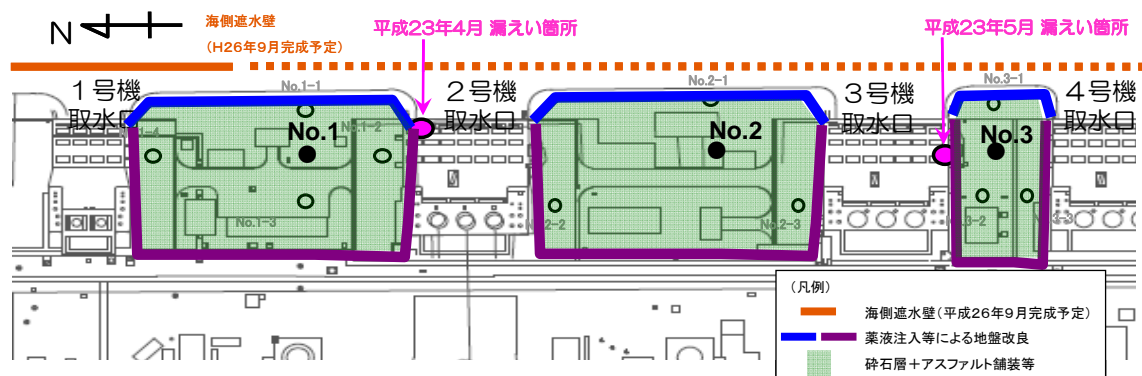


図2 地盤改良等の範囲（イメージ）

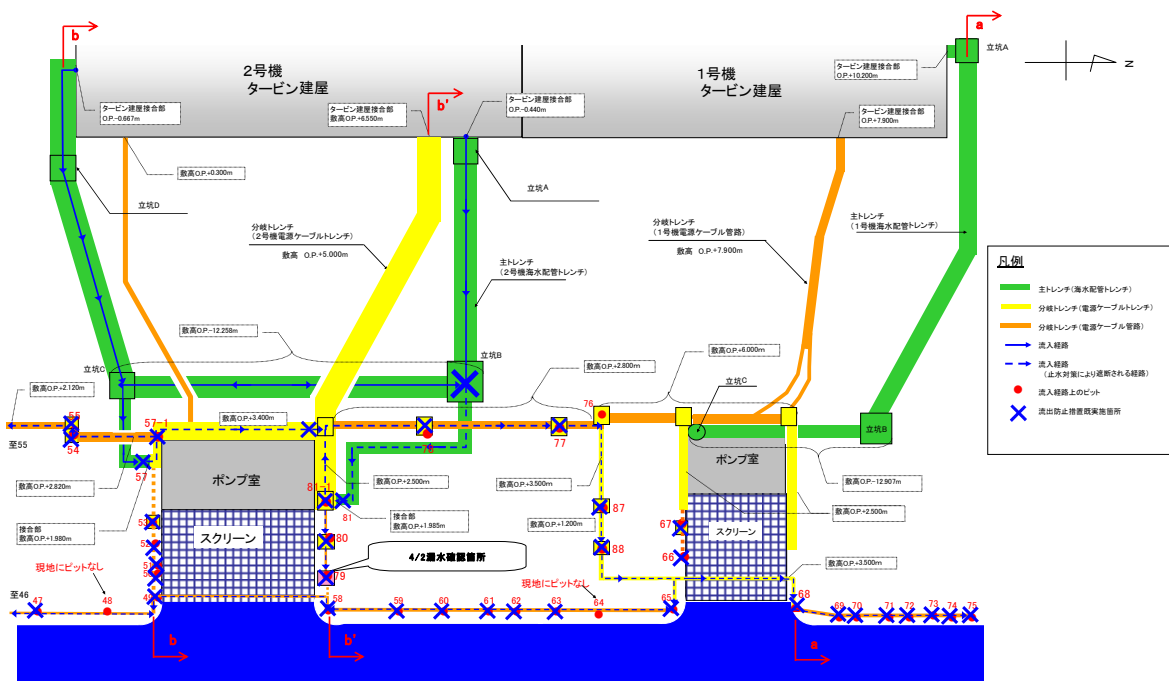


図3 1 / 2号機海側トレンチ平面図



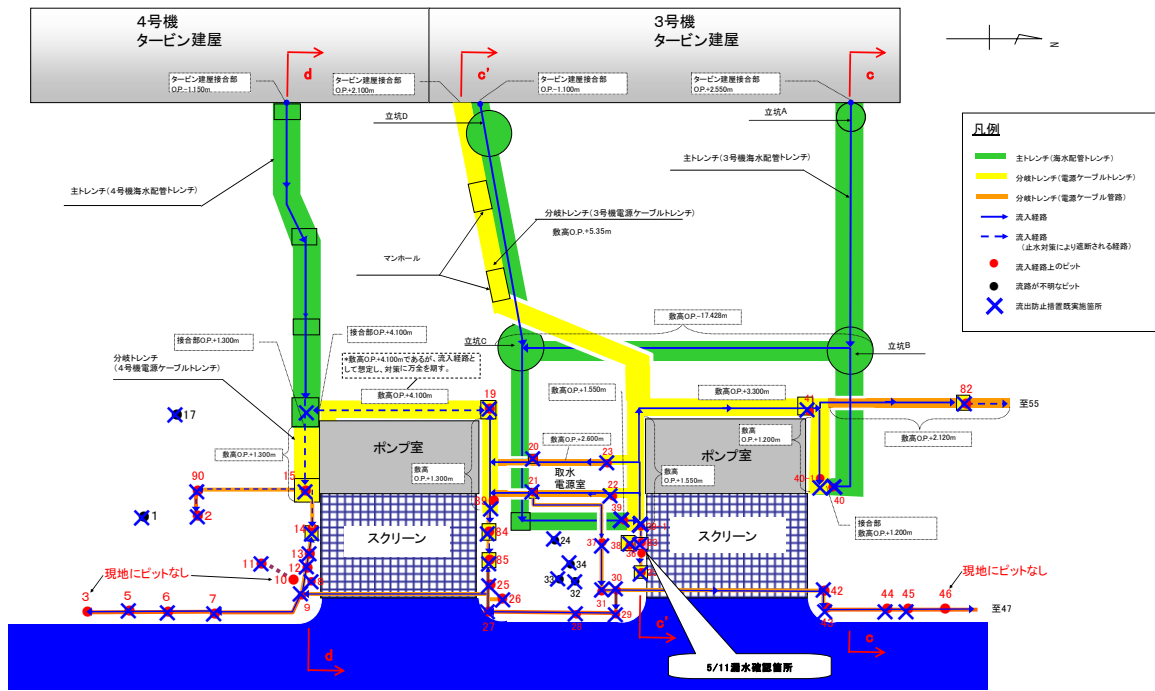
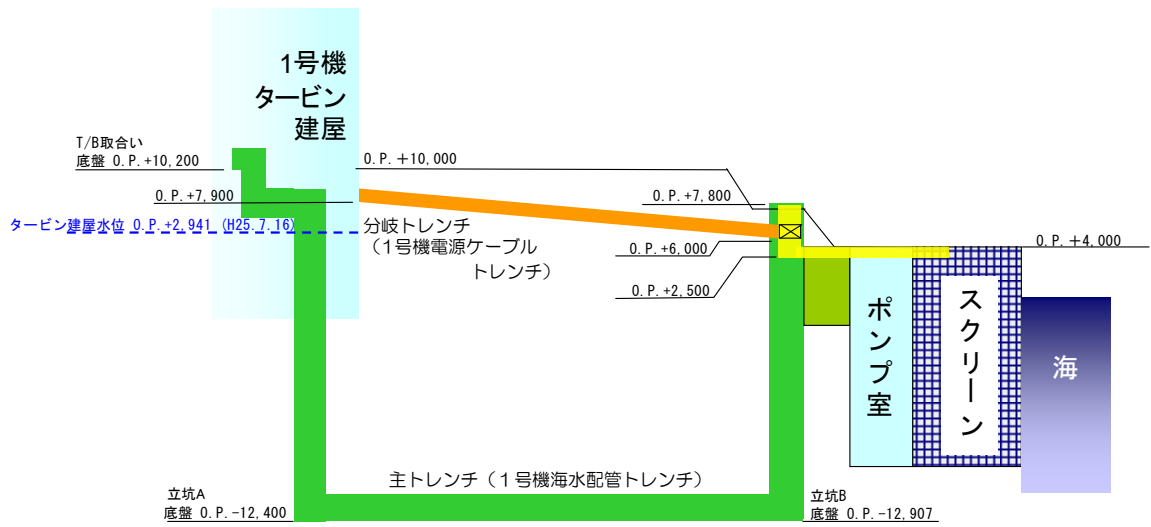
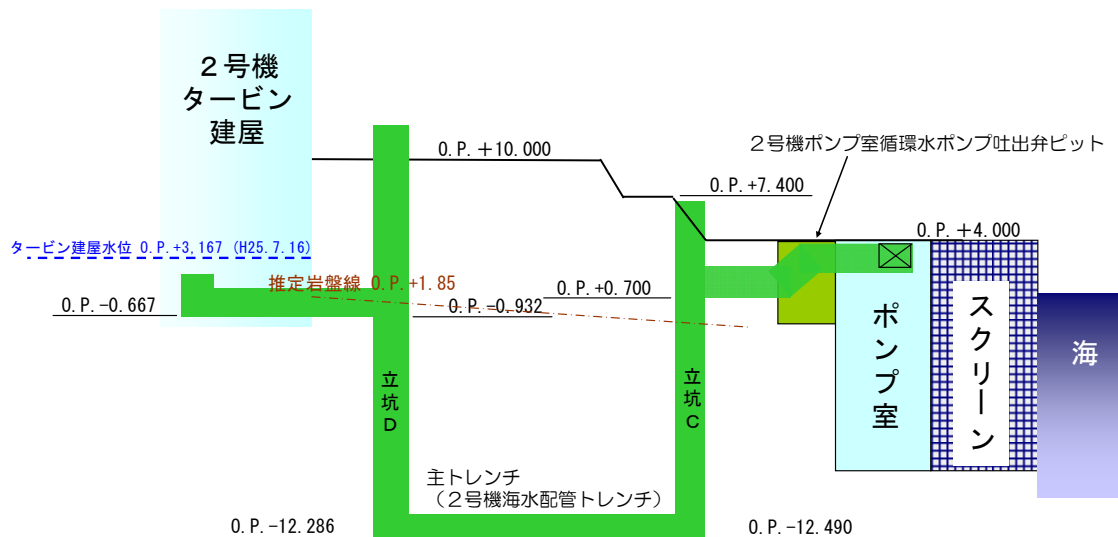


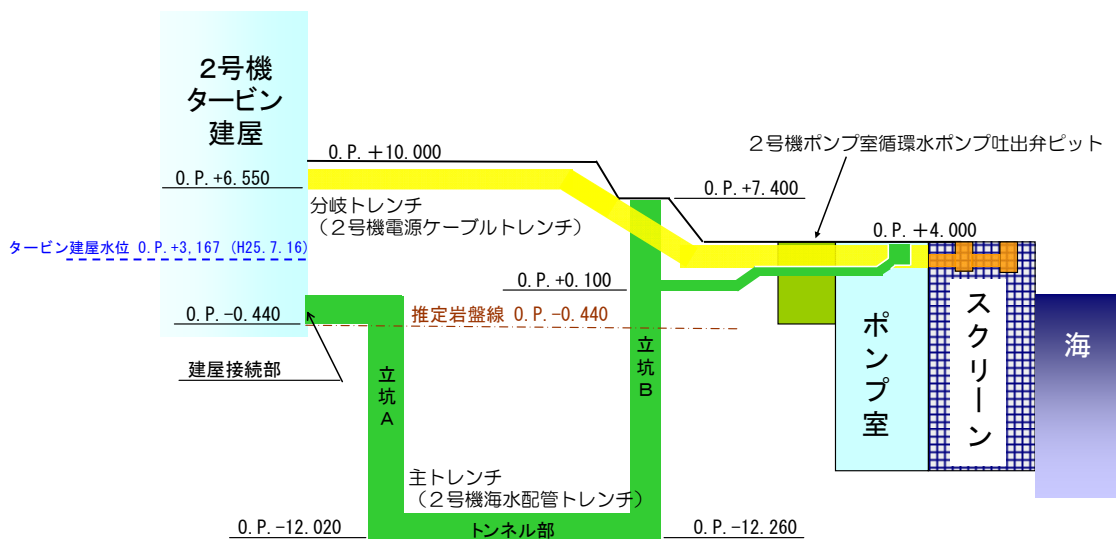
図4 3 / 4号機海側トレンチ平面図



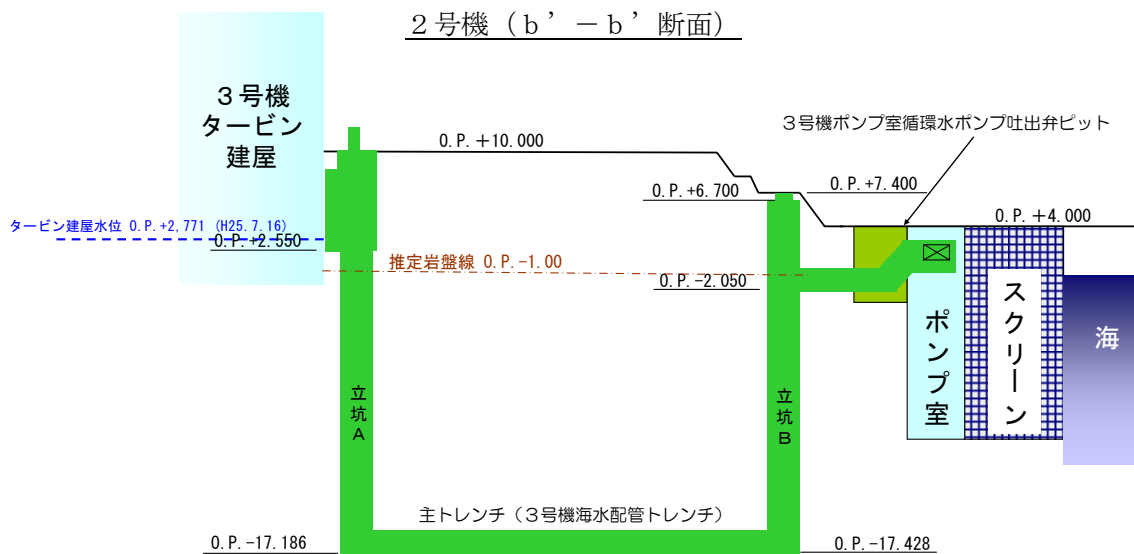
1号機 (a - a 断面)



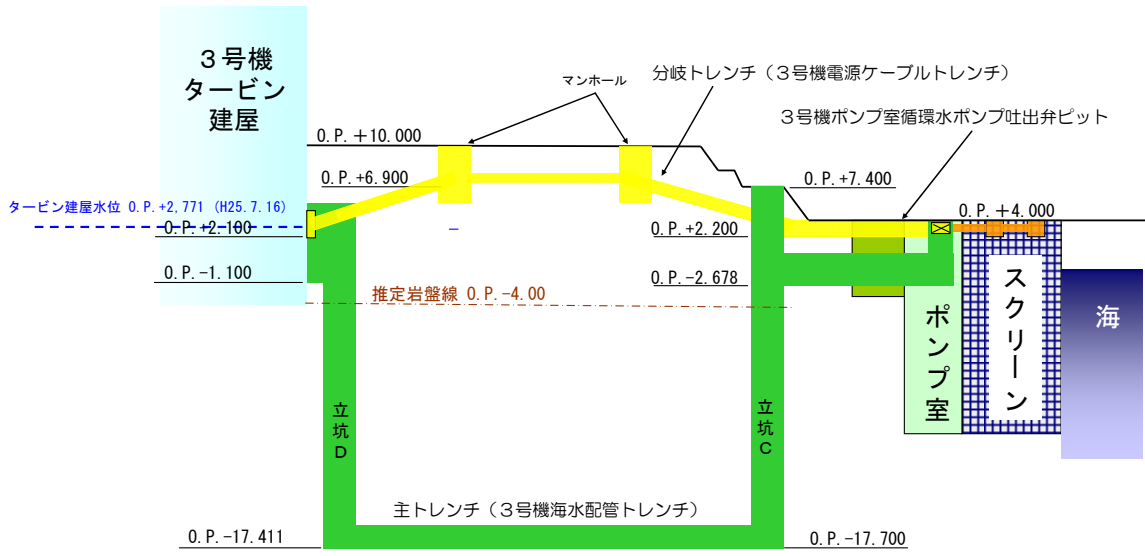
2号機 (b - b 断面)



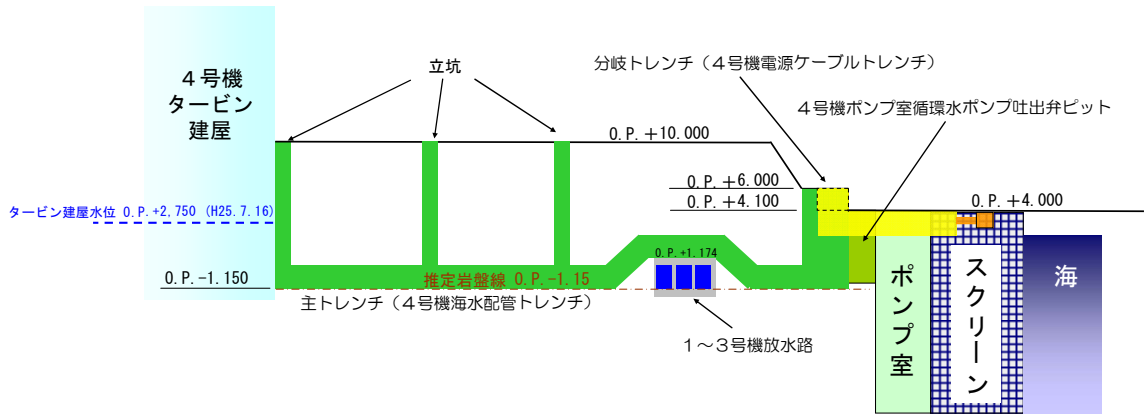
2号機 (b' - b' 断面)



3号機 (c - c 断面)



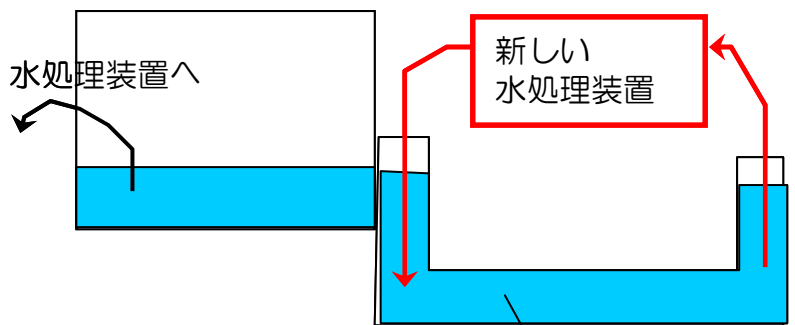
3号機 (c' - c' 断面)



4号機 (d - d 断面)

図5 1～4号機トレンチの構造図

新しい水処理装置にてトレンチ内の水を循環処理



T/B建屋からの流出を制限することにより、  
T/B建屋より低濃度まで処理可能

トレンチ内水処理装置の追設

図6 処理装置設置のイメージ

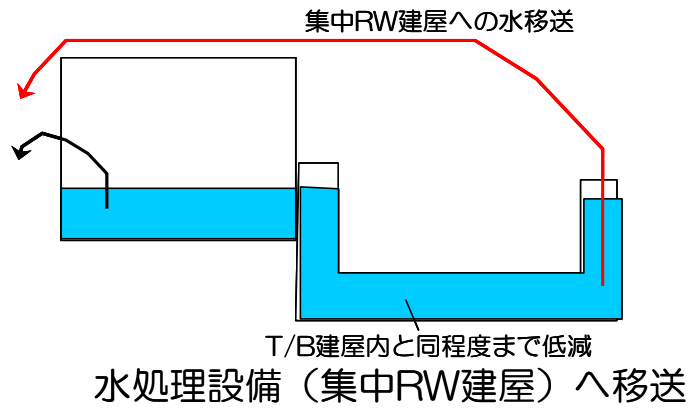


図7 既存水処理設備への移送のイメージ

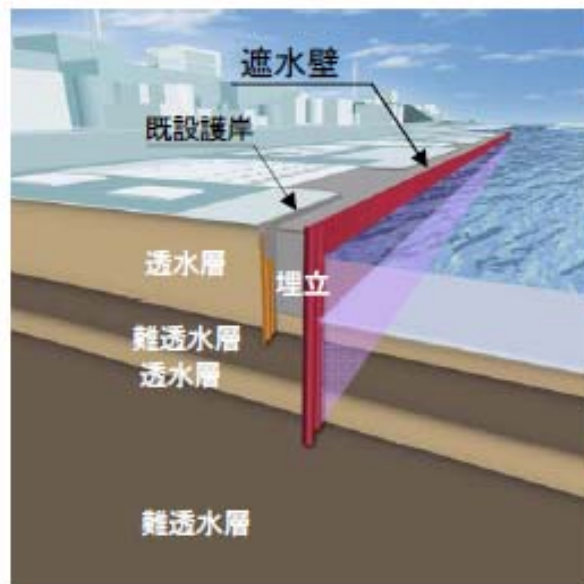


図8 海側遮水壁（概念図）

## 陸側遮水壁設置による地下水流入量の低減

## 1 概要

汚染水処理対策委員会で議論された汚染水処理問題の抜本対策（添付資料－ 1 2）に基づき、汚染源に水を「近づけない」重層的な対策の一つとして、高レベル放射性汚染水が滞留している 1～4 号機の原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋（以下「1～4 号機のタービン建屋等」という）の周囲に陸側遮水壁（汚染水処理対策委員会の「凍土方式の陸側遮水壁」を「陸側遮水壁」とする）を造成する。

陸側遮水壁は、「汚染源である建屋に水を近づけない」ことが必要な期間に限り凍結を行い、その必要がなくなった場合には速やかに解凍する。

既認可範囲および今回の申請範囲は、以下のとおりとする。なお、観測井等の設置および建屋内外の水位管理計画、緊急時の対応については、必要な事項を別途実施計画変更で反映する。

陸側遮水壁解凍後の凍結管等の処理方法については解凍時期に近づいた段階で検討する。

## &lt;既認可範囲&gt;

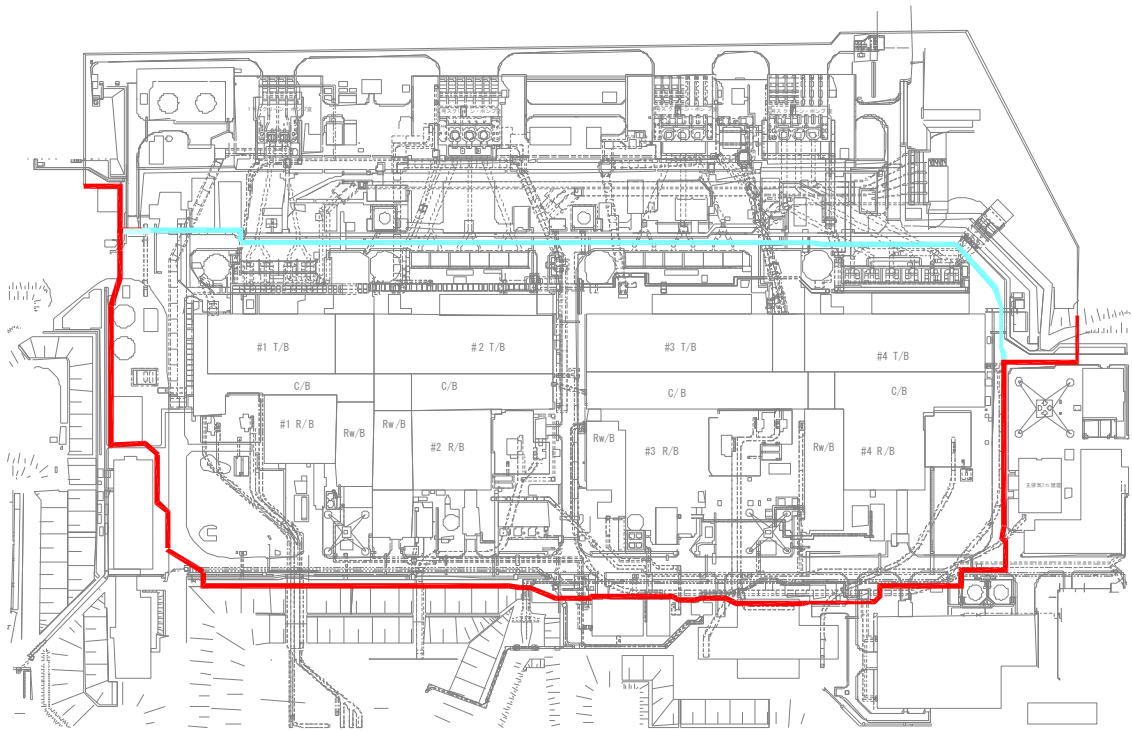
○山側ライン上の埋設物との干渉箇所での貫通施工による凍結管設置工事（図 1－1 参照）

- ・ 埋設物の貫通施工は、「別添－ 2 5 山側ライン上の貫通施工・複列施工の対象箇所」における、貫通施工箇所を対象とする。
- ・ 埋設物の貫通は、埋設物内部等の状況により、以下の方法を用いて施工する。
  - ボーリング工法を用いて埋設物を単純に貫通する施工方法（以下、単純貫通工法と言う）
  - 内部充填により貫通箇所の水密性を確保し、ボーリング工法を用いて埋設物を貫通する施工方法（以下、内部充填工法と言う）
  - マルチステップ（多段式）ボーリング工法を用いて貫通箇所の水密性を確保し、埋設物を貫通する施工方法（以下、マルチステップ工法と言う）

○陸側遮水壁造成後の基礎地盤沈下検討

○山側ライン上の運用中の設備の損傷防止対策

○不明埋設物への対応





海側ライン		既認可における申請範囲外
山側ライン		既認可範囲

図 1 - 1 埋設物干渉箇所での貫通施工による凍結管設置工事に関する申請範囲図 (既認可)

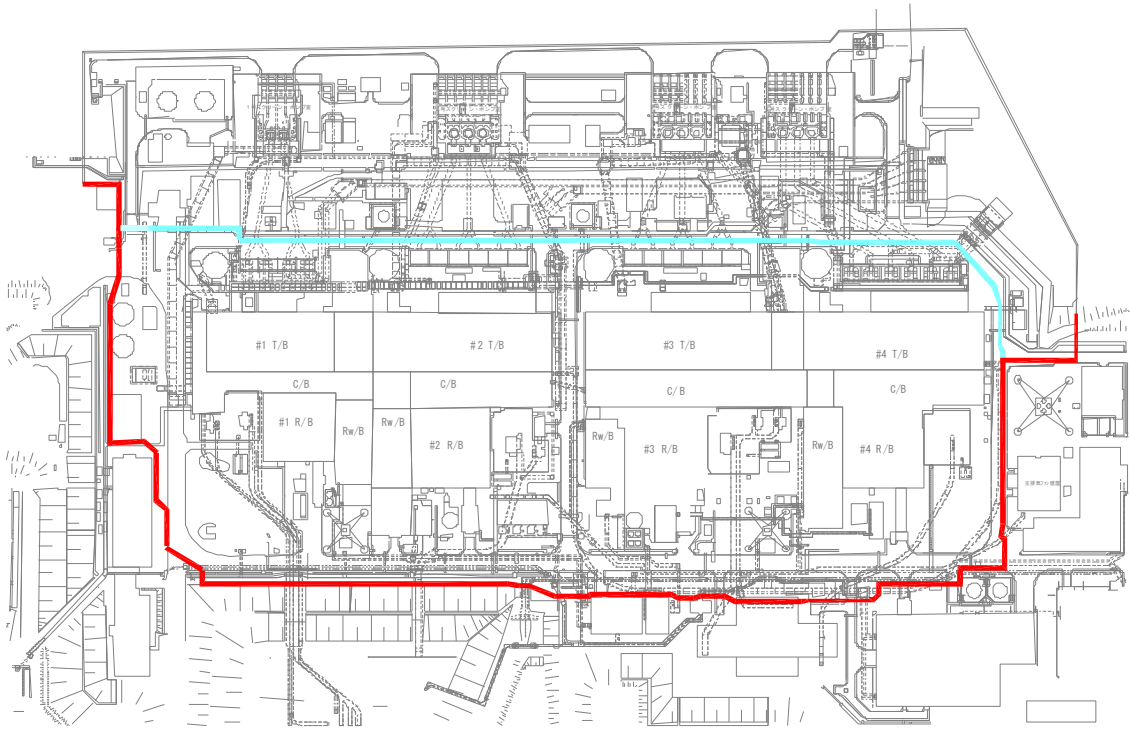
注) 陸側遮水壁のルートについては、現場支障物などの状況により変更の可能性あり。  
貫通施工の方法が申請範囲と異なる場合は、別途変更申請を行う。

<今回申請範囲>

○海側ライン上の埋設物との干渉箇所での貫通施工による凍結管設置工事（図1-2参照）

- ・ 埋設物の貫通施工は、「別添-3 5 海側ライン上の貫通施工・複列施工の対象箇所」における、貫通施工箇所を対象とする。
- ・ 埋設物の貫通は、埋設物内部等の状況により、以下の方法を用いて施工する。
  - ボーリング工法を用いて埋設物を単純に貫通する施工方法（以下、単純貫通工法と言う）

○海側ライン上の運用中の設備の損傷防止対策





山側ライン		申請範囲 (既認可)
海側ライン		申請範囲 (今回申請)

図 1 - 2 埋設物干涉箇所での貫通施工による凍結管設置工事に関する申請範囲図 (今回申請)

注) 陸側遮水壁のルートについては、現場支障物などの状況により変更の可能性あり。  
貫通施工の方法が申請範囲と異なる場合は、別途変更申請を行う。



## 2 陸側遮水壁の造成方法

陸側遮水壁を造成するための機器は、冷凍機、冷却塔、冷却水循環ポンプ、ブライン循環ポンプ、ブライン供給ポンプ、ブラインタンク、ブライン移送管、接続管、凍結管である。

上記のうち、冷凍機、冷却塔、冷却水循環ポンプ、ブライン循環ポンプ、ブライン供給ポンプ、ブラインタンクについては 35m 盤に凍結プラント(1)、凍結プラント(2)として 2 系統に分割して設置し、冷凍機については建屋内に設置する。ブライン移送管（主管）については、陸側遮水壁造成ライン上に設置し、30m 程度毎にブライン移送管（ヘッダー管）を設け接続管を介して凍結管に接続する。凍結管は二重管構造とし、ボーリングにて所定の深度まで削孔した後、保護ケーシング管内に設置する（図 2～6 参照）。

陸側遮水壁造成には、冷凍機で冷却したブラインを、ポンプ圧送により、ブライン移送管（主管・ヘッダー管）を経由して、地中に配置した各凍結管の中を循環させることで凍結管周辺の地盤を凍結させる。循環後温められたブラインは、35m 盤に設置したブラインタンクに回収され、再度冷凍機で冷却することで連続的に陸側遮水壁の造成を行う。

冷凍機・ポンプ等の運転監視は監視制御装置で行い、電源は異なる 2 系統の所内高圧母線から受電できる。

機器類の運転状況については、免震重要棟集中監視室で遠隔監視する。

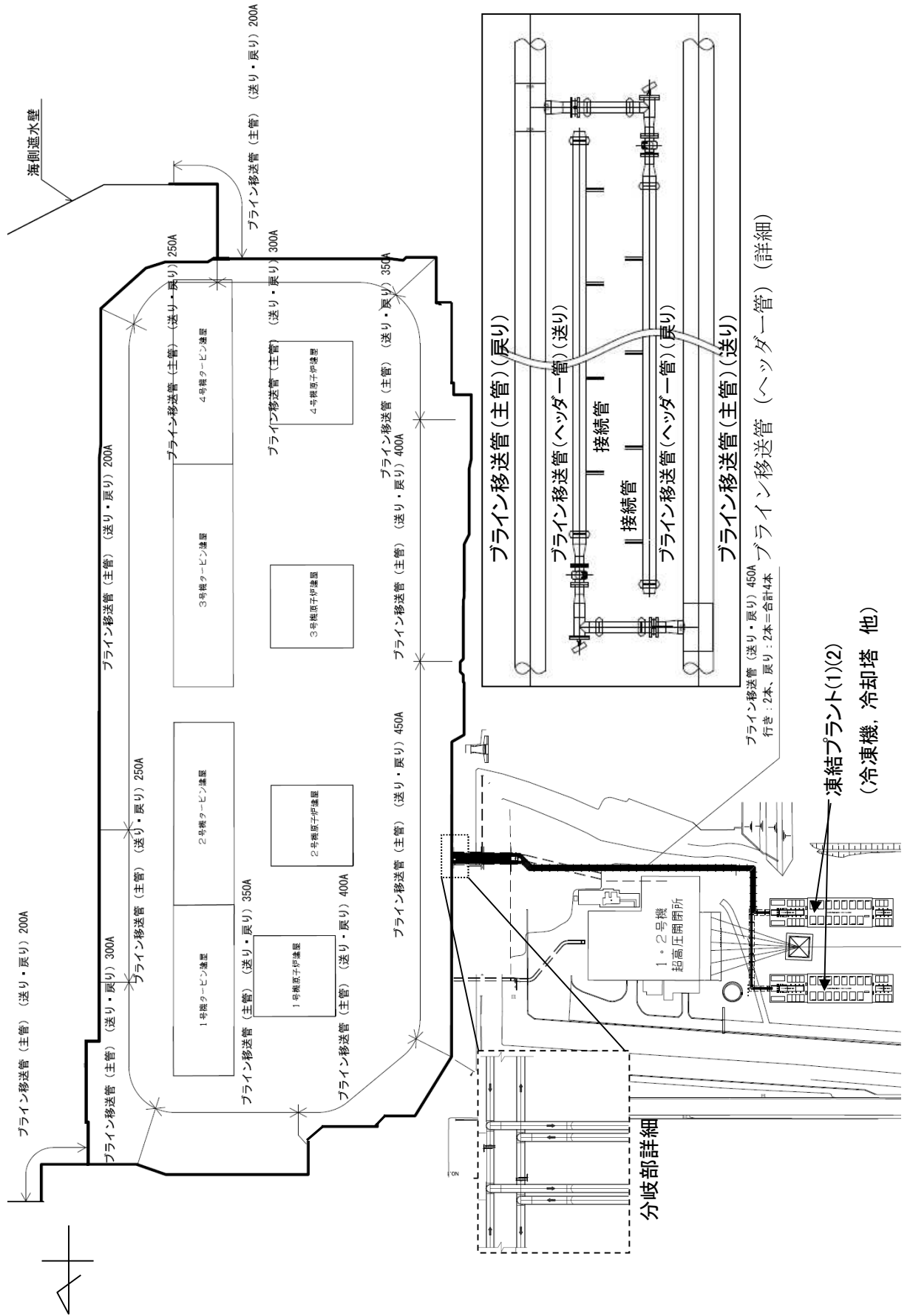


図2 陸側遮水壁を造成する機器配置 平面図

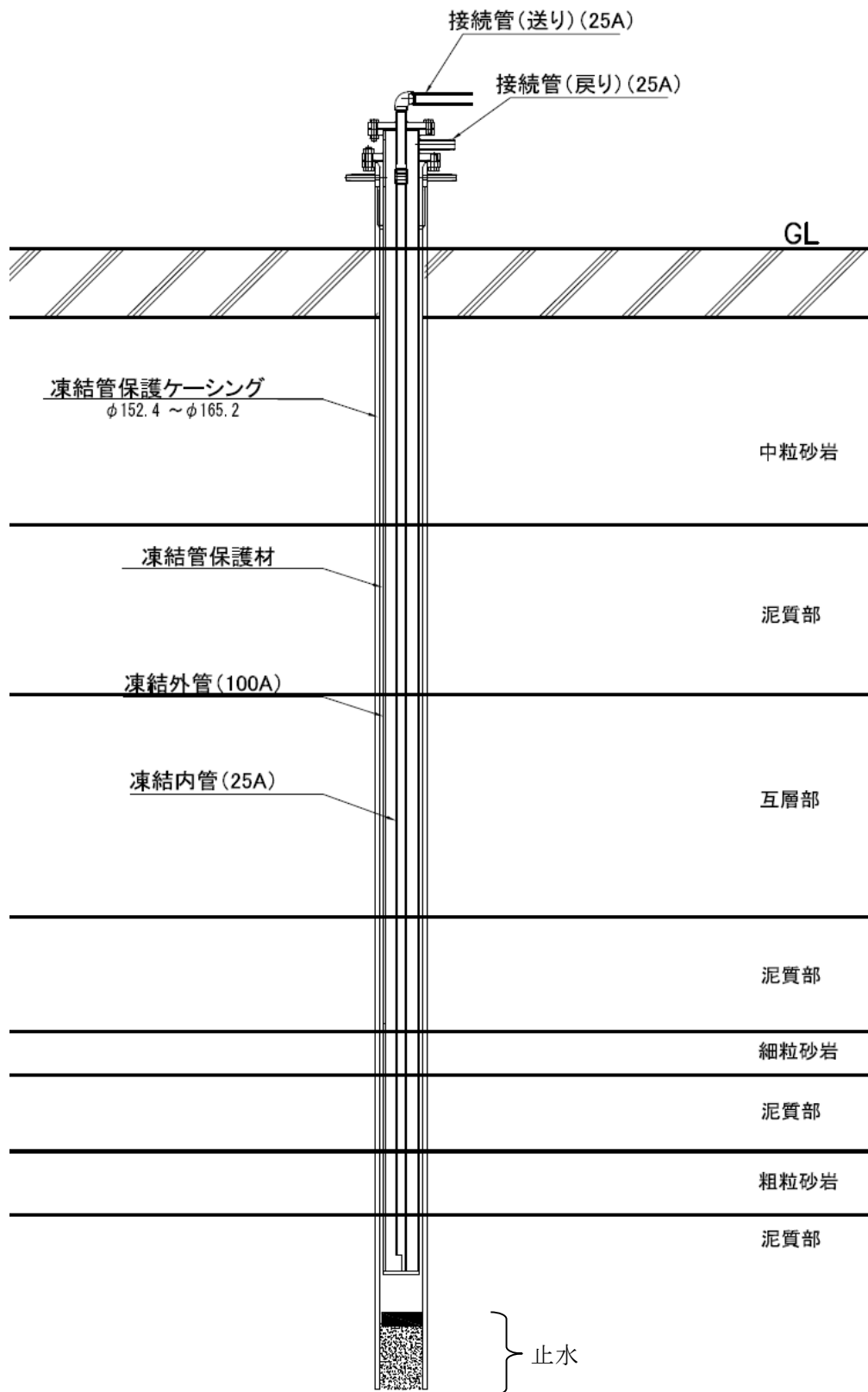


図3 凍結管基本構造図

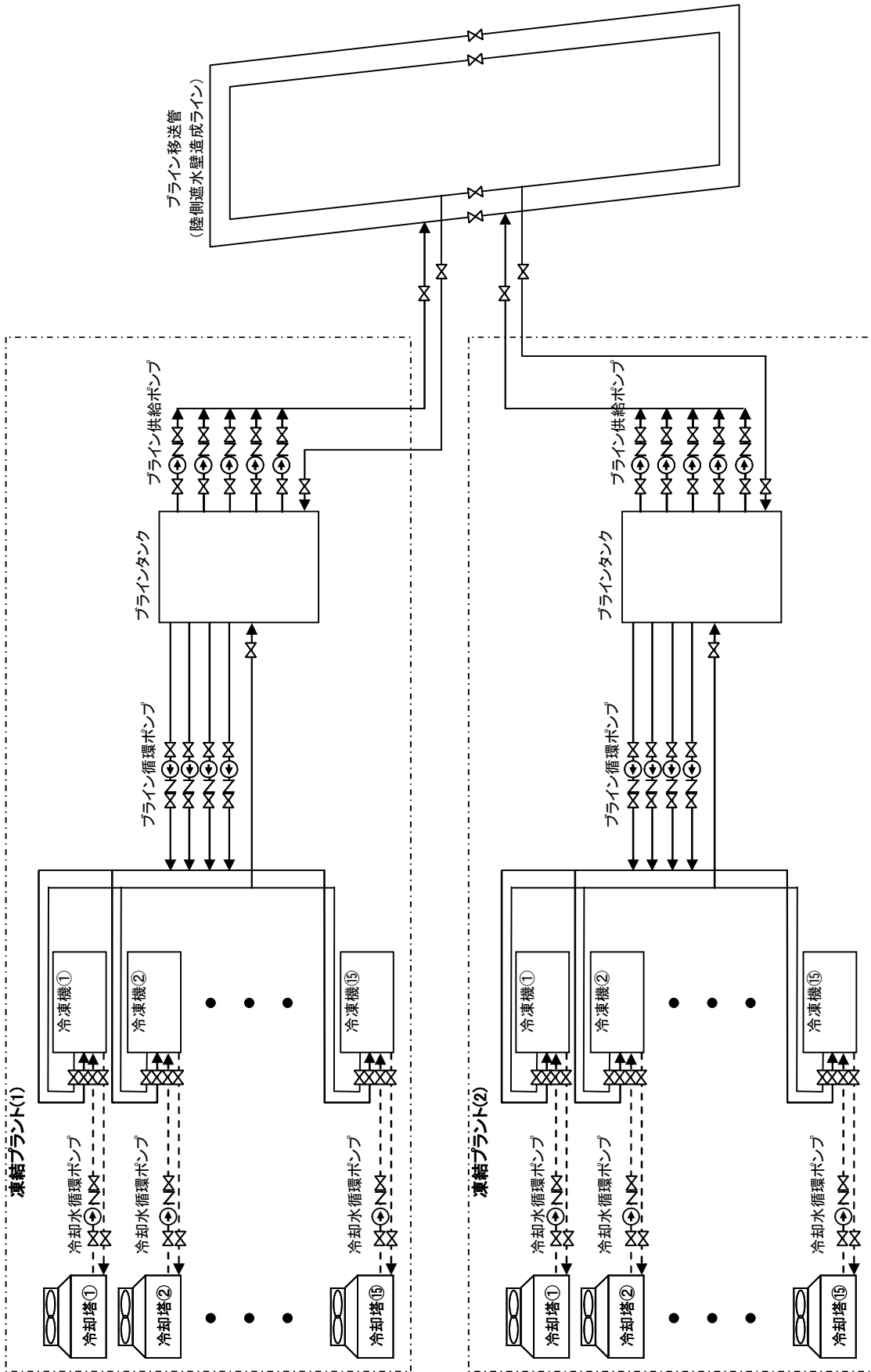


図4 陸側遮水壁を造成する機器 系統図 (概略)



### 3 主要機器の基本仕様

#### (1) 冷凍機 (完成品)

形式	ユニット型 (高圧ガス保安法 冷凍保安規則による)
基数	30
使用冷媒	R404A
冷凍能力	261 kW (1基あたり)

#### (2) ブライン

種類	塩化カルシウム水溶液
----	------------

#### (3) 冷却塔 (完成品)

形式	密閉型
基数	30
冷却能力	2,721 kW (4連タイプ) 2,041 kW (3連タイプ)

#### (4) 冷却水循環ポンプ (完成品)

台数	30
容量	1,750 L/min (1台あたり)
揚程	27 m

#### (5) ブライン循環ポンプ (完成品)

台数	8
容量	3,400 L/min (1台あたり)
揚程	17 m

#### (6) ブライン供給ポンプ (完成品)

台数	10
容量	4,000 L/min (1台あたり)
揚程	40 m

#### (7) ブラインタンク (完成品)

基数	4
容量	40m <sup>3</sup> (1基あたり)
寸法	L 8.0×W 2.5×H 2.4 m (1基あたり)

#### 4 陸側遮水壁による地下水の建屋流入抑制効果

1～4号機のタービン建屋等の周辺を高い遮水性が確保できる陸側遮水壁で囲むことにより、1～4号機のタービン建屋等への地下水の流入量が低減されるものとする。

第11回汚染水処理対策委員会（平成25年12月10日）の報告より、4m盤対策（ガラス固化壁、ウェルポイント）だけの場合（ケース1）と比較して、陸側遮水壁を追加設置した場合（ケース6）では、1～4号機のタービン建屋等への地下水の流入量が320トン/日から30トン/日へと低減するというシミュレーション結果が得られている。

表1 各対策工実施後の建屋流入量・地下水汲上げ量の想定

ケース	対策工					建屋流入量（トン/日）			地下水汲上げ量（トン/日）		
	4m盤対策 (ガラス固化壁、ウェルポイント)	地下水バイパス	海側遮水壁 (地下水ドレン)	山/海側 サドレ	陸側遮水壁 (凍土壁)	合計	1～4号機 建屋	プロセス主 建屋、高温 焼却炉建屋	ウェルポイント+地 下水ドレ	地下水 バイパス	山/海側 サドレ
1	●					410	320	90	50	-	-
6	●				●	130	30	100	10	-	-

注) 汚染水処理対策委員会報告書（H25.12）より抜粋，一部，加筆

## 5 陸側遮水壁造成後の地下水位低下に伴う地盤沈下

陸側遮水壁造成後の1～4号機建屋周りの地下水位低下に伴う原子炉建屋・タービン建屋基礎地盤の不等沈下を評価した。保守的な条件から求まる基礎底面の傾斜は最大1/10,000程度となり、各種基準に示される基礎地盤の傾斜の目安値1/2,000～1/500以下であることから、建屋基礎の安定上問題ないものと評価した（別添-1参照）。

また、建屋基礎の沈下量をモニタリングして、建屋基礎が安定上問題ないことを確認していくこととする。

## 6 埋設物に対する施工時の考慮

陸側遮水壁と干渉する埋設物周辺の施工にあたっては、埋設物を図面・試掘・現地調査で確認し、構造形式、内容物、埋設物内部の状況を整理した上で、埋設物の幅・機能に応じて、適切な施工方法を選定する（別添-2, 3参照）。

なお、運用中の設備および運用中の設備を内包している構造物を横断して陸側遮水壁を施工する箇所（図7-1・7-2, 表2-1・2-2参照）については、図面・試掘・現地調査で確認し、構造物に損傷を与えないように適切に施工する。また、施工に先立ち、防護が完了していることを確認してから工事を実施する。

運用中の設備の損傷防止策として以下の対策を実施する。

- 図面等による位置の把握および現地確認
- 試掘（震災前の地盤面以深2mまで\*）による敷設場所の確認
- 注意喚起の表示（図8参照）
- 配管移動・防護（表3-1・3-2, 図9-1～9-4参照）

※ 震災前の地盤面から深さ2mまで試掘することにより、東日本大震災以降に設置した電源ケーブル等の確認を行う。

万が一、運用中の設備および運用中の設備を内包している構造物が損傷した場合は、損傷箇所を速やかに復旧する（表4-1・4-2参照）。

また、貫通施工を行わない1～4号機海水配管トレンチの上部・側部に凍結管を設置（図10-1～10-6）する際は、凍結管の設置予定位置における探査ボーリングの結果に基づき、当該地点における同トレンチの位置・深度を把握し、施工計画を作成した上で施工する。施工計画の作成にあたっては以下について留意し、同トレンチの損傷を防止する。

- 海水配管トレンチ上部：  
凍結管設置箇所にて探査ボーリングを全数実施し、最も浅い到達深度より1m上方を安全深度として削孔深度を決定する（図10-7）。削孔深度が安全深度以深とならないよう削孔ケーシング長・本数を管理する。
- 海水配管トレンチ側部：  
凍結管設置箇所より同トレンチ側にて探査ボーリングを実施し、同トレンチに接触することがない範囲を安全隔離として削孔位置を決定する（図10-8）。削孔位



置は現地に削孔不可範囲を明示し、管理する。

なお、探査ボーリングにて同トレンチに接触する場合には、同トレンチから離れる方向で再度、探査ボーリングを行い、接触が回避できる位置を確認して削孔位置を決定する。ただし、同トレンチ側部の凍結管と近接する凍結管の離隔が確保できない場合は、削孔深度を上記「海水配管トレンチ上部」に従い決定し、施工する（図 10-9）。

なお、1～4号機海水配管トレンチの下部を閉合しないことによる影響が生じる等で当該部を施工する場合には、必要に応じて変更申請を行う。

## 7 ボーリング削孔水管理

ボーリング削孔作業時には、ボーリング孔内部より削孔機先端へ泥水（以下、削孔水）を注水し、削孔箇所地上部においてボーリング孔壁に沿って地上に戻った削孔水（一部は地盤中に逸水）を回収する。回収された削孔水は削孔プラント※にて濁水処理し、水（構内の作業用水）を補給した上で、削孔水として再利用する（ボーリング孔内部より注水）。削孔水の役割、性状は以下の通りである。

※ 汲み上げた削孔水から切削した土を分離し、水（構内の作業用水）を補給した上で再度削孔箇所へ送水する設備

- ・役割：削孔機先端の切削土の排出、削孔機の回転不良防止、ボーリング孔壁の保護
- ・性状：ベントナイトおよび切削土混じりの泥水

なお、削孔水の放射性物質濃度は1～4号機サブドレンピットの放射性物質濃度（図 11-1 参照）、1～4号機建屋周辺観測井の放射性物質濃度（図 11-2 参照）と同程度と想定される。

ボーリング削孔作業における削孔水については、削孔箇所地上部、削孔プラントそれぞれで以下の漏えい対策（図 12-1・12-2 参照）を実施することにより、閉じた系統で循環する。なお、地下水の放射性物質濃度が高い場所では、漏えい対策に万全を期す。

- ・削孔プラント：周囲に堰の設置、雨水浸入防止カバーの設置  
万一削孔プラントから堰内に削孔水が漏えいした場合は自動起動のポンプにより削孔プラントに移送する。
- ・削孔箇所地上部：地表部をシート等で囲み、削孔水を集水し、ポンプで削孔プラントへ移送する。

削孔区間は、山側についてはサブドレンおよび対象観測井、海側についてはそれらに加え必要に応じ陸側遮水壁ライン上で事前の地下水調査を行うことで、陸側遮水壁ライン近傍の放射性物質濃度分布を把握した上で、濃度が同様であると想定される区間ごとに定める（図 11-1、2 参照）。現状想定される各削孔区間の地下水の放射性物質濃度レベルは表 6 に示す通りであり、今後、削孔作業完了後に削孔プラント内に残った使用済みの削

孔水（以下、余剰水）の放射性物質濃度を確認した上で、表5に示すオーダー（桁数）単位の管理で、余剰水を削孔水として再利用できる削孔区間を選定する。

余剰水については、当該削孔区間よりも放射性物質濃度レベルが高い（表5において、Cs-134, Cs-137, 全β, H-3全て該当するものとする）削孔区間の削孔水に再利用することは可能であるが、当該削孔区間よりも放射性物質濃度レベルが低い（表5において、Cs-134, Cs-137, 全β, H-3の1つでも該当するものとする）削孔区間の削孔水に利用することはできない。

最終的に再利用できない余剰水は「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係わる実施計画」に記載の汚染水処理設備で処理する。

削孔プラント内に残った泥土（ベントナイトおよび切削土）については、飛散しない状態（トンパックに入れるなど）で管理して、一時保管エリアで保管する。また、泥土の発生量<sup>※</sup>は、「Ⅱ 2.10 放射性固体廃棄物等の管理施設」に示している瓦礫等の保管量に見込んでいる。

※ ボーリング削孔による泥土の発生量は、2,000m<sup>3</sup>程度と想定され、瓦礫等の一時保管エリアの保管容量（「Ⅱ 2.10 放射性固体廃棄物等の管理施設」を参照）に対して十分に少量（現在の貯蔵量の1%程度）で、一時保管エリアの運用に支障を与えるものではない。

## 8 施工時の放射線被ばく管理

放射線業務従事者が立ち入る場所では、外部放射線に係わる線量率を把握し、放射線業務従事者等の立入頻度の管理、滞在時間等を考慮した遮へいの設置や除染等を実施することにより、作業時における放射線業務従事者が受ける線量が労働安全衛生法およびその関連法令に定められた線量限度（100mSv/5年および50mSv/年）を超えないようにする<sup>※1</sup>。

※1 陸側遮水壁工事における年間被ばく線量は40mSvを限度とする。

陸側遮水壁施工時の作業空間における被ばく線量低減対策として空間線量率・現場状況に応じて、施工前に以下の対策を実施する（図13-1～13-11参照）。

- ・線源の除去（表土すき取り、清掃、高線量ガレキの撤去 等）
- ・線源からの遮蔽（L型擁壁・タングステンマット・コンクリートパネル・遮へいボックス<sup>※2</sup>・鉛板<sup>※2</sup>の設置、被覆実施 等）

※2 「福島第一原子力発電所における放射線管理に関する検討課題」（第24回特定原子力施設 監視・評価検討会 資料2）を踏まえて、更なる遮蔽対策として遮へいボックス・鉛板の設置に加え図13-7、13-8の追加対策を実施した。また、海側の被ばく線量対策として図13-9の瓦礫撤去を実施した。

さらに、必要に応じて作業員の被ばくを低減させるため遮蔽ベストの着用を行う（図14参照）。

長期にわたる、かつ、高線量エリアにおける施工であるため、現場状況を踏まえ、今後継続的に被ばく線量低減に向けた線源の把握と除去、線源からの遮蔽、区域管理作業等を

行い、更なる被ばく線量低減に努める。

#### 9 陸側遮水壁と他工事との調整状況

陸側遮水壁造成に関する工事期間において、他の安定化に向けた工事・作業との干渉について作業区域・道路占有・作業期間等について必要な調整を行った。今後も、工事・作業の進捗等に合わせて随時調整しながら、工事を進める（図15参照）。

#### 10 施工時の熱中症対策

陸側遮水壁造成に関する工事は炎天下、高気温下での作業が多く発生すると想定されることから、特に熱中症について対策を実施する（表6参照）。

#### 11 緊急時の避難

「Ⅱ 1 1.13 緊急時対策」に準じて適切に対応する。緊急時には緊急放送・ペーシング等により構内に周知されるが、本工事では施工エリアが複数にわたることから、これに加えて各施工エリアの責任者に携帯電話にて避難指示を行い、図16に示す避難経路により避難する。これらについては、新規入場者教育にて本工事の関係者（作業員含む）に周知される。なお、構内の車両通行規制（避難経路含む）の情報については、1回/週程度で行う連絡会議で作業員に周知する。

#### 12 別添

別添ー1 陸側遮水壁造成後の基礎地盤沈下検討

別添ー2 山側ライン上の埋設物に対する施工時の考慮

別添ー3 海側ライン上の埋設物に対する施工時の考慮

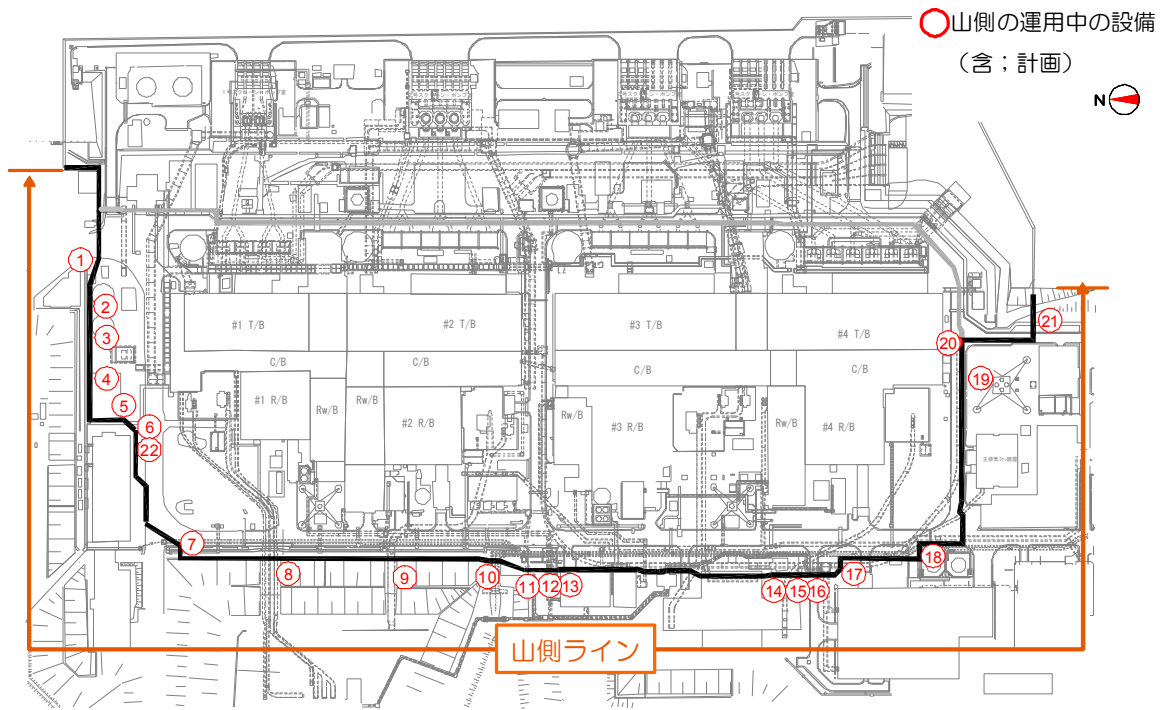


図 7 - 1 主な運用中の設備と陸側遮水壁の横断箇所（既認可）

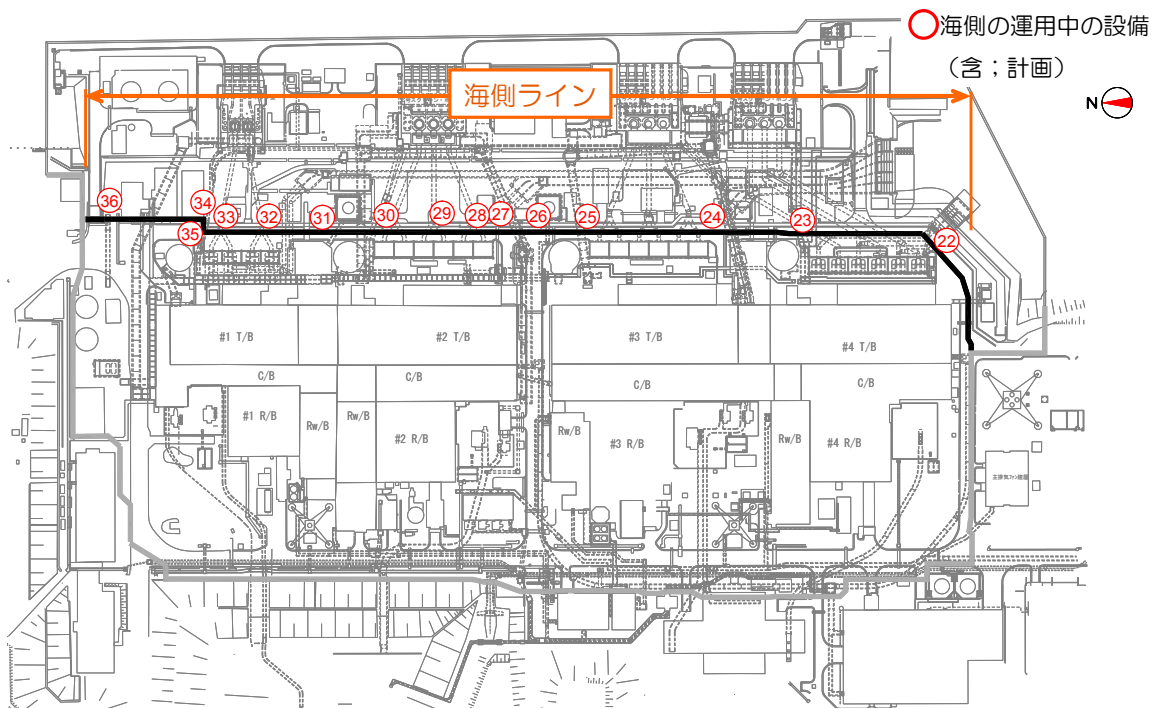


図 7 - 2 主な運用中の設備と陸側遮水壁の横断箇所（今回申請）

表 2-1 主な運用中の設備と陸側遮水壁の横断箇所（既認可）

位置番号 (図 7 平面図参照)	設備名称 注) ( ) 内の数字は表 4 と対応	交差位置での状況	防護パターン (図 9 参照)
①	(1) 原子炉圧力容器・炉注水ライン※	地上	A
①	(2) 原子炉格納容器内窒素封入ライン	地上	A
①	(3) 使用済燃料プール冷却ライン	地上	A
①	(5) 電源ケーブル	地上	A
①	(6) 通信用光ケーブル	地上	A
①	(7) サブドレン他水処理施設ライン	地上	A
②	(3) 使用済燃料プール冷却ライン	地上	A
③	(5) 電源ケーブル	地上	A
④	(1) 原子炉圧力容器・炉注水ライン	地上	A
④	(3) 使用済燃料プール冷却ライン	地上	A
⑤	(7) サブドレン他水処理施設ライン	地上	A
⑥	(6) 通信用光ケーブル	地下	B
⑦	(2) 原子炉格納容器内窒素封入ライン	地上	A
⑦	(3) 使用済燃料プール冷却ライン	地上	A
⑦	(7) サブドレン他水処理施設ライン	地上	A
⑧	(6) 通信用光ケーブル	地上	A
⑨	(6) 通信用光ケーブル	地上	A
⑩	(7) サブドレン他水処理施設ライン	地上	A
⑪	(7) サブドレン他水処理施設ライン	地上	A
⑫	(3) 使用済燃料プール冷却ライン	地上	A
⑬	(3) 使用済燃料プール冷却ライン	地上	A
⑭	(7) サブドレン他水処理施設ライン	地上	A
⑮	(3) 使用済燃料プール冷却ライン	地上	A
⑯	(5) 電源ケーブル	地上	A
⑰	(5) 電源ケーブル	地上	A
⑰	(3) 使用済燃料プール冷却ライン	地上	A
⑱	(3) 使用済燃料プール冷却ライン	地下 (K排水路内部)	A
⑲	(6) 通信用光ケーブル	地下	B
⑳	(4) 滞留水移送ライン	地上	C
㉑	(5) 電源ケーブル	地上	A
㉒	(6) 通信用光ケーブル	地上	A
㉓	(5) 電源ケーブル	地下 (仮設ケーブルトンネル内部)	A

※：格納容器ホウ酸水注入ラインは，原子炉圧力容器・炉注水ラインと兼用

合計 32 設備

表 2-2 主な運用中の設備と陸側遮水壁の横断箇所（今回申請）

位置番号 (図7-2平面図参照)	設備名称 注) ( ) 内の数字は表4-2と対応		交差位置での状況	防護パターン (図9参照)
㉒	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉓	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉔	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉕	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉖	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉗	(4)	滞溜水移送ライン	地上	D
㉘	(6)	通信用光ケーブル	地上	A
㉙	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉚	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉛	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉜	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉝	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉞	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉟	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㊱	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㊲	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㊳	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㊴	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㊵	(7)	サブドレン他水処理施設ライン	地上	A
㊶	(2)	原子炉格納容器内窒素封入ライン	地上	A
㊷	(5)	電源ケーブル	地上	A
㊸	(6)	通信用光ケーブル	地上	A
㊹	(7)	サブドレン他水処理施設ライン	地上	A

合計 19 設備

本対策については、今後の現場調査により変更の可能性があるとともに、新規設置設備が発生した際も、現場環境により同様の対策を実施する。



図 8 運用中の設備の損傷防止策（注意喚起の表示（例））

表 3-1 運用中の設備の防護パターン（既認可）

防護パターン	施工内容
A	地上部で陸側遮水壁ラインを横断・近接する運用中設備について、必要に応じて移動・結束などを行い整理し、単管・足場板等を用いて、作業区域との区画分けを行い防護する。
B	地下部で陸側遮水壁ラインを横断・近接する運用中設備について、試掘(G.L.-2m)により埋設位置を確認し、埋設後は地上部に注意喚起表示を行う。
C	陸側遮水壁ラインを横断・近接する滞留水移送ラインについては、地上で確認できるコンクリート製の堅固な防護が施されており、仮にコンクリート構造物に接触しても滞留水移送ラインを傷つけることはない。

表 3-2 運用中の設備の防護パターン（今回申請）

防護パターン	施工内容
D	陸側遮水壁ラインを横断・近接する滞留水移送ラインについては、地上で確認できる鋼製の堅固な防護が施されており、仮に鋼製構造物に接触しても滞留水移送ラインを傷つけることはない。



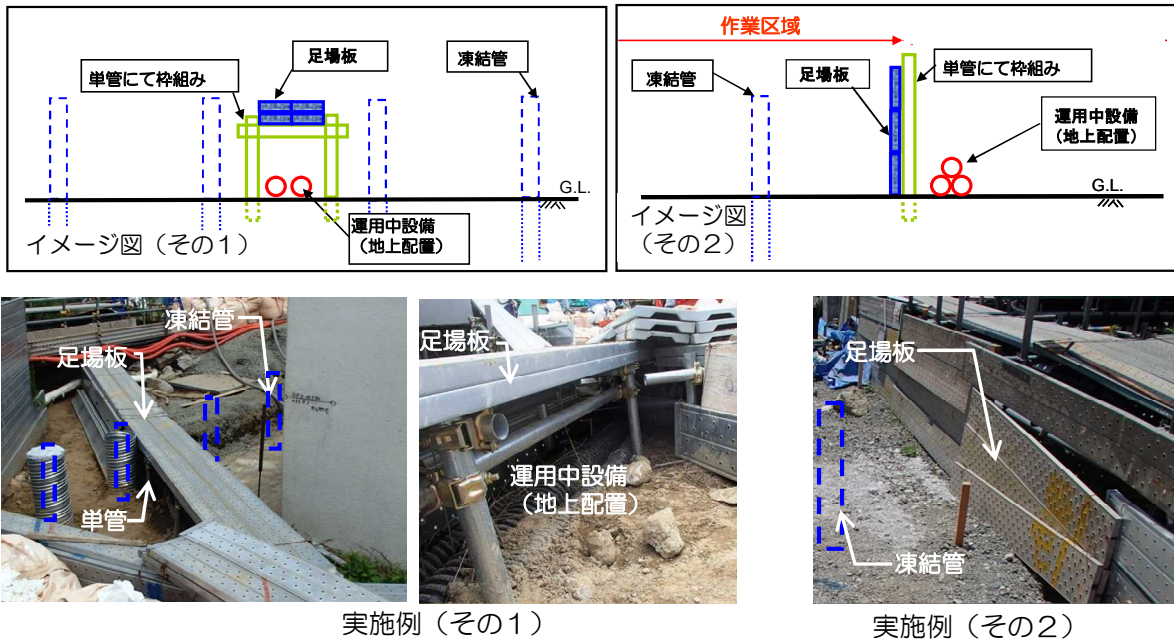


図 9-1 運用中の設備の防護パターンA (既認可)

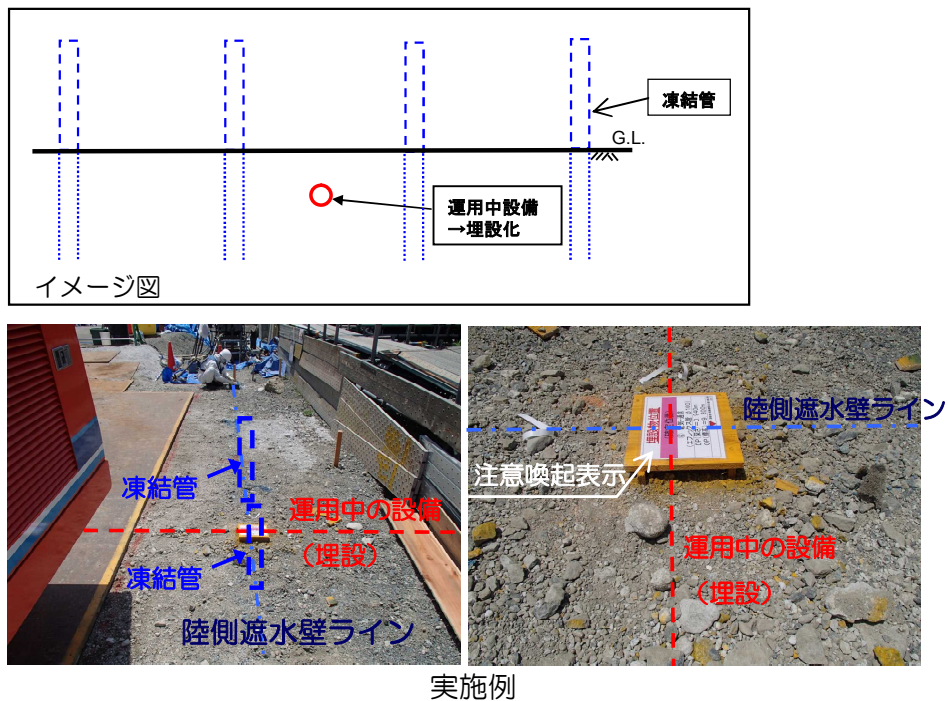
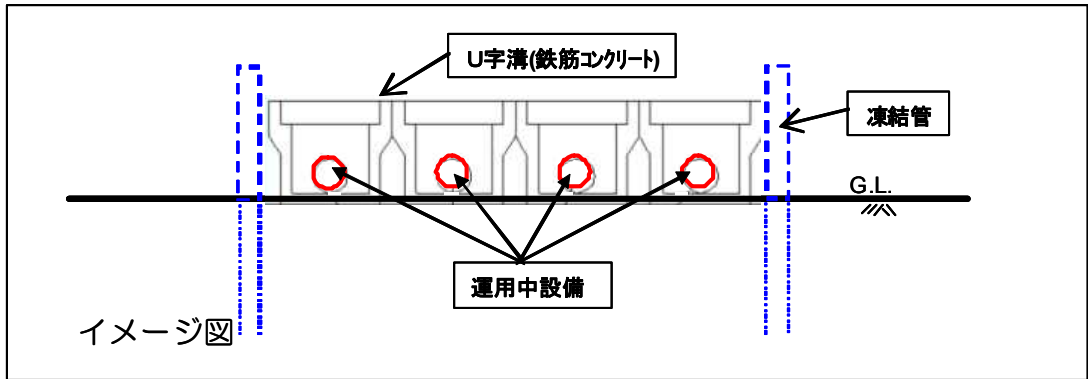


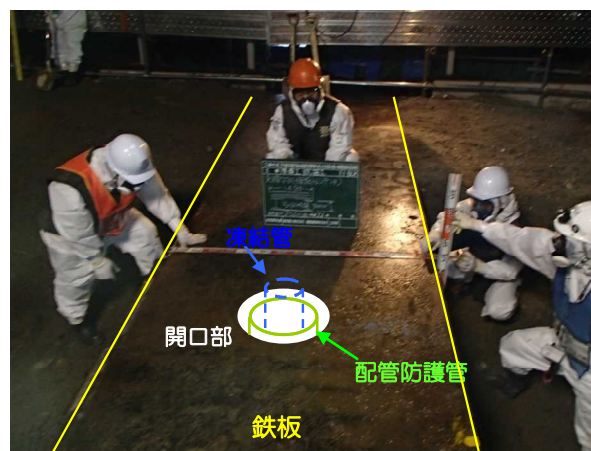
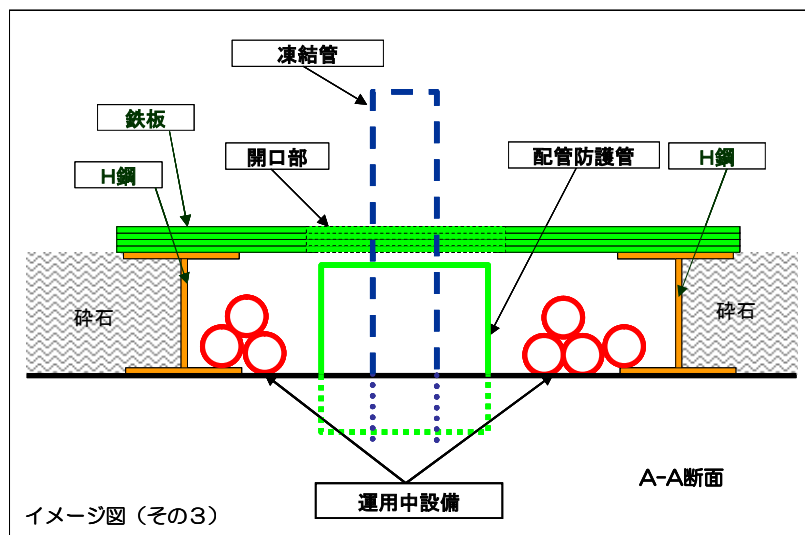
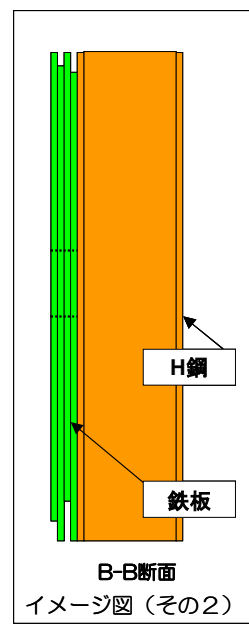
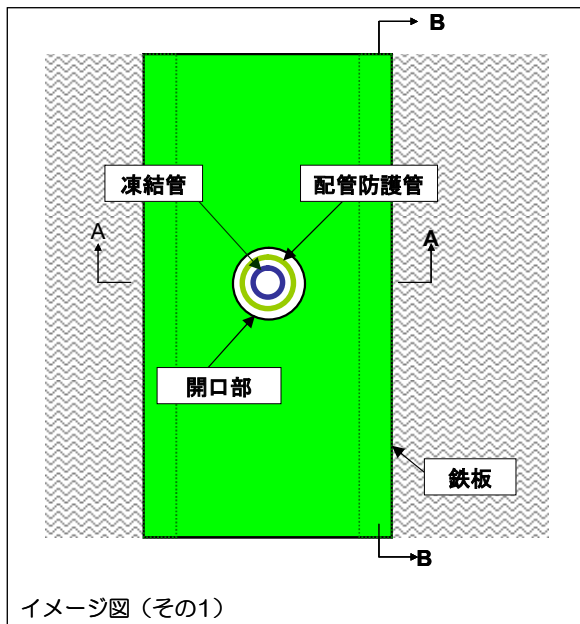
図 9-2 運用中の設備の防護パターンB (既認可)





実施例

図 9 - 3 運用中の設備の防護パターンC (既認可)



実施例

図9-4 運用中の設備の防護パターンD (今回申請)

表 4-1 運用中の設備が損傷した場合の対応（既認可）

	設備名称	損傷した場合の対応
(1)	原子炉圧力容器・炉注水ライン (格納容器ホウ酸水注入ライン)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「Ⅱ 2 特定原子炉施設の構造及び設備，工事の計画」に準じて適切に対応する。</li> </ul>
(2)	原子炉格納容器内窒素封入ライン	
(3)	使用済燃料プール冷却ライン	
(4)	滞留水移送ライン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「Ⅱ 2 特定原子炉施設の構造及び設備，工事の計画」に準じて適切に対応する。</li> <li>・陸側遮水壁ラインを横断・近接する滞留水移送ラインについては，地上で確認できるコンクリート製の堅固な防護が施されており，仮にコンクリート構造物に接触しても滞留水移送ラインを傷つけることはない。</li> </ul>
(5)	電源ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・速やかに損傷の影響を判断して，代替手段を検討・実行するとともに，損傷箇所を復旧する。</li> </ul>
(6)	通信用光ケーブル	
(7)	サブドレン他水処理施設ライン	

表 4-2 運用中の設備が損傷した場合の対応（今回申請）

	設備名称	損傷した場合の対応
(2)	原子炉格納容器内窒素封入ライン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「Ⅱ 2 特定原子炉施設の構造及び設備，工事の計画」に準じて適切に対応する。</li> </ul>
(4)	滞留水移送ライン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「Ⅱ 2 特定原子炉施設の構造及び設備，工事の計画」に準じて適切に対応する。</li> <li>・陸側遮水壁ラインを横断・近接する滞留水移送ラインについては，地上で確認できる鋼製の堅固な防護が施されており，仮に鋼製構造物に接触しても滞留水移送ラインを傷つけることはない。</li> </ul>
(5)	電源ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・速やかに損傷の影響を判断して，代替手段を検討・実行するとともに，損傷箇所を復旧する。</li> </ul>
(6)	通信用光ケーブル	
(7)	サブドレン他水処理施設ライン	
(8)	雨水排水ライン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・陸側遮水壁ラインを横断・近接する雨水排水ラインについては，コンクリート製の堅固な防護が施されており，仮にコンクリート構造物に接触しても雨水排水ラインを傷つけることはない。</li> </ul>

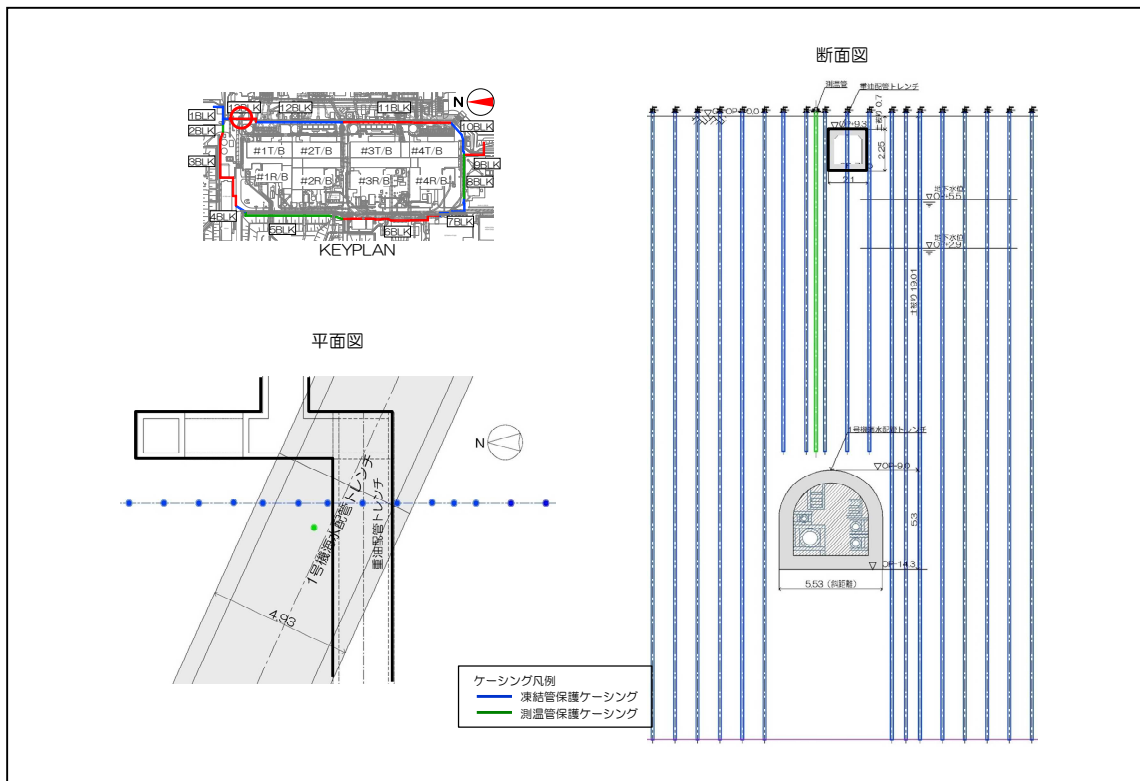


図10-1 1号機海水配管トレンチ部 施工平面図・断面図

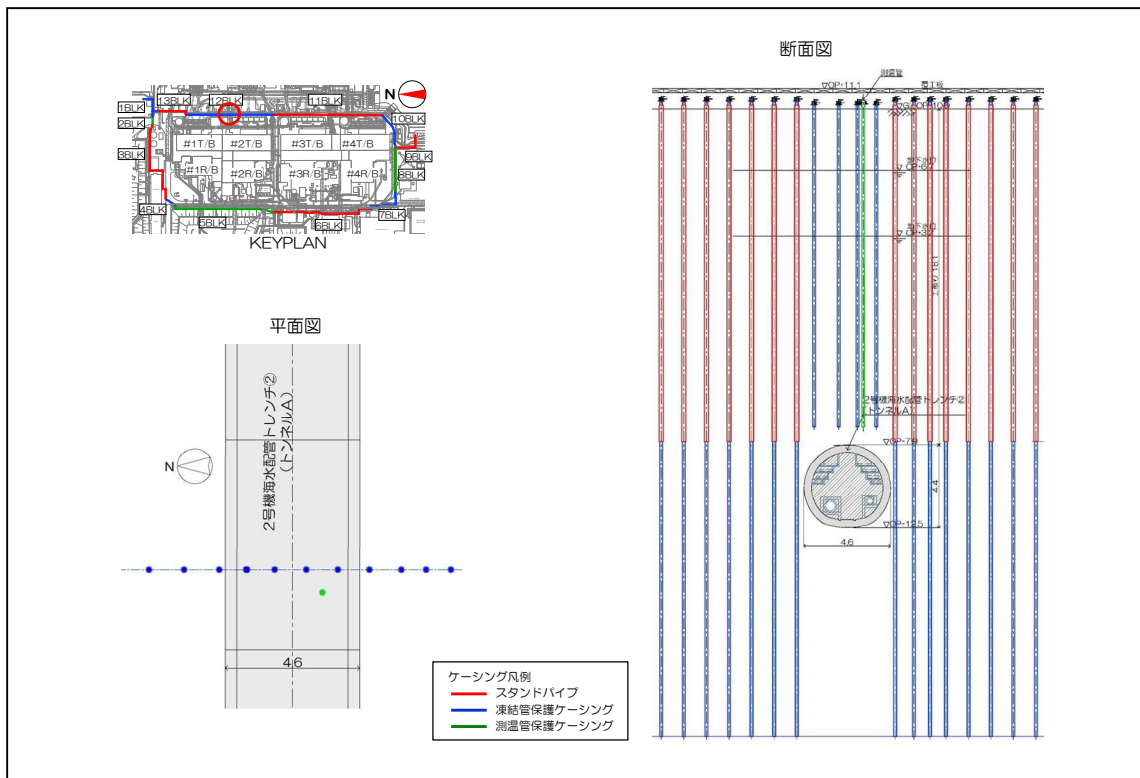


図10-2 2号機海水配管トレンチトンネルA部 施工平面図・断面図

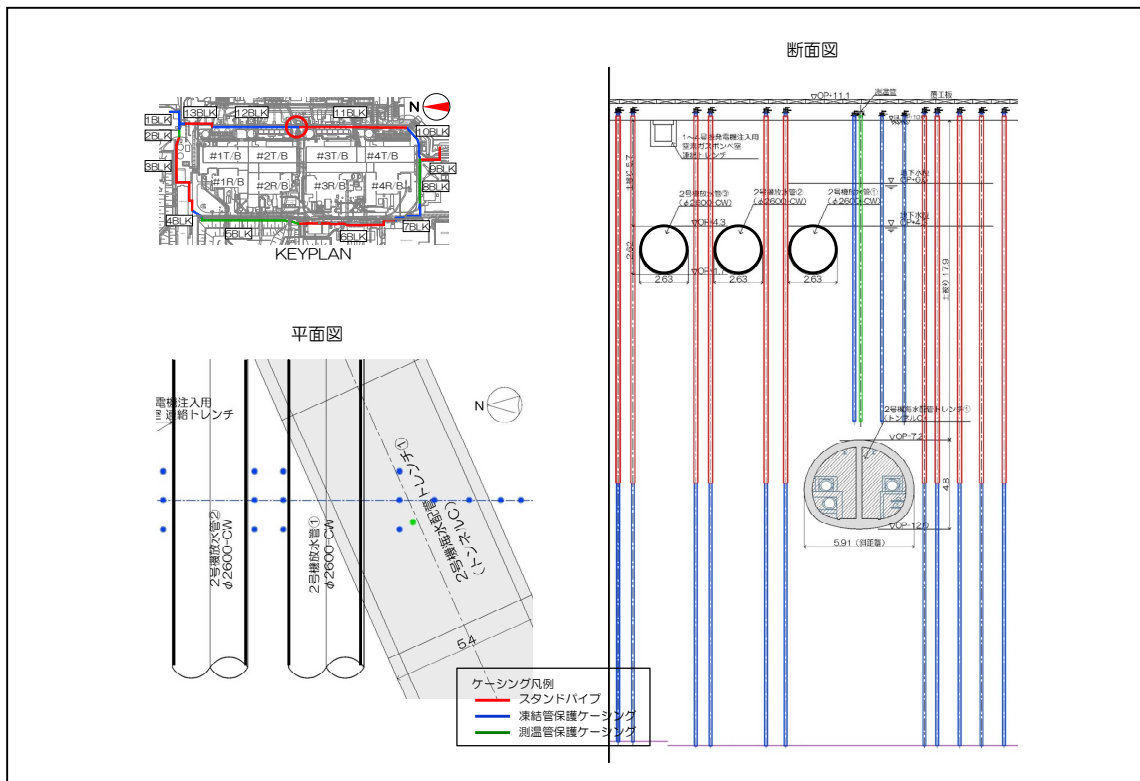


図10-3 2号機海水配管トレンチトンネルC部 施工平面図・断面図

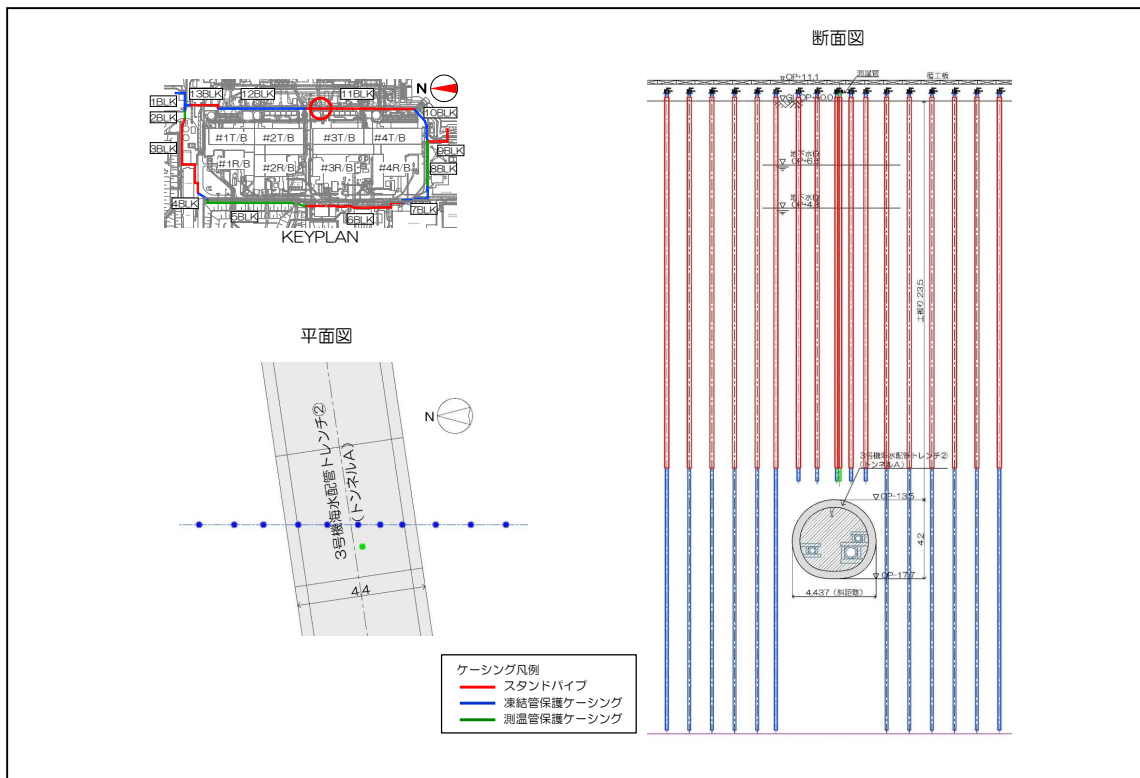


図10-4 3号機海水配管トレンチトンネルA部 施工平面図・断面図

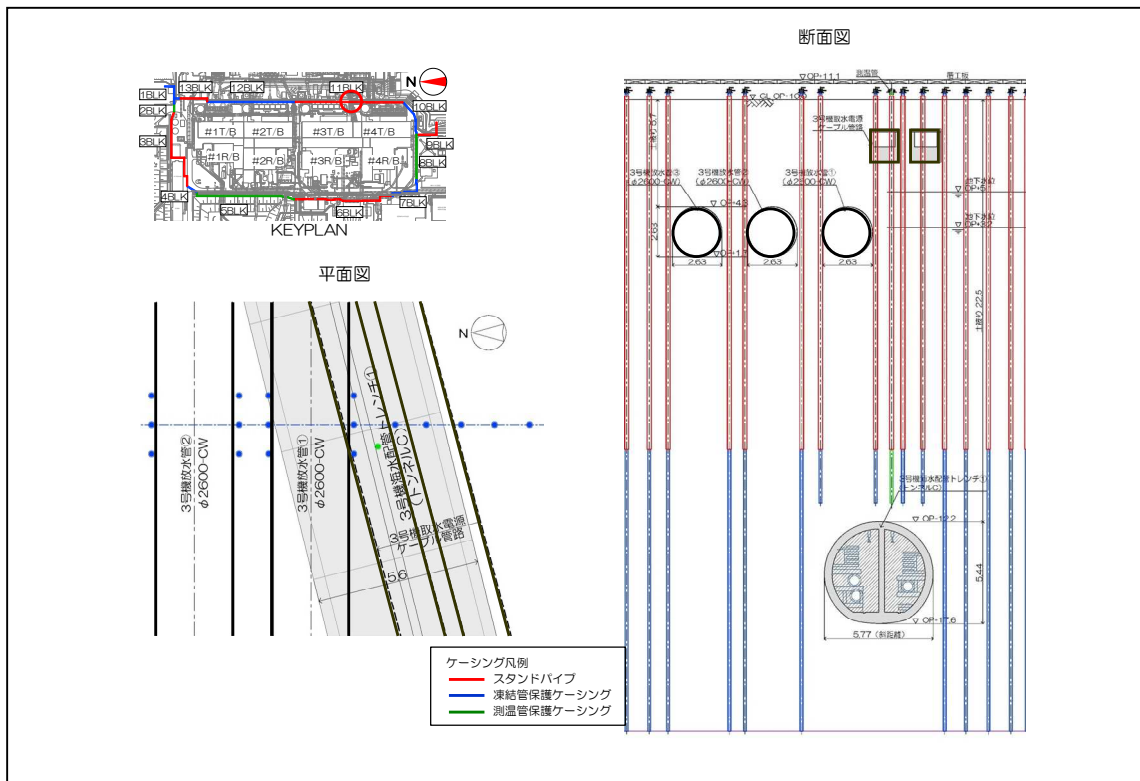


図10-5 3号機海水配管トレンチトンネルC部 施工平面図・断面図

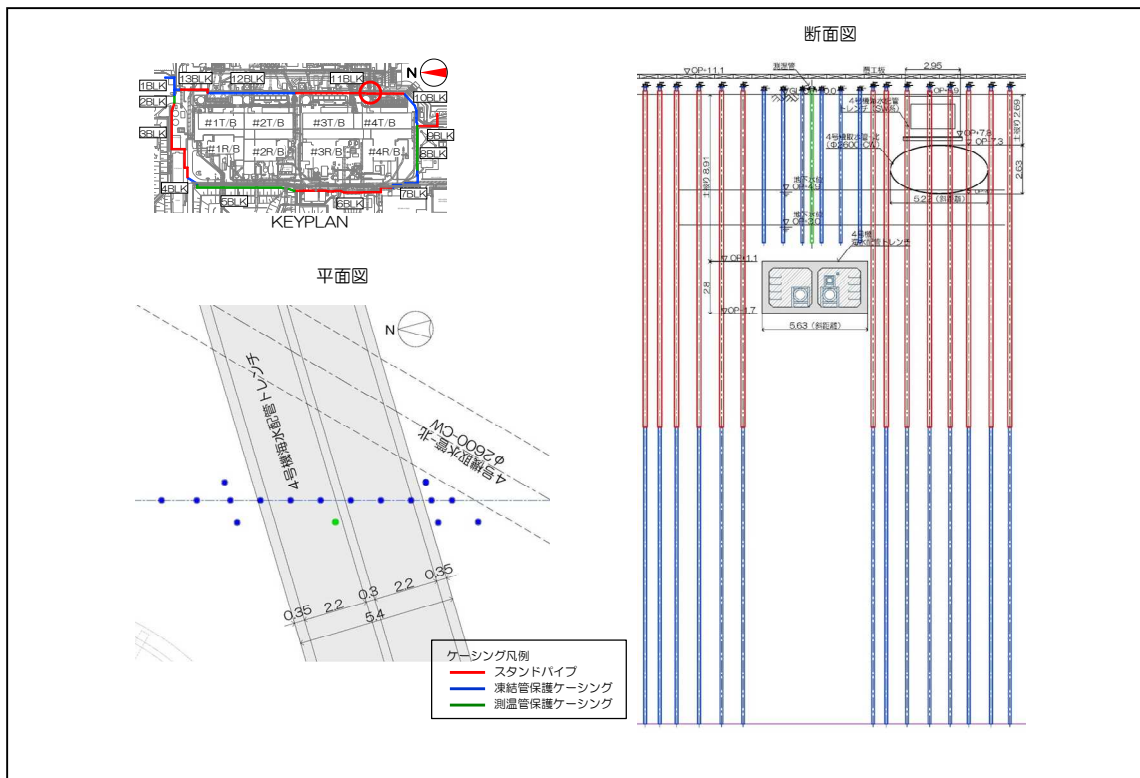


図10-6 4号機海水配管トレンチ部 施工平面図・断面図

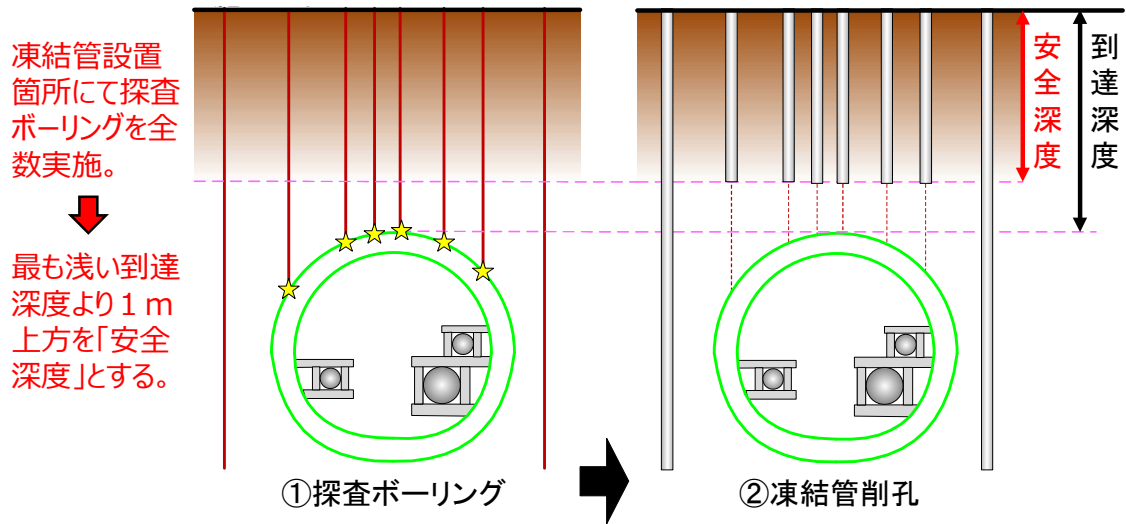


図10-7 海水配管トレンチ上部 削孔深度の決定方法

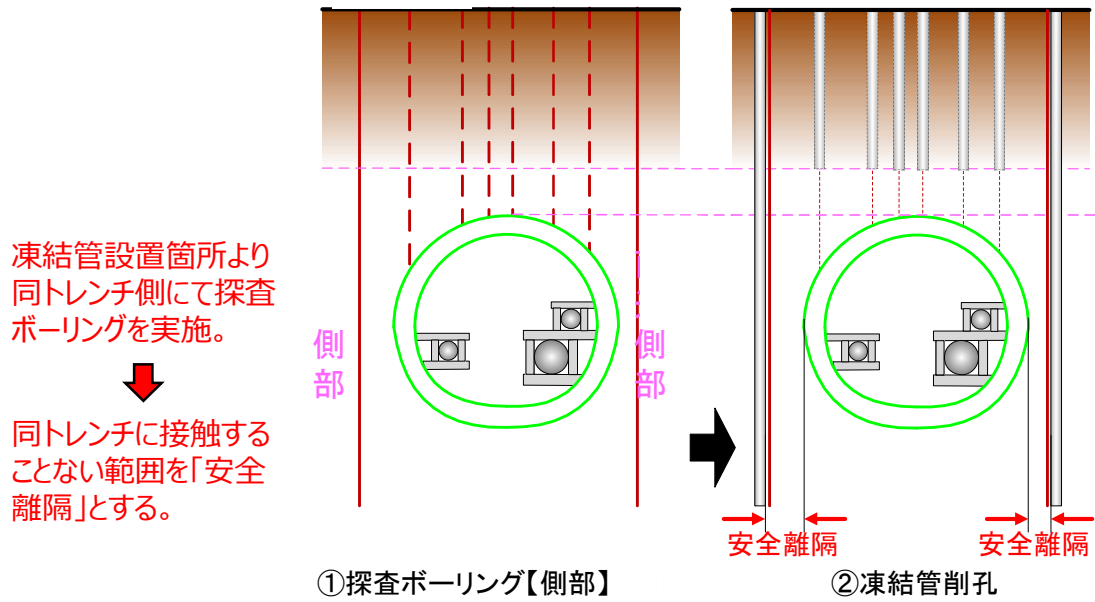


図10-8 海水配管トレンチ側部 削孔位置の決定方法

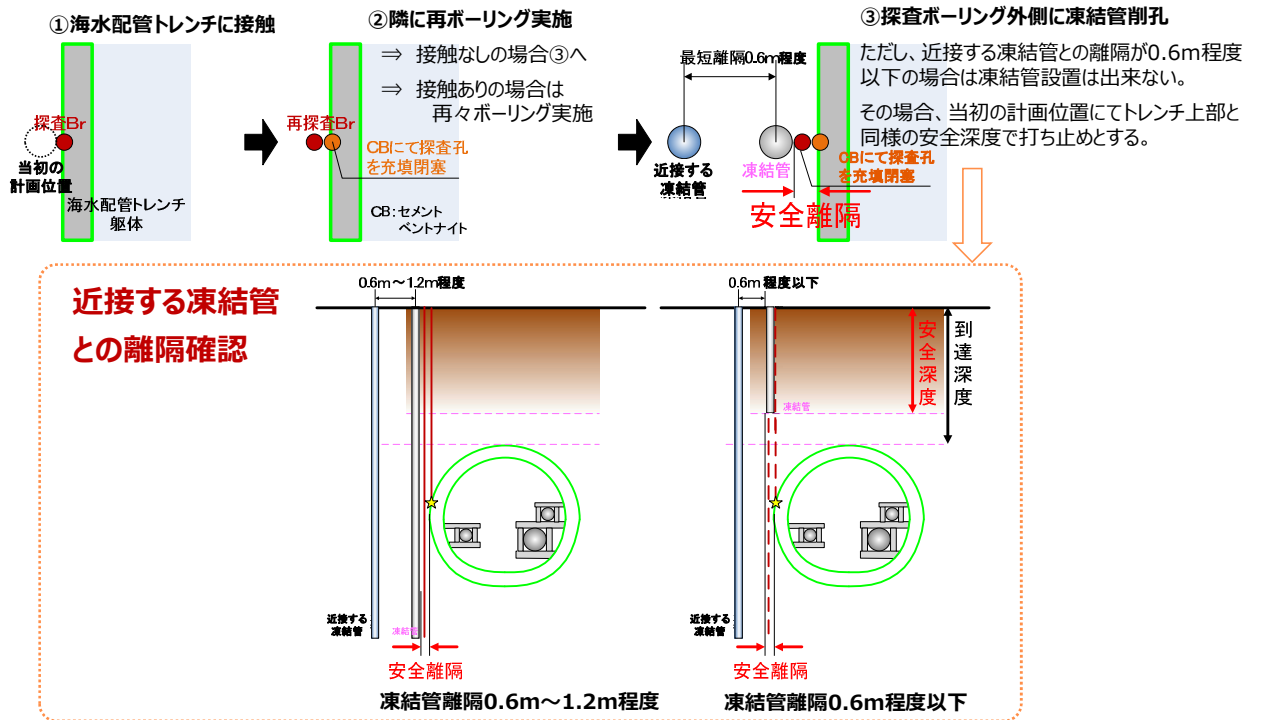
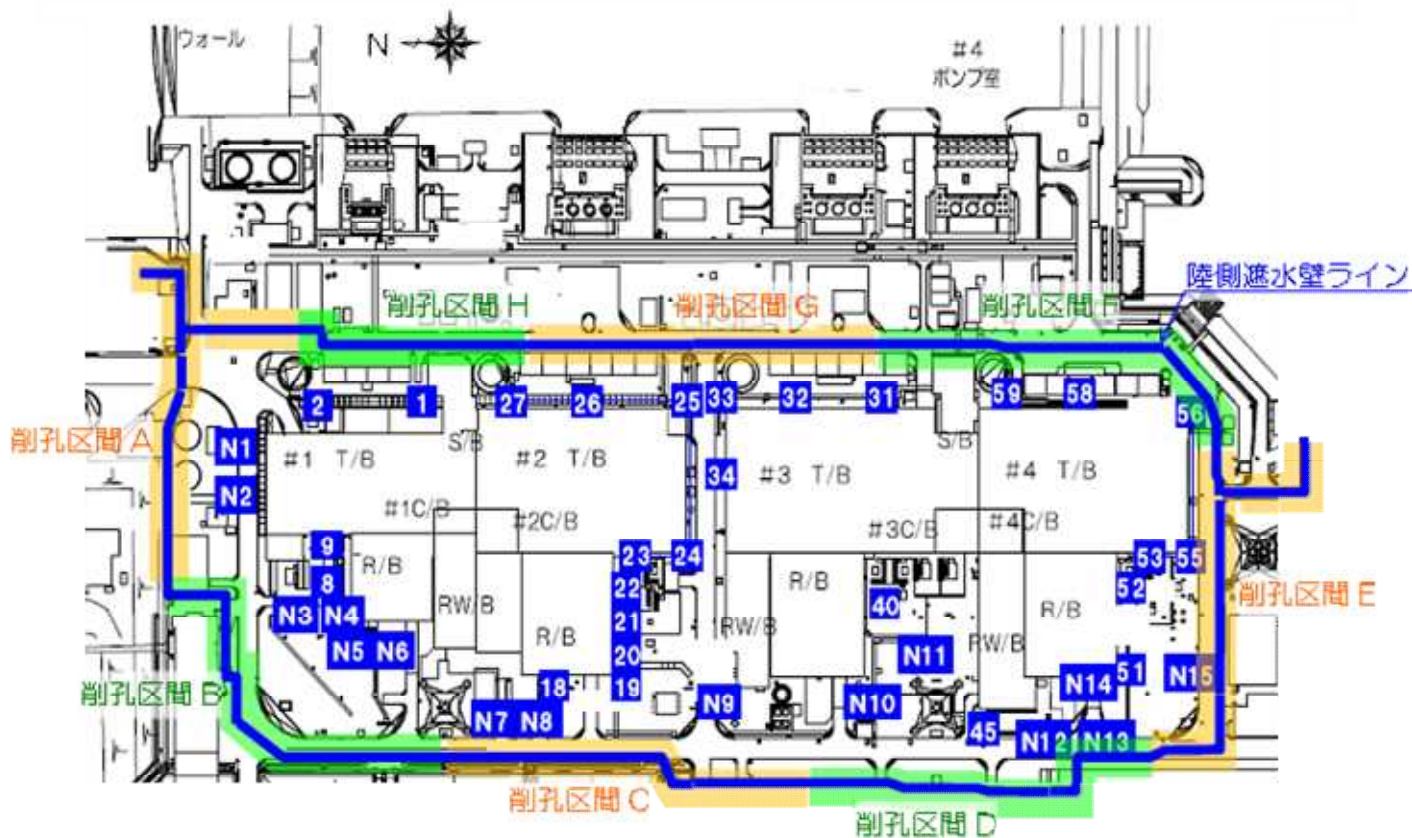


図 10-9 探査ボーリングにて海水配管トレンチに接触する場合の対応





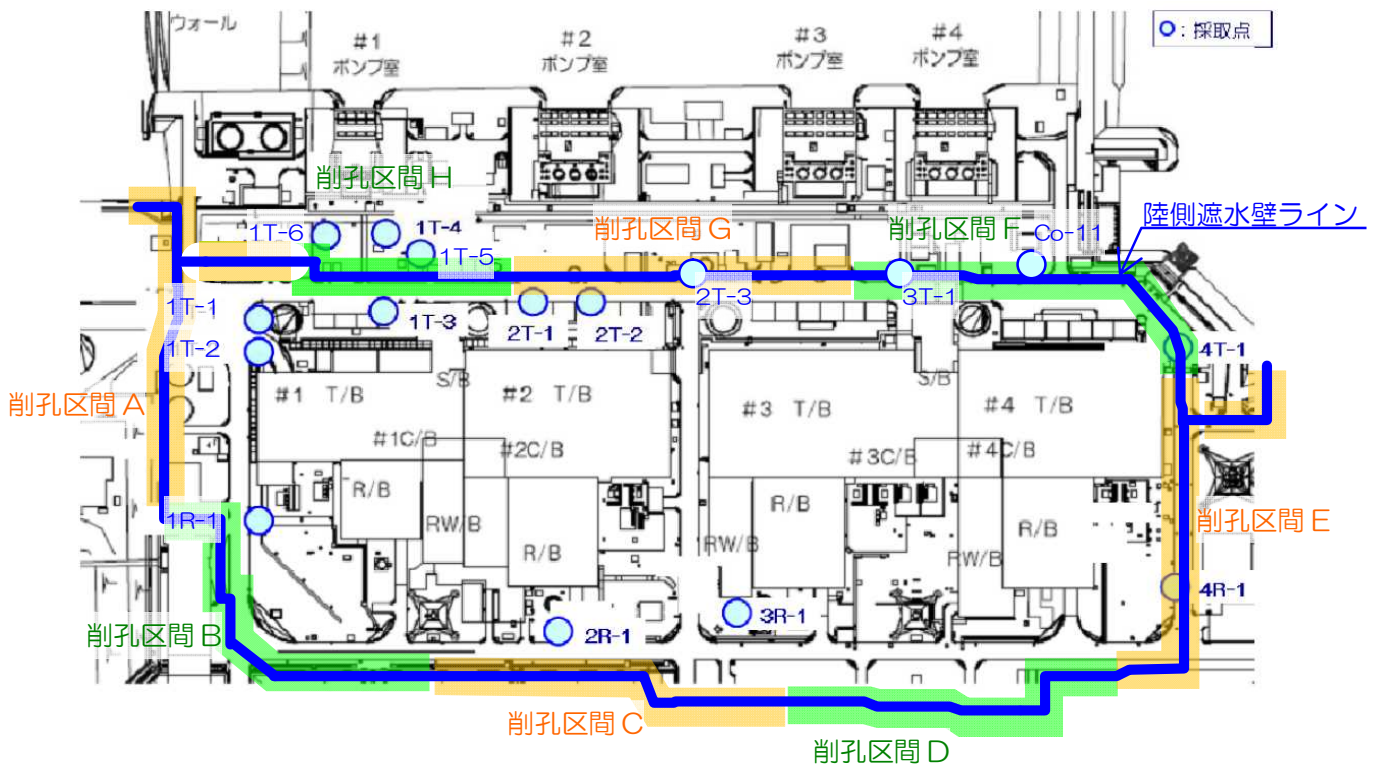
建屋	ビット	セシウム 134	セシウム 137	全β	トリチウム	採取日
1号機	1	21	76	81	45,000	H26 10/22
	2	ND(8.4)	6.9	ND(17)	640	H26 10/22
	8	59	240	320	2,100	H26 10/22
	9	42	160	240	1,400	H26 10/22
2号機	18	3,800	14,000	17,000	1,100	H27 1/8
	19	1,600	6,200	7,300	1,800	H27 1/8
	20	ND(13)	20	60	1,500	H27 1/8
	21	15	60	100	1,500	H26 10/22
	22	44	140	220	650	H26 10/22
	23	ND(8.4)	23	67	790	H26 10/22
	24	100	280	350	530	H26 10/22
	25	38	140	250	480	H26 10/22
3号機	26	37	150	270	ND(120)	H26 10/22
	27	50	140	220	ND(120)	H26 10/22
	31	200	590	1,000	300	H26 10/22
	32	ND(9.4)	5.9	ND(17)	ND(120)	H26 10/22
	33	13	43	65	390	H26 10/22
4号機	34	63	180	290	690	H26 10/22
	40	3,500	11,000	16,000	500	H26 10/22
	45	ND(12)	ND(19)	ND(16)	ND(110)	H26 10/17
	51	ND(12)	ND(20)	21	760	H26 10/17
	52	ND(9.4)	ND(6.8)	ND(17)	210	H26 10/22

建屋	ビット	セシウム 134	セシウム 137	全β	トリチウム	採取日
4号機	53	ND(8.1)	ND(6.2)	ND(17)	ND(120)	H26 10/22
	55	ND(7.2)	ND(6.2)	ND(17)	170	H26 10/22
	56	ND(9.4)	ND(5.9)	ND(17)	290	H26 10/22
	58	ND(8.5)	37	30	140	H26 10/22
	59	ND(8.4)	12	ND(17)	130	H26 10/22
1号機	N1	ND(6.5)	ND(6.2)	ND(17)	ND(110)	H26 10/22
	N2	ND(6.7)	ND(5.9)	ND(17)	110	H26 10/22
	N3	ND(8.5)	ND(7.2)	ND(17)	260	H26 10/22
	N4	ND(7.6)	9.0	69	210	H26 10/22
	N5	ND(7.2)	ND(6.2)	ND(17)	240	H26 10/22
	N6	ND(7.3)	ND(6.8)	ND(17)	ND(110)	H26 10/22
2号機	N7	ND(5.5)	ND(6.2)	ND(17)	150	H26 10/22
	N8	ND(11)	ND(17)	ND(16)	ND(100)	H27 1/8
3号機	N9	ND(9.4)	ND(7.1)	ND(16)	490	H26 10/22
	N10	ND(11)	ND(17)	20	ND(110)	H26 10/17
4号機	N11	ND(11)	ND(16)	16	120	H26 10/17
	N12	ND(12)	ND(19)	ND(16)	150	H26 10/17
	N13	ND(11)	ND(17)	ND(16)	410	H26 10/17
	N14	ND(13)	ND(19)	ND(16)	12,000	H26 10/17
	N15	ND(7.6)	ND(8.0)	ND(17)	ND(110)	H26 10/22

単位：ベクレル/リットル

注) 「ND」は検出限界値未満を表し、( )内に検出限界値を示す。

図 1 1 - 1 1 ~ 4 号機サブドレンピットの放射性物質濃度



単位: Bq/L

	観測井															
	建屋海側												建屋山側			
	1号機						2号機			3号機	4号機			1号機	2号機	3号機
	1T-1	1T-2	1T-3	1T-4	1T-5	1T-6	2T-1	2T-2	2T-3	3T-1	4T-1	Co-11	1R-1	2R-1	3R-1	4R-1
採取日	平成23年9月5日	平成23年9月19日	平成23年9月5日	平成23年10月11日	平成23年10月11日	平成23年12月2日	平成23年9月11日	平成23年9月11日	平成23年7月1日	平成23年7月1日	平成23年9月9日	平成23年10月21日	平成23年9月5日	平成23年9月3日	平成23年9月23日	平成23年9月18日
Cs-134 (約2年)	ND(0.37)	ND(0.38)	ND(0.54)	ND(0.67)	ND(0.73)	ND(0.82)	ND(0.36)	ND(0.47)	ND(0.35)	1.5	ND(0.38)	ND(0.29)	0.64	ND(0.55)	ND(0.43)	ND(0.46)
Cs-137 (約30年)	ND(0.47)	ND(0.45)	ND(0.52)	ND(0.74)	0.98	ND(0.84)	0.66	ND(0.60)	ND(0.43)	3.3	ND(0.44)	0.41	1.3	0.97	ND(0.58)	ND(0.59)
全β	ND(21)	ND(18)	ND(21)	8,500	5,000	13,000	ND(24)	830	550	42	ND(17)	ND(15)	ND(21)	36	ND(17)	ND(18)
H-3 (約12年)	200	200	80,000	12,000	2,500	3,300	20,000	770	740	1,700	1,800	ND(112)	150	31	1,100	ND(7)
Sr-90 (約29年)	0.90	1.3	1.1	—	—	8,700	0.36	740	—	—	ND(0.28)	—	0.46	2.4	ND(0.26)	ND(0.28)

注1) NDは検出限界値未満を表し、( )内に検出限界値を示す。  
 注2) 測定対象外の項目は「—」と記す。

図 1 1 - 2 1 ~ 4号機建屋周辺観測井の放射性物質濃度

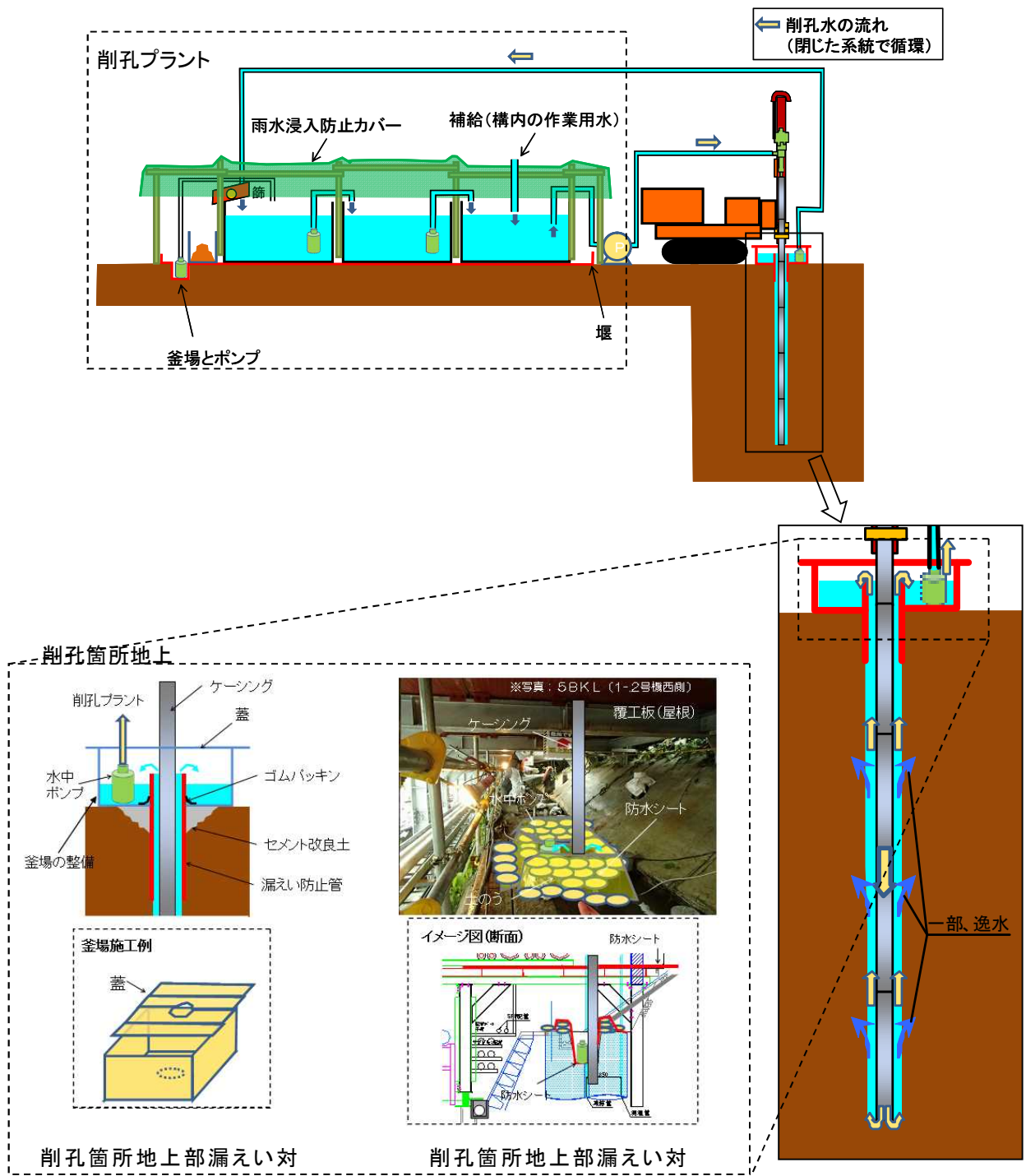


図 1 2 - 1 削孔水の漏えい対策イメージ (既認可)

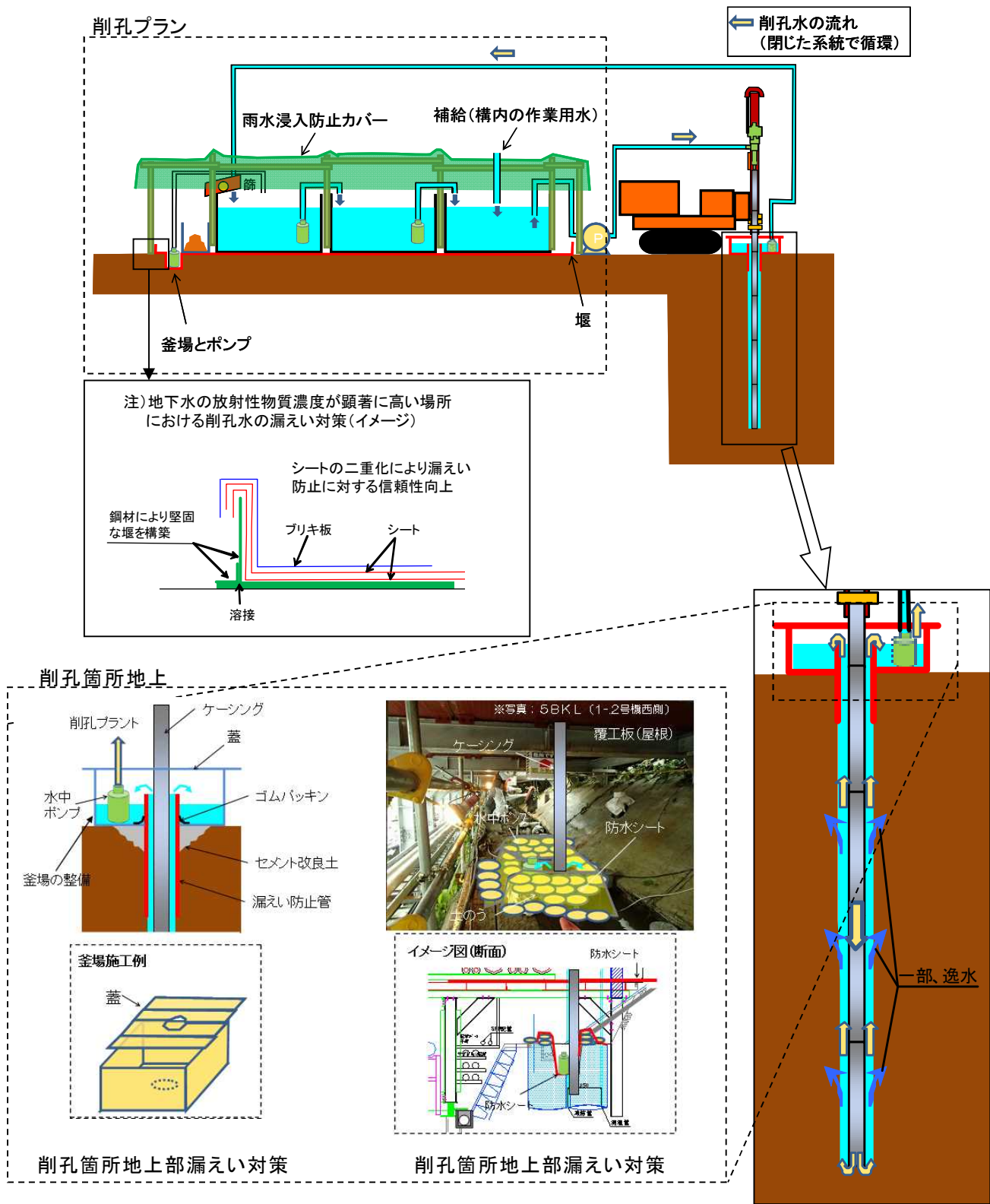


図12-2 削孔水の漏えい対策イメージ (今回申請)

表5 各削孔区間の放射性物質濃度レベル

単位：Bq/L（桁数オーダー表示）

削孔区間	対象サブドレンピット※ 対象観測井※	Cs-134	Cs-137	全β	H-3
A	N1, N2 1T-1	ND	ND	ND	ND～10 <sup>2</sup>
B	N3, N4, N5, N6 1R-1	ND	ND～10 <sup>0</sup>	ND～10 <sup>1</sup>	ND～10 <sup>2</sup>
C	N7, N8, N9 2R-1, 3R-1	ND	ND	ND～10 <sup>1</sup>	ND～10 <sup>3</sup>
D	45, N10, N11, N12, N13	ND	ND	ND～10 <sup>1</sup>	ND～10 <sup>2</sup>
E	55, N15 4R-1	ND	ND	ND～10 <sup>1</sup>	ND～10 <sup>2</sup>
F	31, 56, 58, 59 3T-1, 4T-1, Co-11	ND～10 <sup>2</sup>	ND～10 <sup>2</sup>	ND～10 <sup>3</sup>	ND～10 <sup>3</sup>
G	25, 26, 32, 33 2T-1, 2T-2, 2T-3	ND～10 <sup>1</sup>	ND～10 <sup>2</sup>	ND～10 <sup>2</sup>	ND～10 <sup>4</sup>
H	2, 27 1T-3, 1T-4, 1T-5, 1T-6	ND～10 <sup>1</sup>	ND～10 <sup>2</sup>	ND～10 <sup>4</sup>	ND～10 <sup>4</sup>

※ 陸側遮水壁ラインに近いサブドレンピット・観測井として選択

注1) 各削孔区間の放射性物質濃度の最大値に着目し、相対的に低いレベルから網掛なし・緑・黄・橙・赤で表示

注2) 海側の削孔区間については、陸側遮水壁ライン近傍のデータを充実することを目的とした事前の地下水質調査（Co-11）を実施し、同結果により放射性物質濃度レベルを確認した。



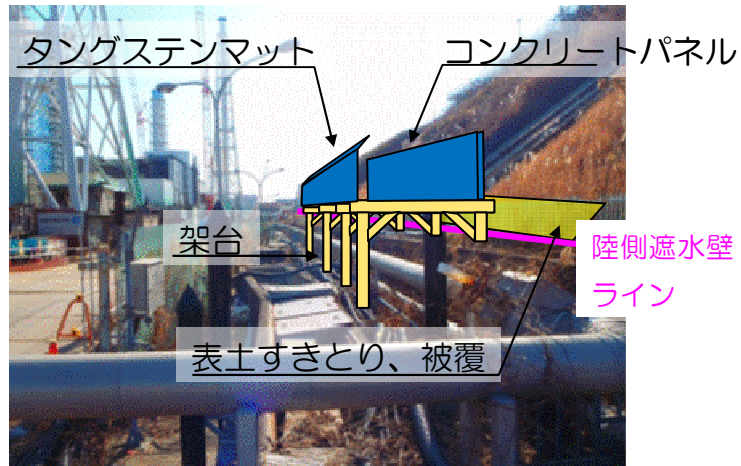


図 1 3 - 1 被ばく線量低減対策実施例 1 (既認可)

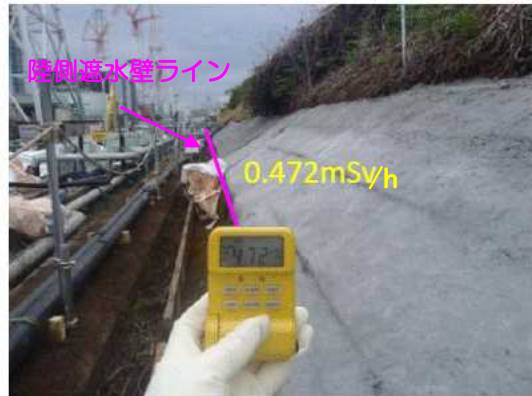


1・2号原子炉建屋西側斜面において、飛散ガレキの除去を実施した。

図 1 3 - 2 被ばく線量低減対策実施例 2 (既認可)



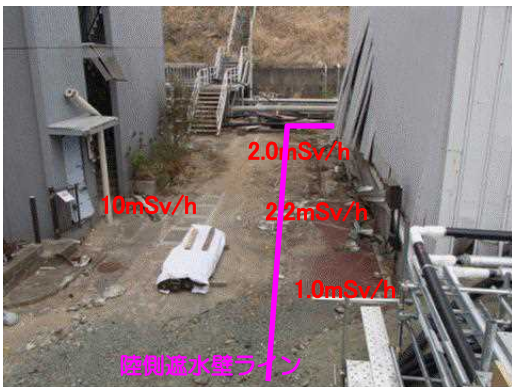
対策前



対策後

1号機原子炉建屋山側で、被ばく線量低減対策（側溝清掃，表土すきとり，被覆）を実施し，簡易放射線測定器\*で測定した結果，空間線量率は半分以下に低減した。  
 ※「特定原子力施設に係わる実施計画 Ⅲ特定原子炉施設の保安 第61条」に記載された放射線測定器以外の放射線測定器を使用

図13-3 被ばく線量低減対策実施例3（既認可）



対策前



対策後

1号機原子炉建屋北側 旧事務本館前で、被ばく線量低減対策（表土除去，砂利敷き，擁壁設置）を実施し，簡易放射線測定器\*で測定した結果，空間線量率は大幅に低減した。  
 ※「特定原子力施設に係わる実施計画 Ⅲ特定原子炉施設の保安 第61条」に記載された放射線測定器以外の放射線測定器を使用

図13-4 被ばく線量低減対策実施例4（既認可）



作業待ち時間中の被ばく低減のため、一時退避できる遮へいボックスを設置。

図 1 3 - 5 被ばく線量低減対策実施例 5 (既認可)



対策前



対策後

2号機原子炉建屋山側で、被ばく線量低減対策（鉛板設置）を実施し、簡易放射線測定器\*で測定した結果、空間線量率は半分以下に低減した。

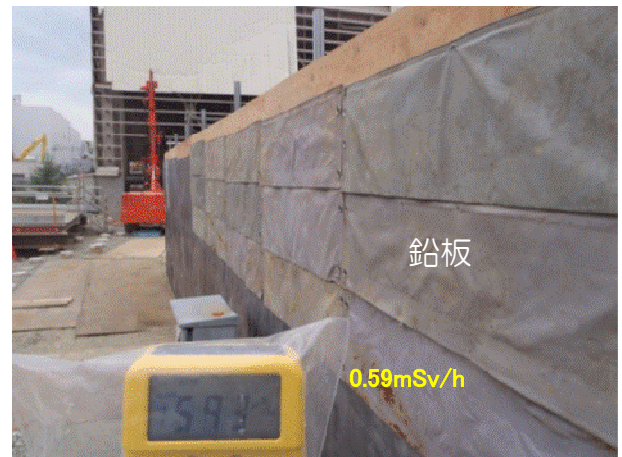
※「特定原子力施設に係わる実施計画 Ⅲ特定原子炉施設の保安 第61条」に記載された放射線測定器以外の放射線測定器を使用

図 1 3 - 6 被ばく線量低減対策実施例 6 (既認可)





対策前



対策後

3号機原子炉建屋山側で、被ばく線量低減対策（鉛板設置）を実施し、簡易放射線測定器\*で測定した結果、空間線量率は半分程度に低減した。

※「特定原子力施設に係わる実施計画 Ⅲ特定原子炉施設の保安 第61条」に記載された放射線測定器以外の放射線測定器を使用

図13-7 被ばく線量低減対策実施例7（今回申請）



対策前

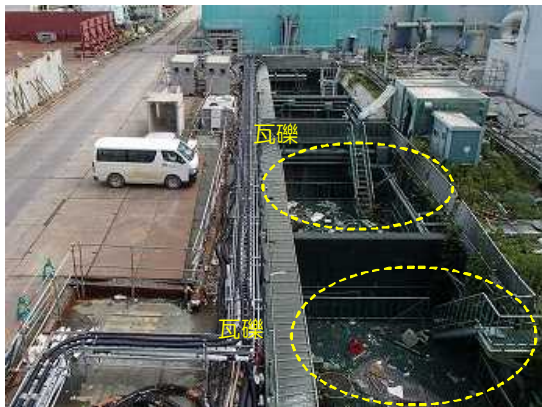


対策後

3号機原子炉建屋山側で、被ばく線量低減対策（擁壁設置）を実施し、簡易放射線測定器\*で測定した結果、空間線量率は大幅に低減した。

※「特定原子力施設に係わる実施計画 Ⅲ特定原子炉施設の保安 第61条」に記載された放射線測定器以外の放射線測定器を使用

図13-8 被ばく線量低減対策実施例8（今回申請）



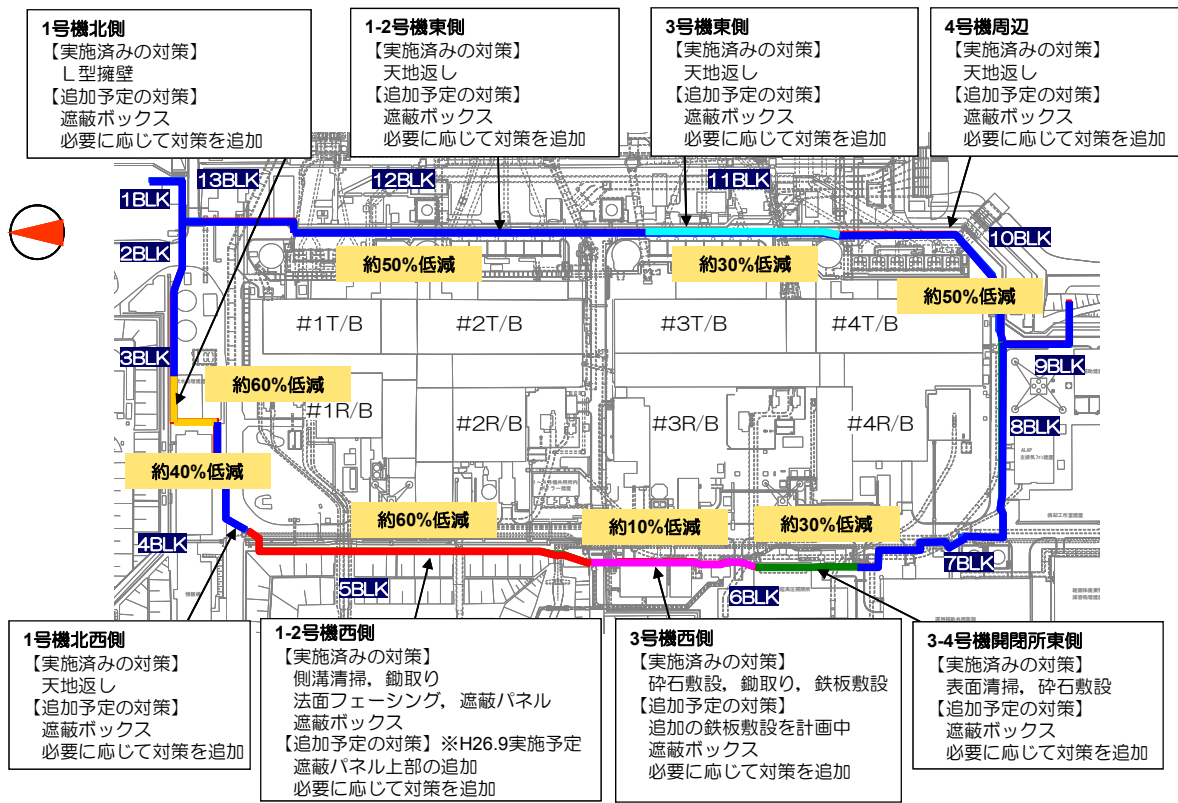
対策前



対策後

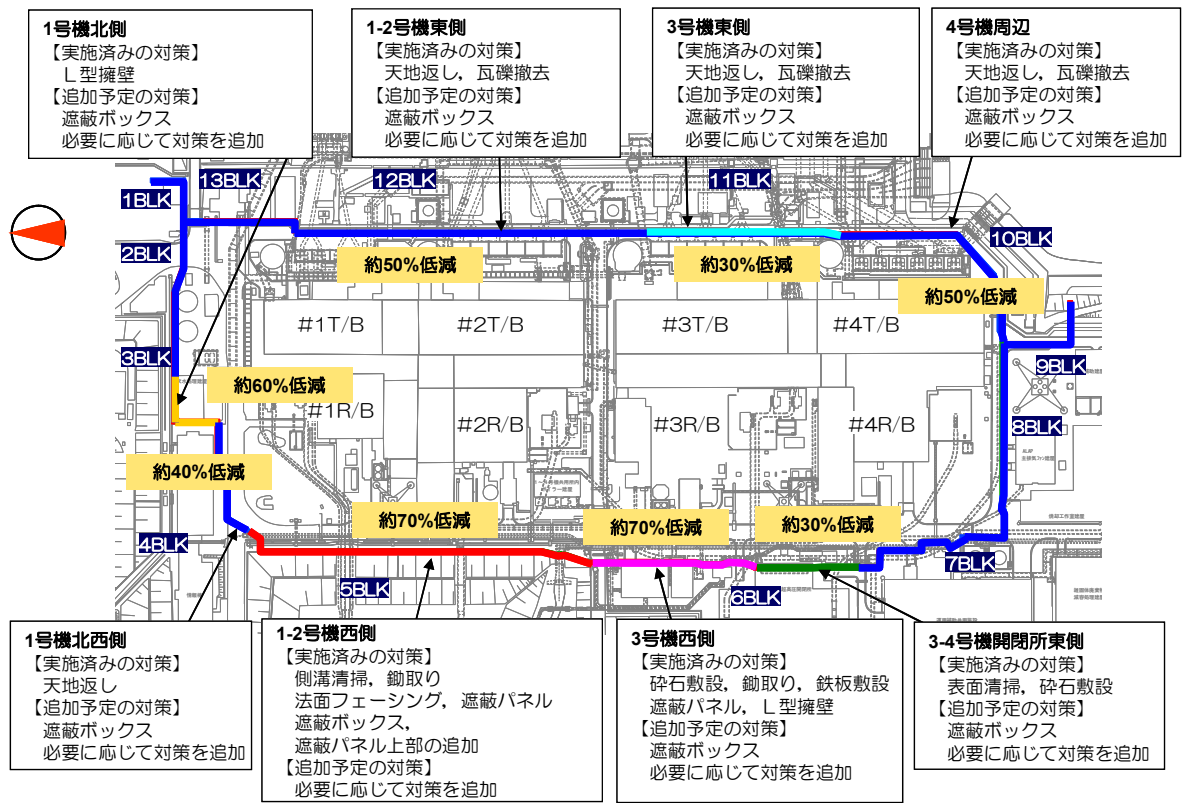
タービン建屋海側で、被ばく線量低減対策（瓦礫撤去）を実施した。  
（写真は1号機タービン建屋海側）

図13-9 被ばく線量低減対策実施例9（今回申請）



注1) ■内は、作業エリア付近における代表測点の空間線量率の平均値を用いて、対策前に対する対策後の空間線量率の低減量を示している。  
 注2) 3号機西側の低減量は、対策工の施工途中における測定結果を用いているため、再度、測定を予定している。

図 1 3 - 1 0 被ばく線量低減対策の実施状況 (既認可)



注) ■内は、作業エリア付近における代表測点の空間線量率の平均値を用いて、対策前に対する対策後の空間線量率の低減量を示している。

図 1 3 - 1 1 被ばく線量低減対策の実施状況（今回申請）



図 1 4 遮蔽ベスト着用例



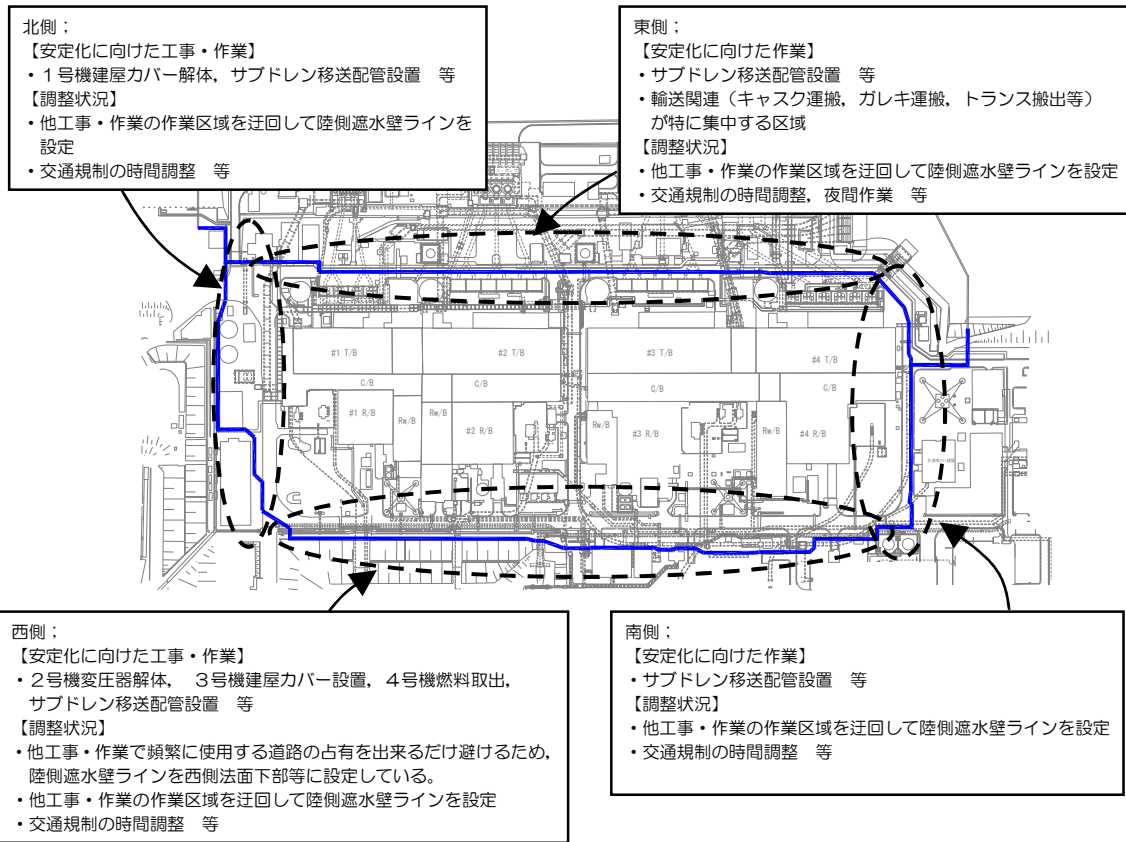


図 1 5 陸側遮水壁と他の廃炉に向けた工事・作業との調整状況

表 6 施工時の熱中症対策

体調管理のチェック	作業開始前にチェックリストを用いて体調確認。
水分・塩分の摂取	作業前後に、十分な水分・塩分の摂取。
クールベストの着用	WBGT値が25℃以上と予想される時は、クールベストの着用を義務付ける。
休憩時間の設定 (WBGT値の活用など)	作業場所ごとにWBGT測定器を設置し、WBGT値を基準に連続作業時間の上限を設け、その都度作業員の体調を確認し、必要に応じ現場の休憩所（エアコン設置）における休憩時間の確保等を行う。
体調不良者の早期発見	作業員同士の声掛けにより、体調不良者の早期発見に努める。

注) WBGT 値（暑さ指数）：人体の熱収支に影響の大きい湿度、輻射熱、気温の3つを取り入れた指標で、乾球温度・湿球温度・黒球温度の値を使って計算する。

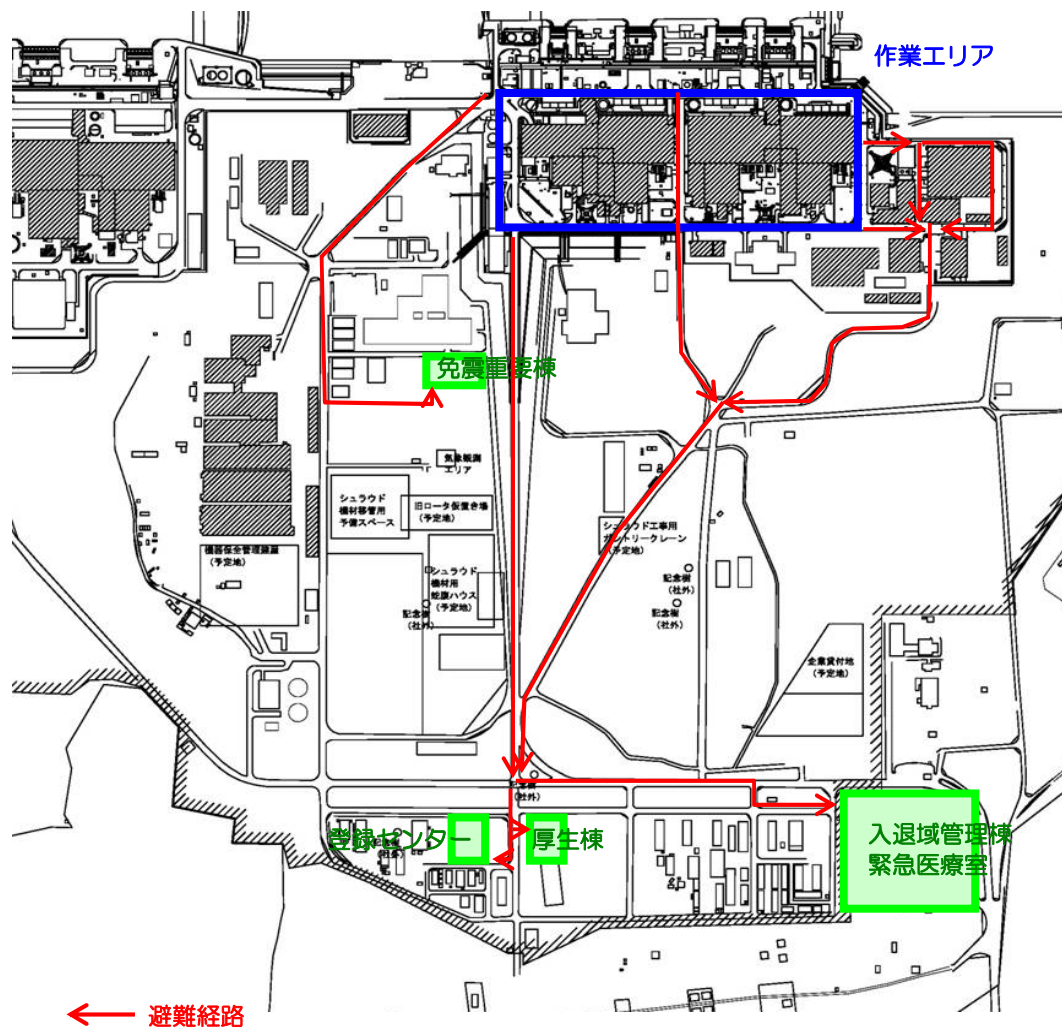


図 1 6 緊急時の避難経路

表 7 工事工程表

	平成 25 年度	平成 26 年度				平成 27 年度	
	1 月	4 月	7 月	10 月	1 月	4 月	7 月
陸側遮水壁	準備工事 (ヤード整備他)			本工事 (機器設置等)			

注) 現場状況等により変更の可能性有り

陸側遮水壁造成後の基礎地盤沈下検討

1 1～4号機建屋周辺の地層構成

既往の調査結果より作成した1～4号機建屋周辺の地層構成を図1に示す。敷地を構成する地層は、上位より段丘堆積物、中粒砂岩層（I層）、泥質部（II層）、互層部（III層）、泥質部（IV層）から構成され、IV層は細粒砂岩、粗粒砂岩からなる二層の砂岩層薄層を含む地層からなり、敷地全域にわたってほぼ水平な成層構造である。

敷地内地質層序表

地質時代	地層名	主な岩相・層相	
第四紀	沖積層	暗緑灰色～褐色の粘土及び砂、未固結	
	段丘堆積物	黄褐色の砂礫及び砂、半固結	
第三紀	仙台層群 富岡層	T <sub>3</sub> 部層	砂質泥岩～泥岩 軽石粒、凝灰岩を挟在 上部に砂岩を挟在
		T <sub>2</sub> 部層	泥質砂岩 軽石粒、凝灰岩を挟在
		T <sub>1</sub> 部層	泥質砂岩 軽石粒、凝灰岩を多く挟在
中新世	多賀層群	上部	泥質砂岩
		下部	泥質砂岩
古第三紀	湯長谷層群	白水層群	泥岩、砂岩泥岩互層 軽石粒、スコリア粒、凝灰岩等を挟在
			硬質な泥質砂岩～泥岩

〰〰〰 不整合

陸側遮水壁施工で影響する地層

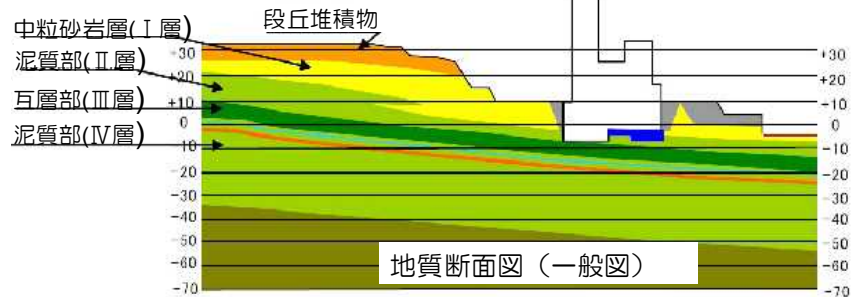
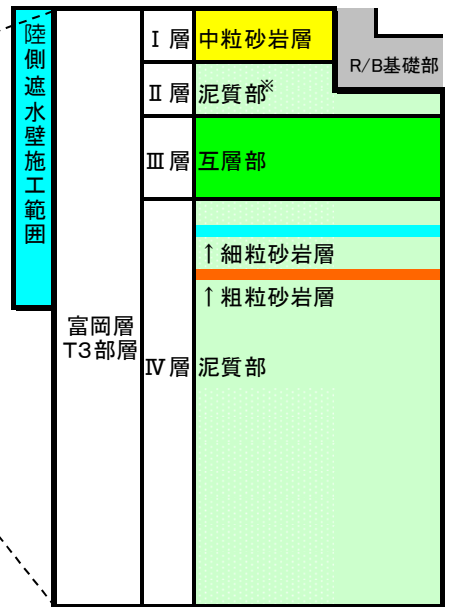


図1 1～4号機建屋周辺の地層構成

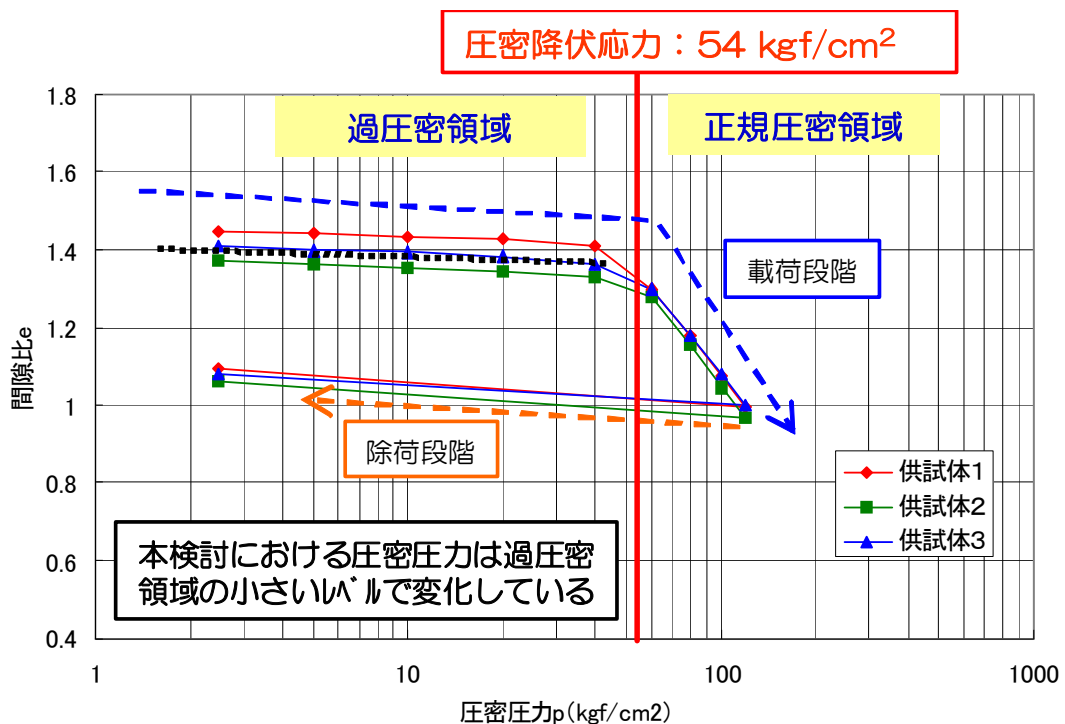
## 2 地盤の荷重履歴

現地地盤（第一泥質部）より採取した供試体3体の圧密試験結果を図2に示す。本試験結果から、建屋基礎地盤は形成過程において相当の圧縮応力（圧密降伏応力；54kgf/cm<sup>2</sup>）を受けていたことがわかる。

「(a)発電所建設前」,「(b)発電所建設中(切土後)」,「(c)運転時(震災前)」,「(d)震災後」,「(e)陸側遮水壁造成後」それぞれのフェーズにおいて建屋基礎地盤に生じていた、或いは生じると想定される全応力、間隙水圧、有効応力を算定し、それぞれの有効応力レベルを上記圧密試験結果に追記した(図3-1~3-5)。

上記より、建屋基礎地盤に生じる有効応力のレベルは、以下の状態であることがわかる。

- ・ 建屋設置後((c) 運転時(震災前)~(d)震災後~(e)陸側遮水壁造成後)は、圧密降伏応力(54kgf/cm<sup>2</sup>)に対して3~4kgf/cm<sup>2</sup>程度と小さく、十分な余裕がある。
- ・ (e)陸側遮水壁造成後は、(d)震災後に対して1kgf/cm<sup>2</sup>程度増加することになるが、震災前も同様にサブドレンで水位低下させていたことから、(c)運転時(震災前)と同程度となる。



※「福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書」のデータより作成

図2 圧密試験結果



(a) 発電所建設前

- 1～4号機建屋設置箇所は、造成前はO.P.+35m程度の丘陵地であった。
- そのため、建屋基礎地盤には相当の上載荷重が作用していたこととなり、十分に圧縮・圧密していたことが想定される。

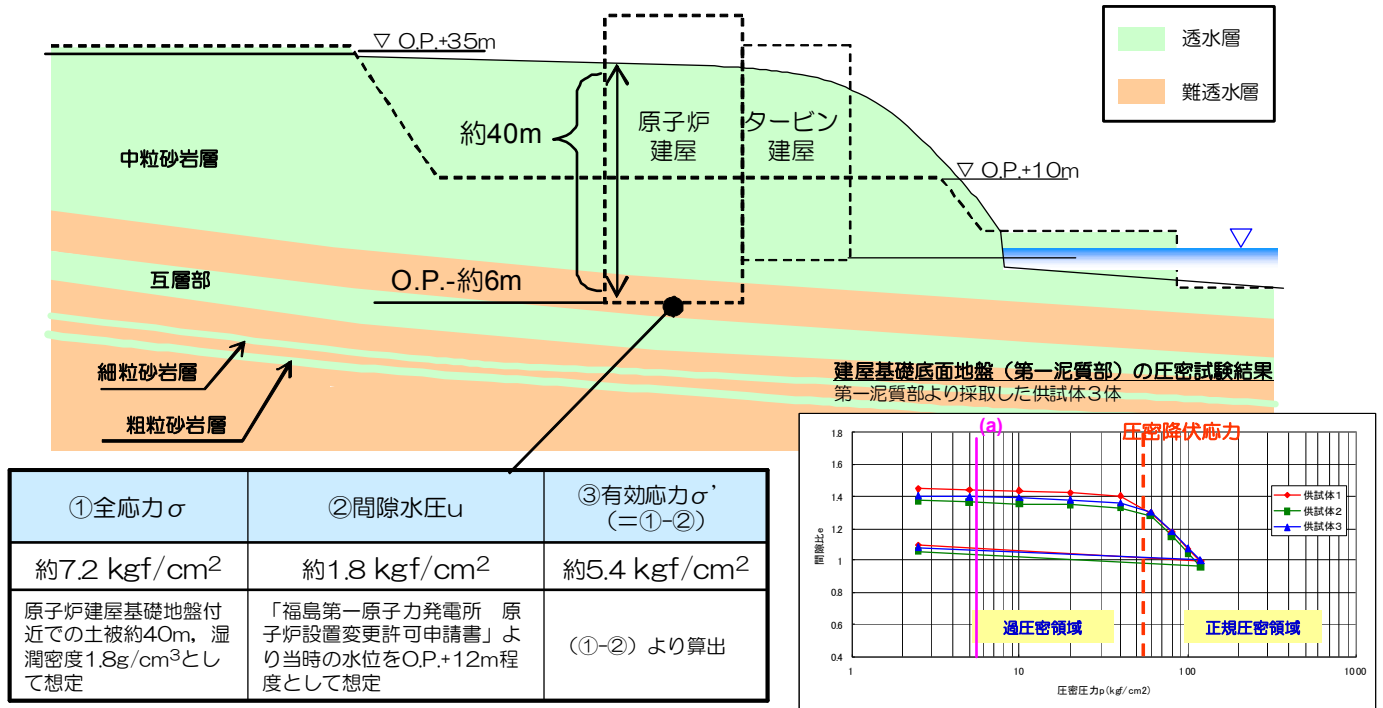


図 3 - 1 「(a) 発電所建設前」の全応力，間隙水圧，有効応力

(b) 発電所建設中（切土後）

- 1～4号機建屋設置に当たっては、基盤となる岩盤面を露出させるため、O.P.-6～7m程度まで掘削し、その上に各建屋を構築した。
- そのため、建屋基礎地盤は、上部地盤相当の上載荷重が除荷される。

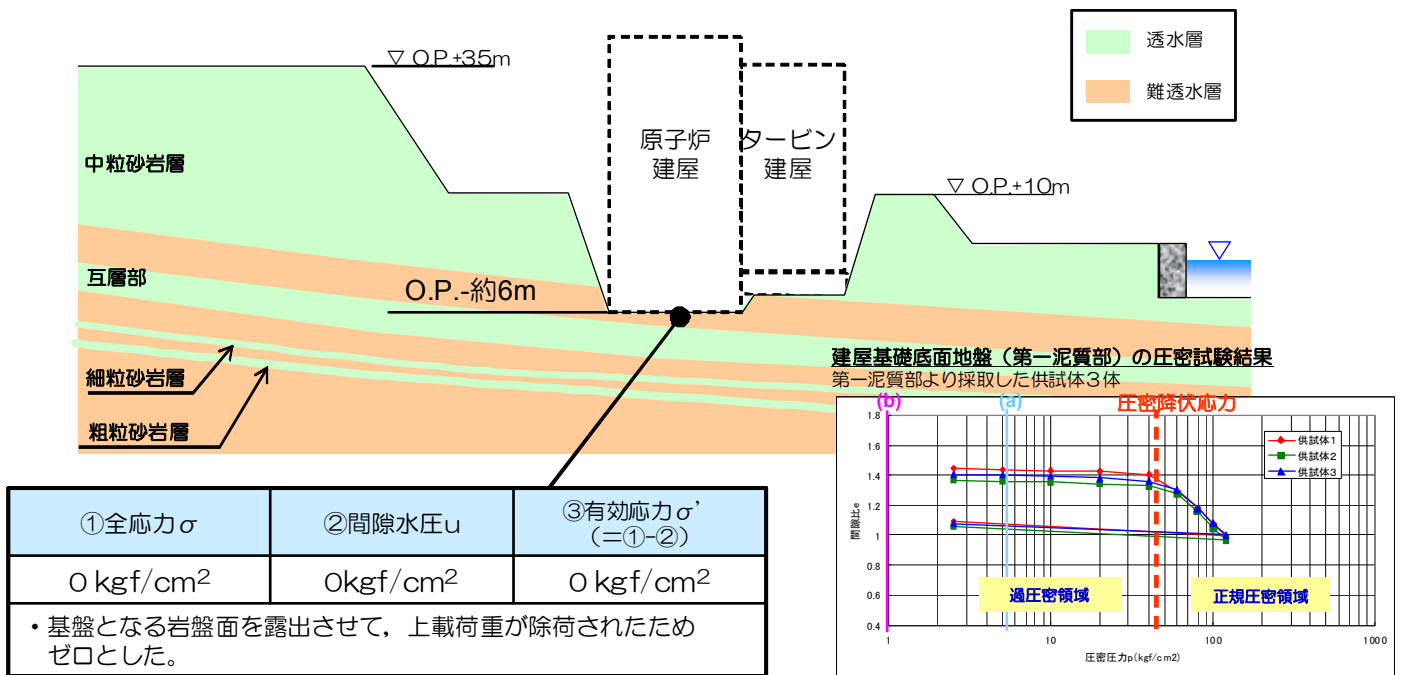


図 3 - 2 「(b) 発電所建設中（切土後）」の全応力，間隙水圧，有効応力

(c) 運転時（震災前）

- 建屋基礎地盤は、建屋・機器重量の上載荷重による圧縮力を受ける。
- 運転中は、建屋周囲に配置したサブドレンにより、建屋周りの地下水位を原子炉建屋の床面付近まで低下させていた。

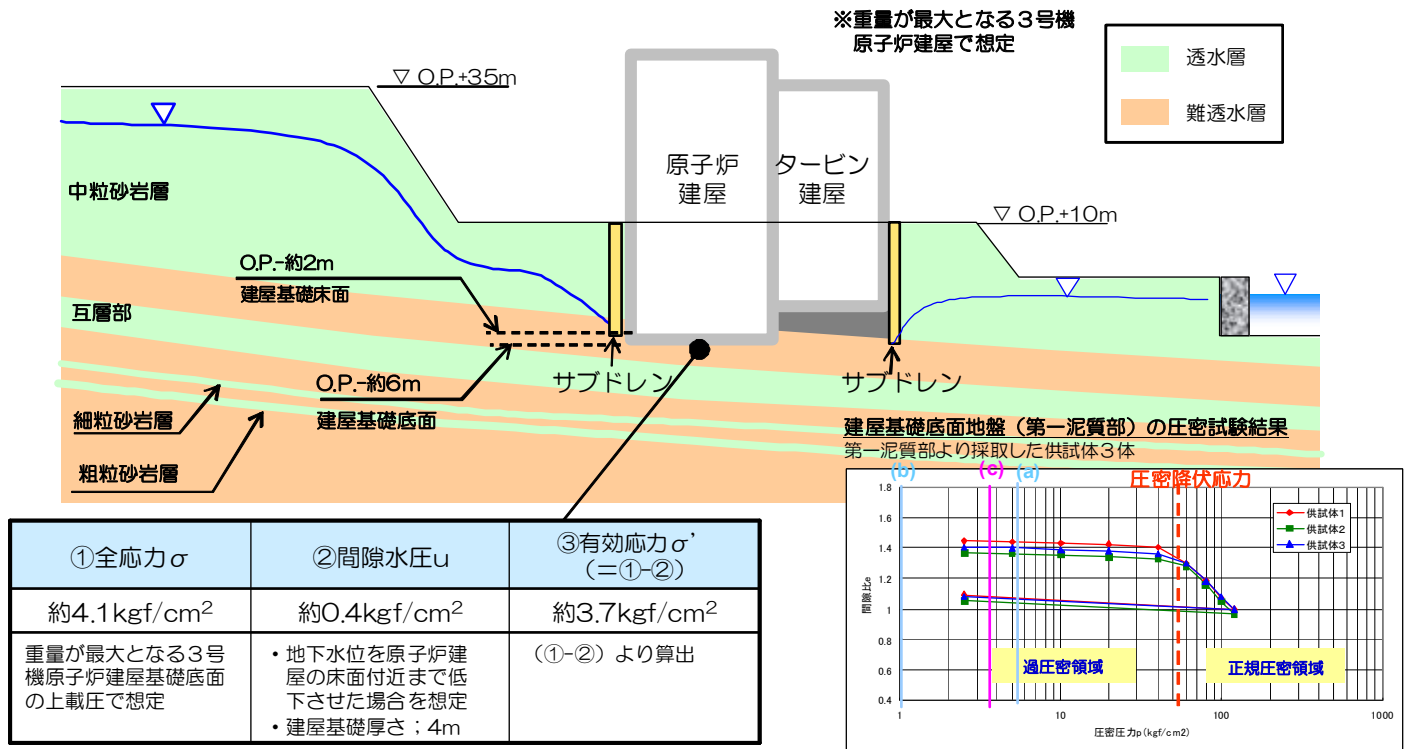


図 3 - 3 「(c) 運転時（震災前）」の全応力，間隙水圧，有効応力

(d) 震災後

- ・サブドレンが停止し、建屋周りの地下水水位が上昇。
- ・地下水水位が上昇したことにより、建屋基礎底面に働く地下水の揚圧力（浮力）が震災前より増加。
- ・一方、建屋内滞留水により建屋基礎に働く荷重が増加。

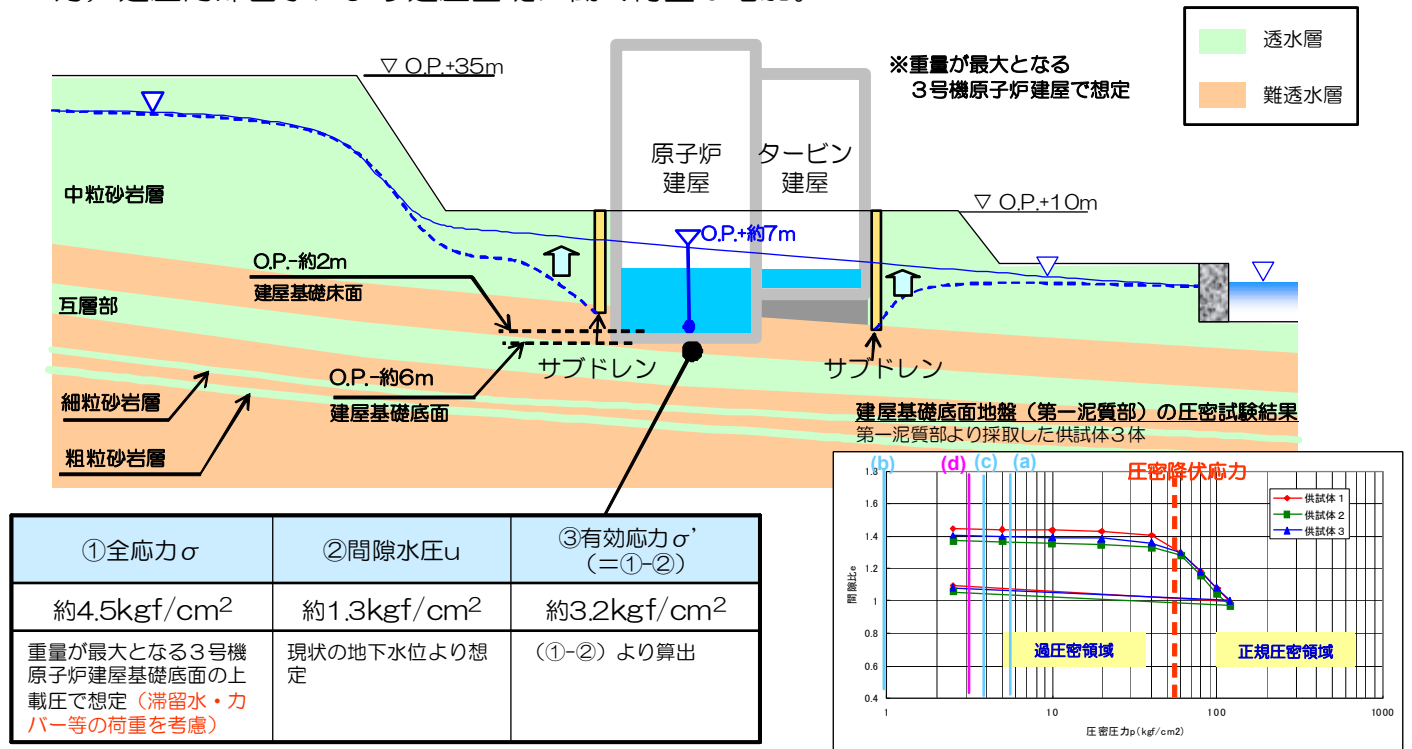


図3-4 「(d)震災後」の全応力，間隙水圧，有効応力

(e) 陸側遮水壁造成後

- 陸側遮水壁造成後，建屋水位を原子炉建屋基礎床面（O.P.+1~-2m程度）付近まで低下し，滞留水分の荷重が低下。
- 地下水位低下に伴い，建屋基礎底面に働く地下水の揚圧力（浮力）が陸側遮水壁造成前よりも低下。

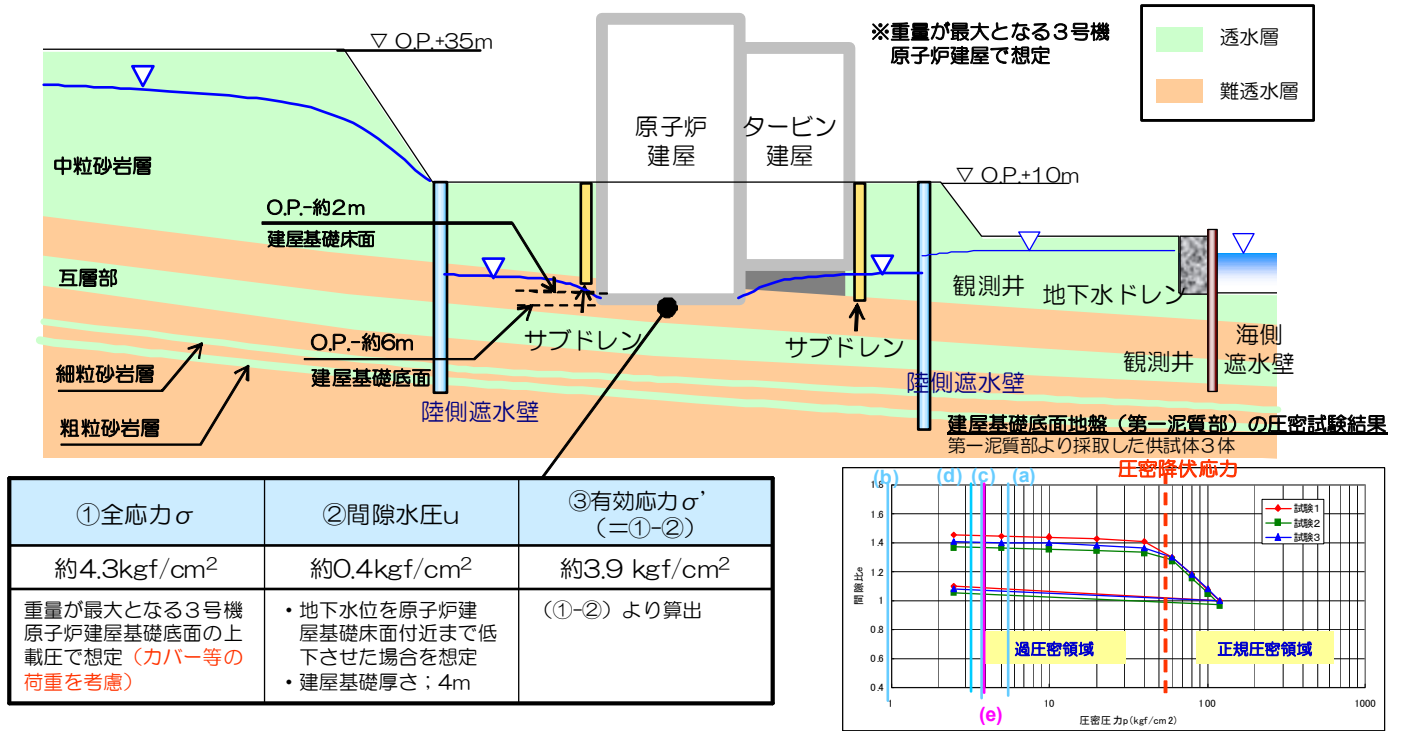


図3-5 「(e)陸側遮水壁造成後」の全応力，間隙水圧，有効応力

### 3 基礎地盤沈下量の算定

本検討では、現状（(d)震災後）から地下水位低下後（(e)陸側遮水壁造成後）にかけて変化する有効応力をパラメータとし、原子炉建屋・タービン建屋の基礎地盤の沈下量を算定した。算定方法の概要を図4に、算定フローを図5に示す。

- 対象箇所
  - ・ 1～4号機の原子炉建屋・タービン建屋の建屋四隅の地点について地下水位・水圧の低下に伴い発生する基礎地盤の沈下量（32箇所）を算定。  
（原子炉建屋；1～4号機×4箇所，タービン建屋；1～4号機×4箇所）
  
- 計算方法
  - ・ 算定地点において、砂岩層と泥質部の変形量を地層ごとに計算し、総和を地盤沈下量とした。
  - ・ 各地層の扱いは以下の通りとした。  
砂岩層；互層部（砂岩），細粒砂岩層，粗粒砂岩層  
泥質部；泥質部，互層部（泥岩）
  - ・ 砂岩層は，弾性圧縮による変形量を一次元計算で算出。
  - ・ 泥質部は，圧密試験の結果に基づいて変形量を一次元計算で算出。

図4 沈下量算定方法の概要

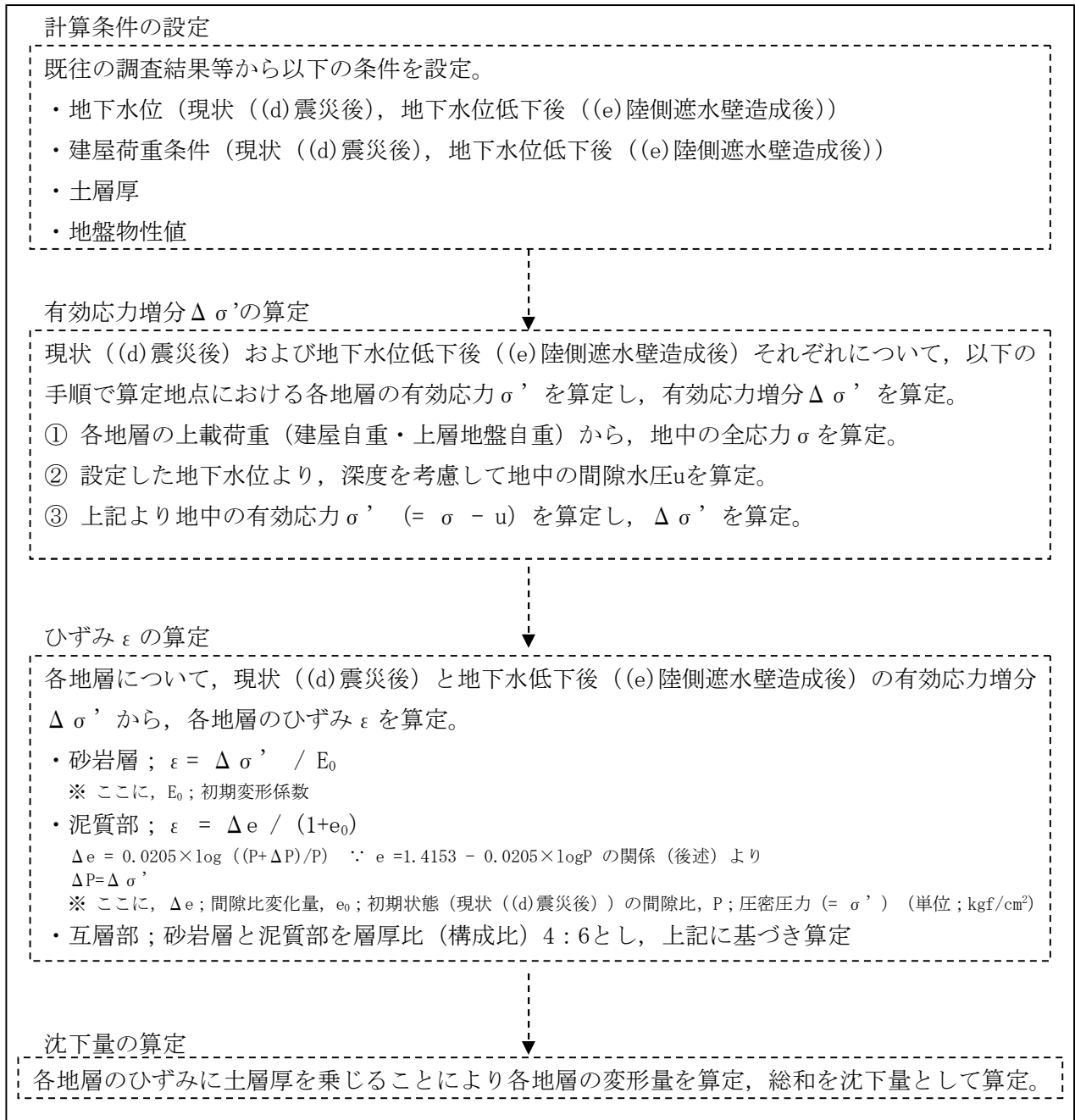


図5 算定フロー

### 3.1 計算条件の設定

沈下量算定に用いる計算条件を表1に示す。

表1 計算条件一覧

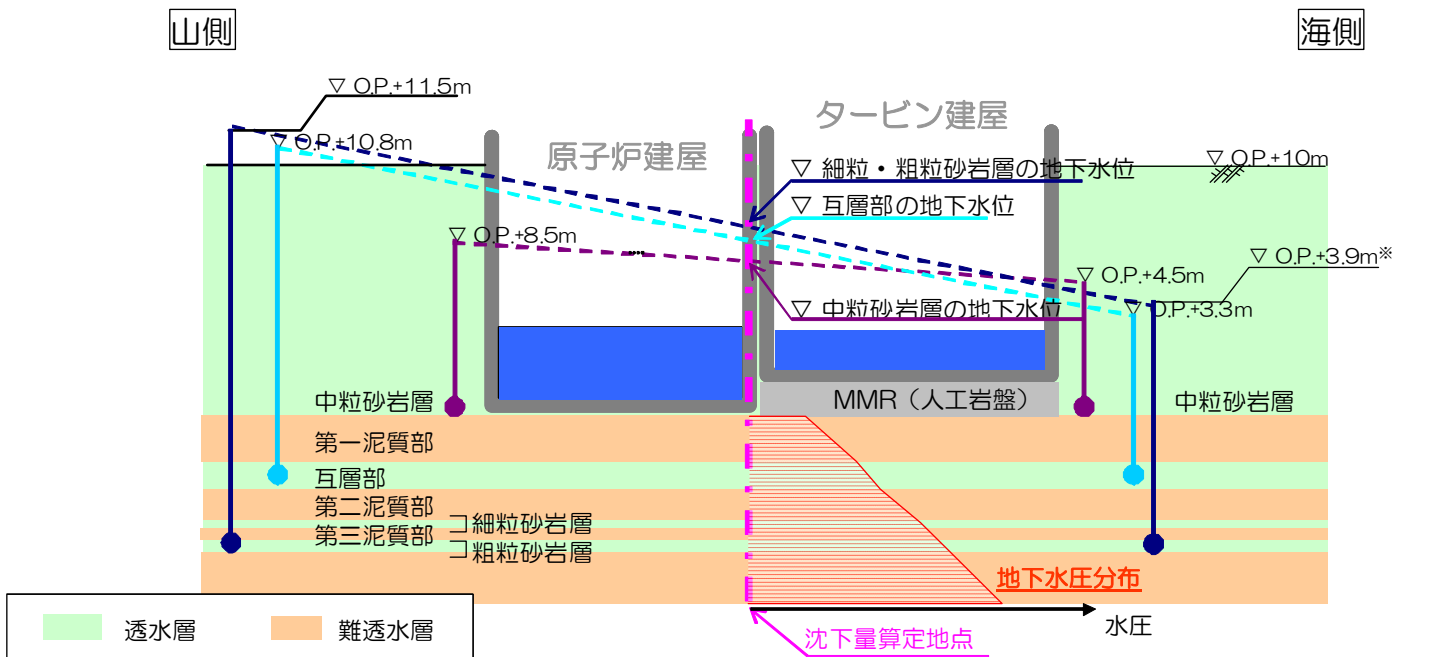
	現状 ((d) 震災後)	地下水位低下後 (e) 陸側遮水壁造成後)	備考
地下水位	各透水層の建屋海・山側の測定値（サブドレン・地下水観測井）より，建屋直下の地下水位を線形補完し設定 ※ 細粒・粗粒砂岩層は同一水位とした	各透水層全て，1～4号機建屋のうち最も深い2～4号機原子炉建屋基礎上面の標高（O.P. -2.06m）を地下水位とし設定	沈下量算定地点毎に設定
建屋荷重条件	滞留水等の付加重量を含む荷重	左記より滞留水重量を差し引いた荷重	
土層厚	ボーリング調査結果に基づき作成した三次元地質構造モデル（汚染水処理対策委員会報告書（H25.12）にて示された解析モデル）に基づき設定		沈下量算定地点毎に設定
地盤物性値	<p>【湿潤単位体積重量 <math>\gamma_t</math> (gf/cm<sup>3</sup>)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・砂岩層：1.84</li> <li>・泥質部：1.71</li> </ul> <p>【変形特性】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・砂岩層；<math>\sigma' = E_0 \cdot \varepsilon</math> ここで，<math>E_0</math>：初期変形係数 ※1 今回の試算における応力状態の変化量（約0.7kgf/cm<sup>2</sup>，3号機原子炉建屋下面センター）は破壊強度（13.3kgf/cm<sup>2</sup>）に対して十分に小さいため変形係数Eについては初期変形係数<math>E_0</math>を使用。</li> <li>※2 三軸圧縮試験結果に基づき，以下の通り設定。 <math>E_0 = 124P + 963</math>（P；有効上載圧，単位；kgf/cm<sup>2</sup>）</li> <li>・泥質部；<math>e = 1.4153 - 0.0205 \times \log P</math>（単位；kgf/cm<sup>2</sup>） ※ 圧密試験結果に基づき設定（第一泥質部より採取した供試体3体の試験結果（過圧密領域）を線形近似したもの）</li> </ul>		泥質部の変形特性のみ今回設定。 上記以外は福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書等に準拠。



### 3.1.1 地下水位の設定

現状 ((d)震災後), 地下水位低下後 ((e)陸側遮水壁造成後) の具体的な地下水位の設定方法を図6, 7に示す。

- 現状 ((d)震災後) の地下水位は各透水層の至近の1年間 (H25.4~H26.5) の測定値の平均値を用いて以下の通り設定。
  - ・ 中粒砂岩層; 山側 O.P.+8.5m, 海側 O.P.+4.5m
  - ・ 互層部; 山側 O.P.+10.8m, 海側 O.P.+3.3m
  - ・ 細粒・粗粒砂岩層; 山側 O.P.+11.5m, 海側 O.P.+3.9m\*
- 難透水層の地下水位は上下に接する各透水層の地下水位より線形補完し設定。



※ 細粒・粗粒砂岩層の海側の地下水位は、細粒・粗粒砂岩層の山側および互層部の地下水位より推定した。

図6 現状 ((d)震災後) の地下水位設定方法

- 地下水位低下後（(e)陸側遮水壁造成後）の地下水位は2～4号機原子炉建屋基礎上面の標高（O.P.-2.06m）として設定。
- 難透水層の地下水位は上下に接する各透水層の地下水位より線形補完し設定。

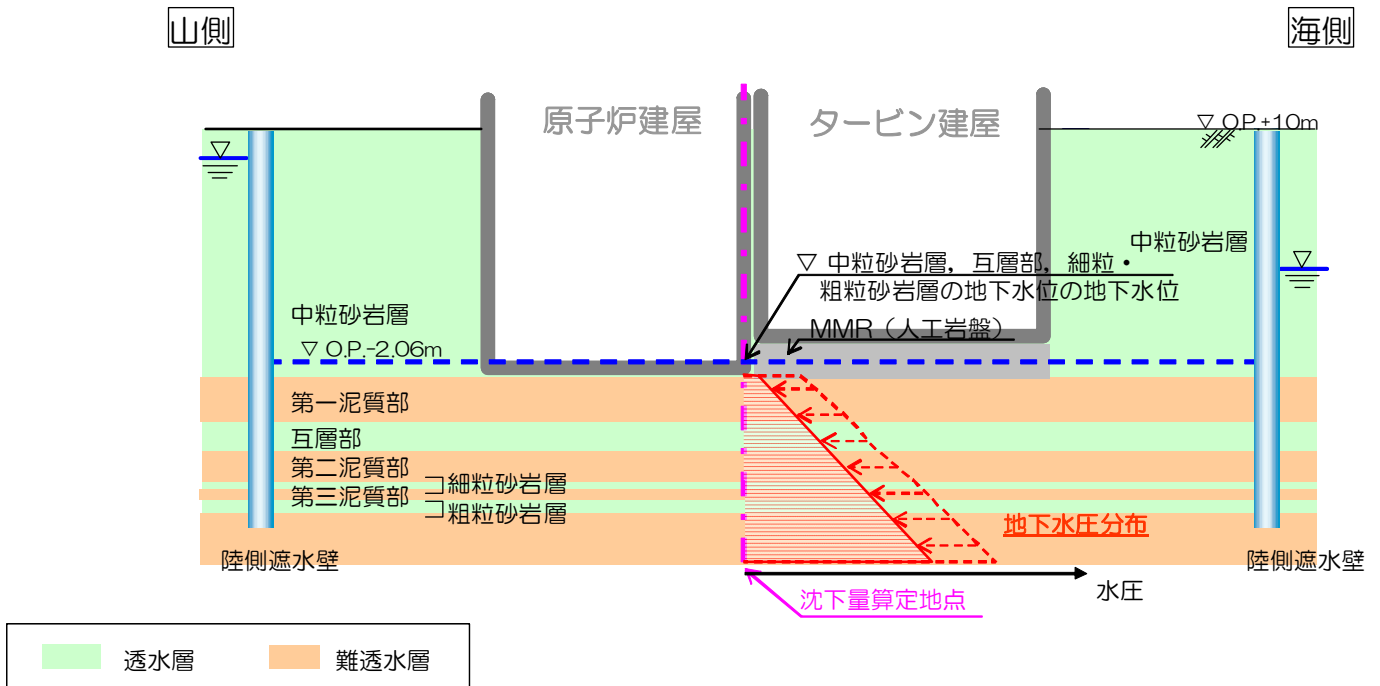


図7 地下水位低下後（(e)陸側遮水壁造成後）の地下水位設定方法

### 3.1.2 建屋荷重条件の設定

現状（(d)震災後）の建屋荷重については建屋内滞留水の重量等を考慮，地下水位低下後（(e)陸側遮水壁造成後）の建屋荷重については建屋内滞留水分を差し引いて設定した（「Ⅱ 2.6 2.6.2 添付資料－2」および「福島第一原子力発電所の原子炉建屋の現状の耐震安全性および補強等に関する検討に係る報告書（その1）（追補版）（改定2）」（H24.12）等に基づき設定）。

現状（(d)震災後），地下水位低下後（(e)陸側遮水壁造成後）の具体的な建屋荷重を表2，3に示す。

表2 現状（(d)震災後）の建屋荷重

	重量 (ton)	基礎形状(NS×EW, m)	基礎面積 (m <sup>2</sup> )	接地圧 (ton/m <sup>2</sup> )	備考
#1 R/B	71,652	41.56*43.56	1,810	40	滞留水等付加重量分含む
#1 T/B	75,671	96.76*46.49	4,498	17	滞留水等付加重量分含む
#2 R/B	106,398	46.60*57.00	2,656	40	滞留水等付加重量分含む
#2 T/B	133,060	104.95*67.60	7,095	19	滞留水等付加重量分含む
#3 R/B	122,060	47.00*57.40	2,698	45	滞留水等付加重量分含む
#3 T/B	152,553	116.38*67.60	7,867	19	滞留水等付加重量分含む
#4 R/B	114,053	49.00*57.40	2,813	41	滞留水等付加重量分含む
#4 T/B	127,279	105.15*67.60	7,108	18	滞留水等付加重量分含む

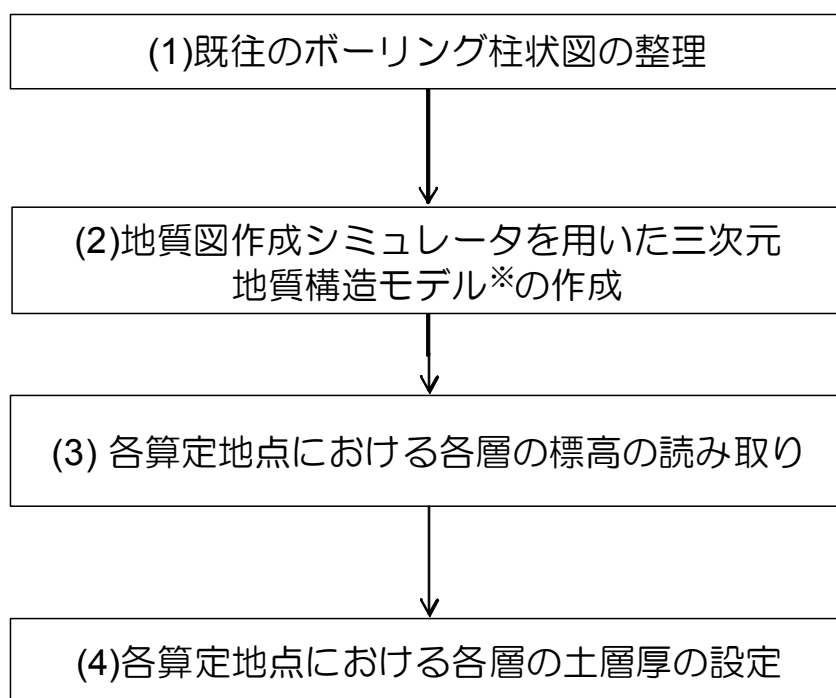
表3 地下水位低下後（(e)陸側遮水壁造成後）の建屋荷重

	重量 (ton)	基礎形状(NS×EW, m)	基礎面積 (m <sup>2</sup> )	接地圧 (ton/m <sup>2</sup> )	備考
#1 R/B	66,052	41.56*43.56	1,810	36	滞留水等付加重量分除く
#1 T/B	66,071	96.76*46.49	4,498	15	滞留水等付加重量分除く
#2 R/B	99,898	46.60*57.00	2,656	38	滞留水等付加重量分除く
#2 T/B	119,560	104.95*67.60	7,095	17	滞留水等付加重量分除く
#3 R/B	115,260	47.00*57.40	2,698	43	滞留水等付加重量分除く
#3 T/B	136,153	116.38*67.60	7,867	17	滞留水等付加重量分除く
#4 R/B	107,253	49.00*57.40	2,813	38	滞留水等付加重量分除く
#4 T/B	114,479	105.15*67.60	7,108	16	滞留水等付加重量分除く

### 3.1.3 土層厚の設定

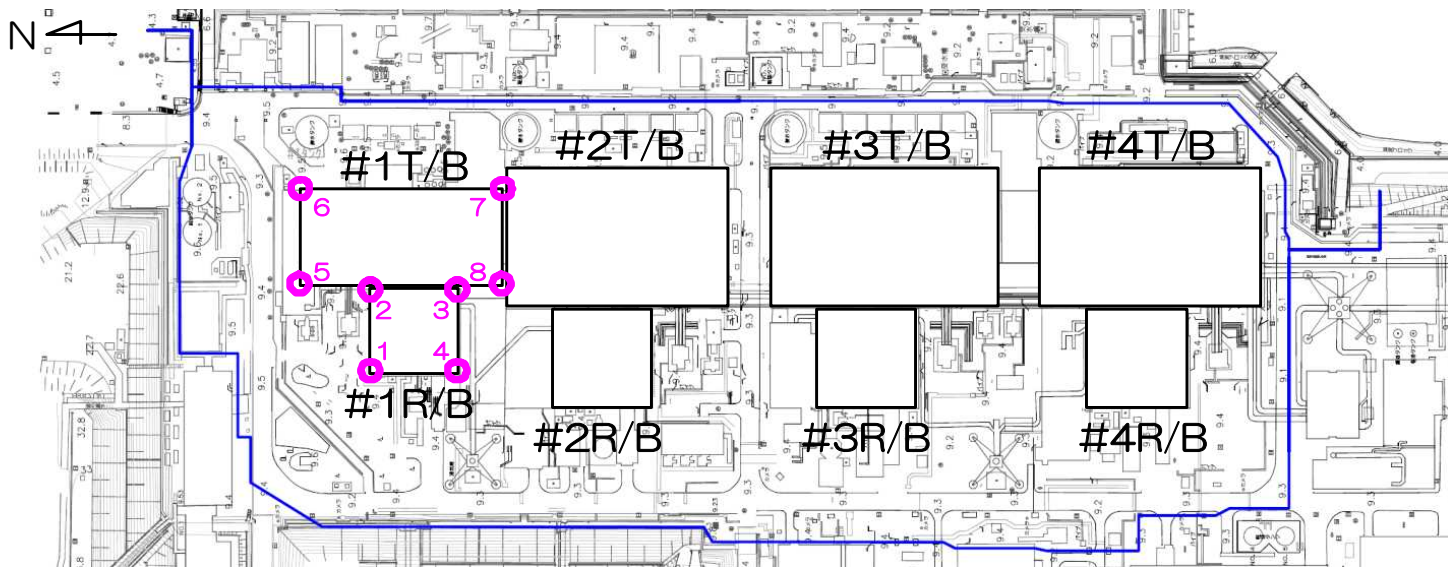
既往のボーリング柱状図を用い、地質図作成シミュレータにて作成した発電所敷地周辺の三次元地質構造モデルに基づき、各算定地点における土層厚を設定した。

具体的な土層厚設定フローを図8に、これに基づき設定した1～4号機の原子炉建屋・タービン建屋四隅の土層厚を図9-1～4に示す。



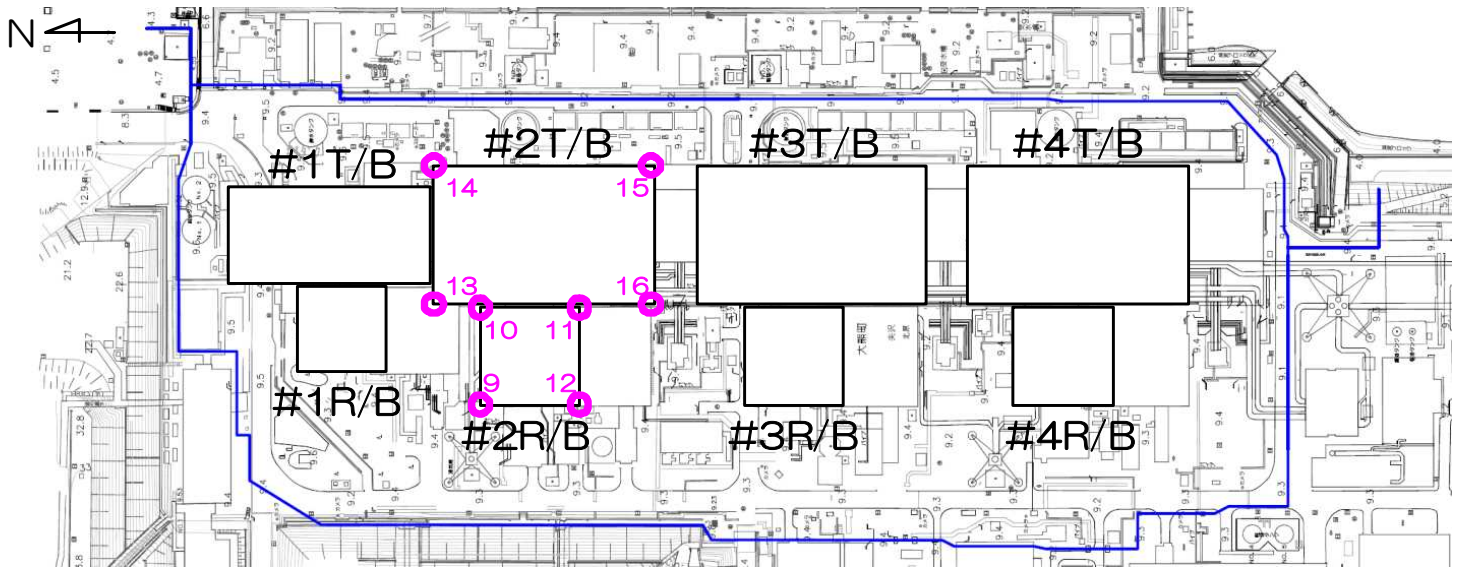
※ 汚染水処理対策委員会報告書（H25.12）にて示された解析モデル

図8 土層厚設定フロー



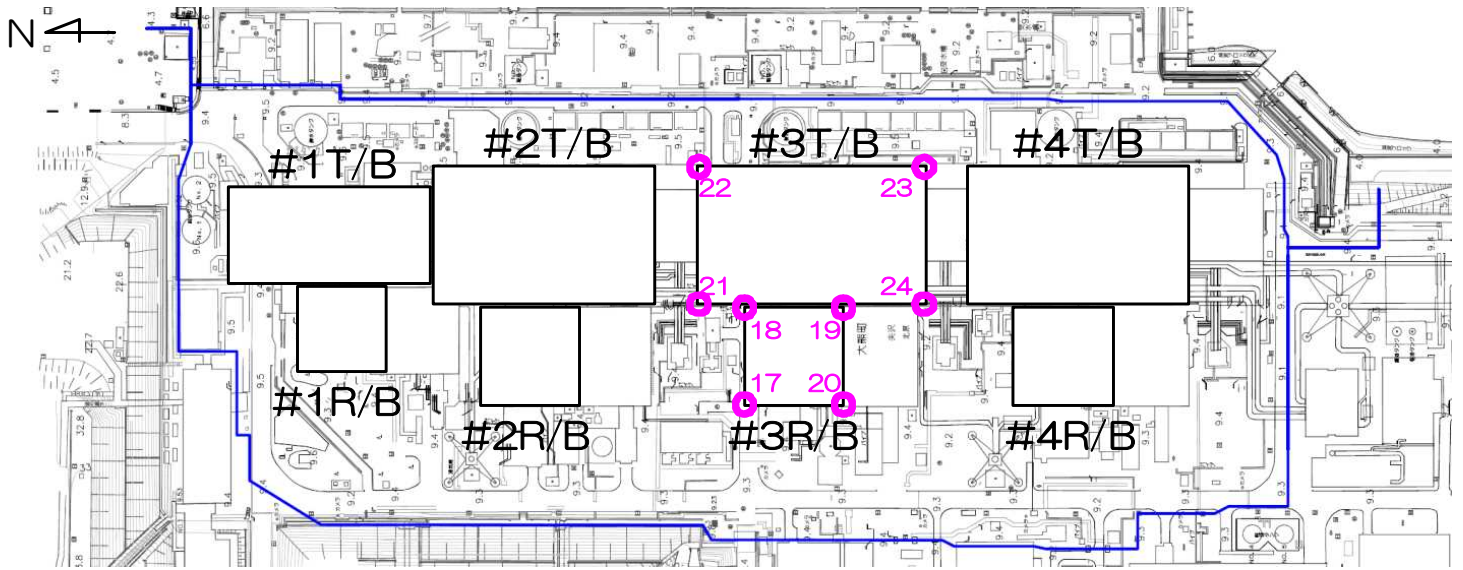
土層厚 (m)	#1R/B 1	#1R/B 2	#1R/B 3	#1R/B 4	#1T/B 5	#1T/B 6	#1T/B 7	#1T/B 8
MMR	—	—	—	—	3.30	3.30	3.30	3.30
第1泥質部	3.45	4.50	4.45	3.63	5.06	6.20	5.88	5.00
互層部	6.15	5.76	5.77	5.79	5.74	5.59	5.83	5.82
第2泥質部	1.29	1.74	1.80	1.32	1.86	1.90	2.49	1.90
細粒砂岩層	1.18	0.91	1.26	1.73	0.76	0.58	1.16	1.51
第3泥質部	1.15	1.40	1.18	0.91	1.53	1.88	1.34	1.05
粗粒砂岩層	0.13	0.24	0.31	0.21	0.23	0.52	0.43	0.35

図9-1 1号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の土層厚



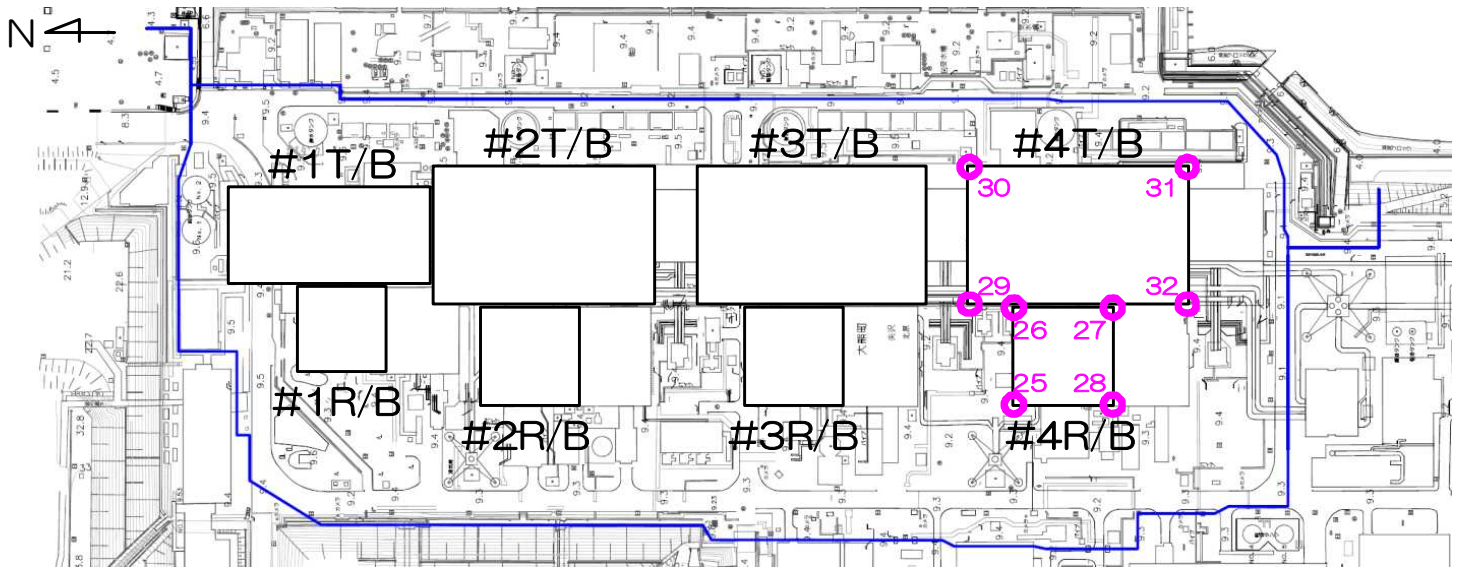
土層厚 (m)	#2R/B 9	#2R/B 10	#2R/B 11	#2R/B 12	#2T/B 13	#2T/B 14	#2T/B 15	#2T/B 16
MMR	—	—	—	—	1.70	3.80	3.80	1.70
第1泥質部	1.24	2.01	1.96	0.50	4.87	4.01	4.23	4.98
互層部	4.95	5.69	5.39	5.18	5.74	5.80	5.96	5.01
第2泥質部	1.49	1.93	2.36	1.88	1.80	2.61	3.07	2.73
細粒砂岩層	2.83	1.90	2.09	3.69	1.63	1.16	1.63	1.70
第3泥質部	0.50	0.88	0.98	0.23	0.99	1.39	0.67	1.23
粗粒砂岩層	0.34	0.37	0.33	0.33	0.33	0.44	0.46	0.39

図9-2 2号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の土層厚



土層厚 (m)	#3R/B 17	#3R/B 18	#3R/B 19	#3R/B 20	#3T/B 21	#3T/B 22	#3T/B 23	#3T/B 24
MMR	—	—	—	—	1.70	3.80	3.80	1.70
第1泥質部	0.51	1.49	0.94	0.00	4.61	5.35	3.75	3.30
互層部	5.55	5.88	6.31	5.97	5.44	4.61	5.17	6.19
第2泥質部	2.24	2.86	2.83	2.49	2.87	3.07	3.47	3.02
細粒砂岩層	1.29	1.50	1.28	1.53	1.62	1.02	0.87	1.29
第3泥質部	1.97	1.12	1.39	1.56	1.00	1.57	1.91	1.36
粗粒砂岩層	0.56	0.80	0.59	0.50	0.71	0.41	0.56	0.72

図9-3 3号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の土層厚



土層厚 (m)	#4R/B 25	#4R/B 26	#4R/B 27	#4R/B 28	#4T/B 29	#4T/B 30	#4T/B 31	#4T/B 32
MMR	4.90	4.90	4.90	4.90	2.86	3.72	3.72	2.86
第1泥質部	-	-	-	-	1.87	3.48	1.33	0.54
互層部	-	0.91	-	-	6.08	5.21	5.65	5.64
第2泥質部	3.09	3.24	3.25	1.60	3.09	3.50	3.56	3.65
細粒砂岩層	1.32	1.36	1.65	1.28	1.31	0.99	0.87	0.33
第3泥質部	1.52	1.41	1.76	2.46	1.37	1.96	1.96	3.42
粗粒砂岩層	0.91	1.15	1.22	1.15	0.93	0.66	1.01	1.06

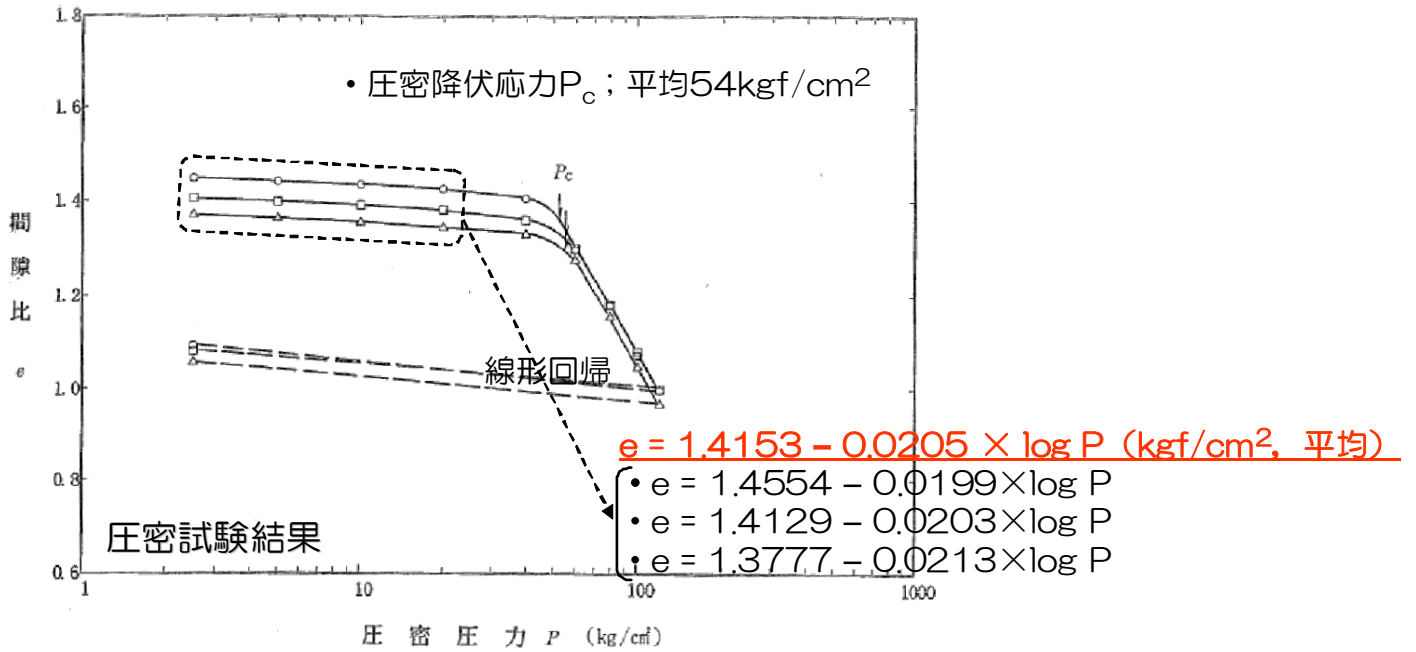
図9-4 4号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の土層厚



### 3.1.4 地盤物性値の設定

地盤物性値については既往の調査結果(福島第一原子力発電所原子炉設置変更許可申請書等)に基づき設定した。

なお、泥質部の変形特性(e-logP関係)については、圧密試験結果を線形近似し、設定した(図10参照)。



※「福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書」より抜粋，一部加筆

図10 泥質部の変形特性(e-logP関係)の線形近似結果

### 3.2 有効応力増分 $\Delta \sigma'$ の算定

3.1 により設定した計算条件に基づき、現状 ((d)震災後) および地下水位低下後 ((e)陸側遮水壁造成後) それぞれについて、算定地点における各地層の全応力  $\sigma$ 、間隙水圧  $u$ 、有効応力  $\sigma'$  ならびに有効応力増分  $\Delta \sigma'$  を算定した。

全応力分布、間隙水圧分布、有効応力分布を比較した算定結果例 (3号機原子炉建屋の地点「17」) を図11に示す。

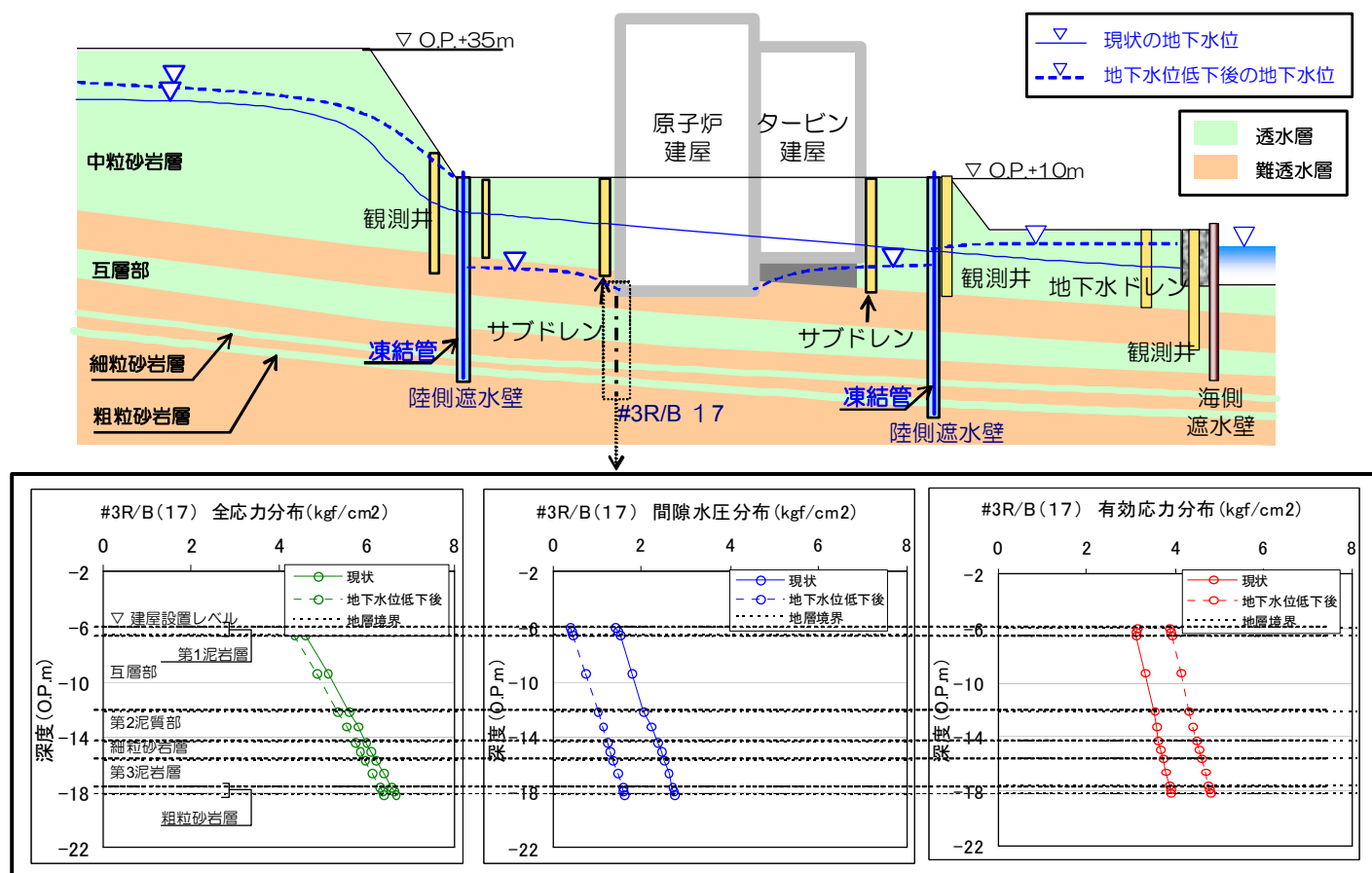
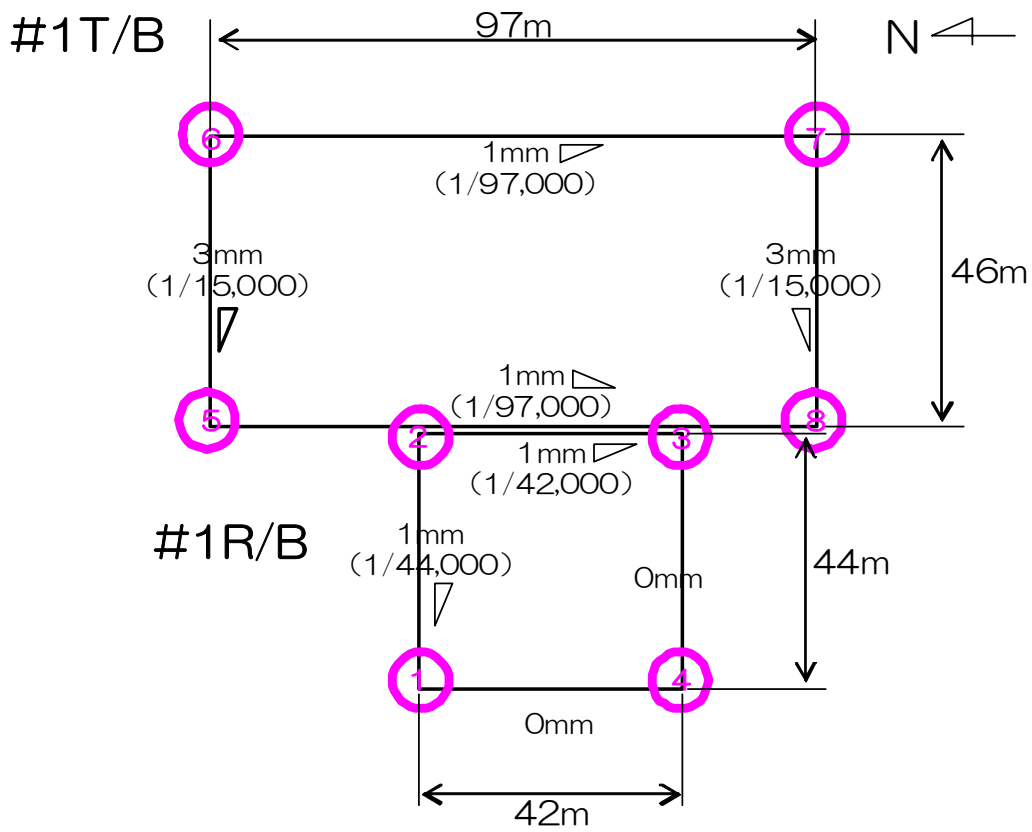


図11 全応力分布、間隙水圧分布、有効応力分布を比較した計算結果例 (3号機原子炉建屋の地点「17」)

### 3.3 沈下量の算定

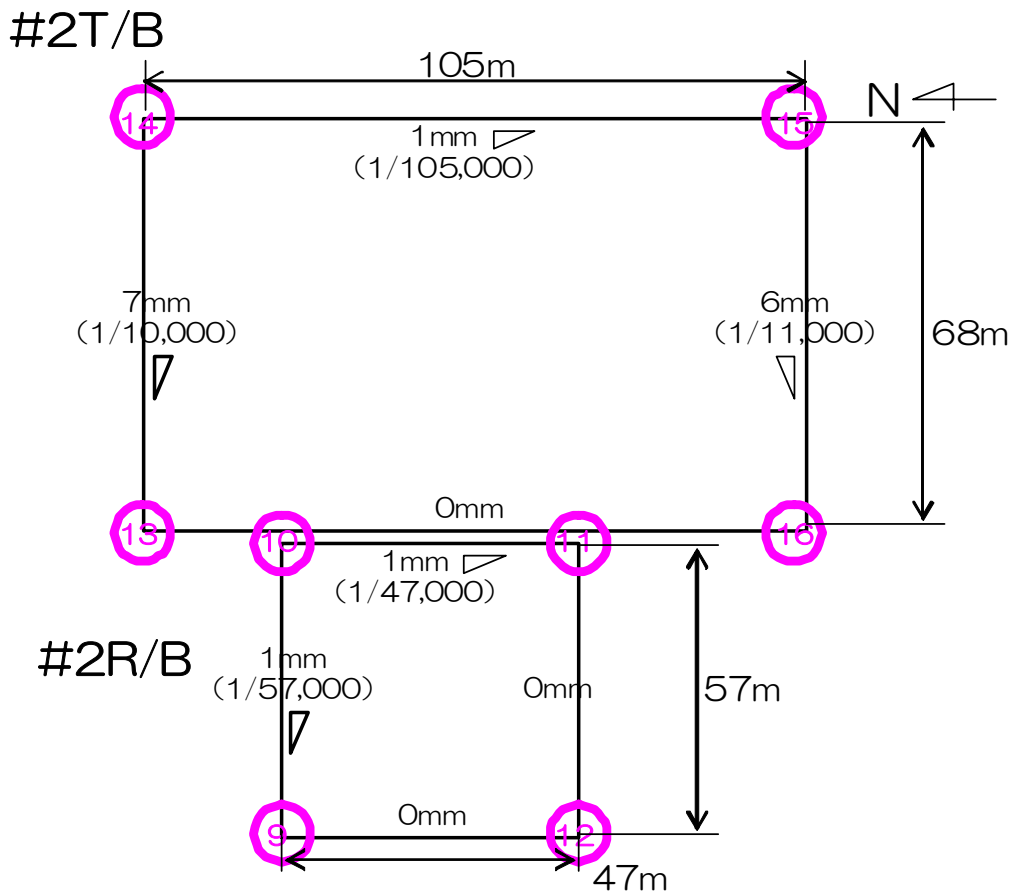
1～4号機の原子炉建屋・タービン建屋四隅の基礎地盤沈下量算定結果および基礎底面の傾斜を図12-1～12-4に示す。



沈下量 (mm)	#1T/B 5	#1T/B 6	#1T/B 7	#1T/B 8
合計	-13	-10	-11	-14
第1泥質部	-6	-5	-5	-6
互層部(砂岩)	-1	-1	-1	-1
互層部(泥岩)	-3	-2	-2	-3
第2泥質部	-2	-1	-2	-2
細粒砂岩層	0	0	0	-1
第3泥質部	-1	-1	-1	-1
粗粒砂岩層	0	0	0	0

沈下量 (mm)	#1R/B 1	#1R/B 2	#1R/B 3	#1R/B 4
合計	-9	-8	-9	-9
第1泥質部	-3	-3	-3	-3
互層部(砂岩)	-1	-1	-1	-1
互層部(泥岩)	-2	-2	-2	-2
第2泥質部	-1	-1	-1	-1
細粒砂岩層	-1	0	-1	-1
第3泥質部	-1	-1	-1	-1
粗粒砂岩層	0	0	0	0

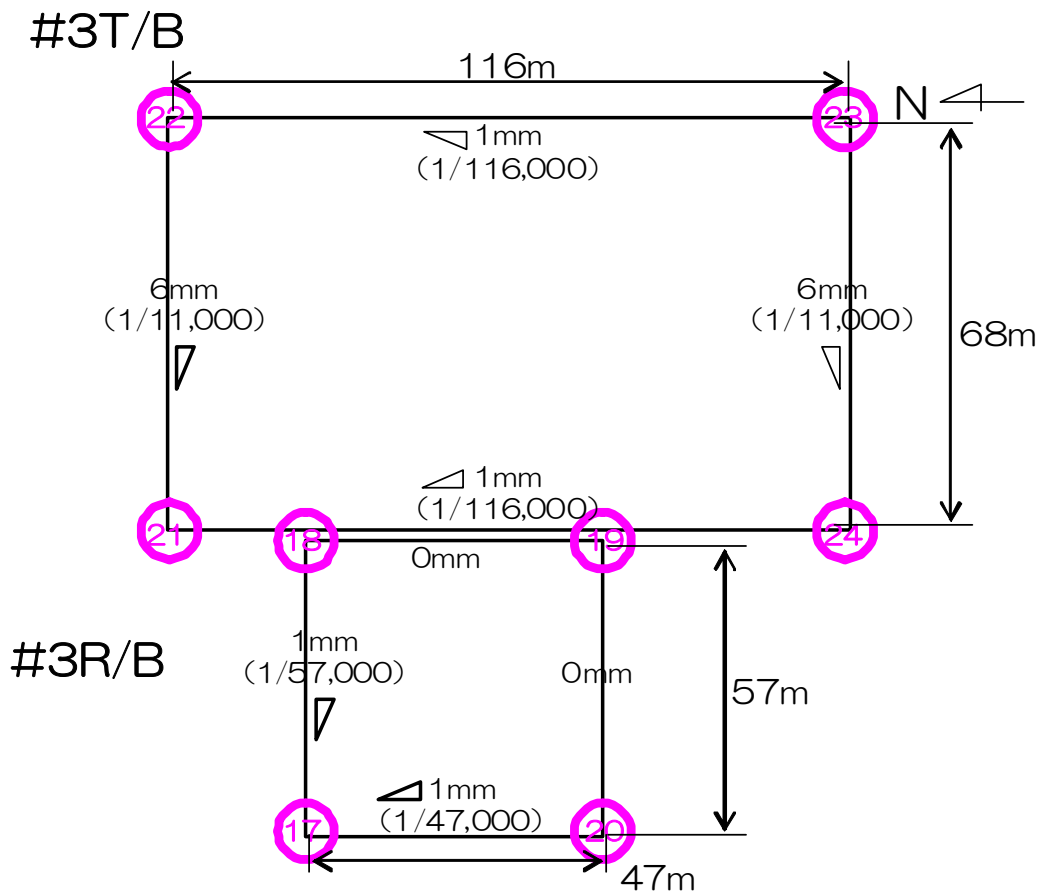
図 1 2 - 1 1号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の基礎地盤沈下量および基礎底面の傾斜



沈下量 (mm)	#2T/B 13	#2T/B 14	#2T/B 15	#2T/B 16
合計	-16	-9	-10	-16
第1泥質部	-7	-3	-4	-7
互層部(砂岩)	-1	-1	-1	-1
互層部(泥岩)	-4	-2	-2	-3
第2泥質部	-2	-2	-2	-3
細粒砂岩層	-1	0	-1	-1
第3泥質部	-1	-1	0	-1
粗粒砂岩層	0	0	0	0

沈下量 (mm)	#2R/B 9	#2R/B 10	#2R/B 11	#2R/B 12
合計	-8	-7	-8	-8
第1泥質部	-1	-1	-1	0
互層部(砂岩)	-1	-1	-1	-1
互層部(泥岩)	-3	-2	-2	-3
第2泥質部	-1	-1	-2	-2
細粒砂岩層	-2	-1	-1	-2
第3泥質部	0	-1	-1	0
粗粒砂岩層	0	0	0	0

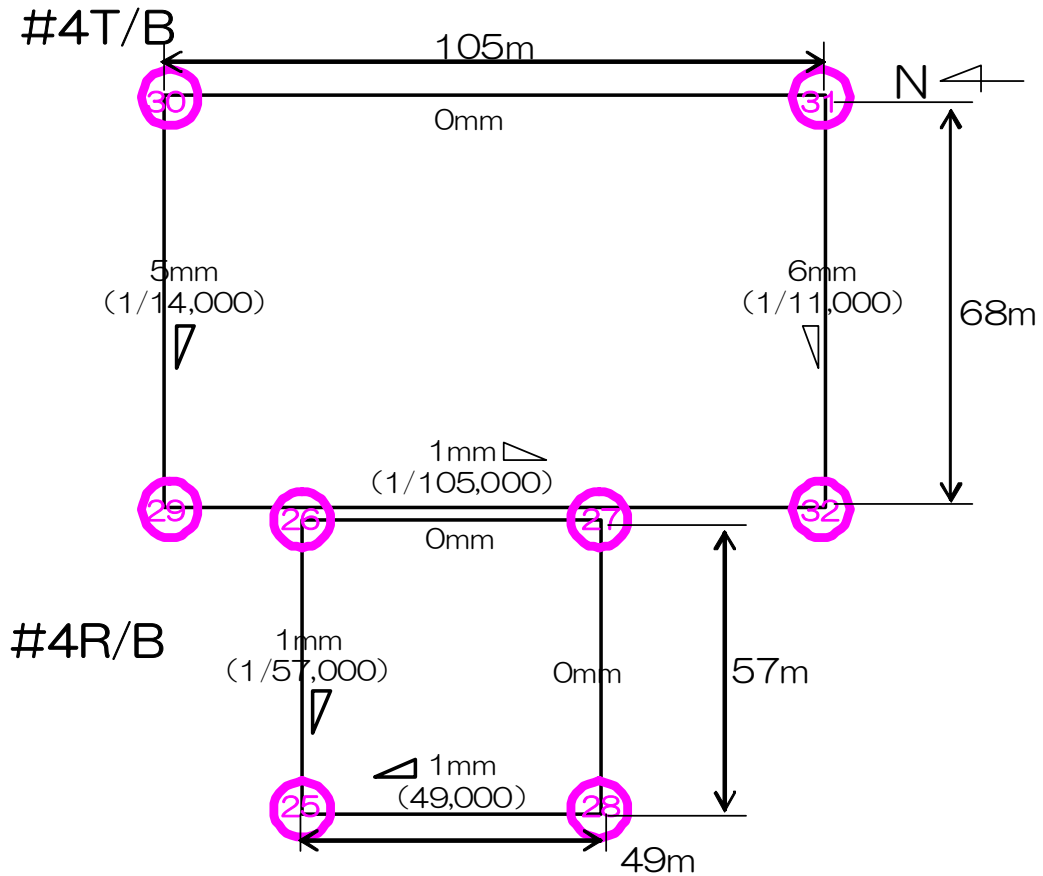
図 1 2 - 2 2号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の基礎地盤沈下量および基礎底面の傾斜



沈下量 (mm)	#3T/B 21	#3T/B 22	#3T/B 23	#3T/B 24
合計	-16	-10	-9	-15
第1泥質部	-6	-4	-3	-5
互層部(砂岩)	-1	-1	-1	-1
互層部(泥岩)	-4	-2	-2	-4
第2泥質部	-3	-2	-2	-3
細粒砂岩層	-1	0	0	-1
第3泥質部	-1	-1	-1	-1
粗粒砂岩層	0	0	0	0

沈下量 (mm)	#3R/B 17	#3R/B 18	#3R/B 19	#3R/B 20
合計	-9	-8	-8	-8
第1泥質部	0	-1	-1	0
互層部(砂岩)	-1	-1	-1	-1
互層部(泥岩)	-3	-2	-2	-3
第2泥質部	-2	-2	-2	-2
細粒砂岩層	-1	-1	-1	-1
第3泥質部	-2	-1	-1	-1
粗粒砂岩層	0	0	0	0

図 1 2 - 3 3号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の基礎地盤沈下量および基礎底面の傾斜



沈下量 (mm)	#4T/B 29	#4T/B 30	#4T/B 31	#4T/B 32
合計	-14	-9	-9	-15
第1泥質部	-3	-3	-1	-1
互層部(砂岩)	-1	-1	-1	-1
互層部(泥岩)	-4	-2	-3	-4
第2泥質部	-3	-2	-3	-4
細粒砂岩層	-1	0	0	0
第3泥質部	-1	-1	-1	-4
粗粒砂岩層	-1	0	0	-1

沈下量 (mm)	#4R/B 25	#4R/B 26	#4R/B 27	#4R/B 28
合計	-6	-5	-5	-5
第1泥質部	-	-	-	-
互層部(砂岩)	-	0	-	-
互層部(泥岩)	-	0	-	-
第2泥質部	-3	-2	-2	-1
細粒砂岩層	-1	-1	-1	-1
第3泥質部	-1	-1	-1	-2
粗粒砂岩層	-1	-1	-1	-1

図 1 2 - 4 4号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の基礎地盤沈下量および基礎底面の傾斜

#### 4 建屋基礎地盤の沈下量の評価

各建屋の基礎底面の傾斜（最大値）および各種基準に示される目安値<sup>※</sup>を整理し、表4に示す。各建屋の基礎底面の傾斜（最大値）は、同目安値以下であることから、建屋基礎の安定上問題ないものと評価した。

また、「鉄筋コンクリート造の建物に構造的な障害が発生する限度角となる変形角の目安値」に対して余裕があることから、現状の建屋構造に有意な変化が生じることはなく、建屋構造部材や現状の滞留水管理に有害な影響を与えないものとする。

※ 目安値

①基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド（平成25年6月原子力規制委員会）

；発電用軽水炉型原子炉施設の各建物及び構築物の基礎底面の傾斜に対する目安値

②建築基礎構造設計指針（日本建築学会）

；鉄筋コンクリート造の建物に構造的な障害が発生する限度角となる変形角の目安値

表4 各建屋基礎底面の傾斜の最大値および各種基準に示される目安値

		基礎底面の傾斜 (最大)	評価① (安定性評価に係る審査ガイド)	評価② (建築基礎構造設計指針)
			【目安値】 1/2,000	【目安値】 1/1,000~1/500
原子炉 建屋	1号機	1/42,000	OK	OK
	2号機	1/47,000	OK	OK
	3号機	1/47,000	OK	OK
	4号機	1/49,000	OK	OK
タービン 建屋	1号機	1/15,000	OK	OK
	2号機	1/10,000	OK	OK
	3号機	1/11,000	OK	OK
	4号機	1/11,000	OK	OK

山側ライン上の埋設物に対する施工時の考慮

1 はじめに

陸側遮水壁は、地盤中に凍結管を約1m間隔で設置し、凍結管内に-30℃のブライン（冷却材）を循環させて凍結管周囲の地盤を凍結して造成する。建屋周辺の地盤中には、トレンチ・配管・排水路等の埋設物が存在し、埋設物が陸側遮水壁を横断する箇所では、埋設物の周囲の地盤を巻き込んで陸側遮水壁を造成する。陸側遮水壁を横断する埋設物周辺の施工にあたっては、埋設物を図面・試掘・現地調査で確認し、構造形式、内容物、埋設物内部の状況を整理した上で、埋設物の幅・機能に応じて、適切な施工方法を選定する。

1.1 陸側遮水壁の施工手順

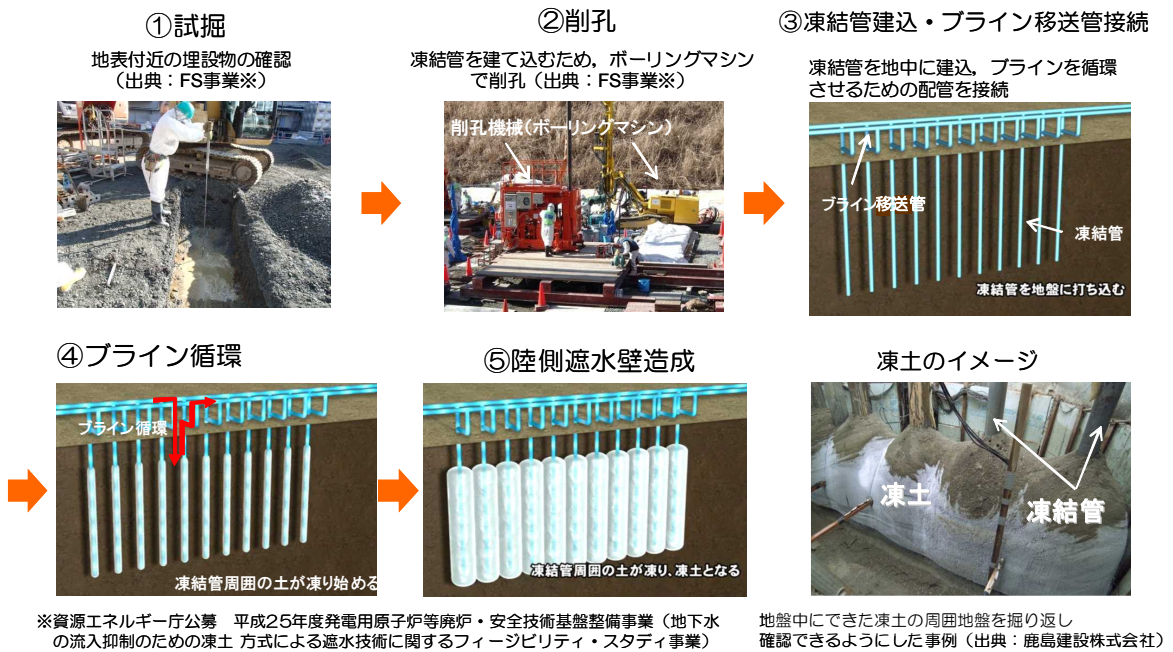


図1 陸側遮水壁の施工手順イメージ



## 1.2 埋設物の種類

建屋周辺の地盤中には、建屋間を連絡する電気・通信ケーブルや配管を内包するトレンチおよび雨水用の排水路等の埋設物が存在する。

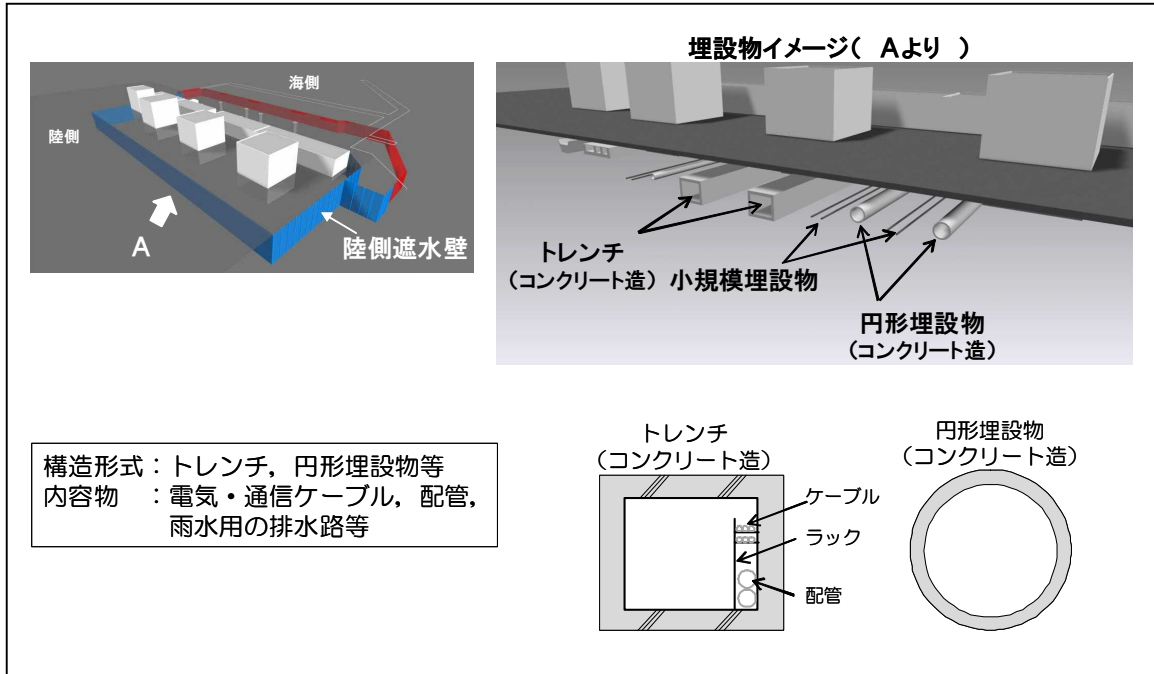


図2 埋設物のイメージ

## 2 埋設物に対する施工方法

陸側遮水壁の凍結管は、一般部では約1m間隔で1列に設置することから、幅1m程度以下の埋設物が横断する箇所では、凍結管の設置間隔を微調整することで干渉を回避することができる。しかし、幅1m程度以上の埋設物が横断する箇所では、干渉を回避すると凍結管の間隔が広がるため、十分な凍結効果が得られず、凍結管の間に未凍結部分が生じるおそれがある。このような埋設物の横断箇所においては、埋設物を貫通して凍結管を設置する貫通施工や、埋設物の軸方向に複数の凍結管を設置する複列施工を用いて、埋設物周囲の地盤を巻き込んで凍結する。

### 2.1 単列施工

一般部と同様の間隔で凍結管を設置し、埋設物周囲の地盤を巻き込んで凍結する。

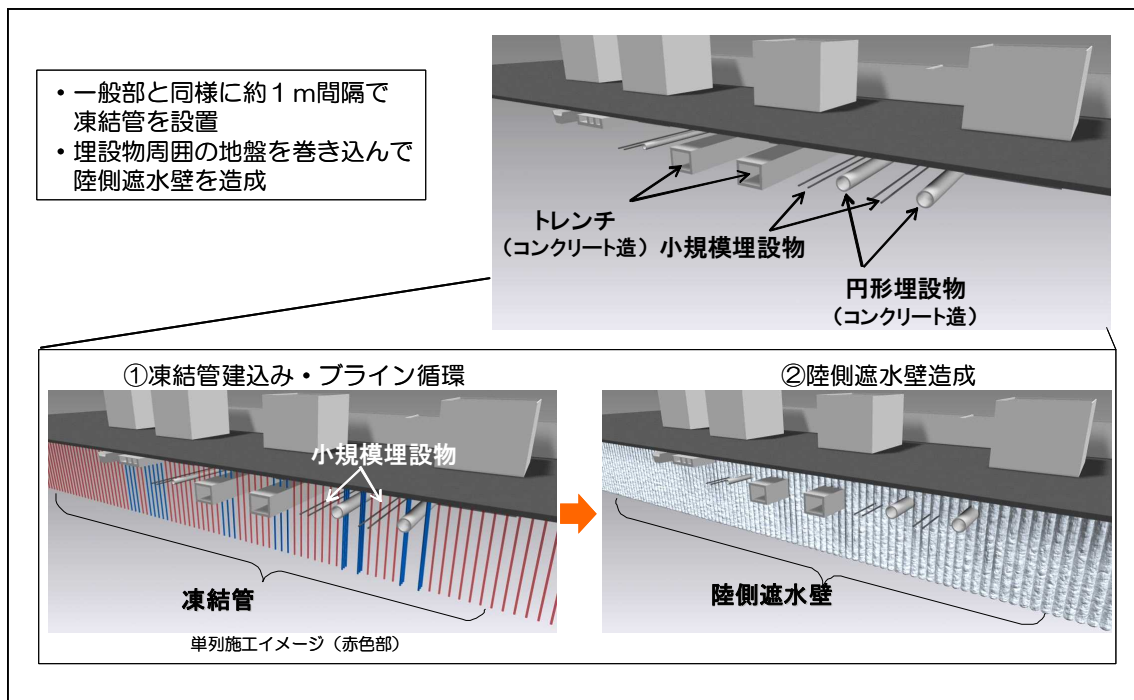


図3 単列施工のイメージ

## 2.2 貫通施工

- 埋設物の頂版・底版を切削・貫通して凍結管を設置し，埋設物周囲の地盤を巻き込んで陸側遮水壁を造成する。
- 埋設物の貫通は，埋設物内部等の状況により，単純貫通工法，内部充填工法，マルチステップ工法のいずれかを用いて施工する。

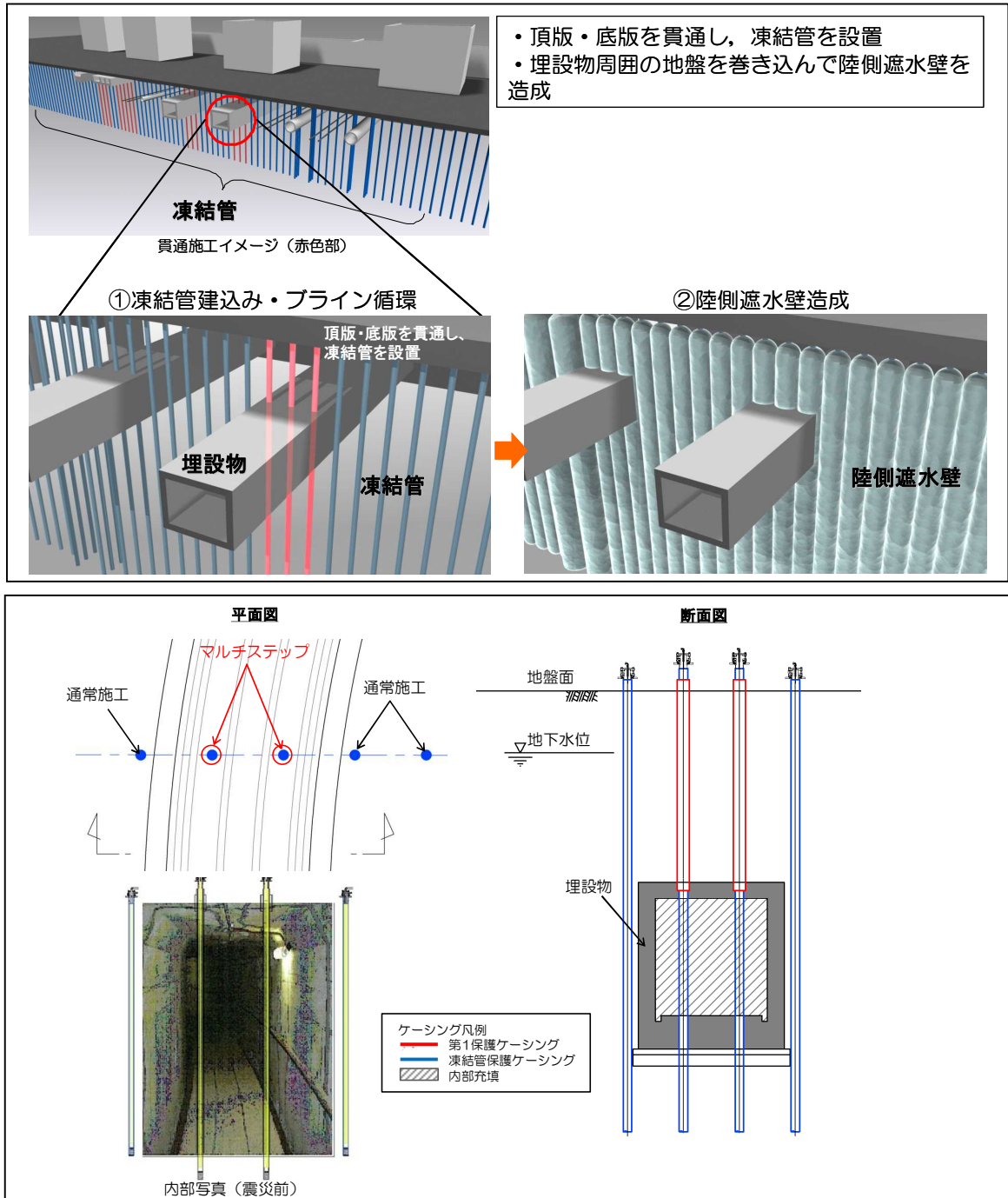


図4 貫通施工のイメージ

### 2.3 複列施工

埋設物の幅が1 m程度以上で、必要な埋設物内部の通水断面が貫通施工では確保できない箇所において、埋設物の軸方向に複数の凍結管を設置し、埋設物周囲の地盤を巻き込んで陸側遮水壁を造成する。

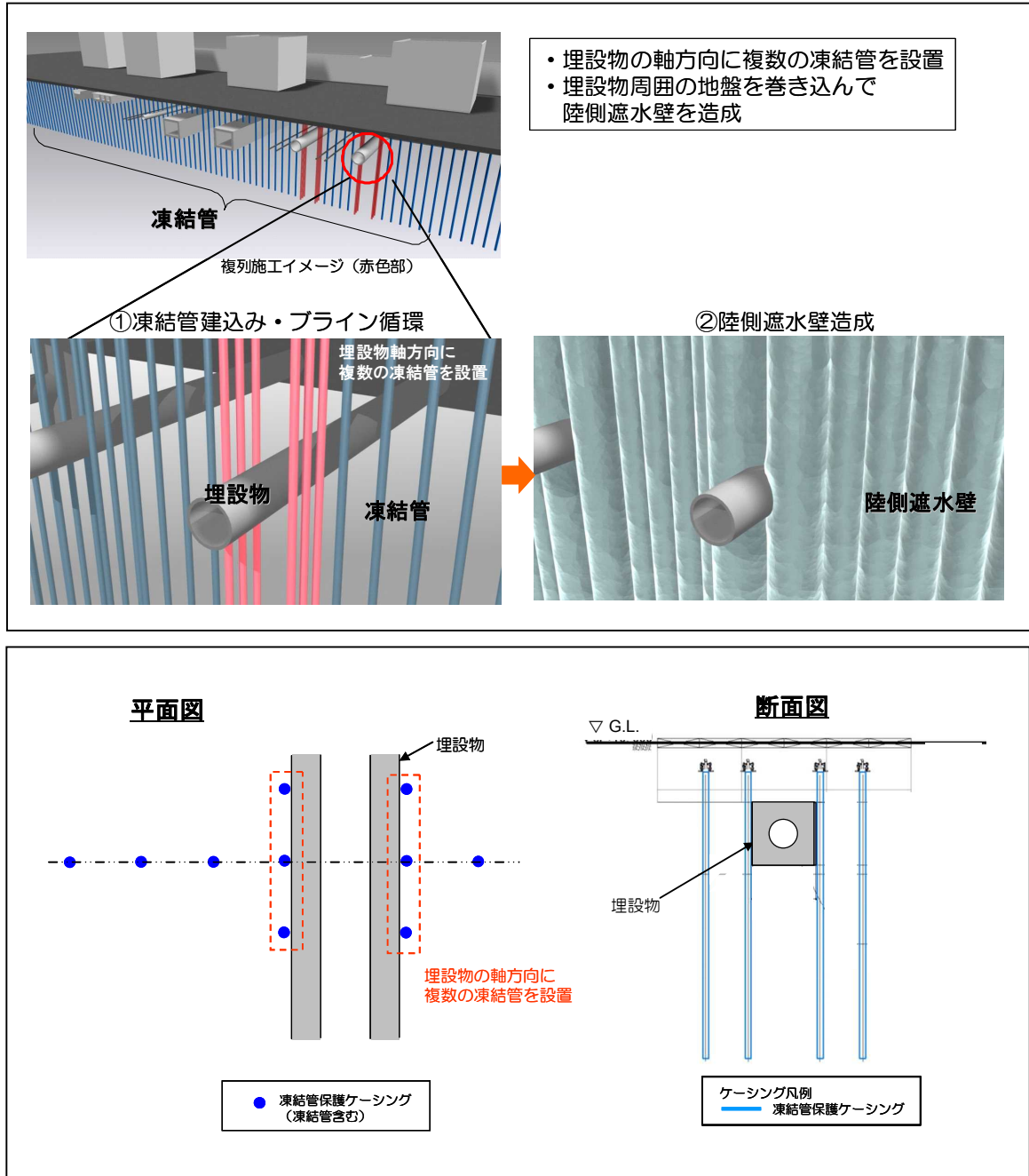


図5 複列施工のイメージ

### 3 貫通施工の基本方針

#### 3.1 貫通施工の種類と施工パターン

##### 3.1.1 貫通施工の種類

- 単純貫通工法 : ボーリング工法を用いて埋設物を単純に貫通する施工方法
- 内部充填工法 : 内部充填により貫通箇所の水密性を確保し、ボーリング工法を用いて埋設物を貫通する施工方法
- マルチステップ工法 : マルチステップ (多段式) ボーリング工法を用いて貫通箇所において漏えい防止の水密性を確保し、埋設物を貫通する施工方法

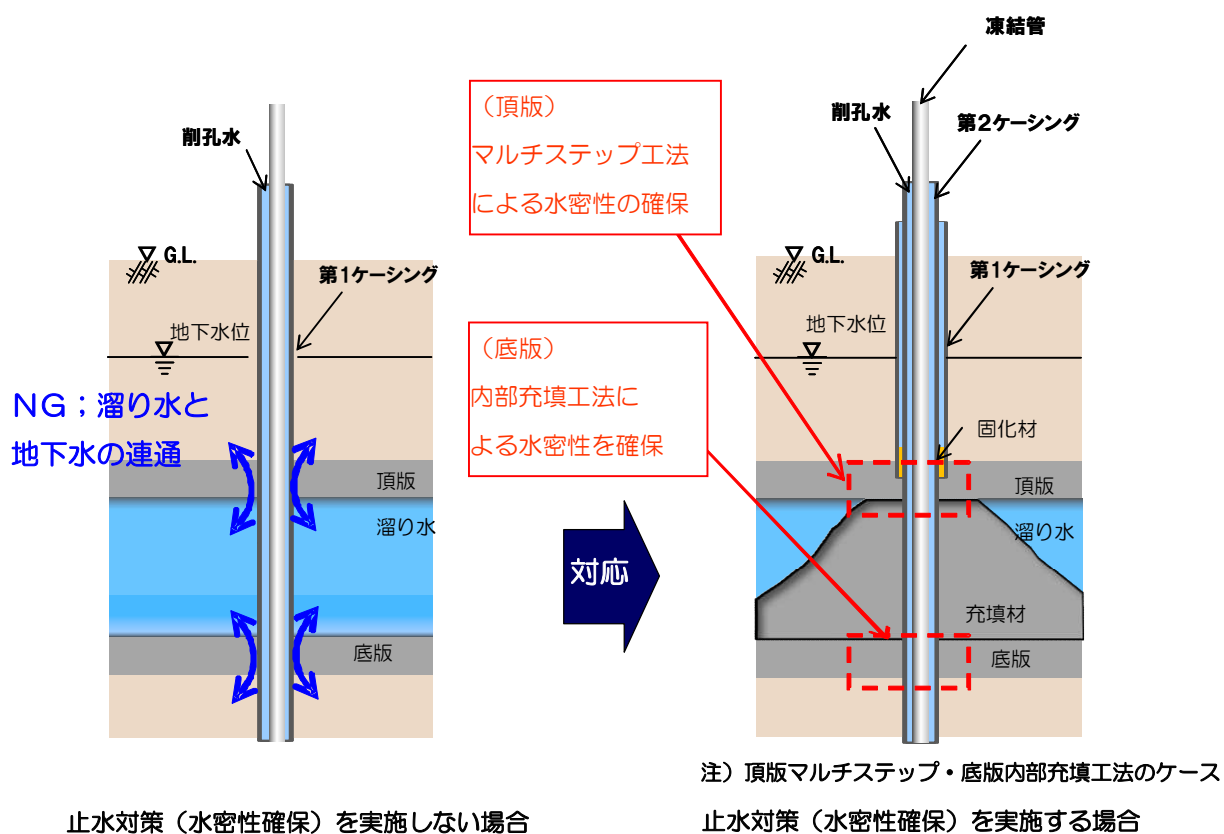
貫通箇所の水密性の確保は、埋設物の頂版はマルチステップ工法、底版は内部充填工法を用いる。ただし、内部の通水を確保する必要がある排水路の底版においては、マルチステップ工法を用いて貫通箇所の水密性を確保する。

### 3.2 貫通施工における水密性の確保

#### 3.2.1 貫通施工時の留意事項

貫通施工を行う際には、以下について留意する。

留意事項	対応
埋設物内の溜り水と地下水の連通の防止	水密性の確保（内部充填工法・マルチステップ工法の適用）
OF ケーブル（Oil Filled, ケーブル油含む）や運用中の通信・制御ケーブルの損傷の防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>・OF ケーブル；トレンチ内の位置確認，移動</li> <li>・通信・制御ケーブル；図面・現地確認により使用状況を確認，必要に応じて移動</li> </ul>



#### マルチステップ工法における水密性確保に関する成立性確認

マルチステップ工法による埋設物頂版・底版貫通施工時の水密性確保については、資源エネルギー庁公募「平成 25 年度発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤整備事業（地下水の流入抑制のための凍土方式による遮水技術に関するフェージビリティ・スタディ事業）」により成立性が確認されている。

図 6 貫通施工時の留意事項

### 3.2.2 貫通施工の施工パターン

貫通施工は、以下の施工パターンの工法を用いて施工する。

#### (1) 頂版単純貫通・底版内部充填工法

埋設物周辺の地下水位が頂版より低く、かつ、貫通箇所の溜り水が自由水面を持つ場合に適用する。

#### (2) 頂版マルチステップ・底版内部充填工法

埋設物周辺の地下水位が頂版より高い場合、または、貫通箇所の溜り水が被圧されている場合（不明な場合を含む）に適用する。

#### (3) 頂版撤去・底版内部充填工法

浅部に設置されて掘削して頂版に開口部を設けることが可能な埋設物、または、頂版が蓋掛け構造の埋設物において、貫通箇所に溜り水が存在する場合に適用する。

#### (4) 頂版単純貫通・底版マルチステップ工法

埋設物周辺の地下水位が頂版より低く、かつ、内部の溜り水が自由水面を持つ埋設物において、貫通箇所の通水を確保する必要がある場合（排水路を想定）に適用する。

#### (5) 頂版単純貫通・底版単純貫通工法

埋設物周辺の地下水位が底版より低く、かつ、貫通箇所に溜り水がない場合に適用する。



### 3.3.1 頂版単純貫通・底版内部充填工法

頂版単純貫通・底版内部充填工法の施工手順を図7に示す。

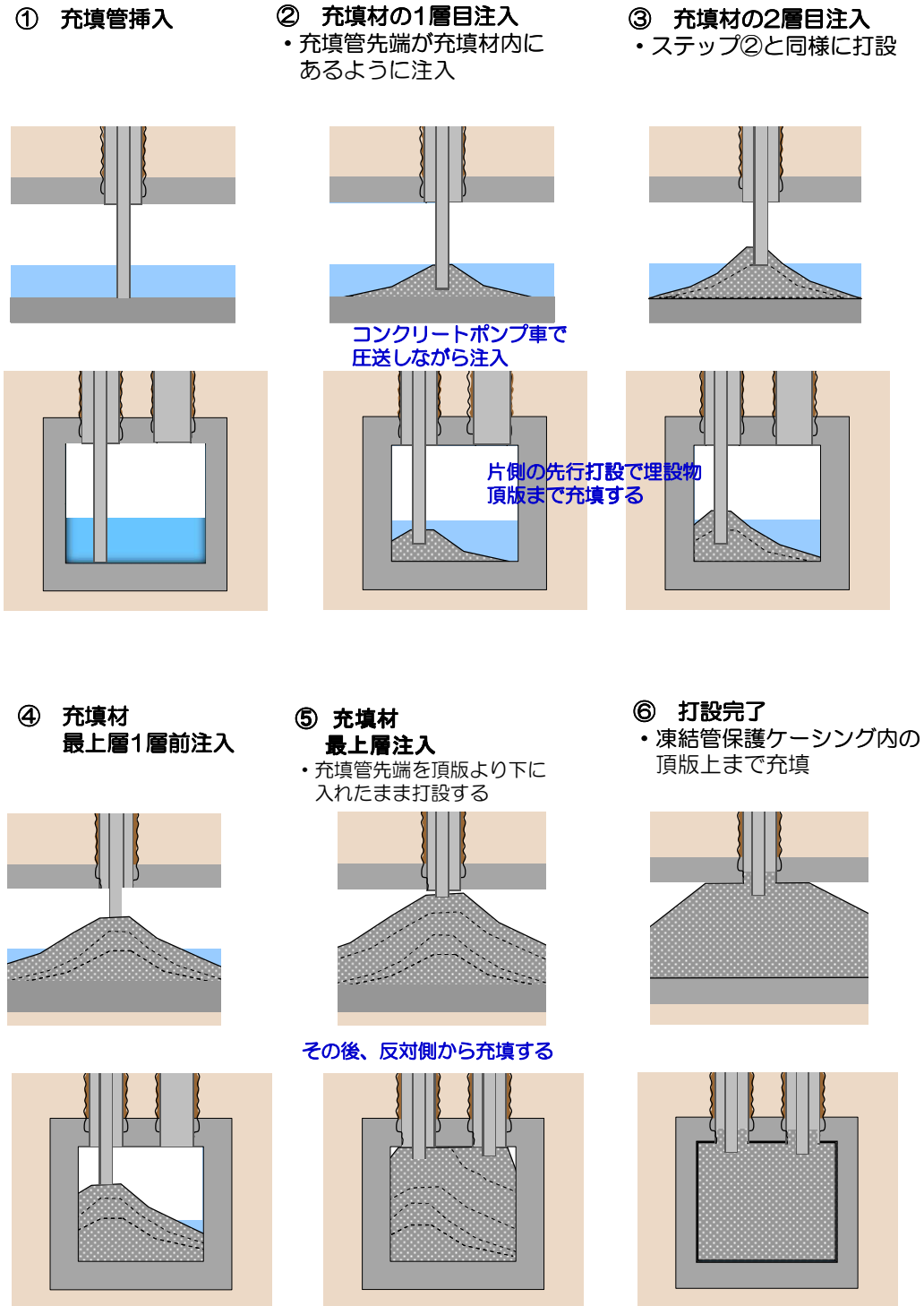
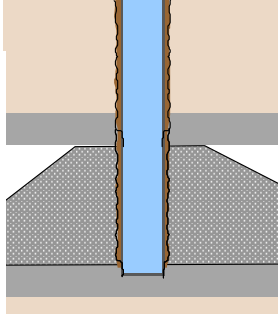


図7-1 頂版単純貫通・底版内部充填工法の施工手順（1）

⑦ 底版切込・水密性確認

- ・凍結管保護ケーシングで削孔
- ・底版切込後、ケーシングを少し引上げ、水密性確認



⑧ 底版貫通・地盤削孔

- ・凍結管保護ケーシングで底版を削孔貫通
- ・継続して、地盤を削孔

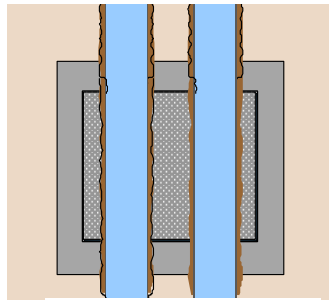
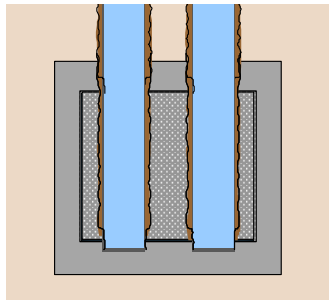
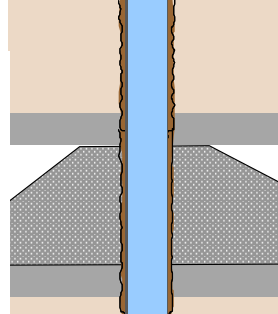
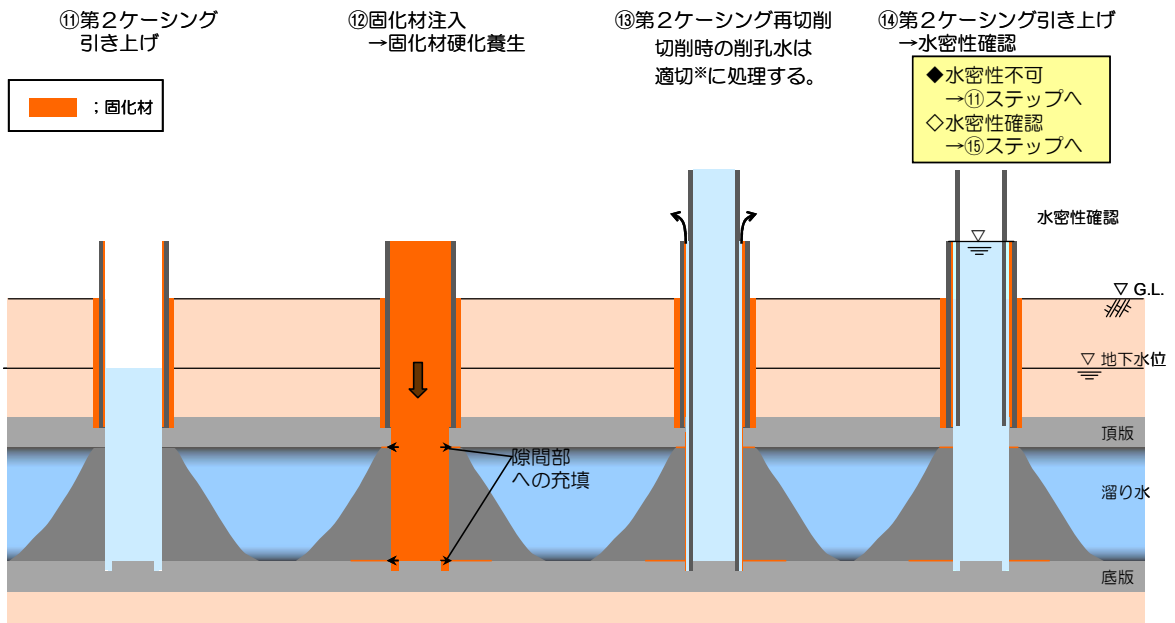


図7-2 頂版単純貫通・底版内部充填工法の施工手順(2)





注) 同一の構造物における同一の手順の削孔には再利用する。  
また、放射性物質濃度を測定した上で、同程度の濃度以上の溜り水を有する構造物における同一手順の削孔にも再利用する。  
最終的に再利用できない余剰水は「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係わる実施計画」に記載の設備で処理する。

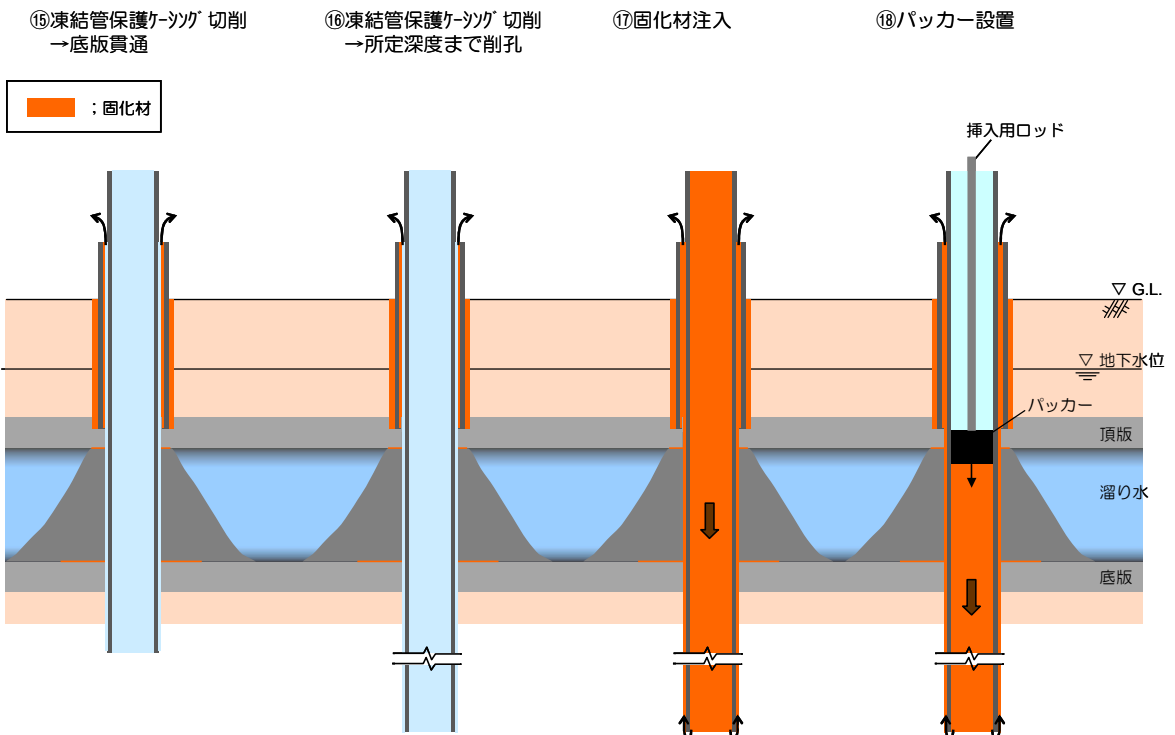


図 8 - 2 頂版マルチステップ・底版内部充填工法の施工手順 (2)

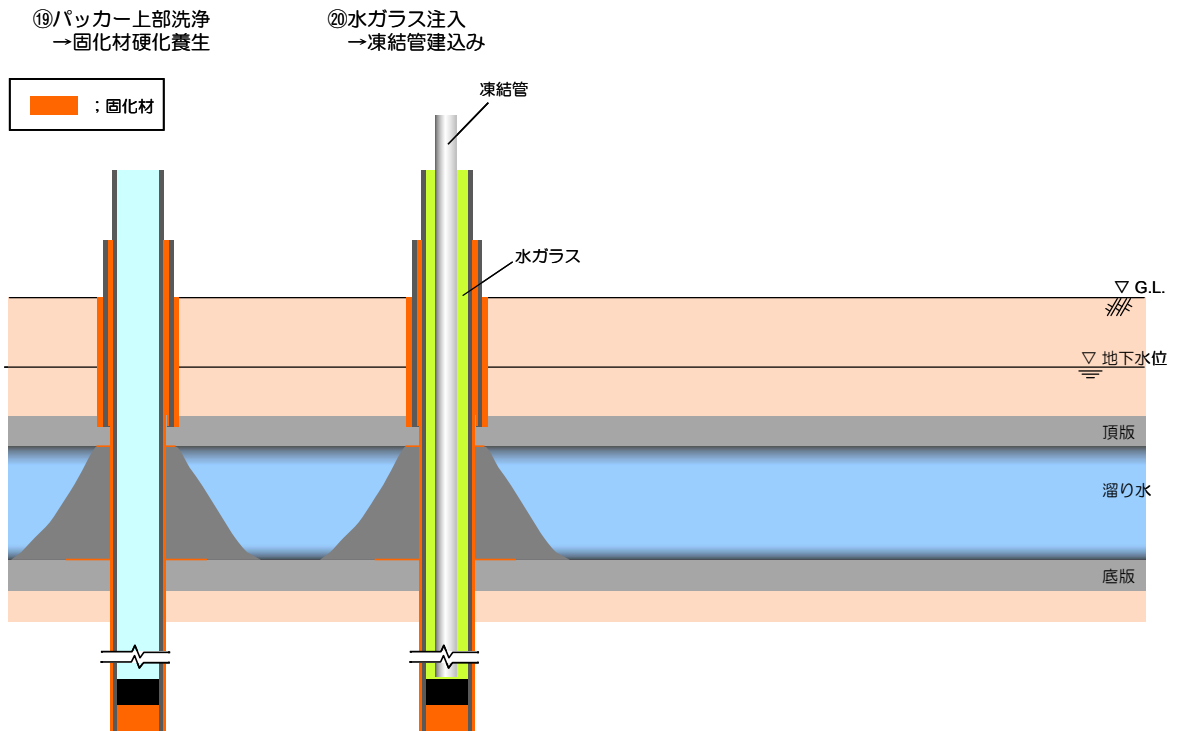


図 8 - 3 頂版マルチステップ・底版内部充填工法の施工手順 (3)

### 3.3.3 頂版撤去・底版内部充填工法

頂版撤去・底版内部充填工法の施工手順を図9に示す。

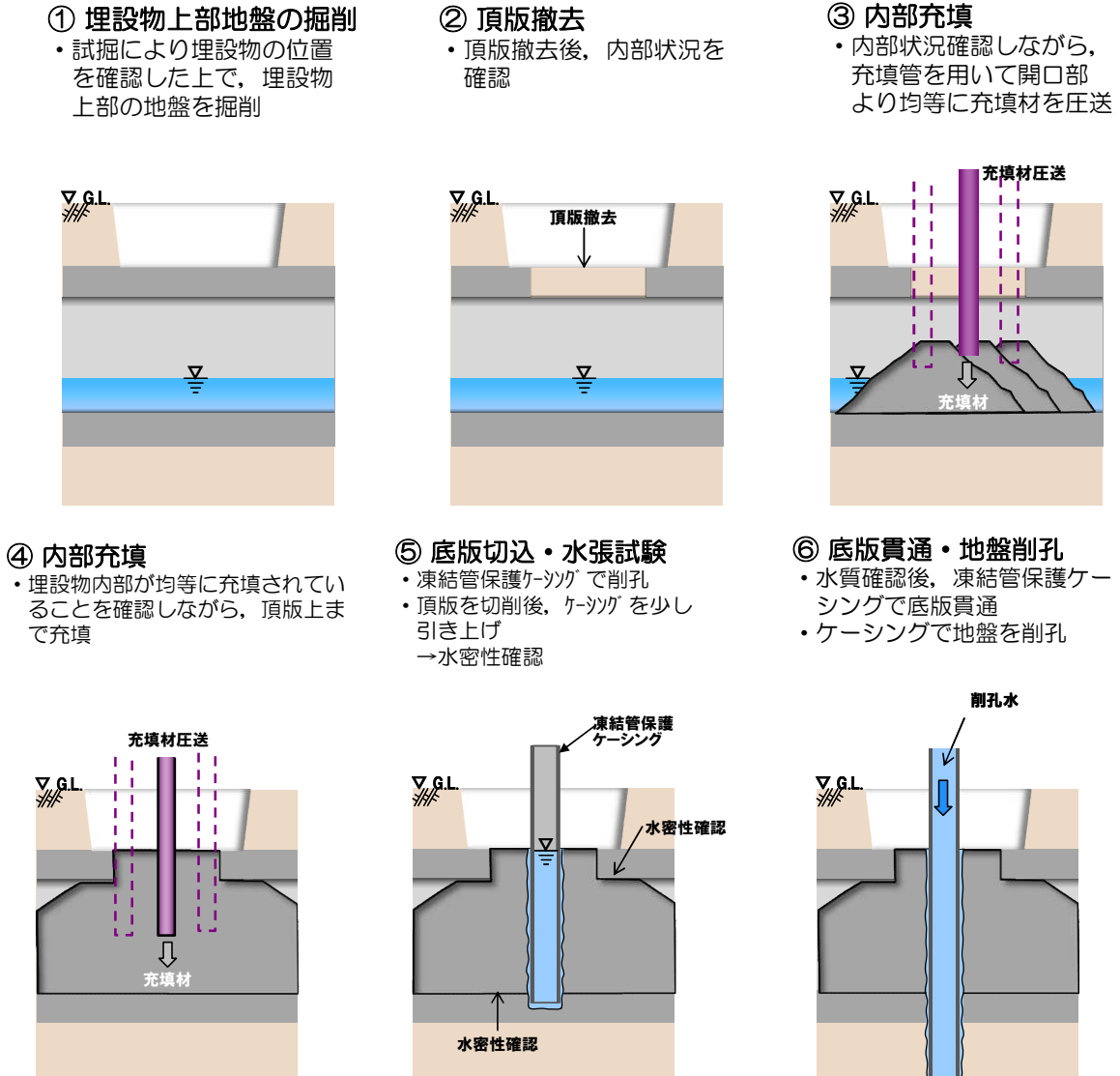


図9 頂版撤去・底版内部充填工法の施工手順

### 3.3.4 頂版単純貫通・底版マルチステップ工法

頂版単純貫通・底版マルチステップ工法の施工手順を図10に示す。

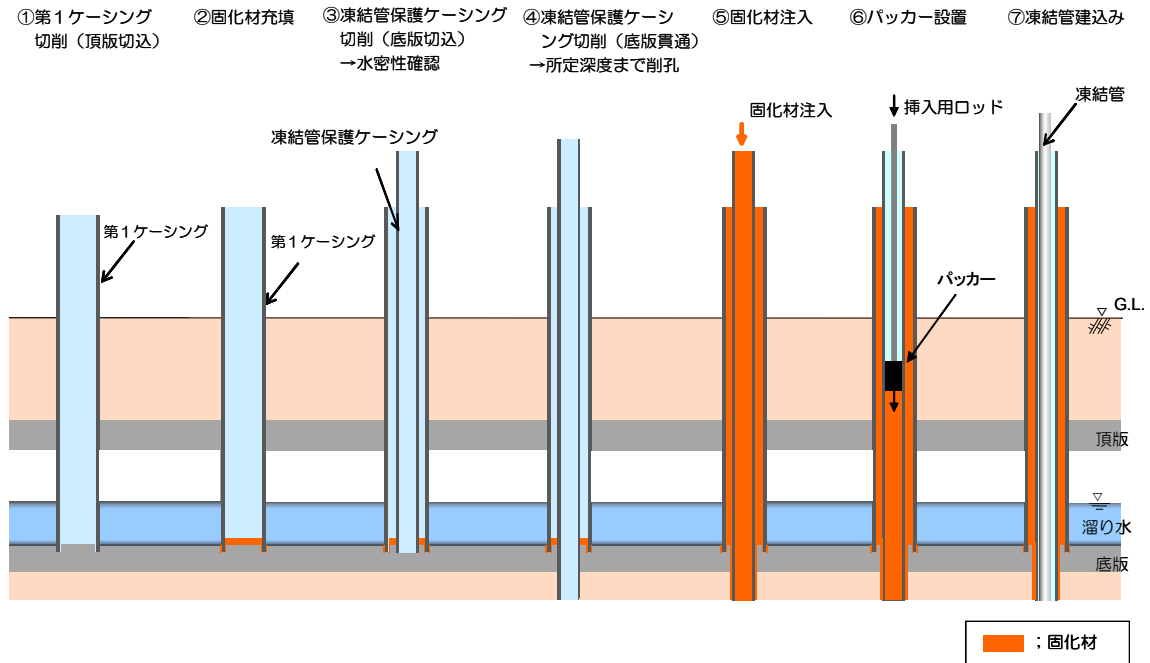


図10 頂版単純貫通・底版マルチステップ工法の施工手順

### 3.3.5 頂版単純貫通・底版単純貫通工法

埋設箇所の水密性確保を必要としない箇所については、通常のボーリング削孔を用いて埋設物の頂版および底版を削孔する。

### 3.3.6 施工後の貫通箇所の水密性確認

#### (1) 排水路を除く埋設物

- ・埋設物内の溜り水および貫通箇所近傍地下水の水位・水質を測定し、貫通箇所の水密性確認を行う。

#### (埋設物内の溜り水)

貫通施工前後に埋設物内の溜り水の水位・水質を測定し、貫通箇所の漏えい有無を確認する。

＜確認時期＞・施工前：順次実施

- ・施工後：各年実施する「福島原子力発電所 1～4号機トレンチ内滞留水の点検」に、貫通施工を対象とする埋設物を追加して確認

#### (貫通箇所近傍地下水)

貫通箇所近傍<sup>※1</sup>地下水の水位・水質について測定する。Cs-137 または Sr-90 の放射性物質濃度が告示濃度限度<sup>※2</sup>を超えた場合は、調査頻度の増加等により原因を調査する。実施にあたっては、漏えい監視計画を作成した上で実施する。

＜確認時期＞・初回：溜り水水位より周辺地下水水位が低下する前に実施<sup>※3</sup>

- ・2回目以降：各年実施する「福島原子力発電所 1～4号機トレンチ内滞留水の点検」の点検時期に合わせて実施<sup>※4</sup>
- ・溜り水水位より周辺地下水水位が低下した時<sup>※5</sup>

- ※1 新たに観測井を設置する場合は、構造物の貫通箇所から地下水の流下方向で干渉物を避けた最短位置に可能な限り速やかに設置する。
- ※2 東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示に基づく周辺監視区域外の水中の濃度限度
- ※3 貫通施工箇所近傍の観測井を活用して確認する。なお、貫通施工箇所と観測井の離隔距離等の状況によっては、新たに観測井を設置し確認箇所を可能な限り速やかに変更する。但し、溜り水水位より周辺地下水水位が低下した後に観測井を変更した場合は、設置後速やかに水位・水質を測定する。
- ※4 初回から2回目の確認の期間が6ヶ月以上の間隔が空く場合は、追加の確認を実施する。
- ※5 溜り水水位より周辺地下水水位が低下する時期は、貫通箇所周辺の観測井等の水位データを活用して判断する。



(2)排水路

- ・地下水位など埋設物ごとの周辺状況に応じた方法で、水密性を確認する。

＜確認時期＞ 貫通施工後～凍結開始前

(排水路内の流況を踏まえて確認時期を確定する)

(3)漏えいが確認された場合の対応

- ・別途、変更申請を行う。

表1 施工後の排水路の貫通箇所における水密性の確認方法

設 備		確認方法	備 考
4-1	K排水路①	・水張り試験による貫通箇所周辺の水密性確認	・地下水位<底版標高
5-3	大芋沢排水路		・常時没水
7-3	K排水路②	・排水路内部点検による貫通箇所の湧水の有無確認	・底版標高<地下水位

#### 4 凍結防止措置

陸側遮水壁を横断する埋設物のうち、埋設物内部の凍結を防止する必要がある箇所では、以下に示す方法等により対応する。

##### 4.1 凍結管外周部に断熱材を設置する方法

凍結管外周部に断熱材を設置し、埋設物内部の凍結を防止する。

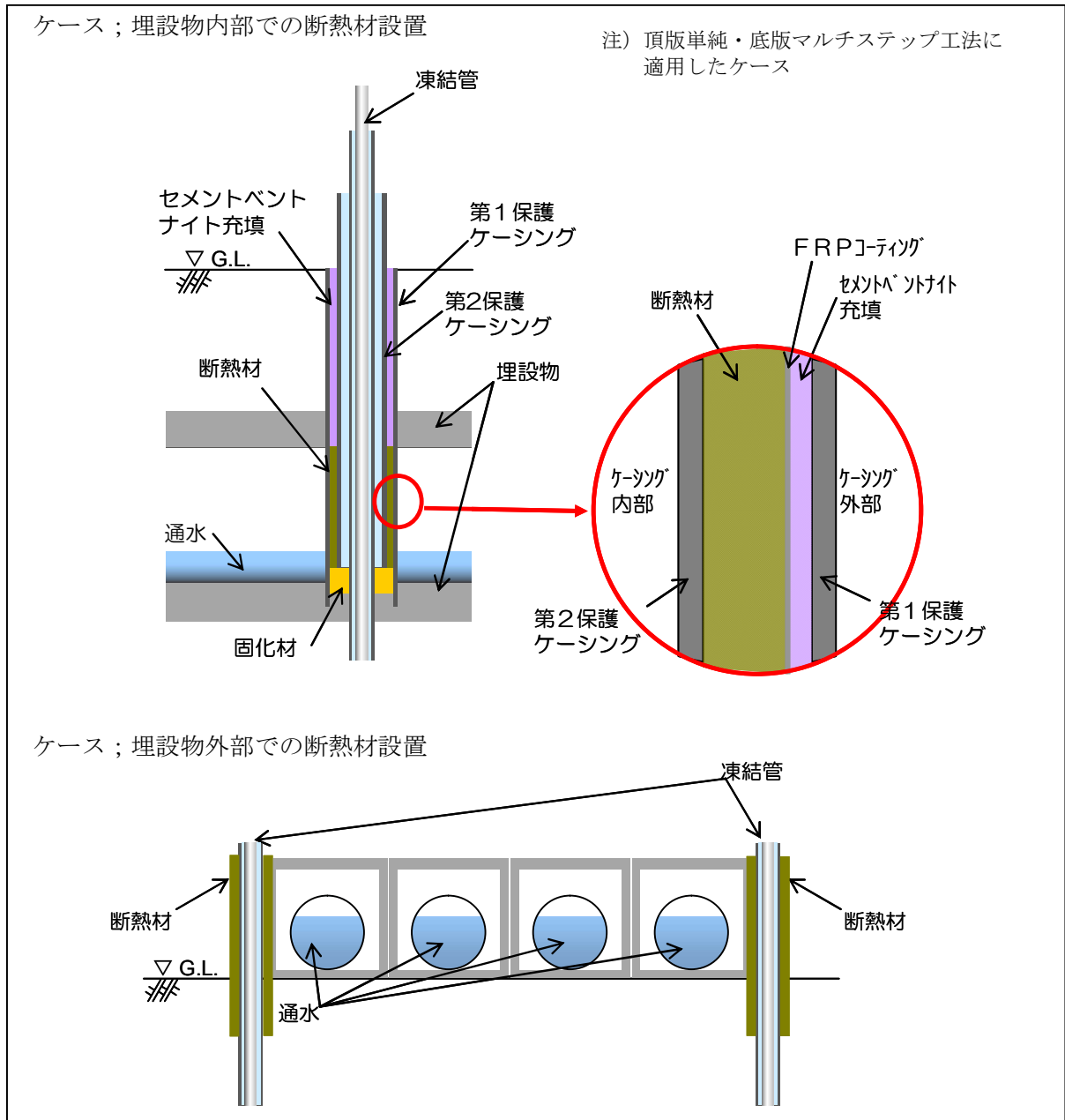


図 1 1 凍結管外周部への断熱材設置による凍結防止イメージ

#### 4.2 埋設物外周部に断熱材を設置する方法

埋設物外周部に断熱材を設置し，埋設物内側の凍結を防止する。

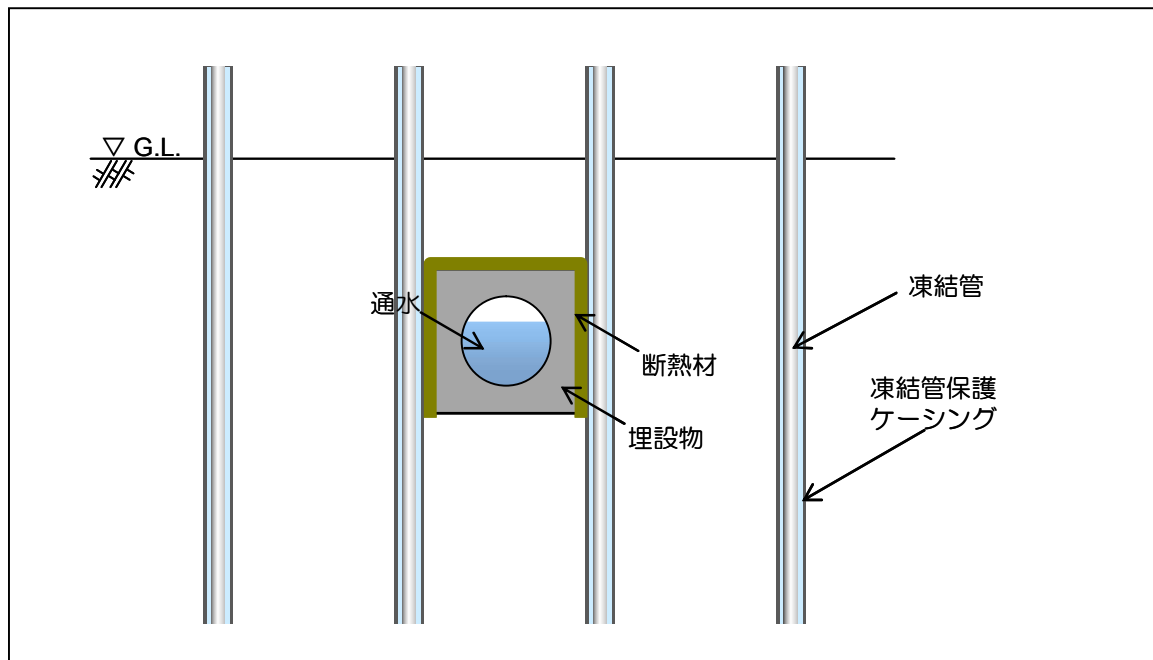


図 1 2 埋設物外周部への断熱材設置による凍結防止イメージ

5 山側ライン上の貫通施工・複列施工の対象箇所

山側ライン上の凍結管（測温管含む）の貫通施工・複列施工の対象箇所を図1-3、表2に示す。また、それぞれ箇所での施工方法を図1-6に示す。

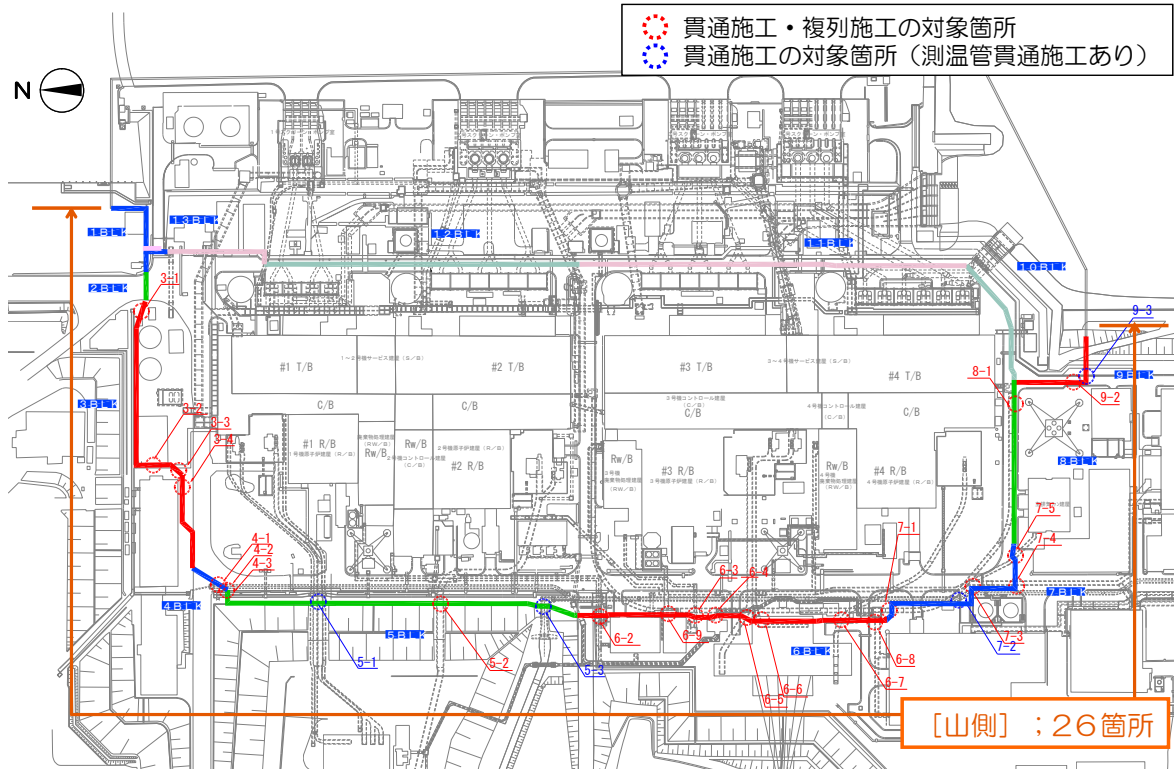


図1-3 貫通施工・複列施工の対象箇所

表2 貫通施工・複列施工の対象箇所

	構造物名	溜り水調査※4		貫通施工箇所での溜り水※4		調査時期	施工パターン	備考
		溜り水※3の有無	溜り水※1の区分	有無	自由水面・被圧			
3BLK	3-1 排水ヒューム管①	—※2	—	—	—	—	複列	
	3-2 水処理建屋～1号機T/B連絡ダクト①	有	C	—	—	H25.12	複列	
	3-3 水処理建屋～1号機T/B連絡ダクト②			—	—		複列	
	3-4 仮設ケーブルトレンチ	無	—	無	—	H26.12	複列	
4BLK	4-1 K排水路①	—※2	—	—	—	—	(頂版)単純 (底版)マルチステップ	
	4-2 ケーブルダクト	無	—	無	—	H23.12 ～H24.1	(頂版)頂版撤去 (底版)単純	蓋がほぼ地上に位置している
	4-3 発電所西側ケーブルダクト	無	—	無	—	H23.12 ～H24.1	(頂版)頂版撤去 (底版)単純	蓋がほぼ地上に位置している
5BLK	5-1 1号機電気ケーブルダクト	有	C	無	—	H23.12 ～H24.1 H25.12	(頂版)単純 (底版)単純	・起動用変圧器洞道 ・主要変圧器洞道 ・測温管貫通施工あり ・予備電源ケーブル洞道 ・コントロール洞道 ・測温管貫通施工あり
	5-2 2号機主変圧器ケーブルダクト	有	C	無	—	H23.12 ～H24.1	(頂版)単純 (底版)単純	
	5-3 大芋沢排水路	—※2	—	—	—	—	(頂版)単純 (底版)マルチステップ	測温管貫通施工あり
6BLK	6-2 1号機活性炭ホールダアップダクト	有	C	有	自由水面	H23.12 ～H24.1	(頂版・中床版)単純 (底版)内部充填	
	6-3 3号機オフガス配管ダクト(北側)	—	—	—	—	—	複列	
	6-4 1～4号機共用所内ポイラトレンチ	無	—	無	—	H23.12 ～H24.1	(頂版)頂版撤去 (底版)単純	
	6-5 3号機主変圧器ケーブルダクト	有	C	有	被圧	H23.12 ～H24.1	(頂版)マルチステップ (底版)内部充填	
	6-6 3号機起動用変圧器ケーブルダクト	有	C	有	被圧	H25.12	(頂版)マルチステップ (底版)内部充填	
	6-7 4号機主変圧器ケーブルダクト	有	C	有	被圧	H23.12 ～H24.1	(頂版)マルチステップ (底版)内部充填	
	6-8 2～4号機DG連絡ダクト①	有	C	無	—	H25.12	(頂版)単純 (底版)単純	
6-9 3号機活性炭ホールダアップ管路	無	—	無	—	H26.11	(頂版)単純 (底版)単純		
7BLK	7-1 2～4号機DG連絡ダクト②	有	C	有	被圧	H24.12	(頂版)マルチステップ (底版)内部充填	
	H24.12					(頂版)マルチステップ (底版)内部充填	測温管貫通施工あり	
	7-2 2～4号機DG連絡ダクト③	—※2	—	—	—	—	(頂版)単純 (底版)マルチステップ	
	7-3 K排水路②	有	C	有	自由水面	H25.12	(頂版)頂版撤去 (底版)内部充填	
	7-4 廃棄物系共通配管ダクト①	有	C	有	自由水面	H26.11	(頂版)単純 (底版)内部充填	
7-5 廃棄物系共通配管ダクト②	有	C	有	自由水面	H26.11	(頂版)単純 (底版)内部充填		
8BLK	8-1 滞留水移送管	—※2	—	—	—	—	複列	
9BLK	9-2 配管ダクト	無	—	無	—	H26.10	(頂版)単純 (底版)単純	
	9-3 集中ラド側カルパート	無	—	無	—	H26.10	(頂版)単純 (底版)単純	測温管貫通施工あり

※1 貫通施工に関する溜り水の区分(放射性物質濃度(Cs))

- A: 1.0 × 10<sup>6</sup>Bq/L以上
- B: 1.0 × 10<sup>4</sup>Bq/L以上～1.0 × 10<sup>6</sup>Bq/L未満
- C: 1.0 × 10<sup>4</sup>Bq/L未満

今後の陸側遮水壁貫通施工に伴う調査により上記区分のA, Bに相当する溜り水が確認された場合は、溜り水の除去の計画を検討の上、実施する。

※2 排水設備および滞留水移送管

排水設備については雨水や地表水が流れる構造である。

※3 上表で溜り水「無」の埋設構造物内に、貫通施工前の調査によって溜り水を有することが確認された場合には工事を中止し、別途、変更申請を行う。ただし、測定の結果、明らかに雨水由来あるいは地下水由来の水と推定される場合については報告する。

※4 貫通施工を行う埋設構造物の貫通施工中に埋設構造物内の溜り水の水位が大きく変動した場合など、溜り水の漏えいを防止する観点で、上表の施工パターンを変更する必要がある場合には直ちに工事を中止し、別途変更申請を行う。

注1) 「6-1 2～3号機共用所内ポイラトレンチ」については、現地調査等により溜り水がないこと、また、現状使用しておらず今後とも使用しないことを確認したため、陸側遮水壁ラインと干渉する部分を撤去することとした。これに伴い「貫通施工・複列施工の対象箇所」から除外した。

注2) 「8-2 排水ヒューム管②」及び「9-1 排水ヒューム管③」については、現地調査等により単列施工にて対応可能であることを確認したため、「貫通施工・複列施工の対象箇所」から除外した。

6 貫通施工箇所に溜り水を有する埋設物からの溜り水漏えいについて

貫通施工箇所に溜り水を有する埋設物に対して貫通施工を行う下記の8箇所については、溜り水水位と地下水位の関係で2種類の貫通施工方法を選択する。

建屋のひび割れ部において建屋内部の滞留水の水頭に対して外部の地下水の水頭が高い場合には、建屋外部から内部への移流が支配的となる。同様に、埋設物の貫通施工が完了した箇所において万一水密性が損なわれた場合、埋設物内の溜り水の調査結果から、溜り水の水頭よりも構造物周辺地下水の水頭が高くなる状態では、地下水が埋設物内に流入する“移流”が支配的となり、埋設物から溜り水が漏えいすることはない。一方、溜り水水頭よりも構造物周辺地下水の水頭が低くなる状態となり、万一貫通箇所の水密性が損なわれて溜り水が漏えいした場合においても、解析から得られた放射性物質濃度の上昇幅を、貫通箇所周辺地下水（震災以降に設置したサブドレンピット・観測井）の放射性物質濃度に加えた値が告示濃度限度以下であることから、周辺環境に与える影響はないものと考えられる（6.2 参照）。

表3 貫通施工箇所に溜り水を有する埋設物の貫通施工方法

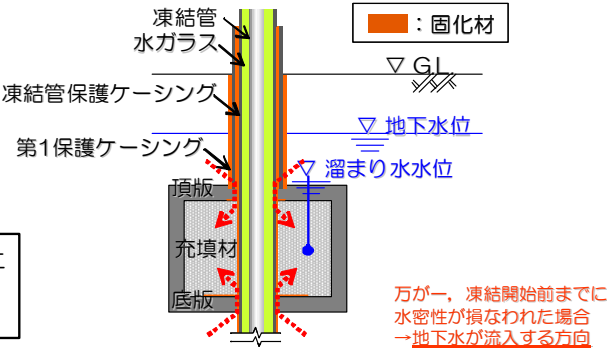
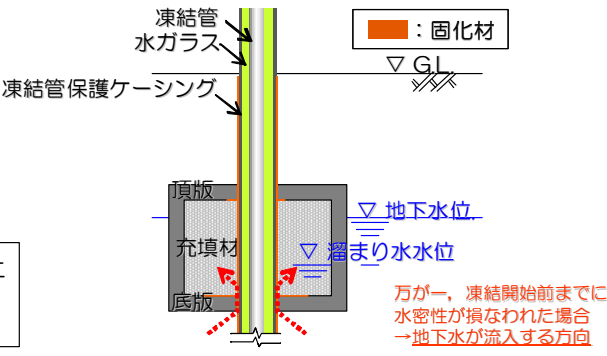
対象貫通箇所	貫通施工方法
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6-5 3号機主変圧器ケーブルダクト</li> <li>• 6-6 3号機起動用変圧器ケーブルダクト</li> <li>• 6-7 4号機主変圧器ケーブルダクト</li> <li>• 7-1 2~4号機DG連絡ダクト②</li> <li>• 7-2 2~4号機DG連絡ダクト③</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">                     以下の施工方法により溜り水の漏えいを防止                      頂版：マルチステップ工法                      底版：内部充填工法                 </div>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6-2 1号機活性炭ホールドアップダクト</li> <li>• 7-4 廃棄物系共通配管ダクト①</li> <li>• 7-5 廃棄物系共通配管ダクト②</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">                     以下の施工方法により溜り水の漏えいを防止                      頂版：単純貫通工法または頂版撤去                      底版：内部充填工法                 </div>	

表4 貫通施工箇所に溜り水を有する埋設物の溜り水水位と地下水位

対象貫通箇所	貫通施工方法	溜り水水位（測定時期）	地下水位※（測定時期）
6-2 1号機活性炭ホールドアップダクト	頂版・中床版 ：単純貫通 底版：内部充填	O. P. +6.40m (平成24年1月)	O. P. +6.6m (地下水位観測孔B孔 平成24年12月20日)
6-5 3号機主変圧器ケーブルダクト	頂版：マルチステップ 底版：内部充填	O. P. +6.60m (平成24年1月)	O. P. +7.9m (サブドレンNo.45 平成24年4月18日)
6-6 3号機起動用変圧器ケーブルダクト		O. P. +7.72m (平成25年12月)	
6-7 4号機主変圧器ケーブルダクト		O. P. +7.25m (平成24年1月)	
7-1 2～4号機DG連絡ダクト②		O. P. +6.13m (平成24年12月)	
7-2 2～4号機DG連絡ダクト③			
7-4 廃棄物系共通配管ダクト①	頂版：頂版撤去 底版：内部充填	O. P. +7.18m (平成25年12月)	
7-5 廃棄物系共通配管ダクト②	頂版：単純貫通 底版：内部充填	O. P. +7.43m (平成26年11月)	

※：地下水位については貫通箇所近傍のサブドレン・地下水位観測孔の震災後の観測値（既往最低）より保守的に推定した。

#### 6.1 施工時の確認事項

上記の8箇所のうち2～4号機DG連絡ダクトを除く6箇所については、貫通施工を開始する前に、過去1年程度以内の測定結果を用いて当該埋設物の「溜まり水水位 ≤ 地下水位」の確認、および、放射性物質濃度（Cs）が至近の測定データに対して有意に上昇していないこと（桁数オーダーで上昇していないこと）を確認した上で、当該箇所の貫通施工を実施する。なお、頂版の貫通施工後にも当該埋設物内の溜り水の水位計測を行い「溜まり水水位 ≤ 地下水位」の確認を行った上で、その後の施工を実施する。

2～4号機DG連絡ダクトについては、自由水面を持つ箇所にアクセス出来ないことから、マルチステップにて頂版貫通を行った後に、水位および水質を計測し当該埋設物の「溜まり水水位 ≤ 地下水位」の確認、および、放射性物質濃度（Cs）が至近の測定データに対して有意に上昇していないこと（桁数オーダーで上昇していないこと）を確認する。

上記条件を逸脱する計測・調査結果が得られた場合には別途変更申請を行う。

また、上記8箇所以外の埋設物貫通箇所については、貫通施工前に溜り水の有無を調査し、溜り水を有することが確認された場合には工事を中止し、別途、変更申請を行う。ただし、測定の結果、明らかに雨水由来あるいは地下水由来の水と推定される場合については報告する。

また、貫通施工を行う埋設物の貫通施工中に埋設物内の溜り水の水位が大きく変動した場合など、溜り水の漏えいを防止する観点で、表2記載の施工パターンを変更する必要性が生じた場合には直ちに工事を中止し、別途変更申請を行う。

## 6.2 溜り水を有する埋設物の貫通箇所から漏えいが生じた場合の影響

溜り水を有する埋設物の貫通箇所については、貫通箇所から溜り水の漏えいを生じさせない対策として、施工時に内部充填、水密性確認により水密性を確保するが、万一貫通箇所の水密性が損なわれた場合を仮定して、周辺地下水への影響を評価した。

影響の評価にあたり、貫通施工箇所に溜り水を有する埋設物に対して貫通施工を行う8箇所について水質調査を実施した結果、「6-6 3号機起動用変圧器ケーブルダクト」の放射性物質濃度（Cs-137, 全β）が最も高かった（表5参照）。このため、「6-6 3号機起動用変圧器ケーブルダクト」について、一次元核種移流拡散解析を用いて、貫通箇所から漏えいした溜り水が地下水中を移流し地下水の流れ方向に位置する地点に到達した場合の核種の移流時間、濃度上昇幅を解析した結果、貫通箇所から流れ方向に1m離れた地点における地下水の放射性物質濃度の上昇幅はCs-137で1.4Bq/L, Sr-90で0.16Bq/L程度であった。なお、解析に用いた計算条件を表6に示す。

解析から得られた放射性物質濃度の上昇幅を、貫通箇所周辺地下水（震災以降に設置したサブドレンピット・観測井）の放射性物質濃度（図15参照）に加えた値が告示濃度限度以下であることから、万一貫通箇所の水密性が損なわれて溜り水が漏えいした場合においても、周辺環境に与える影響はないものと考えられる（表7参照）。

ただし、念のため、溜り水を有する埋設物の貫通施工箇所について、貫通施工後に、溜り水および貫通箇所周辺地下水の水位・水質を測定する（3.3.6参照）。



表5 溜り水を有する埋設物の貫通施工箇所における溜り水調査結果

(単位: Bq/L)

	Cs-137	全β	Sr-90	H-3	採水日
6-2 1号機活性炭ホールドアップダクト	210 170	300 240	—	210 190	平成26年10月18日 平成26年10月18日
6-5 3号機主変圧器ケーブルダクト	200	330	7.3	150	平成27年3月4日*
6-6 3号機起動用変圧器ケーブルダクト	250	370	8.1	ND(110)	平成27年3月4日*
6-7 4号機主変圧器ケーブルダクト	50	68	—	ND(110)	平成26年10月16日
7-1 2~4号機DG連絡ダクト②	64	71	—	ND(110)	平成26年10月29日
7-2 2~4号機DG連絡ダクト③	76	84	—	ND(110)	平成26年11月5日
7-4 廃棄物系共通配管ダクト①	62	75	—	230	平成26年10月25日
7-5 廃棄物系共通配管ダクト②	48	100	—	210	平成26年11月7日

注) NDは検出限界値未満を表し、( )内に検出限界値を示す。

※ 平成26年10~11月の調査で放射性物質濃度が高かったことから、平成27年3月にSr-90を含めた再調査を実施

表6 一次元核種移流拡散解析に用いた計算条件

項目	設定値	備考	
貫通箇所周りの地下水流速 (ダルシー流速)	11.4 cm/sec	<ul style="list-style-type: none"> <li>6-6 3号機起動用変圧器ケーブルダクトの底版貫通施工箇所において想定されるダルシー流速</li> <li>海側遮水壁が閉合し、サブドレン稼働水位を屋上水位+1m*の場合を仮定し、3次元地下水浸透流解析を用いて想定した。</li> </ul> <p>※サブドレン稼働の設定水位</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>No.8,9,N4,N5,N6 : O.P.+5.0m</li> <li>上記以外のビット : O.P.+4.0m</li> </ul>	
漏えい期間	継続	—	
地盤の間隙率	0.41	<ul style="list-style-type: none"> <li>中粒砂岩相当 (『福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書』平成5年4月(平成5年7月一部補正))</li> <li>地盤の真密度: 2650 kg/m<sup>3</sup></li> </ul>	
比重	2.65		
地盤間隙の屈曲度	1.414	• Kozeny-Carmanの式での定数	
分散長	1 m (移行距離の1/10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>貫通施工箇所とその周辺の観測井の距離(数m~20m)を評価対象区間とし、その中間地点(10m)の分散長を想定し、移行距離(10m)の1/10として設定した。また、1/10については以下の文献を参考にした。</li> <li>Gelhar et al.1992. A critical review of data on field-scale dispersion in Water Resources Research, Vol.28(7) ,pp.1955-1974.</li> </ul>	
解析期間	25年	—	
半減期	Cs-137	30.17年	—
	Sr-90	28.90年	—
分配係数	Cs-137	0.4 m <sup>3</sup> /Kg	• 現地で採取した砂岩を用いた室内試験結果
	Sr-90	7×10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /Kg	
水中拡散係数	Cs-137	2.02×10 <sup>-9</sup> m <sup>2</sup> /sec	• 文献 (Gray, 1972)からの引用
	Sr-90	7.94×10 <sup>-10</sup> m <sup>2</sup> /sec	

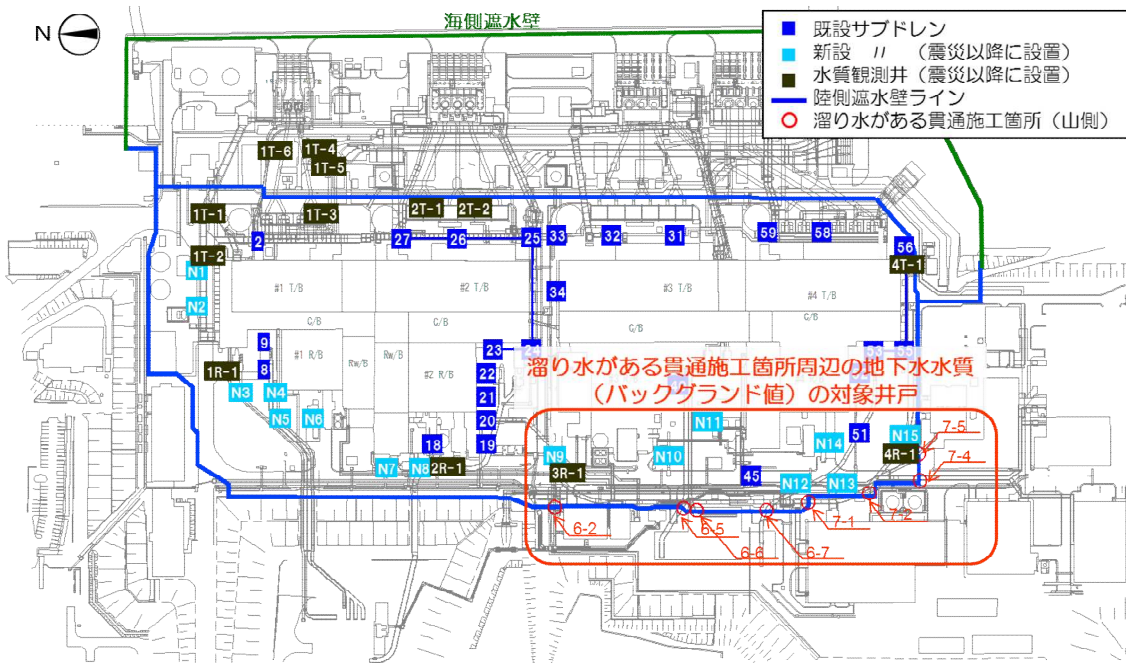


図 1 4 埋設物内に溜り水を有する貫通箇所周辺地下水の水質を測定するためのサブドレンピット・観測井 位置図

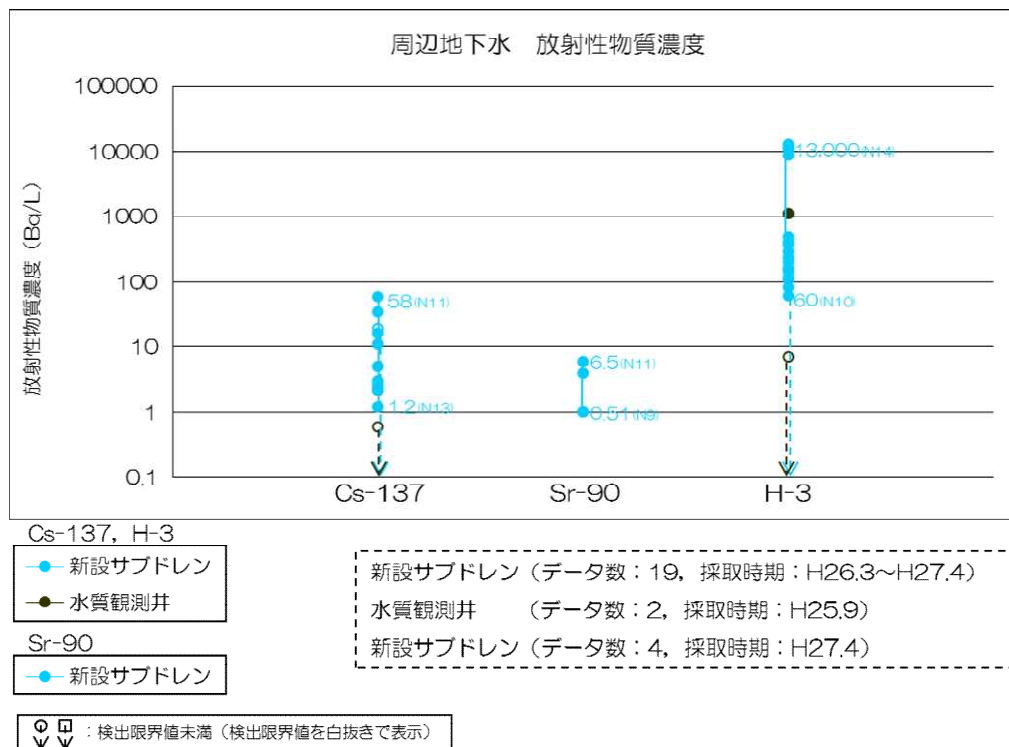


図 1 5 貫通箇所周辺地下水 (震災以降に設置したサブドレンピット・観測井) の放射性物質濃度

表7 貫通箇所から流れ方向に1 m離れた地点における放射性物質濃度変化

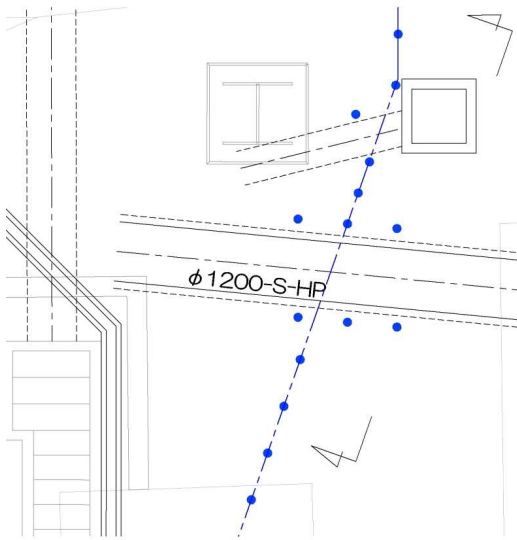
	濃度ピーク到達 までの期間	濃度ピーク到達時または 25年後の最大濃度	(参考) 3-4号機建屋山側における震災以降に設置 したサブドレンピット・観測井の放射性物質濃度
Cs-137	25年以上	1.4Bq/L	1.2~58Bq/L
Sr-90	1,000日程度	0.16Bq/L	0.51~6.5Bq/L

注1 埋設物内部の溜り水が凍結管と外壁の隙間を漏えい経路として、周辺地下水に継続して流出したものと仮定し、周辺地下水のCs-137, Sr-90の移行時間、濃度変化を一次元核種移流拡散解析により推定した。

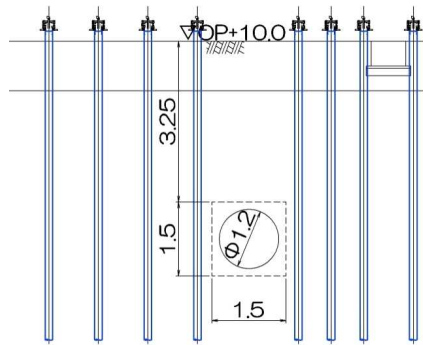
注2 埋設物内の溜り水のトリチウム濃度は周辺地下水と同程度であるため、漏えいした場合においても周辺環境への影響はないことから対象外とした。



**平面図**



**断面図**



**<埋設物情報>**

位置：山側 3BLK  
形状：円形  
寸法：幅1.5m  
標高：OP+6.75m  
溜り水：－  
内部施設：雨水排水

**<施工パターン>**

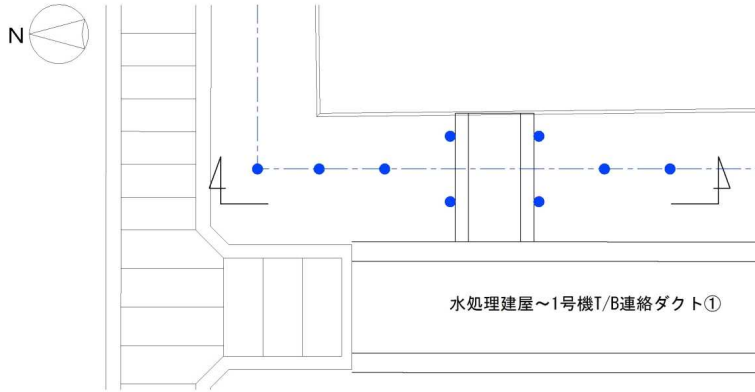
複列

※ 地下水位及びヒューム管内部状況を確認し、必要に応じて凍結防止対策を実施する。

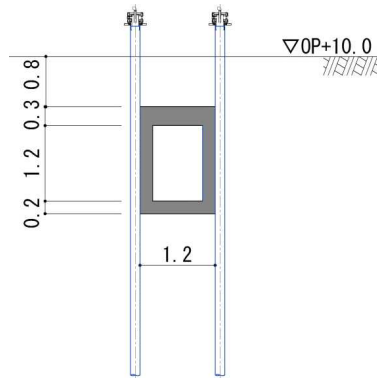
ケーシング凡例  
— 凍結管保護ケーシング

図16-1 【3-1】排水ヒューム管① 施工方法（複列施工）

### 平面図



### 断面図



写真(震災後)

#### <埋設物情報>

位置：山側 3BLK  
 形状：矩形  
 寸法：幅1.2m  
 標高：OP+9.2m  
 溜り水：有  
 ・Cs-134： $1.4 \times 10^2$ Bq/L  
 ・Cs-137： $3.2 \times 10^2$ Bq/L  
 (H25.12測定)  
 内部施設：電気ケーブル

#### <施工パターン>

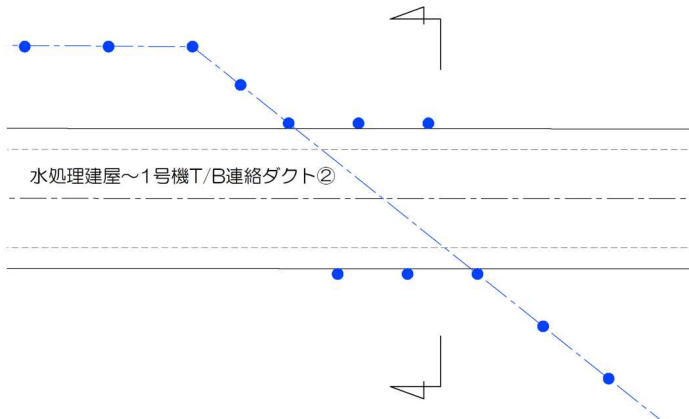
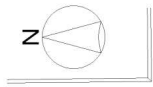
複列

#### ケーシング凡例

— 凍結管保護ケーシング

図16-2 【3-2】水処理建屋～1号機 T/B 連絡ダクト① 施工方法（複列施工）

平面図



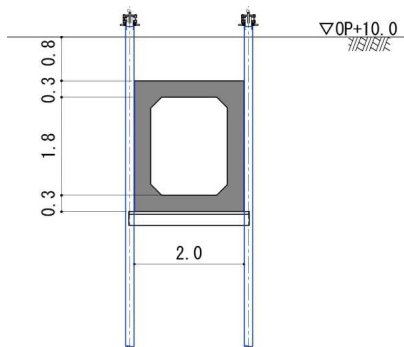
<埋設物情報>

位置：山側 3BLK  
 形状：矩形  
 寸法：幅2.0m  
 標高：OP+9.2m  
 溜り水：有  
 ・Cs-134： $1.4 \times 10^2 \text{Bq/L}$   
 ・Cs-137： $3.2 \times 10^2 \text{Bq/L}$   
 (H25.12測定)  
 内部施設：電気ケーブル

<施工パターン>

複列

ケーシング凡例  
 — 凍結管保護ケーシング



写真(震災後)

図16-3 【3-3】水処理建屋～1号機 T/B 連絡ダクト② 施工方法 (複列施工)

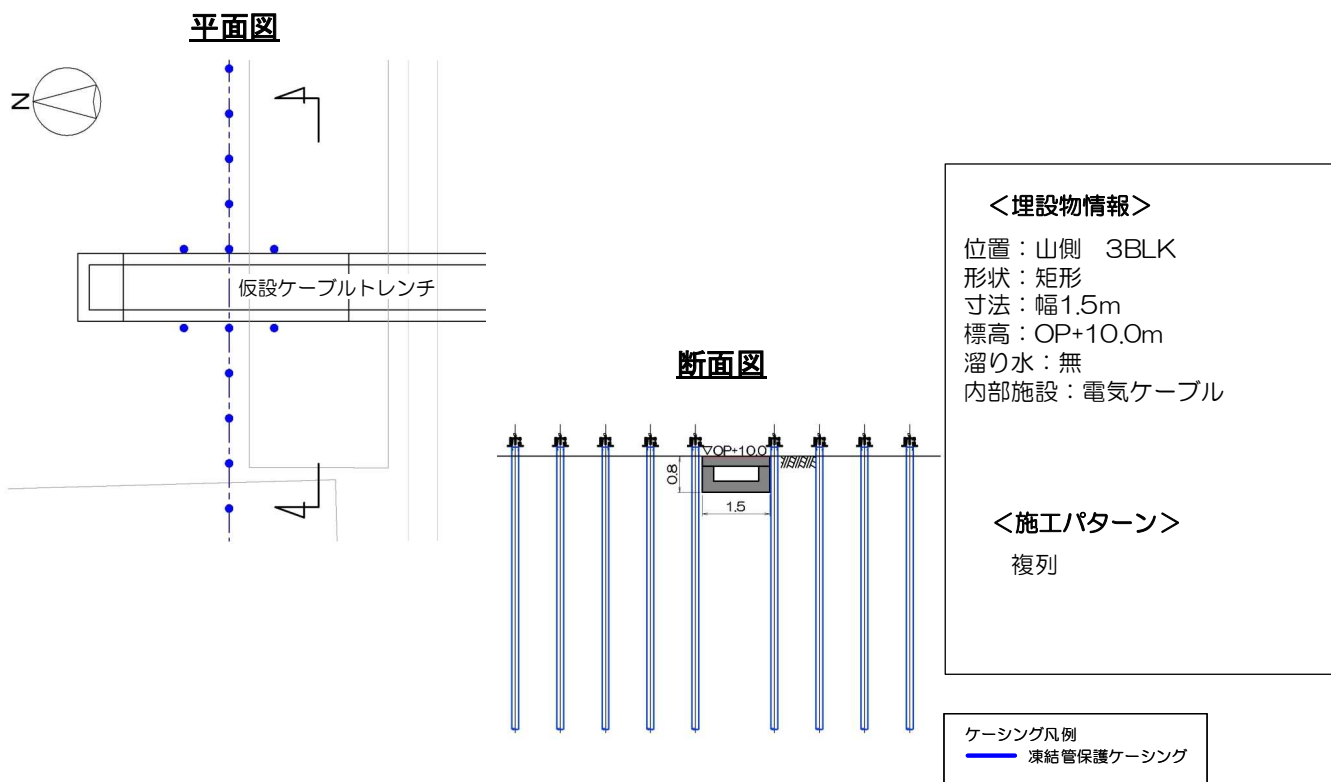
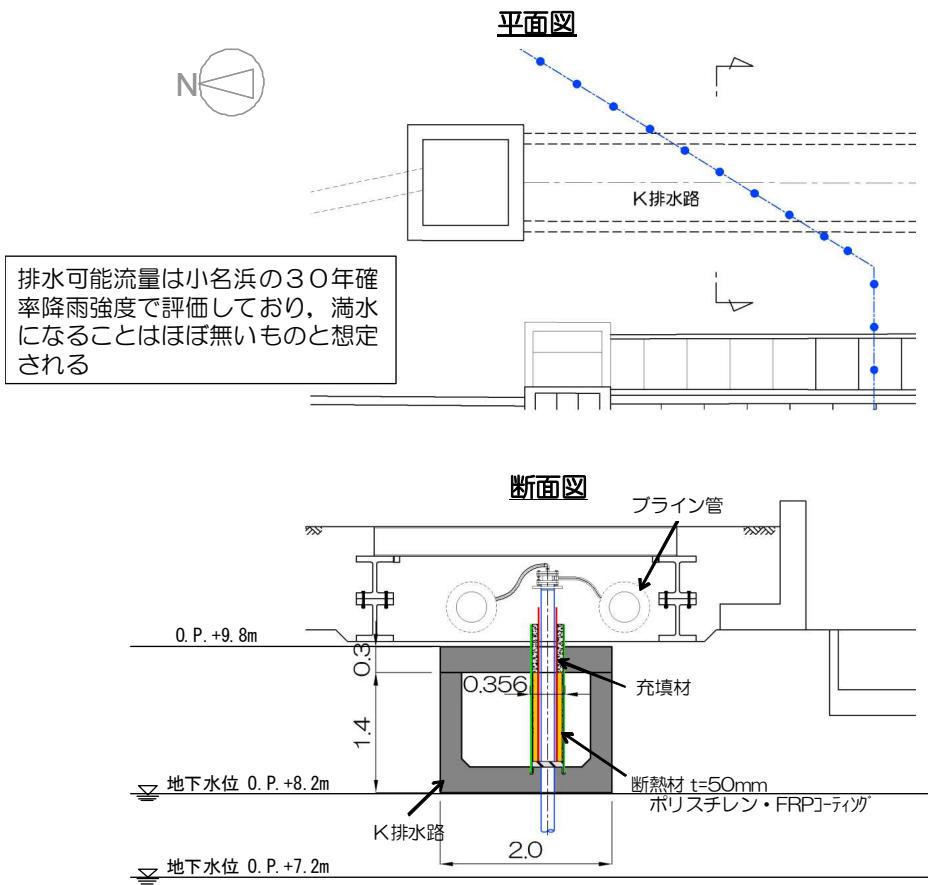


図16-4 【3-4】 仮設ケーブルトレンチ 施工方法（複列施工）



**<埋設物情報>**  
 位置：山側 4BLK  
 形状：矩形  
 寸法：幅2.0m  
 標高：OP+9.8m  
 溜り水：－  
 内部施設：雨水排水

**<施工パターン>**  
 【頂版】単純  
 【底板】マルチステップ

・排水路内部は凍結管に断熱材取付け（排水流量は確保）

ケーシング凡例  
 第1保護ケーシング (断熱材保護用)  
 第2保護ケーシング  
 凍結管保護ケーシング

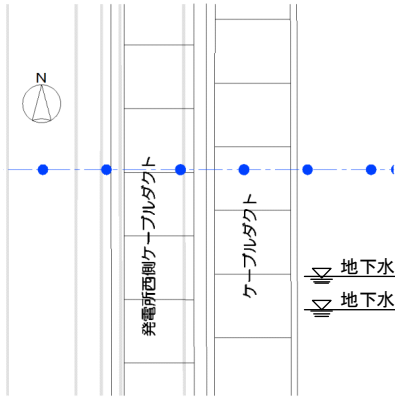
A孔の地下水位観測値  
 ・最大値；O.P.+8.2m (H25.10.22)  
 ・最小値；O.P.+7.2m (H25.3.27)

注) 貫通施工完了後に補助工法（水中不分離コンクリート等）を用いて第1保護ケーシングと構造物境界面の止水を行う。

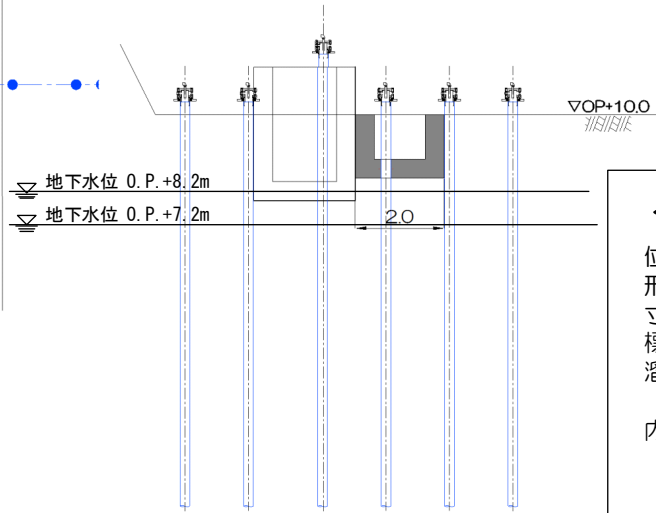
図 16-5 【4-1】 K排水路① 施工方法（貫通施工）



平面図



断面図



<埋設物情報>

位置：山側 4BLK  
 形状：矩形  
 寸法：幅2.0m  
 標高：OP+10.0m  
 溜り水：無  
 (貫通施工前に調査)  
 内部施設：電気ケーブル

<施工パターン>

【頂版】頂版撤去  
 【底板】単純貫通

ケーシング凡例  
 凍結管保護ケーシング

A孔の地下水位観測値

- ・最大値；O.P.+8.2m (H25.10.22)
- ・最小値；O.P.+7.2m (H25.3.27)

図16-6 【4-2】 ケーブルダクト 施工方法 (貫通施工)

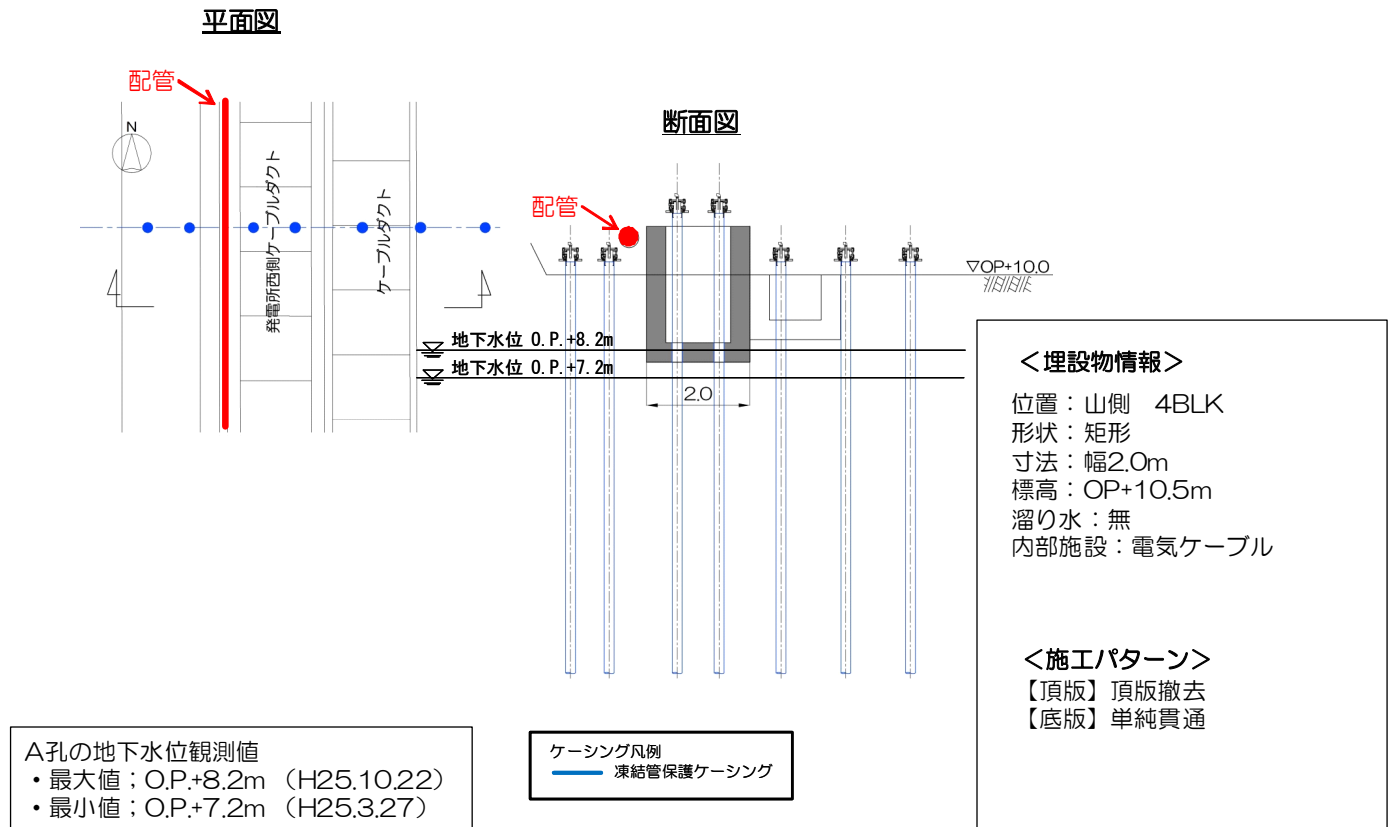
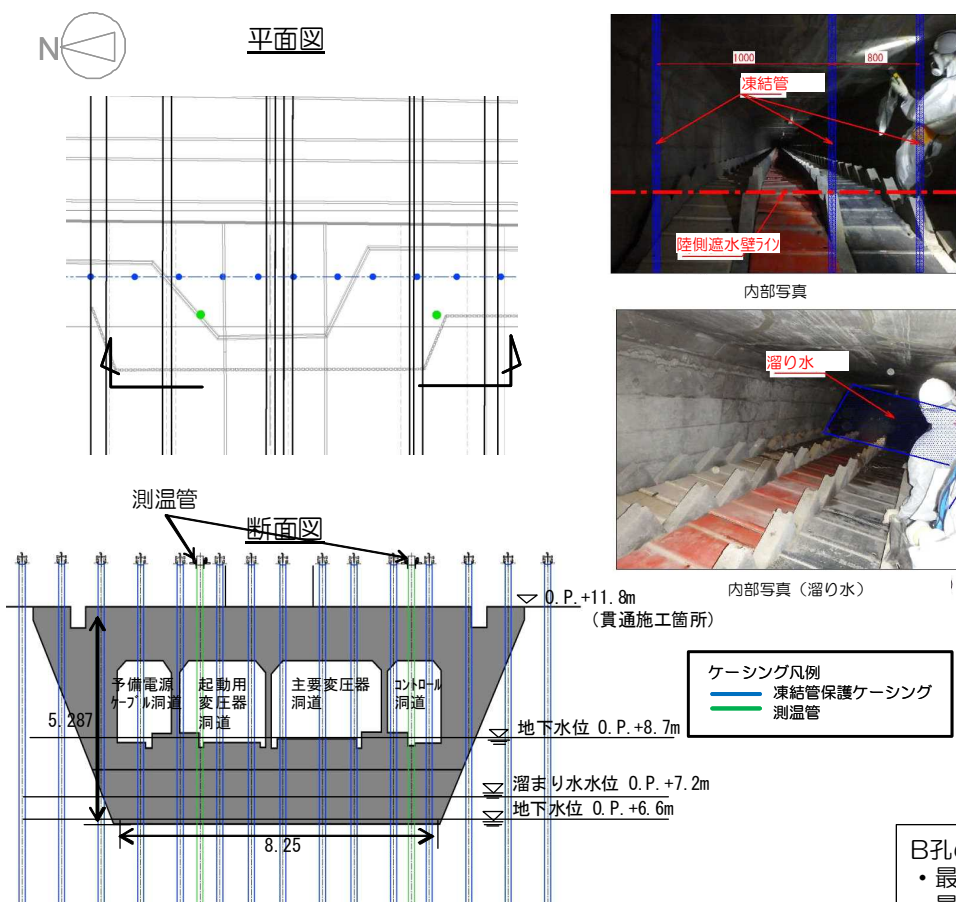


図 1 6 - 7 【 4 - 3 】 発電所西側ケーブルダクト 施工方法（貫通施工）



＜埋設物情報＞

位置：山側 5BLK  
 形状：矩形  
 寸法：幅8.25m  
 標高：OP+11.8m  
 溜り水：有（貫通箇所：無）  
 （貫通施工前に水位を調査）

- （予備電源ケーブル洞道）\*1  
 ・Cs-134： $6.4 \times 10^1$ Bq/L  
 ・Cs-137： $2.4 \times 10^2$ Bq/L  
 （起動用変圧器洞道）\*2  
 ・Cs-134： $2.2 \times 10^3$ Bq/L  
 ・Cs-137： $3.0 \times 10^3$ Bq/L  
 （主要変圧器洞道）\*2  
 ・Cs-134： $1.5 \times 10^3$ Bq/L  
 ・Cs-137： $2.3 \times 10^3$ Bq/L  
 （コントロール洞道）\*1  
 ・Cs-134： $1.7 \times 10^2$ Bq/L  
 ・Cs-137： $4.1 \times 10^2$ Bq/L  
 (\*1：H25.12測定)  
 (\*2：H23.12～H24.1測定)

内部施設：電気ケーブル  
 （OFケーブル）

＜施工パターン＞

【頂版】単純  
 【底板】単純

B孔の地下水位観測値

- ・最大値；O.P.+8.7m (H25.10.26)
- ・最小値；O.P.+6.6m (H24.12.20他)

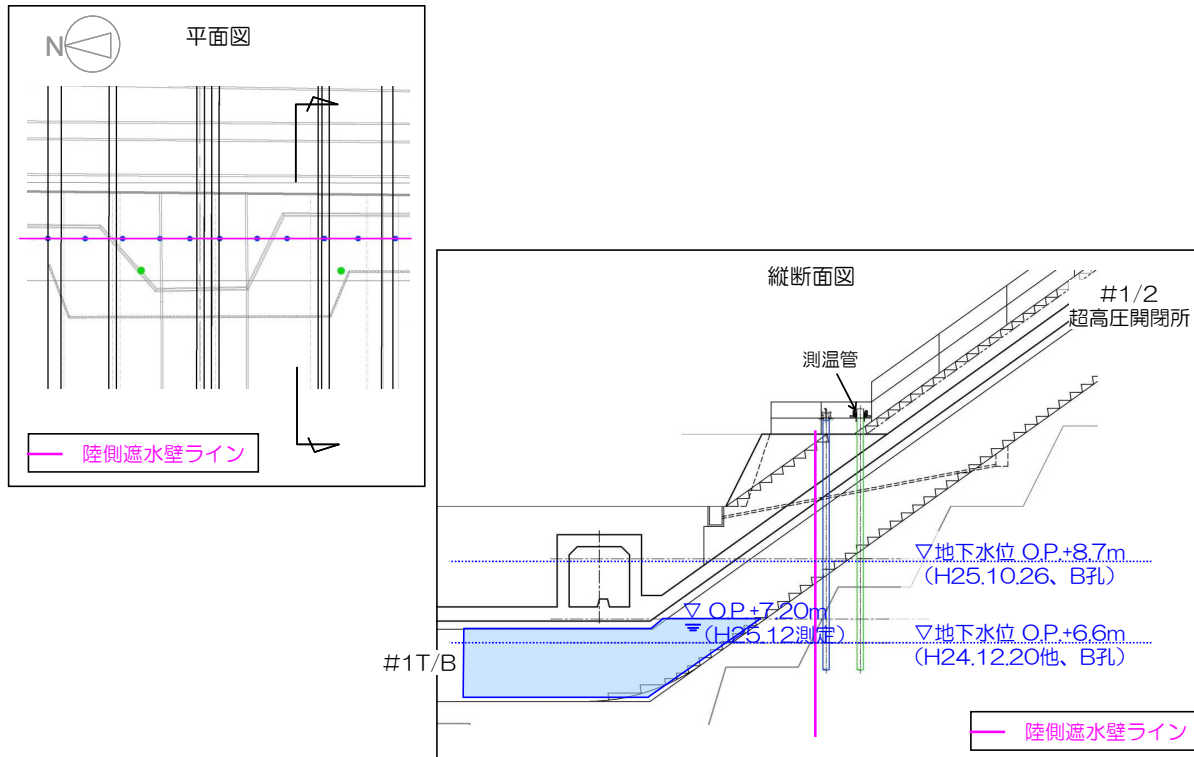


図16-8 【5-1】1号機電気ケーブルダクト 施工方法（貫通施工）

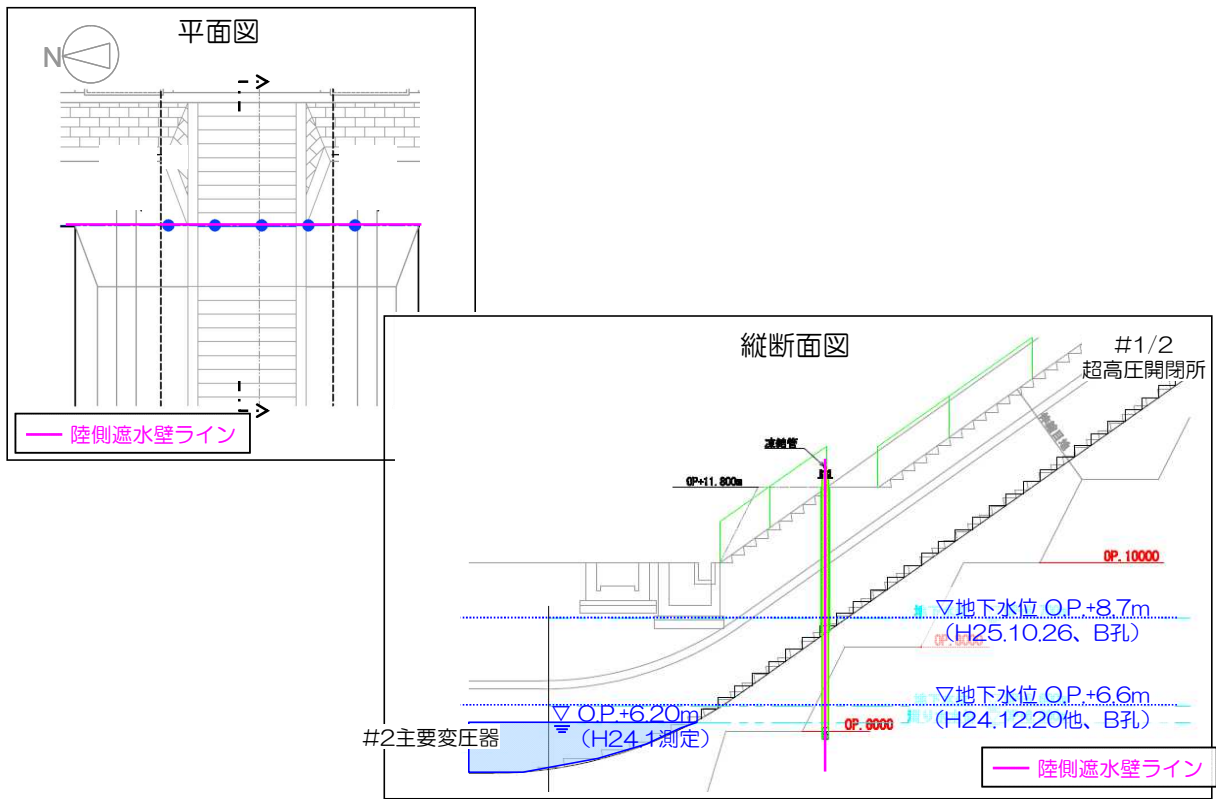
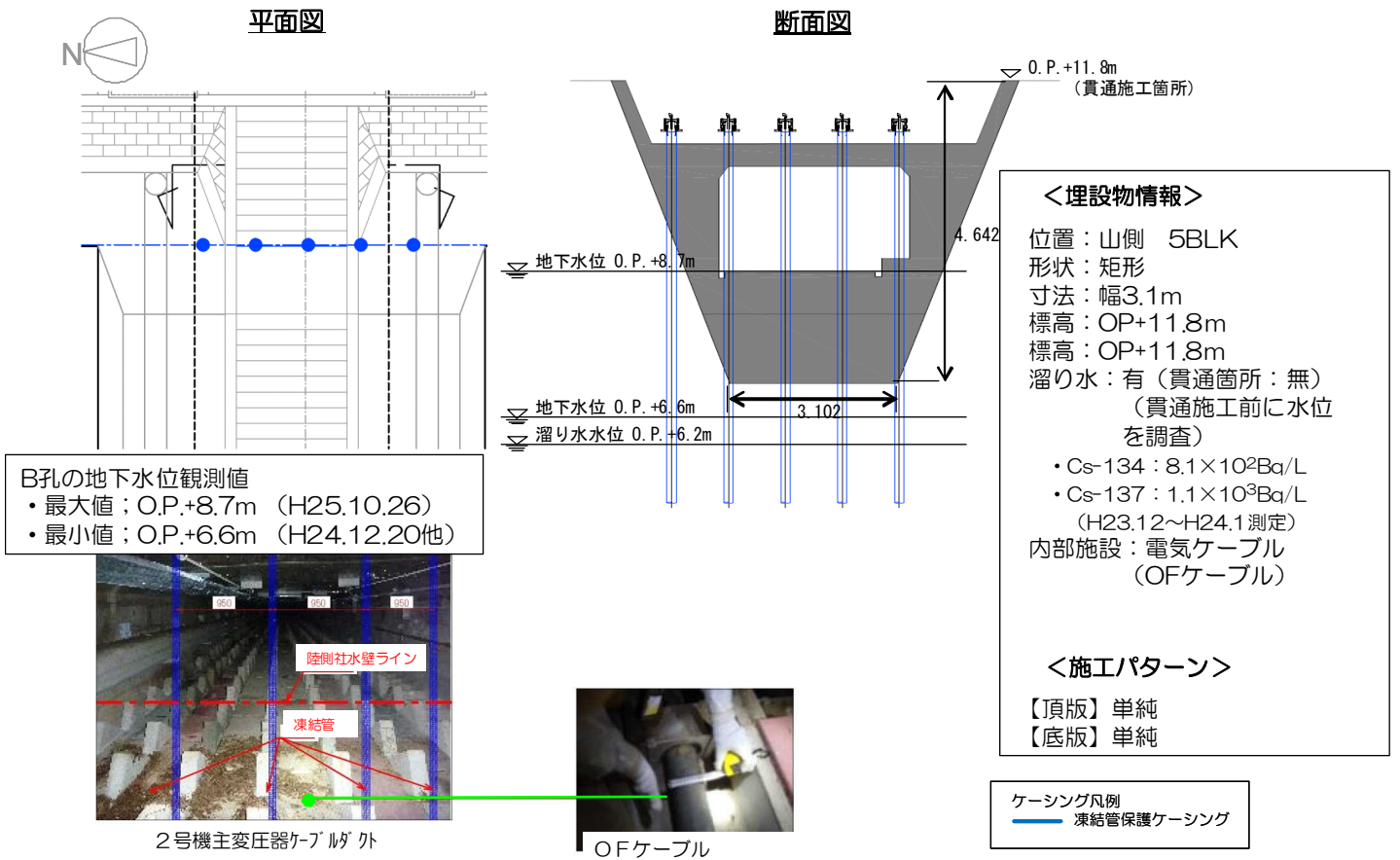
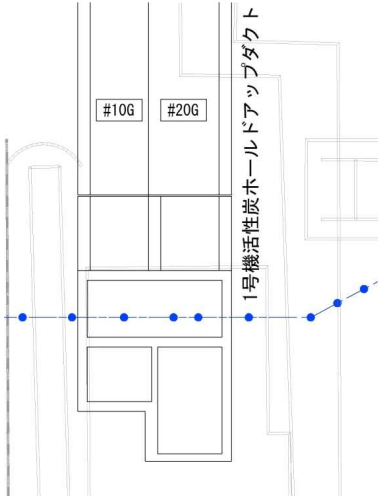


図16-9 【5-2】2号機主変圧器ケーブルダクト 施工方法（貫通施工）

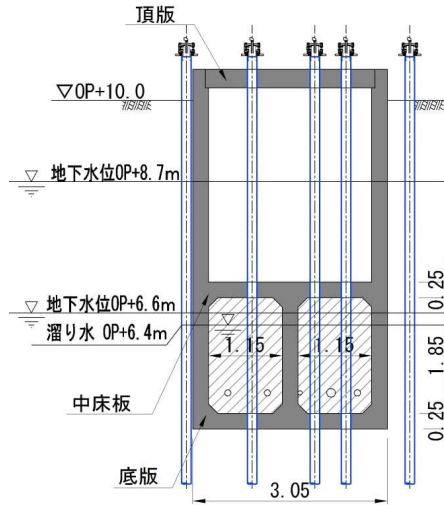




平面図



断面図



＜埋設物情報＞

位置：山側 6BLK  
 形状：矩形  
 寸法：幅3.05m  
 標高：OP+10.0m以上  
 溜り水：有  
 （貫通施工前に調査）  
 ・Cs-134： $1.6 \times 10^2$ Bq/L  
 ・Cs-137： $2.7 \times 10^2$ Bq/L  
 （H23.12～H24.1測定）  
 内部施設：電気ケーブル  
 オフガス配管

＜施工パターン＞

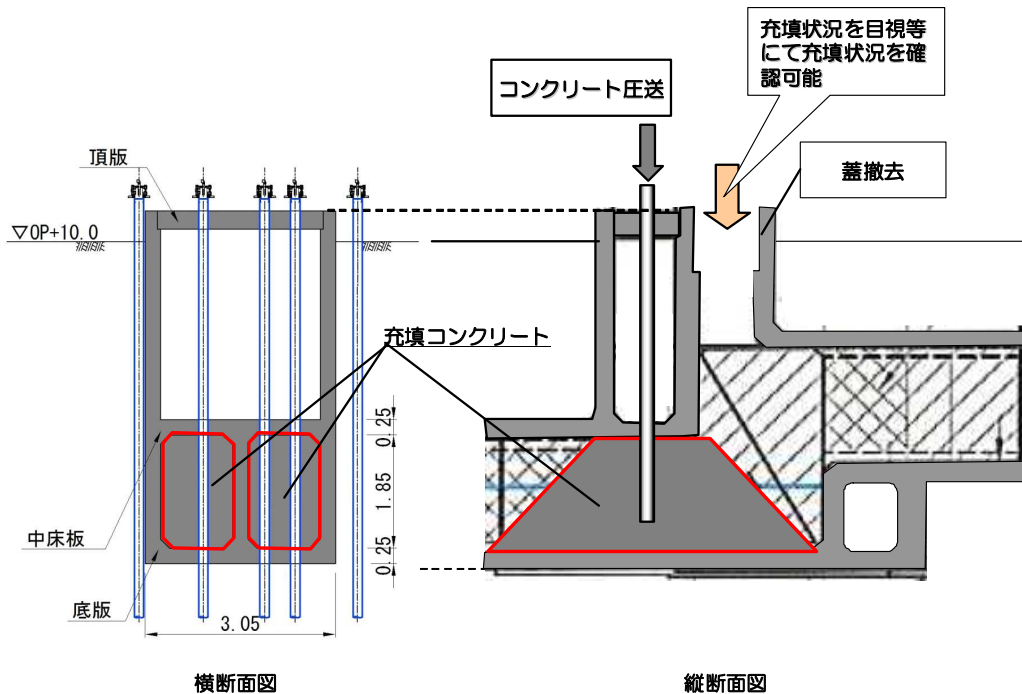
【頂版】単純貫通  
 【中床板】単純貫通  
 （またはマルチステップ）  
 【底板】内部充填

B孔の地下水位観測値

- ・最大値；O.P.+8.7m (H25.10.26)
- ・最小値；O.P.+6.6m (H24.12.20)

ケーシング凡例

- 凍結管保護ケーシング
- 内部充填



注) 1号機活性炭ホルドアップダクトの下部構造充填コンクリートの打設時には、直ぐ横が立坑構造となっているため、蓋を外して直接目視にて充填状況を確認する。

図 16-11 【6-2】1号機活性炭ホルドアップダクト 施工方法（貫通施工）

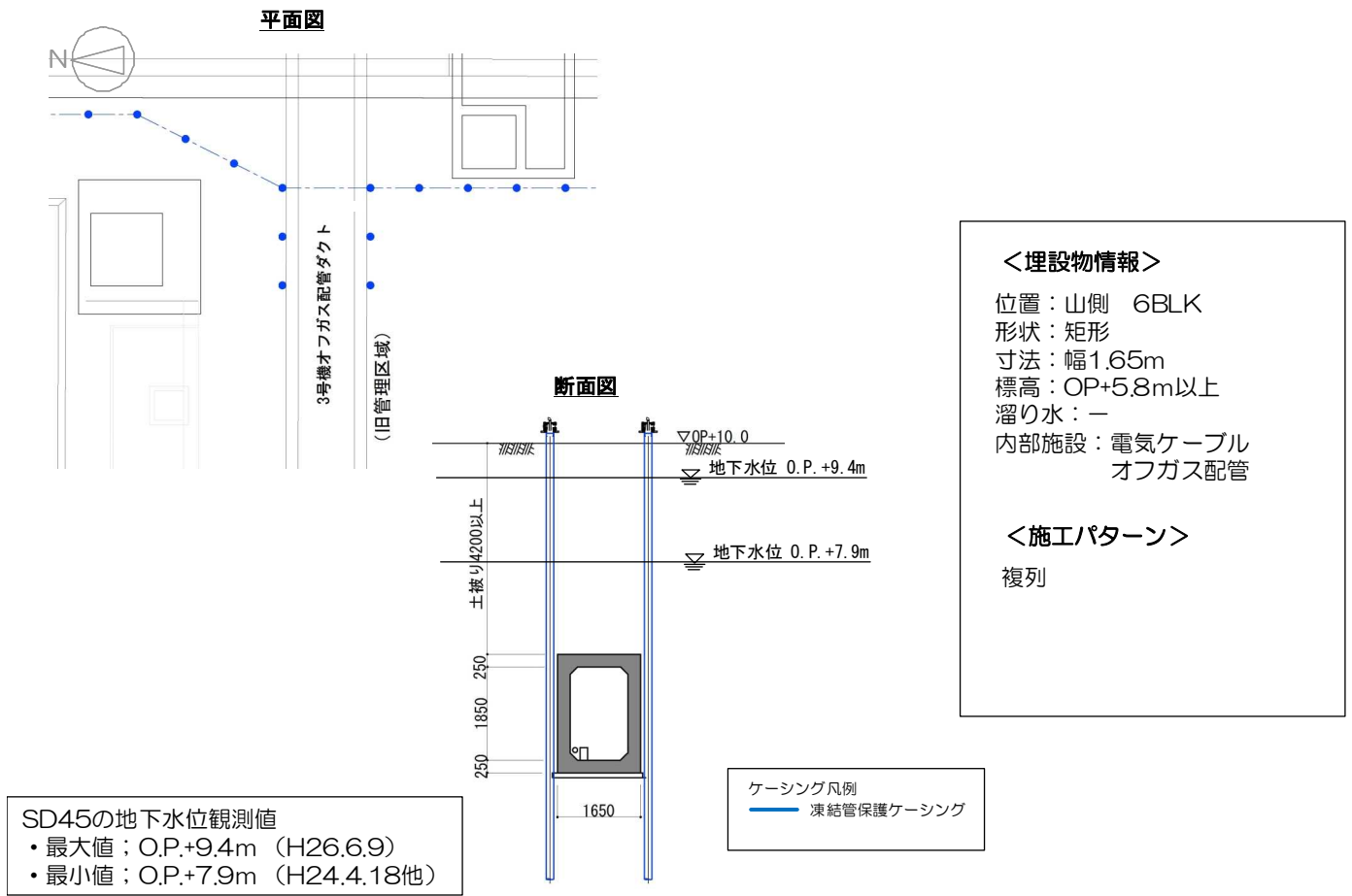
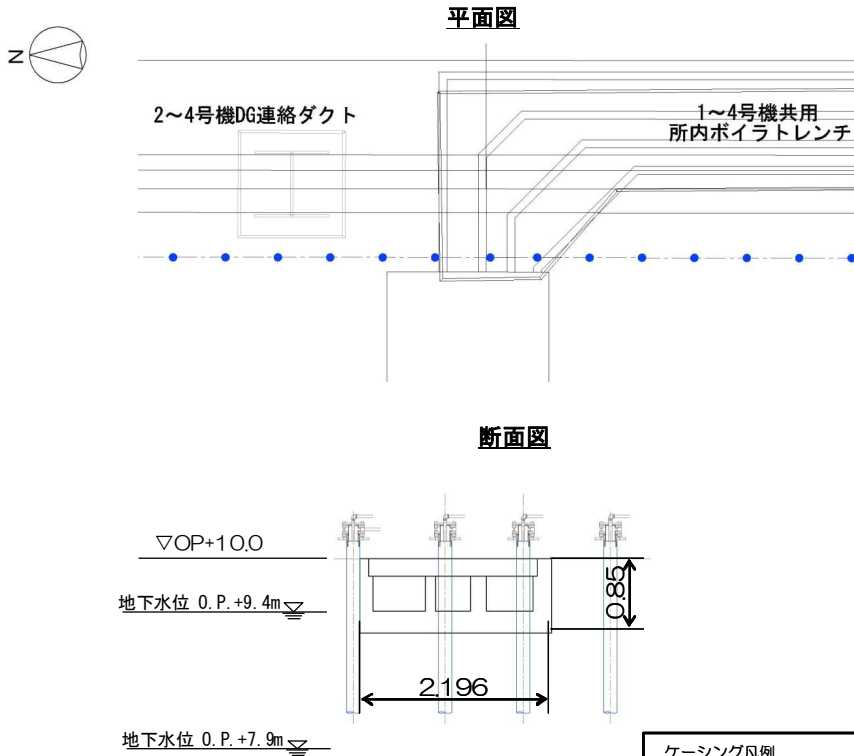


図16-12 【6-3】3号機オフガス配管ダクト（北側）施工方法（複列施工）



**<埋設物情報>**

位置：山側 6BLK  
 形状：矩形  
 寸法：外幅2.2m  
 標高：OP+10.0m  
 溜り水：無（施工前に調査）  
 内部施設：CVケーブル

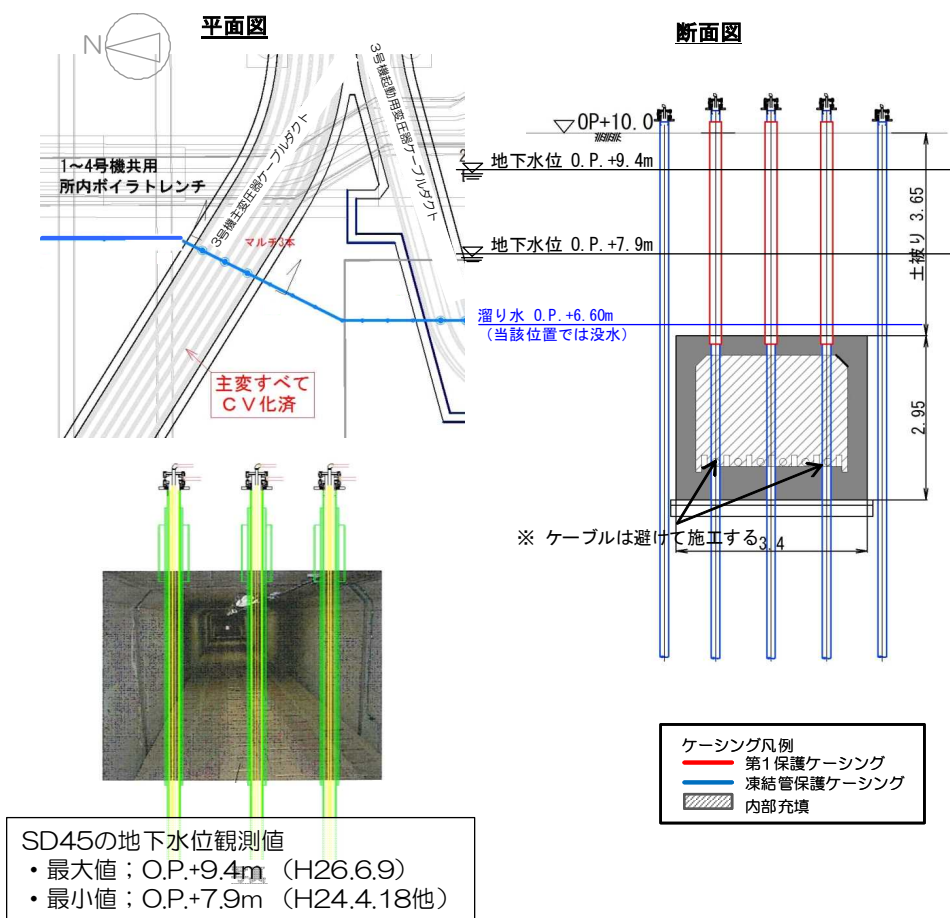
**<施工パターン>**

【頂版】頂版撤去  
 【底版】単純貫通

SD45の地下水位観測値  
 ・最大値：O.P.+9.4m（H26.6.9）  
 ・最小値：O.P.+7.9m（H24.4.18他）

図16-13 【6-4】1~4号機共用所内ボイラトレンチ 施工方法（貫通施工）





**<埋設物情報>**

位置：山側 6BLK  
 形状：矩形  
 寸法：幅3.4m  
 標高：OP+6.35m (天端)  
 溜り水：有 (施工前に調査)  
 ・Cs-134： $1.4 \times 10^3$ Bq/L  
 ・Cs-137： $1.8 \times 10^3$ Bq/L  
 (H23.12~H24.1測定)  
 内部施設：電気ケーブル

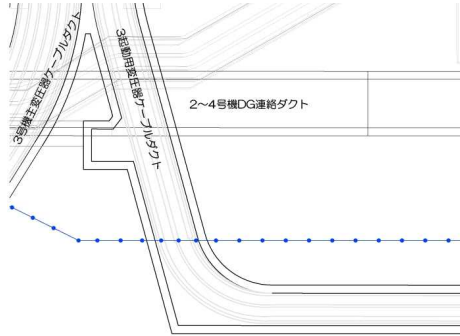
**<施工パターン>**

【頂版】マルチステップ  
 【底板】内部充填

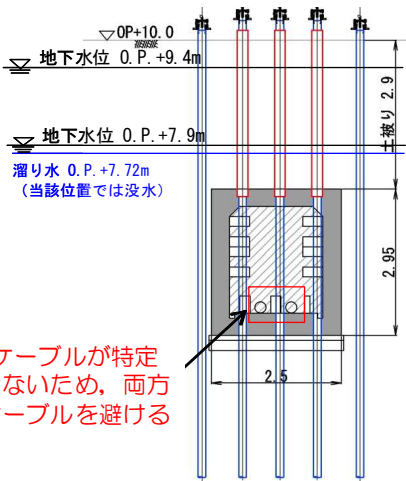
図16-14 【6-5】3号機主変圧器ケーブルダクト 施工方法 (貫通施工)



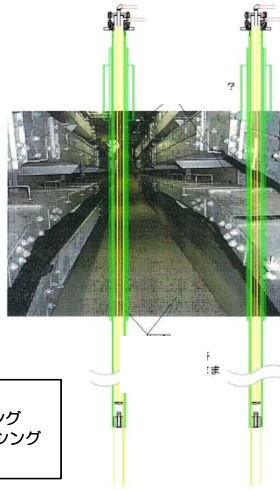
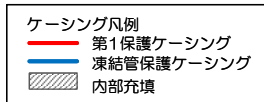
**平面図**



**断面図**



OFケーブルが特定できないため、両方のケーブルを避ける



**<埋設物情報>**

位置：山側 6BLK  
 形状：矩形  
 寸法：幅2.5m  
 標高：OP+7.1m（天端）  
 溜り水：有（貫通施工前に調査）  
 ・Cs-134： $3.0 \times 10^2$ Bq/L  
 ・Cs-137： $7.4 \times 10^2$ Bq/L  
 （H25.12測定）  
 内部施設：電気ケーブル  
 （CVケーブル・OFケーブル）

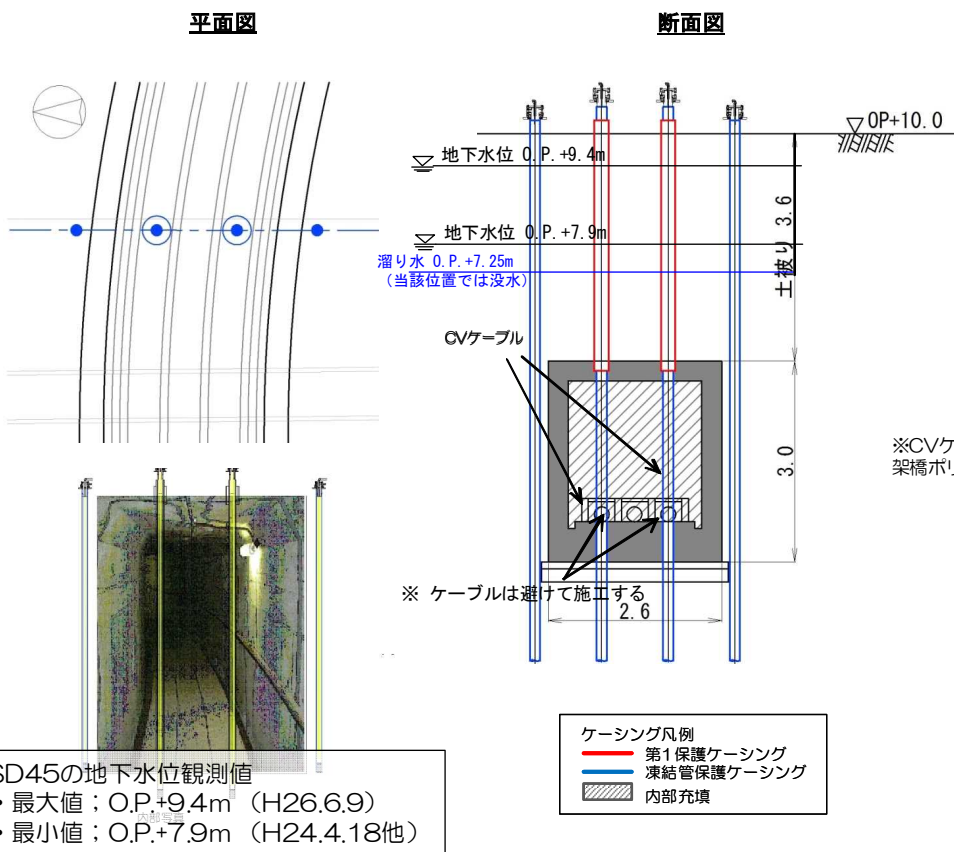
**<施工パターン>**

【頂版】マルチステップ  
 【底板】内部充填  
 （OFケーブルは貫通しない）

**SD45の地下水位観測値**

・最大値；O.P.+9.4m（H26.6.9）  
 ・最小値；O.P.+7.9m（H24.4.18他）

図16-15 【6-6】3号機起動用変圧器ケーブルダクト 施工方法（貫通施工）



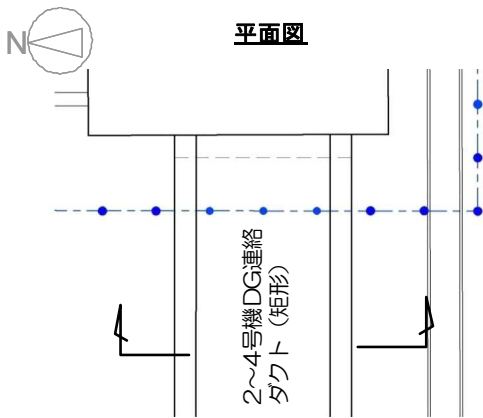
**<埋設物情報>**  
 位置：山側 6BLK  
 形状：矩形  
 寸法：幅2.6m  
 標高：OP+6.4m  
 溜り水：有（貫通施工前に調査）  
 ・Cs-134：7.5×10<sup>2</sup>Bq/L  
 ・Cs-137：1.0×10<sup>3</sup>Bq/L  
 （H23.12～H24.1測定）  
 内部施設：電気ケーブル  
 （CVケーブル※）

**<施工パターン>**  
 【頂版】マルチステップ  
 【底板】内部充填

※CVケーブル：  
 架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル

SD45の地下水位観測値  
 ・最大値；O.P.+9.4m（H26.6.9）  
 ・最小値；O.P.+7.9m（H24.4.18他）

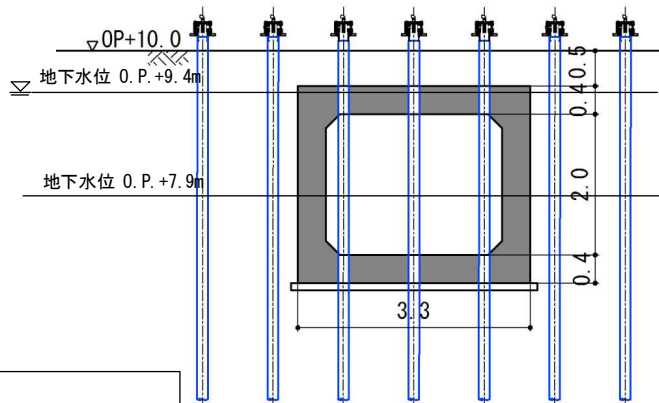
図16-16 【6-7】4号機主変圧器ケーブルダクト 施工方法（貫通施工）



平面図

2~4号機DG連絡ダクト(矩形)

断面図



<埋設物情報>

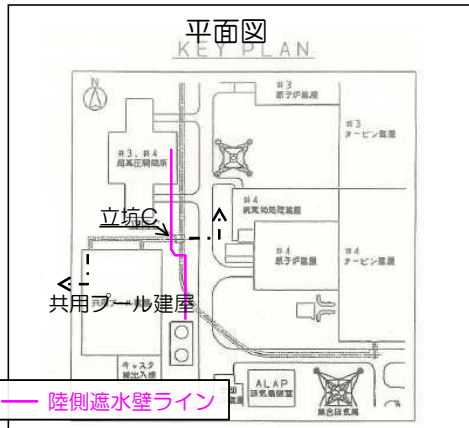
位置：山側 6BLK  
 形状：矩形  
 寸法：外幅3.3m  
 標高：OP+8.5m  
 溜り水：有（貫通箇所：無）  
 貫通施工前に調査  
 ・Cs-134： $1.5 \times 10^3 \text{Bq/L}$   
 ・Cs-137： $2.5 \times 10^3 \text{Bq/L}$   
 (H24.12測定)  
 内部施設：電気ケーブル  
 (CVケーブル)

<施工パターン>

【頂版】単純  
 【底版】単純

ケーシング凡例  
 凍結管保護ケーシング

SD45の地下水位観測値  
 ・最大値：O.P.+9.4m (H26.6.9)  
 ・最小値：O.P.+7.9m (H24.4.18他)

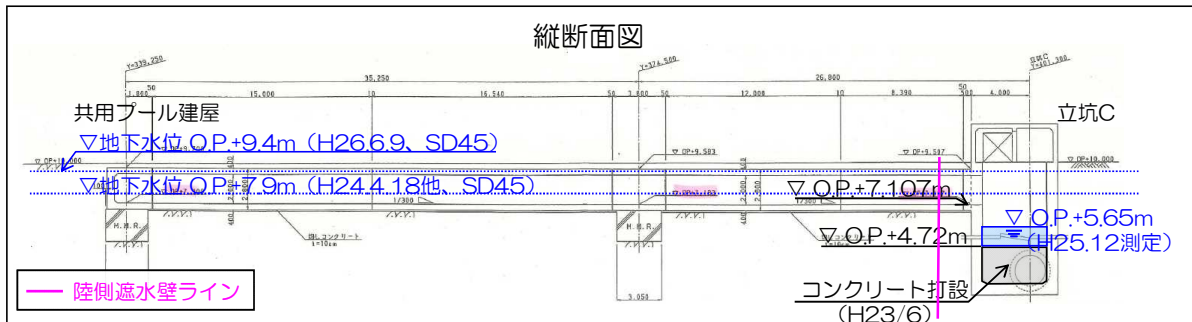


平面図  
KEY PLAN

立坑C  
共用プール建屋

陸側遮水壁ライン

縦断面図



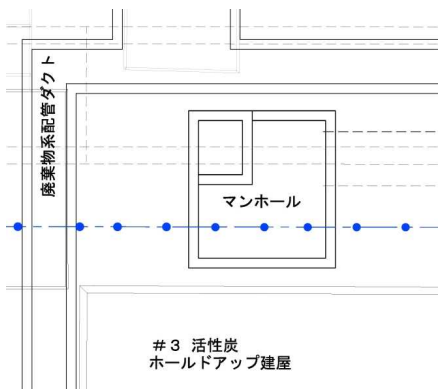
陸側遮水壁ライン

コンクリート打設  
(H23/6)

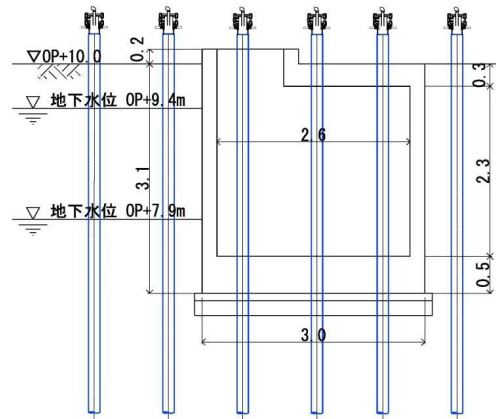
図16-17 【6-8】2~4号機DG連絡ダクト① 施工方法（貫通施工）



### 平面図



### 断面図



#### SD45の地下水水位観測値

- ・最大値；O.P.+9.4m (H26.6.9)
- ・最小値；O.P.+7.9m (H24.4.18他)

ケーシング凡例  
凍結管保護ケーシング

#### <埋設物情報>

位置：山側 6BLK  
 形状：矩形  
 寸法：幅3.0m  
 標高：OP+10.2m  
 溜り水：無  
 内部施設：電気ケーブル

#### <施工パターン>

【頂版】単純  
 【底版】単純

図16-18 【6-9】3号機活性炭ホールドアップ管路 施工方法（貫通施工）

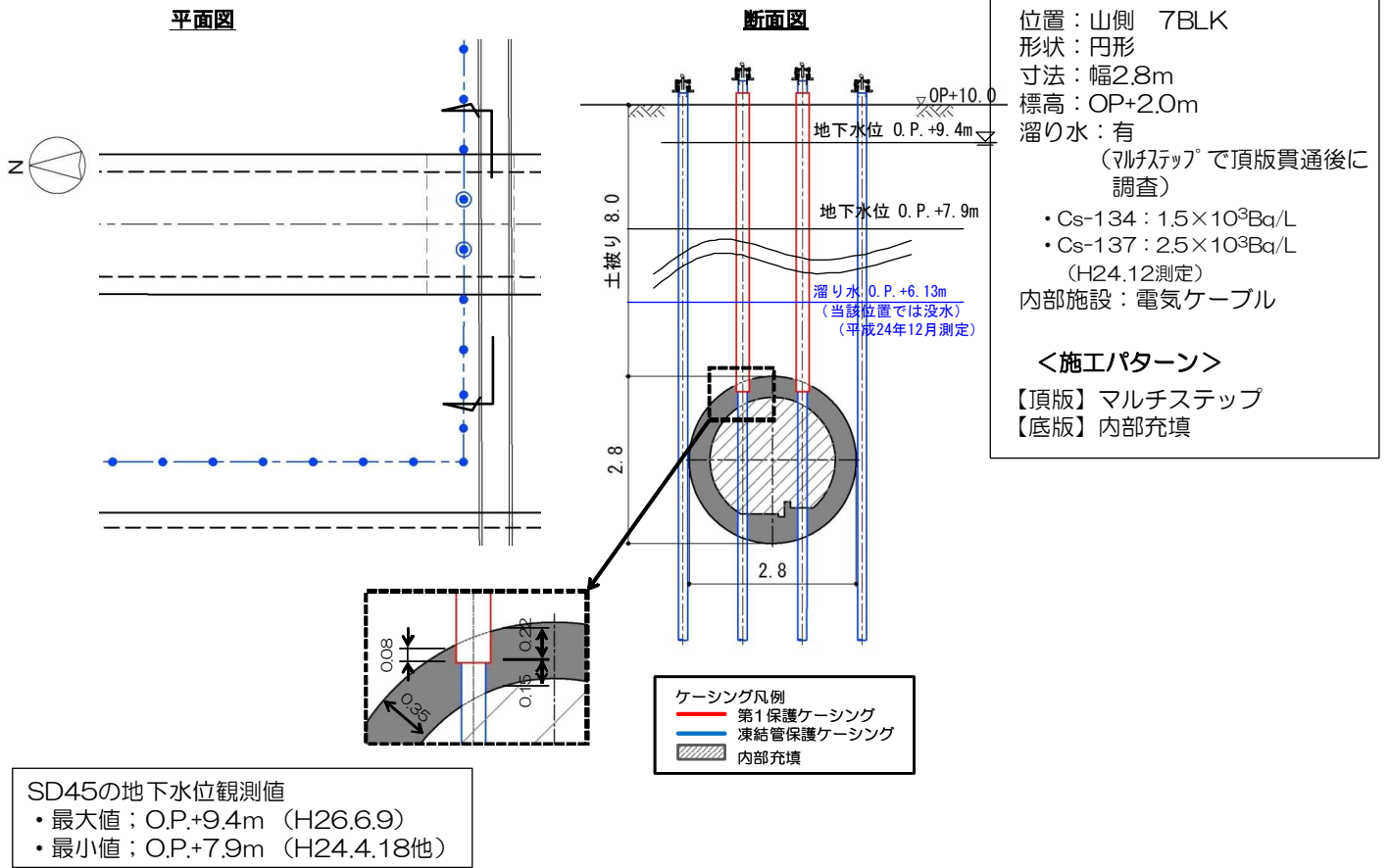
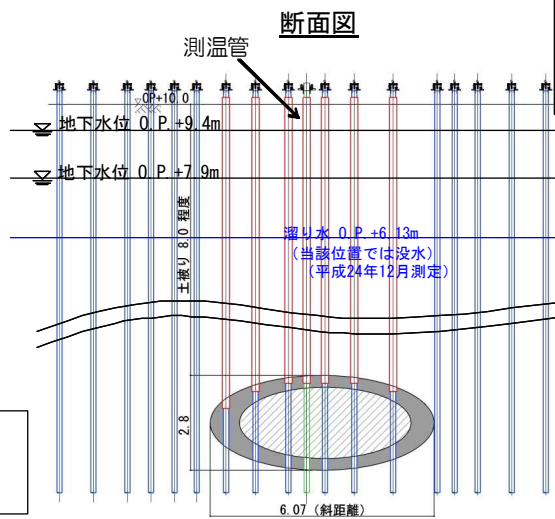
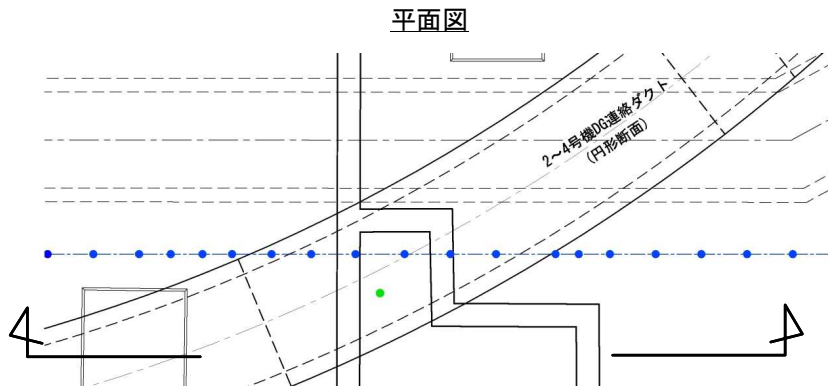


図16-19 【7-1】2~4号機DG連絡ダクト②施工方法(貫通施工)



＜埋設物情報＞

位置：山側 7BLK  
形状：円形  
寸法：外幅6.07m  
標高：OP+2.0m  
溜り水：有  
（マルチステップで頂版貫通後に調査）

- Cs-134 :  $1.5 \times 10^3 \text{Bq/L}$
- Cs-137 :  $2.5 \times 10^3 \text{Bq/L}$   
(H24.12測定)

内部施設：電気ケーブル

＜施工パターン＞

【頂版】マルチステップ  
【底版】内部充填

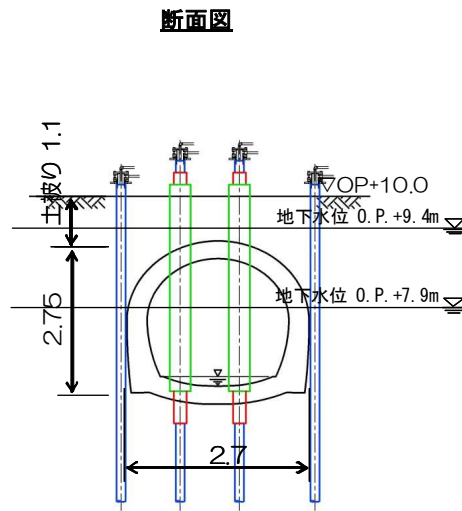
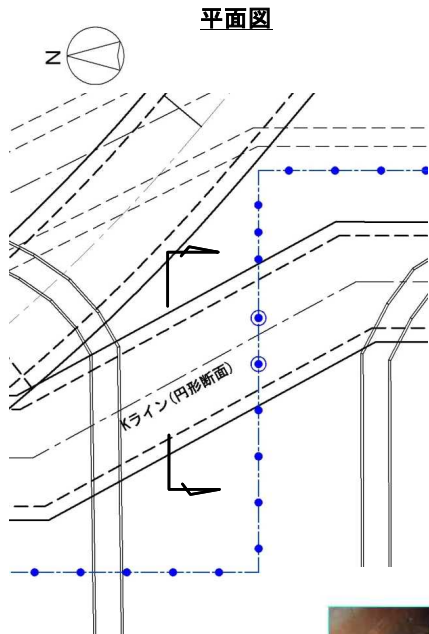
SD45の地下水位観測値

- 最大値；O.P.+9.4m (H26.6.9)
- 最小値；O.P.+7.9m (H24.4.18他)

ケーシング凡例

- 第1保護ケーシング
- 凍結管保護ケーシング
- 内部充填
- 测温管

図16-20 【7-2】2~4号機DG連絡ダクト③ 施工方法（貫通施工）



排水可能流量は小名浜の30年確率降雨強度で評価しており、満水になることはほぼ無いものと想定される

**<埋設物情報>**

位置：山側 7BLK  
 形状：円形  
 寸法：外幅2.7m  
 標高：OP+8.9m（天端）  
 溜り水：－  
 内部施設：雨水排水

**<施工パターン>**

【頂版】単純  
 【底版】マルチステップ  
 （排水管内部は凍結管に断熱材取付け）

雨水有



内部写真(調査時)



**SD45の地下水位観測値**

- ・最大値：O.P.+9.4m（H26.6.9）
- ・最小値：O.P.+7.9m（H24.4.18他）

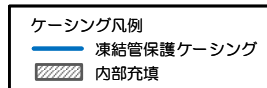
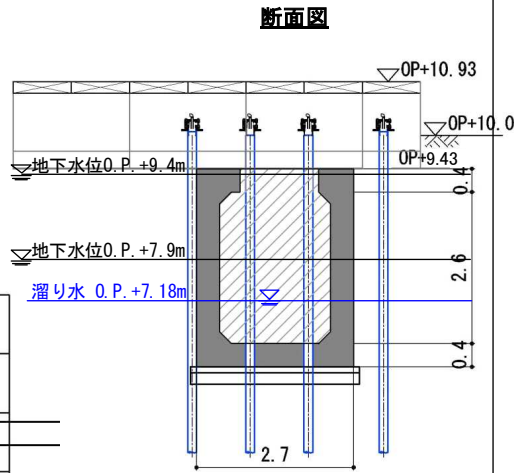
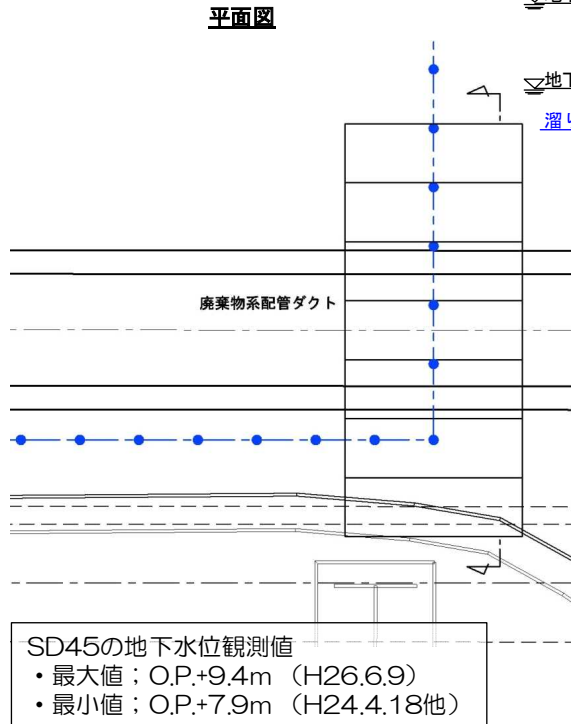
**ケーシング凡例**

- 第1保護ケーシング
- 第2保護ケーシング
- 凍結管保護ケーシング

貫通施工完了後に補助工法（水中不分離コンクリート等）を用いて第1保護ケーシングと構造物境界面の止水を行う。

図16-21 【7-3】K排水路② 施工方法（貫通施工）





**<埋設物情報>**

位置：山側 7BLK  
 形状：矩形  
 寸法：幅2.7m  
 標高：OP+9.4m  
 溜り水：有  
 (頂版撤去時に調査)

- ・Cs-134： $1.1 \times 10^2$ Bq/L
- ・Cs-137： $3.5 \times 10^2$ Bq/L

(H25.12測定)

内部施設：配管

**<施工パターン>**

【頂版】頂版撤去  
 【底版】内部充填

図16-22 【7-4】廃棄物系共通配管ダクト① 施工方法 (貫通施工)

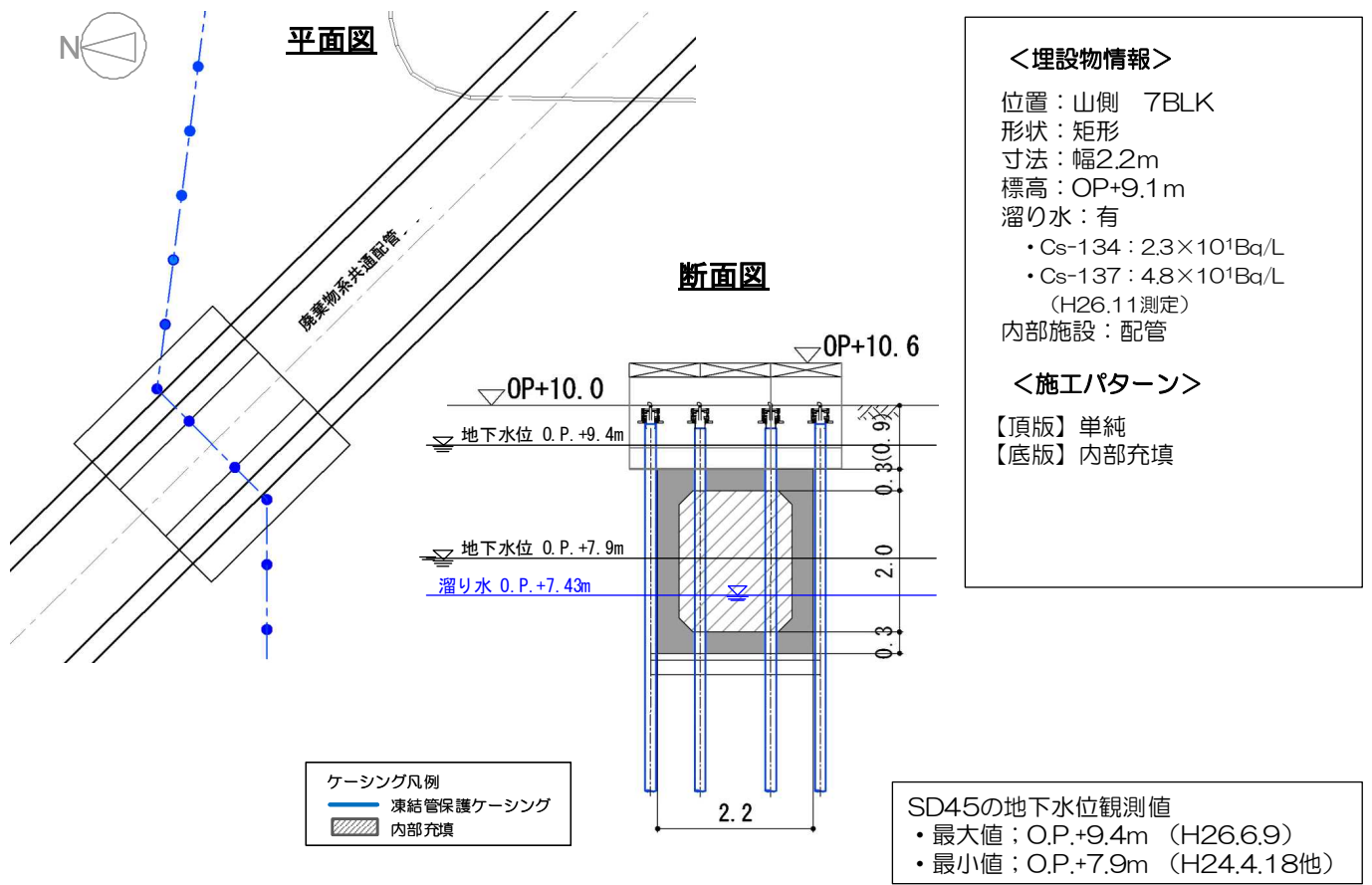
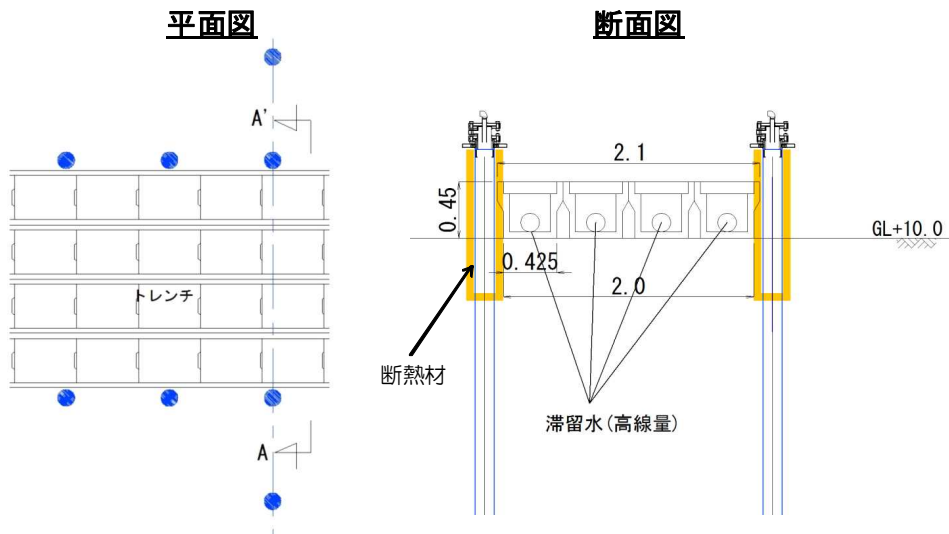


図 16-23 【7-5】 廃棄物系共通配管ダクト② 施工方法（貫通施工）



**<埋設物情報>**  
 位置：山側 8BLK  
 形状：矩形  
 寸法：外幅2.1m  
 標高：OP+10.0m（下端）  
 溜り水：－  
 内部施設：

**<施工パターン>**  
 複列



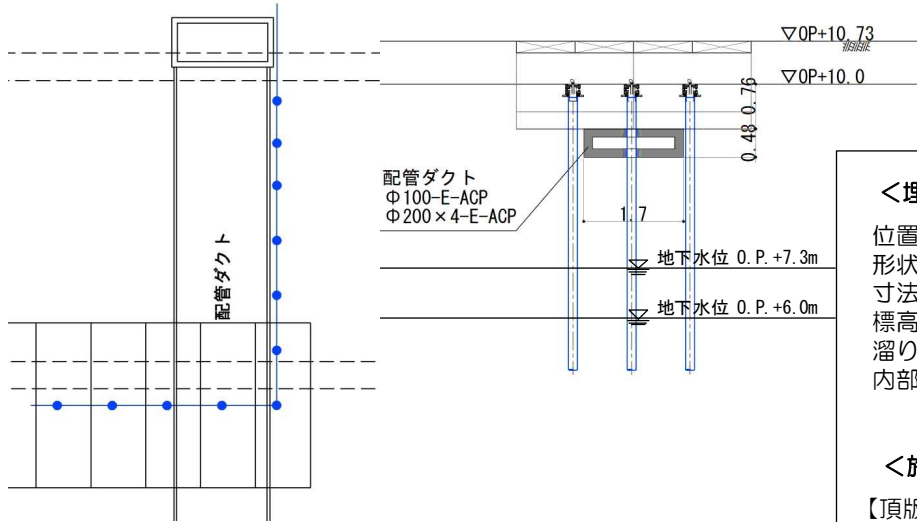
ケーシング凡例  
 — 凍結管保護ケーシング

図 1 6 - 2 4 【 8 - 1 】 滞留水移送管 施工方法（複列施工）



**平面図**

**断面図**



**<埋設物情報>**

位置：山側 9BLK  
形状：矩形  
寸法：幅1.7m  
標高：OP+9.2m  
溜り水：無  
内部施設：配管

**<施工パターン>**

【頂版】単純  
【底板】単純

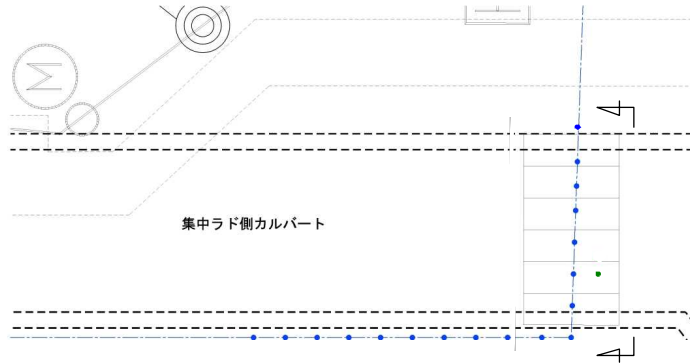
**SD55の地下水位観測値**

- ・最大値；O.P.+7.3m (H25.10.21)
- ・最小値；O.P.+6.0m (H26.1.20他)

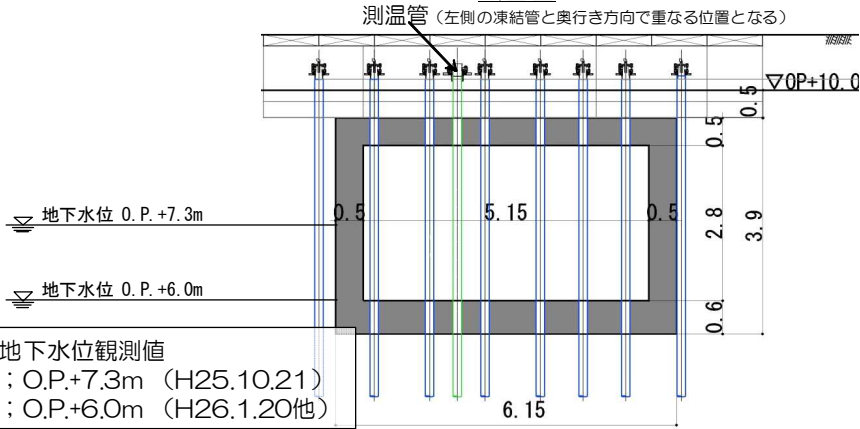
ケーシング凡例  
— 凍結管保護ケーシング

図 16-25 【9-2】配管ダクト 施工方法（貫通施工）

平面図



断面図



SD55の地下水位観測値

- ・最大値；O.P.+7.3m (H25.10.21)
- ・最小値；O.P.+6.0m (H26.1.20他)

<埋設物情報>

位置：山側 9BLK  
 形状：矩形  
 寸法：幅6.15m  
 標高：OP+9.5m  
 溜り水：無  
 内部施設：海水配管

<施工パターン>

【頂版】単純  
 【底板】単純

ケーシング凡例  
 凍結管保護ケーシング  
 測温管

図 1 6 - 2 6 【 9 - 3 】 集中ラド側カルバート 施工方法 (貫通施工)

3次元解析の結果では、建屋周辺（10m盤、山側）の中粒砂岩層の水位は2～4%程度の勾配で山から海に向かって低下している。

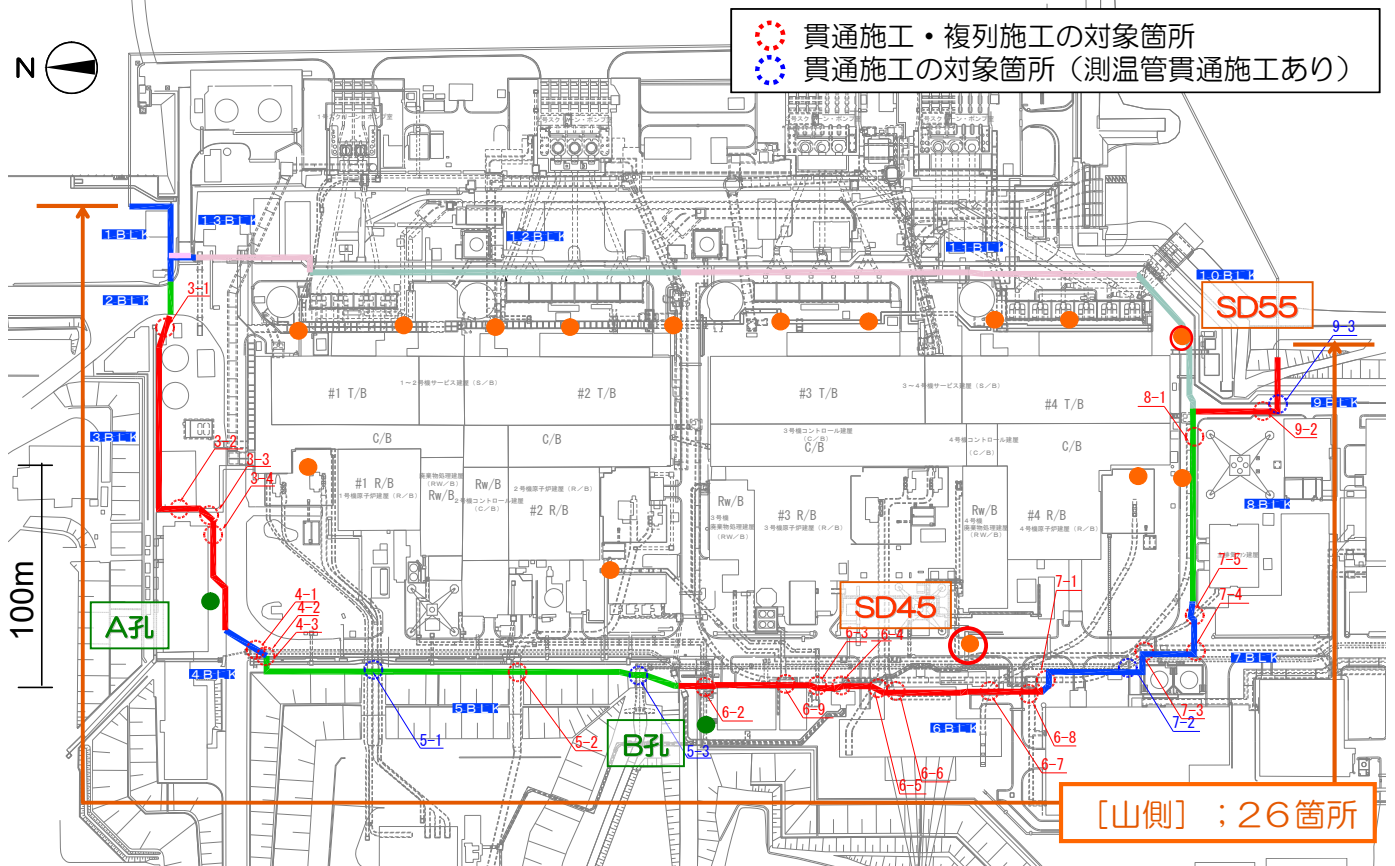
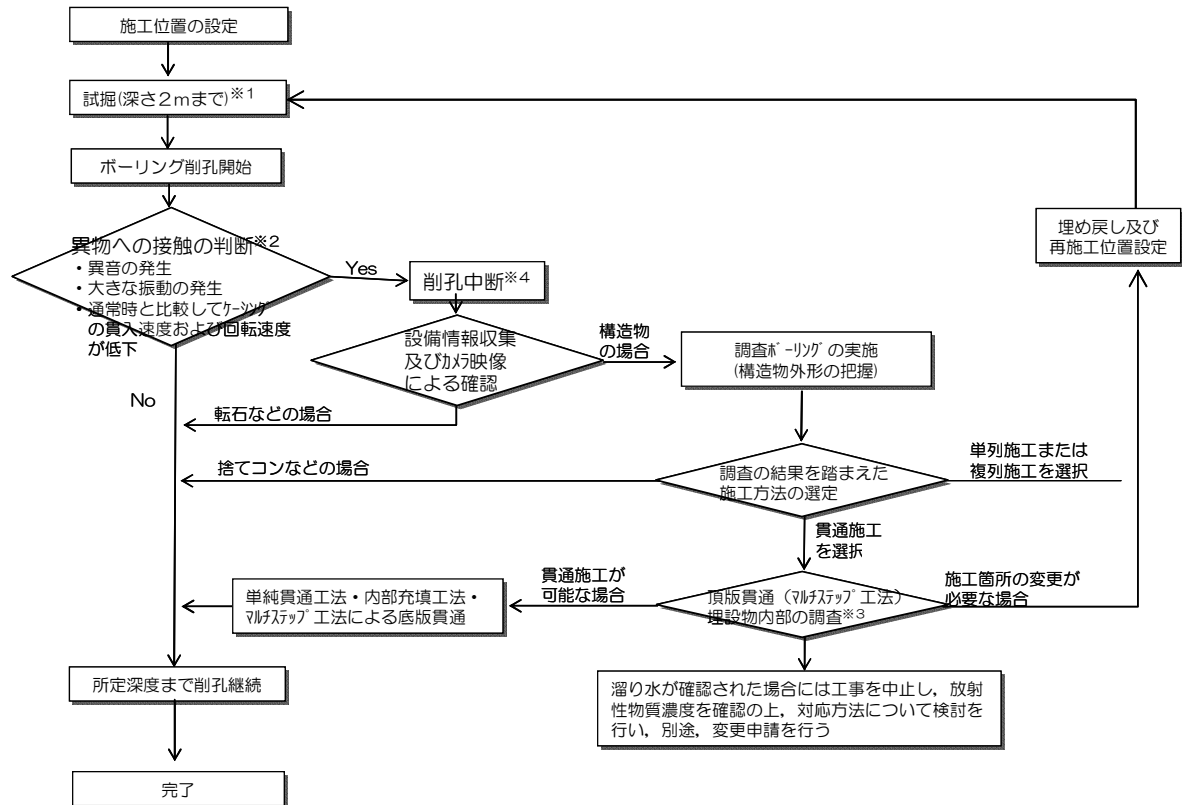


図 1 6 - 2 7 陸側遮水壁ライン近傍のサブドレン・地下水位観測孔 配置図

## 7 不明埋設物への対応

ボーリング削孔中に「異音が発生する」、「大きな振動が発生する」等により、図面がない不明な埋設物が確認された場合は削孔を中断し、カメラ等により埋設物の状況の確認等を行った上で、適切な施工方法を選定、または、施工位置の移動等を行う。



※1 旧地盤面から深さ2mまで試掘することにより、東日本大震災以降に設置した電源ケーブル等の確認を行う。この試掘により、削孔作業において比較的容易に損傷する可能性が想定される埋設物（直接埋設された配管・ケーブル等）については、その位置・規模を全て特定出来る。2m以深の埋設物のうち、建屋と連通している埋設物については、基本的には図面等で確認済みであり、不明埋設物の多くが建屋建設当時の残置物（配管・ガレキ・仮設物基礎等）であると想定している。

※2 「異物への接触の判断」は、削孔深度が所定の深度に達するまで、異物への接触の都度に行う。

※3 カメラ映像による内容物確認および水質調査

※4 万が一、不明埋設物を誤って破損した際には、溜り水が有る場合には水の放射性物質濃度を確認する。並行して「不明物対処確認委員会」で不明埋設物の同定・対応方法について検討する。

図17 不明埋設物への対応フロー

以上

海側ライン上の埋設物に対する施工時の考慮

1 はじめに

陸側遮水壁は、地盤中に凍結管を約1m間隔で設置し、凍結管内に-30℃のブライン（冷却材）を循環させて凍結管周囲の地盤を凍結して造成する。海側ライン上の埋設物周辺の施工にあたっては、埋設物を図面・試掘・現地調査で確認し、構造形式、内容物、埋設物内部の状況を整理した上で、埋設物の幅・機能に応じて、適切な施工方法を選定する。

1.1 陸側遮水壁の施工手順

「添付資料-14 別添-2 1.1 陸側遮水壁の施工手順」に示す通り。

1.2 埋設物の種類

建屋周辺の地盤中には、建屋間を連絡する電気・通信ケーブルや配管を内包するトレンチや取水管、放水管等の埋設物が存在する。

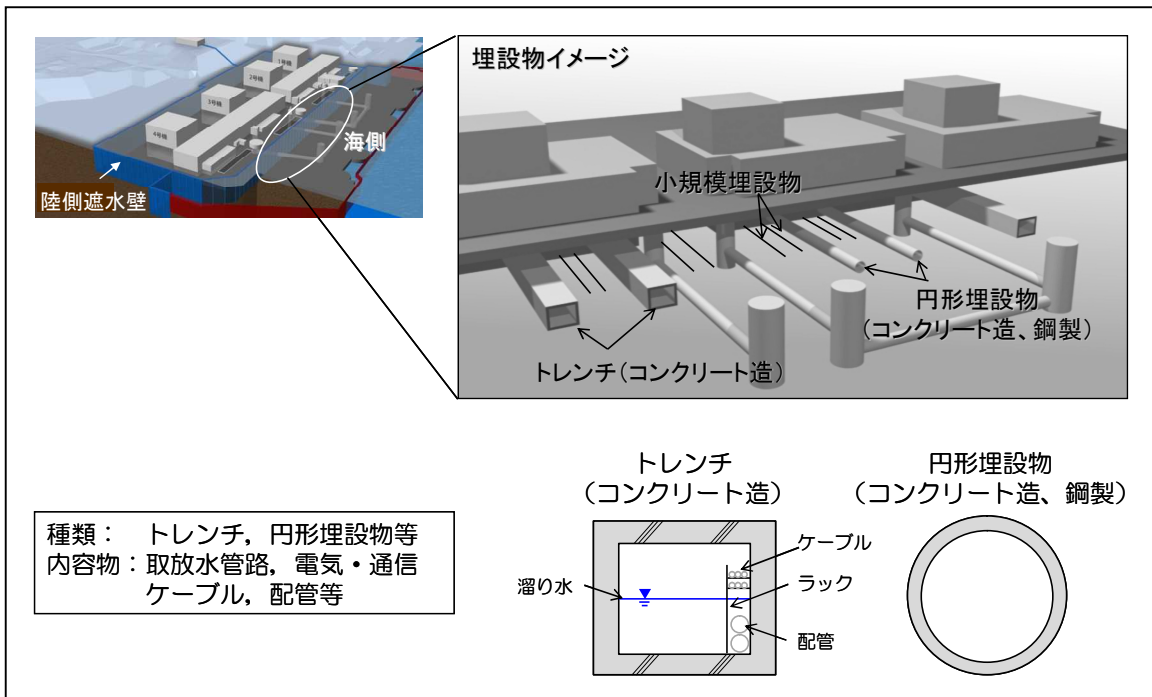


図1 埋設物のイメージ

2 埋設物に対する施工方法

「添付資料-14 別添-2 2 埋設物に対する施工方法」に示す通り。



### 3 貫通施工の基本方針

#### 3.1 貫通施工の種類とパターン

「添付資料－1 4 別添－2 3.1 貫通施工の種類とパターン」に示す通り。

#### 3.2 貫通施工時の留意事項

留意事項	対応
重油配管, 軽油配管および薬品配管や運用中の通信・制御ケーブルの損傷の防止	・重油配管, 軽油配管および薬品配管 ; トレンチ内の位置確認, 防護・離隔確保 ・通信・制御ケーブル ; 図面・現地確認により使用状況を確認, 必要に応じて移動

#### 3.3 貫通施工の施工パターン

「添付資料－1 4 別添－2 3.2.2 貫通施工の施工パターン」に示す施工パターンを用いて施工する。

### 4 凍結防止措置

「添付資料－1 4 別添－2 4 凍結防止措置」に示す通り。

5 海側ライン上の貫通施工・複列施工の対象箇所

海側ライン上の凍結管（測温管含む）の貫通施工・複列施工の対象箇所を図2，表1に示す。また，それぞれ箇所での施工方法を図3に示す。

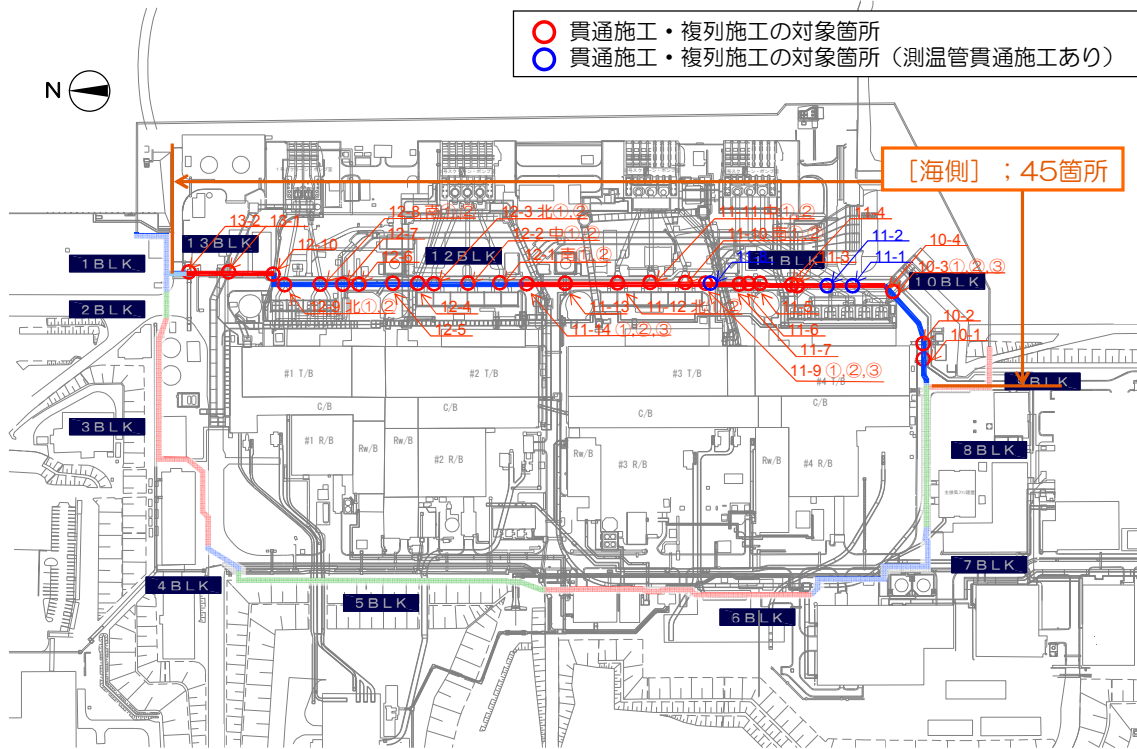


図2 貫通施工・複列施工の対象箇所

表1 貫通施工・複列施工の対象箇所

	構造物名	溜り水調査		貫通施工箇所での溜り水		調査時期	施工パターン	備考
		溜り水※2の有無	溜り水※1の区分	有無	自由水面・被圧			
10BLK	10-1 消火配管トレンチ(4号機南側)	無	—	無	—	H26.9	(頂部)頂版撤去 (底部)単純	
	10-2 4号機薬品タンク連絡ダクト	無	—	無	—	H26.9	(頂部)頂版撤去 (底部)単純	
	4号機放水管①	有	C	—	—	H26.9	複列	
	10-3 4号機放水管②	有	C	—	—	H26.9	複列	
	4号機放水管③	有	C	—	—	H26.9	複列	
10-4 4号機海水配管(SW)埋設ダクト	無	—	—	—	H26.10	複列		
11BLK	11-1 4号機取水管-南	無	—	無	—	H26.9	(頂部)単純 (底部)単純	測温管貫通施工あり
	11-2 4号機取水管-中	無	—	無	—	H26.9	(頂部)単純 (底部)単純	測温管貫通施工あり
	11-3 4号機取水管-北	無	—	無	—	H26.9	(頂部)単純 (底部)単純	
	11-4 4号機海水配管トレンチ(SW系)	無	—	無	—	H26.9	(頂部)頂版撤去 (底部)単純	
	11-5 4号機別棟機械室連絡トレンチ	無	—	無	—	H26.9	(頂部)頂版撤去 (底部)単純	
	11-6 ストームドレン配管トレンチ	無	—	無	—	H26.9	(頂部)頂版撤去 (底部)単純	
	11-7 3号機薬品タンク連絡ダクト	無	—	無	—	H26.9	(頂部)頂版撤去 (底部)単純	
	11-8 3号機取水電源ケーブル管路	無	—	無	—	H26.11	(頂部)頂版撤去 (底部)単純	測温管貫通施工あり
	3号機放水管①	有	C	—	—	H27.5	複列	
	11-9 3号機放水管②	有	C	—	—	H27.5	複列	
	3号機放水管③	有	C	—	—	H27.5	複列	
	11-10 3号機取水管-南①	無	—	無	—	H26.8	(頂部)単純 (底部)単純	
	3号機取水管-南②	無	—	無	—	H26.8	(頂部)単純 (底部)単純	
	11-11 3号機取水管-中①	—※3	—	調査予定	調査予定	—	(頂部)単純 (底部)単純	
3号機取水管-中②	—※3	—	調査予定	調査予定	—	(頂部)単純 (底部)単純		
11-12 3号機取水管-北①	—※3	—	調査予定	調査予定	—	(頂部)単純 (底部)単純		
3号機取水管-北②	—※3	—	調査予定	調査予定	—	(頂部)単純 (底部)単純		
11-13 No.2軽油配管トレンチ	無	—	無	—	H26.9	(頂部)頂版撤去 (底部)単純		
2号機放水管①	有	C	—	—	H27.6	複列		
11-14 2号機放水管②	有	C	—	—	H27.6	複列		
2号機放水管③	有	C	—	—	H27.6	複列		
12BLK	12-1 2号機取水管-南①	無	—	無	—	H27.7	(頂部)単純 (底部)単純	
	2号機取水管-南②	無	—	無	—	H27.7	(頂部)単純 (底部)単純	
	12-2 2号機取水管-中①	無	—	無	—	H26.9	(頂部)単純 (底部)単純	
	2号機取水管-中②	無	—	無	—	H26.9	(頂部)単純 (底部)単純	
	12-3 2号機取水管-北①	無	—	無	—	H27.7	(頂部)単純 (底部)単純	
	2号機取水管-北②	無	—	無	—	H27.7	(頂部)単純 (底部)単純	
	12-4 2号機取水電源ケーブル管路A, B	—※3	—	調査予定	調査予定	—	(頂部)頂版撤去 (底部)単純	管路Aは溜り水なしを確認
	12-5 No.1軽油配管トレンチ	無	—	無	—	H26.10	(頂部)頂版撤去 (底部)単純	
	12-6 1号機ボイラー室電気品室連絡トレンチ	有	C	無	—	H26.10	(頂部)頂版撤去 (底部)単純	
	1号機放水管①	有	B	—	—	H27.6	複列	
	1号機放水管②	有	B	—	—	H27.6	複列	
	12-8 1号機取水管-南①	無	—	無	—	H26.9	(頂部)単純 (底部)単純	
1号機取水管-南②	無	—	無	—	H26.9	(頂部)単純 (底部)単純		
12-9 1号機取水管-北①	—※3	—	調査予定	調査予定	—	(頂部)単純 (底部)単純		
1号機取水管-北②	—※3	—	調査予定	調査予定	—	(頂部)単純 (底部)単純		
12-10 1号機取水電源ケーブル管路	無	—	無	—	H26.10	(頂部)単純 (底部)単純		
13BLK	13-1 重油配管トレンチ	無	—	無	—	H26.10	(頂部)頂版撤去 (底部)単純	
13-2 地下通路	無	—	無	—	H26.10	(頂部)単純 (底部)単純		

※1 貫通施工に関する溜り水の区分 (放射性物質濃度 (Cs) )

- A : 1.0 × 10<sup>4</sup>Bq/L以上
- B : 1.0 × 10<sup>3</sup>Bq/L以上 ~ 1.0 × 10<sup>4</sup>Bq/L未満
- C : 1.0 × 10<sup>2</sup>Bq/L未満

※2 今後の陸側遮水壁貫通施工に伴う調査により上記区分のA, Bに相当する溜り水が確認された場合は、溜り水の除去の計画を検討の上、実施する。

※3 上表で溜り水「無」の埋設構造物内に、貫通施工前の調査によって溜り水を有することが確認された場合には工事を中止し、別途、変更申請を行う。

調査予定

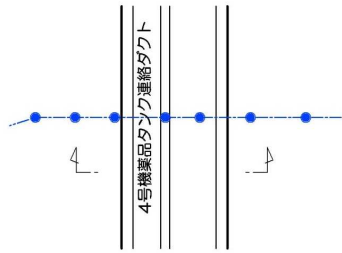
「3号機取水管-中①②」、「3号機取水管-北①②」、「2号機取水電源ケーブル管路B」、「1号機取水管-北①②」は貫通施工前に調査孔により溜り水の有無を確認する。溜り水の有無・放射性物質濃度を確認した後に施工方法を決定する。

溜り水がある場合には工事を中止し、別途、変更申請を行う。

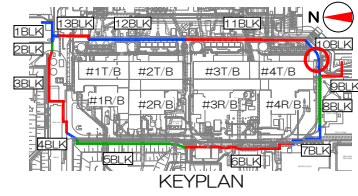
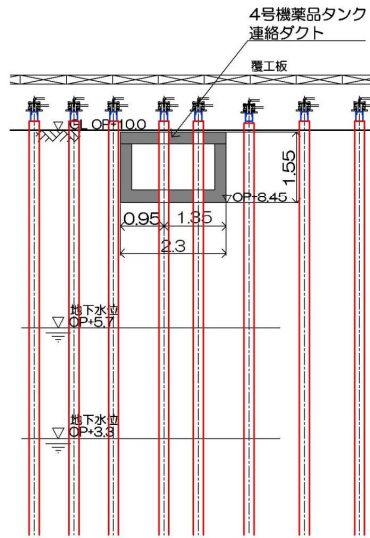




平面図



断面図



<埋設物情報>

位置：海側 10BLK  
 形状：矩形  
 寸法：2.3m  
 標高：OP+10.0m  
 溜り水：無  
 内部施設：配管

<施工パターン>

【頂版】頂版撤去  
 【底版】単純

SD56の地下水水位観測値  
 ・最大値：O.P.+5.7m (H25.10.26)  
 ・最小値：O.P.+3.3m (H23.5.6)

ケーシング凡例  
 〓 スタンドパイプ  
 〓 凍結管保護ケーシング

図 3-2 【10-2】 4号機薬品タンク連絡ダクト 施工方法（貫通施工）

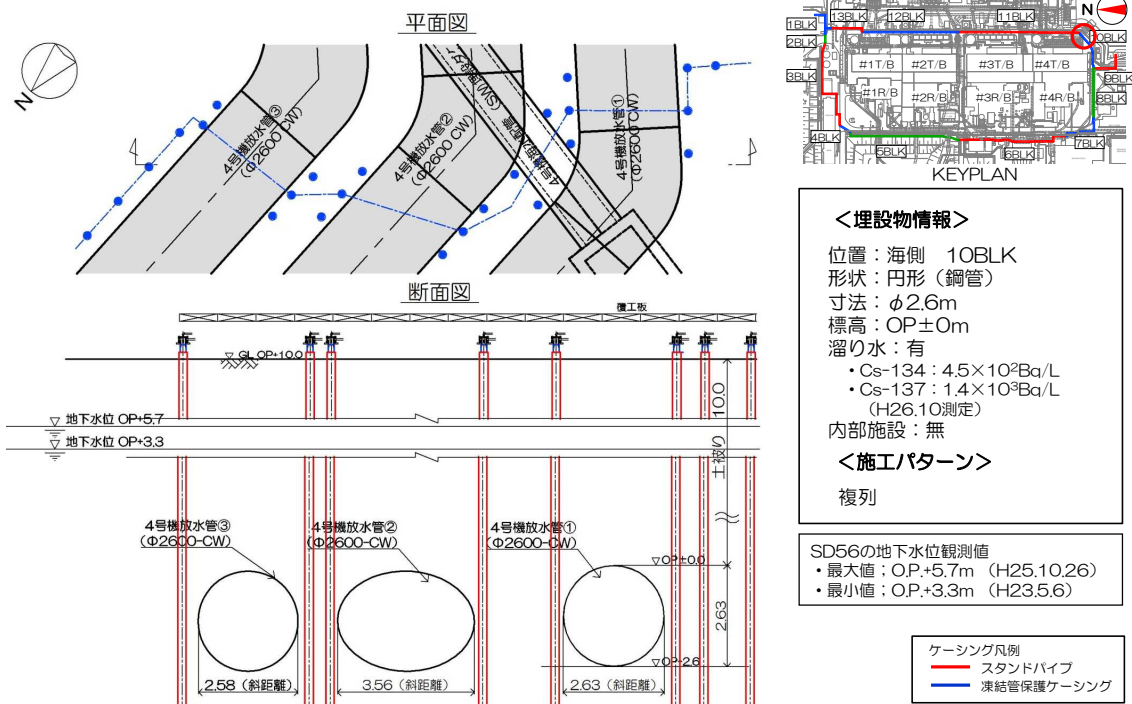


図 3-3 【10-3】4号機放水管①②③ 施工方法（複列施工）

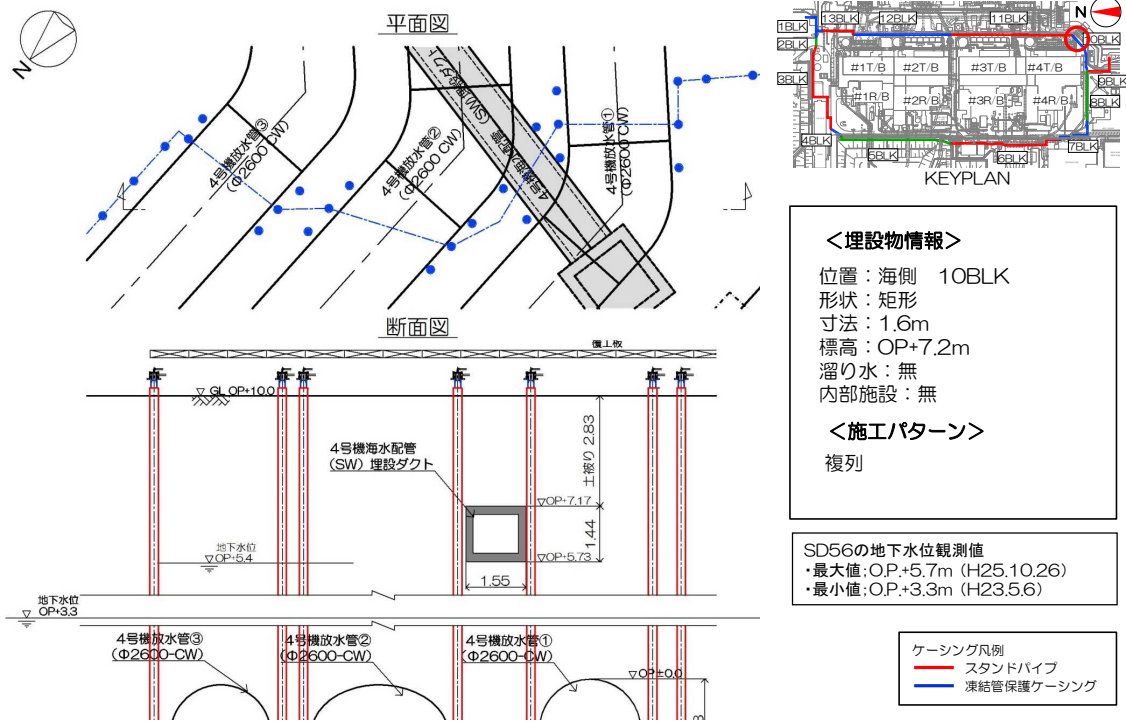
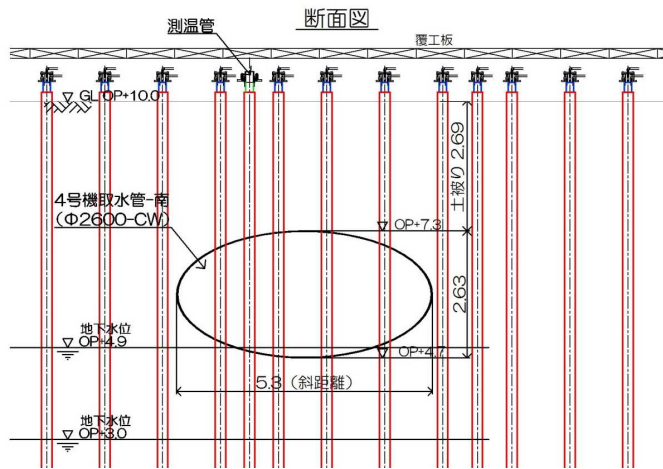
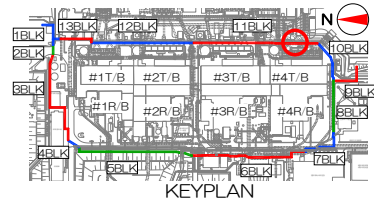
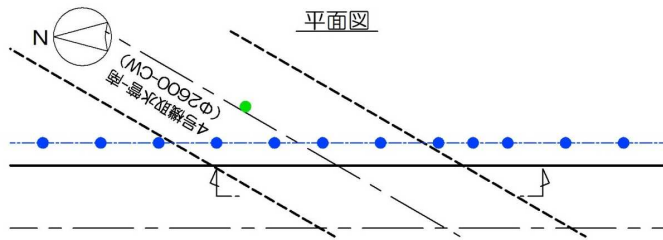


図3-4 【10-4】4号機海水配管 (SW) 埋設ダクト 施工方法(複列施工)



**<埋設物情報>**

位置：海側 11BLK  
 形状：円形（鋼管）  
 寸法：φ2.6m  
 標高：OP+7.3m  
 溜り水：無  
 内部施設：無

**<施工パターン>**

【頂版】単純  
 【底版】単純

SD59の地下水位観測値  
 ・最大値：O.P.+4.9m (H25.10.21)  
 ・最小値：O.P.+3.0m (H25.7.15)

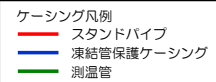


図 3 - 5 【 1 1 - 1 】 4号機取水パイプ-南 施工方法(貫通施工)



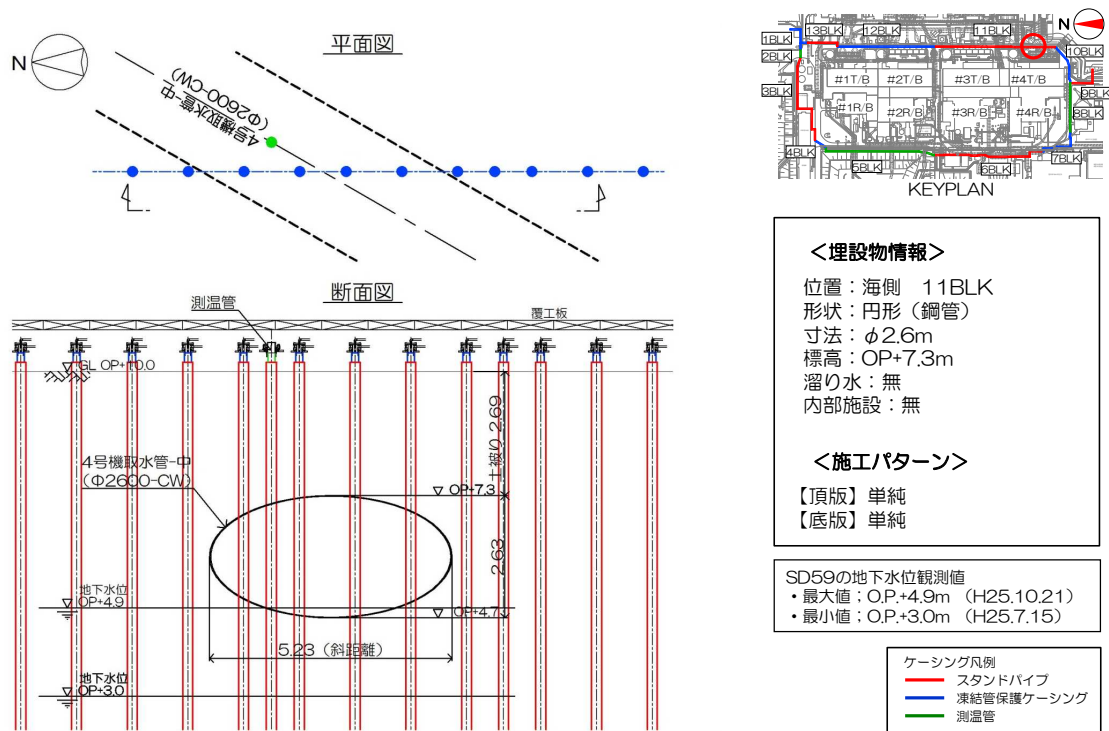
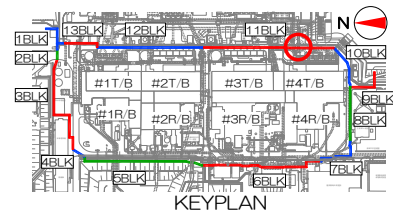
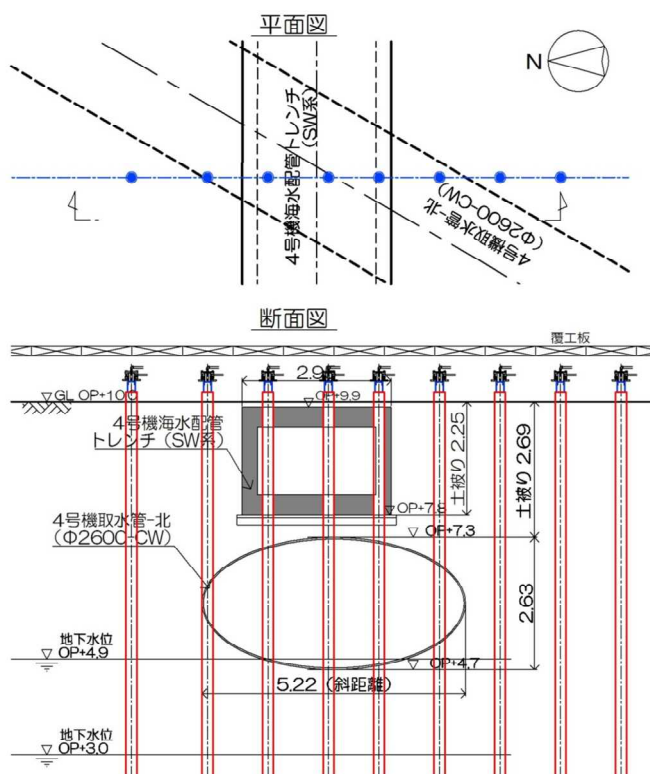


図 3 - 6 【 1 1 - 2 】 4号機取水-中 施工方法(貫通施工)



<埋設物情報>

位置：海側 11BLK  
 形状：円形（鋼管）  
 寸法：φ2.6m  
 標高：OP+7.3m  
 溜り水：無  
 内部施設：無

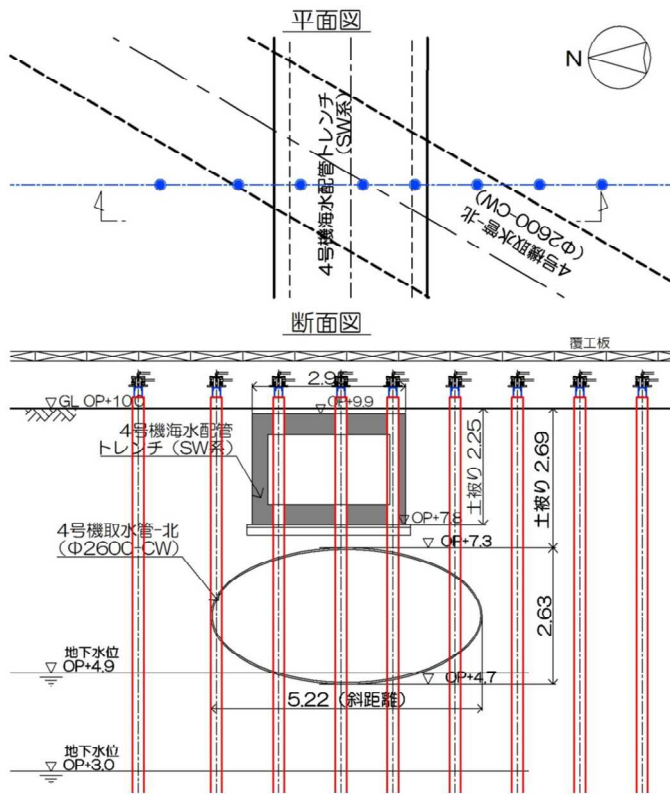
<施工パターン>

【頂版】単純  
 【底版】単純

SD59の地下水位観測値  
 ・最大値：O.P.+4.9m (H25.10.21)  
 ・最小値：O.P.+3.0m (H25.7.15)

ケーシング凡例  
 〓 スタンドパイプ  
 〓 凍結管保護ケーシング

図 3 - 7 【 1 1 - 3 】 4号機取水-北 施工方法(貫通施工)



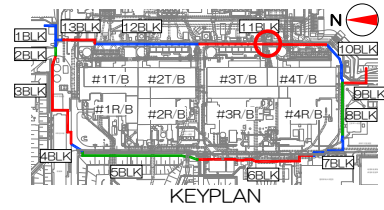
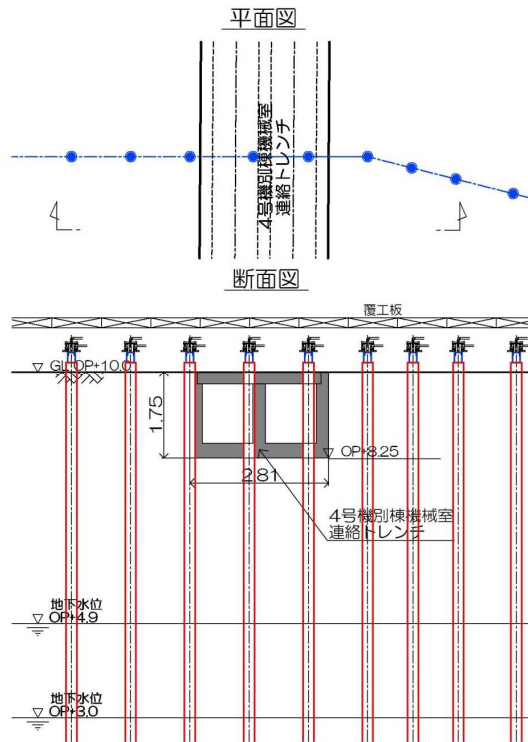
**<埋設物情報>**  
 位置：海側 11BLK  
 形状：矩形  
 寸法：2.95m  
 標高：OP+9.9m  
 溜り水：無  
 内部施設：配管

**<施工パターン>**  
 【頂版】頂版撤去  
 【底板】単純

SD59の地下水位観測値  
 ・最大値；O.P.+4.9m (H25.10.21)  
 ・最小値；O.P.+3.0m (H25.7.15)

ケーシング凡例  
 〓 スタンドパイプ  
 〓 凍結管保護ケーシング

図 3-8 【11-4】 4号海水配管トレンチ (SW系) 施工方法 (貫通施工)



**<埋設物情報>**  
 位置：海側 11BLK  
 形状：矩形  
 寸法：2.81m  
 標高：OP+10.0m  
 溜り水：無  
 内部施設：配管

**<施工パターン>**  
 【頂版】頂版撤去  
 【底版】単純

SD59の地下水位観測値  
 ・最大値：OP+4.9m (H25.10.21)  
 ・最小値：OP+3.0m (H25.7.15)

ケーシング凡例  
 〓 スタンドパイプ  
 〓 凍結管保護ケーシング

図3-9 【11-5】4号機別棟機械室連絡トレンチ 施工方法（貫通施工）

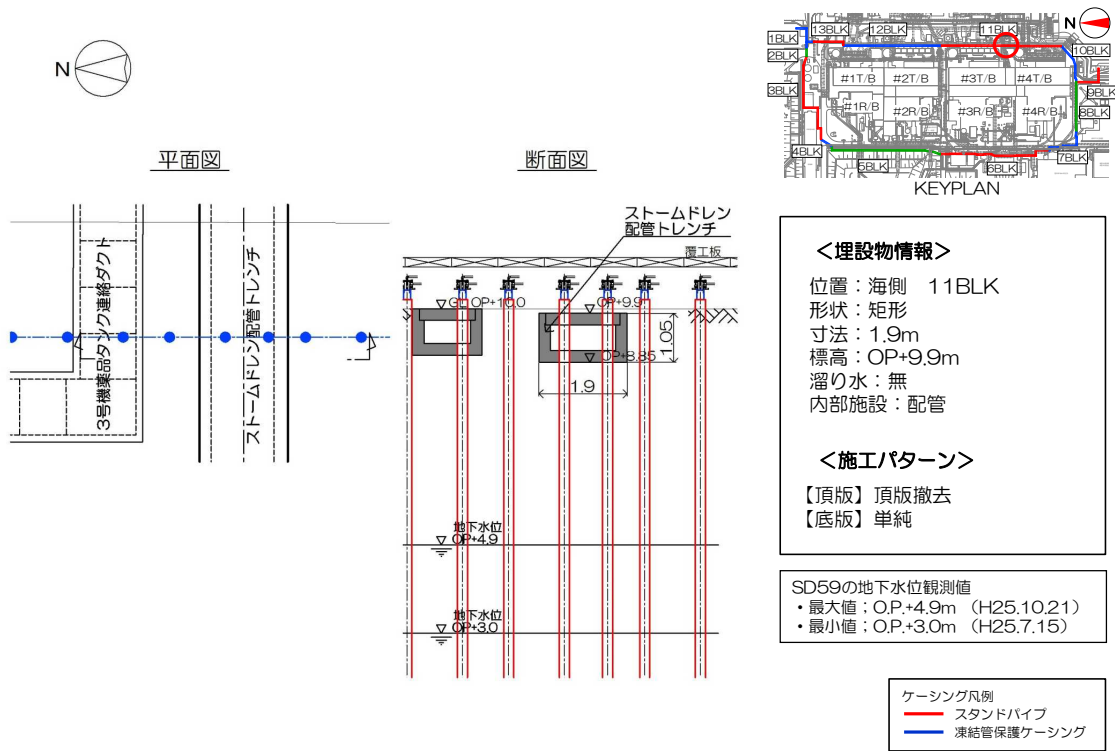


図3-10 【11-6】ストームドレン配管トレンチ 施工方法（貫通施工）



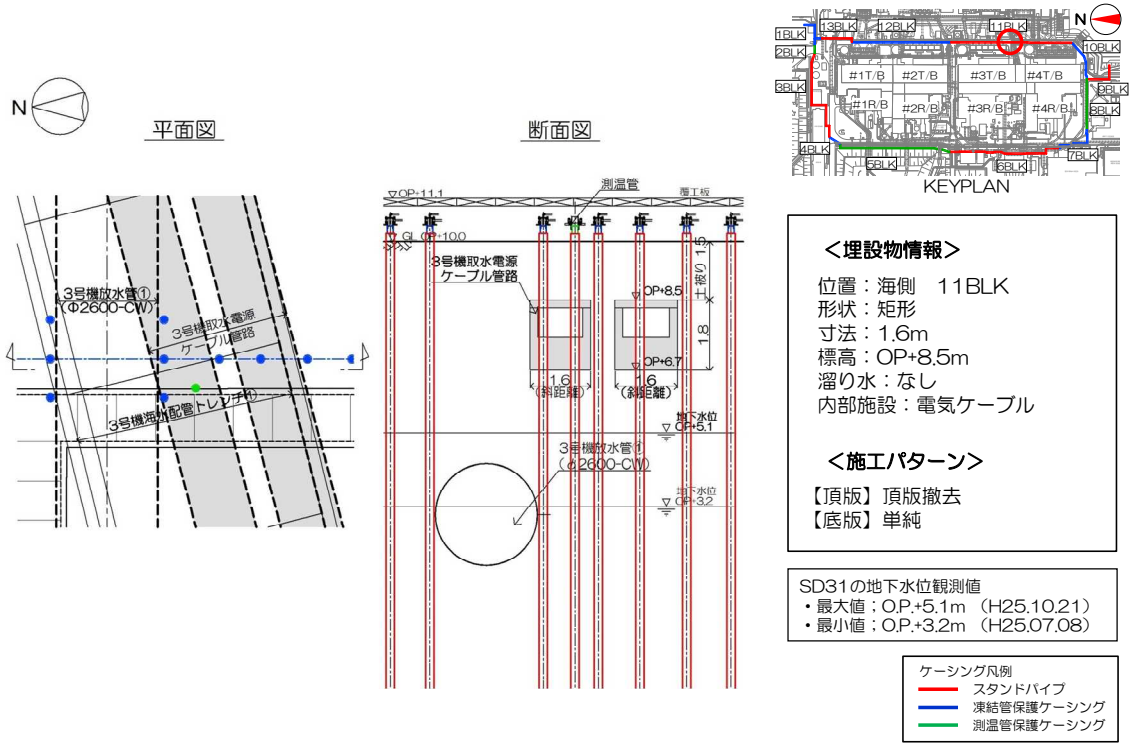


図 3-12 【11-8】 3号機取水電源ケーブル管路 施工方法（貫通施工）

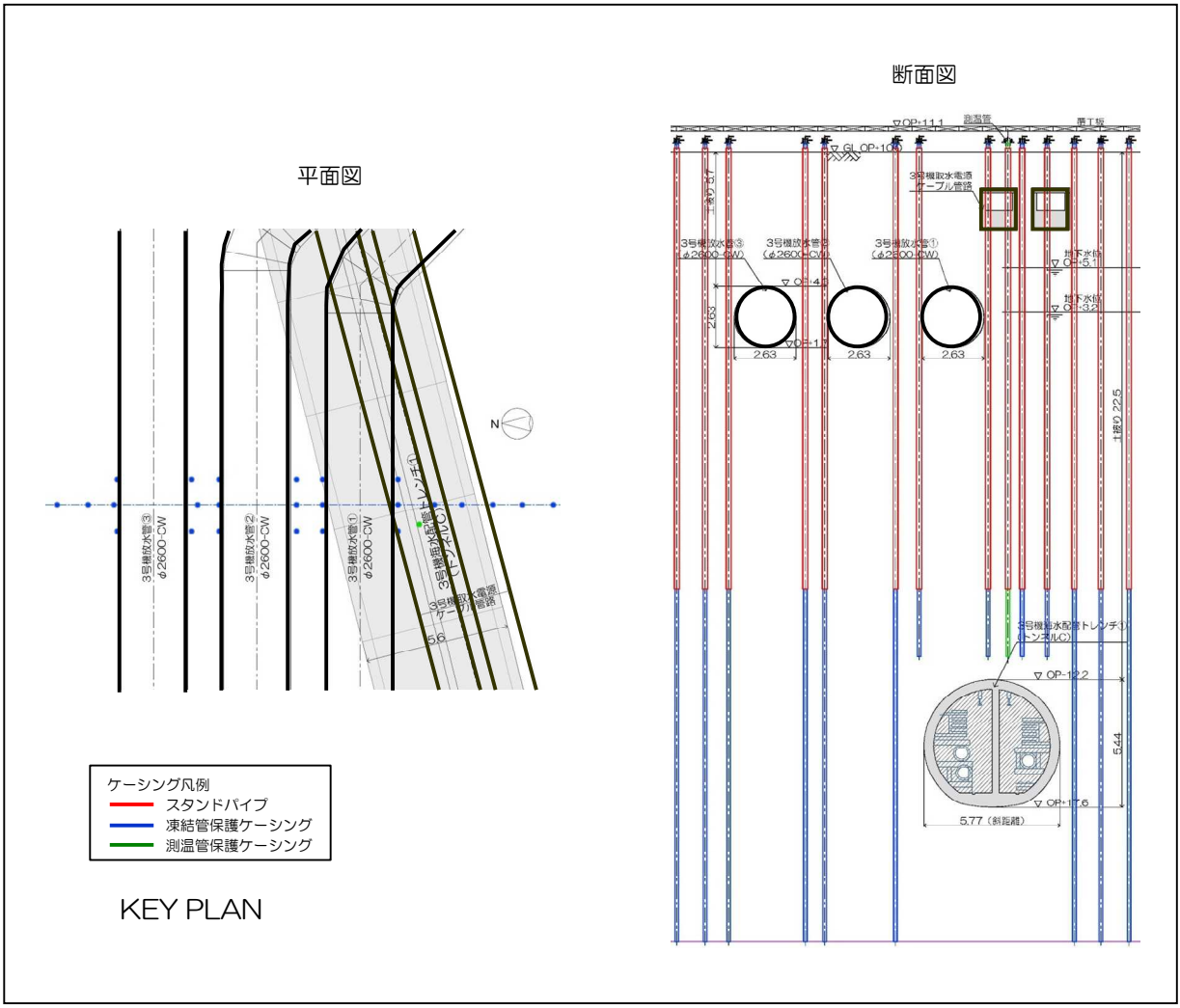
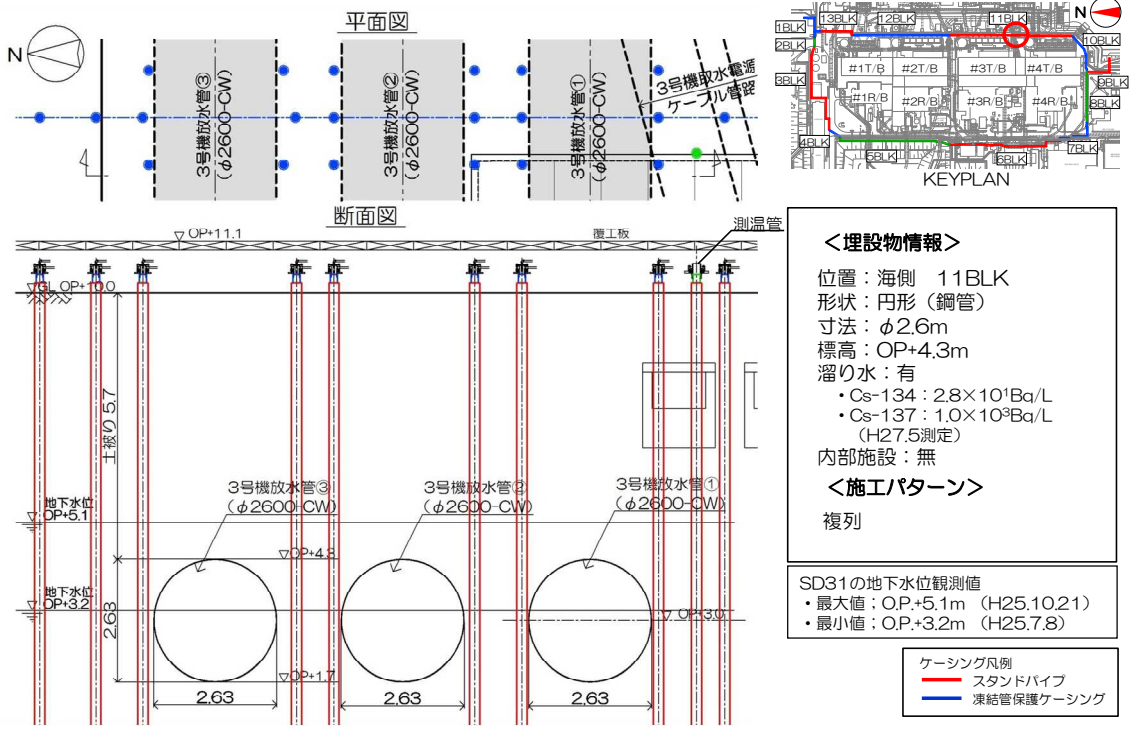


図3-13 【11-9】3号機放水管①②③ 施工方法（複列施工）



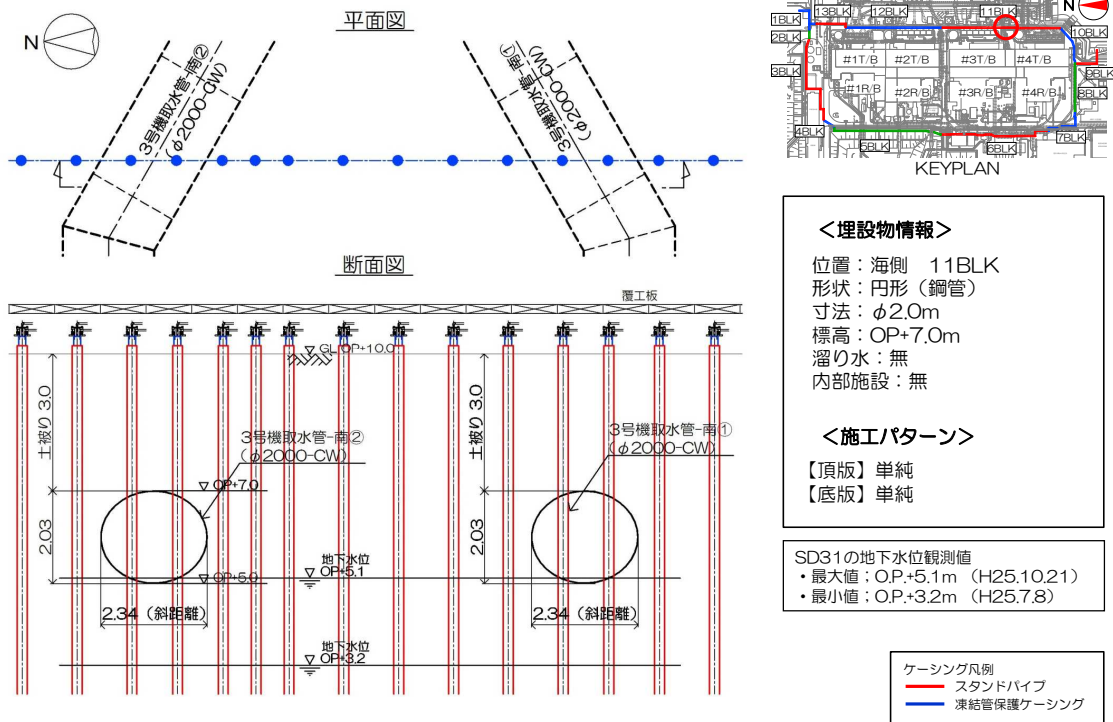
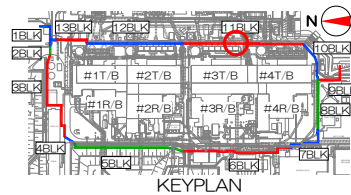
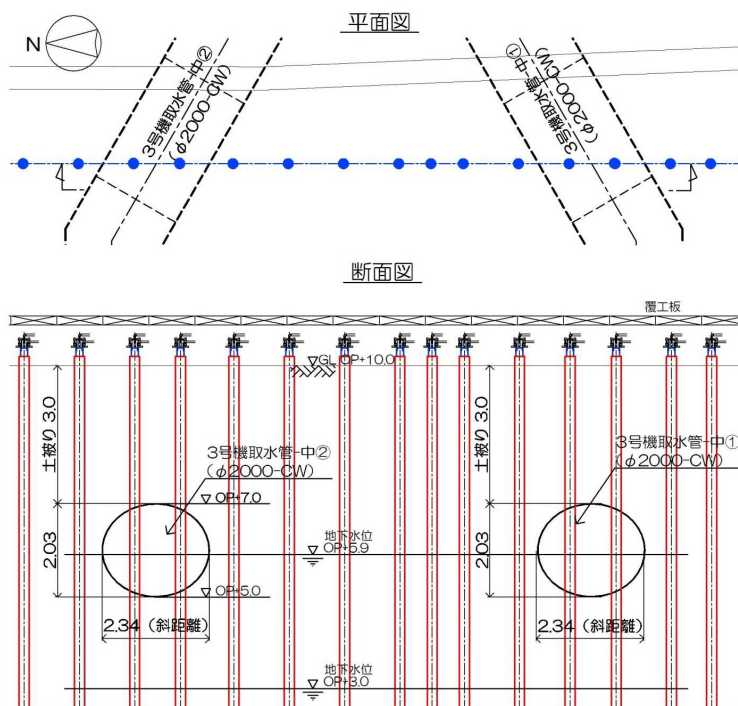


図 3-14 【11-10】3号機取水管-南①② 施工方法（貫通施工）



**<埋設物情報>**  
 位置：海側 11BLK  
 形状：円形（鋼管）  
 寸法：φ2.0m  
 標高：OP+7.0m  
 溜り水：貫通施工前に調査  
 内部施設：無

**<施工パターン>**  
 【頂版】単純  
 【底版】単純

SD32の地下水位観測値  
 ・最大値：OP+5.9m (H25.10.21)  
 ・最小値：OP+3.0m (H25.7.17)

ケーシング凡例  
 — スタンドパイプ  
 — 凍結管保護ケーシング

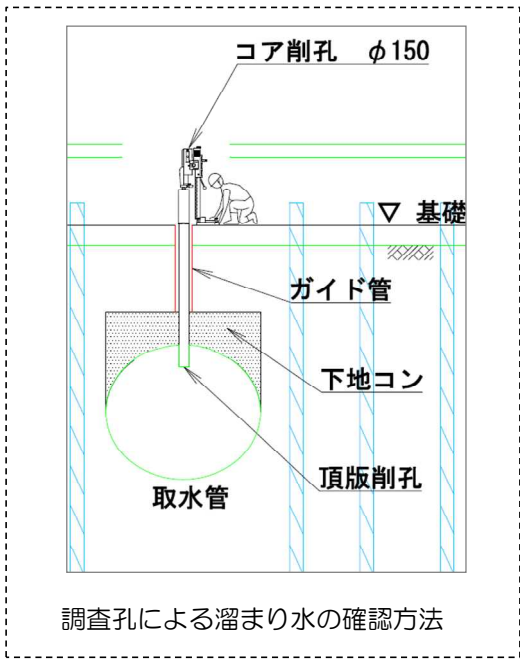


図3-15 【11-11】3号機取水管-中①② 施工方法（貫通施工）

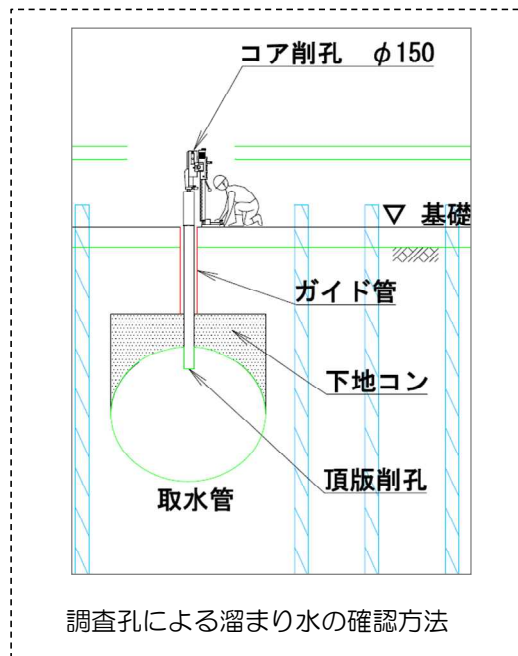
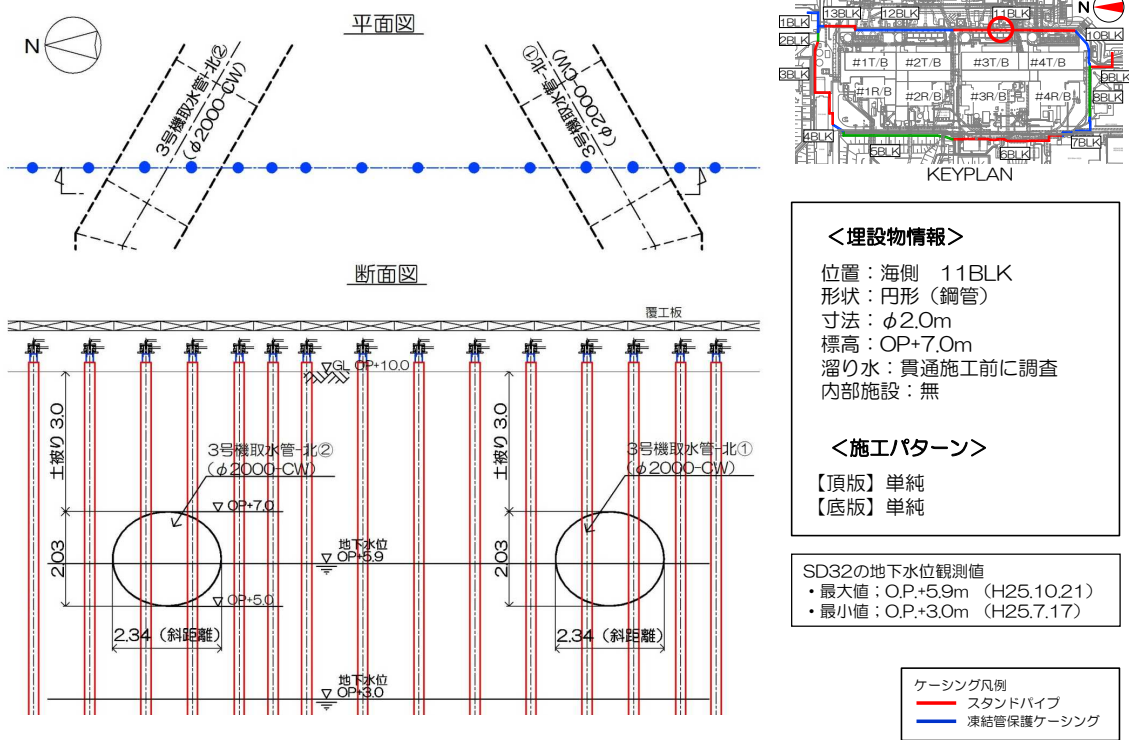
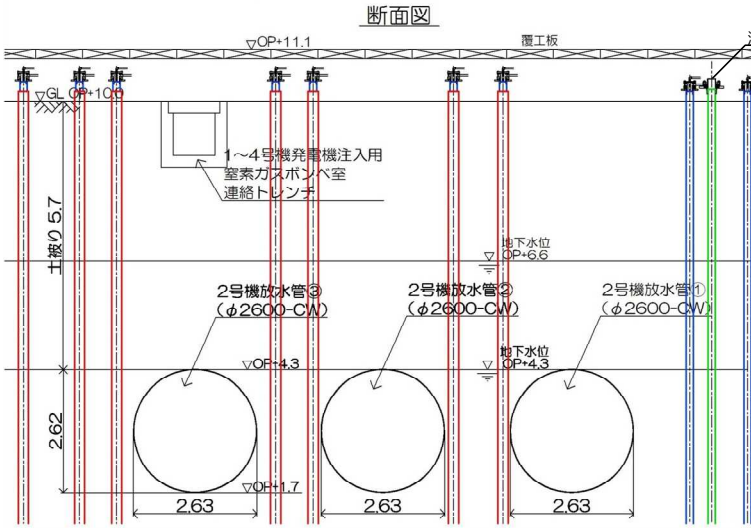
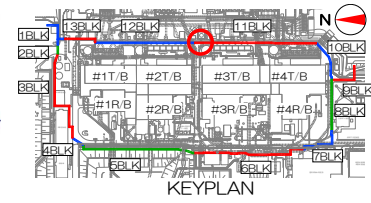
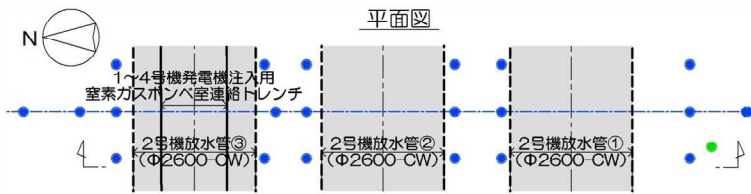


図3-16 【11-12】3号機取水管-北①② 施工方法（貫通施工）

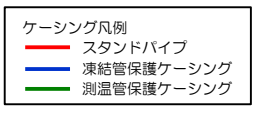
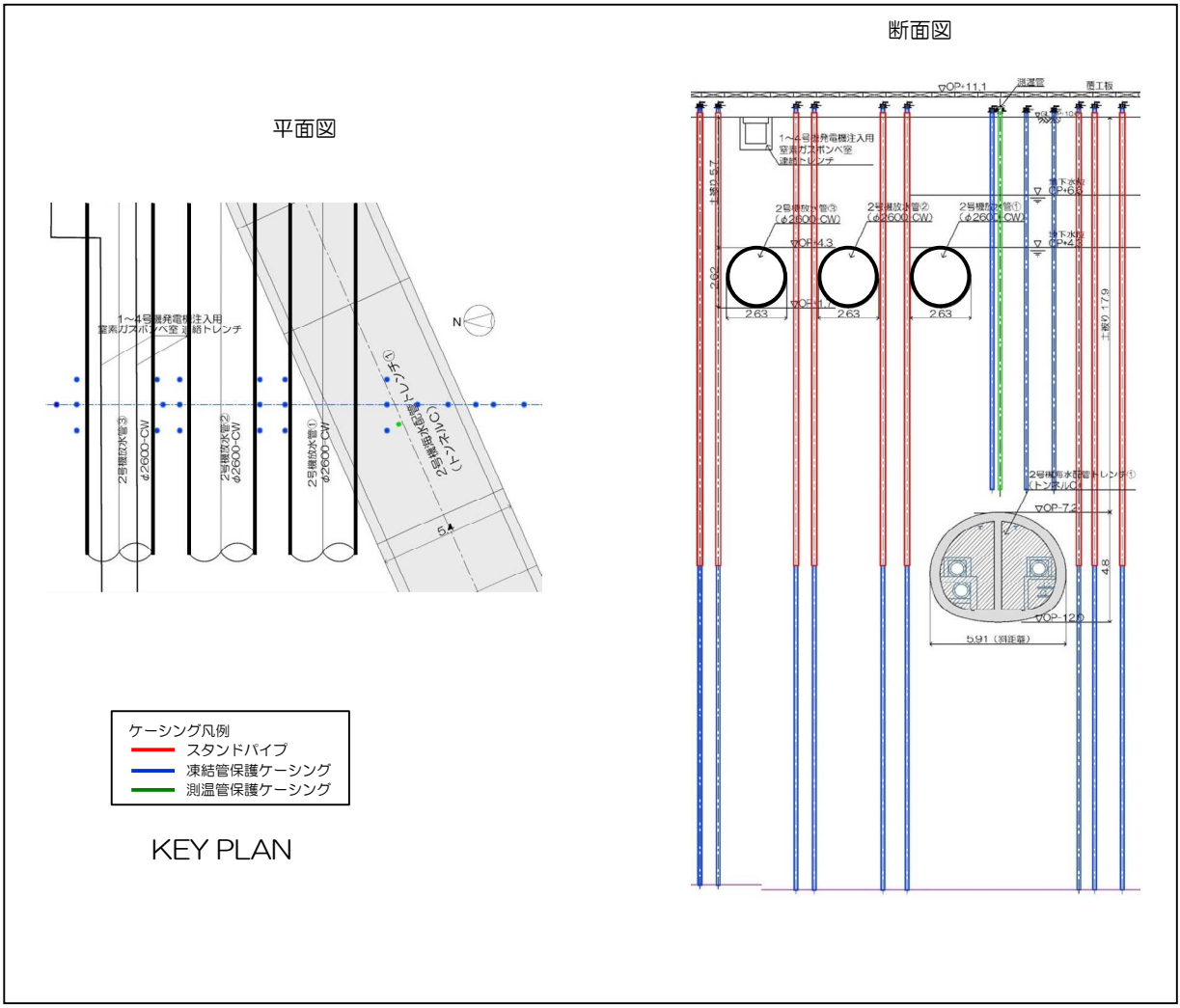
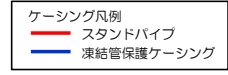




**<埋設物情報>**  
 位置：海側 11BLK  
 形状：円形（鋼管）  
 寸法：φ2.6m  
 標高：OP+4.3m  
 溜り水：有  
 ・Cs-134：9.4×10<sup>1</sup>Bq/L  
 ・Cs-137：3.7×10<sup>2</sup>Bq/L  
 （H27.6測定）  
 内部施設：無

**<施工パターン>**  
 複列

SD25の地下水水位観測値  
 ・最大値：O.P.+6.6m（H25.10.21）  
 ・最小値：O.P.+4.3m（H26.1.27）



KEY PLAN

図3-18 【11-14】2号機放水管①②③ 施工方法（複列施工）

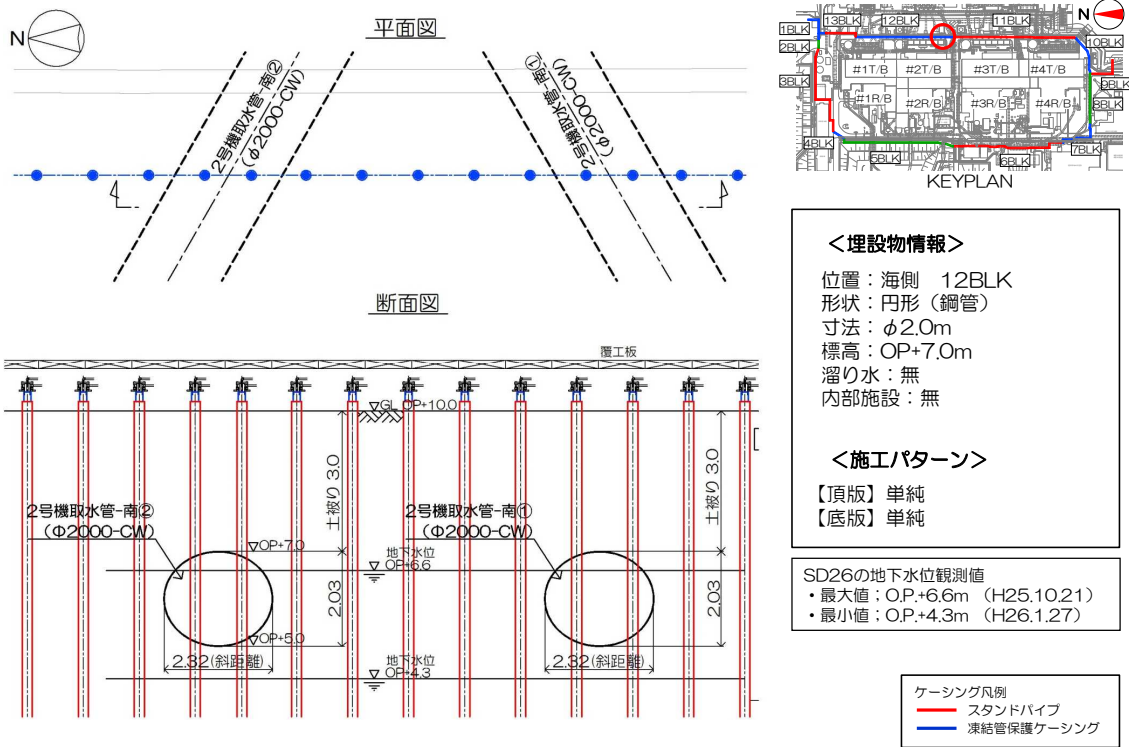


図 3-1-9 【12-1】2号機取水管-南①② 施工方法（貫通施工）

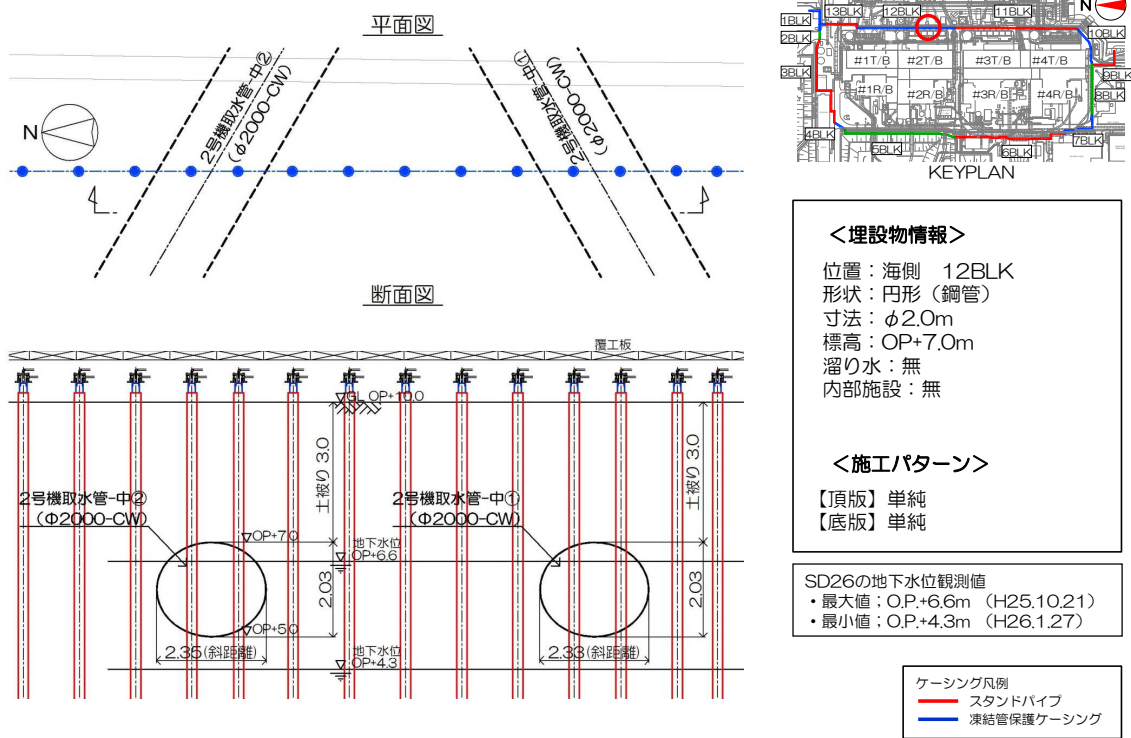


図 3-20 【12-2】2号機取水管-中①② 施工方法（貫通施工）



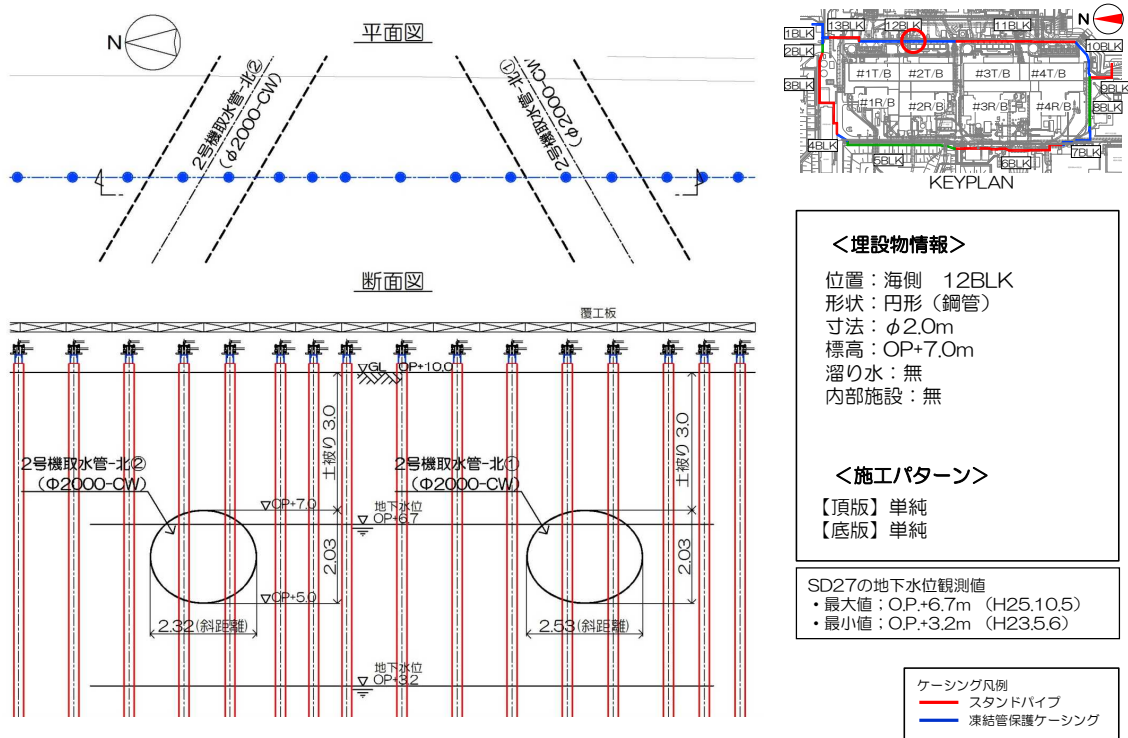
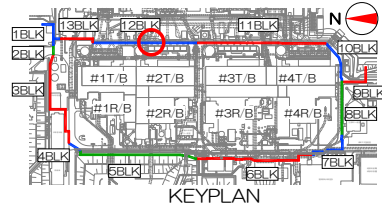
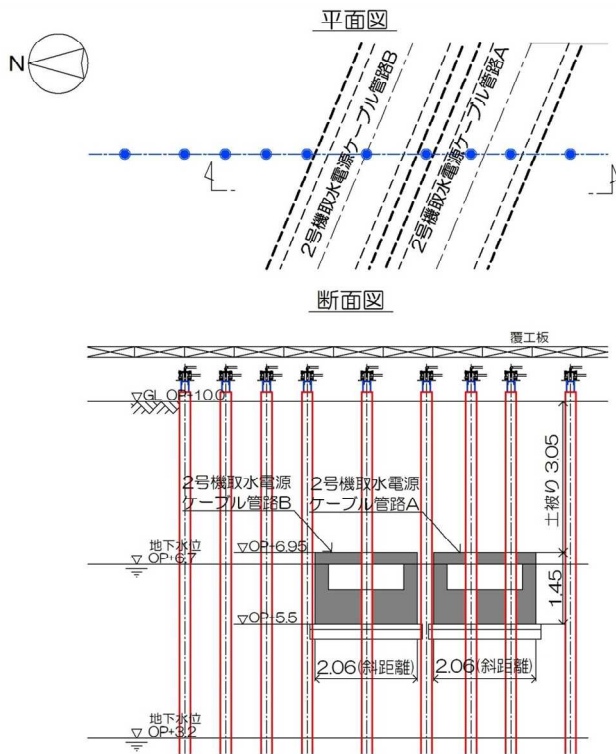


図 3-21 【12-3】2号機取水管-北①② 施工方法（貫通施工）





**<埋設物情報>**  
 位置：海側 12BLK  
 形状：矩形  
 寸法：1.9m  
 標高：OP+6.95m  
 溜り水：無（管路A）  
           貫通施工前に調査（管路B）  
 内部施設：電気ケーブル  
**<施工パターン>**  
 【頂版】頂版撤去  
 【底板】単純

SD27の地下水位観測値  
 ・最大値：O.P.+6.7m (H25.10.5)  
 ・最小値：O.P.+3.2m (H23.5.6)

ケーシング凡例  
 — スタンドパイプ  
 — 凍結管保護ケーシング

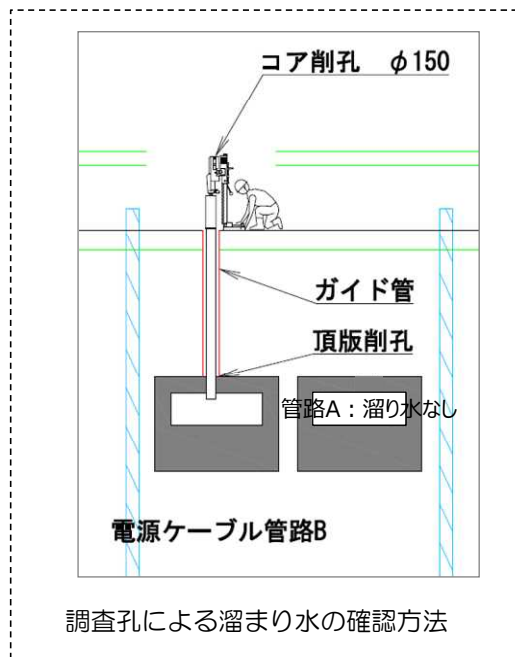


図3-22 【12-4】2号機取水電源ケーブル管路A,B 施工方法（貫通施工）



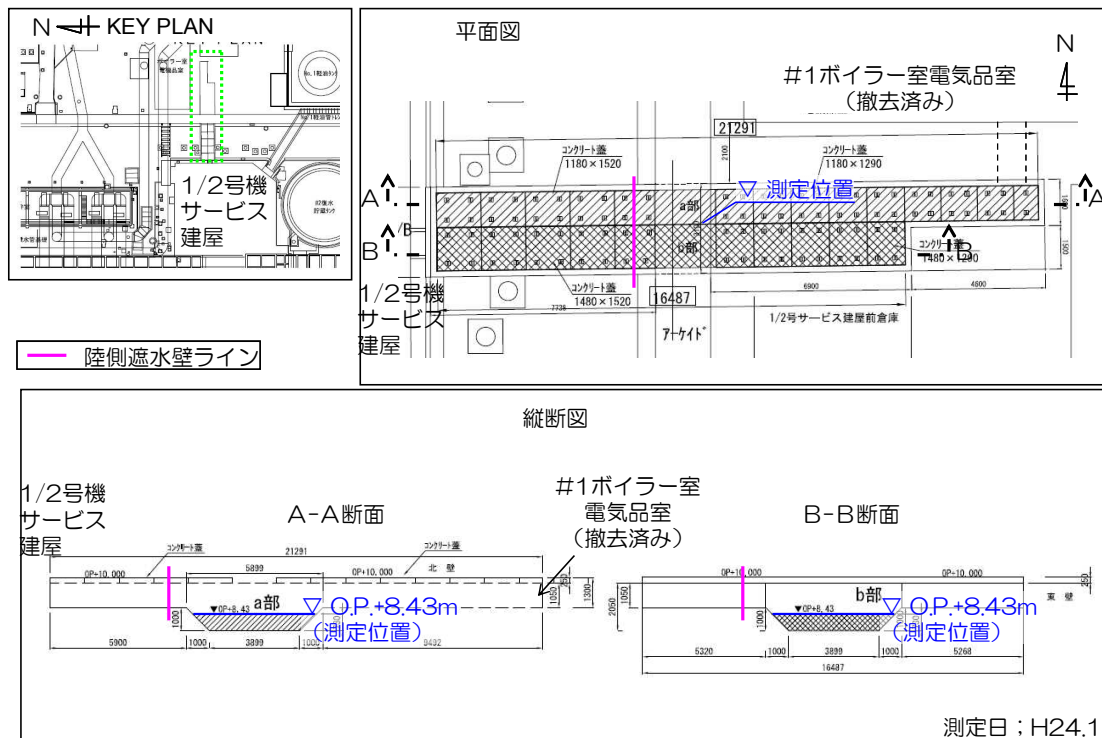
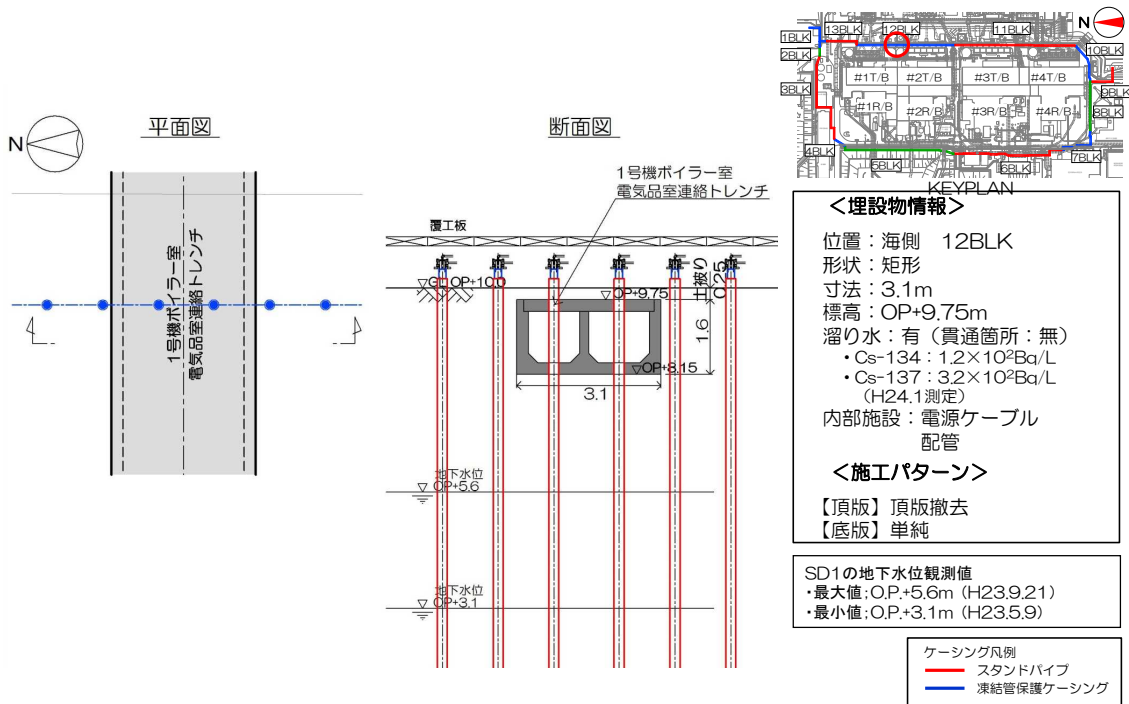
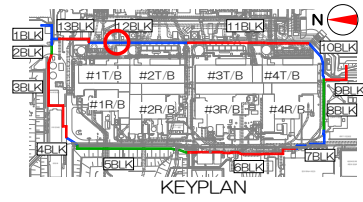
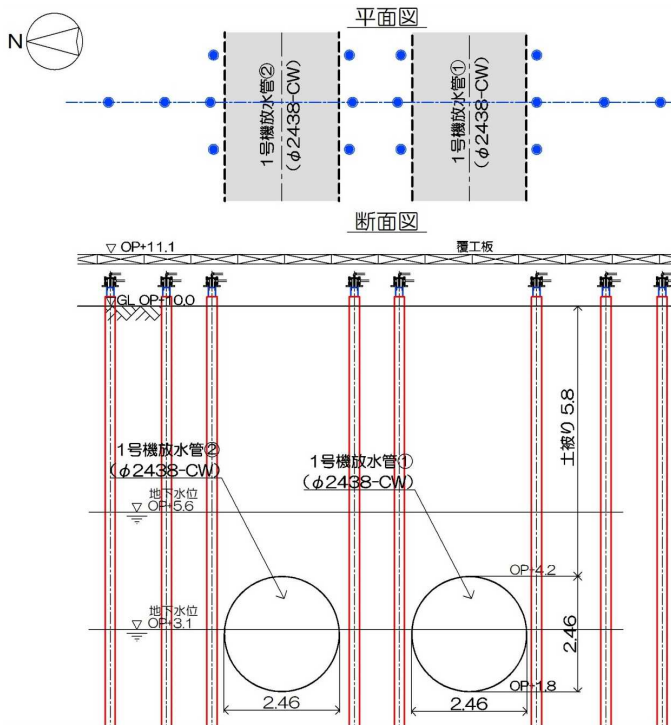


図3-24 【12-6】1号機ボイラー室電気品室連絡トレンチ 施工方法（貫通施工）



**<埋設物情報>**  
 位置：海側 12BLK  
 形状：円形（鋼管）  
 寸法：φ2.438m  
 標高：OP+4.23m  
 溜り水：有  
 ・Cs-134： $6.7 \times 10^3 \text{Bq/L}$   
 ・Cs-137： $2.5 \times 10^4 \text{Bq/L}$   
 （H27.6測定）  
 内部施設：無  
**<施工パターン>**  
 複列

SD1の地下水位観測値  
 ・最大値：OP.+5.6m（H23.9.21）  
 ・最小値：OP.+3.1m（H23.5.9）

ケーシング凡例  
 ー スタンドパイプ  
 ー 凍結管保護ケーシング

図 3-25 【12-7】1号機放水管①② 施工方法（複列施工）

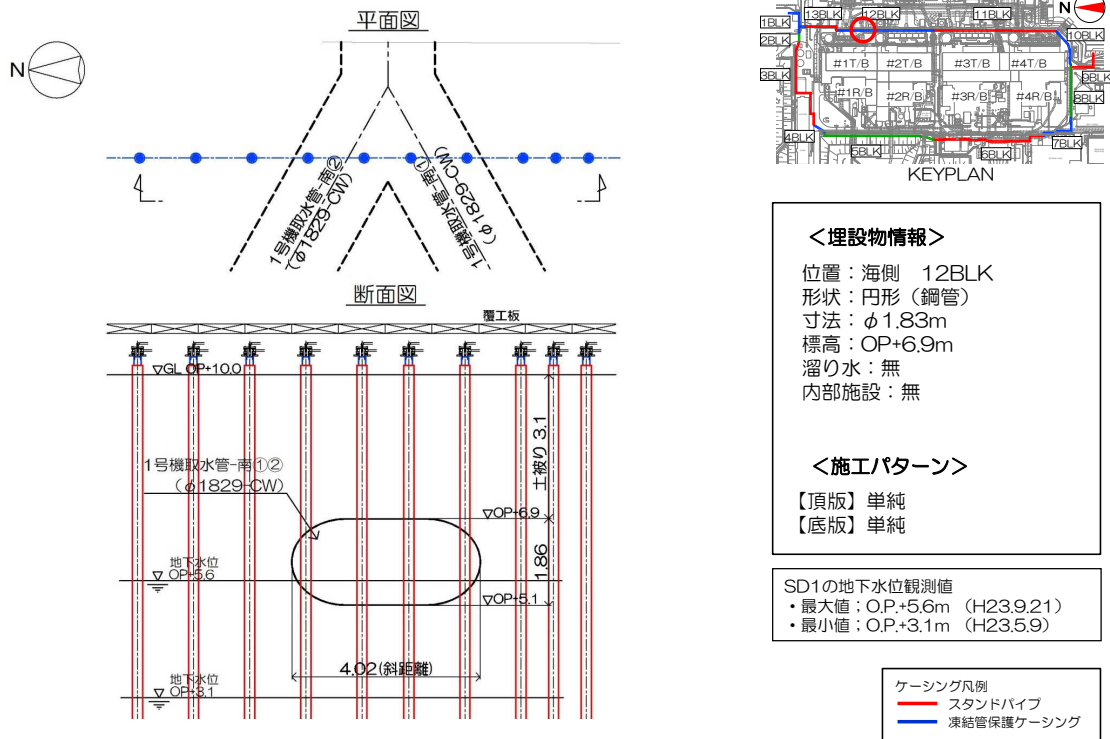


図 3-26 【12-8】1号機取水管-南①② 施工方法（貫通施工）

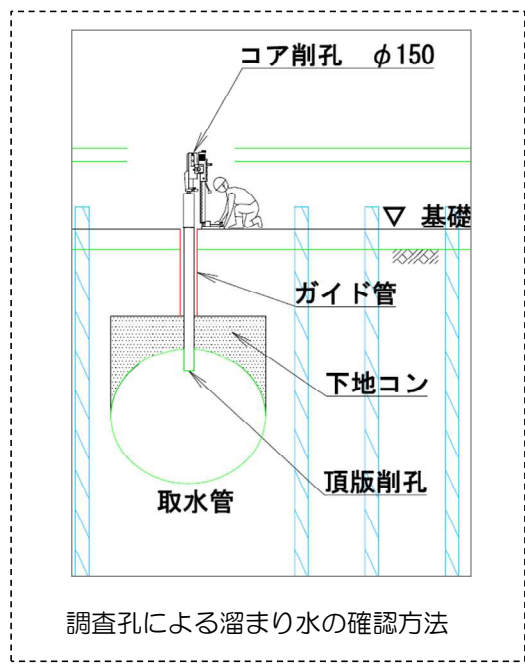
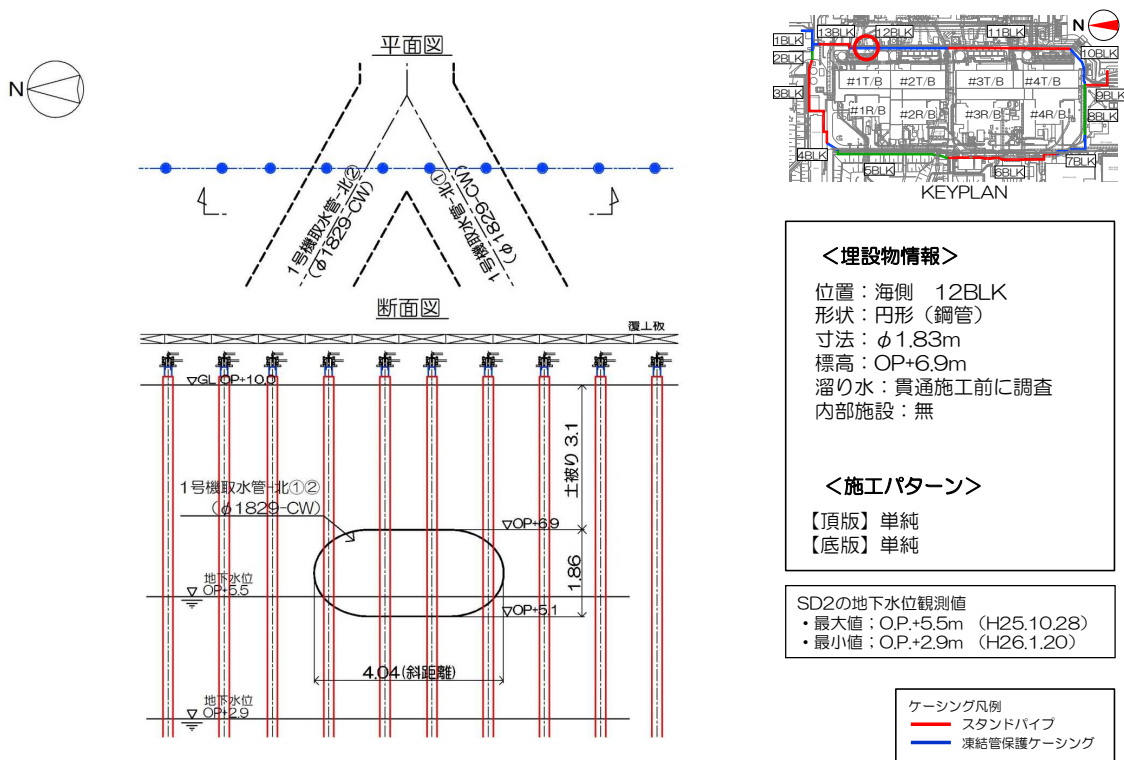
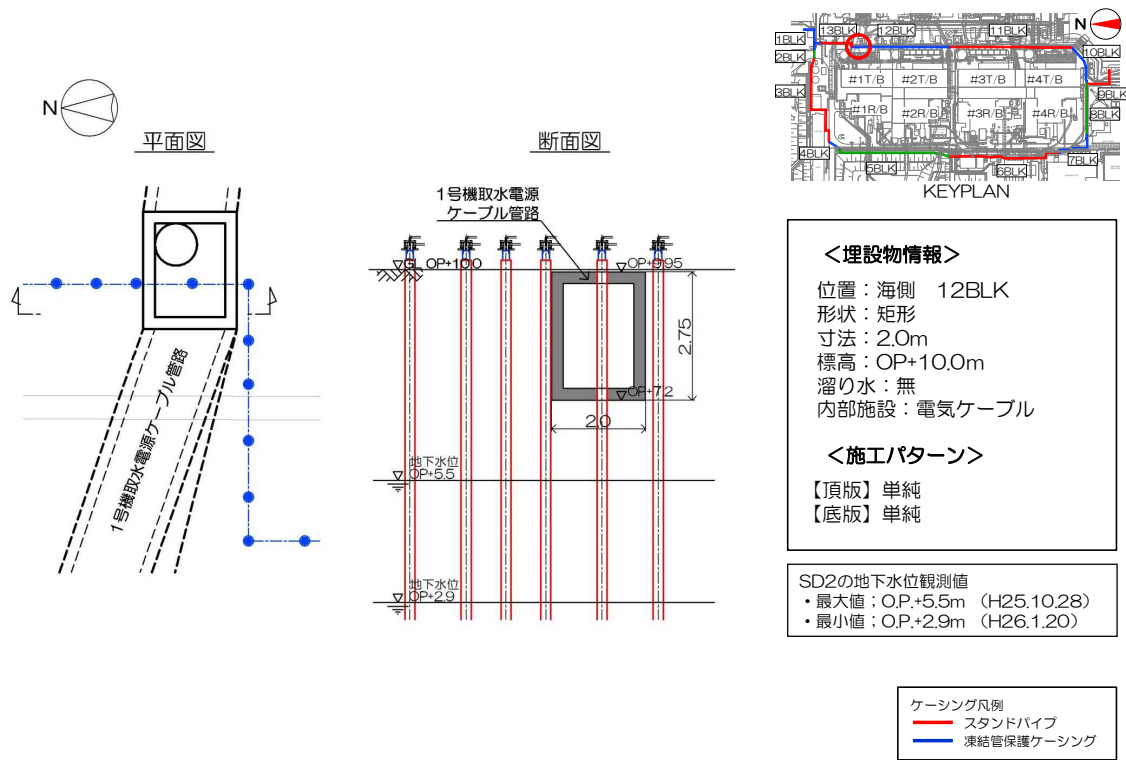
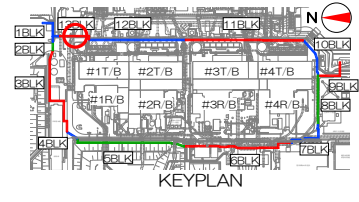
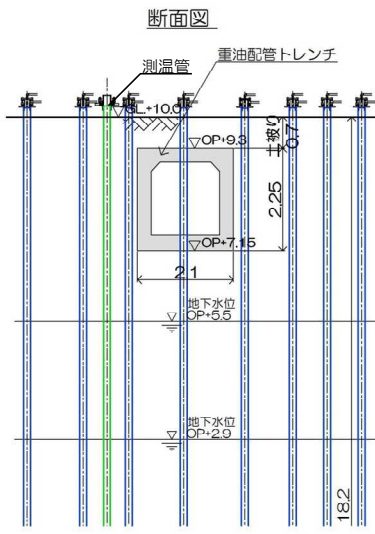
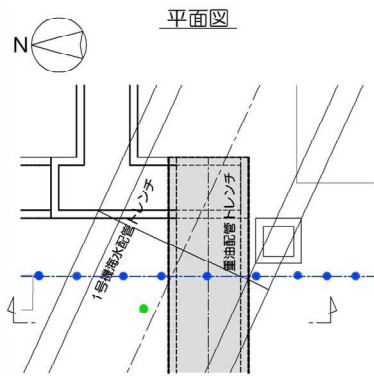


図 3-27 【12-9】1号機取水管-北①② 施工方法（貫通施工）



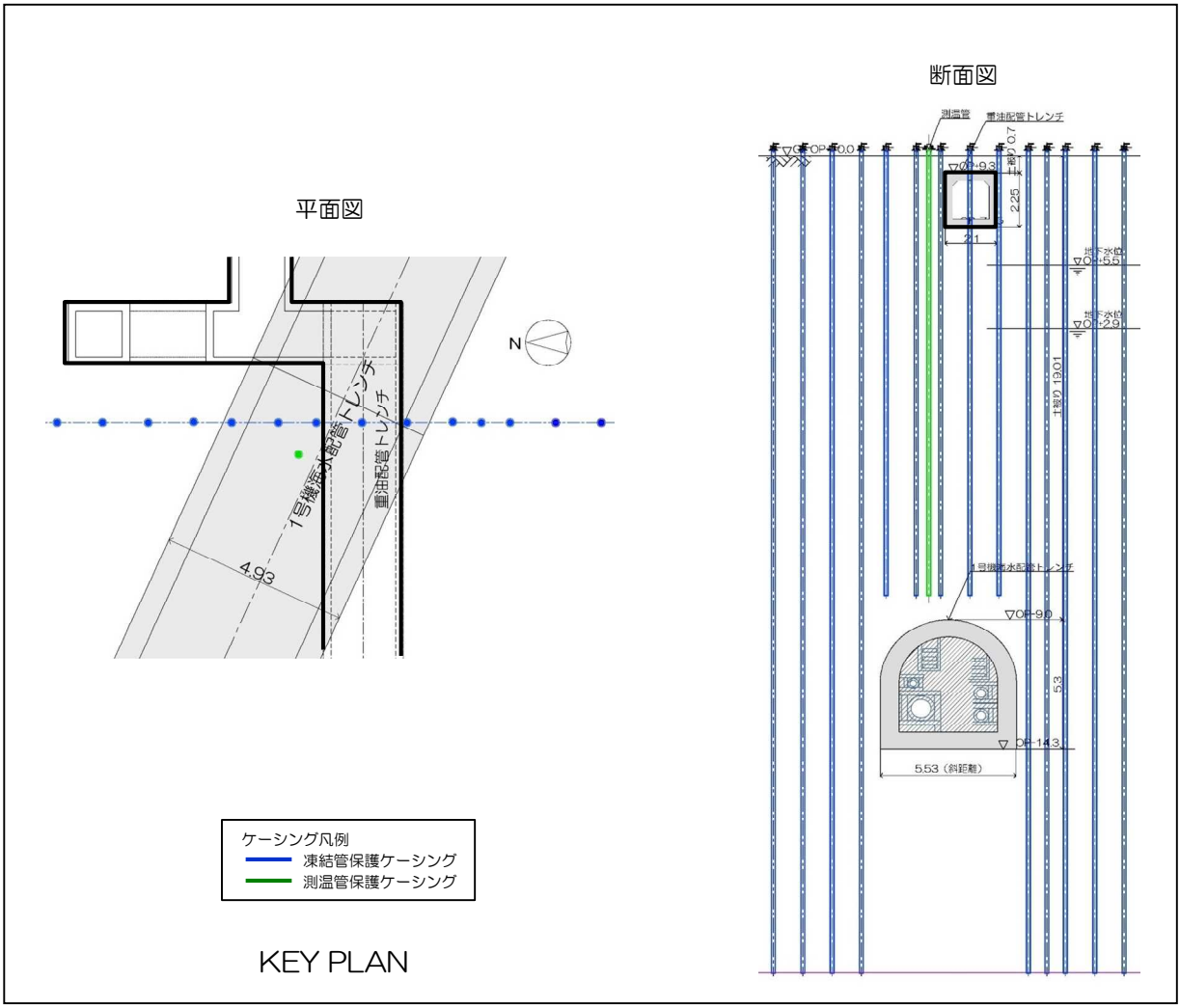


**<埋設物情報>**  
 位置：海側 13BLK  
 形状：矩形  
 寸法：2.1m  
 標高：OP+9.3m  
 溜り水：無  
 内部施設：配管

**<施工パターン>**  
 【頂版】頂版撤去  
 【底板】単純

SD2の地下水位観測値  
 ・最大値：OP+5.5m (H25.10.28)  
 ・最小値：OP+2.9m (H26.1.20)

ケーシング凡例  
 凍結管保護ケーシング



ケーシング凡例  
 凍結管保護ケーシング  
 測温管保護ケーシング

KEY PLAN

図 3-29 【13-1】重油配管トレンチ 施工方法 (貫通施工)



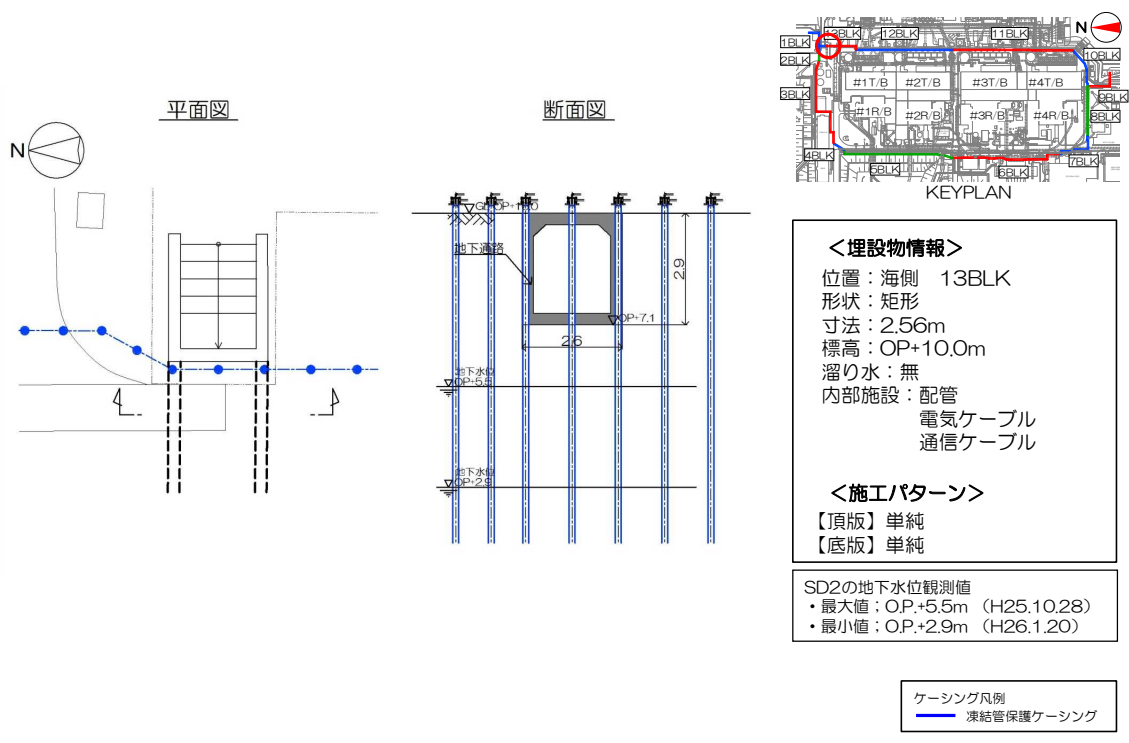


図 3 - 3 0 【 1 3 - 2 】 地下通路 施工方法 (貫通施工)

3次元解析の結果では、建屋周辺（10m盤，山側）の中粒砂岩層の水位は2～4%程度の勾配で山から海に向かって低下している。

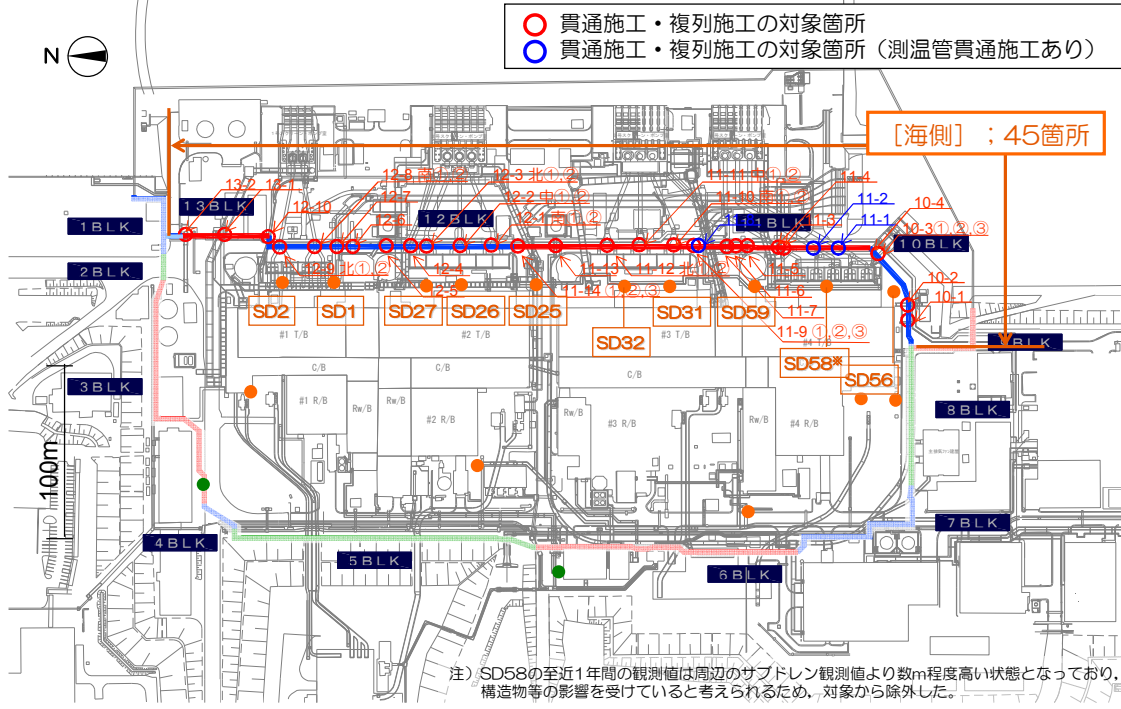


図 3 - 3 1 陸側遮水壁ライン近傍のサブドレン・地下水位観測孔 配置図

6 不明埋設物への対応

「添付資料－14 別添－2 7 不明埋設物への対応」に示す通り。

以 上

## 陸側遮水壁の閉合について

## 1. 概要

汚染水処理対策委員会で議論された汚染水処理問題の抜本対策（添付資料－ 1 2）に基づき、汚染源に水を「近づけない」重層的な対策の一つとして、高レベル放射性汚染水が滞留している1～4号機の原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋（以下「1～4号機のタービン建屋等」という）の周囲に陸側遮水壁（汚染水処理対策委員会の「凍土方式の陸側遮水壁」を「陸側遮水壁」とする）を造成する。

陸側遮水壁の閉合は以下の3段階で進める。

- 第一段階：海側全面閉合＋山側部分閉合する段階
- 第二段階：第一段階と第三段階の間の段階
- 第三段階：完全閉合する段階

なお、陸側遮水壁は、「汚染源である建屋に水を近づけない」ことが必要な期間に限り凍結を行い、その必要がなくなった場合には速やかに解凍する。陸側遮水壁解凍後の凍結管等の処理方法については解凍時期に近づいた段階で検討する。

## 2. 申請範囲

<既認可範囲>

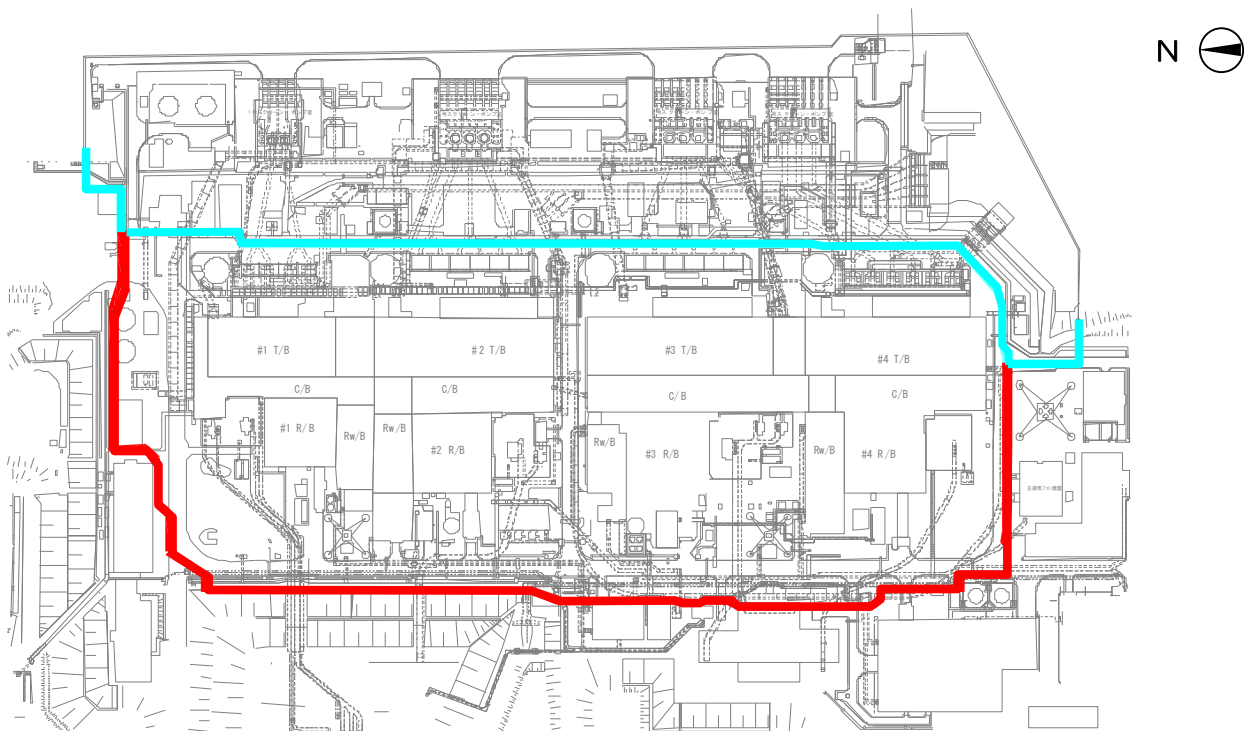
- 山側ライン上の埋設物との干渉箇所での貫通施工による凍結管設置工事
- 海側ライン上の埋設物との干渉箇所での貫通施工による凍結管設置工事
- 陸側遮水壁造成後の基礎地盤沈下検討
- 山側ライン上の運用中の設備の損傷防止対策
- 海側ライン上の運用中の設備の損傷防止対策
- 不明埋設物への対応
- 陸側遮水壁（山側ライン）における試験凍結の実施
- 陸側遮水壁海側全面閉合及び山側部分閉合（第一段階）
- 陸側遮水壁未凍結箇所の一部閉合（Ⅰ）（第二段階）
- 陸側遮水壁未凍結箇所の一部閉合（Ⅱ）（第二段階）

<今回の申請範囲>

- 陸側遮水壁の完全閉合（第三段階）

第三段階は、サブドレンが稼働していることを前提に、建屋周りの地下水位が低下し

た際にも、サブドレンを停止することで迅速かつ確実に地下水位が回復でき、建屋滞留水水位と地下水位が逆転しないよう、未凍結箇所（西側③）を閉合し、陸側遮水壁を完全閉合していく段階である。





陸側遮水壁（海側）	
〃（山側）	

図-1 陸側遮水壁全体図

### 3. 計画上考慮すべき事項

陸側遮水壁閉合開始後、遮水性の発現に伴って、閉合範囲内の地下水位は全体に変化することが想定される。その際にも、建屋滞留水の水位を周辺地下水の水位よりも低く維持し、水位逆転を生じさせないとの前提のもと、下記を考慮し、陸側遮水壁の閉合を計画する。

#### (1) 絶対下限水位

万が一、地下水位が絶対下限水位（これ以上低下することのない水位：平均潮位）まで低下した場合でも、いずれの建屋からも滞留水を移送することが可能であり、地下水位と建屋滞留水水位の逆転は生じない。なお、建屋滞留水の移送先については、移送状況により貯蔵設備容量は変動する。今後も、上記の緊急時に必要な移送量を考慮し、貯蔵設備の増設等により必要な容量を確保していく。（別紙－1）

#### (2) 周辺状況

##### ① 地質構造と地下水環境

1～4号機建屋周辺の各透水層の水位・水頭の実測データによれば、中粒砂岩層の水位に対して、互層部、細粒・粗粒砂岩の水頭は同等または高く、陸側遮水壁範囲内の各透水層間に介在する泥質部は難透水性を有している。従って、中粒砂岩層の地下水が難透水層を抜けて深部に移動することは考え難い。（別紙－2）

##### ② 海側遮水壁の遮水性能

閉合後の海側遮水壁は、海の潮汐変動と遮水壁内の地下水位変動の実測値の比較によれば、 $1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 程度の遮水性を有している。（別紙－3）

4. 陸側遮水壁閉合における実施事項と確認事項

(1) 第一段階の実施事項

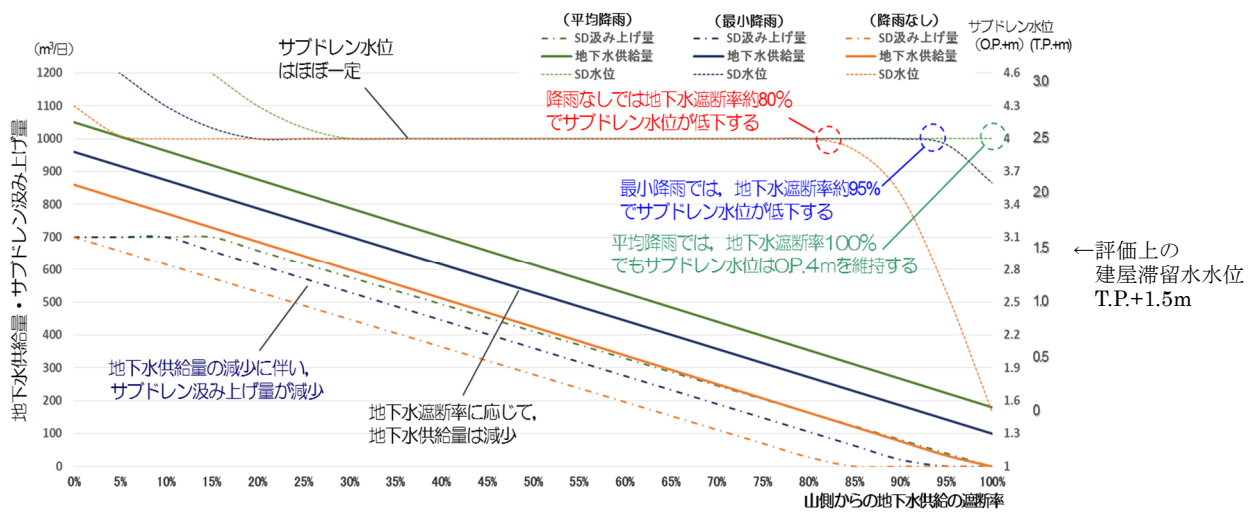
① 閉合範囲

陸側遮水壁（海側）：全面的に閉合（別紙－4）

陸側遮水壁（山側）：山側総延長の約95%以下を閉合（閉合率<sup>※1</sup>約95%以下）

※1：山側総延長に対して閉合する長さの割合

山側の段階的閉合を進めていくと、山側からの地下水流入の減少にともない、陸側遮水壁内の地下水位は低下し、サブドレンの汲み上げ量が減少する（図－2）。



図－2 地下水遮断率<sup>※2</sup>とサブドレン汲み上げ量及び  
建屋周辺地下水位（サブドレン水位）の関係

※2：山側からの地下水流入量に対する減少量の割合

実測に基づく地下水収支計算（別紙－5）によれば、年間平均降雨（4mm/日）相当の降水量があれば、地下水遮断率を100%とした場合でもサブドレンは停止することなく稼働を続け、緊急時にはサブドレンの稼働を停止することで地下水位の回復が可能であり、建屋との水位差を維持できる。降雨の条件を最小降雨<sup>※3</sup>（2mm/日）とした場合、地下水遮断率約95%までサブドレンは稼働する。無降雨の状態を想定しても、地下水遮断率約80%までサブドレンは稼働する。

解析では、山側の閉合率95%に対し地下水遮断率は約50～60%の結果を得ており（別紙－6）、無降雨の状態でサブドレンが停止し水位が低下する変曲点である約80%よりも十分低い値となっている。第一段階は、サブドレンが稼働していることを前提とし、建屋周りの地下水位が低下した際にも、サブドレンを

停止することで迅速かつ確実に地下水位が回復でき、建屋滞留水水位と地下水位の逆転リスクが極めて低い段階であることから、十分余裕を持ってサブドレンが稼働を継続できるように山側の閉合率を95%以下とする。

※3：浪江地点の過去30年間における12ヶ月間累積最小降雨実績  
(気象庁HP) から設定 (763mm/365日 $\div$ 2mm/日)

② 未凍結箇所の配置に当たり留意すべき事項

(ア) 陸側遮水壁閉合範囲内への地下水流入量の確保

陸側遮水壁閉合範囲内への一定の地下水流入を確保するために、現状の地下水の流れをもとに未凍結箇所を配置する。

地下水の等水位線は汀線と平行に分布し、地下水は山側（西）から海側（東）の流れが支配的であり、建屋山側に局所的に特異な地下水の流れは認められない（図-3）。未凍結箇所は可能な限り山側（西）に配置することで地下水流入を確保する。念のため、南北にも未凍結箇所を設けることで1号機建屋北側周辺、4号機建屋南側周辺への地下水流入を確保する。

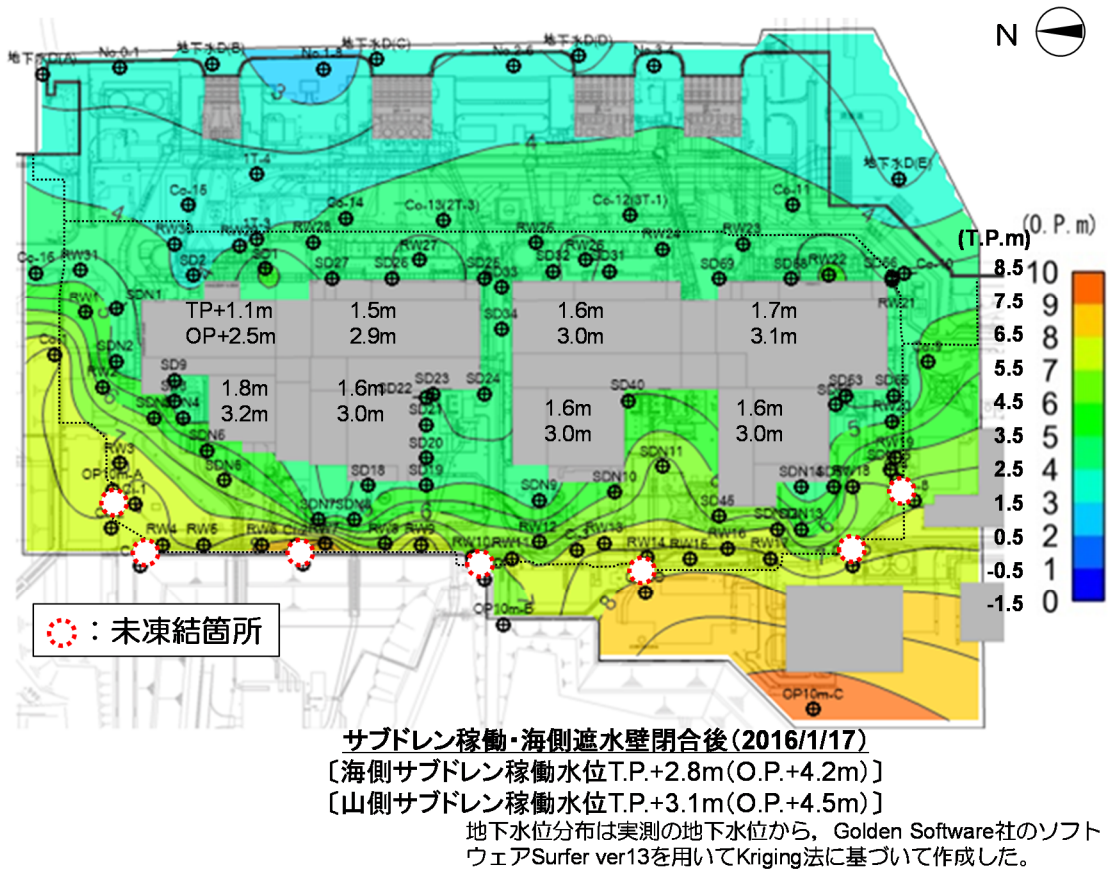


図-3 中粒砂岩層の地下水位 (2016年1月17日時点)



(イ) 地下水管理への配慮

陸側遮水壁閉合範囲内の地下水位のばらつきが少なくなるように、未凍結箇所を均等に配置する。また、未凍結箇所からの地下水流入量を評価するため、観測井近傍に未凍結箇所を配置する。

(ウ) 凍結状態管理への配慮

未凍結長さを適切に管理するため、測温管の近傍に未凍結箇所を配置する。

(エ) 陸側遮水壁（海側）閉合による影響への対処

陸側遮水壁（海側）閉合によりせき止められた地下水が南北方向へ移動することによる周辺環境への影響（別紙－ 7）を考慮して未凍結箇所を配置する。

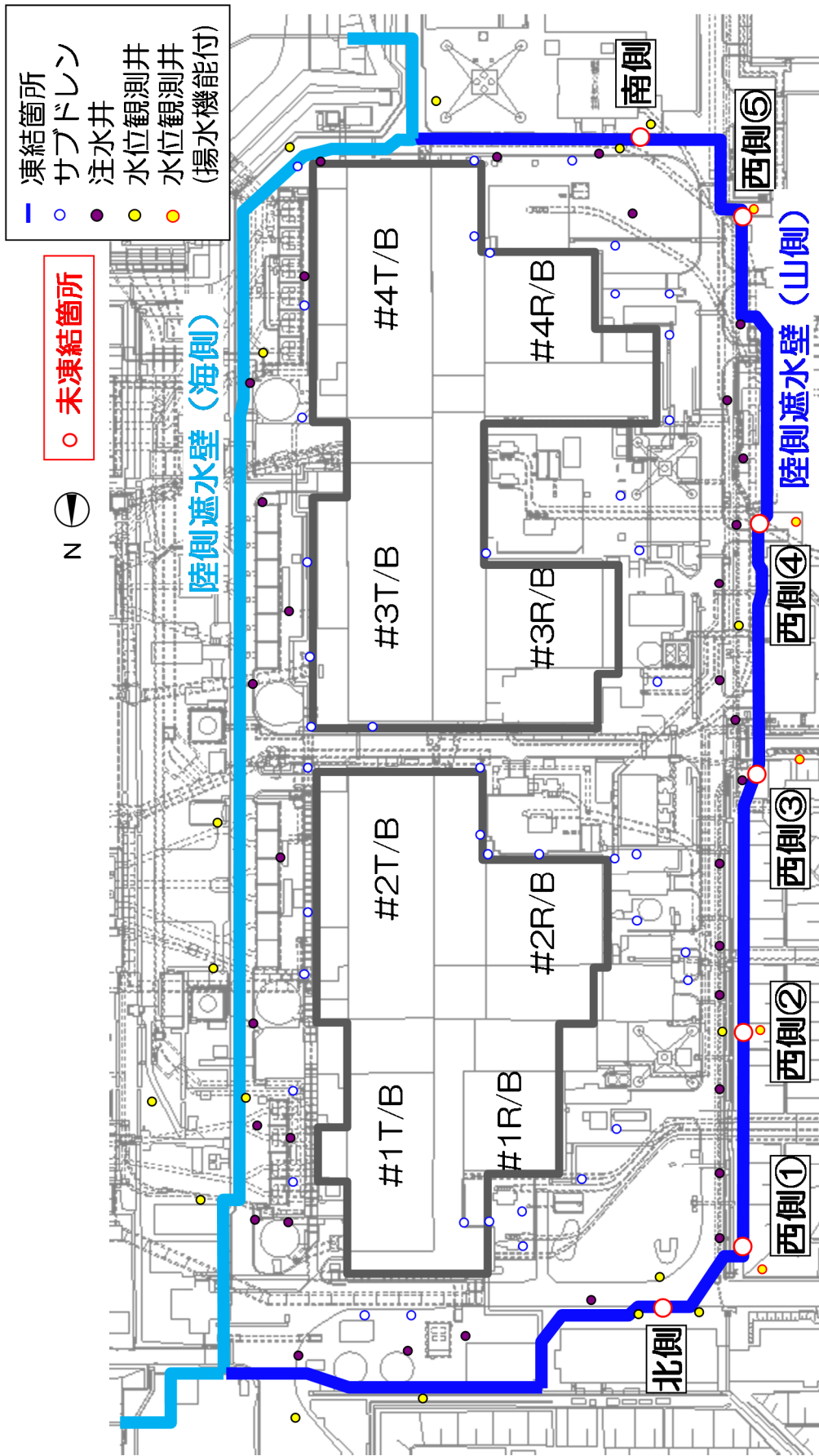
(オ) 第二段階における施工性への配慮

第二段階以降に未凍結箇所を凍結する際には、地下水流速が速くなり、凍結しにくい状態となる可能性がある。地下水流速を低減させて凍結させるために計画している補助工法（地盤改良により地下水流速を低減させて凍結し易くする方法）の施工性や揚水機能付観測井の位置を考慮して未凍結箇所を配置する。

③ 未凍結箇所の配置

上記留意事項に基づき設定した未凍結箇所の配置と長さを図－ 4 と表－ 1 に、各未凍結箇所の凍結管等の具体的な配置を図－ 5 ～ 1 1 に示す。

未凍結箇所では、凍結管のバルブを閉として、ブライン（冷凍液）を循環させないことで未凍結状態を保持する。また、隣接する凍結管による凍土の造成を考慮し、ブラインを循環させない凍結管を未凍結長さの範囲外に設定することで、表－ 1 に示す未凍結長さ以上を確保する。



※サブドレンの配置は参考であり、H28.3時点のもの

図-4 観測井・未凍結箇所の配置 (第一段階の実施範囲)

表-1 各未凍結箇所未凍結長さ

北側	約4m
西側①	約6m
西側②	約9m
西側③	約7m
西側④	約8m
西側⑤	約7m
南側	約4m
合計	約45m (山側総延長約860mの約5%)

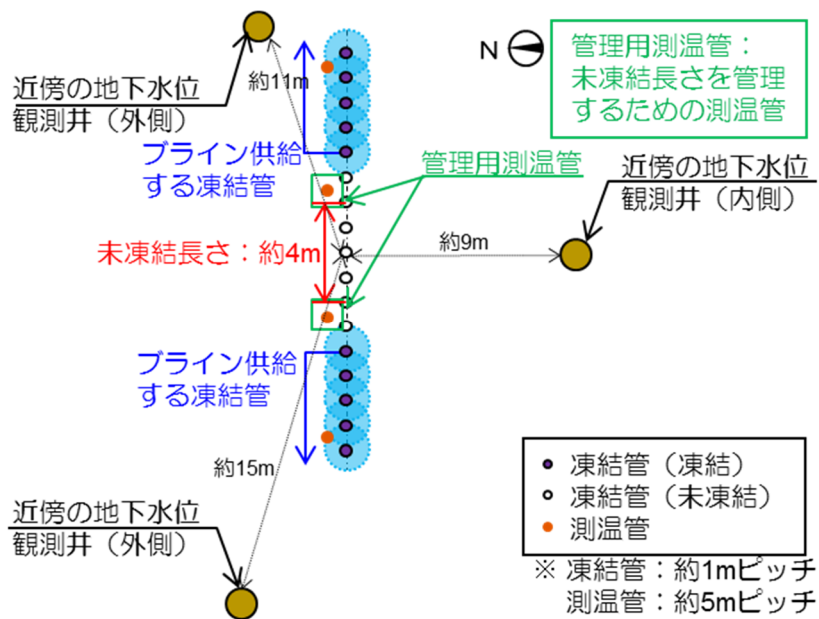


図-5 未凍結箇所の配置 (北側)

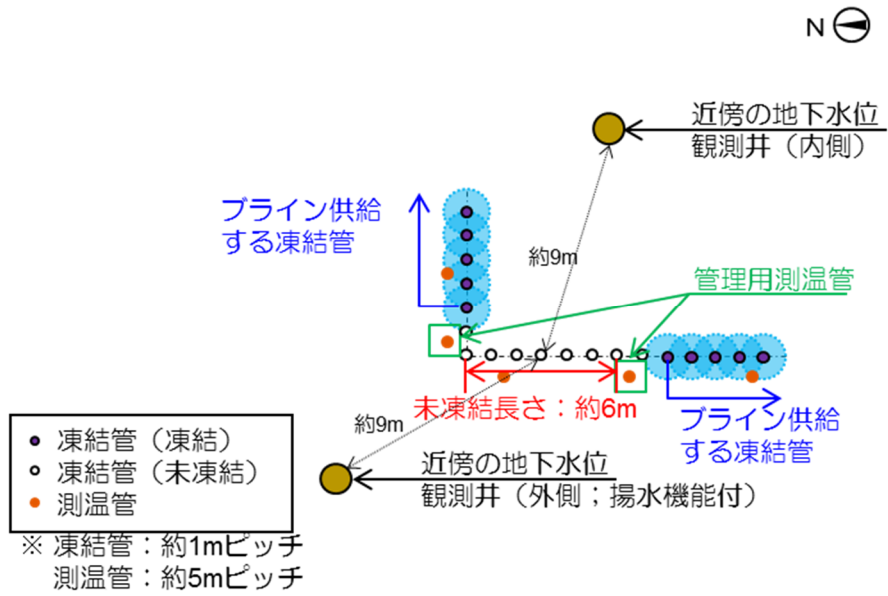


図-6 未凍結箇所配置 (西側①)

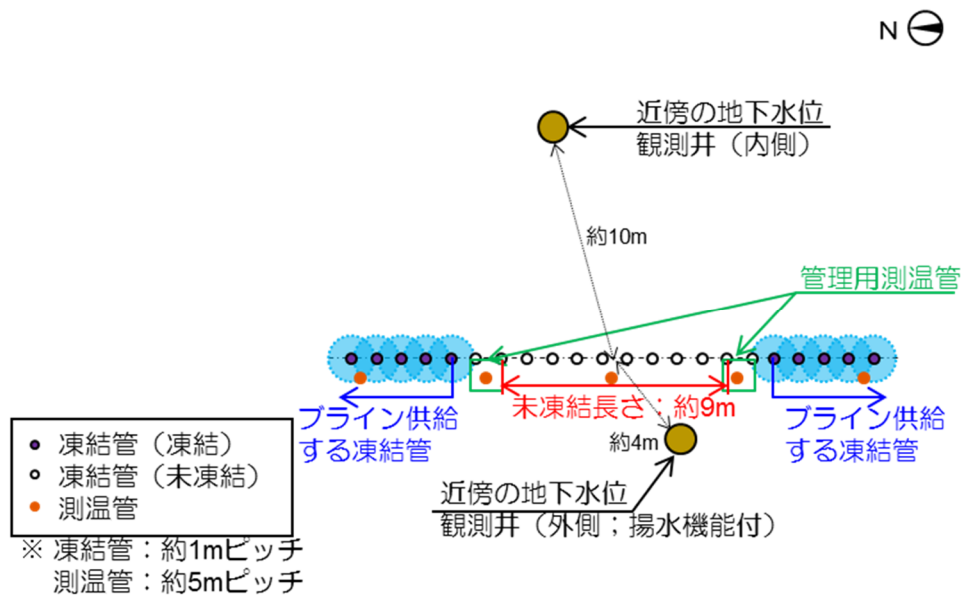


図-7 未凍結箇所配置 (西側②)

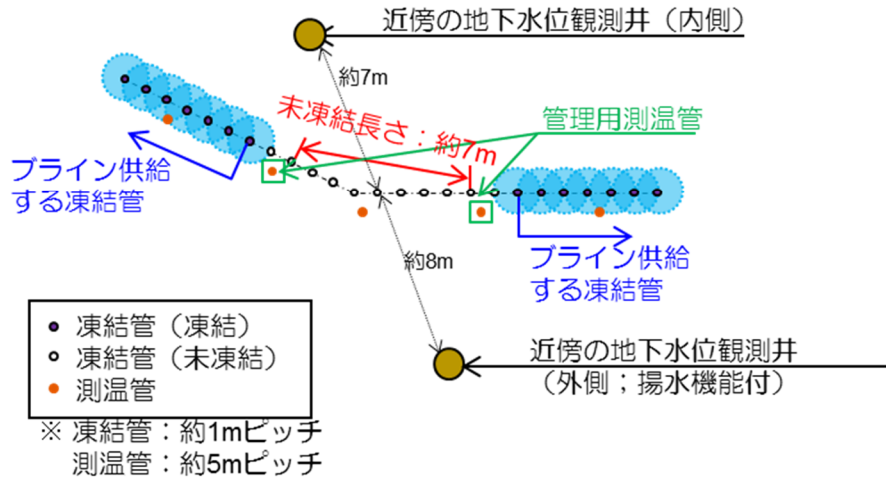


図-8 未凍結箇所配置 (西側③)

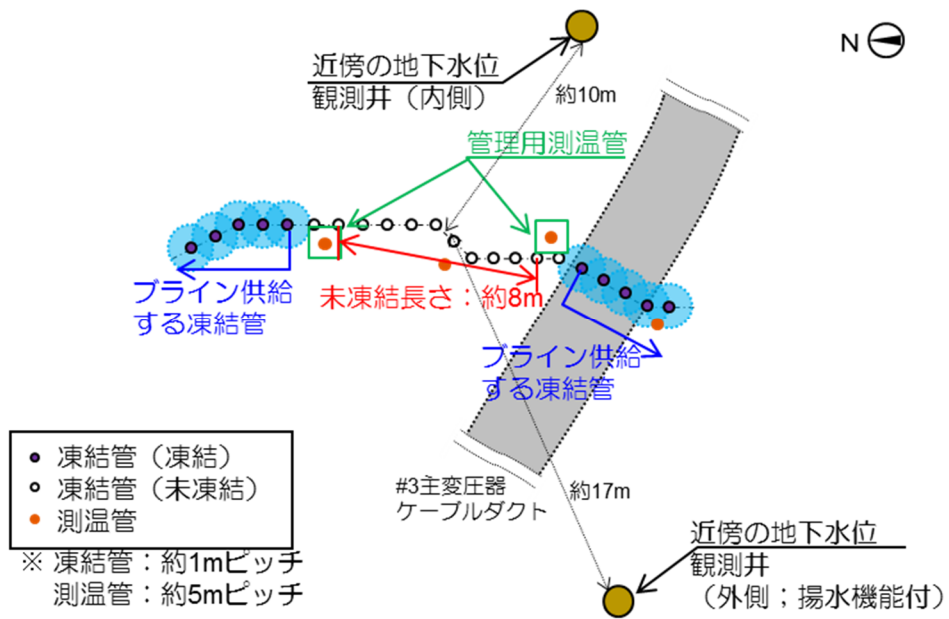


図-9 未凍結箇所配置 (西側④)

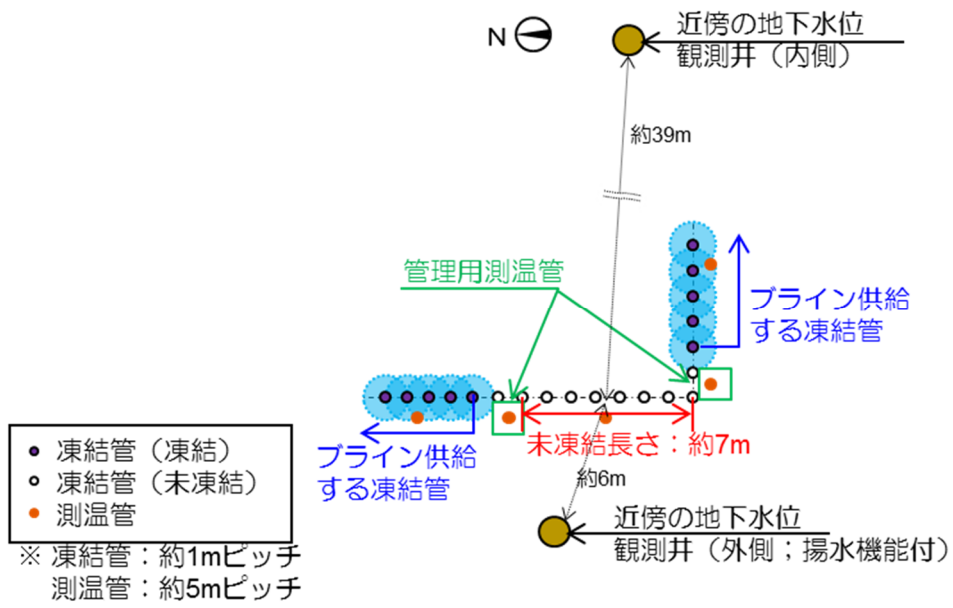


図-10 未凍結箇所配置 (西側⑤)

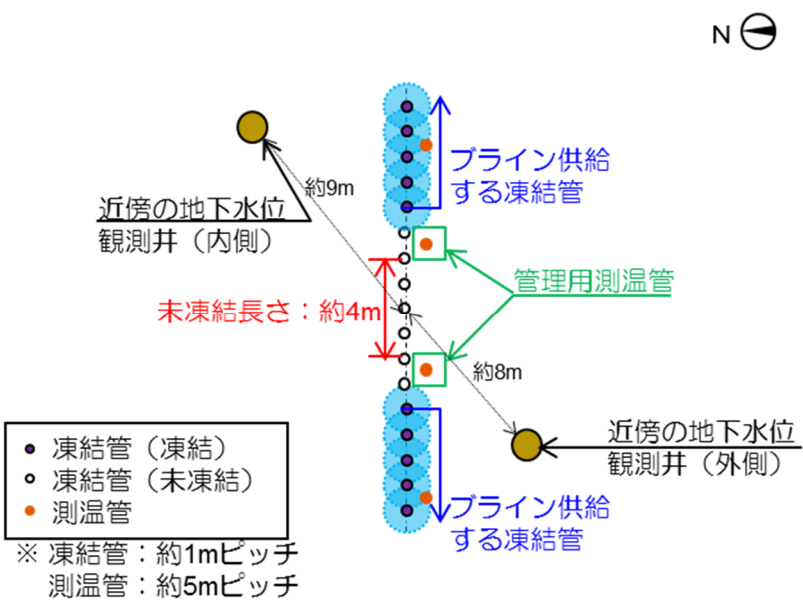


図-11 未凍結箇所配置 (南側)

#### ④ 第一段階の閉合手順

第一段階では更に段階的に2つのフェーズを設け、フェーズ毎の凍結状況を確認しながら慎重に閉合を進める。

##### (ア) フェーズ1

フェーズ1では、陸側遮水壁の「海側全面」、「北側一部」、「山側の部分先行凍結箇所（凍結管間隔が広く凍りにくい箇所等）」を同時に凍結する。

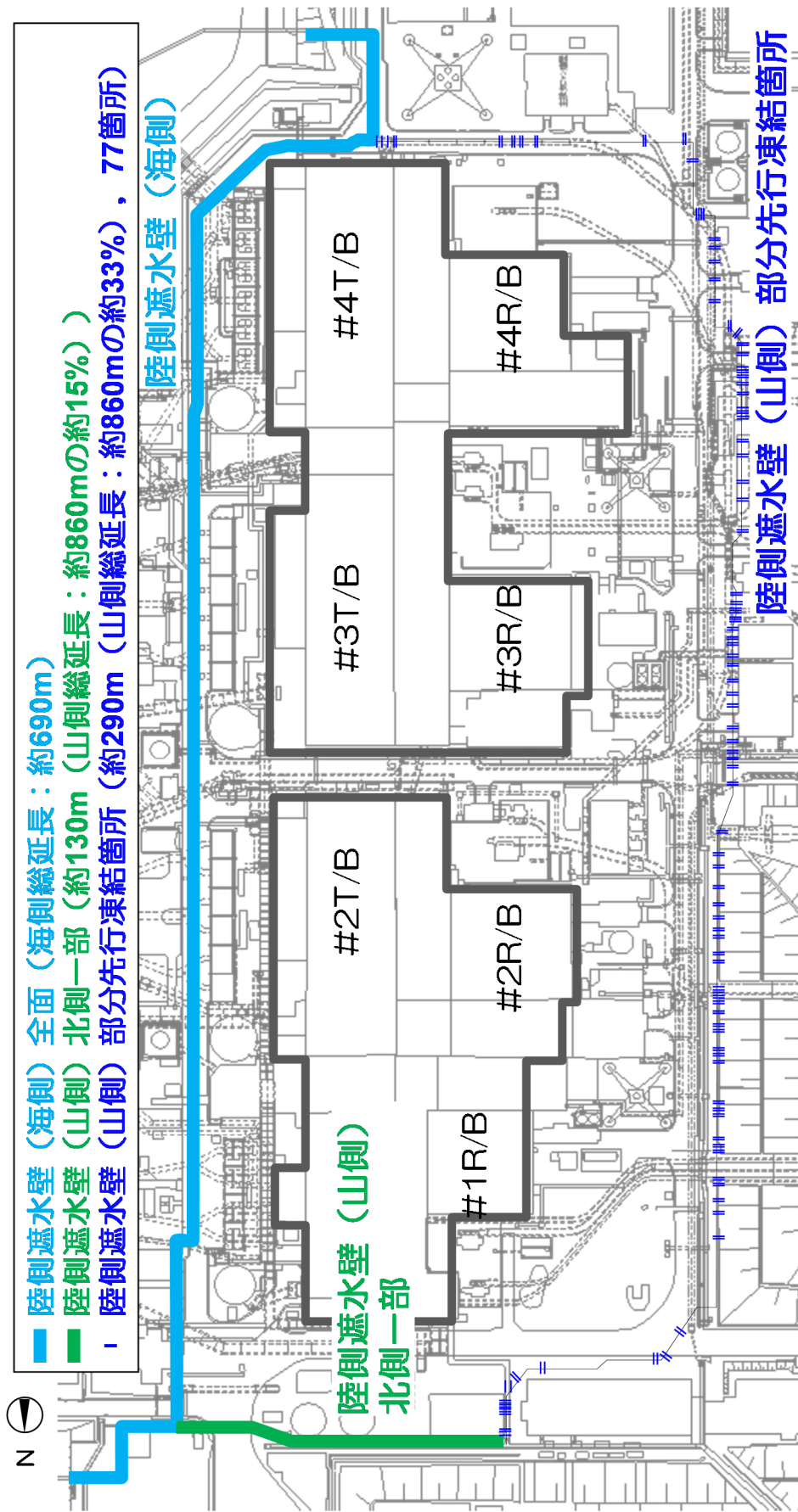
(図-12)

- 海側全面：山側より先行させることにより、水位逆転リスクを低減するため
- 北側一部：1号機建屋周辺の地下水の拡散を抑制するため（別紙-7）
- 部分先行凍結箇所：凍結管間隔が広く凍りにくい箇所等を先行し、確実に凍結するため<sup>※4</sup>

※4：凍結管間隔が広い箇所（複列施工箇所など）等は、陸側遮水壁（山側）一般部（凍結管間隔：約1m）と比較して、凍結に時間を要するため、一般部と同時に凍結開始した場合、地下水流が集中し、さらに凍結しにくくなる事象が想定される。これを避けるため、そのような部位を一般部に先行して凍結する。

##### (イ) フェーズ2

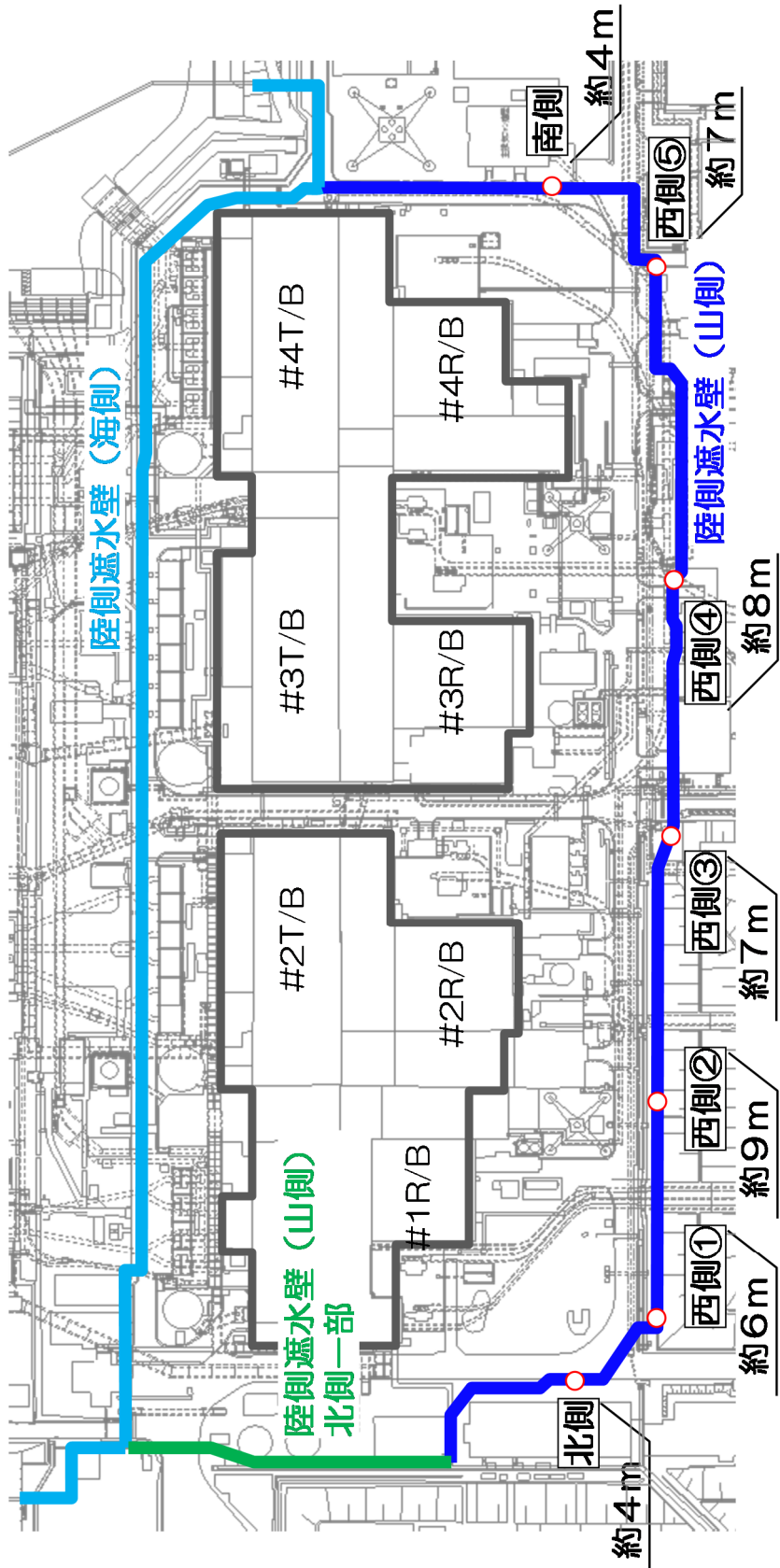
フェーズ2では、海側の遮水効果発現開始に併せて第一段階の「未凍結箇所」を除く山側の残りの部位を凍結する。山側の閉合範囲は山側総延長の95%以下となる。(図-13)



図一12 第一段階フェーズ1（海側全面凍結＋北側一部＋山側部分先行凍結箇所）



○ 未凍結箇所（未凍結長さ計：約45m（山側総延長：約860mの約5%），7箇所）



※ 図中の数値は各未凍結箇所の未凍結長さ

図-13 第一段階フェーズ2（フェーズ1の凍結箇所+未凍結箇所7箇所を除く山側）

⑤ フェーズ1からフェーズ2への移行

陸側遮水壁（海側）凍結開始後は、隣接する凍結管周りの凍土柱が成長し、陸側遮水壁（海側）内外で地下水位差が生じ、その後、陸側遮水壁（海側）から離れた建屋周りや4m盤の地下水位に変化が現われる。遮水状況の管理上、「陸側遮水壁（海側）内外の地下水位差の変化」が観測され始める時点を経て、効果発現開始とする。

フェーズ1において陸側遮水壁（海側）の効果発現開始を確認し、フェーズ2へ移行する。

効果発現開始は、陸側遮水壁（海側）内外の地下水位差が拡大することを確認する。但し、海水配管トレンチ下部の非凍結箇所の影響範囲は除く。地下水位差の拡大については、必要に応じ一定期間確認を継続する。なお、降雨の影響は、凍結開始前の降雨時の挙動で評価する。

一定期間確認を継続しても地下水位差の拡大が明瞭でない場合は、陸側遮水壁（海側）内側・外側それぞれにおいて一つ以上の確認項目（表-2）が有意な変化※5を示し、一定期間変化した状態を継続していることを確認することで、地下水位差による確認を補完する。

上記の確認は、別途定めた手順に基づいて実施する。

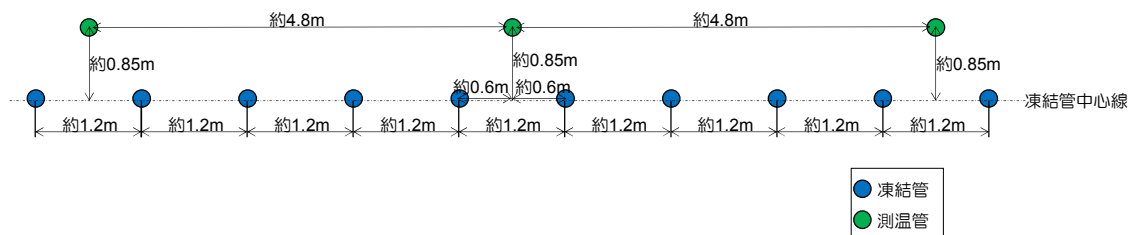
※5：実測値に基づき、降雨の影響を考慮した地下水位の変動幅を評価し、変動幅を超えて地下水位が上昇した場合等

表-2 陸側遮水壁（海側）効果発現開始に関する確認項目（水位差が明瞭でない場合）

	確認項目	確認内容
内側	建屋周りの地下水位	・陸側遮水壁（海側）とタービン建屋間の地下水位の上昇傾向
	建屋周りのサブドレン稼働状況	・サブドレンの汲み上げ量の増加傾向
	建屋流入量	・建屋流入量の増加傾向
外側	陸側遮水壁（海側）より海側の地下水位	・陸側遮水壁（海側）より海側の地下水位の低下傾向
	地下水ドレン稼働状況	・地下水ドレンの汲み上げ量の減少傾向
	ウェルポイント稼働状況	・ウェルポイントの汲み上げ量の減少傾向

⑥ 第一段階の確認事項

- ・第一段階を通じて、陸側遮水壁の効果発現状況を遮水壁内外の水位差およびサブドレン・ウェルポイント・地下水ドレンの汲み上げ量等の変化により確認する。なお、凍結管周辺に設置した測温管（海側は約4.8mに1箇所、深度方向約30m）で地中温度を測定し、凍結状況を把握する。（図-14）



※ 現場の状況により、基本配置通りに測温管を配置していない箇所がある。

図-14 測温管の基本配置（海側の例）

- ・ 陸側遮水壁（山側）の閉合率と地下水遮断率の関係の不確実性を考慮して、第一段階を通じて、全体的な地下水収支を見ていくことで、「地下水遮断率」を総合的に評価し、過大となっていないことを確認していく。また、第一段階においてはサブドレンが稼働していることを前提としていることから、サブドレンの稼働状態や周辺の観測井等の水位変動から地下水挙動を確認していく。

第一段階の途中において、下記のいずれかの状態に対して、十分余裕を持って凍結（冷却ラインの供給）の停止<sup>※6</sup>を行うことで、それ以上第一段階の閉合を進めないこととする。その後、地下水の状況や凍結状態を踏まえ、以降の対応を検討する<sup>※7</sup>。（別紙-8）

- 「地下水遮断率が80%<sup>※8</sup>」以上であると評価した場合
- サブドレンの広範囲な停止<sup>※9</sup>が発生した場合

※6：フェーズ2で凍結開始した凍結管へのライン供給を停止する。

※7：原因究明や必要に応じて対策を実施し、再開の可否を検討する。

※8：図-2に示した評価において降雨なしの状態サブドレンが停止し水位が低下する変曲点が地下水遮断率約80%である。

※9：「サブドレンの広範囲な停止」に至る前においても、地下水位が低下することにより局所的にサブドレン水位が低下し、サブドレンポンプ停止水位（L値）を連続的に下回った状態となった場合、周辺の地下水位変動状況等を確認し、注水井への注水等の必要な対策を行う。（水質・機器メンテナンス等の理由により人為的に停止しているサブドレンは除く。）

- ・ 第一段階を通じて、サブドレンや陸側遮水壁内外の水位観測孔により地下水位を測定し、地下水挙動や北側一部凍結による海洋への流出抑制効果等を確認する。また、フェーズ毎で想定される地下水挙動と比較して状況を確認する。

(2) 第二段階（未凍結箇所の一部閉合）の実施事項

① 閉合範囲

陸側遮水壁（山側）における第一段階の未凍結箇所の一部を閉合する。

未凍結箇所の閉合に当たっては、一部を閉合した後においても、サブドレンが稼働を継続し、建屋の内外水位が逆転しないことを前提として、実測の地下水収支等に基づき閉合箇所を選定する。

一部閉合後に関する事前評価は、保守的な評価として閉合箇所から陸側遮水壁へ流入していた地下水が他へ回り込むことなく全て減少するという仮定条件の下、地下水収支により行う。（別紙-10, 11）

② 未凍結箇所の一部閉合に当たり留意すべき事項

(ア) 陸側遮水壁閉合範囲内への地下水流入量の確保

地下水の等水位線は汀線と平行に分布し、地下水は山側から海側への流れが支配的であり、建屋山側に局所的に特異な地下水の流れは認められない。

(図-15)

未凍結箇所は、第一段階における陸側遮水壁内への一定の地下水流入確保の観点から主に建屋山側に配置されており、山側の未凍結箇所からの流入が陸側遮水壁内への地下水流入に対し支配的であることから、山側の未凍結箇所の一部を残すことで、一定の地下水流入を確保し、建屋周辺における急激な地下水位低下へ配慮する。

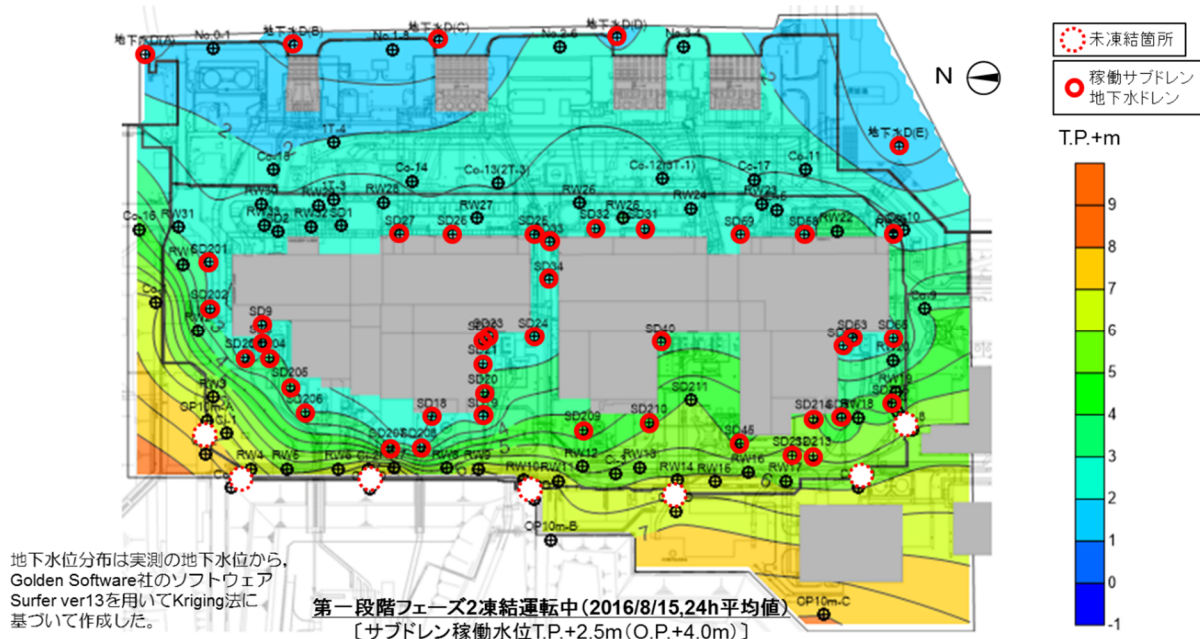


図-15 地下水水位の状況（2016年8月15日時点）

(イ)地下水管理への配慮

一部閉合前の観測井水位等の計測結果を用いて、未凍結箇所を通じた地下水流入量や閉合範囲内の地下水位状況を確認しながら閉合箇所を選定する。

また、一部閉合後の未凍結箇所を通じた地下水流入量や閉合範囲内の地下水位状況を確認し、次の一部閉合に反映する。

③ 一部閉合箇所の選定

(ア) 一部閉合 (Ⅰ)

上記留意事項に基づき図-16に示す2箇所(西側①, 西側⑤)を一部閉合箇所として選定する。

(イ) 一部閉合 (Ⅱ)

上記留意事項に基づき図-16に示す4箇所(北側, 西側②, 西側④, 南側)を一部閉合箇所として選定する。

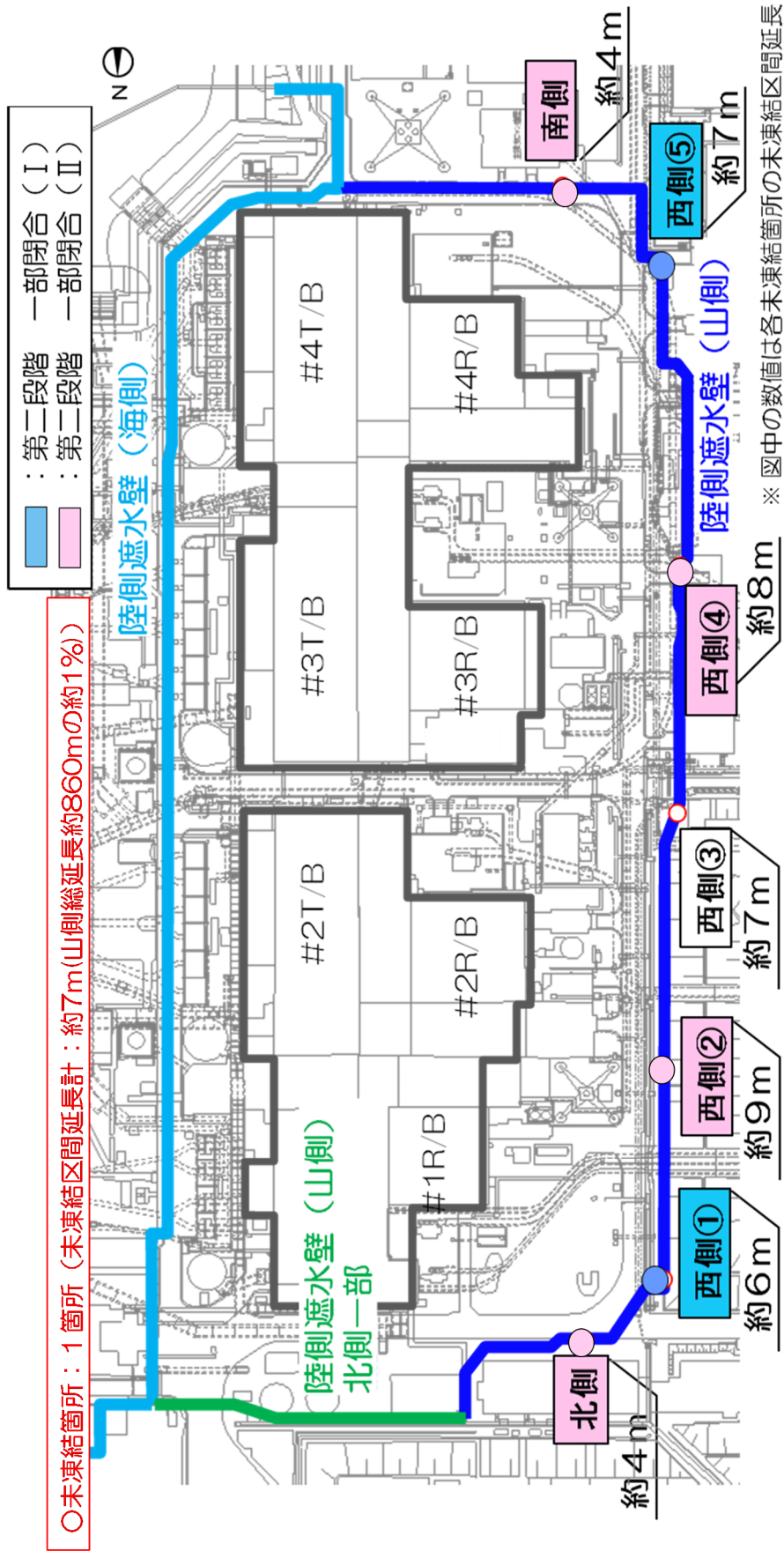


図-16 第二段階（未凍結箇所の一部閉合箇所）



④ 第二段階（未凍結箇所の一部閉合）の確認事項

- ・ 陸側遮水壁の効果発現状況を陸側遮水壁（山側）内外の地下水位差およびサブドレンのくみ上げ量の変化等により確認する。また、凍結管周辺に設置した測温管で地中温度を測定し、凍結状況を把握する。
- ・ サブドレンが稼働していることを前提としていることから、陸側遮水壁内の地下水収支に基づいて、サブドレンの稼働が継続することを随時評価し、未凍結箇所の一部閉合によって山側からの地下水流入が過剰に減少していないことを確認していく。（別紙－１０， １１）

一部閉合の途中において、下記のいずれかの状態に対して、十分余裕を持って凍結（冷却ブラインの供給）の停止<sup>※10</sup>を行うことで、それ以上閉合を進めないこととする。その後、地下水の状況や凍結状態を踏まえ、以降の対応を検討する<sup>※7</sup>。

- 将来サブドレンの停止が想定されると評価した場合
- サブドレンの広範囲な停止<sup>※9</sup>が発生した場合

※10：一部閉合で凍結開始した凍結管へのブライン供給を停止する。

(3) 第三段階（完全閉合）の実施事項

① 閉合範囲

陸側遮水壁（山側）における未凍結箇所（西側③）を閉合する。

完全閉合後に関する事前評価は、保守的な評価として山側から陸側遮水壁へ流入していた地下水が全て減少するという仮定条件の下、地下水収支により行う。（別紙－１３）

② 第三段階（完全閉合）の確認事項

- ・ 陸側遮水壁の効果発現状況を陸側遮水壁（山側）内外の地下水位差およびサブドレンのくみ上げ量の変化等により確認する。また、凍結管周辺に設置した測温管で地中温度を測定し、凍結状況を把握する。
- ・ サブドレンが稼働していることを前提としていることから、陸側遮水壁内の地下水収支に基づいて、サブドレンの稼働が継続することを随時評価していく。（別紙－１３）

完全閉合の途中において、下記のいずれかの状態に対して、十分余裕を持って凍結（冷却ブラインの供給）の停止<sup>※10</sup>を行うことで、それ以上閉合を進めないこととする。その後、地下水の状況や凍結状態を踏まえ、以降の対応を検討する<sup>※7</sup>。

- 将来サブドレンの停止が想定されると評価した場合

- サブドレンの広範囲な停止<sup>※9</sup>が発生した場合
- ・ 西側③閉合後の一定期間においては、陸側遮水壁内の西側③周辺の注水井・観測井の水位低下状況を確認する。

## 5. 建屋内外水位差等の管理

### (1) 建屋内外水位差の管理

建屋滞留水水位の管理方法は「2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋」本文に記載の通り。

サブドレン水位の管理方法は「2.35 サブドレン他水処理施設 添付資料-11」に記載の通り。

既認可の「建屋滞留水とサブドレン間の水位差の確保」「建屋滞留水水位管理」「サブドレン水位管理」の運用は変わることなく、陸側遮水壁閉合の各段階において同様の管理を行う。

既認可に基づく上述の運用に加え、サブドレンの「ポンプ停止バックアップ位置（LL値）の警報」が発報した場合には、「建屋-サブドレン水位差」を確保するため、地下水挙動を分析・評価し、早急な対応の要否を判断し対応する

#### ① 局所的な地下水位低下の場合

局所的な地下水位低下の場合には、当該サブドレン周辺の注水井への注水（本申請では申請対象外）を行い、状況が改善されない場合には更に注水範囲を拡大する。

上記を行っても状況が改善されない場合には「②早急な対応が必要な場合」に記載の通り対応する。

#### ② 早急な対応が必要な場合（別紙-9）

上記①で状況改善されない場合や、広範囲のサブドレンで「ポンプ停止バックアップ位置（LL値）の警報」が発報した場合等には、下記の対策について実測データ等から総合的に判断し、必要な対策を実施する。これらの対策を複合的に実施することで、余裕を持って水位差確保あるいは水位回復が可能である。

- ・ 建屋滞留水の移送<sup>※11</sup>
- ・ 陸側遮水壁（山側）へのブライン供給停止
- ・ 陸側遮水壁（山側）の部分撤去
- ・ その他緊急対策（注水量・注水範囲の拡大、建屋周辺地盤面への散水、原因に対する対策実施（止水・地盤改良 等）

※11：別紙-1参照



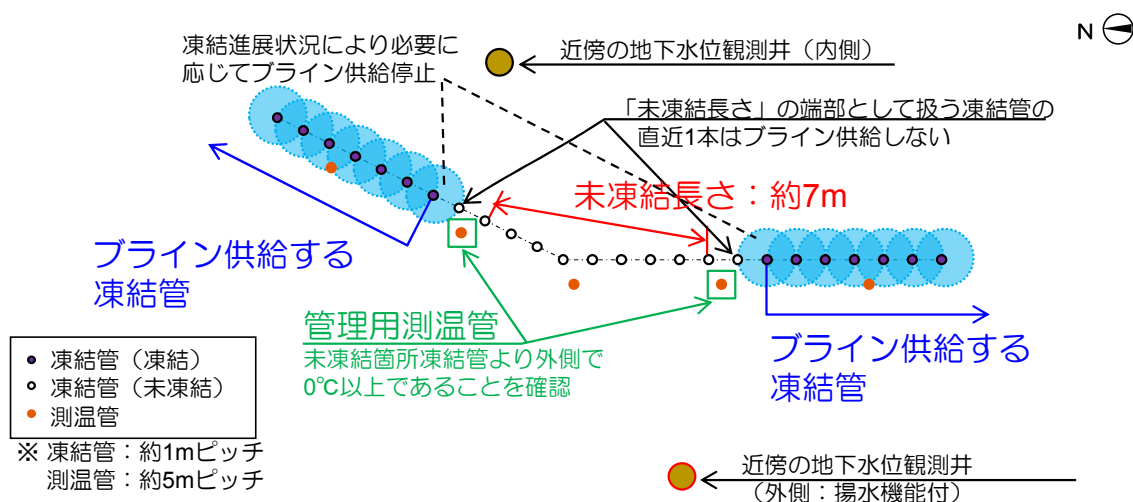
また、「注水井への注水」については上記に限らず、降雨が少ない時期が継続する等の際には実施する場合がある。散水は構内に常備されている散水車等を用いて、必要箇所へ実施する。（別紙－１２）

## (2) 未凍結長さの管理

未凍結箇所外側に配置した管理用測温管の温度を確認することで、未凍結長さが計画値を下回らないように未凍結箇所単位で管理する。

管理用測温管の深さ方向の平均温度<sup>※12</sup>で0℃未満が確認された場合、凍結箇所の一番外側に位置する凍結管からバルブを閉止し、ラインの供給を停止して温度を回復する。（図－１７）

※12：地表付近で外気温の影響を受ける範囲を除く。



図－１７ 未凍結長さの管理図（例：西側③）

## 6. 第一段階、第二段階および第三段階で主に用いる観測データ

陸側遮水壁閉合の第一段階、第二段階および第三段階で蓄積していく地下水位等の主な実測データについて表－３に示す。「4. 陸側遮水壁閉合における実施事項と確認事項」「5. 建屋内外水位差等の管理」の各項の確認・評価等に用いる実測データを表－４に示す。なお、確認・評価の方法や用いるデータは地下水環境の実態にあわせて適宜見直す場合がある。

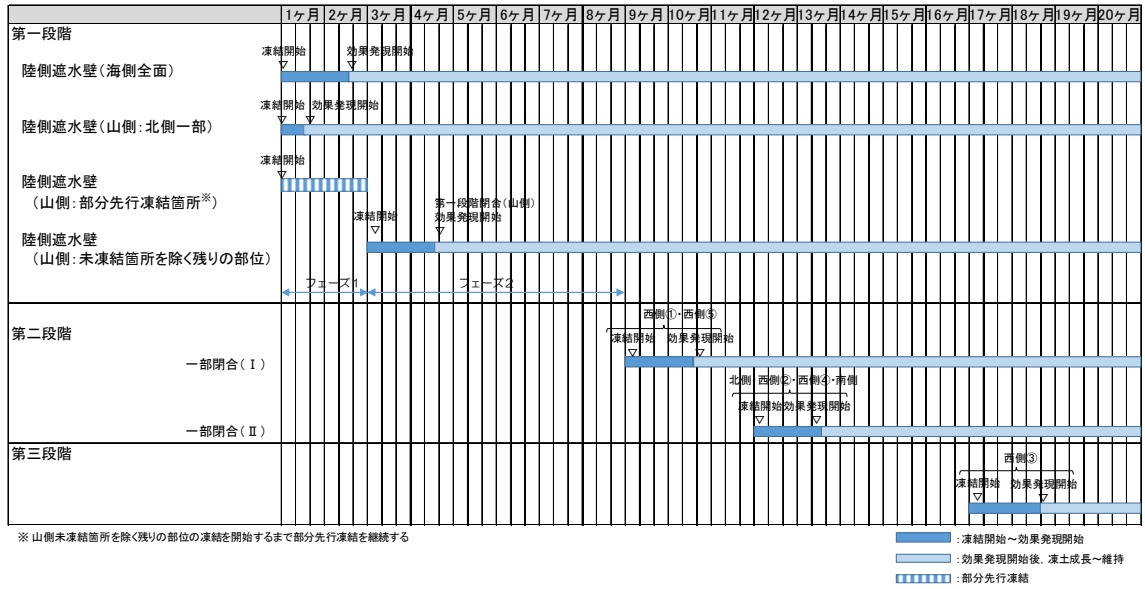
表－3 第一段階，第二段階および第三段階で蓄積する地下水位等主な観測データ

① 中粒砂岩層水位， 互層部，細粒・粗粒砂岩水頭	①-1 陸側遮水壁（海側） 閉合範囲外側 一般部
	①-2 陸側遮水壁（海側） 閉合範囲内側 一般部
	①-3 陸側遮水壁（海側） 閉合範囲外側 海水配管トレンチ下部非凍結部近傍
	①-4 陸側遮水壁（海側） 閉合範囲内側 海水配管トレンチ下部非凍結部近傍
	①-5 陸側遮水壁（山側） 閉合範囲外側 一般部
	①-6 陸側遮水壁（山側） 閉合範囲内側 一般部
	①-7 陸側遮水壁（山側） 閉合範囲外側 未凍結部近傍
	①-8 陸側遮水壁（山側） 閉合範囲内側 未凍結部近傍
② サブドレン汲上量	
③ サブドレン稼働状況	
④ サブドレン水位	
⑤ 建屋流入量	
⑥ 地下水ドレン汲上量 ウェルポイント汲上量	
⑦ 地中温度	⑦-1 一般部
	⑦-2 未凍結箇所近傍
⑧ 降雨量	

表－4 「4. 陸側遮水壁閉合における実施事項と確認事項」「5. 建屋内外水位差等の管理」の各項の確認・評価等に用いる観測データ

項目	主に使用するデータ	
【4.(1)】第一段階フェーズ1からフェーズ2への移行	①-1, 2, ②, ⑤, ⑥, ⑧	
【4.(1),(2)】陸側遮水壁の凍結状況の把握	①-1, 2, 5~8, ②, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧	
【4.(1),(2)】地下水遮断率の評価	①-3, 4, 7, 8, ②, ⑤, ⑦, ⑧	
【4.(1),(2)】サブドレンの継続稼働	②, ③, ④, ⑧	
【4.(1),(2)】地下水挙動と北側一部凍結状況の把握	①-1~8, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑧	
【5.(1)】建屋内外水位差等の管理	④, ⑧	
【5.(2)】未凍結長さの管理	⑦-2	
その他	陸側遮水壁閉合範囲周辺の地下水位・水頭全体変化傾向の把握	①-1~8, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑧
	中粒砂岩層と深部（互層部，細粒・粗粒砂岩）の水頭比較	①-1~8, ⑧
	地盤安定性の評価	①-3, 4, 7, 8

## 7. 概略工程



## 8. 別紙

- 別紙－1 : 周辺地下水位が絶対下限水位まで低下する際の建屋内外の水位管理について  
【第一～第三段階共通】絶対下限水位を想定した建屋内外水位差管理の安全性
- 別紙－2 : 発電所建屋周辺の地質構造・地下水位  
【第一～第三段階共通】地下水位変化想定に関する地盤境界条件の設定根拠
- 別紙－3 : 海側遮水壁の遮水性能の評価  
【第一～第三段階共通】地下水位変化想定に関する海域部境界条件の設定根拠
- 別紙－4 : 陸側遮水壁（海側）の閉合範囲  
【第一段階】陸側遮水壁（海側）の閉合範囲と海水配管トレンチ下部非凍結箇所の影響
- 別紙－5 : 地下水収支と地下水位低下挙動  
【第一～第三段階】遮断率毎の地下水収支及び地下水位低下挙動
- 別紙－6 : 陸側遮水壁（山側）の閉合率と地下水遮断率の関係  
【第一段階】陸側遮水壁（山側）の閉合率と地下水遮断率の関係（パラメータスタディ）等
- 別紙－7 : 陸側遮水壁（海側）のみを閉合した場合の影響評価  
【第一段階】フェーズ1にて陸側遮水壁（山側）の北側一部の閉合を実施しない場合の環境影響評価
- 別紙－8 : 地下水遮断率の評価とサブドレン稼働状態  
【第一段階】第一段階の確認事項として地下水遮断率を評価
- 別紙－9 : 地下水位の回復方策  
【第一～第三段階共通\*】地下水位低下時の早急な対応方策とその妥当性  
※ 妥当性検討では最も厳しい条件（第三段階）を設定
- 別紙－10 : 第二段階における陸側遮水壁（山側）の未凍結箇所の一部閉合（I）の評価  
【第二段階】第二段階の未凍結箇所一部閉合（I）による陸側遮水壁内への地下水流入量を評価

別紙－ 1 1 : 第二段階における陸側遮水壁（山側）の未凍結箇所の一部閉合（Ⅱ）の  
評価

【第二段階】第二段階の未凍結箇所一部閉合（Ⅱ）による陸側遮水壁内への地下  
水流入量を評価

別紙－ 1 2 : 注水・散水用水の確保

【第二～第三段階】注水・散水における用水の確保

別紙－ 1 3 : 陸側遮水壁（山側）の完全閉合の評価

【第三段階】完全閉合後における建屋周辺の地下水位変動を評価

## 周辺地下水位が絶対下限水位まで低下する際の建屋内外の水位管理について

敷地周辺の地下水位は全て海水面以上であり、地下水の流出先として最も低い水位は海水面である。そのため、地下水位が海水面を超えて低下することは考えにくい。なお、参考2に示す通り、潮汐の変動が、建屋周辺の地下水位に与える影響は軽微であることから、海水面の平均である平均潮位を絶対下限水位として設定した。

「陸側遮水壁（山側）により地下水供給が遮断される」条件下で、「海側遮水壁の遮水性を喪失」、かつ、「無降雨の状態が継続」した場合に、建屋周辺の地下水位は低下を続け、最終的に海水面（平均潮位：絶対下限水位（これ以上低下することのない水位）と設定）まで低下する想定外の異常事象を対象に、建屋内外の水位管理に関する安全性を確認する。

## 1. 建屋内外の水位管理

各建屋に設置している滞留水移送ポンプにて排水できる水位は、表－1に示すとおり、設置床面より0.2～0.3m高い位置である。これを考慮して、絶対下限水位（平均潮位 T.P. - 0.098m<sup>※</sup>）に対する各建屋の滞留水の移送可能なレベル（ポンプによる最低排水レベル）を確認した結果、絶対下限水位よりも最低排水レベルが高い建屋は、1号機タービン建屋だけである。

1号機タービン建屋において建屋滞留水を最低排水レベル：T.P. +0.74m（O.P. +2.20m）まで移送した場合、主に復水器エリア・復水ポンプピット等に200m<sup>3</sup>程度の滞留水が残留する。

この状況においては、仮設ポンプ（約10m<sup>3</sup>/h）を床面上に追加設置し、残留する滞留水を他の建屋へ移送することにより、1日程度で排水することが可能である。

※ 気象庁HPより小名浜地点の平均潮位はT.P. -0.098m（2010～2014年平均）

表-1 各建屋の滞留水移送ポンプの最低排水レベル (2016年2月現在)

建屋	ポンプの種類	ポンプの最低排水レベル*1	最低床レベル*1	【参考】水位計測下限レベル
		T.P.+m (O.P.+m)	T.P.+m (O.P.+m)	T.P.+m (O.P.+m)
1号	R/B	-0.40 (1.04)	-2.67 (-1.23)	-2.54 (-1.10)
	T/B	<b>0.74 (2.20)</b>	0.44 (1.90)	0.56 (2.02)
	Rw/B	-0.04 (1.40) ※2	-0.04 (1.40)	-0.04 (1.40) ※2
2号	R/B	-0.08 (1.36) ※3	-4.80 (-3.36)	-0.26 (1.18)
	T/B	-1.40 (0.05)	-1.75 (-0.30)	0.57 (2.02)
	Rw/B	-1.43 (0.01)	-1.74 (-0.30)	-1.61 (-0.18)
	R/B	-2.09 (-0.65)	-4.80 (-3.36)	-3.40 (-1.96)
3号	T/B	-1.34 (0.10)	-1.74 (-0.30)	0.58 (2.02)
	Rw/B	-1.43 (0.01)	-1.74 (-0.30)	-1.58 (-0.15)
4号	R/B	-3.20 (-1.76)	-4.80 (-3.36)	-0.15 (1.29)
	T/B	-1.44 (0.00)	-1.74 (-0.30)	-1.62 (-0.18)
	Rw/B	-1.44 (0.00)	-1.74 (-0.30)	-1.59 (-0.15)

【注】 T/B：タービン建屋, R/B：原子炉建屋, Rw/B：廃棄物処理建屋

- ※1：各建屋の水位は、滞留水移送ポンプの吸い込み高さ等の関係から、床面より約20~30cmの高さまで滞留水を移送し低下させることが可能である。ただし、移送ポンプ・水位計は、干渉物等の影響から、各建屋の最低床レベルに設置出来ない箇所がある。
- ※2：1号Rw/Bは、2号Rw/Bと開いた扉で連通しているため、移送ポンプを設置していない。2号Rw/Bの移送ポンプにより水位を低下させることで、2号Rw/Bの最低排水レベルまでは低下可能。残水はピット内に少量(数m<sup>3</sup>程度)。
- ※3：2号R/Bは2号T/BとT.P.-1.75 (O.P.-0.3m)付近で連通しているため、2号T/B水位を低下させることで、2号R/B水位を連通高さまでは低下可能と評価している。

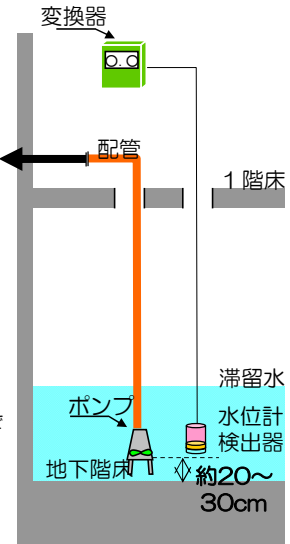


図-1 1号タービン建屋で最低排水レベルまで移送した場合の建屋内滞留水の残水量 (2016年2月現在)

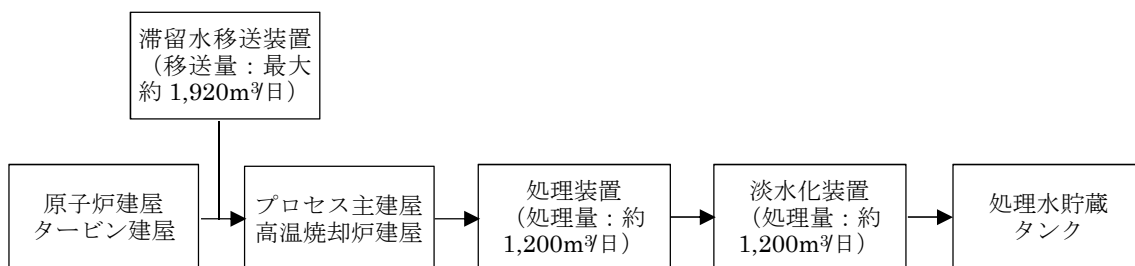
1～4号建屋の滞留水水位を絶対下限水位（平均潮位）まで低下させる場合の低下可能な速度について、滞留水移送設備や水処理設備の設備容量による律速条件を検討した。

- ・滞留水水位を低下させるために定常的に移送可能な量は、移送設備の移送可能な量が最大約 1,920m<sup>3</sup>/日であるが、その後の水処理設備の処理容量約 1,200m<sup>3</sup>/日に律速される（図－2参照）。なお、水処理設備の点検等を実施している状態で発生した場合、速やかに移送できる状態に復旧させる。
- ・300m<sup>3</sup>/日程度の原子炉注水量、200m<sup>3</sup>/日程度の建屋流入量および 400m<sup>3</sup>/日程度の 4m 盤から建屋への移送量がある場合、0.013m/日程度の建屋滞留水水位低下（300m<sup>3</sup>/日の滞留水移送）が可能である（表－2のケース1）。
- ・至近の実績（2016年2月11～17日の平均値）の場合の原子炉への注水量・建屋流入量・4m 盤から建屋への移送量の実績に基づいて算定すると、0.022m/日程度（515m<sup>3</sup>/日程度の滞留水移送）の建屋滞留水水位低下が可能である（表－2のケース1'）。
- ・海側遮水壁の遮水性喪失時などを想定した場合には、0.03m/日（700m<sup>3</sup>/日程度の滞留水移送）程度の水位低下が可能である。ただし、建屋への地下水流入量が現状から減らないなど、算出条件は保守的に設定しており、実際にはこれ以上の建屋滞留水水位低下が可能である（表－2のケース2）。

なお、建屋滞留水の移送先については、移送状況により各貯留設備容量が変動する。

今後も、上記の緊急時に必要な移送量を考慮し、貯留設備の増設等により、必要な容量を確保していく。また、上記の緊急時において淡水化装置（図－2参照）中の逆浸透膜装置の廃水を移送する際には溶接タンクへの貯留を基本とするが、止むを得ずフランジタンクへ貯留した場合は、緊急移送による貯留量増加分については、1年間を目途に処理作業を進めていく。さらに、漏えいリスクを低減させるために、水位計による監視・巡視点検等による監視強化を図る。

なお、万が一のフランジタンクからの漏えいを想定して、補修材を準備し、漏えい拡散の抑制を図る。



図－2 建屋滞留水の移送可能量



表－2 建屋滞留水の水位低下速度

	建屋への流入量			建屋滞留水 移送可能量 <sup>※4</sup> (m <sup>3</sup> /日)	水位低下の ための移送分 (m <sup>3</sup> /日)	建屋有効面積 (下表参照) (m <sup>2</sup> )	建屋滞留水 水位低下速度 (m/日)
	原子炉への注水量 (m <sup>3</sup> /日)	建屋流入量 <sup>※3</sup> (m <sup>3</sup> /日)	4m盤から 建屋への移送量 (m <sup>3</sup> /日)				
ケース1	300	200	400	1,200	300	23,470	0.013
ケース1' <sup>※1</sup>	315	220	150		515		0.022
ケース2 <sup>※2</sup>	300	200	0		700		0.030

※1：2016年2月11～17日の原子炉注水量・建屋流入量・O.P.4m盤から建屋への移送量の各実績の平均値に基づいて算定した。

※2：海側遮水壁の遮水性喪失時などにO.P.4m盤の地下水位が低下し、O.P.4m盤のくみ上げ量は0m<sup>3</sup>/日になったと仮定した。

※3：建屋流入量は、周辺地下水位の低下により減少すると考えられるが、保守的な検討条件として、現状程度の建屋流入量が継続すると仮定した。

※4：建屋滞留水移送可能量は、律速となる滞留水処理設備の処理量1,200m<sup>3</sup>/日とした。

表－3 建屋有効面積

	1号	2号	3号	4号	計
建屋有効面積 <sup>※5</sup> (m <sup>2</sup> )	1,750	6,840	7,730	7,150	23,470

※5：建屋有効面積は、建屋構造上の平面積（壁等で囲まれた範囲）から、機器類の専有面積を除いて算出した。

(参考：平均潮位まで建屋滞留水水位を低下させるのに必要な建屋滞留水移送量：約18,260m<sup>3</sup>に対して、滞留水移送先の空き容量：約39,700m<sup>3</sup> (2017年6月1日現在))

表－4 滞留水移送先の空き容量 (2017年6月1日現在)

貯留設備 (滞留水移送先)	空き容量 (m <sup>3</sup> )
プロセス主建屋・高温焼却炉建屋	約 15,200
貯留設備 (処理水貯蔵タンク：溶接タンク)	約 4,000
貯留設備 (処理水貯蔵タンク：フランジタンク <sup>(*)</sup> )	約 18,600
貯留設備 (多核種処理水貯槽)	約 1,900
合計	約 39,700

(\*)Sr 処理水・濃縮塩水貯槽のフランジタンク空き容量。但し、H5/H6 エリアのタンク容量 (約 55,600m<sup>3</sup>) については、上記に含んでいない。

以上を踏まえ、陸側遮水壁（山側）閉合後、地下水位の予期せぬ低下が発生する想定外の異常事象を対象に、建屋内外の水位変動を評価した。なお、評価は保守的に、陸側遮水壁（海側）の遮水性が無い条件で実施した。

#### 【検討条件】

- ・地下水位の予期せぬ低下の発生要因：海側遮水壁の遮水性喪失※
  - ※ 海側遮水壁の継手の一部が損傷し、遮水性が失われた状態を想定した。遮水壁内から海への地下水流出量は、海側遮水壁閉合作業進捗に伴い生じた遮水壁内側の地下水位低下時の実測データを基に設定した。
- ・陸側遮水壁：（山側）遮水性 100%，（海側）遮水性 0%
- ・降雨：無降雨期間が継続
- ・建屋滞留水水位：1号タービン建屋最低排水レベル（T.P. +0.74m(O.P. +2.2m)）まで滞留水移送による低下実施（低下速度：0.01m/日）

#### 【評価結果】

地下水位は、初期は建屋滞留水水位低下速度を上回る速度で低下するものの、地下水位の低下に伴い低下速度は徐々に小さくなり、建屋滞留水水位低下速度を下回る。建屋滞留水を適切に移送することにより、建屋滞留水水位と地下水位には余裕がある水位差を確保した状態を維持して建屋滞留水水位を低下させることができることから、地下水位が1号機タービン建屋最低排水レベルに達するまでには約4.5ヶ月の時間的余裕がある※（図-3参照）。この間、仮設ポンプによる残水処理（約10m<sup>3</sup>/h）を行うことで、建屋内外の水位逆転を回避することが十分可能である。

また、地下水位は最終的に絶対下限水位（平均潮位）に漸近するが、1号機タービン建屋以外の建屋における最低排水レベルは絶対下限水位（平均潮位）以下である。1号機タービン建屋以外の建屋においても建屋滞留水水位と地下水位には余裕がある水位差を確保した状態を維持して建屋滞留水水位を低下させることができることから、水位逆転することはない。

※ 現状(2016年3月現在)のサブドレン運用で認可されているポンプ停止位置(L値)はT.P. +2.464m(O.P. +3.9m)であり、LL値はT.P. +2.264 m (O.P. +3.7m)である。これを考慮し、地下水位低下前の建屋周辺地下水位をT.P. +2.264 m (O.P. +3.7m)とした場合には、地下水位が1号機タービン建屋最低排水レベルに達するまでの期間は約3.5ヶ月となるが、上記と同様、仮設ポンプによる残水処理（約10m<sup>3</sup>/h）を行うことで、建屋内外の水位逆転を回避することが十分可能である。

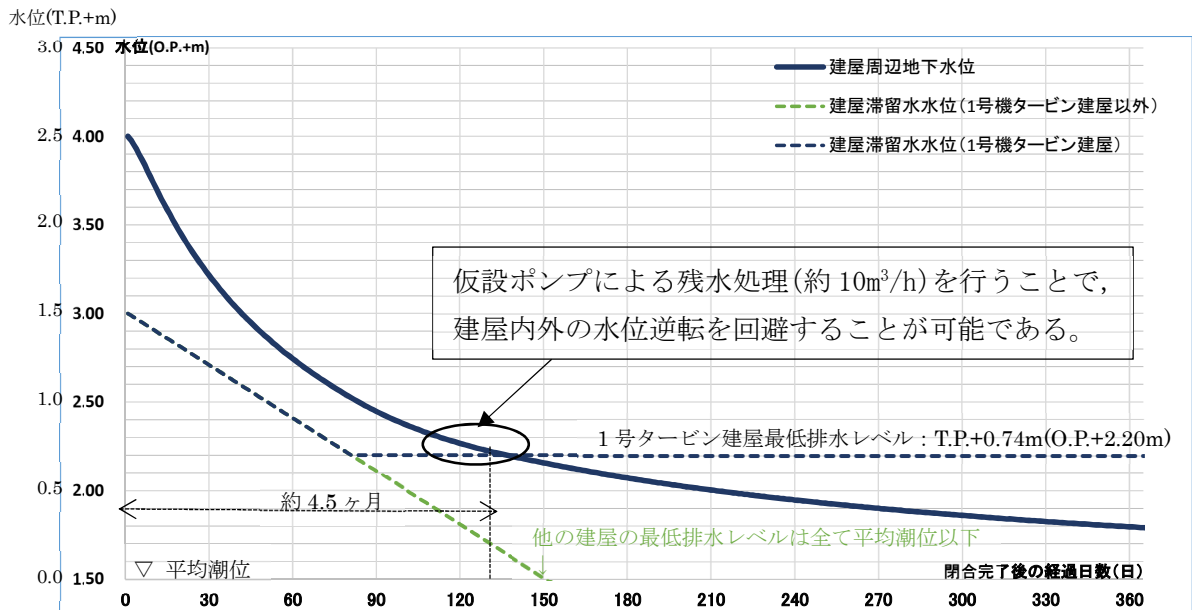


図-3 想定外の異常事象における建屋滞留水水位と地下水位の低下

【参考1】1号機原子炉建屋の水位低下状況

図-4に1号機原子炉建屋の建屋滞留水水位低下状況の実績を示す。滞留水移送ポンプによる移送により、2015年12月において、約0.03m/h程度で建屋滞留水水位を低下することができている。

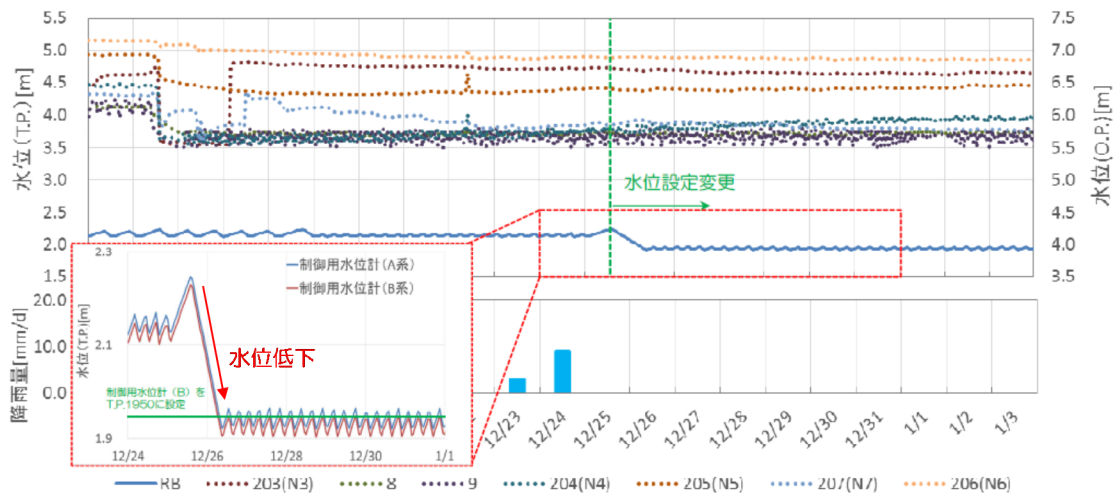


図-4 1号機原子炉建屋の建屋滞留水水位低下状況（実績）

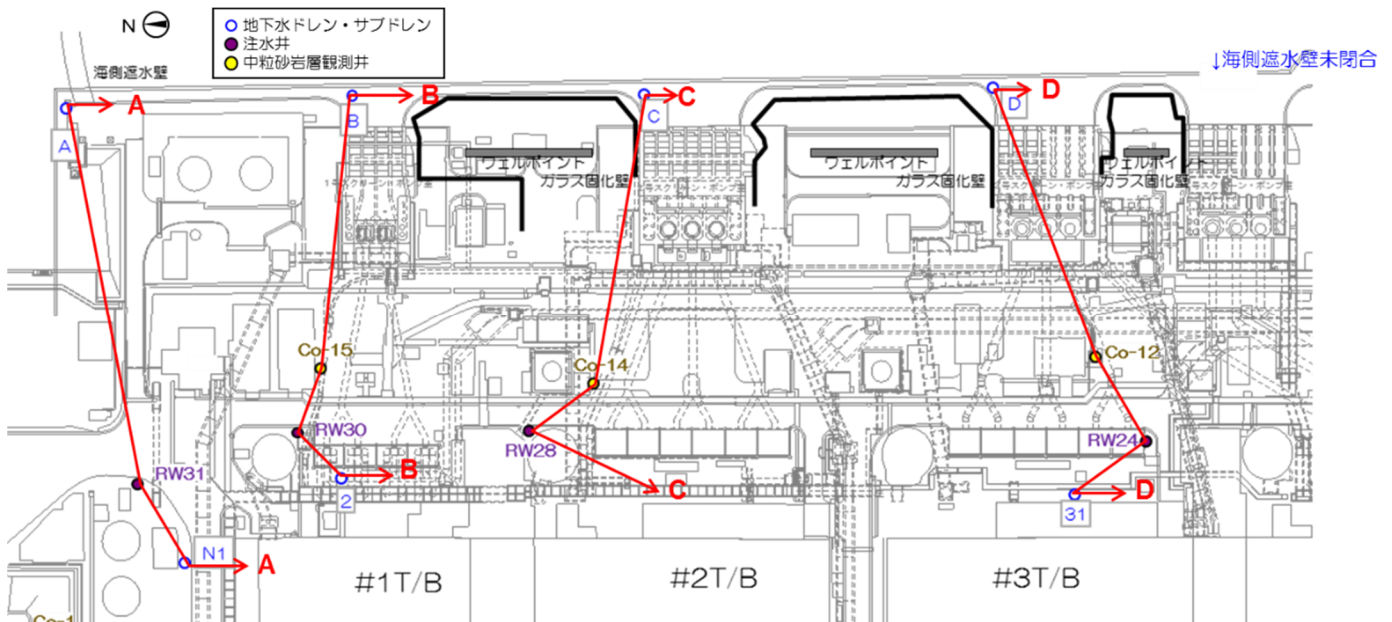
【参考2】絶対下限水位を平均潮位とすることの妥当性

現在は、海側遮水壁が閉合されているため、潮汐の変動が建屋周辺の地下水位に与える影響は極めて小さいと考えられる。しかし、安全側の観点から、海側遮水壁閉合前のデータを用いて、絶対下限水位を平均潮位とすることの妥当性を検討する。検討にあたっては、海側遮水壁閉合前の小名浜地点潮位データと建屋海側の地下水位データを用いた。

【使用データ】

- ・小名浜地点潮位データ：2015年4月1日～9月1日（気象庁HPより取得）
- ・地下水位データ：2015年4月1日～9月1日

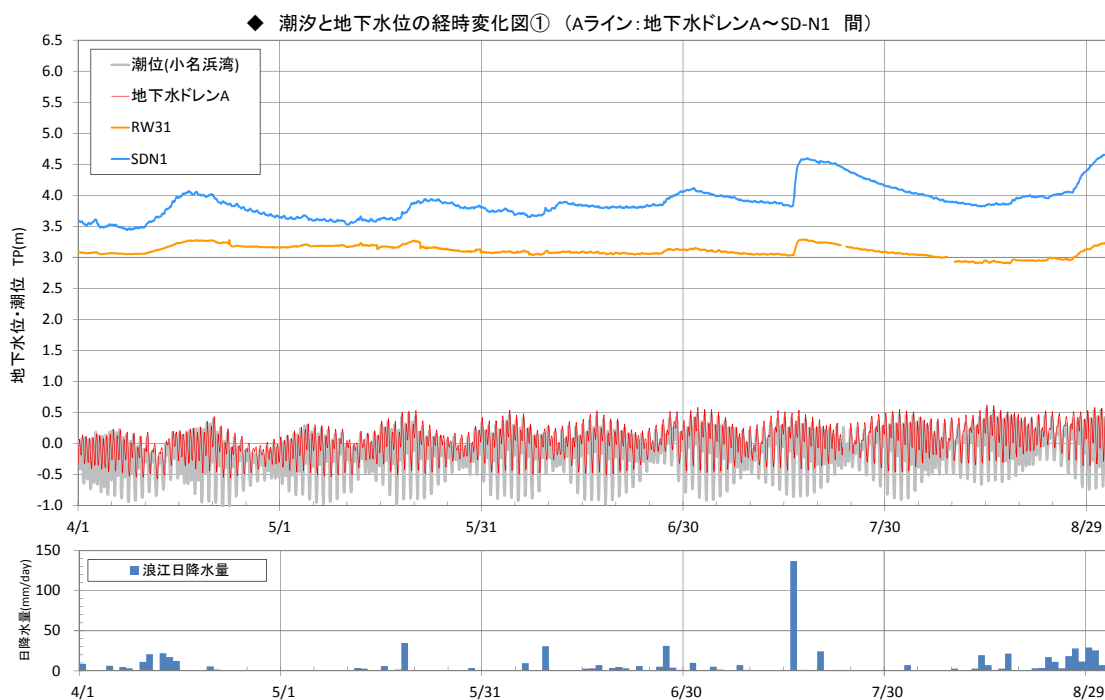
地下水ドレンA～Dを起点とし、山側に向かうライン上の中粒砂岩層地下水観測井，注水井，サブドレン（図－5参照）



図－5 検討位置図

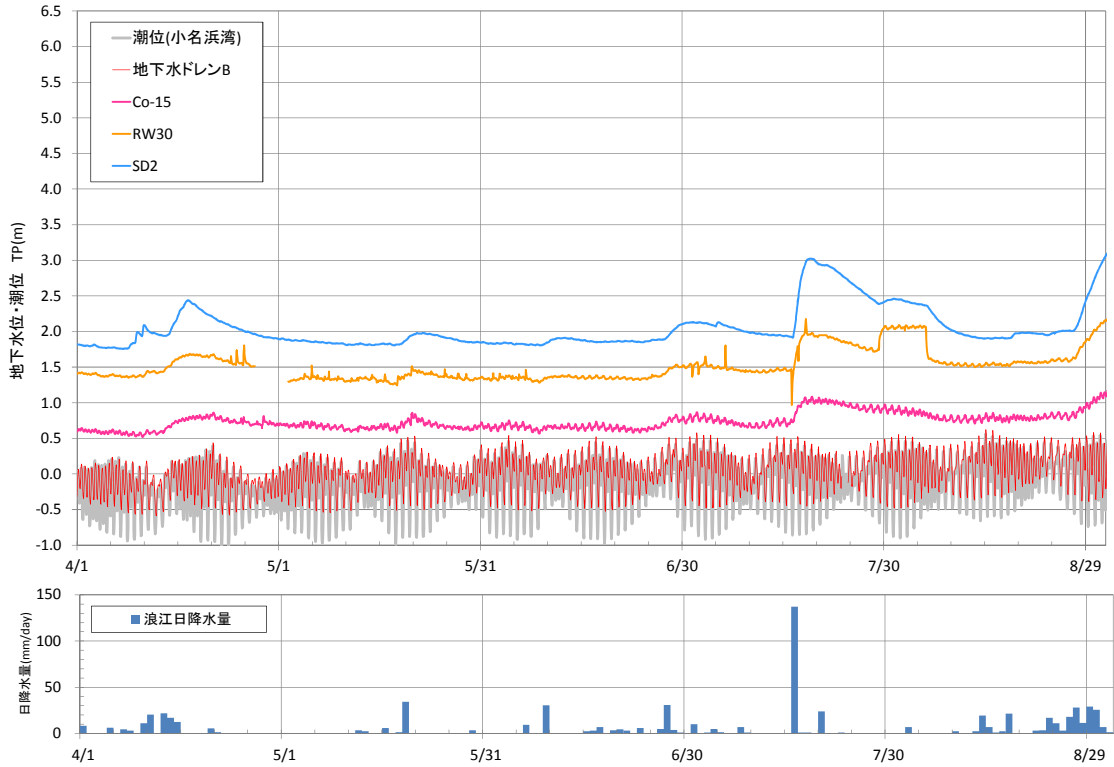
地下水ドレンA～Dの各ライン上の地下水位と小名浜地点潮位の経時変化を図－6～9に示す。

地下水ドレンA～Dでは、潮汐と同様の周期での水位変動が明瞭であるが、海から遠い地点では、潮汐と同様の周期での水位変動が明瞭ではない。



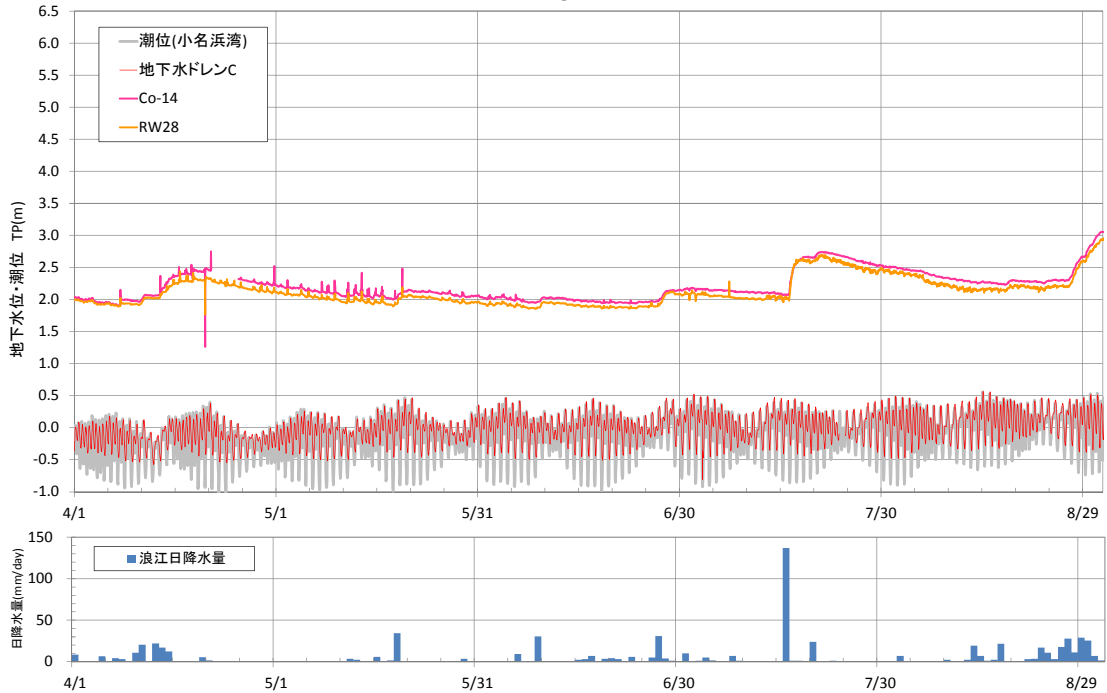
図－6 地下水ドレンAライン上の地下水位の経時変化

◆ 潮汐と地下水位の経時変化図② (Bライン: 地下水ドレンB～SD2 間)



図ー7 地下水ドレンBライン上の地下水位の経時変化

◆ 潮汐と地下水位の経時変化図③ (Cライン: 地下水ドレンC～RW28 間)



図ー8 地下水ドレンCライン上の地下水位の経時変化

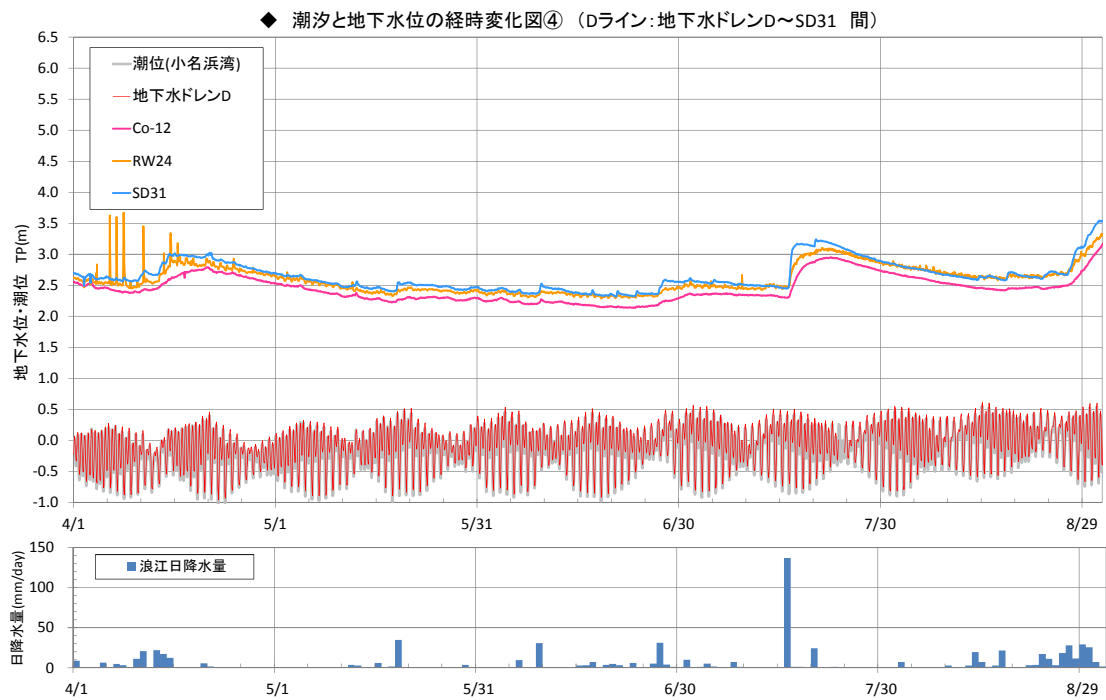


図-9 地下水ドレンDライン上の地下水位の経時変化

地下水位への潮汐の影響をより詳しく把握するために、周波数分析を実施した。結果を図-10～24に示す。

小名浜地点潮位，地下水ドレンA～Dでは，明瞭な卓越周期（0.52日，1.00日，0.50日，1.08日）が認められる。

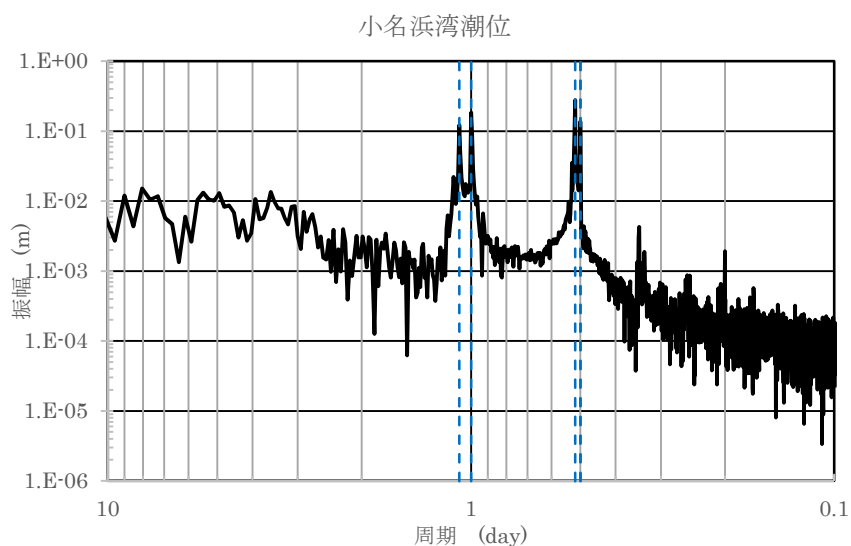


図-10 周波数分析の結果（小名浜潮位）

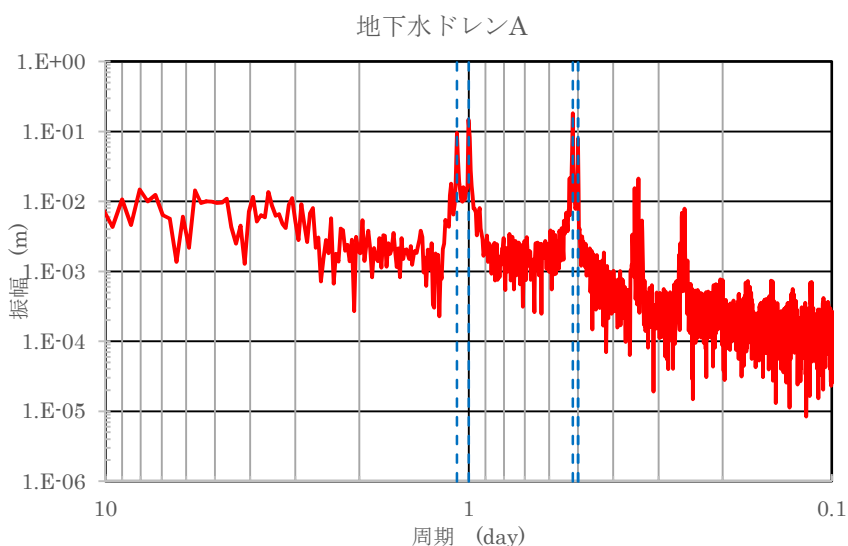


図-11 周波数分析の結果（地下水ドレンA）



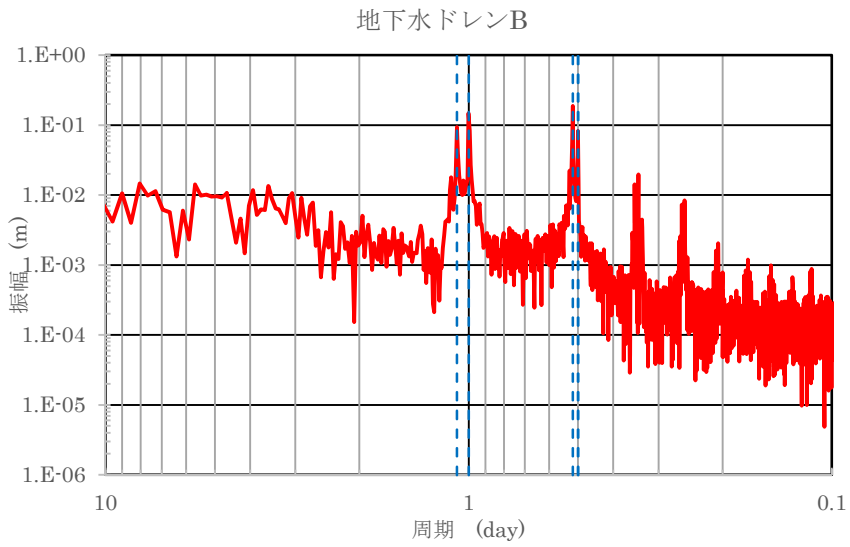


図-12 周波数分析の結果（地下水ドレンB）

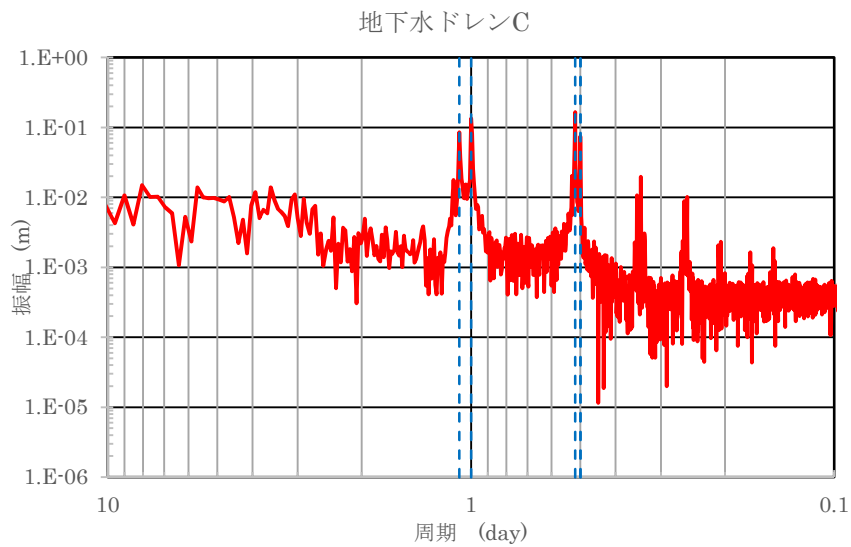


図-13 周波数分析の結果（地下水ドレンC）

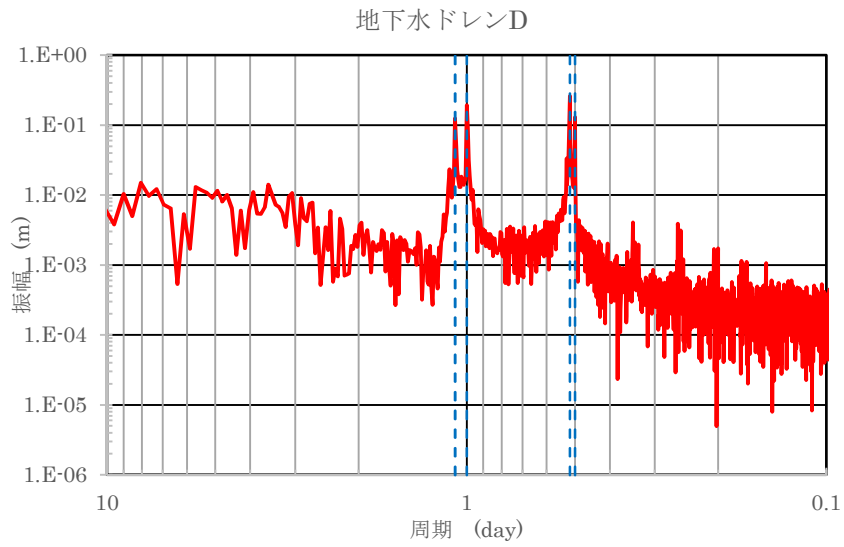


図-14 周波数分析の結果 (地下水ドレンD)

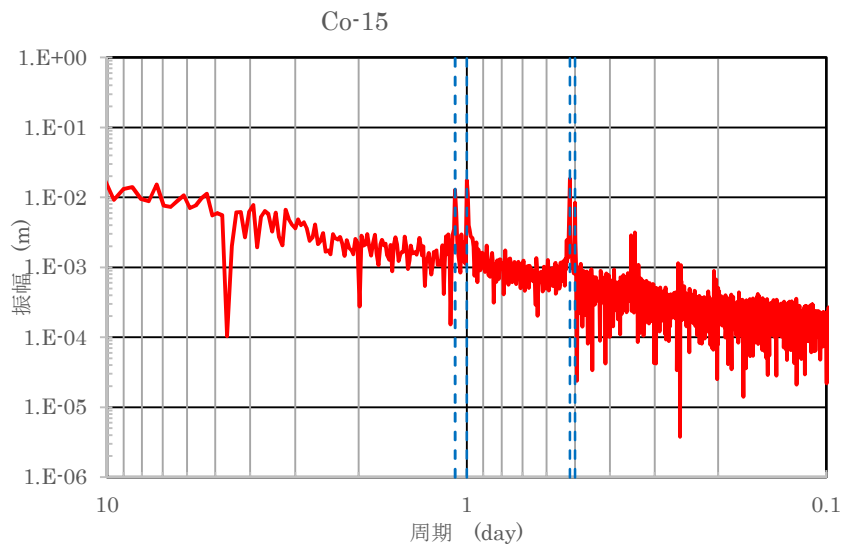


図-15 周波数分析の結果 (Co-15)

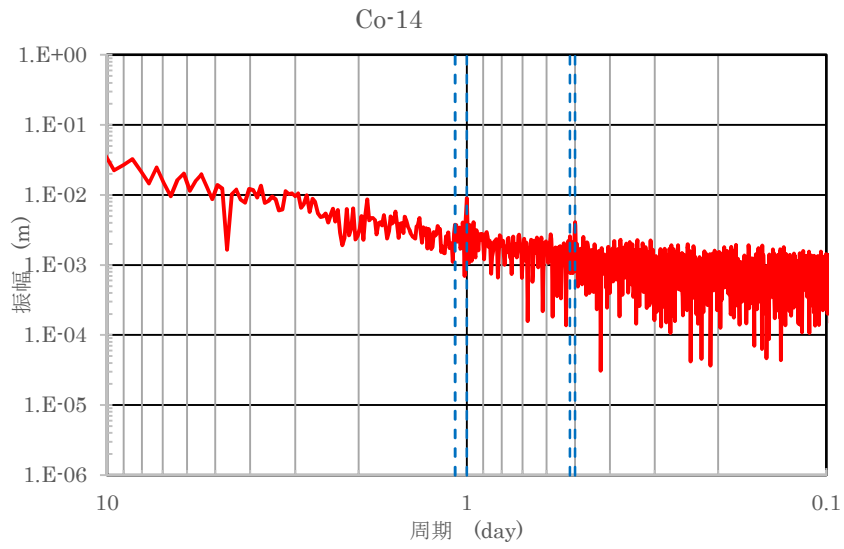


図-16 周波数分析の結果 (Co-14)

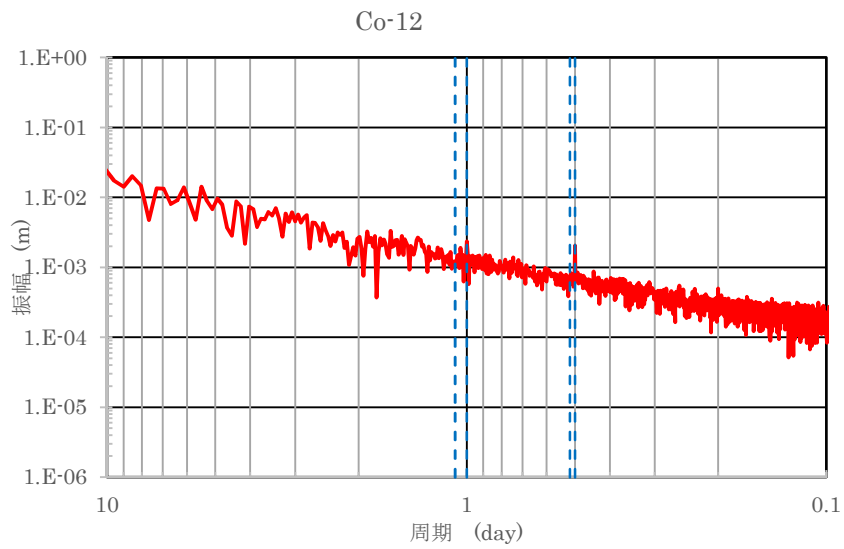


図-17 周波数分析の結果 (Co-12)

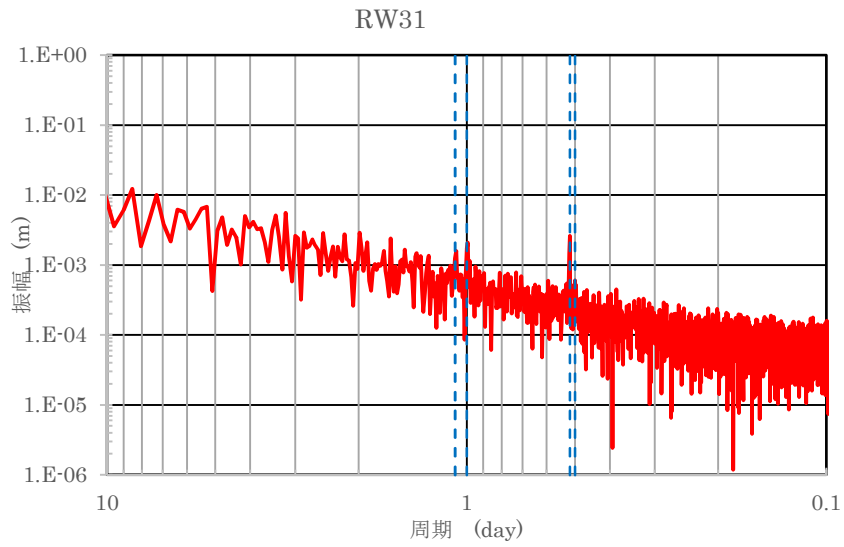


図-18 周波数分析の結果 (RW31)

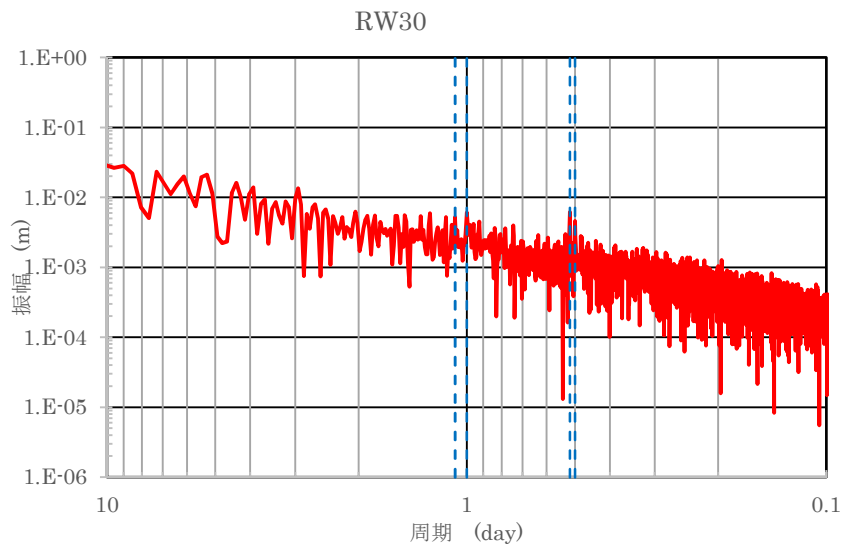


図-19 周波数分析の結果 (RW30)

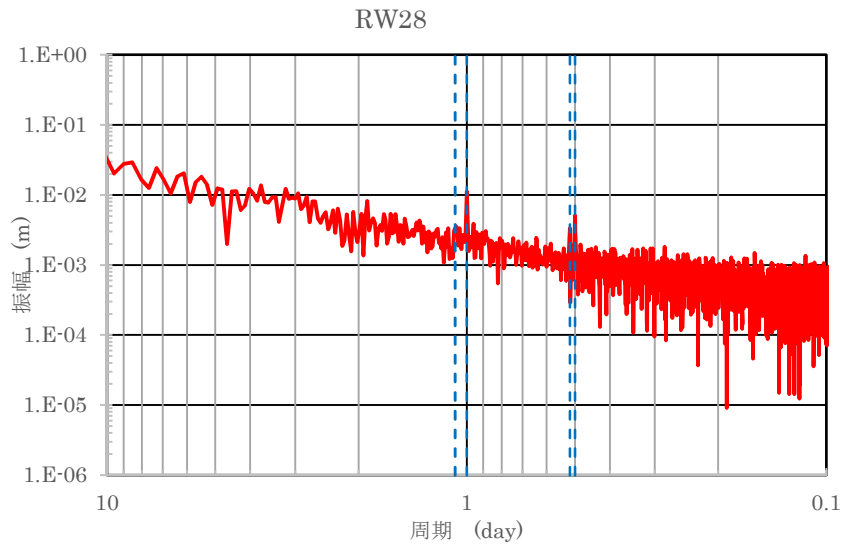


図-20 周波数分析の結果 (RW28)

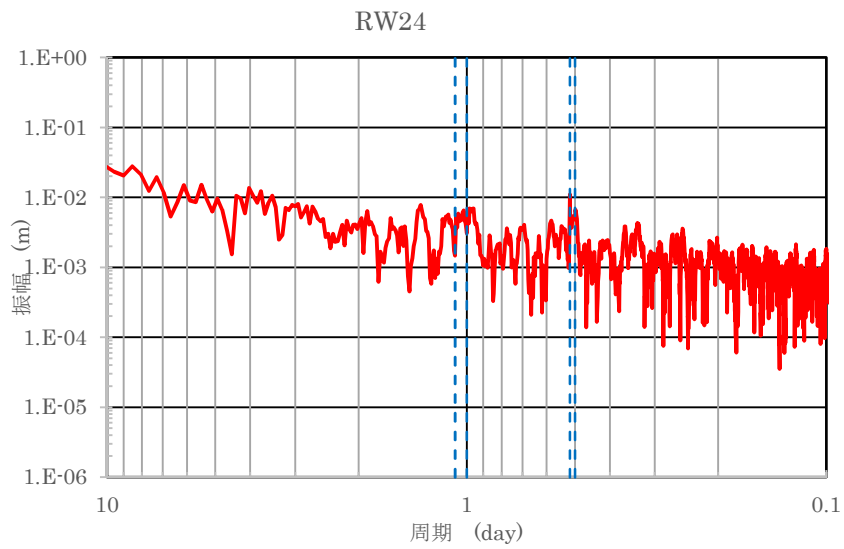


図-21 周波数分析の結果 (RW24)

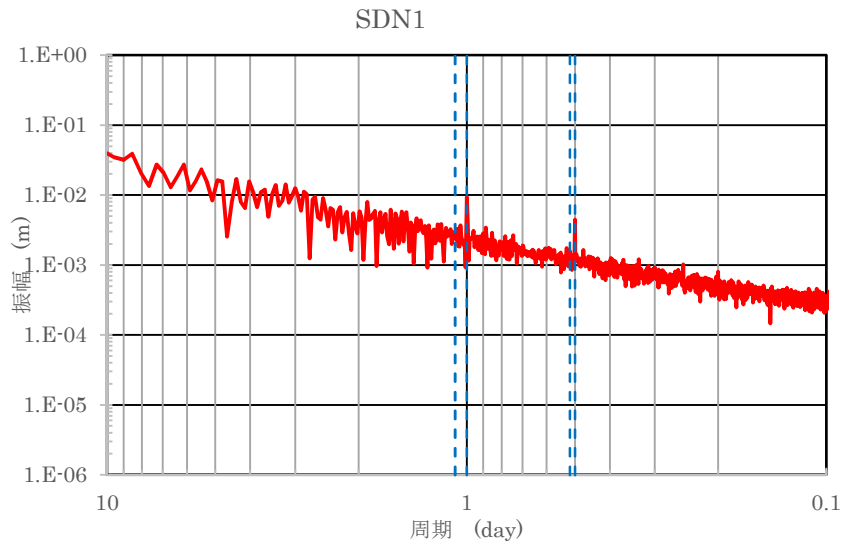


図-22 周波数分析の結果 (SDN1)

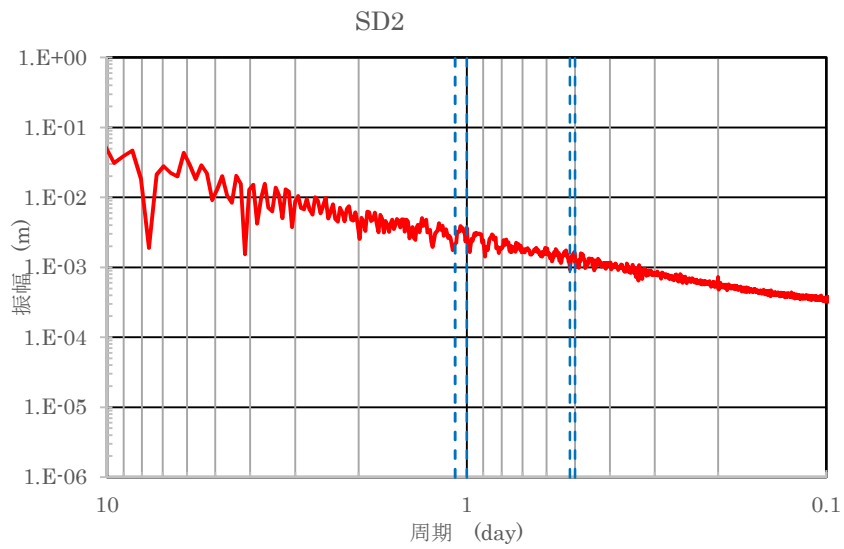


図-23 周波数分析の結果 (SD2)

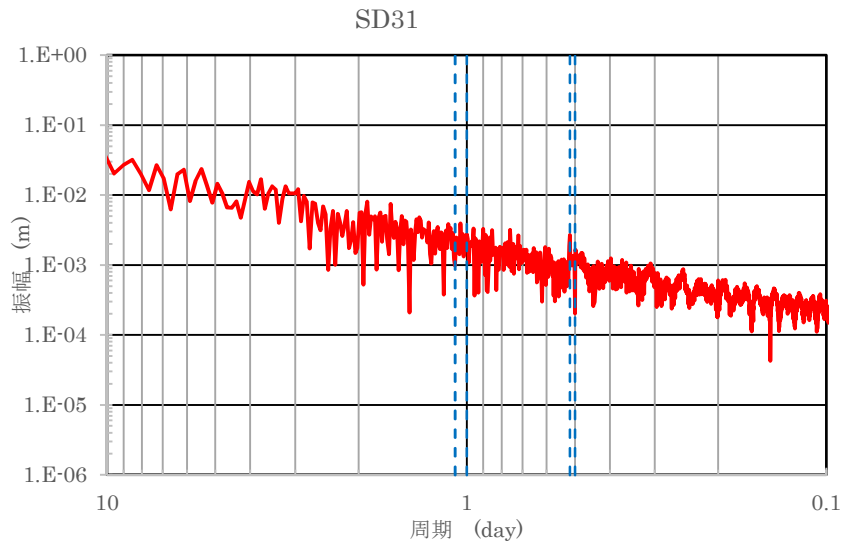


図-24 周波数分析の結果 (SD31)

表-5及び図-25に、小名浜地点潮位の卓越周期(0.52日, 1.00日, 0.50日, 1.08日)における振幅を示す。

海から近い地点(地下水ドレンA~D)においては、小名浜地点潮位の卓越周期における振幅は大きいままであるが、海から100m以上離れた建屋周辺(RW31, SDN1, RW30, SD2, RW28, RW24, SD31)においては、卓越周期1(0.52日)で4.0%以下、卓越周期2(1.00日)で6.1%以下、卓越周期3(0.50日)で3.8%以下、卓越周期4(1.08日)で4.3%以下に減衰し、振幅は0.011m以下であることが確認できる。

以上から、潮汐の変動が建屋周辺での地下水位に与える影響は軽微であり、絶対下限水位を平均潮位とすることは妥当と判断している。

なお、仮に、朔望平均満潮位(T.P.+0.764m)及び朔望平均干潮位(T.P.-0.736m)の潮位振幅が継続した場合でも、上記の減衰を考慮すると、建屋周辺での地下水位の振幅は0.05m以下になると考えられる。これは、現状の建屋内外水位差の運用目標(サブドレン稼働時0.8m, 非稼働時0.45m)内に包含される。



表-5 海からの距離と小名浜地点潮位の卓越周期における振幅の関係

	地点名	海からの距離(m)	振幅 (m)			
			卓越周期1 (0.52日)	卓越周期2 (1.00日)	卓越周期3 (0.50日)	卓越周期4 (1.08日)
地下水ドレンAライン	小名浜湾潮位	0	0.277	0.184	0.136	0.121
	地下水ドレンA	3	0.182	0.147	0.078	0.096
	RW31	124	0.003	0.002	0.001	0.001
	SDN1	152	0.002	0.009	0.004	0.003
地下水ドレンBライン	小名浜湾潮位	0	0.277	0.184	0.136	0.121
	地下水ドレンB	6	0.187	0.147	0.083	0.094
	Co-15	93	0.019	0.018	0.008	0.013
	RW30	116	0.006	0.006	0.005	0.005
地下水ドレンCライン	SD2	132	0.001	0.004	0.001	0.002
	小名浜湾潮位	0	0.277	0.184	0.136	0.121
	地下水ドレンC	7	0.165	0.135	0.074	0.085
	Co-14	102	0.003	0.009	0.004	0.004
地下水ドレンDライン	RW28	116	0.003	0.011	0.005	0.003
	小名浜湾潮位	0	0.277	0.184	0.136	0.121
	地下水ドレンD	7	0.259	0.193	0.130	0.124
	Co-12	96	0.001	0.002	0.002	0.001
	RW24	124	0.011	0.003	0.005	0.001
SD31	142	0.003	0.003	0.000	0.001	

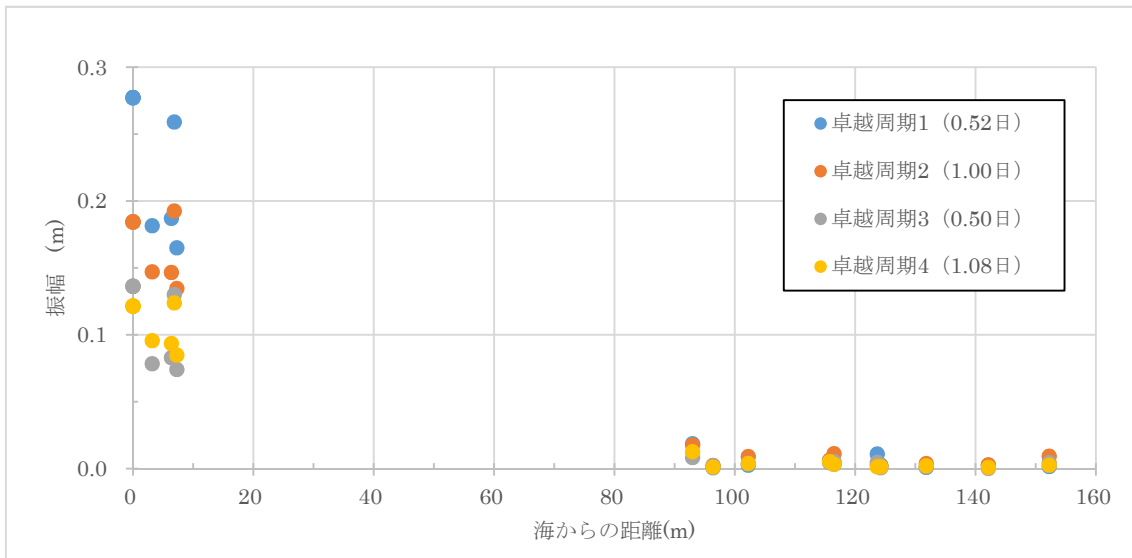


図-25 海からの距離と小名浜地点潮位の卓越周期における振幅の関係

以上

## 発電所建屋周辺の地質構造・地下水位

## 1. 発電所周辺の地形

発電所の敷地は、周囲を川に挟まれた海拔35m程度の台地であり、海側を掘削し海拔約10mの地盤に、発電所建屋を設置している。



図-1 発電所周辺の地形

## 2. 発電所周辺の地質構造

敷地を中心とする半径約30kmの範囲及びその周辺について、文献調査、地表地質調査、海上音波探査等を実施し、敷地内について、地表地質調査、ボーリング調査等を実施している。

発電所敷地に分布する富岡層は、発電所の西方約8kmから海岸部までの範囲に広く分布し、海で堆積した泥岩及び砂岩が主体である。凝灰岩を多く挟在し良好な鍵層（地層の生成年代を対比し連続性を判断する際に目印となる地層）が認められ、敷地内の地層でもこの鍵層が確認できる。

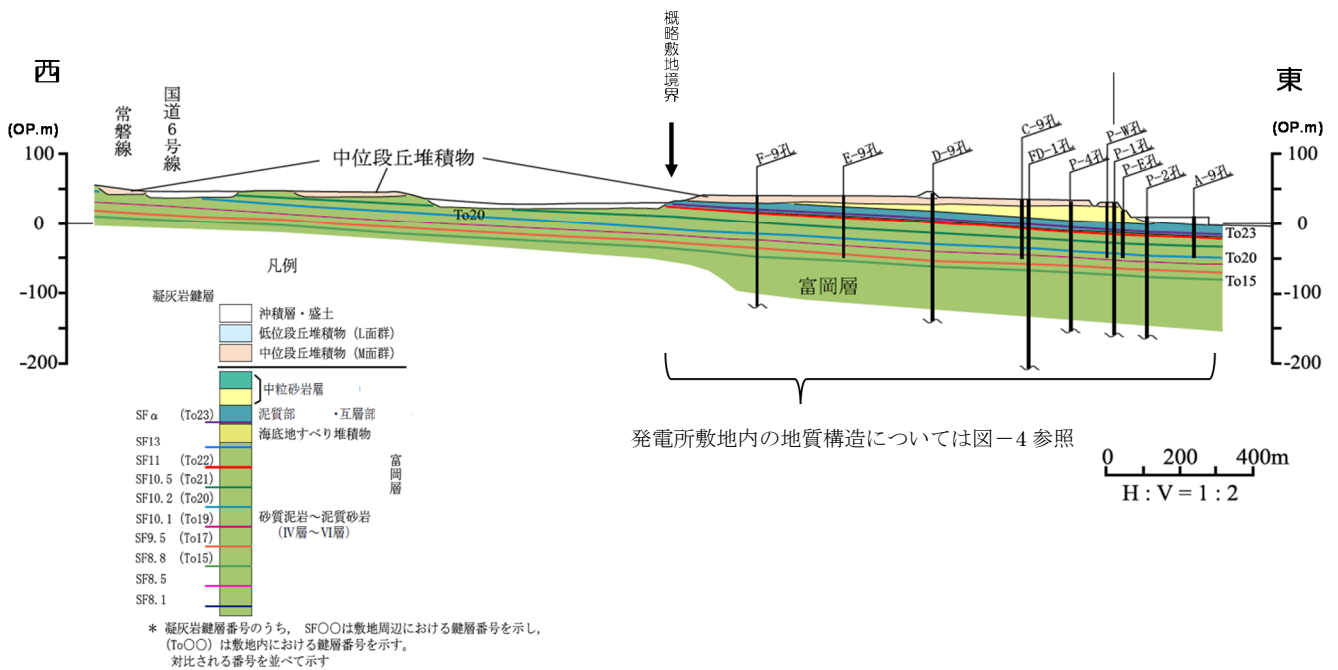


図-2 発電所周辺の地質構造

### 3. 発電所敷地内でのボーリング

発電所の調査・建設時以降に建屋付近を中心に構内で実施した約200孔(平均孔長約170m)のボーリングについて地質の判別を行い、周辺露頭調査結果と合わせて発電所周辺の三次元地質モデルを構築している。

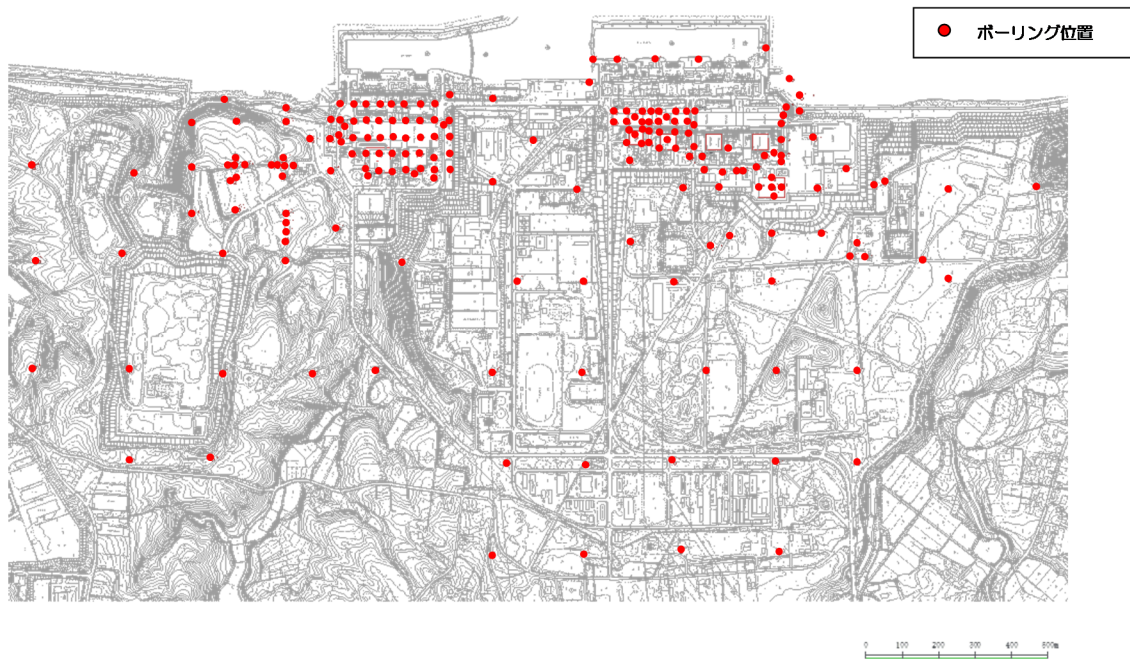


図-3 発電所敷地内でのボーリング位置図

#### 4. 発電所敷地内の地質構造（東西断面）

発電所敷地内の地層は、地表面付近の段丘堆積物より下層が、富岡層（T3 部層）の砂岩・泥岩主体の地層であり、上から中粒砂岩層（中粒砂岩を主体としシルト岩を挟在）、泥質部、互層部（数 cm～の間隔で中粒砂岩とシルト岩が交互に分布）、泥質部（2層の連続性のよい砂層（細粒砂岩・粗粒砂岩）を挟在）が敷地内に連続し、傾斜角約2度で海側に傾いている。西側で台地が切れることから、中粒砂岩層・互層部の地下水は主に台地への降雨により涵養されている。

富岡層（T3 部層）の下部には、砂岩・泥岩主体で厚さ約 100m の富岡層（T2 部層）が分布する。

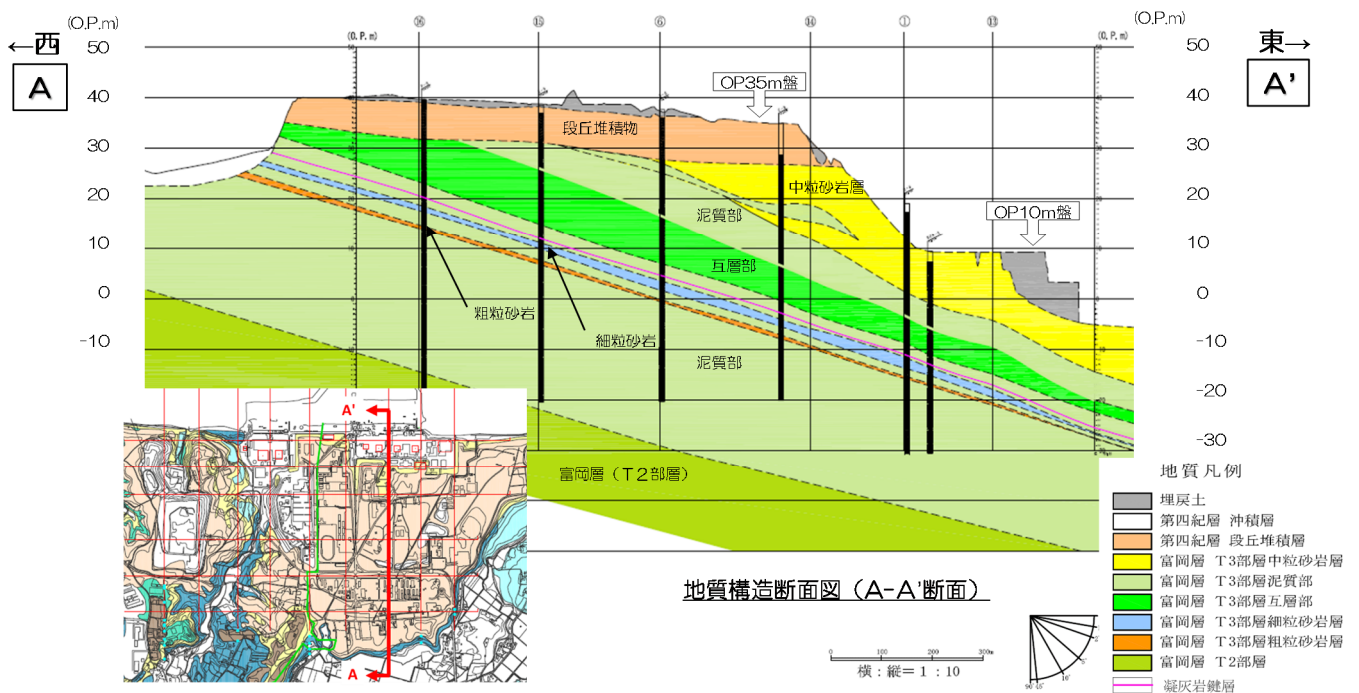
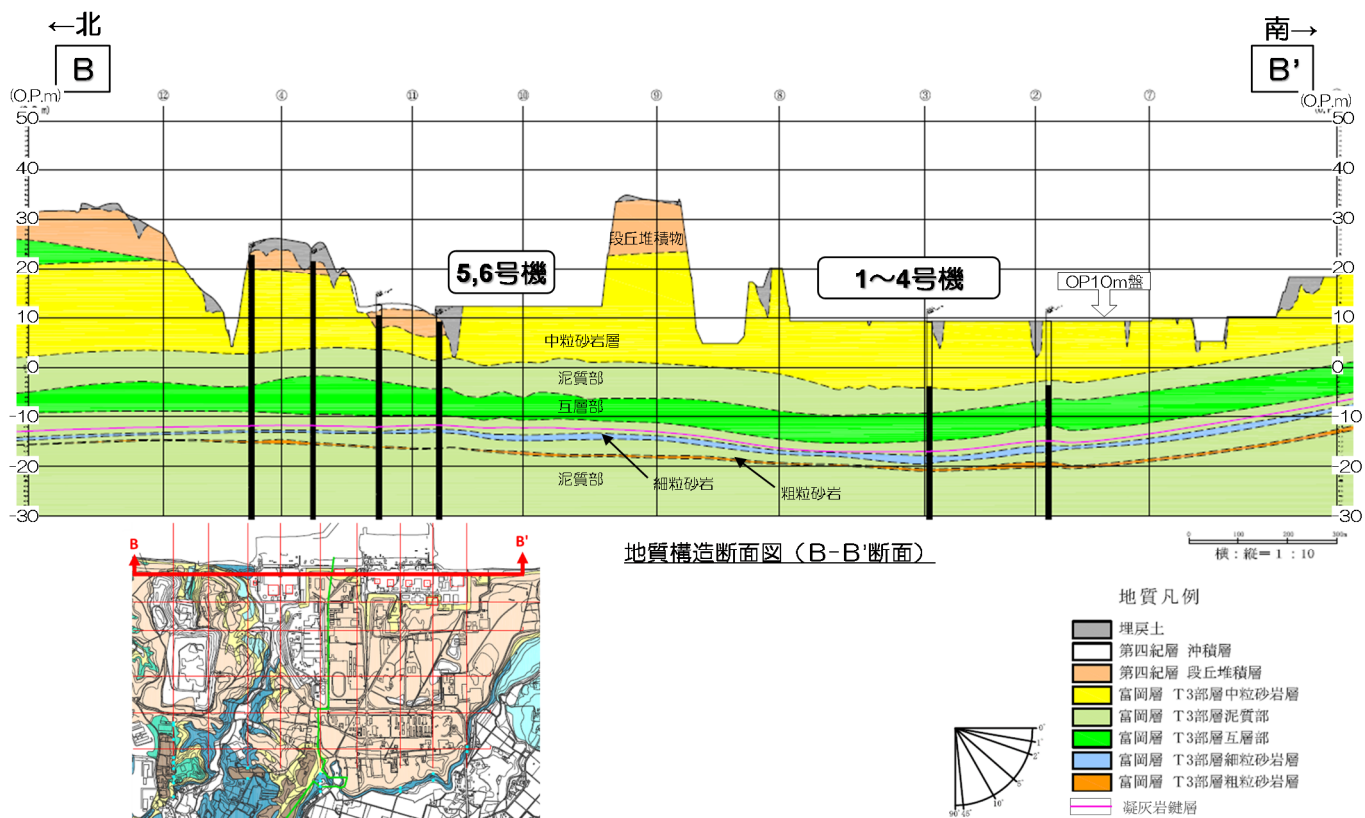


図-4 発電所敷地内の地質構造（東西断面）

#### 5. 発電所敷地内の地質構造（南北断面）

地層は南北方向にほぼ水平に分布している。中粒砂岩層と互層部を隔てる泥質部は厚さ数 m、互層部下側の泥質部は厚さ 30～40m で連続して分布する。





図－5 発電所敷地内の地質構造（南北断面）

## 6. 発電所内の地下水

地層の透水性は、ボーリング孔内における透水試験の結果をもとに、段丘堆積物・中粒砂岩層・互層部・細粒砂岩・粗粒砂岩を透水層（水の通りやすい層）、泥質部を難透水層（水の通りにくい層）としている。

地表に近い地下水は不圧地下水（地下水面を有する地下水）で、段丘堆積物・中粒砂岩層を流れ、地形の低下に伴い台地から建屋付近に向かって大きく水位が低下する。

難透水層に上下を挟まれた透水層（互層部・細粒砂岩・粗粒砂岩）の地下水は被圧地下水（水面を持たず圧力がかかっている）となっていて、それぞれの層の中を海側に向かって流れており、4号機建屋付近を除き、不圧地下水とは隔てられている。

中粒砂岩層の地下水が、建屋内・建屋海側に流入することで汚染水増加の主要因となっている。

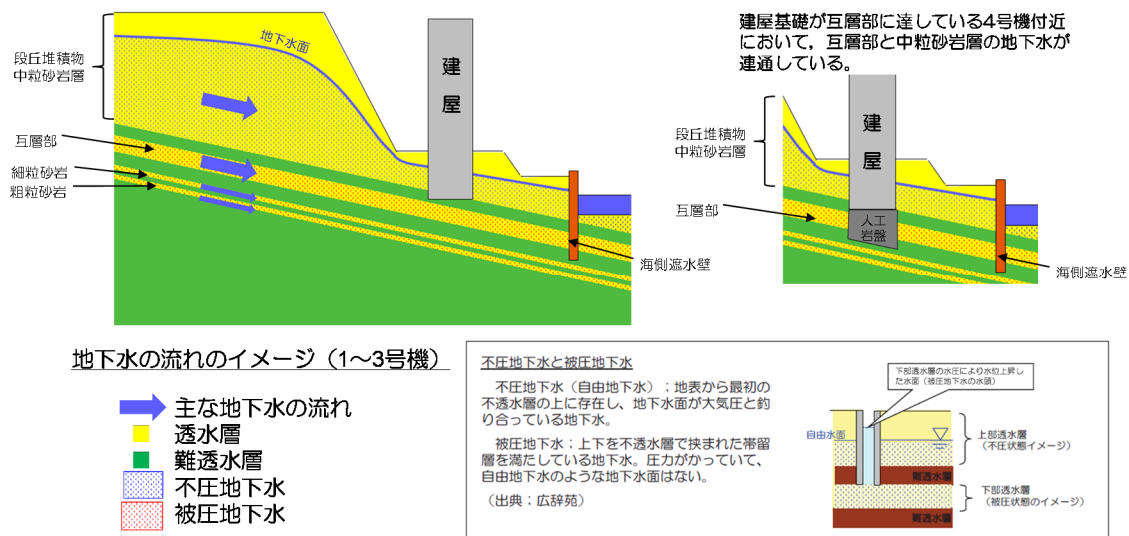


図-6 発電所内の地下水（イメージ）

### 7. 中粒砂岩層と互層部および細粒・粗粒砂岩の水頭比較

地下水位観測井位置を図-7, 中粒砂岩層, 互層部及び細粒・粗粒砂岩のエリア毎の水頭比較を図-8. 1~8. 12に示す。

建屋山側1・2号機周辺での互層部の水頭は, 中粒砂岩層の地下水位よりも水頭差で約2~5m高くなっている(図-8. 1~8. 3)。このことから, 中粒砂岩層と互層部間の泥質部は難透水層であると評価される。細粒・粗粒砂岩の水頭は, 互層部の水頭と同程度である(図-8. 1, 8. 3~8. 4)。

互層部の水頭と中粒砂岩層の地下水位との差は, 南側に行くほど小さくなり, 4号機付近では両者の差がなくなる(図-8. 2~8. 5)。建屋基礎が互層部に達していることにより, 地下水が連通していると考えられる。

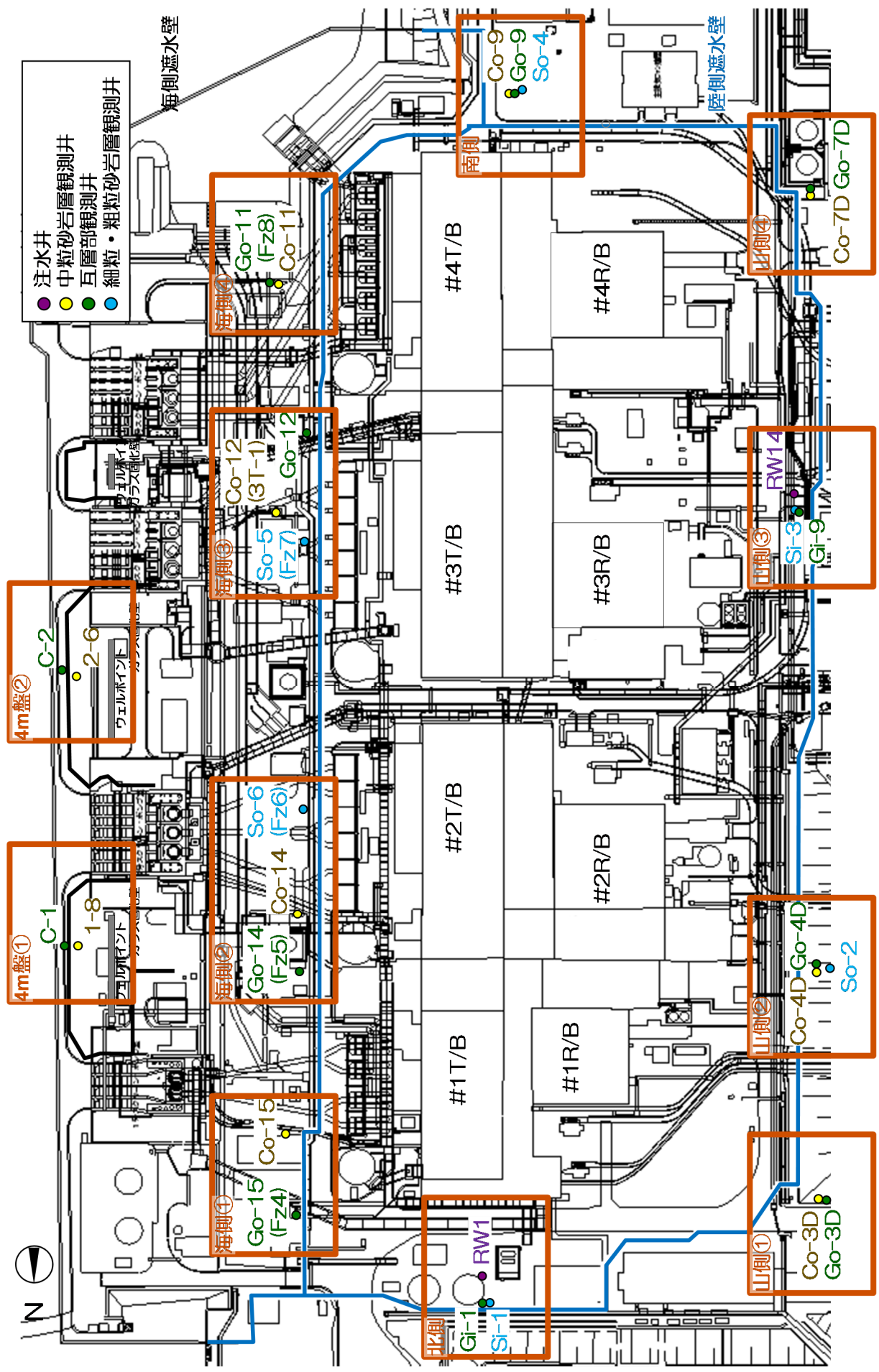
建屋山側と同様に, 建屋海側においても互層部の水頭と中粒砂岩層の地下水位の差は, 南側に行くほど小さくなる(図-8. 6~8. 9)。細粒・粗粒砂岩の水頭は, 南側に行くほど互層部水頭より大きくなる(図-8. 7~8. 8)。細粒・粗粒砂岩と互層部に水頭差があることから, その間にある泥質部は難透水層であると評価される。

4号機建屋南側では, 中粒砂岩層の地下水位, 互層部の水頭, 細粒・粗粒砂岩の水頭に差異が認められ(図-8. 10), 中粒砂岩層と互層部, 互層部と細粒・粗粒砂岩それぞれの間にある泥質部は難透水層であると評価される。

4m盤の中粒砂岩層の水位はウエルポイントによる汲上げ等の影響を受け, 変動している(図-8. 11~8. 12)。互層部の水頭は海側遮水壁閉合後, 上昇が確認され, 現時点では, 中粒砂岩層の水位よりも安定して高くなっており, 中粒砂岩層と互層部の泥質部は難透水層であると評価される。

以上より, 中粒砂岩層/互層部/細粒・粗粒砂岩間の泥質部の存在により, 中粒砂岩層と

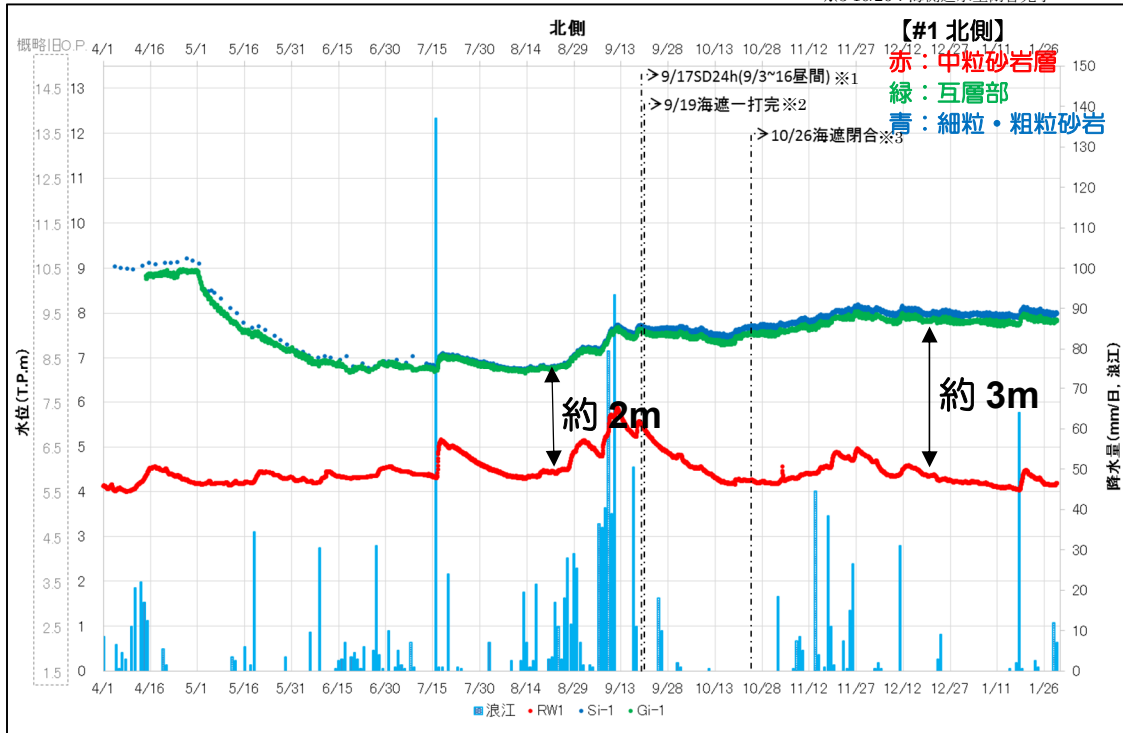
深部間の地下水の連通性は小さい。また，互層部，細粒・粗粒砂岩の水頭はいずれも T.P. ±0m を上回っており，平均潮位まで下がることは考えにくい。



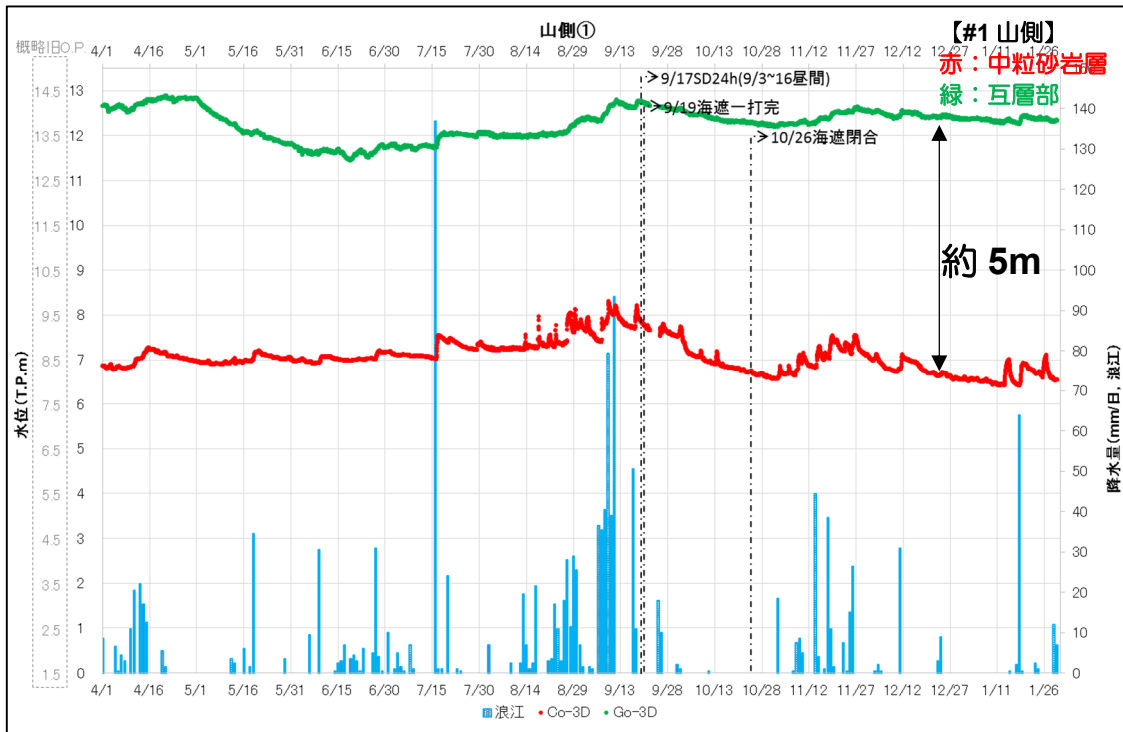
図一七 地下水観測井位置図



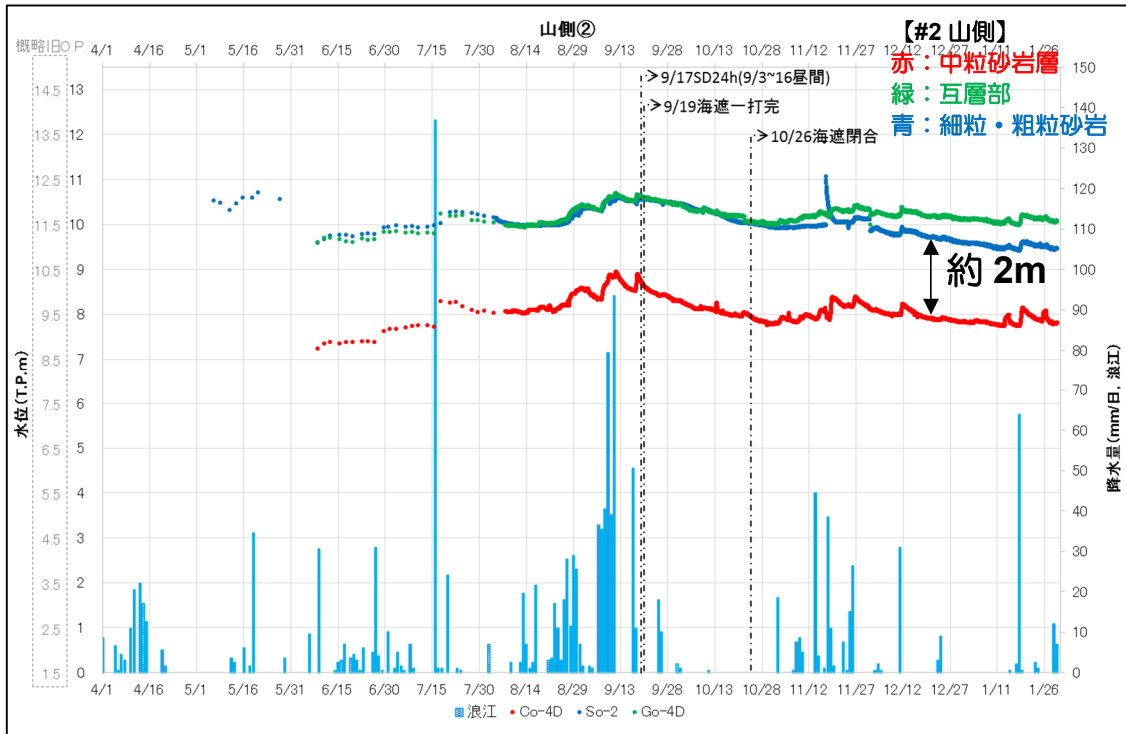
※1 9/17：サブドレン 24 時間稼働開始  
 ※2 9/19：海側遮水壁鋼管矢板一次打設完了  
 ※3 10/26：海側遮水壁閉合完了



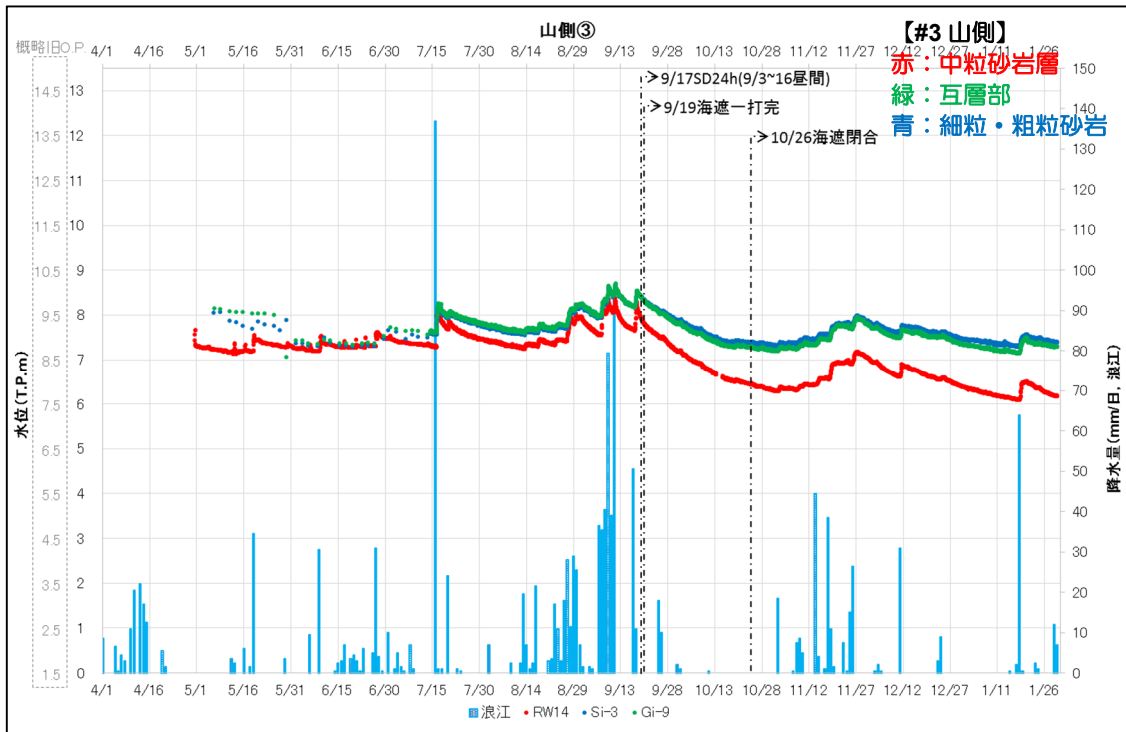
図一8. 1 中粒砂岩層／互層部，細粒・粗粒砂岩の水頭比較（北側）



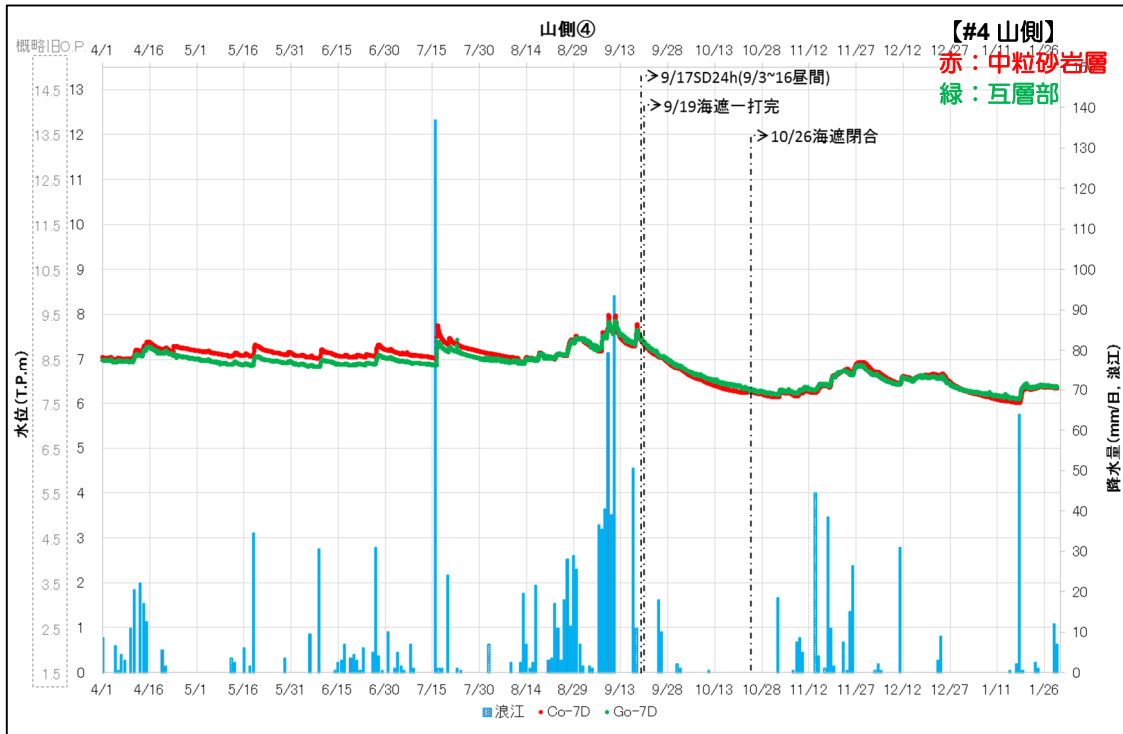
図一8. 2 中粒砂岩層／互層部，細粒・粗粒砂岩の水頭比較（山側①）



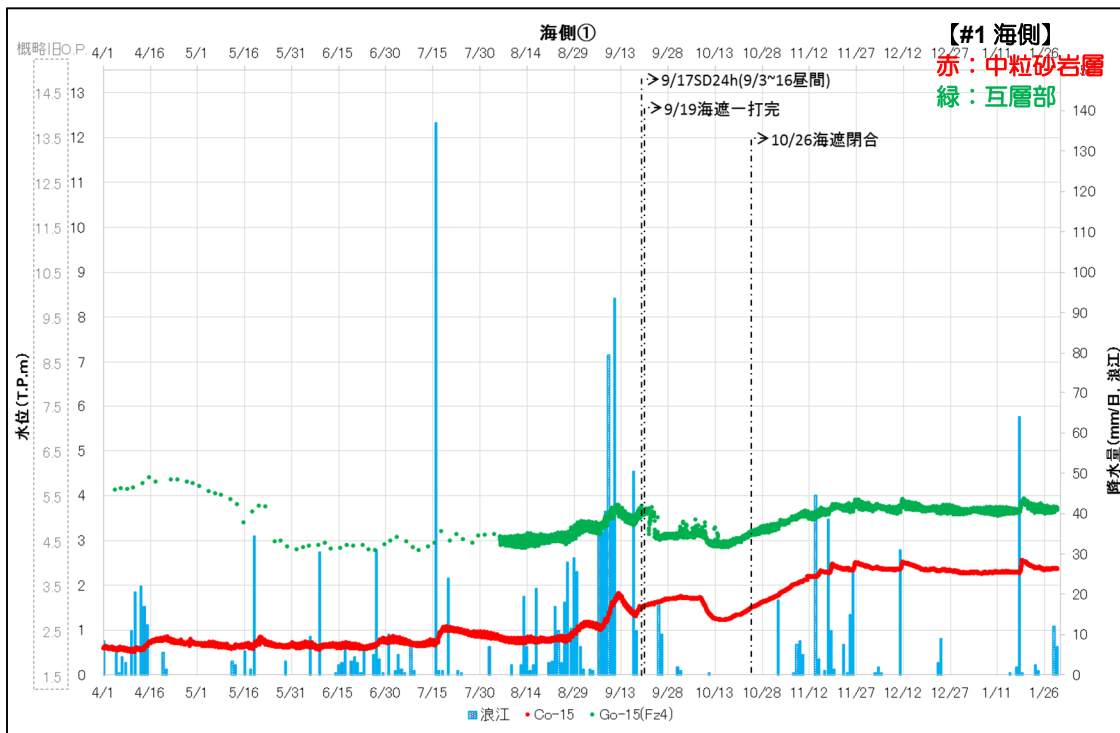
図一8. 3 中粒砂岩層／互層部，細粒・粗粒砂岩の水頭比較（山側②）



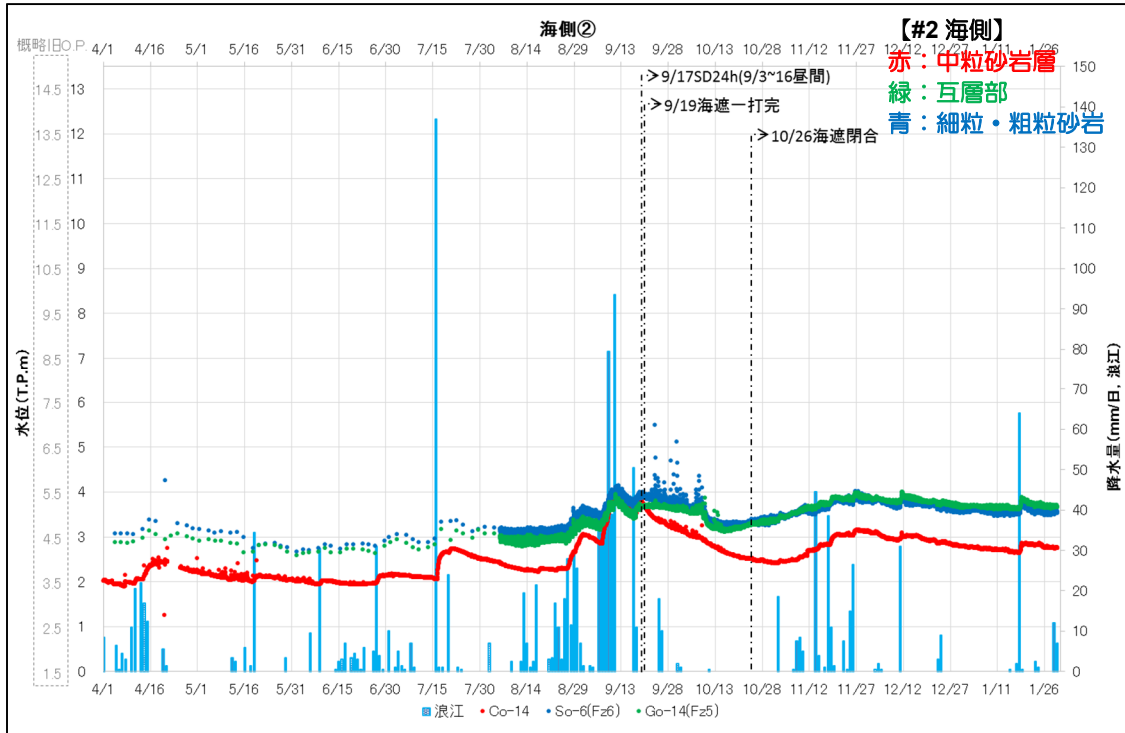
図一8. 4 中粒砂岩層／互層部，細粒・粗粒砂岩の水頭比較（山側③）



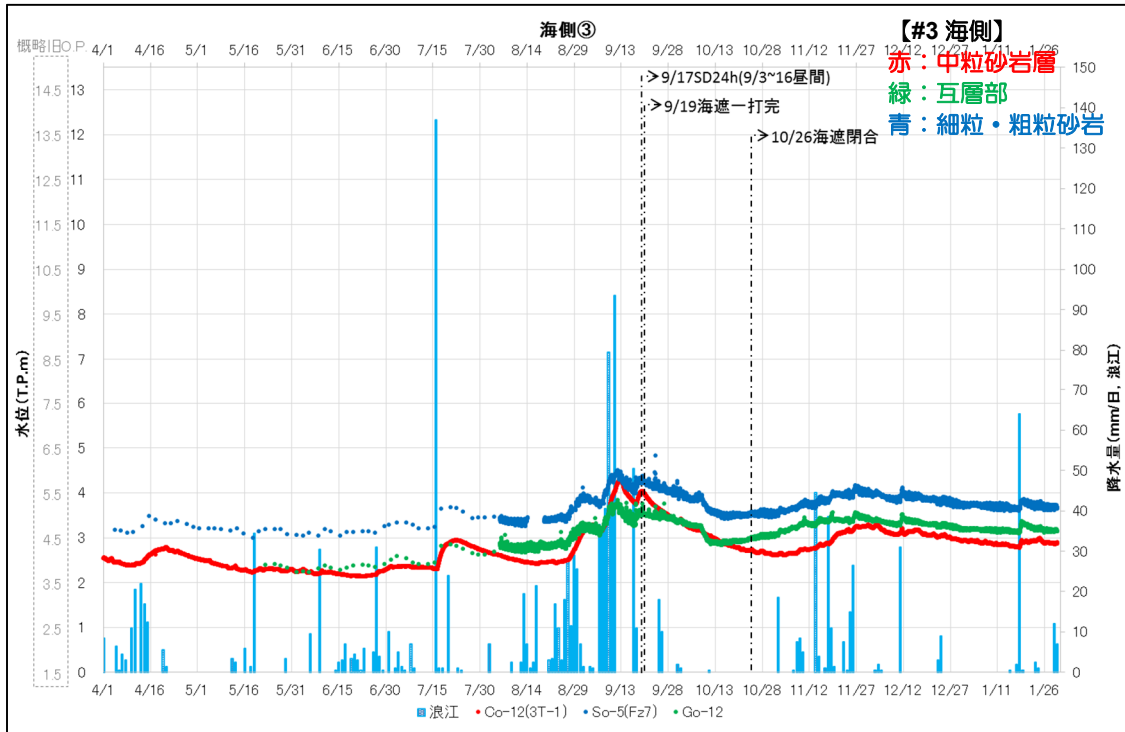
図一8. 5 中粒砂岩層／互層部，細粒・粗粒砂岩の水頭比較（山側④）



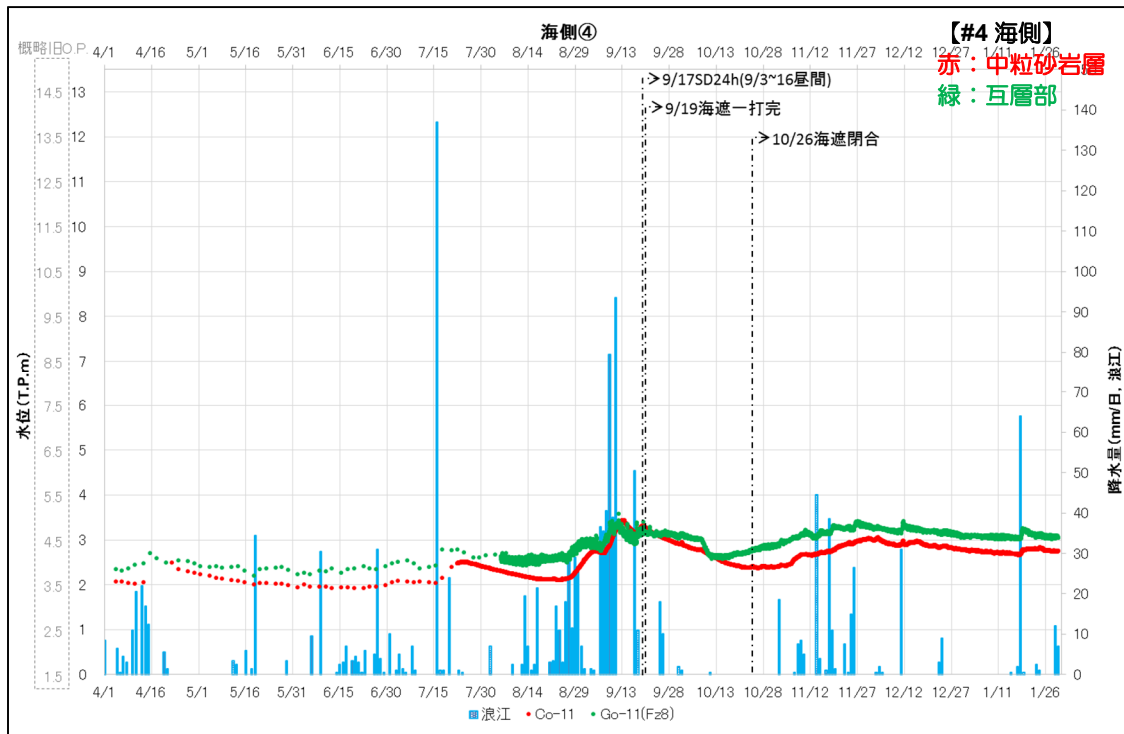
図一8. 6 中粒砂岩層／互層部，細粒・粗粒砂岩の水頭比較（海側①）



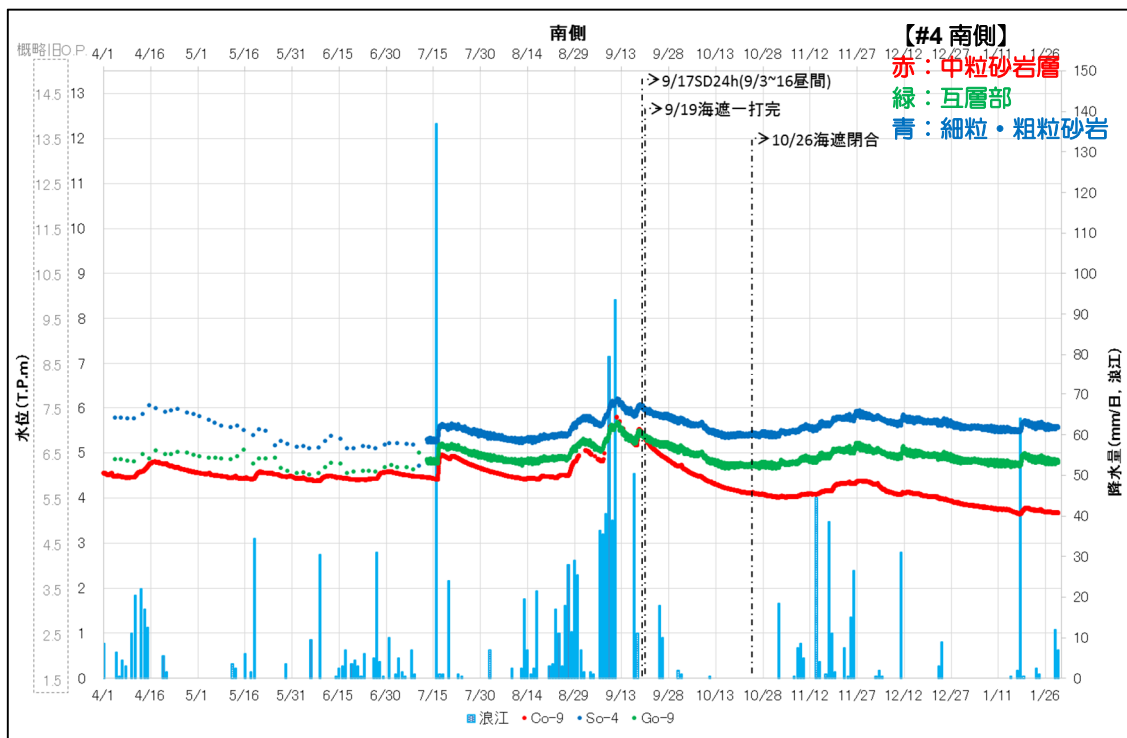
図一8. 7 中粒砂岩層／互層部，細粒・粗粒砂岩の水頭比較（海側②）



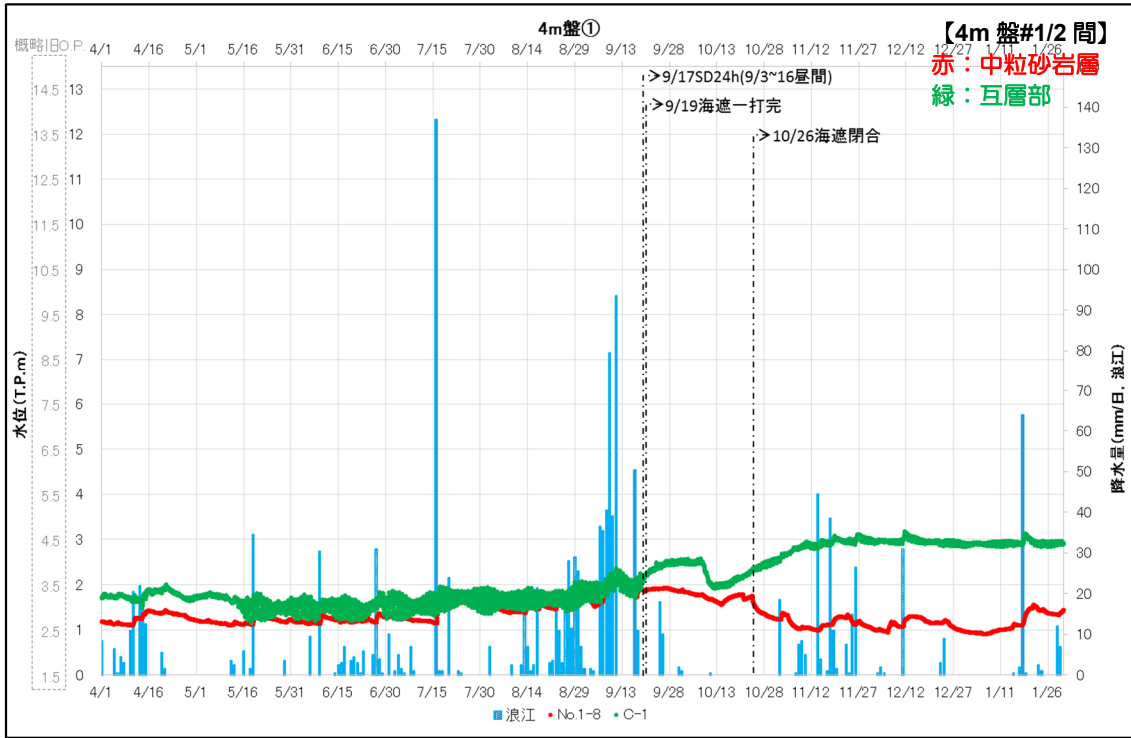
図一8. 8 中粒砂岩層／互層部，細粒・粗粒砂岩の水頭比較（海側③）



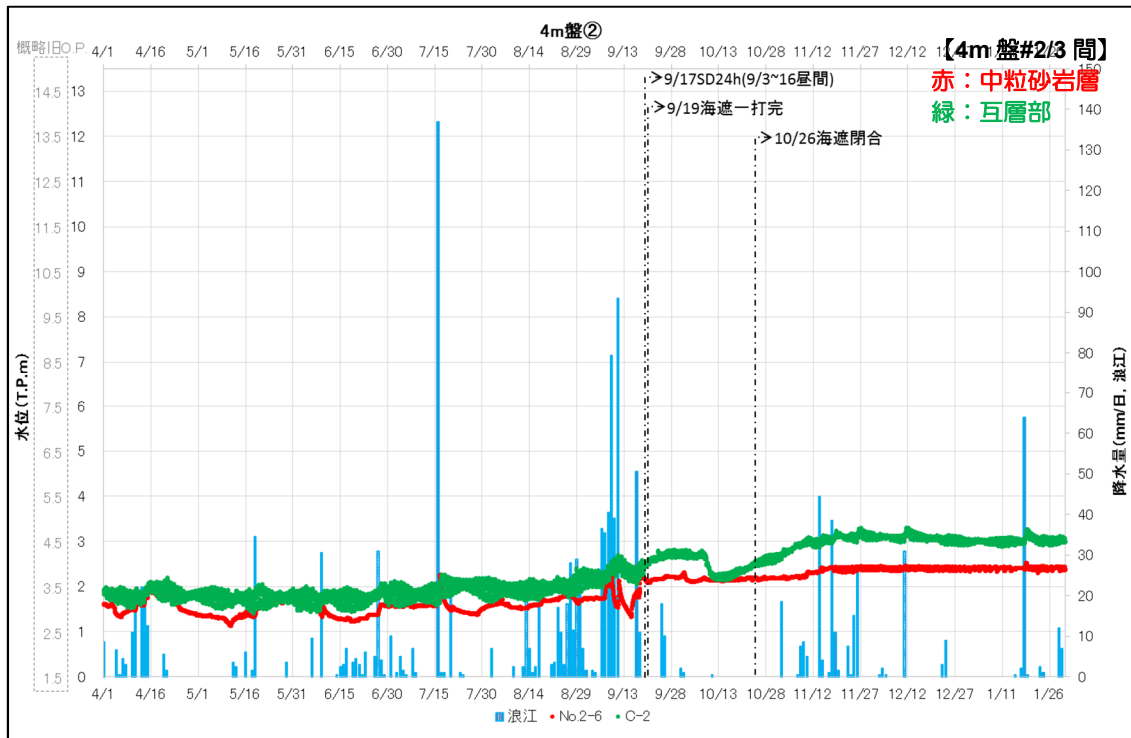
図一8. 9 中粒砂岩層／互層部，細粒・粗粒砂岩の水頭比較（海側④）



図一8. 10 中粒砂岩層／互層部，細粒・粗粒砂岩の水頭比較（南側）



図一8. 1 1 中粒砂岩層／互層部，細粒・粗粒砂岩の水頭比較（4 m盤①）



図一8. 1 2 中粒砂岩層／互層部，細粒・粗粒砂岩の水頭比較（4 m盤②）

以上

## 海側遮水壁の遮水性能の評価

## 1. 概要

海側遮水壁の遮水性は、既往の文献等を勘案して、建屋周辺の難透水層と同等程度である、 $1 \times 10^{-6}$ cm/sec 程度の透水係数を有していると想定しており、同値を陸側遮水壁の検討における地下水収支や地下水シミュレーションの計算条件に用いている。

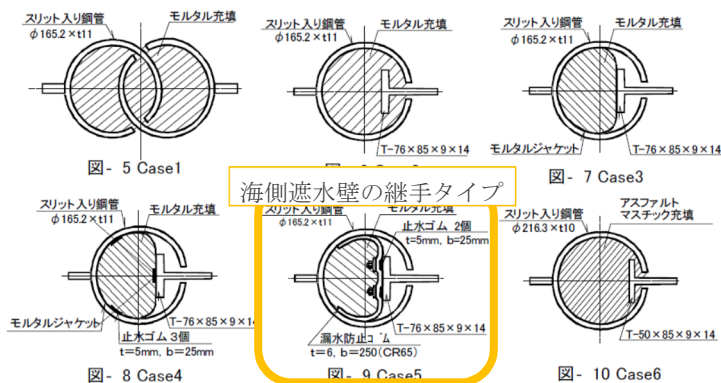
なお、海側遮水壁閉合後の鋼管矢板の透水係数を直接測定することは困難であることから、潮位変動と地下水ドレンポンドの水位変動の関係から海側遮水壁閉合後の透水係数を試算し、 $1 \times 10^{-6}$ cm/sec 程度を有していると評価した。

## 2. 既往の文献に基づく海側遮水壁の透水係数の想定

『土木学会第56回年次学術講演会 鋼管矢板継手の遮水性能評価試験』に基づいて、海側遮水壁に採用している鋼管矢板の継手形式である、P-T 継手（ベロ式ゴム＋止水ゴム）の透水係数を確認した。なお、上記試験では、試験実施前に継手の曲げひずみが  $250 \mu$  となるよう変形を与えた状態で実施している。

地下水ドレンポンド揚水ポンプ起動水位（H 値）が T.P. +約 1.8m（O.P. +約 3.3m）であり、平均潮位 T.P. 約 0m（O.P. +約 1.5m）との水位差が約 1.8m であることから、载荷水圧を 0.02MPa（ $\doteq 1.8\text{m} \times 9.8\text{kN/m}^3 \times 10^{-3}$ ）とした時の試験結果より、透水係数は  $1 \times 10^{-8}$ cm/sec 程度を有すると確認出来る（図－1 参照）。

以上より保守性を考慮して、海側遮水壁の透水係数を  $1 \times 10^{-6}$ cm/sec と想定した。



試験体番号	継手タイプ	モルタルジャケット	充填材	継手管曲げ歪み	特徴
Case1	P-P型	無	無収縮モルタル	500 $\mu$	従来型
Case2	P-T型	無	無収縮モルタル	500 $\mu$	従来型
Case3	P-T型	有	無収縮モルタル	250 $\mu$	モルタルジャケットのみ
Case4	P-T型	有	無収縮モルタル	250 $\mu$	モルタルジャケット+止水ゴム
Case5	P-T型	無	無収縮モルタル	250 $\mu$	へろ式ゴム+止水ゴム
Case6	P-T型	無	アスファルトマスチック	500 $\mu$	アスファルトマスチック充填

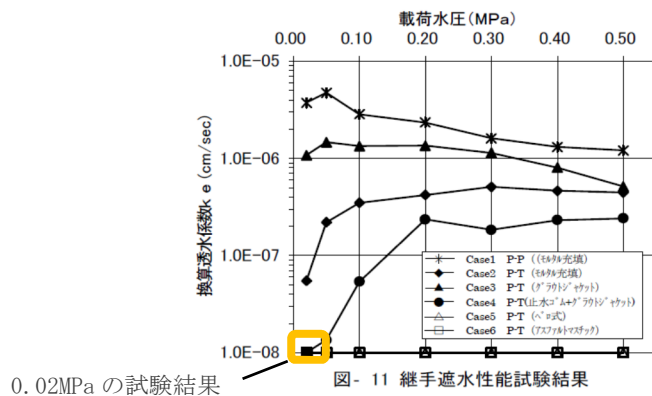


図-11 継手遮水性能試験結果

図-1 鋼管矢板継手の遮水性能試験結果  
(土木学会第56回年次学術講演会 鋼管矢板継手の遮水性能評価試験)

### 3. 海側遮水壁閉合後の遮水性能の評価

海側遮水壁閉合後の鋼管矢板の透水係数を直接測定することは困難であることから、潮位変動と地下水ドレンポンドの水位変動の関係から透水係数の試算を行った。

「海の潮汐変動による湾岸地下水の水位変動（周期変動の伝播）」については、『土と基礎 実用数式・図表の解説／土質工学会編』において、図-2の（式7.15）のとおり示されている。



$$\left. \begin{aligned} h(x, t) &= D + \Delta h_0 e^{-\alpha x} \cos(\sigma t - \alpha x) \\ \alpha &= \sqrt{\sigma S / 2kD} \end{aligned} \right\} (7.15)$$

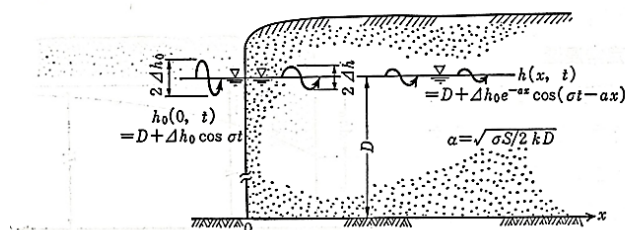


図-7.7 地下水位の周期変動の伝播

$S$ : 貯留係数,  $t$ : 時間,  $\sigma$ : 周期

海の潮汐変動による海岸地下水の水位変動などは上式(7.15)を用いて計算できる。

$h(x, t)$	: 境界から $x$ の位置の $t$ 時間後の水位
$D$	: 水深
$\Delta h_0$	: 潮汐変動
$\Delta h_0 e^{-\alpha x}$	: 境界から $x$ の位置の地下水位変動
$\sigma$	: 周期
$S$	: 貯留係数
$t$	: 時間
$k$	: 透水係数

出典「土質工学ライブラリー7 土と基礎 実用数式・図表の解説／土質工学会編」

図-2 海の潮汐変動による海岸地下水の水位変動  
(土と基礎 実用数式・図表の解説／土質工学会編)

海側遮水壁閉合後の降雨や地下水ドレン稼働の影響を受けていない期間(2015年10月29日～11月1日)における海側遮水壁内の地下水位は、約0.9cm(図-3赤文字①～⑮)の変動を伴いながら上昇しているが、2周期/日の潮汐変動(約88cm;図-3青文字①～⑮)との明瞭な同調は見られない。従って、海側遮水壁の透水係数は極めて小さいと考えられる。

海側遮水壁の透水係数を大きめに評価するため、潮汐変動と明瞭な同調が見られていない図-3中の地下水位の変動(赤文字①～⑮)が全て潮汐(青文字①～⑮)の影響によるものと仮定し、式7.15に基づき海側遮水壁の透水係数を算定すると、約 $1 \times 10^{-6}$ cm/sec(換算厚0.5m)となった。

以上より、陸側遮水壁の検討において用いた海側遮水壁の遮水性の想定に対して、同等以上の遮水性を有していると評価した。

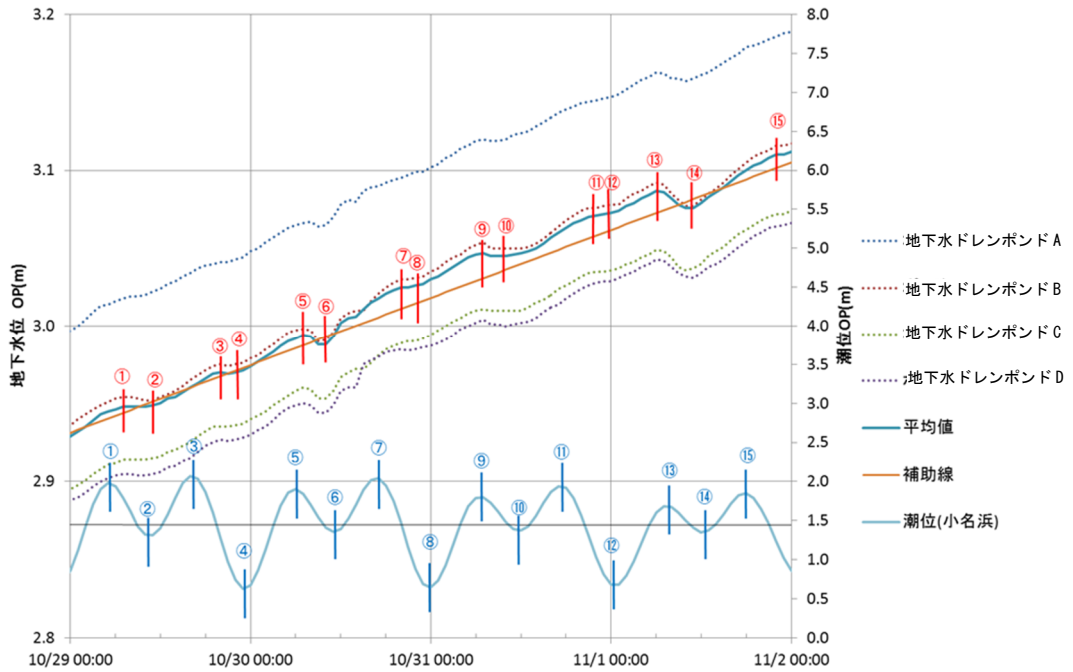
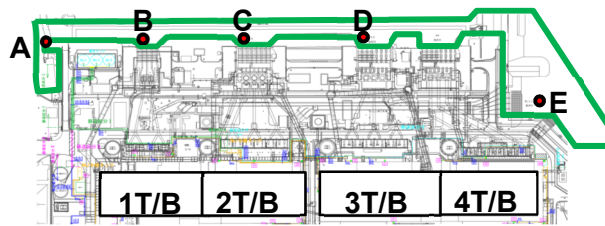


図-3 海側遮水壁閉合後における潮汐と地下水位との関係

以上

## 陸側遮水壁（海側）の閉合範囲

### 1. 概要

陸側遮水壁（海側）は1～4号機海水配管トレンチ下部は非凍結とし、残りの部分を凍結する。

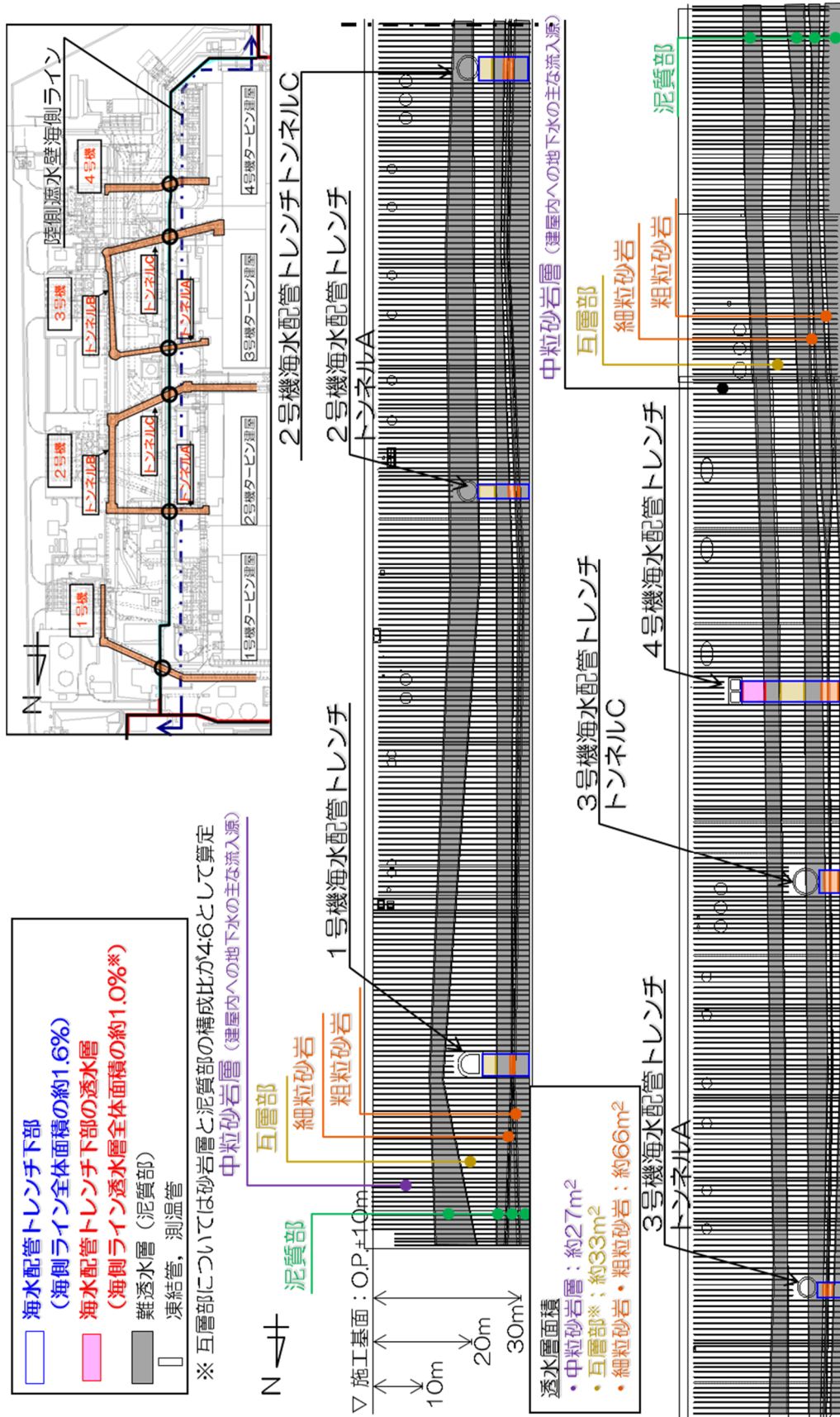
そのため、第一段階の海水配管トレンチ下部の非凍結箇所における地下水流の影響による地盤安定性を評価することを目的として以下の検討を行った。

### 2. 陸側遮水壁（海側）における海水配管トレンチ下部の非凍結箇所

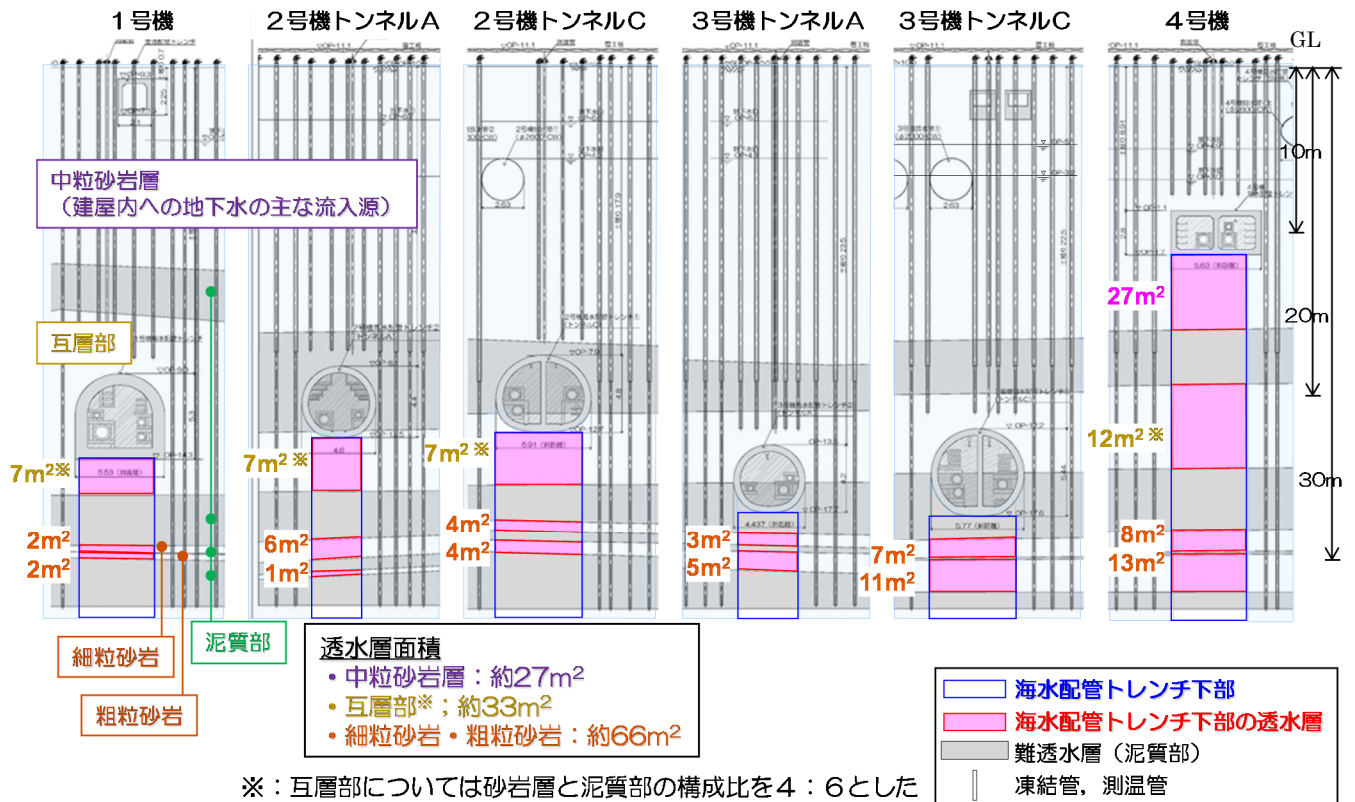
1～4号機海水配管トレンチ（海水配管トレンチ）部においては、削孔ビットがトレンチ内部の配管架台（H鋼等）等と干渉し、削孔に長時間を要することから、まず、海水配管トレンチ下部の地盤を除いた範囲を凍結することとする。その後、海水配管トレンチ近傍で地下水位のモニタリングを実施し、周辺地下水位との比較や建屋流入量への影響などを評価して、海水配管トレンチ下部の施工時期を決める。

従って、第一段階の海側の閉合時には、図－1に示す海水配管トレンチ下部を非凍結（海側ライン全体面積の約1.6%、海側ライン透水層全体面積の約1.0%）とする。

なお、非凍結箇所の透水層面積は中粒砂岩層：約27m<sup>2</sup>、互層部：約33m<sup>2</sup>、細粒・粗粒砂岩：約66m<sup>2</sup>、計126 m<sup>2</sup>となっている（図－2）。



図一1 海水配管トレンチ下部の非凍結範囲 (概要)



図一 2 海水配管トレンチ下部の非凍結範囲（詳細）

### 3. 海水配管トレンチ下部の非凍結箇所を通じた陸側遮水壁外への地下水移動量の評価

海水配管トレンチ下部の非凍結箇所を通じた陸側遮水壁外への地下水移動量を確認するため、陸側遮水壁（海側）西側の地下水位が上昇し、移動量が大きくなる第一段階フェーズ1を対象とし、評価を実施した。なお、評価に使用した物性値を表一1に示す。

陸側遮水壁（海側）西側の地下水収支計算（図一3）を、海水配管トレンチ下部の非凍結箇所（中粒砂岩層、互層、細粒・粗粒砂岩）を通じた地下水の移動を考慮して実施し、地下水収支がバランスする地下水位および非凍結箇所を通じた移動量を算定した。ただし、フェーズ1で南北方向へ地下水が移動しないと仮定した。

#### ① 中粒砂岩層・互層

上述の計算により、フェーズ1での中粒砂岩層の地下水位はT. P. +3.5m (O. P. +5.0m)、最大上昇量は1.0mとなった。互層は陸側遮水壁（海側）内外で中粒砂岩層の上昇量相当の1.0mの水頭差が生じるとした。海水配管トレンチ下部の非凍結箇所を通じた地下水移動量は、中粒砂岩層が約60m<sup>3</sup>/日、互層が約20m<sup>3</sup>/日となった（図一4）。

但し、互層を通じて流出した地下水は、以下の②と同様の経路により、全量、海へ流出すると考えた。

#### ② 細粒・粗粒砂岩

建屋周辺の下部に存在する泥質部は遮水性が高いことから、4号機建屋周辺を除き、下部への地下水の流れは生じ難く、陸側遮水壁（海側）の海水配管トレンチ下部の細粒・粗粒砂岩に一部非凍結の箇所があっても遮水壁内の地下水の移動は考え難い。しかし、ここでは保守的に、海側遮水壁近傍で細粒・粗粒砂岩の圧力が抜けた場合を仮定して、海水配管トレンチ下部の細粒・粗粒砂岩を通じて海へと移動する地下水量を算定した。

①で示した通り、フェーズ1での中粒砂岩層の地下水位は T.P.+3.5m (O.P.+5.0m) となった。移動経路を図-5に示す通り、陸側遮水壁（海側）西側の互層部→泥質部→細粒・粗粒砂岩→泥質部→互層部→泥質部→海域として算定すると、海水配管トレンチ下の非凍結箇所（細粒・粗粒砂岩）を通じた移動量は約30m<sup>3</sup>/日となった（図-5）。

表-1 物性値

地層区分	震災前		震災後		有効間隙率 (実流速換算時)	備考
	透水係数(cm/sec)		透水係数(cm/sec)			
地層名	水平	鉛直	水平	鉛直		
盛土	2.8E-03	2.8E-03	2.8E-03	2.8E-03	0.46	
段丘堆積物	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	0.41	中粒砂岩層同様
沖積層	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03	0.41	文献値
中粒砂岩	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	0.41	
中粒砂岩(南側、上部)	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	35m盤の号測線以南範囲
中粒砂岩(南側、下部)	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
互層	1.0E-03	1.1E-06	1.0E-03	1.1E-06	0.41	異方性考慮
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
細粒砂岩	2.3E-03	2.3E-03	2.3E-03	2.3E-03	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
粗粒砂岩	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
建屋基礎およびMMR	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	0.30	コンクリート相当
建屋側壁	1.0E-06	1.0E-06	5.0E-06	5.0E-06	0.30	感度解析から設定 <sup>※1</sup>
既設矢板	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-04	1.0E-04	0.30	感度解析から設定、施工幅0.8m <sup>※2</sup>
ポンプ室およびピット	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	0.30	コンクリート相当
4m盤グラウチング	-	-	3.0E-05	3.0E-05	0.30	中粒砂岩層の1/100相当、施工幅2m
砕石	-	-	1.0E-01	1.0E-01	0.41	埋立部
鋼管矢板	-	-	1.0E-06	1.0E-06	0.30	海側/バウンダリ、施工幅2m
陸側遮水壁	-	-	0.0E+00	0.0E+00	-	施工幅2m

※1: 建屋への流入量が400m<sup>3</sup>/日を再現できる透水係数  
 ※2: 地下水位(C-3, C-4, C-5)が再現できる透水係数

沖積層の透水係数については実測データがないため、日本の地盤を対象とした地下水データベース（梅田浩司，柳澤孝一，米田茂夫(1995)：日本の地盤を対象とした透水係数データベースの作成，地下水学会誌，第37巻，第1号，1995）の第四紀更新世（平均値：1.2E-03 cm/sec）と第四紀完新世（平均値：5.6E-04 cm/sec）の透水係数の平均値(8.1E-4 cm/sec)から1E-3 (cm/sec)と設定した。



4m 盤のフェーシングエリアに  
おける降雨浸透率は0%と仮定。  
( ) 内の数字は降雨浸透率を  
30%とした場合の参考値。

	地下水供給量 (m <sup>3</sup> /日) ①	降雨浸透量 (m <sup>3</sup> /日) ②	供給量計 (m <sup>3</sup> /日) <sup>※1</sup> ③=①+②	SD水位 (OP.m)	SD汲み上げ量 (m <sup>3</sup> /日) ④	建屋流入量 (m <sup>3</sup> /日) ⑤	4m盤汲み上げ量 (m <sup>3</sup> /日) ⑥	港湾内への移動量 (m <sup>3</sup> /日) ⑦	系外への移動量 (m <sup>3</sup> /日) ⑧	支出量計 (m <sup>3</sup> /日) ⑨=Σ④~⑧
海側閉合 (平均値)	860	190 (250)	1,050 (1,110)	5.0	700	190	80 (140)	30	50	1,050 (1,110)

※1 供給量は至近のデータ (2015年11月6日~2016年1月7日) に基づく

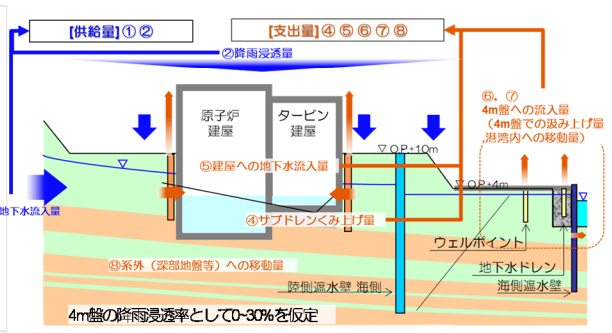
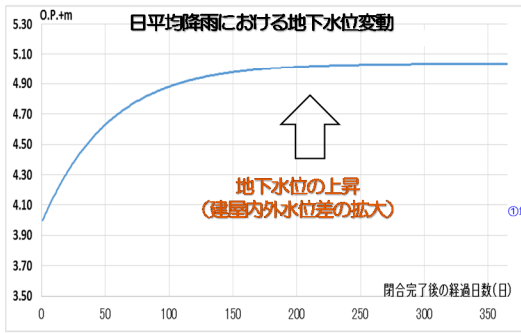
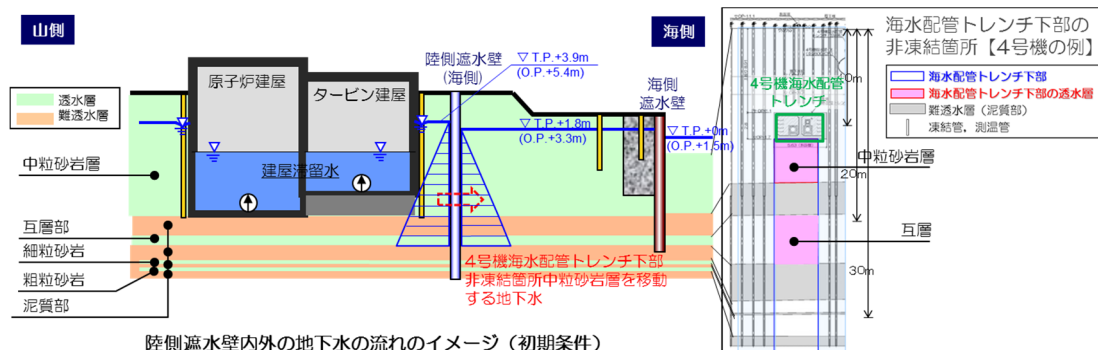


図-3 陸側遮水壁 (海側) のみ閉じた場合の地下水収支想定



	流出量(m <sup>3</sup> /日)	
	中粒砂岩層	互層
フェーズ1	約60	約20

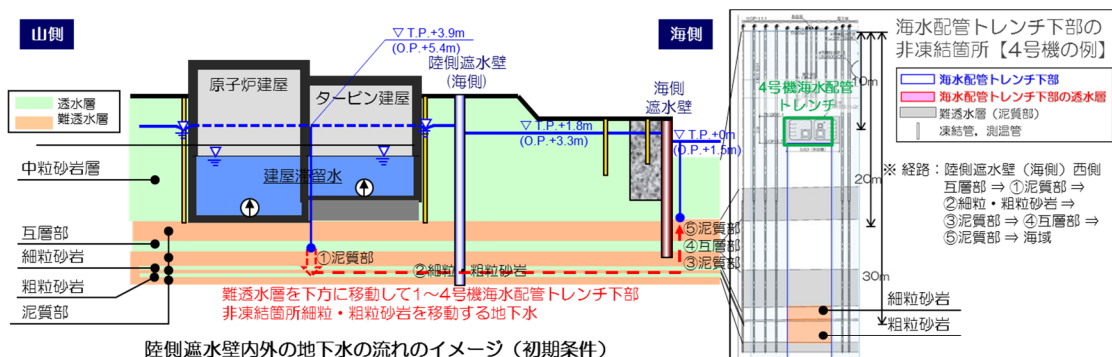
【算定式】

$$Q = A \times k \times \frac{\Delta h}{L}$$

【試算条件】

- 陸側遮水壁 厚さ L : 2m
  - <中粒砂岩層>
    - 中粒砂岩層透水係数 :  $3.4 \times 10^{-3}$  (cm/s, 試験結果対数平均)
    - 水位差  $\Delta h$  : 1.7 m
    - 【陸側遮水壁 (海側) 西側】 T.P.+3.5m (O.P.+5.0m)
    - 【陸側遮水壁 (海側) ~ 海側遮水壁】 : T.P.+1.9m (O.P.+3.4m)
    - 断面積 A : 27m<sup>2</sup>
  - <互層>
    - 互層透水係数 :  $1.3 \times 10^{-3}$  (cm/s, 試験結果対数平均)
    - 水頭差  $\Delta h$  : 1.0m (中粒砂岩層上昇相当)
    - 断面積 A : 32m<sup>2</sup>
- 互層の非凍結箇所から流出した地下水は全量海側に流出すると考えた。

図-4 海水配管トレンチ下部の非凍結箇所を通じた地下水移動量の想定 (第一段階フェーズ1 中粒砂岩層)



	流出量(m <sup>3</sup> /日)	
	細粒・粗粒砂岩	
フェーズ1	約30	

【算定式】

$$Q = \Delta h \times \frac{k1 \times \frac{A1}{L1} \times k2 \times \frac{A2}{L2}}{K1 \times \frac{A1}{L1} + k2 \times \frac{A2}{L2}}$$

【試算条件】

- 通過経路のうち, ①, ② (陸側遮水壁 (海側) 通過部のみ), ③~⑤の経路通過による圧力損失を考慮。
- 圧力損失  $\Delta h$  : 3.5m, 【陸側遮水壁 (海側) 西側】 T.P.+3.5m (O.P.+5.0m), 【海域】 : T.P.±0m (O.P.+1.5m)
- ①・③~⑤
  - 透水係数 k :  $2.5 \times 10^{-6}$  (cm/s, 試験結果対数平均), ※ 互層部の鉛直透水係数は泥質部と同一の透水係数に設定
  - 泥質部・互層部厚さ L : 計 18m, 断面積 A : 100,000m<sup>2</sup> (陸側遮水壁 (海側) 西側面積)
- ② (陸側遮水壁 (海側) 通過部)
  - 透水係数 k :  $1.8 \times 10^{-3}$  (cm/s, 試験結果対数平均)
  - 陸側遮水壁 (海側) 厚さ L : 2m, 断面積 A : 66m<sup>2</sup> (海水配管トレンチ下部非凍結箇所面積)

図-5 海水配管トレンチ下部の非凍結箇所を通じた地下水移動量の想定 (第一段階フェーズ1 細粒・粗粒砂岩)



#### 4. 海水配管トレンチ下部の非凍結箇所における地下水流速増加に対する地盤の安定性

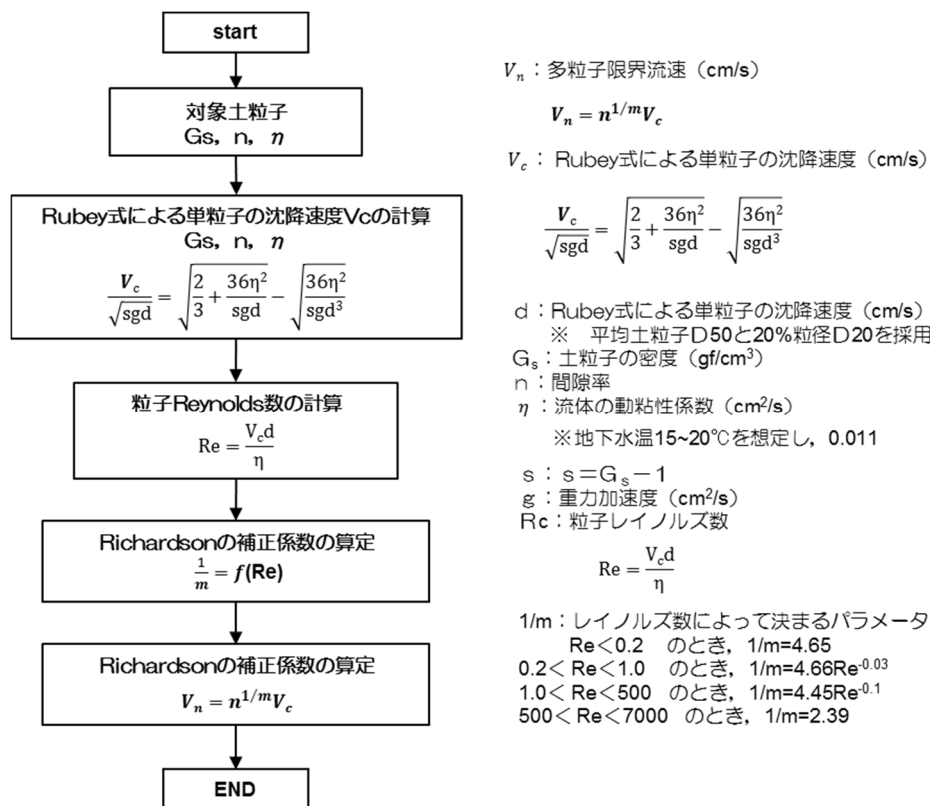
陸側遮水壁（海側）の閉合後，海水配管トレンチ下部の非凍結箇所では，地下水流速が速くなり，地盤中の土粒子が動いて地盤に損傷を与える懸念があることから，地下水流速に対する地盤安定性について評価する。ここでは海水配管トレンチ下部の非凍結箇所の地下水流速による地盤損傷を確認するため，地下水流速が厳しい，第一段階（フェーズ1）を対象とする。

##### (1) 評価方法

3次元浸透流解析等を用いて，陸側遮水壁（海側）の海水配管トレンチ下部の非凍結箇所の地下水流速を想定し，地盤中の土粒子が地下水の流れにより動き出す時の地下水流速（限界実流速）よりも小さいことを確認する。

具体的には，地盤中の土粒子が動く限界実流速の算定にあたっては，土粒子付近に発生する渦や摩擦等の影響を考慮した「多粒子限界流速の算定式」（杉井他 1997）（図-6）を用いて算定した平均粒径（D50）および20%粒径（D20）における限界実流速が，非凍結箇所の実流速（3次元浸透流解析結果）よりも大きいことを確認する。

なお，評価に用いる土粒子の粒径は，土質試験を複数実施している5号機南側付近（5試料）の試験結果を用いる。



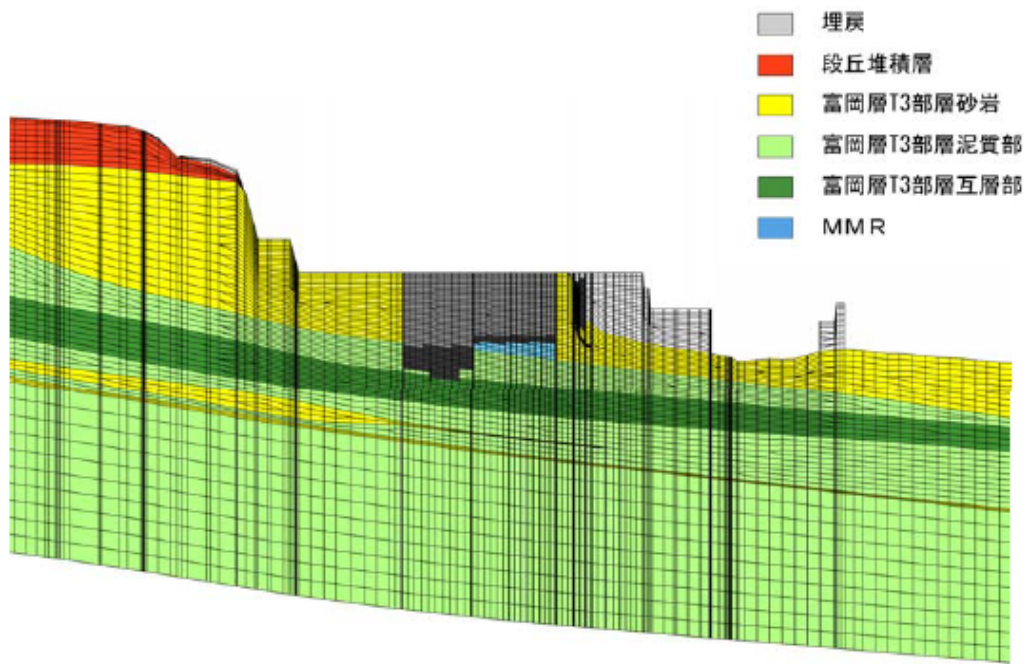
出典 浸透破壊における粒子群を考慮した限界流速 (1997, 杉井, 宇野, 山田ら)

図-6 多粒子限界流速の算定式フロー

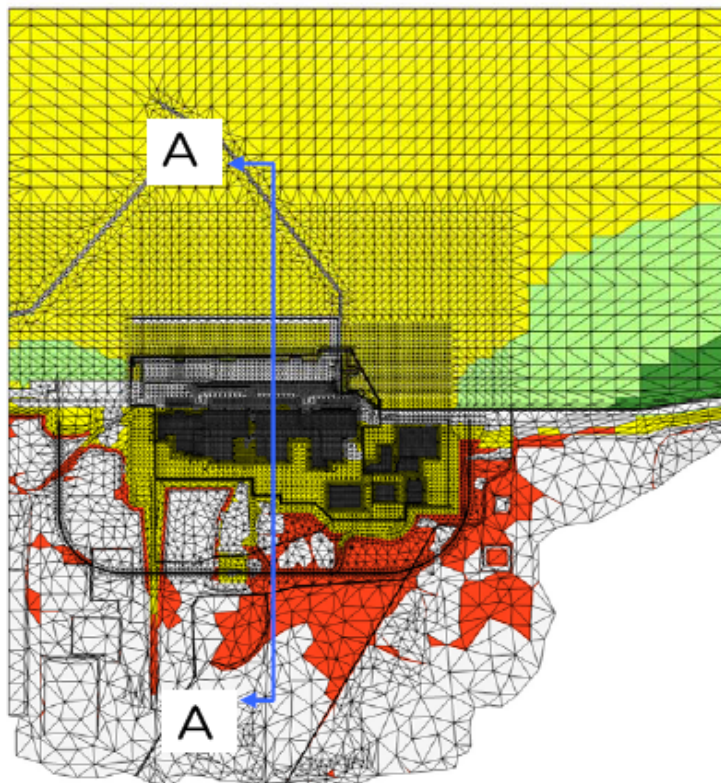
(2) 非凍結箇所における地下水実流速の想定

海側のみを閉合した条件で、3次元浸透流解析を用いて海水配管トレンチ下部の透水層における流速を基に、実流速を算定した。解析モデルを図-7に、物性値は表-1に、解析条件を表-2に、解析により算定した地下水分布を図-8、9に示す。その結果、表-3に示す通り、1号機海水配管トレンチ下部の互層部において地下水実流速が最大となり3.6m/day ( $4.2 \times 10^{-3}$ cm/s)程度になった。

上記解析では、陸側遮水壁(山側)の北側一部を未閉合の状態で評価している。この影響を保守的に考慮するため、「3.②」で述べた建屋周辺地下水位の地下水収支計算上における最大上昇量(約1.0m)を、上記3次元浸透流解析により得られた陸側遮水壁(海側)内外の水位差に考慮し、地下水実流速を求めた。その結果、1号機海水配管トレンチ下部の互層部における地下水実流速は、7.2m/day ( $8.3 \times 10^{-3}$ cm/s)程度になった。



【断面図 (A-A)】



【平面図】

図-7 解析モデル

表-2 3次元浸透流解析に用いた計算条件

各設備		解析条件
降雨量		年平均降雨量1,545mm (建屋以外の領域に降雨)
降雨浸透率		55%
海側(鋼管)遮水壁		閉合
4m盤	地盤改良	海側のみ
	揚水工(リフト)	O.P.+3.4m
	地下水ドレン	O.P.+3.4m
	フェーシング	100%
4~10m盤	フェーシング	0%
	フェーシング	0%
10m盤 (陸側遮水壁内)	1~4号建屋水位	O.P.+3m
	サブドレン	O.P.+4m
	陸側遮水壁	海側:閉合 山側:0%
	注水井からの注水	無
35m盤	地下水バイパス	稼働

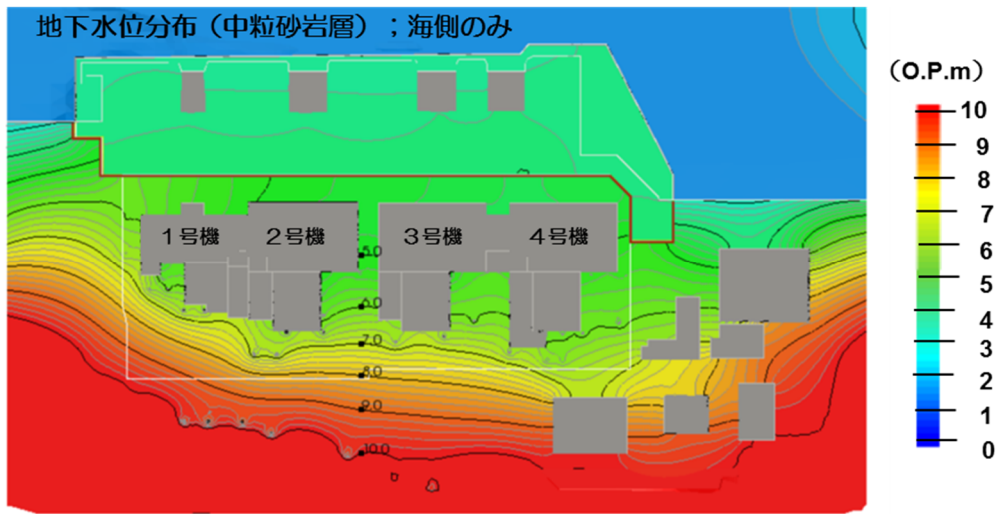


図-8 3次元浸透流解析結果による地下水位分布（中粒砂岩層）

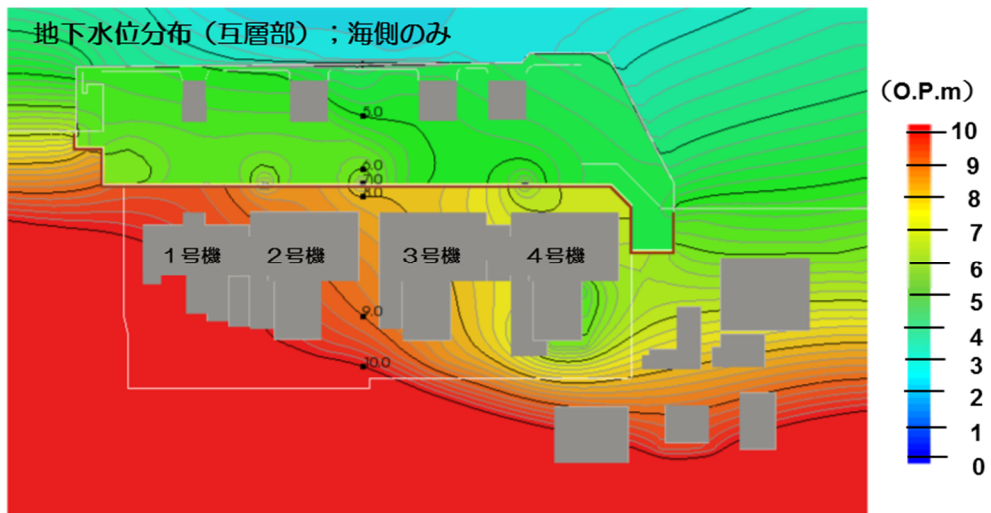


図-9 3次元浸透流解析結果による地下水位分布（互層部）

表－3 非凍結箇所での最大流速（3次元浸透流解析結果）

	中粒砂岩層	互層部	細粒砂岩	粗粒砂岩
最大流速が発生する箇所	4号機下	1号機下	1号機下	1号機下
ダルシー流速 (cm/day)	27.4	42.8	54	39.1
実流速① (cm/day)	66.8	261	132	95.4
実流速② (cm/day)	91.3	357	180	130

①有効間隙率：41%、②有効間隙率:30%

互層部内のうち砂岩のみ地下水が流れるものと仮定（砂岩：泥岩=4:6）

(3) 互層部の土質試験結果

土質試験結果（5号機南側，5試料）による互層部（互層部中の砂岩）の粒度試験結果は表－4に示す通り，20%粒径は0.205mm，平均粒径は0.306mmであった。

表－4 粒度試験結果（5号機南側付近 互層部内の砂岩）

（単位：mm）

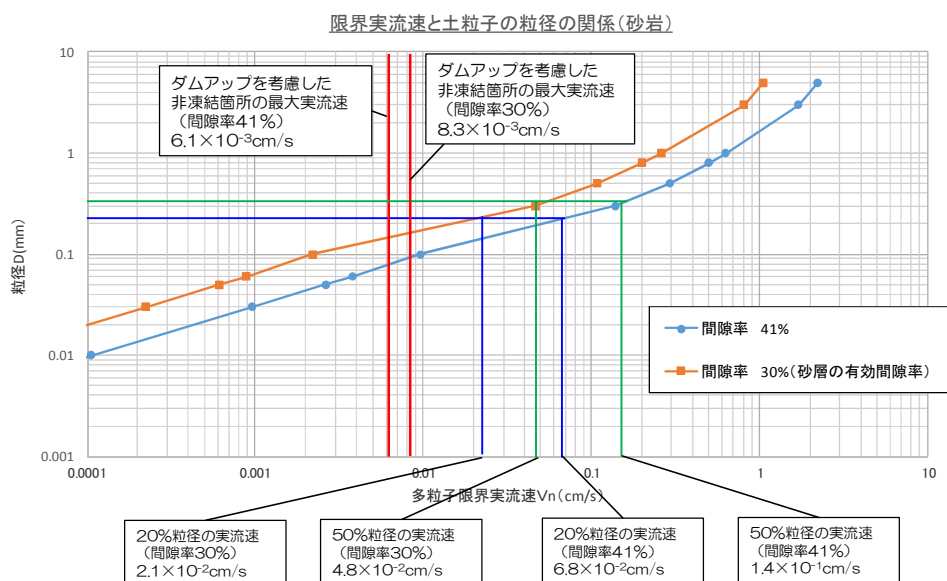
ボーリング名	20%粒径	平均粒径
ow5c-8	0.190	0.300
ow5c-10	0.180	0.300
ow6c-8	0.220	0.320
ow6c-9	0.235	0.310
ow7c-10	0.200	0.300
平均値	0.205	0.306

20%粒径をD20，平均粒径をD50とした

(4) 陸側遮水壁（海側）の非凍結箇所での地盤安定性の評価

地盤中の土粒子が動き出す時の最大流速（限界実流速）と土粒子の関係，想定最大実流速を図-10に示す。20%粒径および50%粒径の限界実流速は，間隙率が30%（砂層の有効間隙率），41%（室内試験値）のいずれの条件でも，想定最大実流速の方が小さい結果となった。

以上より，陸側遮水壁の海側の非凍結箇所は，地盤安定上は問題ないものと評価する。



※ 水平方向における土粒子の抵抗を考慮して多粒子限界実流速は「多粒子限界実流速の算定式」の算出結果に摩擦係数（内部摩擦角38.5°）を乗じた値としている。内部摩擦角は、「福島第一原子力発電所 原子炉変更許可申請書」を参照。

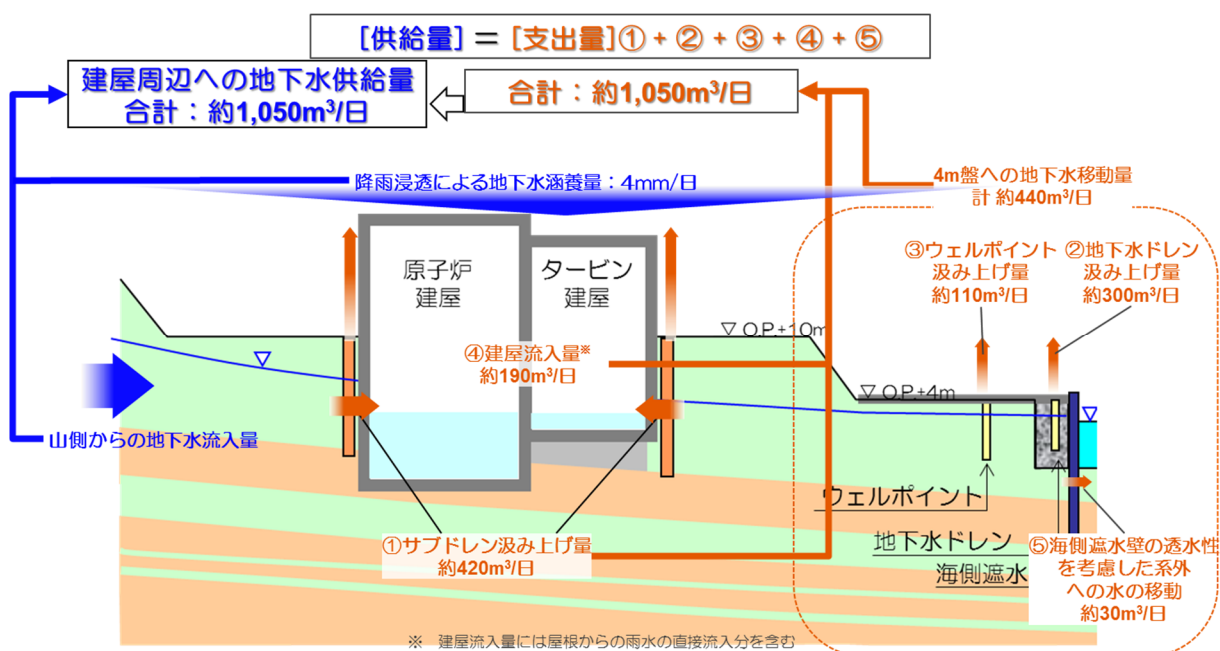
図-10 限界実流速と土粒子の粒径の関係および想定最大実流速

以上

地下水収支と地下水位低下挙動

1. 陸側遮水壁閉合前の建屋周辺への地下水供給量

陸側遮水壁閉合前の建屋周辺への地下水供給量については、地下水ドレンの汲み上げを開始した2015年11月6日から2016年1月7日までの間の建屋流入量・各種汲み上げ量の実績等から、1,050m<sup>3</sup>/日程度（下式）と評価した。



図－1 陸側遮水壁閉合前の建屋周辺への地下水供給量の評価結果



## 2. 陸側遮水壁閉合後の地下水収支と地下水位低下挙動

陸側遮水壁山側の段階閉合時における地下水遮断率ごとの地下水収支、地下水位低下挙動を評価する。

### (1) 評価の考え方と仮定

#### ①地下水収支

陸側遮水壁閉合域内の地下水収支は、下式で表せる（図-2参照）。

降雨浸透による地下水涵養量【E】+ 山側からの地下水流入量【F】=  
サブドレン汲み上げ量【A】+ 建屋流入量【B】+ 4m盤への地下水移動量【C】  
+ 陸側遮水壁閉合範囲外（深部地盤等）への移動量【D】

上流からの地下水流入量が減少すると、閉合域内の地下水位が低下するとともに、A、B、C、D各々が減少する。ここで、Eは定数、Fは地下水遮断率のみに、B、C、Dは、地下水位のみに依存すると仮定すると、Aは、E+FとB+C+Dの差分で示すことができる。下記のように地下水遮断率を設定し、収束計算により、地下水位、並びにA、B、C、Dを算定する。

なお、ここでは、以下を仮定する。

- ・地下水遮断率：50%，90%，100%
- ・降雨浸透率：4m盤以外：55%，4m盤：0%<sup>\*</sup>，(参考)30%<sup>\*</sup>

※段階閉合時の地下水位低下量に関して、降雨による地下水涵養量を少なく評価するために、4m盤のフェーシング効果を100%見込み、降雨浸透率を0%と仮定した。

なお、参考として、浸透率を30%とした場合の評価も併せて示す。

- ・降雨量：12ヶ月間累積最小降雨（【参考】参照）にもとづき、2mm/日（ $\div 763\text{mm}/365$ 日）とする。
- ・地下水位：閉合域内の地下水位は一様に変動する
- ・建屋流入量：建屋滞留水水位と10m盤地下水位（サブドレン水位）との水位差に比例する
- ・4m盤への地下水移動量：10m盤地下水位（サブドレン水位）と4m盤地下水位との水位差に比例する。但し、互層を通じた地下水の移動は考慮しない。（別紙-4 図-4参照）
- ・陸側遮水壁閉合範囲外（深部地盤等）への移動量：深部地盤への地下水の移動が存在すると仮定し、10m盤地下水位（サブドレン水位）と潮位との水位差に比例する（別紙-4 図-5参照）
- ・陸側遮水壁閉合範囲内の地下水位（サブドレン水位）の初期値：T.P.+2.5m

(O. P. +4. 0m)

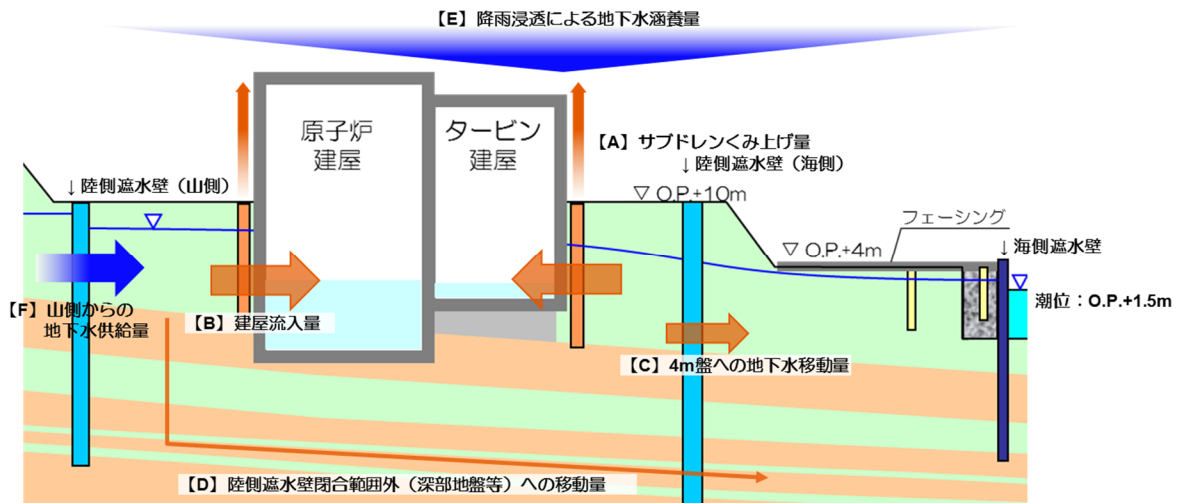
- ・ 7. 5m～4m 盤の地下水位の初期値：T. P. +1. 9m (O. P. +3. 4m)

## ②地下水位低下挙動

設定した遮断率の状態が、長期間継続すると仮定し、その期間の地下水位低下量の時間的変動を評価する。評価は地下水遮断率を 50% (ケース 1)、90% (ケース 2)、100% (ケース 3) の 3 ケースについて行う。①の考え方をもとに、建屋滞留水水位を固定し、降雨浸透による涵養量および建屋流入量等の地下水収支に基づき、地下水位の変化量を算出する。変化後の地下水位を基に地下水収支を算出し、地下水位変化量を算出する繰り返し計算により地下水位低下量の時間的変動を評価する。

ここでは、①の仮定のうち、以下を変更する。

- ・ 降雨量：1～12 ヶ月間の累積最小降雨 (【参考】参照) にもとづき、各月の降雨量から、1 日あたりの降雨量を評価。
- ・ 降雨浸透率：4m 盤以外：55%，4m 盤：0%



図－2 地下水収支・地下水位変動量の時間的変動の算定に関わる各種項目

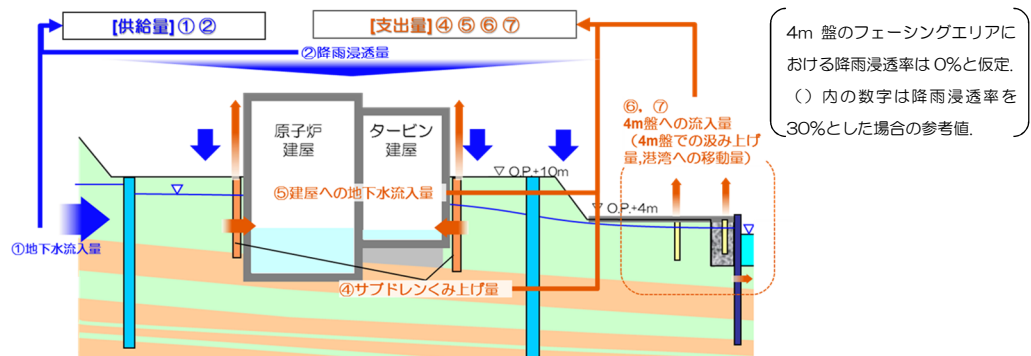
## (2) 評価結果

### ①地下水収支 (図－3)

地下水遮断率を 50%とした場合において建屋流入量は現状より減少するものの、サブドレン汲み上げ量は現状とほぼ変わらない結果であった。

地下水遮断率を 90%とした場合においても、サブドレン汲み上げ量は約 30m<sup>3</sup>/日程度であり、サブドレン水位は O. P. +4. 0m を維持している。

地下水遮断率	山側からの地下水流入量① (m <sup>3</sup> /日)	降雨浸透による地下水涵養量② (m <sup>3</sup> /日)	供給量計③=①+② (m <sup>3</sup> /日)	サブドレン水位 (OP:+m)	サブドレン汲み上げ量④ (m <sup>3</sup> /日)	建屋流入量⑤ (m <sup>3</sup> /日)	4m盤汲み上げ量⑥ (m <sup>3</sup> /日)	港湾内への移動量⑦ (m <sup>3</sup> /日)	支出量計⑧=Σ④~⑦ (m <sup>3</sup> /日)
0%遮断	860	190	1050	5.0	420	190	410	30	1050
50%最小降雨	430	100(130)	530(560)	4.0	370	90	40(70)	30	530(560)
90%最小降雨	90	100(130)	190(220)	4.0	30	90	40(70)	30	190(220)
100%最小降雨	0	100(130)	100(130)	3.5	0	50	20(50)	30	100(130)



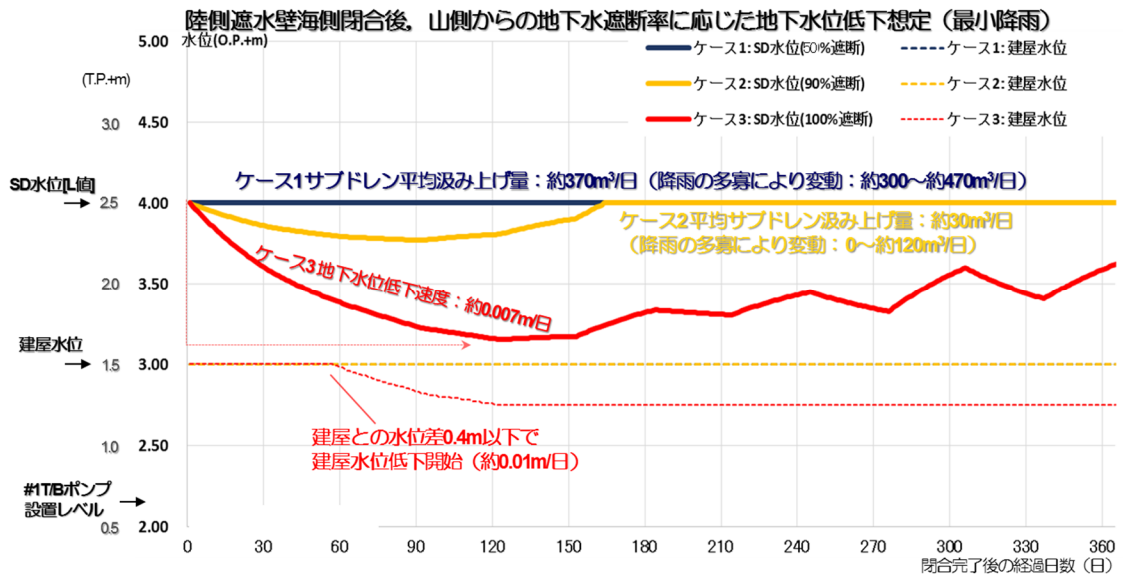
図－3 山側からの地下水流入の遮断率に応じた地下水収支イメージ

## ②地下水位低下挙動 (図－4)

ケース1 (遮断率 50%) では、上流からの地下水の流入および降雨浸透が日平均で約 530m<sup>3</sup>/日あり、サブドレンの稼働が継続し、地下水位は平均的に O. P. +4m に維持される。

ケース2 (遮断率 90%) では、供給量が日平均で約 190m<sup>3</sup>/日あり、少雨時期にはサブドレン稼働水位以下まで地下水位が低下するものの、降雨とともに徐々に水位が回復し、サブドレンが稼働すると評価できる。

一方、ケース3 (遮断 100%) では、山側からの流入が完全に遮断されるため、地下水位は低下するが、その地下水位低下量 (最大約 0.007m/日) は建屋滞留水水位制御能力 (約 0.01m/日) 以下であり、建屋内外水位差が逆転することはないと評価している。なお、降雨とともに水位が回復し、建屋との水位差を保持した状態で推移する。



図－4 山側からの地下水流入の遮断率に応じた地下水変動の想定

【参考】浪江地点の1～12ヶ月累積最小降雨

降雨条件については、地域気象観測システム（アメダス）浪江地点の30年間の降水実績（気象庁HPより）から、下表のように1～12ヶ月累積最小降雨（対象月は表-1のとおり）および、降水量の月間差分を算出し、設定した。なお、サイトが位置する大熊地点（福島第一原子力発電所構内）の降水量とほぼ同程度であることを確認済みであり、長期間のデータの信頼性（欠測期間の有無・長さ）を考慮し、浪江地点の降水量実績を用いることとした。

表-1 浪江地点の1～12ヶ月の累積最小降雨の設定

月間	時期	降水量 (mm)	降水量月間差分 (mm)
1	1985年1月 1995年12月	2	2
2	1977年1～2月	11	9
3	1995年12月～1996年2月	25	14
4	1998年11月～1999年2月	54	29
5	1995年10月～1996年2月	105	51
6	1995年10月～1996年3月	200	95
7	1995年10月～1996年4月	262	62
8	1995年10月～1996年5月	369	107
9	1995年10月～1996年6月	421	52
10	1995年10月～1996年7月	569	148
11	1995年10月～1996年8月	619	50
12	1983年10月～1984年9月	763	144

以上

## 陸側遮水壁（山側）の閉合率と地下水遮断率の関係

## 1. 閉合率と地下水遮断率の関係

未凍結箇所では地下水の流れが集中して流速が大きくなり流入量が増加することから、陸側遮水壁（山側）閉合による山側からの地下水流入の減少の割合（地下水遮断率）は、陸側遮水壁（山側）総延長に対する凍結長さの割合（閉合率）より小さくなる。

ここでは、閉合率と地下水遮断率の関係について、解析を用いて評価する。

## (1) 評価方法

陸側遮水壁（山側）を段階的に凍結した場合の、閉合率と地下水遮断率の関係について、3次元浸透流解析を用いて評価した。

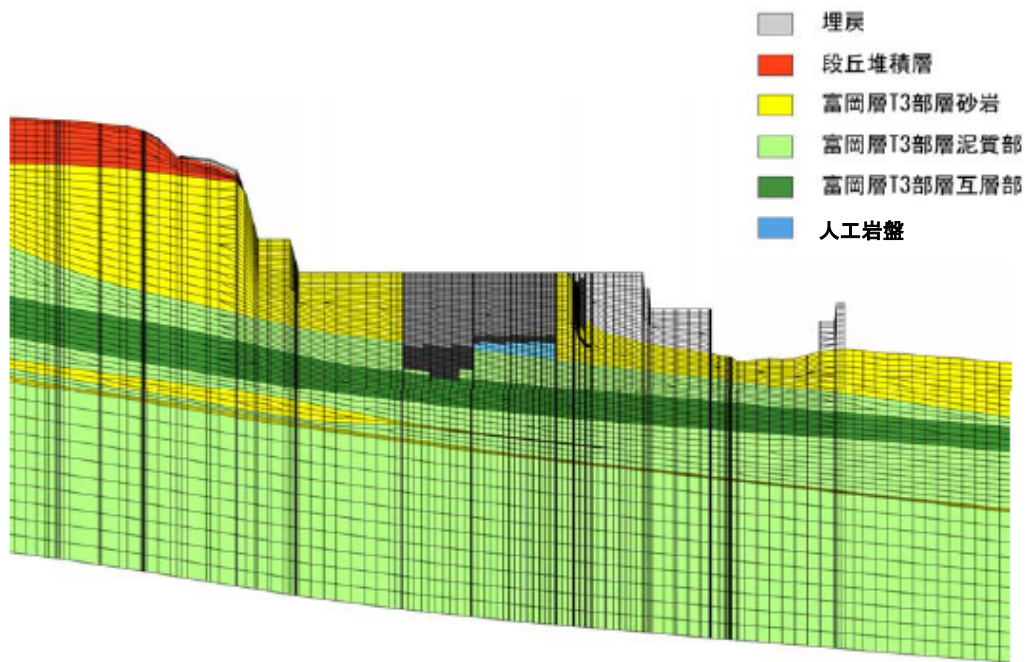
解析モデルを図-1に、物性値を表-1に、解析条件を図-2に示す。

解析ケースは、ケース1が陸側遮水壁（山側）の閉合率が0%の場合、ケース2と2'で「未凍結箇所の中粒砂岩の透水係数（現地透水試験結果の平均値と最小値）」を、ケース2と3で「未凍結箇所の配置（南北面への配置の有無）」をパラメータとして設定した。

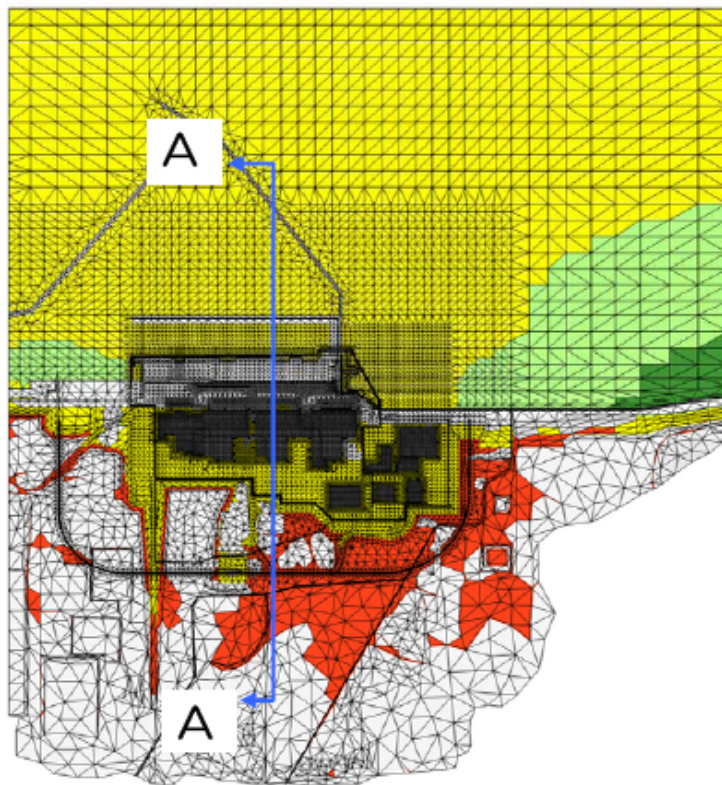
山側からの地下水流入量は、①建屋流入量、②サブドレンくみ上げ量、③海水配管トレンチ下の未凍結箇所を通じた4m盤への地下水流出量から、陸側遮水壁内の降雨浸透量（④）を除いた量（①+②+③-④）と算定した。地下水遮断率は、陸側遮水壁（山側）の閉合率が0%の場合（ケース1）の地下水流入量に対する、閉合率が約95%の場合（ケース2、2'、3）の地下水流入量の減少率として算定した。

## (2) 評価結果

陸側遮水壁（山側）の閉合率95%の場合の地下水遮断率は、約50~60%であった。



【断面図 (A-A)】 (縦・横で縮尺は異なる)



【平面図】

図-1 解析モデル

表-1 物性値

地層区分	震災前		震災後		有効間隙率 (実流速換算時)	備考
	透水係数(cm/sec)		透水係数(cm/sec)			
地層名	水平	鉛直	水平	鉛直		
盛土	2.8E-03	2.8E-03	2.8E-03	2.8E-03	0.46	
段丘堆積物	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	0.41	中粒砂岩層同様
沖積層	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03	1.0E-03	0.41	文献値
中粒砂岩	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	3.0E-03	0.41	
中粒砂岩(南側、上部)	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	0.41	35m盤の号測線以南範囲
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
中粒砂岩(南側、下部)	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
互層	1.0E-03	1.1E-06	1.0E-03	1.1E-06	0.41	異方性考慮
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
細粒砂岩	2.3E-03	2.3E-03	2.3E-03	2.3E-03	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
粗粒砂岩	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	0.41	
泥岩	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	1.1E-06	0.54	
建屋基礎およびMMR	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	0.30	コンクリート相当
建屋側壁	1.0E-06	1.0E-06	5.0E-06	5.0E-06	0.30	感度解析から設定 <sup>※1</sup>
既設矢板	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-04	1.0E-04	0.30	感度解析から設定、施工幅0.8m <sup>※2</sup>
ポンプ室およびピット	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	1.0E-06	0.30	コンクリート相当
4m盤グラウチング	-	-	3.0E-05	3.0E-05	0.30	中粒砂岩層の1/100相当、施工幅2m
砕石	-	-	1.0E-01	1.0E-01	0.41	埋立部
鋼管矢板	-	-	1.0E-06	1.0E-06	0.30	海側バウンダリ、施工幅2m
陸側遮水壁	-	-	0.0E+00	0.0E+00	-	施工幅2m

※1: 建屋への流入量が400m<sup>3</sup>/日を再現できる透水係数

※2: 地下水位(C-3, C-4, C-5)が再現できる透水係数

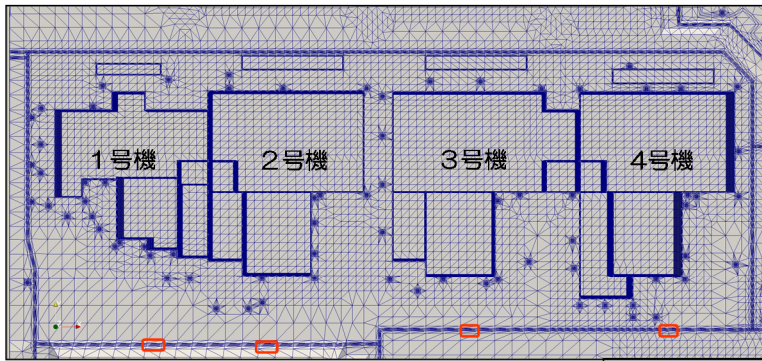
沖積層の透水係数については実測データがないため、日本の地盤を対象とした地下水データベース(梅田浩司, 柳澤孝一, 米田茂夫(1995): 日本の地盤を対象とした透水係数データベースの作成, 地下水学会誌, 第37巻, 第1号, 1995)の第四紀更新世(平均値: 1.2E-03 cm/sec)と第四紀完新世(平均値: 5.6E-04 cm/sec)の透水係数の平均値(8.1E-4 cm/sec)から1E-3(cm/sec)と設定した。



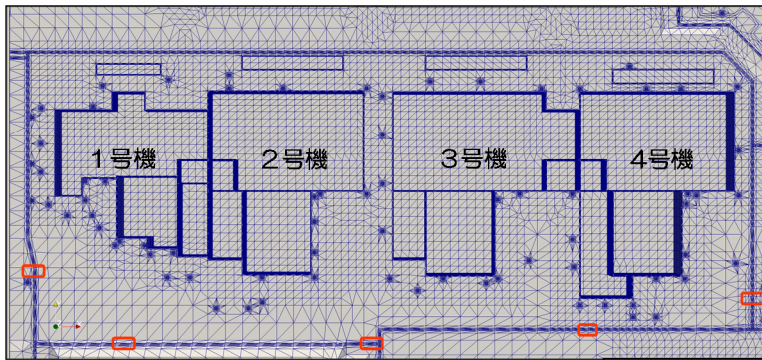
検討ケース

	陸側遮水壁 (山側)の閉合率	未凍結箇所配置	未凍結箇所 中粒砂岩層の透水係数※1
ケース1	0%		
ケース2	95%	西側4箇所	$3.0 \times 10^{-3} \text{cm/s}$
ケース2'		西側4箇所	$1.4 \times 10^{-3} \text{cm/s}$
ケース3		西側3箇所, 南北各1箇所	$3.0 \times 10^{-3} \text{cm/s}$

※1 透水係数は、現地透水試験結果の平均値 ( $3.0 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ) と最小値 ( $1.4 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ) とした。



未凍結箇所の配置 (ケース2, 2') □ 未凍結箇所



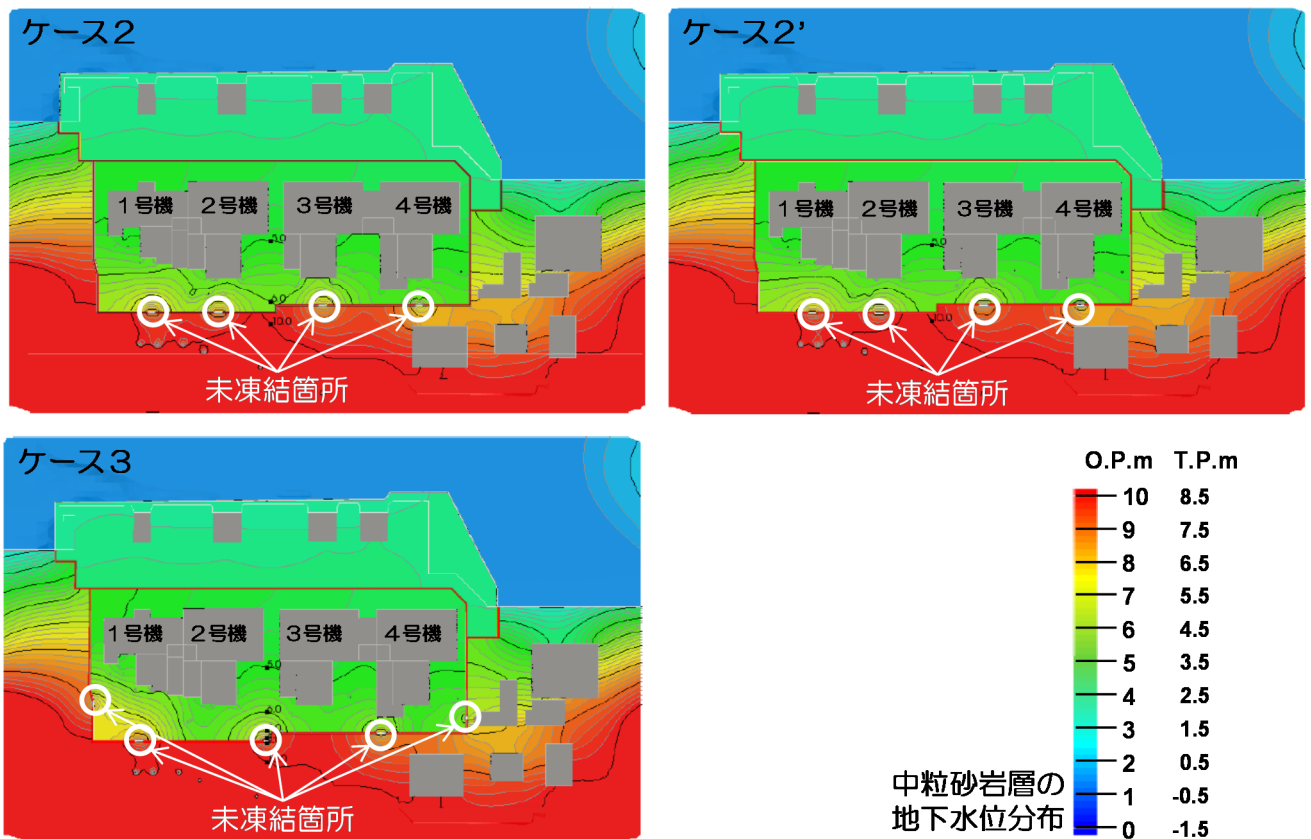
未凍結箇所の配置 (ケース3) □ 未凍結箇所

解析条件設定

各設備		解析条件
海側(鋼管)遮水壁		閉合
4m盤	地盤改良 (ウレシイト)	海側のみ
	揚水工	O.P.+3.4m
	地下水ドレン	O.P.+3.4m
4~10m盤	フェーシング	100%
	フェーシング	0%
10m盤 (陸側遮水壁内)	1~4号建屋水位	O.P.+3m
	サブドレン	O.P.+4m
	陸側遮水壁	海側: 閉合 山側: 検討ケース参照
	注水井からの注水	無
35m盤	地下水バイパス	稼働

降雨量	約4mm/日 一定 (建屋以外の領域に降雨)	年平均降雨量1,545mm
降雨 浸透率	55%	汚染水処理対策委員会報告より

図-2 閉合率と地下水遮断率に関する解析条件



浸透流解析の結果
※2 陸側遮水壁内の面積を64,000m<sup>2</sup>として算定  
※3 ケース1に対する地下水流入量の減少率

	閉合率	建屋流入量 ①	サブドレン 汲上げ量②	海水配管トレンチ下の 4m盤への流出③	降雨浸透量 ④※2	地下水流入量 ⑤=①+②+③-④	地下水 遮断率※3
ケース1	0%	230	370	5	140	465	—
ケース2	95%	180	170	5	140	215	54%
ケース2'	95%	170	150	5	140	185	60%
ケース3	95%	170	170	5	140	205	56%

図ー3 閉合率と地下水遮断率に関する解析結果

## 2. 地下水流速増加に対する地盤の安定性

未凍結箇所では、地下水流速が速くなり、地盤中の土粒子が動いて地盤に損傷を与える懸念があることから、地下水流速に対する地盤安定性について評価した。

### (1) 評価方法

別紙ー4 3. (1)と同様とした。

### (2) 未凍結箇所の実流速の想定

「1. 閉合率と地下水遮断率の関係」についての解析結果のうち、地下水流速が最も大きい「ケース2」を検討対象として、実流速を想定した。その結果、表ー2に示す通り、

1号機西側の互層部において地下水実流速が最大となり 2.6m/day ( $3.0 \times 10^{-3}$ cm/s) 程度になった。

表-2 未凍結箇所最大の流速 (3次元浸透流解析結果)

	中粒砂岩層	互層部*	細粒砂岩	粗粒砂岩
ダルシー流速 (cm/day)	74	31	40	55
実流速① (cm/day)	180.5	189.0	97.6	134.1
実流速② (cm/day)	246.7	258.3	133.3	183.3

①間隙率41%、②有効間隙率30%

※互層部内のうち砂岩のみ地下水が流れるものと仮定 (砂岩：泥岩=4:6)

### (3) 互層部の土質試験結果

土質試験結果 (5号機南側, 5試料) による互層部 (互層部中の砂岩) の粒度試験結果は表-3に示す通り。20%粒径は0.205mm, 平均粒径は0.306mmであった。

表-3 粒度試験結果 (5号機南側付近 互層部内の砂岩)

(単位: mm)

ボーリング名	20%粒径	平均粒径
ow5c-8	0.190	0.300
ow5c-10	0.180	0.300
ow6c-8	0.220	0.320
ow6c-9	0.235	0.310
ow7c-10	0.200	0.300
平均値	0.205	0.306

20%粒径をD20, 平均粒径をD50とした

### (4) 陸側遮水壁 (山側) の未凍結箇所の地盤安定性の評価

地盤中の土粒子が動き出す時の最大流速 (限界実流速) と土粒子の関係, 想定最大実流速を図-4に示す。20%粒径および50%粒径の限界実流速は, 間隙率が30% (砂層の有効間隙率), 41% (室内試験値) のいずれの条件でも, 想定最大実流速より1オーダー程度大きい結果となった。

以上より, 陸側遮水壁 (山側) の未凍結箇所は, 地盤安定上問題ないものと評価した。

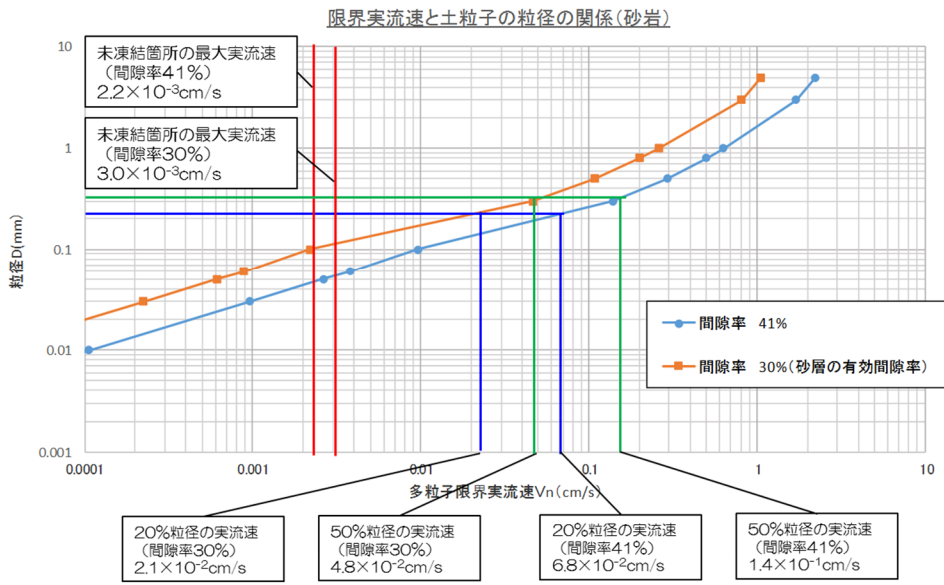


図-4 限界実流速と土粒子の粒径の関係と想定最大実流速

以上

## 陸側遮水壁（海側）のみを閉合した場合の影響評価

## 1. 概要

ここでは、仮に第一段階（フェーズ1）において、陸側遮水壁（山側）の北側一部を閉合しない場合、山側から流れ込む地下水は、建屋近傍の汚染されたエリアを通過し、陸側遮水壁（海側）の南北両脇から護岸付近に到達する可能性があることから、その影響を評価する。

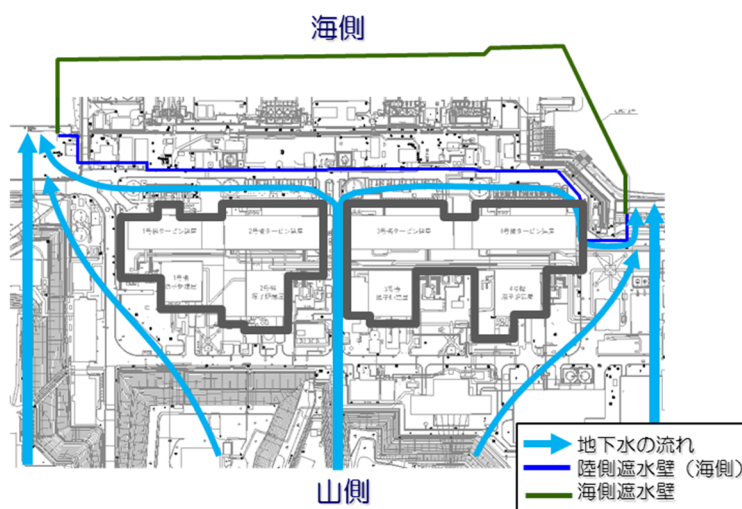


図-1 第一段階（フェーズ1）において陸側遮水壁（山側）の北側一部を閉合しない場合の建屋周辺の地下水の流れの概要

## 2. 建屋周辺の観測井における放射性物質濃度測定結果

建屋周辺の地下水の放射性物質濃度測定結果（2016年1月28日時点）を図-2～4に示す。

測定の結果、セシウム-137については、2号機建屋山側において $10^3$ Bq/L オーダー、1, 2号機建屋海側において $10^2$ Bq/L オーダーが検出されている。トリチウムについては、1, 2号機建屋海側において $10^4$ Bq/L オーダーが検出されている。ストロンチウム-90については、1号機タービン建屋海側において $10^3$ Bq/L オーダーが検出されている。



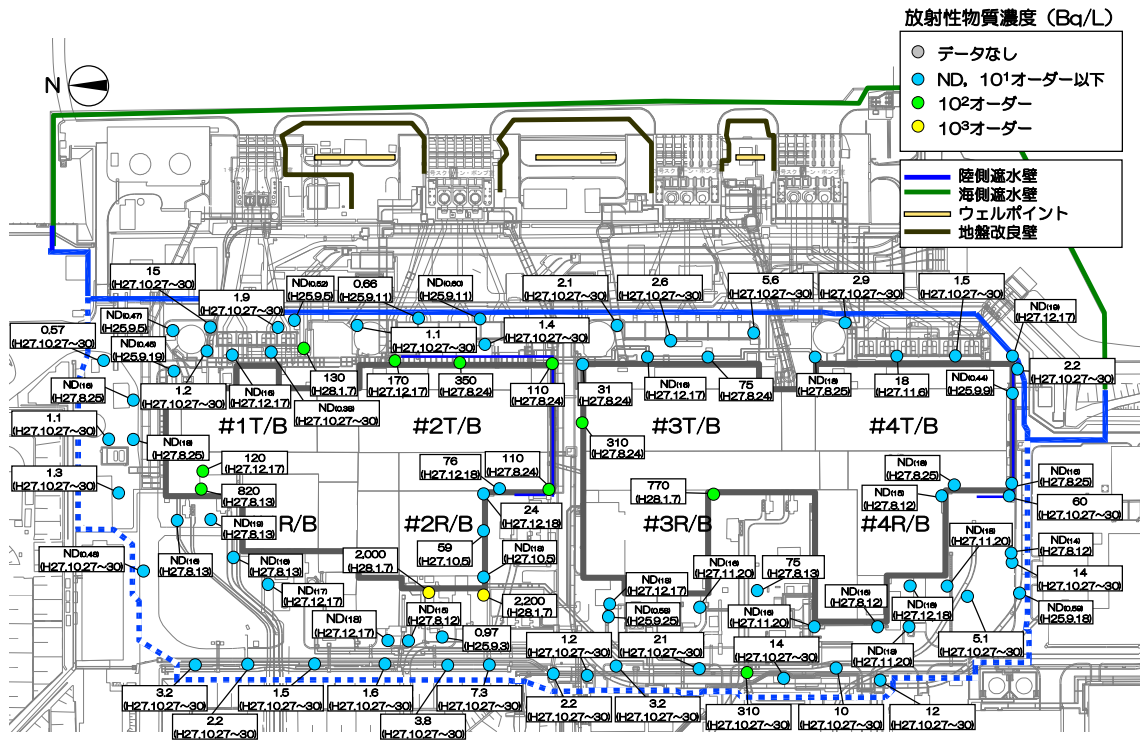


図-2 建屋周辺（海側）の観測井における放射性物質濃度測定結果（2016年1月28日時点）  
 （セシウム-137）

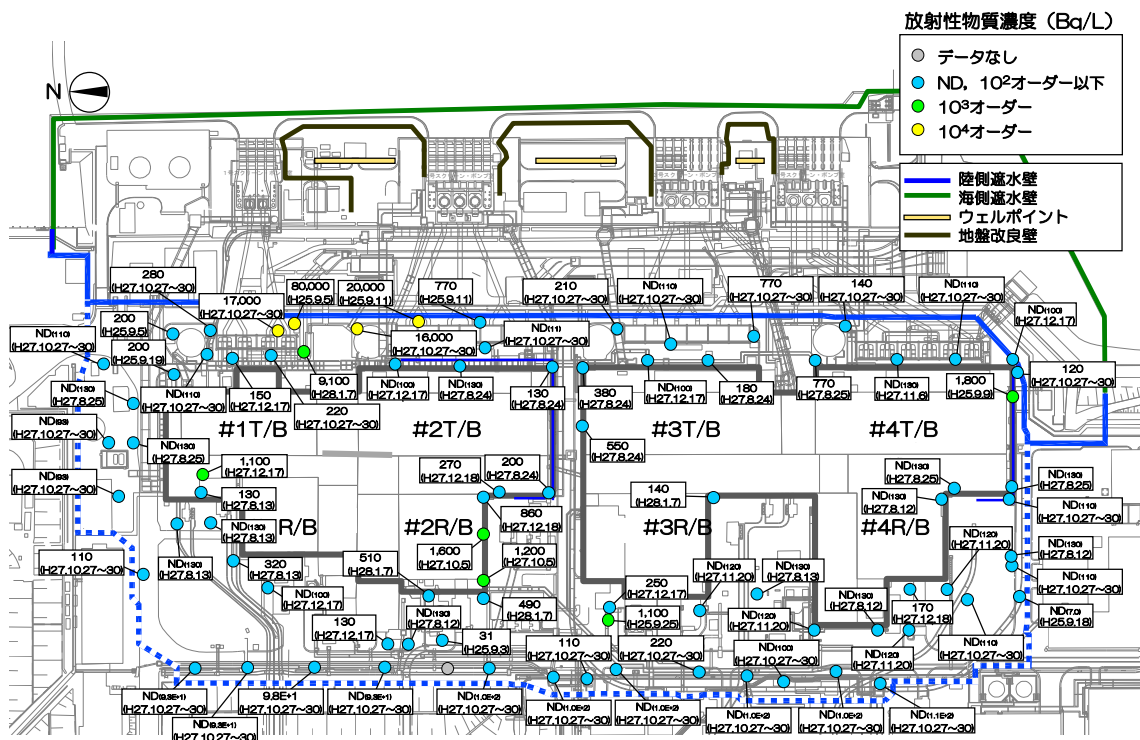


図-3 建屋周辺（海側）の観測井における放射性物質濃度測定結果（2016年1月28日時点）  
 （トリチウム）



### 3. 評価方法

測定結果（図－2～4）より地下水中の放射性物質濃度が高く護岸に近い1，2号機タービン建屋海側を対象として，陸側遮水壁（海側）を閉合，陸側遮水壁（山側）を閉合しない条件で，建屋近傍の汚染されたエリアを通過した地下水が，護岸に到達した場合の核種の到達時間，濃度上昇幅を一次元核種移流分散解析により評価する。解析条件を表－1に，設定値を表－2に示す。検討ケースは，表－3に示す通り，1，2号機建屋海側の放射性物質濃度を平均値とした場合（ケース1）と放射性物質濃度を最大値とした場合（ケース2）の2ケースを実施する。

表－1 解析条件

概要	・評価エリアから護岸までの流速を求めて，評価地点での地下水の放射性物質濃度の濃度変化を一次元移流分散解析を用いて評価する
評価エリア	・放射性物質濃度が高く護岸に近い建屋海側の北側エリア（1,2号機タービン建屋海側） ※南側エリアは放射性物質濃度が低く，また，陸側遮水壁（海側）ラインの配置上，護岸に到達しにくい ため，評価対象外とした
流出経路	・観測井から護岸まで構造物を迂回しながら最短距離となる経路
条件	・「海側閉合＋山側段階的閉合」の場合，陸側遮水壁（山側）が閉合後は陸側遮水壁（海側）の両脇の流れは抑制されるが，本検討では陸側遮水壁（山側）を運用しないと仮定し，継続して流出した場合を想定した。
解析対象核種	・Cs-137 ・H-3 ・Sr-90

表－2 設定値

項目	設定値	備考	
投入期間	継続	・観測井の初期の放射性物質濃度に対して放射壊変の影響を考慮した	
建屋海側近傍の地下水位	T.P.+5.6m	・建屋周り地下水位は陸側遮水壁（海側）のダムアップ効果により上昇し，サブドレン移動前の建屋山側の地下水位（O.P.+6～7m（T.P.+4.6～5.6m）程度まで上昇するものと仮定	
平均潮位	T.P.0m	－	
透水係数（ $k$ ）	$3.0 \times 10^{-3}$ cm/sec	・中粒砂岩層の透水係数を適用	
地盤の間隙率（ $\alpha$ ）	0.41	・中粒砂岩相当（『福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書』1993年4月（1993年7月一部補正）） ・比重：2.65	
地盤の真密度（ $\rho$ ）	$2,650$ kg/m <sup>3</sup>		
地盤間隙の屈曲度（ $\delta$ ）	1.414	・Kozeny-Carmanの式での定数	
分散長（ $a$ ）	RW30	12m	・対象とする注水井から護岸付近までの移行距離の1/10として設定 ・文献 Gelhar et al.,1992. A critical review of data on field-scale dispersion in Water Resources Research, Vol.28(7) ,pp.1955-1974.
	1T-3	16m	
	SD26	35m	
半減期	Cs-137	30.17年	－
	H-3	12.32年	－
	Sr-90	28.90年	－
分配係数（ $K_d$ ）	Cs-137	$0.4$ m <sup>3</sup> /Kg	・現地で採取した砂岩を用いた室内試験結果
	Sr-90	$7 \times 10^{-3}$ m <sup>3</sup> /Kg	
水中拡散係数（ $D_w$ ）	Cs-137	$2.02 \times 10^{-9}$ m <sup>2</sup> /sec	・文献（Gray, 1972）からの引用
	Sr-90	$7.94 \times 10^{-10}$ m <sup>2</sup> /sec	



表 3 検討ケース

	初期濃度			護岸付近までの移動距離	
	データ	対象核種	放射性物質濃度 (Bq/L)		
ケース1	北側 (1,2号機建屋海側) の平均値	Cs-137	47	120m	・ 建屋海側近傍のうち、最も護岸に近い観測井から護岸までの距離
		H-3	8,600		
		Sr-90	700		
ケース2	北側 (1,2号機建屋海側) の最大値	Cs-137 (SD26)	350	350m	・ 核種ごとに最大の放射性物質濃度が測定された観測井から護岸までの距離
		H-3 (1T-3)	80,000	160m	
		Sr-90 (RW30)	2,300	120m	

#### 4. 評価結果

解析の結果、護岸での放射性物質濃度の上昇幅は、以下の通りであった。

(ケース 1)

Cs-137 : 護岸での濃度上昇幅は、10 年後で 0.1Bq/L 未満である。

H-3 : 護岸での濃度上昇幅は、3 年後に 7,000Bq/L 程度である。

Sr-90 : 護岸での濃度上昇幅は、10 年後に 1 Bq/L 程度である。

(ケース 2)

Cs-137 : 護岸での濃度上昇幅は、10 年後でも 0Bq/L である。

H-3 : 護岸での濃度上昇幅は、4～5 年後に 59,000Bq/L 程度である。

Sr-90 : 護岸での濃度上昇幅は、10 年後に 4 Bq/L 程度である。

以上

## 地下水遮断率の評価とサブドレン稼働状態

## 1. 第一段階のフェーズ2における地下水遮断率の評価方法

実測値等を用いて地下水遮断率を下式に基づき評価し、「地下水遮断率が80%」以下であることを確認する。

【第一段階のフェーズ2における地下水遮断率の評価方法】

$$\frac{F_0 - F_1}{F_0} \leq 80\%$$

$F_0$ ：陸側遮水壁（山側）設置前の状態での地下水流入量

$F_1$ ：フェーズ2における山側からの地下水流入量

$F_0$ は凍結を開始する前の地下水環境を評価するために必要な期間を設定し、建屋流入量や各種汲み上げ量の実績等をもとに統計的な処理を行い、評価を行う。なお、降雨や現場の状況などが地下水流入量に影響を与える場合には、必要に応じて見直しを行う。

**参 考** 地下水遮断率の評価例

地下水遮断率の評価は、【方法1：地下水収支に基づく評価】と【方法2：未凍結箇所からの流入量に基づく評価】を併用して評価していくことで、「地下水遮断率が80%」以下であることを確認する。【方法1】は、フェーズ2の期間を通じて適用性が高い、また【方法2】は、閉合がある程度進み、未凍結箇所からの流入が支配的になっている状態での適用性が高いため、凍結状況に応じて両者を総合的に評価することで、地下水遮断率が過大になっていないことを確認する。

なお、計算条件や算定方法などは地下水環境の実態に合わせて適宜修正を行っていく。

(次頁に続く)

(前頁の続き)

【方法1】 地下水収支に基づく評価

フェーズ2の初期段階など、陸側遮水壁（山側）の遮水効果が発現途中の場合は、7箇所の未凍結箇所以外からの流入も大きく、未凍結箇所以外からの流入量を考慮した地下水遮断率を、以下により評価する。

図-1に示すように地下水収支は下式で表される。

$$\begin{aligned} \text{降雨浸透による地下水涵養量【E】} + \text{山側からの地下水流入量【F】} = \\ \text{サブドレン汲み上げ量【A】} + \text{建屋流入量【B】} + \text{4m盤への地下水移動量【C】} \\ + \text{陸側遮水壁閉合範囲外（深部地盤等）への移動量【D】} \end{aligned}$$

この時、山側からの地下水流入量（F）は7箇所の未凍結箇所からの流入（イ）、遮水壁の他部位からの流入（ロ）、深部地盤からの流入（ハ）から成る。

7箇所の未凍結箇所からの流入量（イ）を $F_{1a}$ とすると、A、B、C、Eが既知であることから、他の部位からの地下水流入量（ロ、ハ）はDに含まれることになる。そこで、山側からの地下水流入量（ $F_{1a}'$ ）を7箇所の未凍結箇所からの流入量（ $F_{1a}$ ）及び他からの流出入量（ $D'$ ）の合計として、地下水遮断率を評価する。

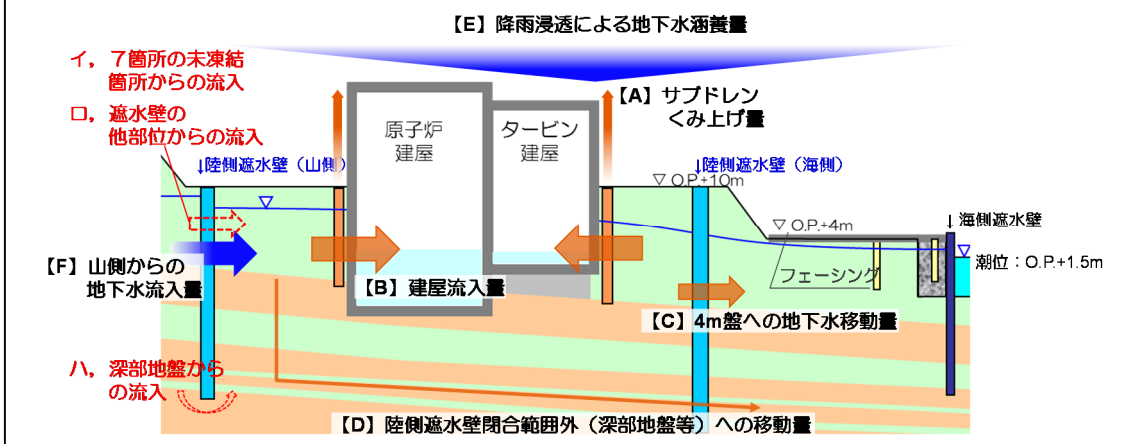
$$F_{1a}' = F_{1a} - D' = A + B + C - E$$

$F_{1a}'$  : 7箇所の未凍結箇所以外からの流入量を含めた山側からの地下水流入量等

$F_{1a}$  : 7箇所の未凍結箇所からの流入量

$D'$  : 「陸側遮水壁閉合範囲外（深部地盤等）への移動量【D】」

+ 「ロ. 遮水壁の他部位からの流入」 + 「ハ. 深部地盤からの流入」



(次頁に続く)

(前頁の続き)

**【方法2】 未凍結箇所からの流入量に基づく評価**

閉合がある程度進み、7箇所の未凍結箇所からの流入が支配的になっている状態では、地下水遮断率を以下により評価する。この方法では、フェーズ2の初期段階などでは地下水流入量を過小評価し、地下水遮断率を過大評価するため、利用には注意が必要である。

- ① 各未凍結箇所からの地下水の流入量 ( $Q_i$ ) を下式に示す通り算定する。

$$Q_i = A(\text{m}^2) \times k(\text{m}/\text{日}) \times \frac{\Delta H(\text{m})}{L(\text{m})}$$

A : 開口箇所面積 (m<sup>2</sup>)  
k : 透水係数 (m/日)  
ΔH : 内外水位差 (m)  
L : 陸側遮水壁厚さ (m)  
i : 未凍結箇所

A : 開口箇所面積 (m<sup>2</sup>)

未凍結箇所の開口部幅と開口部高さの積を開口箇所面積とする。

k : 透水係数 (m/日)

既往の透水試験結果に基づいて設定する。

ΔH : 内外水位差 (m)

未凍結箇所近傍における陸側遮水壁の内側と外側に位置する地下水位観測井の水位差により算定する。

L : 陸側遮水壁厚さ (m)

陸側遮水壁の計画厚さとする。

- ② ①で求めた各未凍結箇所からの地下水流入量を合計 (7箇所) して、地下水流入量 ( $F_{1b}$ ) を算出し、地下水遮断率を評価する。

$$F_{1b} = \sum (Q_i) \quad (i = 1 \sim 7) \quad i : \text{未凍結箇所}$$

## 2. サブドレンの広範囲な停止について

「サブドレンの広範囲な停止」の発生とは、建屋周辺毎（図-2）に過半数のサブドレンにおいて、水位が低下することによりサブドレンポンプ停止水位（L値）を連続的に下回った状態となった場合とする。但し、水質・機器メンテナンス等の理由により人為的に停止しているサブドレンは除く。

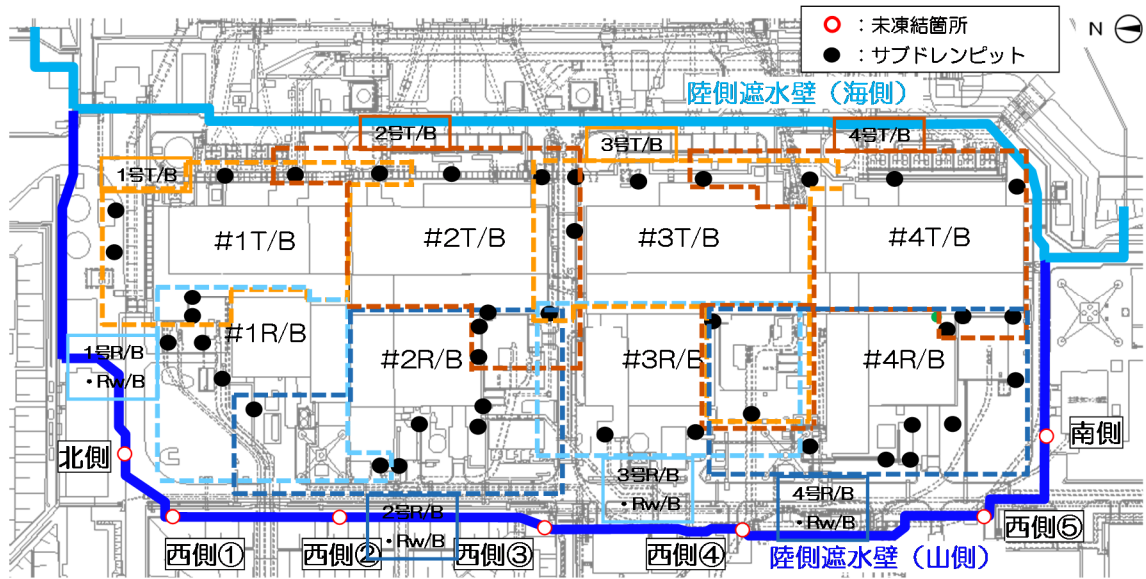


図-2 建屋周辺サブドレン位置図

以上

## 地下水位の回復方策

## 1. 概要

「サブドレンのポンプ停止バックアップ位置(LL値)の警報」が発報した場合において、「建屋－サブドレン水位差」を確保するため、早急な対応が必要と判断された場合の実施方策及びその妥当性を示す。

## 2. 注水による地下水位の回復・維持

陸側遮水壁内に設置した注水井から注水することで、建屋周辺地下水位の低下を抑制する。

注水による地下水位の回復・維持を目的に陸側遮水壁内に33孔注水井を設けている。注水設備の構造について、図－1に示す。

注水井は、内径450mm、深さ10～20m程度で中粒砂岩層および埋戻し土を対象に全体で最大約360m<sup>3</sup>/日の水を供給できる構造となっている。

注水配管は、本管から分岐した枝管を通じて各注水井に水を供給する構造となっている。

各注水井に対して電磁流量計・電磁弁・水位計を設置しており、注水井1孔毎の計測データを取り込み、免震重要棟にて遠隔監視・操作が可能となっている。また、電磁弁が故障した等の場合には、手動バルブで注水井に水を供給する。

注水井は図－2のように配置し、注水を行う。全ての注水井において、設計最大量(10L/分以上)の注水が可能であることを確認している。

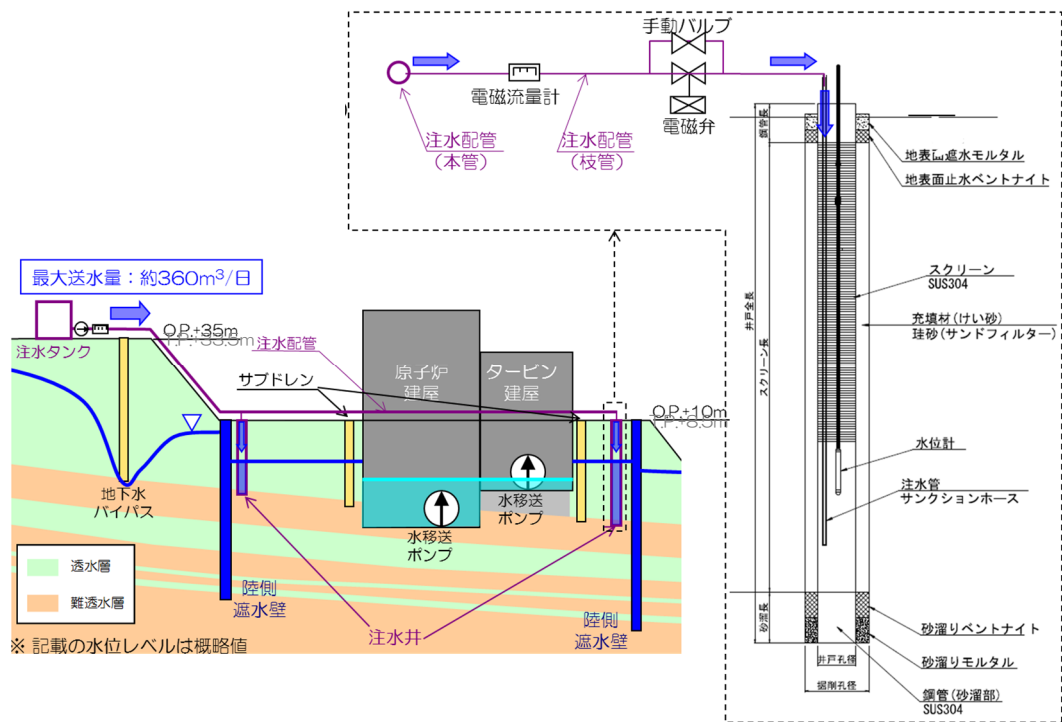


図-1 注水設備 構造概要

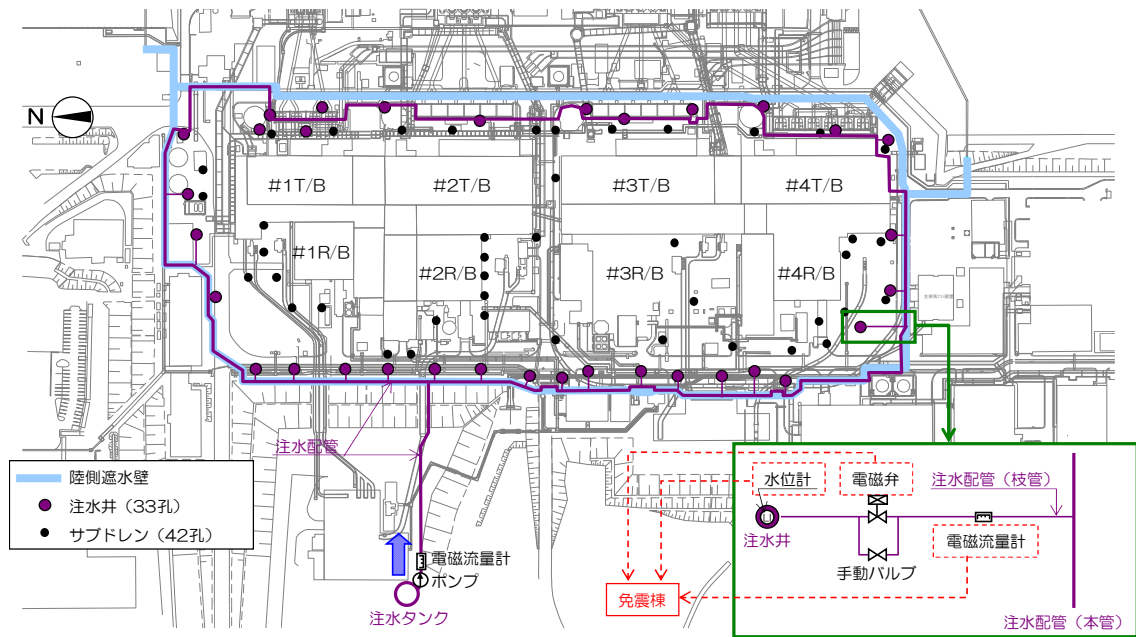


図-2 注水井の配置

### 3. 陸側遮水壁（山側）へのブライン供給の停止

陸側遮水壁（山側）へのブライン供給を停止し，陸側遮水壁（山側）の凍土を融解させることで，山側からの地下水流入を回復する。

### 4. 陸側遮水壁（山側）の部分撤去

陸側遮水壁（山側）の一部分を強制的に撤去することで，山側からの地下水流入を回復する。陸側遮水壁（山側）の部分撤去方法を以下に示す。

- ・撤去方法：ボーリングマシンによる削孔後，削孔箇所には砕石等を充填
- ・撤去期間：（準備作業）約0.7ヶ月，（撤去作業）約1ヶ月

#### 準備作業

- ・ブライン供給停止後，陸側遮水壁（山側）上部の配管類を撤去。
- ・ボーリングマシン，削孔プラント等を手配，据え付け。



図－3 配管類撤去箇所の例



## 撤去作業

- ・撤去箇所それぞれでボーリング削孔を行い、削孔箇所に砕石等を充填。



図-4 ボーリング削孔（イメージ）

### 【削孔手順例】

- (1) 凍土中心部（①～④）を削孔，砕石等充填，ケーシング引抜き。
- (2) 凍土壁内側及び外側（⑤）を削孔，砕石等充填。ケーシングは残置。
- (3) 凍土壁内側及び外側（⑤）の手順(2)の完了後，残置したケーシング引抜き。  
凍土壁内側と外側の水位差に応じて，地下水が流入。

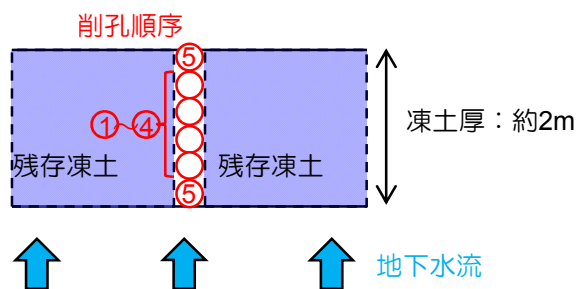


図-5 ボーリング削孔手順例

## 5. 地下水位回復方策の妥当性

### 【検討内容】

陸側遮水壁（山側）閉合後，地下水位の予期せぬ低下が起きた場合に，地下水位を回復させるのに要する期間について，想定外の最悪の条件（山側からの地下水流入がない第三段階を想定）で検討した。

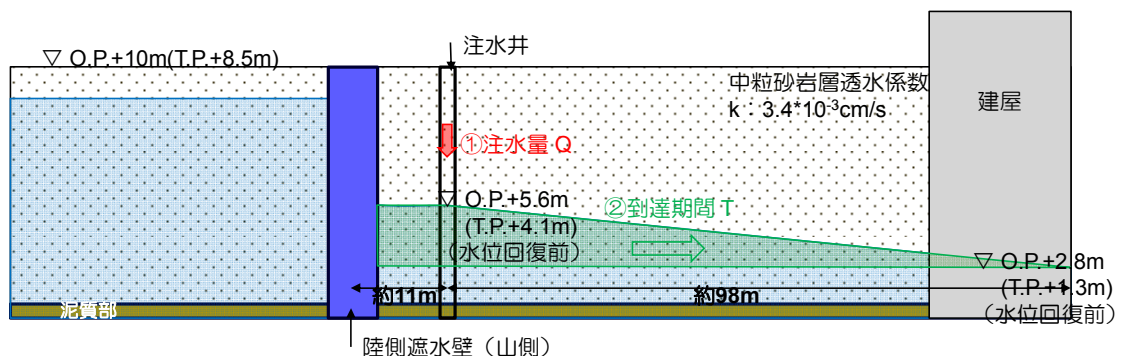
- ・ 地下水位の予期せぬ低下の発生要因：海側遮水壁の遮水性喪失
- ・ 陸側遮水壁：（山側）遮水性 100%（初期状態），（海側）遮水性 0%（継続）
- ・ 降雨：降雨がない期間が継続
- ・ 建屋滞留水水位：1号タービン建屋最低排水レベル（T.P.+0.7m（O.P.+2.2m））まで滞留水移送による低下実施（低下速度：0.01m/日）
- ・ 目標地下水位回復レベル：T.P.+1.7m  
（O.P.+3.2m，1号機タービン建屋最低排水レベル+1m）
- ・ 異常時に以下の対策を施した場合の地下水位回復期間を評価
  - (1) 注水井からの注水
  - (2) 凍結運転停止
  - (3) 陸側遮水壁（山側）の部分撤去

### 【検討結果】

#### (1) 注水井からの注水

##### ① 計算条件

- ・ 地下水位低下確認後，注水井への注水開始。同時に建屋滞留水水位低下開始。
- ・ 注水した地下水が建屋周辺まで到達，到達後サブドレン水位が上昇。



図－6 注水井への注水 計算条件

#### (ア) 注水量Q

- ・ 約 360m<sup>3</sup>/日（一定流量継続）

注) 総注水量のうち, 3/4 が 10m 盤水位 (サブドレン水位), 1/4 が 4m 盤水位に寄与すると仮定した。

(イ) 到達期間 T : 約 1.9 ヶ月

断面積は定常状態でバランスする水位, 奥行き延長は一様 (約 500m) を仮定して, 陸側遮水壁 (山側) ~ 建屋周辺まで地下水が到達し, 建屋周辺の地下水が上昇し始めるまでの期間を算定。

## ② 計算結果

注水井からの注水により地下水位を回復させる場合, 「地下水位低下前の水位 (建屋滞留水水位+1m)」まで地下水位が回復するまでに必要な期間は約 3.9 ヶ月 (到達期間: 約 1.9 ヶ月 + 地下水位回復: 約 2 ヶ月) となる。建屋周辺の地下水位 (サブドレン水位) は 1 号機タービン建屋最低排水レベル (T.P.+0.7m (O.P.+2.2m)) 以上であり, 水位は逆転しない。

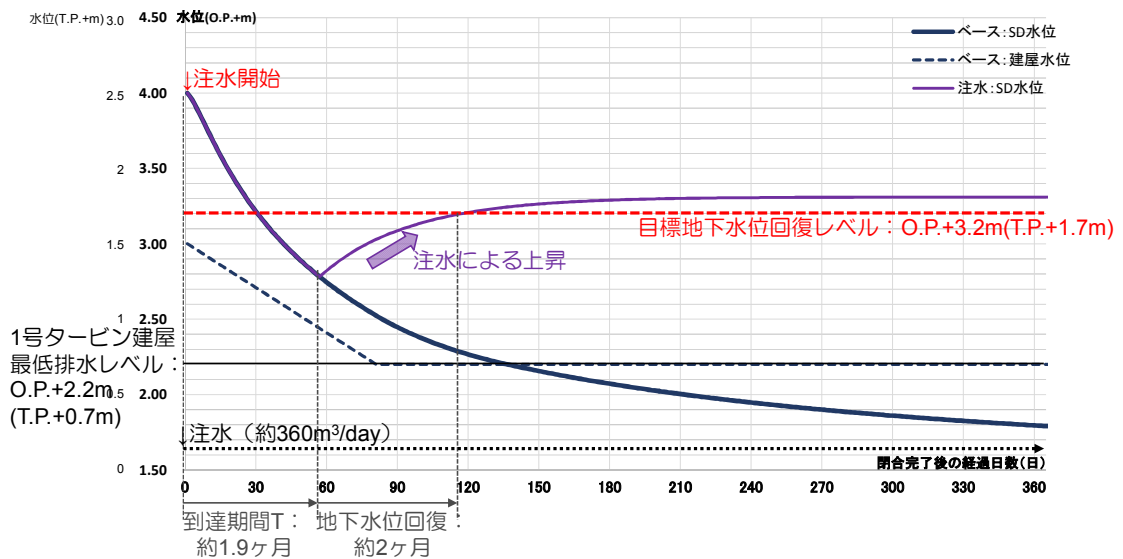


図-7 注水井からの注水 計算結果

(2) 凍結運転停止

① 計算条件

- 水位低下確認後，凍結運転を停止。同時に建屋滞留水水位低下開始。
- 凍結運転停止後，2ヶ月後に地表-2m，3ヶ月後に地表-3mの凍土が融解<sup>※1</sup>（地表-3m以深の融解は考えない），融解範囲より地下水が越流。
- ※1 小規模凍土実証試験結果による（詳細は参考1参照）
- 越流した地下水が建屋周辺まで到達，到達後サブドレン水位が上昇。

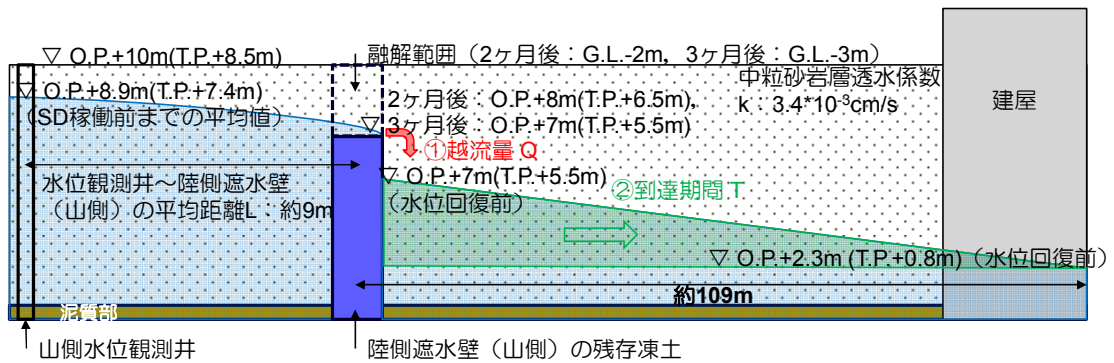


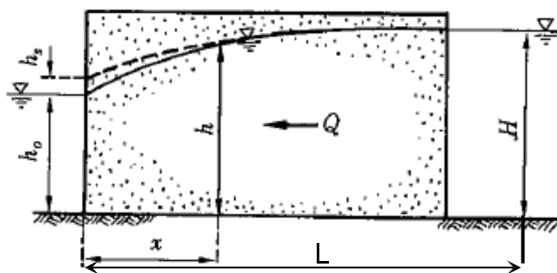
図-8 凍土の自然融解 計算条件

(ア) 越流量Q

定常一次元地下水流を仮定し，越流量を算定。

- 2ヶ月後：約70m<sup>3</sup>/日（延長500m，地表-2m融解），L=9m, H=0.9(=8.9-8)m, h<sub>0</sub>=0m
- 3ヶ月後以降：約300m<sup>3</sup>/日（延長500m，地表-3m融解），L=9m, H=1.9(=8.9-7)m, h<sub>0</sub>=0m

注) 2~3ヶ月間は一定速度でG.L.-2~3mの範囲が融解し，それに応じて越流量が増加するものとした。



$$Q = \frac{k}{2L} (H^2 - h_0^2)$$

ここで，  
 $Q$ ：流量， $k$ ：透水性係数，  
 $H$ ： $x=0$ での水頭， $h_0$ ： $x=L$ での水頭

「地下水工学（河野,1989）」より引用，加筆

図-9 定常一次元地下水流における水頭と流量

(イ) 到達期間T：約1.2ヶ月

断面積は定常状態でバランスする水位，奥行き延長は一樣（約500m）を仮定して，陸側遮水壁（山側）～建屋周辺まで地下水が到達し，建屋周辺の地下水が上昇し始めるまでの期間を算定。

②計算結果

凍結運転停止・自然融解により地下水位を回復させる場合、「地下水位低下前の水位（建屋滞留水水位+1m）」まで地下水位が回復するまでに必要な期間は、約8.1ヶ月（自然融解：約3ヶ月 + 到達期間：約1.2ヶ月 + 地下水位回復：約3.9ヶ月）である。建屋周辺の地下水位（サブドレン水位）は1号機タービン建屋最低排水レベル（T.P.+0.7m（O.P.+2.2m））以上であり、水位は逆転しない。

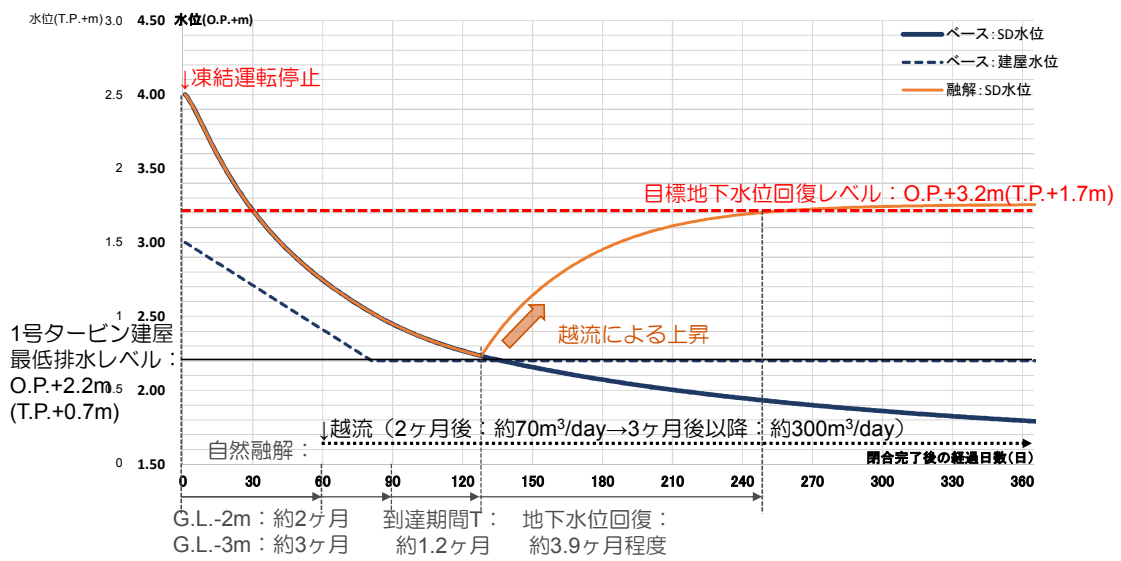


図-10 凍土の自然融解 計算結果

(3) 陸側遮水壁（山側）の部分撤去

①計算条件

- ・水位低下確認後，部分撤去作業を準備（約 0.7 ヶ月），撤去作業を実施（約 1 ヶ月）。同時に建屋滞留水水位低下開始。
- ・部分撤去作業開始後，撤去範囲（深度：地表より約-10m）より地下水が流入。
- ・流入した地下水が建屋周辺まで到達，到達後サブドレン水位が上昇。

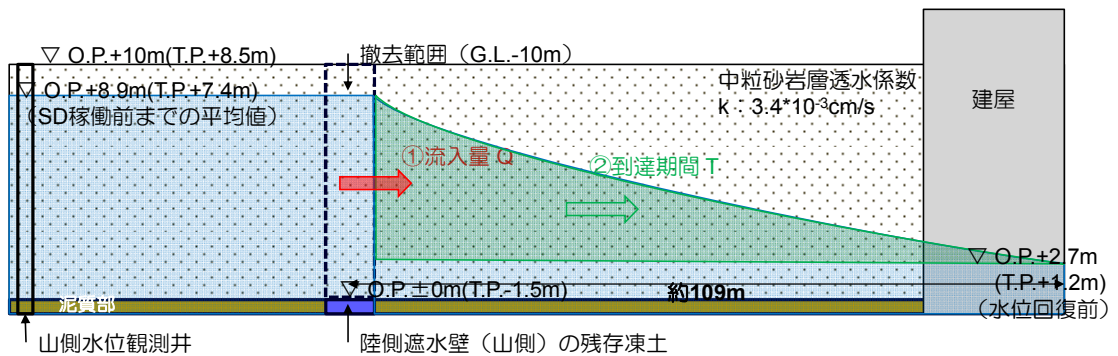


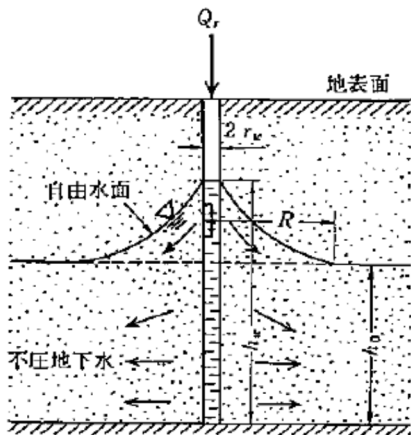
図-1-1 凍土の部分撤去 計算条件

(ア) 流入量Q

撤去箇所からの流入を注水井からの注水時の定常地下水流と仮定し，以下の算定式により流入量を算定。

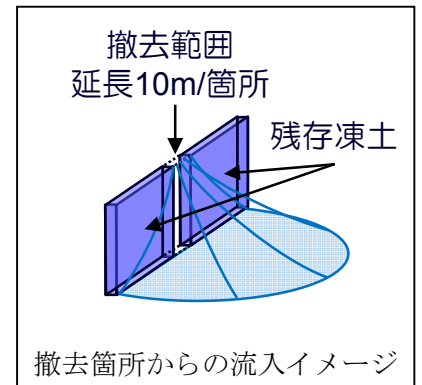
- ・約 470m<sup>3</sup>/日（撤去延長 10m×5 箇所とした場合）
- $h_w=8.9m, h_0=2.7m, R=109m, r_w=3.2m$ （撤去延長 10m に相当する井戸半径）

注）撤去期間中は撤去延長分に相当する流入量を段階的に増加し算定。また，地下水位の回復に応じて流入量は減少するものとした。



$$Q_r = \frac{\pi k (h_w^2 - h_0^2)}{2.3 \log_{10} \frac{R}{r_w}}$$

- ただし， $Q_r$ ：注水量  
 $h_w$ ：井戸内水位  
 $h_0$ ：地下水位  
 $R$ ：影響圏  
 $r_w$ ：井戸半径  
 $D$ ：被圧帯水層の厚さ  
 $k$ ：透水係数



「根切り工事と地下水・調査・設計から施工まで（地盤工学会,1991）」より引用

図-1-2 注水井からの注水時の定常地下水流



(イ) 到達期間T：（撤去完了後）約0.6ヶ月

撤去範囲からの流入が定常状態でバランスする体積を仮定し、陸側遮水壁（山側）～建屋周辺まで地下水が到達して、建屋周辺の地下水が上昇し始めるまでの期間を算定。

## ②計算結果

凍土の部分撤去実施により地下水位を回復させる場合、「地下水位低下前の水位（建屋滞留水水位+1m）」まで地下水位が回復するまでに必要な期間は、約3.1ヶ月（撤去作業準備・実施：約1.7ヶ月 + 到達期間：約0.6ヶ月 + 地下水位回復：約0.8ヶ月）となる。建屋周辺の地下水位（サブドレン水位）は1号タービン建屋最低排水レベル（T.P.+0.7m(O.P.+2.2m)）以上であり、水位は逆転しない。

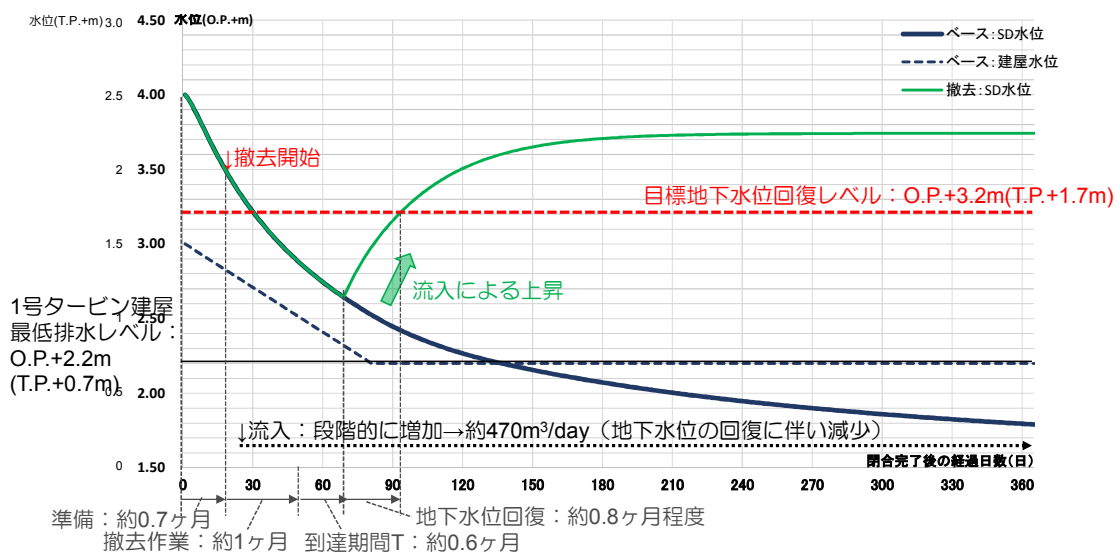


図-13 凍土の部分撤去 計算結果

小規模凍土実証試験における凍土融解期間

1～4号機建屋西側(共用プール西側)で実施された小規模凍土実証試験\*では、冷凍機の運転停止後2ヶ月程度で地表から2m程度、3ヶ月程度で地表から3m程度の深さが融解した。

※ 資源エネルギー庁公募「平成25年度発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤整備事業(地下水の流入抑制のための凍土方式による遮水技術に関するフェージビリティ・スタディ事業)」のうち①凍土方式の小規模遮水壁実証試験

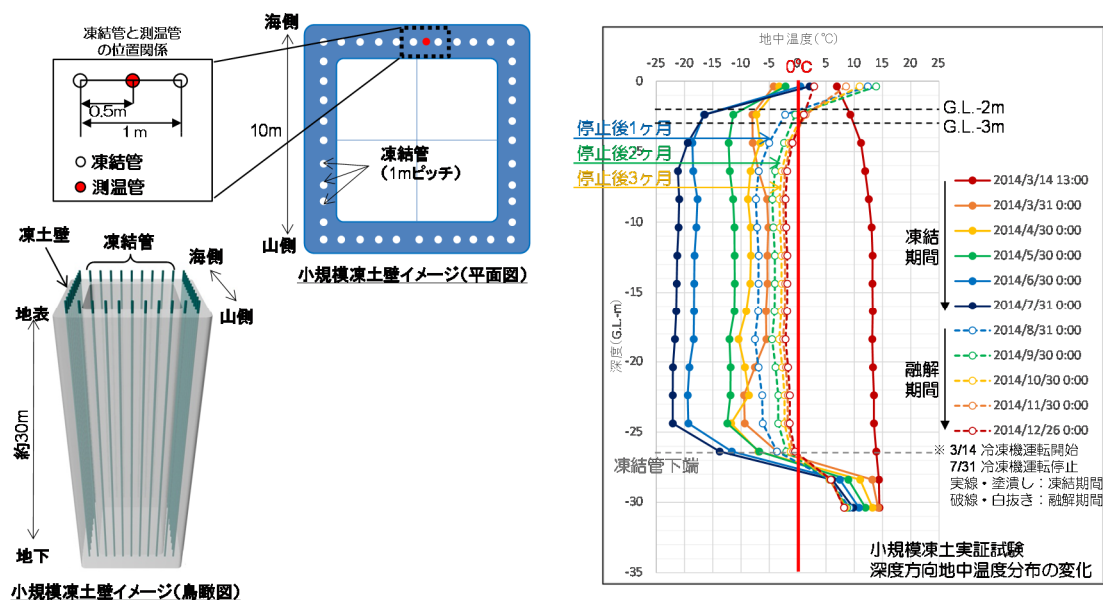


図-14 小規模凍土実証試験結果

以上



## 第二段階における陸側遮水壁（山側）の未凍結箇所の一部閉合（Ⅰ）の評価

## 1. 概要

第二段階において、第一段階フェーズ 2 で凍結対象外としていた山側の 7 箇所の未凍結箇所（図-1）のうち、一部（西側①と西側⑤）を閉合する場合に、閉合後に陸側遮水壁閉合域内への地下水流入量が確保され、建屋内外水位の逆転は生じないことについて評価した。

なお、未凍結箇所の一部閉合（Ⅰ）後の地下水流況についても、本評価方法を用いて建屋内外水位の逆転が起こらないことを確認していく。

また、一部閉合（Ⅱ）の実施期間については、別紙-11 の評価方法を用いて、建屋内外水位の逆転が起こらないことを確認していく。

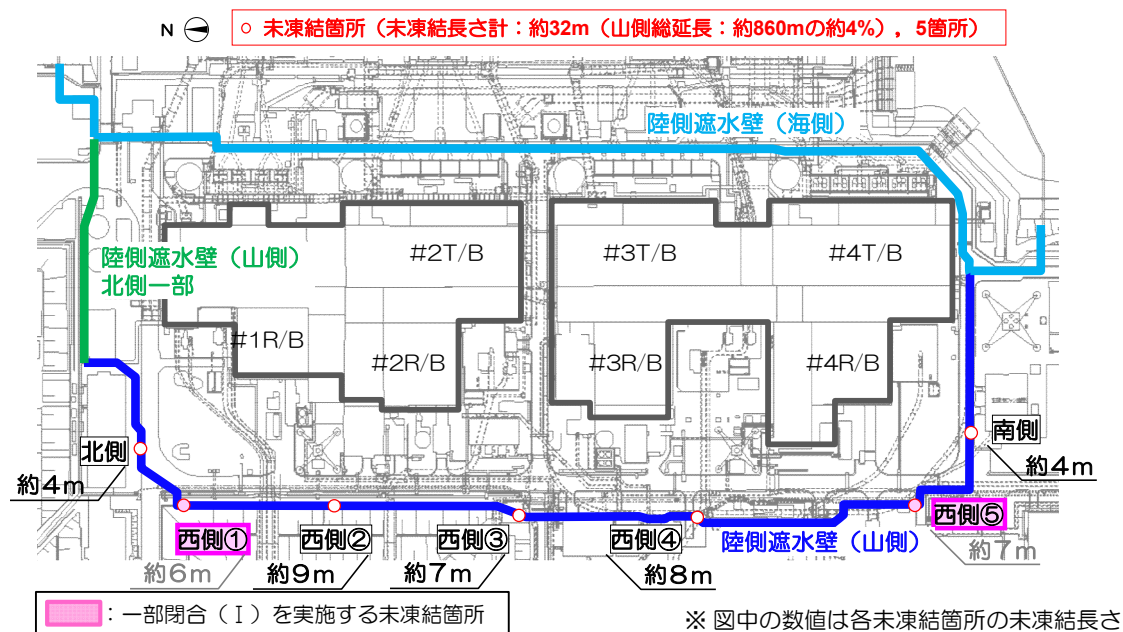


図-1 第二段階 一部閉合（Ⅰ）実施箇所

## 2. 未凍結箇所の一部閉合（Ⅰ）の評価

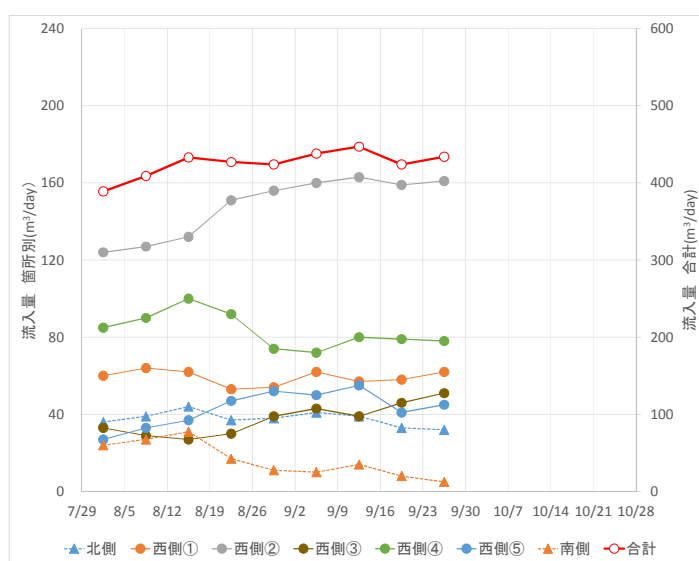
山側からの地下水は「凍結に至っていない箇所<sup>※1</sup>」と「未凍結箇所」から流入している。評価にあたっては、一部閉合（Ⅰ）後に「凍結に至っていない箇所」が全て凍結して地下水流入が無くなる状態を想定して、一部閉合（Ⅰ）を実施した箇所以外の残りの「未凍結箇所」からの陸側遮水壁閉合域内への地下水流入により、建屋内外水位の逆転は起こらないことを確認する。

※1：第一段階フェーズ2で凍結対象としていた範囲で凍結に至っていない箇所

(1) 未凍結箇所を2箇所閉合した場合の地下水流入の減少割合

山側の未凍結箇所からの流入量を，実測値（2016.8～9）に基づいて評価<sup>※2</sup>した（図－2）。その結果，未凍結箇所のうち西側①と西側⑤を閉合した場合，その閉合割合は，想定流量比や延長比から未凍結全箇所の30%未満になるものと想定される（表－1）。そこで評価にあたっては，2箇所閉合後の地下水流入量の減少割合を保守的に30%と設定する。

※2：通水面積（中粒砂岩層・互層部）と内外水位差・透水係数（平均値）を用いたダルシー則により評価した。



図－2 山側の未凍結箇所からの想定流入量

表－1 山側の未凍結箇所の区間延長と想定流入量

	未凍結区間延長	想定流入量 (m³/日) 8/12時点
北側	約4m	約40
西側①	約6m	約60
西側②	約9m	約130
西側③	約7m	約30
西側④	約8m	約100
西側⑤	約7m	約40
南側	約4m	約30
計	約45m	約430

西側①,西側⑤の合計  
延長 : 約13m  
想定流入量 : 約100m³/日

(2) 一部閉合（Ⅰ）後の建屋周辺への地下水流量の想定

一部（西側①と西側⑤）閉合後の建屋周辺への地下水流量について、以下に示す2ケースで評価した。

（ケース1）第一段階フェーズ2の閉合が進み、かつ降雨が少ない期間（2016.8.1～8.15）の実測値に基づいて、今後4m盤への地下水移動量（ $C_2$ ）が、閉合が進むとともに減少する場合

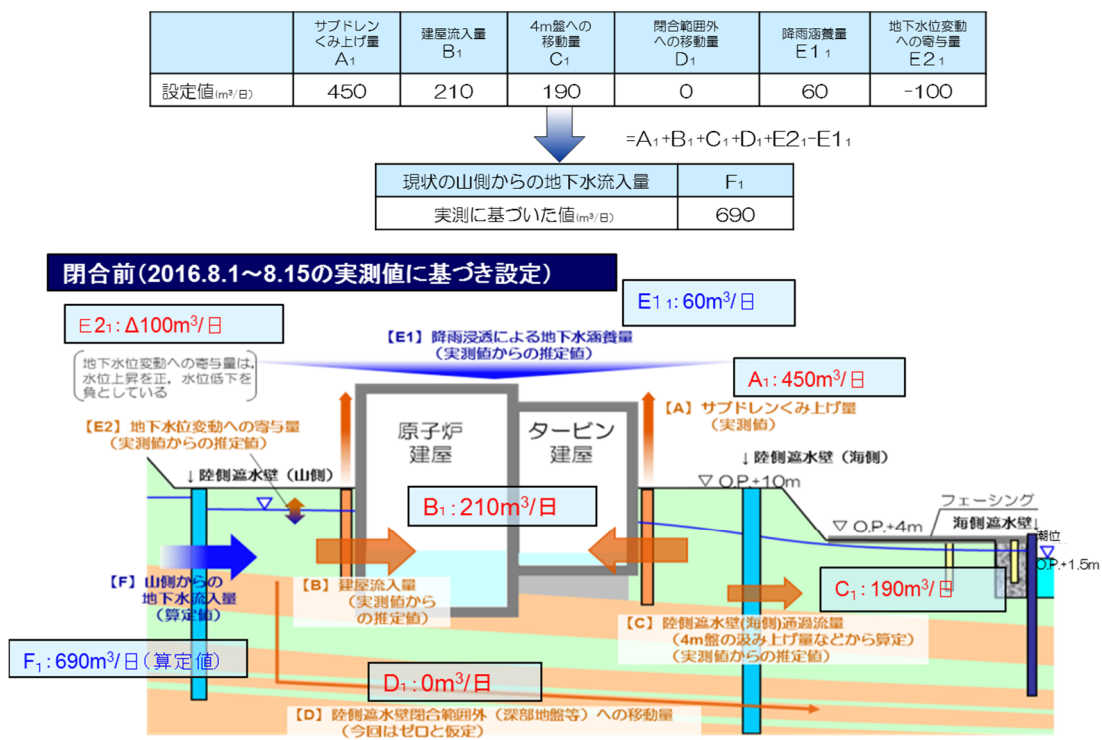
（ケース2）ケース1よりも山側の凍結に至っていない箇所の凍結が進んだ期間（2016.10.13～10.27）の実測値に基づいて、閉合後の4m盤への地下水移動量（ $C_2$ ）が、閉合前と同程度とした場合

[ケース 1]

ケース 1 における，一部（西側①と西側⑤）閉合後の建屋周辺への地下水流量について，以下のように評価した。

(ア) 閉合前の山側からの地下水流入量の想定

閉合前の山側からの地下水流入量を，第一段階フェーズ 2 の閉合が進み，かつ降雨が少ない期間（2016. 8. 1～8. 15）の実測値に基づいて評価した。その結果，山側からの流入量は 690m<sup>3</sup>/日程度と想定される（図－ 3）。

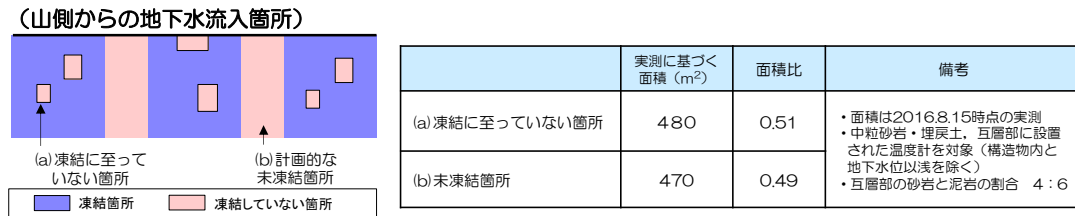


図－ 3 一部閉合 ( I ) 前の山側からの地下水流入量の想定 ( ケース 1 )

(イ) 一部閉合 ( I ) 後の残りの未凍結箇所からの地下水流入量の想定

山側からの地下水流入量には，(a)凍結に至っていない箇所と，(b) 7箇所の計画的な未凍結箇所からの流入があり，(a) (b)からの流入量については，山側からの地下水流入量のそれぞれの通水面積比より想定する。そのうち，(a)からの流入は凍結が進めばなくなることから，閉合後の残りの未凍結箇所からの地下水流入量は，(b)からの流入量に未凍結箇所を 2 箇所閉じた場合の地下水流入の減少割合 (約 30%) を乗じた値とした。

その結果、未凍結箇所（西側①，西側⑤）を閉合後、残り 5 箇所の未凍結箇所からの地下水流入量は 240m<sup>3</sup>/日程度と想定される（図－4）。



(凍結に至っていない箇所および未凍結箇所からの流入量の想定)

(単位：m<sup>3</sup>/日)

	現状	未凍結2箇所閉合後
山側からの地下水流入量 $F_n$ ((a)+(b))	690	240
(a)凍結に至っていない箇所からの流入量	350 (0.51) ※3	0
(b)未凍結箇所からの流入量	340 (0.49) ※3	240※4

※3：括弧内は面積比  
 ※4：現状の未凍結箇所からの流入量の30%減

図－4 一部閉合（I）後の残りの未凍結箇所からの地下水流入量の想定（ケース1）

(ウ) 一部閉合（I）後の建屋周辺への地下水流入量の想定

一部閉合（I）後に山側からの地下水流入量が 240m<sup>3</sup>/日に減少した場合でも、サブドレン稼働（A<sub>2</sub>）と建屋への地下水流入（B<sub>2</sub>）が継続するための地下水が建屋周辺へ供給されていることを評価し、サブドレン稼働の調整により建屋内外水位の逆転が生じない運用が可能であることを確認する。なお、閉合後の地下水収支の想定にあたっては、以下の点に留意した。

- ・ 4 m盤への地下水の移動量（C<sub>2</sub>）は、閉合が進むとともに今後減少し、30m<sup>3</sup>/日 ※<sup>5</sup>になるものとした。
- ・ 閉合後の降雨涵養量（E<sub>1 2</sub>）は、過去（1977～2015年）の年間最小降雨量に基づき 90m<sup>3</sup>/日とした。

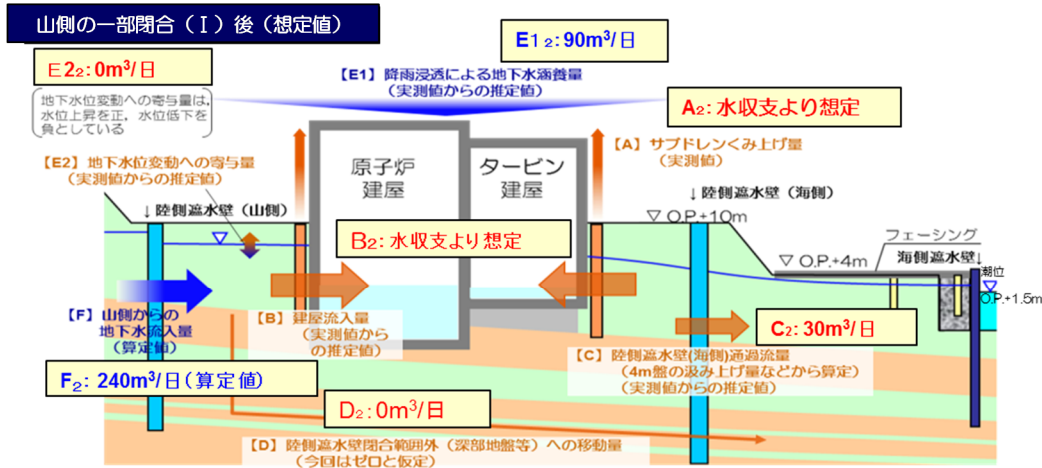
その結果、建屋周辺への地下水供給量（サブドレンくみ上げ量（A<sub>2</sub>）と建屋流入量（B<sub>2</sub>）の合計値）は、300m<sup>3</sup>/日程度と想定される（図－5）。

※5：4 m盤への地下水移動量（C<sub>2</sub>）は、実測値の状況に応じて評価していく。

	4m盤への移動量 C <sub>2</sub>	閉合範囲外への移動量 D <sub>2</sub>	降雨浸透量 E <sub>1 2</sub>	地下水位変動への寄与量 E <sub>2 2</sub>	山側からの地下水流入量 F <sub>2</sub>
設定値(m <sup>3</sup> /日)	30	0	90	0	240

↓  
=E<sub>1 2</sub>+F<sub>2</sub>-C<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>-E<sub>2 2</sub>

	サブドレンくみ上げ量A <sub>2</sub> +建屋流入量B <sub>2</sub>
想定値(m <sup>3</sup> /日)	300



- 注1) D<sub>2</sub>は、山側の一部閉合 (I) 後も中粒砂岩層と深部の被圧透水層の水位・水頭関係は変わらないことから、ゼロとした。
- 注2) E<sub>2 2</sub>は、地下水位の定常状態を想定しゼロとする。

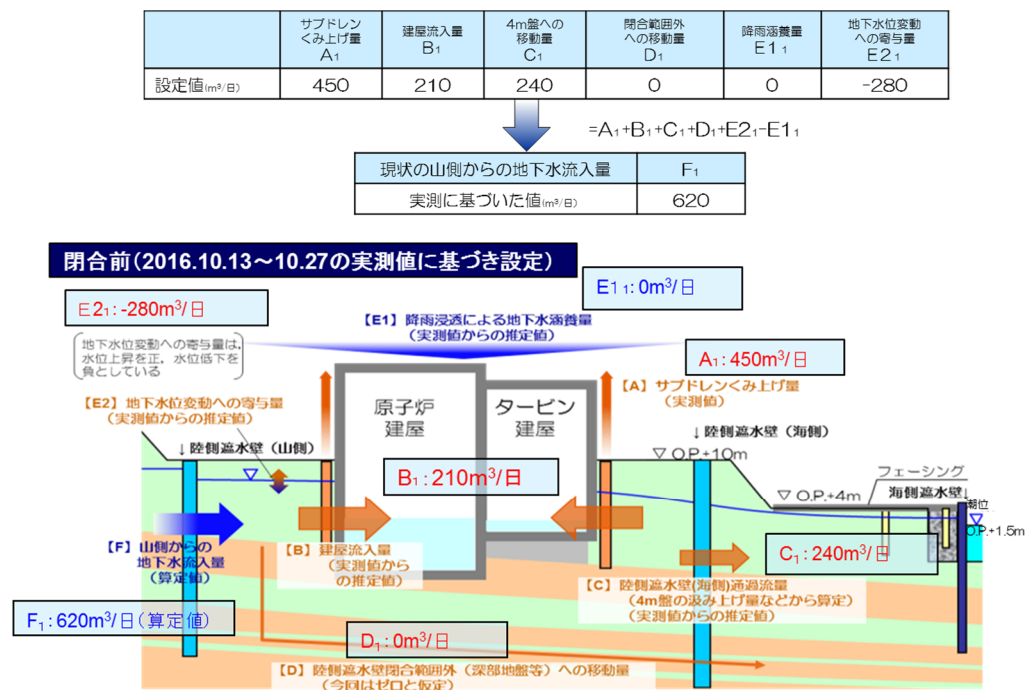
図-5 一部閉合 (I) 後の山側からの地下水流入量の想定 (ケース1)

[ケース 2]

ケース 2 における，一部（西側①と西側⑤）閉合後の建屋周辺への地下水流量について，以下のように評価した。

(ア) 閉合前の山側からの地下水流入量の想定

閉合前の山側からの地下水流入量を，ケース 1 よりも山側の凍結に至っていない箇所での凍結が進んだ期間（2016. 10. 13～10. 27）の実測値に基づいて評価した。その結果，山側からの流入量は 620m<sup>3</sup>/日程度と想定される（図－6）。



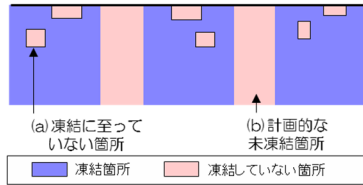
※ 現状の期間（2016.10.13～10.27）において，深部透水層（粗粒，細粒砂岩）の水頭が互層部と同程度で，上部の中粒砂岩層よりも高いことから，深部地盤等への移動量D<sub>1</sub>をゼロとする。

図－6 一部閉合（I）前の山側からの地下水流入量の想定（ケース 2）

(イ) 一部閉合（I）後の残りの未凍結箇所からの地下水流入量の想定

ケース 1（イ）と同様に，一部（西側①と西側⑤）閉合後の残りの未凍結箇所からの地下水流入量を想定した結果，残り 5 箇所の未凍結箇所からの地下水流入量は 300m<sup>3</sup>/日程度と想定される（図－7）。

(山側からの地下水流入箇所)



	実測に基づく面積 (m <sup>2</sup> )	面積比	備考
(a)凍結に至っていない箇所	210	0.30	・面積は2016.10.20時点の実測 ・中粒砂岩、埋戻土、互層部に設置された温度計を対象(構造物内と地下水位以浅を除く) ・互層部の砂岩と泥岩の割合 4:6
(b)未凍結箇所	500	0.70	

(凍結に至っていない箇所および未凍結箇所からの流入量の想定)

(単位: m<sup>3</sup>/日)

	現状	未凍結2箇所閉合後
山側からの地下水流入量 $F_n$ (a)+(b)	620	300
(a)凍結に至っていない箇所からの流入量	190 (0.30) ※3	0
(b)未凍結箇所からの流入量	430 (0.70) ※3	300※4

※3: 括弧内は面積比  
 ※4: 現状の未凍結箇所からの流入量の30%減

図-7 一部閉合 (I) 後の残りの未凍結箇所からの地下水流入量の想定 (ケース2)

(ウ) 一部閉合 (I) 後の建屋周辺への地下水流入量の想定

一部閉合 (I) 後に山側からの地下水流入量が 300m<sup>3</sup>/日に減少した場合でも、サブドレン稼働 (A<sub>2</sub>) と建屋への地下水流入 (B<sub>2</sub>) が継続するための地下水が建屋周辺へ供給されていることを評価し、サブドレン稼働の調整により建屋内外水位の逆転が生じない運用が可能であることを確認する。なお、閉合後の地下水収支の想定にあたっては、以下の点に留意した。

- ・4 m盤への地下水の移動量 (C<sub>2</sub>) は、閉合前の期間 (2016. 10. 13~10. 27) と同程度とした。
- ・閉合後の降雨涵養量 (E<sub>12</sub>) は、過去 (1977~2015 年) の年間最小降雨量に基づき 90m<sup>3</sup>/日とした。

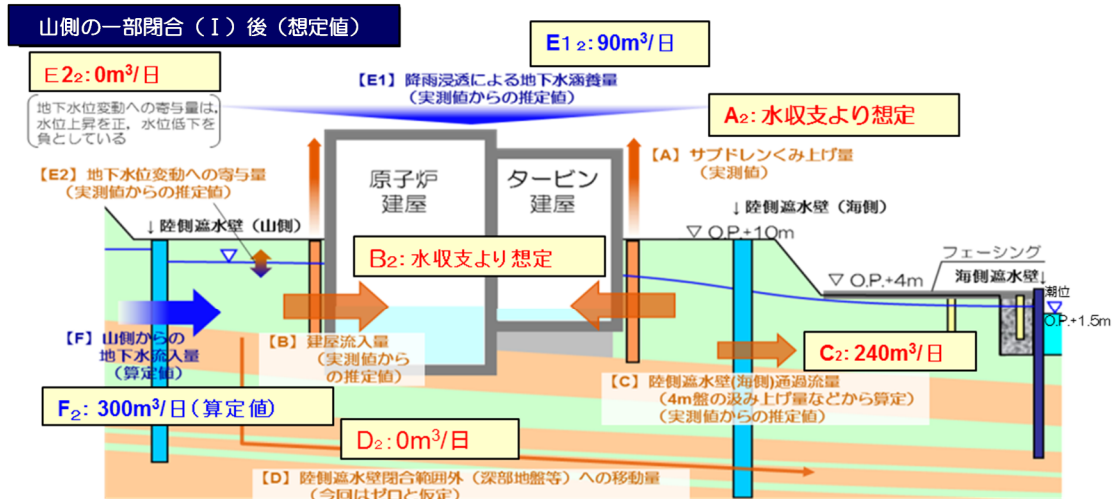
その結果、建屋周辺への地下水供給量 (サブドレンくみ上げ量 (A<sub>2</sub>) と建屋流入量 (B<sub>2</sub>) の合計値) は、150m<sup>3</sup>/日程度と想定される (図-8)。



	4m盤への移動量 C <sub>2</sub>	閉合範囲外への移動量 D <sub>2</sub>	降雨涵養量 E <sub>1,2</sub>	地下水位変動への寄与量 E <sub>2,2</sub>	山側からの地下水流入量 F <sub>2</sub>
設定値(m <sup>3</sup> /日)	240	0	90	0	300

$$=E_{1,2} + F_2 - C_2 - D_2 - E_{2,2}$$

	サブドレンくみ上げ量A <sub>2</sub> +建屋流入量B <sub>2</sub>
想定値(m <sup>3</sup> /日)	150



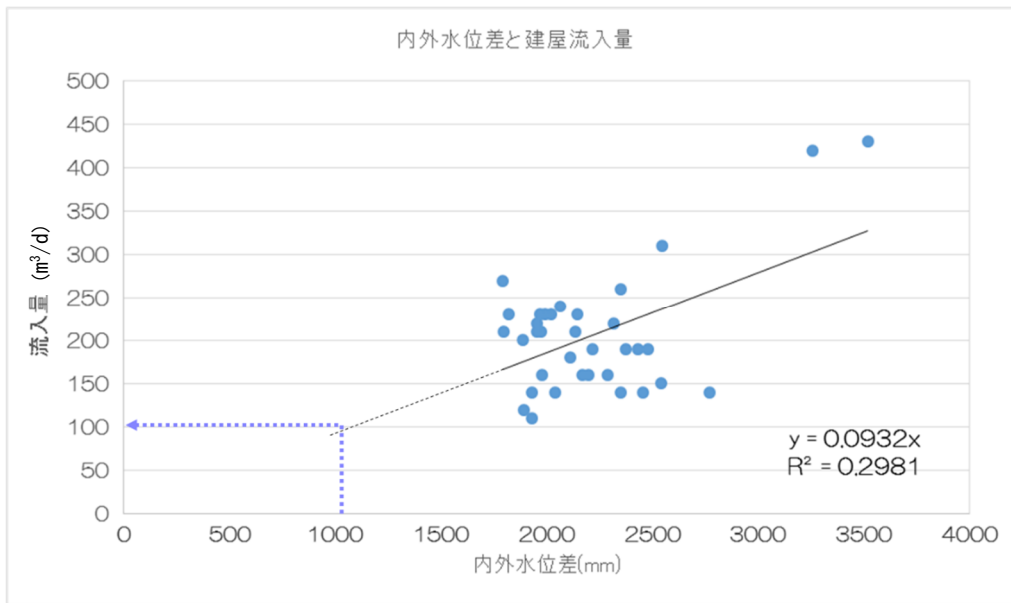
- 注1) D<sub>2</sub>は、山側の一部閉合(I)後も中粒砂岩層と深部の被圧透水層の水位・水頭関係は変わらないことから、ゼロとした。  
 注2) E<sub>2,2</sub>は、地下水位の定常状態を想定しゼロとする。

図-8 一部閉合(I)後の山側からの地下水流入量の想定(ケース2)

### (3) 評価結果

西側①、西側⑤の一部閉合(I)後に山側未凍結箇所からの地下水流入量が30%減少した場合の地下水収支を想定して、サブドレンくみ上げ量と建屋流入量を確認した結果、合計でケース1は300m<sup>3</sup>/日程度、ケース2は150m<sup>3</sup>/日程度となる。建屋流入量と内外水位差の関係(期間:2016.1~2016.9)から、建屋内外水位差が1mの場合における建屋流入量は100m<sup>3</sup>/日程度と想定されるため(図-9)、一部閉合(I)後も陸側遮水壁内側への地下水流入量は十分に確保されサブドレン稼働が継続(汲み上げ量は、ケース1は200m<sup>3</sup>/日程度、ケース2は50m<sup>3</sup>/日程度)し、建屋内外水位の逆転は生じないと評価した。

上記より、未凍結箇所のうち西側①と西側⑤を閉合しても、地下水位管理上、問題とはならないものと考えられる。



図－9 建屋内外水位差と建屋流入量の関係（期間：2016.1～2016.9）

以上

## 第二段階における陸側遮水壁（山側）の未凍結箇所の一部閉合（Ⅱ）の評価

## 1. 概要

第一段階フェーズ 2 および第二段階一部閉合（Ⅰ）で凍結対象外としていた山側の 5 箇所  
の未凍結箇所（図-1）のうち、一部（北側、西側②、西側④、南側）の閉合後においても  
陸側遮水壁閉合域内への地下水流入量が確保され、建屋内外水位の逆転は生じないこと  
について評価した。

なお、未凍結箇所の一部閉合（Ⅱ）の実施期間における地下水流況についても、本評価方  
法を用いて建屋内外水位の逆転が起こらないことを確認していく。

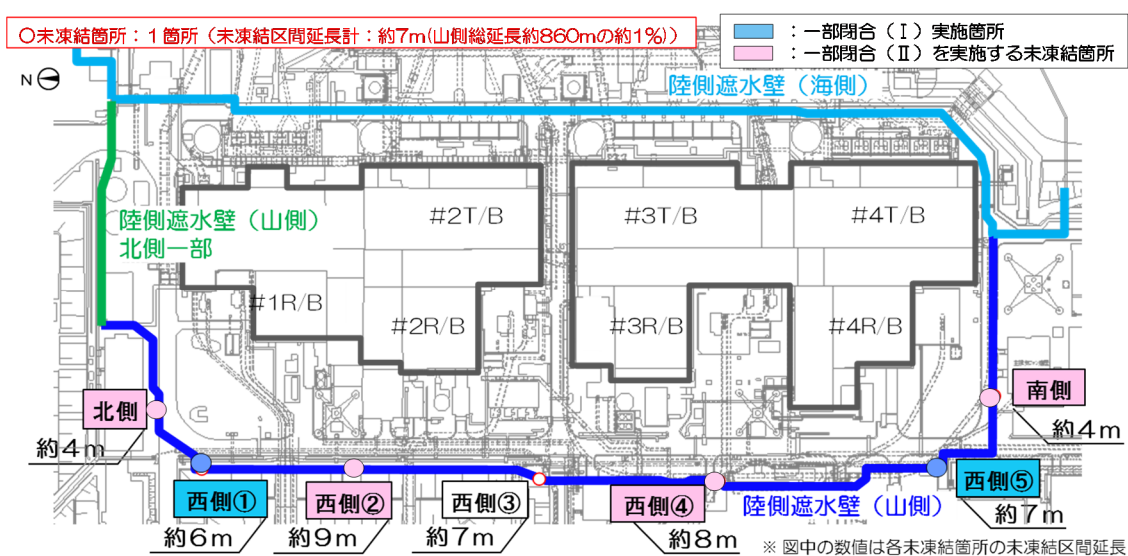


図-1 第二段階 一部閉合（Ⅱ）実施箇所

## 2. 未凍結箇所の一部閉合（Ⅱ）の評価

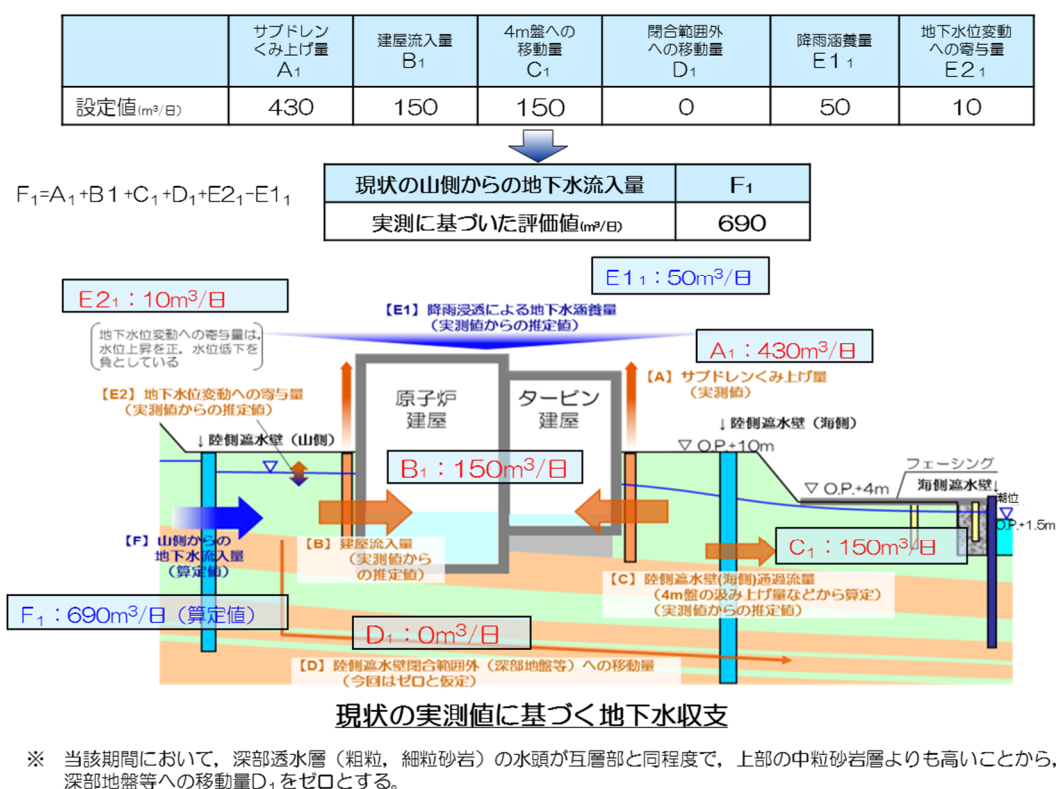
山側からの地下水は「凍結に至っていない箇所※1」と「未凍結箇所」から流入している。評価にあたっては、一部閉合（Ⅱ）の実施期間に「凍結に至っていない箇所」が全て凍結して地下水流入が無くなる状態を想定して、一部閉合（Ⅱ）実施箇所以外の残りの「未凍結箇所（西側③）」からの陸側遮水壁閉合域内への地下水流入により、建屋内外水位の逆転は起こらないことを確認する。

※1：第一段階フェーズ 2 および一部閉合（Ⅰ）で凍結対象としていた範囲で凍結に至っていない箇所

(1) 一部閉合（Ⅱ）の実施期間における建屋周辺への地下水流量の想定  
 一部閉合（Ⅱ）（北側，西側②，西側④，南側）の実施期間における建屋周辺への地下水流量について，下記の通り評価した。

(ア) 閉合前の山側からの地下水流入量の想定

一部閉合（Ⅱ）実施前の山側からの地下水流入量を，一部閉合（Ⅰ）開始後の期間（2017. 1. 6～1. 19）の実測値に基づいて評価した。その結果，山側からの流入量は690m<sup>3</sup>/日程度と想定される（図－2）。

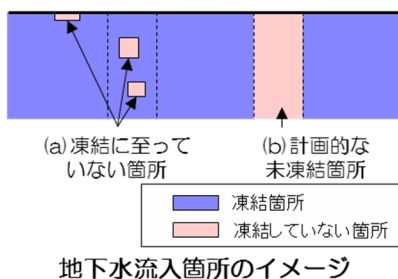


図－2 一部閉合（Ⅱ）実施前の山側からの地下水流入量の想定

(イ) 一部閉合（Ⅱ）の実施期間における凍結箇所からの地下水流入量の想定

山側からの地下水流入量には，(a)凍結に至っていない箇所（第一段階，第二段階一部閉合（Ⅰ））と，(b)5箇所の計画的な未凍結箇所からの流入があり，(a)(b)からの流入量については，山側からの地下水流入量のそれぞれの通水面積比より想定する。そのうち，(a)からの流入は凍結が進めばなくなることから，閉合後の残りの未凍結箇所からの地下水流入量は，(b)からの流入量に未凍結箇所を4箇所閉じた場合の通水面積比を乗じた値とした。

その結果、未凍結箇所（北側、西側②、西側④、南側）を閉合後、残り1箇所の未凍結箇所（西側③）からの地下水流入量は120m<sup>3</sup>/日程度と想定される（図-3）。



現状に基づいた一部閉合(Ⅱ)後の山側からの地下水流入量の想定

	現状		一部閉合(Ⅱ)(北側・西側②・④・南側)閉合後の想定	
	未凍結面積※1	流入量	未凍結面積	流入量
	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /日	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /日
山側全体 (a)+(b)	400	690※2	70	120
(a)凍結に至っていない箇所 (第一段階, 第二段階(一部閉合(Ⅰ)))	60	100	0	0
(b)未凍結箇所(5箇所→1箇所)	340	590	70	120

※1: 2017.1.16の0℃以上の領域の通水面積  
中粒砂岩, 埋戻土, 互層部に設置された測温点を対象(構造物内と地下水位が浅を除く)  
互層部の砂岩と泥岩の割合 4:6  
※2: 2017.1.6~2017.1.19の地下水収支より

図-3 一部閉合(Ⅱ)の実施期間における残りの未凍結箇所からの地下水流入量の想定

(ウ) 一部閉合(Ⅱ)の実施期間における建屋周辺の地下水位変動の想定

一部閉合(Ⅱ)の実施期間に山側からの地下水流入量が120m<sup>3</sup>/日に減少した場合でも、サブドレン稼働と建屋への地下水流入が継続するための地下水が建屋周辺へ供給されていることを評価し、建屋内外水位の逆転が生じない運用が可能であることを確認する。なお、閉合開始後の地下水位変動の想定にあたっては、以下の点に留意した。

- ・今後、建屋滞留水位をT.P.+0.43まで徐々に低下するとともに、サブドレンの設定水位(L値)を建屋水位低下に伴い建屋水位+1mとすると仮定した。
- ・建屋への地下水流入量(B<sub>1</sub>)は、建屋内外水位差の減少に伴い減少するものとした。(図-4)
- ・4m盤への地下水の移動量(C<sub>1</sub>)は、陸側遮水壁(海側)の内外水位差の減少に伴い減少するものとした。(図-5)
- ・閉合後の降雨涵養量(E<sub>11</sub>)は、過去(1977~2015年)の12か月間累積最小降雨を用いた。

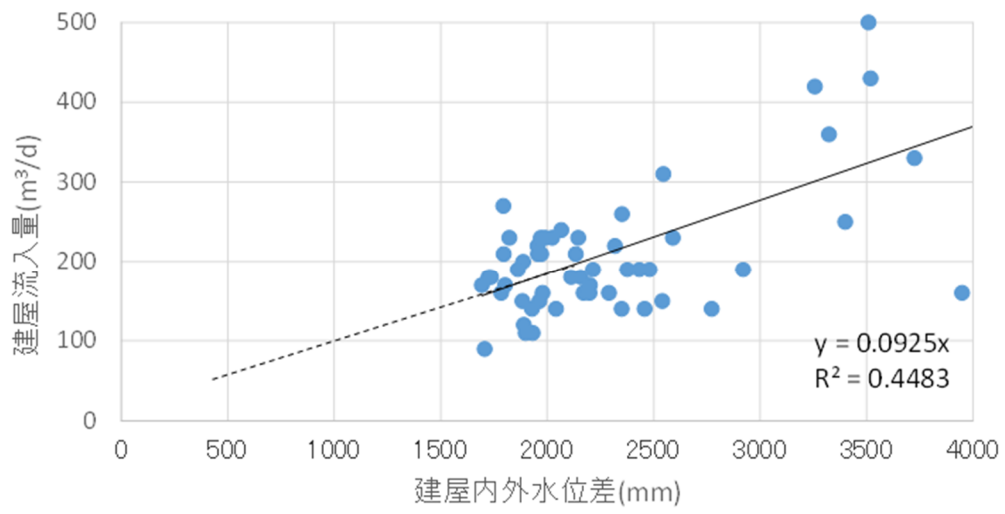


図-4 建屋内外水位差と建屋流入量の関係（期間：2016.1～2017.1）

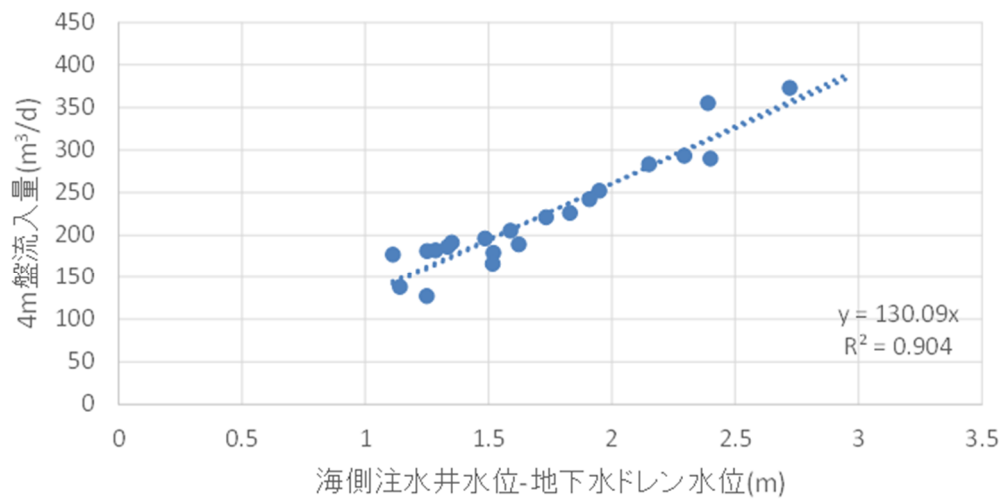


図-5 海側注水井水位-地下水ドレン水位と4m盤流入量の関係  
（期間：2016.7～2017.1）

その結果、一部閉合（Ⅱ）の効果が現れ、未凍結箇所からの流入量が 120m<sup>3</sup>/日となった後においても、サブドレンの稼働は継続し、また建屋内外水位差は 1m 以上確保されると想定される（図-6）。

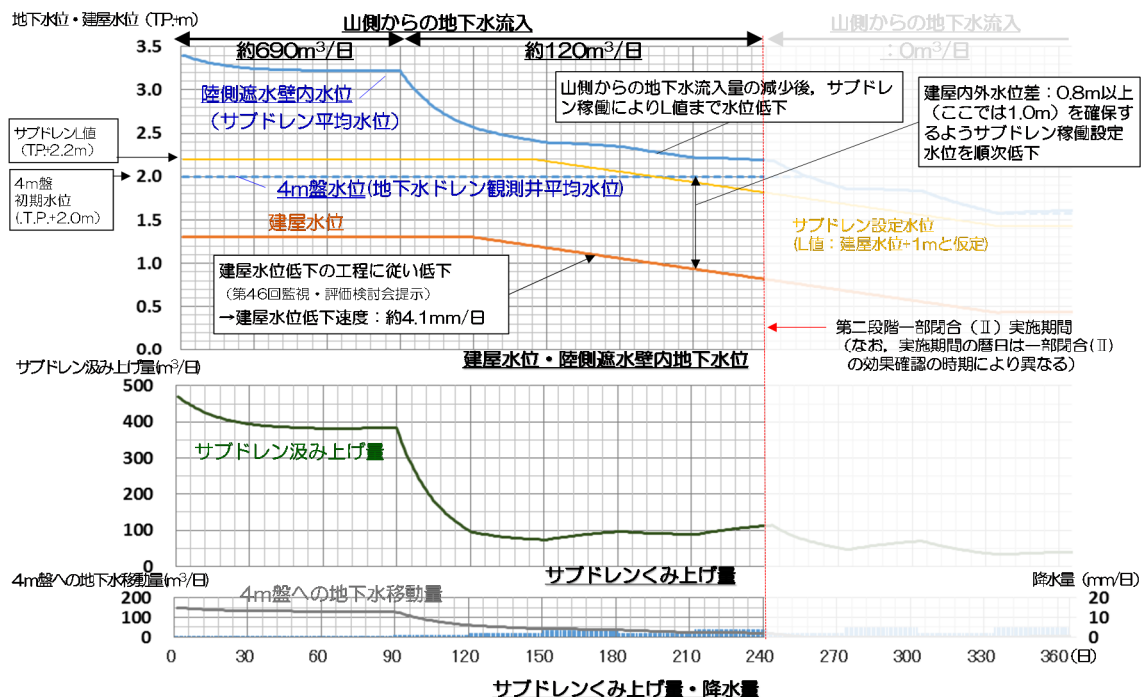


図-6 一部閉合（Ⅱ）の実施期間における建屋周辺の地下水位変動の想定

(2) 評価結果

北側、西側②、西側④、南側閉合後に、山側未凍結箇所からの地下水流入量が減少した場合の地下水収支を確認した結果、サブドレンの稼働は継続し、建屋周辺の地下水位はサブドレン設定水位（L 値）よりも高い位置で推移すると想定されることから、建屋内外水位の逆転は生じないと評価した。

上記より、未凍結箇所のうち北側、西側②、西側④、南側を閉合しても、地下水位管理上、問題とはならないものと考えられる。

以上

## 注水・散水用水の確保

### 1. 概要

早急な対応が必要と判断された場合や、降雨が少ない時期が継続する等の場合における、地下水涵養の方策として注水・散水の実施にあたり、用水の確保について示す。

### 2. 用水の確保

注水・散水に使用可能な用水として、坂下ダムから所内へ導水している原水と、原水を水源とする浄水設備（処理能力：600m<sup>3</sup>/日程度）より給水される浄水がある。浄水は、凍結プラントの冷却補給水に使用しており、残りを注水と散水に使用する。

原水の水源である坂下ダムにおける当社の最大使用可能量は 11,000m<sup>3</sup>/日である。また、浄水設備への給水とは別に、坂下ダムから所内までの導水管から分岐して、水処理設備付近へ原水を直接導水していることから、仮に浄水から注水(最大量約 360m<sup>3</sup>/日)した場合においても、原水の直接供給分を含めると、約 240m<sup>3</sup>/日<sup>\*</sup>以上は散水等へ利用可能であり、注水や散水の用水は確保されている。

<sup>\*</sup>降水量換算で約 3.8mm/日程度 (240m<sup>3</sup>/64,000m<sup>2</sup>≒0.0038m)



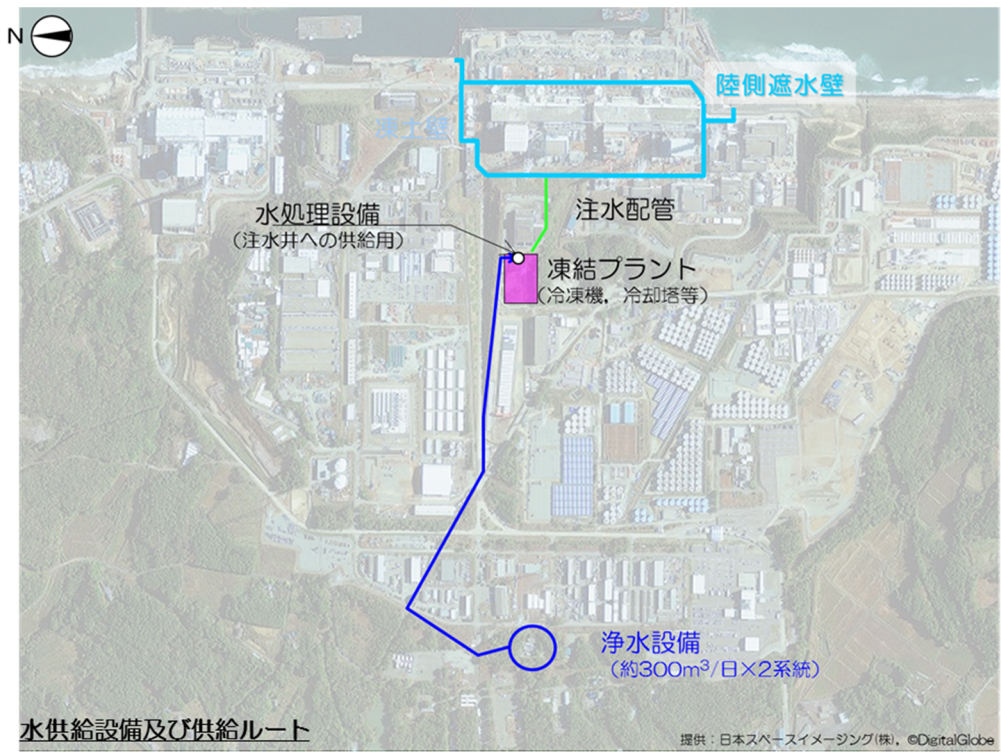


図 水供給設備および供給ルート概要

以上

## 陸側遮水壁（山側）の完全閉合の評価

## 1. 概要

第一段階フェーズ 2 および第二段階で凍結対象外としていた未凍結箇所である西側③の閉合後においても、建屋内外水位の逆転は生じないことについて評価した。

なお、第三段階（完全閉合）の実施期間における地下水流況についても、本評価方法を用いて建屋内外水位の逆転が起こらないことを確認していく。

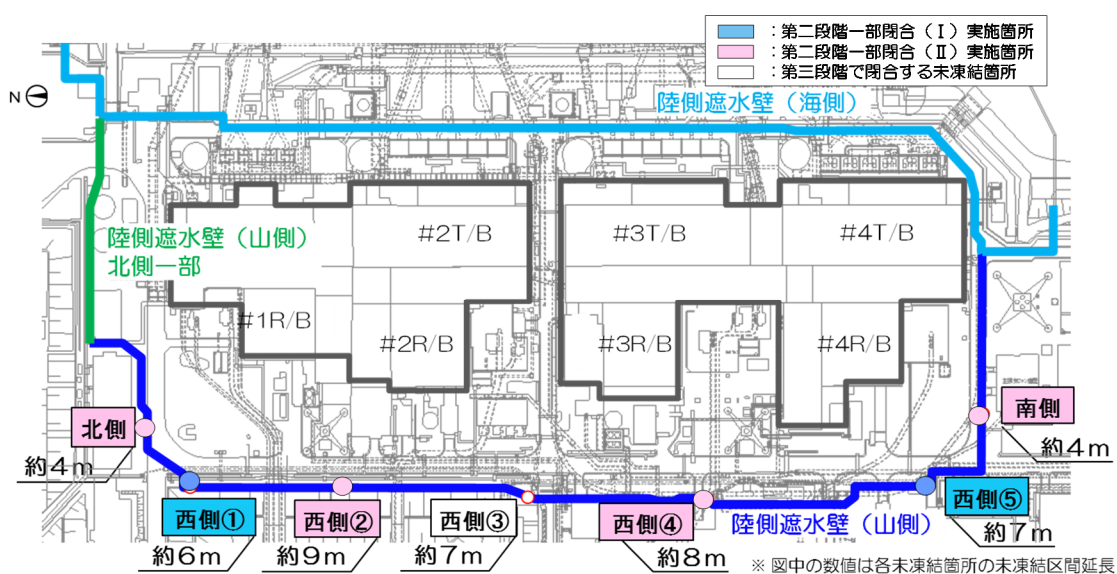


図-1 第三段階（完全閉合）における閉合実施箇所

## 2. 第三段階（完全閉合）の評価

山側からの地下水は「凍結に至っていない箇所<sup>※1</sup>」と「未凍結箇所（西側③）」から流入している。評価にあたっては、第三段階（完全閉合）の実施期間に「凍結に至っていない箇所」および「未凍結箇所（西側③）」が全て凍結し、地下水流入が無くなる状態を想定しても、建屋内外水位の逆転は起こらないことを確認する。

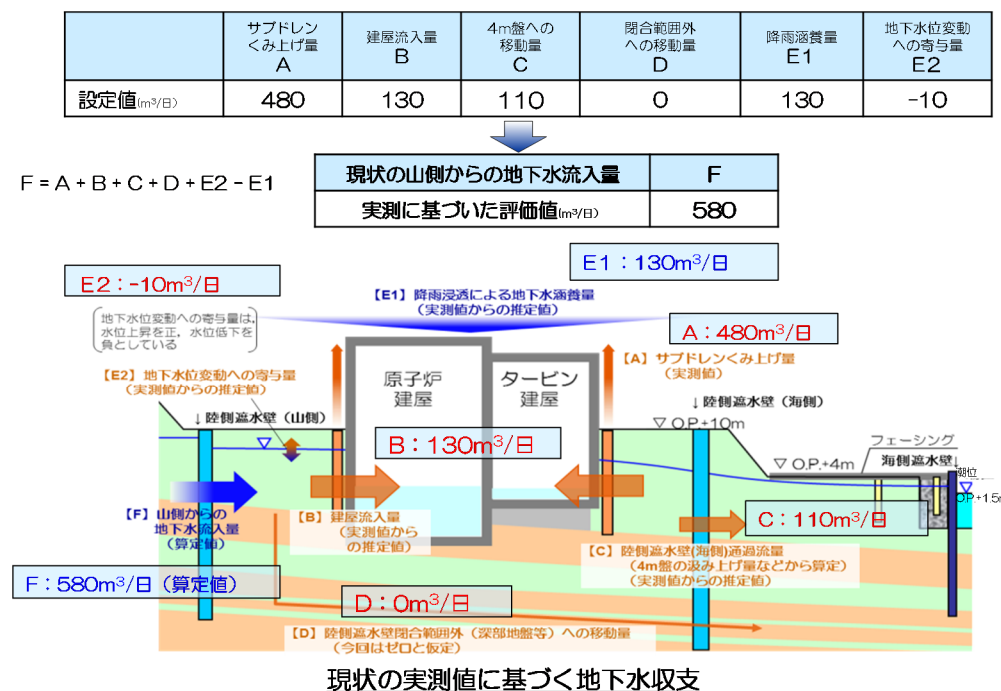
※1：第一段階フェーズ2および第二段階一部閉合（I）、（II）で凍結対象としていた範囲で凍結に至っていない箇所

## (1) 第三段階（完全閉合）の実施期間における建屋周辺の地下水位変動の想定

第三段階（完全閉合）の実施期間における建屋周辺の地下水位変動について、下記の通り想定される。

(ア) 閉合前の山側からの地下水流入量の想定

第三段階（完全閉合）実施前の山側からの地下水流入量を，第二段階一部閉合（Ⅱ）開始後の期間（2017.5.1～5.31）の実測値に基づいて評価した。その結果，山側からの流入量は 580m<sup>3</sup>/日程度と想定される（図－2）。



※ 当該期間において，深部透水層（粗粒，細粒砂岩）の水頭が互層部と同程度で，上部の中粒砂岩層よりも高いことから，深部地盤等への移動量D<sub>1</sub>をゼロとする。

図－2 第三段階（完全閉合）実施前の山側からの地下水流入量の想定

(イ) 第三段階（完全閉合）の実施期間における山側からの地下水流入量の想定

山側からの地下水流入量には，(a)凍結に至っていない箇所（第一段階，第二段階一部閉合（Ⅰ），（Ⅱ））と，(b)1箇所の計画的な未凍結箇所からの流入がある。

(a)からの流入は凍結が進めばなくなることで，閉合後には(b)からの流入量もなくなることから，山側からの地下水流入量は 0m<sup>3</sup>/日となると仮定した。

(ウ) 第三段階（完全閉合）の実施期間における建屋周辺の地下水位変動の想定

第三段階（完全閉合）の実施期間における山側からの地下水流入量が 0m<sup>3</sup>/日となった場合でも，サブドレン稼働と建屋への地下水流入が継続することを評価し，建屋内外水位の逆転が生じない運用が可能であることを確認する。なお，閉合開始後の地下水位変動の想定にあたっては，以下の点に留意した。

- ・今後、建屋滞留水位を T. P. -0.036m まで徐々に低下するとともに、サブドレンの設定水位 (L 値) を建屋水位低下に伴い建屋水位+0.9m とすると仮定した。
- ・建屋への地下水流入量 (B) は、建屋内外水位差の減少に伴い減少するものとした。  
(図-3)
- ・4m 盤への地下水の移動量 (C) は、陸側遮水壁 (海側) の内外水位差の減少に伴い減少するものとした。(図-4)
- ・閉合後の降雨涵養量 (E 1) は、過去 (1977~2016 年) の 24 か月間累積最小降雨を用いた。

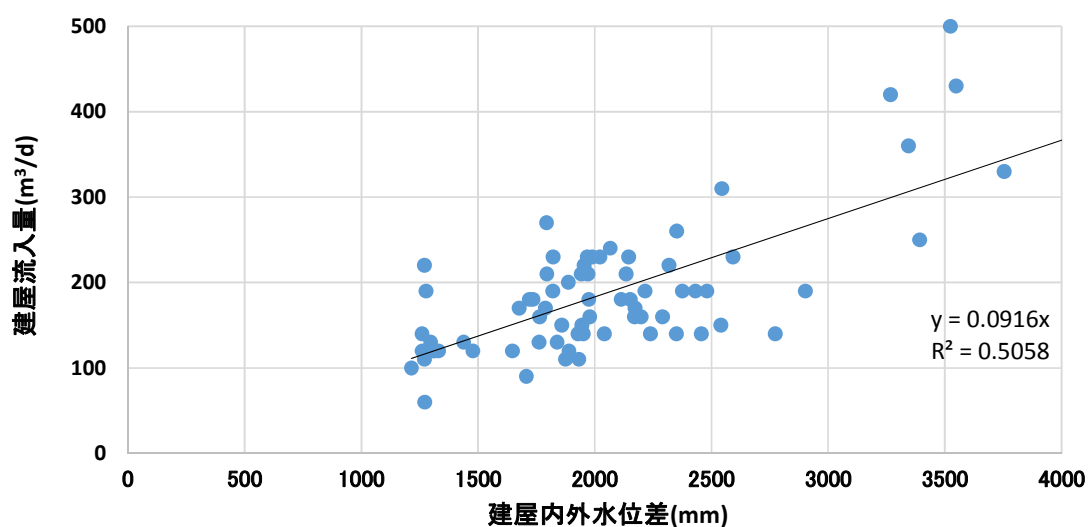


図-3 建屋内外水位差と建屋流入量の関係 (期間: 2016.1~2017.5)

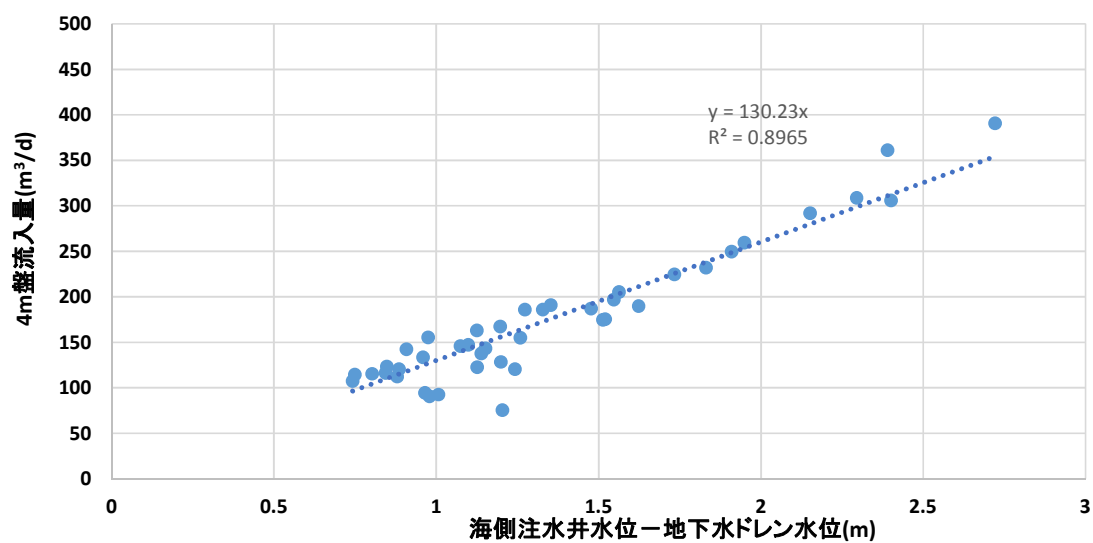


図-4 海側注水井水位-地下水ドレン水位と 4m 盤流入量の関係  
(期間: 2016.7~2017.5)

その結果、完全閉合の効果が現れ、山側からの地下水流入量が  $0\text{m}^3/\text{日}$  となった後においても、サブドレンの稼働は継続し、また建屋内外水位差は  $0.9\text{m}$  以上確保されると想定される（図-5）。

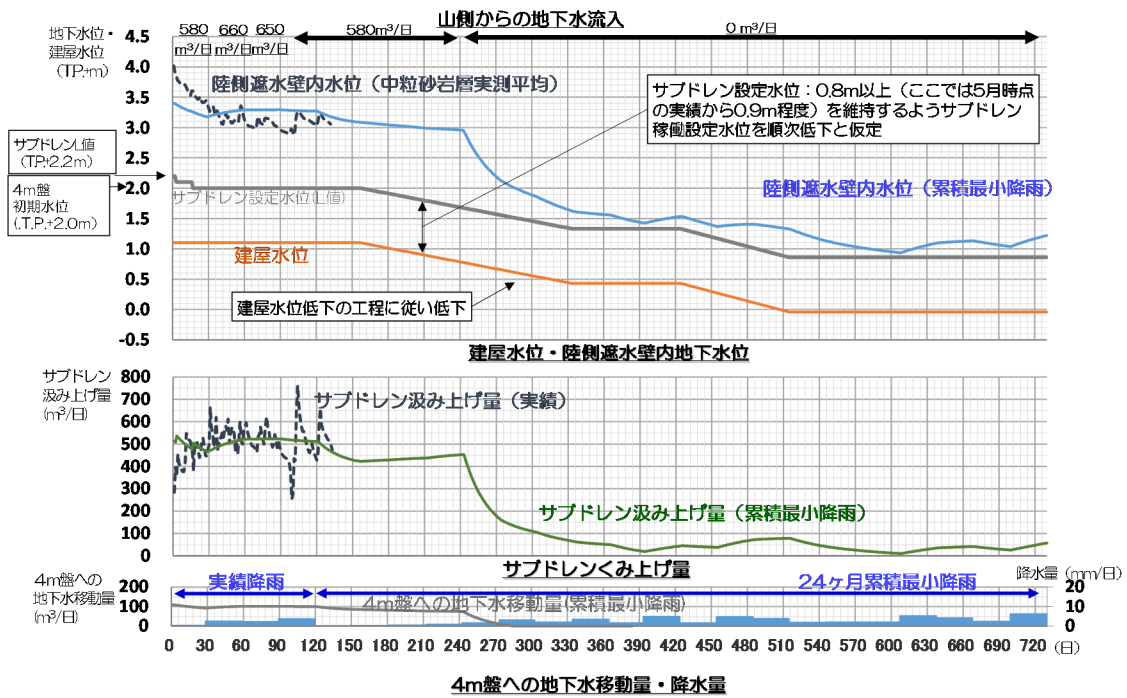


図-5 第三段階（完全閉合）の実施期間における建屋周辺の地下水位変動の想定

## (2) 評価結果

第三段階（完全閉合）後に、山側からの地下水流入量が  $0\text{m}^3/\text{日}$  となった場合の地下水収支を確認した結果、サブドレンの稼働は継続し、建屋周辺の地下水位はサブドレン設定水位（L値）よりも高い位置で推移すると想定されることから、建屋内外水位の逆転は生じないと評価した。

上記より、未凍結箇所（西側③）を閉合しても、地下水位管理上、問題とはならないともと考えられる。

以上

## 陸側遮水壁（山側ライン）における試験凍結の実施

## 1. はじめに

陸側遮水壁は、地盤中に凍結管を約1 m間隔で配置し、凍結管内にブライン（冷却材）を循環させて凍結管周囲の地盤を凍結して造成する。陸側遮水壁を造成するための機器は、冷凍機、冷却塔、冷却水循環ポンプ、ブライン循環ポンプ、ブライン供給ポンプ、ブライントタンク、ブライン移送管、接続管、凍結管（以下：「ブライン循環設備」という）で構成されている。

試験凍結では、主に、ブライン移送管や凍結管等に循環されるブラインや測温管で計測される地中の温度変化傾向を確認し、ブライン循環設備の全体システムや地下水流況の影響等を確認する。

本実施計画は、様々な条件下で上記の温度変化傾向を確認していくことが対象であり、試験凍結箇所での閉合確認を実施するものではない。また、陸側遮水壁（山側ライン）の閉合を開始するものではない。

## 2. 実施目的

試験凍結における具体的な実施目的は、以下の事項に関して、測温管で計測される地中温度、ブラインの送り側（ヘッダー管単位）温度、ブラインの戻り側（凍結管単位）温度の変化傾向を確認する。

- (1) ブライン循環設備の全体システムの稼働状況（ブライン移送距離、移送管設置形状）
- (2) 地下水流況の影響（設置箇所、背後斜面、周辺構造物）
- (3) 特殊環境の影響（複列箇所、試験凍結箇所が近接する場所）

上記の凍結環境において、特に影響が大きいと想定される箇所での凍結過程の地中温度などの温度変化傾向を確認することで、本格凍結時に留意すべき点の抽出や対応策を立案するための資料を得ることが可能となる。

## 3. 試験凍結箇所

具体的な実施箇所は以下の通り（図1参照）。



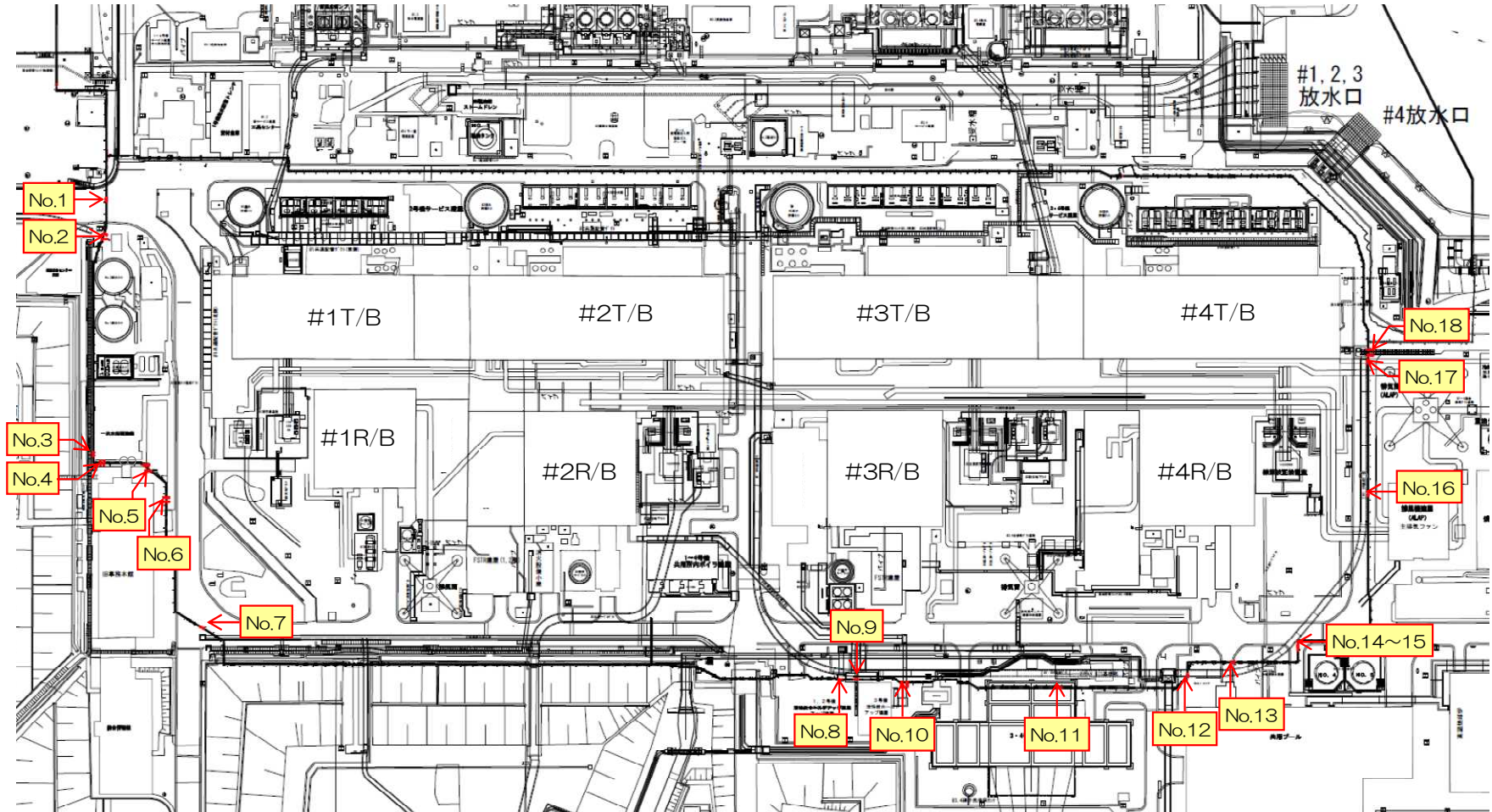


図1 試験凍結箇所

#### 4. 試験凍結での確認項目

以下の項目を確認し、「2. 実施目的」で記載した内容を確認する。

測温管で計測される地中温度

ブラインの送り側（ヘッダー管単位）の温度

ブラインの戻り側（凍結管単位）の温度

#### 5. 試験凍結時の建屋周辺地下水位に与える影響

フィージビリティ・スタディ\*で実施した、延長12mの小規模遮水壁実証試験における遮水壁周辺の地下水位変動の分析結果および3次元浸透流解析結果から、今回の試験凍結実施においては、建屋周辺の地下水位低下の影響は僅かであるため、現状の建屋内滞留水と周辺地下水の水位差に大きく影響を与えるものではない。

※：資源エネルギー庁公募「平成25年度発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤整備事業（地下水の流入抑制のための凍土方式による遮水技術に関するフィージビリティ・スタディ事業）」

以下にその理由を述べる。

- 1) フィージビリティ・スタディで実施した、延長12mの小規模遮水壁実証試験における遮水壁周辺の地下水位変動の分析結果から、小規模遮水壁実証試験では、凍結箇所近傍においては、約2.5ヶ月を経て15cm以下の水位低下であったこと、かつ約120m離隔したサブドレンの地下水位の低下傾向を確認できなかったことから、試験凍結の実施においては、降雨による一時的な水位上昇後の一過性による低下傾向を除き、建屋周辺の地下水位低下の影響は僅かである。（別添－1参照）
- 2) 今回実施する試験凍結時の3次元浸透流解析では、試験凍結前に対して、凍結完了後の地下水位低下幅は、凍結箇所近傍で1～3cm程度、建屋山側近傍で1cm程度の水位低下であり、かつ建屋海側近傍では水位低下はない結果であることから、試験凍結による建屋周辺の地下水位低下の影響は僅かである。（別添－2参照）

#### 6. 緊急時の対応

##### (1) 試験凍結箇所近傍での地下水位低下時

- a. 試験凍結により地下水位に有意な影響が見られた場合には、試験凍結を休止する。

具体的な方法は、以下の通り。

- ・試験凍結箇所近傍および複数の試験凍結影響範囲外の地下水位を観測し、前日計測値からの試験凍結影響範囲外の変化量（ $\Delta y_i$ ）、試験凍結箇所近傍の変化量（ $\Delta x$ ）を算出

試験凍結箇所近傍の変化量  $\Delta x = H_{x前日} - H_{x本日}$  （単位：cm）

試験凍結影響範囲外の変化量  $\Delta y_i = H_{yi前日} - H_{yi本日}$  （単位：cm）（平均値で評価）



- ・荒天時等を除き，1日につき1回，上記2点を比較する。
- ・各々の変化量に関して，下記の評価式において15cm以上となった時点で，3日間の継続監視体制をとり，1日につき2回の監視体制をとる。なお，この評価式は試験凍結開始日より適用する。

$$\Sigma (\Delta X) - \Sigma (\Delta y_i) \geq 15\text{cm} \quad (\text{単位：cm})$$

ただし，4日目以降においても，15cm以上の場合は，試験凍結による地下水位に有意な影響が見られた場合と判断し，試験凍結を休止するとともに，原因究明を行う。

また，試験凍結休止以降においても，1日につき2回の監視体制をとる。

- ・試験凍結箇所近傍での地下水位を観測予定箇所等は図2に示す。
- b. 試験凍結の休止の判断後においては，「2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋」の本文に記載のとおり，試験凍結実施箇所近傍のサブドレン水位が建屋内滞留水の水位よりも高いことを継続監視し，「2.6.1.3 設計方針（2）汚染水処理設備の長期間の停止，豪雨等があった場合にも，建屋等の外への漏えいが防止できるよう水位を管理する。」に準拠する。
- なお，休止解除にあつては，試験凍結箇所近傍や建屋周辺の地下水位を継続監視し，休止判断段階での基準水位に回復見込めた段階で試験凍結を再開する。

## (2) 機器の単一故障

ブライン循環設備の故障・破損時には，速やかに必要な対応・復旧を実施する。

## (3) 外部電源喪失時

ブライン循環設備の電源は，異なる2系統の所内高圧母線から受電できる構成とする。

## (4) 外部人為事象に対する対応

外部人為事象に対する設計上の考慮については，発電所全体の対応に従う（実施計画 II-1-14 設計上の考慮（3）外部人為事象に対する設計上の考慮）。

ブライン循環設備の機能確認に関する個別対応としては，凍結プラント建屋・制御盤等の施錠を行うことで，関係者以外の立ち入り・操作を制限する。

また，凍結プラント稼働状況，ブライン循環ポンプ，ブライン供給ポンプ等機器類の稼働状況等について，遠隔監視することで，不正操作の有無を速やかに検知する。

## 7. 別添

別添—1 小規模遮水壁実証試験における遮水壁周辺の地下水位変動の分析結果

別添—2 試験凍結時の3次元浸透流解析結果

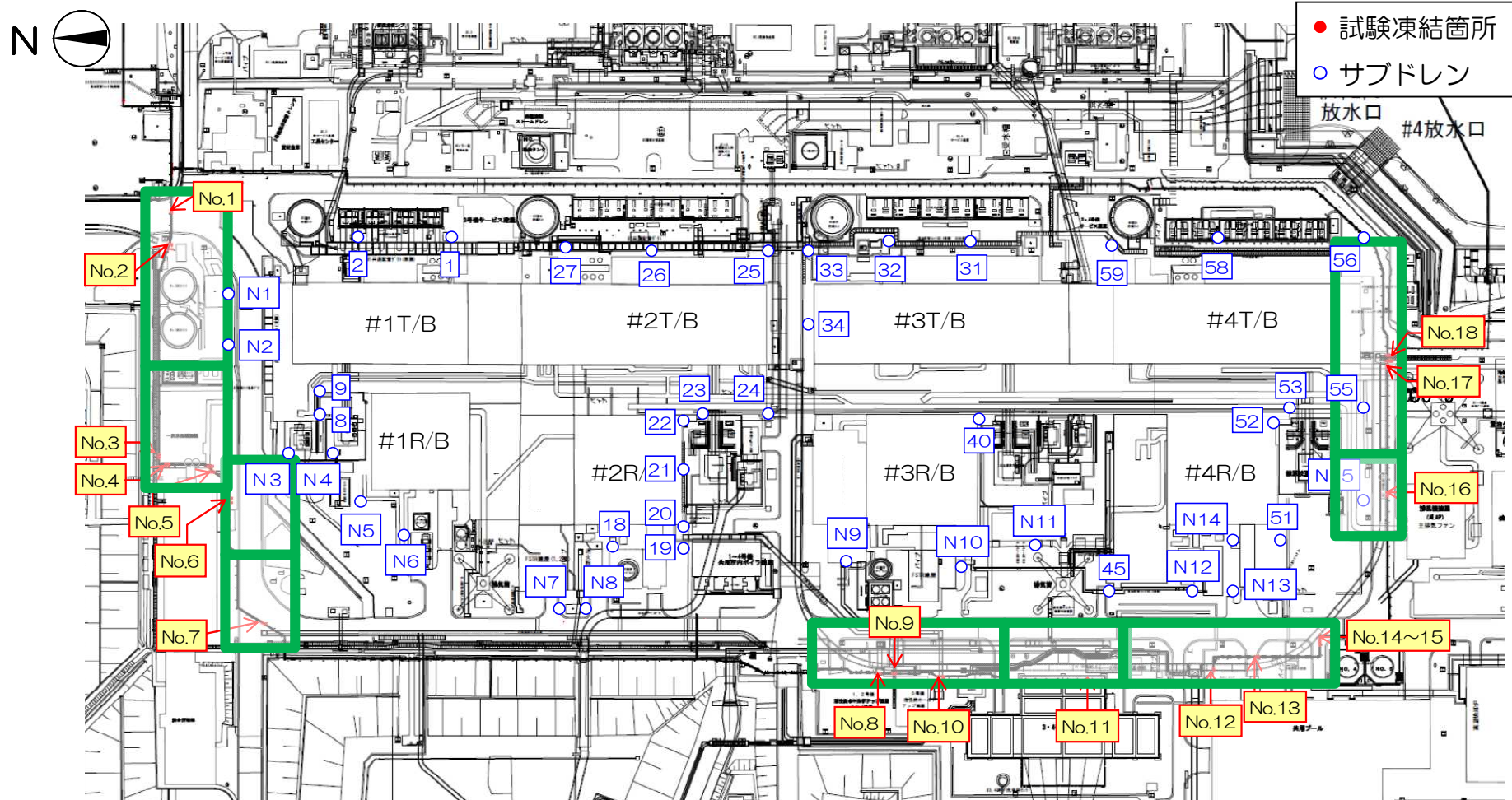


図2 試験凍結箇所・サブドレン・試験凍結箇所近傍地下水位観測予定箇所（緑枠※1） 位置関係

※1 試験凍結箇所近傍 地下水位観測予定箇所：敷地制約を考慮しながら、可能な限り試験凍結箇所近傍で地下水位を観測予定

※2 試験凍結影響範囲外 地下水位観測予定箇所：複数箇所（4箇所以上）を選定し、凍結影響範囲外で観測予定

小規模遮水壁実証試験における遮水壁周辺の地下水位変動の分析結果

1. 分析方法

フィージビリティ・スタディ<sup>※</sup>で実施した延長 12mの小規模遮水壁実証試験における遮水壁周辺の地下水位変動について分析した（図1参照）。

今回着目した地下水位観測位置は、地下水の流れに対して以下の通りである。

上流側（遮水壁周辺）：OS-5, OS-6

下流側（遮水壁周辺）：OS-2, OS-3, OS-4, 観測井C

下流側（建屋周辺）：サブドレン SD45

なお、今回実施の試験凍結での最大造成長は約 8mであり、小規模遮水壁実証試験の方が遮水壁造成長の規模（12m）は大きく、地下水位変動の分析結果は保守的な評価といえる。

※：資源エネルギー庁公募「平成 25 年度発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤整備事業（地下水の流入抑制のための凍土方式による遮水技術に関するフィージビリティ・スタディ事業）」

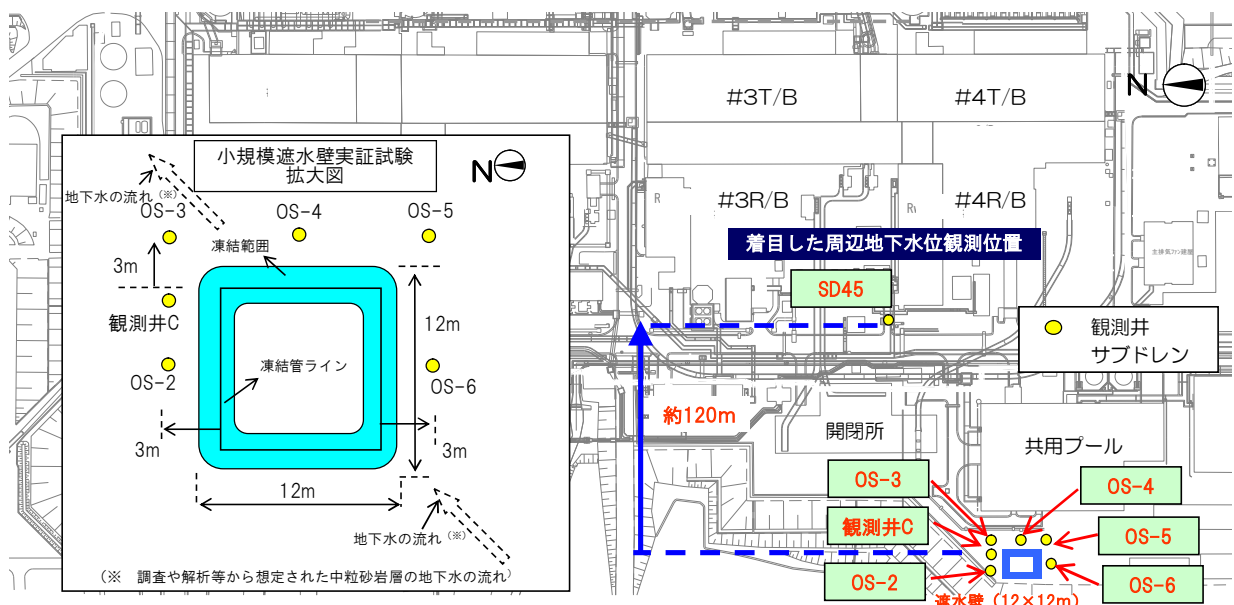


図1 小規模遮水壁実証試験での地下水位観測位置

## 2. 分析結果

小規模遮水壁周辺での地下水変動の経時変化（2014年3月～2014年5月）を以下に示す（図2，表1参照）。

なお，図中の①，②，③に関する定義は以下の通りである。

- ①：試験スタート時：2014/3/14～3/20（7日間平均値）
- ②：2014/5/25～5/31（7日間平均値）
- ③：降雨影響による水位変動幅：2014/4/30～5/1

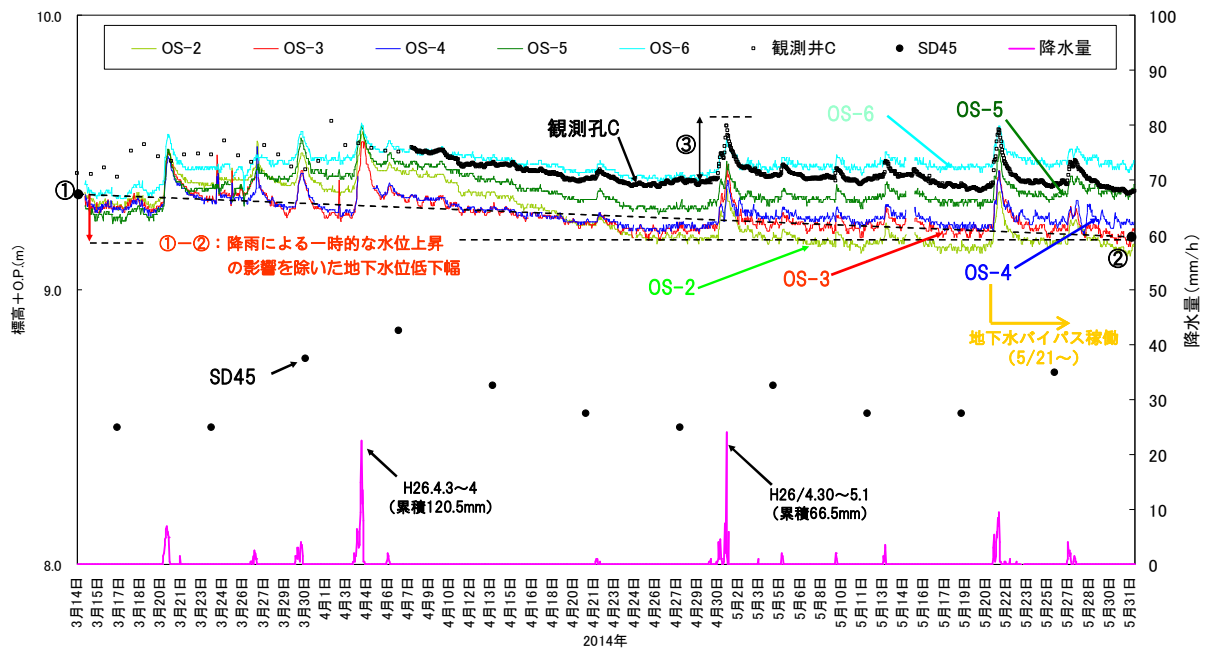


図2 小規模遮水壁実証試験での地下水変動の経時変化

表1 小規模遮水壁近傍での地下水変動の経時変化量

[地下水位変動幅：+：上昇 ▲：低下]

測定箇所	平均低下幅 (3/14～5/31)	降雨影響 (4/30～5/1)
	降雨等の影響を除外 ※1 (cm)	※2 (cm)
OS-2	▲ 14	+18
OS-3	▲ 9	+24
OS-4	▲ 5	+17
OS-5	+8	+17
OS-6	+11	+14
観測井C	▲ 8	+20

※1：①と②の差分から算出

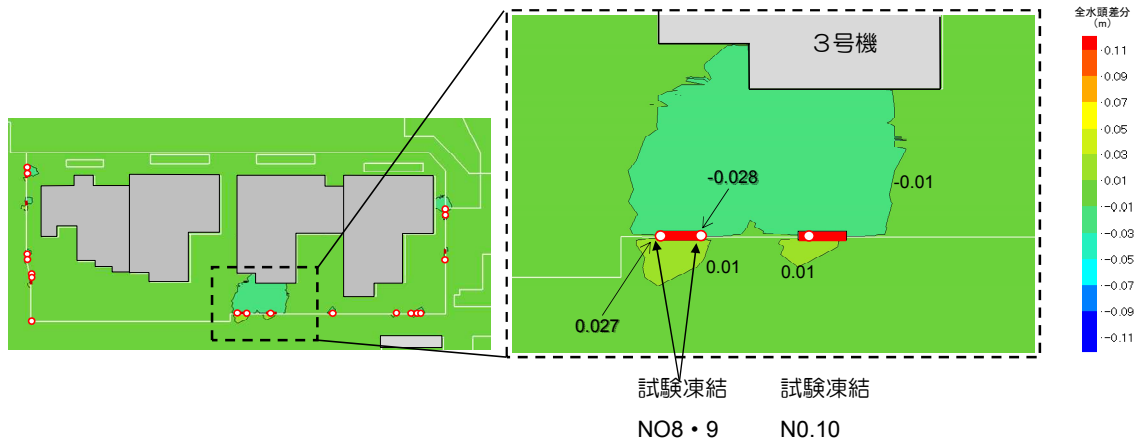
※2：降雨前3日間平均と降雨時最大値との差から算出

### 3. まとめ

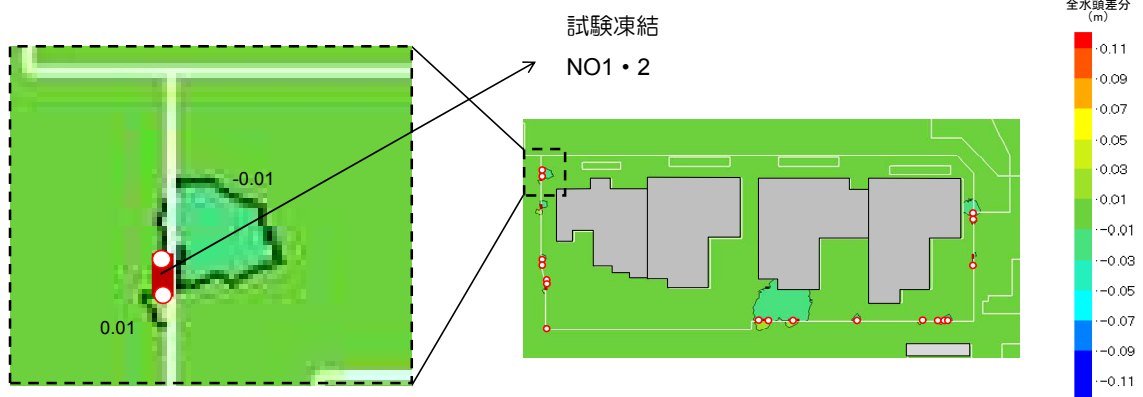
- 小規模遮水壁近傍の地下水位観測値の分析結果から、降雨による一時的な水位上昇を除き、地下水位低下幅は近傍の水位観測孔において、約2.5ヶ月経て15cm以下。
- 一方、降雨の影響による一時的な水位上昇幅は、2日間程度で20cm程度あり、降雨による変動上昇幅は大きく、その後の一過性による水位低下幅も大きい。
- 小規模遮水壁から最近傍（東に約120m）のサブドレン（SD45）の地下水位変動は、低下傾向を確認できなかった。

試験凍結時の3次元浸透流解析結果

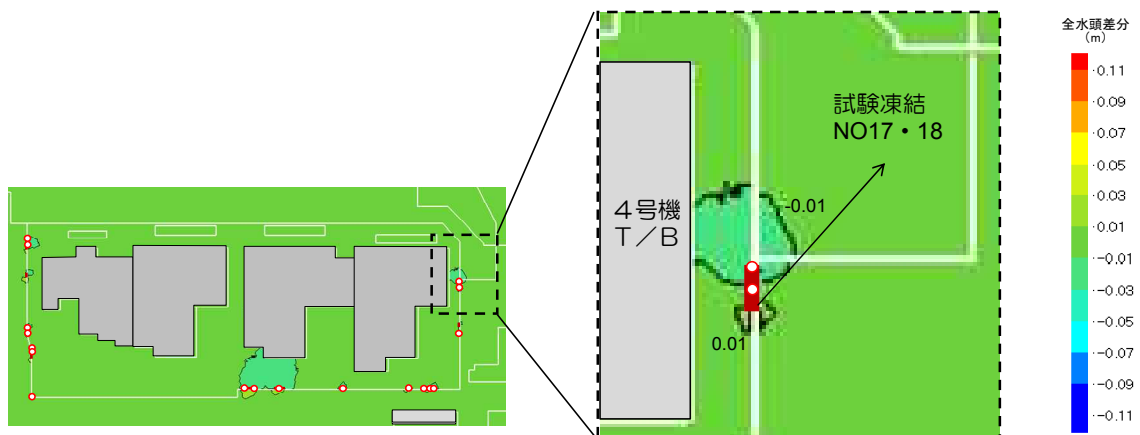
○3次元浸透流解析による試験凍結前に対する凍結後の地下水位増減の差分コンターを以下に示す。



西側：3号機山側



北側：1号機



南側：4号機

## 2.35 サブドレン他水処理施設

### 2.35.1 基本設計

#### 2.35.1.1 設置の目的

サブドレン他水処理施設は、1～4号機タービン建屋等の周辺に設置されたサブドレンピットから地下水を汲み上げること（サブドレン集水設備）、海側遮水壁と既設護岸の間に設置される地下水ドレンポンドから地下水を汲み上げること（地下水ドレン集水設備）、汲み上げた水に含まれている放射性核種（トリチウムを除く）を十分低い濃度になるまで除去すること（サブドレン他浄化設備）及び浄化された水を排水すること（サブドレン他移送設備）を目的とする。（以下、「本格運転」という。）

#### 2.35.1.2 要求される機能

- (1) サブドレン集水設備は、1～4号機タービン建屋等の周辺に設置されたサブドレンピットから地下水を集水タンクに移送できること。
- (2) 地下水ドレン集水設備は、地下水ドレンポンドから地下水を汲み上げ、集水タンクに移送できること。
- (3) サブドレン他浄化設備は、サブドレン集水設備及び地下水ドレン集水設備で集水した地下水の処理、貯留、管理等を行い、放射性物質の濃度を適切な値に低減する能力を有すること。
- (4) サブドレン他浄化設備は、設備内で発生する気体状及び固体状の放射性物質及び可燃性ガスの管理が適切に行える機能を有すること。
- (5) サブドレン他移送設備は、サブドレン他浄化設備にて浄化された水を排水できること。
- (6) サブドレン他水処理施設は、漏えい防止機能を有すること。

#### 2.35.1.3 設計方針

##### 2.35.1.3.1 サブドレン集水設備の設計方針

###### (1) 処理能力

サブドレン集水設備は、1～4号機タービン建屋等の周辺に設置されたサブドレンピットから地下水を汲み上げ、集水タンクに移送できる処理容量とする。

###### (2) 材料

サブドレン集水設備は、処理対象水の性状を考慮し、適切な材料を用いた設計とする。

###### (3) 放射性物質の漏えい防止及び管理されない放出の防止

サブドレン集水設備の機器等は、液体状の放射性物質の漏えい防止及び敷地外への管理されない放出を防止するため、次の各項を考慮した設計とする。

- a. 漏えいの発生を防止するため、機器等には適切な材料を使用するとともに、タンク水位の検出器を設ける。
- b. 液体状の放射性物質が漏えいした場合は、漏えい液体の除去を行えるようにする。
- c. サブドレンピットの水位、タンク水位等の警報については、免震重要棟集中監視室等に表示し、異常を確実に運転員に伝え適切な措置をとれるようにし、これを監視できるようにする。

#### (4) 健全性に対する考慮

サブドレン集水設備は、機器の重要度に応じた有効な保全が可能な設計とする。

#### (5) 検査可能性に対する設計上の考慮

サブドレン集水設備は、サブドレンピットから地下水を汲み上げ、集水タンクに移送できることを確認するための検査が可能な設計とする。

### 2.35.1.3.2 サブドレン他浄化設備の設計方針

#### (1) 放射性物質の濃度の低減

サブドレン他浄化設備は、サブドレン集水設備及び地下水ドレン集水設備で汲み上げた水を、ろ過、イオン交換等により、周辺環境に対して、放射性物質の濃度を合理的に達成できる限り低くする設計とする。

#### (2) 処理能力

サブドレン他浄化設備は、サブドレン集水設備及び地下水ドレン集水設備で想定される汲み上げ量以上の処理容量とする。

#### (3) 材料

サブドレン他浄化設備の機器等は、処理対象水の性状を考慮し、適切な材料を用いた設計とする。

#### (4) 放射性物質の漏えい防止及び管理されない放出の防止

サブドレン他浄化設備の機器等は、液体状の放射性物質の漏えい防止及び敷地外への管理されない放出を防止するため、次の各項を考慮した設計とする。

- a. 漏えいの発生を防止するため、機器等には適切な材料を使用するとともに、タンク水位の検出器、インターロック回路等を設ける。
- b. 液体状の放射性物質が漏えいした場合は、漏えい液体の除去を行えるようにする。
- c. タンク水位、漏えい検知等の警報については、免震重要棟集中監視室等に表示し、異常を確実に運転員に伝え適切な措置をとれるようにし、これを監視できるようにする。



d. サブドレン他浄化装置の機器等は、周辺に堰を設けた区画内に設け、漏えいの拡大を防止する。また、排水路から可能な限り離隔するとともに、排水路を跨ぐ箇所はボックス鋼内等に配管を敷設する。

(5) 被ばく低減

サブドレン他浄化設備は、遮へい、機器の配置等により被ばくの低減を考慮した設計とする。

(6) 可燃性ガスの管理

サブドレン他浄化設備は、水の放射線分解により発生する可燃性ガスの滞留を防止でき、必要に応じて適切に排出できる設計とする。また、可燃性ガスに放射性物質が含まれる可能性がある場合は、適切に除去する設計とする。

(7) 健全性に対する考慮

サブドレン他浄化設備は、機器の重要度に応じた有効な保全が可能な設計とする。

(8) 検査可能性に対する設計上の考慮

サブドレン他浄化設備は、処理量ならびに放射能濃度を低減できることを確認するための検査が可能な設計とする。

(9) 地下水の貯留

サブドレン他浄化設備は、地下水を浄化してサンプルタンクへ移送することを目的とするが、地下水の水質や処理状況に応じて、地下水を RO 濃縮水貯槽又は Sr 処理水貯槽へ移送することが可能な設計とする。なお、RO 濃縮水貯槽又は Sr 処理水貯槽へ移送した地下水はサブドレン他水処理施設へ移送して処理しない。

### 2.35.1.3.3 サブドレン他移送設備の設計方針

#### (1) 処理能力

サブドレン他移送設備は、サブドレン他浄化設備で想定される処理容量以上の処理容量とする。

#### (2) 材料

サブドレン他移送設備の機器等は、処理対象水の性状を考慮し、適切な材料を用いた設計とする。

#### (3) 放射性物質の漏えい防止及び管理されない放出の防止

サブドレン他移送設備は浄化した水を取り扱うことから、液体中の放射性物質による影響はほとんど無い。ただし、液体状の放射性物質の漏えい防止及び敷地外への管理されない放出を防止するため、機器等は次の各項を考慮した設計とする。

- a. 漏えいの発生を防止するため、機器等には適切な材料を使用するとともに、インターロック回路等を設ける。
- b. 液体状の放射性物質が漏えいした場合は、漏えい液体の除去を行えるようにする。
- c. 漏えい検知等の警報については、免震重要棟集中監視室等に表示し、異常を確実に運転員に伝え適切な措置をとれるようにし、これを監視できるようにする。
- d. 浄化した水を排水する際には事前に水質分析を行い、浄化水に含まれる放射性物質濃度が、告示濃度限度よりも十分に低い排水の基準（詳細は「Ⅲ 2.1.2 放射性液体廃棄物の管理」を参照）を満足することを確認した後に、排水を行う。また、運転員の誤操作等により、水質分析前の水を排水することが無いよう配慮した設計とする。

#### (4) 健全性に対する考慮

サブドレン他移送設備は、機器の重要度に応じた有効な保全が可能な設計とする。

#### (5) 検査可能性に対する設計上の考慮

サブドレン他移送設備は、浄化された水を排水できることを確認するための検査が可能な設計とする。

#### 2.35.1.3.4 地下水ドレン集水設備の設計方針

##### (1) 処理能力

地下水ドレン集水設備は、地下水ドレンポンドから地下水を汲み上げ、集水タンクに移送できる処理容量とする。

##### (2) 材料

地下水ドレン集水設備は、処理対象水の性状を考慮し、適切な材料を用いた設計とする。

##### (3) 放射性物質の漏えい防止及び管理されない放出の防止

地下水ドレン集水設備の機器等は、液体状の放射性物質の漏えい防止及び敷地外への管理されない放出を防止するため、次の各項を考慮した設計とする。

- a. 漏えいの発生を防止するため、機器等には適切な材料を使用するとともに、タンク水位の検出器を設ける。
- b. 液体状の放射性物質が漏えいした場合は、漏えい液体の除去を行えるようにする。
- c. 地下水ドレンのタンク水位等の警報については、免震重要棟集中監視室等に表示し、異常を確実に運転員に伝え適切な措置をとれるようにし、これを監視できるようにする。

##### (4) 健全性に対する考慮

地下水ドレン集水設備は、機器の重要度に応じた有効な保全が可能な設計とする。

##### (5) 検査可能性に対する設計上の考慮

地下水ドレン集水設備は、地下水ドレンポンドで汲み上げた地下水を移送できることを確認するための検査が可能な設計とする。

#### 2.35.1.4 供用期間中に確認する項目

- (1) サブドレン集水設備は、サブドレンピットから地下水を汲み上げ、集水タンクに移送できること。
- (2) サブドレン他浄化設備は、通水でき、放射性核種濃度を低減できること。
- (3) サブドレン他移送設備は、浄化した水を移送先まで移送できること。
- (4) 地下水ドレン集水設備は、地下水ドレンポンドから地下水を汲み上げ、集水タンクまで移送できること。

## 2.35.1.5 主要な機器

### 2.35.1.5.1 サブドレン集水設備

サブドレン集水設備は、揚水ポンプ、中継タンク、中継タンク移送ポンプ、集水タンク及び移送配管で構成する。汲み上げた地下水は集水タンクに集水する。また、共通設備として、運転監視を行う監視・制御装置、電源を供給する電源設備等で構成する。

サブドレン集水設備は、免震重要棟集中監視室の監視・制御装置により遠隔操作及び運転状況の監視を行う。監視・制御装置は、故障により各設備の誤動作を引き起こさない構成とする。更に、運転員の誤操作、誤判断を防止するようにし、重要な装置の緊急停止操作については、ダブルアクションを要する等の設計とする。

電源は、異なる2系統の所内高圧母線から受電できる構成とする。

また、サブドレンピット内の水位が建屋内の滞留水の水位を下回らないように管理するため、各サブドレンピット内には水位計を設置し、サブドレンピット内の水位を監視する。

### 2.35.1.5.2 サブドレン他浄化設備

サブドレン他浄化設備は、集水タンク移送ポンプ、処理装置供給タンク、サブドレン他浄化装置、サンプルタンクで構成する。サブドレン他浄化装置は、2系列で構成し、1系列が点検等の場合においても対象水を処理できる設計とする。付帯設備として、運転監視を行う監視・制御装置、電源を供給する電源設備及び建屋等で構成する。また、放射能濃度が低減していることを確認するための試料採取が可能な設計とする。なお、サブドレン他浄化装置は、必要に応じ、2系列同時運転が可能な構成とする。

サブドレン他浄化設備の主要な機器は、免震重要棟集中監視室の監視・制御装置により遠隔操作及び運転状況の監視を行う。監視・制御装置は、故障により各設備の誤動作を引き起こさない構成とする。更に、運転員の誤操作、誤判断を防止するようにし、重要な装置の緊急停止操作については、ダブルアクションを要する等の設計とする。

#### (1) サブドレン他浄化装置

サブドレン他浄化装置は、1系列あたり、4塔の前処理フィルタ、5塔の吸着塔及び2台のポンプで構成する。

前処理フィルタは、浮遊物質を除去、及びセシウム、ストロンチウムを粗取りする。吸着塔は、セシウム、ストロンチウム、アンチモン、及び重金属核種（銀・コバルト）を除去する。また、前処理フィルタ及び吸着塔の吸着材は、除去対象核種に応じて入れ替え可能な設計とし、アンチモン、重金属核種の除去に用いる吸着塔については、除外可能とする。

前処理フィルタは、一定量処理後、水抜きを行い、交換する。使用済前処理フィルタは、容器に収納して、固体廃棄物貯蔵庫に一時貯蔵する。吸着塔は、一定量処理後、水抜きを行い、吸着塔ごと交換する。使用済吸着塔は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設に一時

貯蔵する。

## (2) 電源設備

電源は、異なる2系統の所内高圧母線から受電できる構成とする。なお、サブドレン他浄化設備は、電源が喪失した場合に系統が隔離され停止するため、外部への漏えいを発生させることはない。

## (3) サブドレン他浄化装置建屋

サブドレン他浄化装置建屋は、平面が約46m×約32mで厚さが約1.5mの鉄筋コンクリート造のべた基礎を有し、漏えいの拡大を防止するための堰を設置する。

### 2.35.1.5.3 サブドレン他移送設備

サブドレン他移送設備は、浄化水移送ポンプ、移送配管等で構成する。浄化した水はサンプルタンクに一時貯留し、水質分析後、浄化水移送ポンプにより排水する。浄化した水の再浄化を行う場合は、サブドレン他浄化設備へ移送する。

また、共通設備として、運転監視を行う監視・制御装置、電源を供給する電源設備等で構成する。サブドレン他移送設備は、免震重要棟集中監視室の監視・制御装置により遠隔操作及び運転状況の監視を行う。監視・制御装置は、故障により各設備の誤動作を引き起こさない構成とする。更に、運転員の誤操作、誤判断を防止するようにし、排水等の重要な操作については、ダブルアクションを要する等の設計とする。電源は、異なる2系統の所内高圧母線から受電できる構成とする。

### 2.35.1.5.4 地下水ドレン集水設備

地下水ドレン集水設備は、地下水ドレンポンド揚水ポンプ、地下水ドレン中継タンク、地下水ドレン中継タンク移送ポンプ、地下水ドレン前処理装置及び移送配管で構成する。地下水ドレン集水設備により汲み上げた地下水は集水タンクまたはタービン建屋へ移送する。

また、共通設備として、運転監視を行う監視・制御装置、電源を供給する電源設備等で構成する。地下水ドレン集水設備は、免震重要棟集中監視室の監視・制御装置により遠隔操作及び運転状況の監視を行う。監視・制御装置は、故障により各設備の誤動作を引き起こさない構成とする。更に、運転員の誤操作、誤判断を防止するようにし、重要な装置の緊急停止操作については、ダブルアクションを要する等の設計とする。

電源は、異なる2系統の所内高圧母線から受電できる構成とする。

また、各地下水ドレンポンド内には水位計を設置し、地下水ドレンポンド内の水位を監視する。

## 2.35.1.6 自然災害対策等

### (1) 津波

放射性物質を蓄積するサブドレン他浄化装置およびサンプルタンクは、アウターライズ津波が到達しないと考えられる T.P. 33.5m 盤に設置する。集水タンクは、T.P. 2.5m 盤に設置することから、アウターライズ津波による波力がタンクに直接作用しないような高さの堰を設ける。また、大津波警報が出た際はサブドレン集水設備及び地下水ドレン集水設備を停止することで、汲み上げる水の流出防止に努める。また、サブドレン他移送設備を停止することで、排水前の水の流出防止に努める。

### (2) 台風

放射性物質を蓄積するサブドレン他浄化装置は、台風による設備損傷の可能性が低い鉄骨造の建屋内に設置する。

### (3) 積雪

積雪による設備の損傷を防止するため、建屋は建築基準法施行令及び福島県建築基準法施行細則に基づく積雪荷重に対して設計する。

### (4) 落雷

動的機器及び電気設備は、機器接地により落雷による損傷を防止する。

### (5) 竜巻

竜巻の発生の可能性が予見される場合は、設備の停止・隔離弁の閉止作業等を行い、サブドレンピット及び地下水ドレンポンドから汲み上げた地下水の漏えい防止を図る。

### (6) 火災

火災発生を防止するため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用する。火災検知のため、消防法及び関係法令に従い、建屋内には自動火災報知設備を設置する。集水移送加圧ポンプについては、巡視点検を実施するとともに、監視カメラを設置し、免震棟にて確認することで早期検知に努める。また、消火器を設置し、動力消防ポンプ（防火水槽及びポンプ車）を適切に配置することにより、初期消火の対応を可能とし、消火活動の円滑化を図る。放射性物質を吸着する前処理フィルタ及び吸着塔は鋼製容器のため、燃焼・延焼し難く、またこれらの機器付配管は鋼製であり、燃焼しない。

なお、建屋内には建築基準法及び関係法令並びに消防法及び関係法令に基づく安全避難通路を設定する。

## 2.35.1.7 構造強度及び耐震性

### 2.35.1.7.1 サブドレン集水設備

#### (1) 構造強度

中継タンク，集水移送加圧ポンプは，JIS 等に準拠する。集水タンクは，「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」に準拠する。配管のうち，ポリエチレン管は ISO 規格，JWWA 規格または JIS に準拠し，鋼管及び伸縮継手は，JIS に準拠する。また，JSME 規格で規定される材料の JIS 年度指定は，技術的妥当性の範囲において材料調達性の観点から考慮しない場合もある。

#### (2) 耐震性

サブドレン集水設備を構成する主要な機器のうち放射性物質を内包するものは，「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」に従い設計する。主要な機器の耐震性を評価するにあたっては，「JEAG4601 原子力発電所耐震設計技術指針」等に準拠する。ポリエチレン配管及び伸縮継手は，材料の可撓性により耐震性を確保する。

### 2.35.1.7.2 サブドレン他浄化設備

#### (1) 構造強度

前処理フィルタ及び吸着塔は，「ASME Boiler and Pressure Vessel Code」に準拠する。前処理フィルタ及び吸着塔廻りの鋼管は，「ASME B31.1 Power Piping」に準拠する。その他の主要機器及び配管は，「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」等に準拠し，このうちポリエチレン配管は ISO 規格，JWWA 規格に準拠する。また，JSME 規格で規定される材料の JIS 年度指定は，技術的妥当性の範囲において材料調達性の観点から考慮しない場合もある。

#### (2) 耐震性

サブドレン他浄化設備を構成する主要な機器のうち放射性物質を内包するものは，「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」に従い設計する。主要な機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては，「JEAG4601 原子力発電所耐震設計技術指針」等に準拠する。ポリエチレン配管及び伸縮継手は，材料の可撓性により耐震性を確保する。

### 2.35.1.7.3 サブドレン他移送設備

#### (1) 構造強度

サブドレン他移送設備のポンプは JIS 規格に準拠する。その他の主要機器及び配管は「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」等に準拠し、このうちポリエチレン配管は ISO 規格, JWVA 規格に準拠する。JSME 規格で規定される材料の JIS 年度指定は、技術的妥当性の範囲において材料調達性の観点から考慮しない場合もある。

#### (2) 耐震性

サブドレン他移送設備を構成する主要機器のうち放射性物質を内包するものは、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」に従い設計する。主要な機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては、「JEAG4601 原子力発電所耐震設計技術指針」等に準拠する。ポリエチレン配管及び伸縮継手は、材料の可撓性により耐震性を確保する。

### 2.35.1.7.4 地下水ドレン集水設備

#### (1) 構造強度

地下水ドレン集水設備を構成するタンクは、JIS 等に準拠する。配管のうち、ポリエチレン管は ISO 規格, JWVA 規格, または、JIS に準拠し、鋼管は、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」等に準拠する。

#### (2) 耐震性

地下水ドレン集水設備を構成する主要機器のうち放射性物質を内包するものは、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」に従い設計する。主要な機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては、「JEAG4601 原子力発電所耐震設計技術指針」等に準拠する。ポリエチレン配管は、材料の可撓性により耐震性を確保する。



#### 2.35.1.8 機器の故障への対応

##### 2.35.1.8.1 サブドレン集水設備

###### (1) 機器の単一故障

サブドレン集水設備は電源について多重化しており、上流の電源系統設備の単一故障については、速やかな集水の再開が可能である。

##### 2.35.1.8.2 サブドレン他浄化設備

###### (1) 機器の単一故障

サブドレン他浄化設備は、電源について多重化している。そのため、電源系統の単一故障については、電源系統の切替作業等により、速やかな処理の再開が可能である。

##### 2.35.1.8.3 サブドレン他移送設備

###### (1) 機器の単一故障

サブドレン他移送設備は、動的機器及び電源について多重化している。そのため、動的機器、電源系統の単一故障については、機器の切替作業等により、速やかな処理の再開が可能である。

##### 2.35.1.8.4 地下水ドレン集水設備

###### (1) 機器の単一故障

地下水ドレン集水設備は、電源について多重化しており、上流の電源系統設備の単一故障については、速やかな集水の再開が可能である。

2.35.2 基本仕様

2.35.2.1 主要仕様

2.35.2.1.1 サブドレン集水設備

(1) タンク

a. 中継タンク

名 称		中継タンク	
種 類	—	角形	
容 量	m <sup>3</sup> /個	12.0	
最 高 使 用 圧 力	MPa	静水頭	
最 高 使 用 温 度	℃	40	
主 要 寸 法	内 寸	mm	2000×4000
	側 板 厚 さ	mm	6.0
	底 板 厚 さ	mm	9.0
	高 さ	mm	1500
材 料	側 板	—	SS400
	底 板	—	SS400
個 数	個	5	

b. 集水タンク

名 称		集水タンク	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m <sup>3</sup> /個	1235	
最 高 使 用 圧 力	MPa	静水頭	
最 高 使 用 温 度	℃	40	
主 要 寸 法	胴 内 径	m	11.0
	胴 板 厚 さ	mm	12.0
	底 板 厚 さ	mm	12.0
	高 さ	m	13.0
材 料	胴 板	—	SM400C
	底 板	—	SM400C
個 数	個	7	

(2) その他機器

a. 揚水ポンプ (完成品)

台 数	45 台
容 量	30 L/min

b. 中継タンク移送ポンプ (完成品)

台 数	5 台
容 量	400 L/min

c. 集水移送加圧ポンプ (完成品)

台 数	4 台
容 量	50 m <sup>3</sup> /h

## (3) 配管

## 主要配管仕様 (1 / 2)

名 称	仕 様	
サブドレンピット内 (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	32A 相当 ポリエチレン 0.48 MPa 30 °C
サブドレンピット出口から 中継タンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	40A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	32A, 40A/Sch. 40, 200A/Sch. 20S STPG370, SUS316LTP 0.98 MPa 40 °C
中継タンク出口から 中継タンク移送ポンプ入口まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A/Sch. 40 STPG370 静水頭 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A SUS316L 静水頭 40 °C
中継タンク移送ポンプ出口から 集水タンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当, 100A 相当, 150A 相当, 200A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A, 80A/Sch. 40 200A/Sch. 40 300A/Sch. 40 350A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch. 40 SUS316LTP 0.49 MPa 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A SUS316L 0.98 MPa 40 °C

主要配管仕様（2 / 2）

名 称	仕 様	
集水タンク 1～3 出口から 集水タンク 1～3 出口部まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 静水頭 40 °C
集水タンク 1～3 出口部から 集水タンク 出口側ヘッダーまで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
集水タンク 4～7 出口から 集水移送加圧ポンプ入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当, 200A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa (集水タンク連結管は静水頭) 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ  材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch. 40 100A/Sch. 40 200A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当, 200A 相当 EPDM 合成ゴム 0.98 MPa 40 °C
集水移送加圧ポンプ出口から 集水タンク 出口側ヘッダーまで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ  材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A/Sch. 40 100A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A 相当 EPDM 合成ゴム 0.98 MPa 40 °C

※ 現場施工状況により、配管仕様（呼び径、厚さ、材質）の一部を使用しない場合がある。

2.35.2.1.2 サブドレン他浄化設備

(1) サブドレン他浄化装置の対象水の種類, 処理方式, 容量並びに系列数

名 称		仕 様
対象水の種類	—	サブドレン
処 理 方 式	—	ろ過+吸着材方式
処 理 容 量	m <sup>3</sup> /h	50
系 列 数	系列	2

(2) 容器

a. 処理装置供給タンク

名 称		処理装置供給タンク	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m <sup>3</sup> /個	30	
最 高 使 用 圧 力	MPa	静水頭	
最 高 使 用 温 度	℃	40	
主 要 寸 法	胴 内 径	mm	3000
	胴 板 厚 さ	mm	9.0
	底 板 厚 さ	mm	12.0
	平 板 厚 さ	mm	6.0
	高 さ	mm	5006
材 料	胴 板	—	SUS316L/SM400C
	底 板	—	SUS316L/SM400C
個 数	個	2	

b. 前処理フィルタ 1, 2

名 称		前処理フィルタ 1, 2	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m <sup>3</sup> /h/個	50	
最高使用圧力	MPa	1.03	
最高使用温度	℃	40	
主要寸法	胴 内 径	mm	901.7
	胴 板 厚 さ	mm	6.35
	上部平板厚さ	mm	63.5
	下部平板厚さ	mm	63.5
	高 さ	mm	2013
材 料	胴 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
	上 部 平 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
	下 部 平 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
個 数	個	2 (1 系列あたり)	

c. 前処理フィルタ 3, 4

名 称		前処理フィルタ 3, 4	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m <sup>3</sup> /h/個	50	
最高使用圧力	MPa	1.03	
最高使用温度	℃	40	
主要寸法	胴 内 径	mm	901.7
	胴 板 厚 さ	mm	6.35
	上部平板厚さ	mm	63.5
	下部平板厚さ	mm	63.5
	高 さ	mm	1800
材 料	胴 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
	上 部 平 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
	下 部 平 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
個 数	個	2 (1 系列あたり)	

d. 吸着塔 1, 2, 3, 4, 5

名 称		吸着塔 1, 2, 3, 4, 5	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m <sup>3</sup> /h/個	50	
最高使用圧力	MPa	1.55	
最高使用温度	℃	40	
主 要 寸 法	胴 内 径	mm	1346.2
	胴 板 厚 さ	mm	25.4
	鏡 板 厚 さ	mm	25.4
	高 さ	mm	3119
材 料	胴 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
	鏡 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
個 数	—	5 (1 系列あたり)	

e. サンプルタンク

名 称		サンプルタンク	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m <sup>3</sup> /個	1235	
最高使用圧力	MPa	静水頭	
最高使用温度	℃	40	
主 要 寸 法	胴 内 径	m	11.0
	胴 板 厚 さ	mm	12.0
	底 板 厚 さ	mm	12.0
	高 さ	m	13.0
材 料	胴 板	—	SM400C
	底 板	—	SM400C
個 数	個	11	



f. RO 濃縮水処理水中継タンク (RO 濃縮水処理設備\*から用途変更)

名 称		RO 濃縮水処理水中継タンク	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m <sup>3</sup> /個	1235	
最 高 使 用 圧 力	MPa	静水頭	
最 高 使 用 温 度	℃	40	
主 要 寸 法	胴 内 径	mm	11000
	胴 板 厚 さ	mm	12.0
	底 板 厚 さ	mm	12.0
	高 さ	mm	13000
材 料	胴 板	—	SM400C
	底 板	—	SM400C
個 数	個	1	

※Ⅱ-2.38 RO 濃縮水処理設備 2.38.2.2 機器仕様 (1) 容器

(3) その他機器

a. 集水タンク移送ポンプ (完成品)

台 数                    2 台  
容 量                    50 m<sup>3</sup>/h

b. 処理装置供給ポンプ (完成品)

台 数                    1 台 (1 系列あたり)  
容 量                    50 m<sup>3</sup>/h

c. 処理装置加圧ポンプ (完成品)

台 数                    1 台 (1 系列あたり)  
容 量                    50 m<sup>3</sup>/h

d. RO 濃縮水処理水移送ポンプ (完成品) (RO 濃縮水処理設備\*から用途変更)

台 数                    2 台 (1 台予備)  
容 量                    21 m<sup>3</sup>/h

※Ⅱ-2.38 RO 濃縮水処理設備 2.38.2.2 機器仕様 (2) ポンプ

## (4) 配管

## 主要配管仕様 (1 / 3)

名 称	仕 様	
集水タンク出口側ヘッダーから 処理装置供給タンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当, 150A 相当 ポリエチレン 静水頭(集水タンク移送ポンプ 下流は 0.98 MPa) 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch. 80 100A, 150A/Sch. 40 STPT410 静水頭(集水タンク移送ポンプ 下流は 0.98 MPa) 40 °C
処理装置供給タンク出口から 処理装置供給ポンプ入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 静水頭 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 STPT410 静水頭 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch. 40, 100A/Sch. 10 UNS S32750 (ASME SA 790) 静水頭 40 °C
処理装置供給ポンプ出口から 処理装置加圧ポンプ入口まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch. 40 80A/Sch. 10, Sch. 40 UNS S32750 (ASME SA 790) 1.03 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch. 40 STPT410 1.03 MPa 40 °C

主要配管仕様 (2 / 3)

名 称	仕 様	
処理装置加圧ポンプ出口から サブドレン他浄化装置出口 (吸着塔5下流) まで (鋼管)	呼び径/厚さ  材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch. 40 80A/Sch. 10 UNS S32750 (ASME SA 790) 1.55 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch. 40 STPT410 1.55 MPa 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質  最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 UNS N04400 (ASME SB 127 / ASTM B 127) , 合成ゴム 1.55 MPa 40 °C
サブドレン他浄化装置出口 (吸着塔5下流) から サンプルタンクまで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A, 100A/Sch. 10 UNS S32750 (ASME SA 790) 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A, 100A/Sch. 40 STPT410 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
処理装置供給タンク入口側 配管分岐部から RO濃縮水処理水中継タンク 入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C

主要配管仕様 (3 / 3)

名 称	仕 様	
吸着塔 5 下流から RO 濃縮水処理水中継タンク入口まで* (ポリエチレン管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
RO 濃縮水処理水中継タンク出口から RO 濃縮水処理水移送ポンプ入口まで* (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 静水頭 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 STPT410 静水頭 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch. 40 100A/Sch. 40 STPG370 静水頭 40 °C
(伸縮継手)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 合成ゴム 静水頭 40 °C
RO 濃縮水処理水移送ポンプ出口より RO 濃縮水貯槽又は Sr 処理水貯槽まで* (ポリエチレン管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン管 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 50A/Sch. 80 STPT410 0.98 MPa 40 °C

※ 現場施工状況により、配管仕様（呼び径，厚さ，材質）の一部を使用しない場合がある。

\* RO 濃縮水処理設備から用途変更（II-2.38 RO 濃縮水処理設備 2.38.2.2 機器仕様 (3) 配管）

2.35.2.1.3 サブドレン他移送設備

(1) その他機器

a. 浄化水移送ポンプ（完成品）

台 数	2 台
容 量	50 m <sup>3</sup> /h 以上（1 台あたり）

b. 攪拌ポンプ（完成品）

台 数	2 台
容 量	330 m <sup>3</sup> /h 以上（1 台あたり）

## (2) 配管

## 主要配管仕様 (1 / 3)

名 称	仕 様	
サンプルタンク出口から 浄化水移送ポンプ入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A 相当 200A 相当 ポリエチレン 静水頭 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A 相当, 200A 相当 EPDM 合成ゴム 静水頭 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch. 40 150A/Sch. 40 STPG370 静水頭 40 °C
浄化水移送ポンプ出口から 排水箇所まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 EPDM 合成ゴム 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 150A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A/Sch. 40 SUS316LTP 0.98 MPa 40 °C

主要配管仕様 (2 / 3)

名 称	仕 様	
サンプルタンク出口から 攪拌ポンプ入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当, 250A 相当 ポリエチレン 静水頭 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 EPDM 合成ゴム 静水頭 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ  材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch. 40 250A/Sch. 40 STPG370 静水頭 40 °C
攪拌ポンプ出口から サンプルタンク攪拌水受入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当, 250A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 EPDM 合成ゴム 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ  材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch. 40 250A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch. 40 SUS316LTP 0.49 MPa 40 °C

主要配管仕様 (3 / 3)

名 称	仕 様	
攪拌ポンプ出口からサブドレン他浄化設備（処理装置供給タンク）まで （ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
（伸縮継手）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 EPDM 合成ゴム 0.98 MPa 40 °C
（鋼管）	呼び径／厚さ  材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 200A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
（鋼管）	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 STPT410 0.98 MPa 40 °C

※ 現場施工状況により、配管仕様（呼び径、厚さ、材質）の一部を使用しない場合がある。



2.35.2.1.4 地下水ドレン集水設備

(1) タンク

a. 地下水ドレン中継タンク

名 称		地下水ドレン中継タンク	
種 類	—	角形	
容 量	m <sup>3</sup> /個	12.0	
最 高 使 用 圧 力	MPa	静水頭	
最 高 使 用 温 度	℃	40	
主 要 寸 法	内 寸	mm	2000×4000
	側 板 厚 さ	mm	6.0
	底 板 厚 さ	mm	9.0
	高 さ	mm	1500
材 料	側 板	—	SS400
	底 板	—	SS400
個 数	個	3	

(2) その他機器

a. 地下水ドレンポンド揚水ポンプ (完成品)

台 数 5 台  
容 量 120 L/min

b. 地下水ドレン中継タンク移送ポンプ (完成品)

台 数 3 台  
容 量 400 L/min

c. 地下水ドレン前処理装置 (完成品)

台 数 1 台  
容 量 20m<sup>3</sup>/h  
材 料 FRP (RO ベッセル)  
SUS304 (脱塩器)

## (3) 配管

## 主要配管仕様 (1 / 3)

名 称	仕 様	
地下水ドレンポンド内 (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当 ポリエチレン 0.49 MPa 40 °C
地下水ドレンポンド出口から 地下水ドレン中継タンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当 ポリエチレン 0.49 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch. 40 SUS316LTP 0.49 MPa 40 °C
地下水ドレン中継タンク出口または 地下水ドレン前処理装置出口 (処理水) 移送配管分岐部から 集水タンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当, 150A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A, 150A, 200A/Sch. 40 SUS316LTP 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径／厚さ  材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A/Sch. 40 200A/Sch. 40 SUS316LTP 0.49 MPa 40 °C

※ 現場施工状況により、配管仕様（呼び径、厚さ、材質）の一部を使用しない場合がある。

主要配管仕様（2 / 3）

名 称	仕 様	
地下水ドレン中継タンク出口移送配管 分岐部から 地下水ドレン前処理装置入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
地下水ドレン前処理装置入口から 地下水ドレン前処理装置出口まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A／Sch. 20S 65A／Sch. 20S 80A／Sch. 20S SUS316LTP 0.5 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A／Sch. 80 65A／Sch. 20S, Sch. 80 SUS316LTP 1.5 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	40A／Sch. 80 50A／Sch. 20S, Sch. 40, Sch. 80 80A／Sch. 20S SUS304TP 0.5 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A／Sch. 20S 80A／Sch. 20S SUS316LTP 0.98 MPa 40 °C
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当 合成ゴム 0.5 MPa 40 °C

※ 現場施工状況により、配管仕様（呼び径、厚さ、材質）の一部を使用しない場合がある。

主要配管仕様 (3 / 3)

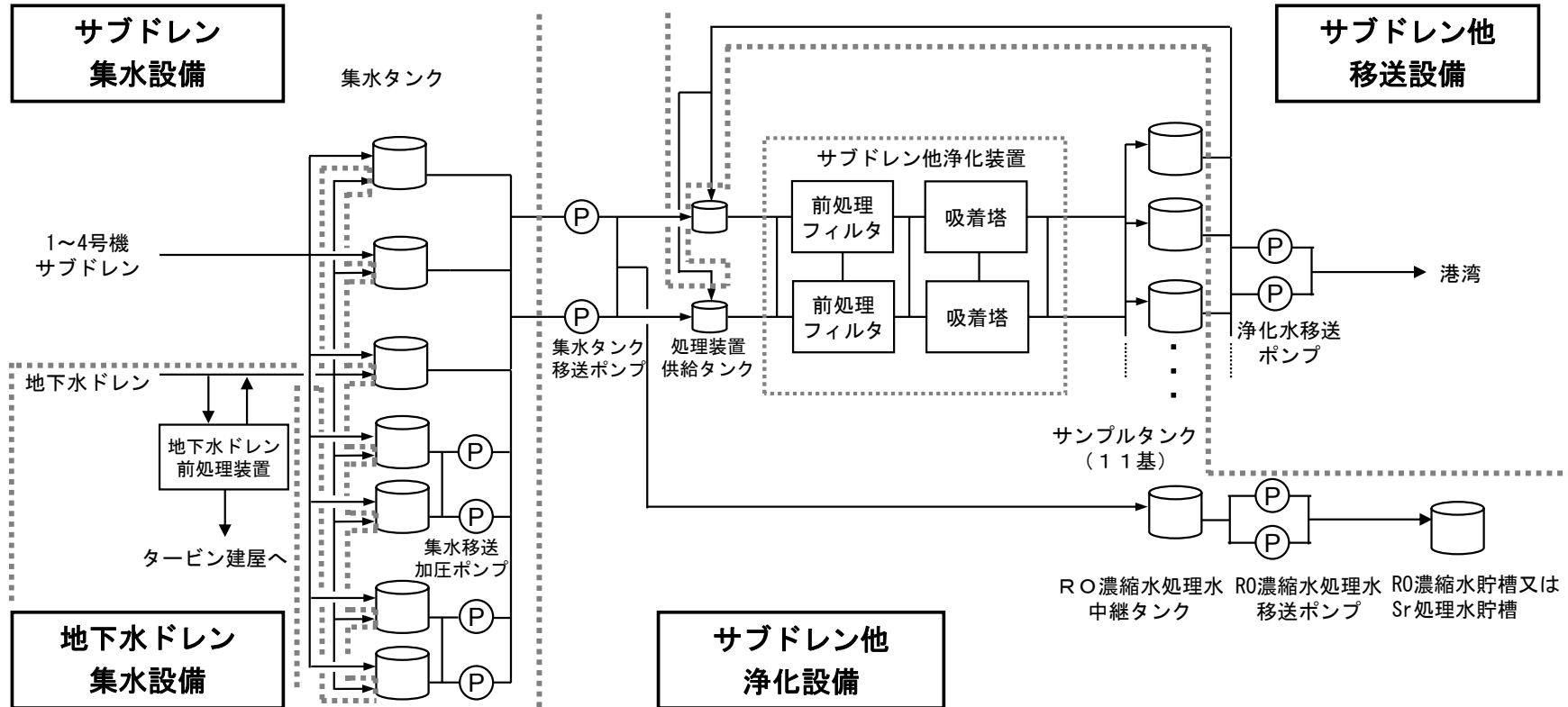
名 称	仕 様	
地下水ドレン前処理装置出口（処理水）から 集水タンク入口配管分岐部または地下水ドレン中継タンク入口まで （ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 ポリエチレン 0.50 MPa 40 °C
地下水ドレン前処理装置出口（濃縮水）から タービン建屋または地下水ドレン中継タンク入口まで （ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当, 100A 相当 ポリエチレン 0.50 MPa, 大気圧 40 °C
地下水ドレン中継タンク出口配管分岐部から 地下水ドレン中継タンク入口まで （ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当, 80A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C

※ 現場施工状況により、配管仕様（呼び径、厚さ、材質）の一部を使用しない場合がある。

### 2.35.3 添付資料

- 添付資料－1 : 全体概要図及び系統構成図
- 添付資料－2 : 機器配置図
- 添付資料－3 : サブドレン他水処理施設の耐震性に関する説明書
- 添付資料－4 : サブドレン集水設備の強度に関する説明書
- 添付資料－5 : サブドレン他浄化設備の強度に関する説明書
- 添付資料－6 : サブドレン他移送設備の強度に関する説明書
- 添付資料－7 : 地下水ドレン集水設備の強度に関する説明書
- 添付資料－8 : サブドレン他浄化装置建屋基礎の構造強度に関する検討結果
- 添付資料－9 : 流体状の放射性廃棄物の施設外への防止能力についての計算書
- 添付資料－10 : 工事工程表
- 添付資料－11 : サブドレン他水処理施設の具体的な安全確保策
- 添付資料－12 : サブドレン他水処理施設に係る確認事項
- 添付資料－13 : 地下水ドレン前処理装置について

全体概要図及び系統構成図



(a) 系統概要

図-1 サブドレン他水処理施設の全体概要図 (1/2)

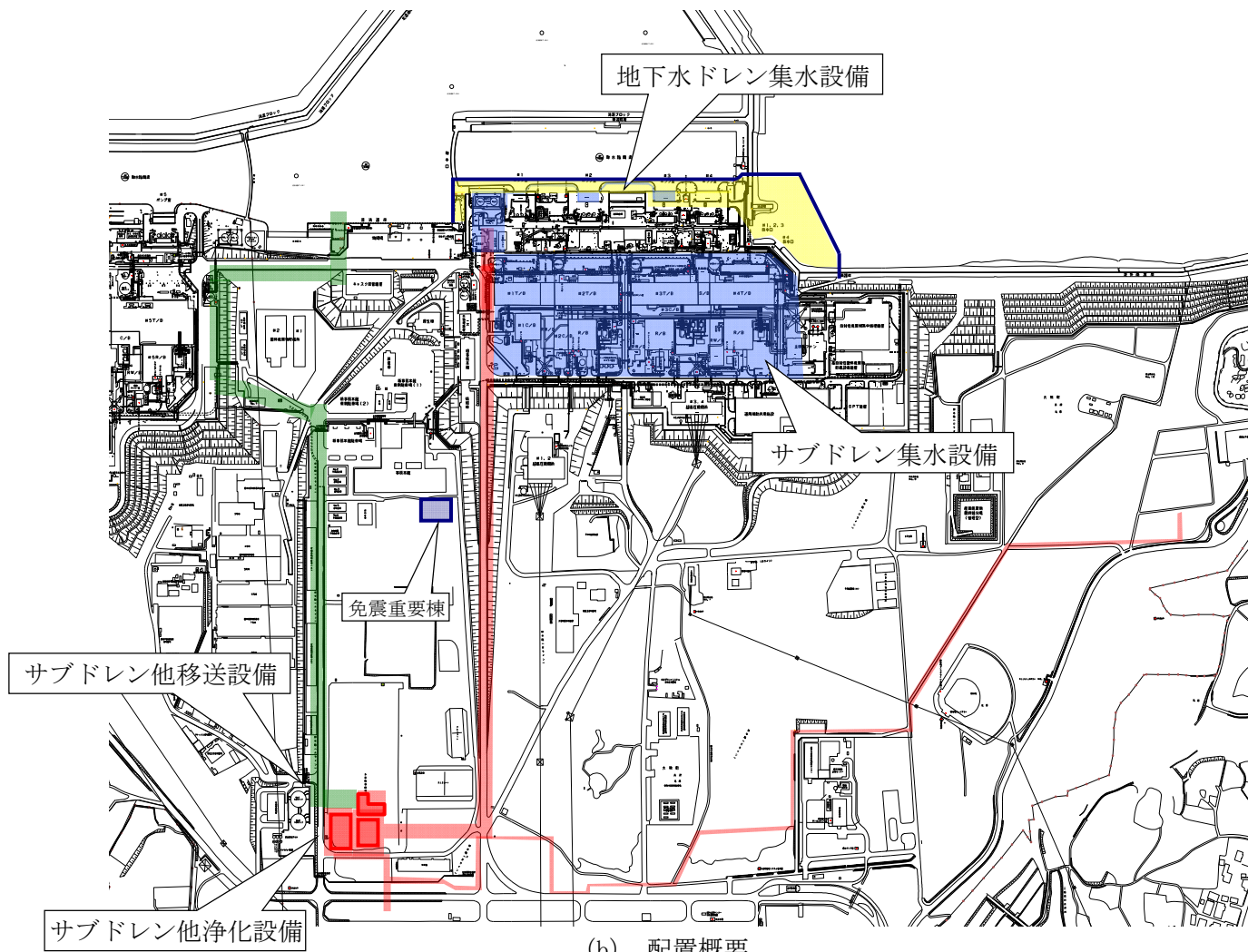
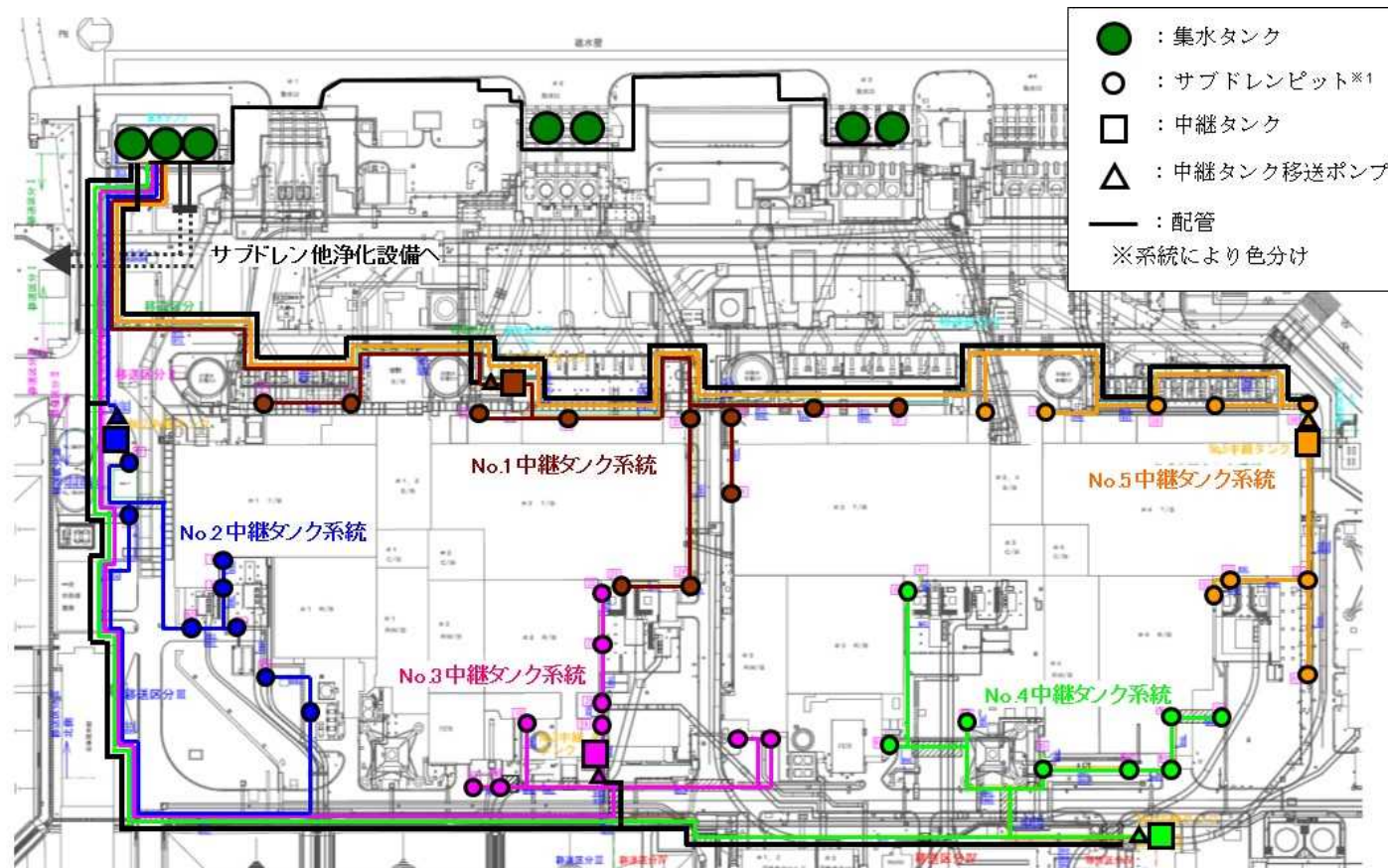


図-1 サブドレン他水処理施設の全体概要図 (2/2)



※1 揚水ポンプおよび水位計は、サブドレンピット内部に設置されている。(揚水ポンプ：各ピットに1台ずつ、計45台、水位計：各ピットに2台ずつ、計90台)

図-2 サブドレン集水設備系統図



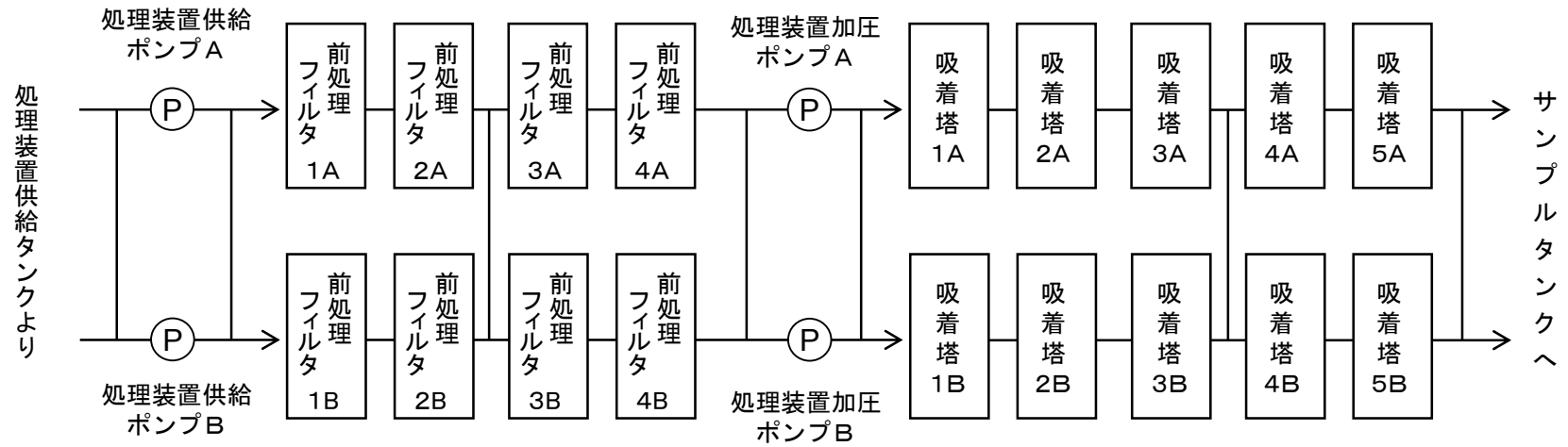
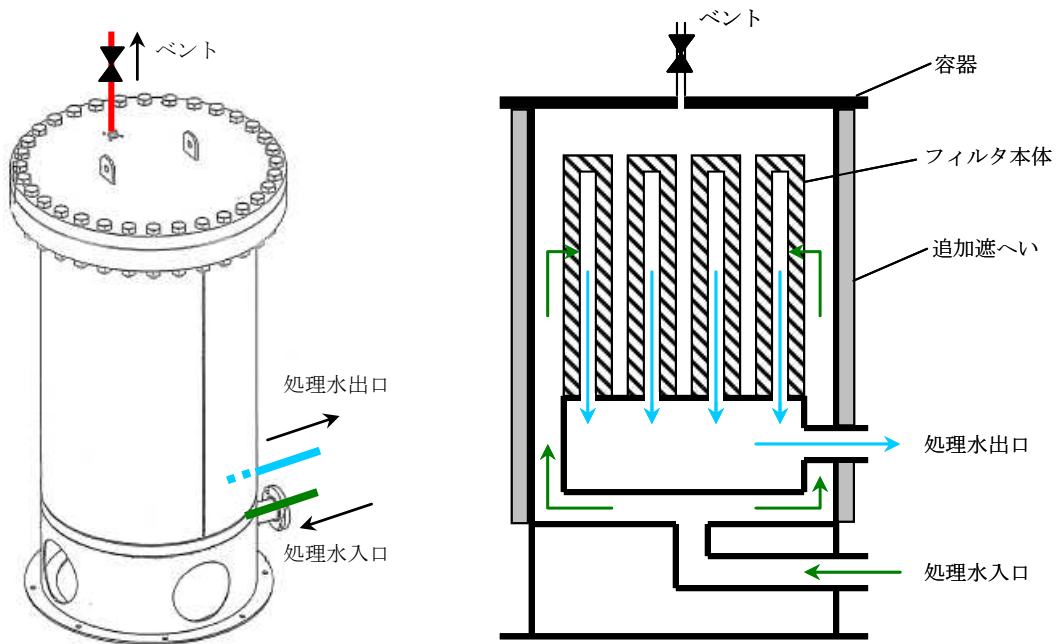
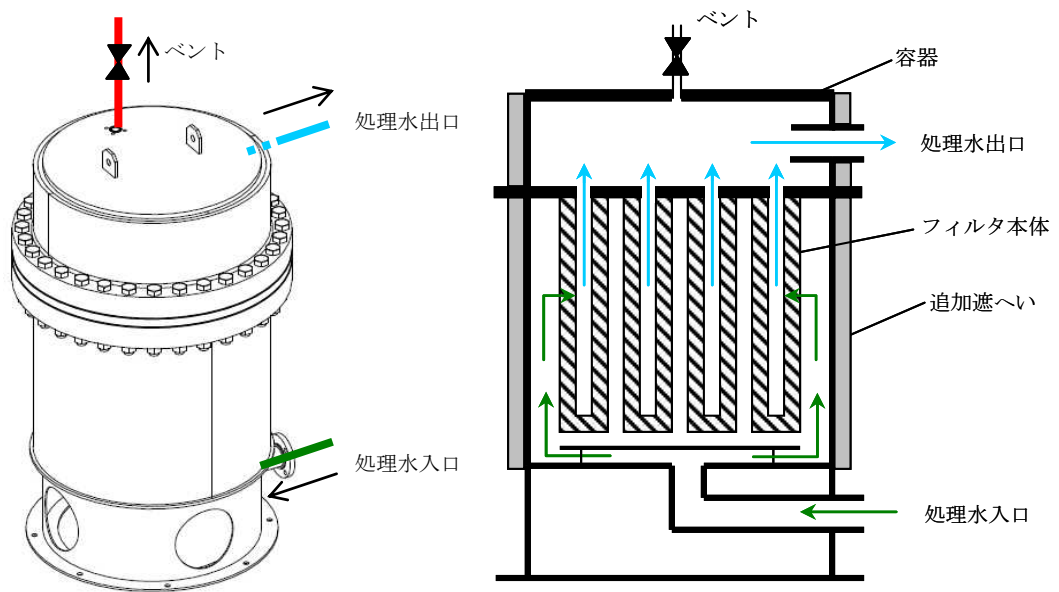


図-3 サブドレン他浄化装置系統構成図



前処理フィルタ 1, 2 概念図



前処理フィルタ 3, 4 概念図

図-4 サブドレン他浄化装置 前処理フィルタの概念図

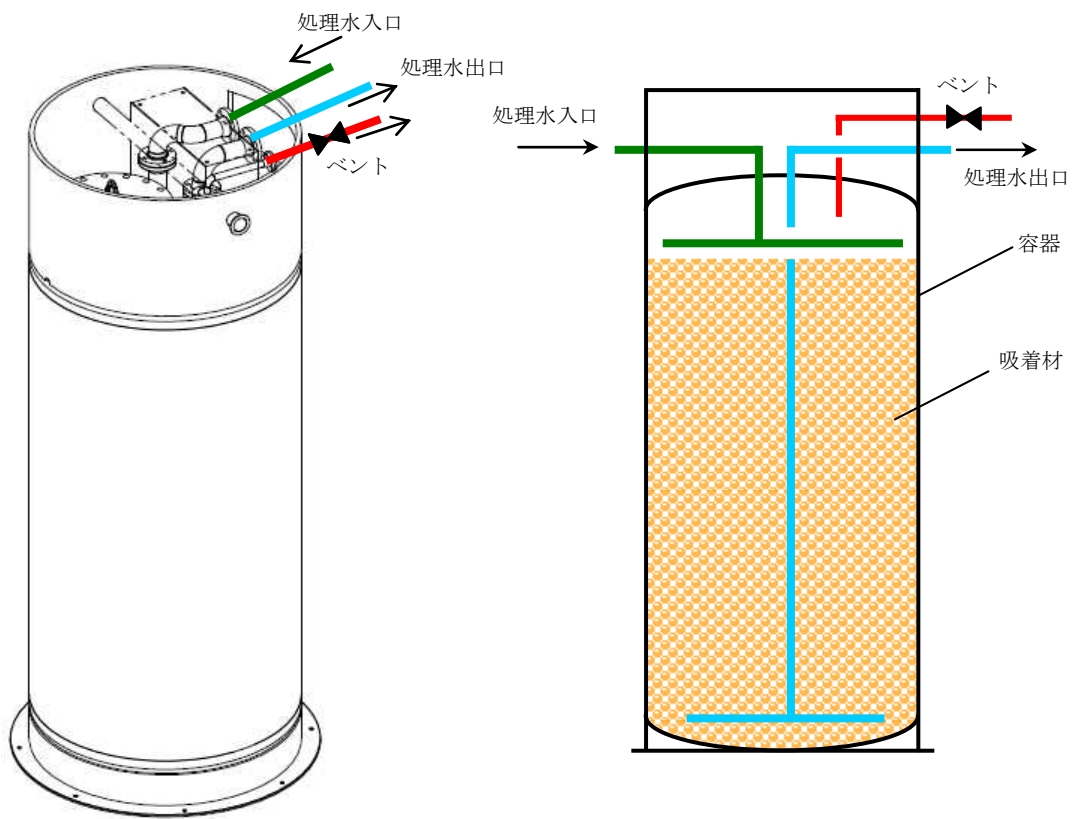
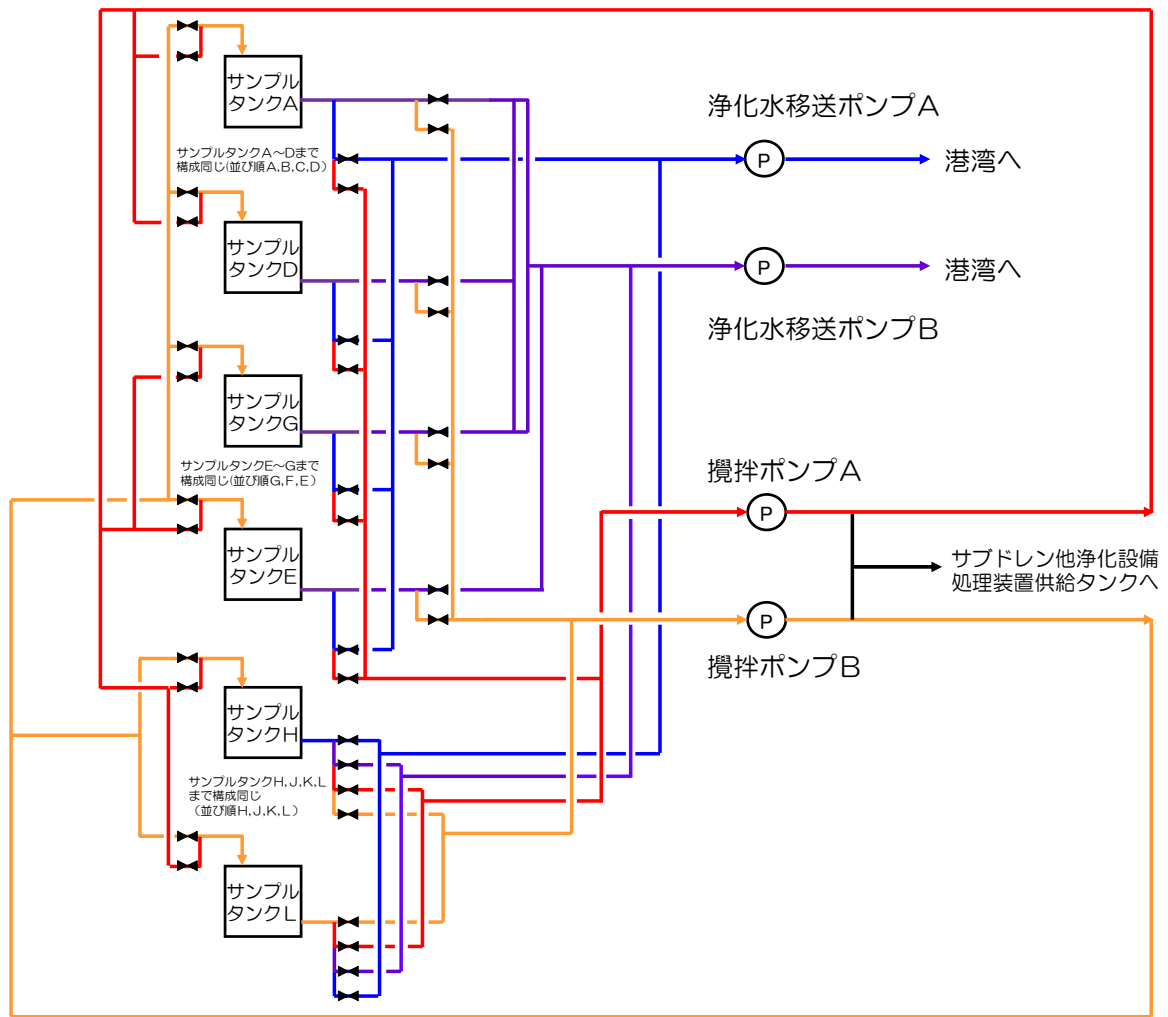


図-5 サブドレン他浄化装置 吸着塔の概念図

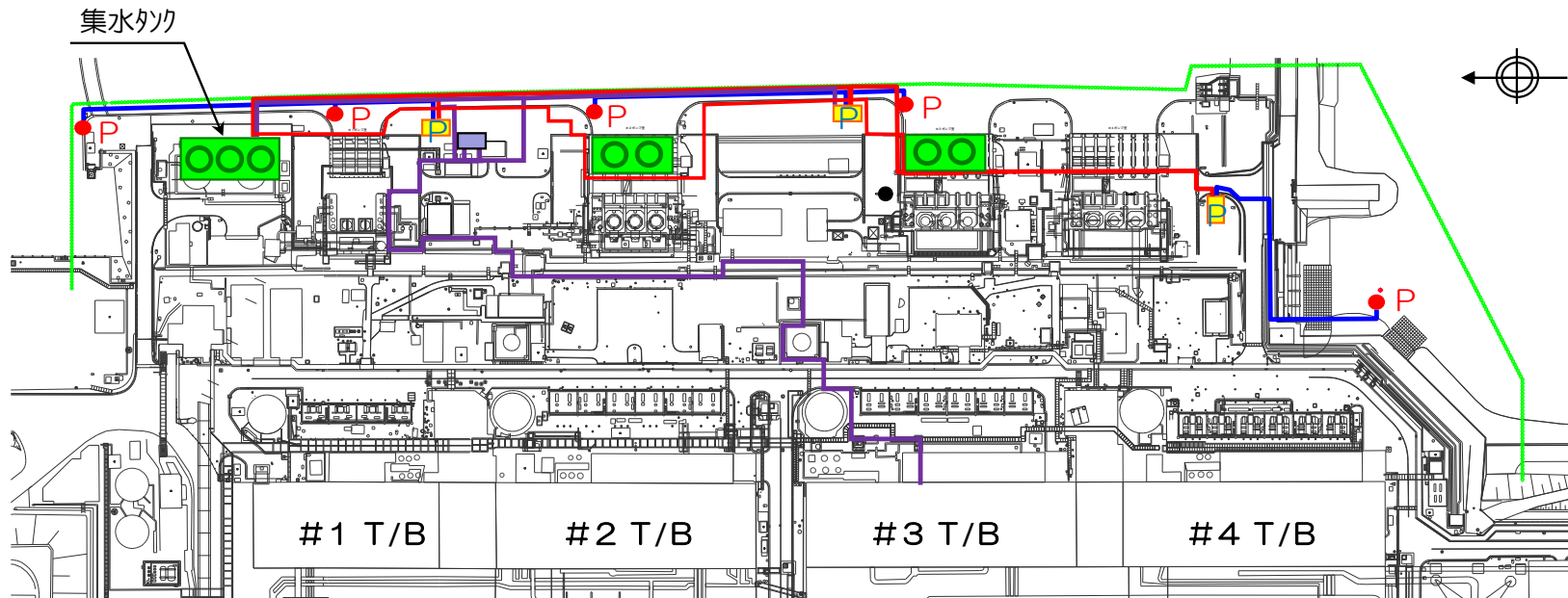


※サンプルタンクはサブドレン他浄化設備に含まれる

図-6 サブドレン他移送設備系統図

凡例

●	地下水ドレンポンド
P	地下水ドレンポンド揚水ポンプ※1
— (Blue)	移送配管 (地下水ドレンポンド～地下水ドレン中継タンク)
P	地下水ドレン中継タンク移送ポンプ※2
— (Yellow)	地下水ドレン中継タンク
— (Red)	移送配管 (地下水ドレン中継タンク～集水タンク)
— (Green)	海側遮水壁 (申請範囲外)
— (Blue)	地下水ドレン前処理装置
— (Purple)	移送配管 (地下水ドレン前処理装置関係)

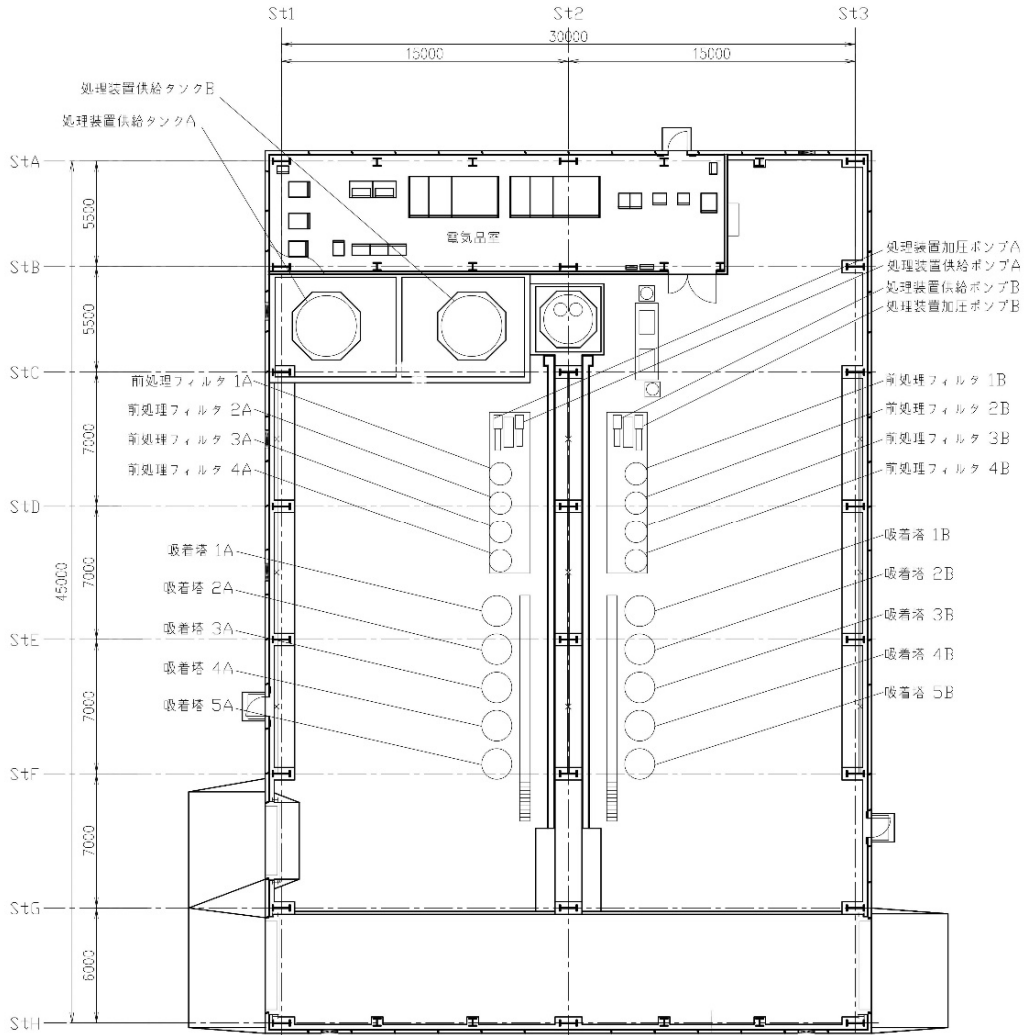


※1 地下水ドレンポンド揚水ポンプは、地下水ドレンポンド内に設置されている。(各ポンドに1台ずつ、計5台)

※2 地下水ドレン中継タンク移送ポンプは、地下水ドレン中継タンク内に設置されている。(各タンクに1台ずつ、計3台)

図-7 地下水ドレン集水設備系統図

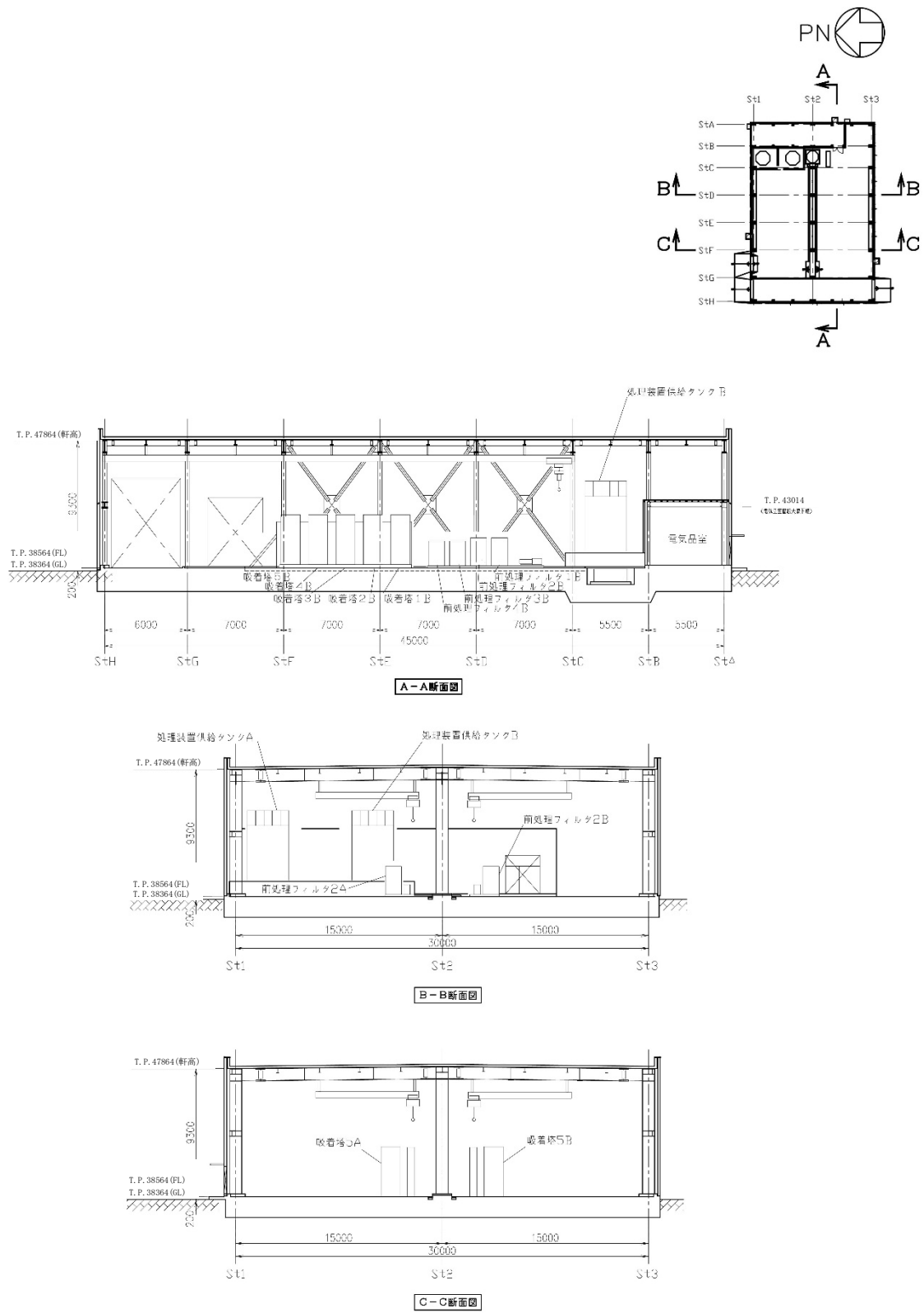
機器配置図



T.P.38564

(a) 平面図

図-1 サブドレン他浄化装置建屋内機器配置図 (1/2)



(b) 断面図

図-1 サブドレン他浄化装置建屋内機器配置図 (2/2)

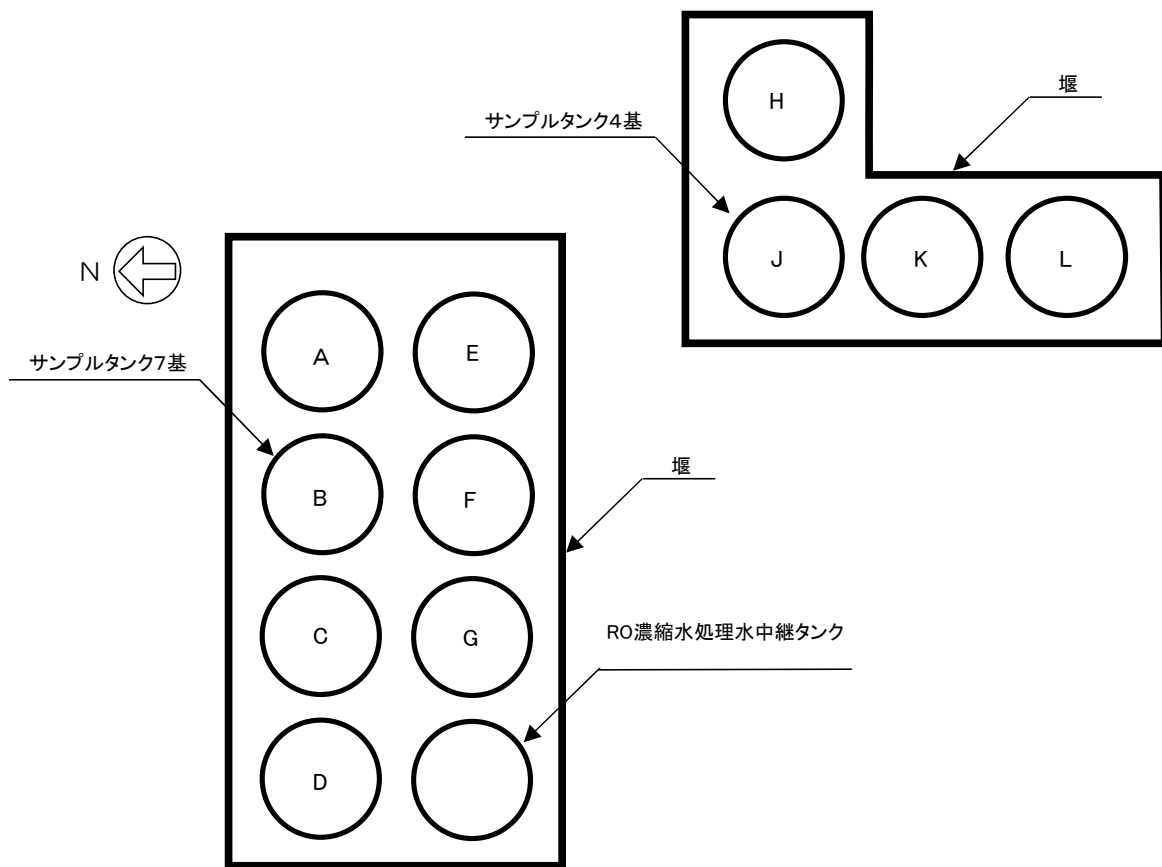


図-2 サンプルタンク設置エリアの機器配置図



## サブドレン他水処理施設の耐震性に関する説明書

## 1. 耐震設計の基本方針

サブドレン他水処理施設のうち放射性物質を内包するものは、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の B クラスに相当する設備と位置付ける。主要な機器の耐震性を評価するにあたっては、「JEAG4601 原子力発電所耐震設計技術指針」等に準拠する。

鋼管については、B クラス相当の定ピッチスパン法で評価されるサポート間隔とする。ポリエチレン配管及び伸縮継手は、材料の可撓性により耐震性を確保する。

ただし、サブドレン他移送設備の浄化水移送ポンプは、水質分析を行い排水出来ることを確認した水のみを通水することから、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の C クラスに相当する設備と位置付ける。また、水質分析を行い排水出来ることを確認した水のみが通水される配管についても C クラスに相当する設備と位置付ける。

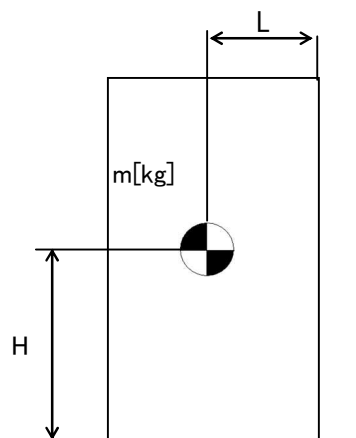
なお、サブドレン他浄化装置建屋基礎は、「添付資料－8 サブドレン他浄化装置建屋基礎の構造強度に関する検討結果」において耐震性の評価を行っている。サブドレン他浄化装置建屋上屋は設備を支持しておらず、間接支持構造物及び相互影響を考慮すべき設備には該当しない。

## 2. 耐震性評価

## 2. 1 タンク、ポンプ、地下水ドレン前処理装置の耐震性評価

## (1) 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較することにより転倒評価を実施した。評価の結果、地震による転倒モーメントは自重による安定モーメントより小さいことから、転倒しないことを確認した（表－1）。



- m : 機器質量
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)
- H : 据付面からの重心までの距離
- L : 転倒支点から重心までの距離
- C<sub>H</sub> : 水平方向設計震度 (0.36)

各記号の下付文字は、下記を意味する。

1 : 胴部, 2 : 天板

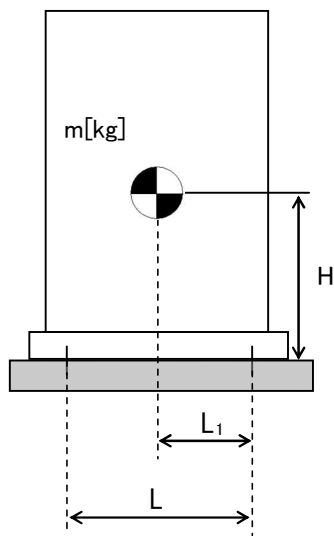
$$\begin{aligned} \text{地震による転倒モーメント：} M_1 [\text{N} \cdot \text{m}] &= m \times g \times C_H \times H \\ &= g \times C_H \times (m_1 \times H_1 + m_2 \times H_2) \end{aligned}$$

$$\text{自重による安定モーメント：} M_2 [\text{N} \cdot \text{m}] = m \times g \times L$$

(2) 基礎ボルトの強度評価

原子力発電所耐震設計技術指針の評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果、基礎ボルトの強度が確保されることを確認した（表-1）。

a. タンク，地下水ドレン前処理装置



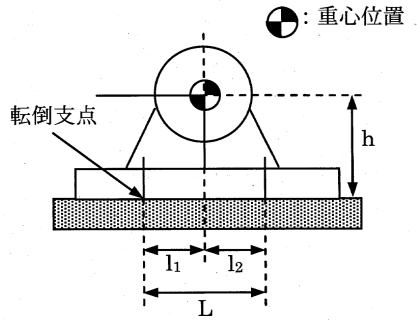
- m : 機器質量
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)
- H : 据付面からの重心までの距離
- L : 基礎ボルト間の水平方向距離
- L<sub>1</sub> : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離
- n<sub>f</sub> : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数
- n : 基礎ボルトの本数
- A<sub>b</sub> : 基礎ボルトの軸断面積
- C<sub>H</sub> : 水平方向設計震度 (0.36)
- C<sub>V</sub> : 鉛直方向設計震度 (0)

$$\text{基礎ボルトに作用する引張力：} F_b = \frac{1}{L} (m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1)$$

$$\text{基礎ボルトの引張応力：} \sigma_b = \frac{F_b}{n_f \times A_b}$$

$$\text{基礎ボルトのせん断応力：} \tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$$

b. ポンプ



- m : 機器の運転時質量
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)
- h : 据付面から重心までの距離
- M<sub>p</sub> : ポンプ回転により働くモーメント (0)  
※ 基礎ボルトに M<sub>p</sub> は作用しない
- L : 基礎ボルト間の水平方向距離
- l<sub>1</sub> : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離 (l<sub>1</sub> ≤ l<sub>2</sub>)
- n<sub>f</sub> : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数
- n : 基礎ボルトの本数
- A<sub>b</sub> : 基礎ボルトの軸断面積
- C<sub>H</sub> : 水平方向設計震度 (0.36 または 0.24)
- C<sub>V</sub> : 鉛直方向設計震度 (0)
- C<sub>P</sub> : ポンプ振動による震度

$$\text{ボルトに作用する引張力} : F_b = \frac{1}{L} \{ mg(C_H + C_P)h + M_p - mg(1 - C_V - C_P)l_1 \}$$

$$\text{ボルトの引張応力} : \sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

$$\text{ボルトに作用するせん断力} : Q_b = mg(C_H + C_P)$$

$$\text{ボルトのせん断応力} : \tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

表-1 タンク、ポンプ、地下水ドレン前処理装置の耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
集水タンク	本体	転倒	0.36	$3.0 \times 10^4$	$7.0 \times 10^4$	kN・m
サンプルタンク	本体	転倒	0.36	$3.0 \times 10^4$	$7.0 \times 10^4$	kN・m
中継タンク	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	102	MPa
		せん断	0.36	39	72	MPa
処理装置供給 タンク (SUS316L)	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	176	MPa
		せん断	0.36	16	135	MPa
処理装置供給 タンク (SM400C)	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	176	MPa
		せん断	0.36	16	135	MPa
地下水ドレン 中継タンク	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	102	MPa
		せん断	0.36	39	72	MPa
中継タンク移送 ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.36	1	176	MPa
		せん断	0.36	5	101	MPa
集水タンク移送 ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.36	1	188	MPa
		せん断	0.36	5	223	MPa
処理装置供給 ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.36	1	452	MPa
		せん断	0.36	3	348	MPa
処理装置加圧 ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.36	1	452	MPa
		せん断	0.36	3	348	MPa
浄化水移送 ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.24	< 0	176	MPa
		せん断	0.24	3	135	MPa
攪拌ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	176	MPa
		せん断	0.36	5	135	MPa
RO濃縮水処理水 中継タンク	本体	転倒	0.36	$3.1 \times 10^4$	$7.1 \times 10^4$	kN・m
RO濃縮水処理水 移送ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	183	MPa
		せん断	0.36	4	141	MPa
地下水ドレン 前処理装置	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	176	MPa
		せん断	0.36	33	135	MPa
集水移送加圧 ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	183	MPa
		せん断	0.36	2	141	MPa

(3) 応力評価及び座屈評価

サブドレン他水処理施設を構成する機器のうち、集水タンク、サンプルタンク、RO濃縮水処理水中継タンクについて、『JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程』に基づき、タンク胴板の応力評価及び座屈評価により、発生する応力が許容値を超えないことを確認する。

1. 評価

1.1. 胴の応力評価

イ. 組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力  $S_a$  以下であること。

応力の種類	許容応力 $S_a$
一次一般膜応力	設計降伏点 $S_y$ と設計引張強さ $S_u$ の0.6倍のいずれか小さい方の値。

一次応力の評価は算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので省略する。

応力計算において、静的地震力を用いる場合は、絶対値和を用いる。

(1) 静水頭及び鉛直方向地震による応力

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i}{2 \cdot t}$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i \cdot C_v}{2 \cdot t}$$

$$\sigma_{x 1} = 0$$

(2) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

胴がベースプレートと接合する点には、胴自身の質量による圧縮応力と鉛直方向地震による軸方向応力が生じる。

$$\sigma_{x 2} = \frac{m_e \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t}$$

$$\sigma_{x 3} = \frac{m_e \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t}$$

(3) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力により胴はベースプレート接合部で最大となる曲げモーメントを受ける。この曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力は次のように求める。

$$\sigma_{x 4} = \frac{4 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g \cdot \ell_g}{\pi \cdot (D_i + t)^2 \cdot t}$$

$$\tau = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t}$$

(4) 組合せ応力

(1)～(3)によって求めた胴の応力は以下のように組み合わせる。

a. 一次一般膜応力

(a) 組合せ引張応力

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{ot} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xt})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\}$$

$$\sigma_{xt} = \sigma_{x1} - \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4}$$

(b) 組合せ圧縮応力

$\sigma_{xc}$ が正の値（圧縮側）のとき、次の組合せ圧縮応力を求める。

$$\sigma_{\phi} = -\sigma_{\phi 1} - \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{oc} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xc})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\}$$

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4}$$

したがって、胴の組合せ一次一般膜応力の最大値は、

$$\sigma_o = \text{Max} \left\{ \text{組合せ引張応力} (\sigma_{ot}), \text{組合せ圧縮応力} (\sigma_{oc}) \right\} \text{ と}$$

する。一次応力は一次一般膜応力と同じになるので省略する。

表-2 タンク応力評価結果

機器名称	部材	材料	水平方向 設計震度	応力	算出応力 [MPa]	許容応力 [MPa]
集水タンク	胴板	SM400C	0.36	一次一般膜	70	240
サンプルタンク	胴板	SM400C	0.36	一次一般膜	70	240
RO濃縮水処理水 中継タンク	胴板	SM400C	0.36	一次一般膜	70	240

ロ. 圧縮膜応力（圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せ）は次式を満足すること。  
 （座屈の評価）

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$$

ここで、 $f_c$ は次による。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_c = F$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_c = F \cdot \left[ 1 - \frac{1}{6800 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_1 \left( \frac{8000 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left( \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right]$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_c = \phi_1 \left( \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \right)$$

ただし、 $\phi_1(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_1(x) = 0.6 \cdot \frac{E}{x} \cdot \left[ 1 - 0.901 \cdot \left\{ 1 - \exp \left( -\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x} \right) \right\} \right]$$

また、 $f_b$ は次による。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_b = F$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} < \frac{9600 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_b = F \cdot \left[ 1 - \frac{1}{8400 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_2 \left( \frac{9600 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left( \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right]$$

$$\frac{9600 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_b = \phi_2 \left( \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \right)$$

ただし、 $\phi_2(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_2(x) = 0.6 \cdot \frac{E}{x} \cdot \left[ 1 - 0.731 \cdot \left\{ 1 - \exp \left( -\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x} \right) \right\} \right]$$

$\eta$  は安全率で次による。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1 + \frac{0.5 \cdot F}{6800 \cdot g} \cdot \left( \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1.5$$

表-3 タンク座屈評価

機器名称	部材	材料	水平方向 設計震度	座屈評価結果
集水タンク	胴板	SM400C	0.36	0.35 < 1
サンプルタンク	胴板	SM400C	0.36	0.35 < 1
RO濃縮水処理水 中継タンク	胴板	SM400C	0.36	0.35 < 1



記号の説明

記号	記号の説明	単位
$C_H$	水平方向設計震度 (=0.36)	—
$C_V$	鉛直方向設計震度 (=0)	—
$D_i$	胴の内径	mm
$E$	胴の縦弾性係数	MPa
$F$	設計・建設規格 SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
$f_b$	曲げモーメントに対する許容座屈応力	MPa
$f_c$	軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	MPa
$g$	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
$H$	水頭	mm
$l_g$	基礎から容器重心までの距離	mm
$m_o$	容器の運転時質量	kg
$m_e$	容器の空質量	kg
$S_a$	胴の許容応力	MPa
$S_u$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
$S_y$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$t$	胴板の厚さ	mm
$\eta$	座屈応力に対する安全率	—
$\pi$	円周率	—
$\rho'$	液体の密度 (=比重×10 <sup>-6</sup> )	kg/mm <sup>3</sup>
$\sigma_o$	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{oc}$	胴の組合せ圧縮応力	MPa
$\sigma_{ot}$	胴の組合せ引張応力	MPa
$\sigma_{x1}, \sigma_{\phi1}$	静水頭により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
$\sigma_{x2}$	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
$\sigma_{x3}$	胴の鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
$\sigma_{x4}$	胴の水平方向地震による軸方向応力	MPa
$\sigma_{xc}$	胴の軸方向応力の和 (圧縮側)	MPa
$\sigma_{xt}$	胴の軸方向応力の和 (引張側)	MPa
$\sigma_{\phi}$	胴の周方向応力の和	MPa
$\sigma_{\phi2}$	静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力	MPa
$\tau$	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
$\phi_1(x)$	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
$\phi_2(x)$	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

## 2. 2 前処理フィルタ, 吸着塔の耐震性評価

本評価は,「付録1 スカート支持たて置円筒形容器(耐震設計上の重要度分類Bクラス)の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下,「基本方針」という。)に基づいて,耐震性の計算を行う。

(1) 構造計画

a. 機器

主要区分	計画の概要		概略構造図	摘要
	基礎・支持構造	主体構造		
(1) スカートを支持したて置円筒形容器	胴をスカートで支持し、スカートをボルトで基礎に据え付ける	<p>上面及び下面に平板を有するたて置円筒形</p> <p>上面及び下面に鏡板を有するたて置円筒形</p>	<p>The diagram shows a vertical cylindrical vessel. At the bottom, there is a skirt (スカート) that is bolted to a base plate (ベースプレート). The base plate is supported by foundation bolts (基礎ボルト) which are anchored into a foundation (基礎). The main body of the vessel is labeled as the body plate (胴板).</p>	<p>・前処理フィルタ</p> <p>・吸着塔</p>
			<p>* 機器が架台に据え付けられる構造の場合には取付ボルトと称する。</p>	

(2) 設計用地震力

耐震 クラス	適用する地震動		設計用地震力	摘要
	水平	鉛直		
B	静的震度 ( $1.8 \cdot C_i^{*1}$ )	—	静的震度	・前処理フィルタ ・吸着塔

\*1:  $C_i$ は、標準せん断力係数を0.2とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

(3) 荷重の組合せと許容限界

荷重の組合せと許容限界は、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984, JEAG4601-1987及びJEAG4601-1991追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月）（以下「JEAG4601」という。）および発電用原子力設備規格（設計・建設規格JSME S NC-1-2005（2007年追補版含む。））（日本機械学会 2005年9月, 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）に準拠する。

記号の説明

- D : 死荷重
- $P_d$  : 当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
- $M_d$  : 当該設備に設計上定められた機械的荷重
- $S_B$  : Bクラスの設備に適用される地震動より求まる地震力又はBクラス設備に適用される静的地震力
- $B_{AS}$  : Bクラス設備の地震時許容応力状態
- $S_y$  : 設計降伏点
- $S_u$  : 設計引張強さ
- S : 許容引張応力
- $f_t$  : 許容引張応力 支持構造物（ボルト等を除く。）に対して設計・建設規格SSB-3121.1により規定される値。ボルト等に対して設計・建設規格 SSB-3131により規定される値。
- $f_s$  : 許容せん断応力 同上
- $f_c$  : 許容圧縮応力 支持構造物（ボルト等を除く。）に対して設計・建設規格SSB-3121.1により規定される値。
- $f_b$  : 許容曲げ応力 同上
- $\tau_b$  : ボルトに生じるせん断応力
- ASS : オーステナイト系ステンレス鋼
- HNA : 高ニッケル合金

また、「供用状態C」とは、「対象とする機器等が構造不連続部等においては大変形を生じてもよい」と設計仕様書等で規定された圧力及び機械的荷重が負荷された条件下にある状態をいう。

a. 前処理フィルタ, 吸着塔

耐震クラス	荷重の組合せ	供用状態 (許容応力状態)	許容限界		適用範囲
			一次一般膜応力	一次一般膜応力+一次曲げ応力	
B	$D + P_d + M_d + S_B$	C (B <sub>A</sub> S)	$S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし, ASS 及び HNA については上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	$S_y$ ただし, ASS 及び HNA については $S_y$ と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>前処理フィルタ</li> <li>吸着塔</li> </ul>

b. 支持構造物 (注1, 注2)

耐震クラス	荷重の組合せ	供用状態 (許容応力状態)	許容限界 (ボルト等以外)					許容限界 (ボルト等)			適用範囲
			一次応力					一次応力			
			引張	せん断	圧縮	曲げ	組合せ	引張	せん断	組合せ	
B	$D + P_d + M_d + S_B$	C (B <sub>A</sub> S)	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_t, (2.1 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b)\}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>取付ボルト</li> <li>スカート</li> </ul>

注1: 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって, 耐圧部と一体の応力解析を行うものについては, 耐圧部と同じ許容応力とする。

注2: 鋼構造設計規準 (日本建築学会 2005 改定) 等の幅厚比の規定を満足する。

(1) 前処理フィルタ1, 2

a. 条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比重
前処理フィルタ1, 2	B	サブドレン他浄化装置建屋 T.P. 38.5*	CH= 0.36	—	1.03	40	40	—

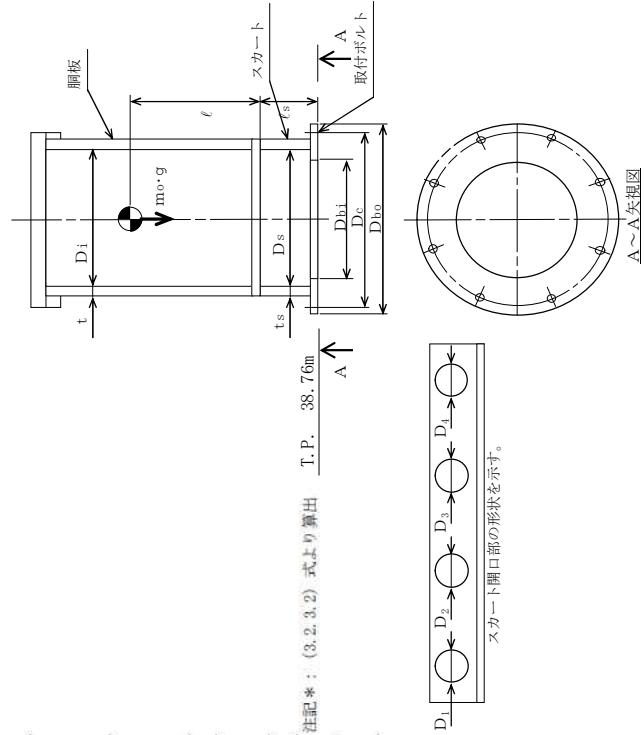
注記\*: 基準レベルを示す

b. 評価結果

(単位: MPa)

部材	材料	応力	力	算出応力	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	許容力	力
胴板	ASME SA516 Gr.70	組合せ		$\sigma_o = 74$			$S_a = 262$	
スカート	ASME SA516 Gr.70	組合せ 圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	組合せ	$\sigma_s = 35$			$f_t = 262$	
				$\frac{\eta \cdot (\sigma_{st} + \sigma_{st})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{se}}{f_b} \leq 1$				
				0.15 (無次元)				
取付ボルト	ASTM A193 Gr.B7	引張り せん断		$\sigma_b = 2$ $\tau_b = 9$			$f_{ts} = 462$ $f_{sb} = 348$	

\*すべて許容応力以下である。



(2) 前処理フィルタ 3

a. 条件

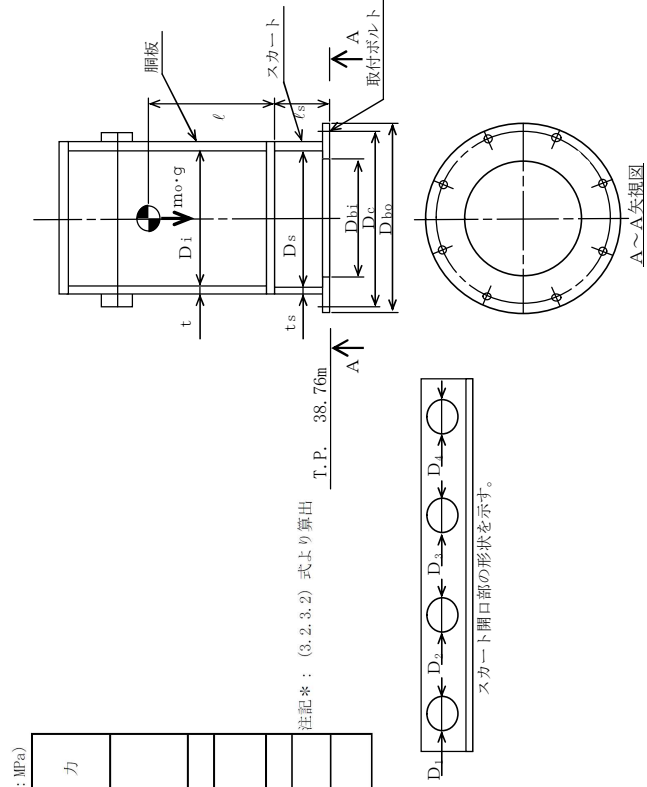
機器名称	前処理フィルタ 3	耐震設計上の重要度分類	B	据付場所及び床面高さ (m)	サブドレン他浄化装置建屋 T.P. 38.5*	水平方向設計震度	CH= 0.36	鉛直方向設計震度	—	最高使用圧力 (MPa)	1.03	最高使用温度 (°C)	40	周囲環境温度 (°C)	40	比重	—
------	-----------	-------------	---	----------------	----------------------------	----------	----------	----------	---	--------------	------	-------------	----	-------------	----	----	---

注記\*: 基準床レベルを示す。

b. 評価結果

部材	材料	応力	力	算出応力	力	許容応力	力
胴板	ASME SA516 Gr. 70	組合せ		$\sigma_0 = 74$		$S_a = 262$	
スカート	ASME SA516 Gr. 70	組合せ		$\sigma_s = 31$		$f_t = 262$	
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)		$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leq 1$			
				0.13 (無次元)			
取付ボルト	ASTM A193 Gr. B7	引張り		$\sigma_b = 1$		$f_{ts} = 452$	*
		せん断		$\tau_b = 8$		$f_{sb} = 348$	

\*すべて許容応力以下である。



(単位: MPa)



### (3) 前処理フィルタ4

#### a. 条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比重
前処理フィルタ4	B	サブドレン他浄化装置建屋 T.P. 38.5*	CH= 0.36	—	1.03	40	40	—

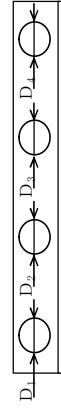
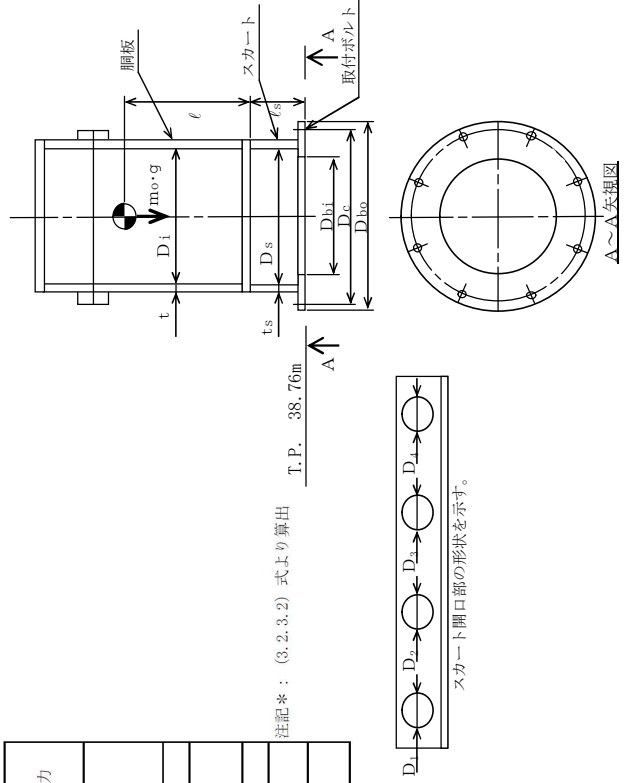
注記\*: 基準床レベルを示す。

#### b. 評価結果

(単位: MPa)

部材	材料	応力	力	算出	力	許容	力
胴板	ASME SA516 Gr. 70	組合せ		$\sigma_o = 74$		$S_a = 262$	
スカート	ASME SA516 Gr. 70	組合せ 圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)		$\sigma_s = 18$		$f_t = 262$	
				$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s2})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leq 1$			
				0.08 (無次元)			
取付ボルト	ASTM A193 Gr. B7	引張り せん断		$\sigma_b = 1$		$f_{ts} = 452$	
				$\tau_b = 5$		$f_{sb} = 348$	

すべて許容応力以下である。



スカート開口部の形状を示す。

A~A矢視図

(4) 吸着塔 1～5

a. 条件

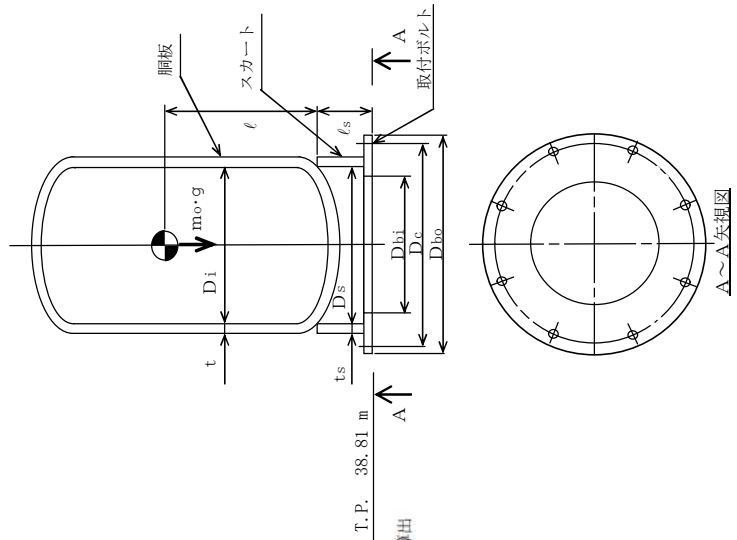
機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比重
吸着塔 1, 2, 3, 4, 5	B	サブドレン他浄化装置建屋 T.P. 38.5*	CH = 0.36	—	1.55	40	40	—

注記\*: 基準床レベルを示す

b. 評価結果

部材	材料	応力	力	算出応力	許容力	力	容	力
胴板	ASME SA516 Gr.70	組合せ	組合せ	$\sigma_o = 42$	$S_a = 262$			
スカート	ASME SA516 Gr.70	組合せ 圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	組合せ	$\sigma_s = 4$ $\frac{v \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s2})}{f_c} + \frac{v \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leq 1$	$f_t = 262$			
取付ボルト	ASTM A193 Gr. B7	引張り せん断	引張り せん断	$\sigma_b = 1$ $\tau_b = 40$	$f_{ts} = 452$ $f_{sb} = 348$			

すべて許容応力以下である。



## 2. 3 主配管（鋼管）の耐震性評価

### a. 評価条件

評価条件として配管は，配管軸直角 2 方向拘束サポートにて支持される両端単純支持のはりモデル（図－1）とする。

次に，当該設備における主配管（鋼管）について，各種条件を表－1 に示す。表－1 より管軸方向については，サポート設置フロアの水平震度 0.36 が鉄と鉄の静止摩擦係数 0.52 より小さいことから，地震により管軸方向は動かないものと仮定する。

図－1 等分布荷重 両端単純支持はりモデル

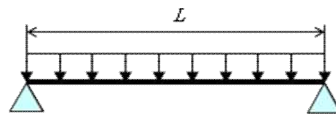


表-1 配管系における各種条件

配管分類	主配管 (鋼管)						
配管クラス	クラス3相当						
耐震クラス	Bクラス相当						
設計温度 [°C]	40						
配管材質	STPT410						
配管口径	150A	100A		80A		50A	
Sch	40	40		40		80	
設計圧力 [MPa]	0.98	0.98	静水頭	1.03	1.55	0.98	0.98
配管支持間隔 [m]	8.4	7.2		6.5		5.5	

配管分類	主配管 (鋼管)								
配管クラス	クラス3相当								
耐震クラス	Bクラス相当								
設計温度 [°C]	40								
配管材質	UNS S32750								
配管口径	100A		80A				50A		
Sch	10		10		40		40		
設計圧力 [MPa]	静水頭	0.98	1.03	1.55	0.98	静水頭	1.03	1.03	1.55
配管支持間隔 [m]	6.3		5.9			6.5		5.4	

配管分類	主配管 (鋼管)												
配管クラス	クラス3相当												
耐震クラス	Bクラス相当												
設計温度 [°C]	40												
配管材質	STPG370												
配管口径	350A	300A	250A	200A		150A	100A		80A	65A	50A	40A	32A
Sch	40	40	40	40		40	40		40	40	40	40	40
設計圧力 [MPa]	0.98	0.98	0.98	0.98	静水頭	0.98	0.98	静水頭	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
配管支持間隔 [m]	11.6	11.1	10.3	9.4		8.4	7.2		6.5	6.1	5.4	4.9	4.6

配管分類	主配管（鋼管）													
配管クラス	クラス 3 相当													
耐震クラス	B クラス相当													
設計温度 [°C]	40													
配管材質	SUS316LTP													
配管口径	200A		150A	80A			65A			50A			32A	
Sch	40	20	40	40	20S		80	20S		80	40	20S	40	
設計圧力 [MPa]	0.98		0.98	0.98	0.98	0.5	1.5	1.5	0.98	0.5	1.5	0.49	0.5	0.98
配管支持間隔 [m]	9.4	8.9	8.4	6.5	6.2		6.2	5.7			5.5	5.4	5.3	4.6

配管分類	主配管（鋼管）						
配管クラス	クラス 3 相当						
耐震クラス	B クラス相当						
設計温度 [°C]	40						
配管材質	SUS304TP						
配管口径	80A	50A			40A		
Sch	20S	80	40	20S	80		
設計圧力 [MPa]	0.5						
配管支持間隔 [m]	6.2	5.5	5.4	5.3	5.0		

b. 評価方法

水平方向震度による管軸直角方向の配管応力評価する。  
自重による応力  $S_w$  は、下記の式で示される。

$$S_w = \frac{M}{Z} = \frac{w \cdot L^2}{8Z}$$

ここで $S_w$ :	自重による応力	[MPa]
$L$ :	支持間隔	[mm]
$M$ :	曲げモーメント	[N・mm]
$Z$ :	断面係数	[mm <sup>3</sup> ]
$w$ :	等分布荷重	[N/mm]

管軸直角方向の地震による応力  $S_s$  は、自重による応力  $S_w$  の震度倍で下記の式で示される。

$$S_s = \alpha \cdot S_w$$

$S_s$ :	地震による応力	[MPa]
$\alpha$ :	想定震度値	[-]

また、評価基準値として JEAG4601-2008 に記載の供用応力状態  $C_s$  におけるクラス 3 配管の一次応力制限を用いると、地震評価としては下記の式で示される。

$$S = S_p + S_w + S_s = S_p + S_w + \alpha \cdot S_w = S_p + (1 + \alpha) \cdot S_w \leq 1.0 S_y$$

ここで、 $S$ :	内圧，自重，地震による発生応力	[MPa]
$S_p$ :	内圧による応力	[MPa]
$S_y$ :	設計降伏点	[MPa]

c. 評価結果

両端単純支持はりモデルで、自重による応力  $S_w$  が 30 [MPa]以下となる配管サポート配置を仮定し、各応力を計算した結果を表-2に示す。

表-2より、自重による応力  $S_w$  を 30 [MPa]以下となるようサポート配置を決定することで、配管は十分な強度を有するものと評価する。

表-2 応力評価結果

配管分類	主配管 (鋼管)						
配管材質	STPT410						
配管口径	150A	100A		80A		50A	
Sch	40	40		40		80	
設計圧力 [MPa]	0.98	静水頭	0.98	1.03	1.55	0.98	0.98
内圧, 自重, 地震による発生応力 S [MPa]	53	41	51	50	54	49	47
供用状態 Cs における一次応力許容値 [MPa]	1.0Sy=245						

配管分類	主配管 (鋼管)								
配管材質	UNS S32750								
配管口径	100A		80A				50A		
Sch	10		10		40		40		
設計圧力 [MPa]	静水頭	0.98	1.03	1.55	0.98	静水頭	1.03	1.03	1.55
内圧, 自重, 地震による発生応力 S [MPa]	41	60	56	64	56	41	50	49	53
供用状態 Cs における一次応力許容値 [MPa]	1.0Sy=552								

配管分類	主配管 (鋼管)												
配管材質	STPG370												
配管口径	350A	300A	250A	200A		150A	100A		80A	65A	50A	40A	32A
Sch	40	40	40	40		40	40		40	40	40	40	40
設計圧力 [MPa]	0.98	0.98	0.98	0.98	静水頭	0.98	0.98	静水頭	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
内圧, 自重, 地震による発生応力 S [MPa]	57	56	55	54	41	53	51	41	49	48	49	48	47
供用状態 Cs における一次応力許容値 [MPa]	1.0Sy=215												

配管分類	主配管（鋼管）													
配管材質	SUS316LTP													
配管口径	200A		150A	80A			65A			50A			32A	
Sch	40	20	40	40	20S		80	20S		80	40	20S	40	
設計圧力 [MPa]	0.98		0.98	0.98	0.98	0.5	1.5	1.5	0.98	0.5	1.5	0.49	0.5	0.98
内圧，自重，地震による発生応力 S [MPa]	54	58	53	49	52	47	49	58	52	47	50	45	46	47
供用状態 Cs における一次応力許容値 [MPa]	1.0Sy=175													

配管分類	主配管（鋼管）				
配管材質	SUS304TP				
配管口径	80A	50A		40A	
Sch	20S	80	40	20S	80
設計圧力 [MPa]	0.5				
内圧，自重，地震による発生応力 S [MPa]	47	44	45	46	44
供用状態 Cs における一次応力許容値 [MPa]	1.0Sy=205				



## タンク基礎に関する説明書

サブドレン他水処理施設を構成する機器のうち、増設する集水タンク、サンプルタンクの基礎について、評価を実施する。

## 1. タンク基礎の支持力

## (1) 評価方法

タンクの鉛直荷重と極限支持力を比較して評価を行う。支持力の算定式は「社団法人日本道路協会（2002）：道路橋示方書・同解説IV下部構造編」に基づき次式を用いる。計算した結果、①タンクの鉛直荷重<②タンク基礎底面地盤の極限支持力であり、安全性を有していることを確認する。

$$\textcircled{1} \text{タンクの鉛直荷重} : W = m \times g$$

$$\textcircled{2} \text{タンク基礎底面地盤の極限支持力} : Q_u = A_e \left( \alpha k c N_c S_c + k q N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma_1 \beta B_e N_r S_r \right)$$

$m$	: 機器質量
$g$	: 重力加速度
$A_e$	: 有効載荷面積
$\alpha, \beta$	: 基礎の形状係数
$k$	: 根入れ効果に対する割増し係数
$c$	: 地盤の粘着力
$N_c, N_q, N_r$	: 荷重の傾斜を考慮した支持力係数
$S_c, S_q, S_r$	: 支持力係数の寸法効果に関する補正係数
$q$	: 上載荷重 ( $q = \gamma_2 D_f$ )
$\gamma_1, \gamma_2$	: 支持地盤及び根入れ地盤の単位重量 ( $\gamma_1, \gamma_2 = 15.9 \text{ kN/m}^2$ )
$D_f$	: 基礎の有効根入れ深さ
$B_e$	: 荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅 ( $B_e = B - 2e_B$ )
$B$	: 基礎幅
$e_B$	: 荷重の偏心量

## (2) 管理

地盤改良後、簡易支持力測定器（キャスポル）※により地盤の強度を測定し、上記式により必要な極限支持力を有していることを確認する。

※ランマー（重鎮）を一定の高さから地盤に自由落下させたときに生ずる衝撃加速度の最大値と地盤強度特性値と相関させる衝撃加速度法を基本原理とした簡易な測定器。

## 2. タンク基礎の不陸

### (1) 評価方法

タンクの設置高さが、設計高さに対して許容値以内\*であることを確認する。

※ 設計高さ±30mm（社内基準値）

### (2) 管理

タンク基礎高さ（レベル）を測量し、当該高さが設計高さに対して±30mm以内であることを確認する。

## タンクに対するスロッシング評価

サブドレン他水処理施設を構成する機器のうち、集水タンク、サンプルタンク、RO濃縮水処理水中継タンクについて地震発生時のタンク内包水のスロッシング評価を実施した。速度ポテンシャル理論に基づきスロッシング波高の評価を行った結果、スロッシング時のタンク内の液位がタンク天板に到達しないことを確認した。

スロッシング評価の流れは下記の通り。

- ・ 速度ポテンシャル理論に基づき、スロッシング固有周期（水面の一次固有周期）を算出する。
- ・ タンク設置エリアの地表面における基準地震動：Ss-1, 2, 3 に対する速度応答スペクトルから、スロッシング固有周期に応じた速度応答値を求める。
- ・ 速度ポテンシャル理論に基づき、速度応答値からスロッシング波高を算出する。
- ・ スロッシング波高がタンク高さを超えないことを確認する。

$$T_s = 2\pi \sqrt{\frac{D}{3.68g} \coth\left(\frac{3.68H}{D}\right)}$$

$$\eta = 0.837 \left(\frac{D}{2g}\right) \left(\frac{2\pi}{T_s}\right) S_v$$

D : タンク内径 [m]

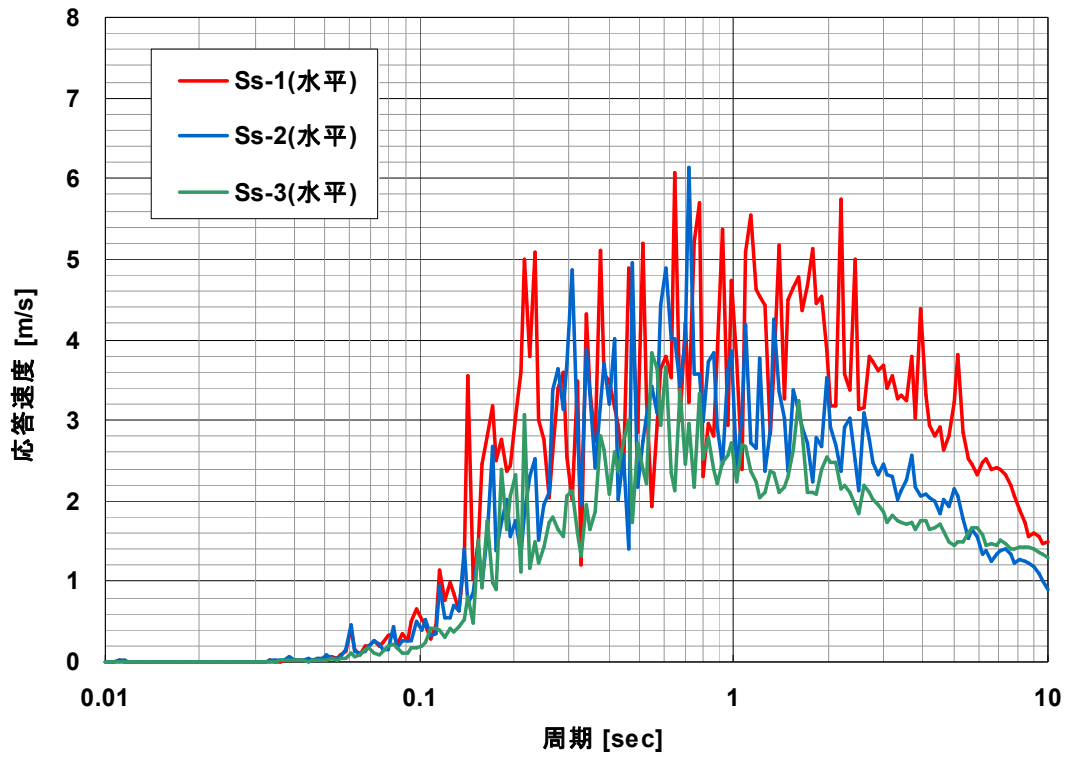
H : タンク液位 [m]

g : 重力加速度 [m/s<sup>2</sup>]

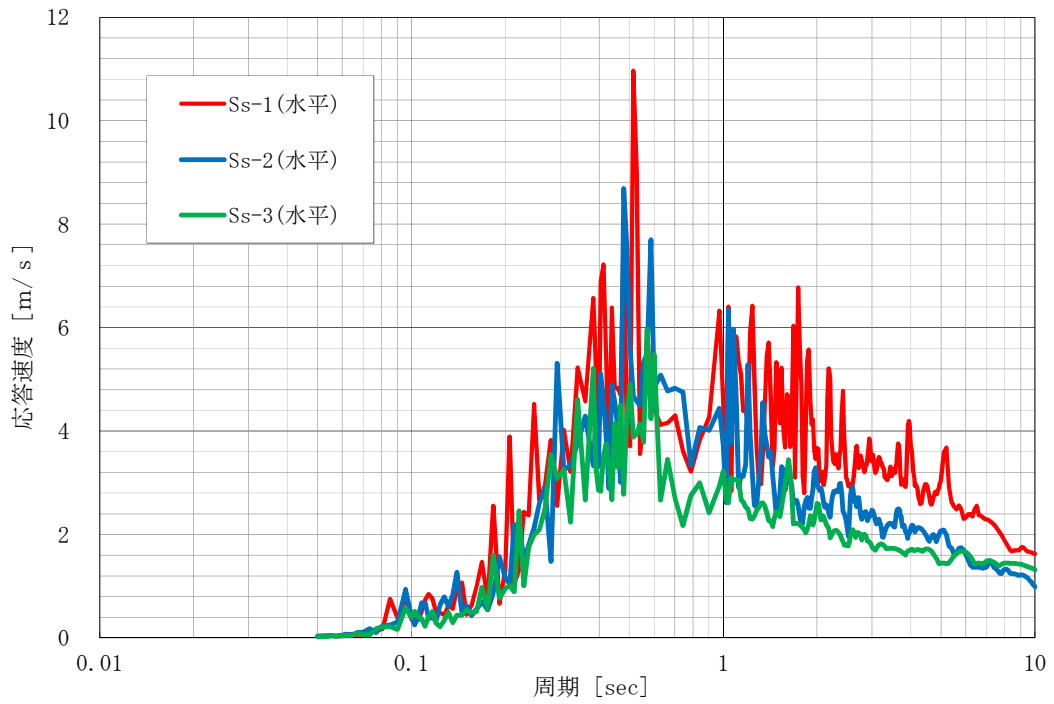
T<sub>s</sub> : スロッシング固有周期 [s]

S<sub>v</sub> : 速度応答値 [m/s]

η : スロッシング波高 [m]



速度応答スペクトル（水平方向・減衰なし）  
 サンプルタンク，RO濃縮水処理水中継タンク



速度応答スペクトル（水平方向・減衰なし）  
 集水タンク

タンクのスロッシング評価結果

機器名称	スロッシング 波高 [mm]	スロッシング時 液位 [mm]	タンク高さ [mm]
集水タンク	682	12,888	13,000
サンプルタンク	702	12,908	13,000
RO 濃縮水処理水 中継タンク	702	12,908	13,000

付録 1 スカート支持たて置円筒形容器（耐震設計上の重要度分類 B クラス）の  
耐震性についての計算書作成の基本方針

## 1. 一般事項

本基本方針は、スカート支持たて置円筒形容器（耐震設計上の重要度分類Bクラス）の耐震性についての計算方法を示す。

### 1.1 適用基準

本基本方針における計算方法は、原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和62年8月）に準拠する。

### 1.2 計算条件

- (1) 容器及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
- (2) 地震力は容器に対して水平方向に作用するものとする。
- (3) 容器はスカートで支持され、スカートは下端のベースプレートを円周上等ピッチの多数の基礎ボルトで基礎又は架台に固定された固定端とする。ここで、基礎又は架台については剛となるように設計する。
- (4) 胴とスカートをはりと考え、変形モードは曲げ及びせん断変形を考慮する。
- (5) スカート部材において、マンホール等の開口部があつて補強をしていない場合は、欠損の影響を考慮する。

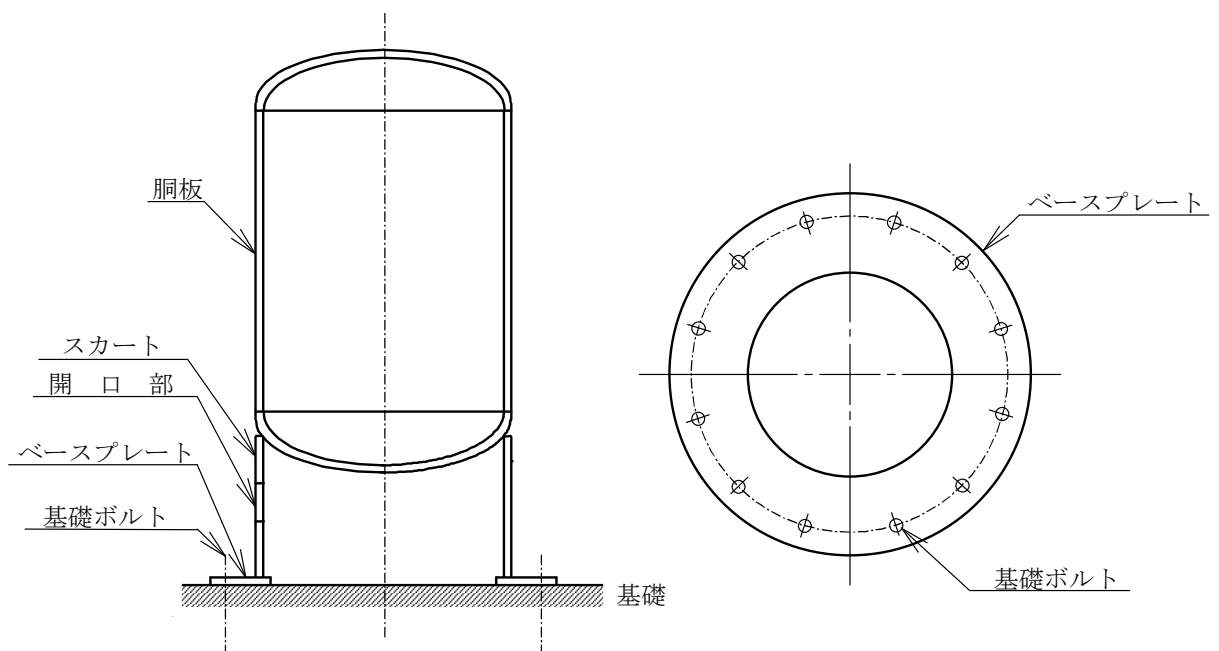


図1-1 概要図



1.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	胴の軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>b</sub>	基礎ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>e</sub>	胴の有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s</sub>	スカートの軸断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>s e</sub>	スカートの有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
C <sub>c</sub>	基礎ボルト計算における係数	—
C <sub>H</sub>	水平方向設計震度	—
C <sub>t</sub>	基礎ボルト計算における係数	—
C <sub>v</sub>	鉛直方向設計震度	—
D <sub>b i</sub>	ベースプレートの内径	mm
D <sub>b o</sub>	ベースプレートの外径	mm
D <sub>c</sub>	基礎ボルトのピッチ円直径	mm
D <sub>i</sub>	胴の内径	mm
D <sub>j</sub>	スカートに設けられた各開口部の穴径 (j=1, 2, 3…j <sub>1</sub> )	mm
D <sub>s</sub>	スカートの内径	mm
E	胴の縦弾性係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1に定める値。又は、 ASME BPVCセクションII Material Specifications PartD-Properties Subpart2 Physical Properties Tables Table TM-1～TM-5による	MPa
E <sub>s</sub>	スカートの縦弾性係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1に定める値。又は、 ASME BPVCセクションII Material Specifications PartD-Properties Subpart2 Physical Properties Tables Table TM-1～TM-5による	MPa
e	基礎ボルト計算における係数	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
F <sub>c</sub>	基礎に作用する圧縮力	N
F <sub>t</sub>	基礎ボルトに作用する引張力	N
f <sub>b</sub>	曲げモーメントに対する許容座屈応力	MPa
f <sub>c</sub>	軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	MPa
f <sub>s b</sub>	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f <sub>t</sub>	スカートの許容引張応力	MPa
f <sub>t o</sub>	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>t s</sub>	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa

記号	記号の説明	単位
G	胴のせん断弾性係数	MPa
G <sub>s</sub>	スカートのせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s <sup>2</sup>
H	水頭	mm
I	胴の断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
I <sub>s</sub>	スカートの断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
j <sub>1</sub>	スカートに設けられた開口部の穴の個数	—
K <sub>H</sub>	水平方向のばね定数	N/m
K <sub>V</sub>	鉛直方向のばね定数	N/m
k	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数	—
l	胴のスカート接合点から重心までの距離	mm
l <sub>1</sub> , l <sub>2</sub>	基礎ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離	mm
l <sub>r</sub>	容器の重心から上端支持部までの距離	mm
l <sub>s</sub>	スカートの長さ	mm
M <sub>s</sub>	スカートに作用する転倒モーメント	N・mm
M <sub>s1</sub>	スカートの上端部に作用する転倒モーメント	N・mm
M <sub>s2</sub>	スカートの下端部に作用する転倒モーメント	N・mm
m <sub>0</sub>	容器の運転時質量	kg
m <sub>e</sub>	容器のスカート接合部から上部の空質量	kg
n	基礎ボルトの本数	—
P <sub>r</sub>	最高使用圧力	MPa
Q	重心に作用する任意の水平力	N
Q'	Qにより上端の支持部に作用する反力	N
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値。又は、 ASME BPVCセクションII Material Specifications PartD-Properties Subpart1 -Stress Tables Table 1Aによる。	MPa
S <sub>a</sub>	胴の許容応力	MPa
S <sub>u</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値。 又は、ASME BPVCセクションII Material Specifications PartD-Properties Subpart1 -Stress Tables Table Uによる。	MPa
S <sub>y</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値。 又は、ASME BPVCセクションII Material Specifications PartD-Properties Subpart1 -Stress Tables Table Y-1による。	MPa
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
T <sub>H</sub>	水平方向固有周期	s
T <sub>V</sub>	鉛直方向固有周期	s

記号	記号の説明	単位
t	胴板の厚さ	mm
t <sub>1</sub>	基礎ボルト面積相当板幅	mm
t <sub>2</sub>	圧縮側基礎相当幅	mm
t <sub>s</sub>	スカートの厚さ	mm
Y	スカート開口部の水平断面における最大円周長さ	mm
z	基礎ボルト計算における係数	—
α	基礎ボルト計算における中立軸を定める角度	rad
δ	荷重Qによる容器の上端での変位置	mm
δ'	荷重Q'による容器の上端での変位置	mm
δ <sub>0</sub>	荷重Q, Q'による容器の重心での変位置	mm
η	座屈応力に対する安全率	—
π	円周率	—
ρ'	液体の密度 (=比重×10 <sup>-6</sup> )	kg/mm <sup>3</sup>
σ <sub>0</sub>	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ <sub>0c</sub>	胴の組合せ圧縮応力	MPa
σ <sub>0t</sub>	胴の組合せ引張応力	MPa
σ <sub>b</sub>	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ <sub>c</sub>	基礎に生じる圧縮応力	MPa
σ <sub>s</sub>	スカートの組合せ応力	MPa
σ <sub>s1</sub>	スカートの運転時質量による軸方向応力	MPa
σ <sub>s2</sub>	スカートの曲げモーメントによる軸方向応力	MPa
σ <sub>s3</sub>	スカートの鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
σ <sub>x1</sub> , σ <sub>φ1</sub>	静水頭又は内圧により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
σ <sub>x2</sub>	胴の運転時質量による軸方向引張応力	MPa
σ <sub>x3</sub>	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
σ <sub>x4</sub>	地震により胴に生じる軸方向応力	MPa
σ <sub>x5</sub>	胴の鉛直方向地震による軸方向引張応力	MPa
σ <sub>x6</sub>	胴の鉛直方向地震による軸方向圧縮応力	MPa
σ <sub>xc</sub>	胴の軸方向応力の和 (圧縮側)	MPa
σ <sub>xt</sub>	胴の軸方向応力の和 (引張側)	MPa
σ <sub>φ</sub>	胴の周方向応力の和	MPa
σ <sub>φ2</sub>	静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力	MPa
τ	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
τ <sub>b</sub>	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ <sub>s</sub>	地震によりスカートに生じるせん断応力	MPa

記号	記号の説明	単位
$\phi_1(x)$	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
$\phi_2(x)$	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

注：「設計・建設規格」とは，発電用原子力設備規格（設計・建設規格 JSME S NC-1-2005）（日本機械学会 2005年9月及び2007年9月）をいう。

「ASME BPVC セクションⅡ」とは，

The American Society of Mechanical Engineers 「Boiler and Pressure Vessels Code」  
Section Ⅱ ; Material Specifications （米国機械学会 セクションⅡ 材料規格）  
をいう。

2. 計算方法

2.1 固有周期の計算方法

(1) 計算モデル

本容器は、1.2項より図2-1に示す下端固定の1質点系振動モデルあるいは下端固定上端支持の1質点系振動モデルとして考える。

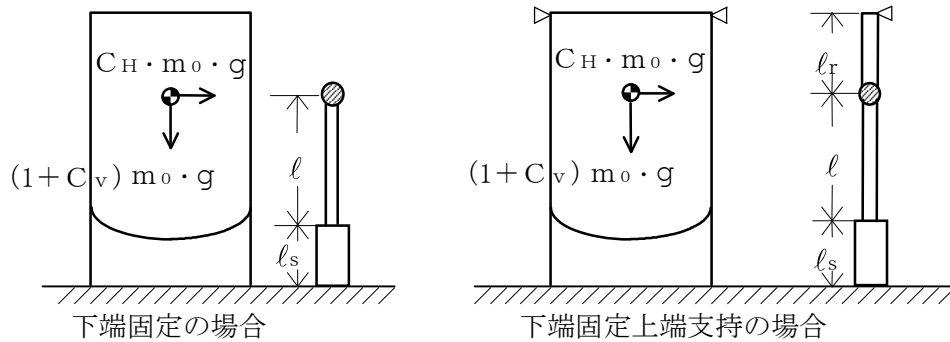


図2-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

a. 下端固定の場合

曲げ及びせん断変形によるばね定数KHは次式で求める。

$$K_H = 1000 \left\{ \frac{l^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{1}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \cdot (3 \cdot l^2 \cdot l_s + 3 \cdot l \cdot l_s^2 + l_s^3) + \frac{l}{G \cdot A_e} + \frac{l_s}{G_s \cdot A_{s_e}} \right\} \dots \dots \dots (2.1.1)$$

ここで、スカートの開口部（図 2-2 参照）による影響を考慮し、胴及びスカートの断面性能は次のように求める。

胴の断面性能は

$$I = \frac{\pi}{8} \cdot (D_i + t)^3 \cdot t \dots \dots \dots (2.1.2)$$

$$A_e = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot (D_i + t) \cdot t \dots \dots \dots (2.1.3)$$

スカートの断面性能は

$$I_s = \frac{\pi}{8} \cdot (D_s + t_s)^3 \cdot t_s - \frac{1}{4} \cdot (D_s + t_s)^2 \cdot t_s \cdot Y \dots \dots \dots (2.1.4)$$

スカート開口部の水平断面における最大円周長さは、（図 2-2 及び図 2-3 参照）

$$Y = \sum_{j=1}^{j_1} (D_s + t_s) \cdot \sin^{-1} \left( \frac{D_j}{D_s + t_s} \right) \quad \dots\dots\dots (2.1.5)$$

$$A_{se} = \frac{2}{3} \cdot \{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s \quad \dots\dots\dots (2.1.6)$$

したがって、固有周期は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_H}} \quad \dots\dots\dots (2.1.7)$$

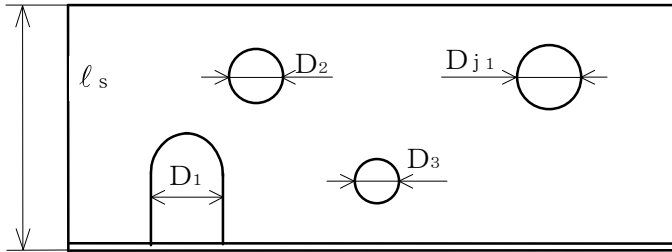


図2-2 スカート開口部の形状

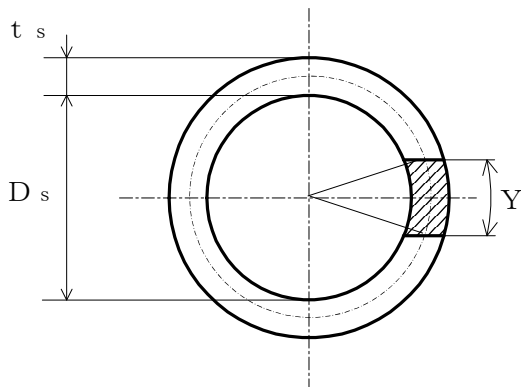


図2-3 スカート開口部の水平断面における最大円周長さ

b. 下端固定上端支持の場合

重心の位置に水平方向の荷重Qが作用したときに上端の支持部に生じる反力Q'は、図2-4に示すように荷重Q及び反力Q'による上端の変位量δとδ'が等しいとして求める。

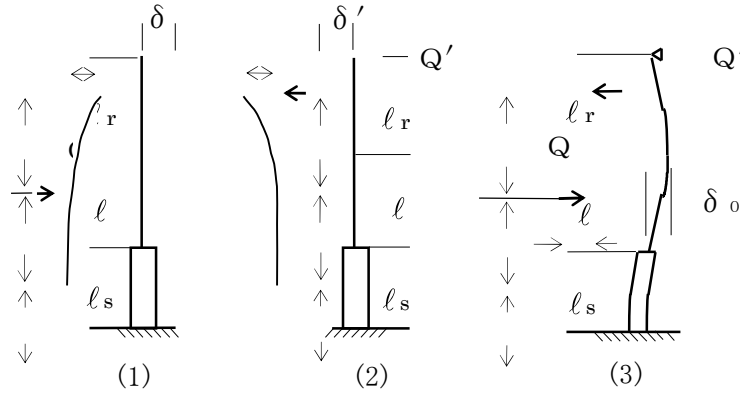


図2-4 下端固定上端支持の場合の変形モデル

図2-4の(1)の場合

$$\delta = \frac{Q \cdot l^2}{6 \cdot E \cdot I} \cdot (2 \cdot l + 3 \cdot l_r) + \frac{Q}{6 \cdot E_s \cdot I_s} \cdot \{2 \cdot l_s^3 + 3 \cdot l_s^2 \cdot l_r + 6 \cdot l_s \cdot l \cdot (l_s + l + l_r)\} + \frac{Q \cdot l}{G \cdot A_e} + \frac{Q \cdot l_s}{G_s \cdot A_{se}} \dots \dots \dots (2.1.8)$$

図2-4の(2)の場合

$$\delta' = \frac{Q' \cdot (l + l_r)^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{Q'}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \cdot \{3 \cdot (l + l_r)^2 \cdot l_s + 3 \cdot (l + l_r) \cdot l_s^2 + l_s^3\} + \frac{Q' \cdot (l + l_r)}{G \cdot A_e} + \frac{Q' \cdot l_s}{G_s \cdot A_{se}} \dots \dots \dots (2.1.9)$$

(2.1.8) 式と (2.1.9) 式を等しく置くことにより、

$$Q' = Q \cdot \left\{ \frac{l^2 \cdot (2 \cdot l + 3 \cdot l_r)}{6 \cdot E \cdot I} + \frac{2 \cdot l_s^3 + 3 \cdot l_s^2 \cdot l_r + 6 \cdot l_s \cdot l \cdot (l_s + l + l_r)}{6 \cdot E_s \cdot I_s} + \frac{l}{G \cdot A_e} + \frac{l_s}{G_s \cdot A_{se}} \right\} \cdot \left\{ \frac{(l + l_r)^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{3 \cdot (l + l_r)^2 \cdot l_s + 3 \cdot (l + l_r) \cdot l_s^2 + l_s^3}{3 \cdot E_s \cdot I_s} + \frac{l + l_r}{G \cdot A_e} + \frac{l_s}{G_s \cdot A_{se}} \right\} \dots \dots \dots (2.1.10)$$

したがって、図2-4の(3)に示す重心位置での変位量 $\delta_o$ は図2-4の(1)及び(2)の重心位置での変位量の重ね合せから求めることができ、ばね定数 $K_H$ は次式で求める。

$$\begin{aligned}
 K_H = \frac{Q}{\delta_o} = 1000 \Bigg/ & \left\{ \frac{l^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{3 \cdot l^2 \cdot l_s + 3 \cdot l \cdot l_s^2 + l_s^3}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \right. \\
 & + \left( 1 - \frac{Q'}{Q} \right) \cdot \left( \frac{l}{G \cdot A_e} + \frac{l_s}{G_s \cdot A_{se}} \right) - \frac{Q'}{Q} \cdot \left( \frac{2 \cdot l^3 + 3 \cdot l^2 \cdot l_r}{6 \cdot E \cdot I} \right. \\
 & \left. \left. + \frac{3 \cdot l_s^2 \cdot l + l_s^3 + 3 \cdot l_s \cdot l^2 + 3 \cdot l_s \cdot l \cdot l_r + \frac{3}{2} \cdot l_s^2 \cdot l_r}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \right) \right\} \quad \dots\dots\dots (2.1.11)
 \end{aligned}$$

固有周期は(2.1.7)式により求める。

(3) 鉛直方向固有周期

軸方向変形によるばね定数 $K_v$ は、次式で求める。

$$K_v = 1000 \Bigg/ \left( \frac{l}{E \cdot A} + \frac{l_s}{E_s \cdot A_s} \right) \quad \dots\dots\dots (2.1.12)$$

$$A = \pi \cdot (D_i + t) \cdot t \quad \dots\dots\dots (2.1.13)$$

$$A_s = \{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s \quad \dots\dots\dots (2.1.14)$$

したがって、固有周期 $T_v$ は次式で求める。

$$T_v = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_o}{K_v}} \quad \dots\dots\dots (2.1.15)$$



## 2.2 応力の計算方法

応力計算において、静的地震力を用いる場合は絶対値和を用い、動的地震力を用いる場合は、S R S S法を用いることができる。

### 2.2.1 胴の応力

#### (1) 静水頭又は内圧による応力

静水頭による場合（鉛直方向地震時を含む。）

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.1)$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i \cdot C_v}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.2)$$

$$\sigma_{x 1} = 0 \quad \dots\dots\dots (2.2.1.3)$$

内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.4)$$

$$\sigma_{\phi 2} = 0 \quad \dots\dots\dots (2.2.1.5)$$

$$\sigma_{x 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{4 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.6)$$

#### (2) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

胴がスカートと接合する点を境界として、上部には胴自身の質量による圧縮応力が、下部には下部の胴自身の質量と内容物の質量による引張応力が生じる。

下部の胴について

$$\sigma_{x 2} = \frac{(m_o - m_e) \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.7)$$

$$\sigma_{x 5} = \frac{(m_o - m_e) \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.8)$$

上部の胴について

$$\sigma_{x 3} = \frac{m_e \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.9)$$

$$\sigma_{x 6} = \frac{m_e \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.10)$$

(3) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力により胴はスカート接合部で最大となる曲げモーメントを受ける。この曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力は次のように求める。

a. 下端固定の場合

$$\sigma_{x4} = \frac{4 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \ell}{\pi \cdot (D_i + t)^2 \cdot t} \dots\dots\dots (2.2.1.11)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \dots\dots\dots (2.2.1.12)$$

b. 下端固定上端支持の場合

$$\sigma_{x4} = \frac{4 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \left| \ell - \frac{Q'}{Q} \cdot (\ell + \ell_r) \right|}{\pi \cdot (D_i + t)^2 \cdot t} \dots\dots\dots (2.2.1.13)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \left(1 - \frac{Q'}{Q}\right)}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \dots\dots\dots (2.2.1.14)$$

(4) 組合せ応力

(1)～(3)によって求めた胴の応力は以下のように組み合わせる。

a. 一次一般膜応力

(a) 組合せ引張応力

$$\sigma_\phi = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \dots\dots\dots (2.2.1.15)$$

$$\sigma_{ot} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xt})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\} \dots\dots\dots (2.2.1.16)$$

ここで、

【絶対値和】

$$\sigma_{xt} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x4} + \sigma_{x5} \dots\dots\dots (2.2.1.17)$$

【SRSS法】

$$\sigma_{xt} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x4}^2 + \sigma_{x5}^2} \dots\dots\dots (2.2.1.18)$$

(b) 組合せ圧縮応力

$$\sigma_\phi = -\sigma_{\phi 1} - \sigma_{\phi 2} \dots\dots\dots (2.2.1.19)$$

$\sigma_{xc}$ が正の値（圧縮側）のとき、次の組合せ圧縮応力を求める。

$$\sigma_{oc} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xc})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\} \dots\dots\dots (2.2.1.20)$$

ここで,

【絶対値和】

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4} + \sigma_{x6} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.21)$$

【SRSS法】

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x3} + \sqrt{\sigma_{x4}^2 + \sigma_{x6}^2} \quad \dots\dots (2.2.1.22)$$

したがって、胴の組合せ一次一般膜応力の最大値は、絶対値和、SRSS法それぞれに対して、

$$\sigma_o = \text{Max} \{ \text{組合せ引張応力} (\sigma_{ot}), \text{組合せ圧縮応力} (\sigma_{oc}) \} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.23)$$

とする。

一次応力は一次一般膜応力と同じになるので省略する。

2.2.2 スカートの応力

(1) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

スカート底部に生じる運転時質量及び鉛直方向地震による圧縮応力は次式で求める。

$$\sigma_{s1} = \frac{m_o \cdot g}{\{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s} \quad \dots\dots\dots (2.2.2.1)$$

$$\sigma_{s3} = \frac{m_o \cdot g \cdot C_v}{\{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s} \quad \dots\dots\dots (2.2.2.2)$$

(2) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力によりスカートには曲げモーメントが作用する。この曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力は次のように求める。

a. 下端固定の場合

$$\sigma_{s2} = \frac{M_s}{(D_s + t_s) \cdot t_s \cdot \left\{ \frac{\pi}{4} \cdot (D_s + t_s) - \frac{Y}{2} \right\}} \quad \dots\dots\dots (2.2.2.3)$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g}{\{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s} \quad \dots\dots\dots (2.2.2.4)$$

ここで,

$$M_s = C_H \cdot m_o \cdot g \cdot (\ell_s + \ell) \quad \dots\dots\dots (2.2.2.5)$$

b. 下端固定上端支持の場合

軸方向応力は (2.2.2.3) 式で表されるが、曲げモーメント  $M_s$  は次の  $M_{s1}$  又は  $M_{s2}$  のいずれか大きい方の値とする。

$$M_{s1} = C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \left| l - \frac{Q'}{Q} \cdot (l + l_r) \right| \dots\dots\dots (2.2.2.6)$$

$$M_{s2} = C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \left| l_s + l - \frac{Q'}{Q} \cdot (l_s + l + l_r) \right| \dots\dots\dots (2.2.2.7)$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot (1 - \frac{Q'}{Q})}{\{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s} \dots\dots\dots (2.2.2.8)$$

(3) 組合せ応力

組合せ応力は次式で求める。

【絶対値和】

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3})^2 + 3 \cdot \tau_s^2} \dots\dots\dots (2.2.2.9)$$

【SRSS法】

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s2}^2 + \sigma_{s3}^2})^2 + 3 \cdot \tau_s^2} \dots\dots\dots (2.2.2.10)$$

### 2.2.3 基礎ボルトの応力

#### (1) 引張応力

基礎に作用する転倒モーメント $M_s$ は下端固定の場合、(2.2.2.5)式を、下端固定上端支持の場合は(2.2.2.6)式又は(2.2.2.7)式を用いる。

転倒モーメントが作用した場合に生じる基礎ボルトの引張荷重と基礎部の圧縮荷重については、荷重と変位量の釣合い条件を考慮することにより求める。(図2-5参照)

以下にその手順を示す。

- a.  $\sigma_b$ 及び $\sigma_c$ を仮定して基礎ボルトの応力計算における中立軸の荷重係数 $k$ を求める。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_b}{s \cdot \sigma_c}} \quad \dots\dots\dots (2.2.3.1)$$

- b. 基礎ボルトの応力計算における中立軸を定める角度 $\alpha$ を求める。

$$\alpha = \cos^{-1} (1 - 2 \cdot k) \quad \dots\dots\dots (2.2.3.2)$$

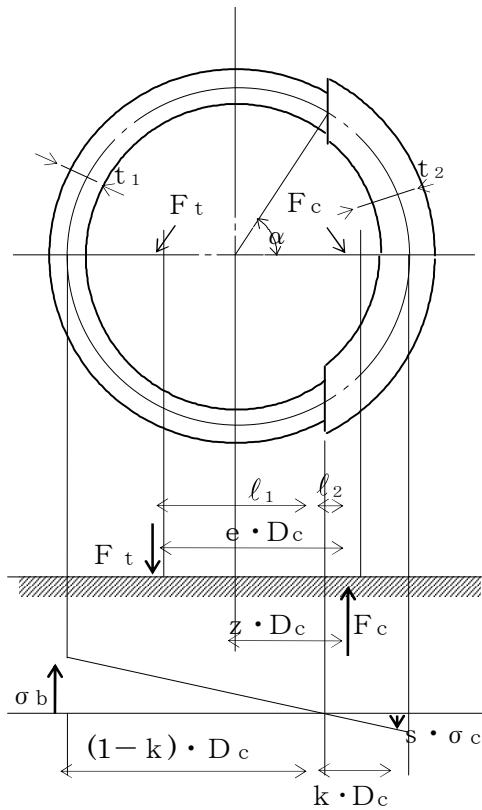


図2-5 基礎の荷重説明図

c. 各定数  $e$ ,  $z$ ,  $C_t$  及び  $C_c$  を求める。

$$e = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \frac{(\pi - \alpha) \cdot \cos^2 \alpha + \frac{1}{2} \cdot (\pi - \alpha) + \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{(\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right\} \dots\dots\dots (2.2.3.3)$$

$$z = \frac{1}{2} \cdot \left( \cos \alpha + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right) \dots\dots\dots (2.2.3.4)$$

$$C_t = \frac{2 \cdot \{ (\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \}}{1 + \cos \alpha} \dots\dots\dots (2.2.3.5)$$

$$C_c = \frac{2 \cdot (\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha)}{1 - \cos \alpha} \dots\dots\dots (2.2.3.6)$$

d. 各定数を用いて  $F_t$  及び  $F_c$  を求める。

【絶対値和】

$$F_t = \frac{M_s - (1 - C_v) \cdot m_0 \cdot g \cdot z \cdot D_c}{e \cdot D_c} \dots\dots\dots (2.2.3.7)$$

$$F_c = F_t + (1 - C_v) \cdot m_0 \cdot g \dots\dots\dots (2.2.3.8)$$

【SRSS法】

$$F_t = \frac{\sqrt{M_s^2 + (C_v \cdot m_0 \cdot g \cdot z \cdot D_c)^2}}{e \cdot D_c} - \frac{z}{e} \cdot m_0 \cdot g \dots\dots\dots (2.2.3.9)$$

$$F_c = \frac{\sqrt{M_s^2 + (C_v \cdot m_0 \cdot g \cdot (z - e) \cdot D_c)^2}}{e \cdot D_c} + (1 - \frac{z}{e}) \cdot m_0 \cdot g \dots\dots\dots (2.2.3.10)$$

基礎ボルトに引張力が作用しないのは、 $\alpha$  が  $\pi$  に等しくなったときであり、(2.2.3.3) 式及び (2.2.3.4) 式において  $\alpha$  を  $\pi$  に近づけた場合の値  $e = 0.75$  及び  $z = 0.25$  を (2.2.3.7) 式又は (2.2.3.9) 式に代入し、得られる  $F_t$  の値によって引張力の有無を次のように判定する。

$F_t \leq 0$  ならば引張力は作用しない。

$F_t > 0$  ならば引張力が作用しているので次の計算を行う。

e.  $\sigma_b$  及び  $\sigma_c$  を求める。

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot F_t}{t_1 \cdot D_c \cdot C_t} \dots\dots\dots (2.2.3.11)$$

$$\sigma_c = \frac{2 \cdot F_c}{(t_2 + s \cdot t_1) \cdot D_c \cdot C_c} \dots\dots\dots (2.2.3.12)$$

ここで,

$$t_1 = \frac{n \cdot A_b}{\pi \cdot D_c} \dots\dots\dots (2.2.3.13)$$

$$t_2 = \frac{1}{2} \cdot (D_{bo} - D_{bi}) - t_1 \dots\dots\dots (2.2.3.14)$$

$\sigma_b$  及び  $\sigma_c$  が a 項にて仮定した値と十分に近似していることを確認する。この場合の  $\sigma_b$  及び  $\sigma_c$  を基礎ボルトと基礎に生じる応力とする。

(2) せん断応力

a. 下端固定の場合

$$\tau_b = \frac{C_H \cdot m_o \cdot g}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (2.2.3.15)$$

b. 下端固定上端支持の場合

$$\tau_b = \frac{C_H \cdot m_o \cdot g \cdot (1 - \frac{Q'}{Q})}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (2.2.3.16)$$

### 3. 評価方法

#### 3.1 固有周期の評価

2.1 項で求めた固有周期から，水平方向及び鉛直方向の設計震度を求める。

#### 3.2 応力の評価

##### 3.2.1 胴の応力評価

2.2.1 項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力  $S_a$  以下であること。

応力の種類	許容応力 $S_a$
一次一般膜応力	設計降伏点 $S_y$ と設計引張強さ $S_u$ の0.6倍のいずれか小さい方の値。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあつては許容引張応力 $S$ の1.2倍の方が大きい場合は，この大きい方の値とする。

一次応力の評価は算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので省略する。

##### 3.2.2 スカートの応力評価

(1) 2.2.2項で求めたスカートの組合せ応力が許容引張応力  $f_t$  以下であること。

$$f_t = \frac{F}{1.5} \cdot 1.5 \quad \dots \dots \dots (3.2.2.1)$$

(2) 圧縮膜応力（圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せ）は次式を満足すること。（座屈の評価）

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leq 1 \quad \dots \dots \dots (3.2.2.2)$$

ここで， $f_c$ は次による。

$$\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_c = F \quad \dots \dots \dots (3.2.2.3)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_c = F \cdot \left[ 1 - \frac{1}{6800 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_1 \left( \frac{8000 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left( \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right] \quad \dots \dots \dots (3.2.2.4)$$



$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_c = \phi_1 \left( \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \right) \quad \dots\dots\dots (3.2.2.5)$$

ただし、 $\phi_1(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_1(x) = 0.6 \cdot \frac{E_s}{x} \cdot \left[ 1 - 0.901 \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x}\right) \right\} \right] \cdot \dots\dots\dots (3.2.2.6)$$

また、 $f_b$ は次による。

$$\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_b = F \quad \dots\dots\dots (3.2.2.7)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} < \frac{9600 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_b = F \cdot \left[ 1 - \frac{1}{8400 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_2 \left( \frac{9600 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left( \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right] \dots\dots\dots (3.2.2.8)$$

$$\frac{9600 \cdot g}{F} \leq \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_b = \phi_2 \left( \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \right) \quad \dots\dots\dots (3.2.2.9)$$

ただし、 $\phi_2(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_2(x) = 0.6 \cdot \frac{E_s}{x} \cdot \left[ 1 - 0.731 \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x}\right) \right\} \right] \dots\dots (3.2.2.10)$$

$\eta$ は安全率で次による。

$$\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1 \quad \dots\dots\dots (3.2.2.11)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1 + \frac{0.5 \cdot F}{6800 \cdot g} \cdot \left( \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \quad \dots\dots\dots (3.2.2.12)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1.5 \quad \dots\dots\dots (3.2.2.13)$$

3.2.3 基礎ボルトの応力評価

2.2.3項で求めた基礎ボルトの引張応力  $\sigma_b$  は次式より求めた許容引張応力  $f_{ts}$  以下であること。

せん断応力  $\tau_b$  はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  以下であること。

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b \quad \dots\dots\dots (3.2.3.1)$$

かつ、

$$f_{ts} \leq f_{to} \quad \dots\dots\dots (3.2.3.2)$$

ただし、 $f_{to}$  及び  $f_{sb}$  は下表による。

	許容引張応力 $f_{to}$	許容せん断応力 $f_{sb}$
計 算 式	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

## サブドレン集水設備の強度に関する説明書

## 1. 強度評価の方針

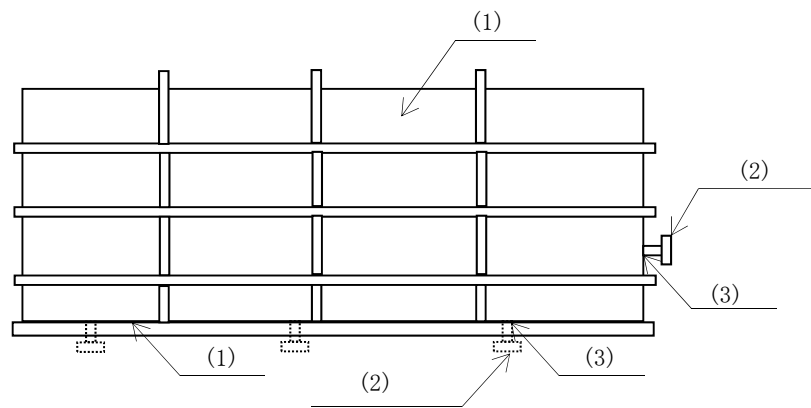
強度評価においては、中継タンクは JIS 等に準じた評価を行う。集水タンク及び主配管（鋼管、伸縮継手）は「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下、「設計・建設規格」という。）のクラス 3 機器またはクラス 3 配管に、準じた評価を行う。

## 2. 強度評価

## 2.1 中継タンク

## 2.1.1 評価箇所

強度評価箇所を図－1 に示す。



図中の番号は、2.1.2 の番号に対応する。

図－1 中継タンク概要図

## 2.1.2 評価方法

## (1) 側板、底板の評価

中継タンクの側板、底板の必要厚さは、それぞれ次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

## a. 規格上必要な最小厚さ

側板、底板の最小厚さは、それぞれ 4.5mm, 6.0mm とする。

## b. 計算上必要な厚さ：t

$$t = d ( \beta \cdot P / f_b \cdot \eta )^{1/2} + c$$

$$\delta = \alpha \cdot P \cdot d^4 / E \cdot ( T - c )^3 \leq d / 300$$

ここに、 t : 最小必要厚さ (mm)

$\beta$  : d/D に対する応力係数

d : 短辺の長さ (mm)  
 D : 長辺の長さ (mm)  
 P : 作用する荷重 (MPa)  
 fb : 許容曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 η : 溶接継手効率  
 c : 腐れ代 (mm)  
 δ : 最大たわみ量 (mm)  
 α : d/Dに対するたわみ係数  
 E : 縦弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)  
 T : 使用板厚 (mm)

## (2) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

### a. 規格上必要な最小厚さ

管台の外径に応じ、「JIS B 8501 鋼製石油貯槽の構造（全溶接製）」に規定された値とする。

### b. 計算上必要な厚さ：t

$$t = D_i \times H \times \rho / (0.204 \times S \times \eta) \times 1000 + c$$

ここに、 t : 必要厚さ (mm)

D<sub>i</sub> : 管台の内径 (m)

H : 水頭 (m)

ρ : 液体の比重

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率

c : 腐れ代 (mm)

## (3) 管台の穴の補強計算

管台取付部の穴の補強について、補強に有効な範囲内にある有効面積が、補強に必要な面積より大きくなるようにする。

$$A_r = D_p \times t_a$$

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

ここに、 A<sub>r</sub> : 補強に必要な面積 (mm<sup>2</sup>)

D<sub>p</sub> : 取付部板の開口径 (mm)

t<sub>a</sub> : 腐れ代を差引いた取付部板の板厚 (mm)

A<sub>t</sub> : 補強に有効な面積の合計 (mm<sup>2</sup>)

A<sub>1</sub> : 強め材の有効面積 (= 2 × (D<sub>p</sub> - D<sub>r</sub> / 2) × t<sub>r</sub>) (mm<sup>2</sup>)

A<sub>2</sub> : 管台（外側）の有効面積 (= 2 × (4 × t<sub>n</sub>) × t<sub>n</sub>) (mm<sup>2</sup>)

- A3 : 管台 (板部) の有効面積 ( $= 2 \times t \times t_n$ ) ( $\text{mm}^2$ )  
 A4 : 管台 (内側) の有効面積 ( $= 2 \times (4 \times t_n) \times t_n$ ) ( $\text{mm}^2$ )  
 A5 : 側板腐食代分の有効面積 ( $= 2 \times (D_p / 2) \times t_s$ ) ( $\text{mm}^2$ )  
 Dr : 強め材の開口径 (mm)  
 tr : 強め材の実際の板厚 (mm)  
 tn : 管台の採用板厚 (mm)  
 t : 取付部板の実際の板厚 (mm)  
 ts : 取付部板の腐れ代 (mm)

### 2.1.3 評価結果

評価結果を表-1, 2に示す。必要厚さ等を満足しており, 十分な構造強度を有すると評価している。

表-1 中継タンクの評価結果 (板厚)

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
中継タンク	側板の厚さ	4.5	4.5 以上
	底板の厚さ	6.0	6.0 以上
	管台の厚さ (流出管: 65A)	7.0	7.0 以上
	管台の厚さ (ドレン管: 50A)	5.5	5.5 以上

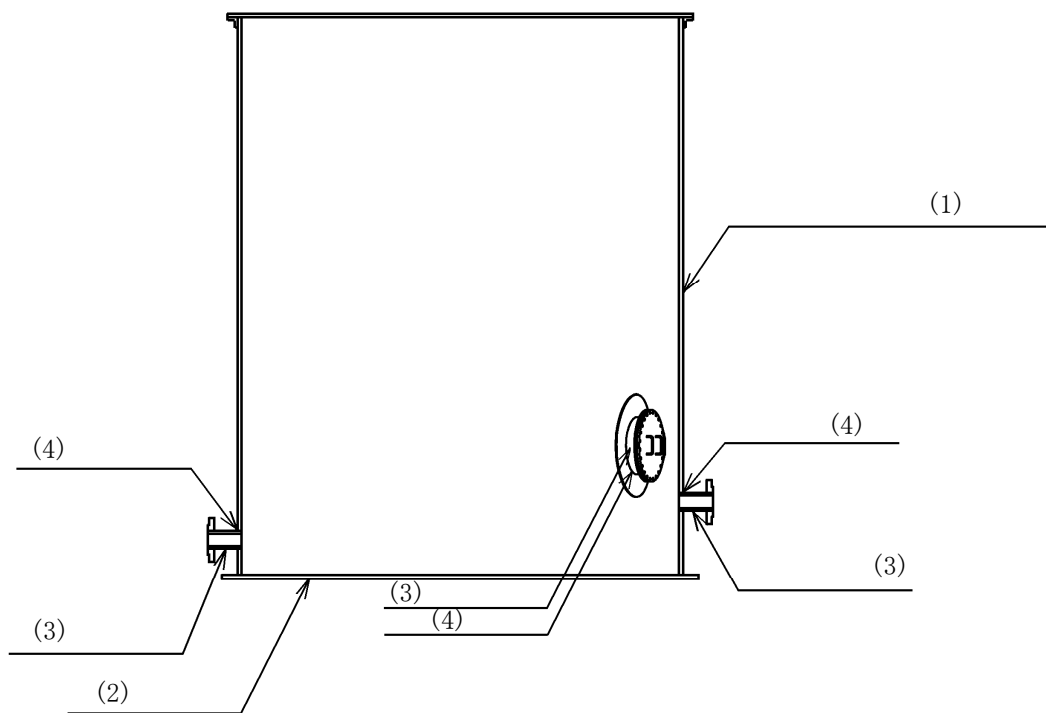
表-2 中継タンクの評価結果（管台の穴の補強計算）

機器名称	評価項目	評価結果	
		補強に必要な面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な総面積 (mm <sup>2</sup> )
中継タンク	流出管 (65A)	397	555
	ドレン管 (50A)	512	1045

## 2.2 集水タンク

### 2.2.1 評価箇所

強度評価箇所を図-2に示す。



図中の番号は、2.2.2、2.2.3の番号に対応する。

図-2 集水タンク概要図

### 2.2.2 評価方法

#### (1) 胴の厚さの評価

開放タンクの胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

##### a. 規格上必要な最小厚さ： $t_1$

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られた場合は3mm、その他の材料で作られた場合は1.5mmとする。

b. 胴の計算上必要な厚さ：  $t_2$

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

$t_2$  : 必要厚さ (mm)

$D_i$  : 胴の内径 (m)

H : 水頭 (m)

$\rho$  : 液体の比重。ただし、1未満の場合は、  
1とする。

S : 許容引張応力 (MPa)

$\eta$  : 継手効率

c. 胴の内径に応じた必要厚さ：  $t_3$

胴の内径が5mを超えるものについては、胴の内径の区分に応じ設計・建設規格 表 PVC-3920-1 より求めた胴の厚さとする。

## (2) 底板の厚さの評価

地面、基礎等に直接接触する開放タンクの底板の厚さは、3mm以上であること。

## (3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 管台の計算上必要な厚さ：  $t_1$

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

$t_1$  : 必要厚さ (mm)

$D_i$  : 管台の内径 (m)

H : 水頭 (m)

$\rho$  : 液体の比重。ただし、1未満の場合は、  
1とする。

S : 許容引張応力 (MPa)

$\eta$  : 継手効率

b. 規格上必要な最小厚さ：  $t_2$

管台の外径に応じ設計・建設規格 表 PVC-3980-1 より求めた管台の厚さとする。

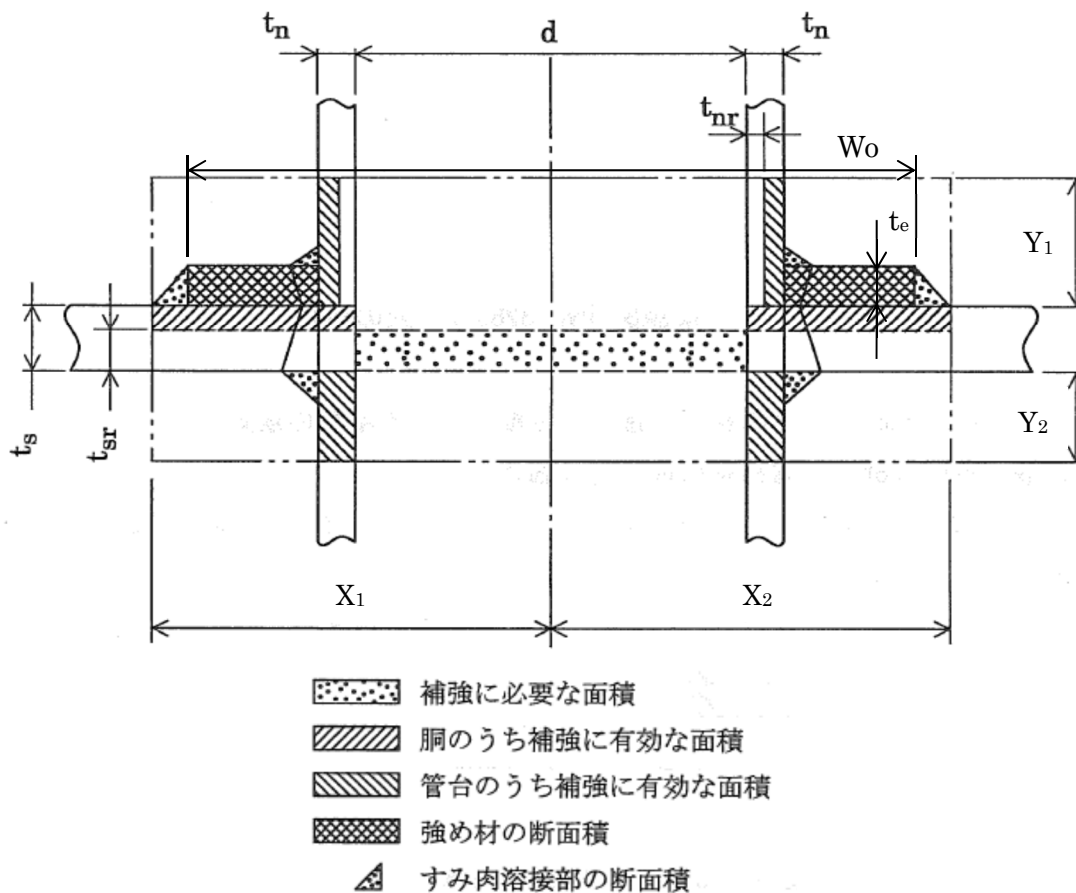
## (4) 胴の穴の補強計算

a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなるようにすること。(図-3参照)

b. 大きい穴の補強を要しない最大径

内径が1500mm以下の胴に設ける穴の径が胴の内径の2分の1(500mmを超える場合は、500mm)以下および内径が1500mmを超える胴に設ける穴の径が胴の内径の3分の1(1000mmを超える場合は、1000mm)以下の場合は、大きい穴の補強計算は必要ない。

c. 溶接部の強度として、予想される破断箇所の強さが、溶接部の負うべき荷重以上であること。(図-3 参照)



$d$ : 胴の断面に現れる穴の径 (mm)	$X_1, X_2, Y_1, Y_2$ : 補強の有効範囲 (mm)
$t_s$ : 胴板の厚さ (mm)	$W_o$ : 強め材の外径 (mm)
$t_{sr}$ : 胴板の計算上必要な厚さ (mm)	$t_e$ : 強め材の厚さ (mm)
$t_n$ : 管台の厚さ (mm)	$A_r$ : 補強に必要な面積 ( $\text{mm}^2$ )
$t_{nr}$ : 管台の計算上必要な厚さ (mm)	$A_o$ : 補強に有効な総面積 ( $\text{mm}^2$ )

図-3 補強計算概念図



### 2.2.3 評価結果

評価結果を表-3, 4に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有すると評価している。

表-3 集水タンクの評価結果 (板厚)

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
集水タンク	(1) 胴板の厚さ	11.7	12.0
	(2) 底板の厚さ	3.00	11.2
	(3) 管台の厚さ (100A)	3.50	5.25
	(3) 管台の厚さ (200A)	3.50	7.18
	(3) 管台の厚さ (マンホール)	3.50	11.2

表-4 集水タンクの評価結果（胴の穴の補強計算）

機器名称	評価項目	評価結果	
集水タンク	(4)胴 (100A 管台)	補強に必要な面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な総面積 (mm <sup>2</sup> )
		7.318×10 <sup>2</sup>	1.6222×10 <sup>3</sup>
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負うべき荷重 (N)	予想される破断箇所 <strong>の強さ (N)</strong>
		3.5520×10 <sup>4</sup>	1.05278×10 <sup>5</sup>
	(4)胴 (200A 管台)	補強に必要な面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な総面積 (mm <sup>2</sup> )
		1.4204×10 <sup>3</sup>	3.1414×10 <sup>3</sup>
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負うべき荷重 (N)	予想される破断箇所 <strong>の強さ (N)</strong>
		6.1220×10 <sup>4</sup>	2.88899×10 <sup>5</sup>
	(4)胴 (マンホール)	補強に必要な面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な総面積 (mm <sup>2</sup> )
		4.466×10 <sup>3</sup>	7.6348×10 <sup>3</sup>
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負うべき荷重 (N)	予想される破断箇所 <strong>の強さ (N)</strong>
		1.6324×10 <sup>5</sup>	1.160164×10 <sup>6</sup>

## 2.3 主配管

### 2.3.1 評価箇所

強度評価箇所を図-4に示す。

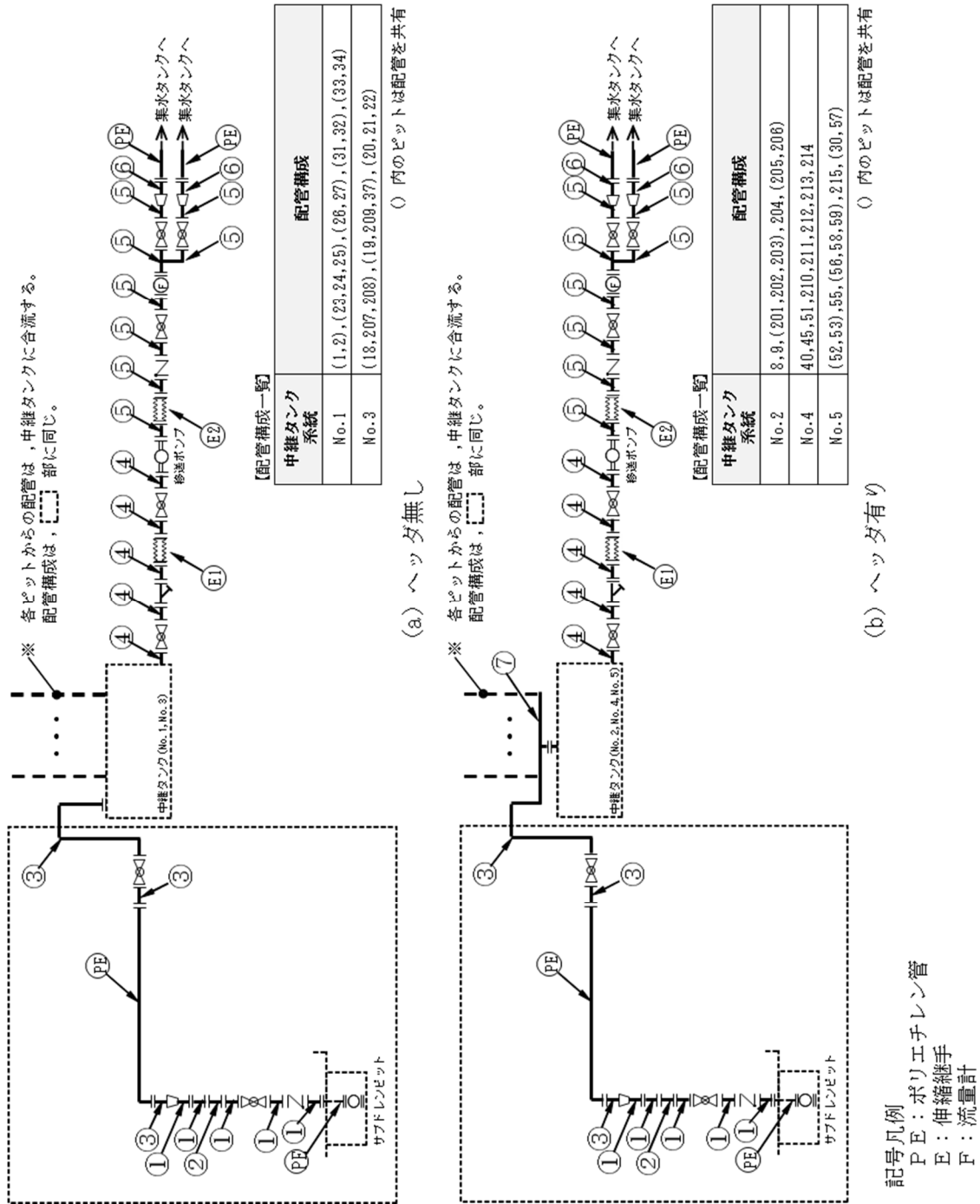
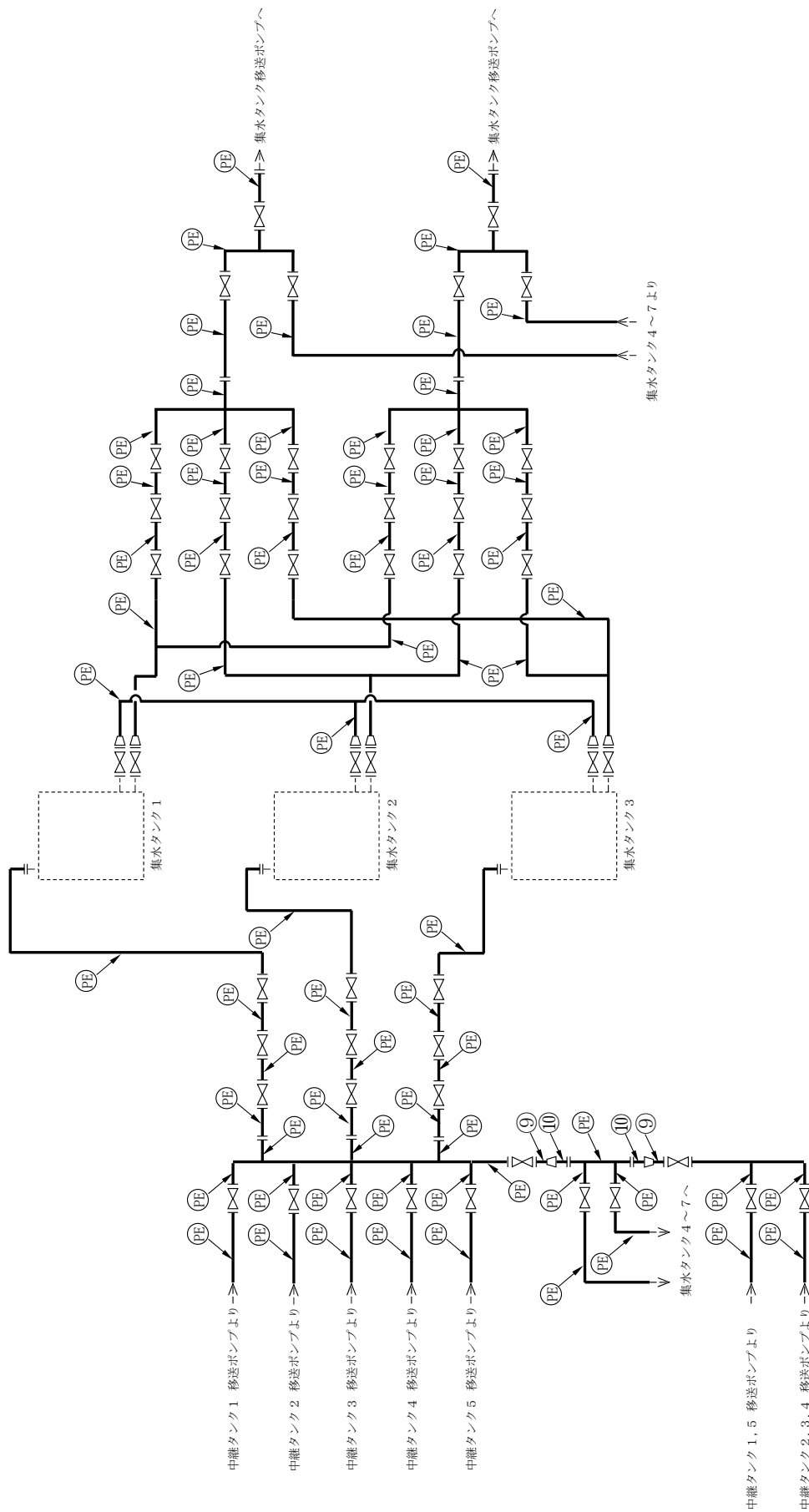


図-4 配管概略図 (1/3)

図中の番号は、2.3.3の番号に対応する。

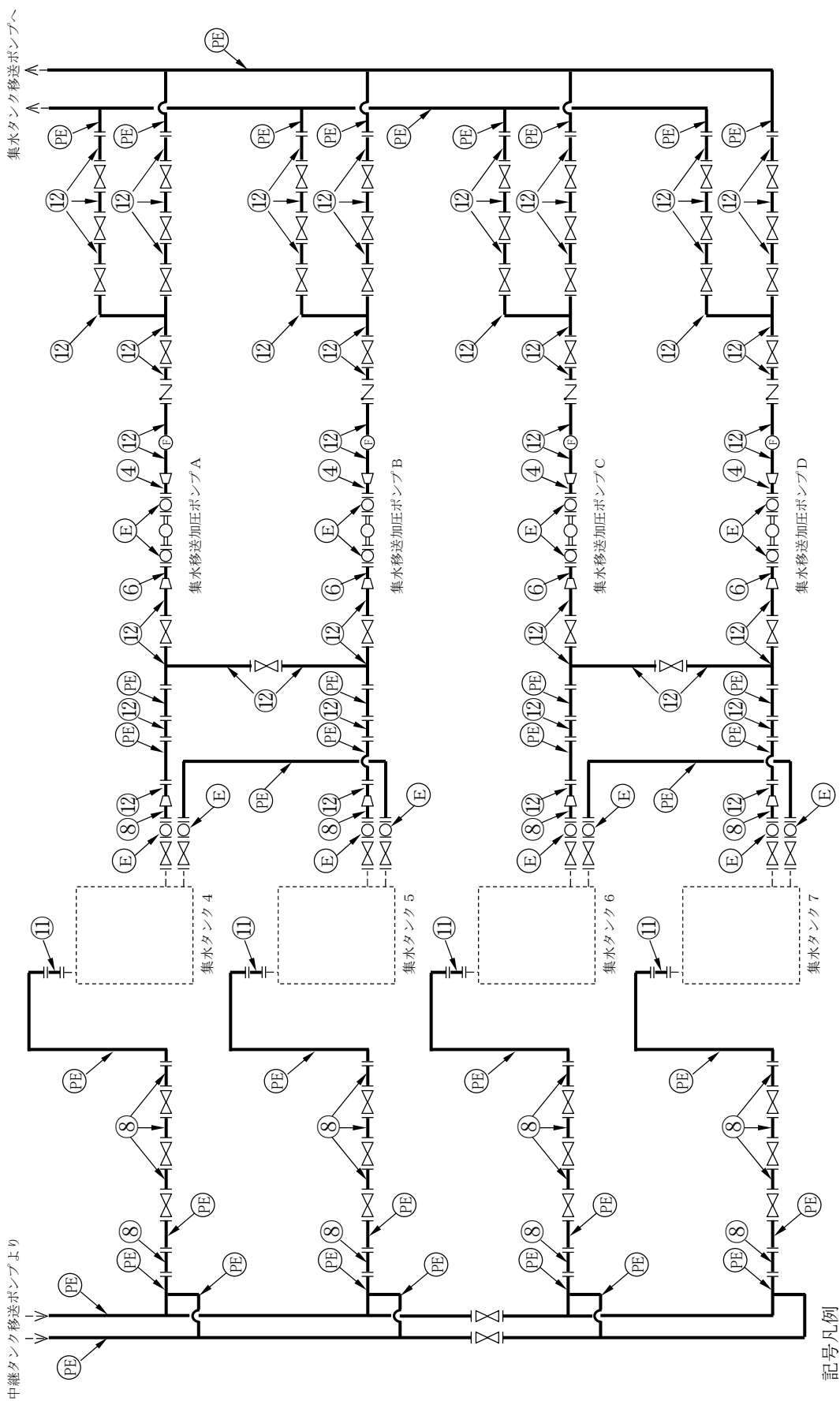


記号凡例

PE : ポリエチレン管

図中の番号は、2.3.3の番号に対応する。

図一4 配管概略図 (2/3)



図中の番号は、2.3.3の番号に対応する。

図一4 配管概略図 (3/3)

記号凡例  
 PE：ポリエチレン管  
 E：伸縮継手  
 F：流量計

## 2.3.2 評価方法

### (1) 管の厚さの評価

管の必要な厚さは、次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

#### a. 内面に圧力を受ける管

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

t : 必要厚さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

D<sub>o</sub> : 管の外径 (mm)

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率

#### b. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小必要厚さ : t<sub>t</sub>

設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 より求めた値

### (2) 伸縮継手における疲労評価

伸縮継手については、次の計算式により計算した許容繰返し回数が、実際の繰返し回数以上のものとする。

$$N = \left( \frac{11031}{\sigma} \right)^{3.5}$$

N : 許容繰返し回数

σ : 継手部応力 (MPa)

ここで、継手部応力は、調整リングが付いていない場合の以下の式により計算した値とする。

$$\sigma = \frac{1.5 \cdot E \cdot t \cdot \delta}{n \cdot \sqrt{b \cdot h^3}} + \frac{P \cdot h^2}{2 \cdot t^2 \cdot c}$$

E : 材料の縦弾性係数 (MPa)

t : 継手部の板の厚さ (mm)

σ : 全伸縮量 (mm)

n : 継手部の波数の2倍の値

b : 継手部の波のピッチの2分の1 (mm)

h : 継手部の波の高さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

c : 継手部の層数

## 2.3.3 評価結果

評価結果を表-5, 6に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表－5 配管の評価結果（管厚）

No.	外径 (mm)	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
①	42.70	STPG370	0.98	40	1.90	3.10
②	42.70	SUS316LTP	0.98	40	0.18	3.10
③	48.60	STPG370	0.98	40	2.20	3.20
④	76.30	STPG370	0.98	40	2.70	4.55
⑤	60.50	STPG370	0.98	40	2.40	3.40
⑥	89.10	STPG370	0.98	40	3.00	4.81
⑦	216.3	SUS316LTP	0.98	40	1.31	5.85
⑧	216.3	STPG370	0.98	40	3.80	7.18
⑨	318.5	STPG370	0.98	40	3.80	9.01
⑩	355.6	STPG370	0.98	40	3.80	9.71
⑪	216.3	SUS316LTP	0.49	40	0.46	7.18
⑫	114.3	STPG370	0.98	40	3.40	5.25

表－6 伸縮継手の評価結果（管厚）

No.	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)	許容繰り 返し回数 (回)	実際の繰り 返し回数 (回)
E1	SUS316L	0.98	40	$2.4 \times 10^3$	$0.1 \times 10^3$
E2	SUS316L	0.98	40	$1.0 \times 10^3$	$0.1 \times 10^3$

サブドレン他浄化設備の強度に関する説明書

1. 強度評価の方針

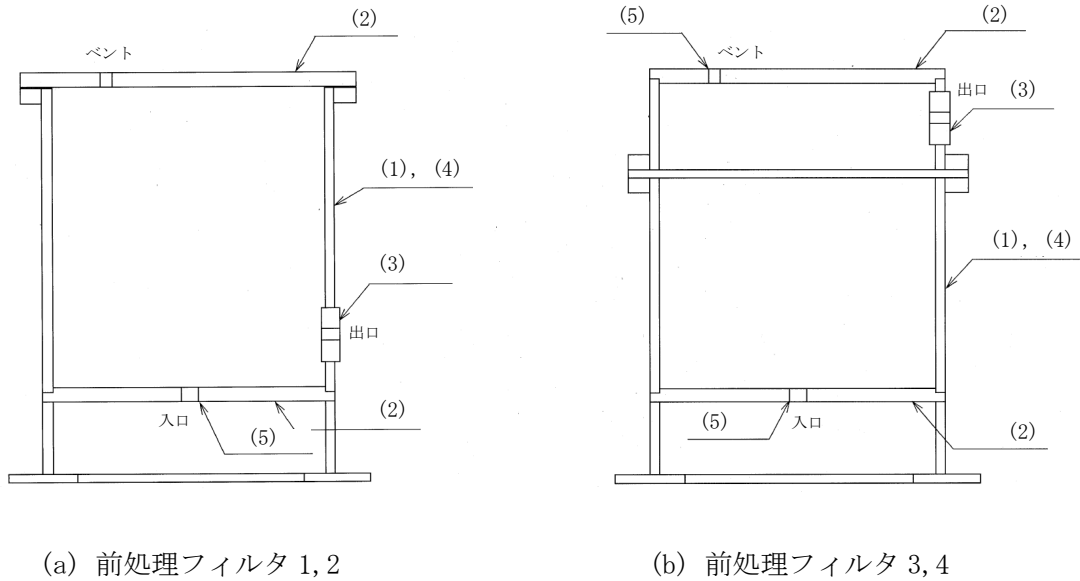
サブドレン他浄化設備を構成する主要な機器及び主配管（鋼管，伸縮継手）は，強度評価においては，「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下，「設計・建設規格」という。）のクラス 3 機器またはクラス 3 配管に準じた評価を行う。

2. 強度評価

2.1 前処理フィルタ

2.1.1 評価箇所

強度評価箇所を図－ 1 に示す。



図中の番号は， 2. 1. 2 及び 2. 1. 3 の番号に対応する。

図－ 1 前処理フィルタ概要図

2.1.2 評価方法

(1) 胴の厚さの評価

胴に必要な厚さは，次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ：  $t_1$

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られたものにあつては 3mm，その他の材料で作ら



れたものにあっては 1.5mm とする。

b. 内面に圧力を受ける胴の必要厚さ： $t_2$

$$t_2 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

$t_2$  : 必要厚さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

$D_i$  : 胴の内径 (mm)

S : 許容引張応力 (MPa)

$\eta$  : 継手効率 (-)

## (2) 平板の厚さの評価

平板の厚さは、次に掲げる値のうちいずれかによるものとする。

a. 平板に穴を設ける場合であって、穴の径が平板の径の 2 分の 1 以下であり、穴の補強計算を行うもの。なお、平板の穴の補強計算については (5) 参照。

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

t : 必要厚さ (mm)

d : 平板の径 (mm)

K : 取付方法による係数 (-)

P : 最高使用圧力 (MPa)

S : 許容引張応力 (MPa)

b. 平板に穴を設ける場合であって、穴の径が平板の径の 2 分の 1 以下であり、下記を満足するもの。

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot P}{S}}$$

t : 必要厚さ (mm)

d : 平板の径 (mm)

K : 取付方法による係数 (-)

P : 最高使用圧力 (MPa)

S : 許容引張応力 (MPa)

## (3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 内面に圧力を受ける管台： $t_1$

$$t_1 = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

$t_1$  : 必要厚さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

$D_o$  : 管台の外径 (mm)

S : 許容引張応力 (MPa)

$\eta$  : 継手効率 (-)

b. 規格上必要な最小厚さ： $t_2$

炭素鋼鋼管を使用する管台にあっては、管台の外径に応じて設計・建設規格 表 PVC-3610-1 より求めた管台の厚さとする。

(4) 胴の補強を要しない穴の最大径の評価

胴の補強を要しない穴の最大径は、以下で計算した値のうちいずれかとする。

a. 穴の径が 61mm 以下で、かつ、次の式により計算した値以下の穴。

$$d_{r1} = \frac{D - 2 \cdot t_s}{4}$$

$d_{r1}$ : 補強を要しない穴の最大径 (mm)

$D$ : 胴の外径 (mm)

$t_s$ : 胴の最小厚さ (mm)

b. a に掲げるものを除き、穴の径が 200mm 以下で、かつ、設計・建設規格 図 PVD-3122-1 及び図 PVD-3122-2 により求めた値以下の穴。

$$d_{r2} = 8.05 \cdot \sqrt[3]{D \cdot t_s \cdot (1 - K)}$$

$d_{r2}$ : 補強を要しない穴の最大径 (mm)

$D$ : 胴の外径 (mm)

$t_s$ : 胴の最小厚さ (mm)

$K$ : 係数 (-)

ここで、 $K$ は、円筒形の場合、次の式により計算した値で、 $K > 0.99$  のときは、 $K = 0.99$  とする。

$$K = \frac{P \cdot D}{1.82 \cdot S \cdot \eta \cdot t_s}$$

$P$ : 最高使用圧力 (MPa)

$D$ : 胴の外径 (mm)

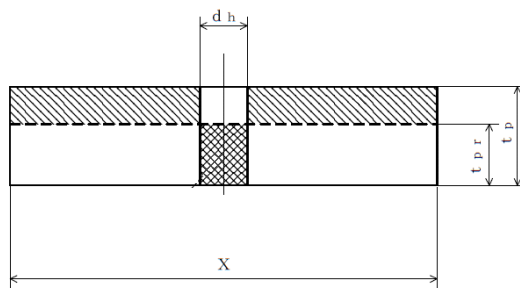
$S$ : 許容引張応力 (MPa)

$\eta$ : 継手効率 (-)

$t_s$ : 胴板の最小厚さ (mm)

(5) 平板の穴の補強計算

補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなるようにすること。(図-2 参照)



$d_h$ : 穴の径 (mm)

$t_{pr}$ : 平板の計算上必要な厚さ (mm)

$t_p$ : 平板の最小厚さ (mm)

$X$ : 補強の有効範囲 (mm)

$A_1$ : 補強に有効な面積 ( $\text{mm}^2$ )

$A_r$ : 補強に必要な面積 ( $\text{mm}^2$ )

 補強に有効な面積

 補強に必要な面積

図-2 補強計算概念図

### 2.1.3 評価結果

評価結果を表-1～3に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有すると評価している。

表-1 前処理フィルタ評価結果（板厚）

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
前処理フィルタ 1, 2	(1) 胴板の厚さ	4.84	4.84 以上
	(2) 上部平板の厚さ	54.71	54.71 以上
	(2) 下部平板の厚さ	44.75	44.75 以上
	(3) 管台の厚さ	3.80	3.80 以上
前処理フィルタ 3, 4	(1) 胴板の厚さ	4.84	4.84 以上
	(2) 上部平板の厚さ	44.75	44.75 以上
	(2) 下部平板の厚さ	44.75	44.75 以上
	(3) 管台の厚さ	3.80	3.80 以上

表-2 前処理フィルタ評価結果（胴の補強要否）

機器名称	評価項目	補強を要しない穴の最大径 (mm)	穴の径 (mm)
前処理フィルタ 1, 2	(4) 胴（出口）	99.93	99.93 以下
前処理フィルタ 3, 4	(4) 胴（出口）	99.93	99.93 以下

表-3 前処理フィルタ評価結果（平板の穴の補強計算）

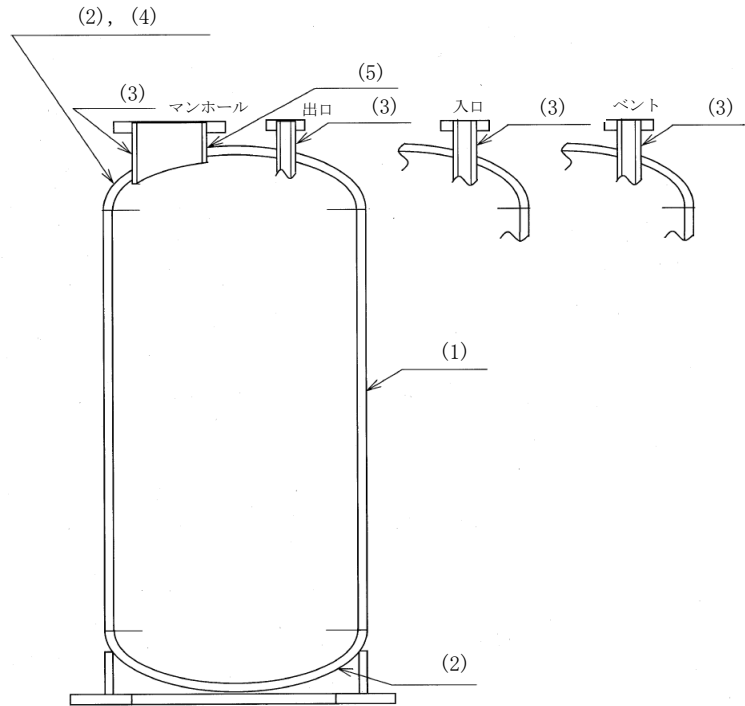
機器名称	評価項目	補強に必要な面積 <sup>※1</sup> (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な総面積 (mm <sup>2</sup> )
前処理フィルタ 1, 2	(5) 平板（入口）	$1.853 \times 10^3$	$2.219 \times 10^3$
前処理フィルタ 3, 4	(5) 平板（入口）	$1.853 \times 10^3$	$2.219 \times 10^3$
	(5) 平板（ベント）	$7.474 \times 10^2$	$2.219 \times 10^3$

※1 設計・建設規格 PVD-3322 より、PVC-3160 の規定に準じた面積の2分の1

## 2.2 吸着塔

### 2.2.1 評価箇所

強度評価箇所を図-3に示す。



図中の番号は、2.2.2、2.2.3の番号に対応する。

図-3 吸着塔概要図

### 2.2.2 評価方法

#### (1) 胴の厚さの評価

胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

##### a. 規格上必要な最小厚さ： $t_1$

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られたものにあつては3mm，その他の材料で作られたものにあつては1.5mmとする。

##### b. 内面に圧力を受ける胴の必要厚さ： $t_2$

$$t_2 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

$t_2$ ：必要厚さ (mm)

$P$ ：最高使用圧力 (MPa)

$D_i$ ：胴の内径 (mm)

$S$ ：許容引張応力 (MPa)

$\eta$ ：継手効率 (-)

(2) 鏡板の厚さの評価

さら形鏡板に必要な厚さは、以下で計算した値のうちいずれか大きい方の値とする。

a. フランジ部： $t_1$

$$t_1 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

$t_1$ ：必要厚さ (mm)

P：最高使用圧力 (MPa)

$D_i$ ：胴の内径 (mm)

S：許容引張応力 (MPa)

$\eta$ ：継手効率 (-)

b. 鏡板： $t_2$

$$t_2 = \frac{P \cdot R \cdot W}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

$t_2$ ：必要厚さ (mm)

P：最高使用圧力 (MPa)

R：鏡板の中央部における内面の半径 (mm)

W：さら形鏡板の形状による係数 (-)

S：許容引張応力 (MPa)

$\eta$ ：継手効率 (-)

ここで、Wは以下の式により計算した値とする。

$$W = \frac{1}{4} \cdot \left( 3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right)$$

R：鏡板の中央部における内面の半径 (mm)

r：さら形鏡板のすみの丸みの内半径 (mm)

(3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 内面に圧力を受ける管台： $t_1$

$$t_1 = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

$t_1$ ：最小厚さ (mm)

P：最高使用圧力 (MPa)

$D_o$ ：管台の外径 (mm)

S：許容引張応力 (MPa)

$\eta$ ：継手効率 (-)

b. 規格上必要な最小厚さ： $t_2$

炭素鋼鋼管を使用する管台にあつては、管台の外径に応じて設計・建設規格 表 PVC-3610-1 より求めた管台の厚さとする。

(4) 鏡板の補強を要しない穴の最大径の評価

鏡板の補強を要しない穴の最大径は、以下で計算した値のうちいずれかとする。

- a. 穴の径が 61mm 以下で、かつ、次の式により計算した値以下の穴。

$$d_{r1} = \frac{D - 2 \cdot t_c}{4}$$

$d_{r1}$ : 補強を要しない穴の最大径 (mm)

$D$ : 鏡板のフランジ部の外径 (mm)

$t_c$ : 鏡板の最小厚さ (mm)

- b. a に掲げるものを除き、穴の径が 200mm 以下で、かつ、設計・建設規格 図 PVD-3122-1 及び図 PVD-3122-2 により求めた値以下の穴。

$$d_{r2} = 8.05 \cdot \sqrt[3]{D \cdot t_c \cdot (1 - K)}$$

$d_{r2}$ : 補強を要しない穴の最大径 (mm)

$D$ : 鏡板のフランジ部の外径 (mm)

$t_c$ : 鏡板の最小厚さ (mm)

$K$ : 係数 (-)

ここで、 $K$ は、さら形鏡板の場合、次の式により計算した値で、 $K > 0.99$  のときは、 $K = 0.99$  とする。

$$K = \frac{P \cdot D}{1.82 \cdot S \cdot \eta \cdot t_c}$$

$P$ : 最高使用圧力 (MPa)

$D$ : 鏡板のフランジ部の外径 (mm)

$S$ : 許容引張応力 (MPa)

$\eta$ : 継手効率 (-)

$t_c$ : 鏡板の最小厚さ (mm)

(5) 鏡板の穴の補強計算

- a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなるようにすること。(図-4 参照)
- b. 大きい穴の補強を要しない最大径  
内径が 1500mm 以下の胴に設ける穴の径が胴の内径の 2 分の 1 (500mm を超える場合は、500mm) 以下および内径が 1500mm を超える胴に設ける穴の径が胴の内径の 3 分の 1 (1000mm を超える場合は、1000mm) 以下の場合、大きい穴の補強計算は必要ない。
- c. 溶接部の強度として、予想される破断箇所の強さが、溶接部の負うべき荷重以上であること。(図-4 参照)



表－5 吸着塔の評価結果（鏡板の補強要否確認）

機器名称	評価項目	補強を要しない穴の最大径 (mm)	穴の径 (mm)
吸着塔 1～5	(4) 鏡板 (入口)	200	200 以下
	(4) 鏡板 (出口)	200	200 以下
	(4) 鏡板 (ベント)	200	200 以下
	(4) 鏡板 (マンホール)	200	200 を超える <sup>※2</sup>

※2 鏡板の穴の補強計算を行う

表－6 吸着塔の評価結果（鏡板の穴の補強計算）

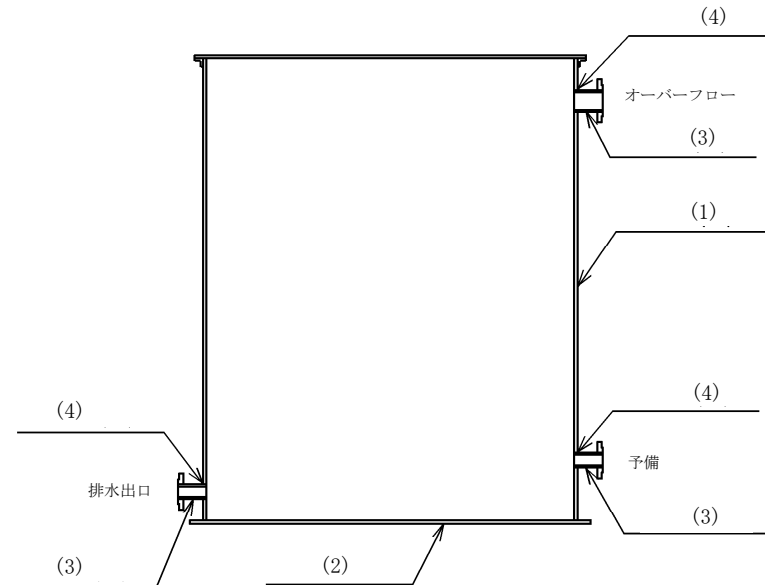
機器名称	評価項目	評価結果	
		補強に必要な面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な総面積 (mm <sup>2</sup> )
吸着塔 1～5	(5) 鏡板 (マンホール)	$3.516 \times 10^3$	$5.252 \times 10^3$
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		500	500 以下
		溶接部の負うべき荷重 (N)	予想される破断箇所 <strong>の強さ (N)</strong>
		$5.476 \times 10^4$	(胴側) $1.969 \times 10^6$
			(管台側) $1.715 \times 10^6$



## 2.3 処理装置供給タンク

### 2.3.1 評価箇所

強度評価箇所を図-5に示す。



図中の番号は、2.3.2、2.3.3の番号に対応する。

図-5 処理装置供給タンク概要図

### 2.3.2 評価方法

#### (1) 胴の厚さの評価

開放タンクの胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

##### a. 規格上必要な最小厚さ： $t_1$

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られた場合は3mm，その他の材料で作られた場合は1.5mmとする。

##### b. 胴の計算上必要な厚さ： $t_2$

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

$t_2$ ：必要厚さ (mm)

$D_i$ ：胴の内径 (m)

$H$ ：水頭 (m)

$\rho$ ：液体の比重。ただし、1未満の場合は、1とする。

$S$ ：許容引張応力 (MPa)

$\eta$ ：継手効率 (-)

c. 胴の内径に応じた必要厚さ：  $t_3$

胴の内径が 5m を超えるものについては、胴の内径の区分に応じ設計・建設規格 表 PVC-3920-1 より求めた胴の厚さとする。

(2) 底板の厚さの評価

地面、基礎等に直接接触する開放タンクの底板の厚さは、3mm 以上であること。

(3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 管台の計算上必要な厚さ：  $t_1$

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

$t_1$  : 必要厚さ (mm)

$D_i$  : 管台の内径 (m)

$H$  : 水頭 (m)

$\rho$  : 液体の比重。ただし、1 未満の場合は、1 とする。

$S$  : 許容引張応力 (MPa)

$\eta$  : 継手効率 (-)

b. 規格上必要な最小厚さ：  $t_2$

管台の外径に応じ設計・建設規格 表 PVC-3980-1 より求めた管台の厚さとする。

(4) 胴の穴の補強計算

a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなるようにすること。(図-6 参照)

b. 大きい穴の補強を要しない最大径

内径が 1500mm 以下の胴に設ける穴の径が胴の内径の 2 分の 1 (500mm を超える場合は、500mm) 以下および内径が 1500mm を超える胴に設ける穴の径が胴の内径の 3 分の 1 (1000mm を超える場合は、1000mm) 以下の場合は、大きい穴の補強計算は必要ない。

c. 溶接部の強度として、予想される破断箇所の強さが、溶接部の負うべき荷重以上であること。(図-6 参照)



表-8 処理装置供給タンクの評価結果（胴の穴の補強計算）

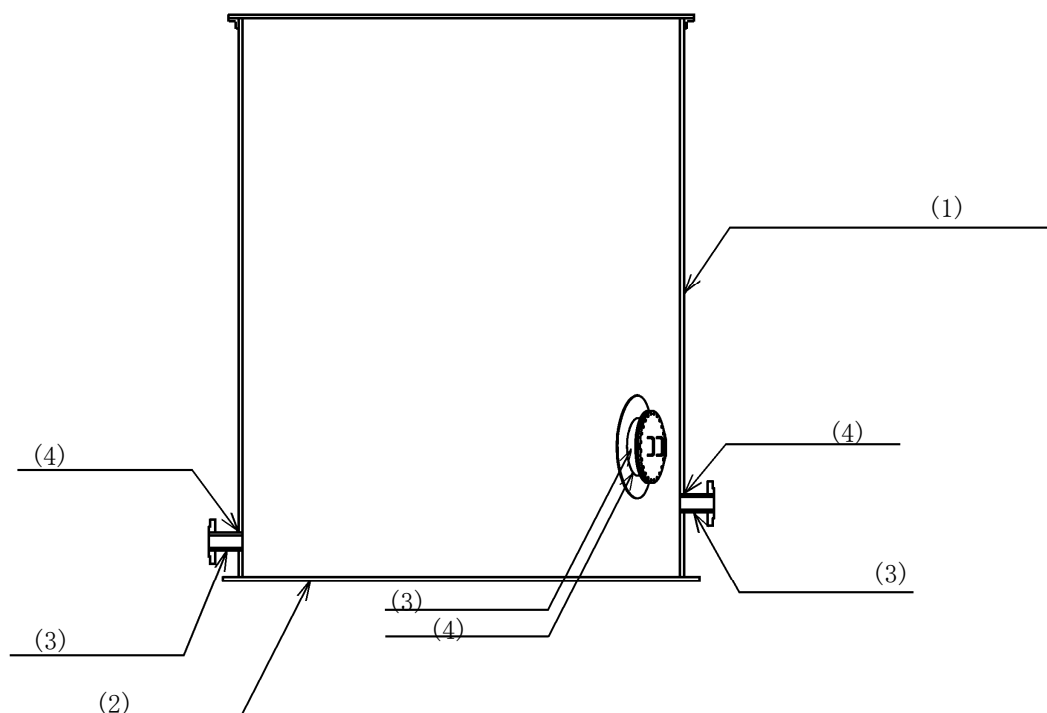
機器名称	評価項目	評価結果	
処理装置供給 タンク (SUS316L)	(4) 胴（排水出口） (4) 胴（予備）	補強に必要な 面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な 総面積 (mm <sup>2</sup> )
		$6.961 \times 10^1$	$7.577 \times 10^2$
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
	(4) 胴（オーバーフロー）	溶接部の負う べき荷重 (N)	予想される破断 箇所の強さ (N)
		$-6.080 \times 10^4$	-※ <sup>3</sup>
		補強に必要な 面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な 総面積 (mm <sup>2</sup> )
		$1.019 \times 10^2$	$1.122 \times 10^3$
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
処理装置供給 タンク (SM400C)	(4) 胴（排水出口） (4) 胴（予備）	補強に必要な 面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な 総面積 (mm <sup>2</sup> )
		$7.756 \times 10^1$	$7.437 \times 10^2$
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
	(4) 胴（オーバーフロー）	溶接部の負う べき荷重 (N)	予想される破断 箇所の強さ (N)
		$-5.341 \times 10^4$	-※ <sup>3</sup>
		補強に必要な 面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な 総面積 (mm <sup>2</sup> )
		$1.142 \times 10^2$	$1.084 \times 10^3$
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
(4) 胴（オーバーフロー）	溶接部の負う べき荷重 (N)	予想される破断 箇所の強さ (N)	
	$-7.886 \times 10^4$	-※ <sup>3</sup>	

※3 溶接部の負うべき荷重が負であり溶接部の強度計算は不要

## 2.4 サンプルタンク，RO 濃縮水処理水中継タンク

### 2.4.1 評価箇所

強度評価箇所を図－7に示す。



図中の番号は，2.4.2，2.4.3の番号に対応する。

図－7 サンプルタンク，RO 濃縮水処理水中継タンク概要図

### 2.4.2 評価方法

#### (1) 胴の厚さの評価

開放タンクの胴に必要な厚さは，次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

##### a. 規格上必要な最小厚さ： $t_1$

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られた場合は3mm，その他の材料で作られた場合は1.5mmとする。

b. 胴の計算上必要な厚さ：  $t_2$

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

$t_2$  : 必要厚さ (mm)

$D_i$  : 胴の内径 (m)

H : 水頭 (m)

$\rho$  : 液体の比重。ただし、1未満の場合は、  
1とする。

S : 許容引張応力 (MPa)

$\eta$  : 継手効率 (-)

c. 胴の内径に応じた必要厚さ：  $t_3$

胴の内径が5mを超えるものについては、胴の内径の区分に応じ設計・建設規格 表 PVC-3920-1 より求めた胴の厚さとする。

## (2) 底板の厚さの評価

地面、基礎等に直接接触する開放タンクの底板の厚さは、3mm以上であること。

## (3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 管台の計算上必要な厚さ：  $t_1$

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

$t_1$  : 必要厚さ (mm)

$D_i$  : 管台の内径 (m)

H : 水頭 (m)

$\rho$  : 液体の比重。ただし、1未満の場合は、  
1とする。

S : 許容引張応力 (MPa)

$\eta$  : 継手効率 (-)

b. 規格上必要な最小厚さ：  $t_2$

管台の外径に応じ設計・建設規格 表 PVC-3980-1 より求めた管台の厚さとする。

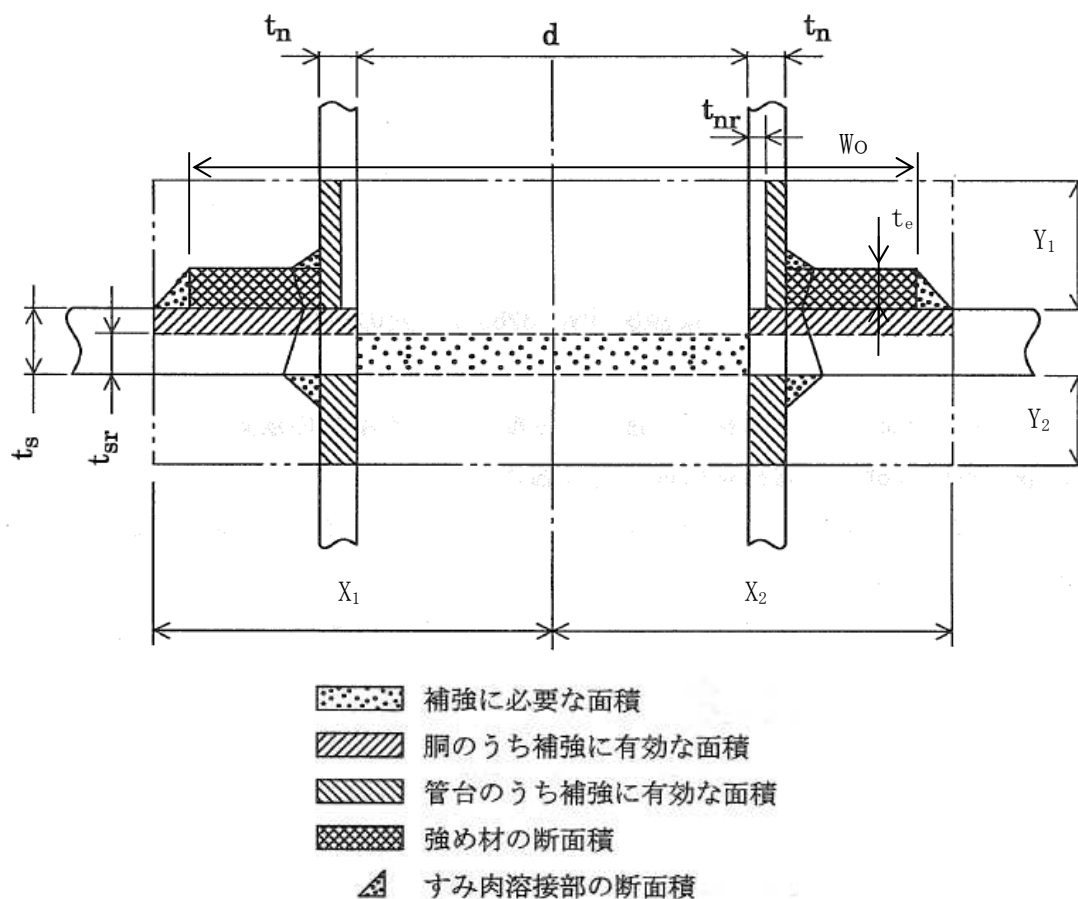
## (4) 胴の穴の補強計算

a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなるようにすること。(図-8参照)

b. 大きい穴の補強を要しない最大径

内径が1500mm以下の胴に設ける穴の径が胴の内径の2分の1(500mmを超える場合は、500mm)以下および内径が1500mmを超える胴に設ける穴の径が胴の内径の3分の1(1000mmを超える場合は、1000mm)以下の場合は、大きい穴の補強計算は必要ない。

c. 溶接部の強度として、予想される破断箇所の強さが、溶接部の負うべき荷重以上であること。(図-8参照)



$d$ : 胴の断面に現れる穴の径 (mm)	$X_1, X_2, Y_1, Y_2$ : 補強の有効範囲 (mm)
$t_s$ : 胴板の厚さ (mm)	$W_o$ : 強め材の外径 (mm)
$t_{sr}$ : 胴板の計算上必要な厚さ (mm)	$t_e$ : 強め材の厚さ (mm)
$t_n$ : 管台の厚さ (mm)	$A_r$ : 補強に必要な面積 ( $\text{mm}^2$ )
$t_{nr}$ : 管台の計算上必要な厚さ (mm)	$A_o$ : 補強に有効な総面積 ( $\text{mm}^2$ )

図-8 補強計算概念図

### 2.4.3 評価結果

評価結果を表－9，10 に示す。必要厚さ等を満足しており，十分な構造強度を有すると評価している。

表－9 サンプルタンク，RO濃縮水処理水中継タンクの評価結果（板厚）

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
サンプルタンク	(1) 胴板の厚さ	11.7	12.0
	(2) 底板の厚さ	3.00	11.2
	(3) 管台の厚さ (100A)	3.50	5.25
	(3) 管台の厚さ (200A)	3.50	7.18
	(3) 管台の厚さ (マンホール)	3.50	11.2
RO濃縮水処理水 中継タンク	(1) 胴板の厚さ	11.7	12.0
	(2) 底板の厚さ	3.00	11.2
	(3) 管台の厚さ (100A)	3.50	5.25
	(3) 管台の厚さ (200A)	3.50	7.18
	(3) 管台の厚さ (マンホール)	3.50	11.2



表-10 サンプルタンク, RO濃縮水処理水中継タンクの評価結果(胴の穴の補強計算)

機器名称	評価項目	評価結果	
サンプルタンク	(4) 胴 (100A 管台)	補強に必要な面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な総面積 (mm <sup>2</sup> )
		7.318×10 <sup>2</sup>	1.6222×10 <sup>3</sup>
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負うべき荷重 (N)	予想される破断箇所の強さ (N)
	3.5520×10 <sup>4</sup>	1.05278×10 <sup>5</sup>	
	(4) 胴 (200A 管台)	補強に必要な面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な総面積 (mm <sup>2</sup> )
		1.4204×10 <sup>3</sup>	3.1414×10 <sup>3</sup>
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負うべき荷重 (N)	予想される破断箇所の強さ (N)
	6.1220×10 <sup>4</sup>	2.88899×10 <sup>5</sup>	
	(4) 胴 (マンホール)	補強に必要な面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な総面積 (mm <sup>2</sup> )
		4.466×10 <sup>3</sup>	7.6348×10 <sup>3</sup>
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
1000		1000 以下	
溶接部の負うべき荷重 (N)		予想される破断箇所の強さ (N)	
1.6324×10 <sup>5</sup>	1.160164×10 <sup>6</sup>		

機器名称	評価項目	評価結果	
RO 濃縮水処理水 中継タンク	(4) 胴 (100A 管台)	補強に必要な 面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な 総面積 (mm <sup>2</sup> )
		$7.318 \times 10^2$	$1.6222 \times 10^3$
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負うべき 荷重 (N)	予想される破断 箇所の強さ (N)
	$3.5520 \times 10^4$	$1.05278 \times 10^5$	
	(4) 胴 (200A 管台)	補強に必要な 面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な 総面積 (mm <sup>2</sup> )
		$1.4204 \times 10^3$	$3.1414 \times 10^3$
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負うべき 荷重 (N)	予想される破断 箇所の強さ (N)
	$6.1220 \times 10^4$	$2.88899 \times 10^5$	
	(4) 胴 (マンホール)	補強に必要な 面積 (mm <sup>2</sup> )	補強に有効な 総面積 (mm <sup>2</sup> )
		$4.466 \times 10^3$	$7.6348 \times 10^3$
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
1000		1000 以下	
溶接部の負うべき 荷重 (N)		予想される破断 箇所の強さ (N)	
$1.6324 \times 10^5$	$1.160164 \times 10^6$		

2.5 主配管

2.5.1 評価箇所

強度評価箇所を図-9に示す。

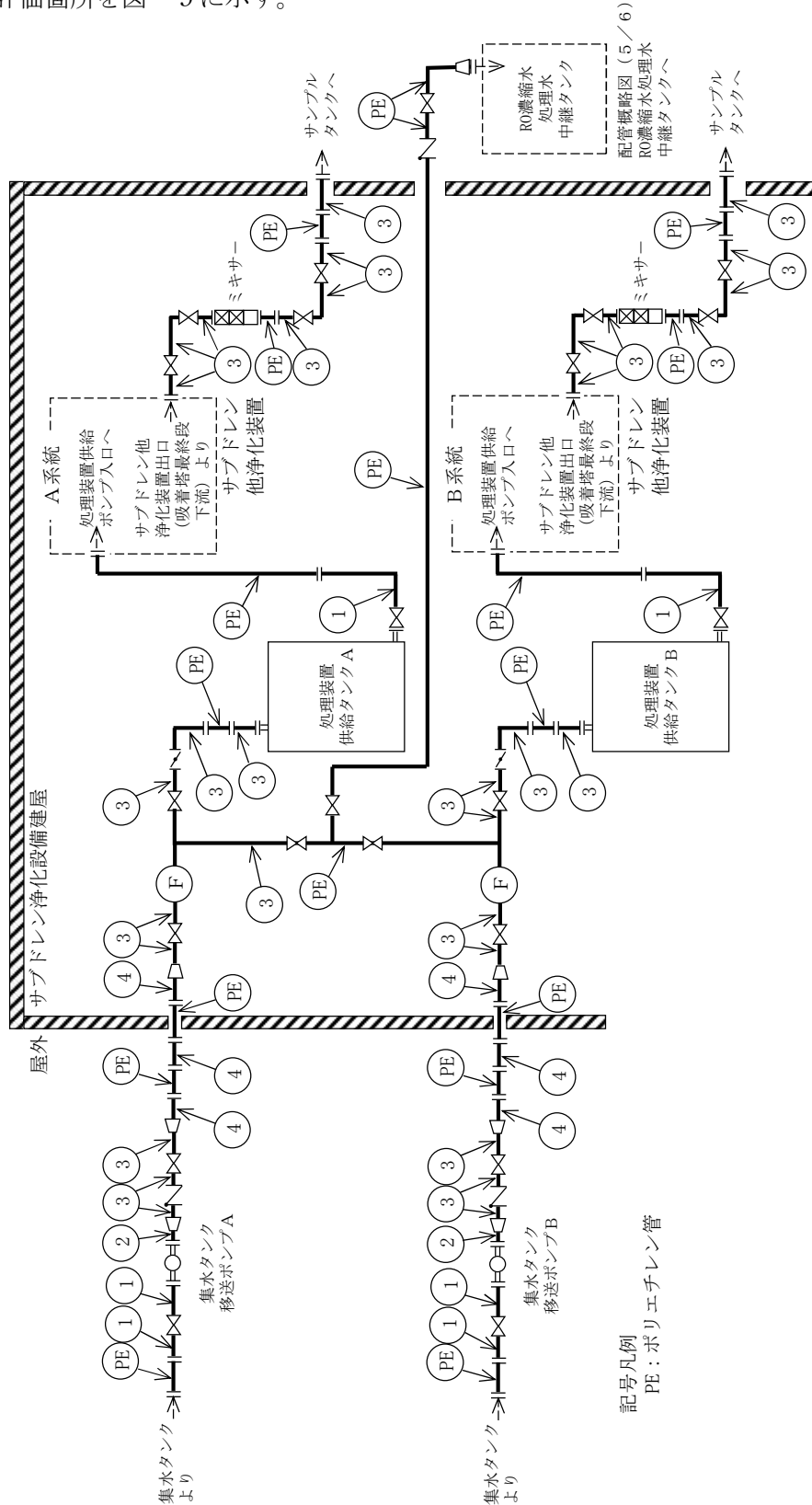
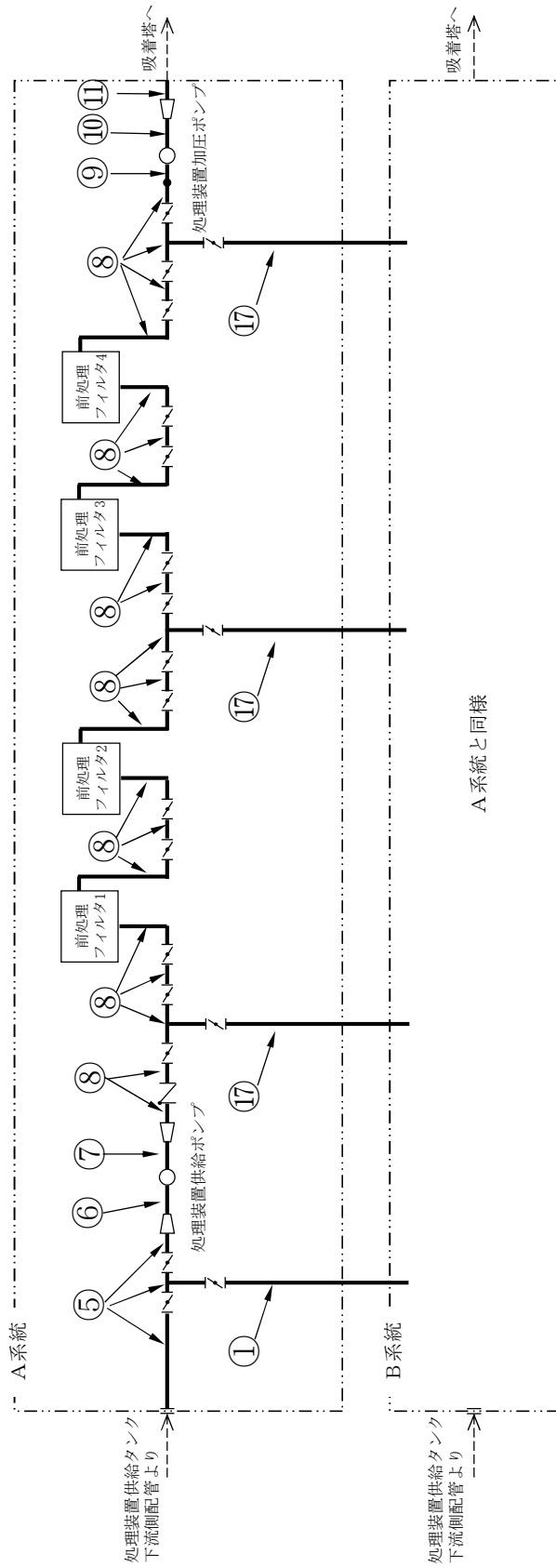


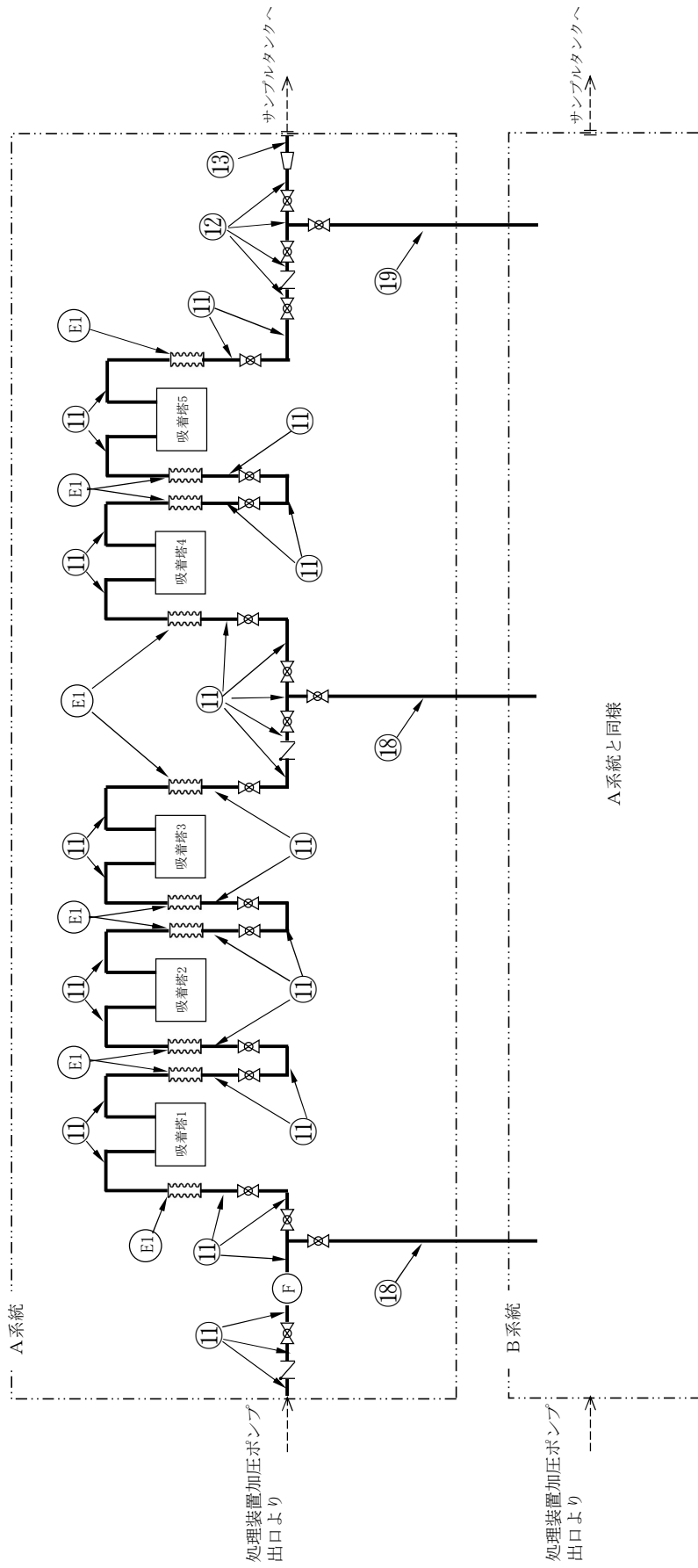
図-9 配管概略図 (1/6)

図中の番号は、2.5.3の番号に対応する。



図中の番号は、2.5.3の番号に対応する。

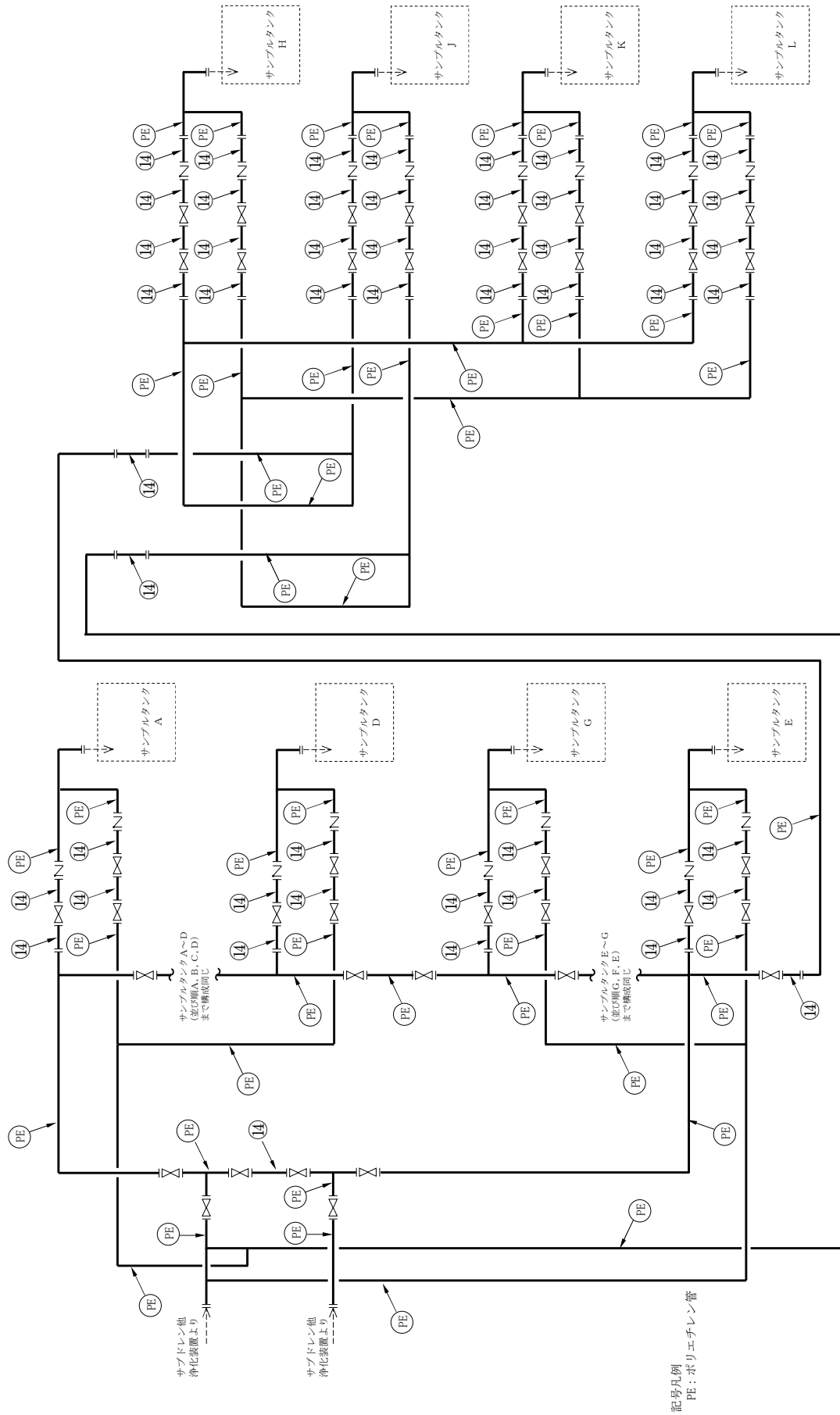
図一9 配管概略図 (2/6)



記号凡例  
E: 伸縮継手

図中の番号は、2.5.3の番号に対応する。

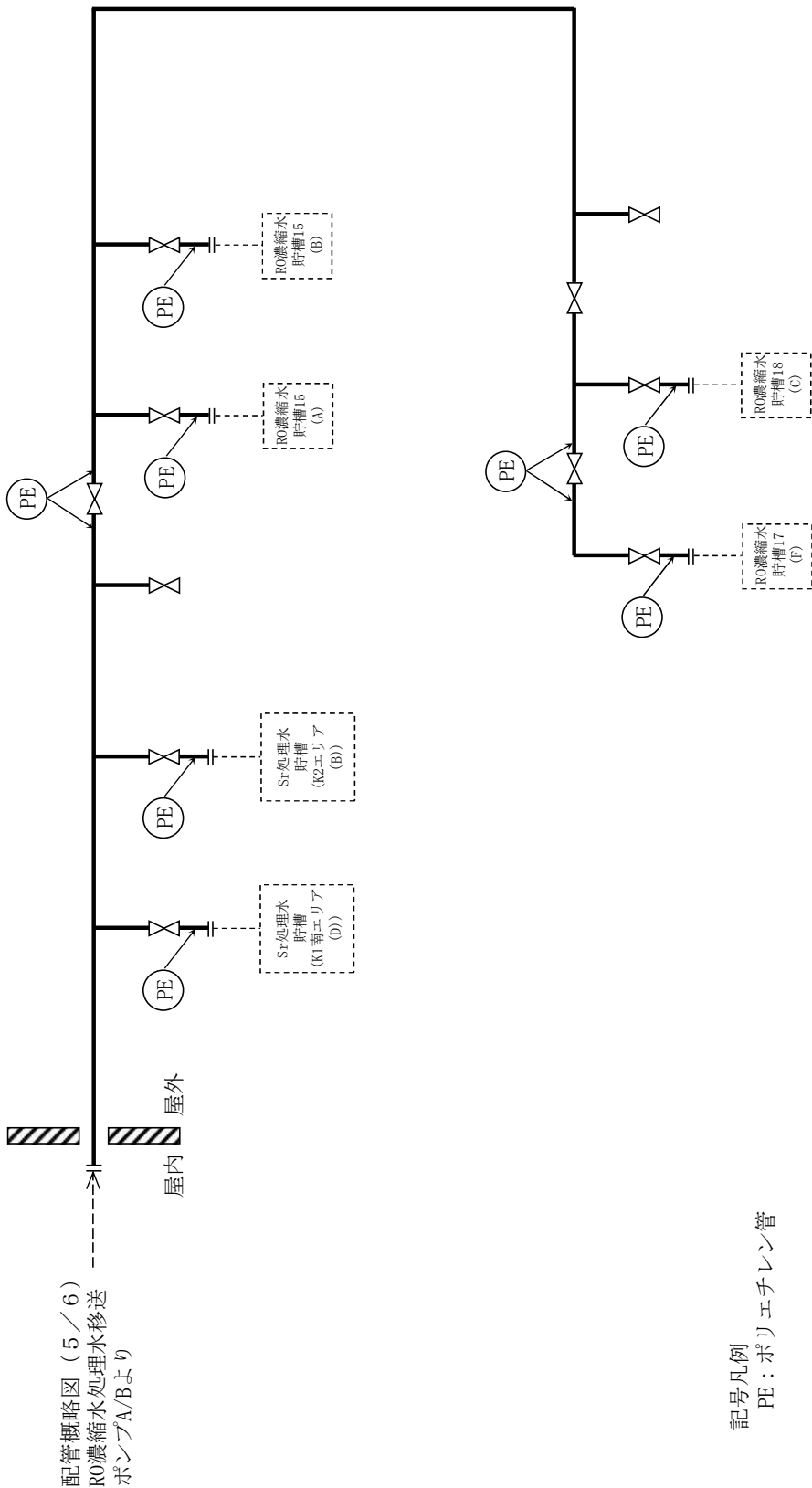
図一9 配管概略図 (3/6)



図中の番号は、2.5.3の番号に対応する。

図一9 配管概略図 (4/6)





配管概略図 (5 / 6)  
RO濃縮水処理水移送  
ポンプA/Bより

記号凡例  
PE：ポリエチレン管

図一9 配管概略図 (6 / 6)



## 2.5.2 評価方法

### (1) 管の厚さの評価

管の必要な厚さは、次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

#### a. 内面に圧力を受ける管

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

t : 必要厚さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

D<sub>o</sub> : 管の外径 (mm)

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率 (-)

#### b. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小必要厚さ : t<sub>t</sub>

設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 より求めた値

### (2) 伸縮継手における疲労評価

伸縮継手については、次の計算式により計算した許容繰返し回数が、実際の繰返し回数以上のものとする。

$$N = \left( \frac{11031}{\sigma} \right)^{3.5}$$

N : 許容繰返し回数

σ : 継手部応力 (MPa)

ここで、継手部応力は、調整リングが付いていない場合の以下の式により計算した値とする。

$$\sigma = \frac{1.5 \cdot E \cdot t \cdot \delta}{n \cdot \sqrt{b \cdot h^3}} + \frac{P \cdot h^2}{2 \cdot t^2 \cdot c}$$

E : 材料の縦弾性係数 (MPa)

t : 継手部の板の厚さ (mm)

δ : 全伸縮量 (mm)

n : 継手部の波数の2倍の値

b : 継手部の波のピッチの2分の1 (mm)

h : 継手部の波の高さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

c : 継手部の層数

## 2.5.3 評価結果

評価結果を表-11, 12 に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-11 配管の評価結果 (管厚)

No.	外径 (mm)	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
①	114.30	STPT410	静水頭	40	—	5.25
②	60.50	STPT410	0.98	40	2.40	4.81
③	114.30	STPT410	0.98	40	3.40	5.25
④	165.20	STPT410	0.98	40	3.80	6.21
⑤	114.30	UNS S32750 (ASME SA 790)	静水頭	40	—	2.67
⑥	88.90	UNS S32750 (ASME SA 790)	静水頭	40	—	4.80
⑦	60.33	UNS S32750 (ASME SA 790)	1.03	40	0.14	3.42
⑧	88.90	UNS S32750 (ASME SA 790)	1.03	40	0.20	2.67
⑨	88.90	UNS S32750 (ASME SA 790)	1.03	40	0.20	4.80
⑩	60.33	UNS S32750 (ASME SA 790)	1.55	40	0.21	3.42
⑪	88.90	UNS S32750 (ASME SA 790)	1.55	40	0.31	2.67
⑫	88.90	UNS S32750 (ASME SA 790)	0.98	40	0.19	2.67
⑬	114.30	UNS S32750 (ASME SA 790)	0.98	40	0.25	2.67
⑭	114.30	STPG370	0.98	40	3.40	5.25
⑮	216.30	STPG370	静水頭	40	—	7.18
⑯	114.30	STPT370	静水頭	40	—	5.25
⑰	89.10	STPT410	1.03	40	3.00	4.81
⑱	89.10	STPT410	1.55	40	3.00	4.81
⑲	89.10	STPT410	0.98	40	3.00	4.81

表-12 伸縮継手の評価結果 (管厚)

No.	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	許容繰り 返し回数 (回)	実際の繰り 返し回数 (回)
E1	UNS N04400 (ASME SB 127 / ASTM B 127)	1.55	40	$6.3 \times 10^3$	$0.1 \times 10^3$

## サブドレン他移送設備の強度に関する説明書

### 1. 強度評価の方針

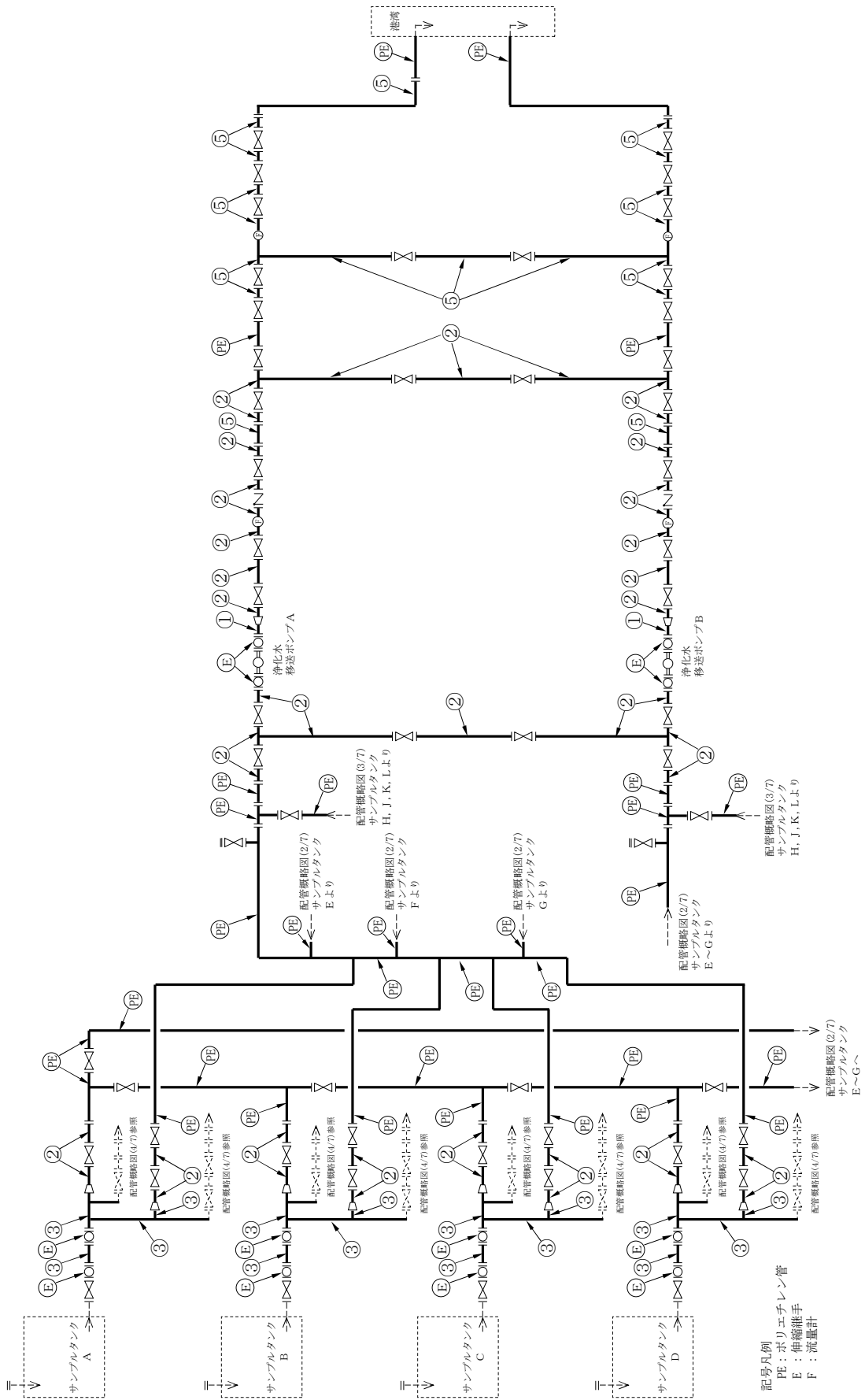
サブドレン他移送設備を構成する主配管（鋼管）は、強度評価においては、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下、「設計・建設規格」という。）のクラス3配管に準じた評価を行う。

### 2. 強度評価

#### 2.1 主配管

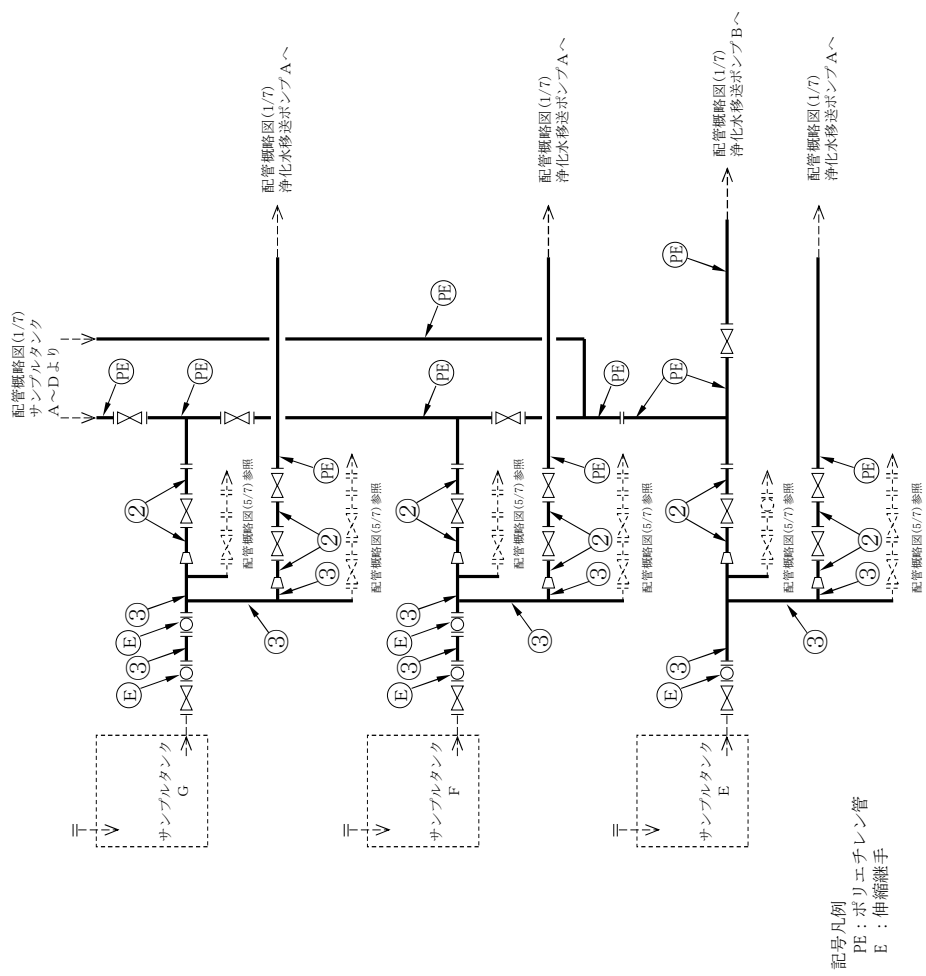
##### 2.1.1 評価箇所

強度評価箇所を図－1に示す。



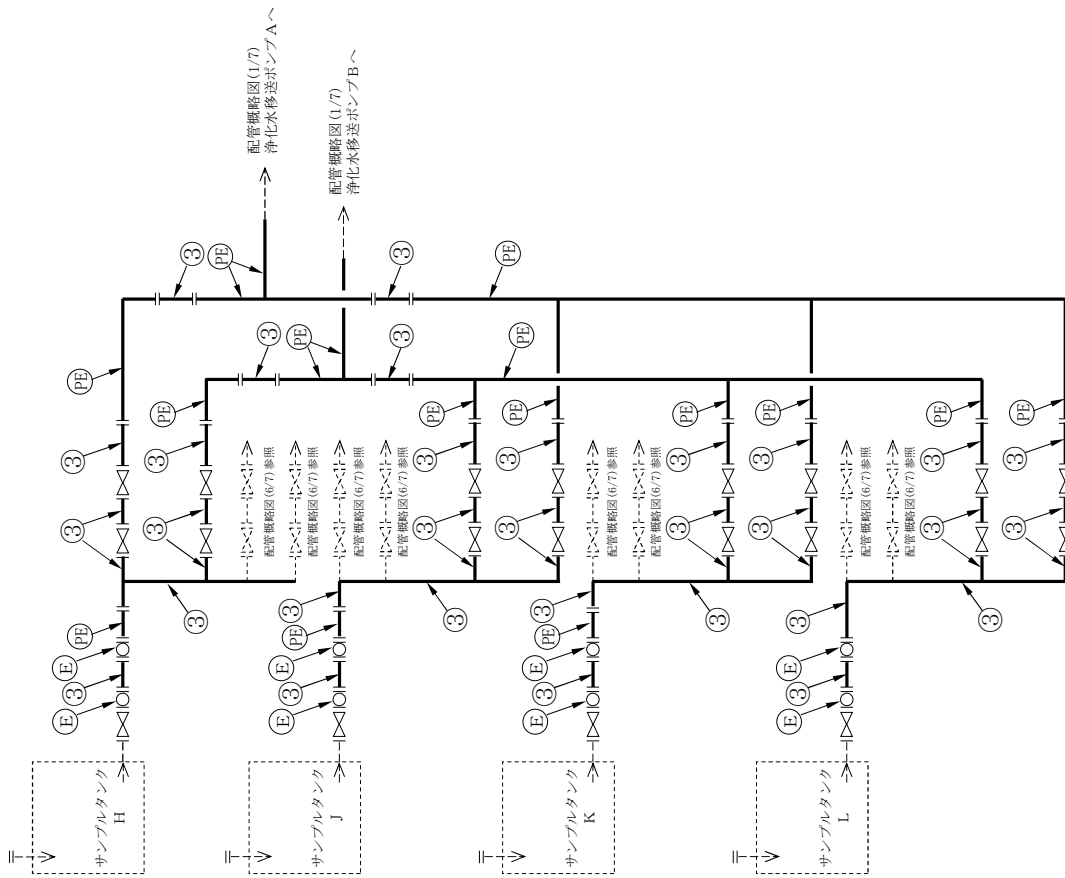
図一1 配管概略図 (1/7)

図中の番号は、2.1.3の番号に対応する。



図一 1 配管概略図 ( 2 / 7 )

図中の番号は、2.1.3の番号に対応する。



記号凡例  
 PE：ポリエチレン管  
 E：伸縮継手

図-1 配管概略図 (3/7)

図中の番号は、2.1.3の番号に対応する。

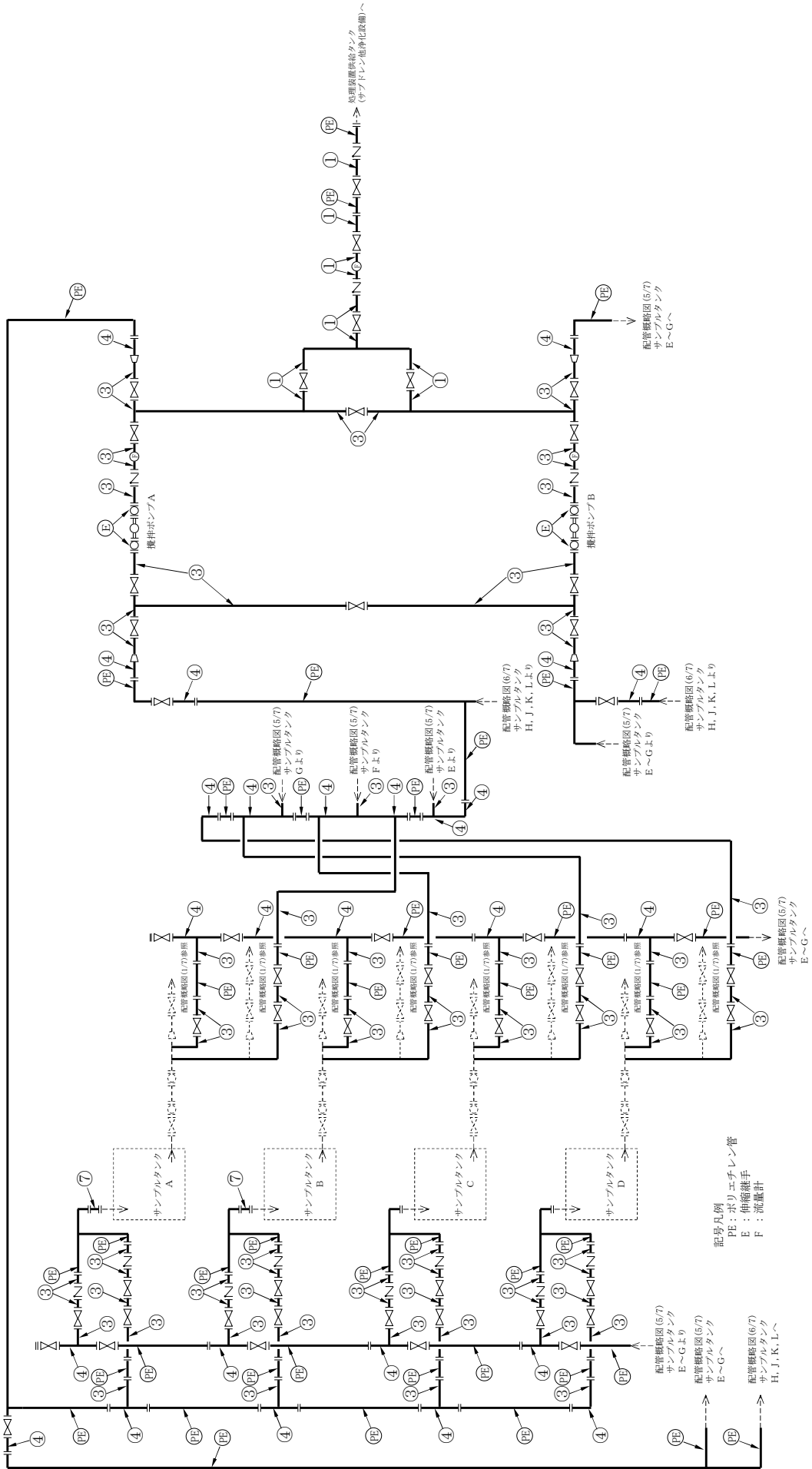


図-1 配管概略図 (4/7)

図中の番号は、2.1.3の番号に対応する。

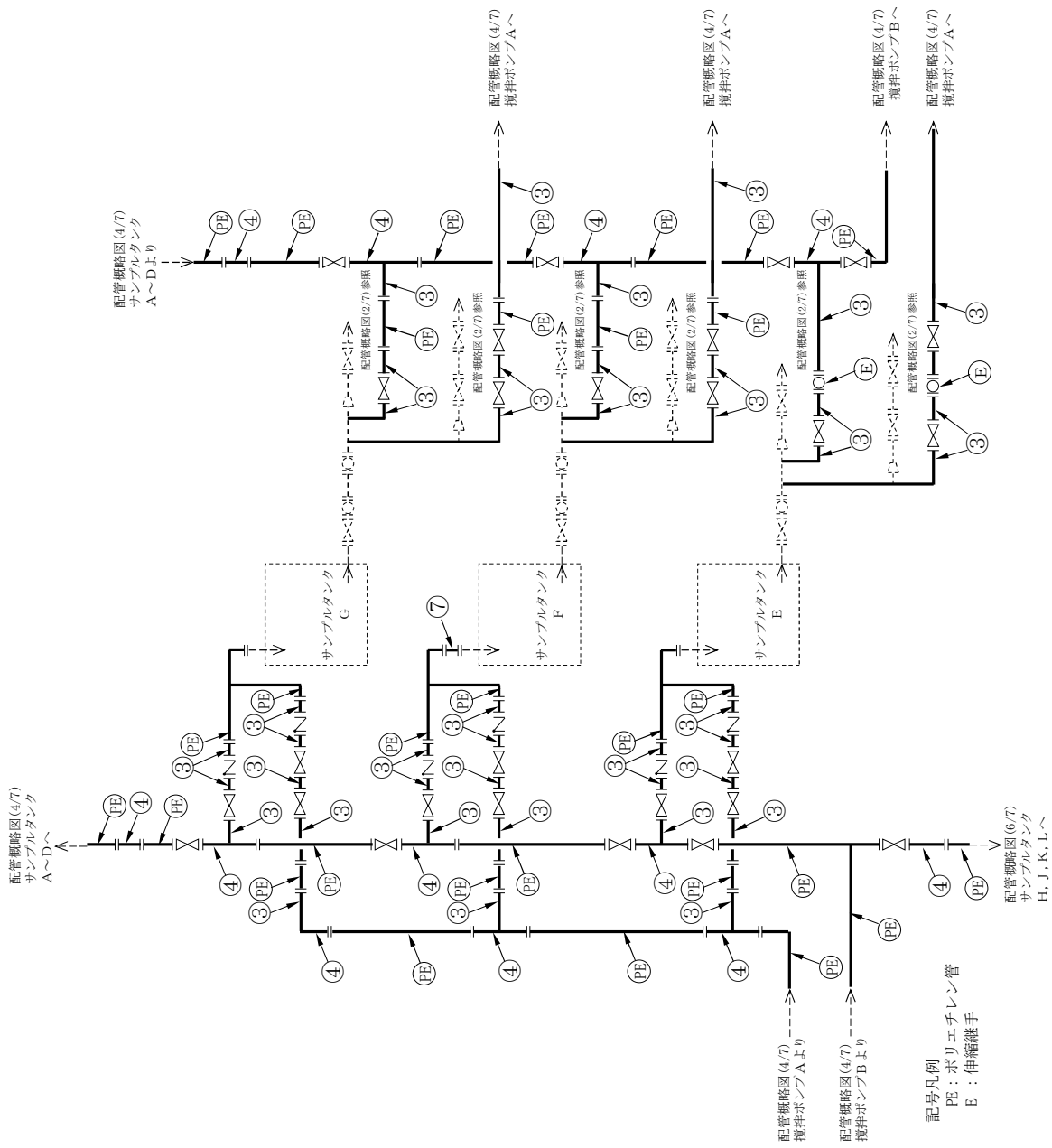


図-1 配管概略図 (5/7)

図中の番号は、2.1.3の番号に対応する。



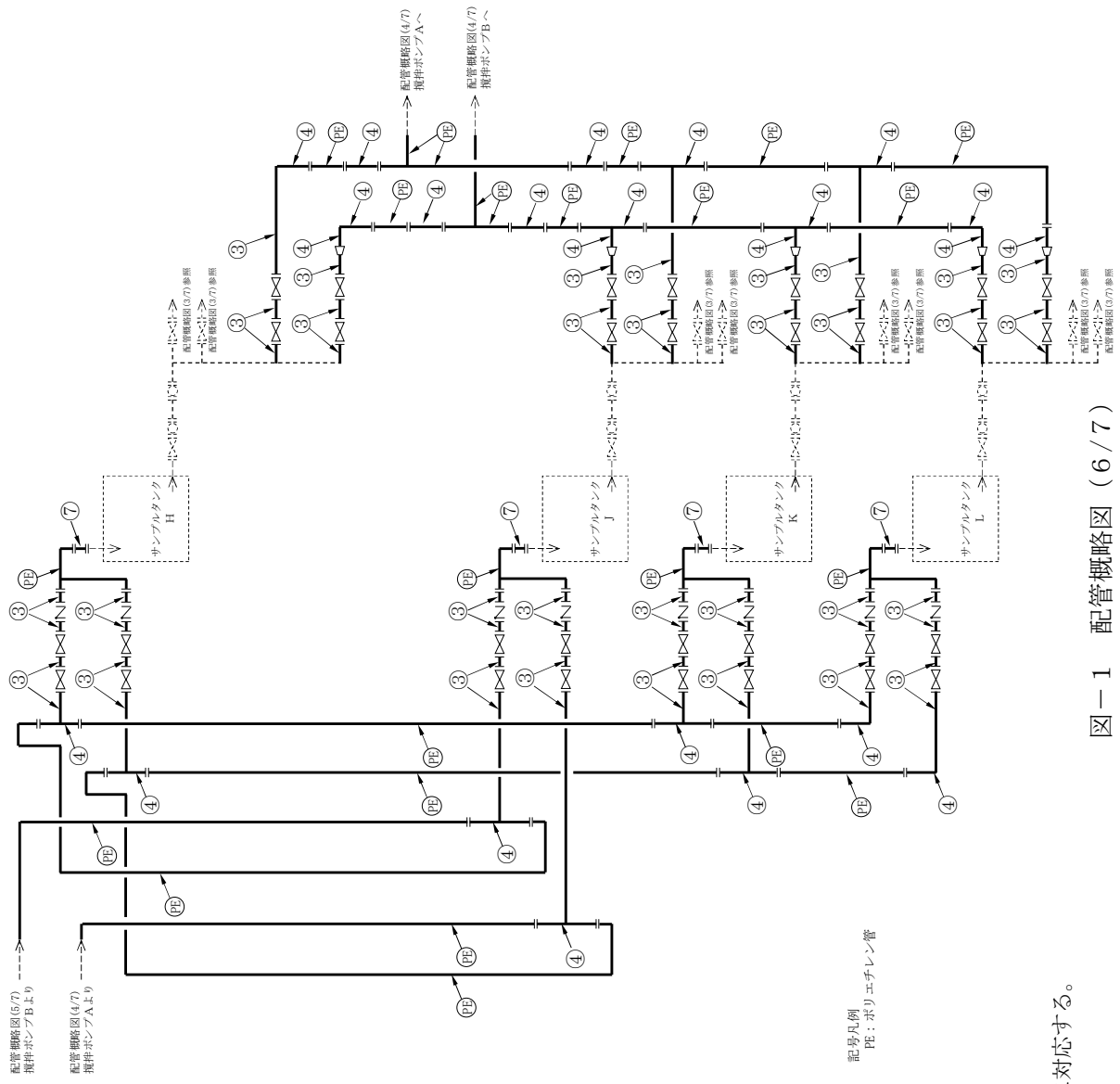
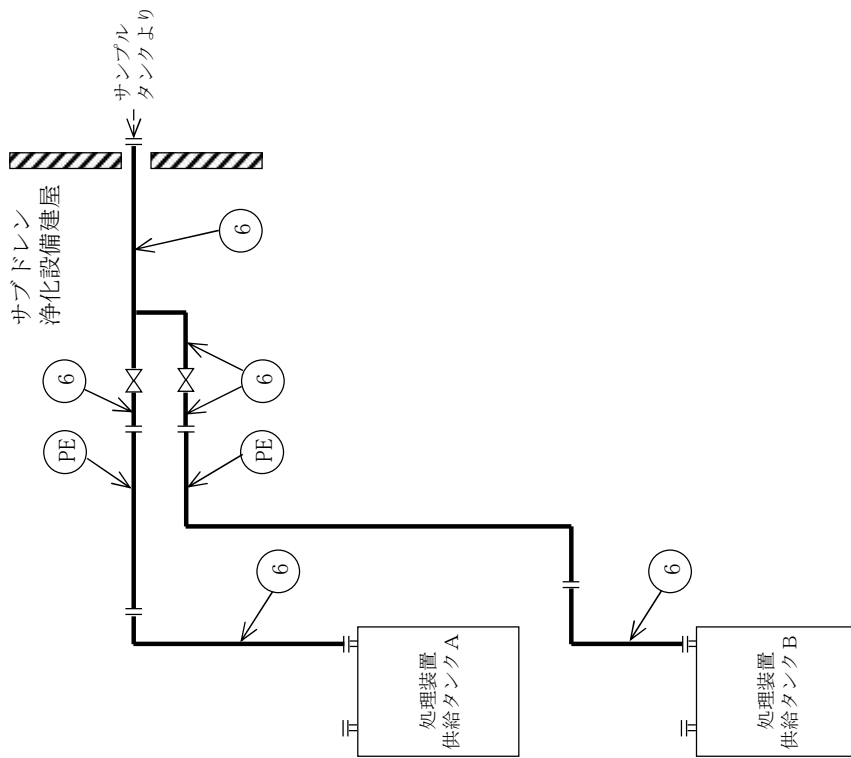


図-1 配管概略図 (6/7)

図中の番号は、2.1.3の番号に対応する。



記号凡例  
PE：ポリエチレン管

図中の番号は、2.1.3の番号に対応する。

図一1 配管概略図 (7/7)

## 2.1.2 評価方法

### (1) 管の厚さの評価

管の必要な厚さは、次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

#### a. 内面に圧力を受ける管

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

t : 必要厚さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

D<sub>o</sub> : 管の外径 (mm)

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率 (-)

#### b. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小必要厚さ : t<sub>t</sub>

設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 より求めた値

## 2.1.3 評価結果 1

評価結果を表-1に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-1 配管の評価結果 (管厚)

No.	外径 (mm)	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
①	114.3	STPG370	0.98	40	3.4	5.25
②	165.2	STPG370	0.98	40	3.8	6.21
③	216.3	STPG370	0.98	40	3.8	7.17
④	267.4	STPG370	0.98	40	3.8	8.13
⑤	165.2	SUS316LTP	0.98	40	0.73	6.21
⑥	114.3	STPT410	0.98	40	3.4	5.25
⑦	216.3	SUS316LTP	0.49	40	0.48	7.17

※配管仕様毎に最も高い圧力にて評価

## 地下水ドレン集水設備の強度に関する説明書

## 1. 強度評価の方針

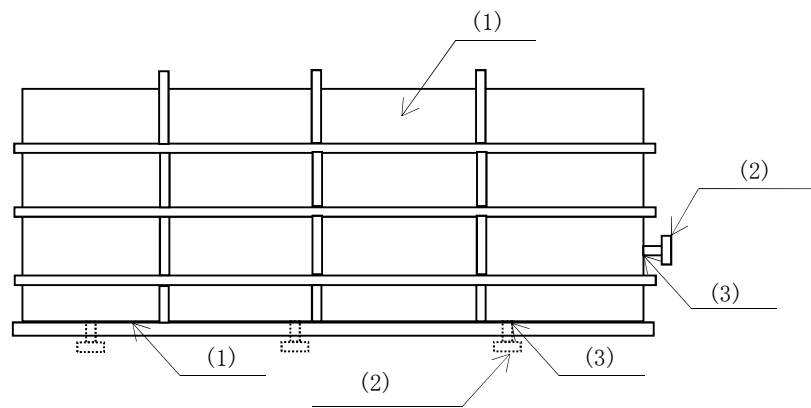
強度評価においては、地下水ドレン中継タンクは JIS 等に準じた評価を行う。主配管（鋼管）は「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下、「設計・建設規格」という。）のクラス 3 配管に、準じた評価を行う。

## 2. 強度評価

## 2.1 地下水ドレン中継タンク

## 2.1.1 評価箇所

強度評価箇所を図－1 に示す。



図中の番号は、2.1.2 の番号に対応する。

図－1 地下水ドレン中継タンク概要図

## 2.1.2 評価方法

## (1) 側板，底板の評価

地下水ドレン中継タンクの側板，底板の必要厚さは，それぞれ次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

## a. 規格上必要な最小厚さ

側板，底板の最小厚さは，それぞれ 4.5mm，6.0mm とする。

## b. 計算上必要な厚さ：t

$$t = d ( \beta \cdot P / f_b \cdot \eta )^{1/2} + c$$

$$\delta = \alpha \cdot P \cdot d^4 / E \cdot ( T - c )^3 \leq d / 300$$

ここに、 t : 最小必要厚さ (mm)

$\beta$  : d/D に対する応力係数

d : 短辺の長さ (mm)  
 D : 長辺の長さ (mm)  
 P : 作用する荷重 (MPa)  
 fb : 許容曲げ応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 η : 溶接継手効率  
 c : 腐れ代 (mm)  
 δ : 最大たわみ量 (mm)  
 α : d/Dに対するたわみ係数  
 E : 縦弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)  
 T : 使用板厚 (mm)

## (2) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

### a. 規格上必要な最小厚さ

管台の外径に応じ、「JIS B 8501 鋼製石油貯槽の構造（全溶接製）」に規定された値とする。

### b. 計算上必要な厚さ：t

$$t = D_i \times H \times \rho / (0.204 \times S \times \eta) \times 1000 + c$$

ここに、 t : 必要厚さ (mm)

D<sub>i</sub> : 管台の内径 (m)

H : 水頭 (m)

ρ : 液体の比重

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率

c : 腐れ代 (mm)

## (3) 管台の穴の補強計算

管台取付部の穴の補強について、補強に有効な範囲内にある有効面積が、補強に必要な面積より大きくなるようにする。

$$A_r = D_p \times t_a$$

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

ここに、 A<sub>r</sub> : 補強に必要な面積 (mm<sup>2</sup>)

D<sub>p</sub> : 取付部板の開口径 (mm)

t<sub>a</sub> : 腐れ代を差引いた取付部板の板厚 (mm)

A<sub>t</sub> : 補強に有効な面積の合計 (mm<sup>2</sup>)

A<sub>1</sub> : 強め材の有効面積 (= 2 × (D<sub>p</sub> - D<sub>r</sub> / 2) × t<sub>r</sub>) (mm<sup>2</sup>)

A<sub>2</sub> : 管台（外側）の有効面積 (= 2 × (4 × t<sub>n</sub>) × t<sub>n</sub>) (mm<sup>2</sup>)

- A3 : 管台 (板部) の有効面積 ( $= 2 \times t \times t_n$ ) ( $\text{mm}^2$ )  
A4 : 管台 (内側) の有効面積 ( $= 2 \times (4 \times t_n) \times t_n$ ) ( $\text{mm}^2$ )  
A5 : 側板腐食代分の有効面積 ( $= 2 \times (D_p / 2) \times t_s$ ) ( $\text{mm}^2$ )  
Dr : 強め材の開口径 (mm)  
tr : 強め材の実際の板厚 (mm)  
tn : 管台の採用板厚 (mm)  
t : 取付部板の実際の板厚 (mm)  
ts : 取付部板の腐れ代 (mm)

### 2.1.3 評価結果

評価結果を表-1, 2に示す。必要厚さ等を満足しており, 十分な構造強度を有すると評価している。

表-1 地下水ドレン中継タンクの評価結果 (板厚)

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
地下水ドレン 中継タンク	側板の厚さ	4.5	4.5 以上
	底板の厚さ	6.0	6.0 以上
	管台の厚さ (流出管, ドレン管 : 50A)	5.5	5.5 以上

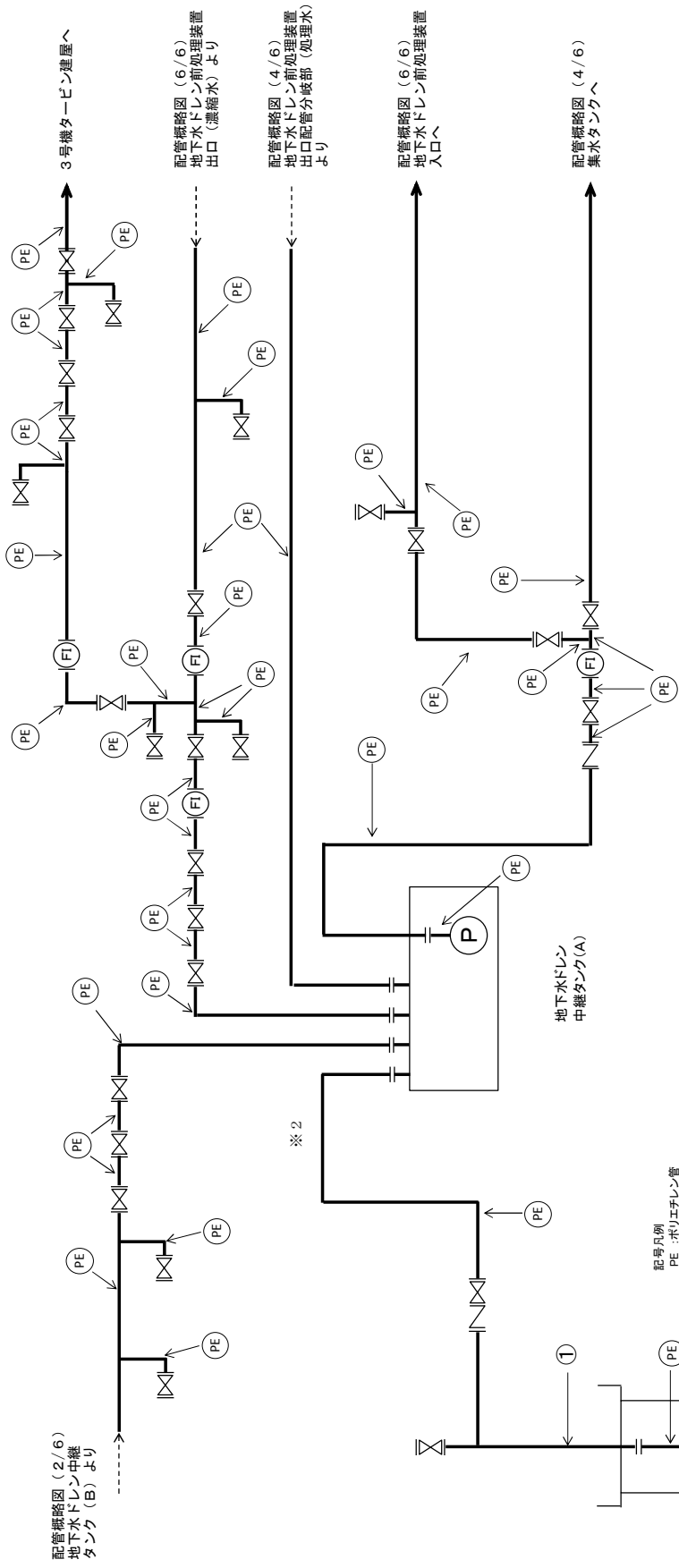
表-2 地下水ドレン中継タンクの評価結果 (管台の穴の補強計算)

機器名称	評価項目	評価結果	
		補強に必要な面積 ( $\text{mm}^2$ )	補強に有効な総面積 ( $\text{mm}^2$ )
地下水ドレン 中継タンク	流出管 : 50A	320	372
	ドレン管 : 50A	512	981

## 2.2 主配管

### 2.2.1 評価箇所

強度評価箇所を図-2に示す。



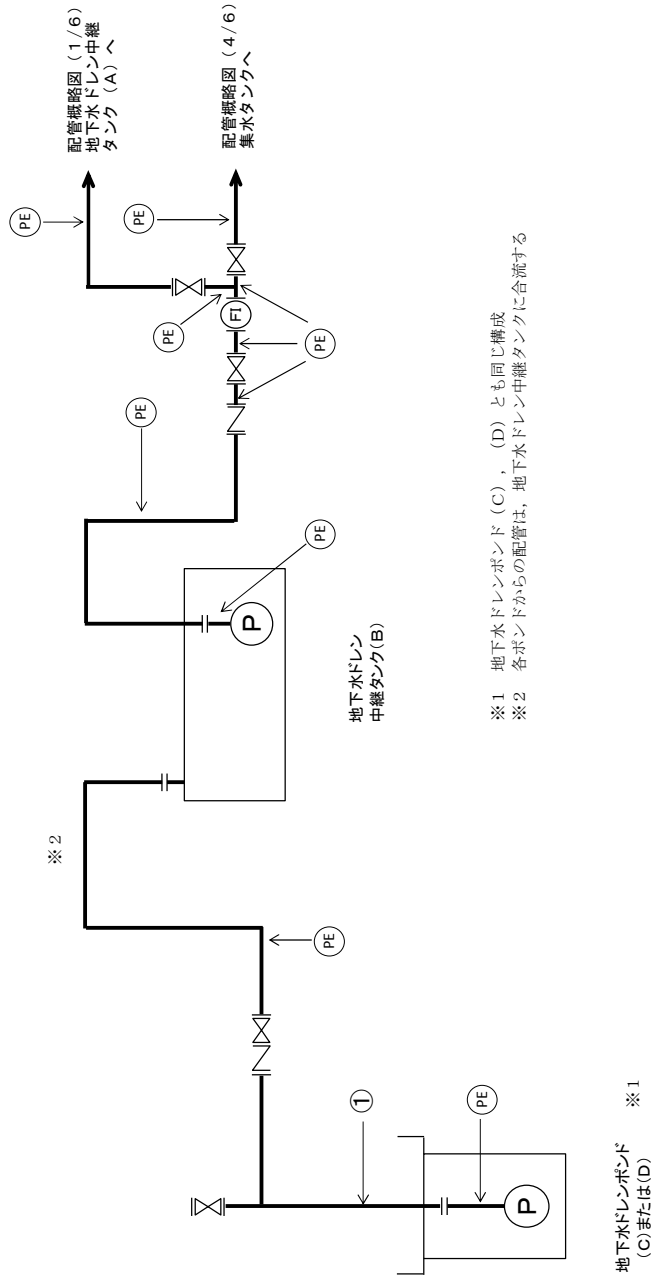
※1 地下水中継ポンド(A), (B)とも同じ構成  
 ※2 各ポンドからの配管は、地下水中継タンクに合流する

図-2 配管概略図 (1/6)

記号凡例  
 PE :ホリエレレン管  
 FI :流量計  
 P :ポンプ

図中の番号は、2.2.30の番号に対応する。

地下水中継ポンド (A)または(B) ※1

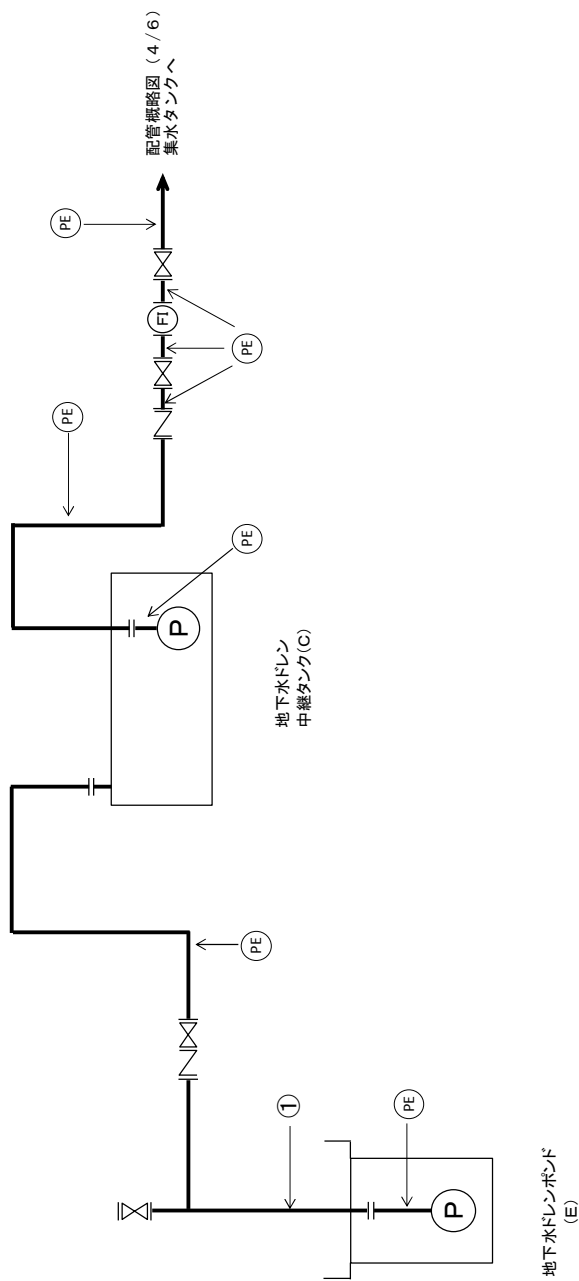


記号凡例  
 PE : ポリエチレン管  
 FI : 流量計  
 P : ポンプ

図中の番号は、2.2.3の番号に対応する。

図一 2 配管概略図 (2 / 6)



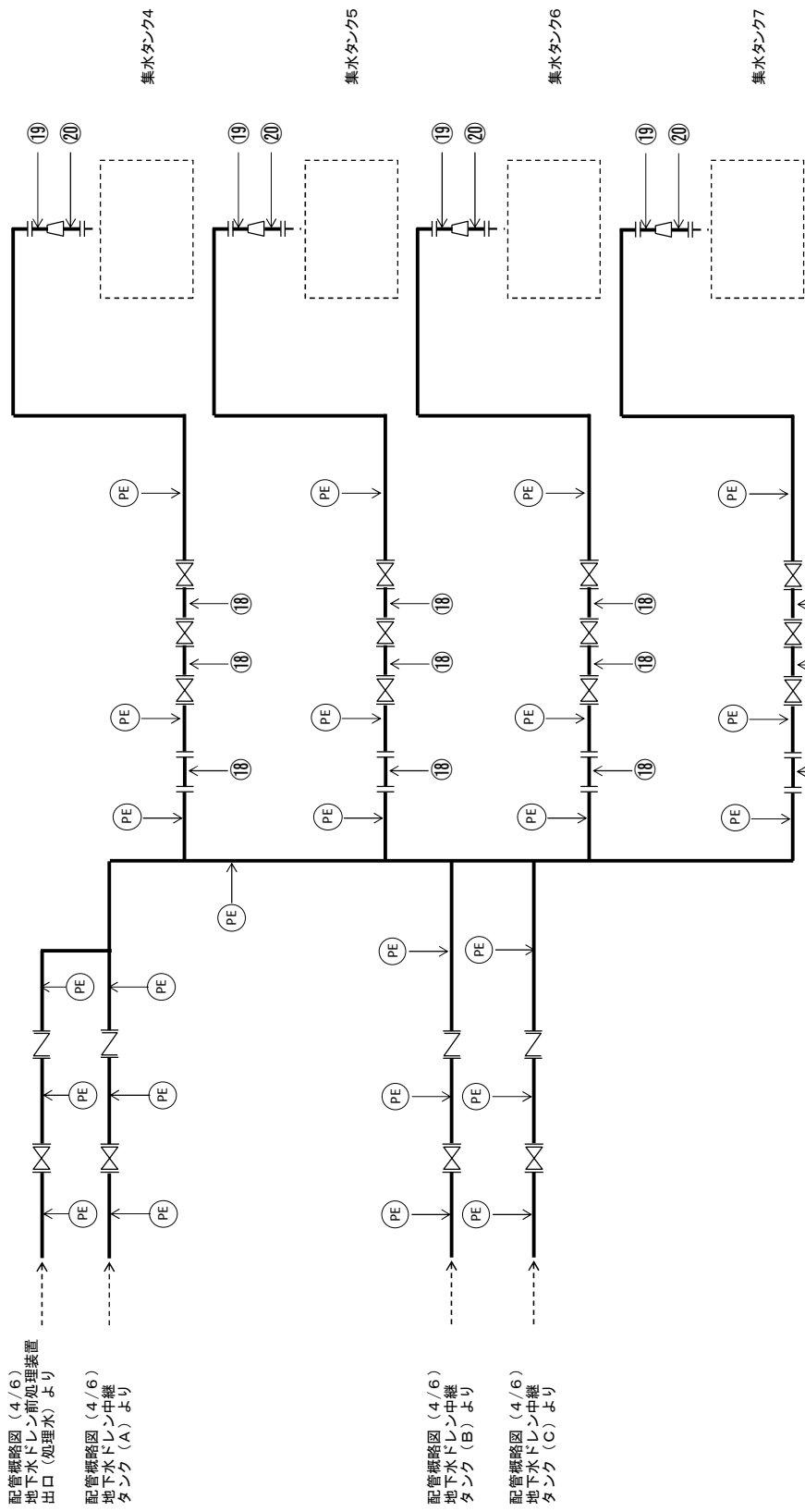


記号凡例  
 PE : ポリエチレン管  
 FI : 流量計  
 P : ポンプ

図中の番号は、2.2.3の番号に対応する。

図-2 配管概略図 (3/6)





図一2 配管概略図 (5/6)

配管概略図 (4/6)  
 地下水ドレン前処理装置  
 出口 (処理水) より

配管概略図 (4/6)  
 地下水ドレン中継  
 タンク (A) より

配管概略図 (4/6)  
 地下水ドレン中継  
 タンク (B) より

配管概略図 (4/6)  
 地下水ドレン中継  
 タンク (C) より

記号凡例  
 PE : ポリエチレン管

図中の番号は、2.2.3の番号に対応する。

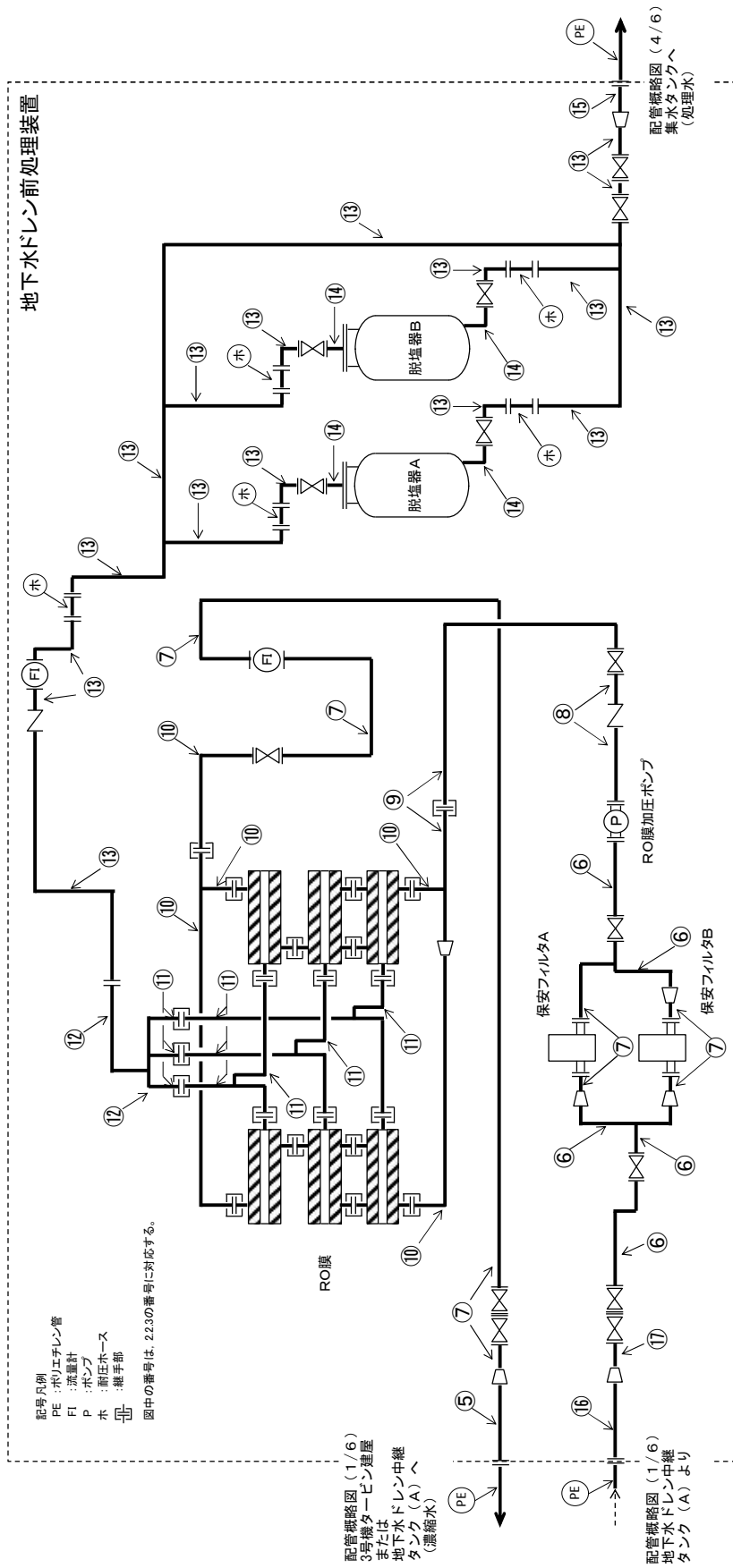


図-2 配管概略図(6/6)

## 2.2.2 評価方法

### (1) 管の厚さの評価

管の必要な厚さは、次に掲げる値とする。

#### a. 内面に圧力を受ける管

$$t = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

t : 必要厚さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

D<sub>0</sub> : 管の外径 (mm)

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率

## 2.2.3 評価結果

評価結果を表-3に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-3 配管の評価結果 (管厚)

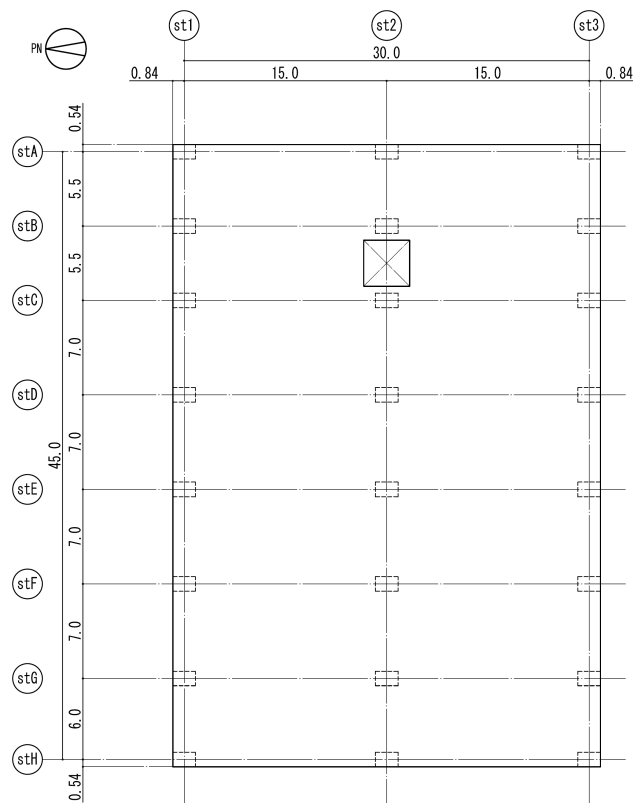
No.	外径 (mm)	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
①	60.5	SUS316LTP	0.49	40	0.13	3.40
②	89.1	SUS316LTP	0.98	40	0.40	4.90
③	165.2	SUS316LTP	0.98	40	0.73	6.20
④	216.3	SUS316LTP	0.98	40	0.95	7.20
⑤	89.1	SUS316LTP	0.5	40	0.20	3.50
⑥	76.3	SUS316LTP	0.5	40	0.18	3.00
⑦	60.5	SUS316LTP	0.5	40	0.14	3.00
⑧	76.3	SUS316LTP	1.5	40	0.52	3.00
⑨	76.3	SUS316LTP	1.5	40	0.52	6.13
⑩	60.5	SUS316LTP	1.5	40	0.41	4.82
⑪	48.6	SUS304TP	0.5	40	0.10	4.47
⑫	60.5	SUS304TP	0.5	40	0.12	4.82
⑬	60.5	SUS304TP	0.5	40	0.12	3.00
⑭	60.5	SUS304TP	0.5	40	0.12	3.40
⑮	89.1	SUS304TP	0.5	40	0.18	3.50
⑯	89.1	SUS316LTP	0.98	40	0.40	3.50
⑰	76.3	SUS316LTP	0.98	40	0.34	3.00
⑱	165.2	STPG370	0.98	40	3.80	6.22
⑲	165.2	SUS316LTP	0.49	40	0.35	6.22
⑳	216.3	SUS316LTP	0.49	40	0.46	7.18

サブドレン他浄化装置建屋基礎の構造強度に関する検討結果

1. 評価方針

サブドレン他浄化装置建屋基礎は、耐震Bクラスであるサブドレン他浄化装置の間接支持構造物であるため、耐震Bクラス相当として、設計する。

サブドレン他浄化装置建屋基礎は、平面が約 46m (EW 方向) × 約 32m (NS 方向)、厚さ約 1.5m の鉄筋コンクリート造で、改良地盤を介して段丘堆積層に支持させる。サブドレン他浄化装置建屋基礎の平面図及び断面図を図－ 1 ～ 図－ 3 に示す。



図－ 1 基礎平面図 (単位 : m)

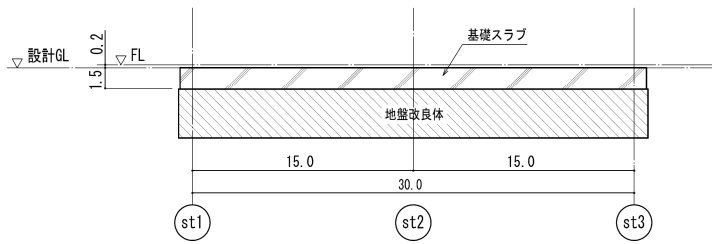
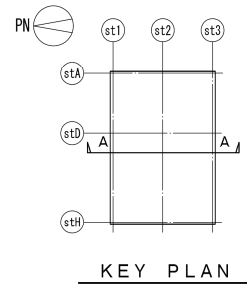


図-2 A-A 断面図 (NS 方向) (単位 : m)

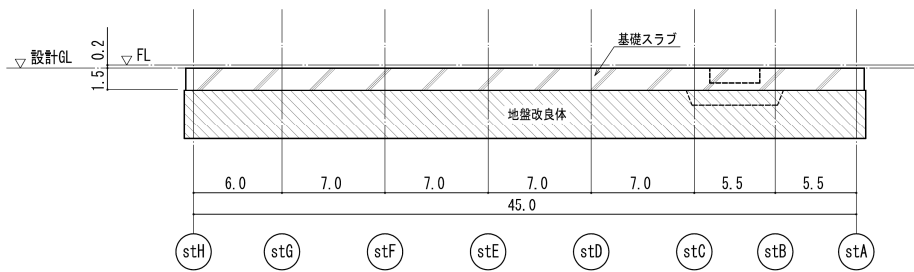
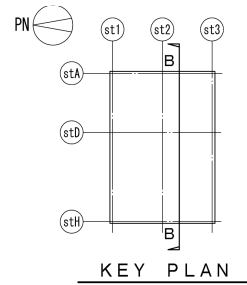


図-3 B-B 断面図 (EW 方向) (単位 : m)

## 2. 評価条件

### 2.1 使用材料及び材料の許容応力度

サブドレン他浄化装置建屋基礎スラブに用いる材料のうち、コンクリートは普通コンクリートとし、コンクリートの設計基準強度 $F_c$ は $24\text{N/mm}^2$ とする。鉄筋はSD345とする。各使用材料の許容応力度を表-1及び表-2に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度

(単位： $\text{N/mm}^2$ )

	長期		短期	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
$F_c = 24$	8	0.73	16	1.09

注：日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による。

表-2 鉄筋の許容応力度

(単位： $\text{N/mm}^2$ )

		長期		短期	
		引張及び圧縮	せん断補強	引張及び圧縮	せん断補強
SD345	D25 以下	215	195	345	345
	D29 以上	195			

注：日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による。



## 2.2 荷重

長期荷重として、鉛直荷重（固定荷重、配管荷重、積載荷重及び上部架構からの荷重）を考慮する。

また、短期荷重として地震時、積雪時及び強風時に基礎面に作用する荷重を考慮する。

### 3. 評価結果

#### 3.1 基礎スラブの評価結果

基礎スラブの応力解析は、弾性地盤上に支持された盤として有限要素法を用いて行う。解析モデルは、四辺形の均質等方な板要素により構成し、支持地盤は等価な弾性ばねとしてモデル化する。

必要鉄筋比及び面外せん断力について、検定比が最大となる要素の断面検討結果を表-3及び表-4に示す。基礎スラブ配筋図を図-4に示す。

これより、設計鉄筋比は必要鉄筋比を上回り、また面外せん断力は短期許容せん断力以下となっていることを確認した。

表-3 軸力及び曲げモーメントに対する検討結果

荷重 ケース	応力		必要鉄筋比 (%)	設計鉄筋比 (%)	検定比
	軸力* (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)			
長期	-14	649	0.20	0.38	$0.53 \leq 1.0$
短期	-15	664	0.12	0.38	$0.32 \leq 1.0$

注記\*：圧縮を正とする。

表-4 面外せん断力に対する検討結果

荷重 ケース	応力 面外せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN/m)	検定比
長期	433	785	$0.56 \leq 1.0$
短期	535	1173	$0.46 \leq 1.0$

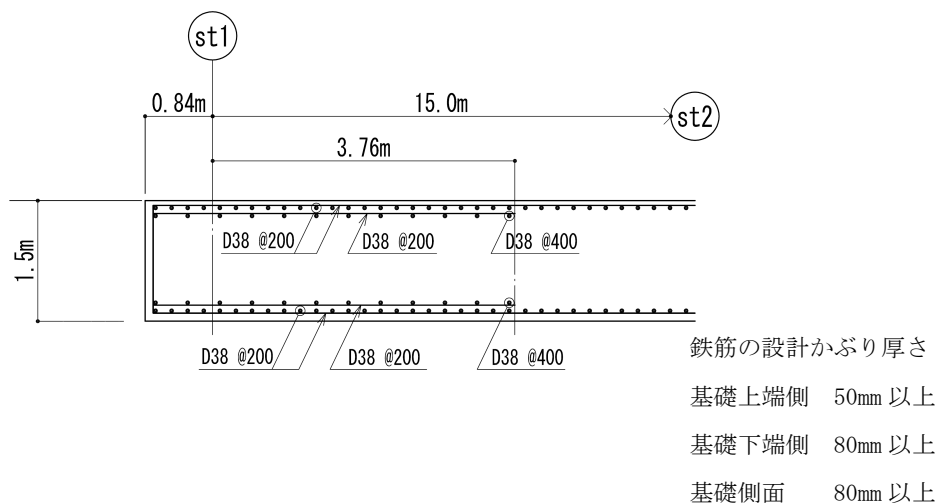


図-4 基礎スラブの配筋図 (stA通り)

### 3.2 改良地盤の評価結果

#### (1) 設計方針

サブドレン他浄化装置建屋は、基礎スラブ直下の地盤を改良し、段丘堆積層に支持させる。地盤の改良は「改定版 建築物のための改良地盤設計及び品質管理指針 日本建築センター」に準拠し、改良地盤の支持力に対して、常時及び地震時の改良地盤に生じる最大接地圧が許容支持力度以下であることを確認する。さらに、常時及び地震時の改良体に生じる最大応力度が許容応力度以下であることを確認する。

#### (2) 常時における改良地盤の検討

常時における改良地盤に生じる最大応力度と許容応力度の比較を表－5及び表－6に示す。

これより、改良地盤に生じる最大応力度が許容応力度以下であることを確認した。

表－5 改良地盤の許容支持力度と接地圧の比較

接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	許容支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )	検定比
135	280	0.49 ≤ 1.0

表－6 改良体の許容圧縮応力度と鉛直応力度の比較

鉛直応力度 (kN/m <sup>2</sup> )	許容圧縮応力度 (kN/m <sup>2</sup> )	検定比
135	330	0.41 ≤ 1.0

(3) 地震時における改良地盤の検討

地震時における改良地盤に生じる最大応力度と許容応力度の比較を、検定比が最大となる位置について表-7～表-9に示す。

これより、改良地盤に生じる最大応力度が許容応力度以下であることを確認した。

表-7 改良地盤の許容支持力度と接地圧の比較

接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	許容支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )	検定比
153	460	0.34 ≤ 1.0

表-8 改良体の許容圧縮応力度と鉛直応力度の比較

鉛直応力度 (kN/m <sup>2</sup> )	許容圧縮応力度 (kN/m <sup>2</sup> )	検定比
153	660	0.24 ≤ 1.0

表-9 改良体の許容せん断応力度とせん断応力度の比較

せん断応力度 (kN/m <sup>2</sup> )	許容せん断応力度 (kN/m <sup>2</sup> )	検定比
29	200	0.15 ≤ 1.0

流体状の放射性廃棄物の施設外への防止能力についての計算書

1. 流体状の放射性廃棄物の漏えいの拡大防止能力の評価

吸着塔（以下、「容器」という。）から液体が流出した場合は、吸着材を含む液体が漏えいする可能性があることから、これを評価する。

2. 流体状の放射性廃棄物の施設外への漏えい防止能力の評価

放射性廃液を内包する各容器のうち、仮に1基の容器の保有廃液が流出しても、流出廃液は容器設置エリアにとどまり、廃液の施設外への漏えいは防止される。この漏えい防止能力の評価を表－1に示す。

廃液漏えい時には、容器設置エリアに設けられた側溝の漏えい検知器の警報により廃液の異常な漏えいが察知され、対処が可能である。

表一 1 施設外への漏えい防止能力の評価 (サブドレン他浄化装置)

名称	設置場所		漏えい量 (m <sup>3</sup> )	容器設置区画 内床面積※ <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	見込み高さ ※ <sup>3</sup> (cm)	漏えい廃液全 量を貯留する ために必要な 堰の高さ (cm)	拡大防止 堰の高さ (cm)	評価
	建屋名	据付床 レベル (m)						
処理装置供給 タンク～吸着 塔5まで (A系統)	サブドレ ン他浄化 装置建屋	TP 38.5	30※ <sup>1</sup>	393.4	1.2	④=①/② ×100+③	⑤	各々の容器設置区画の 拡大防止堰の高さは、各 容器からの漏えい廃液 全量を貯留するために 必要な堰の高さを満足 しており、施設外への漏 えいを防止できる。 なお、漏えい検知器は、 床面に設置した側溝内 に設置されており、側溝 底面から30mmの高さで 検知する。
			30※ <sup>1</sup>	518.1	1.0	7	8以上	

注記 ※1： 保有水量が最大となる処理装置供給タンクから処理装置供給ポンプ入口間の漏えい量 (約 29m<sup>3</sup>) に余裕を見たとしている

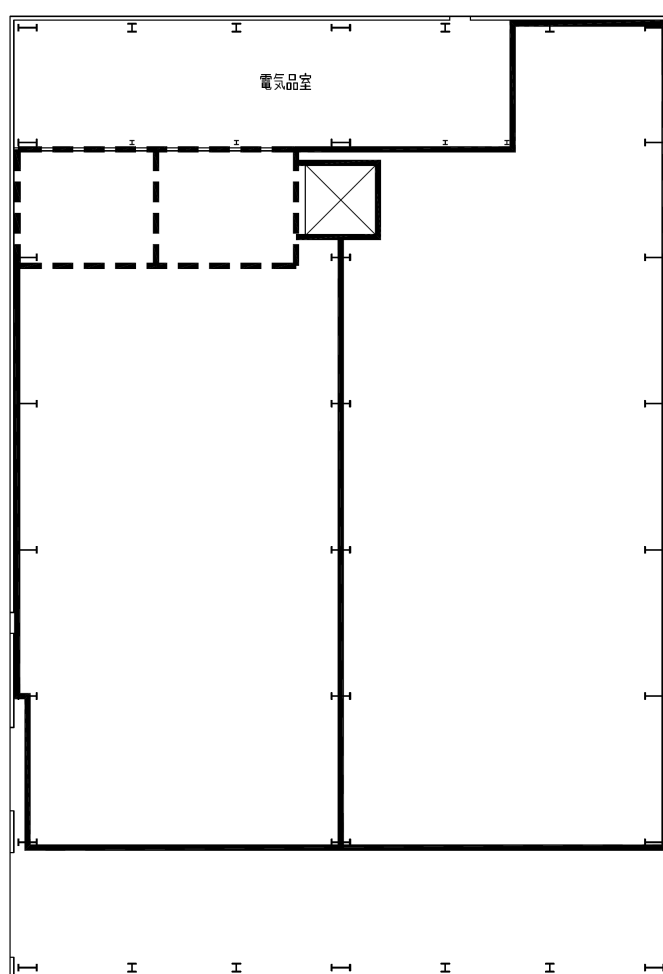
※2： 当該容器設置区画内ののり面積

※3： 基礎体積による高さ増加分 (基礎体積÷当該容器設置区画内床面積) を考慮した値

### 3. 堰並びに漏えい検出器に関する説明

サブドレン他浄化装置建屋には、サブドレン他浄化装置からの漏えい拡大防止及び建屋外への漏えい防止の観点から堰を設ける。堰の設置箇所について、図-1に示す。堰の名称、主要寸法及び材料について、表-2に示す。

また、漏えいの早期検知の観点から、漏えい検出器を設ける。漏えい検出器の設置箇所について、図-2に示す。漏えい検出器が作動した場合は、免震重要棟集中監視室等に警報を発する。



単位：mm

凡 例	
——	堰 (H100以上)
- - -	堰 (H1,100以上)

サブドレン他浄化装置建屋 1階

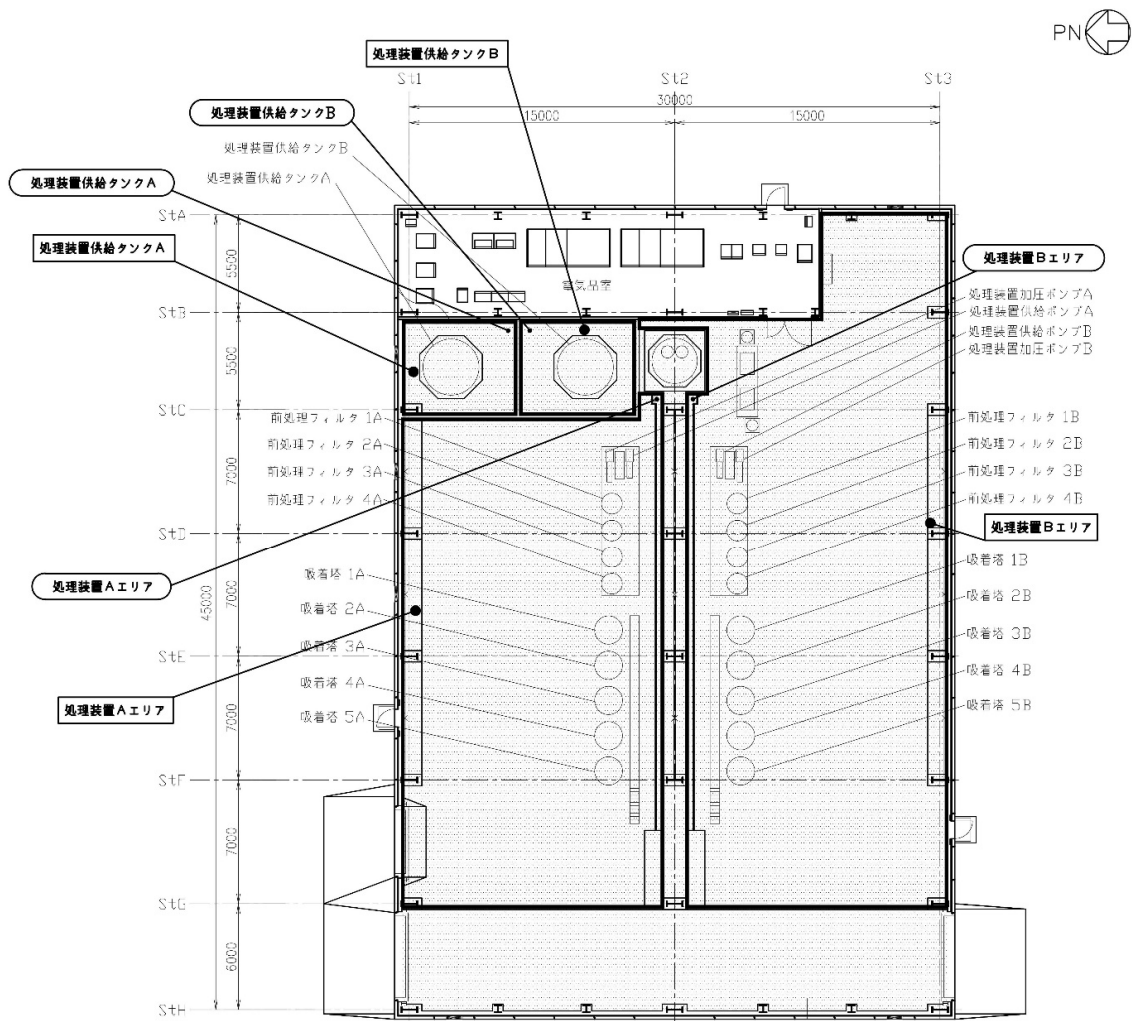
図-1 堰を明示した図面

表-2 堰の名称, 主要寸法, 材料

名 称		サブドレン他浄化装置建屋1階
主要寸法	堰の高さ	100mm以上
	床・壁の塗装	床面及び床面から堰の高さ以上までの壁面
材 料	堰	鉄筋コンクリート
	床・壁の塗装	エポキシ樹脂

名 称		処理装置供給タンク
主要寸法	堰の高さ	1,100mm以上
	床・壁の塗装	床面及び床面から堰の高さ以上までの壁面
材 料	堰	鉄筋コンクリート
	床・壁の塗装	エポキシ樹脂





T.P.38564

1. 〰〰〰 は増を示す。
2. 〰〰〰〰〰 は床面塗装を示す。
3. 〰〰〰〰〰 は増及びその他の設備を示す。
4. 〰〰〰〰〰 は漏えい検出装置を示す。

サブドレン他浄化装置建屋 1階

図ー2 漏えい検出器の設置箇所を明示した図面

工事工程表

項目	年月		2014年												2015年				
	2013年			10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
サブドレン集水設備によるサブドレンの汲み上げ並びにサブドレン他浄化設備による浄化性能の確認																			
サブドレン集水設備※1																			
サブドレン他浄化設備※1																			
サブドレン他浄化設備																			
サブドレン他移送設備																			
地下水ドレン集水設備																			

※1 2回に分けて系統毎に実施

※2 サンプルタンクを順次設置するため、3回に分けて実施

□ : 現地据付組立

① : 構造、強度又は漏えいに係る試験をすることができる状態になった時

③ : 原子炉施設の工事の計画に係る工事が完了した時

## サブドレン他水処理施設の具体的な安全確保策

サブドレン他水処理施設で扱う液体の放射能濃度は、1～4号機タービン建屋等の滞留水のそれと比較して遥かに低いものの、放射性物質を含むことから、水位管理等の方法、漏えい防止対策、放射線遮へい・崩壊熱除去及び可燃性ガス滞留防止等について、具体的な安全確保策を以下の通り定め、実施する。

## 1. 水位管理等の方法

## (1) サブドレンの水位管理

- a. サブドレンピット内の水位管理は、各ピット内に設置した揚水ポンプの起動・停止によって行い、サブドレンピット内水位が建屋滞留水水位を下回らないよう管理する。(具体的な管理方法は、「Ⅲ. 3. 1. 7 1～4号機の滞留水とサブドレンの運転管理について」を参照。) なお、サブドレンの水位検出器は多重化し、計器の単一故障に備える。
- b. 全てのサブドレンピットの水位を免震重要棟の監視・制御装置に表示し、サブドレンの稼働による水位変動が常に確認可能な状態とする。

## (2) 地下水ドレンポンドの水位設定

- a. 地下水ドレンポンドの水位設定は、各ポンド内に設置した地下水ドレンポンド揚水ポンプの起動・停止により地下水を汲み上げるが、海側のサブドレン水位が建屋滞留水水位を下回らないようポンプ停止位置を設定する。なお、地下水ドレン稼働に伴う地下水の水位変動は、より建屋近傍に位置する海側のサブドレン水位で管理する。(具体的な水位設定は、「Ⅲ. 3. 1. 8 地下水ドレンの運転管理について」を参照。)
- b. 地下水の汚染拡大防止の観点から、既設護岸内で確認されている高濃度の放射性物質を含む地下水は、継続して汲み上げる。
- c. なお、地下水ドレンの汲み上げ水の水質に有意な変動が確認される場合には、既設護岸エリアの地下水の汲み上げ量を増やす等の対応をとるものとする。

## 2. 放射性物質の漏えい防止等に対する考慮

## (1) 漏えい発生防止

- a. 処理対象水及び処理済水の移送配管は、耐腐食性を有するポリエチレン管、十分な肉厚を有する炭素鋼の鋼管または二相ステンレス配管等とする。
- b. 主要機器及び主要配管の炭素鋼材料の内面には、耐腐食性を有するよう、ライニングまたは塗装を施す。
- c. タンク(中継タンク、集水タンク、処理装置供給タンク、サンプルタンク、地下水ドレン中継タンク、RO濃縮水処理水中継タンク)には水位検出器を設け、水位を監視してオーバーフローを防止する。また、タンクには、念のため、タンク水位が高くなった場

合に移送元のポンプを自動停止させるインターロックを設ける。

- d. EPDM 合成ゴム製の伸縮継手は接続部をフランジ接続とし、取合部が外れないように処置する。
- e. 集水移送加圧ポンプの軸封部は、漏えいの発生し難いメカニカルシール構造とする。

(2) 漏えい検知・漏えい拡大防止

- a. タンク（中継タンク、集水タンク、処理装置供給タンク、サンプルタンク、地下水ドレン中継タンク、RO濃縮水処理水中継タンク）は、タンク1基の保有水量以上の容積を確保した堰を設ける（表-1）。
- b. 吸着塔は、漏えいの早期検知として、スキッド毎に漏えいパンを設けるとともに、漏えい検知器を設ける。漏えいの早期検知及び漏えい拡大防止として、サブドレン他浄化装置設置エリアの最外周及びサブドレン他浄化装置の周囲に、漏えいの拡大を防止する堰を設けるとともに、床に設置した側溝内に漏えい検知器を設ける。
- c. 上記漏えいを検知した場合には、免震重要棟集中監視室等に警報を発し、運転操作員によりカメラ、流量等の運転監視パラメータ等の状況を確認し、適切な対応を図る。また、漏えいが確認された場合には、サブドレン他浄化装置のポンプを遠隔操作で停止し、吸着塔等の周りの弁を閉止することで、漏えい拡大防止を図る。
- d. 漏えい水のコンクリートへの浸透を防止するため、サブドレン他浄化装置設置エリアには床塗装を実施する。
- e. 移送配管について、以下の対応を行う。
  - ・ 屋外に敷設される移送配管について、ポリエチレン管とポリエチレン管の接合部は漏えい発生を防止のため融着構造とすることを基本とし、ポリエチレン管と鋼管との取合い等でフランジ接続となる箇所については養生を行い、漏えい拡大防止を図る。また、処理対象水の移送配管は、万一、漏えいしても排水路を通じて環境に放出することがないように、排水路から可能な限り離隔するとともに、排水路を跨ぐ箇所はボックス鋼内等に配管を敷設する。また、ボックス鋼端部から排水路に漏えい水が直接流入しないように土のうを設ける。
  - ・ 移送配管は、使用開始までに漏えい確認等を実施し、施工不良等による大規模な漏えいの発生を防止する。
  - ・ 移送配管からの漏えいを検知するために巡視点検にて漏えいの有無を確認する。
  - ・ 集水タンク増設に伴い新設する移送配管のうち、フランジ接続となる接合部が堰外となる箇所について、漏えいが発生した際に堰、受け等へ導かれるように養生を行い、漏えい拡大防止を図る。
  - ・ 移送配管から漏えいが確認された場合は、ポンプ等を停止し、系統の隔離及び土のうの設置等により漏えいの拡大防止を図る。

- f. サブドレン他浄化装置の 2 系列同時運転を実施する場合には、系統間の隔離を実施し、他系統への流入防止をすることで漏えい拡大防止を図る。
- g. 集水タンク並びにサンプルタンクについては、タンクからの漏えいを早期検知するために巡視点検にて漏えいの有無を確認する。
- h. 集水移送加圧ポンプについては、漏えいを早期検知するために巡視点検を実施するとともに、監視カメラを設置し、免震棟にて監視可能な状態とする。また、受けパンにより滴下程度の漏えいに対して、漏えい拡大防止を図る。なお、漏えいが確認された場合には、ポンプを停止及び系統の隔離、土のう等の設置により漏えい拡大防止を図る。

表-1 タンク堰仕様 (設計値)

堰名称	縦幅	横幅	高さ	保有水量
中継タンク堰	8.4 m	3.3 m	0.7 m	12.0 m <sup>3</sup>
集水タンク 1~3 堰	38.4 m	18.4 m	3.0 m <sup>※1</sup>	1235 m <sup>3</sup>
集水タンク 4,5 堰	34.9 m	12.9 m	3.5 m <sup>※1</sup>	1235 m <sup>3</sup>
集水タンク 6,7 堰	34.9 m	12.9 m	3.5 m <sup>※1</sup>	1235 m <sup>3</sup>
処理装置供給タンク A 堰	6.3 m	5.2 m	1.1 m	30 m <sup>3</sup>
処理装置供給タンク B 堰	6.4 m	5.2 m	1.1 m	30 m <sup>3</sup>
サンプルタンク A~G 堰 <sup>※3</sup>	57.4 m	31.6 m	1.5 m	1235 m <sup>3</sup>
サンプルタンク H, J, K, L 堰	42.4 m <sup>※4</sup>	33.0 m <sup>※4</sup>	1.7 m	1235 m <sup>3</sup>
地下水ドレン中継タンク堰	9.4 m	3.3 m	0.6 m	12.0 m <sup>3</sup>

※1 アウターライズ津波高さ T.P. 約 4.5m (T.P. 2.5m 盤の浸水深 約 2m) を上回るよう設定  
 注) タンク堰は閉運用とする。堰内に溜まった雨水については、タンク等に回収・分析し雨水<sup>※2</sup>と判断されればそのまま処理する。雨水と判断されない場合は、集水タンク等に移送する。ただし、緊急時の場合は、タービン建屋等に移送することもある。

※2 「2.36 雨水処理設備等」2.36.1.1 に示す排水基準以内であること

※3 RO 濃縮水処理水中継タンク堰を兼ねる。

※4 堰形状のうち、縦幅、横幅の最長箇所を記載。

### 3. 放射線遮へい・崩壊熱除去

#### (1) 放射線遮へい (被ばくに対する考慮)

- a. サブドレン他浄化装置等からの放射線による雰囲気線量当量率 (遮へい体を含む機器表面から 1m の位置) は、0.1mSv/h 以下となるよう適切な遮へいを設ける。また、本設備から最寄りの敷地境界における直接線・スカイシャイン線の寄与は年間約 0.06mSv となる。(別紙-1 参照)

表－2 敷地境界における年間線量

評価点	年間線量 (mSv/年)
No. 66	0.06

- b. 通常運転時は、免震重要棟集中監視室から遠隔での監視及び操作を可能とする。
- c. 使用済吸着塔等の輸送時は、輸送物からの放射線による線量当量率（遮へい体を含む機器表面から1mの位置）が、0.1mSv/h以下となるよう適切な遮へいを設ける。
- d. サブドレン他浄化装置の運転操作等に係る放射線業務従事者以外の者が不要に近づくことがないように、標識等を設ける。さらに、放射線レベルの高い区域についても標識等を設け放射線業務従事者の被ばく低減を図る。

(2) 崩壊熱除去

- a. 処理対象水に含まれる放射性物質の崩壊熱は、通水により熱除去する。
- b. 使用済吸着塔等は自然放熱により熱除去する。いずれの使用済吸着塔、使用済前処理フィルタにおいても、内部の水抜き実施後において、容器中心部の温度上昇は1℃未満であり、容器及び内容物の健全性を損なうものではない。（別紙－2参照）
- c.

(3) 吸着量の管理

- a. 前処理フィルタ・吸着塔は、捕集する吸着量が設計の範囲内に納まるよう、機器表面線量の計測、通水流量・濃度の把握等の方法により管理を行う。

表－3 サブドレン他浄化装置各機器の吸着量

機器名称	フィルタ・吸着材の種類	捕捉・吸着主要核種	吸着量 (Bq/個) ※1	備考
前処理フィルタ 1, 2※2	浮遊物質フィルタ	Cs	$2.5 \times 10^{11}$	浮遊物質(汚泥等)への放射性物質の付着を想定
前処理フィルタ 3	セシウムフィルタ	Cs	$4.3 \times 10^{10}$	
前処理フィルタ 4	ストロンチウムフィルタ	Sr	$2.8 \times 10^9$	
吸着塔 1～5※3	セシウム・ストロンチウム同時吸着塔	Cs Sr	$2.9 \times 10^{10}$ $4.3 \times 10^9$	Cs, Sr 両方とも吸着可能な吸着材を使用した場合
	アンチモン吸着塔	Sb-125	$1.4 \times 10^{10}$	
	重金属塔	Ag-110m	$2.7 \times 10^9$	

※1 捕捉・吸着する主要核種の吸着量

※2 保守的にいずれか一つの前処理フィルタで捕捉すると仮定

- ※3 アンチモン吸着塔、重金属塔はそれぞれ1塔装填、またはそれぞれ除外可能とする。アンチモン吸着塔、重金属塔をそれぞれ1塔ずつ装填する場合は、吸着塔4にアンチモン吸着塔、吸着塔5に重金属塔を装填する。アンチモン吸着塔、重金属塔のいずれか1塔を除外し、いずれか1塔のみを装填する場合は、吸着塔5に装填する。セシウム・ストロンチウム同時吸着塔は、アンチモン吸着塔、重金属塔の装填塔数に応じて、3塔～5塔装填し、保守的にいずれか一つの吸着塔で吸着すると仮定

#### 4. 可燃性ガスの滞留防止

- a. サブドレン他浄化装置の前処理フィルタ及び吸着塔においては、水の放射線分解により発生する可能性のある可燃性ガスは、通水時に処理水とともに排出される。通水停止以降も再度その前処理フィルタおよび吸着塔により処理を行う場合には、可燃性ガスが滞留する可能性があるため、前処理フィルタおよび吸着塔内の可燃性ガスの濃度が可燃限界を超えないようベント弁より排出する。なお、サブドレン他浄化装置建屋には、換気装置及び換気装置のための貫通箇所があり、可燃性ガスが滞留し難い構造となっている。
- b. 使用済の前処理フィルタ及び吸着塔は、可燃性ガスの滞留防止のため、内部の水抜きを実施後、使用済フィルタは保管容器に収容し、吸着塔はベントを開放して保管する。保管時の水素濃度の評価を行った結果、最も大きい水素発生速度となる前処理フィルタ1、2でも水素濃度は20年間で約0.7%であり、可燃限界を超えることはない（別紙-3参照）。なお、水抜きにより発生した水は、処理装置供給タンクに移送する。

#### 5. その他

##### (1) 凍結

水を移送している過程では、凍結の恐れはない。

水の移送を停止した場合、屋内外敷設のポリエチレン管等は凍結による破損が懸念される。そのため、屋内外敷設のポリエチレン管等に保温材を取り付け、凍結防止を図る。なお、保温材は高い気密性と断熱性を有する硬質ポリウレタン等を使用し、凍結しない十分な厚さを確保する。

保温材厚さの設定の際には、「建設設備の凍結防止（空気調和・衛生工学会）」に基づき、震災以降に凍結事象が発生した外気温 $-8^{\circ}\text{C}$ 、内部流体の初期温度 $5^{\circ}\text{C}$ 、保温材厚さ $21.4\text{mm}$ の条件において、内部流体が25%※凍結するまでに十分な時間（50時間程度）があることを確認した。なお、震災以降の実測データから、外気温 $-8^{\circ}\text{C}$ が半日程度継続することはない。

※「JIS A 9501 保温保冷工事施工標準」において管内水の凍結割合を25%以下と推奨

##### (2) 紫外線

屋外敷設箇所のポリエチレン管等には、紫外線による劣化を防止するため、紫外線防止効果のあるカーボンブラックを添加した保温材を取り付ける、もしくは、カーボンブラッ

クを添加していない保温材を使用する場合は、カーボンブラックを添加した被覆材または紫外線による劣化のし難い材料である鋼板を取り付ける。

### (3) 熱による劣化

熱による劣化が懸念されるポリエチレン管については、処理対象水の温度がほぼ常温のため、熱による材料の劣化の可能性は十分低い。

### (4) 耐放射線性

ポリエチレンは、集積線量が $2 \times 10^5 \text{Gy}$ に達すると、引張強度は低下しないが、破断時の伸びが減少する傾向を示す。ポリエチレン管の照射線量率を $1 \text{Gy/h}$ と仮定すると、 $2 \times 10^5 \text{Gy}$ に到達する時間は $2 \times 10^5$ 時間（22.8年）と評価される。そのため、ポリエチレン管は数年程度の使用では放射線照射の影響を受けることはないと考えられる。

### (5) 使用済前処理フィルタの貯蔵

使用済の前処理フィルタは、エアブロー等により水切りした後、コンクリート製または金属製の保管容器に収容して固体廃棄物貯蔵庫（第3棟～第8棟、第9棟 地下2階：瓦礫類線量区分 $>30 \text{ mSv/h}$ ）に貯蔵する。

使用済前処理フィルタの発生量は、最大でも年間 $300 \text{m}^3$ 程度（約 $2 \text{m}^3$ の容器で150個程度）と想定される。

使用済前処理フィルタの保管時は、保管エリアの受入目安表面線量率に応じて、保管容器の表面線量率を管理（保管容器の遮へいを考慮し、保管容器の表面線量率を測定する。また、必要に応じてフィルタの収納数を制限）する。

### (6) 使用済吸着塔の貯蔵

使用済吸着塔は、淡水置換し、エアブローにより水切りした後、使用済セシウム吸着塔保管施設（II.2.5.2.1.2参照）のコンクリート製ボックスカルバート内、または架台に格納して保管する。

使用済吸着塔の発生量は、最大でも年間20基程度、ボックスカルバートの使用数では最大でも年間10基程度と想定される。

使用済吸着塔の貯蔵による敷地境界への直接線・スカイシャイン線による寄与は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設に貯蔵される他の廃棄物と同程度であり、同施設の敷地境界線量の評価結果に包絡される。

### (7) 設備停止

設備故障等による浄化設備停止期間中は、サブドレンの汲み上げ量を減らし、地下水ドレンの汲み上げを優先する。なお、汲み上げた地下水ドレン水は集水タンクへ貯留するが、集水タンクの貯留容量を超えることが見込まれる場合は、機動的対応として、タービン建



屋等に移送する。

(8) 誤操作防止対策について

サブドレン他移送設備は操作盤にキーロックを設け、鍵を使用しなければ排水操作が出来ない設計としている。

(9) 吸着塔の除外について

処理対象水において、アンチモン、重金属核種の濃度が十分に低いことを確認した場合は、アンチモン吸着塔、重金属塔を除外可能とする。除外後は除去対象核種を週1回程度の頻度で詳細分析※し、除外前の濃度から上昇傾向がない事を確認する。濃度の上昇により排水に支障をきたすと判断される場合は、元の吸着塔の構成に戻し、浄化を行う。

※週1回程度の詳細分析は四半期ごとの詳細分析と同程度の分析条件とする。

## 6. 別紙

別紙－1 : サブドレン他浄化装置の敷地境界線量評価について

別紙－2 : サブドレン他浄化装置の温度評価について

別紙－3 : サブドレン他浄化装置の水素発生量評価について

別紙－7 : サブドレン及び建屋滞留水水位への測量結果の反映について

## サブドレン他浄化装置の敷地境界線量評価について

サブドレン他浄化装置から近傍の敷地境界に対する直接線・スカイシャイン線の寄与を評価する。

## 1. 評価概要

## ○評価手法：

- ・解析コード MCNP を用いて評価

## ○評価条件：

- ・サブドレン他浄化設備から最寄りの敷地境界（敷地境界評価地点 No. 66, 距離約 230m）を評価した。（図 1）
- ・吸着塔に収容する吸着材の構成は、最も保守的なケースとして、吸着塔 1～3 をセシウム・ストロンチウム同時吸着塔、吸着塔 4 をアンチモン吸着塔、吸着塔 5 を重金属塔として評価した。



図 1 サブドレン他浄化設備と評価点の位置関係

- ・評価対象機器を表 1 に示す。

表 1 評価対象機器

機器		評価上考慮する基数	放射能条件
前処理フィルタ 1, 2		4	前処理フィルタ 2
前処理フィルタ 3		2	前処理フィルタ 3
前処理フィルタ 4		2	前処理フィルタ 4
吸着塔	1～3 塔目	6	吸着塔 1
	4 塔目	2	吸着塔 4
	5 塔目	2	吸着塔 5

- ・吸着材の放射能濃度は、吸着塔の入口濃度から除去率、通水量（遮へい体を含む機器表面から 1m の位置における雰囲気線量当量率が 0.1mSv/h 以下となるよう設定）を考慮して算出した値にて評価を行う。
- ・前処理フィルタ及び吸着塔は、各々が交換直前で放射性物質の捕捉量又は吸着量が最大になっていると設定する。
- ・前処理フィルタ 1, 2 は、2 塔に分布する放射能の全量が前処理フィルタ 2 に吸着していると保守的に設定する。
- ・吸着塔 1～3 は、3 塔に分布する放射能の全量が吸着塔 1 に吸着していると保守的に設定する。
- ・評価点における直接線・スカイシャイン線の評価値は、前処理フィルタ、吸着塔の評価値を合算して算出した。
- ・吸着塔のうちアンチモン吸着塔、重金属塔は除外可能とし、セシウム・ストロンチウム同時吸着塔は最大 5 塔まで装填可能とするが、表 1 が最も保守的なケースとなる。

- ・前処理フィルタ及び吸着塔の線源条件を表 2 に示す。

表 2 前処理フィルタ及び吸着塔の線源条件

機器名称	核種	線源強度 (Bq/体)
前処理フィルタ 2	Cs	$2.5 \times 10^{11}$
前処理フィルタ 3	Cs	$4.3 \times 10^{10}$
前処理フィルタ 4	Sr	$2.8 \times 10^9$
吸着塔 1	Cs Sr	$2.9 \times 10^{10}$ $4.3 \times 10^9$
吸着塔 4	Sb	$1.4 \times 10^{10}$
吸着塔 5	Ag-110m	$2.7 \times 10^9$

## 2. 評価結果

上記条件により、評価を行った結果、各評価地点における直接線・スカイシャイン線の寄与は表3の通りとなった。

表3 サブドレン他浄化設備の敷地境界線量評価結果

評価地点	評価値 (mSv/年)
No. 66	0.06

なお、本装置から発生する使用済フィルタ及び吸着塔については、固体廃棄物貯蔵庫及び使用済セシウム吸着塔一時保管施設において線源として考慮している。

以上

## サブドレン他浄化装置の温度評価について

温度評価は、使用済前処理フィルタ及び使用済吸着塔の収容物からの発熱を入熱条件とし、一次元の定常温度評価により使用済前処理フィルタ及び使用済吸着塔の最高温度を評価した。

## 1. 評価概要

各フィルタ及び吸着塔に捕捉・吸着した放射性物質による発熱を入熱条件とし、一次元の定常温度評価を行い、各フィルタ及び吸着塔の保管状態における温度上昇が 1℃未満であることを確認した。

## 2. 前処理フィルタの温度評価

## 2. 1 評価方法

## ○評価手法：

- ・一次元定常温度評価により評価（評価体系については、図-1を参照。また、考慮した伝熱機構及び使用した熱伝導率等は表-1及び2を参照）

## ○線源条件：

線源条件は、下表を条件とする。

機器名称	捕捉・吸着 主要核種	吸着量 (Bq/個) ※1
前処理フィルタ 1, 2※2	Cs	$2.5 \times 10^{11}$
前処理フィルタ 3	Cs	$4.3 \times 10^{10}$
前処理フィルタ 4	Sr	$2.8 \times 10^9$

※1 捕捉・吸着する主要核種の吸着量

※2 保守的にいずれか一つの前処理フィルタで捕捉すると仮定

## ○入熱条件：

- ・前処理フィルタ 1 及び 2 は同等の保管形状であり、かつ発熱量も等しいことから、前処理フィルタ 2 の入熱条件である  $4.9 \times 10^{-2}$  [W] を採用する。
- ・前処理フィルタ 3 及び 4 は同等の保管形状であり、また発熱量は前処理フィルタ 3

が前処理フィルタ 4 に比べて大きいことから、保守的に前処理フィルタ 3 の入熱条件である  $8.4 \times 10^{-3} [\text{W}]$  を採用する。

○評価条件：

- ・保管容器内は保守的に均一の発熱体と仮定し、また容器内の伝熱は空気の熱伝導のみを考慮し、空気の対流及び輻射による放熱は考慮しない。
- ・保管容器の側面からの放熱については、保守的に 2 面からの放熱のみ考慮し、また上蓋及び床からの放熱は考慮しない。
- ・保管容器の外面上において、熱輻射による放熱は考慮しない。
- ・外気温度は保守的に  $40^\circ\text{C}$  とする。

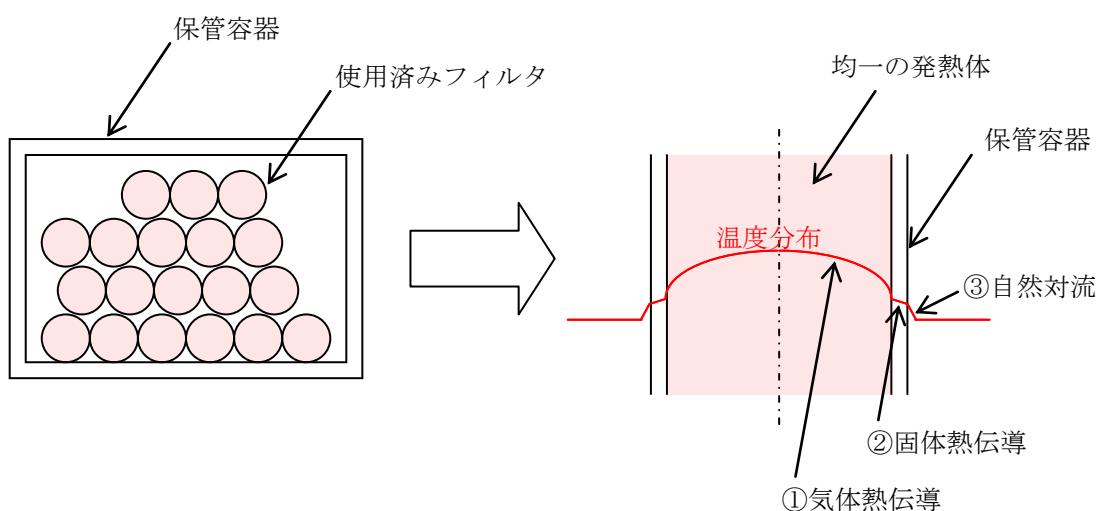


図-1 前処理フィルタの評価体系概念図（一次元定常温度評価モデル）

表-1 考慮した伝熱機構及び温度評価に用いた熱伝導率等（前処理フィルタ 2）

No.	伝熱箇所	伝熱機構	伝熱距離	熱伝導率等
①	保管容器内（空気）	気体熱伝導	約 570mm	熱伝導率 約 $0.028 [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$
②	保管容器（コンクリート）	固体熱伝導	約 100mm	熱伝導率 約 $1.2 [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$
③	保管容器から空気	自然対流	— <sup>※1</sup>	熱伝達率 約 $0.46 [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$

※1：自然対流による伝熱のため、距離に依存しない。



表-2 考慮した伝熱機構及び温度評価に用いた熱伝導率等（前処理フィルタ3）

No.	伝熱箇所	伝熱機構	伝熱距離	熱伝導率等
①	保管容器内（空気）	気体熱伝導	約 640mm	熱伝導率 約 0.028[W/(m・K)]
②	保管容器（炭素鋼）	固体熱伝導	約 2.3mm	熱伝導率 約 43[W/(m・K)]
③	保管容器から空気	自然対流	— <sup>※1</sup>	熱伝達率 約 0.27[W/(m <sup>2</sup> ・K)]

※1：自然対流による伝熱のため、距離に依存しない。

## 2. 2 評価結果

評価の結果、前処理フィルタ2の温度上昇は約0.27℃、前処理フィルタ3の温度上昇は約0.06℃であり、フィルタの耐熱温度である80℃を超えることはなく、材料の健全性に影響を与えるものではないことを確認した。

## 3. 吸着塔の温度評価

### 3. 1 評価方法

○評価手法：

- ・一次元定常温度評価により評価（評価体系については、図-2を参照。また、考慮した伝熱機構及び使用した熱伝導率等は表-3を参照）

○線源条件：

線源条件は、下表を条件とする。

機器名称	捕捉・吸着 主要核種	吸着量 (Bq/個) <sup>※1</sup>
吸着塔 1～5 <sup>※2</sup>	Cs	2.9×10 <sup>10</sup>
	Sr	4.3×10 <sup>9</sup>
	Sb-125	1.4×10 <sup>10</sup>
	Ag-110m	2.7×10 <sup>9</sup>

※1 捕捉・吸着する主要核種の吸着量

※2 アンチモン吸着塔、重金属塔はそれぞれ1塔装填、またはそれぞれ除外可能とする。アンチモン吸着塔、重金属塔をそれぞれ1塔ずつ装填する場合は、吸着塔4にアンチモン吸着塔、吸着塔5に重金属塔を装填する。アンチモン吸着塔、重金属塔のいずれか1塔を除外し、いずれか1塔のみを装填する場合は、吸着塔5に装填する。セシウム・ストロンチウム同時吸着塔は、アンチモン吸着塔、重金属塔の装填塔数に応じて、3塔～5塔装填し、保守的にいずれか一つの吸着塔で吸着すると仮定

○入熱条件：

- ・吸着塔 1～5 は同等の保管形状であり，また吸着塔内で発生する放射線エネルギーは吸着塔 1 が最も大きく，発熱量が最大となることから，保守的に吸着塔 1 の入熱条件である  $5.73 \times 10^{-3} [W]$  を採用する。

○評価条件：

- ・吸着塔は円柱形上であるが，評価においては保守的に吸着塔を包含する四角柱を仮定する。また容器側面からの放熱については，四角柱の 2 面からの放熱のみ考慮し，また上蓋及び床からの放熱は考慮しない。
- ・吸着塔内は保守的に均一の発熱体と仮定し，保守的に円柱形上よりも発熱体の体積が大きい条件とする。また容器内の伝熱は空気のみを考慮し，空気の対流及び輻射による放熱は考慮しない。
- ・吸着塔外面において，熱輻射による放熱は考慮しない。
- ・外気温度は保守的に  $40^{\circ}C$  とする。

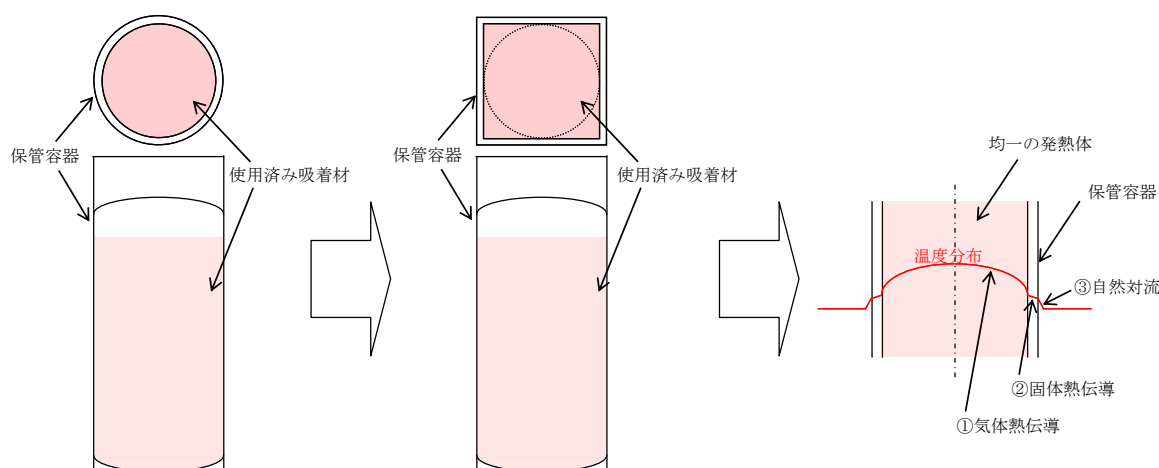


図-2 吸着塔の評価体系概念図（一次元定常温度評価モデル）

表-3 考慮した伝熱機構及び温度評価に用いた熱伝導率等（吸着塔 1）

No.	伝熱箇所	伝熱機構	伝熱距離	熱伝導率等
①	保管容器内（空気）	気体熱伝導	約 673mm	熱伝導率 約 $0.028 [W/(m \cdot K)]$
②	保管容器（炭素鋼）	固体熱伝導	約 25mm	熱伝導率 約 $43 [W/(m \cdot K)]$
③	保管容器から空気	自然対流	— <sup>※1</sup>	熱伝達率 約 $0.199 [W/(m^2 \cdot K)]$

### 3. 2 評価結果

評価の結果，吸着塔 1 の温度上昇は約 0.02℃であり，吸着材の耐熱温度である 600℃を超えることはなく，材料の健全性に影響を与えるものではないことを確認した。

以上

## サブドレン他浄化装置の水素発生量評価について

サブドレン他浄化装置における水素発生量評価の結果を以下に示す。使用する前処理フィルタ及び吸着塔のうち、水素発生速度が最も大きい前処理フィルタ1, 2を収容する保管容器の評価結果を以下に示す。

## 1. 評価概要

使用済前処理フィルタの保管容器内では、前処理フィルタが吸着した放射性物質によって前処理フィルタ中の水分が放射線分解されることにより、水素が発生する。前処理フィルタは保管容器のベントを行わずに保管することから、本評価では発生した水素が全て容器内に滞留するものとして、保管を開始してから20年後における水素濃度の評価を行う。なお、放射性物質は核種崩壊により減衰するため水素の発生量は次第に低下し、水素濃度は一定値に収束することから、長期間保管した場合の水素濃度の収束値を参考として評価する。

## 2. 水素発生量評価

水素発生量Hは次式により求める。なお、前処理フィルタは可燃性ガスの発生抑制を目的として水抜きを実施後に保管するが、前処理フィルタ1, 2については、15時間の水抜きを行うことにより含水率が0.3以下となることを確認している。

$$H = G \times \alpha \times E \div A$$

H：水素発生量[mol]

G：水が100eVのエネルギーを吸収した際に発生する水素分子の個数, 0.45

$\alpha$ ：含水率, 0.3

E：水が吸収するエネルギー： $8.47 \times 10^{19}$  (MeV)

A：アボガドロ数 ( $6.02 \times 10^{23}$ 個/mol)

水が吸収するエネルギーの算出にあたり使用した線源条件を表1に示す。前処理フィルタ1, 2は、2塔に分布する放射能の全量が前処理フィルタ2に吸着していると保守的に設定する。

表1 前処理フィルタ及び吸着塔の線源条件

機器名称	核種	線源強度 (Bq/体)
前処理フィルタ 2	Cs	$2.5 \times 10^{11}$

### 3. 評価結果

評価の結果, 使用済前処理フィルタ 1, 2 の保管を開始してから20年後における水素濃度は約0.7%となる。なお, 長期間保管した場合には水素濃度は約1.7%に収束する。

以上

## サブドレン及び建屋滞留水水位への測量結果の反映について

サブドレン及び建屋滞留水の水位は、それぞれサブドレンピット上端及び建屋1階床を基準として、それらが震災前の図面レベルにあるものとして表示してきたが、震災による地盤変動を踏まえ、より正確に水位差を管理することを目的に測量結果をもとに算出した値を用いることとする。測量に関する特記事項を以下に示す。

- (1) サブドレン及び建屋滞留水水位は、表-1及び表-2に示す測量結果を反映した基準点から水位を計測する。但し、R/B、Rw/B滞留水水位の基準点は、測量が完了するまでは、構内基準点の測量結果を用いる。なお、線量環境により測量が困難なR/B、Rw/Bは、4号機を先行して測量を行い、T/Bとの相対関係を確認し、必要により換算値を見直す。
- (2) 今後、定期的にサブドレン及び建屋の代表箇所での測量を行い、相対関係の変動状況や地盤の不均一な隆起の有無を確認していく。前回測量結果からの相対関係のずれが点検計算の許容範囲<sup>※1</sup>以内となるように測量頻度を適切に定める。

※1 3級水準測量における点検計算の許容範囲は、 $15\text{mm}\sqrt{S}$ （Sは観測距離（片道，km単位））

表-1 1～4号機建屋及びサブドレンピットの測量結果一覧

		実測値 [T.P.mm]	測量日	備考
構内基準点(物揚場)		3,700	H26.3	
建屋	1号機 T/B	8,743	H27.2	
	2号機 T/B	8,748		
	3号機 T/B	8,763		
	4号機 T/B	8,761		
	1～4号機 R/B	8,764	-	
	1～4号機 Rw/B	8,764	-	
サブドレンピット	1	8,533	H26.7 ～9	
	2	8,673		
	8	8,763		
	9	10,263		震災後、ピット上端の嵩上げを実施
	18	8,691		
	19	8,659		
	20	8,663		
	21	8,685		
	22	8,586		
	23	8,696		
	24	8,658		
	25	8,666		
	26	8,686		
	27	8,633		
	31	8,793		
	32	8,866		
	33	8,668		
	34	8,835		
	40	9,058		
	45	8,901		
	51	9,788		震災後、ピット上端の嵩上げを実施
	52	9,811		震災後、ピット上端の嵩上げを実施
53	8,969			
55	8,916			
56	8,528			
58	8,873			
59	8,783			

※2 上記は H27.9 時点における測量結果であり、今後測量を実施し水位に反映する必要がある場合は、見直すものとする。

表-2 集中環境施設周り建屋及びサブドレンピットの測量結果一覧

		実測値 [T.P.mm]	測量日	備考
建屋	プロセス主建屋	8,838	H27.7	
	焼却工作建屋 (焼却建屋)	8,808		
	焼却工作建屋 (工作建屋)	8,806		
	サイトバンカ建屋	8,762		
	HTI建屋	8,754		
サブドレンピット	112	8,665	H27.7	
	116	8,654		
	119	8,657		
	120	8,519		
	121	8,702		
	122	8,720		
	125	8,462		
	133	8,700		
	150	8,776		
	151	8,762		
	152	8,775		
	153	8,757		

※2 上記は H27.9 時点における測量結果であり、今後測量を実施し水位に反映する必要が生じた場合は、見直すものとする。



## サブドレン他水処理施設に係る確認事項

サブドレン他水処理施設に係る主要な確認事項を表-1～8に示す。サブドレン他水処理施設で扱う液体の放射能濃度は37kBq/cm<sup>3</sup>未満である。

なお、寸法許容範囲については製作誤差等を考慮の上、確認前に定める。

表-1 確認事項（中継タンク，集水タンク，処置装置供給タンク，サンプルタンク，地下水ドレン中継タンク）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後，確認圧力に耐えていることを記録で確認する。 耐圧確認終了後，耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え，かつ構造物の変形等がないこと。 また，耐圧部から漏えいがないこと。
機能	警報確認	液位「高高」側 <sup>※1</sup> の信号により警報が発生することを確認する。	液位「高高」側 <sup>※1</sup> の信号により警報が発生すること。

※1 タンクにより信号名称は異なる。

表-2 確認事項（前処理フィルタ，吸着塔）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後，確認圧力に耐えていることを記録で確認する。 耐圧確認終了後，耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え，かつ構造物の変形等がないこと。 また，耐圧部から漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	定格容量を通水する。	実施計画に記載した容量を通水できること。 また，異音，異臭，振動等の異常がないこと。

表－3 確認事項（サブドレン他浄化装置）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
性能	運転性能 確認	設計流量（50m <sup>3</sup> /h）以上で処理対象水を通水し，サブドレン他浄化装置の処理前水及び処理済水の水質について確認条件で分析する。	実施計画に記載した容量を通水でき，Cs-134，Cs-137，Sr-90 <sup>※1</sup> の放射能濃度が低減すること <sup>※2</sup> 。処理前水の Ge 半導体検出器にて Cs-137 を検出できる計測を行った結果として確認された核種 <sup>※3</sup> の放射能濃度が低減すること。また，異音，異臭，振動等の異常がないこと。

※1 Sr-90 は，分析値若しくは全βでの評価値とする。

※2 告示に定める周辺監視区域外の水中の濃度限度との比がそれぞれ 0.1 を十分下回ること。

※3 Cs-137 が検出されない場合は Cs-137 で 1Bq/L まで確認することとし，それでも検出されない場合は他に確認される核種はないものとする。

表-4 確認事項（揚水ポンプ，中継タンク移送ポンプ，集水タンク移送ポンプ，  
集水移送加圧ポンプ，処理装置供給ポンプ，処理装置加圧ポンプ，浄化水移送ポンプ，  
攪拌ポンプ，地下水ドレンポンド揚水ポンプ，地下水ドレン中継タンク移送ポンプ）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認 ※1，※2，※3	機器の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	漏えい確認 ※1，※2，※3	運転圧力で耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	耐圧部から漏えいがないこと。
性能	運転性能 確認	ポンプの運転確認を行う。	実施計画に記載した容量を満足すること。 また，異音，異臭，異常振動等がないこと。

※1 揚水ポンプについては，サブドレンピット内部の水中に設置されており，据付確認及び漏えい確認が困難であり，対象外とする。

※2 地下水ドレンポンド揚水ポンプについては，地下水ドレンポンド内部の水中に設置されており，据付確認及び漏えい確認が困難であり，対象外とする。

※3 地下水ドレン中継タンク移送ポンプについては，地下水ドレン中継タンク内部の水中に設置されており，据付確認及び漏えい確認が困難であり，対象外とする。

表-5-1 確認事項 (サブドレン集水設備主配管 (鋼管),  
 サブドレン他浄化設備主配管 (鋼管), サブドレン他移送設備主配管 (鋼管),  
 地下水ドレン集水設備主配管 (鋼管))

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径, 厚さについて記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認※	①確認圧力で保持した後, 確認圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後, 耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	①確認圧力に耐え, かつ構造物の変形等がないこと。 また, 耐圧部から漏えいがないこと。
	②最高使用圧力の 1.25 倍の水圧で保持した後, 同圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後, 耐圧部からの漏えいの有無も確認する。	②最高使用圧力の 1.25 倍の水圧に耐え, かつ構造物の変形等がないこと。 また, 耐圧部から漏えいがないこと。	

※②はサブドレンピット No. 30, 37, 57 に適用する。

表-5-2 確認事項 (サブドレン集水設備主配管 (PE 管),  
 サブドレン他浄化設備主配管 (PE 管), サブドレン他移送設備主配管 (PE 管),  
 地下水ドレン集水設備主配管 (PE 管))

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	主な材料について記録を確認する。	当該材料規格の規定のとおりであること。
	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	製造者寸法許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・ 漏えい確認※	①現場状況を考慮し製造者指定方法・圧力による漏えい有無を確認する。 ②最高使用圧力以上の水圧に耐え、漏えいがないことを確認する。	①耐圧部から漏えいがないこと。 ②検査圧力に耐え、かつ異常のないこと。 また、耐圧部からの漏えいがないこと。

※②はサブドレンピット No. 30, 37, 57 に適用する。

表-5-3 確認事項 (サブドレン集水設備主配管 (伸縮継手),  
サブドレン他浄化設備主配管 (伸縮継手))

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	主な材料について記録を確認する。	当該材料規格の規定のとおりであること。
	寸法確認	指定のサイズ (呼び径) であることを確認する。	指定のサイズ (呼び径) であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後, 確認圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後, 耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え, かつ構造物の変形等がないこと。 また, 耐圧部から漏えいがないこと。

表-5-4 確認事項（サブドレン他移送設備主配管（伸縮継手））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	指定サイズ（呼び径）であることを確認する。	指定サイズ（呼び径）であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認 <sup>※1</sup>	①最高使用圧力による耐圧漏えい確認を行う。	①耐圧部から漏えいがないこと。
②確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。		②確認圧力に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。 また、耐圧部から漏えいがないこと。	

※1 ①または②にて実施する。

表-5-5 確認事項（主配管）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
機能	通水機能確認	主配管の通水状態について確認する。	通水できること。



表－6 確認事項（漏えい検出装置及び警報装置）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
機能	漏えい警報確認	設定通りに警報が作動することを確認する。	許容範囲以内で警報が作動すること。

表－7 確認事項（水位計）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認※ <sup>1</sup>	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認※ <sup>1</sup>	装置の据付位置を確認する。	実施計画のとおりであること。
性能	性能校正確認※ <sup>1</sup>	校正器を用いて模擬入力を与え，水位計指示値が正しいことを確認する。	模擬入力に対する水位計指示値が，許容範囲内であること。

※1 現地では実施可能な範囲とし，必要に応じて記録を確認する。

表－8－1 確認事項（堰その他の設備※<sup>1</sup>）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。

※1 中継タンク堰，集水タンク 1～3 堰，サンプルタンク A～G 堰，地下水ドレン中継タンク堰。

表-8-2 確認事項（堰その他の設備※1）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	据付確認	タンク基礎の不陸について確認する。	異常な不陸がないこと。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	地盤支持力 確認	支持力試験によりタンク基礎の地盤支持力を確認する。	必要な支持力を有していること。
機能	漏えい拡大 防止機能 確認	堰の保有水量について確認する。	保有水量以上あること。

※1 集水タンク 4,5 堰, 集水タンク 6,7 堰, サンプルタンク H, J, K, L 堰。

表-9-1 確認事項（サブドレン他浄化装置建屋基礎）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	材料確認	構造体コンクリートの圧縮強度を確認する。	構造体コンクリート強度が、実施計画に記載されている設計基準強度に対して、JASS 5N の基準を満足すること。
		鉄筋の材料、強度、化学成分を確認する。	JIS G 3112 に適合すること。
	寸法確認	構造体コンクリート部材の断面寸法を確認する。	構造体コンクリート部材の断面寸法が、実施計画に記載されている寸法に対して、JASS 5N の基準を満足すること。
	据付確認	鉄筋の径、間隔を確認する。	鉄筋の径が実施計画に記載されている通りであること。鉄筋の間隔が実施計画に記載されているピッチにほぼ均等に分布していること。

表-9-2 確認事項（サブドレン他浄化装置建屋内堰）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
漏えい防止	材料確認	実施計画に記載されている主な材料について確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	堰その他の設備の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。

RO 濃縮水処理設備から用途変更する機器に関する確認事項を表-10に示す。

RO 濃縮水処理設備から他設備へ用途変更する機器は、用途変更に伴い、構造強度・耐震性、機能及び性能について変更はないことから、用途変更後も機器を継続使用する。なお、用途変更する機器に係わる確認事項については、継続使用しながら確認を実施する。

表-10-1 確認事項 (RO 濃縮水処理水中継タンク)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。 ※1	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることを記録で確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。 また、耐圧部から著しい漏えいがないこと。
機能	警報確認	液位「高高」側※2の信号により警報が発生することを確認する。	液位「高高」側※2の信号により警報が発生すること。

※1 現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

※2 タンクにより信号名称は異なる。

表-10-2 確認事項 (RO 濃縮水処理水移送ポンプ)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。※1	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	漏えい確認	運転圧力で耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	耐圧部から著しい漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	ポンプの運転確認を行う。	実施計画に記載した容量を満足すること。 また, 異音, 異臭, 異常振動等がないこと。

※1 現地では実施可能な範囲とし, 必要に応じて記録を確認する。

表-10-3 確認事項 (主配管 (鋼管))

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径, 厚さについて記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。※1	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。※1	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後, 確認圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後, 耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え, かつ構造物の変形等がないこと。 また, 耐圧部から著しい漏えいがないこと。

※1 現地では実施可能な範囲とし, 必要に応じて記録を確認する。

表－１０－４ 確認事項（主配管（PE管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	製造者寸法許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。※ <sup>1</sup>	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。※ <sup>1</sup>	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	現場状況を考慮し製造者指定方法・圧力による漏えい有無を確認する。	耐圧部から著しい漏えいがないこと。

※<sup>1</sup> 現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

表－１０－５ 確認事項（主配管（伸縮継手））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	指定サイズ（呼び径）であることを確認する。	指定サイズ（呼び径）であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。※ <sup>1</sup>	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。※ <sup>1</sup>	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力による耐圧漏えい確認を行う。	耐圧部から著しい漏えいがないこと。

※<sup>1</sup>：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

表－１０－６ 確認事項（堰その他の設備※<sup>1</sup>）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。

※<sup>1</sup> サブドレン他浄化装置建屋内堰を除く，屋外に設置したタンク堰。

表－１０－７ 確認事項（主配管（閉止部））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観・据付 確認	配管閉止部の外観，据付状態について確認する。	実施計画の通りであること。
機能	機能確認	配管が実施計画の通り施工されていることを確認する。	実施計画の通りであること。

## 地下水ドレン前処理装置について

## 1. 設置の目的

地下水ドレン前処理装置は、地下水ドレン集水設備により汲み上げた水の放射能濃度（トリチウムを除く）が高い場合に、当該設備にて前処理を行い、放射能濃度を低下させることによってサブドレン他浄化設備での処理負荷を軽減させることを目的とする。

## 2. 要求される機能

- (1) 地下水ドレン集水設備により汲み上げた水の処理を行い、放射性物質の放射能濃度を低減してサブドレン他浄化設備へ移送する能力を有すること。
- (2) 処理により生成される濃縮水は、タービン建屋に移送できること。

## 3. 地下水ドレン前処理装置の構成

地下水ドレン前処理装置は、保安フィルタ、RO膜加圧ポンプ、RO膜、脱塩器及び移送配管で構成する。

保安フィルタは、大まかなゴミや鉄分等を捕捉する。RO膜は逆浸透圧を利用し、処理対象水中のイオン及び微粒子等を除去する。脱塩器に通水させることにより、RO膜通過後の処理対象水をさらに浄化する。

移送配管は、ポリエチレン管、鋼管及び合成ゴム管で構成する。サポート等により接続部が外れないように処置する。

## 4. 規格・基準等

地下水ドレン前処理装置は、設計、材料の選定、製作及び検査について、JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（JSME 規格）、日本工業規格（JIS 規格）、ISO 規格、JWWA 規格等の準拠、実績等により信頼性を確保する。

## 5. 運用方法

地下水ドレン前処理装置及びその周辺機器の全体概略図を図-1に示す。

地下水ドレン前処理装置は、地下水ドレン中継タンクへ汲み上げた地下水を通水し、処理水と濃縮水に分離する。処理水は集水タンク（サブドレン集水設備）に移送し、サブドレン他浄化設備にて浄化後に排水する。濃縮水はタービン建屋へ移送する。

なお、本装置の処理水をサブドレン他浄化設備による浄化を行わずに排水することは行わない（構内散水を含む）。



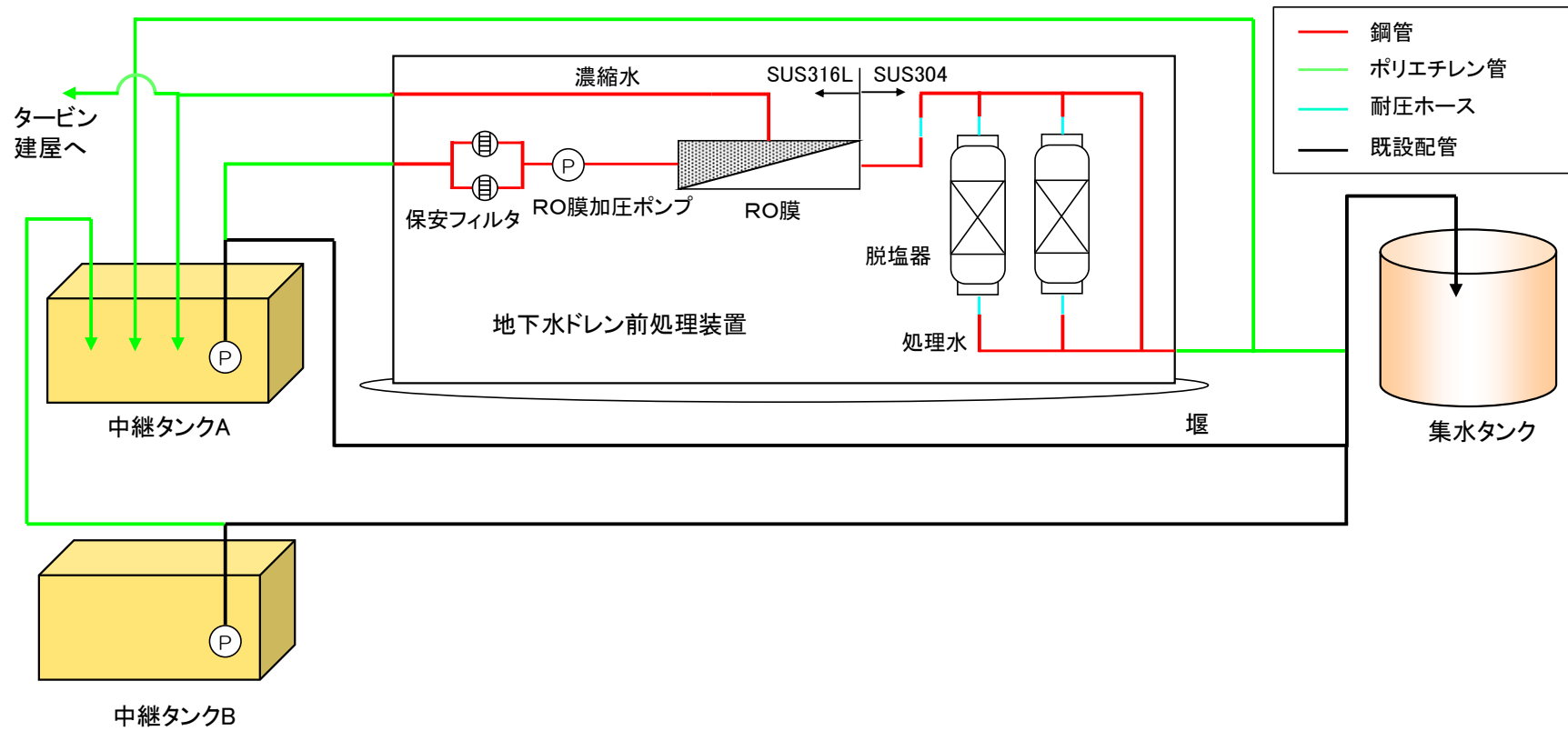


図-1：地下水ドレン前処理装置及びその周辺機器の全体概略図

## 6. 構造強度及び耐震性

### (1) 構造強度

配管のうち、ポリエチレン管は ISO 規格、JWWA 規格、または、JIS に準拠し、鋼管は、「JSME SNC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」等に準拠する。強度評価については、「添付資料－7 地下水ドレン集水設備の強度に関する説明書」参照。

### (2) 耐震性

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」に従い設計する。地下水ドレン前処理装置及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては、「JEAG4601 原子力発電所耐震設計技術指針」等に準拠する。ポリエチレン配管は、材料の可撓性により耐震性を確保する。耐震性評価については、「添付資料－3 サブドレン他水処理施設の耐震性に関する説明書」参照。

## 7. 具体的な安全確保策

### 7.1. 放射性物質漏えい防止等に対する考慮

#### (1) 漏えい発生防止

移送配管は、耐食性を有するポリエチレン管を基本とする。ステンレス材を使用する部位は内部流体の性状等に応じた適切な材料を使用する。

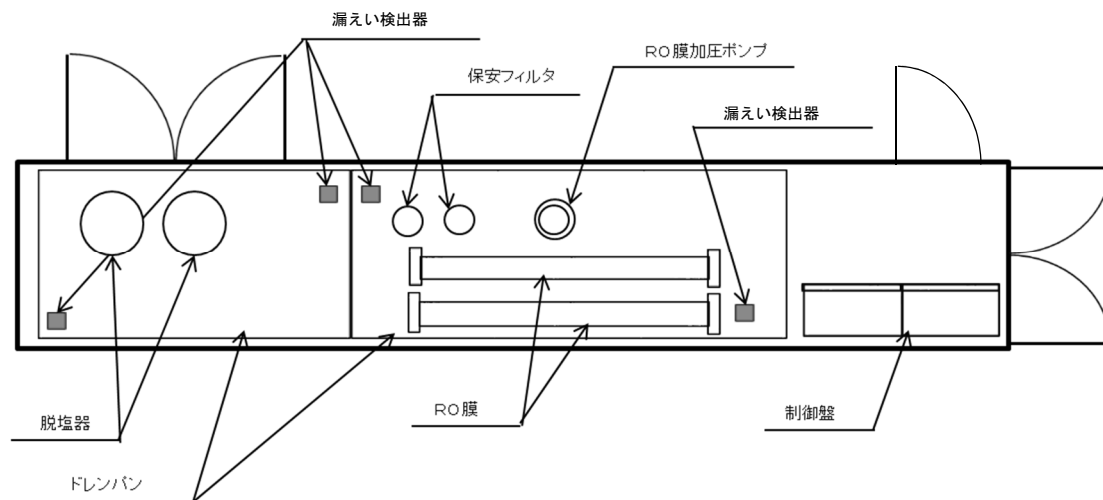
#### (2) 漏えい検知・漏えい拡大防止

地下水ドレン前処理装置には、漏えいした場合の検知機能を設け、漏えいを早期に検知する。また、漏えい拡大防止の堰を設置する。設置した堰は、装置が内包する液体を受けられる容量を確保していることから、装置内部に内包する液体が漏えいした場合でも、堰内に収まり、堰外へ漏えいすることはない（表－1）。

表－1 地下水ドレン前処理装置漏えい拡大防止 堰仕様（設計値）

対象設備		縦幅 (m)	横幅 (m)	高さ (m)	容積 (m <sup>3</sup> )	保有水量 (m <sup>3</sup> )
地下水ドレン前処理 装置 <sup>※1</sup>	RO膜	2.2	5.8	0.2	2.5	0.9
	脱塩器	2.2	3.8	0.3	2.5	1.3

※1 漏えい検出器の個数： 図－2 参照



地下水ドレン前処理装置

図-2 漏えい検出器の設置場所

### 7.2. 放射線遮へい・被ばく低減に対する考慮

地下水ドレン前処理装置にて取り扱う液体に含まれている放射性物質濃度は数千 Bq/L 程度であることから、放射線遮へいは不要である。

なお、放射線遮へいの必要が生じた場合には、状況に応じて適切な放射線遮へいを行う。

### 7.3. 崩壊熱除去

地下水ドレン前処理装置にて取り扱う液体に含まれている放射性物質の崩壊熱は、通水により熱除去する。

### 7.4. 可燃性ガスの滞留防止

地下水ドレン前処理装置においては、水の放射線分解により発生する可能性のある可燃性ガスは、通水により排水される。

## 7.5. 環境条件対策

### 7.5.1. 熱による劣化

地下水の温度は、ほぼ常温のため、金属材料の劣化の懸念はない。また、高分子系の材料についても本装置の最高使用温度 40℃で最高使用圧力に耐えられる材料を用いる。

### 7.5.2. 凍結

地下水ドレン前処理装置については、コンテナ内に空調設備を設置し、0℃を下回らないようにして凍結防止を図る。屋外敷設のポリエチレン管等は水の移送を停止した場合、凍結による破損が懸念されるため、屋外敷設のポリエチレン管等に保温材を取り付け、凍結防止を図る。なお、保温材は高い気密性と断熱性を有する硬質ポリウレタン等を使用し、凍結しない十分な厚さを確保する。

### 7.5.3. 生物汚染

地下水を移送している上では有意な微生物腐食等は発生しないと考えられる。

### 7.5.4. 耐放射線性

地下水ドレン前処理装置にて取り扱う液体に含まれている放射性物質濃度は数千 Bq/L 程度であることから、機器（電気・計装品含む）類および配管の耐放射線性は考慮する必要はない。

### 7.5.5. 紫外線

屋外敷設箇所のポリエチレン管等には、紫外線による劣化を防止するための耐紫外線性を有する保温材等で覆う処置を実施する。また、供用期間中、保温材等の劣化を確認した場合には、必要に応じて補修を計画する。

### 7.5.6. 長期停止中の措置

装置を長期停止する場合は、必要に応じてフラッシングを行い放射線量を低減するとともに、内部の水抜きを実施することで、腐食および凍結を防止する。

## 7.6. 自然災害対策等

### (1) 津波

大津波警報が出た際はサブドレン集水設備及び地下水ドレン集水設備を停止することで、汲み上げた水の流出防止に努める。

### (2) 台風・豪雨

地下水ドレン前処理装置は、屋外移送配管を除きコンテナ内に設置する。コンテナは一般的に貨物輸送に使われる強固な鋼製のものであり、基本的に台風時にも横転することはないが、念のため基礎ボルトによってコンテナを固縛することで更なる横転防止を図る。豪雨及び強風に対する対応は、予め定めたマニュアル等に従い実施する。

### (3) 落雷

動的機器及び電気設備は、機器接地により落雷による損傷を防止する。

### (4) 竜巻

竜巻の発生の可能性が予見される場合は、設備の停止・隔離弁の閉止作業等を行い、地下水ドレンポンドから汲み上げた地下水の漏えい防止を図る。

### (5) 火災

火災発生を防止するため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用する。消火器を設置し、動力消防ポンプ（防火水槽及びポンプ車）を適切に配置することにより、初期消火の対応を可能とし、消火活動の円滑化を図る。なお、火災発生は、巡視点検、監視カメラにより確認できる。

## 8. 放射性固体廃棄物発生量に関する評価

地下水ドレン前処理装置の運用に伴い、保安フィルタ、RO膜、脱塩器（脱塩樹脂含む）から、放射性固体廃棄物が発生する。地下水ドレン前処理装置を運用した場合の放射性固体廃棄物発生量について評価を行った。

### 8.1. 計算条件

計算条件は以下の通りとする。

- ・地下水ドレン前処理装置は、定格処理量（480m<sup>3</sup>/日）とする。

### 8.2. 評価結果

#### 8.2.1. 保安フィルタ

保安フィルタはフィルタ差圧に応じて取替を実施する。交換頻度は、地下水の水質により変動するが、2ヶ月に1回程度と想定される。年間の廃棄物発生量は約1m<sup>3</sup>程度となる。

#### 8.2.2. RO膜

RO膜は、RO膜差圧または装置下流の導電率に応じて取替を実施する。交換頻度は、地下水の水質により変動するが、2ヶ月に1回程度と想定される。年間の廃棄物発生量は約4m<sup>3</sup>程度となる。

#### 8.2.3. 脱塩器（脱塩樹脂含む）

脱塩器は、保安フィルタ及びRO膜で処理された水を通水する。よって、脱塩器の性能低下はほとんど想定されないことから、脱塩器の交換の可能性はほとんどない。保守的に脱塩器の脱塩樹脂を年2回交換すると想定した場合、廃棄物発生量は約2m<sup>3</sup>となる。

### 8.3. 保管計画

地下水ドレン前処理装置で発生する固体廃棄物については、容器に収納し、表面の線量率を測定した上で発電所内の固体廃棄物貯蔵庫にて保管する。処理対象の放射性物質濃度が低く、処理後はそのほとんどが濃縮水中に含まれることから、RO膜等の固体廃棄物への遮へいは不要である。

## 9. 別紙

別紙ー1 : 地下水ドレン前処理装置に係る確認事項

## 地下水ドレン前処理装置に係る確認事項

地下水ドレン前処理装置に係る主要な確認事項を表－1～6に示す。  
 なお、寸法許容範囲については製作誤差等を考慮の上、確認前に定める。

表－1 確認事項（地下水ドレン前処理装置）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることについて記録を確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。 また、耐圧部から漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	定格容量を通水する。ただし、処理する水の水温により通水量が変化することから、換算した結果を確認する。	定格容量を通水できること。 また、異音、異臭、振動等の異常がないこと。 RO膜の処理により、放射性核種が低減されていること。

表-2 確認事項（地下水ドレン前処理装置主配管（鋼管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることについて記録を確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形がないこと。 耐圧部から漏えいがないこと。



表－3 確認事項（地下水ドレン前処理装置主配管（PE管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	主な材料について記録を確認する。	当該材料規格の規定のとおりであること。
	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	製造者寸法許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることについて記録を確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形がないこと。 耐圧部から漏えいがないこと。

表－4 確認事項（地下水ドレン前処理装置主配管（合成ゴム管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	納品書等に添付されている材料証明書等により使用材料を確認する。	確認書類に示される使用材料が、実施計画の通りであること。
	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることについて記録を確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形がないこと。 耐圧部から漏えいがないこと。

表－5 確認事項（漏えい検出装置及び自動警報装置）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置を確認する。	実施計画のとおりであること。
機能	漏えい警報確認	漏えいの信号により警報が発生することを確認する。	漏えいの信号により警報が発生すること。

表－6 確認事項（堰）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
漏えい防止	寸法確認	実施計画に記載されている堰の主要寸法を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおりであること。
性能	機能確認	外観を確認する。	有意な欠陥が無いこと。

以上

## 1.7 1～4号機の滞留水<sup>\*</sup>とサブドレンの運転管理について

1～4号機のタービン建屋等には、原子炉への注水、雨水の浸入、地下水の浸透等により、滞留水が増加している状況にある。そのため、滞留水移送装置にてタービン建屋等にある滞留水を汚染水処理設備のあるプロセス主建屋、雑固体廃棄物減容処理建屋へ移送することにより、水位調整を行っている。

また、1～4号機のタービン建屋等への地下水の浸透を減少させるため、サブドレン集水設備を稼働させており、サブドレン水位を段階的に低下させている。

一方、本実施計画「Ⅲ第1編第26条（建屋に貯留する滞留水）」の表26-2では、各建屋からの滞留水の漏えいを防止するために、滞留水水位が建屋近傍のサブドレン水位より低く保つことを運転上の制限として定めていることから、サブドレン水位を低下させつつ、当該事項を満足させるため、滞留水とサブドレンの運転管理を次の通り実施する。

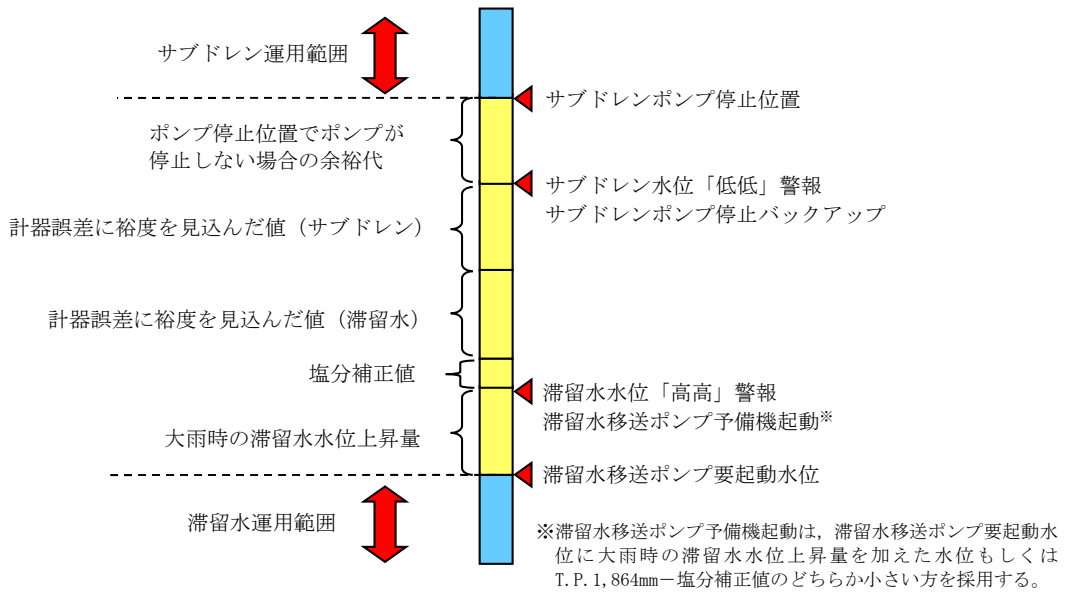
※本章実施計画「Ⅲ第3編1.7 1～4号機の滞留水とサブドレンの運転管理について」における「滞留水」とは、特に定めがない場合、本実施計画「Ⅲ第1編第11条（構成及び定義）」に定める建屋に貯留する滞留水をいう。

### 1.7.1 滞留水とサブドレンの水位管理について

滞留水とサブドレンの水位管理において、滞留水は建屋毎に滞留水移送ポンプ要起動水位を定め<sup>\*</sup>、滞留水移送ポンプ予備機起動は滞留水移送ポンプ要起動水位に200mmを加えた水位もしくはT.P.1,864mm－各建屋内滞留水の塩分濃度による比重を考慮した補正值（以下、「塩分補正值」という。）のどちらか小さい方に設定して運転を行う。サブドレンは、ポンプ停止位置を滞留水移送ポンプ要起動水位に800mm+塩分補正值を加えた水位以上に、サブドレンポンプ停止バックアップ位置は滞留水移送ポンプ要起動水位に600mm+塩分補正值を加えた水位以上に設定して運転を行う。水位の設定は建屋内外の水位比較範囲（図-2参照）に従い、建屋毎に定めるものの、全サブドレンのサブドレンポンプ停止バックアップ位置の最小値が、全建屋の滞留水移送ポンプ予備機起動の最大値より高くなるよう設定し、建屋間の水位の設定は極力差をつけないよう運用する。また、2つ以上の建屋と比較するサブドレンで、建屋間で水位の設定が異なる場合は、滞留水移送ポンプ要起動水位が高い方の水位の設定を採用する。ただし、今後の建屋水位低下や連通部の位置関係から、局所的に水位調整が出来なくなるエリアが発生することも想定されるため、このような状態変化に伴って滞留水移送装置にてエリア水抜きが困難となるエリア（水位調整不可能なエリア）については、個別に対応を行う。

また、滞留水とサブドレンの水位差が減少してきた場合に備え、滞留水とサブドレンの水位差（各建屋における滞留水の最高水位と当該建屋近傍のサブドレンの最低水位の差）の運用目標値を定め、当該水位差以下となった場合には警報を発報し、ただちに水位差を広げる措置を講じる。水位差の運用目標値は、滞留水水位計およびサブドレン水位計の計器誤差に裕度を見込んだ値に余裕をもって、450mm+塩分補正值以上に設定する。

※滞留水移送ポンプ要起動水位を定める際には、制御用水位計だけでなく、監視用水位計も考慮し、各設置エリアの床面より高く設定する。



	設定の考え方	設定値
サブドレン	ポンプ停止位置でポンプが停止しない場合の余裕代	+200mm
	水位計の計器誤差に裕度を見込んだ値	+200mm
滞留水	水位計の計器誤差に裕度を見込んだ値	+200mm
	塩分補正值	—※
	大雨時の滞留水水位上昇量	+200mm

※各建屋の塩分濃度のサンプリング結果に基づき設定

図-1 滞留水とサブドレンの水位管理

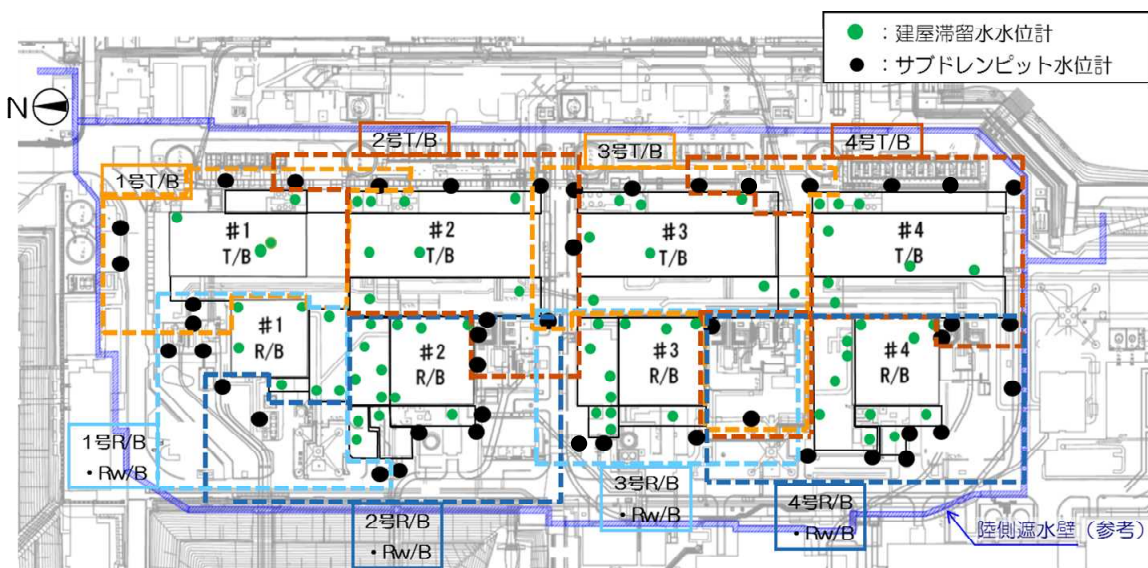


図-2 建屋内外の水位比較範囲

### 1.7.2 警報発生時の対応フロー

滞留水移送装置およびサブドレン集水設備の警報発生時は、図-3、図-4のフローに基づき、対応を行う。

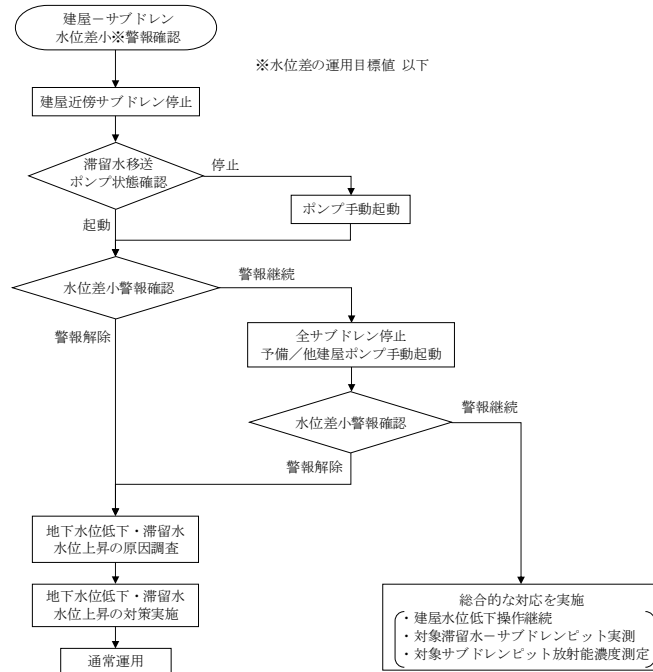
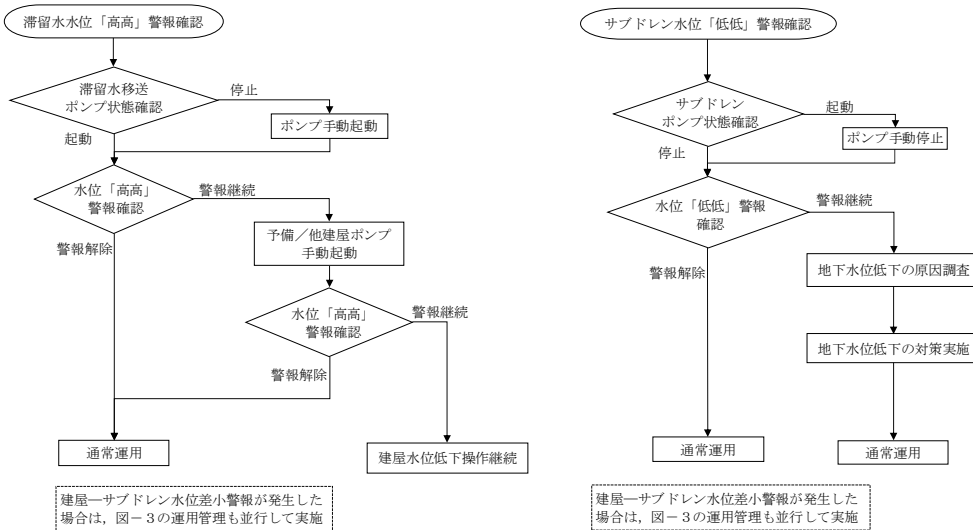


図-3 滞留水とサブドレンとの水位差に関する運用方法



(a) 滞留水

(b) サブドレン

図-4 滞留水とサブドレンの水位に関する運用方法

### 1.7.3 滞留水移送ポンプ要起動水位およびサブドレン稼働水位の設定

- (1) 滞留水移送ポンプ要起動水位を低下させる場合は、事前に滞留水水位が新たに定めようとする滞留水移送ポンプ要起動水位以下であることを確認した後、滞留水移送ポンプ要起動水位を低下させる。ただし、低下後の水位が未経験な水位の場合は、低下させた水位で維持出来ることを、一定期間（2, 3日程度）確認した後、滞留水移送ポンプ要起動水位を低下させる。その後、サブドレンと滞留水の水位差<sup>\*</sup>が確保できること、滞留水の移送先の受け入れ容量が十分であることが確認できれば、滞留水の流出リスクがないと判断し、サブドレンと滞留水の水位差<sup>\*</sup>を維持しつつ、サブドレンポンプ停止位置を変更する。
- (2) 滞留水移送ポンプ要起動水位は通常時は T. P. 1, 664mm－塩分補正值以下に定めて運用するが、地下水流入抑制効果やタンク建設状況、降雨による一時的な流入量増加によって、建屋への流入量がタンク容量を逼迫させる恐れがある場合に、滞留水水位「高高」警報が発報しない水位（T. P. 1, 864mm－塩分補正值未満）を上限として、滞留水移送ポンプ要起動水位を上げる。このような場合においても、各建屋近傍のサブドレンとの水位差<sup>\*</sup>を維持するよう水位管理を行う。

※サブドレン水位がポンプ停止位置を上回り、汲み上げ可能なサブドレン（稼働サブドレン）は 800mm＋塩分補正值 以上水位差を確保するものとし、サブドレン水位がポンプ停止位置を下回り、汲み上げ不可能なサブドレン（非稼働サブドレン）は 450mm＋塩分補正值 以上水位差を確保する。

### 1.7.4 排水完了エリアに貯留する残水等の水位管理について

- (1) 排水完了エリアに貯留する残水は、水位が安定していること等を確認出来た範囲内で水位管理するための運用目標値を図－5に従って定め、適切な頻度で水位監視を行う。排水完了エリアに貯留する残水とは、建屋に貯留する滞留水と水位が連動しておらず、滞留水を排水可能限界レベルまで排水し、水位計測が困難<sup>\*</sup>となるエリアを示す。当該エリアにおいて、雨水の浸入、地下水の浸透等が運用目標値以下で発生した場合は(2)に準じた排水を適宜実施する。当該エリアの水位が運用目標値を超えた場合は速やかに排水を実施するとともに、水位が運用目標値を下回るまでは日々の水位監視を行う。また、水位の安定が確認出来ない場合は、排水可能限界レベルまで排水を継続する。

建屋に貯留する滞留水のうち滞留水移送装置での水位調整が不可能なエリアにおいて、サブドレン水位より高い水位が確認された場合は、原則可能な限り排水を実施する。

水位安定エリアに貯留する滞留水において、水位が基準値及び当該建屋近傍のサブドレン水の水位をともに超えた場合は速やかに排水を実施するとともに、水位が基準値及び当該建屋近傍のサブドレン水の水位のいずれかを下回るまでは日々の水位監視を行う。

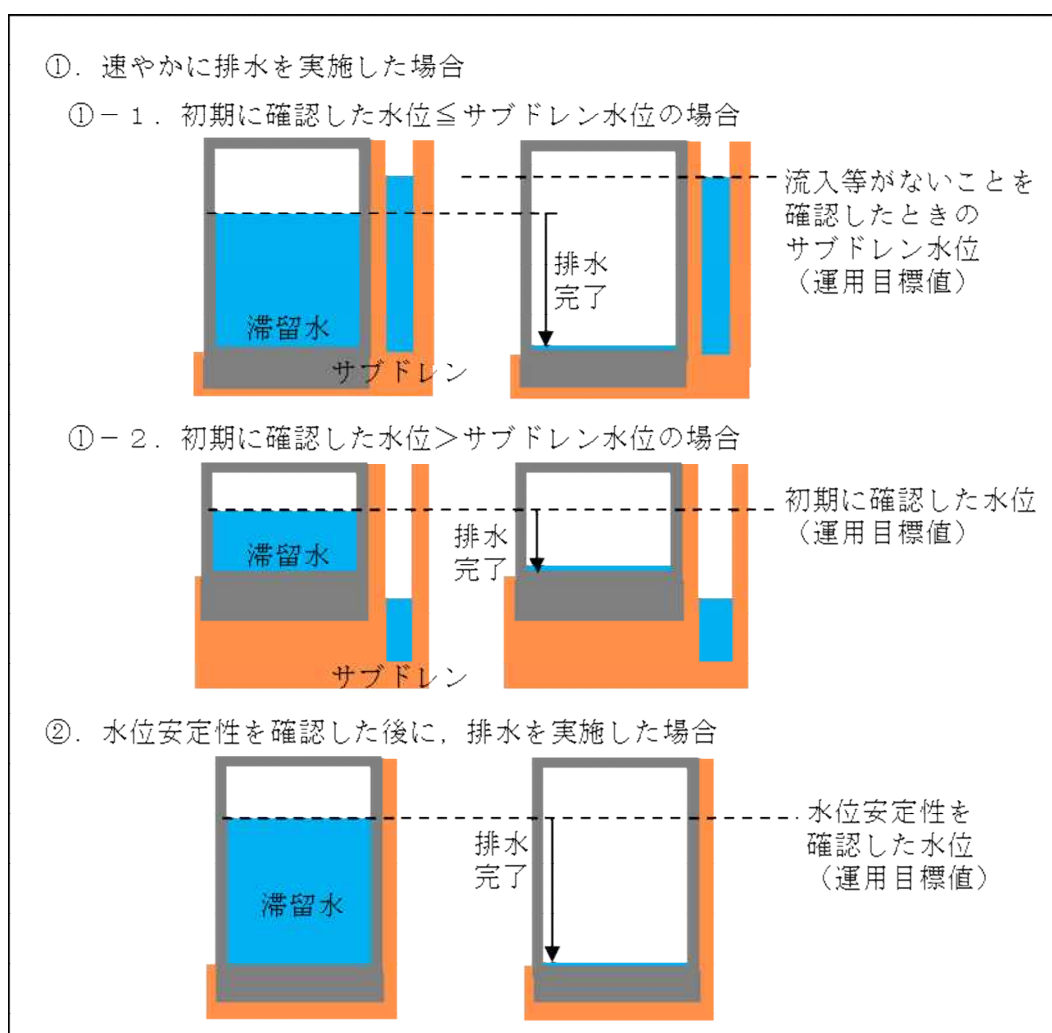
床面以下に貯留する残水は、運用目標値を定めて適切な頻度で水位監視を行う。運

用目標値は、当該エリアが他のエリアと連通する水位以下に設定する（図－6）。水位の確認について、水位確認できる箇所は当該水位計、水位確認できない箇所は近傍エリアの水位計にて実施する。水位が運用目標値を超えた場合は、運用目標値以下まで排水を実施する。

床面以下に貯留する残水について、排水可能限界レベルまで排水が可能となった場合は、水位が連動していないことを確認し、排水を実施の上、排水完了エリアに貯留する残水と水処理計画GMが判断する。

床面以下に貯留する残水の対象エリアを表－1と図－7に示す。

※概ね 20mm 以下の残水があるエリアについては、水位計測が困難となるエリアとみなす。



図－5 運用目標値の設定根拠



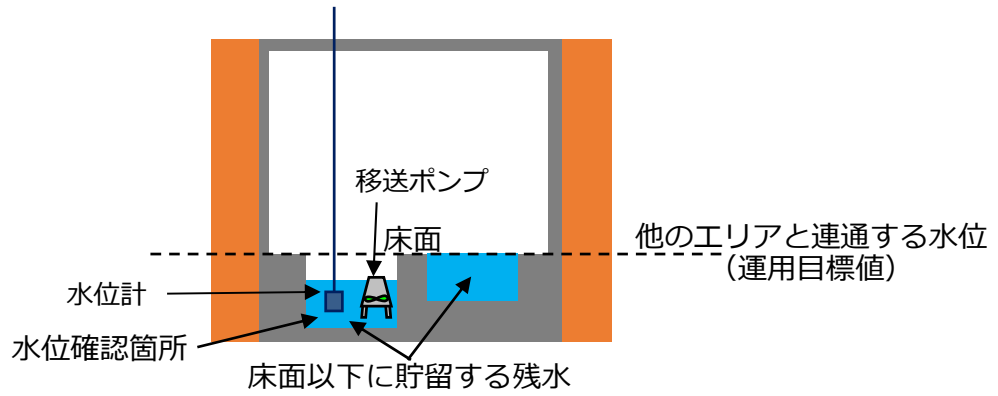


図-6 床面以下に貯留する残水の運用目標値

表-1 床面以下に貯留する残水

号機	建屋	対象エリア
1号機	タービン建屋	<ul style="list-style-type: none"> <li>・床ドレンサンプ</li> <li>・機器ドレンサンプ</li> <li>・復水ポンプ配管トレンチ</li> <li>・復水ポンプピットA</li> <li>・復水ポンプピットB</li> <li>・復水ポンプピットC</li> <li>・給水加熱器ドレンポンプピットA</li> <li>・給水加熱器ドレンポンプピットB</li> </ul>

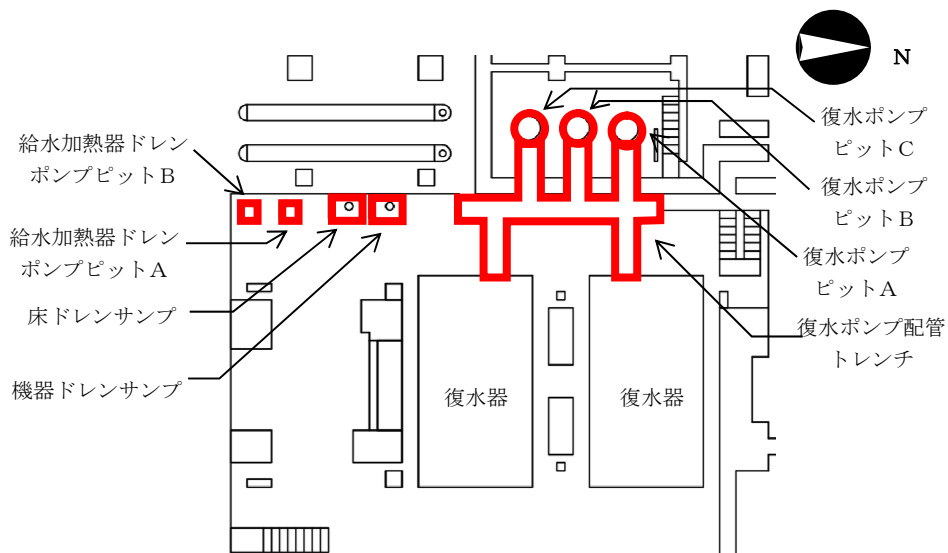


図-7 1号機タービン建屋最下階平面図

(2) 建屋に貯留する滞留水のうち、滞留水移送装置での水位調整が不可能なエリアの滞留

水において、サブドレン水位より低い場合は、必要に応じて一時的な排水を実施する。

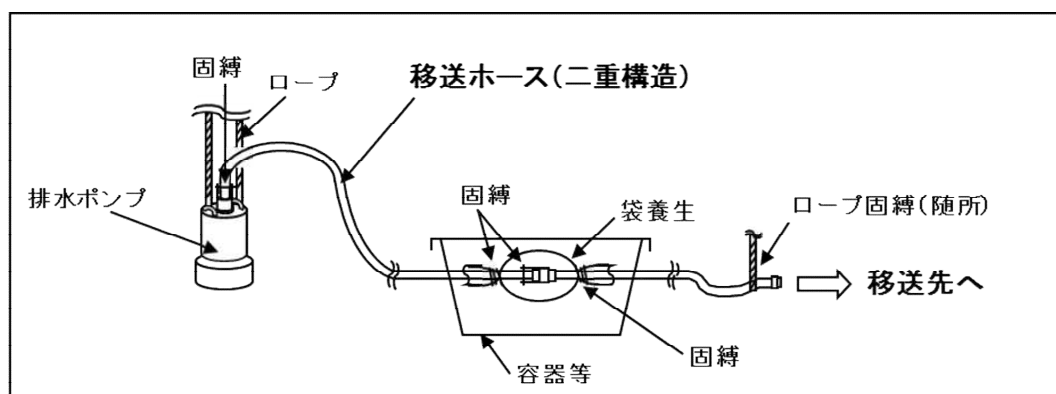
排水は、滞留水移送装置での水位調整が可能なエリアに排水が可能な方法とし、排水ポンプ、移送ホース等で構成した排水ラインで行う。排水作業前には、移送先の水位状況から、必要に応じて事前に移送先の水位を低下させる措置を行う。排水作業は、当該エリア及び移送先の水位状況を確認しながら段階的に水位を低下させ、必要に応じて移送中に移送先の水位を低下させる措置を行い、排水可能な水位の下限まで排水したことを確認し完了とする。作業完了後、構成した排水ラインを撤去する等の措置を行う。排水ラインの撤去により発生する瓦礫類は表面線量率に応じて定められた屋外の一時保管エリアへ搬入する。発生する瓦礫類の見込量を表一２に示す。

排水時の漏えいの発生を防止するため、移送ホースは二重構造とするとともに、移送ホースの接続部を固縛することにより接続部が外れない処置を実施する。また、漏えい水の拡大を防止するため、移送ホースの接続部を袋で養生すること及び接続部の下に漏えい水を受ける容器等を設置する（図一８）。屋外の土壌の上に移送ホース等を敷設する場合は、損傷防止対策としてチガヤ対策シートを使用する。

原則として雨天時等の漏えい発生時発見が困難な状況においては、排水を中止する。

排水作業前には、ろ過水等による排水ラインへの通水により漏えい確認を行う。また、万一の漏えいを考慮し、排水時の現場の目視確認（カメラによる遠隔での確認も含む）もしくは漏えい検知器により漏えいの検知を常時行い、漏えいが確認された場合は速やかに排水ポンプを停止させる措置を行う。屋外に排水ラインを敷設する場合は、漏えいを検知したら直ちに排水ポンプを停止できるよう、作業員を配置する。屋外の排水ラインは、図一９に示したルートとする。

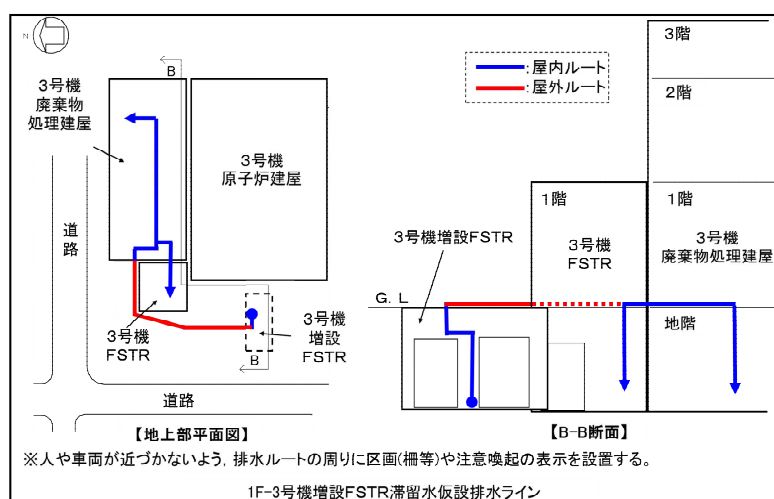
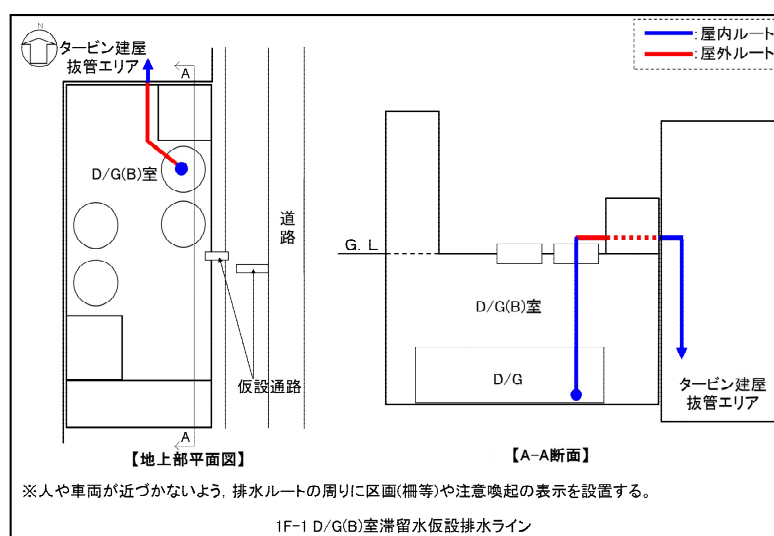
作業前に必要に応じ遮蔽等により作業エリアの線量低減対策を行うとともに、可能な限り遠隔での漏えい検知を行うことにより、作業時の被ばく低減を図る。また、排水中は不用意に人や車両が近づかないようにするため、排水ルートの周りに区画（柵等）や注意喚起の表示を設置する。

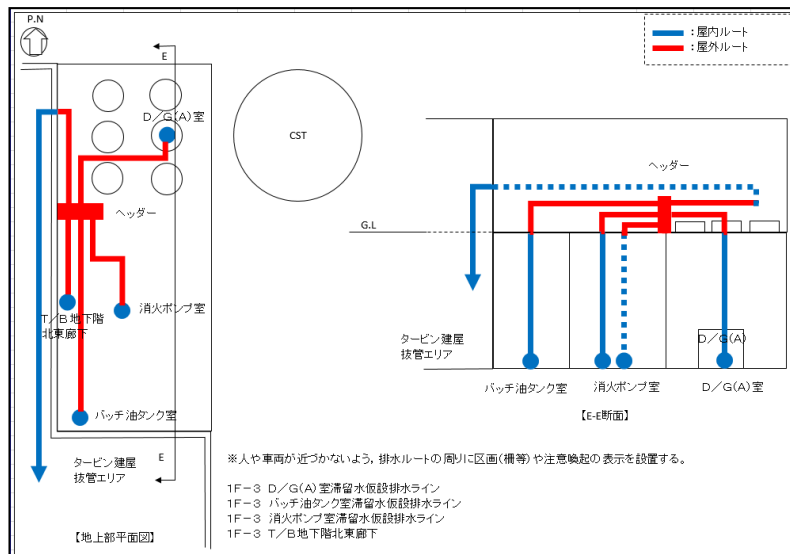
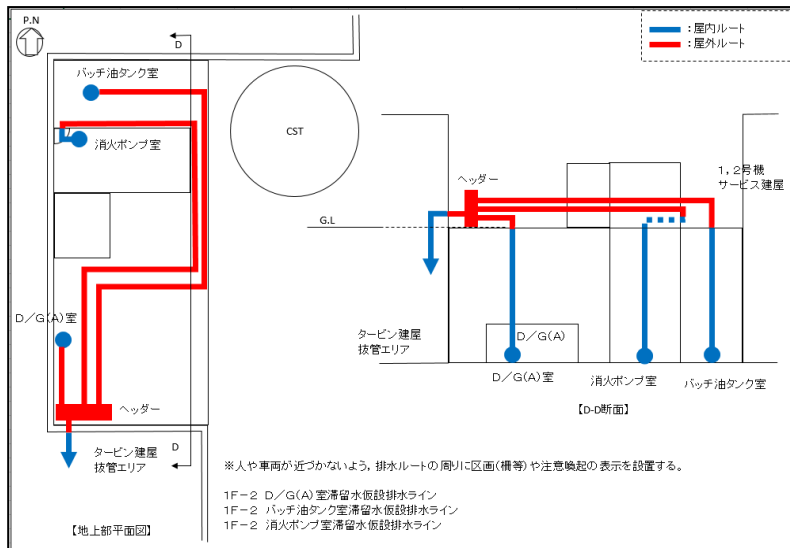
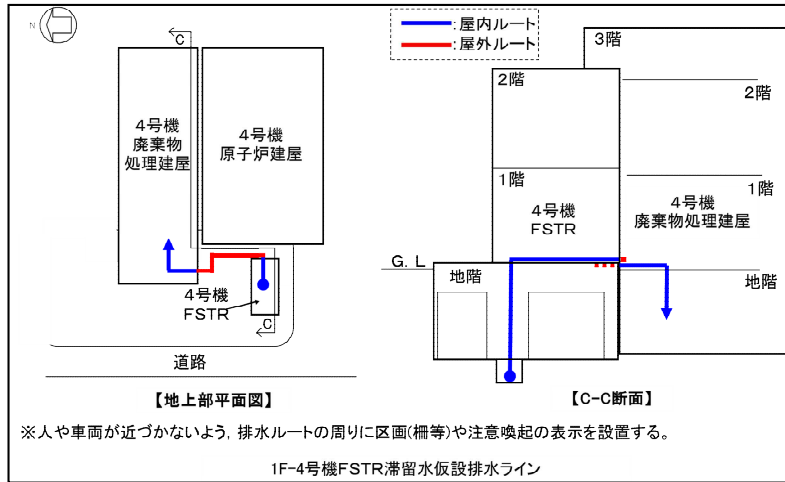


図一８ 排水概要図（例）

表-2 瓦礫類発生見込量

号機	対象エリア	瓦礫類発生見込量	搬入予定の屋外の一時保管エリア
2号機	D/G (A) 室・バッチ油タンク室 消火ポンプ室	13m <sup>3</sup>	受入目安表面線量率 1mSv/h 以下 (X1、W1、W2 エリア)
3号機	D/G (A) 室・バッチ油タンク室 消火ポンプ室・T/B 地下階北東廊下		
4号機	D/G (A) 室・バッチ油タンク室		





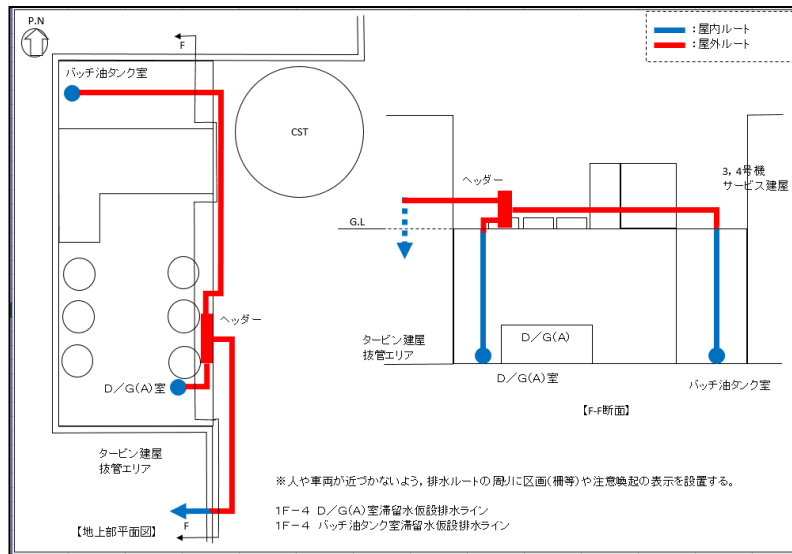


図-9 屋外排水ライン概略図

#### 1.7.5 その他の管理

- (1) 滞留水の水位監視に問題ないことを確認するため、全ての滞留水水位計について適切な頻度で点検等を実施し、計器誤差に裕度を見込んだ値を超えないように管理する。
- (2) 滞留水移送装置の監視用水位計設置箇所（滞留水移送装置での水位調整が不可能なエリアを除く）のうち、制御用水位計設置箇所と比較し偏差が確認された場合は、建屋内水位偏差管理フロー（図-10）に基づき対応を行う。

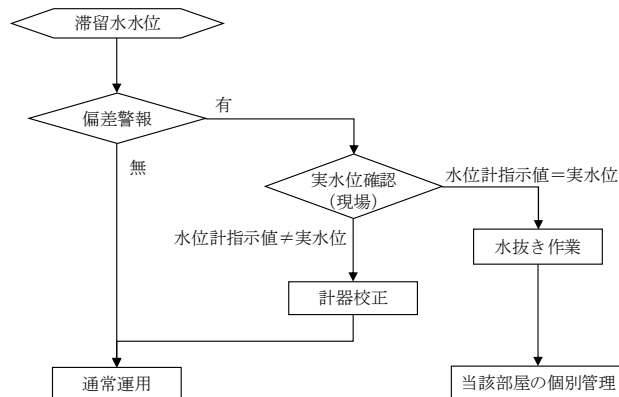


図-10 建屋内水位偏差管理フロー

## 2 放射性廃棄物等の管理に関する補足説明

### 2.1 放射性廃棄物等の管理

#### 2.1.1 放射性固体廃棄物等の管理

##### 2.1.1.1 概要

放射性固体廃棄物には、濃縮廃液（セメント固化体、造粒固化体（ペレット、ペレット固化体）、原子炉内で照射された使用済制御棒、チャンネルボックス等、使用済樹脂\*1、フィルタスラッジ\*2、その他雑固体廃棄物があり、固体廃棄物貯蔵庫、サイトバンカ、使用済燃料プール、使用済燃料共用プール、使用済樹脂貯蔵タンク、造粒固化体貯槽等に貯蔵、または保管する。

事故後に発生した瓦礫等には、瓦礫類、伐採木、使用済保護衣等があり、一時保管エリアを設定して、一時保管する。

一時保管エリアには、固体廃棄物貯蔵庫、覆土式一時保管施設、仮設保管設備、伐採木一時保管槽、屋外の集積場所がある。

また、放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等の放射性固体廃棄物等については、必要に応じて減容等を行う。

\* 1 : 1～6号機、廃棄物集中処理建屋の使用済樹脂（ビーズ状の樹脂）

\* 2 : 1号機原子炉冷却材浄化系フィルター、1～6号機及び使用済燃料共用プールの原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器、使用済燃料プール浄化系ろ過脱塩器、機器ドレンフィルター、床ドレンフィルターより廃棄されたるろ過材とその捕獲されたクラッド

##### 2.1.1.2 基本方針

放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等の放射性固体廃棄物等については、必要に応じて減容等を行い、その性状により保管形態を分類して、作業員及び公衆の被ばくを達成できる限り低減できるようにし、放射性固体廃棄物等が管理施設外へ漏えいすることのないよう貯蔵、保管、または一時保管する。

また、これまでの発生実績や今後の作業工程から発生量を想定し、適切に保管エリアを確保し管理していくとともに、持込抑制等の発生量低減、放射性固体廃棄物等の再利用・リサイクル、減容や保管効率の向上のための具体的な方策等を検討していく。

放射性固体廃棄物等は処理・処分を実施するまでの間、保管期間が長期に亘る可能性があるため、作業エリアや敷地境界への放射線影響等に配慮し、中長期的には仮設保管設備等に一時保管している放射性固体廃棄物等を耐震性を有する恒久的な貯蔵設備等での保管に移行するように計画していく。至近の計画としては、約 61,200 m<sup>3</sup>（ドラム缶等約 110,000 本相当）を保管できる固体廃棄物貯蔵庫第9棟の平成 29 年度の運用開始を目指して設置工事を行う。

以後の恒久的な貯蔵設備での保管計画については、必要な保管容量を確保するような貯蔵設備の増設や減容設備等の設置計画を具体化するとともに、個々の設備の仕様が明確になった段階で実施計画に反映していくこととする。

#### 2.1.1.3 対象となる放射性固体廃棄物等と管理方法

1～6号機を含めた発電所敷地内及び臨時の出入管理箇所において発生した放射性固体廃棄物、事故後に発生した瓦礫等を対象とする。

##### (1) 区分

###### a. 放射性固体廃棄物

濃縮廃液（セメント固化体、造粒固化体（ペレット、ペレット固化体）、原子炉内で照射された使用済制御棒、チャンネルボックス等、使用済樹脂、フィルタスラッジ、その他雑固体廃棄物

###### b. 事故後に発生した瓦礫等

瓦礫類、伐採木、使用済保護衣等

##### (2) 運用

放射性固体廃棄物等の種類ごとの貯蔵、保管、または一時保管の措置は以下のとおりである。

- ・濃縮廃液（セメント固化体、造粒固化体（ペレット固化体）、その他雑固体廃棄物  
固体廃棄物貯蔵庫（容器収納、大型廃棄物への開口部閉止措置）
- ・原子炉内で照射された使用済制御棒、チャンネルボックス等、使用済樹脂、フィルタスラッジ、濃縮廃液（造粒固化体（ペレット））  
サイトバンカ、使用済燃料プール、使用済燃料共用プール、使用済樹脂貯蔵タンク等
- ・瓦礫類  
固体廃棄物貯蔵庫（容器収納、大型瓦礫類への飛散抑制措置）、仮設保管設備（容器未収納）、覆土式一時保管施設（容器未収納）、屋外集積（容器収納、シート等養生、養生なし）
- ・伐採木  
屋外集積（養生なし）、伐採木一時保管槽（容器未収納）
- ・使用済保護衣等  
固体廃棄物貯蔵庫（容器収納、袋詰め）、仮設保管設備（容器収納、袋詰め）、屋外集積（容器収納、袋詰め）

上記の放射性固体廃棄物等について、以下の管理を実施する。

###### a. 放射性固体廃棄物

(a) その他雑固体廃棄物、濃縮廃液（セメント固化体、造粒固化体（ペレット固化体））

#### i. 処理・保管

ドラム缶等の容器に封入するか、または放射性物質が飛散しないような措置を講じて、固体廃棄物貯蔵庫に保管する。または、雑固体廃棄物焼却設備で焼却し、焼却灰をドラム缶等の容器に封入した上で、固体廃棄物貯蔵庫等に保管する。

#### ii. 管理

##### (i) 巡視、保管量確認

固体廃棄物貯蔵庫における放射性固体廃棄物の保管状況を確認するために、定期的に見視可能な範囲で巡視し、転倒等の異常がないことを確認する。保管量については、事故前の保管量の推定値を元に、保管物の出入りを確認する。

##### (ii) 管理上の注意事項の掲示

固体廃棄物貯蔵庫の目につきやすい場所に管理上の注意事項を掲示する。

#### iii. 貯蔵能力

固体廃棄物貯蔵庫（第1棟～第8棟）は、2000ドラム缶約 284,500 本相当を貯蔵保管する能力を有し、平成 29 年 3 月現在の保管量は固体廃棄物貯蔵庫で 186,096 本相当である。

固体廃棄物貯蔵庫の一部を瓦礫類の一時保管エリアに使用することにより、放射性固体廃棄物の貯蔵能力はドラム缶約 252,700 本相当となるが、想定保管量は平成 32 年 3 月においてドラム缶約 189,500 本相当と見込んでおり、放射性固体廃棄物の保管に支障はないものとする。

#### (b) 原子炉内で照射された使用済制御棒、チャンネルボックス等

##### i. 貯蔵保管

原子炉内で照射された使用済制御棒、チャンネルボックス等は、使用済燃料プールに貯蔵もしくはサイトバンカに保管する。または、原子炉内で照射されたチャンネルボックス等は使用済燃料共用プールに貯蔵する。

##### ii. 管理

##### (i) 巡視、貯蔵保管量確認

サイトバンカにおける原子炉内で照射された使用済制御棒、チャンネルボックス等について、事故前の保管量の推定値を元に保管物を確認する。

使用済燃料プールにおける原子炉内で照射された使用済制御棒、チャンネルボックス等の貯蔵量は、事故前の貯蔵量の推定値を元に、貯蔵物の出入りを確認する。

また、使用済燃料共用プールにおける原子炉内で照射されたチャンネルボックス等については、定期的な巡視及び貯蔵量の確認を実施する。

##### (ii) 管理上の注意事項の掲示

サイトバンカの目につきやすい場所に管理上の注意事項を掲示する。



### iii. 貯蔵能力

サイトバンカは、原子炉内で照射された使用済制御棒、チャンネルボックス等を約 4,300m<sup>3</sup> 保管する能力を有し、平成 29 年 3 月現在の保管量は、制御棒約 61m<sup>3</sup>、チャンネルボックス等約 265m<sup>3</sup>、その他約 193m<sup>3</sup>である。

#### (c)使用済樹脂、フィルタスラッジ、濃縮廃液（造粒固化体（ペレット））

##### i. 処理・貯蔵保管

使用済樹脂、フィルタスラッジは、使用済樹脂貯蔵タンク等に貯蔵する。または、乾燥造粒装置で造粒固化し、造粒固化体貯槽または、固体廃棄物貯蔵庫に保管するか雑固体廃棄物焼却設備で焼却し、焼却灰をドラム缶等の容器に封入した上で、固体廃棄物貯蔵庫に保管する。

また、濃縮廃液（造粒固化体（ペレット））は、造粒固化体貯槽に保管する。

##### ii. 管理

###### (i) 巡視、貯蔵保管量確認

1～4号機廃棄物処理建屋及び廃棄物集中処理建屋設置分は監視設備の故障等により確認が困難であり、監視はできないが、点検が可能な液体廃棄物処理系または5、6号機のタンク等について、定期に外観点検または肉厚測定等を行い、漏えいのないことを確認することにより、当該貯蔵設備の状態を間接的に把握する。

貯蔵量については、事故前の貯蔵量の推定値にて確認する。

6号機原子炉建屋付属棟の地下を除いた5号機廃棄物処理建屋及び6号機原子炉建屋付属棟については、使用済樹脂貯蔵タンク等における使用済樹脂及びフィルタスラッジの貯蔵状況を定期的に監視し、貯蔵量を確認する。

なお、6号機原子炉建屋付属棟の地下設置分については、滞留水により没水しているため監視はできないことから、貯蔵設備に対する滞留水の影響について確認しており

(Ⅱ.2.33 添付資料-3参照)、貯蔵量については、事故前の貯蔵量の推定値にて確認する。

運用補助共用施設については、沈降分離タンクにおけるフィルタスラッジの貯蔵状況を定期的に監視し、貯蔵量を確認する。

### b. 事故後に発生した瓦礫等

#### (a) 瓦礫類

##### i. 処理・一時保管

発電所敷地内において、今回の地震、津波、水素爆発による瓦礫や放射性物質に汚染した資機材、除染を目的に回収する土壌等の瓦礫類は、瓦礫類の線量率に応じて、材質により可能な限り分別し、容器に収納して屋外の一時保管エリア、固体廃棄物貯蔵庫、

覆土式一時保管施設，仮設保管設備，または屋外の一時的保管エリアに一時的保管する。または，雑固体廃棄物焼却設備で焼却し，焼却灰をドラム缶等の容器に封入した上で，固体廃棄物貯蔵庫等に保管する。なお，固体廃棄物貯蔵庫に一時的保管する瓦礫類のうち，容器に収納できない大型瓦礫類は，飛散抑制対策を講じて一時的保管する。また，瓦礫類については，可能なものは切断，圧縮などの減容処理を行い，敷地内で保管するか，または再利用する。

瓦礫類を回収する際に，アスベスト等の有害物質を確認した場合には法令に則り適切に対応する。

発電所敷地内で発生する瓦礫類の処理フローを図2. 1. 1-3に示す。

## ii. 飛散抑制対策

表面線量率が目安値を超える瓦礫類については，飛散抑制対策を実施する。

目安値は，発電所敷地内の空間線量率を踏まえ，周囲への汚染拡大の影響がない値として設定し，表面線量率が目安値以下の瓦礫類については，周囲の空間線量率と有意な差がないことから，飛散抑制対策は実施しない。

今後，発電所敷地内の空間線量率が変化すれば，それを踏まえ適宜見直す予定である。

飛散抑制対策としては，容器，仮設保管設備，固体廃棄物貯蔵庫，覆土式一時保管施設に収納，またはシートによる養生等を実施する。

## iii. 管理

### (i) 区画

関係者以外がむやみに立ち入らないよう，一時的保管エリアに柵かロープ等により区画を行い，立ち入りを制限する旨を表示する。

### (ii) 線量率測定

作業員の被ばく低減の観点から，瓦礫類の一時的保管エリアの空間線量率を定期的に測定し，測定結果は作業員への注意喚起のため表示する。

### (iii) 空気中放射性物質濃度測定

放射線防護の観点から，一時的保管エリアにおいて空気中放射性物質濃度を定期的に測定する。また，空気中放射性物質濃度測定の結果が有意に高くないことにより，飛散抑制対策が講じられていることを確認する。なお，測定結果が有意に高い場合には，適切な放射線防護装備を使用するとともに，飛散抑制対策の追加措置等を検討する。

### (iv) 遮蔽

作業員への被ばくや敷地境界線量に影響がある場合は遮蔽を行う。また，中期的には瓦礫類の表面線量率によって，遮蔽機能を有した建屋等に移動，一時的保管すること等により敷地境界での線量低減を図る。

### (v) 巡視，保管量確認

一時的保管エリアにおける瓦礫類の一時的保管状況を確認するために，定期的に一時的保管

エリアを巡視するとともに、一時保管エリアへの保管物の出入りに応じて定期的に保管量を確認する。なお、瓦礫類の保管量集計においては、一時保管エリアの余裕がどれくらいあるかを把握するため、エリア占有率を定期的に確認する。また、保管容量、受入目安の表面線量率を超えないように保管管理を行う。

なお、地震や大雨等に起因し、施設の保管状態に異常が認められた場合には、損傷の程度に応じて、施設の修復や瓦礫類の移動、取り出しを行う。

一時保管エリアの保管容量、受入目安表面線量率一覧表を表2.1.1-1-1に示す。

(vi) 覆土式一時保管施設における確認

覆土式一時保管施設は、遮水シートによる雨水等の浸入防止対策が施されていることを確認するために、槽内の溜まり水の有無を確認し、溜まり水が確認された場合には回収する。

覆土式一時保管施設における測定ポイント、測定結果表示箇所予定位置図を図2.1.1-4に示す。

(vii) 高線量の瓦礫類の一時保管における措置

表面線量率  $1\text{mSv/h}$  を超える瓦礫類を固体廃棄物貯蔵庫の地下階に保管する場合は、合理的に可能な限り無人重機又は遮蔽機能を有する重機を使用する。特に、 $30\text{mSv/h}$  を超える高線量の瓦礫類を固体廃棄物貯蔵庫の地下階に保管する場合は、可能な限り無人重機を使用する。また、 $1\text{mSv/h}$  を超える瓦礫類のなかでも相対的に高い線量の瓦礫類は、合理的に可能な限りレーンの奥に定置する他、作業員が立ち入る通路に近い場所には比較的 low 線量の瓦礫類を保管することにより、作業員の被ばく低減に努める。

iv. 貯蔵能力

平成29年3月現在の瓦礫類の一時保管エリアの保管容量は、約  $315,600\text{m}^3$  であり、保管量は、約  $200,400\text{m}^3$  である。また、平成32年3月においては、保管容量約  $439,700\text{m}^3$  に対して、想定保管量は、約  $378,100\text{m}^3$  と見込んでおり、平成31年度末までの保管容量は総量として確保されるものとする。

(b) 伐採木

i. 処理・一時保管

回収した伐採木は、枝葉根・幹根の部位により可能な限り分別し、屋外の一時保管エリアまたは枝葉根を減容して伐採木一時保管槽にて保管するか、雑固体廃棄物焼却炉で焼却し、焼却灰をドラム缶等の容器に封入した上で固体廃棄物貯蔵庫等に保管する。

なお、伐採木一時保管槽においては、覆土をすることにより線量低減を図る。

ii. 防火対策

伐採木の枝葉根と幹根の一時保管エリアには、火災時の初動対策として消火器を設置するとともに、以下の防火対策を実施する。

(i) 枝葉根

枝葉根については、微生物による発酵と酸化反応による発熱が考えられることから、屋外集積を行う枝葉根は、温度上昇を抑えるため積載高さを5m未満とし、通気性を確保するとともに、定期的な温度監視を行い、必要に応じて水の散布や通気性を良くするために積載した枝葉根の切り崩しを行う。

伐採木一時保管槽に収納する減容された枝葉根は、温度上昇を抑えるため収納高さを約3mとするとともに、覆土・遮水シートを敷設することで酸素の供給を抑制し、保管槽へのガスの滞留を防ぐためにガス抜き管を設置する。また、定期的な温度監視を行い、温度上昇が見受けられた場合はガス抜き管より窒素を注入し、温度低下を図るとともに、窒素による窒息効果により自然発火のリスクを抑える。

(ii) 幹根

幹根については、微生物による発酵と酸化反応による発熱が起り難いと考えられるが、通気性を確保するように積載高さを5m未満とする。

iii. 飛散抑制対策

屋外集積する伐採木は、シート養生をすることにより、放熱が抑制、蓄熱が促進され、蓄熱火災を生じる恐れがあることから、シート養生による飛散抑制対策は実施しないが、飛散抑制対策が必要となった場合には、飛散防止剤を散布する等の対策を講じる。伐採木一時保管槽については、覆土による飛散抑制対策を行う。

iv. 管理

(i) 区画

関係者以外がむやみに立ち入らないよう、一時保管エリアに柵かロープ等により区画を行い、立ち入りを制限する旨を表示する。

(ii) 線量率測定

作業員の被ばく低減の観点から、伐採木の一時保管エリアの空間線量率を定期的に測定し、測定結果は作業員への注意喚起のため表示する。

(iii) 空気中放射性物質濃度測定

放射線防護の観点から、一時保管エリアにおいて空気中放射性物質濃度を定期的に測定する。また、空気中放射性物質濃度測定の結果が有意に高くないことにより、飛散抑制対策が講じられていることを確認する。なお、測定結果が有意に高い場合には、適切な放射線防護装置を使用するとともに、飛散抑制対策の追加措置等を検討する。

(iv) 遮蔽

作業員への被ばくや敷地境界線量に影響がある場合は遮蔽を行う。

(v) 巡視、保管量確認

一時保管エリアにおける伐採木の一時保管状況を確認するために、定期的に一時保管エリアを巡視するとともに、一時保管エリアへの保管物の出入りに応じて定期的に保管

量を確認する。なお、伐採木の保管量集計においては、一時保管エリアの余裕がどれくらいあるかを把握するため、エリア占有率を定期的に確認する。また、保管容量、受入目安の表面線量率を超えないように保管管理を行う。

なお、伐採木一時保管槽は、定期的に温度監視を実施し、火災のおそれのある場合には冷却等の措置を実施する。また、外観確認により遮水シート等に異常がないことを定期的に確認する。地震や大雨等に起因し、施設の保管状態に異常が認められた場合には、損傷の程度に応じて、施設の修復や伐採木の移動、取り出しを行う。

一時保管エリアの保管容量、受入目安表面線量率一覧表を表 2. 1. 1 - 1 - 2 に示す。

#### v. 貯蔵能力

平成 29 年 3 月現在の枝葉根の一時保管エリアの保管容量は、約 44,900m<sup>3</sup>であり、保管量は、約 23,900m<sup>3</sup>である。また、平成 32 年 3 月においては、保管容量約 47,600m<sup>3</sup>に対して、想定保管量は、約 36,200m<sup>3</sup>と見込んでおり、平成 31 年度末までの保管容量は確保されるものとする。

また、平成 29 年 3 月現在の幹根の一時保管エリアの保管容量は、約 75,500m<sup>3</sup>であり、保管量は、約 54,200m<sup>3</sup>である。また、平成 32 年 3 月においては、保管容量約 128,000m<sup>3</sup>に対して、想定保管量は、約 123,700m<sup>3</sup>と見込んでおり、平成 31 年度末までの保管容量は確保されるものとする。

#### (c) 使用済保護衣等

##### i. 処理・一時保管

発電所に保管している使用済保護衣等は、保護衣・保護具の種類ごとに分別し、可能なものは圧縮等を実施して袋詰めまたは容器に収納し、決められた場所に一時保管する。または、雑固体廃棄物焼却設備で焼却し、焼却灰をドラム缶等の容器に封入した上で、固体廃棄物貯蔵庫等に保管する。

##### ii. 管理

###### (i) 区画

関係者以外がむやみに立ち入らないよう、一時保管エリアに柵かロープ等により区画を行い、立ち入りを制限する旨を表示する。

###### (ii) 線量率測定

作業員の被ばく低減の観点から、使用済保護衣等の一時保管エリアの空間線量率を定期的に測定し、測定結果は作業員への注意喚起のため表示する。

###### (iii) 空気中放射性物質濃度測定

放射線防護の観点から、一時保管エリアにおいて空気中放射性物質濃度を定期的に測定する。また、空気中放射性物質濃度測定の結果が有意に高くないことにより、飛散抑制対策が講じられていることを確認する。なお、測定結果が有意に高い場合には、適切

な放射線防護装備を使用するとともに、飛散抑制対策の追加措置等を検討する。

(iv) 遮蔽

作業員への被ばくや敷地境界線量に影響がある場合は遮蔽を行う。

(v) 巡視、保管量確認

一時保管エリアにおける使用済保護衣等の一時保管状況を確認するために、定期的に一時保管エリアを巡視するとともに、一時保管エリアへの保管物の出入りに応じて定期的に保管量を確認する。また、使用済保護衣等の保管量集計においては、一時保管エリアの余裕がどれくらいあるかを把握するため、エリア占有率を定期的に確認する。一時保管エリアの保管容量、受入目安表面線量率一覧表を表 2.1.1-1-3 に示す。

なお、地震や大雨等に起因し、施設の保管状態に異常が認められた場合には、損傷の程度に応じて、施設の修復や使用済保護衣等の移動、取り出しを行う。

iii. 貯蔵能力

平成 29 年 3 月現在の使用済保護衣等の一時保管エリアの保管容量は、約 74,500m<sup>3</sup>であり、保管量は、約 66,800m<sup>3</sup>である。また、平成 32 年 3 月においては、保管容量約 74,500m<sup>3</sup>に対して、想定保管量は、約 50,800m<sup>3</sup>と見込んでおり、平成 31 年度末までの保管容量は確保されるものとする。

2.1.1.4 敷地境界線量低減対策

追加的に放出される放射性物質と敷地内に保管する放射性廃棄物等による敷地境界における実効線量の低減対策を実施する。

瓦礫類、伐採木において考えられる対策を以下に記載する。

a. 覆土式一時保管施設の設置、同施設への瓦礫類の移動

線量率の高い瓦礫類については、遮蔽機能のある覆土式一時保管施設に保管する。

b. 敷地境界から離れた場所への瓦礫類の移動

敷地境界に近い一時保管エリアに保管している瓦礫類については、敷地境界から離れた一時保管エリアへ移動する。

c. 伐採木への覆土

一時保管エリアに保管している伐採木で、線量率が周辺環境に比べ比較的高い対象物については、伐採木一時保管槽に収納することにより線量低減を図る。

d. 一時保管エリアの仮遮蔽

一時保管エリアに保管中の瓦礫類に土嚢等により仮遮蔽を実施する。

e. 線量評価の見直し

瓦礫類及び伐採木の一時保管エリア、固体廃棄物貯蔵庫について、線源設定を測定値により見直し評価する。

表2. 1. 1-1-1 一時保管エリアの保管容量，受入目安表面線量率一覧表  
【瓦礫類】

エリア名称	保管物	保管容量 (約 $m^3$ )	受入目安表面線量率 ( $mSv/h$ )
固体廃棄物貯蔵庫 (第1棟)	瓦礫類	600	0.1
固体廃棄物貯蔵庫 (第2棟)	瓦礫類	3,200	5
固体廃棄物貯蔵庫 (第3～第8棟)	瓦礫類	15,000	>30
固体廃棄物貯蔵庫第9棟 地下2階	瓦礫類	15,300	>30
固体廃棄物貯蔵庫第9棟 地下1階	瓦礫類	15,300	30
固体廃棄物貯蔵庫第9棟 地上1階	瓦礫類	15,300	1
固体廃棄物貯蔵庫第9棟 地上2階	瓦礫類	15,300	0.05
一時保管エリアA1	瓦礫類	※1 (ケース1) 2,400 (ケース2) 7,000	※1 (ケース1) 30 (ケース2) 0.01
一時保管エリアA2	瓦礫類	※1 (ケース1) 4,700 (ケース2) 12,000	※1 (ケース1) 30 (ケース2) 0.005
一時保管エリアB	瓦礫類	5,300	0.01
一時保管エリアC	瓦礫類	67,000	0.01 (31,000 $m^3$ /分) 0.025 (35,000 $m^3$ /分) 0.1(1,000 $m^3$ /分)
一時保管エリアD	瓦礫類	4,500	0.09 (2,400 $m^3$ /分) 0.3(2,100 $m^3$ /分)
一時保管エリアE1	瓦礫類	16,000	1
一時保管エリアE2	瓦礫類	1,800	10
一時保管エリアF1	瓦礫類	650	10
一時保管エリアF2	瓦礫類	7,500	0.1
一時保管エリアJ	瓦礫類	8,000	0.005
一時保管エリアL	瓦礫類	16,000	30
一時保管エリアN	瓦礫類	10,000	0.1
一時保管エリアO	瓦礫類	51,400	0.01 (27,500 $m^3$ /分) 0.1(23,900 $m^3$ /分)
一時保管エリアP1	瓦礫類	85,000	0.1
一時保管エリアP2	瓦礫類	9,000	1
一時保管エリアQ	瓦礫類	6,100	5
一時保管エリアU	瓦礫類	750	0.015 (310 $m^3$ /分), 0.020 (110 $m^3$ /分), 0.028 (330 $m^3$ /分)
一時保管エリアV	瓦礫類	6,000	0.1
一時保管エリアW	瓦礫類	29,300	1
一時保管エリアX	瓦礫類	12,200	1
一時保管エリアAA	瓦礫類	36,400	0.001

※1：ケース1 高線量の瓦礫類に遮蔽を行い一時保管した場合

ケース2 低線量瓦礫類を一時保管した場合

尚，A1は，平成31年度以降にケース1からケース2へ切り替えを行う計画である。

A2は，平成29年度末にケース1からケース2へ切り替えを行う計画である。

表2. 1. 1-1-2 一時保管エリアの保管容量，受入目安表面線量率一覧表

【伐採木】

エリア名称	保管物	保管容量 (約m <sup>3</sup> )	受入目安表面線量率 (mSv/h)
一時保管エリアG	伐採木 (枝葉根)	29,700	0.079 (4,200m <sup>3</sup> 分) 0.055 (3,000m <sup>3</sup> 分) 0.15 (5,900m <sup>3</sup> 分) 0.15 (16,600m <sup>3</sup> 分)
	伐採木 (幹根)	40,000	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアH <sup>※1</sup>	伐採木 (枝葉根)	15,000	0.3
	伐採木 (幹根)	20,000	バックグラウンド線量率と同等以下
	伐採木 (幹根)	23,000	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアM	伐採木 (幹根)	45,000	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアT	伐採木 (枝葉根)	11,900	0.3
一時保管エリアV	伐採木 (枝葉根・幹根)	6,000	0.3

※1 枝葉根又は幹根を一時保管する計画であり，それぞれ全量保管した場合の保管容量をケース1 (枝葉根)，ケース2 (幹根) に示す。尚，平成32年度以降にケース2からケース1へ切り替えを行う計画である。



表2. 1. 1-1-3 一時保管エリアの保管容量, 受入目安表面線量率一覧表

【使用済保護衣等】

エリア名称	保管物	保管容量 (約m <sup>3</sup> )	受入目安表面線量率 (mSv/h)
一時保管エリアa	使用済保護衣等	4,400	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアb	使用済保護衣等	4,600	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアc	使用済保護衣等	900	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアd	使用済保護衣等	1,300	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアe	使用済保護衣等	7,400	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアf	使用済保護衣等	2,200	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアg	使用済保護衣等	6,200	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアi	使用済保護衣等	22,200	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアj	使用済保護衣等	1,600	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアk	使用済保護衣等	5,100	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアl	使用済保護衣等	6,700	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアm	使用済保護衣等	3,400	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアn	使用済保護衣等	3,700	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアo	使用済保護衣等	4,800	バックグラウンド線量率と同等以下



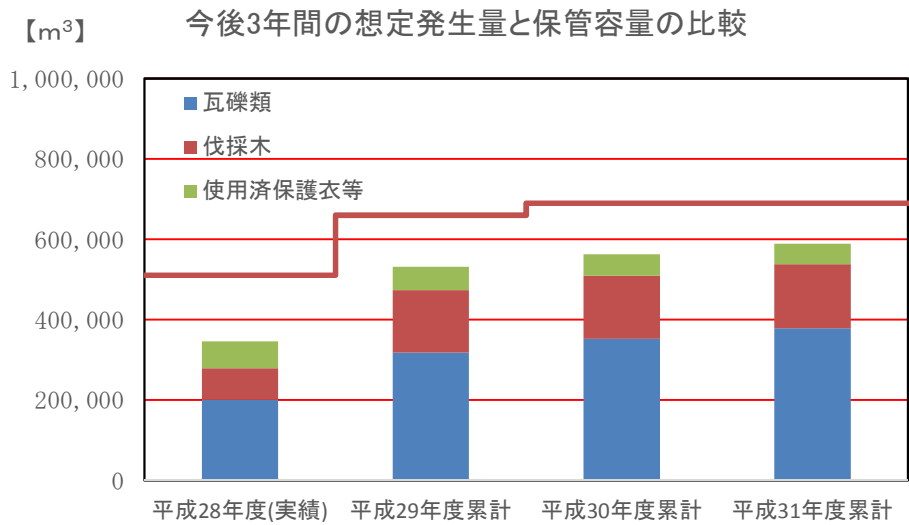


図 2. 1. 1 - 2 - 1 瓦礫等の想定保管量

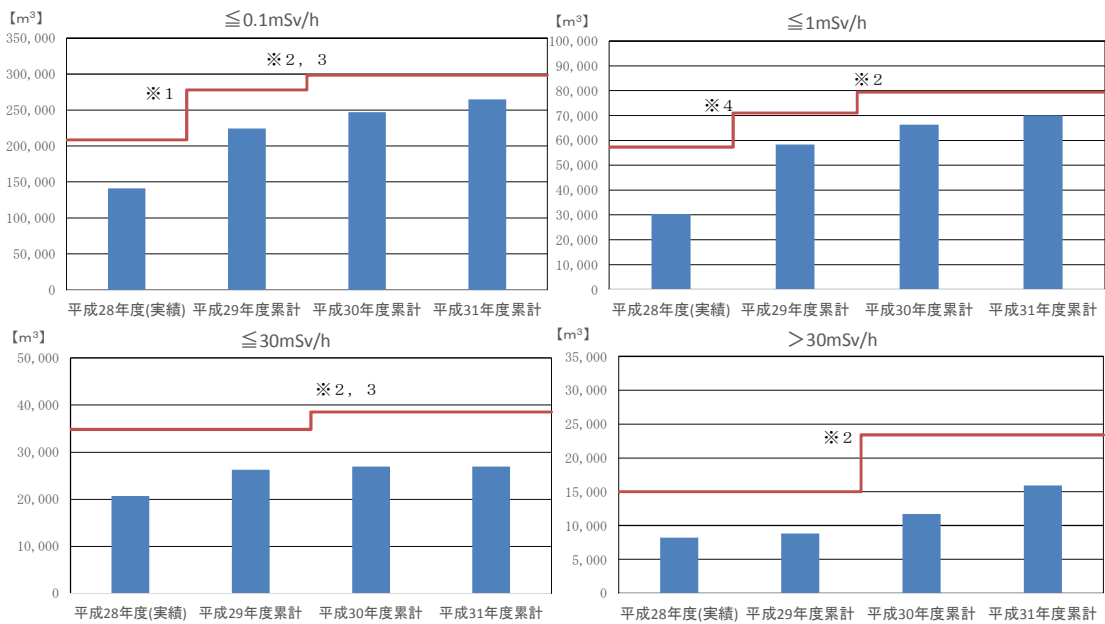


図 2. 1. 1 - 2 - 2 瓦礫類の線量区分毎の想定保管量と保管容量の比較

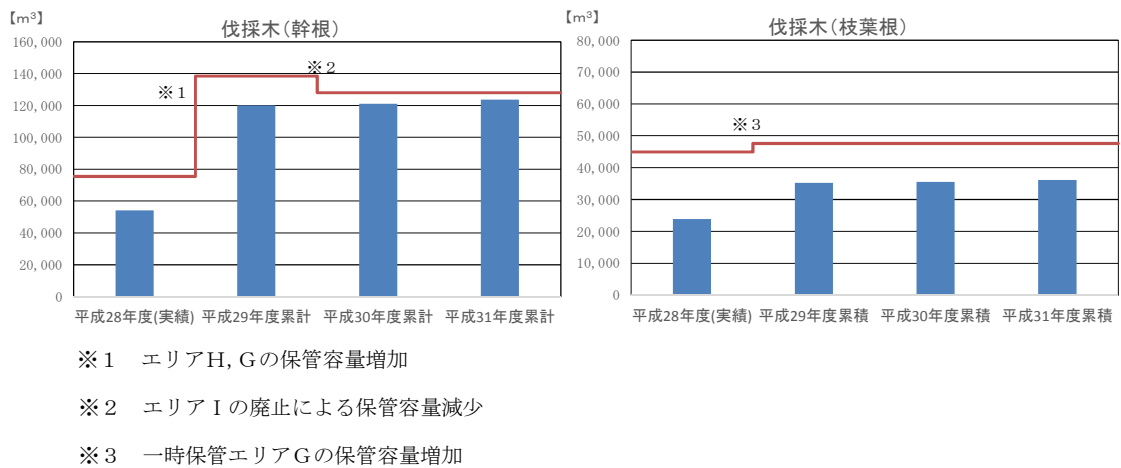


図 2. 1. 1-2-3 伐採木の想定保管量と保管容量の比較

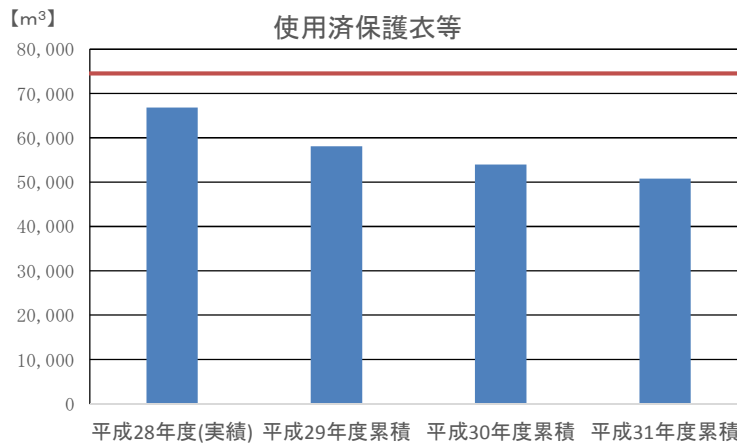


図 2. 1. 1-2-4 使用済保護衣等の想定保管量と保管容量の比較

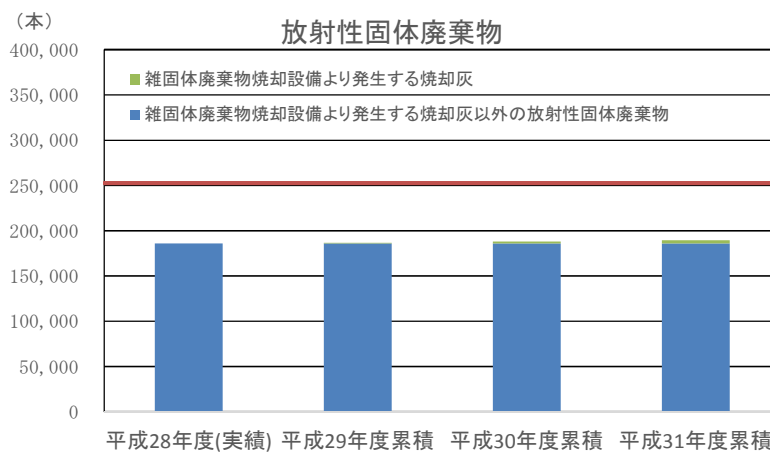


図 2. 1. 1-2-5 放射性固体廃棄物の想定発生量と保管容量の比較

表 2. 1. 1-2-1 想定保管量<sup>※1</sup>の内訳（瓦礫等）

単位：m<sup>3</sup>

	瓦礫類	伐採木		使用済保護衣等	合計 <sup>※2</sup>
		幹根	枝葉根		
平成28年度(実績)	200,400	54,200	23,900	66,800	345,300
平成29年度累積	317,900	120,000	35,200	58,100	531,300
平成30年度累積	352,000	121,000	35,500	54,000	562,600
平成31年度累積	378,100	123,700	36,200	50,800	588,700

表 2. 1. 1-2-2 保管容量の内訳（瓦礫等）

単位：m<sup>3</sup>

	瓦礫類	伐採木		使用済保護衣等	合計 <sup>※2</sup>
		幹根	枝葉根		
平成28年度(実績)	315,600	75,500	44,900	74,500	510,500
平成29年度累積	398,800	138,500	47,600	74,500	659,400
平成30年度累積	439,700	128,000	47,600	74,500	689,800
平成31年度累積	439,700	128,000	47,600	74,500	689,800

表 2. 1. 1-2-3 想定保管量<sup>※1</sup>の内訳（瓦礫類線量区分）

単位：m<sup>3</sup>

線量区分 (mSv/h)	≤ 0.1	≤ 1	1 ~ 30	> 30	合計 <sup>※2</sup>
平成28年度(実績)	141,100	30,400	20,700	8,200	200,400
平成29年度累積	224,500	58,300	26,200	8,800	317,900
平成30年度累積	247,000	66,400	26,900	11,700	352,000
平成31年度累積	265,100	70,100	26,900	15,900	378,100

表 2. 1. 1-2-4 保管容量の内訳（瓦礫類線量区分）

単位：m<sup>3</sup>

線量区分 (mSv/h)	≤ 0.1	≤ 1	1 ~ 30	> 30	合計 <sup>※2</sup>
平成28年度(実績)	208,450	57,300	34,850	15,000	315,600
平成29年度累積	277,950	71,000	34,850	15,000	398,800
平成30年度累積	298,350	79,400	38,550	23,400	439,700
平成31年度累積	298,350	79,400	38,550	23,400	439,700

表 2. 1. 1-2-5 想定保管量<sup>※1</sup>及び保管容量の内訳（放射性固体廃棄物）

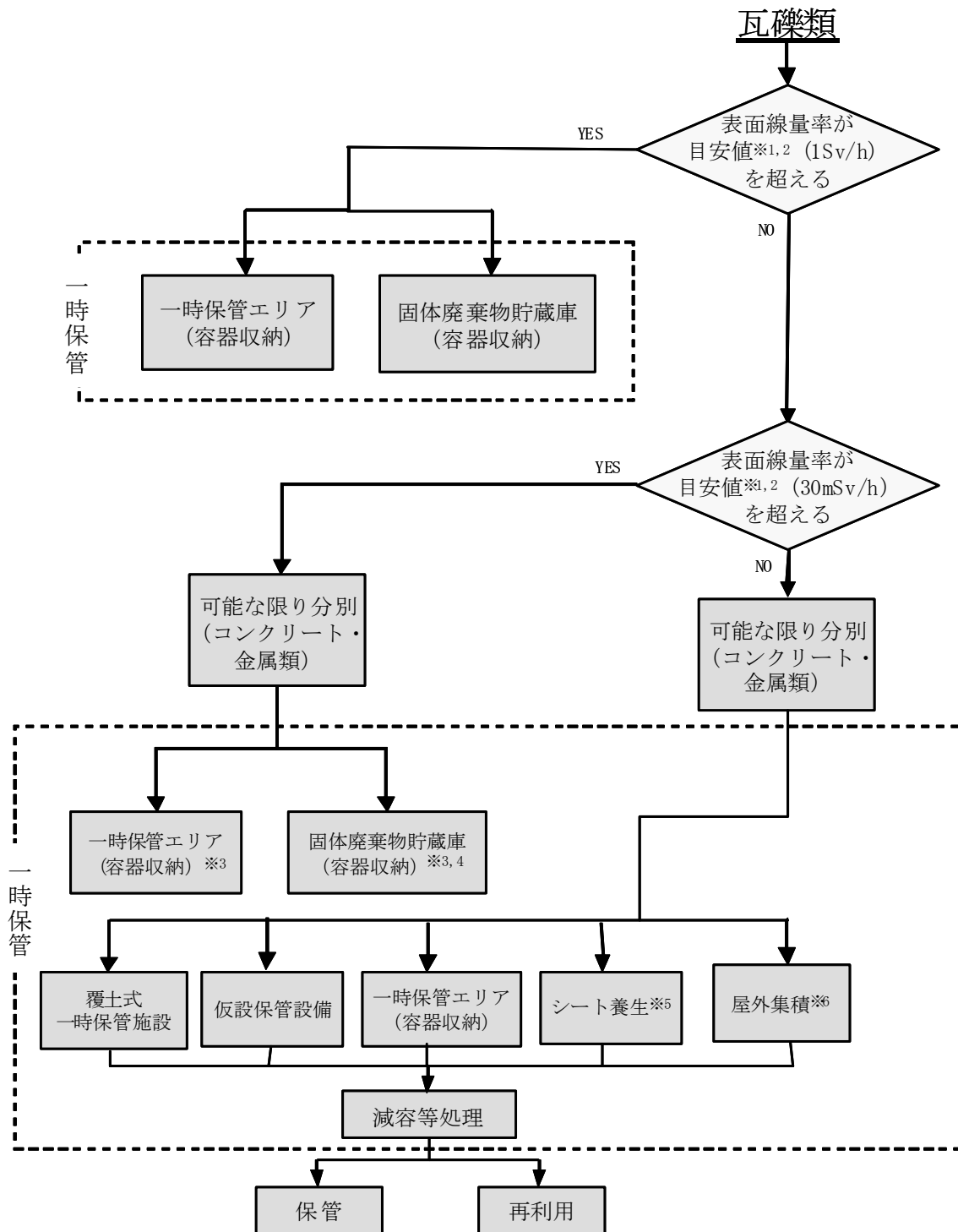
単位：本

	想定保管量			保管容量 <sup>※3</sup> (放射性固体廃棄物貯蔵庫 第1棟~第8棟)
	雑固体廃棄物焼却設備より発生する 焼却灰以外の放射性固体廃棄物	雑固体廃棄物焼却設備より 発生する焼却灰	合計 <sup>※3</sup>	
平成28年度(実績)	185,800	300	186,100	252,700
平成29年度累積	185,800	700	186,500	252,700
平成30年度累積	185,800	2,100	187,900	252,700
平成31年度累積	185,800	3,700	189,500	252,700

※1：想定保管量は、至近の工事計画及び中長期ロードマップ等から工事を想定して算出している。

※2：端数処理で100m<sup>3</sup>未満を四捨五入しているため、合計値が合わないことがある。

※3：端数処理で100本未満を四捨五入しているため、合計値が合わないことがある。



- ※1 目安値は発電所敷地内の空間線量率を踏まえ適時見直し
- ※2 目安を判断することができる場合は、表面そのものの測定を実施しないことがある
- ※3 容器に収納できない大型瓦礫類は、飛散抑制対策を講じて一時保管する
- ※4 30mSv/h以下の瓦礫類もある
- ※5 目安値1mSv/h以下の瓦礫類を一時保管する
- ※6 目安値0.1mSv/h以下の瓦礫類を一時保管する

図2. 1. 1-3 発電所敷地内で発生する瓦礫類の処理フロー

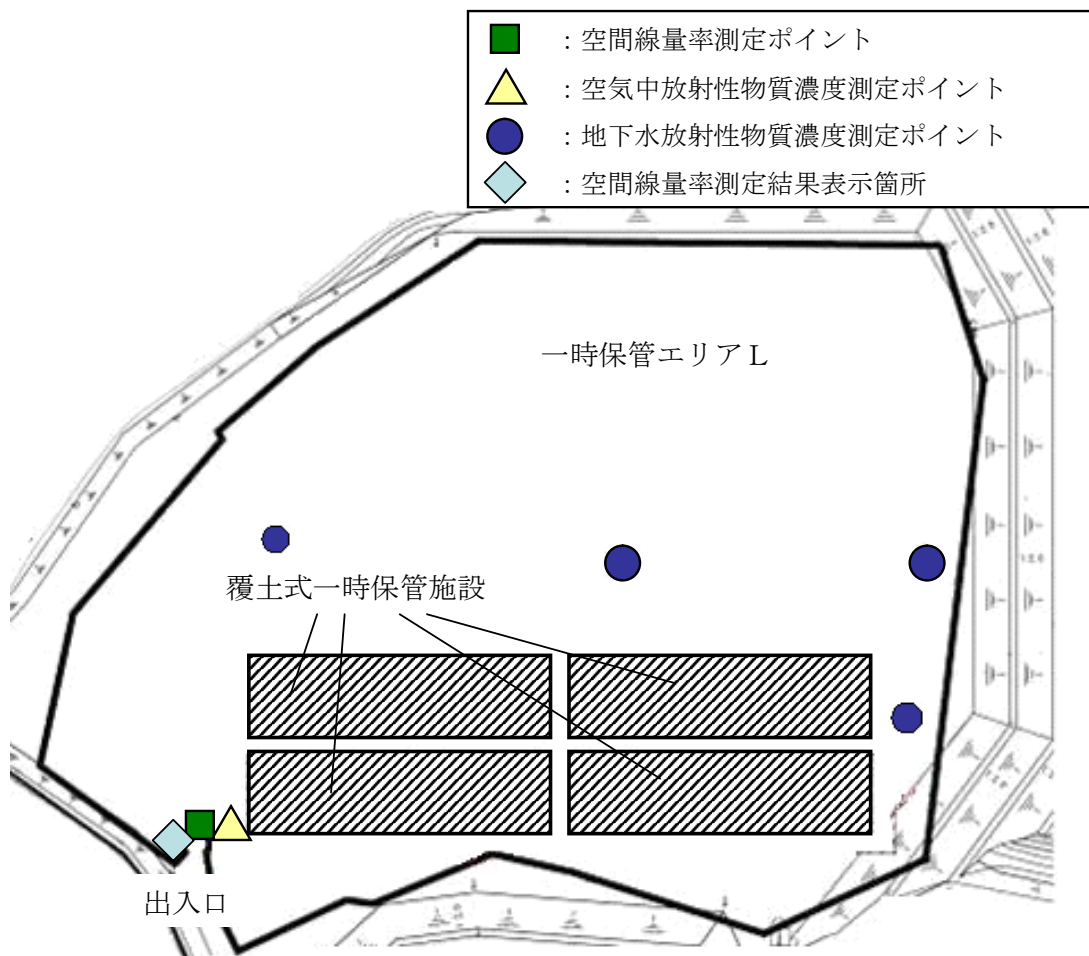


図2. 1. 1-4 覆土式一時保管施設における測定ポイント，測定結果表示箇所予定位置図

## 2.1.2 放射性液体廃棄物等の管理

### 2.1.2.1 概要

#### (1) 放射性液体廃棄物（事故発災前に稼働していた系統の液体）

事故発災前に稼働していた系統の放射性液体廃棄物は、機器ドレン廃液、床ドレン廃液、化学廃液及び洗濯廃液がある。これら廃液の処理設備は、滞留水に水没又は系統の一部が故障しており、環境への放出は行っていない。

#### (2) 放射性液体廃棄物等（事故発災後に発生した液体）

事故発災後に発生した放射性液体廃棄物等は、以下のものがある。

1～3号機の原子炉を冷却するために注水を行っているが、注水後の水が原子炉建屋等に漏出し滞留水として存在している。

この汚染水については、外部に漏れないように建屋内やタンク等に貯蔵しているとともに、その一部を、汚染水処理設備により放射性物質の低減処理（浄化処理）を行い、浄化処理に伴い発生する処理済水をタンクに貯蔵するとともに、淡水化した処理済水は原子炉へ注水する循環再利用を行っている。

汚染水処理設備の処理水及び処理設備出口水については、多核種除去設備により放射性物質（トリチウムを除く）の低減処理を行い、処理済水をタンクに貯蔵する。

5・6号機のタービン建屋等に流入した海水・地下水及び、放射性物質濃度が散水の基準を超える堰内雨水は、滞留水として、貯留設備（タンク）へ移送し貯留するとともに、その一部を、浄化装置、浄化ユニット及び淡水化装置により浄化処理を行い、構内散水に使用している。

1～4号機タービン建屋等の周辺の地下水はサブドレンピットから汲み上げ、また、海側遮水壁によりせき止めた地下水は地下水ドレンポンドから汲み上げ、サブドレン他浄化設備により浄化処理を行い、管理して排水する。

地下水バイパスの実施に伴い汲み上げた地下水は、管理して排水する。

汚染水タンクエリアの堰内に貯まった雨水は、管理して排水、若しくは構内散水する。なお、堰内雨水が散水の基準を超えた場合は雨水処理設備により浄化処理を行う。

なお、臨時の出入管理箇所では保管していた洗浄水は、福島第一原子力発電所に運搬した後、構内に一時仮置きし、今後、処理する予定としている。

### 2.1.2.2 基本方針

放射性液体廃棄物等（事故発災後に発生した液体。以降、同じ。）については、浄化処理等必要な処理を行い、環境へ排水、散水する放射性物質の濃度を低減する。

詳細は「2.1.2.3 (5) 排水管理の方法」に定める。



### 2.1.2.3 対象となる放射性液体廃棄物等と管理方法

管理対象区域における建屋内、タンク等に貯蔵・滞留している放射性物質を含む水、サブドレンピット等から汲み上げる水、当該建屋や設備へ外部から流入する水、及びそれらの水処理の各過程で貯蔵している、あるいは発生する液体を対象とする。

#### (1) 発生源

- ① 1～6号機の原子炉建屋及びタービン建屋等においては、津波等により浸入した大量の海水が含まれるとともに、1～3号機においては原子炉への注水により、原子炉及び原子炉格納容器の損傷箇所から漏出した高濃度の放射性物質を含む炉心冷却水が流入し滞留している。また、1～4号機については、使用済燃料プール代替冷却浄化系からの漏えいがあった場合には、建屋内に流入する。この他、建屋には雨水の流入、及び地下水が浸透し滞留水に混入している。
- ② 地下水の建屋流入を抑制するために、1～4号機タービン建屋等周辺の地下水を汲み上げ（サブドレン）、また、海側遮水壁によりせき止められた地下水が、地表面にあふれ出ないように汲み上げる（地下水ドレン）。
- ③ 臨時の出入管理箇所において、人の洗身及び車両の洗浄に使用した洗浄水を福島第一原子力発電所に運搬した後、構内に一時仮置きしている。
- ④ 建屋に流入する地下水を少なくするために、建屋山側の高台で地下水を汲み上げ、その流路を変更して海にバイパスする（地下水バイパス）。
- ⑤ 汚染水タンクエリアの堰内には、雨水が貯まる。

1～4号機の建屋内滞留水は、海洋への漏えいリスクの高まる T.P.2, 564mm (O.P. 4, 000mm) 到達までの余裕確保のために水位を T.P. 1, 564mm (O.P. 3, 000mm) 付近となるよう管理することとしている。具体的には、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋に水圧式の水位計を設置し、免震重要棟で水位を監視しており、2～4号機タービン建屋から集中廃棄物処理建屋へ滞留水を移送している。

#### (2) 浄化処理

##### ① 多核種除去設備による浄化処理

汚染水処理設備の処理済水に含まれる放射性物質（トリチウムを除く）については、多核種除去設備により低減処理を行う。

##### ② 1～4号機の浄化処理

滞留水を漏えいさせないように、プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋へ滞留水を移送し、放射性物質を除去する汚染水処理設備により浄化処理を実施している。除去した放射性物質を環境中へ移行しにくい性状にさせるため、放射性物質を吸着・固定化又は凝集する。

### ③ 5・6号機の浄化処理

貯留設備（タンク）へ滞留水を移送し、その一部を浄化装置、浄化ユニット及び淡水化装置により浄化処理を実施している。（詳細は「Ⅱ 2.33.2 5・6号機 仮設設備（滞留水貯留設備）」を参照）

### ④ サブドレン水及び地下水ドレン水の浄化処理

サブドレンピットから汲み上げた水及び地下水ドレンポンドから汲み上げた水について、サブドレン他浄化設備により浄化処理を実施する。（詳細は「Ⅱ 2.35 サブドレン他水処理施設」を参照）

### ⑤ 堰内雨水の浄化処理

堰内雨水について、放射性物質濃度が「(4)再利用」に示す散水の基準を超える場合は雨水処理設備により浄化処理を実施する。

## (3) 貯蔵管理

汚染水処理設備の処理済水については、多核種除去設備・増設多核種除去設備・高性能多核種除去設備により、放射性物質（トリチウムを除く）の低減処理を行い、処理済水を処理済水貯留用タンク・槽類に貯留する。

1～4号機のタービン建屋等の高レベルの滞留水については建屋外に滞留水が漏れないよう滞留水の水位を管理している。また、万が一、タービン建屋等の滞留水の水位が所外放出レベルに到達した場合には、タービン建屋等の滞留水の貯留先を確保するために、プロセス主建屋に貯留している滞留水の受け入れ先として、高濃度滞留水受タンクを設置している。

1～4号機の廃棄物処理建屋等の地下階に設置されている容器等内の廃液については、漏れいしても滞留水として系内にとどまる。また、地上階に設置されている容器等内の廃液については、腐食により廃液が容器等から漏れいすることが懸念されるため、点検が可能な容器等については、定期的に外観点検または肉厚測定を行い、漏れいのないことを確認する。また、高線量等により外観点検等が困難な容器等については、外観点検または肉厚測定を実施した容器等の点検結果より、劣化状況を想定し、漏れいが発生していないことを確認する。

高レベル滞留水は処理装置（セシウム吸着装置、第二セシウム吸着装置、第三セシウム吸着装置、除染装置）、淡水化装置（逆浸透膜装置、蒸発濃縮装置）により処理され、水処理により発生する処理済水は中低濃度タンク（サプレッション・プール水サージタンク、廃液RO供給タンク、RO後濃縮塩水受タンク、濃縮廃液貯槽、RO及び蒸発濃縮装置後淡水受タンク）に貯蔵管理する。

5・6号機のタービン建屋等に流入した海水・地下水等は、滞留水として、貯留設備（タンク）へ移送して貯留し、その一部は、浄化装置及び淡水化装置により浄化処理を行って

いる。各タンクは巡視点検により漏えいがないことを定期的に確認する。

臨時の出入管理箇所において保管していた洗浄水は、福島第一原子力発電所に運搬した後、構内に一時仮置きしており、巡視により漏えいがないことを定期的に確認する。

地下水バイパス設備により汲み上げた地下水は、一時貯留タンクに貯留する。各タンクは巡視点検により漏えいがないことを定期的に確認する。

浄化処理後のサブドレン水及び地下水ドレン水は、サンプルタンクに貯留する。各タンクは巡視点検により漏えいがないことを定期的に確認する。

浄化処理後の堰内雨水は、処理水タンクに貯留する。各タンクは巡視点検により漏えいがないことを定期的に確認する。なお、同様な管理を継続していくとともに、タンクは必要に応じて増設する。

#### (4) 再利用

汚染水処理設備により放射性物質を低減し、浄化処理に伴い発生する処理済水は貯蔵を行い、淡水化した処理済水については原子炉の冷却用水等へ再利用する。

5・6号機のタービン建屋等に流入した海水・地下水等は、滞留水として、貯留設備（タンク）へ移送して貯留し、その一部は、浄化装置、浄化ユニット及び淡水化装置により浄化処理を行い、構内散水に使用している。構内散水にあたっては、被ばく評価上有意な核種である Cs-134, Cs-137, Sr-90, H-3（以下、「主要核種」という）の放射性物質濃度を測定し、告示に定める周辺監視区域外の水中の濃度限度との比の総和（以下、「告示濃度限度比」という）が 0.22 以下となることを確認する。（Sr-90 は、分析値若しくは全  $\beta$  での評価値とする。）

堰内雨水について、当面、排水方法が確定するまでは、排水時と同様の確認を行い、処理水を構内散水する。

なお、堰内雨水の評価対象核種（排水に係る評価対象核種も含む）、及び 5・6号機仮設設備（滞留水貯留設備）の処理済水の評価対象核種は、平成 28 年 3 月末までに選定するものとする。

#### (5) 排水管理の方法

排水前に主要核種を分析し、基準を満たしていることを確認した上で排水する。（Sr-90 は、分析値若しくは全  $\beta$  での評価値とする。）基準を満たしていない場合は、排水せず、原因を調査し、対策を実施した上で排水する。

事故発災した 1～4号機建屋近傍から地下水を汲み上げているサブドレン他浄化設備の処理済水については、念のため定期的な分析で水質の著しい変動がないこと、及び 3ヶ月の告示濃度限度比がサブドレン他浄化設備の処理済水の排水に係る線量評価（詳細は、「Ⅲ.2.2.3 放射性液体廃棄物等による線量評価」を参照）以下となることなどを確認する。（添付資料－1，添付資料－2）

地下水バイパス水、及び堰内雨水の評価対象核種は、当面、実効的に測定が可能な主要核種とし、その他の核種については、平成 28 年 3 月末までに選定するものとする。

#### ① 排水前の分析

放射性液体廃棄物等を排水する際は、あらかじめタンク等においてサンプリングを行い、放射性物質の濃度を測定して、以下に示す基準を満たす場合に排水を行い、基準を満たさない場合は必要な処理（浄化処理等）を行うものとする。

排水前の分析において評価対象とする核種は、主要核種とする。（Sr-90 は、分析値若しくは全  $\beta$  での評価値とする。）

なお、海洋への放出は、関係省庁の了解なくしては行わないものとする。

地下水バイパスは、Cs-134 が 1Bq/L 未満、Cs-137 が 1Bq/L 未満、Sr-90 が 5Bq/L 未満、H-3 が 1,500Bq/L 未満であることを測定により確認する。（Sr-90 は、分析値若しくは全  $\beta$  での評価値とする。）

サブドレン他浄化設備の処理済水は、Cs-134 が 1Bq/L 未満、Cs-137 が 1Bq/L 未満、Sr-90 が 3(1)Bq/L 未満※、H-3 が 1,500Bq/L 未満であることを、及び前記の測定において、その他の人工の  $\gamma$  線放出核種が検出されていないことを測定により確認する。

（※ Sr-90 は、分析値若しくは全  $\beta$  での評価値とし、10 日に 1 回程度の頻度で 1Bq/L 未満であることを確認する。）なお、サブドレン他浄化設備については、これに加え集水タンクへの汲み上げ時についても、H-3 が 1,500Bq/L 未満であることを測定により確認する。

その他排水する放射性液体廃棄物等については、主要核種の放射性物質濃度を測定し、告示濃度限度比が 0.22 以下となることを確認する。（Sr-90 は、分析値若しくは全  $\beta$  での評価値とする。）

#### ② 定期的な分析

サブドレン他浄化設備の処理済水については、その濃度に著しい変動がないこと、及び主要核種以外の核種の実効線量への寄与が小さいことを確認するために、排水実績に応じた加重平均試料を作成し、以下の確認を行う。

a. 1ヶ月毎の分析

以下に示す検出限界濃度を下げた測定を行い、著しい変動がないことを確認する。著しい変動があった場合には、排水を停止し、「b. 四半期毎の分析」に準じた分析・評価を行い、原因調査及び対策を行った上で排水を再開する。

Cs-134	: 0.01 Bq/L
Cs-137	: 0.01 Bq/L
全β	: 1 Bq/L
H-3	: 10 Bq/L
Sr-90	: 0.01 Bq/L
全α	: 4 Bq/L

b. 四半期毎の分析

主要核種及びその他 44 核種※の告示濃度限度比の和が、サブドレン他浄化設備の処理済水の排水に係る線量評価（詳細は、「Ⅲ.2.2.3 放射性液体廃棄物等による線量評価」を参照）を超えていないことを確認する。これを超えた場合は、排水を停止し、原因調査及び対策を行った上で排水を再開する。

※その他 44 核種：以下の方法により 44 核種を選定した。（添付資料－3）

- ・排水中の放射性物質の起源を安全側に建屋滞留水と仮定し、ORIGEN コードにより原子炉停止 30 日後に燃料中に存在する核分裂生成物の中から Cs-134, Cs-137, Sr-90, H-3, 希ガス, 不溶性物質, 及び原子炉停止後 3 年経過時点の放射性物質濃度が告示濃度限度比 0.01 以下の核種を除外したもので、以下の核種をいう。

Sr-89, Y-90, Y-91, Tc-99, Ru-106, Rh-106, Ag-110m, Cd-113m, Sn-119m, Sn-123, Sn-126, Sb-124, Sb-125, Te-123m, Te-125m, Te-127, Te-127m, I-129, Cs-135, Ba-137m, Ce-144, Pr-144, Pr-144m, Pm-146, Pm-147, Sm-151, Eu-152, Eu-154, Eu-155, Gd-153, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Am-241, Am-242m, Am-243, Cm-242, Cm-243, Cm-244

- ・事故発生前の原子炉水の腐食生成物について、その放射性物質濃度（最大値）を事故後 3 年減衰させた場合の告示濃度限度比が 0.01 以下の核種を除外したもので、以下の核種をいう。

Mn-54, Co-60, Ni-63, Zn-65

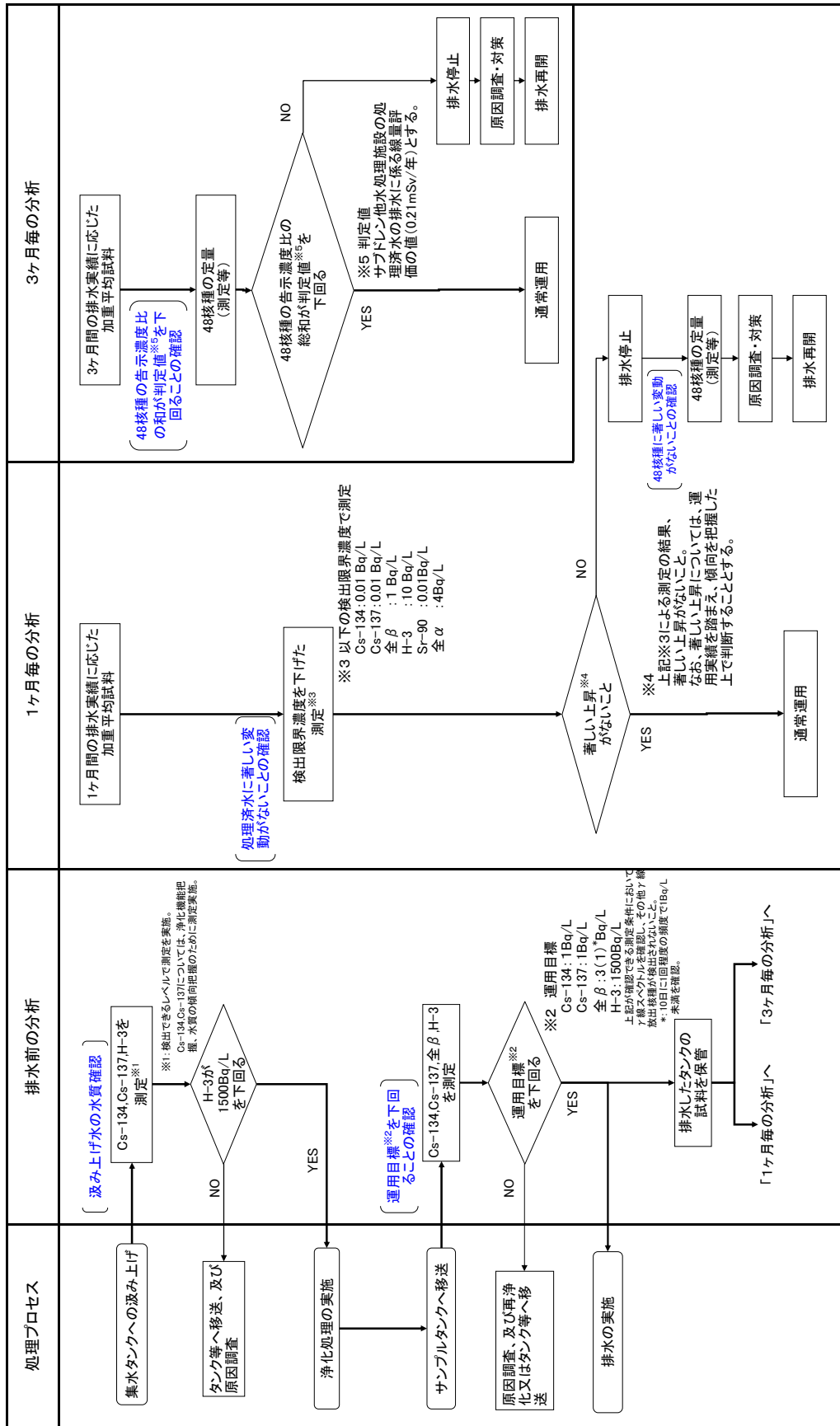
#### 2.1.2.4 添付資料

添付資料－1 サブドレン他水処理施設の排水管理に関する運用について

添付資料－2 サブドレン他水処理施設の排水に係る評価対象核種について

添付資料－3 サブドレン他水処理施設の排水管理を行う核種選定実施のための確認対象核種について

サブドレン他水処理施設の排水管理に関する運用について



## サブドレン他水処理施設の排水に係る評価対象核種について

事故発災に伴うフォールアウト，飛散瓦礫に付着した放射性物質を含むと考えられるサブドレン他水処理施設の汲み上げ水について，念のため，主要核種を含む 48 核種（添付資料－ 3 参照）の水質を確認した。

## 1. サブドレン他浄化設備の水質について

## (1) 処理前の水質

- ・ 浄化対象の全てのピットを汲み上げたサブドレン他浄化設備の処理前水の告示濃度限度比については，主要核種（Cs-134, Cs-137, Sr-90, H-3）で約 92%を占めている。
- ・ その他 44 核種のうち，検出等により存在すると評価したのは 5 核種で約 0.3%であり，主要核種に比べて十分小さい。残り 39 核種については，検出されていないものの，仮に検出限界濃度（以下，ND 値）を用いて評価した場合で約 7.6%未満である。その他 44 核種の割合は十分に小さいことを確認した。（表 1）・（表 3）

## (2) 処理後の水質

- ・ 浄化対象の全てのピットを汲み上げたサブドレン他浄化設備の処理済水の水質は，48 核種を対象とした詳細分析（ND 値を下げた分析）の結果，0.015 未満であることを確認した。このうち，主要核種の告示濃度限度比は 0.011 未満であった。その他 44 核種のうち，検出等により存在すると評価した 5 核種の告示濃度限度比は 0.0020 であった。残り 39 核種については，検出されていないものの，仮に ND 値を用いて評価した場合で告示濃度限度比が 0.0022 未満であった。
- ・ 従って，その他 44 核種の告示濃度限度比は，0.0041 未満であった。（表 2）
- ・ なお，10 ピットを汲み上げた処理済水について，その他 44 核種の告示濃度限度比が 0.0039 未満（検出等により存在すると評価したのは 7 核種で 0.0021，ND 値以下の 37 核種で 0.0018 未満）であることを確認している。この 10 ピットを汲み上げた処理済水と，上述の全てのピットを汲み上げた処理済水の告示濃度限度比の差は，0.0002（=0.0041 未満-0.0039 未満）であり，その他 44 核種の変動は小さいことを確認した。

## 2. 排水に係る評価対象核種

最も放射性物質が多いと考えられる 1～4 号機建屋近傍の水質において主要核種が支配的であることから，各系統の排水に係る評価対象核種は，主要核種（Cs-134, Cs-137, Sr-90, H-3）とする。

なお，1～4 号機建屋近傍の水を汲み上げるサブドレン他浄化設備の処理済水については，水質に著しい変動がないことなどを確認するため，念のため定期的に 48 核種を確認する。



表1 主要核種の告示濃度限度比の割合（処理前水）

		サブドレン、地下水ドレンの汲み上げ水	
		処理対象の全てのピット	
		告示濃度限度比	割合
主要核種	Cs-134	1.8	約92%
	Cs-137	4.1	
	Sr-90	0.23	
	H-3	0.0060	
44核種	検出等（5核種）	0.025	約0.3%
	未検出（39核種）	0.50未満	約7.6%未満
告示濃度限度比の総和		6.7未満	

未満：検出限界以下の核種は、検出限界濃度を用いて告示濃度限度比を算出

処理対象の全てのピット：No. 1, 30, 37, 57ピットを除く41ピット。なお、これに含まれていなかったNo. 1ピットについては、表1の主要核種の告示濃度限度比の和6.1に対し1.8、44核種の告示濃度限度比の和0.53未満に対し0.15未満、44核種の告示濃度限度比の和の割合約7.9%未満に対し約7.7%未満であり、それぞれ表1に示した値以下であることが確認できている。

表2 その他44核種の告示濃度限度比（処理済水）

		サブドレン、地下水ドレンの汲み上げ水	
		処理対象の全てのピット	10ピット（参考）
		告示濃度限度比	告示濃度限度比
主要核種		0.011未満	0.011
44核種	検出等	0.0020 (5核種)	0.0021 (7核種)
	未検出	0.0022未満 (39核種)	0.0018未満 (37核種)
	小計	0.0041未満	0.0039未満
告示濃度限度比の総和		0.015未満	0.015未満

未満：検出限界以下の核種は、検出限界濃度を用いて告示濃度限度比を算出

表 3 浄化対象に追加するピットの告示濃度限度比

No.	告示濃度限度比								合計
	主要核種				小計	44核種		小計	
	Cs-134	Cs-137	Sr-90	H-3		検出等	未検出		
30	1.0	4.8	0.04	0.005	5.9	0.005 (3核種)	0.19未満 (41核種)	0.20未満	6.1未満
37	0.01	0.05	0.0002未満	0.0003	0.06未満	0.001未満 (2核種)	0.08未満 (42核種)	0.09未満	0.15未満
57	0.17	0.79	0.003	0.0007	0.98	0.001未満 (3核種)	0.12未満 (41核種)	0.12未満	1.1未満

未満：検出限界以下の核種は、検出限界濃度を用いて告示濃度限度比を算出

浄化対象に追加するピットから汲み上げた水の主要核種（Cs-134, Cs-137, Sr-90, H-3）およびその他 44 核種の告示濃度限度比の総和は表 3 の通り、表 1 に示した値以下であることが確認できている。

サブドレン他水処理施設の排水管理を行う核種選定実施のための確認対象核種について

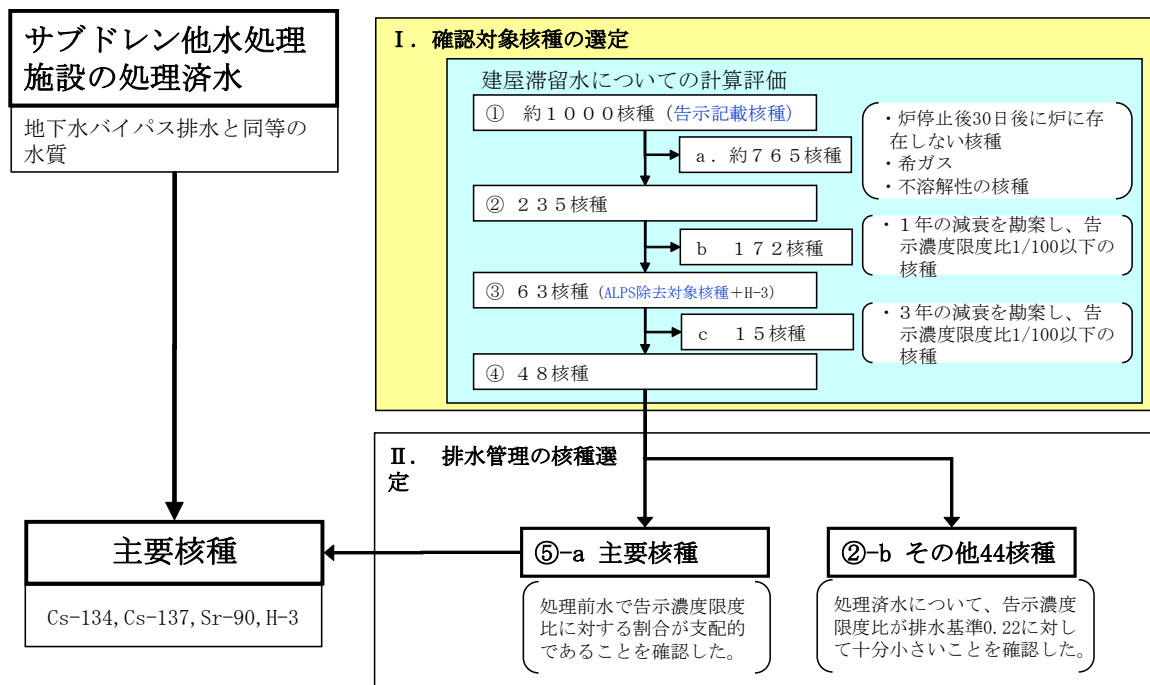
1. 確認対象核種の選定

サブドレン他水処理施設の汲み上げ水は、主に事故発災に伴うフォールアウト、飛散瓦礫等に付着した放射性物質を含むことから、排水管理の評価対象とすべき核種は主要核種（Cs-134,Cs-137,Sr-90,H-3）と考えている。

排水管理の評価対象核種を選定するに際して、主要核種以外の核種で線量評価に影響を与える核種は十分小さいものと考えているが、念のために、主要核種以外の核種の有無を確認することとした。

確認すべき核種を選定するにあたり、安全側に仮定を行うため、炉心インベントリ等から被ばく評価上有意な核種として、主要核種を含む48核種※を選定した。（図1）

※ 建屋滞留水の除去対象核種を選定する方法を用いて、建屋滞留水（235核種）の除去対象62核種にトリチウムを加えた63核種について、事故発災から3年経過していることによる減衰を考慮し、さらに告示の濃度限度に対する比の和（以下、告示濃度限度比）が1/100以下となる核種を除外することによって、48核種を選定した。この48核種を排水管理の評価対象核種の選定を行うための確認対象核種（表1）とした。



黄色枠■：本資料の説明範囲

図1 確認対象核種の選定方法について

表1 確認対象核種 (48 核種)

単位 : Bq/L

核種	線種	告示 濃度限度	核種	線種	告示 濃度限度
Sr-89	$\beta$	3E+2	Pr-144	$\beta \gamma$	2E+4
Sr-90	$\beta$	3E+1	Pr-144m	$\gamma$	4E+4
Y-90	$\beta$	3E+2	Pm-146	$\beta \gamma$	9E+2
Y-91	$\beta \gamma$	3E+2	Pm-147	$\beta$	3E+3
Tc-99	$\beta$	1E+3	Sm-151	$\beta$	8E+3
Ru-106	$\beta$	1E+2	Eu-152	$\beta \gamma$	6E+2
Rh-106	$\beta \gamma$	3E+5	Eu-154	$\beta \gamma$	4E+2
Ag-110m	$\beta \gamma$	3E+2	Eu-155	$\beta \gamma$	3E+3
Cd-113m	$\beta \gamma$	4E+1	Gd-153	$\gamma$	3E+3
Sn-119m	$\gamma$	2E+3	Pu-238	$\alpha$	4E+0
Sn-123	$\beta \gamma$	4E+2	Pu-239	$\alpha$	4E+0
Sn-126	$\beta \gamma$	2E+2	Pu-240	$\alpha$	4E+0
Sb-124	$\beta \gamma$	3E+2	Pu-241	$\beta$	2E+2
Sb-125	$\beta \gamma$	8E+2	Am-241	$\alpha \gamma$	5E+0
Te-123m	$\gamma$	6E+2	Am-242m	$\alpha$	5E+0
Te-125m	$\gamma$	9E+2	Am-243	$\alpha \gamma$	5E+0
Te-127	$\beta \gamma$	5E+3	Cm-242	$\alpha$	6E+1
Te-127m	$\beta \gamma$	3E+2	Cm-243	$\alpha \gamma$	6E+0
I-129	$\beta \gamma$	9E+0	Cm-244	$\alpha$	7E+0
Cs-134	$\beta \gamma$	6E+1	Mn-54	$\gamma$	1E+3
Cs-135	$\beta$	6E+2	Co-60	$\beta \gamma$	2E+2
Cs-137	$\beta \gamma$	9E+1	Ni-63	$\beta$	6E+3
Ba-137m	$\gamma$	8E+5	Zn-65	$\gamma$	2E+2
Ce-144	$\beta \gamma$	2E+2	H-3	$\beta$	6E+4

告示濃度限度：「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示」に定められた周辺監視区域外の水中の濃度限度（単位は、Bq/Lに換算した）

2. 確認対象核種の抽出時に除外された核種の線量寄与について

建屋滞留水の除去対象核種は、告示濃度限度比が 1/100 以下の核種を除外している。以下に、除外された核種について、48 核種の告示濃度限度比に対する線量影響を確認した。

(1) 除外方法

(減衰を考慮する期間以外は、建屋滞留水の除去対象核種選定と同じ方法を用いた：図 2)

- a. 告示に記載された約 1000 核種について、ORIGEN コードによる炉心インベントリ等からの評価を行い、告示に記載された約 1000 核種から原子炉停止 30 日後に存在しない核種、希ガス、不溶解性核種をそれぞれ除外すると 235 核種となる。
- b. 235 核種について、事故発災 1 年の減衰を勘案し、告示濃度限度比 1/100 以下の核種を除外すると、63 核種（建屋滞留水の除去対象核種 62 核種+H-3）となる。
- c. 62 核種について、事故発災 3 年の減衰を勘案し、告示濃度限度比 1/100 以下の核種を除外して、48 核種を確認対象核種として抽出した。

(2) 線量寄与の確認結果

48 核種の告示濃度限度比を 1 とした場合、235 核種から除外された核種 (235-48=187 核種：事故発災 3 年後) の告示濃度限度比は、 $3 \times 10^{-10}$  であり、除外された核種の寄与は極めて小さい。

なお、上記評価による 235 核種から除外された核種 (235-48=187 核種：事故発災 3 年後) の告示濃度限度比は、建屋滞留水で 0.018 となる。一方、サブドレン、地下水ドレンの水質は、汲み上げ予定の最も濃度が高いピットで、現状の建屋滞留水と比べて H-3 が 1/100 程度、Cs-137 が 1/10000~1/1000 程度 (表 2 参照) である。サブドレン、地下水ドレンにおける除外された 187 核種の線量寄与は、仮に現状の建屋滞留水との比率 (地下水とともに最も移行し易いと考えられる核種である H-3 の比率：1/100) を上記 0.018 に乗じて、0.00018 程度であった。

建屋滞留水についての評価

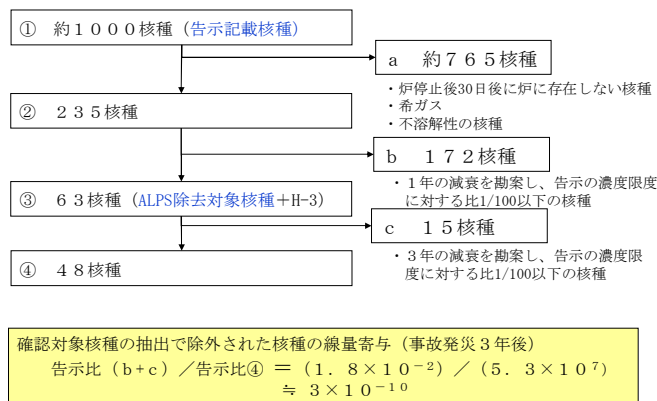


図 2 確認対象核種の抽出の方法と除外された核種の線量寄与

表2 サブドレン，地下水ドレン，建屋滞留水の水質

単位：Bq/L

核種	放射能濃度 (Bq/L)			建屋滞留水に対する比	
	① サブドレン	② 地下水ドレン	③ 建屋滞留水	④ サブドレン (①の最大/③)	⑤ 地下水ドレン (②の最大/③)
Cs-134	ND(0.66) ～1,700	ND(1.7) ～10	85 万 ～750 万	1/8000 ～1/500	1/75 万 ～1/85000
Cs-137	ND(0.71) ～5,200	ND(1.8) ～28	220 万 ～2,000 万	1/8000 ～1/400	1/71 万 ～1/78000
全β	ND(11) ～5.700	ND(14) ～1,400	250 万 ～6,600 万	1/20000 ～1/400	1/47000 ～1/1700
H-3	ND(2.8) ～3,200	220 ～4,100	36 万	1/100	1/87

備考：サブドレン，地下水ドレンには，事故により環境中へ放出された放射性物質を含むが，建屋滞留水が混入しないように管理されており，Cs-137，全β放射能は建屋滞留水の1/1000程度，H-3は1/100程度である。

サブドレンについては，上表の核種に加えてSb-125がND(1.2)～34Bq/Lがあり，建屋滞留水の7500Bq/L（H26.7.8淡水化装置入口水）の1/200程度となっている。

### 3. 参考

#### ●建屋滞留水の除去対象 62 核種から除外された核種

建屋滞留水の除去対象としている 62 核種は、事故発災後の炉心インベントリ核種等に対して 1 年 (365 日) の減衰を勘案して選定したものである。排水管理の核種選定を行うための確認対象核種の抽出では、炉心インベントリ核種等の減衰期間を 3 年間 (1095 日) としたことによって、告示濃度限度比が 1/100 以下になった比較的短半減期の表 3 の 15 核種を除外した。これにより残った核種は 47 核種となり、確認対象核種は H-3 を含めると 48 核種となる。

表 3 建屋滞留水の除去対象 62 核種から除外された核種

核種	主な線種	半減期 (d)
Rb-86	$\beta$ $\gamma$	18.63
Nb-95	$\beta$ $\gamma$	34.975
Ru-103	$\beta$ $\gamma$	39.4
Rh-103m	$\beta$ $\gamma$	0.935
Cd-115m	$\beta$ $\gamma$	44.8
Te-129	$\beta$ $\gamma$	0.0479
Te-129m	$\beta$ $\gamma$	33.5
Cs-136	$\beta$ $\gamma$	13.16
Ba-140	$\beta$ $\gamma$	12.79
Ce-141	$\beta$ $\gamma$	32.5
Pm-148	$\beta$ $\gamma$	5.37
Pm-148m	$\beta$ $\gamma$	41.3
Tb-160	$\beta$ $\gamma$	72.1
Fe-59	$\beta$ $\gamma$	44.5
Co-58	$\gamma$	70.82

## 2.1.3 放射性気体廃棄物等の管理

### 2.1.3.1 概要

1～4号機については事故の影響により排気筒の監視装置は使用不能である。5, 6号機では主排気筒放射線モニタまたは非常用ガス処理系放射線モニタにおいて放出を監視している。主な放出源と考えられる1～4号機原子炉建屋の上部において空气中放射性物質濃度を測定している。また、敷地内の原子炉建屋近傍、敷地境界付近で空气中放射性物質濃度の測定を行い、敷地境界付近では告示の濃度限度を下回ることを確認している。1～3号機では原子炉格納容器ガス管理設備が稼働し、格納容器内から窒素封入量と同程度の量の気体を抽出してフィルタにより放出される放射性物質を低減している。

### 2.1.3.2 基本方針

原子炉格納容器ガス管理設備により環境中への放出量を抑制するとともに各建屋において可能かつ適切な箇所において放出監視を行う。また、敷地境界付近で空气中放射性物質濃度の測定を行い、敷地境界付近において告示に定める周辺監視区域外の空气中の濃度限度を下回っていることを確認する。

放射性物質を内包する建屋等については放射性物質の閉じ込め機能を回復することを目指し、内包する放射性物質のレベルや想定される放出の程度に応じて、放出抑制を図っていく。実施の検討にあたっては、建屋や設備の損傷状況、作業場所のアクセス方法や線量率、建屋内の濃度や作業環境、今後の建屋の利用計画等を考慮し、測定データや現場調査の結果を基に、実現性を判断の上、可能な方策により計画していく。

今後設置される施設についても、内包する放射性物質のレベル等に応じて必要となる抑制対策をとるものとする。

放射性物質の新たな発生、継続した放出の可能性のある建屋等を対象として、可能かつ適切な箇所において放出監視を行っていく。連続的な監視を行うための測定方法、伝送方法について、現場状況の確認結果をもとに検討し、換気設備を設ける場合は排気口において放出監視を行う。

### 2.1.3.3 対象となる放射性廃棄物と管理方法

各建屋から発生する気体状（粒子状、ガス状）の放射性物質を対象とする。

#### (1)発生源

##### a. 1～3号機原子炉建屋格納容器

格納容器内の放射性物質を含む気体については、窒素封入量と同程度の量の気体を抽出して原子炉格納容器ガス管理設備のフィルタで放出される放射性物質を低減する。



#### b. 1～4号機原子炉建屋

格納容器内の気体について、建屋内へ漏洩したものは原子炉格納容器ガス管理設備で処理されずに、上部開口部（機器ハッチ）への空気の流れによって放出される。

建屋内の空気の流れ及び建屋地下部の滞留水の水位低下により、建屋内の壁面、機器、瓦礫に付着した放射性物質が乾燥により再浮遊し、上部開口部（機器ハッチ）より放出される可能性がある。滞留水から空気中への放射性物質の直接の放出については、移行試験の結果から、極めて少ないと考えている。移行試験は、濃度が高く被ばく線量への寄与も大きいCs-134、Cs-137に着目し、安定セシウムを用いて溶液から空気中への移行量を測定した結果、移行率（蒸留水のセシウム濃度／試料水中のセシウム濃度）が約 $1.0 \times 10^{-4}$  %と水温に依らず小さいことが判明している。

1号機については、使用済燃料プールの燃料取り出しに向けてオペレーティングフロアのガレキ撤去を行うため、放射性物質の飛散を抑制するために設置された原子炉建屋カバーを解体する予定である。原子炉建屋カバー解体時及びガレキ撤去作業時においては、ダストの舞い上がりが懸念されるため、飛散防止剤散布等の対策を実施する。

2号機については、ブローアウトパネル開口部が閉止されており建屋内作業環境の悪化が懸念されるため、原子炉建屋排気設備を設置して建屋内空気の換気を行う。

3号機については、今後、使用済燃料プールからの燃料取り出し時の放射性物質の飛散抑制を目的として作業エリアを被うカバーを設置していく計画であり、燃料取り出し作業時にカバー内を換気しフィルタにより放射性物質の放出低減を図るとともに濃度を監視していく予定である。

4号機については、燃料取り出し用カバーを設置している。燃料取り出し用カバーは、隙間を低減するとともに、換気設備を設け、排気はフィルタユニットを通じて大気へ放出することによりカバー内の放射性物質の大気への放出を抑制する。

使用済燃料貯蔵プール水から空気中への放射性物質の直接の放出についても、Cs-134、Cs-137に着目し、上述の測定結果から、プール水からの放射性物質の放出は極めて少ないと評価している。

#### c. 1～4号機タービン建屋

建屋地下部の滞留水の水位低下により、壁面、機器に付着した放射性物質が乾燥により再浮遊し、開口部（大物搬入口等）より放出する可能性が考えられるが、地下開口部は閉塞されていることから、建屋からの追加的放出は少ないと評価している。

滞留水から空気中への放射性物質の直接の放出についても、原子炉建屋と同様に、極めて少ないと評価している。

#### d. 1～4号機廃棄物処理建屋

タービン建屋と同様に、建屋地下部の滞留水の水位低下により、壁面、機器に付着した放射性物質が乾燥により再浮遊し、開口部（大物搬入口等）より放出する可能

性が考えられるが、地下開口部は閉塞されていることから、建屋からの追加的放出は少ないと評価している。

滞留水から空気中への放射性物質の直接の放出についても、同様に極めて少ないと評価している。

#### e. 集中廃棄物処理施設

プロセス主建屋，サイトバンカ建屋，高温焼却炉建屋，焼却・工作建屋の各建屋について，タービン建屋と同様に，建屋地下部の滞留水の水位低下により，壁面，機器に付着した放射性物質が乾燥により再浮遊し，開口部（大物搬入口等）より放出する可能性が考えられるが，地下開口部は閉塞されていることから，建屋からの追加的放出は少ないと評価している。

滞留水から空気中への放射性物質の直接の放出についても，同様に極めて少ないと評価している。

また，建屋内に設置されている汚染水処理設備，貯留設備の内，除染装置（セシウム凝集・沈殿），造粒固化体貯槽（廃スラッジ貯蔵）については，内部のガスをフィルタにより放射性物質を除去して排気している。

#### f. 5，6号機各建屋

各建屋地下部の滞留水について，建屋外から入ってきた海水及び地下水であり，放射性物質濃度は1～4号機に比べ低い。

原子炉建屋については，原子炉建屋常用換気系または非常用ガス処理系により，原子炉建屋内の空気をフィルタを通して，主排気筒から放出する。

#### g. 使用済燃料共用プール

共用プール水について，放射性物質濃度は1～4号機に比べ低く，プール水からの放射性物質の放出は極めて少ないと評価している。

共用プール建屋内からの排気は，フィルタを通し放射性物質を除去した後に，建屋内排気口から放出する。

#### h. 廃スラッジ一時保管施設

汚染水処理設備の除染装置から発生する廃スラッジを処理施設等へ移送するまでの間一時貯蔵する施設では，内部のガスをフィルタで放射性物質を除去して排気する。

#### i. 焼却炉建屋

焼却設備の焼却処理からの排ガスは，フィルタを通し，排ガスに含まれる放射性物質を十分低い濃度になるまで除去した後に，焼却設備の排気筒から放出する。

なお，フィルタを通し十分低い濃度になることから，焼却炉建屋からの放射性物質の放出は極めて少ないと評価している。

#### j. 固体廃棄物貯蔵庫

固体廃棄物貯蔵庫に保管される放射性固体廃棄物等は，容器やドラム缶等に収納されるため，放射性固体廃棄物等からの放射性物質の追加的放出はないものと評価して

いる。

k. 瓦礫等の一時保管エリア

瓦礫等の一時保管エリアは、瓦礫類については周囲への汚染拡大の影響がない値として目安値を設定し、目安値を超える瓦礫類は容器、仮設保管設備、覆土式一時保管施設に収納、またはシートによる養生等による飛散抑制対策を行い保管していること、また伐採木については周囲への汚染拡大の影響がないことを予め確認していることから、放射性物質の追加的放出は極めて少ないと評価している。

l. 使用済セシウム吸着塔一時保管施設

セシウム吸着装置吸着塔、第二セシウム吸着装置吸着塔、第三セシウム吸着装置吸着塔、高性能容器、処理カラム、高性能多核種除去設備吸着塔は、セシウム吸着塔一時保管施設において静的に貯蔵している。使用済みの吸着材を収容する高性能容器、及び、使用済みの吸着材を収容する処理カラムは、セシウム等の主要核種を吸着塔内のゼオライト等に化学的に吸着させ、吸着塔内の放射性物質が漏えいし難い構造となっている。高性能容器は、圧縮活性炭高性能フィルタを介したベント孔を設けており、放射性物質の漏えいを防止している。また、保管中の温度上昇等を考慮しても吸着材の健全性に影響を与えるものでは無いため、吸着材からの放射性物質の離脱は無いものと評価している。このため、放射性物質の追加的放出は極めて小さいと評価している。

m. 貯留設備（タンク類、地下貯水槽）

貯留設備（タンク類、地下貯水槽）は、汚染水受入れ後は満水保管するため、水位変動が少ないこと、蒸発濃縮装置出口水の放射能濃度測定結果から空気中への放射性物質の移行は極めて低いことから放射性物質の追加的放出は極めて少ないと考えている。

n. 多核種除去設備等

多核種除去設備は、タンク開口部のフィルタにより放射性物質を除去し、排気しているため、放射性物質の追加的放出は極めて小さいと考えている。

増設多核種除去設備は、多核種除去設備と同様の設計とし、タンク開口部のフィルタにより放射性物質を除去し、排気しているため、放射性物質の追加的放出は極めて小さいものとする。

高性能多核種除去設備は、タンク開口部のフィルタにより放射性物質を除去し、排気しているため、放射性物質の追加的放出は極めて小さいものとする。

o. 大型機器除染設備

大型機器除染設備からの排気は、フィルタを通し放射性物質を除去した後に、排気口から放出する。

フィルタを通し十分低い濃度になることから、大型機器除染設備からの放射性物質の放出は極めて少ないと評価している。

## (2) 放出管理の方法

気体廃棄物について、原子炉格納容器ガス管理設備により環境中への放出量を抑制するとともに各建屋において可能かつ適切な箇所において放出監視を行っていく。

### ①1～3号機原子炉建屋格納容器

1～3号機は原子炉格納容器ガス管理設備出口において、ガス放射線モニタ及びダスト放射線モニタにより連続監視する。

### ②1～4号機原子炉建屋

1号機については、原子炉建屋上部の空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。また、原子炉建屋カバー解体後においても、原子炉建屋上部の空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する予定である。2号機については、原子炉建屋排気設備出口においてダスト放射線モニタにより連続監視する。3号機については、原子炉建屋上部で空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。今後、原子炉建屋5階上部で連続監視するためのダスト放射線モニタを設置する。また、4号機については、使用済燃料プールから燃料取出し時の放射性物質の飛散抑制を目的とした燃料取出し用カバーが設置されており、排気設備出口においてダスト放射線モニタにより連続監視する。

### ③1～4号機タービン建屋

追加的放出として考えられる建屋地下部の滞留水の水位低下による放射性物質の再浮遊は、地下開口部が閉塞されているため建屋内に閉じ込められている。なお、建屋内地上部の大物搬入口等の主な開口部付近にて、空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質の漏えいがないことを確認する。

### ④1～4号機廃棄物処理建屋

追加的放出として考えられる建屋地下部の滞留水の水位低下による放射性物質の再浮遊は、地下開口部が閉塞されているため建屋内に閉じ込められている。なお、建屋内地上部の主な開口部付近にて、空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質の漏えいがないことを確認する。

### ⑤集中廃棄物処理施設（プロセス主建屋、サイトバンカ建屋、高温焼却炉建屋、焼却・工作建屋）

追加的放出として考えられる建屋地下部の滞留水の水位低下による放射性物質の再浮遊は、地下開口部が閉塞されているため建屋内に閉じ込められている。なお、プロセス主建屋、サイトバンカ建屋、高温焼却炉建屋、焼却・工作建屋の各建屋内地上部の主な開口部付近にて、空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質の漏えいがないことを確認する。

また、建屋内に設置されている汚染水処理設備、貯留設備の内、除染装置（セシウム凝集・沈殿）、造粒固化体貯槽（廃スラッジ貯蔵）については、内部のガスをフィ

ルタで放射性物質を除去して排気しており、除染装置運転時や廃棄物受け入れ時等において、排気中の放射性物質濃度を必要により測定する。

⑥5, 6号機各建屋

主排気筒または非常用ガス処理系において、放射性物質濃度をガス放射線モニタにより監視する。

⑦使用済燃料共用プール

建屋内の排気設備にて、放射性物質濃度を排気放射線モニタにより監視する。

⑧廃スラッジ一時保管施設

汚染水処理設備の除染装置から発生する廃スラッジを一時貯蔵する施設では、内部のガスをフィルタで放射性物質を除去して排気し、ダスト放射線モニタで監視する。

⑨焼却炉建屋

焼却設備の排気筒において、放射性物質濃度をガス放射線モニタ及びダスト放射線モニタにより監視する。

⑩固体廃棄物貯蔵庫

固体廃棄物貯蔵庫において、空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。

⑪瓦礫等の一時保管エリア

瓦礫等の一時保管エリアにおいて、空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。

⑫使用済セシウム吸着塔一時保管施設

使用済セシウム吸着塔一時保管施設のエリアにおいては、空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。

⑬貯留設備（タンク類、地下貯水槽）

貯留設備（タンク類、地下貯水槽）のエリアにおいては、空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。

⑭多核種除去設備等

多核種除去設備においては、内部のガスをフィルタで放射性物質を除去し、排気しているため、多核種除去設備設置エリアの放射性物質濃度を必要により測定する。また、増設多核種除去設備及び高性能多核種除去設備は、多核種除去設備と同様にフィルタで放射性物質を除去し、排気しているため、各設備の設置エリアにおける放射性物質濃度を必要により測定する。

⑮大型機器除染設備

大型機器除染設備排気口及び汚染拡大防止ハウス排気口において、空気中の放射性物質を定期的（除染設備運転時）及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度（主要ガンマ線放出核種、全ベータ放射能、ストロンチウム90濃度）を測定する。

なお、除染対象物のアルファ核種による汚染は極めて低いと評価しているが、念のために全アルファ放射能の放射性物質濃度も1ヶ月に1回測定する。

### (3) 推定放出量

1～4号機原子炉建屋（原子炉格納容器を含む）以外からの追加的放出は、極めて少ないと考えられるため、1～4号機原子炉建屋上部におけるサンプリング結果から検出されているCs-134及びCs-137を評価対象とし、建屋開口部等における放射性物質濃度及び空気流量等の測定結果から、現在の1～4号機原子炉建屋からの放出量を評価した。推定放出量（平成26年2月時点）は、表2. 1. 3-1に示す通りである。

なお、これまでの放出量の推移を図2. 1. 3-1に示す。

表2. 1. 3-1 気体廃棄物の推定放出量

	Cs-134 (Bq/sec)	Cs-137 (Bq/sec)
1号機 原子炉建屋	$4.7 \times 10^2$	$4.7 \times 10^2$
2号機 原子炉建屋	$9.4 \times 10^1$	$9.4 \times 10^1$
3号機 原子炉建屋	$7.1 \times 10^2$	$7.1 \times 10^2$
4号機 原子炉建屋	$1.2 \times 10^2$	$1.2 \times 10^2$

(注) 平成26年2月時点の評価値

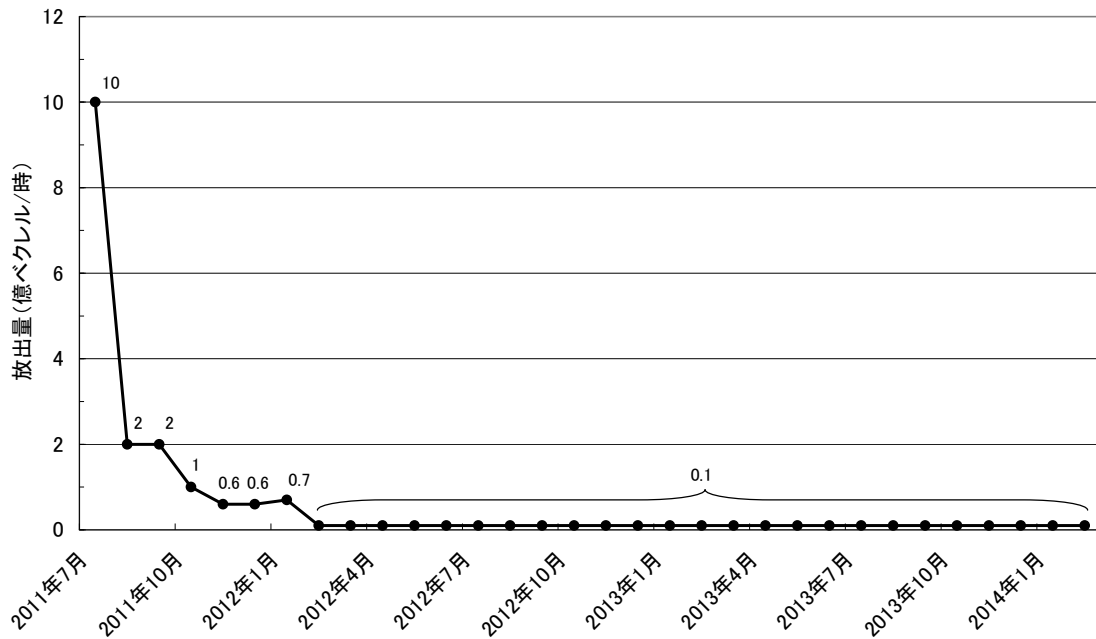


図2. 1. 3-1 1～3号機原子炉建屋からの一時間当たりの放出量推移