

6. 高レベル放射性汚染水を貯留している（滞留している場合も含む）建屋等

6.1. 概要

6.1.1. 現状及び中期的見通し

高レベル放射性汚染水を貯留している（滞留している場合も含む）建屋等は，集中廃棄物処理建屋のうち，高レベル放射性汚染水を貯留するプロセス主建屋，雑固体廃棄物減容処理建屋（以下，「高温焼却炉建屋」という。）と，高レベル放射性汚染水（以下，「滞留水」という。）が滞留する1～4号炉の原子炉建屋，タービン建屋（トレンチ，立坑^{注1}，コントロール建屋含む），廃棄物処理建屋を対象とする。

集中廃棄物処理建屋に滞留水を移送しているが，これは，平成23年4月2日に2号炉タービン建屋に滞留していた滞留水の一部がトレンチのひび割れを通じて取水口に直接流出していることが確認され，平成23年4月6日の時点で止水できたものの，再度の漏えいや別の場所からの漏えいの可能性が否定できない状況にあったことから，3号炉タービン建屋の滞留水も含めて緊急に集中廃棄物処理建屋に移送することにしたものである。移送先には，多量の滞留水を貯留するためのタンクを短期間で設置，建設することは困難であることから，既設の設備の中から発生する滞留水の貯蔵に必要な受入可能容量，受入可能時期を踏まえて，集中廃棄物処理建屋を選定した。

現在の滞留水移送の概念及び1～4号炉建屋間における滞留水の流れのイメージを図6-1，図6-2に示す。

1～4号炉にある滞留水は，2号炉及び3号炉のタービン建屋から集中廃棄物処理建屋へ移送される。集中廃棄物処理建屋に一時貯蔵された滞留水は，高レベル放射性汚染水処理設備にて処理された後，原子炉へ注水されている。1～4号炉における滞留水の流れについて，以下のとおり想定する。

- 1号炉：原子炉建屋から廃棄物処理建屋を通過して2号炉廃棄物処理建屋へ流入（原子炉建屋及びタービン建屋間は，水位状況によって流れの有無が異なる）
- 2号炉：各建屋間で連動しており，タービン建屋から集中廃棄物処理建屋へ移送していることから，各建屋からタービン建屋へ流入
- 3／4号炉：各建屋間で連動しており，3号炉タービン建屋から集中廃棄物処理建屋へ移送していることから，各建屋からタービン建屋へ流入

6.1.2. 基本的対応方針及び中期的計画

（1）建屋内水位の対応方針

各建屋からの放射性物質の漏えいを防止するために，建屋内水圧を地下水圧より常に低く保つことが必要で，建屋内水位を近傍の地下水位より低く管理することとする。地下水の水位は，サブドレン水^{注2}の水位により確認していることから，近傍のサブドレン水位より建屋内水位を下げるよう管理する。ただし，サブドレン水位が季節の変動により極端に

注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。

注2：サブドレン水とは，建屋周辺の地下水をいう。

減少した場合を除く。

発電所敷地内の地下水の水位について過去の実績を確認したところ、年間を通して変動は少ないことから極端にサブドレン水位が低下することは考え難いが、何らかの事象によりサブドレン水位が極端に低下した際には、建屋内水位を可能な限り低減し、さらにサブドレン水の放射性物質濃度の監視を強化し、滞留水のサブドレン水への漏えい有無について確認する。

(2) サブドレン設備の対応方針

図 6-3 のとおり各建屋周りに地下水の水位を調整するため数カ所のサブドレン設備があるが、現在、1～4号炉のサブドレン水についてはタービン建屋の海側の1箇所にて水位と放射能濃度を測定している。これまでサブドレン水の監視については、高線量エリアであることや障害物となる瓦礫などの影響を考慮し、タービン建屋の1箇所に限定しているが、状況を考慮した上で、水位と放射能濃度のより適切な測定箇所、頻度を定めて実施していく。

(3) 中期的計画

1～4号炉の滞留水については、高レベル放射性汚染水処理設備の1ヶ月程度の停止や豪雨等（気象庁の発電所近傍の観測データにおける月降雨量の最大）に備えて、建屋内滞留水の海洋への放出リスクの高まる OP.4,000 到達までの余裕確保に加え、地下水の流入量を抑制する観点から、建屋内水位を OP.3,000 前後で運用する。

今後も、原子炉注水量の変更や集中廃棄物処理建屋の貯蔵量等を踏まえて移送、処理を計画する。

なお、現在の建屋等にある滞留水を最終的には抜き取る計画である。

6.2. 安全確保の基本方針

原子炉施設からの新たな放射性物質の放出を管理し、放射線量を抑制するための策を講じ、モニタリングする。必要に応じて、可燃性ガスの処理を適切に行うこととする。以下に具体的な目標を示す。

- (1) 建屋等の高レベル放射性汚染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、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できること。
- (3) 高レベル放射性汚染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。
- (5) 必要に応じて、貯留または滞留している高レベル放射性汚染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こと。

6.3. 主要設備等

滞留水移送概念図について図 6-1、各建屋間における滞留水の流れについて図 6-2 に示す。各号炉の建屋等について安全確保策を目標ごとに以下に記載する。

6.3.1. プロセス主建屋

プロセス主建屋に貯留する滞留水は、2号炉、3号炉、高温焼却炉建屋から移送ポンプや耐圧ホース等で移送されることにより受け入れ、高レベル放射性汚染水処理設備で処理されることにより水位調整される。移送については、移送元の1～4号炉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。

プロセス主建屋からの放射性物質の漏えいを防止するために、建屋内水圧を地下水圧より常に低く保つことが必要で、建屋内水位を常に地下水位より低く保つこととした。建屋内滞留水は塩分を含み地下水より比重がやや大きいため、水位差を設定する際には比重差を考慮して、建屋内水位を地下水位より40cm以上低くするように制御する。

また、水位差40cm以上を確保するため、地下水位の日変動及び季節変動(約50cmと想定)を考慮する。なお、OP.5,700以下では、止水工事及びひび割れ補修が終了している。

以上より、地下水位(6月19日現在 OP.6,600)から系外漏えいリスクの低減を図った水位に若干の余裕を考慮した水位(OP.5,600)にて貯蔵する。

プロセス主建屋について、以下のとおり安全確保策を実施している。

(1) 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、水圧式の水位計を設置し、発電所内の免震重要棟で建屋内水位を監視している。

また、建屋からの漏えいを防止する機能として、以下について実施した。

①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した。

(添付資料-1 参照)

②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した。

(添付資料-2 参照)

③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、サブドレン水の水位の監視を図 6-3 の測定箇所を実施している。

④コンクリート壁中における放射性物質の拡散について

建屋の健全部ではコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性はあるが、壁の外側に放射性物質が到達する時期は約 100 年後と評価している。したがって、今後 3 年間程度において、コンクリート壁中における放射性物質の拡散による建屋外への漏えい可能性は低いと考える。

(添付資料-3 参照)

⑤サイトバンカ建屋における滞留水の確認について

プロセス主建屋に隣接するサイトバンカ建屋において、地下に滞留している水をサンプリングしたところ、放射能が検出された。その原因として、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とから、サイトバンカ建屋の滞留水を適宜プロセス主建屋へ移送している。

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し、図 6-4 に示すとおり現在まで放射能濃度に有意な変化は見られていないことから、滞留水の外部への漏えいはないと考える。今後も引き続き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していく。

(2) 高レベル放射性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

①高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止に備えた対応

高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止に備え、受け入れ元であるタービン建屋等の水位を OP.3,000 前後で維持し、滞留水が急激に増加した場合の余裕を確保している。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、滞留水が急激に増加した場合の貯留先として、高濃度滞留水受タンク等を設置している。

なお、受け入れ元であるタービン建屋等の水位は、原子炉注水量を調整し、滞留水の発生量を抑制する等の措置をとることで、1 ヶ月程度の停止に耐えられる (5.2.6(4)e.参照)。

②豪雨等に備えた対応

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 OP.3,000 前後で維持し、滞留水が急激に増加した場合の余裕を確保している。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、滞留水が

急激に増加した場合の貯留先として、高濃度滞留水受タンク等を設置している。

なお、受け入れ元であるタービン建屋等の水位は、降水量に対し 85%程度の水位上昇を示したことがあり、気象庁の観測データにおける月降雨量の最大^{注3}を超える 850mm の降雨までは、タービン建屋等の水位を維持することが可能である (5.2.6(4)c.参照)。

注3：福島県浪江町で 634mm (2006 年 10 月)、富岡町で 615mm (1998 年 8 月)

(3) 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試みとして、可能な限り地下開口部の閉塞を行っているが、構造上、完全密封は不可能なため、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して監視していく。

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、建屋上部に吸気口がある局所排風機を設置しており、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ことができる。

(4) 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図 6-3 のとおり設定し、図 6-4 のとおり定期的に測定することにより監視している。

(5) 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

可燃性ガスの検出として、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した。また念のため、水の放射線分解により建屋内に発生した水素の処理として、建屋上部に吸気口がある局所排風機を設置しており、建屋内に気体の対流を作り水素の滞留を抑制できる。

なお、滞留水から放射性分解により可燃性ガスの水素が発生する恐れのあることから、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試みとしての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。

6.3.2. 高温焼却炉建屋

高温焼却炉建屋に貯留する滞留水は、2号炉、3号炉から滞留水移送装置(移送ポンプ、耐圧ホース等)で移送されることにより受け入れ、高レベル放射性汚染水処理設

備により処理されることにより水位調整される。移送については、移送元の1～4号炉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。

高温焼却炉建屋からの放射性物質の漏えいを防止するために、建屋内水圧を地下水圧より常に低く保つことが必要で、建屋内水位を常に地下水位より低く保つこととした。建屋内滞留水は塩分を含み地下水より比重がやや大きいため、水位差を設定する際には比重差を考慮して、建屋内水位を地下水位より40cm以上低くするように制御する。

また、水位差40cm以上を確保するため、地下水位の日変動及び季節変動(約50cmと想定)を考慮する。ただし、建屋内の被ばく線量率低減の観点から、地下1階床面レベル(OP.4,200)よりも下の水位を保つこととする。なお、地下1階床面レベル(OP.4,200)以下では、止水工事及びひび割れ補修が終了している。

以上より、作業環境への影響及び系外漏えいリスクの低減を図った水位を考慮した水位(OP.4,200)にて貯蔵する。

高温焼却炉建屋について、以下のとおり安全確保策を実施する。

(1) 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、水圧式の水位計を設置し、発電所内の免震重要棟で建屋内水位を監視している。

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。

①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した。

(添付資料-4 参照)

②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した。

(添付資料-5 参照)

③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している。そのため、サブドレン水の水位の監視を図6-3の測定箇所で行っている。

④コンクリート壁中における放射性物質の拡散について

建屋の健全部ではコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性はあるが、壁の外側に放射性物質が到達する時期は約30年後と評価している。したがって、今後3年間程度において、コンクリート壁中における放射性物質の拡散による建屋外への漏えい可能性は低いと考える。

(添付資料-6 参照)

⑤隣接する地下通路への滞留水の漏えい事象について

高温焼却炉建屋に滞留水を移送したところ、隣接する地下通路に漏えいしていることが確認され、その後、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。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し、図 6-4 に示すとおり現在のところ放射能濃度に有意な変化は見られていないことから、滞留水の外部への漏えいはないと考える。今後も引き続き建屋近傍のサブドレン水の水位及び放射能濃度を監視していく。

(2) 高レベル放射性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

①高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止に備えた対応

高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止に備え、受け入れ元であるタービン建屋等の水位を OP.3,000 前後で維持し、滞留水が急激に増加した場合の余裕を確保している。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、滞留水が急激に増加した場合の貯留先として、高濃度滞留水受タンク等を設置している。

なお、受け入れ元であるタービン建屋等の水位は、原子炉注水量を調整し、滞留水の発生量を抑制する等の措置をとることで、1ヶ月程度の停止に耐えられる(5.2.6(4)e.参照)。

②豪雨等に備えた対応

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 OP.3,000 前後で維持し、滞留水が急激に増加した場合の余裕を確保している。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、滞留水が急激に増加した場合の貯留先として、高濃度滞留水受タンク等を設置している。

なお、受け入れ元であるタービン建屋等の水位は、降水量に対し 85%程度の水位上昇を示したことがあり、気象庁の観測データにおける月降雨量の最大^{注3}を超える 850mm の降雨までは、タービン建屋等の水位を維持することが可能である(5.2.6(4)c.参照)。

注3：福島県浪江町で 634mm (2006年10月)、富岡町で 615mm (1998年8月)

(3) 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試みとして、可能な限り地下開口部の閉塞を行っているが、構造上、完全密封は不可能なため、必

要に応じて高温焼却炉建屋についてもダストサンプリングを実施して監視していく。

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、建屋上部に吸気口がある局所排風機を設置しており、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ことができる。

(4) 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図 6-3 のとおり設定し、図 6-4 のとおり定期的に測定することにより監視している。

(5) 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

水の放射線分解により建屋内に発生した水素の処理として、建屋上部に吸気口がある局所排風機を設置しており、建屋内に気体の対流を作り水素の滞留を抑制できる。

なお、可燃性ガスの検出として、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試みとしての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。

6.3.3. 1号炉

1号炉の滞留水については、原子炉建屋、タービン建屋（トレンチ、立坑、コントロール建屋含む）、廃棄物処理建屋に滞留しており、図 6-2 のとおり原子炉建屋から廃棄物処理建屋を通して2号炉廃棄物処理建屋へ流入していると考えられる。また、タービン建屋については、現在、原子炉建屋からの流入もあると考えられるが、1号炉タービン建屋から2号炉タービン建屋への滞留水移送装置（移送ポンプ2台、耐圧ホース等）を通じ、水位状況に応じて移送している。

1号炉の各建屋について、以下のとおり安全確保策を実施する。

(1) 汚染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圧式の水位計を設置し、発電所内の免震重要棟で滞留水の水位を監視している。

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。

①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の水位と図 6-3 のサブドレン水位を測定している。

現在のところ、タービン建屋の滞留水の水位は、サブドレン水の水位以下に管理できていないが、タービン建屋水位は通常安定しており、図 6-4 に示すとおりサブドレン水の放射能濃度の測定結果についても有意な変化は見られていない。したがって、滞留水の建屋外への漏えいはないと考えるが、建屋外への漏えい防止機能を高めるため、今後タービン建屋の滞留水の移送を計画する。

また、原子炉建屋の滞留水の水位もサブドレン水の水位よりも高い状況の場合があるため、継続して監視していく。

さらに、1～4号炉の既設護岸の前面に遮水壁を設置することにより、地下水による海洋汚染拡大防止を図る予定である。

②コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋の健全部ではコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性はあるが、壁の外側に放射性物質が到達する時期を、原子炉建屋：約 200 年、タービン建屋：約 20 年、廃棄物処理建屋：約 20 年と評価している。したがって、今後 3 年間程度において、コンクリート壁中における放射性物質の拡散による建屋外への漏えい可能性は低いと考える。

(添付資料-7 参照)

(2) 高レベル放射性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

高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、滞留水の移送・処理を行うことで1号炉の滞留水が流入する2号炉タービン建屋等の水位をOP.3,000 前後で維持し、滞留水が急激に増加した場合の余裕を確保する。

(3) 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試みとして、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っているが、構造上、完全密封は不可能なため、原子炉建屋上部のダストサンプリングに加えて、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して監視していく。

なお、原子炉からの放射性物質の飛散抑制の応急措置的対策のため、原子炉建屋にカバーを設置中である。本カバーの設置とともに排気設備を設置し、チャコールフィルタ及び高性能粒子フィルタを通して排気することにより、滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出の低減を図る。

(4) 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図 6-3 のとおり設定し、図 6-4 のとおり定期的に測定することにより監視している。

なお、高線量エリアであることや障害物となる瓦礫などの影響を考慮しサブドレン水のサンプリングの測定箇所を限定されているが、状況を考慮した上で、より適切な測定箇所を増やしていく。

(5) 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

可燃性ガスの検出として、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試みとしての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。

6.3.4. 2号炉

2号炉の滞留水については、原子炉建屋、タービン建屋（トレンチ、立坑、コントロール建屋含む）、廃棄物処理建屋に滞留しており、図 6-2 のと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、タービン建屋または立坑から滞留水移送装置（移送ポンプ、耐圧ホース等）で集中廃棄物処理建屋へ移送することにより水位調整されている。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。

2号炉の各建屋について、以下のとおり安全確保策を実施する。

(1) 汚染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圧式の水位計を設置し、発電所内の免震重要棟で滞留水の水位を監視している。

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。

①建屋内滞留水の水位管理

建屋にあ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、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋の滞留水の水位と図 6-3 のサブドレン水の水位を測定している。OP4,000 にある立坑の対策については、開口部を閉塞した。さらに、1～4号炉の既設護岸の前面に遮水壁を設置することにより、地下水による海洋汚染拡大防止を図る予定である。

②コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋の健全部ではコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性はあるが、壁の外側に放射性物質が到達する時期を、原子炉建屋：約 200 年、タービン建屋：約 20 年（ただし、トレンチ、立坑については約 13 年）、廃棄物処理建屋：約 40 年と評価している。したがって、今後 3 年間程度において、コンクリート壁中における放射性物質の拡散による建屋外への漏えい可能性は低いと考える。

(添付資料-7 参照)

(2) 高レベル放射性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

高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、滞留水の移送・処理を行うことでタービン建屋等の水位を OP.3,000 前後で維持し、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 OP.4,000 までの余裕を確保する。

(3) 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試みとして、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っているが、構造上、完全密封は不可能なため、原子炉建屋上部のダストサンプリングに加えて、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して監視していく。

(4) 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図 6-3 のとおり設定し、図 6-4 のとおり定期的に測定することにより監視している。

なお、高線量エリアであることや障害物となる瓦礫などの影響を考慮しサブドレン水のサンプリングの測定箇所を限定されているが、状況を考慮した上で、より適切な測定箇所を増やしていく。

(5) 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

可燃性ガスの検出として、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試みとしての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。

6.3.5. 3号炉

3号炉の滞留水については、原子炉建屋、タービン建屋（トレンチ、立坑、コントロール建屋含む）、廃棄物処理建屋に滞留しており、図 6-2 のとおり3/4号炉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号炉タービン建屋から滞留水移送装置（移送ポンプ2台設置、耐圧ホース等）で集中廃棄物処理建屋へ移送することにより水位調整されている。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。

3号炉の各建屋について、以下のとおり安全確保策を実施する。

(1) 汚染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圧式の水位計を設置し、発電所内の免震重要棟で滞留水の水位を監視している。

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。

①建屋内滞留水の水位管理

建屋にあ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、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋の滞留水の水位と図 6-3 のサブドレン水の水位を測定している。OP.4,000 にある立坑の対策については、開口部を閉塞した。さらに、1～4号炉の既設護岸の前面に遮水壁を設置することにより、地下水による海洋汚染拡大防止を図る予定である。

②コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋の健全部ではコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性はあるが、壁の外側に放射性物質が到達する時期を、原子炉建屋：約 200 年、タービン建屋：約 40 年（ただし、トレンチ、立坑については約 13 年）、廃棄物処理建屋：約 40 年と評価している。したがって、今後3年間程度において、コンクリート壁中における放射性物質の拡散による建屋外への漏えい可能性は低いと考える。

(添付資料-7 参照)

(2) 高レベル放射性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

高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、滞留水の移送・処理を行うことでタービン建屋等の水位を OP.3,000 前後で維持し、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 OP.4,000 までの余裕を確保する。

(3) 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試みとして、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っているが、構造上、完全密封は不可能なため、原子炉建屋上部のダストサンプリングに加えて、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して監視していく。

なお、原子炉建屋は建屋上部に崩落した瓦礫が多いため、早期に瓦礫を撤去することにより瓦礫に付着した放射性物質の飛散を抑制できる。このため、建屋上部の瓦礫撤去を先行して実施し、放射性物質の環境への放出低減を図る。

(4) 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図 6-3 のとおり設定し、図 6-4 のとおり定期的に測定することにより監視している。

なお、高線量エリアであることや障害物となる瓦礫などの影響を考慮しサブドレン水のサンプリングの測定箇所を限定されているが、状況を考慮した上で、より適切な測定箇所を増やしていく。

(5) 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

可燃性ガスの検出として、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試みとしての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。

6.3.6. 4号炉

4号炉の滞留水については、原子炉建屋、タービン建屋（トレンチ、立坑、コントロール建屋含む）、廃棄物処理建屋に滞留しており、3/4号炉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号炉タービン建屋から滞留水移送装置（移送ポンプ2台設置、耐圧ホース等）で集中廃棄物処理建屋へ移送することにより、水位調整されている。

4号炉の各建屋について、以下のとおり安全確保策を実施する。

(1) 汚染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圧式の水位計を設置し、発電所内の免震重要棟で滞留水の水位を監視している。

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。

①建屋内滞留水の水位管理

建屋にあ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、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋の滞留水の水位と図 6-3 のサブドレン水の水位を測定している。OP.4,000 にある立坑の対策については、開口部を閉塞した。さらに、1～4号炉の既設護岸の前面に遮水壁を設置することにより、地下水による海洋汚染拡大防止を図る予定である。

②コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋の健全部ではコンクリート壁中を放射性物質が拡散し、漏えいする可能性はあるが、壁の外側に放射性物質が到達する時期を、原子炉建屋：約 200 年、タービン建屋：約 20 年（ただし、トレンチ、立坑については約 10 年）、廃棄物処理建屋：約 40 年と評価している。したがって、今後 3 年間程度において、コンクリート壁中における放射性物質の拡散による建屋外への漏えい可能性は低いと考える。

(添付資料-7 参照)

(2) 高レベル放射性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

高レベル放射性汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え、滞留水の移送・処理を行うことでタービン建屋等の水位を OP.3,000 前後で維持し、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 OP.4,000 までの余裕を確保する。

(3) 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試みとして、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っているが、構造上、完全密封は不可能なため、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して監視していく。

なお、原子炉建屋は建屋上部に崩落した瓦礫が多いため、早期に瓦礫を撤去することにより瓦礫に付着した放射性物質の飛散を抑制できる。このため、建屋上部の瓦礫撤去を先行して実施し、放射性物質の環境への放出低減を図る。

(4) 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図 6-3 のとおり設定し、図 6-4 のとおり定期的に測定することにより監視している。

なお、高線量エリアであることや障害物となる瓦礫などの影響を考慮しサブドレン水のサンプリングの測定箇所を限定されているが、状況を考慮した上で、より適切な測定箇所を増やしていく。

(5) 滞留水から発生する可燃性ガスの検出、管理及び処理

可燃性ガスの検出として、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試みとしての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。

6.4. 設備の構造強度・耐震設計

6.4.1. プロセス主建屋

(1) 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、念のため、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った。

その結果、地震による構造上の問題はなかった。

(2) 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、福島第一原子力発電所における基準地震動 Ss に対して、十分な裕度を持って耐え得る構造強度を有していることを確認した。

6.4.2. 高温焼却炉建屋

(1) 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、念のため、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った。

その結果、地震による構造上の問題はなかった。

(2) 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、福島第一原子力発電所における基準地震動 Ss-1 及び基準地震動 Ss-2 に対して、十分な裕度を持って耐え得る構造強度を有していることを確認した。

6.4.3. 1～4号炉

(1) 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った。

その結果、地震による構造上の問題はなかったと考える。

(2) 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、各建屋の耐震クラスに応じた地震動により構造強度を満足することを確認する。

また、東北地方太平洋沖地震を経験したことから耐震Bクラスであるタービン建屋、廃棄物処理建屋については、参考に基準地震動 S_s に対して、大量（満水）の滞留水を貯蔵する荷重条件で構造強度を確認する。

6.5. 今後の計画

6.1～6.3 項に示した通り、建屋外への漏えい防止機能、気体状の放射性物質の放出抑制を目的に、

- ・ 1号炉タービン建屋から2号炉タービン建屋への移送配管の設置
- ・ プロセス主建屋地下開口部閉塞
- ・ タービン建屋地下開口部閉塞
- ・ 1号炉 原子炉建屋カバーの設置
- ・ 地下水の放射性物質濃度の監視強化（サブドレンの復旧）
- ・ 遮水壁設置

の工事を実施していく。表 6-1 に今後の工事計画を示す。

6.6. 添付資料

添付資料-1：プロセス主建屋の貫通部の止水措置

添付資料-2：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-3：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-4：高温焼却炉建屋の貫通部の止水措置

添付資料-5：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-6：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-7：1～4号炉の各建屋外への放射性物質移行量の評価

以上

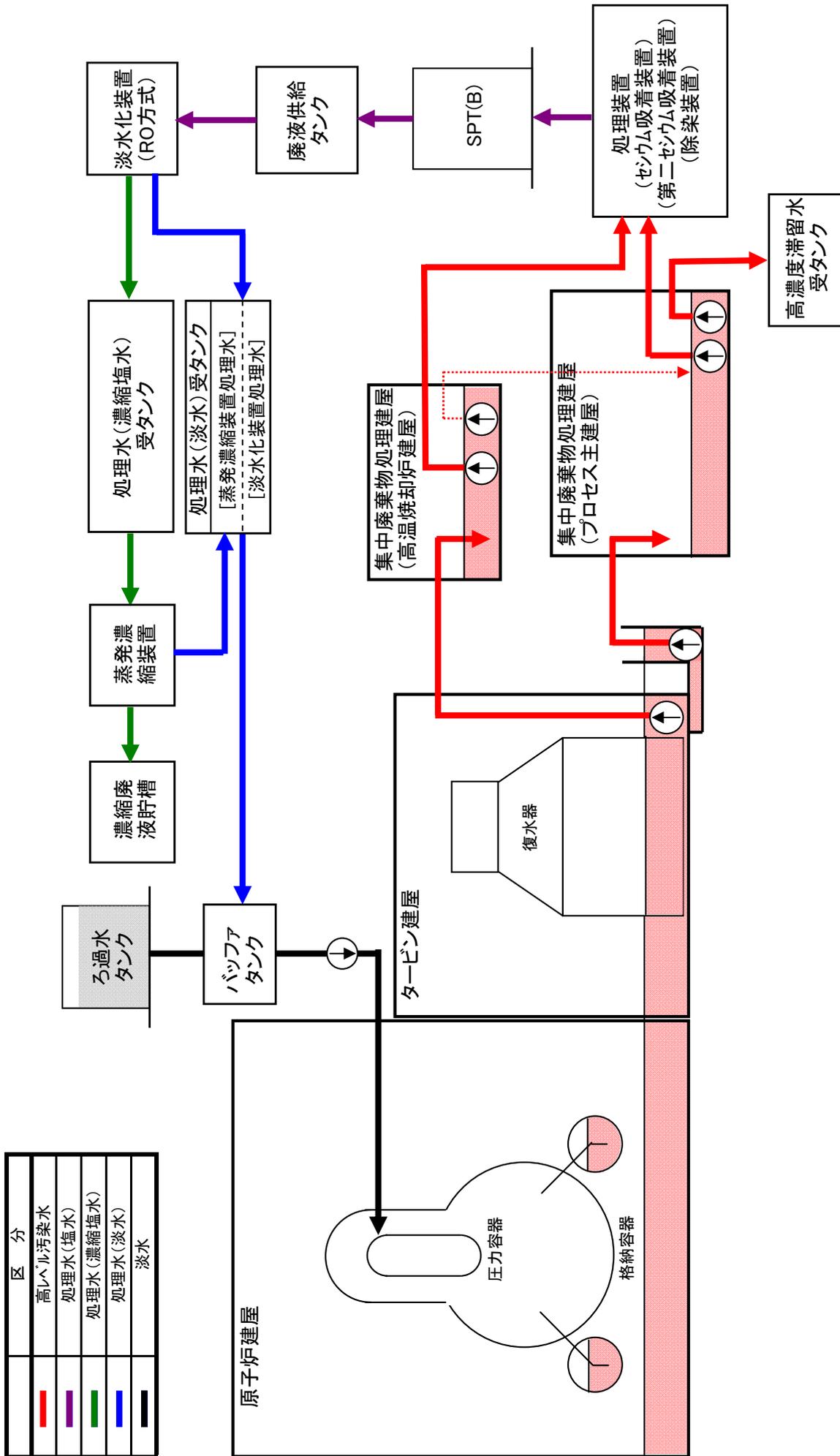


図6-1 滞留水移送概念図

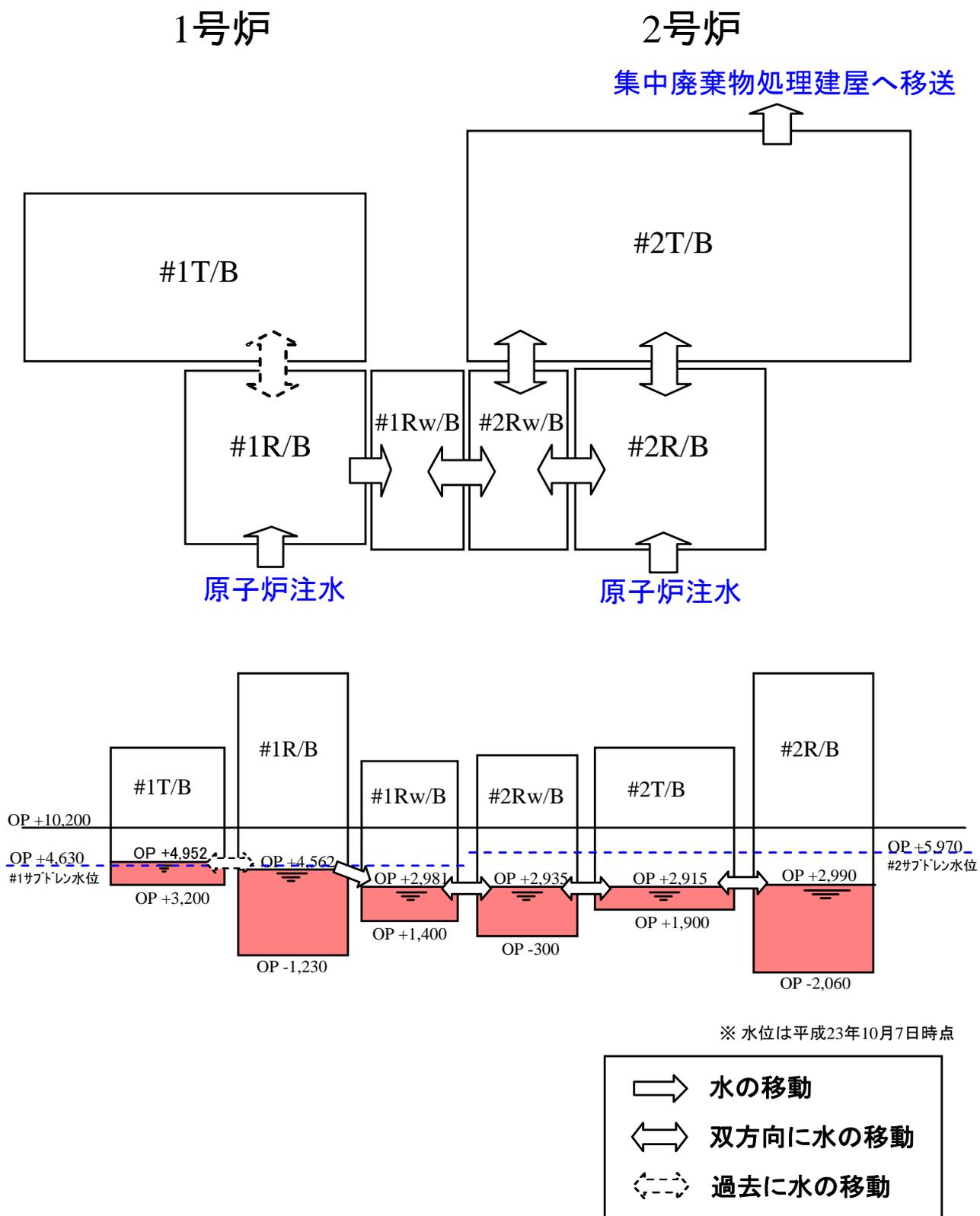
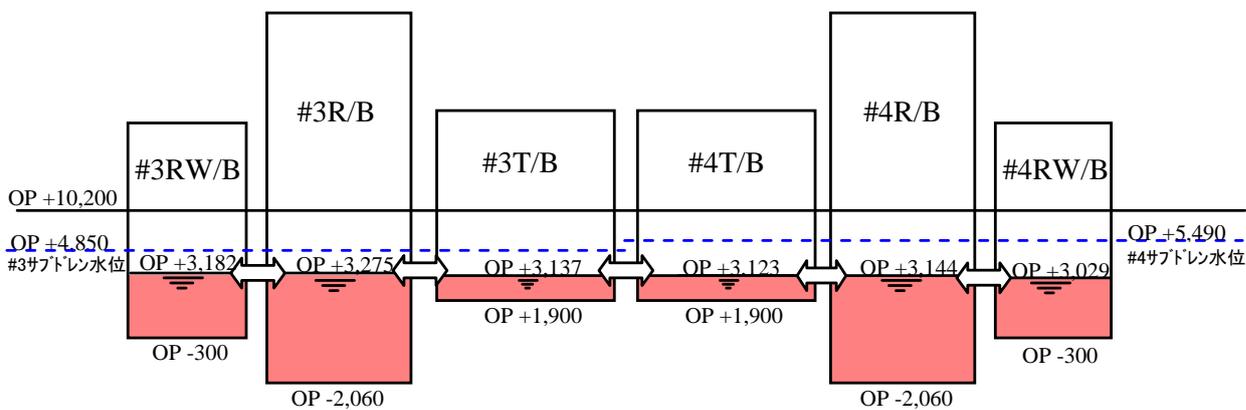
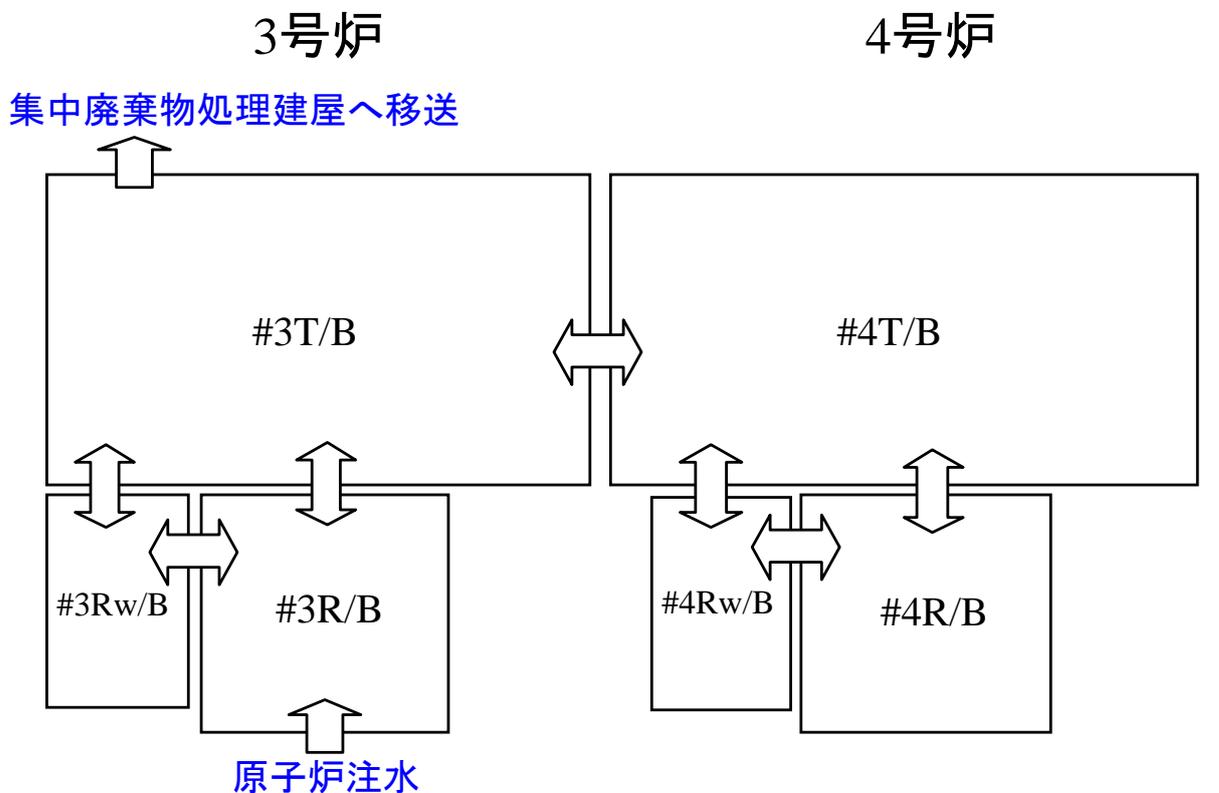


図6-2(1) 1/2号炉建屋間における滞留水の流れのイメージ



※ 水位は平成23年10月7日時点

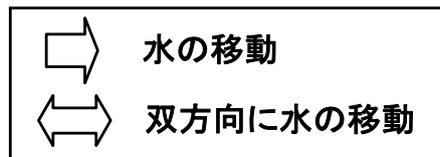


図6-2(2) 3/4号炉建屋間における滞留水の流れのイメージ

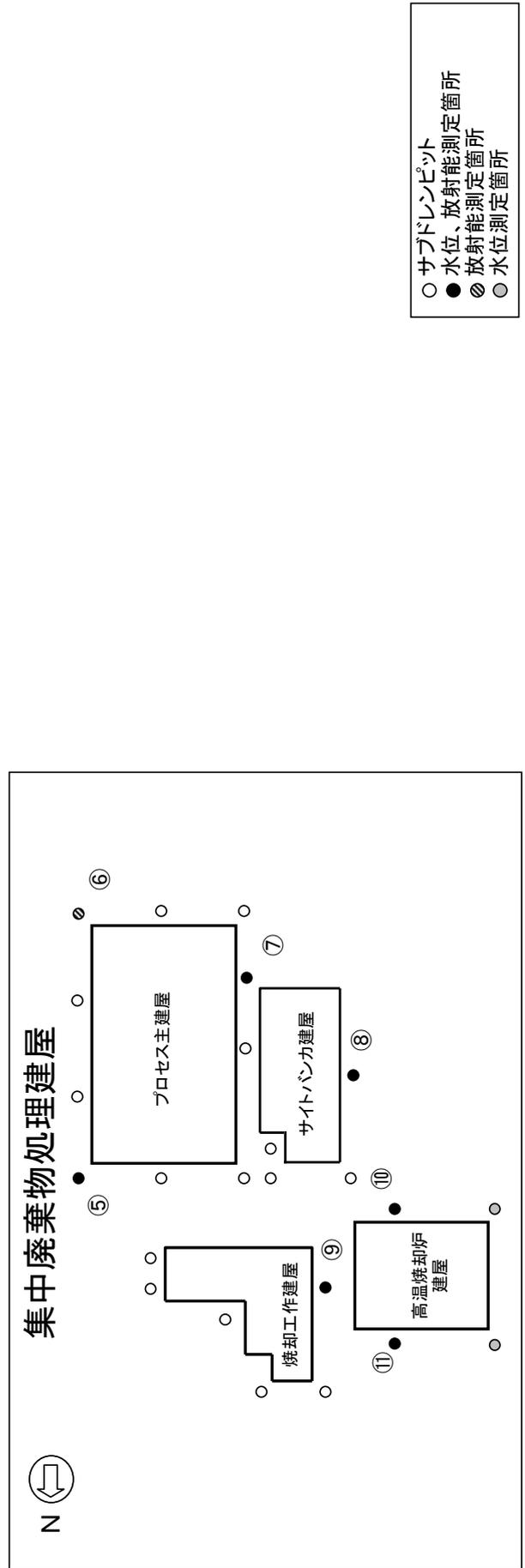
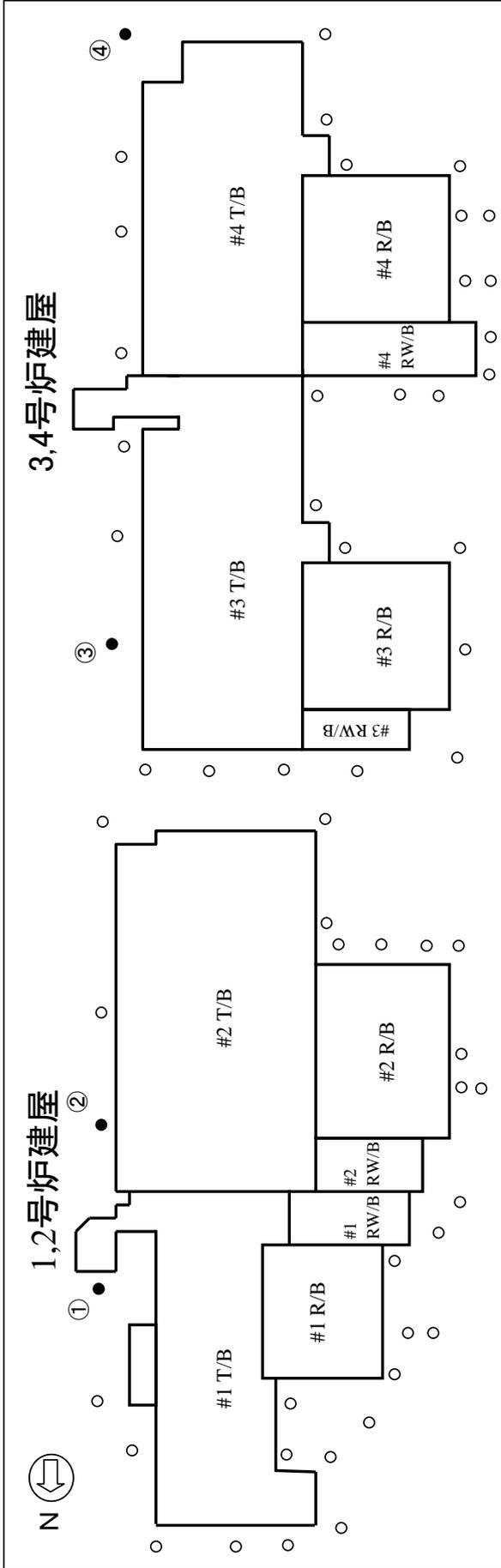
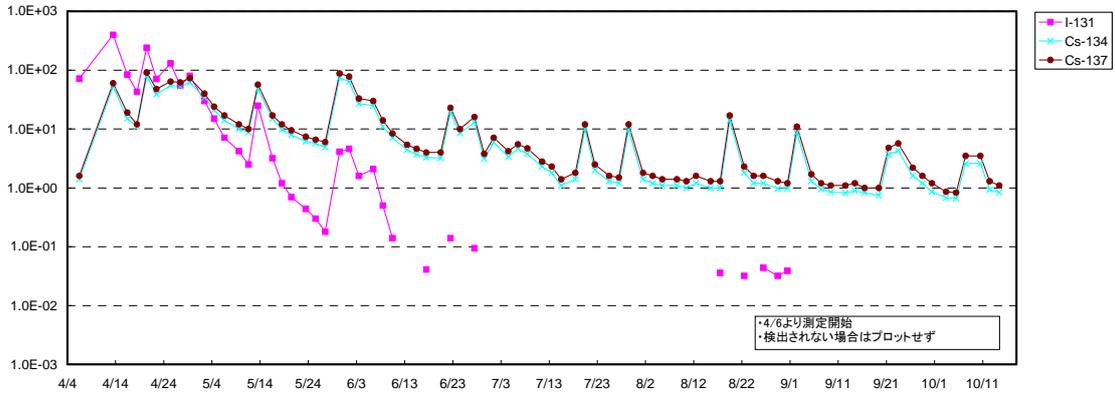
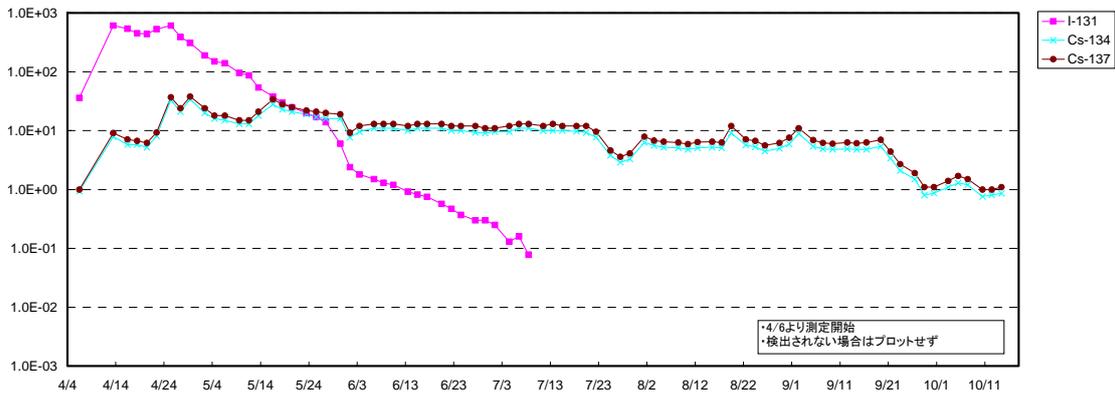


図6-3 サブドレンピット概略配置図

①1号炉サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)



②2号炉サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)



③3号炉サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)

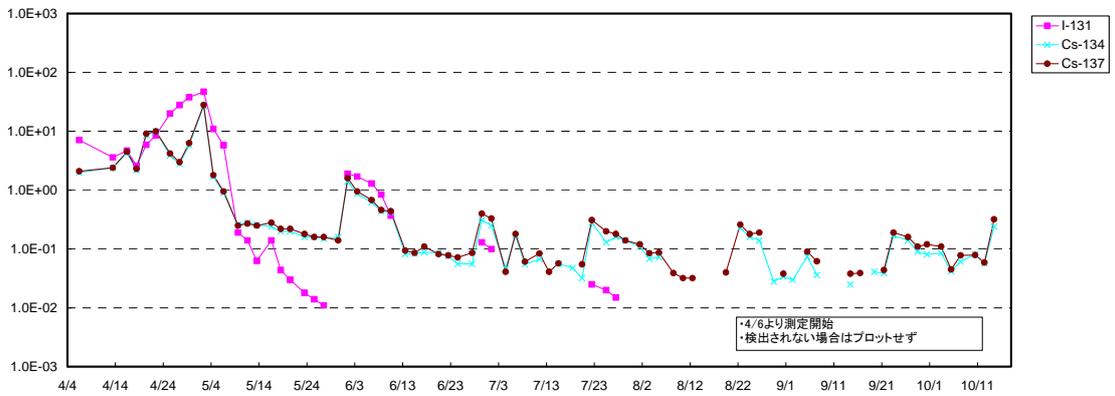
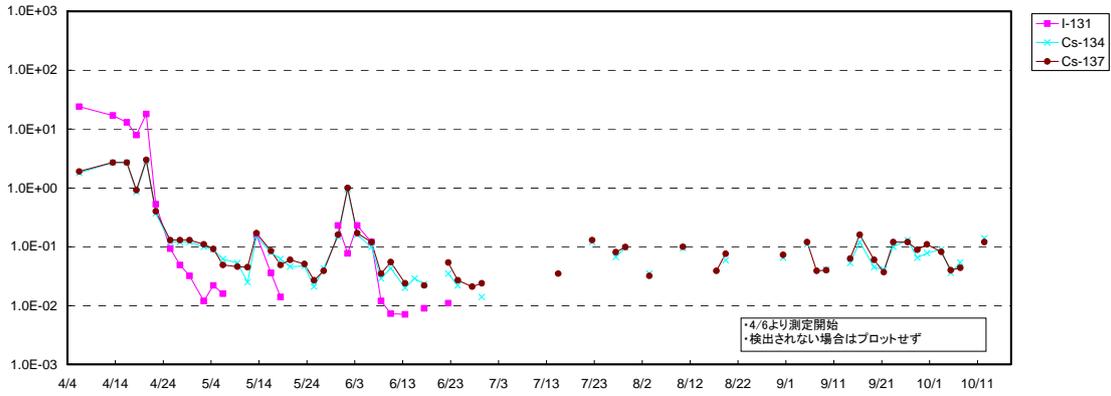
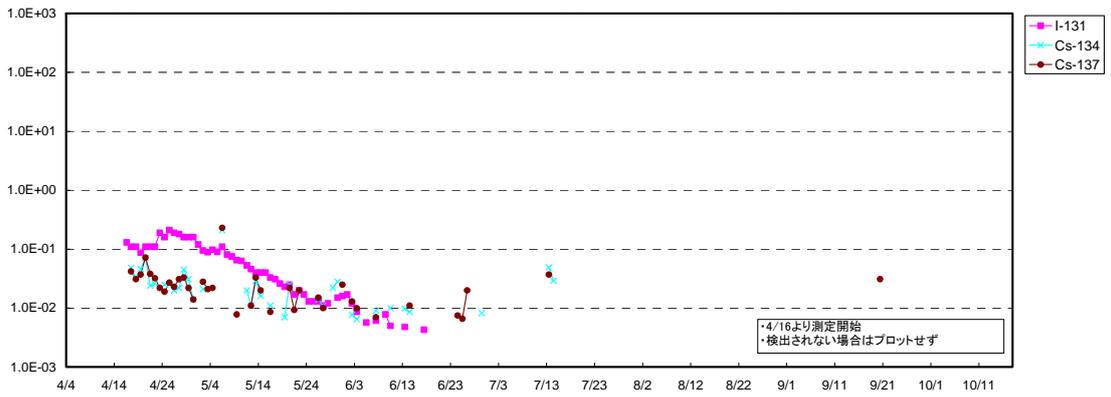


図 6-4(1)サブドレン水放射能濃度

④4号炉サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)



⑤プロセス主建屋北東サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)



⑥プロセス主建屋南東サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)

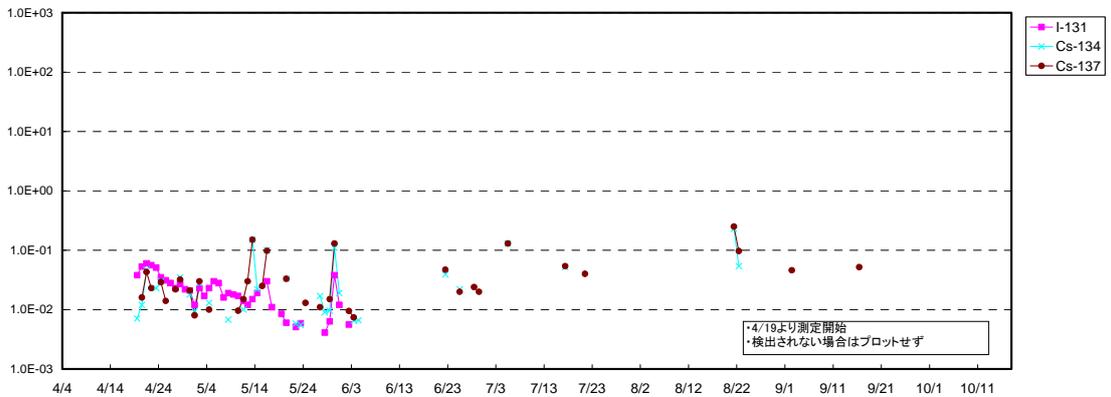
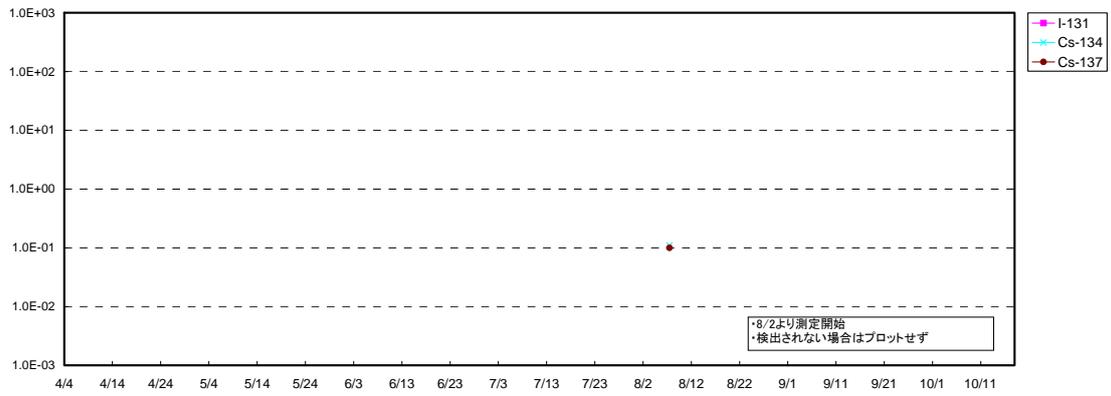
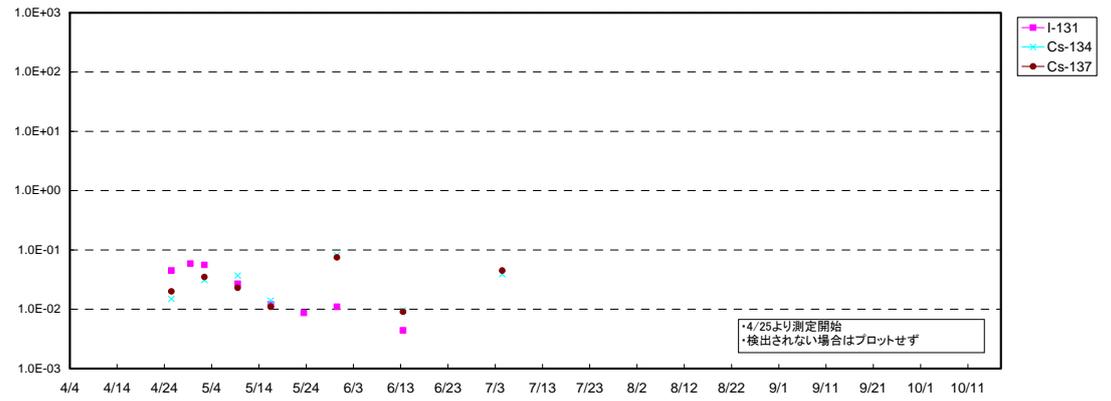


図 6-4(2)サブドレン水放射能濃度

⑦ サイトバンカ建屋南東サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)



⑧ サイトバンカ建屋南西サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)



⑨ 焼却工作建屋 西側サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)

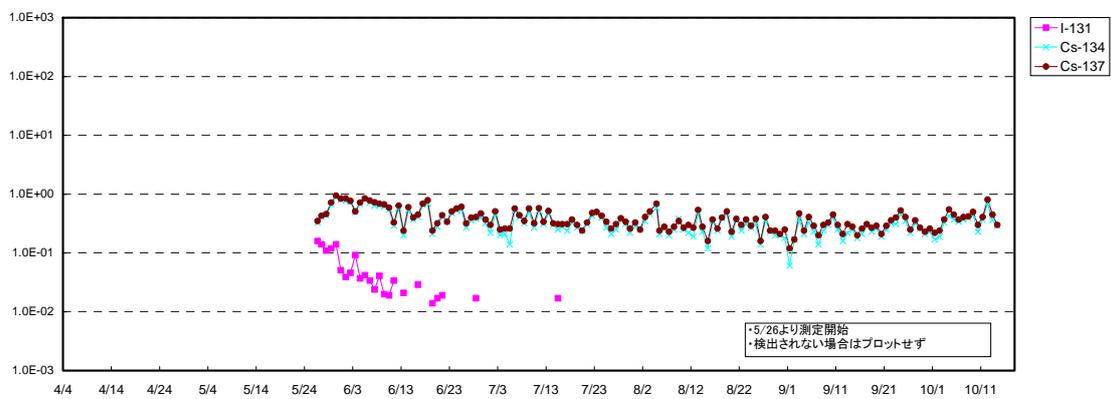
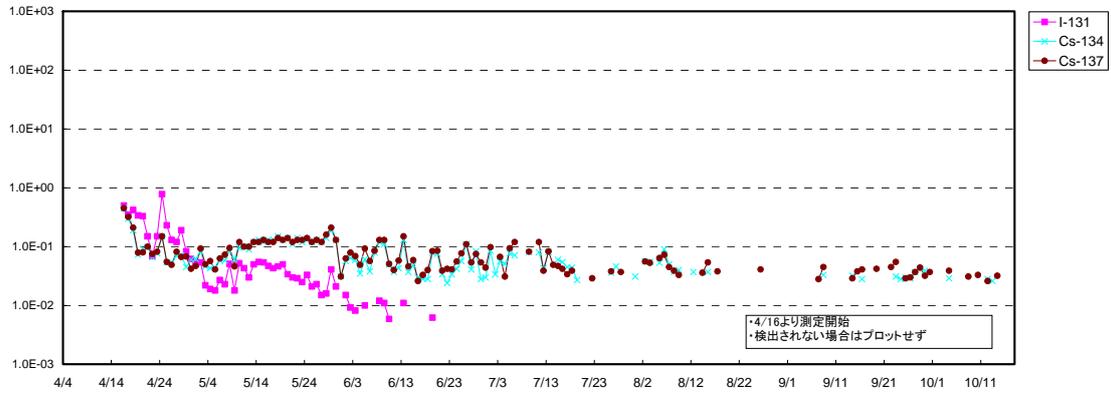


図 6-4(3)サブドレン水放射能濃度

⑩高温焼却炉建屋南サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)



⑪高温焼却炉建屋北サブドレン水放射能濃度 (Bq/cm³)

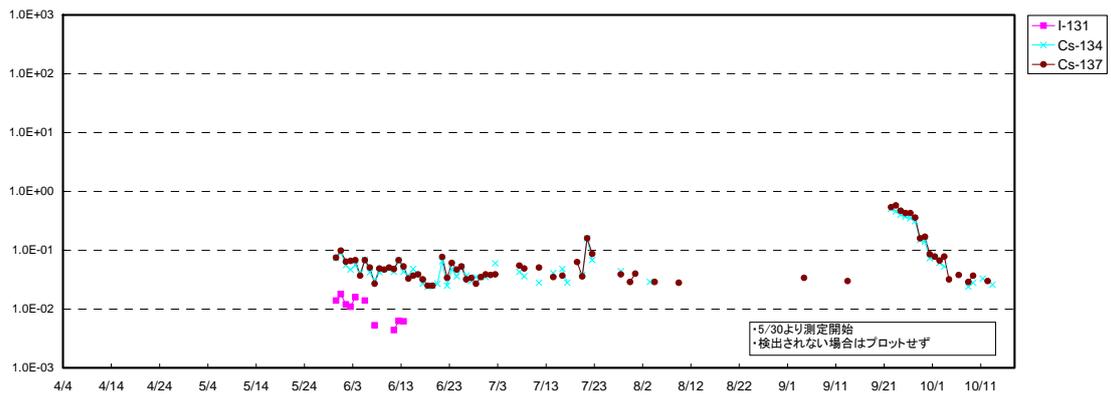
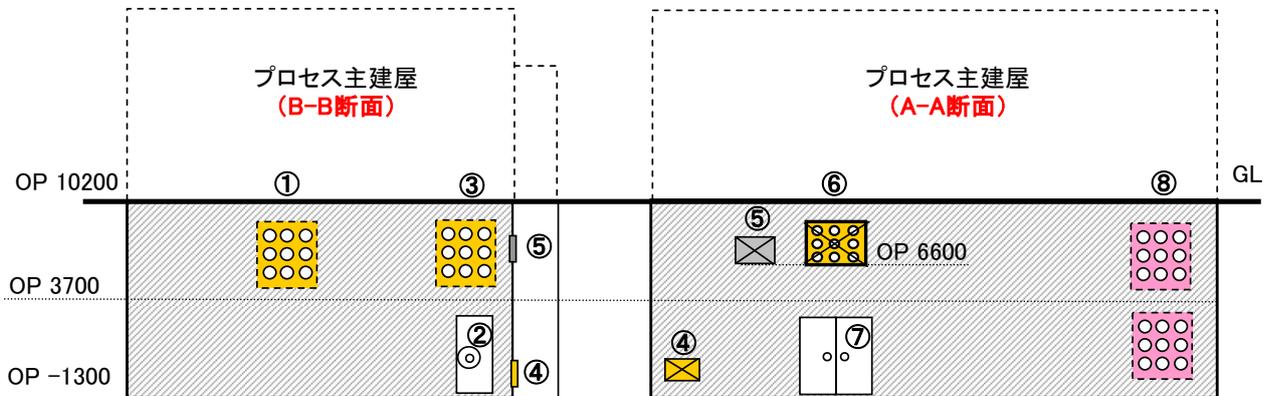
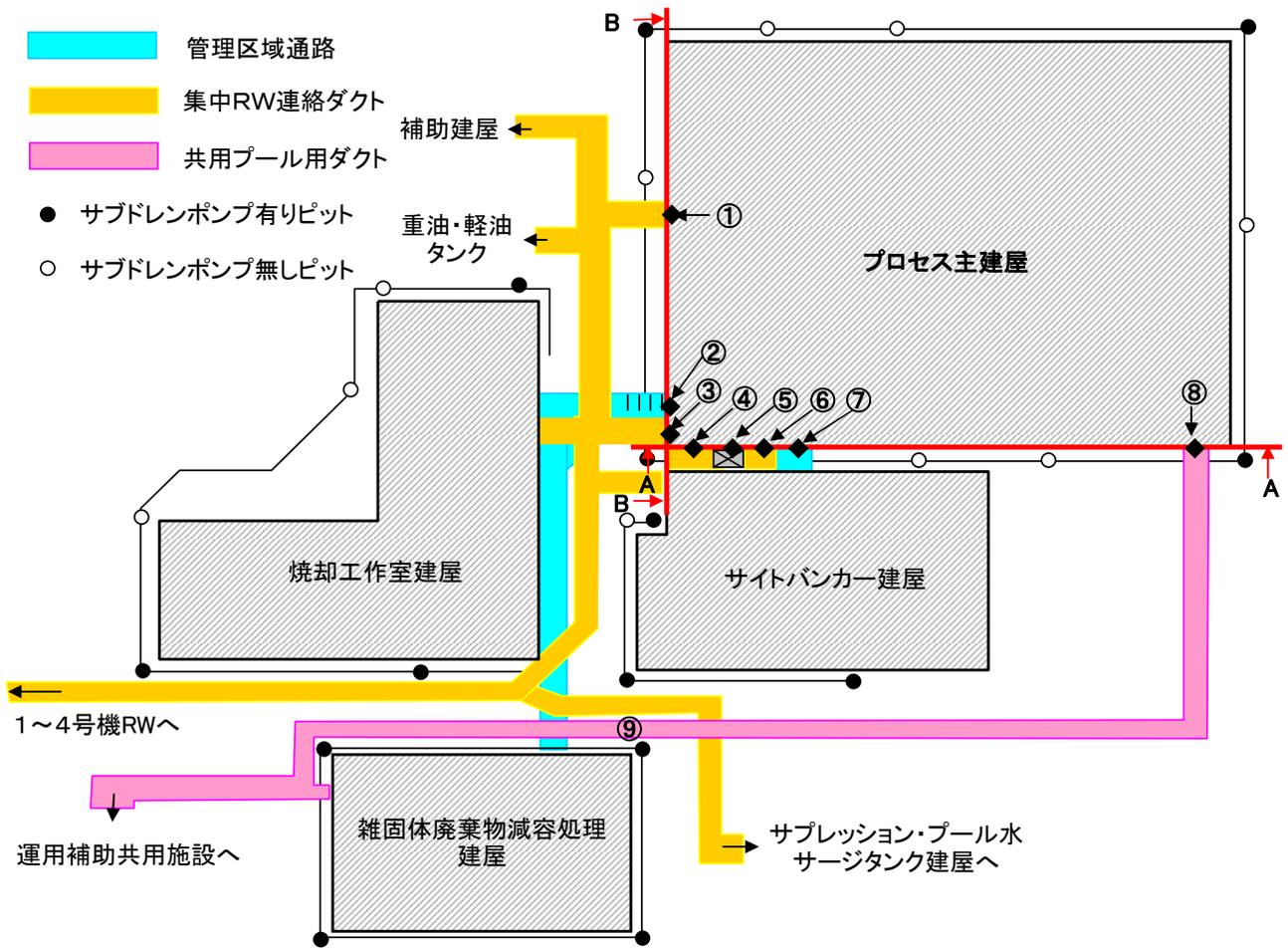


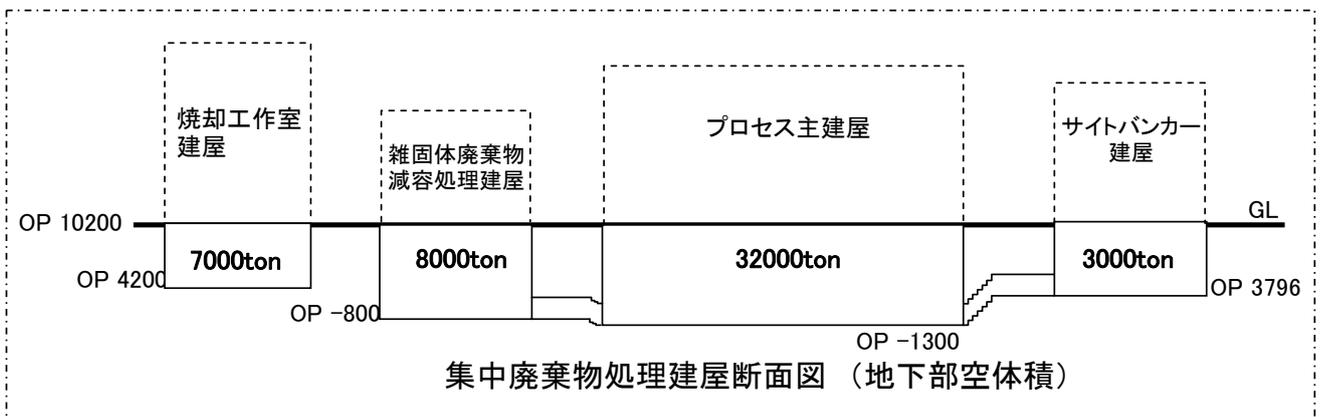
図 6-4(4)サブドレン水放射能濃度

表 6-1 今後の工事計画

	平成 23 年度					平成 24 年度				
	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	第一四半期	第二四半期	第三四半期	第四四半期
1号炉 タービン建屋から 2号炉 タービン建屋への 移送配管の設置										
プロセス主建屋 地下開口部閉塞										
タービン建屋 地下開口部閉塞										
1号炉 原子炉建屋 カバーの設置										
地下水の水位及び放射性 物質濃度の監視強化 (サブドレンの復旧)							順次、復旧する予定			
遮水壁設置							約 2 年で完成する予定			

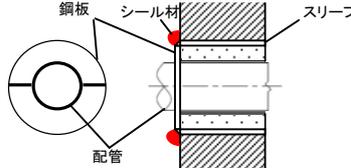
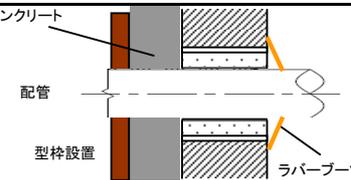
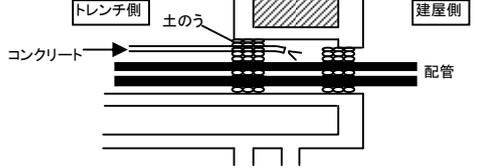
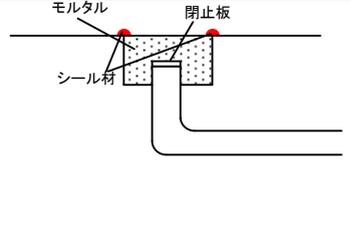
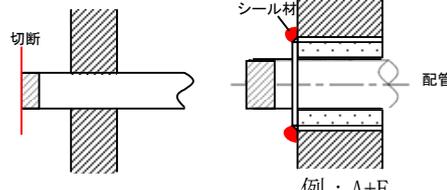
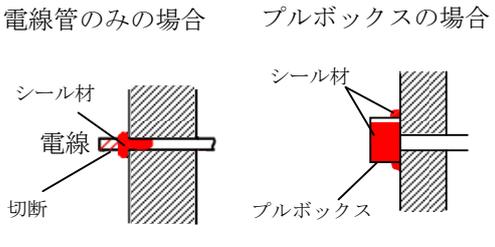
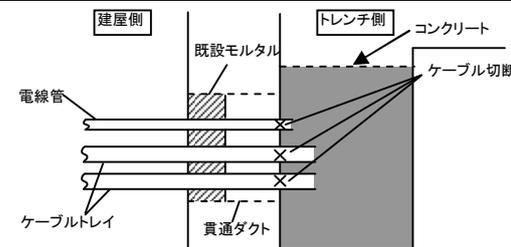


プロセス主建屋位置関係図



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

設備	処置方法	概要図	記号
配管	鋼板を配管・スリーブと溶接または補修材にて固定し、コンクリートとスリーブの接合部表面にシール材を塗布する。		A
	型枠を設置してコンクリートを充填する。		B
	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。		C
	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。		D
	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 style="text-align: center;">例：A+E</p>	E
電線管	電線管切断後、シール材を充填する。	<p>電線管のみの場合 プルボックスの場合</p> 	F
	トレンチ側の電線を切断し、コンクリートで充填する。		G

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レッセンス（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

(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

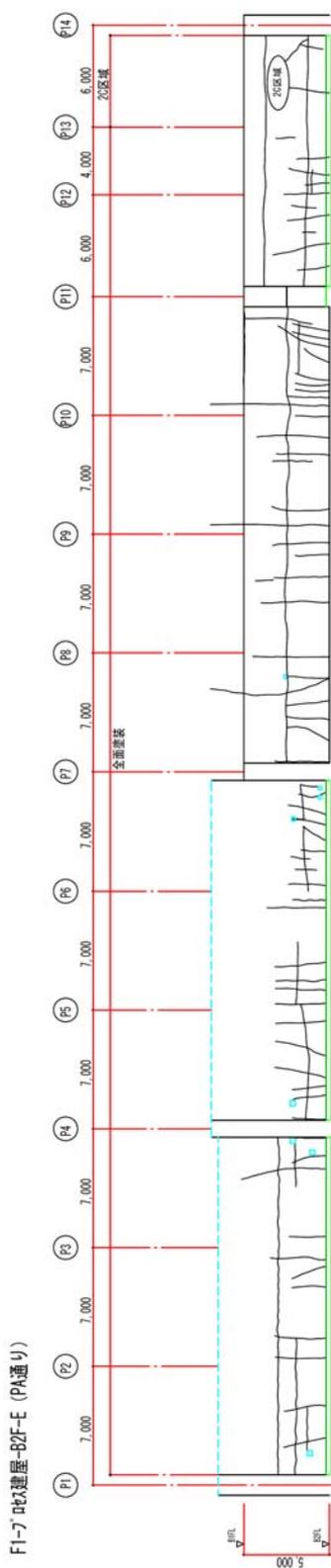
(2) 補修方法

- ・ 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

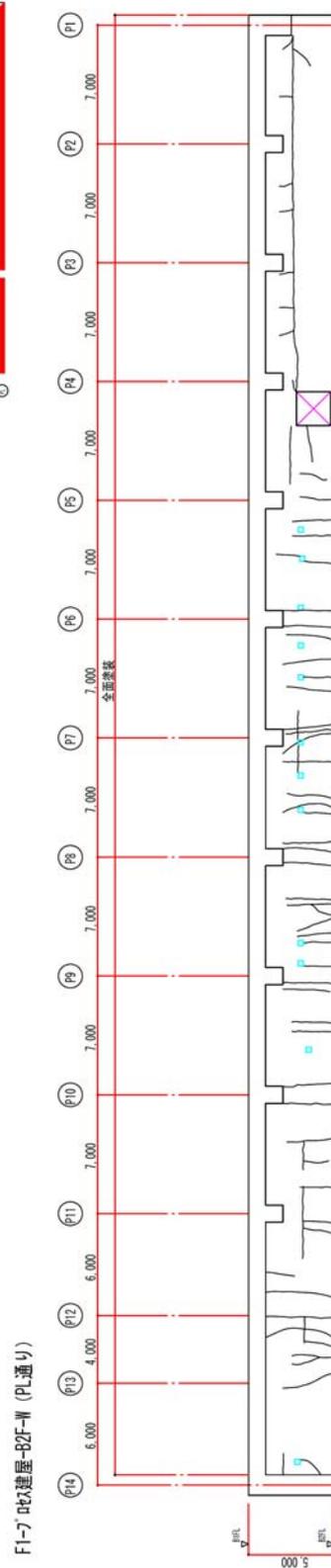
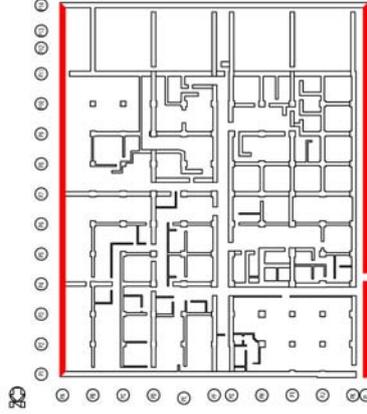
5. まとめ

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）

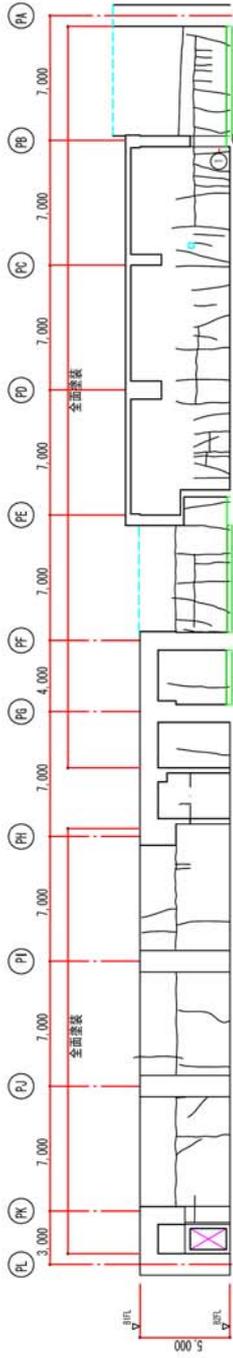


東側 展開図

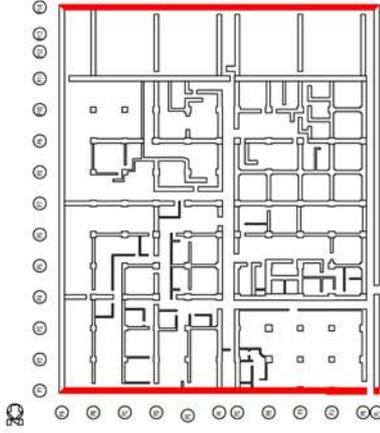


西側 展開図

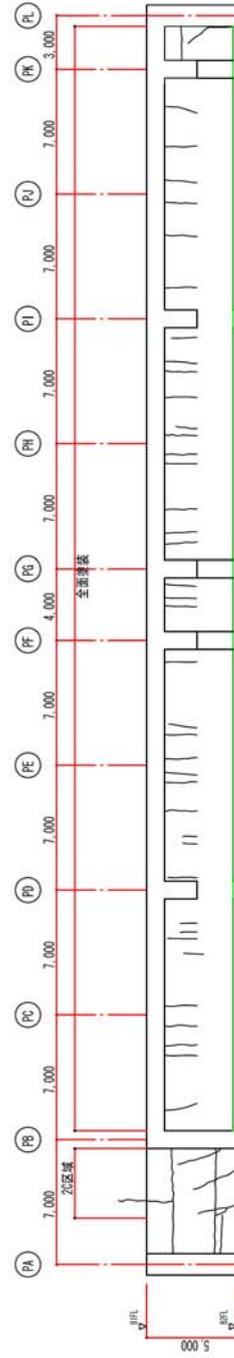
F1-701棟建屋-B2F-N (P14通り)



北側 展開図

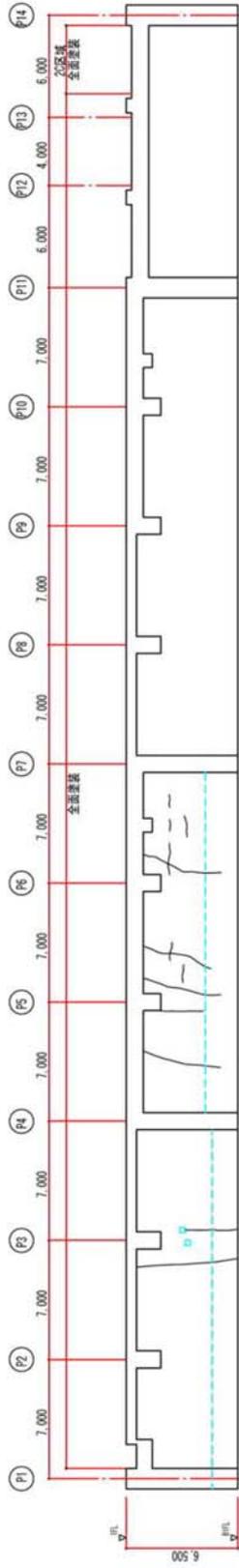


F1-701棟建屋-B2F-S (P14通り)

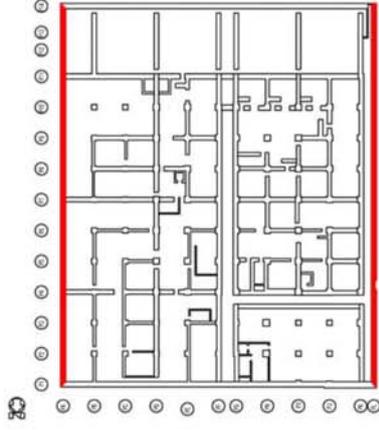


南側 展開図

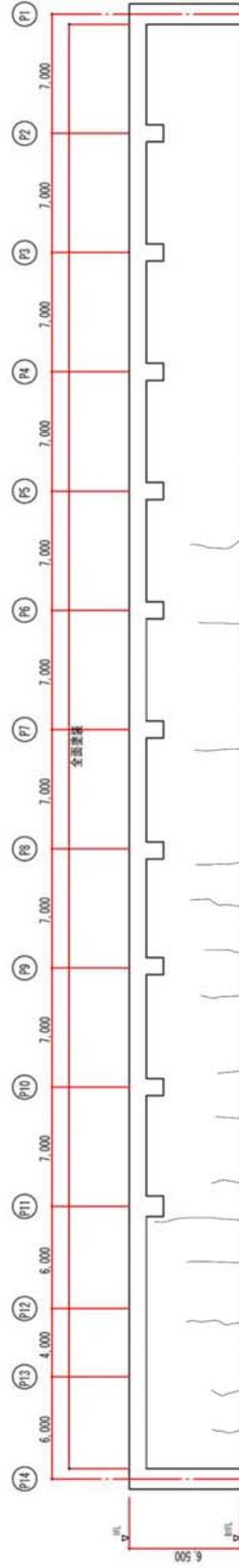
F1-7 北建屋-B1F-E (PA通り)



東側 断面図

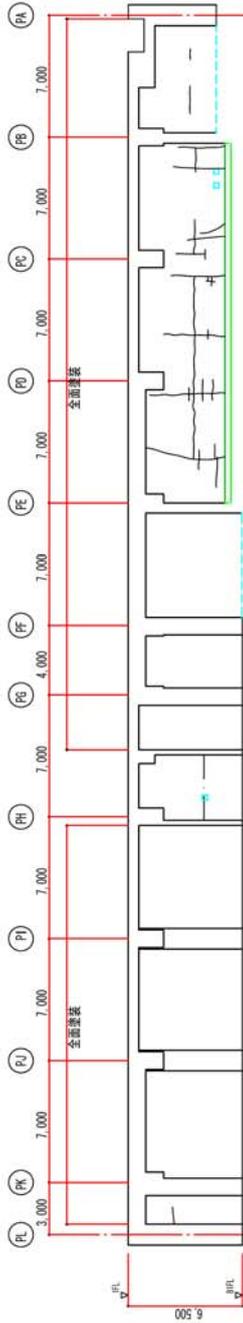


F1-7 北建屋-B1F-W (PL通り)

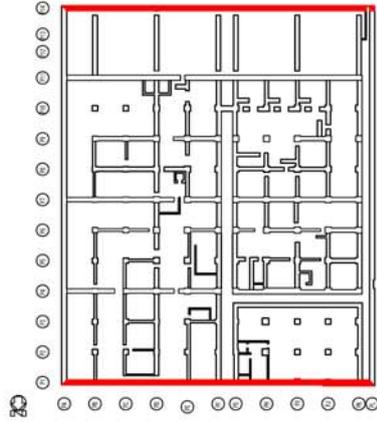


西側 断面図

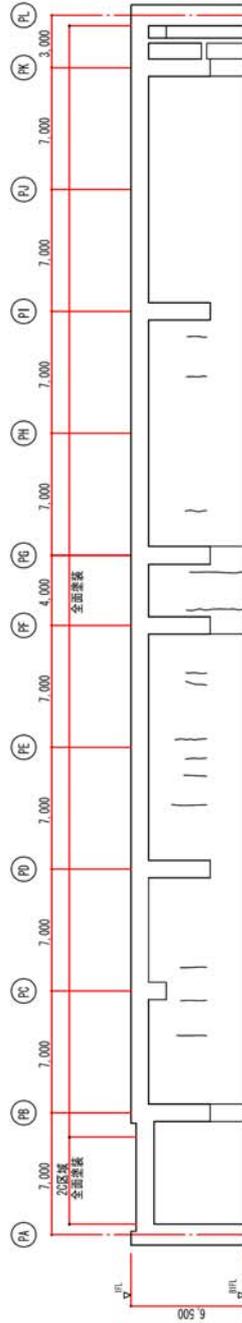
F1-7 地区建屋-B1F-N (P14通り)



北側 展開図

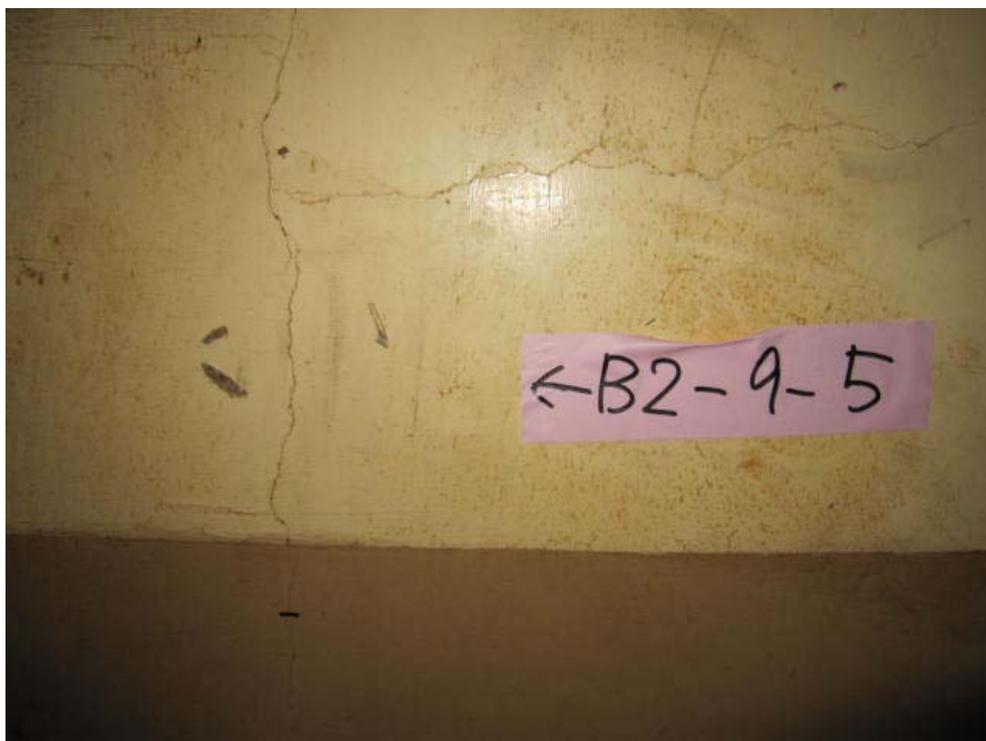


F1-7 地区建屋-B1F-S (P14通り)

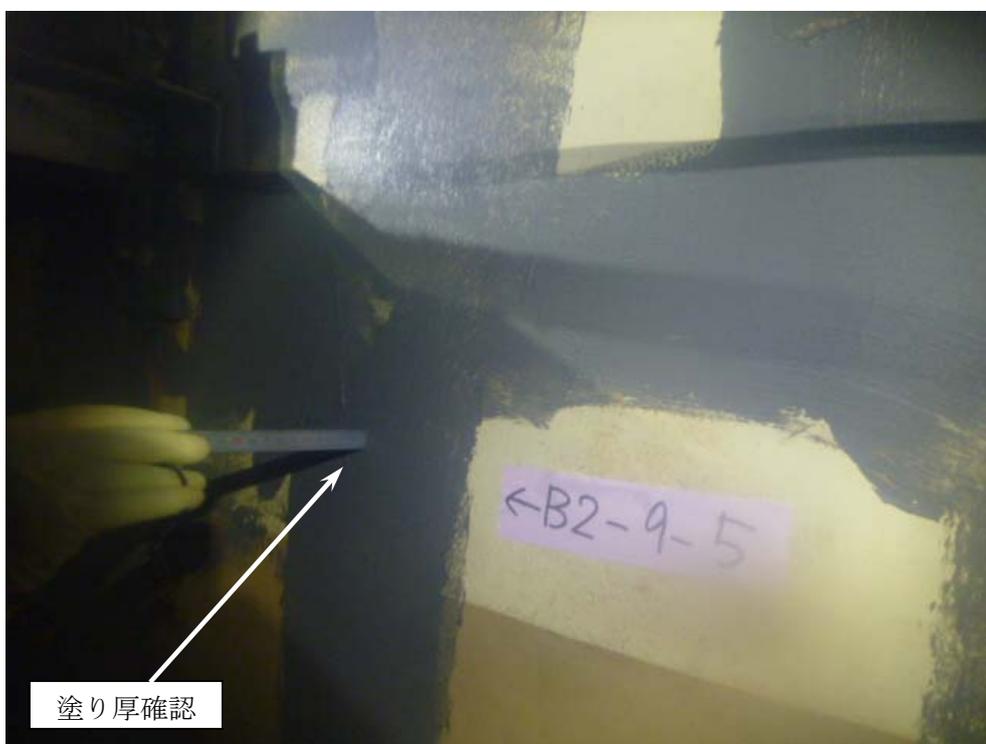


南側 展開図

7. 幅 0.3mm 以上のひび割れ補修状況



補修前



補修後

8. 幅 0.3mm 未満のひび割れ補修状況



補修前



補修後

プロセス主建屋の建屋外への放射性物質移行量の評価

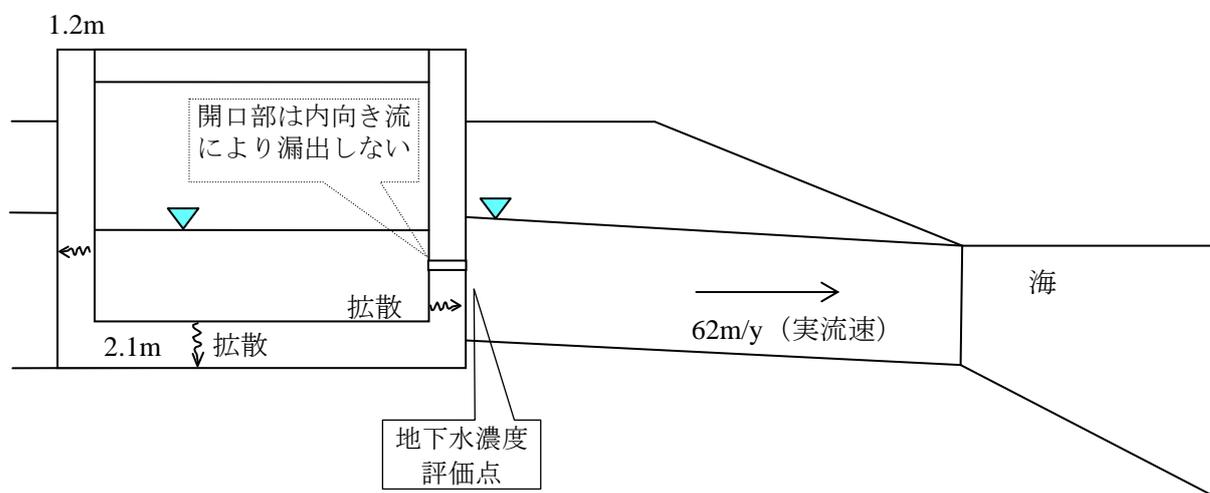
1. 建屋外への放射性物質の移行

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、1mm 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、一定の水位差があれば、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 : 廃液中の放射性物質の濃度 (Bq/m³)
- Cw0 : 廃液中の放射性物質の初期濃度 (Bq/m³)
- Sc : 建屋コンクリートの底面積または側面積 (m²)
- Dec : コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m²/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/m³)
- 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/m³)
- Kdc : コンクリートの分配係数 (m³/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 ³)	I-131 : 1.3E+13 Cs-134 : 3.1E+12 Cs-137 : 3.0E+12	2011/3/27 採水 2号炉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 ²)	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 ² /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 ³)	2700	単位体積重量2.15 t/m ³ と間隙率0.2より, 2.15/0.8=2.7 (t/m ³)
コンクリートの分配係数 (m ³ /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 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 (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 $8 \times 10^{-6} \text{ Bq/cm}^3$ を下回る値となる。

廃液貯蔵継続年数の影響確認 (Cs-137)

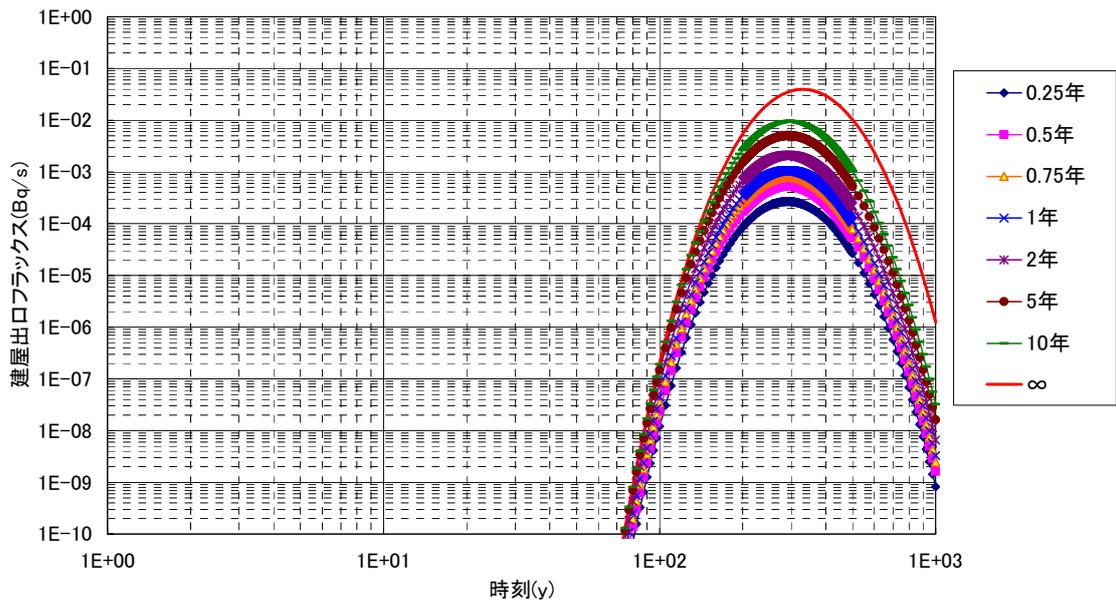


図-2 建屋からの流出フラックス
(プロセス主建屋 側壁 1.2m)

廃液貯蔵継続年数の影響確認 (Cs-137)

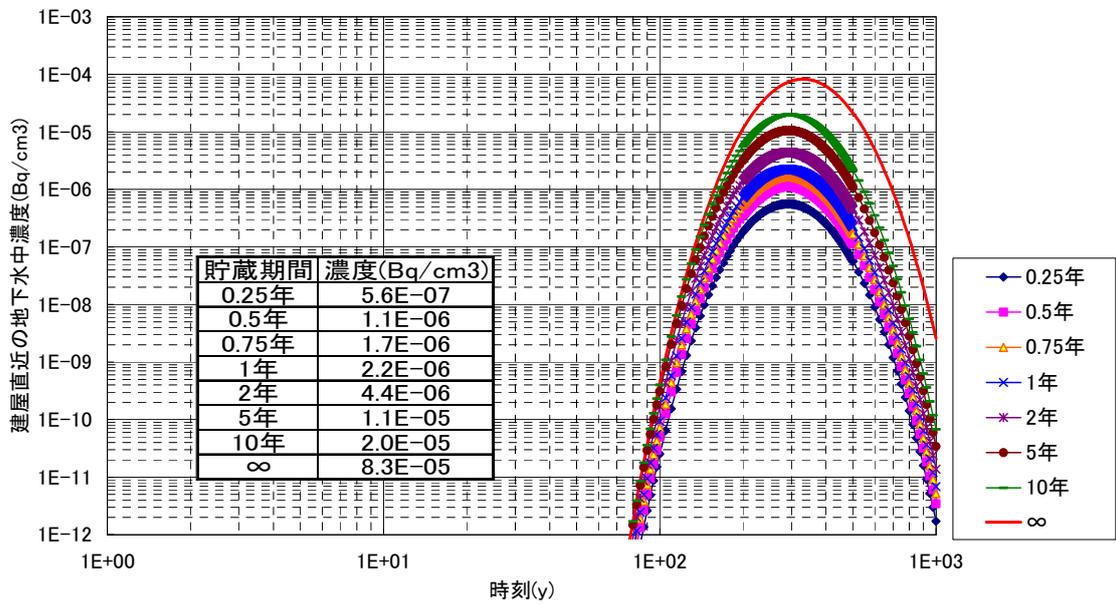
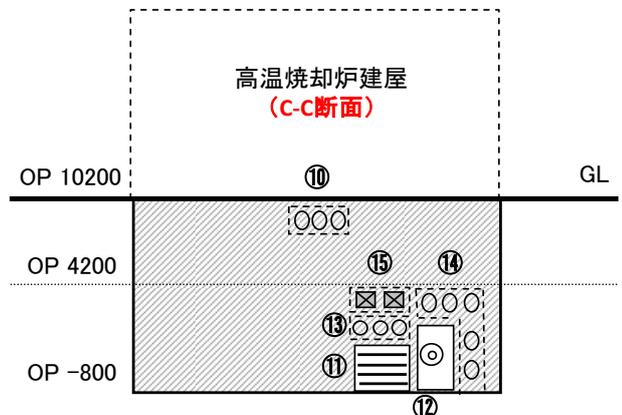
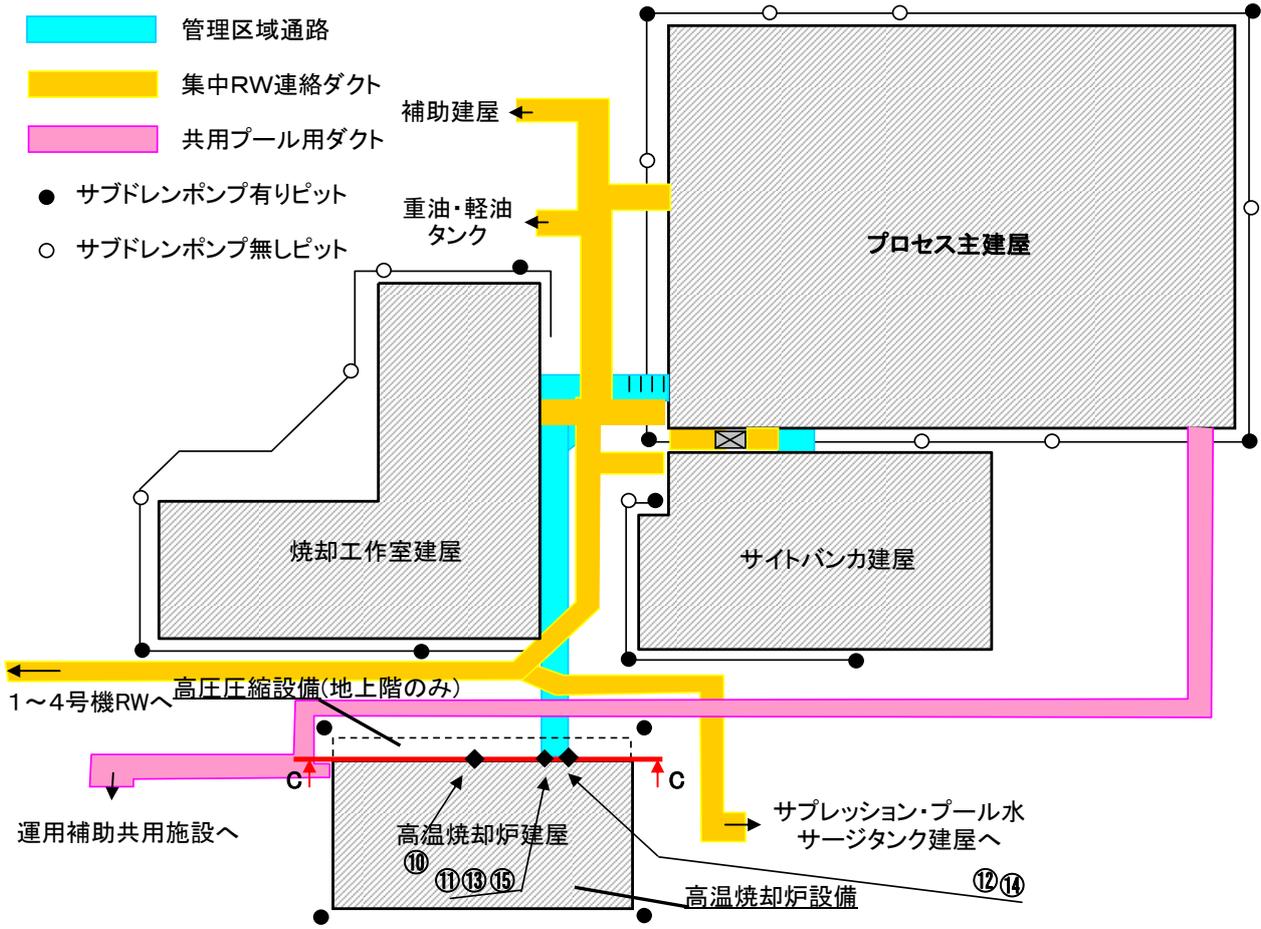
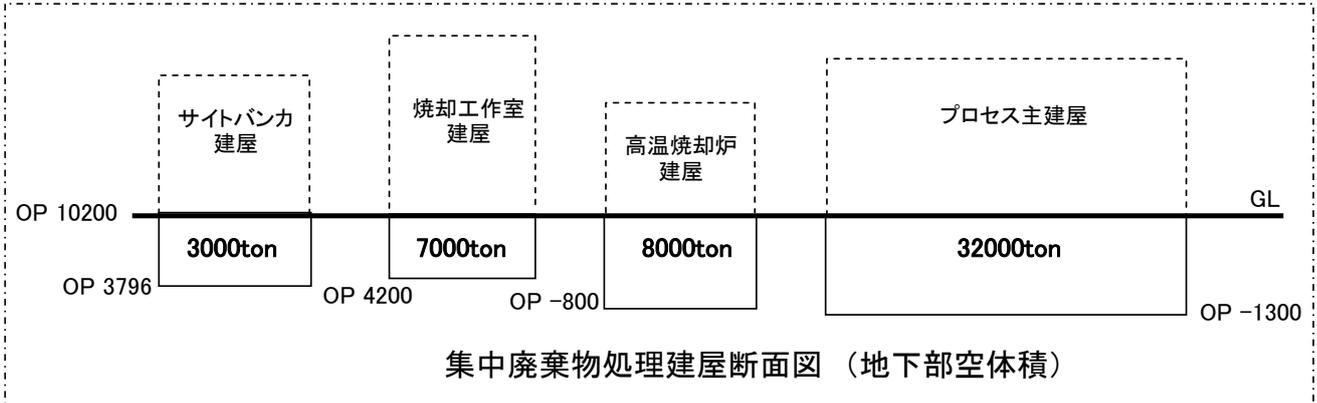


図-3 建屋直近の放射性物質の濃度
(プロセス主建屋 側壁 1.2m)

高温焼却炉建屋の貫通部の止水措置



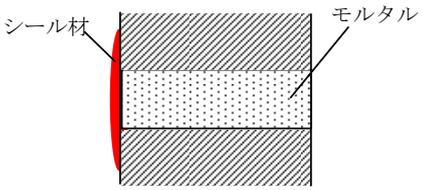
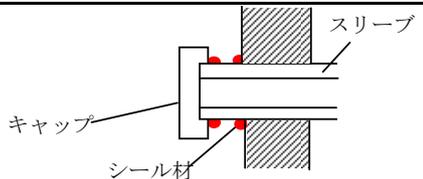
高温焼却炉建屋位置関係図



集中廃棄物処理建屋断面図 (地下部空体積)

貫通部止水工事 施工方法について

設備	処置方法	概要図	記号
配管	コンクリートと鋼板、配管と鋼板の各接合部表面にシール材を塗布する。		A
	欠番		B
	欠番		C
	欠番		D
	配管を切断又は開放し、閉止板等を固定することにより閉塞する。		E
電線管	電線管切断後、シール材を充填する。		F
	建屋側の電線を切断し、コンクリートで充填する。		G
ダクト	欠番		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	欠番		I
扉／シャッター一部	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	欠番		K

設備	処置方法	概要図	記号
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		L1
	ねじ込み式キャップの接合部と、コンクリートとスリーブの接合部表面にシール材を塗布する。		L2

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

(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

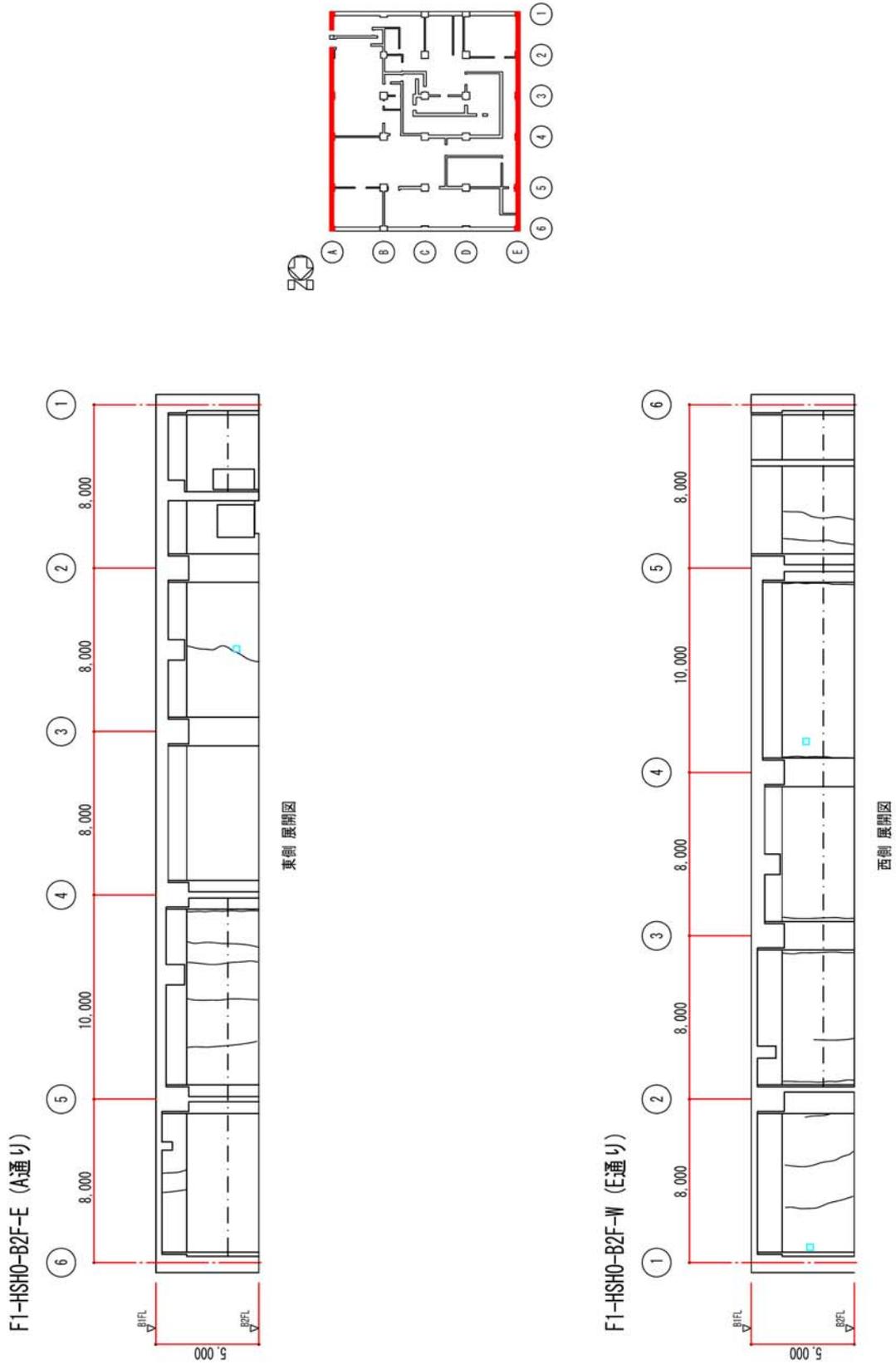
(2) 補修方法

- ・ 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

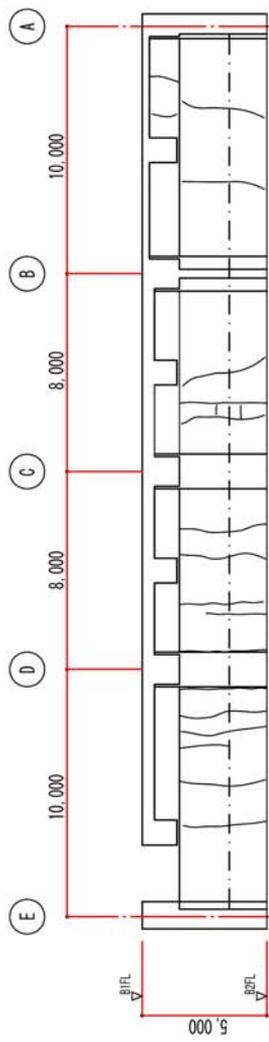
対象となるひび割れについて全て補修を実施し、当社は適切に補修されたことを確認した。

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）

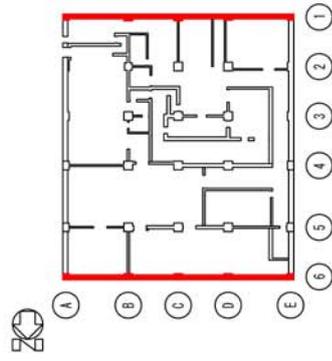


地下2階展開図

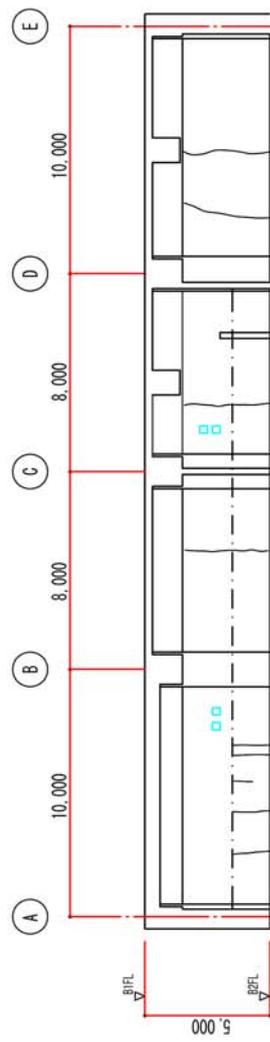
F1-HSH0-B2F-N (6通り)



北側展開図



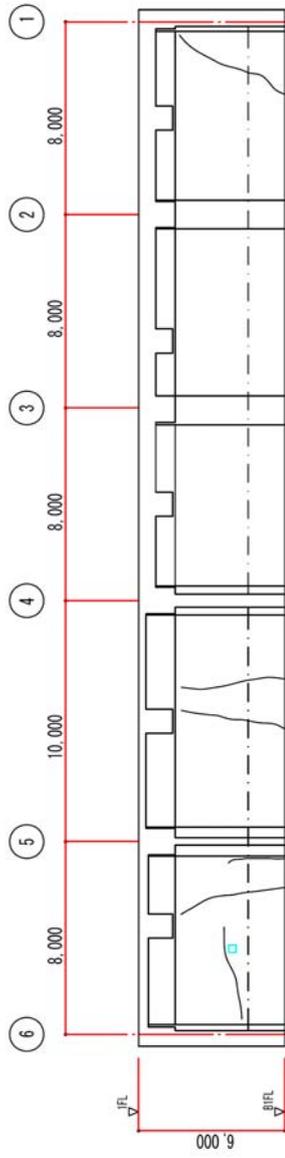
F1-HSH0-B2F-S (1通り)



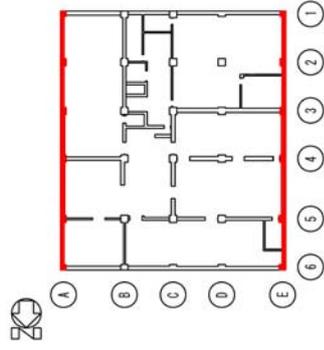
南側展開図

地下2階展開図

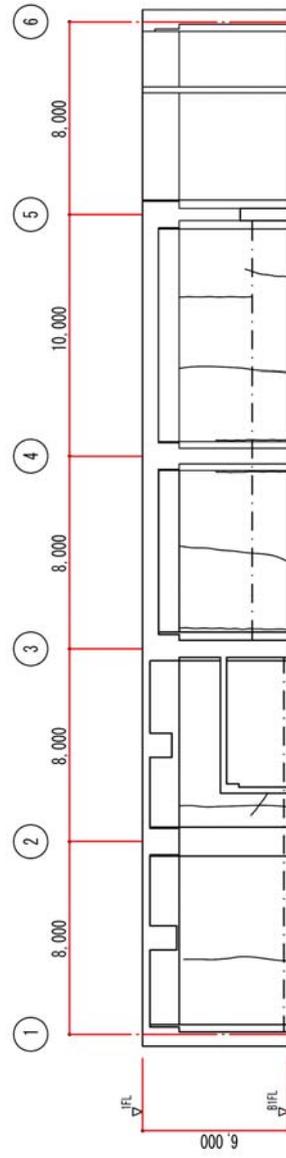
F1-HSHO-B1F-E (A通り)



東側展開図



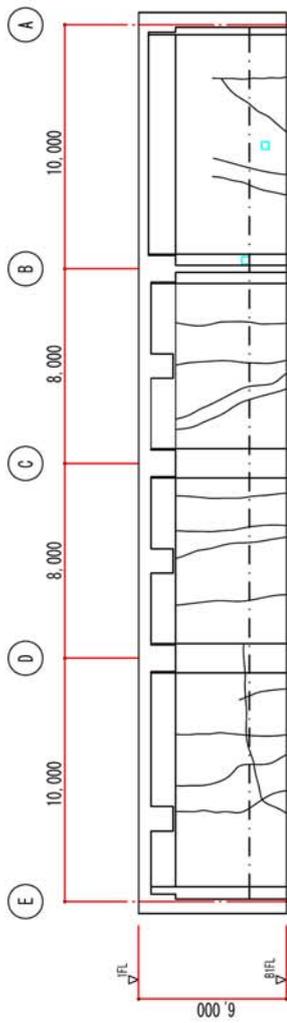
F1-HSHO-B1F-W (E通り)



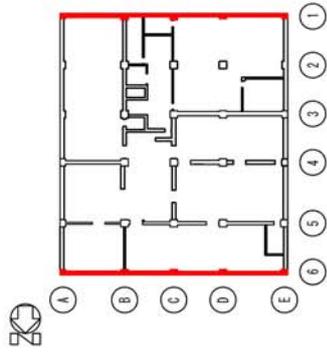
西側展開図

地下1階展開図

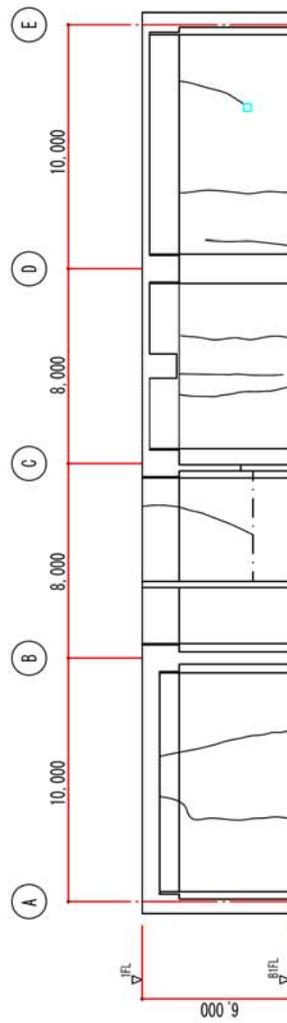
F1-HSH0-B1F-N (6通り)



北側展開図



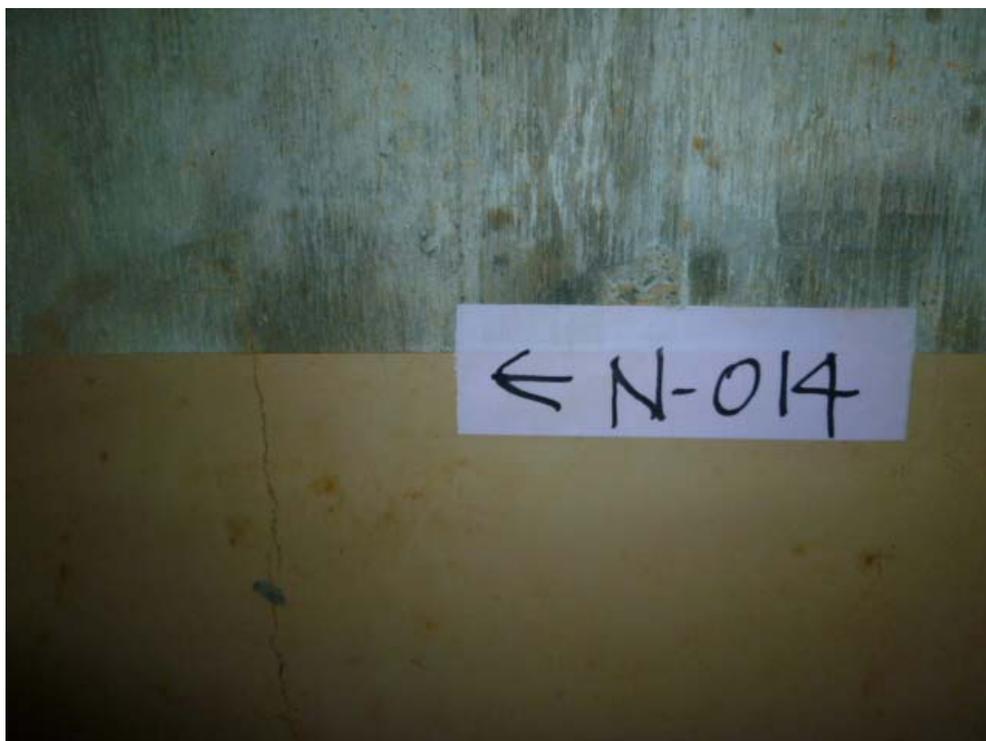
F1-HSH0-B1F-S (1通り)



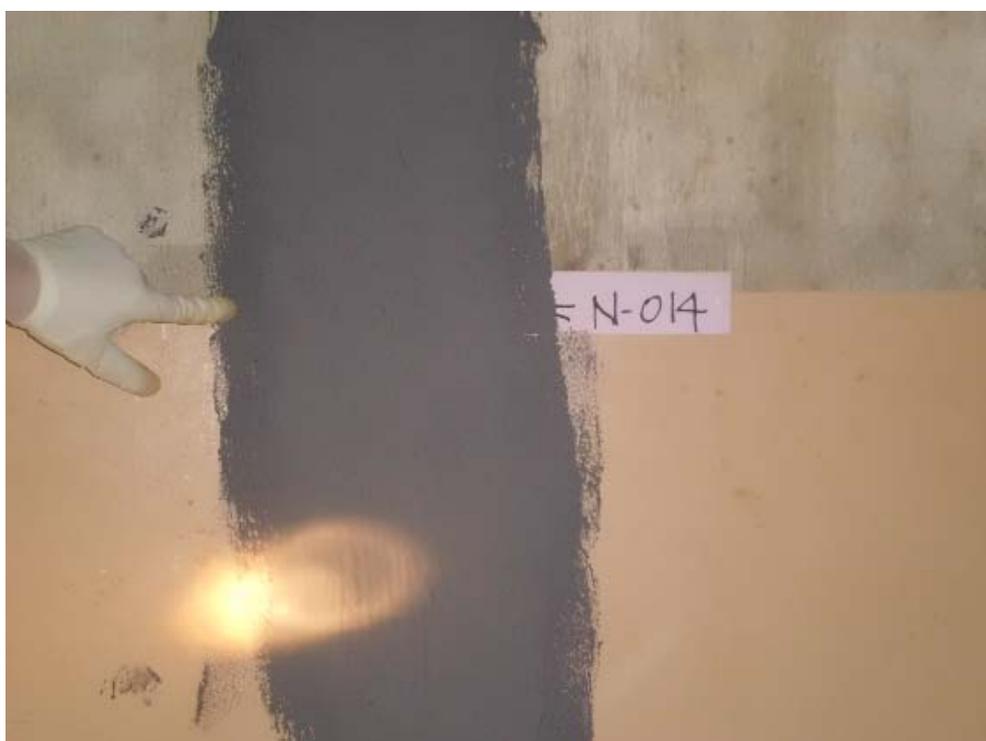
南側展開図

地下1階展開図

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

高温焼却炉建屋の建屋外への放射性物質移行量の評価

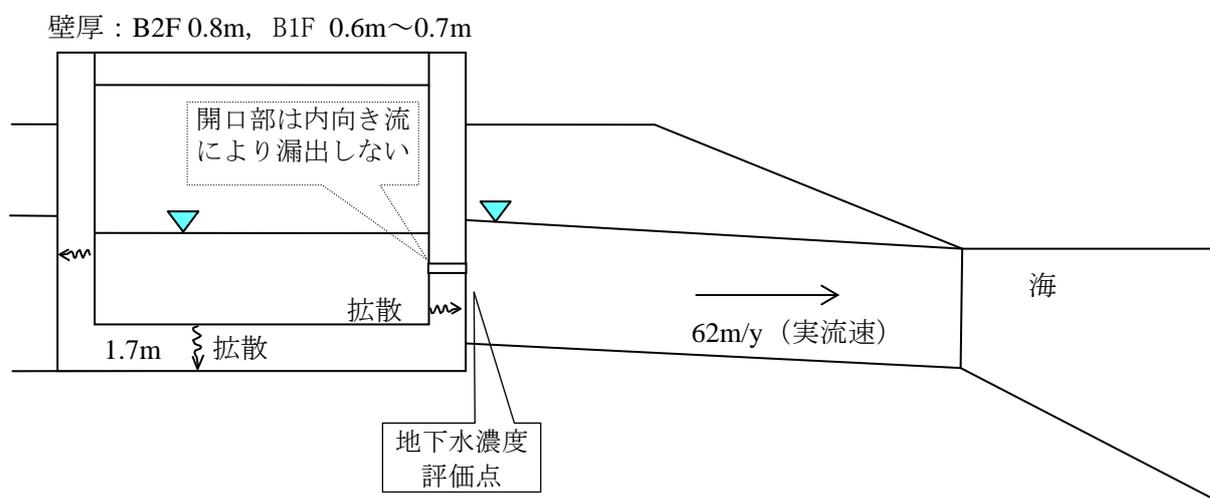
1. 屋外への放射性物質の移行

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、1mm 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、一定の水位差があれば、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。

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

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

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

- R : 放射性物質の漏出量 (Bq/s)
- Cw : 廃液中の放射性物質の濃度 (Bq/m³)
- Cw0 : 廃液中の放射性物質の初期濃度 (Bq/m³)
- Sc : 建屋コンクリートの底面積または側面積 (m²)
- Dec : コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m²/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/m³)
- 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/m³)
- Kdc : コンクリートの分配係数 (m³/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 ³)	I-131 : 1.3E+13 Cs-134 : 3.1E+12 Cs-137 : 3.0E+12	2011/3/27 採水 2号炉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 ²)	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 ² /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 ³)	2700	単位体積重量 2.15 t/m ³ と間隙率 0.2 より, 2.15/0.8=2.7 (t/m ³)

パラメータ	設定値	備考
コンクリートの分配係数 (m ³ /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。
開口部面積 (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 (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、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 $8 \times 10^{-6} \text{ Bq/cm}^3$ を下回る値となる。

廃液貯蔵継続年数の影響確認 (Cs-137)

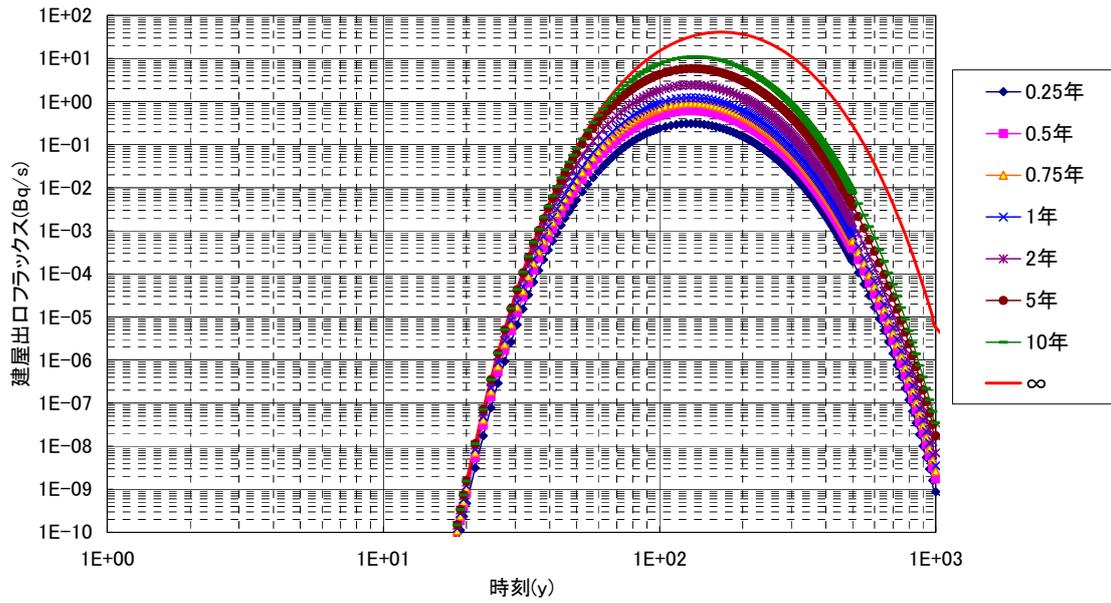


図-2 建屋からの流出フラックス
(高温焼却炉建屋)

廃液貯蔵継続年数の影響確認 (Cs-137)

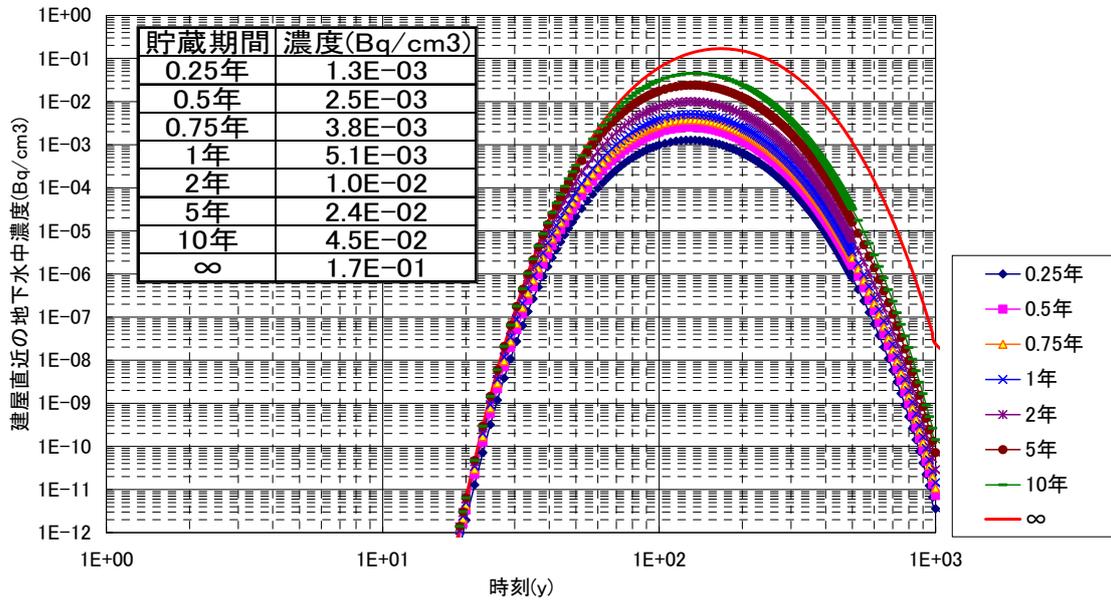


図-3 建屋直近の放射性物質の濃度
(高温焼却炉建屋)

1～4号炉の各建屋外への放射性物質移行量の評価

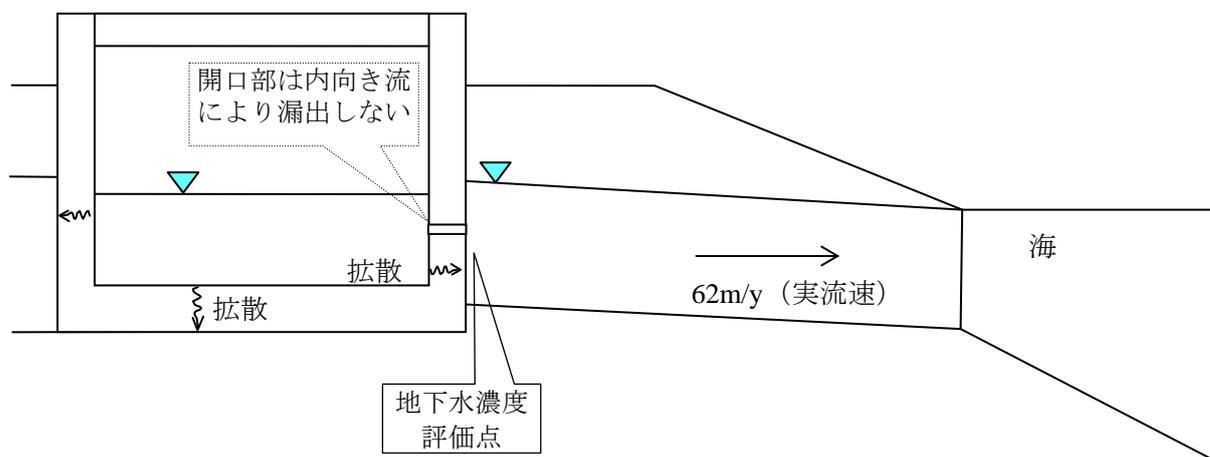
1. 建屋外への放射性物質の移行

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、1mm 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/m³)
- Cw0 : 滞留水中の放射性物質の初期濃度 (Bq/m³)
- Sc : 建屋コンクリートの底面積または側面積 (m²)
- Dec : コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m²/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/m³)
- 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/m³)
- Kdc : コンクリートの分配係数 (m³/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 ³)	Cs-137 : 1.5E+12	2011/7/17 採水_2号炉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 ²)	—	図-3 (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 ² /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 ³)	2700	単位体積重量 2.15 t/m ³ と間隙率 0.2 より, 2.15/0.8=2.7 (t/m ³)
コンクリートの分配係数 (m ³ /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。
開口部面積 (m ²)	実質 0	逆向き流れになるので, 拡散に寄与しない。

パラメータ	設定値	備考
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，今後3年間程度に1～4号炉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。

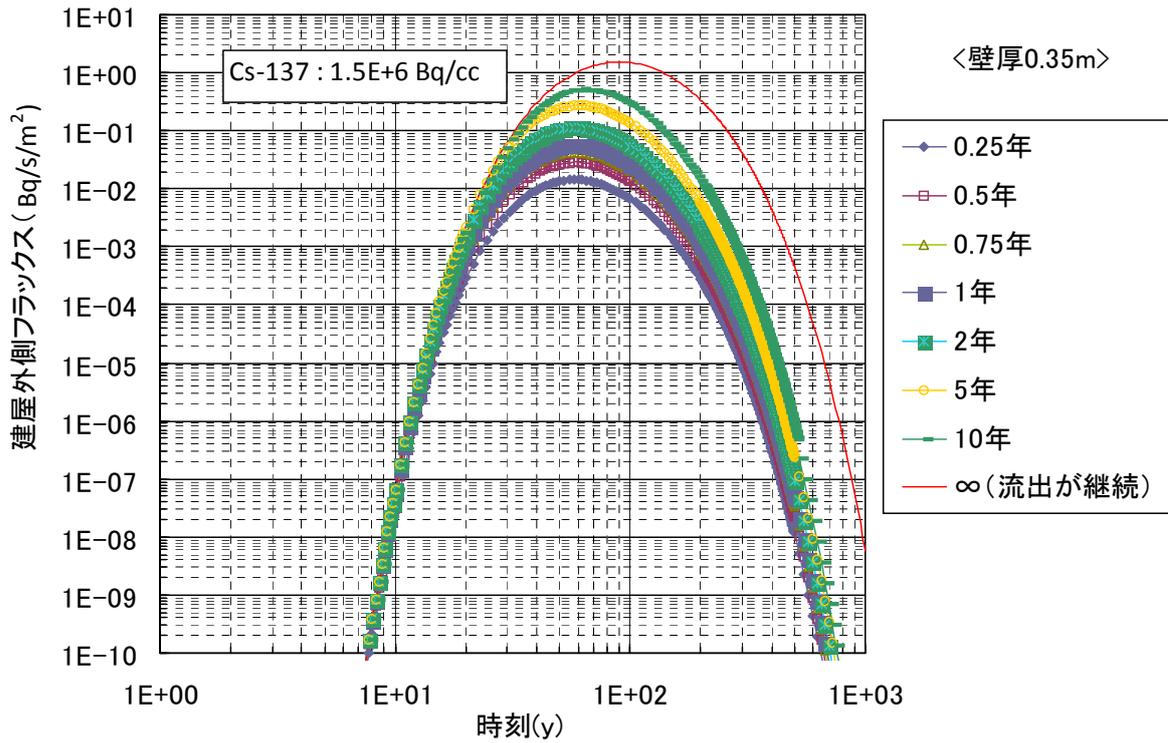


図-2 (1) 建屋からの流出フラックス
(側壁 0.35m)

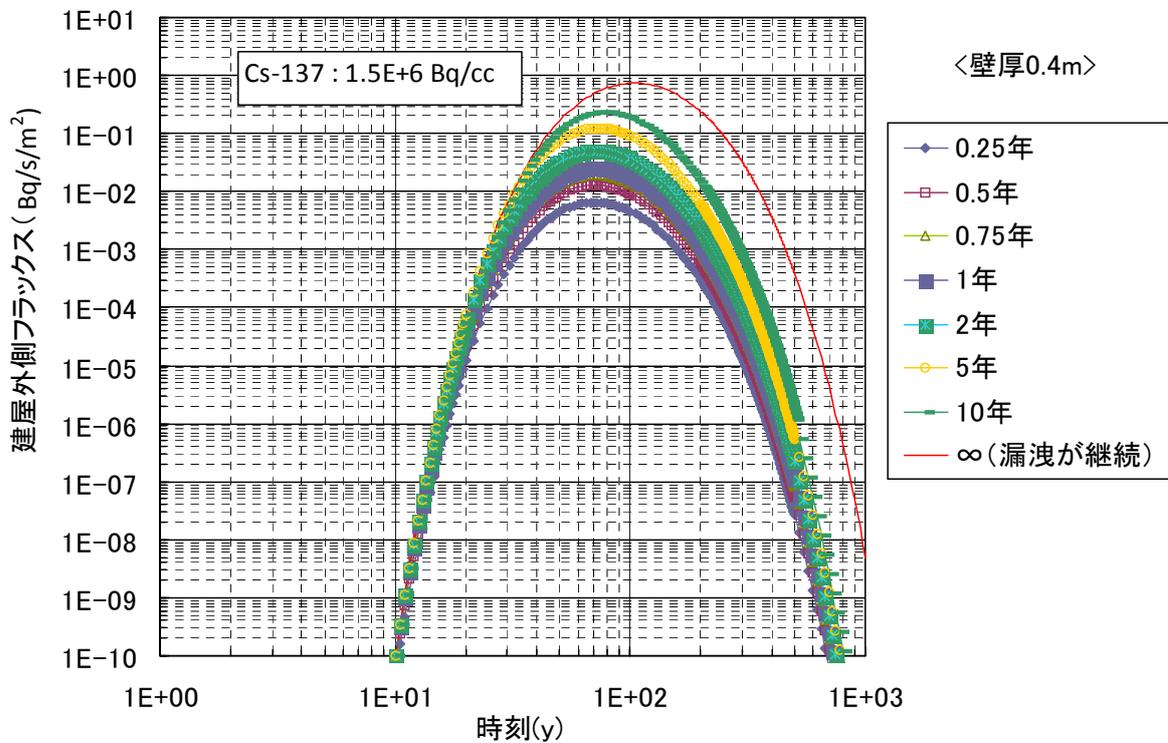


図-2 (2) 建屋からの流出フラックス
(側壁 0.4m)

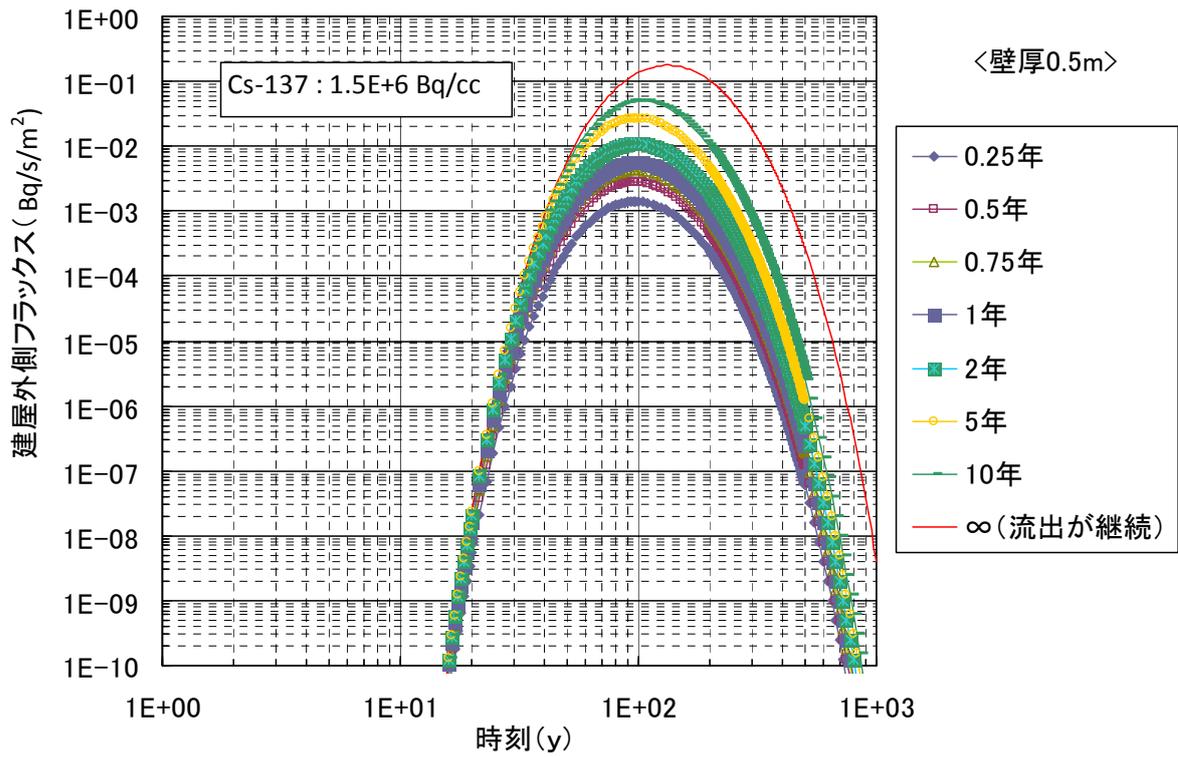


図-2 (3) 建屋からの流出フラックス
(側壁 0.5m)

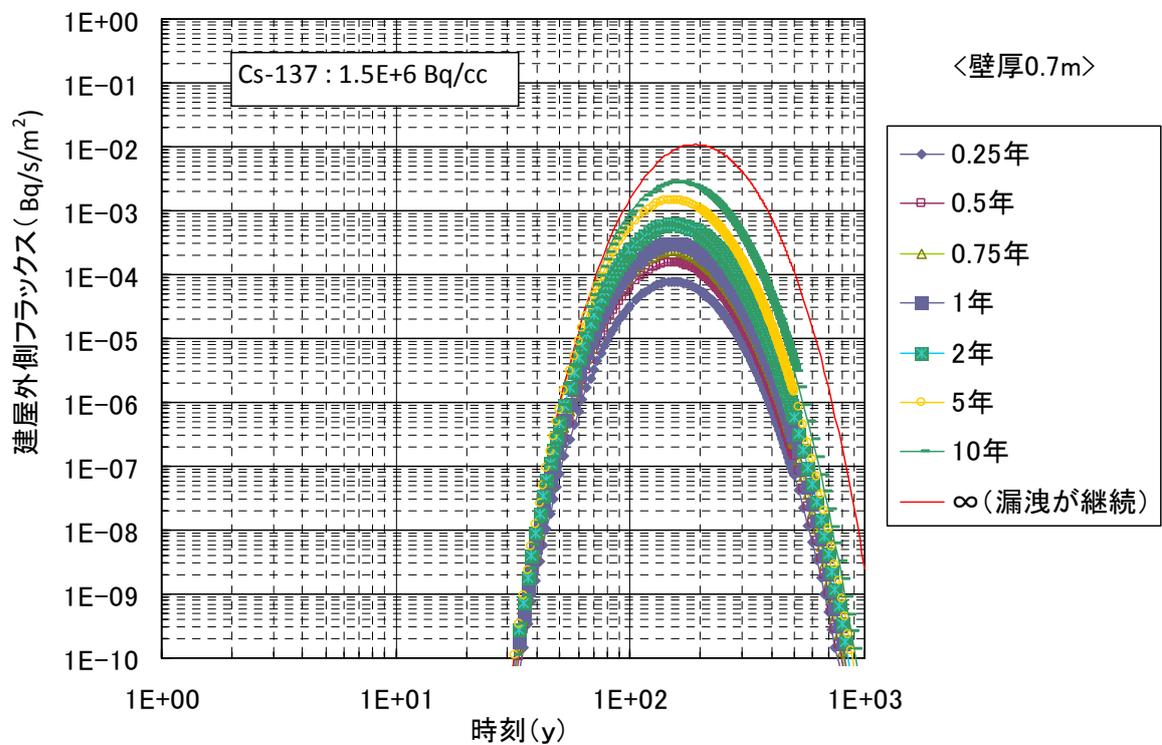


図-2 (4) 建屋からの流出フラックス
(側壁 0.7m)

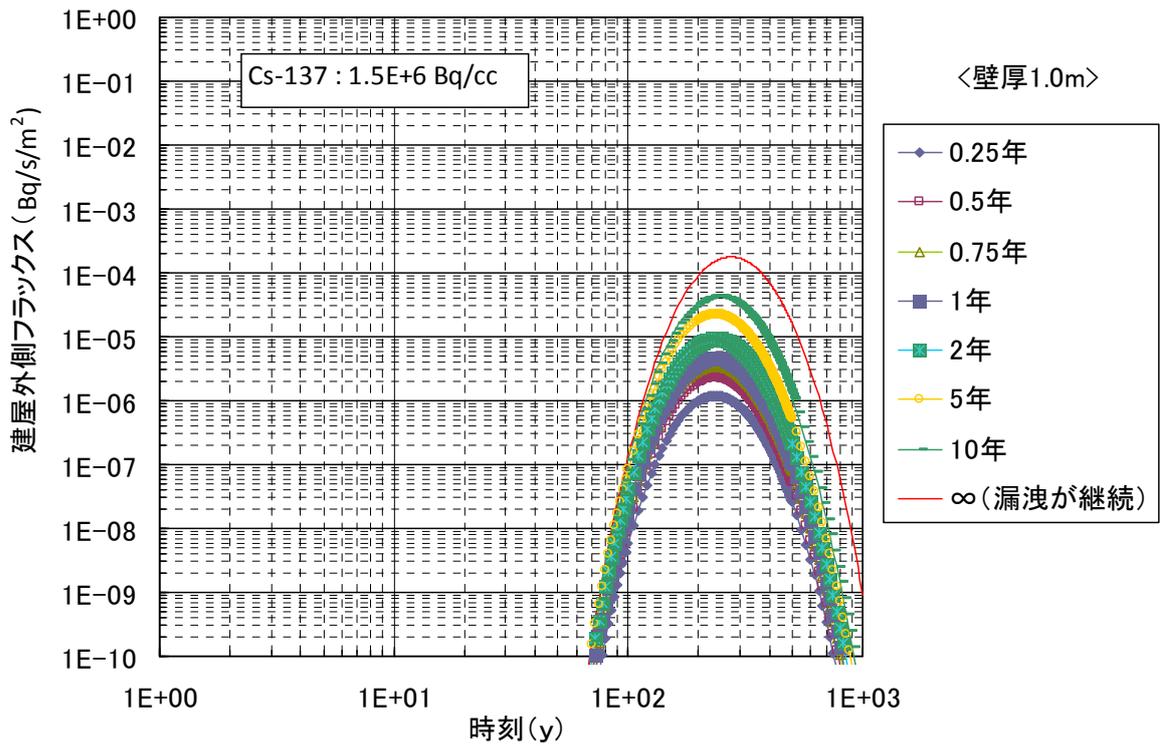


図-2 (5) 建屋からの流出フラックス
(側壁 1.0m)

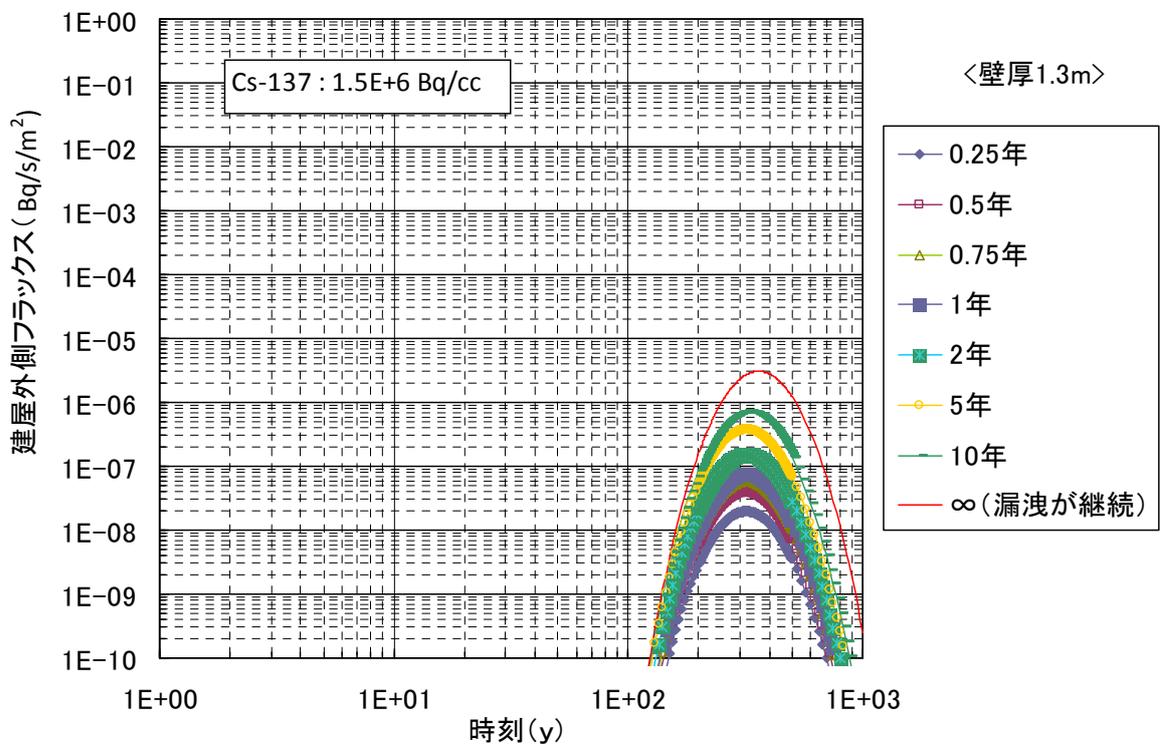


図-2 (6) 建屋からの流出フラックス
(側壁 1.3m)

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

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

	壁厚(m)	滞留水に接する 表面積(m ²)	トレンチの南北長(m)	8E-6Bq/cm ³ 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

図-3 建屋外への放射性物質移行量の評価