

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

内部溢水の影響評価について
(第225, 227回審査会合における指摘事項の回答)

平成27年6月

東京電力株式会社

管理 No	指摘事項
225-1	「さらなる安全性の向上」の趣旨を説明すること。
225-2	アクセスルートへの影響を考慮する観点から、残留熱除去系から燃料プール冷却浄化系への戻りライン上の弁の開閉状態が、6号機と7号機で異なる理由について説明すること。
225-8	溢水時のアクセスルートにおける感電の影響に関し、考慮すべき電源が喪失していることの確認や遮断器の切操作等の手順について検討すること。
227-4	燃料プールスロッシング後の現場へのアクセス性について、基準地震動が付加された後、3時間後には1mSv以下となることから線量の影響がないとする考え方を詳細に説明すること。

1. 回答

残留熱除去系から燃料プール冷却浄化系への戻りライン上の弁の開閉状態が6号炉と7号炉で異なる点について、今後両号炉とも常時開運用に統一することを明記した。

溢水時のアクセスルートにおける感電の影響に関して、電源停止操作等の運用面による対応を明記した。

溢水時のアクセスルートにおける線量の影響に関して、実施した線量評価の内容について記載を充実させた。

2. 参照資料

- (1) 補足説明資料 2 「設置許可基準第十二条の要求について」
- (2) 補足説明資料 6 「現場操作の実施可能性について」

現場操作の実施可能性について

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉において、溢水発生後の現場操作が必要な場合における実施可能性について以下に示す。

6.1 溢水発生後の必要な現場操作

溢水影響評価上期待している、溢水発生後に必要となる現場操作としては、溢水の影響拡大防止のための現場操作と、安全機能の発揮のために必要となる現場操作が考えられる。具体的な現場操作としては以下が考えられる。

(ア) 想定破損発生時の現場での隔離操作

(イ) 残留熱除去系による使用済燃料プールの給水・冷却実施のための現場操作

(ア) の現場操作に関しては、想定破損による溢水が発生した場合に必要となる、溢水の検知・現場移動・溢水源の特定・隔離操作の一連の作業が対象となる。なお、主蒸気系及び原子炉隔離時冷却系（駆動蒸気系）の想定破損による蒸気の溢水に対しては、検知器及びインターロックにより溢水の検知及び隔離が可能であり、現場操作が不要のため、今回の考慮の対象外とする。

(イ) の現場操作に関しては、溢水等の要因により燃料プール冷却浄化系やサプレッションプール浄化系が機能喪失した場合、残留熱除去系により使用済燃料プールの給水・冷却機能を維持する必要があるが、その際に現場での手動弁の操作が必要となる。

なお、現場操作としては火災発生時の消火活動も考えられるが、溢水の影響拡大防止のための現場操作にあたらないため、今回の考慮の対象外とする（詳細については、設置許可基準規則第八条「火災による損傷の防止」に関する適合状況説明資料を参照）。また、地震に起因する機器の破損等により生じる溢水に関しても、隔離による漏えい停止には評価上期待していないため、今回の考慮の対象外とする。

6.2 現場操作に係わる体制の整備

溢水が発生した場合の対応については、溢水発生時のプラントの安全性確保を目的に、溢水の拡大防止・排水処理・放射線管理等に関するマニュアルを制定し、このマニュアルに沿って各種対応を実施する。現場操作を実施する際の体制に関しても、このマニュアルにて要員等が規定されており、必要な人員が常時確保されている。具体的な人数としては、当直各班 18 人体制であり、現場対応 10 人、

中央制御室対応 8 人が常時待機しているため、溢水に対する要員は確保できている。

6.3 現場操作の実施可能性

6.3.1 (ア) 想定破損発生時の現場での隔離操作

想定破損発生時の現場での隔離操作については、破損を想定する系統や破損箇所等を特定せず、一般的に溢水を検知する手段として床漏えい検出器等を想定し、これらにより溢水を検知し、手動による隔離操作を行う際の隔離時間を設定している。具体的な作業及び所要時間を以下に示す。

①溢水発生から検知	10 分
②現場確認のための移動	20 分
③漏えい箇所特定	30 分
④隔離操作（弁の特定及び閉操作）	20 分
合計	80 分

以上の隔離時間を用いて想定破損時の溢水量を算出している。以下、各作業の実施可能性について示す。

6.3.1.1 ①溢水発生から検知

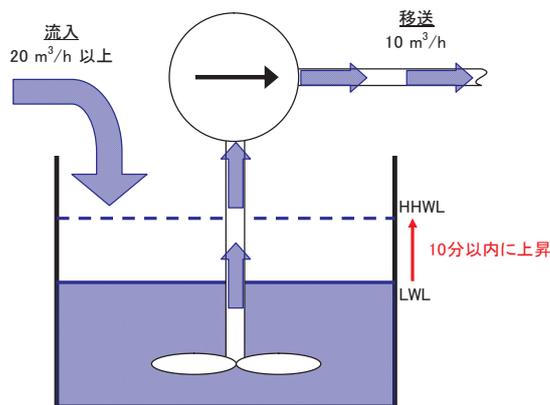
特定の系統、特定の箇所からの溢水に対しては瞬時にその発生を検知可能な場合もある（MS トンネル室における主蒸気管破断等）が、想定破損という広範な溢水に対する普遍性を考慮し、一般的な溢水検知手段での検知に要する時間を設定する。具体的な検知手段としては、床漏えい検出器及びドレンサンプの異常警報を想定する。

床漏えい検出器は、防護対象設備の設置されている区画の中では、ECCS ポンプ室や非常用ディーゼル発電機室等に設置されており、当該区画及びその周辺から当該区画へ流入するような溢水に対し、早期の検知が可能である。

床漏えい検出器が設置されていないような区画においても、床ドレンファンネルから各サンプに排水され、サンプへの流入量が異常な場合は、サンプの各種異常警報が発生し、溢水の検知が可能である。サンプの初期水位を保守的に水位低レベルとし、サンプポンプによる移送を考慮しても、20m³/h 程度以上の流入により 10 分以内でサンプ液位高高の警報が発生する（補足第 6.3.1.1-1 図参照）。第 5.1.4-1,2 表にて算出している溢水源からの流出流量は基本的にこれ

よりも大きいため、10分以内での検知が可能と考えられる。なお、非放射性ドレン移送系については流出流量が20m³/hを下回るが、当該系統への補給水や他系統からの流入等もなく、最終的な溢水量は系統の全保有水量であり、隔離時間に依存しないことから評価上問題ない。

なお、上記のような警報の他にも、溢水によって電気機器の地絡等が発生すれば、電気系の警報も同様に発生することから、これらも総合的に判断することで溢水発生を検知は達成可能であると考えられる。



補足第 6.3.1.1-1 図 サンプ液位高高警報発生時の状況

6.3.1.2 ②現場確認のための移動

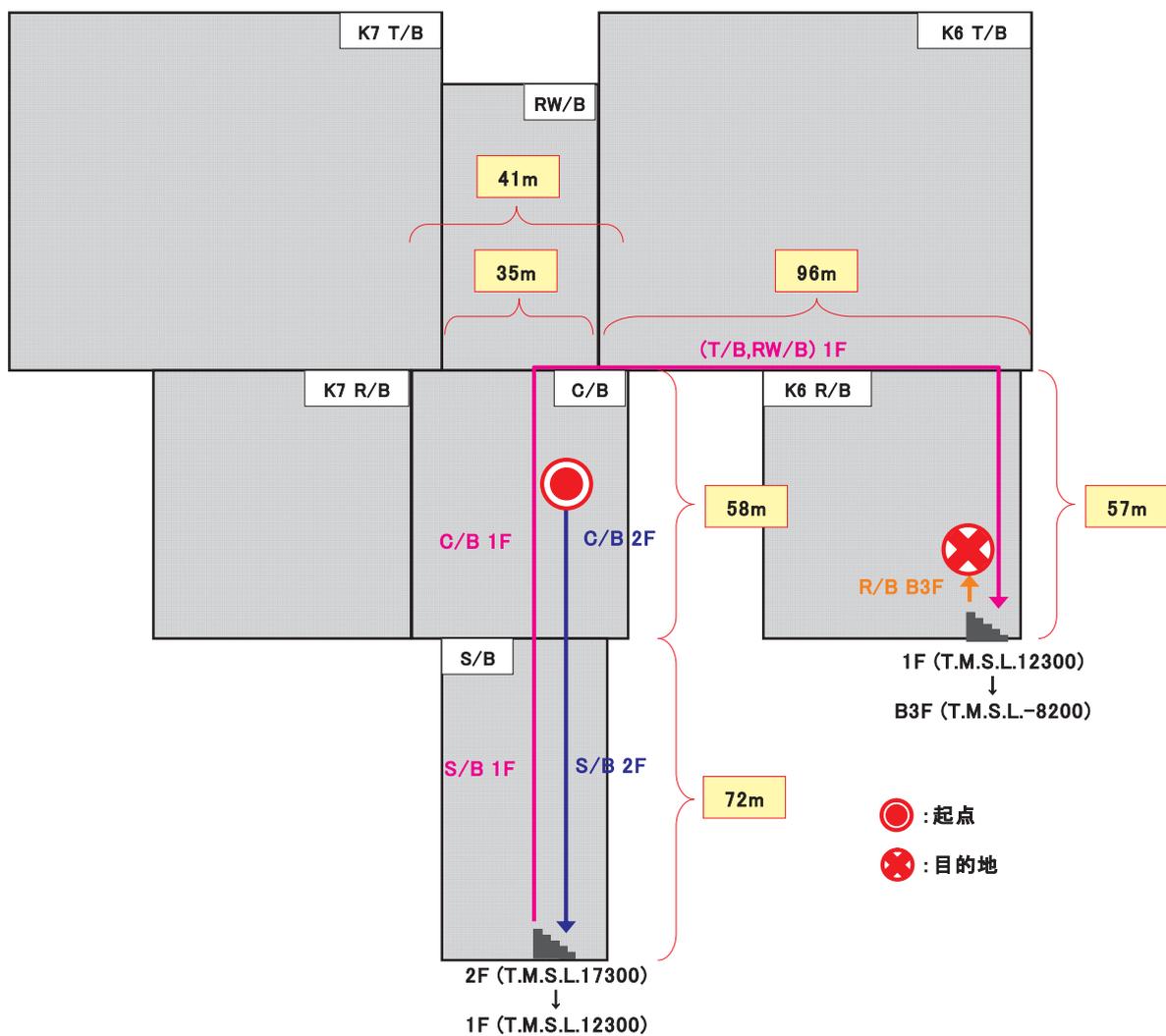
現場への移動については、移動速度を 4km/h、中央制御室から現場までの距離を 1km と想定し、そこに着替え時間として 5 分を加え、合計 20 分と設定している。

(1) 移動距離

中央制御室を起点とし、管理区域の溢水防護区画内で最も遠い箇所として 6 号炉の原子炉建屋地下 3 階を想定すると、この際の移動距離は補足第 6.3.1.2-1 図より

$$58/2 + 72 + 72 + 58 + 35/2 + 96 + 57 + (17.3 + 8.2) \\ = 424 \text{ m}$$

程度であり、1km の想定は十分保守的であると考えられる。



補足第 6. 3. 1. 2-1 図 中操からの移動距離

(2) 環境条件

➤ 水位：

アクセスルート上に溢水による滞留があった場合は、堰高さ以下の水位であればアクセス可能と考える。また床漏えい検出器や各サンプの異常警報から、溢水の発生箇所を推定でき、比較的安全なルートを選択することが可能と考えられる。

溢水発生が原子炉建屋の管理区域であった場合、現場までのルートとしては、通路及び階段室を通り、必要に応じて個々の区画へアクセスすることとなるが、通路はハッチ等の開口から排水されるため、滞留水位としては堰高さ程度に抑えられ、アクセス性に影響はない。また個々の区画にアクセスする際にも、扉からの流出状況等、事前に現場状況を認識できることから、区画内での状況を想定した対応が可能である。

原子炉建屋の非管理区域の場合は、アクセスルート上に非管理区域の最地下階（原子炉建屋地下1階南北通路：R-B1-4, R-B1-16）が存在するが、南北いずれの区画で溢水が発生しているかは発生したサンプの警報等から確認できるため、反対側の区画からアクセスすることができる。

コントロール建屋、海水熱交換器区域での溢水の場合においても、各建屋の最地下階を経由せずに各区画へアクセスできるルートが存在するため、アクセス性に影響はない。

➤ 温度：

各溢水源の中で、高温の流体を内包する溢水源について、補足第6.3.1.2-1表に整理する。溢水発生時に現場の温度を上昇させるような高温の溢水源としては、原子炉冷却材浄化系、給復水系、所内蒸気系が考えられるが、原子炉冷却材浄化系及び給復水系は、現場操作等の運転員による隔離操作に期待せずとも、漏えいを検知・隔離するインターロックが作動し、自動的に隔離される（詳細は5.1.2(2)参照）。また所内蒸気系についても原子炉建屋の外で常時隔離することから、原子炉建屋内での溢水は発生しない。

以上より、隔離操作に伴う現場へのアクセス性に対し、現場の環境温度が影響を与えることはない。

➤ 線量：

各溢水源の内包する流体の放射能物質の有無について、補足第6.3.1.2-1表に整理する。放射性物質を内包する溢水源の中で、漏えい時に環境線量率が最も厳しくなる系統は原子炉冷却材浄化系であるが、本系統は現場での隔離操作に期待しないため、線量の上昇による影響はない。現場操作に期待する溢水源の中で、漏えい時に環境線量が厳しくな

る溢水源としては、サプレッションプール水又は使用済燃料プール水が考えられるが、本溢水源の内包する放射能濃度は $10^6 \sim 10^7 \text{Bq/m}^3$ 程度のため、保守的な想定での被ばく線量評価^{*}をしても、 10^{-1}mSv 程度となり、緊急時の被ばく線量の制限値 100mSv と比較して十分小さく抑えられる。

以上より、隔離操作に伴う現場へのアクセス性に対し、現場の環境線量が影響を与えることはない。

※サブマージョンモデル（半球状の空間に放射性物質が一様に分布している場合の、半球底部中心点における線量率の算出方法）を用いた評価を実施。放射性物質の分布形状等で保守性を考慮。

➤ 化学薬品：

各溢水源の中で、アクセスルートに影響を与える可能性があり、かつ、薬品等を含むことで化学的な特性をもち、人体に影響を与える可能性のあるものとして以下が抽出される。

ほう酸水溶液（五ほう酸ナトリウム溶液）
防錆剤

ほう酸水注入系はほう酸水溶液（五ほう酸ナトリウム溶液）を内包するが、当該溶液はほう酸水タンク内に貯留されており、その周囲にはタンク内の全容量分を滞留可能な堰が設置されている。これにより、万が一ほう酸水溶液が漏えいした場合にもその影響範囲を堰内に制限できる。

原子炉補機冷却系のような閉ループとなっている系統は防錆剤が注入されているが、濃度は十分に低く、また、防護服等も配備することでさらに安全性を向上させていることから現場へのアクセス性に影響はない。

なお、HCW 中和装置には苛性ソーダ及び硫酸が存在するが、いずれも破棄物処理建屋管理区域に設置されており、隔離操作に伴うアクセスにおいて、これらが影響を及ぼすことはない。

また、現在想定している溢水源中の薬品の他に、個別の容器等の形で保管されている薬品も存在するが、アクセスルートに影響のある場所に保管されているものはごく少量であり、また、防護服等を配備することでさらに安全性を向上させていることからアクセス性に影響はない。

以上より、隔離操作に伴う現場へのアクセス性に対し、化学薬品の与える影響はない。

▶照明：

作業用照明は共通用電源若しくは非常用電源等より受電し、現場各所に設置されていることから、現場へのアクセス性に影響はない。また、溢水の影響により一部の照明が機能喪失した場合でも、対応する運転員が常時滞在している中央制御室等に懐中電灯等の可搬型照明を配備しており、場所を問わず対応可能である。

以上より、隔離操作に伴う現場へのアクセス性に対し、照明による影響はない。

▶感電：

電気設備と溢水の発生している状況を同時に考慮すると感電による影響が懸念されるが、現実的には、電気設備が溢水の影響を受けた場合は短絡が発生し、保護回路がそれを検知しトリップすることで、当該電気設備への給電は遮断される。従って感電による影響はないと考えられる。

また運用面においても、ゴム長靴等の防護具の配備や、溢水の発生が想定される場合の電源停止手順等を規定類に定めることで、感電による影響を防止する。

▶漂流物：

屋内に設置された棚やラック等の設備は、固縛処置がされており、溢水が発生した場合においても漂流物となることはない。よって、隔離操作に伴う現場へのアクセス性に対し、漂流物による影響はない。



補足第 6.3.1.2-2 図 固縛処置例【6号炉原子炉建屋 工具棚】

補足第 6.3.1.2-1 表 溢水源の特性について

		分類		温度 (95℃以上)	放射性 物質	化学薬品	敷設建屋／区域		
		高	低				原子炉建屋	海水熱交換器 区域	コントロール 建屋
水・蒸気系統	制御棒駆動水圧系	○	/		○		○	—	—
	ほう酸水注入系	/	○※2			○	○	—	—
	残留熱除去系	/	○※2		○		○	—	—
	高圧炉心注水系	/	○※2		○		○	—	—
	原子炉隔離時冷却系	/	○※2		○		○	—	—
	原子炉冷却材浄化系	○	/	○	○		○	—	—
	燃料プール冷却浄化系	/	○		○		○	—	—
	サプレッションプール浄化系	/	○		○		○	—	—
	放射性ドレン移送系	/	○		○		○	—	○
	復水及び給水系	○	/	○	○		○	—	—
	給水加熱器ドレン系	○	/	○	○		—	—	—
	循環水系※1	/	○				—	—	—
	純水補給水系	/	○				○	○	○
	復水補給水系	/	○			○	○	—	—
	原子炉補機冷却水系	/	○				○	○	○
	タービン補機冷却水系	/	○				—	○	○
	換気空調補機常用冷却水系	/	○				○	○	○
換気空調補機非常用冷却水系	/	○				○	—	○	
原子炉補機冷却海水系	/	○				—	○	—	
タービン補機冷却海水系	/	○				—	○	—	

補足第 6.3.1.2-1 表 溢水源の特性について

		分類		温度 (95℃以上)	放射性 物質	化学薬品	敷設建屋／区域		
		高	低				原子炉建屋	海水熱交換器 区域	コントロール 建屋
水・ 蒸気系統	所内蒸気戻り系	/	○				—	—	—
	所内温水系	/	○			○	○	—	
	雑用水系	/	○				—	○	○
	消火系	/	○				○	○	○
	非放射性ドレン移送系	/	○				○	○	○
	飲料水系	/	○				—	—	○
	所内蒸気系	○	/	○			—※3	—	—

※1：循環水系は復水器設置エリア及び循環水ポンプ設置エリアでの溢水を想定

※2：高エネルギー配管として運転している時間の割合が、当該系統の運転している時間の 2%又はプラント運転期間の 1%より小さいため、低エネルギー配管として扱う（添付資料 2.1 参照）

※3：上流側にて隔離することで溢水源として想定しない（添付資料 2.2 参照）

6.3.1.3 ③漏えい箇所特定

発生する各種警報やパラメータの変動、現場調査によって得られる情報から、漏えいが発生した系統や箇所を特定する。具体的には、発生した警報からその警報発生時手順書に従い各種パラメータを確認し、異常状態の把握にむけて中央操作室での確認作業を実施する。同時に、発生した警報から異常の発生している建屋・区域を絞り、現場調査を開始し、これらの情報を総合して漏えい系統や箇所の特定を進めていく。

なお、漏えい系統・箇所の特定にあたっては、“漏えい建屋・区域”及び“漏えい系統”程度の特定ができれば、大きなバウンダリでの隔離は可能と考えられ、溢水量の算出においてはこのような状況も想定し、隔離後の流出量を系統の全保有水量と設定していることから、隔離時間の想定、及び隔離後の流出量の双方において保守的な評価となっている。

(1) 漏えい建屋・区域の特定

床漏えい検出器による警報が発生した場合は、どの区画での漏えいか判断が可能のため建屋・区域の特定は比較的容易である。ドレンサンプルによる警報の場合にも、基本的に各建屋・区域毎にサンプルが設置されており、どの建屋・区域で漏えいが発生しているかは判断が可能と考えられる。コントロール建屋については、ドレンの排水先サンプルが廃棄物処理建屋になるが、当該サンプルに流入する可能性のある建屋・区域としてはコントロール建屋及び廃棄物処理建屋の非管理区域等に限られるため、現場の確認とあわせて建屋・区域の特定は可能と考えられる。

(2) 漏えい系統・箇所の特定

漏えいの発生を認知した後、いずれの系統・箇所からの漏えいかを更に特定していく。(1)の漏えい建屋・区域の特定が出来ると、各建屋・区域に敷設されている系統と比較することで、漏えいしている系統の大枠での絞り込みが可能と考えられる。さらに床漏えいやサンプルの警報の他にも、各系統での漏えいを示唆するような警報が発生している場合は、内部溢水対応マニュアルや警報発生時手順書等を参考に各種パラメータを確認し、それらの情報も加えて漏えい系統の絞り込みを進めることが可能である。各系統と、その系統から漏えいが発生した場合に発生する可能性のある警報及びパラメータの変動等の関連について、一例を補足第6.3.1.3-1表にまとめる。

更に中央操作室での警報、パラメータ等の確認に加え、現場移動後の現場操作員からの情報にも期待できる。現場状況の直接的な確認により、中央制御室からは得られない情報を補完し、漏えい系統・箇所の特定を進めていくことが可能となる。

なお、上記のような方法に加え、漏えいしている各建屋・区域の全域を調査することによっても漏えい系統・箇所の特定は可能である。その場合の所要時間としては、コントロール建屋からの距離が遠く、かつ調査範囲も広い原子炉建屋管理区域の南北各サンプの対象範囲を想定した場合でも、移動距離は1km程度であり、漏えい箇所を調査しながらの移動であることを考慮しても30分で実施可能であると考えられる。

補足第 6.3.1.3-1 表 系統から漏えいが発生した場合に発生する可能性のある警報及びパラメータの変動について（一例）

漏えい系統		系統の特定につながる警報	箇所の特定につながる警報	変動する可能性のあるパラメータ等
水・蒸気系統	制御棒駆動水圧系	・CRD 充てん水圧力低低	・R/B LCW サンプ液位高 ・R/B HCW サンプ液位高	・充てん水圧力
	ほう酸水注入系	・SLC タンク液位低	・SLC タンク液位低	・SLC タンク液位
	残留熱除去系	・RHR 吸込圧力低	・床漏えい R/B B3F RHR ポンプ(A)室	・RHR 吸込圧力 ・S/C 水位
	高压炉心注水系	・HPCF ポンプ出口管圧力低	・床漏えい R/B B3F HPCF ポンプ(C)室	・HPCF ポンプ出口管圧力 ・CSP 水位

補足第 6.3.1.3-1 表 系統から漏えいが発生した場合に発生する可能性のある警報及びパラメータの変動について（一例）

漏えい系統		系統の特定につながる警報	箇所の特定につながる警報	変動する可能性のあるパラメータ等
水・蒸気系統	原子炉隔離時冷却系	・RCIC ポンプ吸込圧力低	・D/W 圧力高・高高 ・床漏えい R/B B3F RCIC ポンプ室 ・火災報知器	・RCIC ポンプ吸込圧力 ・CSP 水位
	原子炉冷却材浄化系	・CUW 差流量大	・R/B LCW サンプ液位高 ・R/B HCW サンプ液位高 ・火災報知器	・CUW 差流 ・CUW 出口流量 ・CUW 入口流量 ・CUW ブローダウン流量
	燃料プール冷却浄化系	・FPC ポンプ吸込圧力低	・R/B LCW サンプ液位高 ・R/B HCW サンプ液位高 ・火災報知器	・FPC ポンプ吸込圧力 ・スキマサージタンク水位 ・使用済み燃料プール水位
	サブプレッションプール浄化系	・SPCU ポンプ吸込圧力低	・R/B LCW サンプ液位高 ・R/B HCW サンプ液位高	・S/C 水位
	放射性ドレン移送系	-	・R/B LCW サンプ液位高 ・R/B HCW サンプ液位高	-

補足第 6.3.1.3-1 表 系統から漏えいが発生した場合に発生する可能性のある警報及びパラメータの変動について（一例）

漏えい系統		系統の特定につながる警報	箇所の特定につながる警報	変動する可能性のあるパラメータ等
水・蒸気系統	純水補給水系	・純水移送ポンプ吐出ヘッダ 圧力低	・R/B LCW サンプ液位高 ・R/B HCW サンプ液位高	・純水移送ポンプ吐出圧力 ・純水タンク水位
	復水補給水系	・復水移送ポンプ吐出ヘッダ 圧力低	・R/B LCW サンプ液位高 ・R/B HCW サンプ液位高	・復水移送ポンプ吐出圧力 ・CSP 水位
	原子炉補機冷却水系	・RCW サージタンク水位低	・R/B LCW サンプ液位高 ・R/B HCW サンプ液位高	・RCW サージタンク水位
	換気空調補機常用冷却水系	・TCW サージタンク水位低	・D/W LCW サンプ液位高 ・D/W HCW サンプ液位高	・HNCW ヘッダ間差圧 ・TCW サージタンク水位 ・供給室温度
	換気空調補機非常用冷却水系	・RCW サージタンク水位低	・R/B LCW サンプ液位高 ・R/B HCW サンプ液位高	・RCW サージタンク水位 ・供給室温度

補足第 6.3.1.3-1 表 系統から漏えいが発生した場合に発生する可能性のある警報及びパラメータの変動について（一例）

漏えい系統		系統の特定につながる警報	箇所の特定につながる警報	変動する可能性のあるパラメータ等
水・蒸気系統	所内温水系	<ul style="list-style-type: none"> •HWH 供給圧力低 •TCW サージタンク水位低 	<ul style="list-style-type: none"> •R/B LCW サンプ液位高 •R/B HCW サンプ液位高 	<ul style="list-style-type: none"> •TCW サージタンク水位 •供給室温度
	消火系	<ul style="list-style-type: none"> • M/D 消火ポンプ起動 	<ul style="list-style-type: none"> •R/B LCW サンプ液位高 •R/B HCW サンプ液位高 	<ul style="list-style-type: none"> • 消火栓ランプ
	非放射性ドレン移送系	-	<ul style="list-style-type: none"> •R/B LCW サンプ液位高 •R/B HCW サンプ液位高 	-

6.3.1.4 ④隔離操作（弁の特定及び隔離操作）

漏えい箇所特定後に、当該漏えいを隔離するための隔離操作に要する時間として、弁の特定に10分、弁の隔離操作に10分（5分／弁）と想定している。弁の特定に関しては、漏えい箇所が特定できればその隔離に必要な隔離弁の特定は配管計装線図等の図面により容易に判断できる。また弁の隔離操作に関しては、最も大きな電動弁である循環水系のバタフライ弁で5分／弁程度のため、十分保守的な時間設定といえる。

なお、破断形状や漏えいしている流体の性質によっては、必ずしも最小のバウンダリにて隔離が可能ではない場合も考えられるが、溢水量の算出においては隔離後の系統内の残水の漏えいが継続する可能性も考慮し、保守的に系統の全保有水量を加算しているため、大きなバウンダリでの隔離に対しても保守的な評価となっている。

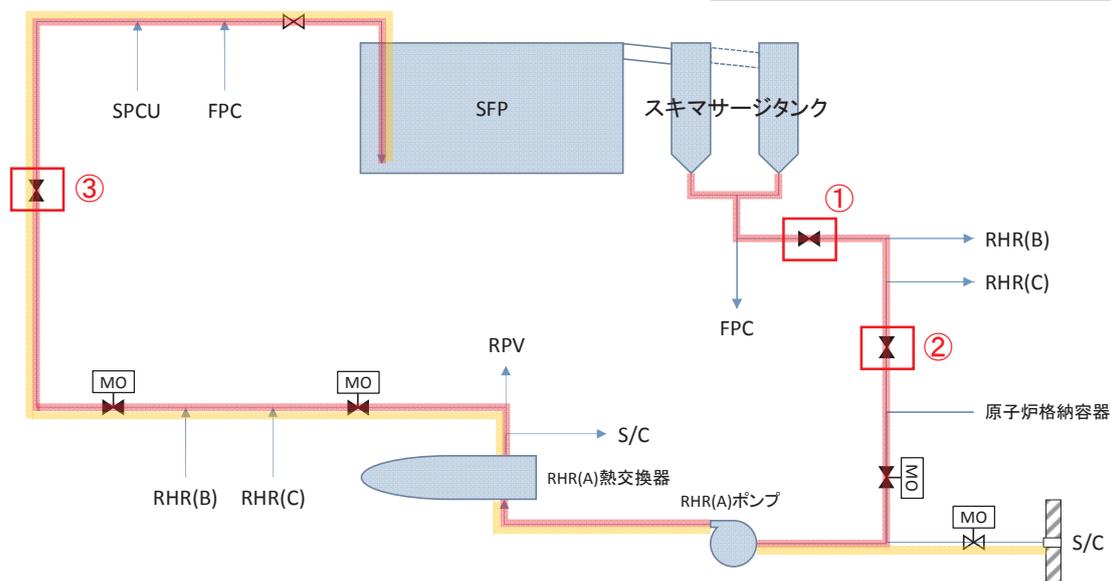
6.3.2 (イ) 残留熱除去系による使用済燃料プールの給水・冷却のための現場操作

溢水等の要因により燃料プール冷却浄化系やサプレッションプール浄化系が機能喪失した場合、残留熱除去系により使用済燃料プールの給水・冷却機能を維持する必要があるが、その際に現場での手動弁の操作が必要となる（補足第 6.3.2-1 図，補足第 6.3.2-1 表参照）。この時、現場へのアクセス性に関しては、漏えいした溢水の影響に加え、使用済燃料プールの水位低下や温度上昇による影響も考慮が必要となる。

なお 7 号炉に関しては、残留熱除去系から燃料プール冷却浄化系への戻りライン上の手動弁（補足第 6.3.2-1 図 ③参照）が逆流防止の観点から常時閉となっているが、その上流側に設置されている逆止弁により代替可能なため、常時開とする運用に変更する。これによりサプレッションプール水の使用済燃料プールへの給水は現場操作が不要となる（6 号炉は同様の系統構成で従来から常時開となっており、現場操作は不要）。

また、燃料プール冷却浄化系やサプレッションプール浄化系が機能喪失するケースとしては、想定破損や消火活動に伴う溢水の場合と、地震に伴う溢水の場合が考えられ、前者では使用済燃料プールの初期水位は通常水位であり、かつ現場へのアクセス性も 6.3.1 で説明したとおり問題ないと考えられる。一方で後者では地震によるスロッシングにて初期水位は低下しており、前者に比べてより厳しい状況となっている。よって以下では地震に伴う溢水時における現場操作性について示す。

残留熱除去系での冷却・給水
 赤枠: 現場操作が必要な手動弁



補足第 6. 3. 2-1 図 残留熱除去系による使用済燃料プール冷却・給水ライン

補足第 6. 2. 3-2 表 現場操作が必要な手動弁

号炉	現場操作手動弁		
	①	②	③
6 号炉	G41-F020 [R-2F-1]	E11-F016A [R-B-15a]	- (常時開)
		E11-F016B [R-B-15b]	
		E11-F016C [R-B-14]	
7 号炉	G41-F030 [R-2F-1]	E11-F016A [R-1F-1]	- (常時開) ※
		E11-F016B [R-1F-8]	
		E11-F016C [R-1F-9]	

※常時開運用に変更

6.3.2.1 使用済燃料プールの想定及び温度上昇に対する時間余裕について

使用済燃料プールの想定する状態としては、有効性評価等で想定した状態と同様とし、“プラント運転開始直後”及び“燃料ラックに運転中最大数の燃料が保管”という状態を想定する。ここで地震に伴うスロッシングによる溢水量

6号炉：620 m³

7号炉：830 m³

を使用済燃料プールの初期保有水量から差し引き、65℃及び100℃到達までの時間余裕を以下にまとめる。なお、初期水温は40℃を想定する。

号炉	65℃到達時間(h)	100℃到達時間(h)
6号炉	15	37
7号炉	14	34

これより本現場操作は、6.3.1の想定破損発生時の現場での隔離操作に比べて大きな時間余裕があり、地震発生後の過酷な状況を想定しても十分に実施可能であると考えられる。またサプレッションプール水の給水により使用済燃料プールの水位を回復できれば、この時間余裕はさらに大きくなる。

6.3.2.2 現場へのアクセス性について

残留熱除去系による使用済燃料プールの給水・冷却を実施するために必要となる現場操作の実施場所への中央制御室からのアクセスルートについて、考えられるパターンを補足第6.3.2.2-1, 2図に示す。

- ① 中央制御室→C/B非管理(B1F)→2mギャップ→R/B非管理(B1F)→R/B非管理(4F)→R/B管理(4F)→R/B管理(1F及び2F)
- ② 中央制御室→S/B(2F)→S/B(1F)→C/B管理(1F)→2mギャップ→R/B管理(1F)→R/B管理(2F)
- ③ 中央制御室→C/B非管理(B1F)→2mギャップ→T/B管理(B1F)→T/B管理(1F)→2mギャップ→R/B管理(1F)→R/B管理(2F)

上記のアクセスルートに対し、溢水による各種環境条件を以下で整理し、各ルートの成立性を確認する。複数の代替ルートを想定しておくことで、何らかの要因によりいずれかのルートによるアクセスが困難な場合においても、その他のルートによりアクセス可能であれば、目的は達成できる。

(1) 環境条件

➤ 水位：

①～③のアクセスルート上において、地震時に溢水が発生する区画も存在するが、いずれも建屋最地下階のような最終的な溢水の滞留区画ではなく、ハッチ等開口による排水効果にも期待できることから、6.3.2.1で示したような時間スケールにおいてはアクセス性に影響はない。

➤ 温度：

二次格納施設内において、各溢水源の中で高温の流体を内包し、かつ基準地震動発生時に溢水する可能性のある系統としては、原子炉冷却材浄化系が該当する。原子炉冷却材浄化系から溢水した場合は、高温・高圧の一次冷却水が二次格納施設内に漏えいするが、漏えいを検知・隔離するインターロックが作動し自動的に隔離されるため、漏えいは限定的である。また非常用ガス処理系による換気にも期待できることから、長時間に渡りアクセス困難な高温状態が継続することは考えにくい。

タービン建屋においても高温・高圧の溢水源は存在するが、プラントの停止により原子炉からの主蒸気の供給は止まり、漏えい蒸気量は限定化される。一度に大量の蒸気が発生した場合は、設置されたブローアウトパネルが開することでほぼ大気圧程度に圧力の上昇が抑えられ、環境条件が一定以上に悪化することはないと見られ、放熱等によりいずれアクセス可能な環境温度まで復帰すると考えられる。

➤ 線量：

地震時に放射性物質を内包する溢水の発生する区画も存在するが、十分な時間経過後には最終滞留区画まで排水されることから、漏えいした溢水による線量の影響はほとんどないと考えられる。また原子炉冷却材浄化系は高温・高圧のため溢水により蒸気が発生するが、自動で検知・隔離が達成されることから、漏えいは限定的である。さらに非常用ガス処理系による換気にも期待できることから、線源となる蒸気が長時間に渡り空間部に充満することは考えにくい。なお、保守的な想定での評価をしても被ばく線量としては数 mSv 程度となり、緊急時の被ばく線量の制限値 100mSv と比較して十分小さく抑えられる。

一方、地震に伴うスロッシングにより使用済燃料プールの水位が低下し、水による遮蔽効果が低下することで、原子炉建屋オペフロの線量が上昇することが想定される。しかし、現場操作の実施前に、中央制御室からの操作によりサブプレッションプール水を給水し使用済燃料プールの水位の回復が可能のため、遮蔽効果に期待でき、線量による影響を低

減できる。

➤ 化学薬品：

薬品等を含む溢水源の中で、地震時に溢水し、かつ、①～③のアクセスルートに影響を与える可能性のあるものとしては、防錆材を含む閉ループ系統及び個別の容器に保管の薬品だが、いずれも 6.3.1.2(2) で述べたように、アクセス性に影響はない。

➤ 照明：

地震や溢水の影響により作業用照明が機能喪失した場合であっても、その可能性を考慮し、対応する運転員が常時滞在している中央制御室等に懐中電灯等の可搬型照明を配備しており、場所を問わず対応可能であることから、アクセス性に影響はない。

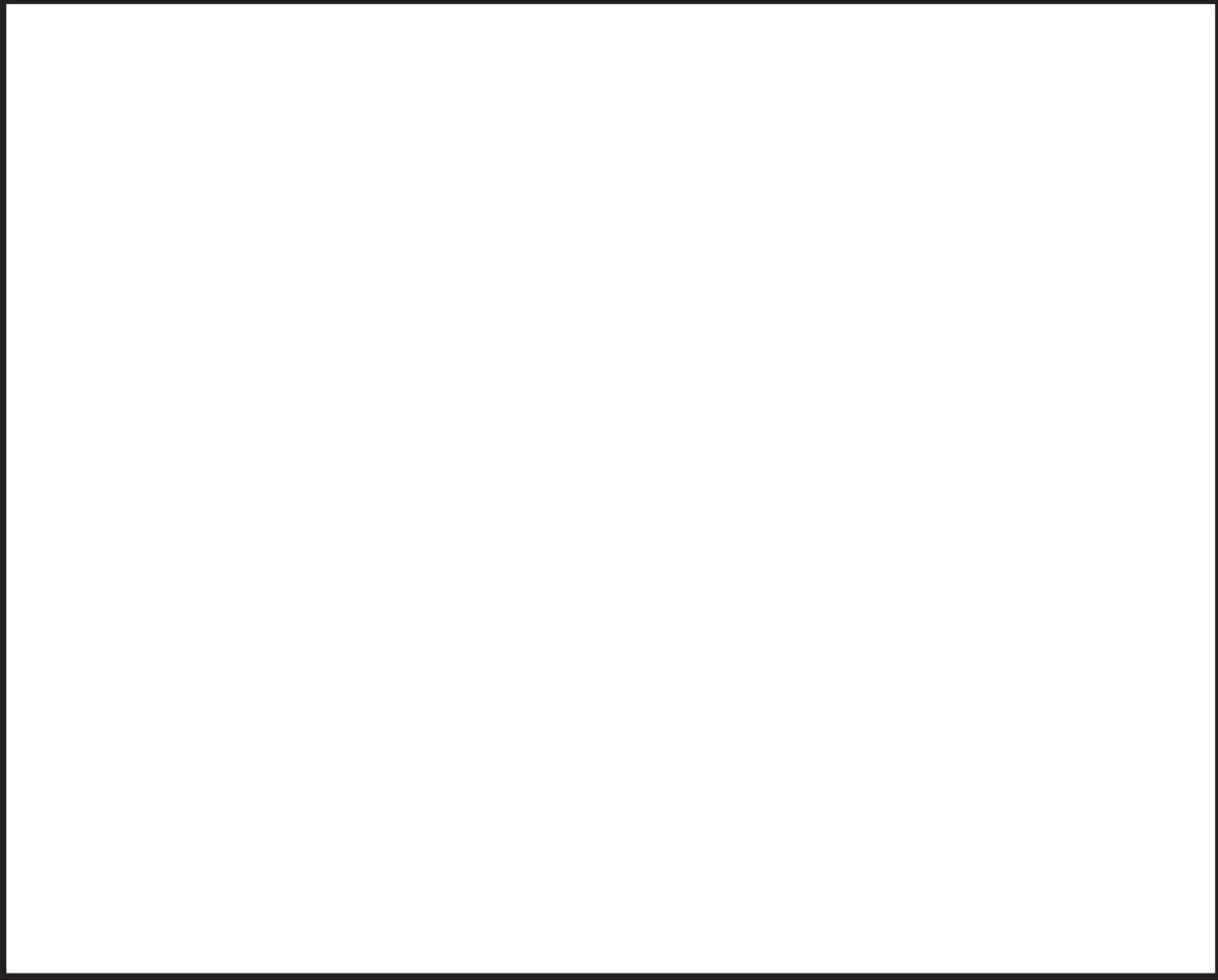
➤ 感電：

6.3.1.2における議論と同様、電気設備が溢水の影響を受けると短絡が発生し、保護回路が動作することで当該電気設備への給電が遮断されることから、感電の影響はなくなる。さらに、防護具の配備や電源停止に関連する対応手順を規定類に定めることで、運用面からも感電による影響を防止する。

➤ 漂流物：

屋内に設置された棚やラック等の設備は、固縛処置がされており、溢水が発生した場合においても漂流物となることはない。万が一、地震の影響により固縛が外れたとしても、アクセスルートに影響のある設備は全て通路部に存在することから、迂回等が可能であり影響はない。

枠囲みの内容は防護上の機密事項に属しますので公開できません。

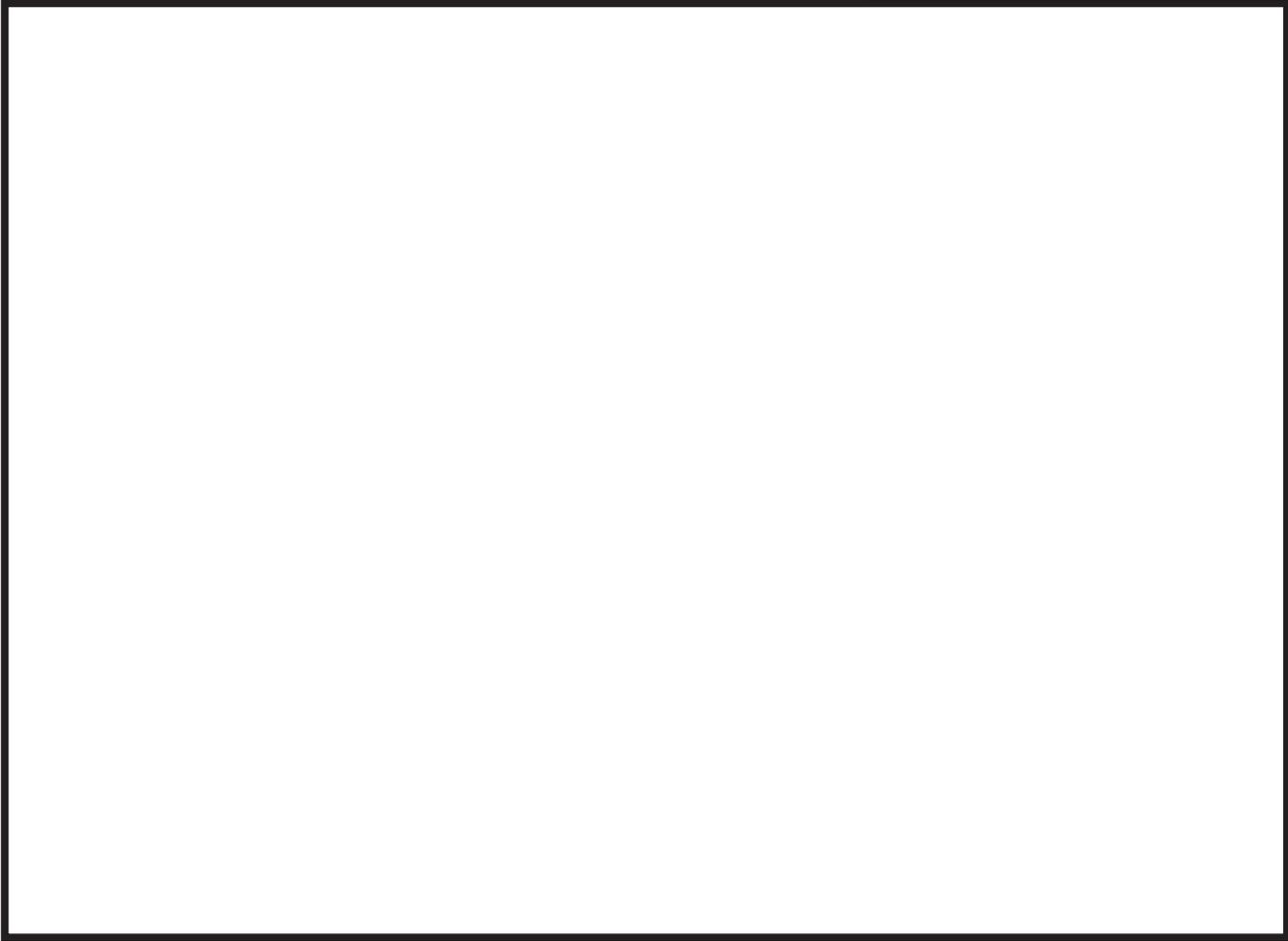


回答(1)-23

補足第 6.3.2.2-1 図 6号炉 残留熱除去系による使用済燃料プールの給水・冷却のための現場操作に伴うアクセスルート (1/4)

枠囲みの内容は防護上の機密事項に属しますので公開できません。

枠囲みの内容は防護上の機密事項に属しますので公開できません。

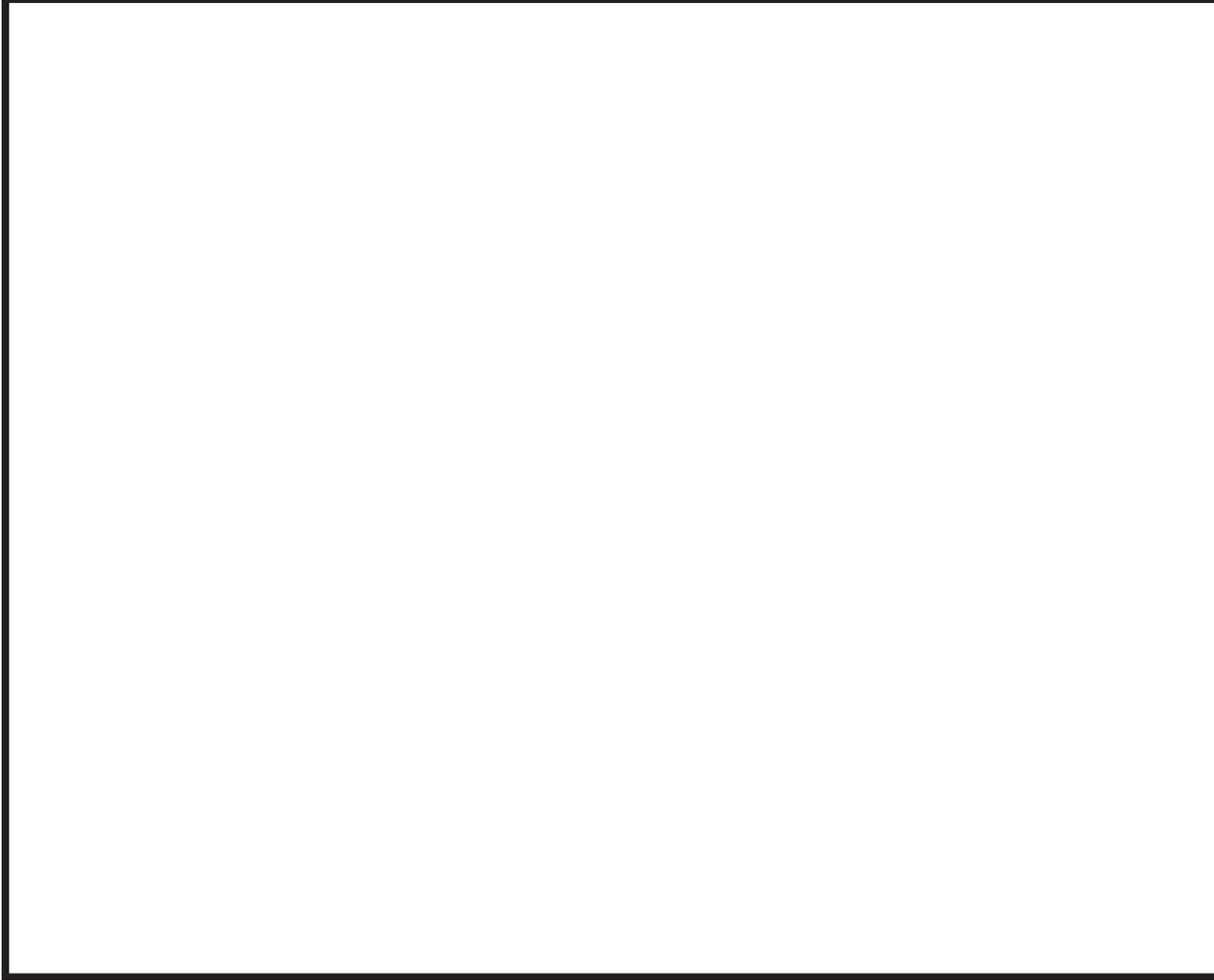


枠囲みの内容は防護上の機密事項に属しますので公開できません。

回答(1)-26

補足第 6.3.2.2-1 図 6 号炉 残留熱除去系による使用済燃料プールの給水・冷却のための現場操作に伴うアクセスルート (4/4)

枠囲みの内容は防護上の機密事項に属しますので公開できません。



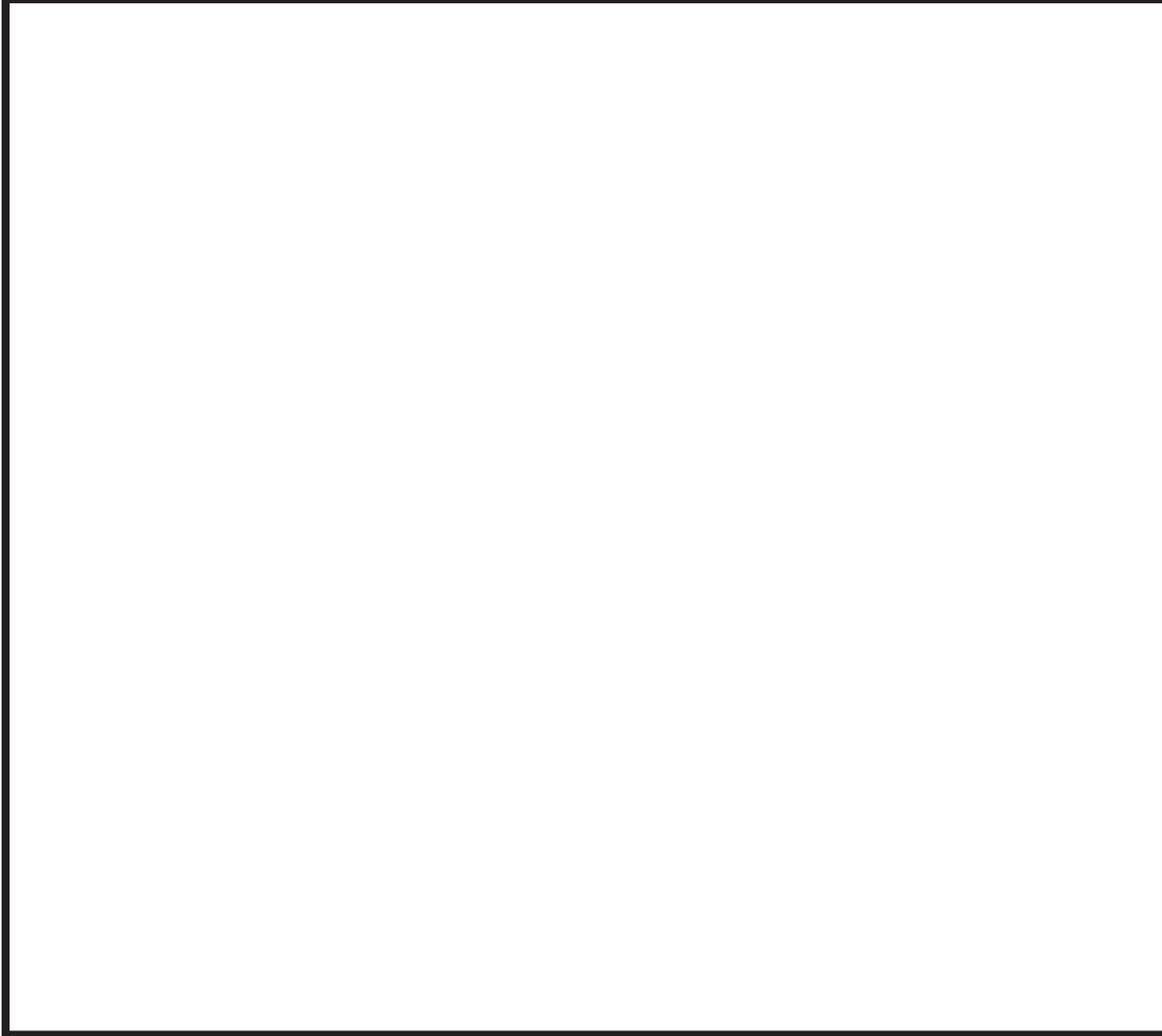
枠囲みの内容は防護上の機密事項に属しますので公開できません。

枠囲みの内容は防護上の機密事項に属しますので公開できません。

回答(1)-29

補足第 6.3.2.2-2 図 7号炉 残留熱除去系による使用済燃料プールの給水・冷却のための現場操作に伴うアクセスルート (3/4)

枠囲みの内容は防護上の機密事項に属しますので公開できません。



(2) アクセスルートの成立性まとめ

地震に伴う溢水により想定される環境条件に対し、①～③のアクセスルートの成立性について補足第 6.3.2.2-1, 2 表に整理する。

結果として各種環境条件を考慮しても、操作実施までの時間余裕や手動弁の運用変更等によりアクセス性に問題の無いことを確認した。

補足第 6.3.2.2-1 表 6号炉 残留熱除去系による使用済燃料プールの給水・冷却のための現場操作の実現性について

ルート①	通過区画	C-2F-2	→	C-2F-3	→	C-B1-6	→	C-B1-1	→	2mギャップ	→	R-B1-16	→	R-4F-3共	→	R-B1-2	→	R-B-15a*	or	R-B-15b*	or	R-B-14*	→	R-2F-2共2	→	R-2F-1	→	
	溢水水位	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	温度	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	線量	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	化学薬品	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	照明	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	感電	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	漂流物	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
補足	※区分Ⅰ～Ⅲに対応し、これらの内どれか一つの操作でよい。 中操からの操作により使用済燃料プールへの補給を実施することで、オペフロでの線量の影響も低減可能。																											
ルート②	通過区画	C-2F-2	→	S/B(2F)	→	S/B(1F)	→	C-1F-1	→	RW/B(1F)	→	T-1F-3	→	R-1F-2共	→	R-B1-2	→	R-B-15a*	or	R-B-15b*	or	R-B-14*	→	R-2F-2	→	R-2F-1	→	
	溢水水位	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	温度	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	線量	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	化学薬品	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	照明	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	感電	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	漂流物	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
補足	※区分Ⅰ～Ⅲに対応し、これらの内どれか一つの操作でよい。																											
ルート③	通過区画	C-2F-2	→	C-2F-3	→	C-B1-6	→	C-B1-1	→	2mギャップ	→	T-B1-3	→	T-1F-3	→	R-1F-2共	→	R-B1-2	→	R-B-15a*	or	R-B-15b*	or	R-B-14*	→	R-2F-2	→	R-2F-1
	溢水水位	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	温度	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	線量	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	化学薬品	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	照明	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	感電	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	漂流物	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
補足	※区分Ⅰ～Ⅲに対応し、これらの内どれか一つの操作でよい。																											

補足第 6.3.2.2-2 表 7号炉 残留熱除去系による使用済燃料プールの給水・冷却のための現場操作の実現性について

ルート①	通過区画	C-2F-2	→	C-2F-3	→	C-B1-6	→	C-B1-1	→	2mギャップ	→	R-B1-16	→	R-4F-3	→	R-1F-2共	→	R-1F-1*	or	R-1F-8*	or	R-1F-9*	→	R-2F-2共2	→	R-2F-1
	溢水水位	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○
	温度	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○
	線量	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○
	化学薬品	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○
	照明	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○
	感電	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○
	漂流物	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○
補足	※区分Ⅰ～Ⅲに対応し、これらの内どれか一つの操作でよい。 中操からの操作により使用済燃料プールへの補給を実施することで、オベフロでの線量の影響も低減可能																									
ルート②	通過区画	C-2F-2	→	S/B(2F)	→	S/B(1F)	→	C-1F-1	→	RW/B(1F)	→	T-1F-3	→	R-1F-2共	→	R-1F-1*	or	R-1F-8*	or	R-1F-9*	→	R-2F-2共2	→	R-2F-1		
	溢水水位	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	温度	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	線量	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	化学薬品	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	照明	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	感電	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
	漂流物	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
補足	※区分Ⅰ～Ⅲに対応し、これらの内どれか一つの操作でよい。																									
ルート③	通過区画	C-2F-2	→	C-2F-3	→	C-B1-6	→	C-B1-1	→	2mギャップ	→	T-B1-3	→	T-1F-3	→	R-1F-2共	→	R-1F-1*	or	R-1F-8*	or	R-1F-9*	→	R-2F-2共2	→	R-2F-1
	溢水水位	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○
	温度	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○
	線量	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○
	化学薬品	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○
	照明	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○
	感電	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○
	漂流物	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○
補足	※区分Ⅰ～Ⅲに対応し、これらの内どれか一つの操作でよい。																									

管理 No	指摘事項
225-1	「さらなる安全性の向上」の趣旨を説明すること。
225-3	溢水により多重化された安全機能が同時に失われることは信頼性要求を満たさないので再度検討すること。
225-4	複数の安全機能が、溢水による共通要因故障により損なわれないことを、網羅的に確認していることを説明すること。

1. 回答

複数の安全機能が溢水による共通要因故障により損なわれないよう、必要な溢水対策を実施することとし、記載を修正した。

2. 参照資料

(1) 補足説明資料 2 「設置許可基準第十二条の要求について」

設置許可基準第十二条の要求について

設置許可基準第十二条では、安全施設が安全機能を果たすための要求が記載されており、この要求への対応について整理する。

2.1 要求事項

第十二条における要求事項を整理すると以下の通り。

設置許可基準第十二条	内部溢水影響評価での対応
<p>(安全施設)</p> <p>第十二条 安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保されたものでなければならない。</p>	<p>安全施設の内、重要度の特に高い安全機能を有する系統に関して、ガイドの要求に従い、防護対象設備として選定する。</p>
<p>2 安全機能を有する系統の内、安全機能の重要度が特に高い安全機能を有するものは、当該系統を構成する機械又は器具の単一故障(単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと(従属要因による多重故障を含む。)をいう。以下同じ。)が発生した場合であって、外部電源が利用できない場合においても機能できるよう、当該系統を構成する機器又は器具の機能、構造及び動作原理を考慮して、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保するものでなければならない。</p>	<p>想定する内部溢水に対し、重要度の特に高い安全機能を有する系統が、その安全機能を失わないこと(信頼性要求に基づき独立性が確保され、多重性又多様性を有する系統が同時にその機能を失わないこと)を確認する。</p>
<p>3 安全施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮することが出来るものでなければならない。</p>	<p>環境条件として、溢水事象となる事故(LOCAや2次系破断)、原子炉外乱、自然現象を考慮しても、溢水の影響により防護対象設備が安全機能を失わないことを確認する。</p>

2.2 第十二条 第2項への適合について

2.2.1 定義

「多重性」、「多様性」、「独立性」の定義については、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第二条第2項にて以下のように定められている。

【実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則】

第二条

第2項

十七 「多重性」とは、同一の機能を有し、かつ、同一の構造、動作原理その他の性質を有する二以上の系統又は機器が同一の発電用原子炉施設に存在することをいう。

十八 「多様性」とは、同一の機能を有する二以上の系統又は機器が、想定される環境条件及び運転状態において、これらの構造、動作原理その他の性質が異なることにより、共通要因（二以上の系統又は機器に同時に影響を及ぼすことによりその機能を失わせる要因をいう。以下同じ。）又は従属要因（単一の原因によって確実に系統又は機器に故障を発生させることとなる要因をいう。以下同じ。）によって同時にその機能が損なわれないことをいう。

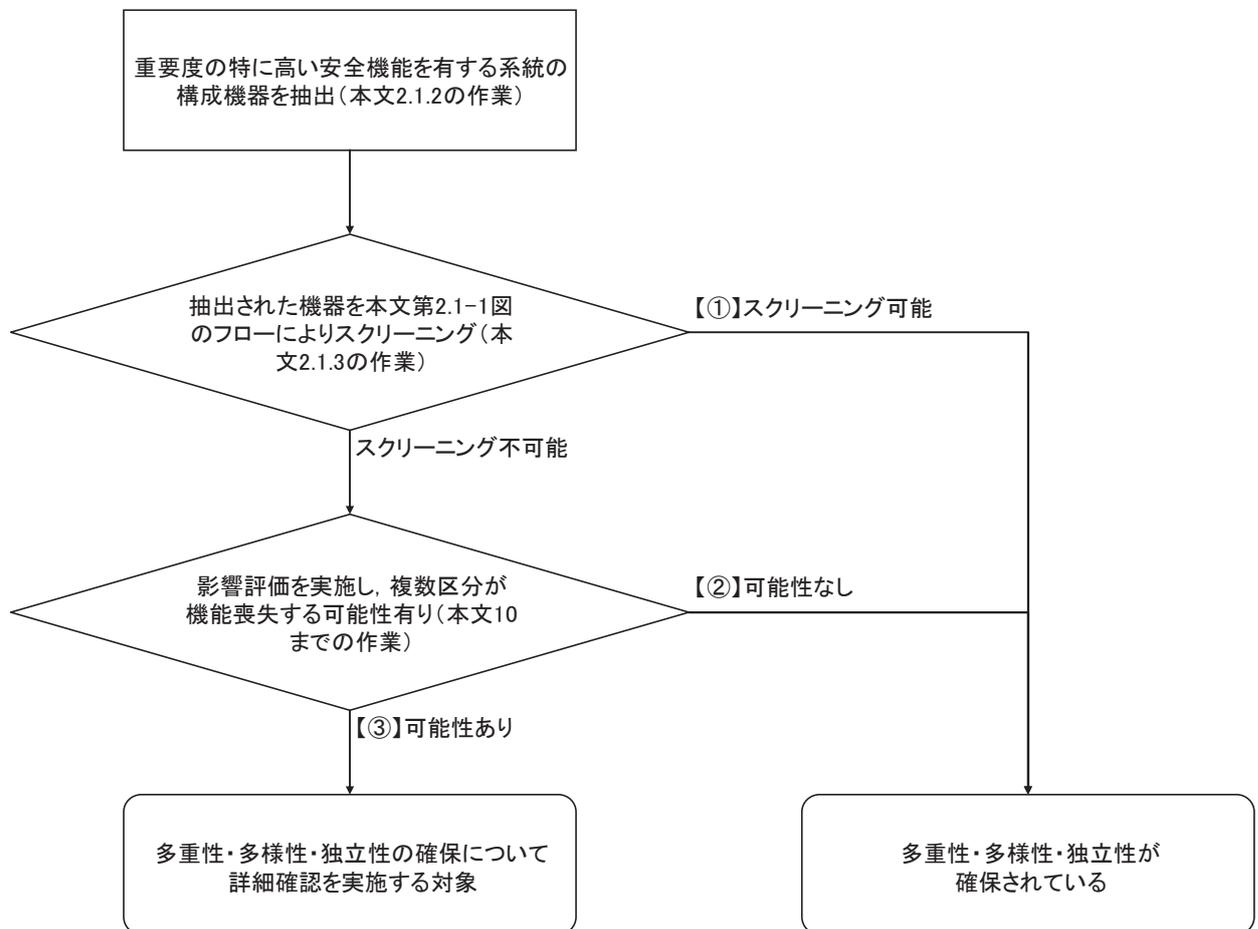
十九 「独立性」とは、二以上の系統又は機器が、想定される環境条件及び運転状態において、物理的方法その他の方法によりそれぞれ互いに分離することにより、共通要因又は従属要因によって同時にその機能が損なわれないことをいう。

※「共通要因」とは、二つ以上の系統又は機器に同時に作用する要因であって、例えば環境の温度、湿度、圧力又は放射線等による影響因子、系統若しくは機器に供給される電力、空気、油、冷却水等による影響因子及び地震、溢水又は火災等の影響をいう。（同解釈より）

2.2.2 確認プロセス

本文第 2.1.1-1 表にて抽出された重要度の特に高い安全機能の、溢水事象に対する多重性・多様性・独立性の確保に関して、以下のフロー図（補足第 2.2.2-1 図）により確認し、その結果、詳細確認を実施する対象として抽出された系統を補足第 2.2.2-1 表にまとめる。なお、その他の重要度の特に高い安全機能も含めた結果を補足第 2.2.2-2 表にまとめる。

結果として、いずれの機能に対しても多重性・多様性・独立性に問題のないことを確認した。



補足第 2.2.2-1 図 多重性・多様性・独立性の確保に関する確認フロー

補足第 2.2.2-1 表 多重性・多様性・独立性の確保について詳細確認を実施する対象

機能	対象系統・機器・(区画名)
格納容器内又は放射性物質が格納容器内から漏れ出た場所の雰囲気中の放射性物質の濃度低減機能	非常用ガス処理系 <input type="text"/>
格納容器内の可燃性ガス制御機能	可燃性ガス濃度制御系 <input type="text"/>
原子炉制御室非常用換気空調機能	中央制御室換気空調系 <input type="text"/>

枠囲みの内容は防護上の機密事項に属しますので公開できません。

2.2.3 詳細確認

非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系，中央制御室換気空調系は，何れも同一の区画内に A, B 両系統が設置されており，単一の溢水事象により両系統が機能喪失する可能性を有するが，以下に示す通り，区画内及び区画外からの溢水の影響が無い事から機能は維持される。

2.2.3.1 想定破損による溢水の影響

非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系，中央制御室換気空調系の機器が設置されている上記区画においては，ガイド付属書 A に従い，区画内の流体を内包する配管の応力評価を実施し想定破損を除外することで，区画内での溢水を防止する方針とする。また，区画外から当該区画に対する止水対策等を実施することにより，区画外からの溢水による影響を防止する。

2.2.3.2 消火水による溢水の影響

非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系，中央制御室換気空調系の機器が設置されている上記区画においては，固定式消火設備を設置し，消火栓からの放水を行わないことから，消火活動に伴う溢水の影響はない。また，区画外から当該区画に対する止水対策等を実施することにより，区画外からの溢水による影響を防止する。

2.2.3.3 地震時の溢水の影響

非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系，中央制御室換気空調系の機器が設置されている上記区画においては，区画内の流体を内包する配管に対し，基準地震動 S_s に対する耐震性を確保することから，区画内での溢水が発生しない。また，区画外から当該区画に対する止水対策等を実施することにより，区画外からの溢水による影響を防止する。

補足第 2.2.2-2 表 多重性・多様性・独立性の確保の確認結果

機能 ^{※1}		対象系統・機器	確認結果
a	原子炉の緊急停止機能	制御棒及び制御棒駆動系 (制御棒駆動機構／水圧制御ユニット (スクラム機能))	②
a	未臨界維持機能	制御棒 ほう酸水注入系	②
d	原子炉冷却材圧力バウンダリの加圧防止機能	逃がし安全弁 (安全弁としての開機能)	①
c	原子炉停止後における除熱のための崩壊熱除去機能	残留熱除去系 (原子炉停止時冷却モード)	②
b	原子炉停止後における除熱のための原子炉が隔離された場合の注水機能	原子炉隔離時冷却系 高圧炉心注水系	②
b, c	原子炉停止後における除熱のための原子炉が隔離された場合の圧力逃がし機能	逃がし安全弁 (手動逃がし機能) 自動減圧系 (手動逃がし機能)	②
b	事故時の原子炉の状態に応じた炉心冷却のための原子炉内高圧時における注水機能	原子炉隔離時冷却系 高圧炉心注水系	②
b, c	事故時の原子炉の状態に応じた炉心冷却のための原子炉内低圧時における注水機能	高圧炉心注水系 残留熱除去系 (低圧注水モード)	②
b, c	事故時の原子炉の状態に応じた炉心冷却のための原子炉内高圧時における減圧系を作動させる機能	自動減圧系	②
d	格納容器内又は放射性物質が格納容器内から漏れ出た場所の雰囲気中の放射性物質の濃度低減機能	非常用ガス処理系	③

補足第 2.2.2-2 表 多重性・多様性・独立性の確保の確認結果

機能 ^{※1}		対象系統・機器	確認結果
d	格納容器の冷却機能	格納容器スプレイ冷却系 (残留熱除去系(格納容器スプレイ冷却モード))	②
d	格納容器内の可燃性ガス制御機能	可燃性ガス濃度制御系	③
g	非常用交流電源から非常用の負荷に対し電力を供給する機能	非常用電源系	②
g	非常用直流電源から非常用の負荷に対し電力を供給する機能	直流電源系	②
g	非常用の交流電源機能	非常用ディーゼル発電機	②
g	非常用の直流電源機能	直流電源系 (非常用所内電源)	②
g	非常用の計測制御用直流電源機能	計測制御電源系	②
g	補機冷却機能	原子炉補機冷却水系	②
g	冷却用海水供給機能	原子炉補機冷却海水系	②
g	原子炉制御室非常用換気空調機能	中央制御室換気空調系	③
g	圧縮空気供給機能	駆動用窒素源 (逃がし安全弁への供給, 主蒸気隔離弁への供給)	②

補足第 2.2.2-2 表 多重性・多様性・独立性の確保の確認結果

機能 ^{※1}		対象系統・機器	確認結果
d	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する配管の隔離機能	原子炉圧力容器バウンダリ隔離弁	①
d	原子炉格納容器バウンダリを構成する配管の隔離機能	原子炉格納容器バウンダリ隔離弁	①
a	原子炉停止系に対する作動信号（常用系として作動させるものを除く）の発生機能	原子炉緊急停止の安全保護回路	①
b, c, d	工学的安全施設に分類される機器若しくは系統に対する作動信号の発生機能	非常用炉心冷却系作動の安全保護回路 主蒸気隔離の安全保護回路 原子炉格納容器隔離の安全保護回路 非常用ガス処理系の安全保護回路	① ②
g	事故時の原子炉の停止状態の把握機能	中性子束（起動領域モニタ） 原子炉スクラム用電磁接触器の状態 及び 制御棒位置	① ②
g	事故時の炉心冷却状態の把握機能	原子炉水位（広帯域，燃料域） 原子炉圧力	① ②
g	事故時の放射能閉じ込め状態の把握機能	原子炉格納容器圧力 サプレッション・プール水温度 原子炉格納容器エリア放射線量率	① ②

補足第 2.2.2-2 表 多重性・多様性・独立性の確保の確認結果

	機能 ^{※1}	対象系統・機器	確認結果
g	事故時のプラント操作のための情報の把握機能	[低温停止への移行] 原子炉圧力 原子炉水位（広帯域） [格納容器スプレイ] 原子炉水位（広帯域，燃料域） 原子炉格納容器圧力 [サブプレッション・プール冷却] 原子炉水位（広帯域，燃料域） サブプレッション・プール水温度 [可燃性ガス濃度制御系起動] 原子炉格納容器水素濃度 原子炉格納容器酸素濃度 ----- [放射性気体廃棄物処理系の隔離] 気体廃棄物処理系設備エリア排気放射線モニター	① ② -
g	直接関連系	非常用電気品区域換気空調系 換気空調補機非常用冷却水系	②

2.3 第十二条 第3項への適合について

2.3.1 自然現象による溢水影響の考慮

各自然現象による溢水影響としては、降水のようなプラントへの直接的な影響と、飛来物による屋外タンク等の破壊のような間接的な影響が考えられる。間接的な影響に関しては、設置位置や保有水量等を鑑み、純水タンク・ろ過水タンクを自然現象による影響を確認する対象とする。

想定される自然現象による直接的、間接的影響をそれぞれ整理し、補足第2.3.1-1表に示す。結果として、いずれの影響に対しても現状の設計にて問題がないこと、又は現状の評価で包含されることを確認した。

なお、直接的な影響に関する詳細については、地震・津波に関しては本審査資料の該当箇所にて、その他の自然現象に関しては各自然現象に関する審査にて説明する。

補足第 2.3.1-1 表 自然現象による溢水影響

No	自然現象	直接的溢水影響モード	間接的溢水影響モード
1	地震	本事象による直接的な溢水影響はない。	<p><地震動> 地震によるタンク損傷の可能性があるが、タンクの溢水によるプラントへ与える影響について問題ないことを確認している。詳細については、「10.1 屋外タンクの溢水による影響」を参照。</p>
2	津波	津波の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、問題ないことを確認している。詳細については本文 7～9 を参照。	<p><浸水> 設計基準津波は屋外タンクへは到達しないため、本事象からタンクの損傷はないと判断。</p>
3	降水	降水による直接的な溢水影響が考えられるが、外郭防護によりプラントへの影響はない。	<p><荷重（堆積荷重）> タンク上部への滞留については、タンク上部の形状から滞留の可能性はない。よって、本事象からタンクの損傷はないと判断。</p>
4	積雪	本事象による直接的な溢水影響はない。	<p><荷重（堆積荷重）> 建築基準法における積雪荷重（積雪高さ 170cm）に基づき設計されており、基準積雪量(167cm)よりも余裕があるため、タンクの損傷はないと判断。</p>
5	雪崩	本事象による直接的な溢水影響はない	<p><荷重（衝突）> タンク周辺に急峻な斜面が無いことから、タンクに影響を与えるような雪崩は発生せず、本事象からタンクの損傷は無いと判断。</p>
6	ひょう、あられ	本事象による直接的な溢水影響はない。	<p><荷重（衝突）> 竜巻の影響に包絡される。(No. 12 参照)</p>
7	氷嵐／雨氷／みぞれ	氷嵐、雨氷、みぞれの浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、外郭防護によりプラントへの影響はない。	<p><荷重（堆積）> タンクへの雨氷等着氷による影響はなく、本事象からタンクの損傷は無いと判断。</p>

補足第 2.3.1-1 表 自然現象による溢水影響

No	自然現象	直接的溢水影響モード	間接的溢水影響モード
8	氷晶	本事象による直接的な溢水影響はない。	<荷重（堆積）> タンクへの氷晶付着による影響はなく，本事象からタンクの損傷は無いと判断。
9	霜，霜柱	本事象による直接的な溢水影響はない。	<タンクへの霜の付着，敷地での霜柱生成> タンクへの霜付着による影響はなく，霜柱についても発生範囲は土露出範囲であるため，本事象からタンクの損傷は無いと判断。
10	結氷板，流氷，氷壁	本事象による直接的な溢水影響はない。	本事象によるタンクへの影響はない。
11	風（台風含む）	本事象による直接的な溢水影響はない。	<荷重（風圧，衝突）> 消防法における最大瞬間風速（60m/s）に基づいた設計がされており，基準風速（40.1m/s）よりも余裕があるため，風圧によるタンクの損傷はないと判断。飛来物衝突影響については竜巻の影響に包絡される。（No. 12 参照）
12	竜巻	本事象による直接的な溢水影響はない。	<荷重（風圧，衝突）> 設計竜巻の最大風速（69m/s）に対して，側板座屈の可能性が否定できないため，タンク損傷の可能性があり，また 飛来物の衝突によっても，タンク損傷の可能性はある。しかし本損傷モードでのタンクの溢水によるプラントへの影響については，「10.1 屋外タンクの溢水による影響」の評価に包絡されるため，問題ない。詳細については，「10.1 屋外タンクの溢水による影響」を参照。
13	砂嵐	本事象による直接的な溢水影響はない。	<発電所敷地内での砂嵐の発生> 柏崎刈羽原子力発電所及びその周辺においては発生せず，本事象からタンクの損傷は無いと判断。

補足第 2.3.1-1 表 自然現象による溢水影響

No	自然現象	直接的溢水影響モード	間接的溢水影響モード
14	霧, 靄	本事象による直接的な溢水影響はない。	<発電所敷地内での霧, 靄 (もや) の発生> 本事象からタンクの損傷は無いと判断。
15	高温	本事象による直接的な溢水影響はない。	<内圧上昇> 高温によるタンク保有水の膨張は考えられるが, 本事象からタンクの損傷は無いと判断。(設計温度 66℃)
16	低温	本事象による直接的な溢水影響はない。	<内圧上昇> タンクの設計温度は-13℃であり, 低温の設計基準の-17℃よりも高いため, タンク保有水の凍結による膨張でタンク損傷の可能性もあるが, 保有水が凍結しているため大規模な流出とならない。
17	高温水 (海水温高)	本事象による直接的な溢水影響はない。	本事象によるタンクへの影響はない。
18	低温水 (海水温低)	本事象による直接的な溢水影響はない。	本事象によるタンクへの影響はない。
19	極限的な圧力 (気圧高/低)	本事象による直接的な溢水影響はない。	本事象によるタンクへの影響はない。
20	落雷	本事象による直接的な溢水影響はない。	<雷サージ及び誘導電流> 本事象からタンクの損傷は無いと判断。

補足第 2.3.1-1 表 自然現象による溢水影響

No	自然現象	直接的溢水影響モード	間接的溢水影響モード
21	高潮	高潮の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、津波に包絡される。(No.2 参照)	<浸水> 本事象からタンクの損傷は無いと判断。
22	波浪	波浪の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、津波に包絡される。(No.2 参照)	<浸水> 本事象からタンクの損傷は無いと判断。
23	風津波	風津波の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが津波に包絡される。(No.2 参照)	<浸水> 本事象からタンクの損傷は無いと判断。
24	外部洪水	外部洪水の浸水による直接的な溢水影響は考えられるが、津波以外の外部洪水としては、ダムの決壊や河川の氾濫など考えられ、柏崎刈羽原子力発電所へ影響を及ぼす範囲にダムや河川はない。従って、プラントへの影響は無いと判断。	<浸水> 津波以外の外部洪水としては、ダムの決壊や河川の氾濫など考えられるが、柏崎刈羽原子力発電所へ影響を及ぼす範囲にダムや河川はない。従って、タンクの損傷は無いと判断。
25	池・河川の水位低下	本事象による直接的な溢水影響はない。	本事象によるタンクへの影響はない。
26	河川の迂回	河川の迂回の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、外部洪水と同様、本事象からプラントへの影響は無いと判断。	<浸水> 外部洪水と同様、本事象からタンクの損傷は無いと判断。
27	干ばつ	本事象による直接的な溢水影響はない。	本事象によるタンクへの影響はない。

補足第 2.3.1-1 表 自然現象による溢水影響

No	自然現象	直接的溢水影響モード	間接的溢水影響モード
28	火山	本事象による直接的な溢水影響はない。	<荷重（堆積）> タンク上部が設置許可申請書記載の値による火山灰堆積荷重（約 4.4kN/m ³ ）に対し，設計裕度（約 5.0kN/m ³ ）をもっているため，タンクの損傷はないと判断。
			<腐食> 火山灰に付着している腐食成分による化学的影響が考えられるが，腐食の進行は時間スケールの長い事象であり，短時間で事象が進展することはないと判断。
29	地滑り	本事象による直接的な溢水影響はない。	<荷重（衝突）> 地滑りが発生した場合の影響は，地震の影響に包絡される。（No.1 参照）
30	海水中の地滑り	本事象による直接的な溢水影響はない。	本事象によるタンクへの影響はない。
31	地面隆起	本事象による直接的な溢水影響はない。	<地盤安定性> 地盤の隆起は地震に伴う事象であり，地震の影響に包絡される。（No.1 参照）
32	土地の浸食，カルスト	本事象による直接的な溢水影響はない。	<地盤安定性> 土壌の流出による荒廃，地盤沈下に伴うタンク周辺地面の浸食によるタンクへの影響が考えられるが，土地の浸食は，時間スケールの長い事象であり，短時間で事象が進展することはないと判断。

補足第 2.3.1-1 表 自然現象による溢水影響

No	自然現象	直接的溢水影響モード	間接的溢水影響モード
33	土の伸縮	本事象による直接的な溢水影響はない。	<p><地盤安定性> タンク周辺地面の変状によるタンクへの影響が考えられるが、土の伸縮は、時間スケールの長い事象であり、短時間で事象が進展することはない、適切な運転管理や保守管理により対処可能と判断。</p>
34	海岸浸食	本事象による直接的な溢水影響はない。	本事象によるタンクへの影響はない。
35	地下水 (多量/枯渇)	地下水多量の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、外郭防護によりプラントへの影響はない。	<p><浸水> 本事象からタンクの損傷は無いと判断。</p>
		地下水枯渇による直接的な溢水影響はない。	<p><地下水の枯渇による地盤沈下> タンク周辺地面の変状によるタンクへの影響が考えられるが、短時間で事象が進展することはない、適切な運転管理や保守管理により対処可能と判断。</p>
36	地下水による 浸食	地盤の不安定さによる直接的な溢水影響はない。	<p><地盤安定性> 短時間で事象が進展することはない、適切な運転管理や保守管理により対処可能と判断。</p>
		地下水による浸食で生じる浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、外郭防護によりプラントへの影響はない。	<p><浸水> 時間で事象が進展することはない、適切な運転管理や保守管理により対処可能と判断。</p>

補足第 2.3.1-1 表 自然現象による溢水影響

No	自然現象	直接的溢水影響モード	間接的溢水影響モード
37	森林火災	本事象による直接的な溢水影響はない。	<p><熱影響> 周辺は非植生で離隔距離(最短距離 98m)がとられているため、熱影響はないと考える。万一、熱影響があった場合はタンク保有水によって吸収されるため、タンクの損傷は無いと判断。</p>
			<p><ばい煙による影響> 本事象からタンクの損傷は無いと判断。</p>
38	生物学的事象	本事象による直接的な溢水影響はない。	<p><海生生物（くらげ等）の襲来による取水口閉塞> 本事象からタンクの損傷は無いと判断。</p>
			<p><齧歯類（ネズミ等）によるケーブル類の損傷，電気機器接触による地絡など> 本事象からタンクの損傷は無いと判断。</p>
39	静振	静振の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが，津波に包絡される。(No.2 参照)	<p><浸水> 本事象からタンクの損傷は無いと判断。</p>
40	塩害，塩雲	本事象による直接的な溢水影響はない。	<p><腐食> 塩害によるタンクの腐食が考えられるが，腐食の進行は時間スケールの長い事象であり，短時間で事象が進展することはなく，適切な運転管理や保守管理により対処可能と判断。</p>

補足第 2.3.1-1 表 自然現象による溢水影響

No	自然現象	直接的溢水影響モード	間接的溢水影響モード
41	隕石/衛星の 落下	隕石衝突による直接的な溢水影響はない。	<p><荷重（衝突）> 隕石の衝突 タンクへ影響が及ぶ規模の隕石等の衝突については、有意な発生頻度とはならない。従って、本事象によるタンクの損傷は考慮しない。</p>
		隕石落下に伴う衝撃波による直接的な溢水影響はない。	<p><荷重（衝撃波）> 発電所敷地への隕石落下に伴う衝撃波 タンクへ影響が及ぶ規模の隕石等の衝突については、有意な発生頻度とはならない。従って、本事象によるタンクの損傷は考慮しない。</p>
		隕石の発電所近海への落下に伴う津波の浸水による直接的な溢水影響が考えられるが、プラントへ影響が及ぶ規模の隕石等の落下は、有意な発生頻度とはならない。従って、本事象によるプラントへの影響は考慮しない。	<p><浸水> 隕石の発電所近海への落下に伴う津波 タンクへ影響が及ぶ規模の隕石等の衝突については、有意な発生頻度とはならない。従って、本事象によるタンクの損傷は考慮しない。</p>
42	太陽フレア 磁気嵐	本事象による直接的な溢水影響はない。	<p><太陽フレアの地磁気誘導電流> 本事象からタンクの損傷は無いと判断。</p>

管理 No	指摘事項
225-6	溢水によりフェイルセーフ動作した設備について、溢水後に動作を要求されるものはないのか確認し、要求されるものがあればその設備への対応について説明すること。

1. 回答

フェイルセーフ動作後に、他の安全機能を発揮するための更なる動作が必要となるような設備がないことを確認し、その旨を追記した。

2. 参照資料

(1) 添付資料 1 「1.2.2 防護対象設備から除外された設備」

1.2.2 防護対象設備から除外された設備

防護対象設備の選定フローにより詳細な評価の対象から除外された設備について、系統、設備名、及び除外理由をリストとしてまとめ、K6：添付第 1.2.2-1 表、K7：添付第 1.2.2-2 表に示す。

また、防護対象設備の選定フローにおける①～④の対象除外理由について以下に示す。

(1) ①「溢水により機能喪失しない」について

配管、弁（手動弁、逆止弁）、容器、熱交換器、ダクト等の静的機器は、機能を果たすにあたり外部からの電源供給や電気信号を必要とせず、かつ構造が単純であることから、溢水による機能喪失モードとしては水圧による機械的損傷に起因するモードが想定される。

ここで、プラントで発生し得る溢水の程度と各静的機器の構造強度とを考慮すると、大部分の静的機器では溢水による機能喪失は生じないものと考えられる。このため、溢水影響評価を効率的に実施することを目的に、これらの静的機器については予め溢水により機能喪失しないものとして評価対象設備から除外することとし、その上で、溢水影響評価完了後に、その除外の判断の妥当性を検証し、必要な場合には個別に対応を行う方針とした。

なお、容器及び熱交換器については配管や弁とは異なり、個別の機器ごとに固有の構造を持つと考えられることから、これらの機器については除外判断の妥当性の検証にあたり現場調査も行い、機械的損傷に起因する機能喪失モード以外のモードがないことを合わせて確認し、必要な場合には対応を行うこととした。

除外判断の妥当性の検証結果及び必要となった対応を、機器種別ごとに以下に示す。

a. 配管・弁

配管の水圧（外水圧）に対する強度評価においては、外径の板厚に対する比（板厚／外径）が小さいほど、厳しい評価結果を与えることとなる。

ここで、防護対象設備に属する配管のうち、大口径でかつ“板厚／外径”が比較的小さい配管として、原子炉補機冷却系の 600A の配管について代表で評価を行うと、添付第 1.2.2-3 表の結果となる。これより、プラント内で発生し得る程度の溢水に対して配管の構造強度が問題となることは考え難く、機能喪失することはないものと評価した。

また、弁は配管に比べて肉厚であることから、配管の評価に包含でき

ると判断している。

添付第 1.2.2-3 表 配管没水時の外圧に対する強度評価結果 (※)

評価対象配管	600A-RCW-1007
材 質	SM400C
外 径[mm]	609.6
板 厚[mm]	9.5
限界水圧 [MPa]	0.58 (水頭圧約 60m)

※JSME 設計・建設規格 PPD-3411(2)「外圧を受ける管」に基づき評価を実施

b. 容器・熱交換器

容器及び熱交換器について、機器ごとに個別に構造及び設置の状況、設置区画における溢水の状況に基づき、図面及び現場調査により溢水による機能喪失の可能性について評価を行った。結果は添付第 1.2.2-4,5 表に示すとおりであり、いずれについても除外する判断が妥当であることを確認した。

添付第 1. 2. 2-4 表 容器・熱交換器に対する溢水による機能喪失の可能性評価結果（6号炉：1/3）

号炉	溢水防護区画	機器	評価
6	R-B3-5, 8, 11	※以下, (A), (B), (C)の3区分がある ○残留熱除去系熱交換器	○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は, 同じ区画内に設置されている同区分の残留熱除去系設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さはいずれも 0.5m 以下と低いため, 溢水により機器に機械的損傷が生じることはない ○現場調査より機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認
	R-B3-6	○原子炉隔離時冷却系バロメトリックコンデンサ ○原子炉隔離時冷却系真空タンク ○原子炉隔離時冷却系油タンク (タービン用) ○原子炉隔離時冷却系潤滑油冷却器 (タービン用) ○原子炉隔離時冷却系油タンク (ポンプ用) ○原子炉隔離時冷却系潤滑油冷却器 (ポンプ用)	○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は, 同じ区画内に設置されている同区分の原子炉隔離時冷却系設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さはゼロであるため, 溢水により機器の機能が喪失することはない
	R-1F-3, 5, 6	※以下, いずれも (A), (B), (C)の3区分がある ○清水膨張タンク ○清水冷却器 ○空気だめ ○潤滑油補給タンク ○潤滑油冷却器 ○発電機軸受潤滑油冷却器	○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は, 同じ区画内に設置されている同区分の非常用ディーゼル発電設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さはいずれも 0.5m 以下と低いため, 溢水により機器に機械的損傷が生じることはない ○清水膨張タンクは開放タンクであり上部にベント管があるが, 上記のとおり浸水深が低いためベントを阻害する可能性はなく, 現場調査によっても機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認 ○他の機器についても現場調査より機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認
	R-2F-1	○燃料プール冷却浄化系熱交換器	○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は, 同じ区画内に設置されている燃料プール冷却材浄化系設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さは 1m 以下と低いため, 溢水により機器に機械的損傷が生じることはない ○現場調査より機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認

添付第 1. 2. 2-4 表 容器・熱交換器に対する溢水による機能喪失の可能性評価結果（6号炉：2/3）

号炉	溢水防護区画	機器	評価
6	R-3F-1	○ほう酸水注入系貯蔵タンク	<p>○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は、同じ区画内に設置されているほう酸水注入系設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さは0.5m以下と低いため、溢水により機器に機械的損傷が生じることはない</p> <p>○開放タンクであり上部にベント管があるが、上記のとおり浸水深が低いためベントを阻害する可能性はなく、現場調査によっても機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認</p>
	R-3F-2, 3, 5	<p>※以下, (A), (B), (C)の3区分がある</p> <p>○燃料油ディタンク</p>	<p>○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は、同じ区画内に設置されている同区分の非常用ディーゼル発電設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さはいずれも0.5m以下と低いため、溢水により機器の機能が喪失することはない</p> <p>○開放タンクであり上部にベント管があるが、上記のとおり浸水深が低いためベントを阻害する可能性はなく、現場調査によっても機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認</p>
	R-3F-6, R-M4F-1	格納容器内雰囲気モニタ系ポンペ	<p>○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は、同じ区画内に設置されている格納容器雰囲気モニタ系設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さは0.2m以下と低いため、溢水により機器に機械的損傷が生じることはない</p> <p>○現場調査より機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認</p>
	R-4F-2, 3C	○原子炉補機冷却水系サージタンク	<p>○当該機器設置区域は床面積が広く浸水深は最大で0.5m以下と低いため、溢水により機器に機械的損傷が生じることはない</p> <p>○開放タンクであり上部にベント管があるが、上記のとおり浸水深が低いためベントを阻害する可能性はなく、現場調査によっても機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認</p>

添付第 1. 2. 2-4 表 容器・熱交換器に対する溢水による機能喪失の可能性評価結果 (6 号炉 : 3/3)

号炉	溢水防護区画	機器	評価
6	R-4F-2	○高圧窒素ガス供給系ポンベ	○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は、同じ区画内に設置されている高圧窒素ガス供給系設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さは 1m 以下と低いため、溢水により機器に機械的損傷が生じることはない ○現場調査により機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認
	R-4F-3	○スキマサージタンク	○コンクリートへの埋込式タンクであるため溢水により機器の機能が喪失することはない
	— ※原子炉格納容器内	○主蒸気隔離弁用アキュムレータ ○主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ ○主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ	○常時蓄圧されていることから、溢水により機械的損傷が生じることはない ○現場調査より機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認
	R-1F-10 ※主蒸気トンネル室	○主蒸気隔離弁用アキュムレータ	
	T-B2-2, T-B1-2A, 4b-1	※以下, (A), (B), (C) の 3 区分がある ○原子炉補機冷却水系熱交換器	○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は、同じ区画内に設置されている同区分の原子炉補機冷却系設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さはいずれも 0.5m 以下と低いため、溢水により機器に機械的損傷が生じることはない ○現場調査より機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認
	W-B2-1A	○復水貯蔵槽	○コンクリート内張りのライニング槽であるため溢水により機能が喪失することはない

添付第 1. 2. 2-5 表 容器・熱交換器に対する溢水による機能喪失の可能性評価結果（7号炉：1/3）

号炉	溢水防護区画	機器	評価
7	R-B3-5, 8, 11	※以下, (A), (B), (C)の3区分がある ○残留熱除去系熱交換器	○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は, 同じ区画内に設置されている同区分の残留熱除去系設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さはいずれも 0.5m 以下と低いため, 溢水により機器に機械的損傷が生じることはない ○現場調査より機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認
	R-B3-6	○原子炉隔離時冷却系バロメトリックコンデンサ ○原子炉隔離時冷却系真空タンク ○原子炉隔離時冷却系油タンク (タービン用) ○原子炉隔離時冷却系潤滑油冷却器 (タービン用) ○原子炉隔離時冷却系油タンク (ポンプ用) ○原子炉隔離時冷却系潤滑油冷却器 (ポンプ用)	○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は, 同じ区画内に設置されている同区分の残留熱除去系設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さはゼロであるため, 溢水により機器の機能が喪失することはない
	R-1F-3, 5, 6	※以下, いずれも (A), (B), (C)の3区分がある ○清水膨張タンク ○清水冷却器 ○空気だめ ○潤滑油補給タンク ○潤滑油冷却器 ○発電機軸受潤滑油冷却器	○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は, 同じ区画内に設置されている同区分の非常用ディーゼル発電設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さはいずれも 0.5m 以下と低いため, 溢水により機器に機械的損傷が生じることはない ○清水膨張タンクは開放タンクであり上部にベント管があるが, 上記のとおり浸水深が低いためベントを阻害する可能性はなく, 現場調査によっても機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認 ○他の機器についても現場調査より機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認
	R-2F-2	燃料プール冷却浄化系熱交換器	○当該機器設置区域の浸水深は最大で 1.5m 程度となるが, 当該熱交換器は常時通水されていること, 自重が浮力を上回ることから, 溢水により機械的損傷が生じることはない ○現場調査により機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認

添付第 1. 2. 2-5 表 容器・熱交換器に対する溢水による機能喪失の可能性評価結果（7号炉：2/3）

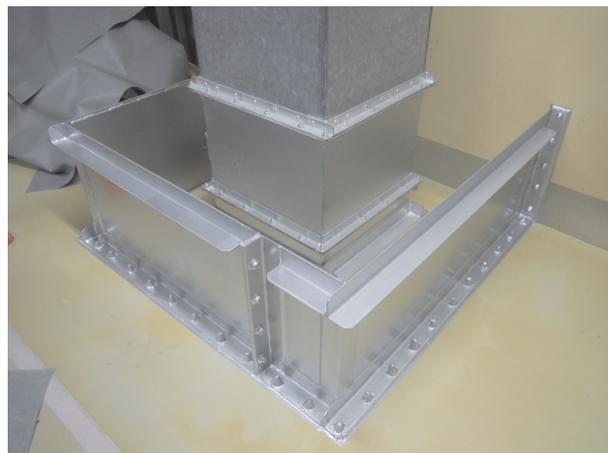
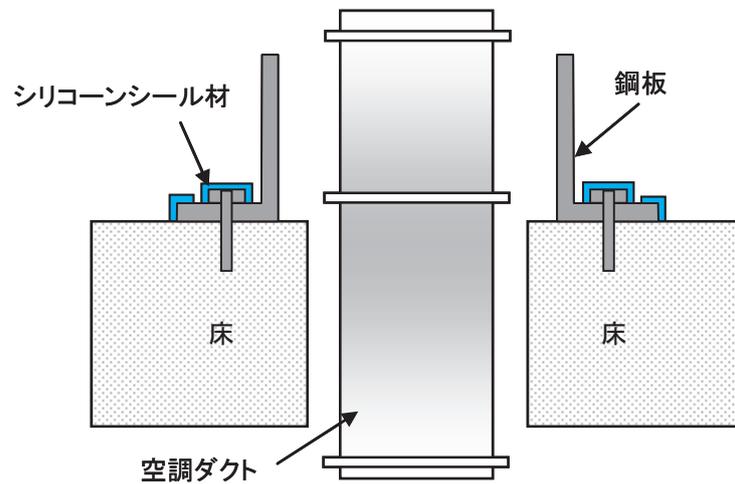
号炉	溢水防護区画	機器	評価
7	R-3F-1 共	ほう酸水注入系貯蔵タンク	<p>○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は、同じ区画内に設置されているほう酸水注入系設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さは0.5m以下と低いため、溢水により機器に機械的損傷が生じることはない</p> <p>○開放タンクであり上部にベント管があるが、上記のとおり浸水深が低いためベントを阻害する可能性はなく、現場調査によっても機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認</p>
	R-3F-2, 3, 5	<p>※以下, (A), (B), (C)の3区分がある</p> <p>○燃料油ディタンク</p>	<p>○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は、同じ区画内に設置されている同区分の非常用ディーゼル発電設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さはいずれも0.5m以下と低いため、溢水により機器の機能が喪失することはない</p> <p>○開放タンクであり上部にベント管があるが、上記のとおり浸水深が低いためベントを阻害する可能性はなく、現場調査によっても機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認</p>
	R-MF4-1, 2	○格納容器内雰囲気モニタ系ポンベ	<p>○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は、同じ区画内に設置されている格納容器雰囲気モニタ系設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さは0.2m以下と低いため、溢水により機器に機械的損傷が生じることはない</p> <p>○現場調査より機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認</p>
	R-4F-2A, 2B	○原子炉補機冷却水系サージタンク	<p>○当該機器設置区域は床面積が広く浸水深は最大で0.5m以下と低いため、溢水により機器に機械的損傷が生じることはない</p> <p>○開放タンクであり上部にベント管があるが、上記のとおり浸水深が低いためベントを阻害する可能性はなく、現場調査によっても機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認</p>

添付第 1. 2. 2-5 表 容器・熱交換器に対する溢水による機能喪失の可能性評価結果（7号炉：3/3）

号炉	溢水防護区画	機器	評価
7	R4F-2A, 2B	高圧窒素ガス供給系ポンペ	<p>○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は、同じ区画内に設置されている高圧窒素ガス供給系設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さは1m以下と低いため、溢水により機器に機械的損傷が生じることはない</p> <p>○現場調査により機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認</p>
	R-4F-3	○スキマサージタンク	○コンクリートへの埋込式タンクであるため溢水により機器の機能が喪失することはない
	— ※原子炉 格納容器内	<p>○主蒸気隔離弁用アキュムレータ</p> <p>○主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ</p> <p>○主蒸気逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ</p>	<p>○常時蓄圧されていることから、溢水により機械的損傷が生じることはない</p> <p>○現場調査より機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認</p>
	R-1F-10 ※主蒸気 トンネル室	○主蒸気隔離弁用アキュムレータ	
	T-B1-2, 4b-1 T-B2-2	<p>※以下，(A)，(B)，(C)の3区分がある</p> <p>○原子炉補機冷却水系熱交換器</p>	<p>○当該機器の機能が求められる際の区画の浸水深は、同じ区画内に設置されている同区分の原子炉補機冷却系設備の最も低い機能喪失高さ以下である。この高さはいずれも1m以下と低いため、溢水により機器に機械的損傷が生じることはない</p> <p>○現場調査より機械的損傷以外の溢水による機能喪失モードは想定されないことを確認</p>

c. ダクト

換気空調系のダクトは構造部材ではないことから、水圧に対して機械的損傷が否定できないダクトについては、添付第 1.2.2-1 図に例示するような対策を講ずることとした。



添付第 1.2.2-1 図 ダクトに対する溢水対策

(2) ②「原子炉格納容器内耐環境仕様の設備である」について

原子炉格納容器内の防護対象設備は、設計基準事故において想定される溢水を考慮した設計としているため、溢水影響評価の対象外としている。

a. 蒸気による影響

原子炉格納容器内の溢水防護対象設備は、設計基準事故において最も環境が過酷な原子炉冷却材喪失事故時の原子炉格納容器内の状態を考慮した耐環境仕様で設計している。このため、蒸気影響評価において対象外としている。

b. 被水による影響

原子炉冷却材喪失事故発生時に原子炉格納容器内が蒸気で充満された場合、格納容器スプレイによる蒸気凝縮効果により原子炉格納容器内を減圧する必要がある。原子炉格納容器内に設置されている事故時に動作が要求される安全系の設備は、このようなスプレイ環境下においてもその動作が保証されなければならない。

このため、原子炉格納容器内の事故時に動作が必要となる安全系の設備は、設計基準事故時の環境下で機能維持が図れるような設計及び試験を行っており、被水影響評価において対象外としている。

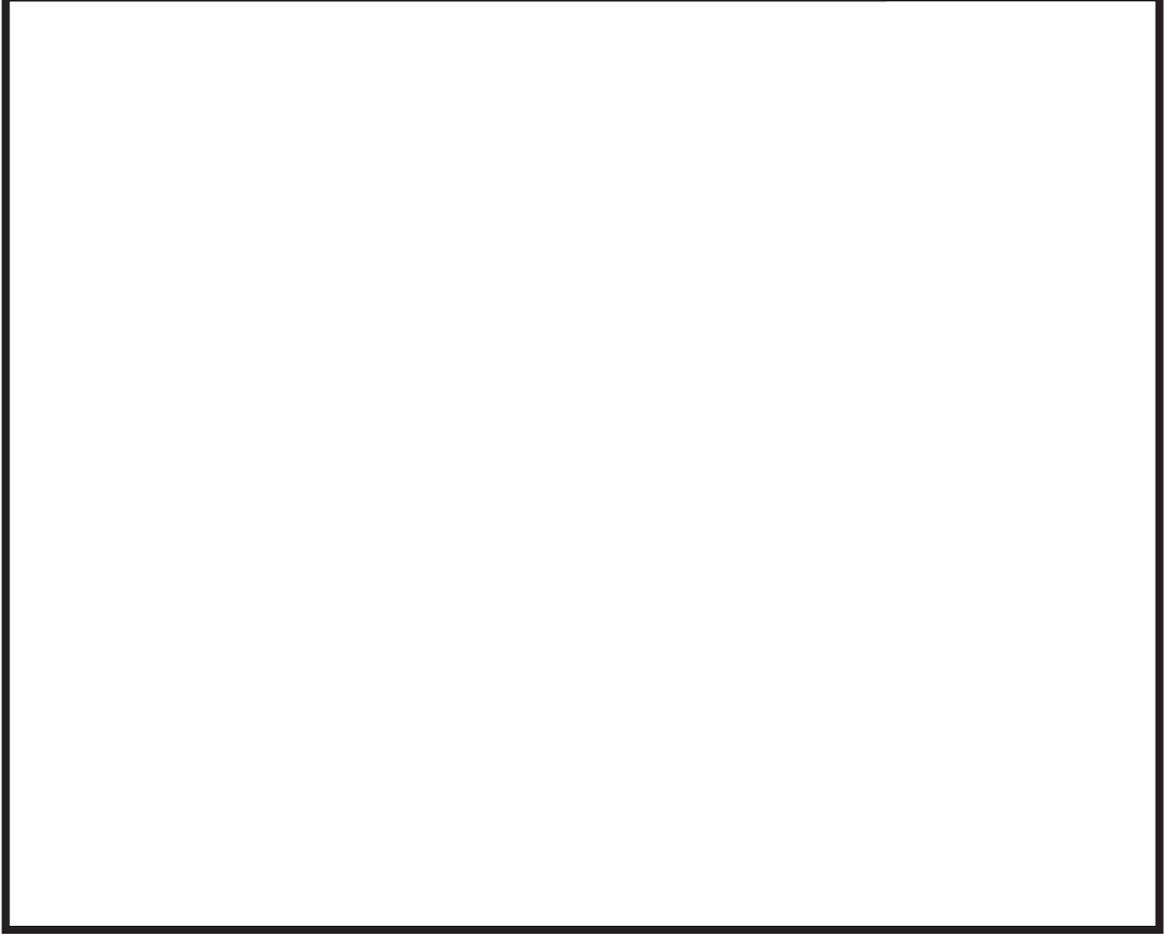
c. 没水による影響

原子炉冷却材喪失事故時や格納容器スプレイ等による原子炉格納容器内での溢水は、ダイヤフラムフロアから連通孔、ベント管を通りサプレッションチェンバへ流れ込む設計となっている。(添付第 1.2.2-2 図)

発生する溢水の水源として主なものは、格納容器スプレイ等のサプレッションプール水や高圧注水系等による復水貯蔵槽が考えられる。サプレッションプール水を水源とした溢水の場合は、原子炉格納容器内のインベントリが増加することではなく、原子炉格納容器内が高水位になることはない。高圧注水系等による復水貯蔵槽を水源とした溢水の場合は、外部からの流入であり原子炉格納容器内のインベントリは増加するが、サプレッションチェンバ水位高（通常水位+50mm）等により、水源が復水貯蔵槽からサプレッションチェンバへ切り替わるため、原子炉格納容器内が没水の影響が出るほどの高水位となることはない。

以上により、原子炉格納容器内の防護対象設備は没水影響評価において対象外としている。

枠囲みの内容は防護上の機密事項に属しますので公開できません。



第 1.2.2-2 図 原子炉格納容器の内部構造について

(3) ③「動作機能の喪失により安全機能に影響しない」について

常時閉状態の隔離弁のように、事象の発生前後で動作要求のない設備は、その動作機能が喪失した場合でも安全機能に影響はない。

また動作機能が喪失した場合においても、その設備の持つ機能として安全側に作動するようフェイルセーフ設計となっている空気作動弁等の設備に関しては、結果として要求される安全機能を達成しうることから、安全機能に影響はない。なお、フェイルセーフ動作後に、他の安全機能を発揮するための更なる動作が必要となるような設備がないことを確認している。

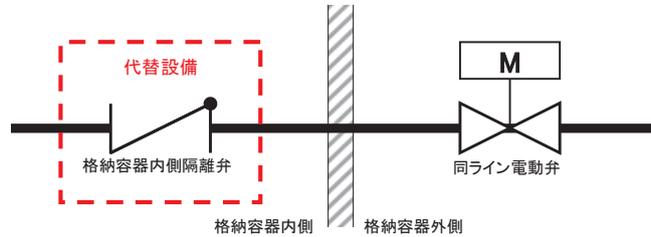
(4) ④「他の設備で代替できる」について

原子炉格納容器隔離弁のように、同様の機能を持つ複数の設備が存在し、それらの設備が要求機能を相互に代替でき、かつ、同時に機能喪失しない場合は、一方が機能喪失しても安全機能に影響しない。

「第 2.1-1 図 防護対象設備の選定フロー」にて“④他の設備で代替できる”の理由でスクリーニングした各設備に対して、対応する代替設備及び代替パターンを添付第 1.2.2-6,7 表に整理する。代替パターンとしては以下の 3 パターンに分類できる。なお、④の理由によりスクリーニングした設備は全て原子炉冷却材圧力バウンダリ又は原子炉格納容器バウンダリの隔離弁である。

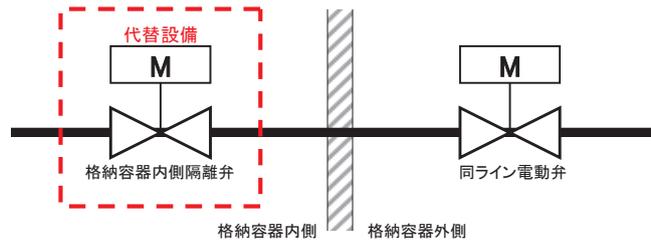
代替パターン

A 溢水により機能喪失しない設備による代替
【例】



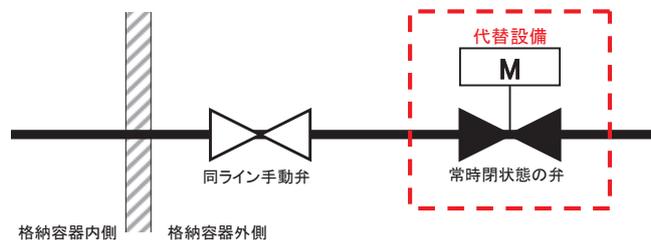
上記逆止弁のように、溢水により機能喪失しない弁により隔離機能が維持できる場合は、当該弁により代替可能である。

B 原子炉格納容器内耐環境仕様の設備による代替
【例】



上記内側隔離弁のように、環境条件を考慮した設計のため溢水による影響を受けない弁により隔離機能が維持できる場合は、当該弁により代替可能である。

C 動作機能の喪失により安全機能に影響しない設備による代替
【例】



上記常時閉止弁のように、動作機能が喪失しても隔離機能に影響しない場合は、当該弁により代替可能である。

管理 No	指摘事項
227-3	溢水影響評価及びその評価の保守性に関して、溢水経路間の伝搬流量は上流側からの溢水量全量としているのか、あるいは上流区画で堰等による滞留量を減じた量なのかを説明すること。

1. 回答

溢水影響評価における伝播経路について、経路間の伝播量に関する考慮の仕方が明確になるよう記載を充実した。

2. 参照資料

(1) 本文 4.3 「溢水経路の設定」

(2) 補足説明資料 17 「内部溢水評価における保守性について」

4.3 溢水経路の設定

溢水影響評価において考慮する溢水経路は、溢水防護区画とその他の区画（防護対象設備が存在しない区画または通路）との間における伝播経路となる扉、壁貫通部、天井開口部及び貫通部、床面開口部及び貫通部、床ドレン等の接続状況及びこれらに対する溢水防護措置の有無を踏まえ、溢水経路モデルとして整理した。

4.3.1 溢水経路モデルの設定

各区画の壁、床及び天井面について、施工図面等及び現場調査により、溢水の伝播経路となりうる開口部や貫通部等を抽出し、各伝播経路の位置情報を整理した。これら伝播経路による各区画間の接続状況、及びこれらに対する溢水防護措置の有無を踏まえ、溢水経路モデルを設定した。

防護対象設備を内包する建屋及び区域の溢水経路モデルを第 4.3.1-1～4.3.1-5 図に示す。

なお、扉の水密化、壁貫通部への止水処置、天井や床面開口部及び貫通部への止水処置等の溢水防護対策については、添付 4 を参照。

4.3.2 溢水経路の評価上の考慮

4.3.1 にて調査した伝播経路について、溢水の伝播評価を行う際に、評価対象区画（溢水発生源となる区画及び溢水の伝播経路に含まれる区画）における溢水水位が高くなるよう、評価対象区画毎に流出・流入に関する条件を設定した。具体的な条件を以下に示す。

- ① 評価対象区画において溢水が発生、又は他区画から流入した場合、仮想的に当該区画からの排水は考慮せず、一時的に区画内に全量滞留するものとする。
- ② ある評価対象区画から他の区画への伝播経路が存在する場合、溢水経路間の伝搬量は、壁貫通部を除き、上流側からの溢水量全量として評価する。壁貫通部については、一時的に壁貫通部より上方に滞留する溢水量の全量が伝播するものとして評価する。
- ③ ある評価対象区画から他の複数の区画への伝播経路が存在する場合、仮想的に同時に二つ以上の区画へは伝播しないものとし、それぞれの区画への伝播を個別に考慮する。

ただし、評価対象区画からの流出が定量的に確認できる以下の伝播経路については、その効果を考慮している。

(a) 機器搬出ハッチ等の大開口部

床面に機器搬出入用ハッチ等の大開口部が存在する場合は、これを通じた下階への伝播が支配的となることから、床面に大開口部を有する区画の水位は、

開口部のカーブ（開口部周囲の堰）高さと同等とした。

(b) 床ドレン

評価区画内に閉止されていない床ドレン系の目皿が2つ以上存在し、定量的に排水が期待できる場合は、流出量の最も大きい一箇所からの排水は期待できないことを仮定した上で、その他の箇所からの排水を考慮してもよいこととした。

この際の床ドレンからの流出流量は、開口の有効面積と当該区画の水位を用いて以下の式より算出した。

$$\text{流出流量} = 0.82 \times A \times \sqrt{(2 \times 9.8 \times H)}$$

A：開口の有効面積

H：当該区画の水位

4.3.3 蒸気に対する溢水経路について

蒸気は液体の場合と伝播の仕方が異なることから、空調の分離や気密要求のある床、壁及び天井等を境界として評価区画を分割し、それら区域間の伝播経路を設定する。

第4.3.3-1表に各区域とその接続区域及びその経路に対する気密要求等についてまとめる。

内部溢水影響評価における保守性について

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉の内部溢水影響評価にて考慮している保守性について以下に示す。

17.1 評価上考慮している保守性の整理

内部溢水影響評価では、評価の各プロセスにおいて様々な保守的な仮定や想定、端数処理を行っており、評価の全体として大きな保守性を有したものとなっている。

補足第 17.1-1 表に評価上の各プロセスにおける保守性について整理する。

補足第 17. 1-1 表 内部溢水影響評価における保守性

実施項目	設定項目	関連パラメータ	内容
【防護対象設備の設定】	個別機器の機能喪失判定	機能喪失高さ	機能喪失を判定する部位として、基礎台等の保守的な部位を選定
			床の傾斜を考慮し、0.075m の水上高さ分を機能喪失高さから差し引く
			有効数字切り捨て
	被水影響範囲	被水の影響範囲として同一区画内全域、又は視認できる範囲を設定	
	系統機能としての機能喪失判定	関連系設備	機能喪失により直ちに影響のない監視計器、スポット空調等の関連系設備も、系統の機能喪失の判定対象設備として選定
【溢水源の想定】	溢水源の設定	区画内溢水源	想定破損、被水の溢水源として小口径配管も対象として考慮
			地震時の評価において、原子炉補機冷却系を一律溢水源として考慮
		高／低エネ分類	通路部等の大きな区画における溢水源は、原則同階層に存在しうる全ての溢水源が存在するとして設定
			系統分類における運転時間について過去の実績（10 年程度）の最大値を代表値として使用

※ “★”：評価上、特に大きな保守性を有するもの

実施項目	設定項目	関連パラメータ	内容
【溢水防護区画の設定】	区画面積	有効面積	溢水が滞留可能な有効面積を算出する際、以下を区画床面積より除外 <ul style="list-style-type: none"> ・ 基準床面より高い領域 ・ 壁で囲まれている領域 ・ ハッチ ・ 基礎台 ・ 機器 ・ 止水施工面積（止水堰で囲まれた領域）
			有効数字切り捨て
【溢水経路の設定】	伝播経路	伝播の仕方	評価対象区画の水位を算出する場合は、仮想的に他の区画への流出は考慮せず、一時的に区画内に全量滞留するものと設定
			★ある評価対象区画から他の区画への伝播経路が存在する場合、溢水経路間の伝搬量は、壁貫通部を除き、上流側からの溢水量全量として評価する
		排水	★他区画への流出において、複数の区画への経路が存在する場合は、仮想的に同時に二つ以上の区画へは伝播しないものとし、それぞれの区画への伝播を個別に考慮 床ドレンファンネルからの排水は、排水ラインの閉塞を考慮して流出量の最も大きい一カ所からの排水は期待できないと設定

※ “★” : 評価上、特に大きな保守性を有するもの

実施項目	設定項目	関連パラメータ	内容
【評価に用いる各項目の算出及び影響評価】 想定破損	溢水量	破断面積	系統の最大口径，最大肉厚を想定
		水頭（内圧）	配管の最高使用圧力を想定
		隔離時間	破断ケースによりばらつきが想定されるが，一律最大値の80分を想定
		系統保有水量	配管及び機器内の合計保有水量の1.1倍を評価上の保有水量と設定
		隔離後の流出量	隔離後流出を想定する系統保有水量としては，最大バウンダリでの隔離を想定し，全系統保有水量が流出すると想定
		評価用溢水量	有効数字切り上げ
	溢水水位	評価用溢水水位	有効数字切り上げ

※ “★”：評価上，特に大きな保守性を有するもの

実施項目	設定項目	関連パラメータ	内容
【評価に用いる各項目の算出及び影響評価】 消火活動	溢水量	流出流量	消火栓からの設計放水量の2倍を想定
		放水時間	一律3時間を想定
	溢水水位	評価用溢水水位	有効数字切り上げ
	伝播経路	止水措置の耐火性能	火災発生区画のバウンダリの止水措置は耐火性能がない限りは喪失を仮定
【評価に用いる各項目の算出及び影響評価】 地震	溢水量	溢水源	★耐震性が確認できていない全ての系統の全数同時破損を想定
		隔離操作	運転員による隔離操作に期待しない
		評価用溢水量	★同一の系統が複数の区画で溢水する場合は、仮想的に各区画で想定される最大の溢水量をそれぞれ考慮 有効数字切り上げ
	溢水水位	評価用溢水水位	有効数字切り上げ
溢水影響評価の判定	-	-	-

※ “★”：評価上、特に大きな保守性を有するもの