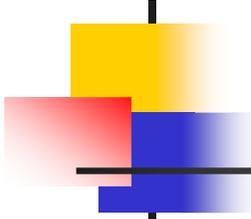


新規制基準適合性審査申請

<(5)内部溢水> (No.42,65,66関連)

平成27年7月29日
東北電力株式会社

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。



目 次

1. 溢水影響評価の概要
 2. 溢水源及び溢水量の想定
 3. 防護対象設備の設定
 4. 溢水防護区画の設定
 5. 溢水経路の設定(No.65関連)
 6. 溢水影響評価
 7. 溢水防護対策(No.42, 66関連)
 8. 溢水影響評価結果
- <参考> 適合性審査状況

1. 溢水影響評価の概要(1/2)

➤ 溢水防護の基本方針

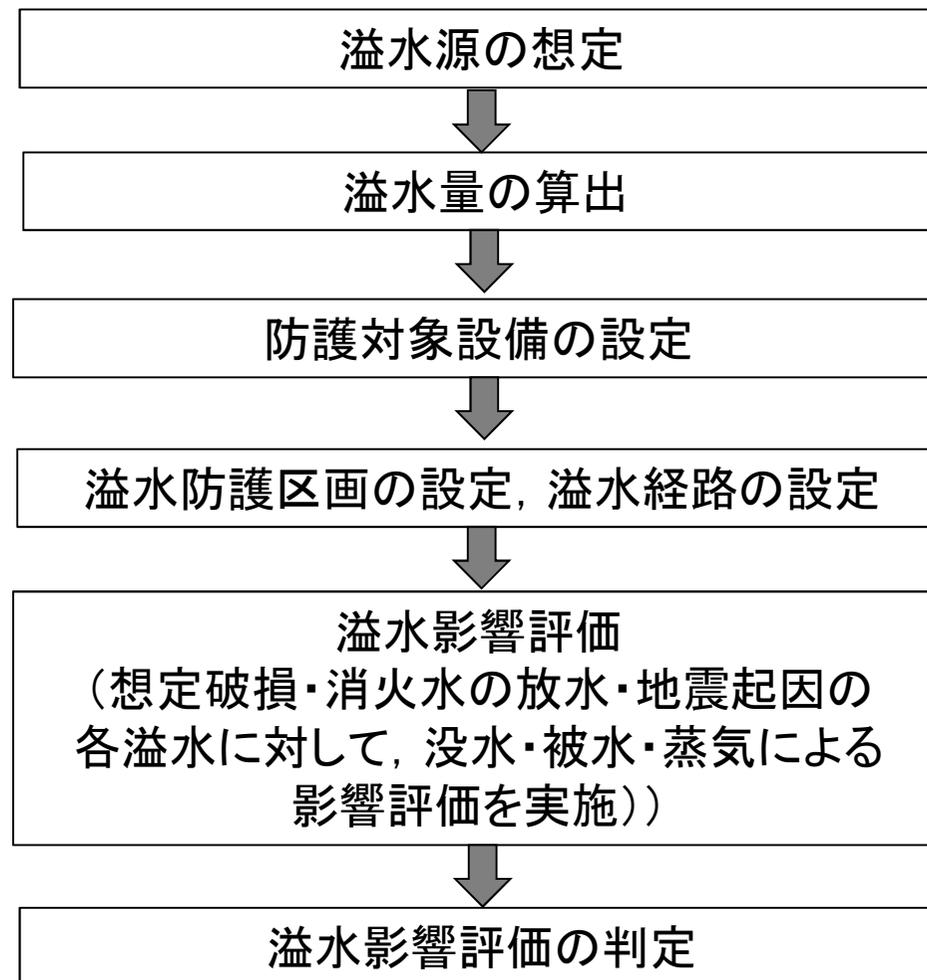
- ① 発電用原子炉施設内に設置された機器及び配管の破損(地震起因を含む。), 消火系統等の作動又は使用済燃料プールのスロッシング※により発生した溢水を考慮し, 防護対象設備が没水, 被水及び蒸気の影響を受けて, その安全機能を損なわない設計(多重性又は多様性を有する設備が同時にその安全機能を損なわない設計)とする。
- ② 自然現象による波及的影響により生じる溢水に関しては, 防護対象設備の配置を踏まえて最も厳しい条件となる自然現象による溢水の影響を考慮し, 防護対象設備が安全機能を損なわない設計とする。
- ③ 放射性物質を含む液体を内包する容器又は配管が破損することにより, 当該容器又は配管から放射性物質を含む液体の漏えいを想定する場合には, 溢水が管理区域外へ漏えいしないよう, 建屋内の壁, 扉, 堰等により伝播経路を制限する設計とする。

※ 地震の揺れによりプールの水面が大きくなる現象

1. 溢水影響評価の概要(2/2)

➤ 溢水影響評価フロー

原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド(原子力規制委員会, 平成25年6月(平成26年8月6日改正))に従い, 以下のフローにて溢水影響評価を実施。



2. 溢水源及び溢水量の想定(1/6)

➤ 溢水源の想定

溢水源としては、発生要因別に分類した以下の溢水を想定する。

- ① 溢水の影響を評価するために想定する機器の破損等により生じる溢水(以下、「想定破損による溢水」という)
- ② 発電所内で生じる異常状態(火災含む)の拡大防止のために設置される系統からの放水による溢水(以下、「消火水の放水による溢水」という)
- ③ 地震に起因する機器の破損等により生じる溢水(以下、「地震起因による溢水」という)

➤ 発生要因及び評価項目毎に想定する溢水源

	想定破損	消火水の放水	地震起因の破損
没水	● 耐震Sクラス※ ¹ を含む系統※ ²	● 消火栓からの放水	● 基準地震動S _s に対して、耐震性が確保されていない系統 ● 使用済燃料プールのスロッシング
被水			
蒸気	● 耐震Sクラスを含む高エネルギー系統※ ³	—	● 基準地震動S _s に対して、耐震性が確保されていない高エネルギー系統

※1 施設の耐震設計上の重要度を、地震により発生する可能性のある安全機能の喪失及びそれに続く環境への放射線による影響の観点から、施設に応じてSクラス、Bクラス、Cクラスに分けられる。

※2 流体を内包する系統

※3 運転温度が95℃を超えるか、又は、運転圧力が1.9MPaを超える配管

2. 溢水源及び溢水量の想定(2/6)

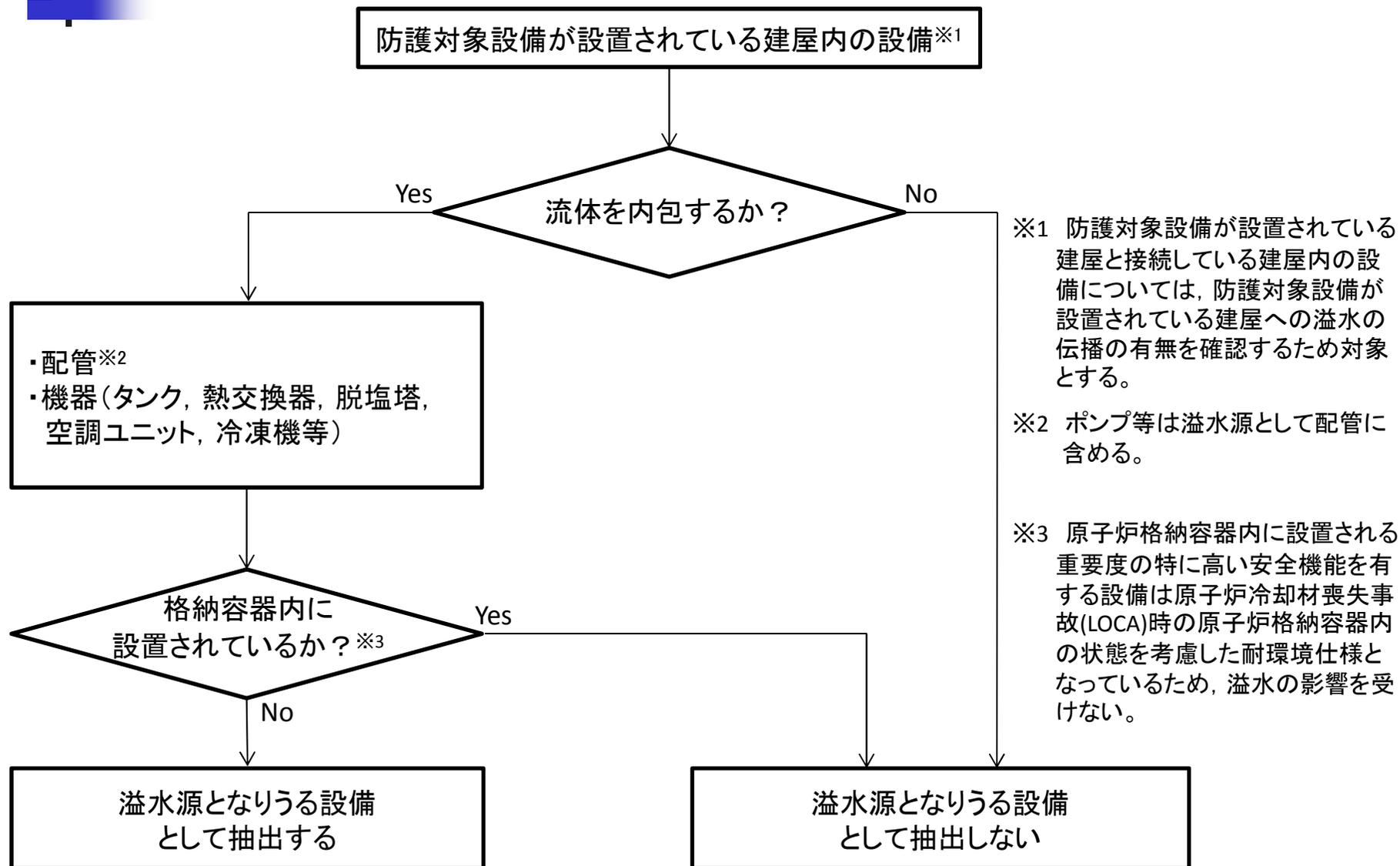


図1 溢水源となりうる設備抽出の考え方

2. 溢水源及び溢水量の想定(3/6)

➤ 想定する溢水事象

① 想定破損による溢水

- 1箇所からの溢水を想定(単一故障想定)し, 伝播経路上にある防護対象設備の評価を実施
- 溢水量を算出する際は, 当該系統において最も口径が大きく, 運転圧力が高い箇所における破損を想定(溢水量が最大になる箇所を選定)
- 内部流体条件により破断形状(完全全周破断, 若しくは貫通クラック)を考慮
- 手動・自動隔離を考慮(隔離後の系統保有水流出を考慮)
- 詳細評価(運転中に発生する応力に基づく評価)を実施し条件を満足する場合, 評価範囲について除外規定(破損を想定する必要がない)が適用可能

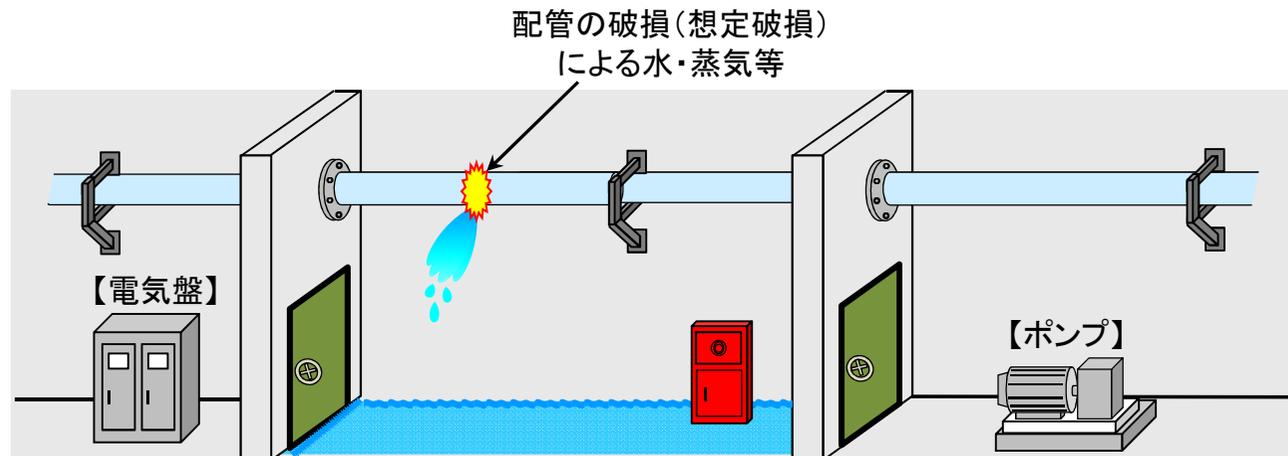


図2 想定破損による溢水(イメージ)

2. 溢水源及び溢水量の想定(4/6)

➤ 想定する溢水事象

② 消火水の放水による溢水

- 火災発生区画1箇所における消火活動(放水)を想定
- 火災荷重に係わらず一律3時間の放水を想定
- ホース引廻しによる扉の開放を考慮した評価を実施
- 電気品室等, 消火の際に水を使用しない区画・エリアについては, 消火水の伝播による影響について評価を実施

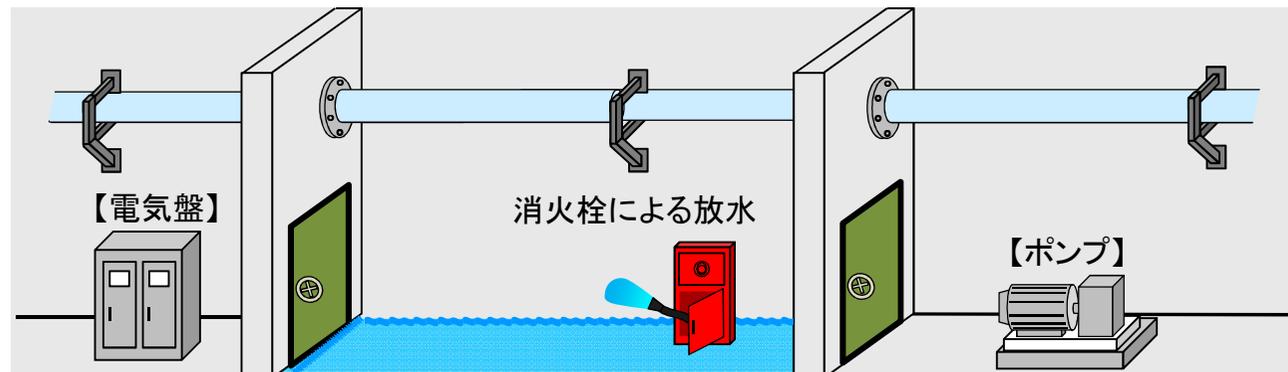


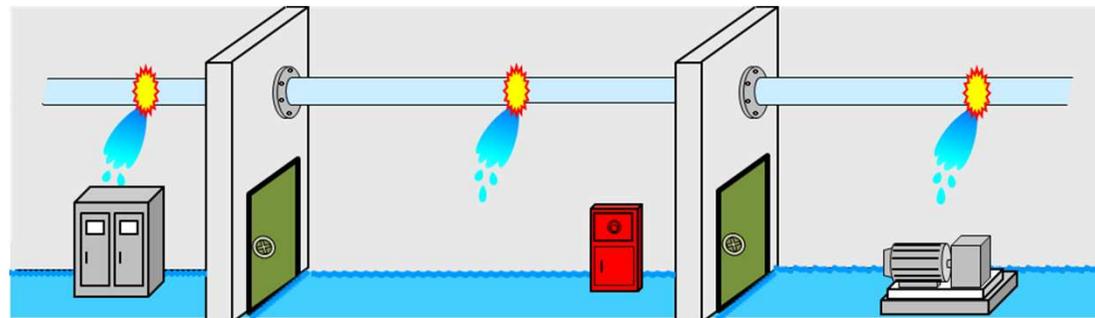
図3 消火水の放水による溢水(イメージ)

2. 溢水源及び溢水量の想定(5/6)

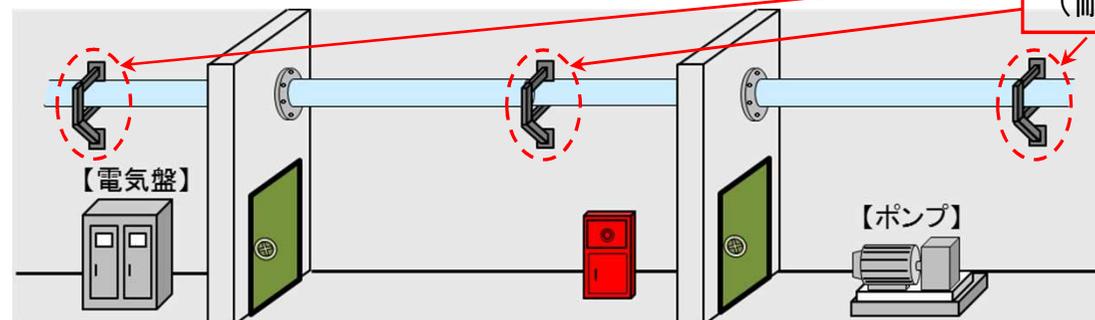
➤ 想定する溢水事象(イメージ)

③ 地震起因による溢水

- 基準地震動 S_s による地震力に対して、耐震性が確保されない低耐震クラス(耐震B, Cクラス)設備の複数同時破損を想定
- 基準地震動 S_s による使用済燃料プールのスロッシングによる溢水を想定



【低耐震クラス配管が地震起因で損傷した場合】



地震による損傷防止
(耐震補強: サポート追加)

【低耐震クラス配管の耐震補強後】

図4 地震起因による溢水(イメージ)

2. 溢水源及び溢水量の想定(6/6)

➤ 溢水量の想定

	想定破損	消火栓からの放水	地震起因の破損
没水	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 機器の単一破損を想定 ➤ 内部流体条件により破断形状を設定 ➤ 手動・自動隔離を考慮(隔離後における残水の流出を考慮) <p>⇒ 漏えい流量, 隔離に要する時間, 系統保有水量より溢水量を算出</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 火災荷重に係わらず一律3時間の放水を想定 ➤ 実放水量の確認結果(264.9 l/min)に保守性を考慮 <p>⇒ 300 l/min × 60min × 3時間 = 54m³の放水を考慮</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 複数(系統&箇所)同時破損を想定 ➤ 破損する系統の保有水を溢水量として算定 ➤ 手動隔離には期待しない <p>⇒ 破損する系統の保有水量を各建屋毎に算定</p>
被水	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 溢水量に依存しない(溢水発生箇所と防護対象設備の位置関係, 耐環境仕様の有無及び被水防護措置の有無により評価) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 同左 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 同左
蒸気	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 溢水量は算定せず(伝播範囲と防護対象設備の位置関係, 耐環境仕様の有無により評価) 	/	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 溢水量は算定せず(伝播範囲と防護対象設備の位置関係, 耐環境仕様の有無により評価)

3. 防護対象設備の設定(1/3)

➤ **防護対象設備の範囲**

以下の機能を有する系統を抽出し、これらの機能を確保する上で必要となる設備を抽出※

✓ 重要度の特に高い安全機能を有する系統

- 安全重要度分類指針におけるPS-1,MS-1に属する系統
- 同指針におけるMS-2に属する系統のうち、事故時監視機能を有する系統

✓ 使用済燃料プールの冷却及び給水機能を有する系統

機能	重要度	系統
原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	PS-1	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する弁
放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮へい及び放出低減機能	MS-1	原子炉格納容器隔離弁, 残留熱除去系(原子炉格納容器スプレイ冷却モード), 非常用ガス処理系, 可燃性ガス濃度制御系
原子炉の緊急停止機能・未臨界維持機能	MS-1	制御棒駆動水圧系(スクラム機能), ほう酸水注入系
原子炉停止後の除熱機能	MS-1	原子炉隔離時冷却系, 残留熱除去系(原子炉停止時冷却モード) 高圧炉心スプレイ系, 自動減圧系(手動逃がし機能) 逃がし安全弁(手動逃がし機能)
炉心冷却機能	MS-1	残留熱除去系(低圧注水モード), 低圧・高圧炉心スプレイ系 原子炉隔離時冷却系, 自動減圧系
工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	MS-1	安全保護系
安全上特に重要な関連機能	MS-1	非常用所内電源系, 制御室及びその遮へい, 非常用換気空調系, 非常用補機冷却水系, 直流電源系
事故時のプラント状態の把握機能	MS-2	原子炉格納容器内雰囲気放射線モニタ系等
使用済燃料プールの冷却機能		残留熱除去系(燃料プール冷却モード), 燃料プール冷却浄化系
使用済燃料プールの給水機能		残留熱除去系(燃料プール冷却モード), 燃料プール補給水系

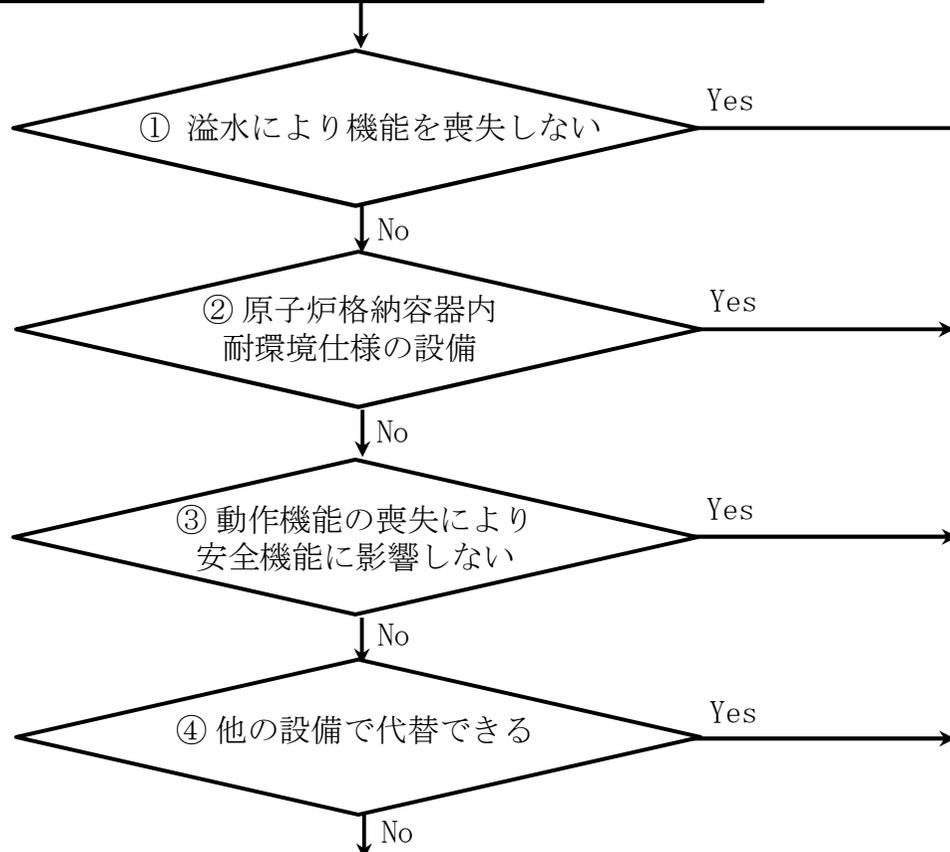
※ 当該設備の耐環境仕様, 安全機能を維持する上での必要性を考慮し, 溢水の影響がないと予め評価できる設備については, 対象から除外する

3. 防護対象設備の設定(2/3)

➤ 防護対象設備のうち溢水影響評価対象の選定フロー

【防護対象設備】

重要度の特に高い安全機能を有する系統設備
及び
使用済燃料プールの冷却及び給水機能を有する設備



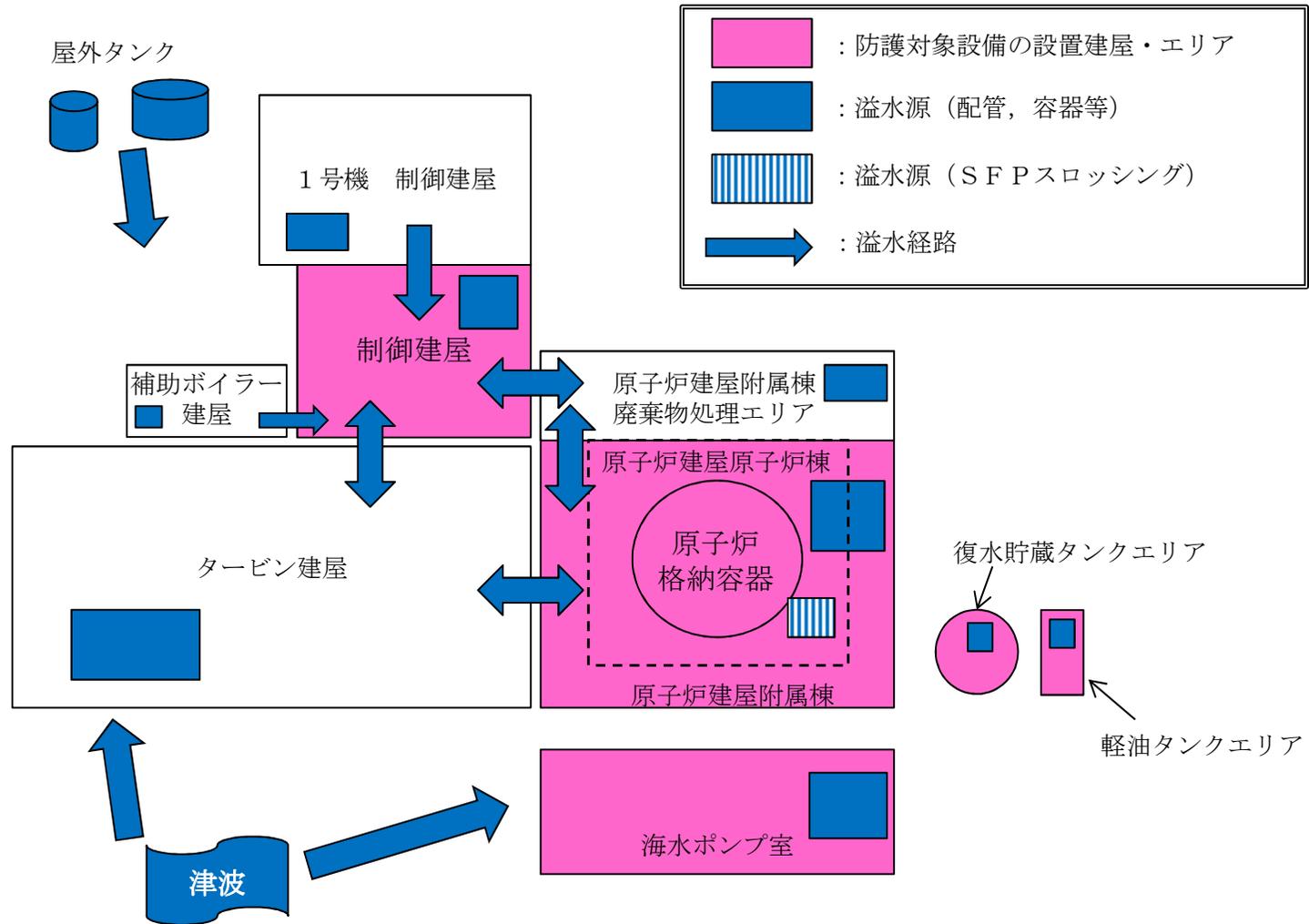
各項目	溢水影響評価の対象外とする理由
①	容器，熱交換器，弁等の静的機器は，外部からの電源供給等が不要であることから，溢水の影響により外部からの電源供給や電気信号を喪失しても機能喪失はしない
②	原子炉格納容器内設備のうち，重要度の特に高い安全機能を有する系統設備は，原子炉冷却材喪失（LOCA）時の原子炉格納容器内の状態（温度・圧力条件及び溢水影響）を考慮した耐環境仕様としているため，溢水影響はない
③	状態監視のみの現場指示計，フェイルアズイズでも安全機能に影響しない電動弁，或いはフェイルポジションでも安全機能に影響しない空気作動弁など，動作機能喪失によっても安全機能へ影響しない設備は，溢水影響がない
④	他の設備により機能が代替できる設備

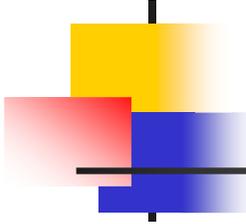
防護対象設備のうち、
評価の対象とする設備

溢水影響評価の対象外
とする設備

3. 防護対象設備の設定(3/3)

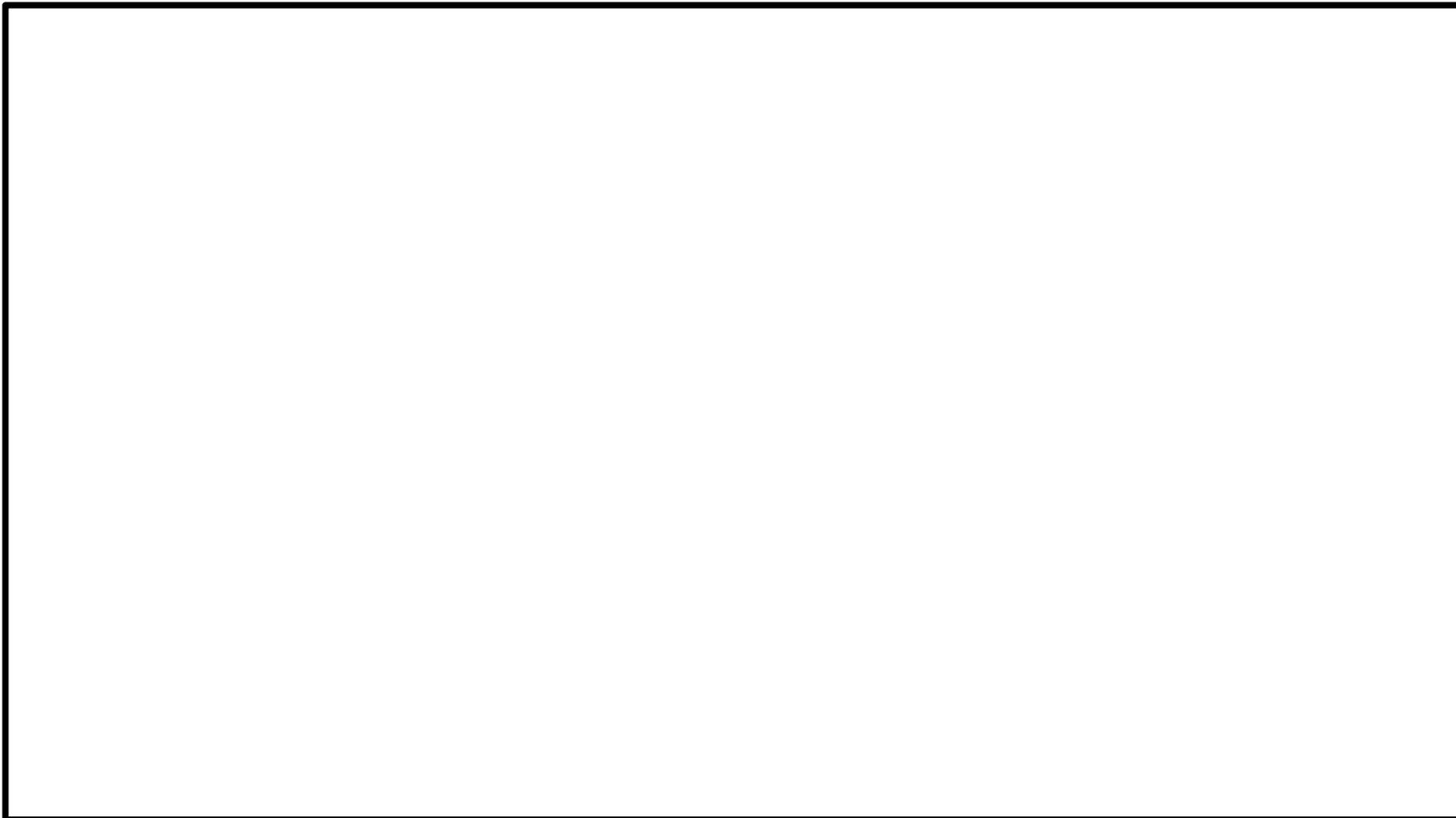
➤ 防護対象設備の設置建屋・エリアについて





4. 溢水防護区画の設定

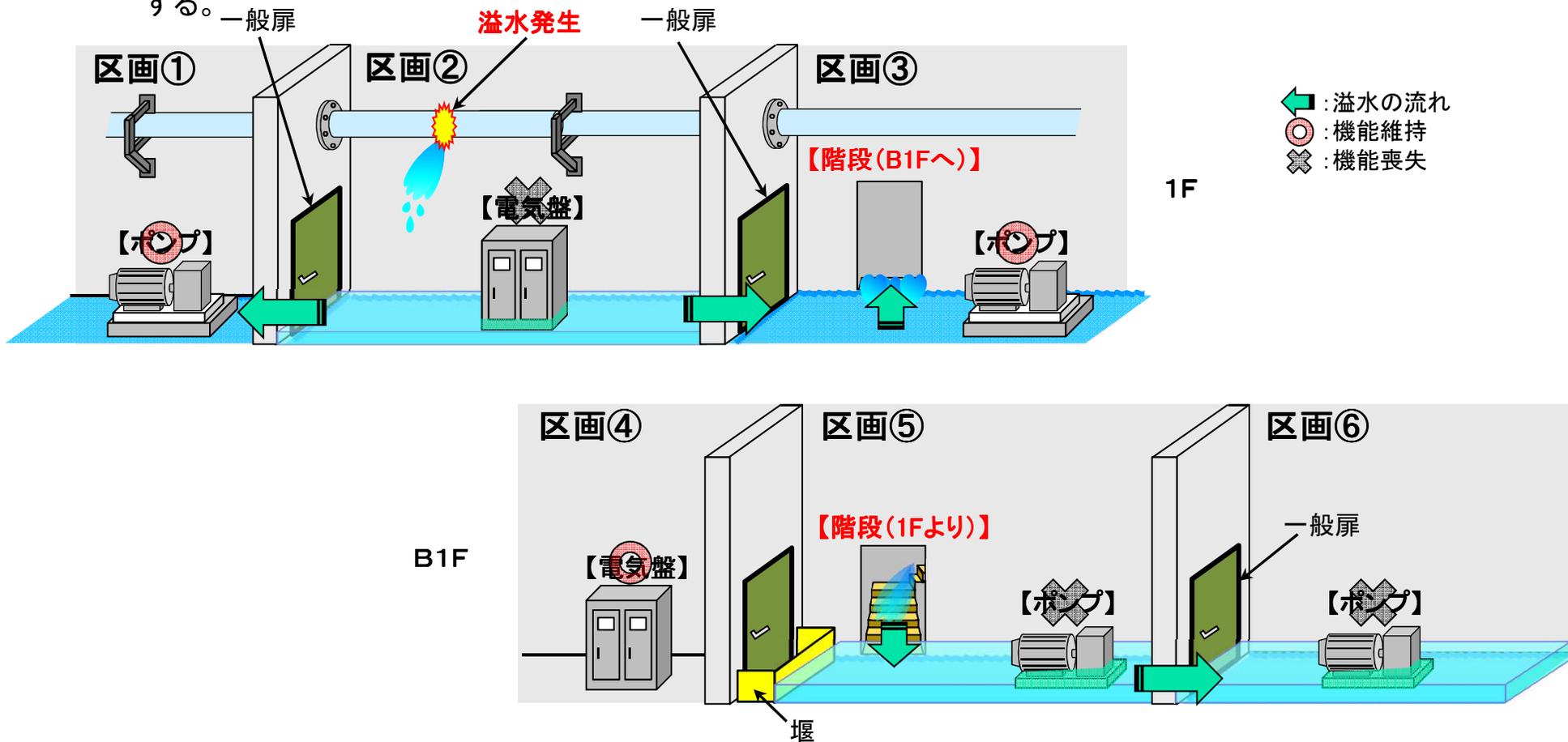
- 防護対象設備が設置されたエリアを「溢水防護区画」として設定する。また、防護対象設備は設置されていないが、溢水の発生が想定されるエリアや溢水の伝播経路となるエリアを「その他区画」として設定する。



5. 溢水経路の設定 (1 / 3)

➤ 溢水経路のイメージ

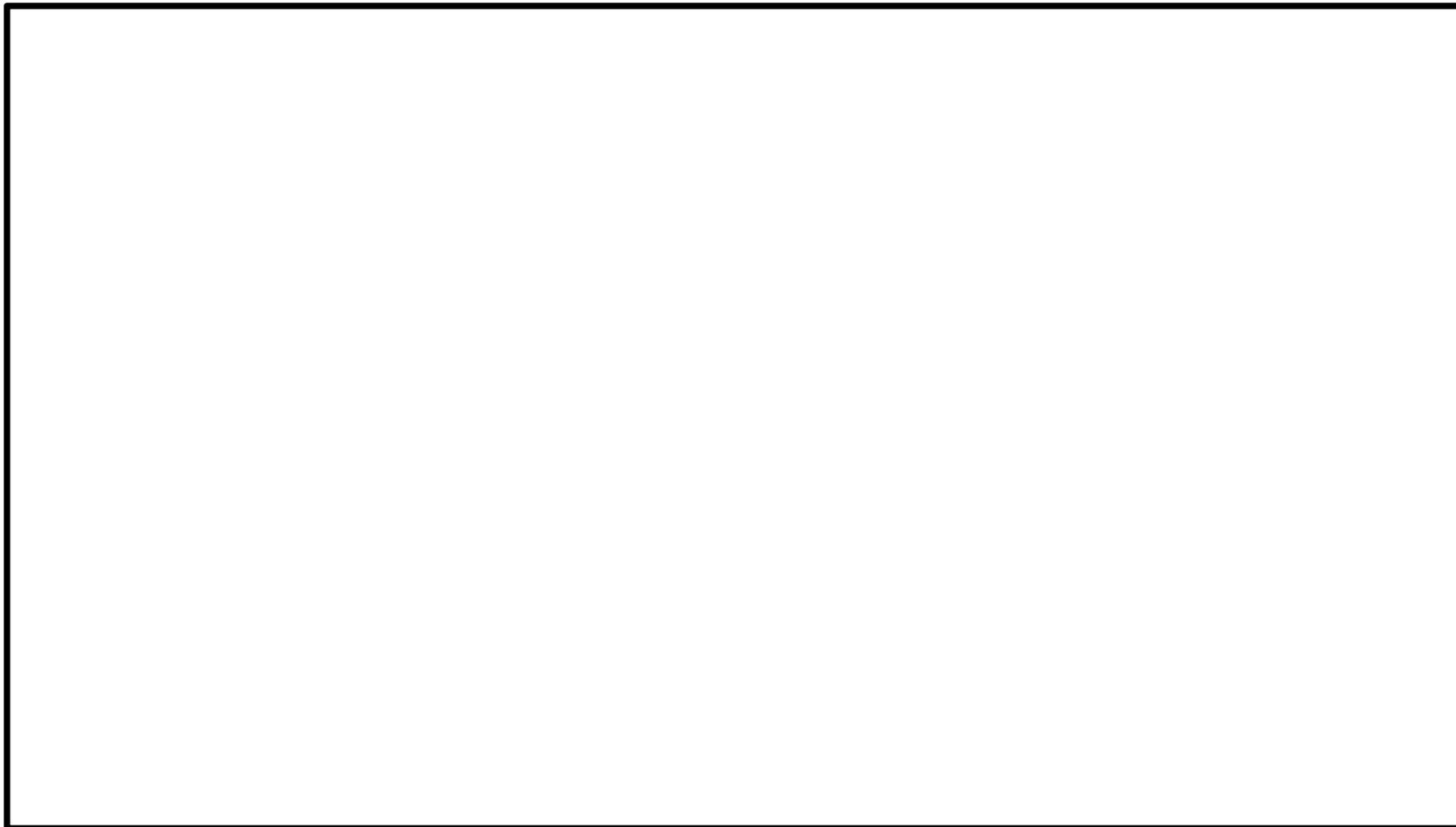
- 壁で区切られた区画②で発生した溢水は、一般扉(止水性なし)を通じて隣の区画①と区画③に溢水が流入する。
- 1階の区画③の階段から地下1階の区画⑤へ溢水が流れ、一般扉を通じて区画⑥へ流入する。
- 区画④は、区画⑤の溢水水位(評価高さ)を超える高さの「堰」を設けることで、区画⑤から区画④への浸水を防止する。



溢水経路のイメージ図

5. 溢水経路の設定(2/3)

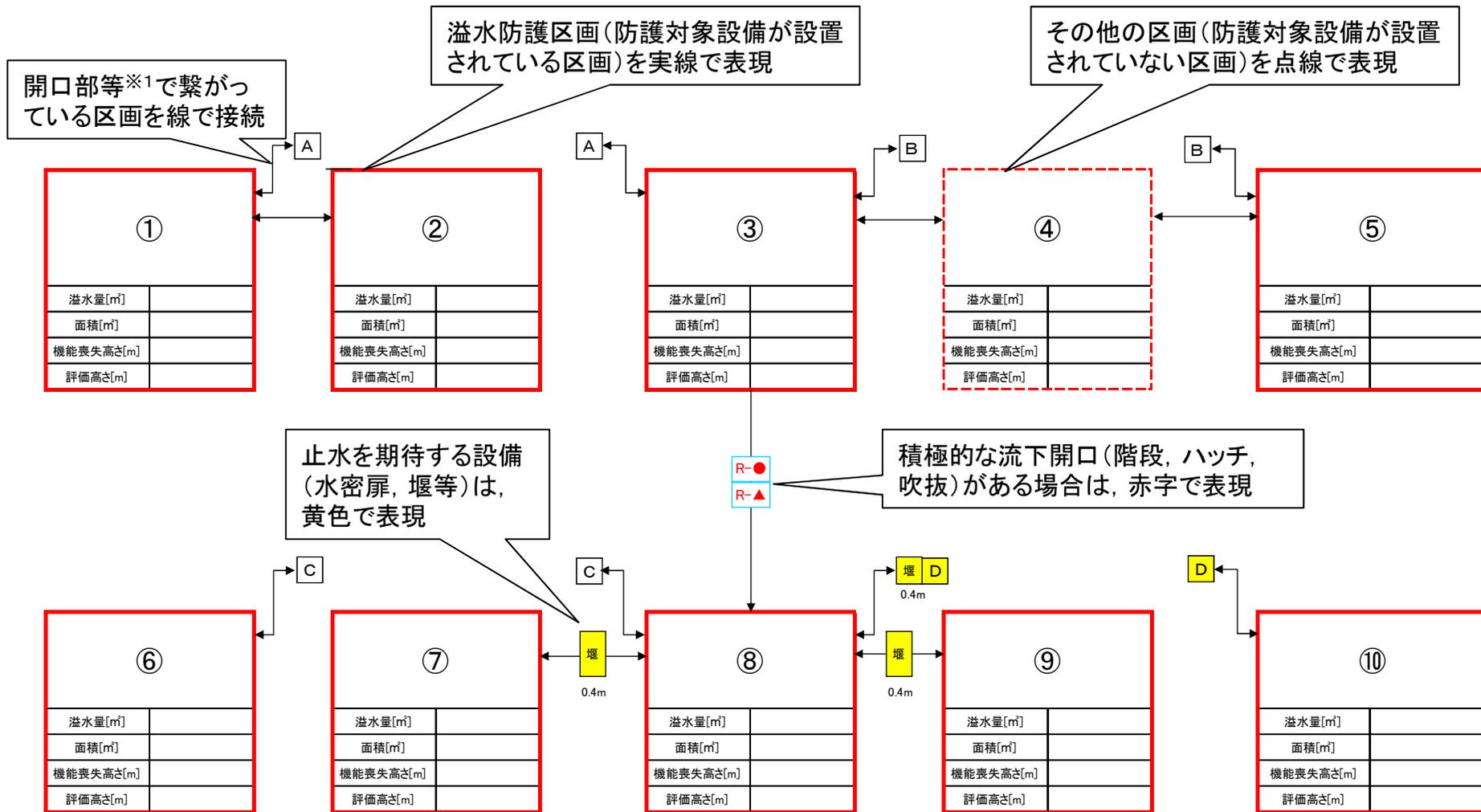
- 「溢水防護区画」や「その他区画」への溢水の伝播経路となる扉開口や床ハッチ開口からの溢水の流れを「溢水伝播経路」として「溢水防護区画図」に示す。



枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

5. 溢水経路の設定 (3 / 3)

➤ 溢水伝播フロー図・・・各区画の接続状況を表示したもの

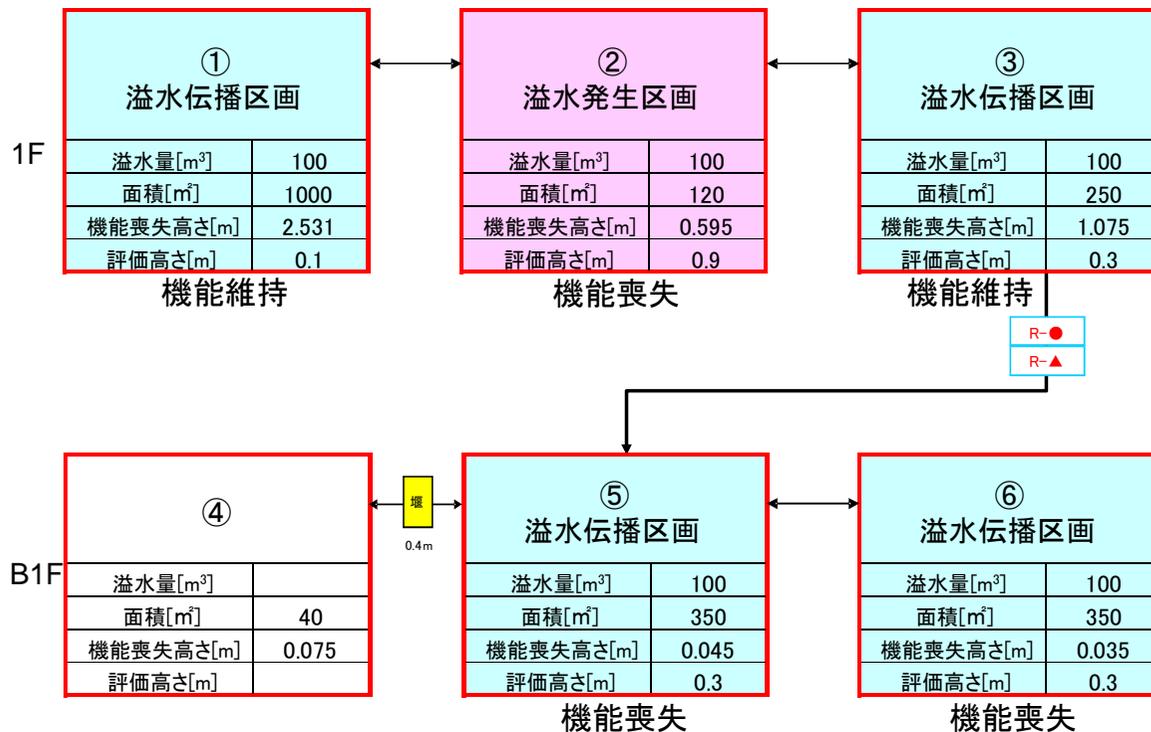


※1 扉(水密扉を除く), ハッチ, 吹抜, 配管貫通部, 電線管貫通部, ダクトを含む

6. 溢水影響評価

➤ 溢水影響評価(サンプル)

- 溢水伝播フロー図を用いた溢水影響評価の例を示す。(区画④の防護対象設備を防護する想定)
- 評価例では、区画②で発生した溢水が、区画どうしのつながりから下階の区画へ伝播し、最終的に区画⑤へ流入することになるが、溢水水位(評価高さ)を超える「堰」を設けることで、⑤から④への浸水を防止する評価となっている。



【凡例】

- : 溢水発生区画
- : 溢水伝播区画
- : 溢水伝播の無い区画
- : 止水対策

【前提条件】

全ての区画が溢水防護区画であるため、各区画における溢水水位が最も高くなるように評価を実施する。

1. 区画②にて溢水が発生
2. 区画②における溢水水位を算出(溢水量÷面積)
3. 溢水水位と機能喪失高さを比較し、判定
4. 区画①に溢水量全量を移動し2.~3.の評価を実施
5. 区画③に溢水量全量を移動
6. 区画③には積極的な流下開口(この場合は階段)があるため、溢水水位は0.3m以下に制御される
7. 区画⑤に溢水量全量を移動し2.~3.の評価を実施
8. 区画⑥に溢水量全量を移動し2.~3.の評価を実施
9. 区画④へは、堰が設置されていることから、伝播はしない。

7. 溢水防護対策(1/2)

- 溢水による防護対象設備への影響を防止するため、次の対策を講ずることで防護対象設備の安全機能を維持する。なお、新たに設置する水密扉や堰等の対策は、機能維持のため計画的に点検を実施する。
- 地震起因による溢水量低減
 - 防護対象設備が設置されている建屋・エリア内の低耐震クラス(耐震B, Cクラス)配管・機器の耐震性評価を実施し、必要に応じて耐震補強(サポート追加等)を実施する。
- 没水対策
 - 計器設置レベルの見直し
 - 計器の移設
 - 設備周囲への堰設置
 - 空調ダクトへの止水ダンパ設置
 - 空調ダクトの取替(鋼板製ダクトへ取替)
 - 建屋内配水系の逆流防止(フロート式逆流防止弁)
- 被水対策
 - 電線管接続部へのコーキング処理
 - ダクト接続部へのコーキング処理
- 蒸気対策
 - 隔離ダンパ設置
 - 耐環境仕様品への取替



7. 溢水防護対策(2/2)

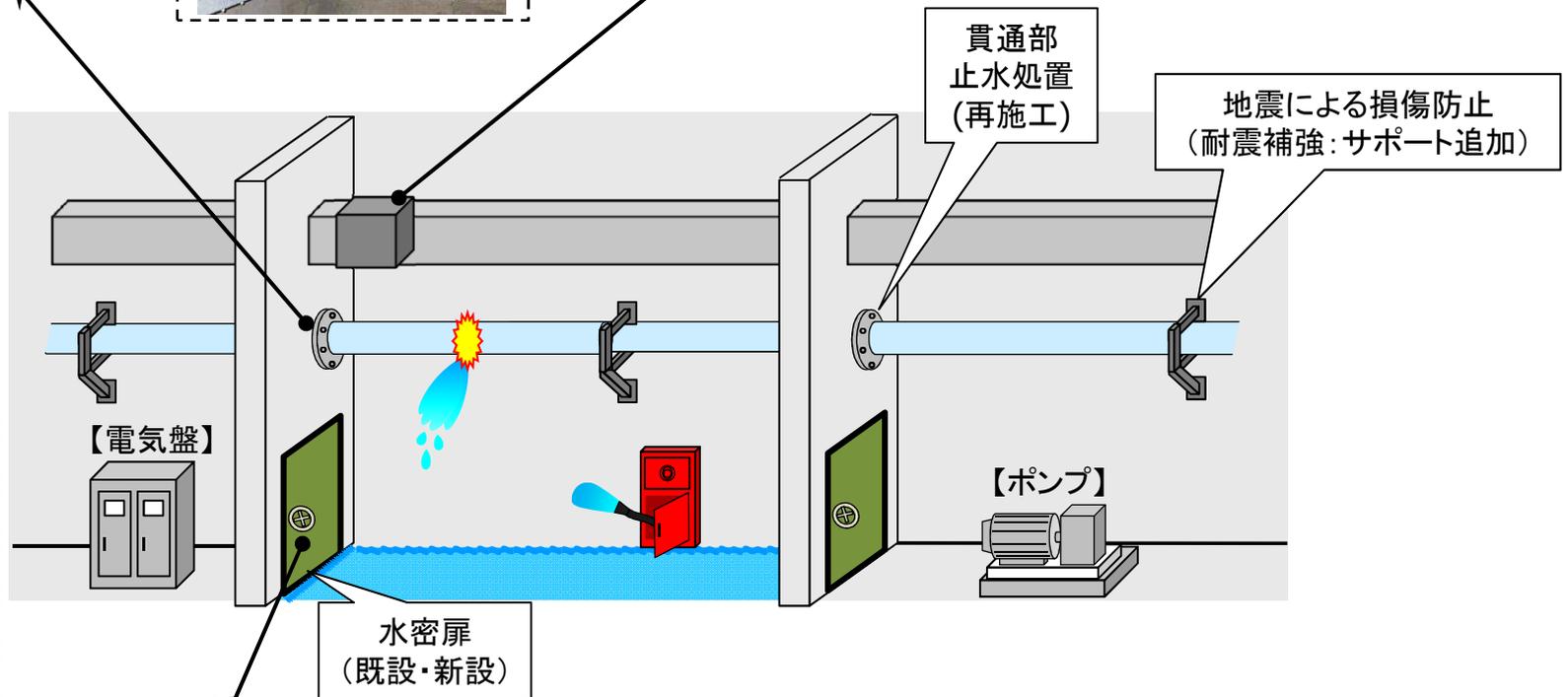
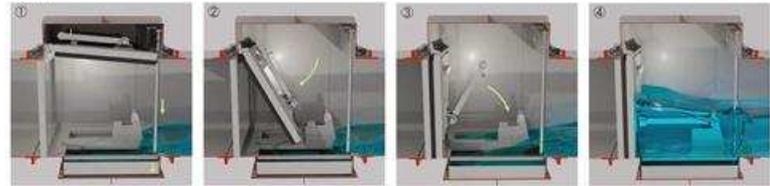
配管貫通部
止水処置(再施工)



電路貫通部止水処置
(再施工)



止水ダンパの設置(新設:壁貫通ダクト)



水密扉(既設)



【溢水防護対策の実施例】

8. 溢水影響評価結果

➤ 溢水影響評価結果のまとめ

溢水の発生要因である「想定破損」、「消火栓からの放水」、「地震起因の破損」によって発生する溢水に対して、溢水による防護対象への「没水」、「被水」、「蒸気」の影響を評価し、溢水防護対策を実施することで、原子炉、使用済燃料プールに関する安全機能が喪失しないことを確認した。

	影響有無の判断	想定破損	消火栓からの放水	地震起因の破損
没水	溢水水位 ↓ 機能喪失 高さ	全てのケースにおいて、溢水の影響により原子炉、使用済燃料プールに関する安全機能を喪失しないこと（多重化された系統が同時にその機能を喪失しないこと）を確認※	全てのケースにおいて、溢水の影響により原子炉、使用済燃料プールに関する安全機能を喪失しないこと（多重化された系統が同時にその機能を喪失しないこと）を確認※	溢水の影響により原子炉、使用済燃料プールに関する安全機能を喪失しないこと（多重化された系統が同時にその機能を喪失しないこと）を確認※
被水	被水 影響範囲 ↓ 機器配置 被水対策	全てのケースにおいて、溢水の影響により原子炉、使用済燃料プールに関する安全機能を喪失しないこと（多重化された系統が同時にその機能を喪失しないこと）を確認※	全てのケースにおいて、溢水の影響により原子炉、使用済燃料プールに関する安全機能を喪失しないこと（多重化された系統が同時にその機能を喪失しないこと）を確認※	溢水の影響により原子炉、使用済燃料プールに関する安全機能を喪失しないこと（多重化された系統が同時にその機能を喪失しないこと）を確認※
蒸気	蒸気 影響範囲 ↓ 機器配置 耐環境仕様	全てのケースにおいて、溢水の影響により原子炉、使用済燃料プールに関する安全機能を喪失しないこと（多重化された系統が同時にその機能を喪失しないこと）を確認※		溢水の影響により原子炉、使用済燃料プールに関する安全機能を喪失しないこと（多重化された系統が同時にその機能を喪失しないこと）を確認※

※ 溢水防護対策工事により、対応を図ることを前提として記載している。

<参考> 適合性審査状況

内部溢水影響評価について、当社はこれまでに3回、審査会合において説明している。過去の不具合事例の反映状況、評価の保守性、運転員の現場アクセス性などに対する質問・指摘を受け、概ね回答が終了している。

質問・指摘事項	回答状況
他社の溢水事象も含め溢水影響評価に反映が必要な過去のトラブルを整理して説明すること。	他社の溢水事象も含め、過去の不具合事象について検討し、既に評価に盛り込まれている、若しくは、必要となる対策(水密扉の設置、貫通部への止水等)を講ずることとしていることを説明した。
評価における、溢水経路間の伝播溢水量の保守性を説明すること。	実際の溢水伝播は、建屋内排水系の床ドレンにより排水され溢水量が低減する場合や、堰等を越えられず一部滞留する場合が考えられるが、評価において、溢水が他の区画へ伝播する際は、これらの溢水量の低減や滞留を考慮せずに、全量伝播するものとして評価していることを説明した。
溢水発生システムの漏えい停止操作に関して、運転員による現場操作が必要な場合のアクセス性について成立性を説明すること。	漏えい停止操作を実施する場合の運転員のアクセス性を検討し、アクセス通路が、歩行に影響のない水位であること、及び環境の温度、放射線量、薬品による影響、漂流物の影響、照明の有無並びに感電を考慮してもアクセス性へ影響がないことを説明した。

質問・指摘事項件数については、BWR共通コメントおよび個社コメントを含め、全体として127件。このうち、当社に関するコメントは61件(平成27年6月4日審査会合時点)