

泊発電所3号炉 設置許可基準規則等への基準適合について

第9条（溢水による損傷の防止等）

令和5年2月1日
北海道電力株式会社

目次

1.	溢水防護の基本方針	1
2.	溢水源の想定	4
3.	防護対象設備の設定	7
4.	溢水防護区画及び溢水経路の設定	9
5.	想定破損評価に用いる各項目の算出	10
6.	消火水の放水評価に用いる各項目の算出	11
7.	地震時評価に用いる各項目の算出	12
8.	溢水防護対象設備を防護するための設計方針	13
9.	使用済燃料ピット等のスロッシング後の機能維持評価	15
10.	防護対象設備を内包する建屋外からの流入防止	15
11.	放射性物質を内包する液体の漏えいの防止	15

【本日の説明事項】

- 設置許可基準規則第九条（溢水による損傷の防止等）の要求事項に対する適合性を確認するための溢水影響評価に係る基本方針について説明する。
- 評価方針、評価結果等の詳細については今後ご説明する。

➤ 要求事項の整理

設置許可基準規則第九条の要求事項を踏まえ、安全施設は発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても安全機能を損なうことのないよう防護措置、その他適切な措置が講じられていることを確認する。

表1-1 設置許可基準規則第9条及び技術基準規則第12条 要求事項

設置許可基準規則第9条 (溢水による損傷の防止等)	技術基準規則第12条 (発電用原子炉施設内における溢水等による損傷の防止)	備考
安全施設は、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。	設計基準対象施設が発電用原子炉施設内における溢水の発生によりその安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。	追加要求事項①
二 設計基準対象施設は、発電用原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器、配管その他の設備から放射性物質を含む液体があふれ出た場合において、当該液体が管理区域外へ漏えいしないものでなければならない。	二 設計基準対象施設が発電用原子炉施設内の放射性物質を含む液体を内包する容器、配管その他の設備から放射性物質を含む液体があふれ出るおそれがある場合は、当該液体が管理区域外へ漏えいすることを防止するために必要な措置を講じなければならない。	追加要求事項②

➤ 追加要求事項①に対する基本方針

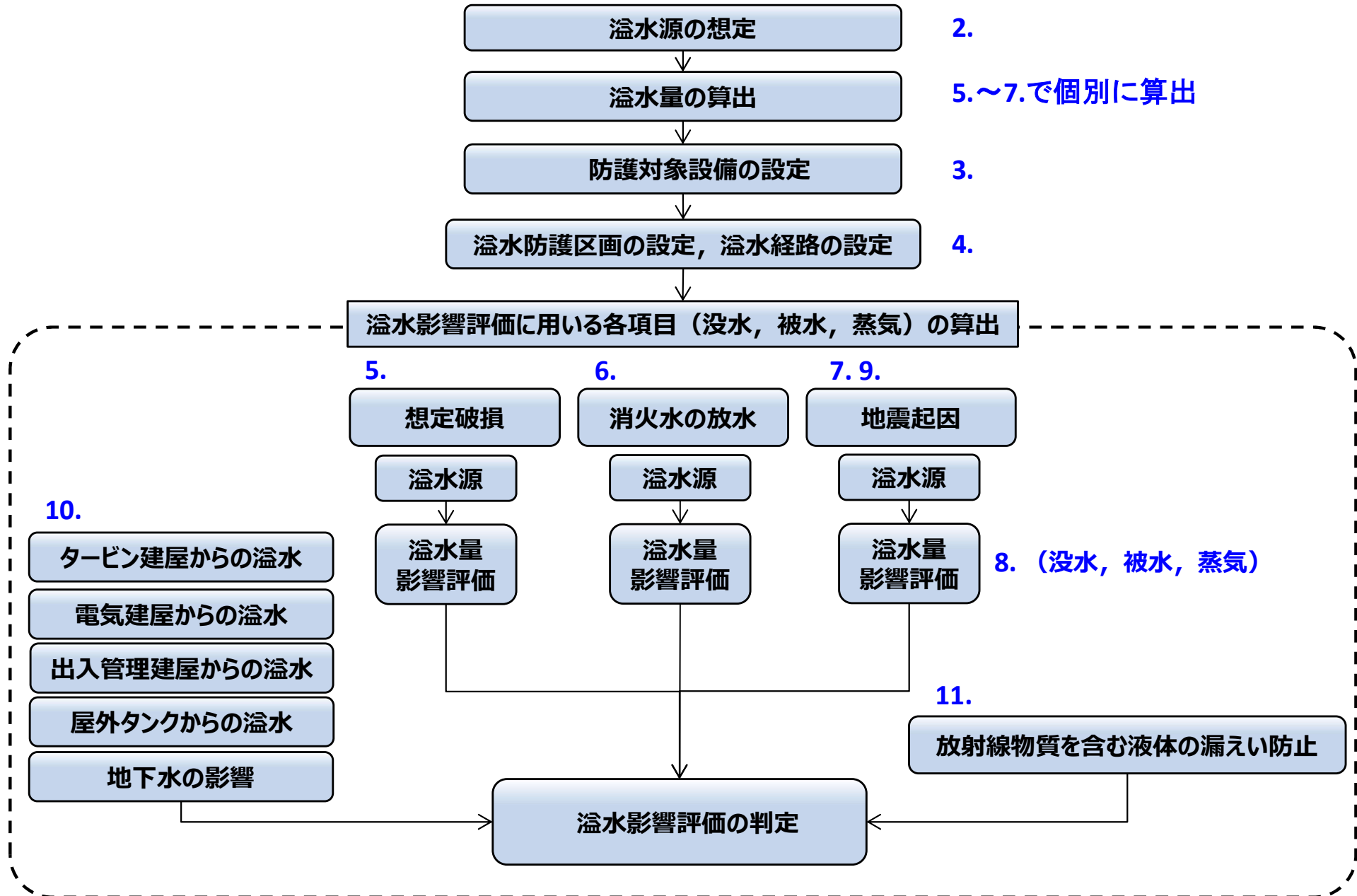
- 発電用原子炉施設内における溢水として、発電用原子炉施設内に設置された機器及び配管の破損（地震起因を含む。）、消火水系統等の作動及び使用済燃料ピット等のスロッシングその他の事象により発生した溢水を考慮し、溢水防護対象設備が没水、被水及び蒸気の影響を受けて、その安全機能を損なわない設計（多重性又は多様性を有する設備が同時にその安全機能を損なうことのない設計）とする。
- 自然現象による波及的影響により発生する溢水に関しては、溢水防護対象設備、溢水源となる屋外タンク等の配置も踏まえて、最も厳しい条件となる自然現象による溢水の影響を考慮し、防護対象設備が安全機能を損なわない設計とする。

➤ 追加要求事項②に対する基本方針

- 放射性物質を含む液体を内包する容器、配管その他の設備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。

➤ 溢水影響評価フロー

※青字は項目番号を示す。



- 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。）

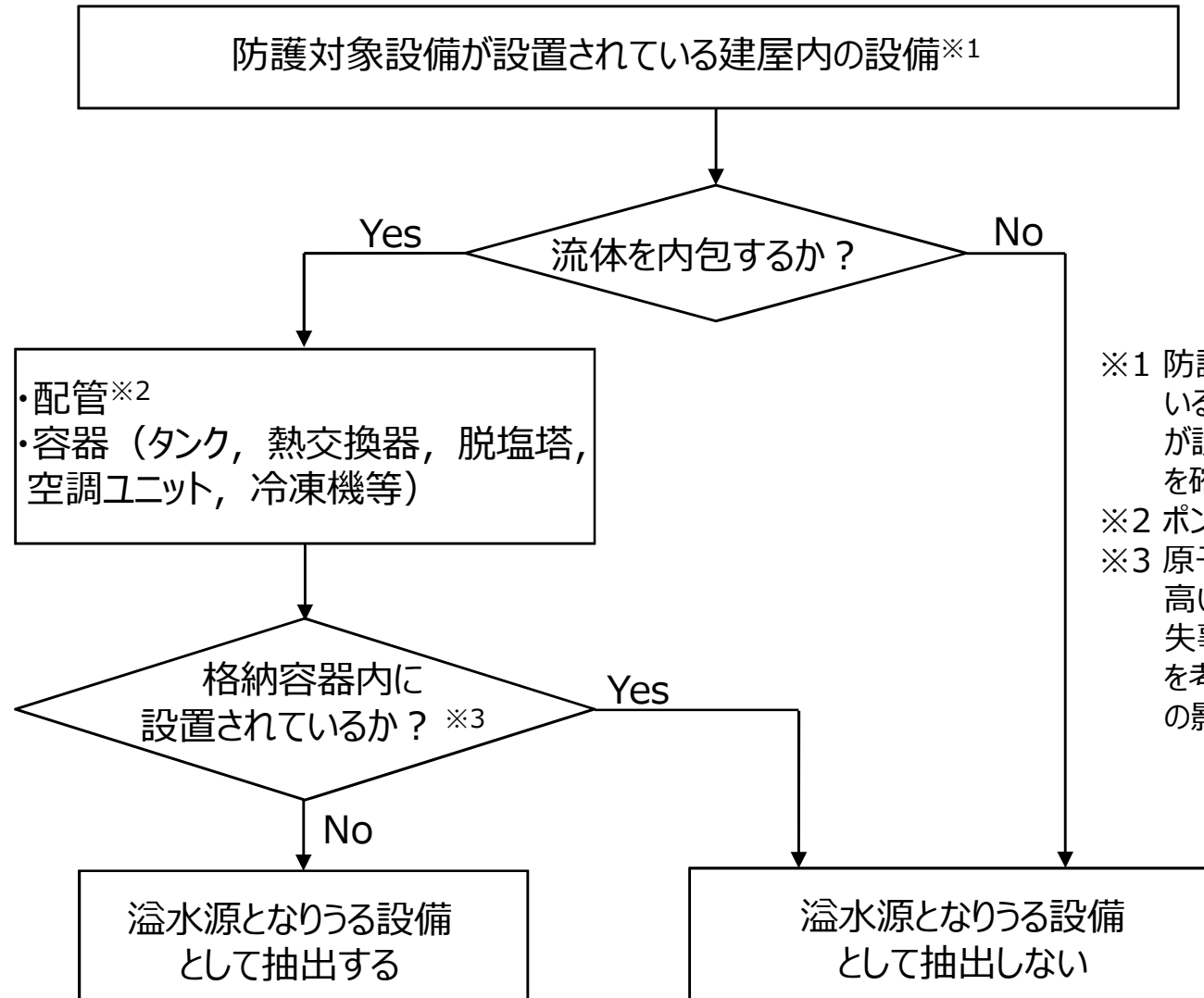
表2-1 発生要因及び評価項目毎に想定する溢水源

	想定破損	消火水の放水	地震起因の破損
没水	耐震 Sクラスを含む系統※1	消火栓からの放水	<ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動に対して耐震性が確保されていない系統 ・使用済燃料ピット等のスロッシング
被水			
蒸気	耐震 Sクラスを含む高エネルギー系統※2	—	<ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動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 流体を内包する系統

※2 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

➤ 溢水源となりうる設備の抽出フロー



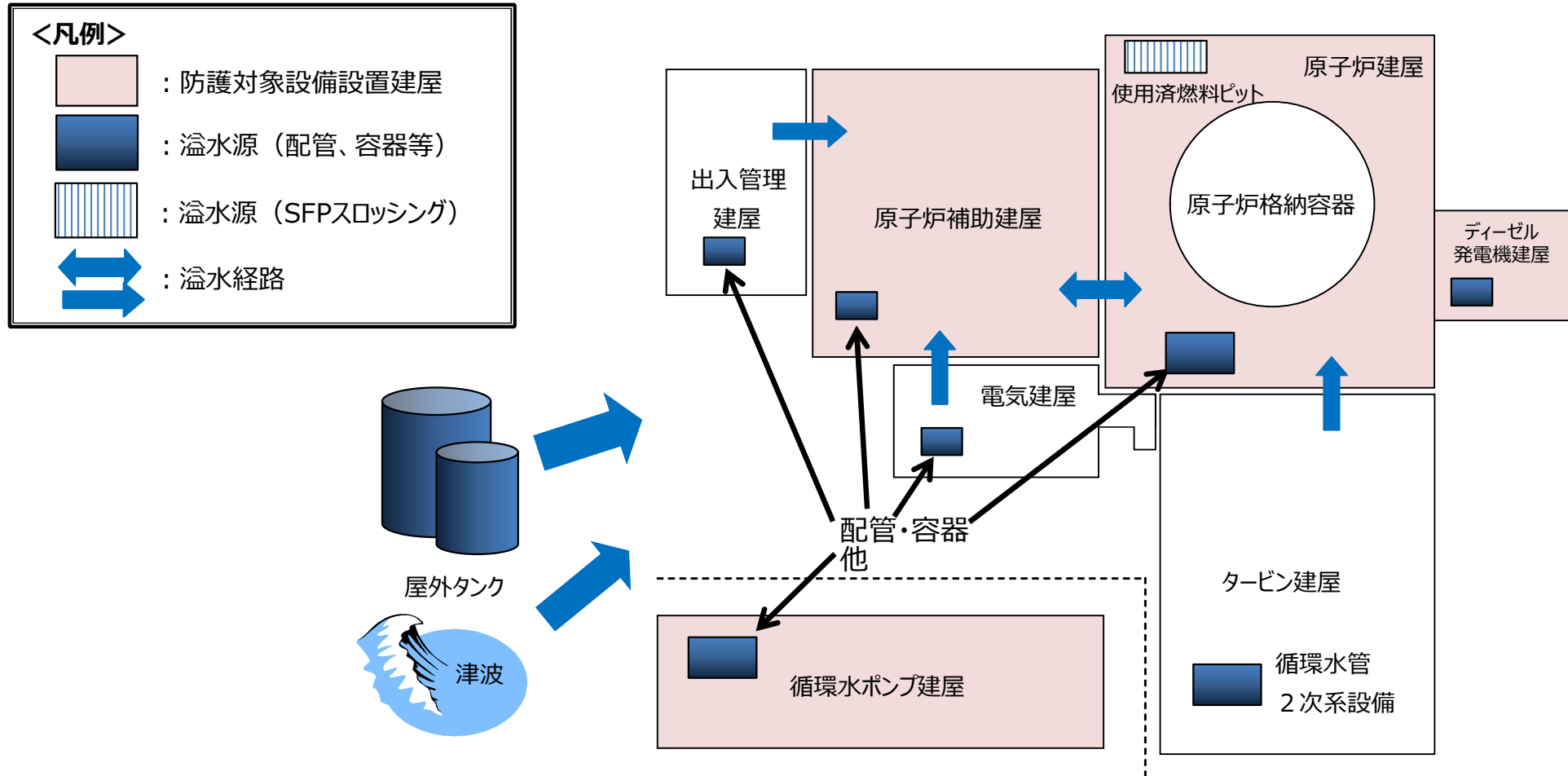
※1 防護対象設備が設置されている建屋と接続している建屋内の設備については、防護対象設備が設置されている建屋への溢水の伝播の有無を確認するため対象とする。

※2 ポンプ等は溢水源として配管に含める。

※3 原子炉格納容器内に設置される重要度の特に高い安全機能を有する設備は原子炉冷却材喪失事故(LOCA)時の原子炉格納容器内の状態を考慮した耐環境仕様となっているため、溢水の影響を受けない。

➤ 溢水源の全体像

防護対象設備設置建屋 : 原子炉建屋、原子炉補助建屋、循環水ポンプ建屋、ディーゼル発電機建屋



【泊3号炉の特徴】

- 先行プラントは海水ポンプエリアが屋外に設置されているが、泊発電所3号炉の原子炉補機冷却海水ポンプ室は循環水ポンプ建屋内に設置されているため、原子炉建屋、原子炉補助建屋及びディーゼル発電機建屋と同様に防護対象設備が設置される建屋内の設計方針として評価を実施している。

➤ 設置許可基準規則第九条（溢水による損傷の防止等）及び第十二条（安全施設）ならびに溢水ガイドの要求事項を踏まえ、防護対象設備を選定

① 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適切に維持するために必要な設備

溢水防護上必要な機能を有する系統として、安全施設のうち、原子炉を高温停止でき、引き続き低温停止、及び放射性物質の閉じ込め機能を維持するため、また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持するため、発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（以下「重要度分類審査指針」という。）における分類でクラス1及び2に属する構築物、系統及び機器に加え、安全評価上その機能を期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器を抽出し、その上で、「重要度の特に高い安全機能を有する系統」として、重要度分類審査指針及び設置許可基準規則第十二条より、防護対象設備を抽出した。

② 使用済燃料ピットの冷却・給水機能を適切に維持するために必要な設備

使用済燃料ピットについて、「ピット冷却」及び「ピットへの給水」機能を有する系統設備を防護対象設備として抽出した。

3. 防護対象設備の設定 (2 / 2)

- 防護対象設備として選定した設備について、更に、その仕様や機能等に基づき溢水影響評価対象とする設備を選定

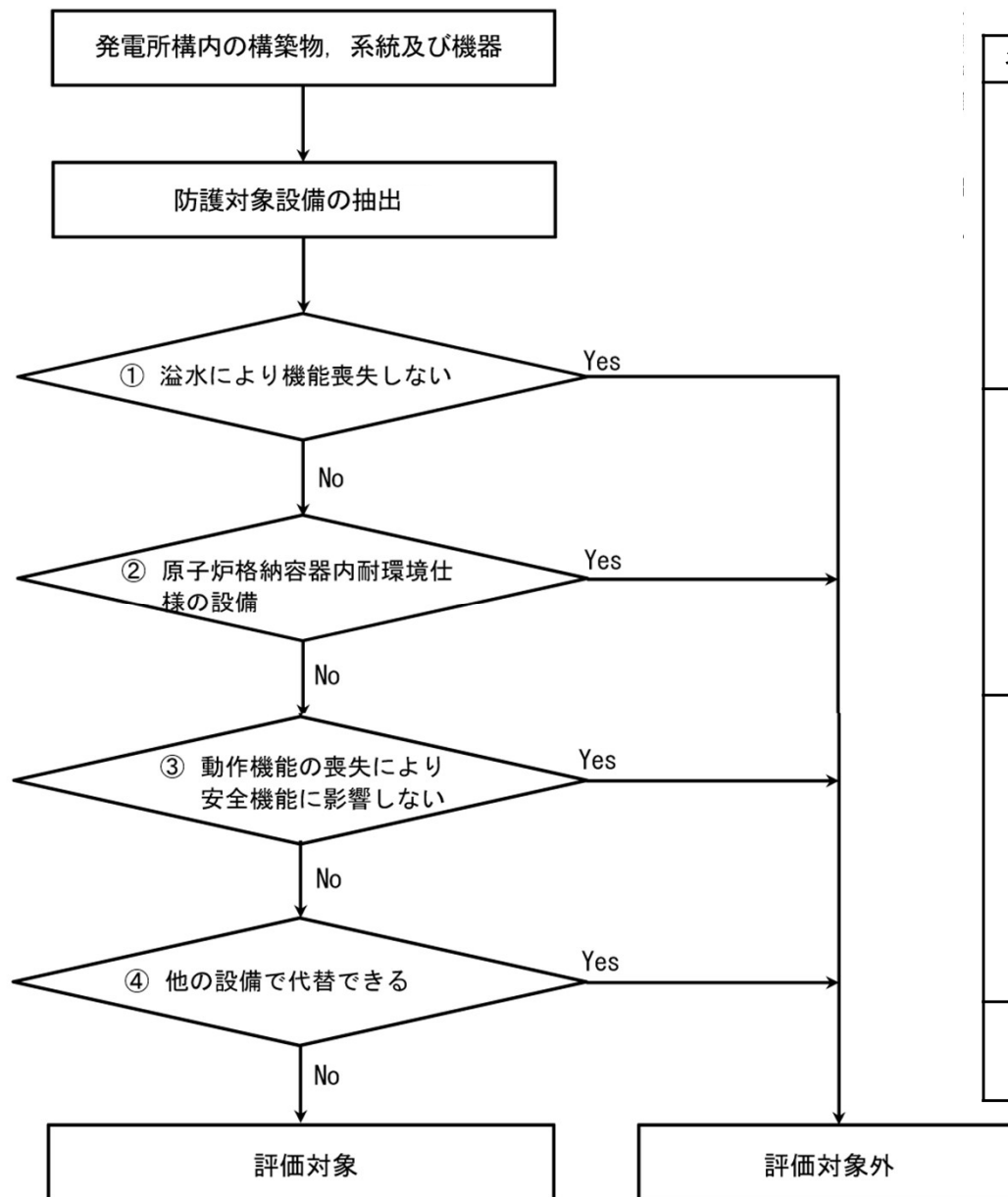


表3-1 溢水影響評価の対象外とする理由

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, 安全弁, 逆止弁, 手動弁, 配管等の静的機器は, 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ため, 溢水影響がないと評価した。
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, 溢水影響はないと評価した。
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, あるいはフェイル・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, 溢水影響がないと評価した。
④	他の設備により機能が代替できる設備は, 機能喪失しても安全機能に影響しない。

図3-1 防護対象設備のうち溢水影響評価対象の選定フロー

4.1 溢水防護区画の設定

- 防護対象設備が設置されている，壁，扉及び堰又はそれらの組み合わせによって，他の区画と分離されている区画，ならびに中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路を溢水防護区画として設定

4.2 溢水経路の設定

- 防護対象設備が設置されている建屋において，床開口部（機器ハッチ，階段等）及び溢水影響評価において期待することのできる設備（水密扉や堰等）の抽出を行い，溢水経路を設定
- 溢水防護区画内漏えいでの溢水経路の評価を行う場合，防護区画内の水位が最も高くなるよう，当該溢水区画から他区画への流出がないように溢水経路を設定
- 溢水防護区画外漏えいでの溢水経路の評価を行う場合，防護対象設備の存在する溢水防護区画の水位が最も高くなるように溢水経路を設定

5.1 想定破損により生じる溢水源

- 単一の配管の破損による溢水を想定して、配管の破損箇所を溢水源として設定
- 破損を想定する配管は、内包する流体のエネルギーに応じて高エネルギー配管又は低エネルギー配管に分類し、高エネルギー配管は完全全周破断、低エネルギー配管は貫通クラックを想定
- 一部の配管について、溢水ガイド附属書 A「流体を内包する配管の破損による溢水の詳細評価手法について」の規定を適用
- 応力評価を実施した高エネルギー配管は以下の通り
 - 補助蒸気系統：破損形態は貫通クラックを想定（蒸気影響評価のみ）
 - 蒸気発生器ブローダウン系統（主蒸気管室以外）：破損想定無し

5.2 溢水量の設定

- 想定する破損箇所は溢水防護対象設備への溢水影響が最も大きくなる位置とし、溢水量は、異常の検知、事象の判断及び漏えい箇所の特定制及びに現場又は中央制御室からの隔離により漏えい停止するまでの時間（運転員の状況確認及び隔離操作を含む。）を適切に考慮し、想定する破損箇所から流出した漏水量と隔離後の溢水量として隔離範囲内の系統の保有水量を合算して設定

6.1 消火水の放水による溢水源

- 泊発電所3号炉には、自動作動するスプリンクラが設置されていないことから、火災発生時に消火栓による消火活動を行う区画における放水による溢水を想定し、防護対象設備に対する影響を評価
- 原子炉格納容器スプレイについては、単一故障による誤作動が発生しないように設計上考慮されていることから、溢水源として考慮しない

6.2 溢水量の設定

- 消火設備等のうち、消火栓からの放水については、3時間の放水により想定される溢水量若しくは、火災源が小さい場合においては、その可燃性物質の量及び等価時間を考慮した消火活動に伴う放水により想定される溢水量を設定

【泊3号炉の特徴】

- 泊は3時間の放水により想定される溢水量を基本とするが、火災源が小さいエリアについては、「原子力発電所の火災防護指針」の規定による「火災荷重」及び「等価時間」を用いて放水量を算定し、溢水量を設定しており、放水量の算定に用いた各区画の火災荷重を上回る量の可燃物が持ち込まれないよう現場管理している。【先行PWRと同様】

7.1 地震起因による溢水源

- 地震により破損する機器（配管，容器等）及び使用済燃料ピットのスロッシングを溢水源として考慮
- 耐震 S クラス機器については，基準地震動による地震力によって破損は生じないことから溢水源として想定しない。また，耐震 B，C クラスの機器のうち耐震対策工事の実施又は設計上の裕度の考慮により，基準地震動による地震力に対して耐震性が確保されているものについては溢水源として想定しない

7.2 溢水量の設定

- 地震による設備の破損が複数個所で同時に発生する可能性を考慮
- 運転員による中央制御室及び現場での隔離操作による漏えい停止を期待する場合は，漏えい停止までの隔離時間を考慮し，配管の破損箇所から流出した漏水量と隔離後の溢水量として隔離範囲内の系統の保有水量を合算して設定
- 溢水量から算出される溢水水位と，防護対象設備の機能喪失高さを比較することで，防護対象設備が機能喪失に至らないことを確認

【泊3号炉の特徴】

- 地震起因による溢水の漏えい停止を目的とした隔離において、泊3号炉では自動隔離に期待する系統はなく、運転員による隔離操作に期待して溢水量を設定している系統がある。
- 運転員による隔離操作は、原子炉トリップ時に漏えいの有無にかかわらず予め定めた隔離対象機器を全て隔離する運用としている。
- 評価の詳細については今後ご説明する。

8.1 没水の影響に対する設計方針

- 溢水源から発生する溢水量に基づき、溢水防護区画及び溢水経路に対し、溢水防護対象設備が安全機能を損なうおそれがないことを評価
- 以下に示すいずれかの要求を満足することを確認
 - a. 溢水水位が機能喪失高さを上回らないこと
 - b. 溢水防護対象設備が多重性又は多様性を有しており、同時に安全機能が損なわれないこと

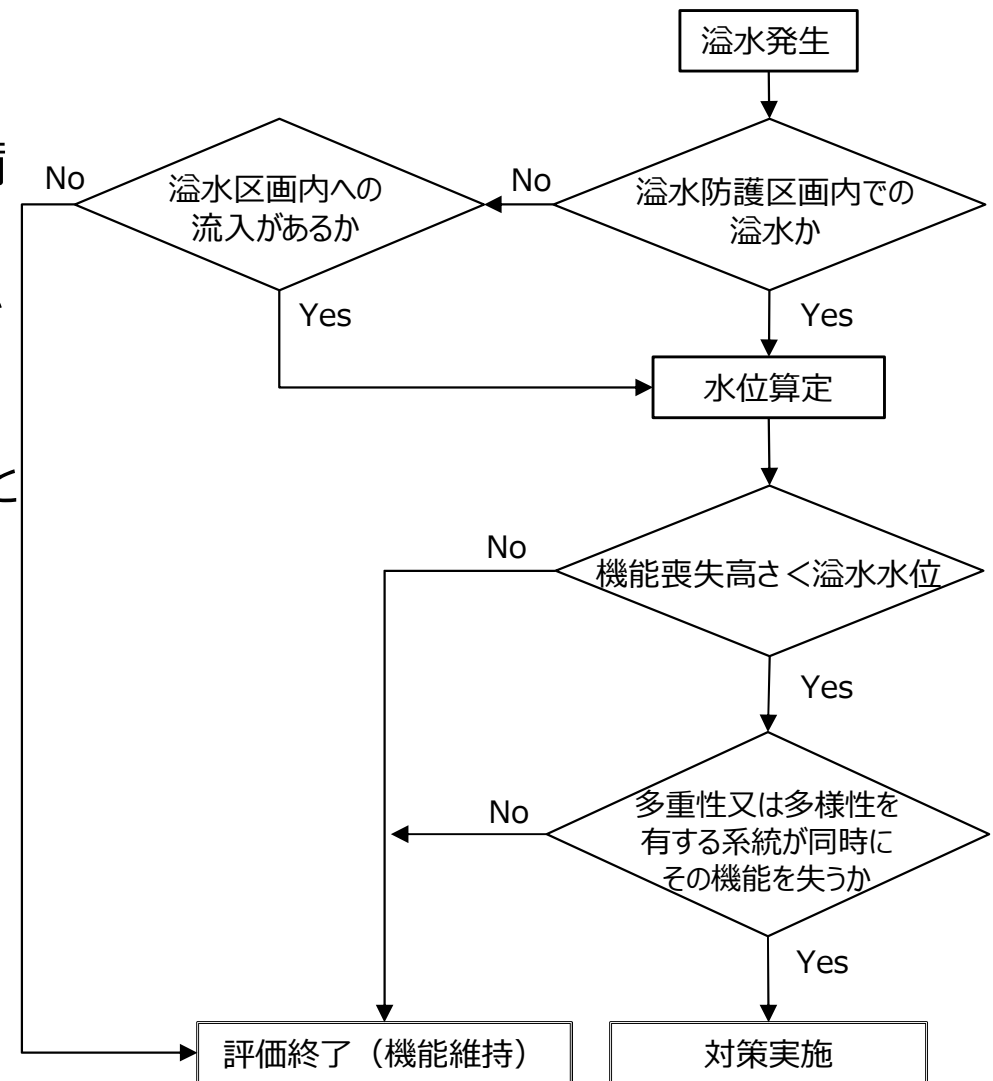


図8-1 没水影響評価フロー

【泊3号炉の特徴】

- 泊3号炉では、滞留面積は区画面積から区画内に設置される機器等の欠損面積を差し引くことで算出しており、評価に用いる滞留面積が現場の実態に即した精緻なものとなるよう、常設機器等の欠損面積は現場実測により算出している。
【大飯3/4号炉と同様】
- 機能喪失高さは、評価ガイドの要求に則り、保守的に機能喪失すると仮定した高さ（設置レベル等）である「基本設定箇所」を標準としているが、基本設定箇所で没水してしまう機器については「個別測定箇所」を適用している。
【島根2号炉及び柏崎6,7号炉と同様】

8.2 被水の影響に対する設計方針

- 溢水源からの直線軌道及び放物線軌道の飛散による被水並びに天井面の開口部又は貫通部からの被水の影響を受ける範囲内にある溢水防護対象設備が被水により安全機能を損なうおそれがないことを評価
- 以下に示すいずれかの要求を満足することを確認
 - a. 防護対象設備が水の飛沫に対して以下に示すいずれかの保護構造を有していること
 - (a) 防滴仕様であること
 - (b) 保護カバーやパッキン等による被水防護措置がなされていること
 - b. 溢水防護対象設備が多重性又は多様性を有しており、同時に安全機能が損なわれないこと

8.3 蒸気の影響に対する設計方針

- 溢水源からの漏えい蒸気の直接噴出及び拡散による影響を確認するために、熱流体解析コード（GOTHICコード）を用い解析を実施し、溢水防護対象設備が蒸気放出の影響により安全機能を損なうおそれがないことを評価
- 以下に示すいずれかの要求を満足することを確認
 - a. 防護対象設備が耐蒸気仕様を有すること
 - b. 溢水防護対象設備が多重性又は多様性を有しており、同時に安全機能が損なわれないこと

【泊3号炉の特徴】

- 泊では熱流体解析コードを用いた蒸気伝播解析を実施し、溢水防護対象設備に対する蒸気影響を評価している。【先行PWRと同様】

9. 使用済燃料ピット等のスロッシング後の機能維持評価

- 基準地震動による地震力によって生じるスロッシング現象を三次元流動解析により評価し、使用済燃料ピット外へ漏えいする水量を考慮する。
- 算出した溢水量からスロッシング後の使用済燃料ピットの水位低下を考慮しても、使用済燃料ピットの冷却機能及び使用済燃料ピットへの給水機能が確保されるため、それらを用いることにより適切な水温（水温65℃以下）及び遮蔽機能（水面の設計基準線量率 $\leq 0.01\text{mSv/h}$ ）の維持に必要な水位を維持できる設計とする。

1 0. 防護対象設備を内包する建屋外からの流入防止

- 溢水防護区画を内包する建屋外で発生を想定する溢水が、溢水防護区画に流入するおそれがある場合には、壁、扉、堰等により溢水防護区画を内包する建屋内への流入を防止する設計とし、溢水防護対象設備が安全機能を損なわない設計とする。
- また、地下水に対しては、湧水ピットポンプの停止により建屋周囲の水位が地表面まで上昇することを想定し、建屋外周部における壁、扉、堰等により溢水防護区画を内包する建屋内への流入を防止する設計とし、溢水防護対象設備が安全機能を損なわない設計とする。

1 1. 放射性物質を内包する液体の漏えいの防止

- 管理区域内で発生した溢水の管理区域外への伝播経路となる箇所については、壁、扉、堰等による漏えい防止対策を行うことにより、機器の破損等により生じた放射性物質を内包する液体が管理区域外に漏えいすることを防止する設計とする