

泊発電所3号炉 設置許可基準規則等への適合状況について

第9条（溢水による損傷の防止等）

令和5年5月11日
北海道電力株式会社

☐：枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

目次

- 1. 溢水防護の基本方針
 - 2. 溢水源の想定
 - 3. 防護対象設備の設定
- 前回ご説明

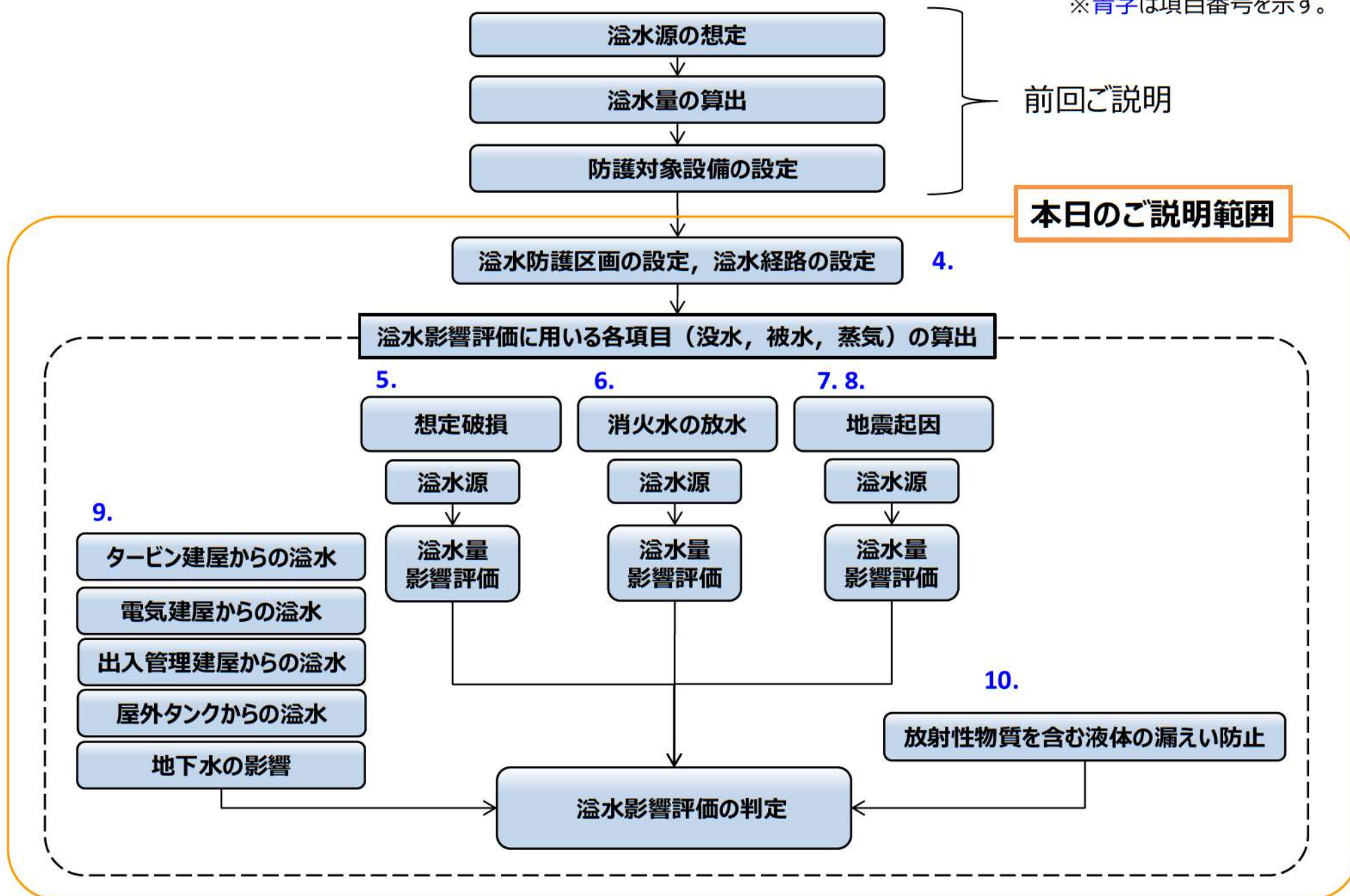


4. 溢水防護区画及び溢水経路の設定.....	2	評価の基本 方針は 前回ご説明
5. 想定破損による溢水影響評価	4	
6. 消火水の放水による溢水影響評価.....	11	
7. 地震起因による溢水影響評価	12	評価の詳細 について 本日ご説明
8. 使用済燃料ピット等のスロッシング後の機能維持評価.....	13	
9. 防護対象設備を内包する建屋外からの流入防止.....	14	
10. 放射性物質を内包する液体の漏えいの防止	17	

【本日の説明事項】

- 令和5年2月28日第1118回審査会合にて、内部溢水影響評価に係る基本方針について説明した。
- 本日は、評価方針、評価結果等の詳細についてご説明する。

※青字は項目番号を示す。



女川2号炉と同様

4.1 溢水防護区画の設定

- 防護対象設備が設置されるエリアを「溢水防護区画」として設定
- 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

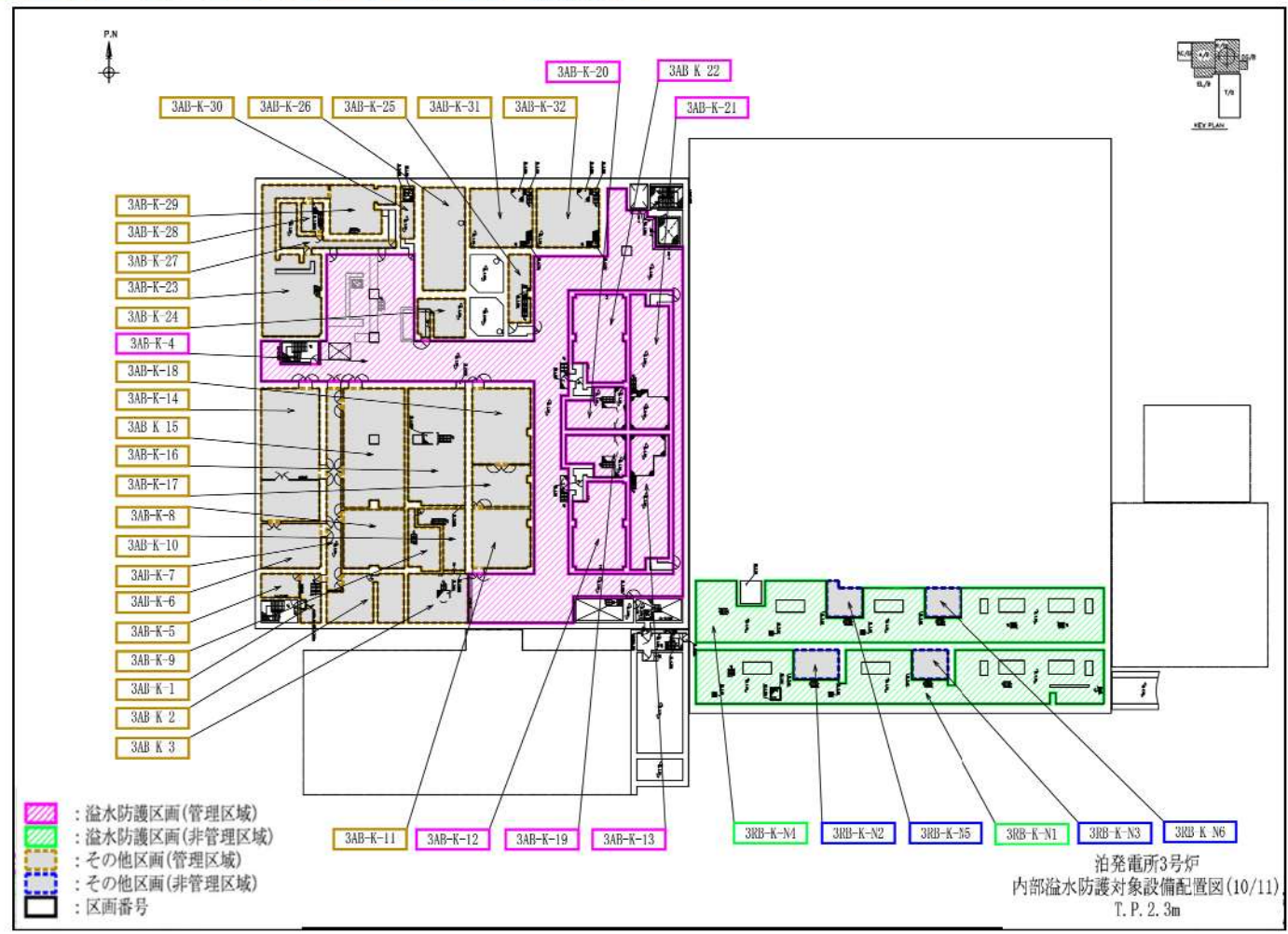


図4-1 内部溢水防護対象設備配置図

4.2 溢水経路の設定

女川2号炉と同様

- 床開口部（機器ハッチ、階段等）及び溢水影響評価において止水に期待することのできる設備（水密扉や堰等）の抽出を行い、溢水伝播経路を設定



図4-2 想定破損による溢水経路図  枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

女川2号炉と同様

5.1 想定破損により生じる溢水源

- 図5-1のフローに従い高エネルギー配管と低エネルギー配管に分類
- 分類結果及び各システムの破損形態を表5-1に示す

表5-1 破損を想定する系統及び破損形態

配管分類		没水影響評価	蒸気影響評価
高エネルギー配管	・補助蒸気系統	完全全周破断	貫通クラック※1
	・蒸気発生器ブローダウン系統 ・主蒸気系統	完全全周破断 (主蒸気管室外は破損想定なし) ※1	完全全周破断 (主蒸気管室外は破損想定なし) ※1
	・化学体積制御系統 (充てん系統, 抽出系統) ・主給水系統	完全全周破断	完全全周破断
低エネルギー配管	原子炉建屋, 原子炉補助建屋及びディーゼル発電機建屋内の系統配管	破損想定なし※1	-
	循環水ポンプ建屋内の系統配管	破損想定なし※1	-

※1 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」に基づき応力評価を実施

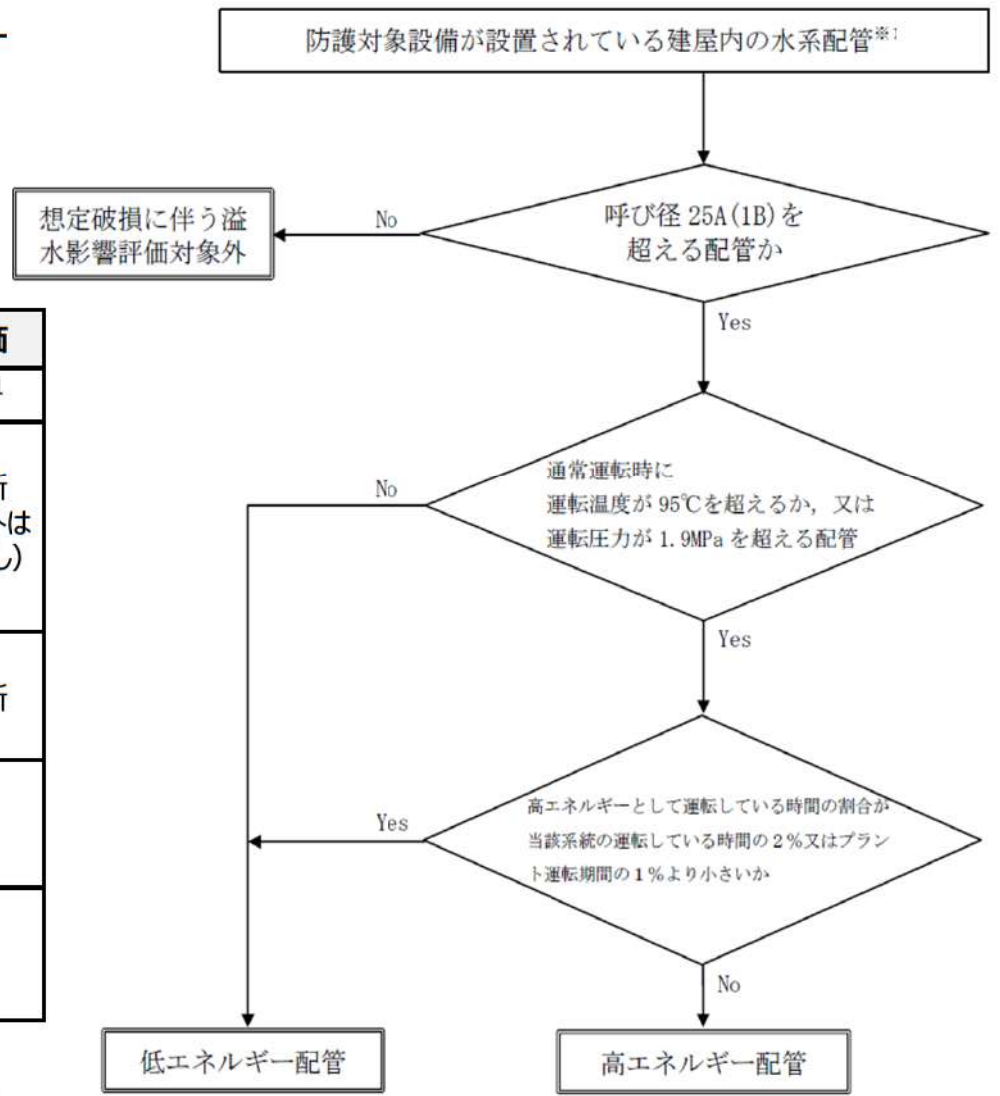
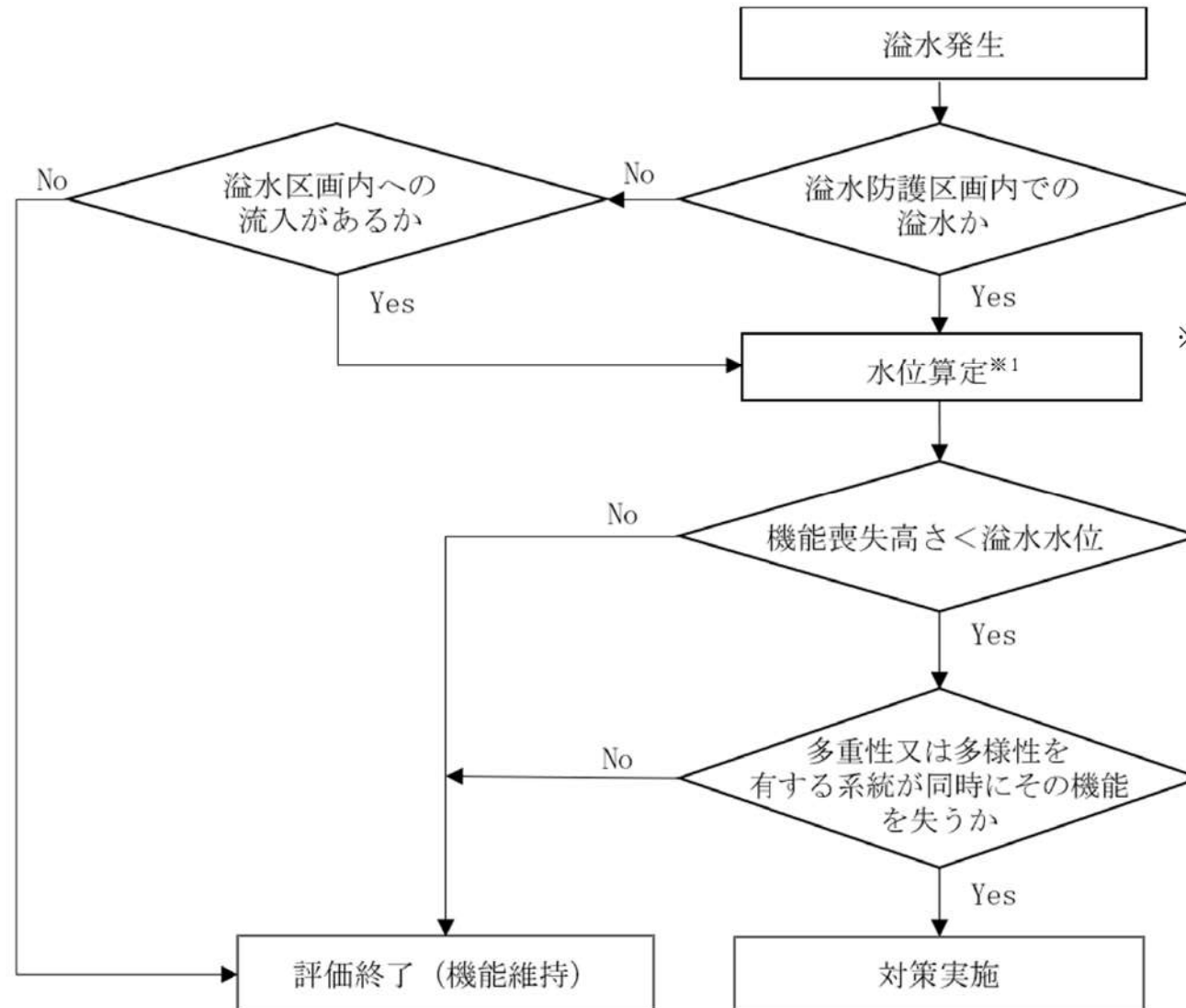


図5-1 高エネルギー配管と低エネルギー配管の分類フロー

5.2 想定破損による没水影響評価

女川2号炉と同様

➤ 図5-2の没水影響評価フローに従い評価を実施



※1 評価に用いる溢水量は、区画内にある溢水源のうち、最も溢水量が大きくなる系統を溢水源として設定

図5-2 没水影響評価フロー

5.3 想定破損による没水影響評価結果

女川2号炉と同様

➤ 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した。

表5-2 想定破損による没水影響評価結果 (例)

● 化学体積制御系統 (充てん/封水注入ライン) 溢水量 : 37.6m³ ※ 溢水水位 < 機能喪失高さ

建屋	T.P.	区画	防護対象設備	溢水水位 (m)	機能喪失高さ (m)	判定※
原子炉補助建屋	-1.7m	3AB-L-9	3A-高压注入ポンプ	0.155	0.320	○
		3AB-L-2	3B-高压注入ポンプ	0.154	0.320	○
		3AB-L-6	3A-余熱除去ポンプ	0.151	0.750	○
		3AB-L-5	3B-余熱除去ポンプ	0.151	0.750	○
		3AB-L-7	3A-格納容器スプレイポンプ	0.150	0.630	○
		3AB-L-4	3B-格納容器スプレイポンプ	0.153	0.630	○

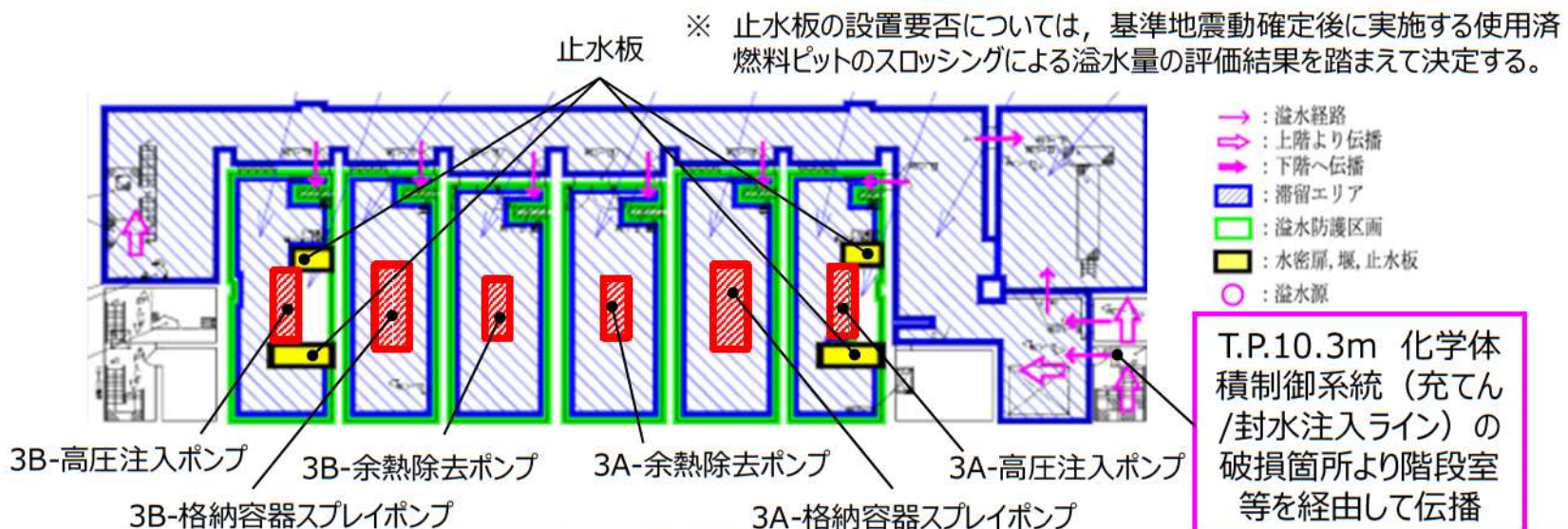


図5-3 溢水伝播経路



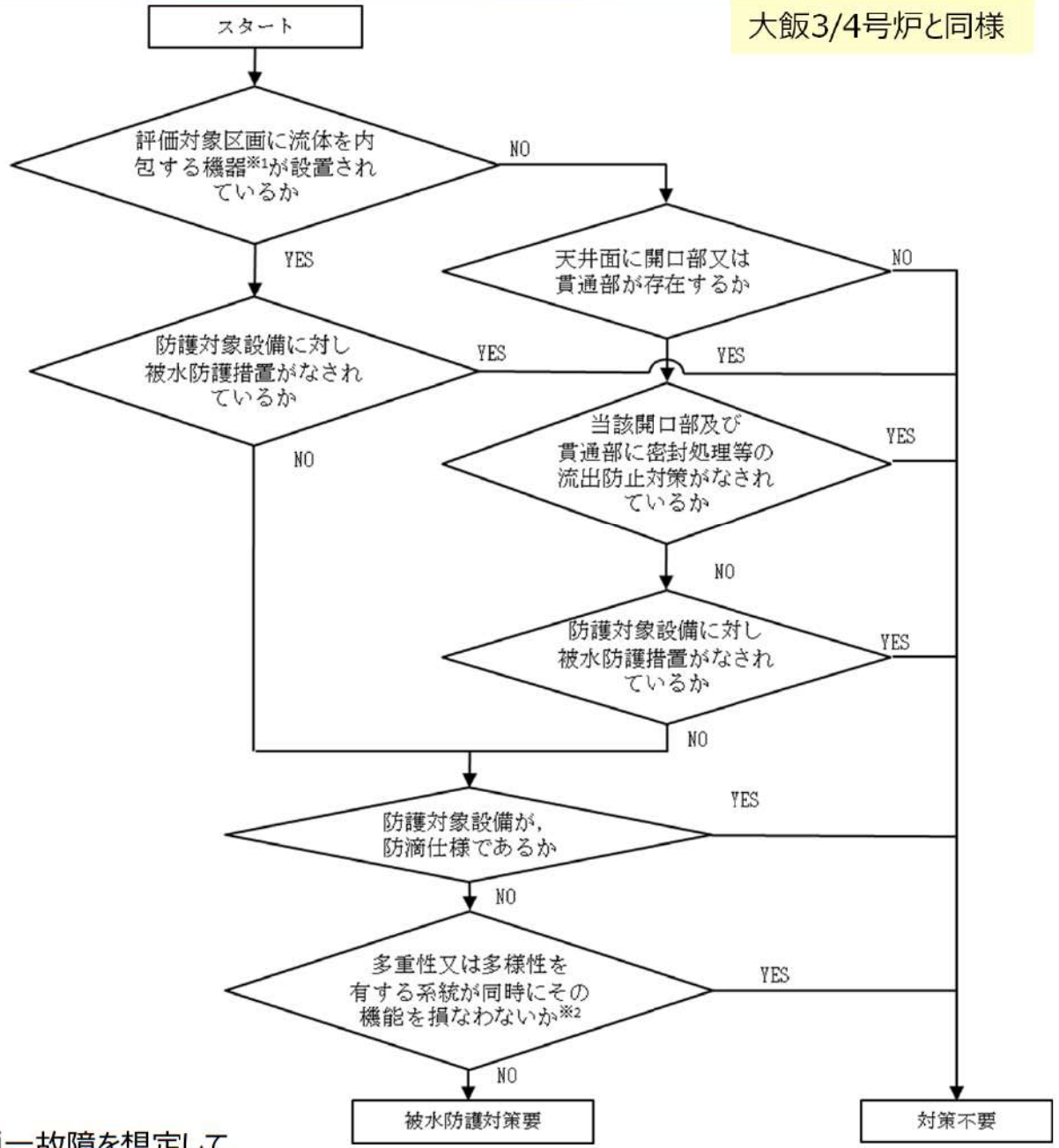
図5-4 止水板設置状況

T.P.10.3m 化学体積制御系統 (充てん/封水注入ライン) の破損箇所より階段室等を経由して伝播

大飯3/4号炉と同様

5.4 想定破損による被水影響評価

- 評価対象区画内の被水源による直接の被水，天井面の開口部又は貫通部からの被水を考慮し，防護対象設備の機能維持の可否を評価



※1 蒸気を内包する場合は蒸気影響の項で評価
 ※2 原子炉外乱が発生する場合には、事故時等の単一故障を想定しても異常状態を収束できるよう必要に応じて対策を実施

図5-5 被水影響評価フロー

5.5 想定破損による被水影響評価結果

- ▶ 被水影響評価を行い，一部必要となる被水防護対策（保護カバーの設置，コーキング処理等）を実施することにより，被水により防護対象設備が機能喪失しないことを確認した。

表5-3 想定破損による被水影響評価結果（例）

防護対象設備	評価対象区画の被水源の有無 ○：無 ×：有	防護対象設備に対し被水防護措置がなされているか ○：有 ×：無	防滴仕様を有しているか ○：有 ×：無	多重性又は多様性を有する系統が同時にその機能を失うか ○：機能喪失しない ×：機能喪失する	対策要否
3 A – 使用済燃料ピット冷却器補機冷却水出口弁	×	○	—	—	—

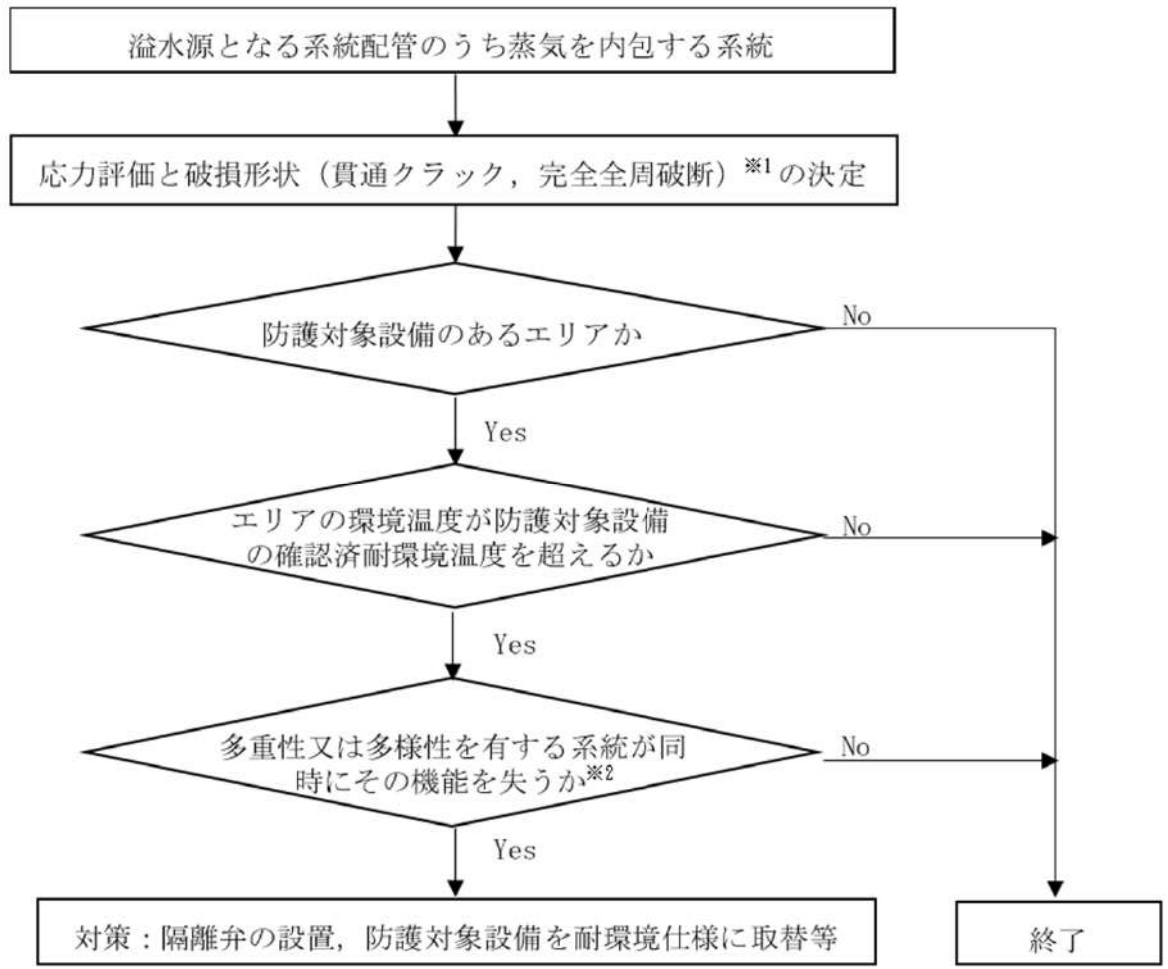


図5-6 被水対策状況

大飯3/4号炉と同様

5.6 想定破損による蒸気影響評価

- 熱流体解析コードを用い、実機を模擬した空調条件や解析区画を設定して解析を実施し、エリアの環境温度を算出
- 防護対象設備の確認済耐環境温度と比較することで、防護対象設備の機能維持の可否を評価



※1 ターミナルエンドは完全全周破断
 ※2 原子炉外乱が発生する場合には、事故時等の単一故障を想定しても異常状態を収束できるよう必要に応じて対策を実施する。

図5-7 蒸気影響評価フロー

大飯3/4号炉と同様

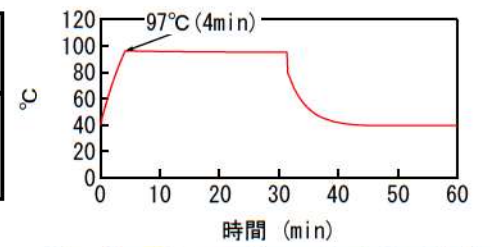
5.7 想定破損による蒸気影響評価結果

- 蒸気影響評価を行い、想定破損の除外を適用すること、蒸気影響緩和対策を実施することにより、蒸気により防護対象設備が機能喪失しないことを確認した。

表5-4 想定破損による蒸気影響評価結果 (例)

対象範囲	防護対象設備	隔離	最大温度	確認済耐环境温度	判定
補助蒸気系統	BA, WD及びLDIバポ補機冷却水戻りライン第1止め弁 他	自動	97℃	120℃	○

环境温度解析結果



検知 (約1分) + 隔離により約4分後に蒸気放出停止し、ピーク温度97℃に到達

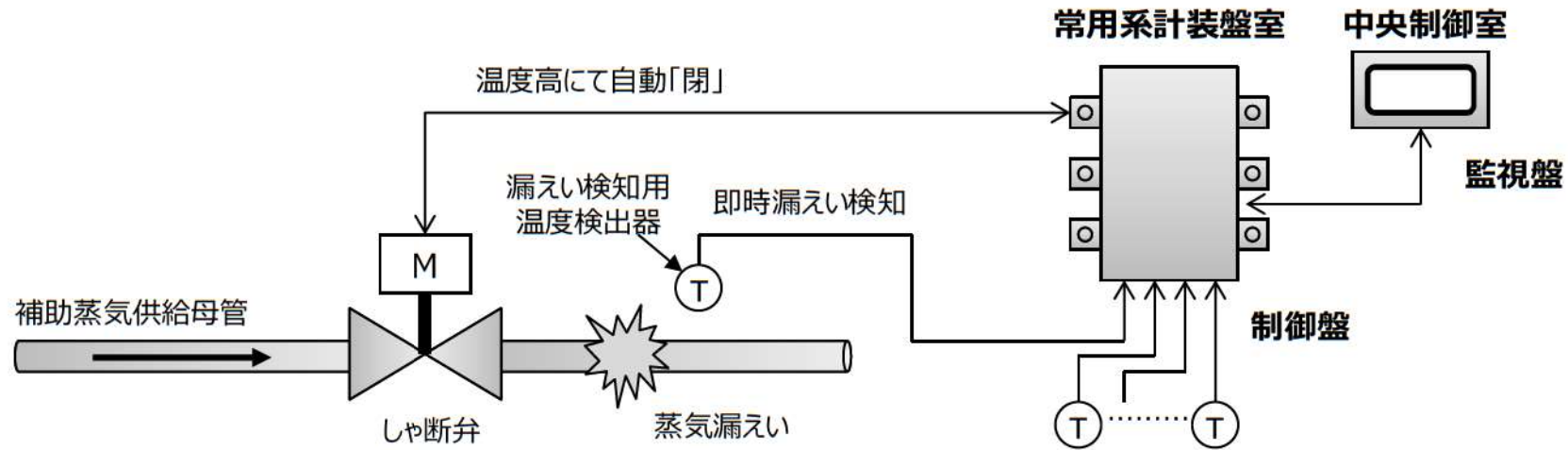


図5-8 蒸気影響緩和対策の概要

女川2号炉，島根2号炉等と同様

6.1 消火水の放水による溢水量の設定

- 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 消火水の放水による没水影響評価

- 消火活動における消火水の放水時間は，評価ガイドに従い原則3時間に設定
- 火災源が小さい一部の区画については，日本電気協会電気技術指針「原子力発電所の火災防護指針（JEAG4607-2010）」に従い，以下の通り放水時間を設定

$$\cdot \text{溢水量（屋内消火栓）} = 150\text{L}/\text{min}^{\ast 1} \times 2\text{箇所} \times \text{放水時間}$$

$$\cdot \text{溢水量（屋外消火栓）} = 390\text{L}/\text{min}^{\ast 1} \times 2\text{箇所} \times \text{放水時間}$$

※1 消防法施行令により消火栓に要求される放水量（屋内消火栓：130L/min以上，屋外消火栓：350L/min以上）に保守性を考慮

- 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した。

6.3 消火水の放水による被水影響評価

- 評価対象区画内の消火水の放水による直接の被水，天井面の開口部又は貫通部からの被水を考慮し，防護対象設備の機能維持の可否を評価し，被水により防護対象設備が機能喪失しないことを確認した（消火水の放水による被水影響評価フローは図5-5と同様）

7.1 地震起因による溢水量の算定

女川2号炉，大飯3/4号炉等と同様

- 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 B, C クラス機器のうち，耐震 S クラス機器と同様に基準地震動による地震力によって耐震評価を実施してバウンダリ機能の確保が確認されたもの，又は補強工事により耐震性を確保するものについては溢水源から除外

7.2 地震起因による没水影響評価

- 地震による設備の破損が複数箇所と同時に発生する可能性を考慮し，隔離による漏えい停止には期待できないものとして，建屋内の各区画において設備が破損した場合の溢水量を算定
- 溢水が発生した区画からの伝播（上階から下階への伝播）を考慮し溢水経路を設定し，溢水経路上の評価対象区画のすべてに対して影響評価に用いる溢水水位の算出
- 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した。

7.3 地震起因による被水影響評価

- 評価対象区画内の地震起因による直接の被水，天井面の開口部又は貫通部からの被水を考慮し，防護対象設備の機能維持の可否を評価し，被水により防護対象設備が機能喪失しないことを確認した（地震起因による被水影響評価フローは図5-5と同様）

7.4 地震起因による蒸気影響評価

- 蒸気流出の可能性のある耐震 B, C クラス機器のうち，蒸気を内包する系統については，基準地震動による地震力に対して耐震評価を実施してバウンダリ機能の確保を確認する，若しくは補強工事を実施することにより耐震性を確保するため破損が発生せず，蒸気影響はない

8.1 使用済燃料ピットのスロッシング評価

大飯3/4号炉と同様

- 基準地震動に対する使用済燃料ピット，燃料取替チャンネル，キャスクピット，燃料検査ピットのスロッシングによる溢水量を推定するため，3次元流動解析を実施
- 使用済燃料ピットの冷却及び遮蔽に必要な水位が確保されていることを確認した。

【追而【地震津波側審査の反映】
破線囲部分】は基準地震動確定後の評価結果を反映

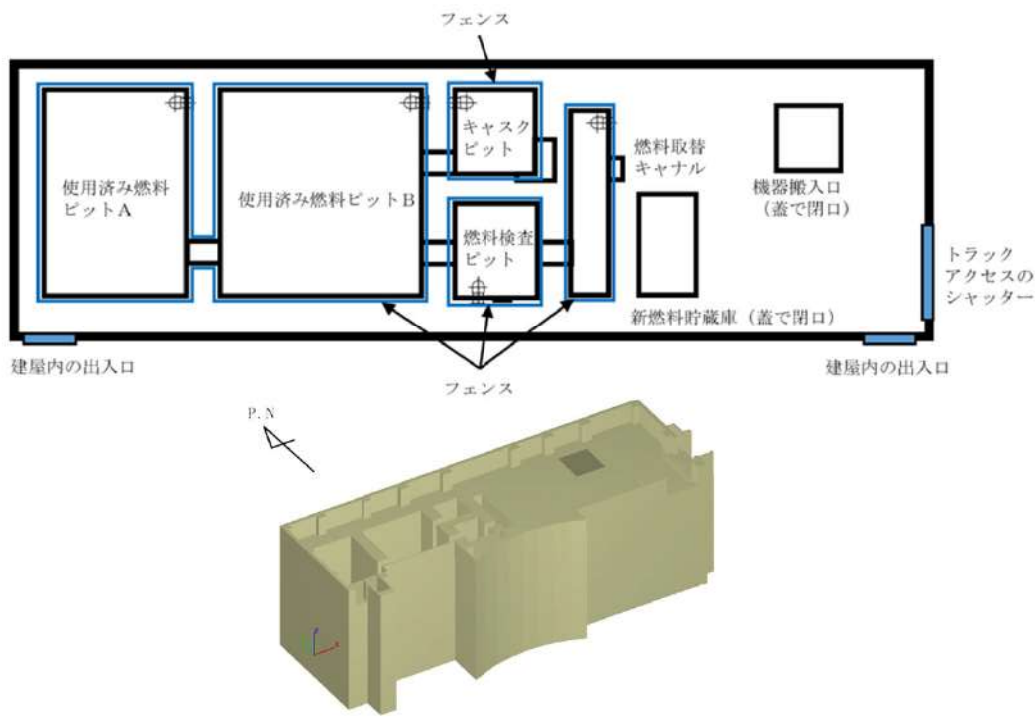


図8-1 使用済燃料ピット周辺の機器配置図及び解析モデル図

表8-1 使用済燃料ピット等のスロッシングによる溢水量※1

評価ケース	解析結果	評価に用いる溢水量
Ss3-2	EW+NS+UD方向	31.30 m ³
		35 m ³

表8-2 スロッシング発生後の使用済燃料ピット水位及び必要水位

	水位 T.P. [m]
初期ピット水位 (使用済燃料ピット低水位警報レベル)	32.58
スロッシング発生後のピット水位 (溢水量を使用済燃料ピット面積で除すことと算出)	32.36
ピット冷却に必要な水位 (保安規定で定められた水温65℃の維持に必要な水位)	31.62
遮蔽に必要な水位 (遮蔽機能(水面の設計基準線量率 ≤ 0.01mSv/h)に必要な水位)	29.74

※1 現時点で確定している基準地震動のうち，スロッシングによる溢水量が最大となるSs3-2による評価結果。今後新たに策定される基準地震動についても評価を実施するが，溢水量はこれを上回ることはない見込みであり，上回る場合でも防護方針に変更は無い。

女川2号炉と同様

9.1 防護対象設備を内包する建屋外からの流入防止

➤ 防護対象設備が設置される建屋外で発生を想定する溢水が、防護対象設備が設置される建屋内へ流入することを防止する設計とする。

● 防護対象設備が設置される建屋外の溢水源

- ・ タービン建屋
- ・ 電気建屋
- ・ 出入管理建屋
- ・ 屋外タンクからの溢水
- ・ 地下水

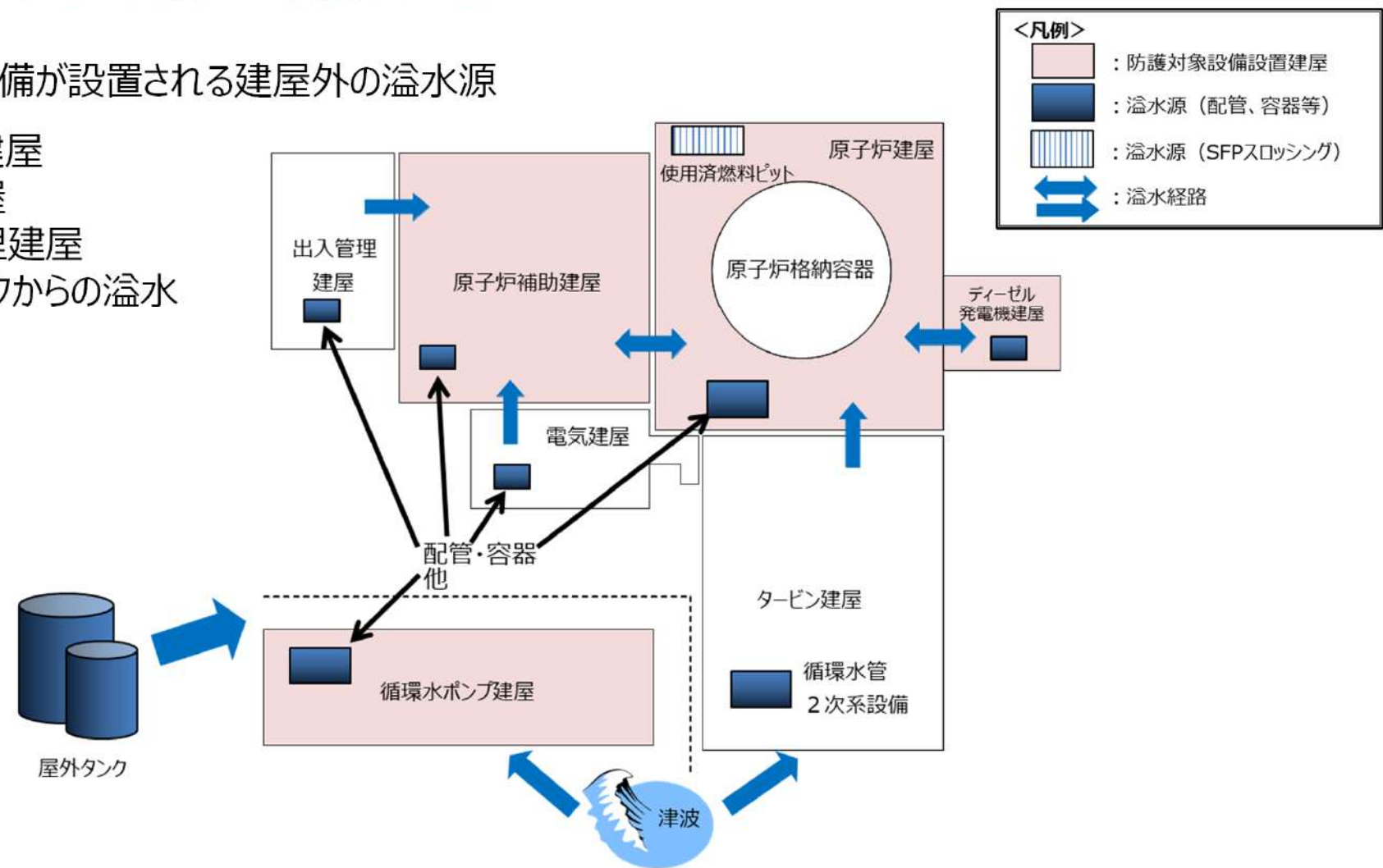


図9-1 溢水源全体配置図

9.2 タービン建屋からの溢水影響評価

大飯3/4号炉と同様

追而【地震津波側審査の反映】
破線囲部分、は基準津波確定後の
評価結果を反映

- 地震起因による溢水評価では、タービン建屋における事象進展を以下のとおり想定
 - (1) 地震により循環水管の伸縮継手部及び耐震Cクラス機器が破損し溢水が発生
 - (2) 耐震Cクラス機器の破損による溢水は瞬時に滞留し、循環水管の伸縮継手部からの溢水は循環水ポンプ停止まで継続
 - (3) 地震に伴い、津波が来襲することを考慮

表9-1 タービン建屋における溢水量

溢水源	溢水量 (m ³)
耐震Cクラス機器の破損に伴う溢水量	12,620
循環水管伸縮継手からの溢水量※1	28,370
津波の流入量※2, 3	11,870
合計※3	52,860

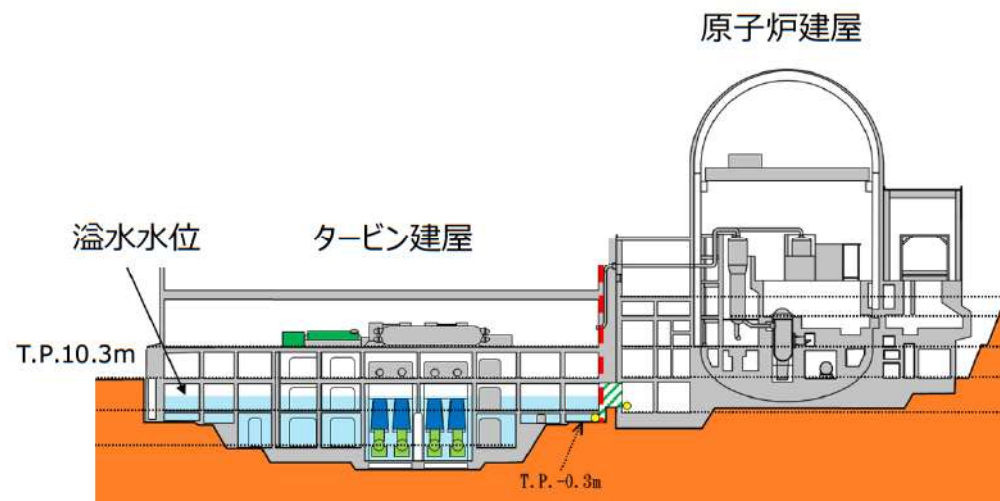


図9-2 タービン建屋断面図

表9-2 タービン建屋における溢水影響
評価結果

没水水位※3
T.P. 8.3m

- ※1 循環水ポンプ停止までの溢水量
- ※2 暫定の入力津波によるサージ解析結果をもとに保守性を考慮して算定
- ※3 基準津波確定後に津波流入量を評価し、最終的な溢水量が増加した場合においても、防護方針に変更は無い

- 防護対象設備が設置される原子炉建屋との境界に対して、溢水防護措置（ドレンライン逆止弁、貫通部止水処置等）を講ずることで、タービン建屋からの溢水による影響がないことを確認した。

9.3 屋外タンクからの溢水影響評価

- 屋外タンクの破損により生じる溢水影響について、過渡的な溢水水位も含めて影響を確認
 - 評価条件
 - ・ 容量が1,000m³以上の大型タンクについては、タンクと接続されているすべての配管について完全全周破断を想定（破断位置はタンク付け根部を想定）
 - ・ タンクからの流出については、タンク水頭に依りて流出流量が低下するものとして評価を実施
 - ・ 容量が1,000m³未満のタンクについては、タンク全周が瞬時に消失する液柱崩壊を想定
 - ・ 屋外排水設備からの排出や地盤への浸透は考慮しない

女川2号炉と同様

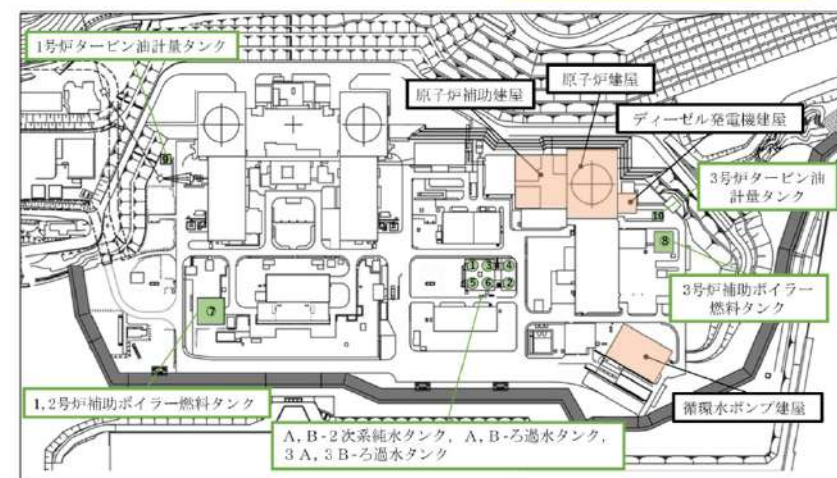


図9-2 屋外タンクの配置図



図9-3 溢水伝播挙動 (10分後)

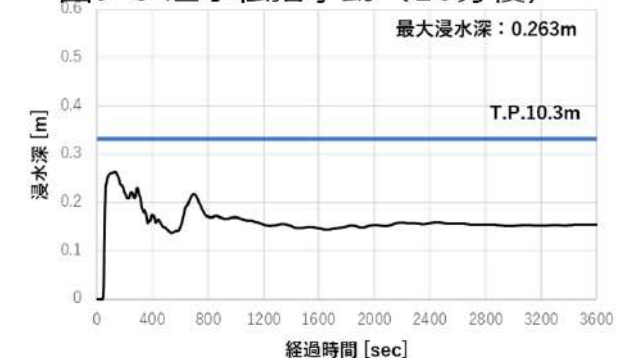


図9-4 浸水深 (原子炉建屋)

表9-3 屋外タンクによる溢水影響評価結果

建屋	建屋開口高さ (m) ※1	溢水量 (m ³)	最大浸水深※2 (m)	評価
原子炉建屋 (タービン建屋入口) ※3	0.30	10,530	0.263	○
ディーゼル発電機建屋	0.30		0.163	
原子炉補助建屋 (出入管理建屋入口) ※3	0.30		0.188	
循環水ポンプ建屋	0.30		0.160	

※1 建屋入口高さから敷地レベルT.P.10.0mを引いた値
 ※2 水位測定箇所レベル (道路標高) T.P.9.97mからの浸水深
 ※3 原子炉建屋及び原子炉補助建屋にはT.P.10.0m盤に直接通じる開口が無いことから、それぞれ隣接するタービン建屋及び出入管理建屋の入口を評価地点とした。

女川2号炉と同様

10.1 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は、建屋の最地下階に貯留されるため、貯留される地下階の範囲及び溢水の伝播経路となる範囲について、前章までの溢水影響評価結果を基に、溢水防護措置（止水板の設置、配管等の貫通部への止水処置等）を講ずることにより、機器の破損等により生じた放射性物質を含んだ液体が、管理区域外に伝播しないことを確認した。

表10-1 放射性物質を含んだ液体の溢水伝播に対して、止水を期待する設備

設置建屋	フロア	対象	種別	区分	箇所数
原子炉建屋	4FL T.P.33.1m	33.1m（区画境界②）堰	堰	既設	1
	4FL T.P.33.1m	33.1m（区画境界③）堰	堰	既設	1
	4FL T.P.33.1m	33.1m（区画境界④）堰	堰	既設	1
原子炉補助建屋	B1FL T.P.2.8m	止水板2.8-A	止水板	新設	1
	1FL T.P.10.3m	管理区域出入口堰	堰	既設	1
	4FL T.P.33.1m	33.5m（区画境界）堰	堰	既設	1

【参考】

前回ご説明範囲

➤ 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。

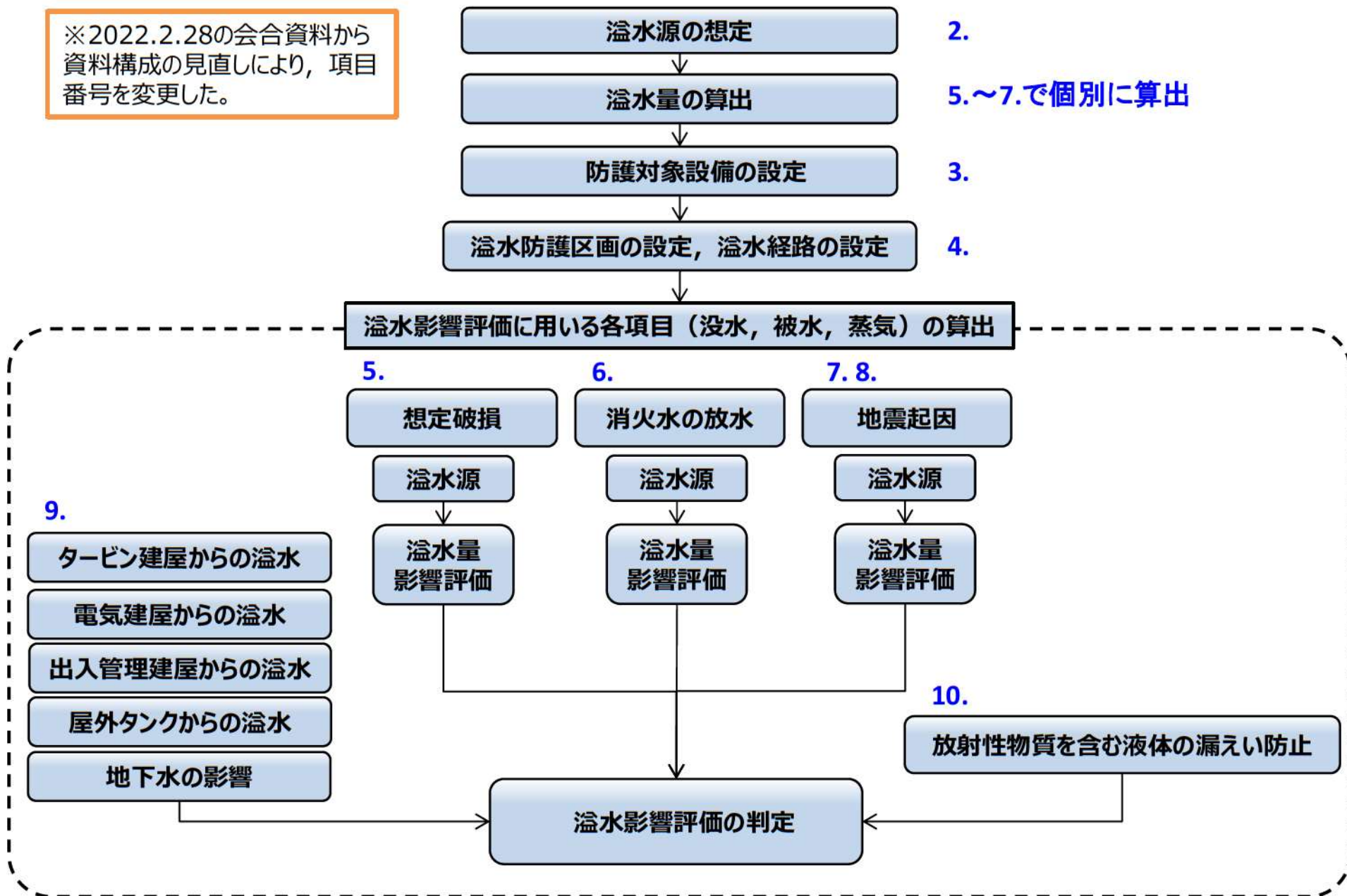
➤ 追加要求事項②に対する基本方針

- 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。

※2022.2.28の会合資料から資料構成の見直しにより、項目番号を変更した。



- 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

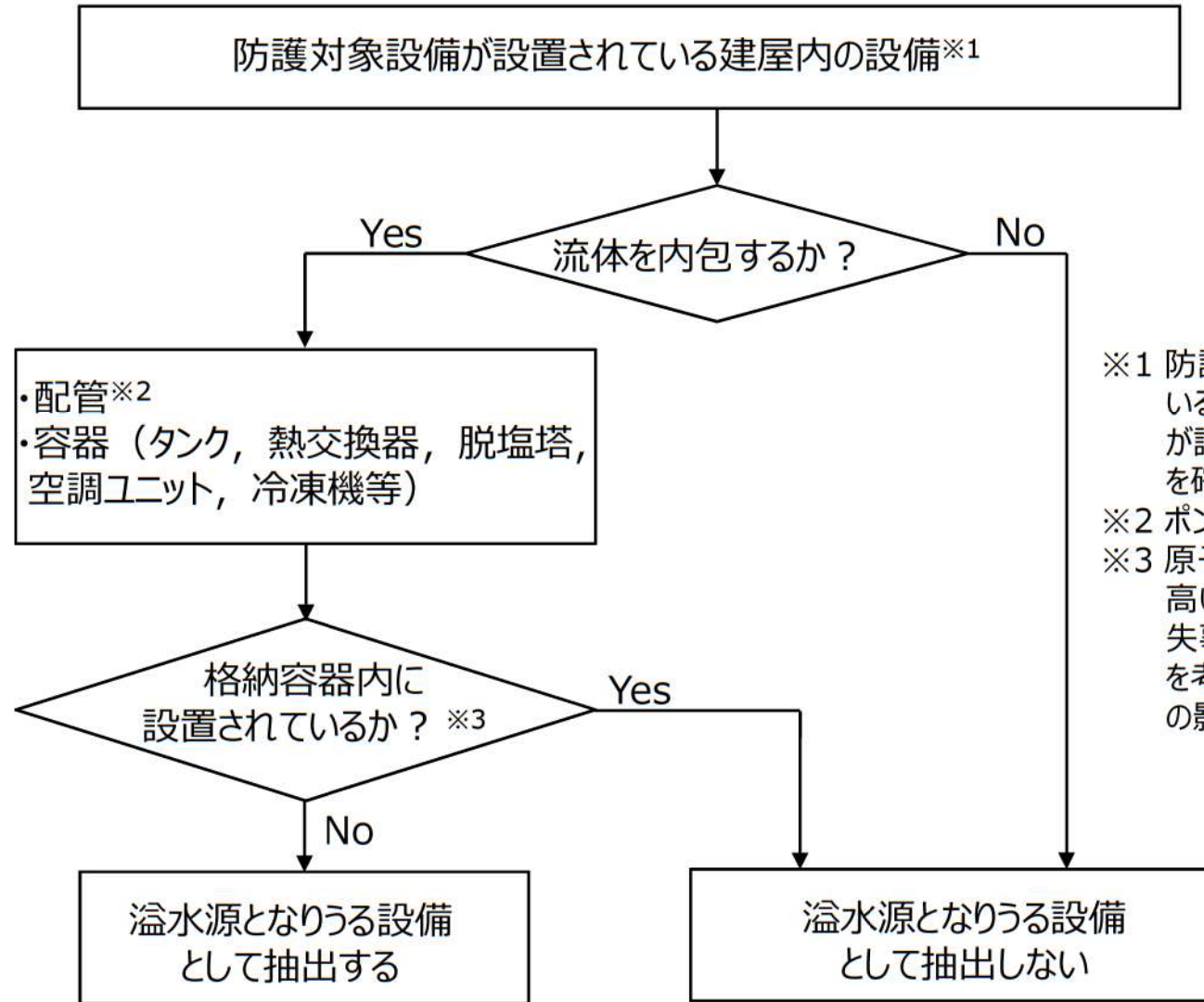
	想定破損	消火水の放水	地震起因の破損
没水	耐震 Sクラスを含む配管※1	消火栓からの放水	・基準地震動に対して耐震性が確保されていない系統 ・使用済燃料ピット等のスロッシング
被水			
蒸気	耐震 Sクラスを含む高エネルギー配管※2, 3	—	・基準地震動に対して耐震性が確保されていない高エネルギー配管※2, 3

※1 流体を内包する系統配管

※2 呼び径25A(1B)を超える配管であって、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
 但し、蒸気の影響については配管径に関係なく評価する

※3 蒸気評価の対象となる溢水源の考え方は没水・被水評価と同じであるが、蒸気を内包する配管として高エネルギー配管を対象とする

➤ 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。

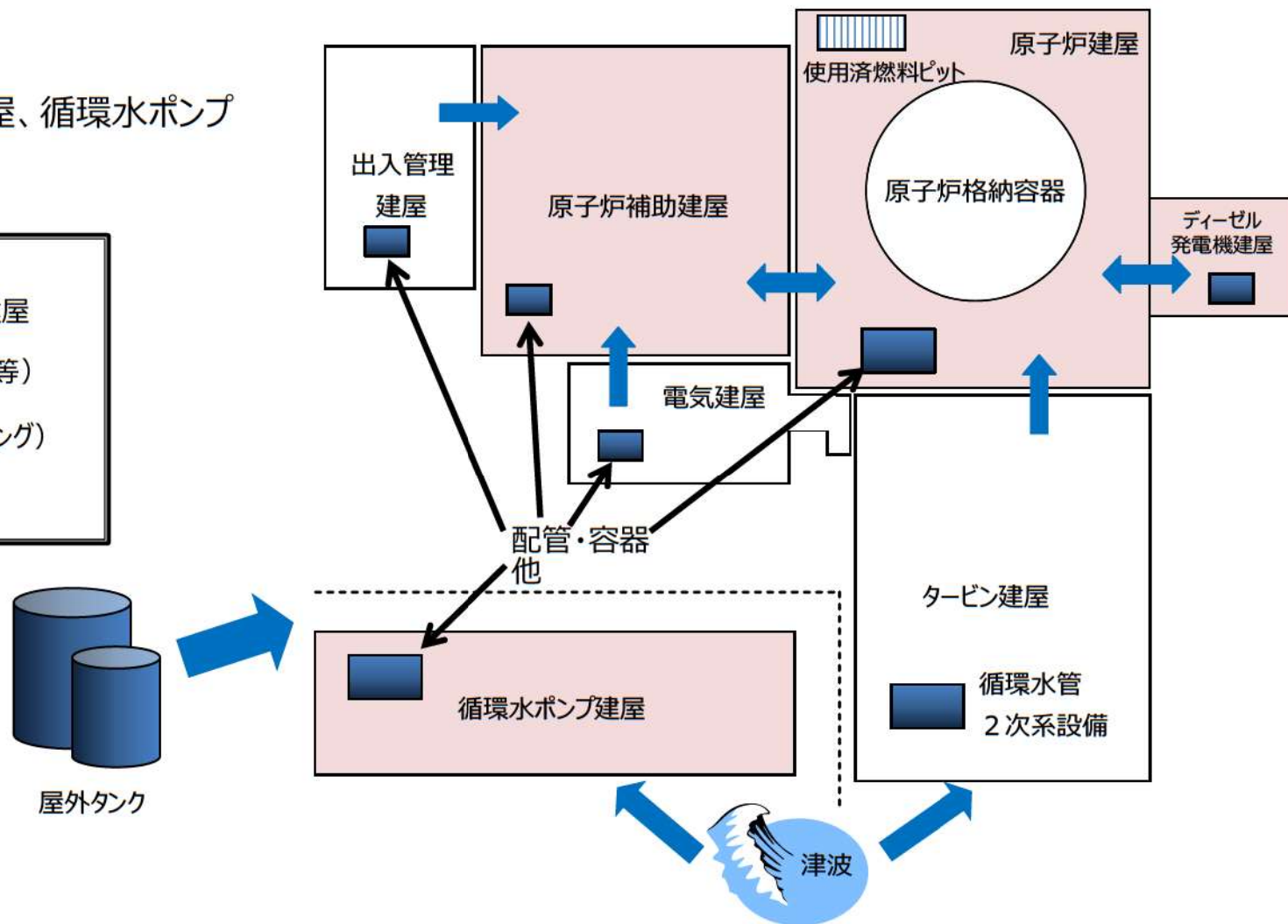
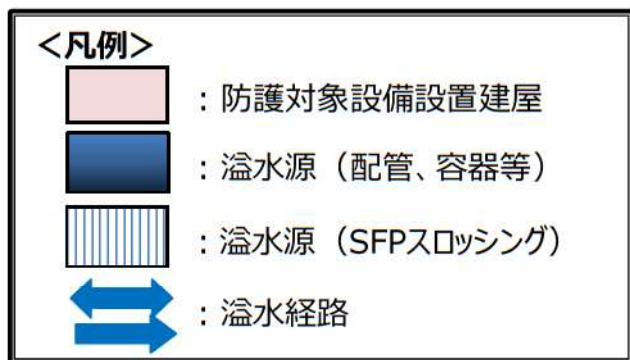
※2 ポンプ等は溢水源として配管に含める。

※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】

- 泊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、原子炉補機冷却海水ポンプの評価は建屋内の評価に含まれる。（原子炉補機冷却海水ポンプ室に対する評価の基本方針は先行PWRと同様）

- 設置許可基準規則第九条（溢水による損傷の防止等）の要求事項に基づき、防護対象設備を選定
 - 溢水防護上必要な機能を有する構築物，系統及び機器については，以下の①～③に該当するものを「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類指針」（以下「重要度分類審査指針」という。）に示されている「クラス1及び2に属する構築物，系統及び機器」、「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」より抽出する。
 - ①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に必要な構築物，系統及び機器
 - ②原子炉が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に必要な構築物，系統及び機器
 - ③使用済燃料ピットの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な構築物，系統及び機器
 - 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

- 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

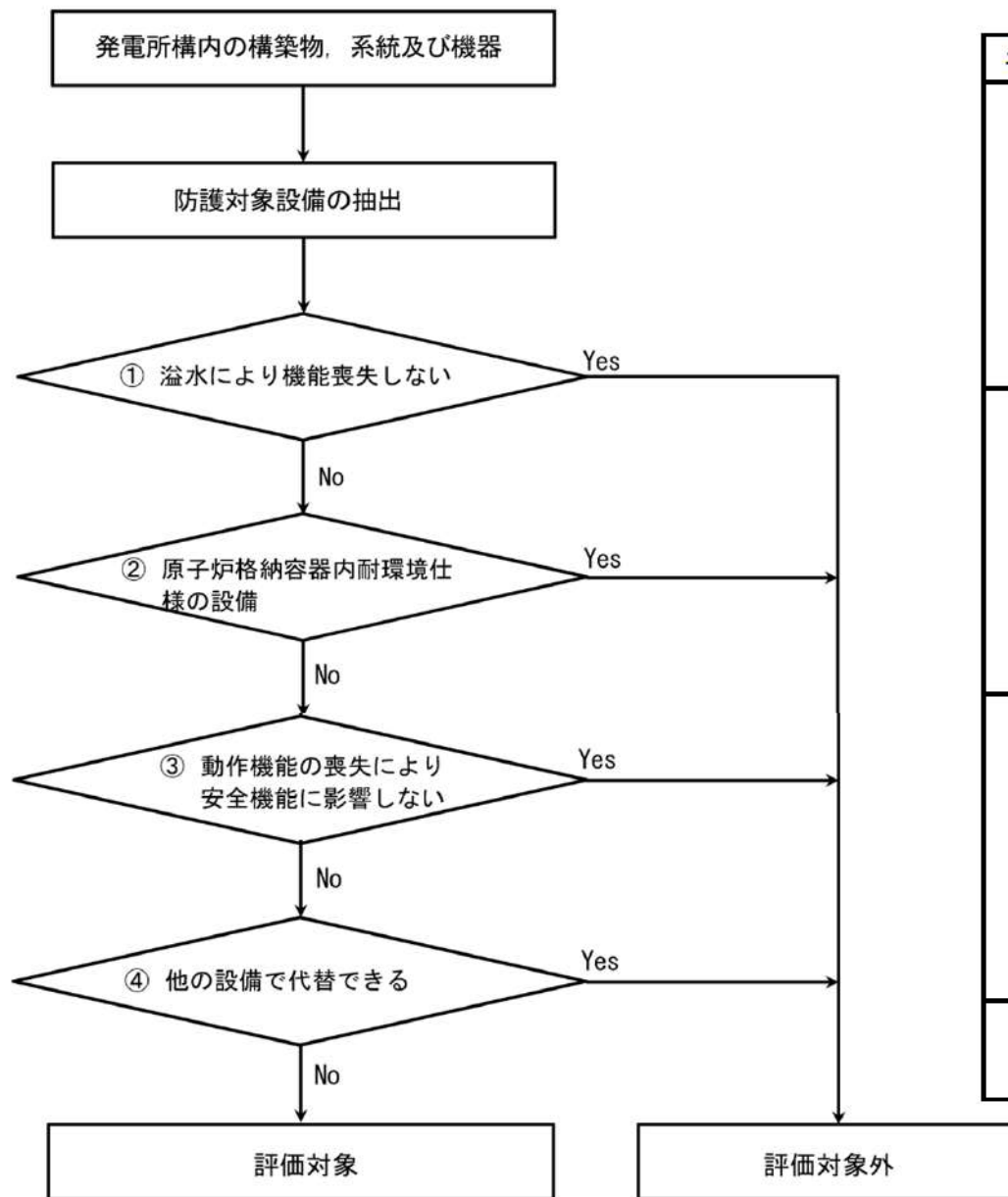


表3-1 溢水影響評価の対象外とする理由

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