

泊発電所3号機 内部溢水影響評価について (その2)

平成25年12月24日
北海道電力株式会社

目次

1. 評価の概要	p3	9. 想定破損により生じる溢水影響評価	p48
2. 溢水影響評価の流れ	p4	9-1 想定破損により生じる没水影響評価	P49~54
3. 溢水源の抽出	p5	9-2 想定破損により生じる蒸気影響評価	p55~60
3-1 考慮すべき溢水源	p6	9-3 蒸気影響緩和対策	p61
3-2 地震に起因する溢水源	p7~16	10. 被水影響評価	p62
3-3 消火活動に伴う放水による溢水源	p17	10-1 被水影響評価結果	p63~65
3-4 想定破損により生じる溢水源	p18~27	10-2 被水防護対策	p66
4. 防護対象設備の選定	p28		
5. 溢水防護区画の設定	p29		
6. 溢水経路の設定	p30		
7. 地震に起因する溢水影響評価	p31		
7-1 地震に起因する没水影響評価結果	p32~38		
7-2 地震に起因する溢水量低減対策	p39		
7-3 湧水による溢水量低減対策と溢水影響評価	p40~41		
8. 消火活動に伴う放水による溢水影響評価	p42		
8-1 消火水による没水影響評価結果	p43~44		
8-2 消火水による没水防護対策	p45~47		

前回(11月26日)説明済

今回ご説明範囲

1. 評価の概要

■泊発電所3号機の溢水影響評価

泊発電所3号機の溢水影響評価については、「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」(以下「ガイド」という。)に従って、発電用原子炉施設内に設置された機器の破損、消火活動に伴う消火水の放水、地震に起因する機器の破損(使用済燃料ピットのスロッシングを含む)により発生する溢水に対して、原子炉施設の安全性を損わないよう、適切な防護措置が講じられていることを確認する。

■溢水防護の基本方針

泊発電所3号機の原子炉施設内における溢水による機器の損傷を防止するために、以下を基本方針とし、必要に応じて水密扉・止水板の設置、機器の耐震補強、被水対策等、適切な防護措置を講じることで、原子炉施設の安全性を損わないことを確認する。

- ▶地震に起因する機器の破損等により生じる溢水(使用済燃料ピットのスロッシングを含む)に関して、耐震B,Cクラス機器・配管のうち基準地震動Ssによる耐震性が確保できない機器を溢水源とし、これらの機器から発生する溢水によって原子炉施設の安全性を損わないことを確認する。
- ▶消火活動によって発生する消火水の放水により生じる溢水に対して、その溢水によって原子炉施設の安全性を損わないことを確認する。
- ▶想定する機器の破損等(想定破損)により生じる溢水に対して、その溢水によって原子炉施設の安全性を損わないことを確認する。

上記、溢水防護の基本方針に基づき、ガイドに従った溢水影響評価の流れを「2. 溢水影響評価の流れ(溢水影響評価フロー)」に記載する。

前回(11月26日)説明済

2. 溢水影響評価の流れ

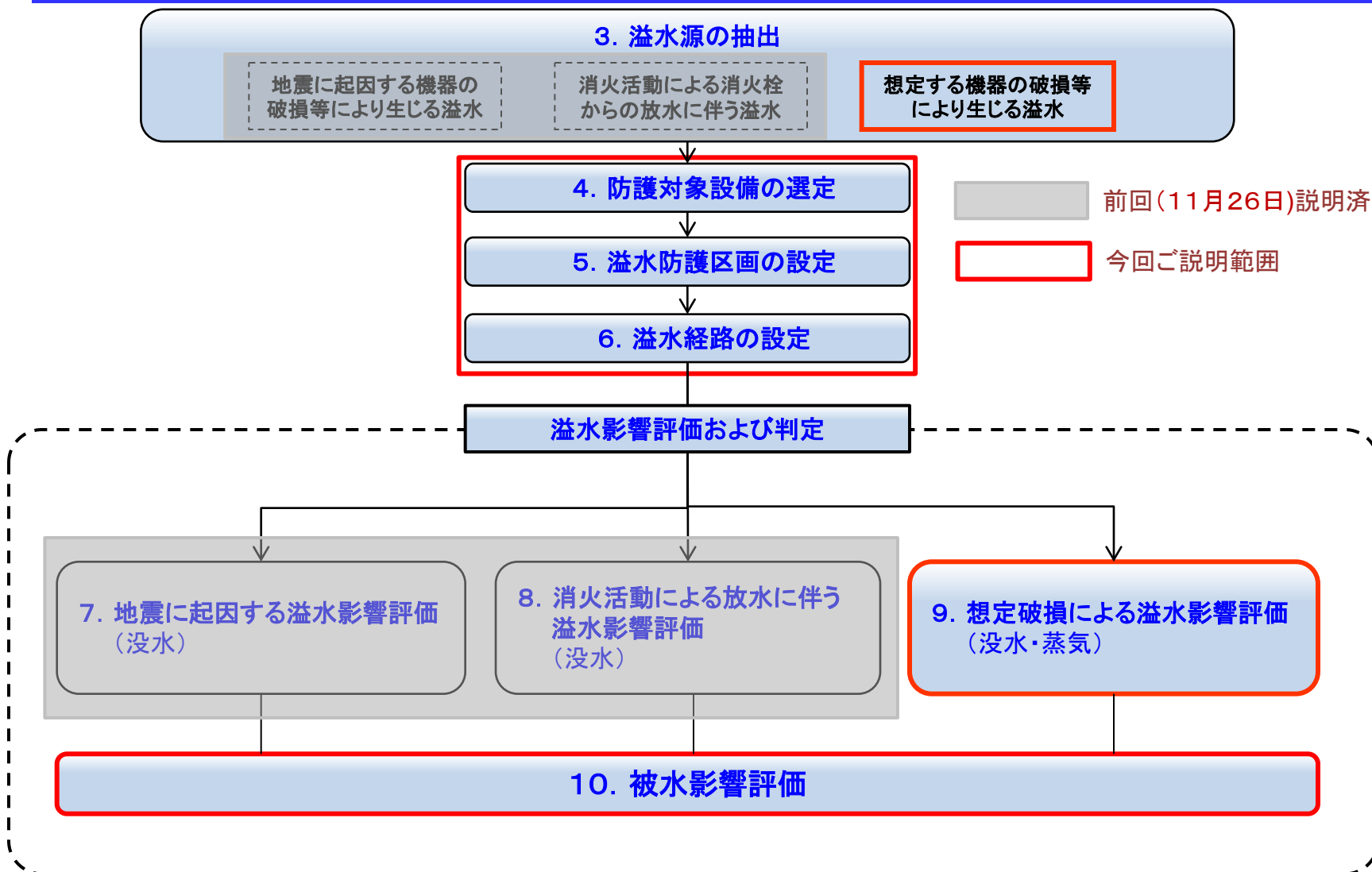


図 溢水影響評価フロー

3. 溢水源の抽出

■「3. 溢水源の抽出」の説明内容について

- 3-1 考慮すべき溢水源
- 3-2 地震に起因する溢水源
- 3-3 消火活動に伴う放水による溢水源
- 3-4 想定破損により生じる溢水源

■上記3. で抽出された溢水源による溢水影響評価および判定については、以下の項で説明する。

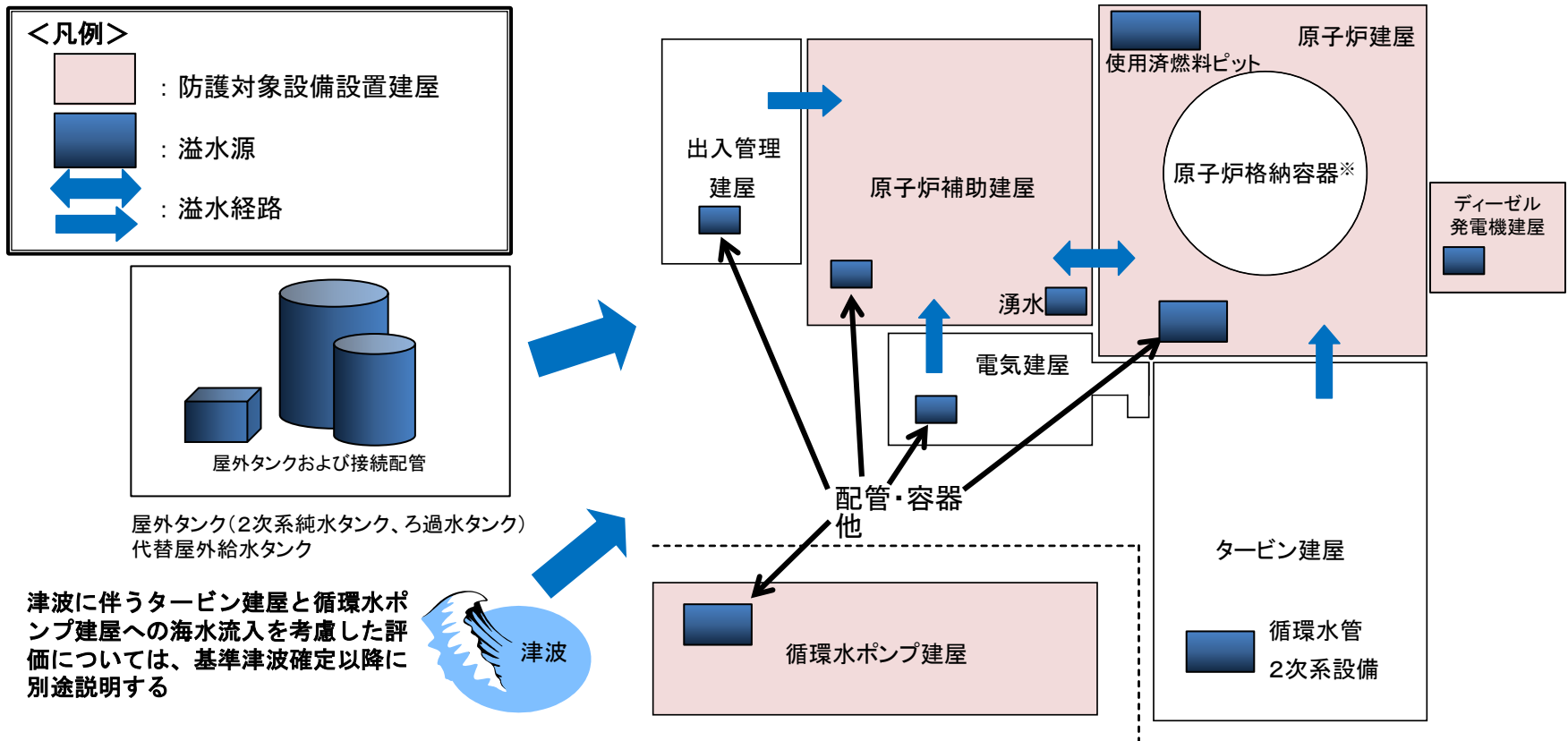
- 7. 地震に起因する溢水影響評価
- 8. 消火活動に伴う放水による溢水影響評価
- 9. 想定破損により生じる溢水影響評価
- 10. 被水影響評価

3-1 考慮すべき溢水源

■防護対象設備が設置されている建屋・エリアに対する溢水源

- 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
- 溢水源：配管(屋外タンクおよび代替屋外給水タンクに接続される配管を含む)・容器の破損、消火栓からの放出による溢水、使用済燃料ピットのスロッシング、湧水、津波

※ 原子炉格納容器内に設置されている防護対象設備は、耐環境性を有していること、およびLOCAによる漏えい水も含めた水が全量原子炉格納容器内に溜まって、防護対象設備が没水しないことから機能喪失しないことを確認済みである。よって、原子炉格納容器は防護対象設備設置建屋の対象外とする。



3-2 地震に起因する溢水源(1/10)

- 「3-2 地震に起因する溢水源」の説明内容について
 - 耐震評価の基本方針
 - 耐震評価対象機器の抽出
 - 耐震B, Cクラス設備の耐震評価
 - 定ピッチスパン法を用いた具体的な評価
 - 建屋間相対変位の影響評価
 - 使用済燃料ピットのスロッシング評価
 - 地震に起因して生じる防護対象設備設置建屋内の溢水

3-2 地震に起因する溢水源(2/10)

■耐震評価の基本方針

➤ 耐震評価の対象設備

- 溢水量の低減を目的に、防護対象設備の設置された原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、循環水ポンプ建屋の耐震B、Cクラス配管および単体で10m³以上の容器等について、基準地震動S_sに対する耐震性を確認する。
- 屋外タンクについても耐震評価を行った上で、破損する位置を適切に設定する。

➤ 溢水量の低減

- 耐震評価を実施し、耐震性を確認出来ない機器については耐震補強を実施し、基準地震動S_sに対する耐震性を確保する。

➤ 溢水伝播の防止

- 低耐震建屋(タービン建屋、出入管理建屋、電気建屋)で溢水源となる機器に対しては、原則として耐震評価を行わず、隣接する耐震性のある原子炉建屋、原子炉補助建屋側に水密扉や隔離弁を設置し、地震時の低耐震建屋からの溢水伝播を防止する。

3-2 地震に起因する溢水源(3/10)

■耐震評価対象機器の抽出

➤ 発電所内に設置される溢水源となりうる機器から耐震評価対象となる機器の抽出フローを以下に示す。

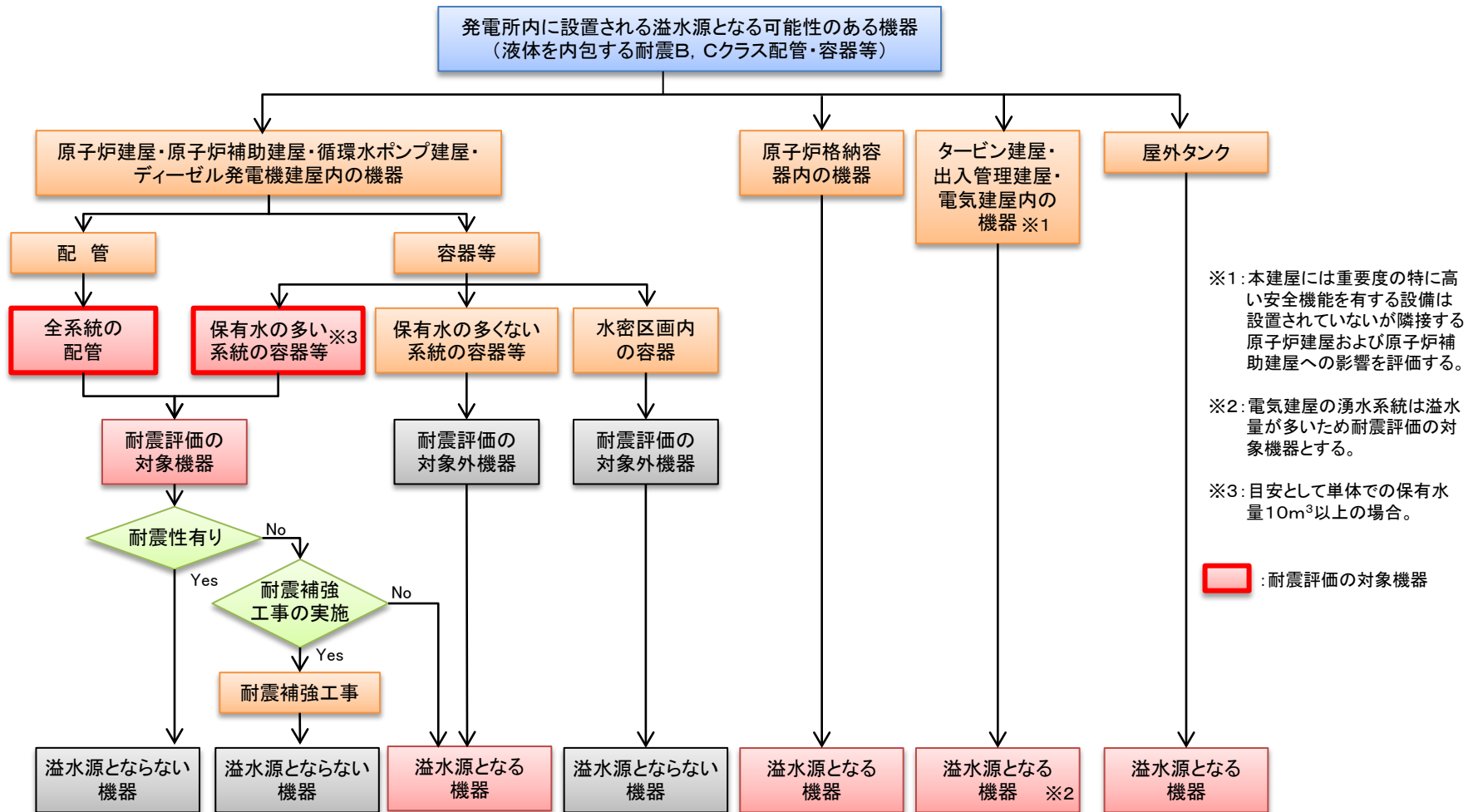
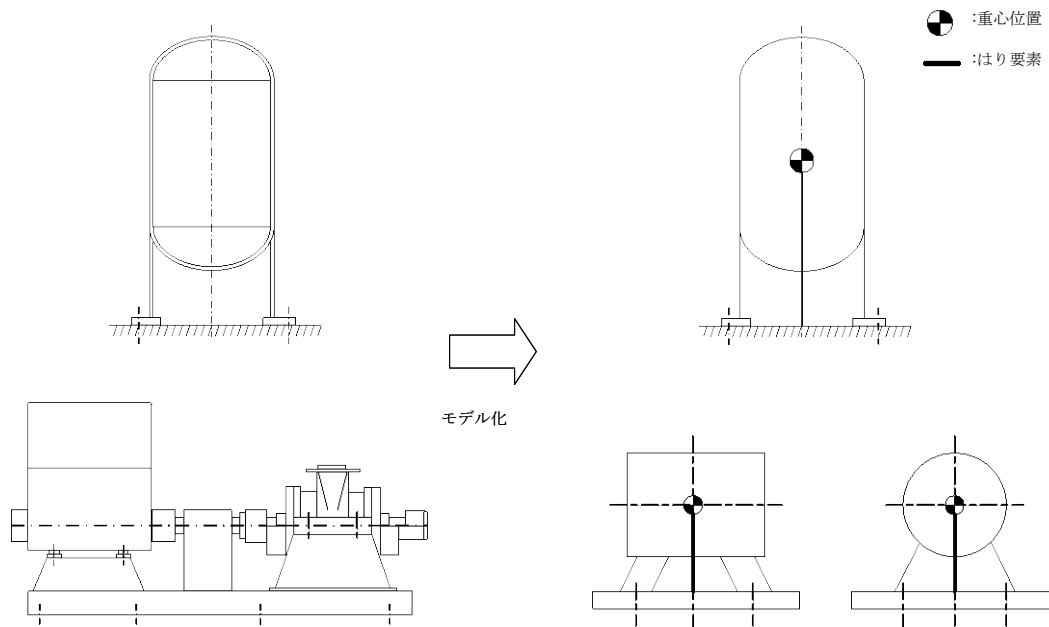


図 耐震評価対象機器の抽出

3-2 地震に起因する溢水源(4/10)

■耐震B, Cクラス設備の耐震評価(1/2)

- 基準地震動 S_s による耐震評価(構造強度評価)を実施し、地震時に漏水が発生しないことを確認する。
- 評価手法等は、原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601等の規格基準または必要に応じ試験等で妥当性が確認されたものを用いる。



地震応答解析モデル(容器・ポンプの例)

表 解析条件

B, Cクラス容器等 (溢水波及影響評価)	
手法	JEAG等に基づく 構造強度評価
地震波	基準地震動 S_s
床応答曲線 (FRS)	±10%拡幅
応力の組合せ	絶対値和または二乗和平方根
減衰定数	水平: 1.0%、鉛直: 1.0%
許容応力状態	IV_{AS}
評価項目	JEAG等に基づくSクラス 容器等の評価項目 (例)胴本体、支持部、基礎ボルト

3-2 地震に起因する溢水源(5/10)

■耐震B, Cクラス設備の耐震評価(2/2)

➤ 耐震B, Cクラス設備の耐震評価フローを以下に示す。

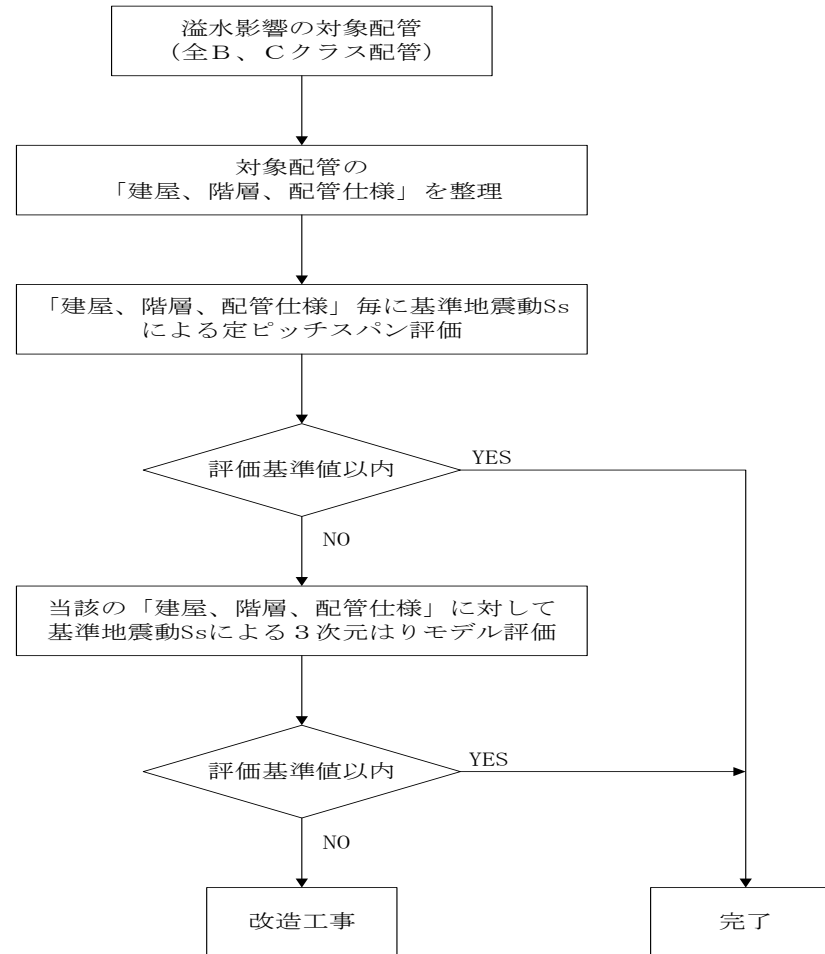


図 耐震B, Cクラス設備の耐震評価フロー

3-2 地震に起因する溢水源(6/10)

■定ピッチスパン法を用いた具体的な評価

- 基準地震動 S_s を活用して標準支持間隔表を作成し、耐震B, Cクラス配管の実支持間隔と比較することで健全性を確認する。

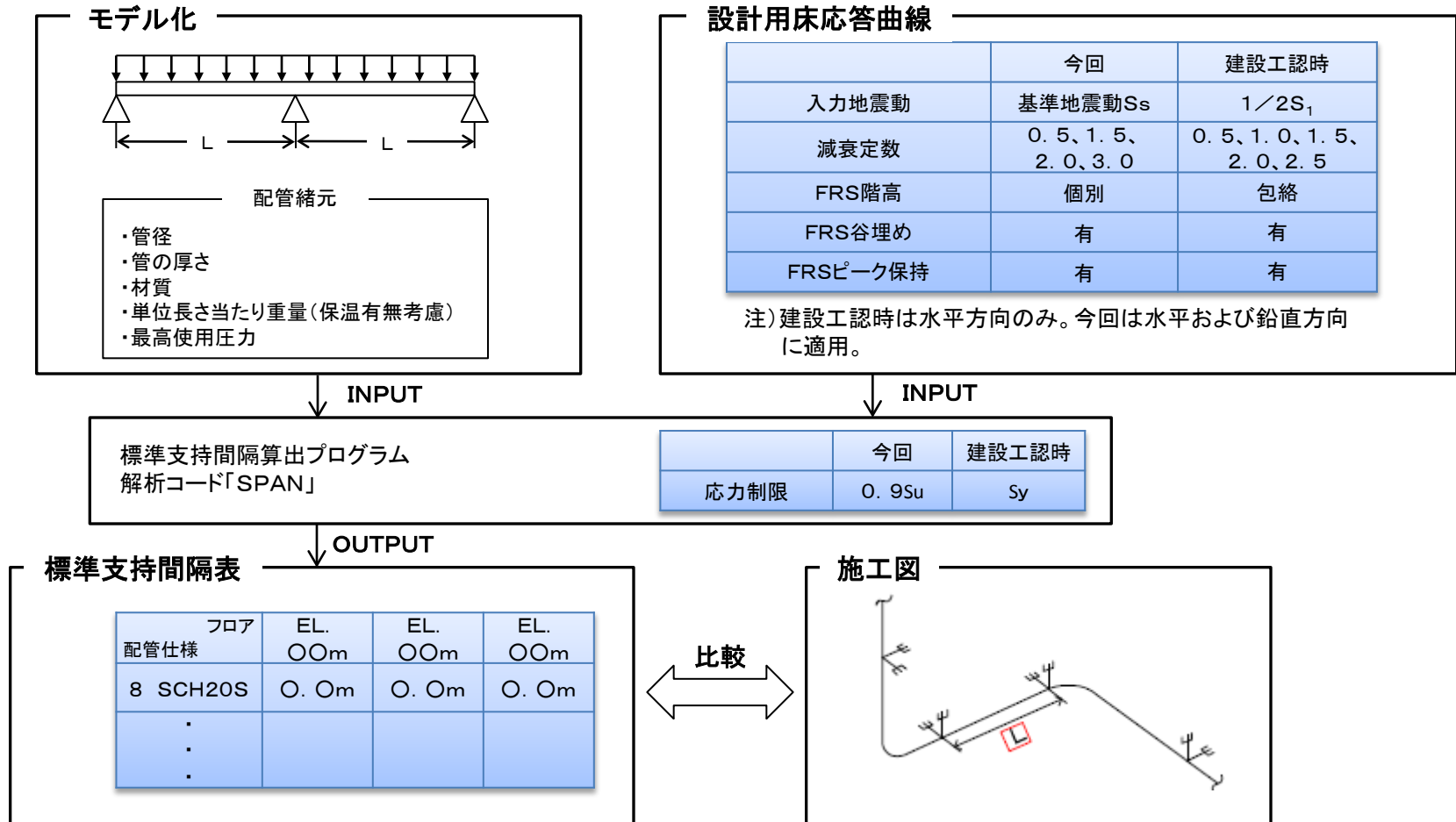


図 定ピッチスパン法を用いた具体的な評価手順

3-2 地震に起因する溢水源(7/10)

■ 建屋間相対変位の影響評価

▶ 地震に起因する建屋相対変位の影響を評価するために、下記のフローで一次+二次応力評価を行う。

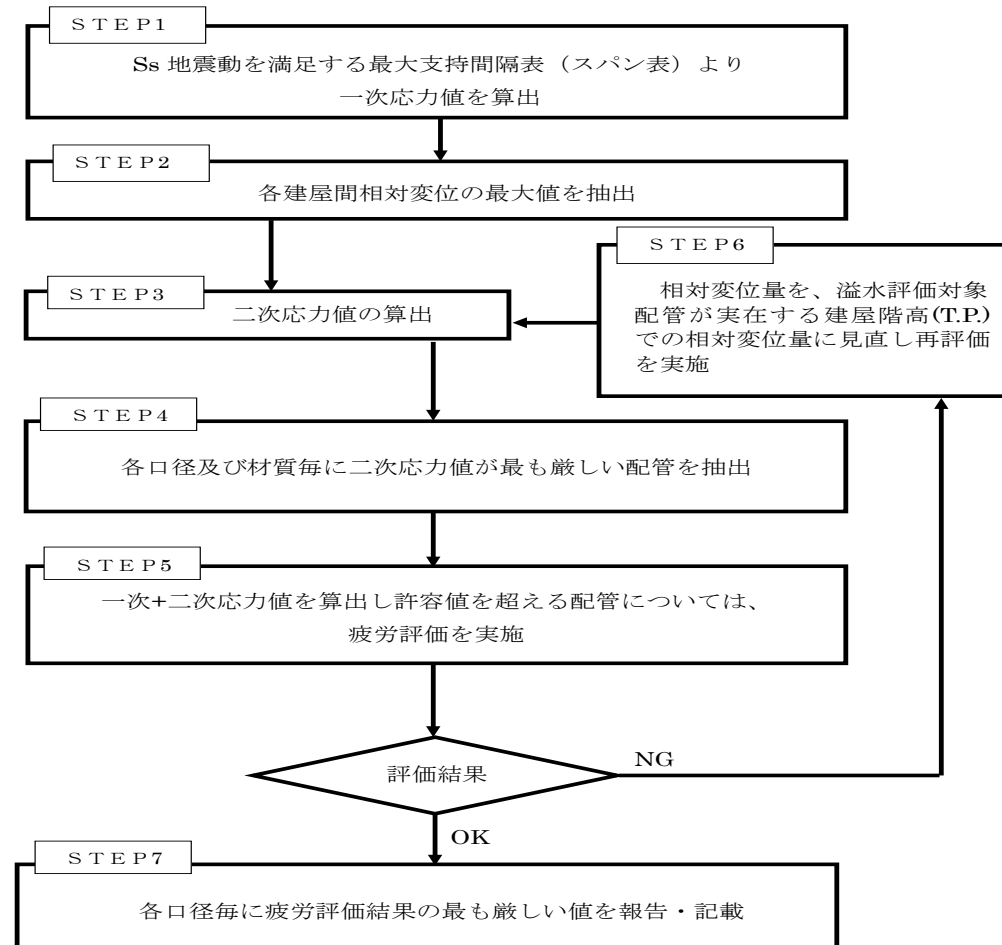


図 建屋間相対変位の影響評価フロー

3-2 地震に起因する溢水源(8/10)

■使用済燃料ピットのスロッシング評価(1/2)

▶ 基準地震動Ssによる溢水量の推定

- 燃料取扱棟の使用済燃料ピットのあるフロアレベルをモデル化範囲とし、スロッシングによる溢水量を保守的に評価する。
- 使用済燃料ピット、燃料取替チャンネル、キャスクピット、燃料検査ピットの全てが水張りされた状態として3次元流動解析により溢水量を算定する。
- 燃料取扱棟(T. P. 33. 1m)の使用済燃料ピット周辺の概要を図に示す。

モデル化範囲	使用済燃料ピットのあるフロアレベル全体
境界条件	シャッター位置の出入口からは水が流出するものとする。 また、建屋上部は開放とし、他は壁からの跳ね返りを考慮する。
水位	T. P. 32. 73m (溢水を多めに算出するため高水位警報レベルを初期条件とする。)
評価用地震波	燃料取扱棟 T. P. 33. 1mにおける地震波を使用
解析コード	FLOW-3D(流体解析ソフトウェア):3次元流動現象を精度良く計算することを特徴としている。一般産業施設の主要な解析実績としては、液体燃料やLNGタンクのスロッシング解析、インクジェット解析、鑄造湯流れ凝固解析など
その他	使用済燃料ラックは考慮せず、ピット内の水が全て揺動するとした。また、ピット周りに設置されているフェンスは考慮しない。

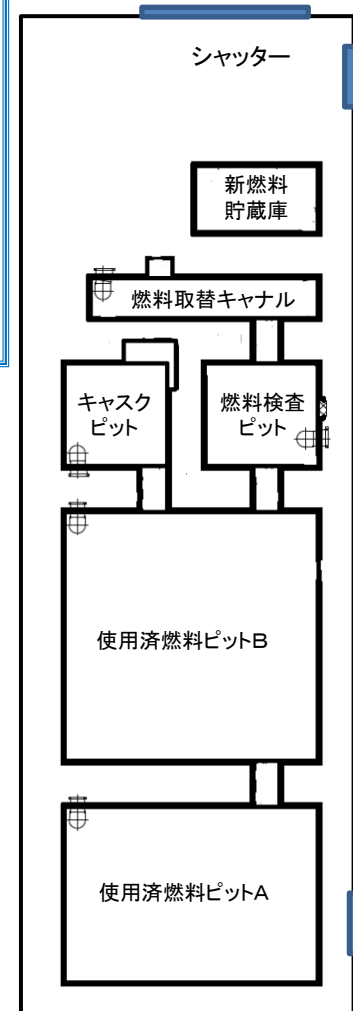


図 使用済燃料ピット周辺の概要

3-2 地震に起因する溢水源(9/10)

■使用済燃料ピットのスロッシング評価(2/2)

- 基準地震動Ssにおける使用済燃料ピットのスロッシングによる最大溢水量は、12.6m³である。
- 使用済燃料ピットの冷却機能及び給水機能の確認を行った結果、ピットの冷却機能及び給水機能は確保されることを確認した。

表 使用済燃料ピットのスロッシング評価結果

	①スロッシングによる溢水が生じない上限水位(T. P.)	②制限値(下限水位)(T. P.)
冷却系の運転可能水位	31.78m (=33.15m-1.37m)	31.46m
遮へいに必要な水位		29.74m

①「スロッシングによる溢水が生じない上限水位」

=使用済燃料ピット堰上端高さ-使用済燃料ピット内流体のスロッシング時の初期位置からの最高到達高さ

②「冷却系の運転可能水位の下限水位」又は「遮へいに必要な水位の下限水位」

①>②であれば、スロッシングによるピットからの溢水が生じないため、ピットの冷却機能及び給水機能が損なわれることはない。

3-2 地震に起因する溢水源(10/10)

■地震に起因して生じる防護対象設備設置建屋内の溢水

- ▶ 耐震B, Cクラス設備の耐震(構造強度)評価結果
 - 耐震評価対象として設定した耐震B, Cクラス設備について、基準地震動 S_s による構造強度評価(耐震補強を実施した設備は補強後の仕様に基づく評価)を実施し、応力等の発生値が評価基準値を下回ることを確認している。

- ▶ 地震時に想定する溢水量評価結果(下表参照)
 - 耐震評価結果を踏まえ、以下を地震時の溢水源として考慮する。
 - 耐震B, Cクラス機器のうち保有水量が 10m^3 未満の容器からの溢水量
 - ✓系統中の容器等の保有水量
 - ✓機器破損時、自動または手動による隔離完了までの溢水量
 - 使用済燃料ピットスロッシングによる溢水量

表 地震に起因する機器の破損等による溢水量評価結果

建屋	耐震B, Cクラス機器からの溢水量	使用済燃料ピットスロッシングによる溢水量	合計
原子炉建屋	0.6m^3	12.6m^3	127.5m^3
原子炉補助建屋	114.3m^3	—	
ディーゼル発電機建屋	0m^3	—	
循環水ポンプ建屋	86m^3 ※	—	86m^3

※ 循環水ポンプ建屋内の海水ポンプ室に流入する溢水量

3-3 消火活動に伴う放水による溢水源

■消火活動に伴う放水による溢水

- 消火活動による放水量については、ガイドに従い消火栓による消火活動を想定する。
- 原則として3時間の消火活動を想定して溢水量を算定する。

消火活動に伴う放水による溢水量および 溢水推移の算出

(1) 消火活動による放水量の算定

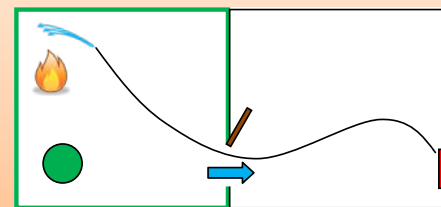


(2) 溢水経路を設定し、溢水水位を算出

消火活動における放水量については、評価ガイドに従い、消火活動による放水時間を原則3時間と想定して評価を実施するとともに、火災荷重が小さい区画については等価火災時間により放水時間を設定した。

評価区画で想定される溢水量よりも、上層階で想定される放水量が多い場合は、評価区画に上層階の溢水量全量を流入させて評価を行う。

区画境界の扉を開放して消火活動を行う場合には、開放扉からの溢水伝播を考慮する。



- : 消火栓
- : 防護対象設備
- : 扉
- : 溢水伝播
- : 溢水防護区画

3-4 想定破損により生じる溢水源(1/10)

■「3-4 想定破損により生じる溢水源」の説明内容について

- 溢水源の分類
- 溢水源の分類(没水評価で考慮すべき配管抽出フロー及び抽出結果)
- 溢水源の分類(蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等の抽出フロー及び抽出結果)
- 想定破損の考え方 (高エネルギー配管、低エネルギー配管)
- 想定破損(没水評価で考慮すべき配管)の破損形態の考え方
- 想定破損(蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等)の破損形態の考え方
- 溢水源の破損形態のまとめ

3-4 想定破損により生じる溢水源(2/10)

■ 溢水源の分類

- ▶ ガイド 2.1.1「溢水の影響を評価するために想定する機器の破損等に生じる溢水」に基づき、溢水源となる配管を「**高エネルギー配管**※¹」と「**低エネルギー配管**※²」に分類する。
- ▶ 想定破損で溢水源となる**水または蒸気を内包する**高エネルギー配管を、「**高エネルギー配管**」と呼ぶ。また、**水を内包する**低エネルギー配管を、「**低エネルギー配管**」と呼ぶ。

※1 「**高エネルギー配管**」は、呼び径25A(1B)を超える配管でプラントの通常運転時に運転温度が95℃を超えるか又は運転圧力が1.9MPa[gauge]を超える配管

※2 「**低エネルギー配管**」は、呼び径25A(1B)を超える配管でプラントの通常運転時に運転温度が95℃以下でかつ運転圧力が1.9MPa[gauge]以下の配管（ただし静水頭圧の配管は除く）

3-4 想定破損により生じる溢水源(3/10)

■ 溢水源の分類(没水評価で考慮すべき配管抽出フロー及び抽出結果) (1/2)

- ▶ 以下のフロー(その1)に基づき、防護対象設備設置建屋内配管の全系統図から、**高エネルギー配管**について抽出した結果を表に示す。

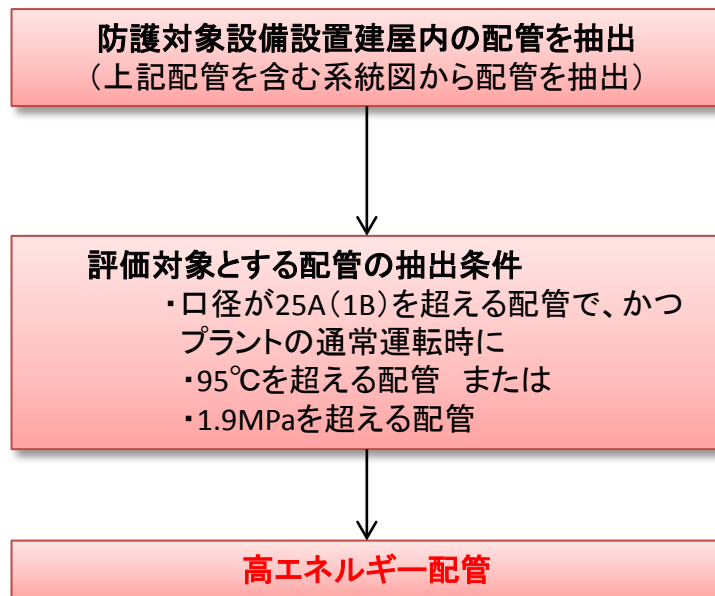


図 没水評価で考慮すべき配管の抽出フロー(その1)

表 没水評価で考慮すべき配管(高エネルギー配管)の抽出結果

系統名	設置建屋	運転温度 95°C超	運転圧力 1.9MPa超
充てん系統	A/B,R/B	—	○
抽出系統	R/B	○※	○
主蒸気系統	R/B(主蒸気管室)	○	○
主給水系統	R/B(主蒸気管室)	○	○
補助給水系統	R/B(主蒸気管室)	○	○
蒸気発生器ブローダウン系統	R/B, R/B(主蒸気管室)	○	○
補助蒸気系統	A/B,R/B	○	—

※ 非再生冷却器出口から抽出ライン非再生冷却器出口圧力制御弁までの範囲を除く。

3-4 想定破損により生じる溢水源(4/10)

■ 溢水源の分類(没水評価で考慮すべき配管抽出フロー及び抽出結果) (2/2)

- ▶ 以下のフロー(その2)に基づき、防護対象設備設置建屋内配管の水を内包する全ての**低エネルギー配管**について、抽出した結果を表に示す。

表 没水評価で考慮すべき配管(低エネルギー配管)の抽出結果

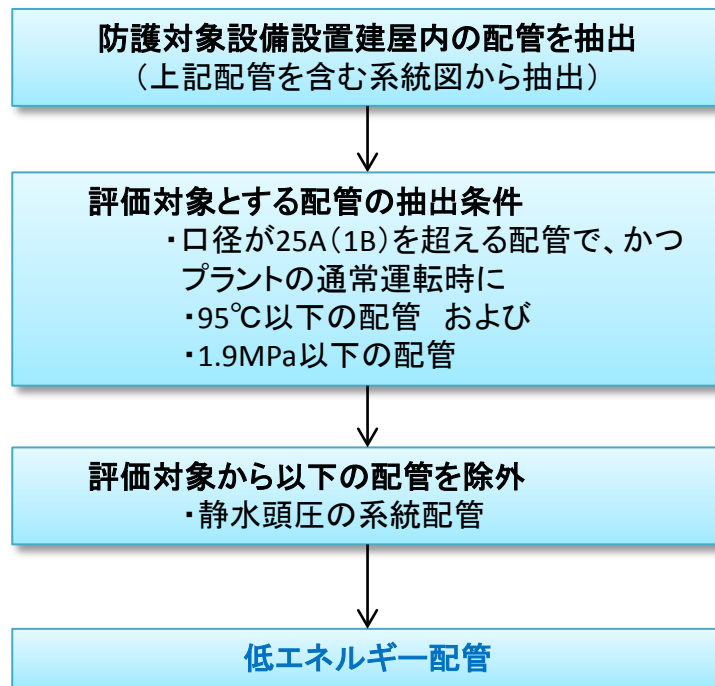


図 没水評価で考慮すべき配管の抽出フロー(その2)

系統名
原子炉補機冷却水系統
原子炉格納容器スプレイ系統
余熱除去系統
充てん系統(低エネルギー配管該当部分)
抽出系統(低エネルギー配管該当部分)
化学体積制御系統
空調用冷水設備系統
地下水排水系統
原子炉補給水系統(脱塩水)
水消火系統
原子炉補給水系統(純水)
飲料水系統
燃料取替用水系統
使用済燃料ピット水浄化冷却系統
補助給水系統(低エネルギー配管該当部分)
安全注入系統
試料採取系統
原子炉補機冷却海水系統
気体廃棄物処理系統
液体廃棄物処理系統
固体廃棄物処理系統
所内用水系統
海水電解装置海水供給・注入系統
海水ストレーナ排水系統
軸受冷却水系統
循環水系統

3-4 想定破損により生じる溢水源(5/10)

■溢水源の分類(蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等の抽出フロー及び抽出結果)

➤ 以下のフローに基づき、**蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等**について、抽出した結果を表に示す。

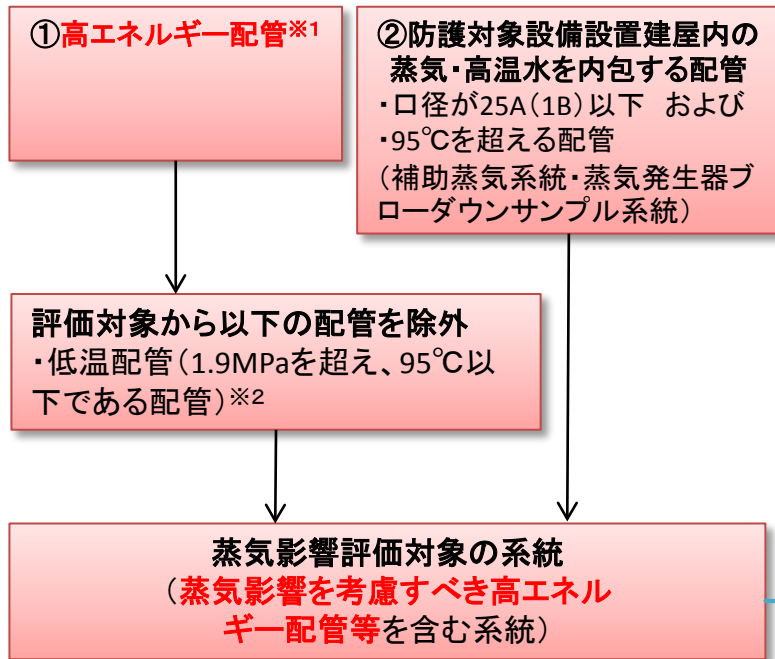


表 蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等の抽出結果

高エネルギー配管等を有する系統	設置場所	①高エネルギー配管	低温配管	②蒸気・高温水を内包する配管	蒸気影響評価対象	今回評価対象
充てん系統	A/B,R/B	○	○	—	—※2	—
抽出系統	R/B	○	—	—	○	○
主蒸気系統	R/B(主蒸気管室)	○	—	—	○※4	—
主給水系統	R/B(主蒸気管室)	○	—	—	○※4	—
補助給水系統	R/B(主蒸気管室)	○	—	—	○※4	—
蒸気発生器ブローダウン系統	R/B	○	—	—	○	○
	R/B(主蒸気管室)				○※4	—
補助蒸気系統	A/B,R/B	○	—	○	○※3	○
蒸気発生器ブローダウンサンプル系統	R/B(主蒸気管室)	—	—	○	○※3※4	—

図 蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等の抽出フロー

- ※1 呼び径25A(1B)を超える配管で、かつ、プラントの通常運転時に運転温度が95℃を超えるか、または運転圧力が1.9MPa[gauge]を超える配管。
- ※2 温度の低い配管であり、蒸気影響がないため蒸気影響評価対象外とする。(没水・被水の評価は実施)
- ※3 蒸気影響全般を確認するため、25A(1B)以下で95℃を超える配管についても評価する。
- ※4 設置場所の防護対象設備は耐蒸気性能を有していることを建設時に確認済。

3-4 想定破損により生じる溢水源(6/10)

■破損形態の考え方(高エネルギー配管、低エネルギー配管)

▶没水評価で用いる配管破損形態

- **高エネルギー配管**は、「完全全周破断」を想定する。
 - ✓ ただし、主蒸気管室外に敷設される蒸気発生器ブローダウン系統は、破損した際に周囲への影響が大きく、破損を想定しなくて良いだけの強度を持たせることが本来の設計の考え方であることから、想定破損のガイド附属書A※1の規定を用いて評価し、破損が生じないことを確認した。(現在評価中)
- **低エネルギー配管**は、「貫通クラック」を想定する。
 - ✓ ただし、原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、循環水ポンプ建屋(海水ポンプ室、海水ストレナ室)、電気建屋(地下水排水系統)に設置されている低エネルギー配管については、破損を想定すると多数の溢水源について没水評価が必要となるため、ガイド附属書A※1の規定を用いて評価し、破損が生じないことを確認した。

▶蒸気影響評価で用いる配管破損形態

- **蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等**は「完全全周破断」を想定する。
 - ✓ ただし、蒸気発生器ブローダウン系統については、上記「没水評価」で記載したとおり破損が生じないことを確認した。
 - ✓ また、補助蒸気系統の一部については、「完全全周破断」を想定すると、防護対象設備の機能に対し、有意な影響を与える可能性があることから、想定破損にはガイド附属書A※1の規定を用いて評価し、「貫通クラック」を想定できることを確認した。

※1 附属書Aでは、配管の発生応力 S_n が許容応力 S_a に対する以下の条件を満足すれば、「破損想定除外」および「破損形態の変更」が可能であることを規定している。

【高エネルギー配管】(ターミナルエンドを除く)

$S_n \leq 0.4S_a \Rightarrow$ 破損想定なし

$0.4S_a < S_n \leq 0.8S_a \Rightarrow$ 貫通クラック

【低エネルギー配管】(ターミナルエンドを除く)

$S_n \leq 0.4S_a \Rightarrow$ 破損想定なし

3-4 想定破損により生じる溢水源(7/10)

■ 想定破損(没水評価で考慮すべき配管)の破損形態の考え方(1/2)

- **高エネルギー配管**は、原則「完全全周破断」を想定する。①
- **主蒸気管室外に敷設される蒸気発生器ブローダウン系統**については、3次元梁モデルによる応力評価を行い、「破損は想定しない」とした。②
- 高エネルギー配管の破損形態の決定フローを以下に示す。

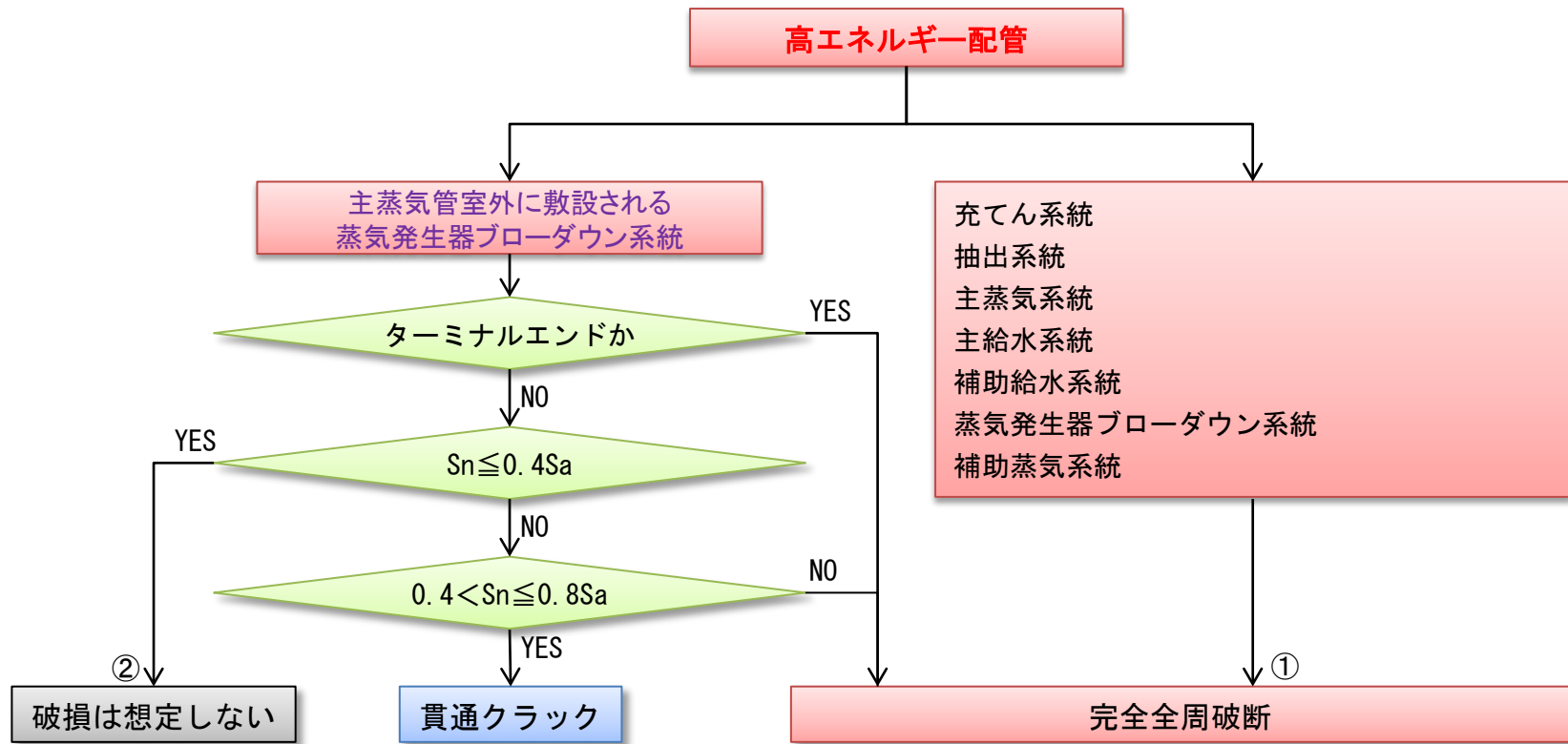


図 高エネルギー配管の破損形態の決定フロー

3-4 想定破損により生じる溢水源(8/10)

■想定破損(没水評価で考慮すべき配管)の破損形態の考え方(2/2)

- 低エネルギー配管は、原則「貫通クラック」を想定する。
- 原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、循環水ポンプ建屋(SWP室内・海水ストレートナエリア)、電気建屋(地下水排水系統)に設置されている低エネルギー配管の破損形態を低ピッチスパン法により評価した結果、 $S_n \leq 0.4S_a$ を満足しており、「破損は想定しない」とした。
- 低エネルギー配管の破損形態の決定フローを以下に示す。

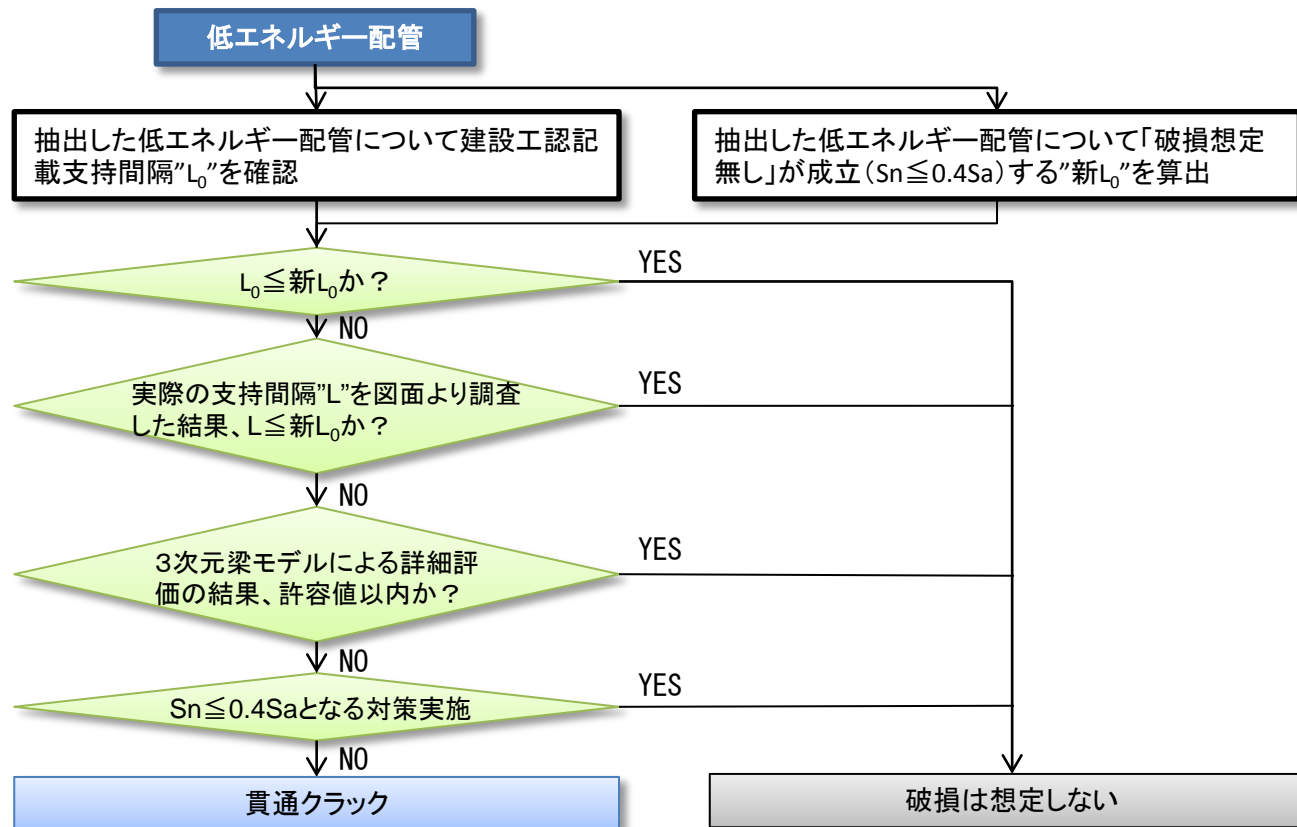


図 低エネルギー配管の破損形態の決定フロー

3-4 想定破損により生じる溢水源(9/10)

■想定破損(蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等)の破損形態の考え方

- 蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等は、原則「完全全周破断」を想定する。①
- 補助蒸気系統(25A超)については、定ピッチスパン法による応力評価を行い、破損形態を「貫通クラック」とした。②
- 主蒸気管室外に敷設される蒸気発生器ブローダウン系統については、3次元梁モデルによる応力評価を行い、「破損は想定しない」とした。③
- 蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等の破損形態の決定フローを以下に示す。

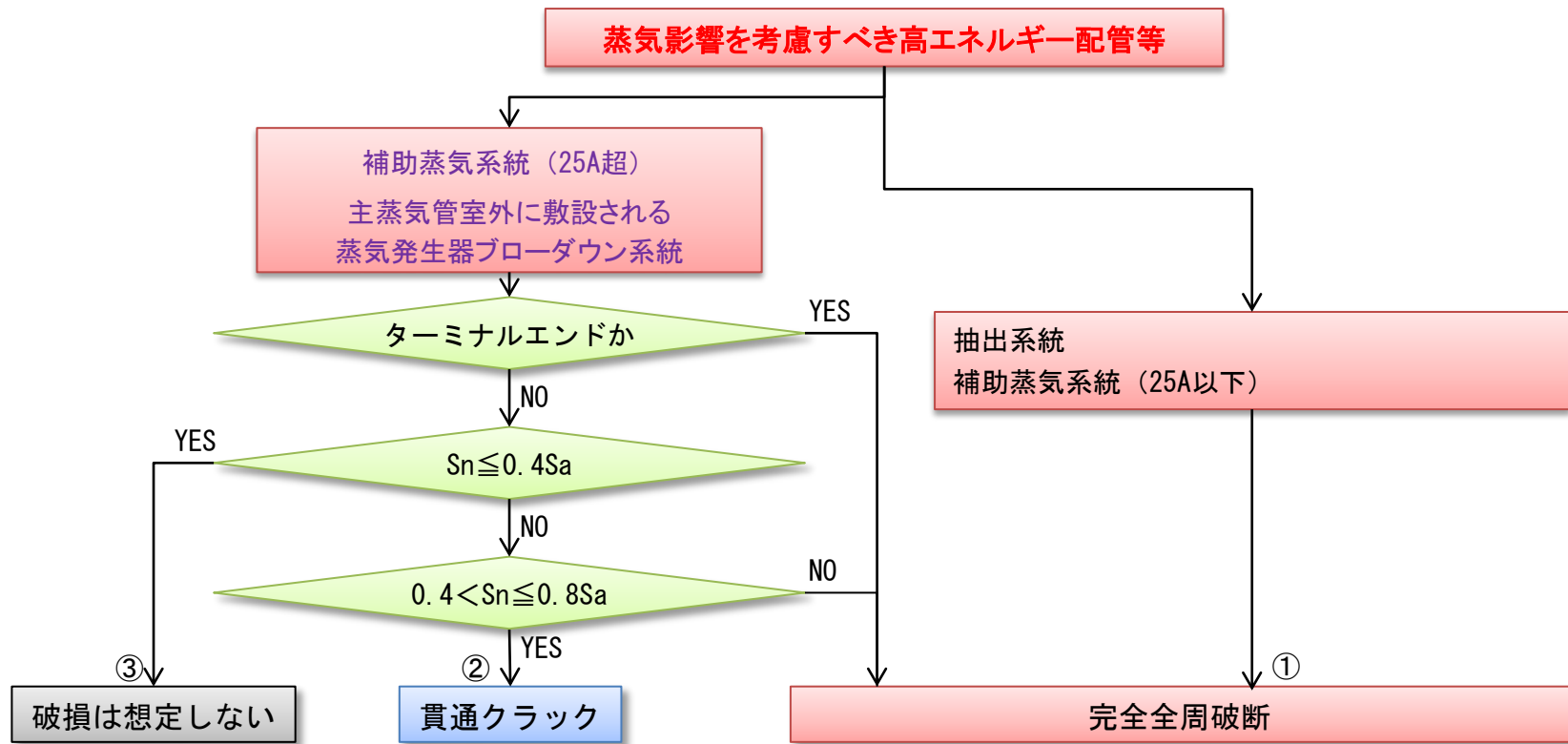


図 蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等の破損形態の決定フロー

3-4 想定破損により生じる溢水源(10/10)

■溢水源の破損形態のまとめ

配管径	配管分類		想定破損の破損形態				ガイドの適用
			没水による影響評価		蒸気による影響評価		
			ガイド	弊社評価	ガイド	弊社評価	
25A (1B) を超える	高エネルギー配管	AS系統	完全全周破断	完全全周破断	完全全周破断	貫通クラック※1	※1 ガイド附属書A「2.1 運転中に発生する応力に基づく評価法(2.1.1 高エネルギー配管)」に基づき、評価した
		SGBD系統	完全全周破断	完全全周破断 (一部破損想定なし) ※1	完全全周破断	破損想定なし※1	
		上記以外	完全全周破断	完全全周破断	完全全周破断	完全全周破断	
	低エネルギー配管 (注)	A/B,R/B, DG/B	貫通クラック	破損想定なし※2	—	—	※2 ガイド附属書A「2.1 運転中に発生する応力に基づく評価法(2.1.2 低エネルギー配管)」に基づき、評価した
		CWP/B	貫通クラック	貫通クラック (一部破損想定なし) ※2	—	—	
		その他	貫通クラック	貫通クラック	—	—	
25A (1B) 以下	蒸気影響を考慮すべき 高エネルギー配管等※3		—	—	完全全周破断	完全全周破断	※3 ガイド本文「解説-2.2.4-3」より、SGBDサンプル系統、AS系統を評価の対象に含める
	低エネルギー配管		—	—	—	—	なし

AS系統 : 補助蒸気系統

SGBD系統 : 蒸気発生器ブローダウン系統

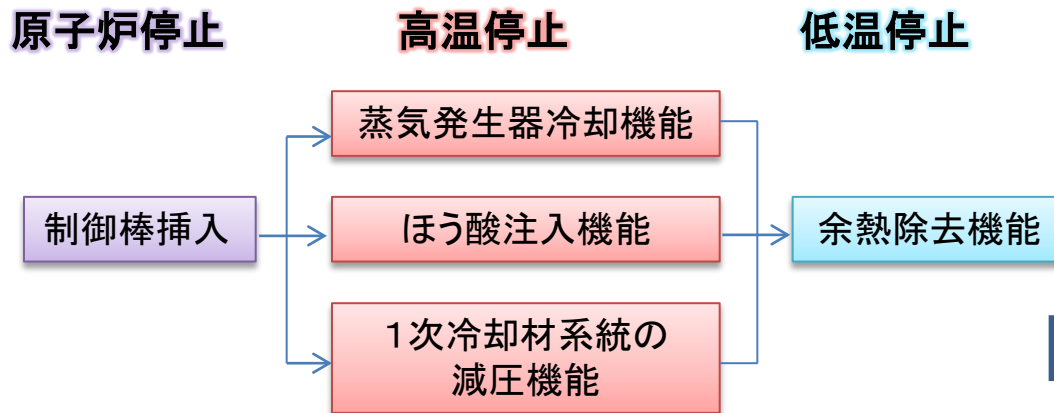
(注) 低エネルギー配管は、原子炉建屋(R/B)、原子炉補助建屋(A/B)、ディーゼル発電機建屋(DG/B)、循環水ポンプ建屋(CWP/B)に設置されている配管で分類する。

なお、その他には、低耐震建屋(タービン建屋、電気建屋、出入管理建屋)に設置されている配管および屋外タンクの接続配管がある

—: 評価対象外

4. 防護対象設備の選定

■原子炉を高温停止及び低温停止にするために必要な設備



■放射性物質の閉じ込め機能維持に必要な設備

■使用済燃料ピットの冷却及び給水に必要な設備

■溢水に起因する原子炉外乱に対処するために必要な設備

■上記設備の動作のために必要な関連系、電源、盤

防護対象設備リスト

左記設備のうち、内部溢水により安全機能を損なわない設備は評価対象外とし、以下の系統に防護対象設備を選定した

- 化学体積制御系統
- 安全注入系統
- 余熱除去系統
- 主蒸気系統
- 補助給水系統
- 原子炉補機冷却水系統
- 使用済燃料ピット浄化冷却系統
- 原子炉補機冷却海水系統
- 燃料取替用水系統
- 制御用空気系統
- 換気空調設備系統
- 空調用冷水系統
- 非常用電源系
- 関連設備(盤、開閉器)

5. 溢水防護区画の設定

■ 溢水防護区画の設定

- 全ての防護対象設備に対し、評価対象区画として**溢水防護区画**を設定する。
- 防護対象設備が設置されているフロアにおいて、平坦な床面は同一区画として考える。
- 境界は壁や扉の敷居部、堰等流入の障壁となる段差がある箇所で区画境界としている。

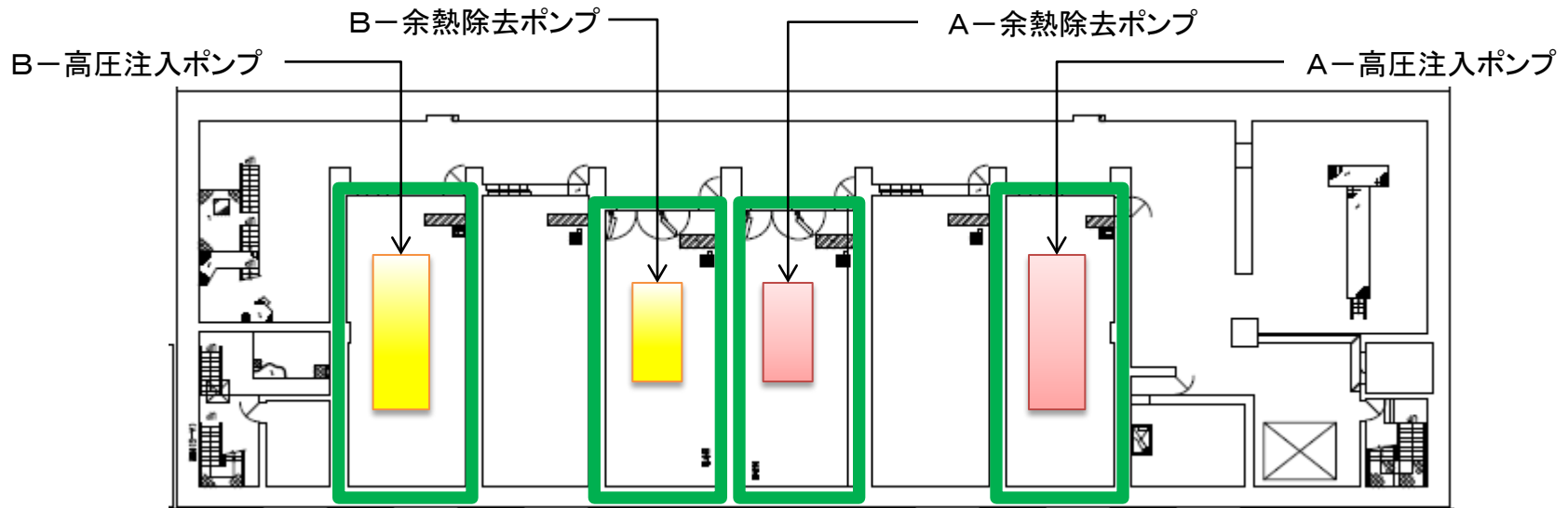
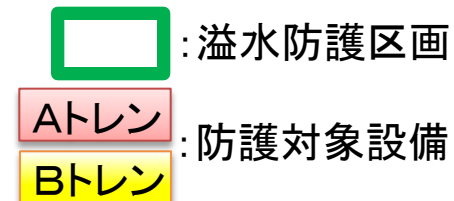


図 原子炉補助建屋T. P -1. 7m (例)



6. 溢水経路の設定

原子炉補助建屋(例)

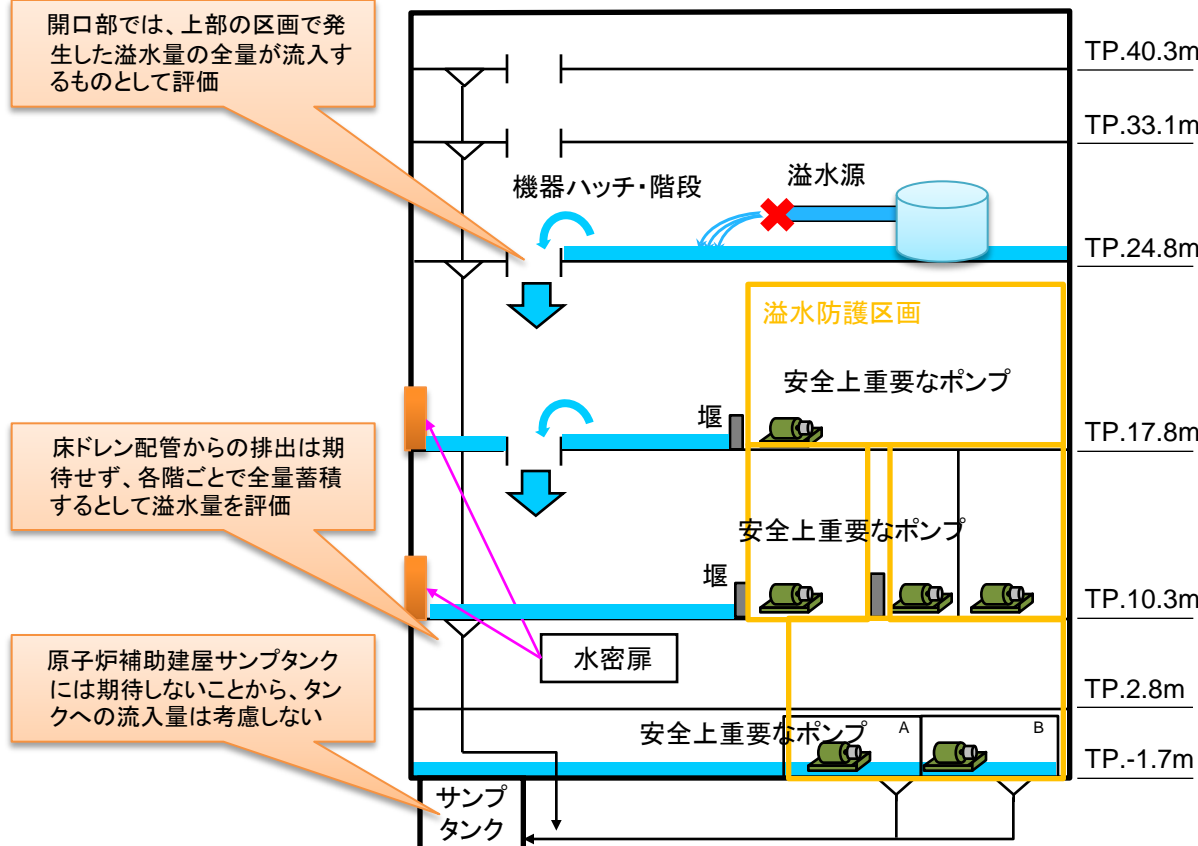
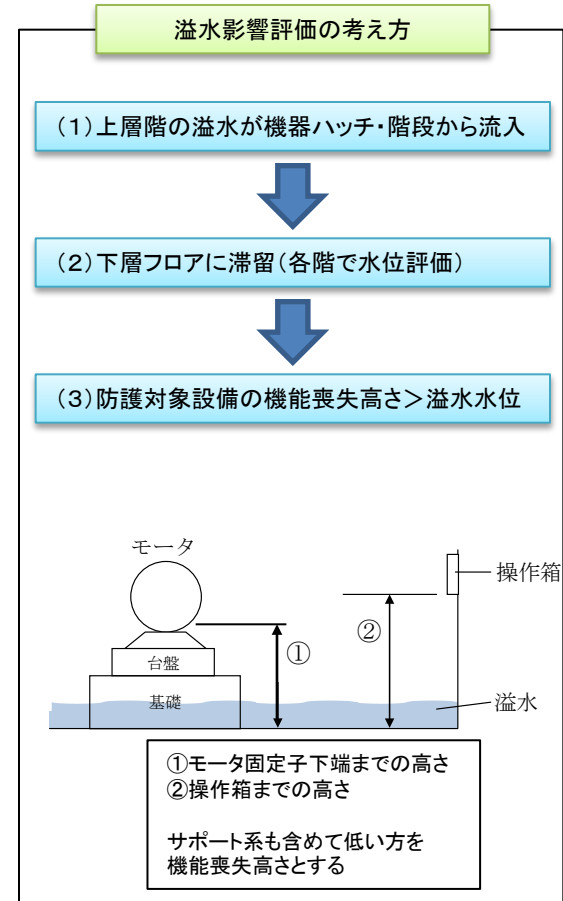


図 溢水経路イメージ図

× : 機器の破損



7. 地震に起因する溢水影響評価

- 「7-1 地震に起因する没水影響評価結果」の説明内容について
 - 防護対象設備設置建屋内の没水影響評価結果(標準評価)
 - 防護対象設備設置建屋内の没水影響評価の詳細評価(例)
 - 止水板による浸水防護対策
 - 屋外タンクからの溢水影響評価結果
 - 出入管理建屋・電気建屋からの溢水影響評価
 - タービン建屋からの溢水影響評価結果

- 「7-2 地震に起因する溢水量低減対策」の説明内容について
 - 耐震補強工事による溢水量低減対策

- 「7-3 湧水による溢水量低減対策と溢水影響評価」の説明内容について
 - 湧水による溢水防止対策の基本方針
 - 湧水ピットオーバーフロー事象について
 - 溢水防止対策基本方針に基づく対策とオーバーフロー事象を踏まえた改善について
 - 溢水影響評価結果

7-1 地震に起因する没水影響評価結果(1/7)

■地震に起因する没水影響評価

- 発電所内に設置される溢水源となりうる機器(原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、循環水ポンプ建屋、タービン建屋、出入管理建屋、電気建屋内の機器および屋外タンク)のうち、溢水源となる機器が全数破損した場合に生じる溢水の防護対象設備に対する没水影響評価を行う。
- 使用済燃料ピットのスロッシングによって生じる溢水の防護対象設備に対する没水影響評価を行う。
- 原則として評価の容易性のため標準評価を実施するが、防護対象設備の機能喪失高さに対して溢水水位が高くなる場合においては、評価上の余裕を確保しつつ、より実態に即した詳細な評価条件で伝播する溢水量を再設定し、詳細評価を行う。

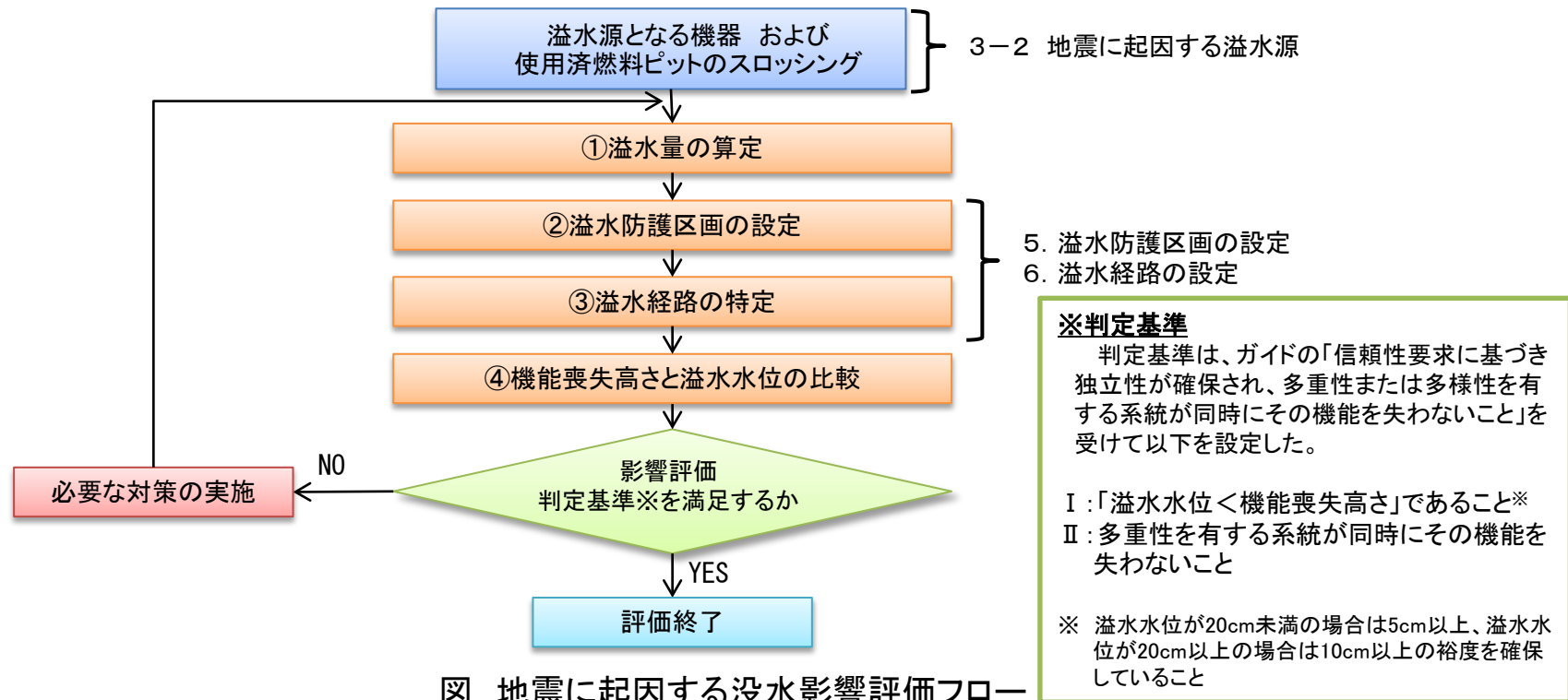


図 地震に起因する没水影響評価フロー

7-1 地震に起因する没水影響評価結果(2/7)

■防護対象設備設置建屋内の没水影響評価結果(標準評価)

地震に起因する溢水に対する各防護対象区画への評価した結果、防護対象設備が溢水によって機能喪失に至らないことを確認した。

表 防護対象設備設置建屋内の没水影響評価結果(抜粋)

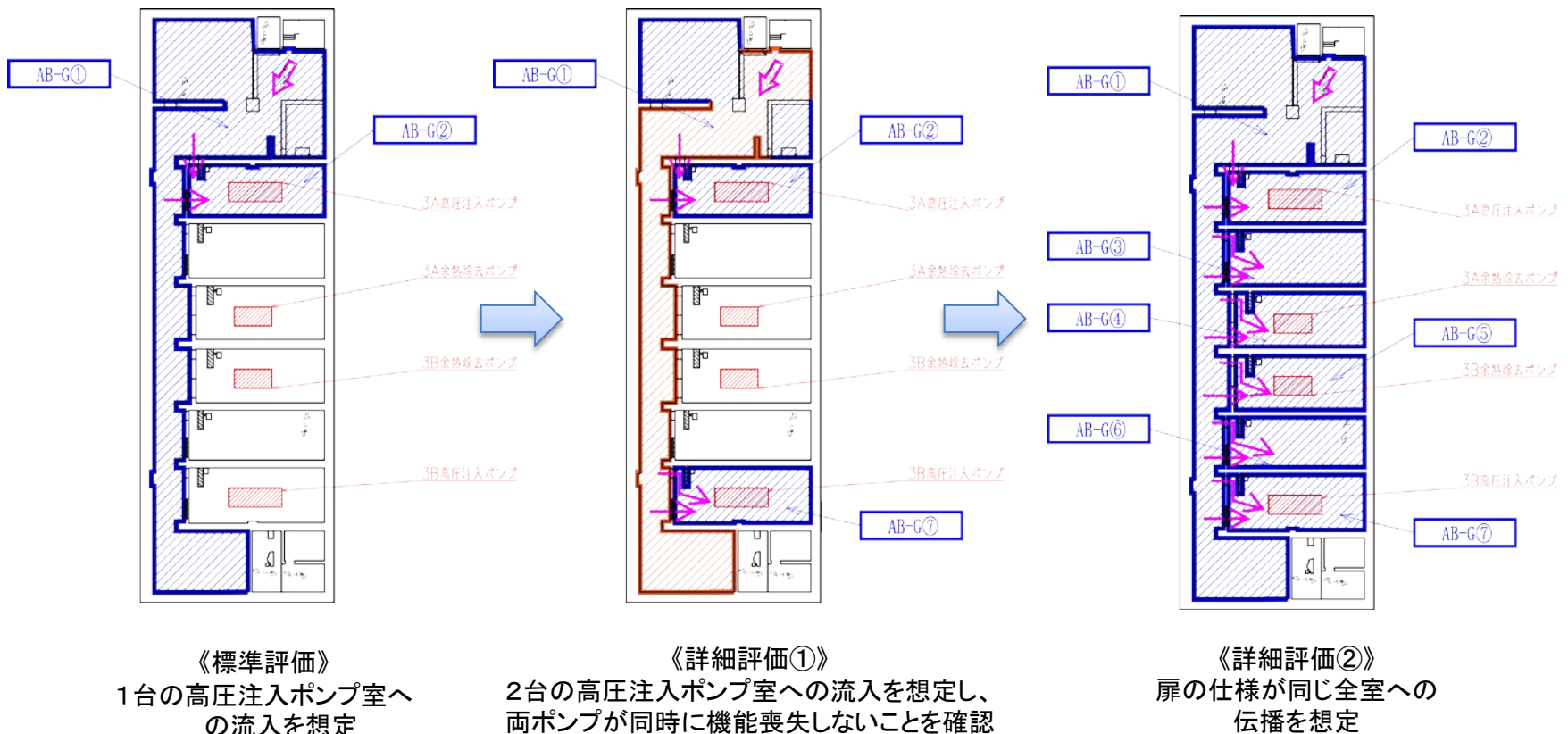
建屋	設置フロア 高さT. P.	防護対象設備	溢水水位	機能喪失高さ	裕度
原子炉建屋	24. 8m	燃料取替用水ポンプ	0. 09m	0. 53m	0. 44m
	10. 3m	使用済燃料ピットクーラ冷却水 出口弁・入口弁	0. 13m	0. 55m	0. 42m
原子炉補助建屋	17. 8m	ほう酸注入タンク入口弁	0. 21m	0. 45m	0. 24m
	2. 8m	高圧注入ポンプ出口連絡弁	0. 31m	0. 91m	0. 60m
	-1. 7m	高圧注入ポンプ	0. 29m	0. 33m	0. 04m ※
ディーゼル発電機建屋	溢水源がないため評価不要				
循環水ポンプ建屋	2. 5m	原子炉補機冷却海水ポンプ	1. 10m	1. 50m	0. 40m

※ 詳細評価その1として高圧注入ポンプ室2室のみに溢水が流入した場合の評価
原子炉補助建屋T. P. -1. 7mフロア全体への溢水伝播を考慮した場合、溢水水位は0. 22mへ低下し、裕度は0. 11mとなる。

7-1 地震に起因する没水影響評価結果(3/7)

■防護対象設備設置建屋内の没水影響評価の詳細評価(例)

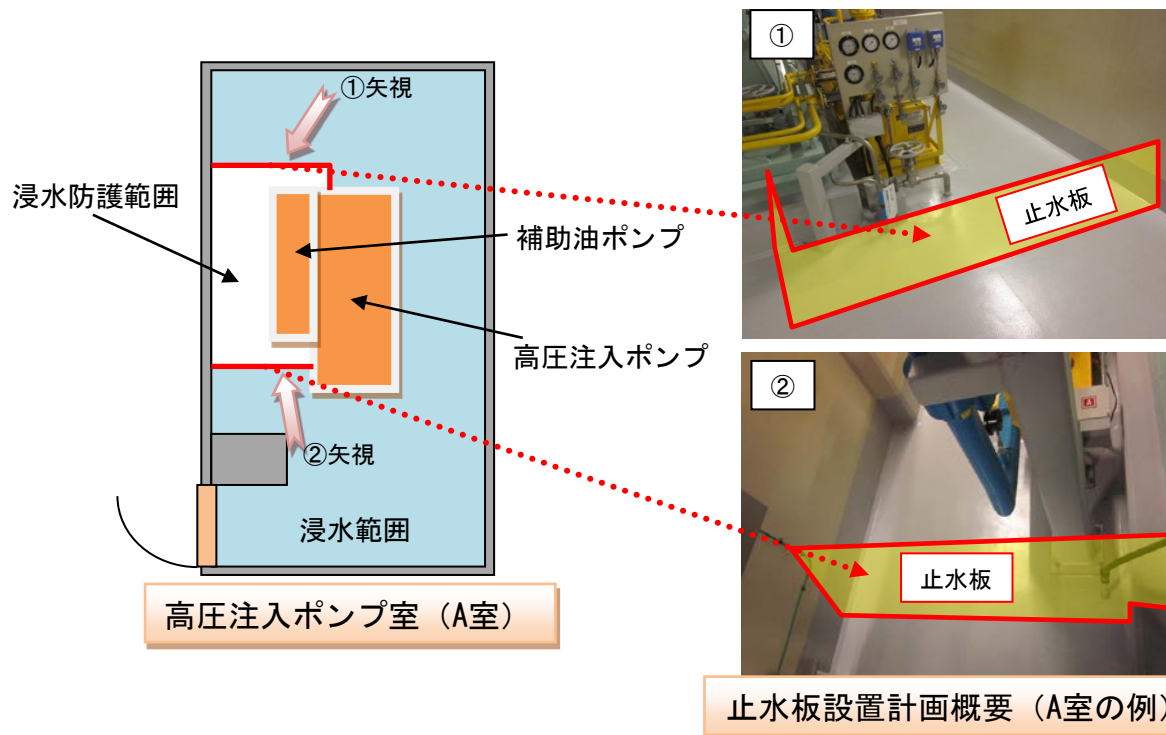
- ▶ 標準評価においては、防護対象設備の機能喪失高さに対して溢水水位が高くなる場合は、評価の余裕を確保しつつ、より実際に即した詳細な評価条件で伝播する溢水量を再設定し、再評価(詳細評価)を行うこととしている。



7-1 地震に起因する没水影響評価結果(4/7)

■止水板による浸水防護対策

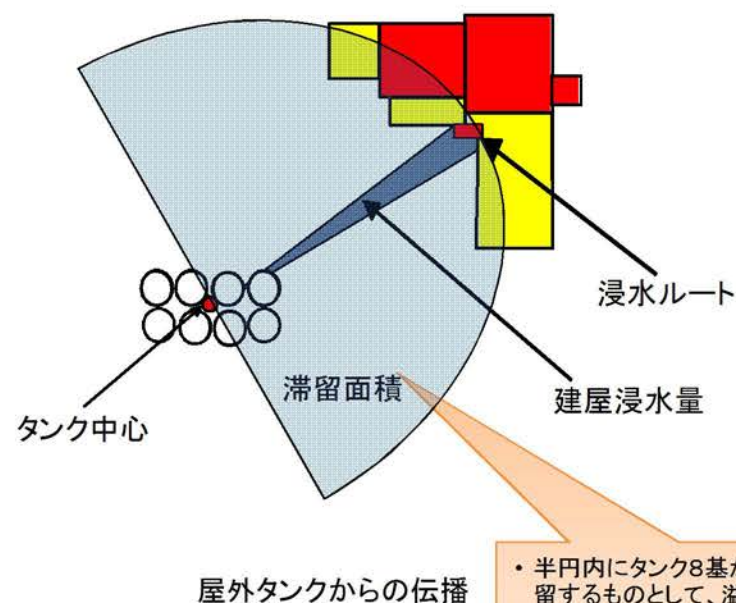
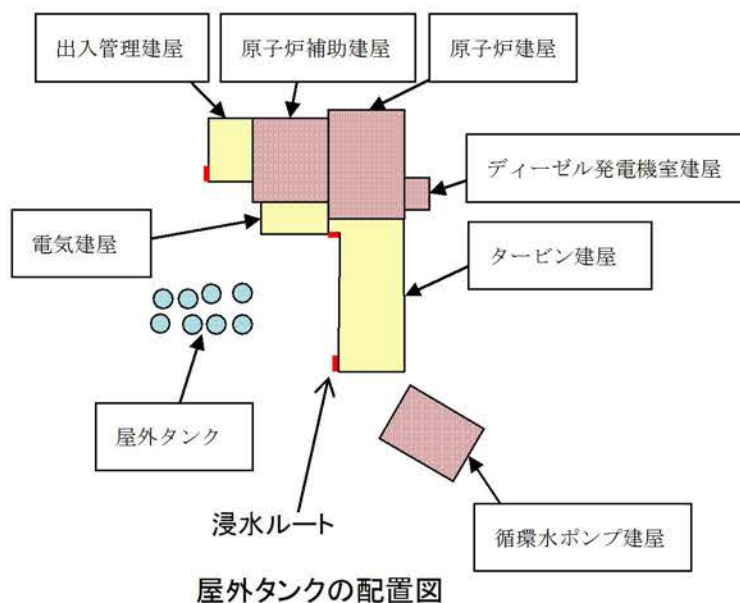
- 高圧注入ポンプについては、原子炉補助建屋T. P. -1. 7mフロア全体に溢水が伝播する場合には確保すべき余裕を満足するとの評価となったが、十分な余裕を確保するべく、高圧注入ポンプの機能喪失部位である補助油ポンプの周囲に止水板を設置することとした。
 - ・構造：鋼製フレームと鋼板の組み合わせとし、壁・床に対してアンカーボルト固定する
 - ・耐震性：設置する建屋レベルの基準地震動(S_s)に対する耐震性を確保する
 - ・止水性：コーキングにより止水機能を確保し、構造を剛設計とすることで、コーキング箇所のシール性を確保する
- 止水板は常時設置を基本とし、機器のメンテナンスに伴う物品運搬等の際は一時的に取外す運用とする。また、運用については、社内マニュアルに規定して管理する。



7-1 地震に起因する没水影響評価結果(5/7)

■屋外タンクからの溢水影響評価結果

- 8基の屋外タンクは、水位を制限することにより基準地震動Ssで健全性は確保されるが、すべりにより接続配管は破損する評価となるため、全数の破損を想定して溢水影響評価を行った。なお、水位を制限する運用については、保安規定で管理することとする。
- 破損した接続配管からの漏れい水の地表面での伝播を簡略的手法で評価し、地震時においては、出入管理建屋、電気建屋およびタービン建屋に浸水が生じる結果となった。尚、同手法は、詳細解析結果と比較し、十分な保守性があることを確認した。
- 漏れい水が浸水する建屋について、浸水高さを評価した結果、浸水高さは浸水対策設備(水密扉等)の設計条件である15m未満であることなどを確認した。

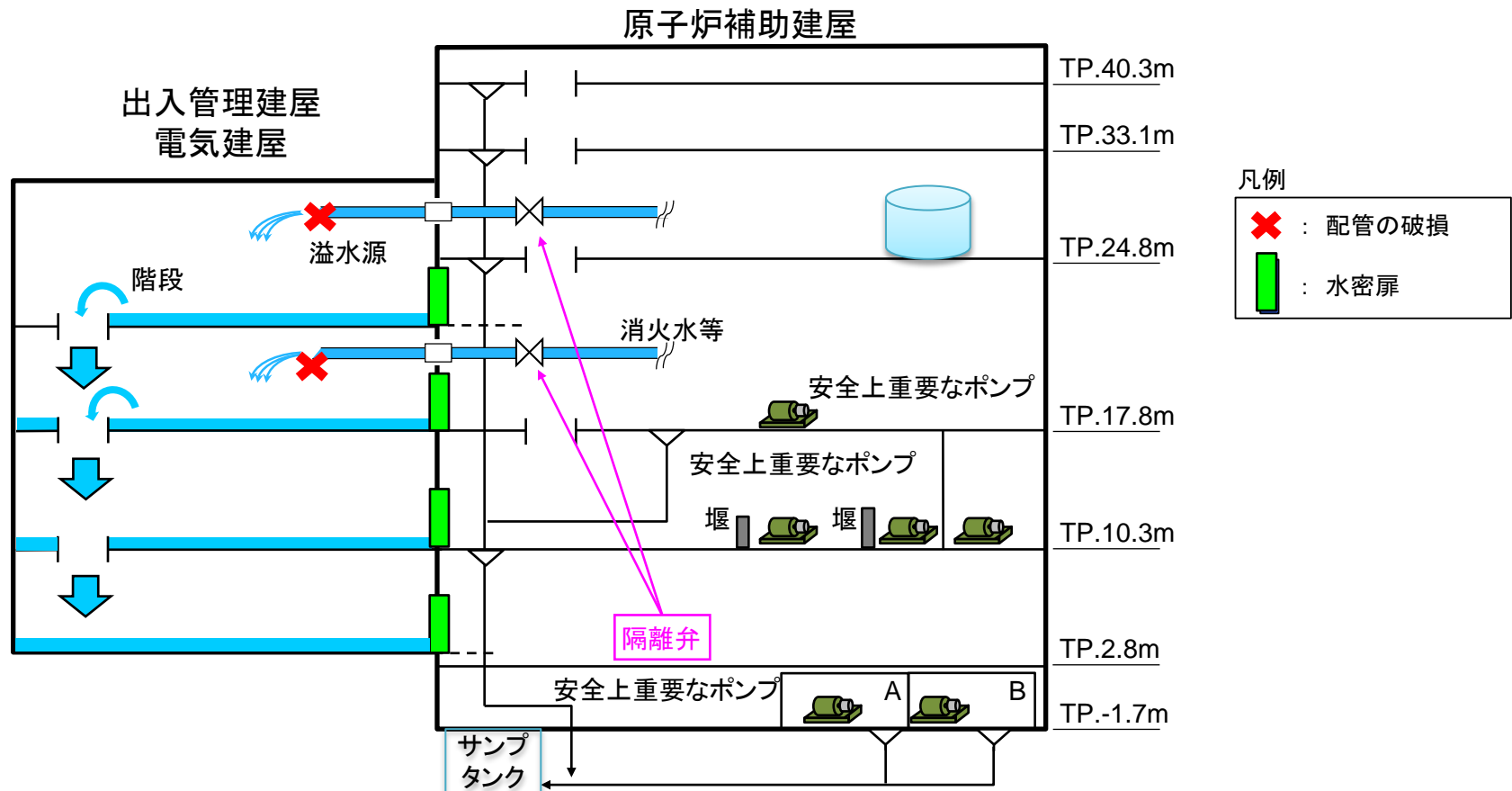


- 半円内にタンク8基からの全溢水が滞留するものとして、溢水水位を算出
- 溢水水位が建屋浸水高さを超える場合は、半円の弧長さと建屋浸水ルート幅(横幅)の比に漏れい量を乗じた値を、建屋浸水量として評価

7-1 地震に起因する没水影響評価結果(6/7)

■ 出入管理建屋・電気建屋からの溢水影響評価

- 出入管理建屋と電気建屋に設置の溢水源から、原子炉補助建屋に伝播しないように、水密扉、系統隔離弁を設置
- 溢水が生じる建屋における浸水高さを求め、原子炉補助建屋への伝播を防止するための浸水対策設備（水密扉）の設計条件（許容浸水高さ）を設定
- 水密扉などの対策を実施していることから、出入管理建屋・電気建屋からの溢水は伝播しないため、没水影響評価は不要である。



7-1 地震に起因する没水影響評価結果(7/7)

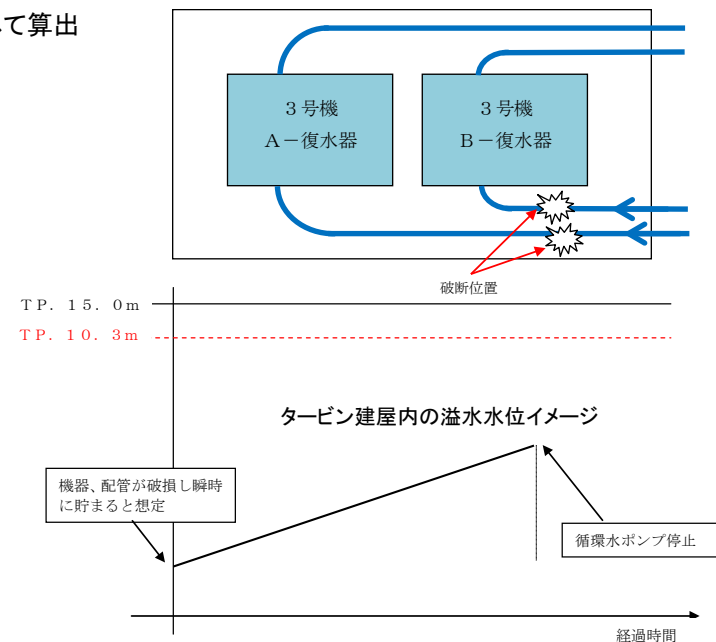
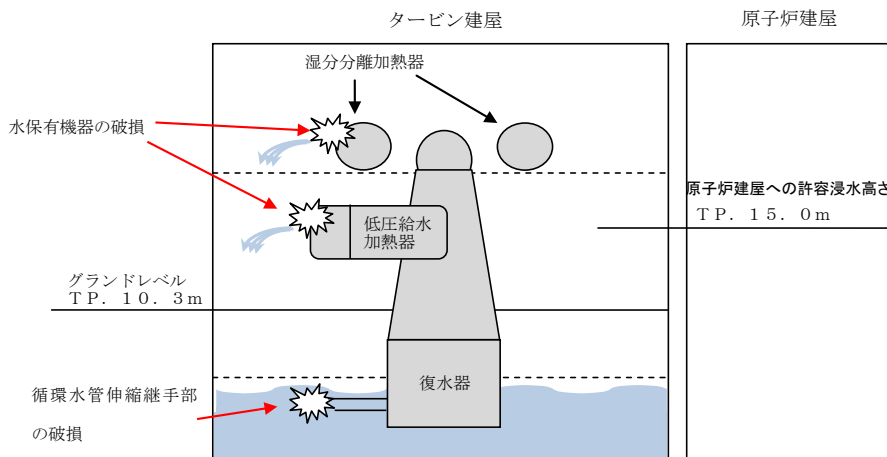
■ タービン建屋からの溢水影響評価結果

- 地震加速度大トリップ時に循環水ポンプが自動停止するまでの間に生じる溢水量およびタービン建屋内の機器配管保有水量を合算して求めた結果、タービン建屋に滞留する溢水の水位は、原子炉建屋への許容浸水高さを下回ることから問題はない。

	開口部	循環水管からの溢水※1	機器配管からの溢水※2	合計溢水量	<	空間容積 (T.P.10.3m)	原子炉建屋の許容浸水高さ
地震時	伸縮継手部の全周(リング)状破損	6,100m ³	11,970m ³	18,070m ³			61,500m ³

※1 地震過速度大信号により循環水ポンプが自動停止するまでの時間を考慮して算出

※2 配管貯蔵量



7-2 地震に起因する溢水量低減対策

■耐震補強工事による溢水量低減対策

- 耐震評価の結果、耐震性が確保できない機器については、溢水量の低減を図るため耐震補強工事を実施した。

例) SGブローダウン冷却器の耐震補強



補強前



補強後

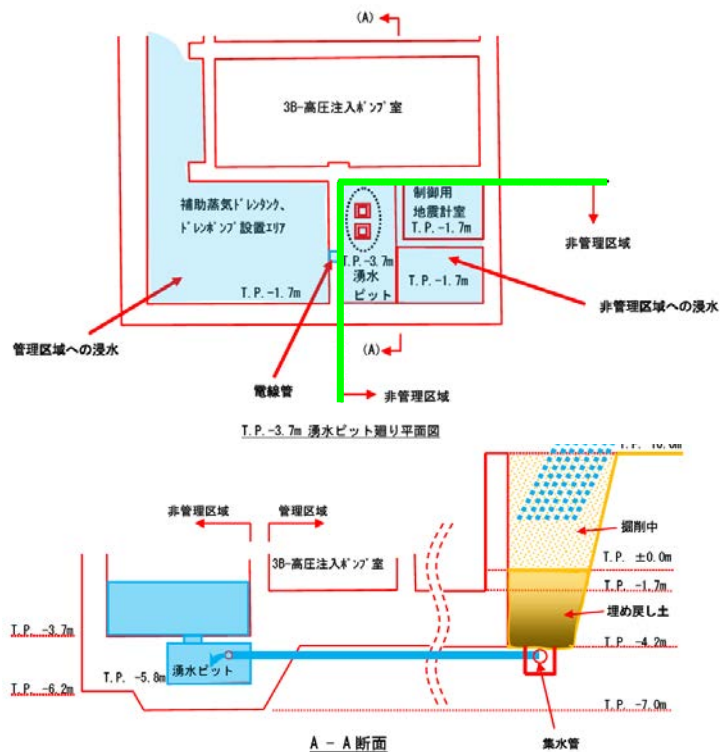
7-3 湧水による溢水量低減対策と溢水影響評価(1/2)

■湧水による溢水防止対策の基本方針

- 防護対象設備が設置されているエリアへの浸水防止のため、湧水ピットエリア床面の止水対策および湧水ピットポンプ出口配管の耐震性の確保を湧水ピットエリアへの溢水防止対策の基本方針とし対策を進めてきた。

■湧水ピットオーバーフロー事象について

- 上記基本方針に基づき対策を実施してきた最中、8月27日に原子炉建屋周辺の掘削作業（溢水対策以外の屋外工事）中において、一時的な豪雨により大量の雨水が掘削箇所に流入、その雨水が湧水ピットへ流入し、湧水ピットポンプの排水能力を上回った。
- 湧水ピットエリアには、溢水が生じないように湧水ピット床面開口部への水密シールと排水目皿への止水プラグを施工していたが、止水プラグの締め付け管理不良により排水目皿から湧水がオーバーフローする事象が発生した。



湧水ピットエリア機器・配管設置状況

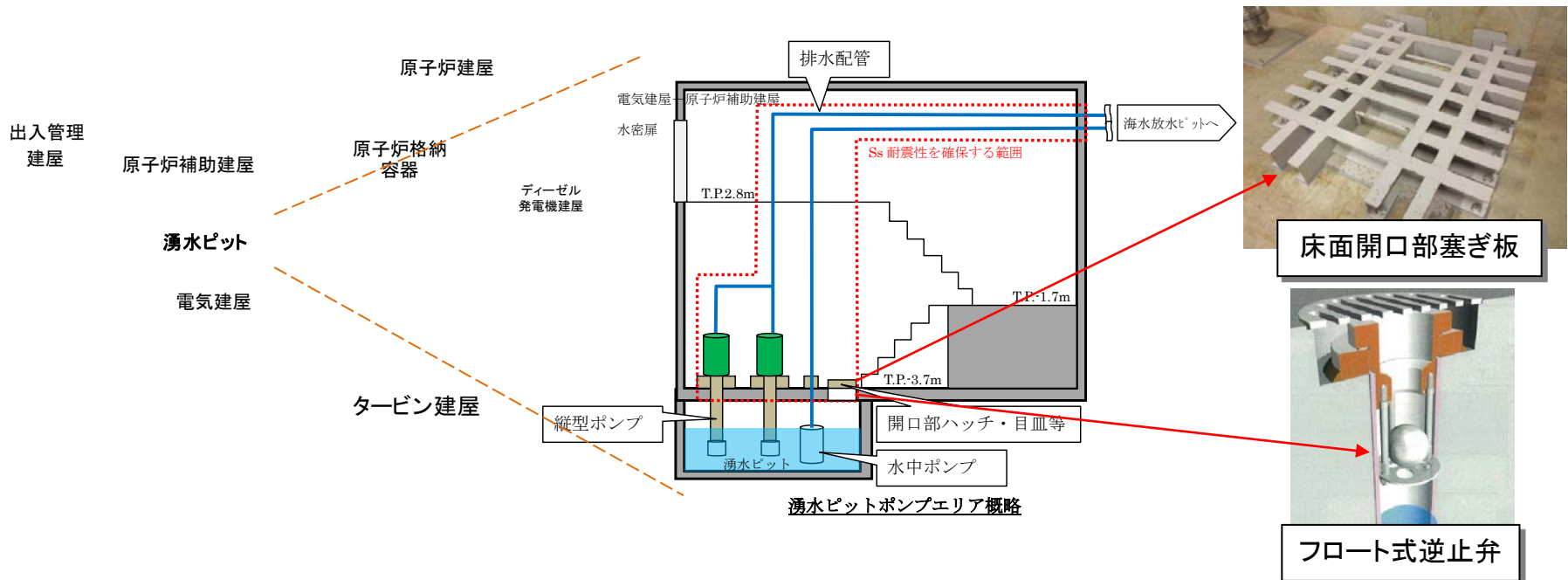
7-3 湧水による溢水量低減対策と溢水影響評価(2/2)

■溢水防止対策基本方針に基づく対策とオーバーフロー事象を踏まえた改善について

- ▶耐震B, Cクラス機器である湧水設備については、地震時に損傷することにより湧水ピットエリアへの溢水が発生しないよう、以下の対策を行っている。
 - 湧水ピットポンプ、排水配管等の湧水設備については、耐震評価により基準地震動Ssでの耐震性を確認している。
 - 湧水ピット床面への浸水経路と成り得る開口部および排水目皿については、以下の対策を行っている。
 - 床面開口部ハッチについては、耐震評価により基準地震動Ssでの耐震性を確認している塞ぎ板を設置している。
 - 排水目皿については、オーバーフロー事象を踏まえ、止水プラグを取り止め耐震評価により基準地震動Ssでの耐震性を確保でき且つ止水信頼性を向上させるためフロート式逆止弁に変更した。

■溢水影響評価結果

- ▶湧水設備の耐震性および湧水ピット床面の耐震性と止水性を確保することにより、湧水ピットエリアでの溢水は発生しないことから、防護対象設備が設置されているエリアへの湧水による溢水の影響はない。



8. 消火活動に伴う放水による溢水影響評価

- 「8-1 消火水による没水影響評価結果」の説明内容について
 - 消火水による没水影響評価
 - 防護対象設備設置建屋内の消火水による没水影響評価結果

- 「8-2 消火水による没水防護対策」の説明内容について
 - 消火水の溢水伝播防止対策
 - 電気盤フレームの止水対策

8-1 消火水による没水影響評価結果(1/2)

■消火水による没水影響評価

- 消火活動による放水量については、ガイドに従い消火栓による消火活動を想定する。
- 原則として3時間の消火活動を想定して溢水量を算定し、溢水量が防護対象設備の機能喪失高さを上回らないことを確認する。

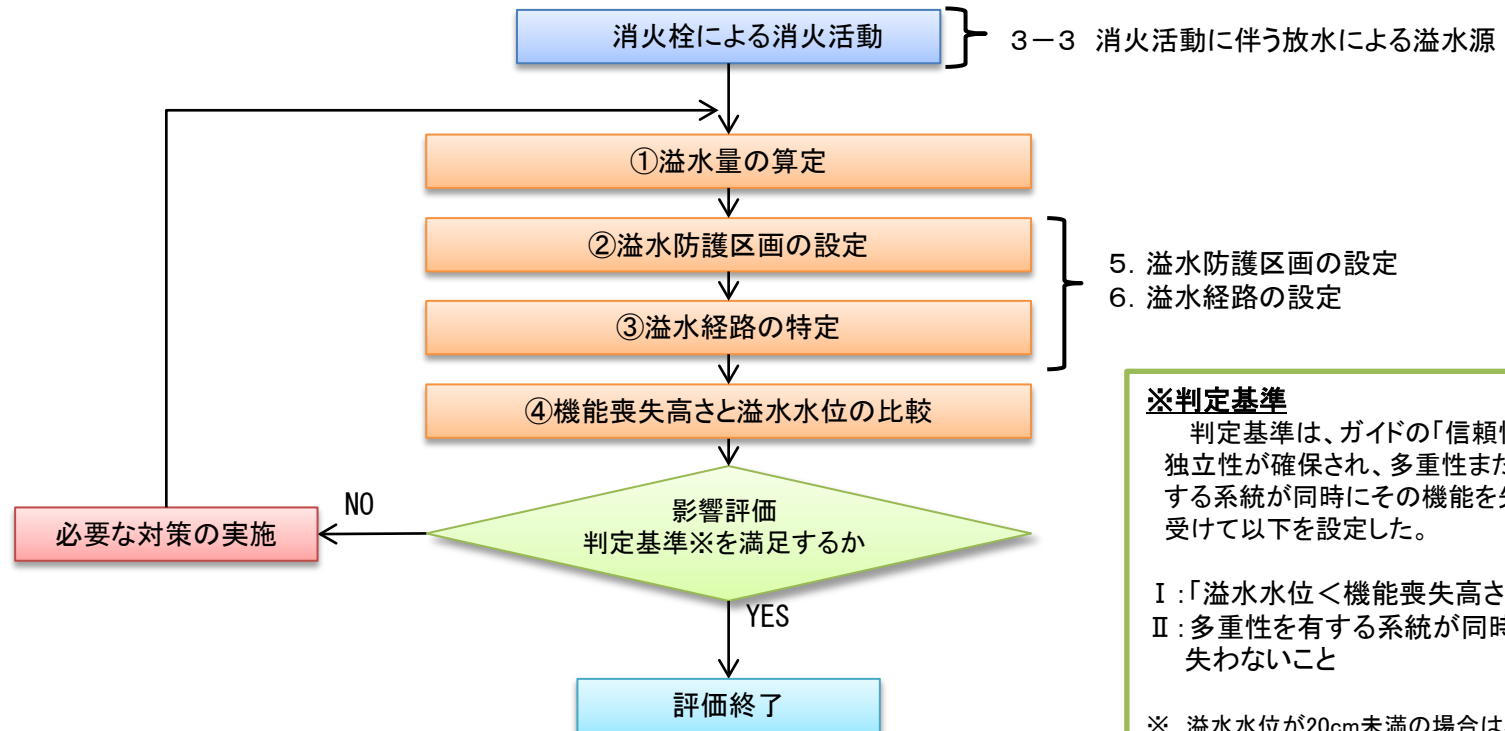


図 消火水による没水影響評価フロー

8-1 消火水による没水影響評価結果(2/2)

■防護対象設備設置建屋内の消火水による没水影響評価結果

- 消火活動による放水量をもとに消火栓からの放水による溢水影響を各防護対象区画について評価した結果、防護対象設備が溢水によって機能喪失に至らないことを確認した。
- 原子炉建屋の非管理区域において、溢水水位が防護対象設備の機能喪失高さを超える溢水防護区画が2箇所あり、当該区画への溢水流入防止を目的とした止水板を設置した。

表 防護対象設備設置建屋内の没水影響評価結果(抜粋)

建屋	設置フロア 高さT. P.	防護対象設備	溢水水位	機能喪失高さ	裕度
原子炉建屋	17.8m	原子炉トリップしゃ断器盤	0.08m	0.24m ※1	0.16m
	10.3m	ディーゼル発電機制御盤	0.05m	0.07m	0.02m
原子炉補助建屋	17.8m	安全系現場制御監視盤	0.04m	0.04m	0.00m ※2
	10.3m	パワーコントロールセンタ	0.05m	0.06m	0.01m ※2
ディーゼル発電機建屋	溢水源がないため評価不要				
循環水ポンプ建屋	2.5m	原子炉補機冷却海水ポンプ	0.30m	1.50m	1.20m

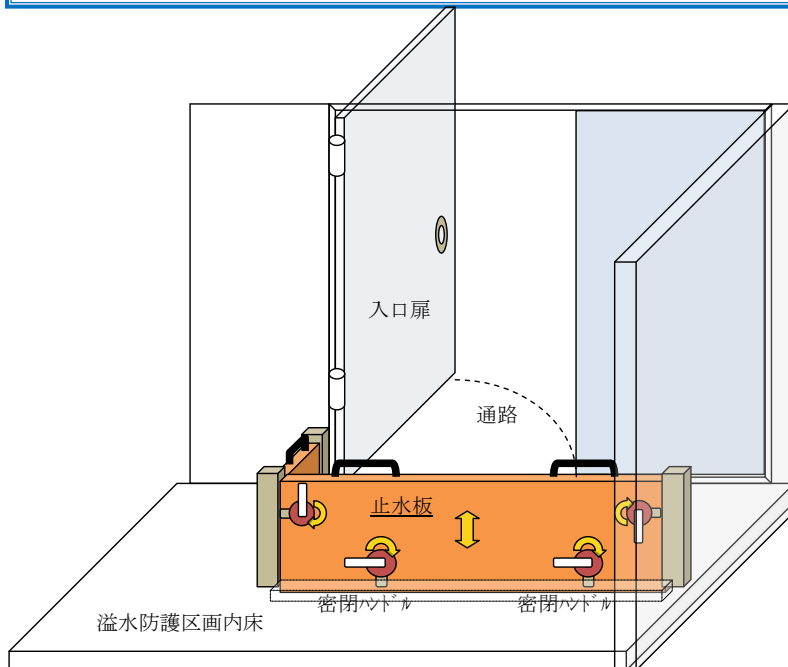
※1 没水防護対策として設置する止水板の高さ

※2 評価対象の防護対象設備が設置される溢水防護区画内の消火活動では水消火設備は使用しないため、溢水水位は区画外放水による溢水が、当該の溢水防護区画だけに伝播した場合を想定した水位である。

8-2 消火水による没水防護対策(1/3)

■消火水の溢水伝播防止対策(1/3)

- 以下に記載する部屋の入口に溢水伝播を防止する目的で止水板を設置している。
 - 「溢水水位>機能喪失高さ」となる原子炉建屋T. P 17. 8mの原子炉トリップ遮断器盤室と、同T. P 10. 3mの1次冷却材ポンプ母線計測盤室
 - 「溢水水位<機能喪失高さ」だが5cmの裕度を確保していないパワーコントロールセンタが設置されている安全補機開閉器室
- 止水板は常時設置を基本とし、防護対象盤のメンテナンスに伴う物品運搬等の際は一時的に取外す運用とする。また、止水板の取付け・取外し訓練を定期的の実施することとし、訓練計画を策定する。運用については、社内マニュアルに規定して管理する。



止水板概要図

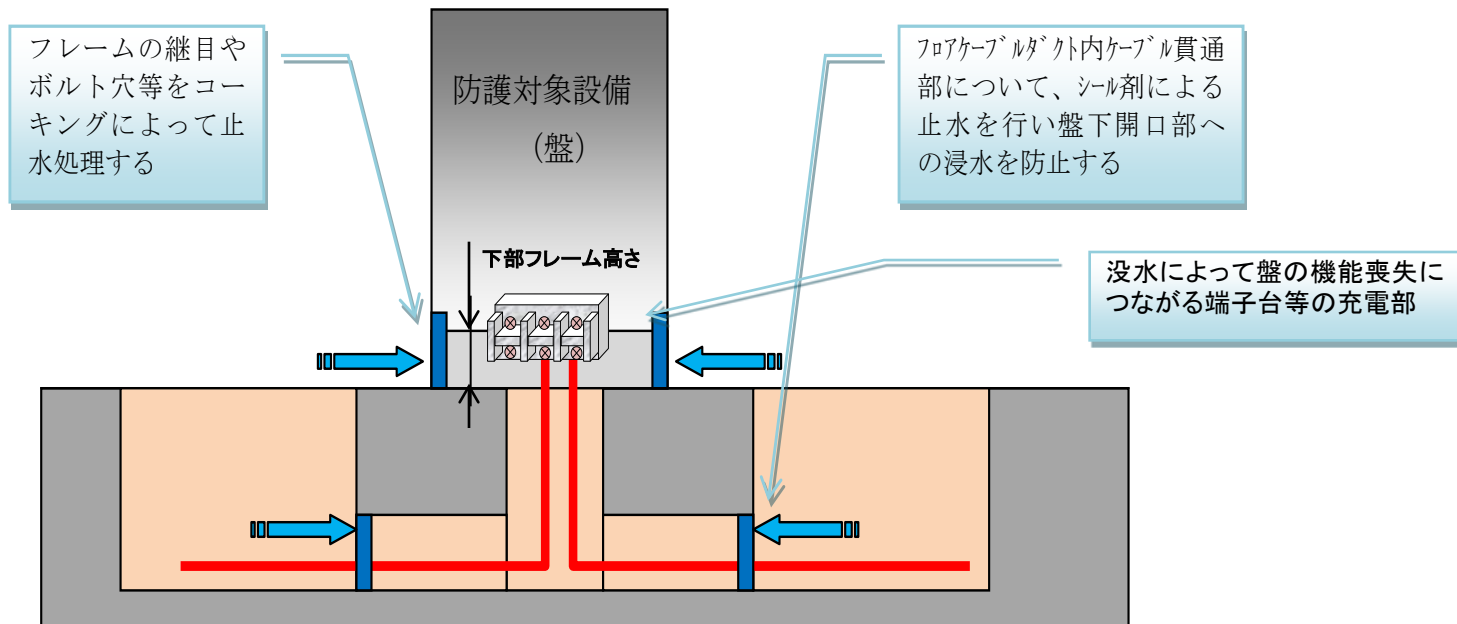


止水板サンプル写真

8-2 消火水による没水防護対策(2/3)

■電気盤フレームの止水対策(1/2)

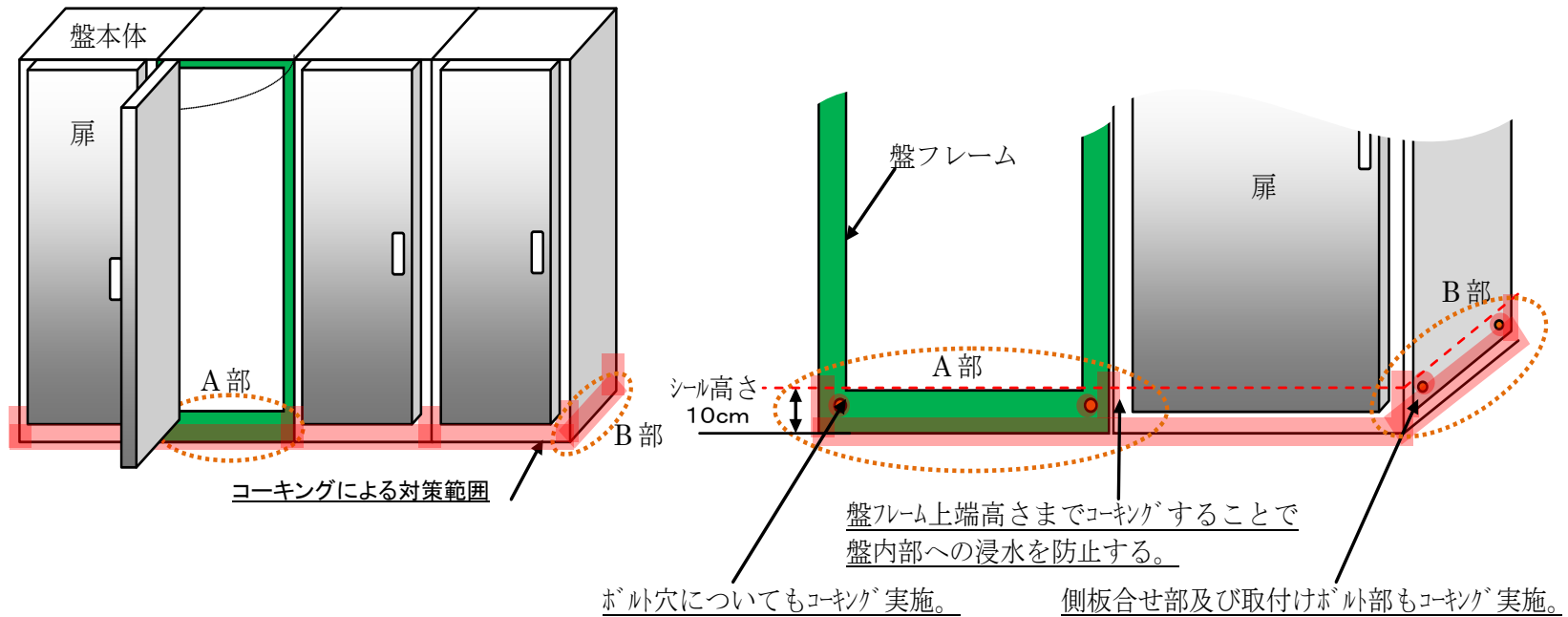
- ▶「溢水水位<機能喪失高さ」だが5cmの裕度を確保していない以下の盤に対して止水対策を施している。
- 原子炉補助建屋T. P 17. 8mの安全系計装盤室内の電気盤(安全系現場制御監視盤他)
 - 原子炉建屋 T. P 10. 3mのディーゼル発電機制御盤



盤フレームに対する止水対策概要図(その1)

8-2 消火水による没水防護対策(3/3)

■電気盤フレームの止水対策(2/2)



盤フレームに対する止水対策概要図(その2)

9. 想定破損により生じる溢水影響評価

- 「9-1 想定破損により生じる没水影響評価」の説明内容について
 - 想定破損による没水影響評価
 - 想定破損による没水評価フローに基づく具体的な評価方法
 - 防護対象設備設置建屋内における想定破損による溢水量および没水影響評価結果
 - 代替屋外給水タンク配管の想定破損による没水影響評価結果
 - ろ過水タンク配管及び2次系純水タンク配管の想定破損による没水影響評価結果
 - 低耐震建屋(出入管理建屋、電気建屋、タービン建屋)からの溢水影響評価結果

- 「9-2 想定破損により生じる蒸気影響評価」の説明内容について
 - 想定破損による蒸気影響評価
 - 漏えい蒸気影響範囲の設定(例)
 - 解析区画の設定、環境解析の実施
 - 環境解析結果(例)
 - 防護対象設備の耐蒸気性能試験
 - 蒸気による影響評価結果

- 「9-3 蒸気影響評価」の説明内容について
 - 蒸気影響緩和対策

9-1 想定破損により生じる没水影響評価(1/6)

■想定破損による没水影響評価

➢ 低エネルギー配管の没水影響評価

- 原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、循環水ポンプ建屋(SWP室内・海水ストレナエリア)、電気建屋(地下水排水系統)に設置されている低エネルギー配管については応力評価結果より「破損想定不要」とすることにより、溢水源となりうる系統がないことから防護対象設備に影響を及ぼさないことを確認した。
- 循環水ポンプ建屋(SWP室内・海水ストレナエリア以外)に設置されている低エネルギー配管については、貫通クラックにより溢水が発生したとして防護対象設備の没水影響評価を行う。

➢ 高エネルギー配管の没水影響評価

- 高エネルギー配管については、完全全周破断により溢水が発生したとして防護対象設備の没水影響評価を行う。
- ただし、主蒸気管室外に敷設される蒸気発生器ブローダウン系統は、ガイド附属書Aの規定を用いて応力評価し、破損が生じないことを確認した。

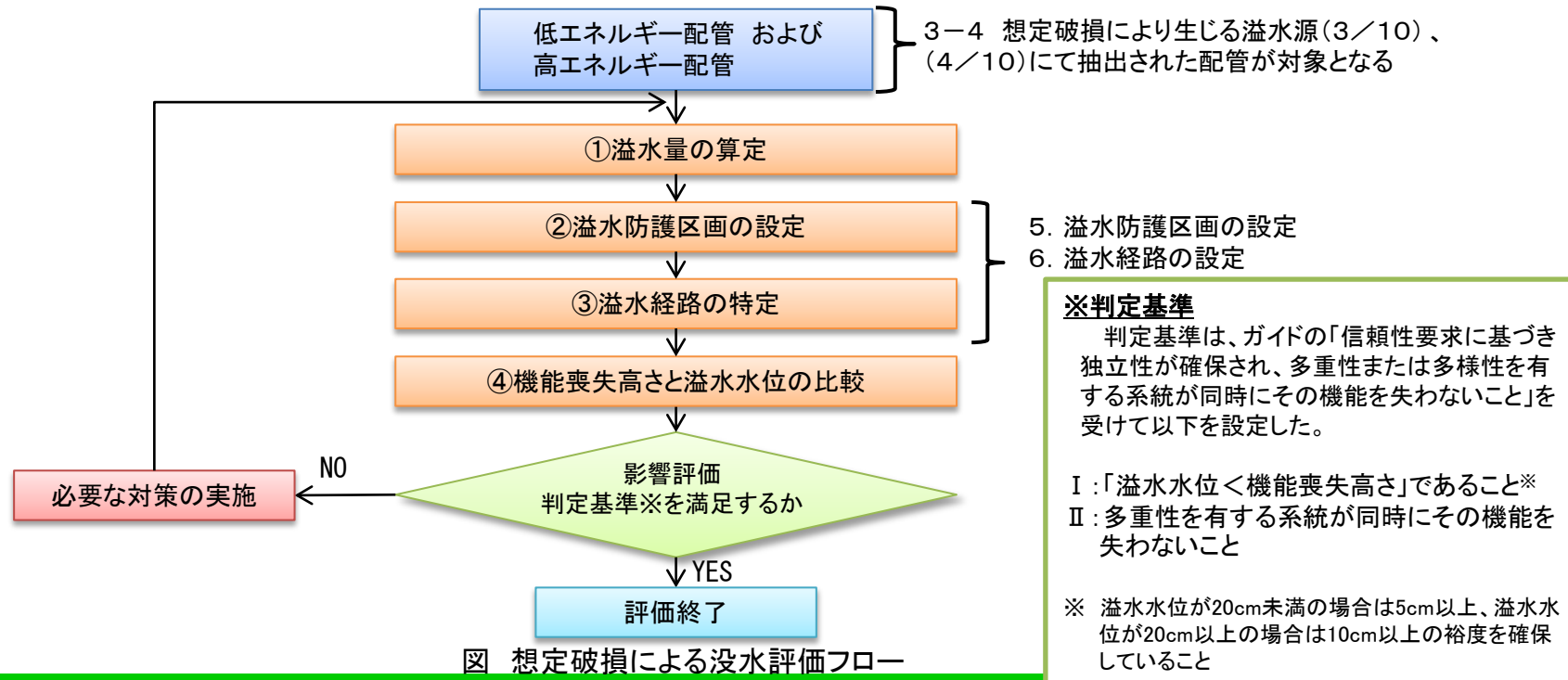


図 想定破損による没水評価フロー

9-1 想定破損により生じる没水影響評価(2/6)

■想定破損による没水評価フローに基づく具体的な評価方法

➤ ① 溢水量の算定

- 各系統毎に以下の手法を用いて溢水量の算定を行う。
 - ✓ 系統毎に、漏えいが発生した場合の自動検知や運転員が事象を判断する際のパラメータ等を整理する。
 - ✓ 各々のパラメータにより、漏えいを検知できる系統範囲は異なることから、各パラメータの漏えい検知範囲毎に系統を分割する。
 - ✓ 分割した系統範囲毎に、漏えい検知後の隔離により漏えいを停止するまでの時間の積み上げを行い、漏えい流量を乗じて溢水量を算定する。
 - ✓ 分割した系統範囲毎の溢水量を比較して最大となる溢水量を、当該系統が存在する全ての溢水防護区画に溢水量として設定する。
 - ✓ 一つの溢水防護区画に複数の系統がある場合は、他系統も含めた最大の溢水量により、当該区画の没水評価を実施する。

➤ ② 溢水防護区画の設定

- 溢水防護区画の設定にあたっては、防護対象設備が設置されているフロアを基準として、平坦な床面は同一区画として考え、境界は壁や扉の敷居部、堰等流入の障壁となる段差がある箇所にて区画境界する。

➤ ③ 溢水経路の特定

- 溢水源となりうる各系統毎に想定破損箇所に対して溢水経路図を作成する。
 - a. 下層階への伝播
 - 下層階における溢水の伝播先を特定し、上層からの溢水量全量を流入させ評価を行う。
 - b. 溢水防護区画内での漏えい
 - 溢水防護区画内での漏えい(溢水源が評価区画内にある場合)は、溢水防護区画内の溢水高さが高くなるよう、区画境界に扉や堰がある場合は、溢水を区画外に流出させないように設定する。
 - c. 溢水防護区画外での漏えい
 - 溢水防護区画外での漏えい(溢水源が評価区画外にある場合)は、評価対象となる溢水防護区画へ流入させるように伝播経路を設定する。

➤ ④ 機能喪失高さとの溢水水位の比較

- 溢水防護区画毎に機能喪失高さが低く当該エリアでクリティカルになる設備を選定し、前頁の判定基準を満足するか確認することで当該エリアの影響評価を実施する。

9-1 想定破損により生じる没水影響評価(3/6)

■防護対象設備設置建屋内における想定破損による溢水量および没水影響評価結果

- ▶ 溢水経路における各フロアの滞留面積に基づき溢水水位を算出し、防護対象設備の機能喪失高さと比較した。
- ▶ 影響評価を行った結果、全て判定基準を満足することを確認した。

[防護対象設備設置建屋内の溢水量]

建屋	溢水源	漏えい発生から 隔離までの時間	想定溢水量 (注)
原子炉建屋	主給水管	18分	642.3m ³
原子炉補助建屋	充てん配管	16分	37.6m ³
ディーゼル発電機建屋	なし	—	—
循環水ポンプ建屋	軸受冷却水配管	75分	24.7m ³

(注) 各建屋で最も多い想定溢水量を記載
機器破損時、自動または手動による隔離完了まで
の溢水を考慮

[防護対象設備設置建屋内における最も余裕が小さい防護対象設備の没水影響評価結果]

建屋	設置フロア 高さT. P.	防護対象 設備	溢水水位	機能喪失 高さ	余裕	判定 基準
原子炉建屋	10.3m	ディーゼル発電機 制御盤	0.01m	0.07m	0.06m	I
	29.3m	補助給水隔離弁	0.40m	0.80m	0.40m	I※1
原子炉補助建屋	10.3m	充てんポンプ	0.99m	0.68m	-0.31m	II※3
	17.8m	安全系現場制御監 視盤※2	0.02m	0.10m※4	0.08m	I
ディーゼル発電機建屋	溢水源がないため評価不要					—
循環水ポンプ建屋	2.5m	原子炉補助機冷却海 水ポンプ	0.30m	1.50m	1.20m	I

■判定基準

- I: 「溢水水位<機能喪失高さ」であること※
- II: 多重性を有する系統が同時にその機能を失わないこと

※ 溢水水位が20cm未満の場合は5cm以上、溢水水位が20cm以上の場合は10cm以上の余裕を確保していること

※1 詳細評価を実施した結果、判定基準 I を満足することを確認

※2 次に機能喪失高さが低い防護対象設備

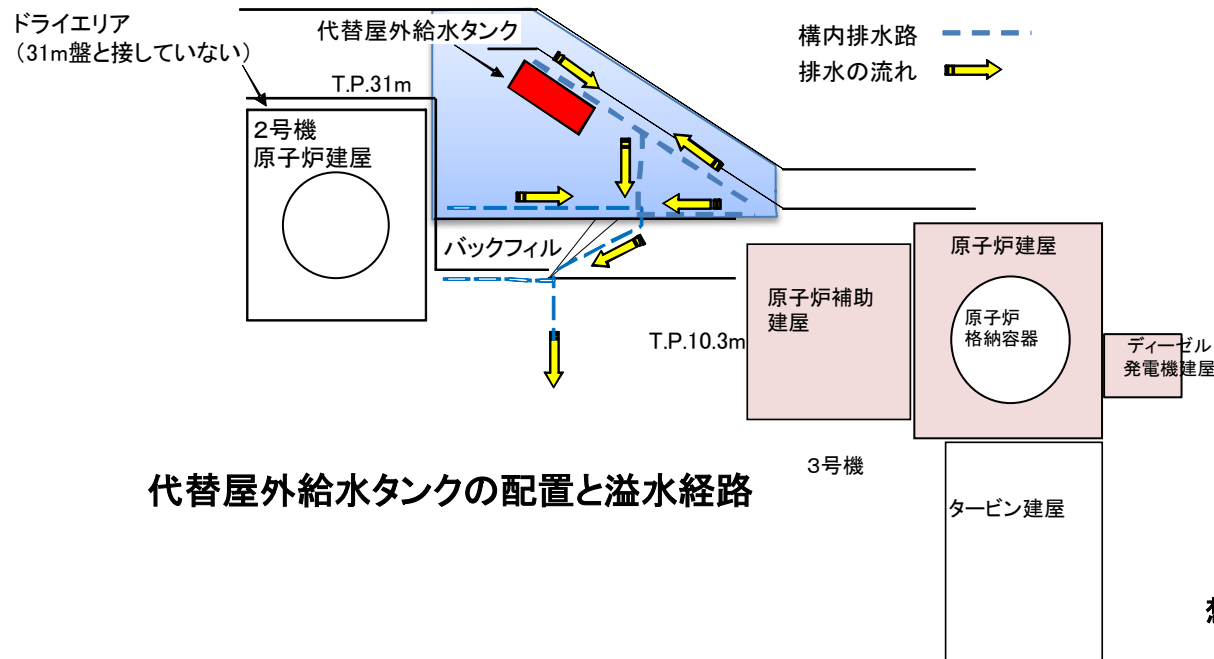
※3 充てんポンプ室2室に溢水が伝播する場合、溢水水位は0.51mとなるため2系統同時に機能喪失しない

※4 当該盤の機能喪失高さは0.04mのため、盤フレーム上端高さ(0.10m)までコーキングすることで、盤内部への浸水を防止する

9-1 想定破損により生じる没水影響評価(4/6)

■代替屋外給水タンク配管の想定破損による没水影響評価結果

- T. P. 31mに設置している代替屋外給水タンクは、Ss地震に対して耐震性を有する設計としており、地震破損はしない。
- タンク接続配管(管台)については、地震随伴ではない想定破損を考慮する必要があり、想定破損時の溢水量は約8.2m³/hとなる。なお、破損形態は1/4Dtクラックとし、トリチェリの式で溢水流量を算出した。
- 上記の溢水はT.P.31mの敷地を流れ、バックフィル手前の構内排水路に流れ込み、T.P.10.3mの構内排水路に導かれ、最終的には湾内へ排水される。
- 構内排水路の流下能力は約1184.4m³/hであるため、排水に支障が出ることはない。



代替屋外給水タンクの外観

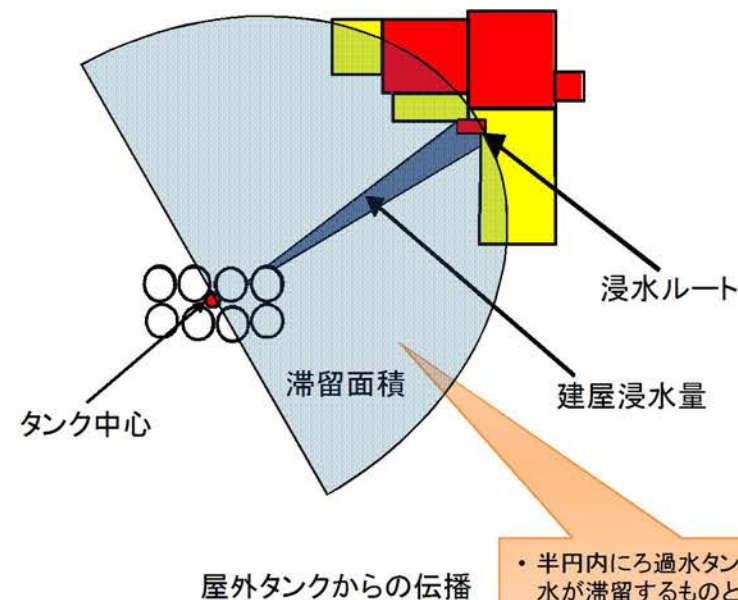
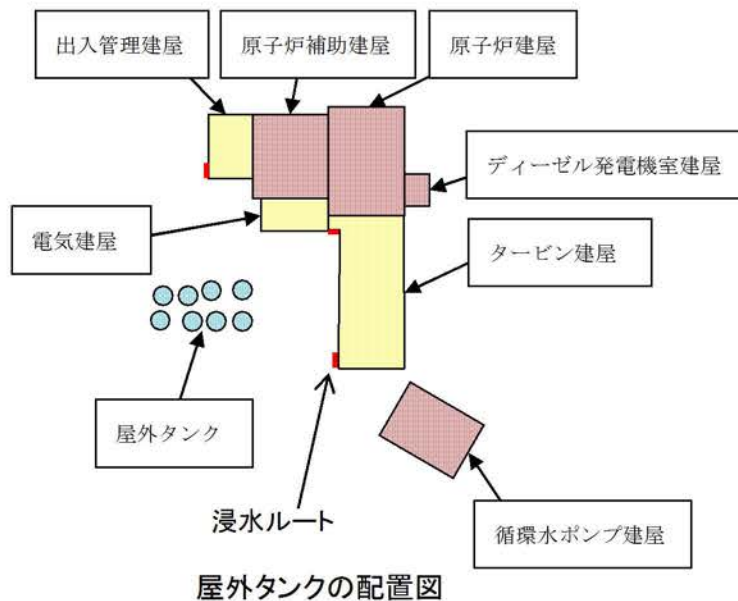


想定破損を考慮する接続配管(管台)

9-1 想定破損により生じる没水影響評価(5/6)

■ろ過水タンク配管及び純水タンク配管の想定破損による没水影響評価結果

- 8基の屋外タンクの接続配管の一箇所に貫通クラックを想定して溢水影響評価を行った。
- 破損した接続配管からの漏れい水が地表面で伝播した際の溢水水位を簡略的手法で評価した結果、漏れい水が浸水する建屋の浸水高さは浸水対策設備(水密扉等)の設計条件である15m未満であることなどを確認した。



- 半円内にろ過水タンク4基からの全溢水が滞留するものとして、溢水水位を算出
- 溢水水位が建屋浸水高さを超える場合は、半円の弧長さと建屋浸水ルート幅(横幅)の比に漏れい量を乗じた値を、建屋浸水量として評価

9-1 想定破損により生じる没水影響評価(6/6)

■低耐震建屋（出入管理建屋、電気建屋、タービン建屋）からの溢水影響評価結果

- ▶ 低耐震建屋である、出入管理建屋、電気建屋、タービン建屋において発生する想定破損時の溢水は、防護対象設備が設置されている建屋（原子炉建屋、原子炉補助建屋）との境界通路部に設置した水密扉や壁貫通部のシール対策によって溢水流入を防止できることから、防護対象設備に影響を与えないことを確認した。

•出入管理建屋、電気建屋における想定破損溢水量算定結果

	配管貯蔵量の放出	消火ポンプによる継続注入量 (保守的に24時間で隔離されると仮定)	合計溢水量
溢水量※1	25m ³	720m ³	745m ³

※1: 想定破損溢水量の算定については、放出量が最も大きい消火水系統配管1箇所の破損(低エネルギー配管のため1/4Dtクラック)を想定。

出入管理建屋、電気建屋からの溢水影響評価においては、各フロア毎に溢水量の全量が滞留することとして評価を行っており、この保守的な評価においても境界通路部に設置した水密扉や壁貫通部のシール対策によって溢水流入を防止できることから、防護対象設備に影響を与えることは無い。

建屋境界水密扉設置例
(水密扉は左記の溢水によって生じる浸水高さを基に設計されており、隣接する原子炉補助建屋に溢水影響が及ぶことはない)

•タービン建屋における想定破損溢水量算定結果

	継手からの溢水 検知から25分で隔離される	機器からの溢水についても保守的に加算	合計溢水量		T.P.10.3m以下の 空間容積
溢水量	350m ³	11,970m ³	12,320m ³	<	61,500m ³

タービン建屋からの溢水影響評価については、防護対象設備が設置される原子炉建屋への流入防止対策(水密扉、貫通部シール)対策はT.P.15mまで実施しており、想定破損で発生する溢水の流入を防止できることから防護対象設備に影響を与えることは無い。

9-2 想定破損により生じる蒸気影響評価(1/6)

■ 想定破損による蒸気影響評価

- 「蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等」の想定破損に伴う蒸気漏えいおよび蒸気緩和対策を考慮した蒸気影響評価のフローを「蒸気影響評価フロー」に示す。

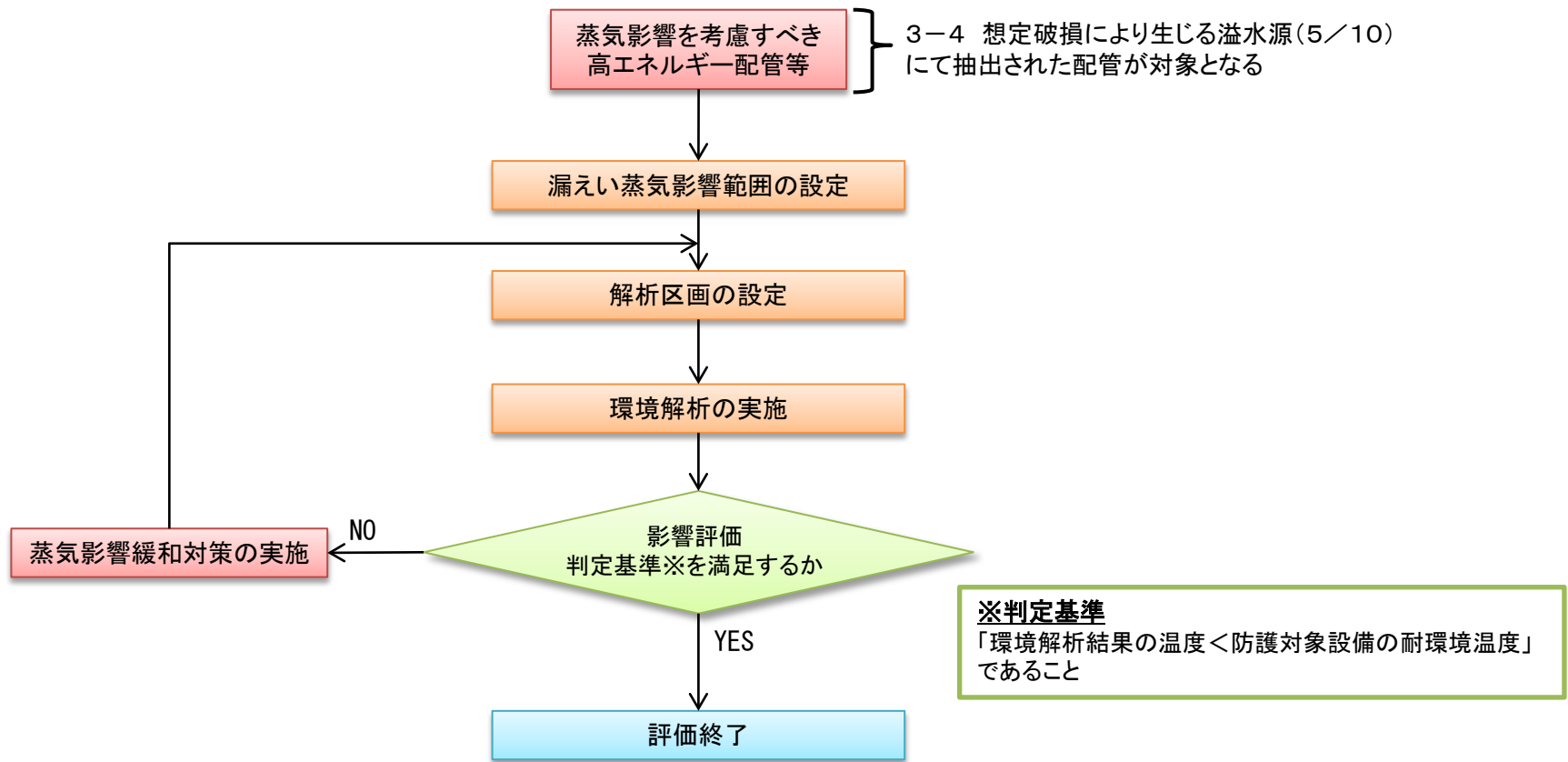


図 想定破損による蒸気影響評価フロー

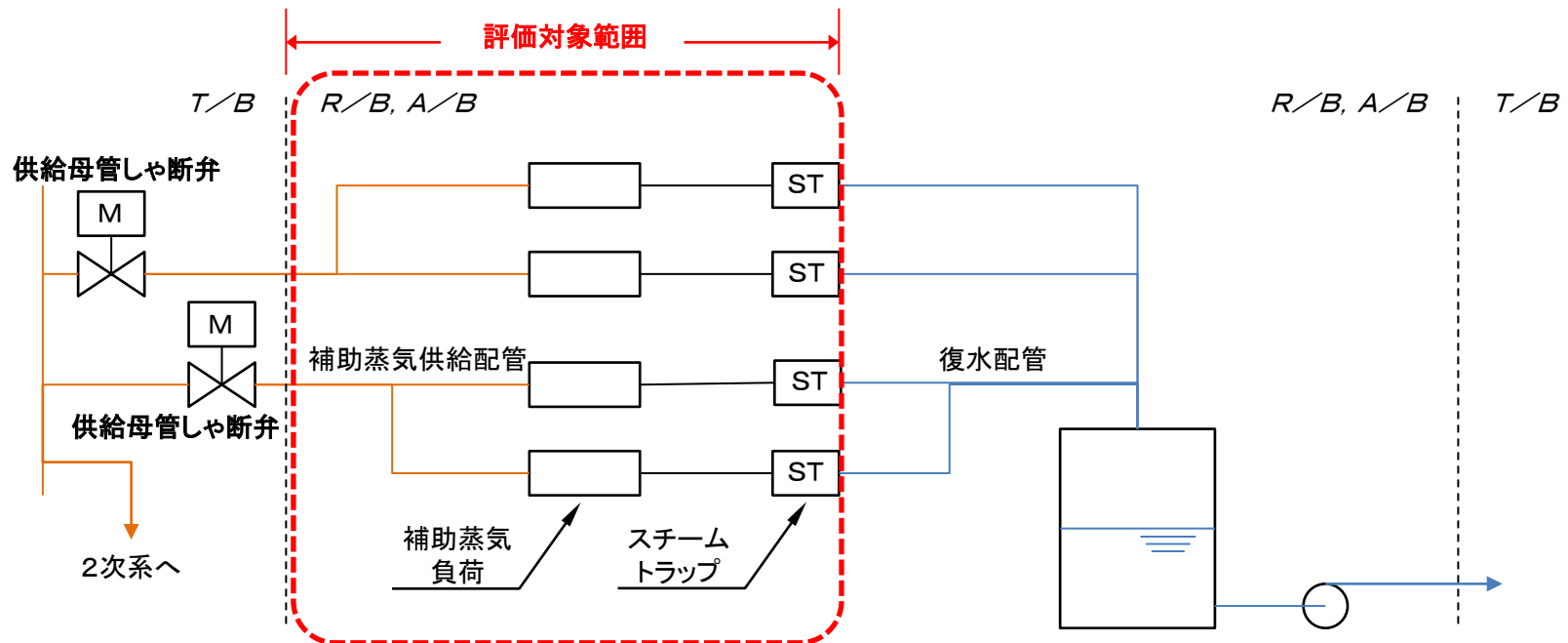
9-2 想定破損により生じる蒸気影響評価(2/6)

■漏えい蒸気影響範囲の設定(例)

➤「蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等」のうち、評価対象範囲の一例を以下に示す。

・補助蒸気系統

補助蒸気系統は、負荷の下流側に設置されたスチームトラップで完全に復水となり、温度、圧力ともに低下して蒸気影響はなくなることから、評価対象範囲は「供給配管～スチームトラップ」の間となる。



9-2 想定破損により生じる蒸気影響評価(3/6)

■解析区画の設定、環境解析の実施

- 蒸気による影響を評価するため、汎用解析コード(GOTHIC)を用いて、溢水箇所、防護対象設備の配置および空調の流れを考慮した解析区画を設定し、適切な境界条件等を適用して解析区画毎の温度・湿度を計算する。

(1) インプットデータ

- ・区画体積及びパス開口面積
- ・空調条件(給排気量および位置)
- ・区画初期条件(温度、湿度、圧力)
- ・破損想定機器(高エネルギー配管)からの質量流量およびエネルギー放出量

(2) アウトプットデータ

- ・区画ごとの環境条件(温度および相対湿度)

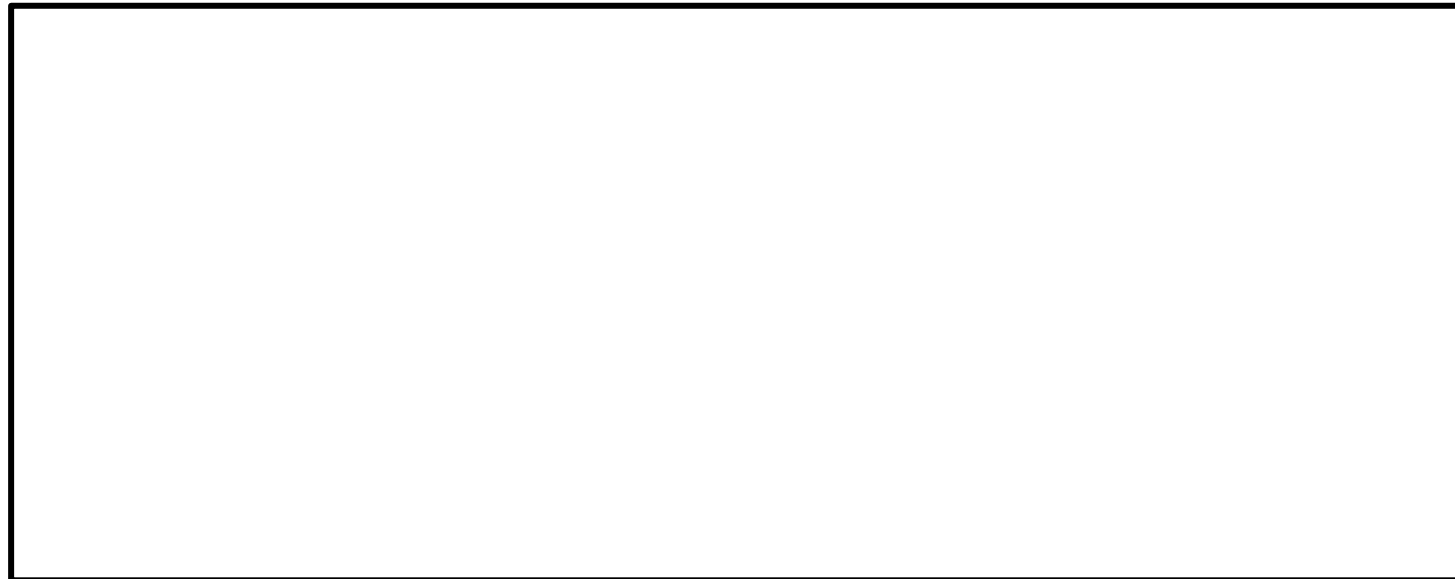
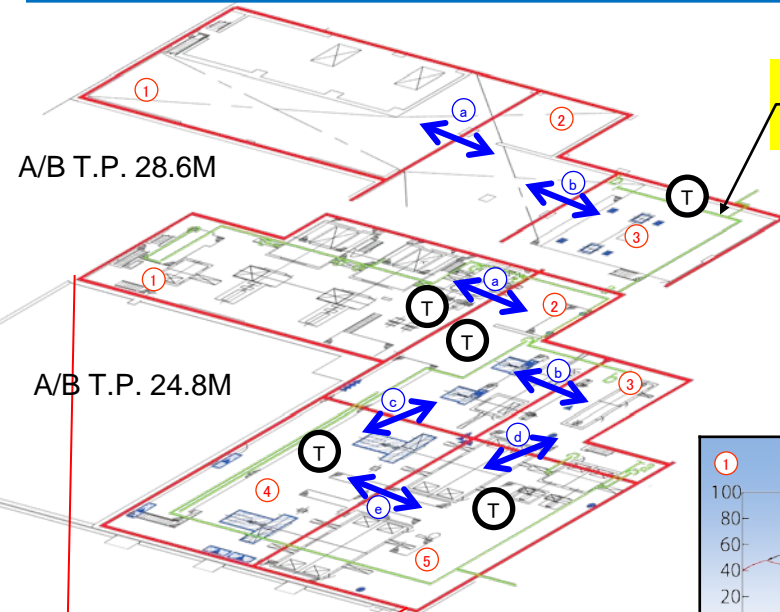


図 環境解析概要図

9-2 想定破損により生じる蒸気影響評価(4/6)

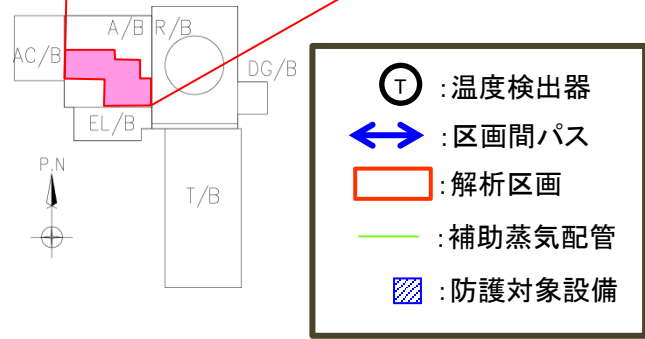
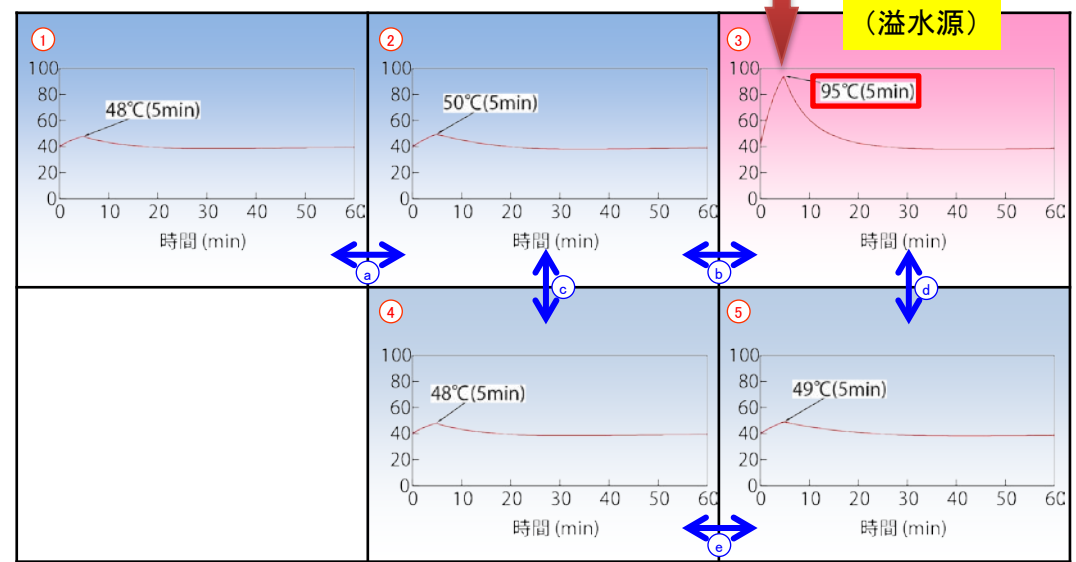
■環境解析結果(例)

➢ 補助蒸気系統の環境解析結果の一例を以下に示す。



全周破断 (溢水源)
STPG370-S 1B SCH40
最高使用圧力: 0.93MPa
最高使用温度: 185°C

➢ 蒸気が漏えいした場合、温度検出器の検知(60°C)で補助蒸気の供給母管しゃ断弁が閉動作することにより約**5分**後に蒸気放出が停止する。
➢ ピーク温度**95°C**に達した後、温度は低下し、防護対象設備の耐環境温度(120°C)以下に抑制できる。



9-2 想定破損により生じる蒸気影響評価(5/6)

■防護対象設備の耐蒸気性能試験

- 防護対象設備(電気計装品)が120℃の蒸気環境下に曝された場合においても機能維持することを「耐蒸気性能試験」により確認した。
- ポンプ・ファンモータは、個別評価により機能維持を確認した。具体的には、ポンプ・ファンモータの構成部品のうち固定子および軸受部(軸受および潤滑油・グリス)について、120℃以下の蒸気環境下で機能維持することを確認した。

表 蒸気影響評価対象選定表

防護対象設備		試験結果
電動弁	モータおよび駆動部	○
空気作動弁	リミットスイッチ	○
	電磁弁	○
	減圧弁	○
	ダイヤフラム	○
ダンパ	ダンパオペレータ	○
	ポジションナ	○
	ポジションスイッチ	○
	電磁弁	○
	減圧弁	○
計器	伝送器	○
	流量設定器	○
	温度スイッチ	○
現場盤	スイッチ、表示灯、端子台など	○
モータケーブル接続部	高圧・低圧ケーブル接続部	○
中継端子箱	(端子台)	○

9-2 想定破損により生じる蒸気影響評価(6/6)

■蒸気による影響評価結果

- 「蒸気影響を考慮すべき高エネルギー配管等」の想定破損に伴う蒸気漏洩および蒸気影響緩和対策を考慮した蒸気影響評価を実施した結果、防護対象設備の設置エリアの温度を防護対象設備の耐環境温度（120℃）以下に抑制できることを確認した。

9-3 蒸気影響緩和対策

■蒸気影響緩和対策

- 補助蒸気系統には蒸気漏えい時の温度影響が大きな区画に**漏えい検知用温度検出器(RTD)**を設置し、供給母管に**しゃ断弁**を設け蒸気影響を緩和させる。
- RTDは解析区画毎に原則1個設置。
- 50℃で「温度高」警報、60℃で「温度異常高」警報を中央制御室に発信し、一次系補助蒸気区画の「温度異常高」では、あわせて補助蒸気供給母管しゃ断弁を2台を自動閉止し、蒸気漏えいを停止させる。

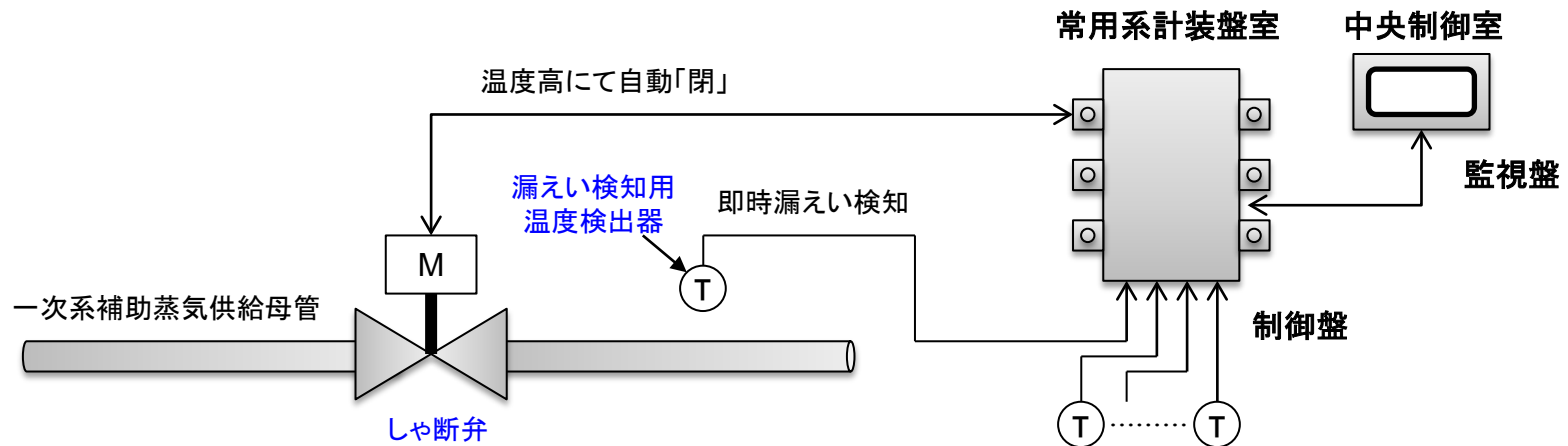


図 蒸気影響緩和対策の概要

10. 被水影響評価

- 「10-1 被水影響評価結果」の説明内容について
 - 被水対策設備／被水対策内容の選定
 - 防護対象設備に対する被水防護処置(例)
 - 被水影響評価結果

- 「10-2 被水防護対策」の説明内容について
 - 被水防護対策(施工実例)

10-1 被水影響評価結果(1/3)

■被水対策設備／被水対策内容の選定

➤ 被水対策必要設備の防護に対する検討

防護すべき溢水(被水)

- 耐震性のないBCクラス機器からの溢水による被水
- 高エネルギー配管からの溢水による被水
- ピンホール等の経年劣化を想定した溢水による被水
- 消火活動による消火水の放水による被水

対策の基本

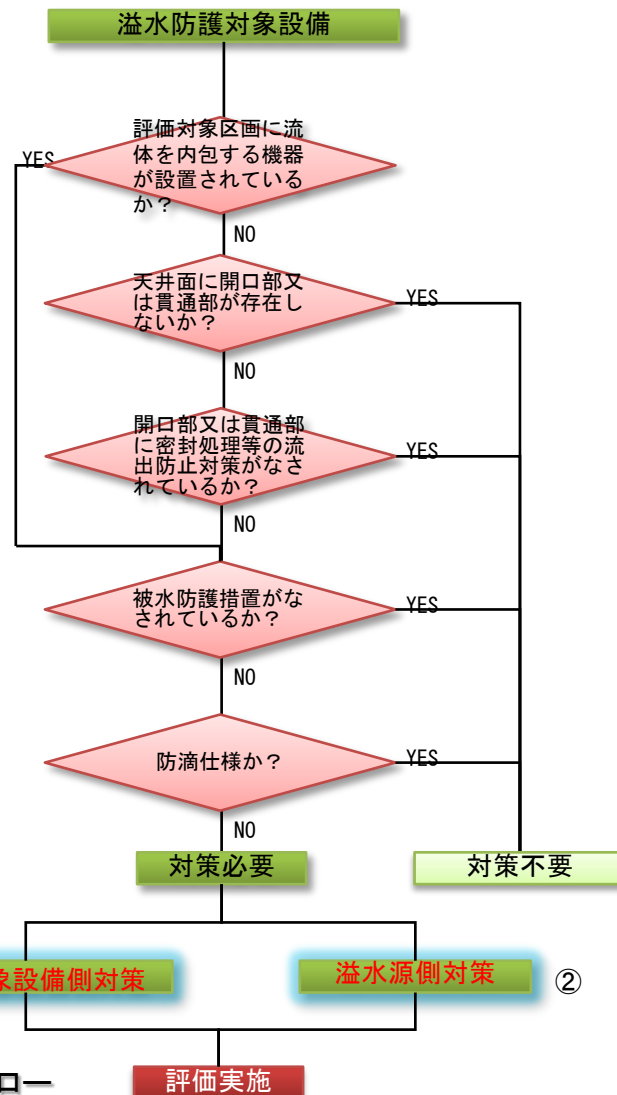
- 防護対象設備側で処置を行うことを原則とする

➤ 防護対象設備への対策:①

- 被水防護処置の抽出部位に対するシール処置
- 被水防護カバーの設置

➤ 防護対象設備本体への対策よりも溢水源側での対策の方が効果的である場合:②

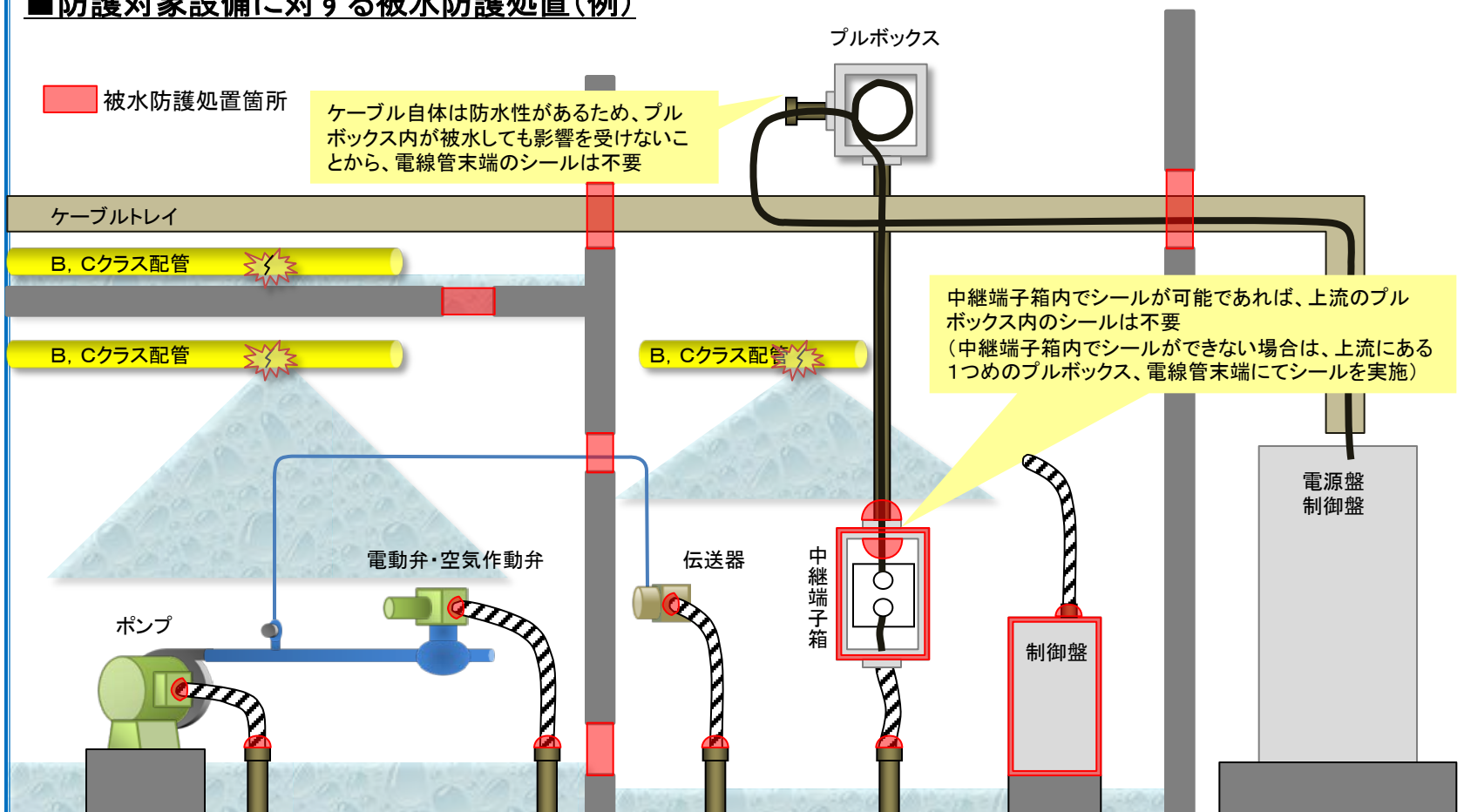
- 溢水源側での防護処置
 - ✓ 板金保温材等の飛散防止カバーの設置
 - ✓ 防護板の設置



ガイドに基づいた被水影響評価フロー

10-1 被水影響評価結果(2/3)

■防護対象設備に対する被水防護処置(例)



- ・防護対象設備本体の被水対策が基本
- ・設備本体での対策が困難な場合は、被水源からの溢水飛散を防止する対策を講じる(板金保温、防護板等)

10-1 被水影響評価結果(3/3)

■被水影響評価結果

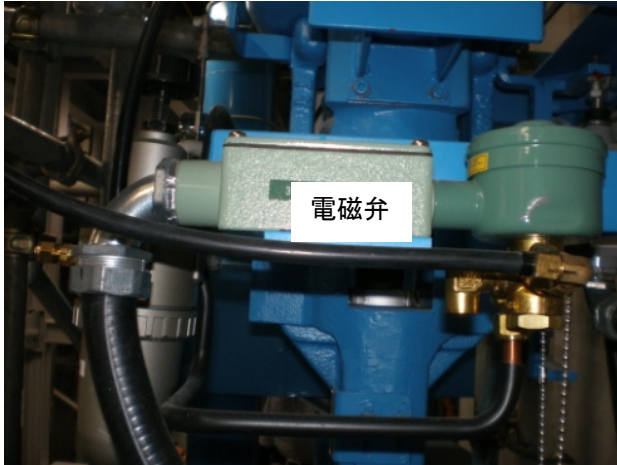
- 防護対象設備への被水に対して防護すべき溢水源となる「耐震性のないBCクラス機器からの溢水」「高エネルギー配管からの溢水」「ピンホール等の経年劣化を想定した溢水」「消火活動による消火水の放水」による被水に対して、防護対象設備側での被水防護処置(被水防護処置の抽出部位に対するシール処置及び被水防護カバーの設置)や、溢水源側での防護処置(配管板金保温材等の飛散防止カバーの設置)を行うことにより、防護対象設備に対して、被水による影響がないことを確認した。

10-2 被水防護対策

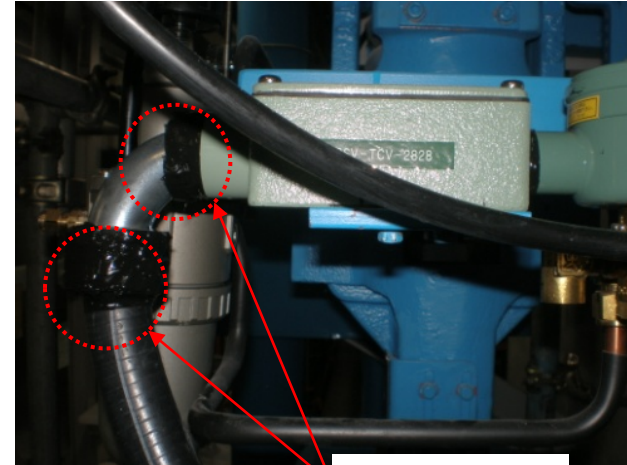
■被水防護対策(施工実例)

■空気作動弁

<施工前>



<施工後>



防護対象設備のうち空気作動弁の電磁弁・リミットスイッチケーブル接続部に対してシリコンシーラントによるシーリングを実施

