

柏崎刈羽原子力発電所 第7号機

耐津波設計における内郭防護の基準適合性について

TEPCO

2020年7月16日
東京電力ホールディングス株式会社

枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

□ 技術基準規則第6条

設計基準対象施設が基準津波によりその安全性が損なわれるおそれがないよう、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。

□ 設置許可基準規則 別記3（青字部は独自に追記）

3 第5条の「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」を満たすために、基準津波に対する設計基準対象施設の設計にあたっては、以下の方針によること。

- 一 Sクラスに属する施設の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させないこと。また、取水路及び排水路等の経路から流入させないこと。（外郭防護1）
- 二 取水放水施設及び地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止すること。（外郭防護2）
- 三 上記の前二号に規程するものの他、Sクラスに属する施設については、浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離すること。そのため、Sクラスに属する設備を内包する建屋及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化するとともに、津波による溢水を考慮した浸水範囲を及び浸水量を保守的に想定した上で、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと。（内郭防護）

1. 浸水防護重点化範囲の設定

1.1 浸水防護重点化範囲の設定

- 設置変更許可時に説明を行った浸水防護重点化範囲に以下エリアを追加。
- タービン建屋地下2階，地下中2階のタービン補機冷却水系熱交換器を設置するエリア(Hx/A)及び復水器を設置するエリア(C/A)の一部には，静的なSクラス機器(配管，電路等)が存在するため，浸水防護重点化範囲と設定する。
- タービン建屋地下1階，1階にも静的なSクラス機器(配管，電路等)が存在するため浸水防護重点化範囲と設定する。

浸水防護重点化範囲

取水槽及び補機取水槽

- ・CWP/A : 循環水ポンプを設置するエリア
- ・RSW/A : 非常用海水冷却系を設置するエリア
- ・C/A : 復水器を設置するエリア
- ・Hx/A : タービン補機冷却水系熱交換器を設置するエリア

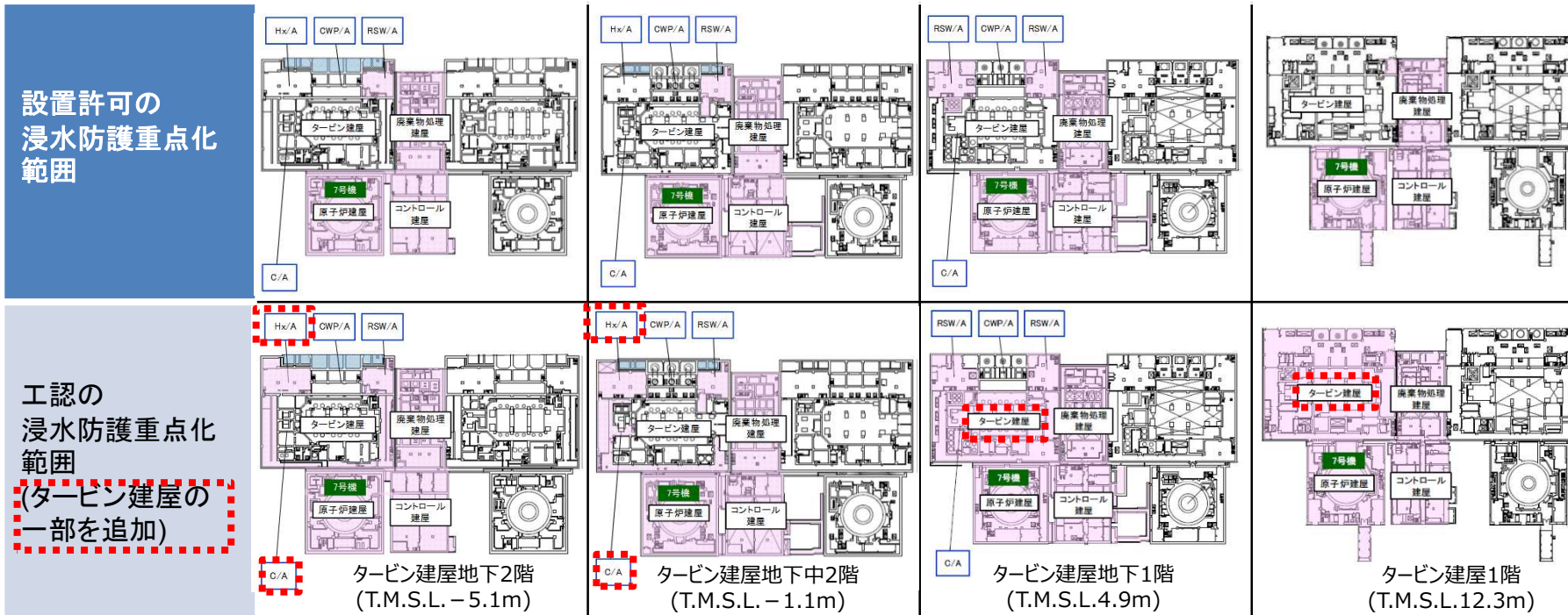


図1：浸水防護重点化範囲

1.2 内郭防護として保守的に想定する溢水事象(その1)

- 工認審査ガイド「3.5.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策」を踏まえ、内郭防護として図2に示す事象を保守的に想定する。
- 図2における各溢水事象について、次頁以降に示す各事象における事象進展を考慮し、設置許可基準規則別記3における「津波による溢水」に該当するか否かを以下のとおり整理
 - (a) 復水器エリアにおける循環水系の破損に伴う海水流入 ⇒ [内部溢水事象](#)
 - (b) タービン補機冷却海水配管の破損に伴う海水流入 ⇒ [内部溢水事象](#)
 - (c) 循環水ポンプエリアにおける循環水系の破損に伴う海水流入 ⇒ [内部溢水事象](#)、その後津波事象
 - (d) 屋外タンク等の損傷に伴う保有水流出 ⇒ [内部溢水事象](#)
 - (e) サブドレン停止に伴う地下水位上昇 ⇒ [内部溢水事象](#)

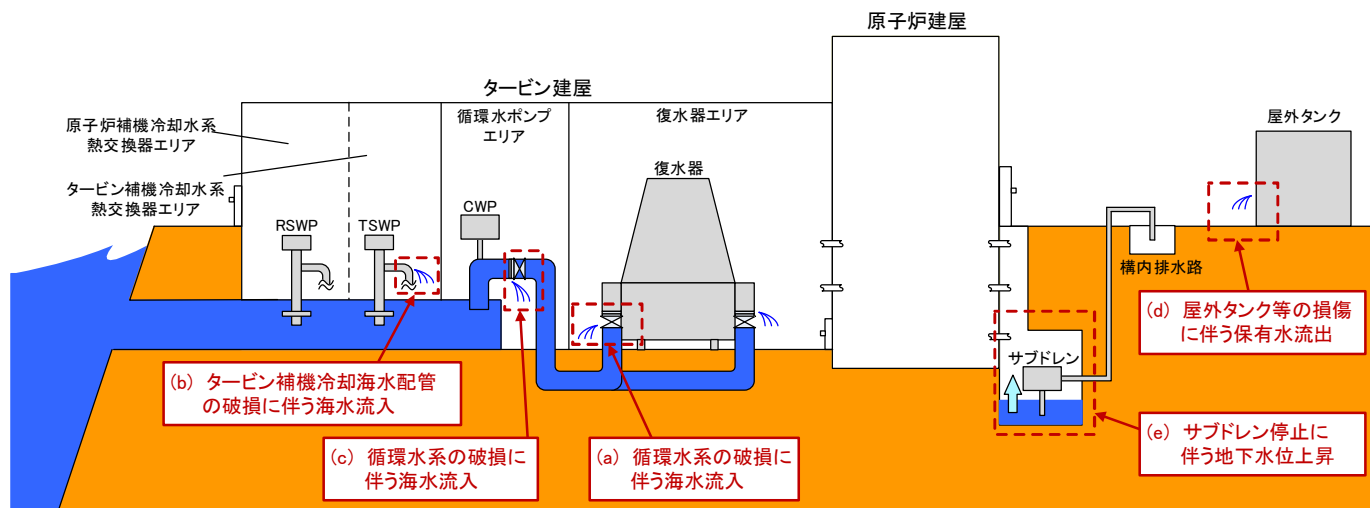


図2：内郭防護において保守的に想定する溢水事象

1.2 内郭防護として保守的に想定する溢水事象(その2)

(a) 復水器エリアにおける循環水配管の破損位に伴う溢水の事象進展

- ① 地震により系統保有水及び海水が復水器エリアに流入 (内部溢水事象)
- ② 津波が到達する前に復水器水室出入口弁が閉止しているため、津波の流入無し (弁の閉止 ; 地震後 、津波の最高水位到達 ; 地震後約40分(基準津波1))

⇒復水器エリアにおける循環水配管の破損位に伴う溢水は内部溢水事象と整理

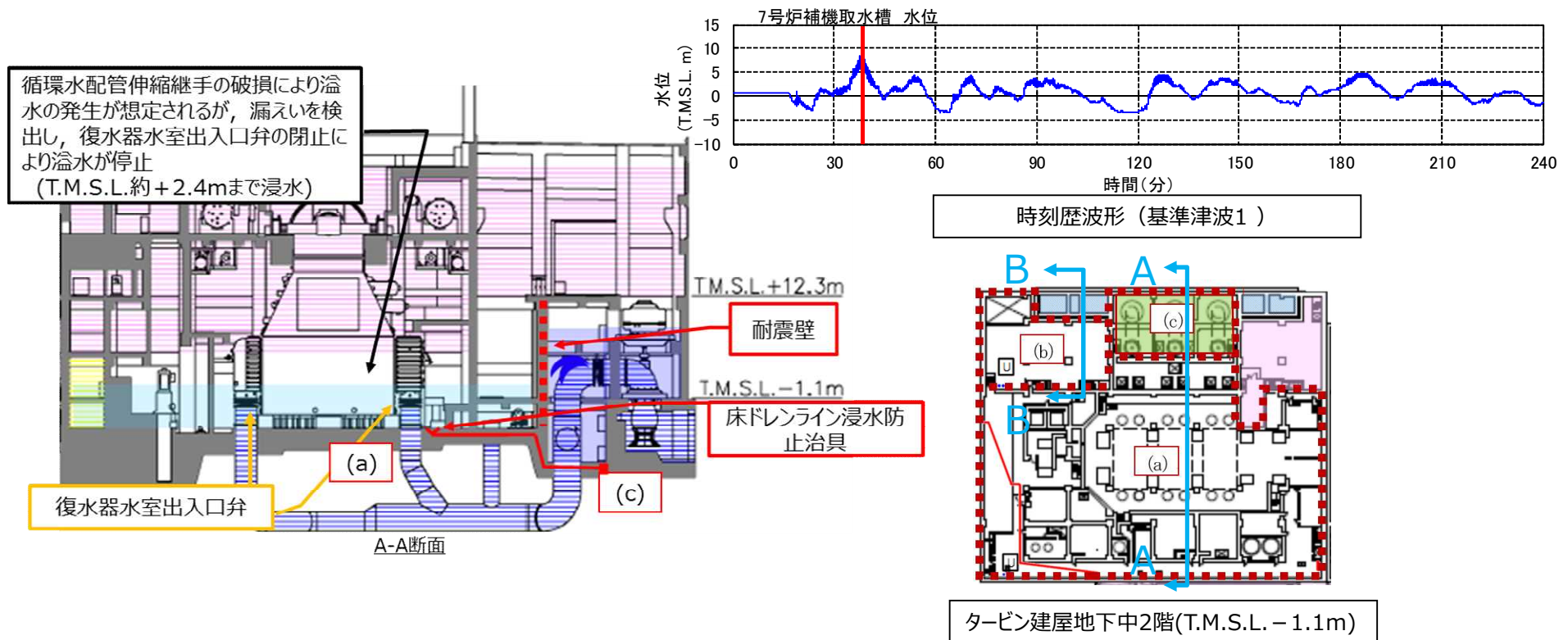


図3：復水器エリアにおける溢水事象

1.2 内郭防護として保守的に想定する溢水事象(その3)

(b) タービン補機冷却海水配管の破損に伴う溢水の事象進展

- ① 地震により系統保有水及び海水がタービン補機冷却系熱交換器エリアに流入（内部溢水事象）
- ② 津波が到達する前に吐出弁が閉止しているため、津波の流入無し（弁の閉止；地震後 、津波の最高水位到達；地震後約40分(基準津波1)）

⇒タービン補機冷却海水配管の破損に伴う溢水は内部溢水事象と整理

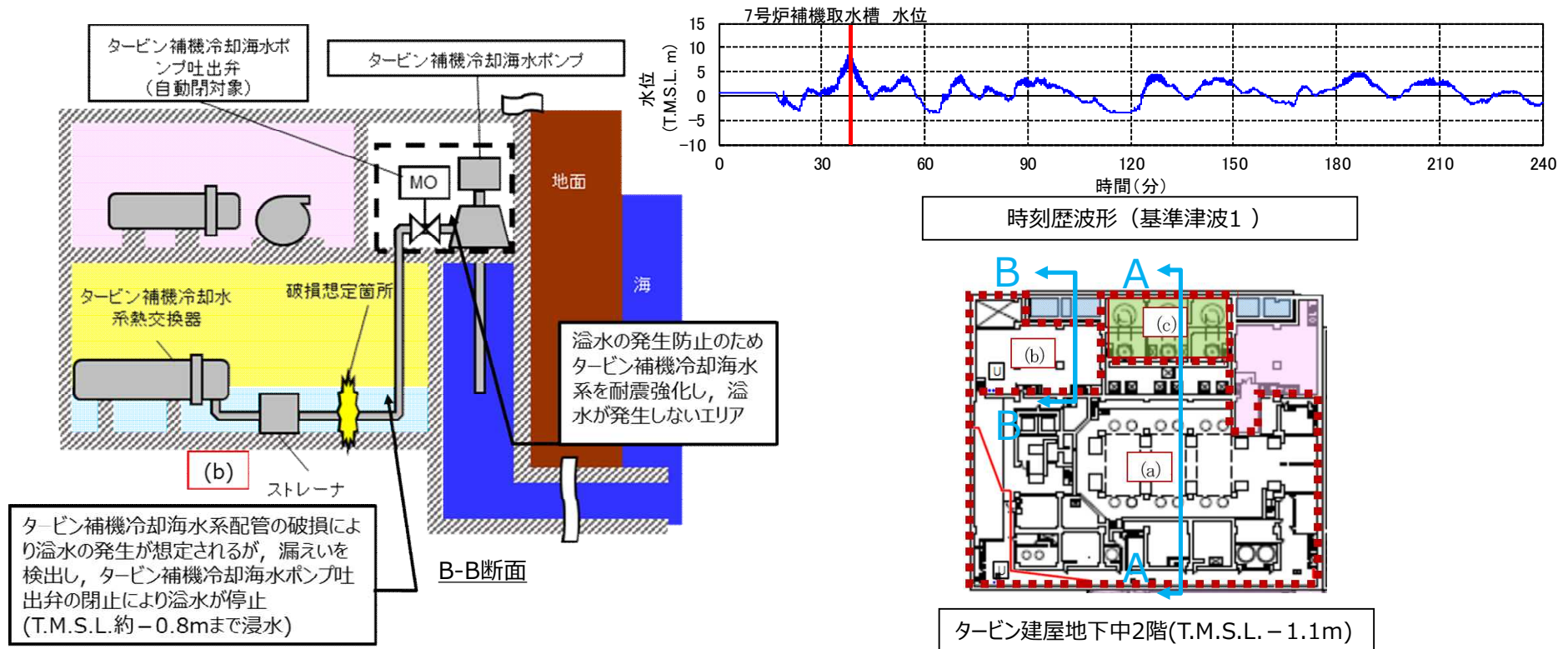


図4：タービン補機冷却系熱交換器エリアにおける溢水事象

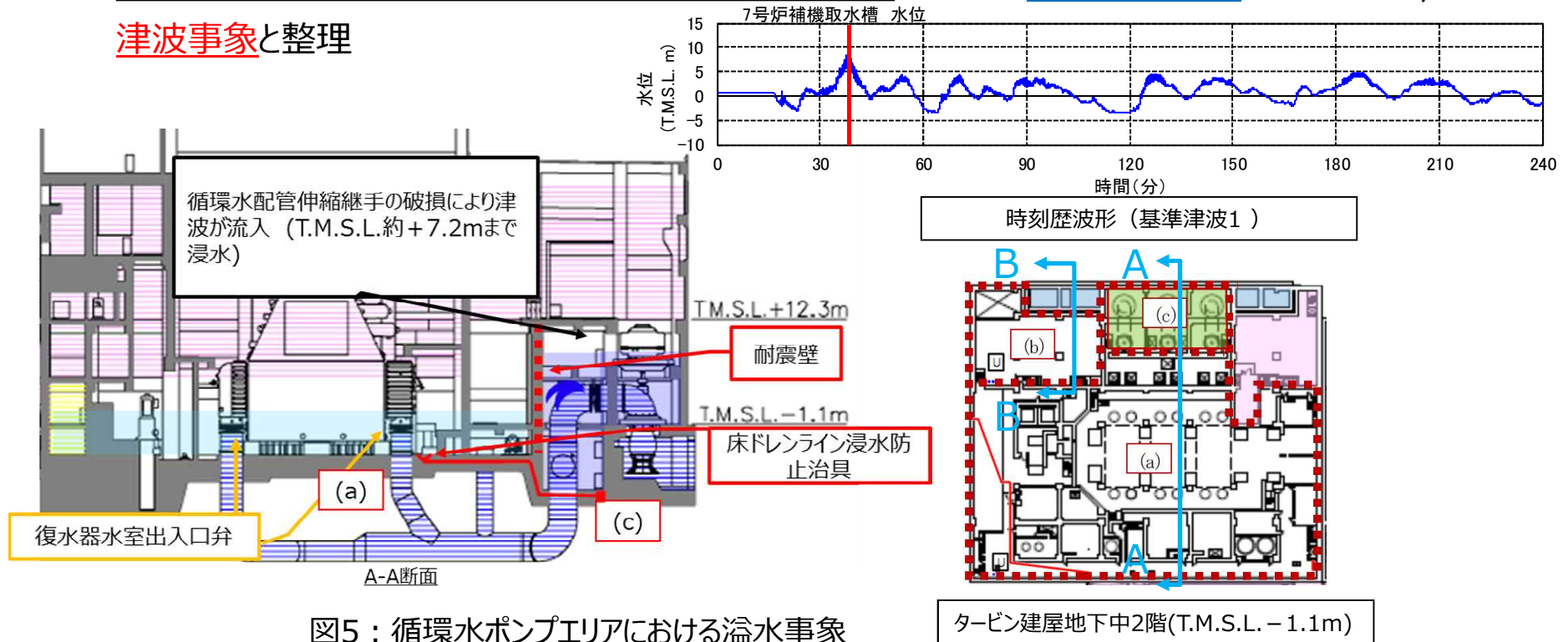
1.2 内郭防護として保守的に想定する溢水事象(その4)

(c) 循環水ポンプエリアにおける循環水系の破損に伴う溢水の事象進展

- ① 地震により系統保有水及び海水が循環水ポンプエリアに流入 (内部溢水事象)
- ② 循環水ポンプの押し込みにより、水位がT.M.S.L.約+11.85mまで上昇
- ③ 循環水ポンプ電動機の浸水によりポンプが停止、内部溢水が停止
- ④ 津波の到達により津波が流入

⇒循環水ポンプエリアにおける循環水系の破損に伴う溢水は最初は内部溢水事象がおきその後、

津波事象と整理



1.3 各溢水事象を踏まえた設計方針

- 津波による溢水が発生する区画については、津波による影響を可能な限り小さくすることを目的とし、別記3における「浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと」を適用し、同エリアと浸水防護重点化範囲の境界に浸水防止対策を実施する。
- 内部溢水による溢水が発生する区画については、同エリアと接続する浸水防護重点化範囲の特性を考慮し、浸水防護重点化範囲内に設置される施設・設備の安全機能喪失を防止する設計とする。
- 具体的には表1に示す設計とする。

表1：浸水防護重点化範囲の設計方針

	浸水防護重点化範囲	浸水防護重点化範囲 (静的機器のみを設置するエリア)
範囲内に設置する設備	耐震 S クラス動的機器(ポンプ, 電源盤等), 耐震 S クラス静的機器(配管, 電路等)	浸水により機能喪失しないことを確認した, 耐震 S クラス静的機器(配管, 電路等)
津波による浸水が発生する区画に隣接する場合	浸水経路に対して浸水対策を実施し, 当該範囲の浸水を防止することで, 安全上重要な機器の機能喪失を防止	浸水経路に対して浸水対策を実施し, 当該範囲の浸水を防止することで, 安全上重要な機器の機能喪失を防止
内部溢水による浸水が発生する区画に隣接する場合	動的機器については, 浸水により機能喪失するため, 区画内が浸水することが無い設計とする必要がある。	浸水を前提とし, 安全性評価を実施し, 安全上重要な機器が機能喪失しないことを確認

1.4 設備特性に基づく浸水防護重点化範囲の分類

- 前頁の考え方を踏まえ、図1で示した「浸水防護重点化範囲」について、それぞれの区画の特性を踏まえ、以下のとおり整理

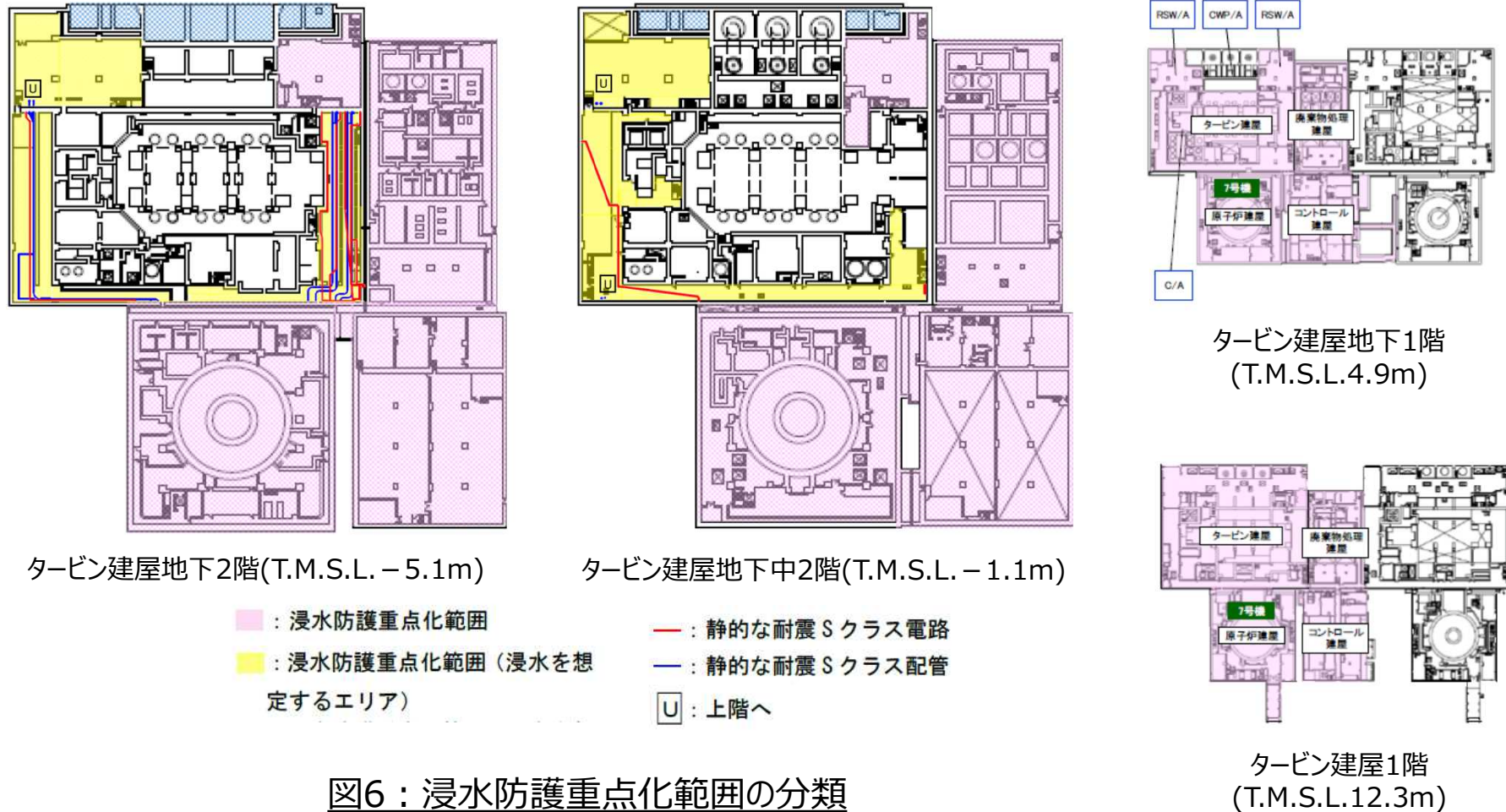


図6：浸水防護重点化範囲の分類

2. 浸水対策

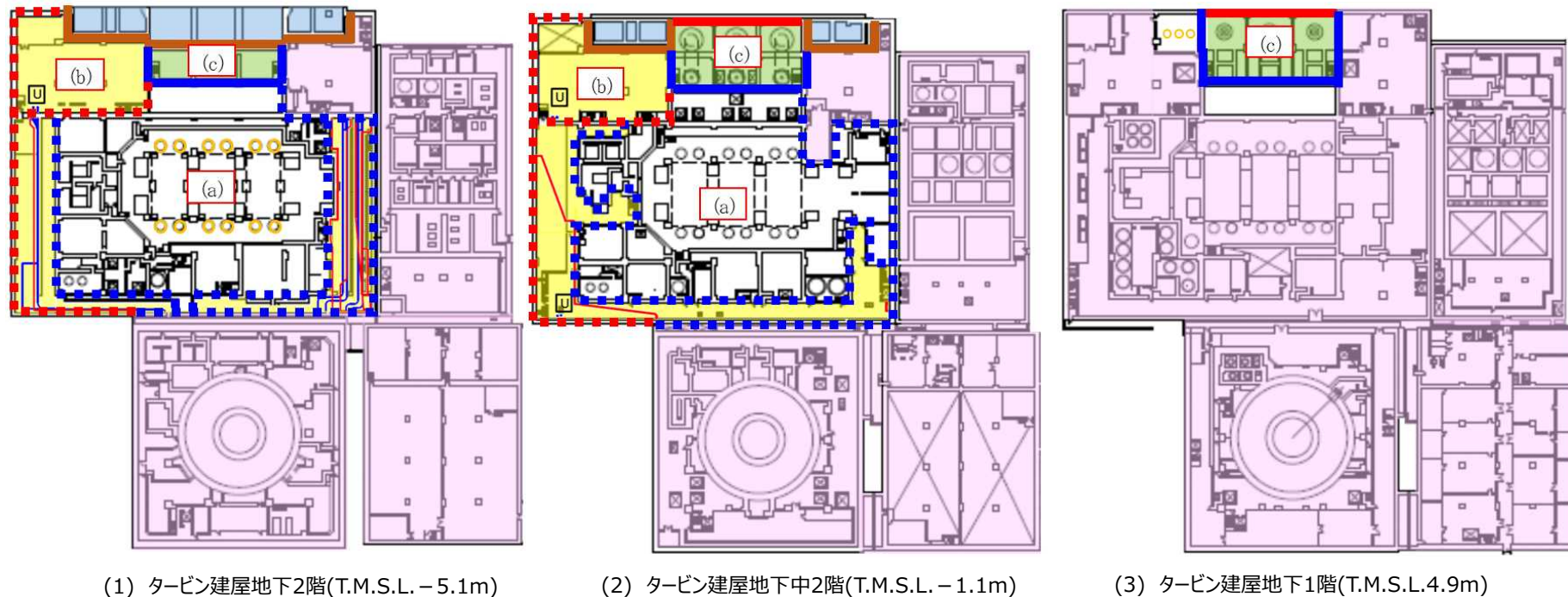
2.1 各境界の位置付けの整理

- 耐津波工認審査ガイドを踏まえ、発生する溢水の種類(津波, 内部溢水)により以下通り境界の整理を行う。

溢水が発生する区画	溢水伝播の防止先	境界における対策の位置付け	次頁以降の線種	備考
津波による溢水	浸水防護重点化範囲 (動的機器を設置)	津波対策		—
	浸水防護重点化範囲 (静的機器のみ設置)	津波対策		<ul style="list-style-type: none"> 建屋内で発生した津波による溢水がその他区画を介し、浸水防護重点化範囲(静的機器のみ設置)へ浸水することを防止する箇所の止水対策についても、津波対策に含める
	その他区画	内部溢水対策		—
内部溢水による溢水	浸水防護重点化範囲 (動的機器を設置)	内部溢水対策		—
	浸水防護重点化範囲 (静的機器のみ設置)	—		<ul style="list-style-type: none"> 浸水防護重点化範囲内への浸水を想定し、安全機能への影響を評価 一部境界は互いのエリアの溢水を伝播させない設計のため、下の内部溢水対策に含める
	その他区画	内部溢水対策		<ul style="list-style-type: none"> 浸水防護重点化範囲(静的機器のみ設置)同士の境界((b)(a)の境界の一部)についても、互いのエリアの溢水を伝播させない設計にしているため、内部溢水対策に含める

2.2 浸水防護重点化範囲等の止水対策(その1)

- 地震等により機器が破損した場合は、津波及び地震による溢水の流入を防止するため、津波による溢水の浸水が想定される範囲との境界部に止水対策を内郭防護として実施



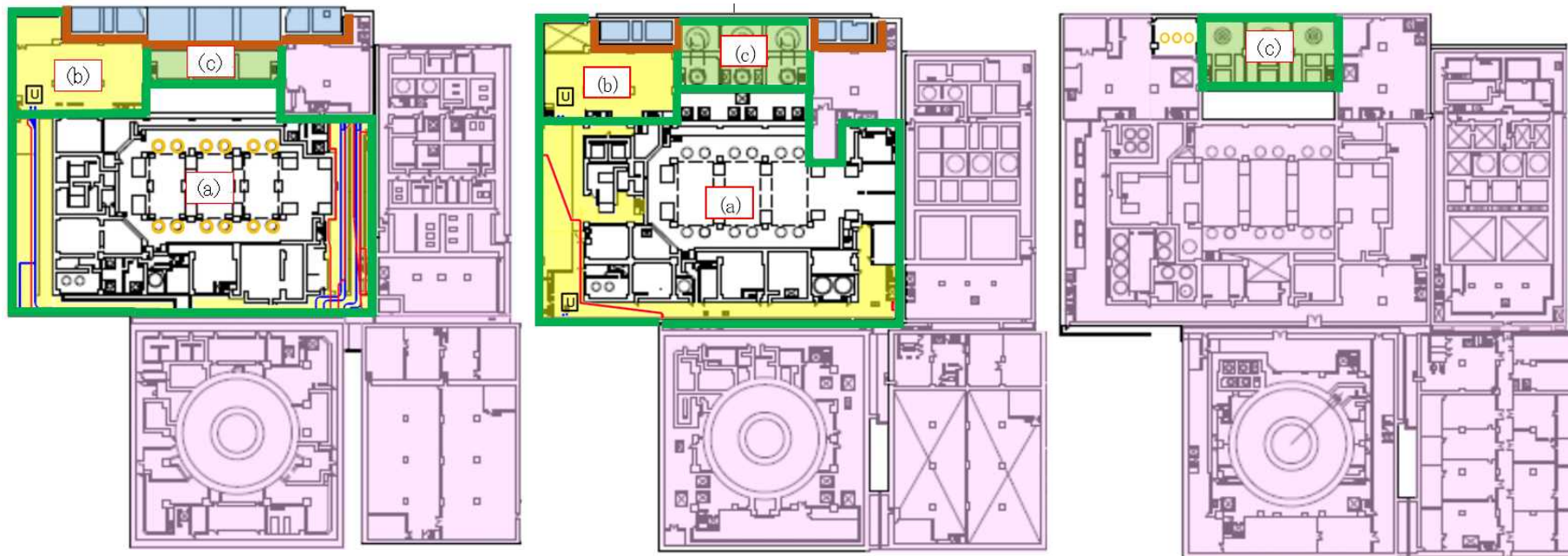
— : 外郭防護(参考)

- (a) : 復水器を設置するエリア(C/A)
- (b) : タービン補機冷却水系熱交換器を設置するエリア(Hx/A)
- (c) : 循環水ポンプを設置するエリア(CWP/A)

図7：タービン建屋内の止水対策の整理（その1）

2.2 浸水防護重点化範囲等の止水対策(その2)

- 前頁で整理した境界の止水箇所に対し、内部溢水対策も含める形で耐津波設計における内郭防護として設計、工認上説明している止水対策範囲を図8に示す。



(1) タービン建屋地下2階(T.M.S.L. -5.1m)

(2) タービン建屋地下中2階(T.M.S.L. -1.1m)

(3) タービン建屋地下1階(T.M.S.L. 4.9m)

■ : 耐津波設計において内郭防護の浸水対策を実施する範囲

■ : 外郭防護(参考)

(a) : 復水器を設置するエリア(C/A)

(b) : タービン補機冷却水系熱交換器を設置するエリア(Hx/A)

(c) : 循環水ポンプを設置するエリア(CWP/A)

図8：タービン建屋内の止水対策の整理（その2）

2.3 『浸水防護重点化範囲(浸水を想定するエリア)』の基準適合性(その1) **TEPCO**

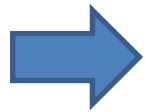
- 浸水防護重点化範囲(浸水を想定するエリア)に関し耐津波工認ガイドへの適合状況を表5に整理する。

表2：工認審査ガイドの適合状況

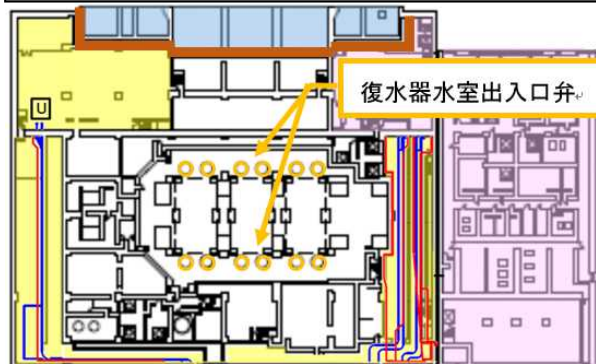
ガイドに記載されている「規制基準における要求事項等」, 「確認内容」		浸水防護重点化範囲(浸水を想定するエリア)とその境界
3.5.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策	津波による溢水を考慮した浸水範囲, 浸水量を安全側に想定すること。	津波による溢水は想定されない。ただし, 地震後の溢水については, 弁が閉止するまでにポンプが起動し続け配管破損箇所からの溢水が流入すると想定
	浸水範囲, 浸水量の安全側の想定に基づき, 浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路, 浸水口(扉, 開口部, 貫通口等)を特定し, それらに対して浸水対策を施すこと。	境界の壁には貫通口等があるため浸水を想定するが, 溢水量の低減ために弁を自動閉止するインターロックを設置
	【確認内容】(3) 浸水防護重点化範囲の境界において特定した経路, 浸水口における浸水防止設備の位置・仕様・強度を確認する。(中略) 確認の詳細を「5. 浸水防止設備に関する事項」に示す。	—
	【確認内容】(4) 浸水範囲への浸水が安全機能への影響がないことを確認するため, 浸水防護重点化範囲への浸水量(漏水量)を確認するとともに, 範囲内への浸水が重要な安全機能を有する設備等の機能に影響を及ぼさないことを確認する。浸水量評価及び安全評価の確認の詳細を「7. 浸水量評価に基づく安全性評価」に示す。	復水器エリアはT.M.S.L.約+2.4mまで浸水すると想定。 重要な安全機能を有する設備等として静的機器(耐震Sクラス配管・電路)があるが, 「安全性評価」を実施, 機能が喪失しないことを確認

2.3 『浸水防護重点化範囲(浸水を想定するエリア)』の基準適合性(その2)

- 浸水防護重点化範囲(浸水を想定するエリア)』については、
 - ✓ 内部溢水で設置する復水器水室出入口弁及びタービン補機冷却海水ポンプ吐出弁と循環水ポンプを設置するエリア((c)のエリア)の壁に設ける津波による溢水の止水対策により、地震時の内部溢水は発生するものの津波の海水の流入は防止。
 - ✓ その上で、地震時に発生した内部溢水が浸水しても、設置している耐震 Sクラスの静的機器は機能喪失しない



- 上記の通り、可能な限り浸水対策を実施し、浸水範囲からの溢水が浸水防護重点化範囲へ浸水する場合を想定して浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認
 - 技術基準規則第6条及び耐津波工認ガイドに適合していると整理
- 復水器水室出入口弁及びタービン補機冷却海水ポンプ吐出弁は、溢水量低減が主目的であるものの、地震後の津波の到達前に閉止している弁であるため、内部溢水の対策設備と整理したうえで、閉止後に作用する津波に対して、弁の閉止状態の維持が必要であることから、耐津波設計方針に追加



タービン建屋地下2階(T.M.S.L. -5.1m)



タービン建屋地下1階(T.M.S.L.4.9m)

参考資料

- 「復水器水室出入口弁」及び「タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁」は、内部溢水の評価の前提となる溢水量を低減させる主目的である。
- 一方、耐津波設計においても弁の閉止状態が保たれていることが期待されるため、以下の工認図書を提出することを検討中。

- ✓ 弁の耐津波設計における設計方針
⇒「V-1-1-3-2 津波への配慮に関する説明書」に追記
- ✓ Ss地震後も弁が動作可能なこと
⇒「V-2-別添2 溢水防護に係る施設の耐震性に関する説明書」に新規追加
- ✓ 余震(S d地震)及び津波の波力を受けた場合でも弁の閉止状態が維持されること
⇒「V-1-1-3-2 津波への配慮に関する説明書」に関連する補足説明書に新規追加

【参考2】耐震 Sクラスの静的機器(配管, 電路等)の浸水評価について **TEPCO**

- 浸水防護重点化範囲(浸水を想定するエリア)については, 安全性評価を実施し, 安全機能に影響がないことを確認する(表参-1参照)。

表参-1：配管, 電路等の浸水影響評価結果

設備	系統	影響評価内容		検討結果	
		① 水圧による損傷	② 電気接続部の没水	① 水圧による損傷	② 電気接続部の没水
配管	原子炉補機冷却水系	浸水による水頭圧(外圧)による配管の構造的損傷の可能性	—	配管設置箇所で想定される最大の水頭圧 0.08MPa* ¹ に対し許容圧力(0.40MPa)が上回ることを確認	—
電路(ケーブル)等	原子炉補機冷却水系	浸水による水頭圧(外圧)による電路(ケーブル)の構造的損傷の可能性	浸水する電路(ケーブル)の電気接続部の有無確認, 電気接続部があれば, その没水による影響評価	電路設置箇所で想定される最大の水圧条件(静水圧換算: 7.5m以上)を考慮した設計であることを確認	電気接続部がないことを確認

注記*1：タービン建屋内最地下階の水位7.5mからの換算値