

地震・津波対策の進捗状況

3.11津波に対する建屋開口部閉止状況と 滞留水インベントリ流出評価について

2021年1月25日

TEPCO

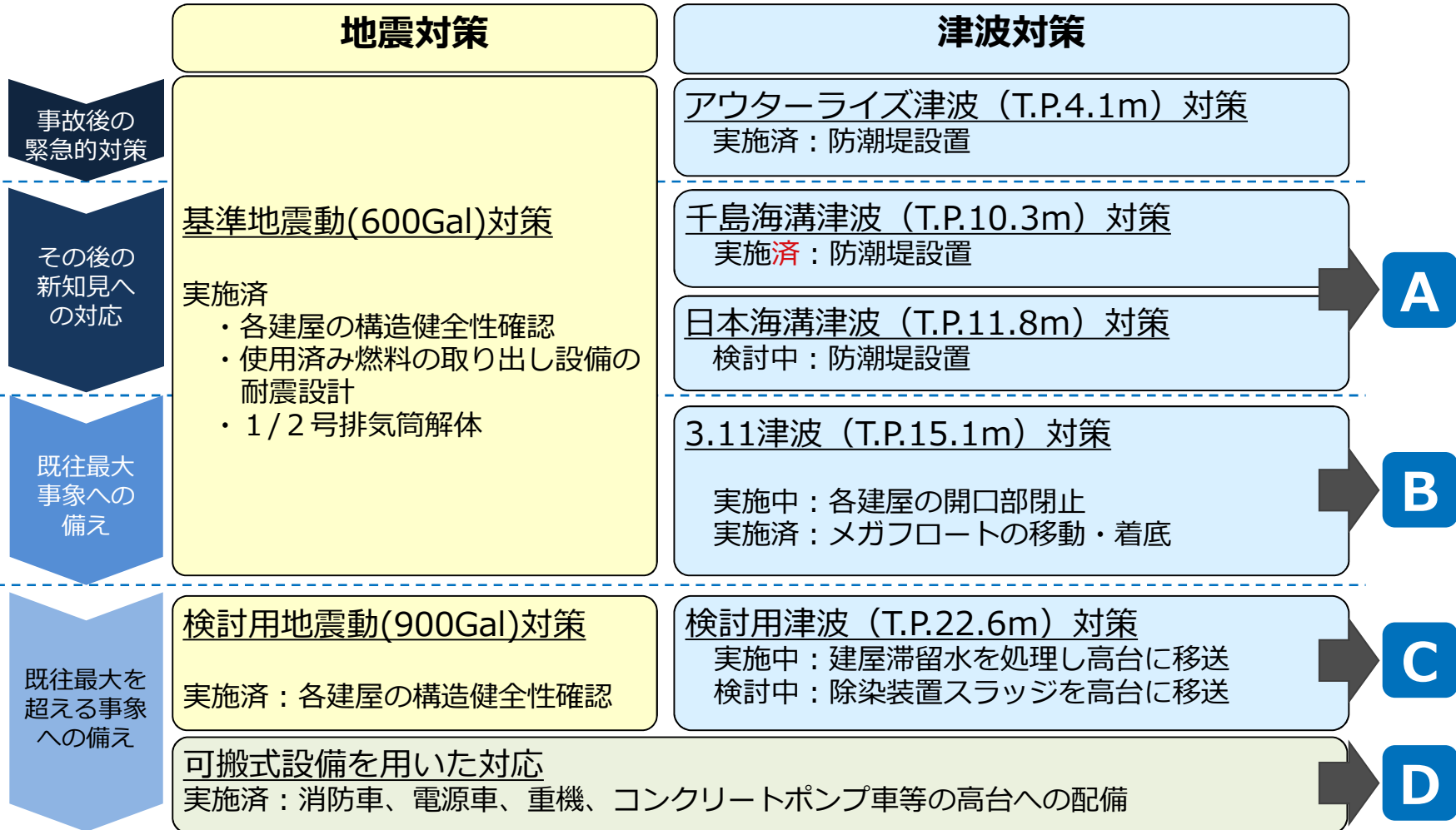
東京電力ホールディングス株式会社

1. 地震・津波対策の基本的な考え方

■ 安全上重要な対策および評価を、実現可能性等を考慮しつつ段階的に実施中

※津波対策の数字は旧検潮所付近での最高水位で記載見直し

※赤字が前回からの変更



※ 基準地震動：東北地方太平洋沖地震前までの知見や耐震設計審査指針を踏まえ評価した、施設の耐震設計において基準とする地震動（東北地方太平洋沖地震による敷地での揺れの大きさと同程度の地震動）
 ※ 検討用地震動：東北地方太平洋沖地震後の知見や新規基準を踏まえ、発電所において最も厳しい条件となるように評価した地震動
 ※ 検討用津波：東北地方太平洋沖地震後の知見や新規基準を踏まえ、発電所において最も厳しい条件となるように評価した津波
 ※ アウターライズ津波：プレート間地震後に発生することが多いと言われているアウターライズ（海溝の外側の隆起帯）部での正断層地震による津波
 ※ 千島海溝津波：千島海溝沿いの地震に伴う津波
 ※ 日本海溝津波：内閣府「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会」公表内容を反映した津波

2. 津波対策全体の進捗状況

A 防潮堤の設置

千島海溝津波防潮堤を設置完了。
今後、日本海溝津波防潮堤を設置予定。



千島海溝津波防潮堤のL型擁壁

B 建屋開口部閉止

滞留水の残る建屋の対策を2020年11月完了。
滞留水の残らない建屋の対策を2021年度末完了予定。

開口面積
2011年3月
約**1200**m²



2020年1月
約**150**m²

C 滞留水の除去

滞留水の残る建屋(1~3号機R/B, PMB, HTI)
以外の滞留水処理を完了。

放射性物質量

2011年6月

約**2.6E17**Bq

約**1/480**



2021年1月

約**5.4E14**Bq

D 可搬式設備の整備

消防車、電源車、重機、コンクリートポンプ車等を高台へ
配備するとともに、発電所内の電源機能等の喪失を想
定した訓練を継続。



消防車操作訓練



ケーブル導通訓練

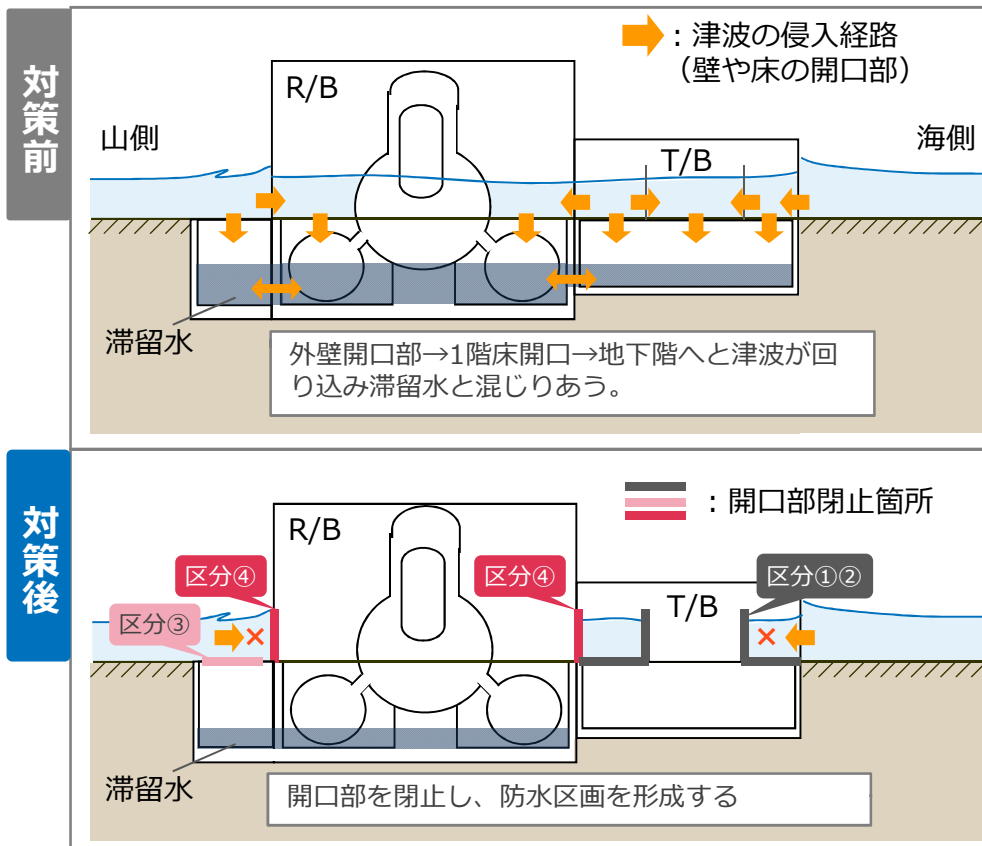
3. 建屋開口部閉止の進捗状況

■ **実施目的**：1～4号機本館建屋の3.11津波対策は、引き波による建屋滞留水の流出防止を図ると共に、津波流入を可能な限り防止し建屋滞留水の増加を抑制する観点から、開口部の対策を実施中。

■ **進捗状況**：1～4号機本館建屋開口部に「閉止」又は「流入抑制」対策を実施中。

2021年1月25日現在、113箇所/127箇所完了し、計画通りに進行。

- 区分①② ⇒ 2018年度末 (完了)
- 区分③ 2・3R/B (外部床) ⇒ 2019年度末 (完了)
- **区分④ 1～3R/B (扉)** ⇒ **2020年11月 (完了)** : 滞留水の残る建屋
- 区分⑤ 1～4Rw/B他 ⇒ 2021年度末 完了予定 (工事中) : 滞留水の残らない建屋

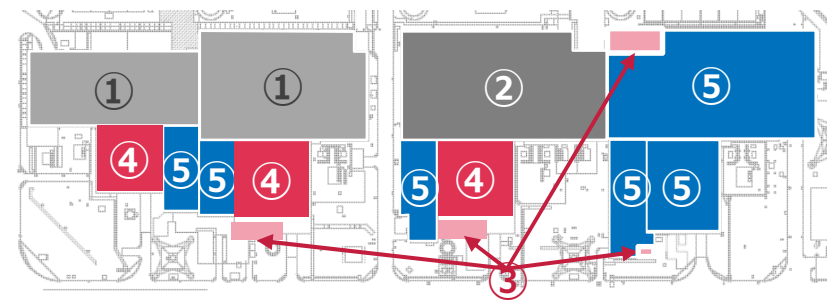


区分	建屋	完了/計画数	2018	2019	2020	2021
①	1・2T/B, HTI, PMB, 共用プール	40/40	■			現在
②	3T/B	27/27	■			
③	2・3R/B (外部床等)	20/20		■		
④	1～3R/B (扉)	16/16			■	
⑤	1～4Rw/B 4R/B, 4T/B	10/24				■

2020年12月 滞留水 処理完了

2020年11月完了

2021年度末 完了



4. 3.11津波に対するインベントリ流出評価（対象建屋の選定）

- 放射性物質が残る建屋のうち、流入抑制とした箇所数・面積が大きく、流出リスクの高い1号機原子炉建屋を詳細評価の対象に選定。

号機	建屋	滞留水貯留量と滞留水中の放射性物質質量2021.1時点		3.11津波痕跡に基づく建屋開口部閉止・流入抑制	
		貯留量	放射性物質質量	進捗	流入抑制
1号機	R/B	約 600 m ³	4.2E13 Bq	2020年8月完了	2箇所
	T/B	床面露出維持		2014年10月完了	0
	Rw/B	床面露出維持		2020年12月完了	0
2号機	R/B	約 1,900 m ³	9.1E13 Bq	2020年11月完了	0
	T/B	床面露出維持		2014年10月完了	0
	Rw/B	床面露出維持		2022年3月完了予定	0
3号機	R/B	約 1,900 m ³	2.2E13 Bq	2020年7月完了	1箇所※
	T/B	床面露出維持		2019年3月完了	0
	Rw/B	床面露出維持		2022年3月完了予定	0
4号機	R/B	床面露出維持		2022年3月完了予定	0
	T/B	床面露出維持		2022年3月完了予定	0
	Rw/B	床面露出維持		2022年3月完了予定	0
集中Rw	PMB	約 4,300 m ³	1.6E14 Bq	2018年9月完了	0
	HTI	約 2,800 m ³	2.3E14 Bq	2014年12月完了	0
合計		約 11,500 m ³	5.4E14 Bq	—	3箇所

※3R/Bの流入抑制箇所は、扉の開閉のため閉止が困難な扉下部のわずかな隙間であり、燃料取り出し作業完了後に追加対策を実施予定。

4. 3.11津波に対するインベントリ流出評価（対象の3.11津波） **TEPCO**

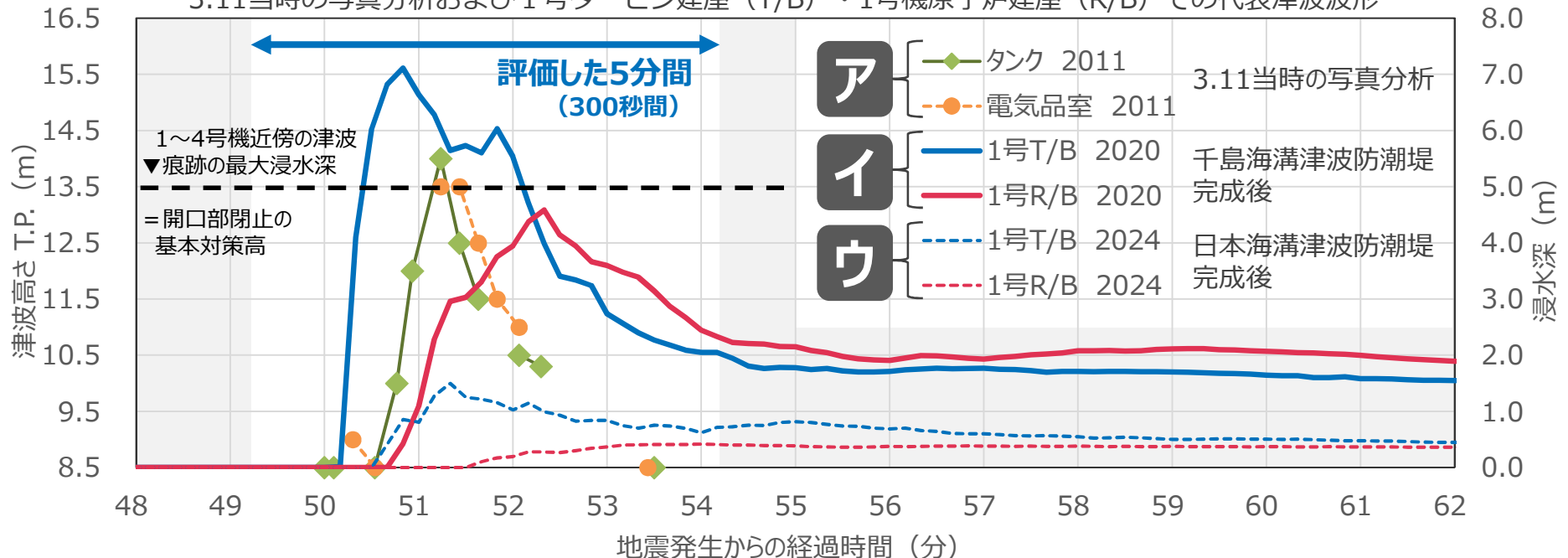
■ 「3.11津波」は、時系列に応じて3種類

ア) 3.11当時の実際の津波：痕跡の浸水深約4～5m、写真分析※による継続時間約3分

イ) 保守的な条件下（満潮、周辺地形の変更考慮）で、仮に今再来した場合の津波
：想定浸水深約5～8m、継続時間約19時間

ウ) イと同じ保守的な条件下で、日本海溝津波防潮堤建設後に再来した場合の津波
：想定浸水深約1～2m程度、継続時間約5時間程度

3.11当時の写真分析および1号タービン建屋（T/B）・1号機原子炉建屋（R/B）での代表津波波形



今回のインベントリ流出評価は、詳細な水位変動情報が必要なため、**ア**を上回る**イ**を評価対象津波とし、水位変動が顕著な5分間（300秒間）の解析を実施した。

※福島原子力事故発生後の詳細な進展メカニズムに関する未確認・未解明事項の調査・検討結果「第5回進捗報告」添付資料地震津波-1 福島第一原子力発電所に来襲した津波の敷地到達時刻について。グラフを重ね合わせるため、3.11当日の15:36を地震発生からの経過時間50分とした。

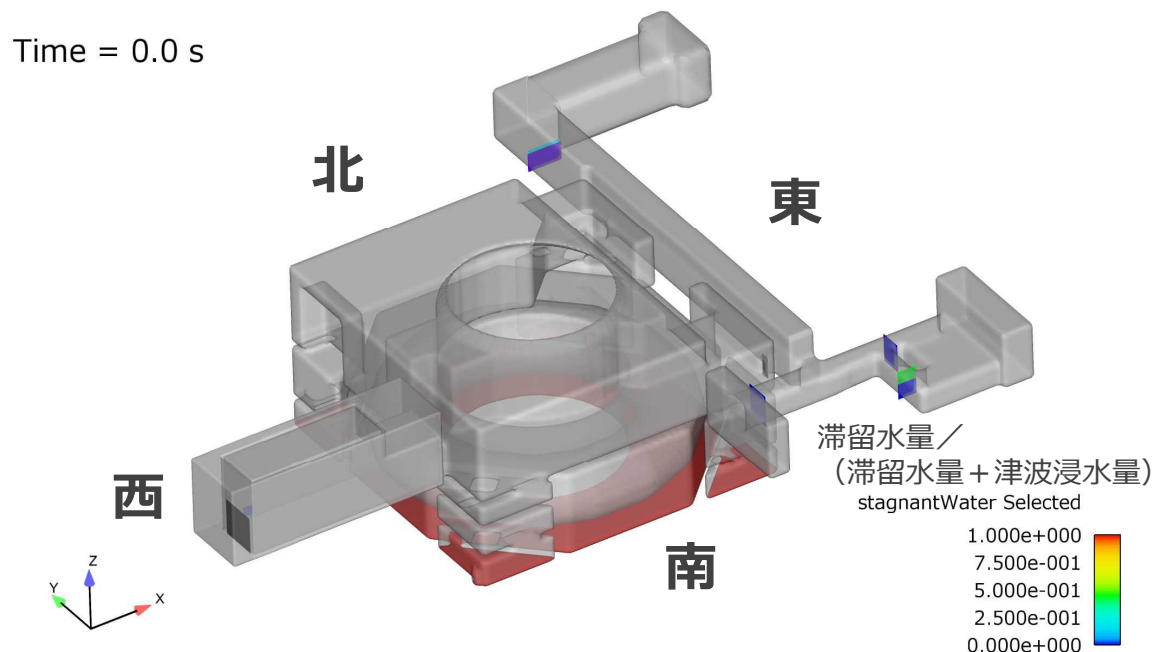
4. 3.11津波に対するインベントリ流出評価

(評価方法の考え方)



■ 流出評価の流れ

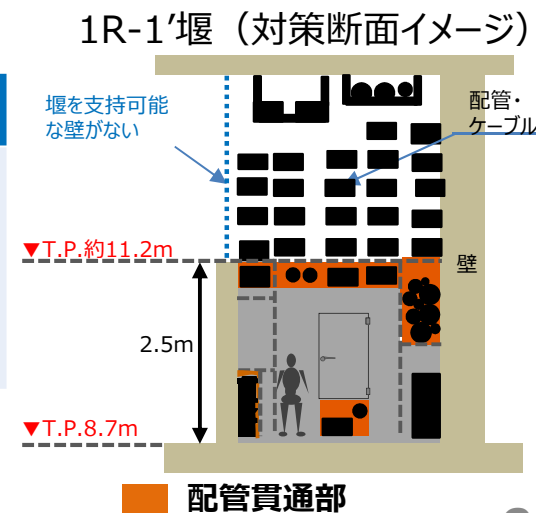
- 1) 建屋の開口部閉止状況を模擬した3次元解析モデルを作成
- 2) 最新の沿岸構造物を考慮した保守的な3.11津波の水位変動に応じた流動解析を実施
- 3) 解析により、津波浸水量を評価しインベントリ流出の有無を評価



■ 以下の考え方で評価ケースを設定し、流動解析を実施

	ケース1	ケース2
ケース設定の考え方	流入抑制の堰を越流する津波の影響を評価 堰以外の閉止箇所（配管貫通部等）は、津波によっても健全を維持すると仮定	ケース1に加え、閉止箇所の配管貫通部が、津波で仮に一部損傷したと仮定し、保守的に評価

※配管貫通部は、隙間部を発泡ウレタンで埋めることで対策を実施



4. 3.11津波に対するインベントリ流出評価

(ケース1：評価結果)



- ケース1に関しては、時々刻々の3.11津波水位変動を考慮した動的計算において、津波流入量は $2,900\text{m}^3$ 程度（水深 5m 程度）に留まり、建屋の地下階空間量（建屋地下容積－滞留水量）約 $6,000\text{m}^3$ に対し十分な裕度があることから、評価上滞留水は流出しない。

Time = 300.0 s

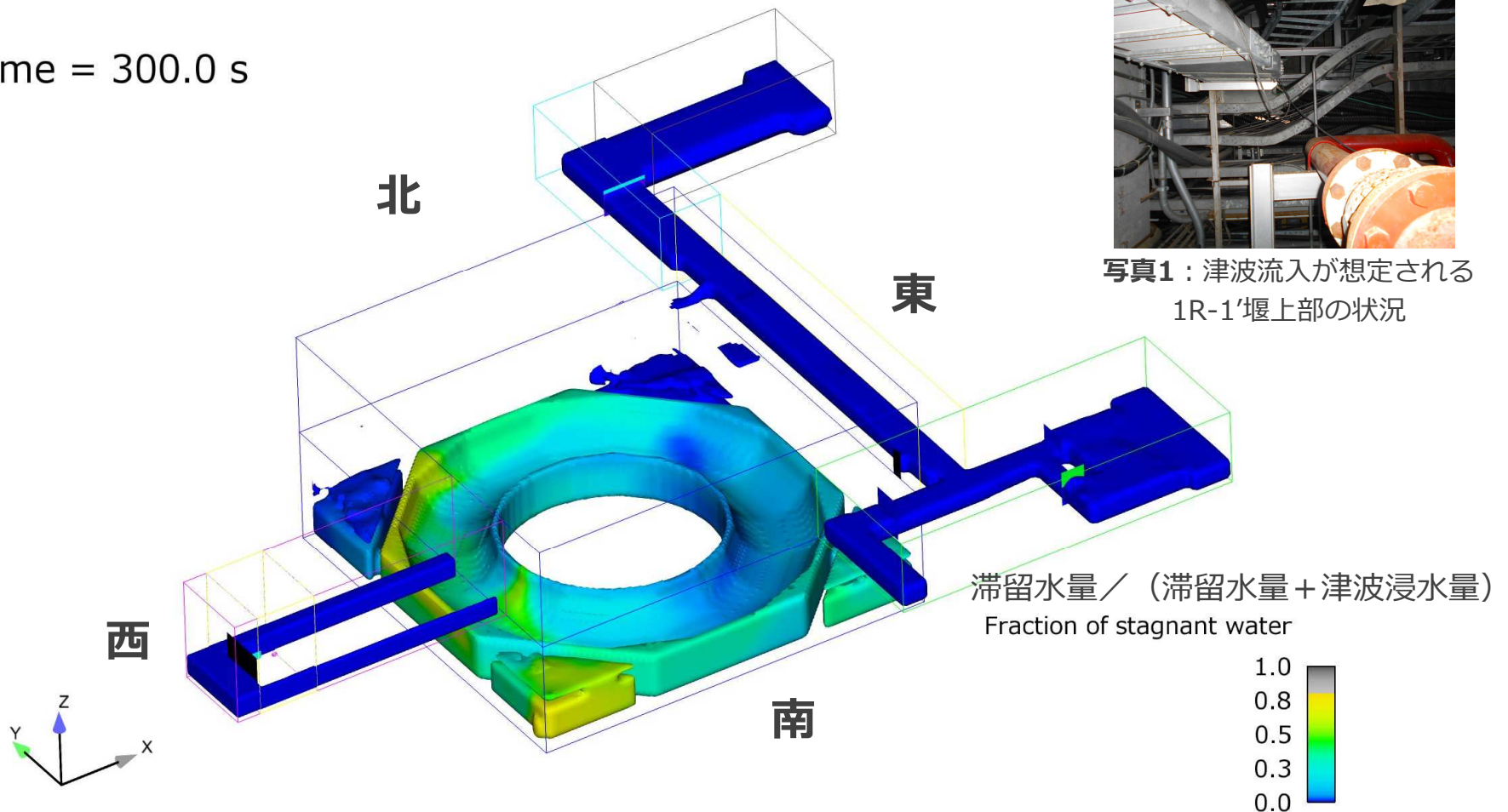


写真1：津波流入が想定される
1R-1'壇上部の状況

4. 3.11津波に対するインベントリ流出評価

(ケース2：評価結果)



- ケース2に関しては、評価した5分間（300秒間）において、堰を超える越流量に加え、配管貫通部の30%損傷を仮定しても津波流入量は4,000m³程度に留まり、建屋の地下階空間量（建屋地下容積－滞留水量）約6,000m³に対し十分な裕度があることから、評価上滞留水は流出しない。
- なお、300秒以降の長期的な影響については、過去の実績を上回る津波を設定していることから、評価不要と考えているが、日本海溝津波防潮堤設置による浸水低減や残りの建屋開口部閉止の継続により、さらなる安全性向上を図っていく。

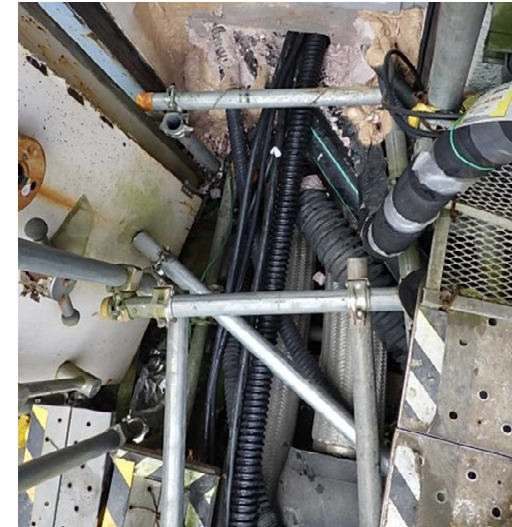
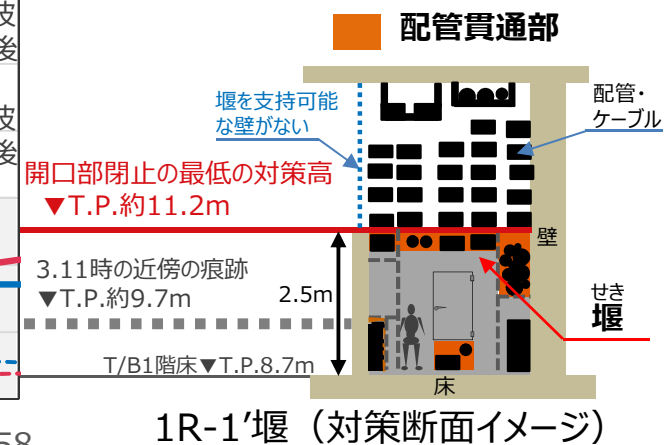
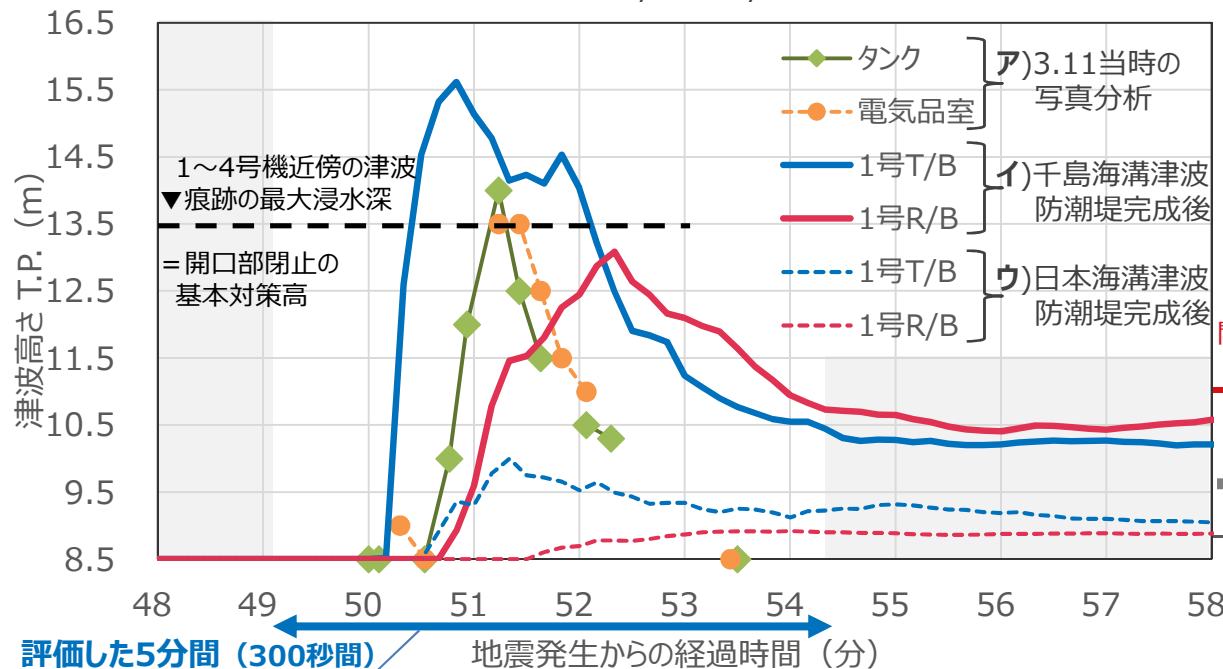


写真2：配管貫通部の状況例

3.11当時の写真分析および1T/B・1R/Bでの代表津波波形



【参考】 3.11津波に対する今後の対応

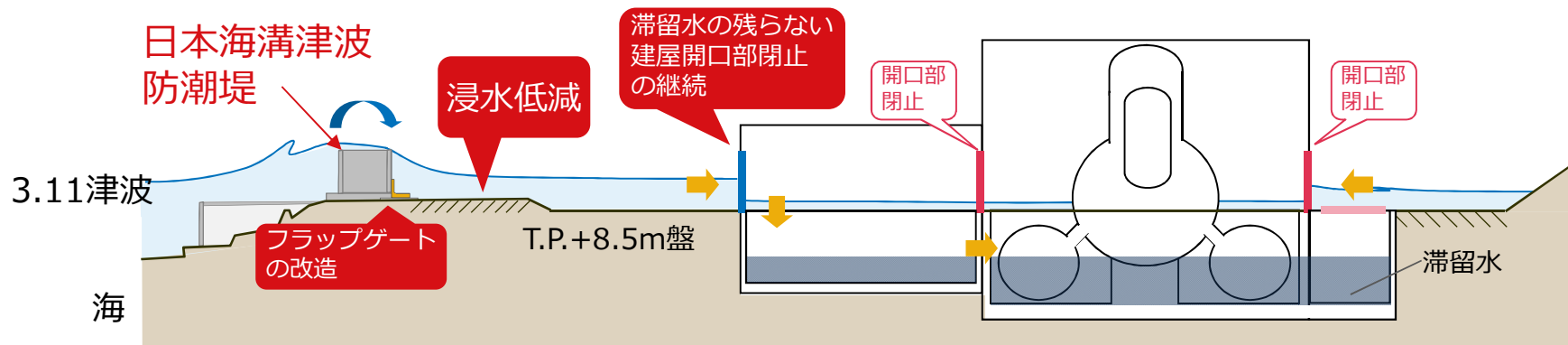
■ 建屋開口部閉止の継続

滞留水の残らない1~4Rw/B他について、1~3号機原子炉建屋と地下で連通しており流入した津波が廻り込み滞留水が流出・増加するリスクを低減するために、引き続き対策を実施していく。また閉止完了した箇所の維持管理を実施していく。

■ 防潮堤の効果

新設する日本海溝津波防潮堤の設置により、最新の沿岸構造物を考慮した保守的な3.11津波に対しては浸水量を大幅に低減可能である。また排水機能構造（フラップゲート）の改造を実施していくことで津波滞留時間の短縮化にも配慮していく。

津波規模	対応方針	具体的実施事項
※旧検潮所付近の最高水位 3.11津波 T.P. 15.1m	既往最大事象への備え <ul style="list-style-type: none">汚染水等の放射性物質の流出防止既往最大事象を考慮した設計（燃料取り出し設備を3.11津波が到達しない高さに設置）	・建屋開口部閉止 （津波痕跡に基づく対策の継続） + ・ 日本海溝津波防潮堤による浸水軽減



※1-4号機断面イメージ

参考資料

- 参考1) 津波対策全体
- 参考2) 日本海溝津波防潮堤
- 参考3) 千島海溝津波防潮堤
- 参考4) T.P.2.5m盤設備
- 参考5) 建屋開口部閉止

参考1) 福島第一原子力発電所における津波対策

特定原子力施設監視・評価検討会
(第83回) 2020年9月14日

■ 各々の津波に対し、その規模や頻度に応じて、対応を実施

※旧検潮所付近の最高水位		津波規模	対応方針	具体的実施事項
アウターライズ津波	T.P.4.1m	<p>スピード</p> <p>切迫した津波への備え</p> <ul style="list-style-type: none"> 浸水を抑制し、津波の建屋流入に伴う滞留水の増加防止 重要設備の津波被害を軽減することにより、1F全体の廃炉作業が遅延するリスク（プロジェクトリスク）を緩和 早期に実現可能な対策を優先 	<ul style="list-style-type: none"> アウターライズ津波防潮堤 千島海溝津波防潮堤 <p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> 千島海溝津波防潮堤補強 『日本海溝津波防潮堤』を新設し全体を包絡 	
千島海溝津波	T.P.10.3m			
日本海溝津波 <i>New</i>	T.P.11.8m			
3.11津波	T.P.15.1m	<p>最適化</p> <p>既往最大事象への備え</p> <ul style="list-style-type: none"> 汚染水等の放射性物質の流出防止 既往最大事象を考慮した設計（燃料取り出し設備を3.11津波が到達しない高さに設置） 	<ul style="list-style-type: none"> 建屋開口部閉止（津波痕跡に基づく対策の継続） + 日本海溝津波防潮堤による浸水軽減 	
検討用津波	T.P.22.6m	<p>より規模の大きい事象への備え</p> <ul style="list-style-type: none"> 動的機器が機能喪失した場合でも余裕時間の間で復旧 汚染源の除去や高台移送で、恒久的な対策を実現 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬式設備を用いた対応（建屋健全性確認） 汚染源の除去 	

津波規模：解析モデル見直し後の再評価結果

参考1) 福島第一原子力発電所における津波想定規模

特定原子力施設監視・評価検討会
(第83回) 2020年9月14日

- 内閣府公表内容や1 F 現況（最新の沿岸構造物変更等）を踏まえた解析モデルを用いた再評価に伴い、対象津波の規模（津波高さや浸水深等）が変更

		福島第一原子力発電所における津波想定規模			
		既公表値		再評価後（1 F現況地形反映）	
		旧検潮所	設備対策用	旧検潮所付近	設備対策用
切迫性対応	事故後の緊急的対策				
	その後の新知見への対応				
	アウターライズ津波	T.P.+ 3.8 m	T.P.+ 12.7 m	T.P.+ 4.1 m	T.P.+ 13.5 m
	千島海溝津波	T.P.+ 10.1 m	T.P.+ 10.3 m	T.P.+ 10.3 m	-
	日本海溝津波 New	-	-	T.P.+ 11.8 m	T.P.+ 15.3 m
	既往最大事象への備え	T.P.+ 13.3 m	T.P.+ 13.5 m ↑ ＜痕跡高＞ 3.11津波実績 ※事故調報告書 ＜浸水深＞ T.P.+12.5 ～14.0m	T.P.+ 15.1 m ↑ 3.11津波が仮に再来し、保守的に評価した場合	T.P.+ 13.5 m ↑ ＜変更せず＞ 3.11津波実績
	既往最大を超える事象への備え	T.P.+ 21.8 m	T.P.+ 24.9 m (敷地北側)	T.P.+ 22.6 m	T.P.+ 25.1 m (敷地南側)

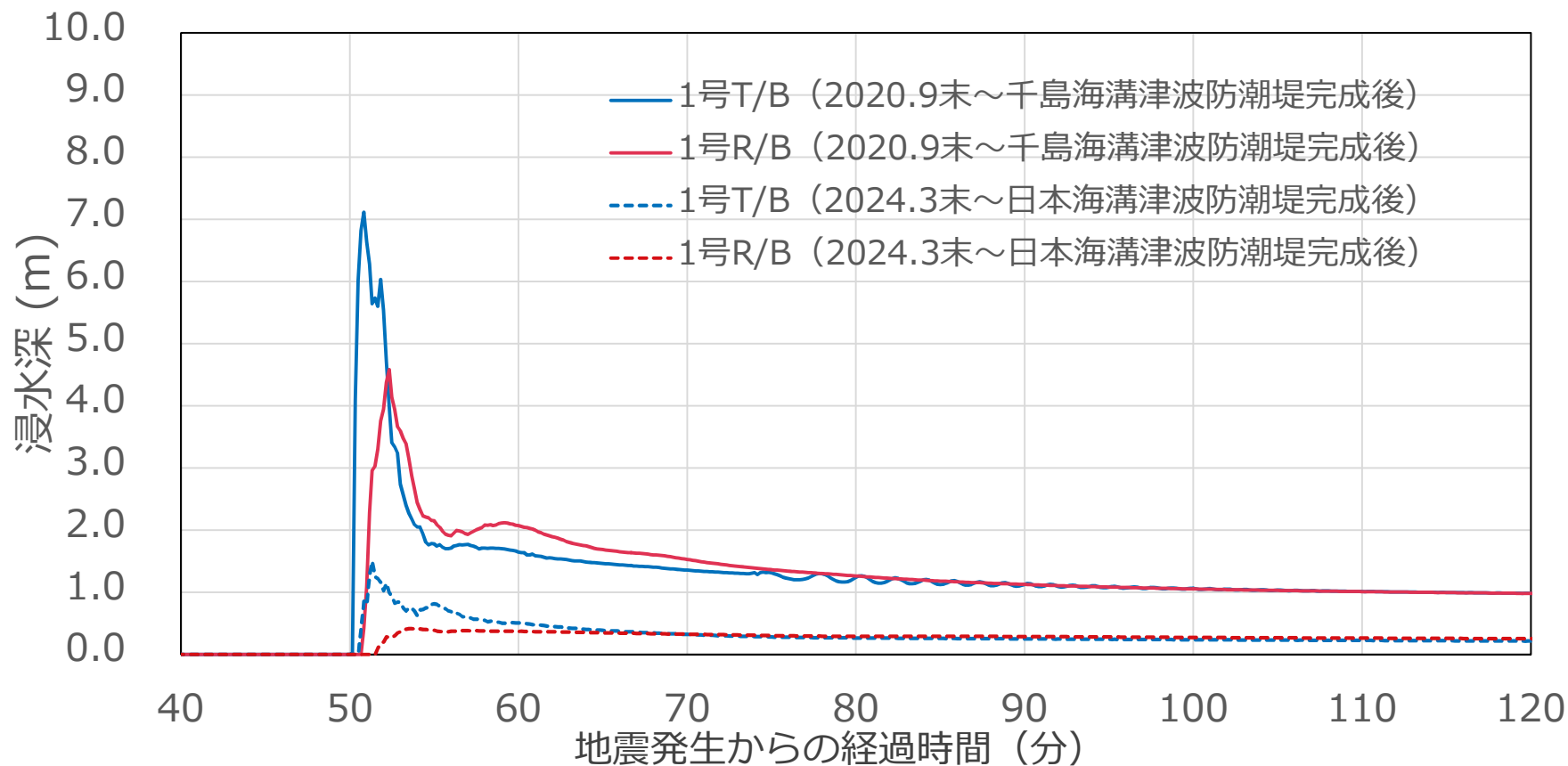
旧検潮所:海側遮水壁北側隅角部付近での最高水位

設備対策用:防潮堤設置等に算定した鉛直無限壁での最高水位

(検討用津波:敷地沿岸部(T.P+2.5m盤)での最高水位)

- 3.11津波が仮に再来した際の津波評価を、日本海溝津波と同様の条件で保守的に実施した場合の1号機 (T/B・R/B) の津波評価は以下の通りである
- 日本海溝津波防潮堤設置以降 (破線) においては、防潮堤を越流するものの、千島海溝津波防潮堤設置以降 (実線) と比較すると浸水量は大幅に低減する

1号タービン建屋 (T/B) ・ 1号機原子炉建屋 (R/B) での代表津波波形

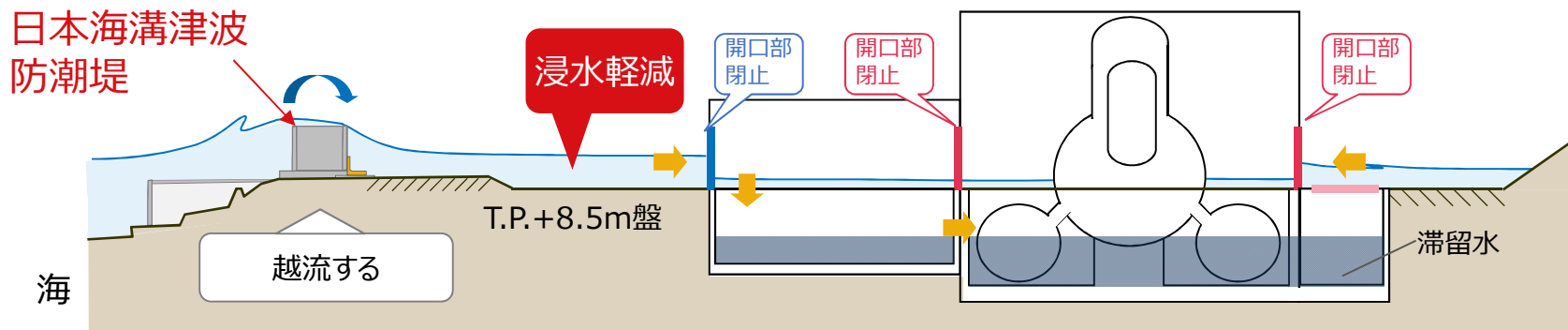
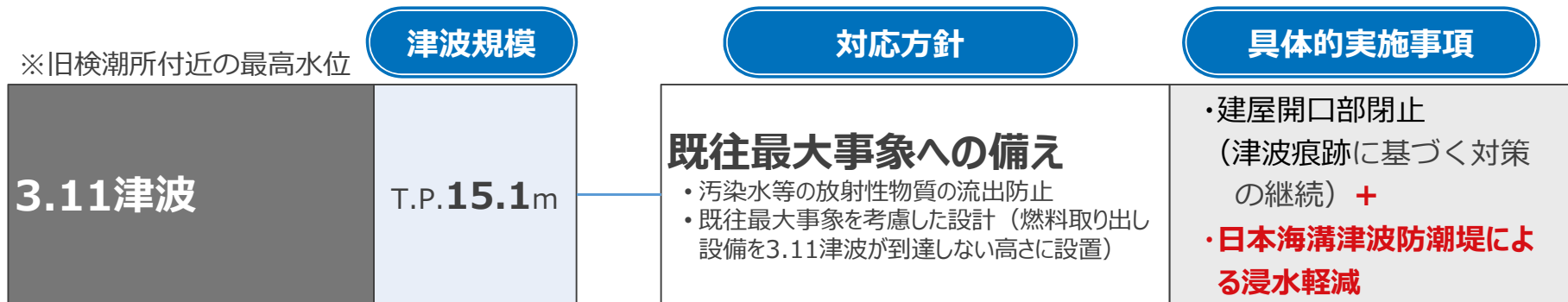


■ 防潮堤の効果

新設する日本海溝津波防潮堤は、最新の沿岸構造物を考慮した保守的な3.11津波に対して、越流するものの浸水量を大幅に低減可能

■ 3.11津波に対する対策について

3.11津波が仮に再来した場合の評価を、日本海溝津波と同様の条件で保守的に実施した場合、建屋開口部閉止の設計根拠である3.11当時の津波痕跡を約2m程度上回る。従来は建屋開口部閉止のみで汚染水の流出防止が可能としていたが、日本海溝津波防潮堤の効果に期待し、2つの対策をあわせて3.11津波に対する流出防止対策とする。



※1-4号機断面イメージ

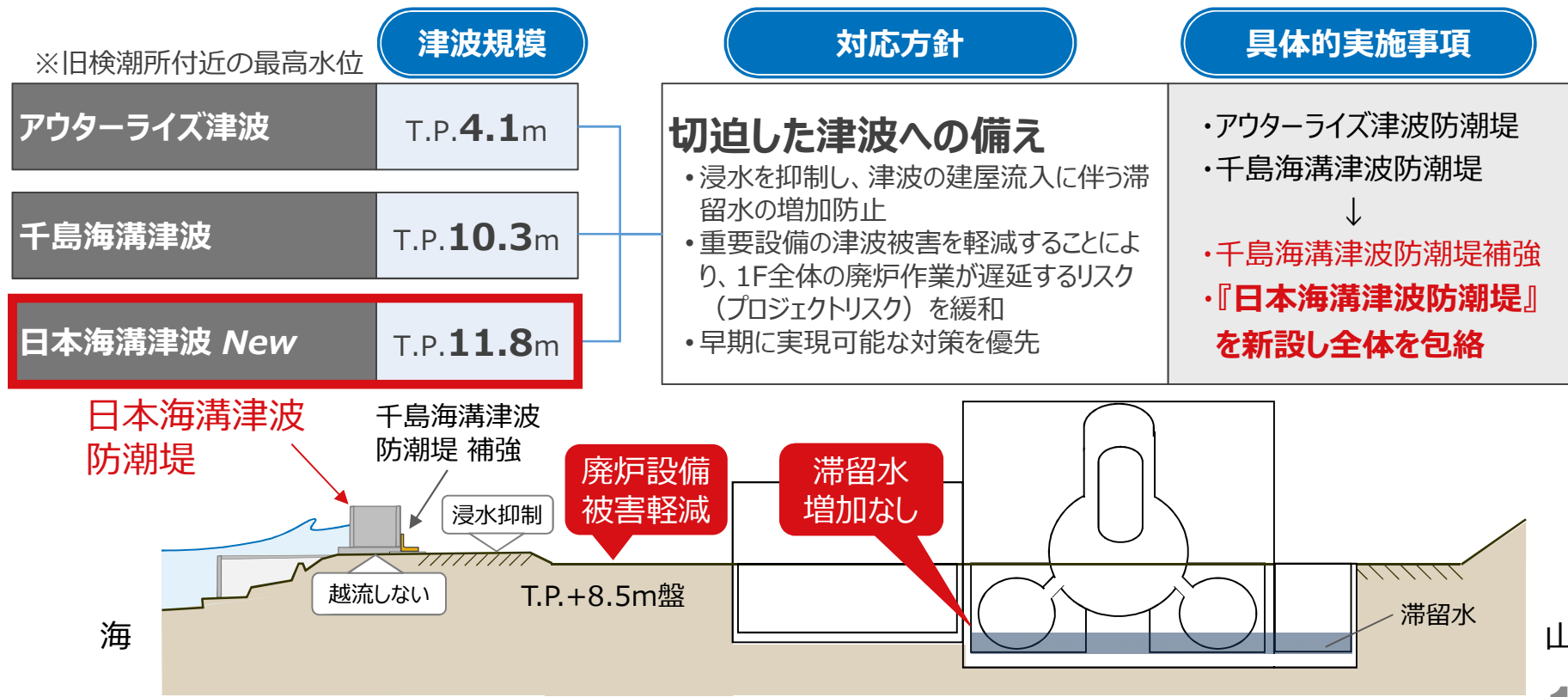
参考2) 日本海溝津波防潮堤の設置について

特定原子力施設監視・評価検討会
(第83回) 2020年9月14日

■ 実施概要・目的

切迫した日本海溝津波への備えに対応することが必要であり、かつ津波による浸水を抑制し建屋流入に伴う滞留水の増加防止及び廃炉重要関連設備の被害軽減することで、今後の廃炉作業が遅延するリスクの緩和に関して、スピード感を持って対応するため、以下の設備対策を講じる

- 千島海溝津波防潮堤の補強工事を先行実施
- その後「日本海溝津波防潮堤」を新規設置



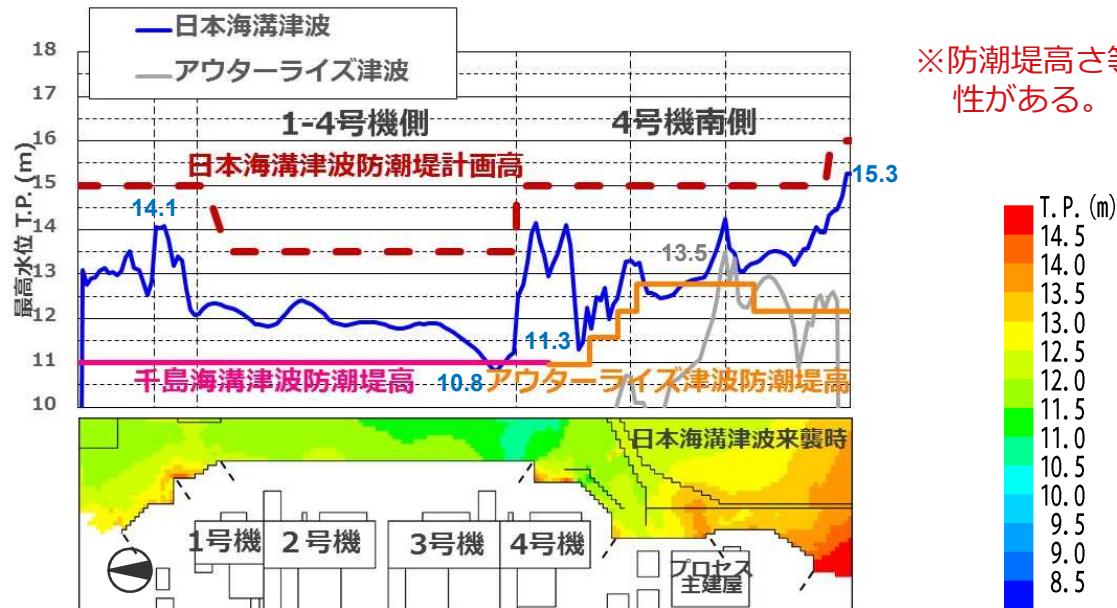
※1-4号機断面イメージ

参考2) 日本海溝津波防潮堤の計画高 (1-4号機エリア)

特定原子力施設監視・評価検討会
(第83回) 2020年9月14日 一部加筆

- 日本海溝津波防潮堤の現時点での計画高 (赤線) は下図の通りであり、現在防潮堤の高さや構造細部を検討している状況

－ 防潮堤設置予定位置に鉛直無限壁を仮定し、津波解析からの必要防潮堤高 (最高水位) －



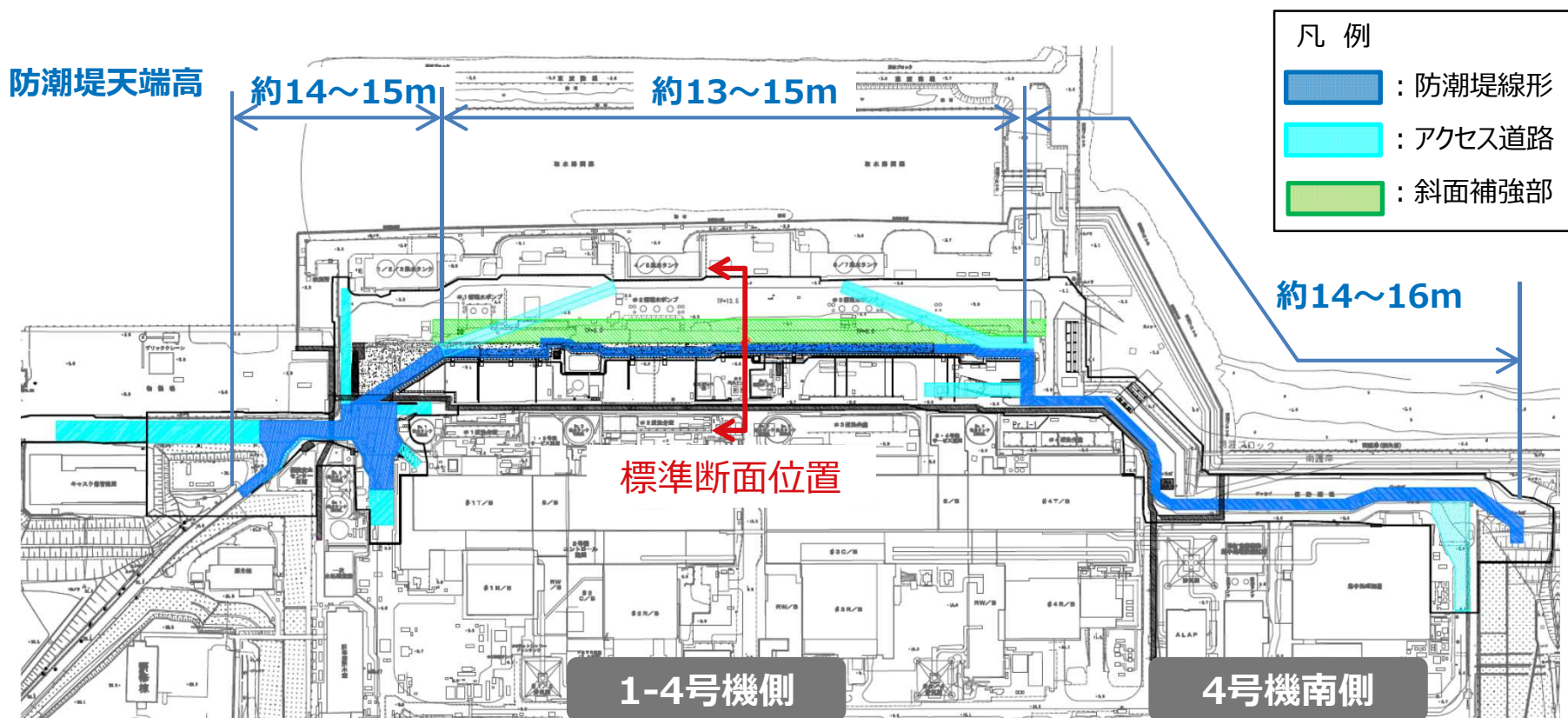
※防潮堤高さ等に変更になる可能性がある。

単位:m		1-4号機側	4号機南側
アウターライズ津波	解析結果	—	T.P.9.7~12.7(実施計画) T.P.8.6~13.5(今回評価)
	防潮堤高さ	—	T.P.11.0~12.8(実施計画)
千島海溝津波	解析結果	T.P.10.3	—
	防潮堤高さ	T.P.11.0	—
日本海溝津波	解析結果(今回)	T.P.10.8~14.1	T.P.11.3~15.3
	防潮堤計画高さ*	T.P.約13~15	T.P.約14~16

参考2) 日本海溝津波防潮堤 平面線形案 (1-4号機エリア)



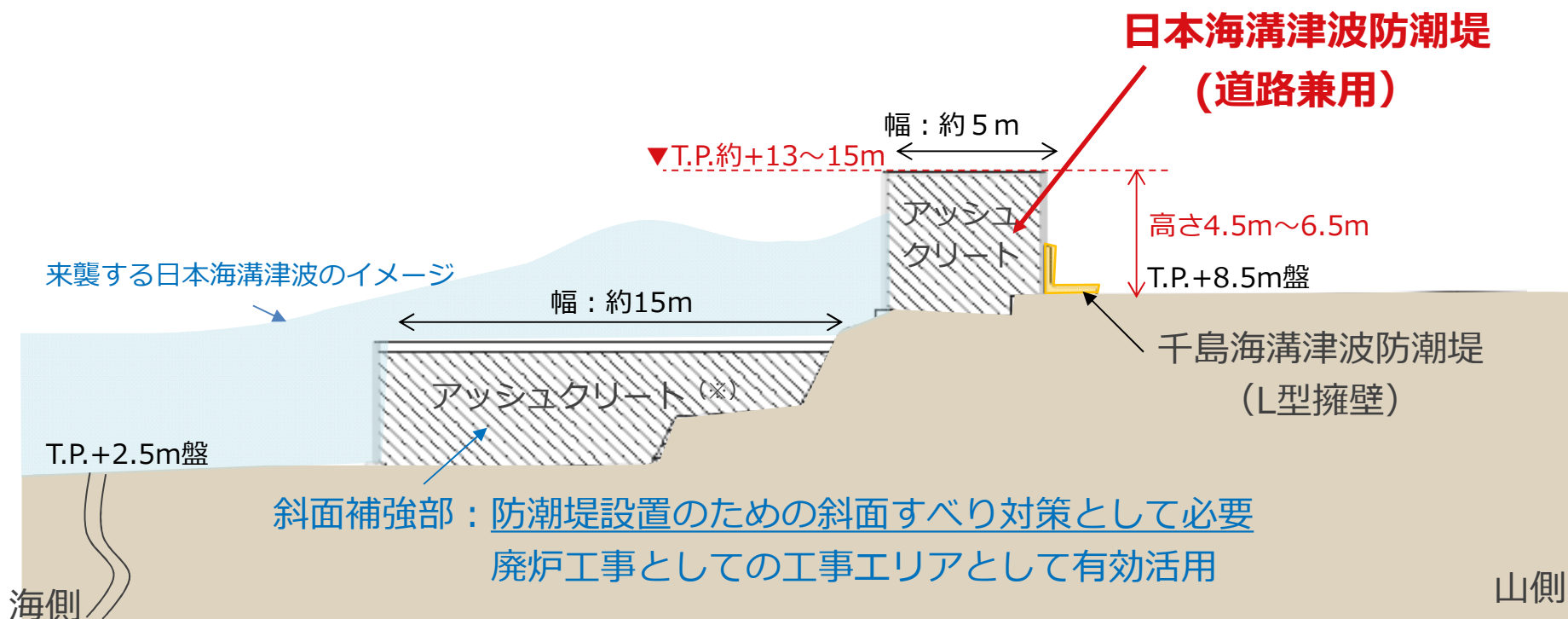
- 廃炉工事全体の進捗に影響を及ぼさないよう、平面・縦断線形の細部を検討中
- 日本海溝津波防潮堤は道路として兼用する
- 斜面補強部上部は今後の1-4号機廃炉工事エリアとして活用していく



日本海溝津波防潮堤 現計画総延長 : 約1,000m

参考2) 日本海溝津波防潮堤の基本構造案 (1-4号機前面)

- 浸水を抑制し、津波の建屋流入に伴う滞留水の増加防止
- 重要設備の津波被害を軽減することにより、1 F 全体の廃炉作業が遅延するリスク (プロジェクトリスク) を緩和
- 工程短縮を観点に、メガフロート工事で活用中のバッチャープラントを有効活用した構造案 (アッシュクリート※) を採用

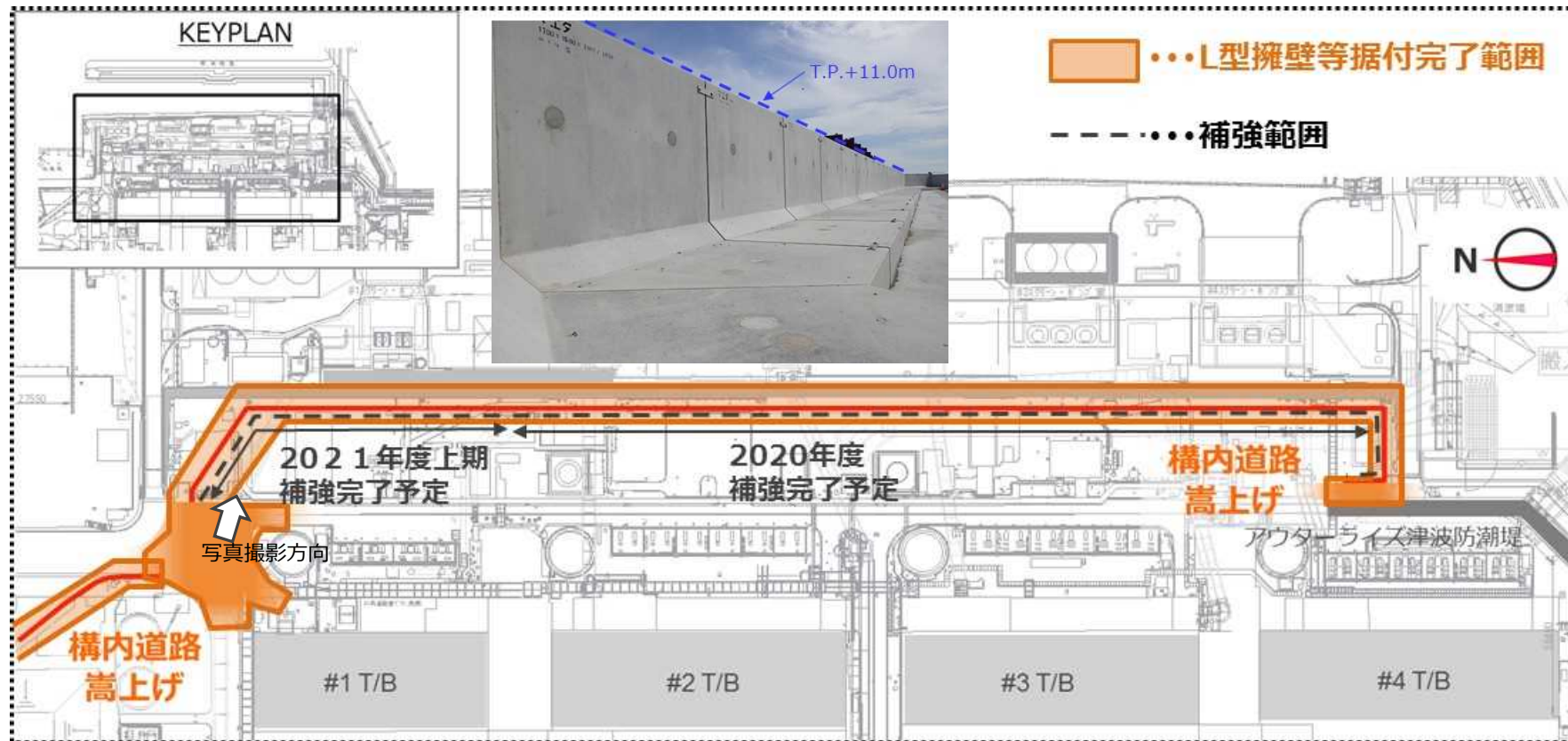


1 - 4号機側 標準断面図

※アッシュクリート：石炭灰（JERA広野火力発電所）とセメントを混合させた人工地盤材料

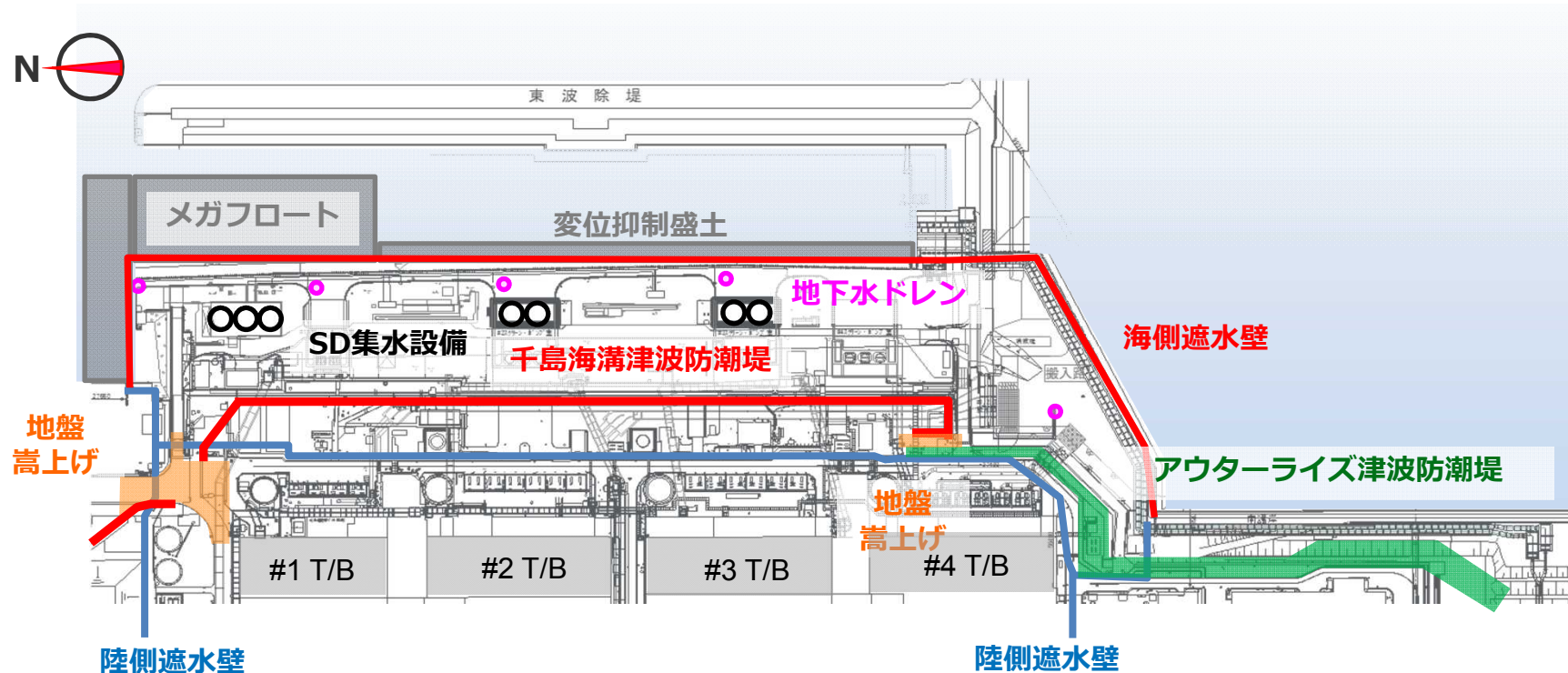
参考3) 千島海溝津波防潮堤工事について

- 切迫性が高いとされている千島海溝地震に伴う津波に対する千島海溝津波防潮堤のL型擁壁の据付け作業は、2020年9月25日に完了し、千島海溝津波に対するリスク対策は完了
- 現在は、日本海溝津波の評価結果を踏まえた補強工事を実施中であり、今年度概ね補強工事は完了する予定



参考4) T.P.2.5m盤設備の津波対策について

- T.P.2.5盤に設置している汚染水対策設備に関しては下記対策を基本として津波対策の検討及び対策工事を実施予定
 - ・ SD集水設備 : 2021～2023年度にかけて計画的に33.5m盤に移転を開始
 - ・ 地下水ドレン : 津波損傷後の機動的対応可能な物品の準備を検討中
 - ・ 陸側遮水壁 : ブライン供給管の遮断弁操作の遠隔化を軸に検討中

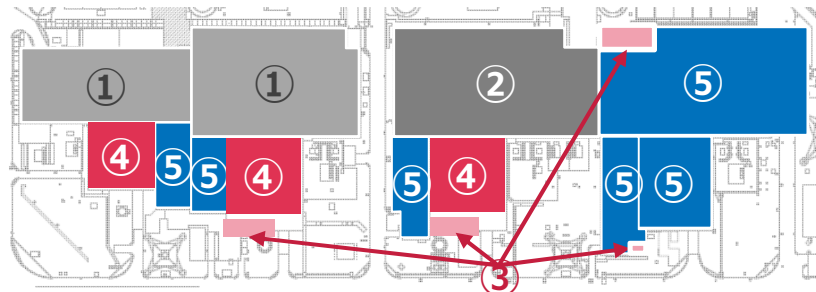


※ 千島海溝津波防潮堤・アウターライズ津波防潮堤は、今後の工事により日本海溝津波防潮堤の一部となる予定

参考5) 建屋開口部閉止工事の進捗状況

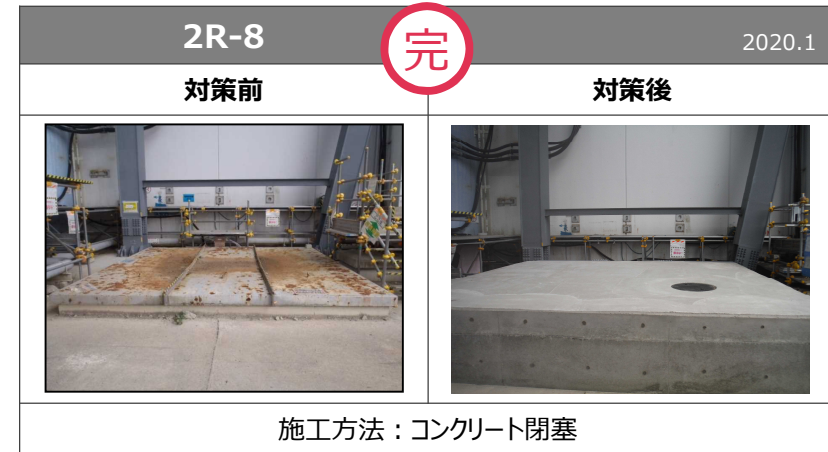
■ 対策完了箇所の増加数 前回2020.9.14時点との比較

区分	建屋	計画 箇所数	完了箇所数		完了 箇所 増加数
			前回	今回	
①	1・2T/B,HTI, PMB,共用プール	40	40	40	0
②	3T/B	27	27	27	0
③	2・3R/B (外部床等)	20	20	20	0
④	1~3R/B (扉)	16	13	16	+3
⑤	1~4Rw/B 4R/B,4T/B	24	3	10	+7
	計	127	103	113	+10

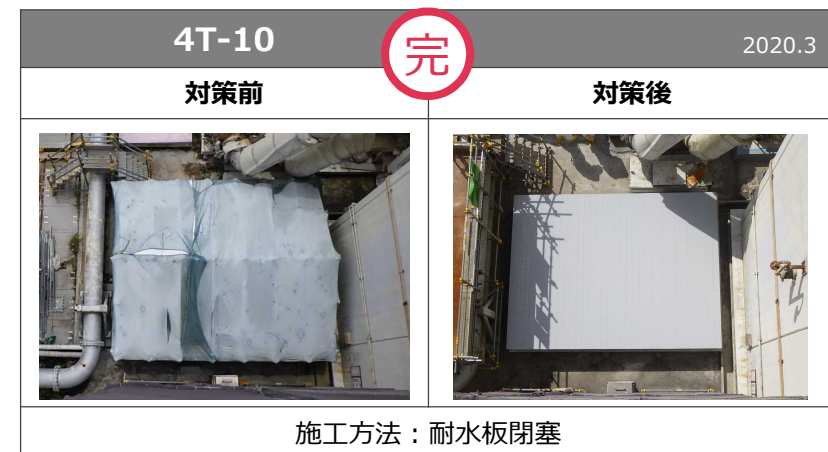


■ 対策完了状況

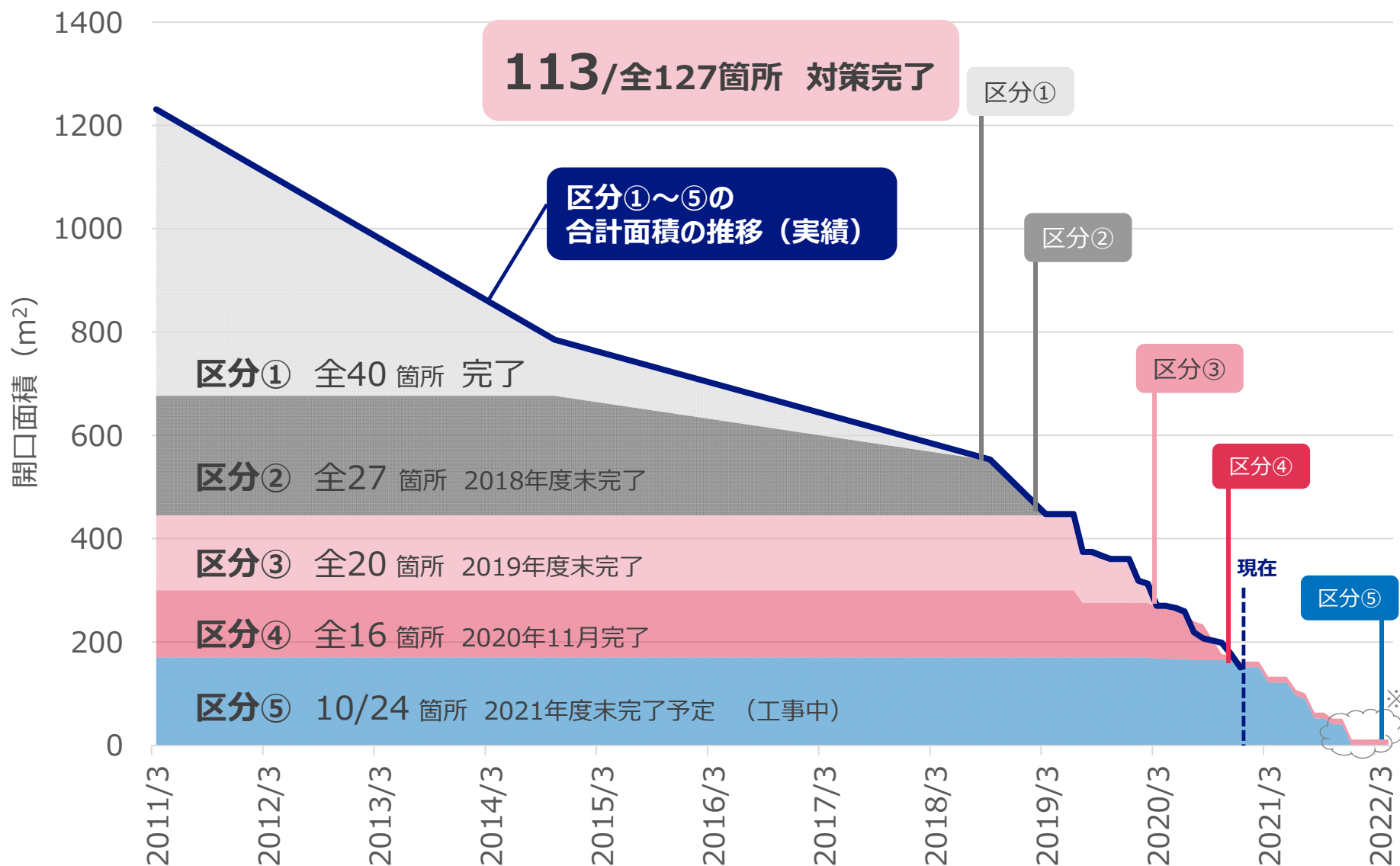
- 区分③ 2R/B外部床



- 区分③ 4T/B外部床



参考5) 建屋開口面積の推移 区分①～⑤合計

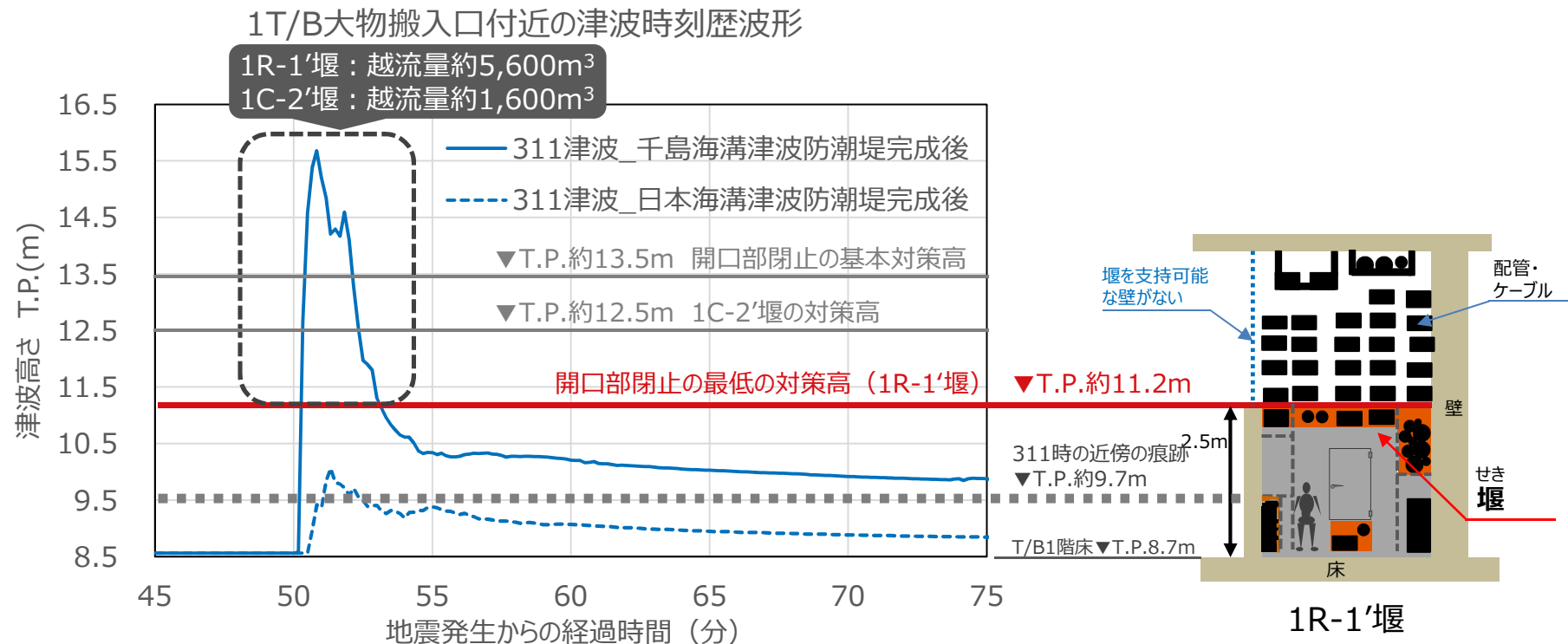


※極力開口面積を低減できるよう工事を進めている。

参考5) 保守的な3.11津波による 流入抑制箇所（堰の設置）の影響評価について

特定原子力施設監視・評価検討会
(第83回) 2020年9月14日

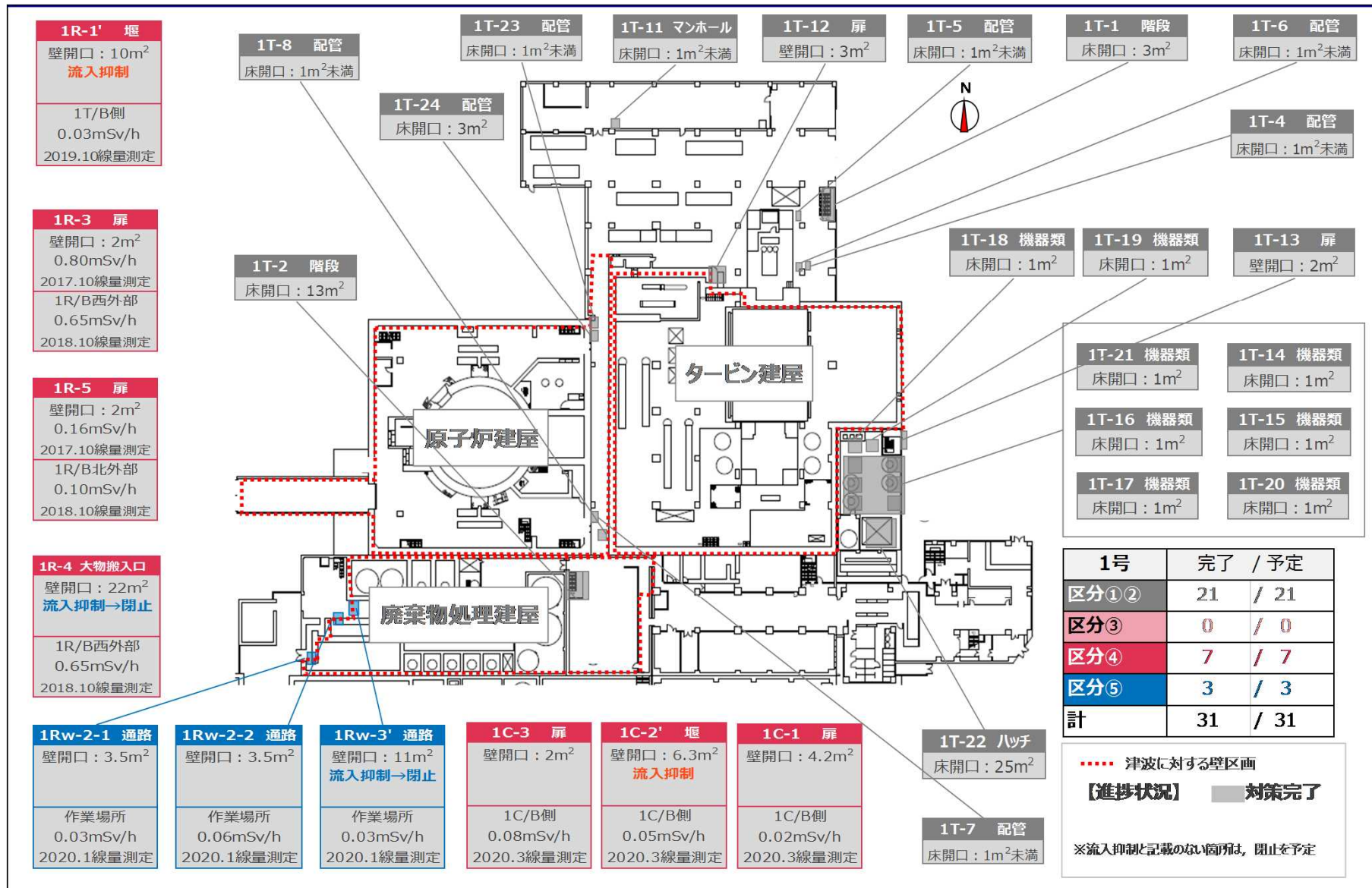
- 建屋開口部閉止は、3.11津波の痕跡高を根拠に（基本対策高T.P.約13.5m）の対策を実施中。閉止困難なため堰での流入抑制を行う箇所についても、近傍の津波痕跡（T/B建屋内でT.P.約9.7m）を上回る高さ（最低T.P.約11.2m）の対策を実施済。
- 一方、最新の沿岸構造物を考慮した保守的な3.11津波解析では、1R-1'堰、1C-2'堰を越流する津波の量は各々約5,600m³、約1,600m³であり、建屋の許容量（建屋地下容積－滞留水量）約6,000m³を超える結果であることから、保守的な3.11津波に対して滞留水の流出リスクは高い。
- ただし、日本海溝津波防潮堤完成以降においては、津波は堰を越流しない見込み（系外流出リスクが大きく低減可能）であり、日本海溝津波防潮堤は計画的に進めていく。



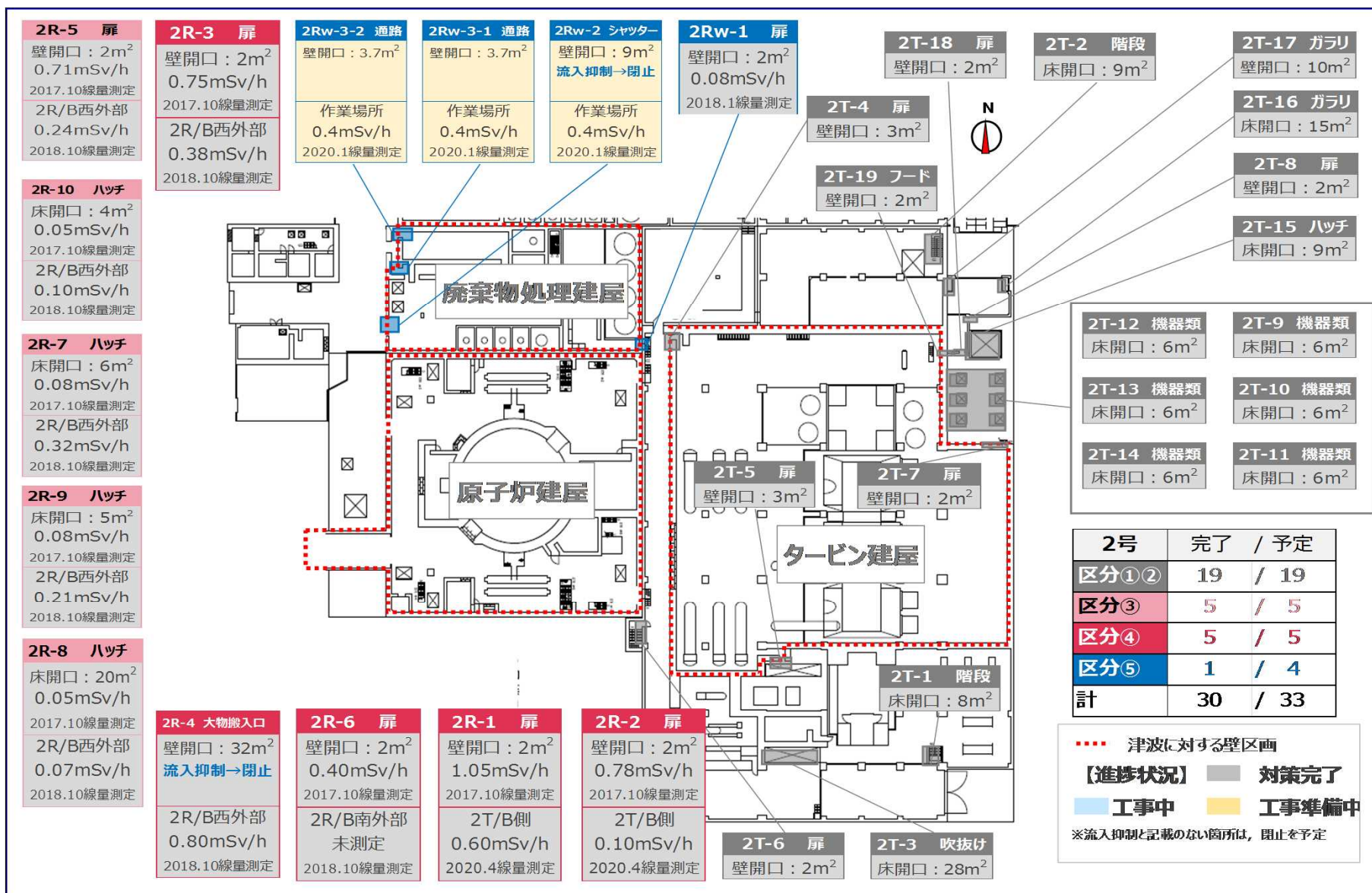
※上記の3.11津波の時刻歴波形は、最新波源情報、最新沿岸構造物データや潮位条件（311当時の潮位（干潮傾向）から朔望平均満潮位へ変更）等を考慮し、3.11当時より厳しい条件で算出した。

※1T/Bの大物搬入口を通過後、建屋内をまわりこんだ後に堰に到達するため、実際の津波は上記よりも低くなると想定される。

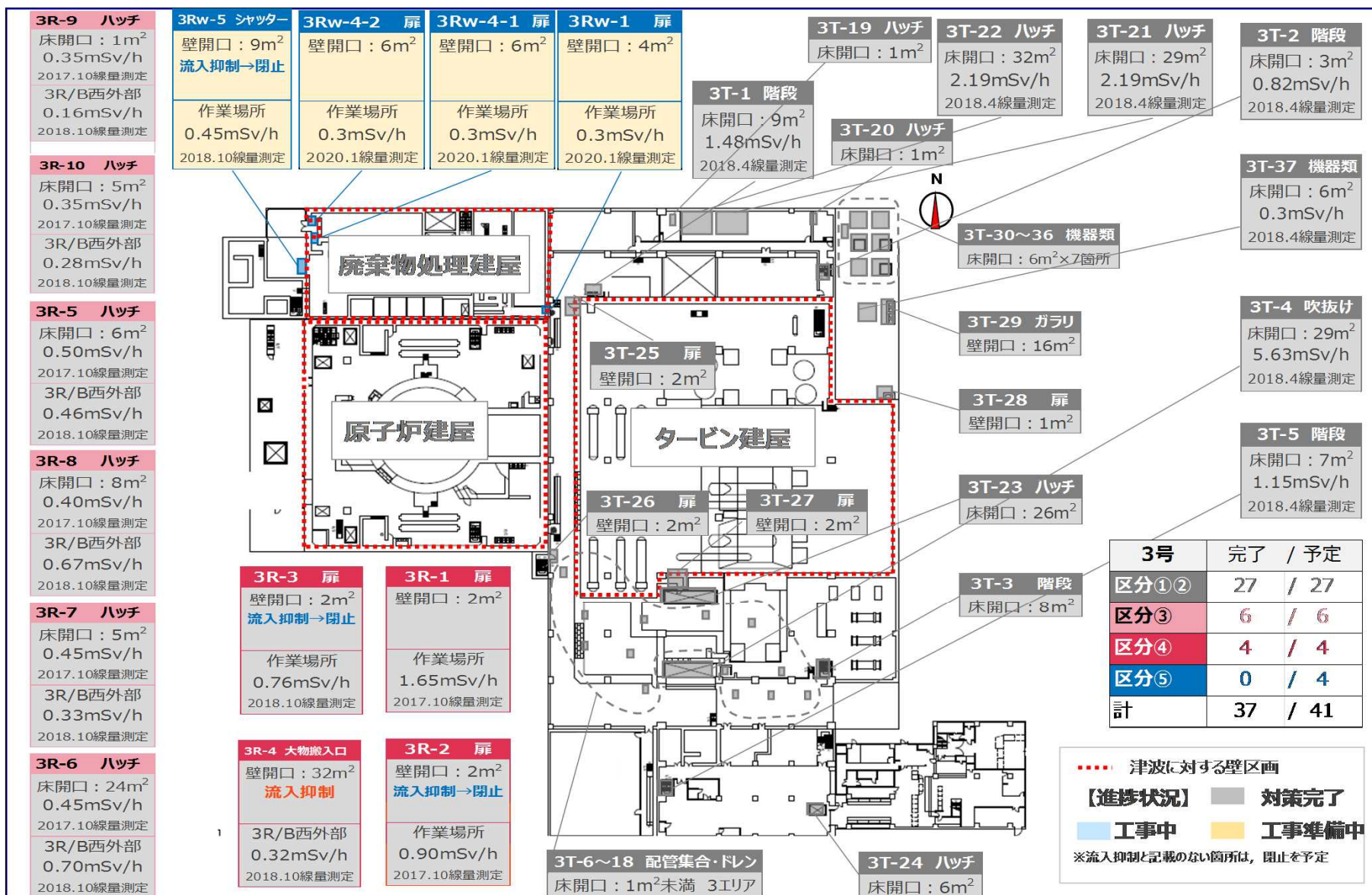
参考5) 1号機の進捗状況 (建屋開口部閉止)



参考5) 2号機の進捗状況 (建屋開口部閉止)



参考5) 3号機の進捗状況 (建屋開口部閉止)



参考5) 4号機の進捗状況 (建屋開口部閉止)

