

地震・津波対策の進捗状況

2021年6月7日

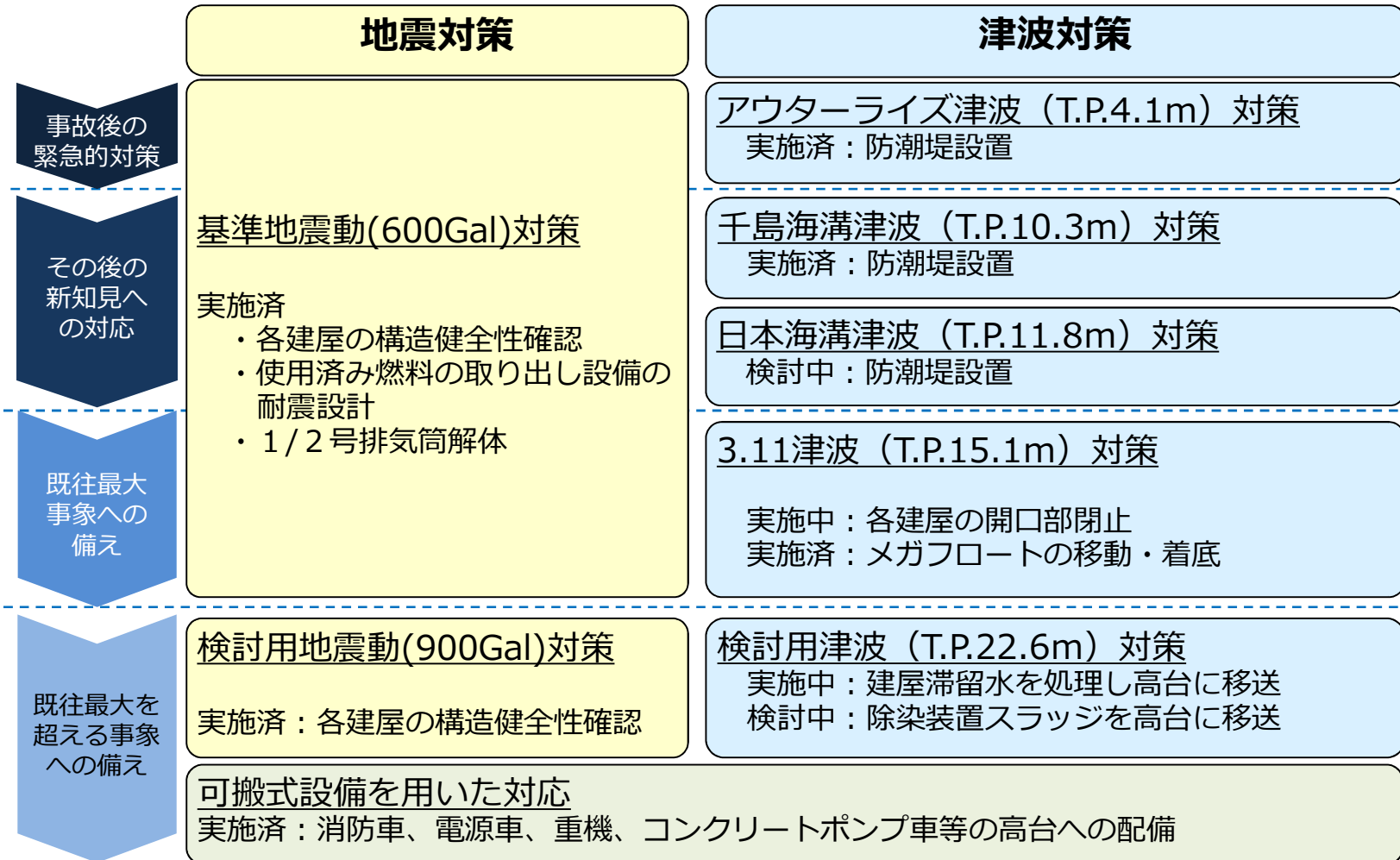
TEPCO

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



※ 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制基準を踏まえ、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制基準を踏まえ、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

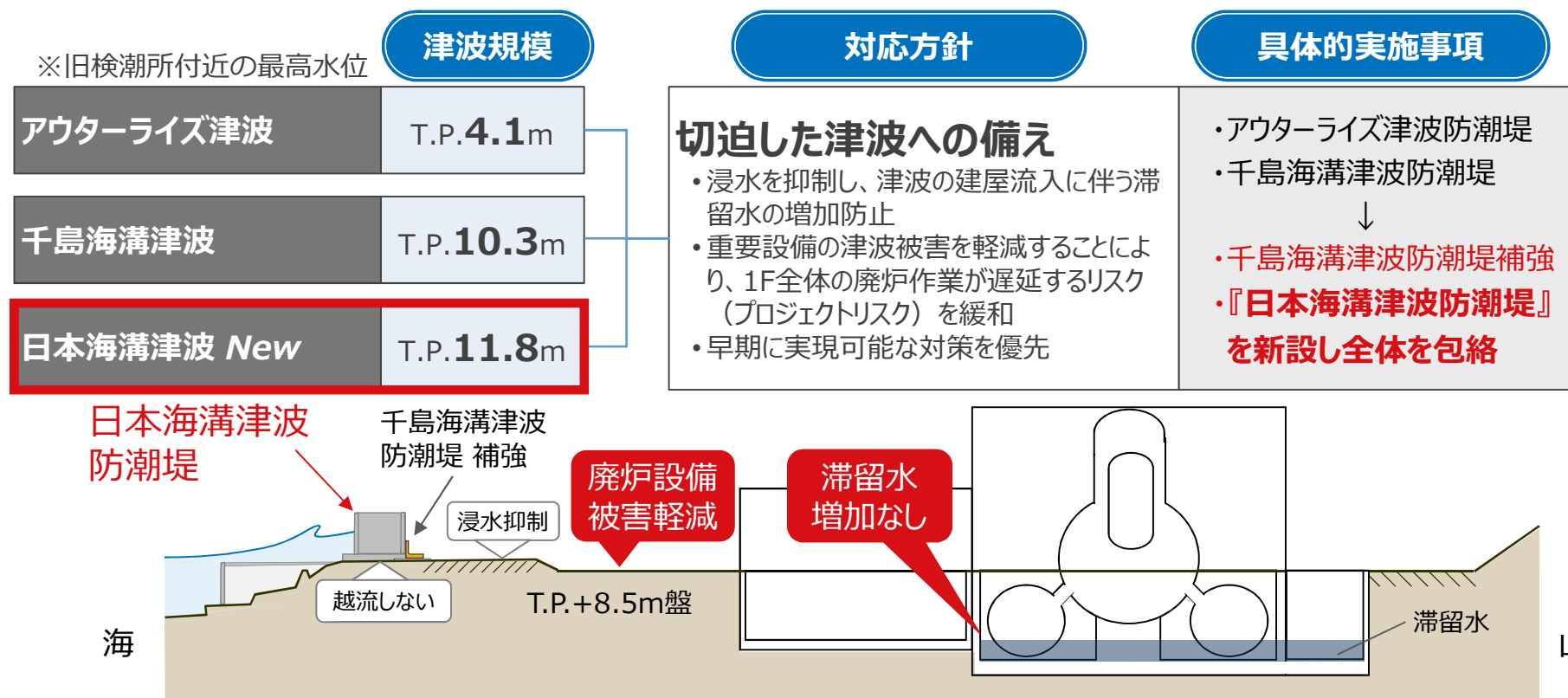
2. 日本海溝津波防潮堤の設置について

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

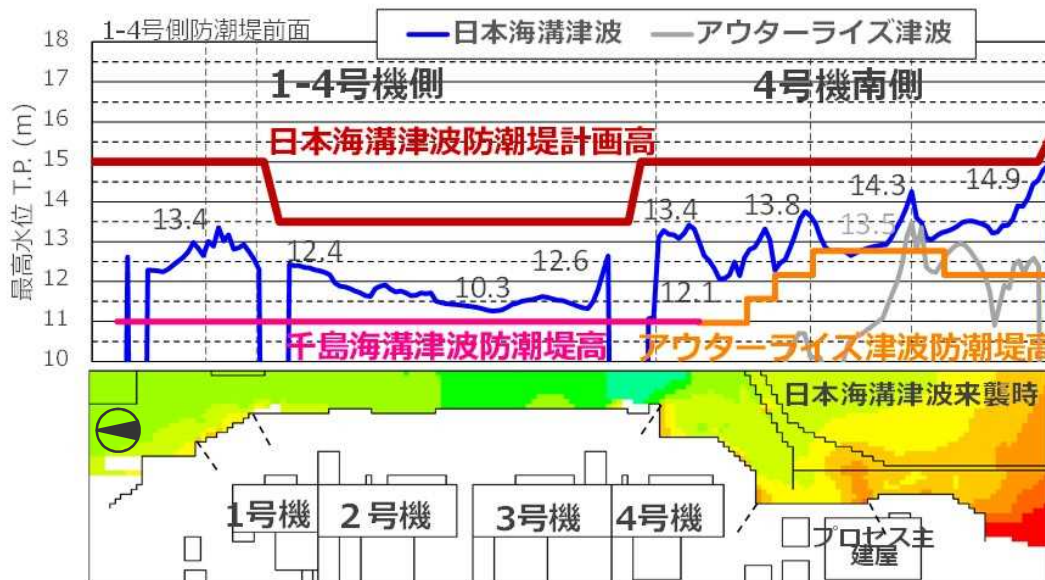


※1-4号機断面イメージ

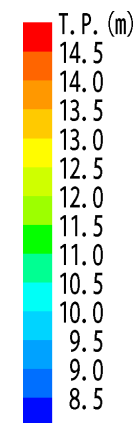
2. 日本海溝津波防潮堤の計画高（1-4号機エリア）

- 現在進行中および今後計画している廃炉プロジェクトの作業動線等にも配慮した防潮堤の最新平面線形を反映した「津波数値解析」により設定した防潮堤の高さは以下の通りである。

－ 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） －



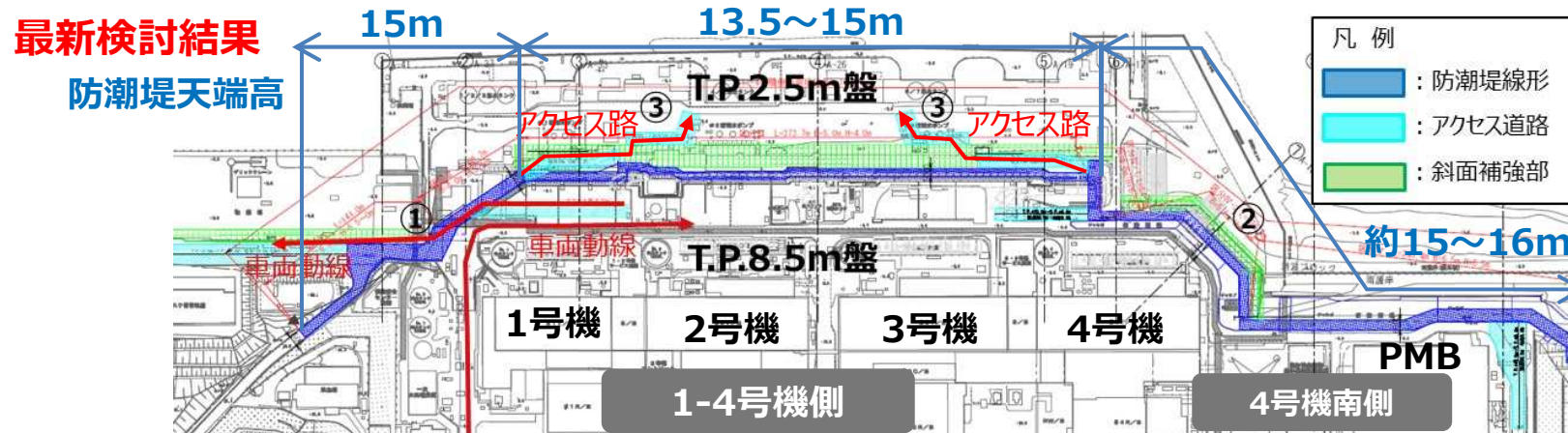
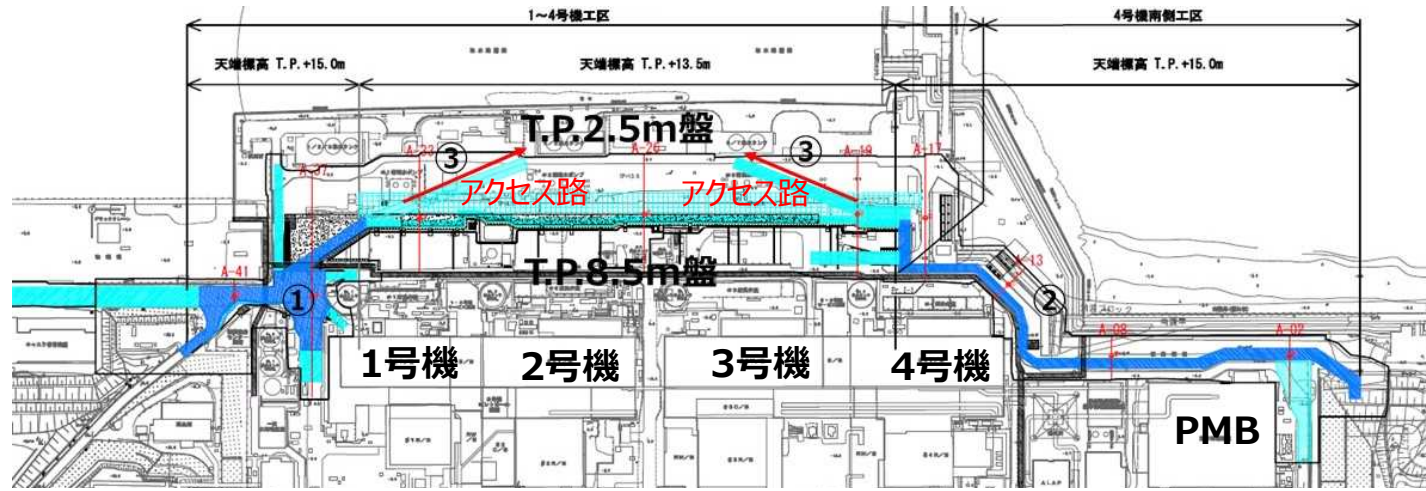
※今後の工事中に細部の防潮堤高さ等は変更になる可能性がある。



		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.10.3~13.4	T.P.12.1~14.9
	防潮堤計画高さ*		T.P.約13.5~15	T.P.約15~16

2. 日本海溝津波防潮堤 平面線形 (1-4号機エリア)

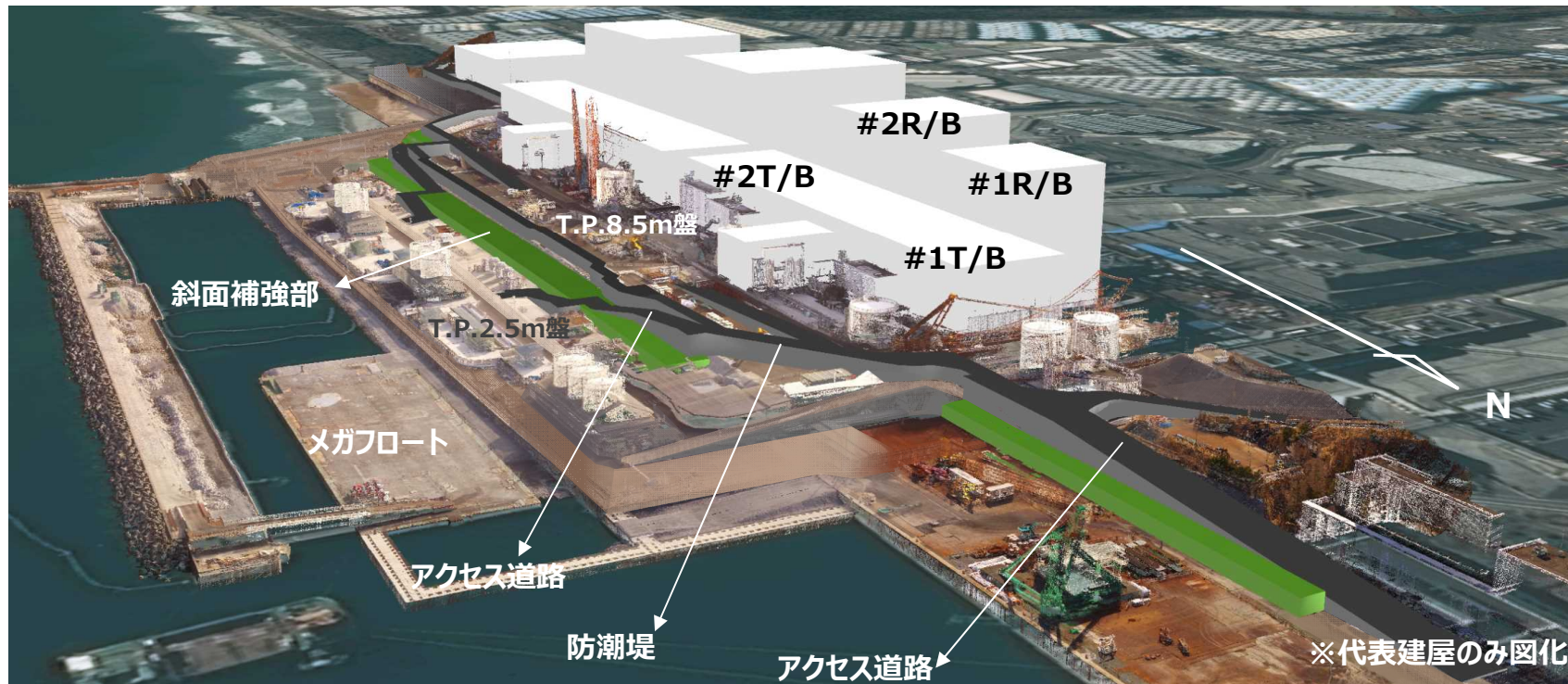
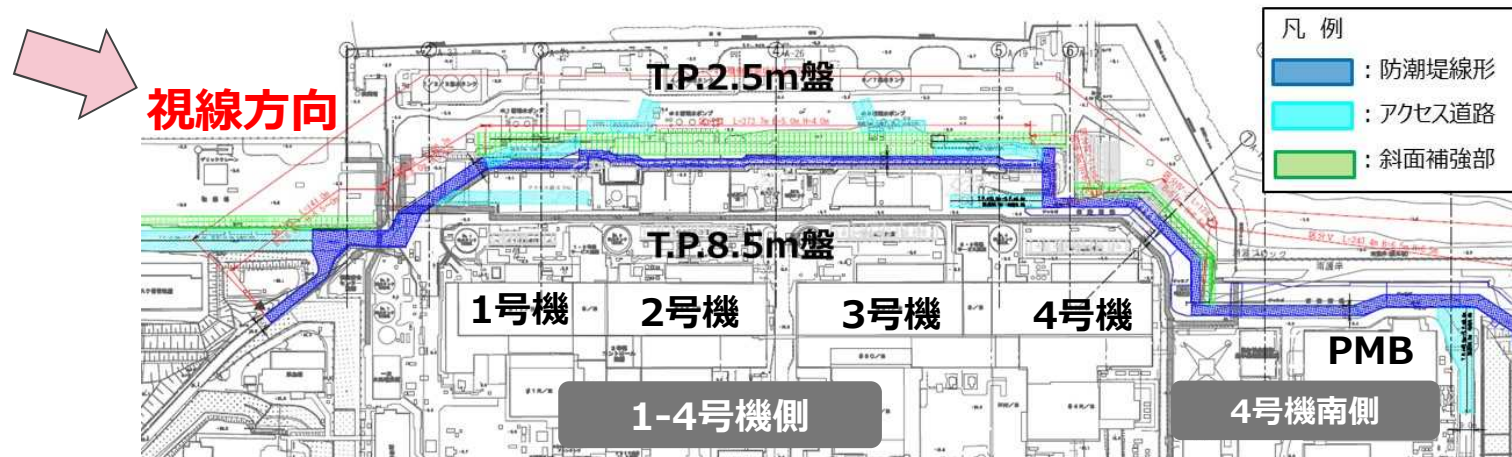
当初検討案 第87回特定原子力施設監視・評価検討会



<主な見直し箇所>

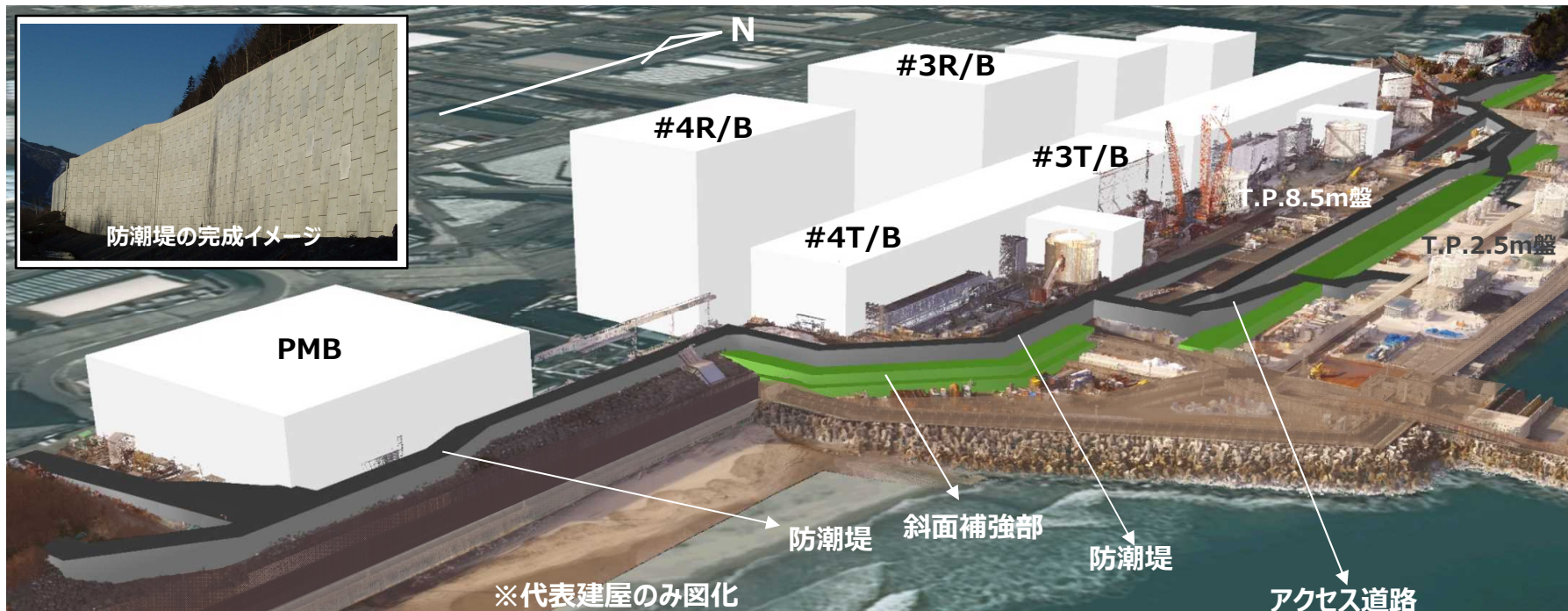
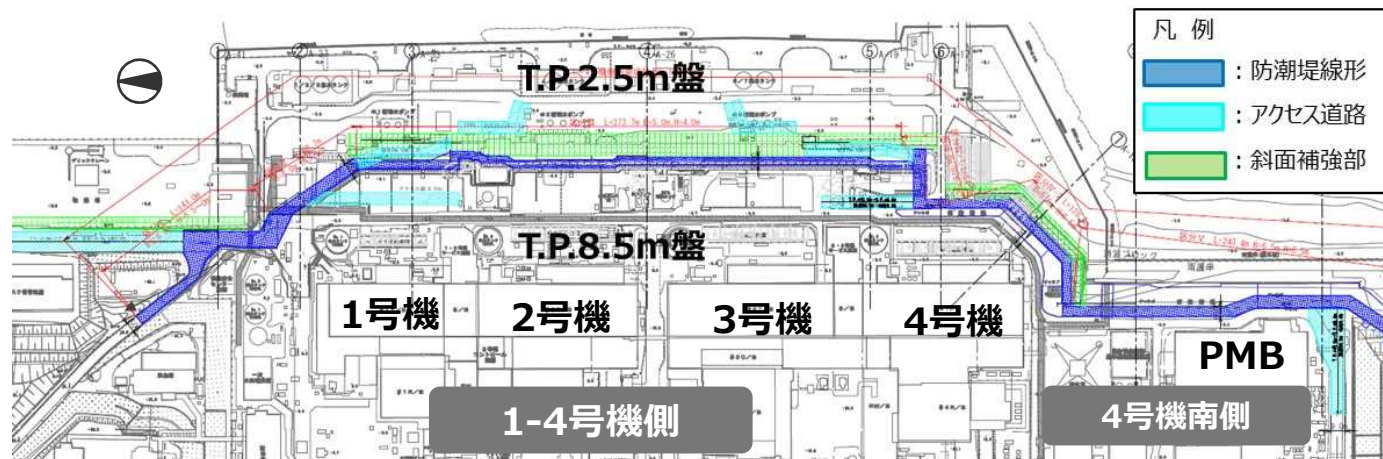
- ① : 1号機北東部の構造変更 ⇒ 1-4号機エリア重要進入路となるため、工事運搬車両の動線を考慮
- ② : アウターライズ防潮堤の東側に防潮堤線形を移動 ⇒ 4号T/B大物搬入口前の工事運搬車両の動線を考慮
- ③ : T.P.2.5m盤へのアクセス路の線形変更 ⇒ 道路線形/勾配の見直し

2. 日本海溝津波防潮堤 鳥瞰図 (1) (1-4号機エリア)



2. 日本海溝津波防潮堤 鳥瞰図 (2) (1-4号機エリア)

TEPCO



2. 日本海溝津波防潮堤 今後のスケジュール

- 日本海溝津波防潮堤工事は2021.6月中旬以降に工事着工し、2023年度下期に完成予定である。

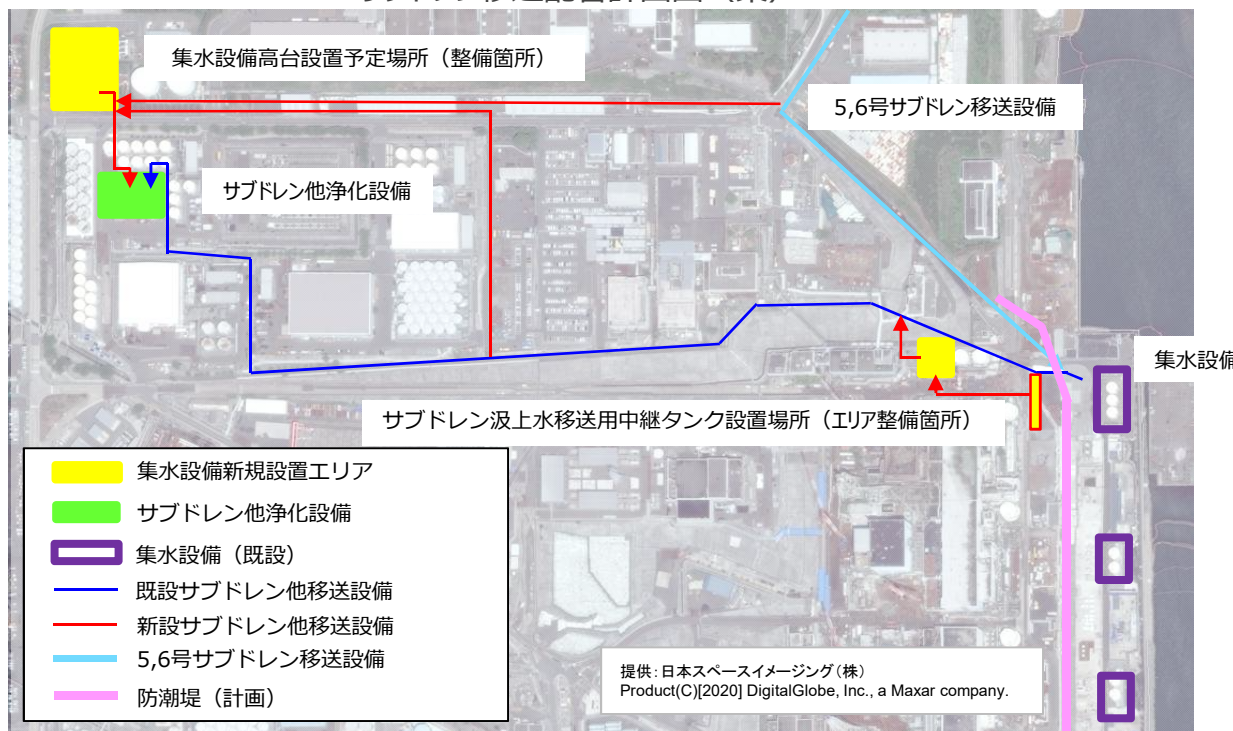
	2020年度				2021年度				2022年度				2023年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
大工程			▼第83回特定原子力施設監視・評価検討会（2020.9）				▼第91回特定原子力施設監視・評価検討会（2021.6）				日本海溝津波防潮堤完成予定▼					
日本海溝津波防潮堤					▼工事着工										工事竣工▼	
調査・詳細設計		調査 詳細設計														
1-4号機側 （斜面補強）					■											
1-4号機側 （防潮堤本体・道路）						■										
4号機南側 （斜面補強）						■										
4号機南側 （防潮堤本体・道路）								■								

※工事工程は、関係工事との細部調整により変動する可能性有り

3. サブドレン集水設備の津波対策について

- 現在2.5m盤に設置しているサブドレン他集水設備を、津波対策としてT.P.33.5m盤に設置する工事を行う。
(2023年度末～2024年度初め完了目標)
- サブドレン他集水設備をT.P.33.5m盤に設置後、集水設備の津波対策等を実施する。

サブドレン移送配管計画図（案）



	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
エリア整備・地盤改良		[Yellow bar]			
集水設備設置		[Yellow bar]			
集水設備（既設）津波対策					[Grey arrow pointing right]
【参考】日本海溝津波防潮堤	▼設置公表 (2020.9)	▼工事着工	[Grey bar]		

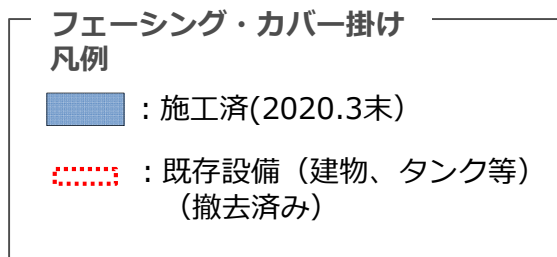
※ 撤去、漂流物対策等の津波対策の詳細は今後検討

※ 工事工程に関しては、今後の詳細検討及び日本海溝津波防潮堤工事等との工事調整により変動する可能性あり

【参考】護岸エリア及び建屋周辺エリアのフェーシング進捗状況



- 護岸エリアのフェーシングに関しては、T.P.2.5m盤は完了していたが、T.P.6.0m盤～8.5m盤に関しても2019年度に完了している。



■ Dエリア全景

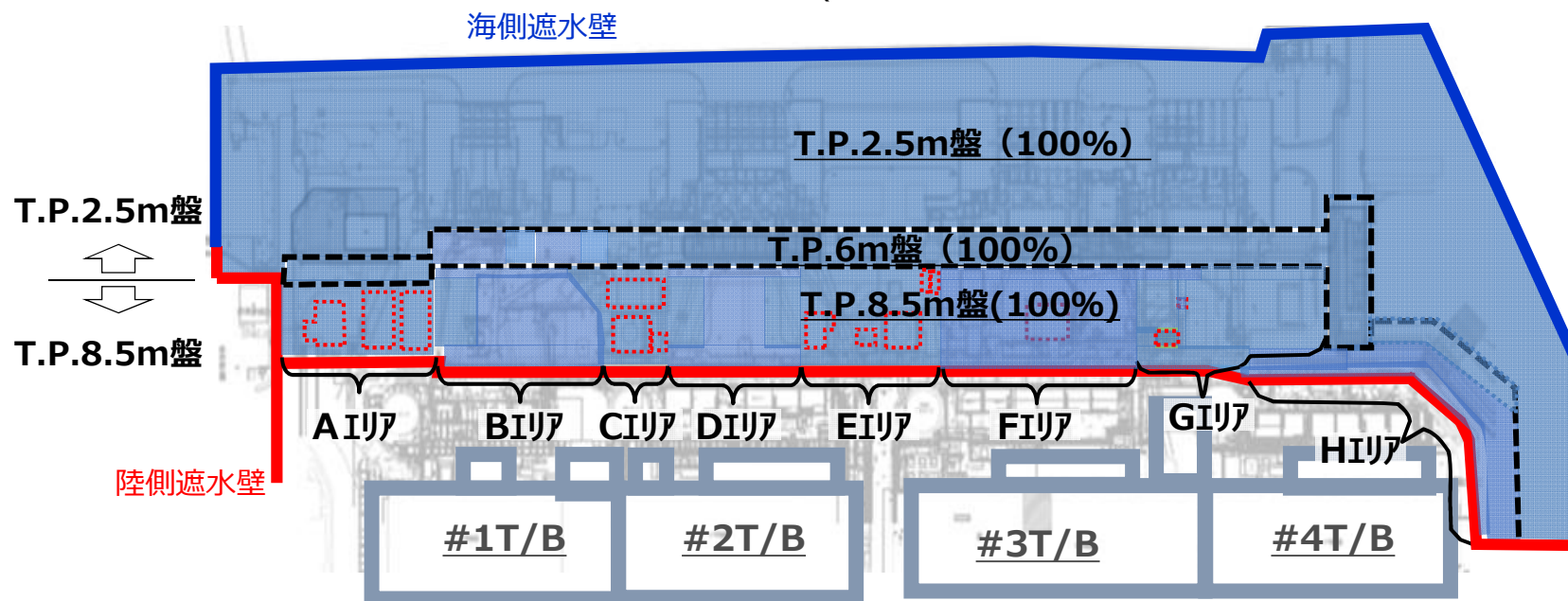


(2018.12.11撮影)

■ Bエリア全景



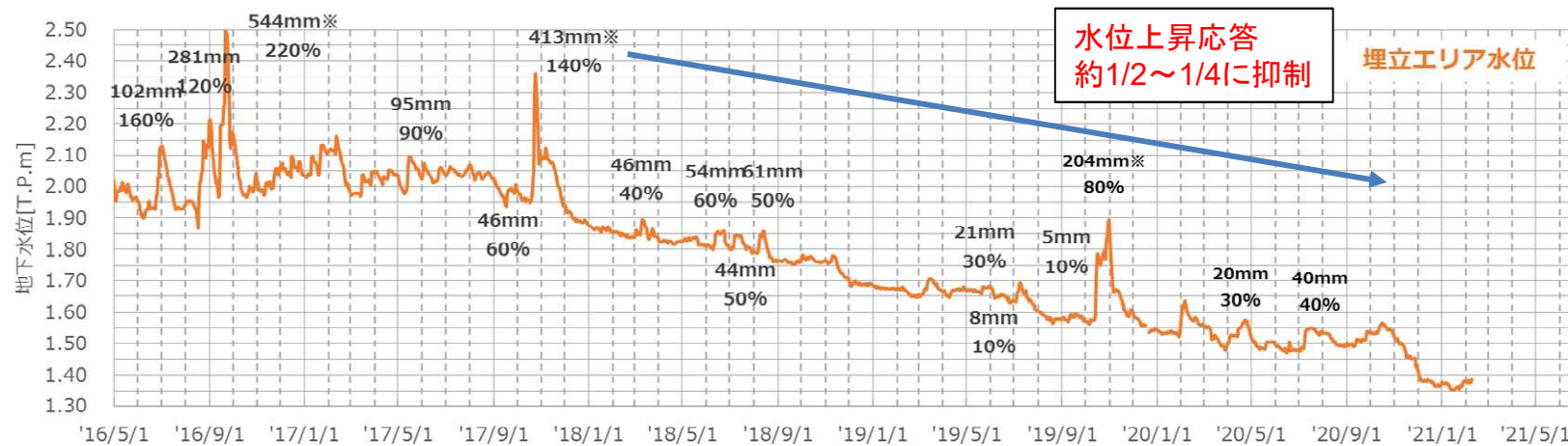
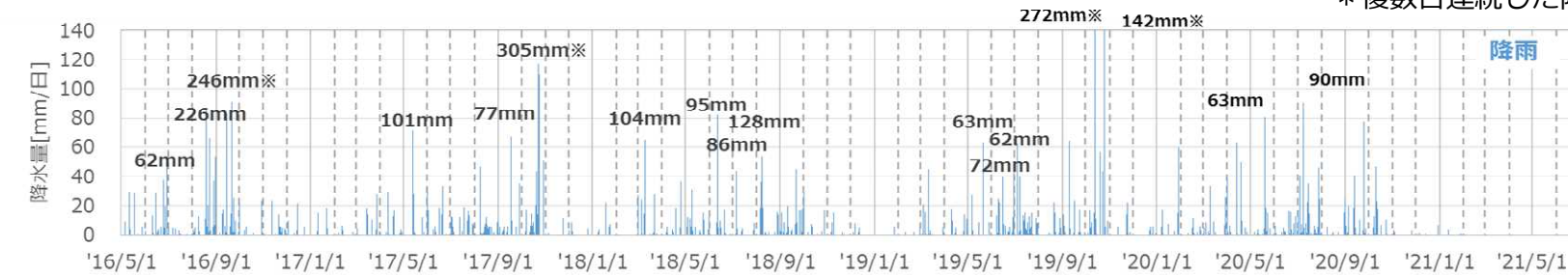
(2018.12.11撮影)



【参考】 2.5m盤水位及び汲み上げ量

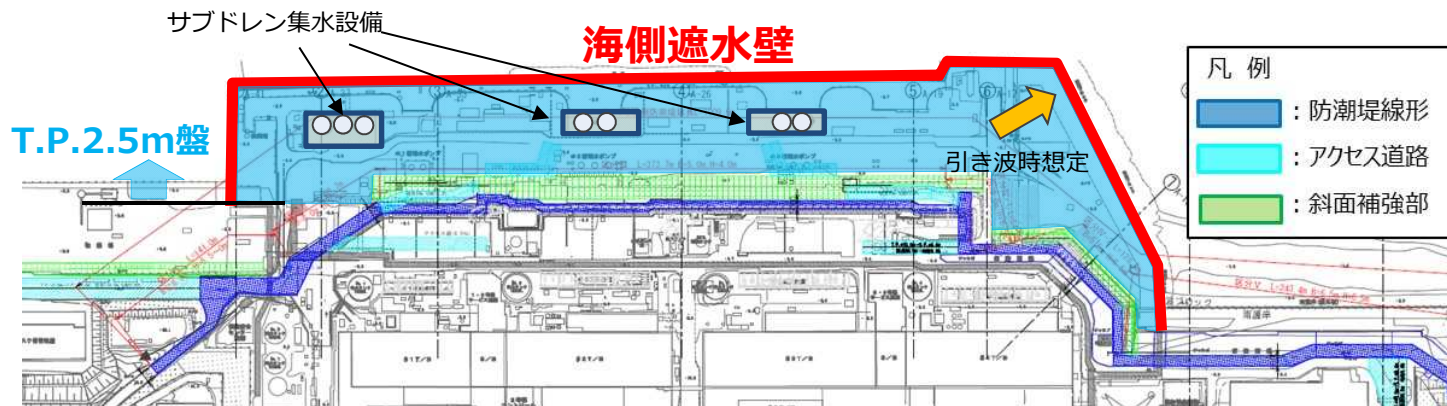
- 2.5m盤の水位応答に関しては、フェーシングの進捗により、降雨による水位上昇応答は、約1/2~1/4まで抑制され、低位の水位運用が継続できている。

* 複数日連続した降雨で集計



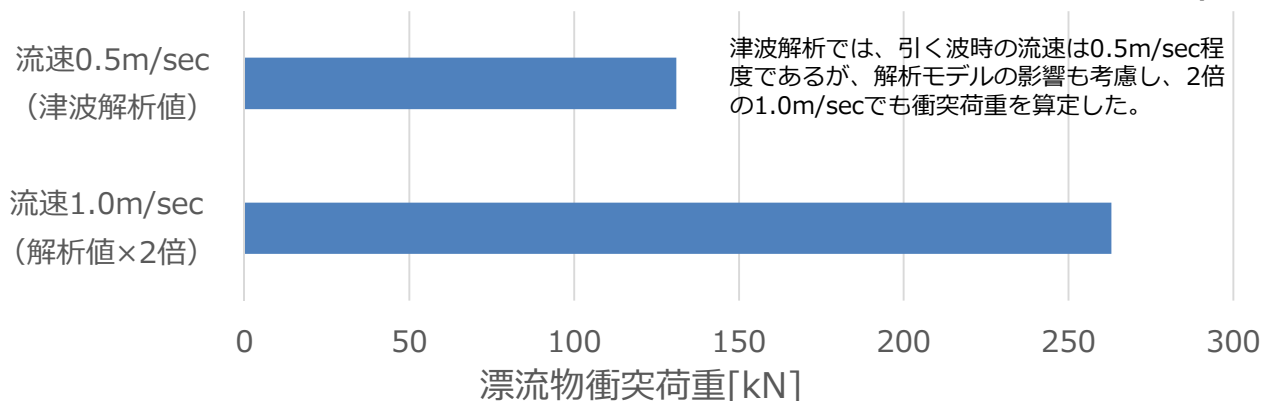
【参考】 T.P.2.5盤における漂流物の影響評価

- 日本海溝津波の引き波時に遮水壁に向かう衝突力は、評価式によってバラツキもあるが、柏崎刈羽原子力発電所第7号機工事計画認可申請内容※1に記載されている同じ算定方法で、約10tの車両がT.P.2.5m盤にあり漂流状態で衝突する場合には衝突力を算定すると131～263kNとなる。
- 海側遮水壁に、津波による衝突荷重と引き波時の津波波圧が同時に作用する最も厳しいケースで鋼管矢板の照査を実施すると、衝突荷重の限界値は約290kNであり、約10tを超える車両は高台へ移動を実施する必要があると判断した。
- T.P.2.5m盤にある車両は、2022年度中を目標に高台へ移動していくため、 T.P.2.5m盤における津波による漂流物リスクは低減していく予定。



※1
 柏崎刈羽原子力発電所第7号機工事計画認可申請、第885回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合における当社説明資料の掲載について | お知らせ | 東京電力ホールディングス株式会社
https://www.tepco.co.jp/press/news/2020/1548388_8969.html

日本海溝津波引き波時、10tの漂流物が衝突する際の荷重をFEMA※2式で計算した結果



※2 FEMA

FEMA, Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis, FEMA P646,

$$F_i = 1.3u_{max}\sqrt{\{kmd(1+c)\}}$$

ここに、

F_i : 衝突力 [kN]

u_{max} : 漂流物を運ぶ流体の最大流速

k : 漂流物の有効軸剛性 [N/m]

(保守的に高島ら (2015) により求められる $k = 2.04 \times 10^6$ [N/m] を適用)

md : 漂流物の質量 (= 10,000 kg)

c : 付加質量係数 (= 1.0)

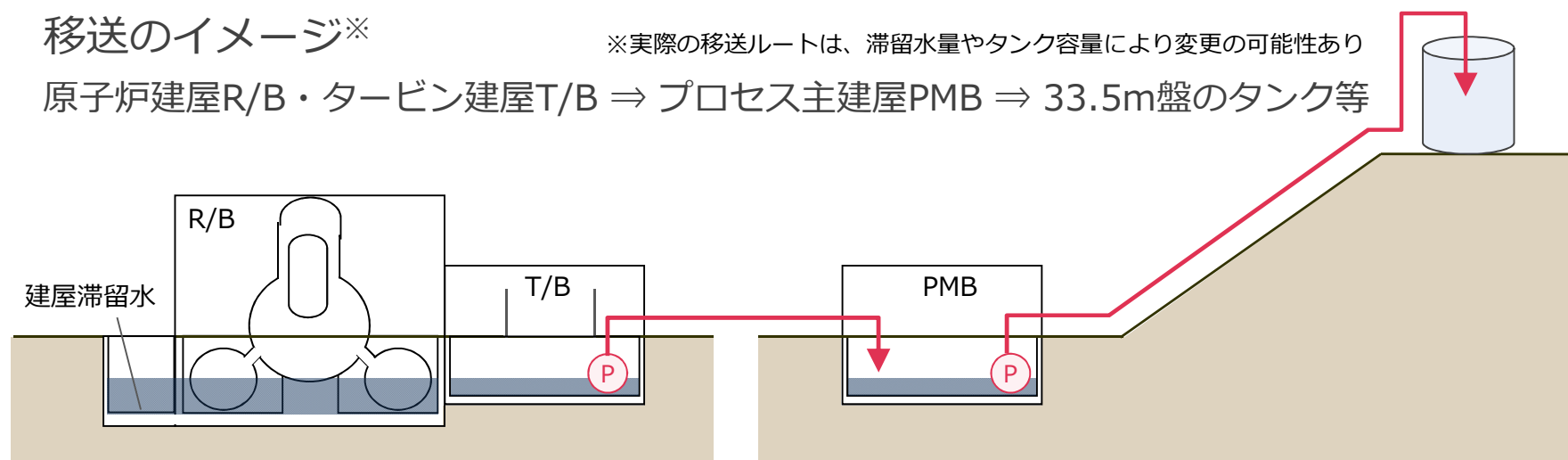
【参考】津波により建屋滞留水が発生した場合の処理方法

- 津波が越流した場合、既設の汚染水移送配管や移送ポンプが使用できず、復旧までの間、通常の汚染水処理ができない状況が想定される。
- そこで、応急的な対応として、建屋滞留水水位およびサブドレン水位の水位差測定を行い優先順位をつけた上で、汚染水移送配管や移送ポンプを再敷設し、33.5m盤のタンクへ移送することとしている。

移送のイメージ※

※実際の移送ルートは、滞留水量やタンク容量により変更の可能性あり

原子炉建屋R/B・タービン建屋T/B ⇒ プロセス主建屋PMB ⇒ 33.5m盤のタンク等



- 移送に必要な資機材の確保および復旧手順書の整備は完了しており、配管の接続訓練等も実施済。

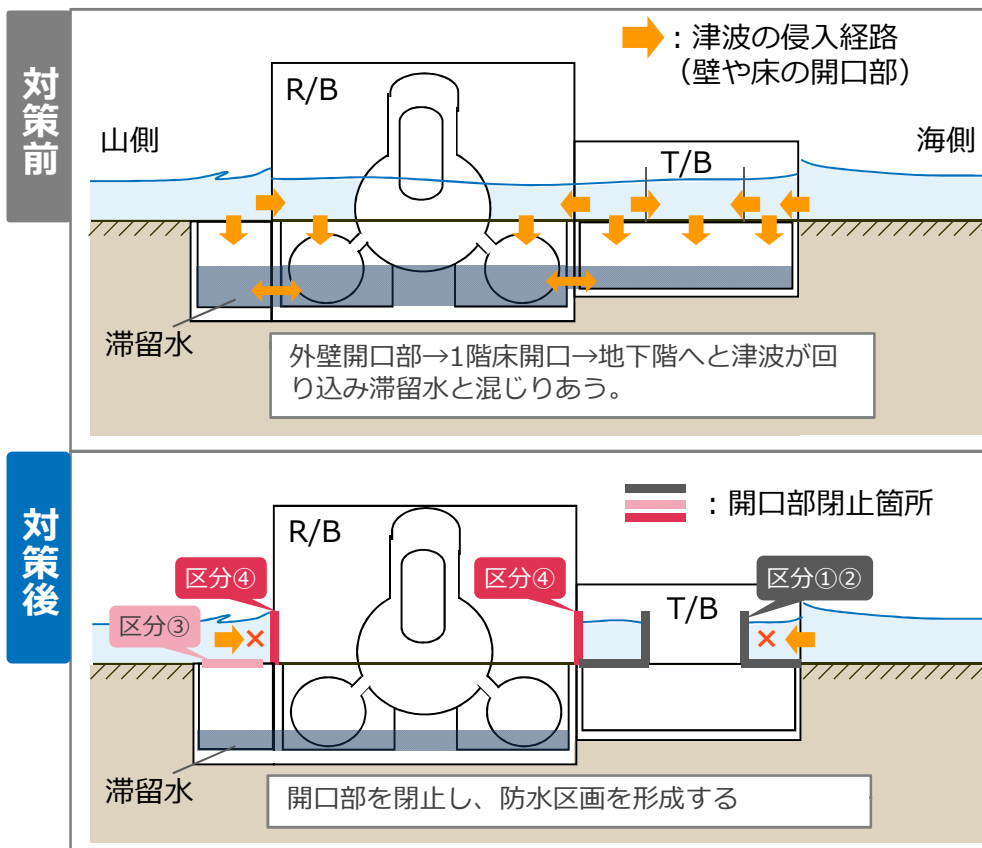
4. 建屋開口部閉止の進捗状況

■ **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。

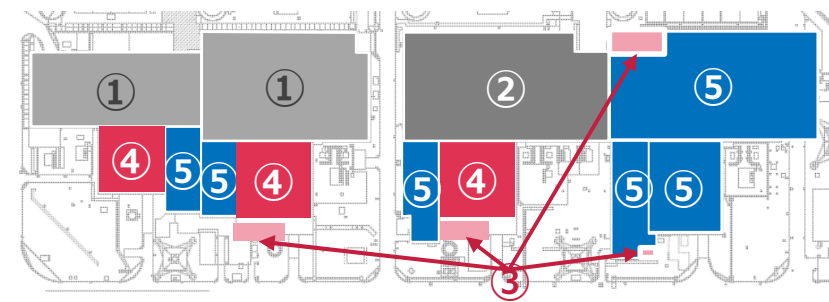
■ **進捗状況**：1～4号機本館建屋開口部に「閉止」又は「流入抑制」対策を実施中。

2021年6月4日現在、116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



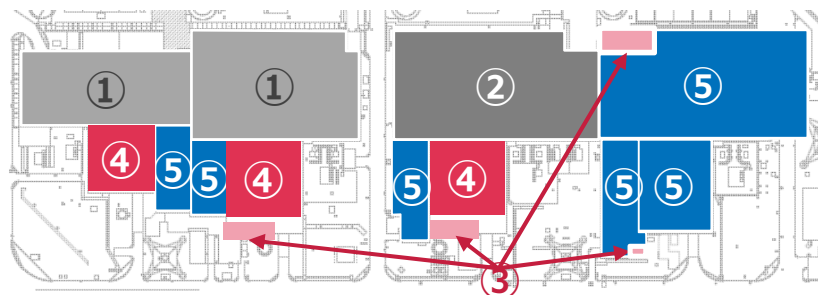
区分	建屋	完了/ 計画数	(年度)			
			2018	2019	2020	2021
①	1・2T/B, HTI, PMB, 共用プール	40/40	■			現在
②	3T/B	27/27	■			
③	2・3R/B (外部床等)	20/20		■		
④	1～3R/B (扉)	16/16		■		
⑤	1～4Rw/B 4R/B, 4T/B	13/24				2021年度末 完了



4. 建屋開口部閉止工事の進捗状況

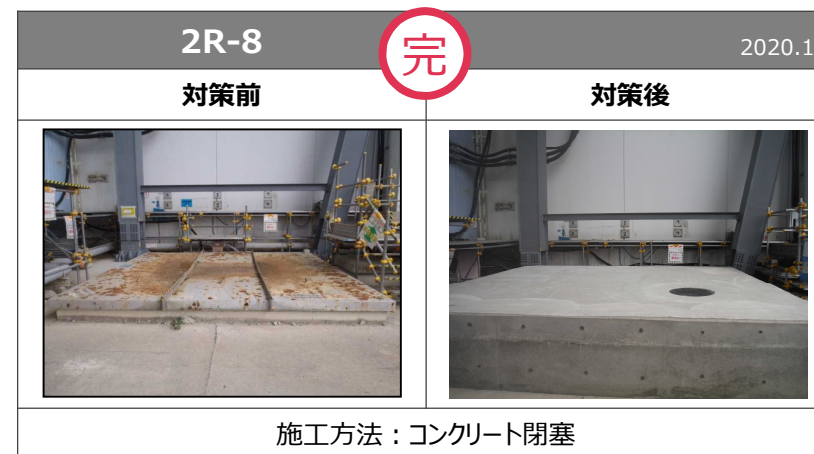
■ 対策完了箇所の増加数 前回2021.1.25時点との比較

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		0
②	3T/B	27	27		0
③	2・3R/B (外部床等)	20	20		0
④	1~3R/B (扉)	16	16		0
⑤	1~4Rw/B 4R/B,4T/B	24	10	13	+3
	計	127	113	116	+3

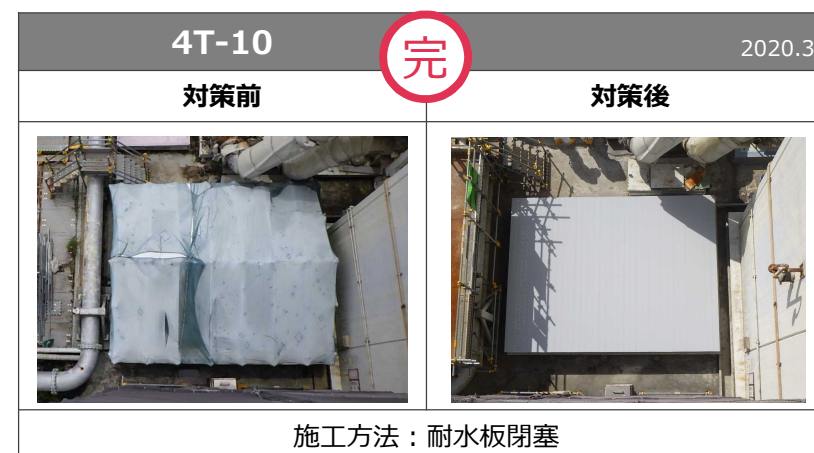


■ 対策完了状況

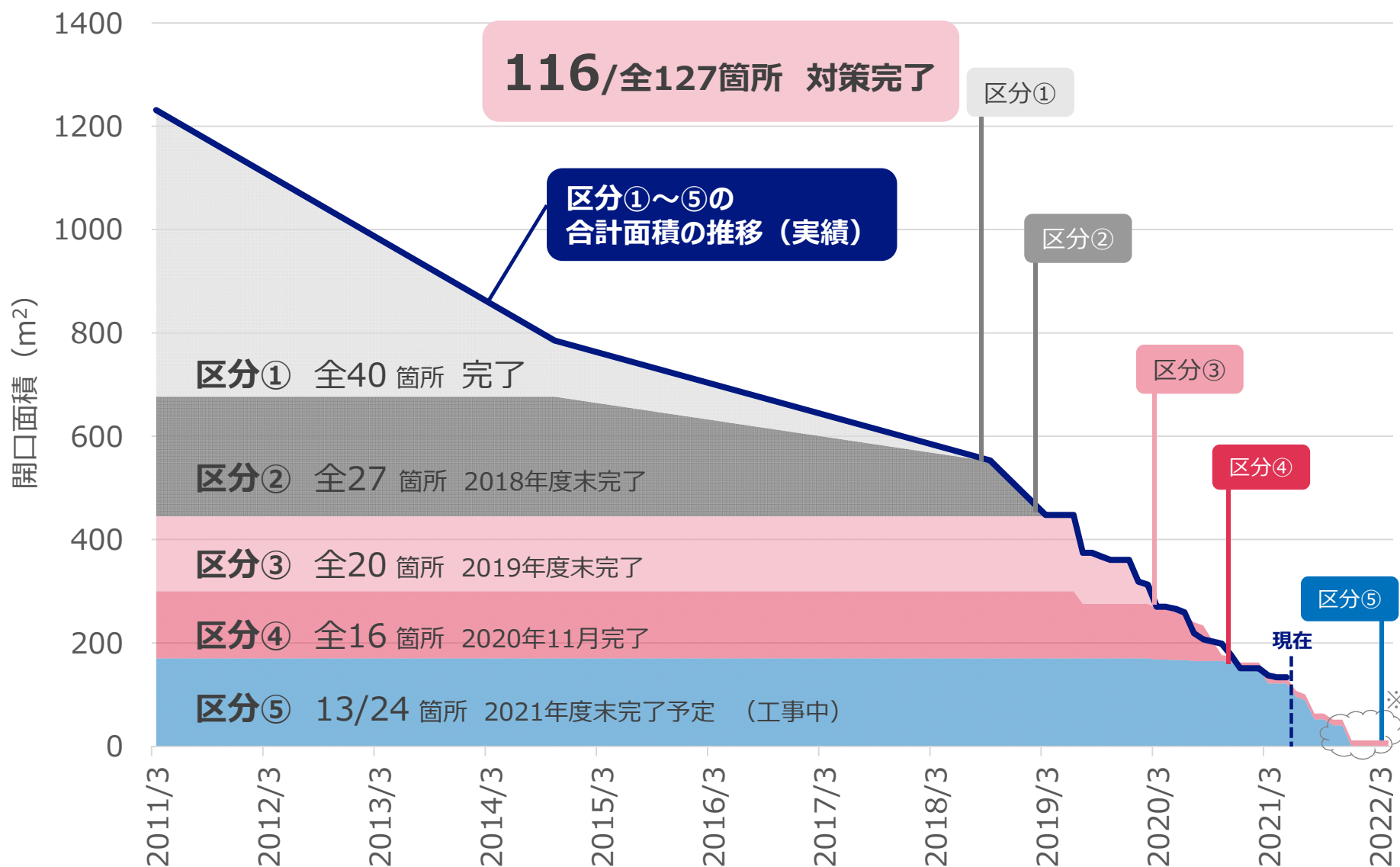
- 区分③ 2R/B外部床



- 区分③ 4T/B外部床



4. 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) 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)

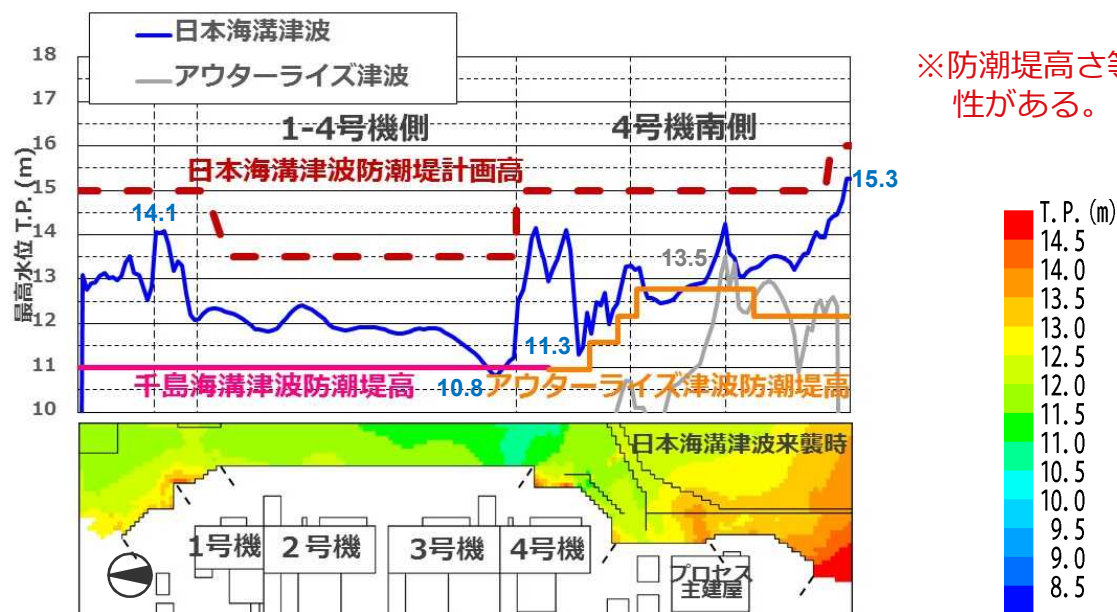
旧検潮所:海側遮水壁北側隅角部付近での最高水位

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)

- 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、今後の詳細検討で、防潮堤の高さや設置範囲の細部を検討していく予定

－ 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) －

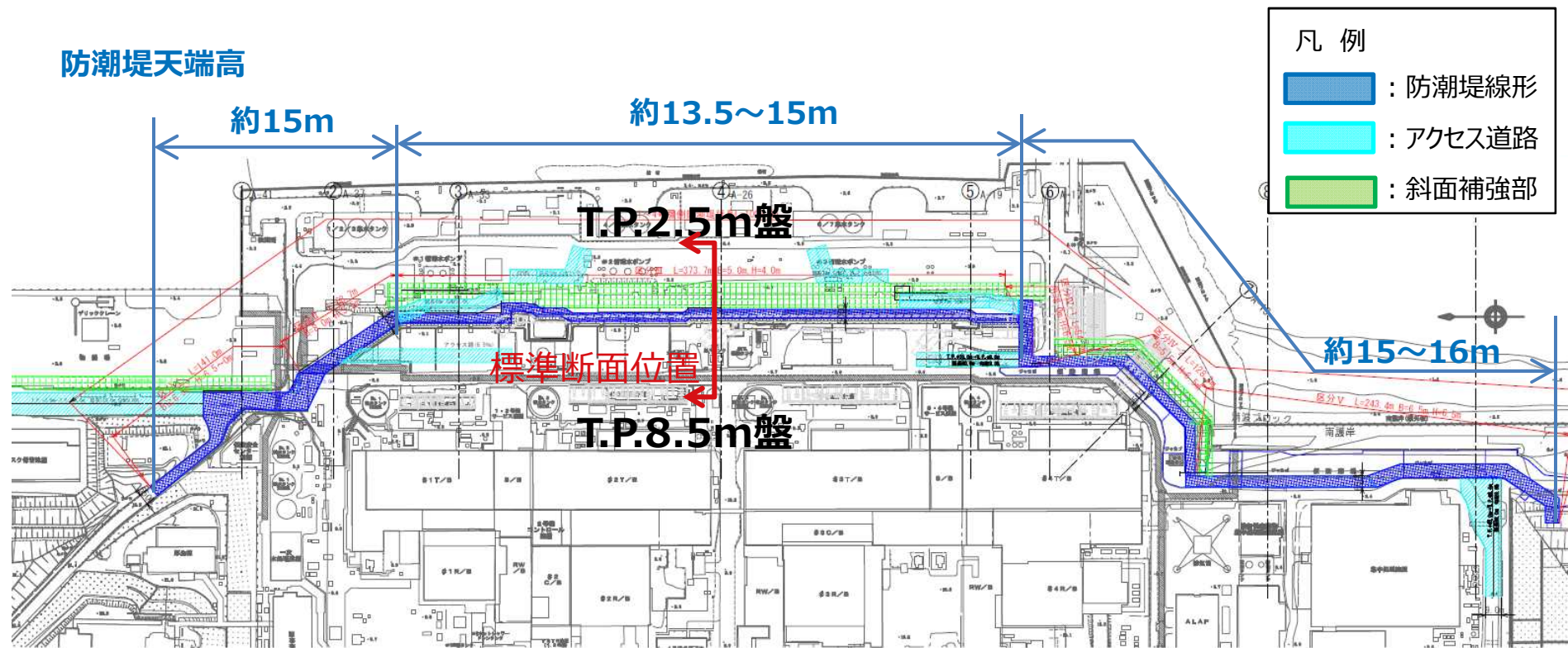


※防潮堤高さ等は変更になる可能性がある。

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)

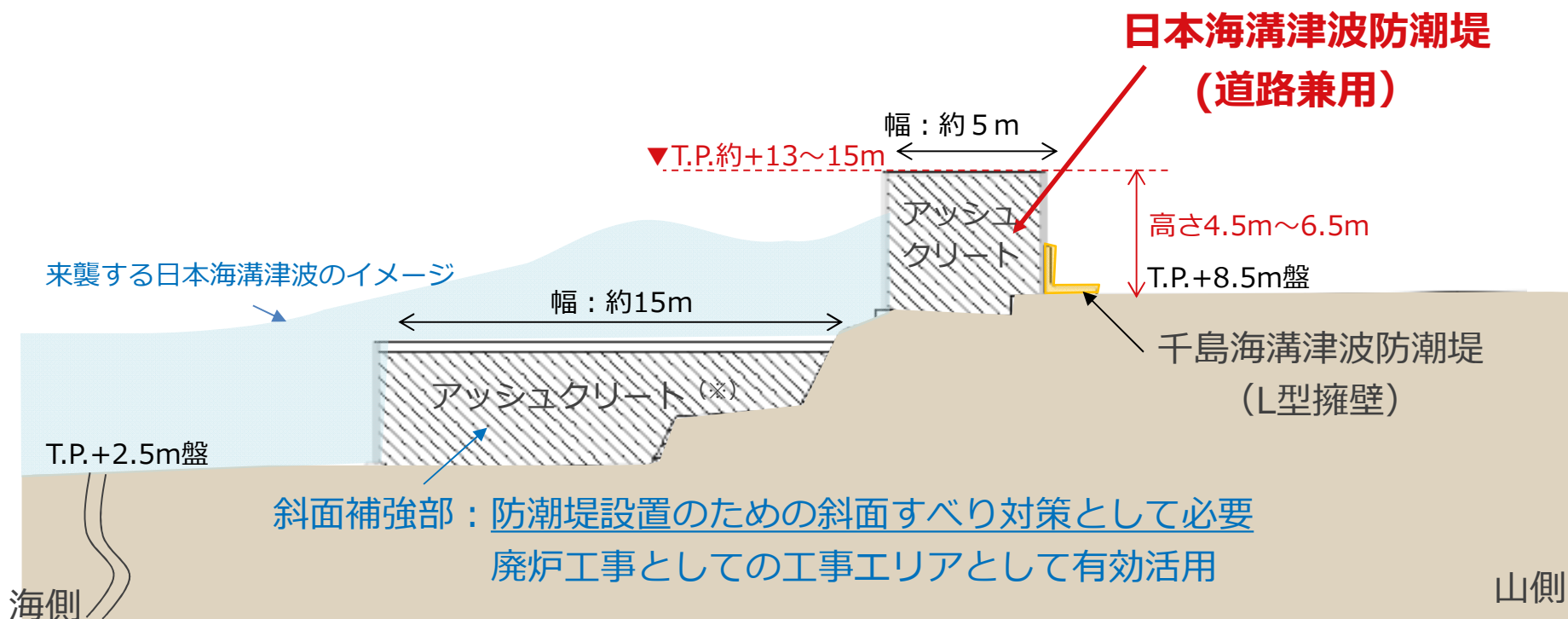
- 廃炉工事全体の進捗に影響を及ぼさないよう、平面・縦断線形の細部を検討
- 日本海溝津波防潮堤は道路として兼用し、交通渋滞解消にも寄与させる。
- 斜面補強部上部は今後の1-4号機廃炉工事エリアとして活用していく



2021.5時点 ※今後の施工段階で細部の防潮堤高さ等に変更になる可能性がある。

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2)日本海溝津波防潮堤 設計方針

特定原子力施設監視・評価検討会
(第83回) 2020年9月14日

- 日本海溝津波防潮堤の検討においては、廃炉工事全体の進捗に影響を及ぼさない防潮堤であることを前提に、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を図る機能とすることで、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できる防潮堤とする
- 上記を踏まえた具体的な設計方針は下表の通り

設計項目	対象津波	
	日本海溝津波	3.11津波
防潮堤高さ	越流させない	越流を許容※2
耐波力	津波高さ（進行波）の3倍の波圧に対して構造安定等を確認	機能維持を確認 (津波エネルギーを減衰し、過大な被害とならないことを確認)
耐震性	耐震Cクラス※1 (1.0C _I 水平設計震度k _H =0.2)	機能維持を確認 (東北地方太平洋沖地震相当で極端な沈下や変形が生じないことを確認)
逆流浸水防止	逆流する可能性がある経路について可能な限り閉止するが、完全ドライサイトを指向しない	—

※1 2020年4月の内閣府「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会」の公表内容では、大熊町・双葉町とも震度4以下と記載されており、敷地に及ぼす地震影響は小さいと想定している。

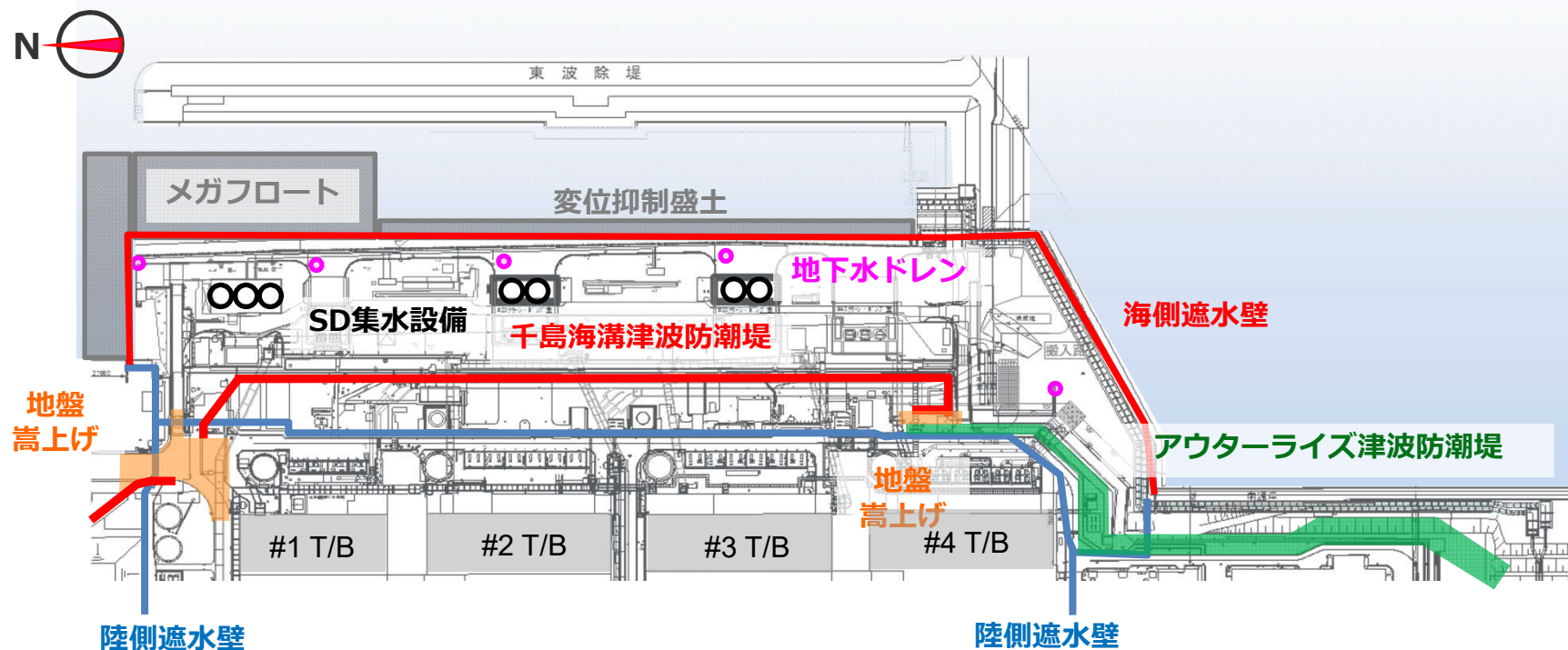
(想定される地震動は数ガル～数十ガル程度)

※2 防潮堤を越流して堤内が浸水した場合も排水可能なフラップゲート等を設置する。

参考2) T.P.2.5m盤設備の津波対策について

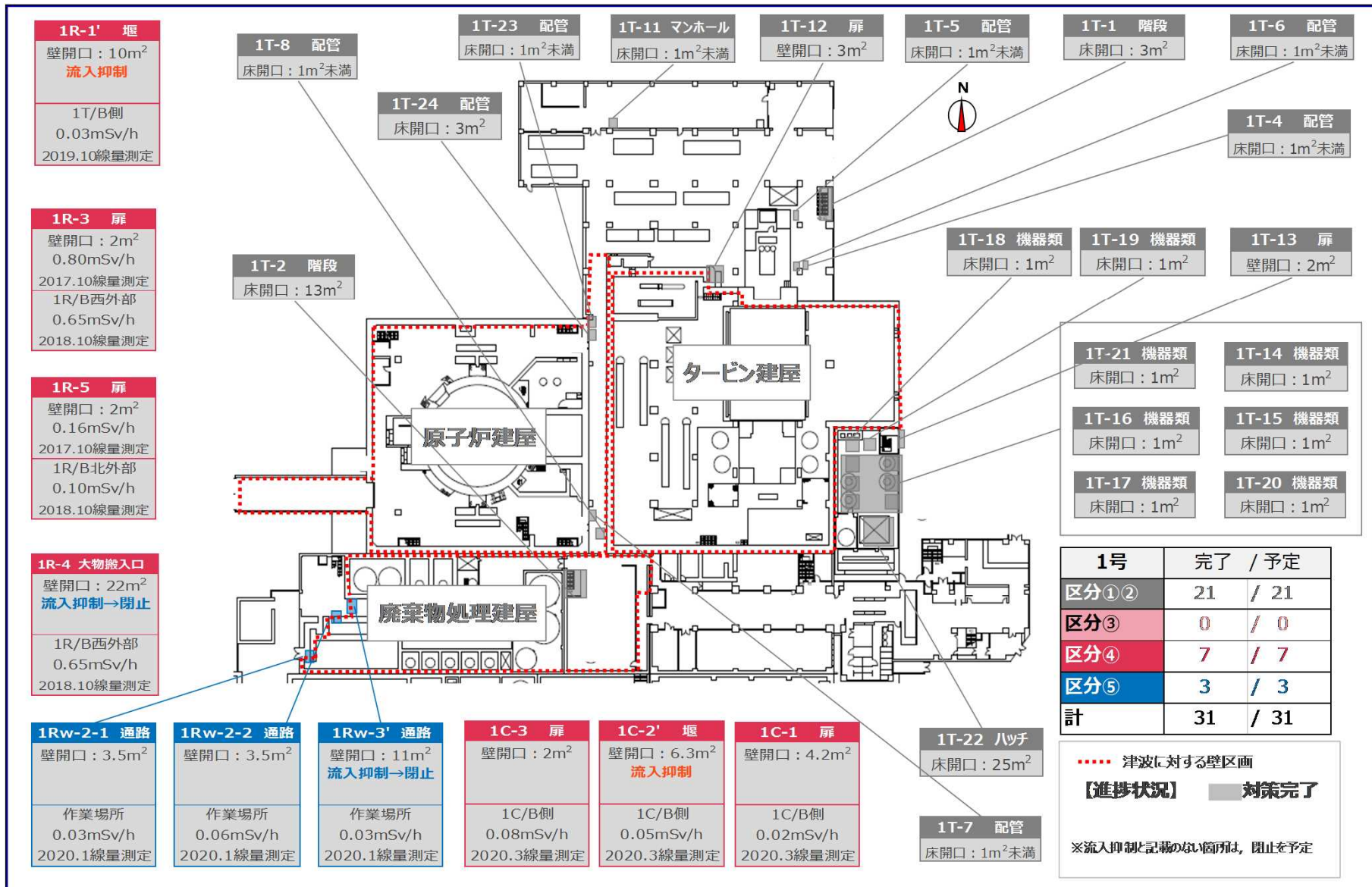
特定原子力施設監視・評価検討会
(第87回) 2021年1月25日 一部加筆

- 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
 - ・ SD集水設備 : 2021～2024年度始めにかけて計画的に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を準備済
 - ・ 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実施中

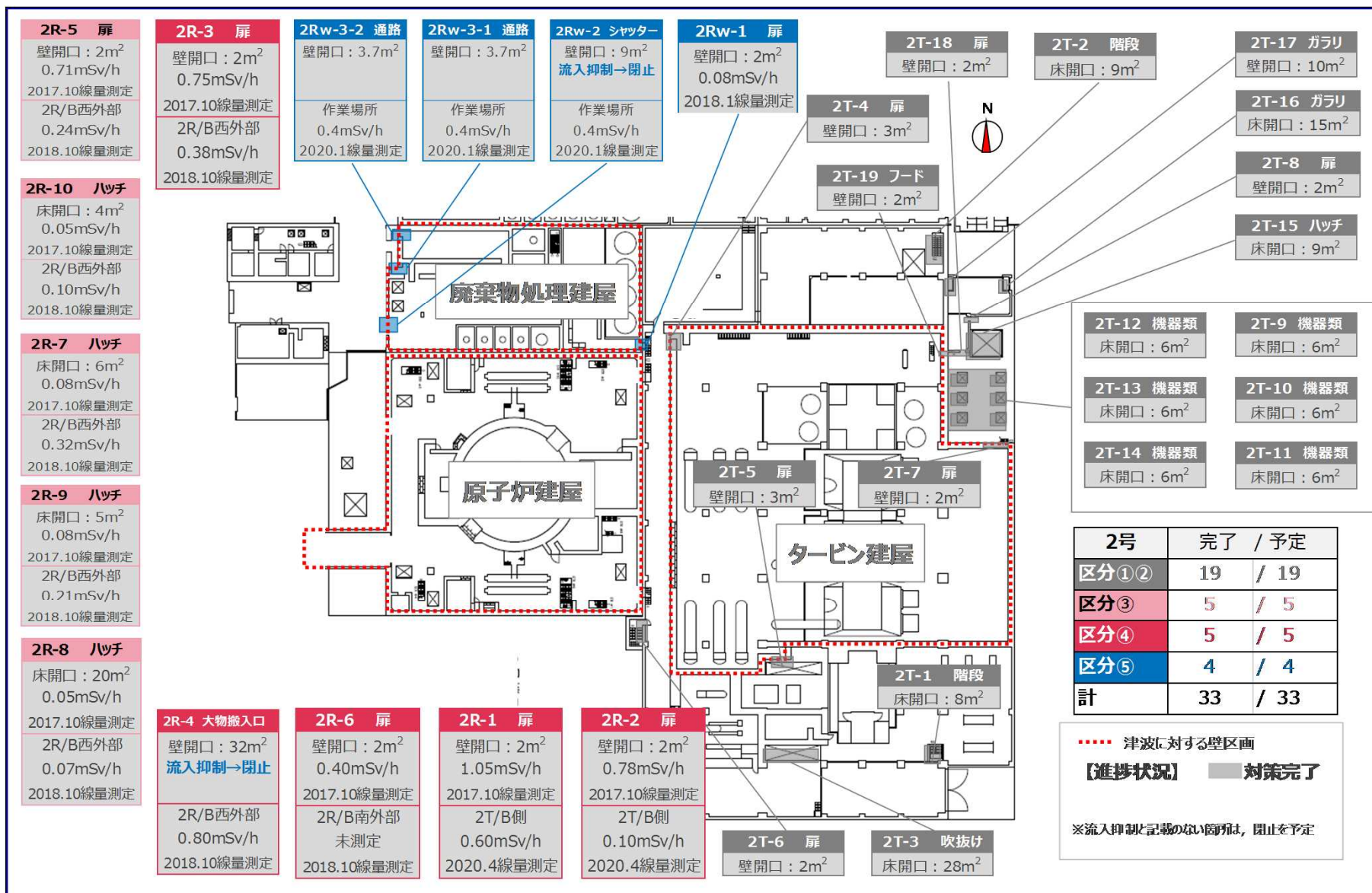


※ 千島海溝津波防潮堤・アウターライズ津波防潮堤は、今後の工事により日本海溝津波防潮堤の一部となる。

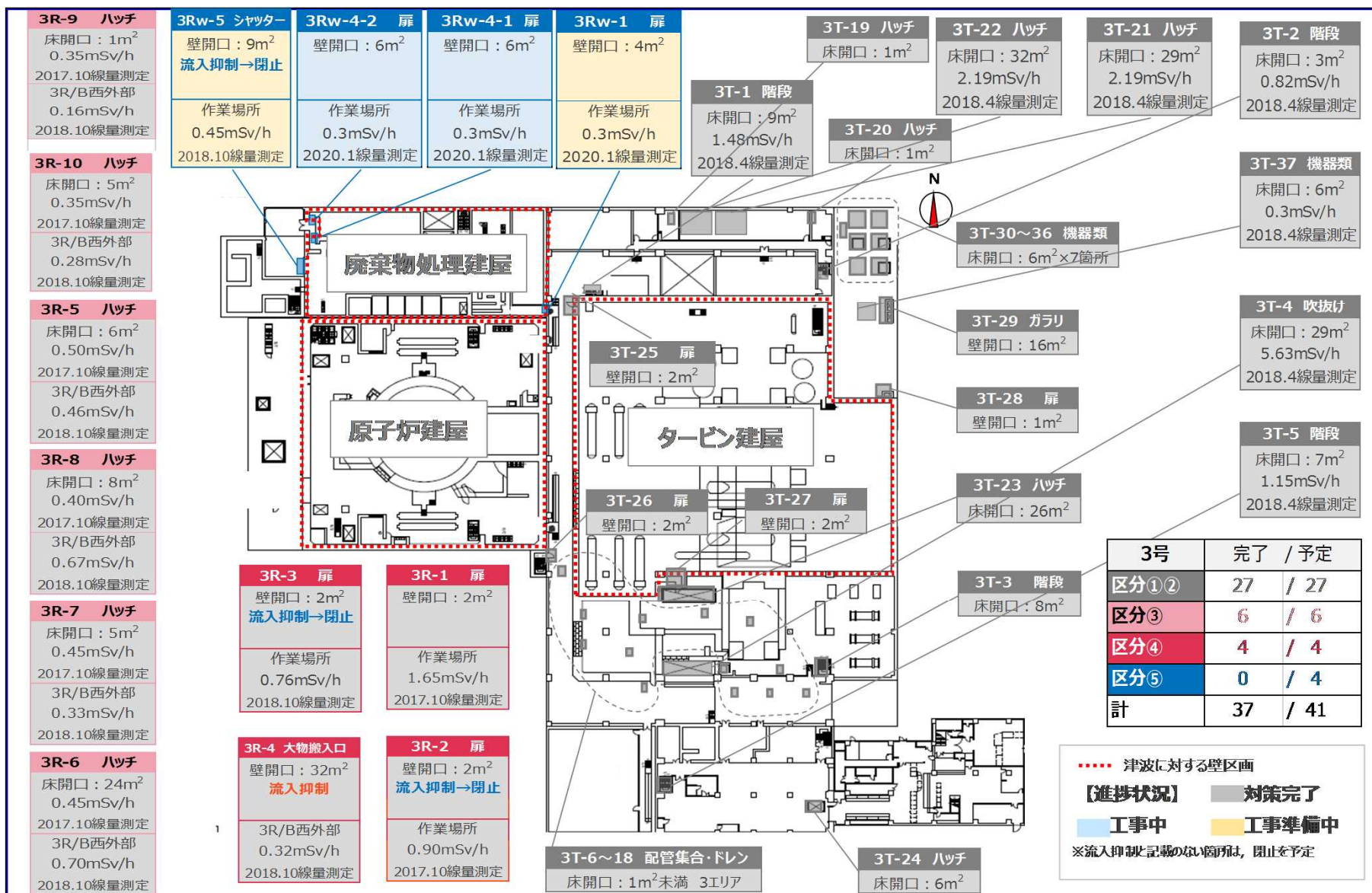
参考3) 1号機の進捗状況 (建屋開口部閉止)



参考3) 2号機の進捗状況 (建屋開口部閉止)



参考3) 3号機の進捗状況 (建屋開口部閉止)



参考3) 4号機の進捗状況 (建屋開口部閉止)

