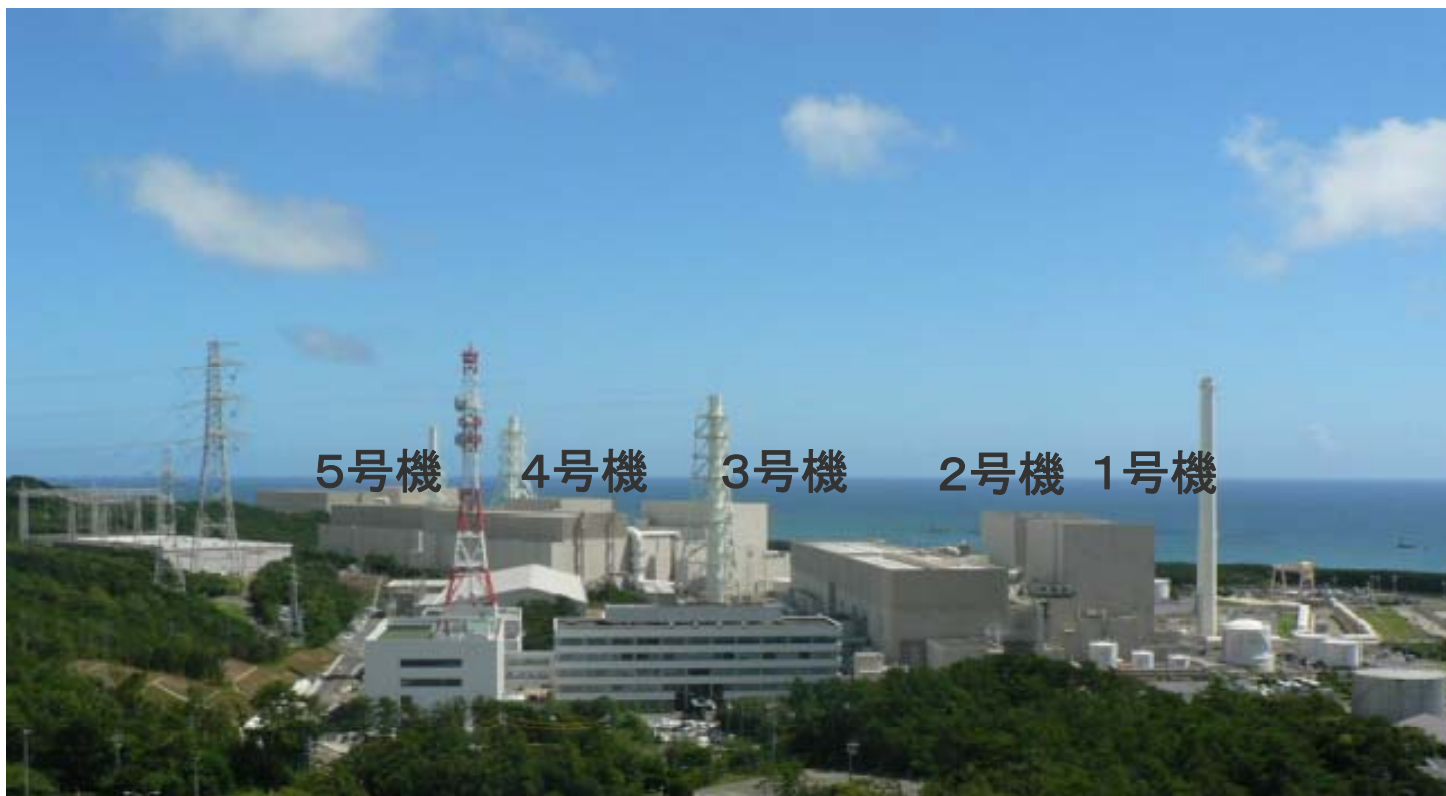


浜岡原子力発電所の津波対策について



平成25年3月15日
中部電力株式会社

本日のご説明内容

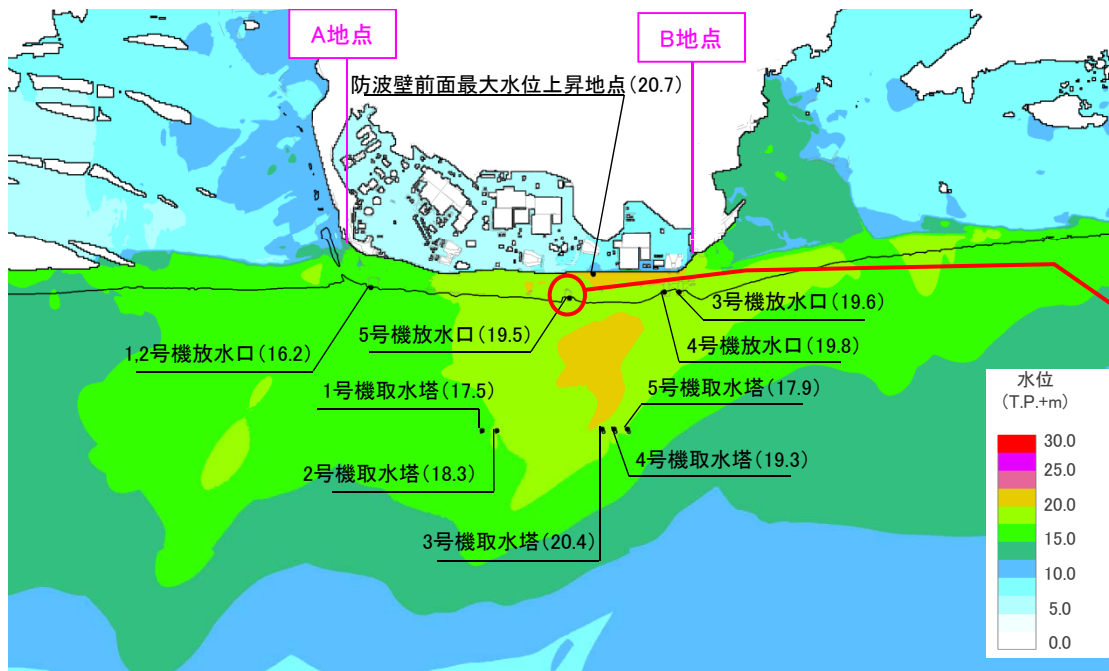
- ◆ 内閣府津波の評価結果を踏まえた津波対策の強化について
- ◆ 防波壁に作用する波力設計と水理模型実験について
- ◆ 防波壁を越流した津波の敷地内浸水挙動に関する水理模型実験について

内閣府津波の評価結果を踏まえた
津波対策の強化について

内閣府の津波断層モデルを用いたシミュレーション

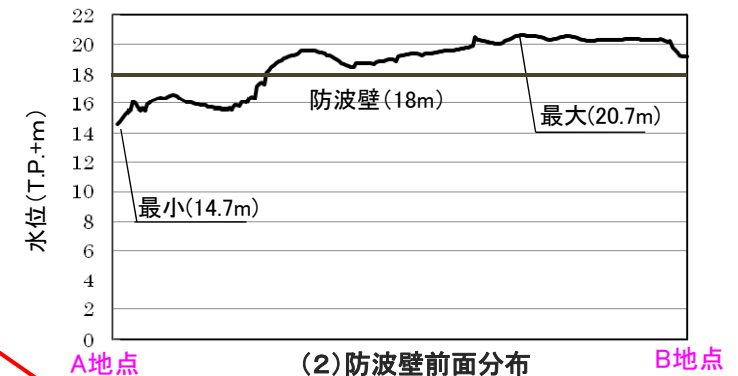
- ◆当社は、2012年8月に公表された内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」の第二次報告について、津波高等の推計に関するデータ提供を受け、内閣府の津波断層モデルを用いた津波のシミュレーションを行いました。
- ◆このシミュレーションによって得られた津波の水位は、防波壁前面でT.P.(東京湾平均海面) +14.7~20.7mとなりました。

当社シミュレーションにより得られた津波による敷地および敷地周辺の最大水位分布*

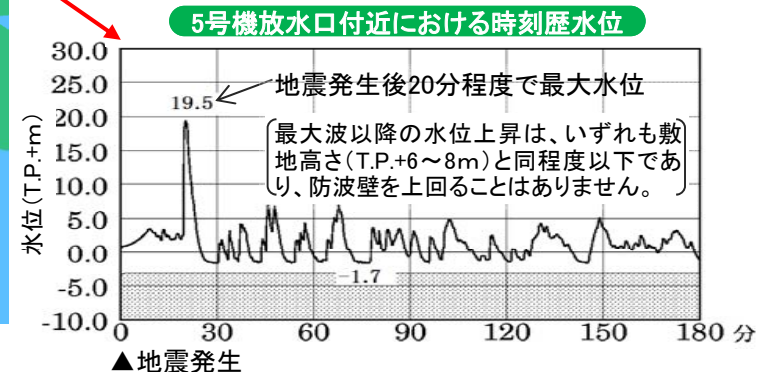


(1) 平面分布

* 各位置における最大値を表示したもので同一時刻の分布を表すものではありません。



(2) 防波壁前面分布

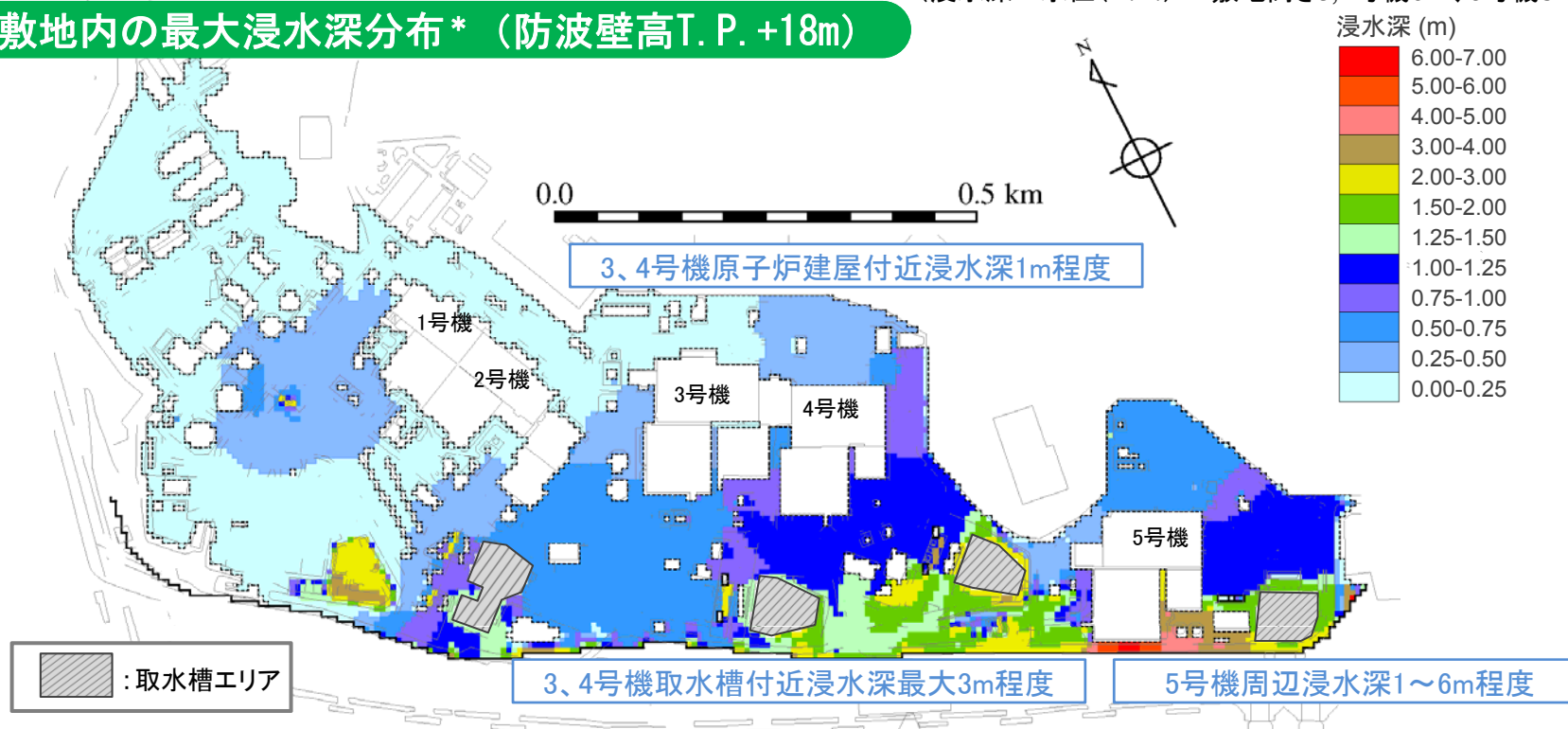


敷地内の浸水深分布

- ◆津波はT.P.+18mの防波壁を敷地東側で越流しますが、防波壁の働きにより敷地内の浸水量は抑制されます。(防波壁を越流している時間は1分程度)
- ◆防波壁からの越流と取水槽等からの溢水により、3,4号機周辺の浸水深さは、原子炉建屋付近で1m程度(T.P.+7mに相当)、取水槽付近で最大3m程度(T.P.+9mに相当)、5号機周辺の浸水深さは、1~6m程度(T.P.+9~14mに相当)となり、浸水から30分後には取水槽からの排水等により、20cm程度以下となります。

敷地内の最大浸水深分布* (防波壁高T.P. +18m)

(浸水深=水位(T.P.) - 敷地高さ3,4号機6m、5号機8m)



* 各位置における最大値を表示したもので同一時刻の分布を表すものではありません。

浜岡原子力発電所への影響評価

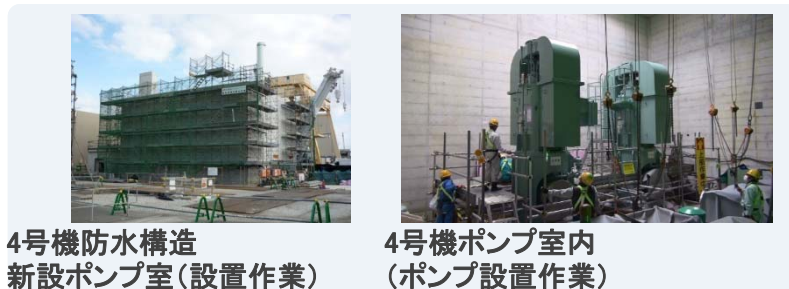
【津波対策】

- ◆ T.P.+18mの防波壁等で敷地内への浸水を防ぐとともに、取水槽等からの溢水に対して、高さ1.5mの防水壁により原子炉機器の冷却に必要な海水取水ポンプを守ります(浸水防止対策1)。
- ◆ 建屋外壁扉等の耐圧性・防水性を強化し、建屋内の浸水を防止します。また、防波壁を越流して海水取水ポンプが浸水した場合に備えて緊急時海水取水設備(EWS)を設置します(浸水防止対策2)。

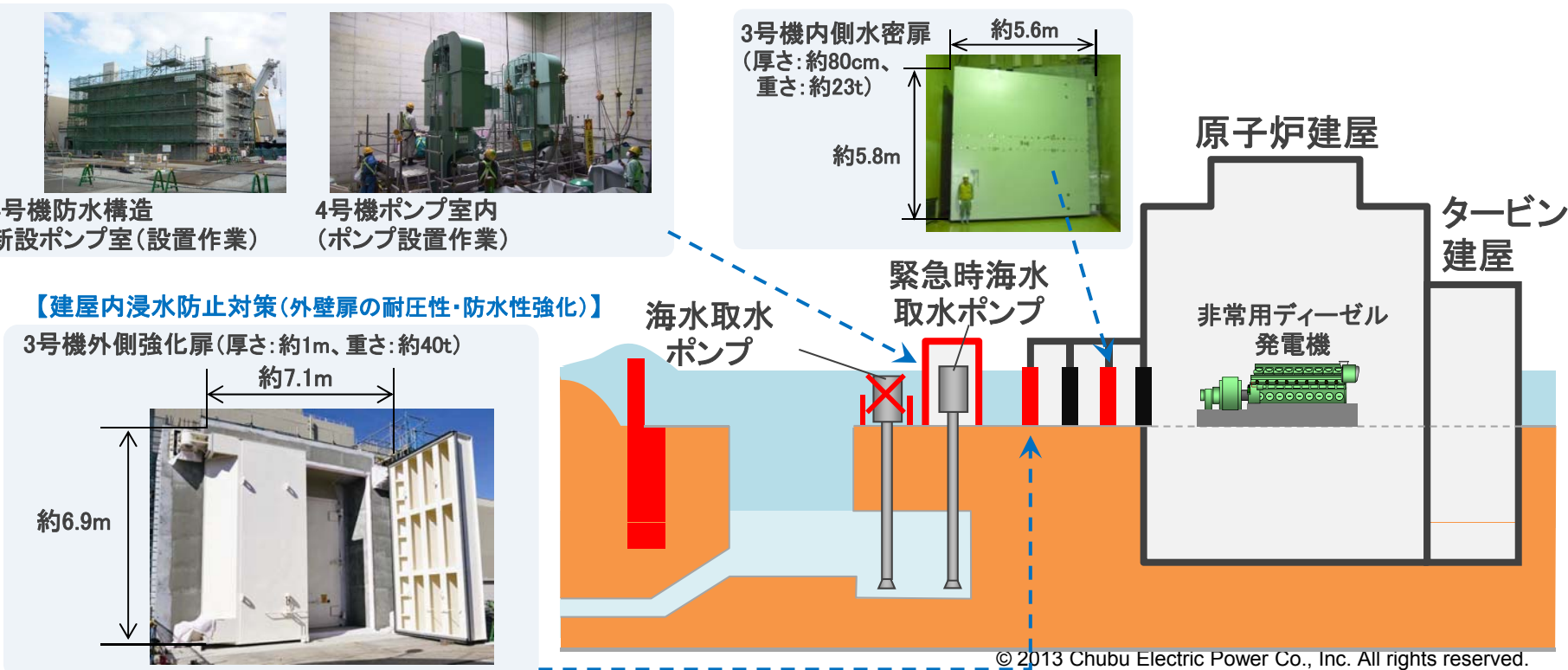
【評価結果】

「内閣府モデルによる津波」で発電所敷地内が浸水したとしても、建屋内浸水防止対策やEWSにより、3～5号機が運転している状態においても、原子炉を速やかに冷温停止できることを確認しました。

【緊急時海水取水設備(EWS)】



【建屋内浸水防止対策(水密性強化)】



津波対策の強化

- ◆「内閣府モデルによる津波」に対しても、津波対策の考え方をさらに徹底し、「浸水防止対策1」および「浸水防止対策2」を強化することで、津波に対する安全性をより一層高めます。
- ◆「浸水防止対策1」については、敷地内への浸水防止効果を可能な限り高めるとともに、原子炉機器の冷却に必要な海水取水ポンプの浸水防止機能の確実な強化を図ります。
- ◆「浸水防止対策2」については、津波が敷地内に浸入した場合、3, 4号機に比べ最大浸水水位が高くなる5号機について、建屋内への浸水防止対策をより確実なものにします。
- ◆これら浸水防止対策の強化についても、現状の津波対策工事の完了目標としている2013年12月を目途に進めていきます。

津波対策工事（浸水防止対策）

浸水防止対策1 : 発電所敷地内浸水防止
防波壁(T.P.+18m)の設置等による発電所敷地内への浸水防止

浸水防止対策2 : 建屋内浸水防止
敷地内浸水時の海水冷却機能維持および建屋内への浸水防止

強化対策



防波壁および東西盛土の嵩上げ
防水壁高さの変更

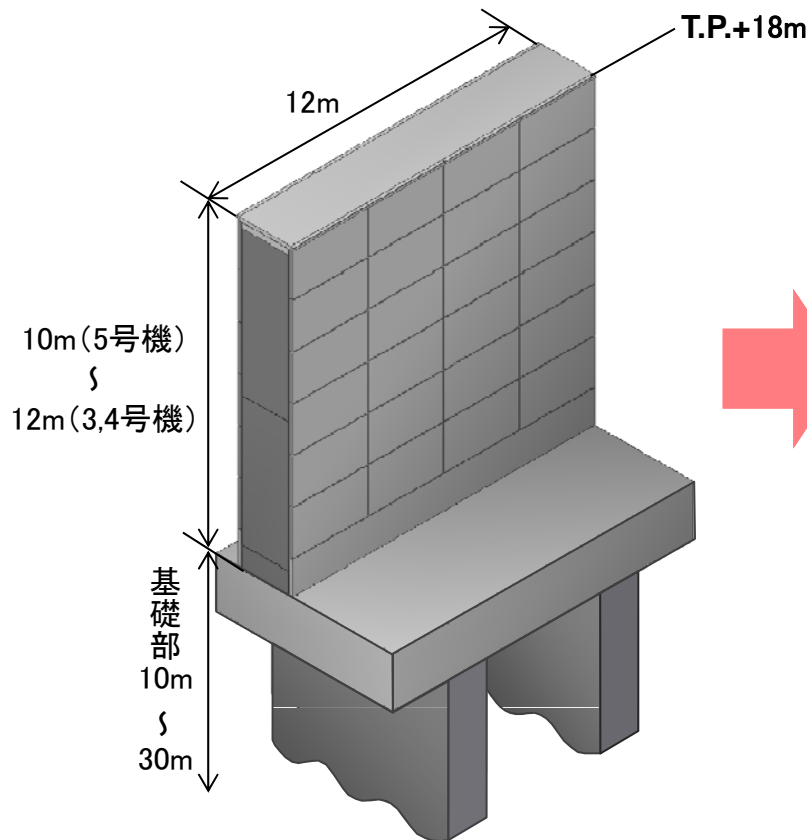


建屋開口部自動閉止装置の設置
(5号機)

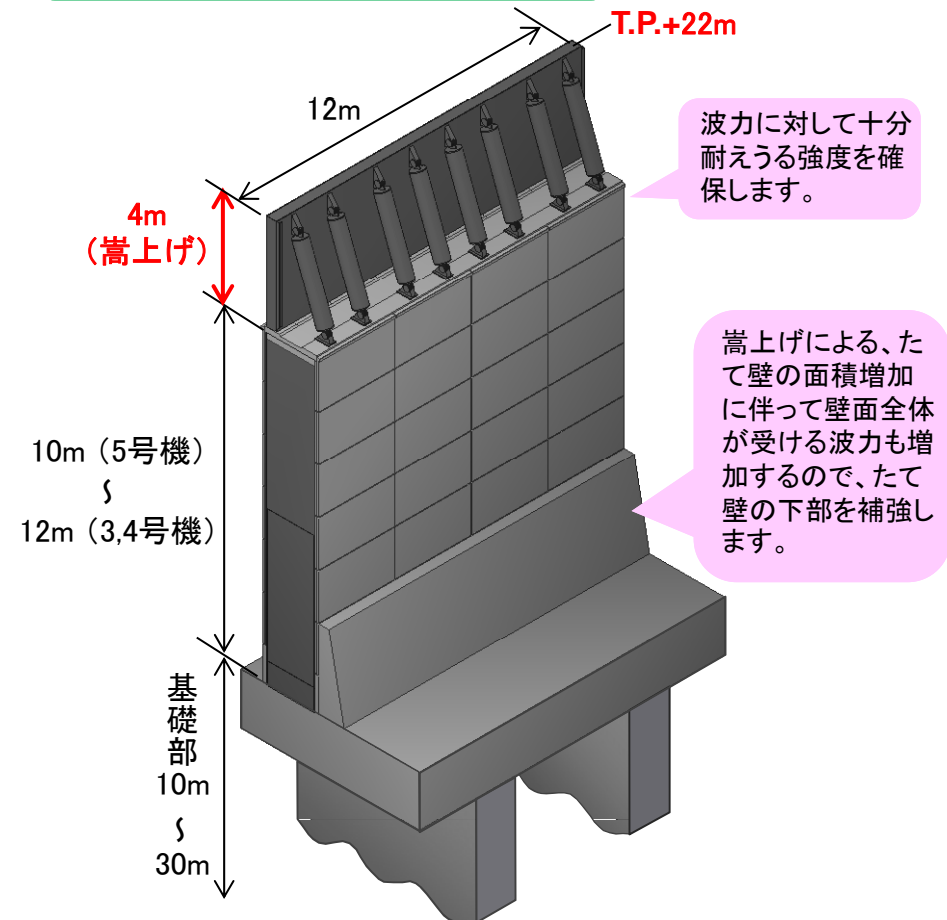
防波壁および東西盛土の嵩上げ

◆ 当社の津波対策の考え方に基づき、敷地内への浸水防止効果を可能な限り高める観点から、防波壁を現在のT.P.+18mからT.P.+22mに嵩上げするとともに、東西盛土をT.P.+18～20mからT.P.+22～24mに嵩上げします。

変更前 (T.P.+18m)



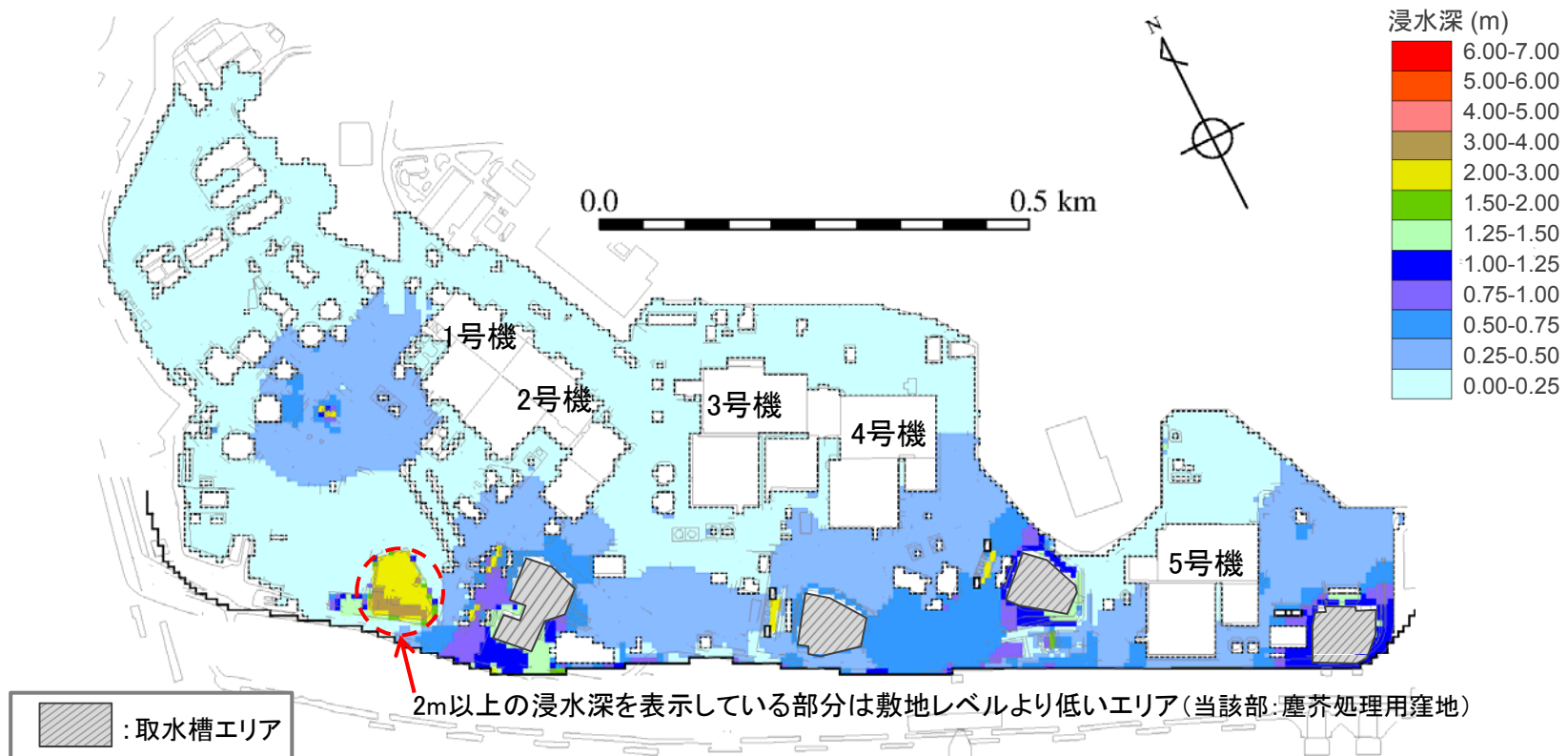
変更後イメージ (T.P.+22m)



防波壁嵩上げ後の浸水深さ

◆「内閣府モデルによる津波」に対しては、防波壁からの越流がなくなり、敷地内の浸水は取水槽等からの溢水によるもののみとなり、3～5号機周辺の浸水の深さは概ね1m以下で、最大でも2m以下にとどまります。

敷地内の最大浸水深分布* (防波壁高T.P. +22m)

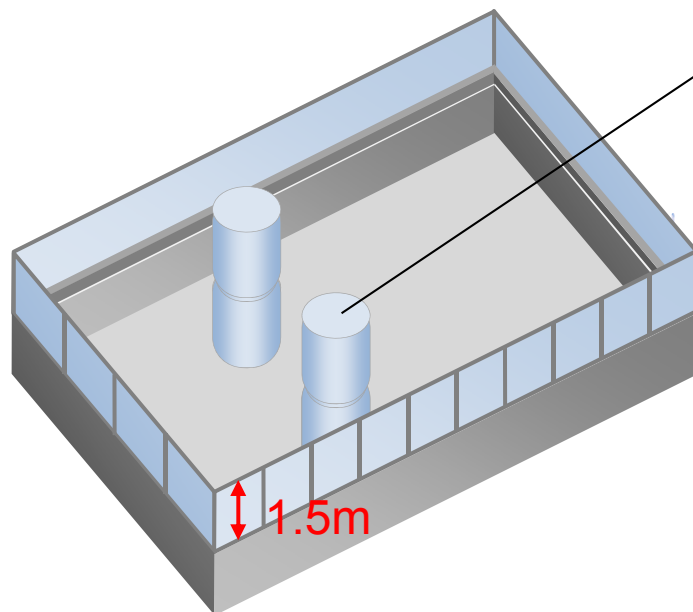


* 各位置における最大値を表示したもので同一時刻の分布を表すものではありません。

防水壁高さの変更

- ◆海水取水ポンプ周辺の浸水の深さは最大1.3m程度となります。
- ◆原子炉機器の冷却に必要な海水取水ポンプが浸水することを防止する機能の確実な強化を図るために、海水取水ポンプエリアの防水壁を現在の1.5mから3mに高くします。
- ◆防水壁を高くすることから、構造強化もあわせて実施します。

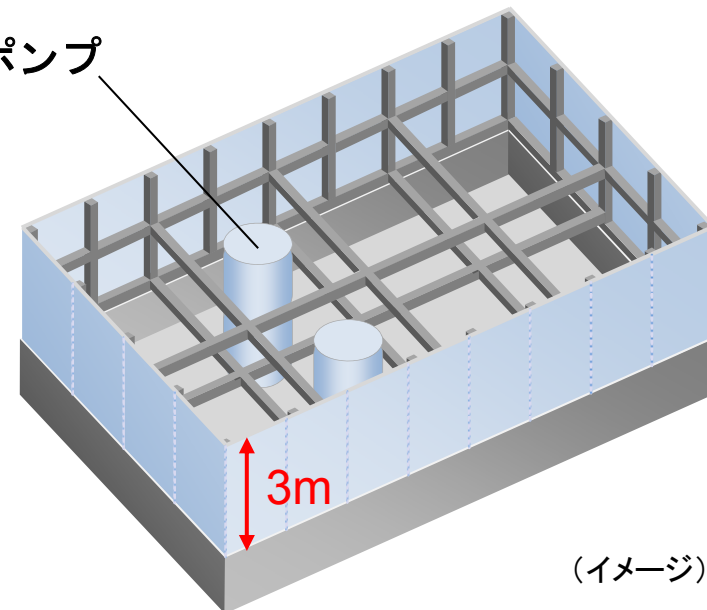
変更前（防水壁高1.5m）



海水取水ポンプ



変更後（防水壁高3m）



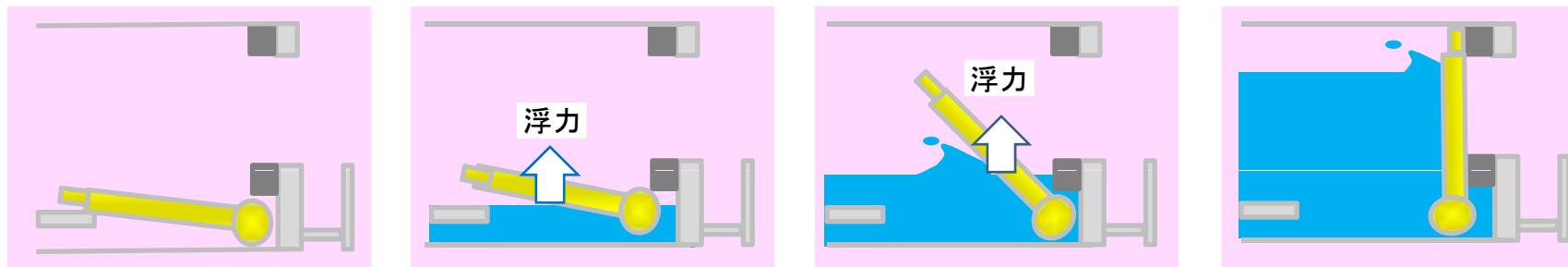
（イメージ）

- ◆ 防波壁を越流する津波と取水槽等からの溢水により敷地内の浸水が増える場合に備えて、建屋内への浸水防止対策をより確実なものにします。
- ◆ 今回実施したシミュレーションでは、津波が防波壁を越えて敷地内に浸入した場合、5号機の建屋周辺の最大浸水水位は3,4号機に比べて5m程度高い結果となったことから、5号機の高所にある建屋開口部に、実用化の検討を進めてきた自動閉止装置を新たに設置します。

建屋開口部自動閉止装置のイメージ

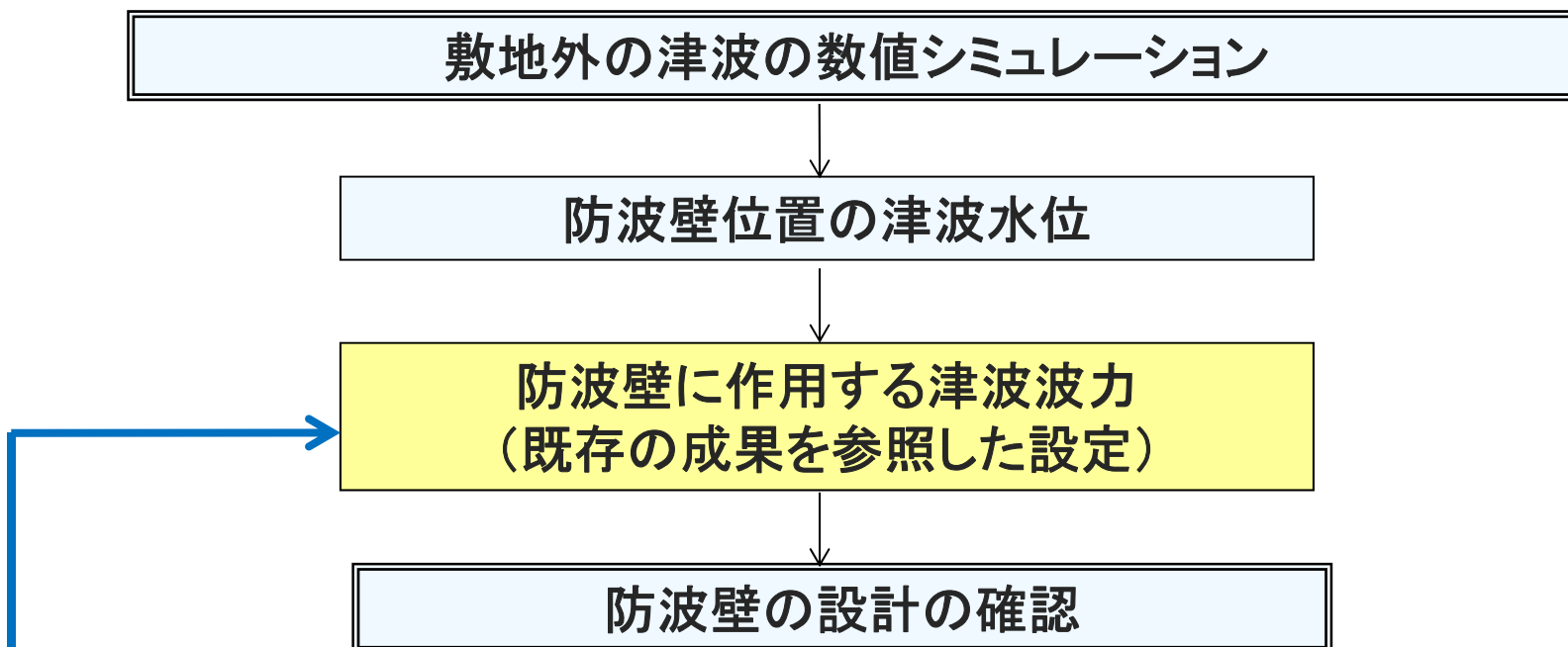


建屋開口部自動閉止装置の動作イメージ



防波壁に作用する波力設計と 水理模型実験について

防波壁に作用する津波波力の設定と 防波壁に作用する津波波力に関する水理実験の位置付け

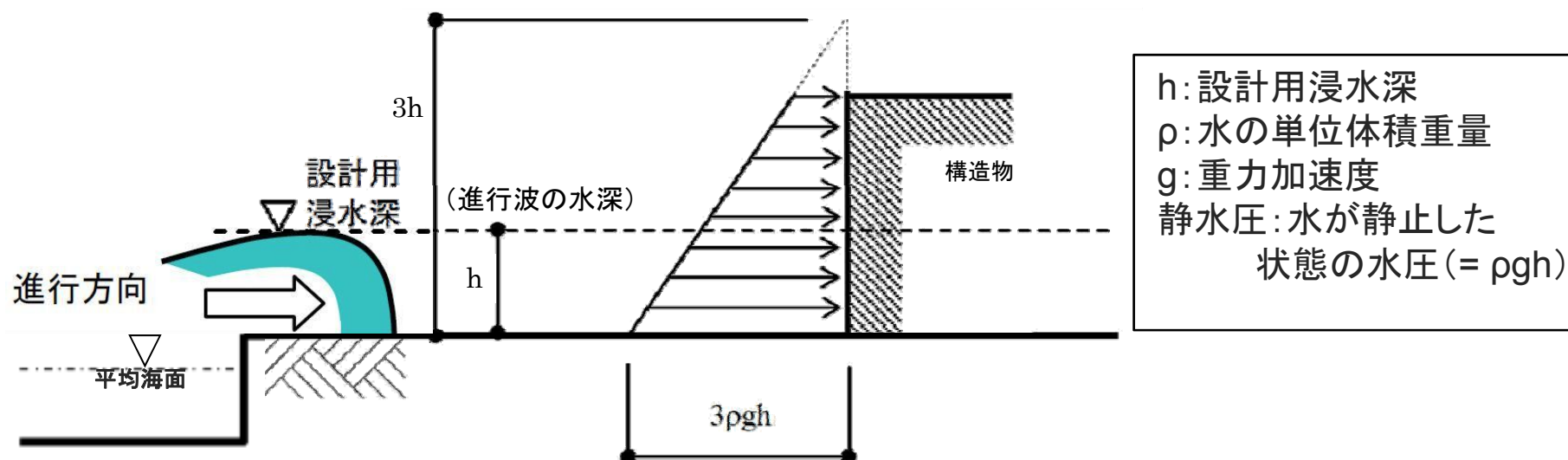


【防波壁に作用する津波波力に関する水理実験】
◆次項の「朝倉らの研究成果」(※)を参照し設定した波力が、
余裕を持った設定であることを実験により確認済

※朝倉ほか(2000), 「護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究」

設計用の津波波力の設定の考え方

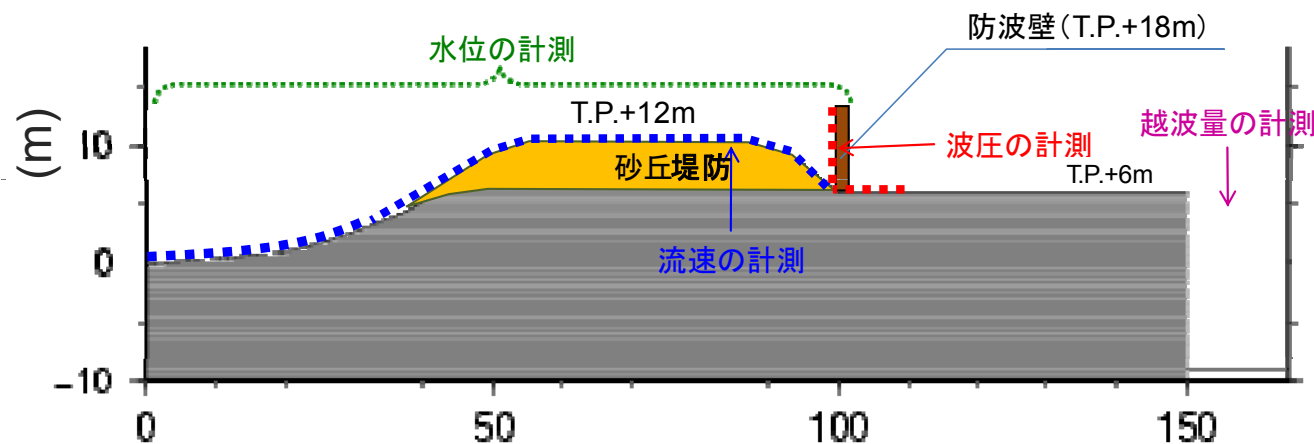
防波壁は、その前面でせき上がり天端まで達するような津波に、十分余裕を持って耐えるよう設計することとし、その波力は、内閣府の「津波避難ビル等に係るガイドライン」およびここで参考とされている「朝倉らの研究成果」を参照し設定しました。



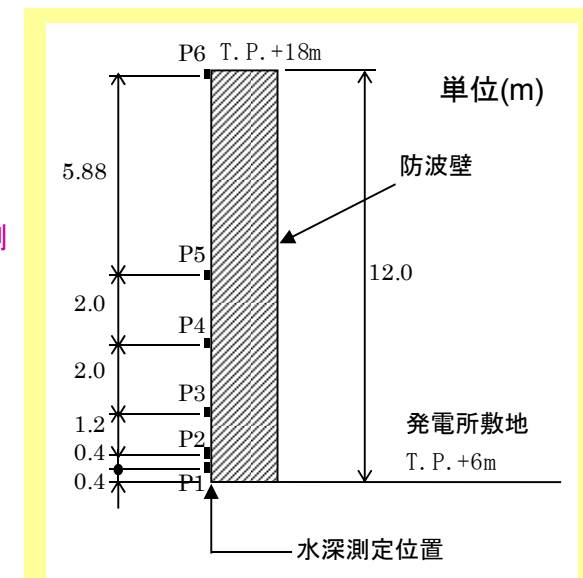
「朝倉らの研究成果」では、構造物にはたらく波力について、構造物がない状態での津波の進行波の水深に対して、その3倍の静水圧分布で評価できるものとしている。
 防波壁にはたらく波力については、地上から天端高さ(T.P.+18m→T.P.+22m)までの高さの半分に相当する水深の進行波が防波壁で天端までせき上がり、この進行波の水深の3倍に相当する水深の静水圧分布がはたらくものとして設定した。

防波壁に作用する津波波力に関する水理実験概要

防波壁を越えない津波、防波壁天端程度に達する津波に加えて天端の上を最大5m程度の水深で越流する津波など、津波高さを変えて実験を実施しました。砂丘堤防の有無による違いも実験により確認しました。



実験装置の縮尺は1/40



壁部に作用する波圧を計測し、その波圧分布や波力の時刻歴変化を把握する。

防波壁に作用する津波波力に関する水理実験状況



上流から撮影



下流上部から撮影



防波壁

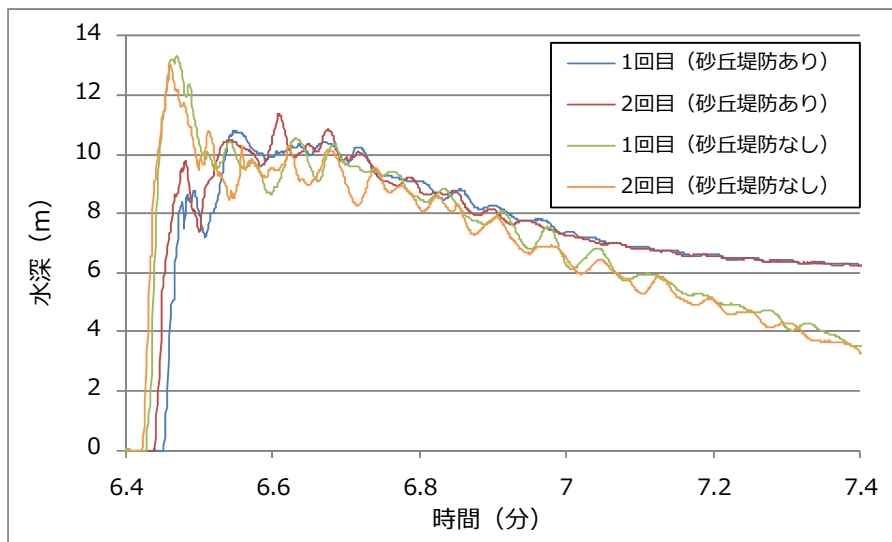
砂丘堤防

(一財)電力中央研究所 大型造波水路

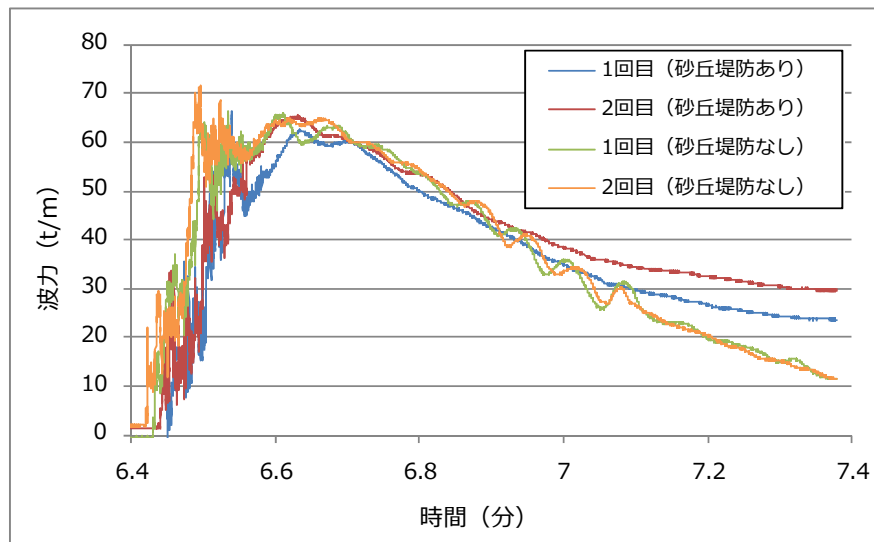
防波壁に作用する津波波力に関する 水理実験の結果概要(1)

■ 防波壁の天端(T.P.+18m)程度に達する津波における防波壁前面での水深と波力の時刻歴変動 (砂丘堤防ありとなしの場合の比較)

水深



波力



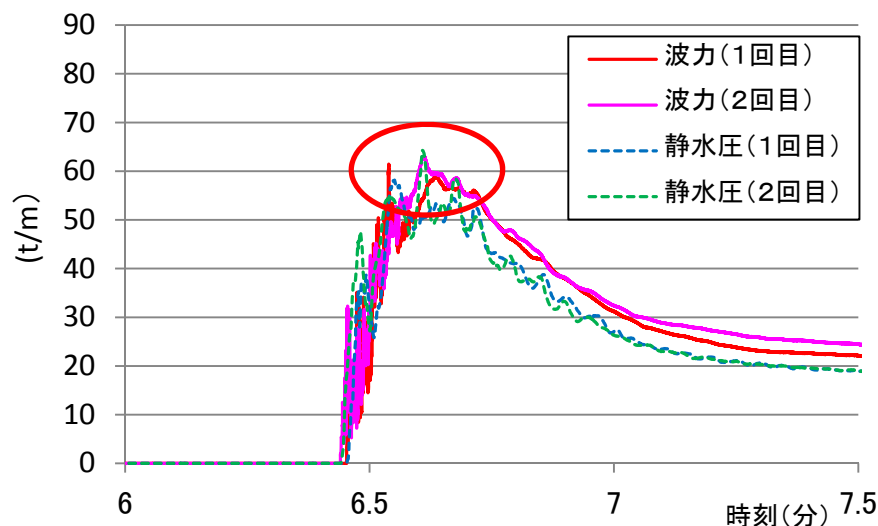
※砂丘堤防あり、なし各々2回の実験結果を重ねて図示
※波力は、P1～P6で計測された波圧を線形補間し算定

- ・砂丘堤防がない場合には、瞬間的な水位上昇があり多少の越流があるが、砂丘堤防がある場合には、水位上昇は比較的緩く越流はない。
- ・津波が到達する直後の大きな波力は、砂丘堤防がない場合にやや大きい場合があるが、砂丘堤防の有無に関係なく最大波力は概ね同程度である。

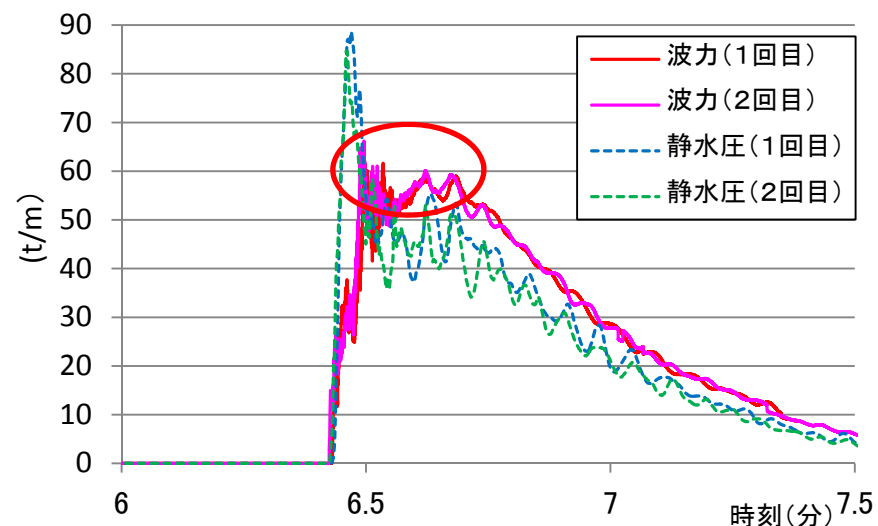
防波壁に作用する津波波力に関する 水理実験の結果概要(2)

■ 防波壁の天端(T.P.+18m)程度に達する津波における防波壁前面での 波力と、水深から算定した静水圧の時刻歴変動

砂丘堤防ありのケース



砂丘堤防なしのケース

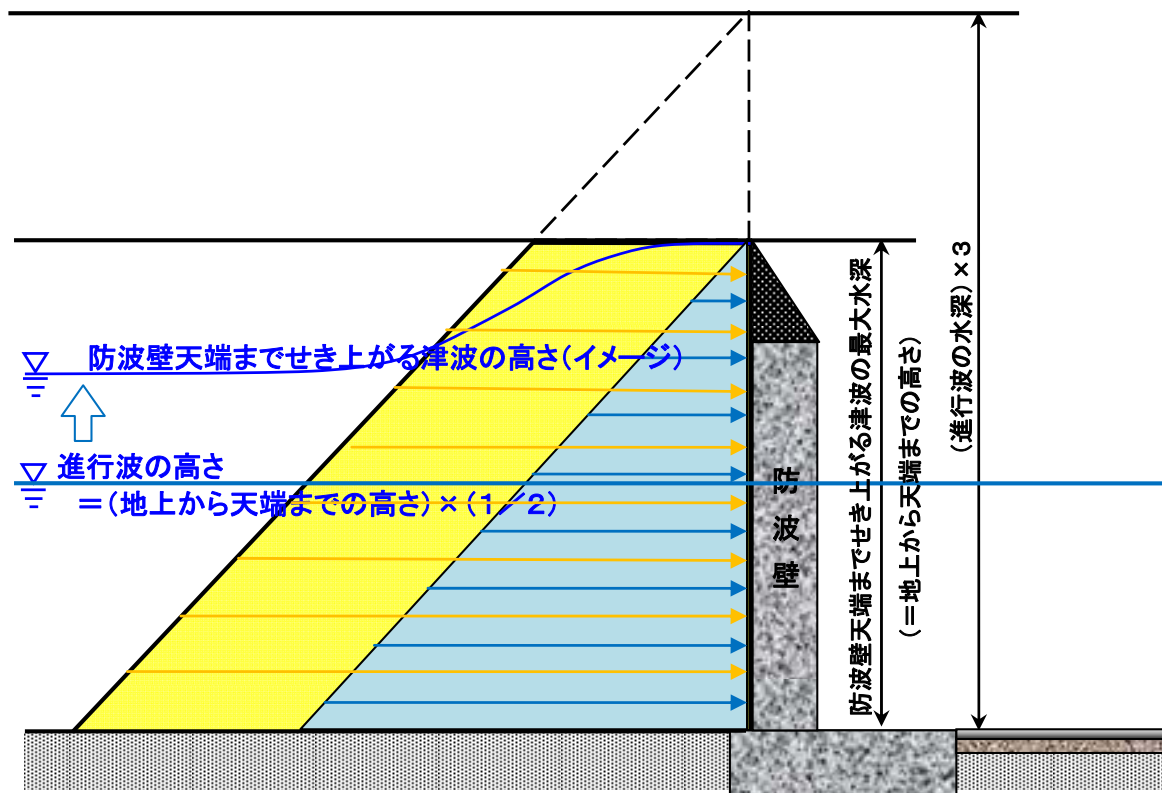




※ 2回の実験結果を重ねて図示
 ※ 波力は、P1～P6で計測された波圧を線形補間し算定
 静水圧は、壁前面における水深から算定

- ・最大波力はその時刻の水深から算定した静水圧に概ね等しい。
- ・砂丘堤防なしケースでは津波衝突時に瞬間的に水位が跳ね上がるが、波力としては作用していない。

設計用の津波波力の設定と水理実験結果との関係

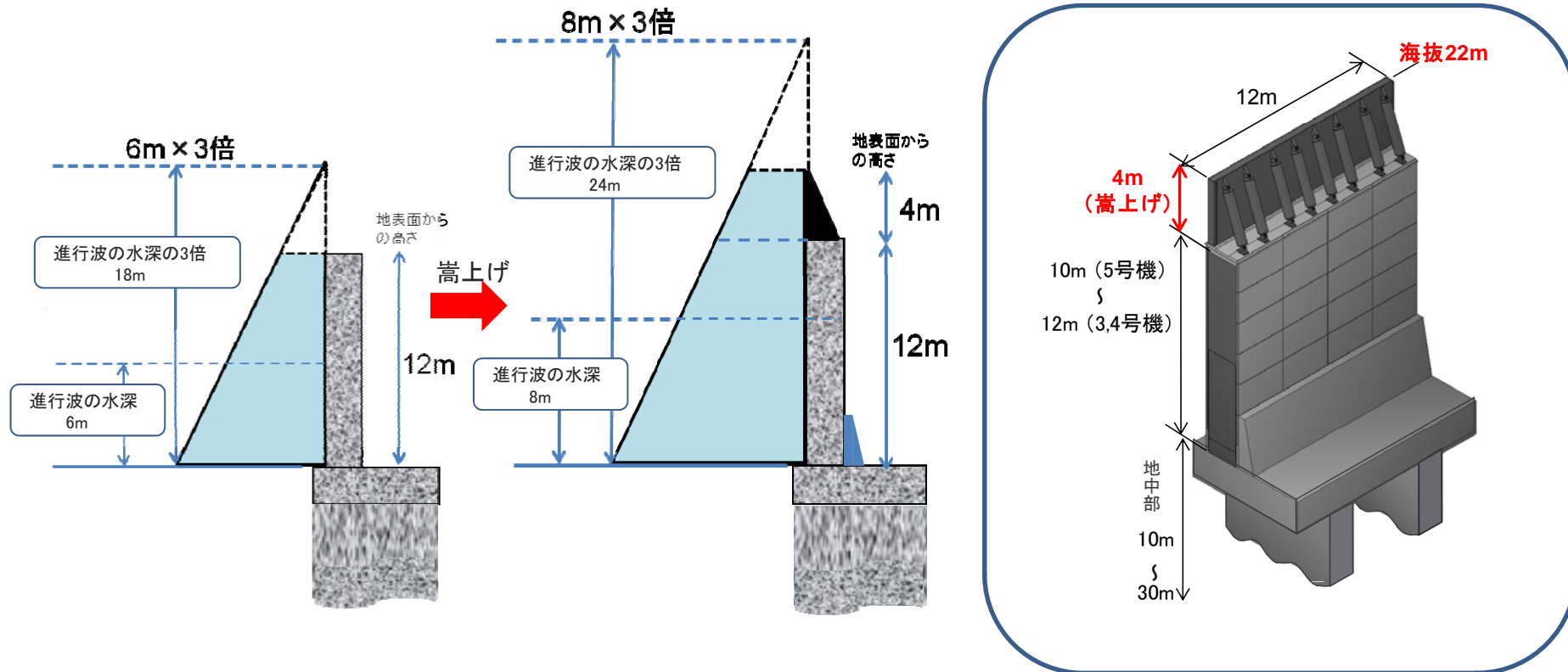
(防波壁天端に達する津波の例:イメージ図)



- 凡例
-  : 設計において考慮する津波波力の波圧分布 (幅1mあたり約280t/mの波力に相当)
 -  : 実験結果から推定される津波波力の波圧分布 (幅1mあたり約140t/mの波力に相当)

「朝倉らの研究成果」を参照した当社の波力設定は、水理実験結果から推定される波圧分布による波力に対して、余裕をもった設定となっています。このことは、防波壁を越流する津波についても同様であることを確認しています。

防波壁嵩上げ時の対応



- ・嵩上げによるたて壁の面積増加に伴って壁面全体が受ける波力も増加するため、たて壁の下部を補強します。
- ・嵩上げ部は、比較的小さな波力となり、それに対して十分耐える構造とします。

防波壁の津波に対する設計の考え方

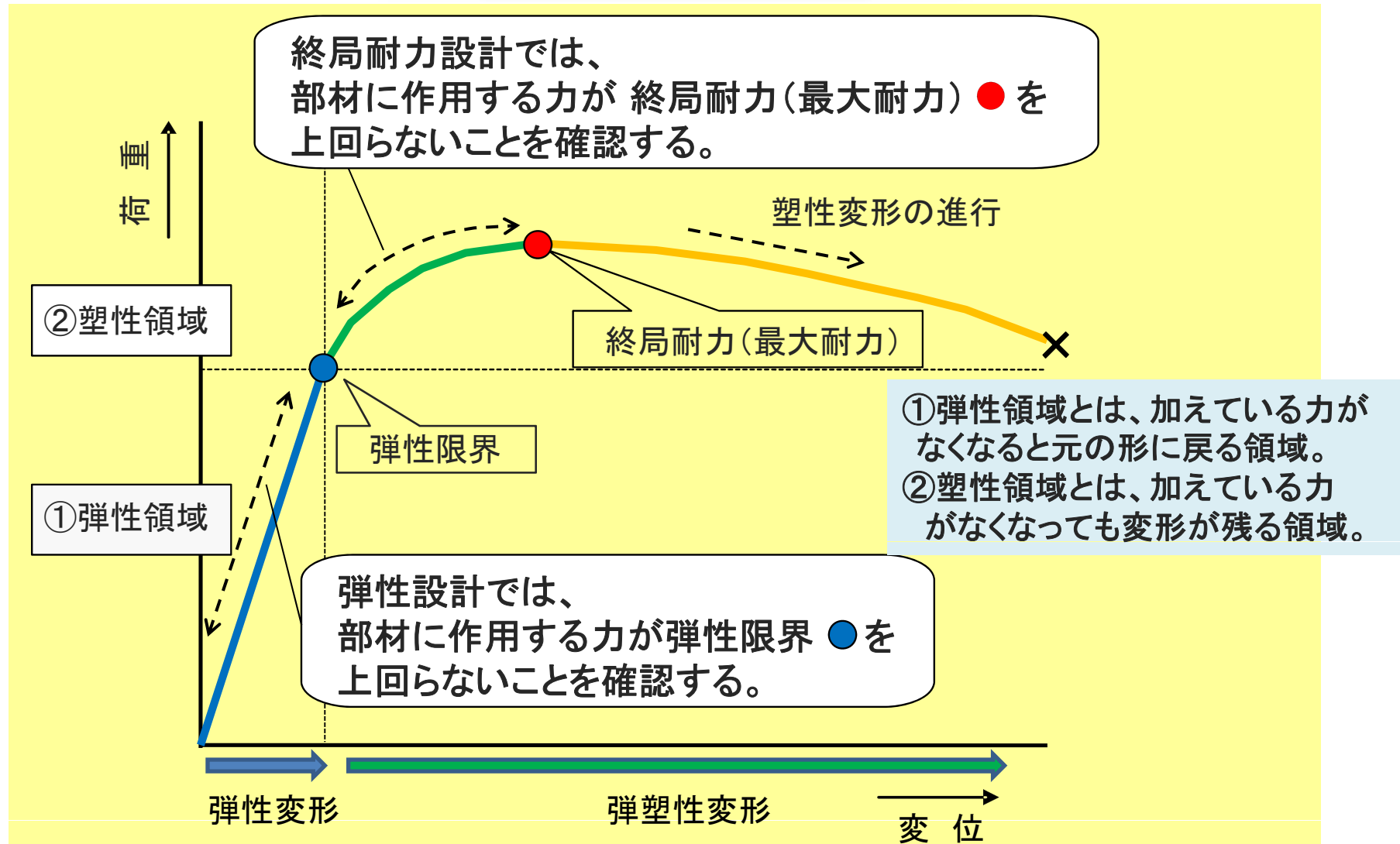
①設計外力〔壁の天端高さ(T. P. +18→22m)に達する津波に相当する波力〕に対して、津波の浸入を防ぐため、防波壁は一時的にわずかに変形しても元の形状に戻ることを確認する。

→具体的な設計として、**作用する力が弾性限界を上回らないことを確認する。(弾性設計)**

②設計外力を超える入力〔天端を越流する津波(T. P. +25mに達する津波)に相当する波力〕に対しても、津波の越流量を抑制するため、過度な変形が生じないことを確認する。

→具体的な設計として、**作用する力が終局耐力を上回らないことを確認する。(終局耐力設計)**

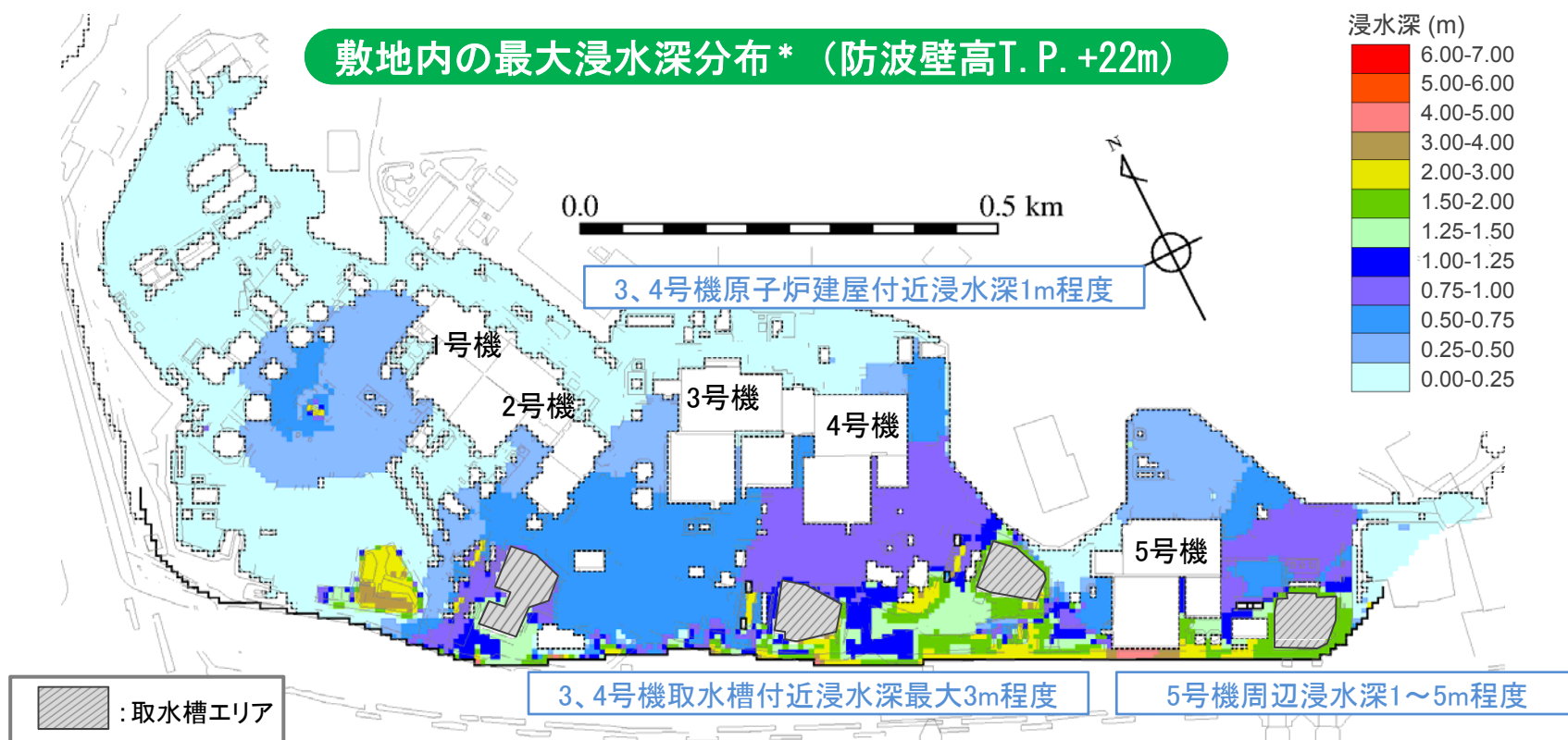
弾性設計と終局耐力設計 (イメージ図)



部材の荷重－変位関係の模式図

防波壁嵩上げ後の浸水深さ(T.P.+25m津波)

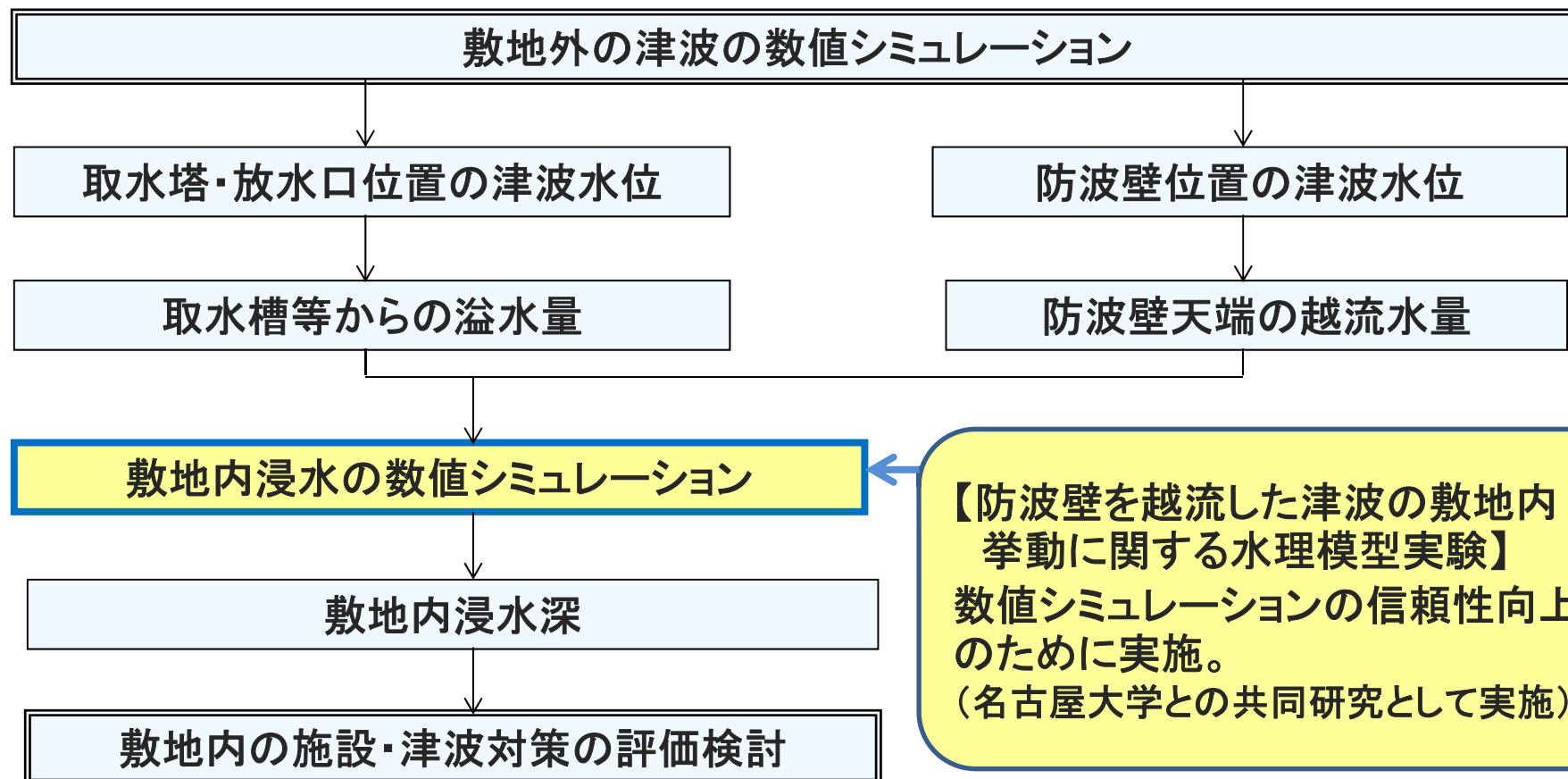
- ◆防波壁高T.P.+22mで「内閣府モデルによる津波」を上回るT.P.+25mに達する津波の場合、防波壁からの越流と取水槽等からの溢水により、3,4号機周辺の浸水深さは原子炉建屋付近で1m程度(T.P.+7mに相当)、取水槽付近で最大3m程度(T.P.+9mに相当)、5号機周辺の浸水深さは、1～5m程度(T.P.+9～13mに相当)となります。
- ◆この結果は、防波壁高さT.P.+18mで「内閣府モデルによる津波」時の敷地内最大浸水深分布と比較して、同程度以下の浸水深さとなります。



* 各位置における最大値を表示したもので同一時刻の分布を表すものではありません。

防波壁を越流した津波の敷地内挙動に関する
水理模型実験について

敷地内浸水の数値シミュレーションの信頼性向上

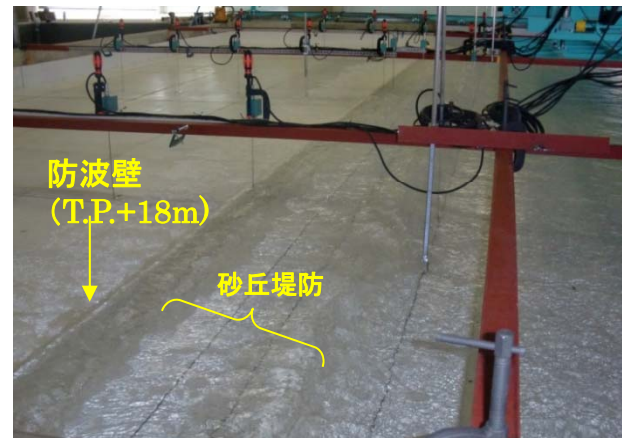


防波壁を越流した津波の敷地内挙動 に関する水理模型実験(状況)

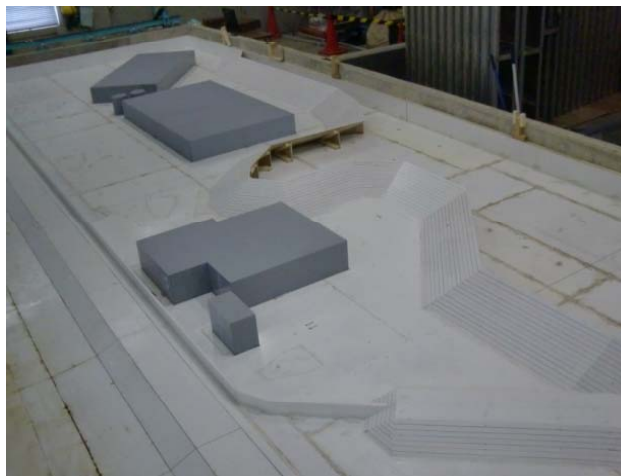
水理模型実験によるデータ収集を完了し、現在、数値シミュレーションによる解析的検討を実施しています。今後、その結果をもとに数値シミュレーションの信頼性向上を図っていきます。



実験模型全景(沖合より撮影)



防波壁越流状況(防波壁・砂丘堤防のみ設置)



模型状況(陸域・東側より撮影)

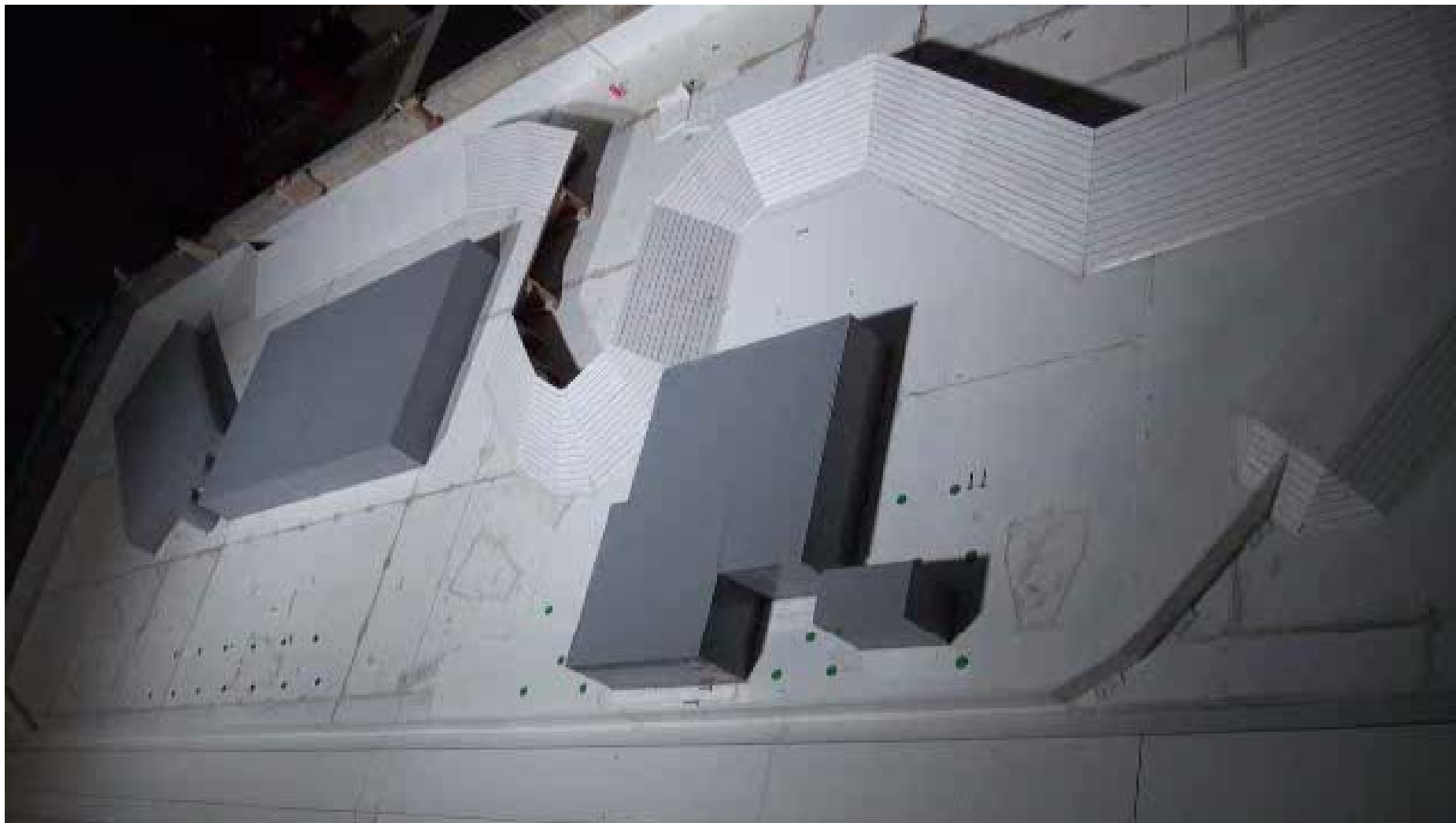


模型状況(陸域・西側より撮影)

名古屋大学 平面水槽

実験装置の縮尺は1/150

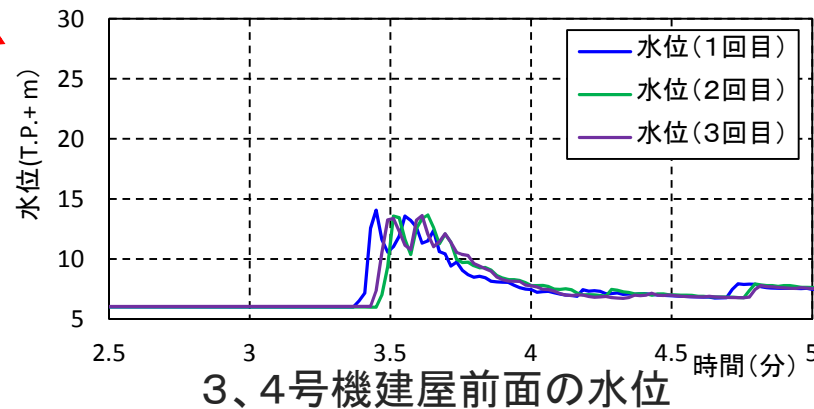
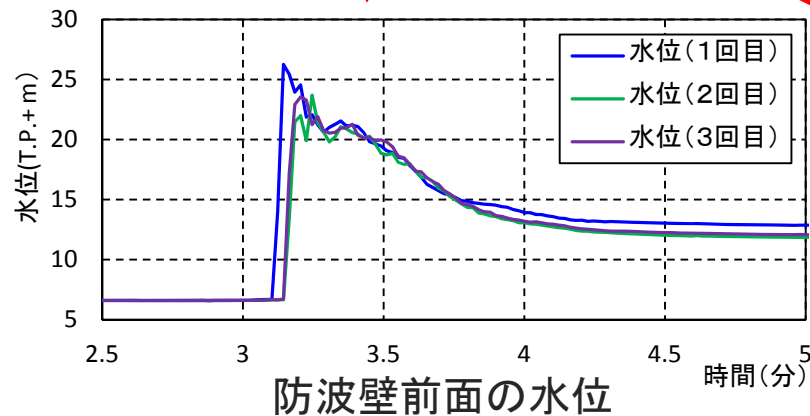
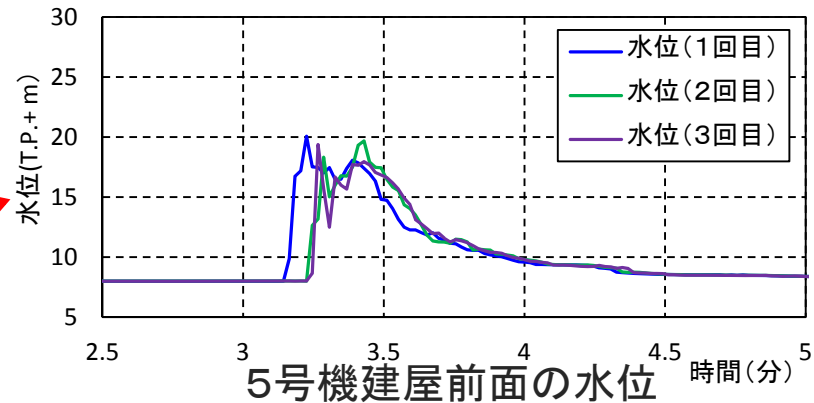
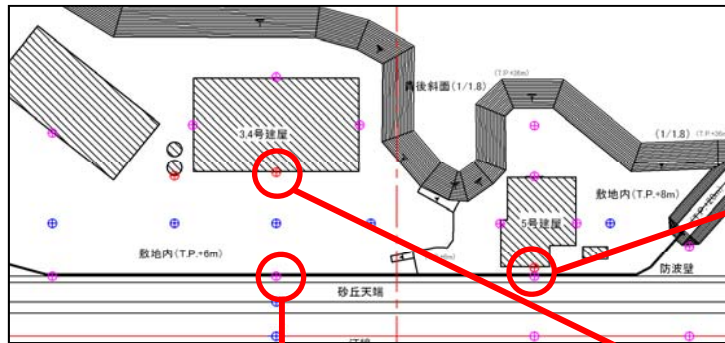
防波壁を越流した津波の敷地内挙動 に関する水理模型実験(動画)



津波の敷地内挙動に関する水理実験の結果概要(1)

中部電力

■ 防波壁 (T.P.+18m) を越流水深5~6mで越流する津波における 防波壁と建屋前面の水位の時刻歴変動

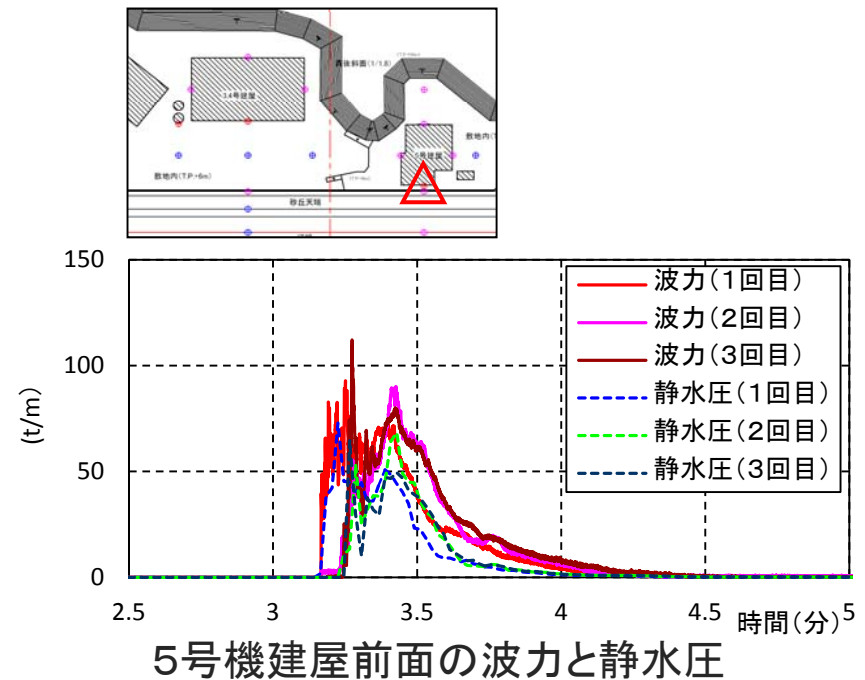
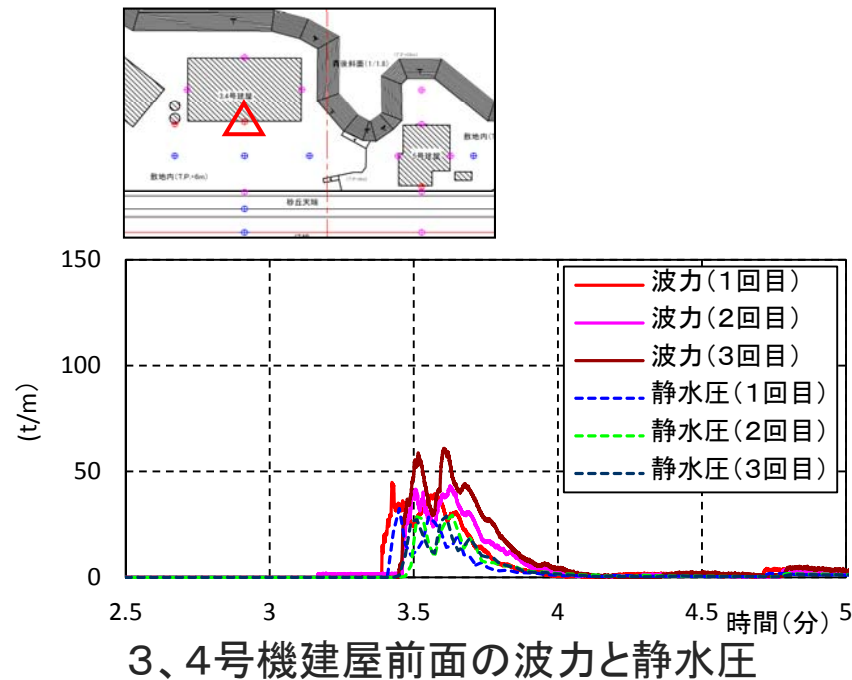


※ 3回の実験結果を重ねて図示

- ・防波壁の越流抑制効果により、敷地内の水位は防波壁前面より低くなる。
- ・5号機建屋前面の水位は、3、4号機建屋前面よりも高くなっている。これは5号機建屋が防波壁に近い位置にあることや、防波壁と建屋の間のスペースが狭く水が抜けにくいことによる影響があると考えられる。

津波の敷地内挙動に関する水理実験の結果概要(2)

■ 防波壁 (T.P.+18m) を越流水深5~6mで越流する津波における 建屋前面に作用する波力と静水圧の時刻歴変動



※ 3回の実験結果を重ねて図示

※ 波力は、建屋前面で計測された波圧を線形補間し算定
静水圧は、建屋前面における水深から算定

- ・ 建屋に作用する波力はほとんどの時刻で静水圧を上回っている。これは津波の建屋衝突後も生じている後方からの流れの影響が考えられる。
- ・ 5号機建屋前面の波力は、水位と同様、3、4号機建屋前面よりも大きくなっている。

今後の対応

地震動について検討

- ◆内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」は、2012年8月に第二次報告を行いました
が、強震断層モデル等について点検・評価し、必要に応じ、修正するとしています。
- ◆当社は、引き続き、同検討会の検討状況を踏まえて、浜岡原子力発電所における地震動の
評価および同発電所への影響に関する評価を進めてまいります。

新安全基準への対応

- ◆原子力規制委員会において、平成25年7月の公布・施行に向けて原子力発電所の新たな
安全基準の策定が進められています。この安全基準についても適切に対応してまいります。