

浜岡原子力発電所の状況について



平成25年1月30日

中部電力株式会社

本日のご説明内容

- ◆ 浜岡原子力発電所における津波対策の強化について
- ◆ 浜岡原子力発電所におけるシビアアクシデント対策について

浜岡原子力発電所における津波対策の強化について

浜岡原子力発電所における津波対策の強化

- ◆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。また、このシミュレーションにより、**津波が浜岡原子力発電所に与える影響を評価**しました。
- ◆その結果、**現在進めている津波対策により、原子炉を速やかに冷温停止できることを確認**しました。
- ◆加えて、当社は、最大クラスの巨大津波である内閣府の津波断層モデルによる津波（以下「内閣府モデルによる津波」という。）に対しても、2011年7月に公表した当社の**津波対策の考え方（「浸水防止対策1」「浸水防止対策2」「緊急時対策の強化」）**をさらに徹底する方針のもと、引き続き対策を積み重ね、安全性をより一層高めます。

浜岡原子力発電所における津波対策の考え方

- ◆巨大津波に対し、防波壁等で敷地内の浸水を防ぎ、防水壁で取水槽等からの溢水から海水取水ポンプを守り(浸水防止対策1)、建屋内への浸水を防ぐ(浸水防止対策2)ことで、すべての安全上重要な設備の機能を維持することを目指します。
- ◆さらに、巨大津波が防波壁等を越えて敷地内に浸入し、海水取水ポンプの機能を失ったとしても、防波壁等による敷地内の浸水量の抑制効果を可能な限り高めたうえで、緊急時海水取水設備により冷却機能を確保し、建屋内浸水防止対策により、建屋内の安全上重要な設備の浸水を防ぐ(浸水防止対策2)ことで、速やかにかつ確実に原子炉を冷温停止に導きます。
- ◆さらに、全交流電源や海水冷却機能を喪失した場合においても、電源供給手段の多重化・多様化、原子炉を冷やすための注水手段の多重化・多様化、除熱手段の多様化等、複数の代替手段を講ずる(緊急時対策の強化)ことで、冷やす機能を確保します。

浸水防止対策1 : 敷地内への浸水を防ぐ

防波壁の設置等による発電所敷地内への浸水防止 防水壁設置による海水取水ポンプの機能維持

浸水防止対策2 : 敷地内が浸水しても建屋内への浸水を防ぐ

敷地内浸水時の建屋内への浸水防止および緊急時海水取水設備による海水冷却機能の確保

緊急時対策の強化 : 「冷やす機能」を確保する

電源・注水・除熱の各機能に対し、多重化・多様化の観点から代替手段を講ずることにより、原子炉を冷やす機能を確保

内閣府の津波断層モデルを用いたシミュレーション

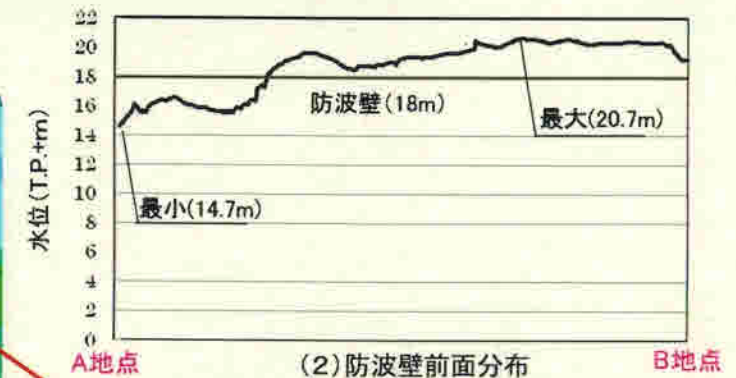
- ◆ 当社は、2012年8月に公表された内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」の第二次報告について、津波高等の推計に関するデータ提供を受け、内閣府の津波断層モデルを用いた津波のシミュレーションを行いました。
- ◆ このシミュレーションによって得られた津波の水位は、防波壁前面でT.P.(東京湾平均海面) +14.7~20.7mとなりました。

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

5号機放水口付近における時刻歴水位

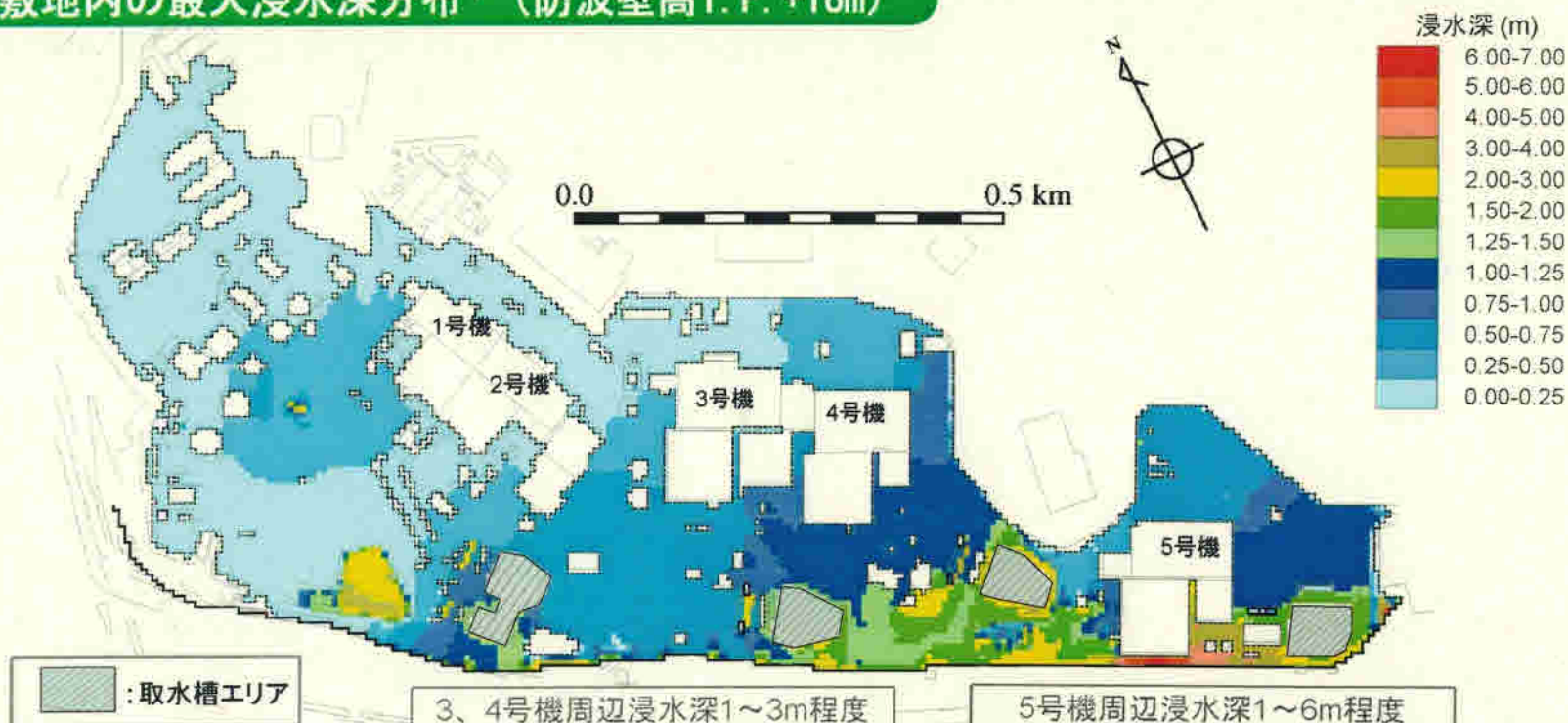


敷地内の浸水深分布

- ◆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号機周辺の浸水は、深さ1~3m程度(T.P.+7~9mに相当)、5号機周辺の浸水は、深さ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。

(浸水深=水位(T.P.) - 敷地高さ3,4号機6m、5号機8m)

敷地内の最大浸水深分布* (防波壁高T.P. +18m)



* 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】

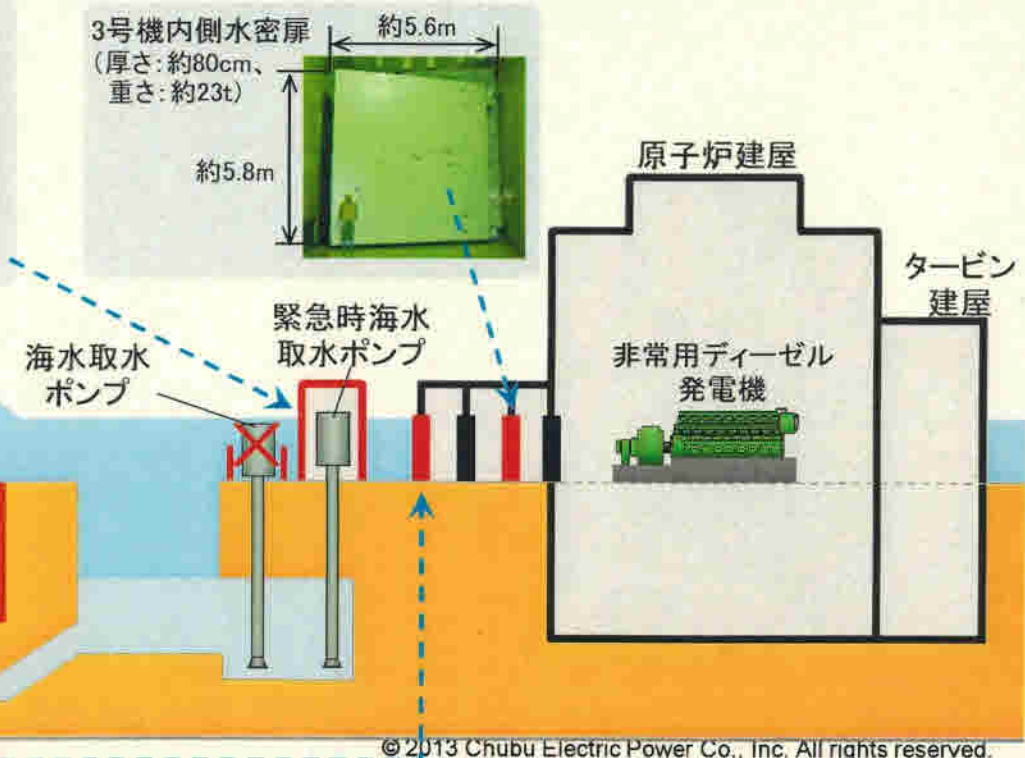
- ◆ T.P.+18mの防波壁等で敷地内への浸水を防ぐとともに、取水槽等からの溢水に対して、高さ1.5mの防水壁により原子炉機器の冷却に必要な海水取水ポンプを守ります(浸水防止対策1)。
- ◆ 建屋外壁扉等の耐圧性・防水性を強化し、建屋内の浸水を防止します。また、防波壁を越流して海水取水ポンプが浸水した場合に備えて緊急時海水取水設備(EWS)を設置します(浸水防止対策2)。

【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。

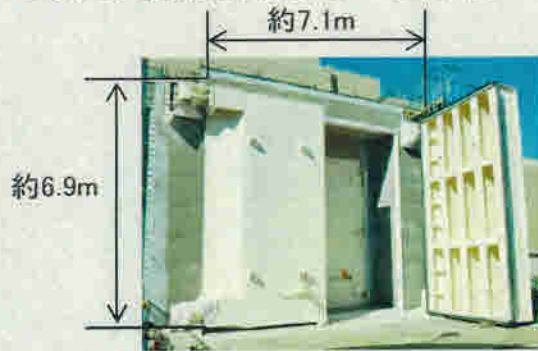
【緊急時海水取水設備(EWS)】

【建屋内浸水防止対策(水密性強化)】



【建屋内浸水防止対策(外壁扉の耐圧性・防水性強化)】

3号機外側強化扉(厚さ:約1m、重さ:約40t)



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

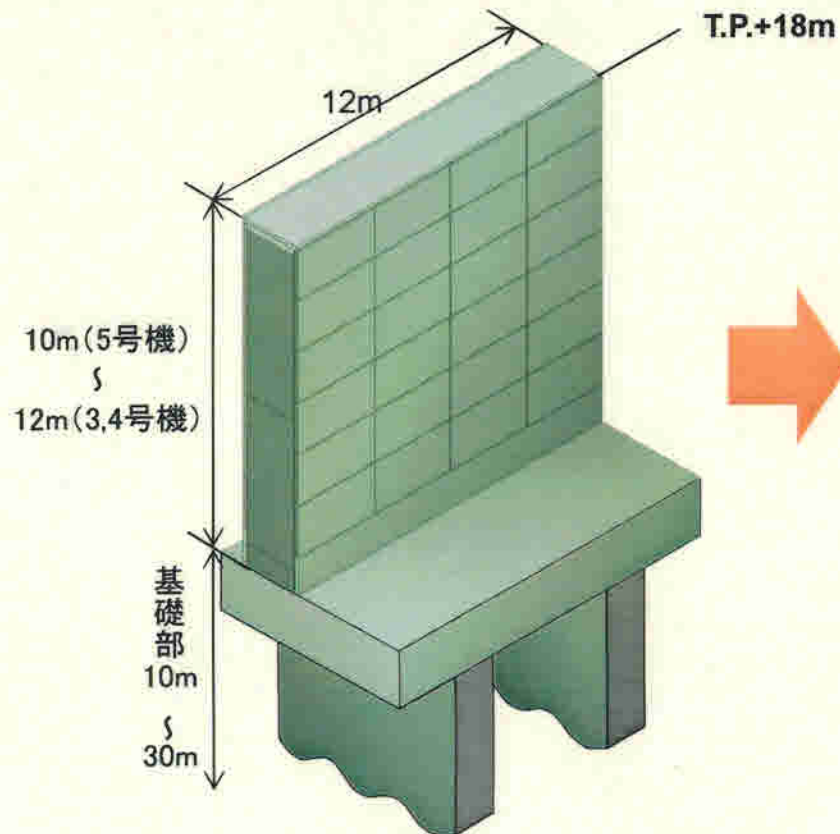


建屋開口部自動閉止装置の設置
(5号機)

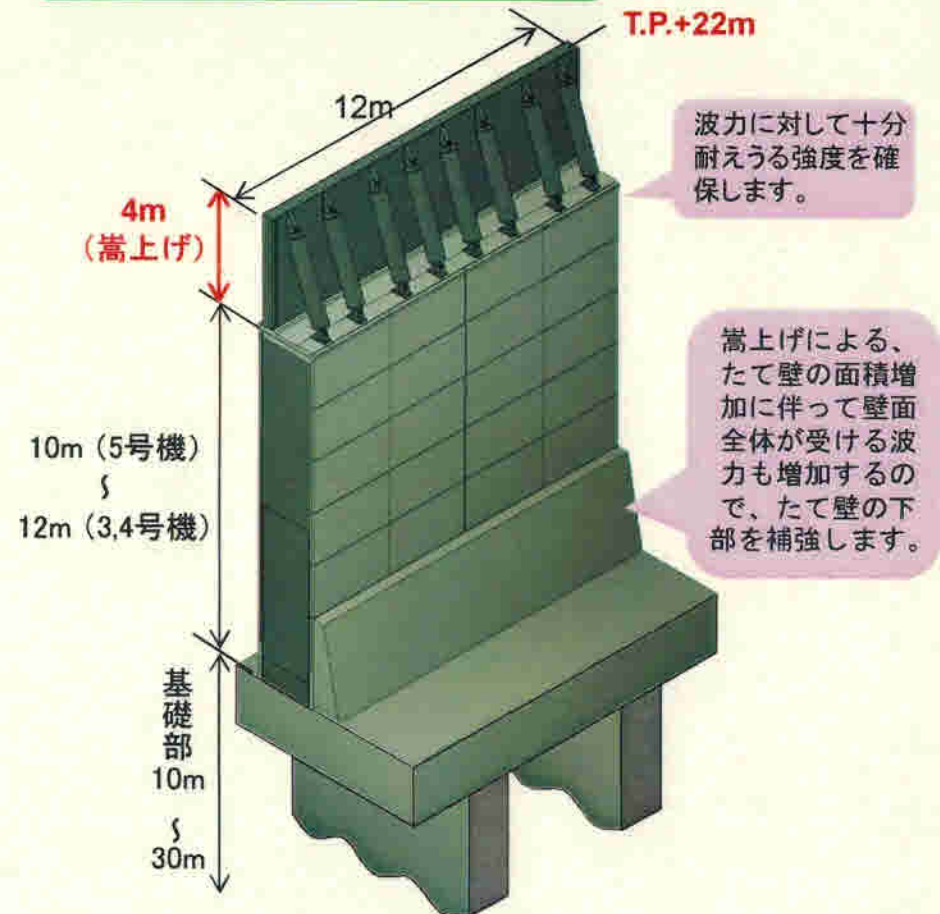
防波壁および東西盛土の嵩上げ

◆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)

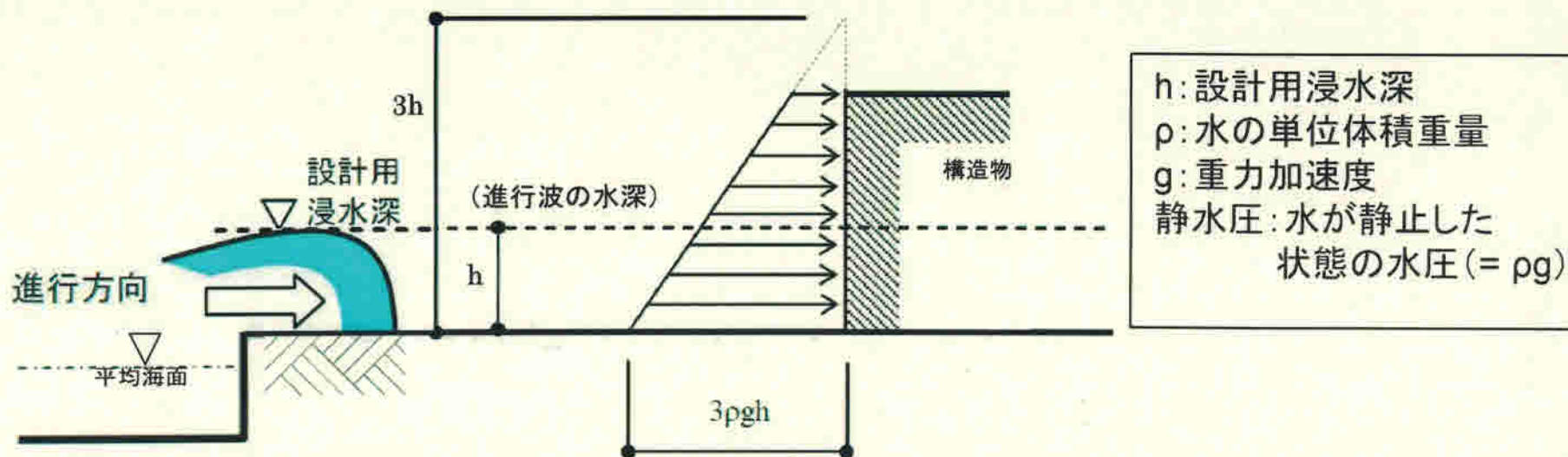


変更後イメージ (T.P.+22m)



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、既往の研究成果*を参照し設定しました。

* 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:海岸工学論文集第47巻

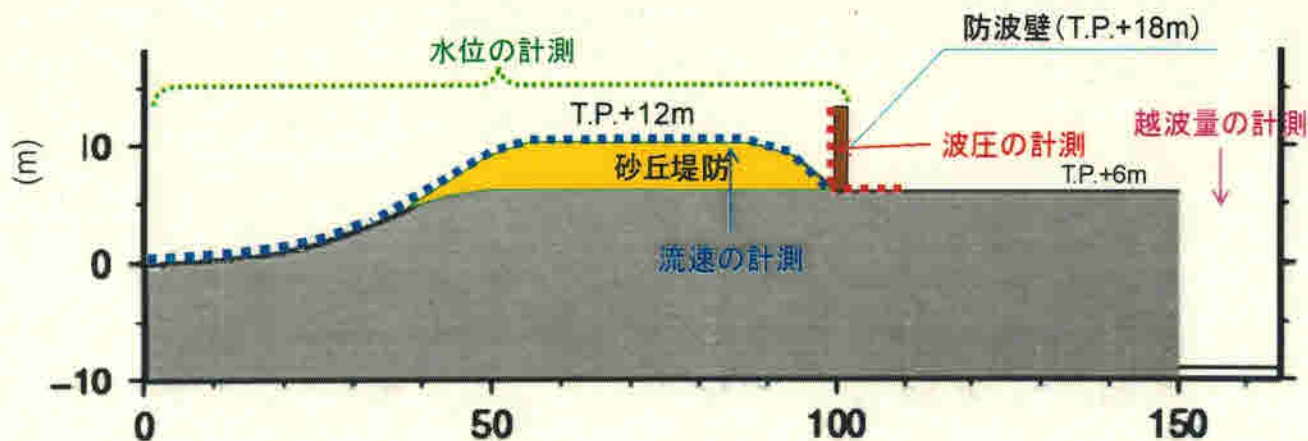


朝倉ほか(2000)では、構築物にはたらく波力について、構築物がない状態での津波の進行波の水深に対して、その3倍の静水圧分布で評価できるものとしています。

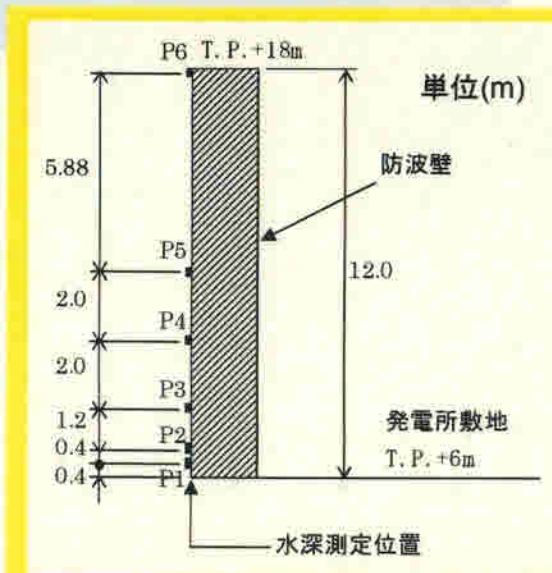
防波壁にはたらく波力については、地上から天端高さ(T.P.+18m→T.P.+22m)までの高さの半分に相当する水深の進行波が防波壁で天端までせき上がり、この進行波の水深の3倍に相当する水深の静水圧分布がはたらくものとして設定しました。

朝倉ほか(2000)を参照して設定した設計用波力の妥当性を確認するために、砂丘堤防および防波壁を模擬した水理模型実験を実施しました。

防波壁を越えない津波、防波壁天端程度に達する津波、防波壁を最大5m程度の水深で越流する津波など、津波高さを変えて複数のケースを行いました。



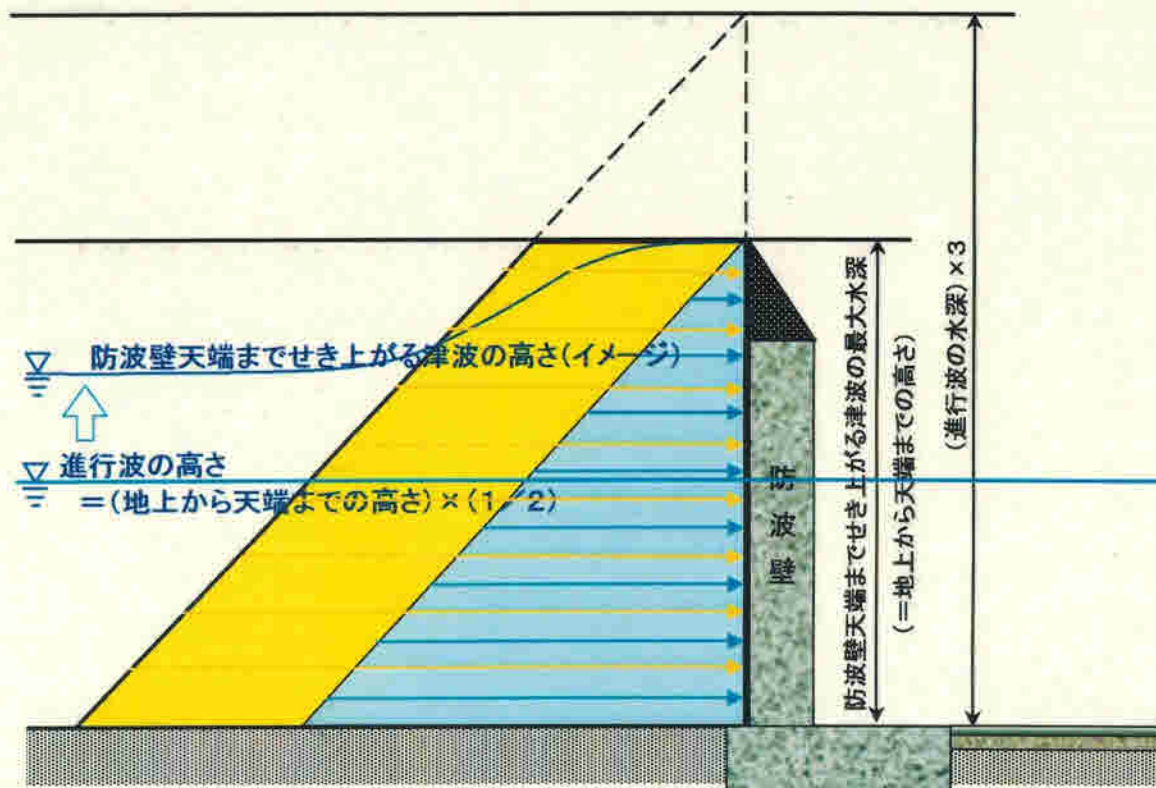
実験装置の縮尺は1/40





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。

実験の結果、設計上考慮している波力は、実際に防波壁に作用すると推定される波力に対し、余裕をもった設定となっていることを確認しました。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。

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T.P.+22m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280tf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140tfの波力に相当)

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します。(弾性設計)

→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します。(弾性設計)**

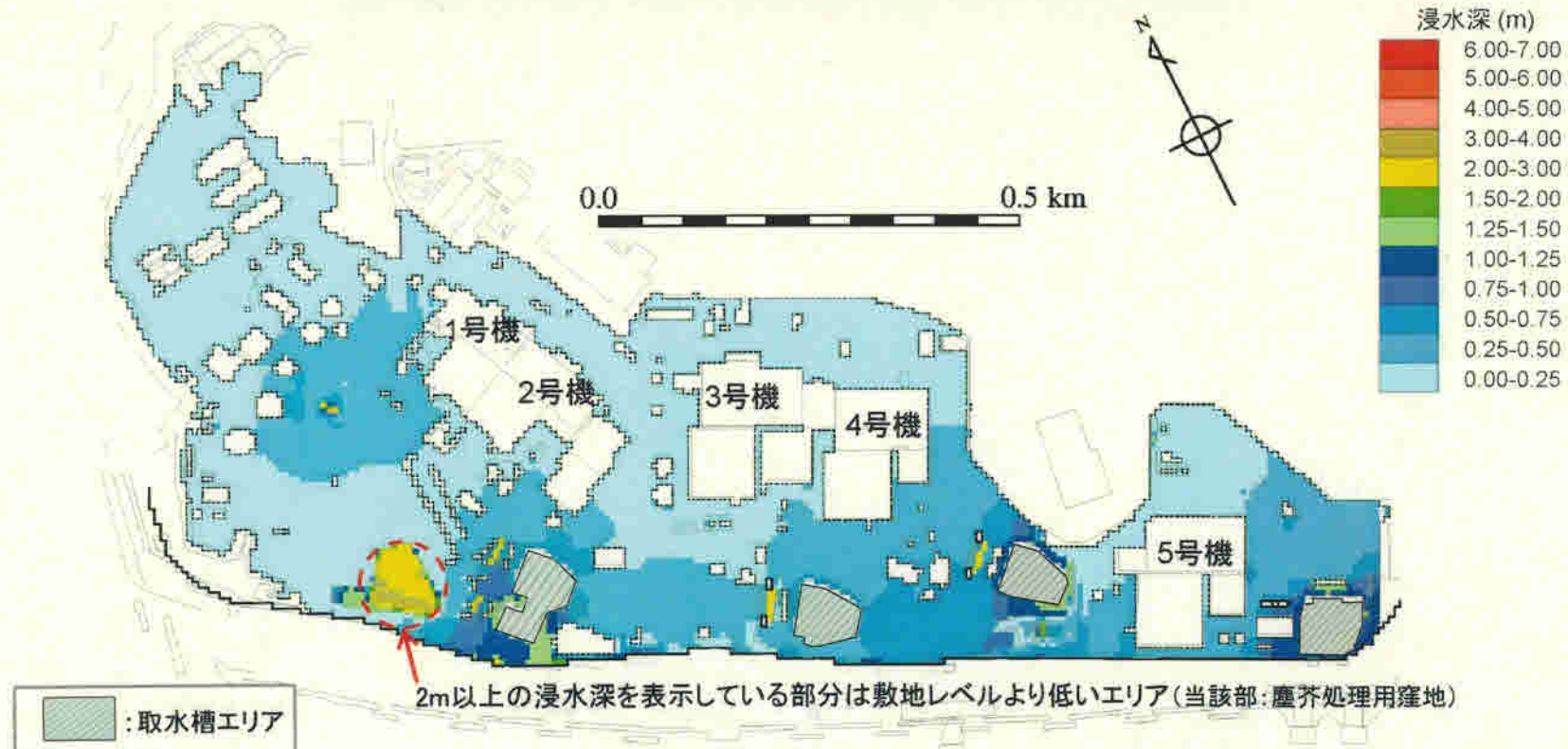
②設計外力を超える入力〔天端を越流する津波(T. P. +**25m**に達する津波)に相当する波力〕に対しても、津波の越流量を抑制するため、過度な変形が生じないことを確認します。(終局耐力設計)

→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します。(終局耐力設計)**

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)

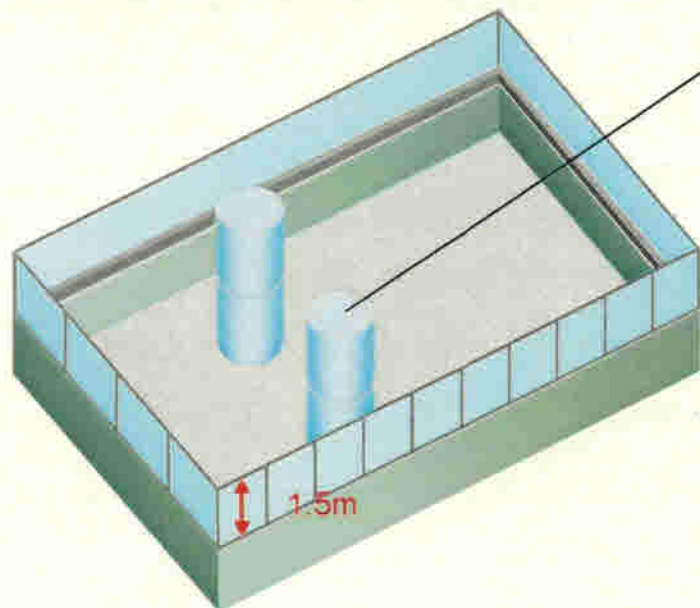


* 各位置における最大値を表示したもので同一時刻の分布を表すものではありません。

防水壁高さの変更

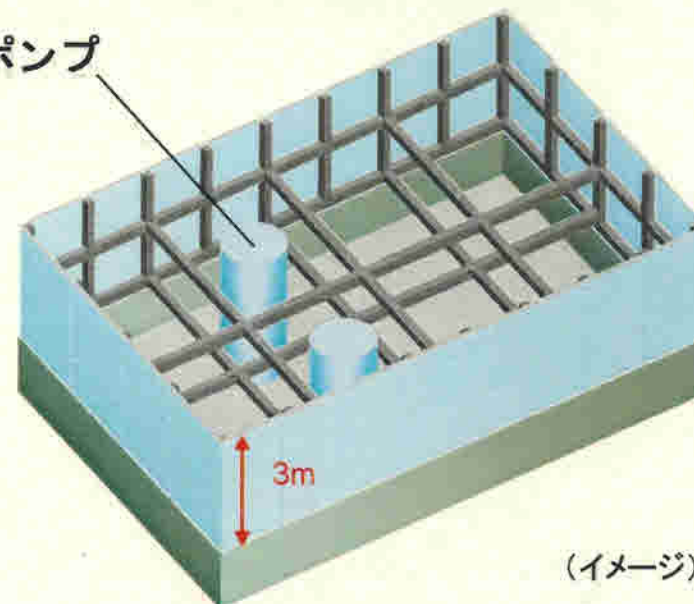
- ◆海水取水ポンプ周辺の浸水の深さは最大1.3m程度となります。
- ◆原子炉機器の冷却に必要な海水取水ポンプが浸水することを防止する機能の確実な強化を図るために、**海水取水ポンプエリアの防水壁を現在の1.5mから3mに高くします。**
- ◆防水壁を高くすることから、構造強化もあわせて実施します。

変更前（防水壁高1.5m）



変更後（防水壁高3m）

海水取水ポンプ



（イメージ）

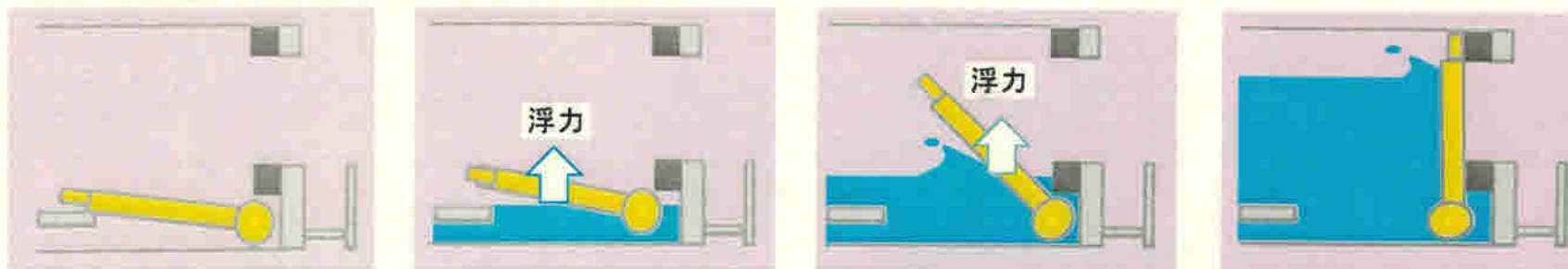
建屋開口部自動閉止装置の設置

- ◆ 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

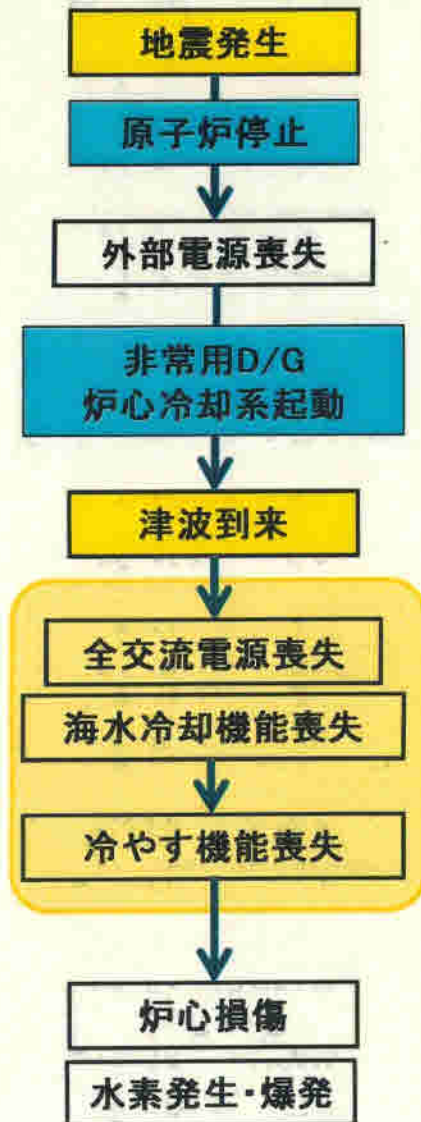


建屋開口部自動閉止装置の動作イメージ



浜岡原子力発電所におけるシビアアクシデント対策について

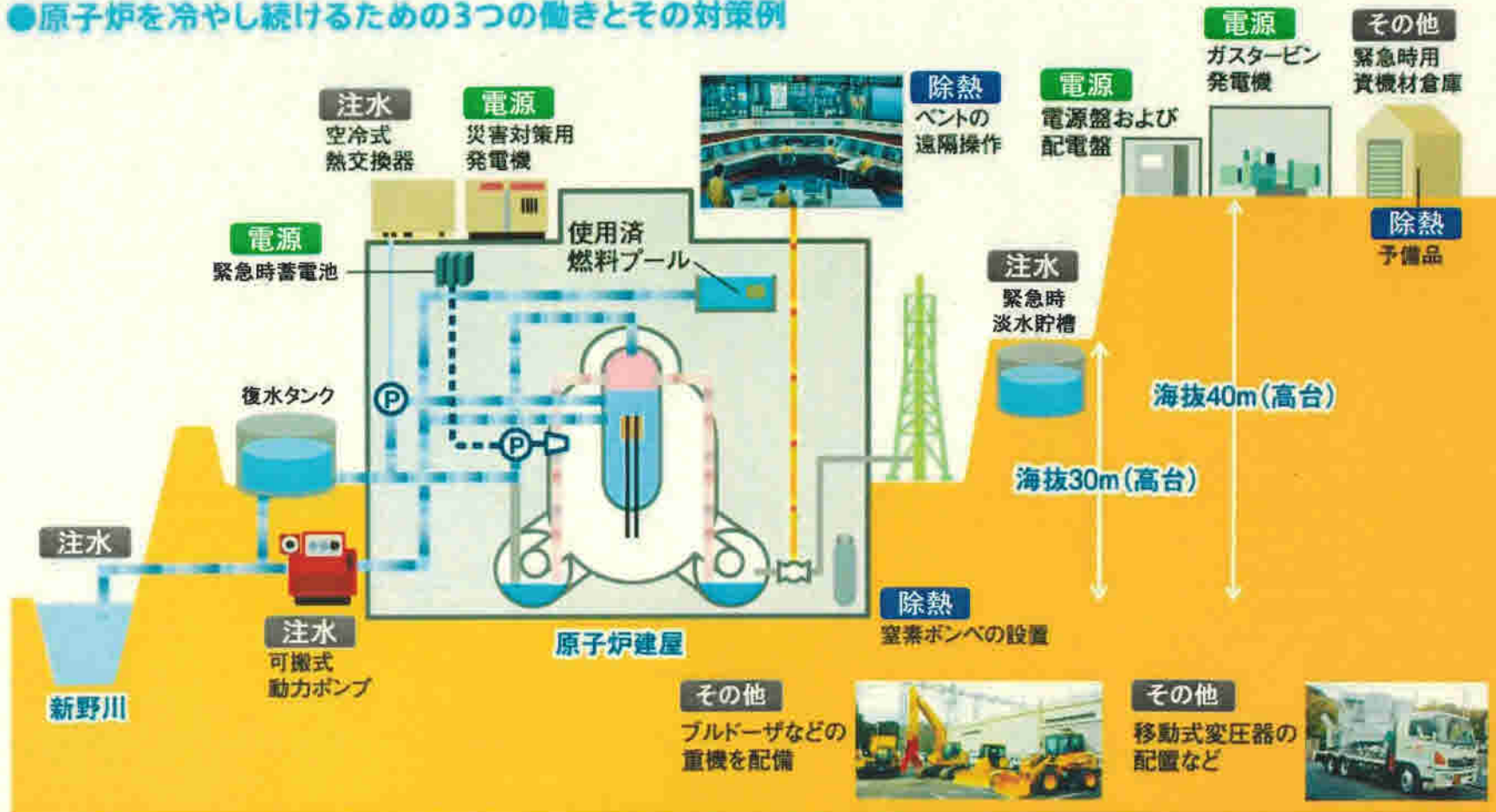
炉心損傷の発生防止策



◆炉心損傷防止対策については、「緊急時対策の強化」の中で、全交流電源や海水冷却機能を喪失した場合においても、**電源**供給手段の多重化・多様化、原子炉を冷やすための**注水**手段の多重化・多様化、**除熱**手段の多様化等、複数の代替手段を講ずることで、冷やす機能を確保します。

	技術的知見(事象)	主な「冷やす機能を確保する」対策
炉心損傷の発生防止策	電源設備 非常用ディーゼル発電機および電源盤等の水没により全交流電源喪失に至った。	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスタービン発電機の高台設置 ・災害対策用発電機の屋上設置 ・緊急時蓄電池の確保 ・電源盤・配電盤の上層階又は高台設置
	注水設備 全交流電源喪失、海水冷却機能喪失により高圧および低圧注水系の機能が喪失し、原子炉に冷却水を注水できなかった。	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧注水系(HPCS)を運転可能とするための機器冷却の代替確保(空冷式熱交換器の設置) ・補給水系等の耐震強化・注水配管の追設 ・緊急時淡水補給水系の設置 ・緊急用移動式大容量送水ポンプの確保 ・可搬式動力ポンプの確保 ・水源の多様化(緊急時淡水貯槽の増設等)
	除熱設備 全交流電源喪失、海水冷却機能喪失により除熱機能が喪失し、原子炉の除熱ができなかった。	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急時海水取水設備(EWS)の設置 ・格納容器ベント弁作用室素ポンベの設置 ・格納容器ベントの遠隔操作 ・海水取水ポンプの予備品の確保等 ・緊急用水中ポンプの確保

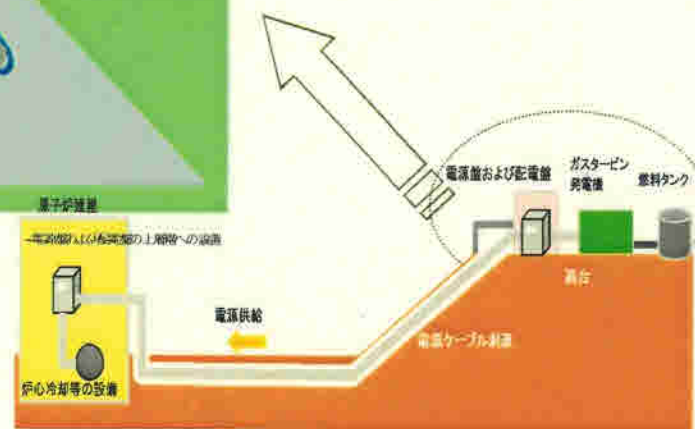
●原子炉を冷やし続けるための3つの働きとその対策例



電源設備対策の例

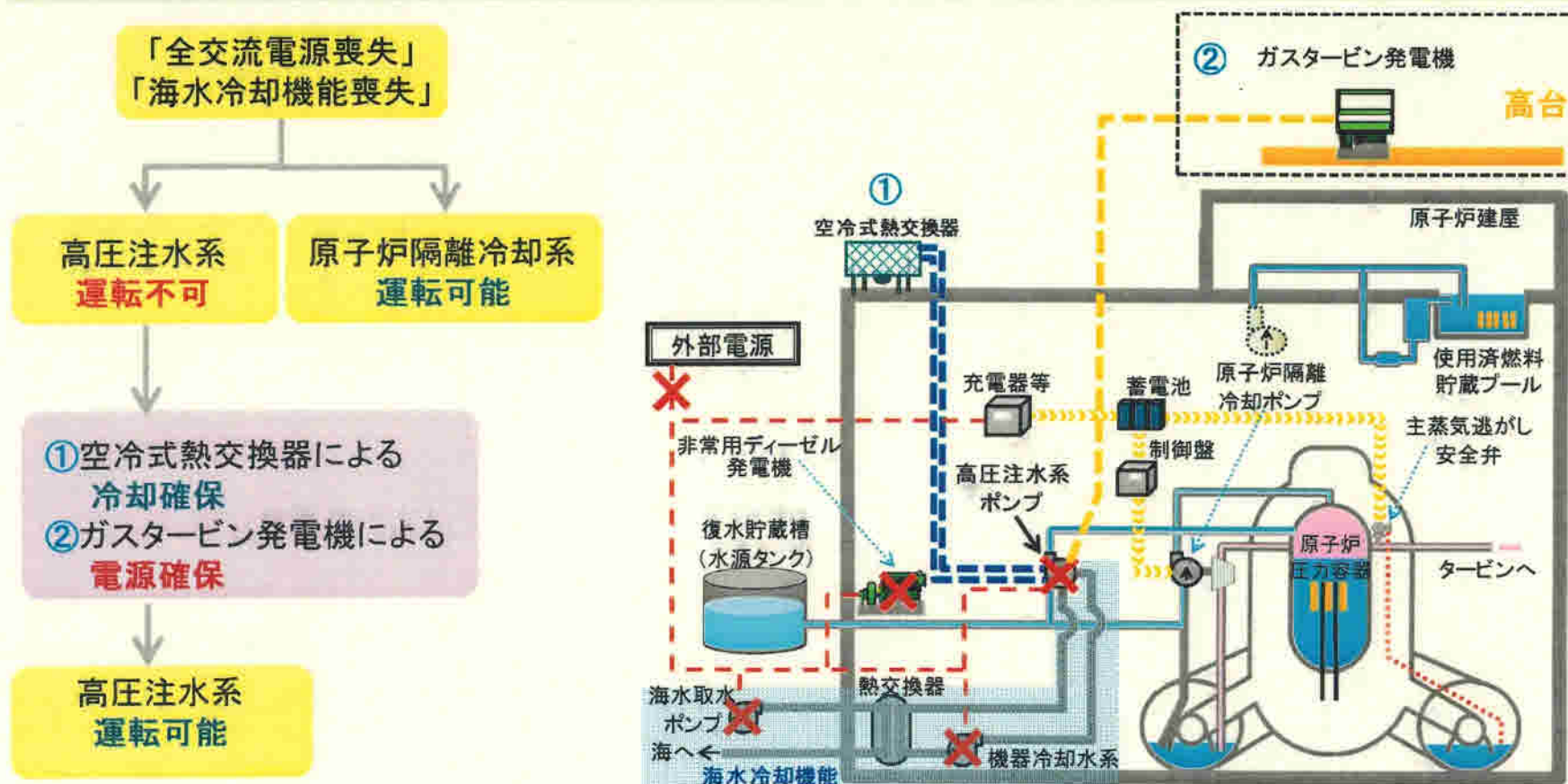
(緊急時ガスタービン発電機の高台設置、電源盤および配電盤の上層階または高台への設置)

- ◆外部電源および非常用ディーゼル発電機が使用できない状況に備え、津波の影響がない発電所敷地内高台にガスタービン発電機を設置し、炉心冷却系等の設備に速やかに電源を供給する。
- ◆炉心冷却等の設備に電源を供給するための電源盤および配電盤を高台へ新たに設置するとともに、原子炉建屋内の電源盤および配電盤を建屋上層階へ設置する。



(高圧注水系(HPCS)を運転可能とするための機器冷却の代替確保)

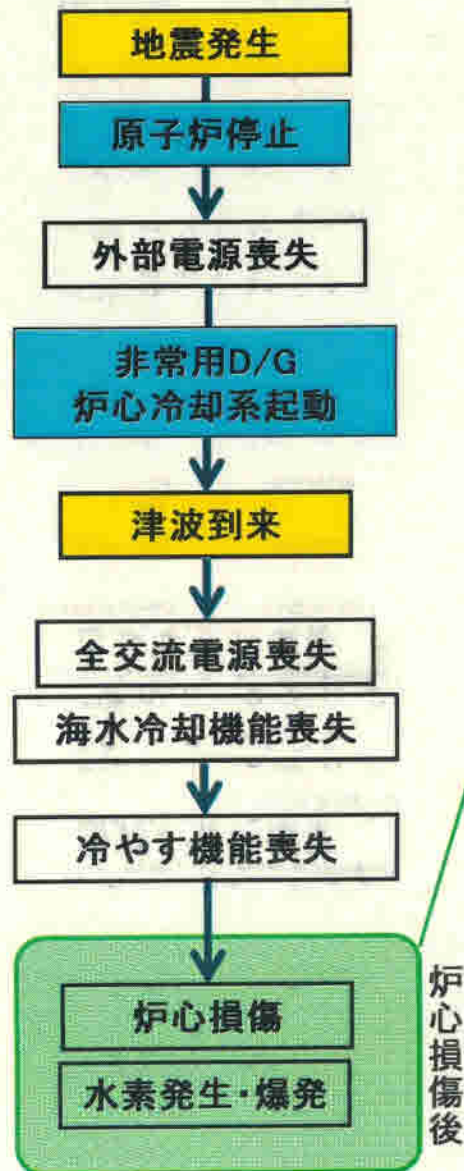
- ◇ 高圧注水機能を持つ系統は、原子炉隔離冷却系と高圧注水系があります。
- ◇ 原子炉隔離冷却系は、「全交流電源喪失時」や「海水冷却機能喪失時」においても一定時間継続して稼働することができます。
- ◇ 「全交流電源喪失時」や「海水冷却機能喪失時」においても高圧注水系が運転可能となるように、
 - ①ポンプに空冷式熱交換器を新たに追加し、②電源についても新たに設置するガスタービン発電機から受電することで、高圧注水機能を強化します。



炉心損傷後の影響緩和策

- ◆当社は、原子力安全・保安院(当時)が公表した「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の技術的知見について」を踏まえて、「炉心損傷後の影響緩和策」について検討を行ってきました。
- ◆その結果、「放射性物質の大規模な放出の防止対策」、「格納容器の破損防止対策」を実施することとしました。
- ◆あわせて、非常用直流電源対策についても、強化をすることとしました。
- ◆これらの対策の工事期間は2～3年程度と見込んでいます。

炉心損傷後の影響緩和策



		技術的知見(事象)	実施する対策
炉心損傷後の影響緩和策	放出防止 大規模	放射性物質の大規模な放出に至った。	①フィルタベント設備設置※1
	格納容器破損防止	格納容器内の過圧に加え、トップヘッドフランジ(格納容器上蓋接合部)等のシール材が過温により劣化し、放射性物質、水素の漏えいに至った可能性が高い。	②格納容器トップヘッドフランジ冷却機能の確保 ③格納容器代替スプレイ機能の強化 ④格納容器ペDESTAL(格納容器下部)注水ラインの設置 ⑤長期冷却のための代替熱交換器配備
	水素爆発防止	原子炉建屋の水素爆発に至った。	・水素検知器の設置※2 ・建屋ベント設備の設置※2

※1 格納容器の圧力を減圧し、過圧による格納容器破損も防止します。

※2 H23年6月14日に公表済み

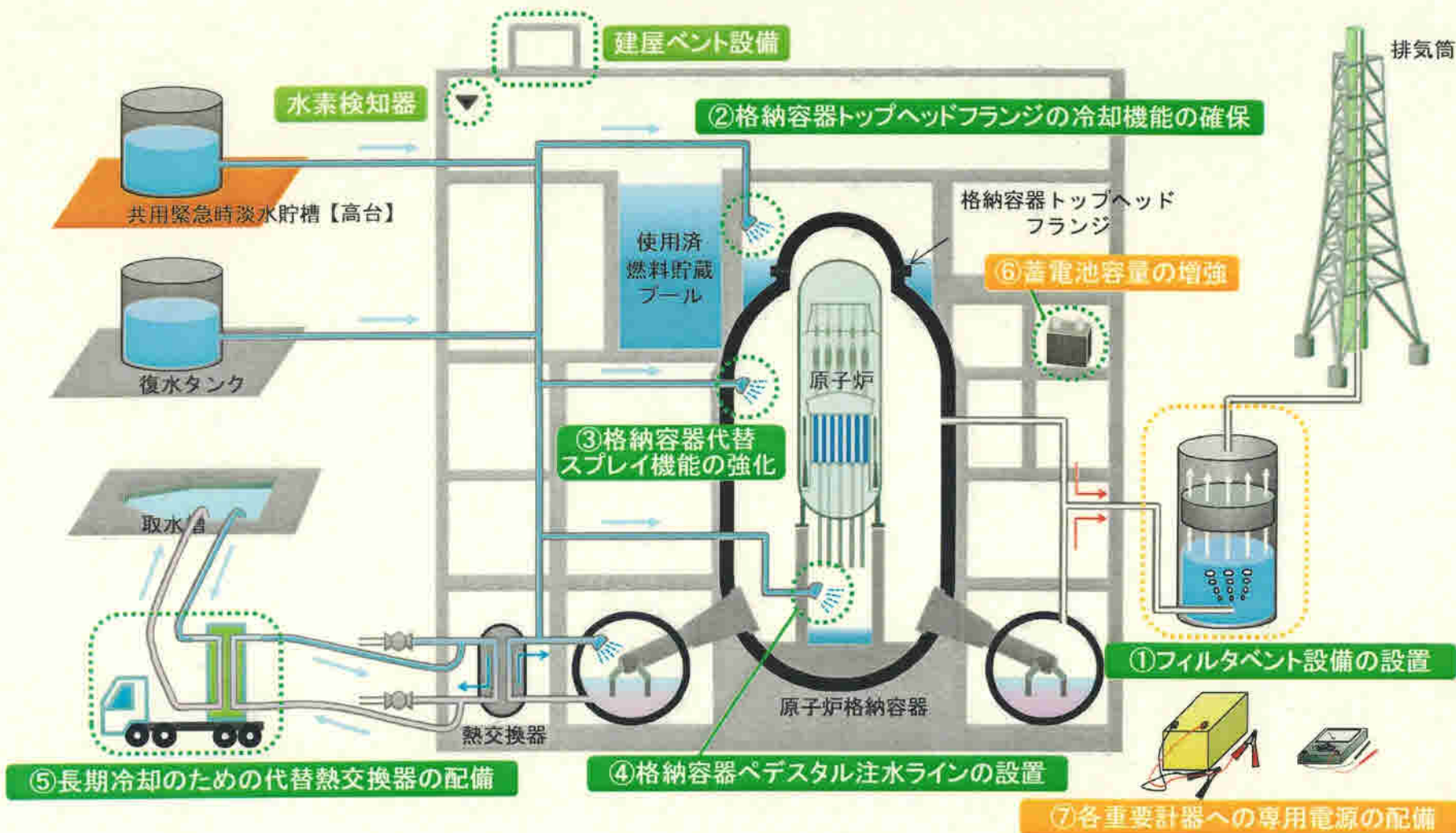
「浜岡原子力発電所におけるシビアアクシデント対応に関する措置について(経済産業大臣からの指示に対する報告)」

その他の対策

- 所内電気設備対策を更に強化するため、現在実施中のガスタービン発電機、災害対策用発電機、緊急時蓄電池に加え、⑥蓄電池容量の増強、⑦各重要計器への専用電源の配備を進めます。

炉心損傷後の影響緩和策(概要)

実施するシビアアクシデント対策



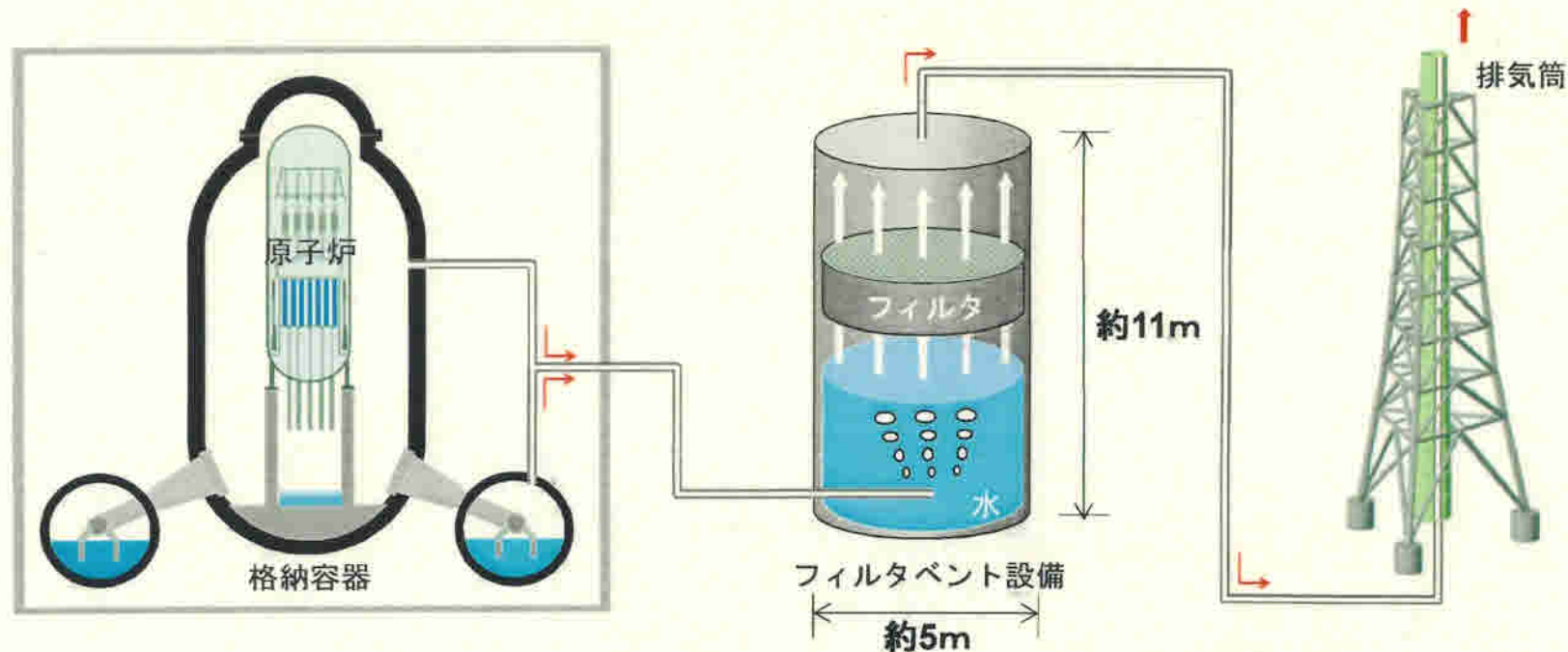
①フィルタベント設備の設置

放射性物質の大規模な放出の防止対策

- ◆格納容器の破損防止のため格納容器ベントが必要となります。この際に**粒子状の放射性物質(セシウム等)の放出を低減**して土地の汚染を防止するため、フィルタベント設備を設置します。
- ◆これにより、**粒子状放射性物質の放出を1/1000以下に抑える**ことができます。

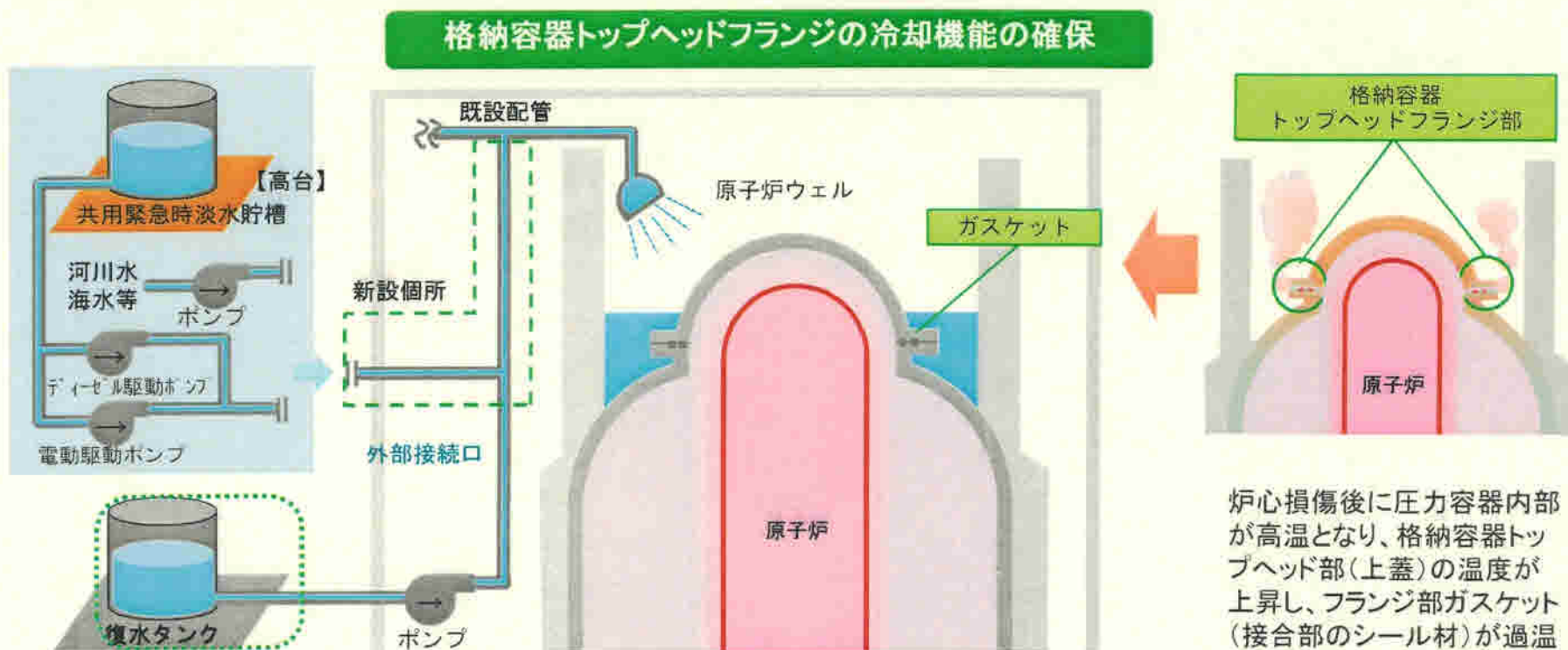
格納容器の破損防止対策

- ◆**格納容器の圧力を減圧し、過圧による破損を防止**します。



②格納容器トップヘッドフランジの冷却機能の確保

- ◆炉心損傷後、原子炉ウェルへ冷却水を注水し格納容器トップヘッドフランジ部（上蓋接合部）を冷却することで、格納容器からの水素等の漏えいを抑制します。
- ◆冷却機能の確保のための配管を接続し、また外部からの注水を可能とする外部接続口を設け、水源の多重化を図ります。

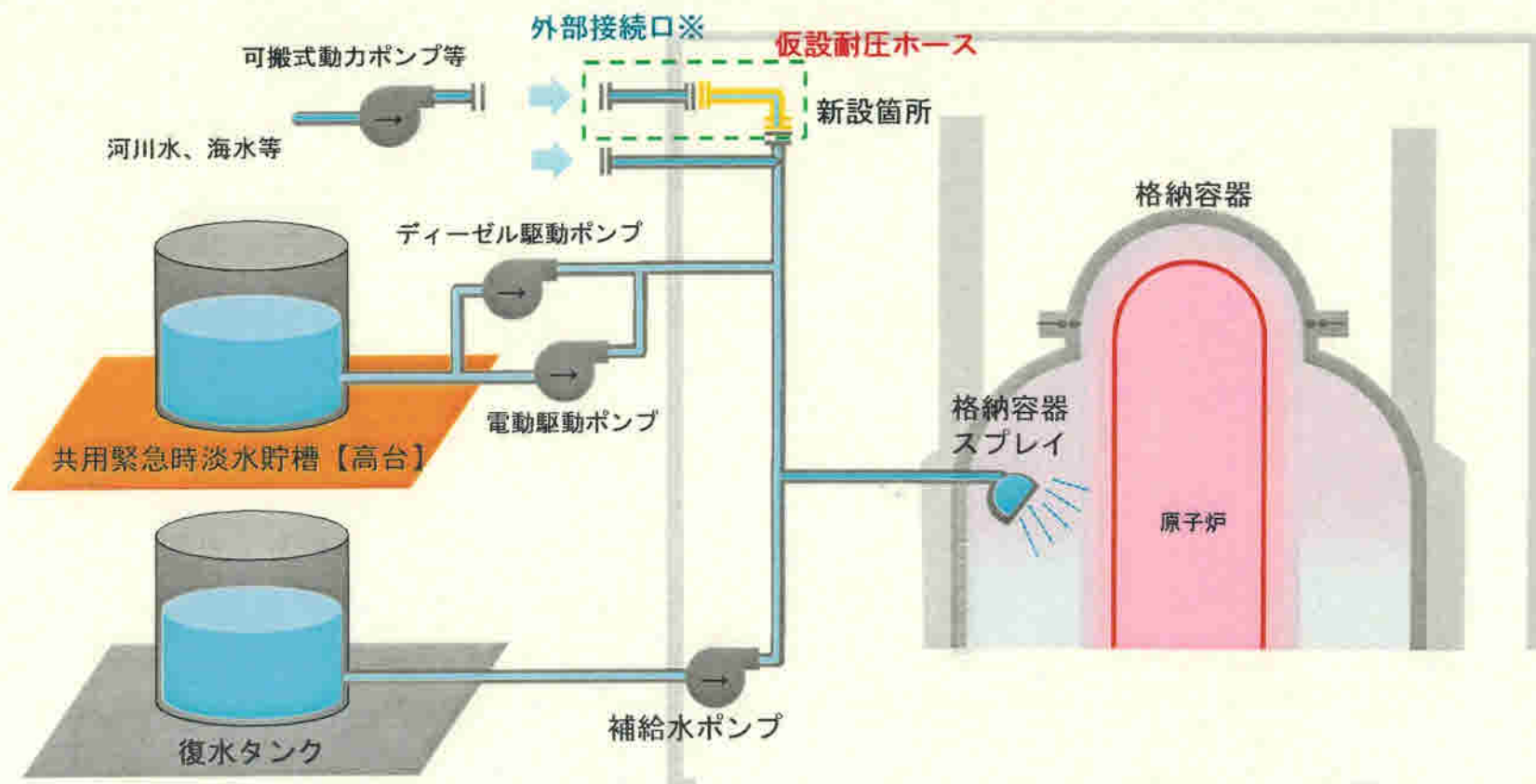


原子炉ウェルへ冷却水を注水することにより、直接格納容器トップヘッドフランジ部を外部冷却し過温を防止することで、ガスケットのシール機能を保ち、格納容器からの水素等の漏えいを抑制します。

炉心損傷後に圧力容器内部が高温となり、格納容器トップヘッド部（上蓋）の温度が上昇し、フランジ部ガスケット（接合部のシール材）が過温により破損し、水素等の漏えいが発生する可能性があります。

③格納容器代替スプレイ機能の強化

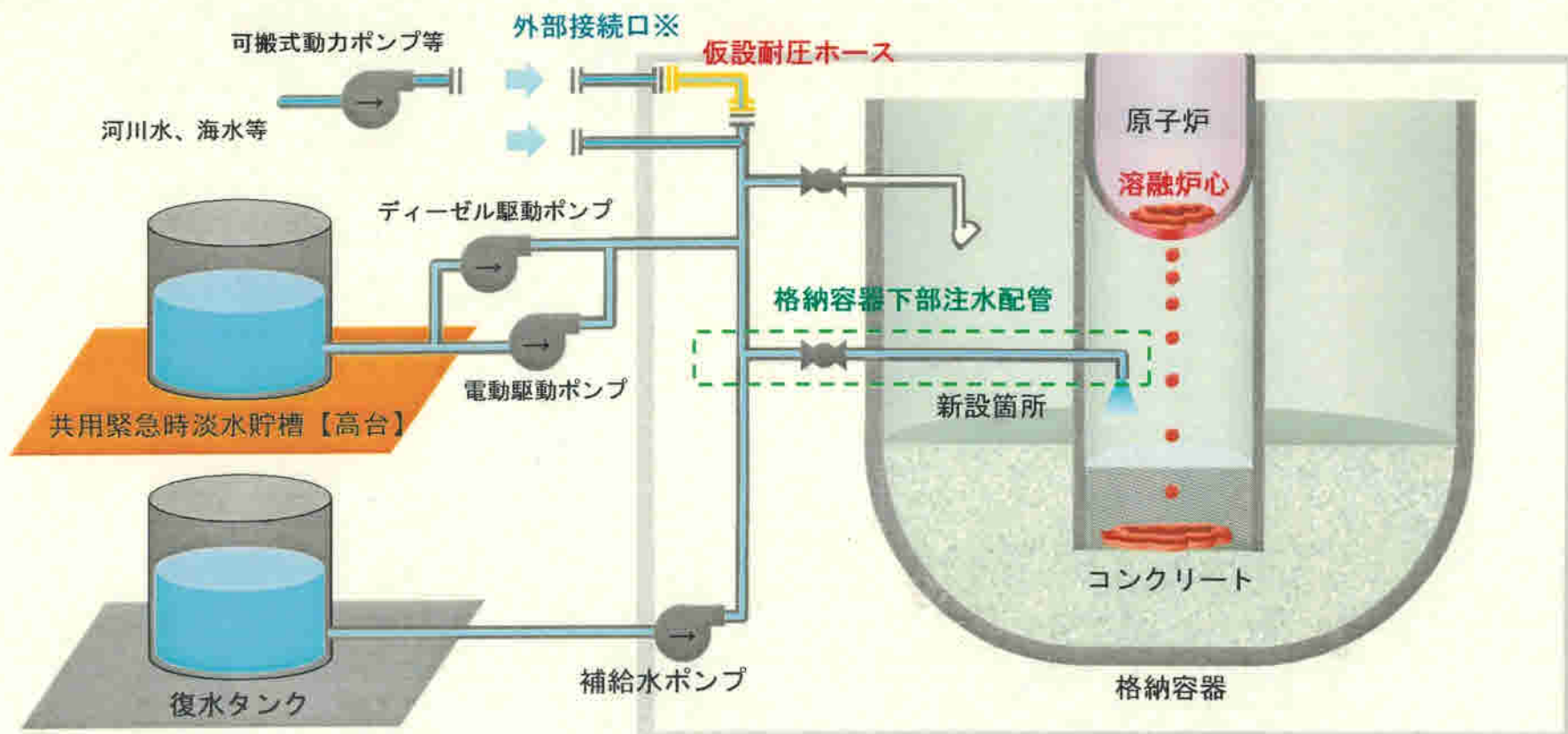
- ◆ 溶融炉心等によって発生する蒸気を冷却(凝縮)し、格納容器破損を防止します。
- ◆ 既存の注水ラインに加え、プラントが大規模に損傷した状況下においても接続可能なように、外部接続口の位置を分散させて追加設置します。



※外部接続口は、他機能と共用可能

④格納容器ペDESTAL注水ラインの設置

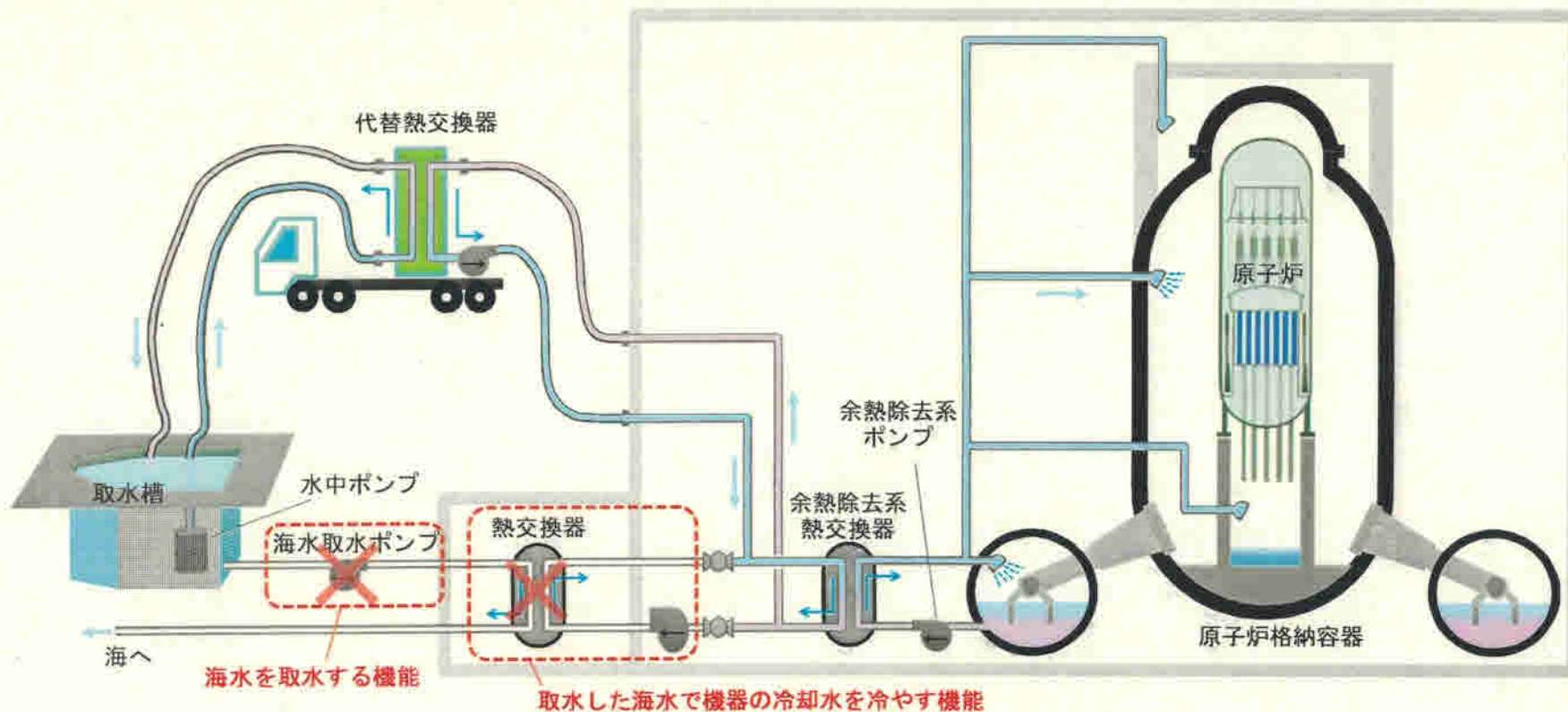
◆炉心損傷後、格納容器下部(ペDESTAL)に落下した高温の溶融炉心を注水により冷却することで、コンクリート床の浸食や、溶融炉心とコンクリートの反応によって発生する非凝縮性ガスの発生量を抑え、それにより格納容器の圧力および温度上昇を抑制し、格納容器の破損を防止します。



※外部接続口は、他機能と共用可能

⑤長期冷却のための代替熱交換器の配備

- ◆海水を取水する機能だけでなく、取水した海水で冷却水を冷やす機能を喪失した場合でも、冷却機能を確保するため代替熱交換器を配備します。
- ◆代替熱交換器の追加により、炉心損傷発生時でも、余熱除去ポンプによる原子炉格納容器の長期循環冷却を行います。
- ◆同容器への注水量の削減を図るとともに、格納容器の過圧・過温による破損を防止します。



⑥蓄電池容量の増強と ⑦重要計器等への個別専用電源の設置

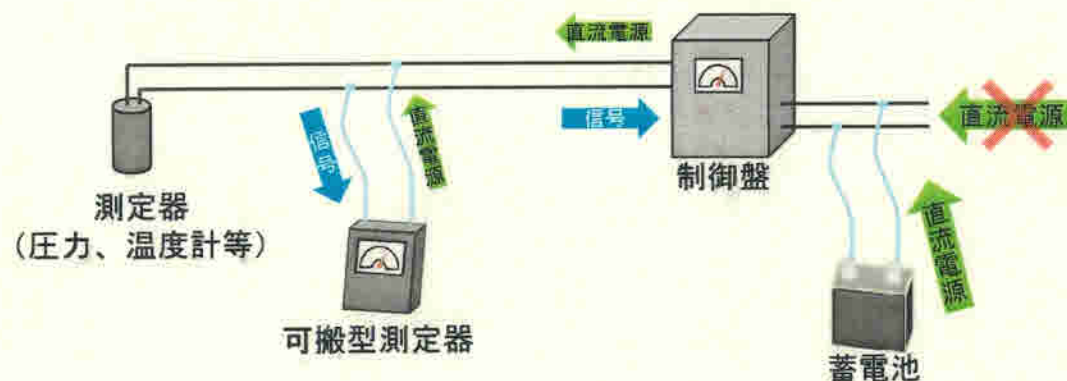
⑥蓄電池容量の増強

- ◆直流電源喪失による、計器類の機能喪失や、弁の操作ができなくなる可能性があることから、直流電源の強化として蓄電池容量の大容量化を実施します。
- ◆具体的には、不必要な負荷の切り離しを行わずに少なくとも8時間、さらに不必要な負荷の切り離しを実施した上で少なくとも24時間の電源供給が可能な蓄電池容量とします。



蓄電池の例

⑦重要計器等への個別専用電源の配備



- ◆直流電源が喪失した際に、原子炉等の状態把握に必要な計器について、**直流電源を供給するための蓄電池や専用の可搬型測定器を配備**します。

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。

使用済燃料乾式貯蔵施設

- ◆当社は、使用済燃料乾式貯蔵施設を建設する計画を公表しておりますが、同施設につい
ても、地震動の評価を行ったうえで、設計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月を目途に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。