

平成 2 3 年福島第一・第二原子力発電所事故を踏まえた
緊急安全対策に係る実施状況報告書（改訂版）
（美浜発電所）

平成 2 3 年 4 月

関西電力株式会社

目 次

1. 概要
2. 津波発生によるPWRプラントにおける想定事象
3. 想定事象に対する対応シナリオ
 - (1) 3つの機能喪失を想定した場合の対応シナリオ
 - a. 電源車による電源応急復旧
 - b. 蒸気発生器への給水確保
 - c. 使用済燃料ピットへの給水確保
 - (2) シナリオ成立のための要件の検討
4. 緊急安全対策の実施状況
 - ① 緊急点検の実施
 - ② 緊急時対応計画の点検及び訓練の実施
 - ③ 緊急時の電源確保
 - ④ 緊急時の最終的な除熱機能の確保
 - ⑤ 緊急時の使用済燃料貯蔵槽の冷却確保
 - ⑥ 各原子力発電所における構造等を踏まえた当面必要となる
対応策の実施
5. 原子炉施設保安規定の変更
6. 緊急安全対策のさらなる充実
 - (1) 低温停止状態移行までの対応方策の検討
 - (2) 設備強化対策
7. 今後の対応

1. 概要

平成23年3月11日に発生した、東北地方太平洋沖地震による津波に起因する東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故については、同じ原子力事業に携わる者として重く受け止め、当社の原子力発電所については、引き続き、安全・安定運転ならびに設備の安全確保に万全を期すと共に、実施可能な対応をすみやかに行なっている。

また、今回の事態の推移を注視しつつ、今後、津波の発生メカニズムを含めた事故の全体像の把握及び、その分析・評価結果を待ってさらなる必要な対策を実施していく必要があると認識している。

3月30日、経済産業大臣から当社社長に対する指示文書「平成23年福島第一・第二原子力発電所事故を踏まえた他の発電所の緊急安全対策の実施について（指示）（平成23・03・28原第7号 平成23年3月30日付）」を受領し、津波により3つの機能（交流電源を供給する全ての設備の機能、海水を使用して原子炉施設を冷却する全ての設備の機能及び使用済燃料ピットを冷却する全ての設備の機能）を喪失したとしても、炉心損傷及び使用済燃料の損傷を防止し、放射性物質の放出を抑制しつつ、原子炉施設の冷却機能の回復を図るための緊急安全対策について直ちに取り組むと共に、それらの実施状況について早急に報告するよう指示があったことから、本指示内容に照らし、当社の緊急安全対策について、その実施状況を4月14日に報告した。

また、同文書中でのもう一つの指示事項である、緊急安全対策を盛り込んだ原子炉施設保安規定の変更の認可申請についても4月4日に提出を行なった。

その後、4月7日に発生した宮城県沖地震に伴い、東北電力株式会社東通原子力発電所で発生した非常用発電設備のトラブルを踏まえて、原子力安全・保安院から当社に対する指示文書「非常用発電設備の保安規定上の取扱いについて（指示）」を4月9日に受領し、これに対する原子炉施設保安規定の変更の認可申請を4月20日に提出した。

また、同日4月20日に原子力安全・保安院より、4月14日に提出した報告書に対し、以下の4項目の追加検討の指示を受けた。

- ・ 全交流電源喪失時のプラント冷却方法について、緊急安全対策のさらなる充実として、高温停止状態から低温停止状態までの対応方を検討し、それらの実現に向けた今後の対応計画を示すこと。
- ・ 全交流電源喪失時の際に電源車からの供給を想定する機器の電源容量が原子炉の状態監視等に必要な機器の容量を満たしていることを示すこと。また、電源車の発電に必要な燃料の貯蔵量及び供給

方法も示すこと。

- ・ 使用済み燃料ピット及び蒸気発生器に係る緊急冷却に必要な冷却水量が崩壊熱等から発生する熱量等に対し十分な水量を供給できるものであることを示すこと。
- ・ 美浜1号機及び美浜2号機の電源車の保管場所について、より津波の影響を受けにくい場所への変更を検討すること。併せて、そのための対応手順を見直し、その妥当性について検証すること。

これらの指示事項を踏まえた内容を、先に提出した報告書に新たに追加し、今回、報告書改訂版として提出するものである。

なお、本報告書中に記載の対策については、これまでに判明している知見に基づいたものであり、事故の全体像の解明が進み、事故シーケンスの分析や評価が行われた後には、これらに対応した講ずべき対策について、適切に反映していく。

2. 津波発生によるPWRプラントにおける想定事象（添付資料－1）

今回の東京電力福島第一・第二原子力発電所事故と同様に、極めて大きな津波により、3つの機能喪失を想定した場合のPWRプラント挙動について検討した。

全交流電源喪失に伴い、バッテリーから中央制御室等、プラント監視上必要な箇所に給電が開始されるが、バッテリー容量には限りがあるため、一定時間が経過した以降はバッテリーが枯渇し、プラント監視機能の喪失が考えられる。

また、全交流電源喪失とほぼ同時に、タービン動補助給水ポンプが起動し、蒸気発生器（以下、S/G）2次側への給水が行われ、S/Gを介して原子炉の冷却が行われる。当該ポンプは復水タンク等を水源としているが、タンクへの新たな給水がなければ、タンクの水は枯渇し、以降S/Gによる冷却は期待できなくなる。その結果、冷却材の温度が上昇し、沸騰することにより炉心内の冷却材が減少し、最終的には炉心が露出し、損傷に至ることが考えられる。

一方、使用済み燃料ピットについては、冷却機能が喪失することによりピット水温は徐々に上昇し、水が蒸発する。さらに温度が上昇し、沸騰状態となると水量は次第に減少し、使用済み燃料ピットへの新たな給水がなければ使用済み燃料が露出し、損傷に至ることが考えられる。

3. 想定事象に対する対応シナリオ

(1) 3つの機能喪失を想定した場合の対応シナリオ（添付資料－2）

こうした状況にプラントが至らないよう、前述の評価も踏まえ、津波により3つの機能を全て喪失した場合においても、炉心損傷や使用済燃料の損傷を防止し、放射性物質の放出を抑制しつつ、冷却機能の回復を図るために、以下の3つの対応を行なう。

- a. 電源車による電源応急復旧
- b. S/Gへの給水確保
- c. 使用済燃料ピットへの給水確保

これら a. ～ c. の対応シナリオの概略については以下の通りである。

a. 電源車による電源応急復旧（添付資料－3）

全交流電源喪失後、バッテリーから中央制御室等、プラント監視上必要な計器類への給電は限られた時間しか期待できないため、早期に、電源車から非常用ディーゼル発電機（以下、D/G）制御盤、もしくはメタルクラッドスイッチギア（以下、メタクラ）にケーブルを敷設してつなぎ込み、電気を供給し、運転監視等の機能が維持できるようにする。

具体的には、以下の手順で電源の確保を図ることとする。

- 手順1：給電先となるD/G制御盤もしくはメタクラの健全性を確認する。
- 手順2：電源車の寄付き場所（D/G室外、もしくはタービン建屋オープンハッチ）の状況や、ケーブル敷設ルートを確認する。
- 手順3－1：D/G制御盤もしくはメタクラと電源車の寄付き場所間にケーブルを敷設する。
- 手順3－2：電源車を寄付き場所まで移動させ、ケーブルのつなぎ込みを行なう。
- 手順4：電源車からの電気の供給を開始する。

b. 蒸気発生器への給水確保（添付資料－4）

タービン動補助給水ポンプによる冷却を継続するための給水については、復水タンク内の水による供給が一定期間は可能であるが、事態が長期に亘る場合には、2次系純水タンクや淡水タンク等、他の水源から必要な水を確保する。

具体的には、以下の方法で水の確保を図る。

方法1：復水タンクの水をタービン動補助給水ポンプを用いてS/Gへ給水する。

方法2：2次系純水タンクの水を、消防ポンプを用いて復水タンクを経由して（1、2号機）、または、直接タービン動補助給水ポンプを用いて（3号機）S/Gへ給水する。

方法3：淡水タンクの水を、電気を必要としないディーゼル消火ポンプを用いて消火栓から復水タンクを経由し、タービン動補助給水ポンプを用いてS/Gへ給水する。（1、2号機のみ）

方法4：淡水タンクの水を、消防ポンプを用いて復水タンクを経由し、タービン動補助給水ポンプを用いてS/Gへ給水する。

方法5：海から消防ポンプにより、海水を汲み上げ、復水タンクを経由し、タービン動補助給水ポンプを用いてS/Gへ給水する。

なお、方法1によりS/Gへ給水後、方法2～5の中で実施可能なものを選択し、S/Gへの給水を行なう。

以上の3.（1）a. 及び3.（1）b. の対応により、全交流電源喪失後、下記プロセスによって、高温停止状態（1次系の圧力が約0.7MPa、温度が約170℃）に保ち、炉心を継続的かつ安定的に冷却することが可能となる。

- (ア)全交流電源喪失に伴い、タービン動補助給水ポンプが自動起動し、復水タンクを水源として、S/G 2次側に給水を開始、S/Gを介して1次系を冷却、炉心からの崩壊熱を除去。
- (イ)手動にて、主蒸気逃がし弁を開放し、蓄圧タンク出口電動弁閉止圧力に向けて、1次系の冷却、減圧を実施。
- (ウ)1次系圧力が蓄圧タンクの作動圧力（1号機：4.2MPa、2号機：4.9MPa、3号機：4.2MPa）に達すれば、蓄圧タンクからのほう酸水の注入開始。
- (エ)蓄圧タンク出口電動弁閉止圧力（1号機：1.8MPa、2号機：2.6MPa、3号機：1.7MPa）に達すれば、一旦、冷却を停止し、圧力を一定に保った上で、蓄圧タンク内窒素の1次系内への放出防止のため、蓄圧タンク出口電動

弁を閉止。

(オ)さらにタービン動補助給水ポンプ及び主蒸気逃がし弁を用いて、高温停止状態まで冷却を実施。

c. 使用済燃料ピットへの給水確保（添付資料－5）

使用済燃料ピットの冷却機能が喪失することによる使用済燃料ピット水量の減少を補うため、使用済燃料ピットへ水の補給を行なう。

具体的には、以下の方法で水の確保を図ることとし、状況に応じて方法を選択する。

方法1：屋内の消火栓から、電気を必要としないディーゼル消火ポンプを使って、淡水タンクの水を使用済燃料ピットへ補給する。

方法2：屋外の消火栓から、電気を必要としないディーゼル消火ポンプを使って、淡水タンクの水を使用済燃料ピットへ補給する。

方法3：1次系純水ポンプに電源車により電気を供給した上で、1次系純水タンクの水を使用済燃料ピットへ補給する。

方法4：消防ポンプを用いて、防火水槽の水を使用済燃料ピットへ補給する。

方法5：海から消防ポンプにより、海水を汲み上げ、防火水槽経由で使用済燃料ピットへ補給する。

以上がa. ～ c. の対応シナリオの概略であるが、これらシナリオを各ユニットに適用できるようにするために、シナリオで期待する設備や資機材を動かすために必要な電源容量や、原子炉や使用済燃料ピットにおいて発生する崩壊熱を十分に除去するために必要な給水量について、それぞれ評価した。

a. 全交流電源喪失時に必要な電源容量の評価及び妥当性（添付資料－6）

バッテリーが担う中央制御室等でのプラントパラメータの監視上、必要な計器類への給電など、必要な電源容量、併せて継続した給電が可能となるよう、電源用の燃料の貯蔵や補給方法等について評価を行ない、それを満足する電源を準備する。

b. 蒸気発生器に必要な水量の評価及び妥当性（添付資料－ 7）

タービン動補助給水ポンプによる、時間軸に応じた原子炉冷却に必要な補給水量を評価し、それを満たす水量を確保できるように資機材を準備する。

c. 使用済燃料ピットに必要な水量の評価及び妥当性（添付資料－ 8）

使用済燃料ピットにて発生する崩壊熱による使用済燃料ピット水量の減少（蒸散）を補う水量を評価し、それを満たす水量を確保できるように資機材を準備する。

(2)シナリオ成立のための要件の検討（添付資料－ 9）

シナリオの設定にあたっては、各シナリオにおいて必要となる機器類の仕様を考慮する必要があると共に、今回の福島第一原子力発電所における津波被害を踏まえると、津波による資機材の流失、がれきの散乱、海水の滞留、設備・機器類の破損等、実行にあたって様々な阻害・制約条件を考慮する必要がある。

そのため、シナリオ策定に当たっては、これら条件を網羅的に抽出し、そのいずれの場合においても対応可能とするようPDCAを廻しながら進めていくこととした。必要な資機材の保管場所、資機材保管場所からの運搬ルート、照明・通信手段の確保状況、消防ポンプの送水能力、電源車の必要容量等、基本シナリオの策定（PLAN）の後、現場での適用検討（DO）を経て、再度シナリオへのフィードバック（CHECK）を行ない、現場でのシナリオに基づく確認（ACT）のプロセスを踏み、手順として確定し、問題のないことを確認した。

4. 緊急安全対策の実施状況

3つの機能を喪失した場合においても、3.（1）において示した対応シナリオにより、炉心損傷及び使用済燃料の損傷を防止し、放射性物質の放出を抑制しつつ原子炉施設の冷却機能の回復を図るため、経済産業省から示された以下の①～⑥の6項目の指示内容に照らした上で、直ちに講じるべき対策を緊急安全対策として以下の通り、取り組んだ。

① 緊急点検の実施（添付資料－ 10）

3つのシナリオの実現のために必要となる資機材や、本設の設

備について点検を行なった。

②の緊急時対応計画において必要となる資機材や設備を対象に点検を実施し、資機材については、平成23年4月8日までに完了した。

設備については、美浜1号機のタービン動補助給水ポンプ及び主蒸気逃し弁、ならびに、美浜2号機及び3号機の蓄圧タンク出口弁以外については平成23年4月12日までに点検を完了した。

なお、点検のできなかつた上記の設備については、以下の通り、点検を実施する。

- ・ 定期検査中の美浜1号機のタービン動補助給水ポンプ及び主蒸気逃し弁については、蒸気条件の整うプラント起動時に点検を実施する。
- ・ 運転中の美浜2号機及び3号機の蓄圧タンク出口弁については、現在の運転状態下では、弁の開状態が必要であり閉動作の確認はできないが、至近の定期検査における蓄圧注入系弁動作検査において、当該弁の閉動作を確認していることから、シナリオ遂行上問題はないと考えられる。また、次回定期検査の同検査において、同様の動作確認を行なう。

② 緊急時対応計画の点検及び訓練の実施（添付資料－11、12）

3つのシナリオの実現のための緊急時対応計画として、体制、役割分担、要員配置、手順、訓練、資機材等について定めた「美浜発電所電源機能等喪失時における原子炉施設の保全のための活動に係る対応所達」を策定した。（平成23年4月12日制定）

また、関連する社内標準として「運転管理通達」「運転員教育訓練要綱指針」「美浜発電所1号機事故時操作所則」「美浜発電所2号機事故時操作所則」及び「美浜発電所3号機事故時操作所則」の改正を行なった。（平成23年4月12日改正）

これらの社内標準の策定、改正にあたっては、訓練を実施し、改善点を抽出し、フィードバックを行なった。（全ユニット、平成23年4月12日までに完了）

上記の訓練に加え、全てのユニットが同時に全交流電源喪失に至った場合を想定した初動対応訓練も実施した。（平成23年4月25日実施）

また、全交流電源喪失に係る対応力のさらなる強化のため、継

続的に実施しているシミュレータによる地震対応訓練において、東日本大震災の知見を取り入れた訓練を行なうことを「運転員教育訓練要綱指針」を改正し、定めた。(平成23年4月2日改正)

③ 緊急時の電源確保 (添付資料-13)

● 電源車及び電源ケーブルの配置

外部電源及びD/Gによる電源が確保できない場合に、原子炉を安定的に除熱し、原子炉の状態監視等が可能となる緊急時の電源を確保するため、各ユニットに必要な電源容量を満足する電源車を配置した。また、電源車から原子炉の状態監視計器に給電可能な受電盤等に接続するために必要な電源ケーブルについても配置した。これらの資機材については津波の影響を受けない場所に保管した。(全ユニット、平成23年4月5日までに配置済)

● 美浜1号機及び2号機の電源車の保管場所について

指示事項で示された美浜1号機及び2号機にて配置した電源車の保管場所については、当初、いずれもEL(標高)10mとしているが、EL32mに変更した。

配置場所の変更に伴い、電源車の取り扱いに係る手順書の変更及びその妥当性の検証を実施した。(美浜1号機、2号機、平成23年4月22日までに実施済)

④ 緊急時の最終的な除熱機能の確保 (添付資料-14)

● 消防ポンプ及び消火ホースの配置

外部電源及びD/Gによる電源が確保できない場合に、タービン動補助給水ポンプによる除熱のための水を補給するため、水源である復水タンクへ純水タンクや海水等から水を補給するための消防ポンプ及び消火ホースを配置した。これらの資機材については津波の影響を受けない場所に保管した。(全ユニット、平成23年4月5日までに配置済)

⑤ 緊急時の使用済燃料貯蔵槽の冷却確保 (添付資料-15)

● 消防ポンプ及び消火ホースの配置

使用済燃料ピット冷却系及び既存の補給水系の機能喪失により、使用済燃料ピットを冷却する手段がなくなった場合

に備え、消火水、海水等の水源から水を供給するための消防ポンプ及び消火ホースを配置した。これらの資機材については津波の影響を受けない場所に保管した。(全ユニット、平成23年4月5日までに配置済)

⑥ 各原子力発電所における構造等を踏まえた当面必要となる対応策の実施

● 建屋の浸水防止措置 (添付資料-16、17)

タービン動補助給水ポンプ、D/G等のプラントの安全上重要な設備が、津波により浸水することを防止するため、既存扉及び建屋貫通部の隙間にシール施工等を行なうことにより浸水防止措置を講じた。(全ユニット、平成23年4月12日までに完了)

なお、安全確保体制の強化のため、緊急時対応を専任とする役職者を、原子力事業本部に部長1名、各発電所に副所長1名を配置した。(平成23年3月28日配置済)

5. 原子炉施設保安規定の変更

平成23年3月30日付の経済産業大臣からの指示文書、及び「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」の改正を踏まえ、「美浜発電所原子炉施設保安規定」に、電源機能等喪失時の体制の整備に関する措置を新たに追加し、原子炉施設保安規定の変更の認可申請を行なった。(平成23年4月4日申請済)

<変更申請の概要>

(電源機能等喪失時の体制の整備)の条文を新たに追加し、以下の項目を明記した。

(1) 安全・防災室長は、電源機能等喪失時の体制の整備に関する措置として、以下の3項目に係る計画を策定し、所長の承認を得る。

- ① 必要な要員の配置
- ② 要員に対する訓練
- ③ 必要な電源車、消防ポンプ (消防車に装備されているポンプを含む)、消火ホースなどの資機材の配備

(2) 各課 (室) 長は、前項の計画に基づき活動を実施する。

(3) 各課 (室) 長は、前項に定める事項について定期的に評価を行な

うと共に、評価の結果に基づき必要な措置を講じ、安全・防災室長に報告する。安全・防災室長は、(1)に定める事項について定期的に評価を行なうと共に、評価の結果に基づき必要な措置を講じる。

また、平成23年4月7日に宮城県沖で発生した地震に伴い、他電力の運転停止中の原子力発電所において、外部電源が喪失し、D/Gが起動したものの、外部電源が復旧した後にD/Gがトラブルにより停止したという事象が発生した。この事象を受けた平成23年4月9日付の原子力安全・保安院からの指示を踏まえ、原子炉施設保安規定の変更の認可申請を行なった。(平成23年4月20日申請済)

<変更申請の概要>

定期検査中等の低温停止状態及び燃料交換時においては、これまで原子炉ごとにD/G 1台以上が動作可能であることを定めていたが、使用済燃料ピットに使用済燃料を貯蔵する場合も含め、2台が動作可能であることに変更した。

6. 緊急安全対策のさらなる充実

(1)低温停止状態移行までの対応方策の検討(添付資料-18)

緊急安全対策を実施することにより、津波により3つの機能が喪失する状況にあっても、炉心損傷や使用済燃料の損傷を防止することが可能であるが、緊急安全対策のさらなる充実として、低温停止状態(1次系水温が約93℃以下)まで移行する対応方策について検討を行なった。

a. ディーゼル駆動の大容量ポンプを用いた低温停止状態移行までの対応方策

今後、ディーゼル駆動の大容量ポンプを配備することにより、下記手順で低温停止状態への移行が可能となる。

(着手前の状況)タービン動補助給水ポンプを用い、高温停止状態で炉心を継続的かつ安定的に冷却中。

(ア)ディーゼル駆動の大容量ポンプを設置し、原子炉補機冷却水クーラに海水を送水し、空冷式の移動式発電装置による給電により原子炉補機冷却系を起動。

(イ)空冷式の移動式発電装置による給電により、ほう酸ポンプ及

び充てんポンプを起動し、1次系にほう酸水を注入。

(ウ)空冷式の移動式発電装置による給電により、余熱除去ポンプを起動し、余熱除去系により1次系を冷却し、低温停止状態まで移行。

さらに、手法の多様性確保の観点から、a. 項の代替措置として、ポンプ、ホース類等を拡充することにより、低温停止状態へ移行することについても下記の通り、準備を進める。

b. ポンプ、ホース類の拡充による低温停止状態移行までの対応方策

(着手前の状況)タービン動補助給水ポンプを用い、高温停止状態で炉心を継続的かつ安定的に冷却中。

(ア)タービン動補助給水ポンプにより1次系圧力をさらに約0.5 MP a まで降下させた後、電源車による給電により、ほう酸ポンプを起動し、1次系にほう酸水を注入。

(イ)1次系へのほう酸注入によるほう酸濃縮完了後、S/G 2次側へ消防ポンプ及び仮設ホースを用いて、冷却水供給を開始。

(ウ)S/G 2次側へ供給した冷却水については、主蒸気ラインドレンから排出することで冷却を継続し、低温停止状態まで移行。

今後、必要な設備や資機材の準備を進めると共に、手順書等の整備を行ない、低温停止状態までの対応方策が確実に遂行できるよう取り組む。

(2)設備強化対策(添付資料-19、20)

緊急安全対策に加え、「③ 緊急時の電源確保」「④ 緊急時の最終的な除熱機能の確保」「⑤ 緊急時の使用済燃料貯蔵槽の冷却確保」「⑥ 各原子力発電所における構造等を踏まえた当面必要となる対応策の実施」については、設備の恒設化や冗長性の確保、設備強化対策を合わせて実施し、炉心損傷や使用済燃料の損傷防止に対する一層の信頼性の向上を図る。

③ 緊急時の電源確保

a. 非常用発電機代替設備の配置

D/Gの代替電源として、原子炉の状態監視計器や原子炉の冷却維持に必要な機器等に必要な電力を安定的に供給することができるよう、空冷式の移動式発電装置を配置する。

b. 海水供給用可搬式ポンプの設置

海水系施設である海水ポンプが機能を喪失した場合においても、D/Gの冷却を実施できるよう海水供給用可搬式エンジン駆動ポンプを配置する。

c. 送電線の強化

原子力発電所に外部から電源供給するための送電線のうち、比較的運用年数が経過しているものから優先的に建て替える。

また、今回の地震の規模、設備被害の詳細が分かり次第、取り入れるべきことがないか等の検討を行ない、適切に対応する。

d. 恒設非常用発電機の設置

定期検査時等に現状のD/Gを待機除外にしても、非常用発電設備が2台動作可能であることを確実に担保できるよう新たに非常用発電機を設置する。

④ 緊急時の最終的な除熱機能の確保

a. タンク間の配管改造

復水タンクへの水の供給を容易とするため、復水タンクならびに淡水タンク間の配管上にホースつなぎ込み用の管台を設置する等の改造を行なう。

b. 純水タンク、淡水タンク周りの防護壁設置

S/Gへ給水するための水源を確保するため、純水タンクや淡水タンクのうち設置位置の低いものについて、周囲に津波に対する防護壁を設置する。

c. 海水ポンプ電動機予備品の確保

津波により海水ポンプの機能が喪失した場合を想定し、海水ポンプの早期復旧を図るため、海水ポンプ電動機の予備品を確保する。

d. 低温停止状態に向けたさらなる設備充実

海水ポンプが機能を喪失した場合においても、原子炉補機冷却水クーラに海水を供給し、余熱除去クーラを介して燃料の崩壊熱を除去できるようディーゼル駆動式の大容量ポン

プを配置する。

さらに、S/Gへの給水による低温停止状態に向け、ポンプ、ホース等の設備拡充についても行なう。

⑤ 緊急時の使用済燃料貯蔵槽の冷却確保

● 使用済燃料ピット冷却機能の強化

使用済燃料ピットへの水補給方法を多様化するため、外部から使用済燃料ピットへ消火水等を注入するための配管等を敷設する。

⑥ 各原子力発電所における構造等を踏まえた当面必要となる対応策の実施

a. 津波の衝撃力緩和対策

津波による衝撃力を緩和するため、防潮堤を設置する。

b. 安全上重要な設備の浸水対策の強化

タービン動補助給水ポンプ、D/G、受電盤等のプラント安全上重要な設備の津波による浸水対策の強化を図るため、水密扉への取替えを行なう。また、今後得られる新知見や多様なリスクへの対応を勘案し、既設設備への影響等を評価した上で浸水防止措置の適用範囲を拡大していく。

c. 海水ポンプの津波対策強化

海水ポンプへの津波の影響を低減するため、海水ポンプエリアに防護壁を設置する。

7. 今後の対応

現在の対策については、これまでに判明している知見に基づいたものであり、今後も事故の推移を注意深く見守っていく。特に事故に伴い発生した放射性物質を含んだ廃液の取り扱いについては、大きな新たな課題の一つになってきていることから、この点も含め、引き続き、情報収集、分析を行なうと共に、併せて設備面からの対策も含め、検討を継続して実施していく。

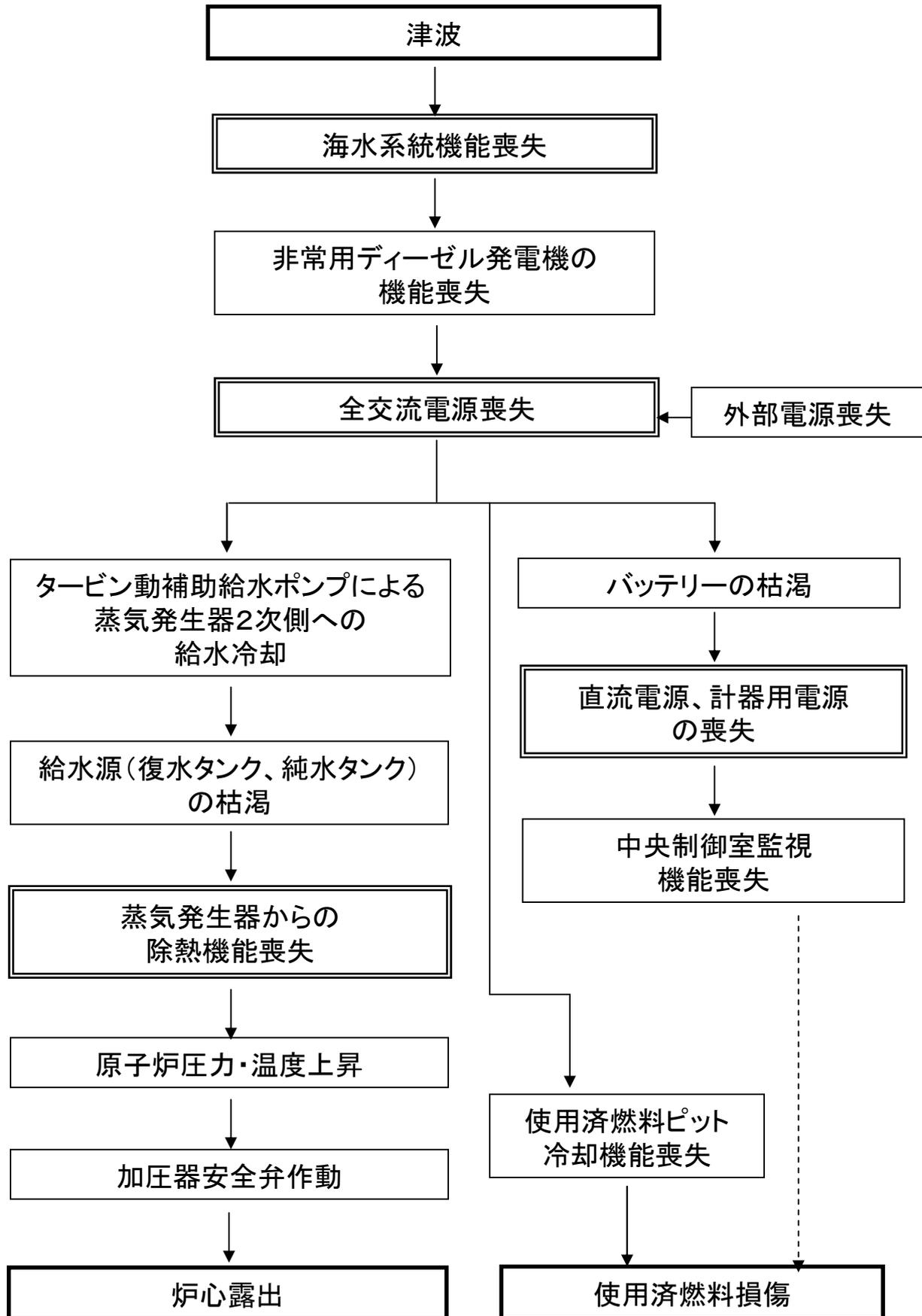
事故の全体像の解明が進み、事故シーケンスの分析や評価が行なわれた後には、これらに対応した抜本的対策を適切に講じていく。

以 上

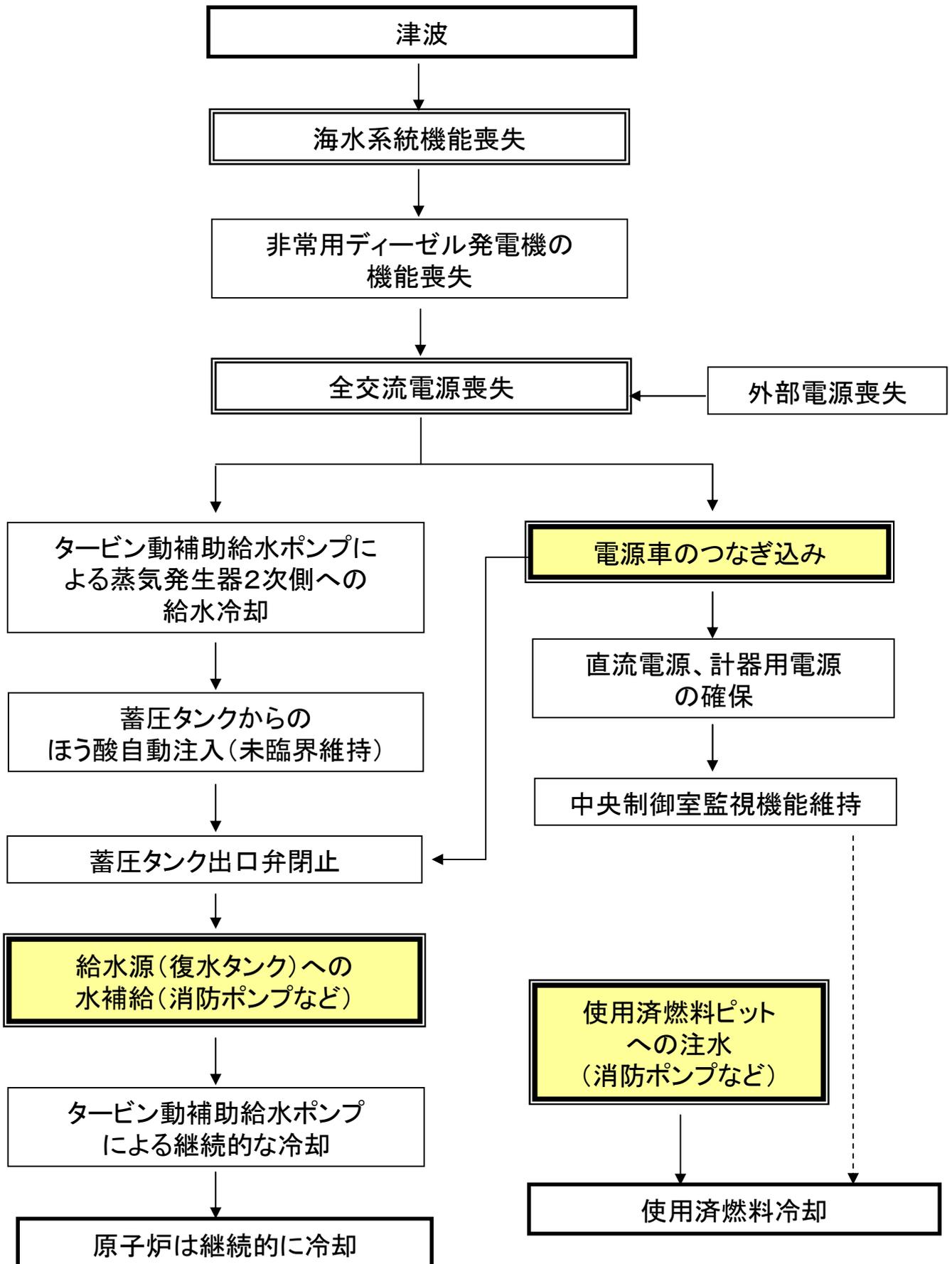
添付資料

- － 1 : PWRにおける津波発生時の事象（緊急安全対策実施前）
- － 2 : PWRにおける津波発生時の事象（緊急安全対策実施後）
- － 3 : 電源車による給電方法
- － 4 : タービン動補助給水ポンプによる蒸気発生器への給水確保方法
- － 5 : 使用済燃料ピットへの水補給方法
- － 6 : 電源容量の評価及び妥当性
- － 7 : 蒸気発生器への給水評価
- － 8 : 使用済燃料ピットへの給水評価
- － 9 : 電源機能等喪失時対応における改善事項
- － 10 : 緊急点検実施結果
- － 11 : 訓練実施結果
- － 12 : 原子力防災組織
- － 13 : 電源車等の配置
- － 14 : 消防ポンプ及び消火ホースの配置（復水タンクへの給水）
- － 15 : 消防ポンプ及び消火ホースの配置（使用済燃料ピットへの給水）
- － 16 : 浸水防止措置の概要
- － 17 : 主要機器設置レベル（概念図）
- － 18 : 低温停止状態までのプロセス
- － 19 : 設備強化対策の概要
- － 20 : 設備強化対策の工程

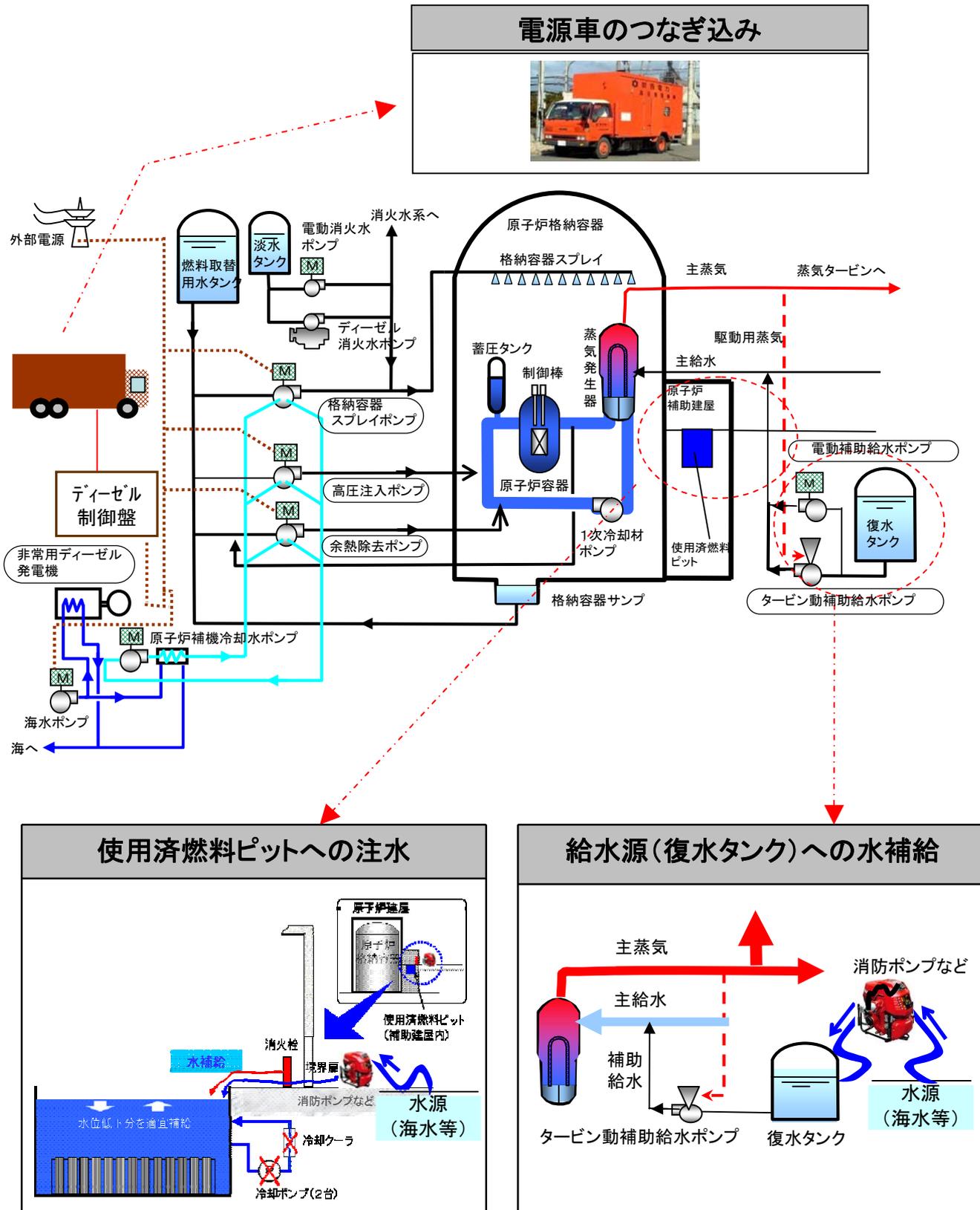
PWRにおける津波発生時の事象 (緊急安全対策実施前)



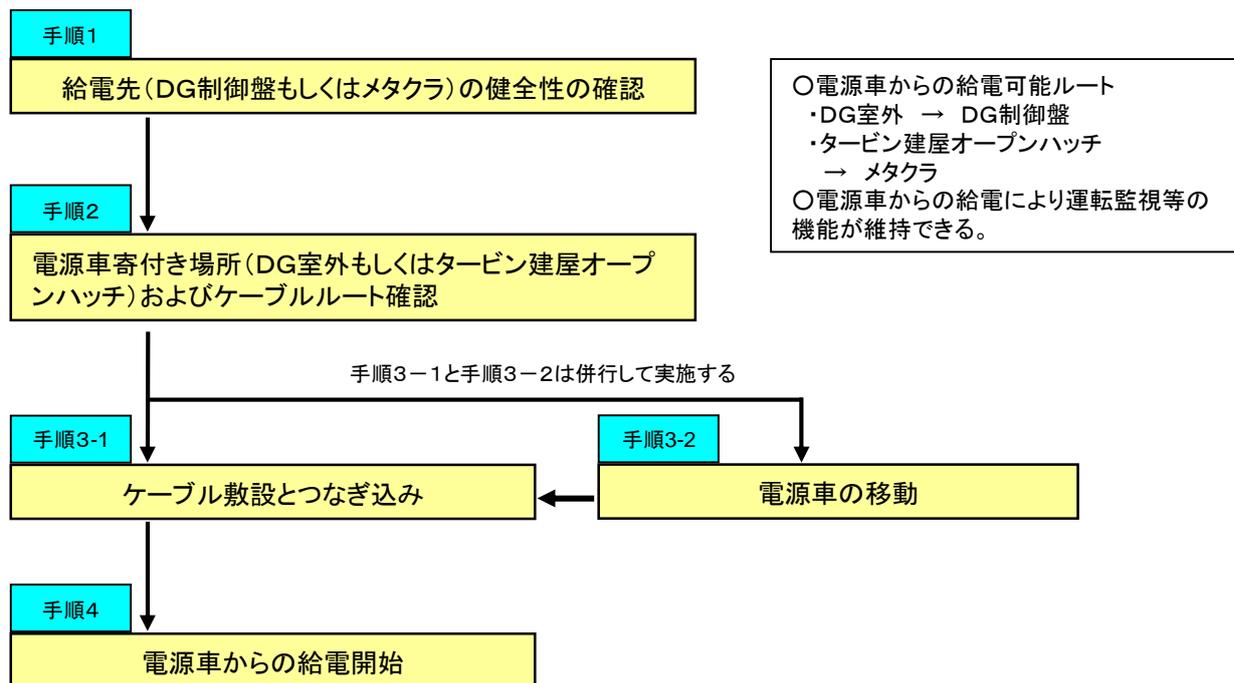
PWRにおける津波発生時の事象 (緊急安全対策実施後)



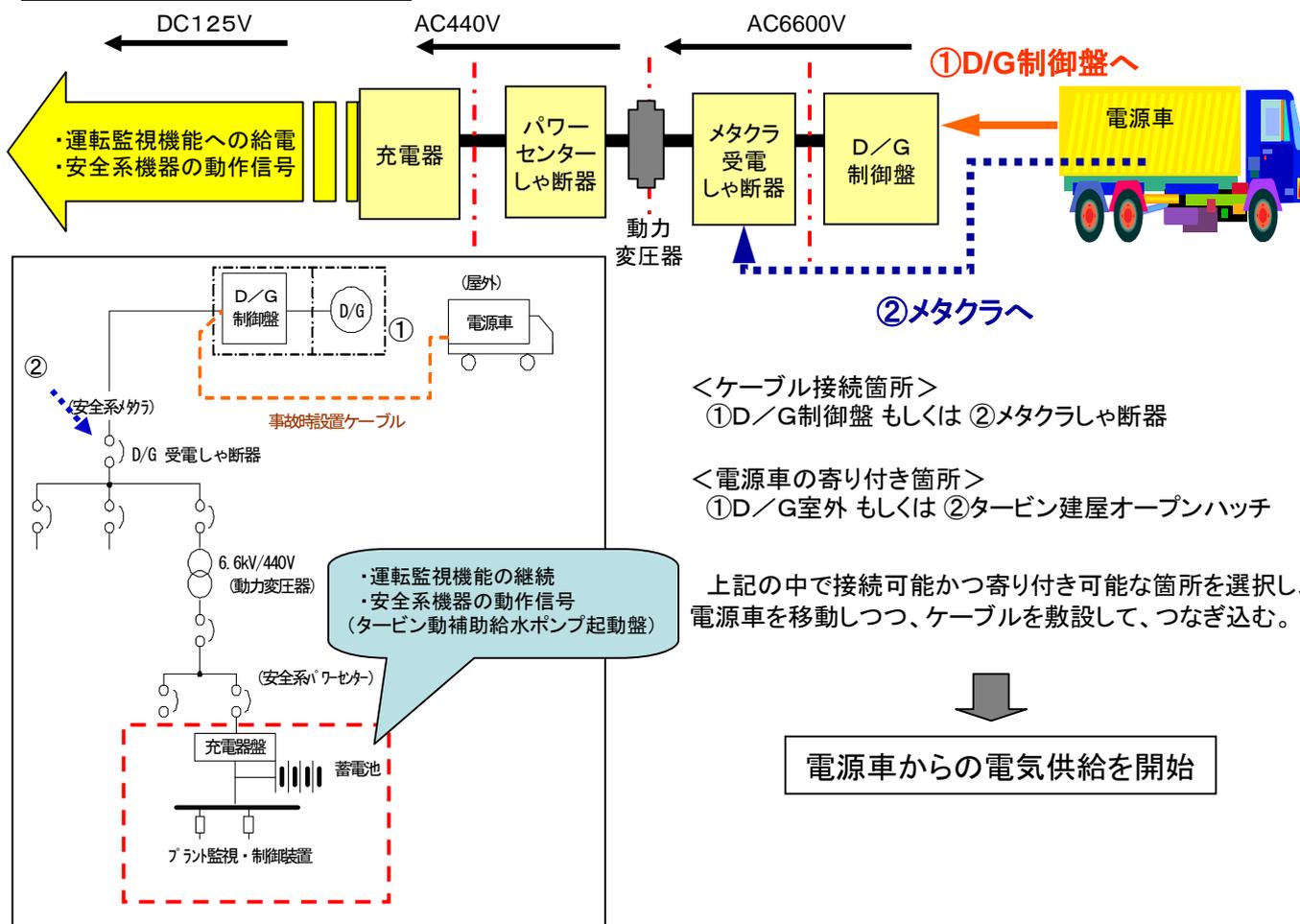
PWRにおける津波発生時の事象 (緊急安全対策実施後のイメージ)



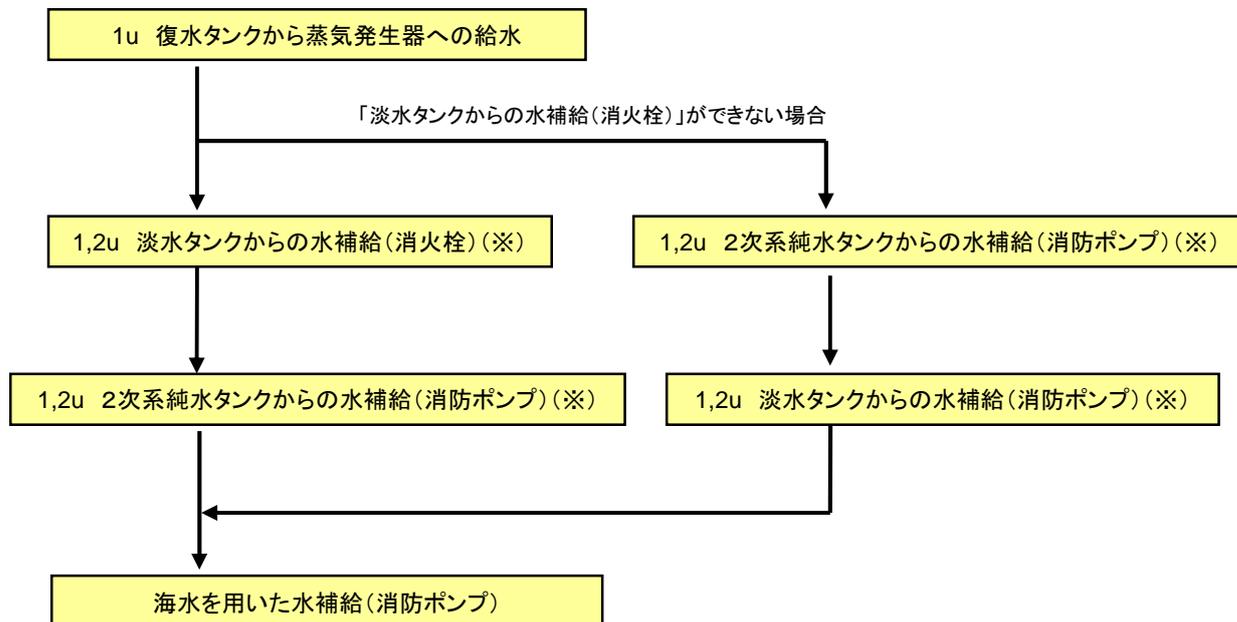
電源車による給電方法 (美浜1, 2, 3号機)



電源車による接続手段



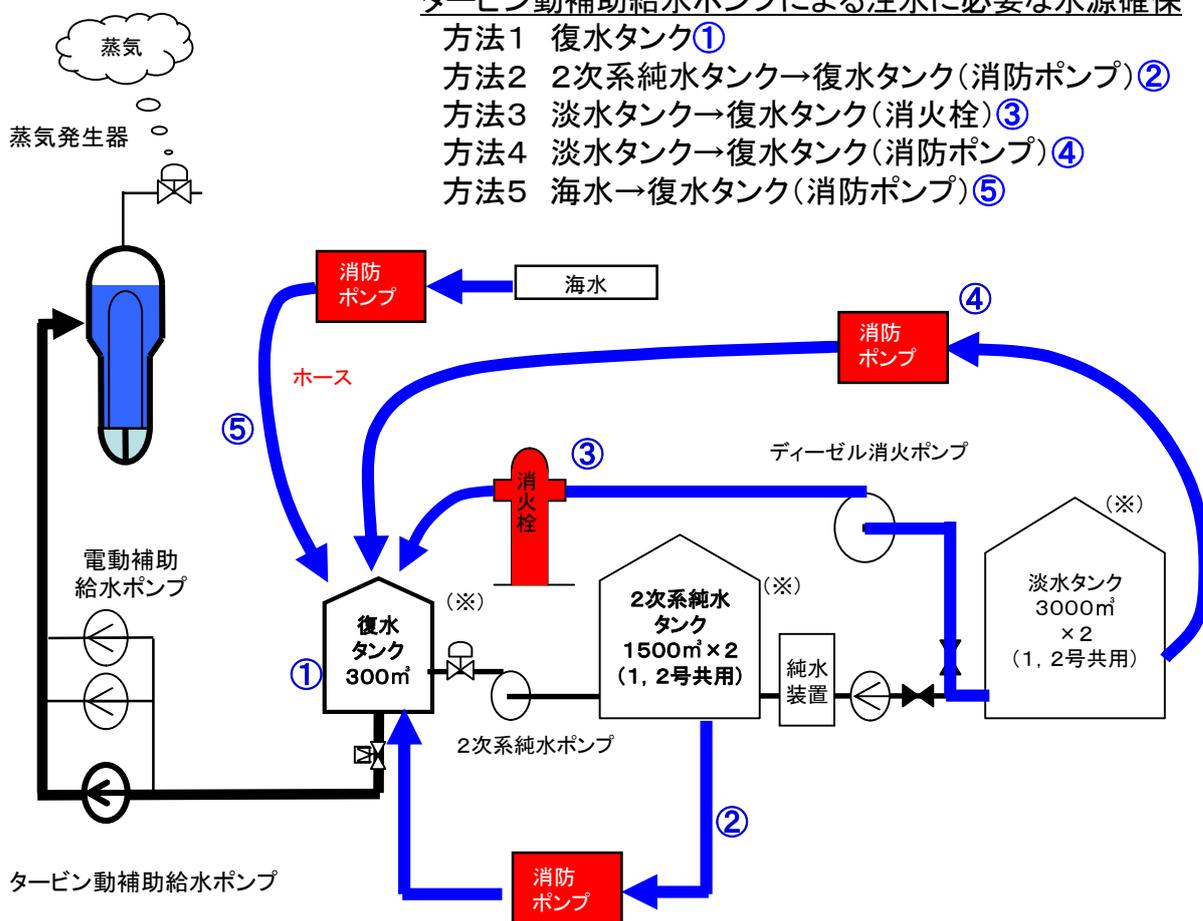
タービン動補助給水ポンプによる蒸気発生器への給水確保方法
(美浜1号機の場合)



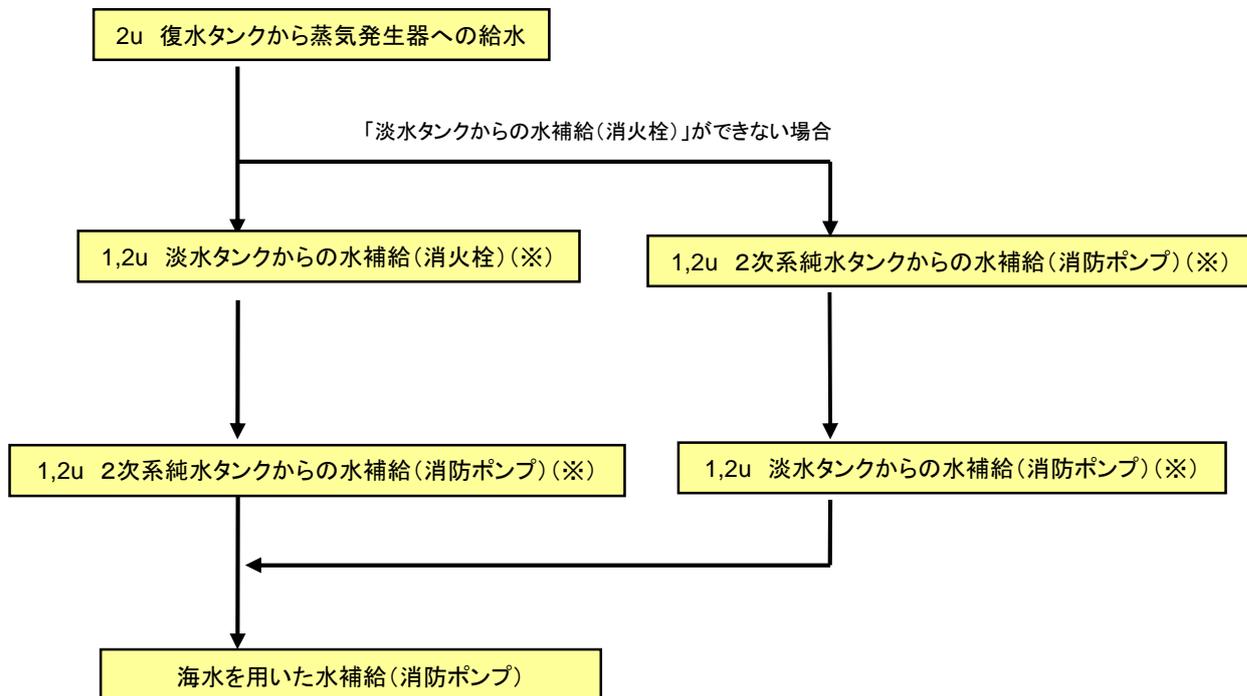
※タンクの損壊または流出等により、水源が使用できない場合は次の水源を使用する。

タービン動補助給水ポンプによる注水に必要な水源確保

- 方法1 復水タンク①
- 方法2 2次系純水タンク→復水タンク(消防ポンプ)②
- 方法3 淡水タンク→復水タンク(消火栓)③
- 方法4 淡水タンク→復水タンク(消防ポンプ)④
- 方法5 海水→復水タンク(消防ポンプ)⑤



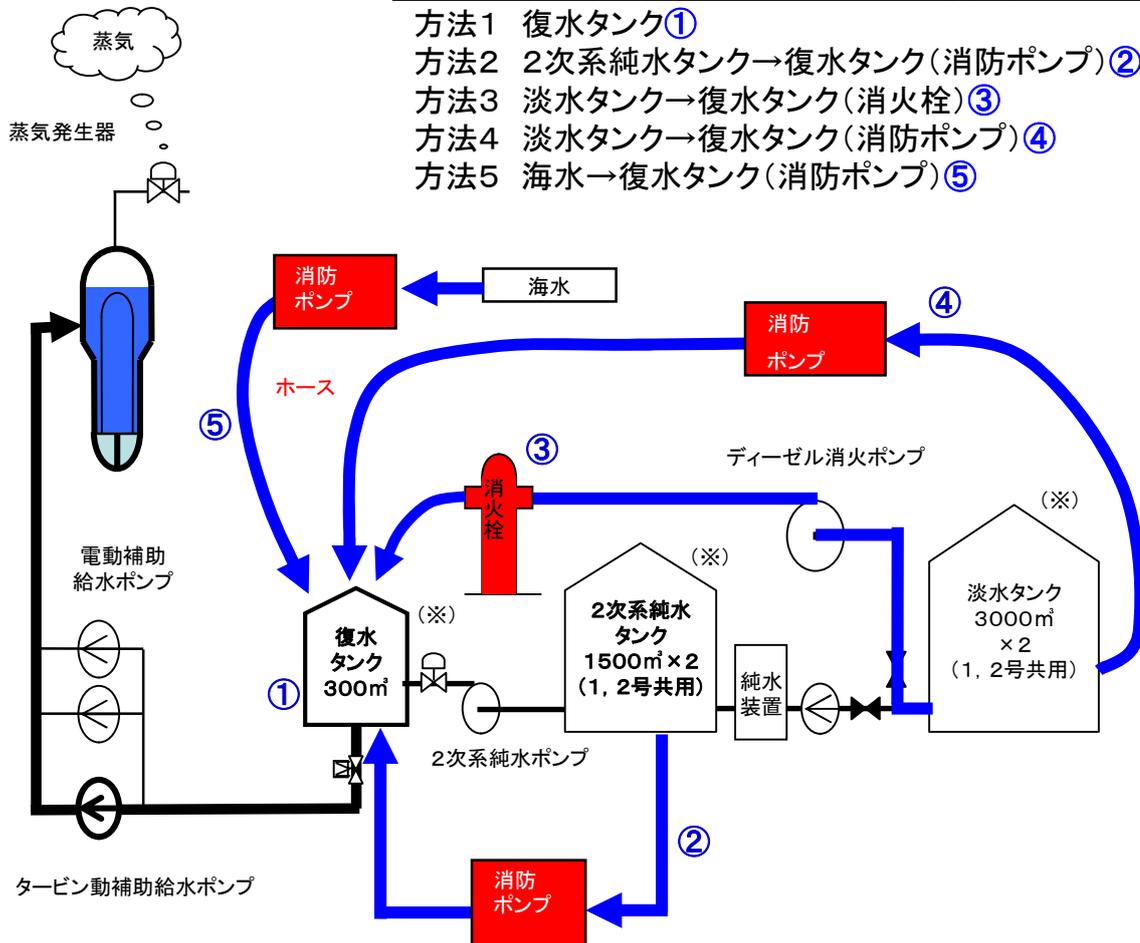
タービン動補助給水ポンプによる蒸気発生器への給水確保方法 (美浜2号機の場合)



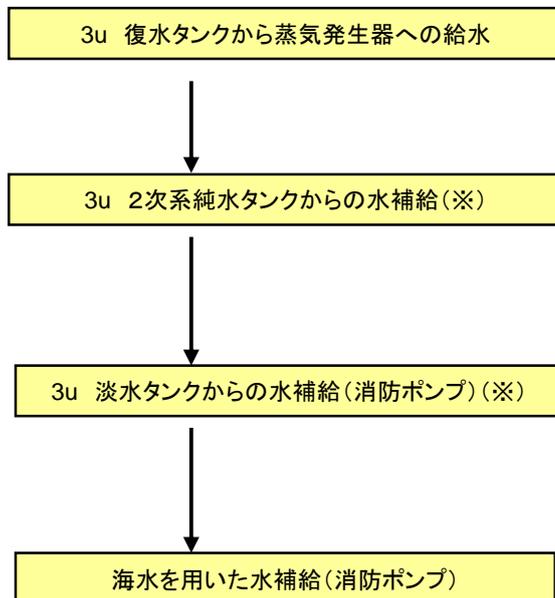
※タンクの損壊または流出等により、水源が使用できない場合は次の水源を使用する。

タービン動補助給水ポンプによる注水に必要な水源確保

- 方法1 復水タンク①
- 方法2 2次系純水タンク→復水タンク(消防ポンプ)②
- 方法3 淡水タンク→復水タンク(消火栓)③
- 方法4 淡水タンク→復水タンク(消防ポンプ)④
- 方法5 海水→復水タンク(消防ポンプ)⑤



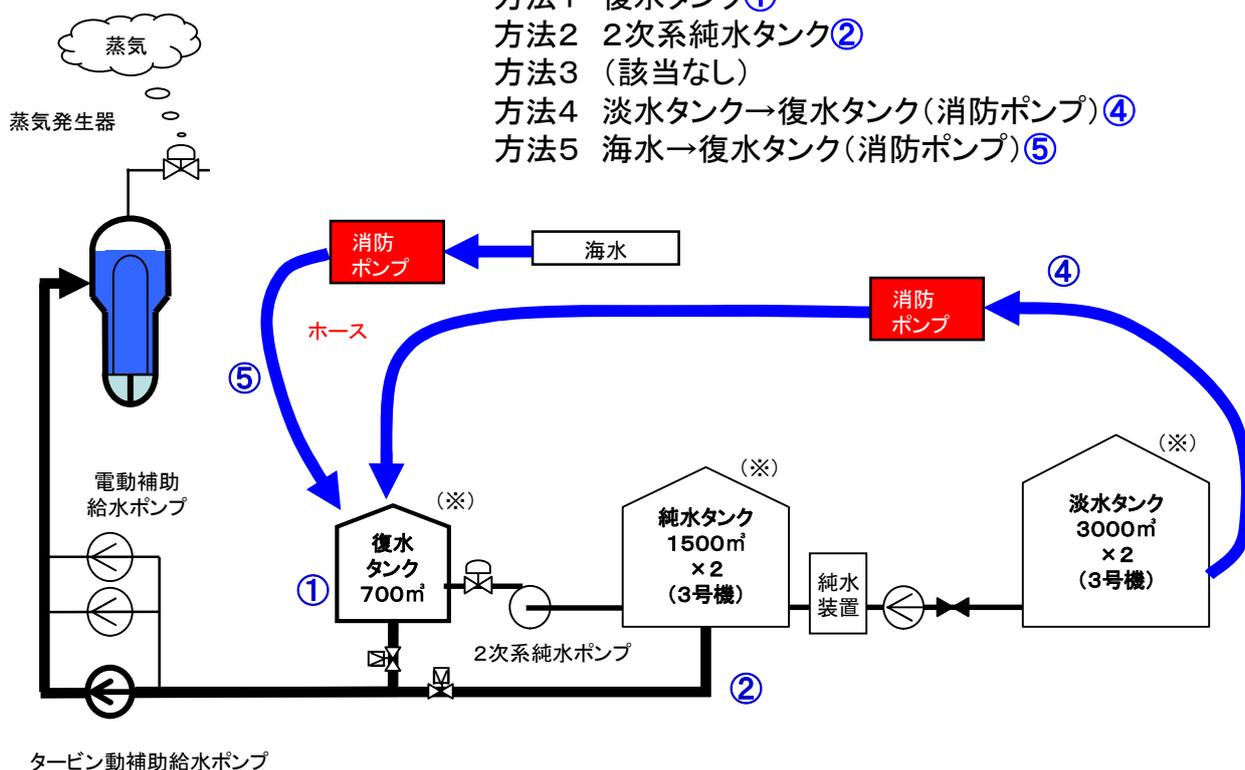
タービン動補助給水ポンプによる蒸気発生器への給水確保方法
(美浜3号機の場合)



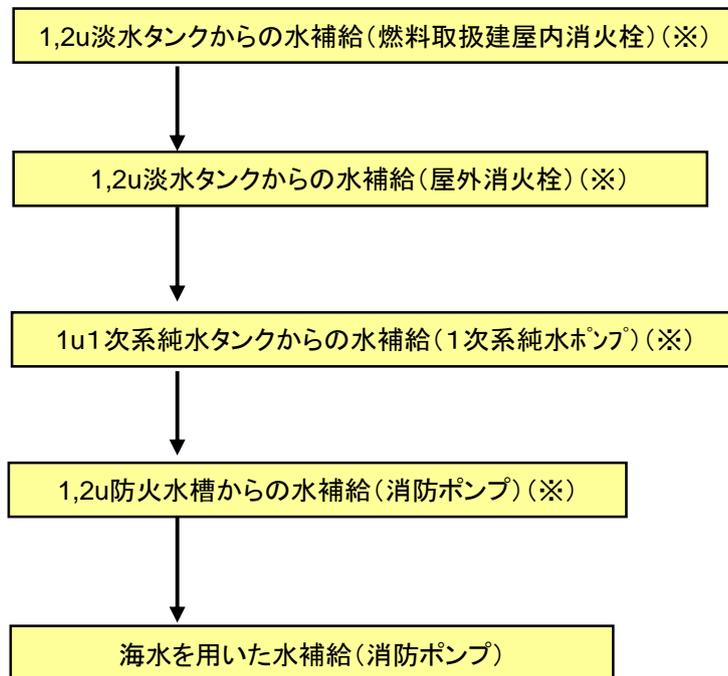
※タンクの損壊または流出等により、水源が使用できない場合は次の水源を使用する。

タービン動補助給水ポンプによる注水に必要な水源確保

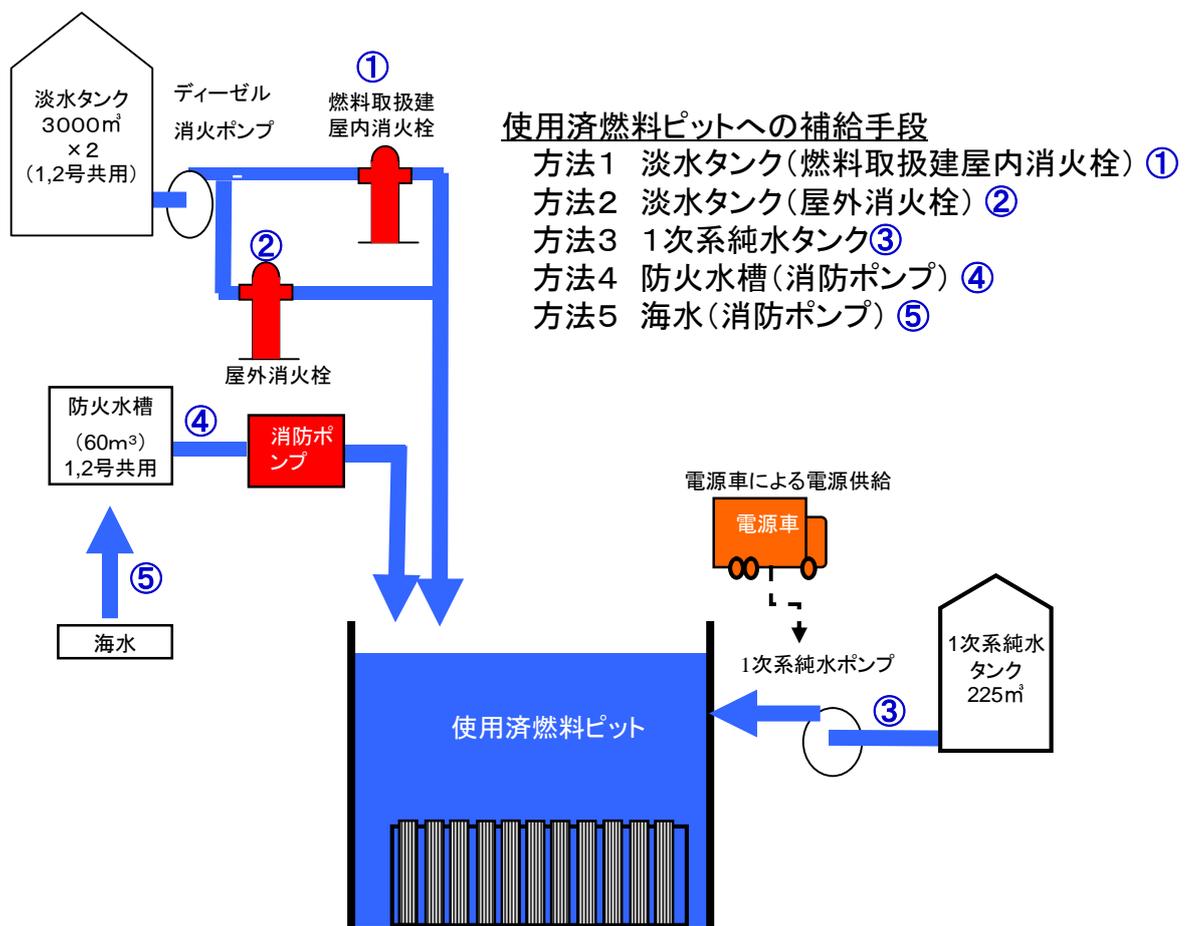
- 方法1 復水タンク①
- 方法2 2次系純水タンク②
- 方法3 (該当なし)
- 方法4 淡水タンク→復水タンク(消防ポンプ)④
- 方法5 海水→復水タンク(消防ポンプ)⑤



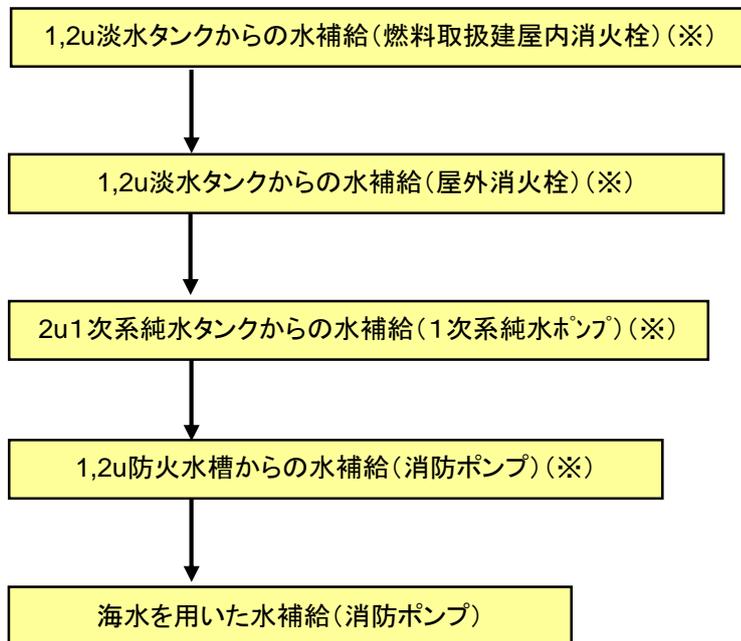
使用済燃料ピットへの水補給方法 (美浜1号機の場合)



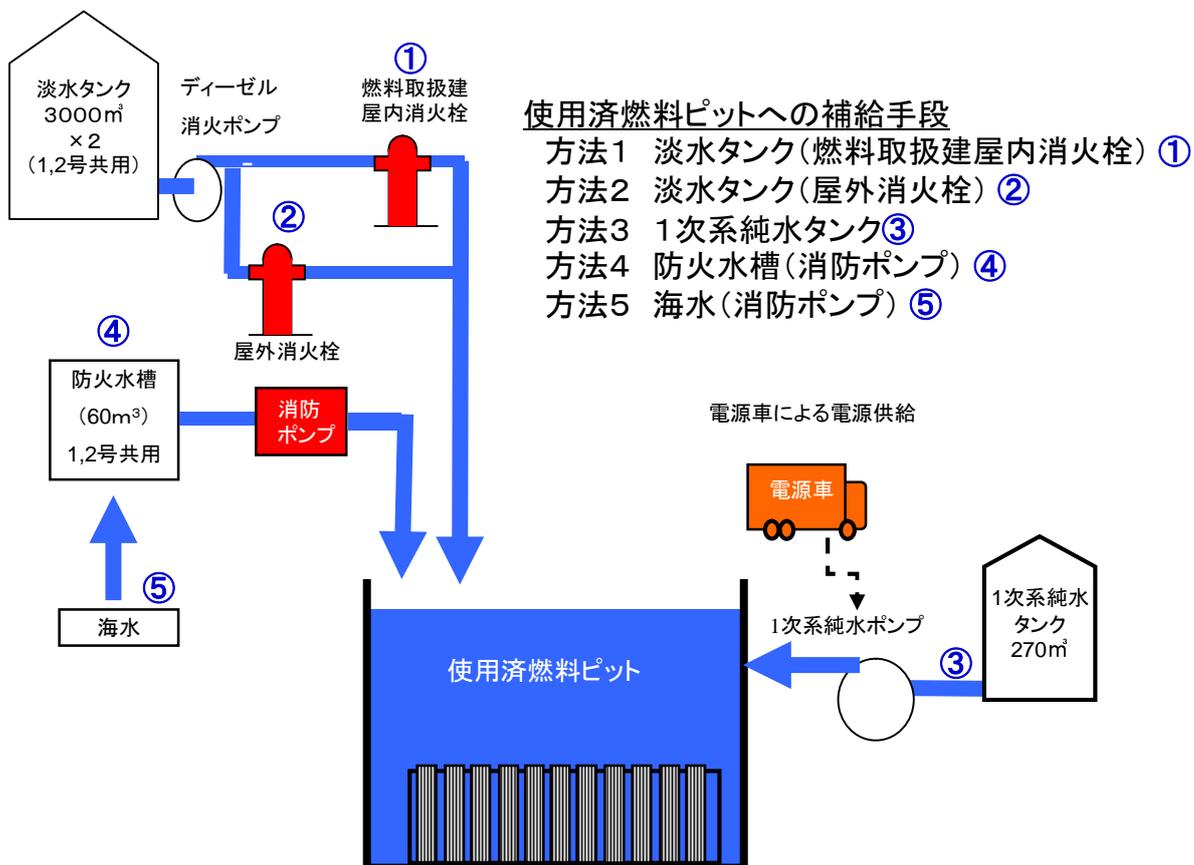
※タンクの損壊または流出等により、水源が使用できない場合は次の水源を使用する。



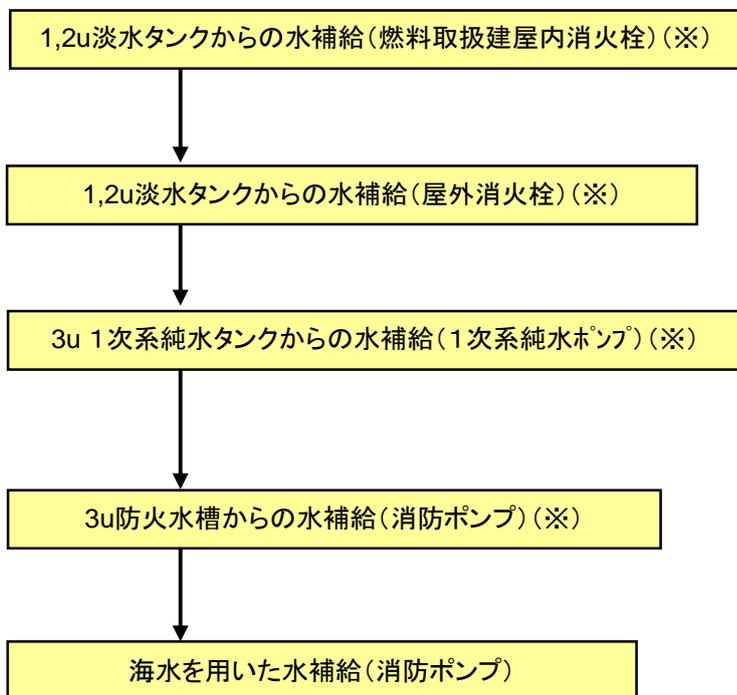
使用済燃料ピットへの水補給方法
(美浜2号機の場合)



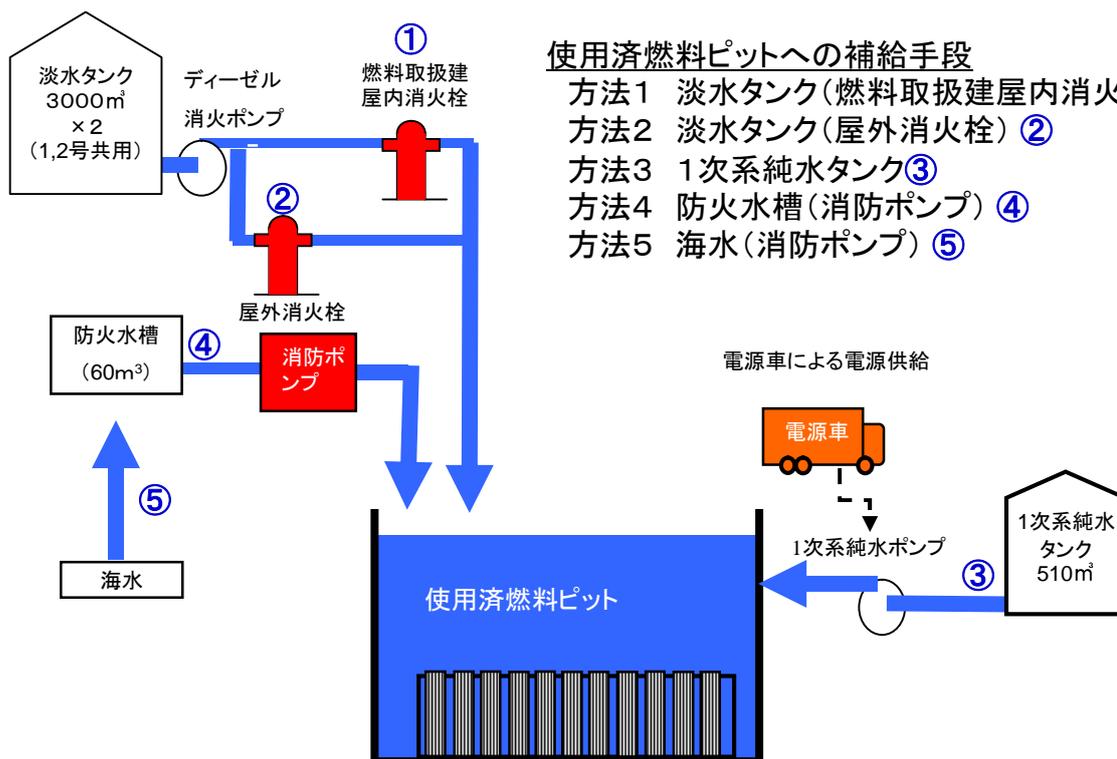
※タンクの損壊または流出等により、水源が使用できない場合は次の水源を使用する。



使用済燃料ピットへの水補給方法
(美浜3号機の場合)



※タンクの損壊または流出等により、水源が使用できない場合は次の水源を使用する。



使用済燃料ピットへの補給手段

- 方法1 淡水タンク(燃料取扱建屋内消火栓) ①
- 方法2 淡水タンク(屋外消火栓) ②
- 方法3 1次系純水タンク③
- 方法4 防火水槽(消防ポンプ) ④
- 方法5 海水(消防ポンプ) ⑤

電源容量の評価及び妥当性

1. 評価の目的

想定事象に対する対応シナリオ等を遂行するに当たっては、全交流電源喪失の状態の下でプラント監視機能を維持し、原子炉及び使用済燃料ピット（以下、SFP）の冷却を継続的かつ安定的に行うことができるよう、期待する設備に電源車から電気を供給する必要がある。このため、配備する電源車の電源容量がシナリオ等において期待する設備を稼働させるのに十分な電源容量を有していることを評価し、その妥当性を確認する。

併せて、電源車が継続して発電するためには、そのための燃料を絶やさずに供給することが必要であり、その点についても評価を行なった。

2. 期待する設備と必要電源容量

シナリオ等の遂行において期待する設備と、それぞれの設備に必要な電源容量は、次の通りである。

図1に美浜1号機を例に示すが、電源容量については個々に異なるため、別表1、2にまとめた。

(1) 直流電源

交流電源喪失時に直流電源から直接給電される直流母線に繋がる設備として、

- ・ 計器用電源装置
- ・ 中央監視・制御
- ・ 非常用ディーゼル発電機初期励磁・制御盤
- ・ タービン動補助給水ポンプ起動盤など

があり、これらの負荷は各々2系統ずつあり、その合計は52.7kVAである。直流母線と電源車接続先である所内開閉装置との間には充電器があり、この定格出力から変換効率を考慮すると、電源車に求められる必要な電源容量は、約174kVAである。（別表1参照）

(2) 計器用電源

交流電源喪失時に交流電源または、直流電源からインバータを介して給電される計器用母線に繋がる設備として、

- ・ 安全保護装置
- ・ 原子炉制御装置
- ・ 放射線監視装置（RMS）など

があり、これらの負荷は各々4系統ずつあり、その合計は13.6kVAである。計器用母線と所内開閉装置との間には計器用電源装置があり、その定格出力から変換効率を考慮すると、電源車に求められる必要な電源容量は、約58kVAである。（別表2参照）

以上の（１）及び（２）については、全交流電源喪失時のベースとなる電源容量であり、美浜１号機の場合、合計 $174+58=232\text{kVA}$ となる。

（３）その他シナリオ等遂行に必要な機器

ベースとなる電源容量以外に、蒸気発生器への給水確保においては、蓄圧タンク出口電動弁の閉止のために、また、SFPへの給水確保では、１次系純水タンクの水をSFPに補給するための１次系純水ポンプを起動するために、それぞれ電源車からの電源が必要である。

また、低温停止に移行する際には、１次系の温度低下に伴う反応度添加に備えほう酸を注入し、その濃度を高めておくためにほう酸ポンプを起動する必要がある、この電源としても期待している。

これらの機器が必要とする電源容量は下記の通りである。また、１次系純水ポンプやほう酸ポンプについては定格時の容量と、起動時に数秒の間生じる比較的大きな起動時容量とがあり、その値も併記した。（別表３参照）

- ・ 蓄圧タンク出口電動弁：定格時容量 29kVA
(起動時容量は短時間であるため無視できる)
- ・ １次系純水ポンプ：定格時容量 28kVA
起動時容量 86kVA
- ・ ほう酸ポンプ：定格時容量 14kVA
起動時容量 37kVA

3. 電源容量についての評価と妥当性

以上の設備の電気負荷から、配備する電源車の電源容量について評価してみると、ベースとなる電源容量に、各ポンプが起動する際の最大の必要容量を加え、 $232+86+14=332\text{kVA}$ （ベース＋１次系純水ポンプ起動時＋ほう酸ポンプ定格時）となる。（起動時容量は数秒間のみ生じるため、同時に２台のポンプの起動時容量を考慮する必要はない。）

配備する電源車の電源容量である 500kVA はこれらに対して十分な電源容量を有していると判断できる。

他のプラントにおいても、配備した電源車の電源容量と必要な電気負荷について、別表４の通りであり、いずれのプラントにおいても必要な電源容量を有している。

4. 電源車の発電に必要な燃料の貯蔵量及び供給方法

電源車への燃料については、各発電所に備えている補助ボイラ燃料タンクに備蓄されている燃料を使用する。補助ボイラ燃料タンク容量は下記の通りである。

補助ボイラ燃料タンク内燃料を、各発電所に備えたタンクローリーに移送し、タンクローリーにて各プラントに配備された電源車に給油する。

各電源車の発電用燃料タンク容量はそれぞれの電源容量によって異なるが、配備された電源車の発電用燃料タンク容量と連続運転可能時間から、発電所に備えられた補助ボイラ燃料タンク容量（全量の40%油量）と、給油可能連続日数は下記の通りとなる。

- ・ タンク容量：350m³（1～3号機共用）
- ・ 油量（タンク容量の40%）：140m³（1～3号機共用）
- ・ 給油可能連続日数：約32日

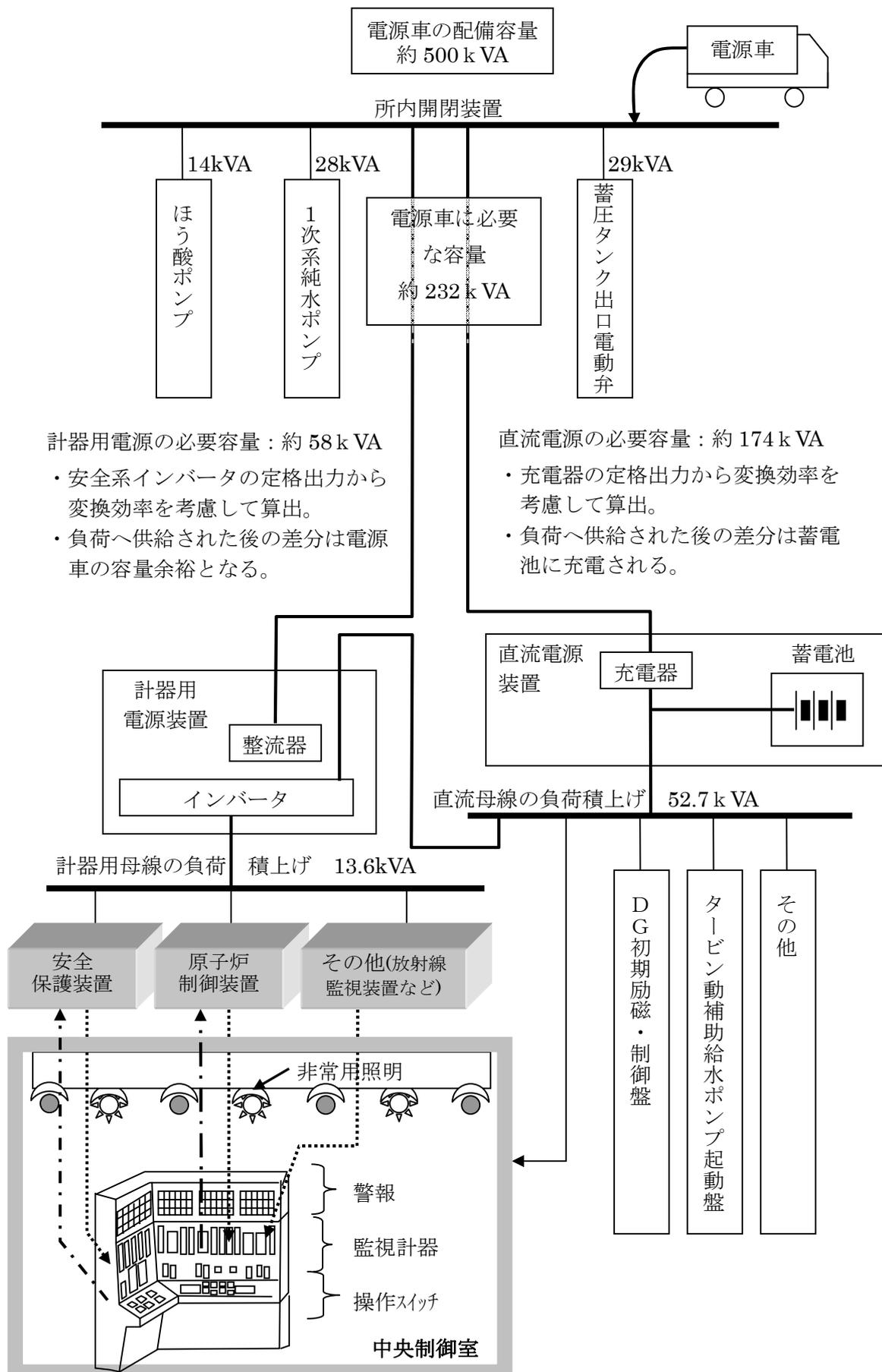
5. 発電に必要な燃料についての評価の妥当性

電源車の連続運転については、発電所内の補助ボイラ燃料タンクに備蓄された燃料を、発電所に配備されているタンクローリーを用いて各電源車に給油することにより、1ヶ月程度、電源車による電源供給が可能である。

以上

図1：交流電源と直流電源および、計器用電源の負荷イメージ

<美浜1号機の例>



別表1: 直流電源負荷内訳

プラント	トレン	計器用 電源装置(A)	タービン動補助給水 ポンプ起動盤(A)	DG初期励磁 制御盤(A)	中央監視制御(A)	その他(所内開閉装置 制御電源、非常用照 明、外部電源受電装 置制御電源)(A)	合計 (A)	合計 (kVA)	ユニット合計 (kVA)
美浜1号機	A系	74.0	4.2	4.2	34.0	6.2	122.6	30.5	52.7
	B系	75.0	0.0	4.2	5.5	4.4	89.1	22.2	
美浜2号機	A系	73.0	4.2	2.5	40.0	43.8	163.5	37.7	79.8
	B系	76.5	0.0	3.3	20.0	82.7	182.5	42.1	
美浜3号機	A系	105.0	4.3	3.3	39.2	21.1	172.9	39.9	73.4
	B系	105.0	4.3	2.7	22.4	10.9	145.3	33.5	
備考		原子炉制御装置、 安全保護装置、放 射線監視装置など	タービン動補助給水ポ ンプ運転制御	DG起動、電圧、運転制 御	原子炉制御装置、安全 保護装置、電磁弁他	遮断器投入、開放、非常 用照明他			

注) 合計(kVA換算値) = 直流負荷電流(A) × 直流母線電圧129(V) ÷ 整流器効率0.8 ÷ 整流器力率0.7 (美浜1号機のみ0.65)

別表2:計器用電源負荷内訳

プラント	トレン	原子炉制御装置	安全保護装置	その他 (放射線監視装置など)	合計 (kVA)	ユニット合計 (kVA)
美浜1号機	A計器用電源	0.7	0.9	2.1	3.7	13.6
	C計器用電源	0.5	0.8	1.7	3.0	
	B計器用電源	0.9	0.8	2.6	4.3	
	D計器用電源	0.6	0.6	1.4	2.6	
	A系	1.2	1.7	3.8	6.7	
	B系	1.5	1.4	4.0	6.9	
	A計器用電源	0.5	1.4	1.9	3.8	
	C計器用電源	0.4	1.5	1.8	3.7	
美浜2号機	B計器用電源	1.4	1.2	1.2	3.8	15.9
	D計器用電源	0.3	0.9	3.4	4.6	
	A系	0.9	2.9	3.7	7.5	
	B系	1.7	2.1	4.6	8.4	
	A計器用電源	0.4	1.1	3.7	5.2	
	C計器用電源	0.3	1.7	2.3	4.3	
	B計器用電源	0.5	1.4	2.4	4.3	
	D計器用電源	0.5	0.8	4.7	6.0	
美浜3号機	A系	0.7	2.8	6.0	9.5	19.8
	B系	1.0	2.2	7.1	10.3	

注)計器用電源は、全ての負荷に給電している。(直流電源とは異なり、負荷の切り離しは実施しない)

・原子炉制御装置及び安全保護装置は中央制御室における運転監視、操作上必要な各種パラメータ(加圧器水位、1次冷却材圧力/温度、蒸気発生器水位、補助給水流量等)の表示のため、検出器、伝送器、ラック、指示計への電源を給電している。(今回の地震、津波等に起因する全交流電源喪失事象においては、常用母線の電圧低下あるいは地震加速度検出により、原子炉保護装置は作動し、制御棒は挿入されており、以降の安全保護系ロジックの作動は不要であるが、運転監視操作上の観点から必要とされるものである)

・放射線監視装置についても、安全上重要な事故時監視計器である格納容器エリアモニタの指示を監視するために必要としている。

別表3:シナリオ等遂行に必要な機器類の電源容量

プラント	蓄圧タンク 出口弁閉止容量 [kVA]	1次系純水ポンプ		ほう酸ポンプ		ポンプの最大 必要容量 [kVA] (1次系純水ポンプ起動 +ほう酸ポンプ定格)
		定格運転 必要容量 [kVA]	起動時 必要容量 [kVA]	定格運転 必要容量 [kVA]	起動時 必要容量 [kVA]	
美浜1号機	29	28	86	14	37	100
美浜2号機	33	38	117	13	36	130
美浜3号機	68	19	58	13	36	71

【蓄圧タンク出口弁の閉止容量について】
事故時SBO所則に基づき、蓄圧タンク出口弁(C/C負荷電動弁)閉止操作のための電源が必要であるが、出口弁の閉止にかかる時間は十数秒間であり、その後は操作することがないため、閉止にかかる短時間の操作電力は配備容量の余裕分での給電できることから積み上げ表には記載していない。

【1次系純水ポンプ、ほう酸ポンプの電源容量について】
当該負荷は、配備容量の余裕分での給電できることから積み上げ表には記載していない。
(負荷起動時の起動電流を考慮しても、配備容量をも上回る事は無い事は確認してある。)

別表4：原子炉除熱、運転監視継続のために必要な機器類の電源容量

プラント	直流電源 [kVA]	計器用電源 [kVA]	必要容量 [kVA]	配備容量 [kVA]	容量余裕 [kVA]	ポンプの想定最大 必要容量[kVA]
美浜1号機	約 174	約 58	約 232	約 500	約 268	約 100
美浜2号機	約 217	約 58	約 275	約 800	約 525	約 130
美浜3号機	約 249	約 44	約 293	約 400	約 107	約 71

蒸気発生器への給水評価

美浜1号機における蒸気発生器への給水評価

1. シナリオ

蒸気発生器（以下、S/G）への給水については、図1の通り、水源を確保しながら、原子炉の冷却を継続して行なう。本運用について、各タンク等を水源として、S/G 2次側への必要補給水量を評価した。

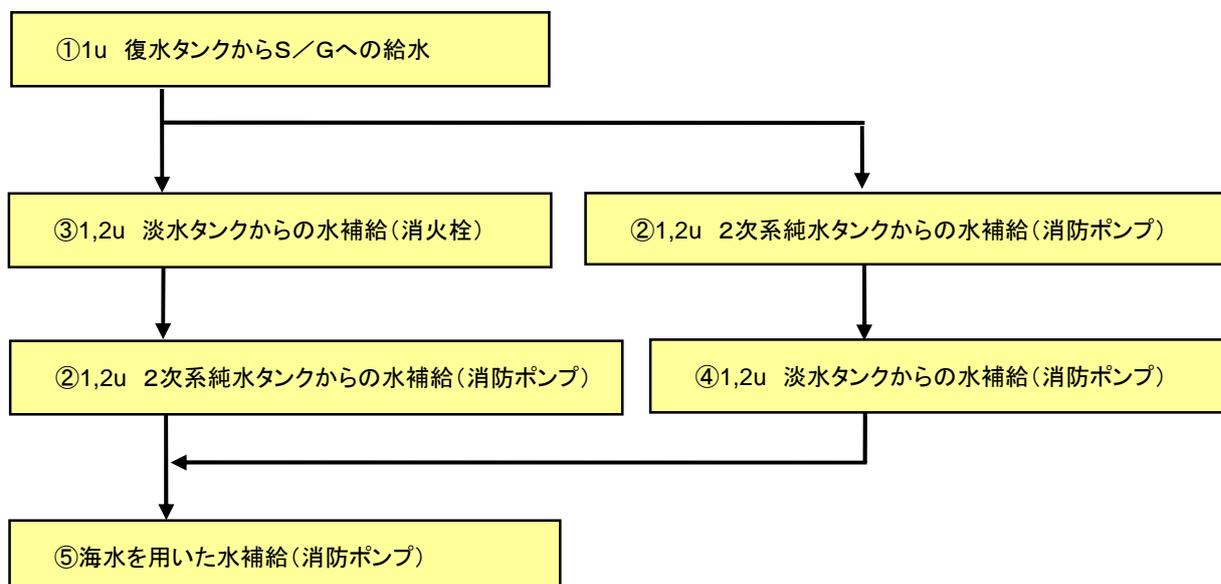


図1. 給水シナリオ

2. 前提条件

最も厳しい崩壊熱を想定するため、原子炉内には、48,000MWd/t（3回照射）、32,000MWd/t（2回照射）、及び16,000MWd/t（1回照射）の燃焼度のウラン燃料（初期濃縮度3.8wt%）が、それぞれ1/3存在するとした。これらは約1年間運転を行なった状態である。

また、これらの燃料から発生する崩壊熱は1次冷却材により除熱され、1次冷却材の熱はS/Gにて2次側器内水に伝達される。S/G 2次側器内水は蒸気となるため、タービン動補給水ポンプ（以下、AFWP）により、S/G 2次側に継続して安定した給水を行う必要がある。また、電源等の復旧後、すみやかに余熱除去系を用いた1次冷却材の冷却が可能となるよう高温停止状態（1次冷却材システムの温度を170℃、圧力を0.7MPa）まで冷却・減圧し維持することとした。

3. 必要補給水量

上記の前提条件のもと、S/G必要補給水量は、下記式1にて計算できる。

$$S/G\text{必要補給水量}[\text{m}^3/\text{h}] = \frac{\text{崩壊熱}[\text{MW}] \times 10^3 \times 3600}{(S/G\text{2次側飽和蒸気比エンタルピー} - \text{補給水比エンタルピー})[\text{kJ}/\text{kg}] \times \text{補給水密度}[\text{kg}/\text{m}^3]}$$

…【式1】

【計算条件】	S/G2次側飽和蒸気比エンタルピー(Tcold150℃)	: 2745 kJ/kg ^{*1}
	補給水比エンタルピー(40℃)	: 167 kJ/kg ^{*1}
	補給水密度(40℃)	: 992 kg/m ³ ^{*1}

*1: 1999日本機械学会蒸気表

4. 時間軸に応じた評価

(1) 設備

図1におけるシナリオにて期待している水源となるタンクの容量については、①復水タンク：約300m³×1基、②2次系純水タンク：約1500m³×2基（2号と共用）、③淡水タンク：約3000m³×2基（2号と共用）であるが、これらが満水状態で使えることは想定せず、下記条件を設定した。

① 復水タンク：保安規定値の水量	200 m ³
② 2次系純水タンク：40% ^{*1} 水量を保有	600 m ³
③ 淡水タンク：40% ^{*1} 水量を保有	800 m ³ * ²

(^{*1}: 40%については、実運用を考慮し、保守的な値として設定)
(^{*2}: 使用済燃料ピットの冷却水と共用)

(2) 崩壊熱

「2. 前提条件」の下において、「軽水型動力炉の非常用炉心冷却系の性能評価指針（昭和56年7月20日原子力安全委員会決定、平成4年6月11日一部改訂）」においてその使用が認められている日本原子力学会推奨値（不確定性（3σ）込み）を用いている。

また、アクチニド崩壊熱に関しては十分実績のある ORIGEN2 コード評価値（不確定性（20%）込み）を用いている。評価に用いる崩壊熱曲線を図2に示す。

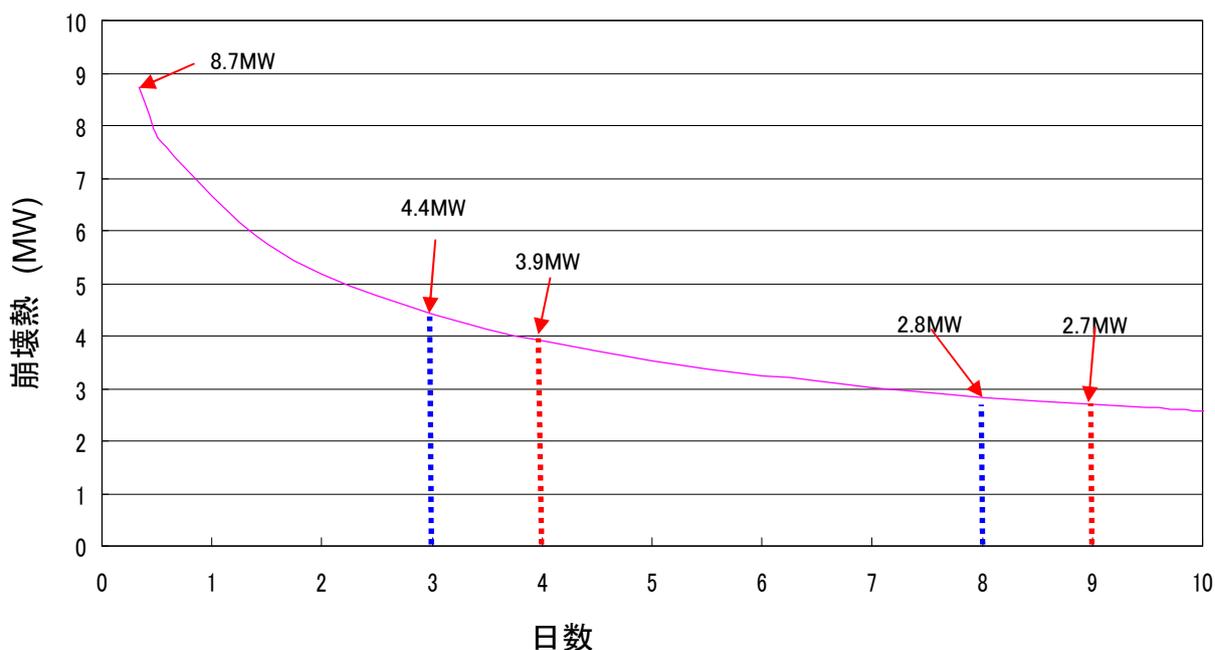


図2. 崩壊熱の変化

(3) 給水流量

全交流電源喪失直後から5時間については、①復水タンクから AFWP を用いて S/G 2 次側に給水する。

その後、①復水タンクの水源がなくなると、②2次系純水タンクまたは、③淡水タンクから復水タンクに水を補給し、同様に AFWP を通じて給水を行なう。この時点での崩壊熱は、図2から 8.7MW であり、この崩壊熱を除去するのに必要な水量は式1より約 13 m³/h である。

その後、崩壊熱量の低下とともに補給水量についても低減しながら原子炉冷却を進める。

①復水タンクの次の補給源として、③淡水タンクを選択した場合、保有水量がなくなる事象発生後約4日後には、崩壊熱は 3.9MW、必要水量は約 6 m³/h となる。

その後、水源を②2次系純水タンクに変更し、復水タンクを経由して、引き続き S/G 2 次側へ AFWP を用いて給水を行なう。図2で示す崩壊熱を除去できる必要な水量を継続して補給し、事象発生後約9日後（淡水タンク以降約5日後）には、2次系純水タンク内の水もなくなり、海水を復水タンクに補給し S/G 2 次側に給水することになる。この時点での崩壊熱は 2.7MW、必要となる水量は約 4 m³/h である。

図3に、S/Gへの補給水量と水源について、これまでの内容を整理した。

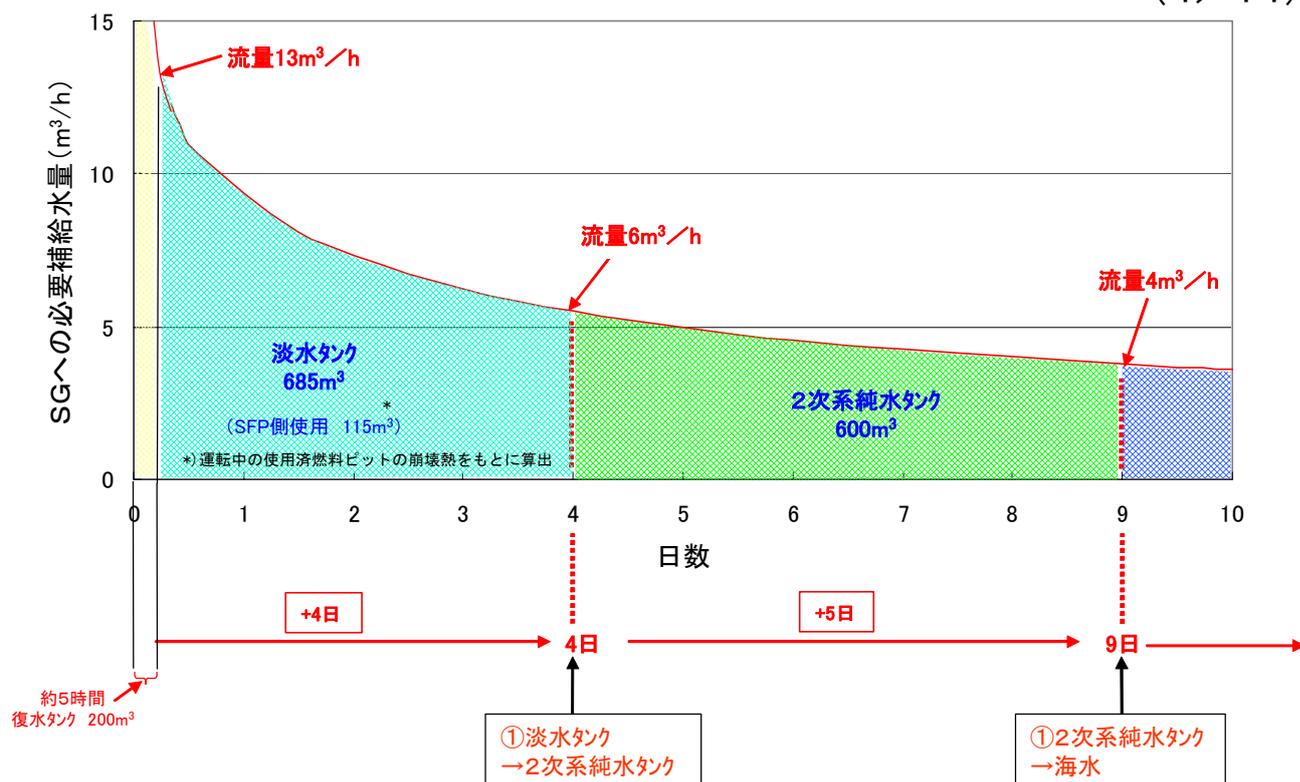


図3 補給水量と水源（シナリオ1：淡水タンク→2次系純水タンク）

①復水タンクの次の補給源として、②2次系純水タンクを選択した場合、保有水量がなくなる事象発生後約3日後には、崩壊熱は4.4MW、必要水量は約7 m³/hとなる。

その後、水源を④淡水タンクに変更し、復水タンクを経由して、引き続きS/G2次側へAFWPを用いて給水を行なう。図2で示す崩壊熱を除去できる必要な水量を継続して補給し、事象発生後約8日後（2次系純水タンク以降約5日後）には、淡水タンク内の水もなくなり、海水を復水タンクに補給しS/G2次側に給水することになる。この時点での崩壊熱は2.8MW、必要となる水量は約4 m³/hである。

図4に、S/Gへの補給水流量と水源について、これまでの内容を整理した。

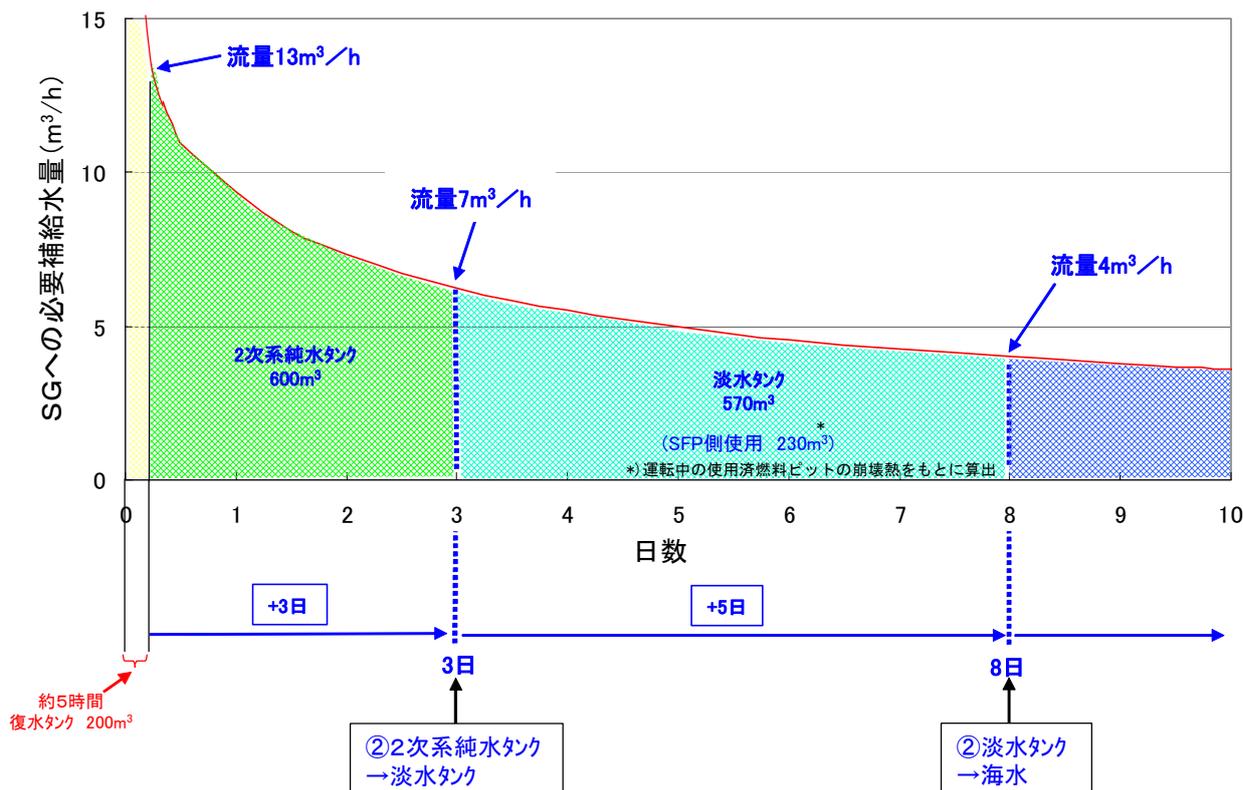


図4 補給水量と水源（シナリオ2：2次系純水タンク→淡水タンク）

5. 結論

全交流電源喪失となった場合に、今回講じた緊急安全対策のシナリオにより、原子炉を安定した高温停止状態に移行し、その後継続してその状態を維持することができることを確認した。

また、シナリオ通りに原子炉の冷却を継続して行なうために必要となるS/G 2次側への補給水量（表1，2参照）に対し、それを上回る水量を復水タンクへ補給できるよう、消防ポンプ台数及び消火ホース本数を設定した。

表1 必要補給水量（シナリオ1：淡水タンク→2次系純水タンク）

	淡水タンクへの切替時	2次系純水タンクへの切替時	海水への切替時
必要補給水量	約 13 m ³ /h	約 6 m ³ /h	約 4 m ³ /h

表2 必要補給水量（シナリオ2：2次系純水タンク→淡水タンク）

	2次系純水タンクへの切替時	淡水タンクへの切替時	海水への切替時
必要補給水量	約 13 m ³ /h	約 7 m ³ /h	約 4 m ³ /h

美浜2号機における蒸気発生器への給水評価

1. シナリオ

蒸気発生器（以下、S/G）への給水については、図1の通り、水源を確保しながら、原子炉の冷却を継続して行なう。本運用について、各タンク等を水源として、S/G 2次側への必要補給水量を評価した。

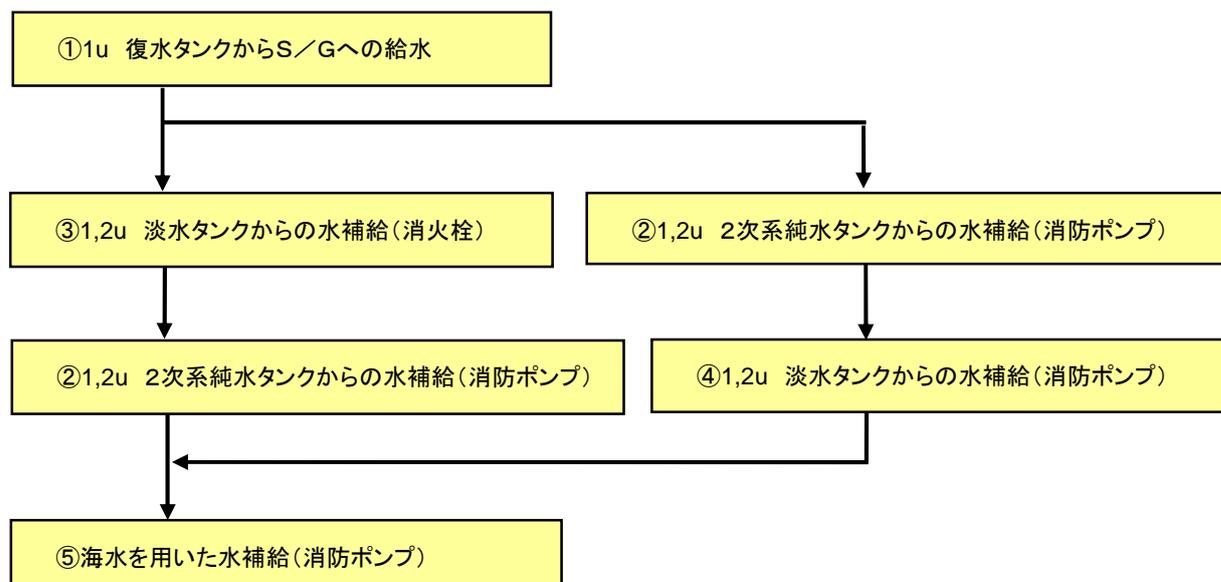


図1. 給水シナリオ

2. 前提条件

最も厳しい崩壊熱を想定するため、原子炉内には、48,000MWd/t（3回照射）、32,000MWd/t（2回照射）、及び16,000MWd/t（1回照射）の燃焼度のウラン燃料（初期濃縮度4.0wt%）が、それぞれ1/3存在するとした。これらは約1年間運転を行なった状態である。

また、これらの燃料から発生する崩壊熱は1次冷却材により除熱され、1次冷却材の熱はS/Gにて2次側器内水に伝達される。S/G 2次側器内水は蒸気となるため、タービン動補助給水ポンプ（以下、AFWP）により、S/G 2次側に継続して安定した給水を行う必要がある。また、電源等の復旧後、すみやかに余熱除去系を用いた1次冷却材の冷却が可能となるよう高温停止状態（1次冷却材系統の温度を170℃、圧力を0.7Mpa）まで冷却・減圧し維持することとした。

3. 必要補給水量

上記の前提条件のもと、S/G必要補給水量は、下記式1にて計算できる。

$$S/G\text{必要補給水量}[\text{m}^3/\text{h}] = \frac{\text{崩壊熱}[\text{MW}] \times 10^3 \times 3600}{(S/G\text{2次側飽和蒸気比エンタルピー} - \text{補給水比エンタルピー})[\text{kJ}/\text{kg}] \times \text{補給水密度}[\text{kg}/\text{m}^3]}$$

…【式1】

【計算条件】 S/G2次側飽和蒸気比エンタルピー(Tcold150°C) : 2745 kJ/kg^{*1}

補給水比エンタルピー(40°C) : 167 kJ/kg^{*1}

補給水密度(40°C) : 992 kg/m³^{*1}

*1: 1999日本機械学会蒸気表

4. 時間軸に応じた評価

(1) 設備

図1におけるシナリオにて期待している水源となるタンクの容量については、①復水タンク：約300m³×1基、②2次系純水タンク：約1500m³×2基（1号と共用）、③淡水タンク：約3000m³×2基（1号と共用）であるが、これらが満水状態で使えることは想定せず、下記条件を設定した。

- | | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| ① 復水タンク：保安規定値の水量 | 270m ³ |
| ② 2次系純水タンク：40%* ¹ 水量を保有 | 600m ³ |
| ③ 淡水タンク：40%* ¹ 水量を保有 | 800m ³ * ² |

(*1: 40%については、実運用を考慮し、保守的な値として設定)

(*2: 使用済燃料ピットの冷却水と共用)

(2) 崩壊熱

「2. 前提条件」の下において、「軽水型動力炉の非常用炉心冷却系の性能評価指針（昭和56年7月20日原子力安全委員会決定、平成4年6月11日一部改訂）」においてその使用が認められている日本原子力学会推奨値（不確定性（3σ）込み）を用いている。

また、アクチニド崩壊熱に関しては十分実績のある ORIGEN2 コード評価値（不確定性（20%）込み）を用いている。評価に用いる崩壊熱曲線を図2に示す。

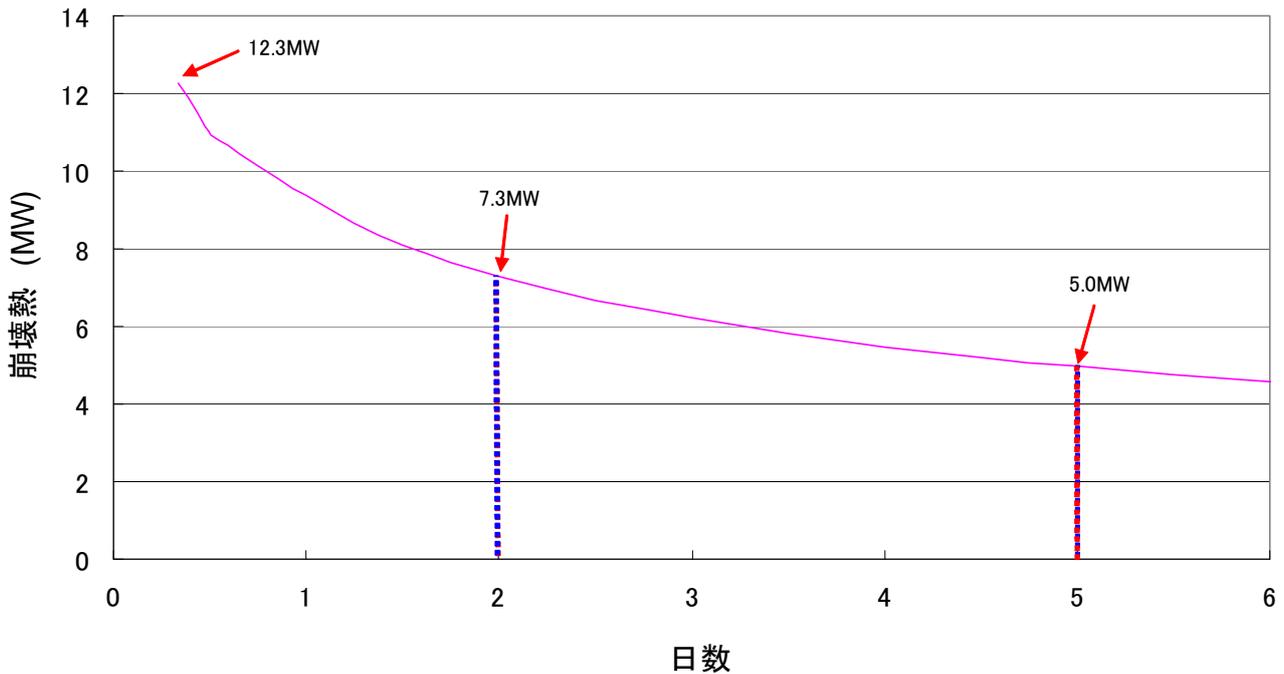


図2. 崩壊熱の変化

(3) 給水流量

全交流電源喪失直後から5時間については、①復水タンクからAFWPを用いてS/G2次側に給水する。

その後、①復水タンクの水源がなくなると、②2次系純水タンクまたは、③淡水タンクから復水タンクに水を補給し、同様にAFWPを通じて給水を行なう。この時点での崩壊熱は、図2から12.3MWであり、この崩壊熱を除去するのに必要な水量は式1より約18m³/hである。

その後、崩壊熱量の低下とともに補給水量についても低減しながら原子炉冷却を進める。

①復水タンクの次の補給源として、③淡水タンクを選択した場合、保有水量がなくなる事象発生後約2日後には、崩壊熱は7.3MW、必要水量は約11 m³/hとなる。

その後、水源を②2次系純水タンクに変更し、復水タンクを經由して、引き続きS/G2次側へAFWPを用いて給水を行なう。図2で示す崩壊熱を除去できる必要な水量を継続して補給し、事象発生後約5日後（淡水タンク以降約3日後）には、2次系純水タンク内の水もなくなり、海水を復水タンクに補給しS/G2次側に給水することになる。この時点での崩壊熱は5.0MW、必要となる水量は約7 m³/hである。

図3に、S/Gへの補給水流量と水源について、これまでの内容を整理した。

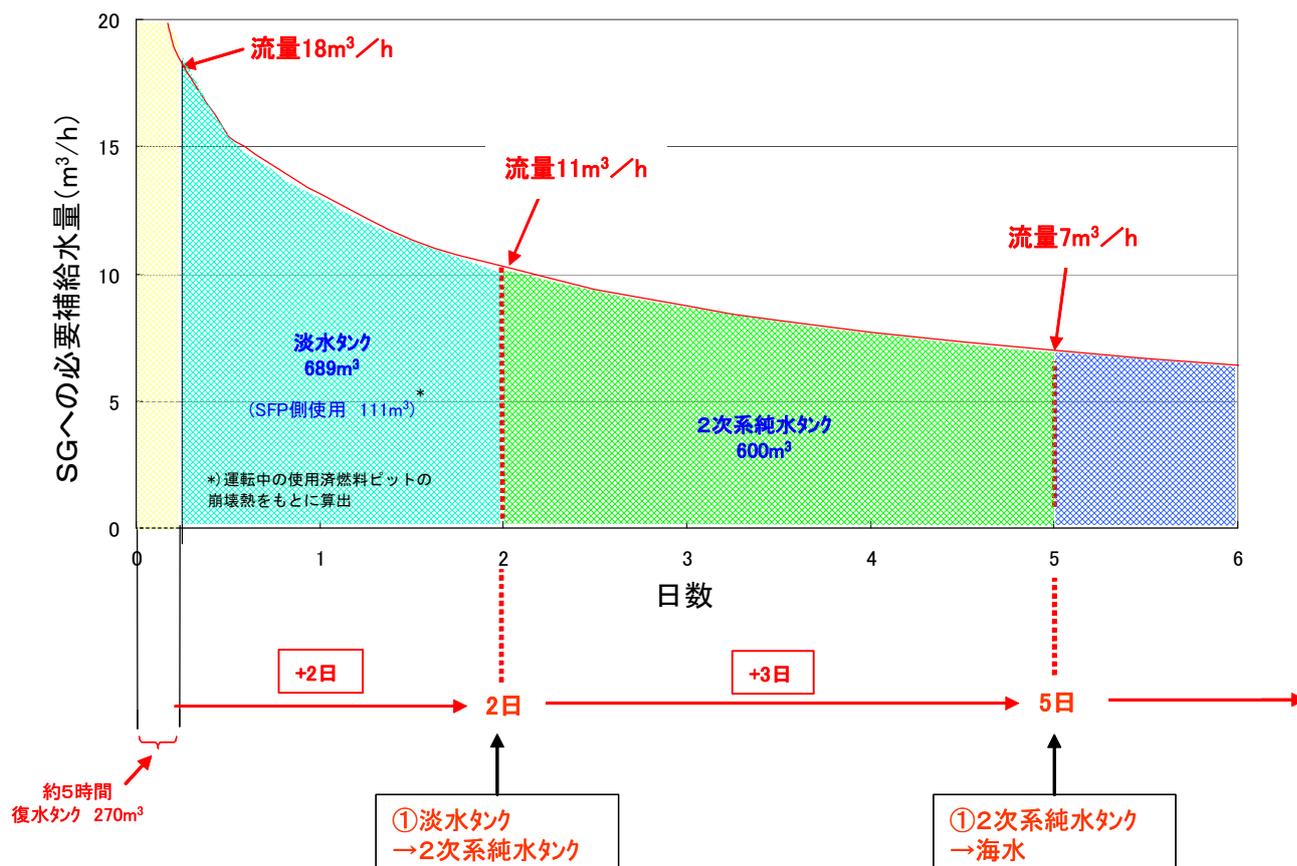


図3 補給水量と水源（シナリオ1：淡水タンク→2次系純水タンク）

①復水タンクの次の補給源として、②2次系純水タンクを選択した場合、保有水量がなくなる事象発生後約2日後には、崩壊熱は7.3MW、必要水量は約11 m³/hとなる。

その後、水源を④淡水タンクに変更し、復水タンクを経由して、引き続きS/G2次側へAFWPを用いて給水を行なう。図2で示す崩壊熱を除去できる必要な水量を継続して補給し、事象発生後約5日後（2次系純水タンク以降約3日後）には、淡水タンク内の水もなくなり、海水を復水タンクに補給しS/G2次側に給水することになる。この時点での崩壊熱は5.0MW、必要となる水量は約7 m³/hである。

図4に、S/Gへの補給水量と水源について、これまでの内容を整理した。

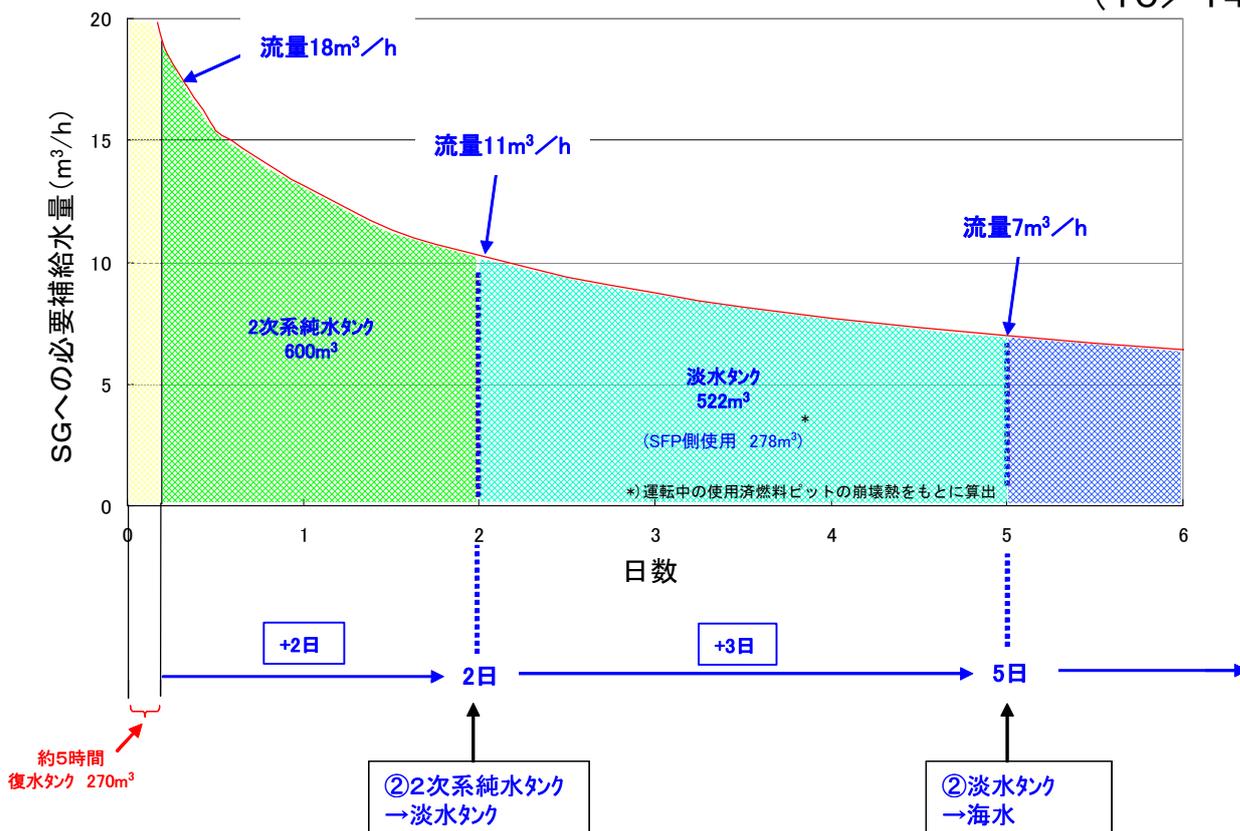


図4 補給水量と水源（シナリオ2：2次系純水タンク→淡水タンク）

5. 結論

全交流電源喪失となった場合に、今回講じた緊急安全対策のシナリオにより、原子炉を安定した高温停止状態に移行し、その後継続してその状態を維持することができることを確認した。

また、シナリオ通りに原子炉の冷却を継続して行なうために必要となるS/G 2次側への補給水量（表1，2参照）に対し、それを上回る水量を復水タンクへ補給できるよう、消防ポンプ台数及び消火ホース本数を設定した。

表1 必要補給水量（シナリオ1：淡水タンク→2次系純水タンク）

	淡水タンクへの切替時	2次系純水タンクへの切替時	海水への切替時
必要補給水量	約 18 m³/h	約 11 m³/h	約 7 m³/h

表2 必要補給水量（シナリオ2：2次系純水タンク→淡水タンク）

	2次系純水タンクへの切替時	淡水タンクへの切替時	海水への切替時
必要補給水量	約 18 m³/h	約 11 m³/h	約 7 m³/h

美浜3号機における蒸気発生器への給水評価

1. シナリオ

蒸気発生器（以下、S/G）への給水については、図1の通り、水源を確保しながら、原子炉の冷却を継続して行なう。

本運用について、各タンク等を水源として、S/G 2次側への必要補給水量を評価した。

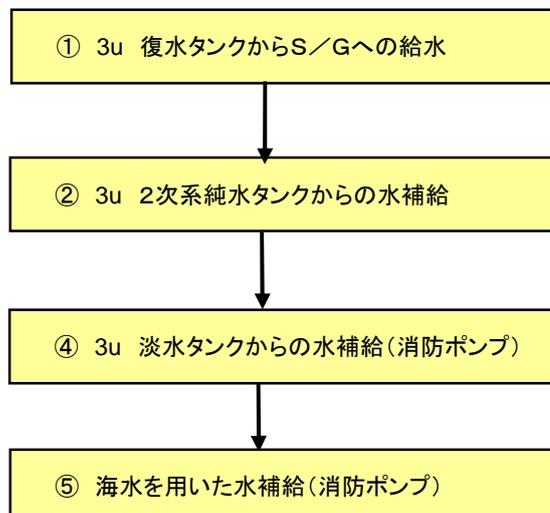


図1. 給水シナリオ

2. 前提条件

最も厳しい崩壊熱を想定するため原子炉内には、55,000MWd/t（3回照射）、36,700MWd/t（2回照射）、及び18,300MWd/t（1回照射）の燃焼度のウラン燃料（初期濃縮度4.6wt%）が、それぞれ1/3存在するとした。これらは約1年間運転を行なった状態である。

また、これらの燃料から発生する崩壊熱は1次冷却材により除熱され、1次冷却材の熱は、S/Gにて2次側器内水に伝達される。S/G 2次側器内水は蒸気となるため、タービン動補助給水ポンプ（以下、AFWP）により、S/G 2次側に継続して安定した給水を行う必要がある。また、電源等の復旧後、すみやかに余熱除去系を用いた1次冷却材の冷却が可能となるよう高温停止状態（1次冷却材系統の温度を170℃、圧力を0.7MPa）まで冷却・減圧し維持することとした。

3. 必要補給水量

上記の前提条件のもと、S/G必要補給水量は、下記式1にて計算できる。

$$S/G\text{必要補給水量}[m^3/h] = \frac{\text{崩壊熱}[MW] \times 10^3 \times 3600}{(S/G\text{2次側飽和蒸気比エンタルピー} - \text{補給水比エンタルピー}) [kJ/kg] \times \text{補給水密度}[kg/m^3]}$$

…【式1】

【計算条件】	S/G2次側飽和蒸気比エンタルピー(Tcold150℃)	: 2745 kJ/kg ^{*1}
	補給水比エンタルピー(40℃)	: 167 kJ/kg ^{*1}
	補給水密度(40℃)	: 992 kg/m ³ ^{*1}

*1: 1999日本機械学会蒸気表

4. 時間軸に応じた評価

(1) 設備

図1におけるシナリオにて期待している水源となるタンクの容量については、①復水タンク：約700m³、②2次系純水タンク：約1500m³×2基、④淡水タンク：約3000m³×2基であるが、これらが満水状態で使えることは想定せず、下記条件を設定した。

- | | |
|----------------------|---------------------|
| ① 復水タンク：保安規定値の水量 | 480 m ³ |
| ② 2次系純水タンク：40%*水量を保有 | 1200 m ³ |
| ④ 淡水タンク：40%*水量を保有 | 2400 m ³ |
- (* 40%については、実運用を考慮し、保守的な値として設定)

(2) 崩壊熱

「2. 前提条件」の下において、「軽水型動力炉の非常用炉心冷却系の性能評価指針（昭和56年7月20日原子力安全委員会決定、平成4年6月11日一部改訂）」においてその使用が認められている日本原子力学会推奨値（不確定性（3σ）込み）を用いている。

また、アクチニド崩壊熱に関しては十分実績のある ORIGEN2 コード評価値（不確定性（20%）込み）を用いている。

評価に用いる崩壊熱曲線を図2に示す。

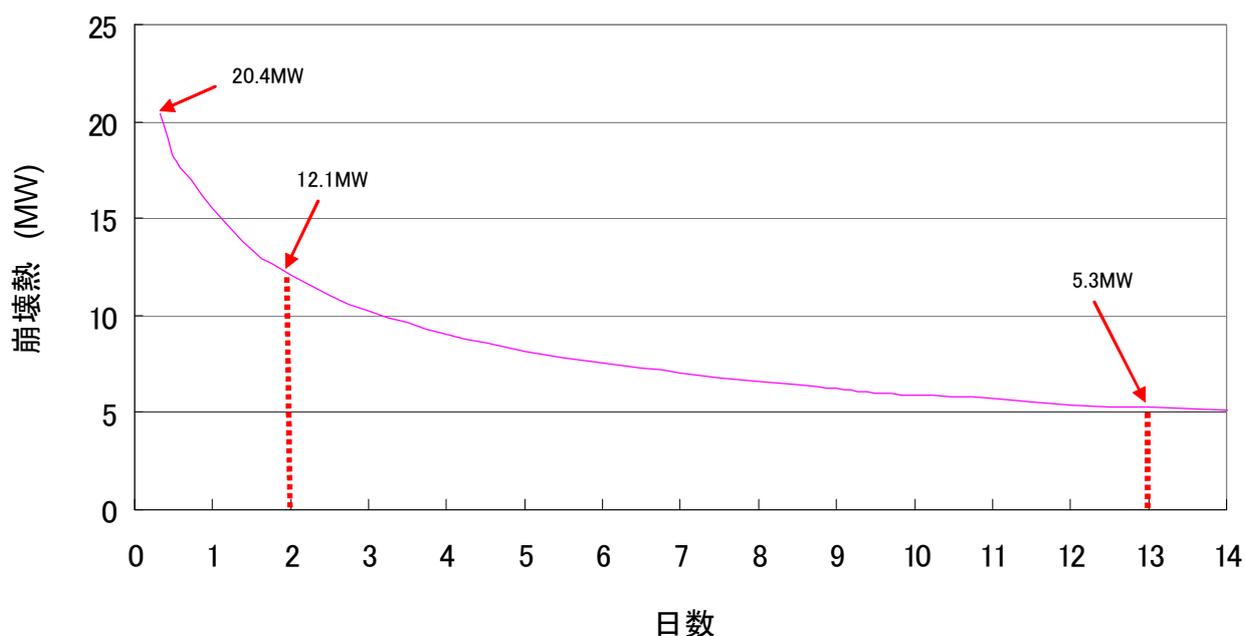


図2. 崩壊熱の変化

(3) 給水流量

全交流電源喪失直後から5時間については、①復水タンクから AFWP を用いて S/G 2次側に給水する。

その後、①復水タンクに水源がなくなると、②2次系純水タンクから水補給ができるように系統を変更し、同様に AFWP を通じて給水を行なう。この時点での崩壊熱は、図2から、20.4MW であり、この崩壊熱を除去するのに必要な水量は式1より約 29 m³/h である。

その後、崩壊熱量の低下とともに補給水量についても低減しながら原子炉冷却を進める。②2次系純水タンク保有水量がなくなる事象発生後約2日後には、崩壊熱は 12.1MW、必要水量は約 17 m³/h となる。

その後、水源を④淡水タンクに変更し、復水タンクを經由して、引き続き S/G 2次側へ AFWP を用いて給水を行なう。図2で示す崩壊熱を除去できる必要な水量を継続して補給し、事象発生後約13日後（2次系純水タンク以降約11日後）には、淡水タンク内の水もなくなり、海水を復水タンクに補給し S/G 2次側に給水することになる。この時点での崩壊熱は 5.3MW、必要となる水量は約 8 m³/h である。

図3に、S/Gへの補給水量と水源について、これまでの内容を整理した。

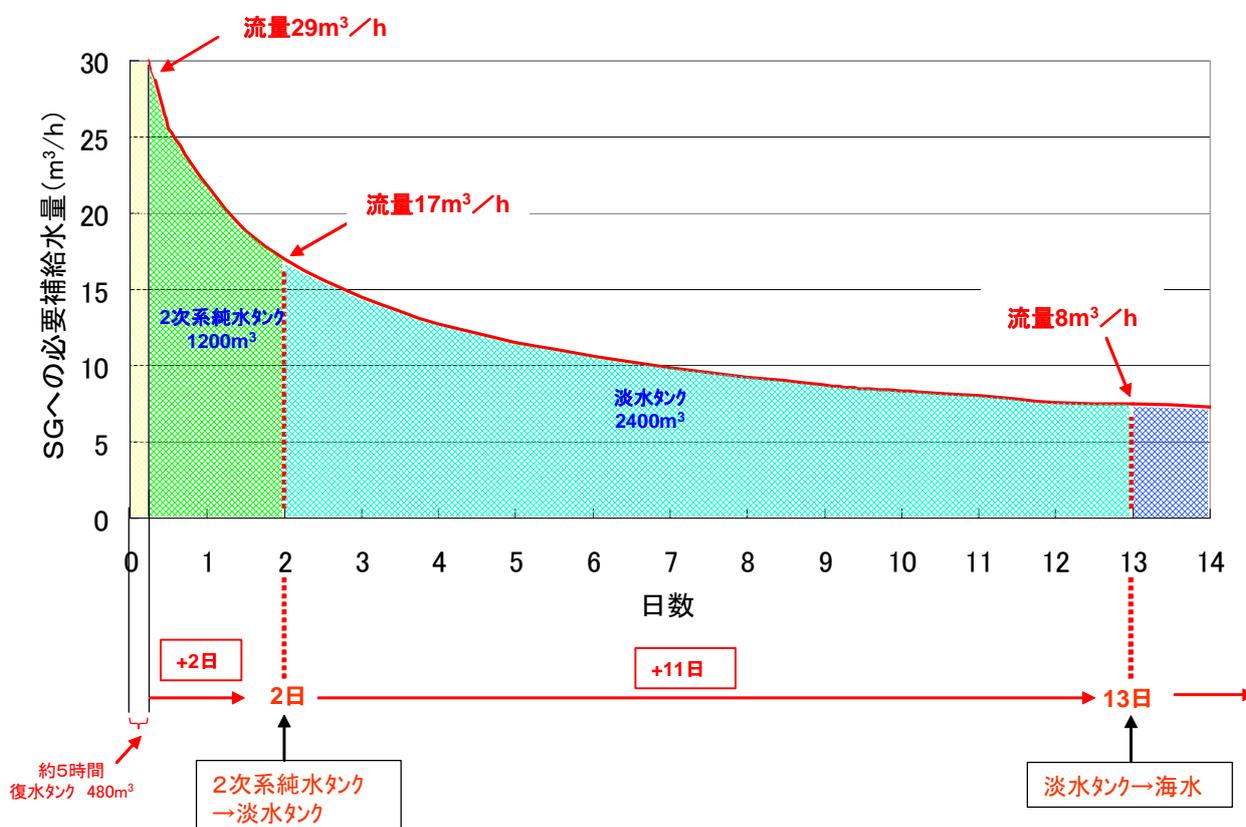


図3. 補給水量と水源

5. 結論

全交流電源喪失となった場合に、今回講じた緊急安全対策のシナリオにより、原子炉を安定した高温停止状態に移行し、その後継続してその状態を維持することができることを確認した。

また、シナリオ通りに原子炉の冷却を継続して行なうために必要となるS/G 2次側への補給水量（表1参照）に対し、それを上回る水量を復水タンクへ補給できるよう、消防ポンプ台数及び消火ホース本数を設定した。

表1 必要補給水量

	2次系純水タンクへの切替時	淡水タンクへの切替時	海水への切替時
必要補給水量	約 29 m ³ /h	約 17 m ³ /h	約 8 m ³ /h

使用済燃料ピットへの給水評価

1. シナリオ

使用済燃料ピット（以下、SFP）への給水については、崩壊熱によるSFP水量の減少（蒸散）を補うため、図1の通り、継続してSFPに給水を行なう。本運用について各水源からの必要補給水量について、検討を行なった。

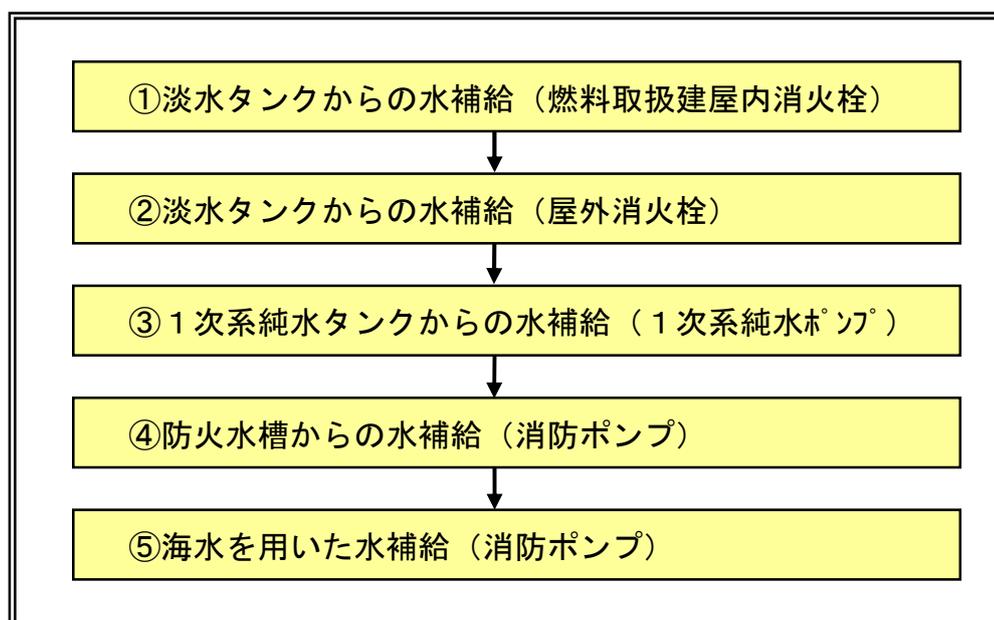


図1：給水シナリオ

2. 前提条件

（崩壊熱）

SFPにとって最も崩壊熱負荷が厳しい状況（運転停止後、全ての燃料が原子炉からSFPに移送された状態）を設定しており、過去の許認可におけるSFPの崩壊熱除去に係る評価に使用したものを用いた。評価条件を表1、2に示す。具体的には、美浜1、2号機については、ANSI/ANS-5.1-1979のモデルを用いている。ANSI/ANS-5.1-1979に基づいて作成した崩壊熱曲線については、「軽水型動力炉の非常用炉心冷却系の性能評価指針（昭和56年7月20日原子力安全委員会、平成4年6月11日一部改訂）」においてその使用が認められている。美浜3号機において、核分裂生成物崩壊熱に関しては「軽水型動力炉の非常用炉心冷却系の性能評価指針（昭和56年7月20日原子力安全委員会、平成4年6月11日一部改訂）」においてその使用が認められている日本原子力学会推奨値（不確定性（3σ）込み）を用いて評価を行い、アクチニド崩壊熱に関しては、十分実績のあるORIGEN2コード評価値（不確定性（20%）込み）を用いて評価を行っている。

表1 崩壊熱評価条件（美浜1，2号機）

	美浜1号機	美浜2号機
燃料条件	ウラン燃料 ・ 燃烧度： 4回照射燃料 48,000MWd/t 3回照射燃料 36,000MWd/t 2回照射燃料 24,000MWd/t 1回照射燃料 12,000MWd/t ・ ウラン濃縮度：3.8wt%	ウラン燃料 ・ 燃烧度： 3回照射燃料 48,000MWd/t 2回照射燃料 32,000MWd/t 1回照射燃料 16,000MWd/t ・ ウラン濃縮度：4.0wt%
運転期間	13ヶ月	
停止期間	30日	
燃料取出期間	11.5日	

注：美浜1号機については、SFPクーラ増設に伴う工事計画認可申請（平成3年10月申請）におけるSFP冷却設備の評価条件
 美浜2号機については、SFPクーラ増設に伴う工事計画認可申請（平成6年10月申請）におけるSFP冷却設備の評価条件

表2 崩壊熱評価条件（美浜3号機）

燃料条件	ウラン燃料 ・ 燃烧度（3号機）：3回照射燃料 55,000MWd/t 2回照射燃料 36,700MWd/t 1回照射燃料 18,300MWd/t ・ ウラン濃縮度（3号機）：4.6wt% ・ 燃烧度（1号機）：3回照射燃料 48,000MWd/t ・ ウラン濃縮度（1号機）：3.8wt% ・ 燃烧度（2号機）：3回照射燃料 48,000MWd/t ・ ウラン濃縮度（2号機）：4.0wt%
運転期間	13ヶ月
停止期間	30日
燃料取出期間	8.5日

注：美浜3号機 55,000MWd/t 燃料使用等に伴う原子炉設置変更許可申請（平成15年7月申請）安全審査におけるSFP冷却設備の評価条件

(設備)

SFPの冷却機能が喪失した場合に、SFPへの給水の水源として使用するタンク等を、表3のとおり設定した。

表3 SFP給水の水源

		1号機	2号機	3号機	備考
淡水タンク	容量	3,000m ³ ×2基			*1 タンク容量の40%を3分割
	想定水量	800m ^{3*1}	800m ^{3*1}	800m ^{3*1}	
1次系純水タンク	容量	225m ³	270m ³	510m ³	*2 タンクの運用水位
	想定水量	112m ^{3*2}	114m ^{3*2}	190m ^{3*2}	
防火水槽	容量	60m ³		60m ³	*3 水槽容量を2分割
	想定水量	30m ^{3*3}	30m ^{3*3}	60m ³	

3. 必要補給水量の計算

SFP保管の燃料の崩壊熱Qによる保有水の蒸散量 $\Delta V/\Delta t$ (m³/h)は、下記式1で計算できる。

$$\Delta V/\Delta t \text{ (m}^3/\text{h)} = Q \text{ (kW)} \times 3600 / (\rho \text{ (kg/m}^3) \times h_{fg} \text{ (kJ/kg)}) * 1 \quad \dots \text{【式1】}$$

ρ (飽和水密度)	: 958kg/m ³	*2 (プラント共通)
h_{fg} (飽和水蒸発潜熱)	: 2,257kJ/kg	*2 (プラント共通)
Q (SFP崩壊熱)	: 2,942kW	*3 (美浜1号機)
	: 4,303kW	*3 (美浜2号機)
	: 7,918kW	*3 (美浜3号機)

- * 1 : $(\rho \times \Delta V)$ (kg) の飽和水が蒸気になるための熱量は $h_{fg} \times (\rho \times \Delta V)$ (kJ) で、使用済燃料の Δt 時間あたりの崩壊熱量 $Q \Delta t$ に等しい。
 なお、保有水は保守的に大気圧下での飽和水(100℃)として評価している。

* 2 : 物性値の出典：国立天文台編「理科年表」

* 3 : 表4～6 燃料取出スキーム参照

以上から、崩壊熱による保有水の蒸散を補うために必要な補給水量は、蒸散量 $\Delta V/\Delta t$ (m³/h)と等しく、美浜1号機については4.90m³/h、美浜2号機については7.16m³/h、美浜3号機については13.18m³/hとなる。

表４ 燃料取出スキーム（美浜１号機）

取出燃料	美浜１号機からの発生分		崩壊熱*	
	冷却期間	燃料数	($\times 10^6$ kcal/h)	(MW)
６サイクル冷却済燃料	6 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	17	0.01	
５サイクル冷却済燃料	5 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 4 炉心	0.02	
４サイクル冷却済燃料	4 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 4 炉心	0.03	
３サイクル冷却済燃料	3 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 4 炉心	0.04	
２サイクル冷却済燃料	2 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 4 炉心	0.05	
１サイクル冷却済燃料	1 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 4 炉心	0.09	
定検時取出燃料 4	11.5日	1 / 4 炉心	0.61	
定検時取出燃料 3	11.5日	1 / 4 炉心	0.58	
定検時取出燃料 2	11.5日	1 / 4 炉心	0.57	
定検時取出燃料 1	11.5日	1 / 4 炉心	0.54	
小計			2.53	2.942
崩壊熱合計 (MW)	崩壊熱：2.942MW (燃料体数：288体)			

*：崩壊熱の合計は、四捨五入の関係で個々の発生熱量の合計とはならない場合がある。

1cal=4.186J

注１：美浜１号機SFPクーラ増設に伴う工事計画認可申請書（平成３年10月申請）におけるSFP冷却設備の評価条件

注２：美浜１号機のSFPの燃料保管容量は288体

表５ 燃料取出スキーム（美浜２号機）

取出燃料	美浜２号機からの発生分		
	冷却期間	燃料数	崩壊熱(MW)*
11サイクル冷却済燃料	11 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 3 炉心	0.017
10サイクル冷却済燃料	10 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 3 炉心	0.019
9サイクル冷却済燃料	9 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 3 炉心	0.022
8サイクル冷却済燃料	8 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 3 炉心	0.025
7サイクル冷却済燃料	7 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 3 炉心	0.028
6サイクル冷却済燃料	6 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 3 炉心	0.031
5サイクル冷却済燃料	5 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 3 炉心	0.036
4サイクル冷却済燃料	4 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 3 炉心	0.047
3サイクル冷却済燃料	3 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 3 炉心	0.061
2サイクル冷却済燃料	2 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 3 炉心	0.092
1サイクル冷却済燃料	1 × (13ヶ月 + 30日) + 11.5日	1 / 3 炉心	0.167
定検時取出燃料 3	11.5日	1 / 3 炉心	1.336
定検時取出燃料 2	11.5日	1 / 3 炉心	1.250
定検時取出燃料 1	11.5日	1 / 3 炉心	1.164
小計			4.303
崩壊熱合計 (MW)	崩壊熱：4.303MW (燃料体数：555体)		

*：崩壊熱の合計は、四捨五入の関係で個々の発生熱量の合計とはならない場合がある。

注１：美浜２号機SFPクーラ増設に伴う工事計画認可申請書（平成６年10月申請）におけるSFP冷却設備の評価条件

注２：美浜２号機のSFPの燃料保管容量は555体

表 6 燃料取出スキーム (美浜 3号機)

取出燃料	美浜 3号機からの巻生分		冷却期間	美浜 2号機からの巻生分				
	冷却期間	燃料数		冷却期間	燃料数			
8サイクル冷却済燃料	8 × (13ヶ月 + 30日) + 8.5日	30	6 × (13ヶ月 + 30日) + 27ヶ月	1 / 3 炉心	0.031	0.026	1 / 3 炉心	0.031
7サイクル冷却済燃料	7 × (13ヶ月 + 30日) + 8.5日	1 / 3 炉心	5 × (13ヶ月 + 30日) + 27ヶ月	1 / 3 炉心	0.058	0.028	1 / 3 炉心	0.033
6サイクル冷却済燃料	6 × (13ヶ月 + 30日) + 8.5日	1 / 3 炉心	4 × (13ヶ月 + 30日) + 27ヶ月	1 / 3 炉心	0.063	0.030	1 / 3 炉心	0.036
5サイクル冷却済燃料	5 × (13ヶ月 + 30日) + 8.5日	1 / 3 炉心	3 × (13ヶ月 + 30日) + 27ヶ月	1 / 3 炉心	0.071	0.034	1 / 3 炉心	0.041
4サイクル冷却済燃料	4 × (13ヶ月 + 30日) + 8.5日	1 / 3 炉心	2 × (13ヶ月 + 30日) + 27ヶ月	1 / 3 炉心	0.083	0.040	1 / 3 炉心	0.048
3サイクル冷却済燃料	3 × (13ヶ月 + 30日) + 8.5日	1 / 3 炉心	1 × (13ヶ月 + 30日) + 27ヶ月	1 / 3 炉心	0.108	0.052	1 / 3 炉心	0.064
2サイクル冷却済燃料	2 × (13ヶ月 + 30日) + 8.5日	1 / 3 炉心		1 / 3 炉心	0.164	0.078	1 / 3 炉心	0.098
1サイクル冷却済燃料	1 × (13ヶ月 + 30日) + 8.5日	1 / 3 炉心	27ヶ月	1 / 3 炉心	0.298			
定検時取出燃料 3	8.5日	1 / 3 炉心			2.299			
定検時取出燃料 2	8.5日	1 / 3 炉心			2.137			
定検時取出燃料 1	8.5日	1 / 3 炉心			1.967			
小計					7.279			0.288
崩壊熱合計 (MW)					崩壊熱 : 7.918MW (燃料本体数 : 1,118体)			0.351

* : 崩壊熱の合計は、四捨五入の関係で個々の巻生熱量の合計とはならない場合がある。

注 1 : 美浜 3号機 55,000MWd/t 燃料使用等に伴う原子炉設置変更許可申請 (平成 15 年 7 月申請) 安全審査における S F P 冷却設備の評価条件

注 2 : 美浜 3号機の S F P の燃料保管容量は 1, 1 1 8 体

4. 検討結果

SFPが冷却機能を喪失することにより崩壊熱による保有水の蒸散を補うために必要な補給水量（美浜1号機：4.90m³/h、美浜2号機：7.16m³/h、美浜3号機：13.18m³/h）を算出した。

また、必要となる補給水量に対し、それを上回る水量を給水できるよう消防ポンプ台数及び消火ホース本数を設定した。

電源機能等喪失時対応における改善事項

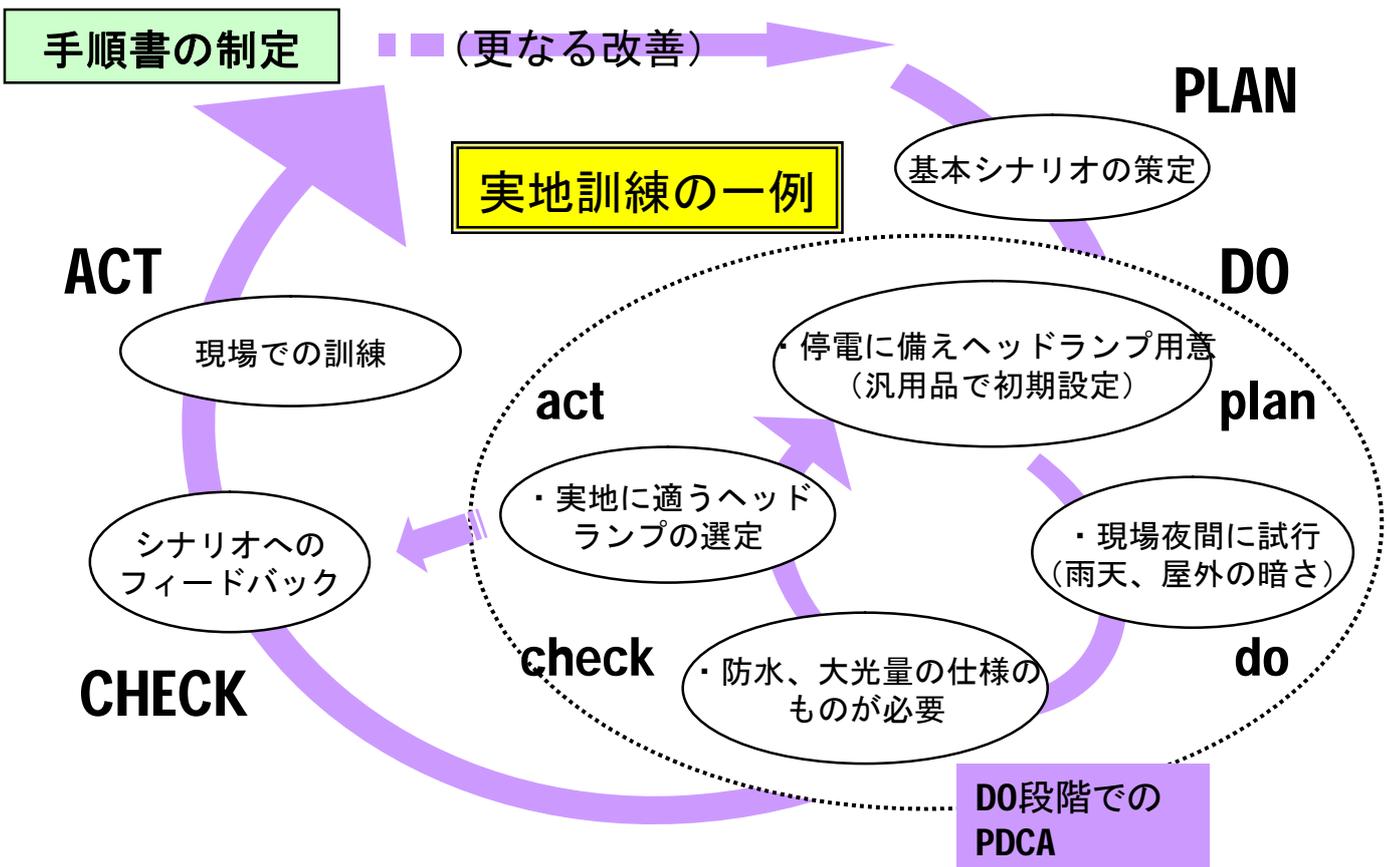
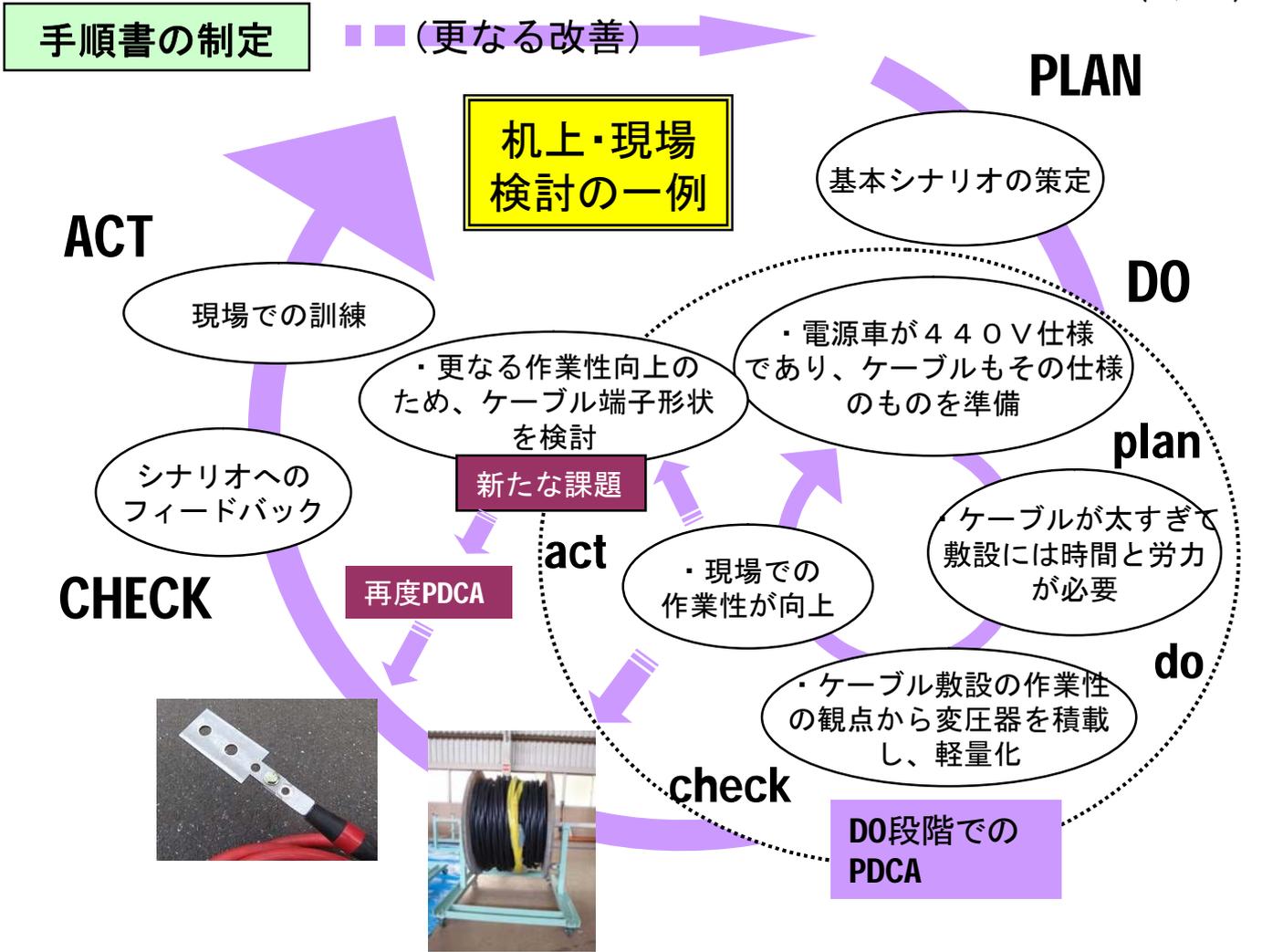
項 目	シナリオ策定段階及び現場での適用検討段階でのPDCAサイクルによる課題	改善内容
電車による電源応急復旧	<ul style="list-style-type: none"> ・ タービン建屋オープンハッチ前からメタクラまでのケーブル敷設は、重量物であるケーブルの敷設距離が長い為、労力と時間がかかる。 ・ 電源車による運転中プラントへケーブルの接続は出来ないため、接続作業の訓練ができない。 ・ 雨天時を想定し、短絡、感電事故等を防止し安全に作業できるよう工夫する必要がある。 ・ 夜間での作業を想定し、懐中電灯、ヘッドランプを用意していたが、実際に作業するには照度が足りなかった。 ・ 緊急時に作業するため、電源ケーブルの接続間違いしないよう、一つ一つ確認することが必要となり時間を要する。 ・ 補助ボイラ燃料タンクからのタンクローリーへの油補給用ホースの設置について 現在タンク側にフランジ取り付けをする計画としていたが、取り付けに技量と時間がかかる。 ・ 補助ボイラ燃料タンク供給口の誤操作防止用のキーロックチェーンが鋼製で緊急時に切断するのに専用工具が必要となり、時間と技量が必要。 ・ ケーブル敷設のためには、DGシャッターを開放する必要があるが、通常時は電動にて開閉するが、停電時には備え付けのチェーンにより開閉を行わなければならない。そのチェーンは高所にある上部箱に収納されており、脚立等が必要であり、緊急時において、取り出して操作するのに時間がかかる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ タービン建屋内（タービン建屋オープンハッチ～メタクラ間）について、津波、地震を考慮の上、ケーブルを敷設（恒設化）した。 ・ 訓練用の模擬盤を作成し、ほぼ実際の作業と同等のケーブル接続の訓練を行っている。 ・ 雨天時においても安全に作業できるよう、電源車の変圧器上部に雨よけの屋根を取り付けた。 ・ 電源車に可搬小型発電機を備え付け、作業時に仮設照明を使用することにより、より安全に要領よく効率よく作業を実施できる。 ・ 電源ケーブルの接続間違い防止のために、A相、B相、C相と赤相、白相、青相の合マークを取り付けることにより、接続間違いなく短時間で確実な作業が可能となった。 ・ 誰でも容易に短時間で接続可能となるよう、ワンタッチ式で取付けられるタイプに改造予定。 ・ 誰でも容易に短時間で切断できるよう、プラスチック製のキーロックチェーンに変更した。 ・ シャッターを手動で開放するためのチェーンを高所の上部収納箱より出して、床面から直ぐに操作できるようにした。

電源機能等喪失時対応における改善事項

項目	シナリオ策定段階及び現場での適用検討段階でのPDCAサイクルによる課題	改善内容
SGへの給水確保	<ul style="list-style-type: none"> 2次系純水タンクの取り口、及び復水タンクへの供給口については、フランジ接続しなければならぬため、取り付けに技量と時間がかかるとする。 消防ポンプを多段で設置する場合、2段目以降のポンプをどこに設置してよいか現場ですぐには分からない。 淡水タンク等周辺に消防ポンプを設置する際、消防ポンプが重量物であり、運搬に労力と時間がかかる。 復水タンク供給口の誤操作防止用のキローロックチェーンが鋼製で緊急時に切断するのに専用工具が必要となり、時間と技量が必要である。 3号放水ピットからの海水取水について、消防ポンプの吸い込み管を入れる必要があるが、グレーチング開口が小さいため、挿入しにくい。 燃料ピット周辺は平常時は、通常の管理区域用の装備で作業可能であるが、緊急時には線量が高くなることが予想される。 屋外から使用済燃料ピットへの給水のためには、補助建屋シャッターを開放する必要があるが、通常時は電動にて閉鎖するが、停電時には備え付けのチェーンにより閉鎖を行わなければならない。そのチェーンは高所にある上部箱に収納されており、脚立等が必要であり、緊急時において、取り出して操作するのに時間がかかる。 消防ポンプを多段で設置する場合、2段目以降のポンプをどこに設置してよいか現場ですぐには分からない。 	<ul style="list-style-type: none"> 誰でも容易に短時間で接続可能となるよう、ワンタッチ式で取付けられるタイプに改造した。 2段目以降のポンプ設置場所にマーキングを実施し、スムーズにポンプ設置ができるようにする。 消防ポンプの運搬を容易にするための専用の台車を製作した。また、淡水タンク等周辺階段を通り消防ポンプを運搬するところにあつては、安全面から段幅の拡張を計画している。 誰でも容易に短時間で切断できるよう、プラスチック製のキローロックチェーンに変更した。 消防ポンプの吸い込み管を容易に入れられるようにするため、グレーチング開口を大きくした。 緊急時における燃料ピット周辺の作業環境を考慮し、アノラック、マスク着用による訓練を実施した。 シャッターを手動で開放するためのチェーンを高所の上部収納箱より出して、床面から直ぐに操作できるようにした。 2段目以降のポンプ設置場所にマーキングを実施し、スムーズにポンプ設置ができるようにする。
使用済燃料への給水確保	<ul style="list-style-type: none"> 屋外から使用済燃料ピットへの給水のためには、補助建屋シャッターを開放する必要があるが、通常時は電動にて閉鎖するが、停電時には備え付けのチェーンにより閉鎖を行わなければならない。そのチェーンは高所にある上部箱に収納されており、脚立等が必要であり、緊急時において、取り出して操作するのに時間がかかる。 消防ポンプを多段で設置する場合、2段目以降のポンプをどこに設置してよいか現場ですぐには分からない。 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時における燃料ピット周辺の作業環境を考慮し、アノラック、マスク着用による訓練を実施した。 シャッターを手動で開放するためのチェーンを高所の上部収納箱より出して、床面から直ぐに操作できるようにした。 2段目以降のポンプ設置場所にマーキングを実施し、スムーズにポンプ設置ができるようにする。

電源機能等喪失時対応における改善事項

項目	シナリオ策定段階及び現場での適用検討段階でのPDCAサイクルによる課題	改善内容
全般	<ul style="list-style-type: none"> シナリオ成立のために必要な資機材が津波に流されないような場所に保管しておく必要がある。 電源車は、440V仕様であるがケーブルが太くなり、ケーブルの敷設に労力と時間がかかる。 ケーブル敷設は、津波等により冠水した状況も考慮する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 必要な資機材については、基本的に十分に高度がある場所に保管し、津波の影響を受けないよう配慮した。 電源車に変圧器を積載し、6600Vとすることによりケーブルを敷設しやすいようにした。 津波による地上が冠水した場合にも柔軟に対応できるように、電源車からの給電については、D/G室前からD/G制御盤につながるこむむ方法とタービン建屋オーブンハッチ前からメタクラ盤につながるこむむ方法の2通りを用意した。メタクラ盤につながるこむむケーブル敷設ルートは、タービン建屋2階面の天井をできるだけ通すルートとした。
	<ul style="list-style-type: none"> 復水タンクや使用済燃料ピットに水源からの水が問題なく送水できるように確認を行なう必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 水源と復水タンクや使用済燃料ピットとの高低差、ホース長による摩擦損失を計算し、ポンプが水源から所定場所まで送水できる能力を備えていることを全てのケースについて事前に確認した上で訓練を実施し、十分に余裕があることが確認できた。
	<ul style="list-style-type: none"> 津波により2次系純水タンク、淡水タンクが流されないかの確認が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 2次系純水タンク、淡水タンクについて、ガイドラインにより評価した結果、すべり評価では水平荷重が静止摩擦力を下回るため、タンクが流されることがないことを確認した。
	<ul style="list-style-type: none"> SG給水、使用済燃料ピット給水を行なうためには、各プラントごとに使用するタンクとその組合せ、使用順序を考慮した検討が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 各プラントごとに使用するタンクとその組合せ、使用順序を考慮して、さらには淡水タンクはSG給水に加えてSFP給水も配慮して各タンクからの給水日数、水源切替時の必要流量を評価した。
	<ul style="list-style-type: none"> SBOにより、電源を必要とする交換機等を使用する内線電話や携帯電話による連絡手段が使えなくなることが想定されるため、発電所内に電源を必要としない連絡手段を講じる必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 発電所内に無線機を新たに配備し、報連相が確実に行えるようにした。
	<ul style="list-style-type: none"> 停電に備え、ヘッドランプを準備し、現場夜間に試行したが、雨天で屋外が予想以上に暗く、防水、大光量のものが必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 防水仕様かつ大光量のヘッドランプを購入した。



緊急点検実施結果

1. 資機材

項目	点検対象設備	点検方法	点検結果		点検完了日
電源車による電源応急復旧	電源車 (800 k VA)	外観確認 機能確認	良		H23. 4. 6
	電源ケーブル	外観確認 機能確認	良		H23. 4. 6
	電源車 (500 k VA)	外観確認 機能確認	良		H23. 4. 6
	電源ケーブル	外観確認 機能確認	良		H23. 4. 6
	電源車 (400 k VA)	外観確認 機能確認	良		H23. 4. 6
	電源ケーブル	外観確認 機能確認	良		H23. 4. 6
蒸気発生器への給水確保	消火栓 (復水タンク用)	外観確認	1号機用 No6 消火栓	良	H23. 4. 7
			2号機用 No7 消火栓	良	H23. 4. 6
	消防ポンプ (可搬式エンジン 駆動ポンプ) [36 m ³ /h 以上]	外観確認 機能確認	5 台	良	H23. 4. 8
	消火ホース (復水タンク用)	外観確認	5 8 本	良	H23. 4. 8
使用済燃料ピットへの給水確保	消火栓 (使用済燃料ピット用)	外観確認	1号機用 No80, No43	良	H23. 4. 6
			2号機用 No92, No43	良	H23. 4. 7
			3号機用 No176, No11	良	H23. 4. 8
	消防ポンプ (可搬式エンジン 駆動ポンプ) [52 m ³ /h 以上]	外観確認 機能確認	7 台	良	H23. 4. 8
	消火ホース (使用済燃料ピット用)	外観確認	5 3 本	良	H23. 4. 8

2. 本設設備

項目	点検対象設備	点検方法	点検結果				点検完了日		
			1号機	2号機	3号機				
蒸気発生器への給水確保	タービン動補助給水ポンプ	機能確認	1号機	定期検査工程に合わせ今後実施			—		
			2号機	良			H23.4.4		
			3号機	良			H23.4.5		
	主蒸気逃がし弁	外観確認	1号機	定期検査工程に合わせ今後実施			—		
			2号機	良			H23.4.6		
			3号機	良			H23.4.6		
	蓄圧タンク	水位確認 圧力確認	1号機	A	—	判定基準	指示値	—	
					水位	86.5~91.5%	今後実施		
					圧力	4.17~4.44MPa	今後実施		
				B	水位	86.5~91.5%	今後実施		
					圧力	4.17~4.44MPa	今後実施		
					—	—	—		H23.4.4
			2号機	A	水位	60~95%	75.0		
					圧力	4.90~5.15MPa	5.00		
			B	A	水位	60~95%	68.0	H23.4.4	
					圧力	4.90~5.15MPa	5.00		
			3号機	A	水位	14.7~25.3cm	20.5	H23.4.4	
					圧力	4.18~4.59MPa	4.30		
	B	水位		14.7~25.3cm	20.0	H23.4.4			
		圧力		4.18~4.59MPa	4.35				
C	水位	14.7~25.3cm		22.0	H23.4.4				
	圧力	4.18~4.59MPa		4.35					
蓄圧タンク出口弁	機能確認 (蓄圧注入系弁動作検査)	1号機	A	良			H23.3.11		
			B	良					
		2号機	A	定期検査工程に合わせ今後実施 (前回 第26回定期検査にて確認済)			—		
			B	定期検査工程に合わせ今後実施 (前回 第26回定期検査にて確認済)					
		3号機	A	定期検査工程に合わせ今後実施 (前回 第24回定期検査にて確認済)			—		
			B	定期検査工程に合わせ今後実施 (前回 第24回定期検査にて確認済)					
直流電源	外観確認 電圧確認	1号機	A	—	判定基準	指示値	H23.4.7		
				外観	—	良			
				電圧	129±1.9V	128.91V			
			B	外観	—	良			
				電圧	129±1.9V	129.17V			
				—	—	—		H23.4.7	
		2号機	A	外観	—	良			
				電圧	129±1.9V	128.99V			
		B	A	外観	—	良	H23.4.7		
				電圧	129±1.9V	129.20V			
		3号機	A	外観	—	良	H23.4.8		
				電圧	129±1.9V	128.93V			
B	外観		—	良					
	電圧		129±1.9V	129.10V					

項目	点検対象設備	点検方法	点検結果			点検完了日	
蒸気発生器への給水確保	補給水の水源	外観確認 水位確認	1号機	復水タンク	外観	良	H23. 4. 12
					水位	8631mm	
			2号機	復水タンク	外観	良	H23. 4. 12
					水位	8658mm	
			1. 2号機共用	No1 淡水タンク	外観	良	H23. 4. 4
					水位	2840m ³	
				No2 淡水タンク	外観	良	H23. 4. 4
					水位	2880m ³	
				No1 純水タンク	外観	良	H23. 4. 4
					水位	1235m ³	
			No2 純水タンク	外観	良	H23. 4. 4	
				水位	1270m ³		
			3号機	復水タンク	外観	良	H23. 4. 12
					水位	11387mm	
				A淡水タンク	外観	良	H23. 4. 4
					水位	2830m ³	
				B淡水タンク	外観	良	H23. 4. 4
					水位	2830m ³	
				A2次系純水タンク	外観	良	H23. 4. 4
					水位	1430m ³	
B2次系純水タンク	外観	良		H23. 4. 4			
	水位	1410m ³					
使用済燃料ピットへの給水確保	補給水の水源 (淡水タンク再掲)	外観確認 水位確認	1~3号機共用	No1 淡水タンク	外観	良	H23. 4. 4
					水位	2840m ³	
				No2 淡水タンク	外観	良	H23. 4. 4
					水位	2880m ³	
			1. 2号機共用	耐震防火水槽	水位	有	H23. 4. 6
			1号機	1次系純水タンク	外観	良	H23. 4. 12
					水位	3420mm	
			2号機	1次系純水タンク	外観	良	H23. 4. 12
					水位	2526mm	
			3号機	1次系純水タンク	外観	良	H23. 4. 12
					水位	30.5%	
				耐震防火水槽	水位	有	H23. 4. 8
			ディーゼル消火ポンプ	機能確認	No 1	良	
	No 2	良					

<美浜1号機>

訓練実施結果

訓練内容		訓練実施日	所要時間	訓練結果及び改善点
電源車による 電源応急復旧	電源車の配置、ケーブル敷設、 制御盤への繋ぎ込み、給電	4月7日 4月12日*1 4月21日*2	69分(D /G室)	訓練結果:良好 改善点:ケーブル接続や扉開放作業で、ボルトの大きさが違い、工具の変更が必要になるため、適正工具があれば、作業効率が向上する。また、給電先の健全性確認とあわせて電源車を手配する手順書とすることで、作業効率が向上する。
		4月7日 4月12日*1 4月21日*2	84分 (オープンハッチ)	*1:燃料補給訓練(3号機オープンハッチ側の訓練で代える。) *2:電源車保管場所変更に伴う配置訓練
	全ユニット(1号機~3号機)が同時に全交流電源喪失した場合の初動対応を想定した、電源車の配置、ケーブル敷設、制御盤への繋ぎ込み、給電	4月25日	126分*3	訓練結果:良好 *3:1号機~3号機の全てのユニットへの給電が完了するまでの時間
蒸気発生器への 給水確保	方法① 復水タンクからの水補給	4月7日	—	訓練結果:良好
	方法② 2次系純水タンクからの水補給	4月7日 (日中及び夜間)	18分 (日中) 18分 (夜間)	訓練結果:良好
	方法③ 淡水タンクからの水補給(消火栓)	4月7日 (日中及び夜間)	11分 (日中) 10分 (夜間)	訓練結果:良好 改善点:計画していたホースの敷設距離が長過ぎるため、ホース本数を最適化することで、作業効率が向上する。
	方法④ 淡水タンクからの水補給(消防ポンプ)	4月7日	21分	訓練結果:良好 改善点:消防ポンプ運搬経路に障害物としてある架台の改善により運搬がし易くなり、作業効率が向上する。
	方法⑤ 海水からの水補給(消防ポンプ)	4月7日	26分	訓練結果:良好 改善点:放水口までの消防ポンプ運搬距離が長い為、運搬台車を用いれば、作業効率が向上する。
	全ユニット(1号機~3号機)が同時に全交流電源喪失した場合の初動対応を想定した、淡水タンクからの水補給(消防ポンプ)	4月25日	82分*4	訓練結果:良好 *4:初動対応を想定し、1号機及び2号機への水補給が完了するまでの時間
使用済燃料ピットへの 給水確保	方法① 淡水タンクからの水補給(屋内消火栓)	4月7日	44分	訓練結果:良好 改善点:消火ホースは、1次系、2次系それぞれで準備する本数を明記することで、資機材の管理が容易となる。(方法②~⑤も同じ。)
	方法② 淡水タンクからの水補給(屋外消火栓)	4月7日	60分	訓練結果:良好
	方法③ 1次系純水タンクからの水補給	4月7日	—*5	訓練結果:良好 *5:通常の運転員操作(10分程度)のため、手順書及び系統図での確認を実施。
	方法④ 防火水槽からの水補給(消防ポンプ)	4月7日	44分	訓練結果:良好 改善点:計画していたホースの敷設距離が長過ぎるため、ホース本数を最適化することで、作業効率が向上する。
	方法⑤ 海水からの水補給(消防ポンプ)	4月7日	60分	訓練結果:良好 改善点:2号機での改善点を反映し、ホース本数とあわせてポンプ台数も適正化し、4月11日に必要な流量が確保されることを確認した。

<美浜2号機>

訓練実施結果

訓練内容		訓練実施日	所要時間	訓練結果及び改善点
電源車による 電源応急復旧	電源車の配置、ケーブル敷設、 制御盤への繋ぎ込み、給電	4月7日 (夜間の訓練) 4月12日 ^{*1} 4月21日 ^{*2}	90分(D /G室)	訓練結果:良好 改善点:トラック荷台の乗り降り及び変圧器高圧側への接続に際して、適切な踏台の配備により作業環境が向上する。
		4月7日 (夜間の訓練) 4月12日 ^{*1} 4月21日 ^{*2}	85分 (オープ ンハッチ)	*1:燃料補給訓練(3号機オープンハッチ側の訓練で代える。) *2:電源車保管場所変更に伴う配置訓練
	全ユニット(1号機~3号機)が同時に全交流電源喪失に至った場合の初動対応を想定した電源車の配置、ケーブル敷設、制御盤への繋ぎ込み、給電	4月25日	126分 ^{*3}	訓練結果:良好 *3:1号機~3号機の全てのユニットへの給電が完了するまでの時間
蒸気発生器への 給水確保	方法① 復水タンクからの水補給	4月6日	—	訓練結果:良好
	方法② 2次系純水タンクからの水補給	4月9日 (休日の訓練)	32分	訓練結果:良好 改善点:消火ホースの敷設ルートが等しい方法④の改善点を反映し、ホース本数を最適化して訓練を実施した。
	方法③ 淡水タンクからの水補給(消火栓)	4月9日 (休日の訓練)	11分	訓練結果:良好
	方法④ 淡水タンクからの水補給(消防ポンプ)	4月6日	48分	訓練結果:良好 改善点:計画していたホースの敷設距離が長過ぎるため、ホース本数を最適化することで、作業効率が向上する。
	方法⑤ 海水からの水補給(消防ポンプ)	4月6日	60分	訓練結果:良好 改善点:方法④と方法⑤で中継ポンプ設置位置が異なっていたため、作業効率の観点から方法⑤の中継ポンプ位置の見直しを行い、4月9日に補給量を再確認した。消火ホースの敷設ルートが等しい方法④の改善点を反映し、ホース本数を最適化する。
	全ユニット(1号機~3号機)が同時に全交流電源喪失した場合の初動対応を想定した、淡水タンクからの水補給(消防ポンプ)	4月25日	82分 ^{*4}	訓練結果:良好 *4:初動対応を想定し、1号機及び2号機への水補給が完了するまでの時間
使用済燃料ピットへの 給水確保	方法① 淡水タンクからの水補給(屋内消火栓)	4月6日	47分	訓練結果:良好 改善点:計画していたホースの敷設距離が長過ぎるため、ホース本数を最適化することで、作業効率が向上する。
	方法② 淡水タンクからの水補給(屋外消火栓)	4月6日	60分	訓練結果:良好
	方法③ 1次系純水タンクからの水補給	4月6日	— ^{*5}	訓練結果:良好 *5:通常の運転員操作(10分程度)のため、手順書及び系統図での確認を実施。
	方法④ 防火水槽からの水補給(消防ポンプ)	4月6日	50分	訓練結果:良好 改善点:計画していたホースの敷設距離が長過ぎるため、ホース本数を最適化することで、作業効率が向上する。
	方法⑤ 海水からの水補給(消防ポンプ)	4月6日	93分	訓練結果:良好 改善点:計画していたホースの敷設距離が長過ぎるため、ホース本数を最適化することで、作業効率が向上する。ホース本数とあわせてポンプ台数も適正化し、4月11日に必要な流量が確保されることを確認した。

訓練実施結果

<美浜3号機>

訓練内容		訓練実施日	所要時間	訓練結果及び改善点
電源車による 電源応急復旧	電源車の配置、ケーブル敷設、 制御盤への繋ぎ込み、給電	4月9日 (休日の訓練) 4月12日 ^{*1}	51分(D /G室)	訓練結果:良好 改善点:D/G室の模擬端子台にも相表示を取り付けることで誤配線防止に役立つ。 取り扱いマニュアルが必要になった際に、確実に時間遅れなく確認できるように、タンクローリー車内に取り扱いマニュアルを備え付ける。
		4月9日 (休日の訓練) 4月12日 ^{*2}	49分 (オープンハッチ)	*1:燃料補給訓練(オープンハッチ側の訓練で代える。) *2:燃料補給訓練
	全ユニット(1号機~3号機)が同時に全交流電源喪失に至った場合の初動対応を想定した電源車の配置、ケーブル敷設、制御盤への繋ぎ込み、給電	4月25日	126分 ^{*3}	訓練結果:良好 *3:1号機~3号機の全てのユニットへの給電が完了するまでの時間
蒸気発生器への 給水確保	方法① 復水タンクからの水補給	4月8日	—	訓練結果:良好
	方法② 2次系純水タンクからの水補給	4月8日	— ^{*4}	訓練結果:良好 *4:中央制御室での運転員操作であり、操作スイッチの確認を実施。
	方法④ 淡水タンクからの水補給(消防ポンプ)	4月8日	49分	訓練結果:良好 改善点:吸い込み管の長さを最適化することで、作業効率が向上する。これに伴い、消火ホースの本数も最適化する。
	方法⑤ 海水からの水補給(消防ポンプ)	4月8日	21分	訓練結果:良好 改善点:消防ポンプの吸込管を放水ピットに挿入し易くするため、放水ピットグレーチングを加工する。
使用済燃料ピットへの 給水確保	方法① 淡水タンクからの水補給(屋内消火栓)	4月8日	52分	訓練結果:良好 改善点:計画していたホースの敷設距離が長過ぎるため、ホース本数を最適化することで、作業効率が向上する。また、消火ホースは、1次系、2次系それぞれで準備する本数を明記することで資機材管理が容易となる。(方法②~⑤も同じ。)
	方法② 淡水タンクからの水補給(屋外消火栓)	4月8日	72分	訓練結果:良好
	方法③ 1次系純水タンクからの水補給	4月8日	— ^{*5}	訓練結果:良好 *5:通常の運転員操作(10分程度)のため、手順書及び系統図での確認を実施。
	方法④ 防火水槽からの水補給(消防ポンプ)	4月8日	81分	訓練結果:良好 改善点:ホースの敷設距離にさらに余裕を持たせるため、ホース本数を最適化する。
	方法⑤ 海水からの水補給(消防ポンプ)	4月8日	81分	訓練結果:良好 改善点:計画していたホースの敷設距離が長過ぎるため、ホース本数を最適化することで、作業効率が向上する。

原子力防災組織

発電所原子力防災組織 (発電所対策本部の組織)

原子力第一防災体制		原子力第二防災体制	
班	班 長	副 班 長	主 な 職 務
総務班	所長室課長	所長室の係長(コミュニケーション係長を除く)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 対策本部の設置、運営、指令の伝達 2. 連絡・通信手段の確保 3. 要員の動員、輸送手段確保 4. 緊急医療措置 5. 緊急時活動用資機材の調達・輸送 6. 見学者、協力会社員等の退避・避難措置 7. 消火活動 8. 他の班に属さない事務事項
広報班	所長室課長	コミュニケーション係長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報道関係対応 2. 見学者の退避誘導 3. 広報活動 4. 原子力防災センターにおける活動の支援
情報班	技術課長	技術課の係長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 社内対策本部との情報受理・伝達 2. 発電所対策本部内情報の整理・収集・記録・状況把握 3. 国・自治体等関係者との連絡調整 4. 社外関係機関への通報連絡および受信 5. 広報用資料の集約 6. 他の班に属さない技術事項
安全管理班	安全・防災室課長 原子燃料課長	安全・防災室の係長 原子燃料課の係長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 原子力災害合同対策協議会との情報交換 2. 事故状況の把握、評価 3. 事故時影響緩和作の検討 4. 放射能影響範囲の推定 5. 発電所構内の警備、立入制限 6. 防護施設の使用
放射線管理班	放射線管理課長	放射線管理課の係長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 発電所内外の放射線・放射能の測定、状況把握 2. 被ばく管理、汚染除去、撤去防止措置 3. 放射線管理資機材の整備・点検 4. 災害対策活動に伴う放射線防護措置
発電班	発電室長	発電室の運営係長 当直課長、当直主任	<ol style="list-style-type: none"> 1. 事故状況の把握・整理 2. 事故拡大防止のための措置 3. 発電所設備の保安維持 4. 消火活動
保修班	保全計画課長 電気保修課長 計装保修課長 原子作保修課長 タービン保修課長 土木建築課長	保全計画課、電気保修課、計装保修課、原子作保修課、タービン保修課、土木建築課の係長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 事故原因の究明、応急対策の立案・実施 2. 発電所諸設備の整備・点検 3. 見学者、協力会社員等の退避・避難措置 4. 負傷者救助 5. 消火活動

発電所長

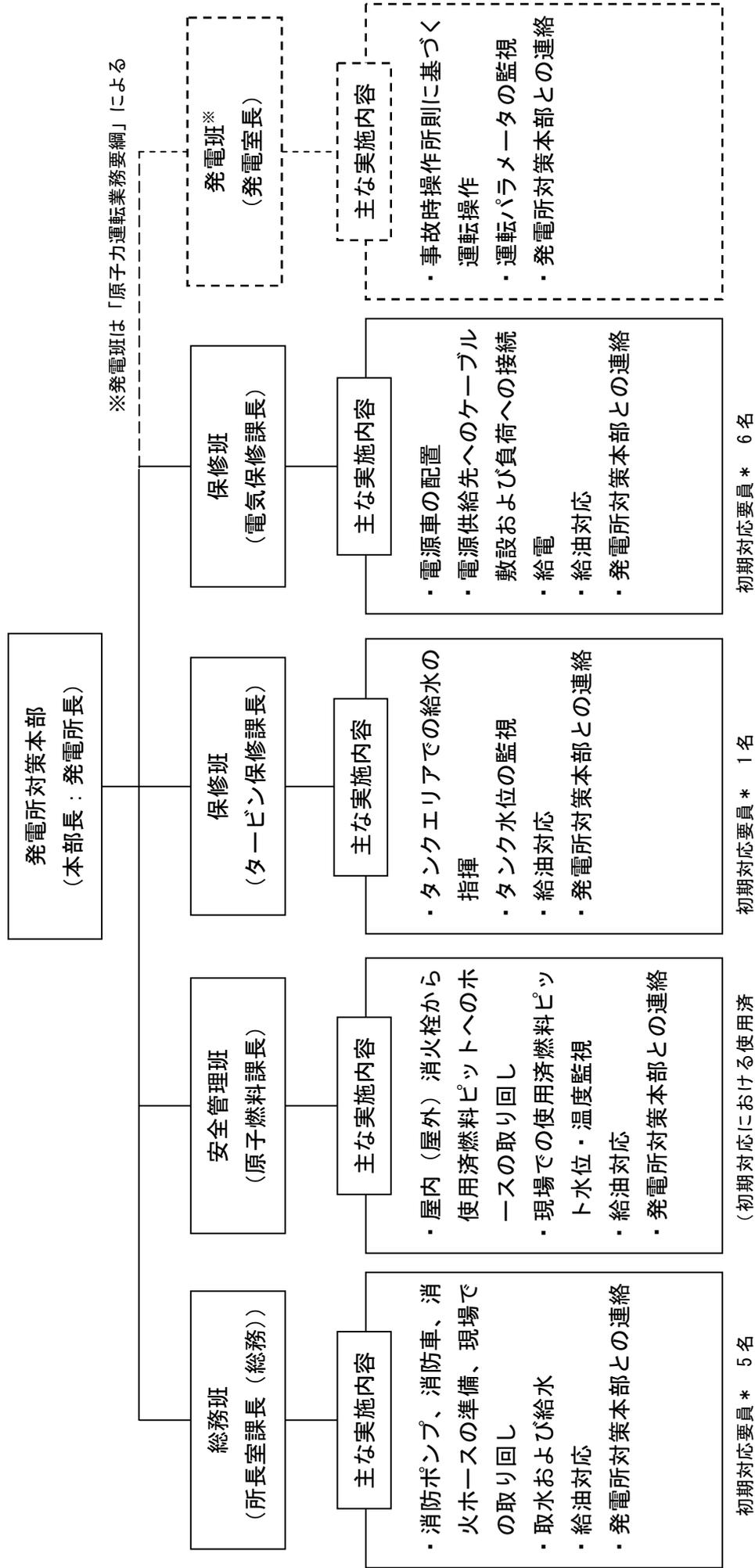
本 部 長
(総括管理)

原 子 力
防 災 管 理 者

副 本 部 長
(総括管理補佐)
技 術 系 の 副 所
長、安 全・防 災 室
長、運 営 統 括 長、
品 質 保 証 室 長

本 部 附
副 本 部 長 以 外 の 各
班 長 を 除 く、各
課 (室) 長 以 上

体制、役割分担、および要員配置



* 事象発生後速やかに必要な要員 (発電室当直員を除く)

本店原子力緊急時対策本部の組織

		原子力第一防災体制	原子力第二防災体制
社長		主な職務	主な職務
本店 原子力緊急時対策本部長	技術班	<p>情報係</p> <ol style="list-style-type: none"> 本部指示の伝達 社内情報の収集・連絡・記録 関係官公庁への報告 災害状況の把握 社内外関係箇所（原子力防災センター、自治体対策本部等）への要員派遣および情報収集・連絡 <p>安全支援係</p> <ol style="list-style-type: none"> 事故状況の把握・評価の支援 アクトメントマネジメントの支援 汚染拡大防止措置に関する支援 放射線影響範囲の推定の支援 被ばく管理に関する支援 <p>技術支援係</p> <ol style="list-style-type: none"> 事故拡大防止対策に関する支援 事故原因の究明・除去に関する支援 復旧対策に関する支援 プラント設計工事情報の確認 防災機関への技術支援に関する事項 <p>情報連絡係</p> <ol style="list-style-type: none"> 他の班との情報連絡 <p>支援係</p> <ol style="list-style-type: none"> プラント設計工事情報の確認 	<p>情報係</p> <ol style="list-style-type: none"> 本部指示の伝達 社内情報の収集・連絡・記録 関係官公庁への報告 災害状況の把握 社内外関係箇所（原子力防災センター、自治体対策本部等）への要員派遣および情報収集・連絡 <p>安全支援係</p> <ol style="list-style-type: none"> 事故状況の把握・評価の支援 アクトメントマネジメントの支援 汚染拡大防止措置に関する支援 放射線影響範囲の推定の支援 被ばく管理に関する支援 <p>技術支援係</p> <ol style="list-style-type: none"> 事故拡大防止対策に関する支援 事故原因の究明・除去に関する支援 復旧対策に関する支援 プラント設計工事情報の確認 防災機関への技術支援に関する事項 <p>情報連絡係</p> <ol style="list-style-type: none"> 他の班との情報連絡 <p>支援係</p> <ol style="list-style-type: none"> プラント設計工事情報の確認
	総務班	<p>総務係</p> <ol style="list-style-type: none"> 対策本部の設置、運営 社内外との事務事項の連絡 要員の動員に関する事項 通話制限に関する事項 食料および宿泊に関する事項 地元住民に関する事項 <p>秘書係</p> <ol style="list-style-type: none"> 役員への連絡等必要な事項 <p>保健係</p> <ol style="list-style-type: none"> 労務関係事項 放射線緊急医療対策に関する支援 <p>資材係</p> <ol style="list-style-type: none"> 資材の調達、輸送 <p>通信係</p> <ol style="list-style-type: none"> 通信系統およびその機能の確保 	<p>総務係</p> <ol style="list-style-type: none"> 対策本部の設置、運営 社内外との事務事項の連絡 要員の動員に関する事項 通話制限に関する事項 食料および宿泊に関する事項 地元住民に関する事項 <p>秘書係</p> <ol style="list-style-type: none"> 役員への連絡等必要な事項 <p>保健係</p> <ol style="list-style-type: none"> 労務関係事項 放射線緊急医療対策に関する支援 <p>資材係</p> <ol style="list-style-type: none"> 資材の調達、輸送 <p>通信係</p> <ol style="list-style-type: none"> 通信系統およびその機能の確保
	設備班	<p>火力係</p> <ol style="list-style-type: none"> 火力発電所による供給体制の確立 <p>系統運用係</p> <ol style="list-style-type: none"> 総合的な電力供給体制の確立 <p>ネットワーク係</p> <ol style="list-style-type: none"> 社内外関係機関への応急送電に関する事項 	<p>火力係</p> <ol style="list-style-type: none"> 火力発電所による供給体制の確立 <p>系統運用係</p> <ol style="list-style-type: none"> 総合的な電力供給体制の確立 <p>ネットワーク係</p> <ol style="list-style-type: none"> 社内外関係機関への応急送電に関する事項
	広報班	<p>お客さま係</p> <ol style="list-style-type: none"> お客さまへの対応 <p>広報係</p> <ol style="list-style-type: none"> 社外報道機関への対応 関係自治体への広報 	<p>お客さま係</p> <ol style="list-style-type: none"> お客さまへの対応 <p>広報係</p> <ol style="list-style-type: none"> 社外報道機関への対応 関係自治体への広報

電源車等の配置

1. 電源車

	1号機	2号機	3号機
必要電源容量	232kVA	275kVA	293kVA
配置電源車の容量	500kVA	800kVA	400kVA
配置電源車の台数（配置高さ）	1台 (EL 32m ^{※1})	1台 (EL 32m ^{※1})	1台 (EL 32m)
電源車の配置日	H23.3.30 H23.4.21 ^{※2}	H23.3.28 H23.4.21 ^{※2}	H23.3.28

※1：配置高さ EL10m から変更

※2：保管場所変更日

2. 電源ケーブル

【非常用ディーゼル発電機前（電源車の寄付き箇所）

ー非常用ディーゼル発電機盤（ケーブル接続箇所）】

必要ケーブル長さ	45m	45m	45m
配置ケーブル長さ	50m	50m	50m
ケーブルの配置日	H23.4.5	H23.4.5	H23.4.5

【オープンハッチ（電源車の寄付き箇所）

ーメタクラ（ケーブル接続箇所）】

必要ケーブル長さ	138m	138m	188m
配置ケーブル長さ	150m	150m	200m
ケーブルの配置日	H23.4.5	H23.4.5	H23.4.5

消防ポンプ及び消火ホースの配置（復水タンクへの給水）

美浜 1 号機

水源	ポンプ形式	ポンプ仕様	設置台数	設置ホース数	配置完了日
淡水タンク	消防ポンプ	1 MPa, 36 m ³ /h	1 台	7 本	H23.4.5
純水タンク	消防ポンプ	1 MPa, 36 m ³ /h	1 台	7 本	
消火栓	－（恒設）	－	－	2 本	
海水	消防ポンプ	1 MPa, 36 m ³ /h	1 台	9 本	

美浜 2 号機

水源	ポンプ形式	ポンプ仕様	設置台数	設置ホース数	配置完了日
淡水タンク	消防ポンプ	1 MPa, 36 m ³ /h	2 台	17 本	H23.4.5
純水タンク	消防ポンプ	1 MPa, 36 m ³ /h	2 台	17 本	
消火栓	－（恒設）	－	－	5 本	
海水	消防ポンプ	1 MPa, 36 m ³ /h	2 台	21 本	

美浜 3 号機

水源	ポンプ形式	ポンプ仕様	設置台数	設置ホース数	配置完了日
純水タンク	－（恒設）	－	－	－	H23.4.5
淡水タンク	消防ポンプ	1 MPa, 36 m ³ /h	2 台	28 本	
海水	消防ポンプ	1 MPa, 36 m ³ /h	1 台	6 本	

消防ポンプ及び消火ホースの配置（使用済燃料ピットへの給水）

美浜 1 号機

水源	ポンプ形式	ポンプ仕様	設置台数	設置ホース数	配置完了日
純水タンク	—（恒設）	—	—	—（恒設）	H23.4.5
屋内消火栓	—（恒設）	—	—	3本	
屋外消火栓	—（恒設）	—	—	4本	
防火水槽	消防ポンプ	1 MPa, 52.8 m ³ /h	1台	6本	
海水	消防ポンプ	1 MPa, 52.8 m ³ /h	1台*	16本*	

*:防火水槽から使用済燃料ピットまでの数を除く

美浜 2 号機

水源	ポンプ形式	ポンプ仕様	設置台数	設置ホース数	配置完了日
純水タンク	—（恒設）	—	—	—（恒設）	H23.4.5
屋内消火栓	—（恒設）	—	—	1本	
屋外消火栓	—（恒設）	—	—	3本	
防火水槽	消防ポンプ	1 MPa, 52.8 m ³ /h	1台	5本	
海水	1号と共用				

美浜 3 号機

水源	ポンプ形式	ポンプ仕様	設置台数	設置ホース数	配置完了日
純水タンク	—（恒設）	—	—	—（恒設）	H23.4.5
屋内消火栓	—（恒設）	—	—	1本	
屋外消火栓	—（恒設）	—	—	3本	
防火水槽	消防ポンプ	1 MPa, 52.8 m ³ /h	3台	16本	
海水	消防ポンプ	1 MPa, 52.8 m ³ /h	1台*	5本*	

*:防火水槽から使用済燃料ピットまでの数を除く

浸水防止措置の概要

1. 目的

安全上重要な設備を対象に、海水による浸水の可能性を低減させるため、扉や貫通部にシール施工等を実施し、浸水防止措置を講じた。

2. 浸水防止措置を実施した安全上重要な設備

浸水防止措置を実施した具体的な設備を以下に示す。

- ・ タービン動補助給水ポンプ
- ・ バッテリー
- ・ ディーゼル消火ポンプ
- ・ 非常用ディーゼル発電機
- ・ 安全系遮断器

3. 施工方法

(1) 建屋扉については、シールゴムを用いて浸水防止措置を講じた。

(2) 貫通部については、シリコン等を用いて浸水防止措置を講じた。

具体的な施工方法の写真については、添付資料－16（3/3）に示す。

4. 施工数量

(1) 美浜1号機

エリア	種別	箇所数
タービン動補助給水ポンプ	扉	5枚
	貫通部	約30箇所
バッテリー	扉	対象なし
	貫通部	対象なし
ディーゼル消火ポンプ (全ユニット共用)	扉	4枚
	貫通部	約120箇所
非常用ディーゼル発電機	扉	2枚
	貫通部	約40箇所
安全系遮断器	扉	対象なし
	貫通部	対象なし

(2) 美浜2号機

エリア	種別	箇所数
タービン動補助給水ポンプ	扉	1枚
	貫通部	約110箇所
バッテリー	扉	対象なし
	貫通部	対象なし
ディーゼル消火ポンプ (全ユニット共用)	扉	(1号参照)
	貫通部	(1号参照)
非常用ディーゼル発電機	扉	2枚
	貫通部	約30箇所
安全系遮断器	扉	対象なし
	貫通部	対象なし

(3) 美浜3号機

エリア	種別	箇所数
タービン動補助給水ポンプ	扉	3枚
	貫通部	約10箇所
バッテリー	扉	対象なし
	貫通部	対象なし
ディーゼル消火ポンプ (全ユニット共用)	扉	(1号参照)
	貫通部	(1号参照)
非常用ディーゼル発電機	扉	2枚
	貫通部	約160箇所
安全系遮断器	扉	2枚
	貫通部	約10箇所

浸水防止措置の写真(例)

扉(片開き)



扉(シャッター前堰)



貫通部(配管)



貫通部(配管)



貫通部(ケーブル)



貫通部(トレンチ)

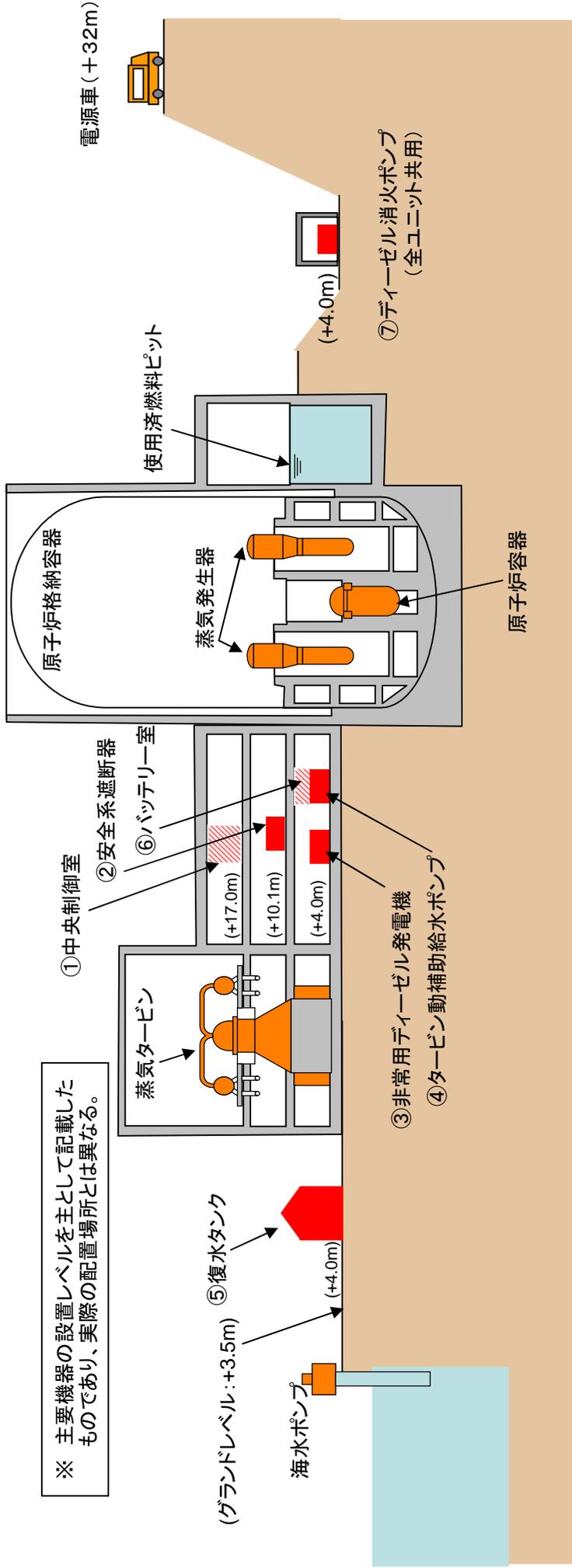


貫通部(フロアドレン)



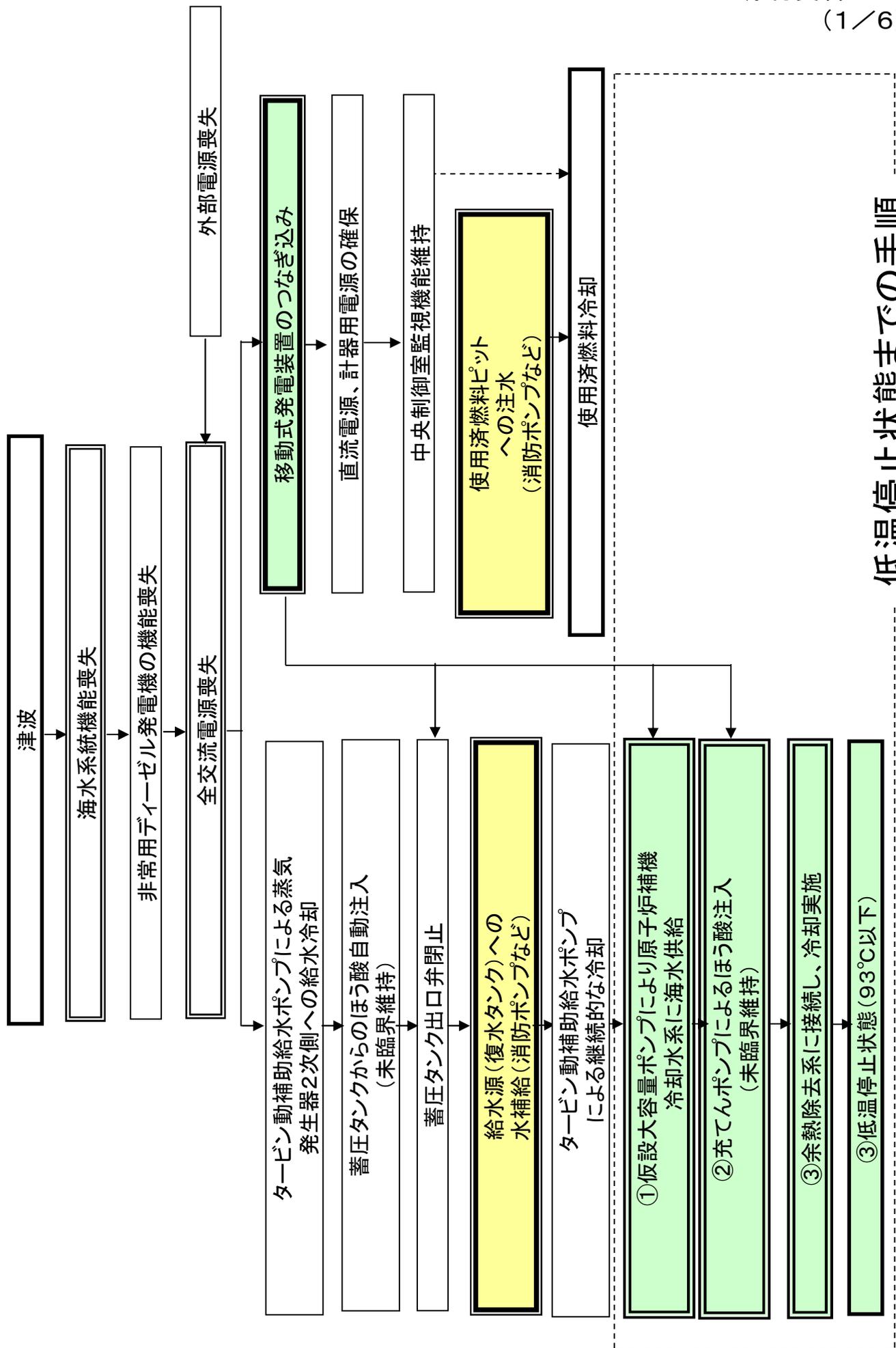
主要機器設置レベル(概念図)

(美浜1/2号機)



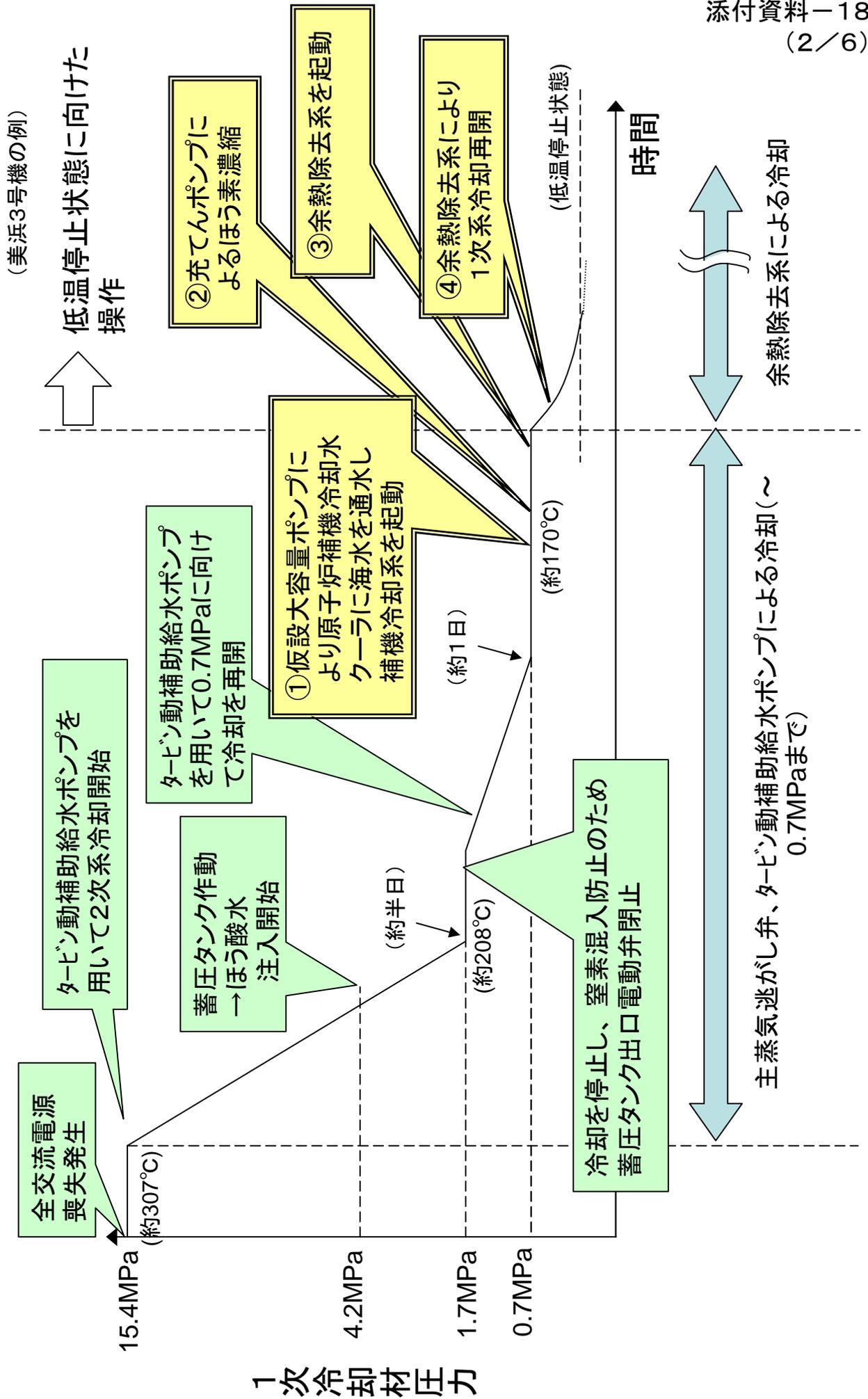
	①中央制御室	②安全系遮断器	③非常用ディーゼル発電機	④タービン動補給水ポンプ	⑤復水タンク	⑥バッテリー室	⑦ディーゼル消火ポンプ
美浜1号機	+17.0m	+10.1m	+4.0m	+4.0m	+4.0m	+8.0m	+4.0m
美浜2号機	+17.0m	+10.1m	+4.0m	+4.0m	+4.0m	+8.0m	+4.0m

低温停止状態までのプロセス(今後の設備配備を踏まえた対応)

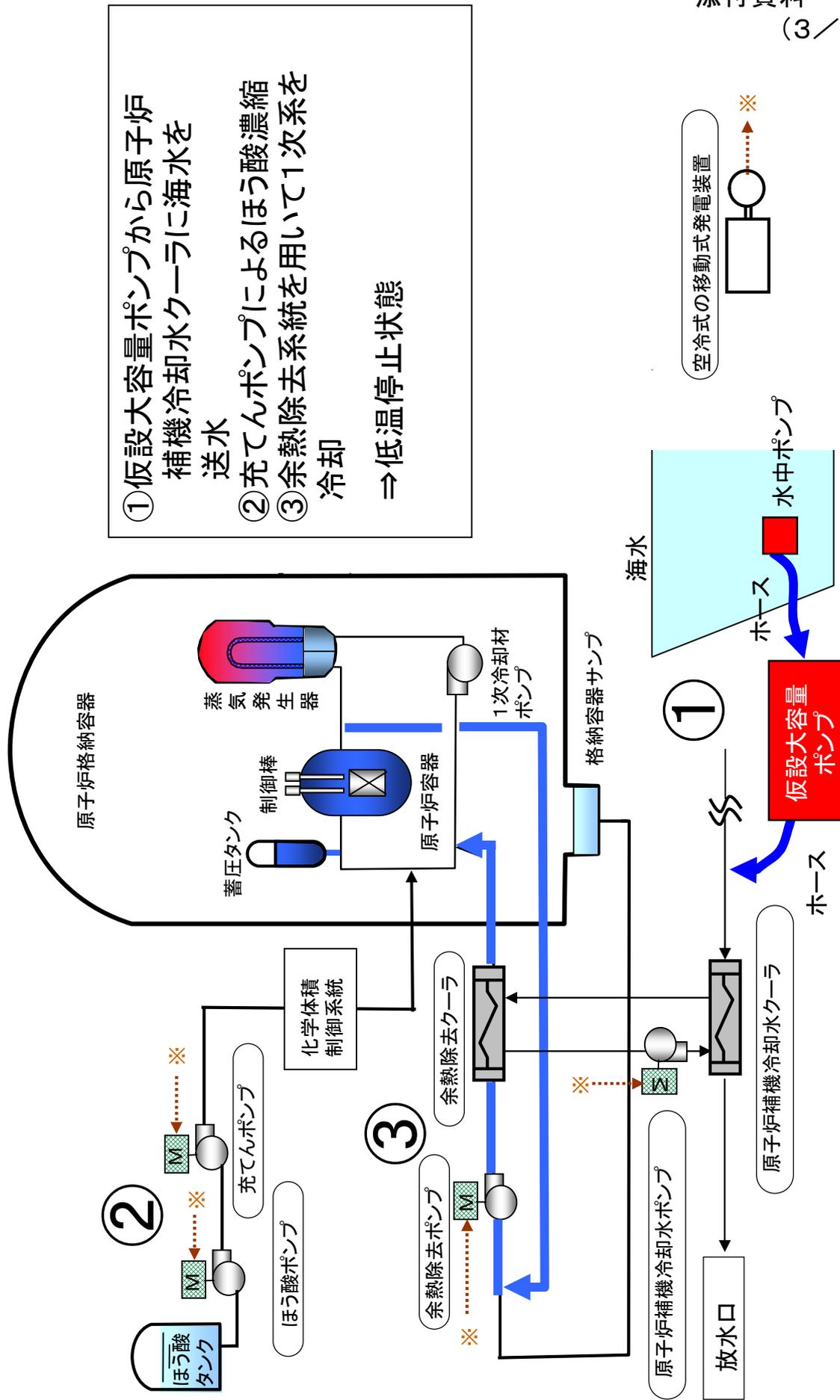


低温停止状態までの手順

プラント冷却の概要(低温停止状態まで)

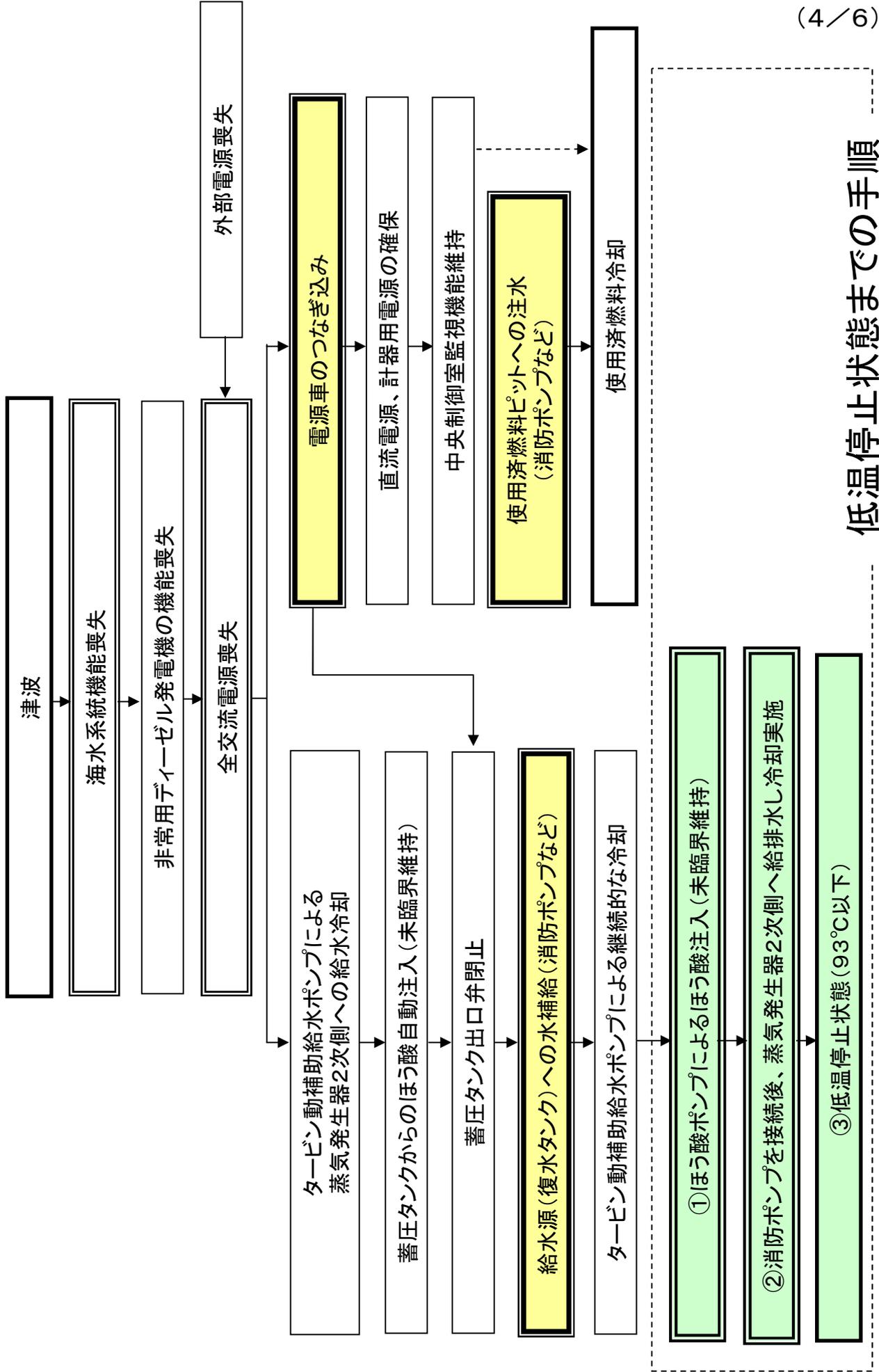


余熱除去系統による原子炉冷却の概要 (仮設大容量ポンプによる海水代替冷却)



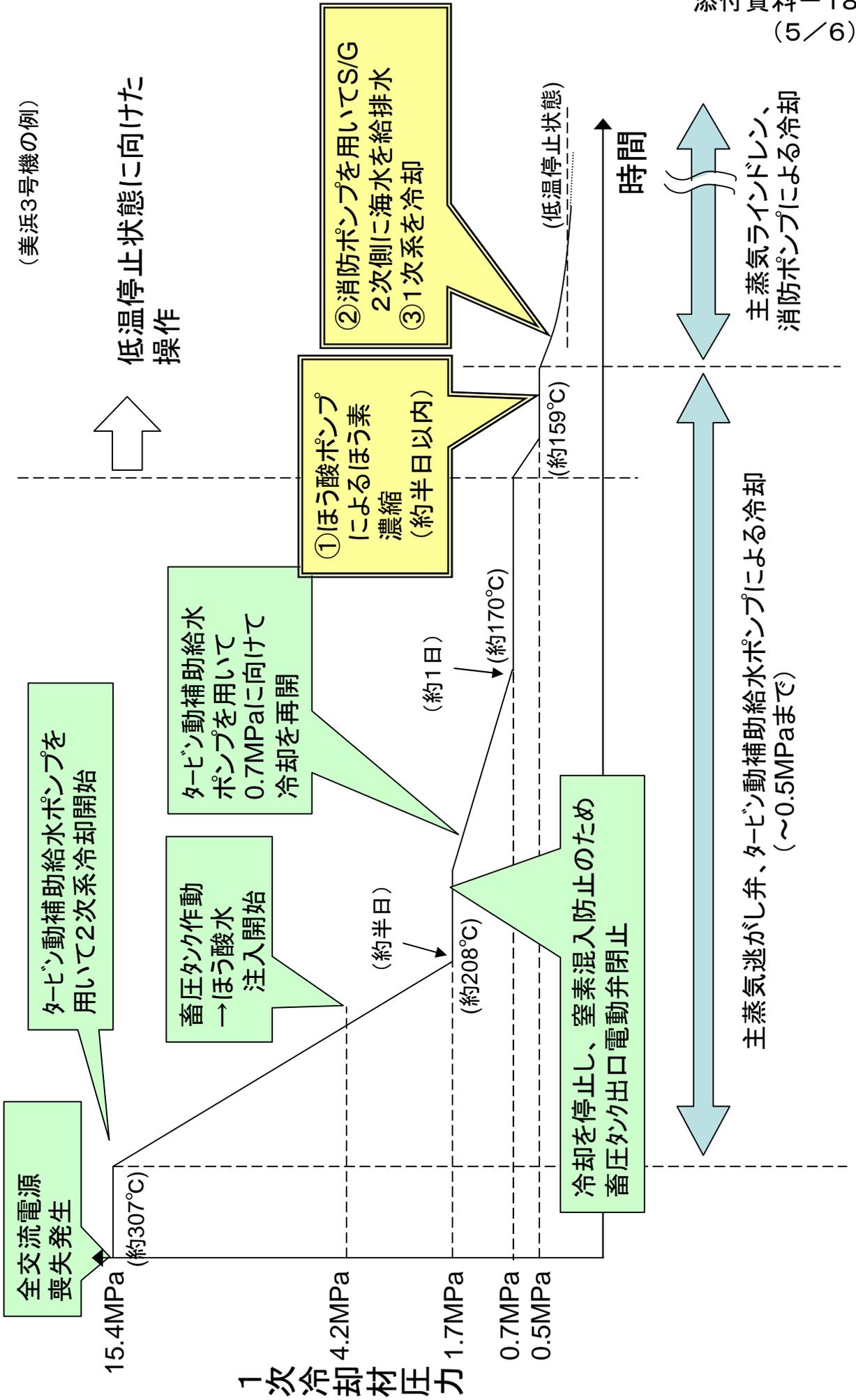
- ① 仮設大容量ポンプから原子炉補機冷却水クーラに海水を送水
 - ② 充てんポンプによるほう酸濃縮
 - ③ 余熱除去系統を用いて1次系を冷却
- ⇒ 低温停止状態

低温停止状態までのプロセス(ポンプ、ホース類の拡充による対応)

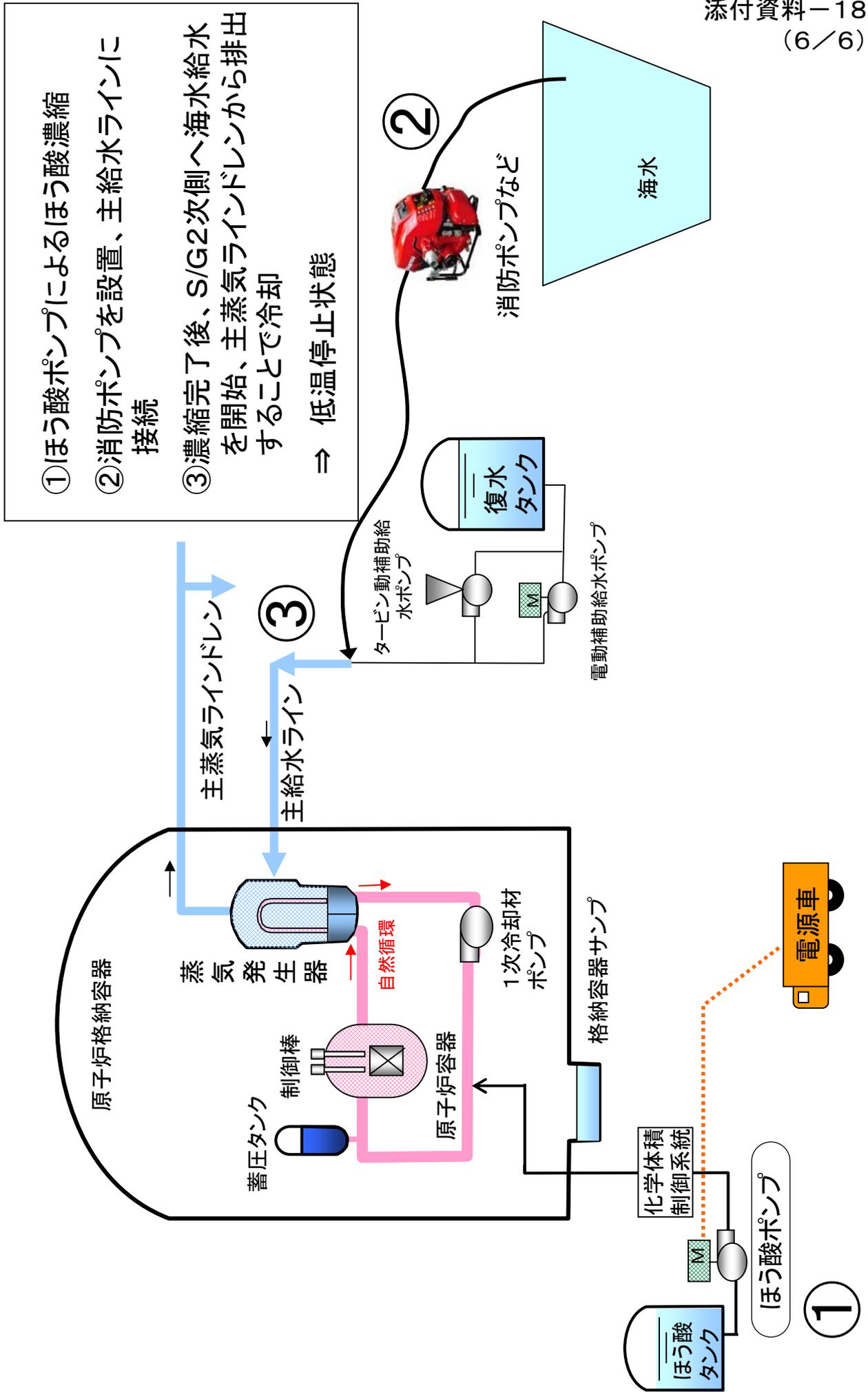


低温停止状態までの手順

プラント冷却の概要（低温停止状態まで、ポンプ、ホース類の拡充）



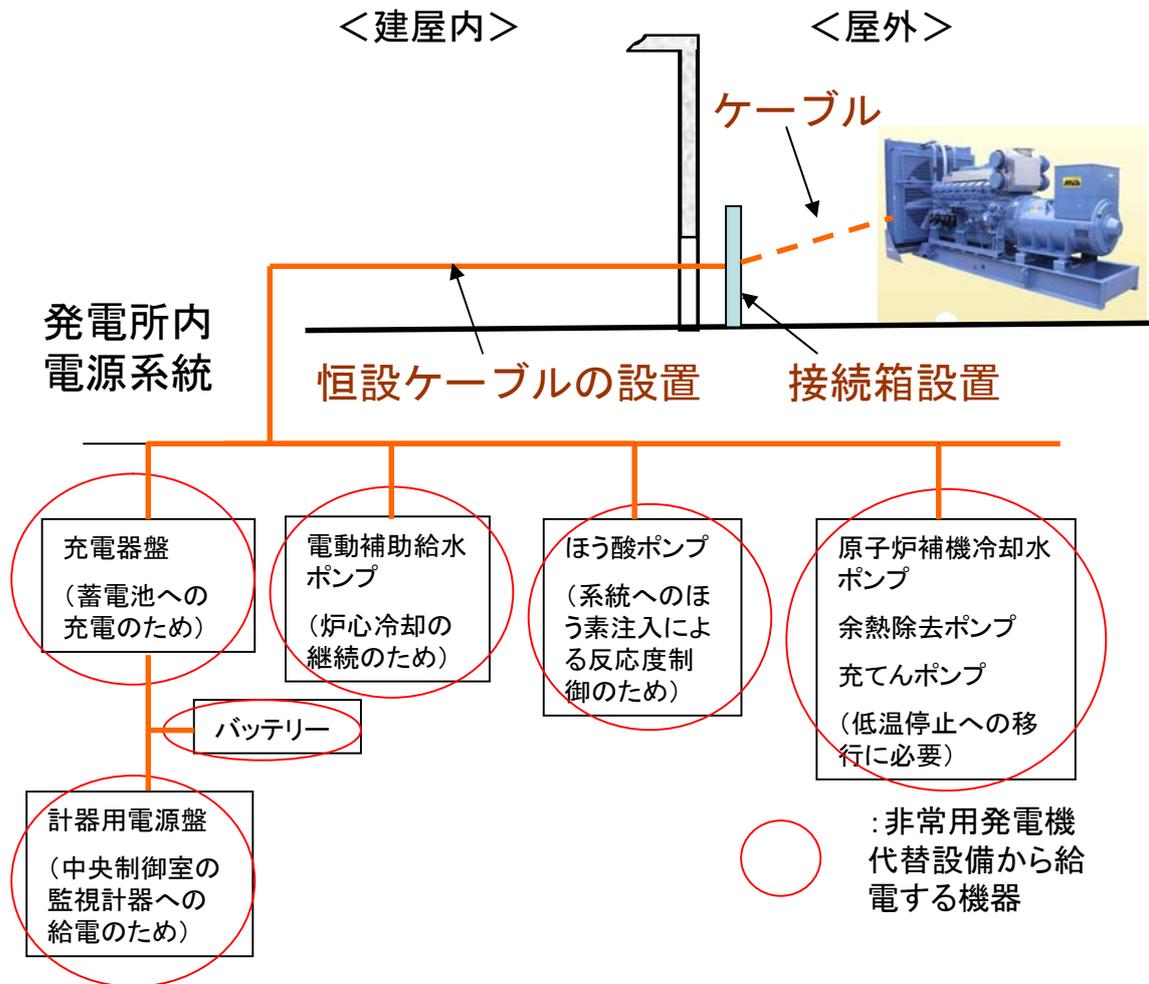
蒸気発生器2次側への海水注入による原子炉冷却



設備強化対策の概要

(非常用発電機代替設備の配置)

○非常用発電機の代替電源設備として、炉心を安全に冷却するのに必要な機器や監視計器を機能させる容量の移動式発電装置を配置



プラント	必要容量 (kVA)	必要台数 (台)
美浜1号	1,000	1
美浜2号	2,000	2
美浜3号	3,500	2
計	—	5

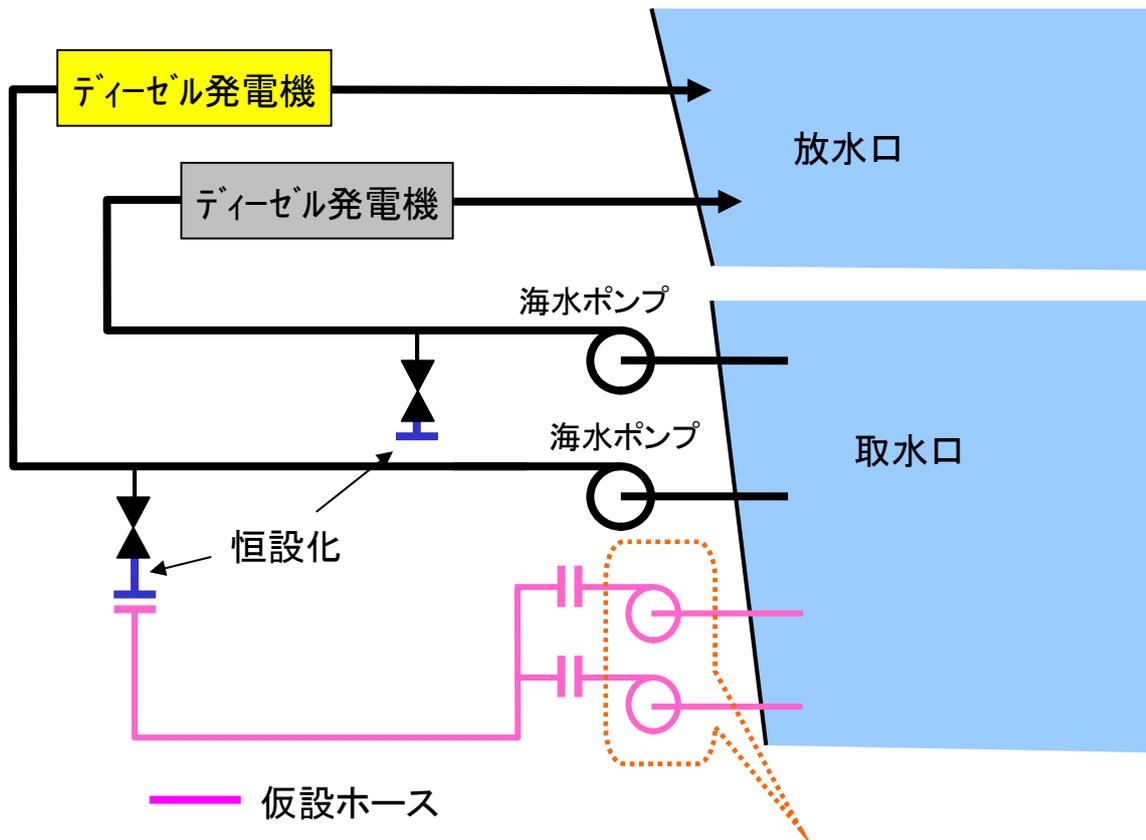
○移動式発電装置
(約1800kVA)
5台 手配済み

○接続箱および接続箱と発電所内電源系統をつなぐ高圧ケーブルを恒設化
(納入時期: H23年9月頃)

設備強化対策の概要

(海水供給用可搬式ポンプの配置)

- 海水ポンプが機能を喪失した場合においても、非常用ディーゼル発電機の冷却を実施できるように、海水供給用可搬式エンジン駆動ポンプを配置する。



(美浜1号機の例)

可搬式エンジン駆動ポンプ

[流量 60m³/h]



	1号機	2号機	3号機
ディーゼル発電機 海水流量 [m ³ /h]	約100	約180	約220
ポンプ台数	2	4	4

必要量10台に予備4台の
合計14台準備予定

設備強化対策の概要

(送電線の強化)

【計画概要】

原子力発電所に外部から電源供給するための送電線のうち、比較的運用年数が経過しているものを優先的に建替える。

具体的には、自然環境の厳しさ、設備異常の発生状況、長期的な安全性の観点を踏まえ、**美浜線・敦賀線**をはじめとして順次改修する。

また、設備の改修にあたっては、設備異常の発生しにくい形状の部材、腐食しにくい電線の採用等、最新の知見を盛り込むとともに今回の地震に鑑み、鉄塔ならびに基礎の耐震設計にも最新の知見を反映する。

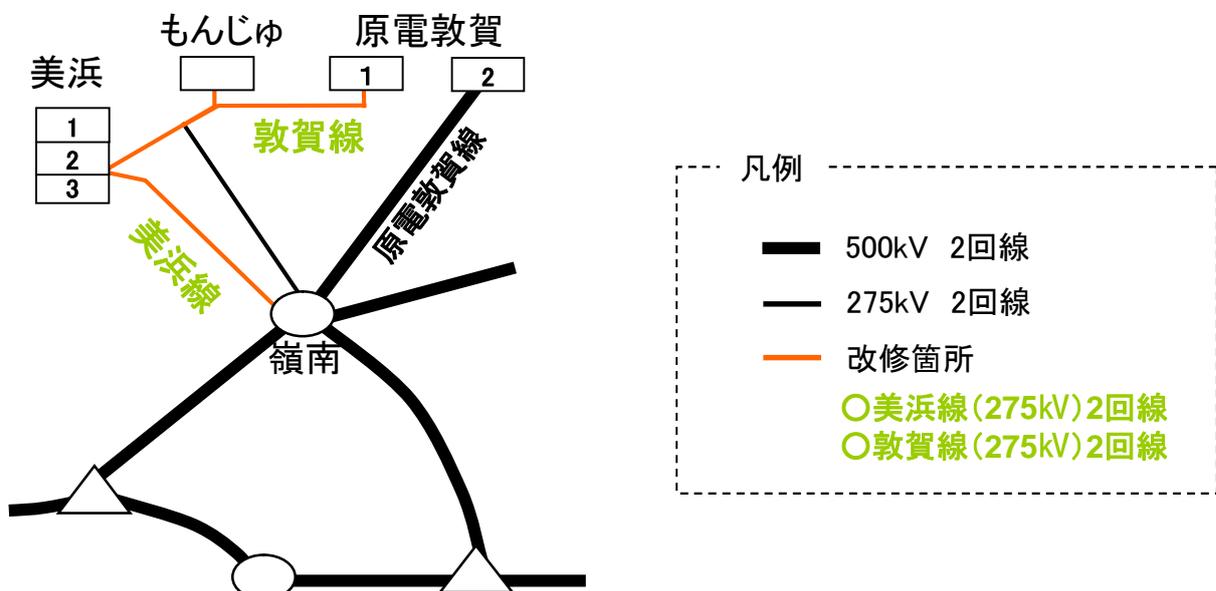
加えて、今回の地震の規模、設備被害の詳細が分かり次第、取り入れるべきことがないか等の検討を行い、適切に対応する。

【改修工程】

年度	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29
工程	準備	調査	工事				

※調査：測量、地質、環境の調査およびそれに伴う地元、行政等との協議を通じ、詳細な工事の概要を決定するためのもの。

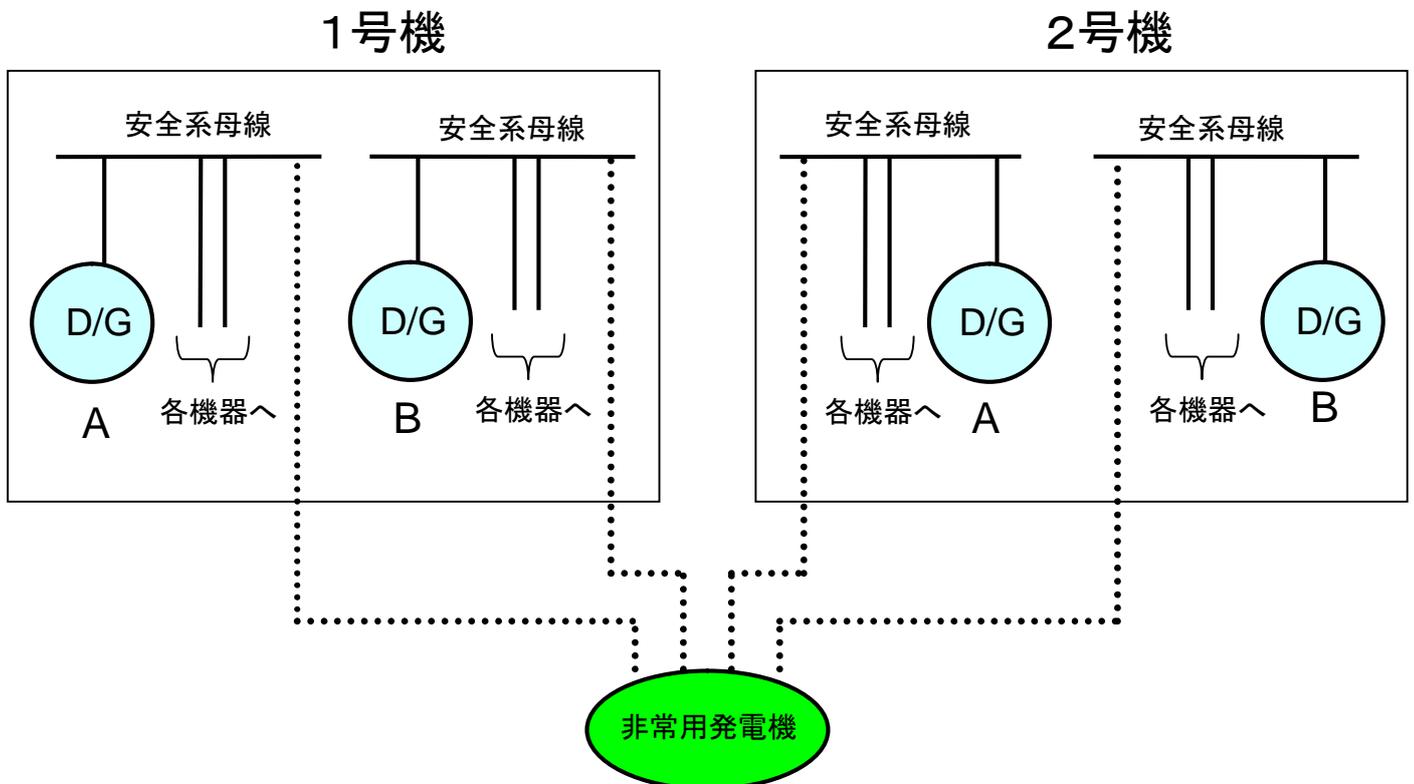
【系統図】



設備強化対策の概要 (恒設非常用発電機の設置)

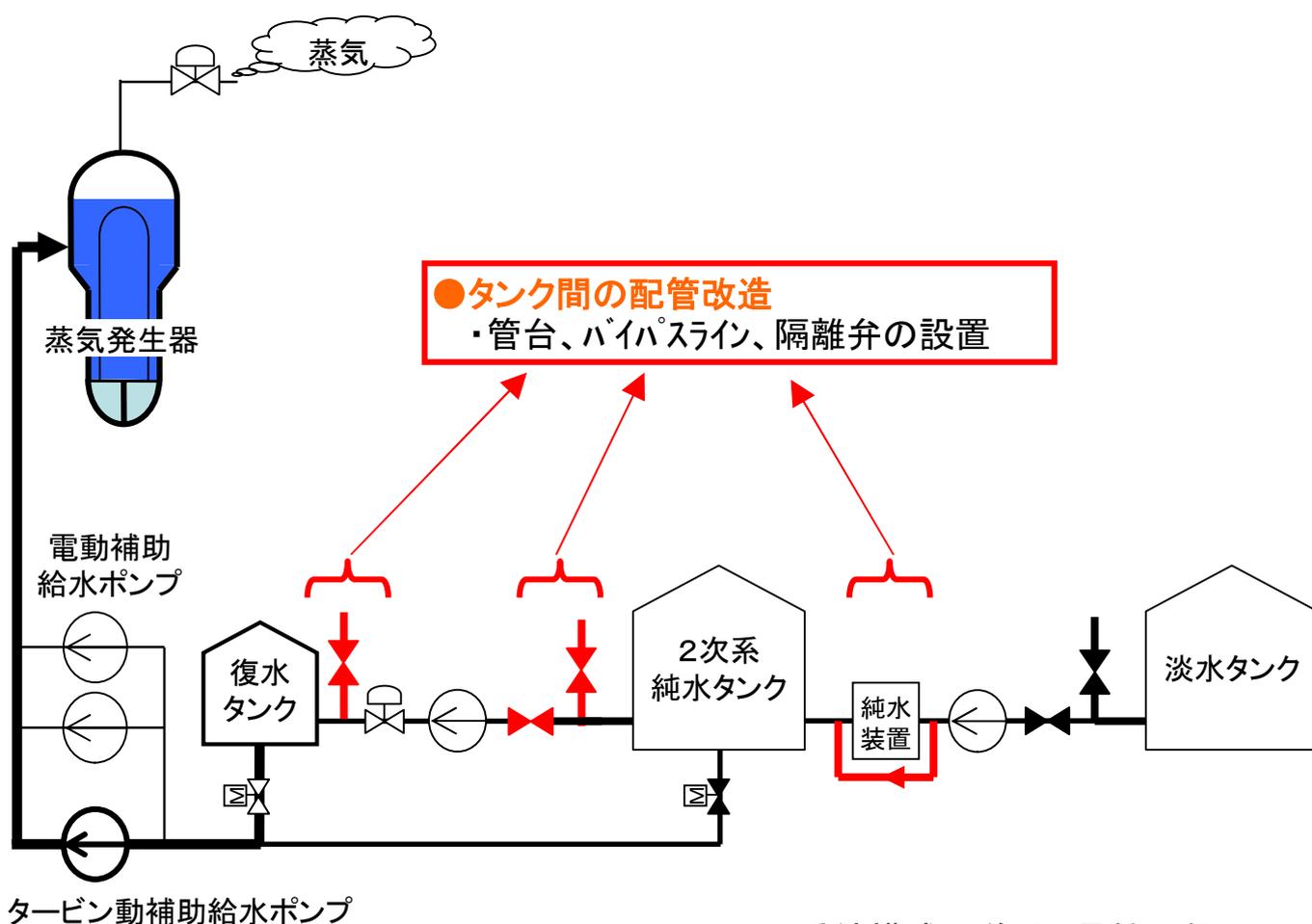
○原子力安全・保安院からの「非常用発電設備の保安規定上の取扱いについて(指示)」(H23. 4. 9発出)により、低温停止状態および燃料交換において、非常用発電設備が2台動作可能であることが要求されたことを受け、非常用発電設備を追設する。

2ユニットに1台設置する場合の例



設備強化対策の概要 (タンク間の配管改造)

○復水タンクへの水の供給が容易になるよう、復水タンクと2次系純水タンクおよび淡水タンク間の配管の改造を行う。

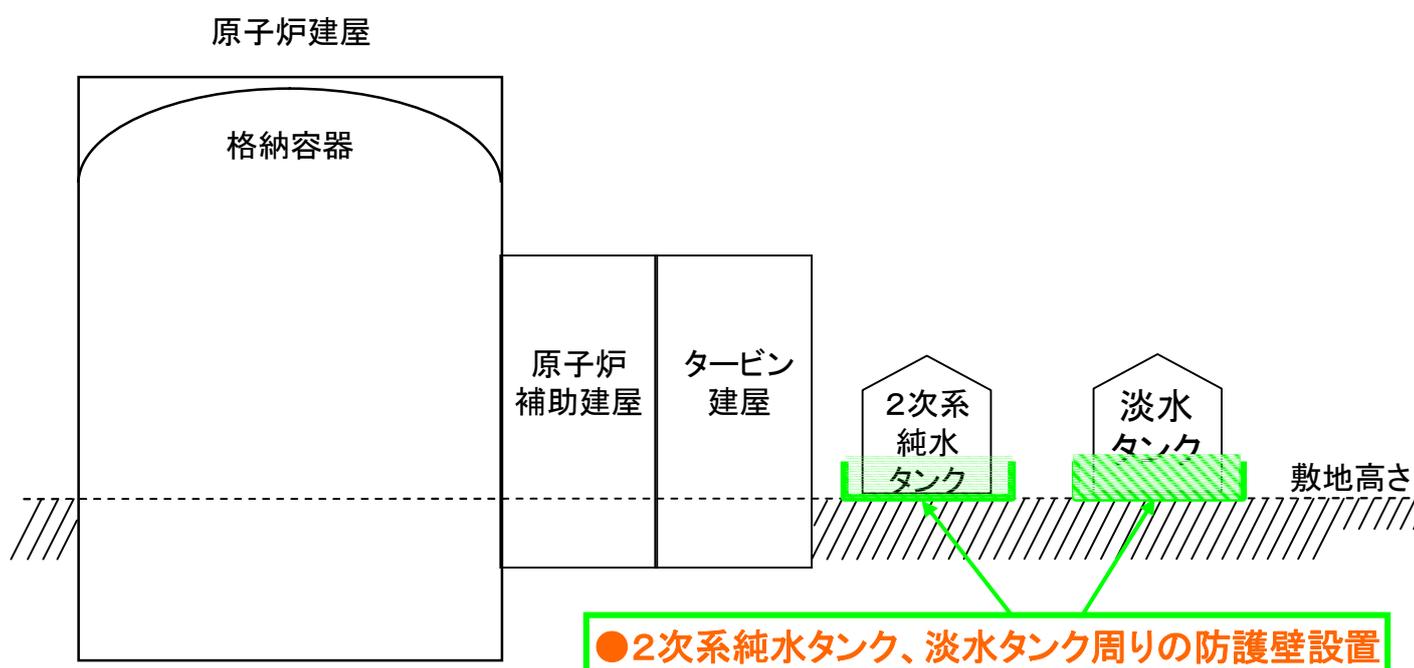


(系統構成は美浜3号機の例)

設備強化対策の概要

(2次系純水タンク、淡水タンク周りの防護壁設置)

- 蒸気発生器へ給水するための水源となる設置高さの低い2次系純水タンクや淡水タンクについて周囲に防護壁を設置する。

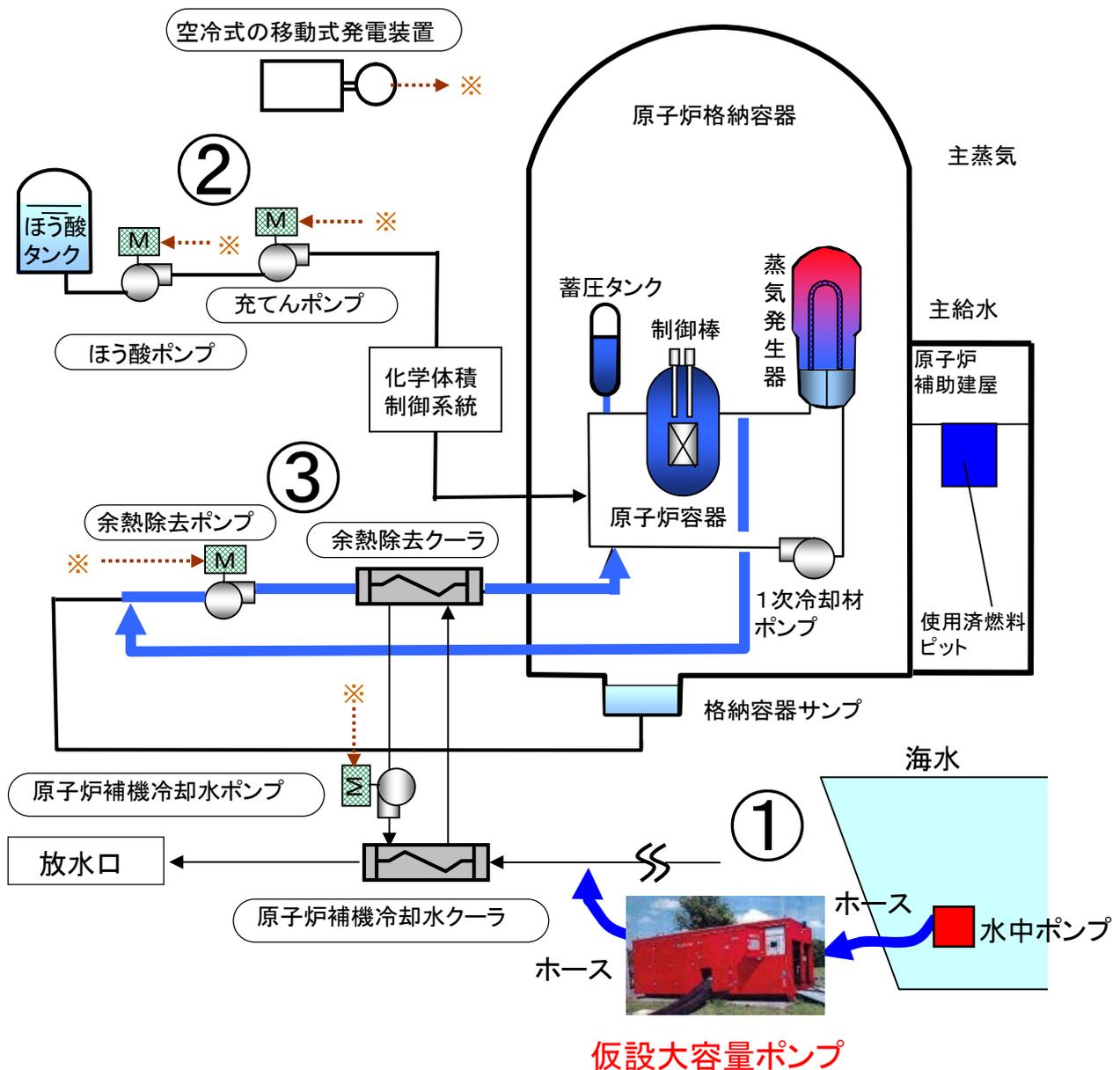


設備強化対策の概要

(海水ポンプの津波対策強化)

○海水ポンプが機能を喪失した場合においても、原子炉補機冷却水クーラに海水を供給し、余熱除去クーラを介して燃料の崩壊熱を除去できるようにディーゼル駆動の大容量ポンプを配置する。

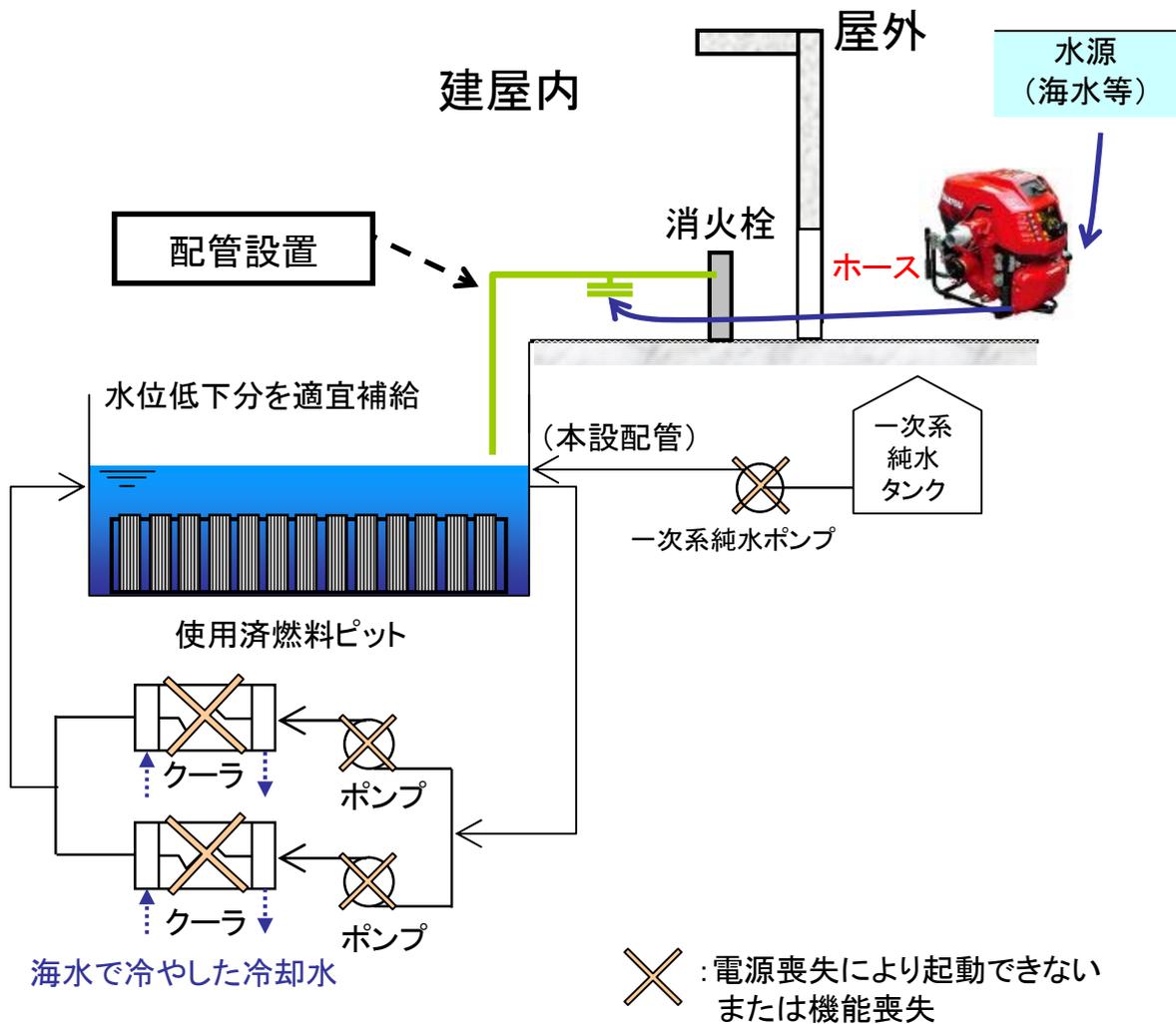
- ① 仮設大容量ポンプから原子炉補機冷却水クーラに海水を送水
- ② 充てんポンプによるほう酸濃縮
- ③ 余熱除去システムを用いて1次系を冷却
⇒低温停止



設備強化対策の概要

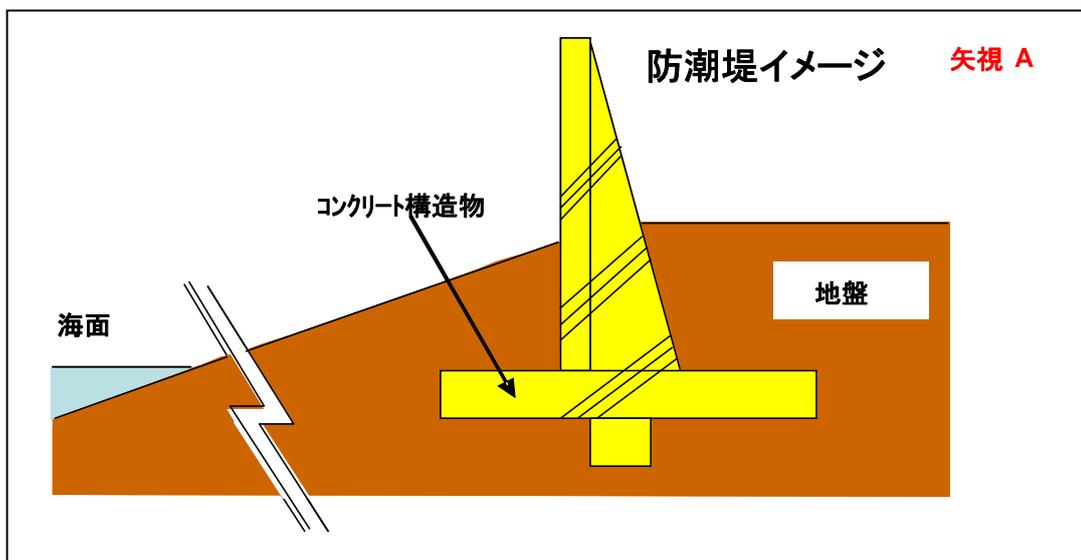
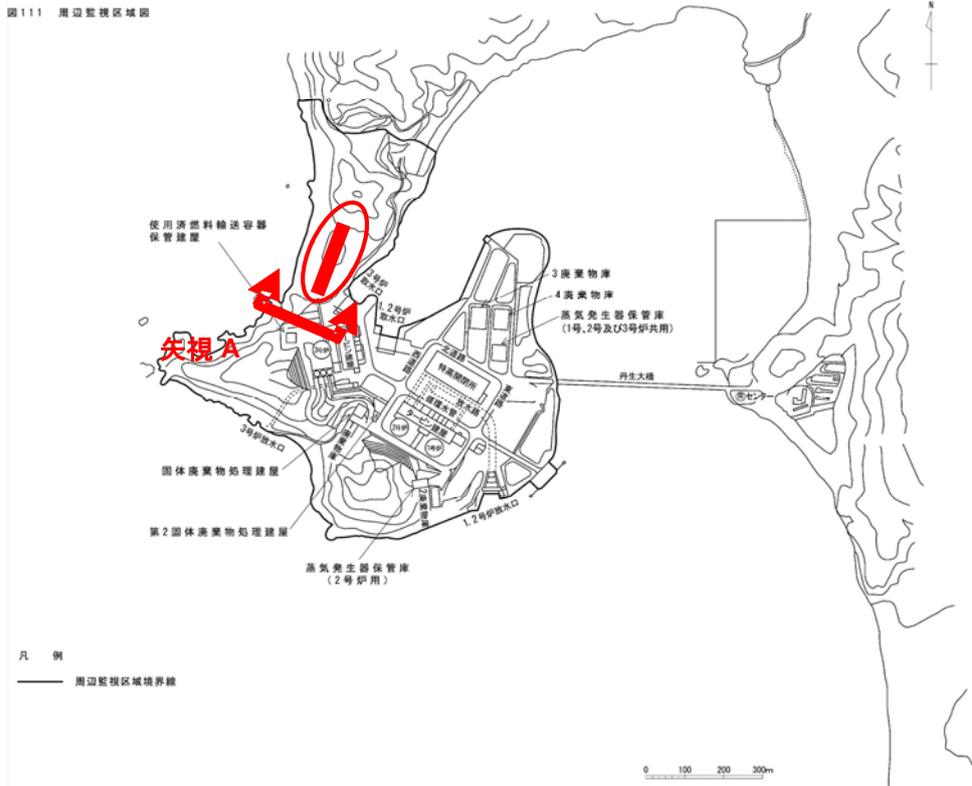
(使用済燃料ピット冷却機能の強化)

- 使用済燃料ピットへの水補給方法を多様化するため、外部から使用済燃料ピットへ消火水等を注入するための配管等を敷設する。



設備強化対策の概要 (津波の衝撃力緩和対策)

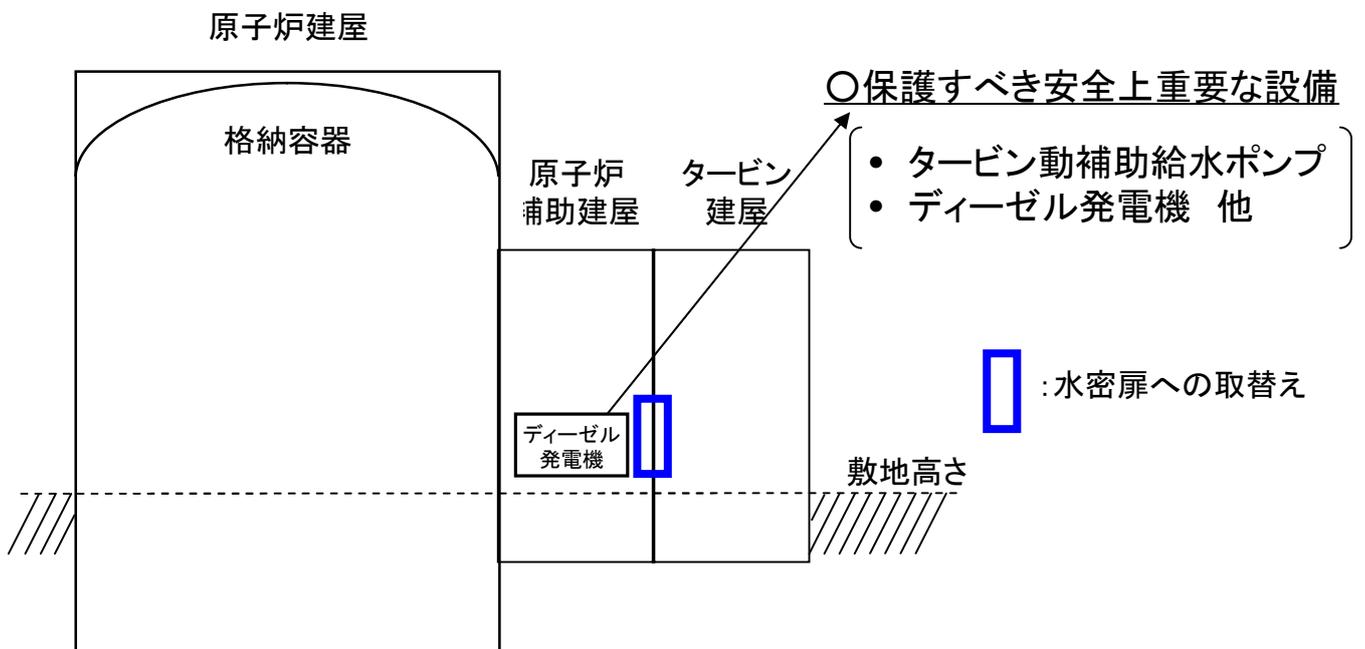
○津波の衝撃力を緩和するため、防潮堤を設置する。



設備強化対策の概要

(安全上重要な設備の浸水対策の強化)

○タービン動補助給水ポンプ、非常用ディーゼル発電機、受電盤等のプラント安全上重要な設備の津波による浸水対策の強化を図るため、水密扉への取替えを行う。また、今後得られる新知見や多様なリスクへの対応を勘案し、既設設備への影響等を評価した上で浸水防止措置の適用範囲を拡大していく。

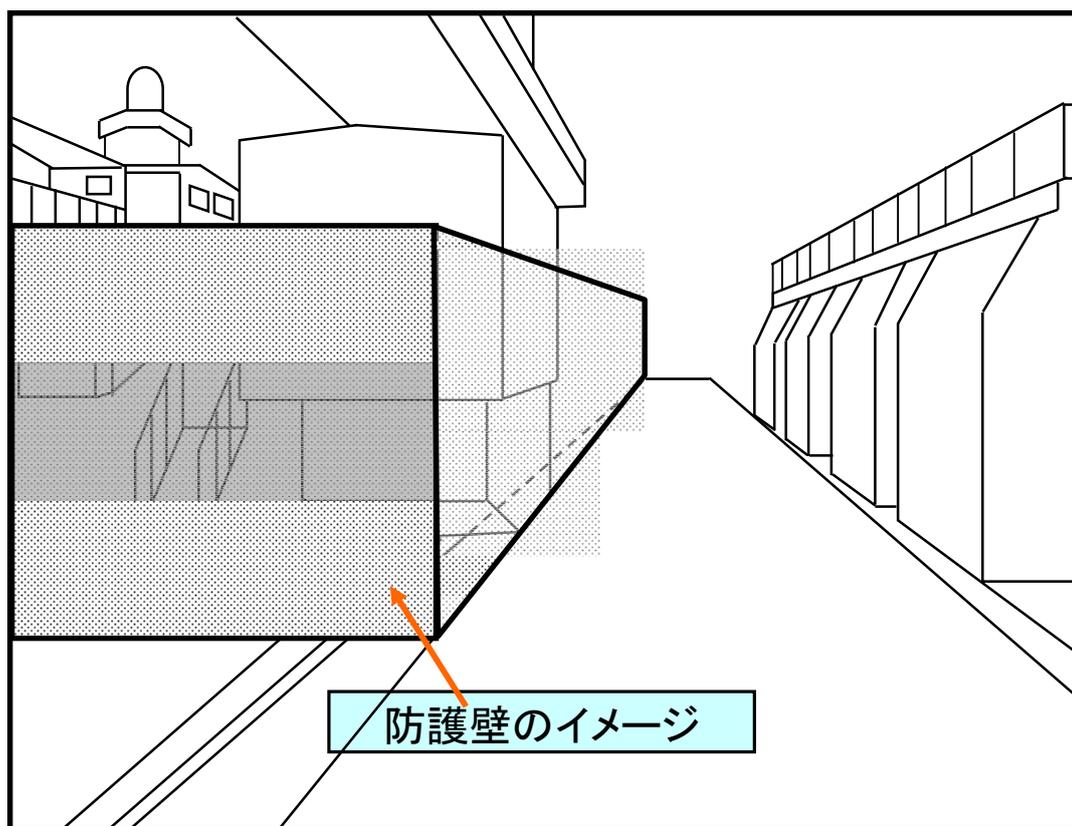


水密扉の例



設備強化対策の概要 (海水ポンプの津波対策強化)

○海水ポンプへの津波の影響を低減するため、海水ポンプエリアに防護壁を設置する。



(設置位置の詳細は、現場状況を踏まえ決定する)

美浜1号機 設備強化対策の工程

対策	時期		備考
	H23年度	H24年度	
緊急時の電源の確保	非常用発電機代替設備の配置 設計 製作 ▽平成23年9月 設置		
	海水供給用可搬式ポンプの設置 ▽平成23年6月 設置		
	送電線の強化 検討	調査(測量・地質・環境)	
	恒設非常用発電機の設置 設計・許認可手続き 調査・敷地造成		
緊急時の最終的な除熱機能の確保	タンク間の配管改造 設計 製作 ▽平成24年7月 施工		▽平成25年3月
	純水タンク、淡水タンク周りの防護壁設置 設計		施工
	海水ポンプ電動機予備品の確保 設計 製作 ▽平成24年3月 設置		
	低温停止に向けたさらなる設備充実 大容量ポンプ S/Gへの給水のため、設備拡充 ▽平成23年12月 設置		
緊急時の使用済燃料ピットの冷却機能確保	使用済燃料ピット冷却機能の強化 設計 製作 ▽平成24年3月 施工		
	津波の衝撃力緩和対策 設計 製作 ▽平成24年3月 施工		
原子力発電所における構造等を踏まえた当面必要となる対応策の実施	安全上重要な設備の浸水対策の強化 設計 製作 ▽平成24年3月 施工		
	海水ポンプの津波対策の強化のための防護壁の設置 設計 製作 ▽平成24年3月 設置	順次施工	

美浜2号機 設備強化対策の工程

対策	時期		備考
	H23年度	H24年度	
緊急時の電源の確保	非常用発電機代替設備の配置 設計 製作 ▽平成23年9月 設置		
	海水供給用可搬式ポンプの設置 ▽平成23年6月 設置		
	送電線の強化 検討 今回の地震の規模、設備被害の詳細が分かり次第、取り入れられるべきことがないか等の検討を行い、適切に対応していく。	調査(測量・地質・環境)	
	恒設非常用発電機の設置 設計・許認可手続き 調査・敷地造成		
緊急時の最終的な除熱機能の確保	タンク間の配管改造 設計 製作 ▽平成24年3月 施工		▽平成25年3月
	純水タンク、淡水タンク周りの防護壁設置 設計		
	海水ポンプ電動機予備品の確保 設計 製作 ▽平成24年3月 設置		
	低温停止に向けたさらなる設備充実 大容量ポンプ S/Gへの給水のため、設備拡充 ▽平成23年12月 設置		
緊急時の使用済燃料ピットの冷却機能確保	使用済燃料ピット冷却機能の強化 設計 製作 ▽平成24年3月 施工		
	津波の衝撃力緩和対策 設計 製作 ▽平成24年3月 施工		
原子力発電所における構造等を踏まえた当面必要となる対応策の実施	安全上重要な設備の浸水対策の強化 設計 製作 ▽平成24年3月 施工		
	海水ポンプの津波対策の強化のための防護壁の設置 設計 製作 ▽平成24年3月 設置	順次施工	

美浜3号機 設備強化対策の工程

対策	時期		備考
	H23年度	H24年度	
緊急時の電源の確保	非常用発電機代替設備の配置	設計 製作 ▽平成23年9月 設置	
	海水供給用可搬式ポンプの設置	▽平成23年6月 設置	
	送電線の強化	検討	
	恒設非常用発電機の設置	調査(測量・地質・環境) 設計・認可手続き 調査・敷地造成	
緊急時の最終的な除熱機能の確保	タンク間の配管改造	設計 製作 ▽平成24年11月 施工	▽平成25年3月
	純水タンク、淡水タンク周りの防護壁設置	設計	
	海水ポンプ電動機予備品の確保	設計 製作 ▽平成24年3月 設置	
	低温停止に向けたさらなる設備充実 大容量ポンプ S/Gへの給水の ため、設備拡充	▽平成23年12月 設置	
緊急時の使用済燃料ピットの冷却機能確保	使用済燃料ピット冷却機能の強化	設計 製作 ▽平成24年3月 施工	
	津波の衝撃力緩和対策	設計 ▽平成24年3月 施工	
原子力発電所における構造等を踏まえた当面必要となる対応策の実施	安全上重要な設備の浸水対策の強化	設計 製作 順次施工	
	海水ポンプの津波対策の強化のための防護壁の設置	設計 製作 ▽平成24年3月 設置	