

四国電力(株)伊方発電所3号機の 安全性に関する総合的評価(一次評価)に ついての審査結果

平成24年4月18日

原子力安全・保安院

目次

- 東京電力福島第一原子力発電所事故後の保安院の取組み・・・ P2
- ストレステストとは・・・P3
- 保安院の審査方法・・・P4
- 保安院の審査プロセス・・・P5
- 保安院の審査プロセスの公開について・・・P6
- 保安院の評価手法に対するIAEAの評価・・・P7
- 四国電力伊方3号に関する審査結果のポイント・・・P8
- 四国電力伊方3号に関する審査結果について・・・P9
 - 地震に関する評価について
 - 津波に関する評価について
 - 地震・津波に関する評価について
 - 防護措置の成立性に関する評価について
 - 地震・津波重畳時の冷却継続時間に関する評価について
 - シビアアクシデント・マネジメントに関する評価について
 - 継続的向上に関する評価について
 - 一層の取組を求める事項について
 - 保安院の見解

東京電力福島第一原子力発電所事故後の保安院の 取組み

保安院では、東京電力福島第一原子力発電所事故後、全事業者に対し、同事故の原因を踏まえて累次の安全対策を指示。

- 緊急安全対策(昨年3月30日指示、5月6日確認)
→電源車や消防ポンプ配備、手順書整備など
- 電源信頼性向上対策(昨年4月9日・15日指示、6月7日確認)
→送電鉄塔の地震対策、非常用電源の号機間融通など
- シビアアクシデント対策(昨年6月7日指示、6月18日確認)
→通信手段確保、ホイールローダ配備など

※事故原因調査と新知見の反映については、上記対策後も様々な取組みを実施。

- ・東京電力福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する意見聴取会
- ・地震・津波に関する意見聴取会
- ・建築物・構造に関する意見聴取会
- ・高経年化技術評価に関する意見聴取会 等

ストレステストとは

緊急安全対策の実施を前提に、現時点で原子炉がどのレベルの地震や津波まで耐えられるか(炉心損傷しないか)をシミュレーションにより評価するもの。

- 昨年7月6日原子力安全委員会から総合的評価の実施要請
- 7月11日に政府方針を公表
 - ✓ 保安院による安全性確認について国民・住民の方々に十分な理解が得られているとは言い難い状況があったことが背景。
 - ✓ 欧州の取り組みを参考に新たな手続き・ルールに基づく評価を実施。
 - ✓ 1次評価により定期検査で停止中の原子力発電所について運転再開可否を判断。
 - ✓ 2次評価により運転中の原子力発電所について運転の継続又は中止を判断。
 - ✓ 事業者の評価結果を保安院が確認し、その妥当性を原子力安全委員会が確認することとされている。
- 7月22日に保安院から全事業者に評価の実施を指示

保安院の審査方法

当院では、意見聴取会を設置・開催し、専門家からの意見聴取を公開で行いつつ、事業者へのヒアリングや現地調査により審査を実施。
また、審査は、原子力安全基盤機構の技術支援を受けて実施。

意見聴取会委員名簿

阿部 豊	国立大学筑波大学大学院 システム情報工学研究科教授
井野 博満	国立大学法人東京大学 名誉教授
岡本 孝司	国立大学法人東京大学 工学研究科原子力専攻教授
後藤 政志	芝浦工業大学 非常勤講師
小林 信之	青山学院大学 理工学部機械創造工学科教授
佐竹 健治	国立大学法人東京大学 地震研究所教授
高田 毅士	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科建築学専攻教授
奈良林 直	国立大学法人北海道大学大学院 工学研究院・工学院教授
西川 孝夫	公立大学法人首都大学東京 名誉教授
山口 彰	国立大学法人大阪大学大学院 工学研究科教授
渡邊 憲夫	日本原子力研究開発機構安全研究センター リスク評価・防災研究グループリーダー

四国電力伊方3号に関する保安院の審査経緯

平成23年

- 11/14 伊方3号について四国電力から報告書提出
- 11/14 第1回意見聴取会(審査の視点提示)
- 11/18 第2回意見聴取会(海外専門家との意見交換)
- 11/29 第3回意見聴取会(伊方3号報告書概要説明)
- 12/8 第4回意見聴取会(伊方3号報告書説明(大飯3号との相違))

平成24年

- 1/18 第7回意見聴取会(伊方3号主要論点整理の説明・議論)
- 2/8 第8回意見聴取会(伊方3号主要論点整理の説明・議論)
- 2/20 第9回意見聴取会(伊方3号主要論点整理の説明・議論)
- 2/24,25 現地調査
- 3/9 第10回意見聴取会(伊方3号保安院審査書案の説明・議論)
- 3/19 第11回意見聴取会(伊方3号保安院審査書案の説明・議論)
- 3/26 審査書をとりとめて原子力安全委員会へ報告

保安院の審査プロセスの透明性確保について

- ・号機ごとの審査の進捗状況をHPで公開。
- ・事業者からの報告書や審査で用いた資料等も全て公開
- ・審査で確認すべき技術的事項に関する一般の方からの質問や要望を受け付け、保安院の考え方を回答。

ストレステストの進捗状況

事業者	発電所(号機)	一次評価 報告年月日	保安院 評価終了年月日	原子力安全委員会 への報告年月日	原子力安全委 建議終了年月日
関西電力	大飯発電所(3号機)	平成23年11月29日	平成24年11月13日	平成24年11月13日	平成24年11月13日
四国電力	伊方発電所(3号機)	平成23年11月22日	平成24年11月13日	平成24年11月13日	平成24年11月13日
関西電力	大飯発電所(4号機)	平成23年11月22日	平成24年11月13日	平成24年11月13日	平成24年11月13日
北海道電力	泊発電所(1号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—
九州電力	五海原子力発電所(2号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—
九州電力	川内原子力発電所(1号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—
九州電力	川内原子力発電所(2号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—
関西電力	高浜発電所(3号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—
日本原子力発電	敦賀発電所(2号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—
北海道電力	泊発電所(2号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—
東北電力	東通原子力発電所(1号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—
関西電力	高浜発電所(1号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—
東京電力	柏崎刈羽原子力発電所(1号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—
東京電力	柏崎刈羽原子力発電所(7号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—
関西電力	大飯発電所(1号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—
北陸電力	志賀原子力発電所(2号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—
北陸電力	志賀原子力発電所(1号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—
関西電力	高浜発電所(4号機)	平成23年11月22日	評価中	—	—

四国電力伊方3号機 保安院によるストレステスト審査の進捗状況

○意見聴取会(伊方3号)が取り上げられているものに限る)

回	開催日	配布資料	議事概要	議事録
第3回	(平成23年11月29日)	配布資料	議事概要	議事録
第4回	(平成23年12月8日)	配布資料	議事概要	議事録
第7回	(平成24年1月18日)	配布資料	議事概要	議事録
		【会合の様様(動画)】		
第8回	(平成24年2月8日)	配布資料	議事概要	議事録
第9回	(平成24年2月20日)	配布資料	議事概要	議事録
第10回	(平成24年3月9日)	配布資料	議事概要	議事録
第11回	(平成24年3月19日)	配布資料	議事概要	議事録

○保安院、(後)原子力安全基盤機構から事業者への質問事項(審査におけるやりとりを含む)
(※審査にあたっては、(後)原子力安全基盤機構の技術的支援を受けています。)

質問(審査におけるやりとりを含む)	事業者からの回答
平成23年11月22日	平成24年3月8日(その1) (平成23年11月22日(2)回、11月25日(2)回、12月5日(2)回、(3)回、(4)回、(5)回)
平成23年11月25日	平成24年3月8日(その2) (平成23年11月22日(1)回、平成23年12月5日(1)回)
平成23年12月5日	平成24年3月8日(その3) (平成23年11月22日(2)回)
平成23年12月19日	平成24年3月8日(その4) (平成23年11月25日(2)回)
平成24年1月14日	平成24年3月16日(その1)

保安院の評価手法に対するIAEAの評価

- IAEAの専門家を国内に招き、保安院による大飯3・4号の審査結果を事例として、日本の評価手法の妥当性について、平成24年1月23～31日にかけてレビューを受けた。
- その結果、保安院の手法はIAEAの安全基準に整合していると結論
- 良好事例として、事故直後の緊急安全対策の実施、独自の現地調査、審査の透明性を指摘
- ストレステストの有効性を向上させるための課題として、事業者への期待事項の明確化、原子力施設近隣の利害関係者との会合の実施などを指摘。

四国電力伊方3号に関する審査結果のポイント

伊方3号については、福島第一原子力発電所を襲ったような地震・津波が来襲しても同原子力発電所事故のような状況に至らない対策が講じられており、また四国電力は一層の安全性向上に向けた改善に取り組んでいると評価。

(審査で特に着目した点と評価結果)

1. 福島を襲ったような地震と津波への耐性

- ・福島では設計上の想定(5.5m)を9.5m上回る15mの津波と、設計上の想定約1.1倍の地震が来襲。
- ・伊方3号では、設計上の想定(3.5m)を10.7m上回る14.2mの津波と基準地震動の1.5倍の地震動とが来襲した場合でも燃料損傷させない対策が取られている。
- ・地震による道路陥没や津波によるがれきなど過酷な条件でも実行可能であることを確認。

2. 外部からの支援がない場合の維持期間

- ・外部からの支援がない場合でも発電所内の備蓄資機材だけで燃料損傷に至らない状態を14.6日間維持可能。
- ・14.6日間以内に四国電力が予め契約してあるヘリコプター等で軽油等の供給が可能。

3. 安全性向上に向けた継続的取り組み

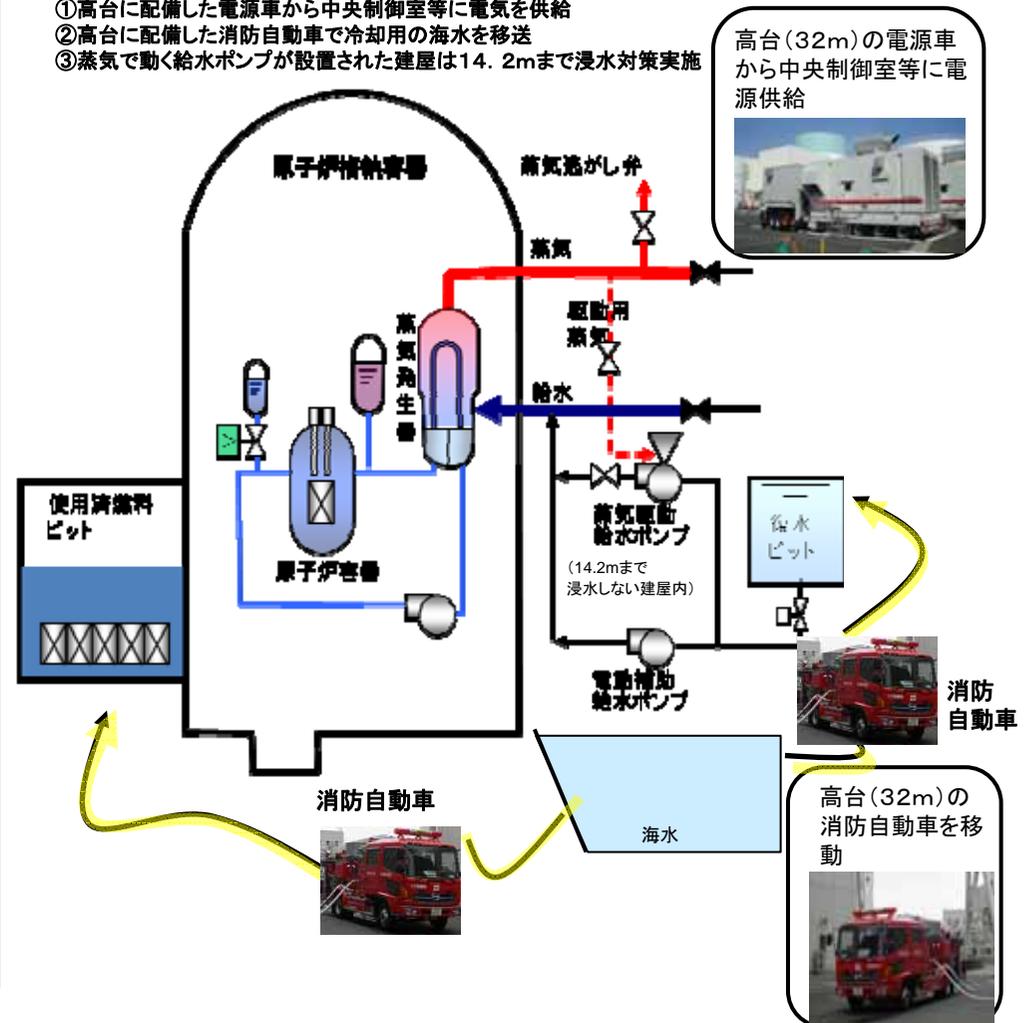
- ・これまで電源車の大型化や重油備蓄の増強等を実施。
- ・今後も恒設の発電機設置など継続的安全向上を予定。

4. 事業者に一層の取り組みを求める事項

- ・冗長性を持たせるための要員召集体制の強化
- ・電源車の分散配置(共通の原因で同時に故障することを防止)

想定を超える地震・津波への伊方3号の対策

- ①高台に配備した電源車から中央制御室等に電気を供給
- ②高台に配備した消防自動車で冷却用の海水を移送
- ③蒸気で動く給水ポンプが設置された建屋は14.2mまで浸水対策実施



四国電力伊方3号に関する審査結果について

- ▶ 地震に関する評価について
- ▶ 津波に関する評価について
- ▶ 地震・津波に関する評価について
- ▶ 防護措置の成立性に関する評価について
- ▶ 地震・津波重畳時の冷却継続時間に関する評価について
- ▶ シビアアクシデント・マネジメントに関する評価について
- ▶ 継続的向上に関する評価について
- ▶ 一層の取組を求める事項について
- ▶ 保安院の見解

※ 引用資料は、審査書、四国電力からのコメント回答等より抜粋

▶地震に関する評価について

四国電力が実施した設計上の想定を超える地震動が発電所に来襲した場合の評価について、当院の指示に沿って適切に実施されているか確認した。

【保安院の確認結果】

- 設備等が単体で有する裕度評価においては、地震動の設定、検討対象とすべき設備等の選定、評価手法、経年劣化の評価、裕度の算出方法について妥当なものであることを確認した。
- これらの組合せにより伊方3号がシステム全体として有する裕度の評価にあたっては、起因事象の設定、イベントツリーを用いた収束シナリオの特定、クリフエッジの所在の特定についても妥当なものであることを確認した。
裕度の算出においては、建屋応答の非線形性がストレステストに及ぼす影響について確認したところ、炉心損傷に係る設備等がクリフエッジとなる地震動は $1.86 \times S_s$ から $1.50 \times S_s$ に変更されるとともに、設備についてもドロップ盤から充電器盤に変更となることを確認した。
- 地震時の炉心損傷に関するイベントツリーによるクリフエッジ評価で確認された成功パスにおける主な影響緩和機能は、「補助給水による蒸気発生器への給水(タービン駆動(消防自動車等による補助給水タンクへの給水含む))」等であることを確認した。
- 緊急安全対策等の防護措置の成立性について、現地調査も行い確認した結果、クリフエッジ未達の地震動に対する防護措置の成立性に関する四国電力の評価は概ね妥当なものであることを確認した。

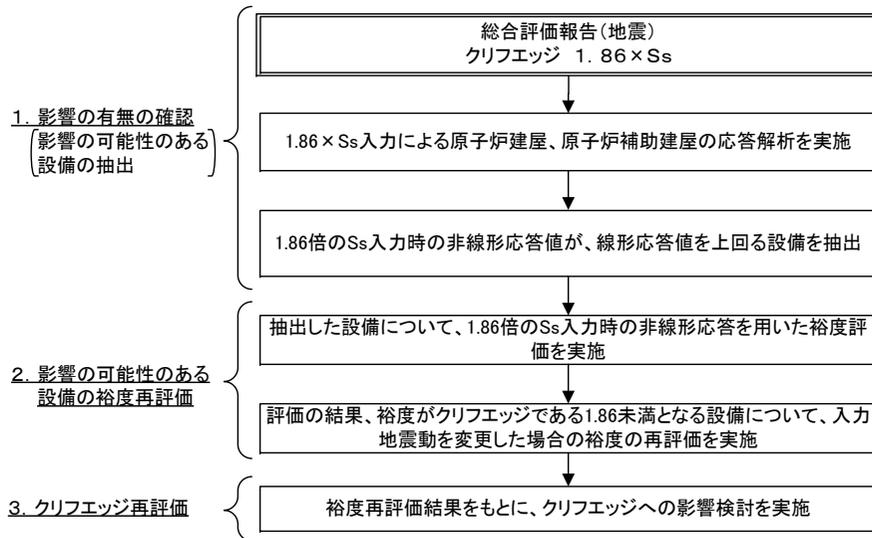
➤地震に関する評価について

建屋応答の非線形性による影響の確認(1/4)

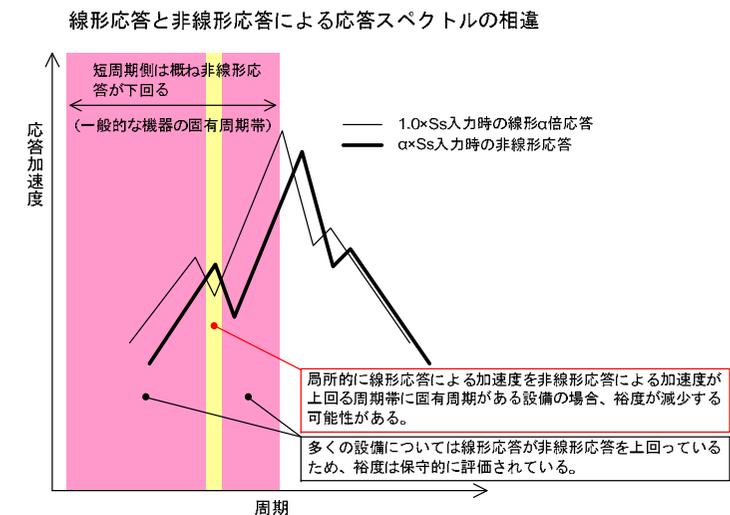
原子炉建屋及び原子炉補助建屋ともに、2倍の S_s に対する応答が非線形の領域に達しており、建屋に設置している機器・配管系の耐震裕度の評価結果やクリフエッジの特定結果が変動する可能性があることから、建屋応答の非線形性がストレステストに及ぼす影響を確認した。

(四国電力の対応)

✓ 建屋応答の非線形性による影響について、下図のフローに基づき検討した。



【補足】「線形応答」と「非線形応答」の比較イメージ



1. 影響の有無の確認結果(影響検討フロー1)

【保安院の確認結果】

- 多くの設備の裕度は保守側に評価されているものの、建屋の非線形化により応答スペクトルが変化した結果、局所的にはストレステストで用いている線形応答を非線形応答が上回る箇所が生じており、当該箇所に固有周期がある設備については、裕度が減少することを確認した。

▶地震に関する評価について

建屋応答の非線形性による影響の確認(2/4)

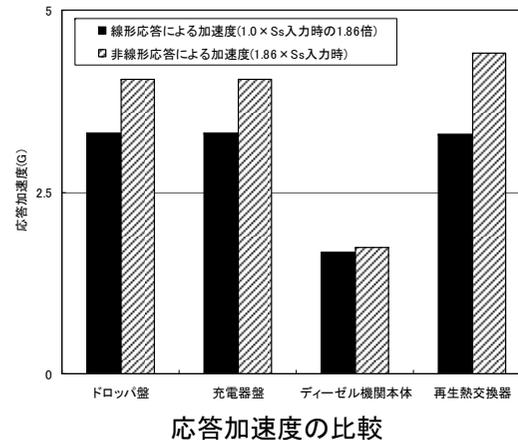
2. (1) 影響の可能性のある設備の裕度再評価(影響検討フロー2)

1) 1.86倍のS_s入力時の非線形応答を用いた裕度評価

1.86 × S_s入力時の設備の裕度評価結果

機器	裕度 (報告値)	裕度 (再評価値)
ドロップ盤	1.86	1.52
充電器盤	1.97	1.45
ディーゼル機関本体	1.88	1.82
再生熱交換器	1.63	1.24

裕度=(許容値/評価値) × 入力地震動(1.0 × S_sに対する倍率 : 1.86)



【保安院の確認結果】

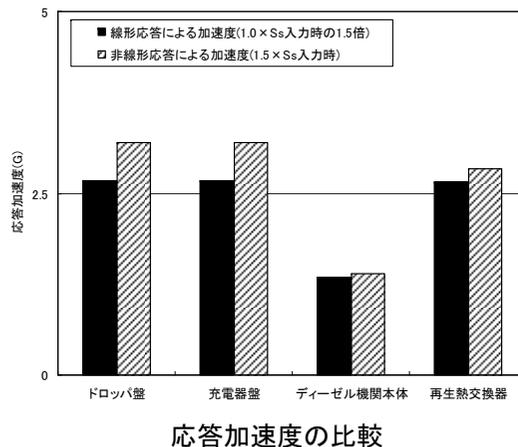
- 4設備は1.86の裕度を有していないことを確認した。

2) さらに入力地震動を小さくした場合の裕度再評価

1.5 × S_s入力時の設備の裕度評価結果

機器	裕度 (報告値)	裕度 (再評価値)
ドロップ盤	1.86	1.57
充電器盤	1.97	1.50
ディーゼル機関本体	1.88	1.82
再生熱交換器	1.63	1.54

裕度=(許容値/評価値) × 入力地震動(1.0 × S_sに対する倍率 : 1.5)



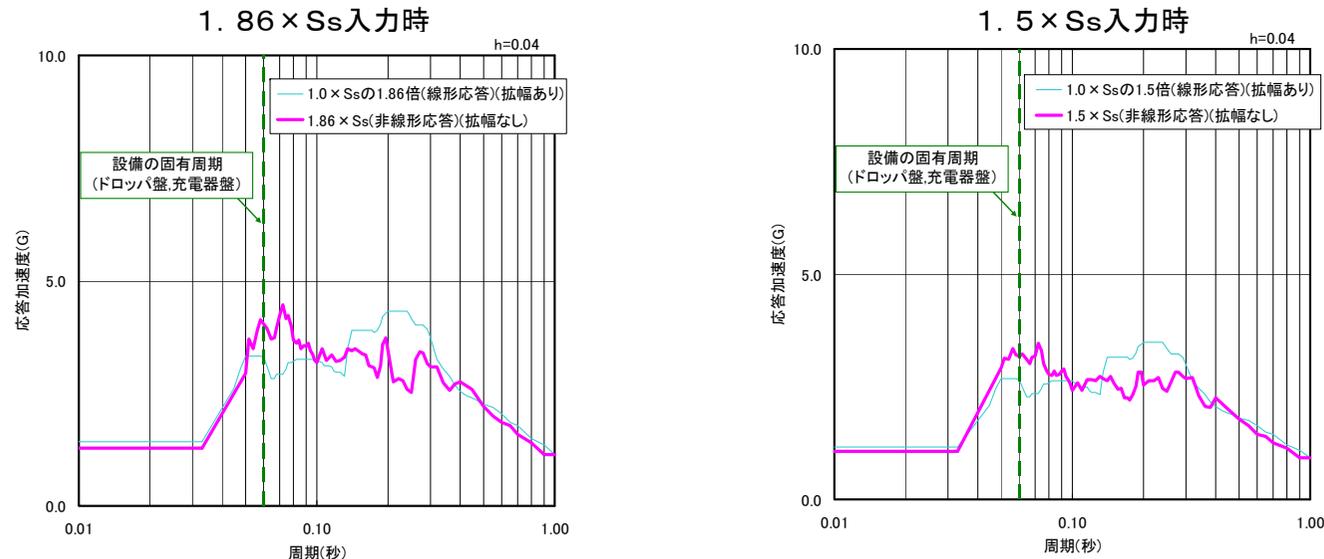
【保安院の確認結果】

- 4設備のうちクリフエッジ評価に影響のあるドロップ盤と充電器盤の裕度(1.52倍、1.45倍)から1.5倍を設定して再評価したことを確認した。
- 再評価の結果、これらの設備は1.5以上の裕度があることを確認した。

➤地震に関する評価について

建屋応答の非線形性による影響の確認(3/4)

2. (2) 非線形応答と線形応答の傾向分析



応答スペクトル(原子炉補助建屋 EL+10.0m NS方向)

【保安院の確認結果】

- 設備の耐震裕度を再評価するにあたり用いられた地震動(1.50 × S_s)の妥当性を検討するため、1.86 × S_s入力時および1.5 × S_s入力時の裕度評価結果や応答スペクトルの状況から、以下のことを確認した。

(i) 建屋の非線形性を考慮した建屋応答の方が大きくなる周期帯は、1.5倍、1.86倍に対しいずれも同様であること

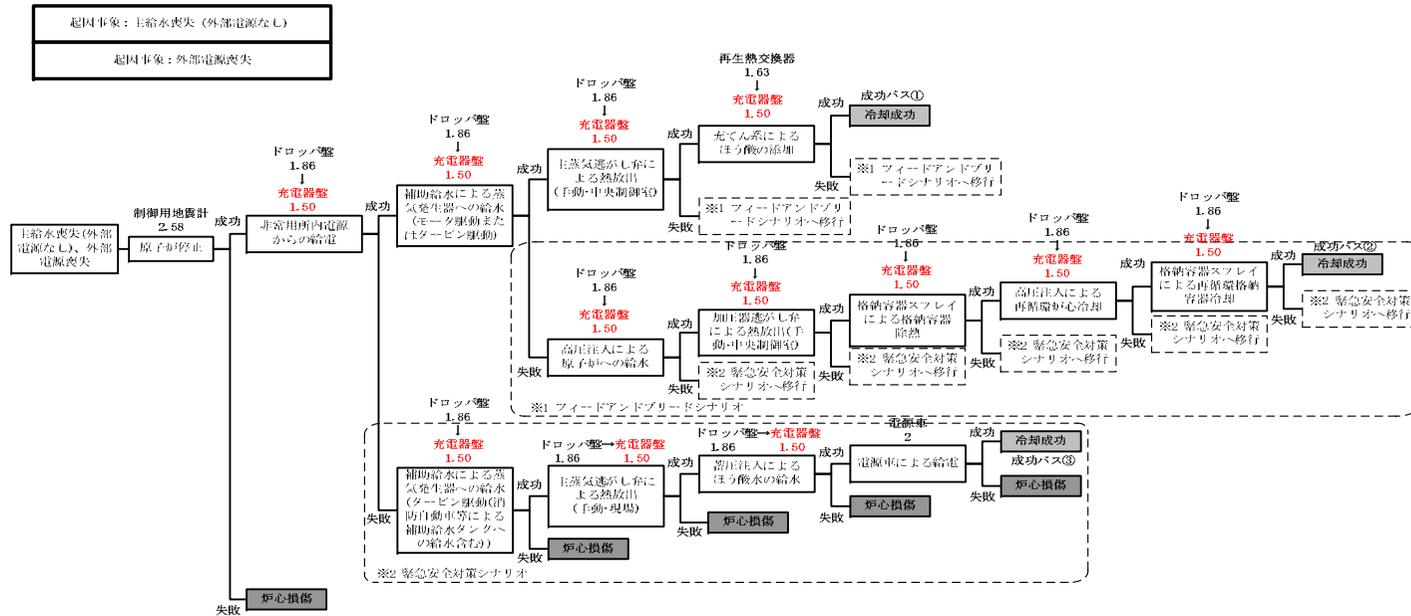
(ii) 建屋の非線形性を考慮した建屋応答の方が大きくなる割合は、入力地震動が小さくなるにつれて小さくなる傾向にあること

さらに、1.5 × S_s入力時の結果において、4設備の再評価値は許容値内に収まることを確認した。よって、4設備を含めた対象設備の耐震裕度は1.5未満に減少することはないと考える。

地震に関する評価について

建屋応答の非線形性による影響の確認(4/4)

3. クリフエッジ再評価(影響検討フロー3)



【保安院の確認結果】

- 伊方発電所3号機において、建屋応答の非線形性が設備の裕度評価に与える影響として、一部の設備の裕度が減少していることから、建屋応答の非線形性を考慮した、設備の裕度の再評価を行い、クリフエッジの特定に与える影響について確認した。
 - その結果、伊方3号機の炉心損傷に対するクリフエッジについては、クリフエッジとなる耐震裕度の値が1.86から1.5に減少し、機能喪失の原因となる設備がドロップ盤から充電器盤に変更となることを確認した。
- 以上から裕度の算出において、建屋応答の非線形性の影響を適切に考慮されていると評価。

➤津波に関する評価について

四国電力が実施した設計上の想定を超える津波が発電所に来襲した場合の評価について、当院の指示に沿って適切に実施されているか確認した。

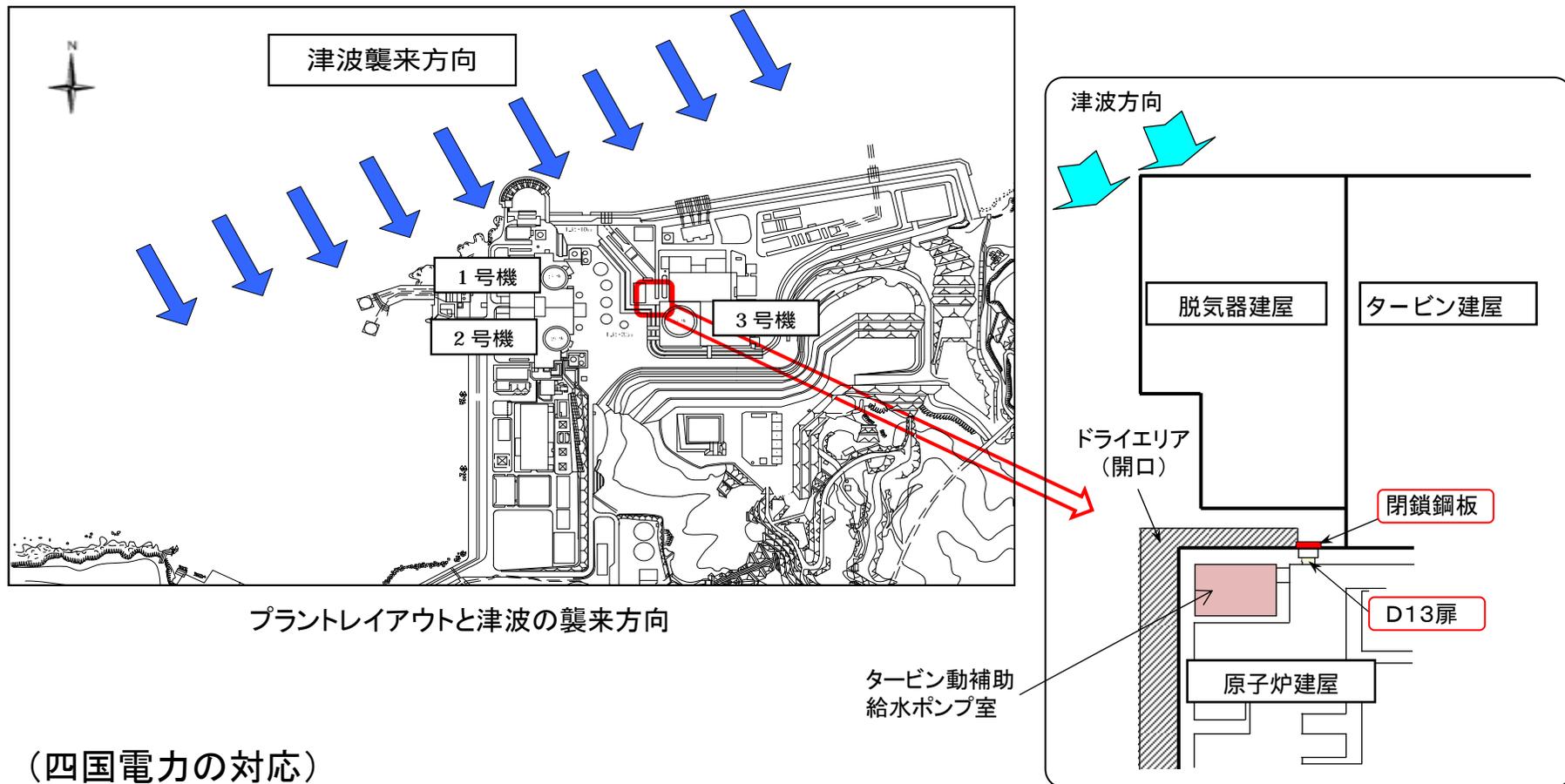
【保安院の確認結果】

- 設備等が単体で有する裕度の評価においては、設計津波高さの設定、検討対象とすべき設備等の選定、評価手法、許容津波高さの算出については妥当なものであることを確認した。
- これらの組合せにより伊方3号がシステム全体として有する裕度の評価にあたっては、起因事象の設定、イベントツリーを用いた収束シナリオの特定、クリフエッジの所在の特定についても妥当なものであることを確認した。
- 津波時の炉心燃料損傷に関するイベントツリーによるクリフエッジ評価で確認された成功パスにおける主な影響緩和機能は、「補助給水による蒸気発生器への給水(タービン動補助給水ポンプ等)」等であることを確認した。

▶津波に関する評価について

動水圧の影響等保守性を踏まえた浸水量評価(1/3)

津波対策として、T. P. +14. 2mの高さまで浸水対策が施工された建屋内に設置されたタービン動補助給水系による原子炉の冷却が可能であることを確認する。

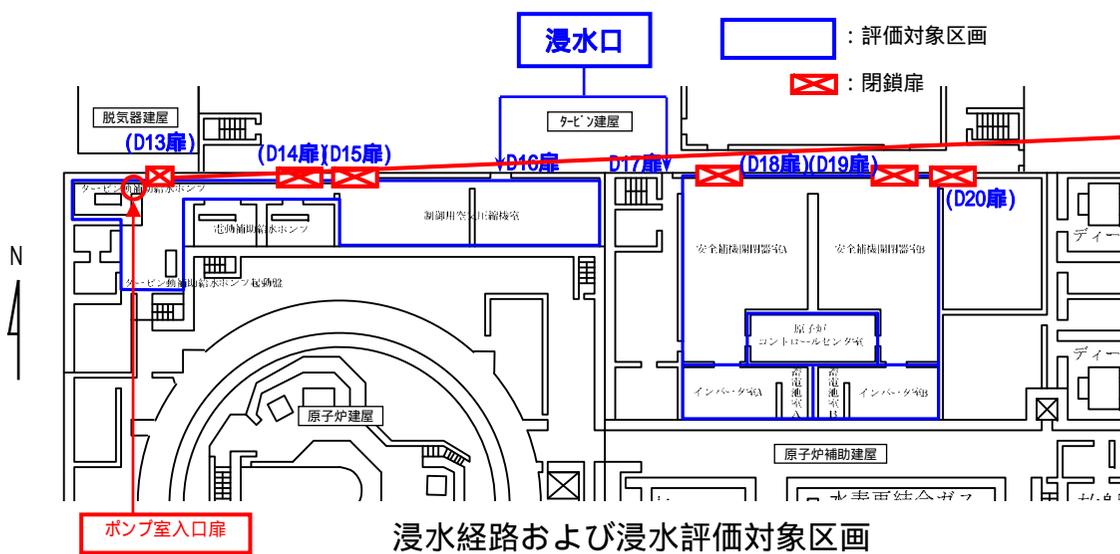


(四国電力の対応)

✓許容津波高さの検証として浸水量評価を実施

津波に関する評価について

動水圧の影響等保守性を踏まえた浸水量評価(2/3)



各扉および閉鎖板は設定した波圧に対して強度を有する。

【保安院の確認結果】

- 津波の襲来方向や建屋レイアウトを考慮して、扉の波圧が設定されていることを確認
- 浸水対策として、両建屋の浸水口と想定される扉の止水処理、暫定的な閉鎖運用(一部を除く)が実施されていることを確認

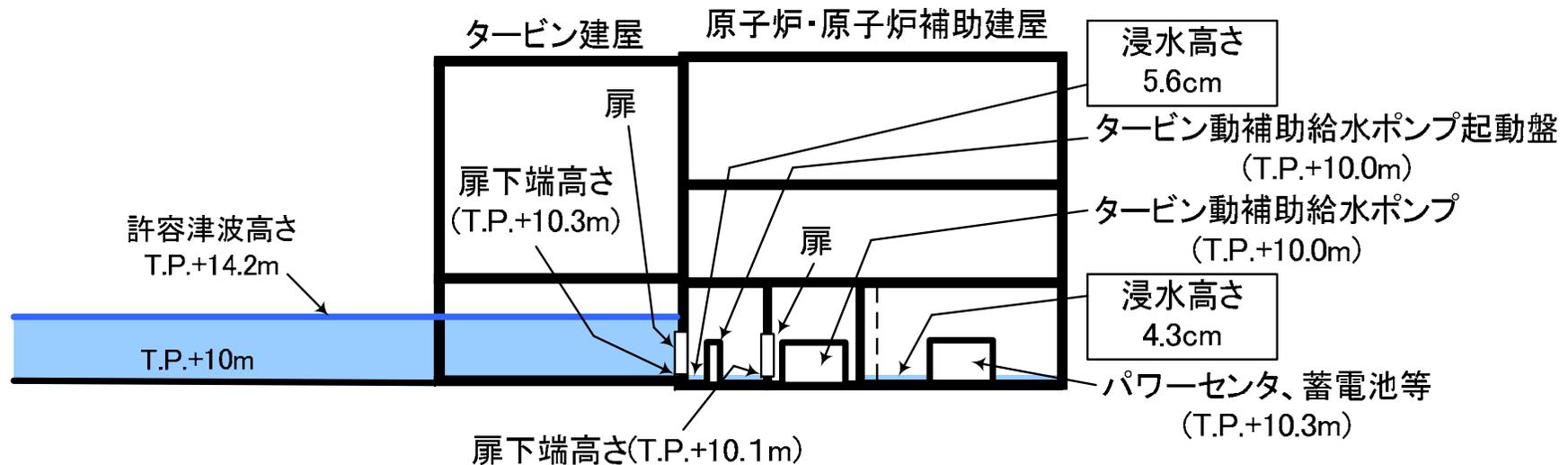
対象扉		波圧の設定(静水圧に対する倍率)		運用
建屋外部扉	D13扉	扉本体	静水圧の1.0倍 〔閉鎖板により津波の影響を直接受けない〕	閉鎖
		閉鎖板	静水圧の2.0倍 〔脱気器建屋により津波の影響は軽減するが、建屋外部扉のため、暫定指針(※)の①に準じる〕	
建屋内部扉	D14,15,18,19,20扉	静水圧の1.0倍 〔タービン建屋により津波の影響を直接受けない〕		閉鎖
	D16,17扉	静水圧の1.0倍 〔タービン建屋により津波の影響を直接受けない〕		通行可

() 平成23年11月に国土交通省が公表した「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」

▶津波に関する評価について

動水圧の影響等保守性を踏まえた浸水量評価(3/3)

タービン動補助給水ポンプ及びパワーセンタ、蓄電池等は浸水により機能喪失しない



【保安院の確認結果】

- タービン動補助給水ポンプ及び必要な電源盤並びに蓄電池は、建屋内の低い位置にあるものの、建屋の浸水対策がT. P. + 14. 2mの高さまで施工されており、津波による影響を受けないことを確認。

- 津波評価にあたっては、動水圧の影響を踏まえた浸水量評価を行うとともに、浸水対策が地震の重畳によっても無効にならないと評価。

以上から許容津波高さT. P. + 14. 2mの設定は妥当なものと評価。

➤地震・津波に関する評価について

- ・福島第一原子力発電所を襲ったような設計上の想定を上回る地震や津波が来襲した場合でも、燃料の損傷を防止する対策が講じられていることを確認した。
- ・福島第一原子力発電所に来襲した地震は想定を1割程度超えたものであったことを踏まえれば、伊方発電所において想定される基準地震動の1.5倍の地震はこれを上回っており、また瀬戸内海近くに大規模な津波を引き起こすプレート境界はなく、14.2mの津波高さは歴史上の記録を踏まえても余裕がある。
- ・なお、現在、中央防災会議において、南海トラフの巨大地震のモデルについて検討が行われている。四国電力では、巨大地震のモデル(震源断層、津波波源モデル)の構築がなされた段階で影響の検討を行うとしていることから、当院に対してその結果が報告された際に、「地震・津波に関する意見聴取会」において厳正に確認する。
- ・評価は、基準地震動(570ガル)の1.5倍(855ガル)までの地震動や想定津波高さ3.5mを10.7m上回る14.2mまでの津波高さに対し、炉心損傷等に至ることを防止する対策が講じられていること、そのような成功パスがあることを確認したものであって、これらを越える地震や津波が来襲した場合の具体的かつ定量的評価や、成功パスの代替となるパスの実現可能性に関する定量的評価等は実施されていない。

➤ 防護措置の成立性に関する評価について

設備の設置場所及びアクセスルートの地震及び津波に対する耐性を確認した。

【保安院の確認結果】

伊方3号については、基準地震動(最大加速度570ガル)の1.5倍(同855ガル)の地震と、設計津波高さ約3.5mを約10.7m超過する14.2mの津波が来襲した場合でも、以下のとおり、炉心やSFPの冷却を継続し、燃料の損傷を防止するための対策が講じられていることを確認した。

✓津波対策として14.2mの高さまで浸水対策が施工された建屋内に設置されたタービン動補助給水系による原子炉の冷却が可能であること

✓14.2mを十分上回る高台に配備した電源車から速やかに電源供給を行うことにより電源の維持を行うとともに、タービン動補助給水系を代替できる電動補助給水系の活用等ができること

✓同じく高台に配備した消防自動車を用いて海水を補助給水タンクやSFPに移送し、原子炉とSFPの冷却が継続できること

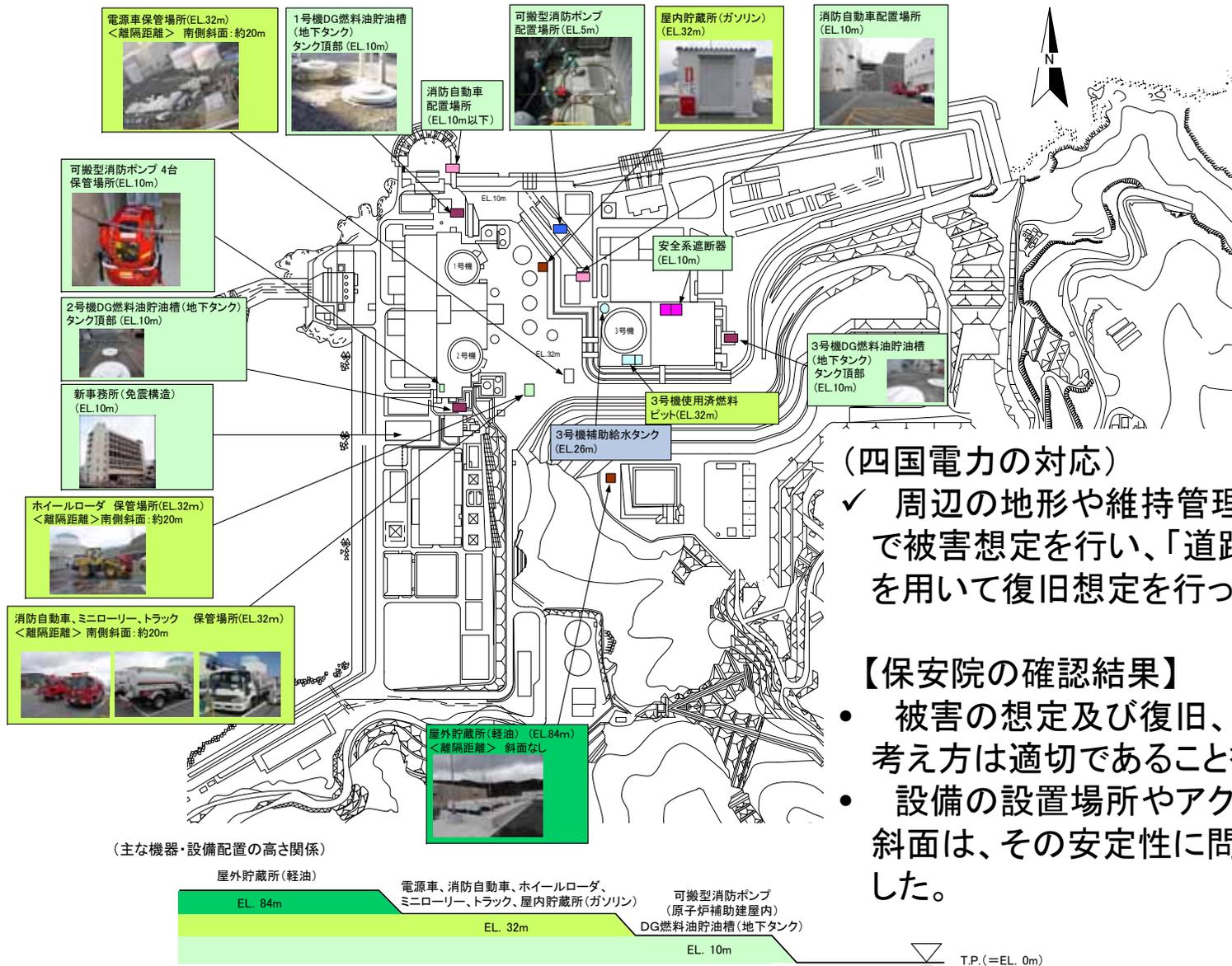
✓これらの措置に必要な設備等は基準地震動の1.5倍までは機能を喪失しないこと 等

なお、審査においては以下の項目に着目して確認を実施

- 設備の設置場所及びアクセスルートの耐性
- 重油タンクの耐性
- 運転操作、作業の確実性
- 対応時間の算定根拠
- 参集可能時間の適切性
- SBO(地震・津波の重畳)における緊急安全対策の成立性

▶ 防護措置の成立性に関する評価について

設備の設置場所及びアクセスルートの地震及び津波に対する耐性を確認した。



(四国電力の対応)

- ✓ 周辺の地形や維持管理状況を踏まえた上で被害想定を行い、「道路土工施工指針」等を用いて復旧想定を行った。

【保安院の確認結果】

- 被害の想定及び復旧、復旧時間の算定の考え方は適切であることを確認した。
- 設備の設置場所やアクセスルートの周辺斜面は、その安定性に問題ないことを確認した。

➤ 防護措置の成立性に関する評価について

重油タンクの耐性

電源車の燃料(重油)が貯蔵されたDG燃料油貯油槽への津波時における海水の流入可能性を確認した。

(四国電力の対応)

- ✓ 電源車は、発電所内に貯蔵する重油を使用する前提で、炉心、SFPのクリフエッジが評価されている。
- ✓ DG燃料油貯油槽の耐震クラスはSクラスであり、 S_s の1.5倍までの地震動に対しても構造上問題ないことを確認している。
- ✓ DG燃料油貯油槽は敷地(T. P. +10m)の地下に設置している。



DG 燃料油貯油槽の給油口 (取出口)



DG 燃料油貯油槽の換気孔

【保安院の確認結果】

- 貯油槽のふた等はパッキン等により津波時に海水が流入しないよう措置をしていることを確認
- 近傍の貯油槽の換気孔が漂流物等により破損し、換気孔より海水が流入することにより、DG燃料油が使用できない可能性があるため、対策を検討するよう指摘した結果、四国電力より貯油槽の手前(海側)に堅固なゲートがあり相応の防護効果が期待できること、付近に駐車する業務用車両を削減するとの回答があった。
- 新たに高台(T. P. +38m)に重油貯蔵所(20kL)を設置済みであることを確認した。

以上からDG燃料油貯油槽へ海水流入対策は実施されていると評価。

➤防護措置の成立性に関する評価について

運転操作、作業の確実性

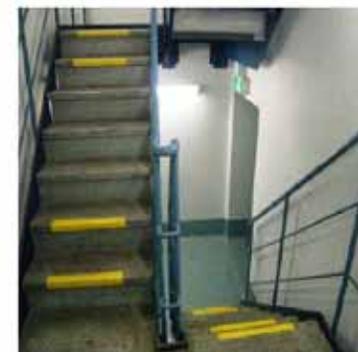
SBO発生時の各操作現場・作業環境を確認した。

(四国電力の対応)

- ✓ 中央制御室に充電式ライト等を配備
- ✓ 建屋内の階段の最初と最後の2段には踏み外し防止のためのマーキングを設置
- ✓ 操作に必要なスイッチは標識や蓄光テープを貼り付け



充電式ライト



階段の写真

【保安院の審査結果】

- 操作が必要なブレーカ等には蓄光テープで明示され夜間でも容易に作業が可能。
- 操作が必要な弁にはハンドル、開度計が設置
- 各操作現場には耐震性のある建屋内を移動してアクセスすることが可能



バッテリー負荷の操作スイッチ



以上から、緊急安全対策に係る運転操作、作業の成立性について問題ないことを確認。

➤ 防護措置の成立性に関する評価について

対応時間の算定根拠

各運転操作、作業項目に対して実施された訓練について確認した。

(四国電力の対応)

訓練項目(例)	回数	備考
電源応急復旧	8回	ケーブル接続等
給水確保	4回	消防自動車配備
がれき・土砂撤去	3回	運転習熟訓練
夜間訓練	1回	
総合(3機同時)	2回	
夜間総合(3機同時)	1回	当番者で実施



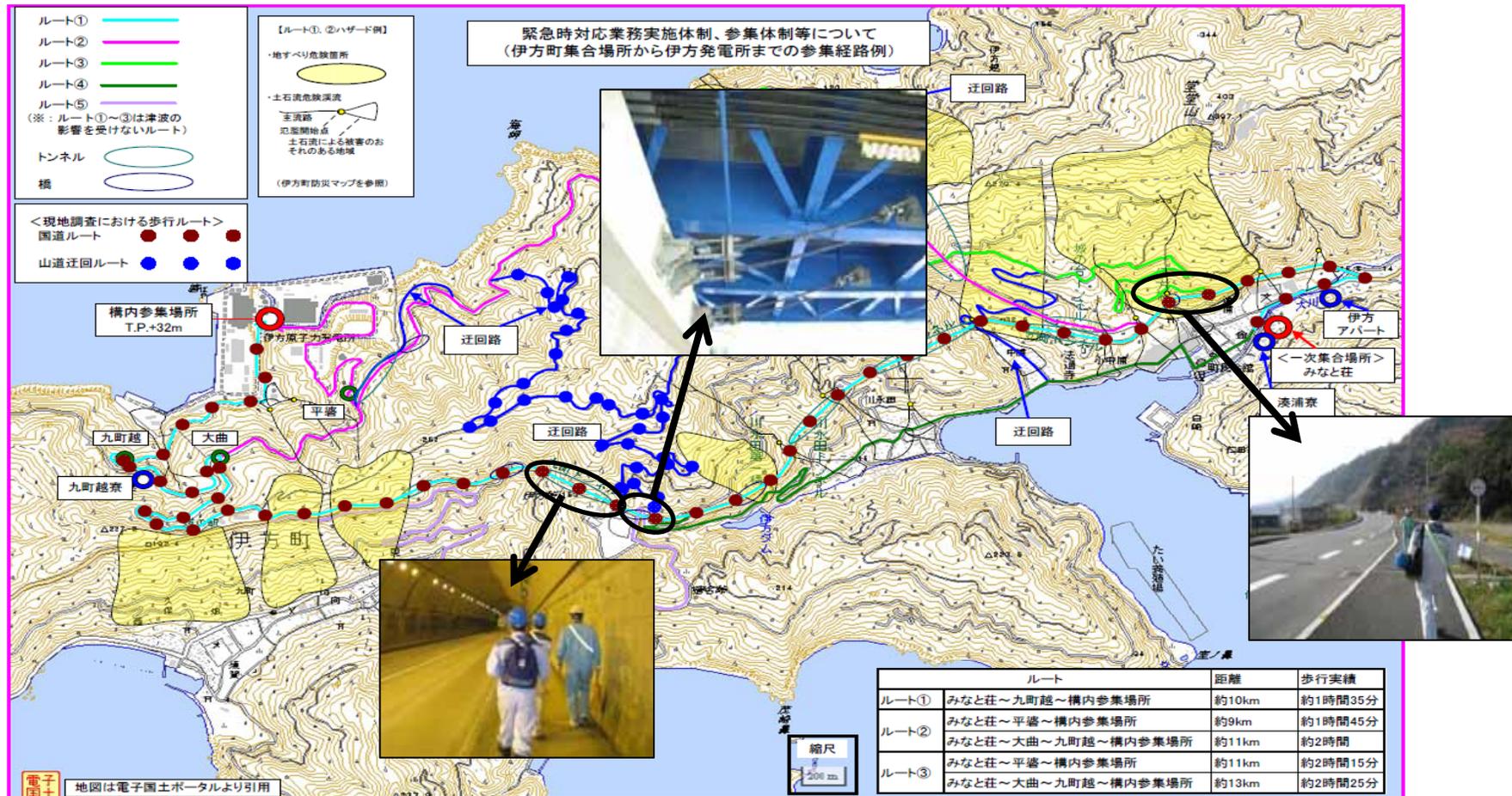
【保安院の確認結果】

- 緊急安全対策に係る運転操作、作業の成立性に係る評価については、電源供給、蒸気発生器への給水、燃料ピットへの給水の安全機能に着目して、必要な運転操作や作業項目が適切に抽出されていること、必要な対応時間が訓練実績により算定され、許容時間と比較され成立性が判断されている
 - 今後段階的に教育、訓練を通じて改善を図りながら実効性を維持・向上させていく計画である
- 以上から、訓練実績に基づき、原子炉及び使用済燃料ピットの冷却継続時間の評価に用いた評価条件については妥当であると評価。

➤防護措置の成立性に関する評価について

参集可能時間の適切性

参集可能時間、ルート上の橋梁、トンネルの健全性について現地で確認した。



【保安院の確認結果】伊方町内の参集場所から発電所までの参集ルートに対し、実際に徒歩による踏査を実施し、昼間で道路状態良好時に約2時間で到着できることを確認。

➤ 防護措置の成立性に関する評価について

全交流電源喪失時(地震・津波の重畳)における緊急安全対策の成立性

安全機能の分類	運転操作・作業のタイミング	具体的な運転操作・作業内容	アクセスの可否	必要時間 (訓練ベース)	許容時間
電源確保	短期	不要直流電源負荷切離し	建屋内の移動で作業環境も問題なし	約27分	30分
		電源車のケーブル布設、接続、起動	安定した高台及び建屋内の移動で作業環境も問題なく、時間内に可能	約2.2時間 (3号) 約3.1時間 (1, 2号)	5時間
	長期	電源車への給油(重油)	アクセス道路の瓦礫等撤去時間を考慮しても時間内に可能	約4.8時間 +給油時間 (約2.5時間)	14時間
蒸気発生器への給水確保	短期	主蒸気逃がし弁開度調整	建屋内の移動で作業環境も問題なし	約3分※1	30分
		補助給水流量調整		約5分※1	約1時間
		冷却材ポンプシール戻り隔離弁等閉止		約26分	速やかに
	長期	蓄圧タンク出口弁閉止	中央制御室での操作であり問題なし	約5分	約27時間
	短期	消防自動車、ホースによる補助給水タンク等への海水給水	アクセス道路の瓦礫等撤去時間を考慮しても時間内に作業が可能	約5.3時間	8時間※2, ※3 (1, 2号)
消防自動車への給油(軽油)		約4.8時間 +給油時間 (約0.5時間)		9.5時間	
使用済燃料ピットへの給水確保	短期	消防自動車、ホースによる使用済燃料ピットへの海水給水	アクセス道路の瓦礫等撤去時間を考慮しても時間内に作業が可能	約5.3時間	10時間※2, ※4 (3号)
		消防自動車への給油(軽油)		約4.8時間 +給油時間 (約0.5時間)	11.5時間

- ※1: 移動時間
- ※2: 許容時間は号機により異なるため保守側の時間を記載
- ※3: 3号は補助給水タンク(1, 2号復水タンク)の枯渇時間(タンク水位は警報設定値等での評価)
- ※4: 停止時SFP水位が通常水位から0.2m低下するまでの時間

【保安院の確認結果】

- 運転員及び緊急安全対策要員により伊方発電所で実施された訓練実績に基づき、各運転操作、作業項目別に訓練で確認された実績時間等を割り当てて算定されている。
- 対応完了が許容される制限時間については、蓄電池の枯渇時間である約5時間、電源車燃料タンクの重油の枯渇時間である電源車起動後約9時間、補助給水タンク水が枯渇する時間である約11時間及びSFPへの給水開始時間である約10時間の選定について時間算定の根拠が示されており、両方の時間を比較することで成立性を判断していることから評価方法及び評価結果については問題ないと考える。

➤地震・津波重畳時の冷却継続時間に関する評価について

地震、津波及び地震・津波の重畳時において、発電所内にある資機材のみを用いて炉心及びSFPの冷却を継続できる時間の評価結果

		地震	津波	地震・津波の重畳
クリフエッジ	炉心及びSFP	地震 1.50Ss*1	津波高さ T.P.+14.2 m	地震 1.50Ss *1 津波高さ T.P.+14.2 m
冷却継続時間	炉心	約14.6日後	約14.6日後	約14.6日後
	SFP	約18.6日後*2	約36.1日後*3	約18.6日後*2

*1: 耐震評価において建屋応答の非線形性を考慮して見直したクリフエッジ。

*2: プラント停止時の評価結果であり、プラント運転時は約23.5日後となる。

*3: プラント停止時の評価結果であり、プラント運転時は約42.1日後となる。

【保安院の確認結果】

原子炉及びSFPの冷却継続時間の評価結果は、

- ・耐震Sクラスより下位の設備等は使用できない
- ・津波高さ(T. P. +14.2m)以下に設置されている設備・機器については使用できない

という地震・津波の重畳時において、原子炉の冷却については約14.6日後まで、また、SFPの冷却については約18.6日後(原子炉停止時の評価結果。原子炉運転中は約23.5日後)までとなり、緊急安全対策等実施前の原子炉及びSFPの冷却継続時間である約5時間後まで及び約8時間後までから延長されていることから、緊急安全対策等の効果があるものとする。

➤ 防護措置の成立性に関する評価について

緊急時対策所の耐性

事故時における緊急時対策所の成立性について、クリフエッジとなる地震動に対して必要な強度を有していることを確認した。

(四国電力の対応)

- ✓ 緊急時対策所は、新たに建設した新事務所の2階に設置(平成23年12月13日より運用開始)
- ✓ 緊急時対策所は、クリフエッジ津波高さ(T.P.+14.2m)を超える新事務所の2階(T.P.+14.3m)に設置しており S_s の1.5倍までの地震動に対しても問題ないことを確認している。



緊急時対策所



免震積層ゴム支承

【保安院の確認結果】

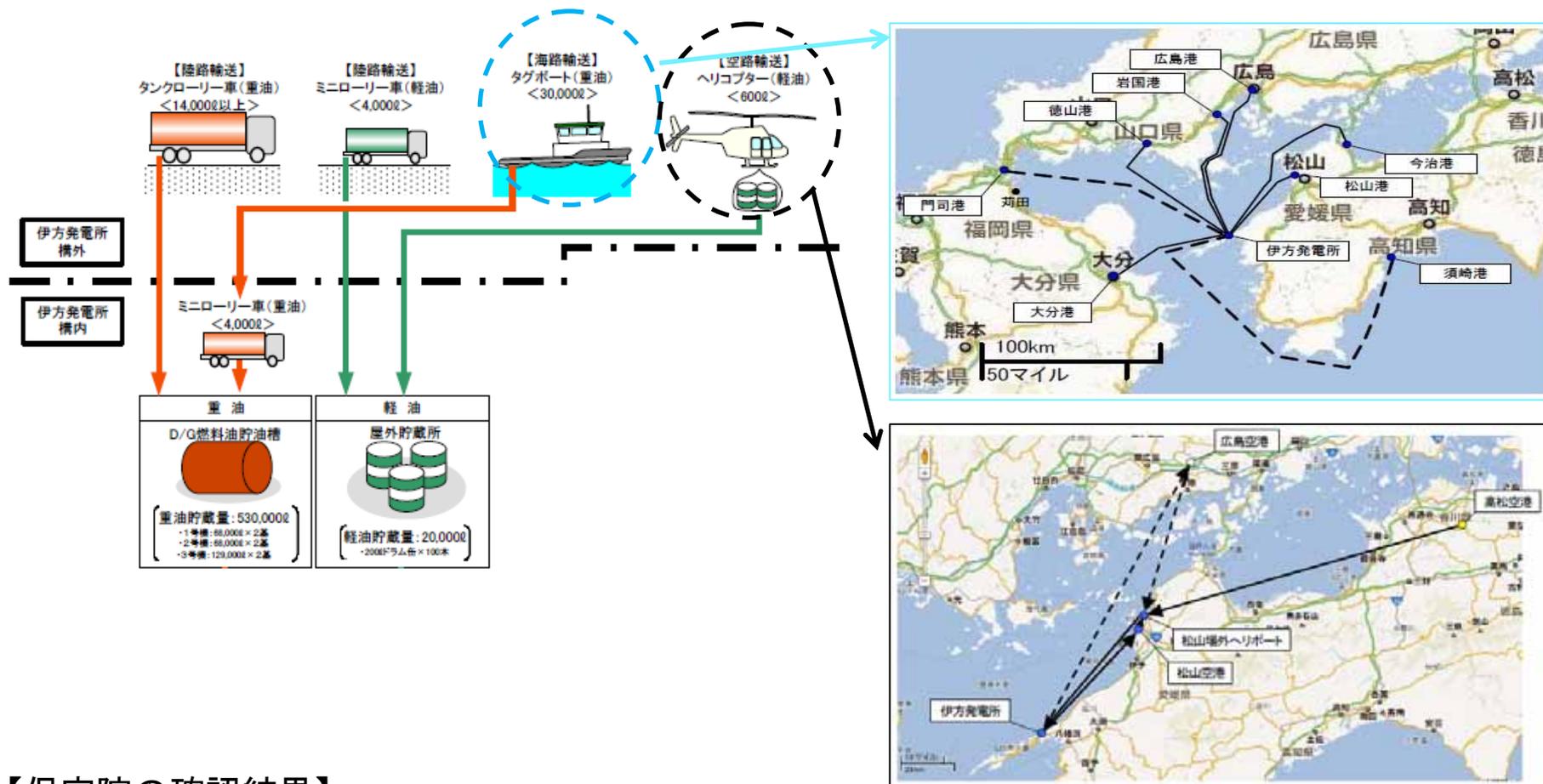
- 事故時に緊急時対策所機能に支障をきたさぬよう放射線遮へい設計及び換気空調設備が施されていることを確認。
- 緊急時の活動に必要な電力供給のための非常用発電機、通信機器(トランシーバ、携行型通話装置等)は津波の影響を受けない高層部(屋上、4階)に配備されていることを確認

以上から事故時における緊急時対策所の耐性は確保されていると評価。

➤ 地震・津波重畳時の冷却継続時間に関する評価について

外部支援の適切性

一定期間内に確実にサイト外からの重油や軽油の物資の補給を期待できるかどうかを確認した。



【保安院の確認結果】

予め契約しているヘリコプター等により、サイト内の備蓄資機材で対応可能な14.6日以内にサイト外からの重油や軽油の供給が可能であることを確認。

➤シビアアクシデント・マネジメントに関する評価について

伊方3号機において、これまでに四国電力が実施してきたアクシデントマネジメント(AM)の有効性を多重防護の観点から評価するとともに、緊急安全対策等として整備した事項のAM上の有効性について評価した。

【保安院の確認結果】

●四国電力が、「伊方発電所3号炉のアクシデントマネジメント検討報告書」(平成6年3月)及び「伊方発電所のアクシデントマネジメント整備報告書」(平成14年5月)に基づき、PSA手法を用いて、AM策を整備しており、これらは各起因事象に対して、炉心損傷に至るまでの期間及び炉心損傷以降の期間における事象進展におけるイベントツリーに反映されており、それぞれ有効であることを確認した。

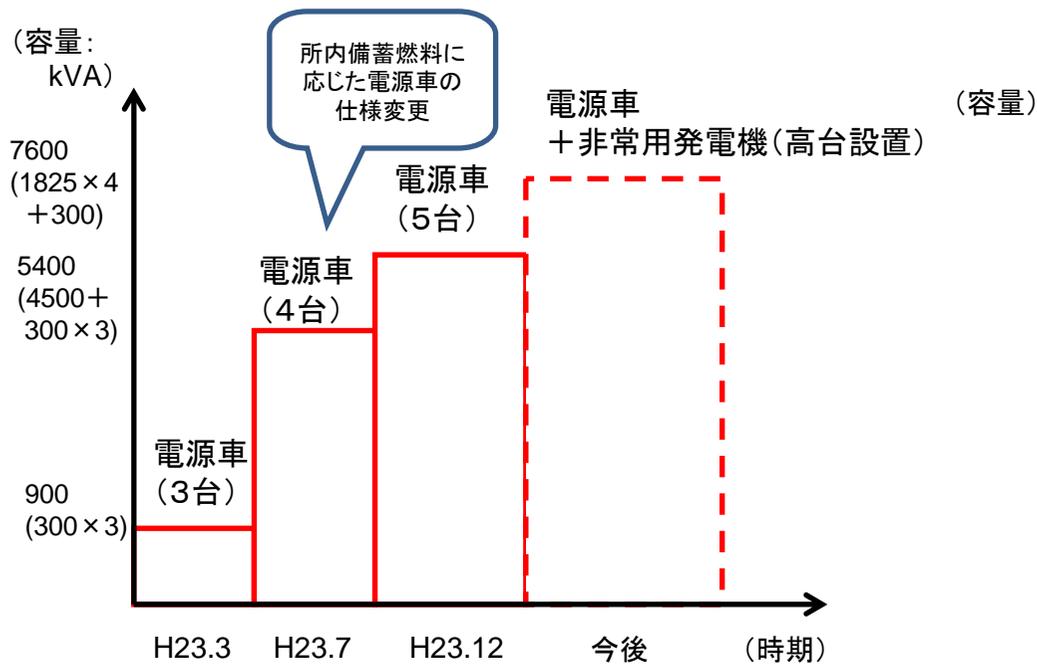
●また、四国電力が整備した緊急安全対策等についても、起因事象と安全機能との対応を考慮して、関連するイベントツリーの中に取り入れており、炉心損傷防止及び大量の放射性物質の放出抑制の観点から、有効であることを確認した。

●今後、IAEAの勧告及び助言も踏まえて、二次評価においては、燃料が損傷した後の緩和手段の有効性やクリフエッジに至るまでの時間の評価等について確認していく。

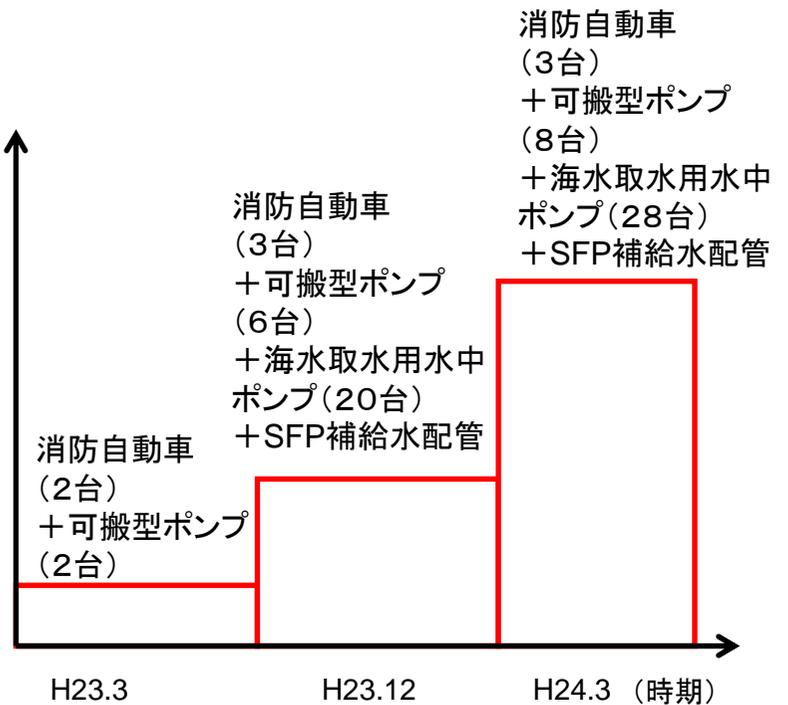
➤ 継続的向上に関する評価について

- ・継続的な安全向上への取り組みとして、緊急安全対策実施後の設備増強等、中長期的な恒設設備の導入などが実施・計画されていることを確認した。

(給電設備)



(給水・冷却設備)



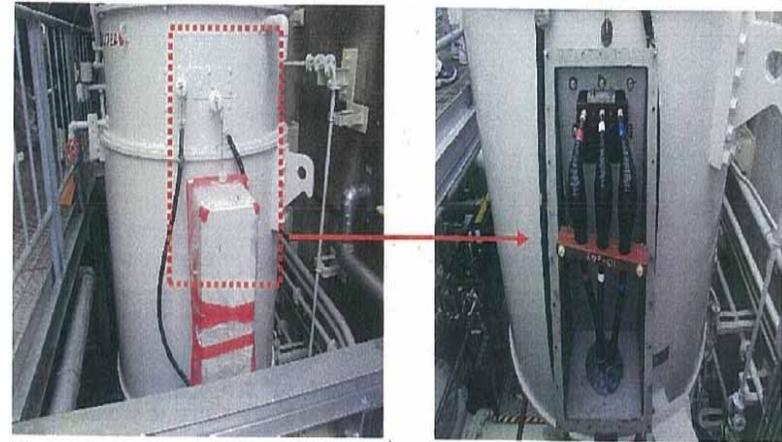
➤ 継続的向上に関する評価について

海水取水用水中ポンプの実効性

海水ポンプの代替として配備されている海水取水用水中ポンプの実効性を確認した。

(四国電力の対応)

- ✓ 海水ポンプが機能喪失した場合の代替として、迅速に原子炉を低温停止させる等を目的として海水取水用水中ポンプ(12台)を津波の影響を受けない高台(32m)に保管
- ✓ 電源は、既設の海水ポンプモータの電源を利用



【保安院の確認結果】

- 運搬のためのトラック及びレッカー車とともに32mの高台に保管されていることを確認
- 海水取水用水中ポンプの電源を接続する部位は、絶縁テープで何層にも巻かれているため、浸水により当該部分の機能が喪失する可能性は低いことを確認



以上から海水取水用水中ポンプの実効性は確保されていると評価。

➤一層の取組を求める事項について

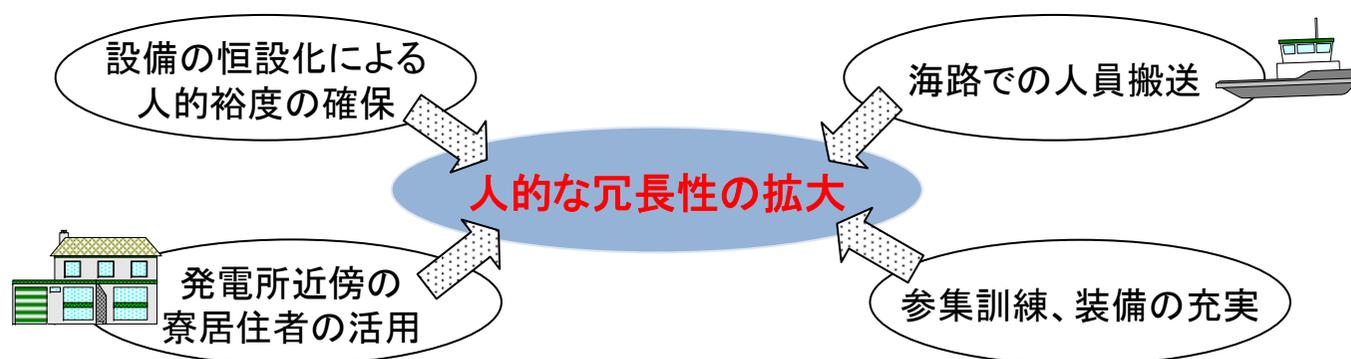
伊方3号機において、東京電力福島第一原子力発電所を襲ったような基準地震動を上回る地震や津波が来襲しても、臨時的な措置を含め、あらかじめ準備された設備等により、燃料損傷に至ることを防止する対策が講じられていることを確認したが、他方で、安全向上を図る上で、一層の対応を図るべきと考える点を指摘した。

- 緊急時の要員召集体制等の強化
- 電源車等の分散配置の充実
- ブローアウトパネルの浸水防護策の実施
- DG燃料油貯油槽に係る漂流物に対する対策の強化
- 召集時間の評価
- 2次災害(火災)に対する消火活動要員の強化等

➤一層の取組を求める事項について

緊急時の要員召集体制等の強化

所外からの召集に際しては、社員寮等が津波による冠水などで被災した場合、地震によるトンネル崩落等によりアクセスルートが閉ざされた場合、被害が拡大し予想以上の要員が必要になる場合等、より厳しい状況を想定し、要員召集体制の構築等を図るべきである。



【現在までの保安院の確認状況】

- ・電源確保や給水確保対応を少人数で対応可能となるよう、設備の恒設化をすすめ、初期対応要員の人的裕度の確保について検討していることを確認
- ・発電所近傍の九町越寮（通常時、徒歩約20分程度の距離）に居住している社員の活用により、伊方町周辺から要員が参集するまでの人的裕度の確保について検討していることを確認
- ・夜間、悪天候下での参集訓練等の継続実施及び更なる装備の充実について、継続的に実施していることを確認
- ・参集手段の多様化として、海路での人員搬送について検討していることを確認

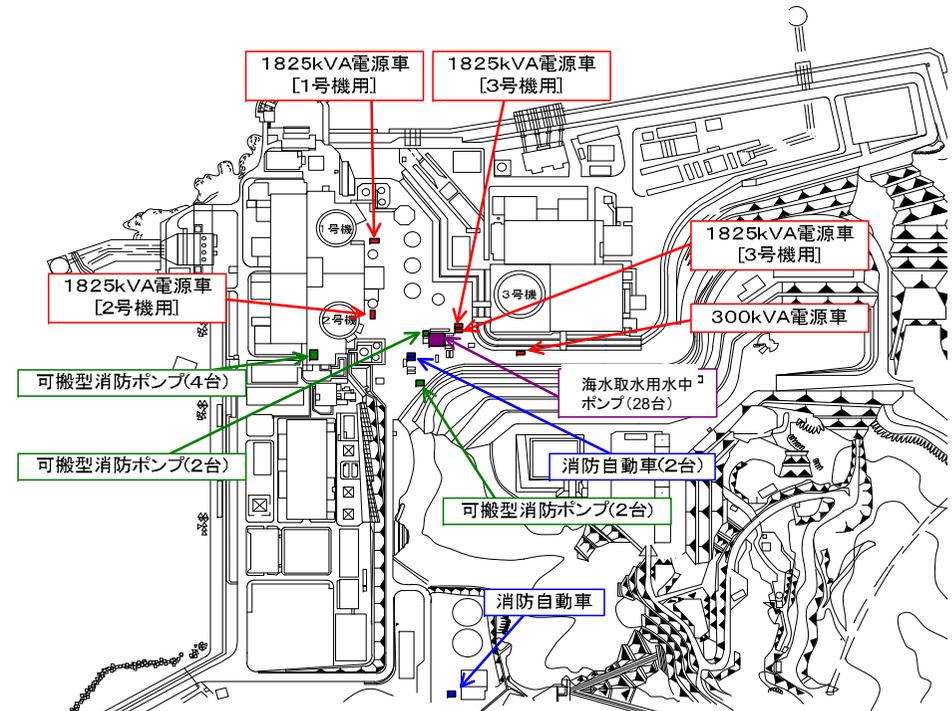
➤ 一層の取組を求める事項について

電源車等の分散配置の充実

電源車を各号機に設置し冗長性を有していることは評価できるが、これらが同一箇所に待機していることについては、共通要因故障を避ける観点から、1号機及び2号機用の同装置の配置も含めサイト全体で分散配置するなど独立性を検討すべきである。また、恒設の非常用発電機を設置するなどの多様化を進めるべきである。

主要な資機材の分散配置の状況

資機材名	配置状況		備考
	32m盤	32m盤以外	
電源車 [1号機用]	1台	—	・各号機用を各プラント側に配置
電源車 [2号機用]	1台	—	
電源車 [3号機用]	2台	—	・3号機用(2台)は6m程度離隔して配置 (平成24年3月6日)
電源車 [予備]	—	1台	・32m盤から移動して配置 (平成24年3月5日)
消防自動車	2台	1台	—
可搬型消防ポンプ	4台	4台	・32m盤配置の4台は2台ずつ分散配置 ・32m盤以外の4台は原子炉補助建屋内
海水取水用水中ポンプ[1号機用]	8台	—	—
海水取水用水中ポンプ[2号機用]	8台	—	—
海水取水用水中ポンプ[3号機用]	12台	—	—



【現在までの保安院の確認状況】

クリフエッジで想定した地震・津波が来襲した場合を想定し、最大限サイト全体で分散配置の検討が行われていることを確認

➤一層の取組を求める事項について

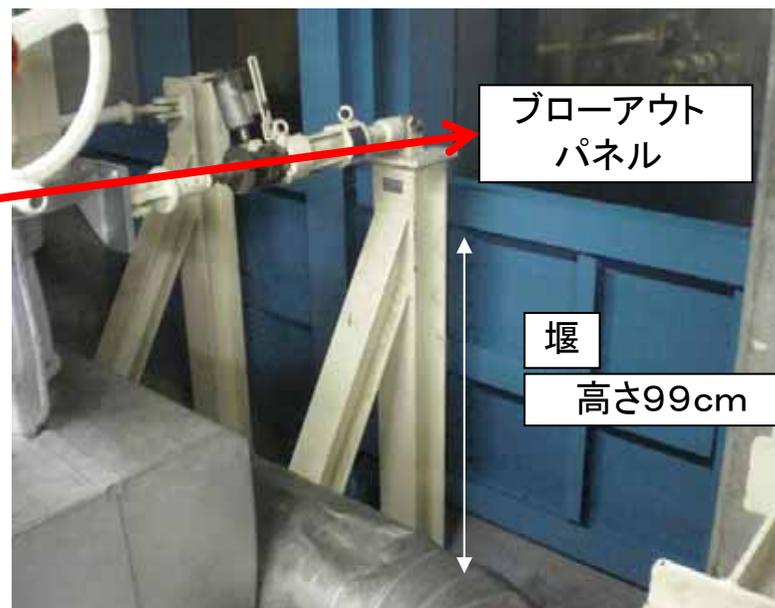
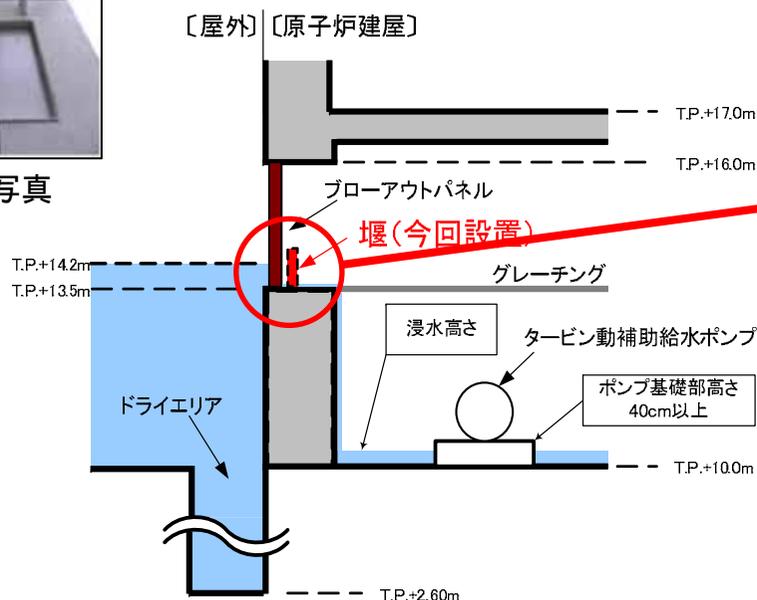
ブローアウトパネルの浸水防護策の実施

原子炉建屋のブローアウトパネルからの浸水対策及び漂流物等に対する防護策を講じること。

現地調査において、津波の影響を受けやすい原子炉建屋外壁のタービン動補助給水ポンプ室にブローアウトパネルが設置されていることを確認。当該パネルからの浸水によるポンプ室内への影響及び漂流物等の二次的な影響について検討するよう指摘。



屋外の写真



【現在までの保安院の確認状況】

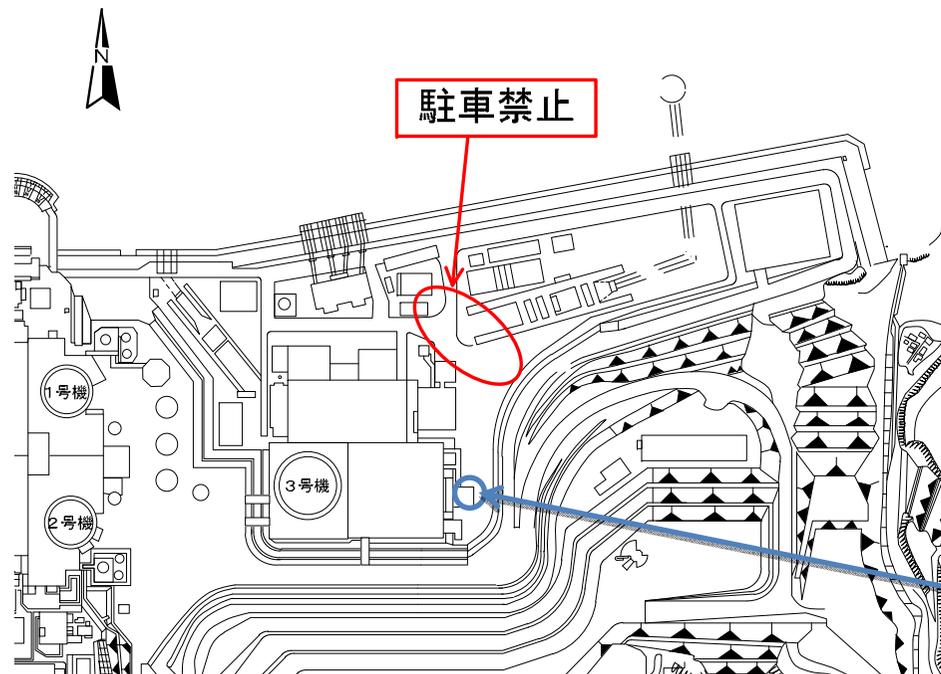
四国電力は、漂流物等によりパネルが破損して浸水することへの対策として、パネルの建屋内側に鋼板の堰を設置したことを確認。（平成24年3月完了）

➤一層の取組を求める事項について

3号機DG燃料油貯油槽に係る漂流物に対する対策の強化

3号機北東側の駐車場からの車両の漂流等、津波による漂流物に対する対策を強化すること。

現地調査において、3号機DG燃料油貯油槽の近傍の換気孔が漂流物等により破損し、換気孔より海水が流入することにより、DG燃料油が使用できない可能性があるため、対策を検討するよう指摘。



3号機DG燃料油貯油槽
(地下タンク)

【現在までの保安院の確認状況】

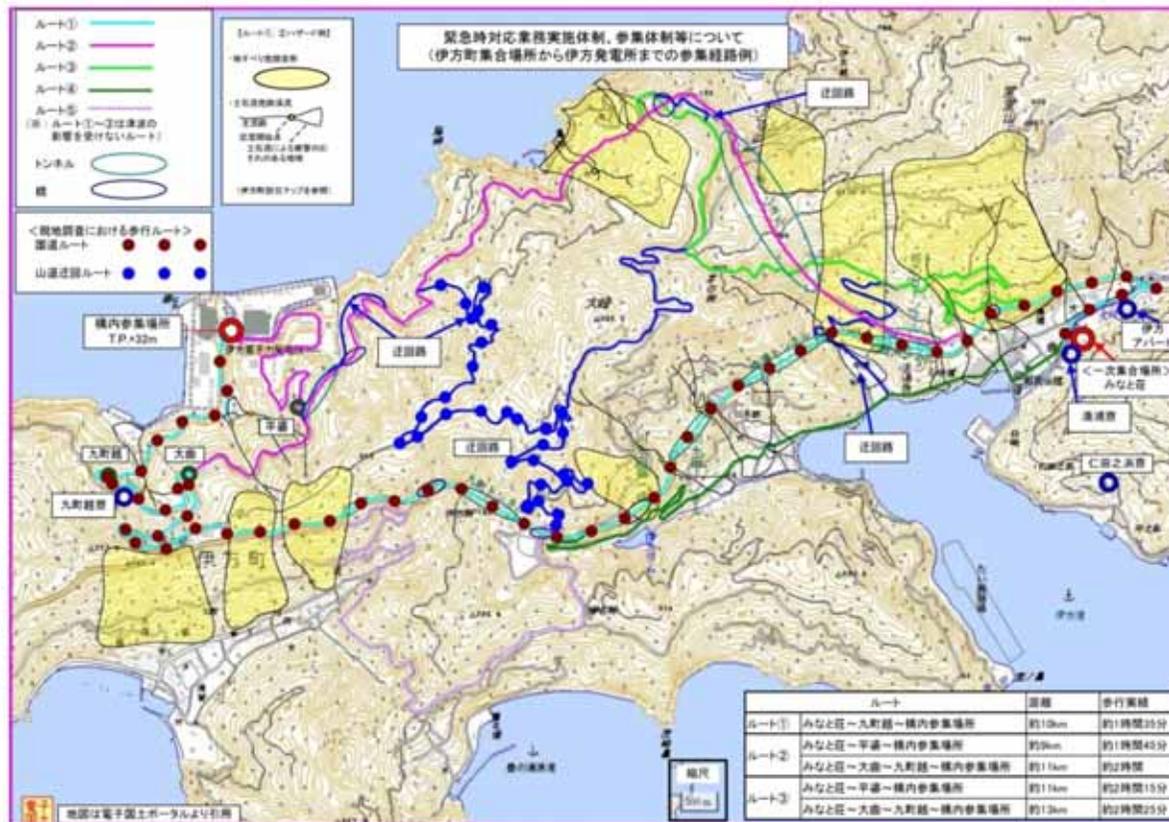
3号機付近の北東側駐車場を駐車禁止としていることを確認(平成24年3月完了)

➤一層の取組を求める事項

召集時間の評価

伊方町内の召集場所である社員寮から発電所までの召集ルートについて、夜間、雨天時など、より厳しい状況下での時間評価を行うこと。

(四国電力が実施した歩行訓練実績)



【現在までの保安院の確認状況】

- ・災害対策要員の迅速かつ確実な出動態勢の維持向上を図るため、迂回ルートの確認訓練を実施したことを確認。(平成24年3月実施)
- ・夜間、雨天時の踏査について、今後実施予定であることを確認。

➤一層の取組を求める事項について

2次災害(火災)に対する消火活動要員の強化等
 補助ボイラ燃料タンクの重油漏えいによる2次災害(火災)に対して消火活動を実施する要員の増員等の検討を進めること。

(平成24年4月以降)

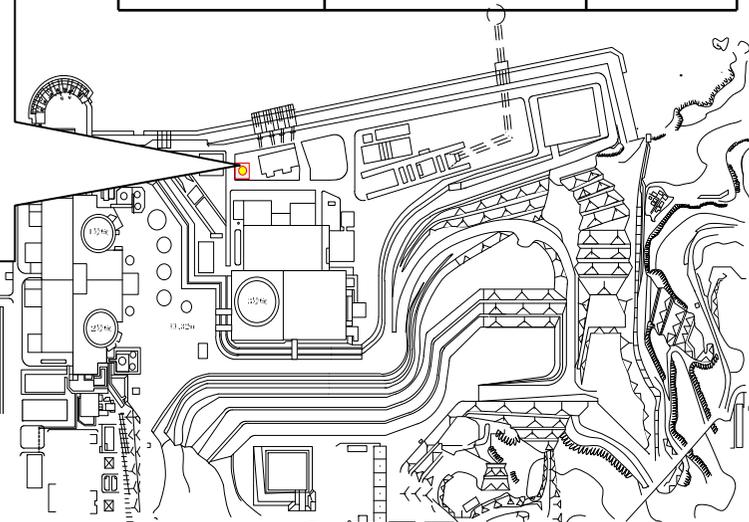
運転員	1, 2号機 中央制御室	11名
	3号機 中央制御室	8名
緊急安全 対策要員	社員	3名
	委託員(協力 会社社員)	8名
その他	委託員(消火 対応)	2名
	合計	32名

4名増員



運転員	1, 2号機 中央制御室	11名
	3号機 中央制御室	8名
緊急安全 対策要員	社員	3名
	委託員(協力 会社社員)	8名
その他	委託員(消火 対応)	6名
	合計	36名

補助ボイラ燃料タンク
(T. P. +10m)



配置図

【現在までの保安院の確認状況】

- ・地震・津波による緊急時対応と火災重畳時における初期消火体制について、関係内規の変更とともに人員体制の充実が図られたことを確認(平成24年4月)

▶ 保安院の見解

- 伊方3号について、東京電力福島第一原子力発電所を襲ったような設計上の想定を上回る地震・津波が来襲しても同原発事故のような状況に至らせない対策が講じられており、また四国電力は一層の安全性向上に向けた改善に取り組んでいると評価。
- 新たな知見が得られた場合には、ストレステストを改めて実施することを含め、安全向上への継続的な改善、適切な反映をしていくことが必要。
- 当院も、今後の四国電力における取組の実施状況について、継続的な現場確認等を通じ適切に確認していくとともに、一層の安全性の向上を目指していく。