

福島第一原子力発電所における原子力災害を踏まえた緊急安全対策の対応状況等について

平成23年5月17日
原子力安全・保安院

もくじ

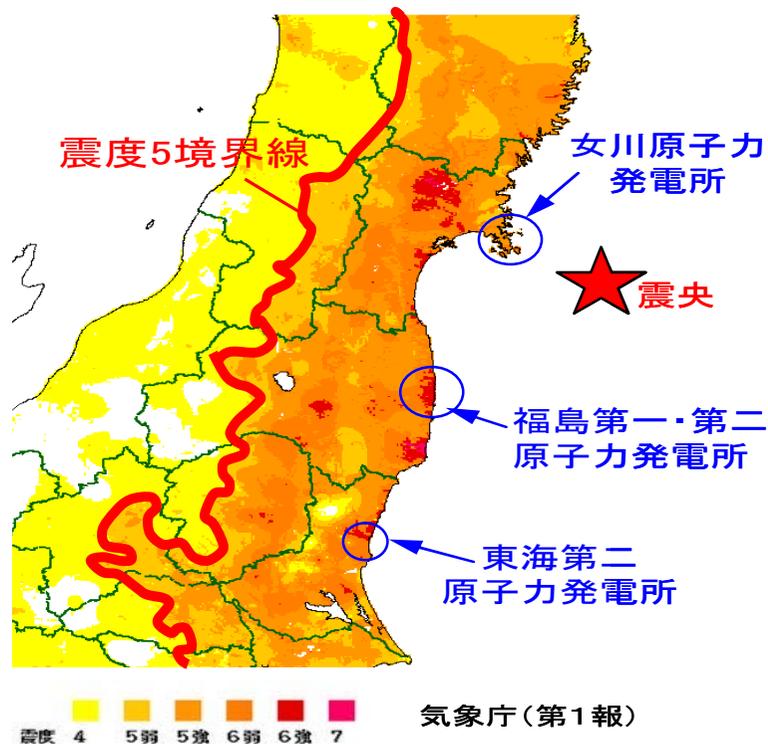
- 福島第一原子力発電所事故の概要……………P2
- 緊急安全対策の概要……………P9
- 更なる信頼性向上のために緊急に
取り組んでいる安全対策……………P20
- 浜岡原子力発電所の停止要請……………P25
- 玄海原子力発電所の立地地域に
おける地震と津波との関係……………P27
- 安全に関する今後の対応……………P32
- まとめ……………P35

福島第一原子力発電所事故の概要

東北地方太平洋沖地震

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、北米プレートに太平洋プレートが沈み込む日本海溝沿いのプレートの境界で発生した。

この地震の震源深さは25km、断層長さ50km、地震規模を表すマグニチュードはM9(福島第一原子力発電所においては震度6強)であった。

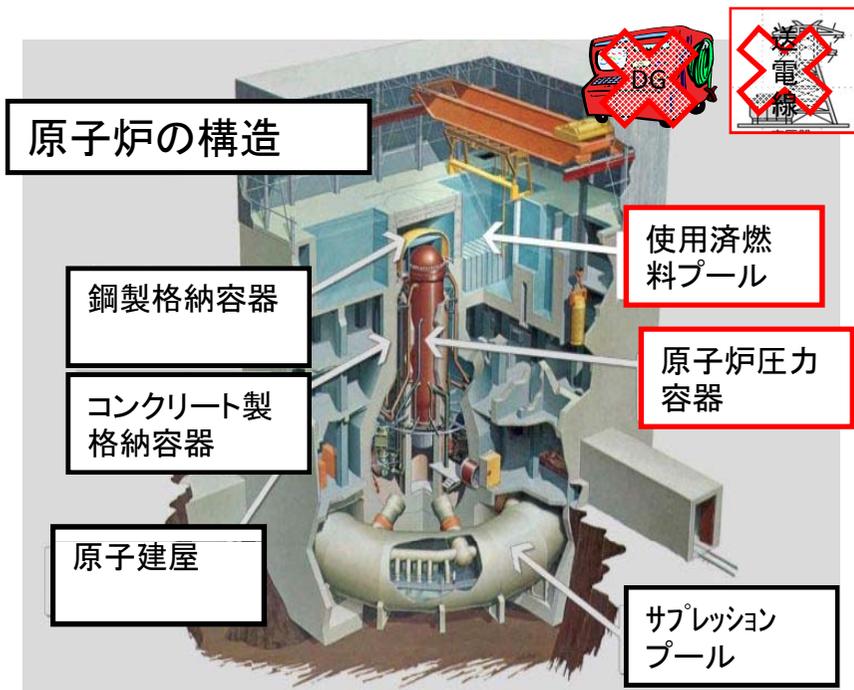


①原子力災害の発生 (地震、津波発生当時の福島第一原子力発電所の状況)

時刻	内容	東京電力の対応	国(保安院)の対応
3/11 14:46	東北地方太平洋沖地震発生 (福島第一において震度6強)	福島第一1~3号機(地震により自動停止) 4~6号(定期検査で停止中)	政府対策本部設置、緊急時対応センターへ職員参集、現地に職員をヘリコプターで派遣
15:15			保安院プレス会見、モバイル保安院による情報発信
15:27 15:35	津波第1波(高さ4m)が到達 津波第2波(高さ15m)が到達		
15:42	震度5強以下の 余震が数回発生	原災法10条通報(全交流電源喪失 1~5号機非常用発電機が津波により起動出来ず)	原子力災害警戒本部設置
16:45		原災法15条通報(1~2号機非常用炉心冷却装置による注水不能)	原子力災害対策本部設置
19:03			原子力緊急事態宣言の発出
21:23			半径3km圏内住民避難指示、10km圏内住民避難指示
3/12 5:44			半径10km圏内住民避難指示
18:25			半径20km圏内住民避難指示

- ・地震後、原子炉はスクラムで自動停止
- ・地震後、非常用自家発電機は起動
- ・地震後、炉心の冷却系統(原子炉隔離時冷却系等)は起動

②原子力災害の発生 (地震、津波発生当時の福島第一原子力発電所の状況)



(出典: nucleartourist.com資料に加筆)

(止める機能)

地震により制御棒は挿入し自動停止した。

地震

(冷やす機能)

津波により電源もしくは海水機能が喪失したことにより、冷却システムが機能しなかった。

津波

(閉じこめる機能)

原子炉建屋外へ放射性物質が漏洩した。

巨大地震に付随した津波により、

- 1) 所外電源の喪失とともに緊急時の電源が確保できなかったこと、
- 2) 原子炉停止後の炉心からの熱を最終的に海中に放出する海水系施設、若しくはその機能が喪失したこと、
- 3) 使用済み燃料貯蔵プールの冷却やプールへの通常の所内水供給が停止した際に、機動的に冷却水の供給ができなかったこと、

が事故の拡大をもたらし、原子力災害に至らせた直接的要因と考えられる。

地震の影響

〔福島第一原子力電所・原子炉建屋基礎盤上の最大加速度〕

観測点 (原子炉建屋最地下階)		観測記録 (暫定値 ^{※1})			基準地震動 Ss に対する 最大応答加速度値 (ガル)		
		最大加速度値 (ガル)			南北方向	東西方向	上下方向
		南北方向	東西方向	上下方向			
福島第一	1号機	460 ^{※2}	447 ^{※2}	258 ^{※2}	487	489	412
	2号機	348 ^{※2}	550 ^{※2}	302 ^{※2}	441	438	420
	3号機	322 ^{※2}	507 ^{※2}	231 ^{※2}	449	441	429
	4号機	281 ^{※2}	319 ^{※2}	200 ^{※2}	447	445	422
	5号機	311 ^{※2}	548 ^{※2}	256 ^{※2}	452	452	427
	6号機	298 ^{※2}	444 ^{※2}	244	445	448	415

※1：これらの記録については暫定値であるため、今後の検討により変更となる可能性がある。

※2：記録開始から約130～150秒程度で記録が終了

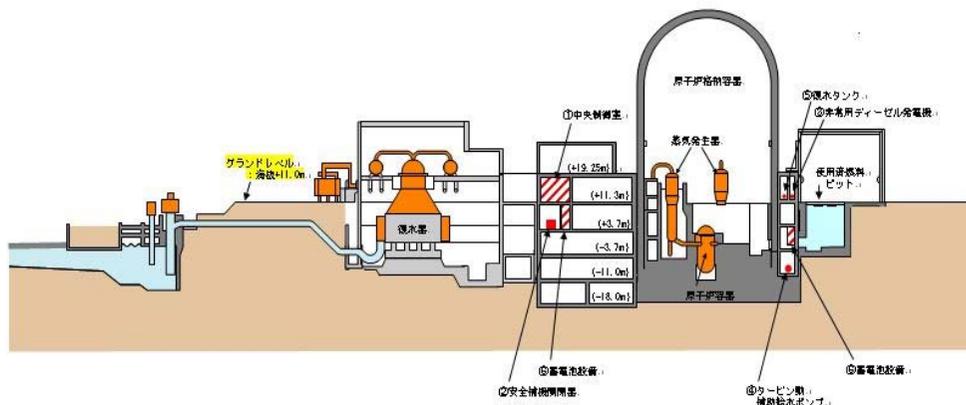
福島第一原子力発電所では現時点で得られている観測記録は、基準地震動Ssから計算される加速度を超えるものが局所的に存在するが、設計当初の地震動をおおむね下回っている。

津波の影響

〔福島第一原子力発電所の敷地レベル〕



〔玄海原子力発電所 3、4号機の敷地レベル〕



	敷地高さ	従来評価値	東北地方太平洋沖地震による津波高さ	緊急安全対策 (浸水防止対策) によって確保される浸水高さ
福島第一	O.P. +10m	O.P.+5.4 ~5.5m	O.P. +15m	—
		+9.5mの差		
玄海	T.P. +11m	T.P. +1.9m	(考慮すべき津波高さ) T.P. +11.4m	T.P.+13.0m (2m分の浸水対策)

まとめ

- 現在判明している知見に基づき、放射性物質の放出をできる限り回避しつつ、冷却機能を回復することを可能とするための緊急安全対策を講じることとした。
- 緊急安全対策に電気事業者等が適切に取り組み、原子力安全・保安院がこれを検査等により確認することにより、津波による全交流電源喪失等から発生する炉心損傷等を防止し、原子力災害の発生を防止する。

緊急安全対策の概要

緊急安全対策のねらい

現在判明している知見(津波による安全機能の喪失)に基づき、放射性物質の放出をできる限り回避しつつ、冷却機能を回復することを可能とするための緊急安全対策を講じることとする。



緊急安全対策の指示文書の発出(3月30日)

・津波により3つの機能

- ①全交流電源(外部の送電線や非常用自家発電機からの電気の供給)
- ②海水冷却機能(原子炉の熱を海水に逃がすための系統)
- ③使用済み燃料貯蔵プールの冷却機能

を全て喪失したとしても、炉心損傷や使用済み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こと。

緊急安全対策を実施するにあたり法令等を改正(法令等に基づく安全規制として実施)

[実用炉則の改正(3月30日)]

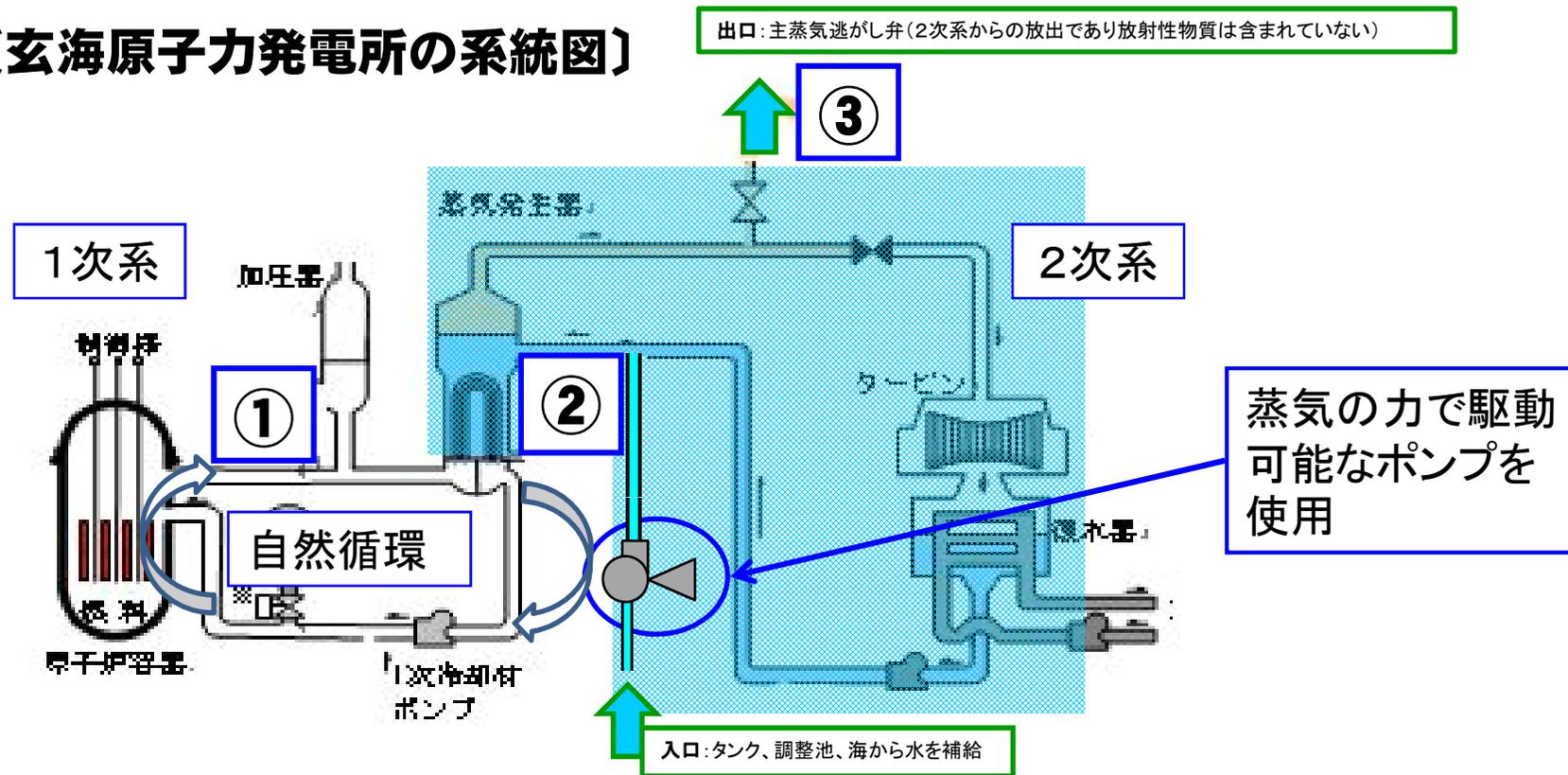
- ・原子炉施設の保全のための活動を行う体制を整備し、保安規定に記載を追加することを要求

[技術基準省令の解釈改正(3月30日)]

- ・循環設備等、燃料貯蔵設備、保安電源設備に津波により全て機能を喪失した場合の機能措置を要求

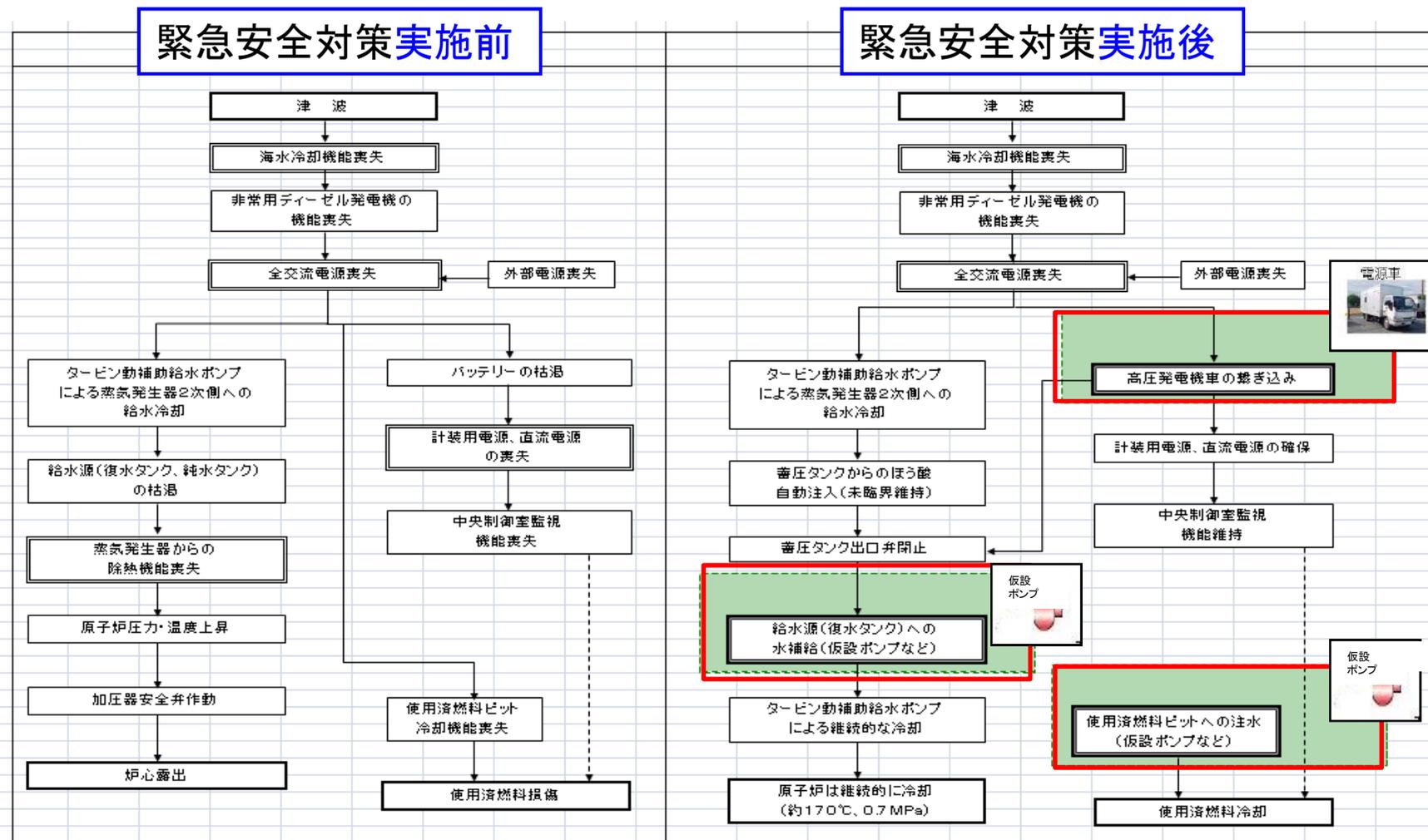
玄海原子力発電所における除熱機能

〔玄海原子力発電所の系統図〕



- ①燃料から発生する熱は1次系内を循環
- ②蒸気発生器で1次系から2次系へ伝達
- ③2次系内は、給水操作と主蒸気逃がし弁からの放熱操作を繰り返す
- ④1次系内の温度を、安定的な停止状態へ移行

緊急安全対策の実施前後



炉心損傷や使用済み燃料の損傷は生じず、放射性物質の放出を抑制しつつ冷却機能の回復を図ることが可能。

緊急安全対策を具体化するための要求

具体的要求事項	要求の詳細
①緊急点検の実施	津波に起因する緊急時対応のための機器、設備(タービン動補助給水ポンプ等)の緊急点検の実施
②緊急時対応計画の点検と訓練の実施	津波対応マニュアルの作成等
③緊急時の電源確保	代替電源(電源車等)の確保
④緊急時の最終的な除熱機能の確保	機動的な除熱機能の復旧対策(ポンプ車等による給水)の準備
⑤緊急時の使用済み燃料貯蔵プールの冷却確保	
⑥各サイト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	重要な機器に対する浸水対策等(中長期対策の計画の確認を含む)

実施状況報告書の提出を受け、その妥当性を保安院が作成した審査基準に基づき厳格に審査するとともに、緊急安全対策の実施状況を立入検査等により厳格に確認。

玄海原子力発電所の対策状況の確認結果

- 平成23年3月30日、緊急安全対策の実施及び報告等を指示
 4月15日、九州電力より実施状況に関する報告書を受理
 4月20日～21日、保安院検査官が立入検査により実施状況を確認
 4月26日 九州電力より実施状況に関する補正報告書を受理
 5月2日 保安院検査官が立入検査により実施状況を確認
 5月6日 保安院は確認・評価の結果を公表



具体的要求事項	審査基準	確認結果
①緊急点検の実施	予め整備・準備され、適切に維持・管理されていること。	審査基準に照らし、緊急安全対策が適切に措置されていることを確認。
②緊急時対応計画の点検と訓練の実施	マニュアルにおいて責任・権限を明確にして、燃料損傷に至らない時間内で対応できるようなものであること	
③緊急時の電源確保	電源車の電源容量は負荷に見合うものであり、接続ケーブルは十分な長さを有するものであること。また、これらの資機材については、津波の影響を受ける恐れのない、十分な高さの高台等に保管・設置すること。	
④緊急時の最終的な除熱機能の確保	ポンプは冷却に必要な流量及び吐出圧が確保でき、仮設ホースは十分な長さを有し、水源は複数かつ十分な水量を確保できること。また、これらの資機材については、津波の影響を受ける恐れのない、十分な高さの高台等に保管・設置すること。	
⑤緊急時の使用済み燃料貯蔵プールの冷却確保		
⑥各サイト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	電源の信頼性向上のために、非常用発電機等を津波の影響を受ける恐れのない、十分な高さの高台等に可能な限り早期に追加設置するよう計画されていること。津波対策として、より高い津波を考慮して、建屋への浸水対策等の強化、海岸部の防潮堤等の設置・強化、建屋・屋外機器等周辺への防潮壁等の設置等を可能な限り早期に行うことが計画されていること。	

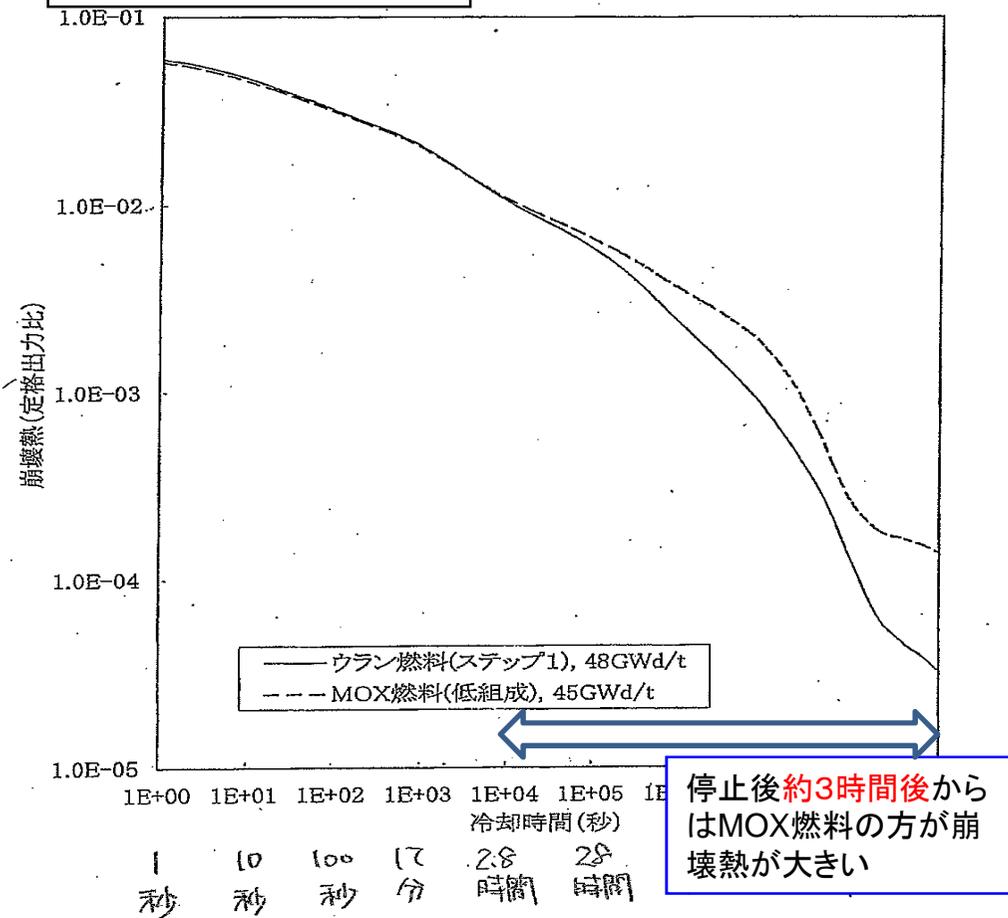
玄海と福島第一との対策の比較

具体的要求事項	福島第一 (事故発生当時の状況)	玄海 (緊急安全対策後)
<ul style="list-style-type: none"> 緊急時対応計画の点検と訓練の実施 	<p>津波による全交流電源喪失対応マニュアルが無かった。</p>	<p>全交流電源喪失事故対応マニュアルを新規に作成、訓練を行うことにより実効性を高めた。</p>
<ul style="list-style-type: none"> 緊急時の電源確保 	<p>電源車が配置されておらず、中央制御室監視機能等が喪失した。</p>	<p>各号機毎に電源車を配備し、中央制御室監視機能等の喪失を防止。</p>
<ul style="list-style-type: none"> 緊急時の最終的な除熱機能の確保 	<p>マニュアルに原子炉への海水注入の権限者が明記されず、対応に時間を要した。</p>	<p>マニュアルに海水注入の手順を明記することで、権限を明記し、対応の遅れを防止。</p>
<ul style="list-style-type: none"> 緊急時の使用済み燃料貯蔵プールの冷却確保 	<p>同上</p>	<p>同上</p>
<ul style="list-style-type: none"> 各サイト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 	<p>従来評価値+9.5mの津波が襲来し、機器等が浸水した。</p>	<p>浸水防止対策を措置(従来の津波評価値+9.5mの高さ以上(約13m)まで措置済み)</p>

① MOX燃料に関する冷却方法の評価の結果

原子炉停止後MOX燃料とウラン燃料からの放出される熱(崩壊熱)の違い

(玄海安全審査資料より抜粋)



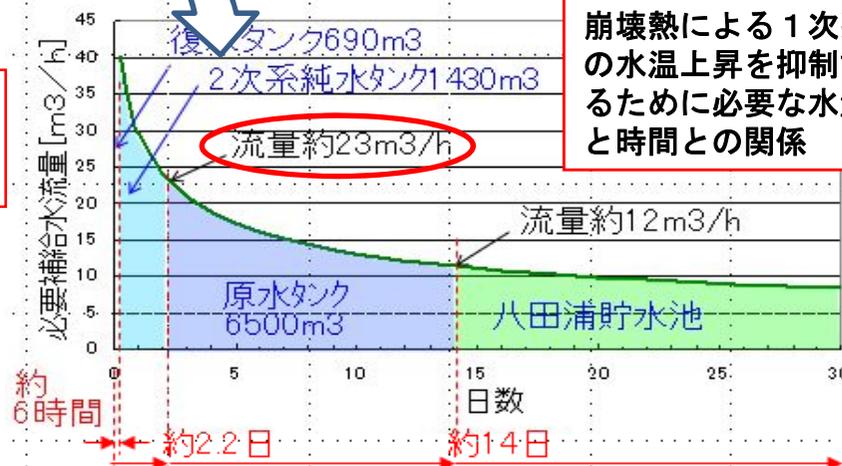
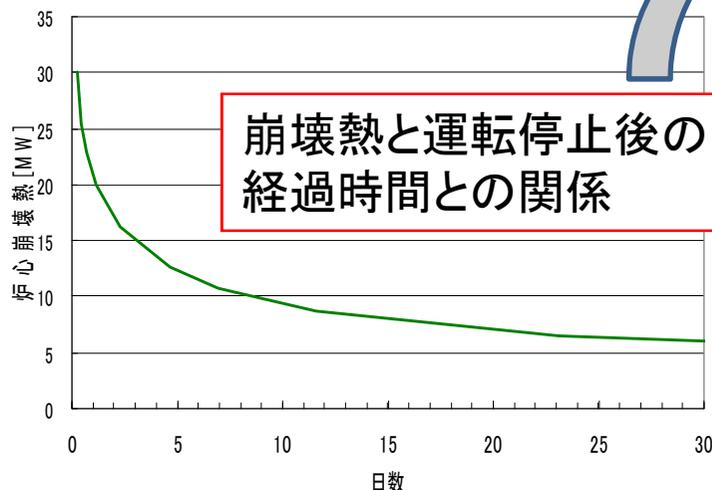
(保安院の確認結果)

○炉心崩壊熱に係る評価条件(P1 1参照)としてウラン燃料+MOX燃料(3号)が装荷(全燃料集合体193体のうち、MOX燃料 48体(1/4)、ウラン燃料145体)されている運転状態を模擬している。

○なお、実際には現在3号機炉心に32体のMOX燃料集合体が装荷されており、今回はより保守的な評価が実施されている。

② MOX燃料に関する冷却方法の評価の結果

必要補給水量(m³/h)は、1時間あたりの崩壊熱(MW)を、1kgの蒸気が有する熱量(KJ/kg)×密度(kg/m³)で割った値で計算される。



炉心にMOX燃料ありの場合の必要給水流量	約23m ³ /h
炉心にMOX燃料なしの場合の必要給水流量	約22m ³ /h
配備を確認したポンプ容量	46.8m ³ /h

ポンプ車の容量確認に係る立入検査での確認状況



- 補給給水流量について、必要な水量以上の補給が可能なが計算上確認されていることを確認。
- さらに、必要な資機材が配備されていることを確認。

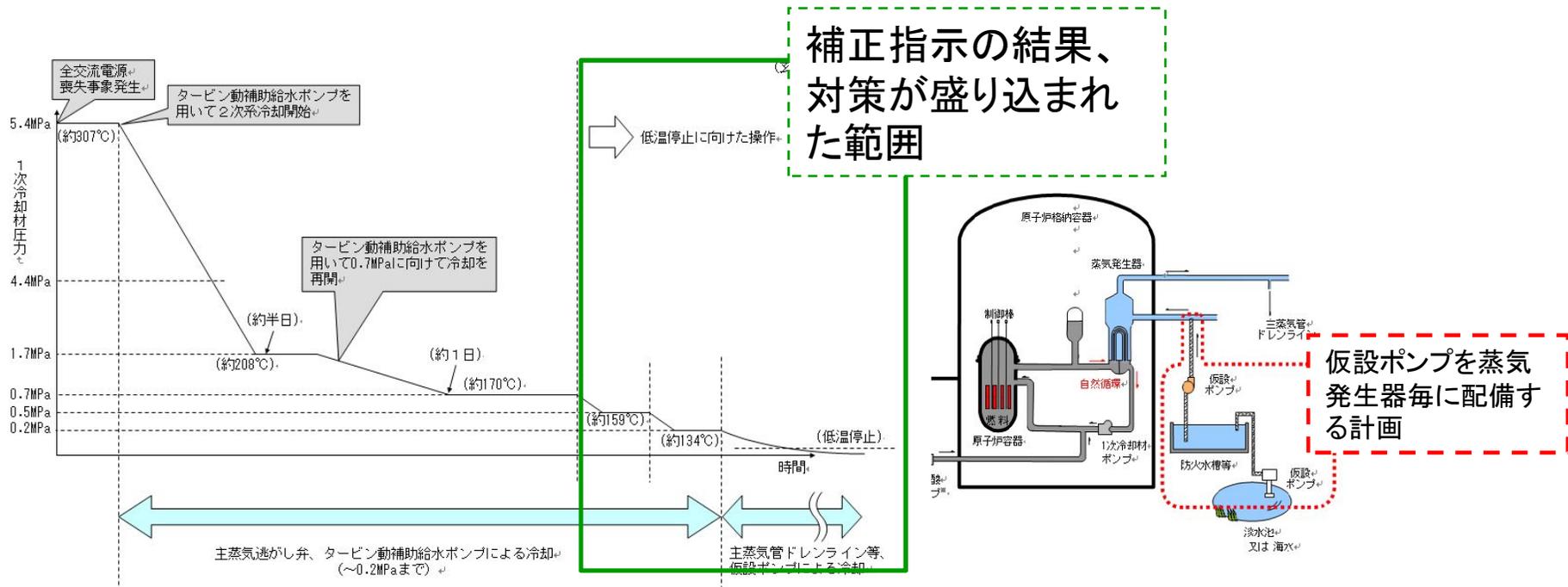
更なる安全性向上のための中長期対策

4月15日付けで九州電力から提出された緊急安全対策に係る報告書においては、冷却操作が高温停止状態(約170℃)までの対策であった。



保安院は対策の補正を指示

4月28日付けで九州電力から提出された緊急安全対策に係る補正報告書においては、冷却操作を低温停止状態(約100℃以下)までの対策が計画に盛り込まれた。



まとめ

- 九州電力が実施した**玄海原子力発電所**における**緊急安全対策**の実施状況については、**妥当なもの**と評価する。
- さらに、九州電力に対して、今後とも気を緩めることなく必要な改善に取り組むことを促すことにより、緊急安全対策の信頼性向上について継続的に取り組む。
- なお、今後の福島第一原子力発電所の詳細な事故調査等により、事故の原因等が明らかになった時点において、追加的な対策が必要な場合には、九州電力に対して改めて対応を求めることとする。

更なる信頼性向上のために 緊急に取り組んでいる安全対策

停止中の原子炉の非常用発電機の多重化

〔保安規定の変更（4月9日）〕

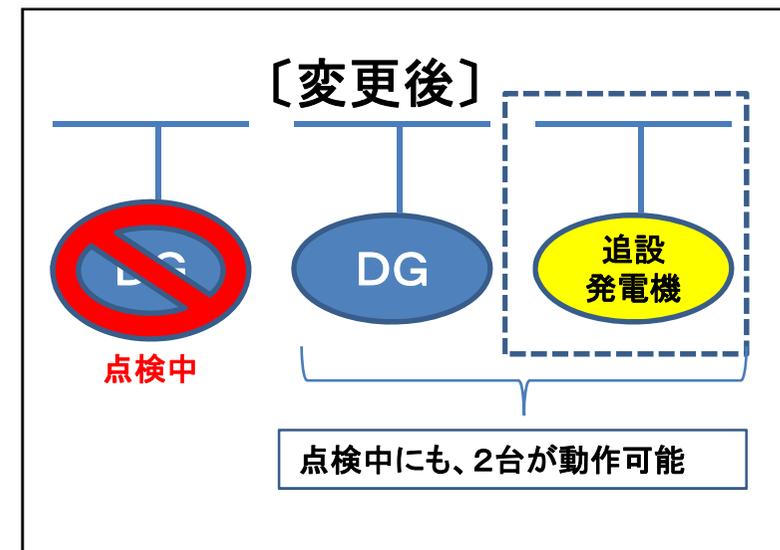
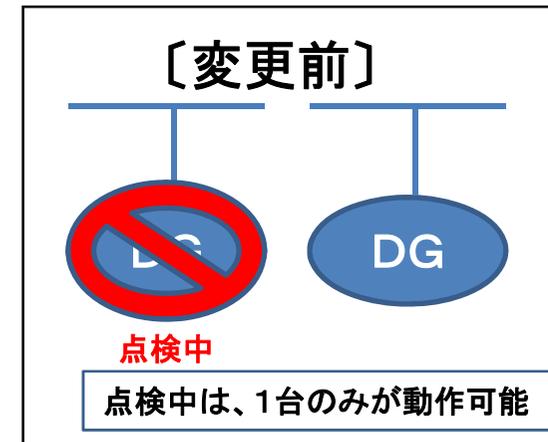
福島第一事故を踏まえ、電源の確保が極めて重要であることから、原子炉が冷温停止状態及び燃料交換においても非常用発電設備2台が動作可能な状態とするよう保安規定上の取扱いを変更。

〔経過措置〕

- 非常用発電設備を点検することが必要なため、更に1台の非常用発電設備の増設が必要。
- 当該非常用発電設備による運用を開始するまでの間は、保安規定の附則において他号機の非常用ディーゼル発電機からの融通、移動式発電装置による電源供給を経過措置として定める。

〔保安規定の認可（5月11日）〕

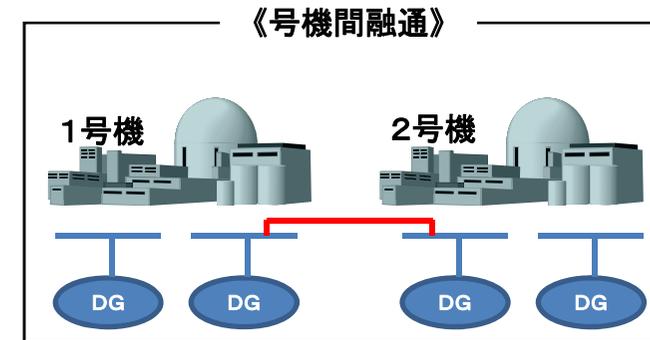
事業者から保安規定変更認可申請を受け、緊急安全対策の実施状況や立入検査等を踏まえ、保安規定を認可。



停止中の原子炉の非常用発電機の多重化

〔第1段階（実施済み）〕

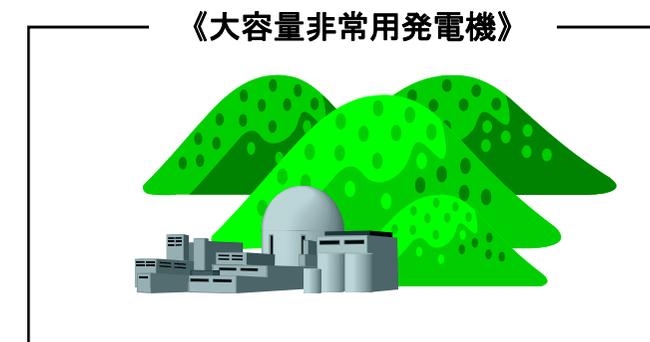
複数号機を有する原子力発電所の場合
各号機間の非常用ディーゼル発電機を接続線で結び、必要な場合は相互融通できるようにすることで2台以上の電源を確保。



〔第2段階（今後1～2年程度で実施）〕

全ての原子力発電所ごとに、発電所内の津波の影響を受けない高台等に大容量非常用発電機（空冷式）を新たに設置。

（玄海の例：4000kVA×4台）



外部電源の信頼性確保

〔宮城県沖地震による外部電源喪失事象〕

- ・主要変電所の地絡事故を発端として北東北全体を供給する電力系統が停止
- ・それに接続されている原子力施設への電力供給も停止



電力系統の信頼性に課題

〔電力各社への検討指示〕

各電力会社に対して、電力系統の信頼性に関して、以下の検討・評価を行うよう指示(4月15日)。

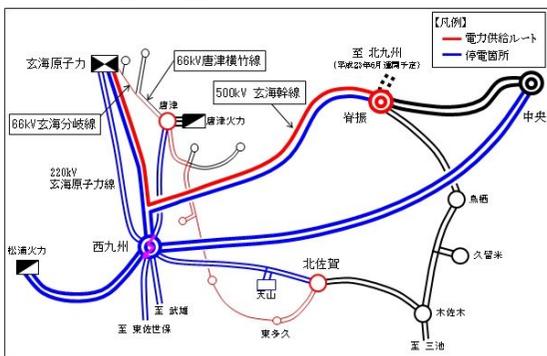
- ①原子力発電所に供給する電力系統の供給信頼性を分析・評価を実施し、信頼性向上の対策を検討すること。
- ②複数の電源線に施設されている全ての送電回路を各号機に接続すること。
- ③送電鉄塔の耐震性、地震による基礎の安定性等の評価を行い、必要な補強等を行うこと。
- ④開閉所等の電気設備について、水密化などの津波対策を実施すること。

外部電源の信頼性確保

〔九州電力の報告内容〕

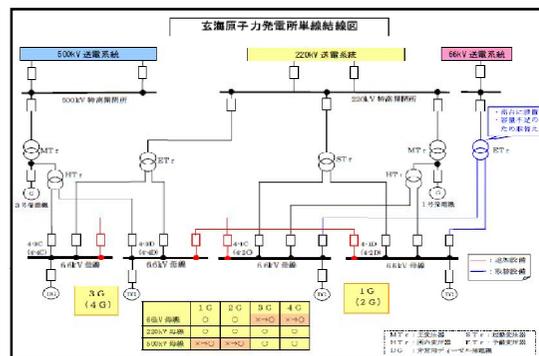
(1) 電力系統の供給信頼性

- ・送電系統の切替により、迂回ルートを形成、復電可能



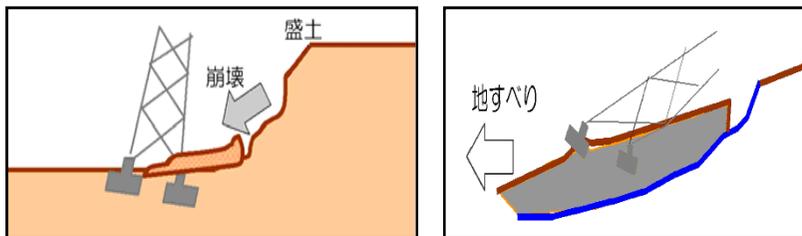
(2) 全号機への全送電回線の接続

- ・利用できない回線への接続。これにより全号機が全回線を利用可能。



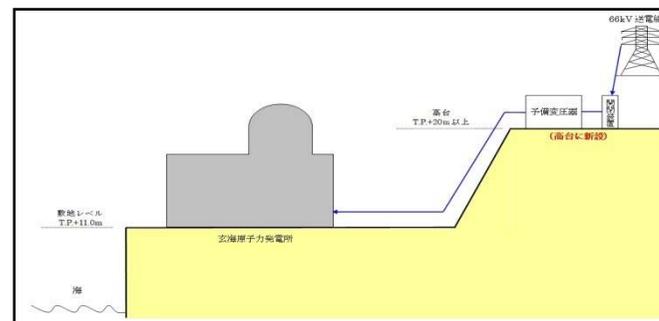
(3) 送電鉄塔の耐震性等

- ・今後、崩壊影響の有無を評価し、影響がある場合は、基礎補強などの対策を実施。



(4) 所内電気設備の津波対策

- 1号、2号の予備変圧器を海拔20m以上の高台へ移設予定



浜岡原子力発電所の停止要請

停止要請の概要

〔緊急安全対策への対応状況〕

浜岡原子力発電所については、緊急安全対策はこれまで適切に講じられてきており、また、技術基準等の法令上の安全基準は満たしている。

〔大きな津波と地震発生確率〕

同発電所は、大規模な津波(マグニチュード8程度の地震)が高い確率(30年以内に地震発生確率87%)で襲来すると予想され、極めて切迫しており、他の発電所と全く異なる環境の下にある。

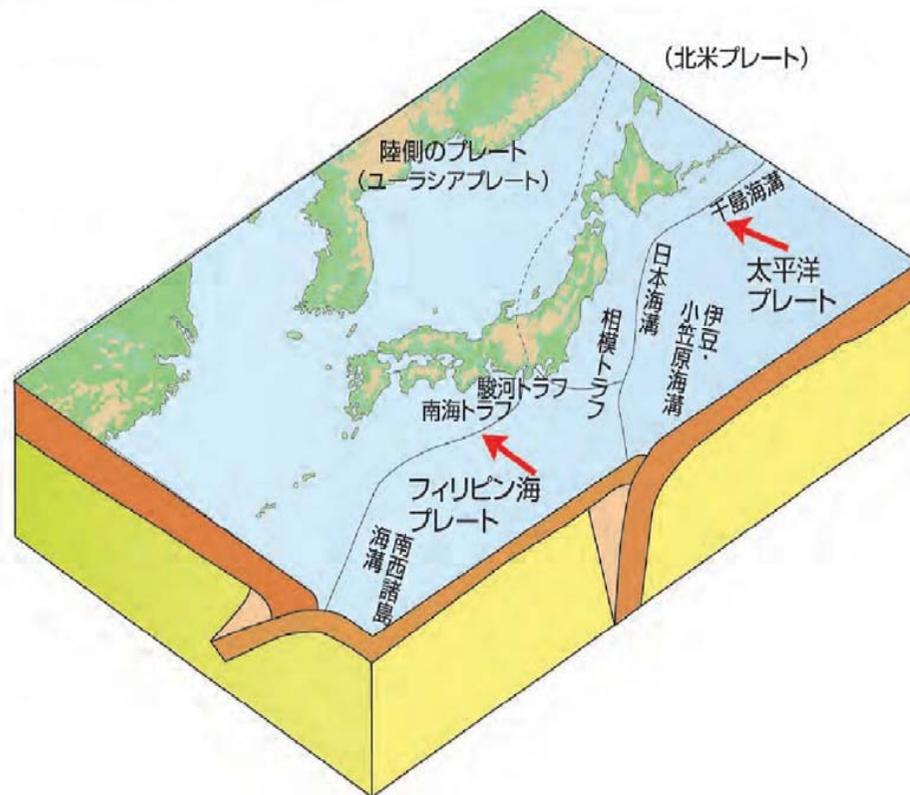
〔「一層の安心」のための停止要請〕

地震発生に伴う大規模な津波襲来の切迫性と、津波による今回の事故を踏まえ、「一層の安心」のため、防潮堤設置や原子炉建屋の水密化工事などの中長期対策が完了するまでの間、全号機の運転を停止することを求めた。

玄海原子力発電所の立地地域 における地震と津波との関係

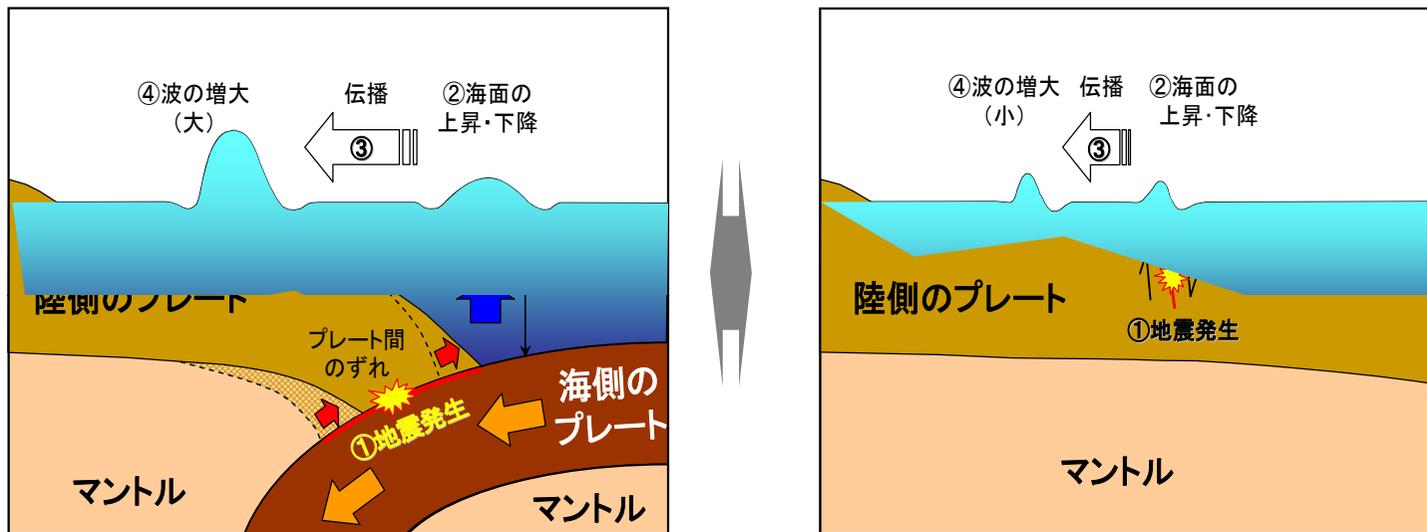
日本周辺のプレート境界

玄海原子力発電所周辺にプレート境界はないと考えられる。



* 原子力安全・保安院ホームページ

プレート間地震による津波と内陸型地震による津波

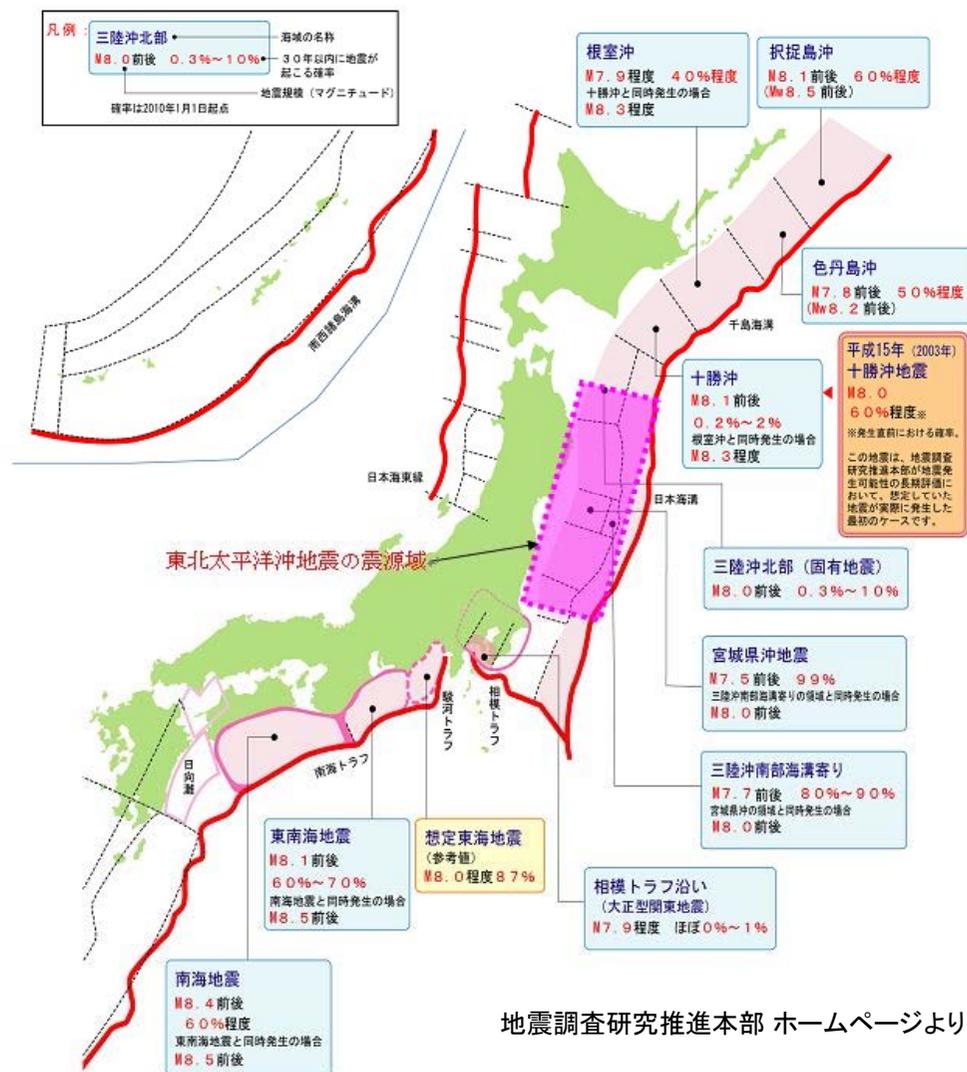


プレート間地震による津波

内陸型地震による津波

大きい ← 地震の規模 → 小さい
大きい ← 津波の規模 → 小さい

地震の規模（海溝型地震）



◆ 浜岡原子力発電所が所在する地域を震源とする想定東海地震が30年以内に、M8.0程度で発生する可能性は、87%とされている。

◆ 玄海原子力発電所が所在する周辺は、海溝型地震ではなく、内陸で起きる比較的規模の小さな地震の発生が考えられる。

主な海溝型地震の評価結果

地震の発生確率

30年以内に震度6強以上の地震が起きる確率

算定基準日2011年1月1日

設置者名	発電所名	30年以内に震度6強以上の地震が起きる確率
中部電力	浜岡原子力発電所	84.0%
九州電力	玄海原子力発電所	0.0%

地震調査研究推進本部地震調査委員会が取りまとめた各サイト毎の30年以内に震度6強以上の地震が起きる確率を防災科学技術研究所の地震ハザードステーションにより公開したのから抜粋

安全に関する今後の対応

安全に関する今後の対応

〔事故収束への活動と原子力被災者支援〕

- ・政府原子力災害対策本部や現地本部、原子力安全委員会や東京電力などの関係者と連携し、引き続き**全力を挙げて**、福島第一事故の**早期収束に向けた活動を実施**。
- ・原子力被災者の支援活動として、政府原子力災害対策本部の元に**原子力被災者生活支援チーム**(チーム長:海江田経済産業大臣)を発足。
- ・避難者の警戒区域内への**一時立入**や計画的避難区域の**住民避難**等を支援するとともに、**ラジオやニュースレター**を通じて、原子力被災自治体や住民・企業関係者に対して**わかりやすい情報発信**を実施。
- ・地元の意向・要望を踏まえた取組が実施できるよう、**原子力被災自治体に常駐する職員を派遣**。

安全に関する今後の対応

〔福島第一事故の状況分析〕

- ・今後の適切な措置の実施のため、原子炉等規制法及び電気事業法に基づき、福島第一事故に関する**プラントの運転記録や事故記録等**について**報告徴収命令**(4月25日)。
- ・当該命令に基づき東京電力より報告を受理(5月16日)。
- ・報告のあったプラントデータ等について、原子炉等規制法及び電気事業法に基づき、**分析・整理**や**今後の事故調査・原因分析の計画策定**等を指示(5月16日)。

〔安全規制や原子力防災対策の見直し〕

- ・現段階で得られている知見に基づき緊急安全対策を実施しているが、今後、詳細な事故の原因調査結果を踏まえ、**安全基準等を含めた安全規制の見直し**を実施。
- ・地震によりオフサイトセンターが被災し、十分な機能が発揮できなかったことなどを踏まえ、**原子力防災対策**についても**見直し**を実施。

まとめ

まとめ

〔緊急安全対策への対応状況〕

玄海原子力発電所については、緊急安全対策はこれまで適切に講じられてきており、また、技術基準等の法令上の安全基準は満たしている。なお、安全確保の信頼性をより一層高めるための中長期対策が計画されていることを確認。

〔地震と津波〕

同発電所は、これまでの評価・確認結果から、規模の大きい地震及び地震に伴う大規模な津波が高い確率で発生することは予想されない。

〔安全上の位置付け〕

仮に、福島第一原子力発電所と同程度の津波（土木学会評価手法による津波高さ+9.5m）が襲来したとしても、緊急安全対策（短期対策）が講じられていることから、玄海原子力発電所の安全性は確保されている。



原子炉の運転継続や運転再開することは安全上支障ない。