

# 玄海原子力発電所4号機の安全性に関する 総合評価（一次評価）の結果報告について

平成24年5月10日  
九州電力株式会社

# 目次

	(頁)
1. 経緯	1
2. ストレステスト（一次評価）の概要	2
3. 評価項目	3
4. 評価結果概要	4
5. 緊急安全対策後の燃料冷却手段（概念系統図）	5
6. 地震・津波の評価結果	6
7. 全交流電源喪失時の評価結果	15
8. 最終ヒートシンク喪失時の評価結果	16
9. シビアアクシデントマネジメント評価結果	17
10. 評価結果のまとめ	18
11. まとめ	19

# 1. 経緯

## ◇ 政府が、統一見解を公表（平成23年7月11日）

- ・ 現在の原子力発電所については、現行法令による安全性の確認に加え、緊急安全対策等が実施されており、従来以上に慎重に安全性の確認が行われている。
- ・ 原子力発電所の更なる安全性の向上と国民・住民の方々の安心・信頼確保のため、欧州諸国で導入されたストレステストを参考に、安全評価を実施する。
- ・ この安全評価は、定期検査中で起動準備の整った発電所の再稼働の可否を判断する一次評価と、全ての発電所の運転継続の判断を行う二次評価により行う。

## ◇ 原子力安全・保安院が総合評価（ストレステスト）の実施を事業者に指示（同年7月22日）

## 2. ストレストテスト（一次評価）の概要

設計の想定を超える地震や津波に対し、原子力発電所がどこまで耐えられるかについて評価。

- ・ 想定した地震や津波を徐々に大きくしていったときに、安全上重要な施設や機器等がどの程度まで安全性を確保できるか（どの程度まで燃料が損傷せずに耐えられるか）の定量的な安全裕度を評価

地震や津波の度合いを大きくしていった時、ある大きさを境に事象の進展が大きく変わる時点 （クリフエッジ） を特定

- ・ 緊急安全対策を含む燃料の重大な損傷を防止するための対策の有効性を評価

### 3. 評価項目

原子力安全・保安院の指示に基づき、以下の項目について、評価を実施。

評価項目	評価内容
地震、津波	想定を超える地震、津波に対して、燃料が損傷せずにどの程度耐えられるか評価
地震と津波の重畳	想定を超える地震と津波の同時発生に対して、燃料が損傷せずにどの程度耐えられるか評価
全交流電源喪失※1	全交流電源喪失時に、外部からの支援がない条件で、燃料が損傷せずにどの程度耐えられるか評価
最終ヒートシンク喪失※2	最終ヒートシンク喪失時に、外部からの支援がない条件で、燃料が損傷せずにどの程度耐えられるか評価
その他シビアアクシデント ・マネジメント	これまで、当社が整備してきたシビアアクシデント対策について、多重防護の観点からその効果を評価

※1 全交流電源喪失：外部電源、非常用ディーゼル発電機の機能が喪失し、発電所が完全に停電すること

※2 最終ヒートシンク喪失：燃料の冷却に必要な海水を取水できなくなること

## 4. 評価結果概要（玄海4号機）

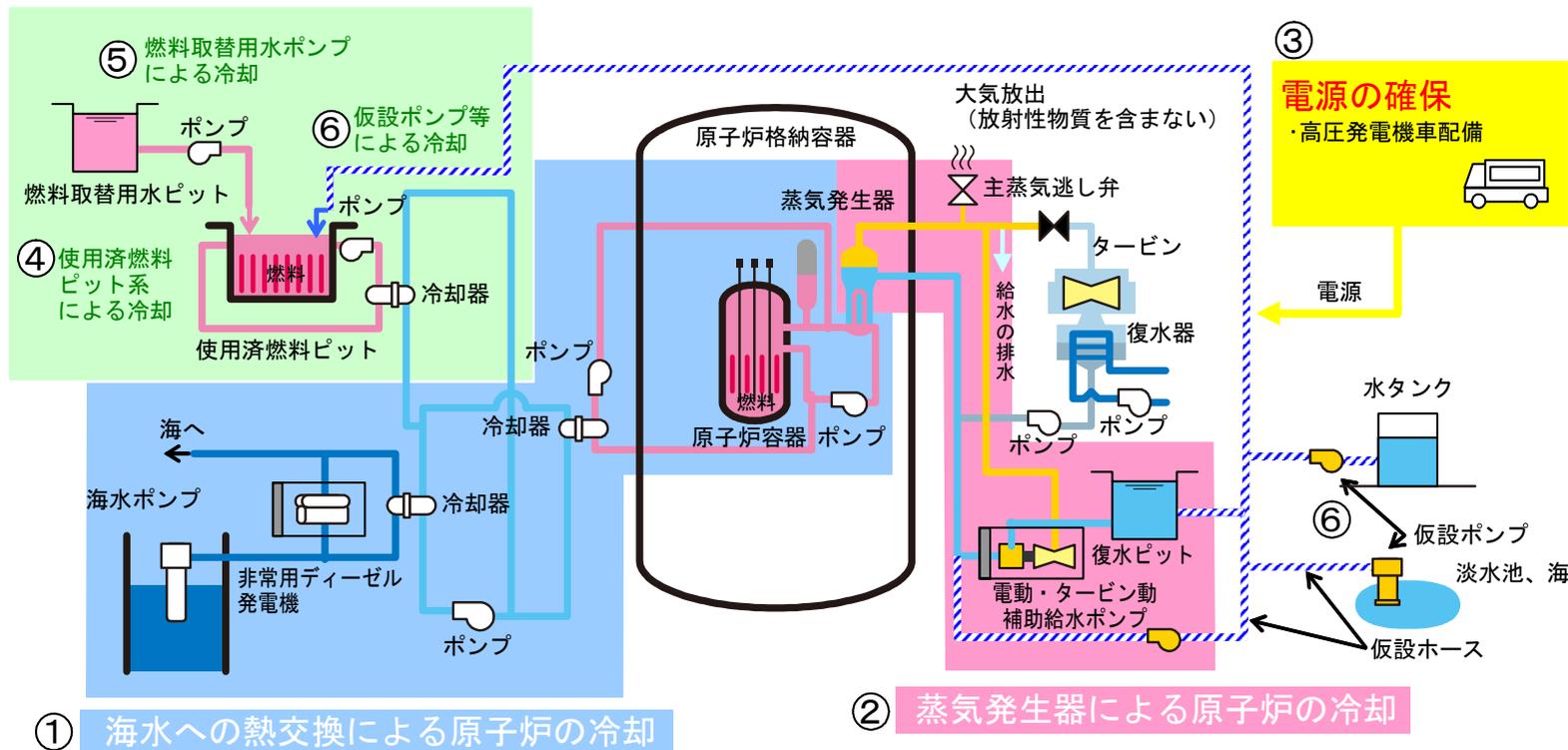
評価項目	クリフエッジ 評価の指標	燃 料	クリフエッジ（下段：対象となる設備）	
			緊急安全対策後	緊急安全対策前
地 震 〔津波との 重畳も同じ〕	地震による機器の損傷により、燃料の冷却手段が確保できなくなる地震動と基準地震動※ <sup>1</sup> （540gal）との比較	原子炉	約1.83 倍(約988gal) ※ <sup>2</sup> 低圧・高圧しゃ断器	約1.83 倍(約988gal) 低圧・高圧しゃ断器
		使用済 燃料ピット	約2.00 倍(1080gal) 使用済燃料ピット	約1.83 倍(約988gal) 低圧・高圧しゃ断器
津 波 〔地震との 重畳も同じ〕	燃料の冷却手段が確保できなくなる津波高さ (想定津波高さ：2.1m)	原子炉	13.0 m タービン動補助給水ポンプ	7.70 m 海水ポンプ
		使用済 燃料ピット	24.6 m 仮設ポンプ等の資機材保管高さ	11.3 m 燃料取替用水ポンプ
全 交 流 電 源 喪 失	外部からの支援がない条件で燃料の冷却手段が確保できなくなるまでの時間	原子炉	約 65 日後 高圧発電機車等の燃料枯渇	約 5 時間後 蓄電池の枯渇
最 終 ヒ ー ト シ ン ク 喪 失		使用済 燃料ピット	約 65 日後 仮設ポンプ用発電機の燃料枯渇	約2.3日後 2次系純水タンクの枯渇
		原子炉	約 378 日後 仮設ポンプ用発電機の燃料枯渇	約2.3日後 2次系純水タンクの枯渇
使用済 燃料ピット				
その他のシビア アクシデント・ マネジメント	・これまでに整備した防護措置が、燃料の重大な損傷及び放射性物質の大規模な放出を防止する措置として多重防護の観点から有効に整備されていることなどを確認。			

※1 基準地震動：原子力発電所周辺で起こると想定される最も大きな地震による揺れの大きさ。なお、gal（ガル）とは、地震による地盤や建物等の揺れの強さを表す加速度の単位

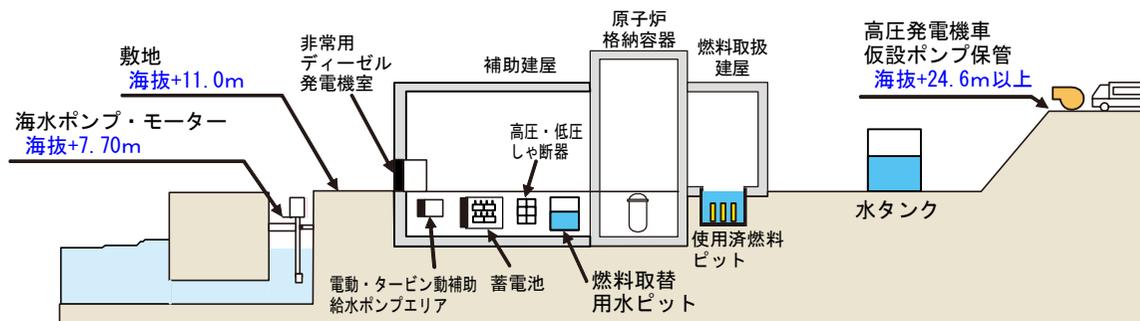
※2 地震に対する裕度は緊急安全対策前後で同じだが、緊急安全対策により燃料を冷却する手段の多重性を確保

# 5. 緊急安全対策後の燃料冷却手段（概念系統図）

## 使用済燃料ピットの冷却



## 原子力発電所建屋・機器等の設置高さ（イメージ）

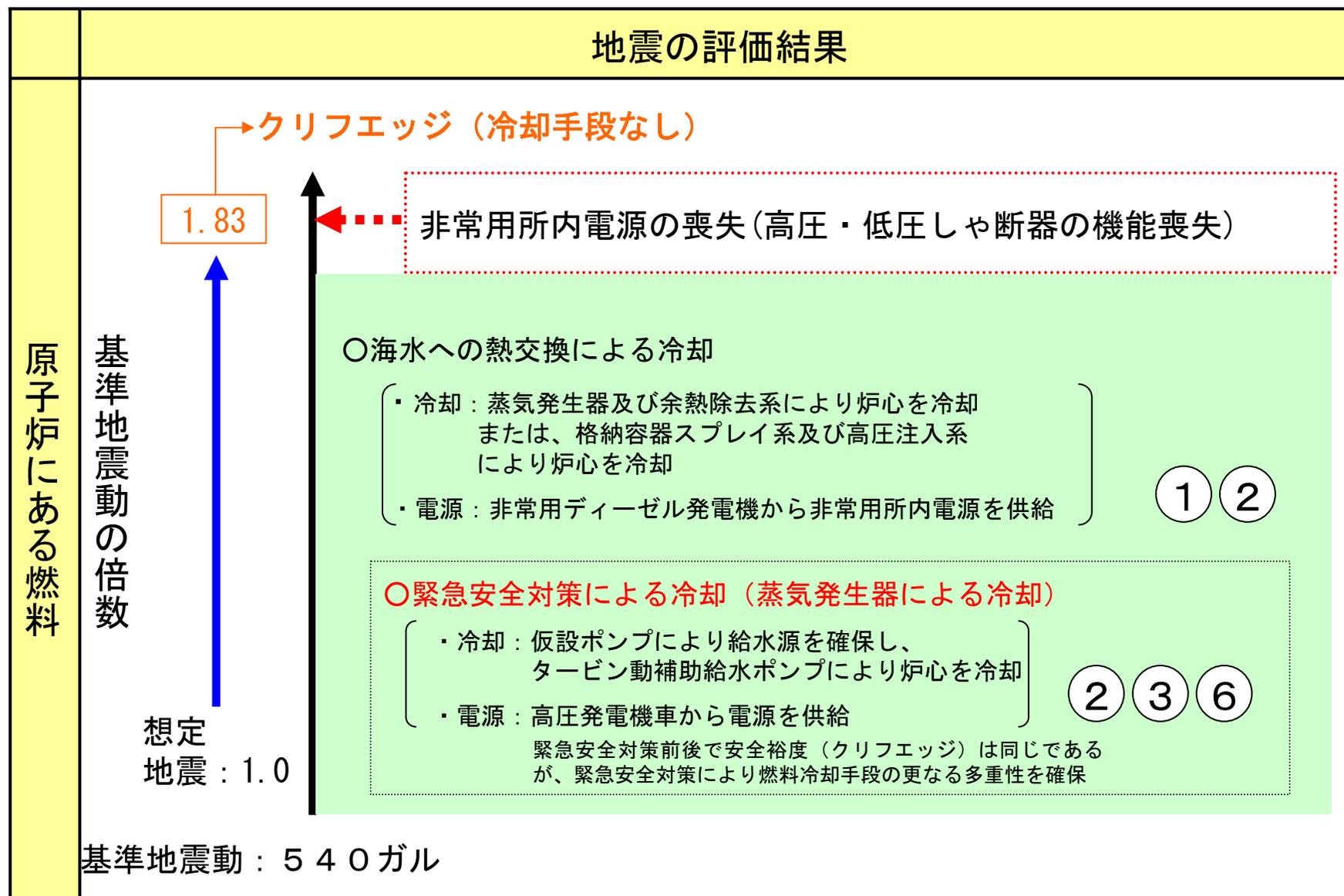


## 6. 地震・津波の評価結果

原子炉と使用済燃料ピットにある燃料のそれぞれに対し、想定を超えて地震レベルまたは津波高さを徐々に上げていき、燃料の冷却ができなくなる時点（クリフエッジ）を特定した。

- (1) 原子炉にある燃料に対する地震の評価結果
- (2) 使用済燃料ピットにある燃料に対する地震の評価結果
- (3) 原子炉にある燃料に対する津波の評価結果
- (4) 使用済燃料ピットにある燃料に対する津波の評価結果

## 6 (1) 原子炉にある燃料に対する地震の評価結果【玄海4号機】



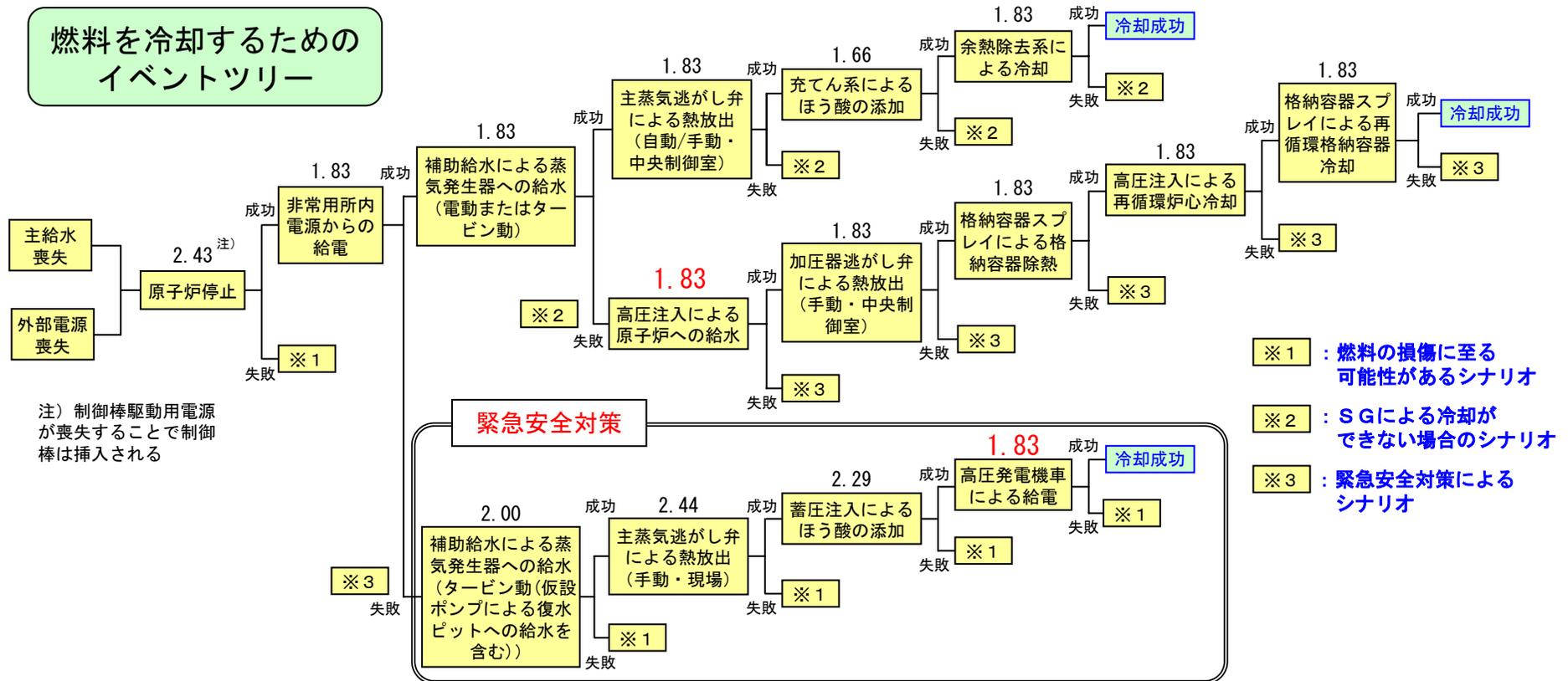
※津波と地震の同時発生についても同様の評価結果となる。

①～⑥に関しては5ページの緊急安全対策後の冷却手段(概念系統図)を参照

## 6 (1) 原子炉にある燃料に対する地震の評価結果【玄海4号機】

地震により外部電源喪失と主給水喪失が同時に発生するとの想定で、燃料を冷却するために必要な機器が損傷することにより、冷却手段が確保できなくなる地震レベル（クリフエッジ）を特定する

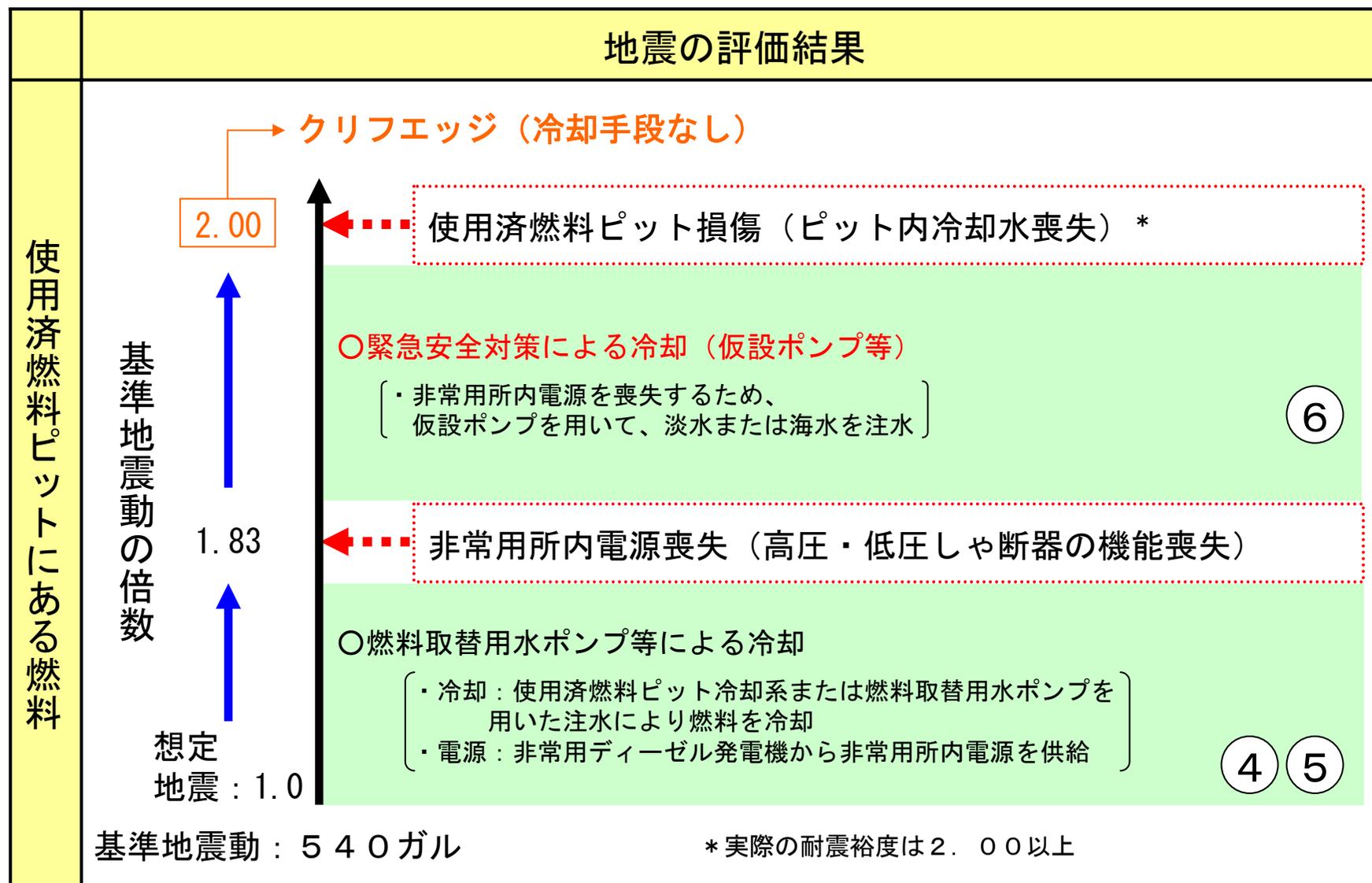
### 燃料を冷却するためのイベントツリー



評価結果	クリフエッジ	
	緊急安全対策後	緊急安全対策前
燃料の冷却手段が確保できなくなる地震動と基準地震動 $S_s$ (540 gal) との比較	1.83倍 (約988 gal)	1.83倍 (約988 gal)
対象となる機器	低圧・高圧しゃ断器	低圧・高圧しゃ断器

➡ 設計想定 of 1.83倍以下の地震が発生した場合であっても、炉心を冷却することが可能

## 6 (2) 使用済燃料ピットにある燃料に対する地震の評価結果【玄海4号機】

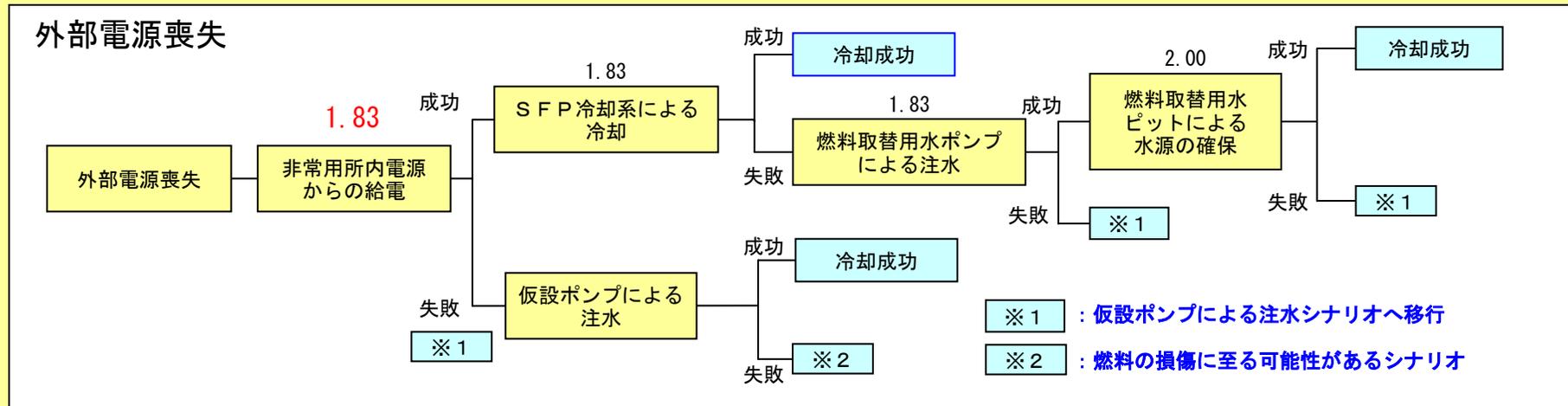


※津波と地震の同時発生についても同様の評価結果となる。

①～⑥に関しては5ページの緊急安全対策後の冷却手段(概念系統図)を参照

## 6 (2) 使用済燃料ピットにある燃料に対する地震の評価結果【玄海4号機】

### クリフエッジの特定(1)



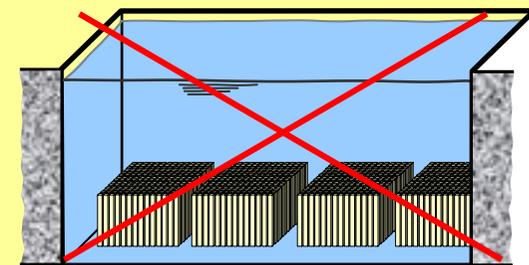
- ・「外部電源喪失」については、1.83（約988gal）までは冷却に成功する。
- ・1.83以上になると、仮設ポンプによる注水シナリオへ移行し、冷却は成功する。
- ・「補機冷却水の喪失」、「使用済燃料ピット冷却機能喪失」についても、仮設ポンプによる注水シナリオにより冷却は成功する。

### クリフエッジの特定(2)

次に考慮すべき起因事象「使用済燃料ピット損傷」ではピットそのものの耐震裕度を2Ss以上と評価しており、2Ssより大きい地震ではピット自体の損傷により使用済燃料ピット内の冷却水が喪失するクリフエッジを2Ssとする。

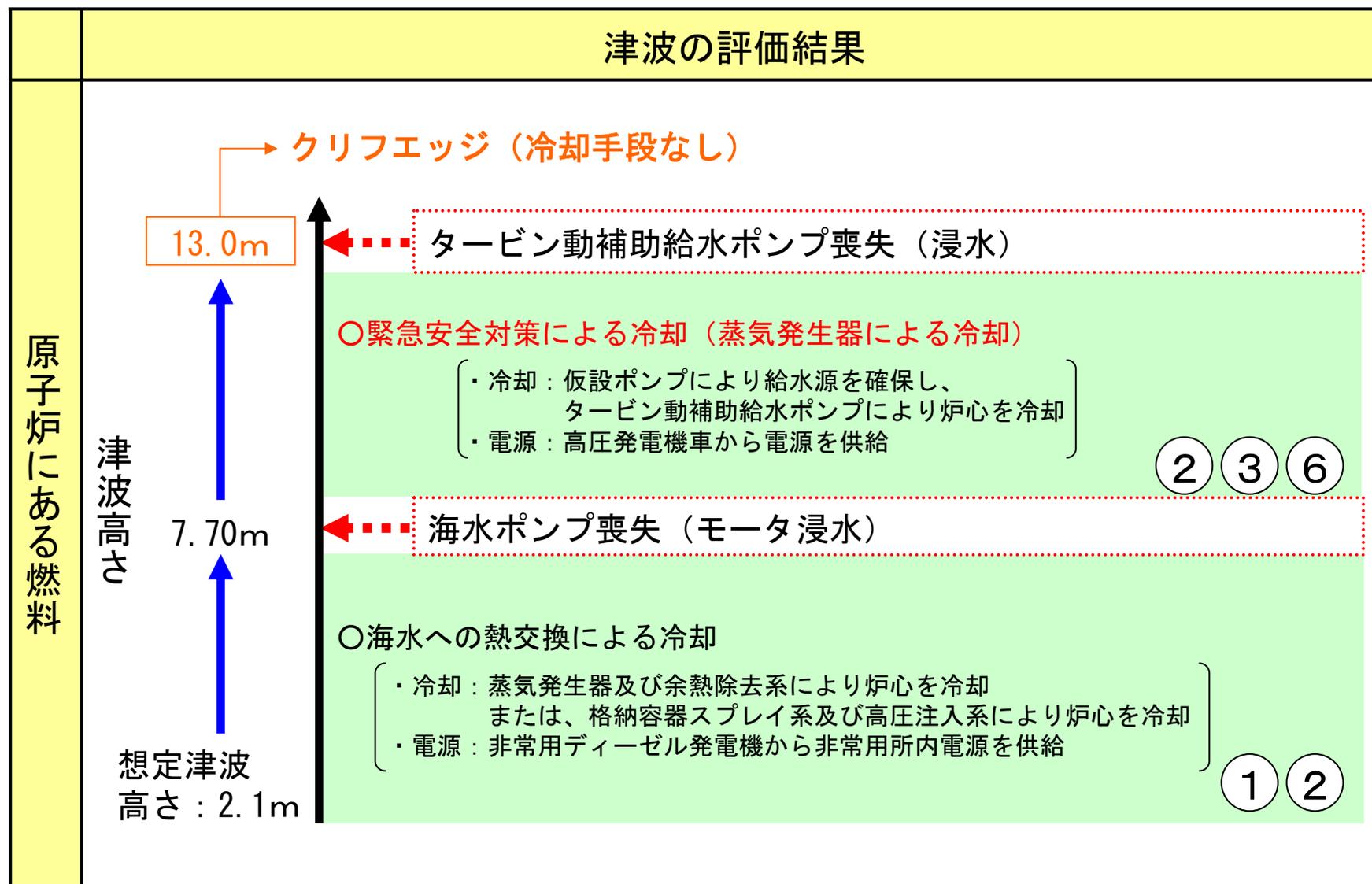


クリフエッジは2Ss



使用済燃料ピット

## 6 (3) 原子炉にある燃料に対する津波の評価結果【玄海4号機】



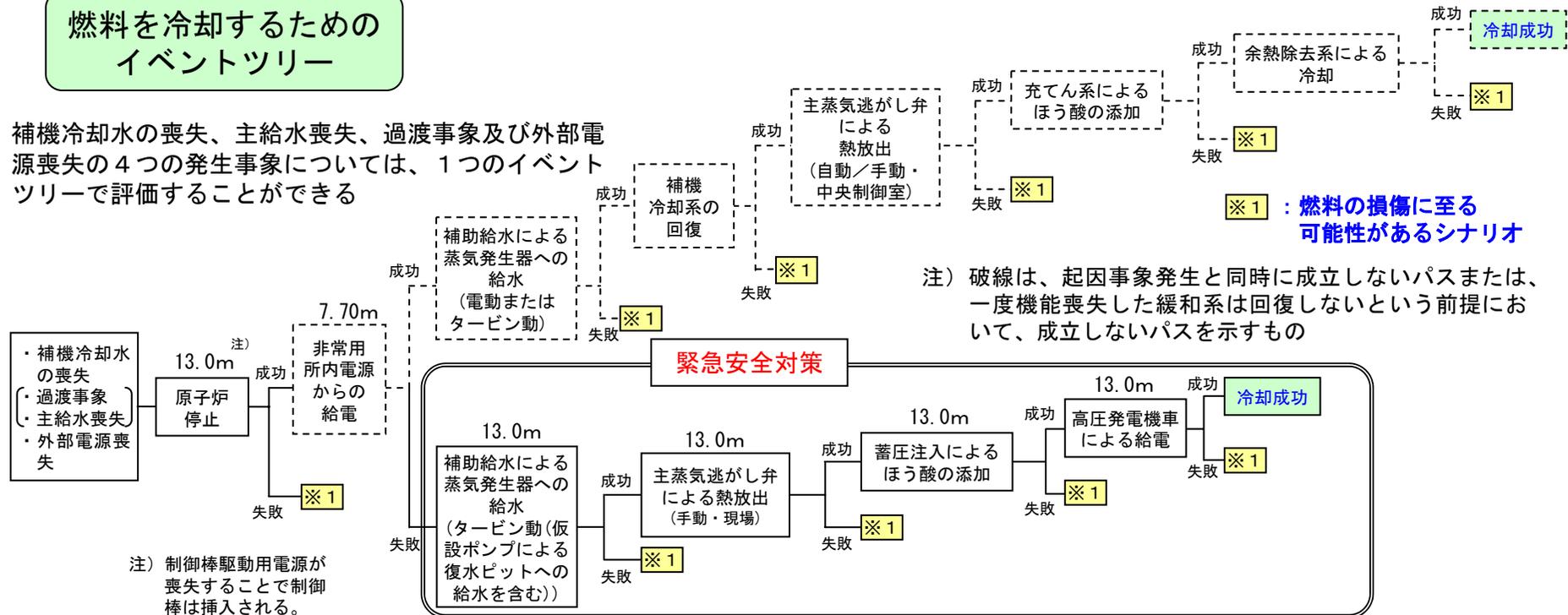
①～⑥に関しては5ページの緊急安全対策後の冷却手段(概念系統図)を参照

## 6 (3) 原子炉にある燃料に対する津波の評価結果【玄海4号機】

津波により補機冷却水喪失と主給水喪失等が発生すると想定で、燃料を冷却するために必要な機器が損傷することにより、冷却手段が確保できなくなる津波高さ（クリフエッジ）を特定する

### 燃料を冷却するためのイベントツリー

補機冷却水の喪失、主給水喪失、過渡事象及び外部電源喪失の4つの発生事象については、1つのイベントツリーで評価することができる

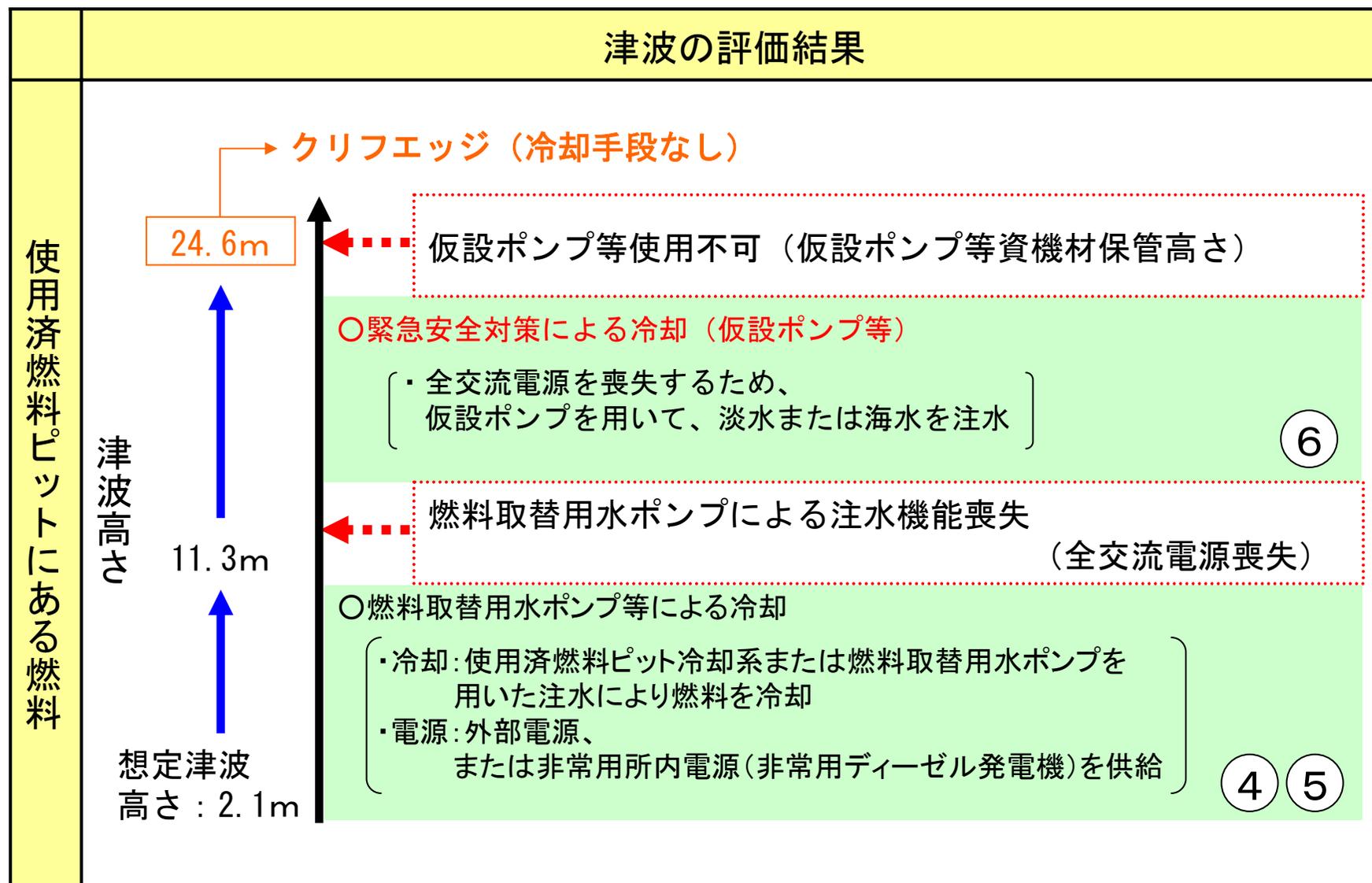


注) 制御棒駆動用電源が喪失することで制御棒は挿入される。

評価結果	クリフエッジ	
	緊急安全対策後	緊急安全対策前
燃料の冷却手段が確保できなくなる津波高さ	13.0m	7.70m
対象となる機器	タービン動補助給水ポンプ	海水ポンプ

➡ 高さ13.0m未満の津波が発生した場合であっても、炉心を冷却することが可能

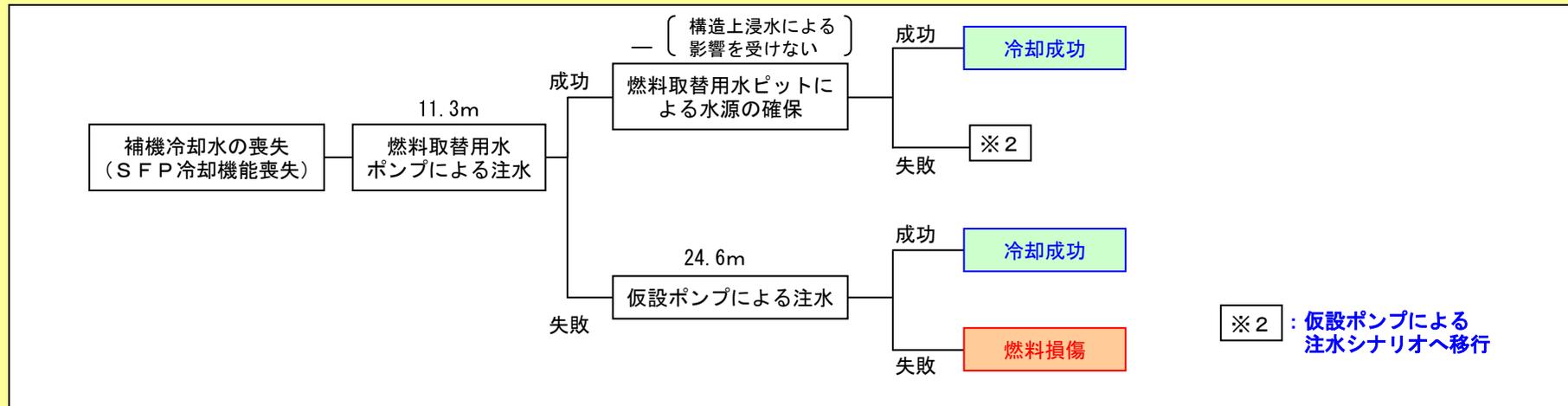
## 6 (4) 使用済燃料ピットにある燃料に対する津波の評価結果【玄海4号機】



①～⑥に関しては5ページの緊急安全対策後の冷却手段（概念系統図）を参照

## 6 (4) 使用済燃料ピットにある燃料に対する津波の評価結果【玄海4号機】

### クリフエッジの特定(1)



- ・ 「補機冷却水の喪失（SFP冷却機能喪失）」については、11.3mまでは冷却に成功する。
- ・ 11.3m以上になると、仮設ポンプによる注水シナリオへ移行し、冷却は成功する。
- ・ 「外部電源喪失」については、仮設ポンプによる注水シナリオへ移行し、冷却は成功する。

### クリフエッジの特定(2)

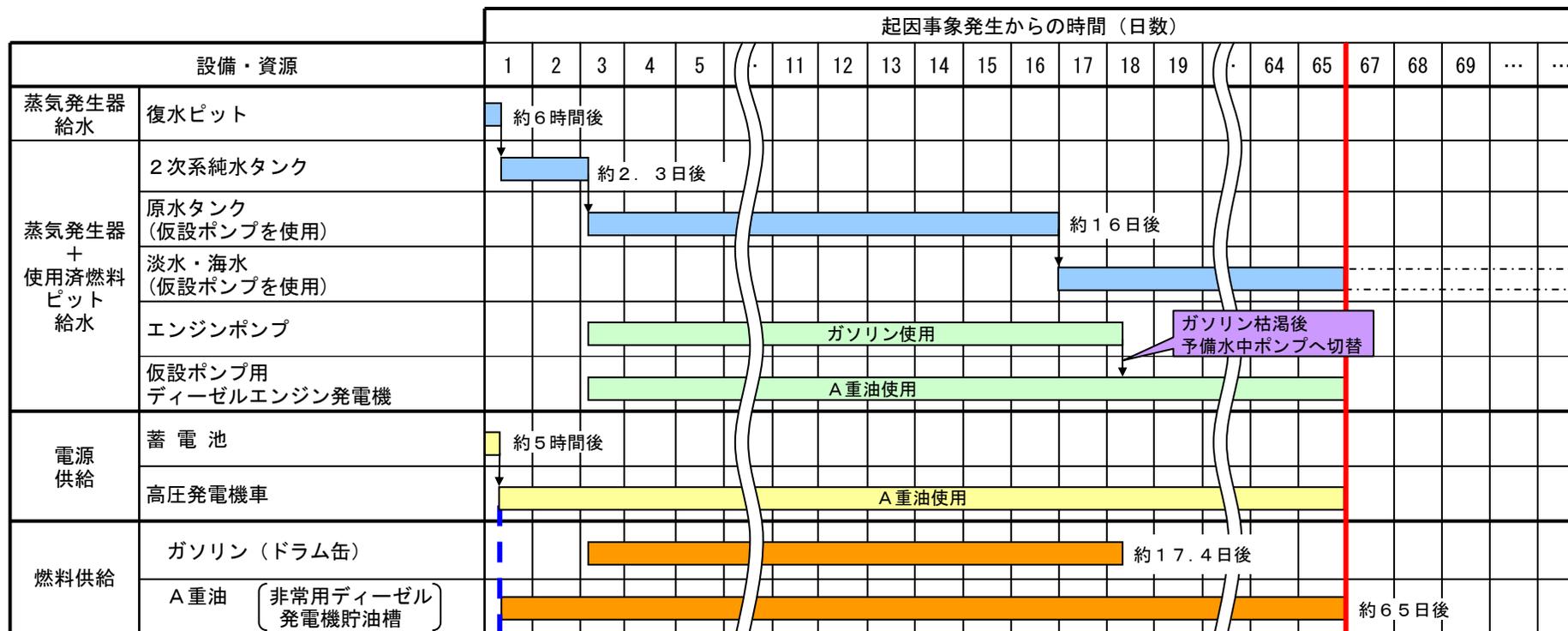
津波に対するSFP損傷評価の結果、「補機冷却水の喪失（SFP冷却機能の喪失）」、「外部電源喪失」のいずれについても、緊急安全対策として整備した仮設ポンプ等によるSFPへの注水により冷却ができる。

よって、許容津波高さ24.6m（仮設ポンプ等の資機材保管高さ）になると、仮設ポンプ使用不可に至り、緩和手段がなくなりクリフエッジとなる。

クリフエッジは24.6m

## 7. 全交流電源喪失時の評価結果【玄海4号機】

全交流電源喪失により燃料の冷却に必要な給水・電源機能が喪失した状態で、発電所単独で冷却継続ができなくなる（クリフエッジ）までの時間及び設備を特定

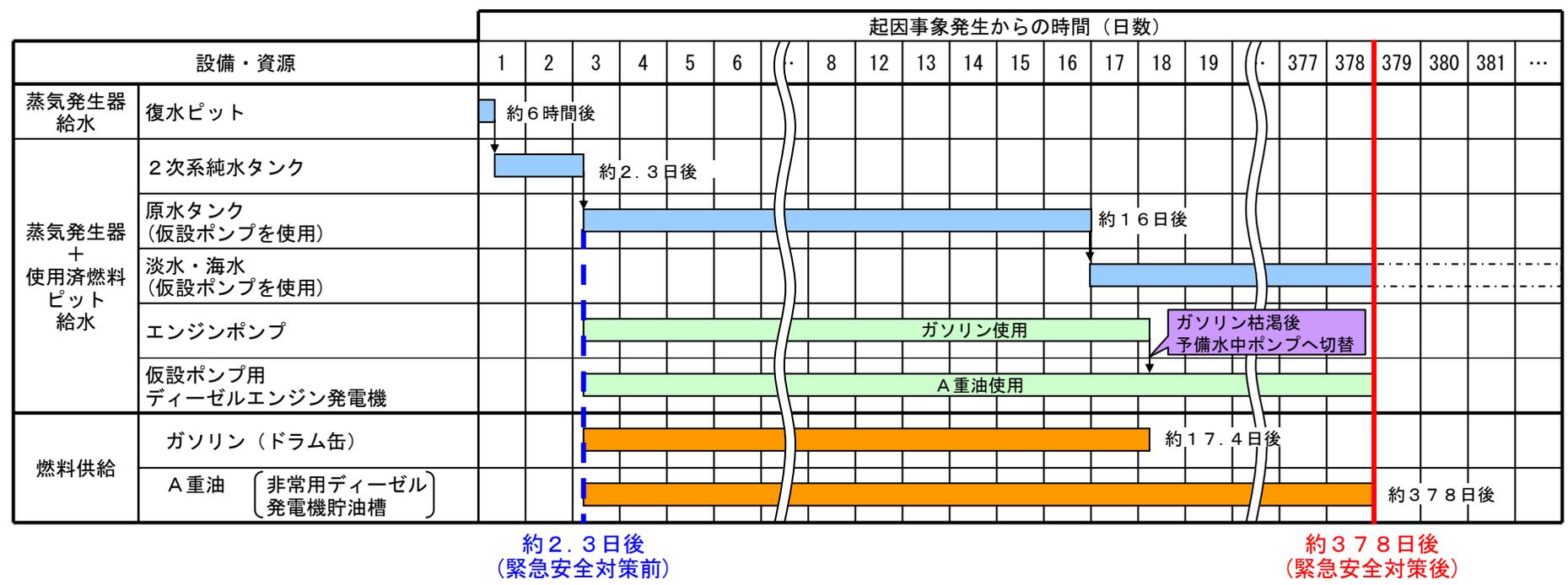


評価結果	ク リ フ エ ッ ジ	
	緊急安全対策後	緊急安全対策前
燃料の冷却手段が確保できなくなるまでの時間	<b>約65日後</b>	<b>約5時間後</b>
対象となる機器等	高圧発電機車及び仮設ポンプ用ディーゼルエンジン発電機の燃料	蓄電池

➡ 評価結果は外部から支援を期待するに十分な時間であり、クリフエッジは回避できる

## 8. 最終ヒートシンク喪失時の評価結果【玄海4号機】

最終ヒートシンク喪失により、燃料の冷却に必要な給水機能が喪失した状態で、発電所単独で冷却継続ができなくなる（クリフエッジ）までの時間及び設備を特定



評価結果	ク リ フ エ ヅ ジ	
	緊急安全対策後	緊急安全対策前
燃料の冷却手段が 確保できなくなるまでの時間	<b>約378日後</b>	<b>約2.3日後</b>
対象となる機器等	仮設ポンプ用ディーゼルエンジン 発電機の燃料	2次系純水タンク

➡ 評価結果は外部から支援を期待するに十分な時間であり、クリフエッジは回避できる

## 9. シビアアクシデント・マネジメント評価結果

- これまでに整備したシビアアクシデント・マネジメントの防護措置が、燃料の重大な損傷及び放射性物質の大規模な放出を防止する措置として多重防護の観点から有効に整備されていることを確認。
- 福島第一原子力発電所での事故を踏まえ整備した緊急安全対策（高圧発電機車及び移動式大容量発電機による電源確保など）や追加のシビアアクシデント対応措置（水素爆発防止対策など）は、従来のシビアアクシデント・マネジメントの防護措置の信頼性向上に対して有効に機能することを確認。

### シビアアクシデント・マネジメント

シビアアクシデントへの拡大防止及びその影響緩和のための、消火ポンプを使用した格納容器への注水など、原子炉、格納容器の健全性を維持する機能を向上させるための運用・設備両面の措置。

## 10. 評価結果のまとめ

### 福島第一原子力発電所での事故概要

- ・ 地震発生に伴い原子炉自動停止
- ・ 鉄塔倒壊などにより外部電源が喪失したものの、非常用ディーゼル発電機が正常に機能し原子炉を冷却



- ・ 想定を超える津波により非常用発電機などが被水



- ・ 全交流電源喪失、最終ヒートシンク喪失が発生
- ・ その備えが不十分であったことから事故が進展・拡大し燃料損傷に至った



### 玄海4号機における安全性の確認・評価結果

- ・ 緊急安全対策を講じる以前においても、**ある程度想定を超える地震に対して従来の冷却設備により、燃料を冷却することが可能**
- ・ 仮設ポンプ・高圧発電機車を配備した緊急安全対策により、燃料冷却手段の更なる多重性の確保・地震に対する安全裕度(クリフエッジ)の向上を確認



- ・ **想定を超える津波高さにおいても、仮設ポンプ・高圧発電機車の配備、扉の水密性向上などの緊急安全対策により、確実に燃料を冷却することが可能**



- ・ 全交流電源喪失、最終ヒートシンク喪失に対しても、緊急安全対策による電源確保および水源確保により、外部からの支援を期待するのに十分な時間が確保でき、クリフエッジを回避することが可能

## 1 1. まとめ

- 玄海原子力発電所 4号機の安全性に関する総合評価の結果、安全上重要な施設・機器等は、設計上の想定を超える地震や津波に対して、十分な安全裕度を有しており、これまでに実施した緊急安全対策等により、プラントの安全性が更に向上していることを確認しました。
- 今回の報告内容につきましては、今後、国において、確認されることとなっております。
- 当社は、地元をはじめ皆さまの安心・信頼が得られるよう、原子力発電所の安全性、信頼性向上のための取組みを引き続き行ってまいります。