



島根原子力発電所2号機の安全性に関する
総合評価(ストレステスト)一次評価結果について

平成24年9月6日

中国電力株式会社

安全性に関する総合評価(ストレステスト)とは

東京電力(株)福島第一原子力発電所における事故を踏まえ、
国によって新たに導入された安全評価で、安全上重要な設備が、
設計上の想定を超える事象(地震や津波など)に対して、どの程度
の大きさまで耐えることができるのか、安全裕度はどの程度なのか
を評価するもの。

評価には「一次評価」と「二次評価」がある

評価には、定期検査中で起動準備が整った原子炉を対象とした
「一次評価」と、建設中の原子炉も含めたすべての発電所を対象と
した「二次評価」がある。

一次評価項目と内容

評価項目	評価内容
地震	想定を超える「地震」に対し、どの程度の地震の強さまで燃料が損傷せずに耐えられるかを評価
津波	想定を超える「津波」に対し、どの程度の津波の高さまで燃料が損傷せずに耐えられるかを評価
地震と津波の重畳(同時発生)	想定を超える「地震」と、それに引き続く想定を超える「津波」の発生に対し、どの程度の地震の強さ・津波の高さまで燃料が損傷せずに耐えられるかを評価
全交流電源喪失 (発電所の交流電源喪失)	全交流電源喪失 ¹ 時、発電所外部からの支援がない状態において、燃料が損傷せずに耐えられる時間を評価
最終的な熱の逃し場の喪失 (燃料の崩壊熱を除去する機能の喪失)	最終的な熱の逃し場(最終ヒートシンク)の喪失 ² 時、発電所外部からの支援がない状態において、燃料が損傷せずに耐えられる時間を評価
その他のシビアアクシデント マネジメント	これまでに整備してきたシビアアクシデントマネジメント ³ 対策について、多重防護の観点から効果を確認

1 全交流電源喪失：送電線からの電源(外部電源)および非常用ディーゼル発電設備からの電源など、全ての交流電源を喪失すること。

2 最終的な熱の逃し場の喪失：海水系ポンプの故障等により海水の取水が出来なくなり、燃料の崩壊熱を除去する(外部へ逃す)ことが出来なくなること。
(最終ヒートシンクの喪失)

3 シビアアクシデントマネジメント：シビアアクシデント(過酷事故:燃料が重大な損傷を受けるような事象)が発生する可能性を低減し、また万一発生した場合でもその影響を緩和するための措置のこと。

評価手順(例:地震に対する評価)

手順 起因事象の選定

- ・「地震」を起因として、燃料の重大な損傷にいたる事象(起因事象)を選定
- ・各起因事象が、どの程度の地震で発生するのかを特定し、事象発生に係る耐震裕度が最も低い起因事象を特定する。

手順 評価対象設備の選定

- ・最も耐震裕度の低い起因事象に対して、燃料の損傷を防止するための手段(シナリオ)を特定
- ・各シナリオに関係する評価対象設備(構造物や設備)を抽出

手順 評価対象設備の安全裕度評価

- ・各評価対象設備について安全裕度を評価
(例:想定を超える地震に対して基準地震動の何倍まで機能が維持できるのか)

手順 プラント全体の裕度評価と安全対策等の効果の確認

- ・各シナリオの中で最も安全裕度の低い設備を特定することで、シナリオが成立しなくなるレベル(クリフエッジ)を特定する。
- ・安全対策実施前後でクリフエッジ値を比較し、効果を確認する。

手順 起因事象の選定

- 「地震」を起因として、燃料の重大な損傷にいたる事象(起因事象)を選定
- 各起因事象が、どの程度の地震で発生するのかを特定し、事象発生に係る耐震裕度が最も低い起因事象を特定する。

起因事象の選定

事象発生に係る耐震裕度を特定

起因事象	耐震裕度 (事象が発生する地震規模)	発生原因
外部電源喪失	1.00倍 以下	送電設備(がいし)損傷等により外部からの受電ができなくなる
燃料の損傷に直接つながる恐れのある事象	1.69倍	原子炉圧力容器支持構造物の損傷により、原子炉圧力容器が適切に支持できなくなり、燃料が損傷する恐れがある
原子炉冷却材喪失	1.97倍	原子炉再循環系配管が損傷することにより、原子炉圧力容器内の水位が保てなくなる
緊急停止失敗	2.00倍	制御棒が適切に挿入することができなくなり、緊急停止に失敗する

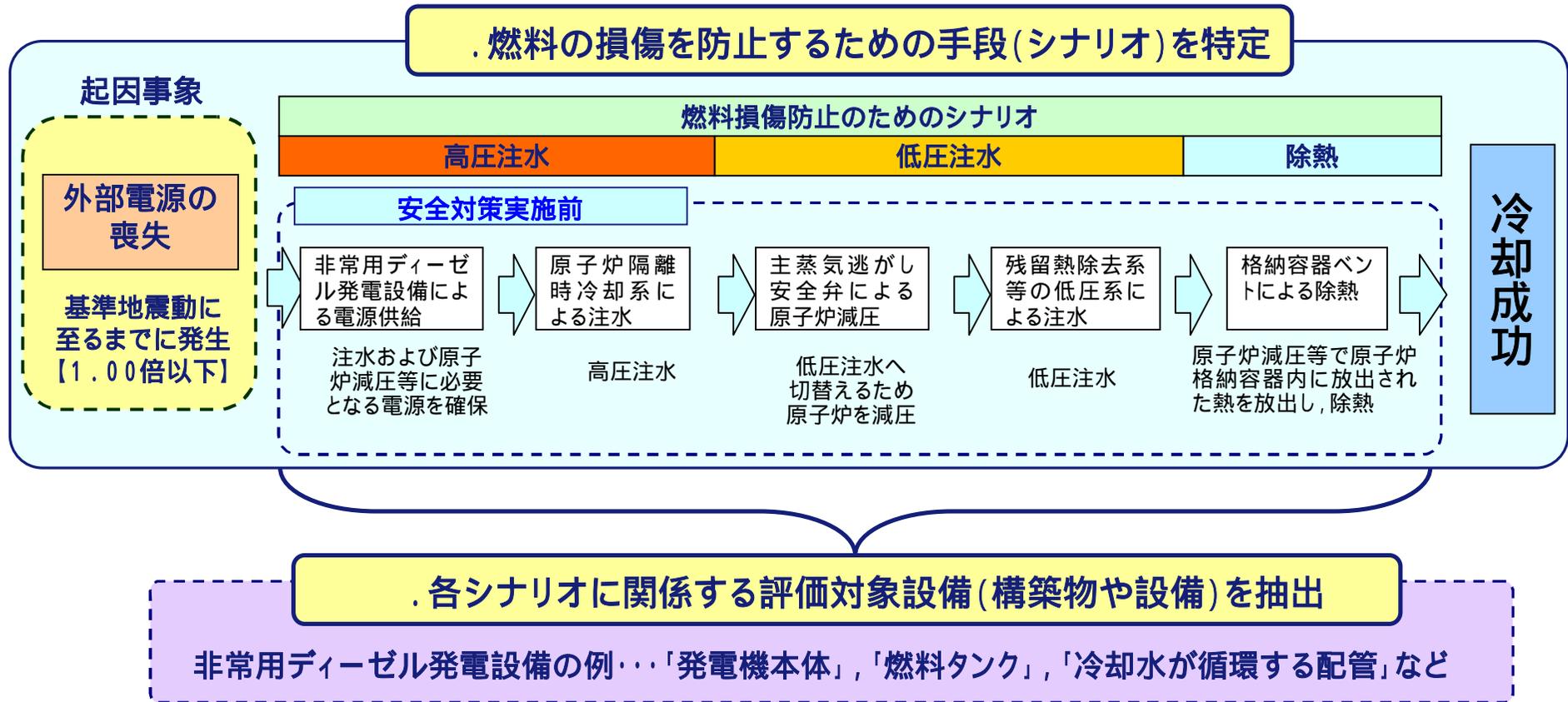
耐震裕度の値は、基準地震動に対する裕度を示す

耐震裕度が最も低い起因事象は「外部電源喪失」と特定

評価手順:地震に対する評価「原子炉にある燃料」の例(2/5)

手順 評価対象設備の選定

- ・最も耐震裕度の低い起因事象に対して、燃料の損傷を防止するための手段(シナリオ)を特定
- ・各シナリオに関係する評価対象設備(構築物や設備)を抽出



評価手順：地震に対する評価「原子炉にある燃料」の例（3/5）

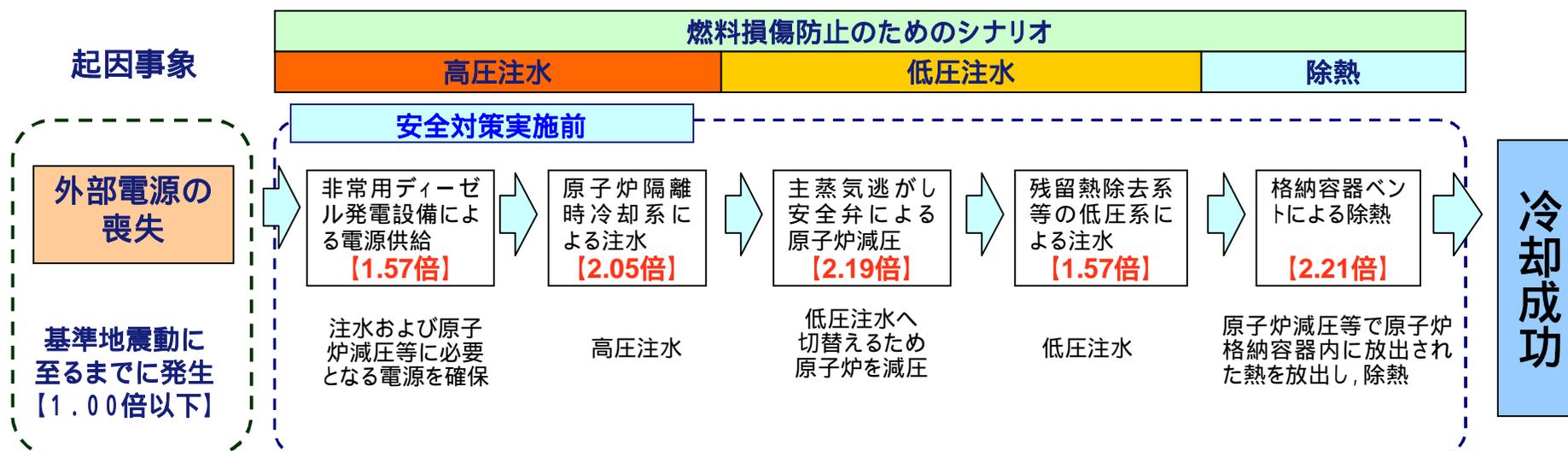
手順 評価対象設備の安全裕度評価

- 各評価対象設備について安全裕度を評価
(例：想定を超える地震に対して基準地震動の何倍まで機能が維持できるのか)

各評価対象設備について安全裕度を評価

手順 で抽出した評価対象設備の安全裕度を評価し、基準地震動の何倍まで機能が維持できるのかを評価

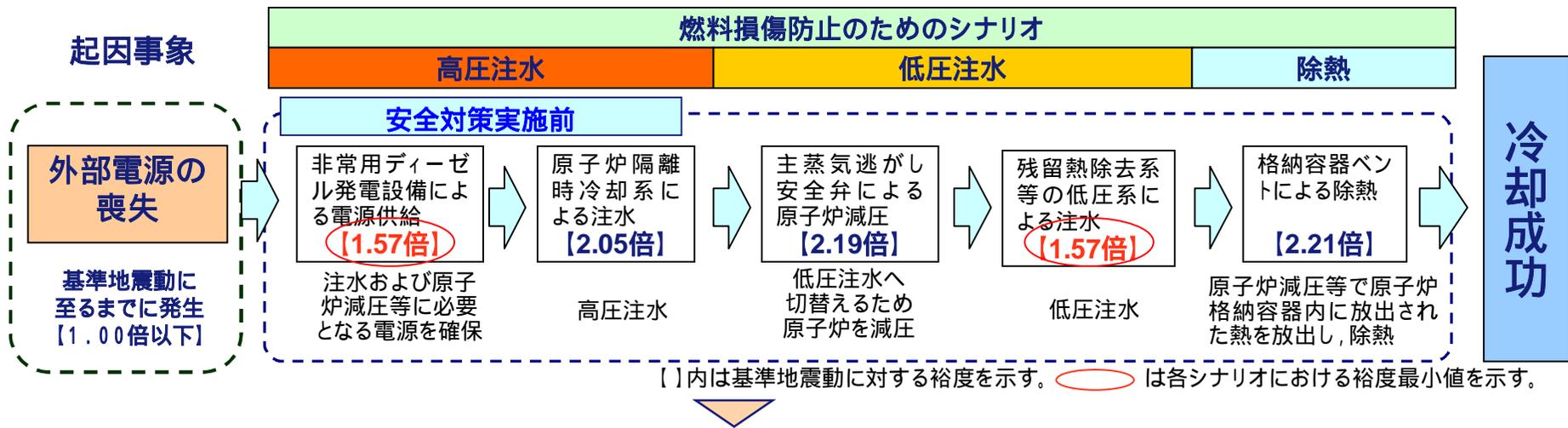
↓ 【 】内は基準地震動に対する裕度を示す



評価手順：地震に対する評価「原子炉にある燃料」の例(4/5)

手順 プラント全体の裕度評価と安全対策等の効果の確認(1/2)

各シナリオの中で最も安全裕度の低い設備を特定することで、シナリオが成立しなくなるレベル(クリフエッジ)を特定する。



「外部電源喪失」においては、基準地震動の「1.57倍」の地震動により、シナリオが成立しなくなる(クリフエッジ)

その他の起因事象

起因事象	耐震裕度 (起因事象が発生する地震規模)
燃料の損傷に直接つながる恐れのある事象	1.69倍
原子炉冷却材喪失	1.97倍
緊急停止失敗	2.00倍

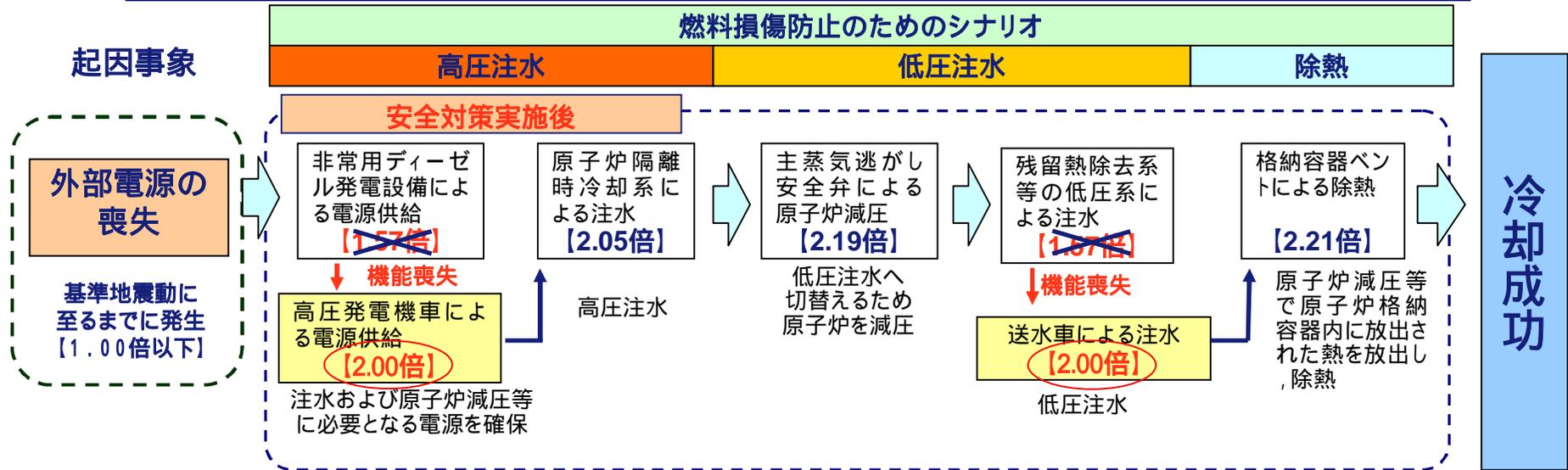
その他の起因事象と比較しても、「外部電源喪失のクリフエッジ」の耐震裕度が最も低い

安全対策実施前の「地震に対するクリフエッジ」は、基準地震動の1.57倍となる

評価手順：地震に対する評価「原子炉にある燃料」の例 (5/5)

手順 プラント全体の裕度評価と安全対策等の効果の確認 (2/2)

安全対策実施前後でクリフエッジ値を比較し、効果を確認する。



[]内は基準地震動に対する裕度を示す。○は各シナリオにおける裕度最小値を示す。□ 網掛けは安全対策等により新たに加わった手段を示す。

安全対策実施後、「外部電源喪失」のクリフエッジは「1.57倍」「2.00倍」となる

その他の起因事象

起因事象	耐震裕度 (起因事象が発生する地震規模)
燃料の損傷に直接つながる恐れのある事象	1.69倍
原子炉冷却材喪失	1.97倍
緊急停止失敗	2.00倍

その他の起因事象と比較すると、「燃料の損傷に直接つながる恐れのある事象」の耐震裕度が最も低い

安全対策実施後の「地震に対するクリフエッジ」は、基準地震動の1.69倍となる

他の事象とは異なり事象の影響を緩和する措置がないことから、「耐震裕度 = クリフエッジ」となる

評価結果(1/7):「地震」に対する評価

高圧発電機車および送水車の配備等の安全対策の実施により、地震に対する安全裕度が向上しているという評価結果を得た。

評価指標	クリフエッジ〔対象となる設備〕		
	対象	安全対策実施後	安全対策実施前
燃料損傷せずに耐えられる地震動と基準地震動 S_s (600ガル)との比較	原子炉	1.69倍 〔原子炉圧力容器スタビライザ〕	1.57倍 〔非常用ディーゼル発電設備 他〕
	燃料プール	1.96倍 〔原子炉建物天井クレーン〕	1.57倍 〔非常用ディーゼル発電設備 他〕

原子炉圧力容器スタビライザ...原子炉圧力容器の支持構造物。地震による、原子炉圧力容器の水平方向の揺れを抑制するもの。

【クリフエッジ(安全対策実施後)の解説】

原子炉(1.69倍:原子炉圧力容器スタビライザ)

スタビライザ損傷により、原子炉圧力容器が適切に支持できなくなり、燃料が損傷する恐れがある。

燃料プール(1.96倍:原子炉建物天井クレーン)

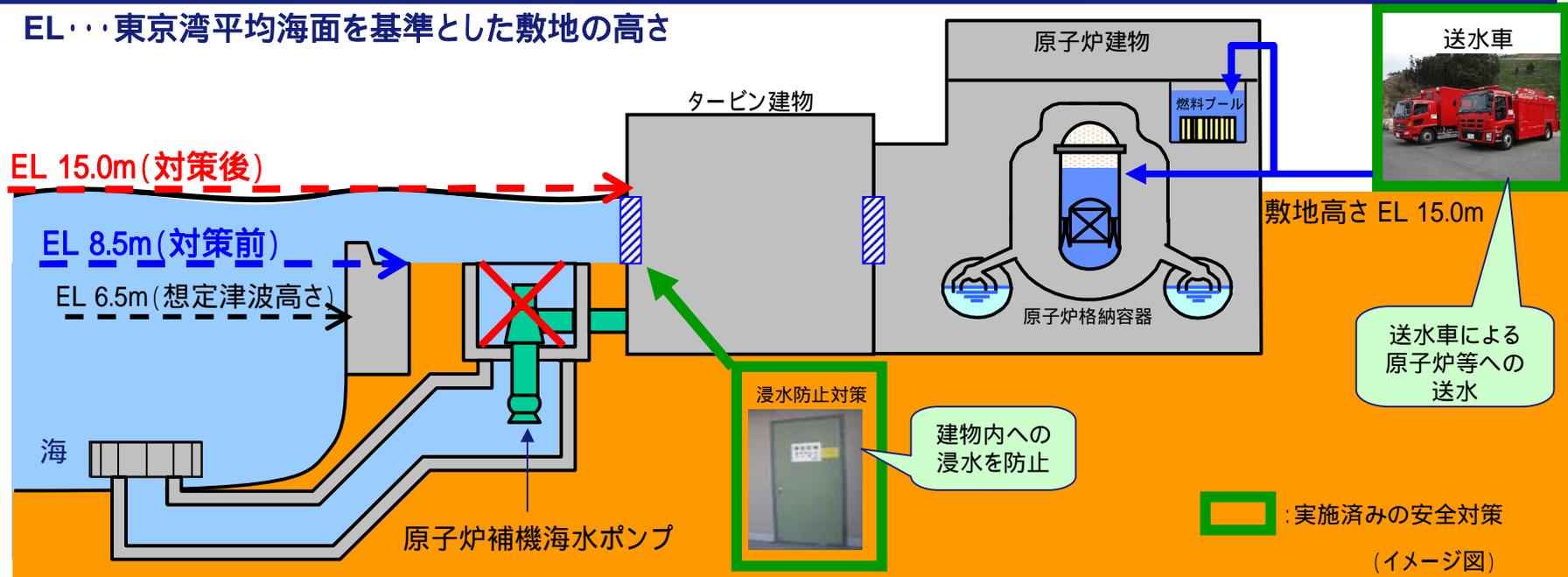
天井クレーンが落下することにより、燃料プールまたは使用済燃料が損傷する恐れがある。

評価結果(2/7):「津波」に対する評価

送水車の配備および浸水防止対策等の安全対策の実施により、許容津波高さが向上しているという評価結果を得た。

評価指標	クリフエッジ〔対象となる設備〕		
	対象	安全対策実施後	安全対策実施前
燃料損傷せずに耐えられる津波高さ	原子炉	EL 15.0m (電源盤 他)	EL 8.5m (原子炉補機海水ポンプ 他)
	燃料プール		

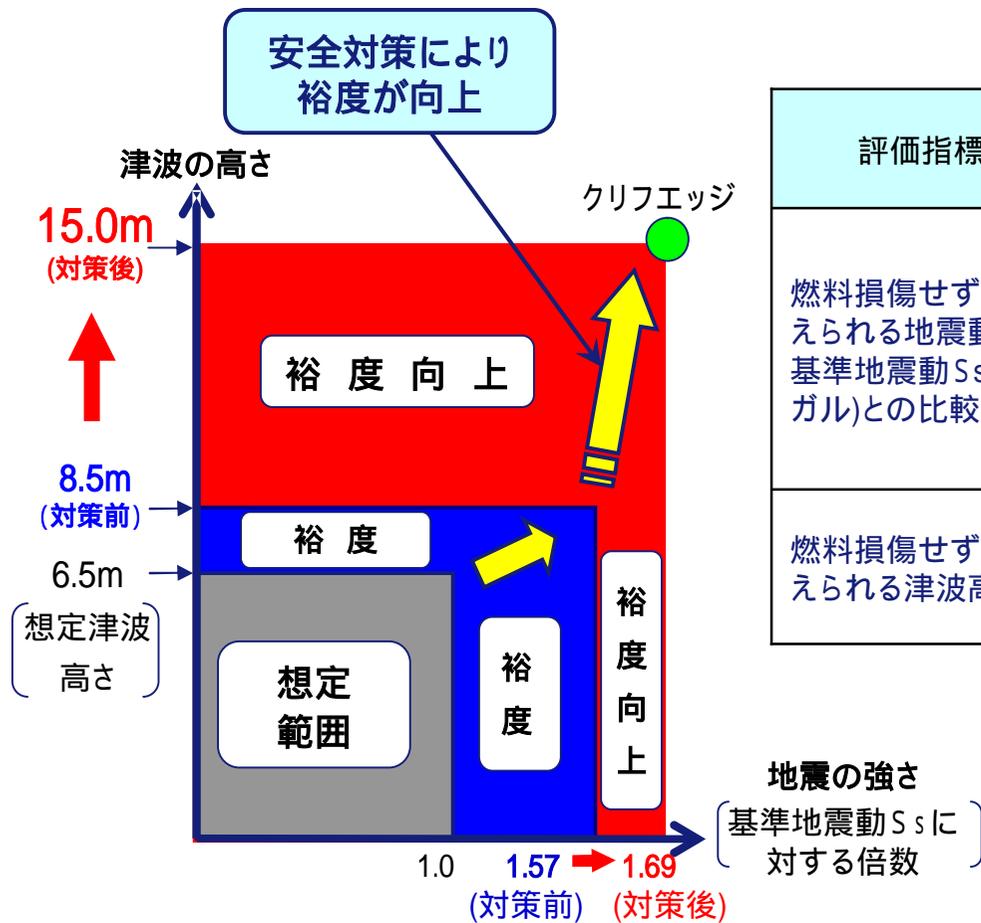
EL・・・東京湾平均海面を基準とした敷地の高さ



注) 想定津波高さは、設計想定津波高さ(海拔6m)に海域活断層の活動による地盤変動量(約0.5mの沈降)を考慮したもの

評価結果 (3/7) : 「地震と津波の重畳(同時発生)」に対する評価

地震と津波の重畳(同時発生)の評価についても、「地震」「津波」の個別評価結果と同様のクリフエッジ値となり、同様の安全裕度があるという評価結果を得た。



原子炉にある燃料の安全裕度

評価指標	クリフエッジ(対象となる設備)		
	対象	安全対策実施後	安全対策実施前
燃料損傷せずに耐えられる地震動と基準地震動 S_s (600ガル)との比較	原子炉	1.69 倍 〔原子炉压力容器 スタビライザ〕	1.57 倍 〔非常用ディーゼル 発電設備 他〕
	燃料プール	1.96 倍 〔原子炉建物 天井クレーン〕	1.57 倍 〔非常用ディーゼル 発電設備 他〕
燃料損傷せずに耐えられる津波高さ	原子炉	EL 15.0m 〔電源盤 他〕	EL 8.5m 〔原子炉補機海水 ポンプ 他〕
	燃料プール		

「全交流電源喪失(発電所の交流電源喪失)」に対する評価

発電所の全ての交流電源が喪失した場合に、発電所外部からの支援がない状態において、燃料を損傷させることなく冷却することができる期間を評価。
 高圧発電機車の配備や輪谷貯水槽の耐震裕度向上工事等の安全対策の実施により、20日以上冷却することが可能になるという評価結果を得た。

対象		クリフエッジ(対象となる設備)	
		安全対策実施後	安全対策実施前
原子炉		約 23 日 〔水源枯渇〕	約 8 時間〔蓄電池(直流電源)枯渇〕
燃料 プール	原子炉運転時		約 1.6 日〔燃料プール水温100 到達〕
	原子炉停止時	約 58 日 〔燃料(軽油)枯渇〕	約 8 時間〔燃料プール水温100 到達〕

【クリフエッジ(安全対策実施後)の解説】

原子炉および燃料プール(原子炉運転時)(約23日:水源枯渇)

淡水の水源枯渇後、海水注入を行うが、一定期間海水注入を行うことで、塩分が析出し冷却機能が低下する。

燃料プール(原子炉停止時)(約58日:燃料(軽油)枯渇)

燃料プールへの注水に必要な電源を供給する高圧発電機車の燃料が枯渇し、注水ができなくなる。

評価結果 (5/7)

「最終的な熱の逃し場(燃料の崩壊熱を除去する機能)の喪失」に対する評価

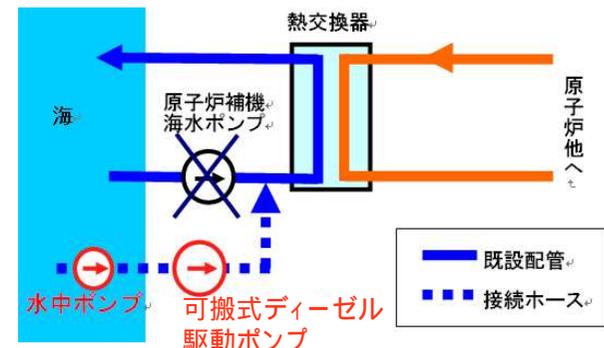
燃料の崩壊熱を除去するための海水ポンプ機能が喪失した場合に、発電所外部からの支援がない状態において、燃料を損傷させることなく冷却することができる期間を評価。
可搬式ディーゼル駆動ポンプの配備等の安全対策の実施により、100日以上冷却することが可能になるという評価結果を得た。

対象		クリフエッジ〔対象となる設備〕	
		安全対策実施後	安全対策実施前
燃料 プール	原子炉	約 107 日 (燃料(軽油)枯渇)	約 11 日(水源枯渇)
	原子炉運転時		約 2.7 日(水源枯渇)
	原子炉停止時		約 2.6 日(水源枯渇)

可搬式ディーゼル駆動ポンプ



当該ポンプで海水を熱交換器に供給することにより、万一、原子炉補機海水ポンプがすべて使えなくなった場合でも、原子炉を冷やすことが可能。



「その他のシビアアクシデント・マネジメント」に対する評価(1/2)

シビアアクシデント(過酷事故)が発生した場合の対応方法を安全機能別に整理・評価した結果,それぞれの機能において,燃料損傷などを防ぐ手順が多重的に整備されており,また安全対策の実施によって多重性が高まっていることを確認した。

これらの手段が多重的に整備されていることを確認

原子炉の停止機能

炉心冷却機能

放射性物質の閉じ込め機能

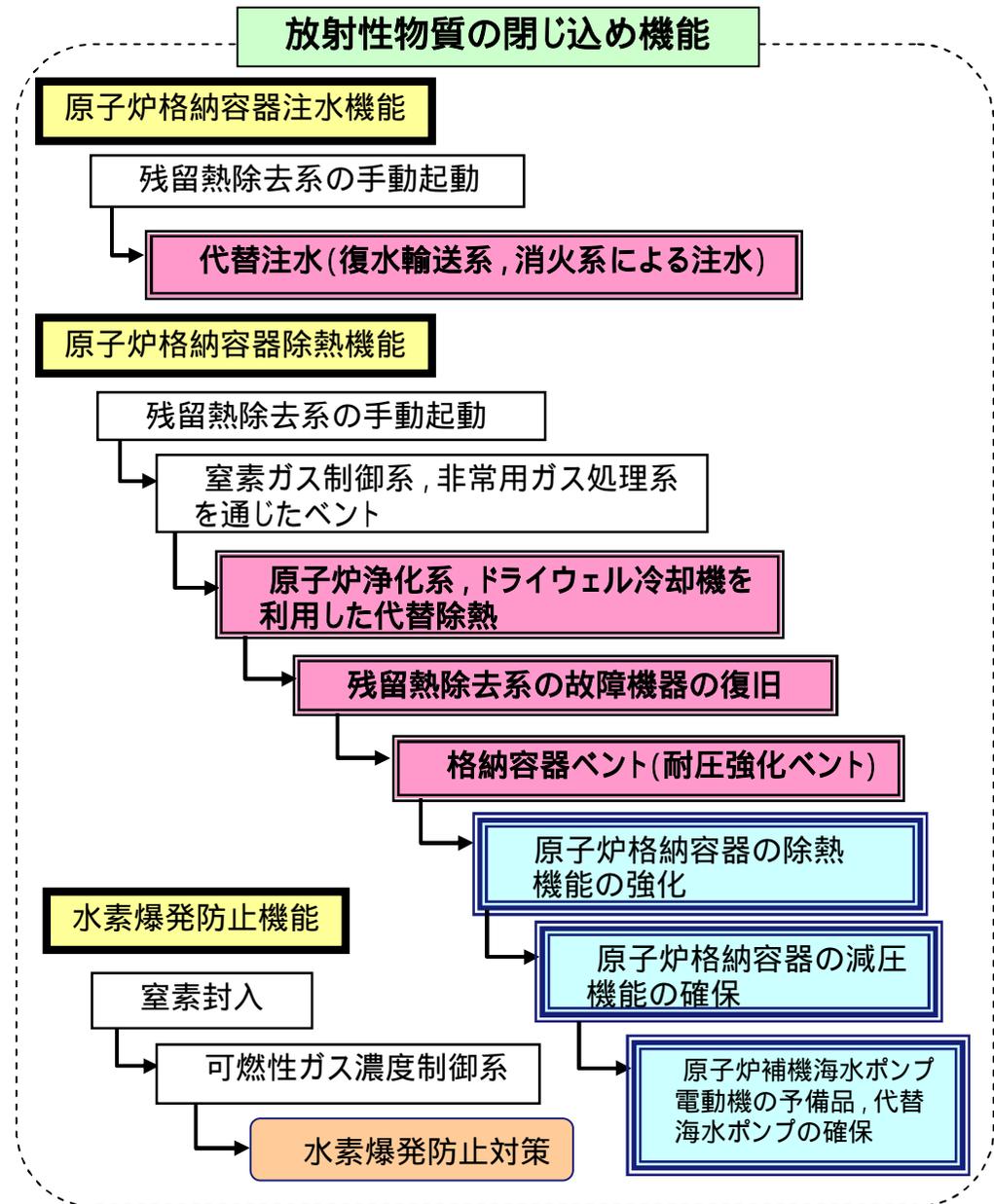
安全機能のサポート機能

「放射性物質の閉じ込め機能」の例



原子炉補機海水ポンプ電動機を予備品へ取り替える訓練の様子
【上記対策は右図の に該当】

	: 基本設計対策
	: アクシデントマネジメント対策
	: 実施済みの安全対策【追加】
	: シビアアクシデント対応措置【追加】



一次評価結果のまとめ(1/2)

2号機は、設計上の想定を超える事象(地震・津波等)に対して一定の安全裕度を有していると評価した。

福島第一原子力発電所の事故を踏まえて実施した安全対策等により安全裕度が向上していることについても定量的に評価した。

一次評価結果のまとめ(2/2)

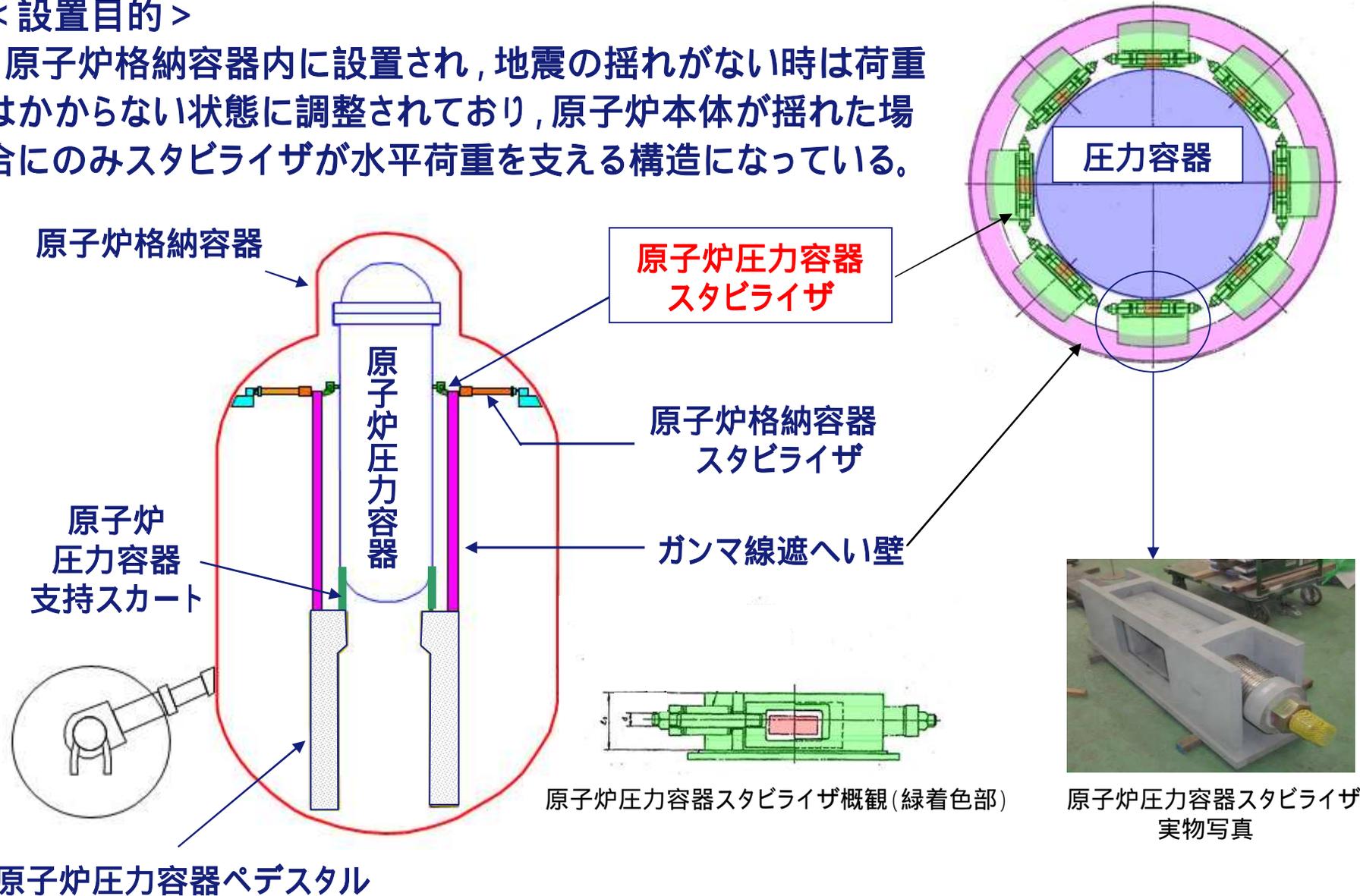
評価項目	クリフエッジ 評価指標	クリフエッジ〔対象となる設備〕			
		対象	安全対策実施後	安全対策実施前	
地震 津波との重畳 (同時発生)も同じ	燃料損傷せずに耐えられる地震動と、 基準地震動Ss(600ガル)との比較	原子炉	1.69 倍 〔原子炉圧力容器スタビライザ〕	1.57 倍 〔非常用ディーゼル発電設備 他〕	
		燃料プール	1.96 倍 〔原子炉建物天井クレーン〕	1.57 倍 〔非常用ディーゼル発電設備 他〕	
津波 地震との重畳 (同時発生)も同じ	燃料損傷せずに耐えられる津波高さ	原子炉	EL 15.0m 〔電源盤 他〕	EL 8.5m 〔原子炉補機海水ポンプ 他〕	
		燃料プール			
全交流電源 喪失 〔発電所の 交流電源喪失〕	発電所外部からの支援がない状態において、燃料が損傷せずに耐えられる時間	原子炉	約 23 日 〔水源枯渇〕	約 8 時間 〔蓄電池(直流電源)枯渇〕	
		燃料 プ ール		原子炉 運転時	約 1.6 日 〔燃料プール水温100 到達〕
			原子炉 停止時	約 58 日 〔燃料(軽油)枯渇〕	約 8 時間 〔燃料プール水温100 到達〕
最終的な熱の 逃し場の喪失 〔燃料の崩壊熱を 除去する機能の喪失〕	燃料が損傷せずに耐えられる時間	原子炉	約 107 日 〔燃料(軽油)枯渇〕	約 11 日 〔水源枯渇〕	
		燃料 プ ール		原子炉 運転時	約 2.7 日 〔水源枯渇〕
				原子炉 停止時	約 2.6 日 〔水源枯渇〕
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シビアアクシデントマネジメント対策について、それぞれが多重的に整備されており、また安全対策の実施によって多重性が高まっていることを確認した。				

注：評価結果は平成24年5月31日時点における施設・管理状態で評価したもの

【参考】原子炉圧力容器スタビライザについて

< 設置目的 >

原子炉格納容器内に設置され、地震の揺れがない時は荷重はかからない状態に調整されており、原子炉本体が揺れた場合にのみスタビライザが水平荷重を支える構造になっている。



【参考】二次評価の評価事象

【二次評価における評価事象の例】

地震，津波時の燃料損傷および放射性物質の閉じ込め
機能喪失に対する評価

強風，積雪，降雨，雷 等の自然現象に対する評価

島根原子力発電所1～3号機間における相互影響評価

など