

東京電力福島第一原子力発電所事故を受けた 緊急安全対策、総合的な安全評価

平成23年9月27日

経済産業省原子力安全・保安院

東京電力福島第一原子力発電所事故の原因と課題

東京電力福島第一1～3号機



非常用設備は正常に作動

- ・制御棒自動挿入(原子炉停止)
- ・**外部電源喪失**
- ・非常用発電機起動(電源確保)
- ・非常用冷却システム作動



(海水系冷却機能喪失)

・非常用発電機停止(電源喪失)

・非常用冷却システム停止

原子炉水位低下
炉心露出
炉心損傷

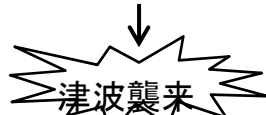
東京電力福島第二

(女川や東海第二もほぼ同様)



非常用設備は正常に作動

- ・制御棒自動挿入(原子炉停止)
- ・**外部電源受電(電源確保)**
- ・非常用冷却システム作動



(非常用電源喪失、海水系冷却機能喪失)

・外部電源受電(電源確保)

・非常用冷却システム作動

原子炉水位を維持
被災した冷却ポンプを復旧
冷温停止

炉心損傷に至った直接的な原因は、全ての電源や冷却機能が失われた結果として、原子炉の冷却が出来なくなったこと。
→全交流電源喪失、海水冷却系喪失の緊急事態に至っても、安定的に冷却し、冷温停止状態に繋げることができる対策を実施(**緊急安全対策**)

<主要な問題点>

電源喪失の原因

- ・外部の主要変電所の損壊等
- ・外部電源の送電鉄塔が倒壊
- ・外部電源を受電する開閉所が津波により被災
- ・非常用発電機が津波により被災
- これらの設備の耐震強化等の外部電源対策や浸水対策を実施(**電源信頼性向上策、緊急安全対策**)

事故発生後の対応

- ・水素爆発への対応やベントの実施、作業環境整備などに不十分な点
- 事前の手順書の作成等実施(**シビアアクシデント対策**)

津波の想定

- ・津波は事前の想定を大きく上回り、非常用発電機や冷却システムに甚大な被害
- ・地震動は事前の想定を一部超えたものがあるものの、概ね下回った。
- 津波による全交流電源喪失等への対策(**緊急安全対策**)、津波についての想定見直し(**耐震バックチェックの迅速化、指針等の見直し**)

上記から導かれる教訓と課題(IAEAへの報告)

①シビアアクシデントの防止

- ・地震・津波への対策の強化
- ・緊急時の電源確保、電源の信頼性向上
- ・緊急時の原子炉等の冷却機能確保
- ・アクシデントマネジメント対策徹底 等

②シビアアクシデントへの対応

- ・水素爆発防止対策強化
- ・格納容器ベントシステム強化
- ・事故対応環境の強化
- ・対応訓練の強化
- ・計装系の強化 等

③原子力災害への対応

- ・自然災害と原子力の複合事態に対応
- ・環境モニタリング強化
- ・関係機関の役割の明確化
- ・対外的なコミュニケーション強化 等

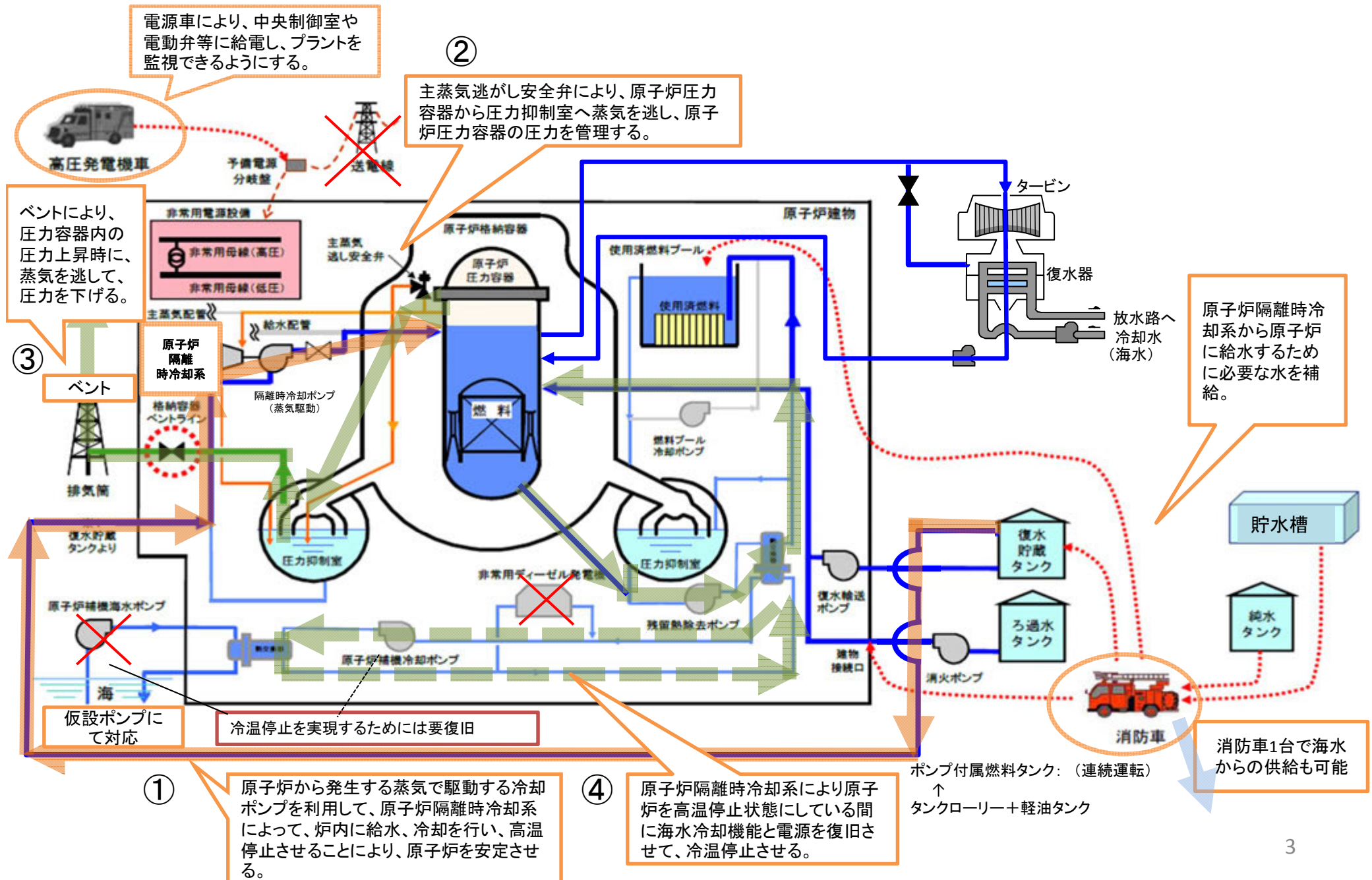
④安全基盤の強化/安全文化の徹底

- ・安全規制行政体制の強化
- ・法体系や基準・指針類の整備・強化
- ・原子力安全・防災に係る人材確保 等

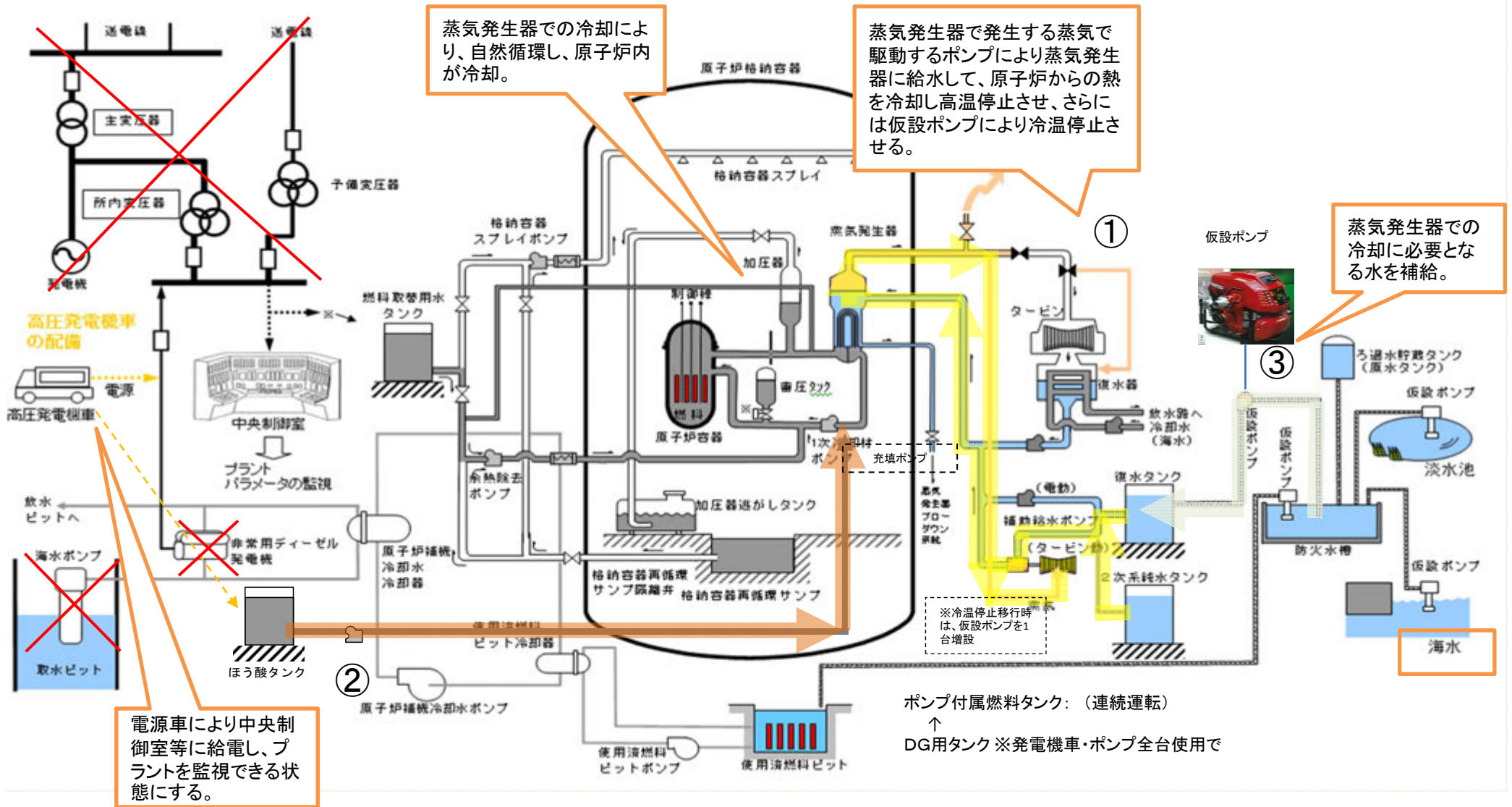
東京電力福島第一事故を踏まえた安全対策の概要

	短期対策(終了)	中長期対策(2～3年以内に実施)	
<div>緊急安全対策</div> <div>(3月30日指示、5月6日評価)</div>	<ul style="list-style-type: none"> ・手順書等の策定 ・電源車 ・ポンプ車 ・消火ホース ・対応訓練の実施 <div> <div></div> <div>配備</div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・防潮堤の設置 ・建屋の水密化 ・海水ポンプ電動機等の予備品確保 ・防潮壁の設置 ・空冷式の大容量大型発電機の設置 	発生防止
<div>電源信頼性向上対策</div> <div>(4月9日、15日指示、6月7日評価)</div> <div>※開閉所の地震対策は6月7日に追加指示</div>	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用発電機の号機間での融通 	<ul style="list-style-type: none"> ・全号機への全送電線接続 ・送電鉄塔の点検及び地震対策 ・開閉所等の地震対策 	
<div>シビアアクシデント対策</div> <div>(6月7日指示、6月18日評価)</div>	<ul style="list-style-type: none"> ・中央制御室の作業環境確保 ・水素の排出手段の確保 ・通信手段確保 ・高線量対応防護服 ・ホイールローダ <div> <div></div> <div>配備</div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・電話交換機等の高所移設 ・静的水素結合器の設置(PWR) ・建屋ベント及び水素検知器の設置(BWR) 	発生時の対応

緊急安全対策による冷却機能確保－BWR（沸騰水型原子炉）



緊急安全対策による冷却機能確保－PWR（加圧沸騰水型原子炉）



緊急安全対策における浸水防止措置の概要

T. P. (東京湾ポイント): 東京湾平均海面
O. P. (小名浜ポイント): 小名浜港基準面

○浸水防止措置の考え方

- ・福島第一原子力発電所では、15mの津波が襲来したが、これは、同発電所における土木学会の津波高さの評価値5.5mを9.5m上回るものであった。
- ・このため、各電気事業者においては、各地点の土木学会による津波高さの評価値 に9.5mを加えた津波高さ(上限15m)を考慮して、浸水防止措置を講じることとしている。

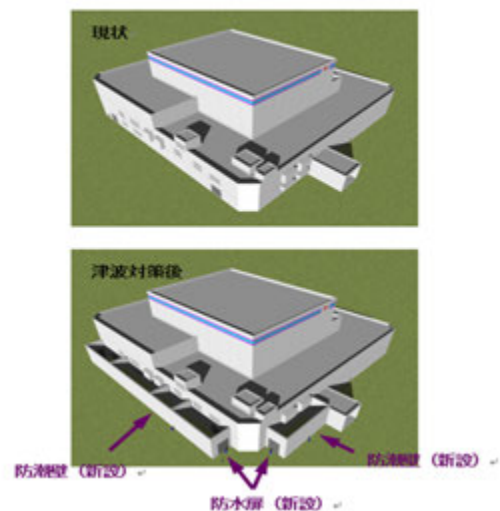
会社名	プラント名	敷地高さ	土木学会手法による 平成14年の 津波評価値	福島第一事故を 踏まえ考慮すべき 浸水高さ	浸水防止措置 (短期対策)により 防止できる浸水高さ	浸水防止の さらなる強化対策 (中長期対策)
東京	福島第一1～4号	O.P. +10	O.P. +5.4～5.5	東北地方太平洋沖 地震による津波高さ (O.P. +15)	—	—
	福島第一5, 6号	O.P. +13	O.P. +5.6～5.7			
北海道	泊1号	T.P. +10	T.P. +9.8	T.P. +15	T.P. +15.0	水密扉への取替え等 (3年程度)
	泊2号					
	泊3号					
東北	女川1号	O.P. +約13.8	O.P. +13.6	O.P. +15	O.P. +15以上 (検討中)	水密扉への取替え、 防潮堤設置を検討中
	女川2号	(14.8mに、地震 による地殻変動 (～約1m:速報値) を考慮)				
	女川3号					
	東通	T.P. +13.0	T.P. +8.8	T.P. +15	T.P. +15.0	水密扉への取替え、 防潮堤設置 (3年程度)
東京	柏崎刈羽1号	T.P. +5.0	T.P. +3.7 (1号:+3.7 2号:+3.6 3号:+3.6 4号:+3.5 5号:+3.6 6号:+3.6 7号:+3.5)	T.P. +13.2	T.P. +13.2 ^(注1)	水密扉への取替え等 (1. 5年程度) 防潮堤の設置等 (2年程度)
	柏崎刈羽2号				T.P. +13.2 ^(注2)	
	柏崎刈羽3号				T.P. +13.2 ^(注2)	
	柏崎刈羽4号				T.P. +13.2 ^(注2)	
	柏崎刈羽5号	T.P. +12.0			T.P.+15.2	
	柏崎刈羽6号					
	柏崎刈羽7号					
中部	浜岡3号	T.P. +6.0	T.P. +6.8	T.P. +15	T.P. +15.0 ^(注1)	水密扉への取替え、 防波壁設置等 (2～3年程度)
	浜岡4号					
	浜岡5号	T.P +8.0				
北陸	志賀1号	T.P. +11.0	T.P. +4.0	T.P. +15	T.P. +15.0	水密扉への取替え、 防潮堤の設置等 (2年程度)
	志賀2号					

関西	美浜1号	T.P.+3.5	T.P. +1.6	T.P. +11.1	T.P. +11.1	水密扉への取替え等(1. 5年程度)
	美浜2号					
	美浜3号					
	高浜1号	T.P.+3.5	T.P. +1.3	T.P. +10.8	T.P. +10.8	水密扉への取替え等(1. 5年程度)
	高浜2号					
	高浜3号					
	高浜4号	T.P.+9.3	T.P. +1.9	T.P. +11.4	T.P. +11.4	水密扉への取替え等(1. 5年程度) 防波堤のかさ上げ(3年程度)
	大飯1号					
	大飯2号					
	大飯3号					
	大飯4号					
中国	島根1号	T.P. +8.5 (ハラブット高さ: +9.4)	T.P. +8.7	T.P. +15	T.P. +15.0 ^(注1)	水密扉への取替え等(2年程度)
	島根2号				T.P. +15.0	
四国	伊方1号	T.P. +10	T.P. +4.0 (1・2号:3.97 /3号:3.66)	T.P. +13.5	T.P. +13.8	水密扉への取替え等(2～3年程度)
	伊方2号				T.P. +13.8	
	伊方3号				T.P. +14.2	
九州	川内1号	T.P. +13.0	T.P. +2.7	T.P. +12.2	T.P. +15.0	水密扉への取替え等(3年程度)
	川内2号					
	玄海1号	T.P. +11.0	T.P. +1.9	T.P. +11.4	T.P. +13.0	水密扉への取替え等(3年程度)
	玄海2号					
	玄海3号					
	玄海4号					
原電	敦賀1号	T.P. +3.0	T.P. +2.1	T.P. +11.6	T.P. +6.8 (T.P. +11.6) ^(注3)	水密扉への取替え等(1. 5年程度)
	敦賀2号	T.P. +7.0	T.P. +2.1	T.P. +11.6	T.P. +11.6 ^(注1)	水密扉への取替え等(1. 5年程度)
	東海第二	T.P. +8.0	T.P. +4.9	T.P. +15	T.P. +15.0 ^(注1)	水密扉への取替え等(1. 5年程度)
原子力機構	もんじゅ	T.P. +21.0	T.P. +5.2	T.P. +14.7	T.P. +23.0	—

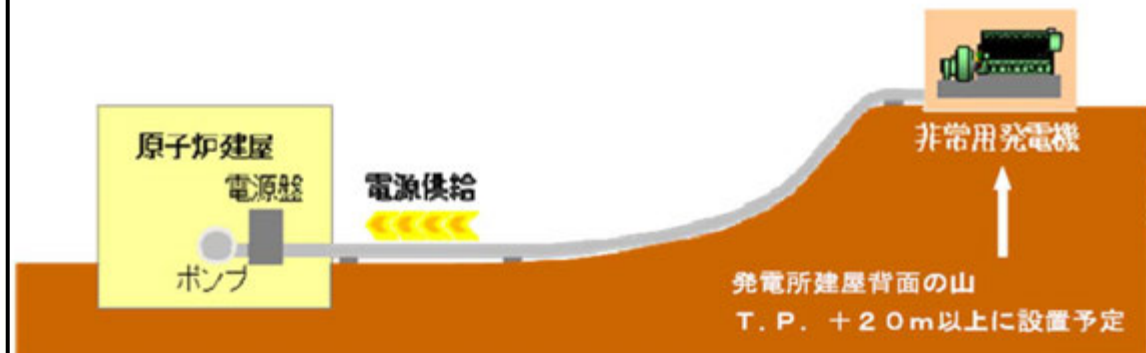
(注1)5月末までに浸水防止措置を完了
(注2)中越沖地震による設備健全性の点検・評価のため長期停止中。この点検・評価の終了までに浸水対策措置を実施する予定。
(注3)定期検査で原子炉は長期停止中。浸水防止措置を行い、遅くとも燃料装荷前(平成24年2月頃)までに完了させる予定。
なお、現在、全燃料が使用済燃料貯蔵池に保管されており、外部注水と水位監視により冷却機能を維持可能。

防潮壁の例(柏崎刈羽)

原子炉建屋への津波侵入を防ぐための対策として、原子炉建屋に防潮壁等を設置し、電源設備や非常用ディーゼル発電機などの安全上重要な設備が設置されている原子炉建屋内への津波の浸水を防止し、発電所の安全性を確保する。



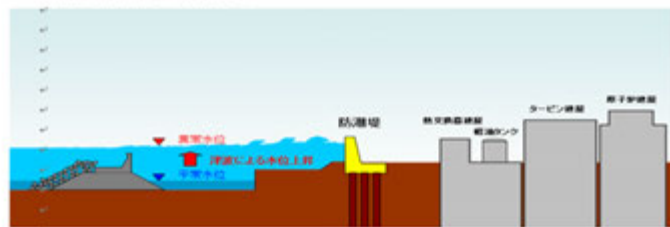
非常用発電装置の高台設置の例(浜岡)



防潮堤の例(柏崎刈羽)

【実施内容】

海岸前面に設置する防潮堤により津波の侵入・衝撃を回避し、敷地内にある軽油タンクや建物・構造物等を防壁する。

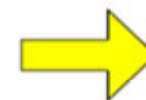


【津波に対する相対向上イメージ図】



【防潮堤イメージ図】

水密扉の例(伊方)



浜岡原子力発電所の運転停止要請

これまでの経緯

5月6日(金)

- 海江田経済産業大臣から中部電力に対し、浜岡原子力発電所の運転停止要請文書を発出。
- 菅内閣総理大臣、海江田経済産業大臣が記者会見。
- 全原子力発電所の緊急安全対策の確認・発表とあわせて、地震発生に伴う大規模な津波襲来の切迫性のため、浜岡原子力発電所の全ての原子炉の運転停止を要請。

5月8日(日)

- 中部電力の水野社長が海江田経済産業大臣に対して、国に対する5つの要請の確認を依頼。
 1. 中長期的対策の完了を原子力安全・保安院が確認できれば、全号機で運転再開できること。
 2. 今回の要請は国民に一層安心頂くためのものであると周知すること。
 3. 運転停止に伴う追加費用負担について、その軽減に向け国として十分な支援を行うこと。
 4. 非常に厳しい需給バランスについて、国として十分な支援を行うこと。
 5. 立地地域への十分な説明、交付金・雇用等地域経済への十分な配慮を行うこと。

5月9日(月)

- 海江田経済産業大臣が5つの要請を確認。
- 中部電力が取締役会において、浜岡原子力発電所4号機および5号機の運転の停止、3号機の運転再開の見送りを決定。

地震発生確率

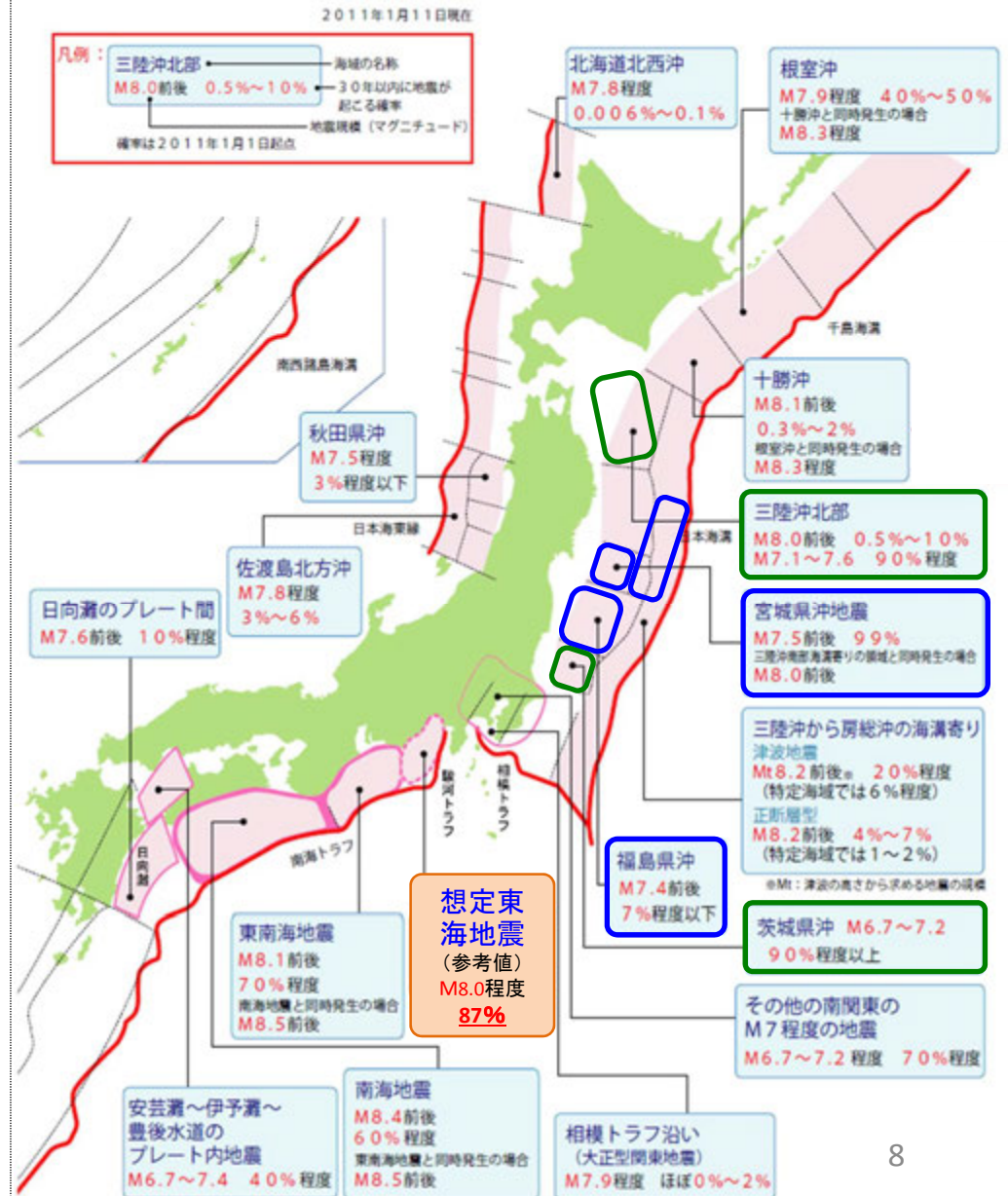
30年以内に震度6強以上の地震が起きる確率

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
北海道電力	泊発電所	0. 0%
東北電力	女川原子力発電所	8. 3%
	東通原子力発電所	2. 2%
東京電力	柏崎刈羽原子力発電所	2. 3%
	福島第一原子力発電所	0. 0%
	福島第二原子力発電所	0. 6%
中部電力	浜岡原子力発電所	<u>84. 0%</u>
北陸電力	志賀原子力発電所	0. 0%
関西電力	美浜発電所	0. 6%
	大飯発電所	0. 0%
	高浜発電所	0. 4%
中国電力	島根原子力発電所	0. 0%
四国電力	伊方発電所	0. 0%
九州電力	玄海原子力発電所	0. 0%
	川内原子力発電所	2. 3%
日本原子力 発電	東海第二発電所	2. 4%
	敦賀発電所	1. 0%
原子力機構	もんじゅ	0. 5%

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ものから抜粋

地震本部・海溝型地震長期評価における想定地震



安全性に関する総合的評価の目的と概要（平成23年7月11日）

目的

原子力発電所の更なる安全性の向上と安全性についての国民・住民の方々の安心・信頼の確保のため、欧州諸国で導入されたストレステストを参考に、新たな手続き、ルールに基づく安全評価を実施する。

事業者による評価結果について、原子力安全・保安院が確認し、さらに原子力安全委員会がその妥当性を確認。（その上で、4大臣が原子力発電所の安全性について、国民・住民の安心と信頼の確保がなされたかどうかを見極め、運転再開の可否を判断。）

概要

○一次評価：

定期検査中で起動準備の整った原子力発電所について順次、安全上重要な施設・機器等が設計上の想定を超える事象に対し、どの程度の安全裕度を有するかについて評価する。

○二次評価：

欧州諸国のストレステストの実施状況、事故調査・検証委員会の検討状況も踏まえ、稼働中の発電所、一次評価の対象となった発電所も含めた全ての原子力発電所を対象に、総合的な安全評価を実施する。

評価対象施設と実施計画

評価対象施設

全ての既設の発電用原子炉施設を対象とし、建設中のものを含める。ただし、東京電力福島第一原子力発電所、福島第二原子力発電所及び廃止措置中であって燃料が発電所内に存在しないものは除く。

また、核燃料サイクル施設については別途実施を検討する。

実施計画

○一次評価:

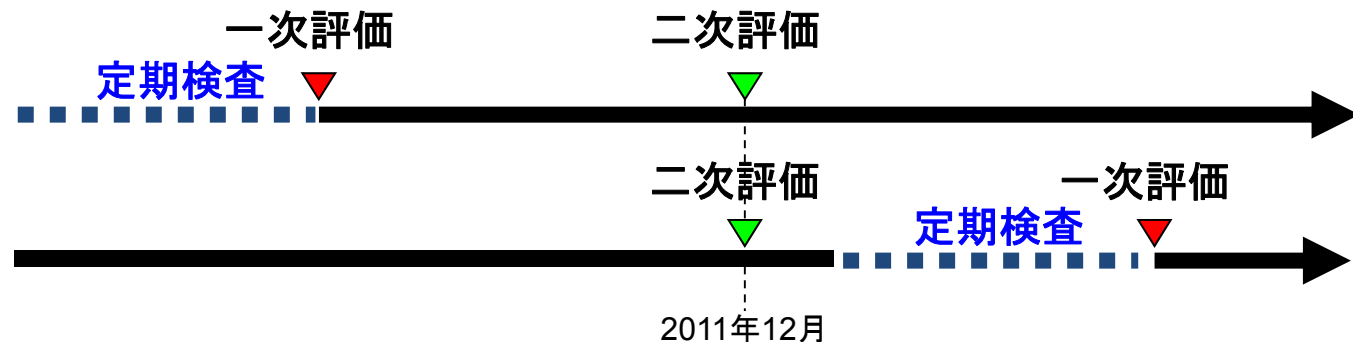
定期検査中で、**起動準備の整った原子炉**に対して順次実施する。

○二次評価:

評価対象となる全ての発電用原子炉施設に対して実施する。事業者からの報告の時期は**本年内を目処**とするが、欧州諸国におけるストレステストの実施状況、事故調査・検証委員会の検討状況を踏まえ、必要に応じて見直す。

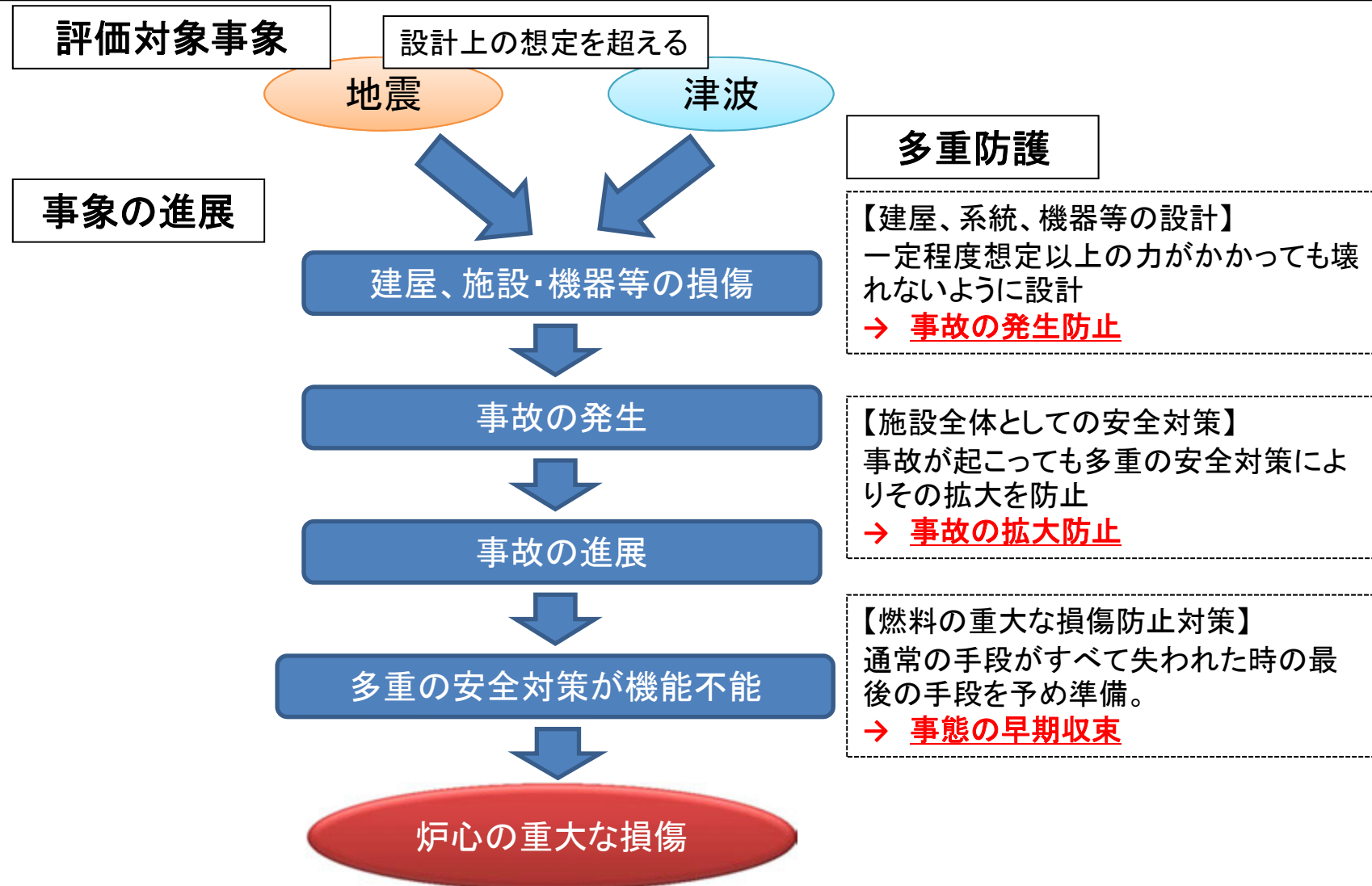
現在定期検査で停止中／
現在稼働中で年内に定期検査
終了予定のもの

現在稼働中で年明け以降に定
期検査終了予定のもの



評価対象事象と安全裕度の評価の流れ

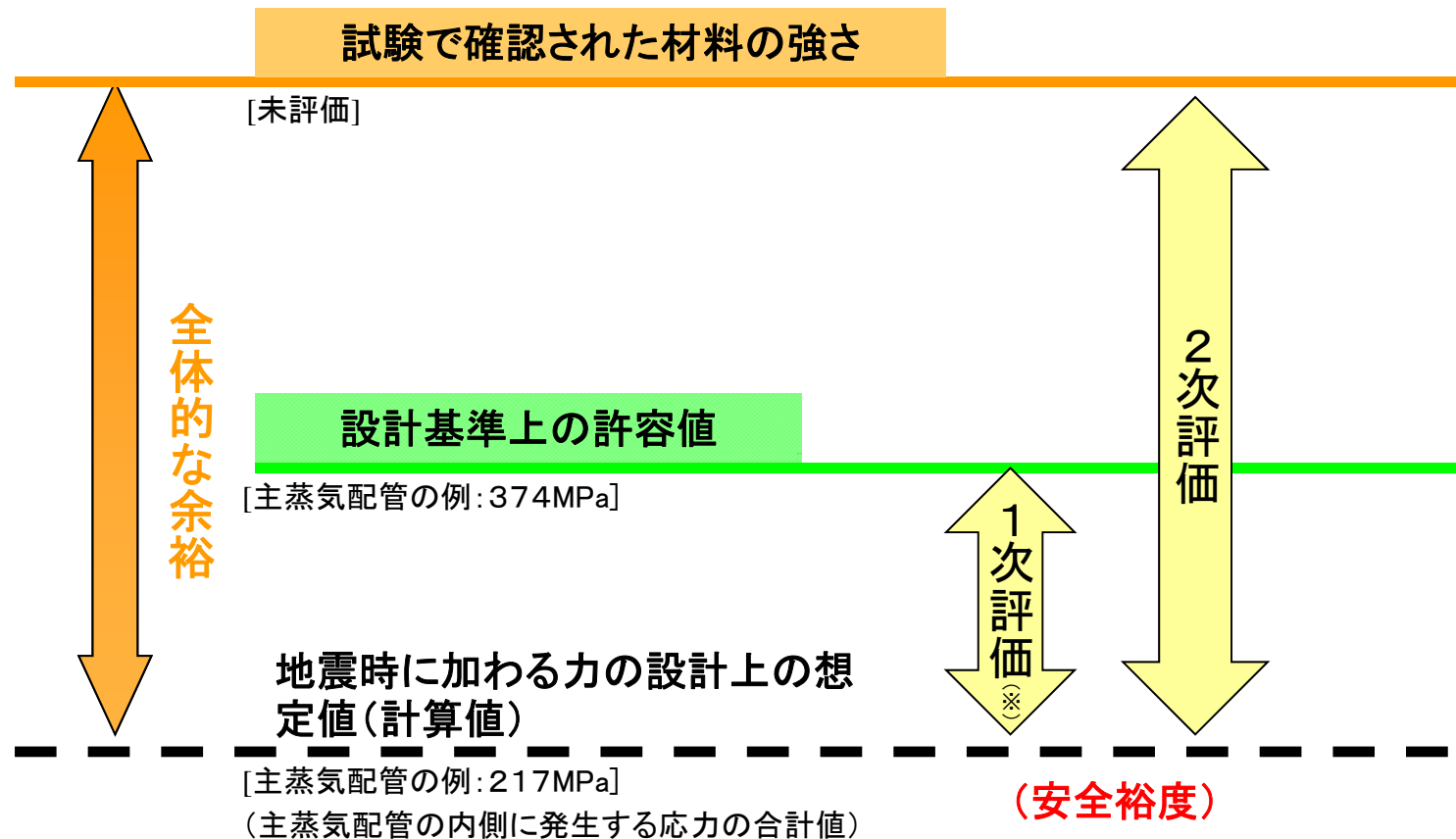
設計上の想定を超える事象(地震、津波)が発生した場合に、個別機器等の設計、施設全体の安全対策、及び燃料の重大な損傷の防止対策により、全体として炉心損傷に至るまでの安全上の余裕がどの程度あるかについて評価する。



地震に対する安全裕度の評価方法（機器等）

一次評価では、安全裕度の比較対象として規制に用いる基準上の許容値を適用。
二次評価では、構造健全性や機能が実際に失われる値を適用。

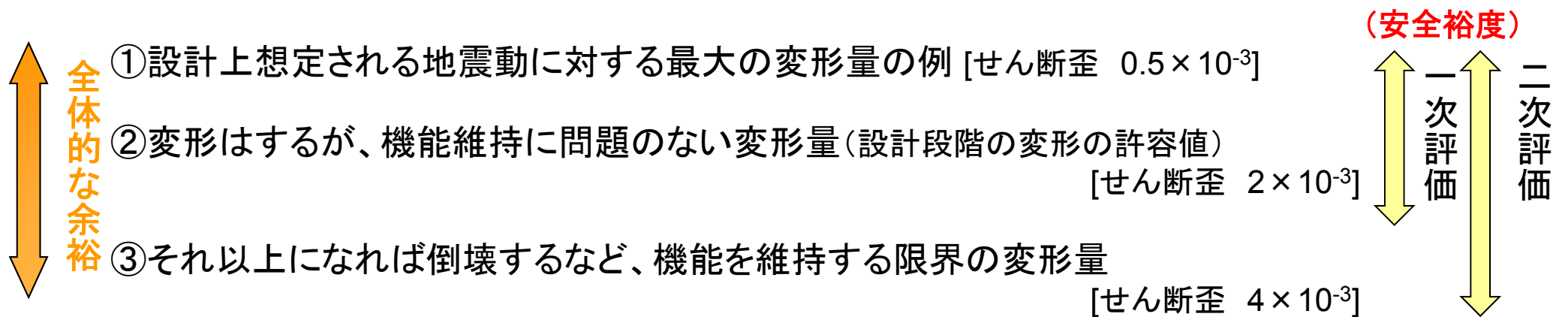
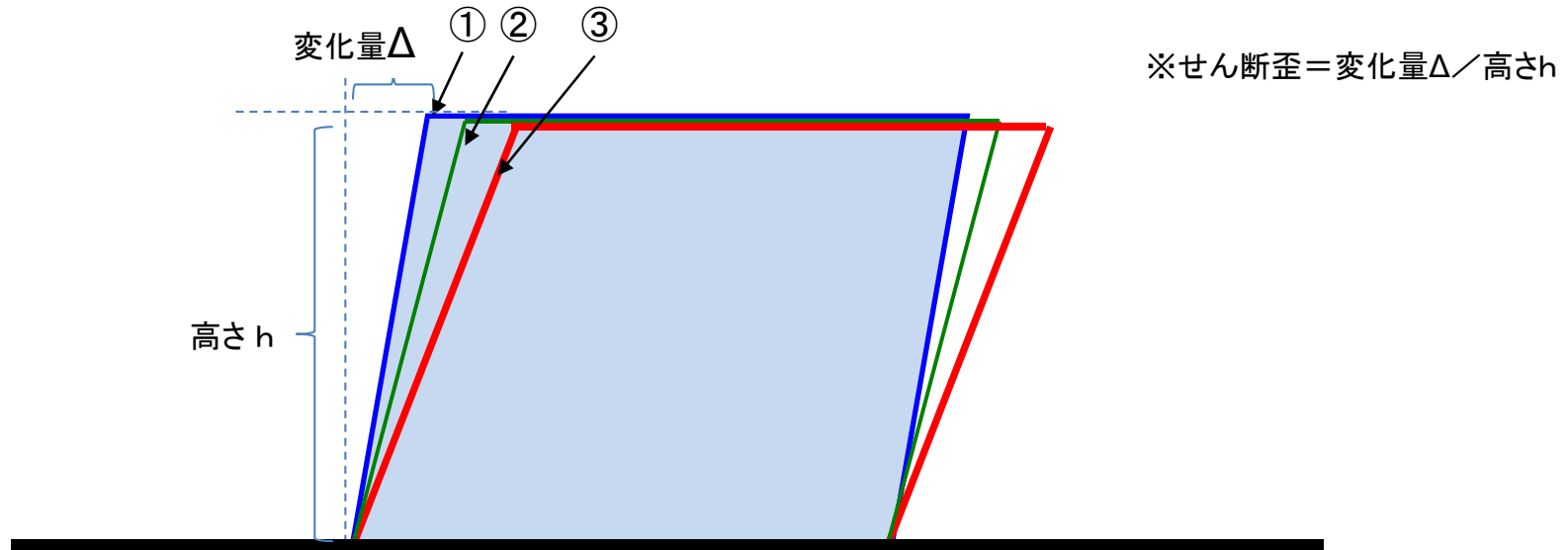
機器、配管類の構造健全性に関する余裕の考え方（概要）



※一次評価において、構造健全性、機能の維持を技術的に示すことが可能であれば許容値を超える値も適用可とする。

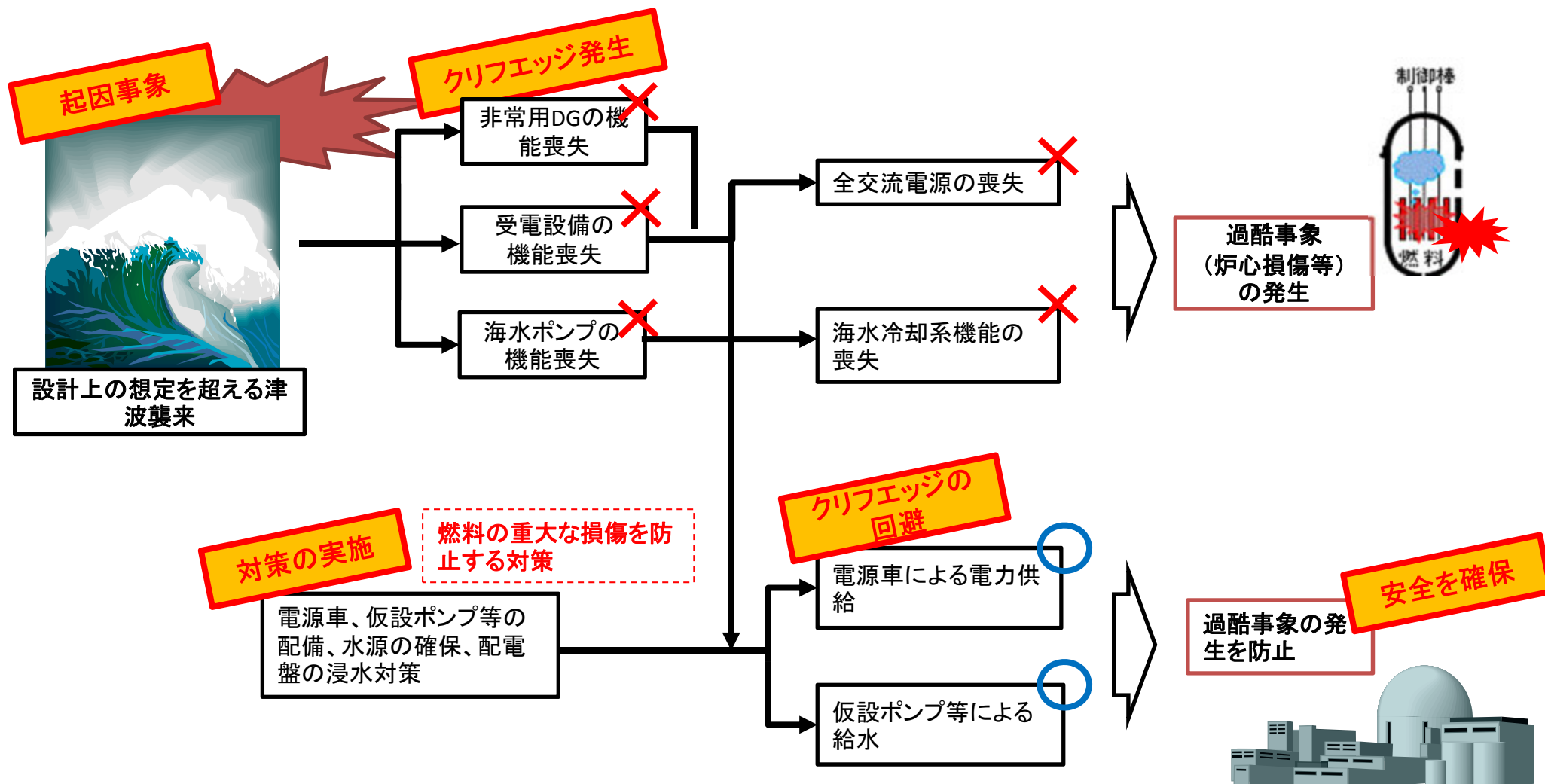
地震に対する安全裕度の評価方法

建物の構造健全性に関する余裕の考え方



津波に対する安全裕度の評価方法

津波により、海水ポンプによる冷却機能、非常用DG、及び配電盤などの電気系統の機能が失われた場合、原子炉の冷却ができず、炉心損傷に至るが、浸水対策などを実施することで、こうした事態を回避し、安定的な冷却が可能となる。



一次評価と二次評価の比較について

	一次評価	二次評価
対象設備	安全上重要な施設・機器等	燃料の重大な損傷の原因や防止に関係し うる施設・機器等
建屋、系統、機器等の 評価	地震や津波によって建屋、系統、機器等 に対して加わる力などと設計基準上の許容値 との比較による安全余裕を評価	地震や津波によって建屋、系統、機器等 に対して加わる力などとこれらが機能喪失に 至る実際の値との比較による安全余裕を 評価 (どの程度設計上の想定を超えた場合に、 建屋、系統、機器等が機能喪失に至るか について評価)
施設全体としての安全 対策の評価	建屋、系統、機器等がどの範囲まで損傷、 機能喪失すれば、燃料の重大な損傷に至 るかについて評価	建屋、系統、機器等がどの範囲まで損傷、 機能喪失すれば、燃料の重大な損傷に至 るかについて評価
燃料の重大な損傷の防 止対策の評価	燃料の重大な損傷を防止するため対策の 有効性を評価	燃料の重大な損傷を防止するため対策の 有効性を評価