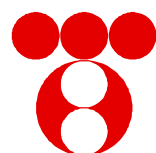


東北地方太平洋沖地震における 発電所の状況について

地域の皆さまへの説明会

平成24年2月



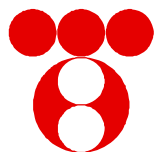
東京電力

TEPCO

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

本日のご説明内容

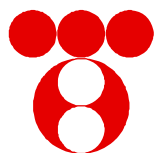
- I. 福島第一原子力発電所における 2～41
地震および津波の発生と事故の概要
- II. 柏崎刈羽原子力発電所の地震および 42～71
津波対策について
- III. 柏崎刈羽原子力発電所(1・7号機)の 72～93
ストレステスト一次評価結果について



東京電力

TEPCO 無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

I. 福島第一原子力発電所における地震 および津波の発生と事故の概要



東京電力

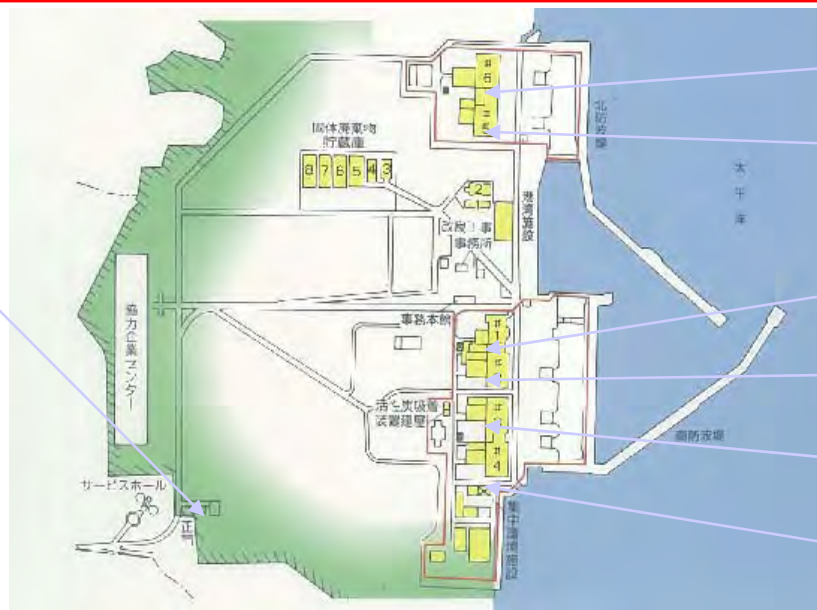
TEPCO

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

1. 福島原子力発電所の現況

1. 1 福島第一原子力発電所の概要

正門



6号機

5号機

1号機

2号機

3号機

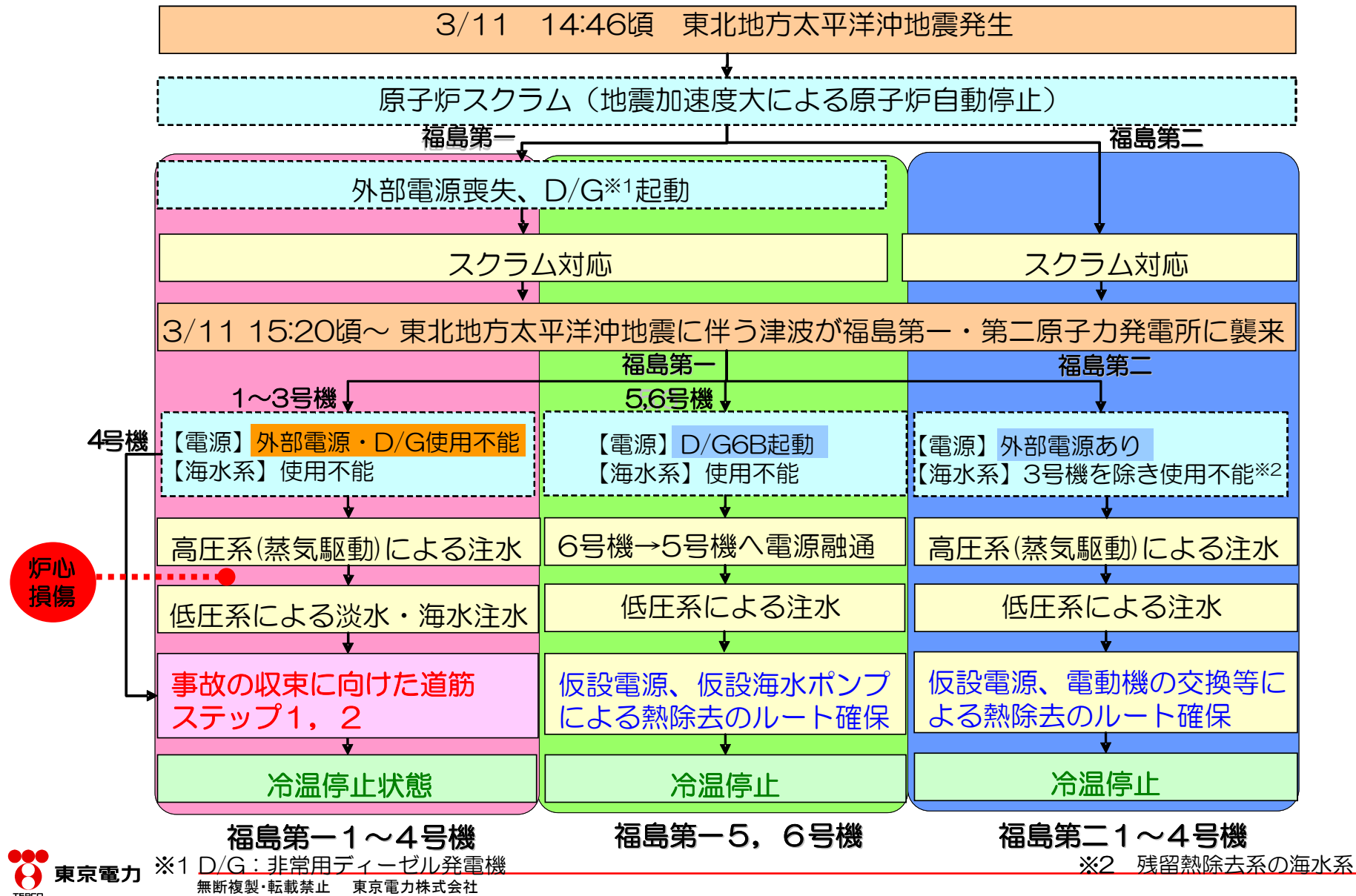
4号機

所在地	号機	運転開始	型式	出力(万kW)	主契約者	地震発生時の状況	
大熊町	1号機	S46.3	BWR-3	46.0	GE	定格電気出力一定運転中	
	2号機	S49.7	BWR-4	78.4	GE/東芝	定格熱出力一定運転中	
	3号機	S51.3	BWR-4	78.4	東芝		
	4号機	S53.10	BWR-4	78.4	日立	定期 検査中	全燃料取出、プールゲート閉 (シュラウド交換作業中)
双葉町	5号機	S53.4	BWR-4	78.4	東芝		原子炉圧力容器上蓋閉
	6号機	S54.10	BWR-5	110	GE/東芝		

地震発生時の状況： 運転中, 停止中

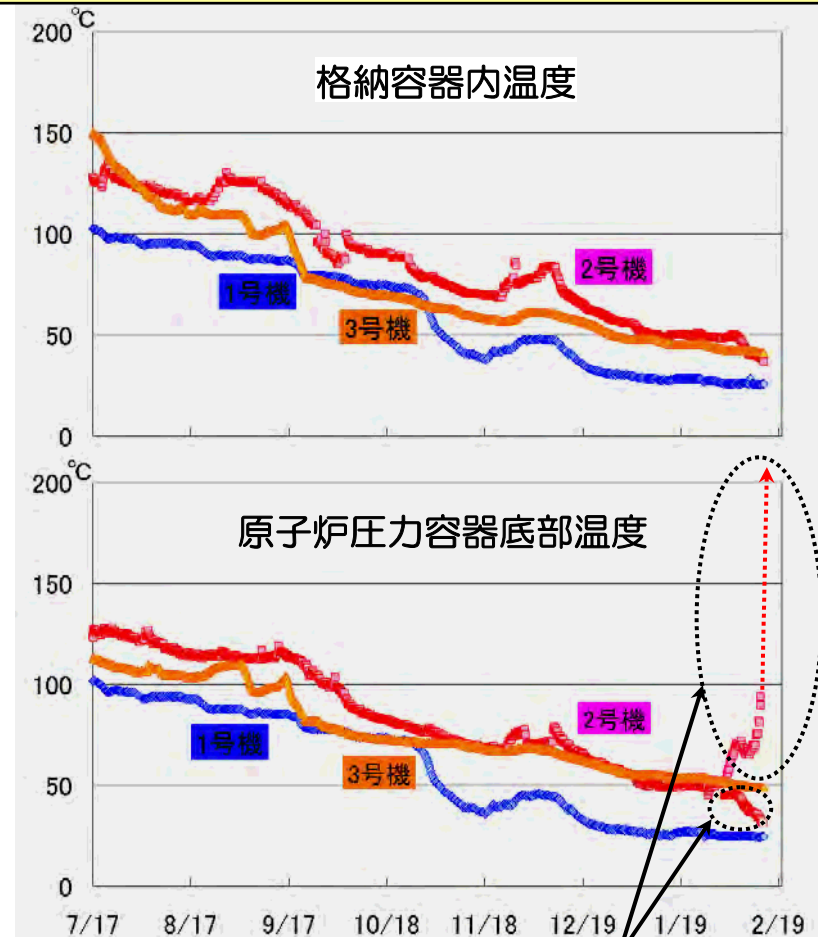
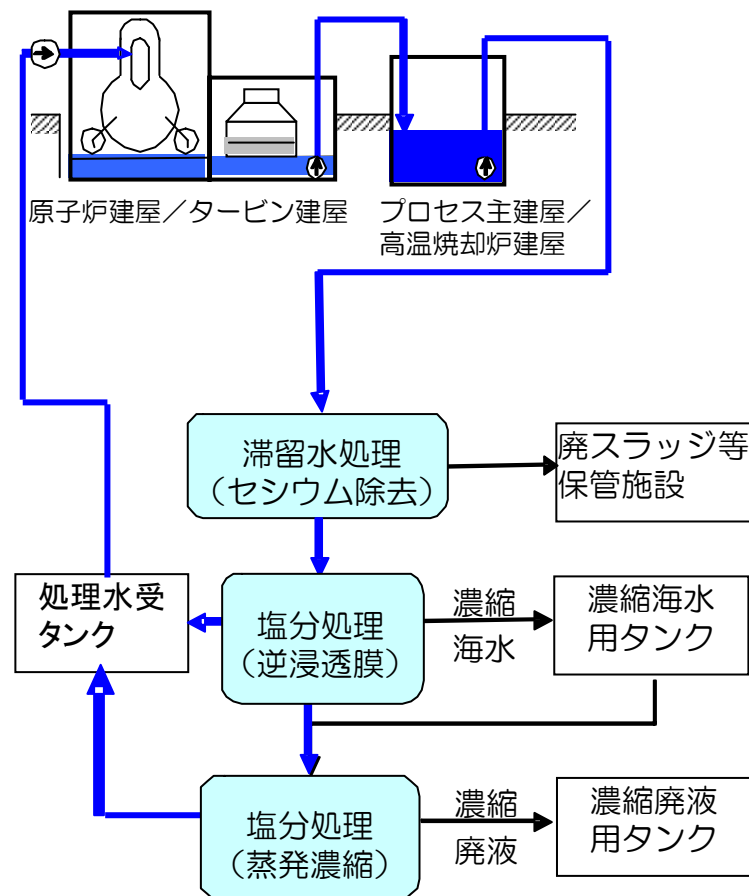
1. 2 福島第一、第二原子力発電所事故の概要

各プラントの冷温停止に向けた進展（概要）



1. 3 「冷温停止状態」を維持

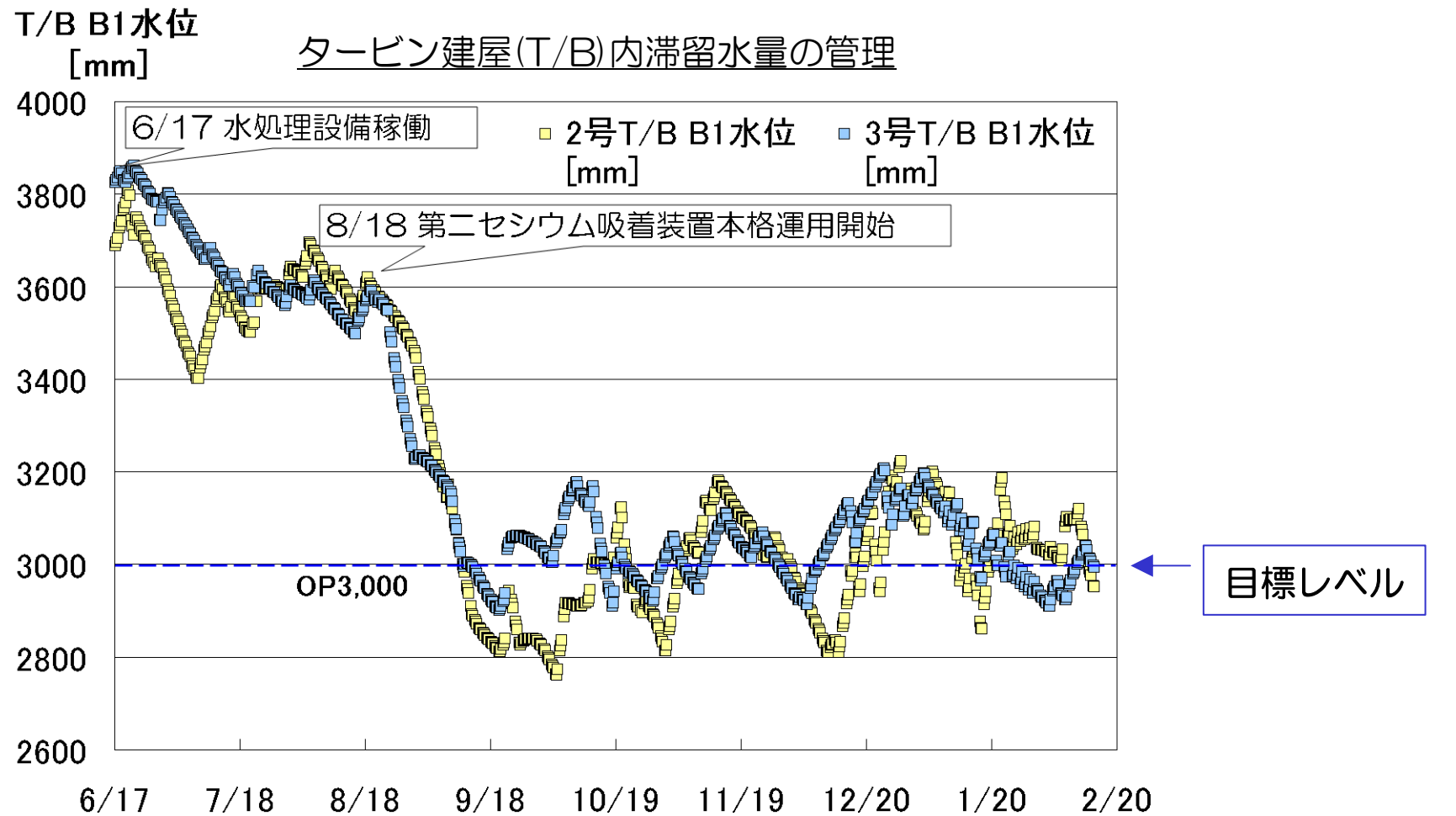
循環注水冷却により原子炉圧力容器底部および格納容器内温度が100℃以下で安定しています。



(注) 2号機では2/13以降は200℃（グラフ表示範囲）を超える値を示しています。温度計の健全性を確認した結果、2/2以降から当該温度計（0° 方向に設置）が故障していたものと判断しました。本グラフでは当該温度計の値とともに、他の近傍の温度計（135° 方向に設置）の値を一部並記しています。

1. 4 滞留水の水位は目標レベルを維持

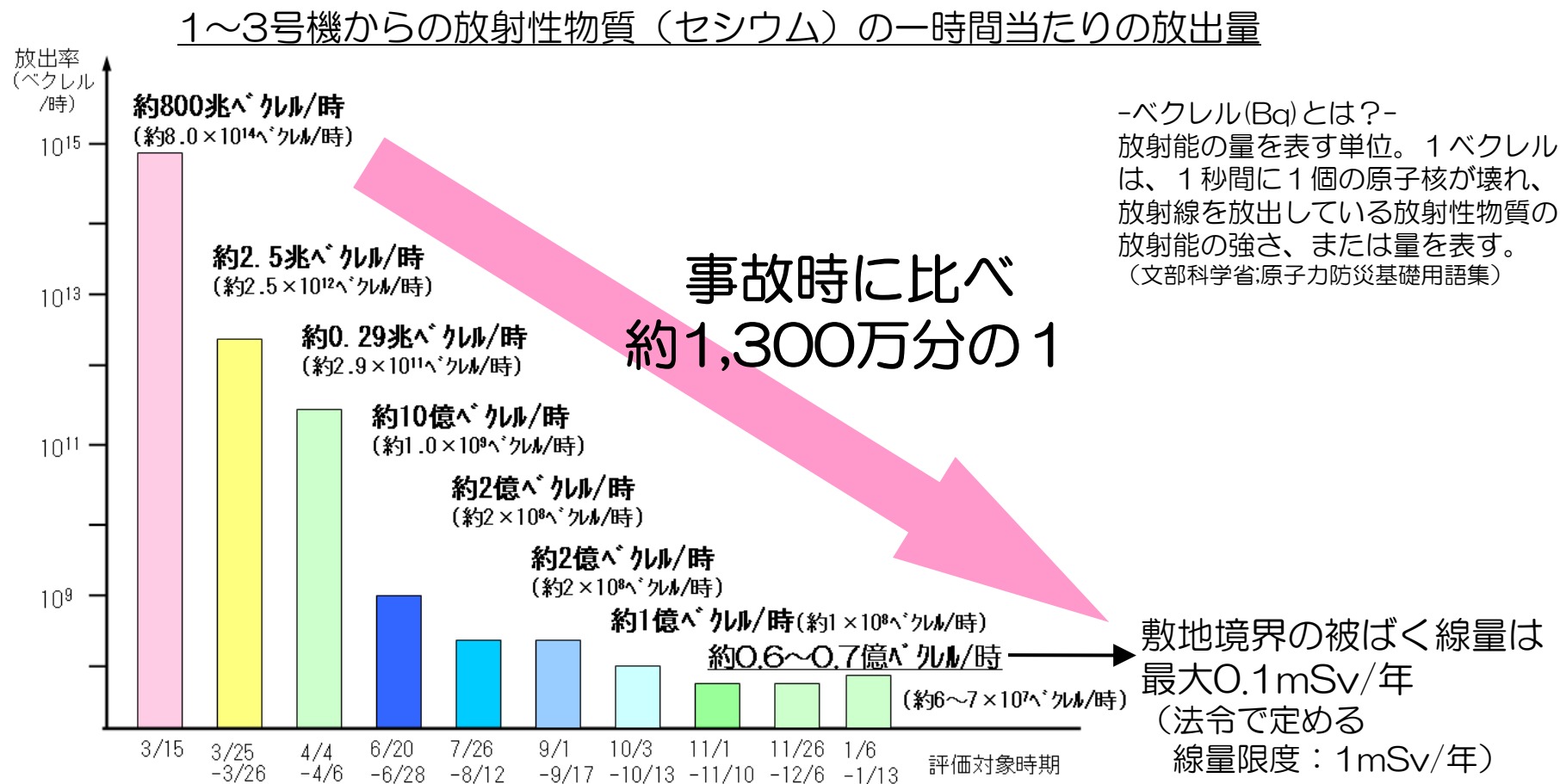
滞留水の水位は豪雨や処理施設の長期停止があっても建屋外に溢れないレベルを維持しています。



OP：小名浜港工事基準面
(東京湾平均海面の下方0.727m)

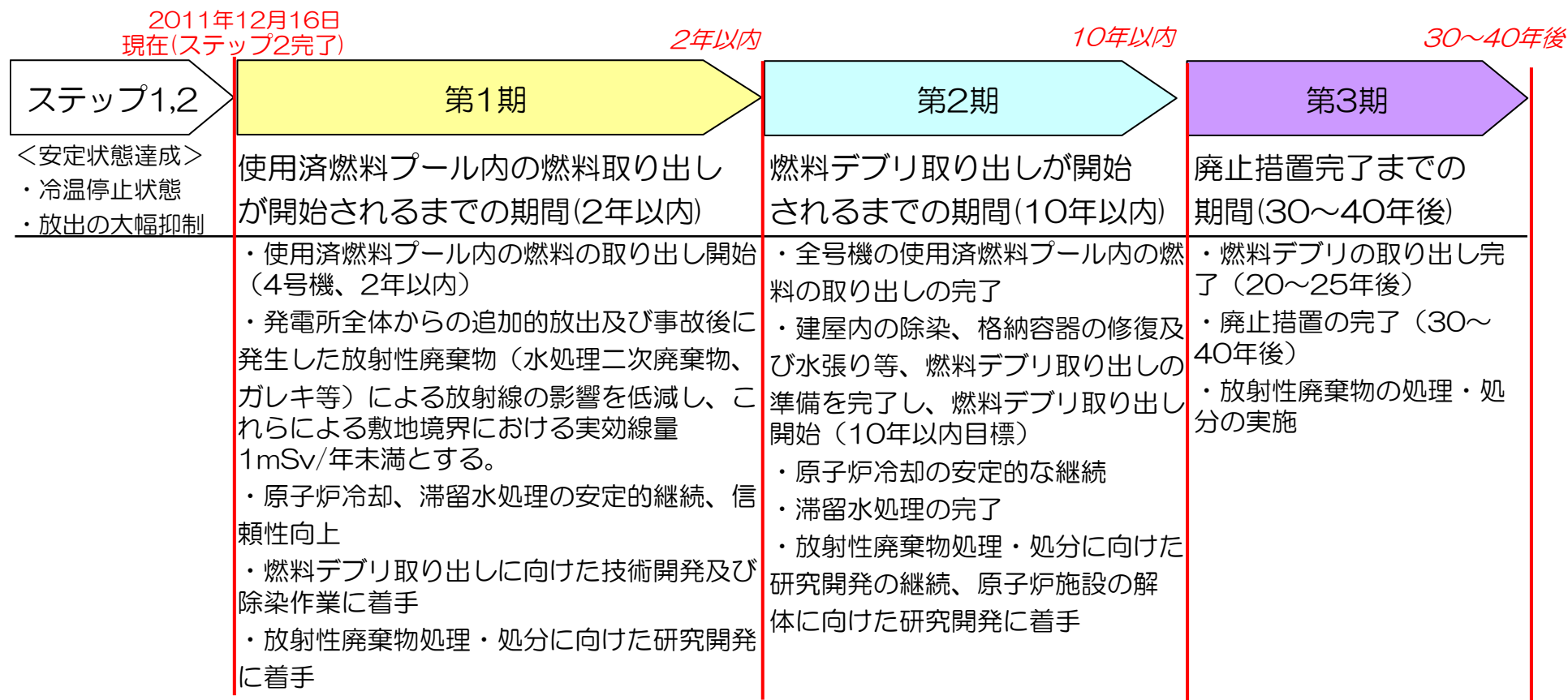
1. 5 放射性物質の放出を抑制

現時点において1～3号機格納容器からの放射性物質（セシウム）の放出量を抑制しています。



1. 6 中長期ロードマップ

廃止措置完了までに今後実施する主要な現場作業や研究開発等のスケジュールを明示した中長期ロードマップを策定しました。



要員の計画的育成・配置、意欲向上策、作業安全確保に向けた取組(継続実施)



1. 7 事故調査と検証について

事故を発生させた当事者として、事故原因を明らかにし、そこから得られた教訓を今後の事業運営に反映させるために、社内に事故調査委員会を立ち上げ、徹底した事故の調査と検証を行っています。

【体制】

福島原子力事故調査委員会

委員長	代表取締役副社長	山崎	雅男
委員	代表取締役副社長	武井	優
	常務取締役	山口	博
	常務取締役	内藤	義博
	企画部長		
	技術部長		
	総務部長		
	原子力品質監査部長		

報告

意見
および
助言

原子力安全・品質保証会議 事故調査検証委員会

委員長	矢川 元基	東京大学名誉教授（原子力）
委員	犬伏 由利子	消費科学連合会副会長（消費科学）
	河野 武司	慶応義塾大学法学部教授（政治）
	首藤 伸夫	東北大学名誉教授（津波）
	高倉 吉久	東北放射線科学センター理事（原子力）
	中込 秀樹	弁護士（法律）
	向殿 政男	明治大学理工学部教授（安全）

平成23年12月2日 中間報告書公表

2. 東北地方太平洋沖地震の概況

2. 1 地震及び津波の規模

「宮城県沖」「三陸沖南部海溝寄り」「福島県沖」「茨城県沖」の複数領域が連動して発生した巨大地震（マグニチュード9.0は世界の観測史上4番目の規模）でした。

発震日時；2011年3月11日（金）午後2時46分頃

発生場所；三陸沖（北緯38度、東経142.9度）、震源深さ24km、マグニチュード9.0

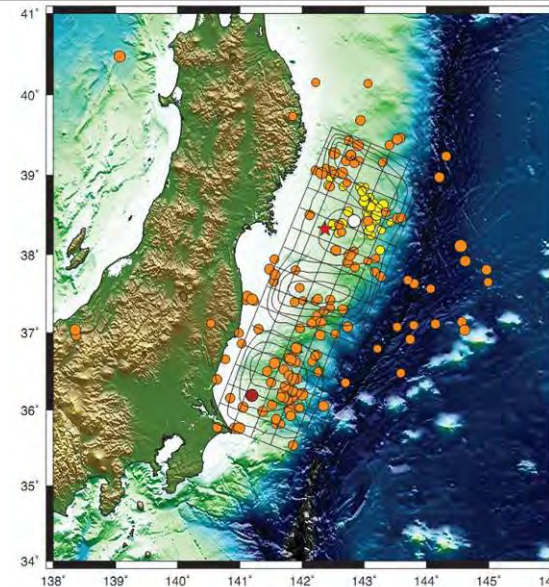
各地の震度；震度7：宮城県栗原市

震度6強：福島県楢葉町、富岡町、大熊町、双葉町

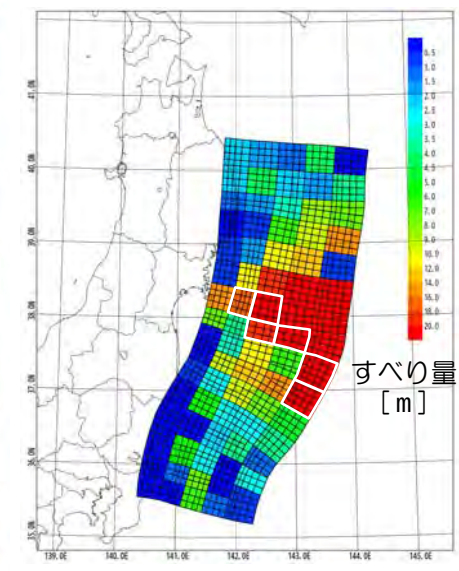
震度6弱：宮城県石巻市、女川町、茨城県東海村



今回の地震の震度分布



今回の地震の震源域
(東京大学地震研究所による)



今回の津波の波源
(東京電力作成)

2. 2 発電所を襲った地震の大きさ

福島第一で観測された揺れは耐震評価の基準地震動による揺れを一部で上回りました。

観測点 (原子炉建屋最地下階)		観測記録			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	447	258	487	489	412
	2号機	348	550	302	441	438	420
	3号機	322	507	231	449	441	429
	4号機	281	319	200	447	445	422
	5号機	311	548	256	452	452	427
	6号機	298	444	244	445	448	415
福島第二	1号機	254	230	305	434	434	512
	2号機	243	196	232	428	429	504
	3号機	277	216	208	428	430	504
	4号機	210	205	288	415	415	504

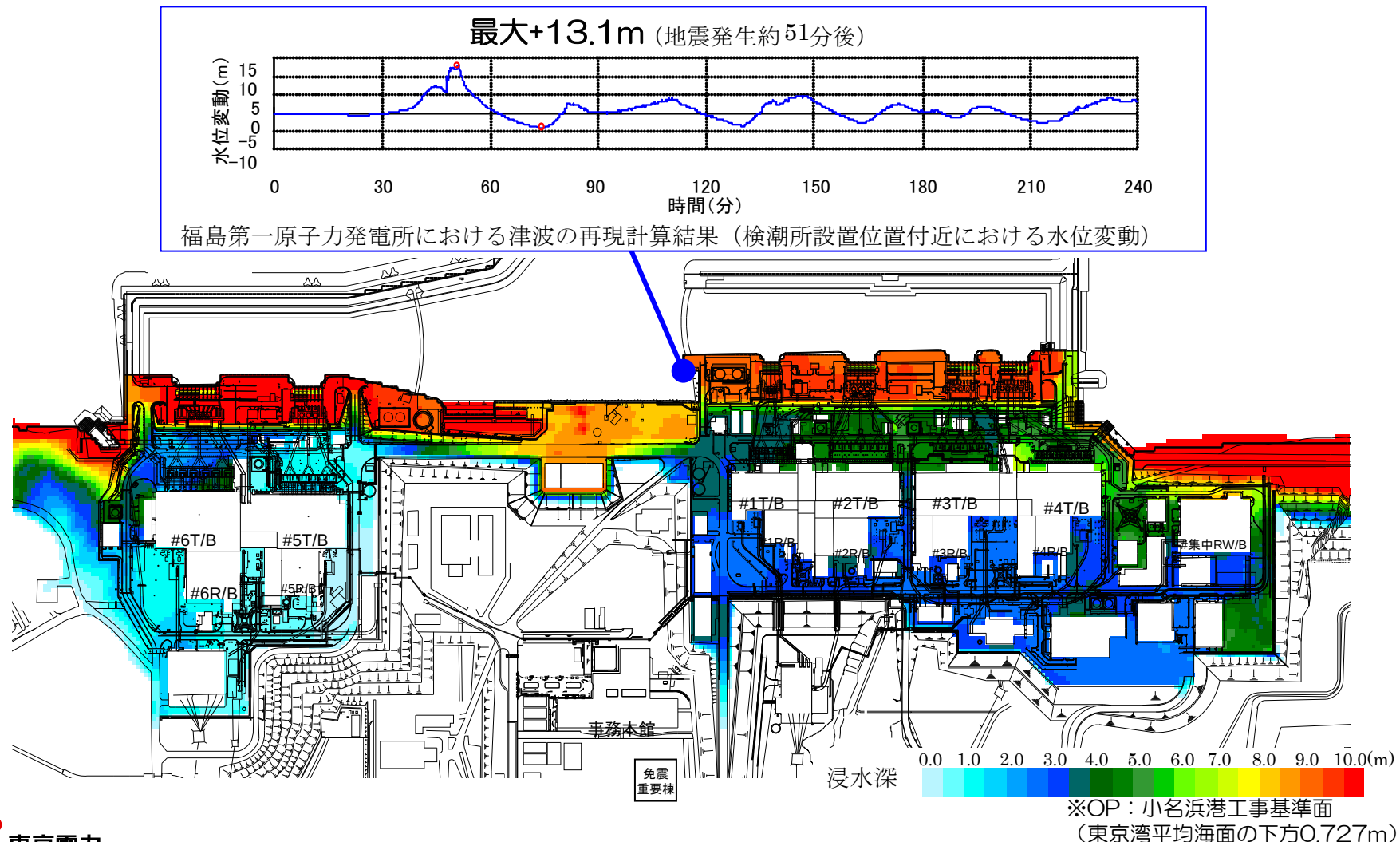
地震発生時の状況： 運転中, 停止中

注) 基準地震動 **Ss** : 耐震設計審査指針に基づき、発電所周辺で起こりうる地震等を考慮し、耐震安全性を評価するため策定された地震動

2. 3 発電所を襲った津波の大きさ（福島第一）

福島第一原子力発電所に襲来した津波の高さは、土木学会手法による評価値（OP※+5.4m～6.1m）を大幅に超えるものでした。

福島第一原子力発電所 津波の再現計算結果



2. 4 津波による屋外浸水状況（福島第一）

敷地高さOP+10mに設置されている、高さ約5.5mの重油タンクが津波により水没しました。



撮影日：2011/3/11 15:42



同、15:42



同、15:43



同、15:43



同、15:43



同、15:44

福島原子力発電所の屋外浸水状況（4号機南側集中環境施設付近：敷地高OP+10m、重油タンク高さ約5.5m）

3. 地震の発電所への影響

3. 1 福島第一1～3号機の地震発生～津波襲来までの対応

地震により外部電源が喪失しましたが、地震後の＜止める＞、＜冷やす＞、＜閉じ込める＞の操作や、プラント応答は津波襲来までは異常は見られていません。

地震発生～津波襲来までの対応（＜止める＞、＜冷やす＞、＜閉じ込める＞）

イベント	期待されるプラント 応答と対応	1 号 機	2 号 機	3 号 機	1 / 2号機 中央制御室	3 / 4号機 中央制御室	事務本館
地震発生 ＜止める＞	- スクラム - 全制御棒挿入 - 原子炉未臨界確認	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	- 地震の揺れが収まるのを待って、運転員は通常のスクラム操作を開始 - 各制御盤前に運転員を配置し主任の指示に従い、状態監視と操作を実施	中央制御室の中が埃で煙幕を張ったように真っ白になる中地震の揺れの収まるのを待って、運転員は通常のスクラム操作を開始	- 避難及び安否確認 - 非常災害対策要員は免震棟で対応開始
外部電源 喪失 ＜冷やす＞ ＜閉じ込める＞	- 非常用ディーゼル発電機（D/G）起動 - 主蒸気隔離弁（MSIV）全閉 - 非常用復水器（IC）起動 - 原子炉隔離時冷却系（RCIC）起動 - 高圧注水系（HPCI）起動（水位がL2まで低下した場合）	○ ○ ○ — — ※	○ ○ — ○ — ※	○ ○ — ○ — ※	＜1号機＞ - ICが自動起動したことを確認 - 原子炉水位が通常水位であることから、HPCIではなくICでの原子炉圧力制御を実施 - ICは1系列で十分と判断しA系にて原子炉圧力を制御 ＜2号機＞ - RCICを手動起動（その後再度、手動起動実施）	＜3号機＞ - D/Gが起動し、非常用母線が充電されたことを確認 - RCICを手動起動し原子炉水位高でトリップしたことを確認 ↓ - 地震後、運転員の安否確認を行い、地震発生と津波について、パージングで周知を行う	

※大きな水位低下がなかったため起動なし

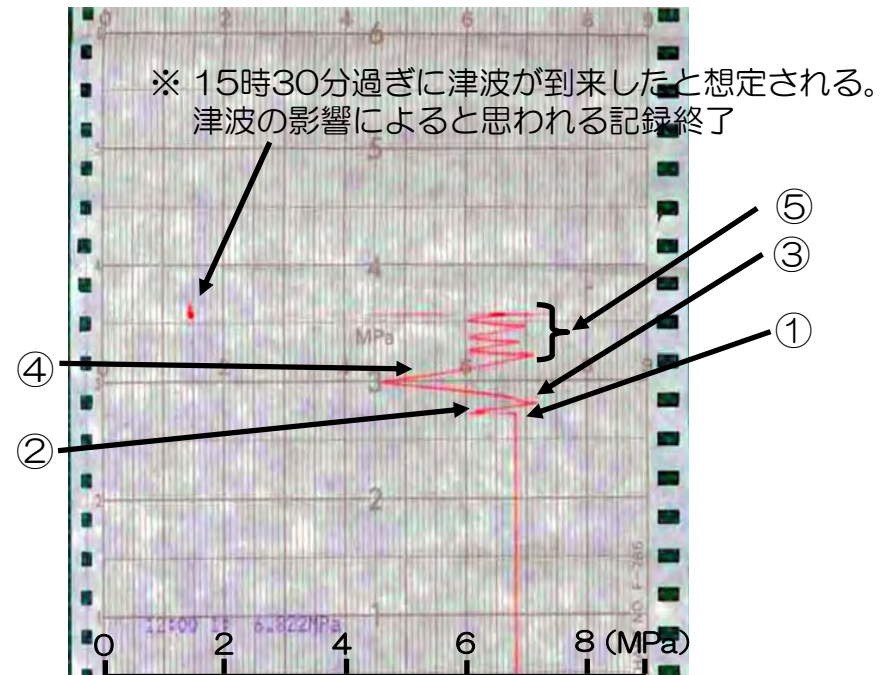
3. 1 地震発生直後のプラント状況（福島第一1号機①）

3月11日14時46分、地震によりスクラム動作し、同14時47分に制御棒がすべて挿入されました。
その後、津波到来までの間、原子炉圧力を約6～7MPaの範囲で制御しており、配管破断の兆候は確認されていません。

H	MIN	SEC	MSEC	PID	ABBREVIATION	STATUS
14	46	46	400	D564*	SEISMIC TRIP C	TRIP
14	46	46	410	D534	REACTOR SCRM A	TRIP
14	46	58	420	D563	SEISMIC TRIP B	TRIP
14	46	58	430	D535	REACTOR SCRM B	TRIP
1446	A538	REM		BYP	ON	
1446	B500	CONT ROD DRFT	ALRM	ON		
14	47	00	020	D562	SEISMIC TRIP A	TRIP
14	47	00	030	D565	SEISMIC TRIP D	TRIP
1447	C020	SUPPRESSION	LEVEL	-40.8<	-20.0 MM	
1447	A523	APRM	DOWN	SCAL	TRBL	
1447	A539	RWM	ROD	BLOK	ON	
1447	A553	ALL CR	FULL IN	ON		
1447	G002	GENERATR VOLT		18.56>	18.50 KV	
1447	C000	CONT ROD SYST	FLOW	OVR	FLW	
1447	C020	SUPPRESSION	LEVEL	16.0 MM	NORMAL RETURN	
14	47	09	140	D520	REAC WTR LEVEL A	LOW
1447	C004	REACTOR WATR	LEVEL	516<	800 MM	
14	47	09	150	D521	REAC WTR LEVEL B	LOW
1447	E004	SWCHGEAR	BUS 1A	7217>	7200 V	
14	47	10	910	D523	REAC WTR LEVEL D	LOW
1447	C020	SUPPRESSION	LEVEL	21.6>	20.0 MM	
14	47	10	910	D522	REAC WTR LEVEL C	LOW
1447	A549	LOW POWR	ALRM	POINT	UNDER	
14	47	20	620	D522	REAC WTR LEVEL C	NORM
1447	D622	PCIS	ISO IN	TRIP	ON	
14	47	20	620	D523	REAC WTR LEVEL D	NORM

①地震による自動スクラム

②全制御棒全挿入



① 地震によるスクラム（14:46）

② 主蒸気隔離弁閉止に伴う圧力上昇

③ IC作動に伴う減圧（14:52）

④ IC停止に伴う圧力上昇

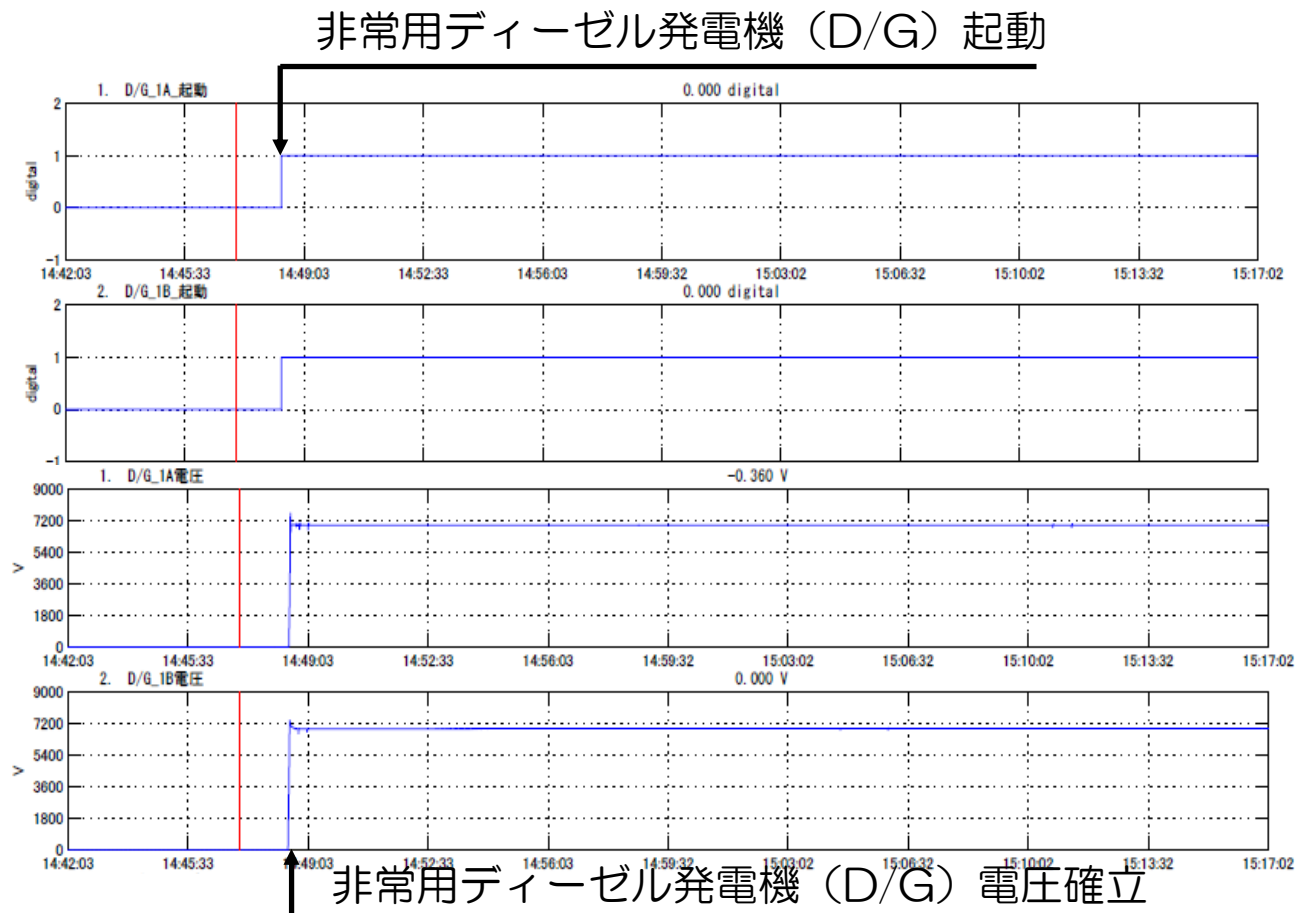
⑤ ICによる圧力変動（推定）

※IC：非常用復水器

記録計チャート（原子炉圧力）

3. 1 地震発生直後のプラント状況（福島第一1号機②）

地震により外部電源が失われた各号機において、非常用ディーゼル発電機（D/G）が全台正常に起動し、設計通り電源の確保ができていたことを確認しています。



3. 2 地震による設備への影響評価①

地震観測記録を用いたひずみおよび応力解析の結果、評価基準値を超えた設備はなく、安全上重要な設備は地震後も安全機能を保持できていたと推定しています。

1～3号機の耐震性評価の結果

単位：MPa（但し原子炉建屋は無次元）

設備		1号機		2号機		3号機	
		計算値	評価基準値	計算値	評価基準値	計算値	評価基準値
原子炉建屋		0.14×10^{-3}	2×10^{-3}	0.43×10^{-3}	2×10^{-3}	0.17×10^{-3}	2×10^{-3}
炉心支持構造物		103	196	122	300	100	300
原子炉压力容器		93	222	29	222	50	222
主蒸気系配管		269	374	208	360	151	378
原子炉格納容器		98	411	87	278	158	278
停止時 冷却系	ホ°ソ°	8	127				
	配管	228	414				
残留熱 除去系	ホ°ソ°			45	185	42	185
	配管			87	315	269	363
その他*		—	—	—	—	113	335

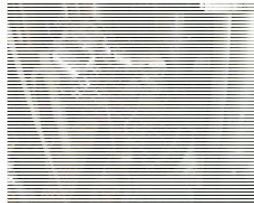
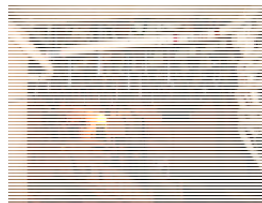
* その他に記載した評価対象設備：（3号機）高圧注水系蒸気配管

3. 2 地震による設備への影響評価②

安全上重要な機器については
地震による損傷は認められず

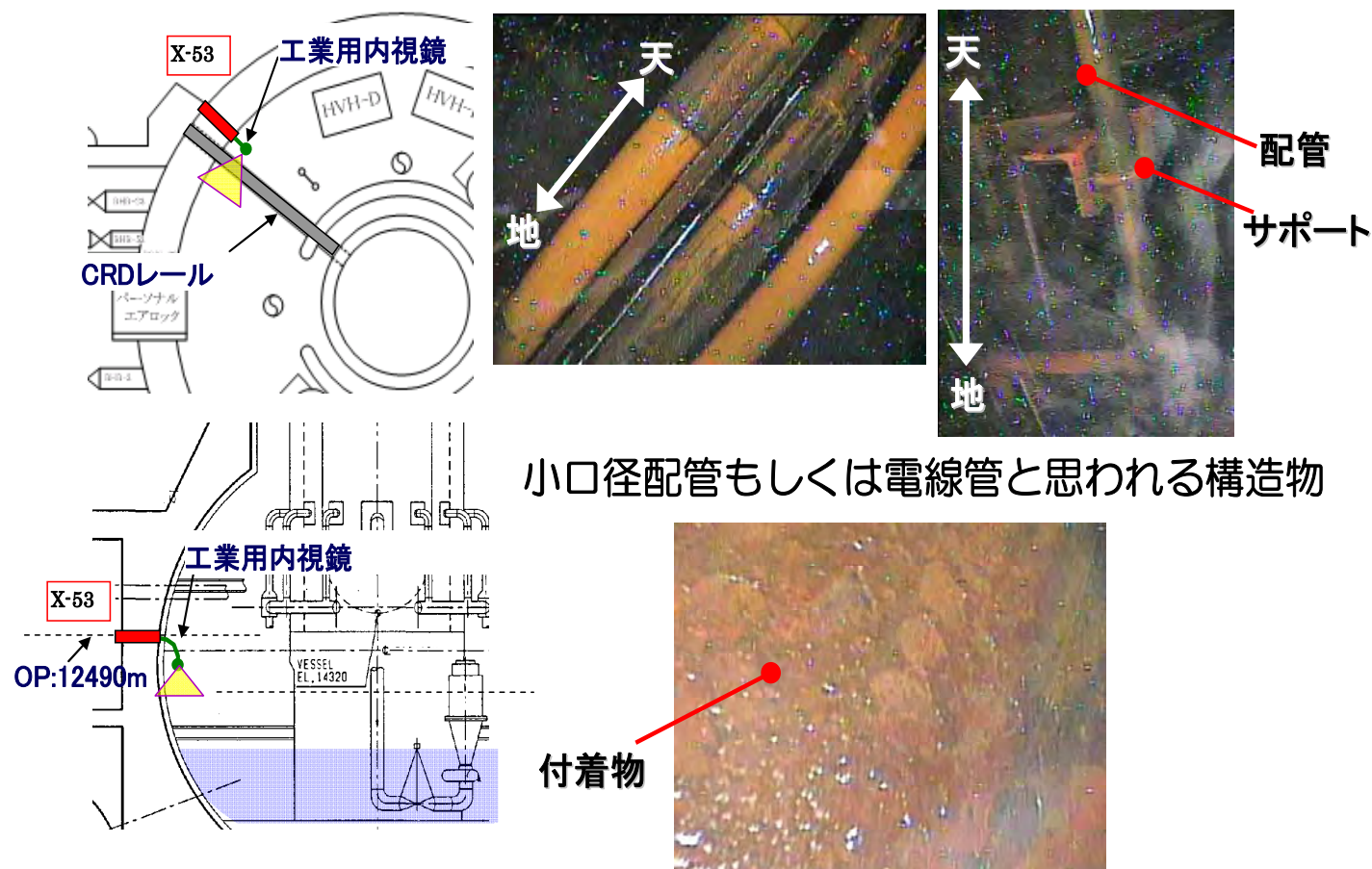
損傷は認められず

福島第一5号機目視確認結果

損傷は認められず				原子炉建屋		タービン建屋	
地上階	 主蒸気隔離弁 ・機器には外観上異常なし 1階	 原子炉建屋補機冷却系熱交換器 ・機器には外観上異常なし 2階	 燃料プール冷却浄化系ポンプ ・両号機腐食(発錆)が若干認められるものの、機器には外観上異常なし (A)運転中、(B)待機中 3階	 ほう酸水注入系ポンプ ・機器には外観上異常なし 4階	2階	 高圧タービン ・フロントスタンダード基礎ボルト近傍に亀裂あり	
							 湿分分離器 保温外れ、サポートずれ有り
地下階	 炉心スプレイ系ポンプ ・機器には外観上異常なし ・床面に滞留水あり ・同エリア壁面貫通部に漏洩痕	 残留熱除去系ポンプ ・機器には外観上異常なし ・床面に滞留水あり	 制御棒駆動水ポンプ ・機器には外観上異常なし	1階			 湿分分離器廻り配管 No3湿分分離器ドレン配管から分岐する小口径配管が破損
格納容器内	 主蒸気隔離弁 ・機器には外観上異常なし	 逃し安全弁 ・機器には外観上異常なし	 ペDESTAL内 ・機器には外観上異常なし	 原子炉圧力容器支持スカート部 ・基礎ボルト部に錆があるものの、機器には外観上異常なし	地下階	 非常用ディーゼル発電機5A,5B ・機器には外観上異常なし	

3. 2 地震による設備への影響評価③

福島第一2号機の格納容器内撮影結果においても、格納容器内の小口径配管に損傷は確認されていません。



小口径配管もしくは電線管と思われる構造物

原子炉格納容器内壁

(2012.1.19撮影)

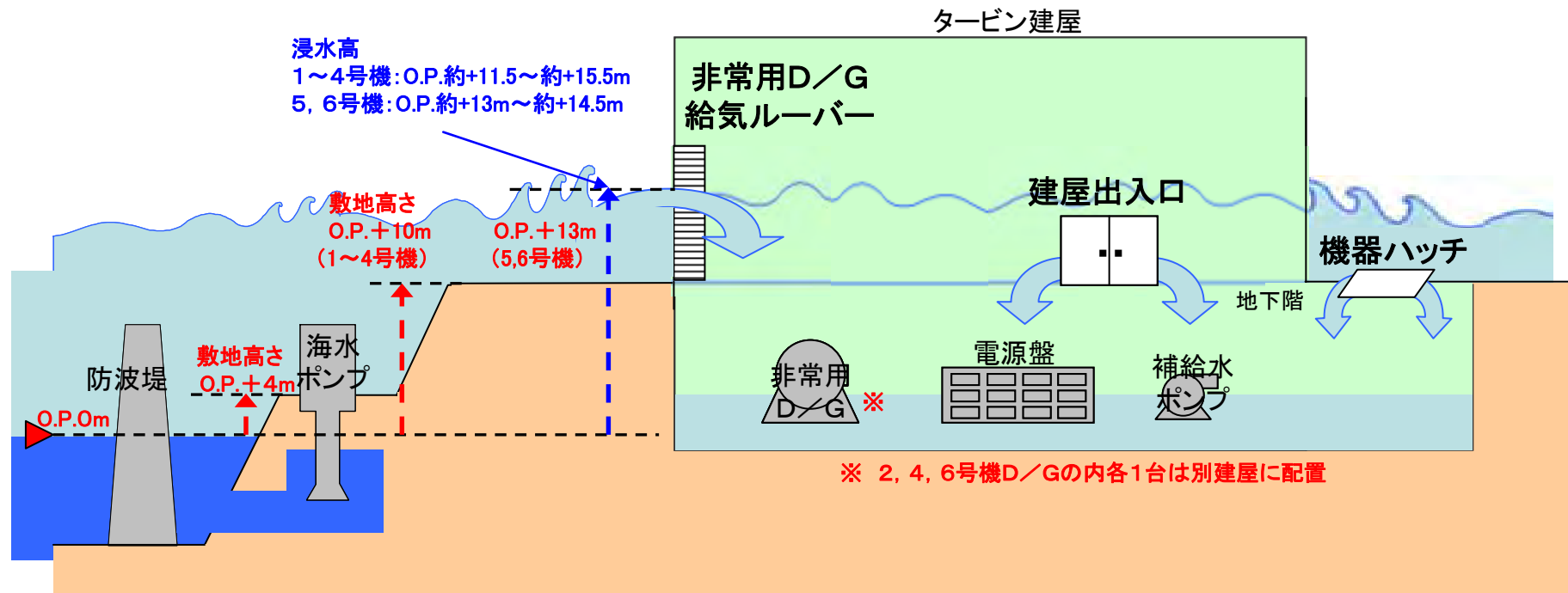
3. 3 地震影響のまとめ

- 福島第一原子力発電所は地震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により電源が確保され、プラントは地震後の対応を適切に実施できる状態にあったと評価しています。
 - ① 地震後の<止める><冷やす><閉じ込める>の操作、プラント応答やプラントパラメータに、異常は見られない
 - ② 観測地震動による解析評価結果から、安全上重要な設備は、安全機能を保持できていたと評価
 - ③ 5号機の機器状況等から、安全上重要な設備に地震による損傷は確認されず（耐震重要度の低い機器においても地震によって機能に影響する損傷はほとんど認められず）

4. 津波による設備への直接被害の状況

4. 1 主要建屋への浸水経路

①建屋出入口、②機器ハッチ、③非常用ディーゼル発電機給気ルーバー、④トレンチ、ダクト（ケーブル等貫通部）等を通じて非常用ディーゼル発電機、電気品室等へ浸水し、その機能を喪失しました。
また、屋外にある非常用海水ポンプは水没し、機能喪失しました。

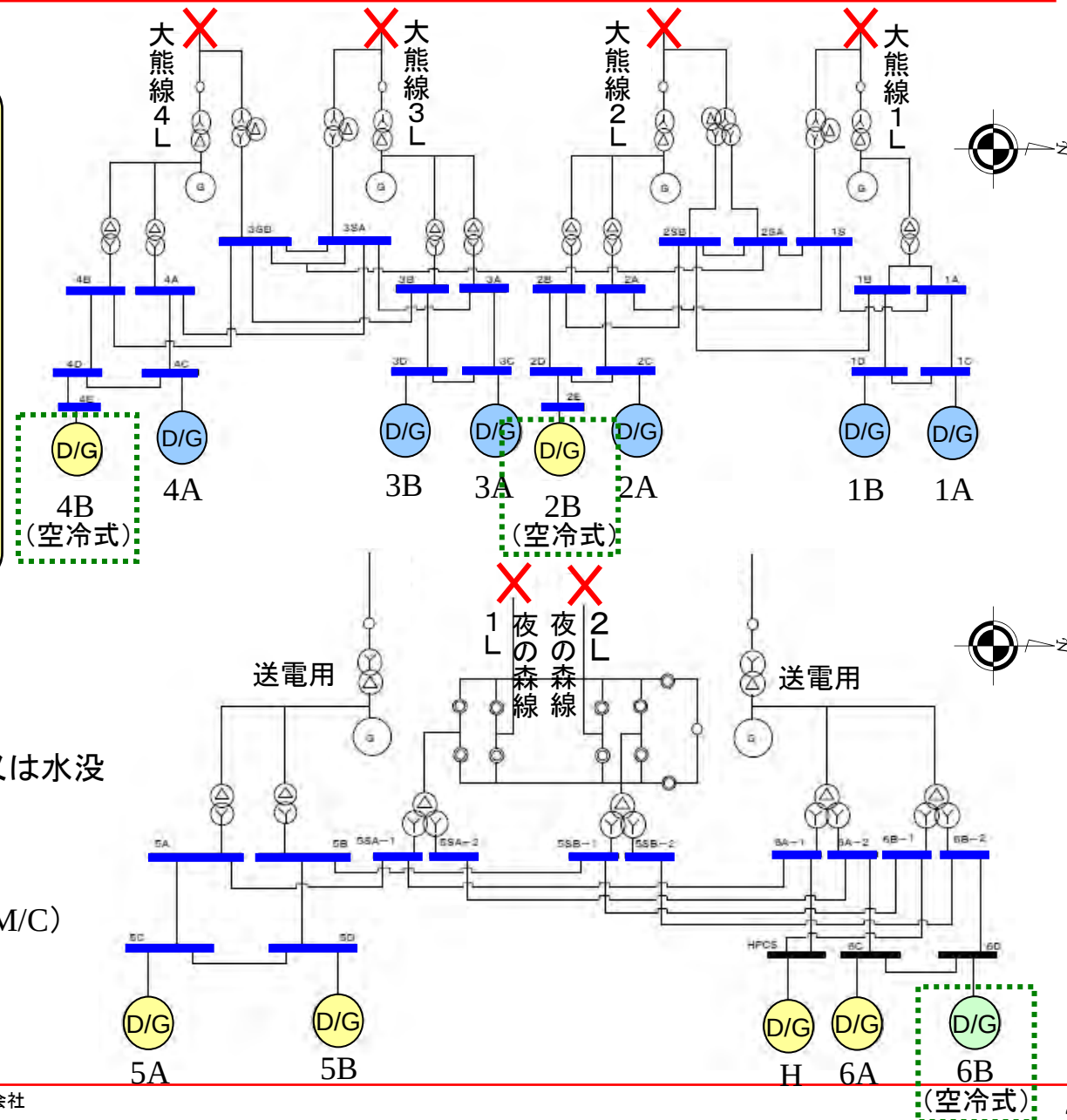


D/G: ディーゼル発電機
OP: 小名浜港工事基準面
(東京湾平均海面の下方0.727m)

4. 2 福島第一原子力発電所の被害状況（電源関係）

非常用ディーゼル発電機 (D/G) の被害状況

- 1号機から5号機で、すべての非常用D/Gが停止し、全交流電源喪失となりました。
- 6号機は空冷式の非常用D/G1台が運転を継続し電源を維持できました。



- ✕ : 地震の影響により停止
- : 津波の影響により電源盤被水又は水没
- (D/G) : 津波後も運転継続
- (D/G) : 津波の影響により高圧電源盤(M/C), 関連機器水没
- (D/G) : 津波の影響により本体水没

4. 3 福島第一・第二原子力発電所の被害状況（電源関係）

福島第一1～4号機は、外部電源喪失、非常用ディーゼル発電機の機能喪失、電源盤の機能喪失に加え、直流電源も喪失し、さらに海水ポンプによる熱除去機能も喪失するという厳しい状況となりました。

		福島第一原子力発電所						福島第二原子力発電所			
		1F-1	1F-2	1F-3	1F-4	1F-5	1F-6	2F-1	2F-2	2F-3	2F-4
外部電源		×						○			
非常用ディーゼル 発電機 (*:空冷式)	A	×	×	×	×	△	△	×	△	△	△
	B	×	△*	×	△*	△	○*	×	△	○	△
	H	—	—	—	—	—	△	×	△	○	○
非常用高圧電源盤(M/C)		×	×	×	×	×	○	1/3	○	○	○
常用高圧電源盤(M/C)		×	×	×	×	×	×	○	○	○	○
非常用低圧電源盤(P/C) ()内は工事中系統数		×	2/3	×	1/2 (1)	×	○	1/4	2/4	3/4	2/4
常用低圧電源盤(P/C) ()内は工事中系統数		×	2/4	×	1/1 (1)	2/7	×	○	○	○	○
直流電源		×	×	○ → ×	×	○	○	3/4	○	○	○
海水ポンプ		×	×	×	×	×	×	×	×	1/2	×

○:使用可(分数の場合は、使用可能な系統数を表示)

△:D/G本体は被水していないが、M/C・関連機器等の
水没により使用不可

×:使用不可 —:設備なし

4. 4 津波影響のまとめ（福島第一）

福島第一原子力発電所においては、津波による設備被害に伴い、以下の状況に直面しました。

①非常用海水系ポンプ

- 津波により海側エリアに設置された非常用海水系ポンプの電動機が冠水し、全プラントで機能を喪失（海水による崩壊熱除去不能）

②交流電源

- 1～5号機は、電動の設備（安全系、並びにその他注水、冷却設備等）はすべて使用できない状態、また、中央制御室での電動弁開閉も不能
- なお、後に5号機は6号機より電源を融通し、一部の電動設備は機能した

③直流電源

- 直流電源を喪失した1, 2, 4号機では中央制御室での計測機器がすべて機能喪失（プラントの状態監視不能）、3, 5号機も状態監視がバッテリー残量の影響を受ける状況
- 主蒸気逃がし安全弁や格納容器のベント弁（空気作動式）の制御用電磁弁の操作不能

④インフラ設備

- 照明の停電や通信手段の制約が生じ、対応がさらに困難に

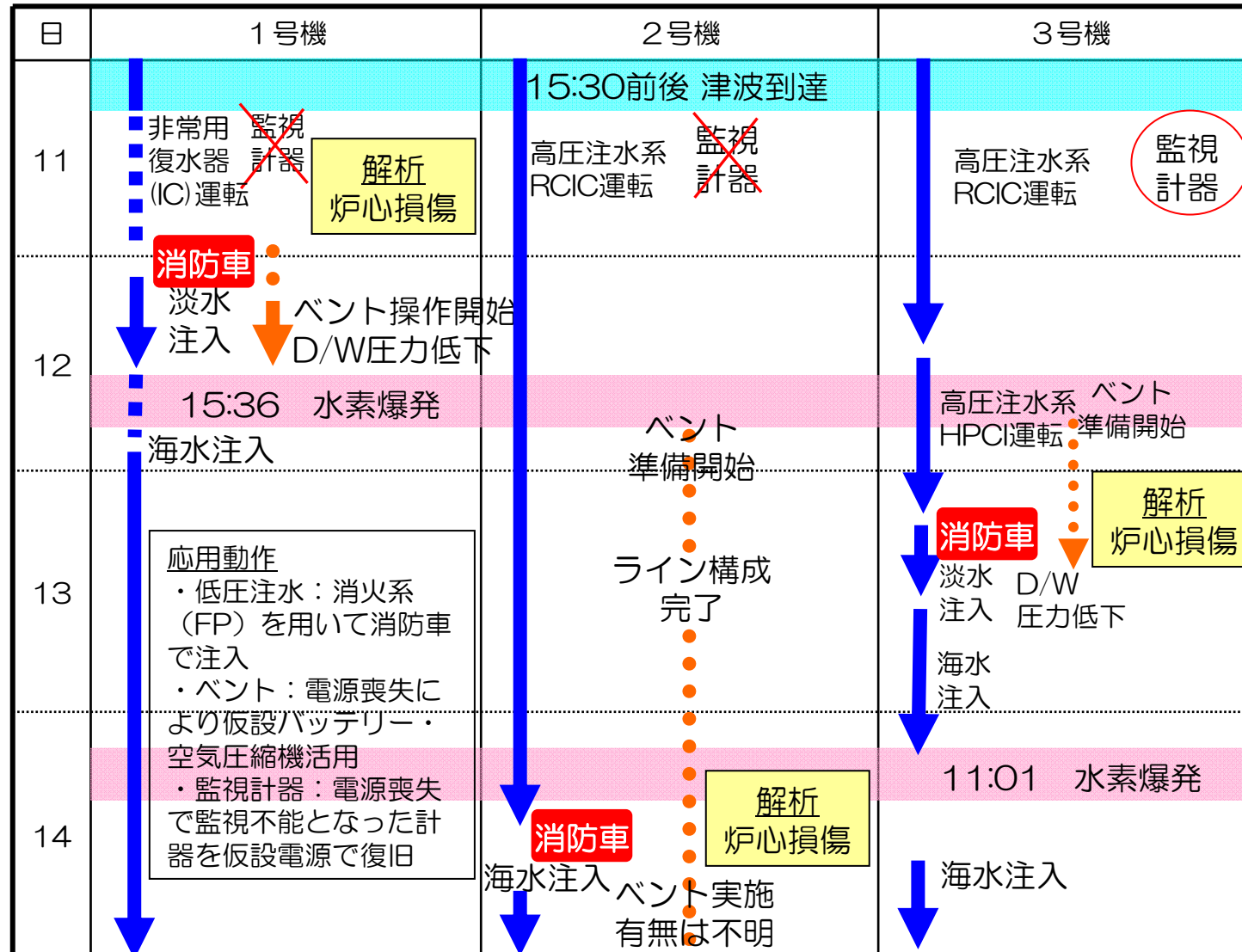
⑤ガレキ等

- 屋外は津波によるガレキや余震による津波のリスクなどで作業継続が極めて厳しい状態

5. 津波到達以降の対応状況

5. 1 津波到達以降の対応状況（福島第一1～3号機）

交流・直流電源喪失で注水・冷却機能が失われた中で、臨機の応用動作として消防車による原子炉への代替注水、手動操作や仮設機器を用いた格納容器ベント等を実施しました。



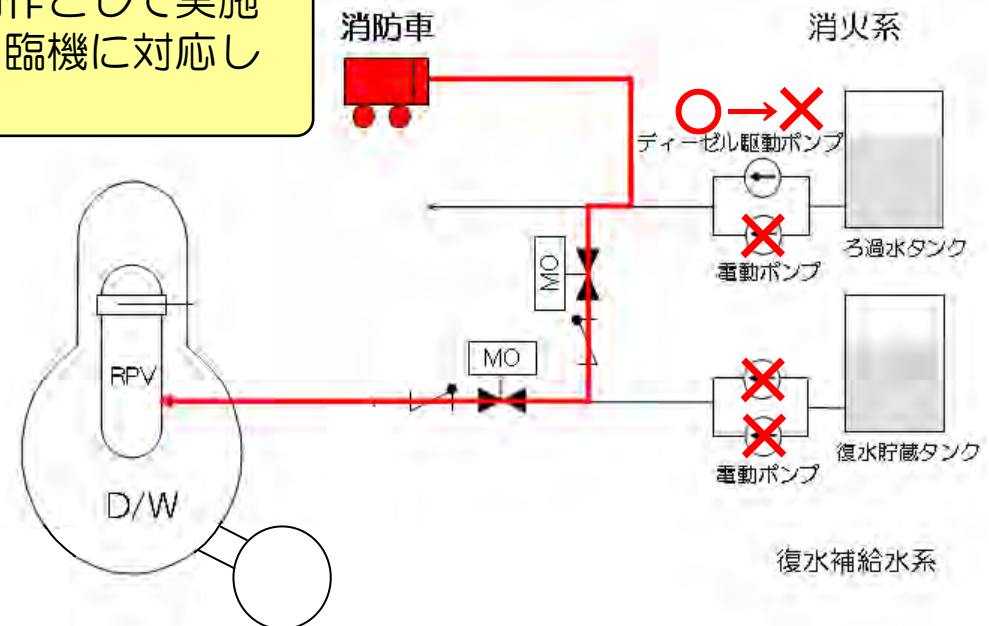
IC：非常用復水器
 RCIC：原子炉隔離時冷却系
 HPCI：高圧注水系
 D/W：原子炉格納容器（気相側）

5. 2 福島第一1号機の対応状況（原子炉への注水）

電源が喪失し、また電源がなくても作動するディーゼル駆動消火ポンプでの原子炉注水もできなかったため、中越沖地震対策で配備していた消防車による注水を応用動作として実施し、また水源も防火水槽（淡水）から海水へと臨機に対応しなくてはならない問題点が生じました。

使用可能であった消防車1台で注水を準備

- 注水口のある場所にたどり着くために、重機2台により、路上のガレキや門扉、散乱した車などを撤去
- 注水口付近のガレキを撤去し注水口を探索するが、なかなか発見できず
- 淡水注水を開始した後、現場の放射線量が高くなってきたため、一旦中断して、全面マスク着用で注水を再開



淡水がなくなってきたことから、発電所長は海水注水の実施を指示

- 海水注入は3号機逆洗弁ピットを水源にし、到着した柏崎刈羽、自衛隊からの応援の消防車2台を用いて直列に3台つなぐ注水ラインで敷設作業を実施した
- 完了前に原子炉建屋が爆発、海水注入のためのホースが損傷し、使えない状態になった
- けが人を救護した後、ホースを屋外の消火栓より収集、敷設し直し、海水注入を開始*

*：海水注入に対し、総理大臣（災害対策本部長）の了解が得られておらず、本店は短時間の中断を発電所長に指示。発電所長は、注水の継続が重要との認識のもと、注水を継続。

5. 3 福島第一1号機の対応状況（格納容器ベント）

通常であれば中央制御室においてベントを行うことができますが、電源の喪失により、通常の手順を超えた対応を行う際に、問題点が生じました。

PCVベント弁（MO弁）の手動開操作

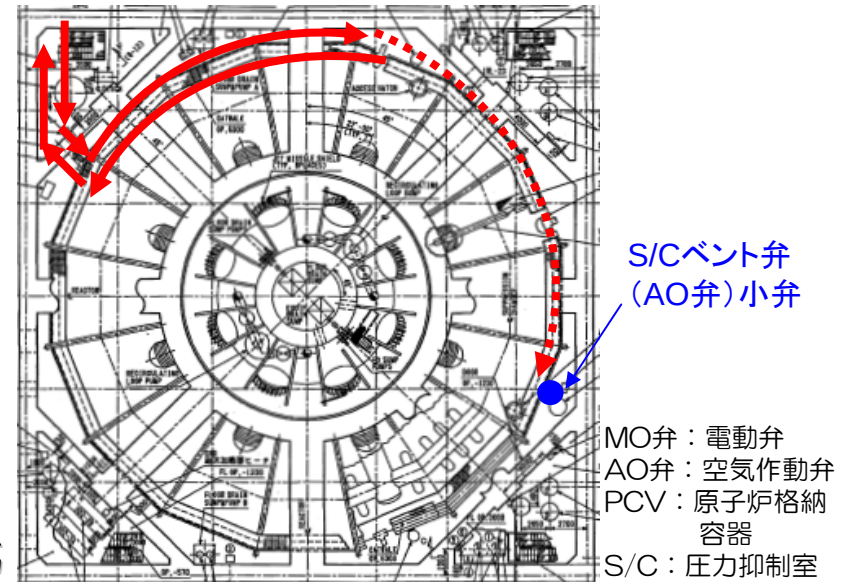
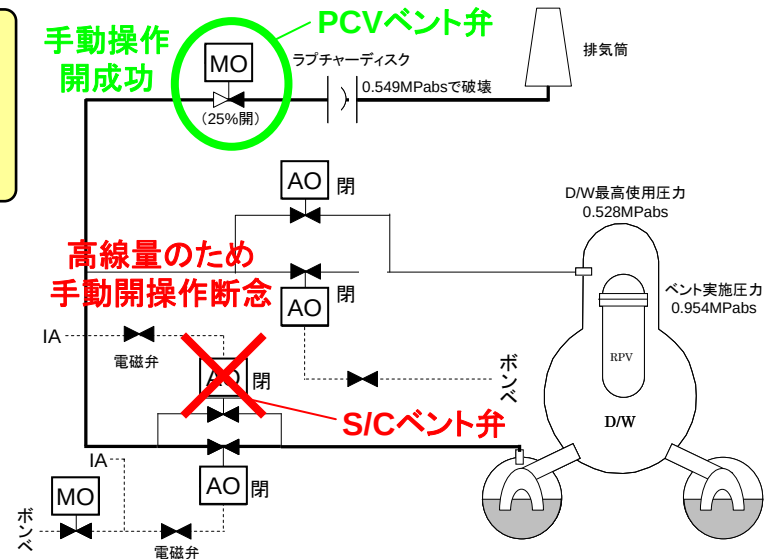
- 電源を失い、中央制御室から弁を動かすことができなかったことから、現場で手動で開操作することとした
- 第1班が原子炉建屋2階にあるPCVベント弁（MO弁）の操作に向かい、現場到着後、手動にて弁の開操作を実施

➡ PCVベント弁（MO弁）の開操作成功

S/Cベント弁（AO弁）小弁の手動開操作

- 電源および作動空気圧を失い、中央制御室から弁を動かすことができなかったことから、現場で手動で開操作することとした
- 第2班の操作員がトーラス室（原子炉建屋B1F）に入ったが、当該弁はトーラス室に入った場所から見て180度方向にあった
- 途中でサーベーターが測定できる範囲を超過したため、操作員は引き返さざるを得なかった

➡ ベント実施は手動操作を断念し、別の方策（可搬式コンプレッサーおよび小型発電機の接続等）を選択



原子炉建屋地下1階
S/Cベント弁（AO弁）小弁へのアクセスルート

5. 4 現場作業を困難にした要因

余震、津波のリスク、津波ガレキによる屋外作業への障害のほか、全交流電源の喪失による照明類の喪失等により、作業の困難さが増加しました。



道路の陥没等

歩くだけでも危険な箇所
夜は特に危険

障害物の発生

アクセスは消防ホース
等を迂回。爆発後はガ
レキ、損傷した消防車
が障害物となった



当直副長の監視

当直副長席の状況。
真っ暗の状態でも全
面マスクをつけて監視

仮設計器電源

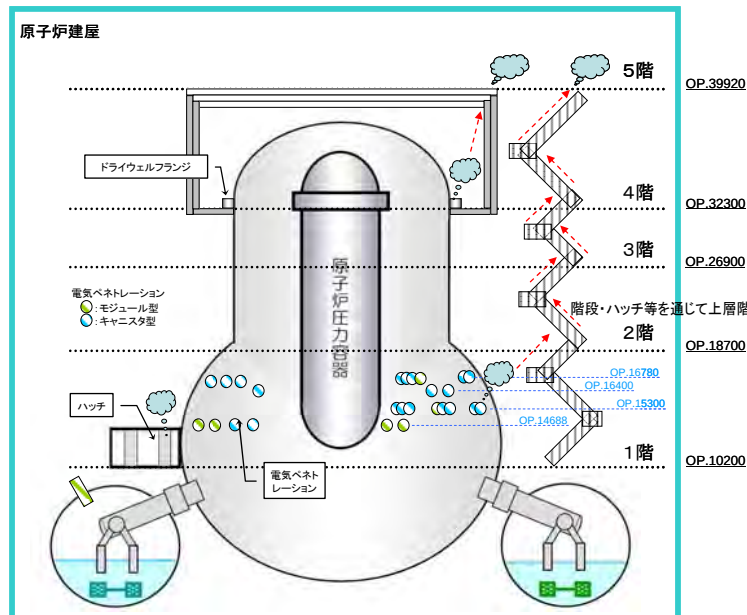
電源がないため、仮
設バッテリー等をつ
ないで計器用電源と
して使用



5. 5 水素爆発の要因等

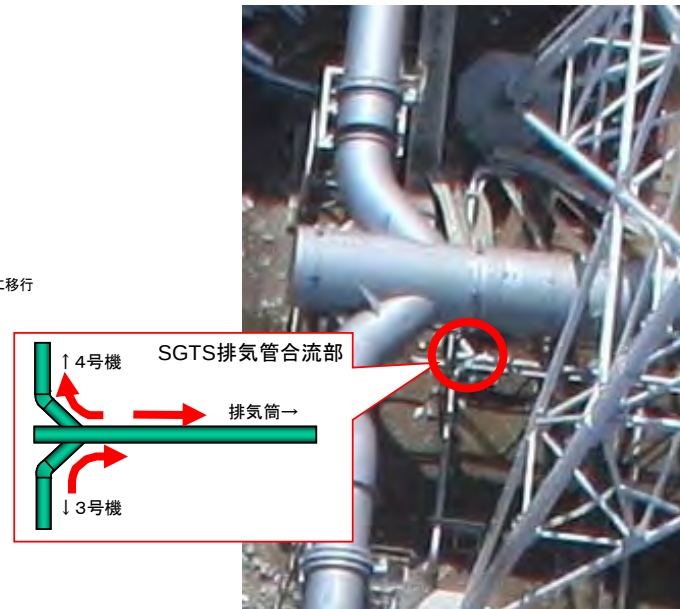
福島第一原子力発電所で発生した水素爆発に関し、以下の通り評価しました。

- 1号機，3号機：原子炉の冷却ができなくなり燃料が損傷し、これに伴い水素が発生し格納容器内に滞留、この水素が原子炉建屋へ漏えいし、爆発
（不活性ガス（窒素）封入が機能したため、格納容器での爆発に至らなかったと推定）
- 4号機：隣接する3号機のベント時に水素ガスが非常用ガス処理系（SGTS）配管を通じて回り込んで滞留し、爆発
- 2号機：建屋最上階のブローアウトパネルが1号機の爆発の際に開放されたことにより、2号機建屋内の換気が促進されたため、爆発に至らなかったものと推定



推定漏洩経路はシステム構成の違いにより、1号機と3号機で若干異なる可能性あり。

1・3号機 漏えい経路イメージ



4号機 非常用ガス処理系（SGTS）配管



2号機 ブローアウトパネルの開放状況

5. 6 アクシデントマネジメント（AM）対策の経緯

設計基準事象を超える事故に対するアクシデントマネジメント対策を国の指針に基づき整備していましたが、事故の拡大を防止することはできませんでした。

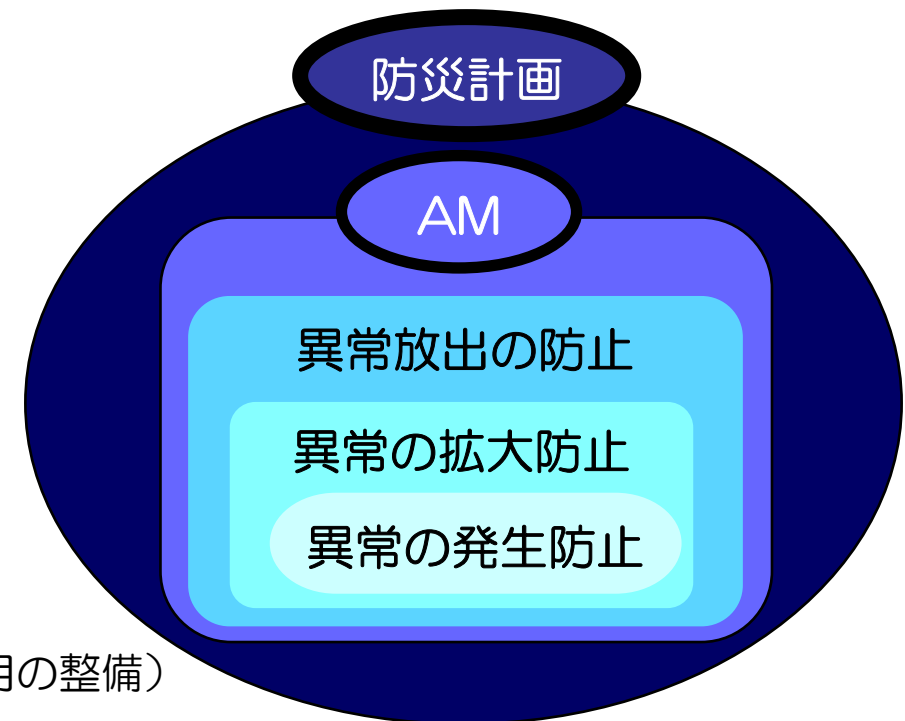
- シビアアクシデント*対策としてのアクシデントマネジメント（AM）に関する報告書（1992年3月，原子力安全委員会）
*：設計基準事象を超える事象

- AM指針（1992年5月，原子力安全委員会）
：事業者の自主的な取り組みとして奨励

- AMの進め方（1992年7月，通産省（当時））
：事業者に対しAMの整備の検討を要請

- 当社での対応（AM設備、手順書・教育等の運用の整備）
 - ・ AM検討報告書（1994年3月）
 - ・ AM整備報告書（2002年5月）

- 規制側における評価
 - ・ AMの整備結果に関する評価報告書（2002年10月）
→原子炉施設の安全性を更に向上させるという観点から有効であることを確認

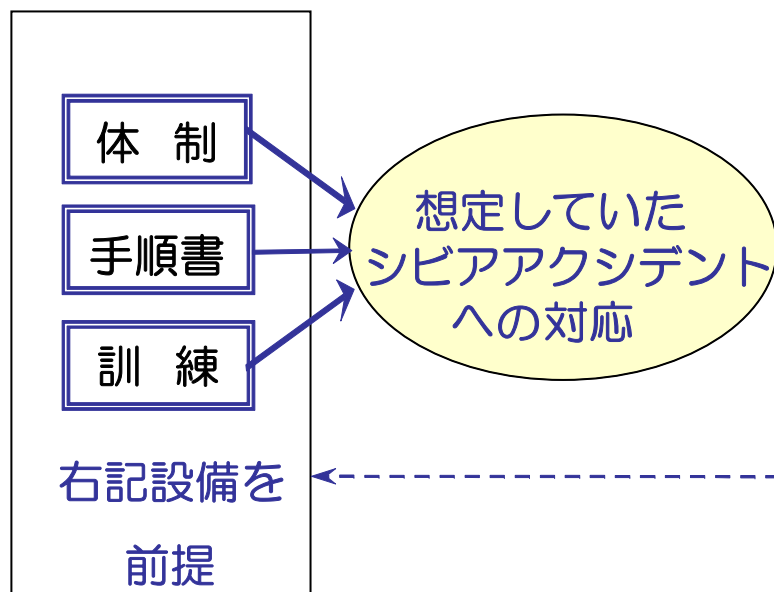


INSAG-12「原子力発電所の基本安全原則」，IAEA（1999）

5. 7 AM対策と福島事故

津波の影響により想定した事故対応の前提を大きく外れる事態となり、これまでの安全への取り組みだけでは事故の拡大を防止することができませんでした。

【AM対策】



設 備

【原子炉/格納容器への注水】

- ・ 通常注水系（給復水系）
- ・ 原子炉隔離時冷却系（RCIC）
- ・ 非常用炉心冷却系
- 代替注水設備
 - CRD、SLCからの注水
 - MUWC、FPからの注水

【格納容器からの除熱】

- ・ 格納容器スプレイ
- 格納容器ベント
- 代替除熱の利用

【サポート機能（電源供給）】

- ・ 電源の融通（高圧）
 - 電源の融通（低圧）
 - 非常用電源の追設
- （○：H6～14整備のAM設備）

【今回の事態】

今回の
津波

ほぼ全ての機器が
機能喪失

CRD：制御棒駆動系
SLC：ホウ酸水注入系
MUWC：復水補給水系
FP：消火系

取り組みの前提を大きく外れる事態 ←

5. 8 福島事故での A M 設備の活用状況

福島第一では、事故の拡大は防止できませんでしたが、中越沖地震の教訓から配備した消防車を用いて消火系ラインを使用する等、AM策整備による知識を活用した臨機の応用動作で対応し、福島第二ではAM策そのものを有効に活用しました。

機 能	概 要	福島第一1～3号機のAM活用状況	福島第二1号機のAM活用状況
1. 原子炉の停止	①再循環ポンプトリップ (RPT) ②代替制御棒挿入 (ARI)	－： (全制御棒全挿入)	－
2. 注 水	①代替注水 (既設の補給水系、消火系等からの注水)	○：AM用の接続口から注水 △：消防車を利用 (電源喪失により補給水系は使用不能)	○
	②原子炉減圧の自動化	×：電源喪失に伴い手動で実施	－
3. 格納容器除熱	①ドライウェルクーラ等による代替除熱 ②格納容器冷却系の復旧	×：電源喪失により使用不能	○
	③耐圧強化バント	△：手動で実施 (2号機はラプチャーディスク※1の作動に至らず)	－ (ライク構成は実施)
4. 安全機能のサポート	①電源の融通	×：隣接プラントも電源喪失のため使用不能 (5号機で活用)	○
	②非常用ディーゼル発電機の復旧	×：冷却系及び給電系が機能喪失	－
	③非常用ディーゼル発電機の専用化	－： (専用化は実施済)	－

－：対象外 ×：活用できず △：一部活用 ○：活用

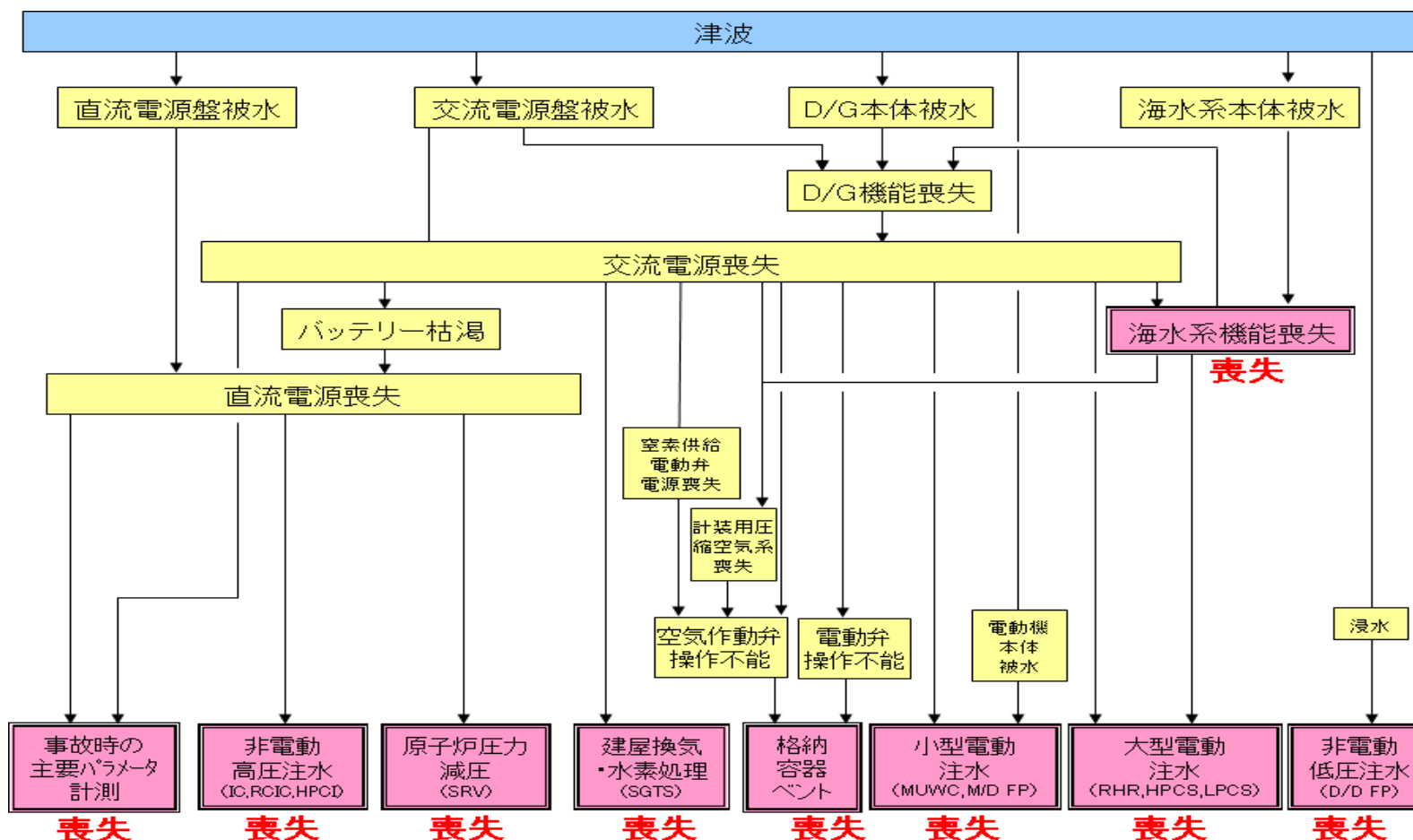
※1：あらかじめ決められた設定圧力で作動する安全装置。破裂板。

6. 明らかになった課題と今後の対応方針

6. 1 設備・機能上の課題

今回の事故は津波による浸水を起因として、多重の安全機能を同時に喪失したことによって発生しました。「長時間におよぶ全交流電源と直流電源の同時喪失」と「長時間におよぶ非常用海水系の除熱機能の喪失」が最も重大な問題点でした。

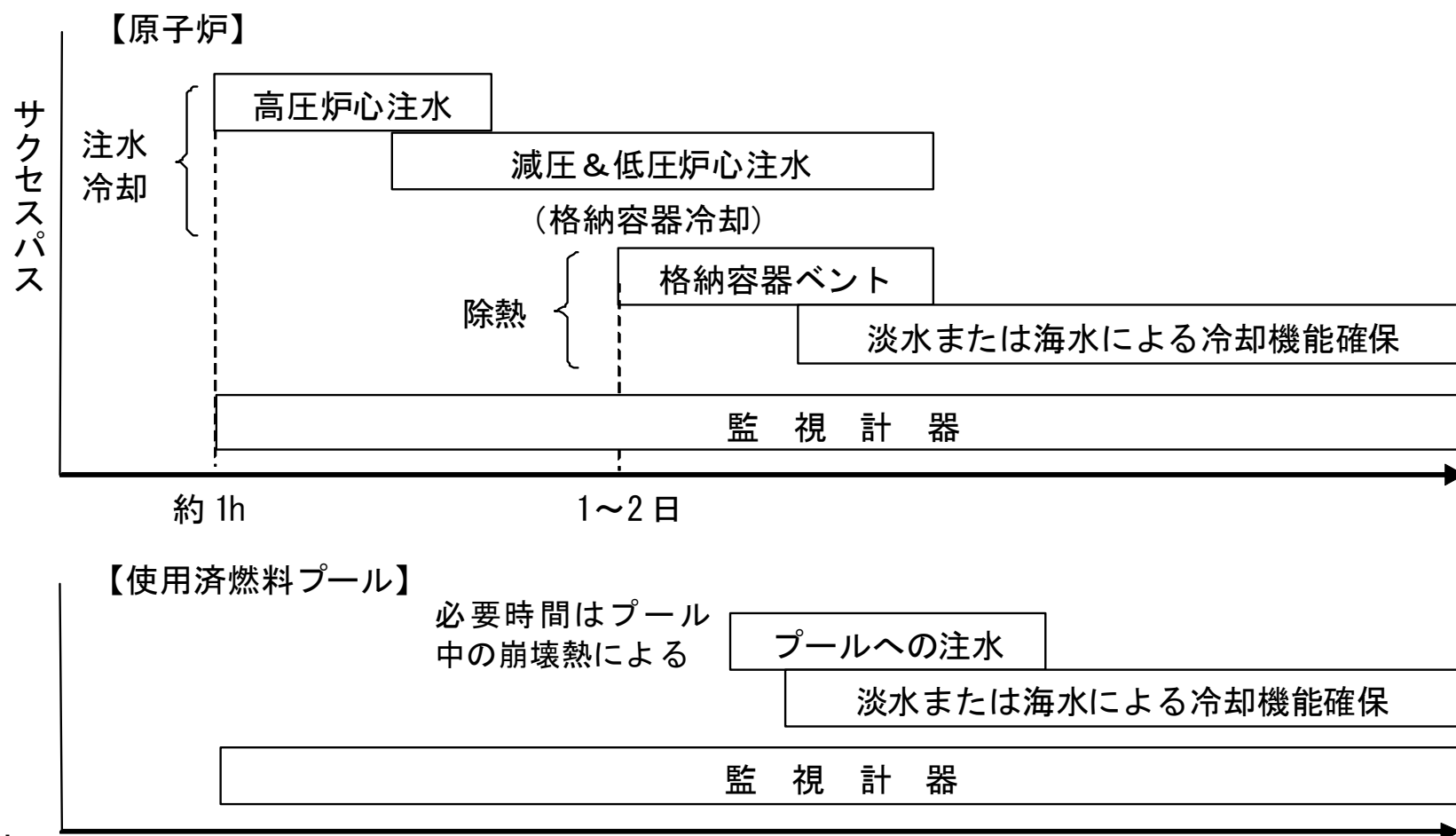
炉心の損傷防止・影響緩和に重要な機能の喪失に至った要因



6. 2 事故時のプラント挙動からの課題

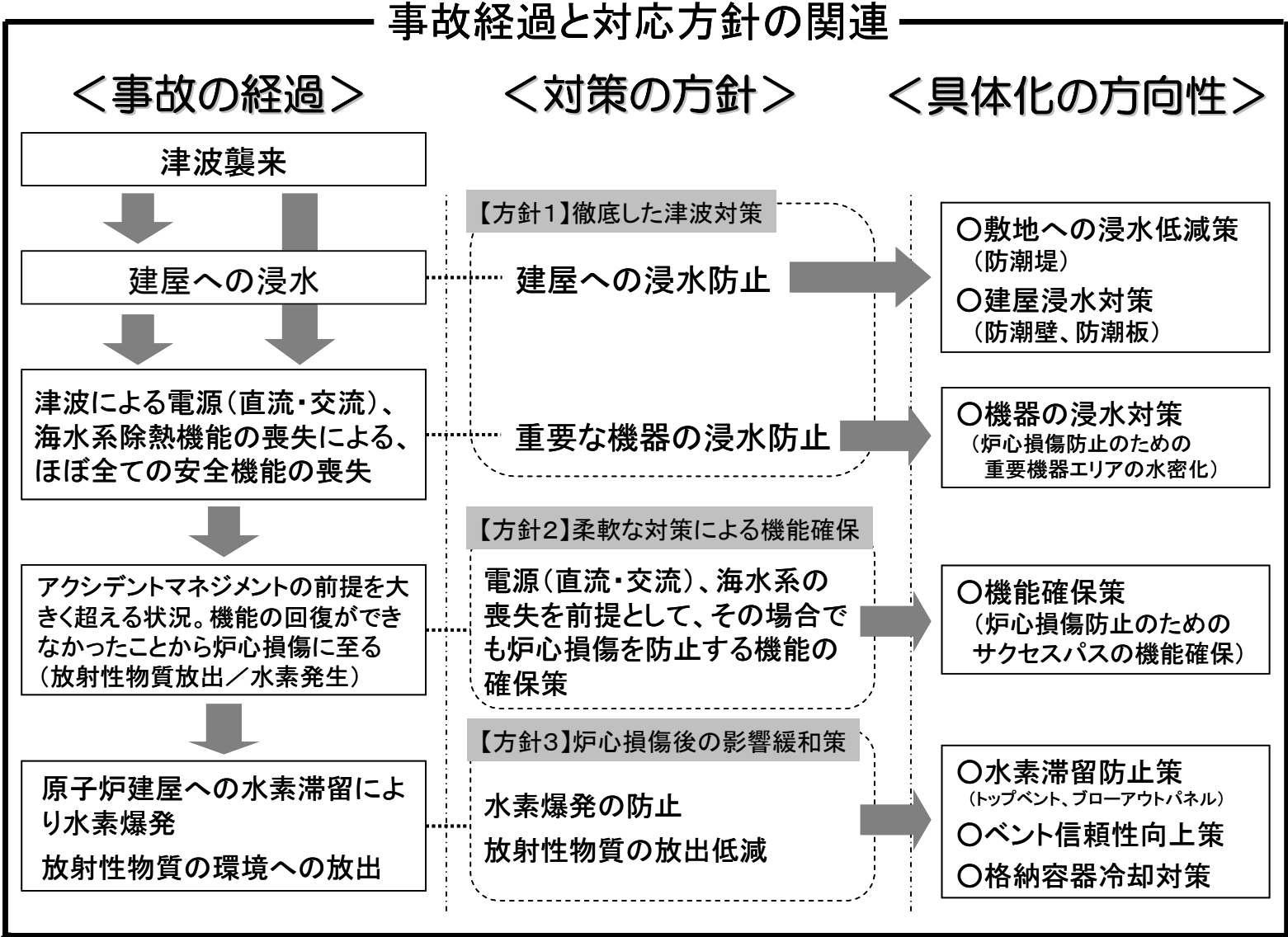
全電源が失われても、炉心損傷を防止するために、原子炉及び使用済燃料プールの冷却・除熱を成功させる道筋（サクセスパス）を確実に実行できる準備を十分にしておくことが重要と考えています。

原子炉及び使用済燃料プールの冷却・除熱に関するサクセスパス



6. 3 炉心損傷防止のための対応方針

抽出された課題を踏まえ、炉心損傷防止のための対応方針を整理しました。



Ⅱ． 柏崎刈羽原子力発電所の地震 および津波対策について

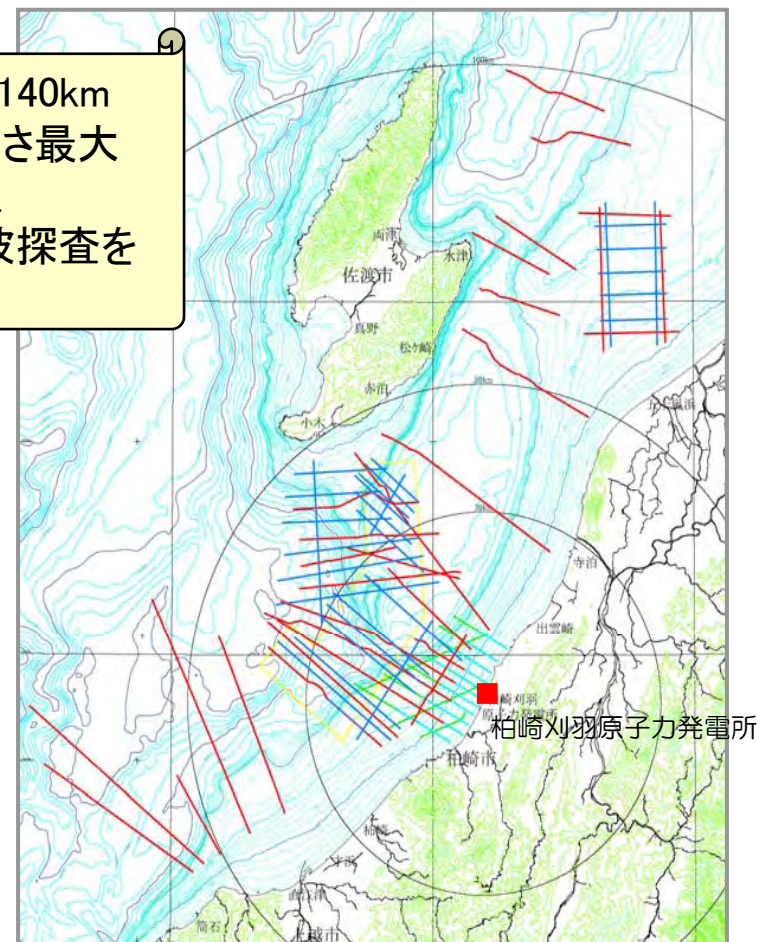
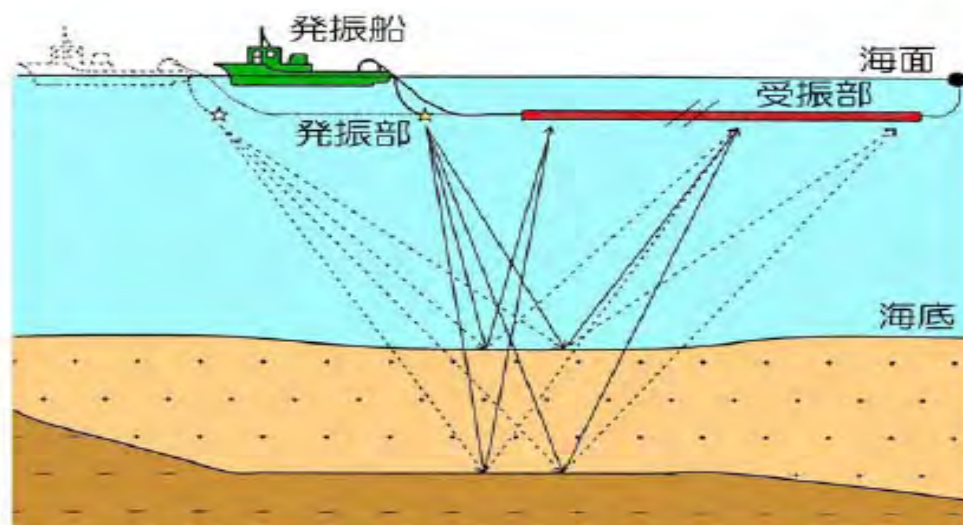
1. 柏崎刈羽原子力発電所の地震対策

1. 1 発電所周辺の断層調査＜海 域＞

柏崎刈羽原子力発電所では、中越沖地震の知見を活かし、より確実な地震対策を講じるため、発電所周辺海域の断層調査を実施しました。



海岸線と平行方向に約140km
沖合方向に約50km、深さ最大
約5kmの範囲において、
延べ3220kmの海上音波探査を
実施

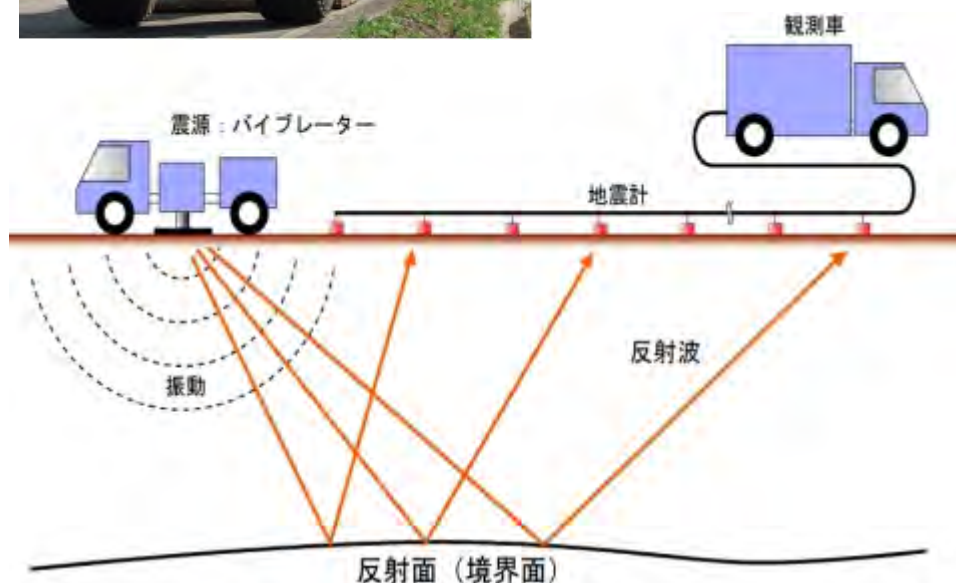


1. 1 発電所周辺の断層調査＜陸 域＞

また、海域と同様に、発電所周辺の陸域についても断層の調査を実施しました。



発電所から半径30km、深さ最大約4km
長岡平野西縁断層帯を含む範囲にお
いて、延べ260kmの地下探査を実施



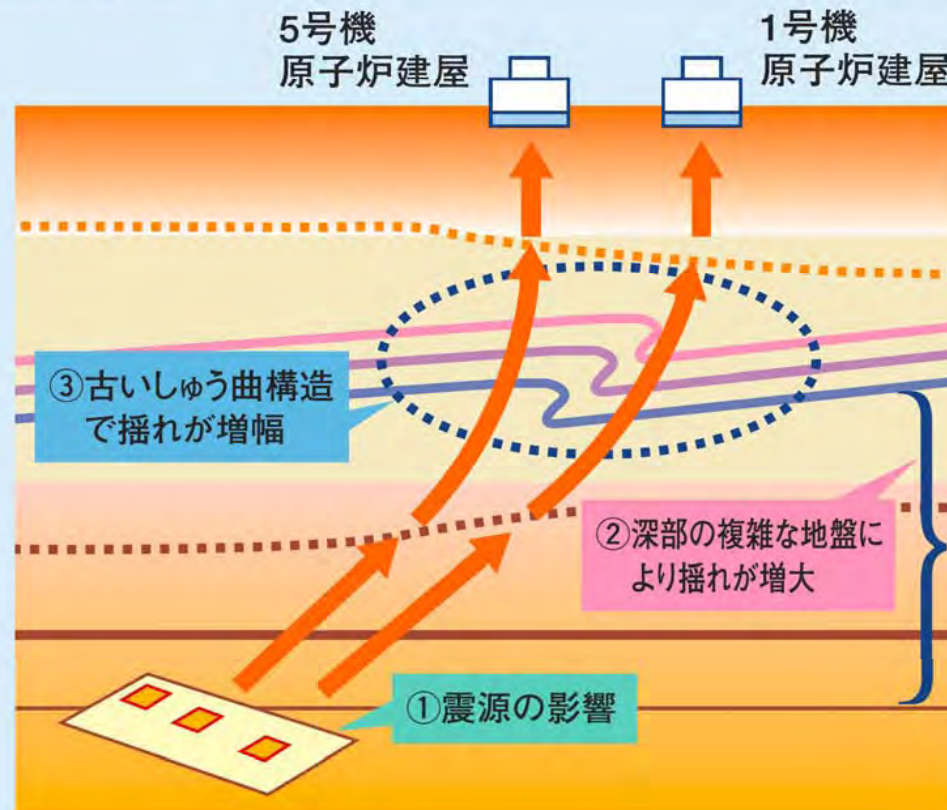
1. 2 耐震設計に用いる地震動（基準地震動）の見直し

また、発電所地下深部の特殊な構造による揺れの増幅も考慮して基準地震動が策定できるよう評価を行うこととしました。

新潟県中越沖地震の揺れの特徴

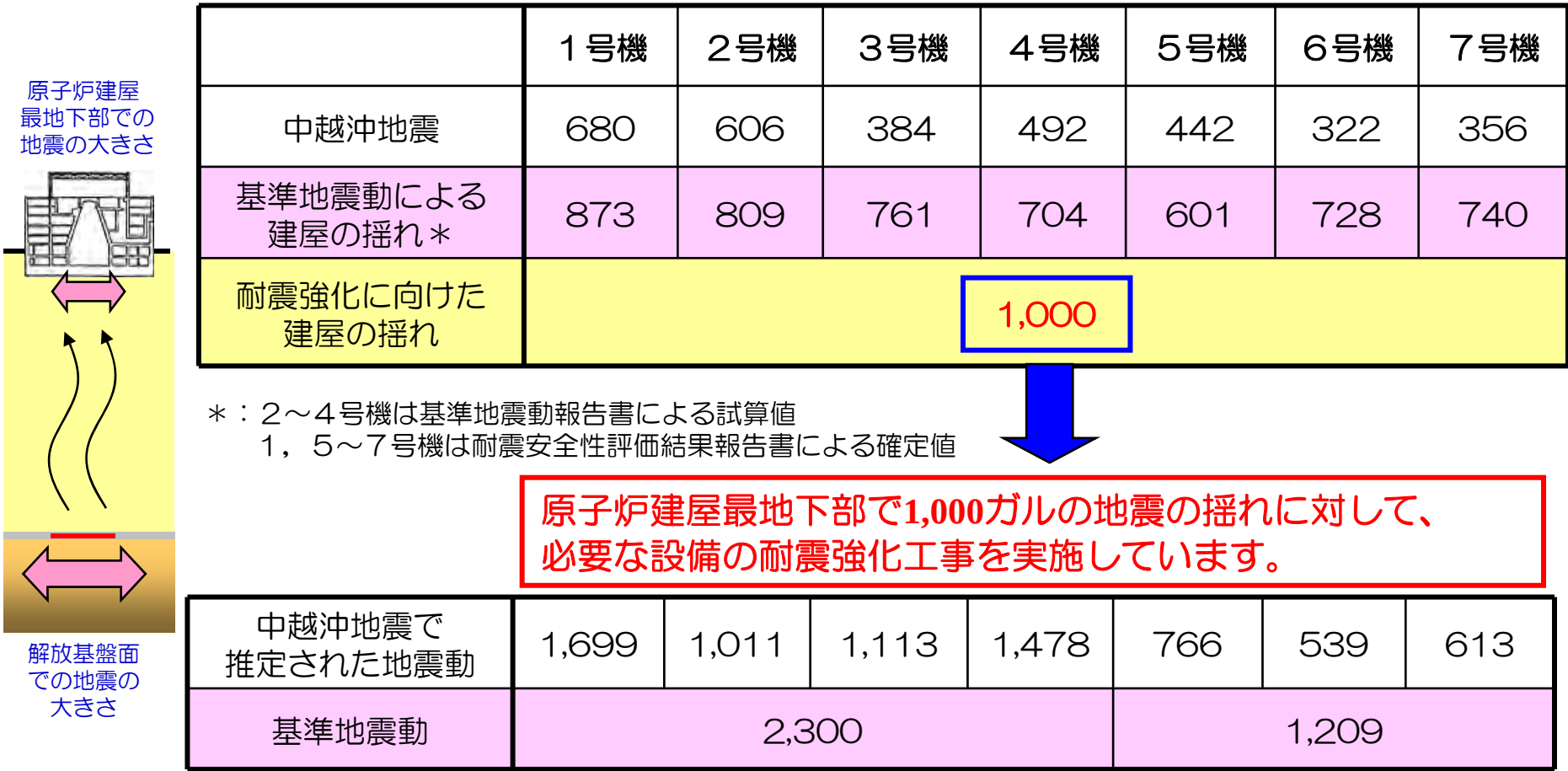
新潟県中越沖地震の揺れが大きくなったこと、また、1～4号機（荒浜側）が5～7号機（大湊側）に比べて、大きな揺れを観測した要因は次の3つと考えています。

- ①震源において同規模（マグニチュード6.8クラス）の地震より強い揺れを生じた地震であった。
- ②地震の揺れが地盤深部の複雑な形状を通過する間に、揺れが増幅された。
- ③1～4号機側では敷地地盤の古い「しゅう曲構造」により、地震の揺れが集中し、敷地への影響が大きくなった。（今回の地震と過去の海域で発生した地震を調べると、1～4号機側の方が5～7号機側に比べておよそ2倍の大きさであった。）

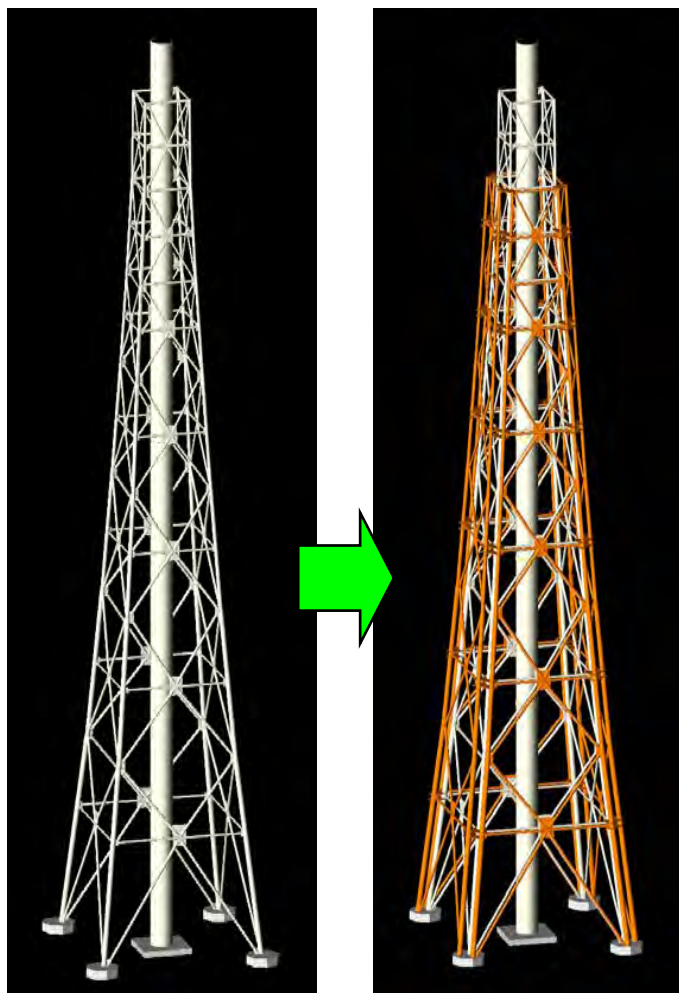


1. 2 耐震設計に用いる地震動（基準地震動）の見直し

以上の調査結果を基に新たな基準地震動を策定し、これを上回る揺れに対しても十分耐えられるように、安全系設備に対する耐震強化工事を実施しています。



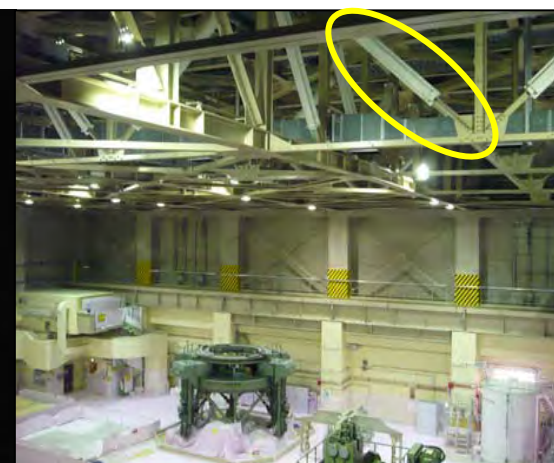
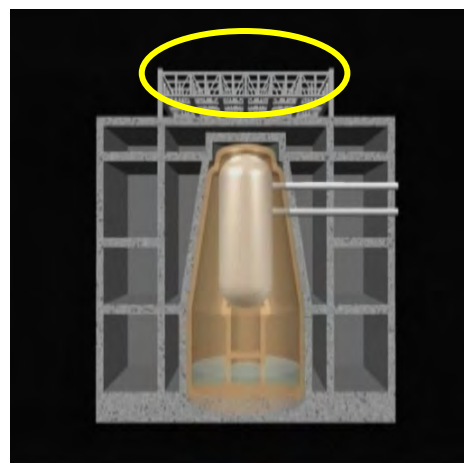
1. 3 新たな基準地震動に基づく耐震強化工事＜施工例＞



主排気筒支柱の追加（3号機の例）



配管サポートの追設（5号機の例）



原子炉建屋屋根トラス支柱の追加（5号機の例）

1. 3 新たな基準地震動に基づく耐震強化工事＜進捗状況＞

(平成24年2月16日現在)

項 目	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
配管等 サポート	完了 (平成21年12月9日)	実施中	完了 (平成23年1月31日)	実施中	完了 (平成21年12月3日)	完了 (平成21年1月19日)	完了 (平成20年11月3日)
原子炉建屋 屋根トラス	完了 (平成21年7月13日)	完了 (平成21年8月21日)	完了 (平成21年7月7日)	完了 (平成21年9月7日)	完了 (平成21年5月22日)	完了 (平成20年10月24日)	完了 (平成20年9月30日)
排気筒	完了 (平成21年12月10日)		完了 (平成22年6月29日)	完了 (平成22年6月29日)	完了 (平成22年1月14日)	完了 (平成20年10月29日)	完了 (平成20年10月16日)
原子炉建屋 天井クレーン	完了 (平成21年10月15日)	完了 (平成23年4月15日)	完了 (平成22年8月27日)	完了 (平成22年12月20日)	完了 (平成21年8月28日)	完了 (平成21年1月12日)	完了 (平成20年10月27日)
燃料取替機	完了 (平成21年10月10日)	完了 (平成23年4月26日)	完了 (平成22年9月3日)	完了 (平成23年3月4日)	完了 (平成21年9月24日)	完了 (平成21年1月25日)	完了 (平成20年11月1日)
非常用取水路	完了 (平成21年12月4日)						

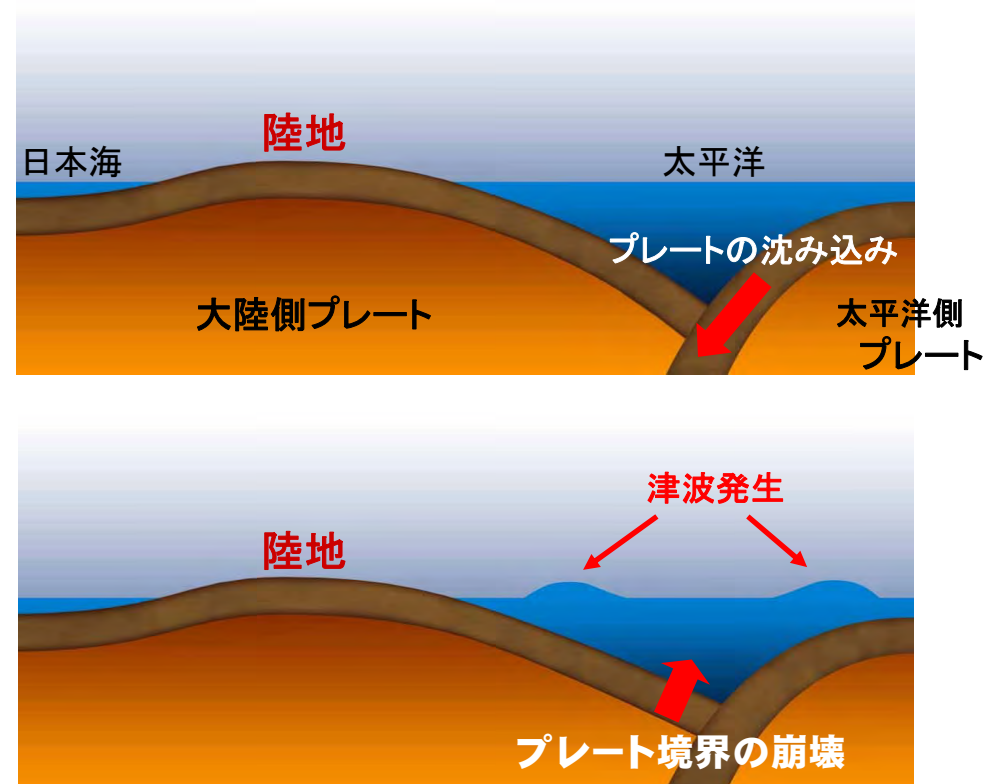
2. 柏崎刈羽原子力発電所の津波対策

2. 1 太平洋側と日本海側のプレート構造の違い

東北地方太平洋沖地震に伴う津波については、調査研究がなされていますが、現時点で言えることは、「大きなプレートの沈み込む境界」で発生した「プレート境界の地震に伴う津波」ということです。日本海側には、太平洋のような大きなプレートの沈み込む境界はなく、今回のように大きな津波が柏崎刈羽原子力発電所へ襲来することはないと考えていますが、発電所の安全に万全を期すため、徹底した津波対策を講じることとしました。



日本列島の地質編集委員会 資料



2. 2 徹底した津波対策

想定を超えた津波に対しても、発電所の安全が保てるよう
徹底した津波対策を講じます。

① 敷地内への浸水、津波の衝撃回避防止対策

- ・ 高さ海拔15mの防潮堤（堤防）の設置

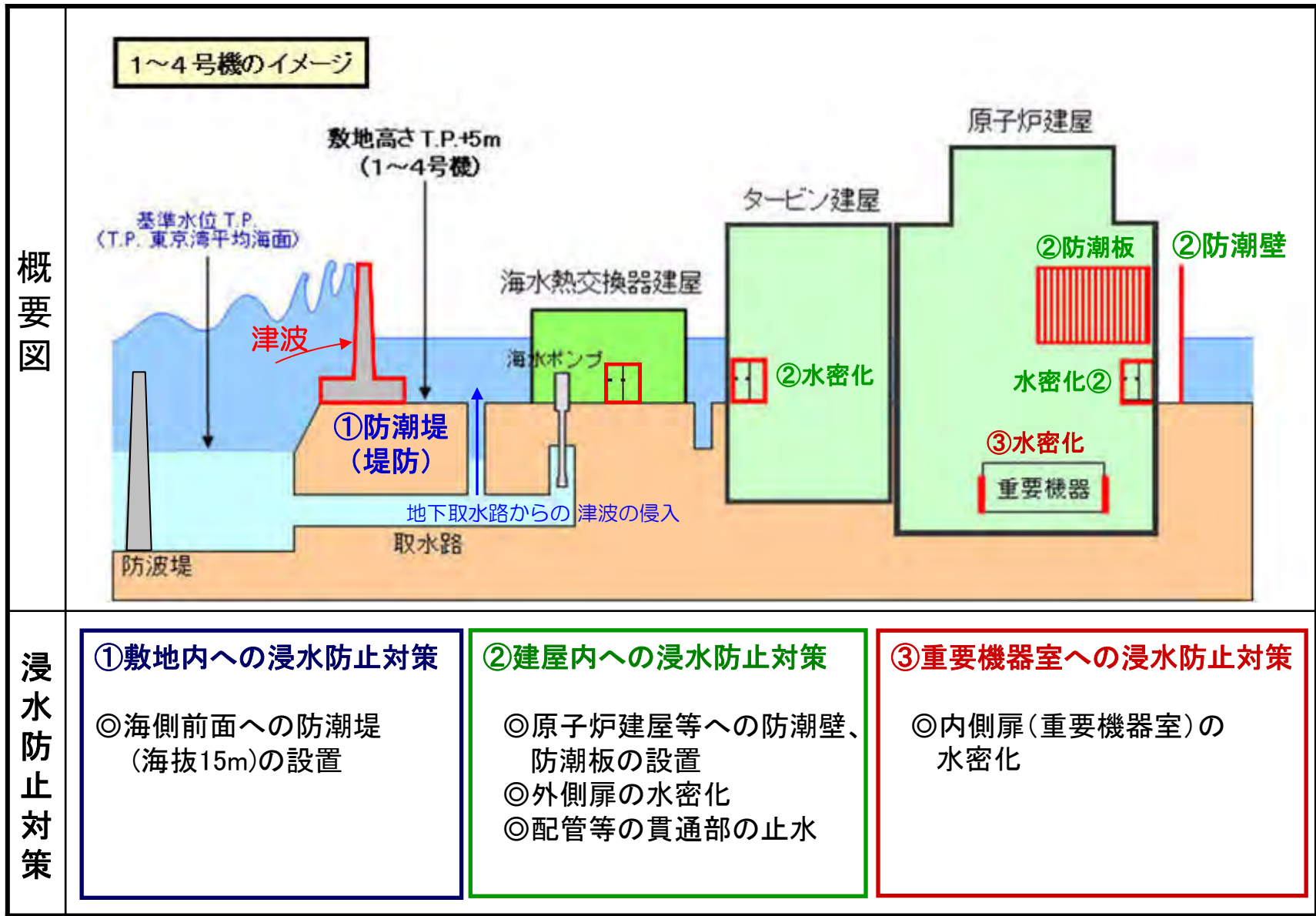
② 建屋内への浸水防止対策

- ・ 原子炉建屋への防潮壁、防潮板の設置
- ・ 建屋外壁扉等の水密化
- ・ 配管等の貫通部の止水

③ 更に、建屋内重要機器室への浸水防止対策

- ・ 非常用電気品室など、重要機器室扉の水密化

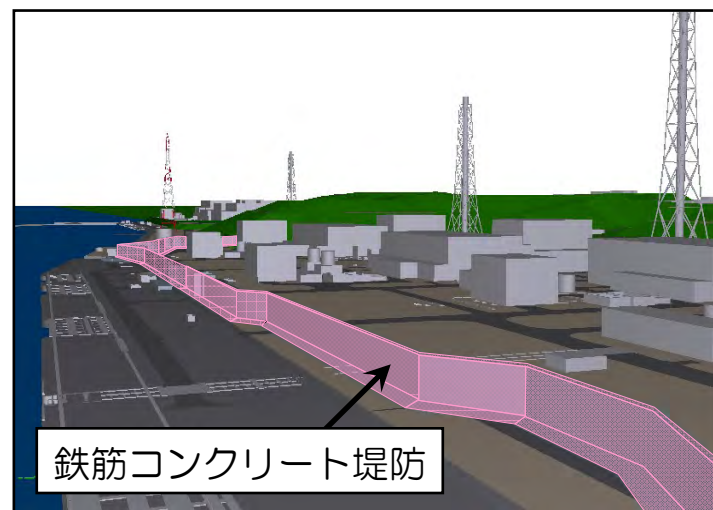
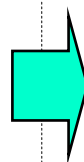
2. 2 徹底した津波対策＜概要＞



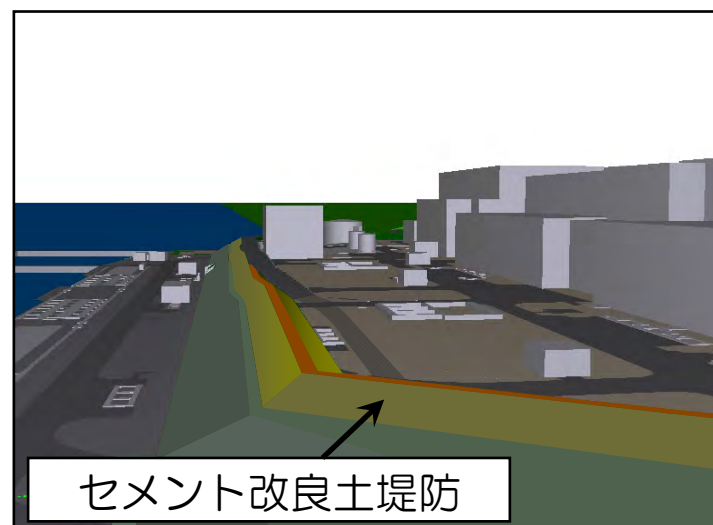
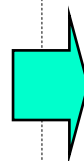
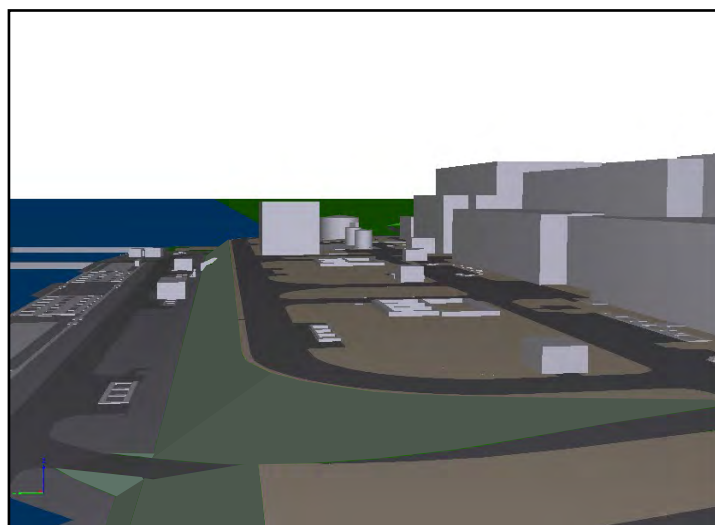
2. 3 徹底した津波対策＜敷地内への浸水防止＞

防潮堤イメージ図

1～4号機側



5～7号機側

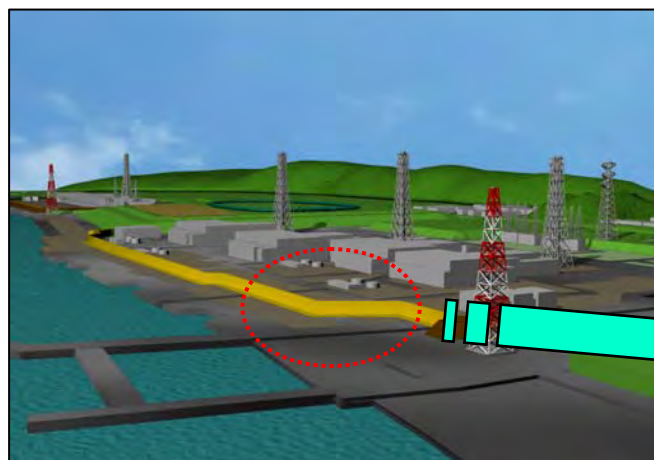


2. 3 徹底した津波対策＜1～4号機側防潮堤＞

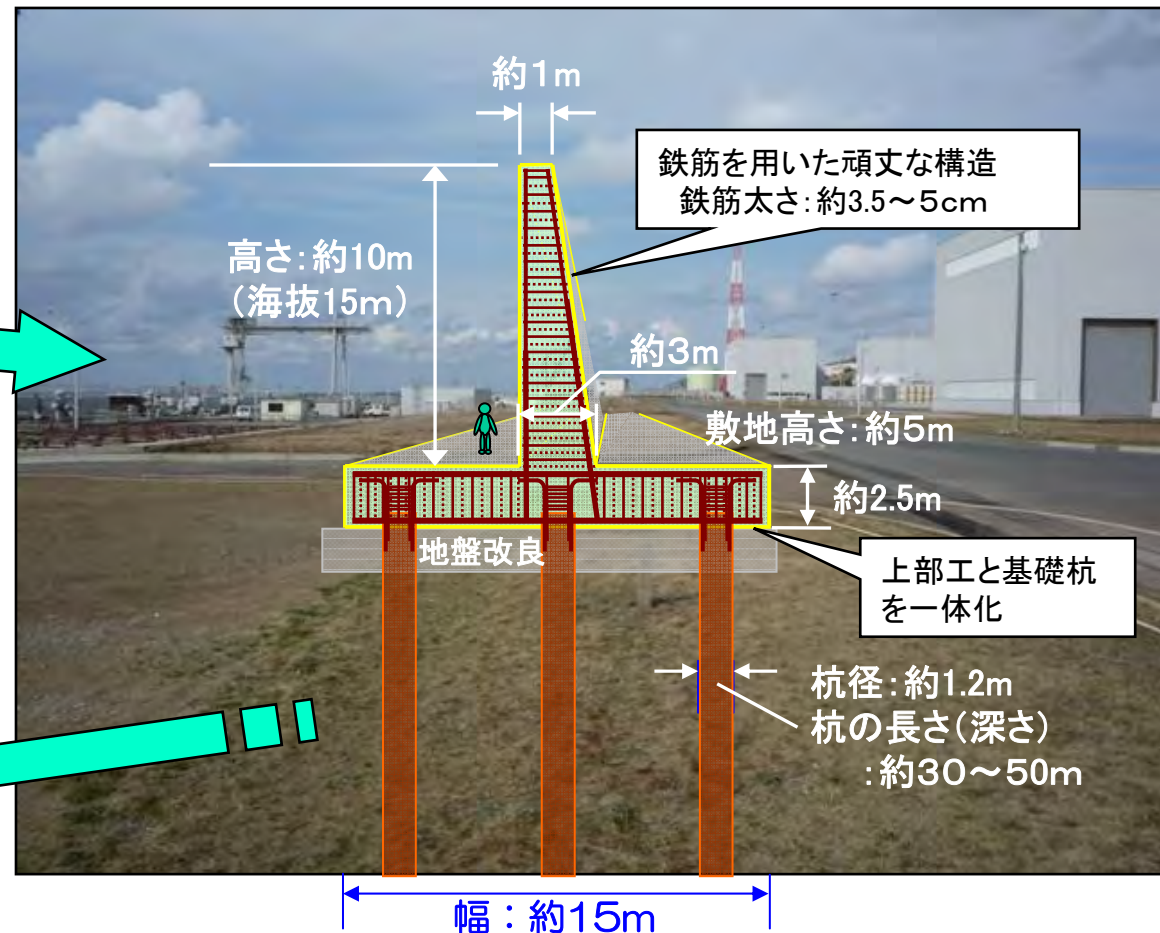
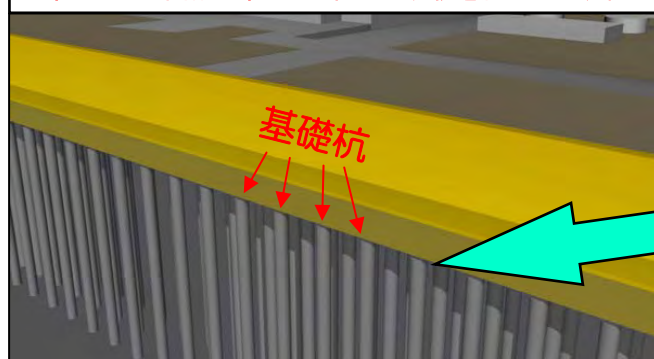
鉄筋コンクリート構造で、津波の波力や地震の揺れにも十分耐える堅牢な基礎構造の堤防を、高さ海拔約15m、全長約1000mに渡り構築します。

また、擁壁の南端はセメント改良土の盛り土により敷地高台と接続することで、堅牢な堤防としての機能を発揮します。

なお、敷地内の浸水に対しても、敷地外へ排水するための設備を備えます。

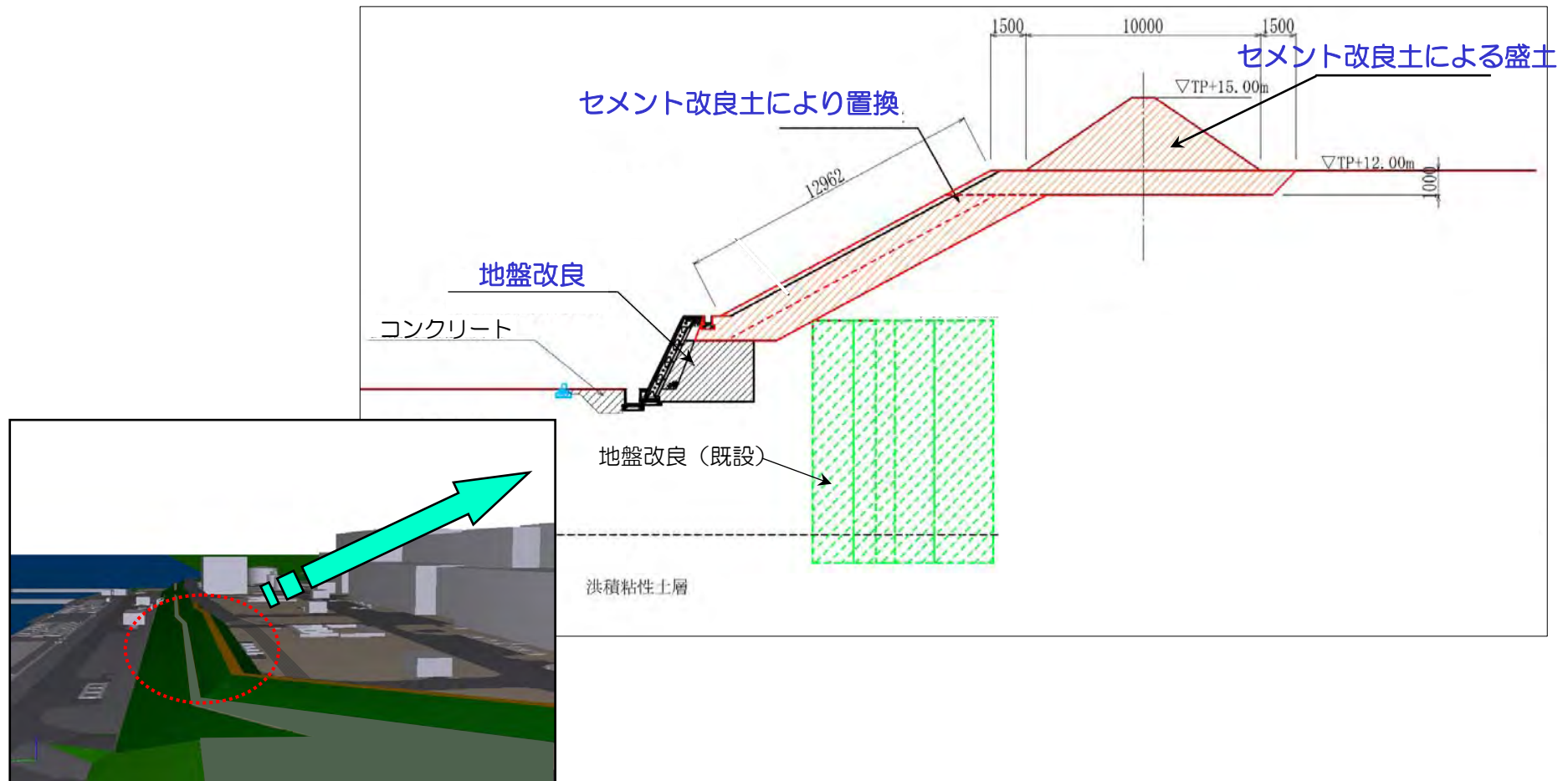


約3～4m間隔で約900本の基礎杭を施工します。



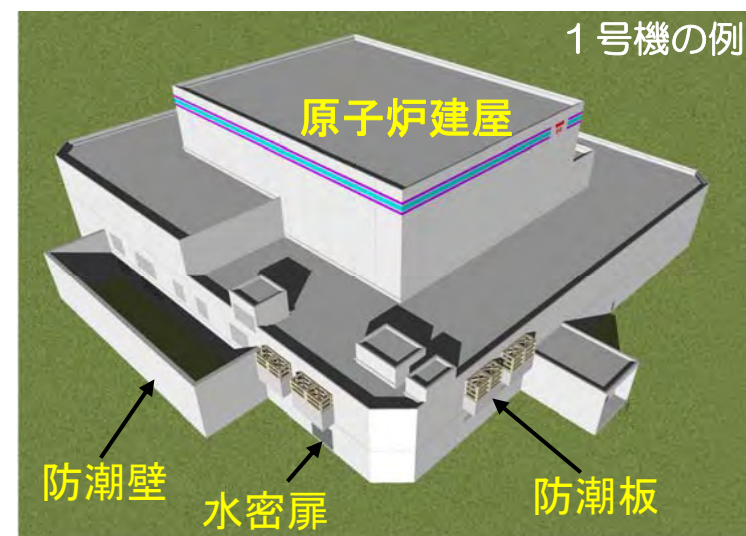
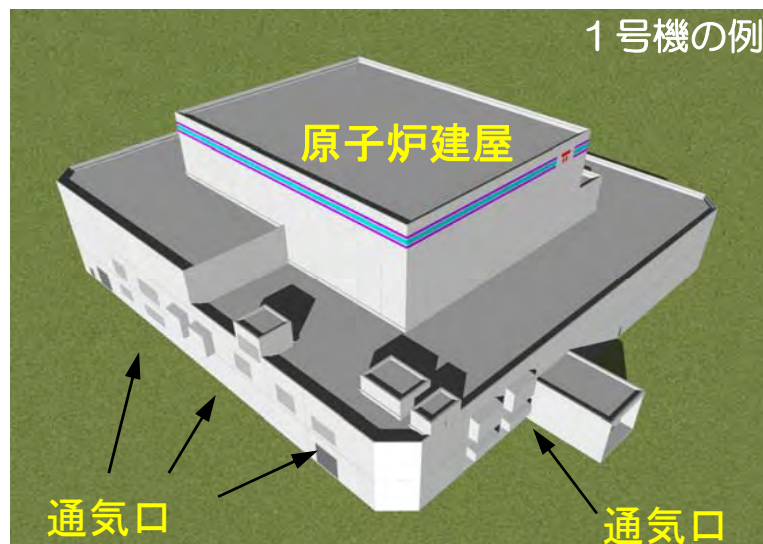
2. 3 徹底した津波対策＜5～7号機側防潮堤＞

セメント改良土により、津波の波力や地震の揺れにも十分耐える盛り土堤防を高さ
海拔約15m、全長約1000mに渡り構築し、敷地両端の高台と接続することで、
堅牢な堤防としての機能を発揮します。
なお、敷地内の浸水に対しても、敷地外へ排水するための設備を備えます。



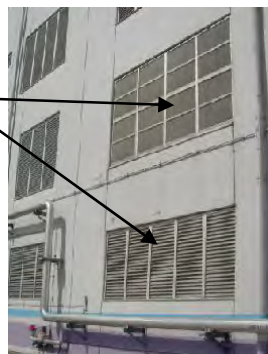
2. 4 徹底した津波対策＜建屋内への浸水防止＞

想定を超える津波が襲来し、万一、発電所敷地内が海拔15mまで冠水した場合においても、原子炉建屋外壁部の通気口等の開口部に対して防潮壁および防潮板を設置し、海水が建屋内へ浸入することを確実に防止します。（海拔15m以下の高さに開口部のある1～4号機に対して実施します。）



設置前

通気口



防潮板取付

閉鎖

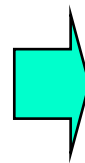
設置後



2. 5 徹底した津波対策＜重要機器室への浸水防止＞

更に、重要機器室扉の水密化を実施することにより、万一、建屋内に海水が流入した場合においても、重要機器の冠水を確実に防止します。

重要機器室の水密扉化 (1号機 原子炉隔離時冷却系ポンプ室の例)



2. 6 徹底した津波対策＜緊急時安全対策＞

様々な浸水防止対策を講じておりますが、更に、既設の電源を喪失するなどしても、発電所の安全機能が確実に機能するように、電源や注水・除熱機能を多重化・多様化して備えました。

① 機動的な緊急安全対策

- ・電源車、消防車、がれき撤去車両の高台への配備
- ・緊急対応に必要な資機材の高台への配備

② 注水除熱機能の強化

- ・代替海水熱交換器設備（1基／号機）の配備
- ・空冷式ガスタービン発電機（2台）の高台への配備とバックアップ電源設備の設置
- ・水源の多様化（約2万m³の貯水池と井戸の設置）

③ 緊急時対応訓練

- ・手順の整備
- ・訓練の実施

2. 6 徹底した津波対策＜機動的な緊急安全対策＞

設計を超える事象により、全ての交流電源を喪失したとしても、機動的な設備の備えにより炉心および使用済燃料の冷却と中央制御室監視機能が維持できるよう、下記の資機材を確保し配備しました。（今後更に追加を予定）

【車両配備】

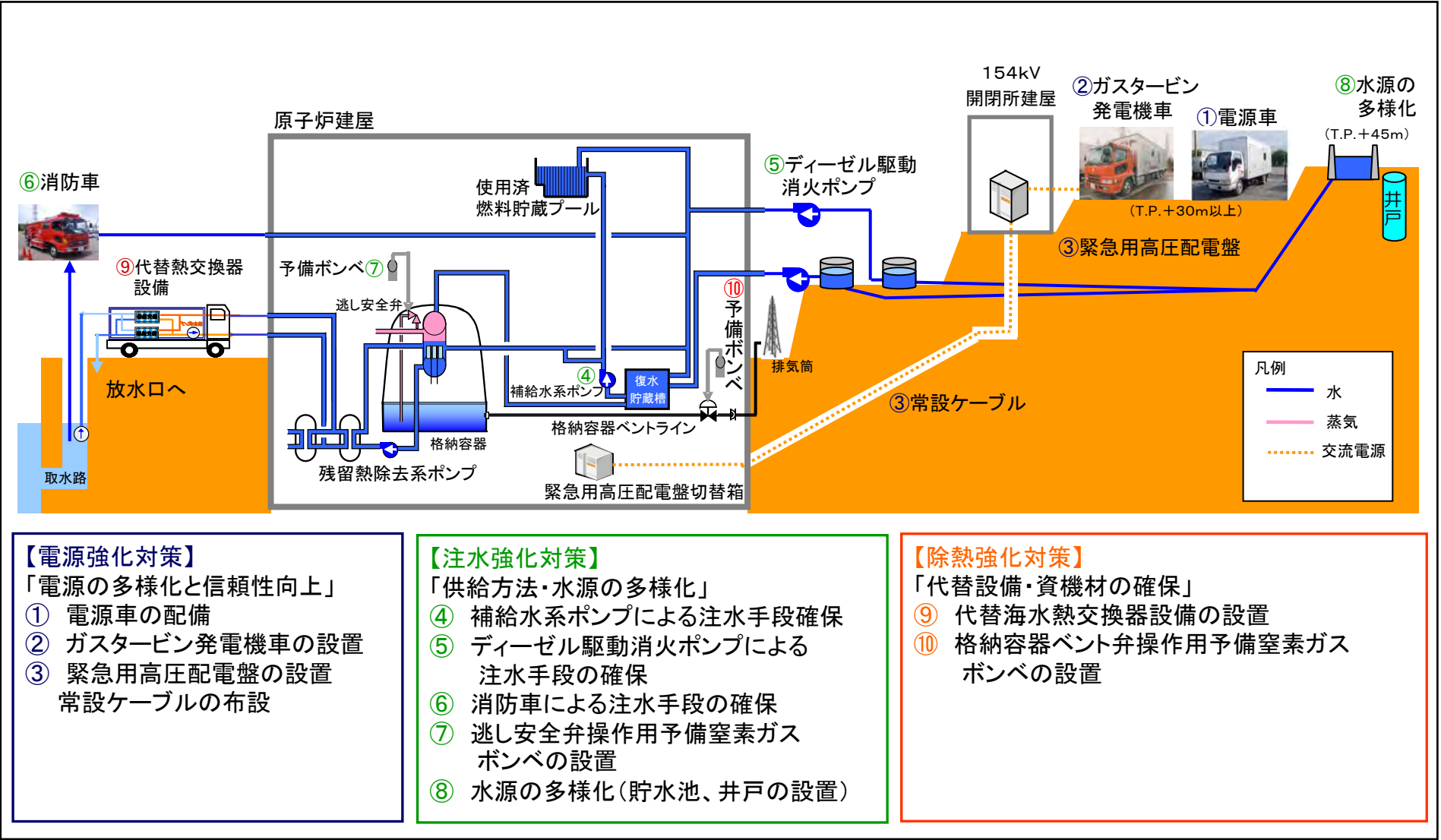
- 電源車：14台（総容量：約7000kVA）
- 空冷式ガスタービン発電機車：1台配備済、1台手配中（4500kVA／台）
- 代替熱交換器車：2台（更に追加予定）
- 消防車：8台
- がれき撤去車両：7台（ホイールローダー4台、パワーショベル3台）

【資機材配備】

- 可搬式発電機
- 電源ケーブル（電源車や可搬式発電機から配電盤や機器への電力供給用）
- 水中ポンプ（排水、除熱用）
- 仮設ホース（排水、除熱用）、消防ホース（注水用）

以上の資機材を海拔30m以上の高台に配備するとともに、緊急安全対策の手順を整備しました。

2. 7 徹底した津波対策＜電源、注水、除熱機能の強化＞

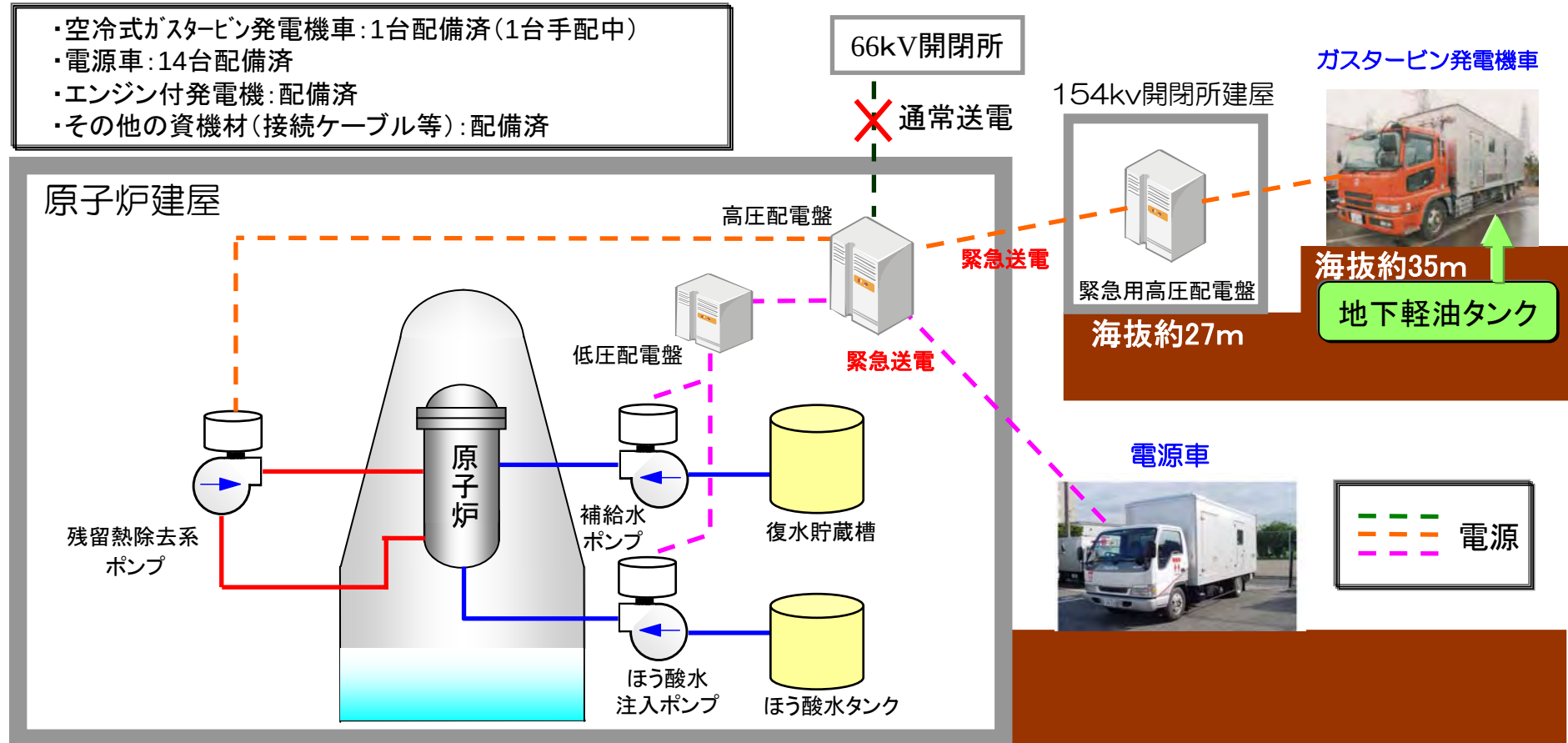


2. 7 徹底した津波対策＜電源の強化＞

【電源の強化対策例】

万一の全交流電源喪失時にも重要機器の動力が迅速に確保できるよう、電源車のみならず高台に大容量の空冷式ガスタービン発電機車等を配備しました。
また、電源の接続が迅速に行えるよう緊急用高圧配電盤の設置および常設ケーブルを布設するとともに、ガスタービン発電機車用の軽油タンクを地下に設置します。

- ・空冷式ガスタービン発電機車: 1台配備済(1台手配中)
- ・電源車: 14台配備済
- ・エンジン付発電機: 配備済
- ・その他の資機材(接続ケーブル等): 配備済

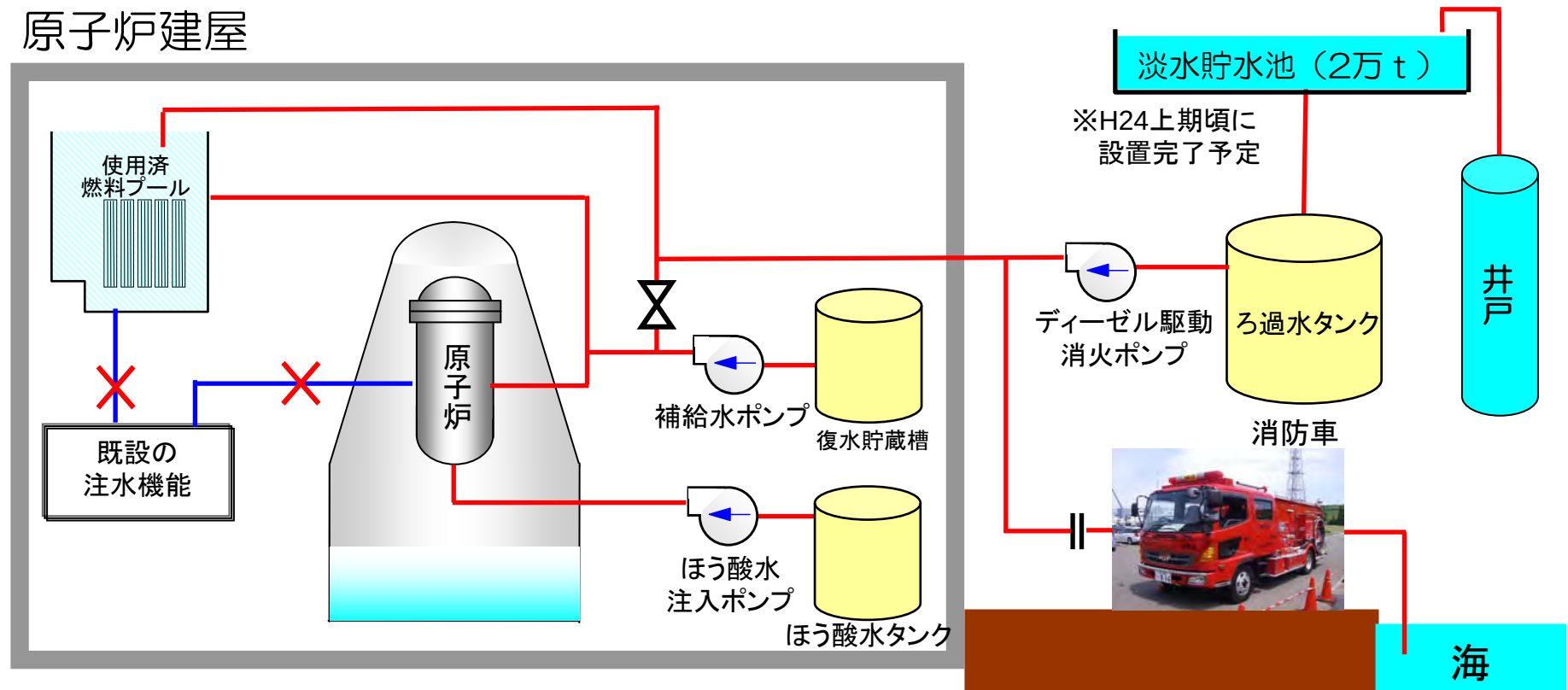


2. 7 徹底した津波対策＜注水機能の強化＞

【注水機能の強化対策例】

既設の注水機能を喪失したとしても、複数の代替注水機能を確保することにより、十分な水量で原子炉等が冷却出来るようにしています。
 今後は、海拔45mの高台に淡水約2万トンを蓄えることの出来る貯水池や給水のための井戸を設置し、冷却用淡水の安定確保を行います。

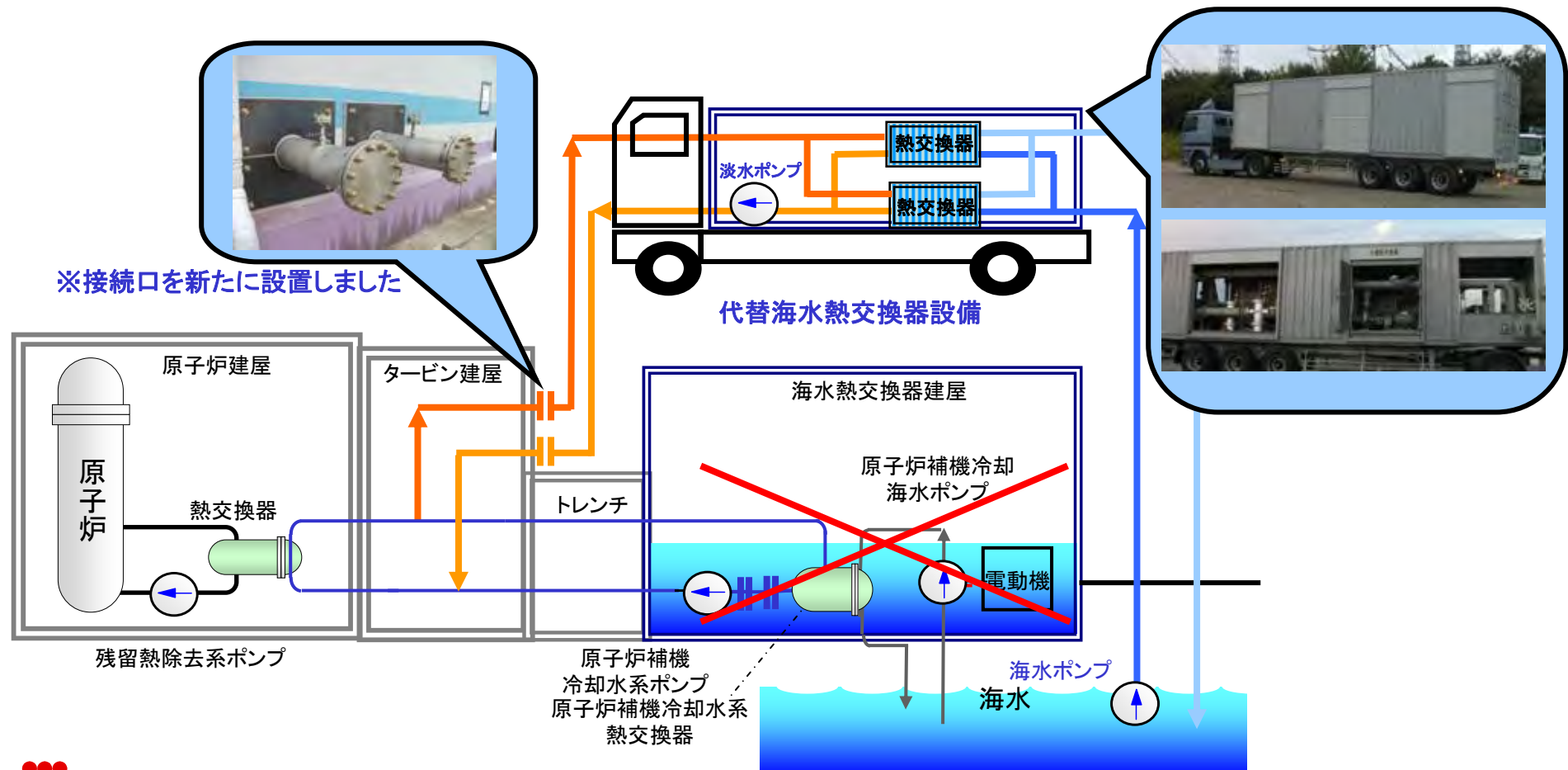
原子炉建屋



2. 7 徹底した津波対策＜除熱機能の強化＞

【除熱機能の強化対策例】

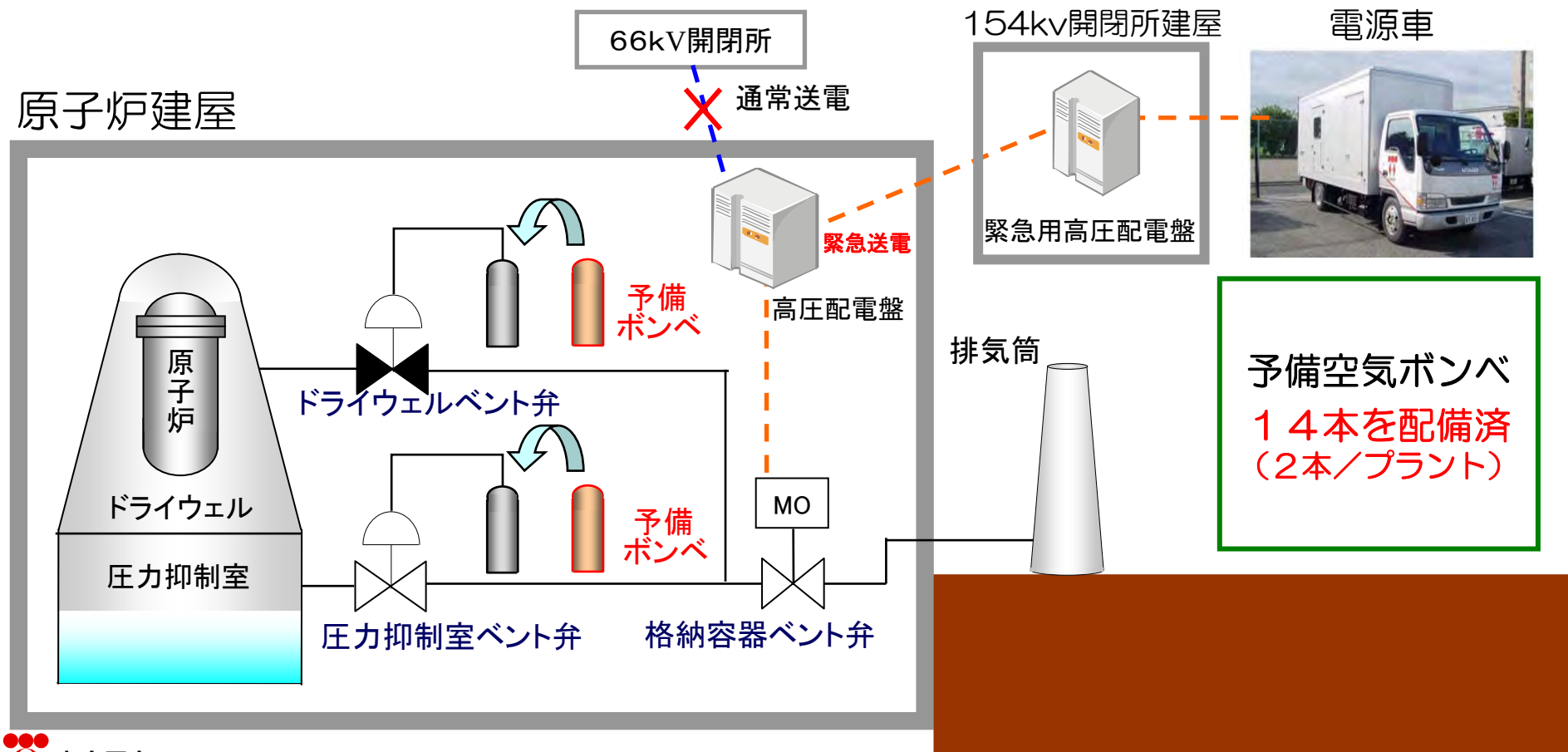
津波により海水熱交換器建屋内の機器が浸水した場合の機能喪失に備え、機動性のある代替海水熱交換器設備を高台に配備し、原子炉および使用済燃料プールの冷却に万全を期します。



2. 7 徹底した津波対策＜除熱機能の強化＞

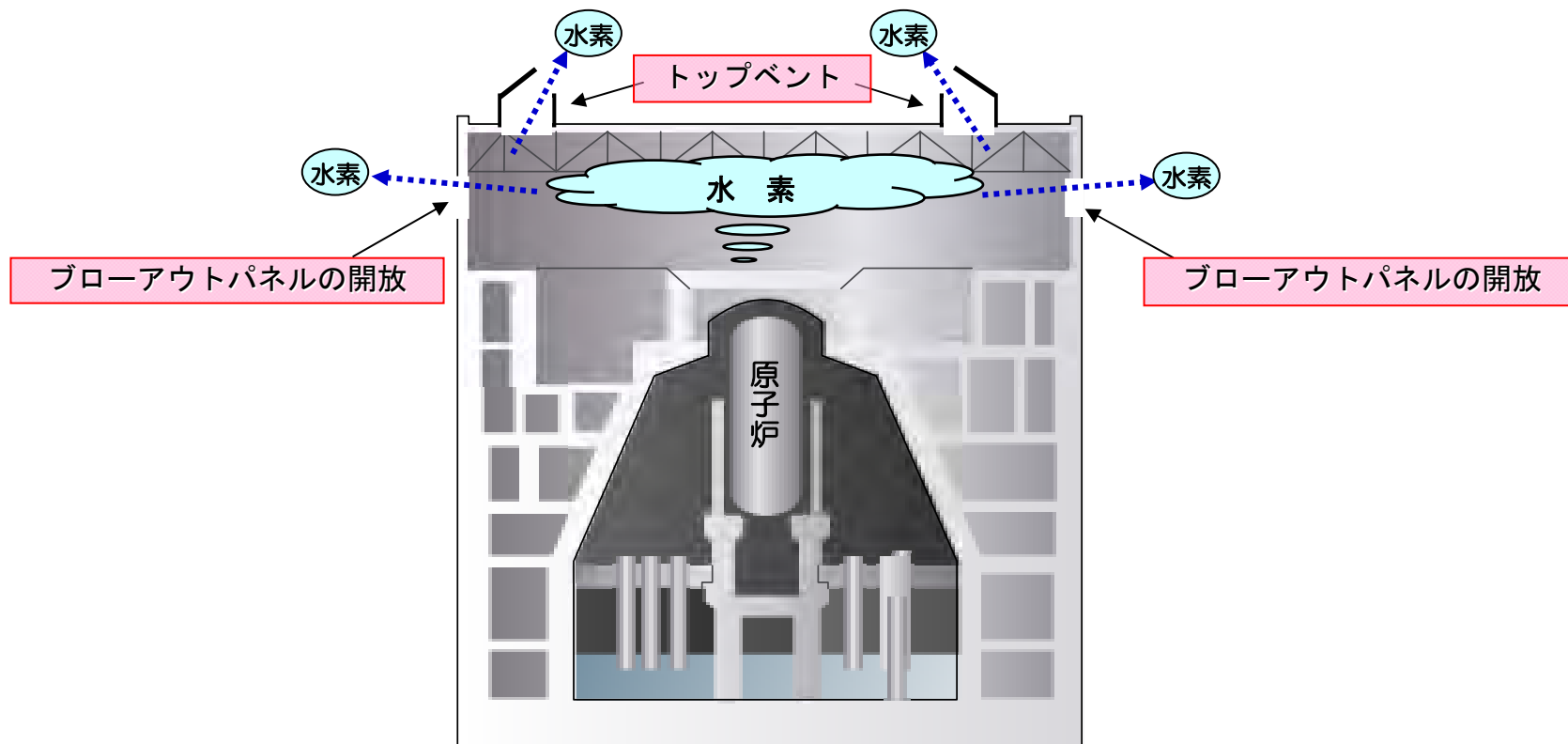
【除熱機能の強化対策例】

原子炉格納容器の健全性を維持するため、ドライウェルベント弁および圧力抑制室ベント弁の駆動源となる予備空気ポンペを確保し配備しました。



2. 8 徹底した津波対策＜影響緩和対策＞

万一、これまでご説明した全ての安全機能が機能しなかった場合をも想定し、漏れ出水素の滞留による爆発を防止するために、水素排出設備（トップベント）を原子炉建屋上部に設けます。（1・7号機は設置済）



万一の場合、既設のブローアウトパネルとともに水素を排出することで爆発を防止し、**大量の放射性物質の放出に至るような被害の拡大を防止**することが出来ます。

2. 8 徹底した津波対策＜緊急時訓練の概要＞

■ 手順の整備（実施済）

- ●福島第一の事故と同様に、津波発生後、全交流電源が喪失（外部電源、非常用ディーゼル発電機は使用不能）し、海水系ポンプは全台使用不能になった状態を仮定
- ●その状態から、原子炉への注水および冷温停止への対応および使用済燃料プールの冷却を実施する手順を整備

■ 総合訓練の実施（4回実施済。延べ約620人参加）

- ●整備した手順をもとに緊急時対応訓練を実施
- ●緊急時対策として準備した電源車等の資機材を配置し、夜間の作業確認も実施
- ●徒歩による参集においても目標時間（8時間）以内で対応準備が完了することを確認

■ その他個別訓練の実施

- ●電源車から電源盤への受電訓練
- ●トップベント及びブローアウトパネル開放訓練
- ●暗闇電源ケーブル端子作業訓練
- ●消防車操作訓練 など



【総合訓練の様子】

2. 8 徹底した津波対策＜緊急時訓練の実施＞

津波による電源機能等喪失時における対応手順を新たに策定し、配備した電源車や消防車などを用いた総合的な安全対策訓練を実施し、手順の実効性を確認しました。



緊急時対策室



消防車・電源車・瓦礫撤去車



仮設ケーブルの準備



電源車へのケーブル接続



消防ホースの注水ライン接続

2. 9 徹底した津波対策＜実施状況＞

柏崎刈羽原子力発電所における津波対策の実施状況

平成24年 2 月16日現在

項目	全体スケジュール		
	平成23年度	平成24年度	平成25年度
I. 防潮堤（堤防）の設置	設計	11月着工	H25年度第1 四半期頃完了予定
II. 建屋への浸水防止			
（1）防潮壁の設置（防潮板含む）	4月着工		H24年度下期頃完了予定
（2）原子炉建屋等の水密扉化	設計	9月着工	H24年度下期頃完了予定
III. 除熱・冷却機能の更なる強化等			
（1）水源の設置	設計	H24年 2月着工	H24年度上期頃完了予定
（2）空冷式ガスタービン発電機車等の追加配備	7月手配		H23年度下期頃配備予定
（3）緊急用の高圧配電盤の設置と原子炉建屋への常設ケーブルの布設	設計・製作	8月着工	H24年度第1 四半期頃完了予定
（4）代替水中ポンプ及び代替海水熱交換器設備の配備	設計	8月着手	H24年度上期頃完了予定
（5）原子炉建屋トップベント設備の設置	設計	10月着工	H24年度上期頃完了予定
（6）環境モニタリング設備等の増強 ・モニタリングカーの増設	設計・手配	H23年10月 配備完了	
（7）高台への緊急時用資機材倉庫の設置	設計	H24年 7月頃着工予定	H25年度第1 四半期頃完了予定

2. 9 徹底した津波対策＜実施状況＞

柏崎刈羽原子力発電所における津波対策の実施状況

平成24年2月16日現在

項目	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
I. 防潮堤（堤防）の設置	工事中				工事中		
II. 建屋への浸水防止							
（１）防潮壁の設置（防潮板含む）	工事中※ （防潮板完了）	設計中	工事中	工事中			
（２）原子炉建屋等の水密扉化	完了	設計中	設計中	設計中	工事中	工事中	完了
III. 除熱・冷却機能の更なる強化等							
（１）水源の設置	工事中						
（２）空冷式ガスタービン発電機車等の追加配備	1台配備済 1台追加手配済（H23年度下期頃配備予定）						
（３）－１ 緊急用の高圧配電盤の設置	完了						
（３）－２ 原子炉建屋への常設ケーブルの布設	完了	設計中	工事中	工事中	工事中	設計中	完了
（４）代替水中ポンプ及び代替海水熱交換器設備の配備	配備済	設計中	設計中	設計中	今定検時 配備予定	設計中	配備済
（５）原子炉建屋トップベント設備の設置	完了	設計中	設計中	設計中	今定検時 工事予定	設計中	完了
（６）環境モニタリング設備等の増強 ・モニタリングカーの増設	配備済						
（７）高台への緊急時用資機材倉庫の設置	設計中						

:設計中、準備工事中

:工事中

:完了

Ⅲ. 柏崎刈羽原子力発電所（1・7号機）の ストレステスト一次評価結果について

1. ストレステストの概要について

1. 1 ストレステストについて

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。

概要

○一次評価（→ 今回1・7号機で実施）

定期検査中で起動準備の整った原子力発電所を対象に、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を実施する。

○二次評価（→ 実施中）

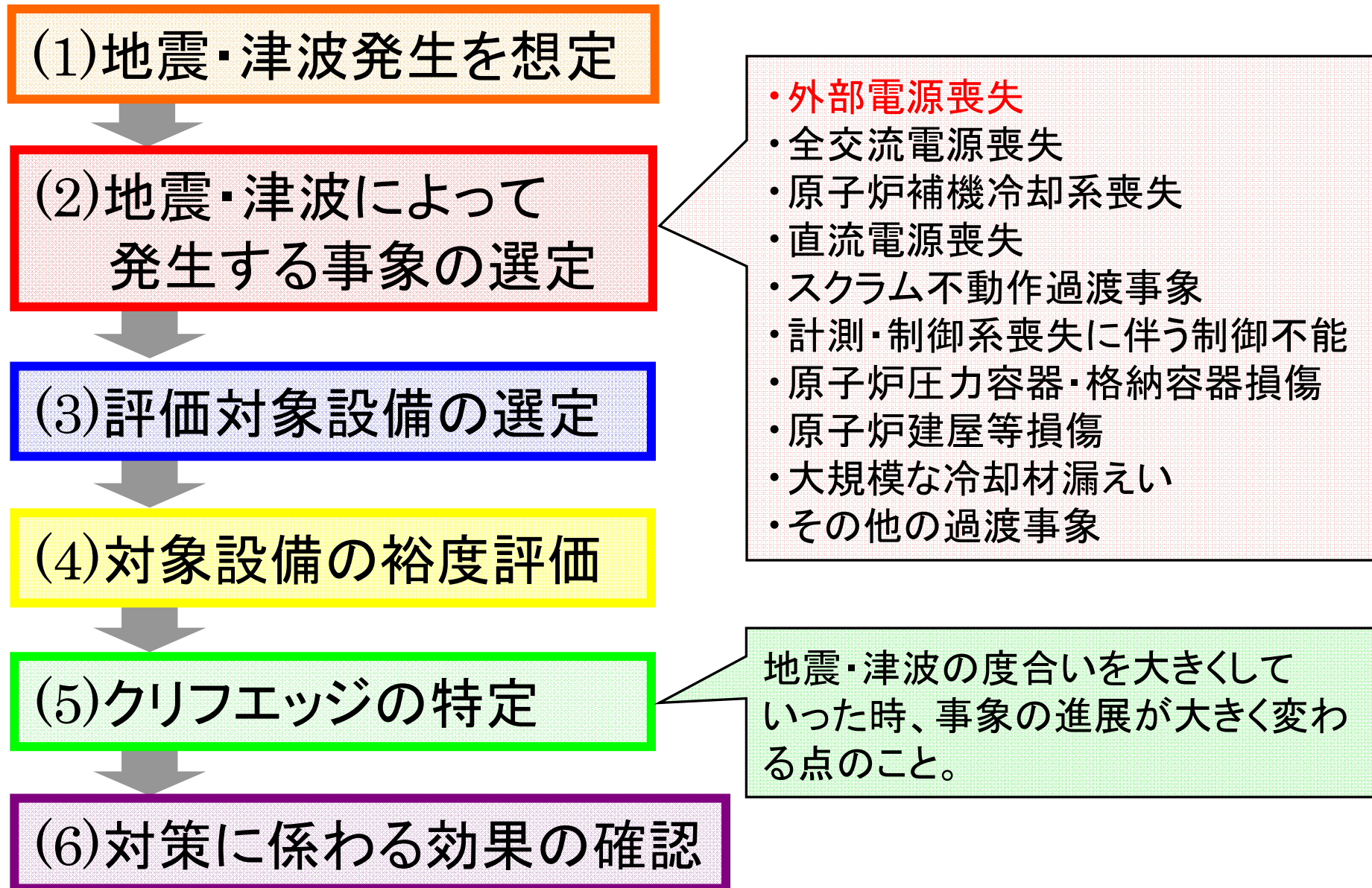
欧州諸国のストレステスト実施状況、事故調査・検証委員会の検討状況も踏まえ、稼働中の原子力発電所、一次評価の対象となった原子力発電所も含めた全ての原子力発電所を対象に、総合的な安全評価を実施する。

（H23.7.11 内閣官房長官、経済産業大臣、内閣府特命担当大臣の連名による「我が国原子力発電所の安全性の確認について」より）

1. 2 ストレステスト報告書の概要

- 設計上の想定を超える事象(地震、津波)に対して原子力発電所がどの程度の安全裕度を有しているかを評価し報告する。
- 福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、柏崎刈羽原子力発電所で講じた徹底した津波対策、燃料損傷防止対策、さらには影響緩和対策といった多重の取り組みについて報告する。

1. 3 ストレステストの評価の流れ（例）

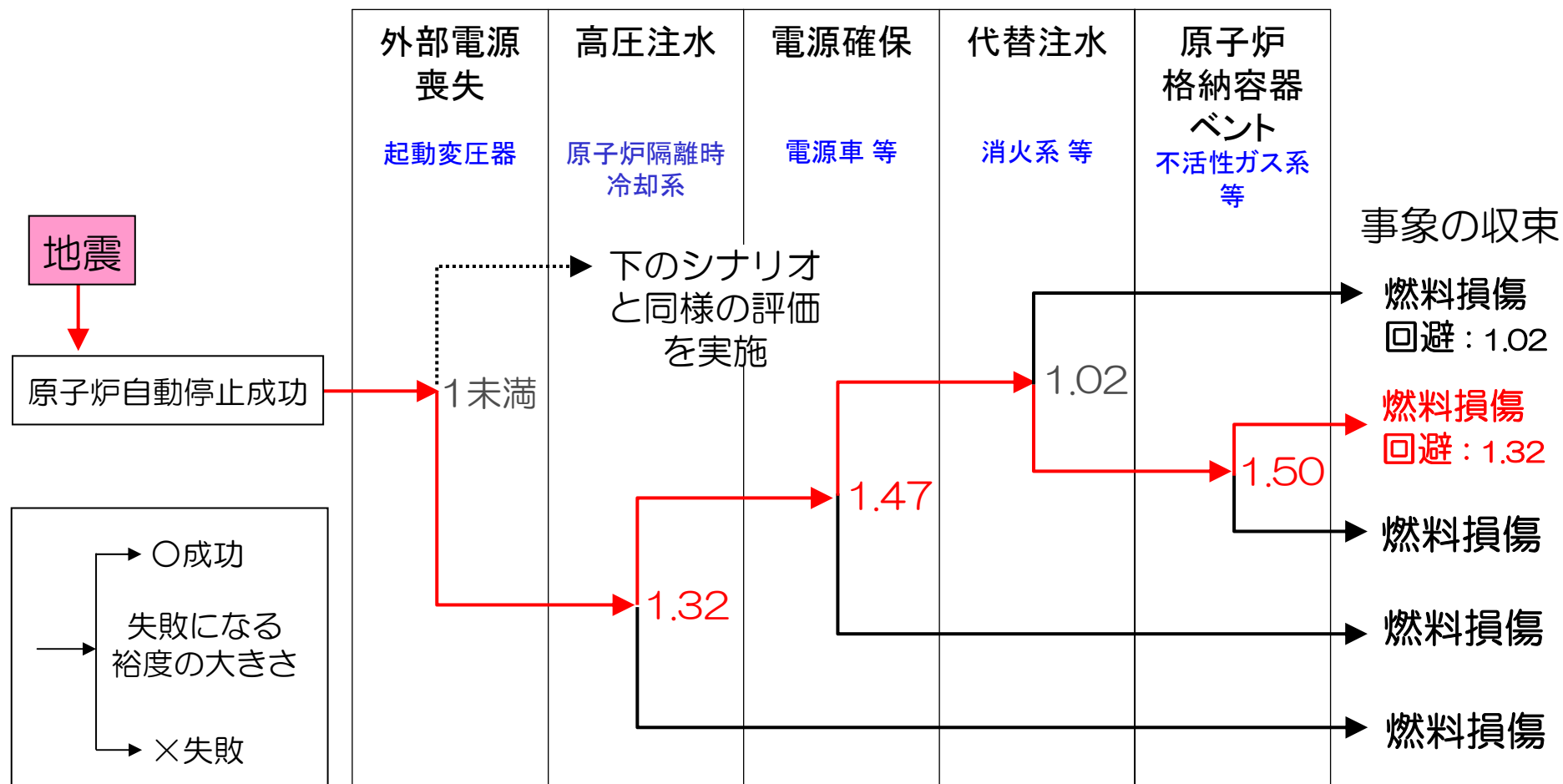


2. ストレステストの評価結果について

2. 1 安全確保シナリオの確認と燃料損傷シナリオの抽出(地震)

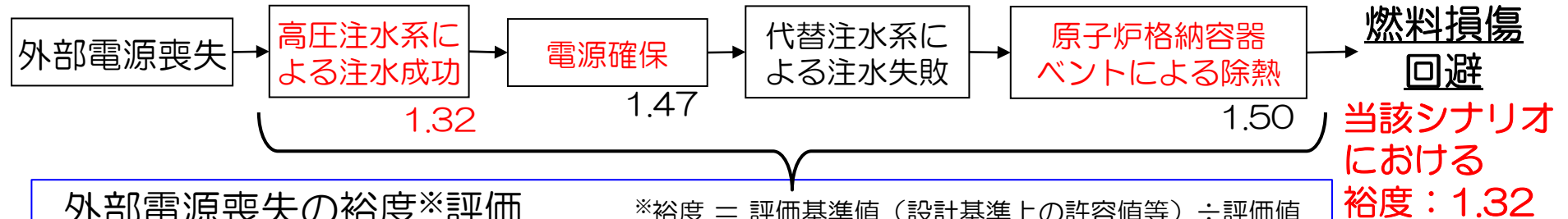
地震に対して、多重の安全確保策により燃料損傷を回避できるシナリオが成立することを確認し、シナリオを成立させるための機器を抽出し、裕度を評価します。

【イベントツリーのイメージ（1号機 原子炉）】



2. 2 裕度評価（地震）

【燃料損傷回避シナリオの裕度評価】



外部電源喪失の裕度※評価

緩和機能	評価対象設備	損傷モード	評価値 (a)	評価基準値 (b)	裕度 (b/a)
高圧注水系	配管サポート	機能損傷	50.8 kN	67.4 kN	1.32
	配管	構造損傷	245 MPa	366 MPa	1.49
	弁	...	...	...	...
電源確保	...	...	...	...	1.47
	...	...	...	...	...

小さい方が
外部電源喪失の裕度
(1.32)

小さい方が
クリフ
エッジ

その他の裕度評価

起因事象	設備等	損傷モード	評価値 (a)	評価基準値 (b)	裕度 (b/a)
原子炉圧力容器及び 原子炉格納容器損傷	原子炉格納容器 スタビライザ	構造損傷	128 MPa	166 MPa	1.29
...	...	...	...	...	...

2. 3 耐震裕度の評価の保守性

1. 代表点評価による保守性

例えば、数百カ所の配管の内、一つの代表点の応力が評価基準値を超えれば全ての配管を「機能喪失」と見なしています。

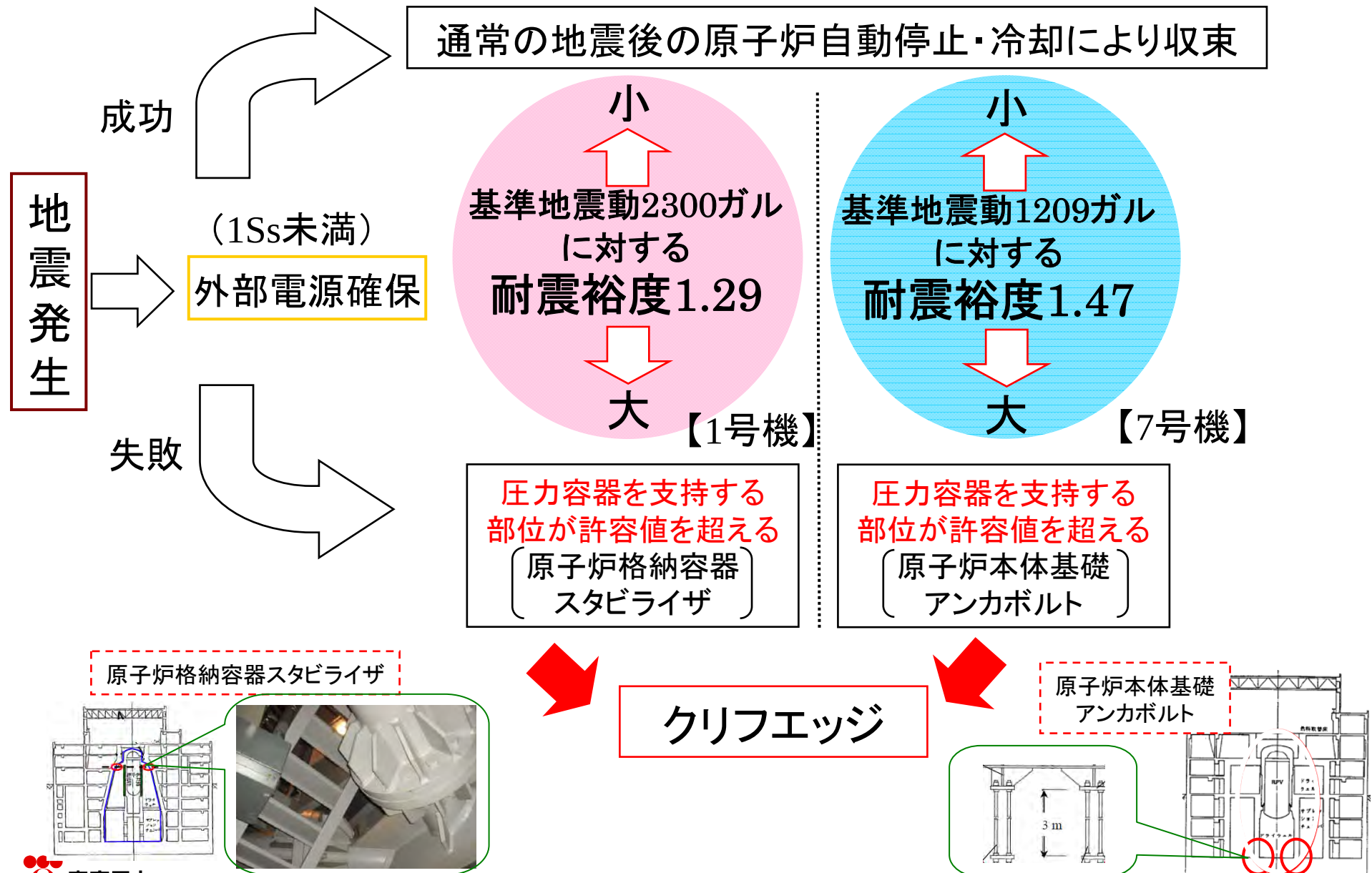
2. 損傷度合いの扱いによる保守性

評価基準値を超えた評価点は損傷度合いを考慮せず「機能喪失」と見なしています。

3. 設計値の適用による保守性

設計に用いている基準値と実物が破損に至る最大耐力の間には相当の開きがあります。

2. 4 地震の評価結果



2. 5 地震の評価結果

【緊急安全対策の実施前】

	原子炉	使用済燃料 プール
1号機	1.29 原子炉格納容 器スタビライザ	1.32 原子炉補 機冷却系
7号機	1.37 非常用ディー ゼル発電機	1.37 非常用ディー ゼル発電機

【緊急安全対策の実施後】

	原子炉	使用済燃料 プール
1号機	1.29 原子炉格納容 器スタビライザ	1.45 原子炉棟 クレーン
7号機	1.47 原子炉本体基 礎アンカボルト	1.37 非常用ディー ゼル発電機

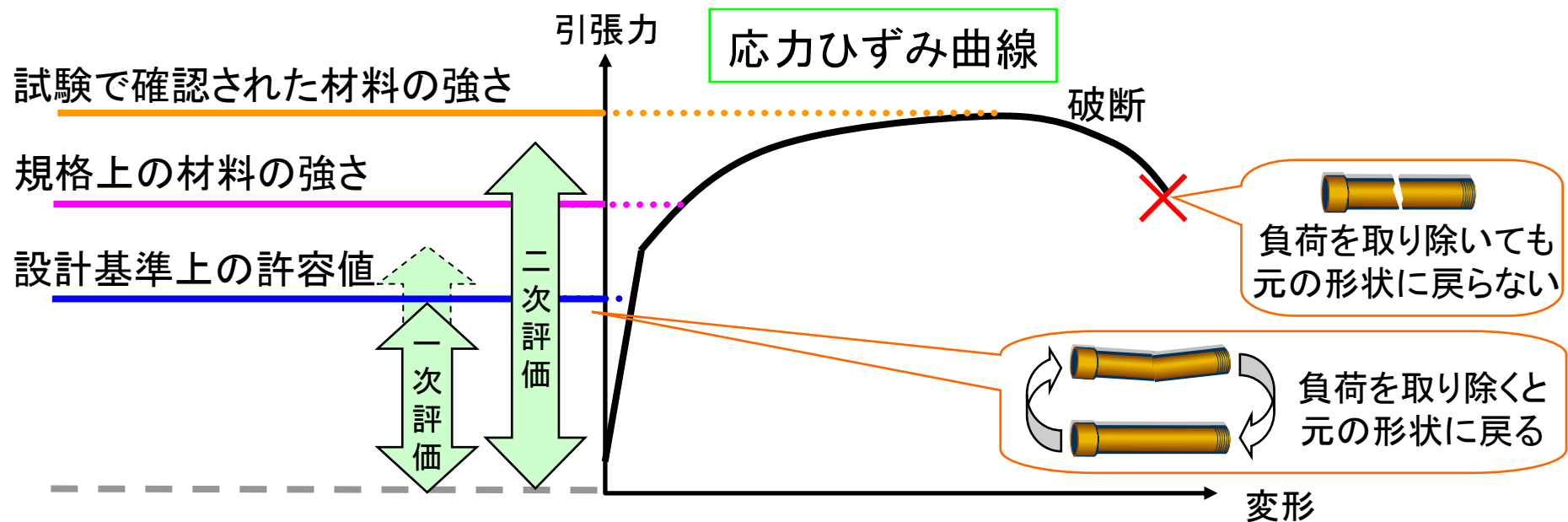
緊急安全対策における電源車の
配備等により、燃料損傷を回避
できるシナリオが増加しました。
そのシナリオの裕度が対策前の
裕度を上回る場合があります。

非常用ディーゼル発電機(1.37)
⇒ 原子炉本体基礎アンカボルト(1.47)

原子炉補機冷却系(1.32)
⇒ 原子炉棟クレーン(1.45)

2. 6 耐震裕度と最大耐力

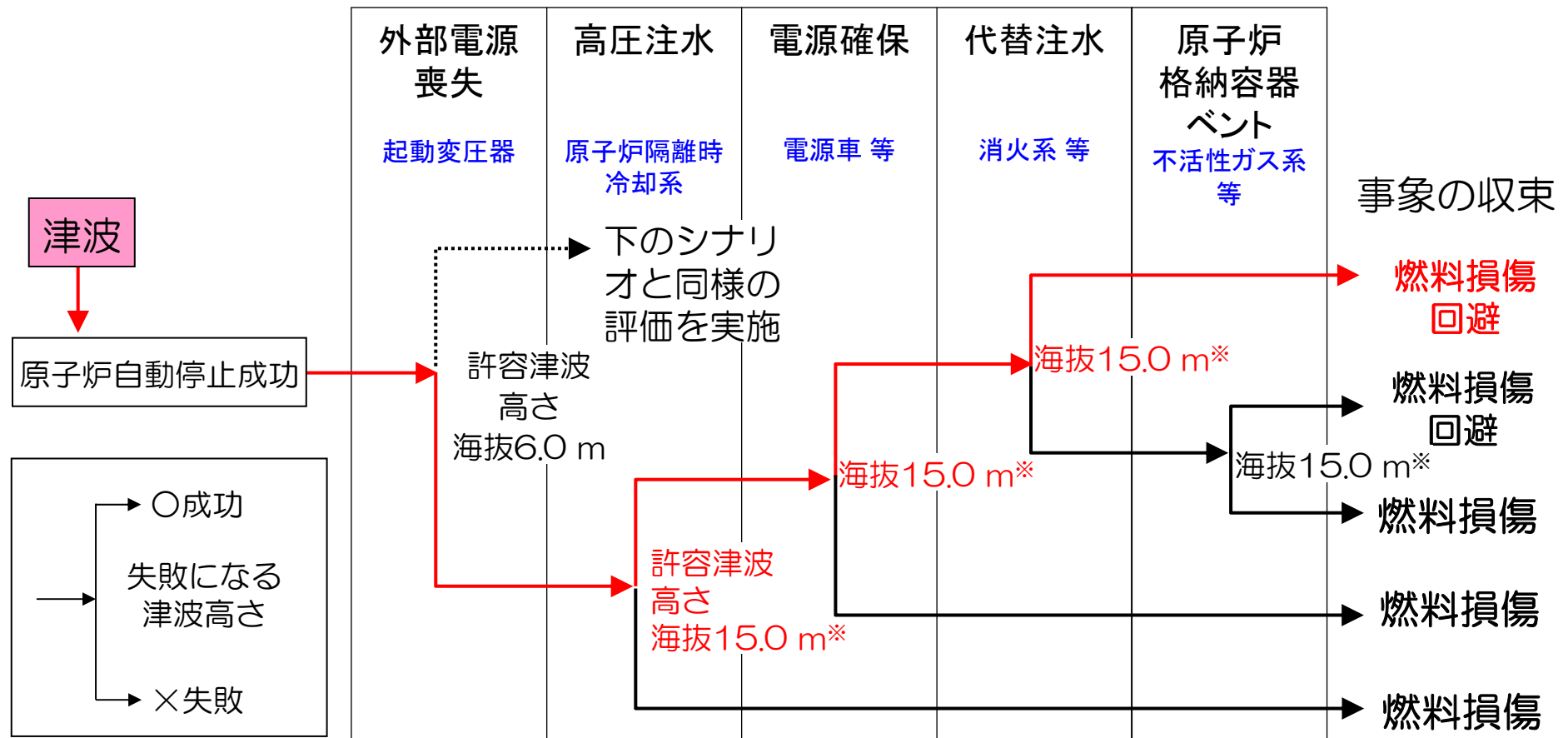
ストレステスト（一次評価）では評価基準値として、主に設計基準上の許容値を用いていますが、これを超える応力等が加わっても、構造物等が壊れて機能喪失するまでにはさらに余裕があります。



2. 7 安全確保シナリオの確認と燃料損傷シナリオの抽出（津波）

津波に対して、多重の安全確保策により燃料損傷を回避できるシナリオが成立することを確認し、シナリオを成立させるための機器を抽出し、裕度を評価します。

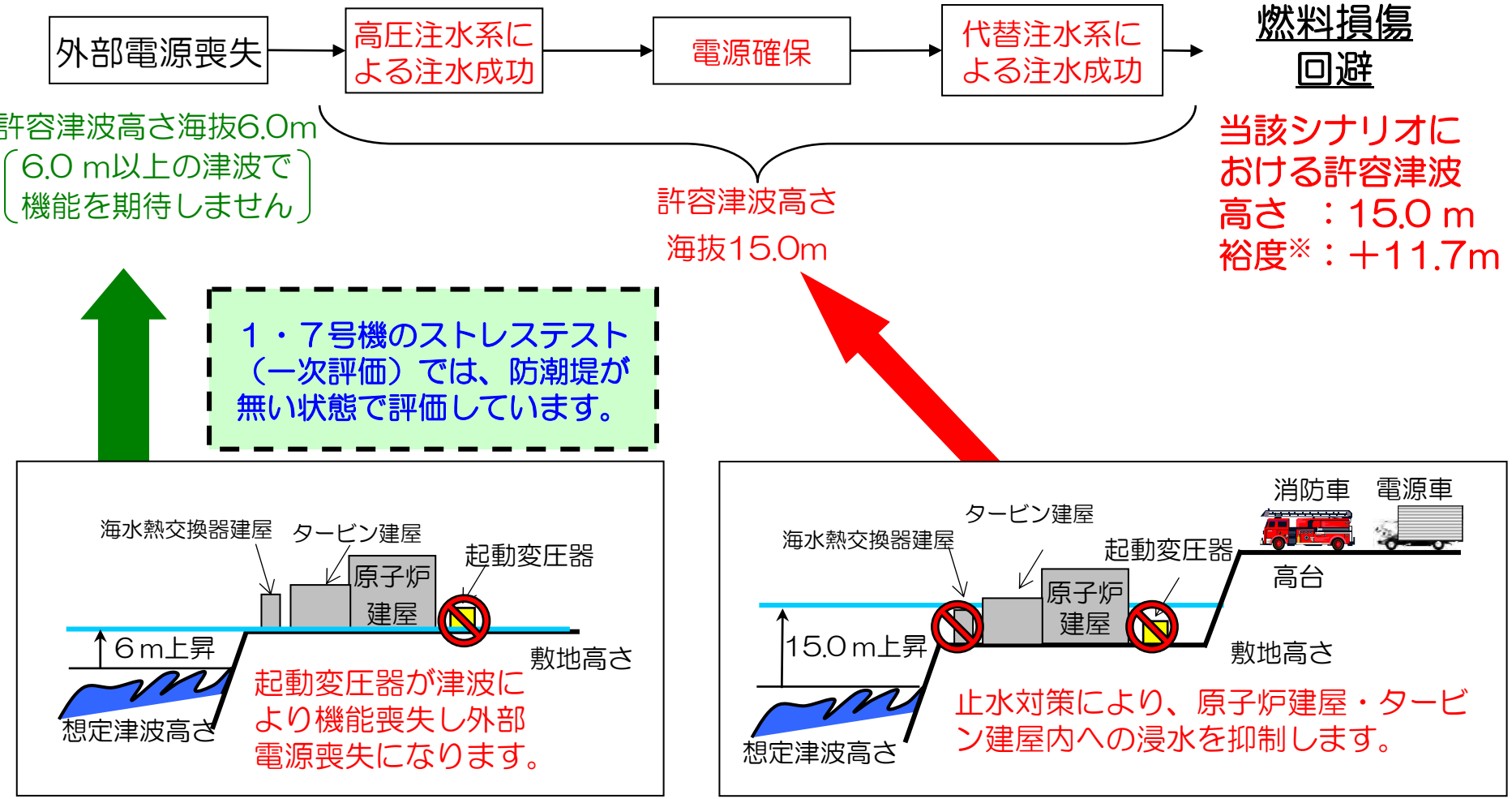
【イベントツリーのイメージ（1号機 原子炉）】



※浸水対策範囲が海拔15.0mであるため。

2. 8 裕度評価（津波）

【燃料損傷回避シナリオの裕度評価】

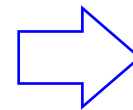


※裕度 = 許容津波高さ[m] - 想定津波高さ（3.3m）

2. 9 津波裕度の評価の保守性

1. 機器の設置高さの扱いによる保守性

津波や浸水の高さが機器の設置高さ(又は保守的に設置床高さ)を超える



直ちに機能喪失と見なします

2. 止水仕様超過の扱いによる保守性

津波高さが
海拔15m
を超える



原子炉建屋
等に多量に
浸水すると
仮定



原子炉及び使
用済燃料プー
ルの冷却・注
水が困難にな
ると想定



全ての設備
が機能喪失
と見なします

2. 10 津波の評価結果

【緊急安全対策の実施前】

	原子炉	使用済燃料 プール
1号機	海拔5 m	
7号機	海拔12 m	

全交流電源喪失
による注水機能
喪失

⇒ 海拔5 m
(1号機敷地高さ)

全交流電源喪失
による注水機能
喪失

⇒ 海拔12 m
(7号機敷地高さ)

【緊急安全対策の実施後】

	原子炉	使用済燃料 プール
1号機	海拔15 m	
7号機	海拔15 m	

海拔15 m
(浸水対策範囲)

海拔15 m
(浸水対策範囲)

2. 1 1 全交流電源喪失・海水による最終的な除熱機能の喪失の保守性

1. 崩壊熱評価の保守性

評価が厳しくなるよう冷却すべき熱量（崩壊熱）を大きく設定しています。（使用済燃料プールは貯蔵可能な範囲で満杯であると仮定）

2. 全号機運転仮定による保守性

当該号機を含む柏崎刈羽全号機が同時に全交流電源喪失若しくは海水による最終的な除熱機能の喪失になり、全号機同時に対応するものと仮定しています。

3. 外部からの支援に係わる保守性

外部からの支援は一切ないものとして評価しています。

2. 1 2 全交流電源喪失

全交流電源喪失の際、電源・水源・燃料（軽油）を確保することで冷却可能期間を延長することができました。

【緊急安全対策の実施前】

	原子炉	使用済燃料 プール
1号機	約9時間	約4時間
7号機	約10時間	約5時間

水源枯渇
までの時間
・復水貯蔵槽
原子炉隔離
時冷却系によ
る注水

使用済燃料
プール水温
が100℃に
到達するま
での時間

【緊急安全対策の実施後】

	原子炉	使用済燃料 プール
1号機	約12日	約12日
7号機	約12日	約12日

水源の多様化
・復水貯蔵槽
・純水タンク
・ろ過水タンク
・海水

淡水貯水池が完成すると約
19日まで延長可能です。

2. 1 3 海水による最終的な除熱機能の喪失

海水による最終的な除熱機能喪失の際、電源・水源・燃料（軽油）を確保することで冷却可能期間を延長することができました。

【緊急安全対策の実施前】

	原子炉	使用済燃料 プール
1号機	約1.0日	約1.2日
7号機	約1.0日	約1.0日

水源の枯渇までの時間
 ・復水貯蔵槽
 ・純水タンク

【緊急安全対策の実施後】

	原子炉	使用済燃料 プール
1号機	約196日	約196日
7号機	約196日	約196日

「代替海水熱交換器設備」を使用することで、水源は枯渇せず、約196日間(発電所内に保有する軽油量から算出※)の除熱機能継続が可能です。

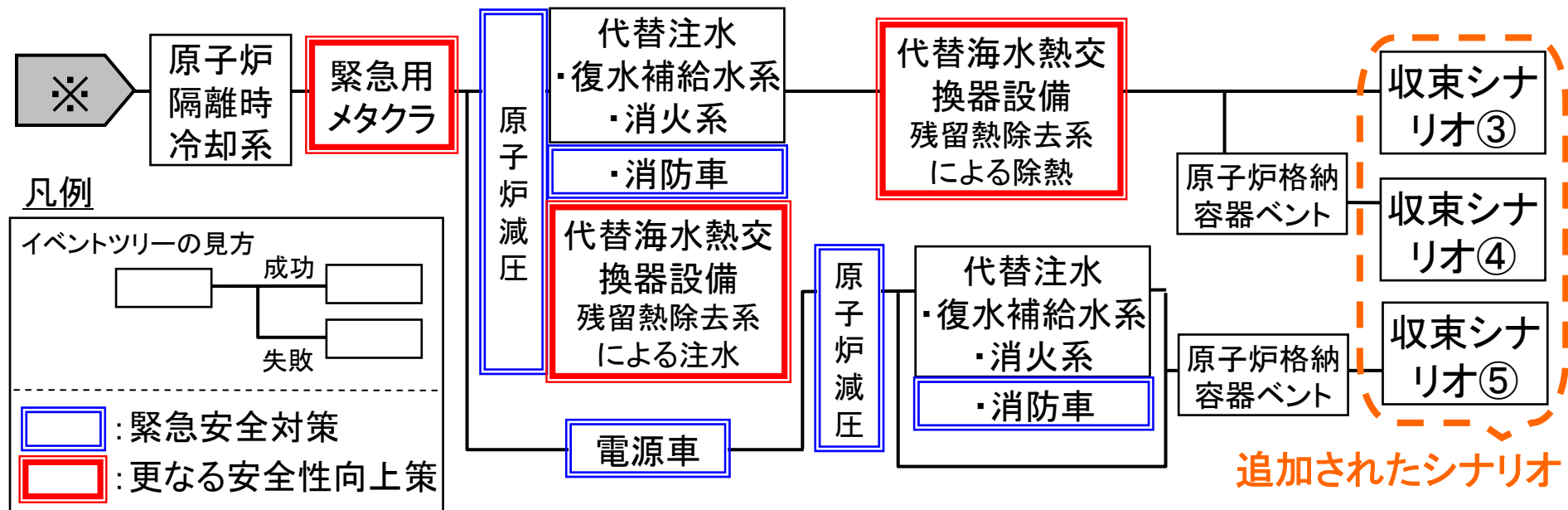
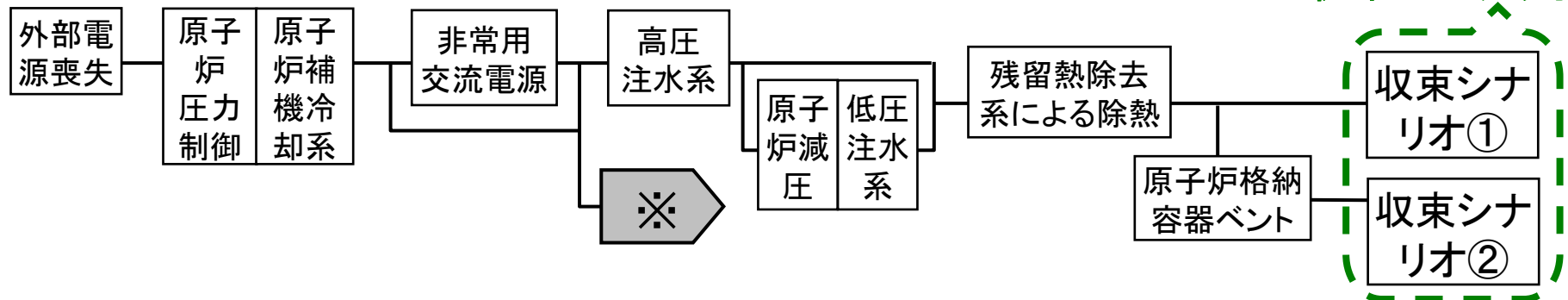
※緊急安全対策後は、代替熱交換器設備を使用した除熱が可能になるため、水源ではなく軽油量から評価されます。

2. 1 4 対策に係わる効果の確認

緊急安全対策等によって対応の柔軟性、多様性が増加し、地震や津波に対して、安全に事故を収束できるシナリオが追加されたことを確認しました。

イベントツリー：地震を起因とした原子炉の評価例

従来のシナリオ



2. 15 1・7号機における報告書の誤りについて

原子力・安全保安院へ報告した1・7号機の報告書に多数の記載誤りを確認しました。今後、原因究明及び再発防止対策を実施してまいります。(なお、誤りは評価結果に影響を与えるものではありません)

- 記載誤りの例(1号機)

(正)機能損傷

復水貯蔵槽	B	簡易	耐震壁	構造損傷	$\times 10^{-3}$	0.45	2.0	4.44	面 層 間
配管	B	詳細	配管本体	構造損傷	MPa	121	411	3.39	
配管サポート	B	詳細	スナッパ	機能損傷	kN	87	129.4	1.48	

添付 5. 1－9 影響緩和機能に関連する設備の耐震裕度評価結果 一覧表(地震・原子炉)(フロントライン系)

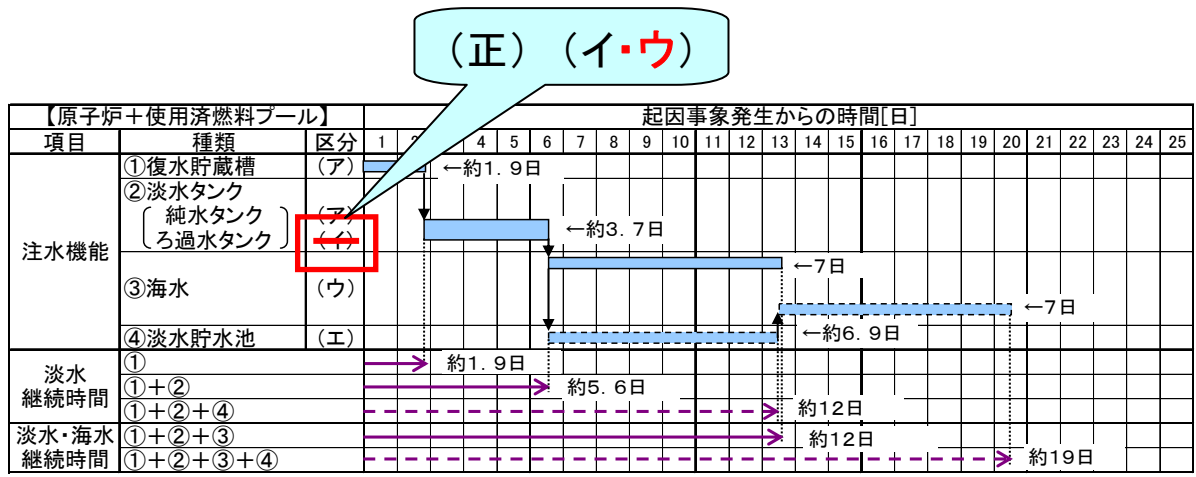


図 5. 4－1 原子炉運転中の注水機能継続評価

2. 16 まとめ

○十分な安全裕度があることを確認

設計上の想定を超える事象が発生した場合でも、安全上重要な施設・機器等は安全裕度を有していることを確認しました。

○緊急安全対策等の有効性を定量的に確認

福島第一原子力発電所の事故を踏まえて、これまで実施してきた緊急安全対策等により安全機能の多様性が向上し、安全性がより一層高まったことを確認しました。

情報の公開

福島第一・第二原子力発電所の状況および柏崎刈羽原子力発電所の取り組み状況をニュースアトムなどにより地域の皆さまに迅速にお伝えしてまいります。

ニュースアトム（臨時号）

- 震災以降、随時発行し関連情報をお伝えしております。

福島第一原子力発電所の事故収束に向けた取り組み

柏崎刈羽原子力発電所では津波への対策を進めています

福島第一原子力発電所の事故収束に向けた取り組み

東京電力

発電所ホームページ

- 各発電所の状況がご確認いただけます。

福島第一原子力発電所

福島第二原子力発電所

柏崎刈羽原子力発電所

東京電力

福島第一原子力発電所の事故では、多くの皆さまに、
ご心配とご迷惑をお掛けし、心よりお詫び申し上げます。

柏崎刈羽原子力発電所では、引き続き、徹底した安全性の向上と情報公開に努めてまいります。