

# 地域の皆さまへの説明会

## 【第1部】

### 柏崎刈羽原子力発電所6,7号機 安全対策への取り組みと 原子炉設置変更許可申請における審査の結果



2018年1月

# 目次

	ページ
柏崎刈羽原子力発電所6,7号機の審査の流れ	2
本日お伝えしたいこと	3
1．安全対策への取り組みの全体像	4
2．審査を通じた更なる信頼性向上の取り組み	12
(1) 綿密な断層調査による活動性の評価	13
(2) 保守的な基準地震動の策定	20
(3) 冷却機能の確保	24
(4) 放射性物質の閉じ込め・拡散抑制と周辺被ばくの低減	29
(5) 緊急時対策所機能の確保	32
(6) 事故対応の技術的能力（ソフト面）の向上	36
まとめ	43
おわりに	44

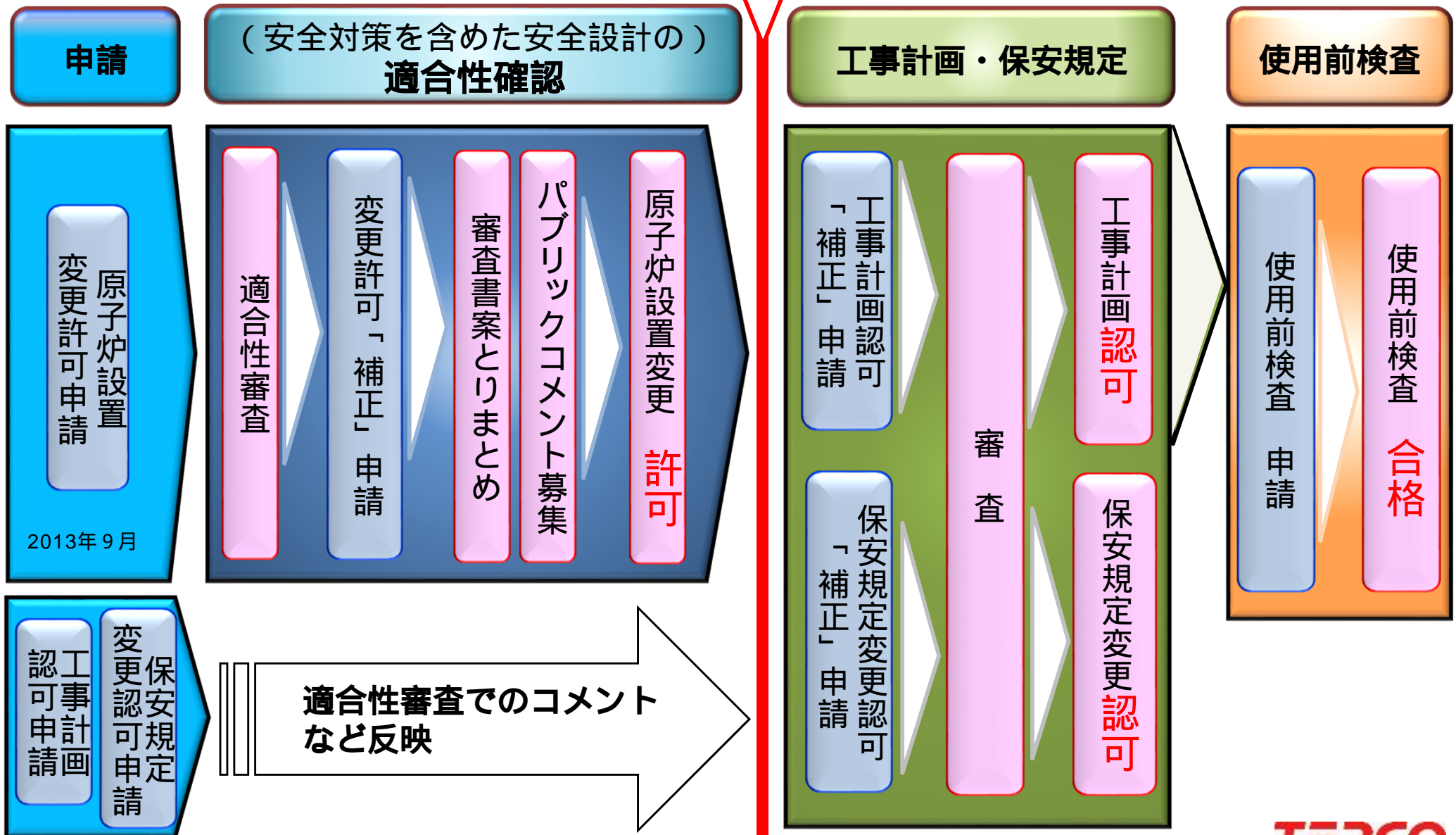
# 柏崎刈羽原子力発電所6,7号機の審査の流れ

当社

規制委員会

2

いまココ！



# 本日お伝えしたいこと

## ■福島第一原子力発電所事故（以下「1F事故」）の直後から、安全対策に取り組みました

- 1F事故の教訓を踏まえ、新規規制基準の策定を待たずに安全対策に取り組む（緊急安全対策としての電源車等の配備ほか）

## ■原子炉設置変更許可申請の厳格な審査を受け許可されました

- 当初検討した安全対策の変更・見直し（緊急時対策所など）
- 当社取り組みが評価され規則等へ反映（新除熱システムなど）

## ■私たちは妥協することなく安全性を追求します

- 1F事故を決して忘れず、1F事故は二度と起こさない
- 昨日よりも今日、今日より明日の安全レベルを高め、比類なき安全を創造し続ける原子力事業者になる

# 1 . 安全対策への取り組みの全体像

### 1F事故の反省と教訓



- × 現実に津波が襲来すると想定せず
- × 全ての電源を長時間失う可能性は低いと考えており、**電源車や蓄電池の準備が不足**

### 柏崎刈羽の取り組み



- 津波遡上高さ以上に配置
- 断層の活動性評価、基準地震動の保守性向上等、事故を防ぐための検討及び設備増強を実施
- 電源車、消防車等の緊急配備及び原子力安全改革プランへの取り組みを開始

「福島原子力事故の総括および原子力安全改革プラン」(2013年3月29日、東京電力株式会社)

## ■ 原子炉の停止には成功したが、「冷やす」「閉じ込める」に対する対応は混乱

### 1F事故の反省と教訓



✗地震発生後、原子炉の停止には成功したものの、津波襲来後の事故対応が混乱

✗過酷事故や複数号機同時被災を考えていなかったため訓練が形骸化

### 柏崎刈羽の取り組み



○災害時現場指揮システム（ICS）を導入

○過酷な状況を想定し、さまざまなシナリオによる訓練を継続的に実施し、技術的能力を向上

## 1F事故の反省と教訓



- ×電源を失ったことで、原子炉を冷却する機能を持つ全ての設備の機能を喪失
- ×障害物撤去、電源確保などに必要な技能を持つ社員が少なく、復旧作業に手間取った

## 柏崎刈羽の取り組み



- 電源喪失にも原子炉の冷却が可能となるよう、高圧代替注水設備の設置、消防車・大容量送水車の配備等、冷やす機能を多様化、多重化
- 社員だけで初期対応ができるよう、技能を身につけ、訓練継続



## 1F事故の反省と教訓



- ×原子炉格納容器からの熱除去ができず、放射性物質が漏えい
- ×水素爆発の影響で原子炉建屋で閉じ込めができず、大量の放射性物質が空間中に飛散

## 柏崎刈羽の取り組み



- ベントの回避または延伸を可能とする新除熱システムを設置
- 万が一のベントに備え、放射性物質の放出を大幅に低減するフィルタベント装置を設置

# 1.1 1F事故の教訓（まとめ）



## 【冷やす】

- ・ 全ての電源を失った場合の原子炉などへの注水、冷却の手段が不十分
- ・ 社員の対応力が不足

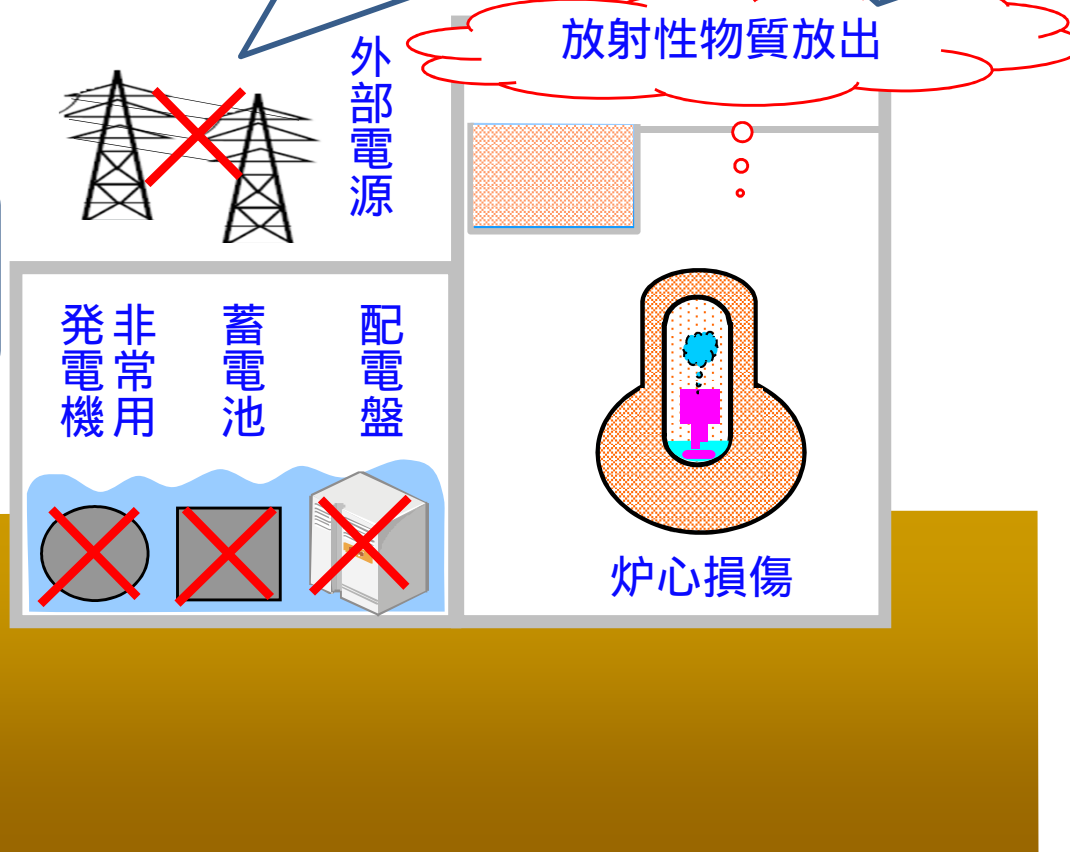
- ## 【閉じ込める・減らす】
- 炉心損傷後の影響緩和・放射性物質の放出への備えが不十分

地震後、原子炉は無事「止めた」が事故対応で混乱

## 【防ぐ】

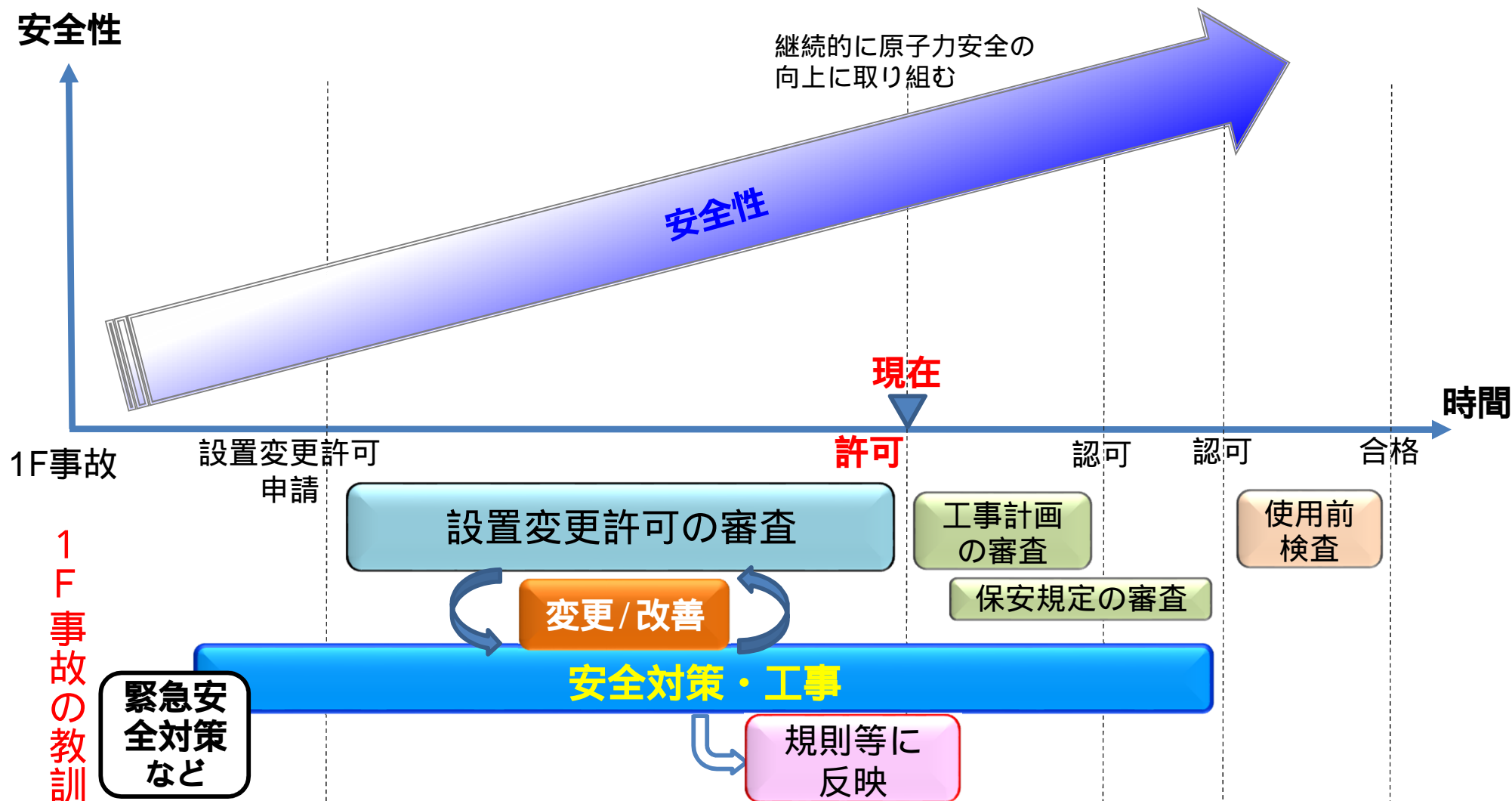
津波に対する防護が脆弱で安全上重要な機能を一齐に失う

海水ポンプ



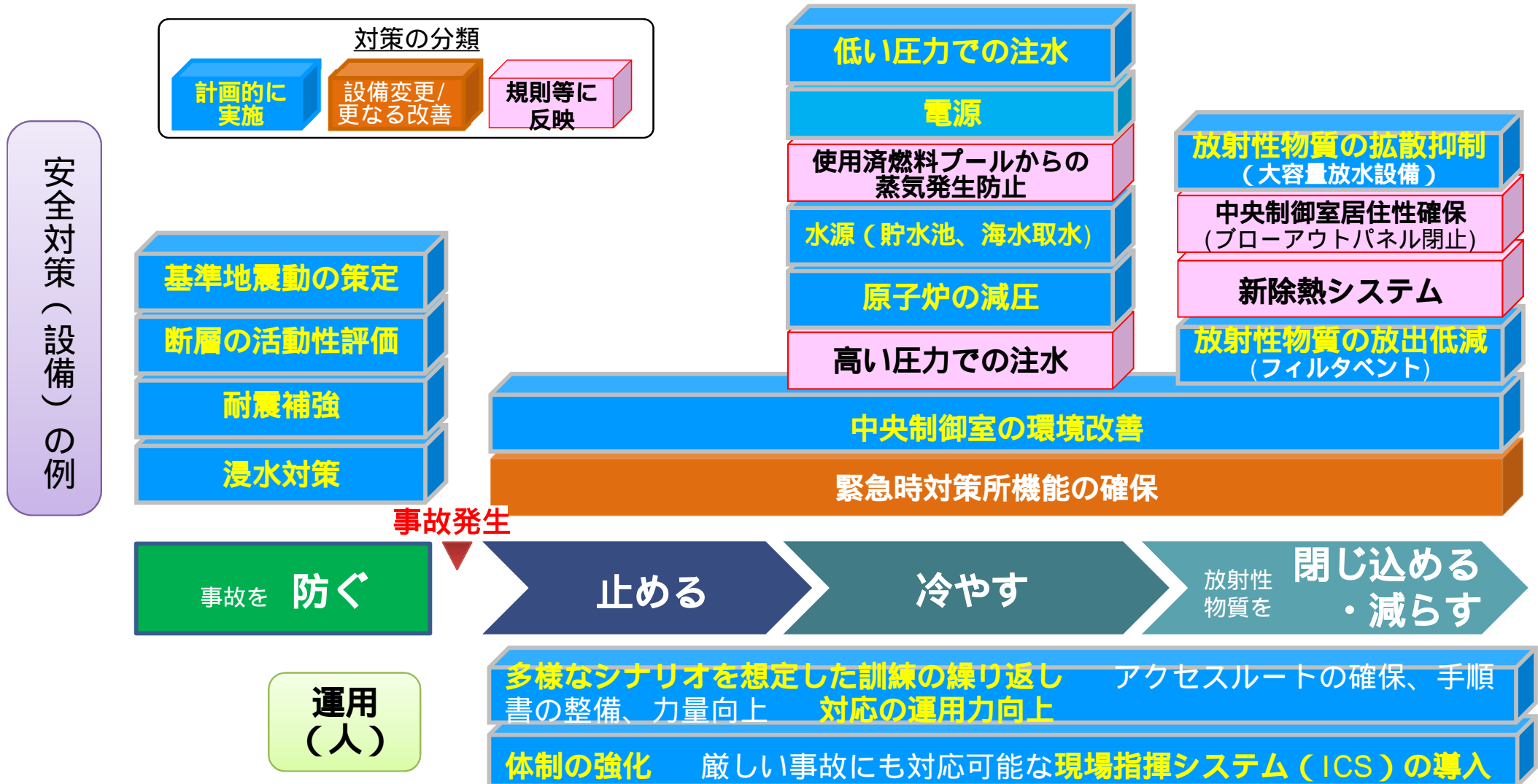
## 1.2 自ら取り組む安全対策を、審査と並行して改善しています

- 1F事故の反省と教訓を踏まえた、自主的な安全対策への取り組み
- 厳格な審査を通じた、対策の更なる安全性向上と継続的な改善



# 1.3 審査中も改善を繰り返し、安全対策を積み重ねてきました

- 対策の変更/改善 信頼性・運用力を向上
- 当社の取り組んだ事例が評価され、規則等に反映



## 2 . 審査を通じた更なる信頼性向上の取り組み

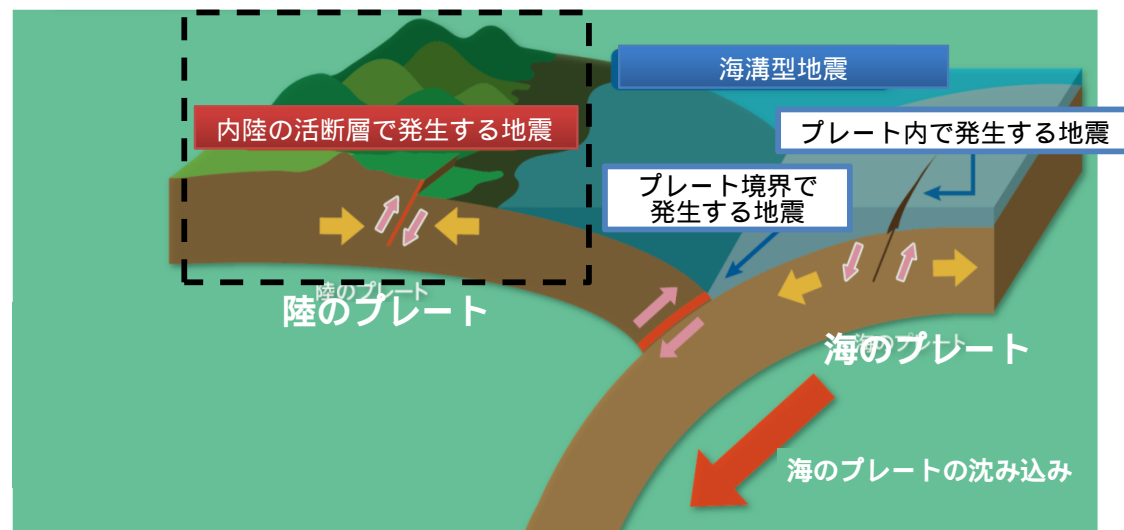
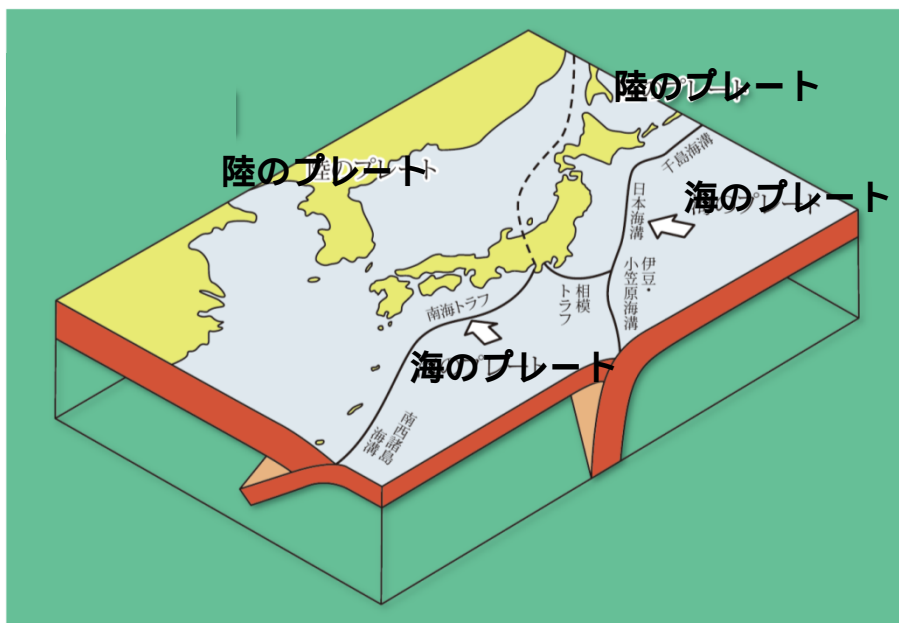
---

( 1 ) 綿密な断層調査による活動性の評価  
～ 敷地内の断層は、長い間動いていません～

# (1)- 東日本では、東西方向に地盤が押されています

- 発電所のある東日本では、プレートの動きに伴い、地盤を東西方向に圧縮する力が作用
- 発電所の位置は、陸のプレートの上

発電所が位置する  
陸のプレート範囲のイメージ



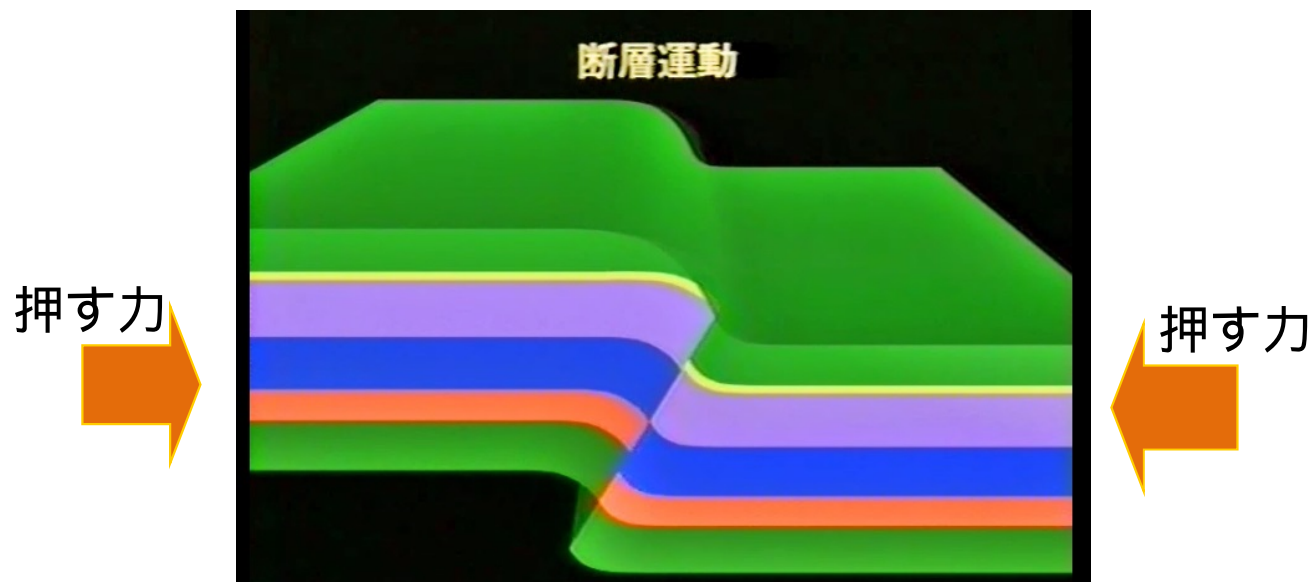
出典：「地震調査研究推進本部」を一部加工

# (1)- 弱いところで地層がずれ（断層）、繰り返し動きます

- 海や湖などでは、一般に、地層はほぼ水平に堆積



- プレートの動きによって地層が押され、ずれ（断層）が同じ箇所に繰り返し発生

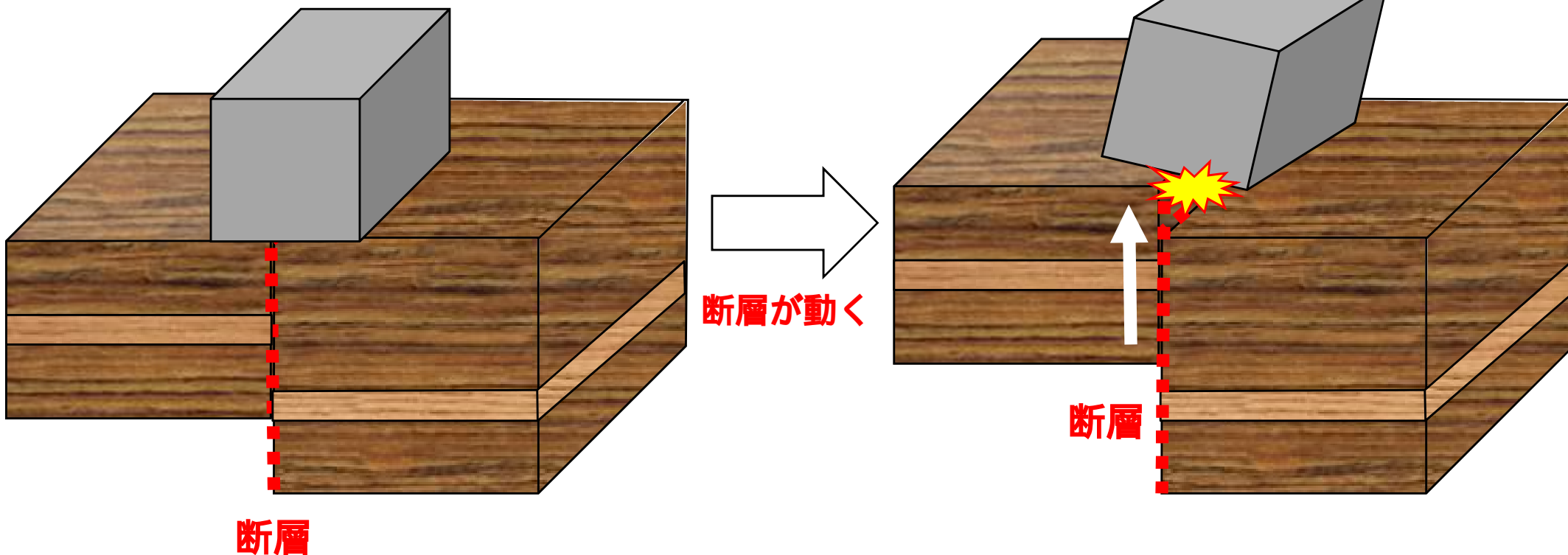




# (1)- 重要な建屋等は「動く可能性のある断層」の上に造りません

- 建屋直下の断層が動き、重要な建屋や内部の機器等が損傷しないよう、重要な建屋等の設置位置を決定

重要な建屋等

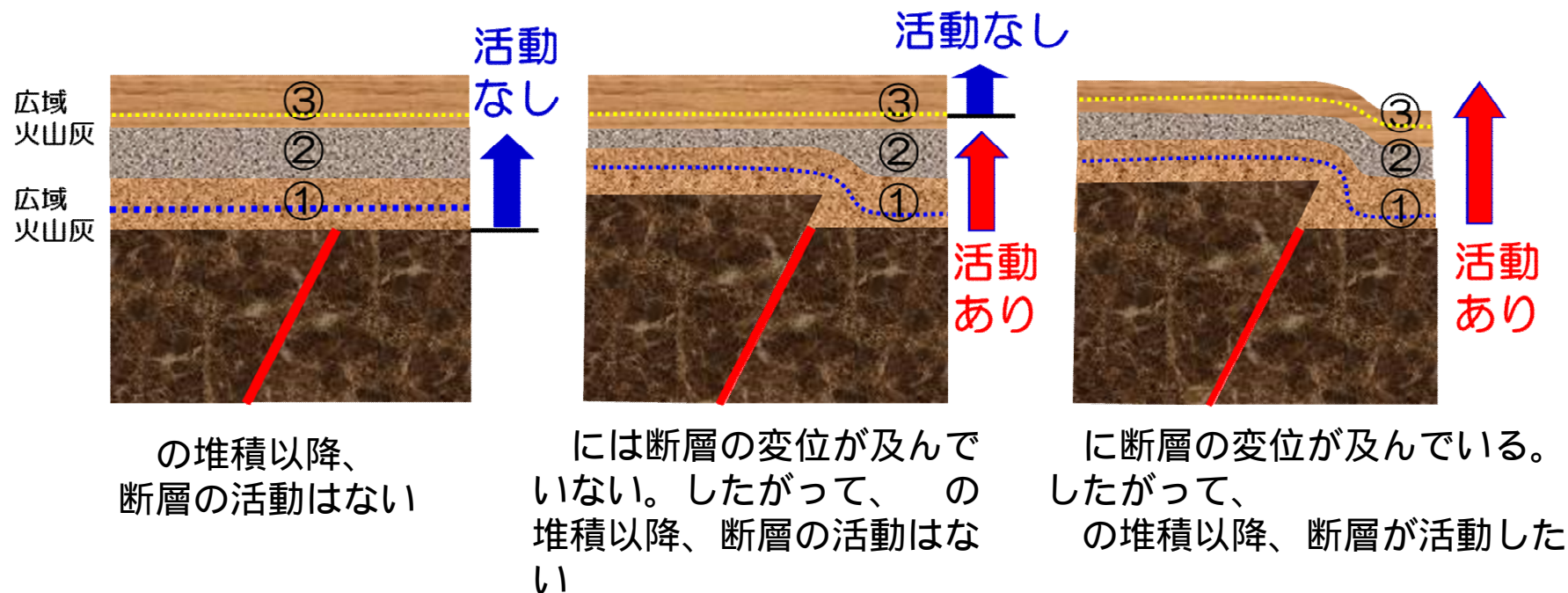


# (1)- 敷地内の断層がいつ頃動いたか、入念に調べました

- 動く可能性のある断層を、新規制基準では「将来活動する可能性がある断層等」と定義<sup>1</sup>
- 審査での議論を踏まえ、地上から立坑<sup>2</sup>を新たに掘削し、断層を直接確認

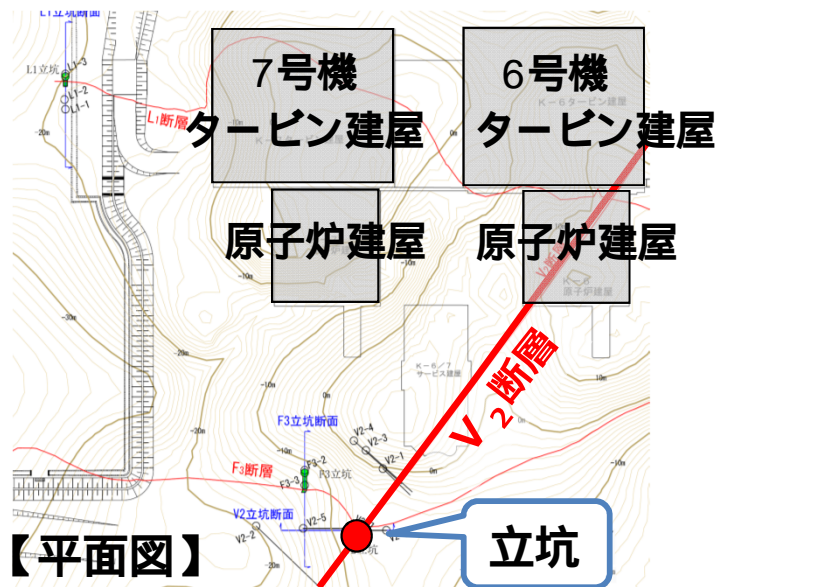
1：12～13万年前以降に活動しているもの（断層）

2：縦（鉛直）に掘ったトンネル・坑道

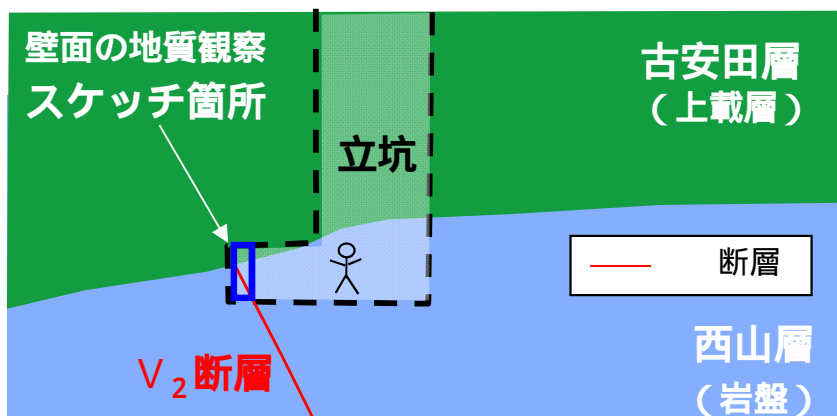
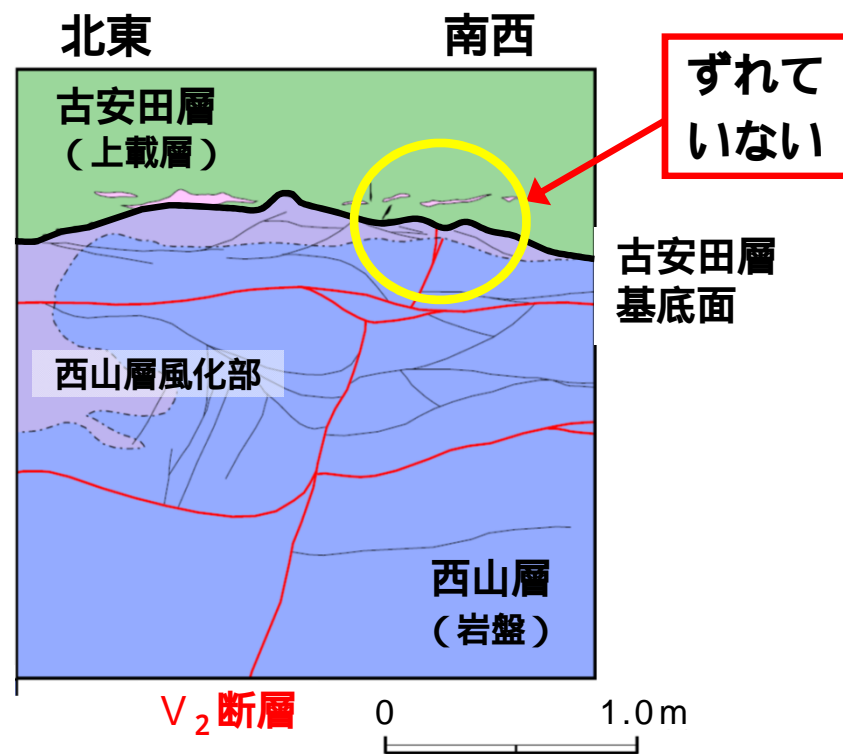


# (1) - 重要な建屋直下に「将来活動する可能性のある断層等」はありません

■ いずれの断層も古安田層（約20～30万年前の地層）の堆積以降に活動した痕跡はなく、「将来活動する可能性のある断層等」ではないことを確認



古安田層：安田層下部層の海洋酸素同位体ステージ(MIS)10～MIS7とMIS6の境界付近の堆積物に対する仮称



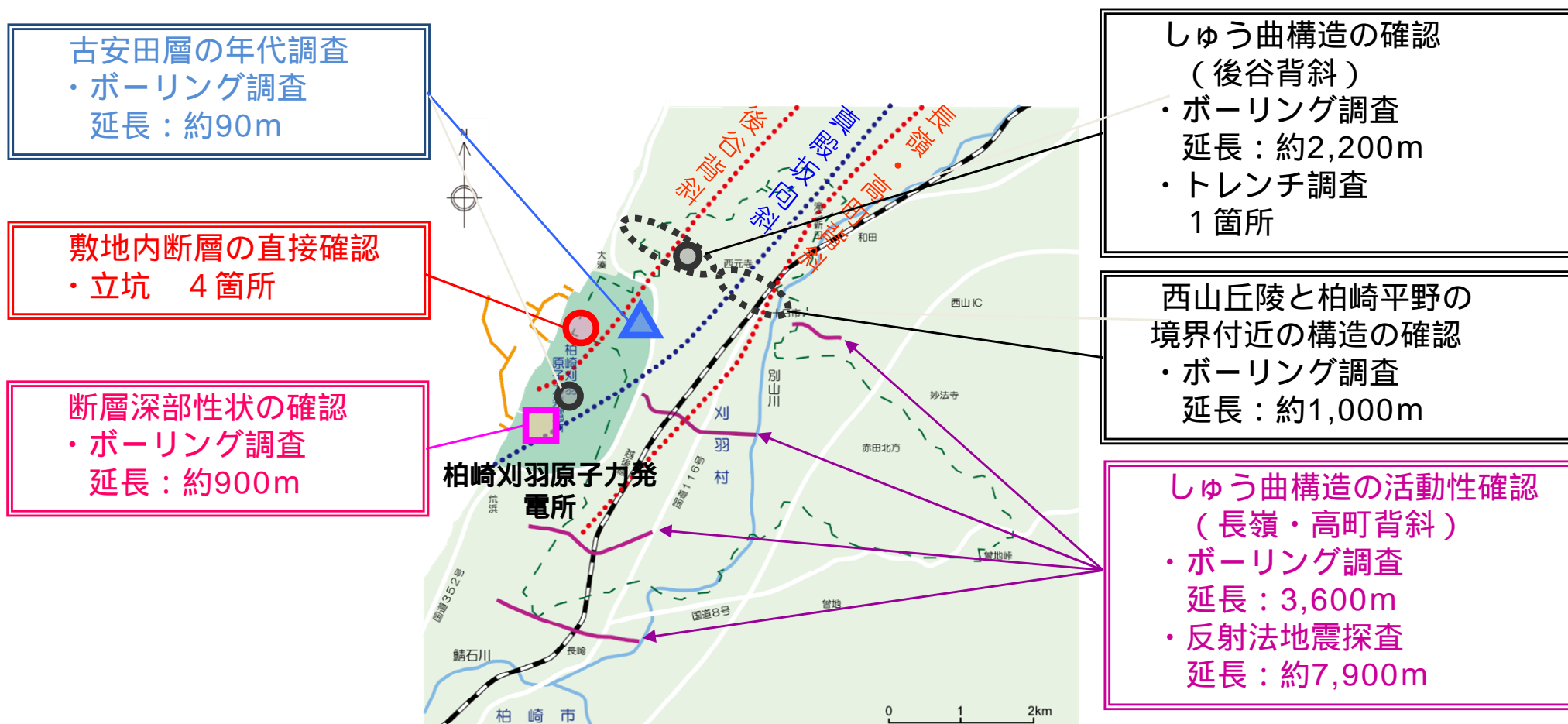
【立坑内の壁面の地質観察スケッチ】

【断層と立坑を横から見た断面図】

# (1)- 綿密な追加調査で断層の活動性なしを再確認しました

- 断層の活動性を評価するため、既往の調査に加え、敷地内や敷地近傍で綿密な調査を行い、いずれの断層も活動性がないことを再確認

既往の調査（ボーリング調査 約70km、各種分析 約900試料）

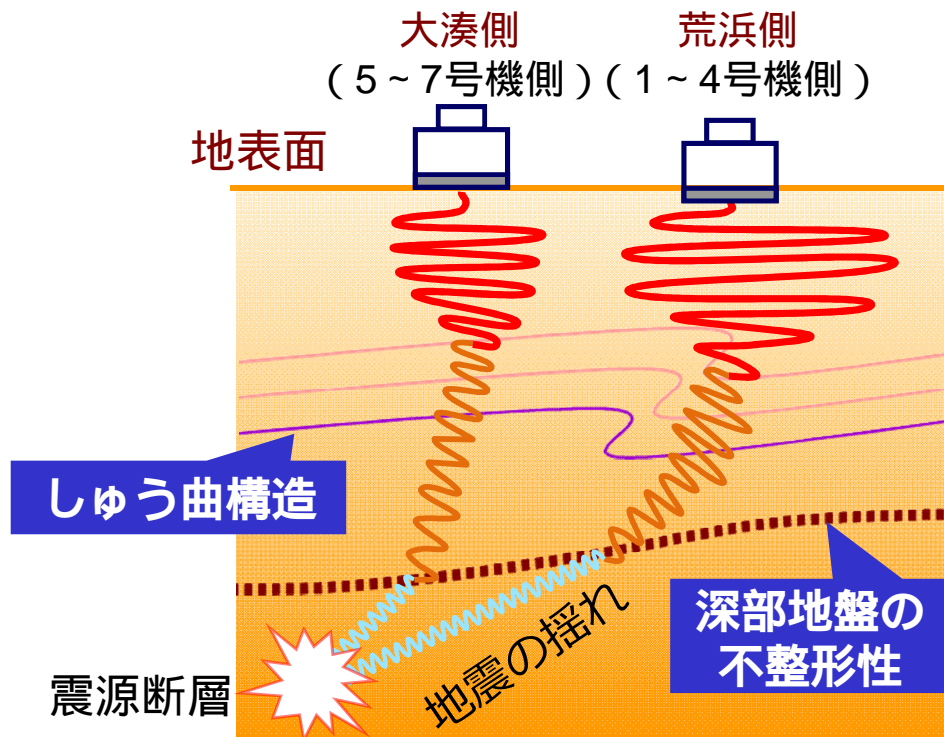


## ( 2 ) 保守的な基準地震動の策定

～ 新潟県中越沖地震や東北地方太平洋沖地震の知見も  
取り入れ、巨大な地震に備えます～

## (2)- 新潟県中越沖地震から学びました

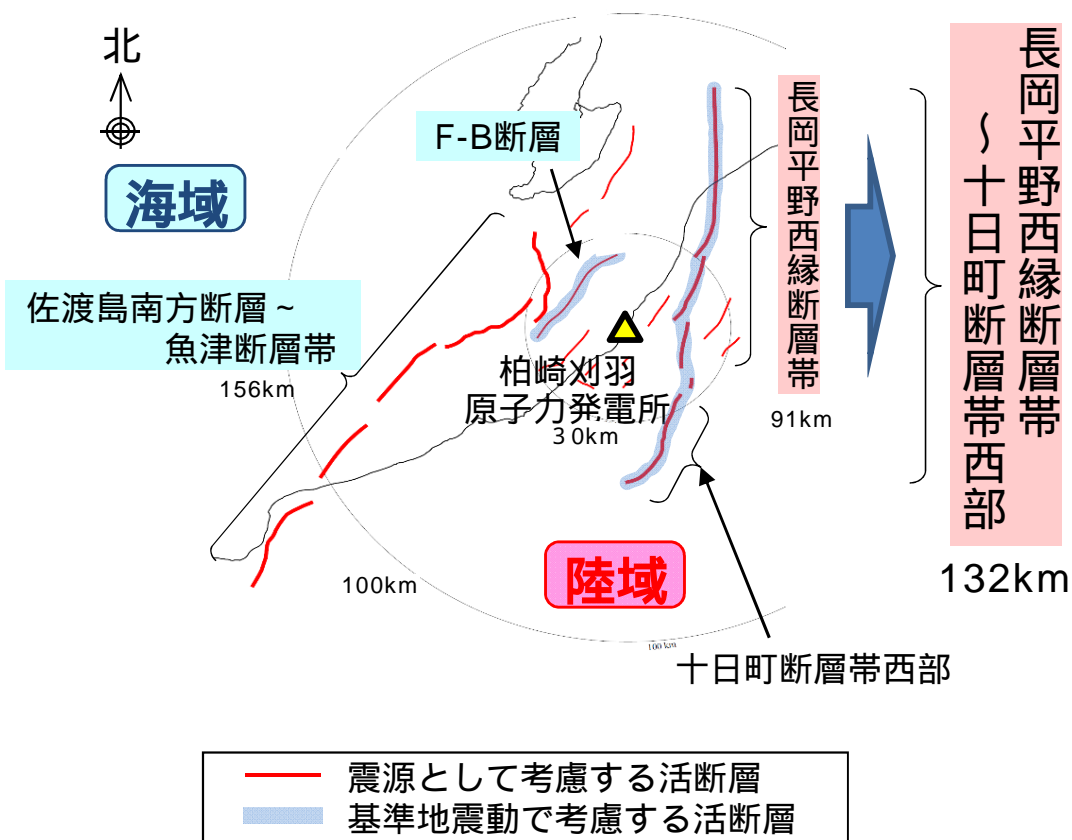
- 新規制基準の要求のうち『地下構造の影響の適切な反映』について、詳細かつ保守的に評価



- 新潟県中越沖地震の際には、地震動が著しく大きくなるメカニズムを解明
- 解析的な検討結果などを踏まえ、地震観測記録を用いて地下構造の影響を反映

## (2)- 東北地方太平洋沖地震から学びました

### ■ 新規制基準の要求のうち『活断層の連動の考慮』について、詳細かつ保守的に評価



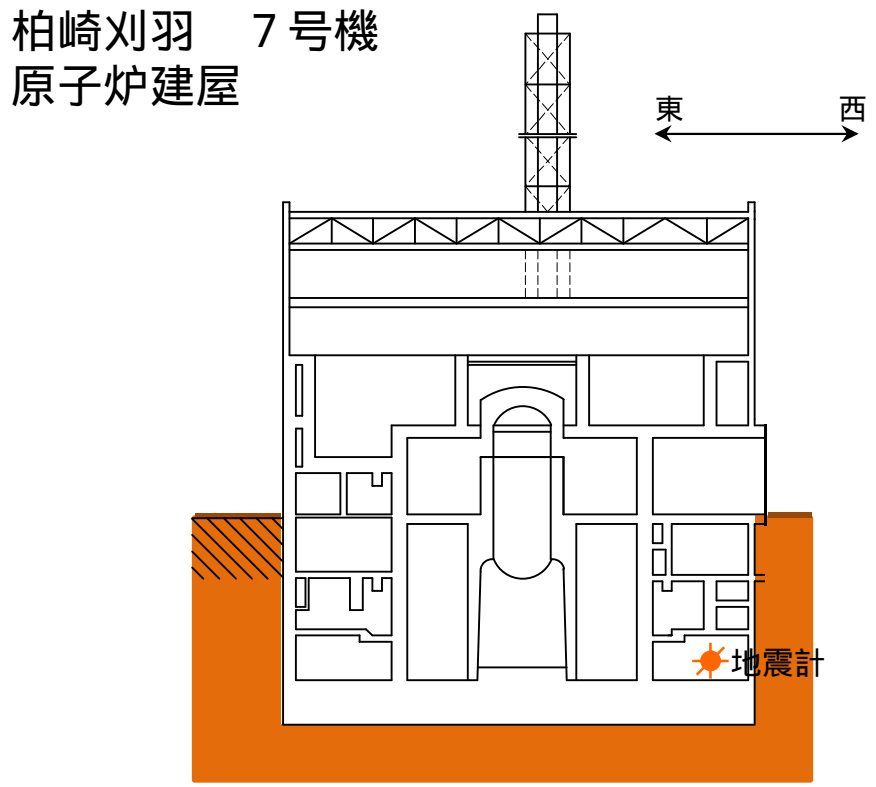
- 東北地方太平洋沖地震において、複数の領域が連動し、マグニチュード9の巨大地震が発生



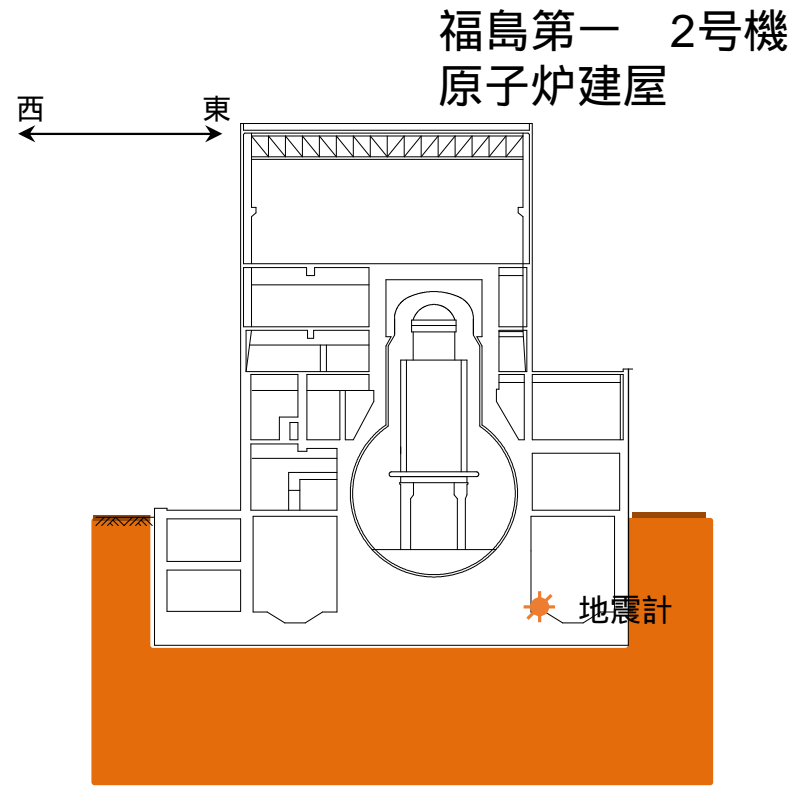
- 連動の想定を広げて評価を実施  
( に延長、 の影響も確認 )

# (2) - 新潟県中越沖地震の際に当社原子力発電所で得られた記録より 大きな基準地震動Ssを策定しました

■ 基準地震動Ssによる6,7号機原子炉建屋基礎版上での応答最大加速度は、敷地で震度7相当であった新潟県中越沖地震の約2倍程度<sup>1</sup>の大きさ



2007年新潟県中越沖地震 約360cm/s<sup>2</sup>  
基準地震動Ssの応答最大加速度 **約730cm/s<sup>2</sup>程度**<sup>1</sup>



2011年東北地方太平洋沖地震  
約550cm/s<sup>2</sup><sup>2</sup>

1: 今後の評価により変更となる可能性があることから暫定値としてご提示  
2: 建屋形状・寸法及び埋め込み状況などが異なるため直接比較はできないものの、参考としてご提示

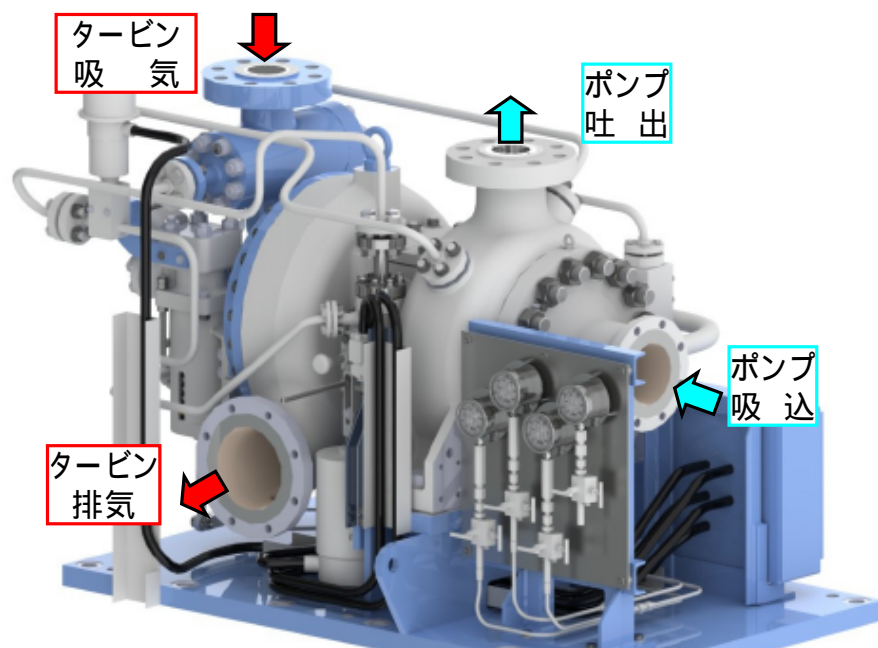


## ( 3 ) 冷却機能の確保

～ 電源がなくても、注水できます ～

### (3)- 高い圧力で水が入られる設備を増やしました

- 1F事故では、高い圧力の圧力容器への注水が不十分
- 圧力が高くても注水できる、電源不要の高圧代替注水系ポンプを追加
- 審査において、より多様な事故に対処できる設備として評価



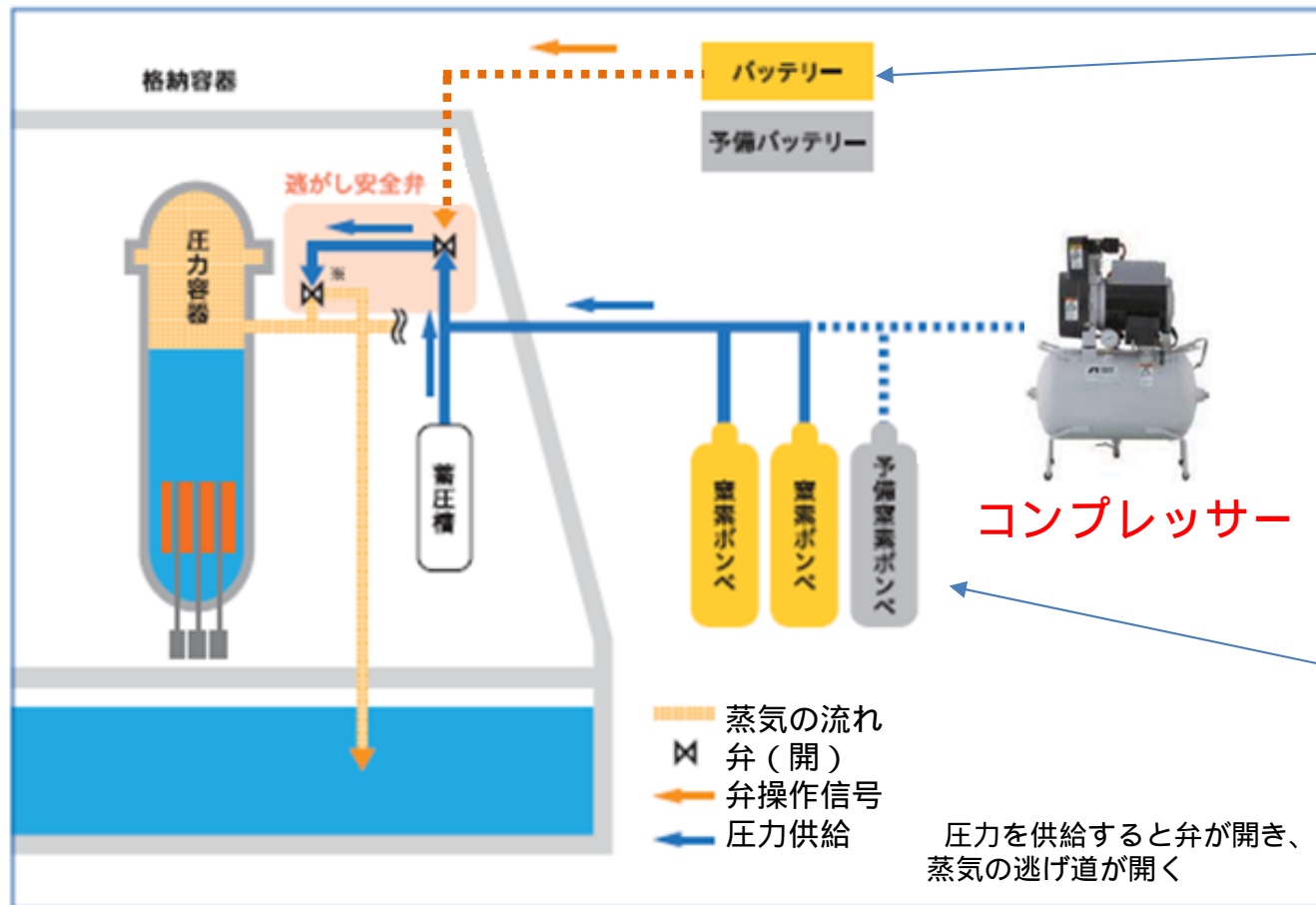
高圧代替注水系ポンプ  
(HPAC)

#### 【設備の特長】

- ・ 電源不要で、原子炉の蒸気だけでタービンとポンプを駆動
- ・ 完全に水没した状況でも動作可能

### (3)- a 原子炉の圧力を下げる柔軟な対応を用意しました

- 1F-2,3号機では圧力容器を減圧できず、消防車で注水不能
- 圧力容器から蒸気を逃がして確実に減圧できる方法を整備



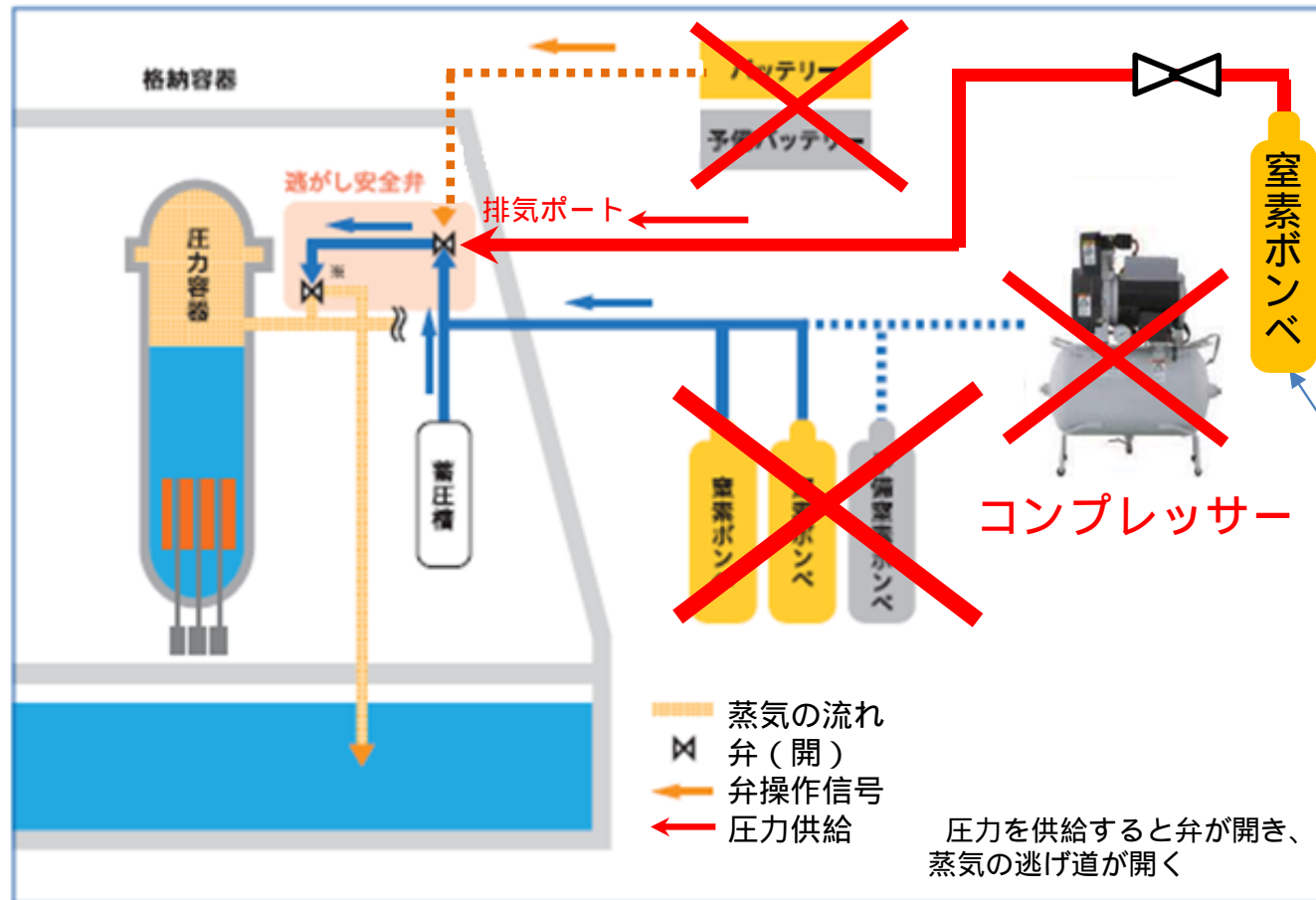
可搬式バッテリー



可搬式ポンペ

## (3)- b 原子炉の圧力を下げる柔軟な対応を用意しました

- 電源やガス圧が使えなくなった場合でも、逃がし安全弁を操作し、確実に減圧できる方法を整備



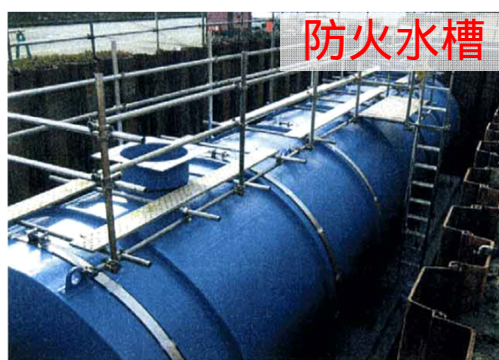
可搬式ボンベ

### (3)- 低い圧力でも水が入られる対応を充実しました

- 1F事故では、淡水や消防車が不足し注水不能
- 圧力が下がった圧力容器・格納容器内、燃料プールなどへの柔軟な注水方法を整備



高台に約2万tを確保



プラント近傍に設置



淡水だけでなく海水も利用可能



高台に分散して配置（発電所内に42台）



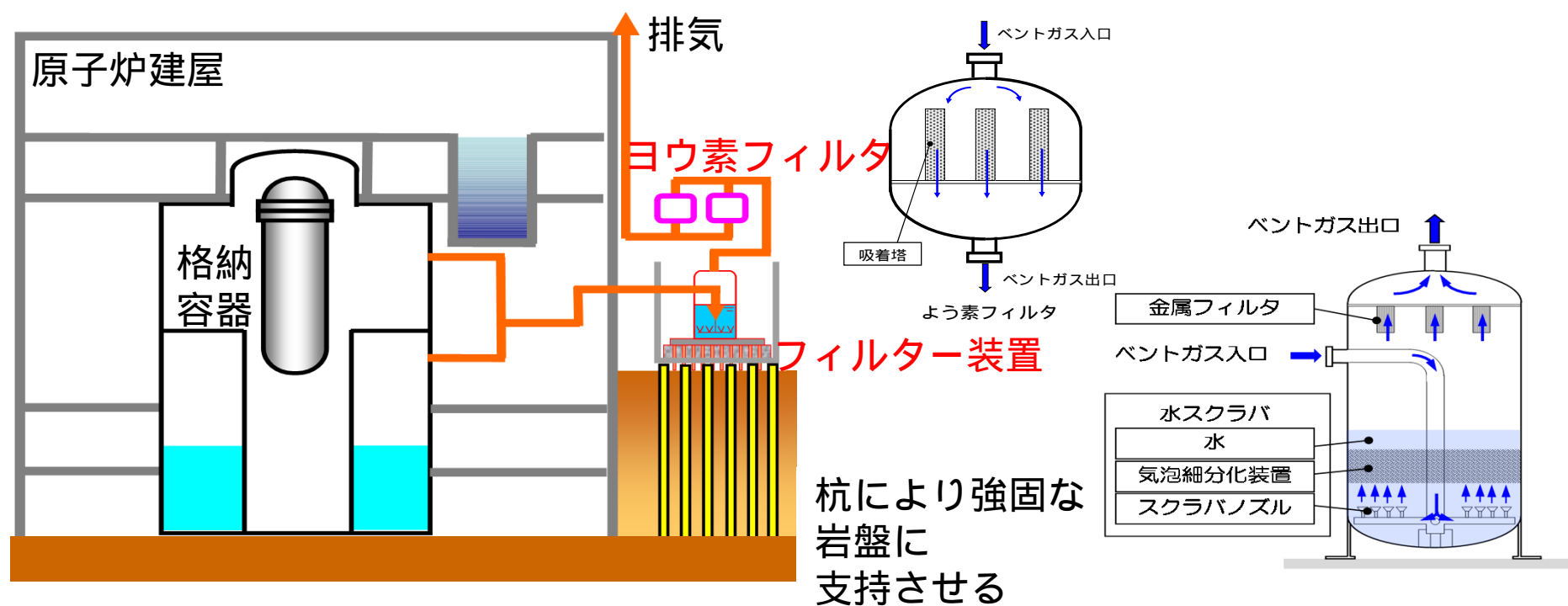
## ( 4 ) 放射性物質の閉じ込め・拡散抑制と 周辺被ばくの低減

～ 確実に閉じ込めます。万一の時でも、出来るだけ  
放射性物質の放出量を減らします～

## (4)- できるだけ放出量を減らします

- 放射性物質の放出を低減する格納容器圧力逃がし装置（フィルタベント）を事故直後から自社で開発
- 審査の議論を受け、ヨウ素フィルタを開発し、ガス状のヨウ素放出を低減
- 訓練による力量向上により、ベント時刻を遅らせ 希ガス放出量を低減

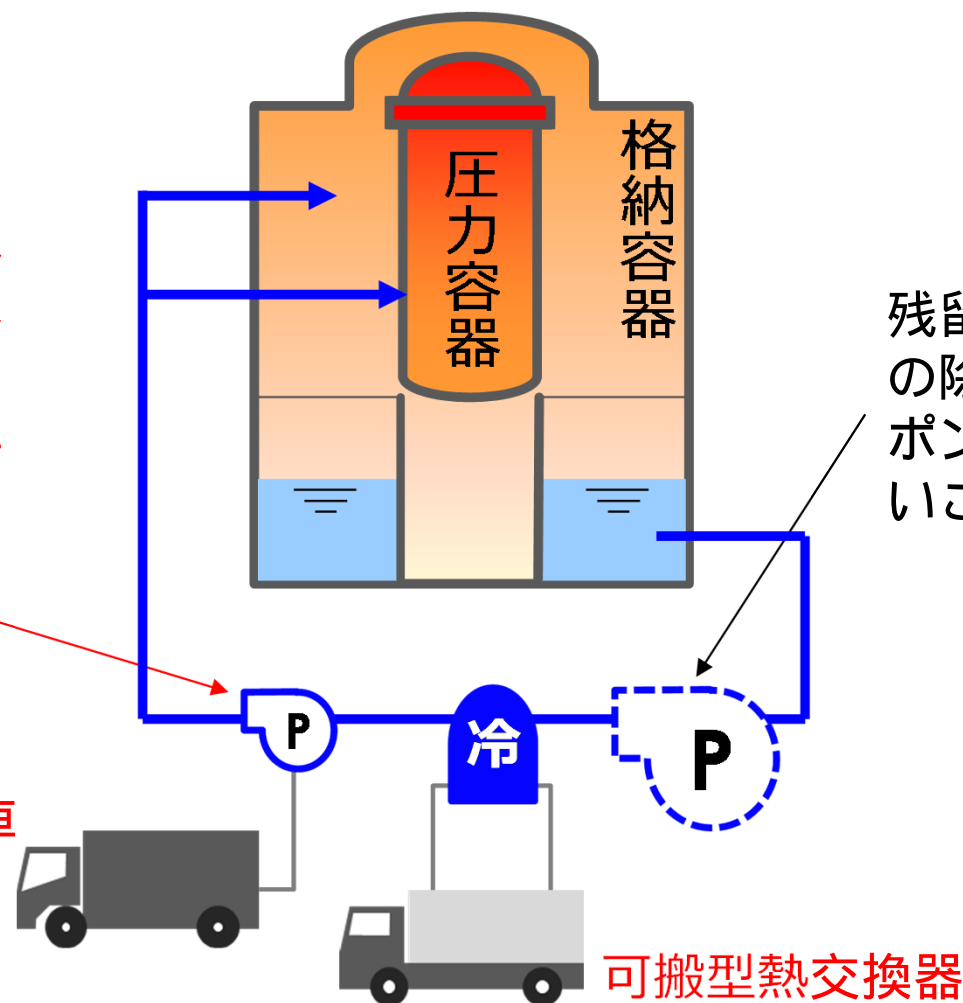
25時間から38時間に



## (4)- できるだけベントせず、格納容器を守ります

- ベントせずに圧力容器と格納容器に注水・除熱可能な「新除熱システム」（代替循環冷却系）を開発
- ベントと同等以上の効果ありとして、規則等に反映

通常の除熱システムとは異なるポンプ（復水移送系ポンプ）により、圧力容器及び格納容器への注水を実施



残留熱除去系（通常の除熱システム）のポンプが使用できないことを想定



## ( 5 ) 緊急時対策所機能の確保

～ 訓練を繰り返し、十分な対応力を持たせます ～

## (5)- 中越沖地震以降、事故時の対応拠点を整備してきました

- 重大事故が起きた際の対応拠点として、「緊急時対策所」を5号機の原子炉建屋内に整備

### ■ 2009年12月 免震重要棟竣工

- ・ 国の委員会の議論を反映して設計
- ・ 新潟県中越沖地震（2007年）クラスへの耐震性確保
- ・ 東日本大震災（2011年）では、福島第一・福島第二で有効に機能

### ■ 2013年9月 免震重要棟を緊急時対策所として申請

- ・ 2014年11月審査会合  
「免震重要棟は新規制基準の耐震要件を満たすのは困難」

### ■ 2015年2月 3号機原子炉建屋に追加設置 (免震重要棟との併用)

- ・ 2016年7月審査会合  
荒浜側防潮堤の基礎の液状化の影響

### ■ 2016年10月 5号機原子炉建屋に設置する方針変更



免震重要棟(外観)



5号機原子炉建屋内  
(設置工事中)

## (5)- 工事中の新しい緊急時対策所で訓練を実施しています

- 現在整備中の5号機原子炉建屋で実際の訓練を行い、対応力向上に取り組み中



5号機原子炉建屋内  
(設置工事中)



緊急時対策所（対策本部）の要員配置の確認



5号機原子炉建屋の広さと配置を模擬した  
防災訓練の実施（2017年9月）

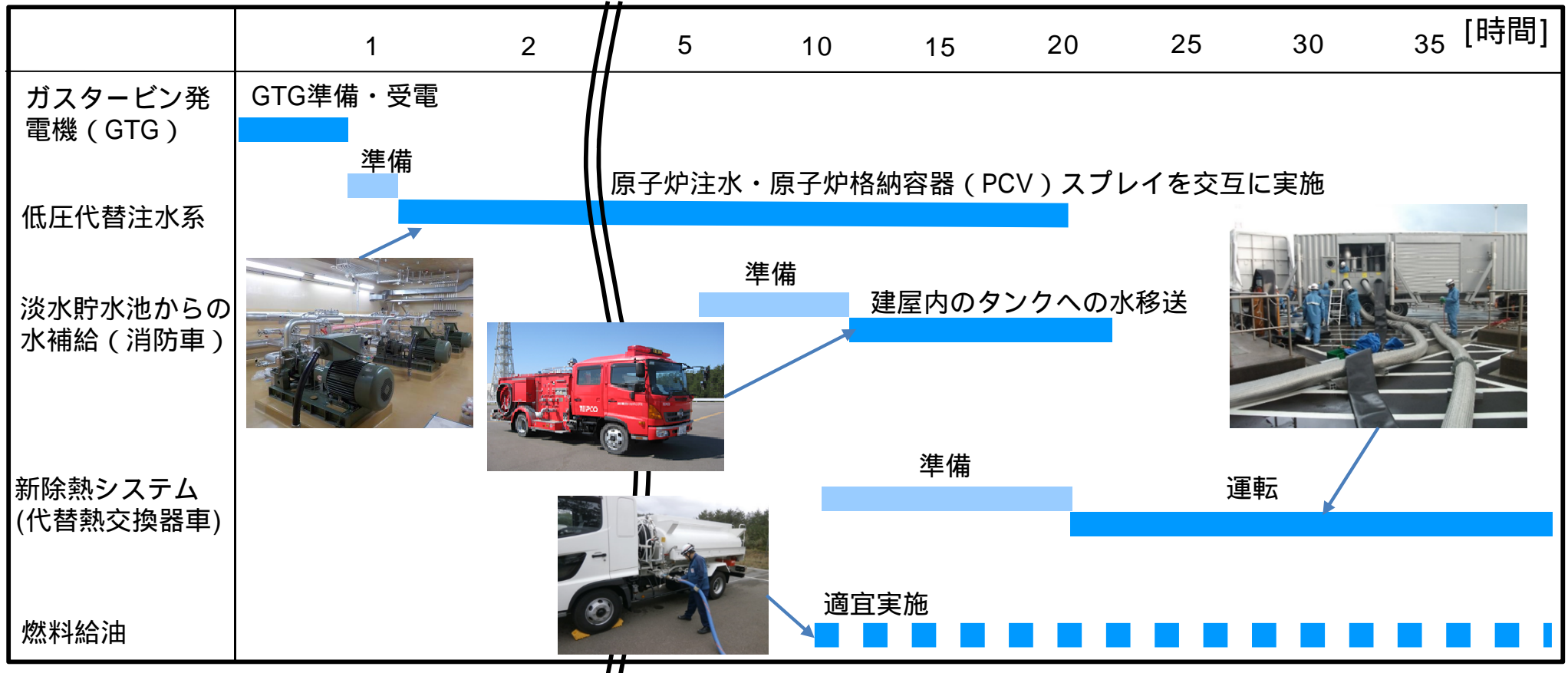


( 6 ) 事故対応の技術的能力(ソフト面)の向上  
~ 役割を明確にし、一人一人の技能を磨いています ~

## (6)- 審査では、復旧の流れで対応力を確認しました

- 審査を通じ、考えられる事故進展のシナリオについて、設備や運用の対応力を確認
- これらに対応できる組織を構築し、訓練を実施中

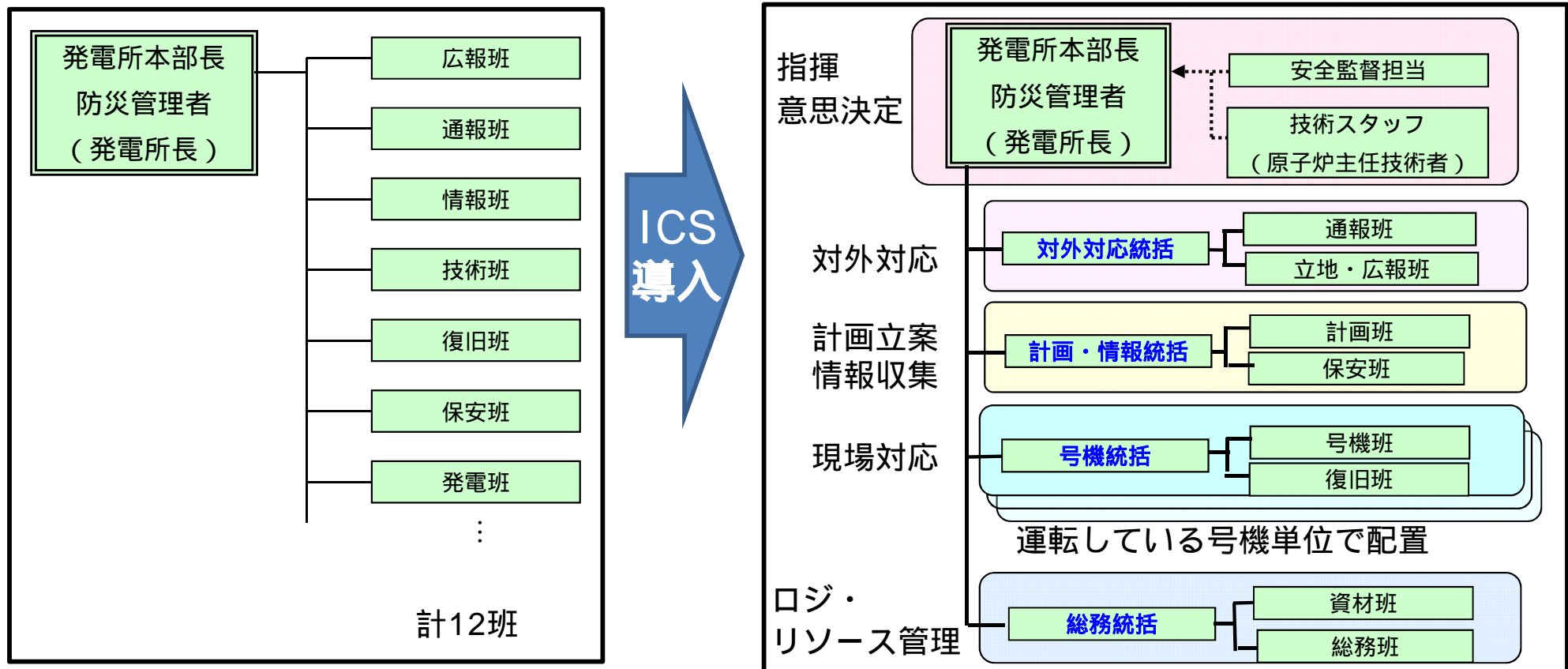
事故シナリオ（格納容器過圧・過温破損 - 代替循環冷却を使用する場合）の作業工程の一例



## (6)- 厳しい事故での組織的対応力向上に取り組んでいます

- 1F事故の対応では、現場が混乱し、迅速・的確な意思決定ができなかったことを踏まえ、米国などの緊急時対応体制である ICS の考え方を導入
- 「本部長の管理人数を減らし確実な意思決定を行い」「号機単位で統括者を配置」することなどにより、厳しい事故対応も可能な組織に改善

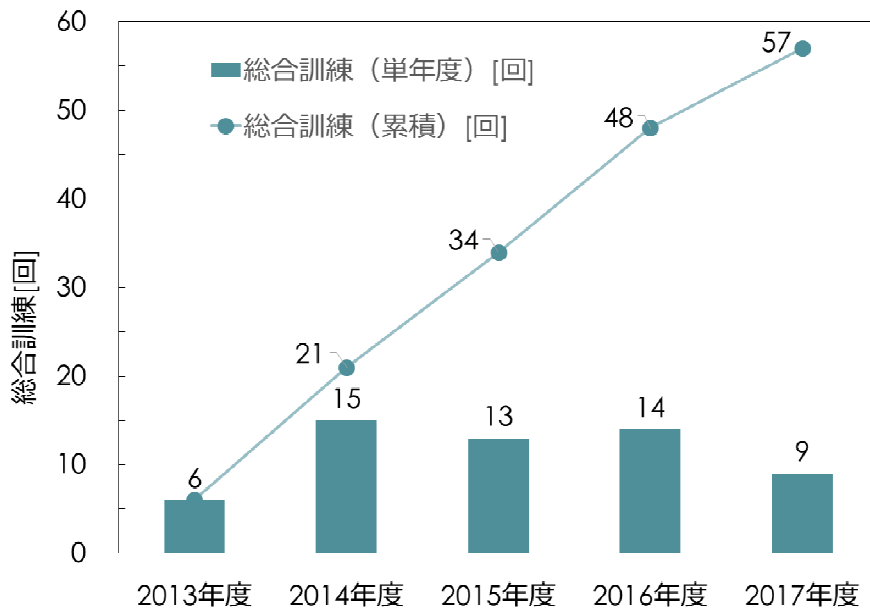
ICS：災害時現場指揮システム



## (6)- 多様な訓練を積み重ねています

- 多様なシナリオを想定した総合訓練を実施し、事故時対応能力を向上中
- 「訓練シナリオをブラインド」「使用可能な機器が刻々と変化」「事故対応以外の外乱発生」など、判断の難易度を上げ、リアリティのある訓練を実施

### 1回/月以上の頻度で訓練を継続中



### 多様なシナリオの例

地震による全交流電源喪失  
+ 複数プラント同時被災



航空機衝突による放射性物質系外放出



竜巻による全交流電源喪失  
+ 通信障害 + 負傷者発生



落雷による全電源喪失  
(中操現場暗闇)

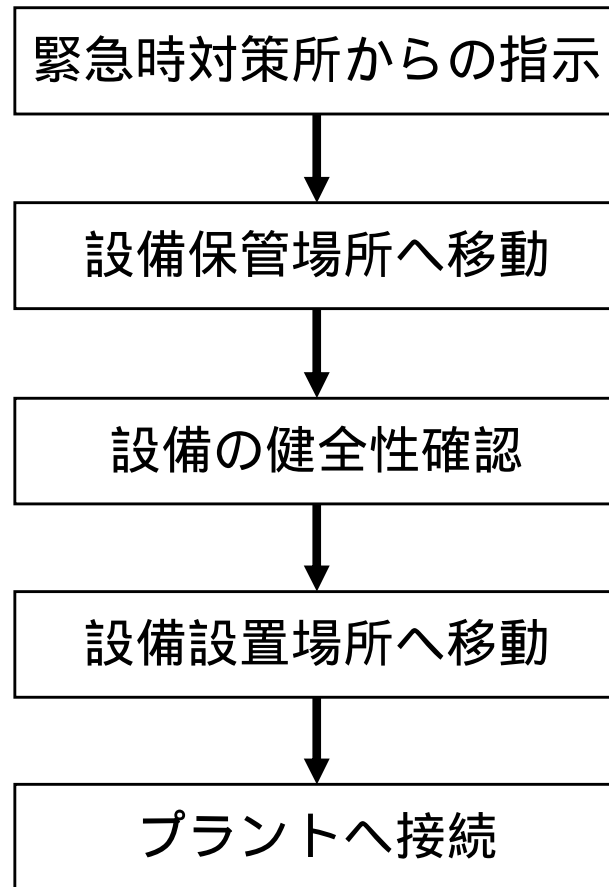




## (6)- 復旧班の力量向上に努めています

### ■ 現場における個別訓練を繰り返し、力量向上に取り組み中

#### 復旧班の現場部隊の主な業務の流れ



#### アクセスルート確保（瓦礫撤去）



設備	訓練回数
ホイールローダ等	5124回

#### 可搬型設備による対応 訓練は要求時間を設定して実施

設備	訓練回数
電源車	635回
消防車	1203回
代替熱交換器車	629回

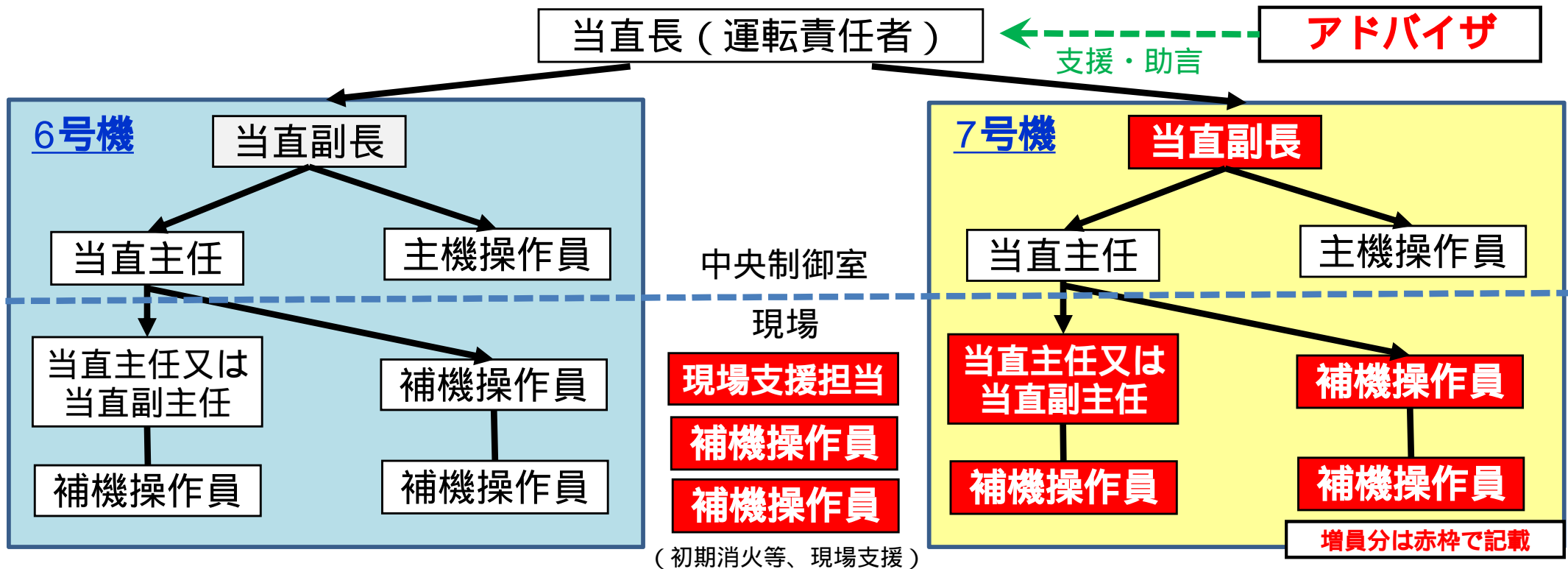
（訓練回数の数値はH29.12.20時点）



# (6)- 運転員の体制を強化しています

■ 1F事故の教訓を踏まえ、確実に号機毎の運転操作判断を行う体制を構築するとともに、当直要員を増強

- 当直副長の2名化、定員10名の6/7号機運転員の18名増強を実施
- 通常時も事故時も当直長が相談できるアドバイザー(Shift Technical Advisor)を新たに配置 (運転員18名 + 1名)



## (6)- 運転員の力量向上に努めています

- 中央制御室や現場における訓練、他事業者との合同訓練により、力量向上・運用改善に取り組み中
- BWR運転訓練センターにおける教育訓練のみならず、他BWR事業者と合同でシミュレータ訓練等を実施し、相互に運転員の力量を向上
- シビアアクシデントの環境を模擬して（暗闇等）、操作訓練等を実施



# まとめ（本日お伝えしたこと）

## ■ 1F事故の直後から安全対策に取り組みました

- 1F事故の教訓を踏まえ、新規制基準の策定を待たずに安全対策に取り組み（緊急安全対策としての電源車等の配備ほか）

## ■ 原子炉設置変更許可申請の厳格な審査を受け許可されました

- 当初検討した安全対策の変更・見直し（緊急時対策所など）
- 当社取り組みが評価され規則等へ反映（新除熱システムなど）



## ■ 1F事故を二度と起こさないよう、私たちは妥協することなく安全性を追求します

## おわりに 安全性向上に向けた私たちの決意

- 柏崎刈羽原子力発電所では、引き続き、1F事故の反省を踏まえた安全対策を着実に実施し、工事計画と保安規定の審査に真摯に対応していきます。
- 当社は「1F事故を決して忘れることなく、昨日より今日、今日より明日の安全レベルを高め、比類なき安全を創造し続ける原子力事業者になる」との決意のもと、「安全意識」「技術力」「対話力」を向上させるために、原子力安全改革プラン を実行し、原子力安全を高めていきます。

「福島原子力事故の総括および原子力安全改革プラン」（2013年3月29日、東京電力株式会社）