

# 柏崎刈羽原子力発電所の復旧状況について



平成22年12月7日  
東京電力株式会社

# 1. 地震の概要と被害・トラブルへの対応

# 新潟県中越沖地震の概要



©Google ©ZENRIN

単位:ガル (cm/s<sup>2</sup>), ( )内は設計値

号機	水平-南北方向	水平-東西方向	垂直
1	311(274)	680(273)	408(235)
2	304(167)	606(167)	282(235)
3	308(192)	384(193)	311(235)
4	310(193)	492(194)	337(235)
5	277(249)	442(254)	205(235)
6	271(263)	322(263)	488(235)
7	267(263)	356(263)	355(235)

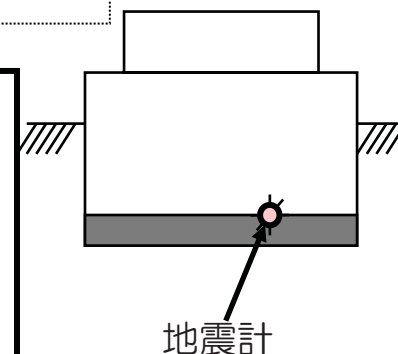
静的水平地震力は  $3 C_i = 0.48 G$  (470ガル)

スクラム(自動停止)設定値:

水平: 120 ガル

垂直: 100 ガル

- ・ 発震日時; 2007年7月16日10時13分頃
- ・ 震源位置; 上中越沖 北緯37度33.4分, 東経138度36.5分
- ・ 深さ; 17km
- ・ 気象庁マグニチュード;  $M=6.8$
- ・ 柏崎刈羽原子力発電所まで; 震央距離: 16km, 震源距離: 23km
- ・ 震度; 震度6強: 柏崎市, 刈羽村, 長岡市, 震度6弱: 上越市, 小千谷市, 出雲崎町

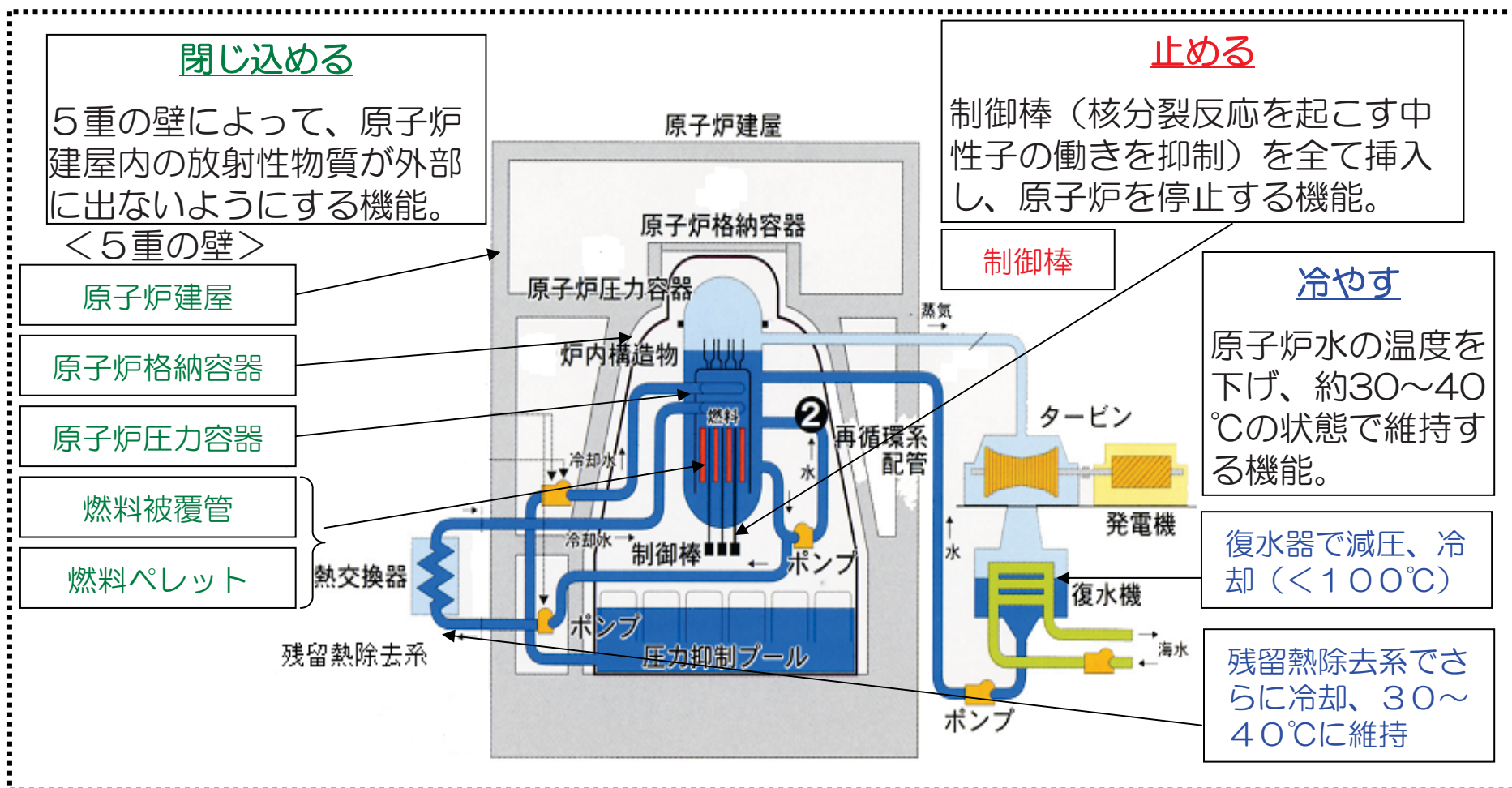


# 地震発生時の状況

		1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
地震発生時の状況	運転状況	定期 検査中	定期 検査中 (起動中)	運転中	運転中	定期 検査中	定期 検査中	運転中
	自動停止	—	有	有	有	—	—	有
地震による 主な影響		—	—	所内 変圧器 火災	—	—	微量の 放射性 物質の 海への 放出	微量の 放射性 物質の 空気中への 放出

# 原子力安全の確保

- 「止める」「冷やす」「閉じ込める」の安全機能が適切に働き、原子力安全は確保された。
- 特に頑丈な耐震設計となっている安全上重要な設備に異常はなかったが、変圧器をはじめとする一部の設備については、様々な損傷・不具合が確認された。



## 確認した不適合の状況

- 耐震設計は指針による安全上の重要度に基づきなされる。
- 安全上重要な **As / Aクラス**の設備に損傷は確認されていない。
- しかしながら、B / Cクラスの設備については損傷が確認されている。

耐震クラス	設備の例	損傷
As*1	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉压力容器</li> <li>原子炉格納容器</li> <li>制御棒</li> </ul>	無
A*1	<ul style="list-style-type: none"> <li>非常用炉心冷却系</li> <li>原子炉建屋</li> </ul>	無
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>タービン設備</li> <li>放射性廃棄物処理系</li> </ul>	原子炉建屋天井クレーンジョイント部
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>主発電機</li> <li>変圧器</li> <li>所内ボイラー</li> </ul>	所内変圧器、主排気筒ダクト、消火系配管など

\*1: 2006年に策定された新指針では、AsとAクラスはSクラスに統一されている。



# 主な被害・トラブルへの対応①

## ■3号機所内変圧器の火災

### ●経緯

所内変圧器とタービン建屋をつなぐケーブル部の基礎が沈下したことにより、変圧器の中に入っていた絶縁油が漏れ、ショートしたことから発火した。（防火壁により他への延焼はなし。）

所内変圧器



ケーブル部

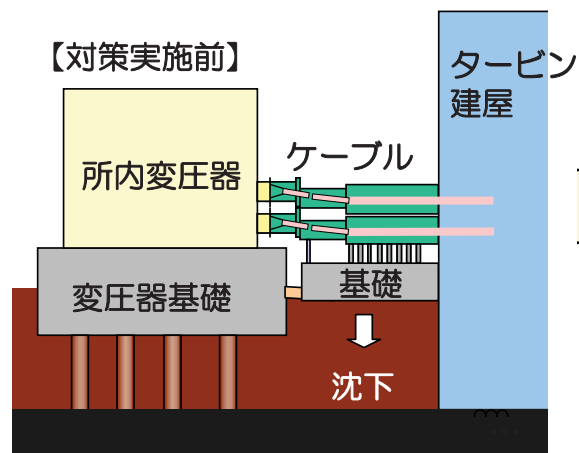


沈下により  
ズレが発生

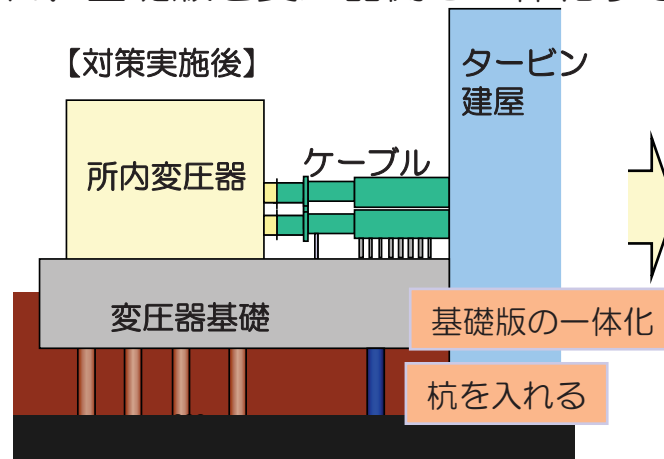
### ●対策

ケーブル部基礎に岩盤まで杭を入れ、基礎版を変圧器側と一体化することにより、沈下を防ぐ。

【対策実施前】



【対策実施後】



所内変圧器据付

## 主な被害・トラブルへの対応②

### ■6号機水漏れにともなう放射性物質の海への放出

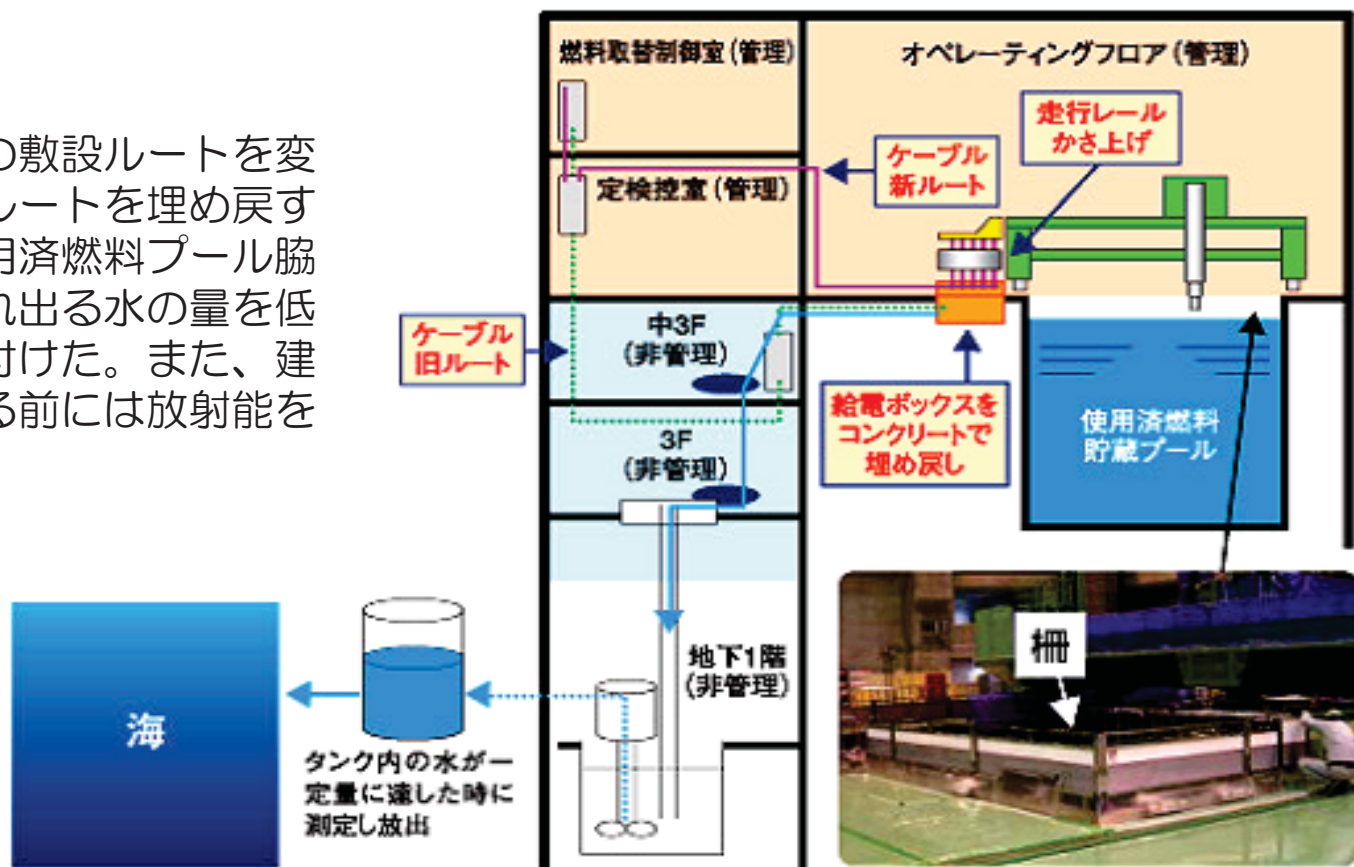
#### ●経緯

地震の揺れであふれた使用済燃料プールの水が、密封処理が不十分であった燃料取替機のケーブル貫通部を通じて非管理区域へ漏えいし、非管理区域の排水設備から放水口を經由して発電所外に放出。（放射線量は人が1年間に自然界で受ける量の約10億分の1）

#### ●対策

6号機の当該ケーブルの敷設ルートを変更し、従来のケーブルルートを埋め戻すとともに、全号機で使用済燃料プール脇の柵にプールからあふれ出る水の量を低減させるパネルを取り付けた。また、建屋内の水を海へ放出する前には放射能を測定する。

放出された放射性物質による環境への影響はありません





## 主な被害・トラブルへの対応③

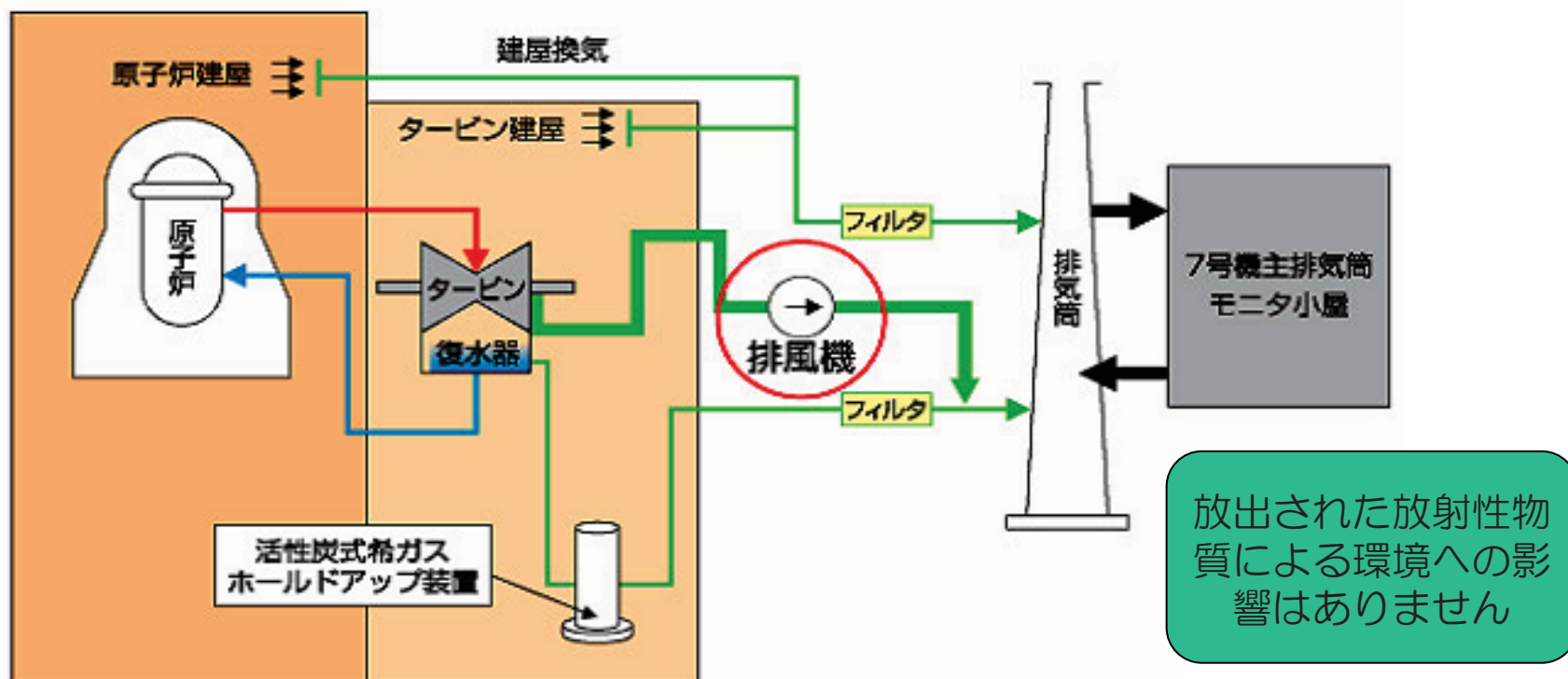
### ■7号機主排気筒モニタからの放射性物質の検出

#### ●経緯

原子炉自動停止後、排風機の停止操作が遅れたため、復水器から排気筒を経て、ヨウ素や粒子状放射性物質が大気へ放出。（放射線量は人が1年間に自然界で受ける量の約1,000万分の1）

#### ●対策

プラント停止時に排風機が自動で停止する仕組みにするとともに、操作マニュアルの見直しと、教育訓練を実施する。



## その他の被害

### ■ ろ過水タンクの損傷



No.1 ろ過水タンク

### ■ 発電所構内道路の陥没



### ■ 事務本館執務室内什器の転倒



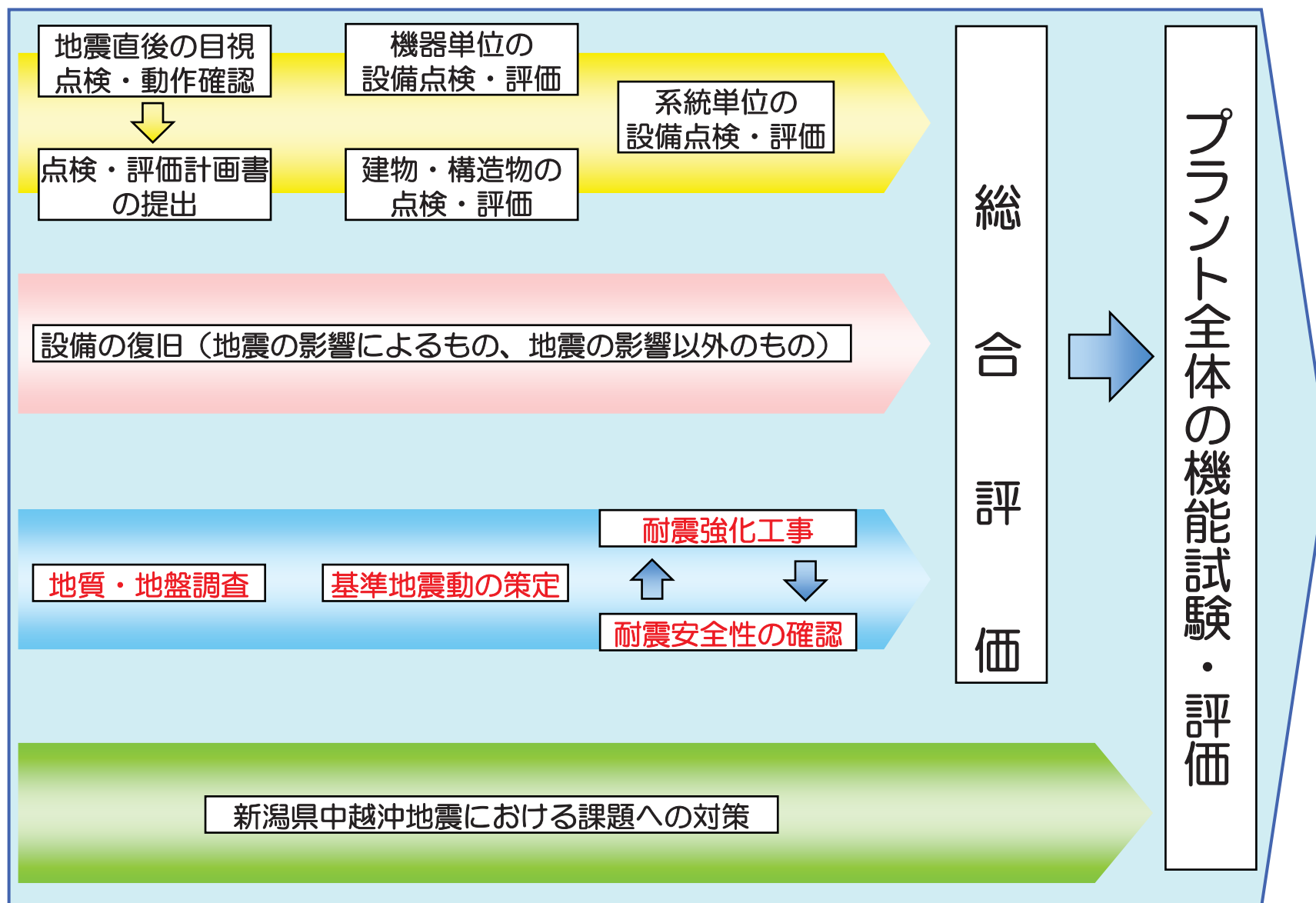
### ■ 固体廃棄物貯蔵庫ドラム缶の転倒



## 2. 災害に強い発電所を目指して

# 取組内容

## 新潟県中越沖地震後の状況



# 新たな「基準地震動」の策定①

## ■基準地震動の策定方法

基準地震動とは地下深くの固い岩盤面（解放基盤表面）で地震の揺れを設定したもの。そこから原子炉建屋最地下階部での揺れを算出。

### 基準地震動の策定方法

1. 地質調査などの結果に基づき、影響が大きいと考えられる活断層の選定を行う。
2. その活断層の大きさなどから、発生が見込まれる地震規模（マグニチュード）を想定。
3. 想定した規模の地震によって、発電所敷地がどのくらいの揺れになるのかを算出。



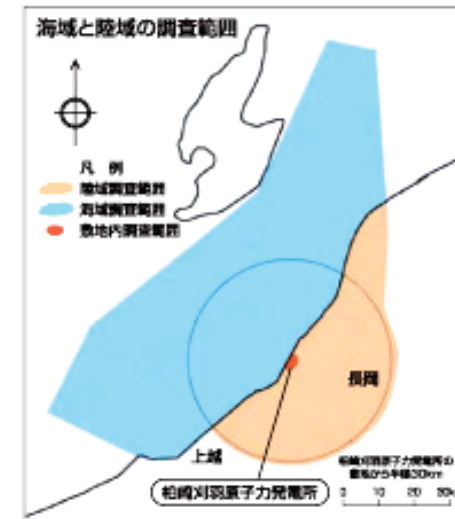
# 新たな「基準地震動」の策定②

## ■発電所周辺の地質調査と活断層評価

発電所周辺の地下構造や断層の活動について確認するため、地質調査を行いました。



その他: 立坑による断層調査、GPS測量、航空写真測量など



国の新しい耐震設計の指針に基づき、発電所周辺の活断層を評価しました。  
それらの活断層のうち、発電所に与える影響が大きい活断層として、海域の「F-B断層」、  
陸域の「長岡平野西縁断層帯」による地震を選定し、基準地震動を策定しました。

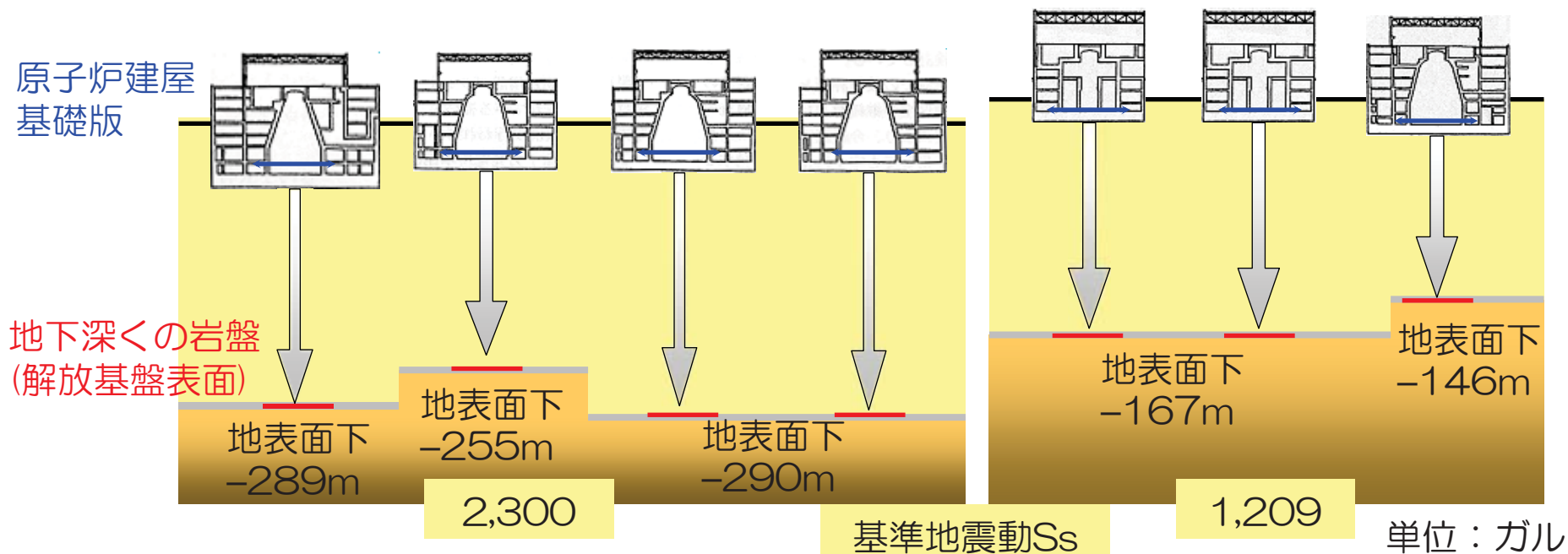
活断層		断層長さ	地震規模		傾斜角
F-B断層		約36km	36km	M7.0	南東傾斜 35°
長岡平野西縁断層帯	角田・弥彦断層	約54km	91km	M8.1	西傾斜 50° 35°
	気比ノ宮断層	約22km			
	片貝断層	約16km			

敷地周辺の活断層の評価について、国などの審議を踏まえて、平成20年10月までに国に報告しました。



# 新たな「基準地震動」の策定③

	1号機	2号機	3号機	4号機	7号機	6号機	5号機
中越沖地震 (観測値)	680	606	384	492	356	322	442
基準地震動による揺れ	845	809	761	704	738	724	606
耐震強化	全号機で1,000ガル（原子炉建屋最下部）の地震の揺れに対して、 設備の耐震クラスに応じた耐震強化工事を実施						

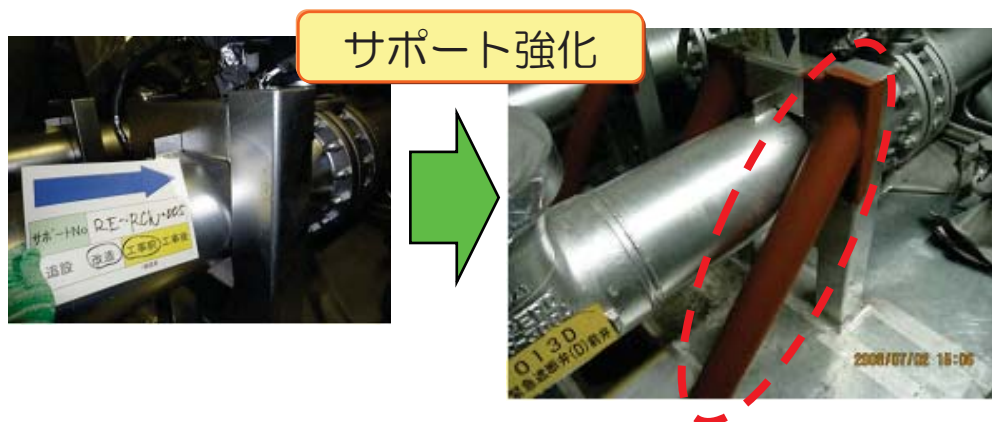


基準地震動による建屋の揺れの大きさを基に、  
発電所の耐震強化に向けた揺れの大きさを検討します。

# 新たな基準地震動に基づく耐震強化工事①

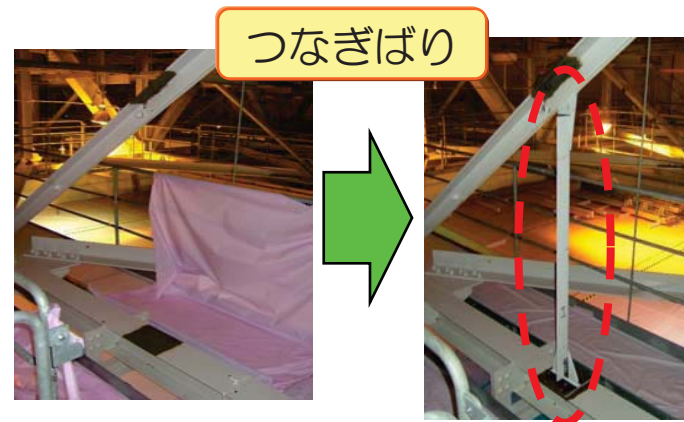
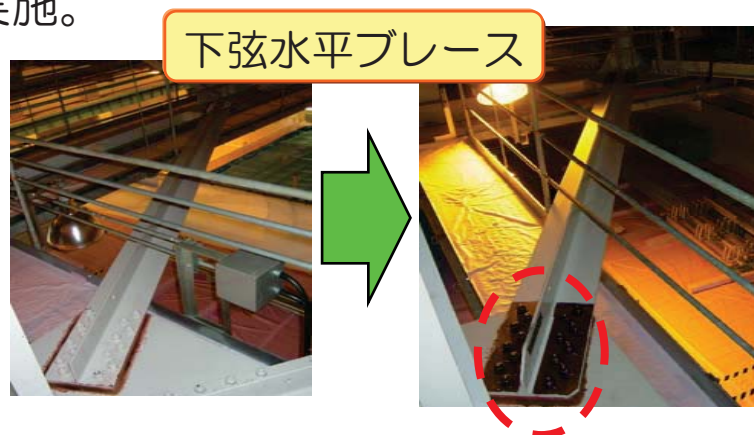
## ➤ 配管サポート追加・強化（1,5,6,7号機完了）

配管等（電線管・ケーブルトレイ・空調ダクト含む）について、サポートの追加または強化を実施。



## ➤ 原子炉建屋の屋根トラスの強化（全号機完了）

建屋の屋根を支えるトラス（鉄骨構造）に、補強用の鋼材を追加するなど強化を実施。

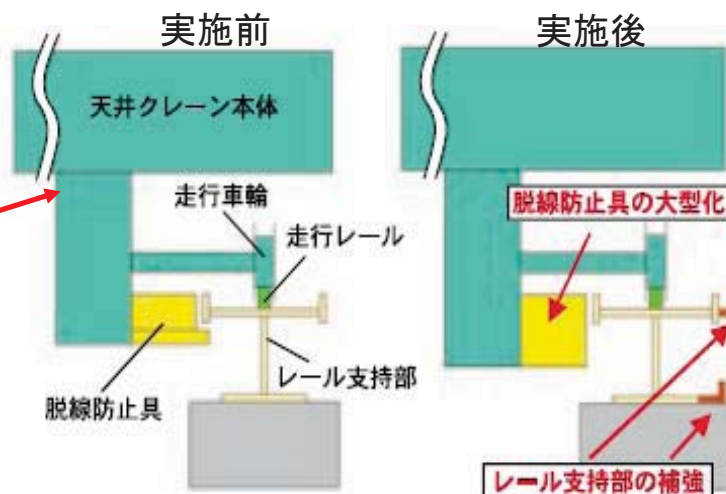
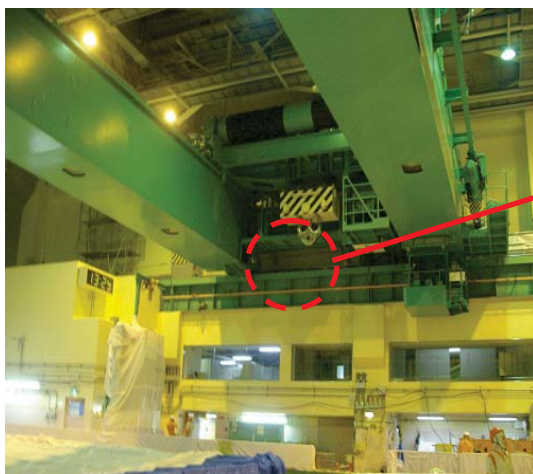




## 新たな基準地震動に基づく耐震強化工事②

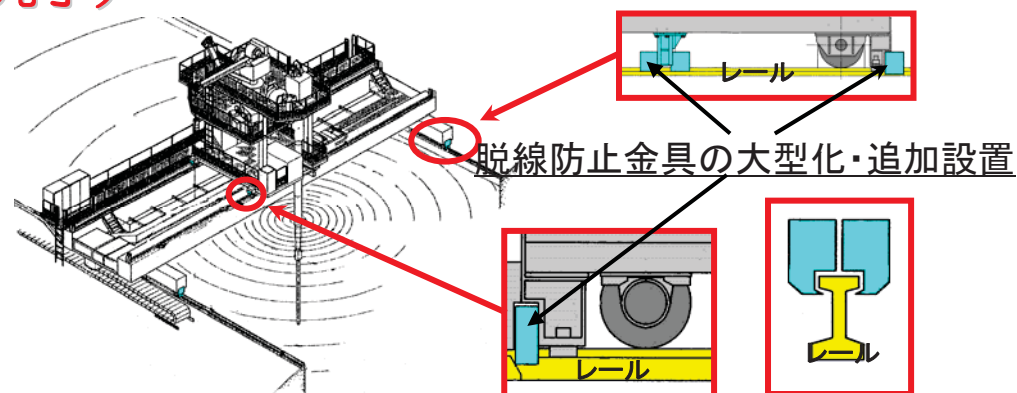
### ➤ 原子炉建屋・天井クレーンの強化（1,3,5,6,7号機完了）

地震により天井クレーン本体が脱線し、落下することがないように脱線防止具の大型化と走行レール支持部の補強を実施。



### ➤ 燃料取替機の強化（1,3,5,6,7号機完了）

地震により燃料取替機本体が脱線し燃料プールや原子炉内に落下することがないように，脱線防止金具の大型化・追加設置や補強材追加などを実施。



脱線防止金具断面図

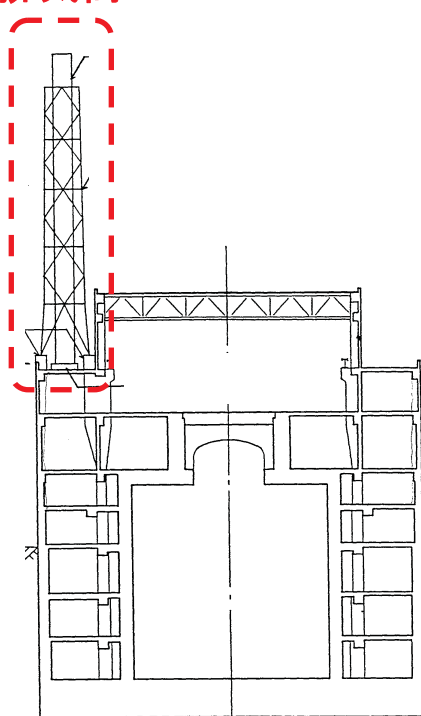
# 新たな基準地震動に基づく耐震強化工事③

## ➤ 排気筒の強化（全号機完了）

制震装置を設置することで強化を実施。（1,2,6,7号機で実施）

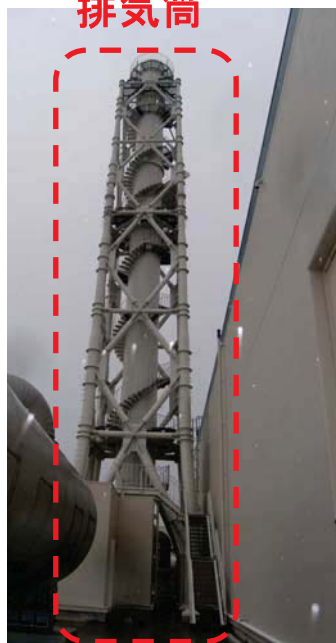
< 7号機の例 >

排気筒



7号機 原子炉建屋 断面図

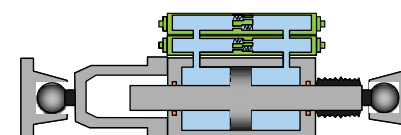
排気筒



排気筒

制震装置の設置

制震装置（イメージ）



収縮して揺れを吸収

排気筒が揺れる際の振動エネルギーを油の流体抵抗によって吸収し、排気筒の揺れを抑える。

排気筒の補強例



# 危機管理体制の強化①

原子炉は安全に停止しましたが、変圧器火災への対処に手間取ったこと、健康・環境に影響のないごく微量ながら放射性物質が放出されたこと、これらに関する地域の皆さまへの情報発信の遅れなどの強い反省に立ち、危機管理体制を強化しました。

## ■ 初期消火体制の充実

- 水槽付消防ポンプ車、化学消防車、24時間対応の自衛消防隊を配備しました。
- 消防署の指導のもと定期的に訓練を行うとともに、外部の訓練施設でも実践的な訓練を実施してまいります。

## ■ 消火設備の信頼性の強化

- 埋設配管が損傷したことから、配管の地上化を実施しました。さらに、そのバックアップとして、敷地内の17箇所に耐震防火水槽を設置しました。
- 大型消火器の増設や、配管継ぎ手（配管と配管のつなぎ目）の強化などを行い、消火設備の信頼性を強化しました。



水槽付消防ポンプ車



化学消防車



埋設消火配管の地上化



耐震防火水槽

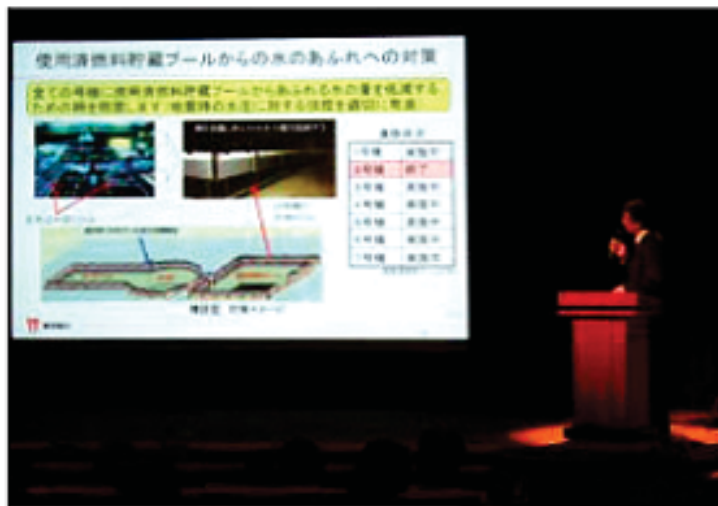


自衛消防隊の消防訓練

## 危機管理体制の強化②

### ■情報発信強化の取り組み

- 災害時に、当社から地域の皆さまへ発電所の状況を迅速にお伝えするため、複数のラジオ局と緊急時の放送契約を結ぶとともに、スピーカを搭載した広報車を2台配備。
- 地域説明会、広報誌、新聞広告、ホームページ、メールマガジンなどを通じて、地域の皆さまからの声やニーズにお応えしながら、発電所の状況をお伝えする。



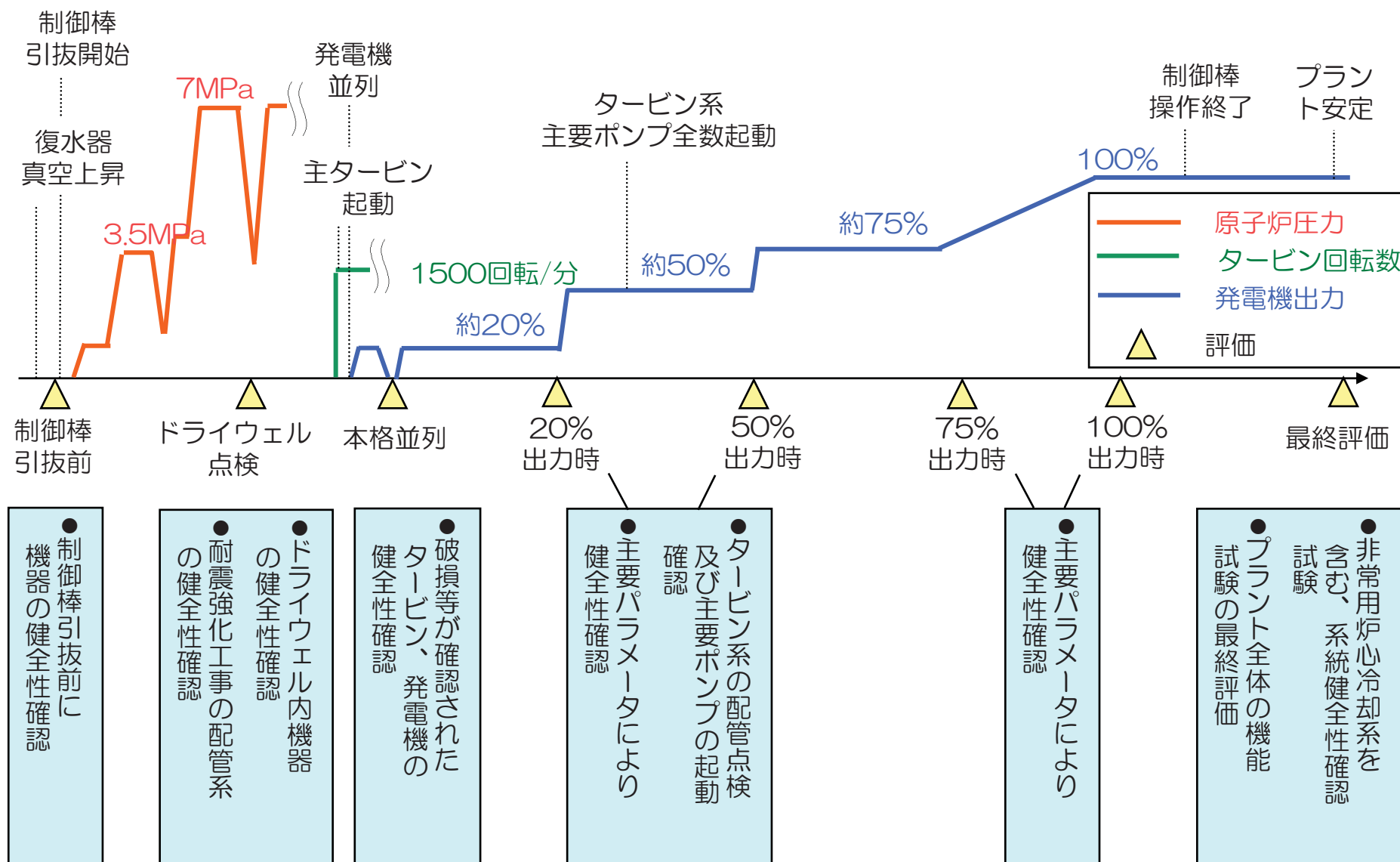
地域説明会



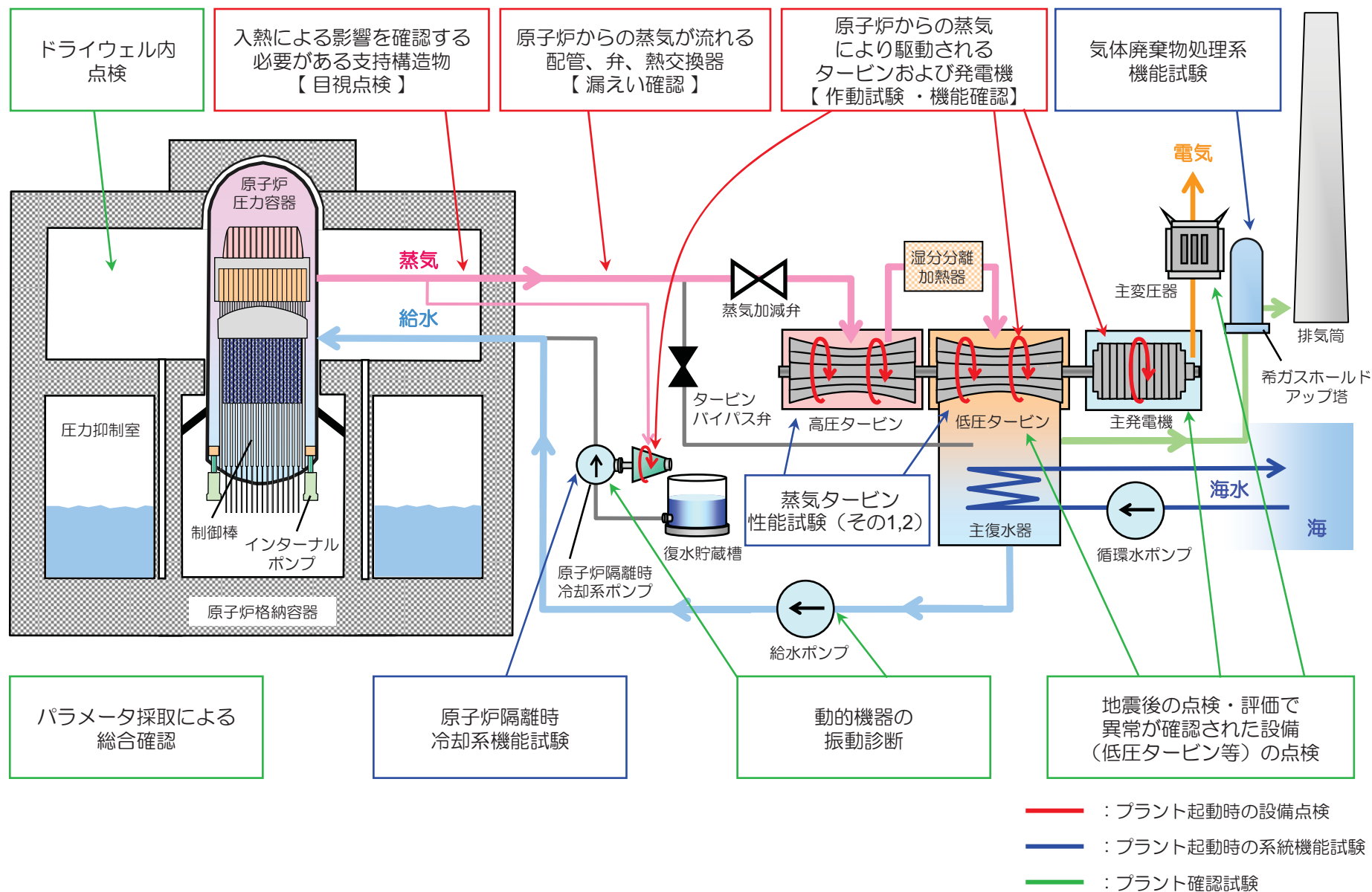
広報誌「ニュースアトム」

状況説明（サービスホール）

# プラント全体の機能試験の確認ポイント



# プラント全体の機能試験・評価の概要



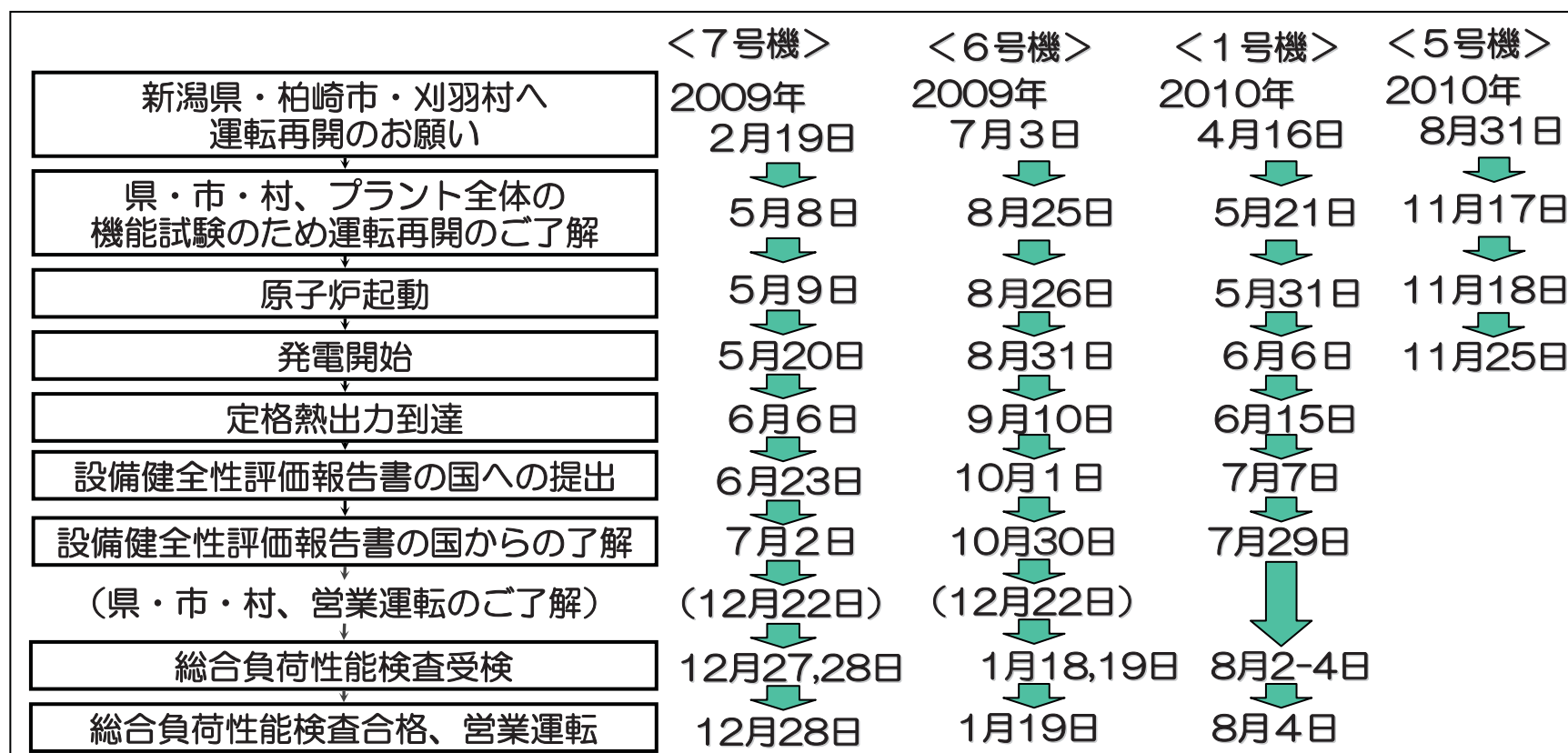
### 3. 営業運転再開状況



# 1, 6, 7号機の運転再開と5号機の起動

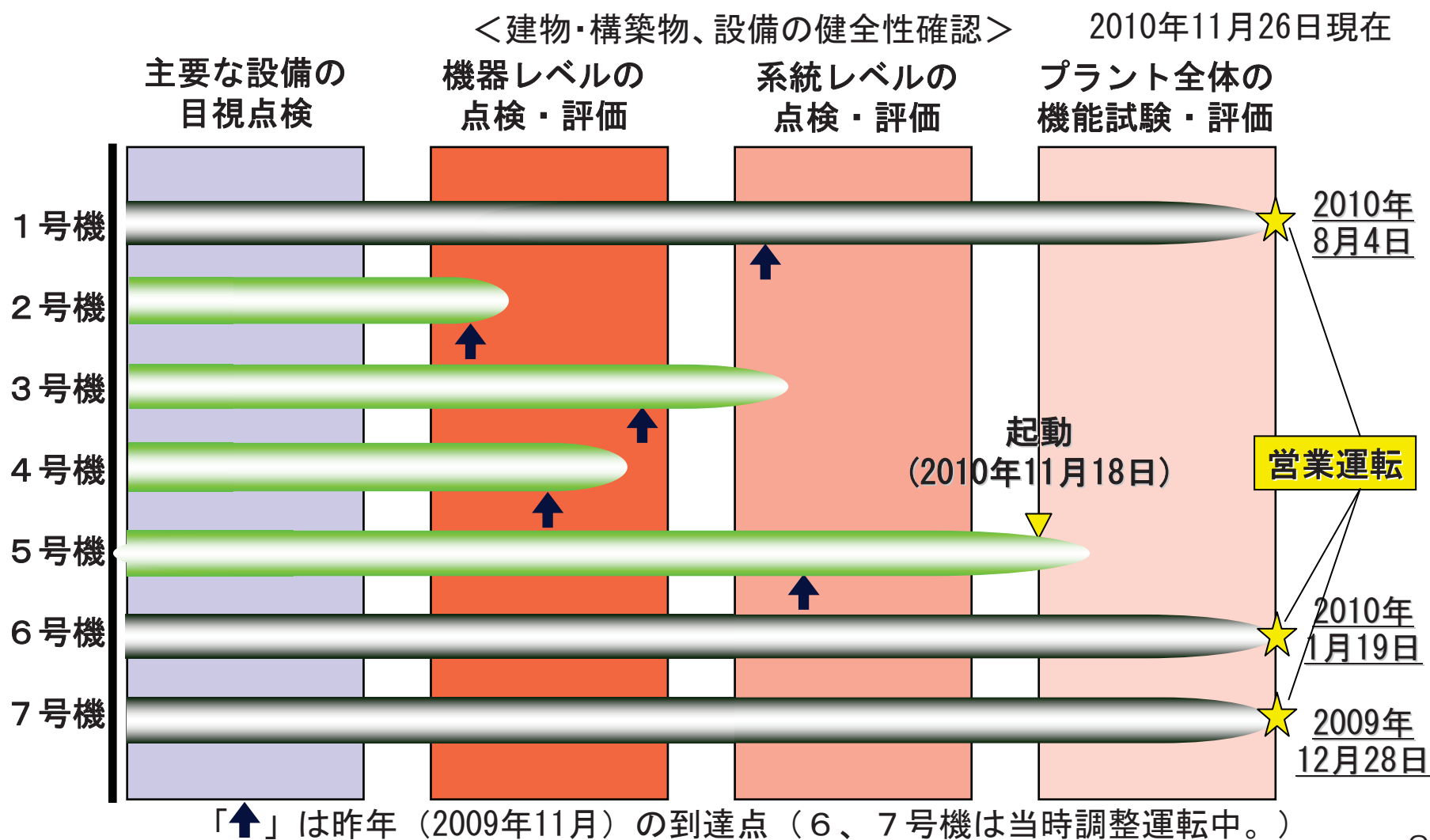
- 7号機は09年12月、6号機は10年1月、1号機は10年8月に営業運転を再開。合計381.2万kWの供給力が系統に復帰。
- 5号機は10年11月18日に起動、25日に発電を開始。

2010年11月26日現在



## 2～4号機の状況

- 2～4号機は、現在鋭意復旧作業を進めているところ。
- 今後も段階を踏んで一つ一つ丁寧に作業を進めていく。



# 耐震強化工事進捗状況

H22.11.26現在

	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 (H21.12.9)	工事準備中	実施中 (H22.6.14～)	工事準備中	完了 (H21.12.3)	完了 (H21.1.19)	完了 (H20.11.3)
原子炉建屋 屋根トラス	完了 (H21.7.13)	完了 (H21.8.21)	完了 (H21.7.7)	完了 (H21.9.7)	完了 (H21.5.22)	完了 (H20.10.24)	完了 (H20.9.30)
排気筒	完了※1 (H21.12.10)		完了 (H22.6.29)	完了 (H22.6.29)	完了 (H22.1.14)	完了 (H20.10.29)	完了 (H20.10.16)
原子炉建屋 天井クレーン	完了 (H21.10.15)	実施中 (H22.7.31～)	完了 (H22.8.27)	実施中 (H21.10.21～)	完了 (H21.8.28)	完了 (H21.1.12)	完了 (H20.10.27)
燃料取替機	完了 (H21.10.10)	実施中 (H22.7.27～)	完了 (H22.9.3)	実施中 (H22.8.24～)	完了 (H21.9.24)	完了 (H21.1.25)	完了 (H20.11.1)
非常用取水路	完了 (H21.12.4)	—※2	—※2	—※2	—※2	—※2	—※2

耐震強化対象箇所の評価を引き続き実施中であるため、項目等は変わる可能性あり。  
また、今後の耐震安全性評価等の中で耐震強化工事に反映すべき点があれば、適宜対応。

※1：1号機は2号機との集合排気筒

※2：解析を実施し取水機能を維持できることを確認済み

## 4. 社会への貢献

# 耐震研究への協力

- 昨年12月、新潟工科大学・(独)原子力安全基盤機構・東京電力(株)は、耐震設計・安全評価の信頼性向上のための「原子力耐震・構造研究拠点」を発足、本年11月24日竣工。
- 原子力安全に係る耐震・構造等の分野について最先端の研究を実施する。

1. 名 称 原子力耐震・構造研究拠点  
(代表 新潟工科大学長)

2. 設置場所 新潟工科大学内

3. 目 的 原子力安全に係る耐震・構造等の分野について最先端の研究を実施するとともに、この分野の最新の知見と情報の収集・分析を行う。これにより、国際的な研究の連携及び人材育成の推進等の国際協力を行い、原子力の安全確保に関する技術の発展に貢献する。

4. 構 成 員 新潟工科大学、東京電力株式会社、独立行政法人原子力安全基盤 機構

◎当面の研究活動（抜粋）

- ・ 発電所の建屋変動の観測
- ・ 発電所建屋で高密度な地震観測
- ・ 高経年構造物の耐震性評価
- ・ 地下深部における地震観測
- ・ 各種の地震観測結果を整理して伝達
- ・ 高度な耐震研修教材の製作
- ・ 国際研修や国際シンポジウム（IAEA等と連携・協力）



「原子力耐震・構造研究拠点」発足記者会見(2009.12.24)



## 国際社会への貢献

- 点検・評価や地質調査結果、耐震強化工事等の状況については、国や自治体へ報告するとともに、その内容を国内外に公開。
- IAEAの調査を2007年8月、2008年1月、2008年12月の3回にわたって受け入れ、以下の評価を得る。
  - ・IAEA調査チームはすべての日本側対応者及び参加機関の大変良好な協力を得た。詳細な説明や文書による資料提供が行われ、専門チームからの質問にはすべての的確に対応がなされ、必要に応じて適切な文書が提示された。
  - ・放射性物質の漏えいによる個人の被ばく線量は規制値に比べて大変低いとの評価が示された。
- 米国電力研究所EPRIと米国原子力発電運転協会INPOも発電所現地調査を実施
  - ・EPRIは、設備の点検・評価方法が米国の標準と照らして適切であること等について報告。
  - ・INPOは、緊急時対応について事実確認を行い、教訓となるべき事項を抽出して報告。
- 耐震安全性に関する国際ワークショップ、シンポジウムへの参加
  - ・2008年6月に柏崎市で開催されたIAEA国際ワークショップへ参加。28カ国、2国際機関から、海外専門家70名を含む335名が参加。2010年3月にも開催。
  - ・2010年11月24～26日に柏崎市で開催された国際原子力耐震安全シンポジウムへ参加。
- その他、国内外の団体の視察受け入れや、地震関連データの提供等を積極的に実施
  - ・2007年8月～2010年1月の間の柏崎刈羽原子力発電所の見学・視察による来訪者数は約14万人。



IAEAの調査風景

## 5. まとめ

## まとめ

---

- 中越沖地震では、「止める」「冷やす」「閉じ込める」の安全機能が適切に働き、原子炉は安全に停止しました。
- 今回の被災により得られた知見を活かして、安全で災害に強い発電所となるよう努力してまいります。
- 設備の健全性確認や復旧作業、耐震強化工事などを、安全を第一に一つひとつ着実に進め、国による安全確認と地元からのご了解のもと、1号機・6号機・7号機の運転を再開いたしました。また、5号機について、プラント全体の機能試験のため起動いたしました。
- 当社は引き続き、設備の健全性確認、耐震強化工事、点検・評価等について、安全を第一に透明性を確保しつつ、一つひとつ慎重かつ着実に、予断を持たず進めてまいります。