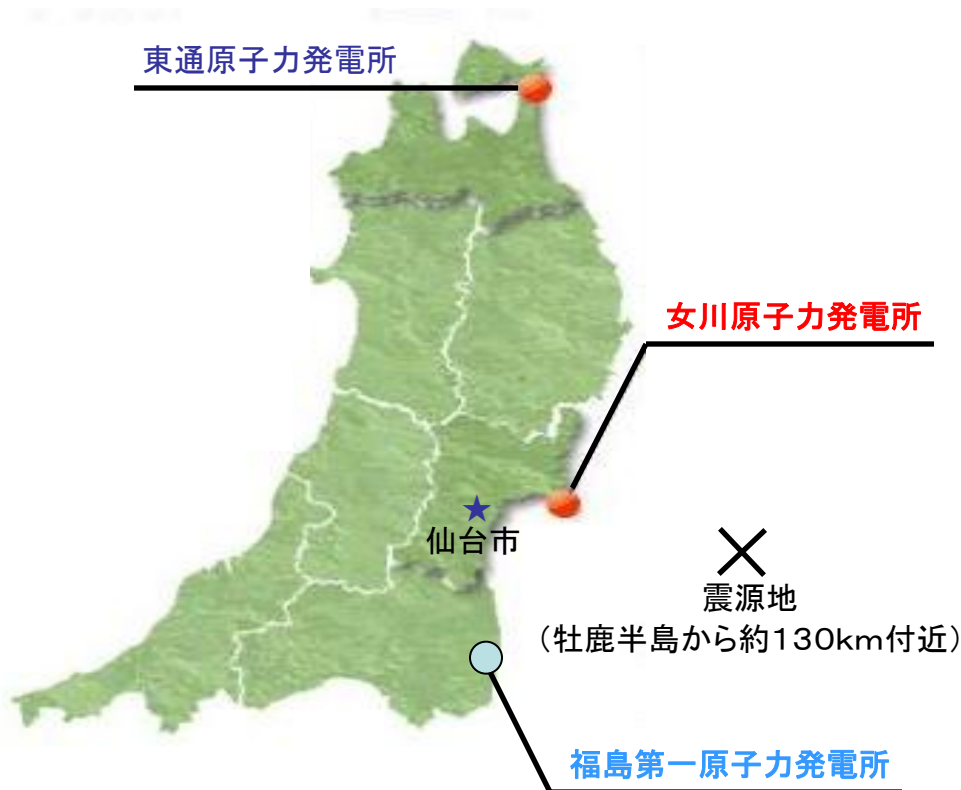


東日本大震災による 女川原子力発電所の被害状況の概要 および更なる安全性向上に向けた取り組み



平成25年3月29日

東北電力株式会社

Copyright © 2012 Tohoku Electric Power Co., Inc. All rights reserved.



目次

1. 東日本大震災概要およびプラント対応状況
2. プラントの被害状況
3. 女川原子力発電所の安全機能確保の要因
4. 更なる安全性向上に向けた取り組み
5. 発電所への避難者受け入れ



東北電力の電源割合

面積

21%

日本

人口

9%

日本

発電電力量

原子力

28%

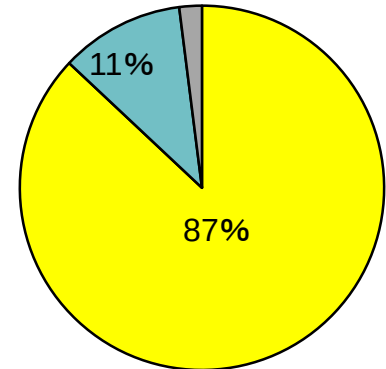
火力

57%

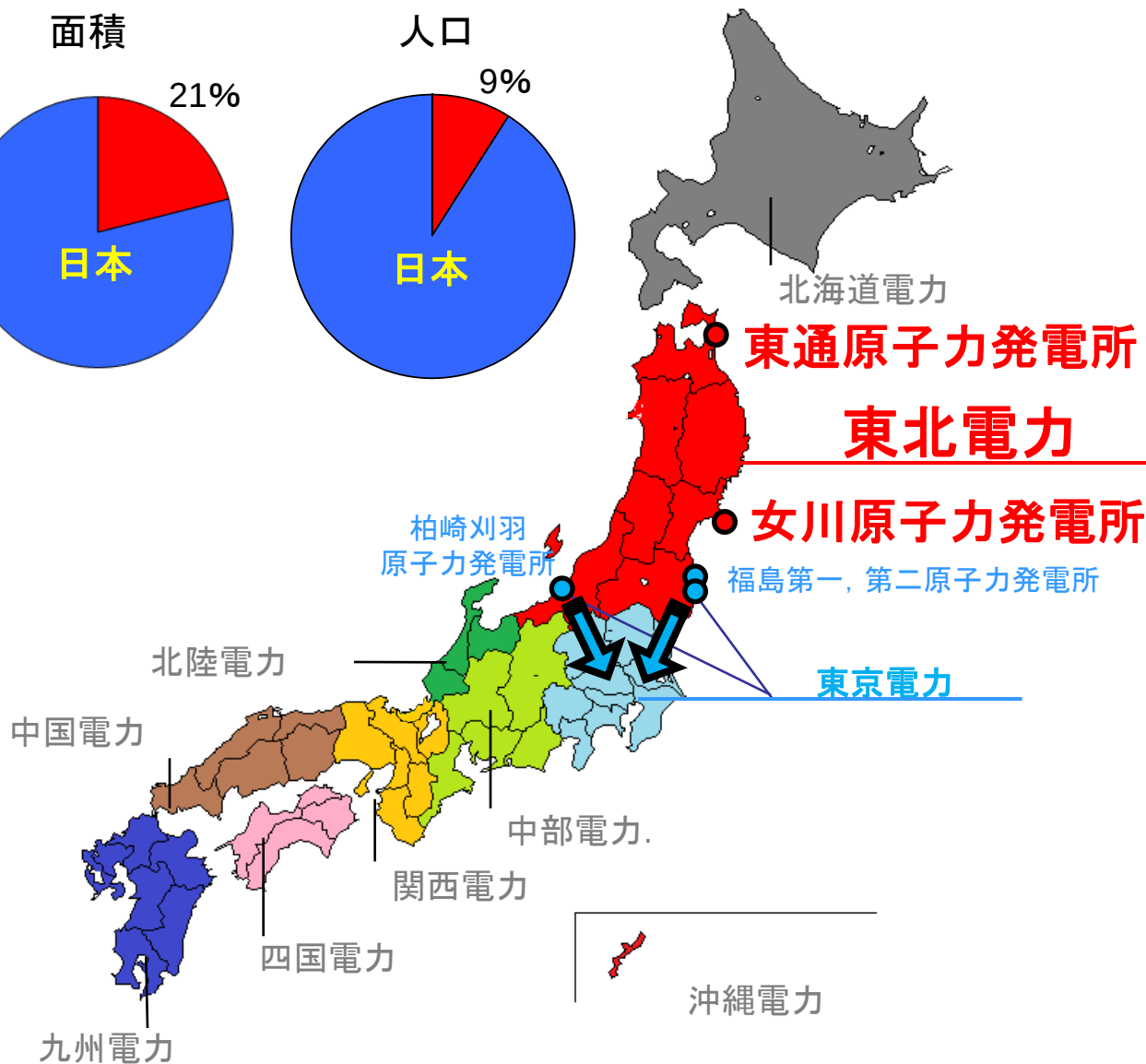
水力

11%

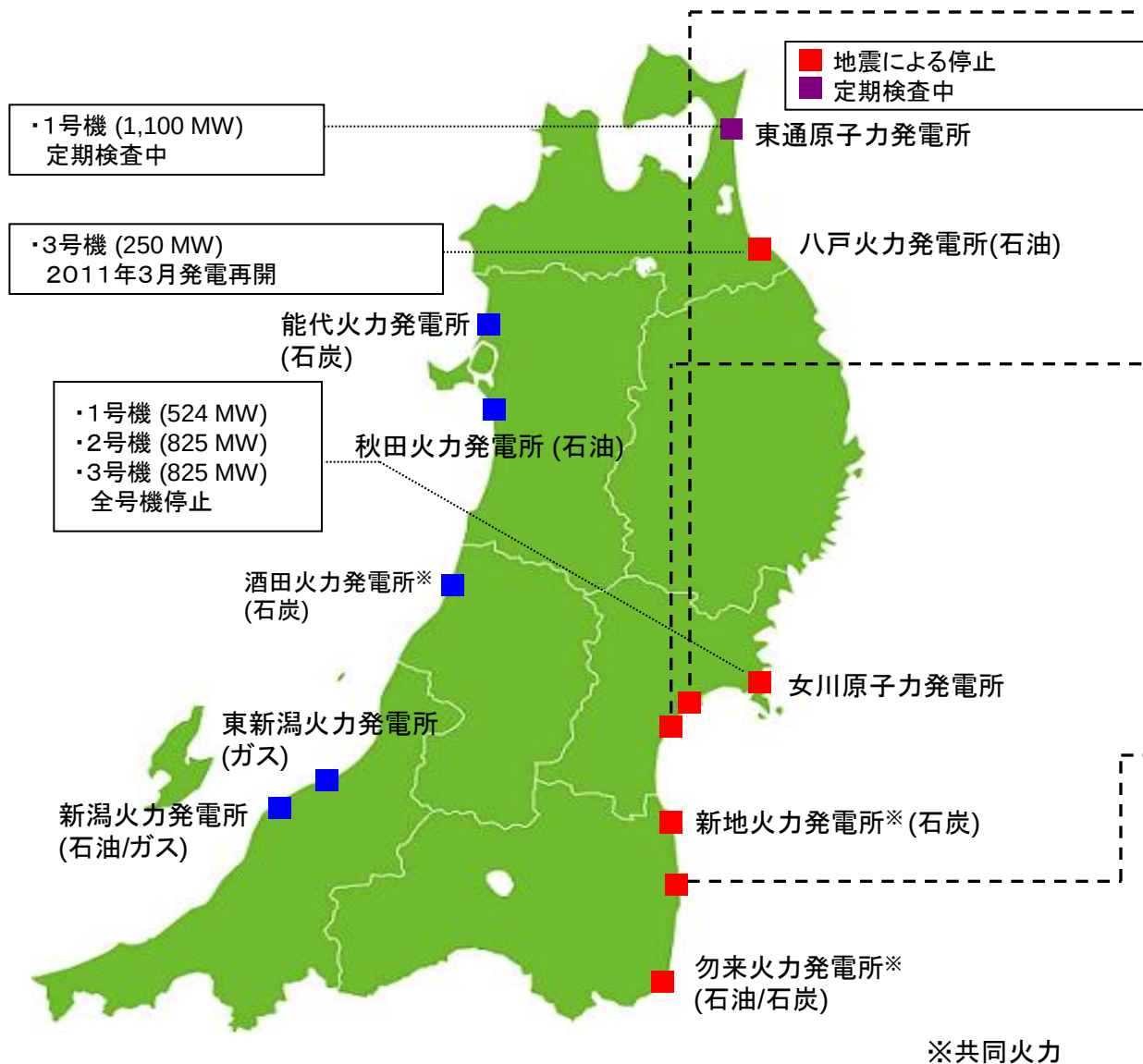
2010年4月1日～2011年3月31日
(2010年度)



2011年4月1日～2012年3月31日
(2011年度)



3/11直後の東北電力の発電所の状況



仙台火力発電所(ガス)

・4号機 (446 MW)

2011年12月発電再開



新仙台火力発電所(石油/ガス)

・1号機 (350 MW)

2011年12月発電再開



原町火力発電所(石炭)

・1号機 (1,000 MW), 2号機 (1,000 MW)

1号機: 2013年1月28日に試運転開始

2号機: 2012年11月3日に試運転開始



1-①発電所の概要



1-②地震・津波の概要

発生日時：2011年3月11日(金)14時46分頃
震源地：三陸沖約130km 深さ約24km
マグニチュード：9.0(日本国内観測史上最大)
震度：6弱

地震加速度：567.5ガル(1号機 原子炉建屋地下2階)
(過去最大地震加速度：251.2ガル, H17.8.16)

本地震において、基準地震動Ssを一部超過(現在、超過した要因分析および評価を実施中)
【震災前】

【女川町被害状況(2013.1.7現在)】

震災前人口(2011.3.11現在)：10,014名

死亡(認定者含む)：821名

行方不明者：6名

住家被害(全壊+半壊)：4,411棟



朝日新聞から引用(2011年3月13日)



Tohoku Electric Power

1ー③地震発生後のプラント状況(停止・冷却・閉じ込め機能)

		1号機		2号機		3号機	
地震発生前		運転中		起動中 (第11回定期検査中) 3/11 14:00 起動開始		運転中	
地震発生後	止める	3/11 14:46	自動停止	3/11 14:46	自動停止	3/11 14:46	自動停止
	冷やす	3/12 0:58	冷温停止 (100℃未満)	3/11 14:49	冷温停止 (100℃未満)	3/12 1:17	冷温停止 (100℃未満)
	閉じ込める	排気筒モニタ・各区域の放射線モニタの指示値に異常なし※					

⇒『止める, 冷やす, 閉じ込める』が健全に機能

※: 東電福島第一の事故により3/12深夜モニタリングポスト指示値上昇
(付録6参照)



1-④地震発生後のプラント状況(1～3号機の主な時系列)

1号機(定格熱出力一定運転中)	2号機(第11回定期検査中で起動操作中)	3号機(定格熱出力一定運転中)
3月11日(金) 14:46 原子炉自動停止 主タービン自動停止 14:47 非常用ディーゼル発電機(DG) (A)(B)自動起動 14:57 火災報知機発報 14:59 原子炉隔離時冷却系(RCIC) 手動起動 15:05 原子炉未臨界確認	3月11日(金) 14:46 原子炉自動停止 ※ 14:47 DG(A), (B), (H)自動起動 14:49 冷温停止確認 15:29 津波最大波到達 15:35 DG(B)自動停止 (津波による補機冷却水系停止のため) 15:42 DG(H)自動停止 (津波による補機冷却水系停止のため) 22:55 消火宣言 23:46 RHRポンプ(A)による 原子炉冷却開始 3月12日(土) 0:58 冷温停止確認	3月11日(金) 14:46 原子炉自動停止 14:47 主タービン自動停止 14:57 原子炉未臨界確認 15:26 RCIC手動起動 23:51 RHRポンプ(A)による 原子炉冷却開始 3月12日(土) 1:17 冷温停止確認
※原子炉起動直後のため原子炉は未臨界 (常温常圧状態)		



2-①プラントの被害状況

	設備名称	被害概要(付録参照)	原因	添付資料
1号機	高圧電源盤	常用のA系高圧電源盤が焼損 (B系および非常用電源は問題なし)	地震	付録2
	屋外重油貯蔵タンク	倒壊	津波	付録3
2号機	補機冷却水系	原子炉補機冷却水B系および高圧 炉心スプレイ補機冷却水系が浸水 (A系の機能に問題はなし)	津波	付録4 付録5

(参考)

1号機 原子炉建屋天井クレーン走行部の損傷(平成24年6月7日発見)

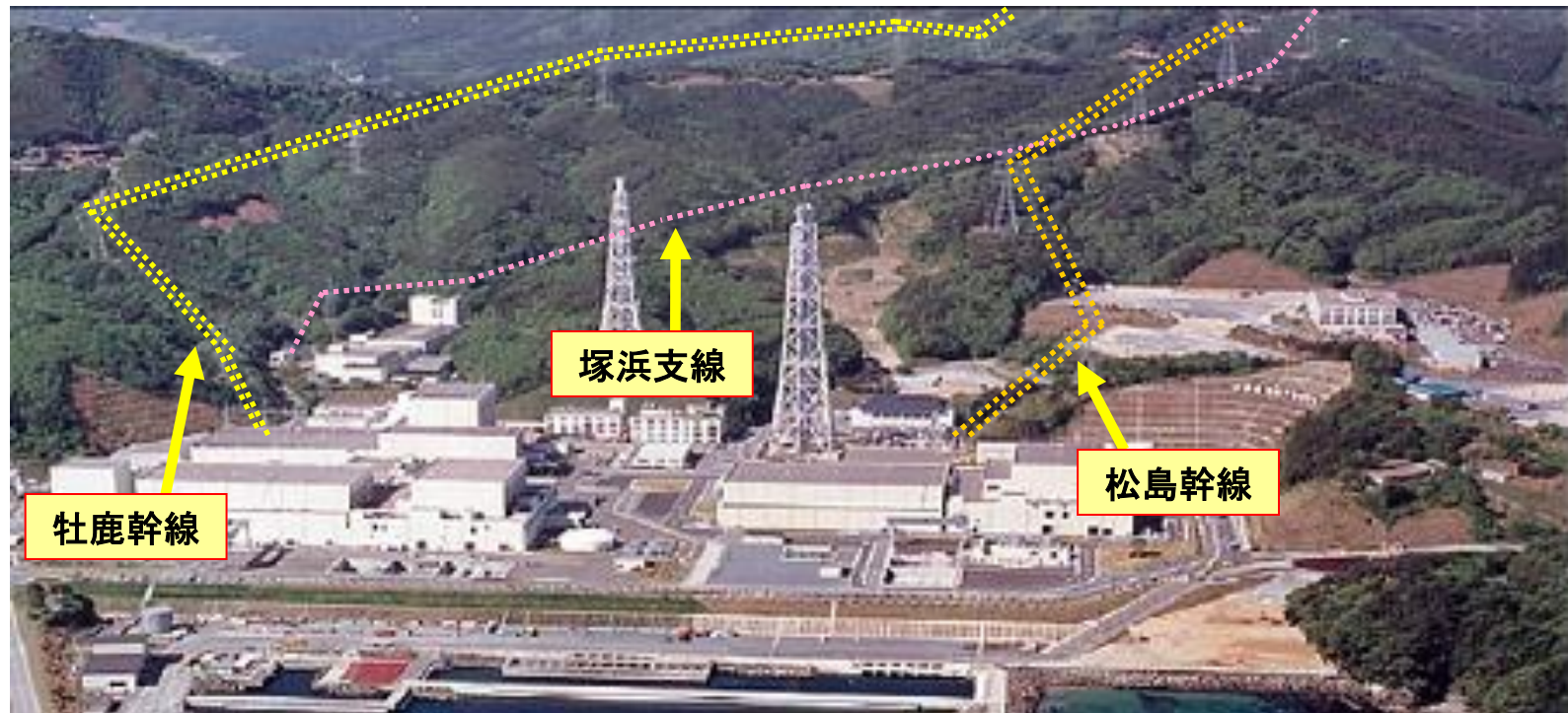
2-②地震直後も電源は確保されていた

1. 非常用電源
は確保

2. 外部電源も
確保

非常用ディーゼル発電機(D/G)はすべて健全(待機状態)※

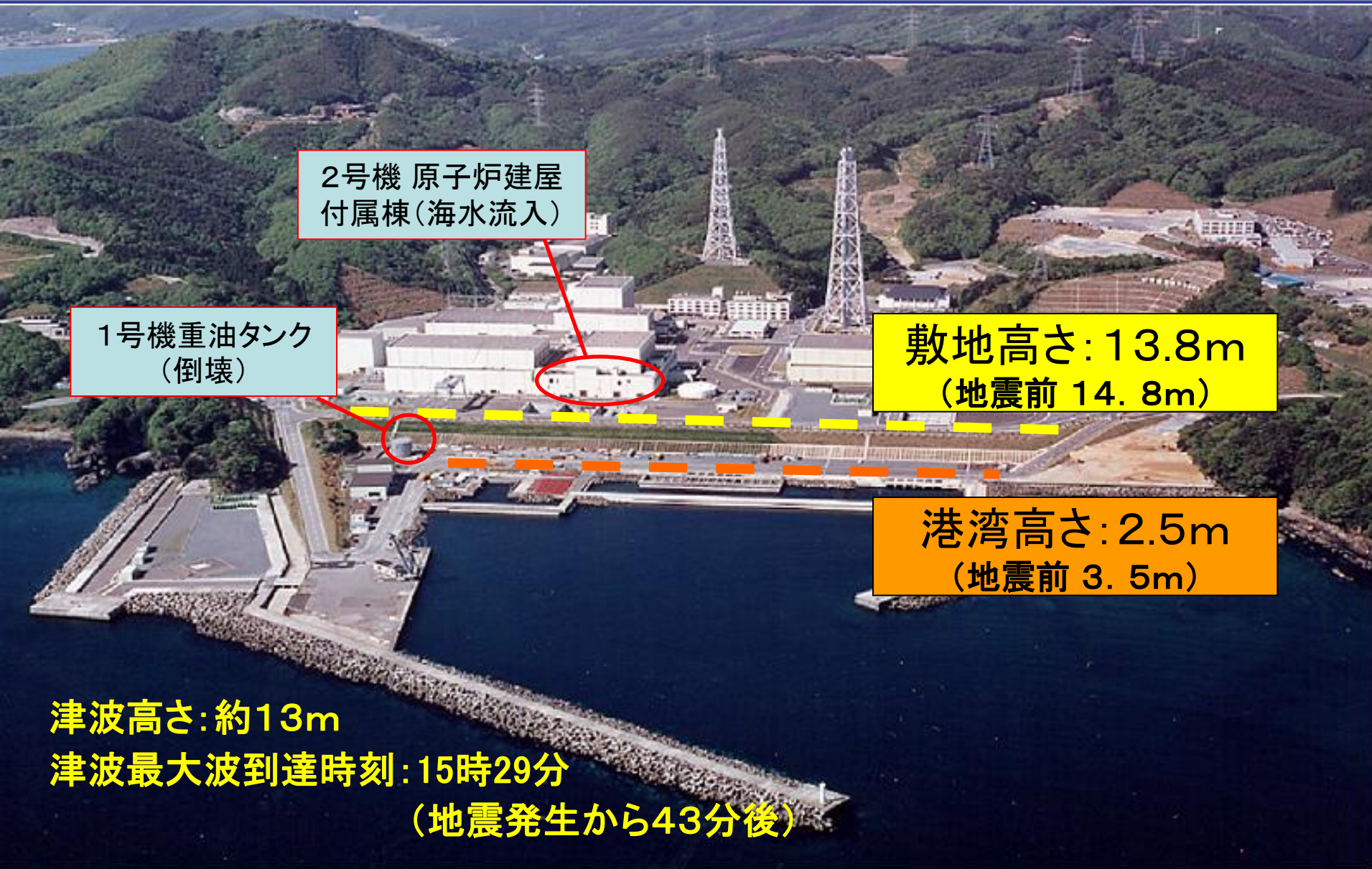
- (1) 松島幹線(275kV) : **1回線正常**, 1回線停止(2011.3.17復旧)
- (2) 牡鹿幹線(275kV) : **2回線停止**(2011.3.12復旧)
- (3) 塚浜支線(66kV) : **1回線停止**(2011.3.26復旧)



※2号機B系D/GおよびH系D/G(高圧炉心スプレイ)は、その後の津波の影響で使用不可
(A系D/Gは使用可能、各号機間での電源融通が可能)



2-③津波の状況



2-④IAEAによる「女川原子力発電所の耐震等性能について調査」 (平成24年7月30日～平成24年8月9日)



・女川1～3号機において、地震時に安全確保上重要な設備はもとより、その他の設備も適切に機能したことを確認した。

・あれだけの地震動にかかわらず、構造物・機器については驚くほど影響を受けていないというのが今回の結論である。

(IAEA プレス文)

3-①女川原子力発電所の安全機能確保の要因

地震・津波に対する安全裕度

- ・敷地高さ(決定経緯:3-②参照)
- ・防潮堤の強化(3-③参照)
- ・海水ポンプ室のピット化(3-④参照)
- ・引き潮時における非常用冷却海水確保のため取水路の底を深く掘削

	女川	福島第一
津波想定水位	9.1m	3.12m
敷地高さ	13.8m※1	10m
津波高さ	約13m	約13m

※1:敷地の地盤沈下量(一約1m)を考慮した値

電源の確保

地震後の電源状況	
女川	1. 非常用電源:正常 →津波により2号機B系およびH系D/Gのみ停止 2. 外部電源:1回線正常 →停電原因の調査・改良 } 電源確保
福島第一	1. 非常用電源:正常 →津波によりDG全台停止 2. 外部電源:喪失 } 全交流電源喪失

被害状況の最小化

女川原子力発電所の安全機能確保

「止める」「冷やす」「閉じ込める」の機能確保
操作・監視の機能確保

様々な耐震対策

- (1) 耐震裕度向上工事の実施
 - ・耐震安全性向上工事(1号機~3号機で約6600箇所)を平成22年6月までに実施済み(付録7参照)
 - ・今後更なる耐震裕度向上工事を実施
- (2) 中央制御室制御盤への手すり棒の設置(付録8参照)

適確な対応

日常的な訓練

正確な情報の収集・伝達

緊急対策室の機能維持

- ・中越沖地震を踏まえて事務棟(旧館:緊急対策室を含む)の耐震補強工事を平成22年3月までに実施済み(付録9参照)

等

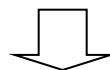


3-②敷地高さの決定経緯

当初の敷地高さの決定経緯

学識経験者による社内委員会(昭和43年～)

- ・1896年明治三陸津波, 1933年昭和三陸津波等の津波記録
- ・869年貞観津波, 1611年慶長津波なども考慮(文献調査)
- ・**想定津波3m程度**



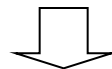
委員会の専門的な意見を踏まえて敷地高さを**14.8m**に決定

新知見に対する対応

1号機の営業運転開始以降も, その時々の知見を随時収集しながら, **津波に対する安全性を確認**

○女川2号機設置許可申請時[昭和62年4月]

- ・想定津波見直し(**3m程度→9.1m**)  9.7mまで法面保護(3-③参照)
- ・貞観津波の影響調査(地質調査)

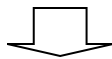


敷地(14.8m)の安全性確認

参考:土木学会手法による津波評価試算値(約+13.6m)[平成14年2月]

3-③防潮堤の強化(法面防護工)

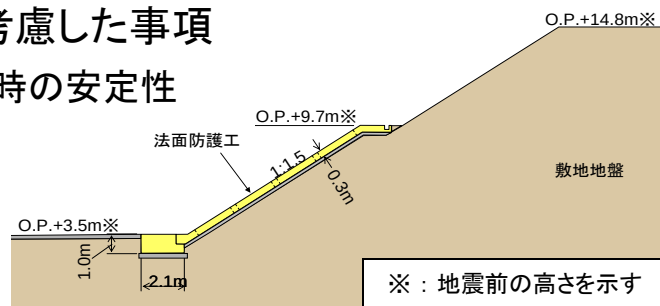
2号機増設時に想定津波水位を**9.1m**と評価



コンクリートブロックによる法面防護工を**9.7m**の高さまで設置(追加工事)

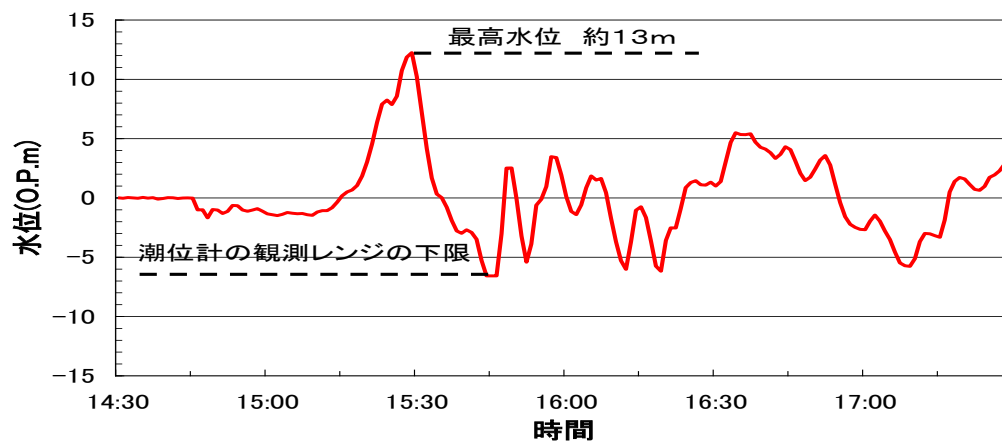
■設計に考慮した事項

- ・津波引き波時の安定性
- ・耐震性



法面防護工

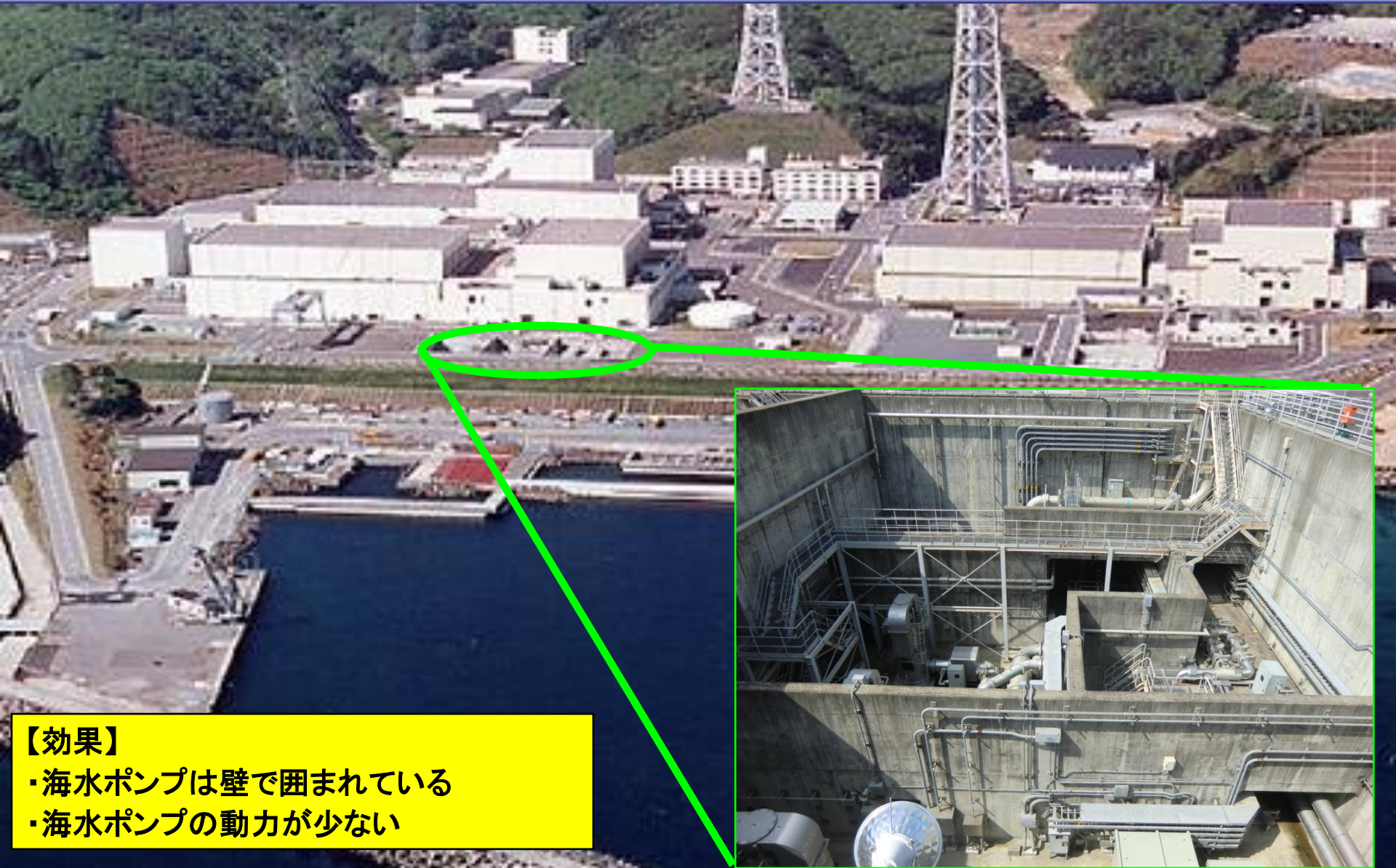
津波の観測記録



津波の第一波だけでなく
第二波以降についても耐えた



3-④海水ポンプ室のピット化



【効果】

- ・海水ポンプは壁で囲まれている
- ・海水ポンプの動力が少ない



4—①福島第一原子力発電所の事故原因

◆地震によって起きたこと

- ・外部電源喪失

◆津波によって起きたこと

- ・浸水により所内電源喪失⇒原子炉の冷却停止⇒炉心損傷⇒水素発生⇒水素漏えい⇒水素爆発

□福島第一事故を踏まえた女川原子力発電所の取り組み

- ・女川原子力発電所では福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、緊急安全対策等に取り組んでおり、更なる安全性向上対策に向けた取り組みを継続して実施しております。

4-②更なる安全性向上に向けた取り組み(1/6)

①建屋の浸水防止

〔建屋扉の
浸水対策〕

ゴム
シール
による
防水



水密性
強化



〔貫通部の
浸水対策〕

水密性
強化



〔防潮堤・防潮壁
の設置〕



⑤被曝低減対策



線量計



全面マスク



高線量対応防護服
(タングステンベスト)

【原子炉建屋】

⑥がれき撤去対策

ホイールローダ



【凡例】

- ◎ : 実施済
- : 実施中
- : 実施予定

②電源強化

◎
電源車の
配備

◎
大容量電源
装置の配備

□
非常用発電機
の配備



代替
注水車



電源車



大容量
電源装置



非常用
発電機

③燃料の冷却機能強化

・代替注水車による代替注水・水源確保

④海水による冷却機能強化

◎ 非常用海水系ポンプモータ
の洗浄、乾燥用資機材等
の配備



◎ 代替非常用海水
ポンプの配備



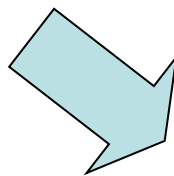
Tohoku Electric Power

4ー②更なる安全性向上に向けた取り組み(2/6)



防潮堤設置工事前

平成23年12月1日工事着工



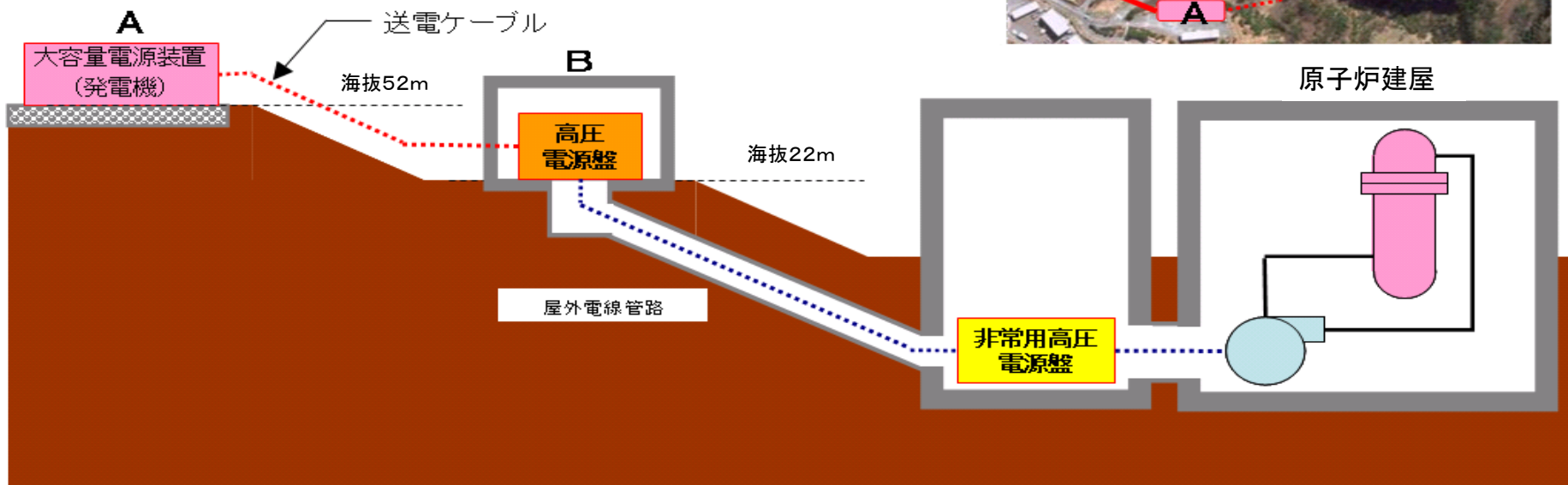
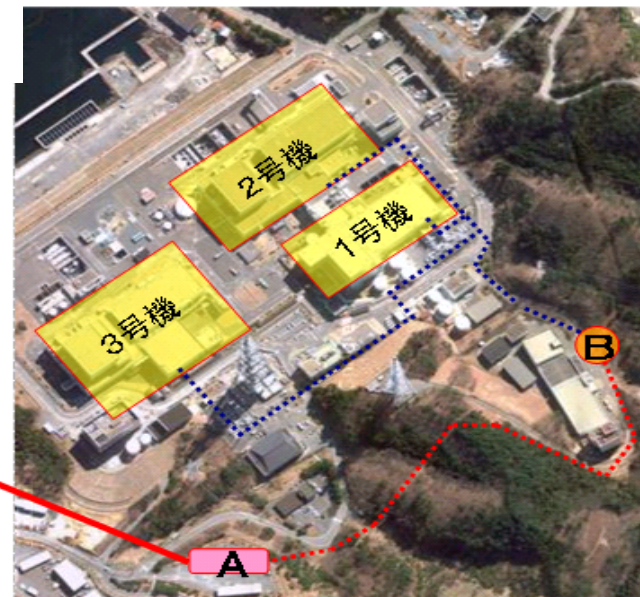
防潮堤設置工事後

平成24年4月26日工事完了

防潮堤(約3m)

4-②更なる安全性向上に向けた取り組み(3/6)

空冷ディーゼルエンジン 5000kVA×3(平成24年2月2日設置)



4-②更なる安全性向上に向けた取り組み(4/6)

電源車[4台](平成23年3月30日設置)



代替注水車[3台](平成24年3月27日設置)



送水車[2台](平成24年9月28日設置)

【送水車の役割】

万一、原子炉や使用済み燃料プールの冷却機能が喪失した場合でも、冷却水を確保できるよう、水源確保対策の一つとして配備したものであり、海水を汲み上げ、熱交換を介して原子炉を冷却するものです。



4-②更なる安全性向上に向けた取り組み(5/6)

燃料運搬用タンクローリー[2台](平成24年2月2日設置)

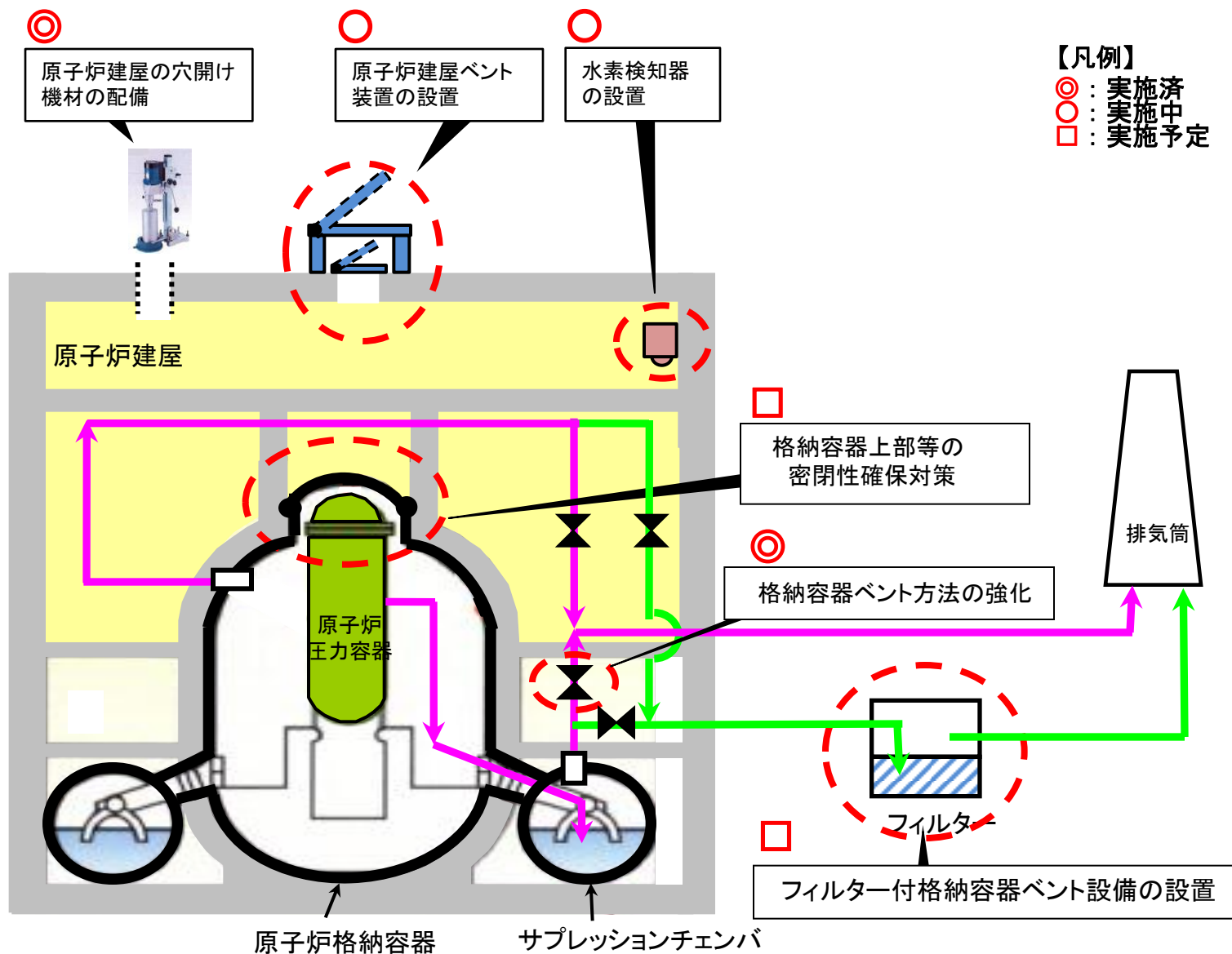


ホイールローダー[1台](平成23年6月15日設置)

→平成24年9月28日 2台追加配備



4-②更なる安全性向上に向けた取り組み(6/6)



4－③訓練の実施

更なる安全性向上対策が実効的に運用できることを確認するとともに、訓練を通して課題を抽出し、改善を実施。



① 運転訓練 (想定事象: 全交流電源喪失)

- ・シミュレータ訓練:12回
- ・その他机上訓練:11回
- ・その他実働訓練:3回



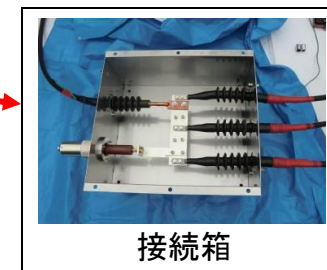
③大容量電源装置を用いた電源確保訓練

- ・現場訓練:6回
- ・机上訓練:11回
- ・夜間訓練:1回

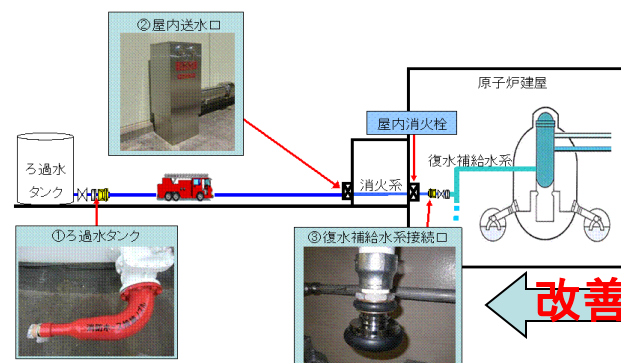


②電源車を用いた電源確保訓練

- ・電源車起動訓練：12回
- ・ケーブル敷設訓練：6回
- ・夜間訓練：1回



接続箱



改善

素早く・簡単に
接続可能

④消防車を用いた代替注水訓練

- ・注水実技訓練：9回
- ・注水机上訓練：4回

(平成23年5月1日～
平成24年3月31日現在)

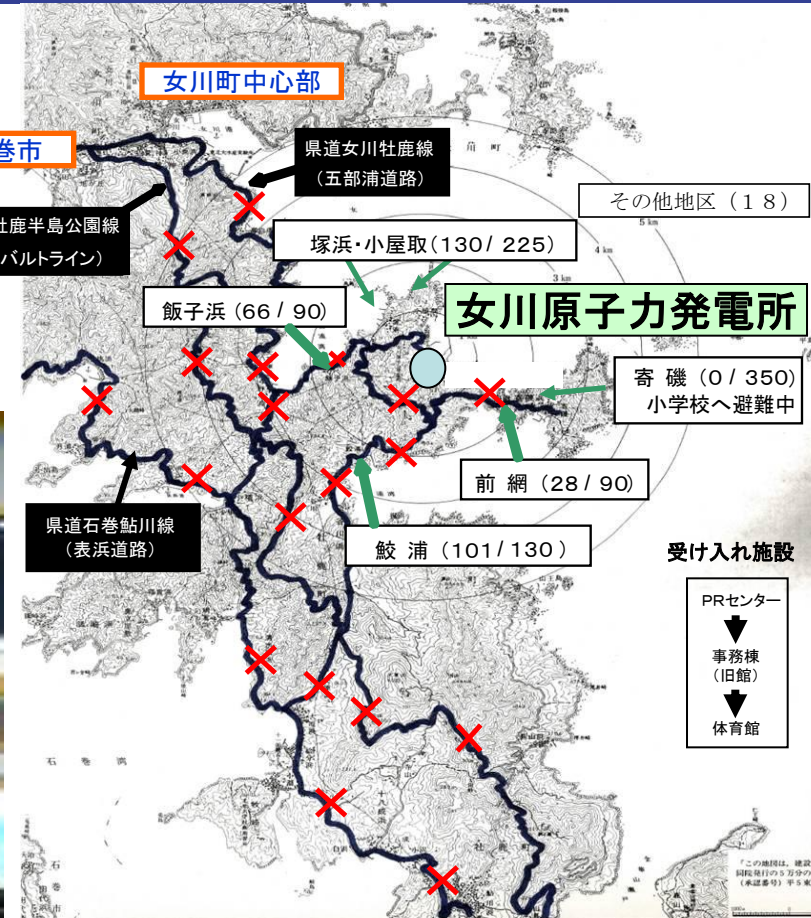
5. 発電所への避難者受け入れ

避難者受入期間

3/11～6/6

最多避難者数

364名(3/14)



凡例 : 3/14時点の (避難者数 / 住人数)

× : 震災直後の道路寸断箇所

(その他寸断箇所多数あり)



付録



外部電源の被災状況

		松島幹線		牡鹿幹線		塚浜支線
		1号	2号	1号	2号	
平成23年 3月11日	地震発生前	○	○	○	○	○
	地震発生後	× 3月17日復旧	○	× 3月12日復旧	× 3月12日復旧	× 3月26日復旧
	故障内容	碍子の損傷		避雷器の損傷		広範囲で停電が起きたことによる影響
平成23年 4月7日	地震発生前	○	○	— 点検中	○	○
	地震発生後	○	× 4月10日復旧	— 4月8日復旧	× 4月8日復旧	× 4月8日復旧
	故障内容		碍子の損傷		避雷器の 損傷	広範囲で停電が起きたことによる影響



地震：女川1号機 高圧電源盤(A)の焼損

高圧電源盤(A)の主要負荷

原子炉再循環ポンプ(A), 循環水ポンプ(A), 復水ポンプ(A) などの常用負荷

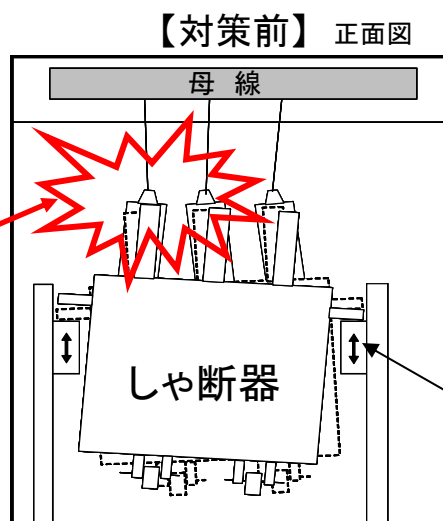


【推定原因】

地震により短絡

↓
短絡電流・アーク(火花)発生

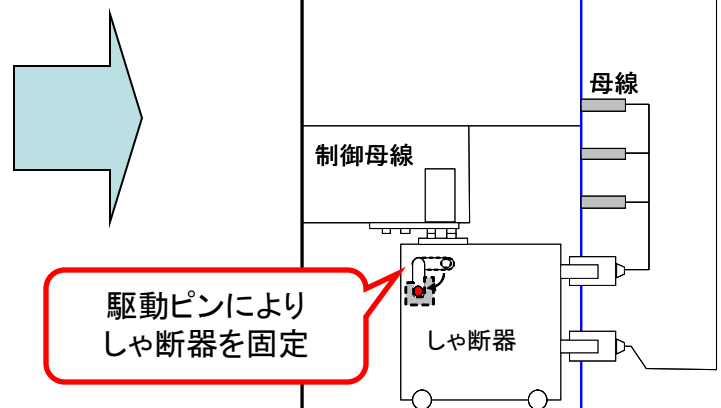
↓
盤内のケーブルの
絶縁被覆が焼損



しゃ断器は昇降装置により
吊り上げられている

昇降装置

【対策後】 側面図



駆動ピンにより
しゃ断器を固定

耐震性が高い横置式に変更



津波：女川1号機 重油タンクの倒壊

重油タンク



タンク容量：960kℓ

倒壊時のタンク内貯油量：約600kℓ



13m

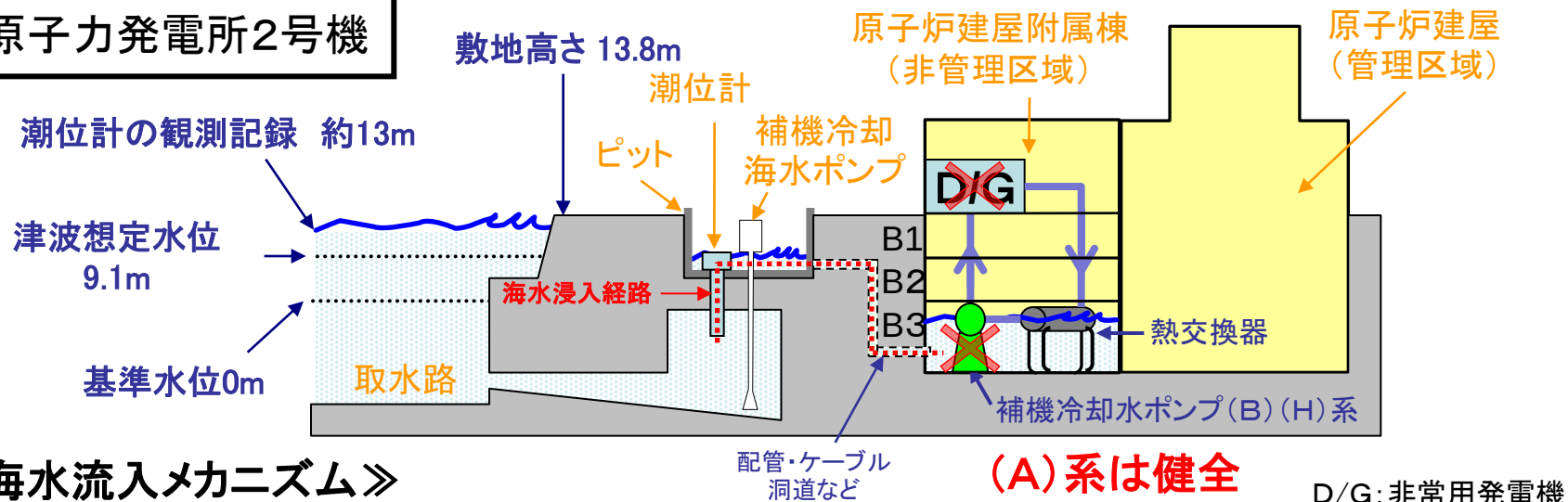


重油タンクの用途：補助ボイラー※の燃料供給設備
※補助ボイラーからの蒸気は建屋内の暖房や液体
廃棄物の濃縮等に使用（常用系）



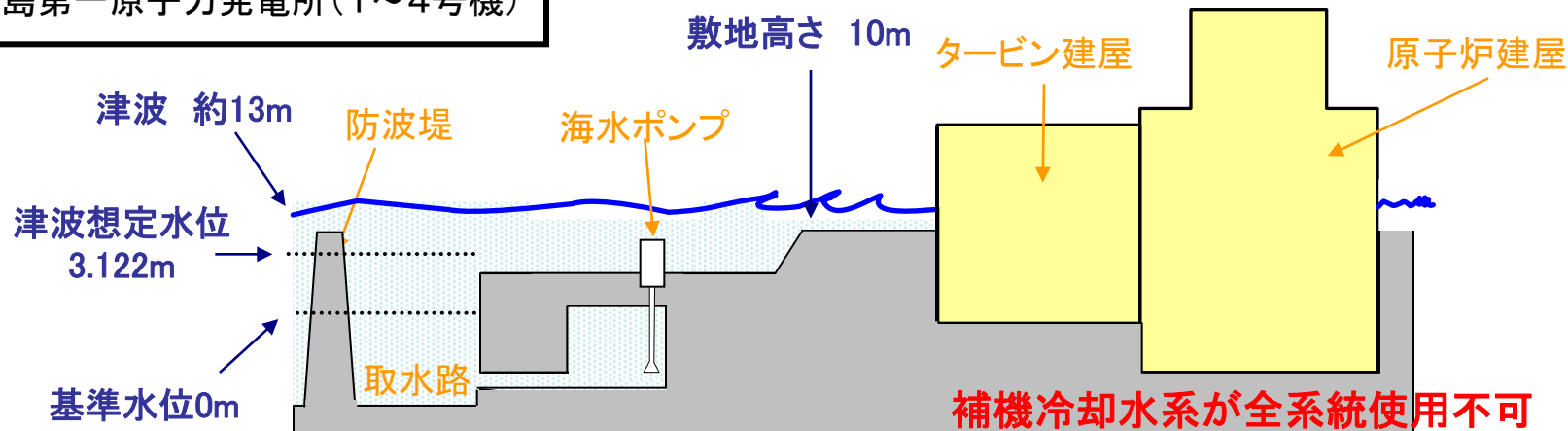
津波:女川2号機 原子炉建屋附属棟への海水流入(1/2)

女川原子力発電所2号機



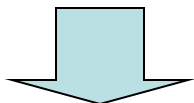
《海水流入メカニズム》

(参考)福島第一原子力発電所(1~4号機)



津波：女川2号機 原子炉建屋付属棟への海水流入(2/2)

高さ約2.5mまで浸水



仮設ポンプ8台にて
海水の汲み上げを実施

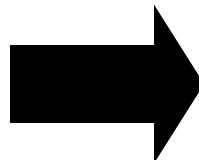


原子炉補機冷却水B系熱交換器室

海水流入源となった海水ポンプ室内潮位計への閉止板取り付け

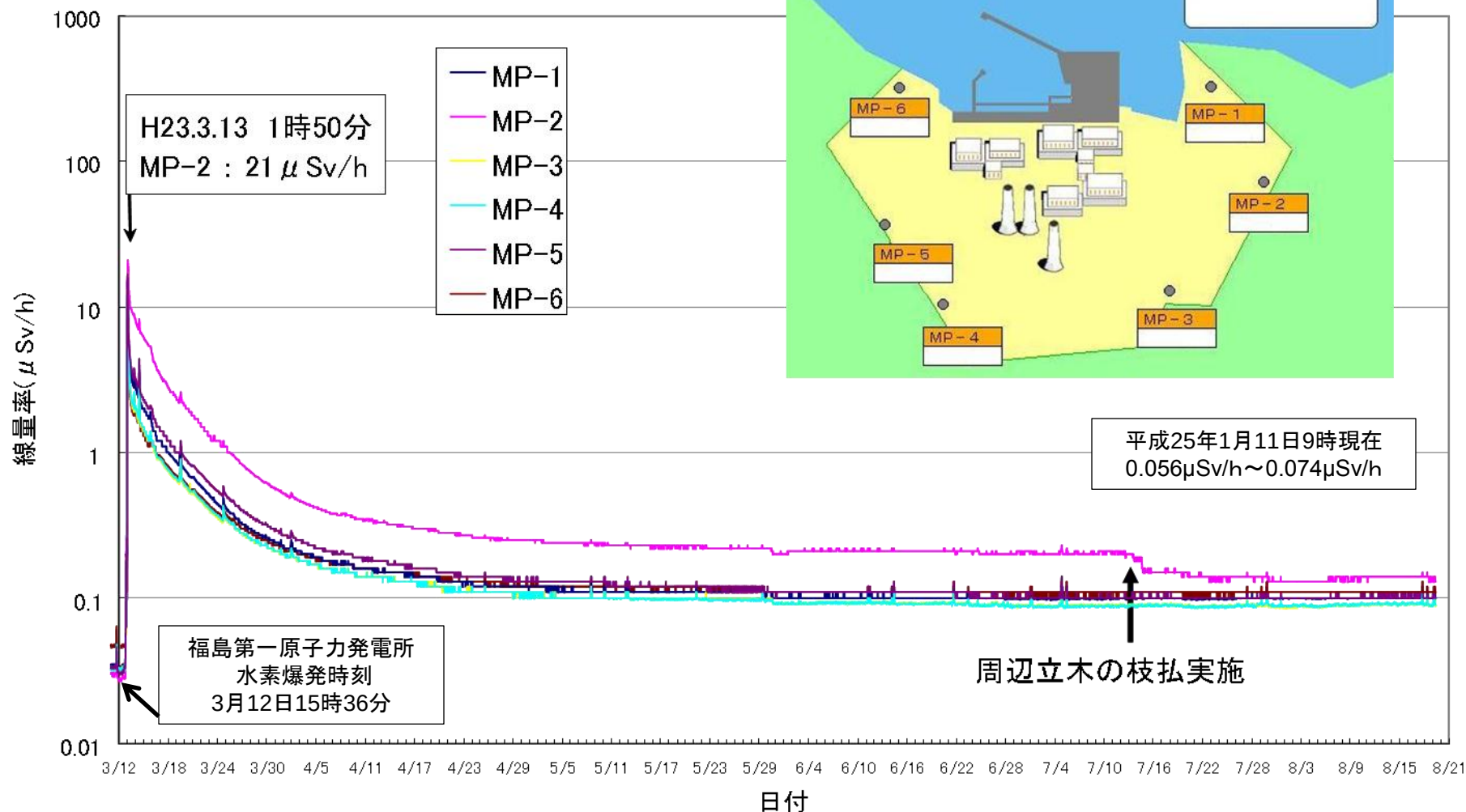


施工後



東電 福島第一発電所事故の影響

女川原子力発電所モニタリングポストデータ



福島第一原子力発電所の影響により、モニタリングポストの指示値が一時的に上昇

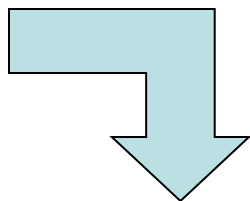


耐震裕度向上工事

耐震裕度向上工事(機器・配管を含む)

1号機 約3600箇所
2号機 約900箇所
3号機 約2100箇所 } 約6600箇所

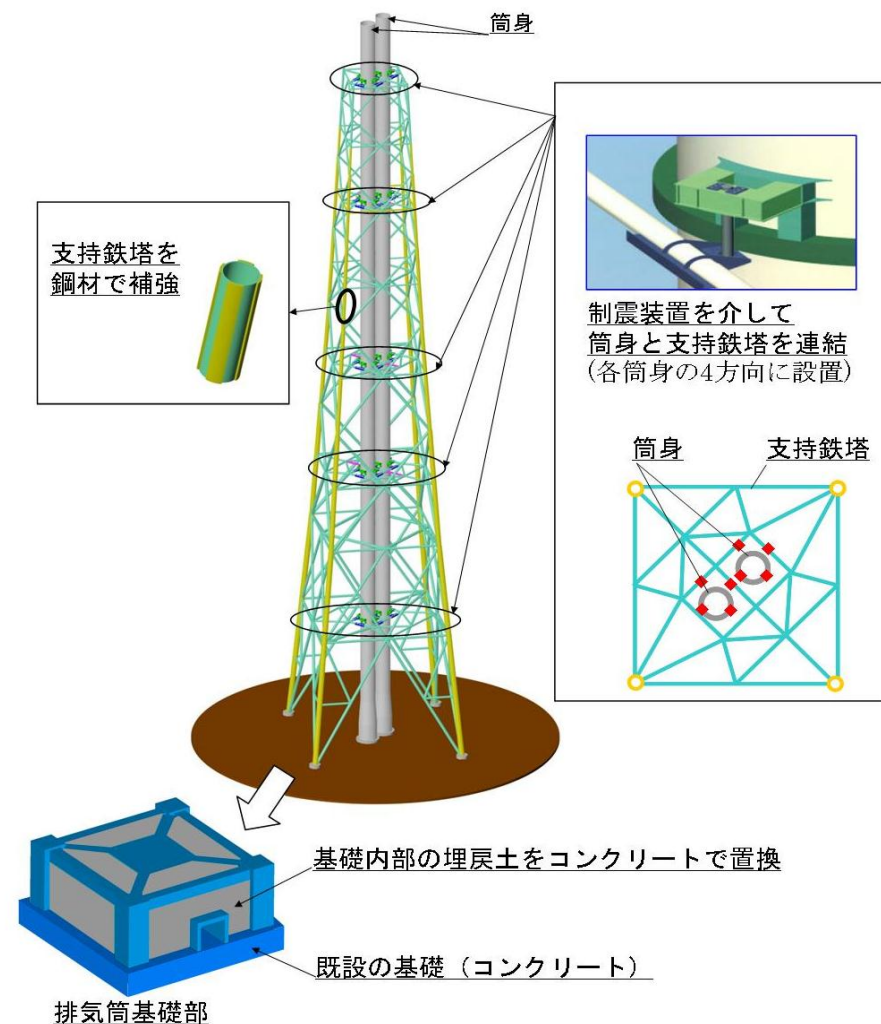
対策前



対策後

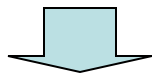
サポート追加

排気筒耐震裕度向上工事(平成21年8月～)

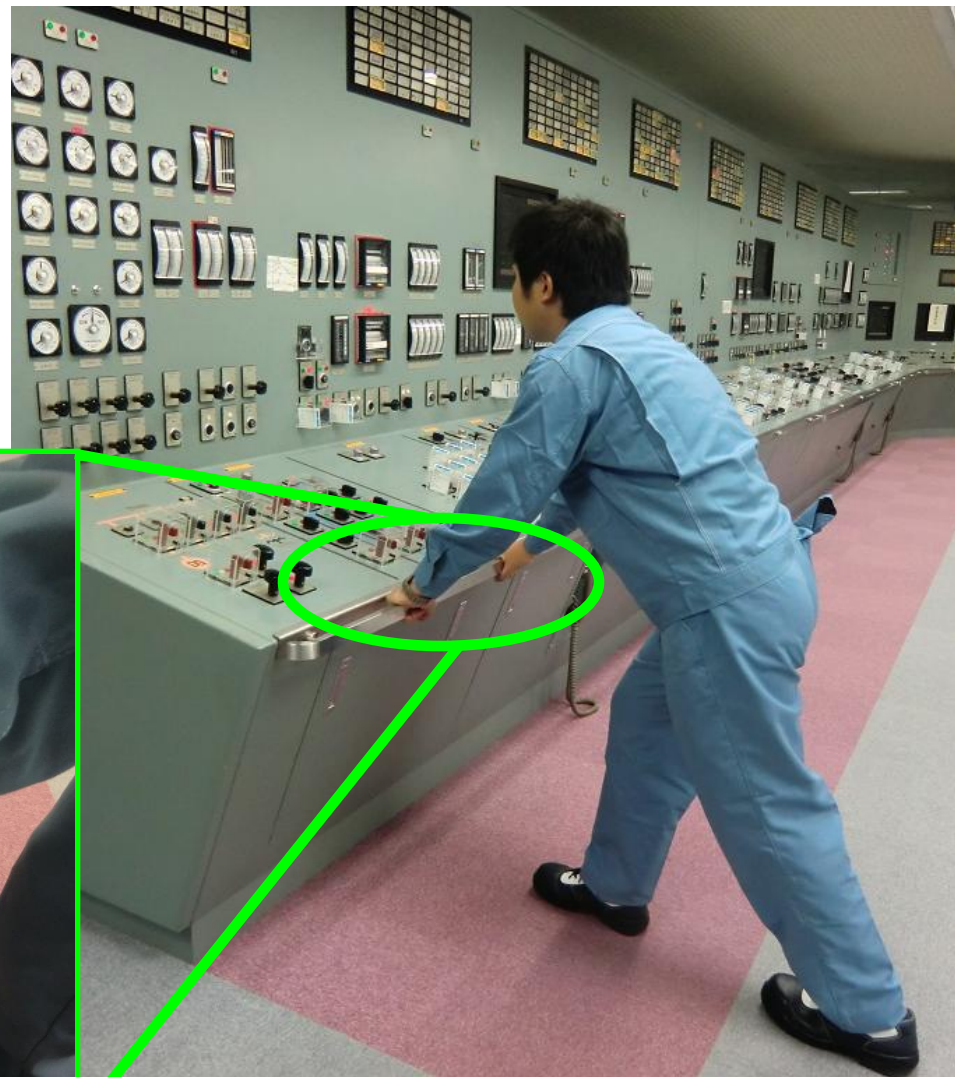
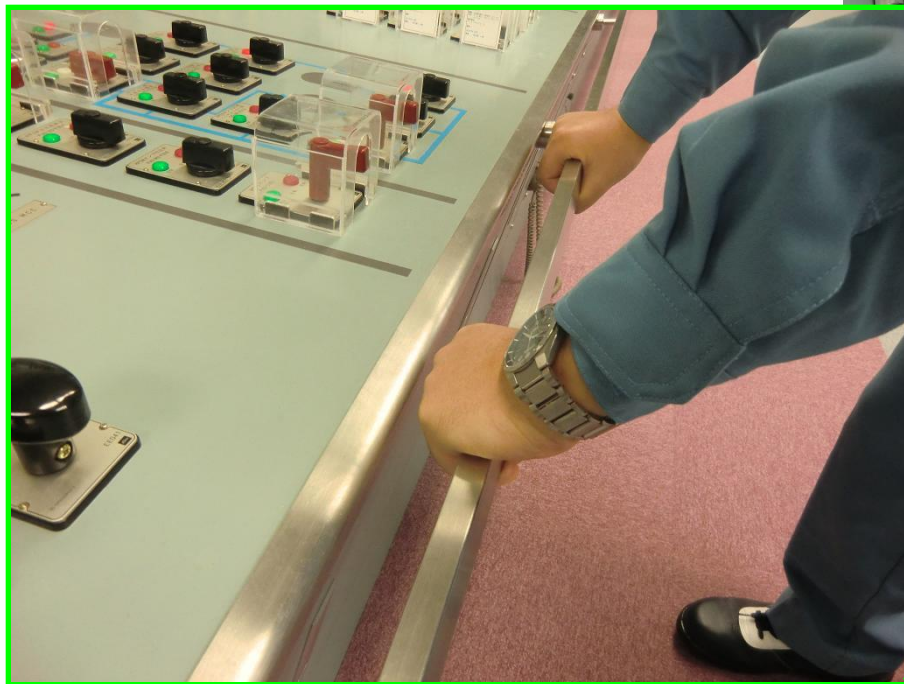


中央制御室制御盤への手すり棒の設置

地震時には手すり棒※を握り体を支える



安定した状態で操作・監視が可能
(通常操作時もヒューマンエラー防止に有効)



※1号機第1回定期検査時に設置

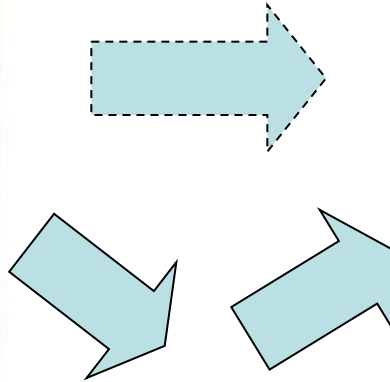


事務棟について

事務棟（旧館）



事務新館 免震構造
(工事期間 平成21年12月～平成23年8月)



大震災以前に耐震補強工事（筋交い）実施
(平成21年7月～22年3月)



- ・緊急時対策室
 - ・計算機室
- 等を耐震補強

