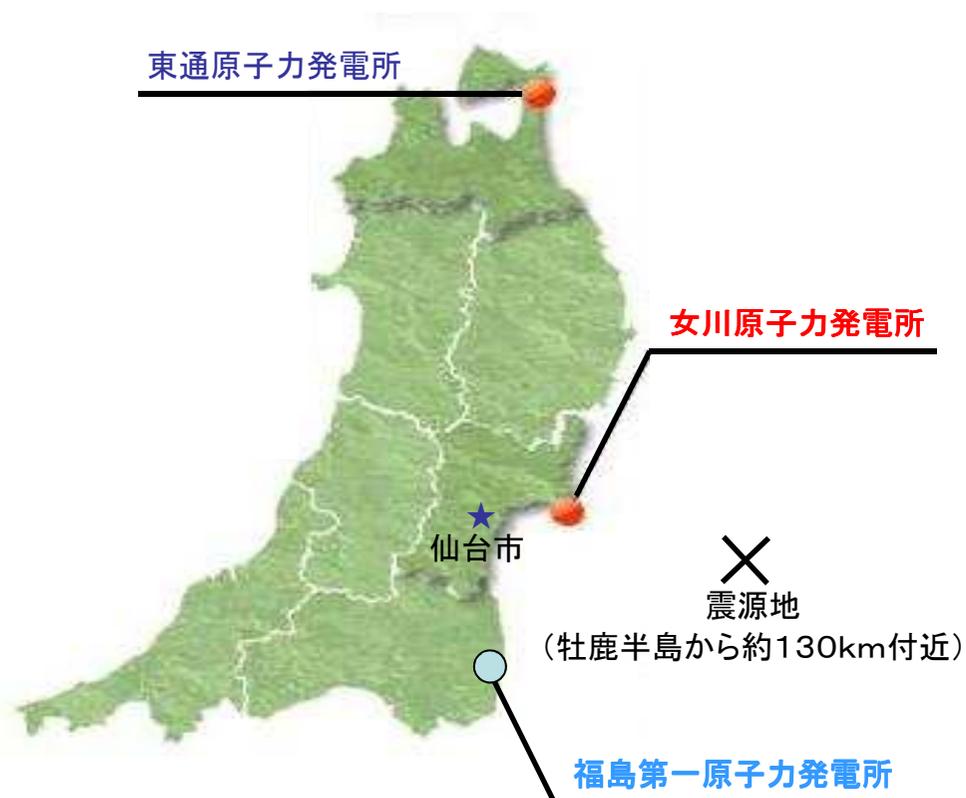


女川原子力発電所の概要および 東日本大震災時の対応状況



平成26年11月11日
東北電力株式会社

All rights Reserved. Copyrights © 2014, Tohoku Electric Power Co., Inc.

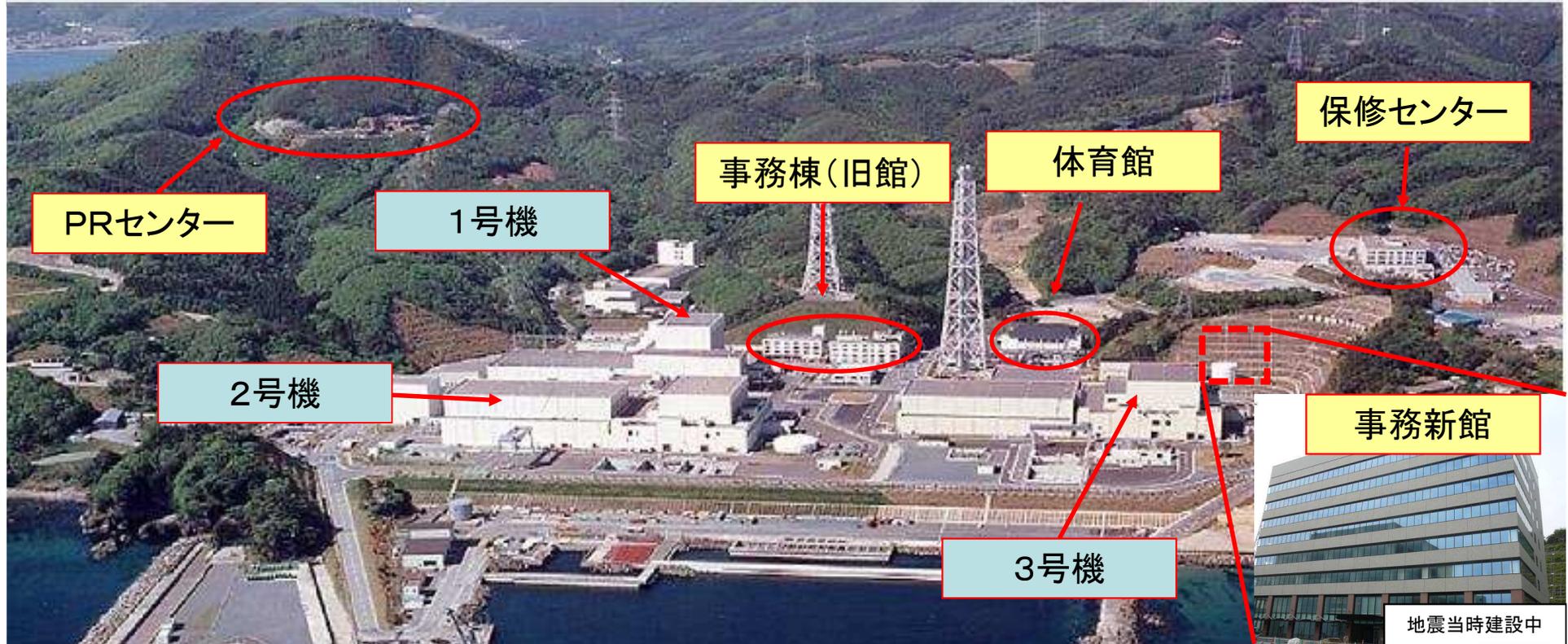


目次

1. 女川原子力発電所の概要
2. 東日本大震災時のプラント状況
3. 東日本大震災時に安全停止できた理由
4. その他トピックス
5. 当社原子力発電所における安全性向上への
継続的な取り組み



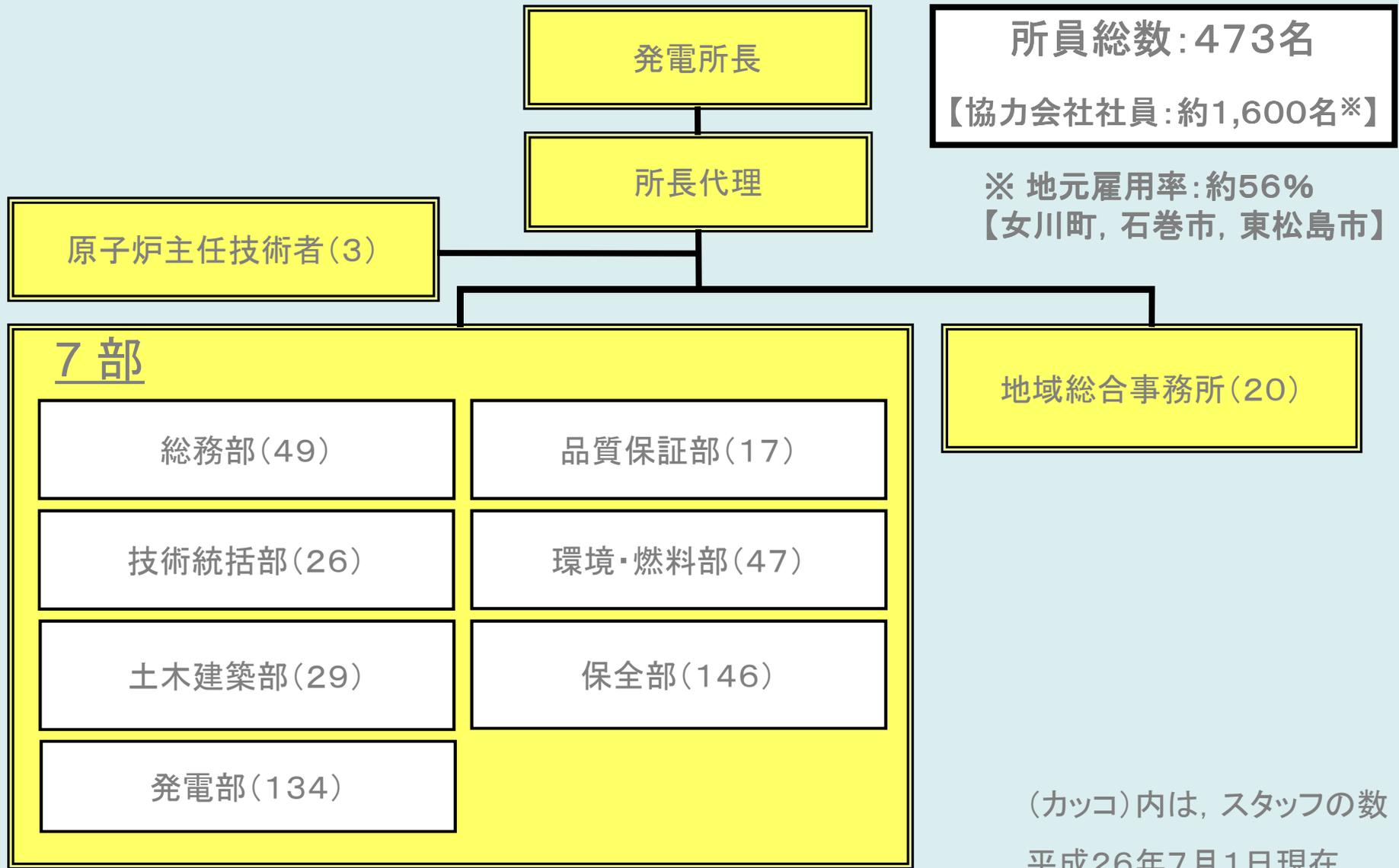
1.1 女川原子力発電所の概要



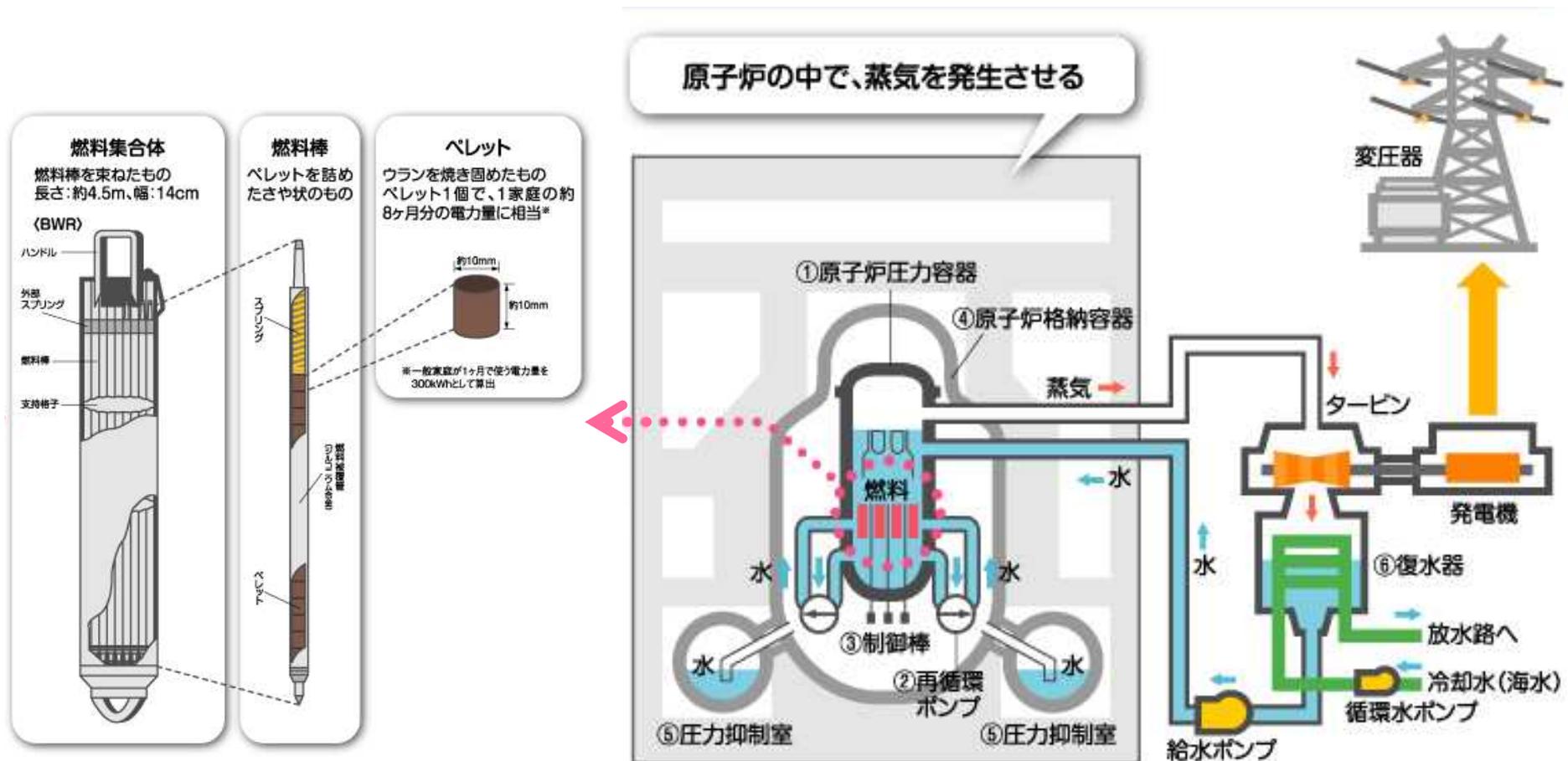
設備の概要			
	1号機	2号機	3号機
定格電気出力	52万4千kW	82万5千kW	82万5千kW
営業運転開始年月 (運開後の年数)	昭和59年6月 (31年目)	平成7年7月 (20年目)	平成14年1月 (13年目)
原子炉型式	沸騰水型軽水炉(BWR)		



1.2 女川原子力発電所の組織図



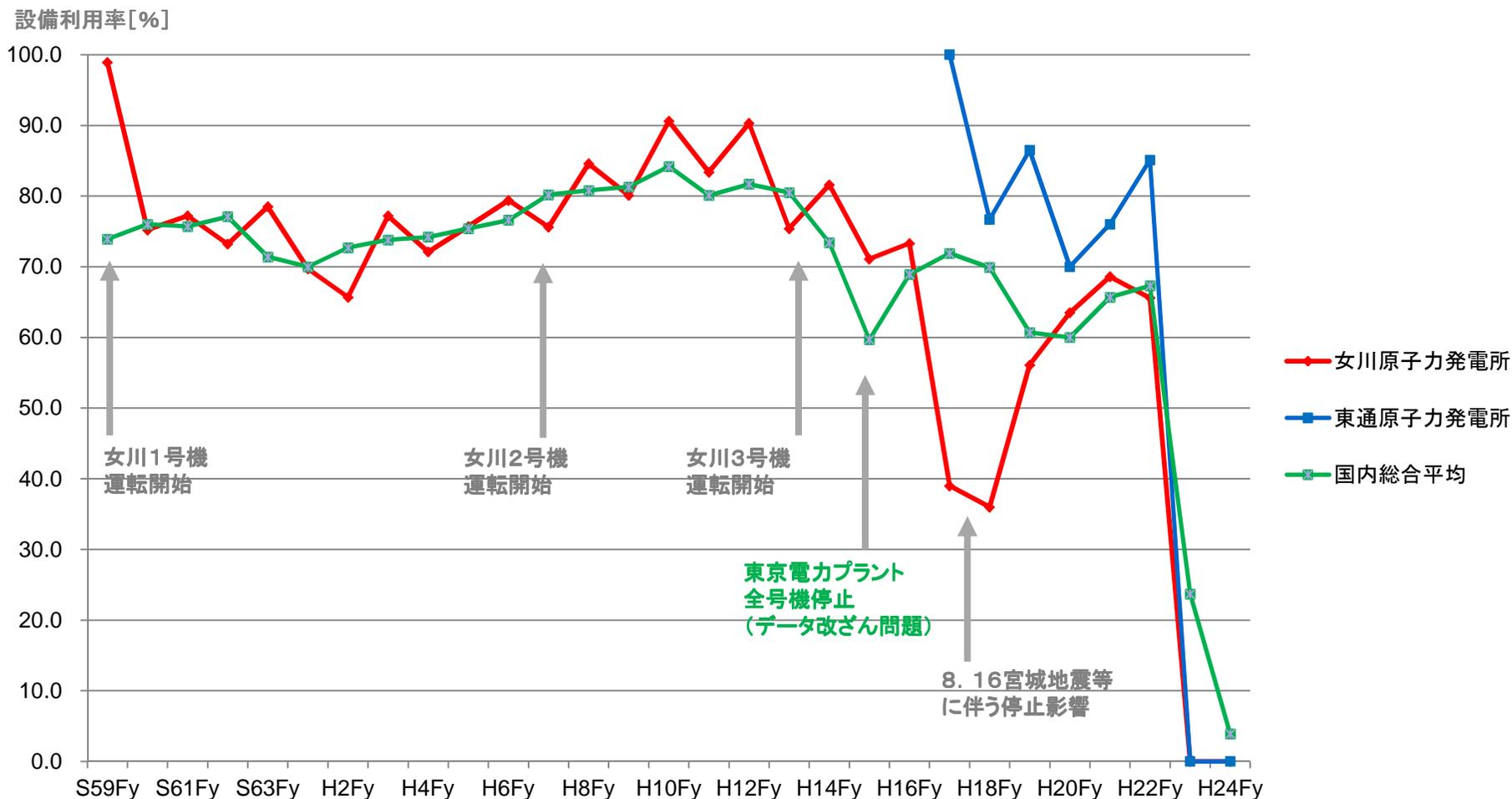
1. 3 原子力発電所の仕組み(沸騰水型軽水炉(BWR))



1.4 当社原子力発電所の設備利用率の推移

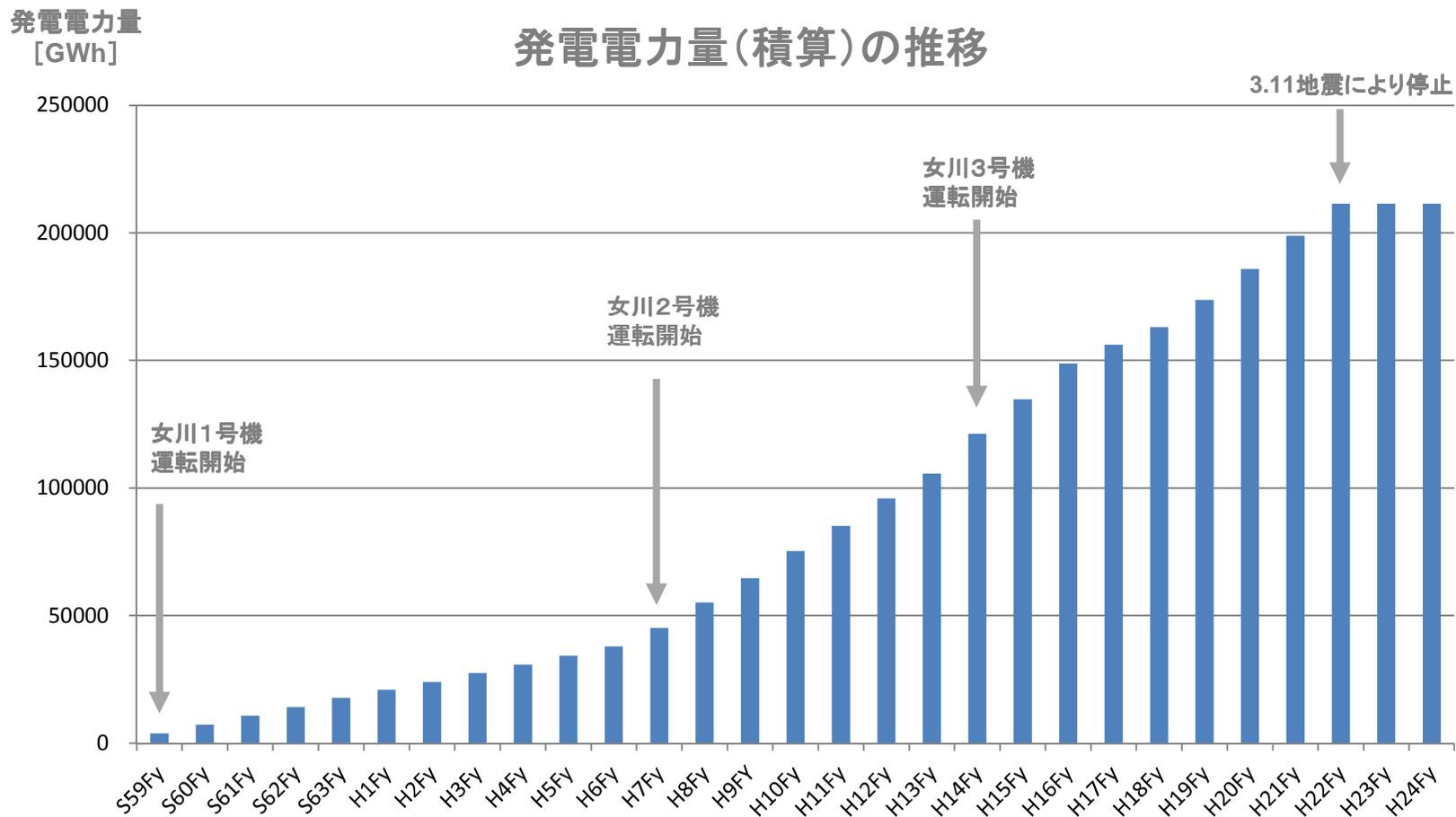
➤ 女川原子力発電所3基の設備利用率※は、国内平均値とほぼ同様の推移。

※ 設備利用率 = $\frac{\text{発電電力量 (MWh)}}{\text{定格出力 (MW)} \times \text{暦時間 (h)}} \times 100 (\%)$



1.5 女川原子力発電所の発電電力量

- 女川原子力発電所3基の合計出力は「217万4千kW」で、宮城県内で1年間に使用される電気とほぼ同じ量を発電可能。

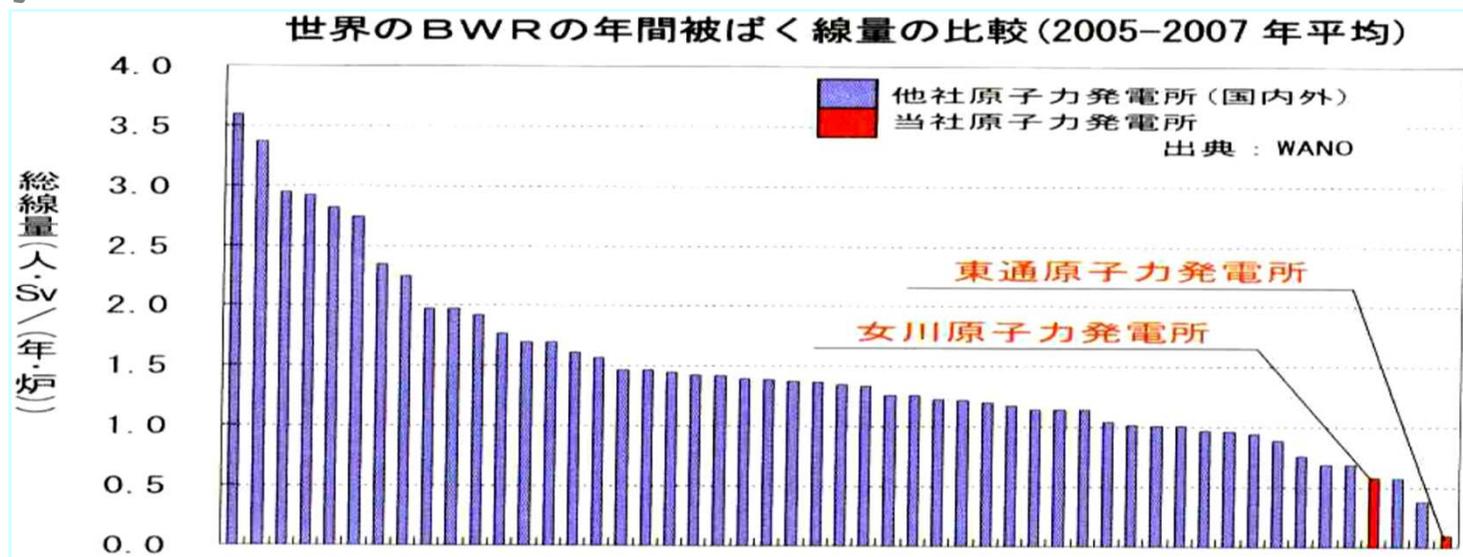


1.6 当社原子力発電所の被ばく線量は低水準を維持

- 女川原子力発電所にける放射線業務従事者の被ばく線量は、国内平均値と比較し、低い水準を維持している。

	国内 全原子力発電所		女川原子力発電所	
	総線量(人・Sv)	平均線量(mSv)	総線量(人・Sv)	平均線量(mSv)
平成19年度	78.18	1.1	3.08	0.9
平成20年度	84.04	1.1	2.63	0.6
平成21年度	82.08	1.0	2.59	0.6

《参考》



2.1 東日本大震災時のプラント状況

《東北地方太平洋沖地震の概要》

- ・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)

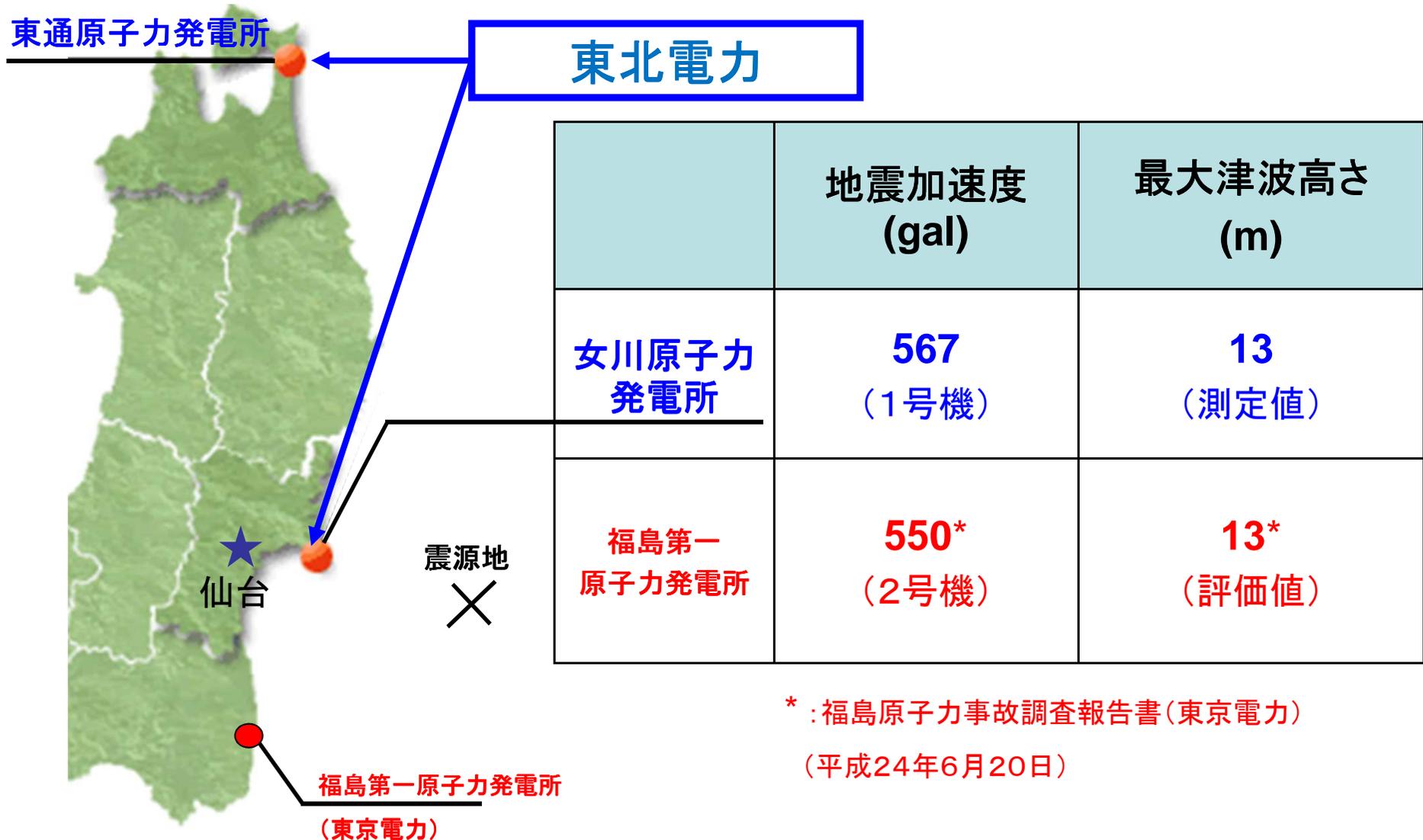
《女川原子力発電所における観測》

- ・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

		女川1号機		女川2号機		女川3号機		(東通1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		停止中 (第4回定期検査中)
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 (なお、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が上昇したため、 原子力災害特別措置法第10条に基づき関係機関に通報)						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						



2.2 女川原子力発電所および福島第一原子力発電所の地震, 津波規模



2.3 地震直後も女川原子力発電所の電源は確保されていた

1. 非常用電源
は確保

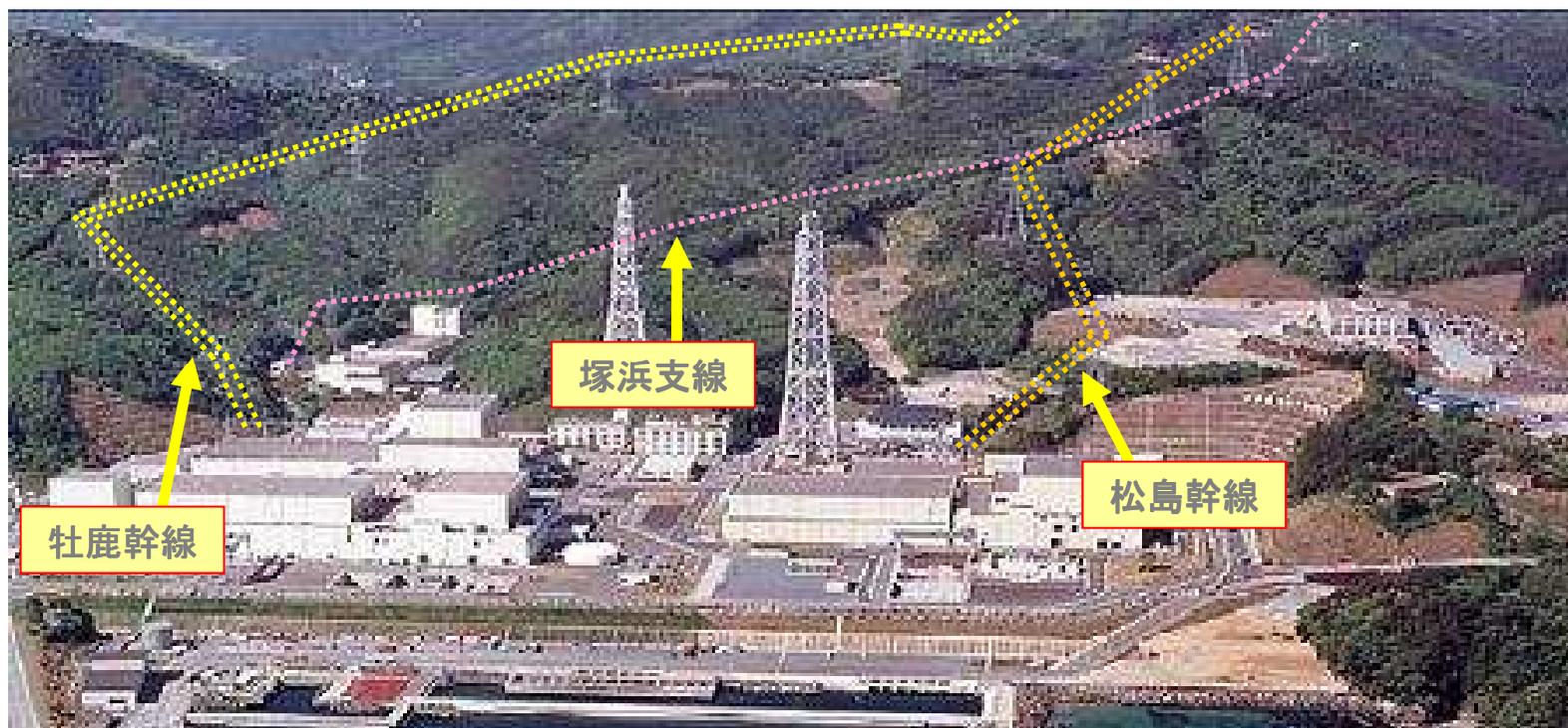
非常用ディーゼル発電機(D/G)はすべて健全※

2. 外部電源も
確保

(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)

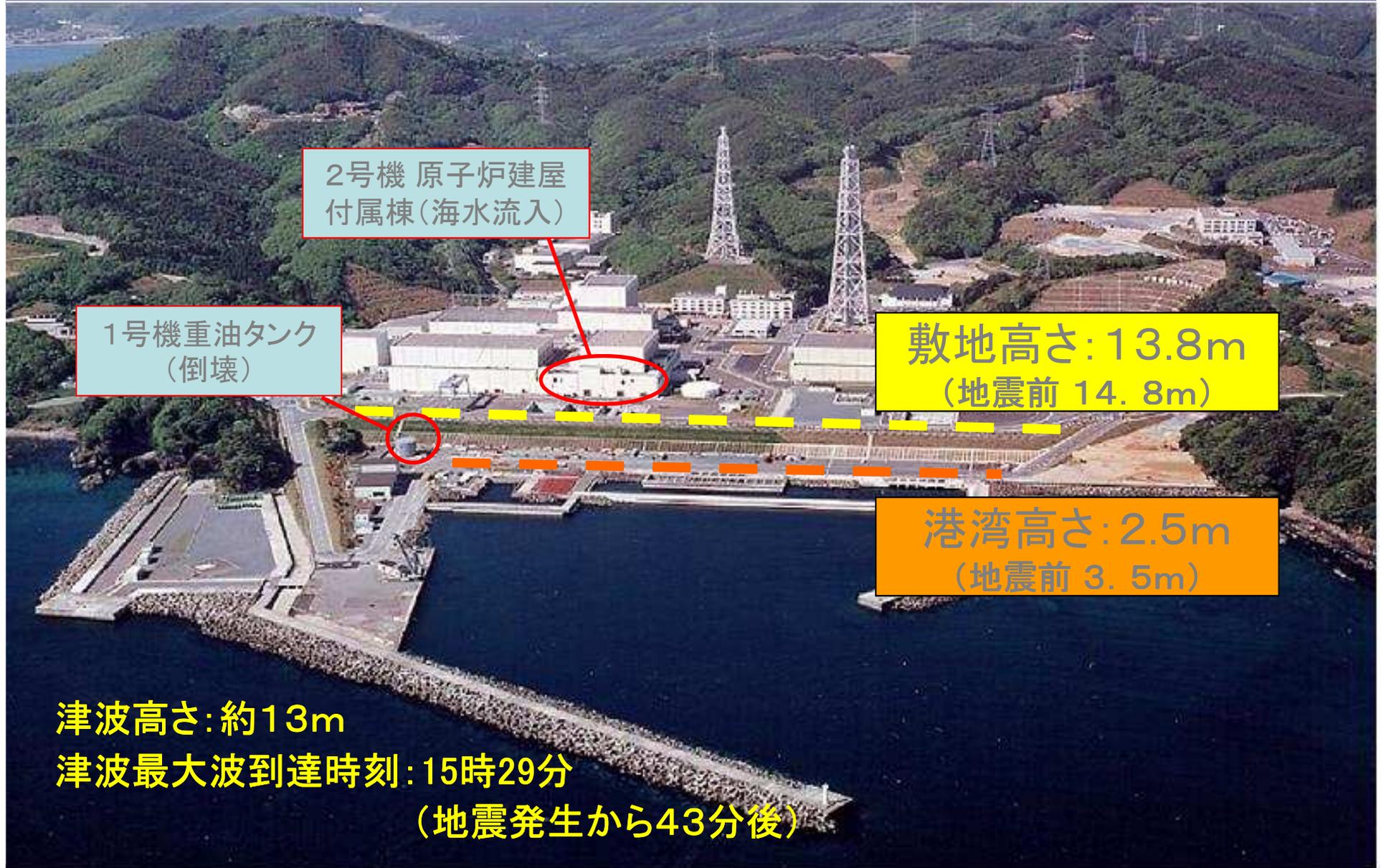
(3) 塚浜支線(66kV) : 1回線停止(2011.3.26復旧)



※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)



2.4 津波の状況



2.5 プラントの被害状況

- 法令等報告対象事象5件の被害のうち4件は復旧済（倒壊した重油タンクは撤去済）。

	設備名称	被害概要	原因	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	P13
	屋外重油貯蔵タンク	倒壊	津波	P14
	原子炉建屋 天井クレーン	走行部の損傷	地震	—
	非常用ディーゼル 発電機	高圧電源盤の焼損による影響で、電圧調整などに使用している回路が損傷	地震	—
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ー補機冷却水系が浸水 (A系の機能に問題はなし)	津波	P15 P16



2.5(1) 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

復旧済

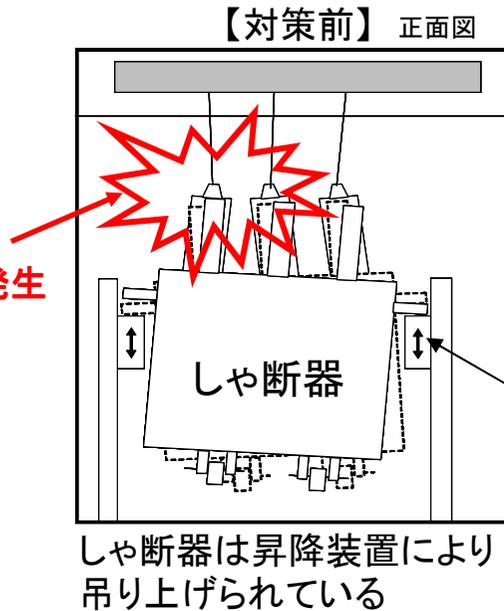


【推定原因】

地震により短絡

短絡電流・アーク(火花)発生

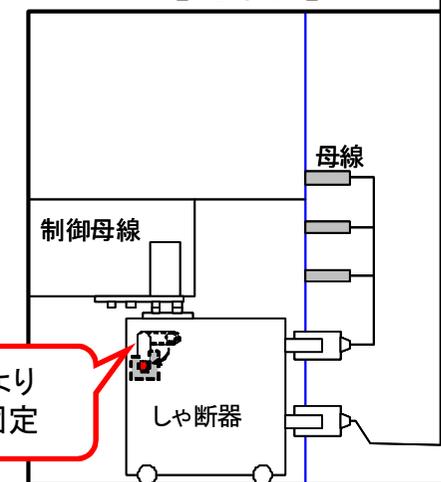
盤内のケーブルの
絶縁被覆が焼損



昇降装置

【対策後】 側面図

駆動ピンによりしゃ断器を固定



耐震性が高い横置き式に変更



2.5(2) 女川1号機 重油タンクの倒壊

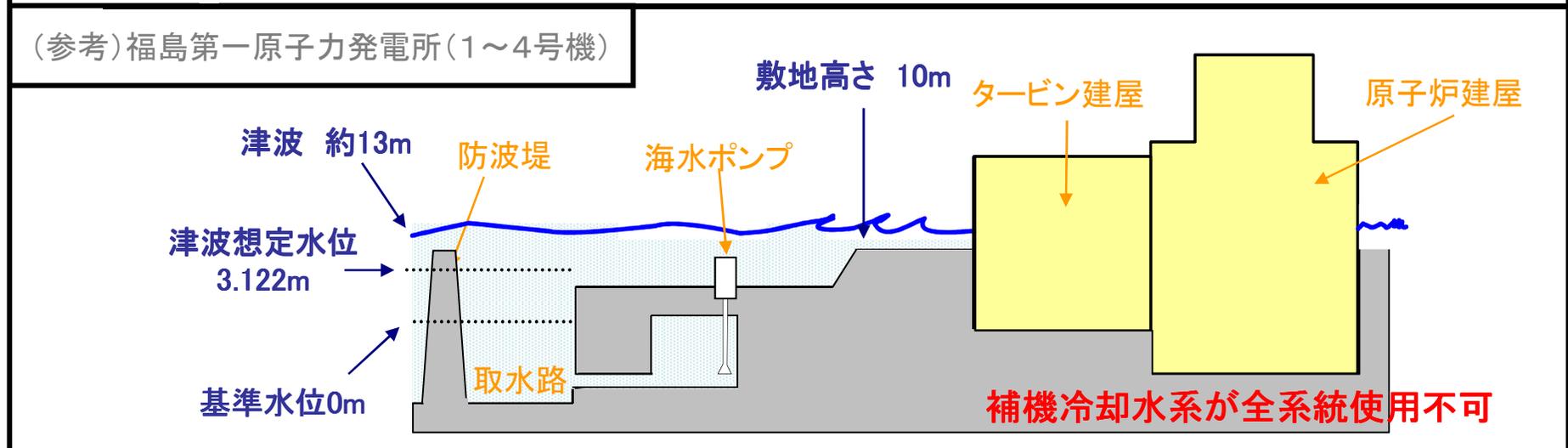
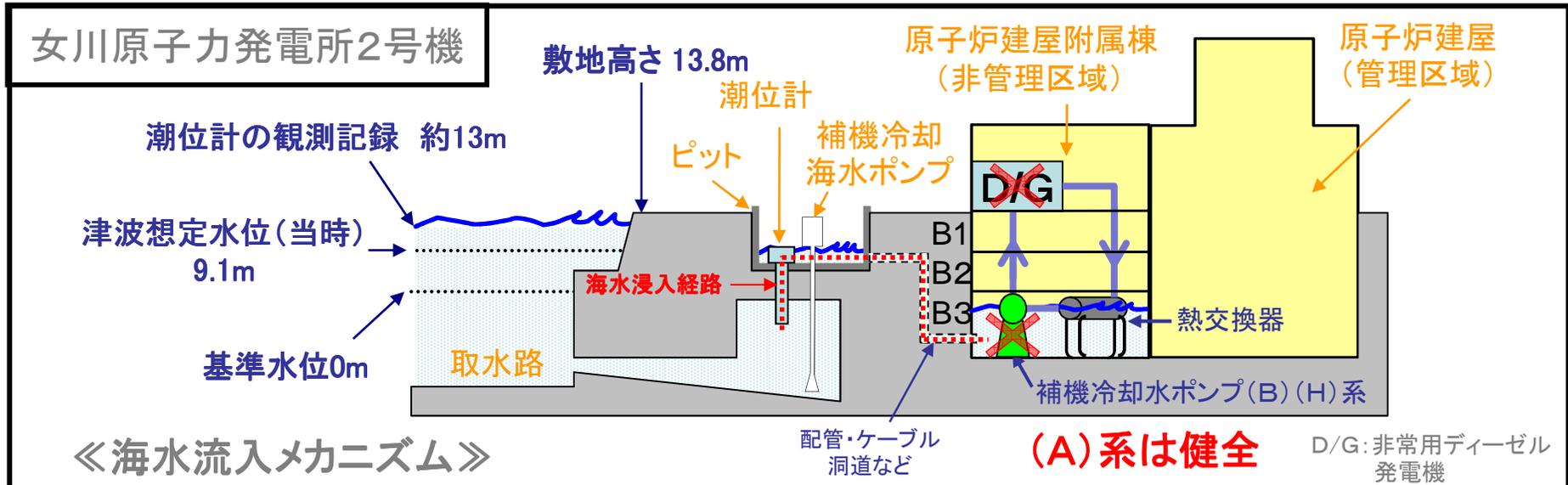


重油タンクの用途：補助ボイラー※の燃料供給設備

※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）

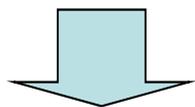


2.5(3) 女川2号機 原子炉建屋附属棟への海水流入(1/2)



2.5(3) 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

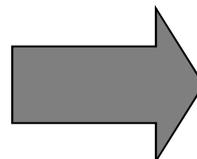


原子炉補機冷却水B系
熱交換器室

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



3.1 東日本大震災時に安全停止できた理由



I 敷地高さ:14.8m

II 港側には、海水ポンプおよびモータ類が置かれていない
(海水ポンプはピット内に敷設(緑線部))

III 2010年までに約6600箇所の
耐震工事を実施

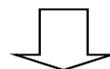


3.2 敷地高さの決定経緯

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

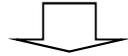
1号機の営業運転開始以降も, その時々の知見を随時収集しながら, **津波に対する安全性を確認**

		津波評価手法	想定津波高さ	想定津波への対応
1970	女川1号 設置許可申請時	文献調査	3m	・敷地高さ 14.8m ・海水ポンプ室のピット化(補足4)
1987	女川2号 設置許可申請時	・数値解析 ・貞観津波の影響調査(地質調査)	9.1m	・想定津波見直しにより9.7mまで 防潮堤法面を強化(補足3)
1994	女川3号 設置許可申請時	"	"	"
2002	土木学会手法による津波評価試算		(試算値: 13.6m)	敷地高さに満たない
2011	東北地方太平洋沖地震による津波		(測定値: 13m)	防潮堤かさ上げ(17m)
2013	東北地方太平洋沖地震以降の最新知見を踏まえた評価		23.1m	防潮堤かさ上げ(29m)



3.3 防潮堤の強化(法面防護工)

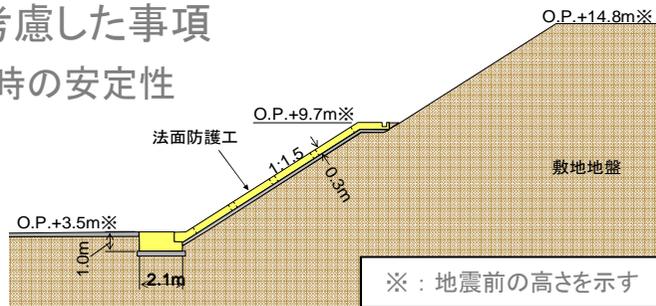
2号機増設時に想定津波水位を**9.1m**と評価



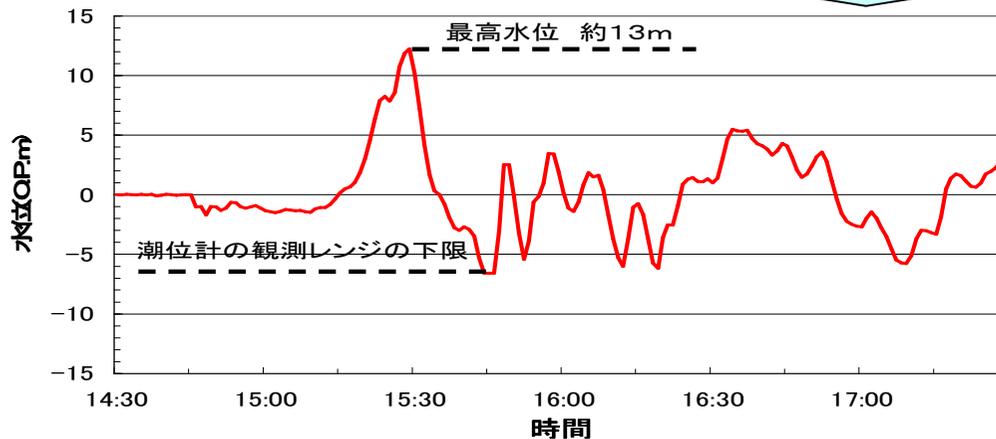
コンクリートブロックによる法面防護工を**9.7m**の高さまで設置(追加工事)

■設計に考慮した事項

- ・津波引き波時の安定性
- ・耐震性



津波の観測記録

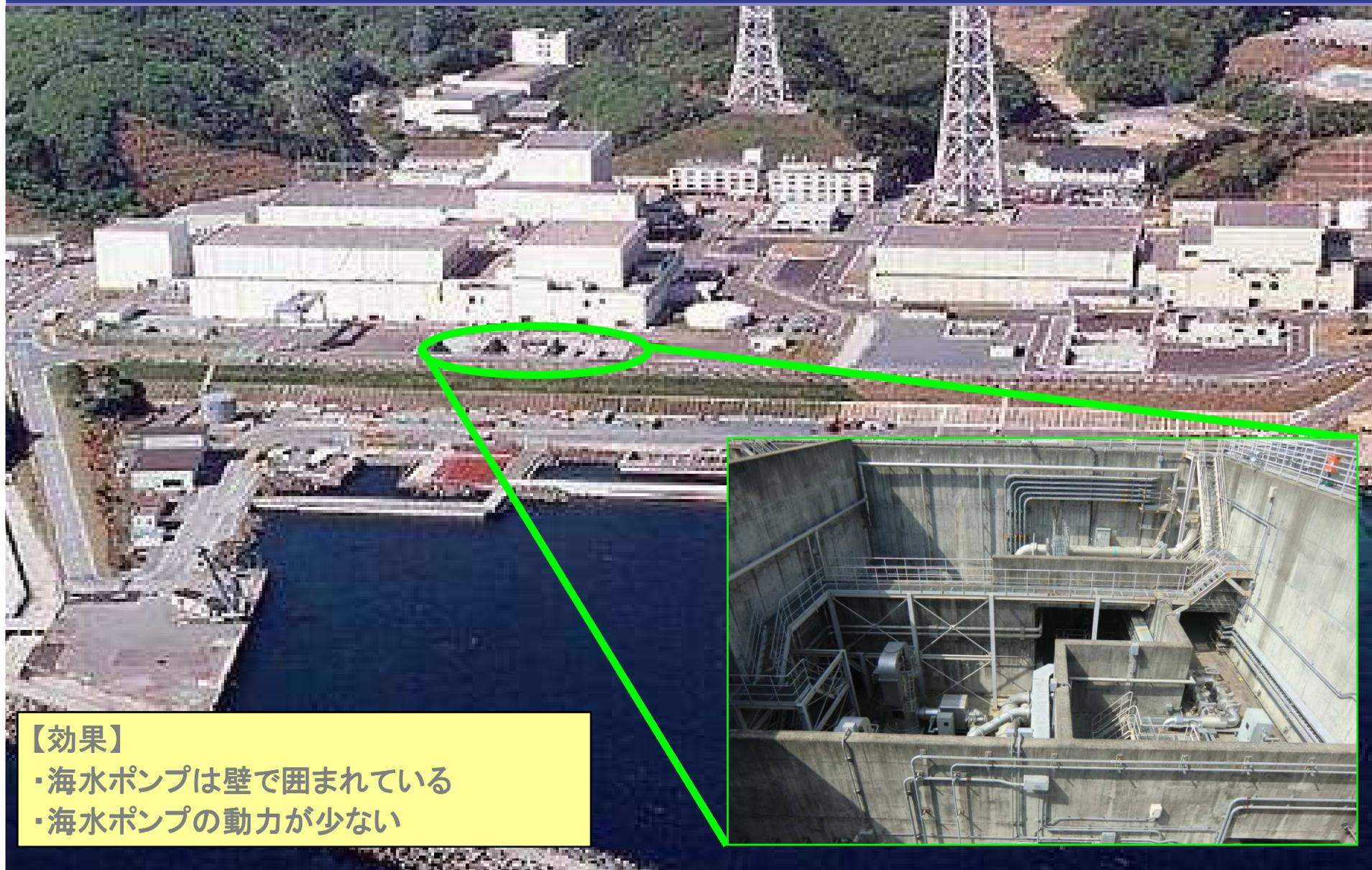


平成22年3月29日に設置したバックアップ潮位計による記録

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】

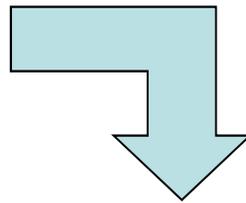
- ・海水ポンプは壁で囲まれている
- ・海水ポンプの動力が少ない



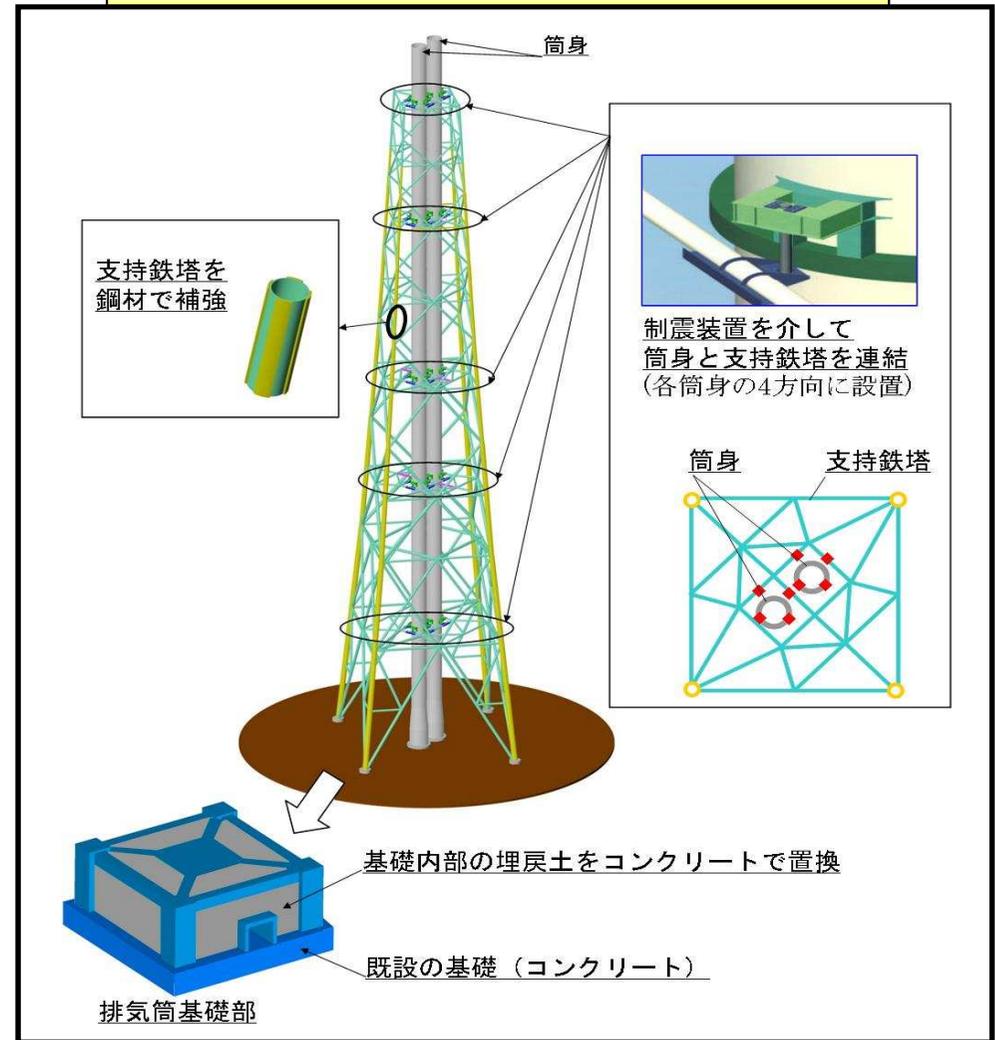
3.5 耐震裕度向上工事

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

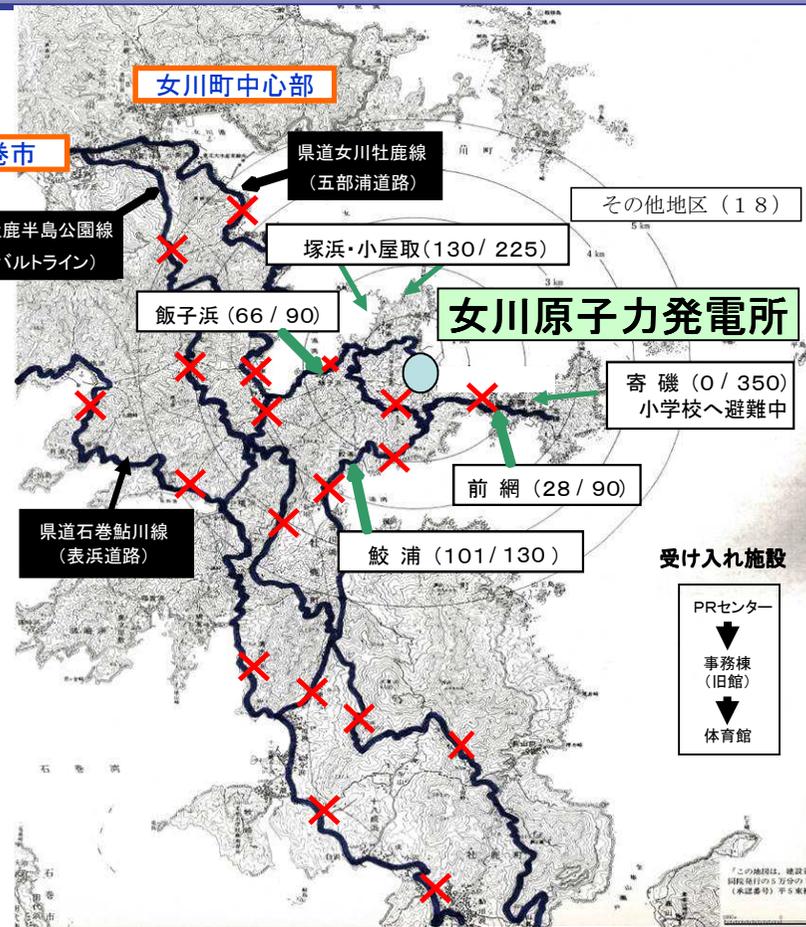


排気筒耐震裕度向上工事 (平成21年8月～平成25年3月)



4.1 発電所への避難者受け入れ

避難者受入期間
 H23. 3. 11～H23. 6. 6
 最多避難者数
 364名(3/14)



凡例 : H23.3.14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)



4. 2 IAEA(国際原子力機関)による現地調査

『女川原子力発電所は、震源からの距離、地震動の大きさ、継続時間などの厳しい状況下にあったが“**驚くほど損傷を受けていない(Remarkably Undamaged)**”』(IAEAの報告書より)



【IAEA調査の概要】

目的;震源に最も近く大きな地震と津波に襲われながら安全停止した女川発電所の現地調査を行う。

その結果を世界の原子力発電所の安全性向上に役立てる。

期間;平成24年7月30日～8月9日(約2週間)

調査団;IAEAの他、米国や仏国の規制機関を含む地震工学、原子炉安全等の専門家20名



4.3 世界原子力発電事業者協会(WANO)原子力功労者賞の受賞

- 今回の受賞は、東日本大震災時における女川原子力発電所の以下の取り組みが評価され、当時女川原子力発電所長であった渡部孝男(現:常務取締役)が代表として受賞したものです。(平成25年5月)

【受賞理由】

- ・女川原子力発電所が日頃から緊急時の対応をはじめとした事前準備に備えてきたこと
- ・過去に例をみない巨大地震と津波にもかかわらず、女川原子力発電所の3基全てを安全に冷温停止に導いたこと
- ・震災で被災した地域住民を受入れ、地域とともに困難を乗り越えたこと



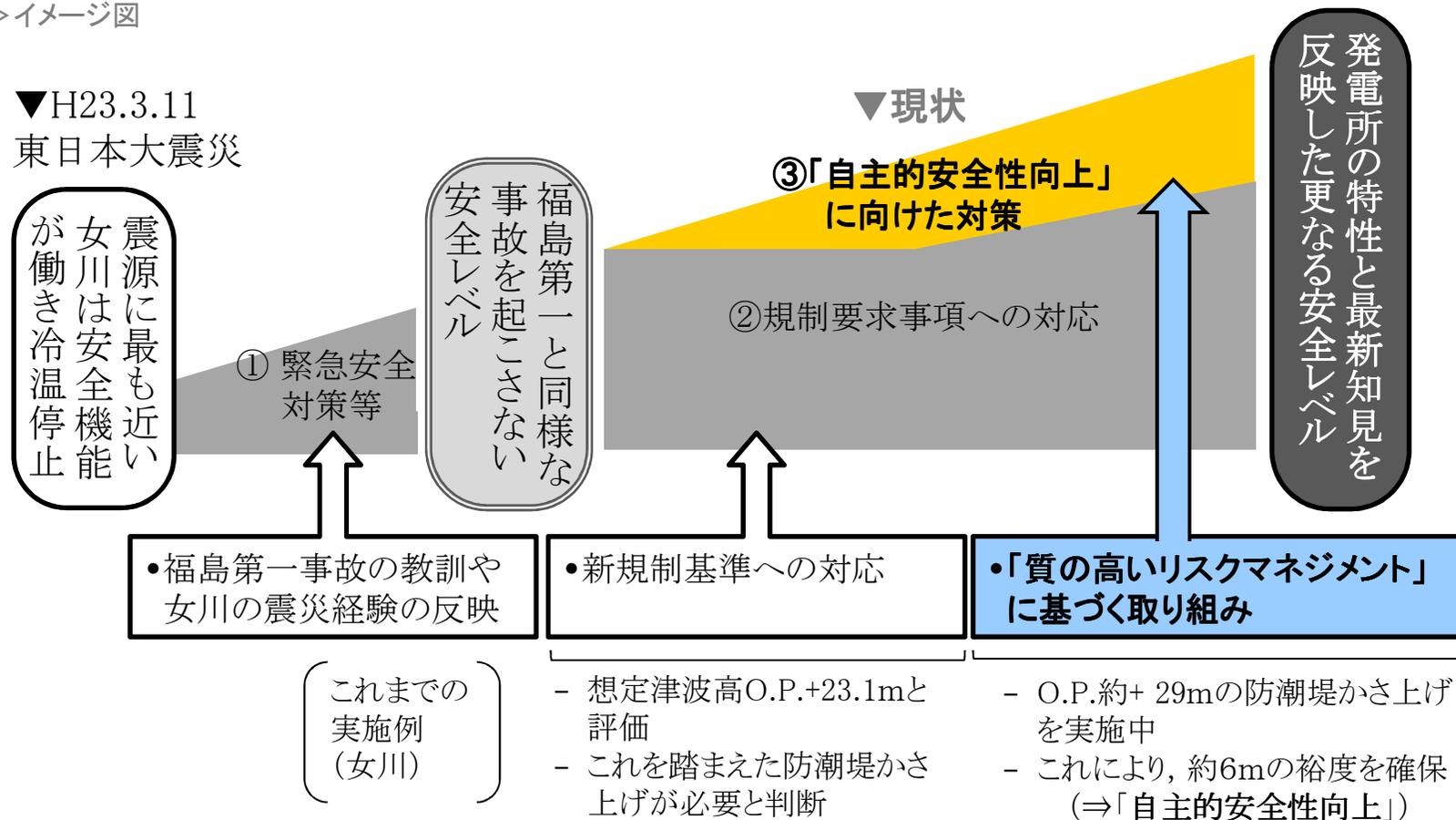
渡部(中央) 2013年 モスクワ



5 当社原子力発電所における安全性向上への継続的な取り組み

- 東日本大震災以降、これまで様々な安全対策に取り組んできたが、今後も、規制の枠組みにとどまることなく、「自主的な安全性向上」を図っていく。

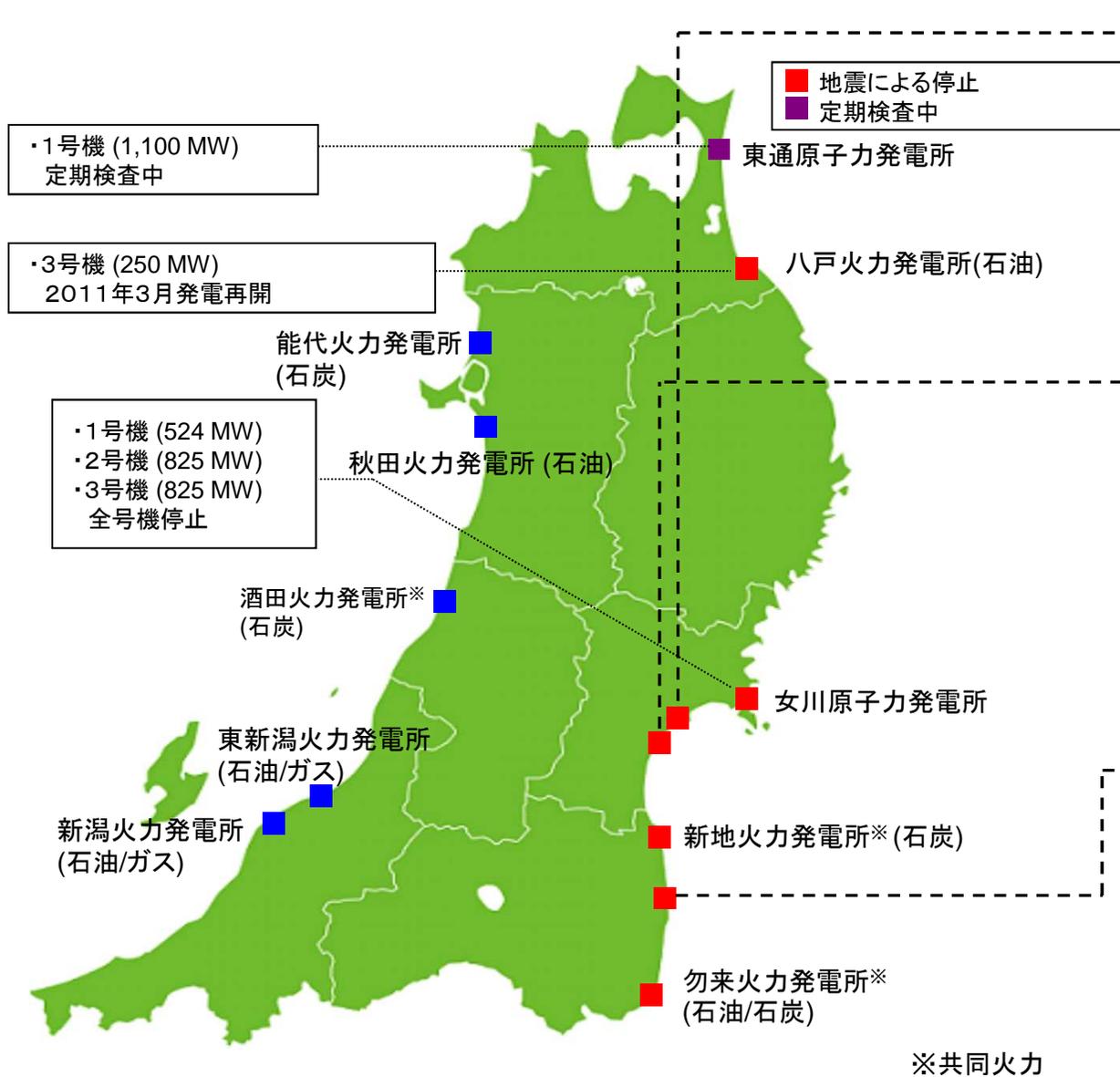
<参考>イメージ図



付 録



3/11直後の東北電力の発電所の状況



・1号機 (1,100 MW)
定期検査中

・3号機 (250 MW)
2011年3月発電再開

・1号機 (524 MW)
・2号機 (825 MW)
・3号機 (825 MW)
全号機停止

仙台火力発電所(ガス)
・4号機 (446 MW)
2011年12月発電再開(2012.2.8営業運転開始)



新仙台火力発電所(石油)
・1号機 (350 MW)
2011年12月発電再開(2012.12.27営業運転開始)



原町火力発電所(石炭)[津波高さ:18m]
・1号機 (1,000 MW), 2号機 (1,000 MW)
1号機:2013年4月26日に営業運転開始
2号機:2013年3月29日に営業運転開始



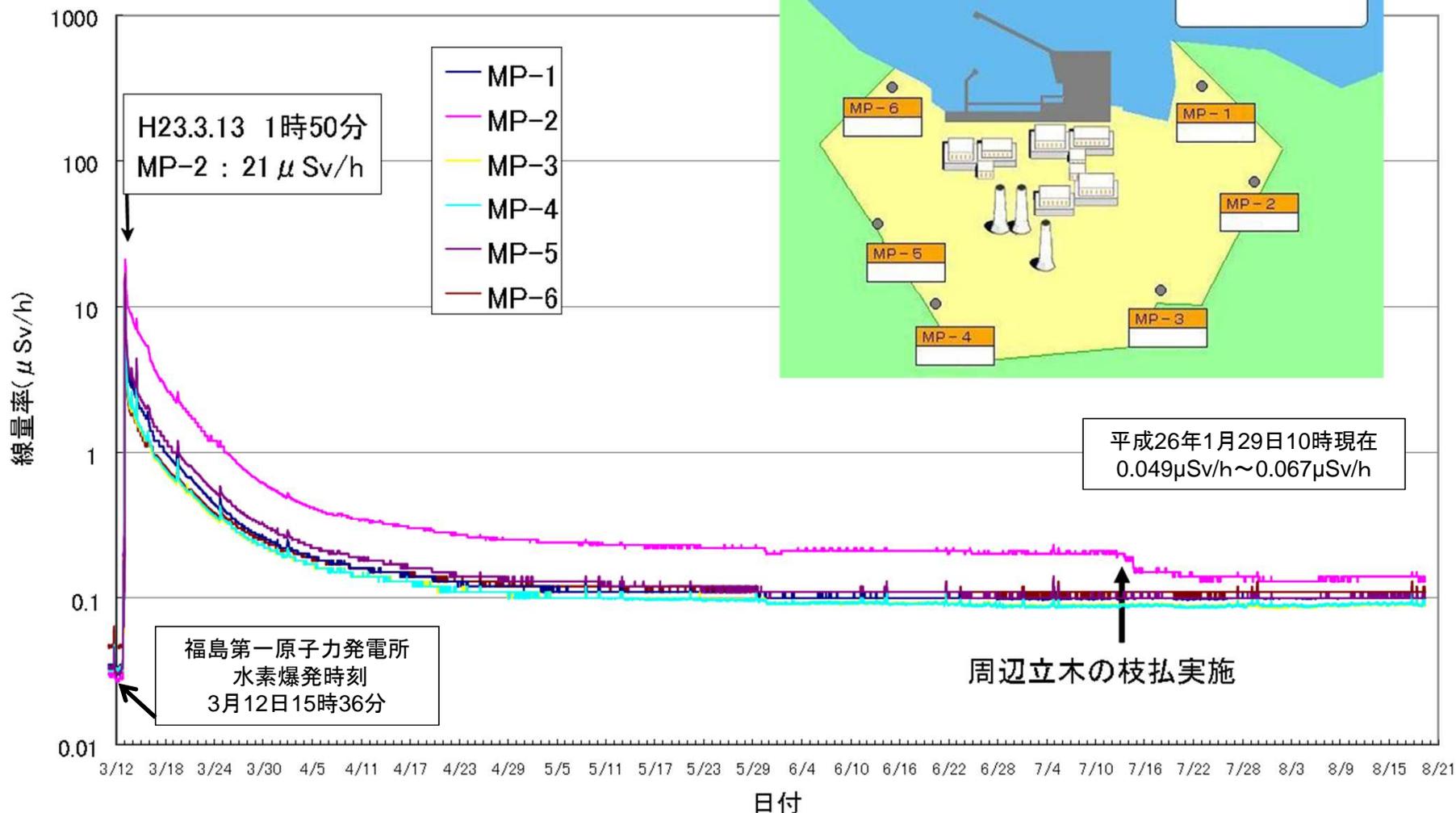
地震発生後のプラント状況(1～3号機の主な時系列)

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	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
<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> 15:29 津波最大波到達 </div>		
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	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) 3月12日(土) 12:12 RHRポンプ(A)による 原子炉冷却開始 ※原子炉起動直後のため原子炉は未臨界 (常温常圧状態)	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



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



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



女川原子力発電所の安全機能確保の要因(補足)

地震・津波に対する安全裕度

- ・敷地高さ
- ・防潮堤の強化
- ・海水ポンプ室のピット化
- ・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

様々な地震耐震対策

- (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号機の配管・電線管等約6600箇所)を平成22年6月までに実施済み
 - ・現在, 更なる耐震工事を実施中
- (2) 中央制御室制御盤への手すり棒の設置

的確な対応

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

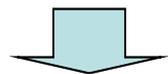
- ・中越沖地震を踏まえて**事務棟(旧館:緊急対策室を含む)の耐震補強工事**を平成22年3月までに実施済み

等

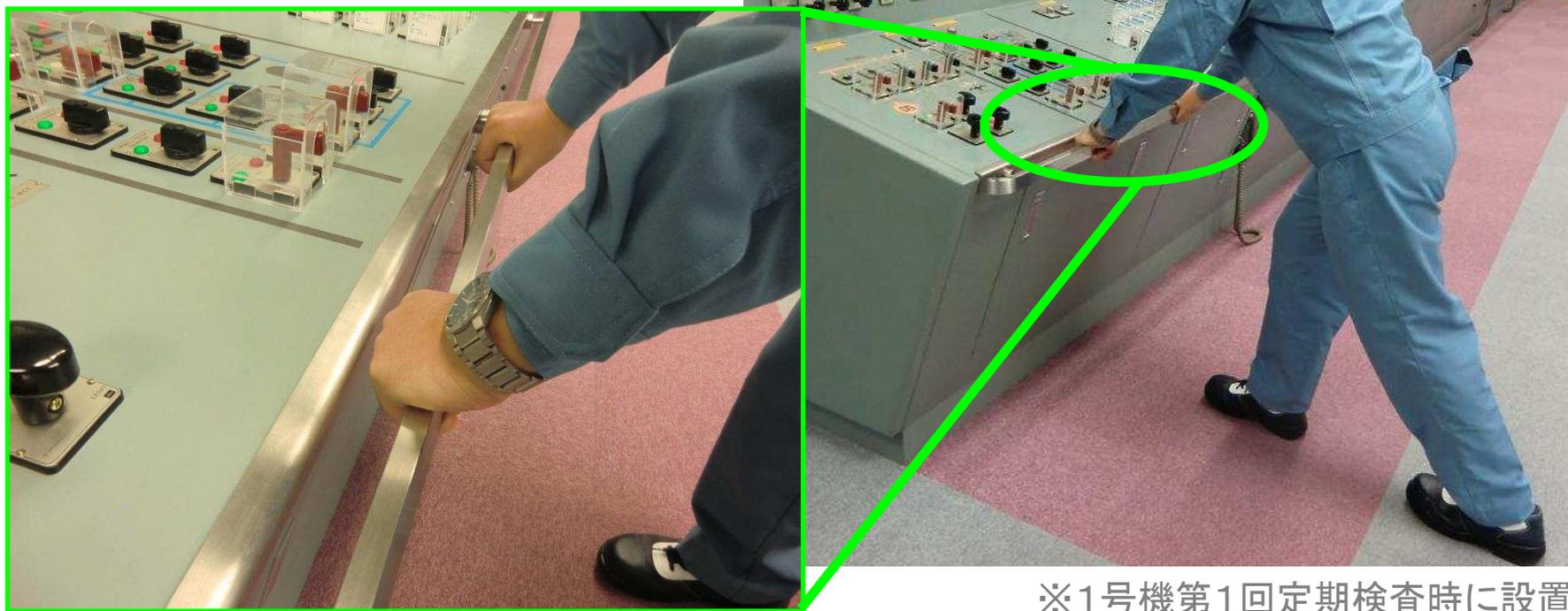


中央制御室制御盤への手すり棒の設置

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

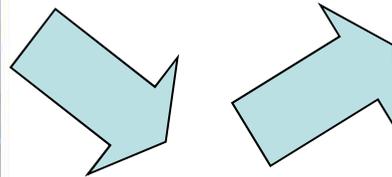


事務棟について

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

