

【関連質問への回答】

地震後の設備健全性確認

<(1) 炉内点検> (No.5関連)

(3.11地震後の停止操作およびプラントパラメータ推移)

平成27年5月20日

東北電力株式会社



目次

◆3. 11地震後の停止操作およびプラントパラメータ推移(No.5関連)

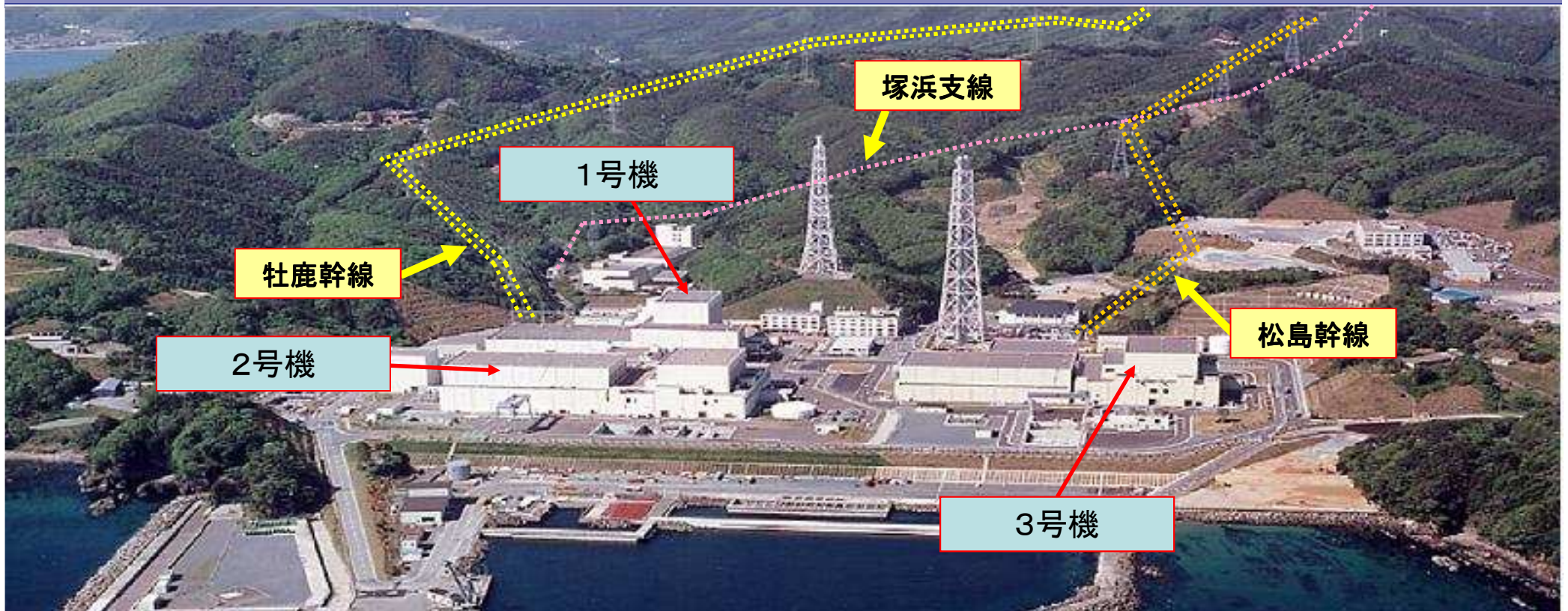
1. 女川原子力発電所の概要
2. 3. 11地震後におけるプラントパラメータの挙動確認
3. 女川1号～3号 冷温停止までの操作概要
4. 冷温停止までの地震・津波影響について
5. 女川1号～3号 地震前後のプラントパラメータ
6. 女川1号～3号 炉心損傷の有無の確認(運転員の対応)
7. 女川1号～3号 原子炉停止前後の水質分析結果

(参考資料)

- ① 制御棒全挿入の確認項目
- ② 放射線モニタの概要(女川2号の例)
- ③ 女川1号～3号 電源系統状態
- ④ 女川1号 地震前後のその他プラントパラメータ
- ⑤ 女川2号 地震前後のその他プラントパラメータ
- ⑥ 女川3号 地震前後のその他プラントパラメータ
- ⑦ 原子炉水位について(女川1号の例)
- ⑧ 女川1号～3号 原子炉停止前後の水質分析結果



1. 女川原子力発電所の概要

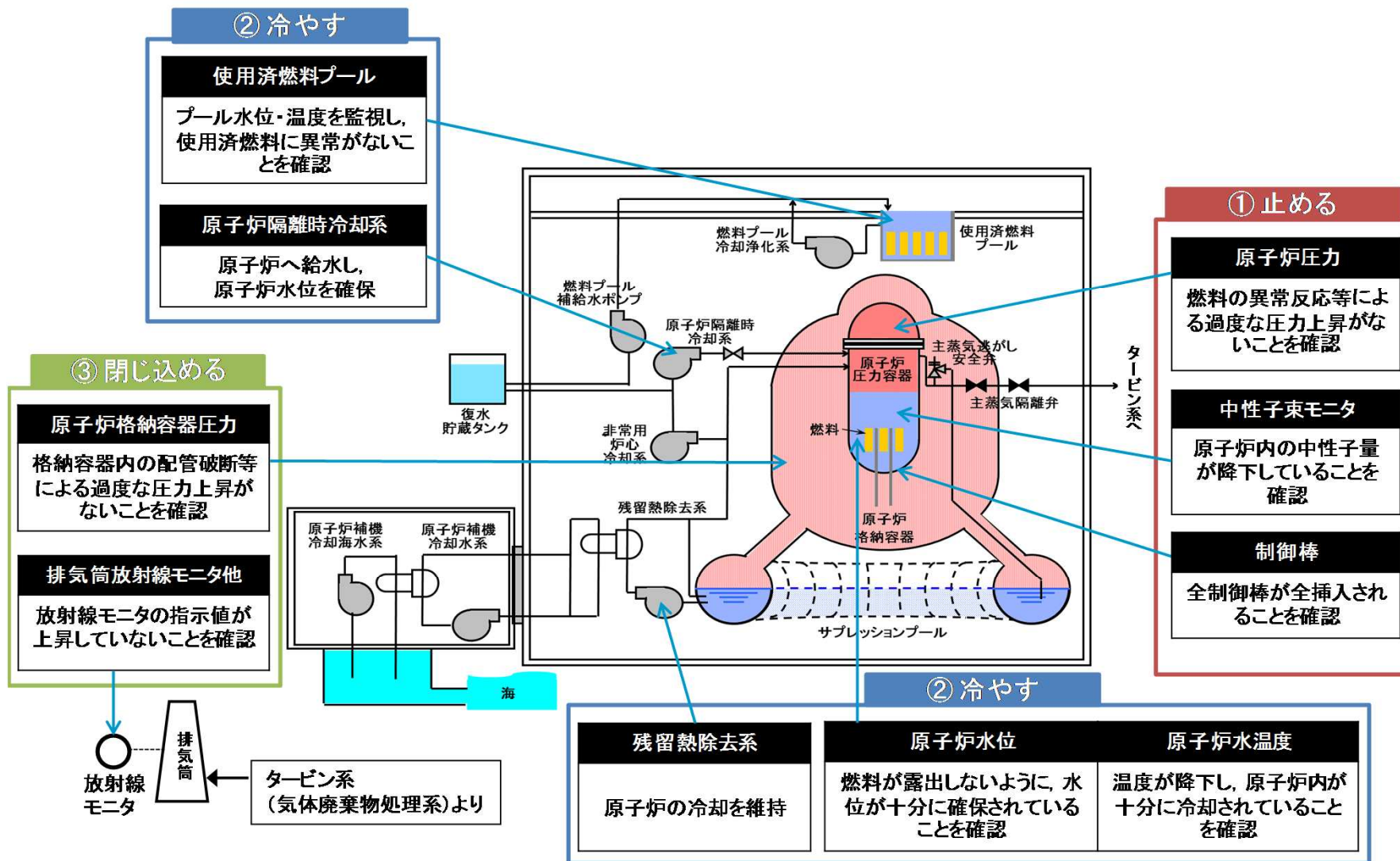


設備の概要			
	1号機	2号機	3号機
定格電気出力	52万4千kW	82万5千kW	82万5千kW
営業運転開始年月	昭和59年6月	平成7年7月	平成14年1月
原子炉型式	沸騰水型軽水炉(BWR)		



2. 3.11地震後におけるプラントパラメータの挙動確認

3. 11地震時は、以下のパラメータ等により、『①止める, ②冷やす, ③閉じ込める』が機能したことを確認



3. 女川1号～3号 冷温停止までの操作概要(1/5)

		1号機	2号機	3号機
地震発生前		運転中	起動中	運転中
地震発生後	①(原子炉を)止める	設計どおりに自動停止		
	②(原子炉を)冷やす	手順・訓練どおりに冷却操作		
	③(放射性物質を)閉じ込める	各区域の放射線モニタなどに異常なし		

運転員はヘルメットを装着し、余震、津波が続く中、冷静に操作



震災時の中央制御室の様子

正確な情報の収集・発信



発電所緊急対策室の様子(例)



3. 女川1号～3号 冷温停止までの操作概要(2/5)

- 地震による原子炉停止時，中央制御室の運転員は、「**非常時操作手順書**」に基づき，以下の**対応**を実施

- **【初期対応】** 原子炉停止直後，原子炉を「**止める**」，「**冷やす**」，放射性物質を「**閉じ込める**」，さらに「**電源を確保する**」の各機能が正常に動作し**安全が確保されているか確認**



- ☆ **原子炉の緊急停止(止める)**，**原子炉水の確保(冷やす)**，**放射性物質の漏洩なし(閉じ込める)** ⇒ **いずれも成功**
- ☆ 外部電源，非常用ディーゼル発電機(DG)など，**多重の電源の確保** ⇒ **成功**

- **【冷温停止までの対応】** **安全確保を維持しながら**，原子炉の冷却に必要な，「**原子炉への注水**」と「**原子炉の除熱**」操作を継続的に実施



- ☆ **原子炉への注水** ... 原子炉隔離時冷却系(RCIC)による注水操作 ⇒ **確実に実施**
さらに非常用炉心冷却系(ECCS)など ⇒ **多重の注水手段を確保**
- ☆ **原子炉の除熱** ... 残留熱除去系(RHR)による，初期および長期の原子炉の除熱
運転操作 ⇒ **確実に実施**

※ 1～3号機とも，「**止める**」「**冷やす**」「**閉じ込める**」を完遂した。

※ 運転員は，日頃の訓練通り，落ち着いて対応操作を実施し，原子炉停止から約10時間程度で順調に原子炉「**冷温停止**」となった。




3. 女川1号～3号 冷温停止までの操作概要(3/5)

1号機(定格熱出力一定運転中)	2号機(第11回定期検査中:原子炉起動操作中)	3号機(定格熱出力一定運転中)
3月11日(金) 14:46 東北地方太平洋沖地震発生		
14:46 原子炉自動停止 ……① (全制御棒全挿入)	14:46 原子炉自動停止 ……① (全制御棒全挿入) ※原子炉起動のため14:00から制御棒引抜開始 (原子炉は未臨界)	14:46 原子炉自動停止 ……① (全制御棒全挿入)
<p><非常時操作手順書に基づく運転員の確認内容></p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 全制御棒全挿入ランプ点灯, 原子炉出力0%まで降下, 炉心状態表示ユニットおよびディスプレイ画面にて全制御棒が全挿入位置 ⇒ 「原子炉の緊急停止成功」を確認 …… 参考① ➢ 気体廃棄物処理系モニタ異常なし ⇒ 「燃料破損なし」を確認 ➢ 排気筒モニタ, 主蒸気管モニタ, モニタリングポスト等 異常なし ⇒ 「外部への放射性物質の影響なし」を確認 } ……参考②* ➢ 原子炉格納容器圧力異常なし ⇒ 「原子炉水の漏えいなし」を確認 		
14:47 原子炉モードスイッチ「停止」 (原子炉の状態「高温停止」)		14:47 原子炉モードスイッチ「停止」 (原子炉の状態「高温停止」)
地震により外部電源5回線のうち4回線停止		
<p>外部電源5回線のうち1回線により電源供給 (予備①)1号機DG2台, 2号機DG3台, 3号機DG3台(計8台使用可能) (予備②)DG電源の号機間の相互供給(各号機ともDG1台で原子炉冷温停止可能)</p>		
14:47 ディーゼル発電機 (DG)2台自動起動	14:47 ディーゼル発電機 (DG)3台自動起動	14:47 ディーゼル発電機 (DG)3台 待機
14:55 所内常用高圧電源盤の火災により 起動変圧器停止	14:49 原子炉モードスイッチ「停止」 14:49 原子炉の状態「冷温停止」……② (原子炉水温度は原子炉停止前から 100℃未満)	
14:55 DG2台負荷運転開始		14:57 原子炉未臨界

電源確保
(予備を含む)
……参考③*

3. 女川1号～3号 冷温停止までの操作概要(4/5)

1号機(定格熱出力一定運転中)	2号機(第11回定期検査中:原子炉起動操作中)	3号機(定格熱出力一定運転中)
14:59 原子炉隔離時冷却系(RCIC)手動起動 15:00～ 残留熱除去系(RHR)ポンプ手動起動		
原子炉冷却手段確保		
15:02 主蒸気隔離弁(MSIV)手動全閉 (原子炉とタービンを隔離するため) 15:05 原子炉未臨界		15:26 主蒸気隔離弁(MSIV)手動全閉 (原子炉とタービンを隔離するため)
		15:26 原子炉隔離時冷却系(RCIC)手動起動
15:29 津波最大波到達		
	15:34～補機冷却水系2系列が浸水により停止 (3系列のうち2系列が停止)	15:30～ RHRポンプ手動起動
	15:35～DG2台が自動停止 (冷却水断により3台のうち2台が停止)	
		
外部電源5回線のうち1回線により電源供給 (予備①)1号機DG2台, 2号機DG1台, 3号機DG3台(計6台使用可能) (予備②)DG電源の号機間の相互供給(各号機ともDG1台で原子炉冷温停止可能)		
		電源確保(予備を含む)



3. 女川1号～3号 冷温停止までの操作概要(5/5)

1号機(定格熱出力一定運転中)	2号機(第11回定期検査中:原子炉起動操作中)	3号機(定格熱出力一定運転中)
17:10～ 原子炉減圧開始 20:20 制御棒駆動水圧系(CRD)ポンプ 2台目 追加起動 23:46 RHR運転モード切替 (長期冷却運転)		16:40～ 原子炉減圧開始 21:54 復水移送系による 原子炉給水 23:51 RHR運転モード切替 (長期冷却運転)
3月12日(土)		
0:57 原子炉冷却材温度100℃未満 0:58 原子炉の状態「冷温停止」 ……②	12:12 RHR運転モード切替 (長期冷却運転)	1:17 原子炉冷却材温度100℃未満 1:17 原子炉の状態「冷温停止」 ……②

原子炉冷却
手段確保

原子炉冷却
手段確保

原子炉冷却
手段確保



4. 冷温停止までの地震・津波影響について

- 原子力発電所は、外部電源がなくても予備の非常用電源により原子炉を安全に停止できる設計
- 地震・津波の影響により以下の事象が発生したが、予備を含めた十分な電源を確保

① 【1～3号機】 外部電源5回線のうち4回線が停止

☆ 「外部電源1回線による電源供給」に加えて、1号機DG2台、2号機DG3台、3号機DG3台(計8台)が予備電源として使用可能 ⇒ 多重の電源を確保

② 【1号機】 所内常用高圧電源盤の火災により起動変圧器が停止

☆ 1号機DG2台により電源を供給 ⇒ 予備の電源による電源確保

③ 【2号機】 原子炉建屋付属棟に浸水し、補機冷却水系3系列のうち2系列が停止

☆ 補機冷却水系停止に伴う冷却水断のため、DG3台(予備電源)のうち2台が停止
☆ 引き続き「外部電源1回線による電源供給」に加えて、1号機DG2台、2号機DG1台、3号機DG3台(計6台)が予備電源として使用可能 ⇒ 多重の電源を維持

さらに

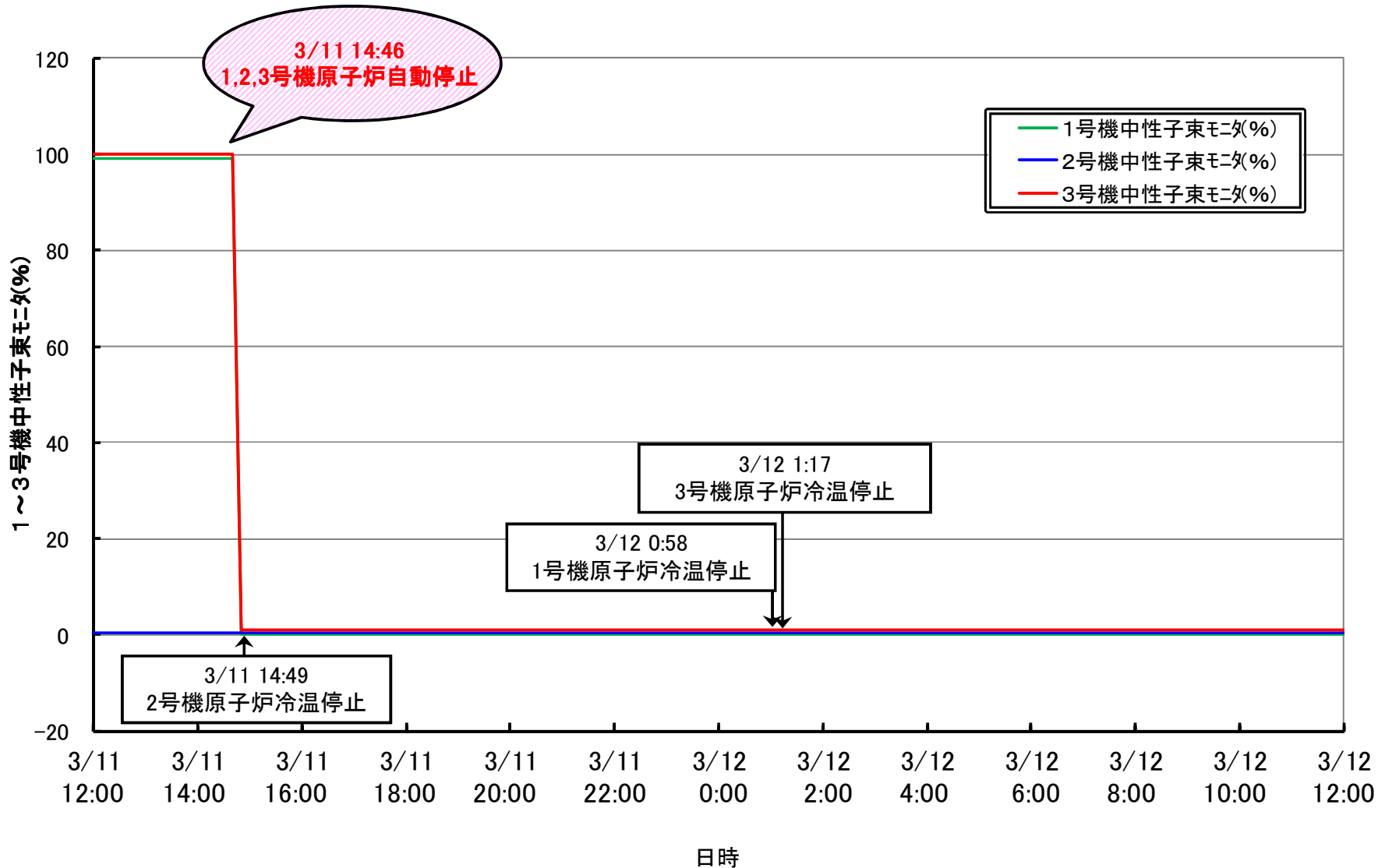
☆ DG電源の号機間の相互供給が可能(各号機ともDG1台があれば原子炉冷温停止可能)

いずれも原子炉の冷温停止に向けた操作に支障なし



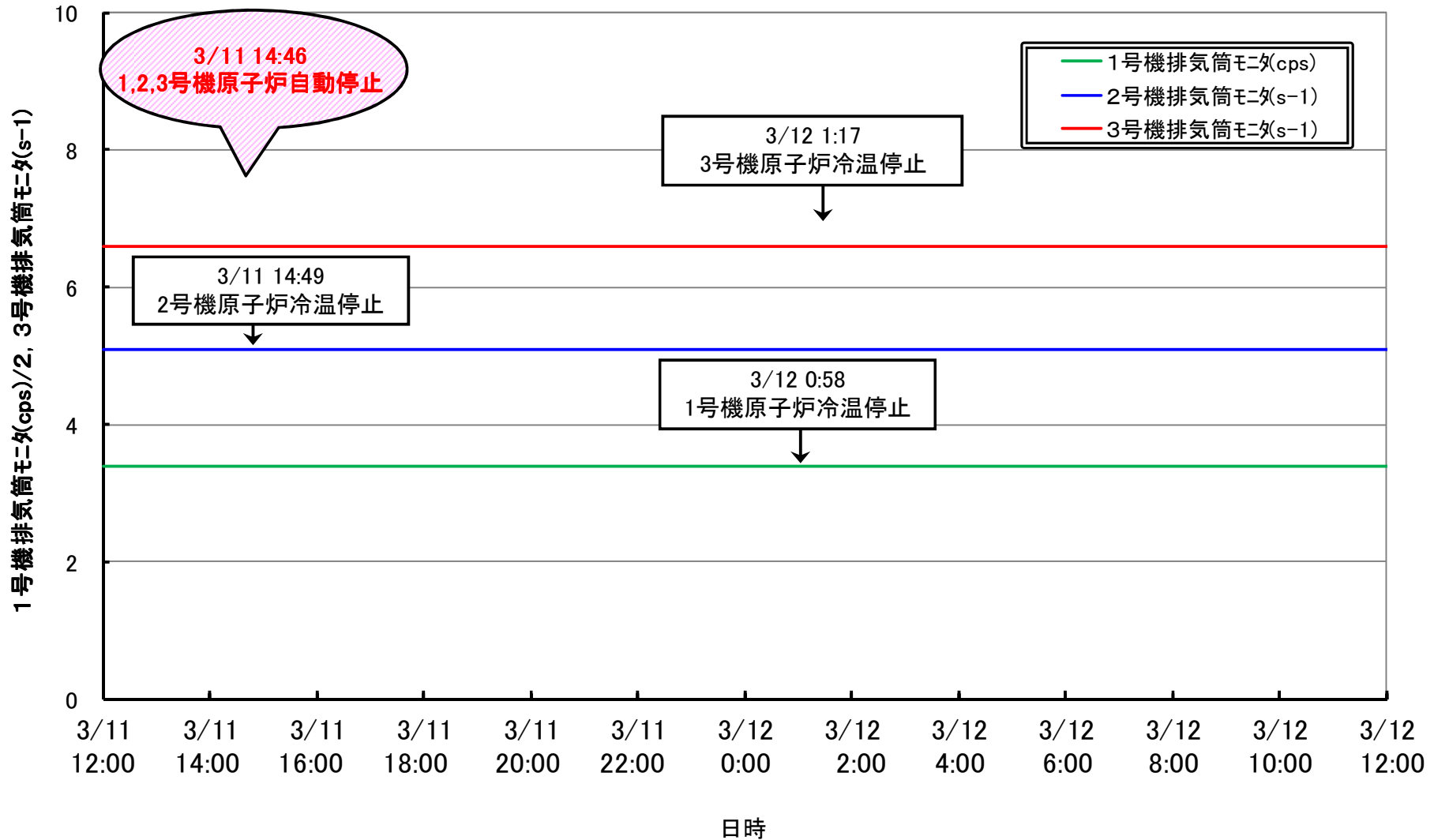
5. 女川1号～3号 地震前後のプラントパラメータ(1/4)

1～3号機 中性子束モニタ指示値(概要)



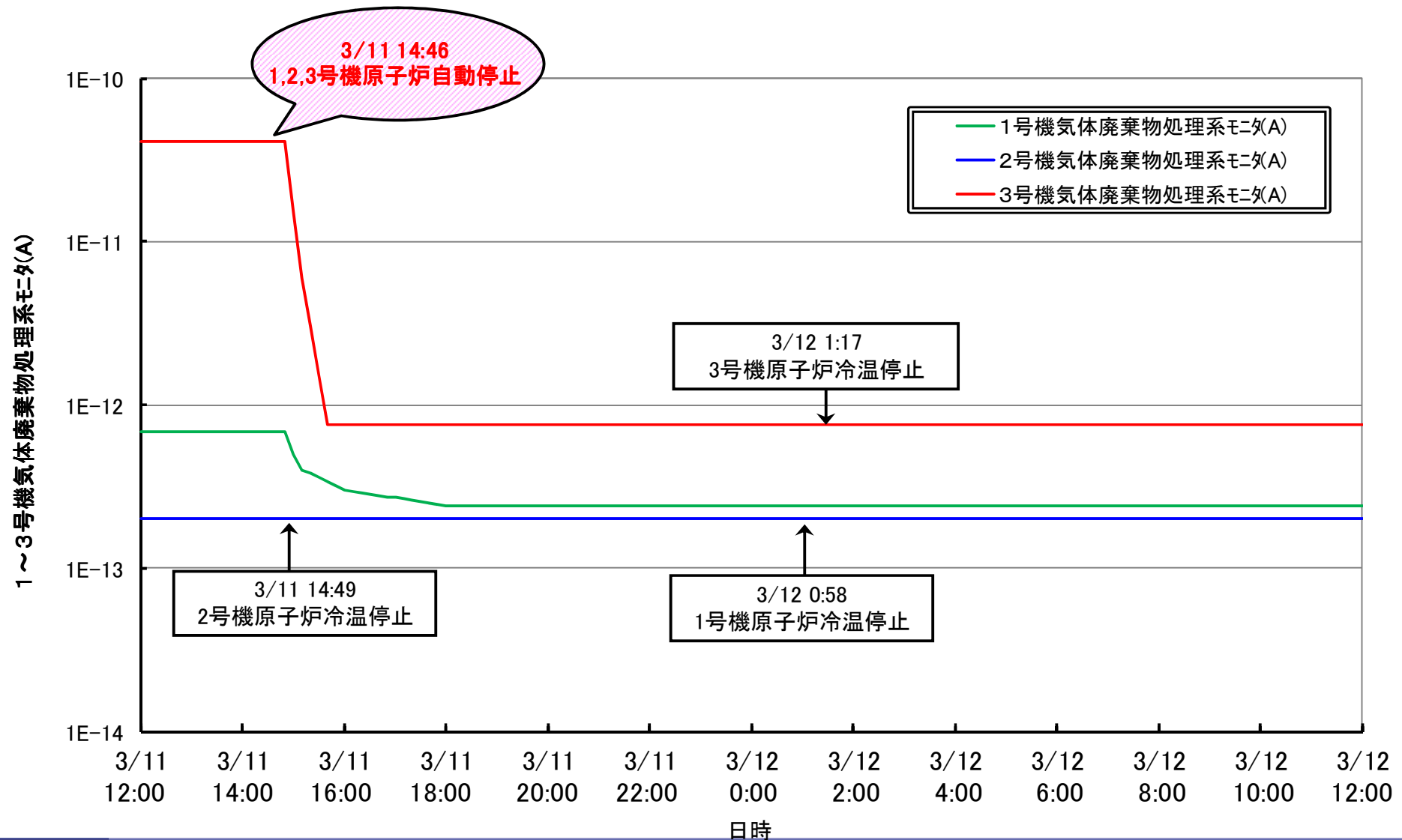
5. 女川1号～3号 地震前後のプラントパラメータ(2/4)

1～3号機 排気筒モニタ指示値(概要)



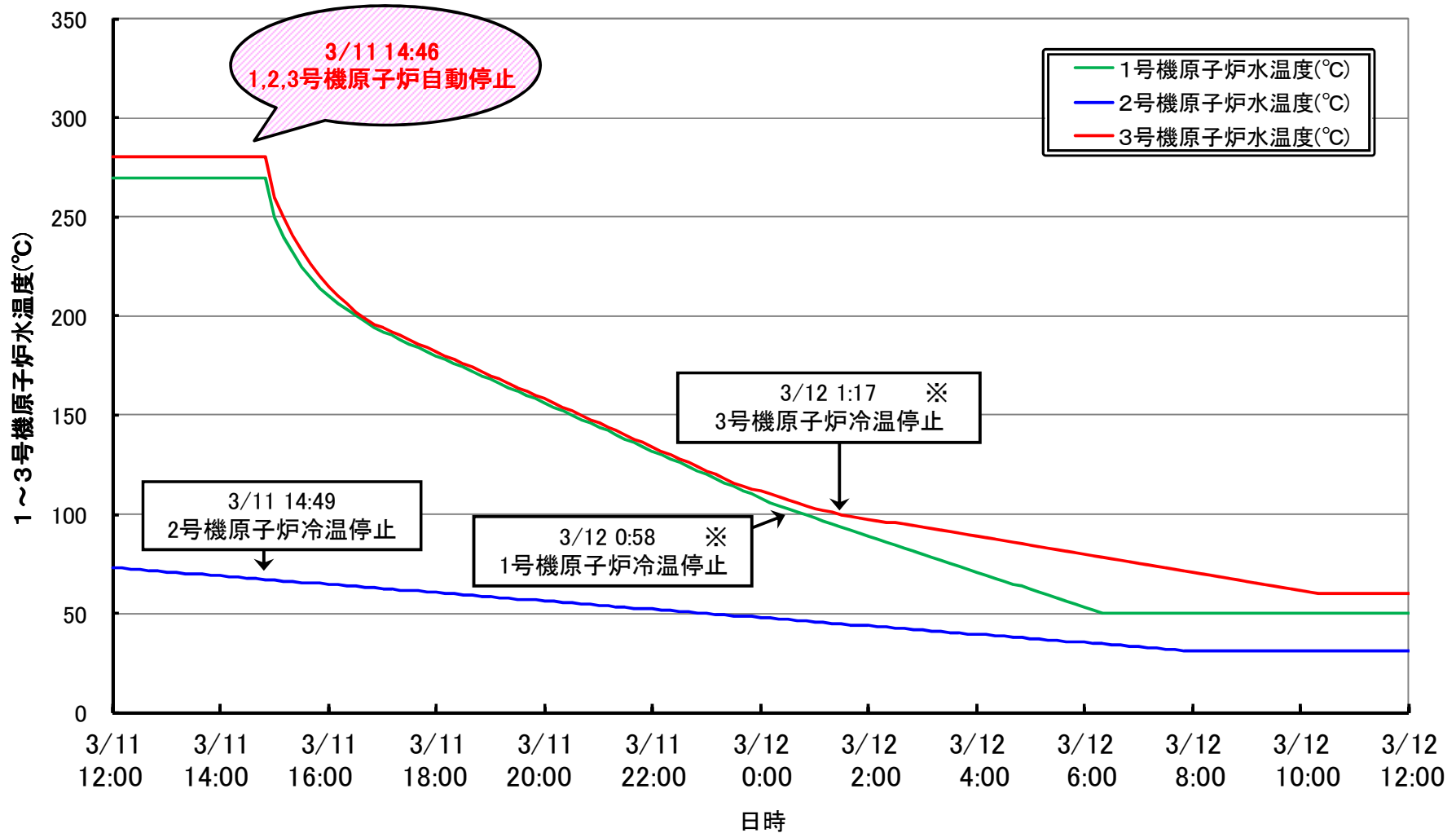
5. 女川1号～3号 地震前後のプラントパラメータ(3/4)

1～3号機 気体廃棄物処理系モニタ指示値(概要)



5. 女川1号～3号 地震前後のプラントパラメータ(4/4)

1～3号機 原子炉水温度指示値(概要)



※ 原子炉停止から約10時間程度で順調に原子炉「冷温停止」となった。



6. 女川1号～3号 炉心損傷の有無の確認(運転員の対応)

運転員は、原子炉停止後、**非常時操作手順書**に基づき速やかに
気体廃棄物処理系モニタの指示に異常がないことを確認



燃料破損の徴候なし

(燃料破損の徴候がある場合は、気体廃棄物処理系モニタで検知可能)



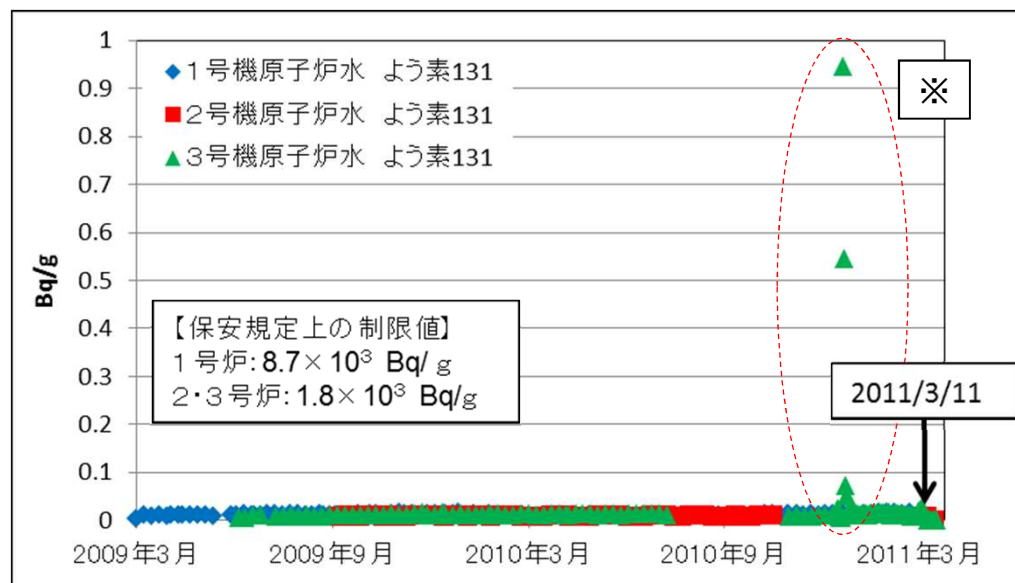
☆ 原子炉停止後の初期対応の際に
「燃料破損がないこと」を確認した

(参考)上記の放射線モニタ値が上昇し、炉心損傷の兆候が認められる場合は、
非常時操作手順書に基づき、格納容器内の放射線量を確認し、炉心損傷の
有無を判断

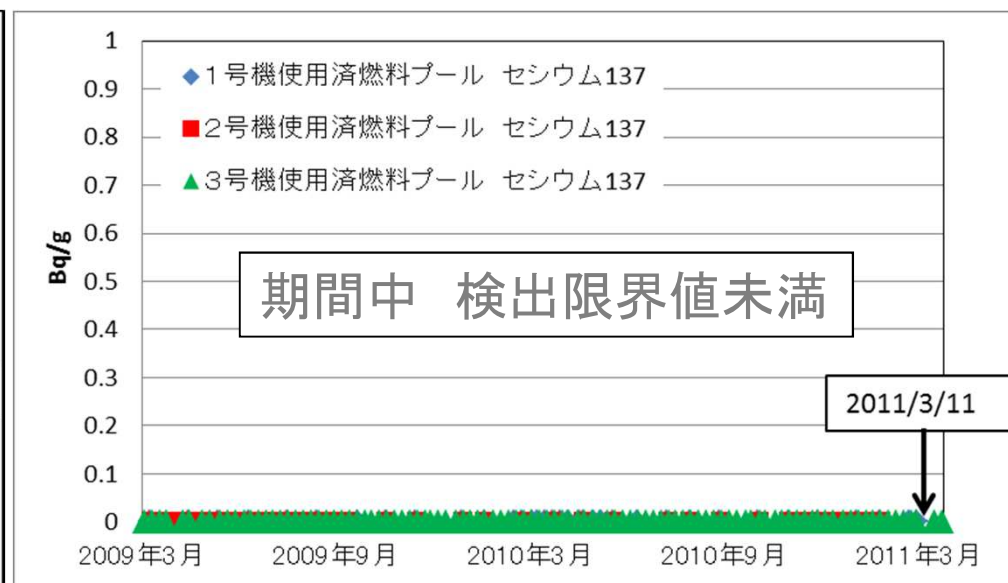


7. 女川1号～3号 原子炉停止前後の水質分析結果

- 原子炉停止後の初期対応の際に、放射線モニタにより炉心損傷の兆候がないことを確認
- 原子炉および使用済燃料プールの水質分析については、社内ルールに基づき実施し、有意な変化がないことを確認している。



原子炉水中のよう素131濃度



使用済燃料プール水中のセシウム137濃度

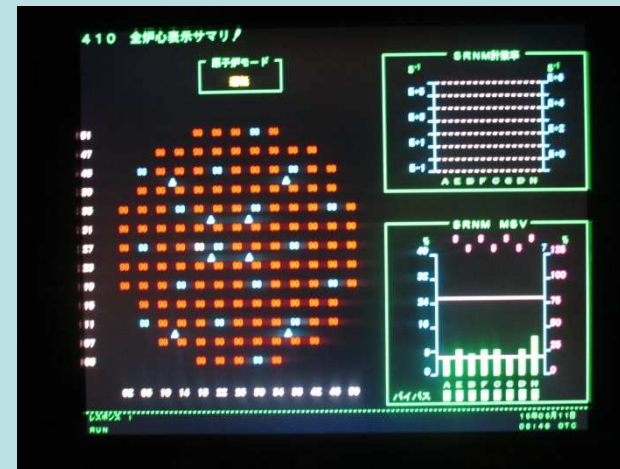
- ※ 2010年12月27日に女川3号の燃料棒の一部から放射性物質の微量な漏洩が発生した。このような放射性物質の微量な漏洩でも、有意な変化として観測される。
 なお、よう素131濃度が約0.95Bq/cm³まで一時的に上昇したが、漏洩燃料近傍の制御棒を挿入することにより、放射性物質の微量な漏洩を抑制し運転を継続した(平成23年1月11日お知らせ済)。



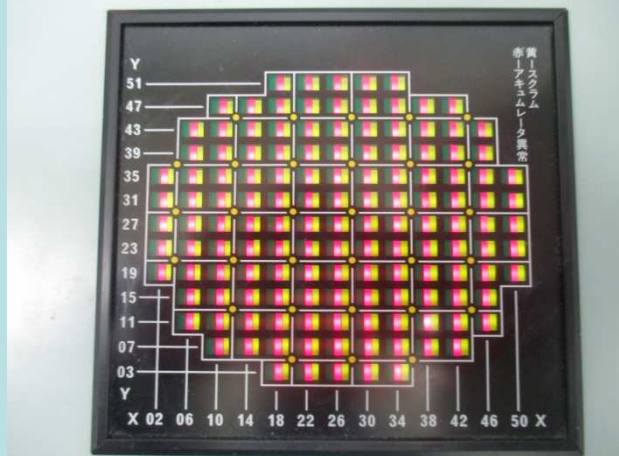
参考① 制御棒全挿入の確認項目



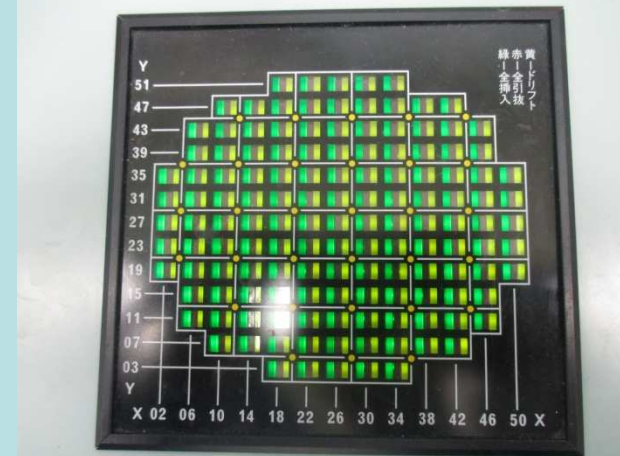
全制御棒全挿入ランプ



ディスプレイ画面



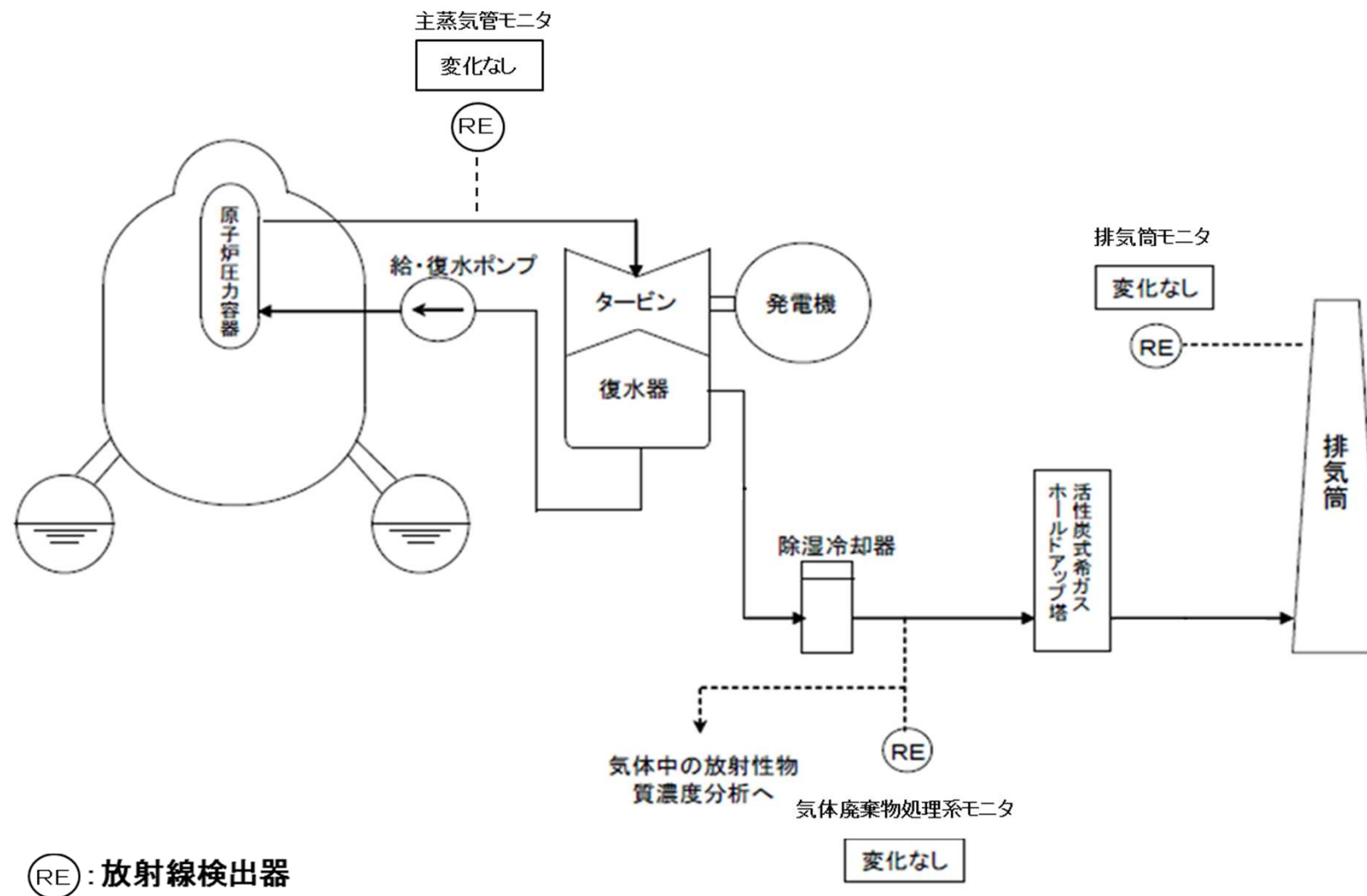
炉心状態表示ユニット(1)



炉心状態表示ユニット(2)

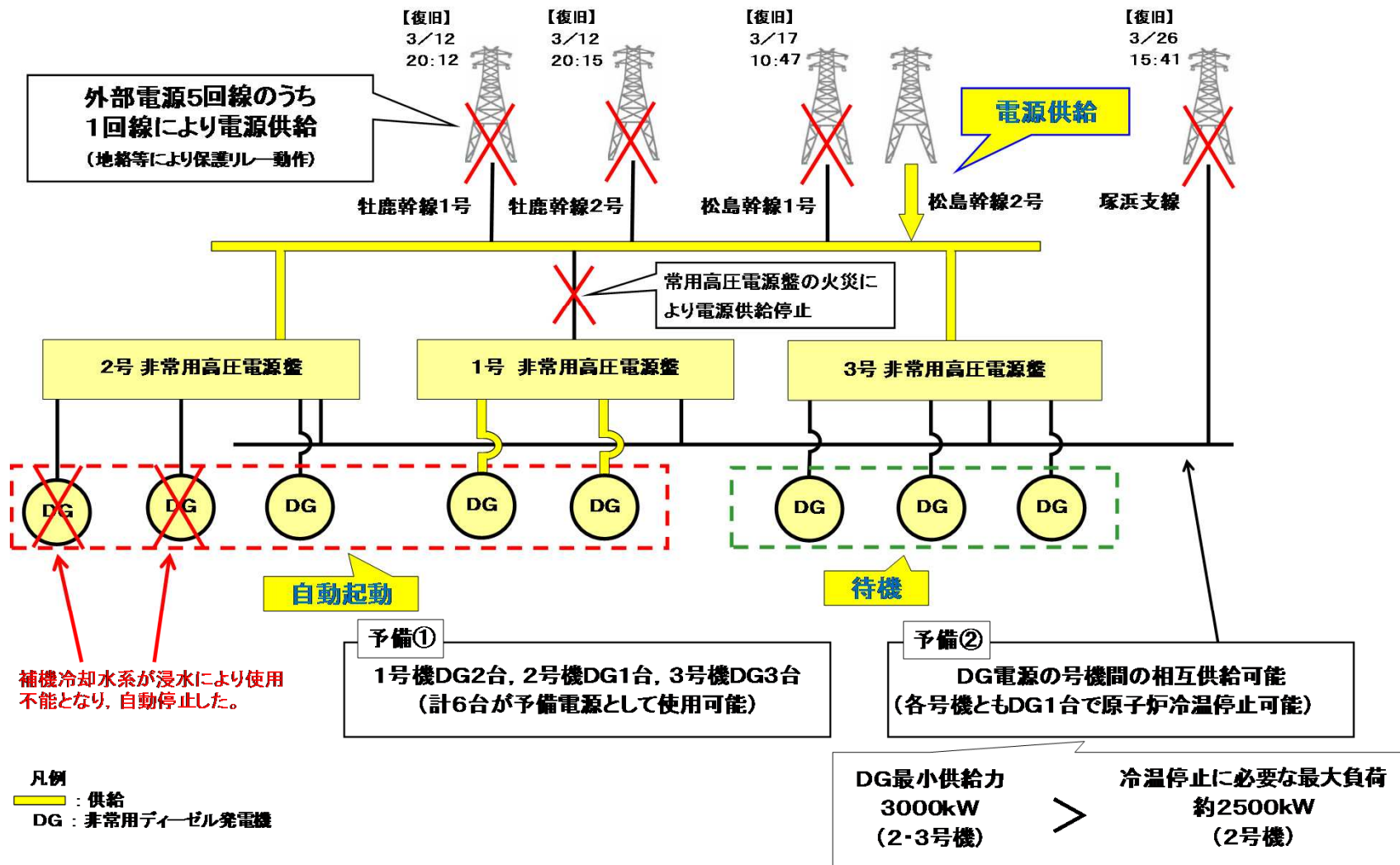


参考② 放射線モニタの概要(女川2号の例)



参考③ 女川1号～3号 電源系統状態

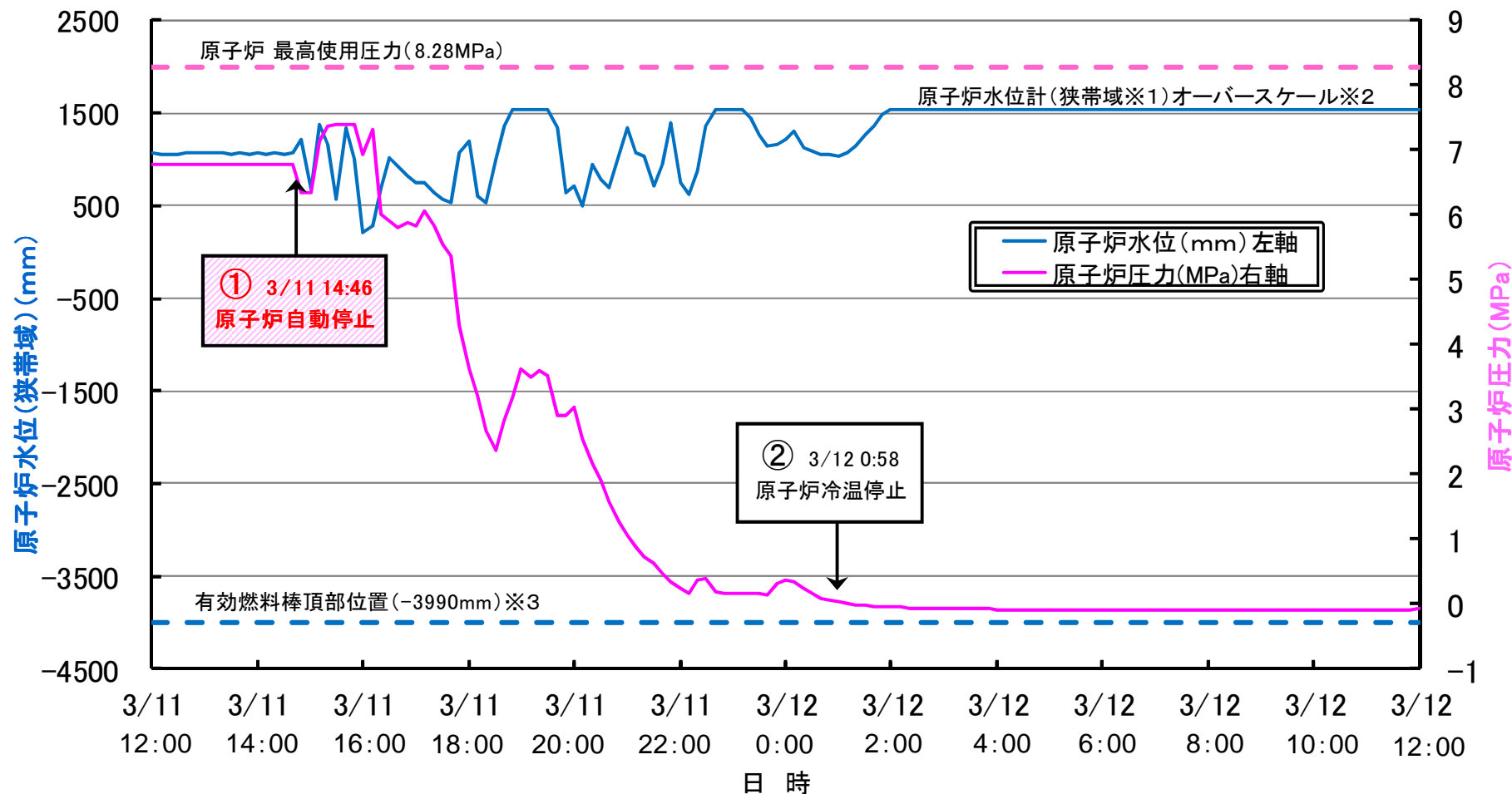
原子力発電所は、外部電源がなくても予備の非常用電源により原子炉を安全に停止できる設計



女川原子力発電所1～3号機の電源系統状態(3月11日津波最大波到達時)



参考④ 女川1号 地震前後のその他プラントパラメータ(1/3)



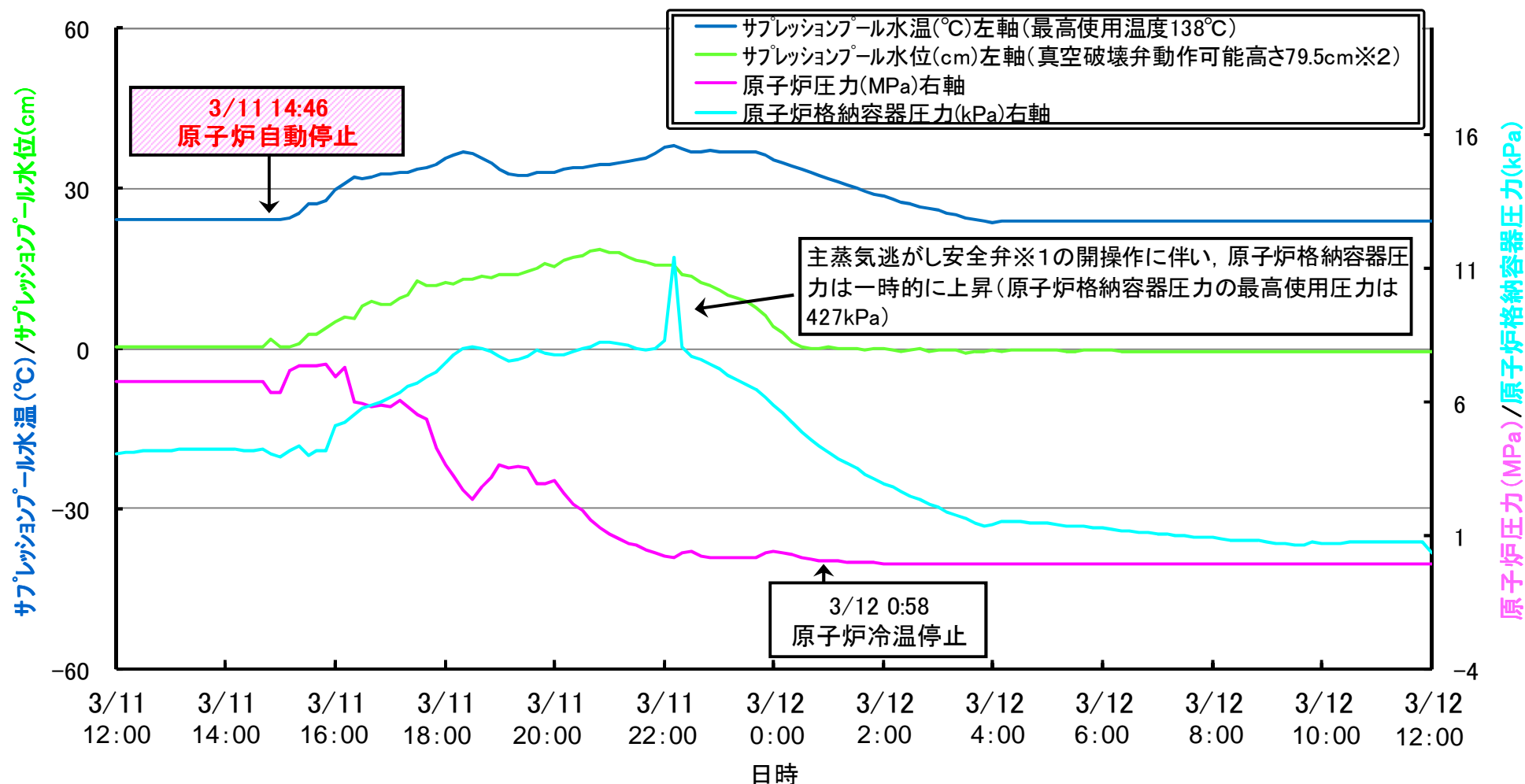
※1:狭帯域とは、通常運転中の原子炉水位(約1100mm)を測定するための水位計(測定範囲:0mm~1500mm)である。

※2:原子炉水位計は複数あり、水位は他の計器により監視をしている。

※3:有効燃料棒頂部とは、燃料棒の上端部を示し、狭帯域水位計0mmから-3990mmに位置している。



参考④ 女川1号 地震前後のその他プラントパラメータ(2/3)



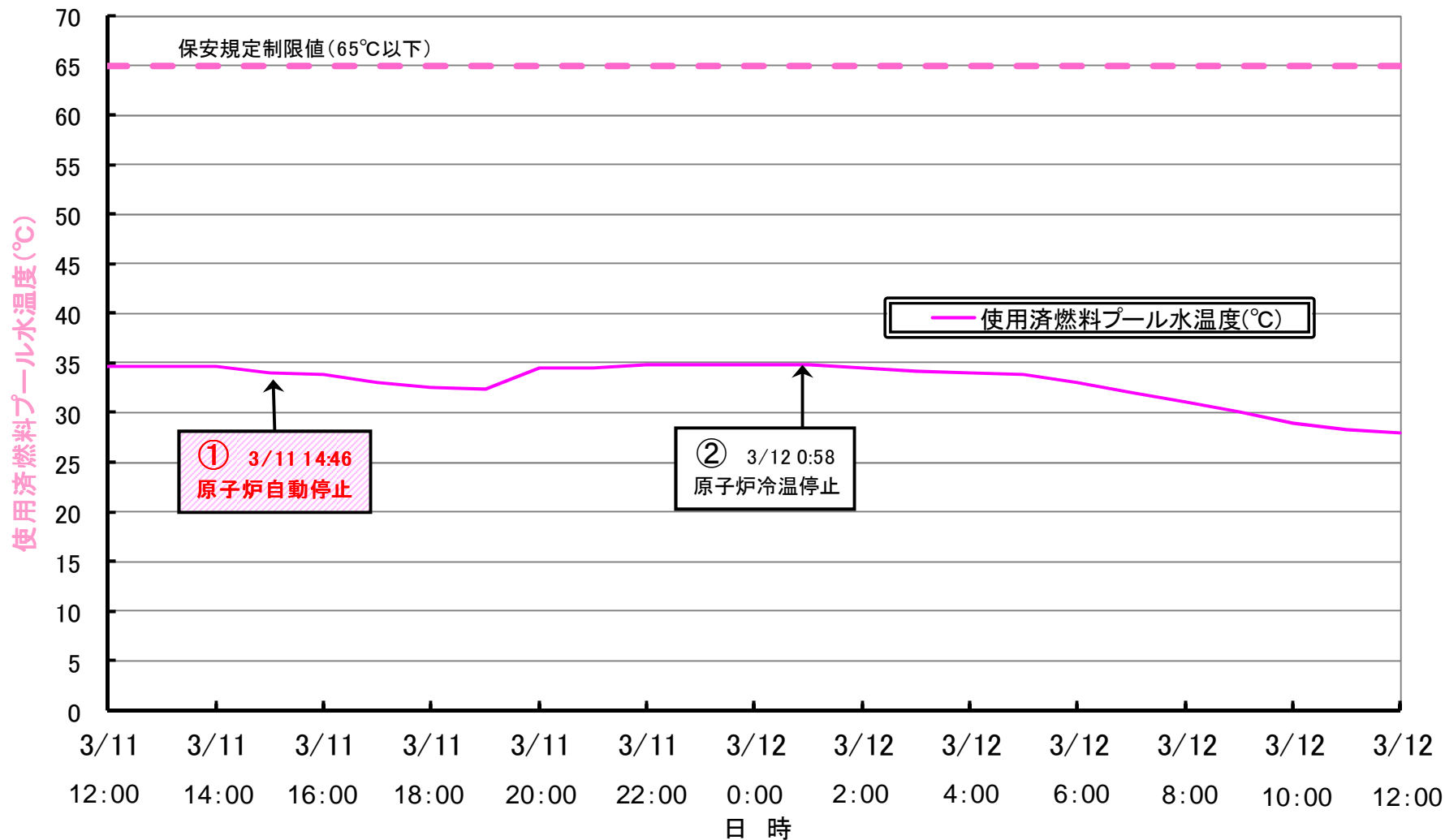
※1: 主蒸気逃がし安全弁は、原子炉圧力の異常上昇を押さえ、原子炉圧力容器および関連機器の破損を防ぐ。

※2: 真空破壊弁動作可能高さとは、原子炉冷却材喪失事故時に原子炉格納容器スプレイ系を作動させた時、原子炉格納容器が負圧になることを防止するために開放される弁が作動可能な高さのこと。

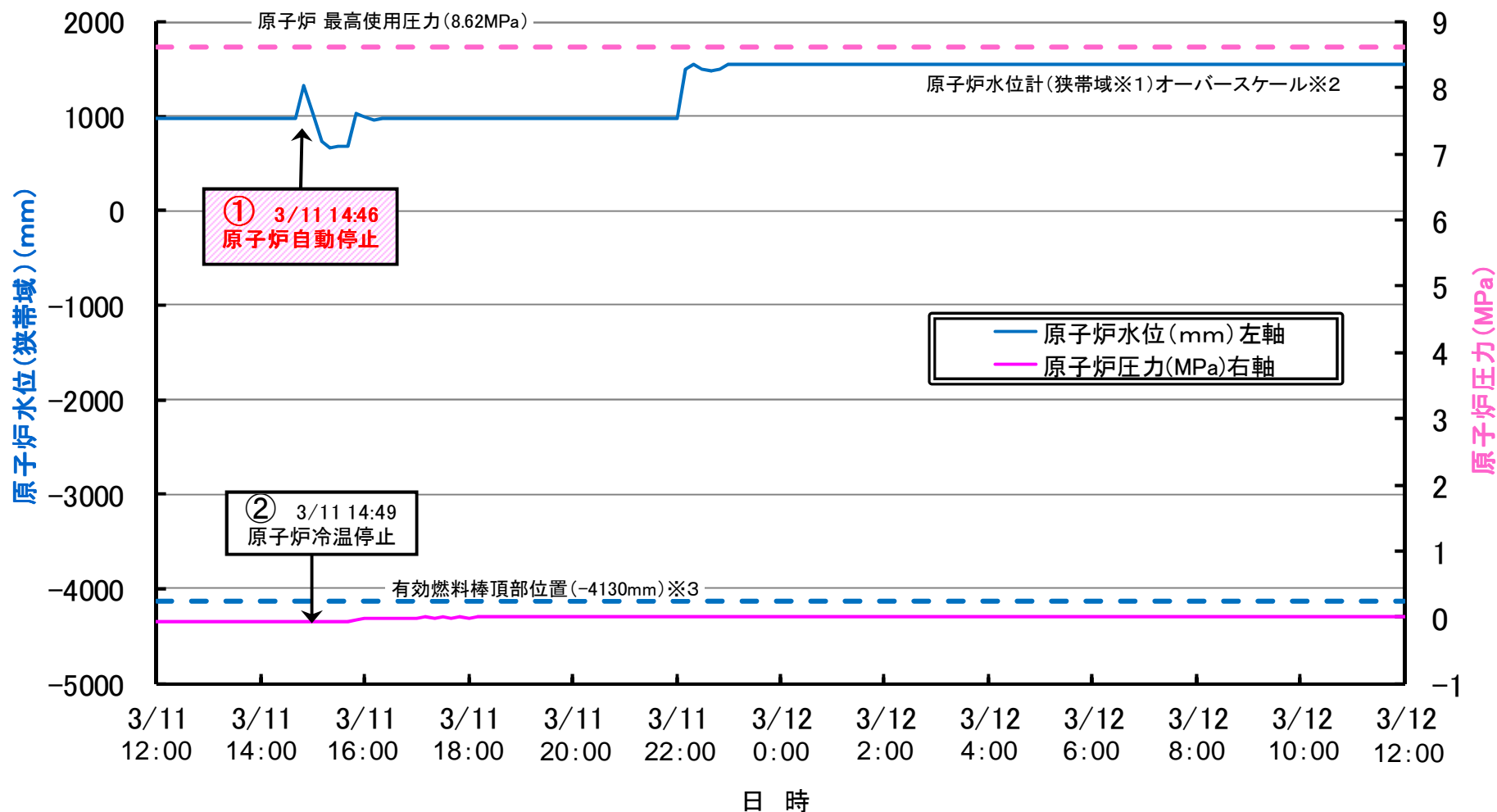
なお、サブプレッションプール水位は、通常水位±0cmからの水位を示す。



参考④ 女川1号 地震前後のその他プラントパラメータ(3/3)



参考⑤ 女川2号 地震前後のその他プラントパラメータ(1/3)



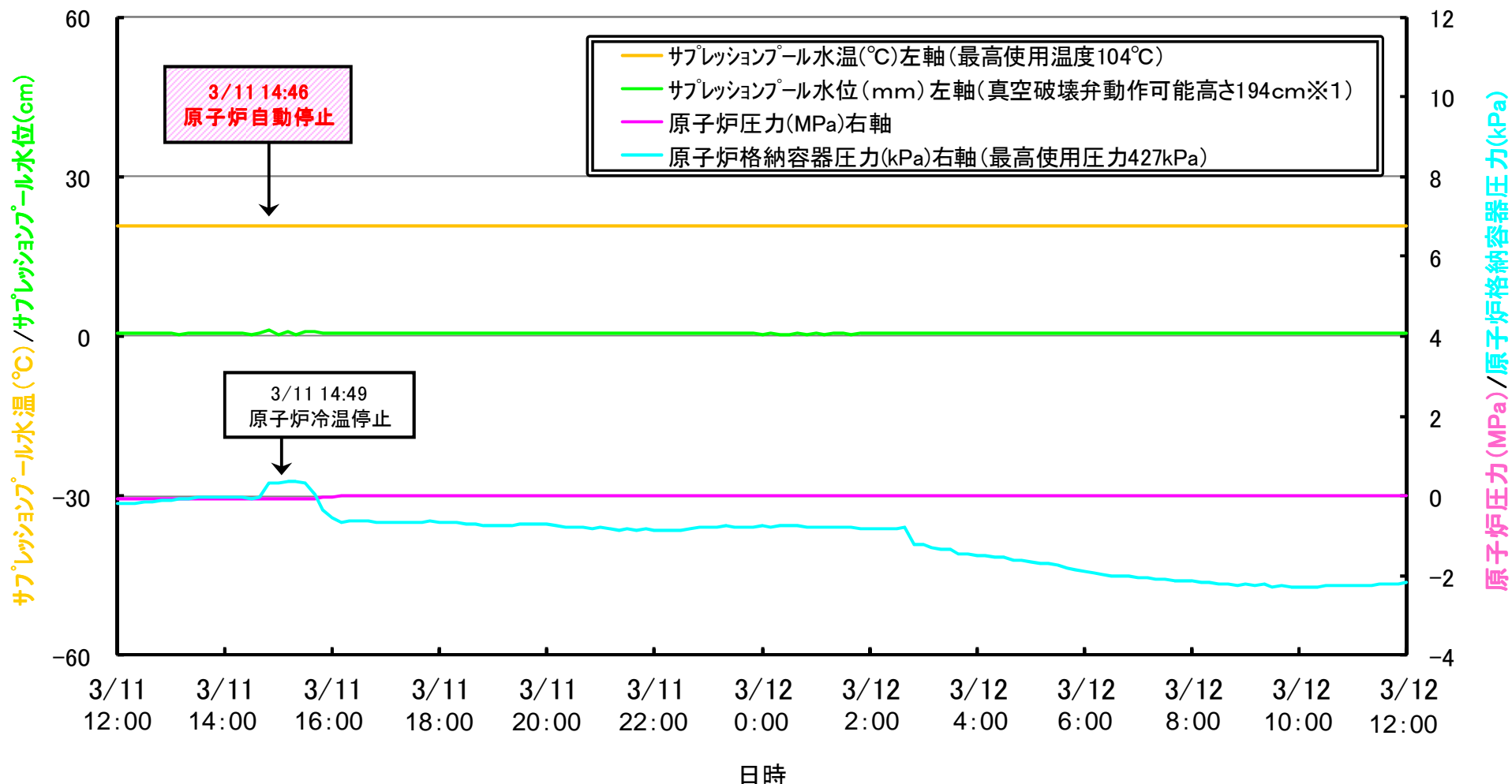
※1: 狭帯域とは、通常運転中の原子炉水位(約980mm)を測定するための水位計(測定範囲:0mm~1500mm)である。

※2: 原子炉水位計は複数あり、水位は他の計器により監視をしている。

※3: 有効燃料棒頂部とは、燃料棒の上端部を示し、狭帯域水位計0mmから-4130mmに位置している。



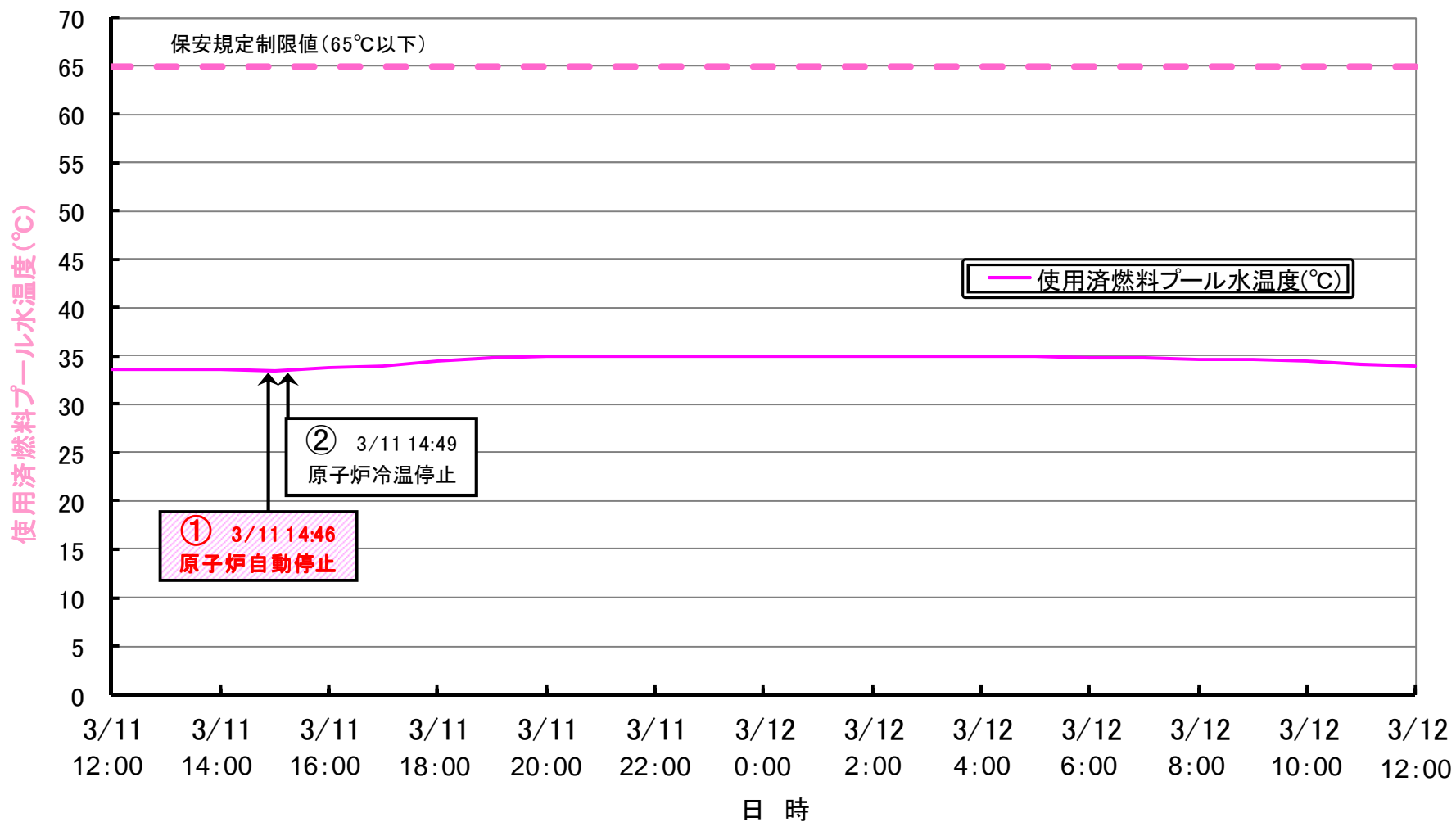
参考⑤ 女川2号 地震前後のその他プラントパラメータ(2/3)



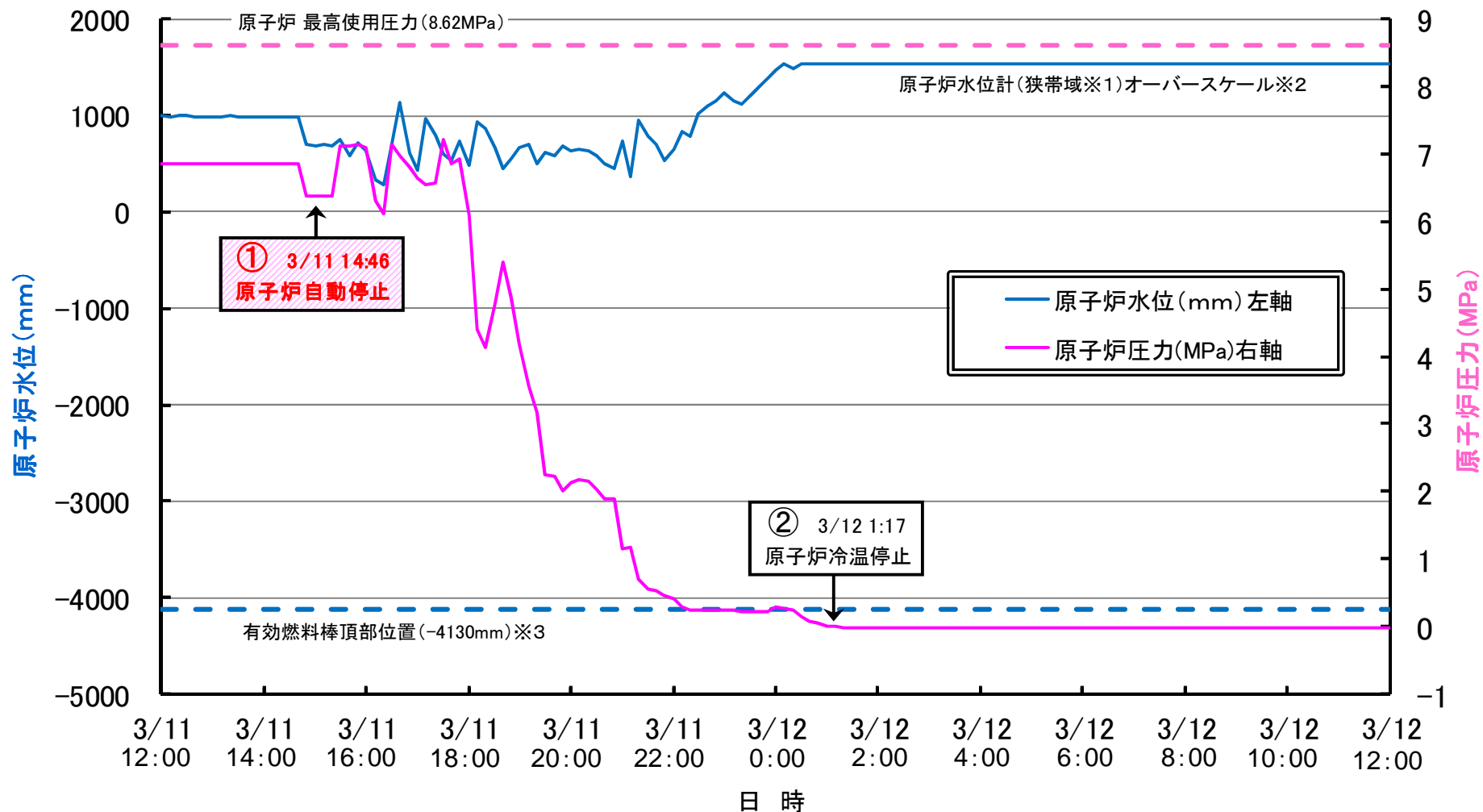
※1: 真空破壊弁動作可能高さとは、原子炉冷却材喪失事故時に原子炉格納容器スプレイ系を作動させた時、原子炉格納容器が負圧になることを防止するために開放される弁が作動可能な高さのこと。
 なお、サプレッションプール水位は、通常水位±0cmからの水位を示す。



参考⑤ 女川2号 地震前後のその他プラントパラメータ(3/3)



参考⑥ 女川3号 地震前後のその他プラントパラメータ(1/3)



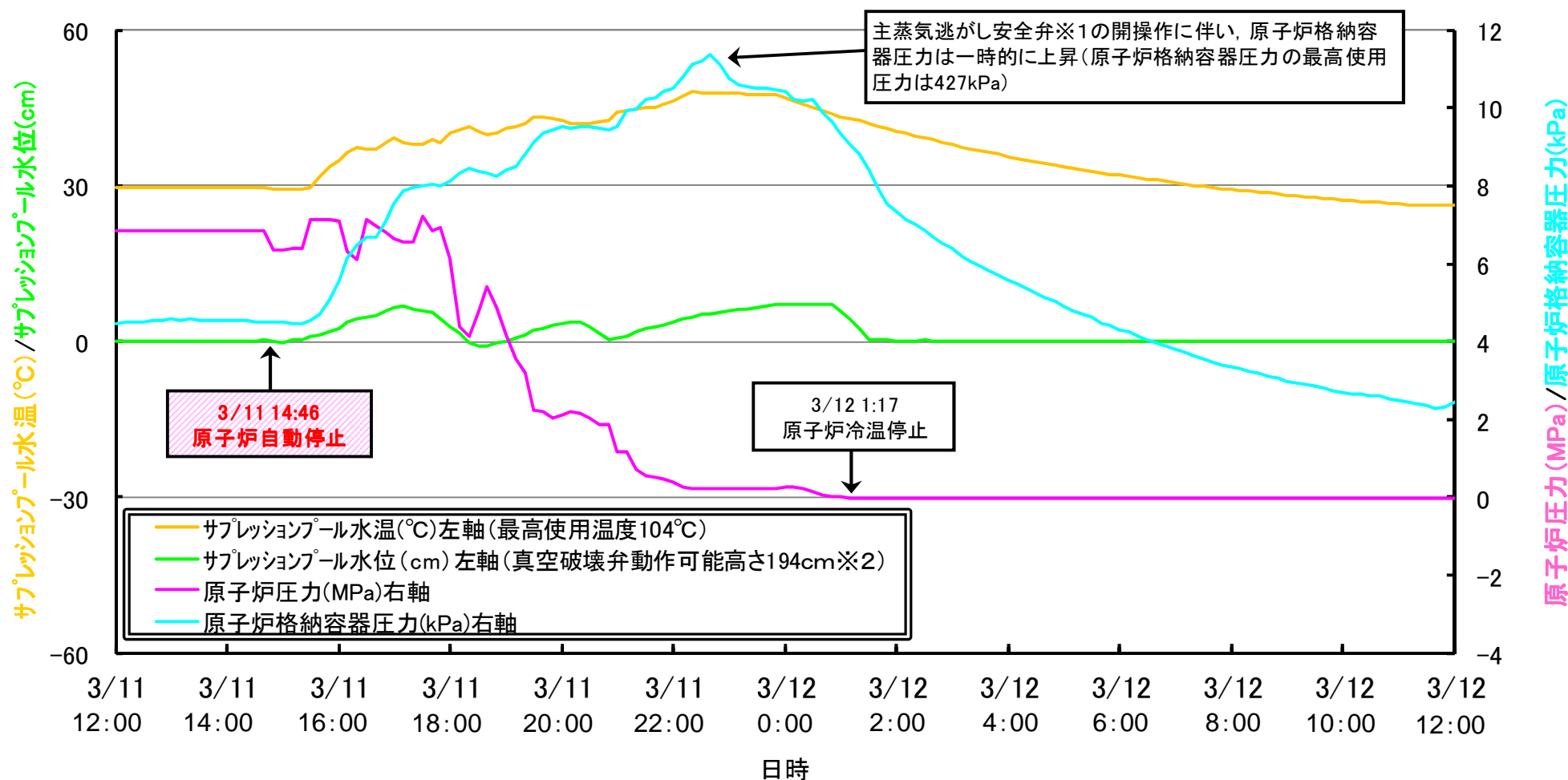
※1: 狭帯域とは、通常運転中の原子炉水位 (約980mm) を測定するための水位計 (測定範囲: 0mm~1500mm) である。

※2: 原子炉水位計は複数あり、水位は他の計器により監視をしている。

※3: 有効燃料棒頂部とは、燃料棒の上端部を示し、狭帯域水位計0mmから-4130mmに位置している。



参考⑥ 女川3号 地震前後のその他プラントパラメータ(2/3)



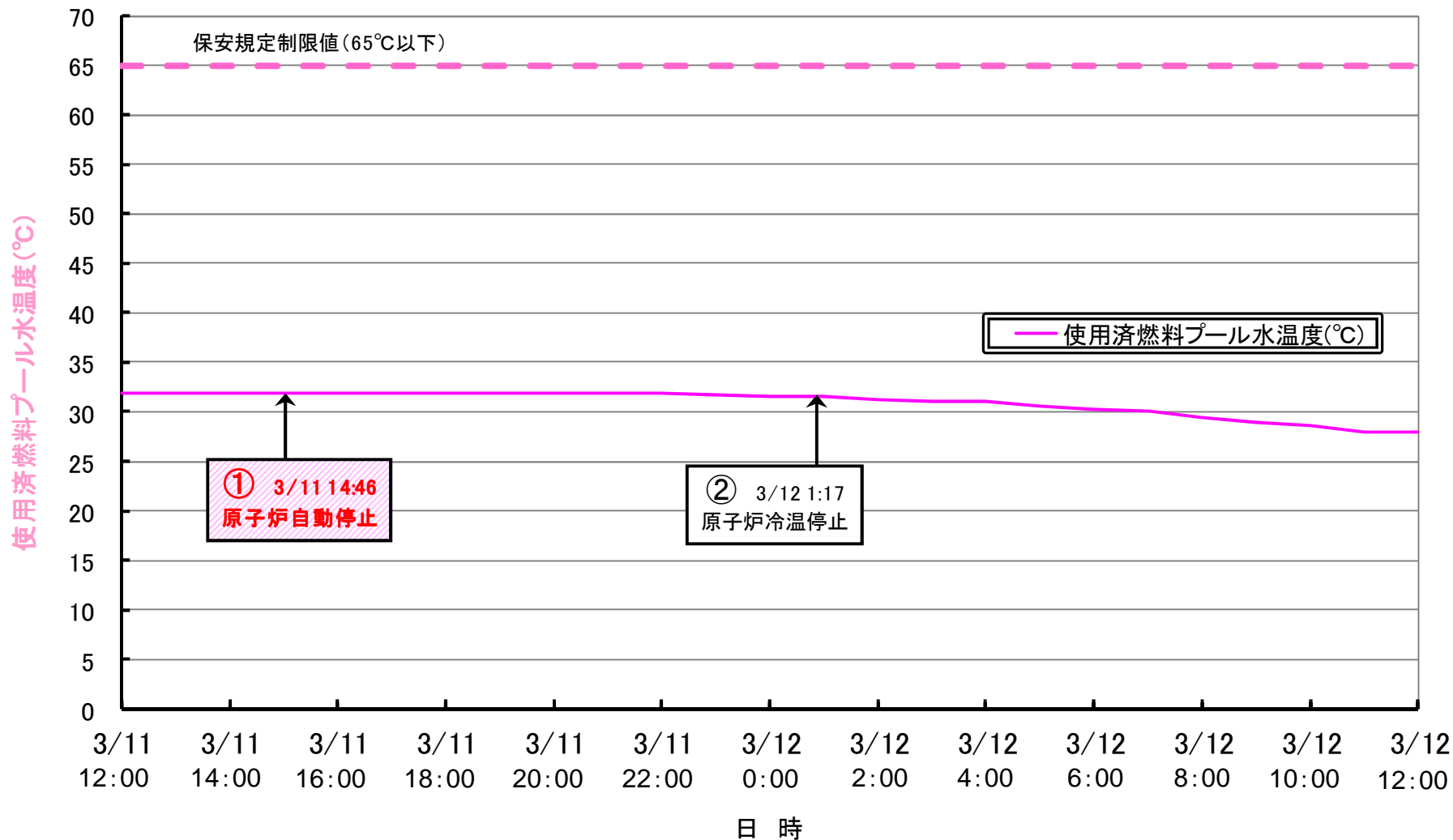
※1: 主蒸気逃がし安全弁は、原子炉圧力の異常上昇を押さえ、原子炉圧力容器および関連機器の破損を防ぐ。

※2: 真空破壊弁動作可能高さとは、原子炉冷却材喪失事故時に原子炉格納容器スプレイ系を動作させた時、原子炉格納容器が負圧になることを防止するために開放される弁が作動可能な高さのこと。

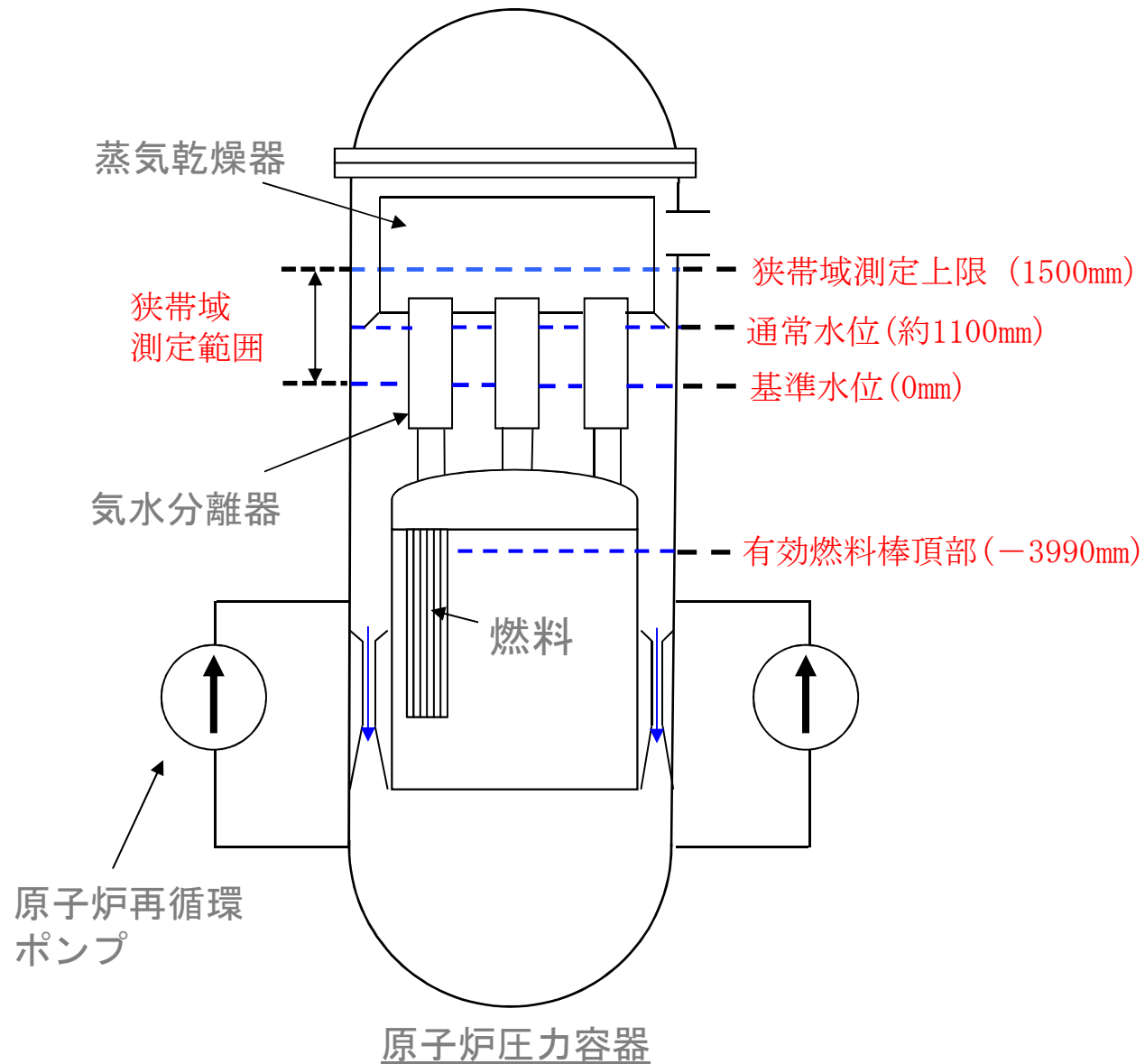
なお、サブプレッションプール水位は、通常水位±0cmからの水位を示す。



参考⑥ 女川3号 地震前後のその他プラントパラメータ(3/3)



参考⑦ 原子炉水位について(女川1号の例)



参考⑧ 女川1号～3号 原子炉停止前後の水質分析結果

- ◆ 原子炉および使用済燃料プールの水質分析を以下のとおり実施
 - ◆ 原子炉水中のよう素131濃度測定値は，地震発生前後で有意な変化は認められていない。
 - ◆ 使用済燃料プール水中のセシウム137濃度測定値も，地震発生前後で有意な変化は認められていない。
- ⇒ 原子炉内および使用済燃料プール内の燃料の損傷はなかったものとする。

単位：Bq/g

	原子炉水中 よう素131濃度		使用済燃料プール水中 セシウム137濃度	
	地震前	地震後	地震前	地震後
女川1号機 (採取日)	0.0161 (3月7日)	0.0171 (3月18日)	検出限界値未満 (3月7日)	検出限界値未満 (3月14日)
女川2号機 (採取日)	検出限界値未満 (3月8日)	0.00873 (3月18日)	検出限界値未満 (2月8日)	検出限界値未満 (4月19日)
女川3号機 (採取日)	0.00985 (3月11日)	0.0199 (3月15日)	検出限界値未満 (3月9日)	検出限界値未満 (3月14日)
保安規定上の 制限値	1号炉： 8.7×10^3 2・3号炉： 1.8×10^3		—	

