

添付
⑮

福島第一原子力発電所事故の経過と教訓

および

柏崎刈羽原子力発電所の安全対策について

福島第一1~3号機の事故
別紙-1

卷之二

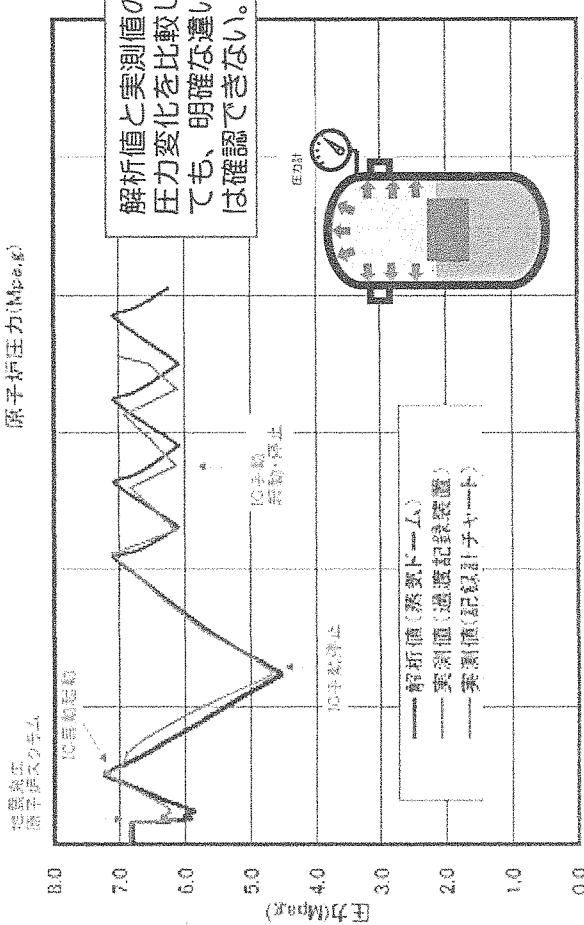
1 F-1 に対する地震時の影響について、「原子炉圧力解析」と「現場目視確認」を実施した。

原子彈研究解說

国の意見聴取会での技術的知見

国による福島第一事故の技術的知見に関する意見聴取会では、 0.3 cm^2 以下の大きさの漏れ口が発生していたとしても、炉圧力容器の圧力に漏洩を確認できるようないし報告された。一方、 0.3 cm^2 程度の漏れ口が存在すると、10時間で数十セシウムの水の漏えいが発生し、事故の進展に影響を及ぼす可能性があると報告されている。

上記知見から 0.3 cm^2 の配管亀裂を仮定した場合の原子炉圧力のシミュレーションを実施。



3/11 14:45 3/11 15:00 3/11 15:15 3/11 15:30 3/11 15:45 3/11 16:00 3/11 16:15

出典：東京電力（株）福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する意見聴取会－配付資料（JNES）

仮に漏れ口が生じていたとしても、格納容器圧力変化から判断する限り、保安規定の許容漏えい流量

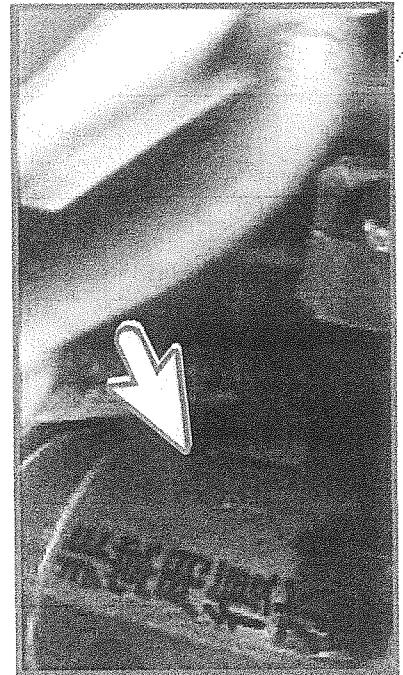
出典：東京電力（株）福島第一原子力発電所事故に関する技術ワークショップ一配付資料（INES）

出典：東京電力（株）福島第一原子力発電所事故の技術的観見に関する意見聴取会一報付資料（INES）

地震時の1F-1の安全上重要な機器設備の機能について

現場目視確認例(1F-1 非常用復水器)

現場の目視確認を実施し、格納容器外側に、原子炉の冷却材喪失につながるような損傷は見あたらぬことを確認。

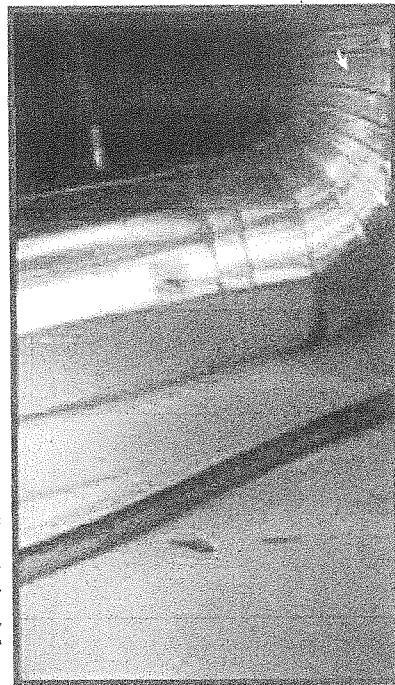


その他
現場目視確認場所
1F5, 6：原子炉建屋、
タービン建屋
1F1～3：タービン建屋
1F2：原子炉建屋
1F1～4：屋外設備

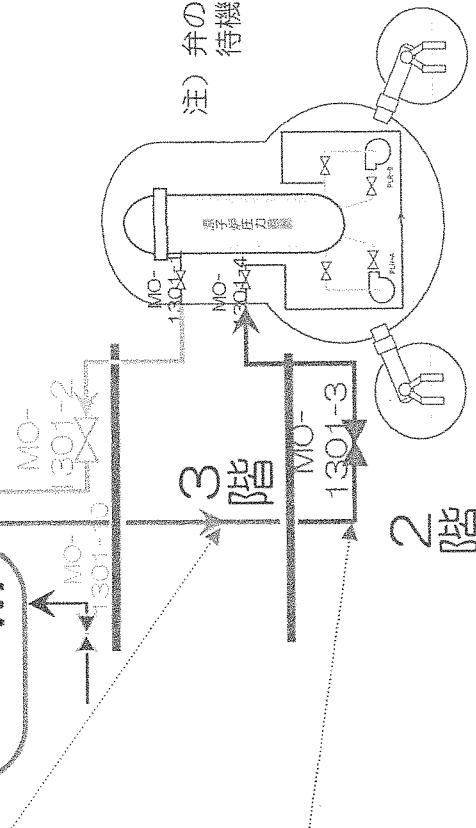
非常用復水器入口蒸気配管

非常用復水器
水位計

非常用復水器(B)凝縮水戻り配管



注)弁の開閉表示は
待機状態のもの



非常用復水器(A)凝縮水戻り配管

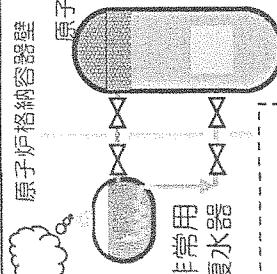
観測記録を用いた1～3号機の設備を対象とした地震応答解析結果、及び現場目視確認により、
安全上重要な設備は地震後も必要な機能を保持していたと考える。

1F-1のICと原子炉水位計に関する経緯について

▶MAAP解析結果による推定原子炉水位

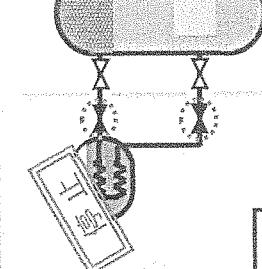
① [3/11 14:46 地震発生] ② [3/11 15:35 津波襲来]

非常用復水器(IC)が
自動起動し水位を維持



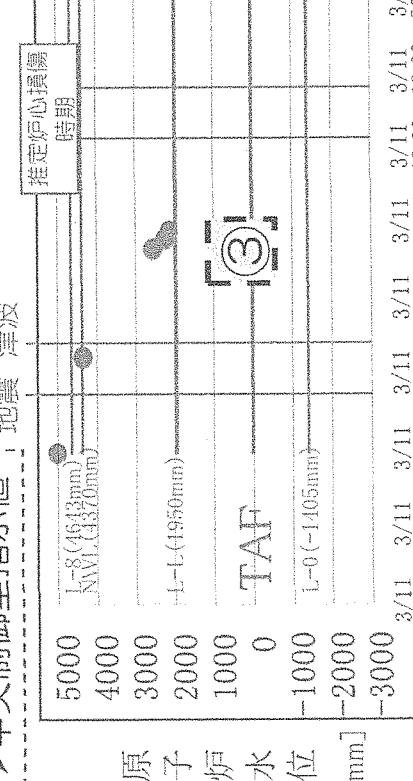
▶当時の認識

① 訓練通りの冷温停止手順を実施



▶中央制御室指示値

② 津波



▶水位計が停止したと誤認され、IC弁を開いた。

▶ICの蒸気発生が止まつたと誤認され、ICを停止。

▶ICの蒸気発生が止まつたと誤認され、ICを停止。

▶ICの蒸気発生が止まつたと誤認され、ICを停止。

▶ICの蒸気発生が止まつたと誤認され、ICを停止。

▶ICの蒸気発生が止まつたと誤認され、ICを停止。

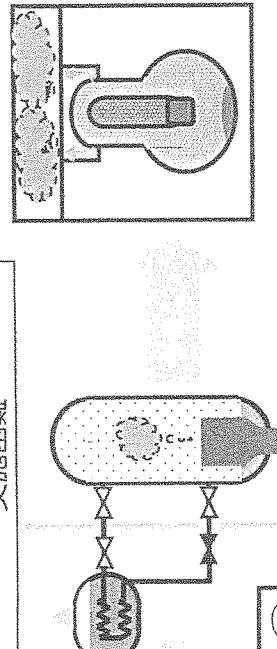
▶ICの蒸気発生が止まつたと誤認され、ICを停止。

▶ICの蒸気発生が止まつたと誤認され、ICを停止。

▶ICの蒸気発生が止まつたと誤認され、ICを停止。

③ [3/11 18:18頃] [3/12 午前中]

弁の状態表示灯が点灯したため
ICの弁を開いたが、ICからの蒸気発生
が止まつたため、再び弁を閉止



▶水位が低下し炉心損傷が
進行格納容器上昇ベント
実施困難

④ [3/11 20:00～
3/12 午前中]

更に水位が低下し炉心損傷が
進行格納容器圧力上昇困難

▶水位計はTAF以上を示し、D/D
FP、ICの運転により、炉心を冷却でき
ておらず、ICでの冷却はできていた。

▶炉心損傷が進行していた。

▶炉心損傷が進行していた。

▶炉心損傷が進行していた。

▶炉心損傷が進行していた。

▶炉心損傷が進行していた。

▶炉心損傷が進行していた。

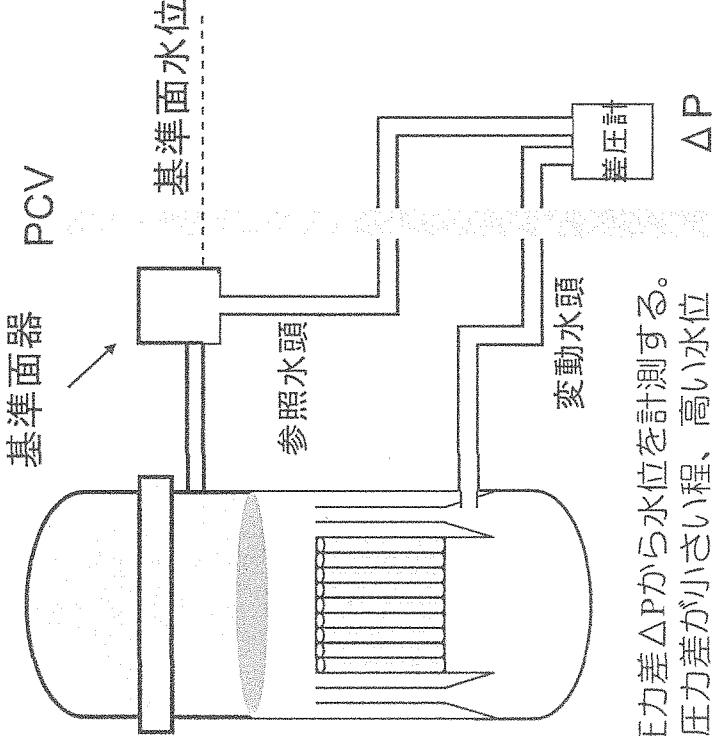
▶炉心損傷が進行していた。

▶炉心損傷が進行していた。

原子炉水位計について

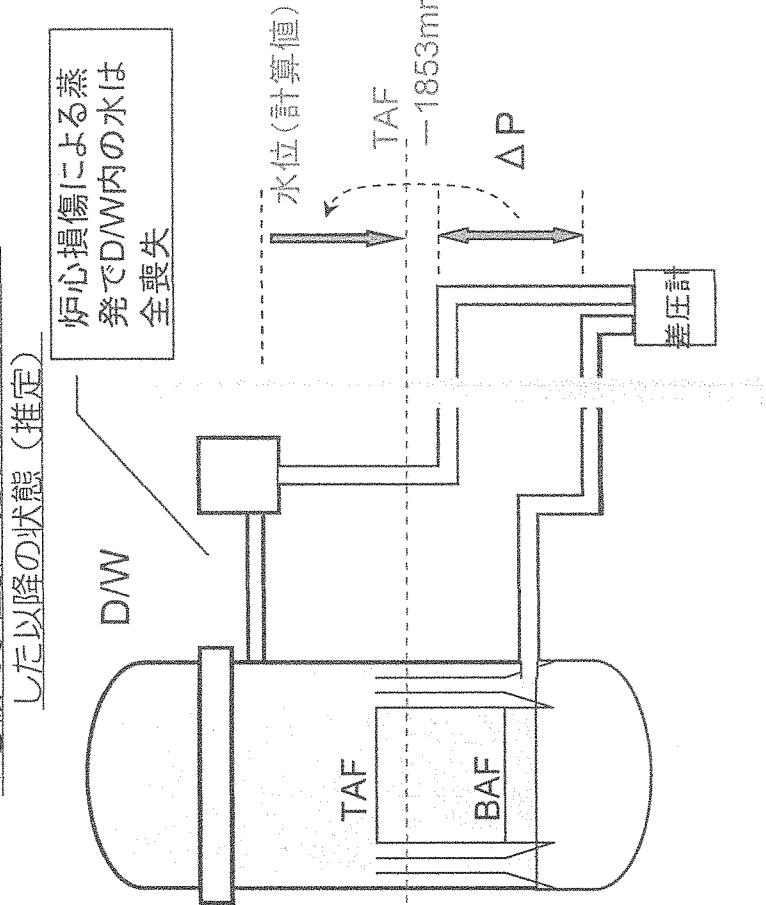
原子炉内の水位は、原子炉内の水頭と隣接する基準面器の圧力差によって計測する。

通常時の状態



圧力差 ΔP から水位を計測する。
圧力差が小さい程、高い水位を示す。

1号機で水位計の指示値が一定を示した以降の状態（推定）

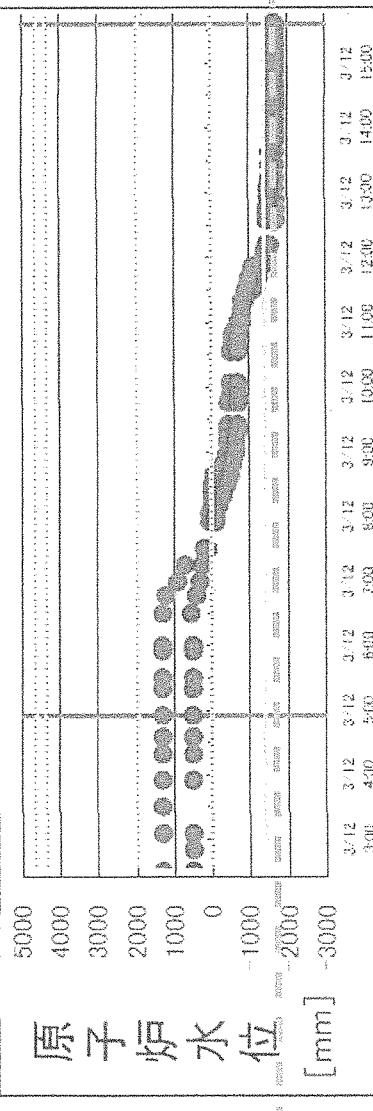


事故時

炉心損傷による蒸発で基準面水位が低下

圧力差 (ΔP) が小さくなり水位を過大評価

実際の水位より高い指示を示す



- PCV内の計装配管の水を喪失した場合、水位は計算上、約TAF-1853mmとなる。

- これは3/12以降、1号機にて水位計の指示している一定の値とほぼ一致。

福島第一2号機時系列

日付	時間	原子炉制御	格納容器制御
平成23年3月11日	14:47	地震による原子炉スクラム信号発信	
	14:50～14:51	原子炉隔離時冷却系手動起動 ↓ 原子炉水位L-8にて自動停止	原子炉スクラム ・原子炉自動停止(原子炉スクラム) ・タービン・発電機停止 ・主蒸気隔離弁閉止 ・外部電源喪失 ・非常用ディーゼル発電機自動起動
	15:02～15:28	原子炉隔離時冷却系手動起動 ↓ 原子炉水位L-8にて自動停止	压力抑制室冷却開始
第一波	15:07	津波襲来	
第二波	15:27		SBOにより 格納容器[余熱機能喪失]
	15:39	非常用ディーゼル発電機A、Bトリップ → 全交流電源喪失	
	15:41	原災方第10条該当事象(全交流電源喪失: SBO)と判断	
	15:42	直流電源喪失	
	16:36	原災法第15条該当事象(非常用炉心冷却装置注水不能と判断)	格納容器ベントライン構成完了
3月13日	11:00		
	13:25	原災法第15条該当事象(原子炉冷却機能喪失) (原子炉水位低下→原子炉隔離時冷却系の機能が喪失していると判断)	・3月14日 11:01 3号機爆発の影響でS/Cベントライン大弁が閉 ・3月14日 16:00～S/Cベントライン、D/Wベントライン構成を順次継続
	18:02	自動車からハッテリーパイプを繋めて電源確保、16:34に減圧操作を開始したが、弁が動作せず、バッテリー接続位置の変更や配線し直し等を実施	・S/C側圧力指示値は、ラブチャーディスク作動圧力より低く推移。一方、D/W側圧力指示値は、設計上の最高使用圧力をを超えたが、減圧されない状態を確認
	19:54	主蒸気逃がし弁(逃がし弁機能)により減圧操作を開始	
	6:14頃	消防車による海水注入開始	
3月15日		大きな衝撃音と振動が発生(ほぼ同時期に圧力抑制室圧力がダウンスケール)	3月15日の午前中、D/W圧力は以下の通り遷移 7:20 730kPa → 1125 155kPa

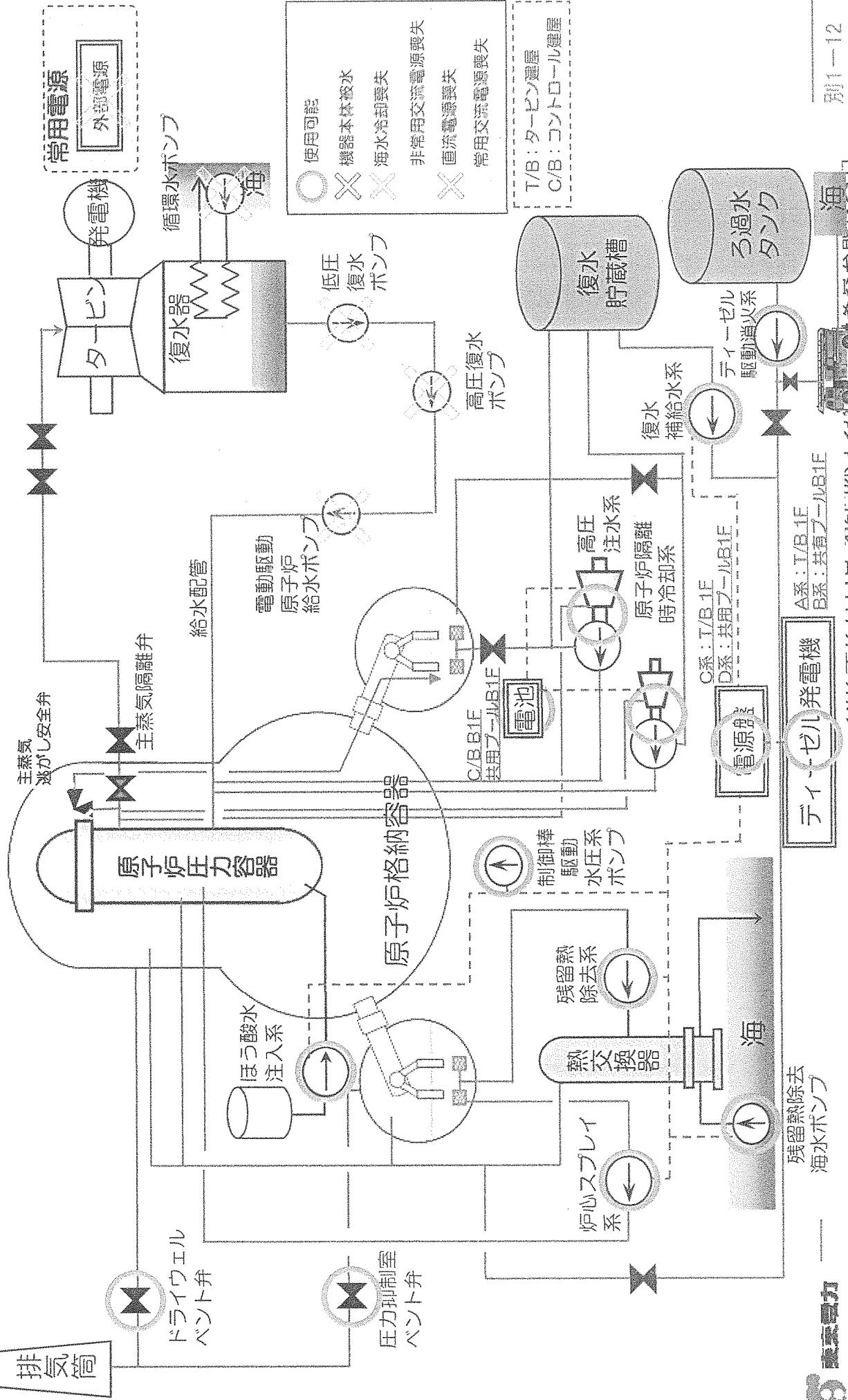
地震発生直後のプラント状況（2号機）

福島第一1～3号機の事故

別紙-1

地震直後

地震によつて外部電源が途絶え、常用系の給復水ポンプ類は停止。
非常用ディーゼル発電機が起動し、全ての非常用機能は正常な状態。



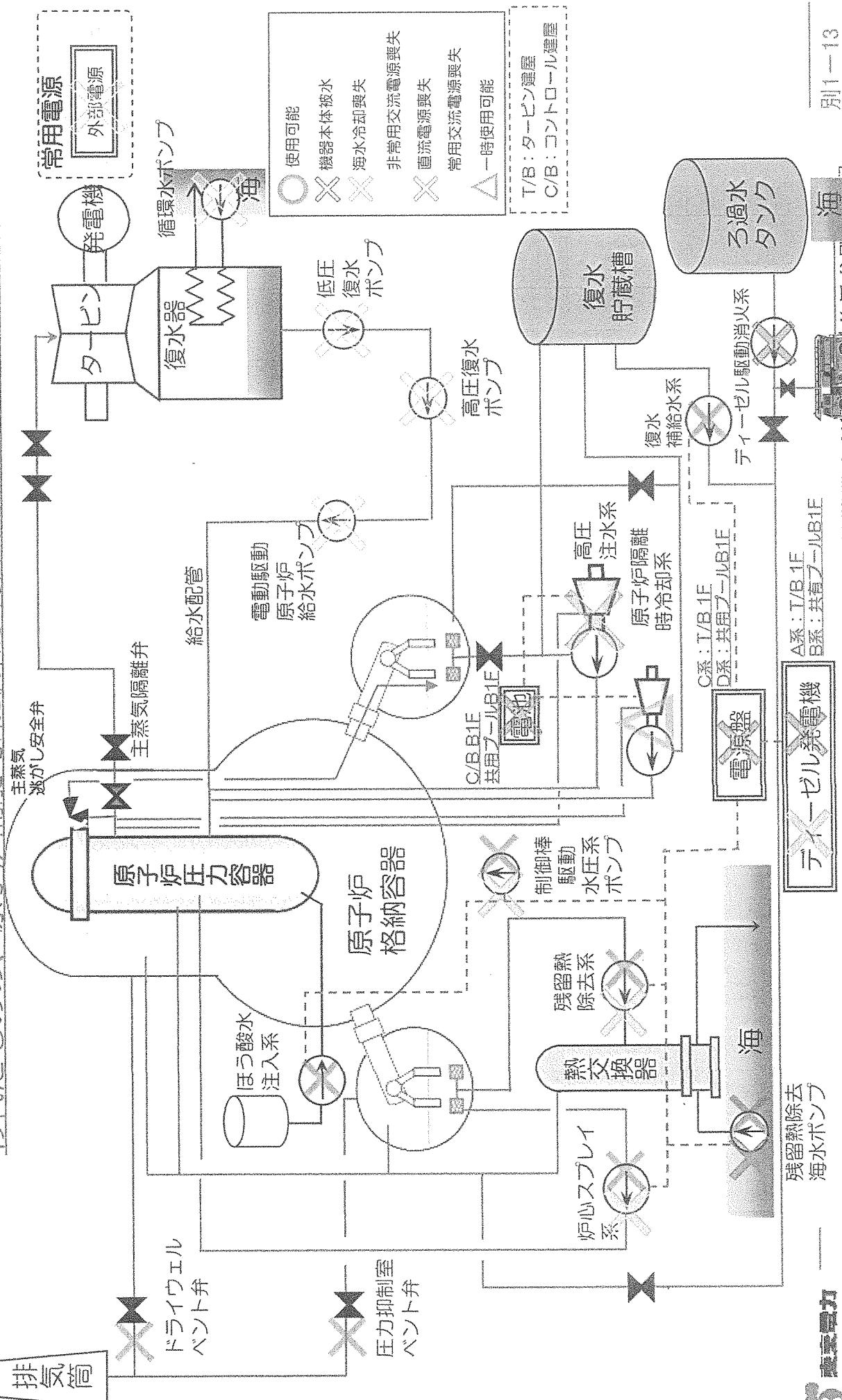
津波音響來後のアラン上代況(2号機)

福島第一1~3号機の事故

一一一

後水浸波津

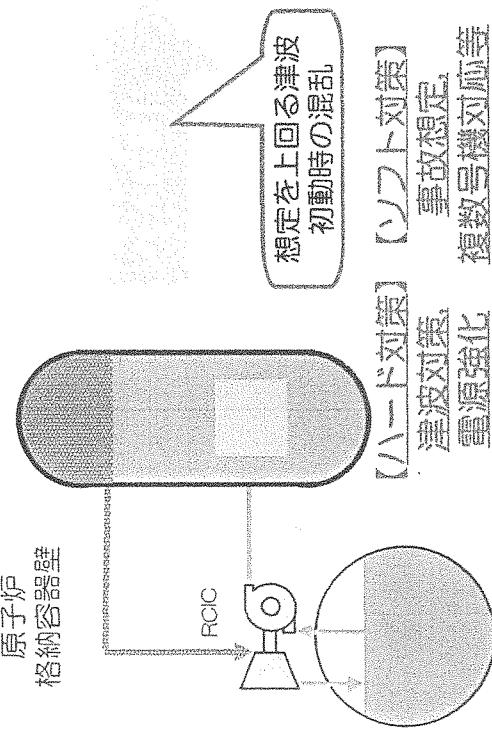
海水ポンプが停止し、非常用ディーゼル発電機が停止。津波が建屋内に侵入し、電池や電源盤も機能を喪失。全ての計器類の表示、操作機能、照明が失われたものの、原子炉隔離時冷却系は制御不能のまま注水を継続した。



2号機の事故の経過と要な対策

【3/11 15：35 津波襲来】
津波により制御電源（直流）を失い、
制御不能となるも、原子炉隔離時冷却系
(RCIC) は注水を継続し、水位を維持。

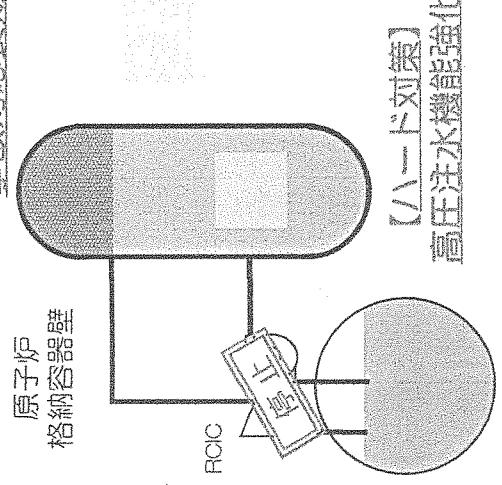
原子炉
格納容器壁



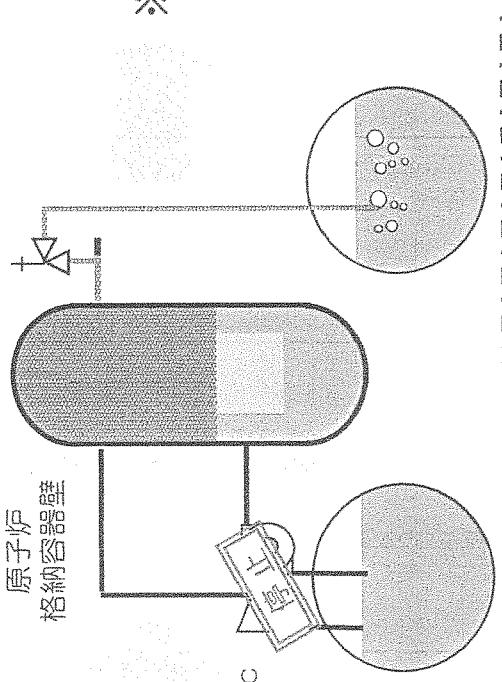
【3/14 12時頃 RCIC機能喪失】
RCIC停止
事故後3日経過

【ソフト対策】
事故対応長期化

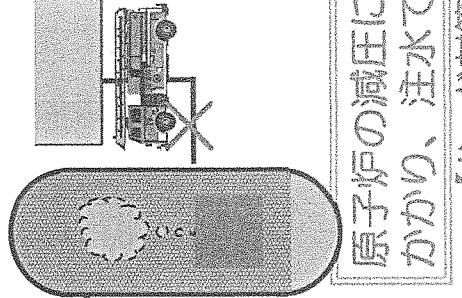
原子炉
格納容器壁



【3/14 16時頃】
原子炉が高圧の状態で
注水できる設備がない。
約4時間で水位が炉心まで低下

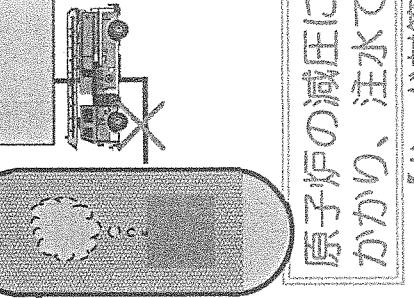


【3/14 20時頃 消防車による注水開始】
水素爆発しなかつたのは偶然
ベントができる放射能を大量放出

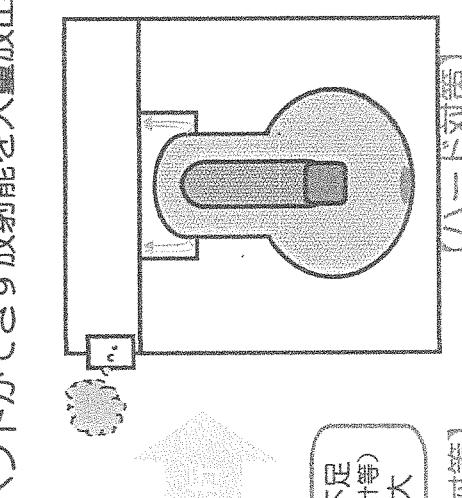


【3/14 18時頃】

炉心損傷開始
(水素発生)



【3/14 16時頃】
水素爆発しなかつたのは偶然
ベントができる放射能を大量放出

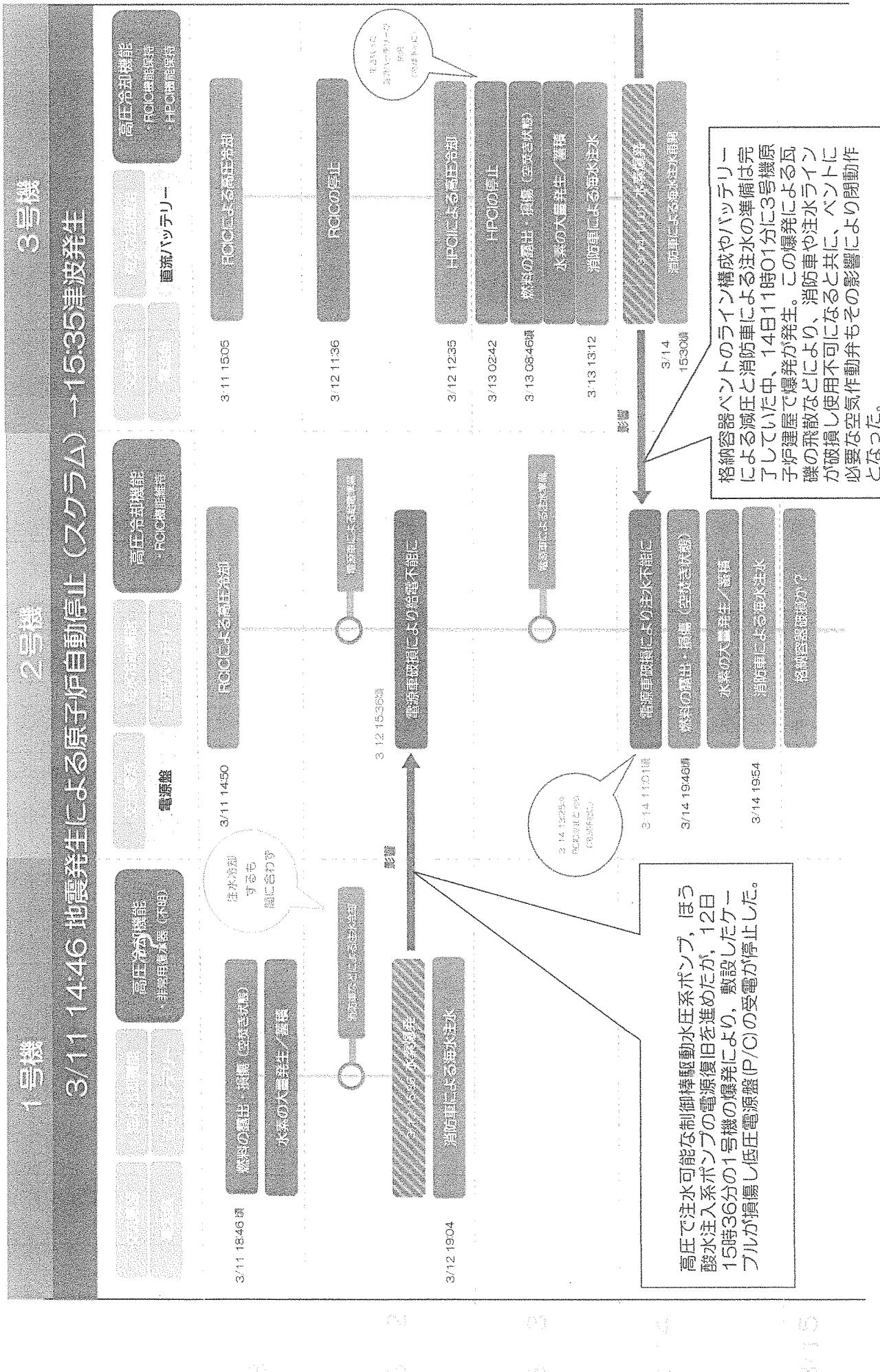


【3/14 16時頃】
水素爆発しなかつたのは偶然
ベントができる放射能を大量放出



2号機器で、他の号機器は暴走に起因する対応遅れに2回も

3/11 14:46 地震発生による原子炉運動停止 (スクランブル) → 15:35 津波発生



福島第一3号機時系列

福島第一3号機の事故

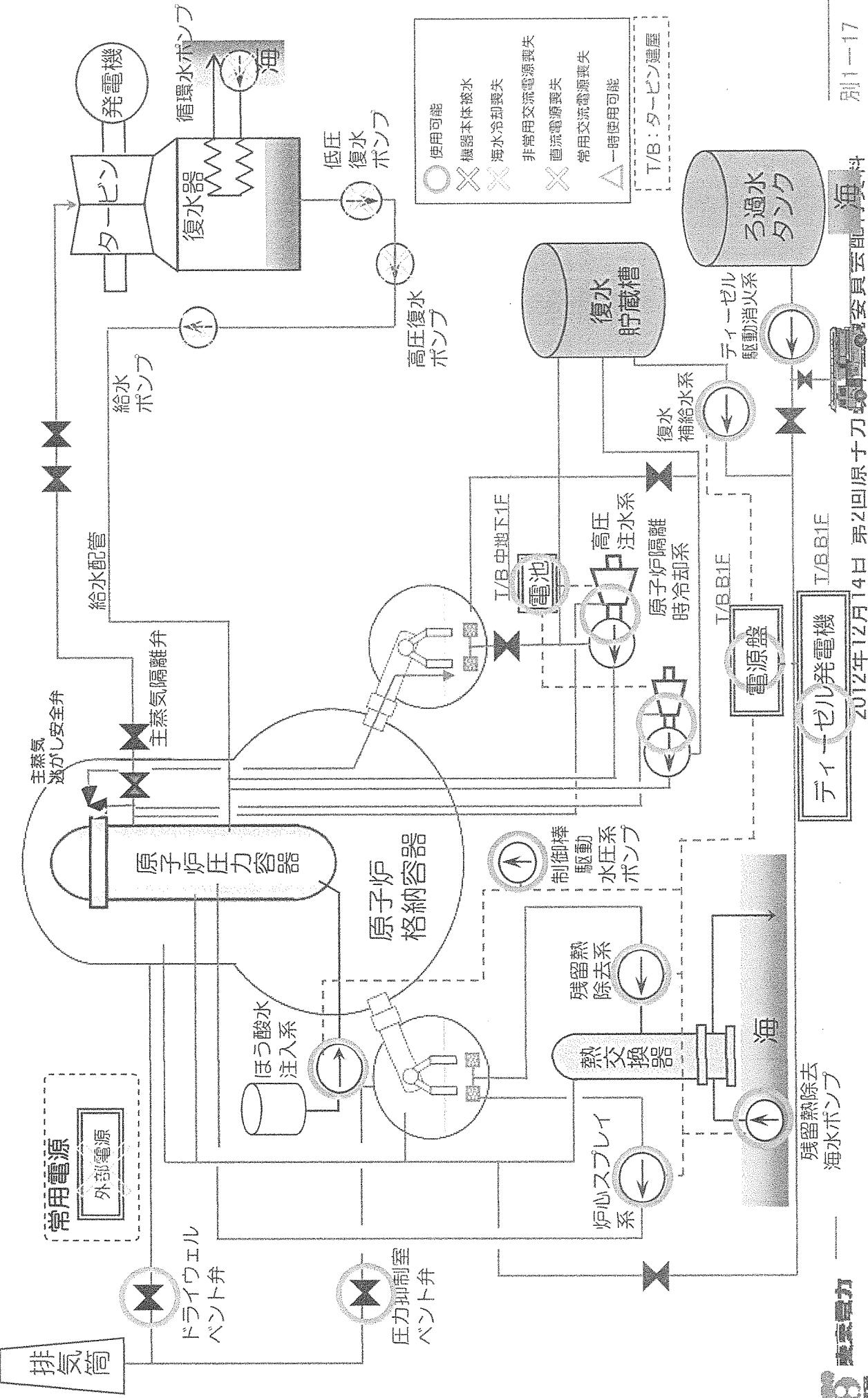
別紙-1

日付	時間	原子炉制御	格納容器制御
平成23年 3月11日	15:47	地震による原子炉スクラム信号発信	
	15:05	原子炉隔離時冷却系手動起動	・原子炉自動停止（自動スクラム） ・タービン発電機停止 ・主蒸気隔離弁開止 ・外部電源喪失 ・非常用ディーゼル発電機自動起動
	15:25	原子炉隔離時冷却 原子炉水位L-8にて自動停止	
第一波 第二波	15:27 15:35	津波襲来	
	15:38	非常用ディーゼル発電機A、Bトリップ → 全交流電源喪失	
	15:42	原災法10条該当事象（全交流電源喪失：SBO）と判断	
	16:03	原子炉隔離時冷却系手動起動	・SBOにより格納容器餘熱 機能失敗 D/D FPによる
3月12日	11:36	原子炉隔離時冷却系自動停止	・直流水源の延命策として、不必要な負荷の切り離し実施
	12:35	高压注水系自動起動（原子炉水位L-2）	原子炉水位低下
	2:42	消防ポンプ、消防車による消火系を用いた代蓄注水の準備	D/D FPのラインを炉注水へ切替
3月13日	5:10	原災法第15条該当事象（原子炉冷却機能喪失）と判断	S/Cスプレイ開始
	9:08頃	原子炉水位低下	D/Wスプレイ開始
	9:25	主蒸気遮し弁（遮力しっ機能）により原子炉圧力容器減圧開始	格納容器ベントライン構成完了
	13:12	消防車による海水注水開始	格納容器圧力の低下確認
3月14日	11:01	水素爆発	
	15:30頃	新しい海水注水ラインを構成し消防車による注水再開	爆発により消防車やホースが損傷

機械(3号)による直後状況のランダム化

後直震地

地震によつて外部電源力が途絶え、常用系の給復水ポンプ類は停止し、非常用ディーゼル発電機が起動し、全ての非常用機能は正常な状態。



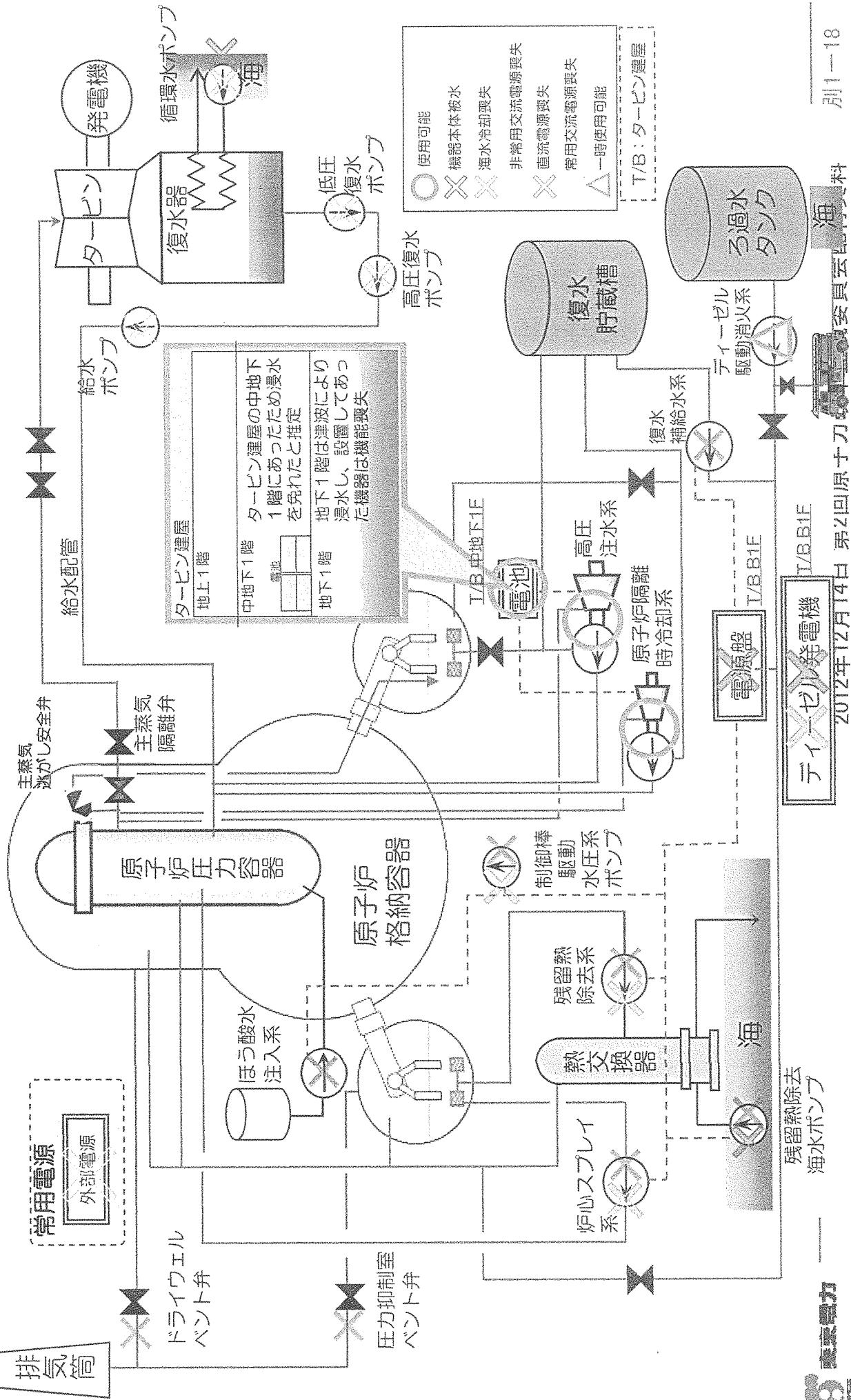
津波襲来後のプラント状況（3号機）

津波後

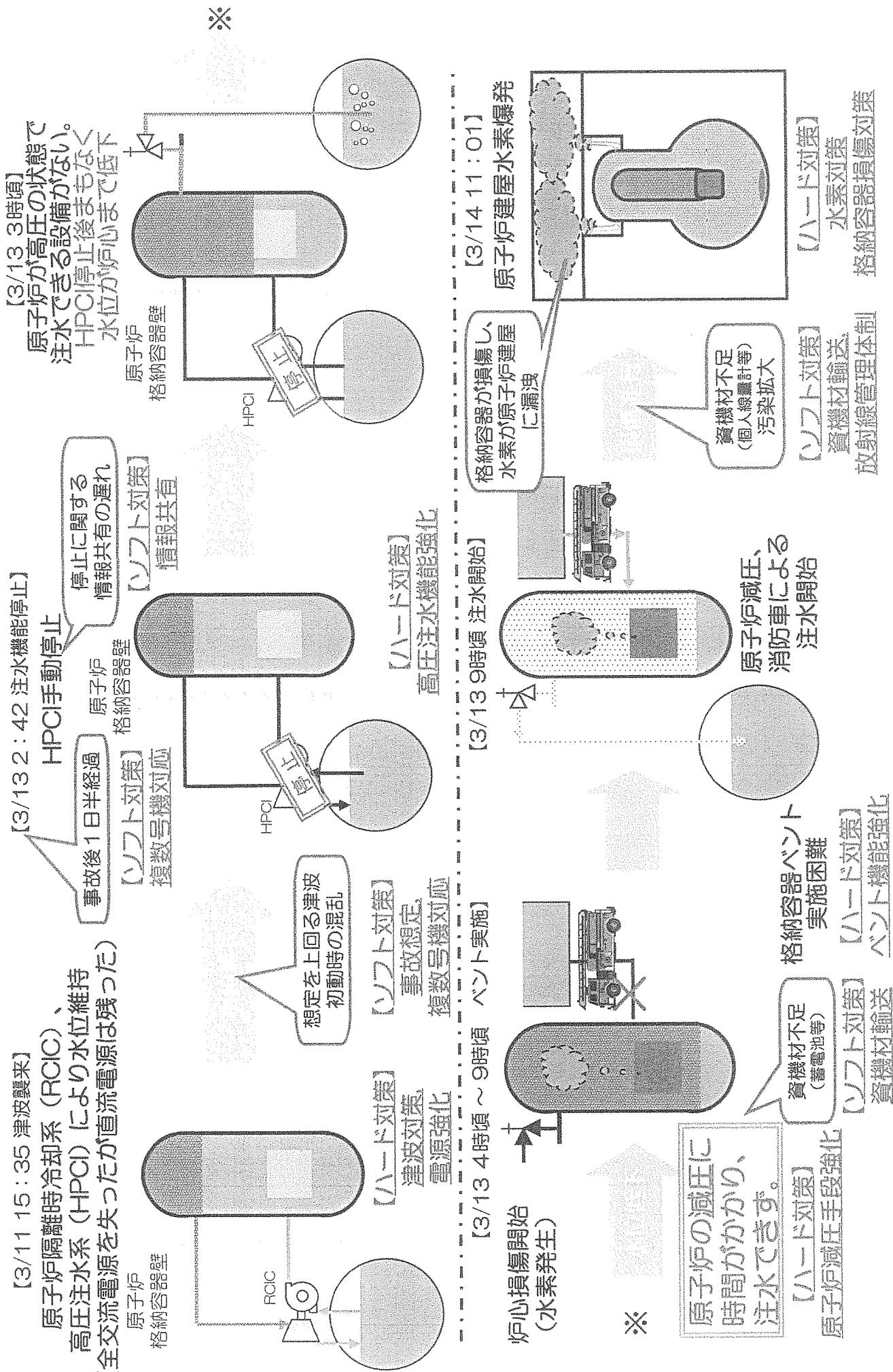
海水ポンプが停止し、非常用ディーゼル発電機も機能を喪失。

津波が建屋内に侵入し、電源盤も機能を喪失。

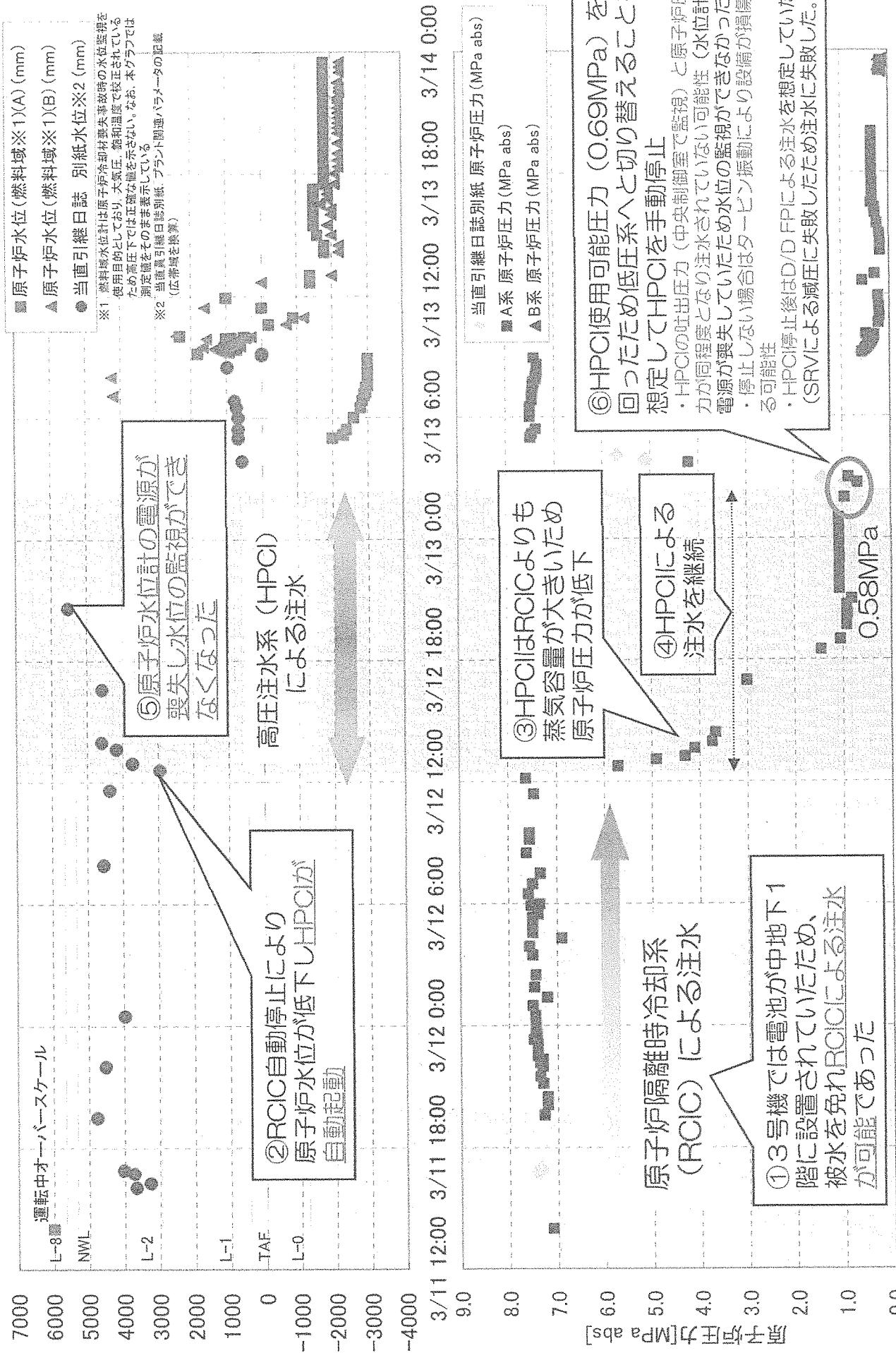
直流電源は使用可能で、原子炉隔離時冷却系及び高压注水系を用いて注水を継続。計器類も正常。



3号機の事故の経過と必要な対策



3号機高圧注水系の走動・停止の判断基準



福島第二1号機機時系列

日付	時間	原子炉制御	格納容器制御
平成23年 3月11日	14:48	地震による原子炉スクラム発信 富岡線1回線停止(受電は継続)	・原子炉自動停止(自動スクラム) ・タービン・発電機停止
	15:22	第一波津波襲来(17:14まで断続的に襲来)	
	15:34	非常用ディーゼル発電機A,B,H自動起動 直後に津波の影響により停止	
	15:36	主蒸気隔離弁手動全閉 ・原子炉隔離弁冷却系手動起動	
	15:55	原子炉減圧開始(主蒸気逃がし安全弁自動開)	
	17:53		格納容器冷却系手動起動
	15:35	原災法第10条該当事象(原子炉余熱機能喪失)と判断	
	0:00	復水補給水系による代替注水開始	
3月12日	3:50～4:56	原子炉急速減圧実施	
	4:58	原災法第15条該当事象(原子炉圧力低下による)	
	5:22	原災法第15条該当事象(圧力抑制機能喪失)と判断	・圧力抑制室温度>100°C
	6:20		復水補給水系による圧力抑制室冷却開始
	7:10		復水補給水系による格納容器スプレイ実施
	7:37		復水補給水系による圧力抑制室スプレイ実施
	10:21～18:30		格納容器耐圧ベントライン構成
	1:24	原災法第10条該当事象の解除(原子炉余熱機能の回復)と判断	・残留熱除去系(B)手動起動による圧力 抑制室冷却モード開始
	1:44	非常用補機冷却系(B)手動起動	
	1:50	残留熱除去系(B)低圧注水モードによる原子炉注水実施	
	10:15	原災法第15条該当事象の解除(圧力抑制機能の回復)と判断	・圧力抑制室温度<100°C
	17:00	原子炉冷温停止(原子炉水温<100°C)	