

(参考資料)

# 東京電力福島第一原子力発電所における 原子炉建屋基礎版上の最大加速度

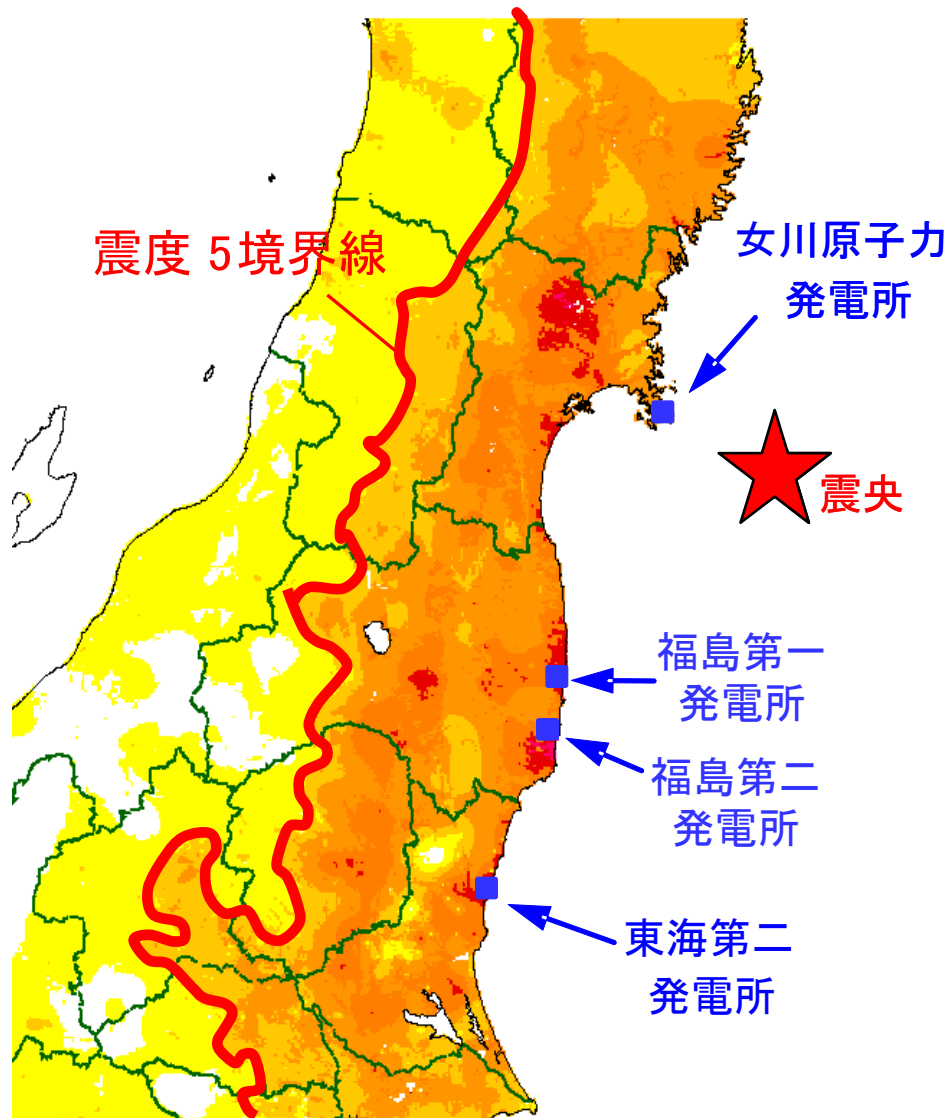
観測点 (原子炉建屋最地下階)		観測記録			基準地震動Ssに対する 最大応答加速度値(ガル)		
		最大加速度値(ガル)			南北方向	東西方向	上下方向
		南北方向	東西方向	上下方向			
福島第一	1号機	460※ <sup>1</sup>	447※ <sup>1</sup>	258※ <sup>1</sup>	487	489	412
	2号機	348※ <sup>1</sup>	550※ <sup>1</sup>	302※ <sup>1</sup>	441	438	420
	3号機	322※ <sup>1</sup>	507※ <sup>1</sup>	231※ <sup>1</sup>	449	441	429
	4号機	281※ <sup>1</sup>	319※ <sup>1</sup>	200※ <sup>1</sup>	447	445	422
	5号機	311※ <sup>1</sup>	548※ <sup>1</sup>	256※ <sup>1</sup>	452	452	427
	6号機	298※ <sup>1</sup>	444※ <sup>1</sup>	244	445	448	415

※1: 記録開始から約130~150秒程度で記録が終了している。

※2: 1Gal=0.01m/s<sup>2</sup> 981Gal=1G

# 各原発で想定していた津波と実際の津波

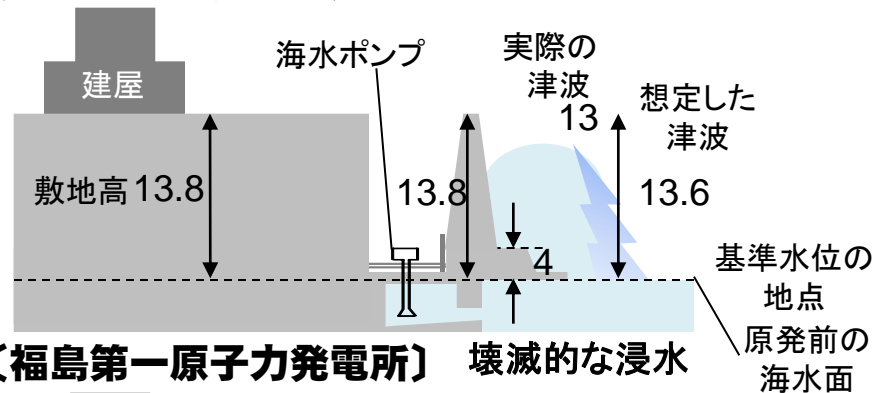
(数字はm)



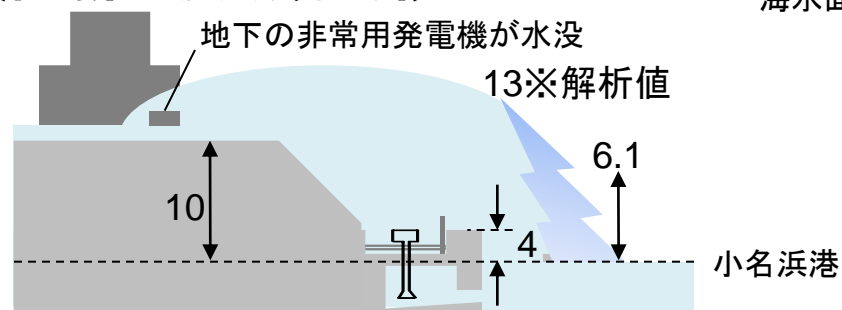
気象庁(第1報)

©引用文献：気象庁「『平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震』について(第1報)」にJNESが一部加筆 [Online]. <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

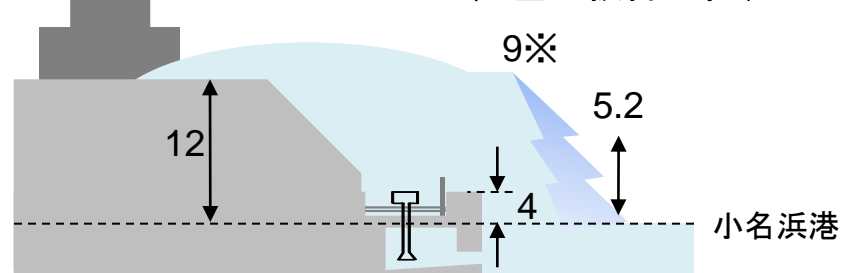
## 【女川原子力発電所】 浸水せず



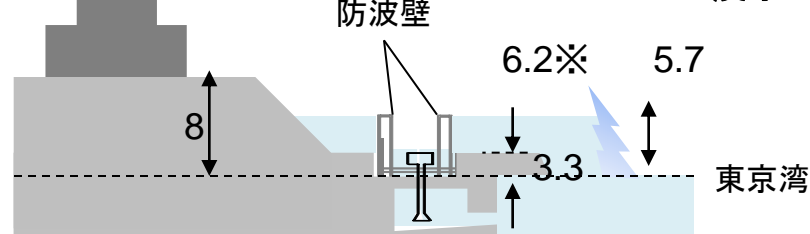
## 【福島第一原子力発電所】 壊滅的な浸水



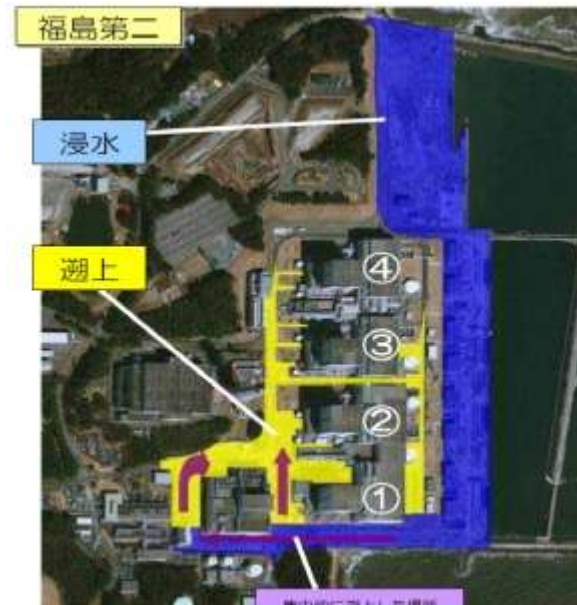
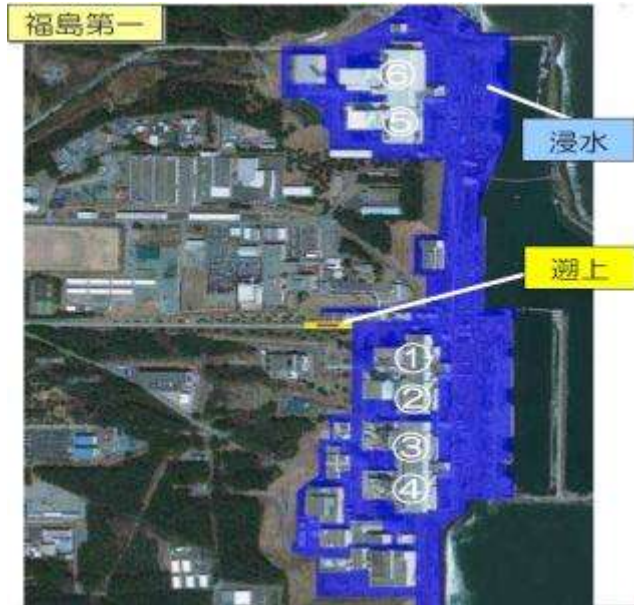
## 【福島第二原子力発電所】 海水ポンプが浸水 建屋の被害はわずか



## 【東海第二発電所】 海水ポンプは防波壁で守られ 浸水せず



# 各発電所の津波の浸水範囲



※新潟県技術委員会、Google等の公開資料に保安院が加筆

# 所内電源設備の被害状況(福島第一1号機の被害状況概要図)

- 注水系
- 冷却系
- - - 交流電源
- - - 直流電源
- 水没
- 被水

- ↑ ポンプ
- 使用可能
- × 使用不可
- △ 単独では使用可能であるが、他設備の影響で使用不可
- ? 使用可否不明

- D/G: 非常用ディーゼル発電機
- M/C (高压配電盤): 所内高電圧回路に使用する動力電源盤
- P/C (パワーセンター): 所内低電圧回路に使用する動力電源盤
- MCC (モーターコントロールセンター): 小容量の所内低電圧回路に使用する動力電源盤
- D/C: 直流電源

直流電源喪失時に隔離弁閉信号発信により閉動作した。

ICのPCV内側弁については、交流電源駆動で、全交流電源喪失で操作できなくなった。

非常用ディーゼル発電機 (D/G) についても冷却用の海水ポンプが使用できなくなるとともに自らも水没した。

電源系の多くがT/B、C/Bに設置されており、建屋内に水が流入したため使用できなくなった。

各機器の運転のために必要な冷却海水ポンプが津波により使用できなくなった。

直流電源 (DC) についてもC/Bに設置されており、建屋内に水が流入したため使用できなくなった。

冷却水106t/1基  
持続時間8h/2基

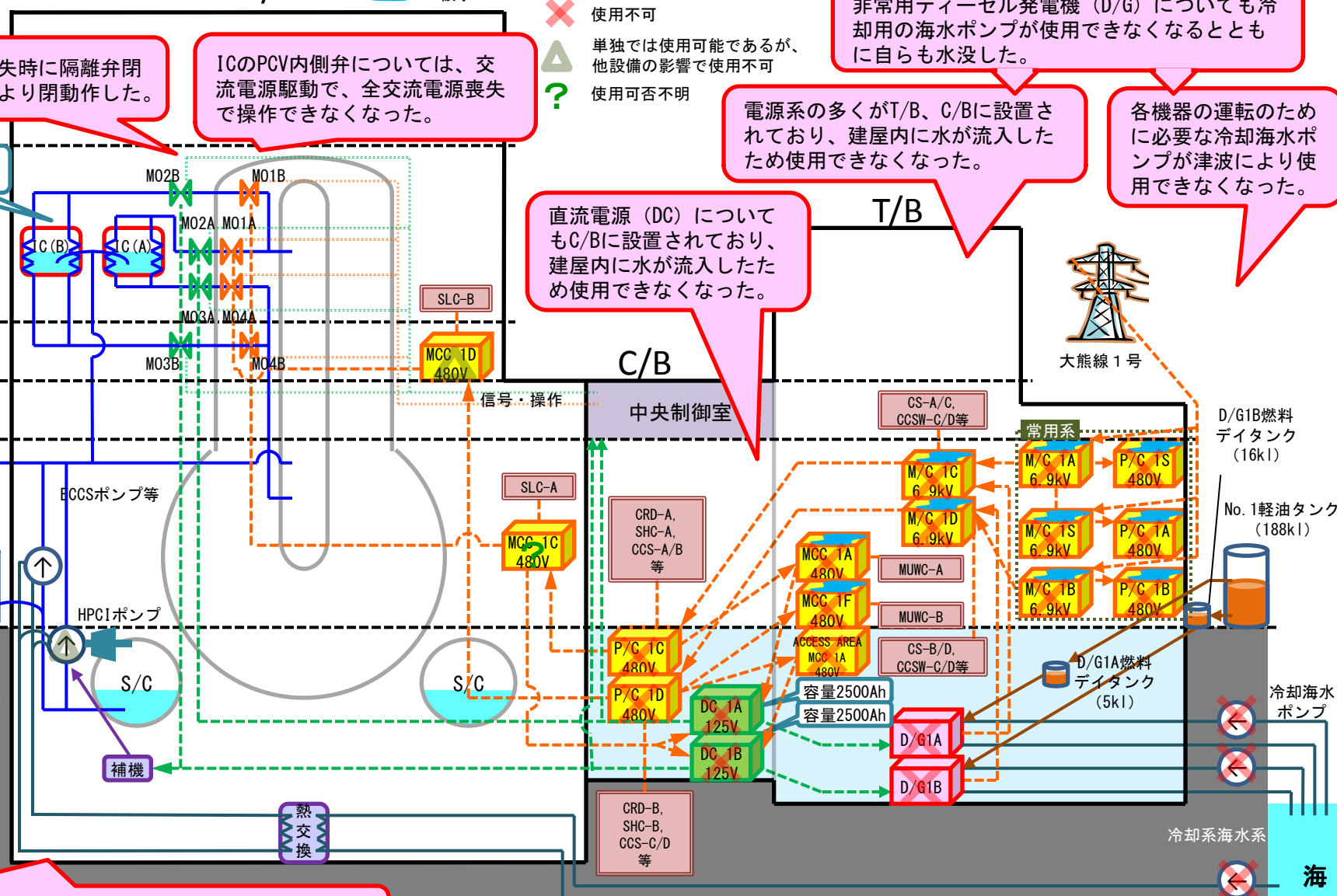
逆洗弁  
ピット等



燃料  
DD/FP

ろ過水タンク (8000kl × 2台)  
復水貯蔵タンク (1900kl)

HPCIポンプ起動に必要な補機 (補助油ポンプ等) 直流電源が喪失したため、HPCIが使用できなくなった。



大熊線1号

冷却海水ポンプ

冷却系海水系

海

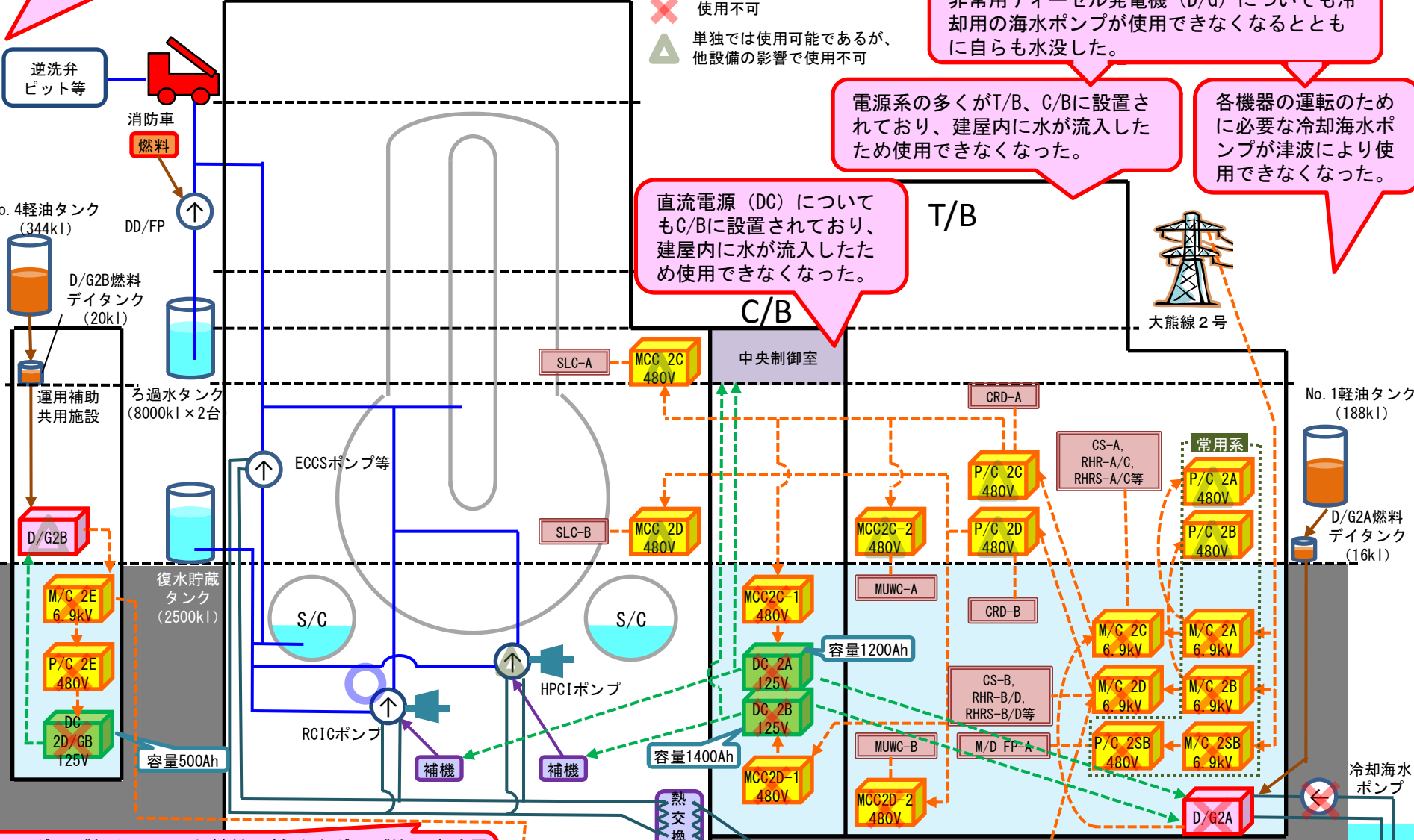
# 所内電源設備の被害状況(福島第一2号機の被害状況概要図)

B系のD/Gについては空冷式で被水は免れたが、M/C、直流電源が水没したため、使用不可。

- 注水系
- 冷却系
- 交流電源
- 直流電源
- 水没
- 被水

- 負荷
- ↑ ポンプ
- 使用可能
- × 使用不可
- △ 単独では使用可能であるが、他設備の影響で使用不可

- D/G: 非常用ディーゼル発電機
- M/C (高压配電盤): 所内高電圧回路に使用する動力電源盤
- P/C (パワーセンター): 所内低電圧回路に使用する動力電源盤
- MCC (モーターコントロールセンター): 小容量の所内低電圧回路に使用する動力電源盤
- D/C: 直流電源



非常用ディーゼル発電機 (D/G) についても冷却用の海水ポンプが使用できなくなるとともに自らも水没した。

電源系の多くがT/B、C/Bに設置されており、建屋内に水が流入したため使用できなくなった。

各機器の運転のために必要な冷却海水ポンプが津波により使用できなくなった。

直流電源 (DC) についてもC/Bに設置されており、建屋内に水が流入したため使用できなくなった。

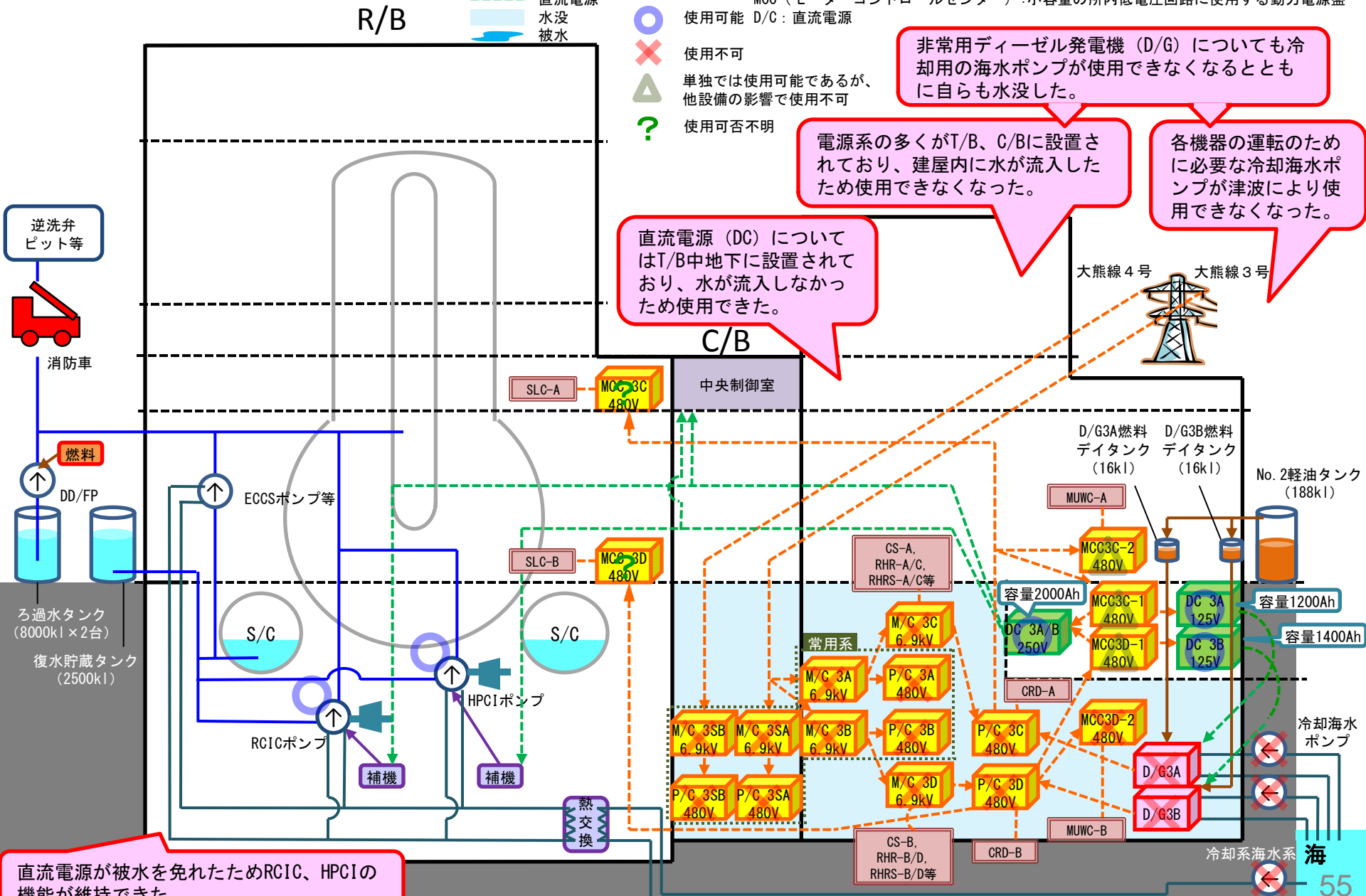
HPCIポンプ起動に必要な補機 (補助油ポンプ等) 直流電源が喪失したため、HPCIが使用できなくなった。(RCICが運転状態を維持できた理由は特定できていない)

# 所内電源設備の被害状況(福島第一3号機の被害状況概要図)

- 注水系
- 冷却系
- - - 交流電源
- - - 直流電源
- 水没
- ↑ 被水

- 負荷
- ↑ ポンプ
- 使用可能
- × 使用不可
- △ 単独では使用可能であるが、他設備の影響で使用不可
- ? 使用可否不明

- D/G: 非常用ディーゼル発電機
- M/C (高圧配電盤): 所内高電圧回路に使用する動力電源盤
- P/C (パワーセンター): 所内低電圧回路に使用する動力電源盤
- MCC (モーターコントロールセンター): 小容量の所内低電圧回路に使用する動力電源盤
- D/C: 直流電源



非常用ディーゼル発電機 (D/G) についても冷却用の海水ポンプが使用できなくなるとともに自らも水没した。

電源系の多くがT/B、C/Bに設置されており、建屋内に水が流入したため使用できなくなった。

各機器の運転のために必要な冷却海水ポンプが津波により使用できなくなった。

直流電源 (DC) についてはT/B中地下に設置されており、水が流入しなかったため使用できた。

逆洗弁ピット等

消防車

燃料

DD/FP

ろ過水タンク (8000kl × 2台)

復水貯蔵タンク (2500kl)

R/B

注水系

冷却系

交流電源

直流電源

水没

被水

ECCSポンプ等

S/G

RCICポンプ

HPCIポンプ

補機

熱交換

中央制御室

SLC-A

MCC 3C 480V

SLC-B

MCC 3D 480V

CS-A, RHR-A/C, RHR-A/C等

M/C 3C 6.9kV

P/C 3A 480V

M/C 3A 6.9kV

P/C 3A 480V

M/C 3B 6.9kV

P/C 3B 480V

M/C 3C 6.9kV

P/C 3C 480V

M/C 3D 6.9kV

P/C 3D 480V

M/C 3SB 6.9kV

M/C 3SA 6.9kV

M/C 3B 6.9kV

P/C 3B 480V

M/C 3D 6.9kV

P/C 3D 480V

M/C 3SB 6.9kV

M/C 3SA 6.9kV

M/C 3B 6.9kV

P/C 3B 480V

M/C 3D 6.9kV

P/C 3D 480V

CS-B, RHR-B/D, RHR-B/D等

MUWC-A

MUWC-B

CRD-A

CRD-B

MCC3C-2 480V

MCC3C-1 480V

MCC3D-1 480V

MCC3D-2 480V

容量2000Ah

DC 3A/B 250V

DC 3A 125V

DC 3B 125V

D/G3A燃料

D/G3B燃料

No.2軽油タンク (188kl)

D/G3A

D/G3B

容量1200Ah

容量1400Ah

冷却海水ポンプ

冷却系海水系

直流電源が被水を免れたためRCIC、HPCIの機能が維持できた。

# 残留熱除去設備の復旧により冷温停止に移行したプラントの状況

○主蒸気隔離弁(MSIV)が閉止し、熱の逃がし場となる海水系統が機能喪失したものの、主蒸気逃がし安全弁(SRV)により圧力抑制室(S/C)へ蒸気放出し、放出した分の冷却水を注水することで原子炉冷却を維持。

○S/Cの温度・圧力が上昇したものの、福島第一5/6号機は水中ポンプにより、福島第二1/2/4号機は電動機交換や仮設ケーブル敷設により、残留熱除去設備の復旧を行い、冷却を再開して冷温停止に移行できた。(ただし、福島第二1/2/4号機は残留熱除去設備の復旧前にS/C水温が上がり圧力抑制機能喪失に至っている。)

	福島第一5号機	福島第一6号機	福島第二1号機	福島第二2号機	福島第二4号機
MSIV 作動状況	作動なし	作動なし	復水器使用不可及びタービン ランドシール蒸気喪失に備え、 手動全閉	復水器使用不可及びタービン ランドシール蒸気喪失に備え、 手動全閉	復水器使用不可及びタービン ランドシール蒸気喪失に備え、 手動全閉
確保された 注水・冷却 機能	電源と海水系が機能喪失したため使用できず	海水系が機能喪失したため、ポンプの冷却が必要な系統は使用できなくなったが、MUWCは使用可能	海水系が機能喪失したため、ポンプの冷却が必要な系統は使用できなくなったが、RCIC、MUWC、SRVは使用可能	海水系が機能喪失したため、ポンプの冷却が必要な系統は使用できなくなったが、RCIC、MUWC、MUWP、SRVは使用可能	海水系(HPCSの関連系除く)が機能喪失したため、ポンプの冷却が必要な系統は使用できなくなったが、RCIC、MUWC、MUWP、SRVは使用可能
地震前の 原子炉の状態	耐圧漏えい試験中	冷温停止状態	定格熱出力運転	定格熱出力運転	定格熱出力運転
冷温停止 までの流れ	海水系は仮設水中ポンプに電源車から給電。6号機から仮設ケーブルでRHRに給電し、冷却機能を確保。 (3月20日14:30冷温停止)	MUWCでの注水で原子炉水位維持し、SRVにて原子炉圧力抑制。 海水系は仮設水中ポンプに電源車から給電。 海水系の機能回復によりRHRを用いた冷却機能を確保。 (3月20日19:27冷温停止)	RCIC・MUWCでの注水で原子炉水位維持し、SRVにて原子炉圧力抑制。 最終的な熱の逃がしができなかったことからS/C水温が100°Cを超えたため、MUWCを用いた格納容器スプレイ等を実施。 海水系のモーター交換等を行うとともに、電源車の使用や仮設ケーブルによる給電で、RHRを用いた冷却機能を確保。 (3月14日17:00冷温停止)	RCIC・MUWCでの注水で原子炉水位維持し、SRVにて原子炉圧力抑制。 最終的な熱の逃がしができなかったことからS/C水温が100°Cを超えたため、MUWCを用いた格納容器スプレイ等を実施。 海水系のモーター交換等を行うとともに、電源車の使用や仮設ケーブルによる給電で、RHRを用いた冷却機能を確保。 (3月14日18:00冷温停止)	RCIC・MUWC・HPCSでの注水で原子炉水位維持し、SRVにて原子炉圧力抑制。 最終的な熱の逃がしができなかったことからS/C水温が100°Cを超えたため、MUWCを用いた格納容器スプレイ等を実施。 海水系のモーター交換等を行うとともに、電源車の使用や仮設ケーブルによる給電で、RHRを用いた冷却機能を確保。 (3月15日7:15冷温停止)

MUWC: 復水補給水系、MUWP: 純水補給水系



## 地震による設備・機器等への影響（1／2）

○福島第一（1～6号機）及び福島第二（1～4号機）については、主要7施設※を、耐震バックチェック中間報告と同様に選定し、原子炉建屋及びタービン建屋とともに評価したところ、今回の地震から求まる設備等の計算値（応力等）は、評価基準値（許容値）を下回っており、地震時及び地震直後の安全機能は保持できる状態にあったと推定。

※安全性の観点から原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」に係る安全上重要な機能を有するもので、①原子炉圧力容器、②主蒸気系配管、③原子炉格納容器、④残留熱除去系配管、⑤残留熱除去系ポンプ、⑥炉心支持構造物及び⑦制御棒（挿入性）のこと。

○福島第一1号機の非常用復水器系配管や福島第一3号機の高圧注水系配管等、今回の事故発生当初から地震により被害等が生じていたのではないかとの指摘を受けた設備についても、地震応答解析を実施した結果、計算値は評価基準値を下回っており、地震時及び地震直後の安全機能を保持できる状態にあったと推定。

## 地震による設備・機器等への影響（2 / 2）

- 主要7施設等以外の耐震Sクラスの施設については、基準地震動 $S_s$ を上回る地震動が観測された福島第一（2, 3, 5号機）の中から、水素爆発や放射能汚染等の影響がなく、地震による損傷状況を現場で確認することが可能な福島第一（5号機）を選定して評価。

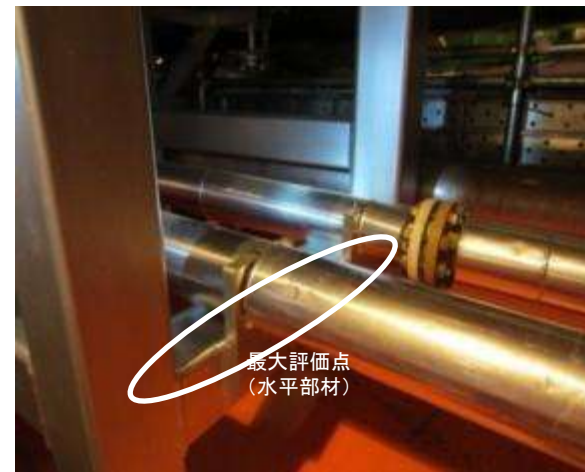
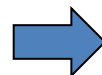
→評価の結果、一部の配管本体及び配管サポートを除き、安全機能を保持できる状態にあったと推定。

一部の配管本体及び配管サポートの計算値は、評価基準値を上回ったため、当院は、当該箇所の現地調査を実施。

調査の結果、有意な損傷が無いことを確認し、安全機能を保持できる状態にあったと類推。今後、詳細な評価を実施。

→現場確認が困難な福島第一（1～4号機）は、プラントパラメータ等の分析によると、基本的な安全機能を損なうような損傷等の情報は得られていないが、更にデータを補充する観点から、今後、地震応答解析により、今回の地震による影響を評価する。

- 福島第一5号機と同様に、福島第一6号機及び福島第二（1～4号機）は、今後とも冷温停止機能を維持する必要があることから、今後、基準地震動 $S_s$ 又は今回の地震による影響を評価し、その結果を踏まえ、必要に応じ耐震補強を求める。



地震動解析評価の結果、基準値を上回っているが、保安院による現地調査の結果、有意な損傷は無いことを確認した。（写真：配管サポート）

# プラント状況からみた設備・機器等への影響評価

- 「止める」機能については、運転中だった1・2・3号機において、「地震加速度大」による自動スクラム信号が発信して制御棒が挿入され、速やかに原子炉が停止した。
- 「冷やす」機能については、原子炉保護系の電源喪失による主蒸気隔離弁 (MSIV) の閉止に伴う原子炉圧力容器内の圧力上昇により、1号機では非常用復水器 (IC) が自動起動した。2・3号機では、主蒸気逃がし安全弁 (SRV) が作動するとともに、原子炉隔離時冷却系 (RCIC) を手動起動し、原子炉の水位、圧力は一定の範囲で推移した。また、電源喪失によるものと思われる警報以外に冷却材漏えい等の兆候を示す警報は出ていない。
- 「閉じ込める」機能については、MSIV閉止の他、MSIVと同様に一次格納容器隔離系隔離信号が発信して非常用ガス処理系が自動起動するとともに、その後のSRVやRCICの作動による圧力抑制室 (S/C) の温度上昇を抑制するためS/C冷却を手動にて実施 (1・2号機) しており、格納容器内の温度・圧力や放射線モニタ等に異常は見られていない。また、各号機のプラントパラメータからも、「閉じ込める」機能が大きく低下している兆候は見られない。

以上のように、プラントの挙動を総体的に見れば、「止める」、「冷やす」、「閉じこめる」の基本的な安全機能を損なうような被害があったことを示す情報は得られていない。ただし、耐震クラスの低いタンク、配管等に歪みや破損が確認されており、地震の影響によるものと考えられる。

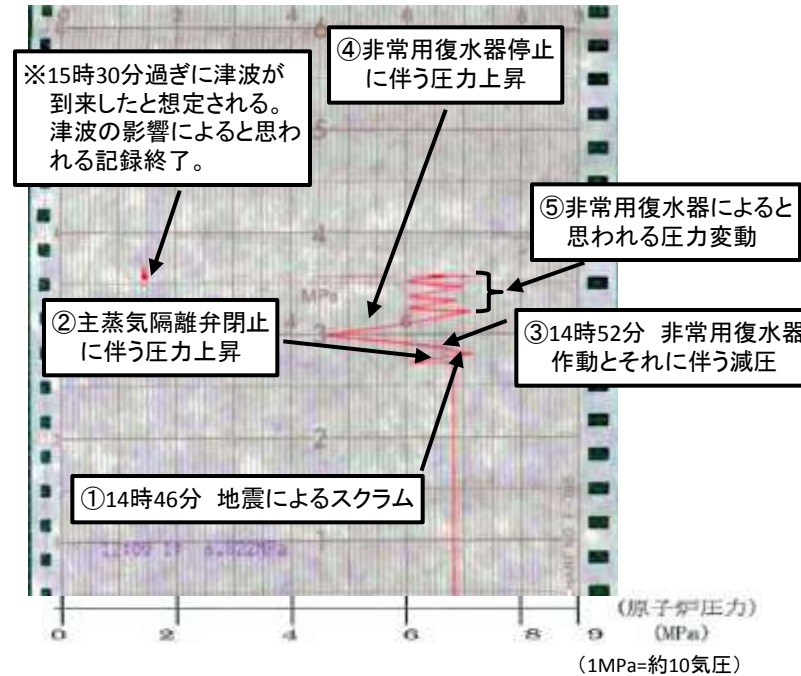
# 福島第一原子力発電所1号機の実際の操作状況

- 原子炉の水位、非常用復水器(IC)の状況などについて把握することに時間を要し、格納容器圧力の計測を再開した際には既にD/W圧力が600kPa[abs]を超えている可能性があった。
- 電源喪失や圧縮空気枯渇等の弁操作に係る不具合によりPCVベントに時間を要した。
- そのうち、原子炉建屋内の作業においては、既に線量が高くなった以降の作業になったために現場作業が困難になった。タービン建屋地下にあるD/D-FPは、燃料の枯渇、セルモータ地落等で使用できなかった。

	PCVベント	原子炉減圧	代替注水	その他
3月11日(金)		15:03頃 ICによる制御を開始  18:18 IC戻り配管隔離弁、供給配管隔離弁の開操作を実施し、蒸気発生を確認 18:25 IC戻り配管隔離弁閉操作 21:30 IC戻り配管隔離弁開操作を実施し、蒸気発生を確認	17:12 FPライン及び消防車使用の検討開始 17:30 DD-FP起動(待機状態)	21:51 R/B線量上昇(R/Bへの入域禁止) 23:00 T/B内放射線量上昇(北側二重扉前1.2m Sv/h等)
3月12日(土)	0:06 D/W圧力が600kPa[abs]を超えている可能性確認→PCVベント検討開始 2:30 D/W圧力が840kPa[abs]に到達(作業計画立案、装備準備等)  9:15頃 PCVベント弁(MO弁)を手動開 9:30頃 S/Cベント弁(AO弁)小弁の現場操作断念(高線量のため) 10:17 S/Cベント弁(AO弁)小弁を中操にて開操作 14:00頃 S/Cベント弁(AO弁)大弁操作のため仮設の空気圧縮機を設置 14:30 D/W圧力低下確認  <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; margin-top: 10px;">代替注水に対してベント操作が遅れた。</div>		1:48 不具合によるDD-FP停止を確認  <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; margin-top: 10px;">5:46 FPラインから消防車による淡水注入開始</div>  14:53 消防車による淡水注入、80トン(累計)注入完了 14:54 海水注入準備開始 15:30頃 電源車を用いたSLCによる注水準備完了  18:30頃 SLCの電源設備や注入ホースが損傷、使用不可能であることを確認 19:04 FPラインから消防車による海水注入開始 20:45 ほう酸を海水と混ぜて注入開始	4:23 構内の放射線量上昇(正門付近0.59μSv/h)  R/B内に入域した東電社員1名の線量が100mSvを超過(106.30mSv)  15:36 R/Bで水素ガスによると思われる爆発発生 16:27 モニタリングポストで500μSv/hを超える線量(1.015μSv/h)を計測

# 福島第一原子力発電所1号機における 地震後の原子炉圧力の変化

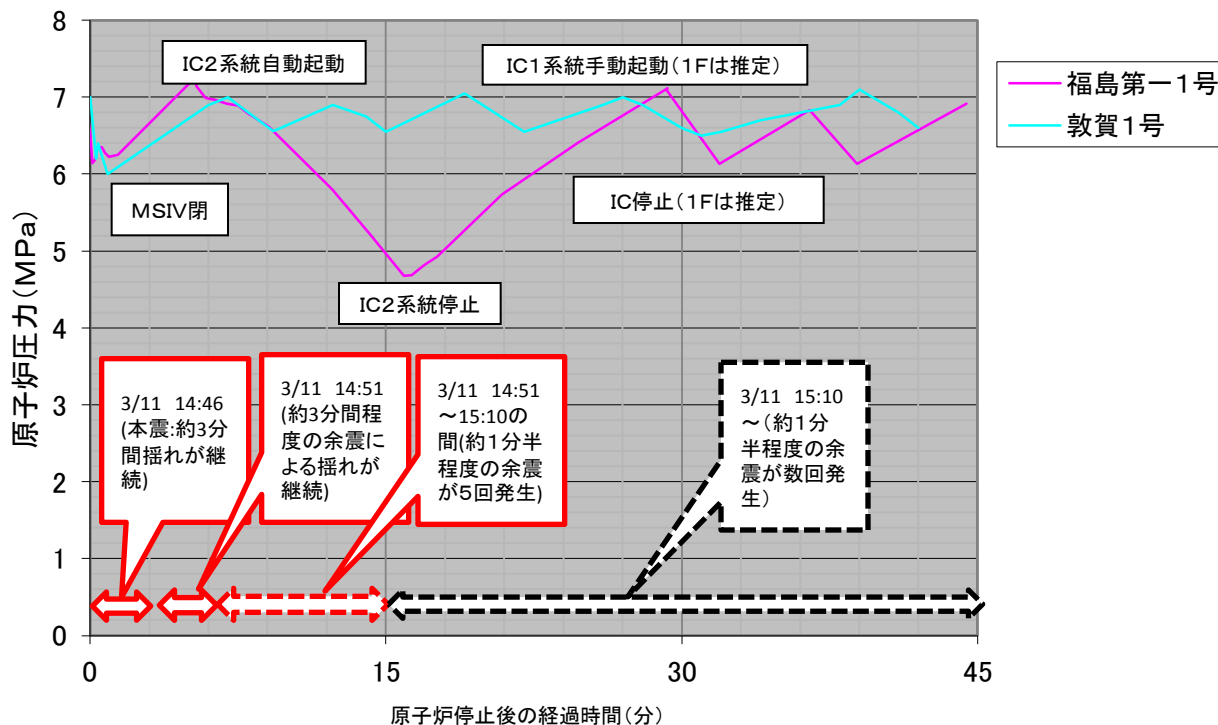
- 原子炉は地震を検知して自動停止。
- 地震により外部電源が喪失。これに伴い、給水ポンプ停止の他、主蒸気隔離弁が閉止し、原子炉圧力が上昇して非常用復水器(IC)が自動起動。その後ICの操作により原子炉圧力を調整。
- 津波襲来により、非常用ディーゼル発電機が機能喪失して電動ポンプが使用できなくなり、さらには直流電源も機能喪失して、高圧注水系(HPCI)も使用できなくなり、ICは作動状況が不明となった。
- ただし、緊急時対策所において状況把握が十分でなく、通報連絡上ではICは作動中とされていた。



# 福島第一原子力発電所1号機における 非常用復水器(IC)作動時の原子炉圧力の変化

○1号機においては、非常用復水器(IC)が自動起動し、原子炉圧力は運転員が停止操作を行うまでに手順書に規定されている圧力(約6.3MPa)よりも低下。

○同じICが設置されている敦賀1号機の状態とは圧力調整の幅に違いはあるものの、運転員の証言によると余震による影響のため手動により停止操作ができなかったとされている。さらに、JNESの解析評価の結果も踏まえると、大規模な配管破断は生じておらず、圧力調整は、IC戻り配管に設置されている弁の継続的な開閉で実施したものと考えられる。



○福島第一1号機においては、非常用復水器(IC)が自動起動し、地震の揺れが収まり運転員が停止操作を行うまでの間に原子炉圧力は約4.7MPaまで低下。その後は6~7MPaの間で圧力調整されていたものと考えられる。

○敦賀1号機では、自動起動に至る前にIC1システムを手動で起動し、手順書(約6.4~6.9MPaに維持)に従って原子炉圧力を調整している。

# 福島第一原子力発電所2号機の実際の操作状況

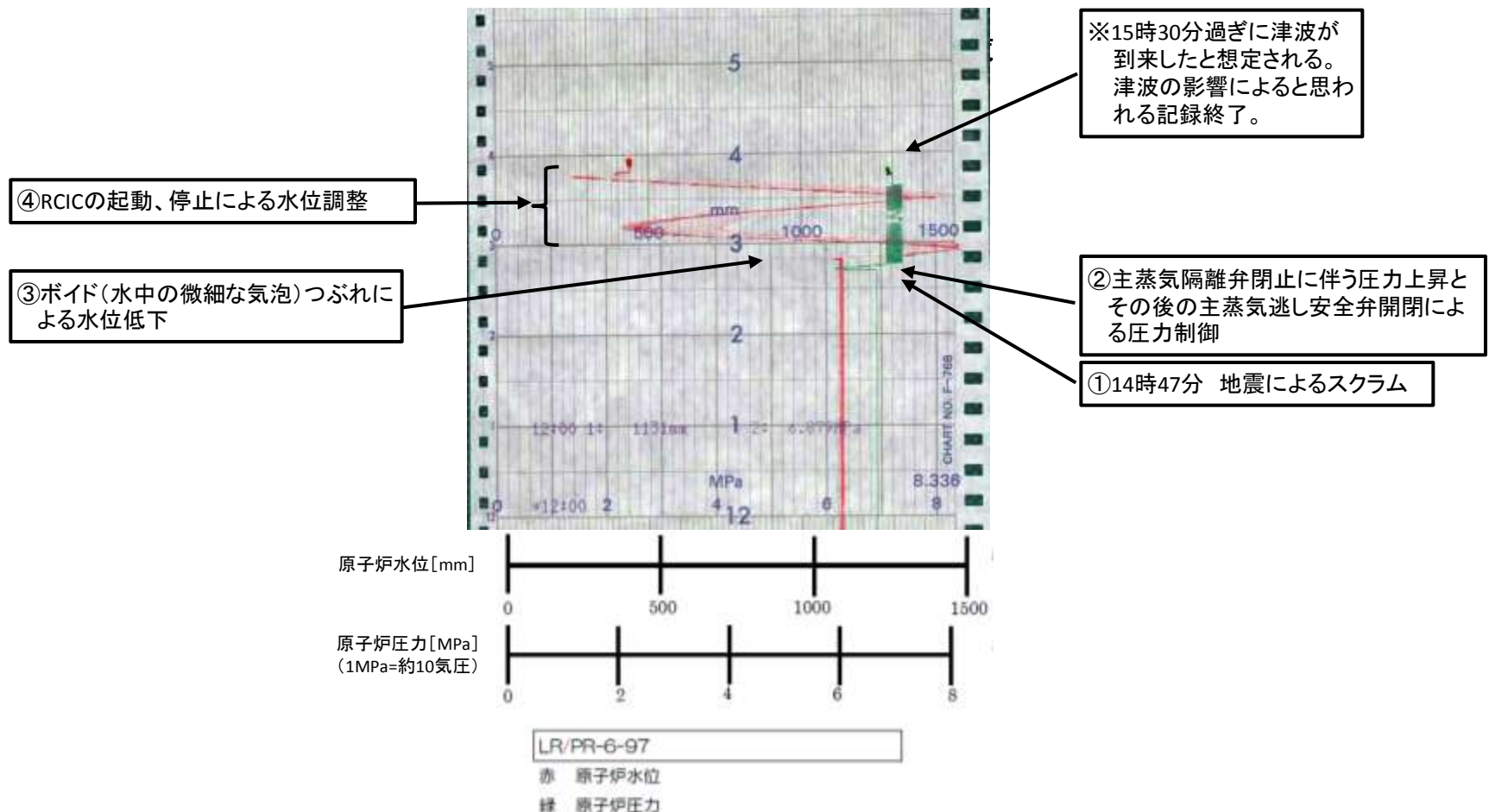
○電源喪失や圧縮空気の枯渇等の弁操作に係る不具合の他、2号機においてはPCV圧力が最高使用圧力近辺にあり、ラプチャーディスクが開かなかった可能性があり、圧力が低下しなかった。この結果、原子炉減圧が十分にできず、消防車による注水が十分に機能せず、炉心損傷の防止には至らなかった。

	PCVベント	原子炉減圧	代替注水	その他
3月11日(金)			17:12 FPライン及び消防車使用の検討開始	
3月13日(日)	8:10 PCVベント弁(MO弁)開  11:00ラプチャーディスクを除く、PCVベントライン構成完了			8:56 モニタリングポストで500 $\mu$ Sv/hを超える線量(882 $\mu$ Sv/h)を計測
3月14日(月)	11:01 3号機R/Bの爆発により、S/Cベント弁(AO弁)大弁が閉となる。開不能を確認  21:00頃 S/Cベント弁(AO弁)小弁開操作。ラプチャーディスクを除く、ベントライン構成完了	18:00頃 減圧開始(原子炉圧力5.4 MPa[gage]→19:03 0.63MPa [gage])	11:01 準備が完了していた注水ラインは、消防車及びホースが破損して使用不可能 13:05 消防車を含む海水注入のライン構成を再開 16:30 海水注入を行うため消防車を起動 19:20 海水注入のための消防車が燃料切れで停止していることを確認 19:54 消火系ラインから消防車(19:54、19:57に各1台起動)による海水注入開始。	21:35 モニタリングポストで500 $\mu$ Sv/hを超える線量(760 $\mu$ Sv/h)を計測
3月15日(火)	0:02 D/Wベント弁(AO弁)小弁開操作。ラプチャーディスクを除く、ベントライン構成完了(数分後に弁が閉であることを確認)			6:00~6:10頃 大きな衝撃音が発生 6:50 正門付近で500 $\mu$ Sv/hを超える線量(583.7 $\mu$ Sv/h)を計測

十分ベントできなかった。

# 福島第一原子力発電所2号機における地震後の原子炉水位・圧力の変化

- 原子炉は地震を検知して自動停止。
- 地震により外部電源が喪失。これに伴い、給水ポンプ停止の他、主蒸気隔離弁が閉止し、原子炉圧力が上昇したため原子炉隔離時冷却系(RCIC)を手動起動。
- 津波襲来により、非常用ディーゼル発電機が機能喪失して電動ポンプが使用できなくなり、さらには直流電源も機能喪失して高圧注水系(HPCI)も使用できなくなった。(ただし、起動していたRCICは運転が継続されていた。)

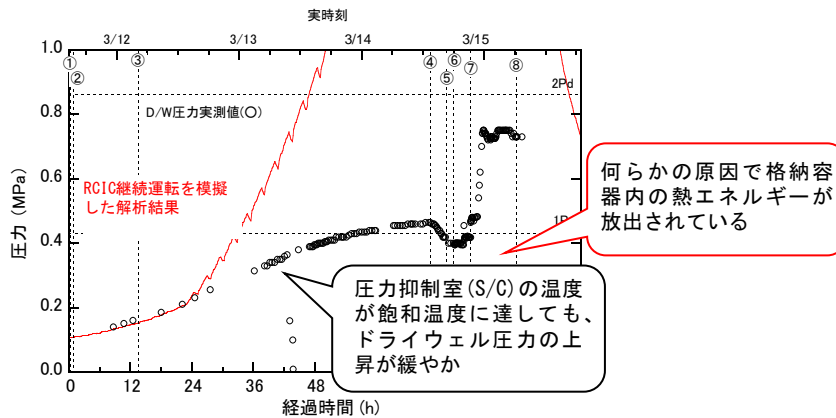




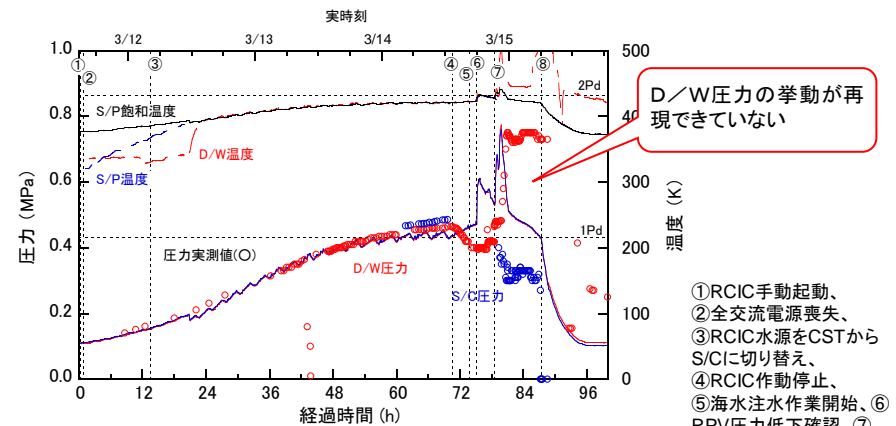
# 福島第一原子力発電所2号機における 格納容器の破損の可能性

○6月に公表した炉心状態解析においては、PCVからの漏えいがない前提では、RCICのS/Cを水源とした継続運転において測定されているPCV圧力の挙動と整合しない。一方、PCVからの漏えいを想定した場合は、3月15日にドライウェル(D/W)圧力が8時間にわたって0.7MPa以上であったことと整合しない。

○こうした状況を考慮すると、3月14日までのPCV圧力の上昇が緩慢であった原因については、圧力抑制室(S/C)の設置階(地下1階)にあるRCIC室へ3月12日時点で水の侵入が確認されていることから、この浸入した水の影響を含め何らかのPCVの温度上昇を抑える要因が作用した可能性があり、検討を継続している。



2号機の原子炉格納容器ドライウェル(D/W)圧力の変化



2号機の格納容器温度・圧力の変化  
(実線はPCV漏えいを想定した解析結果)

# 福島第一原子力発電所3号機の実際の操作状況

○HPCI停止時にSRV操作を確実にできず、DDFPをS/Cスプレイから代替注水に切り替えていないなど、準備状況に疑問点が多い。

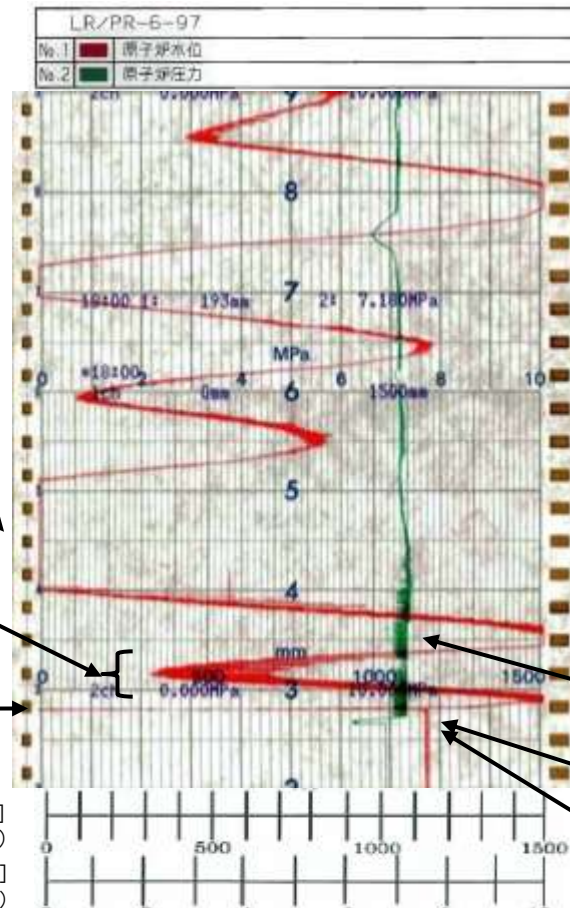
○HPCI停止やTAF到達から判断・連絡までの時間がかかっており、連絡体制等に疑問。RCICの状態等についても確認が必要。

	PCVスプレイ・ベント	原子炉減圧	原子炉への注水	その他
3月11日 (金)			15:05 RCIC手動起動 15:25 原子炉水位高によりRCICトリップ 16:03 RCIC手動起動	RCIC状態表示灯が停止表示を示し、その後中央制御室で起動操作実施しているなど、電源は喪失していなかったものと思われる一方で、再起動には失敗。
3月12日 (土)	11:13 ディーゼル駆動消火ポンプ(DDFP)自動起動 11:36 DDFP停止 12:06 DDFP起動、S/Cスプレイ開始	HPCI作動期間中は原子炉圧力低下	11:36 RCICトリップ 12:35 原子炉水位低によりHPCI自動起動	4:23 構内の放射線量上昇(正門付近0.59μSv/h)  HPCI停止時にSRV操作を確実にできず、DDFPをS/Cスプレイから代替注水に切り替えていないなど、準備状況に疑問点が多い  HPCI停止やTAF到達から判断・連絡までの時間がかかっており、連絡体制等に疑問
3月13日 (日)	3:05 S/Cスプレイ停止  5:08 原子炉代替注水からS/Cスプレイに切替、スプレイ開始 7:39 S/CスプレイからD/Wスプレイに切替、スプレイ開始 7:43 S/Cスプレイ停止 8:35 PCVベント弁(MO弁)開 8:40~9:10 D/Wスプレイ停止 8:41 S/Cベント弁(AO弁)大弁開により、ラプチャーディスクを除く、PCVベントライン構成完了 9:36 PCVベント操作により、9:20頃よりD/W圧力が低下していることを確認 11:17 S/Cベント弁(AO弁)大弁の開確認(作動用空気ポンベ圧低下のため) 12:30 S/Cベント弁(AO弁)大弁開(作動用空気ポンベ交換)	2:45~ 逃がし安全弁(SRV)開操作したが、全弁開動作せず。 3:44 原子炉圧力4.1MPaまで上昇  HPCIに使用するバッテリーを14時間にもわたって使用していたにもかかわらず、結果で見れば、HPCIの再起動性を確認せずに停止した可能性が高い。  9:08頃 SRVによる急速減圧を実施	2:42 DDFP代替原子炉注水への移行を図るためHPCI手動停止 原子炉圧力が上昇しDDFPによる注水は不可 3:35 HPCI起動できず 4:15 有効燃料頂部(TAF)到達と判断 5:08 RCIC起動できず  RCIC起動不能判断までに機械機構部の状態確認・調整を実施したが起動できず。  8:40~9:10 D/Wスプレイから原子炉代替注水ラインへ切替、その後原子炉圧力減圧によりDDFPによる注水開始 9:25 FPラインから消防車による淡水注入開始(ほう酸入り) 12:20 淡水注入終了 13:12 FPラインから消防車による海水注入開始	5:58 RCICによる原子炉注水ができなくなったため、5:10に15条事象「原子炉冷却機能喪失」に該当すると判断した旨、官庁等に連絡 6:19 4:15に有効燃料頂部(TAF)到達したものと判断した旨、官庁等に連絡  8:56 モニタリングポストで500μSv/hを超える線量(882μSv/h)を計測  14:15 モニタリングポストで500μSv/hを超える線量(905μSv/h)を計測
3月14日 (月)	5:20 S/Cベント弁(AO弁)小弁開操作開始 6:10 S/Cベント弁(AO弁)小弁の開確認		1:10 逆洗弁ピット内への海水補給のために消防車を停止  3:20 消防車による海水注入再開  9:20 物揚場から逆洗弁ピットへの海水の補給を開始  11:01 消防車やホースが損傷し、海水注入停止 16:30頃 消防車とホースを入れ替えて物揚場から原子炉へ注入する新しいラインを構築し、海水注入を再開	2:20 正門付近で500μSv/hを超える線量(751μSv/h)を計測 2:40 モニタリングポストで500μSv/hを超える線量(650μSv/h)を計測 4:00 モニタリングポストで500μSv/hを超える線量(820μSv/h)を計測 9:12 モニタリングポストで500μSv/hを超える線量(518.7μSv/h)を計測 11:01 R/Bで爆発発生 21:35 モニタリングカーで500μSv/hを超える線量(760μSv/h)を計測
3月15日 (火)	16:00 S/Cベント弁(AO弁)大弁開確認 16:05 S/Cベント弁(AO弁)大弁開操作			6:00~6:10頃 大きな衝撃音が発生

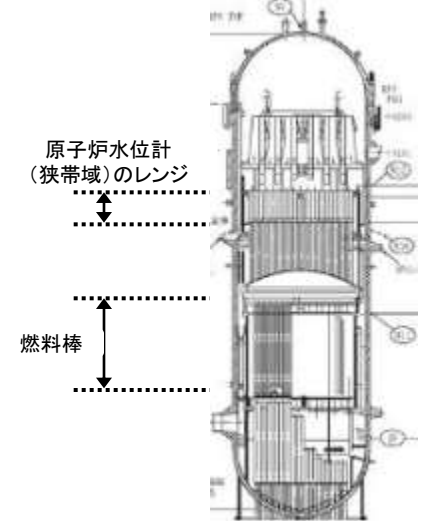
出典: 福島原子力事故調査報告書(中間報告書)(平成23年12月2日、東京電力(株))及び福島第一原子力発電所事故の初動対応について(平成23年12月22日、東京電力(株))の記載内容を踏まえ整理

# 福島第一原子力発電所3号機における地震後の原子炉水位・圧力の変化

- 原子炉は地震を検知して自動停止。
- 地震により外部電源が喪失。これに伴い、給水ポンプ停止の他、主蒸気隔離弁が閉止し、原子炉圧力が上昇したため原子炉隔離時冷却系(RCIC)を手動起動。
- 津波襲来により、非常用ディーゼル発電機が機能喪失して電動ポンプが使用できなくなったが、直流電源が機能しており、RCICの運転が継続された。



⑦炉圧7MPa程度、炉水位は狭帯域レンジに維持され、安定的に推移



⑥原子炉隔離時冷却系の起動に伴う水位変動  
16時03分 原子炉隔離時冷却系起動

⑤主蒸気逃し安全弁開閉、原子炉隔離時冷却系の起動・停止に伴う水位変動  
15時05分 原子炉隔離時冷却系起動  
15時25分 同型トリップ(水位高)

④ボイド(水中の微細な気泡)つぶれによる水位低下

③主蒸気逃し安全弁による炉圧制御 (5回前後/5分間の頻度)

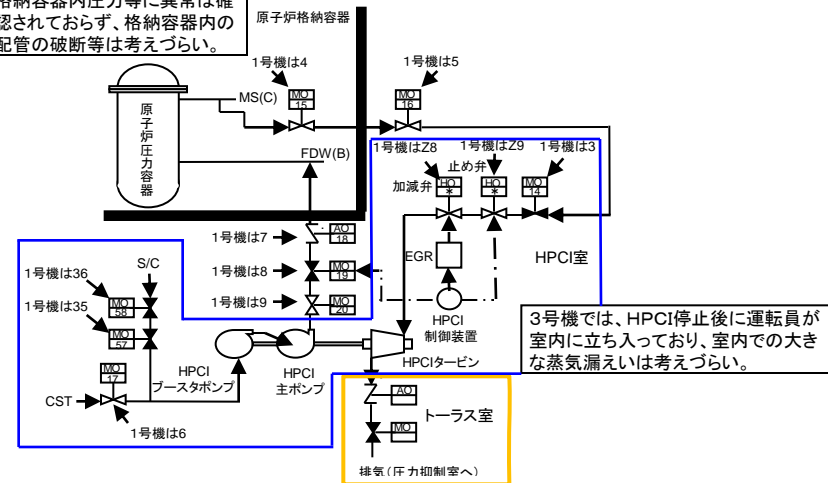
②出力低下による炉圧低下とそれに続く主蒸気隔離弁閉による炉圧増加

①14時47分 地震によるスクラム

# 福島第一原子力発電所3号機における 高圧注水系の配管破損の可能性

- 原子炉隔離時冷却系(RCIC)の停止後、RCICに使用されたものとは別系統の直流電源により、原子炉水位低でHPCIが自動起動。その後、原子炉圧力は徐々に低下し、約1MPaで推移し、HPCIがトリップすると再び約7MPaに戻っている。
- HPCI運転中にPCV圧力の上昇等は確認されておらず、また、HPCI室に設置され、HPCIと同一の電源によって管理されている温度検知型の警報装置の作動が確認されていない(異常信号によりHPCIは自動停止することから、HPCI系統での大きな蒸気漏えいは考え難い。なお、HPCI停止後13日5時までには冷却機能復旧のためHPCI室に運転員が入室し、さらに5時頃にはPCVベントの系統構成のためトラス室にも入室したが、蒸気充満等の異常は確認されていない。
- 通常、HPCIが定格流量で注水していた場合には原子炉水位が上昇し原子炉水位高でトリップするにもかかわらず、運転が続いている。こうした運転状態の継続及び停止の原因については引き続き検討が必要。

格納容器内圧力等に異常は確認されておらず、格納容器内の配管の破断等は考えづらい。



※1: 通常運転時、MO-15, 16, 17, 20弁およびHO弁は「開」、MO-14, 19弁は「閉」。  
 起動時14弁, 19弁「開」。  
 ※2: MO-15弁はAC電源、電源喪失にて動作不能(as is)。  
 ※3: MO-14, 16, 17, 19, 20弁はDC電源(隔離論理回路とは別電源)、電源喪失にて動作不能(as is)。  
 ※4: DC電源喪失時は隔離(閉)論理回路作動。  
 その時、各弁駆動電源(※2, ※3に記載)が活きていれば各弁閉。既に各弁駆動電源が喪失していれば動作不能(as is)。

出典:「原子力安全に関するIAEA関係会議に対する日本国政府の報告書—東京電力福島原子力発電所の事故について—(平成23年6月)」に加筆

(RCIC室、HPCI室)

3/12 11:36 RCIC停止  
 3/12 12:35 高圧注水系自動起動  
 3/13 2:42 高圧注水系停止  
 3/13 5:00頃

HPCI室を経由してRCIC室に向かい、現場の状況を確認し、RCICによる原子炉注水を試みるが起動できず。

(トラス室)

3/13 朝方

S/Cベント弁(AO弁)大弁の弁開度を確認するため入室。逃がし安全弁からのS/Cへの原子炉の高温蒸気の吹き出し等によるトラス室下部にあるS/C内の温度上昇の影響で室内は高温になっており、また、照明がなく真っ暗であり、厳しい作業環境であった。S/Cベントの作業のため現場に出かけた。トラス上部に足をかけ作業しようとしたら黒い長靴がズルッと溶けた。

	対応の方向性	緊急対策 (短期対策;実施済み)	信頼性向上対策の例 (中長期対策)
①外部電源対策	対策1 外部電源システムの信頼性向上		異なるルート(送電線及び変電所)からの給電
	対策2 変電所設備の耐震性向上		断路器の構造改良及び高強度がいしの採用
	対策3 開閉所設備の耐震性向上		耐震性のあるガス絶縁開閉装置等への更新
	対策4 外部電源設備の迅速な復旧		外部電源に係る事故対応マニュアルの整備等
②所内電気設備 対策	対策5 所内電気設備の位置的な分散	電源車の配備(高台等)	電源の建屋内の配置(海側/陸側、高所/低所)
	対策6 浸水対策の強化	建屋への浸水対策	浸水時に備えた排水機能の用意
	対策7 非常用交流電源の多重性と多様性の強化	電源車の配備(多重性と多様性の強化)	空冷非常用発電機の配備
	対策8 非常用直流電源の強化		蓄電池容量の強化
	対策9 個別専用電源の設置		計装に必要な電源を充電設備を配備
	対策10 外部からの給電の容易化	電源車等に接続する給電用ケーブルの配備	給電口を規格化、被水対策の実施
	対策11 電気設備関係予備品の備蓄		電気関係予備品の備蓄、保守訓練の実施
③冷却・注水設備 対策	対策12 事故時の判断能力の向上	緊急時の対応計画やマニュアルの策定	前兆事象の確認を踏まえた事前の対応手順の整備
	対策13 冷却設備の耐浸水性確保・位置的分散	消防車・ポンプ車・消火ホースの配備(位置的分散)	冷却設備の位置的分散
	対策14 事故後の最終ヒートシンクの強化		可搬型代替残留熱除去設備等の設置
	対策15 隔離弁・SRVの動作確実性の向上		弁駆動のための可搬型コンプレッサーの配備
	対策16 代替注水機能の強化	消防車・ポンプ車・消火ホースの配備、水源の確保 (代替注水機能の強化)	水源の多様化(タンク、貯水池、ダム等)、吐出圧力の高いポンプや建屋外の注水口を整備
	対策17 使用済燃料プールの冷却・給水機能の信頼性向上	消防車・ポンプ車・消火ホースの配備、水源の確保 (使用済燃料プールへの給水)	燃料貯蔵の分散化、空冷設備の設置、乾式貯蔵の採用
	④格納容器破損 ・水素爆発対策	対策18 格納容器の除熱機能の多様化	
対策19 格納容器トップヘッドフランジの過温破損防止 対策			格納容器トップフランジ冷却
対策20 低圧代替注入への確実な移行		緊急時対応計画の策定(低圧注水への移行手順)	完全電源喪失等を想定したマニュアルの整備
対策21 ベントの確実性・操作性の向上		空気駆動ベント弁用の窒素ポンプ等の配備、緊急時 対応計画の策定(ベント操作)	ベント弁操作のためのコンプレッサー等の配備
対策22 ベントによる外部環境への影響の低減			フィルタ効果のあるベント設備の設置
対策23 ベント配管の独立性確保			ベント配管の号機間の共用禁止
対策24 水素爆発の防止(濃度管理及び適切な放出)			水素再結合装置、水素濃度検出装置の設置
⑤管理 ・計装設備対策	対策25 事故時の指揮所の確保・整備		放射性物質の流入防止、カメラ等による建屋等の監視 機能の整備
	対策26 事故時の通信機能確保	電源車の配備(通信機器等への給電)	テレビ会議システム等の設置
	対策27 事故時における計装設備の信頼性確保		計装設備専用の蓄電池、予備計測器の配備
	対策28 プラント状態の監視機能の強化	電源車の配備(プラント状態監視設備への給電)	PCV内をカメラで監視、ロボットの活用等
	対策29 事故時モニタリング機能の強化		モニタリング監視設備への非常用電源供給
	対策30 非常事態への対応体制の構築・訓練の実施	緊急時対応計画の策定、緊急時対応機器等の点検 及び訓練の実施	ガレキ撤去用重機の配備、照明機器の配備

# これまでに取られた知見の整理と主な安全対策

## 主な安全対策

### 緊急安全対策

- ・電源対策（電源車等）
- ・冷却注水対策（ポンプ車等）
- ・中長期対策（防潮堤等）

### シビアアクシデント対策

- ・通信・管理機能確保（事故時）
- ・放射線防護体制の強化

### 外部電源対策等

- ・複数ルート回線の確保
- ・開閉所の耐震性確保

## 安全性評価

総合的安全評価に関する  
意見聴取会（ストレステスト）

## 知見の整理

### 技術的知見に関する意見聴取会

東京電力福島第一原発事故を踏まえ、今後の規制に反映すべきと考えられる事項として「30の対策」をとりまとめ

### 地震・津波に関する意見聴取会

東京電力福島第一原発等で観測された地震・津波等について調査・検討結果をとりまとめ耐震バックチェックにおいて、活断層の運動性の再検討などの評価を実施

### 建築物・構造に関する意見聴取会

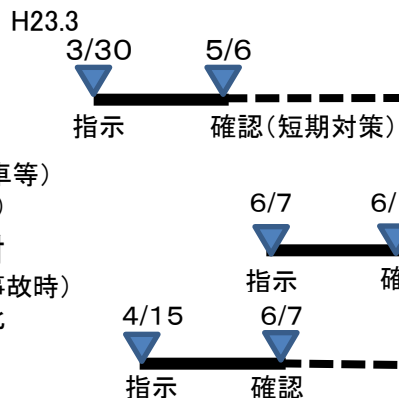
地震が東京電力福島第一原発の建屋等に与えた影響等について評価をとりまとめ

### 高経年化技術評価に関する意見聴取会

東京電力福島第一原発事故における経年劣化の影響についてとりまとめ

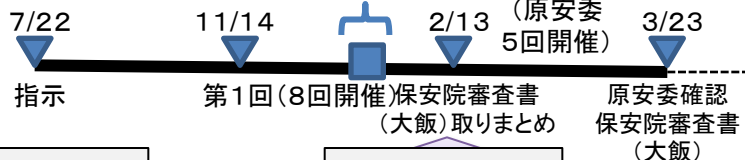
東京電力福島原子力発電所における  
事故調査・検証委員会

福島原発事故独立検証委員会



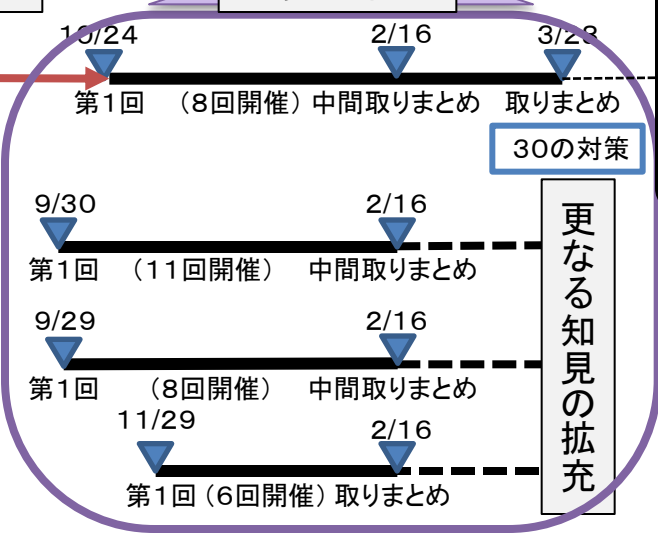
事業者による  
更なる信頼性  
向上の取組

進捗状況の反映



実施状況の活用

知見の活用



四大臣による整理・確認

基準1  
(※1)

基準2  
(※2)

基準3  
(※3)

※1: 電源を喪失しても事態の悪化を防ぐ安全対策の実施

※2: 今回の事故並みに、想定値を超えた地震・津波に襲われても、燃料損傷に至らないことの確認

※3: 事業者による  
・更なる安全向上策の期限付き実施計画  
・新規制への迅速な対応  
・自主的な安全確保の姿勢