

冷却設備の被害状況について

平成23年11月25日
原子力安全・保安院

目次

1. 津波到達後の冷却設備の被害状況 （福島第一とその他発電所との比較）	2
2. 津波到達後の冷却設備の被害状況（福島第一（詳細））	4
3. 福島第一原子力発電所1～3号機の事故進展の概要	5
4. 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	6
5. 一連の冷却系統が残っていたプラントの状況	7

1. 津波到達後の冷却設備の被害状況(福島第一とその他発電所との比較)

- 福島第一の1～4号機では全ての冷却機能が喪失。特に1号機は津波襲来と同時に冷却系が操作不能となった。2, 3号機では津波襲来前に起動していた原子炉隔離時冷却系(RCIC)が継続運転したが、しばらくして停止。3号機では高圧注水系(HPCI)がRCIC停止後に自動起動したが、しばらくして停止。(4号機は原子炉内に燃料がなかったため、原子炉冷却については対象外)
- 福島第一の5, 6号機、福島第二の1, 2, 4号機は、残留熱除去機能が喪失したものの、注水機能が確保できたため、残留熱除去設備の復旧により炉心損傷を起こすことなく冷温停止に移行できた。
- 福島第二3号機、女川2号機、東海第二は一部の冷却設備で被害があったものの、一連の冷却系統が1系統以上確保されていたため、冷温停止に移行できた。

	福島第一	福島第二	女川	東海第二	状況
高圧系の原子炉注水設備 【HPCI, HPCS, RCIC, IC】 (設置位置)	1, 2号HPCI : △ 3号HPCI : ◎ 4, 5号HPCI : - 6号HPCS : △ 1号IC : 不明 2, 3号RCIC : ◎ 4～6号RCIC : -	1, 2号HPCS : △ 3, 4号HPCS : ◎ 1～4号RCIC : ◎	1号HPCI : ○ 2号HPCS : △ 3号HPCS : ○ 1号RCIC : ◎ 2号RCIC : ○ 3号RCIC : ◎	HPCS : ◎ RCIC : ◎	<ul style="list-style-type: none"> ・福島第一1, 2号機HPCI及び6号機HPCSは原子炉建屋地下に設置されているが、津波後の電源喪失又は海水系喪失により機能喪失。 ・福島第二1, 2号機HPCSは津波による電源被水及びHPCSC、HPCSS運転不能のため使用不能。 ・女川2号機HPCSはHPCWポンプが津波により浸水し、機能喪失。
	1～5号HPCI : R/B地下 6号HPCS : R/B地下	1～4号HPCS : R/B地下	1号HPCI : R/B地下 2, 3号HPCS : R/B地下	HPCS : R/B地下	
	1号IC : R/B 4階 2～6号RCIC : R/B地下	1～4号RCIC : R/B地下	1～3号RCIC : R/B地下	RCIC : R/B地下	
低圧系の原子炉注水設備 【CS, LPCS】 (設置位置)	1～3号CS : △ 4号CS : - 5号CS : △ 6号LPCS : △	1～4号LPCS : △	1号CS : ○ 2, 3号LPCS : ○	LPCS : △	<ul style="list-style-type: none"> ・福島第一1～3, 5号機CS及び6号機LPCSは電源・海水系喪失により機能喪失。 ・福島第二1～4号機LPCSは電源喪失又は海水系喪失により機能喪失。 ・東海第二のLPCSは津波によるDG海水ポンプ電動機被水のため使用不能。 ・低圧注水モードを備えているRHRは次ページに記載。
	1～5号CS : R/B地下 6号LPCS : R/B地下	1～4号LPCS : R/B地下	1号CS : R/B地下 2, 3号LPCS : R/B地下	LPCS : R/B地下	

× : 機器本体の機能喪失又は待機除外。△ : 電源喪失、海水系喪失等関連機器の影響による機能喪失。 - : 定検停止中。 ○ : 待機。◎ : 運転。

HPCI : 高圧注水系、HPCS : 高圧炉心スプレイ系、RCIC : 原子炉隔離時冷却系、IC : 非常用復水器、CS : 炉心スプレイ系、LPCS : 低圧炉心注水系

R/B : 原子炉建屋、T/B : タービン建屋、Hx/B : 海水熱交換器建屋

※本表の内容は今後の現場確認等の調査により変更される可能性あり。

1. 津波到達後の冷却設備の被害状況(福島第一とその他発電所との比較: つづき)

	福島第一	福島第二	女川	東海第二	状況	
残留熱除去系・補機冷却系 【CCS, CCSW, HPCSC, HPCSS, HPCW, HPSW, HPCS DGS, RHR, RHRC, RHRS, EECW, ECW, ECWS, RCW, RSW】 (設置位置)	1号CCS : △ 1号CCSW : × 2, 3号RHR : △ 2, 3号RHRS : × 4号RHR : - (A, C), △ (B, D) 4号RHRS : - (A, C), × (B, D) 5, 6号RHR : △ 5, 6号RHRS : ×	1号HPCSC : △ 1号HPCSS : △ 2号HPCSC : × 2号HPCSS : ○ 3, 4号HPCSC : ◎ 3, 4号HPCSS : ◎ 1号EECW : × 2号EECW : × (A), △ (B) 3号EECW : × (A), ◎ (B) 4号EECW : × (A), △ (B)	1号RHR : △ 1号RHRC : × 1号RHRS : △ 2号RHR : △ 2号RHRC : △ 2号RHRS : × (A, C, D), △ (B) 3号RHR : △ (A), ◎ (B), ○ (C) 3号RHRC : × (A, C), ◎ (B, D) 3号RHRS : △ (A, C), ◎ (B, D) 4号RHR : △ 4号RHRC : × 4号RHRS : × (A, B, C), △ (D)	2号HPCW : × 3号HPCW : ○ 2号HPSW : △ 3号HPSW : ○ 1号ECW : ◎ (A, B), ○ (C, D) 1号ECWS : ◎ (A, B), ○ (C, D) 1号RHR : △ (A, C), ◎ (B, D) 1号RHRS : ◎ 2号RHR : ○ (A), △ (B, C) 2号RCW : ◎ (A, C), × (B, D) 2号RSW : ◎ (A, C), × (B, D) 3号RHR : ◎ (A, B), ○ (C) 3号RCW : ◎ 3号RSW : ◎	HPCS DGS : ◎ RHR : △ (A), ◎ (B), ○ (C) RHRS : △ (A, C), ◎ (B, D)	<ul style="list-style-type: none"> 福島第一1号機CCSW及び2~6号機RHRSの一部は津波により本体が冠水し機能喪失。また、1号機CCS及び2~6号機RHRの一部は電源喪失及び海水系喪失により機能喪失。 福島第二1号機HPCSC及びHPCSS, 2号機HPCSCは津波により運転不能。1~4号機EECWの一部は津波により電源及び電動機被水のため使用不能。1, 3, 4号機RHRC及び2, 4号機RHRSの一部は電源被水のため使用不能となり、1~4号機RHRの一部も機能喪失。
	1号CCS : R/B地下 1号CCSW : 屋外 2~6号RHR : R/B地下 2~6号RHRS : 屋外	1号HPCSC : Hx/B 1階 2号HPCSC : Hx/B 1階 3, 4号HPCSC : Hx/B 1階 1~4号HPCSS : Hx/B 1階 1号EECW : Hx/B 1階 2号EECW : Hx/B 1階 (A) Hx/B 2階 (B) 3号EECW : Hx/B 1階 4号EECW : Hx/B 1階 (A) Hx/B 2階 (B)	1~4号RHR : R/B地下 1号RHRC : Hx/B 1階 1号RHRS : Hx/B 1階 2号RHRC : Hx/B 2階 2号RHRS : Hx/B 1階 3号RHRC : Hx/B 1階 3号RHRS : Hx/B 1階 4号RHRC : Hx/B 1階 4号RHRS : Hx/B 1階	2号HPCW : R/B地下 3号HPCW : Hx/B地下 2号HPSW : 屋外 3号HPSW : Hx/B地下 1号ECW : R/B地下 1号ECWS : 屋外 1号RHR : R/B地下 1号RHRS : 屋外 2号RHR : R/B地下 2号RCW : R/B地下 2号RSW : 屋外 3号RHR : R/B地下 3号RCW : Hx/B地下 3号RSW : Hx/B地下	HPCS DGS : 屋外 RHR : R/B地下 RHRS : 屋外	<ul style="list-style-type: none"> 女川2号機RHRの一部は津波による浸水のため機能喪失。また、RCW及びRSWの一部は津波による浸水のため機能喪失。 東海第二RHR及びRHRSの一部は津波によるDG海水ポンプ電動機被水のため使用不能。
代替冷却注水系 【MUWC, CRD, SLC】 (設置位置)	1~5号MUWC : △ 6号MUWC : ◎ 1~3号CRD : △ 4号CRD : - 5, 6号CRD : △ 1~3号SLC : △ 4~6号SLC : -	1~4号MUWC : ○ 1号CRD : △ (A), ○ (B) 2~4号CRD : ◎ (A), ○ (B) 1号SLC : △ (A), ○ (B) 2~4号SLC : ◎ (A), ○ (B)	1号MUWC : ○ (A), ◎ (B) 2, 3号MUWC : ◎ (A, B), ○ (C) 1号CRD : △ 2号CRD : ◎ (A), △ (B) 3号CRD : ◎ (A), ○ (B) 1~3号SLC : ○	MUWC : ◎ CRD : △ (A), ○ (B) SLC : △ (A), ○ (B)	<ul style="list-style-type: none"> 福島第一1~5号機のMUWCは津波後の電源喪失により機能喪失。また、福島第一及び福島第二それぞれのCRD及びSLCの一部は津波後の電源喪失又は海水系喪失により機能喪失。 	
	1~6号MUWC : T/B地下 1~6号CRD : R/B地下 1~5号SLC : R/B 4階 6号SLC : R/B 5階	1~4号MUWC : T/B地下 1~4号CRD : R/B地下 1~4号SLC : R/B 5階	1号MUWC : T/B地下 2, 3号MUWC : R/B地下 1~3号CRD : R/B地下 1号SLC : R/B 4階 2, 3号SLC : R/B 2階	MUWC : T/B地下 CRD : R/B地下 SLC : R/B 5階	<ul style="list-style-type: none"> 女川1号機CRDは津波前に起動用変圧器停止により自動停止。2号機CRDは津波によるRCW (B) 浸水のため機能喪失。 	

× : 機器本体の機能喪失又は待機除外。△ : 電源喪失、海水系喪失等関連機器の影響による機能喪失。- : 定検停止中。○ : 待機。◎ : 運転。
 CCS : 格納容器冷却系、CCSW : 格納容器冷却海水系、HPCSC : 高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電設備冷却系、HPCSS : 高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電設備海水系冷却系、
 HPCW : 高圧炉心スプレィ補機冷却系、HPSW : 高圧炉心スプレィ補機冷却海水系、HPCS DGS : 高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電機海水系、
 RHR : 残留熱除去系、RHRC : 残留熱除去補機冷却系、RHRS : 残留熱除去機器冷却海水系、残留熱除去海水系、又は残留熱除去系海水系、
 EECW : 非常用ディーゼル発電設備冷却系、ECW : 非常用補機冷却系、ECWS : 非常用補機冷却海水系、
 RCW : 原子炉補機冷却系、RSW : 原子炉補機冷却海水系、MUWC : 復水補給水系、CRD : 制御棒駆動機構又は制御棒駆動水圧系、SLC : ほう酸水注入系
 R/B : 原子炉建屋、T/B : タービン建屋、Hx/B : 海水熱交換器建屋
 ※本表の内容は今後の現場確認等の調査により変更される可能性あり。

2. 津波到達後の冷却設備の被害状況(福島第一(詳細))

	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	状況
高圧系の原子炉注水設備【HPCI, HPCS, RCIC, IC】(設置位置)	△(HPCI) 不明(IC)	△(HPCI) ◎(RCIC)	◎(HPCI) ◎(RCIC)	－(HPCI) －(RCIC)	－(HPCI) －(RCIC)	△(HPCS) －(RCIC)	<ul style="list-style-type: none"> ・1,2号機HPCIは津波後の電源喪失により機能喪失。 ・6号機のHPCSは津波後の海水系喪失により機能喪失。
	R/B地下(HPCI) R/B4階(IC)	R/B地下(HPCI) R/B地下(RCIC)	R/B地下(HPCI) R/B地下(RCIC)	R/B地下(HPCI) R/B地下(RCIC)	R/B地下(HPCI) R/B地下(RCIC)	R/B地下(HPCS) R/B地下(RCIC)	
低圧系の原子炉注水設備【CS, LPCS】(設置位置)	△(CS)	△(CS)	△(CS)	－(CS)	△(CS)	△(LPCS)	<ul style="list-style-type: none"> ・1～4, 6号機CS及び6号機LPCSは電源・海水系喪失により機能喪失。
	R/B地下(CS)	R/B地下(CS)	R/B地下(CS)	R/B地下(CS)	R/B地下(CS)	R/B地下(LPCS)	
原子炉格納容器冷却系【CCS, CCSW】 残留熱除去系【RHR, RHRS】(設置位置)	△(CCS) ×(CCSW)	△(RHR) ×(RHRS)	△(RHR) ×(RHRS)	－(A, C), △(B, D) (RHR) －(A, C), ×(B, D) (RHRS)	△(RHR) ×(RHRS)	△(RHR) ×(RHRS)	<ul style="list-style-type: none"> ・1号機CCSは電源・海水系喪失により機能喪失。 ・1号機CCSWは本体が津波に伴う海水の冠水し、かつ電源喪失により機能喪失。 ・2～6号機RHRは電源・海水系喪失により機能喪失。 ・2, 3, 5, 6号機及び4号機一部のRHRSは本体が津波に伴う海水の冠水により機能喪失。
	R/B地下(CCS) 屋外(CCSW)	R/B地下(RHR) 屋外(RHRS)	R/B地下(RHR) 屋外(RHRS)	R/B地下(RHR) 屋外(RHRS)	R/B地下(RHR) 屋外(RHRS)	R/B地下(RHR) 屋外(RHRS)	
代替冷却注水系【MUWC, CRD, SLC】(設置位置)	△(MUWC) △(CRD) △(SLC)	△(MUWC) △(CRD) △(SLC)	△(MUWC) △(CRD) △(SLC)	△(MUWC) －(CRD) －(SLC)	△(MUWC) △(CRD) －(SLC)	◎(MUWC) △(CRD) －(SLC)	<ul style="list-style-type: none"> ・1～5号機MUWCは津波後の電源喪失により機能喪失。 ・1～3, 5, 6号機CRD及び1～3号機SLCは津波後の電源喪失又は海水系喪失により機能喪失。
	T/B地下(MUWC) R/B地下(CRD) R/B4階(SLC)	T/B地下(MUWC) R/B地下(CRD) R/B4階(SLC)	T/B地下(MUWC) R/B地下(CRD) R/B4階(SLC)	T/B地下(MUWC) R/B地下(CRD) R/B4階(SLC)	T/B地下(MUWC) R/B地下(CRD) R/B4階(SLC)	T/B地下(MUWC) R/B地下(CRD) R/B5階(SLC)	

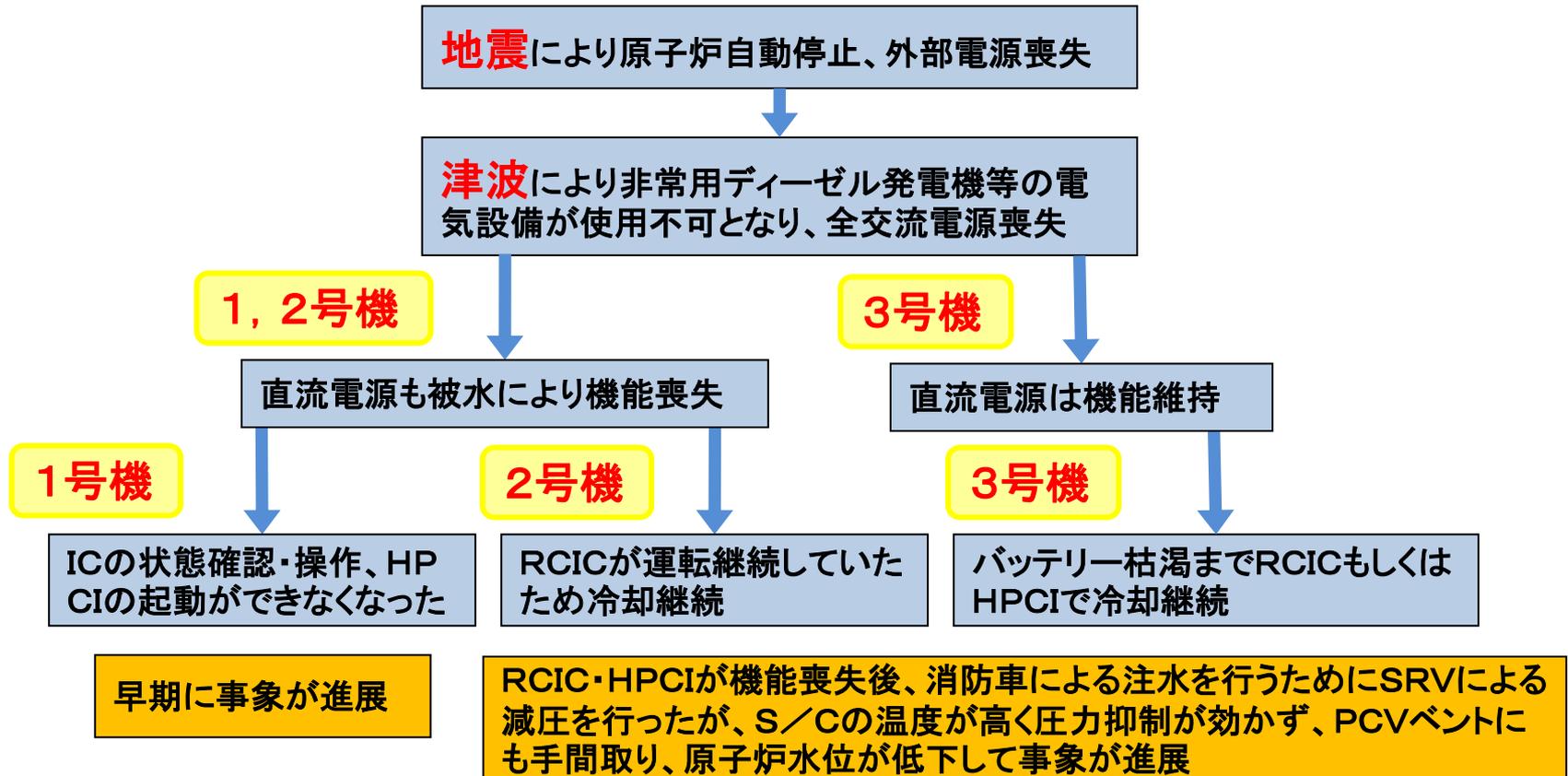
×：機器本体の機能喪失又は待機除外。△：電源喪失、海水系喪失等関連機器の影響による機能喪失。－：定検停止中。○：待機。◎：運転。

R/B：原子炉建屋、T/B：タービン建屋、Hx/B：海水熱交換器建屋

※本表の内容は今後の現場確認等の調査により変更される可能性あり。

3. 福島第一原子力発電所1～3号機の事故進展の概要

- 1号機は、全交流電源喪失に加え、直流電源も失われ、冷却系が操作不能となり、早期に事象が進展した。
- 2号機は、1号機同様直流電源も喪失したが、RCICが機能していたため冷却を継続。RCICが機能喪失して事象が進展した。
- 3号機は、直流電源が機能しておりRCIC,HPCIの作動により冷却を継続。バッテリー枯渇などで機能喪失して事象が進展した。



4. 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 (福島第一原子力発電所5、6号機、福島第二原子力発電所1、2、4号機)

○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グ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グ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グ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

5. 一連の冷却系統が残っていたプラントの状況 (福島第二原子力発電所3号機、女川原子力発電所、東海第二発電所)

○外部電源喪失やMSIV閉止があったプラントもあるが、いずれも注水機能、残留熱除去機能が残り、一連の冷却系統が1系統以上確保されていたため、冷温停止に移行できた。

	福島第二3号機	女川1号機	女川2号機	女川3号機	東海第二
MSIV 作動状況	復水器使用不可及びタービン グランドシール蒸気喪失に備 え、手動全閉	復水器使用不可のため手動 全閉	作動なし	復水器使用不可のため手動 閉操作	電圧低下による自動閉
確保された 注水・冷却 機能	RHRのB系及びHPCS系に ついては、海水系の機能喪失 がなく、使用可能 海水系からのポンプの冷却が 不要なRCIC、MUWCと、SR VIは使用可能	機能喪失なし（常用電源で 作動する機器は一時的に使用 不能）	RHRのA系が使用可能	機能喪失なし（タービン補 機冷却海水系で冷却される 機器は使用不能）	RHRのB系及びHPCS系に ついては、海水系の機能喪 失がなく、使用可能 海水系からのポンプの冷却 が不要なRCICと、SRVIは使 用可能
地震前の原 子炉の状態	定格熱出力運転	定格熱出力運転	原子炉起動中（温度・圧力 は冷温停止時の範囲）	定格熱出力運転	定格熱出力運転
冷温停止 までの流れ	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。 さらにRHRのB系による注 水・冷却を実施。 (3月12日12:15冷温停止)	常用電源が一時的になくなっ たことからMSIVを全閉とした。 RCIC・CRDでの注水で原 子炉水位維持し、SRVにて 原子炉圧力抑制。 さらにRHRによる注水・冷却 を実施。 (3月12日0:58冷温停止)	RHRによる冷却を実施。 (3月11日14:49冷温停止)	タービン補機冷却海水系が 機能喪失したため給水ポン プを停止し、MSIVを全閉と した。 RCIC、CRD、MUWCで の注水で原子炉水位維持し、 SRVにて原子炉圧力抑制。 さらにRHRによる注水・冷却 を実施。 (3月12日1:17冷温停止)	RHRにてS/C冷却を行 いつつ、RCIC、HPCSでの 注水で原子炉水位維持し、S RVにて原子炉圧力抑制。 さらにRHRによる冷却を実 施。 (3月15日0:40冷温停止)