

解説 記事

福島第一原子力発電所5、6号機の事故回避のためのレジリアンス活動

東京電力ホールディングス株式会社

山下 理道 Norimichi YAMASHITA

福島第一原子力発電所にて事故収束に当たった所員一同

1. はじめに

東日本大震災発生当時（3月11日14時46分の地震発生時）、福島第一原子力発電所5号機は定期検査中であり、原子炉内に燃料を装荷した状態で、原子炉压力容器の耐圧漏えい試験（原子炉压力容器満水、原子炉圧力約7MPa[gage]、原子炉水温度約90℃）を実施中であつた。全制御棒は全挿入位置にあり、プラントの停止状態に異常は認められなかったが、夜の森線の鉄塔倒壊などにより外部電源が全喪失し、非常用D/Gが2基自動起動した。その後、津波の影響を受け、3月11日15時40分に全交流電源喪失となり、残留熱除去系、炉心スプレイ系は動作不能となった。電源設備は、高圧電源盤（M/C）が津波の影響ですべて使用不可であったが、直流電源設備は被水を免れ使用可能であった。中央制御室の監視計器の一部は、直流電源で動作可能であり、全交流電源喪失後も動作し指示値を確認することができていたが、いずれ直流電源が枯渇して指示値が確認できなくなるため、早急に交流電源を確保する必要があつた。交流電源で動作する中央制御室の監視計器については、3月12日5時頃に5号機タービン建屋サービスエリアの6号機計測電源盤から5号機計測電源盤へ直接仮設電源ケーブルを敷設することで、監視可能となった。3月12日6時過ぎに6号機側で所内電源供給のためのラインを構成したことから、アクシデントマネジメント策で敷設済みであった5号機と6号機間の本設電源ケーブル（タイライン）が使用可能となり、同日8時13分、空冷式であり津波の影響を受けなかった6号機の非常用D/G6Bから5号機原子炉建屋の低圧電源盤へ電源融通が開始された。これにより、残留熱除去系の電動弁及び主蒸気逃し安全弁の励磁用電磁弁等の電源が確保された。また、3月13日、6号機タービン建屋の低圧電源盤から、5号機低圧電源盤まで仮設電源ケーブルを敷設したことにより、復水補給水系ポン

プ、非常ガス処理系に電源を供給することが可能となった。さらに、健全性確認が完了した5号機低圧電源盤の一部に仮設電源ケーブルを敷設するなど、順次電源を復旧していった。

さらに、主蒸気逃し安全弁の復旧作業を実施し、主蒸気逃し安全弁を中央制御室から手動開操作し、原子炉压力容器の減圧を行った。復水補給水系ポンプを手動起動し、復水貯蔵タンクを水源として、復水補給水系による代替注水ラインを使用した原子炉注水を開始した。同様に、アクシデントマネジメント策で設置されたラインを使用して、復水補給水系ポンプによる使用済燃料プールへの水の補給も実施し、ほぼ満水状態を維持した。その後、仮設電源と仮設水中ポンプを設置し運転することで、原子炉の冷温停止を達成した。

定期検査中で冷温停止中であつた6号機もプラントの停止状態に異常は認められなかったが、地震の影響で外部電源が全喪失したため、5号機と同様、津波の被害を逃れた空冷式のD/G6Bを用いて、復水補給水系により原子炉及び使用済燃料プールへの注水を行うとともに、その後、仮設電源と仮設水中ポンプにより、原子炉の冷温停止を達成した。

以上のように、福島第一原子力発電所の1号機から4号機が、各種事故調の報告書で詳述されているような炉心損傷や水素爆発、格納容器からの漏えいなどが進む過酷な状況のなかで、5号機、6号機の冷温停止に向けた懸命の努力が続けられていたことは、あまり知られていない。日本保全学会からの要請もあり、過酷事故回避策の世界に向けた参考のために、解説を行うことにした。

また、1号機から4号機の冷温停止により、閉じ込め機能が劣化した格納容器であっても放射性物質の飛散が大幅に低減されたことも、レジリアンスによる回復活動として敢えて解説する。

2. 福島第一 5号機の事故回避対応

<地震発生から津波到達までの状況>

- ・東日本大震災発生当時（3月11日14時46分の地震発生時）、5号機は定期検査中であり、原子炉内に燃料を装荷した状態で、原子炉圧力容器の耐圧漏えい試験（原子炉圧力容器満水、原子炉圧力約7MPa[gage]、原子炉水温度約90℃）を実施中であった。全制御棒は全挿入位置にあり、プラントの停止状態に異常は認められなかったが、夜の森線の鉄塔倒壊などにより外部電源が全喪失し、3月11日14時47分、非常用D/G5A、5Bが自動起動した。
- ・その後、津波の影響を受け、非常用D/G5A、5Bの海水ポンプまたは電源盤の被水等により非常用D/G5A、5Bが自動停止したことから、3月11日15時40分に全交流電源喪失となり、残留熱除去系、炉心スプレイ系は動作不能となった。
- ・5号機側の中央制御室内は非常用照明灯のみとなり、その後消灯した。一方で、直流電源が津波の影響を逃れ動作可能であったことから、監視計器の一部は指示値を確認することができた。

<6号機から5号機への電源融通>

- ・このような状況の中、3月11日23時30分頃から、5、6号機所内電源系統の点検のため、暗闇の中、運転員は懐中電灯を持ち現場確認を行った。電源設備は、高圧電源盤(M/C)が津波の影響ですべて使用不可であったが、直流電源設備は被水を免れ使用可能であった。
- ・中央制御室の監視計器の一部は、直流電源で動作可能であり、全交流電源喪失後も動作し指示値を確認することができていたが、いずれ直流電源が枯渇して指示値が確認できなくなるため、早急に交流電源を確保する必要があった。
- ・交流電源で動作する中央制御室の監視計器については、3月12日5時頃に5号機タービン建屋サービスエリアの6号機計測電源盤から5号機計測電源盤へ直接仮設電源ケーブルを敷設することで、監視可能となった。
- ・3月12日6時過ぎに6号機側で所内電源供給のためのラインを構成したことから、アクシデントマネジメント策で敷設済みであった5号機と6号機間の本設電源ケーブル（タイライン）が使用可能となり、同日8時13分、空冷式であり津波の影響を受けなかった6

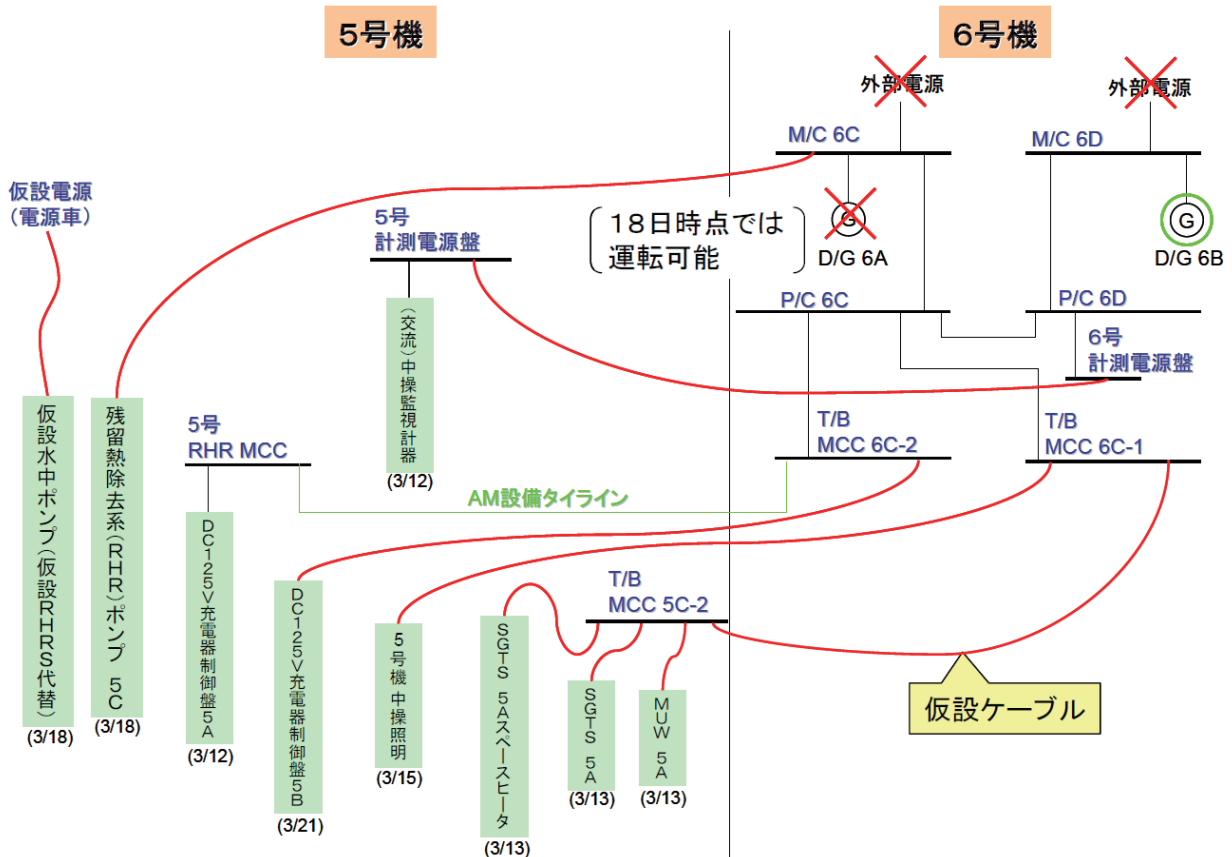


図1 6号機から5号機への電源融通

号機の非常用 D/G6B から 6 号機タービン建屋の低压電源盤 (T/B MCC6C-2) を介して、5 号機原子炉建屋の低压電源盤 (5 号 RHR MCC) へ電源融通が開始された。これにより残留熱除去系の電動弁及び主蒸気逃し安全弁の励磁用電磁弁等の電源が確保された。

- また、3 月 13 日、6 号機タービン建屋の低压電源盤 (T/B MCC6C-1) から、5 号機低压電源盤 (T/B MCC5C-2) まで仮設電源ケーブルを敷設したことにより、復水補給水系ポンプ、非常ガス処理系に電源を供給することが可能となった。
- さらに、電源融通が可能となった低压電源盤 (5 号 RHR MCC) を介して、健全性確認が完了した 5 号機低压電源盤の一部に仮設電源ケーブルを敷設するなど、順次電源を復旧していった。(図 1 参照)

<原子炉圧力の減圧>

- 5 号機は、原子炉圧力容器の耐圧漏えい試験を実施中で、原子炉圧力約 7MPa[gage] であったが、地震の影響による電源喪失によって制御棒駆動機構ポンプが自動停止し、原子炉圧力は一時的に 5MPa[gage] 程度まで低下した。その後、原子炉圧力は、燃料からの崩壊熱により緩やかに上昇した。
- 減圧操作に伴い原子炉水位が低下するため、原子炉への注水手段を確保する必要があったが、蒸気駆動の高

圧注水系ポンプ、原子炉隔離時冷却系ポンプは定期検査中であったため使用できず、また残留熱除去系も津波による電源喪失等の影響から使用できなかった。このため、復水補給水系ポンプによる代替注水を行うこととし、原子炉圧力を復水補給水系ポンプにて注水可能となる圧力まで減圧することとした。

- 耐圧漏えい試験中の主蒸気逃し安全弁は、格納容器内に設置されている駆動用窒素ガス供給ラインの弁を閉としていたため、中央制御室から操作することができない状態であった。主蒸気逃し安全弁を使用可能とするには、格納容器内での復旧作業が必要な状況であったが、まずは作業環境が悪い格納容器内に極力入らずに減圧操作ができる手段から実施することとした。
- 3 月 11 日 21 時頃から原子炉隔離時冷却系蒸気ライン、高圧注水系蒸気ライン及び高圧注水系排気ラインを順次使用して減圧操作を試みた。しかし、原子炉圧力に変化は見られず、その後も原子炉圧力は上昇し、3 月 12 日 1 時 40 分頃から主蒸気逃し安全弁の安全弁機能により自動開を繰り返して 8MPa[gage] 程度を維持 (最高使用圧力 : 8.27MPa[gage]、設計圧力 : 8.62MPa[gage]) した。
- 上記の減圧操作にて原子炉圧力に変化が見られなかったことから、現場で原子炉圧力容器頂部ベント弁の駆動用窒素供給ラインを構成し、同日 6 時 06 分に中央

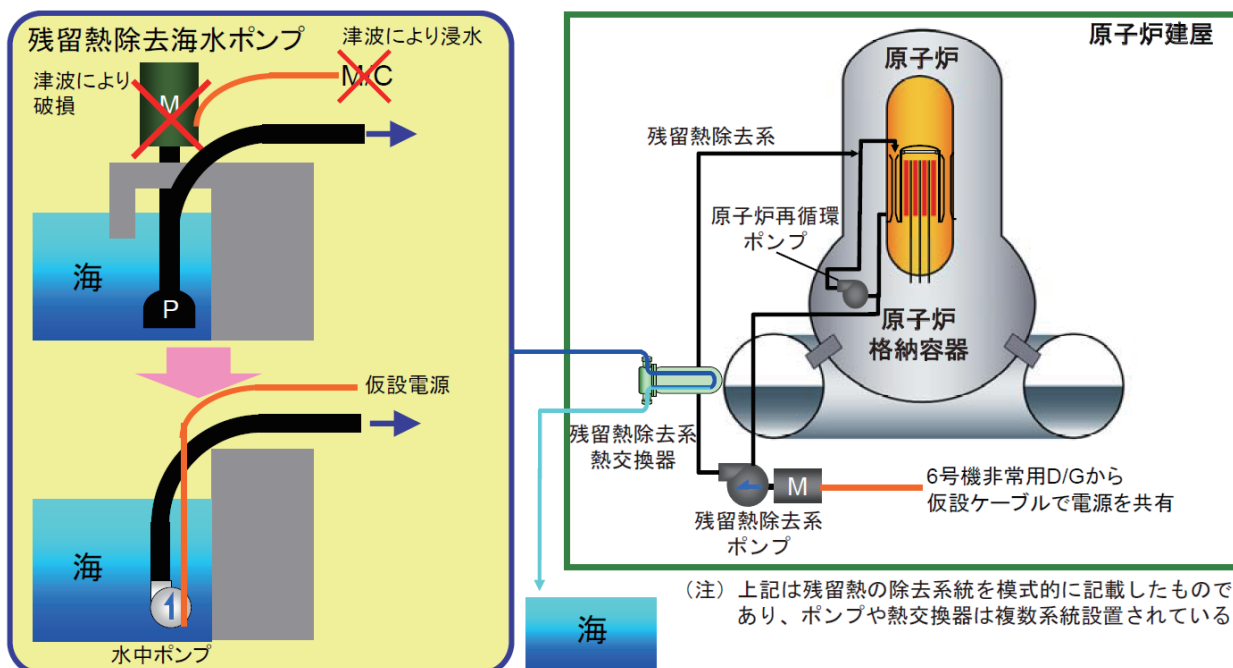


図 2 仮設水中ポンプと高圧電源車からの電源供給による RHR 海水ポンプと 6 号機の非常用 D/G から仮設ケーブルによる RHR ポンプ駆動による 5 号機の冷温停止

制御室から原子炉压力容器頂部ベント弁を手動開操作して、原子炉圧力の減圧を実施し、大気圧程度まで降下させた。

- ・しかし、その後、崩壊熱の影響により原子炉圧力は再度徐々に上昇した。この時点では早急に減圧する必要はなかったものの、減圧手段を確保する目的から、3月12日7時31分に残留熱除去系（A）ラインによる減圧操作を実施した。また、3月14日0時頃からは、主蒸気ラインによる減圧操作を試みたが、いずれも原子炉圧力に変化はなかった。このため、原子炉压力容器の耐圧漏えい試験のために中央制御室からの操作ができない状態になっていた主蒸気逃がし安全弁の復旧作業を3月14日未明より開始した。
- ・中央制御室で電源ヒューズを復旧するとともに、格納容器内で主蒸気逃がし安全弁駆動用窒素ガス供給ラインの弁開操作によって主蒸気逃がし安全弁操作のためのライン構成が完了した。
- ・3月14日5時に主蒸気逃がし安全弁を中央制御室から手動開操作し、原子炉压力容器の減圧を行った。その後も断続的に減圧操作を実施した。

<原子炉への注水及び使用済燃料プールへの水補給>

- ・3月13日20時48分、6号機低圧電源盤（T/B MCC6C-1）から5号機低圧電源盤（T/B MCC5C-2）へ仮設電源ケーブルを敷設し、6号機非常用D/G6Bから電源供給が開始され、同日20時54分に復水補給水系ポンプを手動起動した。
- ・その後、主蒸気逃がし安全弁で原子炉を減圧し、3月14日5時30分、復水貯蔵タンクを水源として、復水補給水系による代替注水ラインを使用した原子炉注水を開始した。以降、断続的に原子炉への注水を継続し、原子炉水位調整を行った。
- ・津波の影響で補助冷却海水系ポンプがすべて使用不可の状態であり、使用済燃料プールの冷却もできない状況であった。3月14日9時27分からは、アクシデントマネジメント策で設置されたラインを使用して、復水補給水系ポンプによる使用済燃料プールへの水の補給を実施した。その後も必要に応じて水の補給を行い、ほぼ満水状態を維持した。
- ・使用済燃料プール内の崩壊熱について温度上昇率を評価したうえで、除熱機能の復旧まで使用済燃料プール水温の監視を継続した。
- ・除熱機能復旧までの間、使用済燃料プール水温の上昇を抑制するため、3月16日22時16分から3月17日

5時43分にかけて温度が上昇した使用済燃料プール水の一部を圧力抑制室へ排水するとともに、アクシデントマネジメント策で設置されたラインを使用し、復水補給水系ポンプによる水の補給を実施した。

<残留熱除去系の復旧>

- ・3月11日以降、原子炉水位及び使用済燃料プール水位は十分に確保されていたものの、水温が上昇傾向にあることを踏まえ、3月15日夕方に本店対策本部内にて原子炉と使用済燃料プールの冷却方策検討指示が出され、翌16日から本店にて検討を開始した。残留熱除去系は6号機からの仮設電源ケーブルを用いた電源融通により、また、残留熱除去海水系は電源車を電源として一般汎用品の水中ポンプによる代替策により復旧することを16日午後から深夜にかけて順次発電所に提案した。
- ・これを受けて、発電所では、前日まで1～4号機への事故対応支援を行っていた要員を呼び戻し、5、6号機対応の体制を整えた上で復旧策の詳細検討、設備調査、準備作業及び各種調整を開始した。
- ・準備作業として、3月16日より仮設の残留熱除去海水系ポンプ（水中ポンプ）設置に関わるエリア調査を兼ねての瓦礫撤去、工事用道路の整地を開始した。
- ・3月17日夕方までには、高圧電源車から屋外ポンプ操作盤（仮設）までの仮設電源ケーブル敷設及び5号機の仮設水中ポンプの設置が完了した。その後、3月18日12時頃までに仮設水中ポンプへの電源接続を行い、3月19日1時55分に起動した。
- ・一方、3月17日から18日にかけて発電所対策本部復旧班で実施した点検の結果、6号機D/G6Aが起動可能であることが確認されたことから、復旧対象として選定した残留熱除去系ポンプ（C）への電源供給は、D/G6Aから6号機高圧電源盤（M/C-6C）を経由し、仮設電源ケーブルを用いて直接電源を供給することとした。仮設電源ケーブル敷設は3月18日14時頃から19日早朝にかけて実施した。
- ・3月19日5時頃、残留熱除去系ポンプ（C）を手動起動し、非常時熱負荷モードで使用済燃料プールの冷却を開始した。

<原子炉の冷温停止>

- ・3月20日10時49分、非常時熱負荷モードで使用済燃料プールの冷却をしていた残留熱除去系ポンプ（C）を手動停止し、同日12時25分、停止時冷却モードで

残留熱除去系ポンプ (C) を再度起動し、原子炉冷却を開始した。同日 14 時 30 分に原子炉水温が 100℃未満となり、原子炉冷温停止となった。(図 2 参照)

- 以降、残留熱除去系により原子炉と使用済燃料プールの冷却を交互に実施していたが、海水系ポンプの復旧により使用済燃料プールの除熱機能が確保できたことから、6 月 24 日 16 時 35 分に燃料プール冷却浄化系

ポンプを起動、燃料プール冷却浄化系による使用済燃料プールの冷却を開始し、残留熱除去系は原子炉冷却とした。

以上に解説した炉心損傷防止活動の流れをまとめ、表 1 に示す。

図 3 に福島第一原子力発電所 5 号機の冷却系の作動不能状況を示す。蒸気タービン駆動の高圧炉心注水系

表 1 福島第一発電所 5 号機 地震後の主な流れ

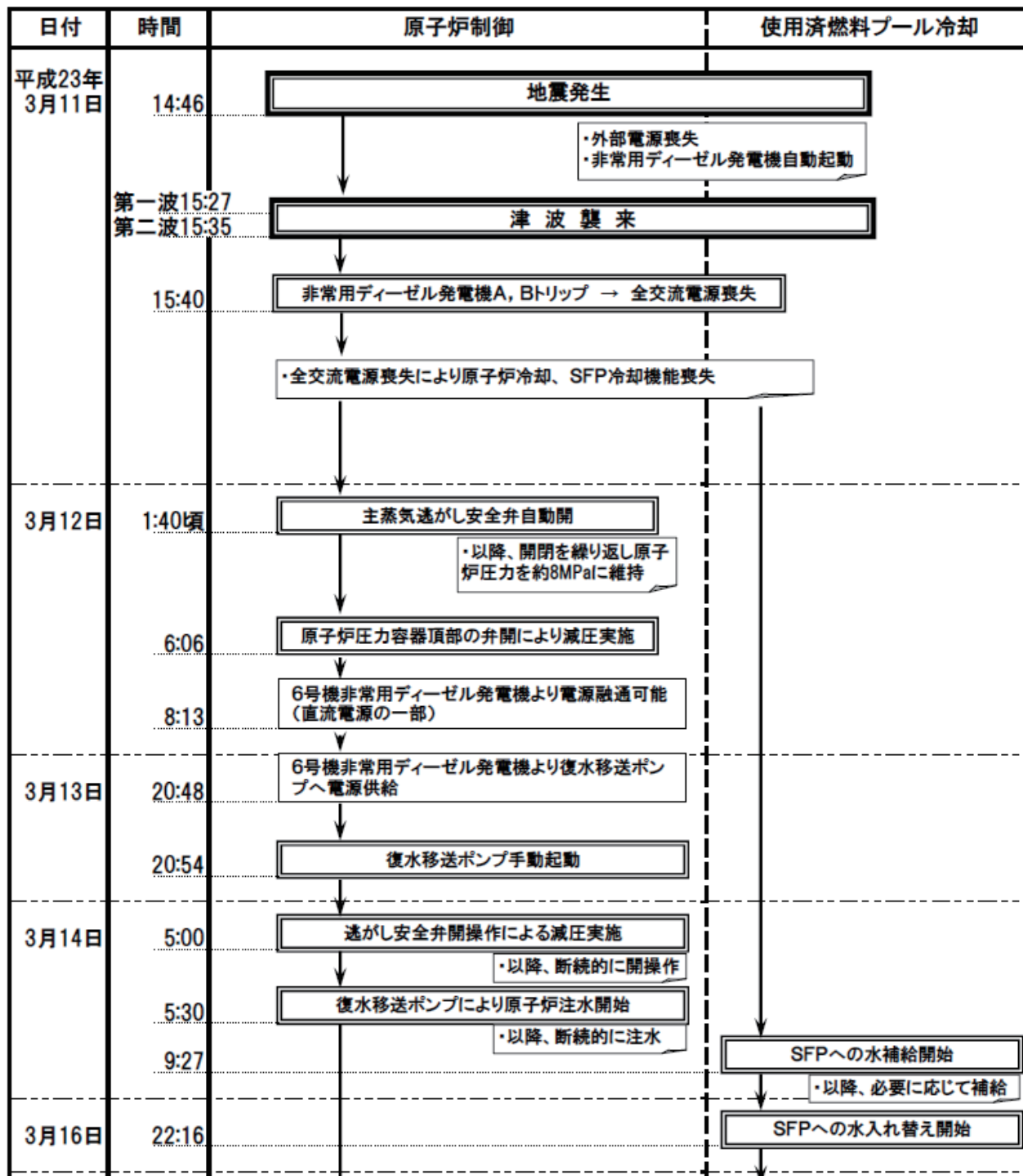


表1 福島第一発電所5号機 地震後の主な流れ (続き)

日付	時間	原子炉制御	使用済燃料プール冷却
3月17日	5:43		SFPへの水入れ替え終了
3月18日	13:30	原子炉建屋屋上孔あけ作業終了	
3月19日	1:55	仮設RHRSPポンプ起動(電源車からの仮設電源)	
	5:00頃	RHR手動起動	
3月20日	14:30	原子炉冷温停止 (原子炉水温<100℃)	SFP冷却及び原子炉冷却を切り替えて実施

(HPCI) 及び隔離時注水系 (RCIC) は点検中であり、津波到達後は、全ての冷却系が使えなくなっていた。表1に示した手順で、仮設注水ポンプによる残留熱除去系海水ポンプ (RHRSP) の代替、残留熱除去系 (RHR) ポンプの受電により、冷温停止 (100℃未満) を達成した。

表2にBWR/4の「止める・冷やす・閉じ込める」ために必要な交流電源系統を示す。原子炉への注水には、アクシデントマネジメント策で利用した復水移送 (MUWC) ポンプならびに主蒸気逃がし安全弁 (SR弁) の復旧が有効であった。

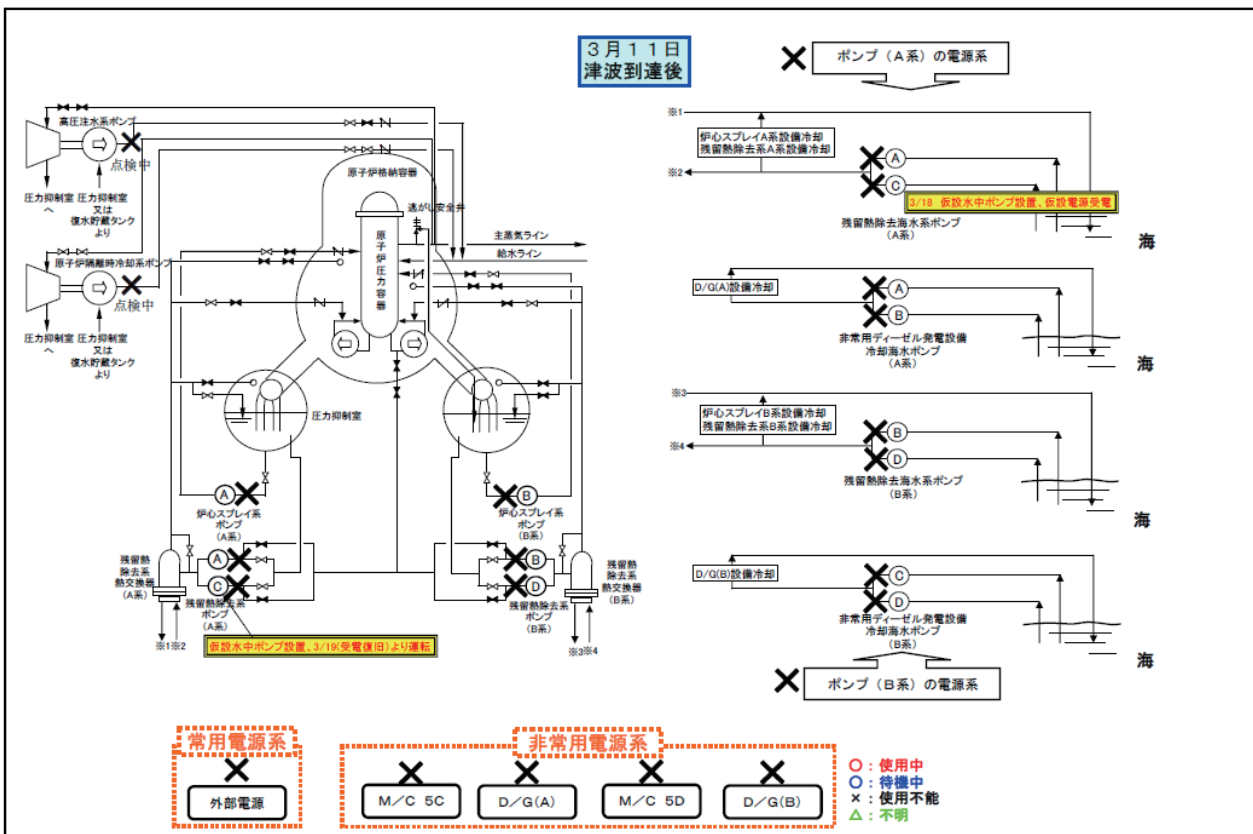


図3 福島第一原子力発電所5号機の冷却系の作動不能状況とRHR系の復旧

表2 福島第一原子力発電所5号機(BWR/4)の「止める・冷やす・閉じ込める」ため必要な交流電源系統

目的	設備名			系統数 (数量)	交流電源 が不要な 設備	交流電源が必要な設備					備考 (C/D-BUSについてはD/Gか らも受電可能)			
						外部電源								
						[D/G(A)]	[D/G(B)]							
	C-BUS	D-BUS	A-BUS	B-BUS	S-BUS									
止める	スクラム	制御棒駆動水圧系	HCU	137体	○							全交流電源喪失で自動スクラム		
	未臨界	ほう酸水注水系	SLC	2系統		A系	B系							
冷やす	高圧注水	原子炉隔離時冷却系	RCIC	1系統	○							直流電源で動作		
		高圧注水系	HPCI	1系統	○								直流電源で動作	
	減圧	逃がし安全弁 (ADS機能/逃がし弁機能/安全弁機能)	SRV	11個	○	○	○						直流電源で動作	
	低圧注水	炉心スプレイ系	CS	2系統			A系	B系						
		残留熱除去系	RHR-LPCI	2系統			A系 (A,Cポンプ)	B系 (B,Dポンプ)						
	代替注水 (AM)	復水補給水系	MUWC	1系統			Aポンプ	Bポンプ						
		消火系(電動駆動)	FP	1台								ポンプ		
		消火系(ディーゼル駆動)		1台	○									直流電源で動作
	通常注水	給復水系	FDW	給水系 2台					Aポンプ	Bポンプ				
				復水系 高圧3台					A,Cポンプ	Bポンプ				
				復水系 低圧3台					Aポンプ	B,Cポンプ				
	制御棒駆動系	CRD	1系統			Aポンプ	Bポンプ							
最終除熱	残留熱除去系	RHR-SHC	2系統			A系 (A,Cポンプ)	B系 (B,Dポンプ)							
閉じ込める	PCV冷却	残留熱除去系	RHR	2系統			A系 (A,Cポンプ)	B系 (B,Dポンプ)						
	PCVベント (AM)	S/Cベント弁	—				格納容器ベント弁 [MO弁]	格納容器ベント弁 [MO弁]					C又はD-BUSの電源の他、直流電源及び空気圧(S/Cベント弁[AO弁])で動作	
		D/Wベント弁	—				格納容器ベント弁 [MO弁]	格納容器ベント弁 [MO弁]					C又はD-BUSの電源の他、直流電源及び空気圧(D/Wベント弁[AO弁])で動作	

3. 福島第一6号機の事故回避対応

表3に福島第一発電所6号機 地震後の炉心損傷防止活動の主な流れを示し、以下に解説する。

<地震発生から津波到達まで>

- ・東日本大震災発生当時(3月11日14時46分の地震発生時)、6号機は定期検査中であり、原子炉内に燃料が装荷され、冷温停止状態であった。

全制御棒は全挿入位置にあり、プラントの停止状態に異常は認められなかったが、5号機と同様に地震の影響で外部電源が全喪失し、3月11日14時47分、非常用D/G6A、6B、高圧炉心スプレイ系D/Gが自動起動した。

- ・津波の影響を受け、非常用D/G海水系ポンプまたは電源盤の被水等(非常用D/G本体を除く)により非常用D/G6A及び高圧炉心スプレイ系D/Gが停止した。このため、高圧炉心スプレイ系ポンプは電源喪失により使用不能となった。非常用D/G建屋に設置されている空冷式の非常用D/G6Bについては、海水系によ

る冷却の必要がないこと及び電源盤が被水しなかったことなどから停止に至らず、電源を供給し続けることができた。

- ・また、残留熱除去海水系ポンプは、ポンプ本体が海水に冠水し、使用不能となった。このため、残留熱除去系及び低圧炉心スプレイ系ポンプはモータ、熱交換器等の冷却ができず、使用不能となった。

<所内電源系統の現場確認>

- ・3月11日23時30分頃から、5、6号機所内電源系統の点検のため、運転員は現場に向かった。電源設備は、一部の高圧電源盤(M/C)が津波の影響で使用不可であったが、直流電源設備は被水を免れ使用可能であった。
- ・また、非常用D/G6Bは、津波の被害を受けず健全であることを確認した。

<中央制御室内空気浄化の開始>

- ・12日6時03分、非常用D/G6Bから所内電源供給の構成を開始し、同日14時42分、非常用D/G6Bから

の電源により、5、6号中央制御室非常用換気空調系（5号側：2台、6号側：1台）のうち6号側の空調系を手動起動し、中央制御室内の空気浄化を開始した。

<原子炉圧力の減圧と原子炉への注水>

- ・復水補給水系ポンプは、非常用 D/G6B からの電源供給により起動できる状態であり、3月13日13時01分に手動起動し、13時20分、復水貯蔵タンクを水源として復水補給水系による代替注水ラインを使用した原子炉注水を開始した。以降、断続的に原子炉への注水を継続し水位を調整した。
- ・一方、崩壊熱の影響により、原子炉圧力が緩やかに上昇してきたことから、3月14日以降、主蒸気逃がし安全弁を中央制御室から手動開操作し、原子炉圧力の減圧を断続的に実施した。

<使用済燃料プール水の温度上昇抑制>

- ・3月11日の津波の影響により、補機冷却海水系が機能喪失したことから燃料プール冷却浄化系の除熱機能が喪失した。また、地震時のスロッシングによる使用済燃料プール水位低下の可能性があったことから、3月14日14時13分からアクシデントマネジメント策で設置されたラインを使用して水張りを実施したところ、プール水の正確な温度が判明し、地震発生前の約25℃から50℃程度まで温度が上昇していることが確認された。以降、使用済燃料プール内の崩壊熱について温度上昇率を評価したうえで、プール水温の監視を継続した。
- ・海水系による除熱機能復旧までの間、使用済燃料プール水温の上昇を抑制するための暫定処置について、発電所対策本部にて3月16日朝から検討を行った。6号機の燃料プール冷却浄化系ポンプ及び原子炉補機冷却系ポンプが非常用 D/G6B からの電源供給により起動できる状態であったことから、燃料プール冷却浄化系によるプール水の循環・攪拌運転及び原子炉補機冷却系の循環運転を行うこととし、同日午後以降実施した。その結果、プール水温度の上昇を抑制できた。

<非常用 D/G の復旧>

- ・3月15日朝、運転員は、5、6号機屋内外設備状況の確認を実施し、唯一動いている非常用 D/G6B に加え、非常用 D/G6A をバックアップとして復旧し、電源系を補強する必要性を確認した。
- ・3月17日から18日にかけて発電所対策本部復旧班で

海水ポンプエリアの浸水状況や外観の損傷状態等の目視点検、機器の絶縁抵抗測定等を実施し、非常用 D/G6A が起動可能であることが確認された。3月18日19時07分に非常用 D/G6A 海水ポンプを起動、3月19日4時22分に非常用 D/G6A を起動した。これにより6号機の非常用電源は非常用 D/G2 台が確保された。

<残留熱除去系の復旧>

- ・3月11日以降、原子炉水位及び使用済燃料プール水位は十分に確保されていたものの、水温が上昇傾向にあることを踏まえ、3月15日夕方に本店対策本部内にて原子炉と使用済燃料プールの冷却方策検討指示が出され、翌16日から本店にて検討を開始した。残留熱除去海水系は電源車を電源として一般汎用品の水中ポンプによる代替策により復旧することを16日午後から深夜にかけて順次発電所に提案した。
- ・これを受けて、発電所では、前日まで1～4号機への事故対応支援を行っていた要員を呼び戻し、5、6号機対応の体制を整えた上で復旧策の詳細検討、設備調査、準備作業及び各種調整を開始した。
- ・準備作業として、3月17日より仮設の残留熱除去海水系ポンプ（水中ポンプ）設置に関わるエリア調査を兼ねての瓦礫撤去、工事用道路の整地を開始した。
- ・3月19日に高压電源車からの仮設電源ケーブルの敷設と屋外ポンプ操作盤の設置が完了したことから、同日21時26分に仮設水中ポンプを起動した。
- ・残留熱除去系ポンプ（B）は非常用 D/G6B から電源供給が可能であり、同日22時14分、残留熱除去系ポンプ（B）を手動起動し、非常時熱負荷モードで使用済燃料プールの冷却を開始した。

<原子炉の冷温停止>

- ・3月20日16時26分、非常時熱負荷モードで使用済燃料プールの冷却をしていた残留熱除去系ポンプ（B）を手動停止し、同日18時48分に停止時冷却モードで残留熱除去系ポンプ（B）を再度起動し、原子炉冷却を開始した。同日19時27分に原子炉水温が100℃未満となり、原子炉冷温停止となった。
 - ・以降、残留熱除去系による停止時冷却系モードでの原子炉冷却と非常時熱負荷モードでの使用済燃料プールの冷却を交互に実施した。
- 以上の地震後から冷温停止までの炉心損傷防止対応の主な流れを表3に示す。

図4に福島第一原子力発電所6号機(BWR/5)の冷却系の作動不能状況と仮設水中ポンプを用いたRHR系の復旧を示す。残留熱除去系を使って、格納容器の外に崩壊熱を排出するために、仮設電源から受電した仮設水

中ポンプを残留熱除去海水ポンプ(B系)の系統に接続して、3月19日にヒートシンクを回復した(図の二重枠の部分)。

仮設電源は高圧電源車からの仮設電源ケーブルの敷設

表3 福島第一発電所6号機 地震後の炉心損傷防止活動の主な流れ

日付	時間	原子炉制御	使用済燃料プール冷却
平成23年 3月11日	14:46	地震発生	
	第一波15:27 第二波15:35	津波襲来	
	15:36	非常用ディーゼル発電機2台(D/G6A, HPCS D/G)トリップ	D/G6Bは停止せず
3月13日	13:01	復水移送ポンプ手動起動	
	13:20	原子炉注水開始	
3月14日	14:13	3/14以降SRVにて減圧を断続的に実施	SFPへの水の補給開始 以降、必要に応じて注水
3月16日	13:10		FPCポンプ手動起動 除熱機能がない循環運転
3月18日	17:00	原子炉建屋屋上孔あけ作業終了	
	19:07	非常用ディーゼル発電機(D/G6A)海水ポンプ起動	
3月19日	4:22	非常用ディーゼル発電機(D/G6A)起動	
	21:26	仮設RHRSポンプ起動(電源車からの仮設電源)	
	22:14	RHR手動起動	SFP冷却及び原子炉冷却を切り替えて実施
3月20日	19:27	原子炉冷温停止 (原子炉水温<100℃)	

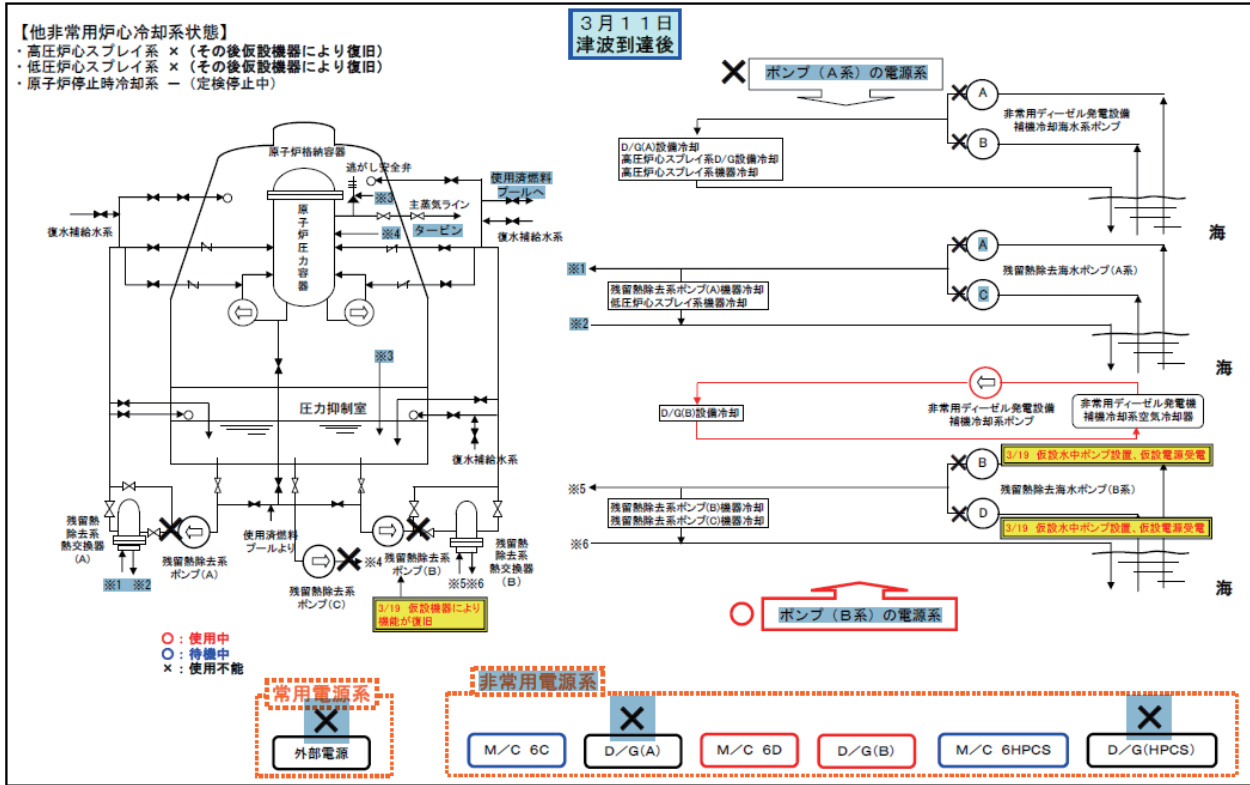


図4 福島第一原子力発電所6号機(BWR/5)の冷却系の作動不能状況とRHR系の復旧

と屋外ポンプ操作盤の設置し、仮設水中ポンプを起動した。また、残留熱除去系ポンプ(B)は非常用D/G6Bから電源供給が可能であり、残留熱除去系ポンプ(B)を手動起動し、非常時熱負荷モードで使用済燃料プールの冷却も開始した。

6. 結 言

福島第一原子力発電所5、6号機は、地震発生時は定期検査中であったため、全交流電源喪失後も事象の進展は緩やかであったが、1～4号機側の事故対応に多くの要員が必要であったこともあり、適切なタイミングでの判断及び確実な対応実施が必要な状況であった。そのような中で発電所対策本部と運転員は連携を密にしながら、発災後早くからプラント状態に基づく対応計画策定と実施を迅速に行い、さらに残留熱除去系の機能復旧に向けては本店やプラントメーカー等との協力体制のもと、対応に取り組むことができた。また、5号機は、6号機からの電源融通により、早期の段階で事故対応に必要な監視計器の復旧、原子炉減圧、復水補給水系及び残留熱除去系・残留熱除去海水系の機能復旧ができたこと

から、事象の進展が抑制された状態で冷温停止を達成した。

なお、これらの一連の対応においては、日頃の教育・訓練及び業務の積み重ねによる経験が生かされ、これまでに整備してきたアクシデントマネジメント策も有効に機能させることができた。

参考文献

福島原子力事故調査報告書、東京電力、(2012年6月20日)

(2017年3月22日)

著者紹介

著者：山下 理道
 所属：東京電力ホールディングス株式会社
 専門分野：