

8. 6 福島第一5号機の対応とプラントの動き

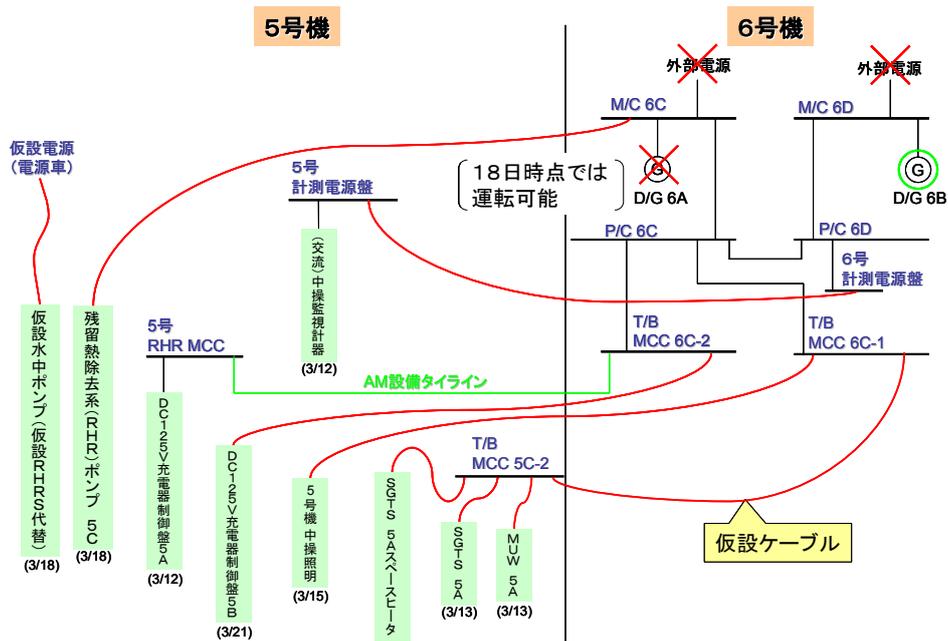
(1) 対応状況

<地震発生から津波到達まで>

- 3月11日14時46分の地震に襲われた時点で、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。耐圧漏えい試験中は、制御棒駆動機構ポンプにて原子炉を加圧していたが、電源喪失により自動停止したため、原子炉圧力が一時的に5MPa [gage]程度まで低下した。
- 地震発生時は、全制御棒は全挿入位置にあり、地震による停止状態の異常は認められなかった。
- 地震の影響で、夜の森線の鉄塔倒壊などによって外部電源が全喪失したことにより、3月11日14時47分、非常用母線の電源が喪失し、非常用D/G 5A、5Bが自動起動し、非常用系の高圧電源盤（M/C）の電源が回復した。
- その後、津波の影響を受け、非常用D/G 5A、5Bの海水ポンプまたは電源盤の被水等により非常用D/G 5A、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。なお、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た。

<6号機から5号機への電源融通>

- 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、5号機側は照明が切れて暗闇の中、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号機の非常用D/G6Bから6号機タービン建屋の低圧電源盤（T/B MCC6C-2）を介して、5号機原子炉建屋の低圧電源盤（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圧電源盤（T/B MCC6C-1）から、5号機低圧電源盤（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圧電源盤（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。

<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7MP a [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5MP a [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つたため使用できず、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8MP a [gage]程度を維持（最高使用圧力：8.27MP a [gage]、設計圧力：8.62MP a [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分に中央制御室

から原子炉圧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、3月14日未明より原子炉圧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していた主蒸気逃がし安全弁の復旧作業を開始した。
- ・ 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、原子炉圧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。

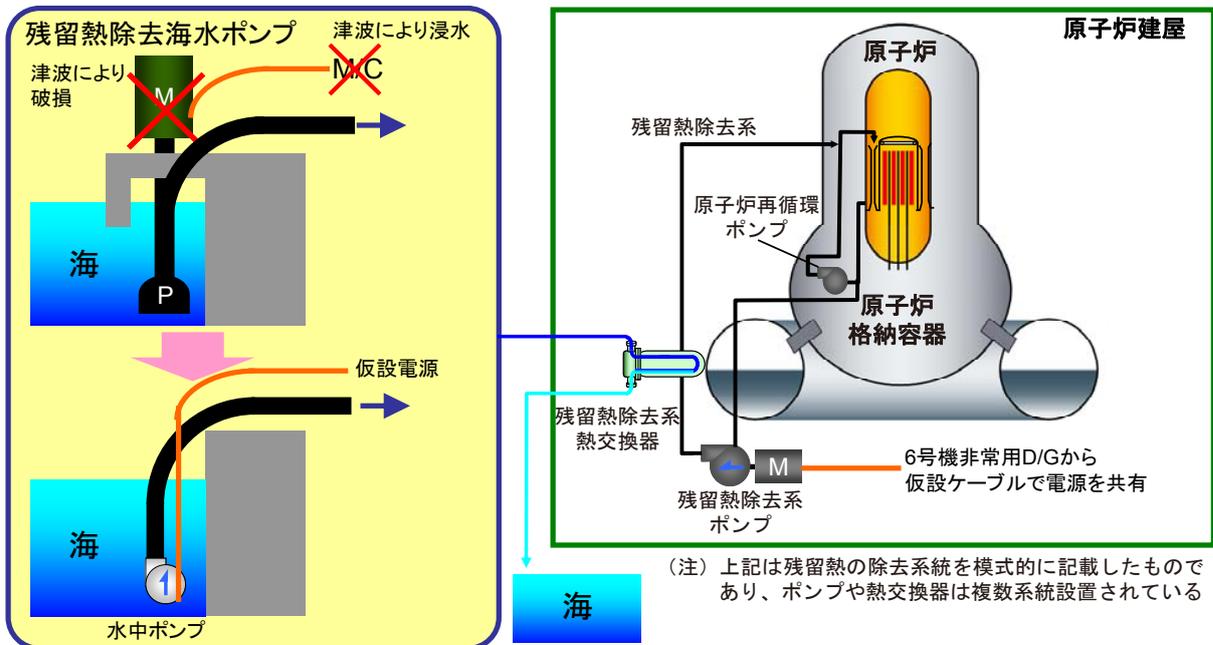
<原子炉への注水及び使用済燃料プールへの水補給>

- ・ 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/G 6A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/G 6A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。
- 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。

<原子炉建屋の負圧維持と水素ガスが発生した場合の対応>

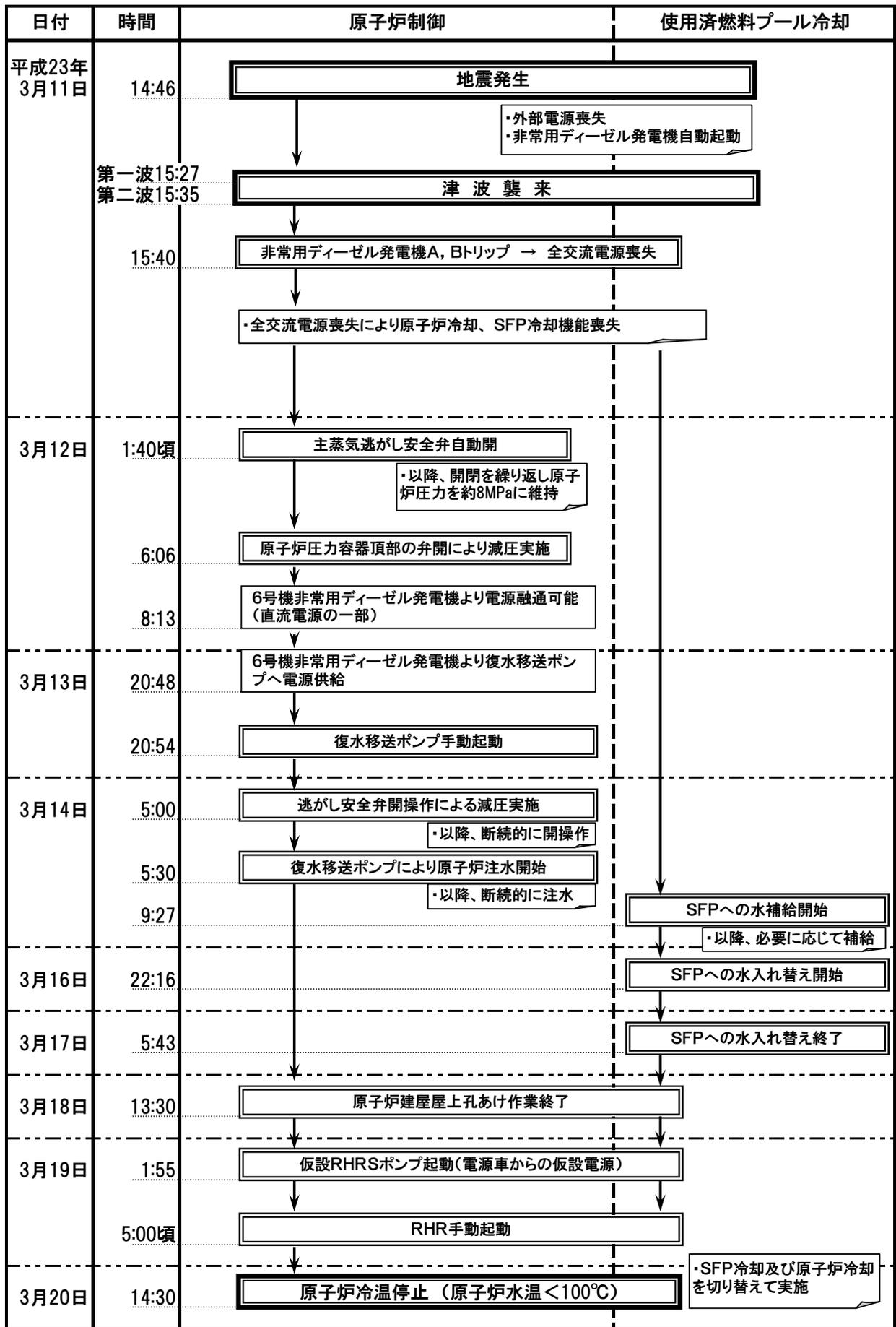
- ・ 高圧電源盤（M/C）の水没により低圧電源盤への電源が供給できなかったため、6号機タービン建屋の低圧電源盤（T/B MCC6C-1）から、5号機低圧電源盤（T/B MCC5C-2）まで仮設電源ケーブルの敷設を実施した。非常用ガス処理系は、3月13日21時01分に手動起動し、原子炉建屋の負圧を維持した。
- ・ また、地震発生以降、原子炉及び使用済燃料プールの水位は維持されており、ただちに水素ガスが発生する状況ではなかったが、余震により設備が被災し注水機能や除熱機能が失われるリスクもあることから、3月16日より発電所対策本部にて水素ガス滞留防止策を検討し、万全を期すため、ボーリングマシンを使用して原子炉建屋屋上の屋根（コンクリート）に孔あけ（直径約3.5cm～7cmを3ヶ所）作業を実施し、3月18日13時30分に完了した。

（2）まとめ

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、5、6号機側の対応にあたっては、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。（6号機も同様）

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に至った。

なお、こ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。（6号機も同様）



福島第一発電所5号機 地震後の主な流れ