

福島第一原子力発電所
東北地方太平洋沖地震に伴う原子炉施設への影響について

平成23年9月
東京電力株式会社

目 次

1. はじめに	1
2. 件名	1
3. 事象発生時のプラント運転状況	1
4. 事象発生時の状況	1
4. 1 東北地方太平洋沖地震及び津波のデータ	1
4. 2 福島第一原子力発電所事象概要	2
5. 地震に関する状況調査	6
5. 1 地震観測記録の分析結果	6
5. 2 地震時及び地震直後の福島第一原子力発電所内外の電気設備の状況	6
5. 3 地震時及び地震直後の福島第一原子力発電所プラントの運転状況	6
5. 4 地震の観測記録を用いた原子炉建屋及び耐震安全上重要な機器・配管系の地震応答解析結果	7
5. 5 まとめ	7
6. 津波に関する状況調査	8
6. 1 津波の調査結果及び状況	8
6. 1. 1 津波調査結果	8
6. 1. 2 主要建屋への浸水経路	8
6. 1. 3 津波による設備の状況	11
6. 2 まとめ	13
7. 福島第一原子力発電所1号機の事故状況及び事故進展の状況調査	14
7. 1 プラントの状況	14
7. 1. 1 地震発生前のプラント状況	14
7. 1. 2 地震発生後のプラント及び対応状況	14
7. 2 後日の調査によって確認された事項	23
7. 2. 1 ICに関する考察	23
7. 2. 2 炉心の状態について(MAAP解析結果)	24

8.	福島第一原子力発電所2号機の事故状況及び事故進展の状況調査	26
8.1	プラントの状況	26
8.1.1	地震発生前のプラント状況	26
8.1.2	地震発生後のプラント及び対応状況	26
8.2	後日の調査によって確認された事項	34
8.2.1	炉心の状態について(MAAP解析結果)	34
9.	福島第一原子力発電所3号機の事故状況及び事故進展の状況調査	35
9.1	プラントの状況	35
9.1.1	地震発生前のプラント状況	35
9.1.2	地震発生後のプラント及び対応状況	35
9.2	後日の調査によって確認された事項	41
9.2.1	炉心の状態について(MAAP解析結果)	41
10.	福島第一原子力発電所4号機の事故状況及び事故進展の状況調査	42
10.1	プラントの状況	42
10.1.1	地震発生前のプラント状況	42
10.1.2	地震発生後のプラント及び対応状況	42
10.2	後日の調査によって確認された事項	43
10.2.1	R/B損傷について	43
11.	福島第一原子力発電所5号機の事故状況及び事故進展の状況調査	44
11.1	プラントの状況	44
11.1.1	地震発生前のプラント状況	44
11.1.2	地震発生後のプラント及び対応状況	44
12.	福島第一原子力発電所6号機の事故状況及び事故進展の状況調査	48
12.1	プラントの状況	48
12.1.1	地震発生前のプラント状況	48
12.1.2	地震発生後のプラント及び対応状況	48
13.	福島第一原子力発電所使用済燃料貯蔵施設の状況調査	51
13.1	1号機SFP状況	51
13.2	2号機SFP状況	52
13.3	3号機SFP状況	54
13.4	4号機SFP状況	56
13.5	5号機SFP状況	57

1 3. 6	6号機SFP状況	57
1 3. 7	共用プール状況	58
1 3. 8	乾式貯蔵キャスク保管建屋状況	58
1 4.	福島第一原子力発電所の事故による環境影響について	60
1 4. 1	放射性物質の大気中への放出量の評価	60
1 4. 2	放射性物質の海水中への放出量の評価	60
1 5.	福島第一原子力発電所における作業員の被ばくについて	62
1 5. 1	作業員の被ばくの状況	62
1 5. 2	線量限度を超える作業員の被ばく	62
1 6.	今後の予定	64

添付資料

地震に関する状況調査添付資料一式
津波に関する状況調査添付資料一式
1号機添付資料一式
2号機添付資料一式
3号機添付資料一式
4号機添付資料一式
5号機添付資料一式
6号機添付資料一式
使用済燃料貯蔵施設添付資料一式
環境影響に関する評価添付資料一式
作業員の被ばくに関する添付資料一式
今後の予定に関する評価添付資料一式

参考資料（プラント概要、略語集など）

1. はじめに

平成23年3月11日14時46分に発生した三陸沖を震源とする東北地方太平洋沖地震に伴う原子炉施設への影響については、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（以下、「実用炉規則」という。）第19条の17の規定により、原管発官22第489号（3月18日付け）にて報告を行っている。

上記報告において、福島第一原子力発電所については、原子力災害対策特別措置法（以下、「原災法」という。）第10条第1項の規定に基づく特定事象（以下、「第10条該当事象」という。）（全交流電源喪失）及び原災法第15条第1項の規定に基づく特定事象（以下、「第15条該当事象」という。）（非常用炉心冷却装置注入不能）が発生し、安全上重要な機器等が原子炉施設の安全を確保するために必要な機能を喪失したこと、また、敷地境界の放射線量の値が制限値を超えたため、原災法第15条該当事象（敷地境界放射線量異常上昇）が発生したことを報告している。

今回、これまでに確認できた安全上重要な機器等の状況及び放射性物質の漏えい等について続報として報告するとともに、放射線業務従事者の被ばくに関して新たに報告する。

2. 件名

福島第一原子力発電所
東北地方太平洋沖地震に伴う原子炉施設への影響について

3. 事象発生時のプラント運転状況

1号機（定格電気出力	460MW）	定格電気出力一定運転中
2号機（定格電気出力	784MW）	定格熱出力一定運転中
3号機（定格電気出力	784MW）	定格熱出力一定運転中
4号機（定格電気出力	784MW）	定検停止中
5号機（定格電気出力	784MW）	定検停止中
6号機（定格電気出力	1,100MW）	定検停止中

4. 事象発生時の状況

4.1 東北地方太平洋沖地震及び津波のデータ

発 生 日 時：平成23年3月11日14時46分

震 源：三陸沖（震源深さ 24km）

マグニチュード：9.0

最大加速度：2号機原子炉建屋地下1階 水平方向（EW）550ガル

当発電所との距離：震央距離 178km、震源距離 180km

津波データ：浸水高

◇主要建屋設置エリア（1～4号機側、敷地高0.P.+10m）

・0.P.約+11.5～約+15.5m*（浸水深 約1.5～約5.5m）

※：当該エリア南西部では局所的に O.P. 約+16～約+17m（浸水深 約 6～約 7m）

◇主要建屋設置エリア（5・6号機側、敷地高 O.P. +13m）
・ O.P. 約+13～約+14.5m（浸水深 約 1.5m 以下）

浸水域

◇海側エリア及び主要建屋設置エリアほぼ全域

津波第1波到達時刻：平成23年3月11日15時27分頃

津波第2波到達時刻：平成23年3月11日15時35分頃

（以降、断続的に津波到達）

4. 2 福島第一原子力発電所事象概要

福島第一原子力発電所1号機は定格電気出力一定運転中、2、3号機は定格熱出力一定運転中、4～6号機は定期検査中のところ、平成23年3月11日14時46分に発生した三陸沖を震源とする東北地方太平洋沖地震により、1～3号機は「地震加速度大トリップ」で原子炉が自動停止した。

福島第一原子力発電所で観測された当該地震の最大加速度は、2号機原子炉建屋地下1階において550ガル（水平方向：EW）であり、1～3号機とも原子炉保護系（以下、「RPS」という。）が設計通りに作動したことにより自動停止した。

自動停止直後に全制御棒全挿入及び原子炉の未臨界を確認した。また、地震により一部の送電線鉄塔が倒壊するなど、外部送電線からの受電ができない状態となったことから、各号機の非常用ディーゼル発電機（以下、「D/G」という。）が自動起動し、原子炉冷温停止に必要な設備は健全で安定した状態であることを確認した。

また、使用済燃料プール（以下、「SFP」という。）の冷却機能については、1～6号機の燃料プール冷却材浄化系（以下、「FPC」という。）は常用電源喪失により停止した。なお、1号機については原子炉停止時冷却系（以下、「SHC」という）、2～6号機については、残留熱除去系（以下、「RHR」という。）による非常時熱負荷モードでの冷却が可能な状態であった。

しかし、地震後の津波（同日15時27分頃、第一波到達、同日15時35分頃、第二波到達）により、1～5号機において、一部を除くD/G設備及び電源設備等が被水したことにより使用不能となったため、すべての交流電源が喪失した。これについて、同日15時42分に原災法第10条該当事象（全交流電源喪失）と判断^{※1}した。なお、6号機においては、海水系による冷却の必要がない空冷式のD/G設備1台が運転継続したため、全交流電源喪失には至らなかった。

その後、1号機、2号機については、原子炉水位が確認できないこと、また、原子炉への注水状況が不明なことから、同日16時36分に原災法第15条該当事象（非常用炉心冷却装置注水不能）と判断した。

3号機についても原子炉への注水ができなくなったことから、3月13日5時10分に原災法第15条該当事象（原子炉冷却機能喪失）と判断した。

※1：平成23年4月24日に1号機、2号機、3号機のみで訂正

（原災法第10条該当事象（全交流電源喪失）は、原子炉が運転中の場合に適用となるため、冷温停止中であった4号機及び5号機は対象外と判断した。）

(1) 1号機について

津波後、原子炉水位の監視ができなくなっていたが、3月11日21時頃には原子炉水位の監視ができるようになった。また、原子炉への注水のため非常用復水器（以下、「IC」という。）の機能維持を図る操作を継続した。なお、同日23時00分タービン建屋（以下、「T/B」という。）1階北側二重扉前で1.2mSv/h、南側二重扉前で0.5mSv/hを計測した。

ドライウェル（以下、「D/W」という。）圧力が600kPa[abs]を超えている可能性があり、格納容器（以下、「PCV」という。）ベントを実施する可能性があることから、3月12日0時06分頃PCVベントの準備を進めるよう発電所長（発電所緊急時対策本部長）が指示を出した。同日0時49分、PCV圧力が最高使用圧力（最高使用圧力528kPa[abs]（427kPa[gage]））を超えている可能性があることを確認し、原災法第15条該当事象（格納容器圧力異常上昇）に該当すると判断した。

同日1時30分頃、1号機及び2号機のPCVベントの実施について、内閣総理大臣、経済産業大臣及び原子力安全・保安院に申し入れ、了解を得た。また、同日6時50分に、経済産業大臣より法令に基づき1号機及び2号機のPCV圧力を抑制するよう命令が出された。

同日5時46分から消防車ポンプによる代替注水（淡水）を開始した。

同日9時頃からPCV圧力を下げるため、PCVベントを行う作業を開始したが、既に原子炉建屋（以下、「R/B」という。）内は高放射線量環境下にあった。同日9時15分頃にPCVベントラインの電動作動弁（以下、「MO弁」という。）を手順書に従い手動で25%まで開操作を行った。さらに、圧力抑制室（以下、「S/C」という。）からのベントラインにある空気作動弁（以下、「AO弁」という。）を手動で開操作するために現場に向かったが、放射線量が高く実施できなかった。そのため、AO弁駆動用に仮設の空気圧縮機を設置してPCVベントの操作を実施した。

同日14時30分、PCV圧力が低下したことから、PCVベントが成功したと判断した。

同日14時54分頃発電所長（発電所緊急時対策本部長）から原子炉への海水注入を実施するよう指示が出された。

その後、同日15時36分、R/B上部で水素ガスによると思われる爆発が発生し、屋根及びオペレーションフロア（R/B最上階）の外壁が破損した。この爆発により、海水注入のためのホースが損傷し、現場からの退避、安否確認が実施され、現場の状況が確認されるまで復旧及び準備作業が中断した。これらの過程で放射性物質が環境中へ放出されたため、敷地周辺での放射線量は上昇した。

同日18時05分、経済産業大臣より、法令に基づき1号機原子炉圧力容器（以下、「RPV」という。）内を海水で満たす旨の法令に基づく命令があったことを本店・発電所間にて情報共有した。

同日19時04分から消火系（以下、「FP」という。）ラインを用いて海水の注水を開始した。

SFPへは、3月31日13時03分からコンクリートポンプ車による放水（淡水）が開始された。

(2) 2号機について

津波後、原子炉水位の監視ができなくなっていたが、3月11日22時頃には原子炉水位の監視ができるようになった。また、原子炉隔離時冷却系（以下、「RCIC」という。）の作動が確認できなかったが、3月12日2時55分にRCICの作動を現場で確認した。

3月12日4時20分から5時にかけて、復水貯蔵タンクの水位減少が確認された。復水貯蔵タンクの水位確保及び、S/Cの水位上昇の抑制を目的として、現場にて弁を手動操作することでRCICの水源を復水貯蔵タンクからS/Cに切り替えてRCICによる注水を継続した。3月14日13時18分、原子炉水位の低下が認められた。このことから、同日13時25分に原子炉冷却機能を喪失している可能性があるため原災法第15条該当事象（原子炉冷却機能喪失）と判断した。

同日17時17分には原子炉水位が0mm（有効燃料頂部（以下、「TAF」という。））まで低下した。その後、同日19時54分から消防車による海水の注水を開始した。

PCV圧力を下げるため、3月13日11時頃及び3月15日0時頃からラプチャーディスク（破裂板）（以下、「ラプチャーディスク」という。）を除くPCVベントラインの系統構成を実施したが、D/Wの圧力低下は確認されなかった。

3月15日6時00分から6時10分頃、大きな衝撃音が発生した。ほぼ同時期にS/C圧力の指示値が0MPa [abs]であることが確認された。

SFPへは、3月20日15時05分から既設のFPC配管を用いて注水（海水）が開始された。

(3) 3号機について

津波後、3月11日15時25分のRCIC停止に伴い水位が低下したが、同日16時03分にRCICを手動起動した。3月12日11時36分にRCICが停止した。その後、炉心水位の低下（L-2：TAF+2950mm）により高圧注水系（以下、「HPCI」という。）が同日12時35分に自動起動し、その後3月13日2時42分に停止した。

再度、RCICの手動起動を試みたが、起動できなかった。同日5時10分に原子炉冷却機能を喪失している可能性があることから原災法第15条該当事象（原子炉冷却機能喪失）と判断した。

同日9時25分頃から消防車によりFPラインからホウ酸を含む淡水注水を開始し、同日13時12分には海水注水に切り替え注水を継続した。

また、3月13日2時42分のHPCI停止後、PCV圧力を低下させるため、同日8時41分からPCVベントの操作を行い、さらに、3月14日5時20分にもPCVベントを行った。

その後、3月14日11時01分、R/Bで水素ガスによると思われる爆発が発生し、オペレーションフロアから上部全体とオペレーションフロア1階下の南北の外壁が損壊した。これらの過程で放射性物質が環境中へ放出されたため、敷地周辺での放射線量が上昇した。

SFPへは、3月17日9時48分頃、ヘリコプターから海水が投下され、その後、同日19時05分から放水車により、放水（海水）が開始された。

(4) 4号機について

定期検査中であり、シュラウド取替工事のため原子炉内から全燃料をSFPに取り出した状態で、SFPには燃料集合体1,535体が貯蔵されていた。津波後、全交流電源が喪失し、SFPの冷却機能及び補給水機能が喪失した。3月14日4時08分にはSFP水温が84℃に上昇した。

3月15日6時00分～6時10分頃、大きな音が発生した。その後、R/B5階屋根付近に損傷を確認した。さらに同日9時38分にはR/B3階北西コーナー付近で火災が発生していることが確認されたが、同日11時頃、自然に火が消えていることを確認した。3月16日5時45分頃にも、R/B北西部付近で火災が発生しているとの連絡があったが、同日6時15分頃、現場での火災は確認できなかった。

その後、3月20日8時21分から放水車によるSFPへの放水（淡水）が開始された。

(5) 5号機について

定期検査中であり、原子炉に燃料を装荷し、RPVの耐圧漏えい試験を実施していた。津波後、全交流電源が喪失し、原子炉及びSFPの冷却機能及び補給水機能が喪失した。このため、燃料からの崩壊熱により原子炉圧力が上昇傾向にあったが、原子炉へ注水を実施するためには、原子炉圧力を下げる必要があることから、現場でRPV頂部ベント弁の駆動空気供給ラインを構成後、3月12日6時06分に中央操作室（以下、「中操」という。）からRPV頂部のベント弁を手動操作して、原子炉圧力の減圧を実施し、大気圧程度まで降下させた。

その後、崩壊熱の影響により原子炉圧力は上昇するが、6号機から電源融通を受けて、主蒸気逃し安全弁（以下、「SRV」という。）で原子炉圧力を調整するとともに、復水補給水系（以下、「MUWC」という。）のポンプを使用して炉内への注水を行い、原子炉圧力と原子炉水位を制御した。その後、仮設の残留熱除去海水系（以下、「RHR S」という。）ポンプを設置することで、RHRを起動できたことにより、3月20日14時30分に原子炉冷温停止状態とするとともに、SFPについても継続的に冷却を行い、安定な状態となった。

(6) 6号機について

定期検査中であり、原子炉に燃料が装荷され、冷温停止状態であった。津波後、海水系による冷却の必要がない空冷式のD/G1台が、その電源設備等を含め、津波による被水を免れたため、機能喪失に至らず電源供給を継続できたが、海水ポンプ（以下、「SWポンプ」という。）及びRHR Sポンプはすべて機能を喪失し、原子炉及びSFPの冷却機能が喪失した。このため、燃料からの崩壊熱により原子炉圧力が緩やかな上昇傾向にあったが、MUWCポンプによる炉内への注水を行うとともに、あわせてSRVで原子炉圧力を調整し、原子炉水位と圧力を制御した。その後、仮設のRHR Sポンプを設置することで、RHRを起動できたことにより、3月20日19時27分に原子炉冷温停止状態とするとともに、SFPについても継続的に冷却を行い、安定な状態となった。

5. 地震に関する状況調査

5. 1 地震観測記録の分析結果

東北地方太平洋沖地震によるR/B基礎版上(最地下階)の観測値のうち、2号機、3号機及び5号機で得られている水平方向の観測値(それぞれ550、507、548ガル)については、基準地震動S_sに対する加速度値(それぞれ438、441、452ガル)を超えているものの、ほとんどの観測値は、基準地震動S_sに対する加速度値を下回っていることを確認した。

また、地震観測記録の応答スペクトルについては、一部の周期帯において基準地震動S_sによる応答スペクトルを上回っているものの、概ね同程度であることを確認した。

【添付資料－5－1】

5. 2 地震時及び地震直後の福島第一原子力発電所内外の電気設備の状況

東北地方太平洋沖地震により、福島第一原子力発電所では、新福島変電所の設備被害、外部電源の送電鉄塔の倒壊、所内受電用しゃ断器の被害などによって6系統(うち1系統は工事停止中)ある外部からの受電系統のすべてが受電できない「外部電源喪失」状態となった。しかしながら、外部電源喪失を受け、1号機から6号機では、定期検査で点検中の4号機の1台を除き、待機中のすべてのD/Gが直ちに起動し、原子炉施設の安全確保に必要な非常用系統への電力供給に成功した。

被害のあった電気設備のうち、以下の所内受電用しゃ断器については、機器の損傷を確認しており、主要電気工作物の破損事故に該当する。

- ・ 大熊線1L受電用しゃ断器(O-81)及び大熊線2L受電用しゃ断器(O-82)

【添付資料－5－2、3】

5. 3 地震時及び地震直後の福島第一原子力発電所プラントの運転状況

東北地方太平洋沖地震により、福島第一原子力発電所では、運転中の1号機、2号機、3号機は「地震加速度大トリップ」が発生し、直ちに全制御棒が全挿入となり原子炉は設計通り自動停止するとともに、その後、原子炉が未臨界状態となったことを確認した。また、1号機においては自動起動したIC、2号機及び3号機においてはSRV及び手動起動したRCICにより、安定的に原子炉圧力、水位が制御された。

地震発生時におけるプラントデータからは、地震直後から津波襲来までの間、主要なパラメータ、プラント機器動作状況などに異常な応答、挙動は認められず、排気筒放射線モニタの値に異常な変化はなく、外部への放射能の影響はなかった。

また、定期検査中の4号機、5号機及び6号機についても地震による停止状態への異常は認められなかった。(1号機から6号機各プラントの状況は7章から12章で詳述する。)

これらの状況から、安全上重要な機能を有する主要な設備は、地震時及び地震直後において安全機能を保持し、原子炉自動停止後の対応を適切に実施できる状態にあったものとする。

5. 4 地震の観測記録を用いた原子炉建屋及び耐震安全上重要な機器・配管系の地震応答解析結果

福島第一原子力発電所1号機から6号機について東北地方太平洋沖地震で得られたR/B基礎版上など多数の地震観測記録を用いて地震応答解析を行った。

(1) R/Bの解析結果

1号機から6号機R/Bの東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震応答解析にあたっては、地震時の建屋の状況を確認する観点から、建屋基礎版上で取得された観測記録を用いた地震応答解析を実施した。

地震応答解析にあたっては、建物・構築物や地盤の特性を適切に表現できるモデルを設定している。

地震応答解析の結果、耐震壁のせん断ひずみは、評価基準値 (2.0×10^{-3}) を十分に下回り、もっとも厳しい結果の2号機の場合でも 0.43×10^{-3} (東西方向、5階) であり、地震による応力はR/Bの健全性に影響するものでないことが確認された。

なお、破損が確認されている1号機、3号機及び4号機のR/Bについて、破損の状況を質点系モデルに反映し、基準地震動 S_s を用いた時刻歴応答解析を実施した結果、残存している耐震壁に発生するせん断ひずみは評価基準値を大きく下回っており、十分な安全性を有していると評価した。

【添付資料－5－4～12】

(2) 耐震安全上重要な機器・配管系の解析結果

1号機から6号機の原子炉等の大型機器について、東北地方太平洋沖地震の観測記録に基づいた地震応答解析を行い、その結果得られた地震荷重等と、既往の基準地震動 S_s による耐震安全性評価で得られている地震荷重等との比較を行った。

比較の結果、1号機から6号機において今回の地震による地震荷重等は、耐震安全性評価で得られている地震荷重等を一部上回るものの、原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」に係わる安全上重要な機能を有する主要な設備の耐震性評価を実施し、計算される応力等が評価基準値以下であることを確認した。

これらの結果から、安全上重要な機能を有する主要な設備は、地震時及び地震直後において安全機能を保持できる状態にあったものと考えられる。

【添付資料－5－4～9】

5. 5 まとめ

福島第一原子力発電所においては、1号機から4号機については、津波襲来後の事故により施設内の点検を行うことが困難な状況であるが、5.3でのプラント運転状況及び5.4での解析結果から、安全上重要な機能を有する主要な設備は、地震時及び地震直後において安全機能を保持できる状態にあったものと考えられる。また、冷温停止となった5号機及び6号機においては、プラント内の巡視を行った結果、安全上重要な機能を有する主要な設備に地震による損壊は確認されていない。

以上の状況調査から、地震による外部電源の喪失は生じたものの、D/Gによる電源確保に成功しており、プラントとしては地震時及び地震直後の対応を適切に実施できる状態にあったものと考えられる。

6. 津波に関する状況調査

6. 1 津波の調査結果及び状況

6. 1. 1 津波調査結果

福島第一原子力発電所に襲来した津波は主要建屋敷地（1号機から4号機側でO. P. +10m、5号機及び6号機側でO. P. +13m）まで遡上し、浸水域は主要建屋設置エリアの全域に及んだ。浸水高は1号機から4号機側でO. P. 約+11.5～約+15.5m^{*1}、浸水深で約1.5m～約5.5mであり、主要建屋周囲に顕著な浸水が認められた。

4号機南側の集中環境施設プロセス主建屋付近で津波襲来時の状況を撮影した写真では、敷地高さO. P. +10mに設置してある高さ約5.5mのタンクが津波に水没していく様子が撮影されている。建屋周囲の浸水高は、この付近では敷地上5m以上にも及んだことが示されている。

一方、5号機及び6号機側では、浸水高はO. P. 約+13～約+14.5m、浸水深で約1.5m以下であり、1号機から4号機側との比較では相対的には浅くなっているが、主要建屋周囲が浸水していた。

なお、福島第二原子力発電所では、主要建屋敷地エリアへの浸水の様相が異なり、O. P. +4mの海側エリアでは浸水（浸水高O. P. 約+7m）が全域に及んでいるものの、海側エリアから斜面を超えてO. P. +12mの主要建屋エリアへの遡上は認められなかった。一方で、一部主要建屋エリア南東側から免震重要棟への道路に集中的に遡上したことが認められ、この結果、1号機南側においては浸水深が深く、また、2号機及び3号機への回り込みは見られるが2号機及び3号機周囲の浸水深は僅かであり、4号機建屋周囲においてはほとんど浸水が認められなかった。

福島第一原子力発電所に襲来した津波の最大高さは潮位計、波高計が地震、津波の影響を受けたため直接測定できていないが、発電所構内の高さO. P. +10mの防波堤を津波が乗り越えてくる様子が撮影されており、津波の高さが10mを超えるものであることは明らかである。また、インバージョンにより波源を推定し、津波の高さを解析によって評価したが、福島第一原子力発電所の津波の高さは約13mであり、平成14年に刊行された土木学会「原子力発電所の津波評価技術」に基づく評価結果を踏まえた津波の高さ5.4～5.7mに対しての機能確保の対策を講じていたものの、津波はそれを大幅に上回るものであった。

また、福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所に襲来した津波の高さ^{*2}が異なった要因は、宮城県沖ならびに福島県沖に想定されるすべり量の大きい領域からの津波のピークの重なる度合いが異なることが影響した可能性が考えられる。それぞれの発電所に襲来した津波の高さが異なったことで、主要建屋敷地での浸水規模や様相にも差異が生じているものと考えられる。

※1：当該エリア南西部では局所的にO. P. 約+16～約+17m（浸水深 約6～7m）

※2：福島第二原子力発電所の津波の高さは約9mと評価した

【添付資料－6－1～5】

6. 1. 2 主要建屋への浸水経路

福島第一原子力発電所の主要建屋（R/B、T/B、D/G建屋、運用補助共用施

設、コントロール建屋、廃棄物処理建屋、サービス建屋及び集中環境施設)の周囲は全域が津波の遡上により冠水した。これらの主要建屋について、外壁や柱等の構造躯体には津波による有意な損傷は確認していない。一方で、建屋の地上の開口部に取り付けられている建屋出入口、D/G給気ルーバ、地上機器ハッチや、建屋の地下でトレンチやダクトに通じるケーブル、配管貫通部が、津波により冠水、損傷したことを確認した。これら建屋の地上の開口部や地下のトレンチやダクトに通じるケーブル、配管貫通部が、建屋内部への津波の浸水経路になったと考えられる。

主な建屋の浸水概況は以下の通り。

(1) 1～4号機R/B

R/B内は高線量のため建屋内の調査を実施できず、津波による海水の浸水の有無は不明である。

(2) 5号機R/B

5号機では、R/B地下1階で浸水を確認した。なお、浸水した水の海水濃度は低く、流入が継続していたことから、津波が直接浸水したものではなく、海水を含む地下水の浸水によるものと推定した。

(3) 6号機R/B (原子炉棟及び複合建屋)

6号機では、複合建屋地下で浸水を確認した。T/B地下に滞留した海水が、配管貫通部を通じて複合建屋に浸水したと評価した。また、複合建屋から貫通部等を通じ、原子炉棟へ浸水したと推定した。一方、D/Gが設置されているエリアへの浸水は認められなかった。R/B1階にD/G給気ルーバ(O. P. 約+15m)が設置されているが、近傍の浸水はO. P. 約+13.5～約+14.5mであったため、D/Gへの浸水はなかった。

(4) 1号機T/B

1号機では、T/B1階でT/B大物搬入口、建屋出入口から海水が流入し、広範囲に浸水した。T/B地下1階でも浸水が確認され、T/B1階、ダクト、トレンチ、機器ハッチからの流入が浸水経路として推定されるが、水没及び高線量のため詳細は不明である。なお、T/B地下1階に設置されているD/Gについては、直接の確認は実施できない状況であるが、付近の機器ハッチに浸水の痕跡があること、T/B地下1階が水没したことから、浸水したものと評価した。

(5) 2号機T/B

2号機では、T/B1階で大物搬入口、1～2号機連絡通路からの浸水が確認された。T/B地下1階でも浸水が確認され、T/B1階、ダクト、トレンチ、D/G給気ルーバ、機器ハッチ、及び1号機からの流入が浸水経路として推定されるが、水没及び高線量のため詳細は不明である。なお、T/B地下1階に設置されているD/Gについては、直接の確認は実施できない状況であるが、付近の機器ハッチ、D/G給気ルーバに浸水の痕跡があることから、浸水したものと評価した。

(6) 3号機T/B

3号機では、T/B 1階で大物搬入口、建屋出入口からの流入による浸水が確認された。T/B地下1階でも浸水が確認され、T/B 1階、ダクト、トレンチ、D/G給気ルーバ、ケーブル貫通部からの流入が浸水経路として推定されるが、水没及び高線量のため詳細は不明である。なお、T/B地下1階に設置されているD/Gについては、直接の確認は実施できない状況であるが、付近のD/G給気ルーバに浸水の痕跡があることから、浸水したものと評価した。

(7) 4号機T/B

4号機では、T/B 1階、T/B 2階でT/B 1階大物搬入口からの流入による浸水が確認された。T/B 1階については、3～4号機連絡通路、D/G給気ルーバ、ブロック開口からの浸水も推定されるが、高線量のため詳細は不明である。T/B地下1階でも浸水が確認され、T/B 1階、ダクト、トレンチ、D/G給気ルーバ、機器ハッチからの流入が浸水経路として推定されるが、水没及び高線量のため詳細は不明である。T/B地下1階に設置されているD/Gについては、浸水を確認した。

(8) 5号機T/B

5号機では、ケーブル貫通部を通じ、T/B地下1階電気品室が浸水した。また、配管トレンチからと考えられる浸水も確認されたが、トレンチが水没しているため、詳細調査は実施できない状況である。

T/B地下1階に設置されているD/Gのエリアには浸水は認められなかった。T/B 1階にD/G給気ルーバ(O. P. 約+14.5m)が設置されているが、近傍の浸水はO. P. 約+13～約+14mであったため、D/Gへの浸水はなかった。

(9) 6号機T/B

6号機では、T/B 1階でT/B 1階大物搬入口からの流入による浸水が確認された。T/B地下1階でも浸水が確認され、シャフト、トレンチ、T/B 1階からの浸水が経路と考えられる。また、5号機T/B地下1階に設置されている6号機電気品室が浸水した。

(10) D/G 建屋 (D/G 6B)

D/G 建屋では、建屋内への浸水は確認されなかった。

(11) 運用補助共用施設 (共用プール及びD/G 2B、4B)

運用補助共用施設では、給気ルーバ、建屋出入口を通じ、1階が浸水した。地下1階でも浸水が確認され、1階からの浸水、ケーブル貫通部からの浸水等が浸水経路と考えられる。

D/G 2B、4B設備が設置されているエリアへの浸水は認められなかった。

【添付資料－6－6】

6. 1. 3 津波による設備の状況

(1) 非常用海水系ポンプ

1号機から6号機は海水を利用することで崩壊熱の除去を行う構造になっている。また、一部の空冷式を除き、D/Gも海水を利用して機関の冷却を行う構造である。このため、海側エリアに海水を取り込むための非常用海水系ポンプ^{*1}が設置されている。

これらの海水系ポンプを設置している海側エリアの敷地高さはO. P. + 4 mであり、平成14年の津波高さ評価結果を踏まえ津波高さ5.4～5.7 mに対しての機能確保の対策を講じていたものの、津波はそれを大幅に上回るものであったことからこれらのポンプの電動機は冠水し、系統の機能を喪失した。

その結果、1号機から6号機までの原子炉及びSFPを除熱し、冷温停止するための最終ヒートシンクを喪失することとなった。また、海水を利用した水冷式のD/Gも機能を喪失した。

なお、非常用海水系ポンプの躯体の機械的損傷は限定的^{*2}であり、6号機のD/G 6A海水ポンプは平成23年3月18日時点で特段の修理を行わずに起動することができ、平成23年3月19日、D/G 6Aを起動した。

※1：非常用海水系ポンプ設備は、格納容器冷却海水系（以下、「CCSW」という。）ポンプ、RHRSPポンプ、D/G海水ポンプをいう。

※2：屋外ヤードエリア設置の非常用海水系ポンプ設備については、点検中で取り外していた4号機RHRSPポンプ（A、C）を除き、いずれも津波を受けた後も据付場所に自立しており、ポンプ本体が流出したものはなかった。しかしながら、設備点検用クレーンの倒壊、漂流物の衝突等によるポンプならびに付属機器の損傷、電動機軸受潤滑油への海水の混入が確認された。

【添付資料－6－7、8、9】

(2) 非常用ディーゼル発電機

主要建屋エリア全域が津波の浸水を受け、建屋への浸水が生じた結果、建屋内の電気品の機能喪失が生じた。

5号機及び6号機の水冷式D/G（D/G 5A、D/G 5B、D/G 6A及び高圧炉心スプレイス系（以下、「HPCS」という。）D/G）本体は、被水を免れたが、1号機から4号機の水冷式のD/G本体は全て海水を被水して停止している。被水しなかった5号機及び6号機の水冷式D/Gも、D/G海水ポンプ等が機能喪失しているため運転することが出来ず、結果、水冷式のD/Gは全て停止した。

一方、2号機（D/G 2B）、4号機（D/G 4B）及び6号機（D/G 6B）は空冷式のD/Gであり、これらについては海水系ポンプがないため津波による冷却系への影響はなかった。2号機（D/G 2B）及び4号機（D/G 4B）については、4号機R/Bの南西にある運用補助共用施設に設置しており、D/G本体には浸水被害がなかったものの、運用補助共用施設地下の電気品室が浸水被害を受け、D/G電源盤が水没して機能喪失となった。

この結果、1号機から5号機までのプラントでD/Gが停止し、全ての交流電源を喪失した。6号機は、空冷式D/G 6Bが運転を継続し電源が維持された。

【添付資料－6－10】

(3) 電源盤

外部電源及びD/Gの電力は、高圧電源盤、パワーセンター、低圧電源盤を經由して各機器に供給される。また、交流電源喪失時に最低限の監視機能等を確保するために直流電源盤（バッテリーあり）が用意されている。

今回の津波襲来により、1号機から5号機までは常用系、非常用系の高圧電源盤が全て被水しており、仮に外部電源やD/Gが機能していたとしても電力を必要とする機器に供給することができない状況であった。

また、パワーセンターについても大半が被水しており、高圧電源車などの接続可能な箇所は限られてしまう状況であった。

直流電源盤の被害については、1号機、2号機及び4号機で被水したが、3号機、5号機及び6号機では被水していない。3号機、5号機及び6号機の直流電源盤は、T/B中地下階に設置されていたことで浸水被害が及ばなかったものと推定する。

建屋への大規模な浸水が生じた施設では、建屋最地下階の浸水が顕著であり電源盤の被害もこれに対応している。建屋最地下階に設置してあった電源盤は被水の被害を受けているのに対して、建屋中地下階（一部被水の被害を受けているものあり）に設置してある電源盤は、被水を免れた。また、建屋最地下階に設置してあっても建屋周囲に浸水高に対して建屋への浸水経路となるD/G給気ルーバ等の最下端が浸水高より上に設置され、浸水経路となるダクト、トレンチ等の貫通部もない箇所では、建屋への浸水がなく、設備も被水していない。5号機及び6号機のD/Gや6号機の非常用電源盤（高圧電源盤、パワーセンター）などがこの場合に該当した。

なお、6号機については、空冷式のD/G 6Bのみならず、高圧電源盤、パワーセンターといった電源盤（非常用電源系B系）も被害がなかったことから、供給先の機器を作動継続させることが出来た。

【添付資料－6－10】

(4) 非常用冷却設備

福島第一原子力発電所は、東北地方太平洋沖地震で被災し、現在に至っても、建屋内への立入に関する制約事項も多いことから、発電所設備の損傷状況を完全に把握、整理するには至っていない。プラント運転データ等を整理活用するにあたり、設備の損傷状況について整理し取り纏めを実施した。

機器の損傷状況の整理は、運転記録や数少ない作業員からの伝聞情報をもとに作成したため、情報量は少なく粗いものとなっている。地震直後は余震、津波警報、水素ガスによると思われるR/B爆発等のために、設備の損傷状況とその原因を特定できるような確認をしていない。このような点を補うために、機器の損傷状況を整理するだけではなく、健全情報も記載した。これにより、僅かではあるが地震での損傷か、津波による損傷か区分することが可能となった。また、損傷の中には、電源の損傷による機器の機能喪失も含まれている。

なお、代替注水機能として重要なMUWCポンプは、1号機から4号機については電源の喪失のみならず、電動機が被水しており、電源が仮に復旧したとしても機能を回復できる状態ではなかった。

【添付資料－6－11】

(5) 重油タンク

津波来襲後、屋外に設置していた以下の重油タンクの破損または海への流出を確認しており、タンク内の重油は海へ流出又は土壤に浸透したと推定されることから、主要電気工作物の破損事故に該当する。

- ・ No. 2重油タンク

津波によりタンクは海に流出しており、確認された漂流物の状況では、漂流方向について特定することが難しく、所在不明である。

- ・ No. 3重油タンク及びNo. 4重油タンク

津波の影響により、No. 4重油タンクは、No. 3重油タンク脇に移動して底部が抜けた状態である。また、No. 3重油タンクは、底面から約1m付近に亀裂が発生している。

なお、平成23年5月31日、5、6号機取水口カーテンウォール付近の海面に、No. 3重油タンク及びNo. 4重油タンクから流出した重油の一部と思われる油漏えいが確認されたことから、護岸内側に油吸着マットを設置するとともに、カーテンウォール周辺にオイルフェンスを設置し、油の流出拡散防止を実施した。

また、No. 1重油タンクについては、津波により1号機タービン建屋脇の道路まで流されたが、重油を抜いた状態で使用しておらず、重油の流出はなかった。

【添付資料－6－12】

6. 2 まとめ

福島第一原子力発電所においては、地震後の津波襲来により全プラントで最終ヒートシンクとなる非常用海水系ポンプ設備の機能を喪失し、1号機から5号機については電源設備の機能喪失から、電動式の安全系や注水、冷却設備は全て使用できない状態となった。

中操や各建屋内部及び屋外ヤードの照明の停電や通信手段の制約がその後の対応を困難にした。さらに直流電源を喪失した1号機、2号機及び4号機では中操での計測機器が全て機能喪失しプラントの状態監視が出来なくなり、直流電源が残った3号機及び5号機も非常用バッテリー残量に依存して状態監視をしていく状況となった。

なお、代替注水機能として重要なMUWCポンプは、1号機から4号機については電源の喪失のみならず、電動機が被水しており、電源が仮に復旧したとしても機能を回復できる状態ではなかった。

以上の状況調査から、地震後の津波襲来以降、停止後のプラントの対応を実施していくには非常に困難な状態にあったものと考ええる。

7. 福島第一原子力発電所 1号機の事故状況及び事故進展の状況調査

7. 1 プラントの状況

7. 1. 1 地震発生前のプラント状況

1号機は平成22年10月15日（平成22年9月27日発電機最終並列）より第27サイクル運転中であり、地震発生時は定格電気出力（460MWe）にて、一定運転中であった。なお、運転の継続に影響を及ぼす可能性のある不具合は発生していなかった。

7. 1. 2 地震発生後のプラント及び対応状況

(1) 【3月11日14時46分（地震発生）～3月11日15時37分（全交流電源喪失）】

a. 止める機能

定格電気出力一定運転中のところ、平成23年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により、同日14時46分「地震加速度大トリップ」（動作設定値：R/B地下床水平：135ガル、鉛直：100ガル）が発生し、直ちに全制御棒が全挿入となり原子炉は設計通り自動停止するとともに、同日15時02分に原子炉が未臨界状態となったことを確認した。

【添付資料－7－1、2】

b. 冷やす機能

地震の影響で、所内受電用しゃ断器の被害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分頃、非常用母線の電源が喪失したものの、同時刻に、D/G2台（D/G1A、1B）が自動起動し、非常用母線（M/C-1C、M/C-1D）の電源が回復した。

非常用母線の電源が喪失したことに伴い、RPS電源が停止し、主蒸気隔離弁（以下、「MSIV」という。）が、自動閉した。このため、原子炉圧力が上昇を開始した。

同日14時52分に、IC2台が「原子炉圧力高（7.13MPa [gage]）」により自動起動し、原子炉の減圧・冷却を開始するとともに原子炉圧力が下降を開始した。

一方、原子炉水位は、原子炉自動停止直後にボイドがつぶれることで低下するが、外部電源の喪失による原子炉給水ポンプトリップまでの間、原子炉への給水は継続したと考えられ、HPCIが自動起動（L-L：TAF+1950mm）することなく水位が回復し、通常水位レベル（TAF+4370mm）で推移した。

その後、IC起動に伴う原子炉圧力の低下が速く、操作手順書で定める原子炉冷却材温度降下率55℃/hを遵守できないと判断し、同日15時03分頃から原子炉圧力調整のためにIC（A系）を手動停止（戻り配管隔離弁MO-3A「閉」操作）、続けてIC（B系）を手動停止（戻り配管隔離弁MO-3B「閉」操作）し、待機状態とした。ICを停止したことにより、原子炉圧力が再び上昇した。

原子炉圧力を6～7MPa程度に調整するために、IC1系列で圧力調整することとし、IC（A系）を手動操作（戻り配管隔離弁MO-3Aを「開」操作）にて起動、その後、起動、停止（戻り配管隔離弁MO-3Aを「開」・「閉」操作）を繰り返し、原子炉圧力調整を実施した。

同日15時16分、原子炉圧力は6.8MPa [gage]、原子炉水位計（広帯域）の

指示値で+910mm (TAF+4340mm)であった。

【添付資料-7-1~8、10、11】

c. 閉じ込める機能

3月11日14時47分頃、非常用母線の電源が喪失し、RPS電源が停止したことにより、MSIVが自動閉じた。MSIVが自動閉じたことから、その後のSRVの手動開閉によるS/C水の温度上昇に備え、操作手順書に従い同日15時07分から10分にかけて格納容器冷却系(以下、「CCS」という。)を手動起動し、トラス水冷却モードでS/C冷却を開始した。

通常換気空調は、常用電源喪失により停止したが、原子炉水位低(L-3:TAF+3610mm)またはRPS電源が停止したことによる一次格納容器隔離系(以下、「PCIS」という。)隔離信号により、非常用ガス処理系(以下、「SGTS」という。)は自動起動したことから、R/Bの負圧は維持された。なお、排気筒放射線モニタの値に異常な変化はなく、外部への放射能の影響はなかった。

【添付資料-7-1~3、8、9】

(2)【3月11日15時37分(全交流電源喪失)~3月12日(海水注入)】

a. 冷やす機能

3月11日15時50分頃、原子炉水位が不明な状態となり、原子炉水位が確認できないことから、原子炉への注水状況が不明なため、同日16時36分に原災法第15条該当事象(非常用炉心冷却装置注水不能)と判断した。その後、原子炉水位計が復旧し、水位の確認ができたことから、原災法第15条該当事象(非常用炉心冷却装置注水不能)の状態から回復したものと判断したが、再度、原子炉水位が確認できなくなったため、同日17時07分に、原災法第15条該当事象(非常用炉心冷却装置注水不能)と判断した。

なお、非常用炉心冷却装置注水不能に至った場合の代替注水については、アクシデントマネジメント(以下、「AM」という。)策として、復水貯蔵タンクを水源としMUWCから原子炉へ注入するライン、及びろ過水タンクを水源としFPからMUWCを經由して原子炉へ注水するラインを整備している。

消防車等の重機を使用した原子炉への代替注水はAM策としては考慮されていなかったが、今回の事故では臨機の応用動作として、消防車による原子炉への注水を試みた。

以下、代替注水に向けた対応状況等を示す。

<原災法第10条該当事象の判断(全交流電源喪失)>

津波の影響を受け、冷却用海水ポンプまたは電源盤、非常用母線の被水等によりD/G 1A、1Bが停止したことから、3月11日15時37分に全交流電源喪失となり、同日15時42分に原災法第10条該当事象(全交流電源喪失)の発生と判断した。

全交流電源喪失により、炉心スプレイ系(以下、「CS」という。)、CCSは動作不能となった。

<原災法第15条該当事象の判断（非常用炉心冷却装置注水不能）>

直流電源で操作可能な設備として、I CとH P C Iがあるが、状況を確認したところ、I Cは弁開閉表示が確認できない状態であり、また、H P C Iは制御盤の表示灯が消灯していたことから起動不能と判断した。

計器用の電源が喪失し、3月11日15時50分頃原子炉水位が不明な状態となり、原子炉水位が確認できないことから、原子炉への注水状況が不明なため、同日16時36分に原災法第15条該当事象（非常用炉心冷却装置注水不能）と判断した。その後、原子炉水位計が復旧し、水位の確認ができたことから、同日16時45分に原災法第15条該当事象（非常用炉心冷却装置注水不能）の状態から回復したものと判断したが、再度、原子炉水位が確認できなくなったため、同日17時07分に原災法第15条該当事象（非常用炉心冷却装置注水不能）と判断した。

<代替注水手段の検討>

3月11日17時12分、発電所長（発電所緊急時対策本部長）は原子炉への注水を確保するため、AM策として設置された代替注水手段であるF P、MUWC、C C S及び消防車による代替注水について検討するよう指示した。

発電所緊急時対策本部（以下、「発電所対策本部」という。）では、原子炉への注水については、ディーゼル駆動消火ポンプ（以下、「D/D-F P」という。）を使用し、F PラインよりC Sを経由した代替注水ラインを構成することとした。

同日17時30分にD/D-F Pを起動した。

F PラインよりC Sを経由した代替注水ラインについては、電源が喪失した状況であったため、中操からの操作によりラインを構成することができず、照明が消えた暗闇の状況で、R/B内にてC Sなどの弁を手動で開け、原子炉圧力の減圧後（0.69 MP a [gage]以下）に注水が可能な状態とした。

発電所対策本部復旧班は、電源盤（高圧電源盤、パワーセンター）の水没や外観損傷の状態を確認し、絶縁抵抗測定等を実施したところ、1号機の電源盤が使用不可能であり、2号機のパワーセンターの一部（P/C-2 C、P/C-2 D）が使用可能であることを確認した。原子炉への高圧注水が可能なほう酸水注入系（以下、「S L C」という。）等について、2号機のパワーセンターを介して電源車により電源復旧を行うよう検討を進めた。

電源車については、3月11日17時頃に、本店配電部門から当社全店に対して高・低圧電源車の確保と福島第一原子力発電所へのルート確認を指示し、その一方で、同日18時20分頃に、東北電力へ高圧電源車の派遣を依頼した。なお、当社全店の高・低圧電源車が福島第一原子力発電所に向け出発するが、道路被害や渋滞により思うように進めず、また、自衛隊・米軍による高・低圧電源車の空輸を検討するも、重量オーバーにより断念した。

I Cについては、一時的に直流電源が復活したためか、I C（A系）の供給配管隔離弁MO-2 A、戻り配管隔離弁MO-3 Aの「閉」を示す緑ランプが点灯（直流）していることを発見した。

一方で、I C（B系）の状態表示用のランプ電源（直流・交流）が失われていたため、3月11日18時18分にI C（A系）の供給配管隔離弁MO-2 A、戻り配管隔離弁MO-3 Aの「開」操作を実施し、I Cベント管から蒸気が発生していること

を確認した。なお、PCV内にあるIC隔離弁4弁(MO-1A、MO-1B、MO-4A、MO-4B)の状態は、状態表示用のランプ電源(交流)が失われたことから確認できなかった。

その後、同日18時25分、戻り配管隔離弁MO-3Aを「閉」操作した。

中操の監視計器は、電源が喪失して指示値が確認できない状態であった。そのため、暗闇の中R/B内へ入域し、3月11日20時07分頃、現場の原子炉圧力計にて原子炉圧力が6.9MPa [gage]であることを確認した。

<中操内計器類の復旧作業>

発電所対策本部復旧班は、中操照明、監視計器類の復旧のため、必要な図面の用意、バッテリーやケーブルの収集などを進め、3月11日20時49分、小型発電機設置により中操内に仮設照明が設置され、また、監視計器に仮設のバッテリーを接続した。

その結果、同日21時19分に原子炉水位(燃料域)がTAFから+200mmと判明した。

同日21時30分にIC(A系)の戻り配管隔離弁MO-3Aの「開」操作を再度実施した。その際、ICベント管から蒸気が発生していることを確認した。

<現場線量上昇開始>

3月11日21時51分、R/B内の放射線量が上昇したことから、R/Bへの入域を禁止した。

R/Bにおいて、警報付きポケット線量計(以下、「APD」という。)指示が短時間で0.8mSvとなり、現場の放射線量が上昇していることを、同日22時00分頃、発電所対策本部に報告した。

また、同日23時00分にT/B1階の北側二重扉前(R/Bへの入口)で1.2mSv/h、同南側二重扉前で0.5mSv/hの放射線量を計測した。

<D/D-FPの復旧>

3月12日1時48分に、原子炉への注水のために運転状態で待機していたD/D-FPは、停止時期は確認できていないが、ある時点から停止していることを確認した。その後、バッテリーの交換、燃料補給等による復旧を試みたが起動することができなかった。

<消防車による注水の準備>

消防車からFPラインの送水口へホースをつなぎ込んで注水することについて検討を開始した。消火栓は水が噴き出しており、ろ過水を水源として使用できない状況であったため、ろ過水の確保のために周りの弁を閉める処置を実施した。

そこで、他の水源を探したところ、防火水槽が使用できることを確認した。

3月12日2時45分、原子炉圧力は0.8MPa [gage]であることが判明した。

消防車は発電所に配備していた3台のうち、1台が津波の影響により使用不能、1台は5、6号機側にあり、津波発生以降、道路の損傷や津波による瓦礫の影響で5、6号機側との通路が分断されていたことから移動が困難な状況であった。残りの1台を利用することで準備が進められ、1号機近くに消防車を配備しようとしていたが、津波の影響による瓦礫が散乱するなど、消防車配備には多くの障害があり時間を要し

た。あわせて消防車の追加手配や自衛隊による水輸送についても準備が進められた。

3月12日3時45分頃、放射線量測定のためR/B二重扉を開けたが白いもやが見えたことから扉を再度閉鎖した。このため、放射線量測定は実施できなかった。

同日4時30分頃、余震による津波の可能性から、発電所対策本部より中操へ現場操作の禁止を指示した。

<淡水注入の開始>

1号機送水口において消防車ポンプのつなぎ込みが完了したことから、3月12日5時46分に防火水槽から淡水注入を開始した。

同日5時52分頃、消防車ポンプによる原子炉への注入累計1,000ℓを完了し、その後、同日9時15分までに消防車ポンプにより累計6,000ℓの淡水注入を実施した。

さらに同日9時40分まで、消防車ポンプにより累計21,000ℓの淡水注入を実施した。

追加手配の消防車が到着することにより、3号機側の防火水槽から1号機の防火水槽へ淡水を移送し、消防車ポンプで注入する構成とした。

同日14時53分、消防車ポンプにより80,000ℓの注入が完了した。

消防車ポンプからの淡水注水を開始した当初、1号機側防火水槽の位置からでは吐出圧力が足りないと考え、防火水槽から消防車タンクに水を汲み上げてから、建屋寄りに移動し、FPの送水口から原子炉へ注水を繰り返し実施していた。消防車の移動には、崩れかかった建物の下を慎重に通過するなど、往復の移動に時間がかかった。

地震や津波の影響で障害物が多く、消防車の往復の移動に時間がかかることから、試行錯誤の上、消防車に備え付けのホースを用い、1号機防火水槽からFPの送水口間の連続注水ラインを構成し、継続注入を開始した。

現場状況から、3号機側防火水槽から1号機側防火水槽へ淡水の輸送を繰り返すこととなり、防火水槽はホースがひとつしか入らないため、淡水の補給を行うたび、原子炉への注水側のホースを取り出さなければならず、そのたびに注水を中断しなければならなかった。

<海水注入及びSLC注入の準備開始>

1号機原子炉へ注入する防火水槽の淡水には限りがあるため、淡水注入に並行して海水注入の準備を進めており、3月12日14時54分に発電所長（発電所緊急時対策本部長）は、原子炉への海水注入を実施するよう指示した。

1号機原子炉へ防火水槽の淡水の注入を継続してきたため、防火水槽内の淡水が枯渇してきたことから、他の防火水槽等より淡水の搬送を急ぐとともに、海水注入に切り替える作業を進めた。

SLCについては、低圧電源盤及びポンプが津波の影響を受けておらず、使用可能な2号機パワーセンターから受電するため、事前準備として3月11日深夜から3月12日未明にかけて到着した高圧電源車から2号機パワーセンター、2号機パワーセンターから1号機低圧電源盤へのケーブルを接続し、3月12日15時30分頃に、SLC電源を復旧し、SLC注入準備が完了した。なお、ケーブルについては、定検

工事用に構内企業が保管していたものを敷設した。

海水の水源については、現場の状況から直接、海から採水せずに、津波により海水が溜まっていた3号機逆洗弁ピットとし、揚程を確保するため消防車を3台直列につなぎ、原子炉への注水ラインとした。

海水注入及びSLC注入に向けた準備を進めていたところであったが、同日15時36分にR/Bで水素ガスによると思われる爆発が発生した。

この爆発により、現場からの退避、安否確認が実施され、現場の状況や安全確認がなされるまで復旧及び準備作業が中断した。同日17時20分頃、消防車、建屋などの状況の調査のため免震重要棟を出発した。

同日18時05分、経済産業大臣より、法令に基づき1号機RPV内を海水で満たす旨の命令があったことを本店・発電所間にて情報共有した。

同日18時30分頃、現場にて消防車、建屋などの状況調査の結果、現場は瓦礫等が散乱している状態で、SLCの電源設備や準備していた海水注入のためのホースが損傷、使用不可能であることを確認した。

同日19時04分頃、3号機逆洗弁ピットを水源とし、FPラインを使用して原子炉へ海水注入を開始した。1号機付近は、放射線量の高い瓦礫が散乱していることから、放射線管理員の監視のもと、散乱した瓦礫（1号機R/Bの鉄板等）を片付け、再敷設するためのホースを屋外の消火栓からかき集めて、再敷設の作業を進めた。

同日20時45分、ほう酸を海水と混ぜて、原子炉内へ注入を開始した。

【添付資料－7－1～8、10～12】

b. 閉じ込める機能

3月11日23時50分頃、中操で発電所対策本部復旧班が、中操の照明仮復旧用に設置した小型発電機をD/W圧力計に繋いで指示を確認したところ、600kPa [abs]であることが確認され、発電所対策本部へ報告した。これを受けて、3月12日0時06分、PCVベント準備を進めるよう発電所長（発電所緊急時対策本部長）は指示した。

通常は中操からPCVベント操作できるが、全交流電源喪失のため、PCVベント操作のうち、MO弁の操作については手動で開けなければならない状況となり、また、AO弁の操作においては、当該弁を作動させるために必要な空気圧が確保できず、駆動用の空気ポンペを現場で復旧するか、仮設空気圧縮機を設置して空気圧を確保する必要があった。

なお、CCS及びSHCの復旧の見通しがたたない場合については、SRVによる原子炉の減圧に伴ってPCVの圧力、温度が上昇することから、AM策として、S/C及びD/Wから排気筒（スタック）に至るベント管を通じて、PCVの過圧を防止するPCVベントラインが整備されている。

また、当該ラインは、圧力が高い場合でもPCVベントができるよう、SGTSをバイパスして設置されており、また、誤動作を防ぐ観点から、あらかじめ定められた圧力で作動するラプチャーディスクを備えている。

以下、PCVベントに向けた対応状況等を示す。

<PCVベント実施に向けた事前準備>

津波の影響による全交流電源喪失により、トーラス水冷却モードでS/C冷却をし

ていたCCS（A系、B系）が停止し、SGTSも停止した。また、計器用の電源が失われたことから、D/W圧力が不明な状態となった。

3月11日20時50分、福島県より福島第一原子力発電所から半径2kmの住民に避難指示が出された。

同日21時23分、内閣総理大臣より福島第一原子力発電所から半径3km圏内の避難、半径3km～10km圏内の屋内退避指示が出された。

3月11日夕方、計器類の復旧が行われる中、中操ではAM操作手順書の内容確認を実施していた。早い段階でPCVベントの準備を進めるべく、バルブチェックリストを用いてPCVベントに必要な弁及びその位置の確認を行った。また、発電所対策本部発電班は、電源がない状況におけるPCVベント操作手順の検討を開始した。また、発電所対策本部復旧班は図面の確認を実施し、S/Cベント弁（AO弁）のうち小弁側には手動操作用のハンドルがあり、そのハンドルを操作することで開くことが可能であると確認し、中操へ連絡するなど、関係各所においてPCVベントに向けた調査、対応を実施した。

<現場線量上昇開始>

R/B内放射線量が上昇したことから、3月11日21時51分、R/Bへの入域が禁止された。R/Bにおいて、APD指示が短時間で0.8mSvとなり、現場の放射線量が上昇していることが、同日22時00分頃、発電所対策本部に報告された。

同日23時00分、T/B1階の北側二重扉前で1.2mSv/h、同南側二重扉前で0.5mSv/hを計測した。

<D/W圧力上昇確認>

3月11日23時50分頃、中操で中操の照明仮復旧用に設置した小型発電機からの電源をD/W圧力計につないで指示値を確認したところ、600kPa [abs]（最高使用圧力528kPa [abs]（427kPa [gage]））であり、D/W圧力が上昇していることを確認し、発電所対策本部に報告した。

<具体的なベント手順の検討開始>

D/W圧力が600kPa [abs]（最高使用圧力528kPa [abs]（427kPa [gage]））を超えている可能性があり、PCVベントを実施する可能性があることから、3月12日0時06分、発電所長（発電所緊急時対策本部長）は、PCVベントの準備を進めるよう指示した。中操では、AM操作手順書や弁の図面、配管計装線図等で弁の操作方法や手順など、具体的な手順の確認を開始した。

3月12日0時30分、国による避難住民の避難措置完了が確認された。（双葉町及び大熊町の3km以内避難措置完了を確認し、同日1時45分再度確認を実施した。）

<第15条該当事象の判断（格納容器圧力異常上昇）>

D/W圧力が600kPa [abs]（最高使用圧力528kPa [abs]（427kPa [gage]））を超えている可能性があることから、3月12日0時49分に原災法第

15条該当事象（格納容器圧力異常上昇）と判断した。同日1時30分頃、1号機及び2号機のPCVベントの実施について、内閣総理大臣、経済産業大臣及び原子力安全・保安院に申し入れ、了解を得た。本店対策本部より「あらゆる方策で（PCVベントに必要となる）MO弁及びAO弁を動かし、PCVベントして欲しい。（同日）3時に経済産業大臣と当社がPCVベントの実施を発表する。発表後にPCVベントすること」との情報が提供された。

<PCVベント実施手順の検討継続>

3月12日2時24分、PCVベントの現場操作に関する作業時間の評価結果が発電所対策本部に報告された。300mSv/hの雰囲気であれば緊急時対応の線量限度（100mSv/h）で17分の作業時間であり、セルフエアセットの時間は20分、ヨウ素剤の服用が必要との評価となった。

同日2時30分、D/W圧力が840kPa [abs]（最高使用圧力528kPa [abs]（427kPa [gage]））に到達したことを確認し、同日2時47分に官庁等に連絡した。

同日3時06分、PCVベント実施に関するプレス会見を実施した。

同日3時45分頃、本店対策本部がPCVベント時の発電所周辺の被ばく線量評価を作成し、発電所と情報を共有した。また、発電所では同日3時45分頃、放射線量測定のためR/B二重扉を開けたところ白いもやが見えたことから扉を再度閉鎖した。このため、放射線量測定は実施できなかった。

中操では、PCVベント操作に向けて、弁の操作の順番、S/CからのベントラインにあるAO弁が設置されているトラス室（S/Cが設置されている部屋）での道順、弁の配置などの確認が繰り返し実施され、作業に必要な装備（耐火服、セルフエアセット、APD、サーベイメータ、懐中電灯）を集めた。

3月12日4時01分、1号機PCVベントを実施した場合の発電所周辺への被ばく評価結果を官庁等に連絡した。

同日4時30分頃、余震による津波の可能性から、発電所対策本部より中操へ現場操作の禁止を指示した。

同日4時45分頃、発電所対策本部は、100mSvにセットしたAPDと全面マスクを中操に届けた。

同日4時50分頃、免震重要棟に戻った作業員に汚染が見られたため、現場に行く際には免震重要棟玄関前から、「全面マスク+チャコールフィルタ+B装備、C装備またはカバーオール」装備となった。

同日4時55分、発電所構内における放射線量が上昇（正門付近同日4時00分：0.069μSv/h→同日4時23分：0.59μSv/h）したことを確認した。

同日5時00分頃、中操でも同様の装備「全面マスク+チャコールフィルタ+B装備」とするよう指示した。中操では、1号機側の線量が上がってきたことから、当直長は、運転員を放射線量の低い2号機側に待避させた。

発電所構内における放射線量が上昇していること、及びD/W圧力も低下傾向にあることから、同日5時14分「外部への放射性物質の漏えい」が発生していると判断した。

3月12日5時44分、内閣総理大臣より福島第一原子力発電所から半径10km圏内の住民に避難指示が出された。

3月12日6時50分、経済産業大臣より法令に基づくPCVベント（手動）の実施命令が出された。

同日8時03分、1号機PCVベント操作を同日9時目標で行うよう発電所長（発電所緊急時対策本部長）が指示した。

R/B内は電源喪失により暗闇であることから、1人で作業することは非常に困難であり危険を伴うこと、またR/B内は高い放射線量が予測されること、余震でR/B内から引き返すことも考慮し2名1組の3班体制（当直長クラス、副長クラスの運転員で構成）でPCVベント操作を実施すべく準備することとした。

同日8時27分、大熊町の一部が避難できていないとの情報を確認した。

同日8時37分、福島県へ同日9時にPCVベントを開始するために準備していることを連絡し、避難が完了してからPCVベントを実施することで調整した。

同日9時03分、大熊町（熊地区）の避難完了を確認し、福島県に同日9時05分に公表してPCVベント実施することを連絡した。

<PCVベント弁（MO弁）開操作>

3月12日9時04分、PCVベント操作を行うため、第1班（運転員2名）が現場へ出発した。運転員の装備は、耐火服、セルフエアセット、APD及び懐中電灯とした。また、通信手段がないことから、現場に行くと連絡が取れないため、1班ずつ現場に行き、中操に戻ってから次の班が出発することとした。

同日9時15分頃、PCVベントラインのMO弁を手順通り手動で25%まで開操作を行い、中操に戻った。この際の被ばく線量は約25mSvであった。

<S/Cベント弁（AO弁）小弁開操作>

3月12日9時24分、S/CからのベントラインにあるAO弁（小弁）を手動で開操作するために第2班（運転員2名）が現場（トラス室）に向かったが、線量が高く線量限度100mSvを超える可能性があったことから、同日9時30分頃、AO弁の操作を断念し、中操に引き返した。第3班（運転員2名）による作業についても、現場の放射線量が高かったことから操作を断念した。

PCVベント操作のために、R/B内に入域した当社社員1名の被ばく線量が、100mSvを超過（106.30mSv）したことを、3月12日11時39分に官庁等に連絡した。

<S/Cベント弁（AO弁）大弁開のための方策検討>

現場でのS/CからのベントラインにあるAO弁（小弁）の開操作ができなかったことを受け、発電所対策本部では、AO弁を開操作するための駆動源である計装用空気（以下、「IA」という。）系が停止していたため、駆動源となる空気を供給するために仮設空気圧縮機を接続することについて検討を開始した。また、S/Cからの

ベントラインにあるAO弁（小弁）についてIA系の残圧に期待して、中操において当該弁の開操作を実施するように指示した。

1号機PCVベントを実施した場合の発電所周辺への被ばく評価を、3月12日9時53分に再度実施し、その結果を官庁等に連絡した。

<S/Cベント弁（AO弁）小弁の遠隔開操作、モニタリングポスト指示上昇>

3月12日10時17分、AO弁の駆動源であるIA系は停止していたため、IA系の残圧を期待し、中操にてS/CからのベントラインにあるAO弁（小弁）の開操作（1回目）を実施した。続いて同日10時23分（2回目）、同日10時24分（3回目）S/CからのベントラインにあるAO弁（小弁）の開操作を実施した。なお、3回の操作においてS/CからのベントラインにあるAO弁（小弁）が開となったかについては、確認できなかった。

同日10時40分、正門付近及びモニタリングポスト（以下、「MP」という。）の放射線量が上昇していることが確認されたことから、発電所対策本部ではPCVベントにより放射性物質が放出された可能性が高いと判断したが、同日11時15分放射線量が下がっていることから、PCVベントが十分効いていない可能性があることを確認した。

<S/Cベント弁（AO弁）大弁開操作の実施>

S/CからのベントラインにあるAO弁（大弁）を動作させるため3月12日12時30分頃から仮設空気圧縮機、接続具等の準備などを進め、比較的放射線量が低いR/B大物搬入口外に仮設空気圧縮機を設置、IA配管に接続し、同日14時00分頃から加圧したところ、D/W圧力が低下（D/W圧力0.75MPa→同日14時50分0.58MPa）していることを確認し、同日14時30分、PCVベントによる「放射性物質の放出」と判断し、同日15時18分に官庁等に連絡した。

<原災法第15条該当事象の判断（敷地境界放射線量異常上昇）>

3月12日15時36分にR/Bで水素ガスによると思われる爆発が発生した。MPで500 μ Sv/hを超える放射線量（1015 μ Sv/h）を計測したことから、同日16時27分、原災法第15条該当事象（敷地境界放射線量異常上昇）と判断した。

【添付資料－7－1、13、14】

7. 2 後日の調査によって確認された事項

7. 2. 1 ICに関する考察

3月11日18時18分に、IC（A系）の供給配管隔離弁MO-2A、戻り配管隔離弁MO-3Aの開操作を実施している。その後、戻り配管隔離弁MO-3Aについては、同日18時25分に閉操作し、同日21時30分に再度開操作を実施している。

通常ICの起動・停止操作においては、供給配管隔離弁MO-2A、2Bの「開」・「閉」操作はせず、戻り配管隔離弁MO-3A、3Bの「開」・「閉」操作のみで実施すること、また、4つの内側隔離弁（IC（A系）：MO-1A、MO-4A、IC（B系）：MO-1B、MO-4B）の開閉状態は、表示灯も消えており、運転員に

は把握が困難な状況であったことから、津波襲来後の I C 動作状況について調査したところ、以下のことが確認された。

(1) I C 電動弁回路調査結果 (平成 23 年 4 月 1 日実施)

供給配管隔離弁 MO-2 A、2 B、PCV 内側隔離弁 (I C (A系) : MO-1 A、MO-4 A、I C (B系) : MO-1 B、MO-4 B) は、「I C 配管破断」を検出する回路の直流電源が喪失した場合、フェールセーフ信号により閉動作するため、回路調査を実施した。

- a. 運転員が「閉」操作を実施していない I C (B系) の供給配管隔離弁 MO-2 B については、全閉を示す回路状態であり、「I C 配管破断」を検出する回路の直流電源喪失に伴うフェールセーフ信号による弁の「閉」動作状況と一致した。
- b. 運転員が「開」操作を実施した供給配管隔離弁 MO-2 A、戻り配管隔離弁 MO-3 A の開閉状態については、全開を示す回路状態であり、運転員による「開」操作状況と一致した。
- c. 運転員が津波襲来前に「閉」操作を実施した戻り配管隔離弁 MO-3 B の開閉状態については、全閉を示す回路状態であり、運転員による「閉」操作状況と一致した。
- d. PCV 内側隔離弁 (I C (A系) : MO-1 A、MO-4 A、I C (B系) : MO-1 B、MO-4 B) は、「中間開」を示す回路状態であった。

(2) 調査結果のまとめ

以上の調査結果から、供給配管隔離弁 MO-2 A、2 B を含む I C の各隔離弁は、直流電源喪失により、「I C 配管破断」を検出する回路がフェールセーフ動作として信号を発信し、閉動作したものと推定した。

しかしながら、PCV 内側隔離弁 (I C (A系) : MO-1 A、MO-4 A、I C (B系) : MO-1 B、MO-4 B) については、弁の駆動電源が残っていれば本来「全閉」状態となるが、調査結果は「中間開」を示しており、弁の開度について特定できない状況である。また、直流電源駆動の弁 (供給配管隔離弁 MO-2 A、2 B、戻り配管隔離弁 MO-3 A、3 B) も「閉」動作したものと推定できるが、直流電源の供給状態には不明な点が多く、どの段階で電源が喪失、回復したのかは、特定できていない。

したがって、PCV 内側隔離弁 (I C (A系) : MO-1 A、MO-4 A) は開度状態がわからない状況であり、供給配管隔離弁 MO-2 A、戻り配管隔離弁 MO-3 A を手動開操作後に蒸気発生を確認しているが、I C がどの程度機能していたかについては現時点では判断できない。

【添付資料-7-10、15】

7. 2. 2 炉心の状態について (MAAP 解析結果)

「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所運転記録及び事故記録の分析と影響評価について (平成 23 年 5 月 23 日原子力安全・保安院報告)」の中

で、地震発生初期の設備状態や運転操作等に関する情報より、事故解析コード（Modular Accident Analysis Program、以下「MAAP」という。）を用いてプラントの状態を評価している。

解析では全交流電源喪失（津波到達）以降、比較的早期に炉心の損傷が開始し、R P Vが破損する結果となった。一方、R P V温度等のプラントパラメータによれば、熱源（燃料）の大部分はR P V内にあることを示唆する挙動であることから、炉心は大幅に損傷したものの、所定の装荷位置から下（下部プレナム）に移動・落下し、大部分はその位置付近で安定的に冷却できていると考える。

【添付資料－ 7 － 1 6】

8. 福島第一原子力発電所2号機の事故状況及び事故進展の状況調査

8. 1 プラントの状況

8. 1. 1 地震発生前のプラント状況

2号機は平成22年12月15日（平成22年11月18日発電機最終並列）より第26サイクル運転中であり、地震発生時は定格熱出力にて、一定運転中であった。なお、運転の継続に影響を及ぼす可能性のある不具合は発生していなかった。

8. 1. 2 地震発生後のプラント及び対応状況

(1) 【3月11日14時46分（地震発生）～3月11日15時41分（全交流電源喪失）】

a. 止める機能

定格熱出力一定運転中のところ、平成23年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により、同日14時47分「地震加速度大トリップ」（動作設定値：R/B地下床水平：135ガル、鉛直：100ガル）が発生し、直ちに全制御棒が全挿入となり、原子炉は設計通り自動停止するとともに、同日15時01分に原子炉が未臨界状態となったことを確認した。

【添付資料－8－1、2】

b. 冷やす機能

地震の影響で、所内受電用しゃ断器の被害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分頃、非常用母線の電源が喪失し、RPS電源が喪失したことにより、MSIVが自動閉した。

このため、原子炉圧力が上昇を開始したが、SRVの自動開閉により原子炉圧力が制御された。

同日14時47分、D/G2台（D/G2A、2B）が自動起動し、高圧配電盤の非常用母線（M/C-2C、M/C-2D及びM/C-2E）電源が回復した。

外部電源喪失による原子炉隔離時（MSIV閉時）の対応手順書（事故時操作手順書）に従い、同日14時50分、RCICを手動起動したが、原子炉自動停止及びMSIV閉などの影響による原子炉水位の過渡的な変動のため、同日14時51分にRCICが原子炉水位「高」信号により自動停止した。

原子炉水位は、RCICが自動停止したことにより低下したが、同日15時02分RCICを再度手動起動したことで上昇した。

その後、同日15時28分、RCICが再度原子炉水位「高」信号により自動停止した。同日15時39分、RCICを再度手動起動した。

なお、HPCIについては、地震以降から全交流電源喪失に至るまで、原子炉水位がHPCIの自動起動レベル（L-2：TAF+2950mm）まで低下していないことから、手動起動を含めて作動していないが、津波の影響による電源喪失のために動作不能になったものと推定される。

【添付資料－8－1～6、8、9】

c. 閉じ込める機能

3月11日14時47分頃、非常用母線の電源が喪失し、RPSの電源が停止したことによりMSIVが自動閉した。SRVの自動開閉、RCICの手動起動によりS

／C水の温度が上昇していたことから、操作手順書に従い同日15時00分から15時07分にかけてRHRを起動し、トラス水冷却モードでS／C冷却を開始した。通常換気空調系は、常用電源喪失により停止したが、原子炉水位低（L-3：TAF+4443mm）またはRPS電源が停止したことによるPCIS隔離信号により、SGTSが自動起動したことから、R／Bの負圧は維持された。なお、排気筒放射線モニタの値に異常な変化はなく、外部への放射能の影響はなかった。

【添付資料-8-1～3、7、9】

(2) 【3月11日15時41分（全交流電源喪失）～3月15日（D／W圧力低下）】

a. 冷やす機能

3月11日15時50分頃、計器用の電源が喪失し、原子炉水位が不明な状態となり、原子炉水位が確認できないことから、ECCSを含めた原子炉への注水状況が不明なため、同日16時36分に原災法第15条該当事象（非常用炉心冷却装置注水不能）と判断した。

なお、非常用炉心冷却装置注水不能に至った場合の代替注水については、AM策として、復水貯蔵タンクを水源としMUWCから原子炉へ注入するライン、及びろ過水タンクを水源としFPからMUWCを経由して原子炉へ注水するラインを整備している。

消防車等の重機を使用した原子炉への代替注水はAM策としては考慮されていなかったが、今回の事故では臨機の応用動作として、消防車による原子炉への注水を試みた。

以下、代替注水に向けた対応状況等を示す。

<原災法第10条該当事象の判断（全交流電源喪失）>

津波の影響を受け、冷却用海水ポンプまたは電源盤、非常用母線の被水・水没等により3月11日15時41分にD／G 2A、2Bが停止したことから、同日15時42分、原災法第10条該当事象（全交流電源喪失）の発生と判断した。全交流電源喪失により、RHR、CSは動作不能となった。

<原災法第15条該当事象の判断（非常用炉心冷却装置注水不能）>

直流電源で操作可能な設備として、RCICの状況を確認したが、中操表示灯などが消灯しRCICの運転状態が確認できない状況となった。

3月11日15時50分、計器用の電源が喪失し、原子炉水位が不明な状態となり、原子炉水位が確認できないことから、ECCSを含めた原子炉への注水状況が不明なため、同日16時36分に原災法第15条該当事象（非常用炉心冷却装置注水不能）と判断した。

<代替注水手段の検討>

3月11日17時12分、発電所長（発電所緊急時対策本部長）は原子炉への注水を確保するため、AM策として設置された代替注水手段（FP、MUWC、RHR）及び消防車を使用した原子炉への代替注水について検討するよう指示した。

検討の結果、RHRを経由した代替注水ラインを構成することとした。しかし、電源が使用できる状態であれば、中操からの操作によりラインを構成できるが、電源が喪失した状況では、中操からの操作ができなかったため、照明が消えた暗闇の状況で、

R/B及びT/BにてRHRなどの弁を手動で開け、原子炉圧力の減圧後（0.69 MPa [gage] 以下）に注水が可能な系統構成とした。

<中操内計器類の復旧作業>

発電所対策本部復旧班においては、中操照明、監視計器の復旧のため、必要な図面の用意、バッテリーやケーブルの収集などを進め、3月11日20時49分、小型発電機設置により中操内に仮設照明を設置した。

原子炉水位については、不明な状況が継続しており、RCICによる原子炉への注水状況についても確認できないことから、TAFに到達する可能性があることを同日21時02分に官庁等に連絡した。さらにTAF到達時間を21時40分と評価した。

その後、計器類の復旧作業の結果、同日21時50分、原子炉水位がTAF+3400mmと判明した。

3月12日1時頃、運転員がRCIC運転状態について現場確認を実施したところ、R/B地下1階にあるRCIC室は、水がたまっている状態であった。

RCIC運転状態については、かすかな金属音が聞こえたものの、ポンプまたはタービンの回転部分の確認ができなかったため、運転状態は判断できずに中操に戻り状況報告をした。

その後、同日2時頃、運転員が再度RCIC運転状態の確認を実施したが、RCIC室の水たまりの量が増えており、RCIC室では運転状態を確認できなかったため、現場にある計器ラック（R/B1階及び2階）でRCICポンプ吐出圧力と原子炉圧力を確認し、ポンプの吐出圧力が原子炉圧力より高いことからRCICは運転しているものと判断し、中操に戻り報告した。

同日2時55分、発電所対策本部は中操からの報告によりRCICが作動していると判断し、2号機はパラメータ監視を継続することとした。同日4時20分から5時にかけて、復水貯蔵タンクの水位減少が確認された。復水貯蔵タンクの水位確保及び、S/Cの水位上昇の抑制を目的として、現場にて弁を手動操作することでRCICの水源を復水貯蔵タンクからS/Cに切り替えた。

<代替注水手段の電源復旧>

発電所対策本部復旧班では、2号機の電源盤の水没状況や外観損傷の状態を確認し、絶縁抵抗測定等を実施したところ、パワーセンターの一部（P/C-2C、P/C-2D）が使用可能であることを確認した。

高圧注水の可能な制御棒駆動水圧系（以下、「CRD」という。）ポンプ、SLCポンプについて、パワーセンターに電源車をつなぎ、電源復旧がなされた後に、AM手順書に従って、それらの設備を使用して原子炉へ注水するための検討を進めていた。

CRDポンプ及びSLCポンプを復旧するため、電源車によるパワーセンターの電源復旧作業を進めた。

3月12日15時30分頃、使用可能な2号機パワーセンターの一次側へ仮設ケーブルをつなぎ込み、高圧電源車への接続が完了したが、同日15時36分、1号機で水素ガスによると思われる爆発が発生し、爆発による飛散物により敷設したケーブルが損傷するとともに、高圧電源車が自動停止した。

現場から免震重要棟への退避、安否確認が実施され、現場の状況及び安全確認がな

されるまで復旧及び準備作業が中断した。

3月13日、2号機パワーセンターに接続中の高圧電源車の再起動を試みたが、保護装置（過電流リレー）が動作したため、起動できず送電できなかった。

<海水注入の準備開始>

3月13日12時05分、発電所長（発電所緊急時対策本部長）はR C I Cの停止に備え、原子炉への海水注入の準備を開始するよう指示を出した。3号機逆洗弁ピットを水源とした注水ライン系統構成を進め、消防車を配置してホースの敷設を実施した。

<3号機爆発後の海水注入の再ライン構成>

3月14日11時01分、3号機の水素ガスによると思われる爆発により、爆発後、中操運転員を除く作業員は、すべての作業を中断して免震重要棟へ退避した。作業員の安否確認や現場の状況確認のため、しばらく復旧作業に着手できなくなった。

準備が完了していた海水注入ラインについては、消防車及びホースが破損して使用不可能となった。

同日13時05分から現場の状況確認をするとともに瓦礫の散乱状況から、水源は3号機逆洗弁ピットからではなく、物揚場から直接海水を採水し原子炉へ注入することに変更した。

現場は、散乱する瓦礫の影響による高い放射線量のなか、使用可能な消防車及びホースを用いて注水ラインの系統構成準備を進めた。

<原災法第15条該当事象の判断（原子炉冷却機能喪失）>

3月11日22時以降、3月14日12時頃まで、原子炉水位は、燃料域でT A F + 3 0 0 0 mm以上で安定的に推移していたが、3月14日13時18分、原子炉水位が低下傾向にあることから、原子炉への海水注入などの準備作業を進めることとした。

原子炉の水位が低下していたため、R C I Cの機能が喪失した可能性があることから、3月14日13時25分に原災法第15条該当事象（原子炉冷却機能喪失）と判断した。

原子炉への海水注入の準備作業を進め、同日14時43分に消防車のF Pへの接続が完了した。

同日15時28分、2号機T A F到達時間を同日16時30分と評価した。

<消防車による注水のための原子炉の減圧>

発電所対策本部は、消防車による注水のためには、S R V手動開操作による原子炉圧力の減圧が必要であったが、S / Cの温度・圧力が高く（3月14日12時30分S / C温度149.3℃、S / C圧力486 k P a [abs]）、S R Vを手動開としても、S / Cで蒸気が凝縮せず減圧しにくい可能性があったことから、海水注入とP C Vベントの準備をしてからS R Vを手動で開けて原子炉を減圧し、海水注入を行うこととしていた。

しかしながら、3月14日16時00分頃、P C Vベント弁の手動開操作実施まで時間がかかる見通しとなったことから、発電所長（発電所緊急時対策本部長）は、S

R Vによる原子炉の減圧を優先することとし、P C Vベントの実施についても並行して実施するよう指示した。

同日16時30分頃、消防車を起動し、原子炉減圧時に海水の注水が開始できるよう準備を行った。

同日16時34分、原子炉の減圧操作を開始するとともに、F Pラインから海水の注水を開始することとした。

同日17時17分、原子炉水位がT A Fに到達した。

直流電源がない中、S R Vを開けるためにはバッテリーが必要であることから、自動車からバッテリーを集めて中操に運び、バッテリーから電源ケーブルをつなぎ込みS R V操作の電源を確保したが、バッテリー電圧が不足していたため、バッテリーをさらに追加した上で複数のS R Vの動作を試み、対応を継続した。

同日18時00分頃、S R Vによる原子炉減圧（原子炉圧力：同日18時頃5.4 MP a [gage]→同日19時03分0.63 MP a [gage]）が開始されたが、S / C温度、S / C圧力が高く、凝縮しにくい状況であったため、減圧されるまでに時間を要した（原子炉圧力：3月14日16時34分6.998 MP a [gage]→同日18時03分6.075 MP a [gage]→同日19時03分0.63 MP a [gage]）。

同日18時22分、原子炉水位がT A F - 3700 mmに到達し、燃料全体が露出したものと判断した。

<消防車の再起動>

現場の放射線量が高く、消防車の運転状態の確認等の現場での監視を続けることができず、交代での作業を余儀なくされていたところ、3月14日19時20分、原子炉への海水注入のために待機していた消防車が燃料切れで停止していたことを確認した。

同日19時54分、消防車（19時54分、19時57分に各1台起動）によるF Pラインから原子炉内へ海水注入が開始された。

同日21時20分、S R V 2弁を手動開し、原子炉水位が回復してきたことを確認した。（同日21時30分 原子炉水位T A F - 3000 mm）

【添付資料-8-1~6、8~10】

b. 閉じ込める機能

R C I Cによる原子炉への注水を継続し、D / W圧力は約200~300 k P a [abs]と安定していたが、いずれP C Vベントが必要となることが予想されたことから、3月12日17時30分、発電所長（発電所緊急時対策本部長）は2号機P C Vベント操作の準備を開始するよう指示した。

通常は中操からP C Vベント操作できるが、全交流電源喪失のため、P C Vベント操作のうち、M O弁の操作については手動で開けなければならない状況となり、また、A O弁の操作においては、当該弁を作動させるために必要な空気圧が確保できず、駆動用の空気ポンペを現場で復旧するか、仮設空気圧縮機を設置して空気圧を確保する必要があった。

なお、R H Rの復旧の見通しがたたない場合については、S R Vによる原子炉の減圧に伴ってP C Vの内圧、温度も上昇することから、A M策として、S / C及びD / Wから排気筒（スタック）に至るベント管を通じて、P C Vの過圧を防止するP C Vベントラインが整備されている。

また、当該ラインは、圧力が高い場合でもPCVベントができるよう、SGTSをバイパスして設置されており、また、誤動作を防ぐ観点から、あらかじめ定められた圧力で作動するラプチャーディスクを備えている。

以下、PCVベントに向けた対応状況等を示す。

<PCVベント実施に向けた事前準備>

津波の影響により、S/C冷却をしていたRHRが停止した。また、計器用の電源が喪失したことから、D/W圧力が不明な状態となった。

3月11日20時50分、福島県より福島第一原子力発電所から半径2kmの住民に避難指示が出された。

同日21時23分、内閣総理大臣より福島第一原子力発電所から半径3km圏内の避難、半径3km～10km圏内の屋内退避指示が出された。

同日23時25分頃、D/W圧力計が0.141MPa [abs]と判明した。

3月12日0時30分、国による避難住民の避難措置完了が確認された。(双葉町及び大熊町の3km以内避難措置完了を確認し、同日1時45分再度確認を実施した。)

3月12日1時30分頃、1号機及び2号機のPCVベントの実施について、内閣総理大臣、経済産業大臣及び原子力安全・保安院に申し入れ、了解を得た。本店対策本部より「あらゆる方策で(PCVベントに必要な)MO弁、AO弁を動かし、PCVベントして欲しい。(同日)3時に経済産業大臣と当社がベントの実施を発表する。発表後にベントすること」との情報提供された。

同日2時55分、R/B現場にてRCIC吐出圧力を確認したことから、RCICが作動していると判断し、1号機のPCVベント操作を優先して対応を進めることとなり、2号機はパラメータの監視を継続することとした。

同日3時06分、PCVベント実施に関するプレス会見を実施し、同日3時33分PCVベントを実施した場合の発電所周辺への被ばく評価結果を官庁等に連絡した。

同日4時30分頃、余震による津波の可能性から、発電所対策本部より中操へ現場操作の禁止を指示した。

同日4時45分頃、発電所対策本部より100mSvにセットしたAPDと全面マスクが中操に届けられた。

同日4時50分頃、免震重要棟に戻った作業員に汚染が見られたため、現場に行く際には免震重要棟玄関前から、「全面マスク+チャコールフィルタ+B装備、C装備またはカバーオール」装備となった。

同日4時55分、発電所構内における放射線量が上昇(正門付近同日4時00分0.069μSv/h→同日4時23分0.59μSv/h)したことを確認した。

同日5時00分頃、中操でも同様の装備「全面マスク+チャコールフィルタ+B装備」とするよう指示を出した。

同日5時44分、内閣総理大臣より福島第一原子力発電所から半径10km圏内の住民に避難指示が出された。

同日6時50分、経済産業大臣より法令に基づくPCVベント(手動)の実施命令が出された。

同日15時36分、1号機で水素ガスによると思われる爆発が発生した。

MPで500 μ Sv/hを超える放射線量(1,015 μ Sv/h)を計測したことから、同日16時27分、原災法第15条該当事象(敷地境界放射線量異常上昇)と判断した。

R/Cによる原子炉への注水を継続し、D/W圧力は約200~300 kPa [abs]と安定していたが、いずれPCVベントが必要となることが予想されたことから、同日17時30分、発電所長(発電所緊急時対策本部長)は2号機PCVベント操作の準備を開始するよう指示した。また、3号機とあわせてPCVベントに向け、系統構成準備を開始した。

なお、現場の放射線量も低かったことから、ラプチャーディスクを除く、PCVベントに必要な弁を開けておくこととなった。(ラプチャーディスクの破裂待ちの状態)

1号機PCVベント実施にむけて具体的な準備が開始された際、2号機についてもAM操作手順書や弁の図面、配管計装線図等で操作内容や手順の具体的確認を開始し、PCVベントに必要な弁を手動で開けることができるかどうか、治具を取り付けて強制開にできるかどうかなどについて検討を実施した。それらの検討結果及び、配管計装線図、AM手順書、1号機のPCVベント手順書等をもとに、2号機PCVベントに必要な弁の操作方法(PCVベントラインのMO弁は手動で開操作可能、S/CからのベントラインにあるAO弁は手動での開操作不可)を確認し、PCVベント手順を作成した。また、バルブチェックシートを用いて、PCVベントラインにある弁の現場の位置を確認し準備を進めた。

同日18時25分、内閣総理大臣より福島第一原子力発電所から半径20 km圏内の住民に対し避難指示が出された。

<PCVベント弁(MO弁)開操作>

PCVベントラインのMO弁を手動で開操作するため、運転員はセルフエアセットなど必要な装備を着用し、現場(R/B)に出発した。

運転員は電源喪失により照明が消灯したR/B内(暗闇のなか)に、懐中電灯を携帯して入り、3月13日8時10分、手順書通りPCVベントラインのMO弁を手動で25%開とした。

<S/Cベント弁(AO弁)大弁開操作>

3月13日10時15分、発電所長(発電所緊急時対策本部長)は、2号機PCVベント操作を実施するよう指示した。同日11時00分、S/CからのベントラインにあるAO弁(大弁)を開にするため、中操仮設照明用小型発電機からの電源を用いて電磁弁を強制的に励磁させ開操作を実施し、ラプチャーディスクを除くPCVベントライン系統構成が完了(ラプチャーディスクの破裂待ちの状態)した。

この時、D/W圧力はラプチャーディスク作動圧(427 kPa [gage])よりも低く、PCVベントされない状態であることから、PCVベントを系統構成する弁の開状態を保持し、D/W圧力の監視を継続した。

同日15時18分、PCVベントを実施した場合の発電所周辺への被ばく評価結果

を官庁等へ連絡した。

< 3号機爆発の影響 >

3月14日11時01分、3号機において水素ガスによると思われる爆発が発生し、中操運転員を除く作業員は、すべての作業を中断して免震重要棟へ退避となった。

作業員の安否確認や現場の状況、安全確認のため、しばらく復旧に着手できなくなった。

D/W圧力は、約450 kPa [abs]とPCVベント実施圧力を下回った状態で安定的に推移した。

S/CからのベントラインにあるAO弁（大弁）については、3号機爆発の影響により電磁弁励磁回路が外れ閉となったため、3号機爆発後の退避指示解除の後、3月14日16時頃から開操作を実施したが、同日16時20分頃、仮設空気圧縮機からの空気が十分でなく、開操作ができなかった。

< S/Cベント弁（AO弁）小弁開操作 >

D/W圧力に低下が見られないことから、3月14日18時35分頃、S/CからのベントラインにあるAO弁（大弁）だけでなく、S/CからのベントラインにあるAO弁（小弁）を対象としたPCVベントラインの復旧作業を継続した。（S/Cベント弁（AO弁）大弁は、仮設空気圧縮機からの空気が十分でなく、開操作ができないものと思われたが、電磁弁の不具合により開不能になったと推定した。）

同日21時頃、S/CからのベントラインにあるAO弁（小弁）を開動作させ、ラプチャーディスクを除くPCVベントラインの系統構成が完了（ラプチャーディスクの破裂待ちの状態）した。

< 原災法第15条該当事象の判断（格納容器圧力異常上昇） >

3月14日22時50分、D/W圧力が最高使用圧力427 kPa [gage]を超えたことから、原災法第15条該当事象（格納容器圧力異常上昇）が発生したと判断した。

< D/Wベント弁（AO弁）小弁開操作 >

D/W圧力は上昇傾向にある一方、S/C圧力は約300～400 kPa [abs]で安定し、圧力が均一化されない状況が発生した。

S/C側の圧力がラプチャーディスク作動圧よりも低く、D/W側の圧力が上昇していることから、3月14日23時35分頃、D/WからのベントラインにあるAO弁（小弁）を開けることによりPCVベントを実施する方針を決定した。

3月15日0時02分頃、D/WからのベントラインにあるAO弁（小弁）の開操作を実施し、ラプチャーディスクを除くPCVベントラインの系統構成が完了したと思われたが、数分後にD/WからのベントラインにあるAO弁（小弁）が閉状態であることを確認した。（D/W圧力は約750 kPa [abs]から低下せず、その後D/W圧力は高め安定で推移した。）

同日3時00分、D/W圧力が設計上の最高使用圧力（約528 kPa [abs]（427 kPa [gage]））を超えたことから、D/Wの減圧操作及び原子炉内への注水操

作を試みたが、原子炉が減圧しきれていない状況であることを確認した。

同日6時00分～10分頃、大きな衝撃音が発生した。ほぼ同時期にS/C圧力が0MPa [abs]を示していた。

同日7時頃、免震重要棟の要員は、監視、応急復旧作業に必要な要員を除き、一時的に福島第二原子力発電所へ退避した。

その後、D/W圧力等のパラメータは、数時間ごとに運転員が中操に行きデータを採取し、同日11時25分頃、D/W圧力の低下を確認した。

(同日7時20分730kPa [abs]→同日11時25分155kPa [abs])

【添付資料－8－1、11、12】

8. 2 後日の調査によって確認された事項

8. 2. 1 炉心の状態について (MAAP解析結果)

「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所運転記録及び事故記録の分析と影響評価について (平成23年5月23日NISA報告)」の中で、地震発生初期の設備状態や運転操作等に関する情報より、MAAPを用いてプラントの状態を評価している。

原子炉水位維持が可能な注水量を少なめに仮定したケースにおける解析では、2号機の炉心は一部溶融プールが存在しているものの燃料域にとどまり、RPV破損には至らないとの解析結果となった。

また、燃料域以下程度を維持する注水量を仮定したケースにおける解析では、一部の燃料についてはRPV内にとどまる結果となったものの、RPVは破損するとの解析結果となった。一方、RPV温度等のプラントパラメータによれば、熱源(燃料)の大部分はRPV内にあることを示唆する挙動であることから、炉心は大幅に損傷したものの、所定の装荷位置から下(下部プレナム)に移動・落下し、大部分はその位置付近で安定的に冷却できていると考える。

なお、MAAP解析結果のNISA報告以降、平成23年6月23日に実施した原子炉水位計の校正作業において、原子炉水位低下後の実機計測値は有効燃料棒底部以上の水位を示しているが、燃料域内に水位がないものと推定している。

【添付資料－8－13】

9. 福島第一原子力発電所3号機の事故状況及び事故進展の状況調査

9. 1 プラントの状況

9. 1. 1 地震発生前のプラント状況

3号機は平成22年10月26日（平成22年9月23日発電機最終並列）より第25サイクル運転中であり、地震発生時は定格熱出力にて、一定運転中であった。なお、運転の継続に影響を及ぼす可能性のある不具合は発生していなかった。

9. 1. 2 地震発生後のプラント及び対応状況

(1) 【3月11日14時46分（地震発生）～3月11日15時38分（全交流電源喪失）】

a. 止める機能

定格熱出力一定運転中のところ、平成23年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により、同日14時47分「地震加速度大トリップ」（動作設定値：R/B地下床水平：135ガル、鉛直：100ガル）が発生し、直ちに全制御棒が全挿入となり原子炉は設計通り自動停止するとともに、同日14時54分に原子炉が未臨界状態となったことを確認した。

【添付資料－9－1、2】

b. 冷やす機能

地震の影響で、新福島変電所の設備被害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48分頃、非常用母線の電源が喪失した。

非常用母線の電源が喪失したことに伴い、RPS電源が停止し、MSIVが自動閉じた。このため、原子炉圧力が上昇を開始したが、SRVの自動開閉により圧力が制御された。

同日14時48分に、D/G2台（D/G3A、3B）が自動起動し、非常用母線（M/C-3C、M/C-3D）の電源が回復した。

外部電源喪失による原子炉隔離時（MSIV閉時）の対応手順書（事故時操作手順書）に従い、同日15時05分、RCICを手動起動することで原子炉水位は上昇し、同日15時25分に原子炉水位「高」信号により自動停止した。

なお、HPCIについては、地震以降から全交流電源喪失に至るまで、原子炉水位がHPCIの自動起動レベル（L-2：TAF+2950mm）まで低下していないことから、手動起動を含めて作動していない。

【添付資料－9－1～6、8、9】

c. 閉じ込める機能

3月11日14時48分非常用母線の電源が喪失したことに伴い、RPS電源が停止し、MSIVが自動閉じた。

通常換気空調は、常用電源喪失により停止したが、原子炉水位低（L-3：TAF+4443mm）またはRPS電源が停止したことによるPCIS隔離信号により、SGTSは自動起動したことから、R/Bの負圧は維持された。なお、排気筒放射線モニタの値に異常な変化はなく、外部への放射能の影響はなかった。

【添付資料－9－1～3、7】

(2) 【3月11日15時38分（全交流電源喪失）～3月15日（海水注水）】

a. 冷やす機能

3月13日2時42分のHPCI停止に伴い、D/D-FPによる注水を試みたが原子炉圧力の上昇により出来ず、その後、HPCIはバッテリーの枯渇により再起動できず、またRCICも起動できなかった。

RCICによる原子炉注水ができなかったことから、同日5時10分、原災法第15条該当事象（原子炉冷却機能喪失）と判断した。

なお、原子炉冷却機能喪失に至った場合の代替注水については、AM策として、復水貯蔵タンクを水源としMUWCから原子炉へ注入するライン、及びろ過水タンクを水源としFPからMUWCを経由して原子炉へ注水するラインを整備している。

消防車等の重機を使用した原子炉への代替注水はAM策としては考慮されていなかったが、今回の事故では臨機の応用動作として、消防車による原子炉への注水を試みた。

以下、代替注水に向けた対応状況等を示す。

<原災法第10条該当事象の判断（全交流電源喪失）>

津波の影響を受け、冷却用海水ポンプまたは電源盤、非常用母線の被水等により3月11日15時38分にD/G 3A、3Bが停止したことから、同日15時42分原災法第10条該当事象（全交流電源喪失）の発生と判断した。全交流電源喪失により、RHR、CSは動作不能となった。

一方、直流電源設備については被水を免れた。

<原災法第15条該当事象の判断（原子炉冷却機能喪失）>

直流電源で操作可能な設備であるRCIC及びHPCIについては、使用可能な状態にあった。

3月11日16時03分には、原子炉水位維持のためにRCICを手動起動し、原子炉水位は維持されていた。その後3月12日11時36分にRCICが自動停止した。

RCIC停止後、原子炉水位は低下し、3月12日12時35分に原子炉水位低（L-2：TAF+2950mm）によりHPCIが自動起動した。これにより原子炉水位は回復したものの、HPCIは3月13日2時42分に停止した。

HPCI停止に伴い、原子炉の水位維持及び冷却継続のため、AM策である代替注水手段としてD/D-FPによる注水を試みたが、一時低下していた原子炉圧力が約4.1MPa [gage]まで再び上昇しており注水できなかった。

その後、タービン駆動であるRCIC及びHPCIを再起動して原子炉への注水を試みたが、HPCIは電源となるバッテリーの枯渇により起動できず、またRCICも起動できなかった。

RCICによる原子炉注水ができなかったことから、同日5時10分、原災法第15条該当事象（原子炉冷却機能喪失）と判断した。

<消防車による注水の実施>

発電所対策本部は、3月11日17時12分の発電所長（発電所緊急時対策本部長）の指示以降、原子炉への注水を確保するため、AM策として設置された代替注水手段（FP、MUWC、RHR）及び消防車を使用した原子炉への代替注水について検討

していたが、消防車は発電所に配備していた3台のうち、1台は1号機の海水注入に使用しており応援要請するも到着せず、1台は津波の影響により使用不能、5、6号機側の消防車1台については津波発生以降、道路の損傷や津波による瓦礫の影響で5、6号機側との通路が分断されていたことから移動が困難な状況であった。

その後、土嚢の設置による段差の整地及び瓦礫撤去などの構内道路の復旧を順次進め、5、6号機側との往来が可能となった段階で5、6号機側の消防車を1～4号機側に移動した。

さらに、福島第二原子力発電所で緊急時のバックアップとして待機していた消防車1台も福島第一原子力発電所に移動した。

これにより、消防車ポンプを駆動源とし、防火水槽を水源としたFPからRHRを使用して原子炉へ注水する代替注水系統構成作業を実施した。

消防車ポンプを使用したFPからの原子炉注水を実施するためには、原子炉圧力を消防車ポンプの吐出圧力以下に減圧する必要がある。このため、SRV手動開による原子炉圧力低下を試みたが、1、2号機の計器復旧等のために所内のバッテリーを集めた後だったこともあり、SRV手動開に必要な電源が確保できずSRVを操作できない状態であった。発電所対策本部の社員の個人自動車のバッテリーを取り外して集め、中操に運んでSRV駆動電源としてつなぎ込みを行い、3月13日9時08分にSRVを手動で開き、原子炉の急速減圧を実施した。

この減圧作業により、原子炉圧力が消防車ポンプの吐出圧力を下回ったことから原子炉への注水が可能となった。同日9時25分、防火水槽（淡水）にホウ酸を溶解し、原子炉への注水を開始した。

<高圧注水系統の復旧>

高圧注水の可能なSLCについては、パワーセンターに電源車をつなぎ、電源復旧がされた後にSLCを使用して原子炉へ注水することで復旧を進めたが、度々の余震による作業中断・避難や劣悪な作業環境（暗所、障害物散乱、道路マンホール蓋欠落）等により作業が難航し、復旧には至らなかった。

<海水注入への切替>

3月13日10時30分、発電所長（発電所緊急時対策本部長）は海水注入を視野に入れて対応するようにとの指示を出した。

同日12時20分、防火水槽の淡水が枯渇したため、逆洗弁ピットの海水を注入するよう注水源の系統変更を開始した。

なお、系統変更については、短時間で切り替えるよう予め準備を進めていたが、作業中に余震が発生したことで避難指示が出され、作業中断を余儀なくされた。

作業再開後まもなく海水注入系統構成が完了し、同日13時12分に海水注入を開始した。あわせて、淡水の追加手配も実施した。

<逆洗弁ピットへの海水の補給>

水源である逆洗弁ピットの海水補給のため、必要となる消防車については関係各所に応援要請を継続していたものの、発電所構内の放射線量・汚染の問題や発電所までの道路状態が悪いことなどの理由により、発電所に直接向かうことができず、オフサイトセンターもしくはJビレッジ等で消防車を発電所所員に受け渡してから発電所に向かう必要があり、消防車の到着までには時間を要した。

また、逆洗弁ピット以外の他の水源として、4号機T/B地下に溜まった海水を利用するために、4号機T/B大物搬入口のシャッターを破壊して消防車を入れ取水を試みたが、取水できず、4号放水口や技能訓練センターのプールなどから取水できないかについても検討を行ったが実現には至らなかった。

逆洗弁ピット内の海水が残り少なくなったことから、FPに接続していた消防車ポンプを3月14日1時10分に一旦停止し、消防車を逆洗弁ピットに寄せてホースの吸い込み位置を深くすることで取水位置を調整し、同日3時20分頃、海水注入を再開した。

なお、同日明け方に消防車の応援が到着したため、海から直接海水を取水して逆洗弁ピットへ送水するよう、消防車2台を物揚場付近に配置し、海水の取水系統を構成した。

当該海水取水ラインを使用し、同日9時20分、物揚場から逆洗弁ピットへの海水の補給を開始した。

また、淡水源として要請していた自衛隊の給水車(5t×7)が到着し、逆洗弁ピットへの補給に使用することとして、同日10時53分、逆洗弁ピットに配置し、補給作業を開始した。

<R/B爆発と被害の状況>

3月14日11時01分、R/Bで水素ガスによると思われる爆発が発生した。

この爆発により消防車やホースが損傷し、原子炉内への海水注入が停止した。

また、逆洗弁ピットは瓦礫により使用できない状態となり、給水車による補給も停止した。

爆発後、中操運転員を除く作業員は、すべての作業を中断して免震重要棟へ退避した。作業員の安否確認や現場の状況、安全確認のため、しばらく復旧に着手できなくなった。

<原子炉への注水の再開>

爆発後、逆洗弁ピットが使用できなくなったため、海から直接海水を取水して原子炉に注水するよう、消防車を物揚場付近に移動し、ホースを引き直した。

さらに、消防車2台を直列につなぎ、2、3号機の両方に送水する系統を構築し、3月14日16時30分頃に消防車ポンプによる海水注入を再開した。

【添付資料-9-1~6、8~10】

b. 閉じ込める機能

3月12日17時30分、発電所長(発電所緊急時対策本部長)よりPCVベントの準備を開始するよう指示があり、中操では、監視計器類の復旧が行われる中、同日21時過ぎからPCVベント操作手順及びPCVベントに必要な弁の設置場所を確認した。

通常は中操からPCVベント操作できるが、全交流電源喪失のため、PCVベント操作のうち、MO弁の操作については手動で開けなければならない状況となり、また、AO弁の操作においては、当該弁を作動させるために必要な空気圧が確保できず、駆動用の空気ポンペを現場で復旧するか、仮設空気圧縮機を設置して空気圧を確保する必要があった。

なお、RHRの復旧の見通しがたたない場合については、SRVによる原子炉の減

圧に伴ってPCVの内圧、温度も上昇することから、AM策として、S/C及びD/Wから排気筒（スタック）に至るベント管を通じて、PCVの過圧を防止するPCVベントラインが整備されている。

また、当該ラインは、圧力が高い場合でもPCVベントができるよう、SGTSをバイパスして設置されており、また、誤動作を防ぐ観点から、あらかじめ定められた圧力で作動するラプチャーディスクを備えている。

以下、PCVベントに向けた対応状況等を示す。

<PCVベント実施に向けた事前準備>

3月12日17時30分、発電所長（発電所緊急時対策本部長）よりPCVベントの準備を開始するよう指示があり、中操では、監視計器類の復旧が行われる中、同日21時過ぎからPCVベント操作手順及びPCVベントに必要な弁の設置場所を確認した。

また、発電所緊急時対策本部発電班及び復旧班は、1号機のPCVベント操作手順書が完成した後、1号機PCVベント操作手順書や3号機AM操作手順書の内容を確認し、3号機PCVベント手順の検討を行い、作成した手順を中操に連絡した。

3月13日4時50分頃、S/CからのベントラインにあるAO弁（大弁）を開けるために、中操仮設照明用小型発電機からの電源を用いて、当該弁の電磁弁を強制的に励磁させた。

<PCVベントのラインナップ完成作業実施>

3月13日5時15分、発電所長（発電所緊急時対策本部長）はラプチャーディスクを除く、PCVベントの系統構成を完成させるよう指示した。

電磁弁を強制的に励磁させた後、運転員がトーラス室（S/Cが設置されている部屋）に行き、当該弁の開度を確認したところ全閉であった。

なお、この頃、SRVからS/Cへの高温蒸気の吹き出し等によりトーラス室下部にあるS/C内温度上昇の影響で、トーラス室内は高温となっており、また、照明がなく真っ暗であったことから、作業環境は非常に厳しい状態であった。

S/CからのベントラインにあるAO弁（大弁）の電磁弁が励磁されているものの当該弁が開とならないのは、当該弁を駆動させる空気ボンベからの圧力が足りないためであり、ボンベ交換を行った。同日5時23分頃、ボンベを交換した結果、当該弁が開となった。

同日5時50分PCVベント実施に関するプレス発表を実施し、同日7時35分、PCVベントを実施した場合の発電所周辺への被ばく評価結果を官庁等に連絡した。

同日7時39分、格納容器スプレイを開始した。

同日8時35分頃、PCVベントラインにあるMO弁を手順書通り、現場で手動にて15%開状態とした。

<ベントラインの維持>

3月13日8時41分にラプチャーディスクを除くPCVベントライン構成を完了し、D/W圧力がラプチャーディスク作動圧（427kPa [gage]）よりも低く、PCVベントされない状態（ラプチャー破裂待ち）で、PCVベントを系統構成する弁の開状態を保持し、D/W圧力の監視を継続した。

同日9時24分、D/W圧力の低下(同日9時10分：0.637MPa [abs]→同

日9時24分：0.540MPa [abs])が確認されたことから、9時20分頃PCVベントが実施されたと判断した。

同日9時28分頃、S/CからのベントラインにあるAO弁（大弁）に設置したポンベの圧力が下がってきたことから、現場に向かったところ、ポンベ接続部から漏えいが確認されたため、ポンベ接続部の増し締めを行った。

同日11時17分、ポンベの圧力低下によりS/CからのベントラインにあるAO弁（大弁）が閉となった。

ポンベを交換して当該弁の開操作を再度実施し、同日12時30分当該弁が開になっていることを確認した。

当該弁を開状態で保持する必要があるため、当該弁が設置されているトラス室に行ったが、室内が熱く、作業が困難な状態であったことから、開で保持するための措置は実施出来なかった。

発電所対策本部復旧班では、S/CからのベントラインにあるAO弁（大弁）を動作させるためのもうひとつの駆動源であるIAが停止していたことから、同日17時52分頃、T/B大物搬入口に仮設コンプレッサーを設置し、IA系に接続した。

なお、当初仮設コンプレッサーを設置しようとした場所は放射線量が高かったため放射線量が低いT/B大物搬入口に移動させた。

同日20時10分頃にD/W圧力低下したことから、S/CからのベントラインにあるAO弁（大弁）が開になったと判断した。

<現場線量上昇>

MP指示値は3月13日14時15分、放射線量が905 μ Sv/hを計測したことから、原災法第15条該当事象（敷地境界放射線量異常上昇）と判断した。

放射線量は、同日14時31分頃、R/B二重扉北側で300mSv/h以上、南側で100mSv/hであり、R/B内は白いもやが充満した状態であった。

3号機中操では、同日15時28分放射線量が12mSv/hと高くなってきたことから、当直長は運転員を4号機側中操に待避させた。

<PCVベントラインの追加>

3月14日2時頃よりD/W圧力が上昇傾向（同日2時00分：0.265MPa [abs]→同日3時00分：0.315MPa [abs]）となったことから、S/Cからのベントラインにあるもう一つのAO弁（小弁）についても、同日3時40分、電磁弁を強制的に励磁させ、同日5時20分開操作を開始し、同日6時10分に開になったことを確認した。

同日9時12分MPで放射線量が518.7 μ Sv/hを計測したことから、原災法第15条該当事象（敷地境界放射線量異常上昇）と判断した。

同日11時01分、R/Bで水素ガスによると思われる爆発が発生した。

その後のPCVベント実施については、AO弁駆動用空気圧の確保や、空気供給ラインの電磁弁の励磁維持の問題からS/CからのベントラインにあるAO弁（大弁、小弁）を開状態で維持することが難しく、以下のとおり複数回開操作を実施した。

【大弁】

3月15日	16時00分	閉確認	→	同日16時05分	開操作
3月17日	21時00分	閉確認	→	同日21時30分頃	開操作

3月18日 5時30分 閉確認 → 同日 5時30分頃 開操作
3月19日 11時30分 閉確認 → 3月20日11時25分頃 開操作

【小弁】

3月15日 16時00分 閉確認 → 3月16日 1時55分 開操作

【添付資料－9－1～2、11、12】

9. 2 後日の調査によって確認された事項

9. 2. 1 炉心の状態について（MAAP解析結果）

「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所運転記録及び事故記録の分析と影響評価について（平成23年5月23日原子力安全・保安院報告）」の中で、地震発生初期の設備状態や運転操作等に関する情報より、MAAPを用いてプラントの状態を評価している。

原子炉水位維持が可能な注水量を少なめに仮定したケースにおける解析では、3号機の炉心は一部溶融プールが存在しているものの、燃料域にとどまり、RPV破損には至らないとの解析結果となった。

また、燃料域以下程度を維持する注水量を仮定したケースにおける解析では、一部の燃料についてはRPV内にとどまる結果となったものの、RPVは破損するとの解析結果となった。

一方、RPV温度等のプラントパラメータによれば、熱源（燃料）の大部分はRPV内にあることを示唆する挙動であることから、炉心は大幅に損傷したものの、所定の装荷位置から下（下部プレナム）に移動・落下し、大部分はその位置付近で安定的に冷却できていると考える。

なお、原子炉水位計の校正作業については、現場の放射線量が高いなどの影響により実施できていないが、作業環境が整い次第実施することとしている。

原子力安全・保安院にMAAP解析結果を報告した以降に、引き続き調査及び評価を進めたところ、3号機の原子炉圧力挙動は配管破断によるものではなく、HPCIが連続運転していたことによって継続的に蒸気が消費されたことによるものとする。

【添付資料－9－13】

10. 福島第一原子力発電所4号機の事故状況及び事故進展の状況調査

10.1 プラントの状況

10.1.1 地震発生前のプラント状況

4号機は平成22年11月30日から第24回定期検査のため停止中であり、シュラウド取替工事を実施していたことから、原子炉内の全燃料をSFPに取り出した状態（炉内からの取出燃料548体、使用済燃料783体、新燃料204体）であった。SFPは、満水（オーバーフロー水位付近）で、水温は約27℃であった。また、原子炉（ウェル）側は、プールゲートが閉で満水状態であった。

【添付資料－10－1、2】

10.1.2 地震発生後のプラント及び対応状況

(1) 【3月11日14時46分（地震発生）～3月11日15時38分（全交流電源喪失）】

a. 冷やす機能

地震の影響で、新福島変電所の設備被害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分頃、非常用母線の電源が喪失し、D/G1台（D/G4B）が自動起動し、高圧配電盤の非常用母線（M/C-4D）の電源が回復した。なお、D/G4Aは点検中であった。

RHR B系（A系は点検中）は、FPCに加えてSFPを非常時熱負荷モードで冷却運転中であったが、電源喪失により自動停止した。

【添付資料－10－1～5】

b. 閉じ込める機能

4号機については、定検停止中であり、プロセス計算機、過渡現象記録装置の取替作業中であったこと等から、記録上の確認はできないが、燃料油タンク（燃料デイトンク）レベルの低下が確認されていること等から、D/Gは動作していたものと思われる。その電源の供給によりSGTSは起動していたものと考えられる。

なお、排気筒放射線モニタの値に異常な変化はなかった。

【添付資料－10－1、2】

(2) 【3月11日15時38分（全交流電源喪失）以降】

a. 冷やす機能

津波の影響を受け、電源盤の被水等によりD/G4Bが自動停止したことから、3月11日15時38分に全交流電源喪失となり、RHR B系は動作不能となった。また、中操内は非常用照明灯のみとなった。

発電所対策本部復旧班にて、中操照明及び監視計器の復旧のため、必要な図面の用意、バッテリーやケーブルの収集などを進め、同日21時58分、小型発電機設置により中操内に仮設照明が設置された。

【添付資料－10－1】

b. 閉じ込める機能

<原子炉建屋損傷>

3月15日6時00分～6時10分頃、大きな音が発生した。その後、R/B5階屋根付近に損傷を確認した。

<原災法第15条該当事象（敷地境界放射線量異常上昇）>

R/B5階屋根付近に損傷を確認し、発電所正門付近で $500\mu\text{Sv/h}$ を超える放射線量（ $583.7\mu\text{Sv/h}$ ）を計測したことから、3月15日6時50分、原災法第15条該当事象（敷地境界放射線量異常上昇）と判断した。

<原災法第15条該当事象（火災爆発等による放射性物質異常放出）>

発電所正門付近で $500\mu\text{Sv/h}$ を超える放射線量（ $807\mu\text{Sv/h}$ ）を計測したことから、3月15日8時11分、原災法第15条該当事象（火災爆発等による放射性物質異常放出）と判断した。

同日9時38分、R/B3階北西コーナー付近より火災が発生していることを確認した。

同日11時頃、R/B火災について、当社社員が確認したところ、自然に火が消えていることを確認した。

また、3月16日5時45分頃、R/B北西部付近から炎が上がっていることを確認し、消防署等へ通報するとともに、官庁等へ連絡した。

同日6時15分頃、当社社員が確認したところ、現場で火が見えないことを確認した。

【添付資料－10－1、6】

10. 2 後日の調査によって確認された事項

10. 2. 1 R/B損傷について

3月15日にR/Bが損傷していることが確認された。損傷の原因については、水素ガスによる爆発と思われるが、その可能性も含め現在調査中である。

4号機は原子炉の燃料はすべて取り出されており、原子炉からの水素発生の可能性はない。第13章に詳述するが、4号機のSFPで燃料は露出していないと考えられることから、燃料の過熱による水-ジルコニウム反応による水素発生が起こったとは考えられない。また、SFP内での水の放射線分解による水素発生はごく僅かであり原因とは考えられない。一方、SGTSの弁は電源断で弁が開となる構造であり、全交流電源が喪失した状態で、3号機でPCVベントが行われたことから、原因のひとつとして3号機の水素ガスを含むPCVベント流が排気筒合流部を通じて流入した可能性が考えられる。事実関係を確認すべく、4号機のSGTSフィルタトレインの放射線量測定を実施（平成23年8月25日実施）した。調査の結果、SGTSフィルタトレイン出口側の放射線量が高く、入口側に行くに従い下がっていくことが確認された。これは、3号機のPCVベント流がSGTS系配管を経由して4号機に回り込んだ可能性を示す結果と考えられる。

【添付資料－10－6】

1 1. 福島第一原子力発電所 5号機の事故状況及び事故進展の状況調査

1 1. 1 プラントの状況

1 1. 1. 1 地震発生前のプラント状況

5号機は平成23年1月3日から第24回定期検査のため停止中であり、原子炉内に燃料を装荷した状態で、RPVの耐圧漏えい試験を実施中（水圧による漏えい試験中で、RPV満水、原子炉圧力約7MPa [gage]、原子炉水温度約90℃）であった。SFPは、満水（オーバーフロー水位付近）、水温は約24℃であった。

【添付資料－11－1、2】

1 1. 1. 2 地震発生後のプラント及び対応状況

(1) 【3月11日14時46分（地震発生）～3月11日15時40分（全交流電源喪失）】

a. 止める機能

第24回定期検査中であり、RPVの耐圧漏えい試験を実施中のところ、平成23年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により、同日14時46分「地震加速度大トリップ」（動作設定値：R/B地下床水平：135ガル、鉛直：100ガル）が発生した。地震直前まで制御棒機能検査も実施中であり、制御棒動作試験を実施していたが、地震発生時は全制御棒全挿入位置にあり、地震による停止状態の異常は認められなかった。

【添付資料－11－1、2】

b. 冷やす機能

地震の影響で、新福島変電所の設備被害、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分頃、非常用母線の電源が喪失し、D/G2台（D/G5A、5B）が自動起動し、非常用母線（M/C-5C、M/C-5D）の電源が回復した。

RPVの耐圧漏えい試験を実施中のため、CRDポンプにて原子炉を加圧（約7MPa [gage]）していたが、電源喪失により、CRDポンプが自動停止したため、原子炉圧力が一時的に低下した。

SFPについては、外部電源が喪失したため運転中のFPCは自動停止した。非常用母線（M/C-5C、M/C-5D）の電源が回復後、SFP水位は満水（オーバーフロー水位付近）であり、水温約24℃であったため、早期にSFPの冷却に支障をきたす状況でないことから、RHRは待機状態とした。

【添付資料－11－1～5】

c. 閉じ込める機能

3月11日14時47分頃、通常換気空調系は、常用電源喪失により自動停止した。RPSの電源が停電したことによるPCIS隔離信号により、SGTSが自動起動したことから、R/Bの負圧は維持された。なお、排気筒放射線モニタの値に異常な変化はなく、外部への放射能の影響はなかった。

【添付資料－11－1、2】

(2)【3月11日15時40分(全交流電源喪失)～3月20日(原子炉冷温停止)】

a. 冷やす機能

津波の影響を受け、D/G 5A、5B海水ポンプまたは電源盤の被水等により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、RHR、CSは動作不能となった。5号機側の中操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、全交流電源喪失後も直流電源で動作しており、指示値の確認をすることができた。

<6号機からの電源融通>

3月12日0時09分、5、6号機所内電源系統の点検のため、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開始した。電源設備(高压電源盤)が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ることを確認した。

AM策で敷設済みであった5号機と6号機間の本設ケーブル(AM設備タイライン)を利用し、同日8時13分、6号機のD/G 6Bから6号機T/Bの低压電源盤の一部(T/B MCC 6C-2)を介して、5号機R/Bの低压電源盤の一部(5号RHR MCC)への電源融通が可能となり、直流電源で動作する中操監視計器(直流A系)に計器用電源、及びRHRのMO弁等へ供給できた。また、電源融通が可能となった当該電源盤(5号RHR MCC)を介して、健全性確認が完了した5号機低压電源盤に仮設電源ケーブルを敷設し、電源供給が可能な状態とした。

また、交流電源で動作する中操監視計器については、6号機サービス建屋の計測電源盤から5号機計測電源盤へ直接仮設電源ケーブルを敷設し、計器用電源を供給した。

同日14時42分、6号機のD/G 6Bからの電源により、5、6号中操非常用換気空調系(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、中操内の空気浄化を開始した。

<原子炉圧力の減圧>

原子炉圧力は、燃料からの崩壊熱により上昇していたため、RCIC蒸気ライン、HPCI蒸気ライン及びHPCI排気ラインを順次使用して減圧操作を試みたが、原子炉圧力に変化はなかった。その後も原子炉圧力は上昇し、3月12日1時40分頃からSRVが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。

原子炉への注水を実施するためには、さらに原子炉圧力を下げる必要があることから、現場でRPV頂部ベント弁の駆動空気供給ラインを構成後、同日6時06分に中操からRPV頂部の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できた。

<MUWC復旧>

3月13日18時29分、6号機低压電源盤からMUWCポンプへ仮設ケーブルを敷設し、6号機D/G 6Bから電源供給が開始され、同日20時54分にMUWCポンプを手動起動した。

<SRV手動操作復旧>

崩壊熱の影響により原子炉圧力は上昇していた。SRVは、RPVの耐圧漏えい試験のため、中操からの操作ができない状態にしていたことから、3月14日未明より

復旧作業を開始した。中操で電源ヒューズ（直流）を復旧し、PCV内でSRV駆動用窒素ガス供給ラインの弁開操作によりSRV操作のための系統構成が完了し、SRVが中操から操作可能な状態となった。SRVの復旧後、同日5時以降SRVを中操から手動開操作し、RPVの減圧を開始した。その後も原子炉圧力が2MPa[gage]程度まで上昇するとSRVを中操から手動開操作し、RPVの減圧を断続的に実施した。

<MUWCによる代替注水>

SRVでの減圧後、AM策で設置されたFPラインとRHRラインとをつなぐ代替注水ラインを使用し、3月14日5時30分、復水貯蔵タンクを水源としてMUWCによる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うとともに、同日9時27分からはAM策で使用するラインを使用してSFPへも水の補給を開始し、ほぼ満水まで水の補給を行った後、断続的に補給を継続実施した。

津波の影響でSWポンプがすべて使用不可の状態であり、SFP冷却ができない状況であった。SFP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SFP水温の監視を継続した。

除熱機能復旧までの間、SFP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SFP水の一部をS/Cへ排水後、AM策で設置されたラインを使用し、MUWCで水の補給を実施した。

<RHR復旧>

発電所対策本部復旧班は、RHR Sポンプの健全性を確認した結果、使用できないことが判明したことから、RHR Sポンプの代替として一般使用品の水中ポンプを仮設で本設海水系配管に接続して復旧することについて検討を開始した。

3月17日より水中ポンプ設置に関わるエリアの瓦礫撤去、工事用道路の整地を開始した。

3月18日には、高圧電源車から仮設電源ケーブルを敷設し、屋外ポンプ操作盤の設置が完了した。

3月19日1時55分、仮設RHR Sポンプを起動した。なお、RHRポンプはT/B地下にある高圧電源盤が津波の浸水により電源供給が不可であったため、6号機電源盤より仮設電源ケーブルを敷設し、直接電源供給することとした。

同日5時00分頃、RHRポンプ（C）を手動起動し、非常時熱負荷モードでSFP冷却を開始した。

<D/G 6A復旧>

運転員及び発電所対策本部復旧班は、屋外の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た。その際、津波で被水したD/G 6A海水ポンプの健全性を確認したことから、3月18日19時07分にD/G 6A海水ポンプを起動し、3月19日4時22分にD/G 6Aを起動した。これにより5号機及び6号機に対し、非常用電源はD/G 2台を確保できた。

<原子炉冷温停止>

3月20日10時49分、非常時熱負荷モードでSFP冷却をしていたRHRポンプ(C)を手動停止し、同日12時25分、SHCモードでRHRポンプ(C)を手動起動し、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、RHRによるSHCモードでの原子炉冷却と非常時熱負荷モードでのSFP冷却を交互に実施していたが、SWポンプの復旧によりFPCの除熱機能が確保できたことから、6月24日16時35分にFPCポンプを起動したことで、FPCによるSFP冷却を開始し、RHRは原子炉冷却とした。

【添付資料-11-1~8】

b. 閉じ込める機能

<SGTS復旧>

高圧電源盤の水没により低圧電源盤への電源供給は不可であったため、6号機T/B低圧電源盤から5号機の復旧操作に必要な機器へ直接仮設電源ケーブルの敷設を開始した。SGTSへの仮設電源ケーブルの敷設が完了したことから、3月13日21時01分SGTSを手動起動し、R/Bの負圧は維持された。

<水素ガス滞留防止策>

地震発生以降、原子炉及びSFP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。しかしながら、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、水素ガス滞留防止策を検討し、ボーリングマシンを使用してR/B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。

【添付資料-11-1】

1 2. 福島第一原子力発電所 6号機の事故状況及び事故進展の状況調査

1 2. 1 プラントの状況

1 2. 1. 1 地震発生前のプラント状況

6号機は平成22年8月14日から第22回定期検査のため停止中であり、原子炉内に燃料を装荷し、冷温停止状態（原子炉圧力約0MPa [gage]、原子炉水温度約25℃であり、全制御棒が全挿入状態）であった。SFPは、満水（オーバーフロー水位付近）、水温は約25℃であった。

1 2. 1. 2 地震発生後のプラント及び対応状況

(1) 【3月11日14時46分（地震発生）～3月11日15時36分（D/G2台停止）】

a. 止める機能

第22回定期検査中であり冷温停止中のところ、平成23年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により、同日14時46分「地震加速度大トリップ」（動作設定値：R/B地下床水平：135ガル、鉛直：100ガル）が発生した。地震発生時は全制御棒全挿入位置にあり、地震による停止状態への異常は認められなかった。

【添付資料－12－1、2】

b. 冷やす機能

地震の影響で、新福島変電所の設備被害、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分頃、非常用母線の電源が喪失し、D/G3台（D/G6A、6B及びHPCS D/G）が自動起動し、非常用母線（M/C-6C、M/C-6D及びM/C-HPCS）の電源が回復した。

この時、SFPの冷却機能を果たすFPCは、電源喪失により停止したものと推定した。なお、原子炉は冷温停止状態であることに加え、SFP水位は満水（オーバーフロー水位付近）であり、水温約25℃程度であったため、早期にSFPの冷却に支障をきたす状況でないことから、非常用母線（M/C-6C、M/C-6D）電源の回復後、RHR及びFPCは待機状態とした。

【添付資料－12－1～5】

c. 閉じ込める機能

3月11日14時47分頃、通常換気空調系は、常用電源喪失により自動停止した。RPSの電源が停電したことによるPCIS隔離信号により、SGTSは自動起動したことから、R/Bの負圧は維持された。なお、排気筒放射線モニタの値に異常な変化はなく、外部への放射能の影響はなかった。

【添付資料－12－1、2】

(2) 【3月11日15時36分（D/G2台停止）～3月20日（原子炉冷温停止）】

a. 冷やす機能

津波の影響を受け、D/G海水ポンプまたは電源盤の被水等（D/G本体を除く）によりD/G6A及びHPCS D/Gが停止した。このため、HPCSポンプは電

源喪失により使用不能となった。D/G建屋に設置されている空冷式のD/G 6B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等しなかったことから停止に至らず、非常用母線(M/C-6D)の電源を供給し続けた。

また、RHR S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、RHR及びLPCSポンプは補助設備(電動機、熱交換器等)の冷却が出来ず、使用不能となった。

<5号機への電源融通>

3月12日0時09分、5、6号機所内電源系統の点検のため、現場確認を開始した。同日6時03分D/G 6Bから所内電源供給の構成を開始し、AM策として敷設済みであった5号機と6号機間の本設ケーブルを利用し、同日8時13分、D/G 6Bから5号機R/Bの低圧電源盤の一部(5号RHR MCC)への電源融通を実施した。また、電源融通が可能となった当該電源盤(5号RHR MCC)を介して、健全性確認が完了した5号機低圧電源盤に仮設電源ケーブルを敷設し、電源供給が可能な状態とした。

同日14時42分、D/G 6Bからの電源により、5、6号中操非常用換気空調系(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、中操内の空気浄化を開始した。

<MUWCによる代替注水>

MUWCポンプは、D/G 6B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MUWCポンプを手動起動し、13時20分、AM策で使用するラインから復水貯蔵タンクを水源としてMUWCによる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。

3月14日14時13分からはAM策で使用するラインを使用してSFPへも水の補給を開始し、ほぼ満水まで水の補給を行った後、断続的に補給を継続実施した。

<原子炉圧力調整>

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、SRVを中操から手動開操作し、原子炉圧力の減圧を断続的に実施した。

<SFP水循環運転>

津波の影響でSWポンプがすべて使用できない状態であり、SFP冷却ができない状況であった。SFP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SFP水温の監視を継続した。

FPCポンプは、D/G 6B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、除熱機能復旧までの間、SFP水温の上昇を抑制するため、3月16日13時10分、FPCポンプを手動起動して、SFP水循環運転(除熱機能なし)によるSFP水攪拌を以下のとおり複数回実施した。

【FPCポンプによるSFP水循環運転】

3月16日 13時10分 ~ 同日21時44分

3月17日 15時40分 ~ 同日20時27分

3月18日 5時11分 ~ 同日20時18分

<D/G 6A復旧>

運転員及び発電所対策本部復旧班は、屋外の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た。その際、津波で被水したD/G 6A海水ポンプの健全性を確認したことから、3月18日19時07分にD/G 6A海水ポンプを起動し、3月19日4時22分にD/G 6Aを起動した。これにより5号機及び6号機に対し、非常用電源はD/G 2台を確保できた。

<RHR復旧>

発電所対策本部復旧班は、RHR Sポンプの健全性を確認した結果、使用できないことが判明したことから、RHR Sポンプの代替として一般使用品の水中ポンプを仮設で本設海水系配管に接続して復旧することについて検討を開始した。

3月17日より水中ポンプ設置に関わるエリアの瓦礫撤去、工事用道路の整地を開始した。高圧電源車から仮設電源ケーブルを敷設し、3月19日に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RHR Sポンプを起動した。なお、RHRポンプ(B)はD/G 6Bから電源供給ができており、同日22時14分、RHRポンプ(B)を手動起動し、非常時熱負荷モードでSFP冷却を開始した。

<原子炉冷温停止>

3月20日16時26分、非常時熱負荷モードでSFP冷却をしていたRHRポンプ(B)を手動停止し、同日18時48分にSHCモードでRHRポンプ(B)を手動起動し、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、RHRによるSHCモードでの原子炉冷却と非常時熱負荷モードでのSFP冷却を交互に実施した。

【添付資料-12-1~8】

b. 閉じ込める機能

3月11日15時52分、D/G 6A停止によりSGTS(A)は電源喪失となっているが、SGTS(B)はD/G 6Bからの電源供給によって継続して運転しており、R/Bの負圧は維持された。

<水素ガス滞留防止策>

地震発生以降、原子炉及びSFP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。しかしながら、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、水素ガス滞留防止策を検討し、ボーリングマシーンを使用してR/B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17時00分に完了した。

【添付資料-12-1】

1 3. 福島第一原子力発電所使用済燃料貯蔵施設の状況調査

1 3. 1 1号機SFP状況

(1) SFPの状況

3月11日時点で、1号機のSFPには、使用済燃料292体、新燃料100体が貯蔵されていた。

3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により引き起こされた津波の影響を受け、全交流電源が喪失したため、SFPの冷却機能及び補給水機能が喪失した。3月12日15時36分、水素ガスによると思われる爆発によりR/Bが破損し、天井部分がSFP上部に落下した。ただし、天井部分は完全にオペレーティングフロアまでは落下しておらず、天井クレーン等に覆い被さる形でオペレーティングフロアの上部空間に留まった。

3月31日、コンクリートポンプ車による最初の放水(淡水)を実施したところ、R/B上部からの蒸気発生を確認した。

4月1日、コンクリートポンプ車に設置したカメラでR/B上部を観測したところ、位置関係から天井部分の一部が脱落しオペレーティングフロアに落下しているものと推定した。ただし、プールと床の境界近辺に落下しており、正確な落下位置は特定できていない。

5月28日、淡水を水源としたFPC配管によるSFPへの試験注水を実施し、翌日、本格的な注水を実施したところ、スキマーサージタンクレベルの上昇を確認したことから、SFP満水を確認した。

6月5日、再度、FPC配管による注水を実施した。予想される5月29日からの蒸発相当量の注水が完了した時点でスキマーサージタンクレベルが上昇した。

プール水量の変化が予測できるようになったことから、代替冷却系の導入までの間は、1ヶ月に1回程度の注水を実施し、蒸発量を補給することでプール水位を維持している。

なお、8月10日11時22分に代替冷却系によるSFPプール水冷却を開始した。冷却開始時の水温は約47℃(代替冷却系入口温度)であり、8月27日頃には定常状態に達し、約30℃程度の水温で安定した状態にある。

(2) スキマーサージタンク水の分析結果

平成23年6月22日、8月19日に、SFPからスキマーサージタンクに流出した水を採取し、採取した水について放射性物質の核種分析を実施した(分析日は6月22日、8月19日)。

分析結果等に基づく評価を以下に記す。

- ・1号機は平成22年3月25日に定期検査で停止しているが、取り出した燃料のうち、最も冷却期間が短い燃料でも1年程度冷却されているため、検出された短半減期核種のような素(以下、「I」という。) - 131(半減期約8日)はSFPに貯蔵している燃料から放出されたものとは考えられず、原子炉由来の可能性が高いと考えられる。
- ・原子炉由来の放射能の経路としては、原子炉由来の放射性核種が、R/B内におけ

る蒸気の凝縮水、ダスト、瓦礫の付着等を介してSFP水に溶け込んだ可能性が高いと考えられる。

- ・ 1号機はR/Bが損傷したことから、SFP上部に損傷した屋根部分が覆い被さった状況にあるため詳細は確認できないが、プールに落下した瓦礫により一部の燃料が損傷した可能性を否定することはできない。

(3) SFP水位評価

SFP水位は、地震時のスロッシングと爆発の影響により、3月13日までに水位が一旦低下し、その後は水温が蒸発開始温度70℃に到達するまでは水位は維持され、以後は蒸発により水位は低下したと推定した。3月31日の注水及び5月下旬のFPC配管による注水により水位は回復し5月28日、6月5日にスキマーサージタンクレベルの上昇により満水が確認されている。満水までに注水された水量の合計値は413tであり、全量がプールに到達したとは考えにくいことから、事故発生時より満水確認時まで失われた水の量はこれよりも少ない量であると考えられる。通常水位のプールの水量は約1000tであり、プールの深さは燃料有効長の3倍程度であることから、1号機のSFPの水位は維持され、燃料の露出は無かったと考えられる。

【添付資料-13-1、2】

13.2 2号機SFP状況

(1) SFPの状況

3月11日時点で、2号機のSFPには、使用済燃料587体、新燃料28体が貯蔵されていた。

3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により引き起こされた津波の影響を受け、全交流電源が喪失したため、SFPの冷却機能及び補給水機能が喪失した。3月12日15時36分、1号機R/Bが水素ガスによる爆発と思われる爆発で破損したが、その爆発の影響により2号機R/Bのブローアウトパネルが開放した。どの時点から始まったかは不明であるが、ブローアウトパネルからは白いもやが放出されているのが確認された。

3月20日、海水を水源として既設のFPC配管を用いて注水を実施した。3月22日に再度注水したところ、スキマーサージタンクレベルが上昇したことから満水を確認した。3月29日以降は水源を淡水に切り替えることができたため、海水の総注水量は88tであった。

4月10日、既設のFPC配管を用いた注水に、材料腐食防止のためのヒドラジンの注入を開始し、以降、代替冷却系のインサービスまでにほぼ一定の間隔で1082tを注水した。

5月31日17時21分、代替冷却系によるプール水冷却を開始したが、冷却開始時の水温は70℃(SFP温度計指示値)であり、6月5日頃には定常状態に達し、30℃程度の水温で安定した状態にある。

(2) スキマーサージタンク水の分析結果

平成23年4月16日、8月19日に、SFPからスキマーサージタンクに流出した水を採取し、採取した水について放射性物質の核種分析を実施した(分析日は4月

17日、8月19日)。

分析結果等に基づく評価を以下に記す。

- ・2号機は平成22年9月16日に定期検査で停止しているが、取り出した燃料のうち、最も冷却期間が短い燃料でも7ヶ月程度冷却されているため、検出された短半減期核種のI-131(半減期約8日)はSFPに貯蔵している燃料の影響とは考えにくく、原子炉由来の可能性が高いと考えられる。
- ・セシウム(以下、「Cs」という。)の測定結果が 10^5 [Bq/cm³]オーダーであるため、使用済燃料の破損は否定できないが、2号機についてはR/Bの損傷がなく、既設のFPCラインからの定期的な注水によりSFP水位は適切に維持されていることから、SFP内の燃料が冷却不足により損傷している可能性は低いと考えられる。
- ・原子炉由来の放射能の経路としては、2号機のPCVから漏えいした放射性核種が、R/B内における蒸気の凝縮水、ダスト等を介してSFP水に溶け込んだ可能性が高いと考えられる。また、2号機はR/Bの損傷がないため、1号機や3号機の原子炉から飛来した放射能の影響ではなく、2号機の原子炉由来の可能性が高いと考えられる。

(3) SFP水位評価

2号機は、R/Bに大きな損傷がないため、既設のFPCによる注水が可能であり、当該ラインを用いた注水を定期的実施しており、SFPが満水になるとオーバーフロー水がスキマーサージタンクへ流れ込み、スキマーサージタンクの水位計が上昇するという原理を利用して、SFPの水位を確認している。水位測定値と水位評価値が概ね一致しており、SFP水位は、地震時のスロッシングの影響により低下し、蒸発開始以降は蒸発により低下しているが、注水実施毎に水位が回復している。のこぎりの刃状に、蒸発による水位低下と注水による水位回復を繰り返し、概ね満水付近で水位管理できているものとする。なお、3月22日に海水を水源として既設のFPC配管を用いて注水を実施したところ、スキマーサージタンクレベルが上昇したことから満水を確認した。満水までに注水された水量の合計値は58tであり、この水量が事故発生時より満水までに失われた水の量であると考えられ、これは通常水位のプールの水量約1400tと比較して充分小さい。

これらの水位に関する情報から、2号機のSFPの水位は維持され、燃料の露出は無かったと考えられる。

(4) SFP水温について

既設のSFPの水温計が利用可能な状態であり、定期的測定を実施している。測定結果では、注水直後に70℃付近まで上昇し、1～2日後には50℃程度まで低下するという傾向が繰り返されていた。これはSFP水位の低下により温度計が水から露出し、露出後は水温ではなく雰囲気温度を示しているためと考える。

なお、5月31日17時21分に代替冷却系によるSFP冷却を開始して以降、30℃程度の水温となっている。

【添付資料-13-1、3】

13.3 3号機SFP状況

(1) SFPの状況

3月11日時点で3号機のSFPには、使用済燃料514体、新燃料52体が貯蔵されていた。

3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により引き起こされた津波の影響を受け、全交流電源が喪失し、SFPの冷却機能及び補給水機能が喪失した。3月14日11時01分、水素ガスによると思われる爆発が発生し、R/B5階のオペレーティングフロアから上部全体の外壁が破損し、SFPに大量の瓦礫が落下した。R/Bの破損により、むき出しとなったオペレーティングフロアから大量の蒸気が放出されていることが確認された。

3月17日9時48分頃、ヘリコプターにより海水をR/B上部に放水した。放水後に蒸気が立ち上がったことが確認された。3月17日以降3月25日まで、放水車、屈折放水塔車によりSFPへ向けて放水を実施した。(一部を除きほとんどが海水)

3月23日、24日に既設のFPC配管を用いて注水(海水)を実施したが、ポンプの吐出圧力が予測よりも高く、系統の途中での詰まり等の可能性が想定されたことから、ほとんど注水されていないと判断した。

3月27日、コンクリートポンプ車による最初の放水を実施した。実施後、R/B上部からの蒸気発生量の増加を観測した。3月29日からは水源を淡水に変更し4月22日までにコンクリートポンプ車により約815tの放水を実施した。

4月12日、カメラを装備したコンクリートポンプ車に変更することで、カメラ画像により水位上昇を確認しながらの注水が可能となり、初めて3号機のSFPの満水を確認した。

4月22日、既設のFPC配管を用いて試験注水を実施した結果、水位の上昇が確認できたことから注水可能と判断し、4月26日以降6月29日まで、既設のFPC配管を用いて約824.5tの注水を実施した。

5月9日以降、既設のFPC配管を用いた注水に、材料腐食防止のためのヒドラジンの注入を開始している。サンプリングの結果から、落下した瓦礫からのアルカリ金属(Ca等)の溶出により、プール水がアルカリ性を示すことが確認されたため、プール内の設備に対する水質の環境改善として、6月26日、27日、既設のFPC配管を用いた注水実施時に、アルカリ性を中和するためのホウ酸水を注入した。これにより注水前には強アルカリ性のpH11.2(5月8日測定)であったが、注水後には弱アルカリ性のpH9.0(7月7日測定)となり水質が改善した。

なお、6月30日19時47分に代替冷却系によるSFPプール水冷却を開始した。冷却開始時の水温は約62℃(代替冷却系入口温度)であり、7月7日頃には定常状態に達し、30℃程度の水温で安定した状態にある。

(2) SFPプール水の分析結果

平成23年5月8日にコンクリートポンプ車を用いてSFPプール水を採取した。また、平成23年7月7日、8月19日には、FPC系のサンプリング配管から、スキマーサージタンクにオーバーフローしたSFPプール水を採取した。採取したSFPプール水についての放射性物質の核種分析を実施した(分析日は5月9日、7月7日、8月19日)。

分析結果等に基づく評価を以下に記す。

- ・3号機は平成22年6月19日に定期検査で停止しているが、取り出し燃料のうち、最も冷却期間が短い燃料でも10ヶ月以上冷却されているため、検出された短半減期核種のCs-136やI-131は燃料プールに貯蔵している燃料の影響とは考えにくく、原子炉由来の可能性が高いと考えられる。
3号機T/B地下溜まり水の分析結果と核種毎の比率が同程度であることも原子炉由来の放射能である可能性が高いことを示している。
- ・原子炉由来の放射能の経路としては、原子炉由来の放射性核種が、R/B内における蒸気の凝縮水、ダスト、瓦礫への付着等を介してSFP水に溶け込んだ可能性が高いと考えられる。

(3) SFP水位評価

評価結果では、地震時のスロッシングと爆発の影響により3月14日までに2m程度の水位の低下を仮定しているが、3月17日以降に集中的な放水を実施したことにより水位は回復しており、以後、定期的な注水（4月末～5月初めの期間はポンプ車の故障により注水できず）により満水付近で水位が管理されているものと評価した。なお、事象初期に実施された放水車等による放水、コンクリートポンプ車による注水、FPC配管からの注水は、それぞれプールへの実際の流入割合が異なると考えられるため、それぞれに歩留まりを設定した。

水位の測定は4月中旬以降からポンプ車に設置したカメラの観察画像を基に実施しているが、測定値は評価値と概ね一致している。SFP水位は、蒸発による水位低下と注水による水位回復を繰り返し、概ね満水付近で水位管理できているものとする。

3号機ではR/B爆発以降、他号機と比べ多量の白いもやがR/B上部から立ち昇る様子が確認された。プール内の燃料の崩壊熱による蒸発量は他号機と比較して大きくないので、この原因はプールからの蒸気ではなく、3号機プールに向けて放水したもののプールに命中しなかった水が何らかの経路により格納容器ヘッド側へ流入して蒸気発生したものと推測している。

なお、4月12日の満水確認時の注水量（約35t）は、漏れ等により失われる水の補給も考慮した想定注水量（約80t（4月10日の実績））よりも小さかったことから、崩壊熱により失われる以上の水位の減少は無かったと考えられる。また、満水確認後の注水の実績から1日あたりの蒸発量は、約10～20t程度と推定されるため、満水確認時までに蒸発により失われた水の量は320～640t程度となる。仮に、満水までプールへの注水が無かったと仮定しても、プール水量は約1400tであり、プールの深さは燃料有効長の約3倍程度であることから、水位は半分以上残る計算となる。また、蒸発以外にスロッシングや建屋爆発時に水位が減少すると仮定しても、露出するまでには2m以上の余裕がある。したがって、3号機のSFPの水位は維持され、燃料の露出は無かったと考えられる。

(4) SFP内の状況

5月8日、プール水のサンプリングを実施する際に、同時にビデオカメラによる撮影を実施した。プール水中には大量の瓦礫が落下しており、プールに保管されていた燃料等の状況は確認できなかった。

【添付資料-13-1、4】

13.4 4号機SFP状況

(1) SFPの状況

3月11日時点で、SFPには、使用済燃料1331体、新燃料204体が貯蔵されていた。

3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により引き起こされた津波の影響を受け、全交流電源が喪失し、SFPの冷却機能及び補給水機能が喪失した。3月15日、原因は不明であるが、水素ガスによると思われる爆発により、R/B5階オペレーティングフロア上部等の壁面が破損した。

3月20日8時21分以降、断続的に高压放水車を用いて淡水を放水した。3月22日～27日には、コンクリートポンプ車を用いて海水を断続的に注水、3月30日以降は、コンクリートポンプ車を用いた淡水の注水を定期的に継続してきた。プール満水に向けてコンクリートポンプ車による放水と水位測定を実施し、4月27日に大幅なスキマーサージタンクレベルの上昇(4300→6050mm)をもって、満水を確認した。4号機のSFPは、漏えいの可能性が指摘されていたが、その後の注水と水位の関係は、崩壊熱から予想される蒸発による減少の範囲の中にあり、SFPからの大量の水漏れがないと考える。

現在、SFPは、原子炉ウェル、DSピットを含め注水手段が確保されており、スキマーサージタンクレベルから満水を確認でき、水位が安定に維持されている状態にある。

なお、7月31日12時44分に代替冷却系によるSFPプール水冷却を開始した。冷却開始時の水温は約75℃であり、8月3日頃には定常状態に達し、40℃程度の水温で安定した状態にある。

(2) SFPプール水の分析結果

4号機では平成23年4月12日、4月28日及び5月7日にコンクリートポンプ車を用いてSFPプール水を採取した。また、平成23年8月20日には、FPC系のサンプリング配管から、スキマーサージタンクにオーバーフローしたSFPプール水を採取した。採取したSFPプール水についての放射性物質の核種分析を実施した(分析日はそれぞれ4月13日、4月29日、5月8日、8月20日)。

分析結果等に基づく評価を以下に記す。

- ・3回の採取結果ともに事故発生前(3月4日)に採取された濃度よりは高いが、絶対値は大きくなかった。このため、プール内の大部分の燃料は健全な状態にあり、系統的な大量破損は発生していないと推測できる。ただし、R/Bが損傷しているため、プールに落下した瓦礫により一部の燃料が損傷した可能性を否定することはできない。
- ・4号機は平成22年11月30日に定期検査で停止し、最も冷却期間が短い燃料でも4ヶ月以上冷却されているため、検出された短半減期核種のI-131(半減期約8日)はSFPに貯蔵している燃料の影響とは考えにくく、1～3号機の原子炉由来の可能性が高いと考えられる。
- ・原子炉由来の放射能の経路としては、他号機のPCVベント等により放出された放射性物質の飛来や放水した海水に含まれる放射能の影響の可能性が高いと考えられる。

- ・核種の減衰とプール水量の変化を考慮した評価値は、測定値と同程度の値であり、3回の測定結果の関係は妥当であると考える。

(3) プール水位評価

SFP水位は地震時のスロッシングと爆発の影響により低下したと仮定し、その後は蒸発による低下とした。また、全体的にプール水位が低下傾向にあった4月22日以前についてはSFPと原子炉ウェルの水を一体とし、それ以降の集中的なプール注水実施後はプールの水はウェルとは独立したものとして評価を実施した。

評価の結果、水位の実測値が概ね評価値と整合していることから、SFPは水位維持に影響を与えるような漏えいは生じていないと考えられる。

R/Bが損傷した平成23年3月15日の6時頃のSFPには、プール内の使用済燃料を覆うのに十分な水位であったと推定している。

その後に実施したコンクリートポンプ車を用いた水位の測定結果においても、概ね評価値と整合する結果となった。これらのことから、地震発生以降現在に至るまで、プールには水位の維持に影響を与えるような破損は生じておらず、注水により水位は維持され、燃料の露出は無かったと考えられる。

(4) SFPプール内の状況

5月7日、SFPプール水のサンプリングを実施する際に、同時にビデオカメラによる撮影を実施した。撮影された写真から、プール水中には大小様々な瓦礫が落下しているが、プールに保管されていた燃料はラックに収納された状態を維持しており、大量の燃料破損は無いことが確認された。

【添付資料－13－1、5】

13.5 5号機SFP状況

3月11日時点で、5号機のSFPには、使用済燃料946体、新燃料48体が貯蔵されていた。

3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により引き起こされた津波の影響を受け、全交流電源が喪失し、SFPの冷却機能及び補給水機能が喪失した。

SFPの水温は上昇を続けたが、3月19日1時55分に仮設RHR Sポンプを起動し、その後、同日5時00分頃にRHRポンプ(C)を手動起動し、非常時熱負荷モードでSFP冷却を開始したことで水温の上昇は最大68.8℃に留まり、冷却開始後は安定した冷却状態を維持することが出来るようになった。RHRは、炉内の燃料の冷却にも使用するため、システムを切り替えながら運用し、SFPプール水温は冷却系の切り替え時には上昇し、30～50℃程度の間を推移してきた。

なお、6月25日からは、FPCによる冷却が出来るようになったことで、より安定した冷却状態を維持できるようになり、SFP水温は30℃程度で安定している。

【添付資料－13－6】

13.6 6号機SFP状況

3月11日時点で、6号機のSFPには、使用済燃料876体、新燃料64体が貯蔵されていた。

3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により引き起こされた津

波の影響を受け、D/G 6Bは機能維持したもののSWポンプが機能を喪失したため、SFPの冷却機能が喪失した。

SFPの水温は上昇を続けたが、3月19日21時26分に仮設RHR Sポンプを起動し、その後、同日22時14分にRHRポンプ(B)を手動起動し、非常時熱負荷モードでSFP冷却を開始したことで水温の上昇は最大67.5℃に留まり、冷却開始後は安定した冷却状態を維持することが出来るようになった。RHRは、炉内の燃料の冷却にも使用するため、システムを切り替えながら運用し、SFPプール水温は冷却系の切り替え時には上昇し、20～40℃程度の間を推移した。

現在は、気温の上昇等の影響もあり、SFP水温は30～50℃程度で安定している。

【添付資料－13－7】

13.7 共用プール状況

3月11日時点で、共用プールには、使用済燃料6375体が貯蔵されていた。

3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により引き起こされた津波の影響を受け、電源盤の被水等によりD/G 2B、4Bが自動停止したため、全交流電源喪失となり、共用プールの冷却機能(空冷)及び補給水機能を喪失した。

共用プールの電源については、通常は、外部電源を3号機M/C 3SA及び2号機M/C 2SAから集中環境施設M/Cを経由した2つのM/Cから受電している。これらのM/Cが使えなくなった非常時には、2号機D/G 2B、4号機D/G 4Bから受電する。

3月18日、共用プールの点検を実施し、水位が確保されていることを確認した。

共用プールの水温は上昇を続けたが、外部電源の復旧に伴い、共用プールの電源について仮設電源設備を経由して受電し、3月24日18時、共用プール冷却ポンプを起動したことで水温の上昇は最大73℃に留まり、冷却開始後は安定した冷却状態を維持することが出来るようになった。

現在は、共用プール水温は30～40℃程度の温度で安定している。

【添付資料－13－8～11】

13.8 乾式貯蔵キャスク保管建屋状況

3月11日時点で、乾式貯蔵キャスク保管建屋には、大型乾式貯蔵キャスク5体(1体につき燃料集合体52体収納)、中型乾式貯蔵キャスク4体(1体につき燃料集合体37体収納)に使用済燃料が合計408体貯蔵されていた。なお、乾式貯蔵キャスクは自然対流により空冷される設計である。

3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により引き起こされた津波の影響を受け、全交流電源を喪失した。乾式貯蔵キャスク保管建屋には、大量の海水、砂、瓦礫等が流れ込んだ。

3月17日以降、複数回にわたり、乾式貯蔵キャスク保管建屋内の調査を実施した。乾式貯蔵キャスク保管建屋は乾式貯蔵キャスク保管エリア床面まで浸水し、ルーバや扉等についても損壊している状況である。ただし、自然空冷で期待している空気の流れが阻害される状況にはなく、冷却上の問題は生じていないことが確認された。

乾式貯蔵キャスクについては、津波により建屋内に流入した瓦礫等が付着しているものの、ボルトにより固定されていた元の位置から移動しておらず、これまでのところ、

外観からは健全性に関する問題については確認されていない。

また、乾式貯蔵キャスク保管建屋内の放射線量（～数十 μ Sv/h）についてもバックグラウンドレベルと比較して、異常な値とはなっていない。乾式貯蔵キャスクは1次蓋、2次蓋と2重の構造で密封を維持する構造であるため密封性能は高く、密封性能は維持されているものと考えられる。ただし、現時点ではリーク確認試験等による直接的な確認が実施できていないため、今後、乾式貯蔵キャスクを乾式貯蔵キャスク保管建屋から搬出し、密封性能を直接的に確認する予定である。

【添付資料－13－12】

1 4 . 福島第一原子力発電所の事故による環境影響について

1 4 . 1 放射性物質の大気中への放出量の評価

今回の事故では、事象の進展に伴い、PCVベント、R/Bの爆発等があり、空気中への放射性物質の放出に至っている。放出量については、発電所敷地周辺8ヶ所のMP及びモニタリングカーにおける空間線量率の推移から、事象に応じて放出され線量率が上昇したものと考えられる。

なお、現在、原子炉は安定的に冷却されている状態にあり、事故直後に比べ放射性物質の放出量は大幅に減少しているが、現時点でのR/Bから放出されている放射性物質について、発電所敷地内のモニタリングデータから放出量の暫定評価を行っている。

今後、事故直後から安定的に冷却されている状態までの大気中への放射性物質の放出量について、放出源及び環境中のデータから評価を進めていく。

【添付資料1 4 - 1、2】

1 4 . 2 放射性物質の海水中への放出量の評価

4月に発生した2号機取水口付近からの放射性物質を含む汚染水の海洋への流出をはじめとし、海洋への排出基準を超える放射性物質濃度の排水の放出は3件発生している。

(1) 2号機取水口付近からの流出

4月1日から6日にかけての2号機T/B高濃度汚染水（以下、「2号機汚染水」という。）の漏えいによる港湾内への流出量は、流出水の流況の目視確認結果から推定した流量約 $4.3\text{ m}^3/\text{h}$ と空間線量率の上昇時期から推定した流出時間約120時間から約 520 m^3 、放射性物質量は汚染水の分析結果と放出量からI-131、Cs-134、Cs-137の3核種合計で、約 $4.7 \times 10^{15}\text{ Bq}$ と評価している。

【添付資料1 4 - 3】

(2) 集中廃棄物処理建屋滞留水及び5、6号機サブドレン水の放出

4月4日から10日にかけて、原子炉等規制法第64条第1項に基づく措置として緊急放出した集中廃棄物処理建屋滞留水及び5、6号機サブドレン水（以下、「低濃度汚染水」という。）の放出量は、集中廃棄物処理建屋滞留水約 $9,070\text{ m}^3$ 、5号機サブドレン水約 950 m^3 、6号機サブドレン水約 373 m^3 の合計で約 $10,393\text{ m}^3$ 、放射性物質量はそれぞれの汚染水の分析結果と放出量からI-131、Cs-134、Cs-137の3核種合計で、約 $1.5 \times 10^{11}\text{ Bq}$ と評価している。

【添付資料1 4 - 4】

(3) 3号機取水口付近からの流出

5月10日から11日にかけての3号機T/B高濃度汚染水（以下、「3号機汚染水」という。）の漏えいによる港湾内への流出量は、流出水の流況の目視確認結果から推定した流量約 $6\text{ m}^3/\text{h}$ と流出箇所の上流側に当たる3号機立坑内水位の変動から推定した流出時間約41時間から約 250 m^3 、放射性物質量は汚染水の分析結果と放出量からI-131、Cs-134、Cs-137の3核種合計で、約 $2.0 \times 10^{13}\text{ Bq}$ と評価している。

【添付資料14-5】

(4) 汚染水の海洋放出に係る影響の評価

①港湾外への放出量

港湾内へ漏えいした2号機汚染水は、港湾内海水の放射性物質濃度の測定値に基づき推定した結果、5月9日までに、その99.9%が港湾外に流出したものと考えられる。また、低濃度汚染水は、港湾外に直接放出された。なお、3号機汚染水については、取水口前面に施したシルトフェンスなどによる拡散防止対策により、現時点では、大部分が港湾内に滞留しているものと考えられる。港湾内に滞留している放射性物質の量は2号機汚染水の漏えい放射性物質の総量と比較して小さく、従ってこれが港湾外に流出したとしても沿岸海域に与える影響は小さいと評価できる。いずれにしても海洋モニタリングにより注意深く監視してゆくこととする。

②海洋モニタリング結果の概要

福島第一原子力発電所周辺の海洋モニタリングについては、当社は3月21日より逐次ポイント数を増加し海水モニタリングを実施している。このモニタリング結果によると、4月5日ごろから4月20日頃にかけて、発電所近傍のみならず、発電所沖合15km及び周辺海域30kmポイントにおいても、2号機汚染水漏えいの影響と思われるピークの上昇が観察された。その後減少傾向を示し、5月初めには、全般的に、検出限界値以下（約 10 Bq/L ）が多くを占めつつある。

また、3号機からの漏えいの影響については、5月15日に採取した沿岸15km地点のモニタリング結果においても、ほとんどが検出限界値以下となっており、現状では、その影響は観察されていない。

【添付資料14-6】

15. 福島第一原子力発電所における作業者の被ばくについて

15.1 作業者の被ばくの状況

東北地方太平洋沖地震発生後に福島第一原子力発電所の緊急作業に従事した作業者の被ばく線量については、測定・評価を継続して実施中である。8月10日時点での3月・4月・5月各月から従事した作業員の当該月の被ばく線量の分布等を、添付資料-15-1に示す。

15.2 線量限度を超える作業者の被ばく

線量限度の超過については、これまで以下の①と②の事象が発生していることを確認している。これについて、原子力安全・保安院に対し原因の究明及び再発防止対策の策定について報告書を提出し、また、現在、原子力安全・保安院及び厚生労働省の指導のもと、被ばく線量管理の強化、再発防止策の徹底を行っているところである。

なお、以下の社員に対して実施したこれまでの健康診断の結果において、異常は見られていない。

①当社女性社員2名が法令に定める線量限度^{*1}（5mSv/3ヶ月）を超過

当該当社女性社員2名は、消防車の給油、免震重要棟での机上業務及び免震重要棟での体調不良者の介護等に対応していた。現場作業時にはチャコールマスクを着用する等適切な放射線防護を実施していたが、免震重要棟内において、外部から流入した放射性物質を吸い込んだことにより、結果として実効線量が法令の線量限度を超えたものと推定する。

なお、3月23日以降、女性社員は福島第一原子力発電所構内では勤務させていないことから、同日以降、被ばくの可能性はない。

②当社男性社員6名が法令に定める緊急時の線量限度^{*2}（250mSv）を超過

当該当社男性社員6名は、中操の運転員、電気・計装関係の保全業務従事者であり、地震発生当日から数日間、中操等で運転操作・監視対応、監視計器等の復旧作業対応を行った。

R/Bの水素ガスによると思われる爆発によって、汚染された空気が破損した扉から中操内に流入しており、マスクの適切な選択、装着、配備など、放射線管理上の防護措置を的確に行うことは非常に困難な状況であったこと等から放射性物質の体内への取り込みが発生した。

※1：法令に定める線量限度

実用炉規則 第9条第1項第1号

実用炉規則に基づく線量限度等を定める告示 第6条第1項

※2：法令に定める緊急時の線量限度

実用炉規則 第9条第2項

実用炉規則に基づく線量限度等を定める告示 第8条

平成23年東北地方太平洋沖地震の特にやむを得ない緊急の場合に係る実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示

【添付資料－15－1、2】

16. 今後の予定

本報告書の記載内容については、これまでに判明している事実に基づいたものであり、事故の全体像の解明が進み、原因の分析・評価を行う過程で新たに確認された事実、得た知見については、引き続き報告していく。

なお、平成23年4月17日に、福島第一原子力発電所の事故の収束に向けた道筋（ロードマップ）を取り纏めた。このロードマップに基づき対策を実施し、「放射線量が着実に減少傾向になっている」を目的とするステップ1が終了した。平成23年8月17日公表の政府・東京電力統合対策室として改訂したロードマップに基づき、「放射性物質の放出が管理され、放射線量が大幅に抑えられている」を目的とするステップ2達成に向け、引き続き全力をあげて取り組んでいく。

【添付資料－16－1】

以 上