

福島第一原子力発電所 この一年の振り返り

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う福島第一原子力発電所における事故により、福島県の皆さまをはじめ広く社会の皆さまに対し、大変なご迷惑とご心配をお掛けしていることを、改めて深くお詫び申し上げます。

今回の福島第一原子力発電所における事故は、マグニチュード9の巨大な地震に伴い発生した高さ13mにもおよぶ高い津波に起因する、長時間におよぶ全交流電源¹⁾と直流電源²⁾の同時喪失と原子炉³⁾の冷却機能の喪失によるものと考えられます。その結果として原子炉建屋⁴⁾の爆発や、放射性物質が大気や海洋へ放出されるという、大変重大な事故を引き起こしてしまいました。

その後、政府や国内外の関係機関、メーカーの皆さまからのご支援を頂きながら全社一丸となって対策を進めてきた結果、平成23年12月には1号機から3号機の原子炉内の温度が概ね100℃以下となり、放射性物質の放出量が大幅に抑制され放出を管理できている状態である、冷温停止状態を達成することができました。

現在、原子炉内の冷却が進み、放射性物質の大気への放出は大幅に抑制され、放射性物質の海への流出も確認されていません。

今後の計画としては、平成23年12月下旬に政府とともにお示しした中長期的な計画に基づき、1号機から4号機の廃止措置等に向けた作業に取り組んでまいります。

私たちは、避難されている方々の一日も早いご帰宅を実現するとともに、国民の皆さまに安心していただけるよう、原子炉の安定的な冷却の維持や放射性物質の放出抑制に向け、引き続き、全力で取り組んでまいります。

当コンテンツでは、これまでの一年を振り返り、私たちのこれまでの取り組みについてまとめました。

平成24年3月



写真1. 福島第一原子力発電所 免震重要棟裏より2・3号機原子炉建屋を臨む
—左から1号機、2号機、3号機、4号機。(平成24年1月9日撮影)

<目次>

1. 福島第一原子力発電所の事故の概要

1) 事故はどのように起きたのか

事故当初、原子炉の冷却機能が失われた経緯

2) 事故直後、何をしてきたのか

原子炉冷却のための注水作業とその後の継続的な注水のためにしてきたこと

2. 福島第一原子力発電所の現状とこれまでに実施してきた対策

1) 事故はどこまで収束したのか

平成 23 年 12 月に達成した冷温停止状態について

2) 大気への放出抑制対策

大気への放射性物質の放出抑制対策について

3) 海洋への流出防止対策

海洋への放射性物質の流出防止対策について

4) 再び大きな地震・津波がきた場合の対策

巨大地震・津波に対する再発防止対策について

5) その他のリスクに対する対策

地下水への汚染水の流出防止対策について

作業員の安全対策について

3. 今後の計画

1) 中長期計画

今後 30～40 年のスケジュールについて

2) 原子炉内の状態把握から廃止措置等へ向けた取り組みについて

原子炉内の状態についての現在の推定と今後の取り組みについて

4. おわりに

【資料】 事故直後の現場対応

1. 福島第一原子力発電所の事故の概要

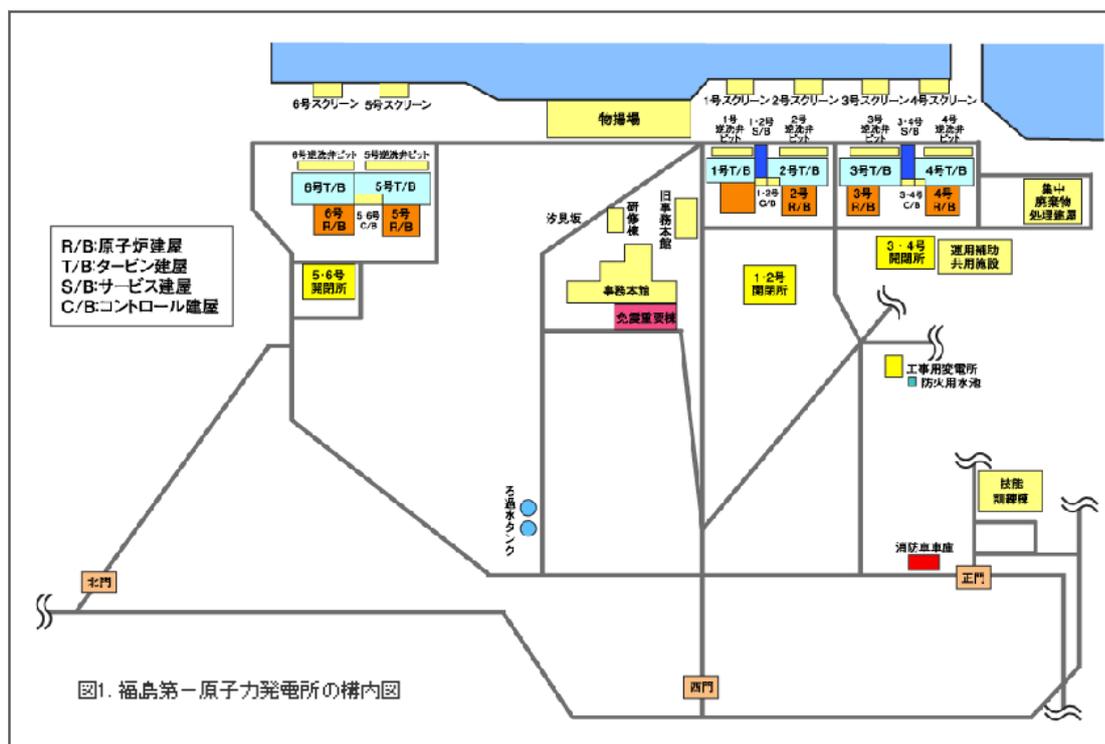
1) 事故はどうして起きたのか

福島第一原子力発電所には1号機から6号機まで6つの原子炉があります。

東北地方太平洋沖地震が発生したとき、1号機、2号機、3号機は定格出力で運転しており、4号機、5号機、6号機は定期検査⁵⁾中でした。

表1. 東北地方太平洋沖地震発生時の福島第一原子力発電所の各号機の運転状態

号機	定格出力	地震前の状態	地震直後の状態
1号機	46万kW	運転中	自動停止
2号機	78.4万kW	運転中	自動停止
3号機	78.4万kW	運転中	自動停止
4号機	78.4万kW	定期検査中	-
5号機	78.4万kW	定期検査中	-
6号機	110万kW	定期検査中	-



1号機、2号機、3号機では、地震の揺れが大きいことを検知し、全制御棒⁶⁾が自動的に挿入され、原子炉は安全に停止しました。地震の影響で福島第一原子力発電所は全ての外部電源⁷⁾が喪失しましたが、非常用ディーゼル発電機⁸⁾が自動起動したことで発電所内の電源は確保され、原子炉は冷却されていました。その後、地震により発生した巨大な津波が来襲し、非常用ディーゼル発電機などの電源設備や冷却用海水ポンプなどが浸水して使用不能となりました。今回の事

故対応をさらに困難にしたのは、外部電源や非常用ディーゼル発電機からの電気が供給できなくなったことだけではなく、中央制御室¹⁰で原子炉内の水位や圧力を監視したり原子炉を冷やすために最低限必要な直流電源²⁾のバッテリーまでもが、津波による浸水やバッテリー切れにより使用できなくなり、監視や冷却の操作ができなくなったことでした。

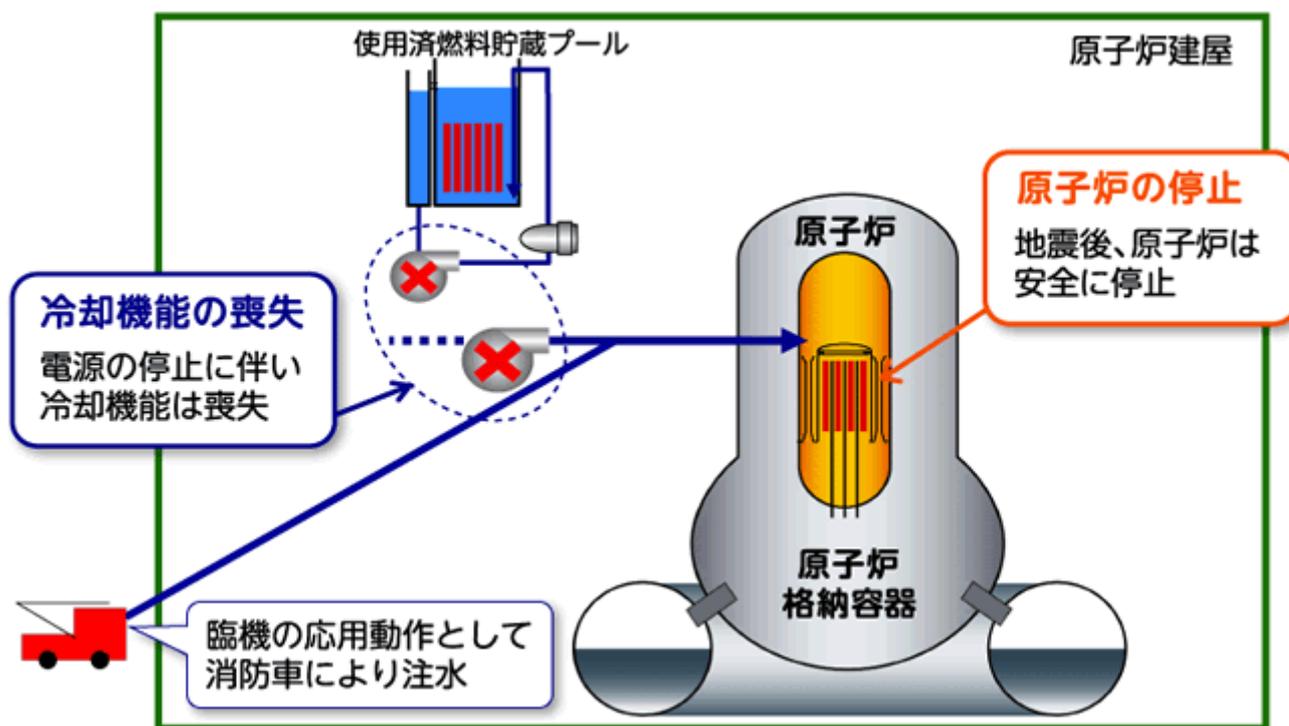


図2. 概略図

原子炉内の燃料が十分に冷却できなくなった結果、各号機の原子炉圧力容器¹¹⁾内の水位が低下し、燃料が水に覆われずに露出しました。そのため、燃料の外側を覆っている燃料被覆管¹²⁾という金属製の管が高温により損傷し、閉じこめられていた放射性物質が放出されました。また、燃料被覆管と水蒸気の化学反応により大量の水素が発生しました。これらの放射性物質や水素は、蒸気とともに主蒸気逃し安全弁¹³⁾等を経て原子炉格納容器¹⁴⁾へ放出され、さらに、高温にさらされた格納容器上蓋の結合部分等のシール部分から原子炉建屋⁴⁾内に漏えいしたと推定されます。1号機と3号機は、漏えいした水素が原子炉建屋上部に蓄積し、原子炉建屋が爆発するという事態に至りました。4号機は3号機の格納容器ベント¹⁷⁾の際に、排気筒合流部を通じて原子炉建屋内に水素が流入し蓄積したと推定されており、その結果、爆発するという事態に至りました。

一方、1号機から6号機の各原子炉建屋内の使用済燃料プール¹⁹⁾と運用補助共用施設¹⁶⁾内の使用済燃料共用プールの冷却機能も、全交流電源の喪失等により失われました。



写真2. 福島第一原子力発電所 津波来襲状況
5号機の近傍（南側）から東側を撮影
（平成23年3月11日撮影）



写真3. 福島第一原子力発電所 津波来襲状況
集中廃棄物処理建屋4階から北側を撮影
（平成23年3月11日撮影）



写真4. 福島第一原子力発電所1～4号機
—写真手前が旧事務本館。水色の建物は左から
1号機、2号機、3号機、4号機の原子炉建屋
（平成23年3月15日撮影）



写真5. 福島第一原子力発電所1号機、2号機
—写真手前から2号機、1号機。左側が原子炉建屋、
右側がタービン建屋。
（平成23年3月11日撮影）

・[福島原子力事故調査報告書（中間報告書）](#)

※報告書中、『2. 3福島原子力発電所事故の概要』、『6. 地震の発電所への影響』『津波による設備の直接被害の状況』
『9. プラント水素爆発評価』『10. 事故の分析と課題の抽出』をご参照下さい。

2) 事故直後、何をしてきたのか

①あらゆる手段を講じて原子炉へ注水する

長時間にわたり全交流電源と直流電源が使用不能となったことから、電源を使用する設備による1号機、2号機、3号機の原子炉への注水ができなくなり、消防車による原子炉への注水を試みました。消防車が注水する圧力より原子炉圧力が高いと原子炉内に注水できないため、2号機と3号機ではまずは原子炉を減圧するために設置された主蒸気逃し安全弁¹³⁾を、あらゆる手段を講じて開けて、原子炉圧力容器¹¹⁾を減圧する必要がありました。そのため、発電所に駐車していた社員の自動車から取り外したバッテリーを中央制御室¹⁰⁾に運びつなぎ込みました。主蒸気逃し安全弁が開いたことにより圧力容器の圧力が低下したため、消防車からの注水が可能になりました。

また、原子炉内の蒸気や水素が主蒸気逃し安全弁等から原子炉格納容器¹⁰⁾へ放出され続ける一方、格納容器の除熱ができない時間が続いたため、格納容器内の圧力が高まりました。圧力の異常上昇により格納容器が破損し、大量の放射性物質が放出される事態になることを避けるため、格納容器内の圧力を低下させる「格納容器ベント¹⁷⁾」という操作を行うことにしました。

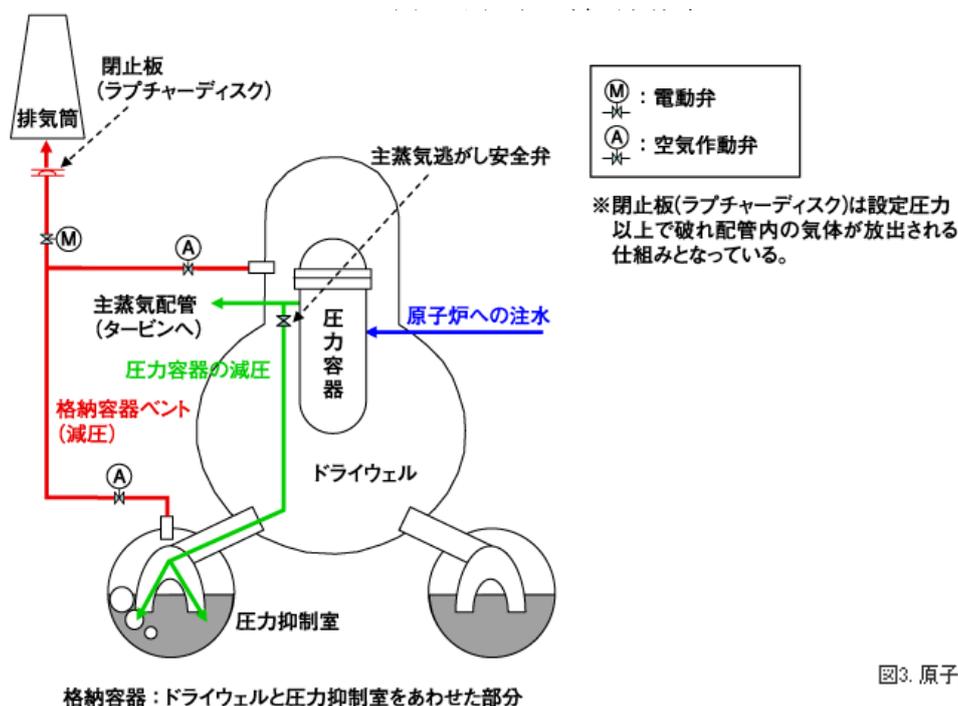


図3. 原子炉の減圧と注水

「格納容器ベント」を実施するためには、2種類の弁¹⁸⁾を開ける必要があります。一つは電動弁¹⁹⁾で、もう一つは空気作動弁²⁰⁾です。全ての電源が喪失している中、電動弁は弁本体に付属しているハンドルで発電所の運転員が手動で開けました。一方、空気作動弁は手動操作が不可能あるいは困難だったため、弁を動かすためにはエアコンプレッサ（エンジン付）とアダプタ、バッテリー等が必要になりました。発電所内からこれらの機材を収集・準備して、「格納容器ベント」操作を行いました。最終的に、1号機と3号機では格納容器の圧力が低下したことが確認

され「格納容器ベント」は成功したと判断していますが、2号機については「格納容器ベント」による格納容器の圧力の低下は確認されていません。

また、消防車により原子炉へ注水する際の水源には、当初、発電所内の防火水槽の淡水を使用していましたが、その後は海水も使用しました。さらに、消防車による原子炉への注水を継続するために、定期的に消防車の燃料を補給しました。その後、1号機、2号機、3号機とも3月中に消防車ではなく仮設電動ポンプで注水できるようにし、水も海水ではなく淡水を注水できるようになりました。



写真 6. 仮設バッテリーをつないで計器用電源として使用
(平成 23 年 3 月 15 日撮影)



写真 7. 消防車による注水
(平成 23 年 3 月 16 日撮影)

・ [福島原子力事故調査報告書（中間報告書）](#)

※報告書中、『8. 津波到達以降の対応状況』をご参照下さい。

②より安定的に原子炉へ注水する

消防車を使って原子炉へ注水していた配管経路（注水ライン）は、「消火系配管」という非常時用のものでしたが、平成 23 年 5 月からは「給水系配管」という、通常、原子炉の冷却のために使われる注水ラインを使って注水できるようになりました。さらに、同年 9 月から順次 12 月までには、1号機、2号機、3号機全てで「炉心スプレイ系²¹⁾配管」という注水ラインも使用できるようになりました。このように注水ラインの多様化を進めてきたほか、原子炉に注水するポンプも、常用高台炉注水ポンプ 3 台、非常用高台炉注水ポンプ 3 台、純水タンク脇炉注水ポンプ 3 台、タービン建屋²²⁾内炉注水ポンプ 6 台などに加え、消防車複数台なども配備するとともに、機器の故障や外部電源の喪失、再び大きな津波が来襲してきた場合に備えて、多重・多様にバックアップできる設備にしました。

原子炉に注入した水は、損傷した圧力容器¹¹⁾から格納容器へ抜けて、さらに建屋地下へ漏えいし、高濃度汚染水²³⁾となって滞留していきましました。このままでは建屋から溢れてしまうため、止水処理などを行った集中廃棄物処理建屋²⁴⁾に高濃度汚染水を移送して貯蔵するとともに、こ

の汚染水から放射性物質や塩分を取り除き、原子炉への注水に再利用することとしました。このため、同年6月までに汚染水に含まれる放射性物質や塩分を取り除く水処理設備²⁵⁾や処理水などを保管するタンクを建設するとともに、処理水を原子炉への注水に再利用するための配管やホースを、発電所敷地内に総延長約4kmにわたって設置して、「循環注水冷却システム²⁶⁾」を構築しました。少しでも早くシステムの運用を開始できるよう、水処理設備の設置に当たっては、世界中から技術を募りました。

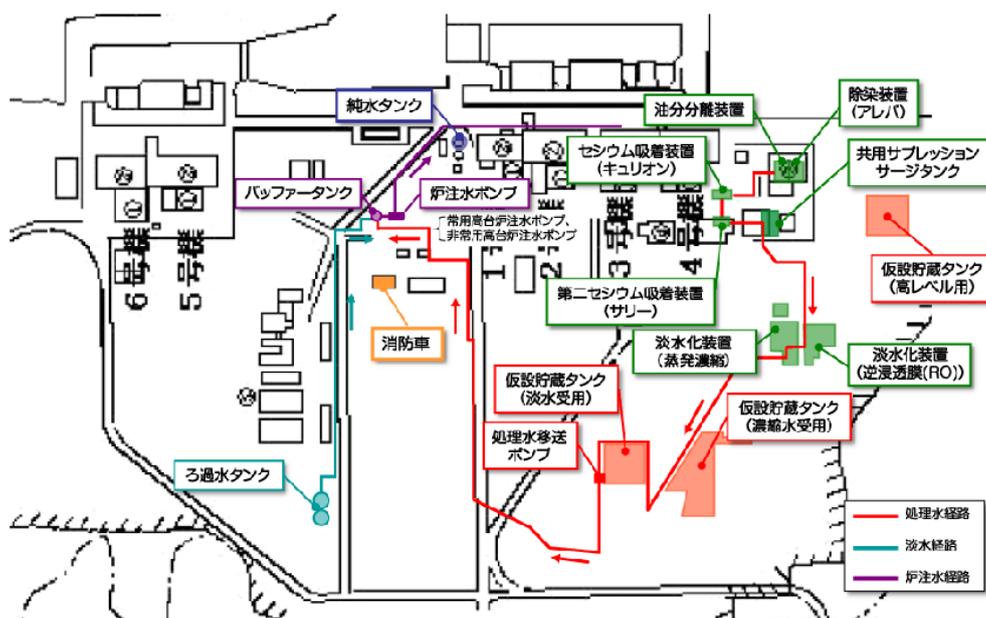


図4. 循環注水冷却システム

- ・ [放射性滞留水の回収・処理の取組み～各タンクの貯水量と保有水管理計画・水処理設備の信頼性向上～\(平成 23 年 11 月 12 日\)](#)
- ・ [放射性滞留水の回収・処理の取組み～水処理（放射性除去）の仕組み～\(平成 23 年 10 月 29 日\)](#)
- ・ [放射性滞留水の回収・処理の取組み～概要編～\(平成 23 年 10 月 22 日\)](#)
- ・ [第二セシウム吸着装置 \(平成 23 年 8 月 3 日\)](#)
- ・ [放射性滞留水処理システムの概要について \(平成 23 年 6 月 9 日\)](#)

③使用済燃料プールを冷却する

1号機から4号機の使用済燃料プールでは、プール水が燃料の熱によって蒸発し燃料が露出する可能性があったため、あらゆる防止策が検討されました。爆発によって原子炉建屋が壊れた1、3、4号機については、壊れた建屋上部から、自衛隊のヘリコプターを用いた水の投下や、警察庁機動隊や米軍の高圧放水車、東京消防庁の屈折放水搭車、コンクリートポンプ車などを用いた注水を行いました。また、2号機については、「燃料プール冷却浄化系配管」とい



う配管経路を用いて海水注入が行われました。

その後、注水をせずに自動的に冷却することのできる代替循環冷却運転を、2号機は平成23年5月に、1、3、4号機も同年8月までには順次開始しました。

なお、5号機と6号機の使用済燃料プールおよび運用補助共用施設の使用済燃料共用プールについては、同年3月中に冷却ポンプを起動して冷却できるようになりました。

写真8. 4号機コンクリートポンプ車からの注水
(平成23年3月22日撮影)

< 4号機原子炉建屋と使用済燃料プールの状態について >

福島第一原子力発電所の4号機使用済燃料プールは、現在も水温20～30℃、水位は使用済燃料から上に約7m覆われた状態に維持されています。平成24年1月1日に発生した鳥島付近を震源とする地震により、一時的にスキマサージタンク²⁷⁾の水位が低下しましたが、プールの水温および水位に変化はありませんでした。同年2月9日にプールの透明度調査のために水中カメラを入れましたが、平成23年5月7日にプール内を点検したときと同様、建屋爆発に伴う瓦礫が落下しているものの、燃料はラックに収納された状態であることを確認しています。

また、平成24年1月22日に原子炉建屋5階の状況を点検し、5階床面と原子炉ウエル²⁸⁾水面は平行であることを確認しており、原子炉建屋が傾いているということはありません。

・ [福島原子力事故調査報告書（中間報告書）](#)

※報告書中、『8. 9使用済燃料の貯蔵状況』をご参照下さい。

・ [政府・東京電力中長期対策会議 運営会議 第3回会合（平成24年年2月27日）](#)

[資料3 個別の計画毎の検討・実施状況 4号機使用済燃料プール内のガレキ撤去のための調査について](#)

2. 福島第一原子力発電所の現状とこれまでに実施してきた対策

1) 事故はどこまで収束したのか

平成23年12月、政府の原子力災害対策本部は「ステップ2完了」を宣言しました。宣言を判断した主な根拠は、原子炉の状態が「冷温停止状態」に到達したことです。「冷温停止状態」とは、①「压力容器底部、格納容器内それぞれの温度が概ね100℃以下になっている状態」、②「放射性物質の放出量を大幅に抑制し、放出を管理できている状態」、③「原子炉の循環注水冷却システムの中期的安全が確保されている状態」が全て達成された状態です。

①压力容器底部、格納容器内それぞれの温度が概ね100℃以下になっている状態

1号機から3号機までの压力容器底部、格納容器内の温度は図5.図6.のグラフのように概ね100℃以下になりました。

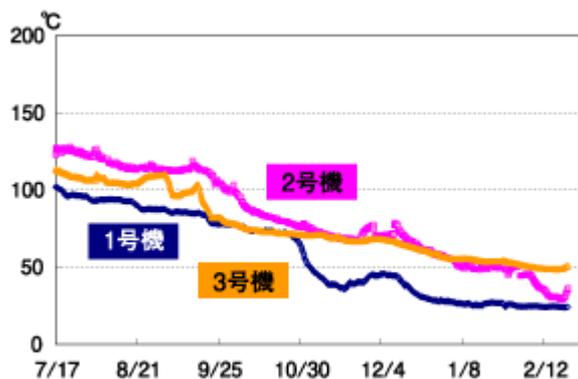


図5. 原子炉圧力容器底部温度

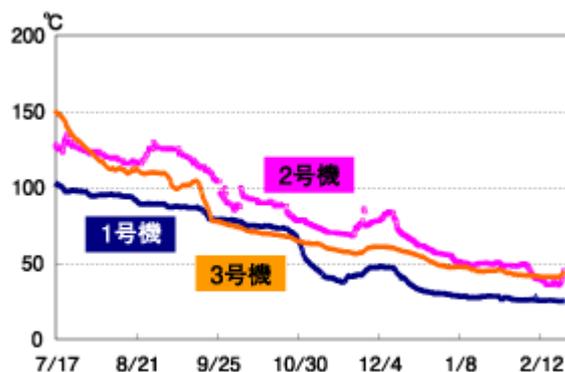


図6. 格納容器気相部温度

< 2号機の温度計指示値の上昇について >

平成24年2月上旬、2号機圧力容器底部の温度計1箇所では指示値の上昇が見られました。実際に局所的に温度が上昇しているのか、あるいは温度計の故障なのか、両方の可能性を調査してきました。段階的に原子炉への注水量を約2倍まで増加させて、原子炉の冷却を継続しながら、温度の推移を監視しました。

その結果、圧力容器や格納容器内の他の温度計が注水量の増加に伴って温度が低下していることに比べて、当該温度計の指示値の上昇が続いたこと、電気回路を点検した結果、通常よりも高い抵抗値が測定されたことなどから、当該温度計の指示値の上昇は故障が原因であり、実際の圧力容器底部は十分冷却されていると判断しました。

また、格納容器内の気体のサンプリングを適宜行った結果、再臨界²⁹⁾しているかどうかを判断する指標となる放射性物質「キセノン135³⁰⁾」が検出限界未満であったことから、再臨界はしていないことを確認しました。さらに、原子炉建屋から放出されている放射性セシウム³¹⁾の濃度についても、温度上昇以前と比較して変化していないことを確認しました。

- ・ [福島第一原子力発電所第2号機原子炉圧力容器底部における温度上昇を踏まえた対応に係る報告書の経済産業省原子力安全・保安院への提出について（平成24年3月2日）](#)
- ・ [福島第一原子力発電所2号機における一連の原子炉圧力容器底部温度上昇事象を踏まえた今後の原子炉注水量操作について（平成24年2月17日）](#)
- ・ [福島第一原子力発電所第2号機原子炉圧力容器底部における温度上昇を踏まえた対応に係る報告書の経済産業省原子力安全・保安院への提出について（平成24年2月15日）](#)

②放射性物質の放出量を大幅に抑制し、放出を管理できている状態

大気への放射性物質の放出量（単位時間当たり）は、注水をコントロールすることにより格納容器内の蒸気の発生が抑えられ、図7.のグラフのように、事故直後と比べ約八千万分の一（平成24年2月）と大幅に抑制されるようになりました。また、外部への放射性物質放出量をより管理・抑制できるようにするために、順次、格納容器ガス管理システムの運用を開始しています。

（詳細は『2. 2) 大気への放出抑制策』をご参照下さい。）

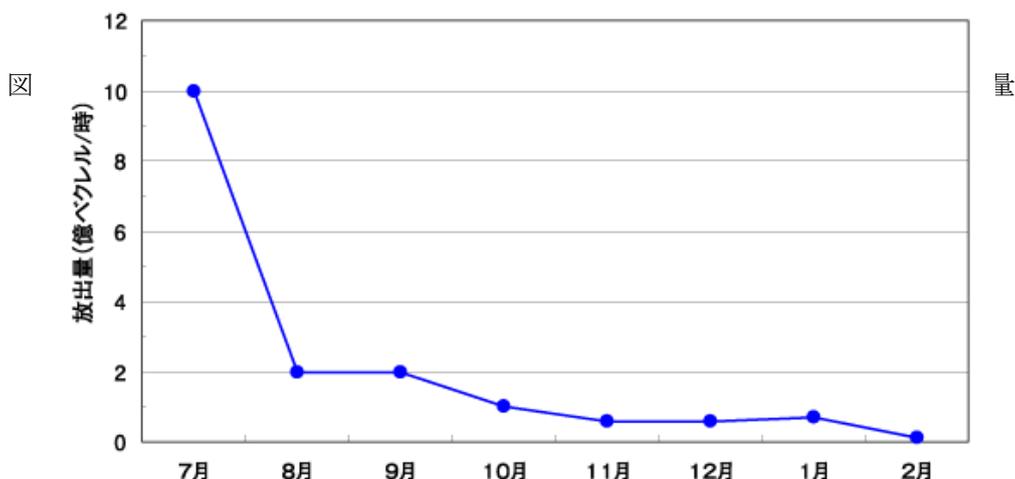


図7. 1～3号機格納容器からの放射性物質(セシウム)の単位時間当たりの放出量

③原子炉の循環注水冷却システムの中期的安全が確保されている状態

原子炉の循環注水冷却システムについては、原子炉注水ラインの一部あるいは全体の故障に備えた予備の配管や水源、ポンプ等の配備を行っています。(詳細は『2. 4) 再び大きな地震・津波がきた場合の対策』をご参照下さい。)

- ・[「福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋」の進捗状況について \(平成 23 年 12 月 16 日\)](#)
- ・[政府・東京電力中長期対策会議 東京電力\(株\)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ進捗状況\(概要版\) \(平成 24 年 2 月 27 日\)](#)

(解説) 放射性物質放出量の評価方法

- ・動画 [第三弾「発電所内の放射線モニタリング」第2回 原子炉建屋からの現状の放射性物質放出量の評価 \(平成 23 年 11 月 26 日\)](#)

2) 大気への放出抑制対策

大気への放射性物質の放出抑制対策として、建屋や周辺部の地面に飛散防止剤を散布し、放射線量の高い埃の舞い上がりを抑制する措置を講じました。また、1号機の原子炉建屋全体を覆うカバーを取り付けました。

さらに、原子炉格納容器からの放出を低減するために、1～3号機に格納容器ガス管理システムを設置しました。この設備は、格納容器内のガスを放射性物質を除去する装置を通して排気することによって、(格納容器内のガスに含まれる)放射性物質の放出を低減させるものです。

4号機原子炉建屋は、3号機のベントの際に流入した水素によって爆発したと推定されていますが、全ての燃料は使用済燃料プールの冷却によって維持されており、同号機からの放射性物質の放出はほとんどないと考えられます。また、使用済燃料プールから水の蒸発とともに放射性物質が大気中へ移行することはほとんどなく、建屋内の瓦礫にも放射性物質の付着は少ない状況です。したがって、発電所から放出されている放射性物質の放出源は、主に1～3号機の原子炉建屋です。

①飛散防止剤の散布

平成23年4月より人による散布を開始し、その後、クローラードンプ、同年5月より屈折放水塔車（高圧放水車）とコンクリートポンプ車を用いて、発電所構内（平地・法面）および建物周り合計約56万㎡に対して飛散防止剤を散布し、同年6月末時点に予定範囲への散布を完了しました。



写真9. 飛散防止剤散布（平成23年4月1日撮影）



写真10. 1号機タービン建屋への飛散防止剤散布
（平成23年5月27日撮影）

・動画 [福島第一原子力発電所2号機原子炉建屋外壁・屋根への飛散防止剤の散布（平成23年6月1日撮影）](#)

②1号機原子炉建屋カバー取付

平成23年5月から10月にかけて、1号機の原子炉建屋において、放射性物質の飛散を抑制する原子炉建屋カバーを取り付けました。このカバーに取り付けられた排気設備によって原子炉建屋から放出される空気中の放射性物質の濃度を100分の1以下に減らすことができる他、原子炉建屋への雨水等の浸入を防止することができます。

工事に当たっては、古来より木造建築で用いられている工法から発想の得られた、作業員の被ばく低減のため全ての部材の組み立てを遠隔操作で行う画期的な工法を採用しました。



写真11. 建屋カバー鉄骨建方完了
（平成23年9月9日撮影）



写真12. 建屋カバー壁パネル設置状況
（平成23年9月15日撮影）



写真 13. 建屋カバー屋根パネル設置
 (平成 23 年 10 月 14 日撮影)



写真 14. 建屋カバー竣工
 (平成 23 年 10 月 28 日撮影)

- ・ [福島第一原子力発電所 1 号機原子炉建屋カバー計画概要と本体工事の着手について\(平成 23 年 6 月 14 日\)](#)
- ・ [福島第一原子力発電所 1 号機原子炉建屋カバー工事の完了について \(平成 23 年 10 月 28 日\)](#)

③格納容器ガス管理システムの設置・運用

平成 23 年 10 月に 2 号機、12 月に 1 号機の格納容器ガス管理システムの運用を開始しました。3 号機も平成 24 年 2 月から試運転を開始しました。

この装置によって、放出される放射性物質の濃度を 100 分の 1 以下に減らすことができる他、放射性物質の成分や水素濃度を測定することができます。核分裂が発生すると観測される、半減期の短いキセノン ^{135}Xe の濃度についても測定を行い、原子炉内で再臨界が起きているかどうかの確認をしています。

平成 23 年 11 月に 2 号機でキセノン 135 の濃度が約 $1 \times 10^{-2} \text{ Bq/cm}^3$ の濃度で測定されましたが、これは、キュリウム ^{242}Pu やキュリウム ^{244}Pu の自発核分裂³³⁾によるものであり、原子炉内で再臨界が起きているものではないと判断しています。

- ・ [福島第一原子力発電所 2 号機原子炉格納容器ガス管理システムの運用開始について \(平成23年10月27日\)](#)
- ・ [福島第一原子力発電所 1 号機原子炉格納容器ガス管理システム試運転開始について \(平成23年12月8日\)](#)
- ・ [福島第一原子力発電所 2 号機におけるキセノン 135 の検出に関する経済産業省原子力安全・保安院への報告について \(平成 23 年 11 月 4 日\)](#)
- ・ [核分裂反応の模式図 \(平成 23 年 11 月 3 日\)](#)
- ・ [記者会見配布資料](#)

※格納容器ガス管理システムによる放射性物質濃度の測定結果等については適宜『記者会見配布資料』の中で、『福島第一原子力発電所〇号機原子炉格納容器ガス管理システムの気体のサンプリング結果について』という資料名で掲載しています。

なお、発電所敷地境界に設置されたモニタリングポストや事故後発電所内に設置された仮設モニタリングポストによって、計 11 箇所ですべて常時、放射線量の測定を行っている他、空気中の放射性物質の濃度測定を日々行い、監視を続けております。

- ・ [福島第一原子力発電所構内での計測データ](#)
- ・ [福島第一原子力発電所周辺の放射性物質の核種分析結果](#)

(参考) 発電所敷地外の放射線量

- ・ [都道府県別環境放射能水準調査結果 \(文部科学省\)](#)
- ・ [放射線モニタリング情報 \(文部科学省\)](#)

(解説) 放射線量、放射性物質濃度とは

- ・ 動画 [第三弾「発電所内の放射線モニタリング」第1回放射線の計測方法](#)

※動画中、8分40秒～「放射線と放射能の単位」をご参照下さい。

3) 海洋への流出防止対策

原子炉に注水した水は高濃度汚染水となり、原子炉建屋、タービン建屋の地下に溜まっています。平成 23 年 4 月と 5 月に、それぞれ 2 号機取水口³⁴⁾付近と 3 号機取水口付近から高濃度汚染水が漏出しているのが発見されました。その後止水しましたが、再び同じことが起きないように対策を行ってきました。

まず再度の流出防止対策として、漏えいの可能性のある取水口付近のトレンチ（トンネルのような地下通路）などの開口部については、コンクリートなどで埋め、取水口前面はシルトフェンス³⁵⁾で囲うとともにコンクリート製の仕切り板で取水口を塞いでいます。また、既に漏えいしてしまった放射性物質が可能な限り海洋へ拡散しない対策として、もともと設置してあった透過防止工が津波によって破損した箇所に対し新たに鋼管矢板³⁶⁾を設置するなどの措置を行いました。現在、海洋への汚染拡大の防止をさらに確実なものとするための遮水壁工事を行っています。

さらに、港湾内に流出した放射性物質は、時間の経過とともに海底に沈み海底土に沈着していると考えられます。荒天や船の通行によって、海底土に沈着した放射性物質が巻き上がらないように、セメントと粘土を混合した土で、港湾内の海底を覆う工事を現在行なっているところです。

① 2号機・3号機の止水と流出防止対策

平成 23 年 4 月 2 日に 2 号機取水口付近から約 520m³、同年 5 月 11 日に 3 号機取水口付近から約 250m³の高濃度汚染水が漏出しているのが発見されました。タービン建屋と取水口をつなぐトレンチが地震または津波によって損傷し、タービン建屋地下に溜まった高濃度汚染水が、このトレンチを通じて港湾内に流出したものです。2号機は同年 4 月 6 日、3号機は当日のうちに止水しました。

2号機の漏出の際の止水にあたっては、漏えい箇所周りに凝固剤を注入する溶液型薬液注入工法が用いられました。この工法は、地盤中の地下水を止める一般的な止水工法です。確実に迅速

に止水を行うため、一般的な工法が用いられたものです。その後さらに止水を確実にを行うため、セメントを使ったグラウト工法を実施しました。止水作業は、数十名の作業員によって交代で夜通し行われました。

その後、こうした漏出が再び起きないように、同年6月中には流出の可能性のある箇所全てを閉塞しました。さらに、同年4月には1～4号機全域にわたって取水口前面をシルトフェンスで囲い、同年6月にはコンクリート製の仕切り板によって1～4号機の取水口を塞ぎました。



写真15. シルトフェンスの設置
(平成23年4月10日撮影)



写真16. 2号機取水口仕切り板
(平成23年6月30日撮影)

- ・ [福島第一原子力発電所2号機汚染水の止水対策と海洋への流出量について \(平成23年4月12日\)](#)
- ・ [福島第一原子力発電所1～4号機海水配管トレンチおよび立坑配置 \(平成23年4月30日\)](#)
- ・ [1～4号機からの汚染水流出防止対策の工事状況について \(スクリーン室の角落とし\) \(平成23年7月5日\)](#)

②海洋への拡散防止対策

放射性物質が可能な限り海洋へ拡散しない対策として、平成23年7月から同年9月にかけて、津波による破損のあった1～4号機取水路開渠^{かいきよ}³⁷⁾南側透過防止工へ鋼管矢板の設置を行いました。

また、同年10月から地下水による海洋汚染拡大防止を目的として、1～4号機の既設護岸の前面へ遮水壁を設置する工事の準備作業を開始し、平成26年度中に完成する予定です。



写真17. 福島第一原子力発電所1～4号機取水路開渠南側透過防止工復旧工事
(平成23年9月28日撮影)

- ・ [高濃度の放射性物質を含む水の海洋への流出防止・拡散抑制強化に向けた取り組み状況について \(平成23年7月11日\)](#)

- ・ [海側遮水壁の工事着手および陸側遮水壁の検討結果について（平成 23 年 10 月 26 日）](#)

③海底土に沈着した放射性物質の巻き上がり防止対策

荒天や船の航行によって、海底土に沈着した放射性物質が巻き上がらないように、セメントと粘土を混合した土で、港湾内の海底を覆う工事を現在行なっています。

- ・ [福島第一原子力発電所港湾内海底土被覆工事の開始について（平成24年2月21日）](#)
- ・ 動画 [福島第一原子力発電所 1～4号機取水路開渠内海底状況（平成 24 年 2 月 21 日）（01:21）](#)

なお、万一、放射性物質が海洋に流出した場合、早急に検知できるよう、海洋中の放射性物質の濃度測定を日々行い、監視を続けております。

- ・ [福島第一原子力発電所周辺の放射性物質の核種分析結果](#)
(参考) [海洋（広域）の放射性物質濃度](#)
- ・ [海域モニタリング（文部科学省、環境省）](#)

4) 再び大きな地震・津波がきた場合の対策

再び大きな地震、津波がきた場合に備えて、バックアップ設備の配備や連絡体制の強化等の対策を行っています。

①地震への備え

今回の地震によって、原子炉建屋およびタービン建屋や耐震安全上重要な機能を有する**主要な機器・配管**³⁸⁾に大きな損傷はありませんでした。実際の地震観測記録をもとに、原子炉建屋およびタービン建屋、耐震安全上重要な機能を有する**主要な機器・配管**がどの程度の影響を受けたかを解析した結果、評価基準値よりも十分な余裕を有していたことを確認しています。

■ 2・4号機 原子炉建屋

- ・ [福島第一原子力発電所における東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いた地震応答解析結果に関する報告書等の経済産業省原子力安全・保安院への提出について\(平成 23 年 6 月 17 日\)](#)

■ 1・3号機 原子炉建屋

- ・ [福島第一原子力発電所における東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いた地震応答解析結果に関する報告書等の経済産業省原子力安全・保安院への提出について（その2）（平成 23 年 7 月 28 日）](#)

■ その他（タービン建屋）

- ・ [福島第一原子力発電所および福島第二原子力発電所における東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いた地震応答解析結果に関する報告書等の経済産業省原子力安全・保安院への提出について（その3）（平成 23 年 8 月 18 日）](#)

また、現在1号機、3号機、4号機は、原子炉建屋が爆発¹⁵⁾により壊れた状態です。この状態でも将来発生しうる大きな地震に対して原子炉建屋の耐震安全性が確保できるかを確認するため、耐震設計審査指針³⁹⁾に基づく基準地震動を用いて、建屋が損傷した状態を模擬して、原子炉建屋がどの程度の影響を受けるかどうかを解析した結果、この場合も評価基準値よりも十分な余裕を有していること、すなわち将来の大きな地震に対しても原子炉建屋の耐震安全性が確保されることを確認しています。

■ 1号機・4号機（平成23年5月28日）

■ 3号機（平成23年7月13日）

■ 2号機（平成23年8月26日）

4号機原子炉建屋については、耐震性評価によって評価基準値よりも十分な余裕を有していることを確認していますが、さらなる安全裕度の向上のために、7月末に使用済燃料プール底部に支持構造物を設置しました。その結果、安全余裕（耐震強度）がさらに2割程度向上しました。

- ・ 福島第一原子力発電所4号機 原子炉建屋使用済燃料プール底部の支持構造物の設置工事完了（平成23年7月30日）

②津波への備え

複数の専門家や機関によって想定されている、東北地方太平洋沖地震の震源域よりも沖側（東側）において想定されうる最大マグニチュード8級の大きな余震に伴う津波（予測津波高さ：約7～8m）に備え、以下の対策を行いました。

まず、原子炉や使用済燃料プールへの注水に必要な設備の対策として、平成23年6月までに、原子炉へ直接注水を行っている全ての原子炉注水ポンプを高台に移設しました。非常用の仮設電源や消防車等の設備については、同年4月には高台へ移動しました。また、主要建屋設置エリア付近への浸水を防止するため、6月までに海拔約4mの高さにあるトレンチ立坑を閉塞し、海拔10m盤に仮設防潮堤（高さ約2.4～4.2m）を完成させました。



写真 18. 仮設防潮堤（平成23年6月30日撮影）



写真 19. 仮設防潮堤（平成23年6月30日撮影）

③万一の事態への備え

①「地震への備え」、②「津波への備え」に述べたように将来発生する可能性がある地震や津波に対して対策を講じていますが、さらに、複数の機器の故障や外部電源の喪失などに備えて多重・多様にバックアップできる設備にしています。

原子炉への注水が停止する原因として、水源の喪失、注水ラインの損傷、電源の喪失、炉注水ポンプの故障が考えられます。

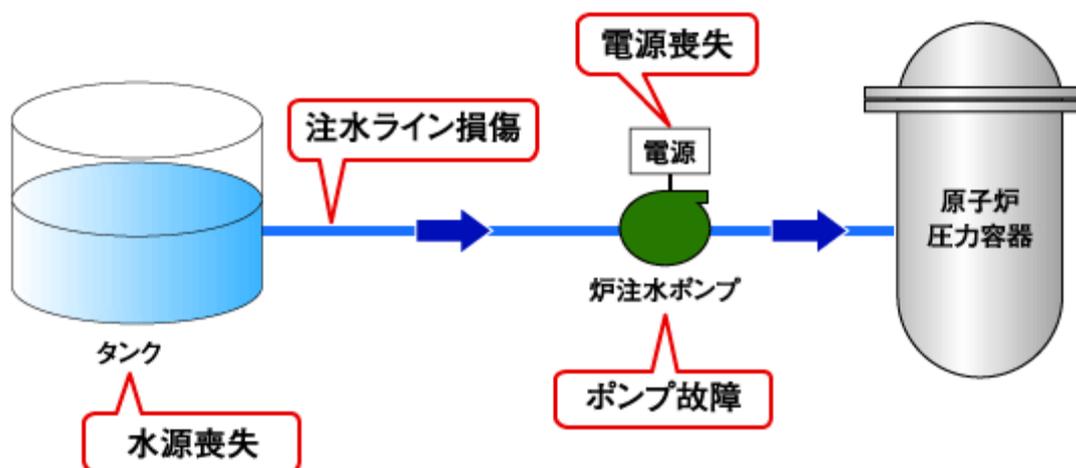


図8. 注水停止の際に想定される原因

水源については、現在原子炉注水にあたって処理水を貯水している処理水バッファタンクを使用していますが、その他に予備として、ろ過水タンク（2基：8,000m³）、純水タンク（2基：2,000m³）、3号機復水貯蔵タンク（CST）（1基：2,500m³）が使用可能です。ろ過水タンクは、大熊町にある坂下ダムから補給を受けることが可能で、いずれの水源も確保できない場合は、消防車で海水を汲み上げる準備ができています。

また、注水ラインの損傷に備え、予備の配管を敷設し新たな注水ラインを構築するとともに、発電所内にその他に予備のホース3 kmを配備しています。

電源については、外部電源として大熊線2号線・3号線、夜の森線1号線・2号線、東北電力（株）東電原子力線、と5系統の電源から受電可能であり、それら全てが受電不能となった場合でも、仮設ディーゼル発電機により非常用高台炉注水ポンプに電源を供給できるようにしています。

炉注水ポンプの故障に対しては、常用高台炉注水ポンプ、非常用高台炉注水ポンプ、純水タンク脇炉注水ポンプ、タービン建屋内炉注水ポンプ、CST炉注水ポンプ等が設置されている他、消防車も複数台発電所内に配備されています。

これにより、ひとつの設備だけが故障した場合には、速やかに体制を整えた後、30分以内に原子炉への注水を再開できるようにしています。また、万一、予備を含めた全ての設備が使用不能となっても、速やかに体制を整えた後、3時間程度で消防車によって注水が再開できるようにしています。

なお、原子炉への注水機能が喪失した場合、平成23年10月時点において、喪失から18時間後までに原子炉への注水ができれば、炉心再損傷を防止できるものと評価しています。

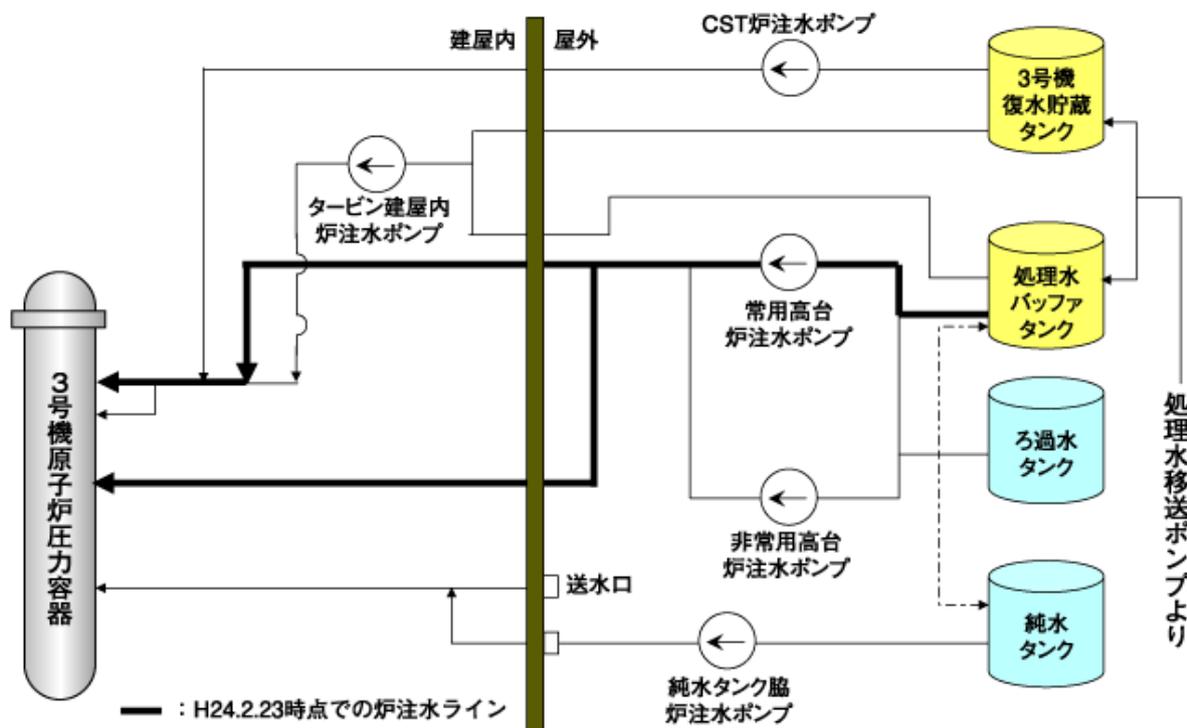


図9. 原子炉注水系統概略図(3号機の例)

使用済燃料プールについては、仮にポンプ等の故障によって長時間冷却できない状態になったとしても、ただちにコンクリートポンプ車で注水を行う準備をすることで、約6時間で注水できるようにしています。

なお、例えば4号機の場合、使用済燃料プールの冷却機能が停止した場合、水位が水遮へいが有効とされる使用済燃料の有効燃料頂部の上部2 mに至るまでには、平成23年10月時点において最短でも約16日の時間的余裕があると評価しています。

- ・ [福島第一原子力発電所1～4号機に対する「中期的安全確保の考え方」に関する経済産業省原子力安全・保安院への報告について（その1）（改訂2）（23年12月7日）](#)
- ・ [【参考資料】福島第一原子力発電所注水訓練状況（平成23年10月12日）](#)

（解説）原子炉注水システムに異常が発生した場合の備え

動画 [「冷温停止の実現と維持に向けた取り組み」第3回 原子炉注水システムに異常が発生した場合の原子炉・燃料の状況について（平成23年10月1日）（13:50）](#)

④緊急時対応体制について

緊急時に速やかに情報を伝達するために、現場と本社や各自治体へ連絡をとる体制は不可欠ですが、事故当時は連絡手段において様々な課題が浮上しました。

福島第一原子力発電所の構内連絡用として通常時に使用されていたPHSや固定電話などの通信設備は、電源喪失等の影響で使用不能になったため、発電所の対策本部と現場、中央制御室と現場間の情報連絡が困難な状況となりました。中央制御室と発電所対策本部との間も使用できた連絡手段はケーブルで直接延長している固定電話のみでした。

既存のPHSについては平成23年3月中に復旧をしましたが、現在は通信手段の増強に向けた取り組みとして、保安電話、社内LAN、映像伝送などの臨時通信回線を構成するために、衛星通信システム（車載型、可搬型）を配備しています。

また、消防・自衛隊・自治体など関係機関との連絡手段を確保するため、発電所構内に携帯電話基地局を設置しました。

その他、地震発生後に他の事業所から融通した無線機に加え、新たにトランシーバーも約100台配備し、不測の事態に備えています。

5) その他のリスクに対する対策

①汚染水の地下水への漏えい防止対策について

建屋地下へ漏えいした高濃度汚染水（滞留水）については、「循環注水冷却システム²⁶⁾」によって水処理をした上で再び原子炉へ注水していますが、水処理設備を拡充するなどの措置によって滞留水全体量が減少しました。建屋地下にある滞留水の水位が地下水位よりも高くなると、滞留水が地下水へ流出してしまう可能性がある一方で、滞留水の水位が下がって地下水位と水位差が大きくなり過ぎると、逆に地下水が流入し滞留水の量が増加することから、滞留水の水位については、建屋地下への地下水の流入分と水処理設備への移送分をバランスさせ、建屋地下の滞留水を一定水位（海拔約3m程度）に保つ取り組みを続けています。

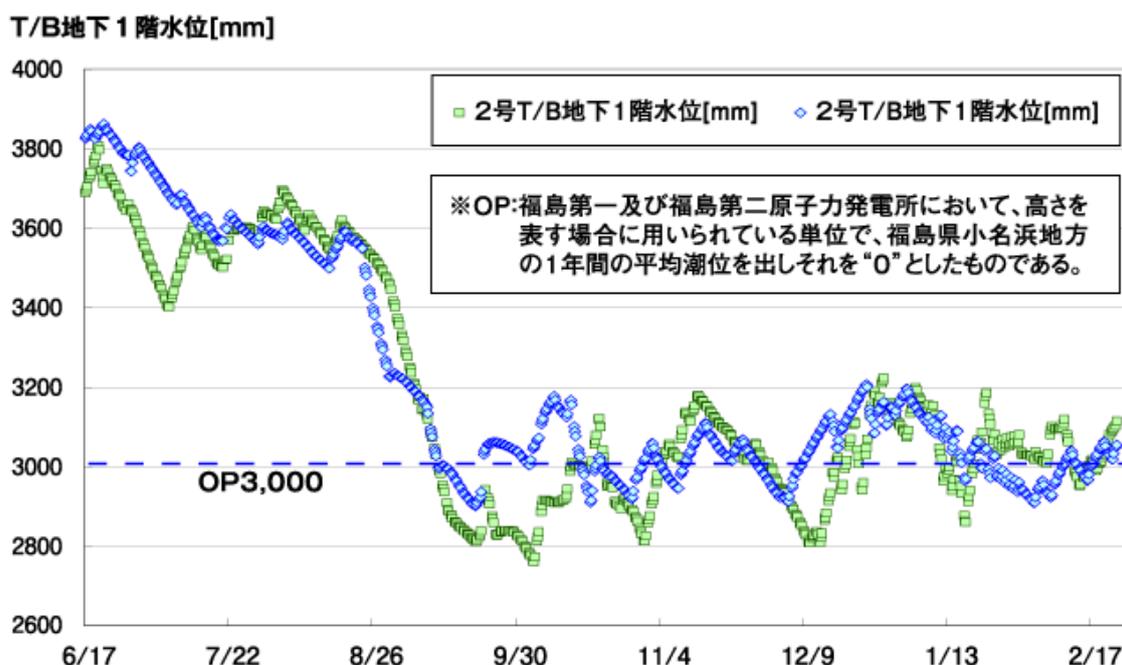


図10.2-3号機のタービン建屋地下水位の状況

平成 24 年 1～2 月には、凍結が原因と思われる漏水が約 30 件発生しました。前年 12 月から高濃度汚染水が含まれている配管、原子炉への注水に使用する配管へ優先的に保温材の取り付けなどの凍結防止対策を進めてきましたが、放射性物質を含まない過水などの配管に対する凍結防止対策が間に合わなかったり、対策を実施済みではあったものの、不十分だったものです。その後、保温材の取り付けを行なったほか、小屋掛け（機器や配管を直接風雪に晒さない）などの追加対策を実施し、凍結を原因とする漏水リスクを低減しています。

この他、発電所内には高濃度汚染水を処理した後の処理水が、平成 24 年 2 月 21 日現在、約 12 万トン保管されています。この処理水は、高濃度汚染水ほどではありませんが放射性物質を含んでおり、いかに安全に保管するかが重要な課題です。まずは、配管やタンクの点検や取替などの信頼性向上を図り、漏えいするリスクを低減します。また、平成 24 年度上半期を目途に「多核種除去設備⁴¹⁾」の設置を進め、処理水に含まれる放射性物質を法令で定められている濃度限度以下まで低減していくこととし、万一漏えいしても環境への影響が無いレベルにする予定です。

・ [福島第一原子力発電所における高濃度の放射性物質を含むたまり水の貯蔵及び処理の状況について](#)

※毎週、『福島第一原子力発電所における高濃度の放射性物質を含むたまり水の貯蔵及び処理の状況について（第〇報）』というタイトルでプレスリリースしております。

・ [滞留水の水位・移送・処理の状況について](#)

※「東日本震災後の福島第一・第二原子力発電所の状況＞福島第一原子力発電所の状況について」にて 1 日 2 回（11:00、18:00 頃）更新しております。

・ [福島第一原子力発電所水処理設備凍結防止追加対策](#)

・ [福島第一原子力発電所における非常用高台炉注水ポンプ付近等からの水の漏えいを踏まえた対応に関する指示に対する経済産業省原子力安全・保安院への報告の実施について（平成24年2月10日）](#)

・ [政府・東京電力中長期対策会議 運営会議 第3回会合（2012年2月27日）](#)

[資料3 個別の計画毎の検討・実施状況 処理水受タンクのリプレース・増設計画](#)

②作業員の安全対策

これまでの復旧作業において、放射線の被ばくにより健康面での影響が確認された協力企業作業員や当社社員はいませんが、平成 24 年 2 月末現在、緊急作業時における被ばく線量限度⁴⁰⁾250mSv を超えた社員が 6 名います（協力企業作業員は 0 名）。6 名のうち、最大で **678.80mSv**（最小は **310.97mSv**）でした。事故直後の対応において、全面マスクの隙間などから放射性物質のヨウ素 131 が体内に取り込まれた内部被ばくが主な原因でした。また、平成 23 年 3 月 24 日には 3 号機のタービン建屋地下において、協力企業作業員 3 名が高濃度汚染水に足を浸けてしまい、最大で **238.42mSv**（最小は **175.62mSv**）の被ばくをしています。高濃度汚染水に浸かったためベータ線熱傷の疑いがありましたが、放射線医学総合研究所において異常なしとの診察結果が出ています。上記の 9 名は現在は発電所では作業をしておりません。

事故後しばらくの間、外部被ばく線量⁴²⁾を測定する個人線量計（APD）と内部被ばく線量⁴³⁾を測定するホールボディカウンター（WBC）が不足しましたが、現在ではそれぞれ十分な数

を備えております。なお、被ばく線量が **100mSv** を超える作業員及び緊急作業への従事期間が **1** か月を超える作業員については、毎月、臨時健康診断を実施しております。

その他、発電所内に緊急医療室を設置したり、医師の **24** 時間常駐化を行うなどの医療体制の強化を図ったほか、夏には熱中症防止対策として休憩所の設置やクールベットの配備を行い、冬には **5,000** 人を超える作業員に対しインフルエンザの予防接種を無償で実施するなど、作業員の健康管理に取り組んでいます。

区分(mSv)	3～11月			3～12月			増減		
	東電社員	協力企業	計	東電社員	協力企業	計	東電社員	協力企業	計
250超え	6	0	6	6	0	6	0	0	0
200超え～250以下	1	2	3	1	2	3	0	0	0
150超え～200以下	21	2	23	21	2	23	0	0	0
100超え～150以下	118	17	135	118	17	135	0	0	0
50超え～100以下	366	305	671	382	315	697	16	10	26
20超え～50以下	628	1,784	2,412	625	1,896	2,521	-3	112	109
10超え～20以下	475	2,432	2,907	474	2,558	3,032	-1	126	125
10以下	1,700	10,976	12,676	1,741	11,436	13,177	41	460	501
計	3,315	15,518	18,833	3,368	16,226	19,594	53	708	761
最大(mSv)	678.80	238.42	678.80	678.80	238.42	678.80	-	-	-
平均(mSv)	23.57	9.05	11.61	23.53	9.06	11.55	-	-	-

表2. 外部被ばく線量と内部被ばく線量の合算値の分布表

■被ばく線量の状況

- ・ [福島第一原子力発電所作業員の被ばく線量の評価状況について（2月29日）](#)

※毎月末プレスリリースしております。

（解説）放射線測定方法

- ・ 動画 [第三弾「発電所内の放射線モニタリング」第1回放射線の計測方法（平成23年11月19日）（25:08）](#)
- ・ [Jヴィレッジ ホールボディカウンタ（WBC）棟の運用開始について（平成23年7月11日）](#)
- ・ [福島第一原子力発電所の事故対応における人材確保と人材育成について（平成23年8月11日）](#)
- ・ [福島第一原子力発電所における作業員の作業環境などの改善状況について（続報3）（平成23年7月29日）](#)
- ・ [福島第一原子力発電所作業員に対する医療・健康管理体制の充実について～救急医療室の恒常化と作業員の健康管理の強化～（平成23年9月8日）](#)

放射線量の高い建屋内や屋外では、平成 **23** 年4月からロボットを使用して建屋内の線量を測定したり、屋外の放射線量の高い瓦礫をロボットを用いて無線による遠隔操作で撤去する作業を行っています。ロボットの他、無人ヘリなども使用されていましたが、調達に当たっては、国内のみならず海外からも幅広くご提供頂いています。

名称	Quince	Warrior	Packbot
外観			
作業内容	屋内各種調査 等	屋内外各種作業用	屋内外各種調査 等



3号機原子炉建屋内の階段を上る様子
※操作画面(7月26日)



3号機原子炉建屋内清掃作業の様子
(7月1日)



1号機タービン建屋内高線量箇所
調査時の様子(8月2日)

主な現場導入済みロボット(例)

- ・ 動画 [ロボット：Quince \(2011年6月16日撮影\) \(00:42\)](#)
- ・ 動画 [福島第一原子力発電所2号機原子炉建屋内 \(平成23年7月8日撮影\) \(02:30\)](#)
- ・ [福島第一原子力発電所3号機原子炉建屋現地調査](#)
- ・ 動画 [福島第一原子力発電所3号機原子炉建屋入城の動画 \(2011年7月26日撮影\) \(01:48\)](#)
- ・ 動画 [福島第一原子力発電所3号機原子炉建屋内 \(平成23年9月24日撮影\) \(05:30\)](#)
- ・ 動画 [福島第一原子力発電所2号機原子炉建屋5階 \(平成24年2月27日\) \(07:30\)](#) 計6本
- ・ 動画 福島第一原子力発電所 原子炉建屋内パックボットによる撮影画像
[1号機原子炉建屋1階\(平成23年年4月17日撮影\) \(00:28\)](#)
[2号機原子炉建屋1階\(平成23年4月18日撮影\) \(00:20\)](#) 計14本
[3号機原子炉建屋1階\(平成23年4月17日撮影\) \(00:32\)](#) 計8本
- ・ 動画 [1号機原子炉建屋の現場確認\(平成23年年4月26日撮影\) \(03:53\)](#)
- ・ 動画 [1号機原子炉建屋の現場確認\(平成23年4月26日撮影\) \(03:29\)](#)
- ・ 動画 [1号機原子炉建屋の現場確認 \(平成23年4月29日撮影\) \(03:43\)](#)
- ・ 動画 [福島第一原子力発電所3号機原子炉建屋ロボットによる清掃作業 \(平成23年7月1日撮影\) \(01:32\)](#)

3. 今後の計画

1) 中長期計画

今後、福島第一原子力発電所1号機から4号機については、冷温停止状態を維持しながら、廃止措置等に向けた取り組みを実施していきます。当社は平成23年12月下旬、廃止措置等までの中長期的な計画を政府とともにとりまとめました。

その中では、廃止措置等までのスケジュールとして3つの段階をお示ししています。

第1期では、今後2年以内を目標に使用済燃料プールの燃料取り出しを開始する予定です。

第2期では、10年以内を目標に燃料デブリ（燃料と被覆管等が熔融し再固化したもの）の取り出しを開始する予定です。

第3期は、その後燃料デブリを全て取り出し終わり、放射性廃棄物の処理・処分が終了するまでの期間で、30～40年後を目標にしています。

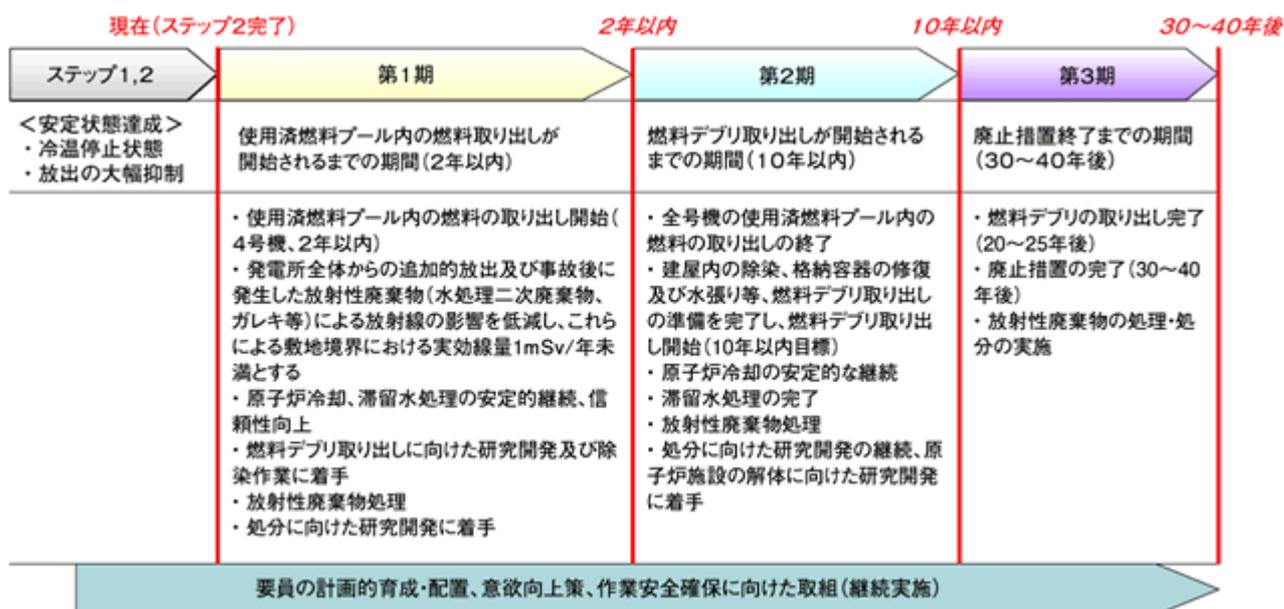


図12. 中長期計画

- ・ [東京電力福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ\(平成23年12月21日\)](#)

2) 原子炉内の状態把握から廃止措置等へ向けた取り組みについて

原子炉内から燃料デブリを取り出すに当たっては、原子炉内の状態を把握する必要がありますが、平成24年2月末時点では炉心⁴⁴⁾を含む原子炉や格納容器の損傷の程度やどこから水が漏れているかなどについてまだ正確には把握できておりません。当社はこれまで、様々なデータから炉心損傷状況の推定を行ってきました。平成23年5月にはMAAPというシミュレーションソフトを用いた解析を行い、同年11月には注水実績、温度指示値、水位計指示値などのデータから推定される原子炉内の状況結果をまとめました。その結果、1号機では燃料が損傷・熔融し圧力容器から大部分が格納容器底部に落下し、2号機・3号機では一部は炉心部に残り、一部は格納容器に落下しているという推定が得られました。ただし、大部分の損傷燃料が落下した1号機でも、損傷燃料が格納容器外へ漏出している可能性はほとんどないと考えています。

平成24年1月には2号機格納容器内に工業用内視鏡を入れ内部の様子を確認しました。その結果、±20℃の不確かさがあると考えていた温度計の指示値も数度程度の誤差であり格納容器内部は45℃付近で十分冷却されていること、確認できた配管などに目立った損傷や変形は見られなかったこと、格納容器底部に溜まっている水の蒸発により格納容器内の環境は相当多湿であることなどが分かってきました。

今後、こうした取り組みにより原子炉および格納容器内部を把握するとともに、使用済燃料取

り出しなどの廃止措置等へ向けた手法の検討・開発を政府、研究機関、メーカーなどのご協力・ご支援を得ながら実施していきます。



写真 20. 2号機格納容器内部画像

写真左側が原子炉格納容器内壁、右側がグレーチング。(2012年1月19日撮影)



写真 21. 2号機格納容器内部画像

写真中、配管と思われる構造物が見える。(2012年1月19日撮影)

- ・ [当社福島第一原子力発電所1号機の炉心状態について \(平成23年5月15日\)](#)
- ・ [当社福島第一原子力発電所の地震発生時におけるプラントデータ等を踏まえた対応に関する報告書の経済産業省原子力安全・保安院への提出について \(平成23年5月24日\)](#)
- ・ [福島第一原子力発電所1～3号機の炉心状態について \(平成23年11月30日\)](#)
- ・ [事故後のプラント挙動について \(平成23年11月30日\)](#)
- ・ [実機条件を反映したJAEAモデルの改良と評価結果について \(平成23年11月30日\)](#)
- ・ [燃料状態把握のための各種アプローチについて \(平成23年11月30日\)](#)
- ・ [MAAP解析とコアコンクリート反応の検討について \(平成23年11月30日\)](#)
- ・ [政府・東京電力中長期対策会議 運営会議 第2回会合 \(平成24年1月23日\)](#)
資料3 個別の計画毎の検討・実施状況 1F-2 格納容器(PCV)内部調査結果
- ・ 動画 [福島第一原子力発電所2号機 原子炉格納容器内部調査状況 ダイジェスト版 \(平成24年1月19日撮影\)](#)

(解説) 炉心状態について

- ・ 動画解説 [福島第一原子力発電所の事故と現在の状況 第1回 原子炉の冷却 \(05:32\)](#)

4.おわりに

今回の事故対応にあたっては、国内外のさまざまな関係機関や個人の方々から多大なご協力・ご支援をいただき、あらためて深く感謝申し上げます。当社といたしましては、引き続き原子炉の冷温停止状態を確実に維持していくとともに、廃止措置等に向けたロードマップを着実に実行してまいります。

以上

【資料】事故直後の現場対応

地震発生日、現場では多くの作業が行われていました。平成23年3月11日14:46、地震が発生しました。揺れは長く続きました。所員が執務していた事務本館では天井のパネルは落下、棚は倒れて物が散乱しました。揺れが収まった後、免震重要棟脇の駐車場へ避難が行われました。ちょうど1週間程前に避難訓練を行ったばかりだったため避難は円滑に行われました。

ただちに、発電所全体の指揮をとる緊急時対策本部が免震重要棟という通常業務が行われる事務本館とは別の建物に置かれました。免震重要棟は、平成19年に発生した新潟県中越沖地震の教訓から建てられた免震構造の建物です。

15:27に津波第一波、15:35に第二波が到達。

発電の運転・監視を行っている中央制御室では警報表示や状態表示灯が点滅し、一斉に消えていきました（1、2号機）。



写真23. 事務本館の状況（平成23年5月6日撮影）

設備復旧のため集まった所員（復旧班）は、照明の消えた中央制御室へ小型発電機と仮設照明を運び込み、計器類の復旧のために必要な四面を用意したり、協力企業からバッテリーやケーブルを収集したりしました。仮設照明設置後も照明が届かず真っ暗であったため、手持ちの懐中電灯の明かりを頼りに、配線図とケーブル番号の確認や配線の端末処理・接続作業を行いました。



写真23. 当直副長席で仮設照明を照らして対応
（報告書より）



写真24. 懐中電灯の明かりを頼りに指示値を確認
（平成23年3月23日撮影）

照明や計器の復旧によって発電所の状態を把握するための監視手段が少しずつ確保されていく一方、現場は依然として真っ暗であり限られた通信手段の中、余震・津波警報が継続する状況下での対応が続きました。

多くの社員が家族の安否確認が出来ない状況の中、当日勤務ではなかった社員も発電所に続々と駆けつけました。

<電源復旧作業>

重要な設備の復旧には、まず電源が必要です。事故直後から電源の復旧作業が鋭意行われました。原子炉注水のために重要な設備への電源の復旧が優先的に行われました。

電源線近接での作業は暗所、水たまりの中、感電の恐怖がありました。また、足下に水たまりがある状態では作業を行うにも工具を下に置けないため、明かりを照らしたり道具を持ったりする人が必要でした。

11日深夜より当社および東北電力が派遣した電源車が発電所に到着し始め、電源車を用いた電源復旧作業が行われました。

その後外部電源復旧工事も開始され、29日までに全号機の中央制御室の照明が外部電源により復旧しました。



写真25. 中央制御室の照明復旧（4号機）
（平成23年3月29日撮影）

<格納容器ベント・注水作業>

中央制御室では、操作手順書を見ながら電源がない状況におけるベント操作手順の検討が行われました。11日の夜に原子炉建屋の線量が上昇したため、その後のベント作業に当たっては全面マスクを含め被ばくを防止するための装備一式、耐火服、[セルフエアセット](#)、APD、[サーバイメータ](#)、懐中電灯等が可能な限り集められました。現場は全くの暗闇のため1人では作業が困難であること、高線量が予測されること、余震で引き返すことなどを考慮して、2名1組の3班体制が敷かれました。また、通信手段がなく現場に行くと連絡が取れず緊急避難時の救出が出来ない恐れがあるため、1班ずつ現場に行き、中央制御室に戻ってから次の班が出発することとしました。現場に向かうメンバーの人選では若い運転員も自ら手を挙げましたが、放射線量が高く状況もわからない中へ若い運転員を行かせることが出来ないと考え、当直長、副長がそれぞれ割り振られるよう班が編成されました（1号機）。



写真26. セルフエアセット
（平成23年5月4日撮影）

作業環境は線量が高く蒸し暑く、照明がなく暗い中、懐中電灯の明かりだけが頼りという厳しいものでした。運転員がベント弁の開閉状態を確認するために足をかけたところ、熱くて履いていた長靴が溶けることもありました（3号機）。

1号機は12日の14:30頃、3号機は13日の9:20頃、原子炉圧力の低下が確認され、格納容器ベントが成功したと判断されました。1号機と3号機では格納容器の圧力が低下したことが確認され「格納容器ベント」は成功したと判断していますが、2号機については「格納容器ベント」による格納容器の圧力の低下は確認されていません。



写真27. ベント弁確認作業イメージ

(平成23年12月1日撮影)

※オレンジの部分に足をかけた際に長靴が溶けた。

一方、発電所の運転員は原子炉への代替注水ラインを構成するために、ベント操作と同様の厳しい環境の中、電動弁を手動で開けたりする作業を進めていました。原子炉への注水は、建屋外部から消防車によって行いました。消防車は中越沖地震の教訓を生かして自衛消防のため配備されていたものでしたが、原子炉への注水のために臨機の対応として用いられました。

12日15:36、1号機で爆発が起きました。注水を続けていた社員と協力企業作業員は、消防車へ燃料を補給するため車外にいたところ、衝撃を感じてその場にしゃがみ込みました。空を見ると瓦礫が空一面に広がり、バラバラと降ってきました。近くにあった建屋脇のタンクの壁際で瓦礫をよけました。その場で立てなくなった作業員を周りが支え合いながら歩いて逃げました。

14日に3号機、15日に4号機の原子炉建屋上部が爆発しましたが、その後、原子炉注水用ホースの壊れた部分を布設し直すなどの作業が進み、再び原子炉へ注水を行えるようになりました。

14日に3号機、15日に4号機の原子炉建屋上部が爆発しましたが、その後、原子炉注水用ホースの壊れた部分を布設し直すなどの作業が進み、再び原子炉へ注水を行えるようになりました。



写真28. 爆発後の1号機原子炉建屋
(平成23年3月12日撮影)



写真29. 爆風により窓ガラスが割れた事務本館
(平成23年3月19日撮影)

- ・ [福島第一原子力発電所事故の初動対応について（平成23年12月22日）](#)

用語集

1) 交流電源

交流とは、一定時間毎に流れる方向が変わる電流のこと。日本で通常家庭に送られている電気は交流である。

2) 直流電源

直流とは、常時同じ方向に流れる電流のこと。なお、発電所で使われる電力は、発電所外や非常用ディーゼル発電機から供給される電力が交流であるのに対し、バッテリーから供給される電力は直流である。

3) 原子炉

内部にウラン燃料が入っており、燃料が核分裂の際に発生する熱エネルギーを取り出す装置のこと。

4) 原子炉建屋

原子炉が収められている建屋。

5) 定期検査

原子力発電所の運転を停止して実施する検査で国の検査官も立ち会う。通常 13 ヶ月に 1 回行われる。検査期間は、機器の点検、燃料や消耗品などの交換並びに保守、改造工事などの作業量を考慮して決めている。1、2 ヶ月程度から半年近くまで及ぶ場合もある。4 号機は平成 22 年 11 月 30 日、5 号機は平成 23 年 1 月 3 日、6 号機は平成 22 年 8 月 14 日から定期検査中であった。

・ [福島第一原子力発電所 4 号機の定期検査開始について（平成 22 年 11 月 29 日）](#)

・ [福島第一原子力発電所 5 号機の定期検査開始について（平成 22 年 12 月 28 日）](#)

・ [福島第一原子力発電所 6 号機の定期検査開始について（平成 22 年 8 月 13 日）](#)

6) 制御棒

原子炉内でウラン燃料の核分裂をコントロールし発電出力を調整する役目を果たす棒のこと。制御棒は中性子を吸収しやすい材質で作られており、燃料集合体の間に入れることで中性子が吸収されて核分裂が抑制される。

7) 外部電源

送電線によって発電所外から供給される電力のこと。

8) 非常用ディーゼル発電機

外部電源が喪失したときに電力を供給するために設置されているディーゼル式の自家発電機。

9) 使用済燃料プール

発電に使用した燃料や新燃料を貯蔵・管理するために原子炉の横に設置されたプール。

10) 中央制御室

原子炉、タービン、発電機の運転、監視を行うために設けられた運転室。事故前までは運転員が常時滞在し監視を行っていたが、事故後は放射線量が高いため常時滞在することはなく、データ確認のために定期的に巡視を行っていた。平成 23 年 9 月には、それまで中央制御室でしか確認できなかった情報もすべて免震重要棟へ伝送される集中監視システムを構築し、同年 10 月から運用を開始した。

11) (原子炉)圧力容器

ウラン燃料と水の入っている鋼鉄製の容器。事故時のデータやデータを元にした解析より、1 号機・2 号機・3 号機とも津波到達後数日の間に損傷燃料によって圧力容器に何らかの損傷が生じたと推定される。

・ [福島原子力事故調査報告書（中間報告書）p.85～](#)

12) 燃料被覆管

燃料棒の外側を覆っている外径約 11mm、厚さ約 0.7mm の管のことで、ジルコニウムという金属を含む合金でできている。

13) 主蒸気逃し安全弁

原子炉圧力容器の圧力が上昇した場合、圧力容器内部の蒸気を格納容器内に放出し圧力上昇を抑制する弁。主蒸気逃し安全弁の駆動には直流電源（バッテリー）が必要。

14) (原子炉)格納容器

原子炉圧力容器やポンプなど重要な機器を覆っている鋼鉄製の容器。

15) (水素)爆発

1号機と3号機は原子炉内の燃料損傷に伴い水素が発生し、格納容器上蓋の結合部分などから原子炉建屋内へ漏れ出し蓄積・爆発し、4号機は3号機のベントの際に、排気筒合流部を通じて原子炉建屋内に水素が流入し蓄積・爆発したと推定される。2号機ではデータ解析より、水素爆発は発生しなかったと推定される。

・ [福島原子力事故調査報告書（中間報告書）](#) ※報告書中、『9. プラント水素爆発評価』をご参照下さい。

16) 運用補助共用施設

使用済燃料共用プール設備などの入っている施設。使用済燃料共用プール設備は、福島第一原子力発電所各号機に設置されている使用済燃料プールの運用上余裕を確保するため、使用済燃料貯蔵容量を約 250%から約 450%に増強する目的で設備され、平成9年10月1日より運用を開始している。

17) 格納容器ベント

格納容器の圧力が異常に上昇して、格納容器が破損することを防止するため、放射性物質を含む格納容器内の気体を一部外部に放出し、圧力を低下させる措置。

18) 弁

配管の途中に取り付けられ、開閉することにより中を通る気体・液体の流量を調整する。

19) 電動弁

開閉をモータの駆動力で行う弁。直流電源で駆動されるものと、交流電源で駆動されるものがある。

20) 空気作動弁

開閉を圧縮空気の駆動力で行う弁。この弁を駆動するためには圧縮空気のほか、圧縮空気の流れを制御するための電磁弁（電磁石の原理で駆動する弁）の電源として直流電源が必要。

21) 炉心スプレイ系

原子炉冷却喪失事故時に、燃料の過熱による燃料および被覆管の破損を防止するため、炉心上部より冷却水をスプレー状に注入し冷却する装置。

22) タービン建屋

発電用タービンが収められている建屋。

23) 高濃度汚染水

高濃度の放射性物質を含む水（現在、福島第一原子力発電所では便宜的に放射性物質濃度 10^2 Bq/cm³程度以上を「高濃度」の目安としている）。

24) 集中廃棄物処理建屋

原子力発電所では、起動（停止）操作、通常運転及び定期検査時等、各種状態に応じて様々な種類の廃棄物が発生する。これら廃棄物の中で放射性物質を含むかまた、その可能性のあるものを放射性廃棄物と呼ぶ。放射性廃棄物は、発電所の内部でまず「収集」して適切な「処理」をした後、完全な形で処分する必要がある。この「収集」、「処理」、「処分」をする設備が放射性廃棄物処理設備であり、地震前にそれらの設備を備えていた建屋群を集中廃

棄物処理建屋と呼んでいる。地震後はそれらの設備を取り外し、水処理設備を設置し利用している。

25) 水処理設備

放射性物質や塩分を含む水の放射性物質（特にセシウム）や塩分を取り除くための設備。

26) 循環注水冷却システム

建屋等に滞留する汚染水を処理して原子炉注水のために再利用するシステム。

27) スキマサージタンク

使用済燃料プールが満水であることを確認するためのタンク。使用済燃料プールが満水になると、スキマサージタンクに水が流れることによりプールが満水であることを確認できる。

28) 原子炉ウェル

原子炉上部にある空間で、燃料交換時に使用済燃料プール水面と同一レベルに水を張り、原子炉压力容器と使用済燃料プール間で燃料などの水中移送用のために使用する。事故当時4号機は定期検査中であったため、原子炉ウェルには水が入っている。

29) 臨界

核分裂が連鎖反応により持続して進む状態のこと。

30) キセノン 135

原子炉内で生じる放射性物質。半減期が約9時間と短いため、この含有濃度を調べることにより、原子炉内での程度核分裂が起きているのかを推定することができる。臨界と判断される濃度を約1 Bq/cm³として設定している。

31) 放射性セシウム

事故後、放射性ヨウ素とともに主に検出されている放射性物質のひとつで、 γ 線を放出する。

32) キュリウム 242、キュリウム 244

自発核分裂する主要な放射性物質として推定される2核種。

33) 自発核分裂

中性子、陽子、 γ 線、 β 線の吸収などによらず自然に起きる核分裂。

なお、これまでキセノン 135 が検出された際、主に以下の理由などにより臨界ではないことを確認している。

1. 検出されたキセノン 135 の濃度が小さいこと

(1) 現時点で存在する自発核分裂性物質（キュリウム 242、244）の量から自発核分裂により生成されるキセノン 135 の量を評価したところ、検出されたキセノン 135 の濃度とおおむね一致する。

(2) 仮に1 kW 程度（実用炉の臨界時の出力は数 kW）の臨界を仮定した場合に発生するキセノン 135 の濃度は、検出されたキセノン 135 の濃度と比較して1万倍程度大きくなる。

2. ホウ酸水注入後でもキセノン 135 が検出されており、これはホウ素の有無に影響されない自発核分裂によって生成されたものと考えられること

3. 「臨界」状態が発生すれば、それに伴う熱エネルギーによって温度などの周辺状況に変化が現れるはずであるが、原子炉および格納容器の温度や圧力のパラメータに有意な変動がないこと

34) 取水口

発電機を回したあとの高温の蒸気を冷やすための海水を取り入れるところ。

35) シルトフェンス

水中にカーテンを張ることで拡散する汚濁水を滞留させることができる水中フェンス。

36) 鋼管矢板

鋼製の矢板。今回の工事にあたっては汚染水の流出防止・拡散抑制強化対策の一環として、もともと設置してあった鋼矢板が津波により破損した部分について新たに鋼管矢板を設置する閉塞工事を実施した。工事に用いている矢板の大きさは、直径 1,200mm、厚さ 14.22mm、長さ 12～13m で、計 47 本打設している。

37) 取水路開渠^{かいきよ}

開渠（かいきよ）とは、通常は蓋のない水路のことをいうが、ここでは取水口より建屋側の水路部分を暗渠と位置付けていることに対し、取水口より海側のオープンとなっている水路部分を開渠と位置付けている。

38) 主要な機器・配管

原子炉等の大型機器や、地震による外部電源喪失直後の電源設備として機能した非常用ディーゼル機関等の設備を「主要な」設備として評価している。

39) 耐震設計審査指針

原子力発電所の耐震設計は、国の原子力安全委員会が定めた「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等に基づいて行われている。最初の指針は、昭和 53 年に当時の原子力安全委員会が安全審査の経験を踏まえ定められたものであったが、その後の地震学や地震工学における新たな知見の蓄積、そして耐震設計技術の著しい改良及び進歩を反映して、平成 18 年に改訂が実施された。

40) 緊急作業時における被ばく線量限度

緊急の場合の作業員の被ばく線量の上限については電離放射線障害防止規則と実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則によって事故前までは実行線量 100mSv と定められていたが、今回の事故による特例措置として平成 23 年 3 月 14 日、緊急作業従事者において 250mSv と定められた（その後同年 12 月 16 日に特例措置は廃止され、原則として事故前と同等の管理となった）。

41) 多核種除去設備

現行水処理設備では除去が困難なセシウム以外の放射性物質を除去可能とする設備。平成 24 年度上半期内に導入予定。

42) 外部被ばく

身体の外から受ける被ばくを外部被ばくという。外部被ばく線量の評価は、日々の作業毎に個々人に貸与した個人線量計（APD）の指示値を合算することにより行っている。

43) 内部被ばく

生体内に取り込まれた放射性物質による被ばくを内部被ばくいう。内部被ばく線量の評価は、全身カウンタ（ホールボディカウンタ：WBC）で体内に残留する放射性物質を測定するとともに、摂取した時期をヒアリング等により特定し、体内残留量から、想定される摂取時期に体内摂取した放射性物質の量を推定することにより行っている。内部被ばくを評価する場合は、体内摂取量から、50 年間に受けるであろう放射線による影響を全て合算して示す。

・ [福島第一原子力発電所緊急作業に伴う被ばく線量について（平成 23 年 6 月 13 日）](#)

44) 炉心

原子炉内部の燃料集合体や制御棒などで構成される。

45) セルフエアセット

携帯式の呼吸保護具の一つで、背中に背負う装置（CO₂吸着装置、酸素ボンベ、保冷剤を装備したケース）とマスクがセットになったもの。呼吸空気を浄化・循環させるとともに、酸素ボンベからも純酸素を循環空気に混ぜ込んでマスク内に供給する装置。空気中の放射能物質濃度が 10⁻²Bq/cm³ 以上のエリアで作業する場合に着用する。

46) サーベイメータ

空間線量率の測定や表面汚染の検査などに用いられる小型で可搬型の放射線測定器。

以上