

原子力安全に関する I A E A 閣僚会議に対する  
日本国政府の報告書  
—東京電力福島原子力発電所の事故について—

平成 2 3 年 6 月

原子力災害対策本部

## 目次

### 概要

#### I. はじめに

#### II. 事故前の我が国の原子力安全規制等の仕組み

1. 原子力安全の法規制の仕組み II-1
2. 原子力災害対応の法規制の仕組み II-5

#### III. 東北地方太平洋沖地震とそれによる津波の被害

1. 地震と津波による我が国の被害 III- 1
2. 福島原子力発電所を襲った地震と津波による被害 III-27
3. その他の原子力発電所を襲った地震と津波による被害 III-45
4. 地震及び津波による被害に関する評価 III-59

#### IV. 福島原子力発電所等の事故の発生と進展

1. 福島原子力発電所の概要 IV- 1
2. 福島原子力発電所の安全確保等の状況 IV- 3
3. 福島原子力発電所の地震発生前の運転状況 IV-28
4. 福島原子力発電所の事故の発生・進展 IV-31
5. 福島原子力発電所の各号機等の状況 IV-35
6. その他の原子力発電所の状況 IV-97
7. 事故の発生と進展の評価 IV-100

#### V. 原子力災害への対応

1. 事故発生後の緊急時対応 V- 1
2. 環境モニタリングの実施 V-13
3. 農産物、飲料水等に関する対応 V-24
4. 追加的な防護区域の対応 V-25
5. 原子力災害への対応の評価 V-28

#### VI. 放射性物質の環境への放出

1. 放射性物質の大気中への放出量の評価 VI-1
2. 放射性物質の海水中への放出量の評価 VI-3

|   |        |
|---|--------|
| <b>VII. 放射線被ばくの状況</b>                         |        |
| 1. 放射線作業従事者を含む関係職業人の放射線被ばくの状況                 | VII-1  |
| 2. 周辺住民の放射線被ばくの状況                             | VII-6  |
| 3. 放射線被ばくの状況の評価                               | VII-8  |
| <b>VIII. 国際社会との協力</b>                         |        |
| 1. 各国からの支援                                    | VIII-1 |
| 2. 国際機関との協力                                   | VIII-2 |
| 3. 国際社会との協力の評価                                | VIII-2 |
| <b>IX. 事故に関するコミュニケーション</b>                    |        |
| 1. 国内の周辺住民や一般国民とのコミュニケーション                    | IX- 1  |
| 2. 国際社会とのコミュニケーション                            | IX- 6  |
| 3. 国際原子力・放射線事象評価尺度（INES）に基づく暫定評価              | IX- 8  |
| 4. 事故に関するコミュニケーションの評価                         | IX-10  |
| <b>X. 今後の事故収束への取組み</b>                        |        |
| 1. 福島原子力発電所の原子炉等の現状                           | X- 1   |
| 2. 事業者による事故の収束に向けた道筋への対応                      | X -2   |
| 3. 国による対応                                     | X -8   |
| <b>X I. その他の原子力発電所における対応</b>                  |        |
| 1. 福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所の事故を踏まえた他の発電所の緊急安全対策 | XI-1   |
| 2. 浜岡原子力発電所の停止                                | XI-3   |
| <b>X II. 現在までに得られた事故の教訓</b>                   |        |
| <b>X III. むすび</b>                             |        |

（注：各章にある評価は、現時点での暫定的なものである。）

添付資料編

## 概要

### [概要の構成]

1. はじめに
2. 事故前の我が国の原子力安全規制等の仕組み
3. 東北地方太平洋沖地震とそれによる津波の被害
4. 福島原子力発電所等の事故の発生と進展
5. 原子力災害への対応
6. 放射性物質の環境への放出
7. 放射線被ばくの状況
8. 国際社会との協力
9. 事故に関するコミュニケーション
10. 今後の事故収束への取り組み
11. その他の原子力発電所における対応
12. 現在までに得られた事故の教訓
13. むすび

### 1. はじめに

2011年3月11日14時46分（日本時間、以下同じ）に発生した東北地方太平洋沖地震とそれが引き起こした津波が東京電力の福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所（以下、「福島原子力発電所」という。）を襲い、未曾有の大規模かつ長期にわたる原子力事故が発生した。

我が国にとっては、この地震と津波による大規模な災害への対応とともに、その地震と津波により引き起こされた原子力事故への対応も同時に行わなければならないという極めて厳しい事態となった。

この原子力事故は、我が国にとって大きな試練となり、世界各国の支援を受けつつ、国内の数多くの関係機関が一体となって対応に取り組んでいるところである。また、我が国は、この事故が世界の原子力発電の安全性に懸念をもたらす結果となったことを重く受け止め反省している。そして、何よりも事故の発生によって、世界の人々に放射性物質の放出について不安を与える結果になったことを心からお詫びする。



現在、我が国は事故の収束に向けて英知を結集して取り組んでいるところであるが、福島原子力発電所で何が起り、それがどのように進展し、そして我が国が事故をどのように収束させようとしているかについて、正確な情報を絶えず世界に伝えることは我が国の責任である。また、我が国がこの事故から何を教訓として汲み取っているかを世界に伝えることも我が国の責任であると認識している。

本報告書は、このような認識にたつて、本年 6 月に開催される国際原子力機関（IAEA）の「原子力安全に関する閣僚会議」における我が国からの報告としてとりまとめたものである。事故の収束は、原子力災害対策本部の下に置かれた政府・東京電力統合対策室が、海江田万里経済産業大臣の指揮の下に原子力安全・保安院、東京電力等が力を結集する形で取り組んでいる。本報告書の作成は、原子力災害対策本部の中で、政府・東京電力統合対策室による事故収束に向けての取組み等を踏まえて作業を進め、外部有識者の意見も聴取しながら行った。作成作業の全体は、原子力災害対策本部長である内閣総理大臣の命を受けた細野豪志内閣総理大臣補佐官が統括した。

本報告書は、事故報告書としては暫定的なもので、現在まで得られた事実関係を基に事故の評価や得られた教訓をとりまとめたものである。範囲としては、現時点までの原子力安全と原子力防災に関する技術的な事柄を中心としており、原子力損害賠償、社会生活への影響等についてはまだとりあげていない。

政府としては、この報告書のとりまとめとは別に、福島原子力発電所の事故への対応の全体について検証するため、「東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会」（以下、「検証委員会」という。）を設置した。この検証委員会においては、従来の原子力行政からの「独立性」、国民や国際社会に対する「公開性」、技術的な問題のみならず制度的な問題まで含めた検討を行う「包括性」を基本として、事故の対応に関して政府を含めたあらゆる活動を厳格に検証することにしており、本報告書の内容についてもその検証委員会での検証の対象になるものである。この検証の活動の状況についても世界に公表することになる。

我が国は、この事故について、高い透明性をもって情報を公開することを基本としている。この方針の下、本報告書を作成するに当たっては、事実関係を正確に記載すること、事故への対応をできるだけ厳しく客観的に評価すること、判明していることとまだ判明していないことの区別を明確にしておくなどに留

意した。事実関係の記載については、本年 5 月 31 日までに判明したことに基づいている。

我が国は、今後も全力でこの事故の調査分析に取り組むこととしており、その結果については、引き続き IAEA と世界各国に提供する方針である。

## 2. 事故前の我が国の原子力安全規制等の仕組み

我が国の原子力発電所の安全規制は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」と「電気事業法」によってなされ、経済産業省の原子力安全・保安院がその規制の責任を担っている。内閣府に設置されている原子力安全委員会は、原子力安全・保安院の行う安全規制活動を監視、監査する役割を担っており、必要な場合には経済産業大臣に対して必要な措置を講ずることを内閣総理大臣を通じて勧告できる権限を有している。また、経済産業大臣が原子力発電所の設置許可をする際は、その安全性に関して原子力安全委員会の意見を聴いた上で行うこととされている。

放射線障害の防止と放射能水準の把握のための監視・測定は、関係法令に基づき、文部科学省をはじめとする関係省庁が行っている。

我が国の原子力災害対応は、1999 年のジェー・シー・オー核燃料加工施設で発生した臨界事故後に制定された「原子力災害対策特別措置法」（以下、「原災法」という。）に基づき実施される仕組みになっている。原災法は原子力災害の場合において災害対策基本法を補完するものとなっている。原災法では、原子力災害に対して事業者、国と地方公共団体が連携して取り組むこと、原子力緊急事態が発生した場合は内閣総理大臣が原子力緊急事態宣言を発出するとともに避難等の指示をすること、内閣総理大臣を長とする原子力災害対策本部を設置して事態に対応することなどが定められている。

また、原子力災害時の対応である緊急時の環境モニタリングは、地方自治体が実施し、文部科学省がそれを支援することになっている。

## 3. 東北地方太平洋沖地震とそれによる津波の被害

我が国の東日本の太平洋岸地帯は、2011 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襲われた。この地震は、日本海溝沿いに太平洋プレートが北アメリカプレートの下に沈み込む領域で発生した我が国観測史上最大の

マグニチュード 9.0 の地震であった。震源は北緯 38.1 度、東経 142.9 度、深さ 23.7km であった。この地震により東北地方から関東地方の広い範囲で地殻変動が発生した。その後 7 波にわたって東北地方に津波が襲来し、全浸水面積は 561km<sup>2</sup> に及び、死亡者・行方不明者は約 2 万 5 千人となっている。

福島原子力発電所で観測された地震について、福島第一原子力発電所においては、原子炉建屋基礎盤上で観測された地震動の加速度応答スペクトルが、一部の周期帯で設計の基準地震動の加速度応答スペクトルを超えた。福島第二原子力発電所においては、原子炉建屋基礎盤上で観測された地震動の加速度応答スペクトルは、設計の基準地震動の加速度応答スペクトルに対して下回っていた。地震によって外部電源に対して被害がもたらされた。原子炉施設の安全上重要な設備や機器については、現在までのところ地震による大きな損壊は確認されていないが、詳細な状況についてはまだ不明であり更なる調査が必要である。

地震による福島原子力発電所の外部電源への被害に関して、地震当日の福島第一原子力発電所においては合計 6 回線の外部電源が接続されていたが、地震による遮断器等の損傷や送電鉄塔の倒壊によって、これら 6 回線による受電が全て停止した。また地震当日の福島第二原子力発電所においては合計 4 回線の外部電源が接続されていたが、1 回線は工事中であり、1 回線は地震により停止し、もう 1 回線が停止したため、1 回線による受電となった（なお、翌 12 日 13 時 38 分には復旧工事が完了し、2 回線受電となった。）。

また、津波の襲来は、福島第一原子力発電所については、最初の大きな波は 3 月 11 日の 15 時 27 分頃（地震発生後 41 分後）に、次に大きな波は 15 時 35 分に到達し、福島第二原子力発電所については、最初の大きな波は 15 時 23 分頃（地震発生後 37 分後）に、次に大きな波は 15 時 35 分頃に到達した（東京電力発表）。福島第一原子力発電所においては、設置許可上の設計津波高さが 3.1m とされていた。また「原子力発電所の津波評価技術」（土木学会）に基づく評価（2002 年）では最高水位が 5.7m とされ、これに対して東京電力は 6 号機の海水ポンプの取付け高さのかさ上げを行っていた。しかし、今回の津波の浸水高は 14～15m に達し、全号機の補機冷却用海水ポンプ施設が冠水して機能を停止したほか、6 号機を除き原子炉建屋やタービン建屋の地下階に設置されていた非常用ディーゼル発電機及び配電盤が冠水して機能を停止した。

福島第二原子力発電所においては、設計津波高さが 3.1～3.7m とされていた。また上記の評価（2002 年）では最高水位が 5.1～5.2m とされた。この津波によって、一部を残して多くの補機冷却用海水ポンプ施設が冠水して機能を停止し、

原子炉建屋地下階に設置されていた非常用ディーゼル発電機は津波後に停止した。

このように、大規模な津波の襲来に対する想定と対応が十分なされていなかった。

#### 4. 福島原子力発電所等の事故の発生と進展

##### (1) 福島原子力発電所の概要

福島第一原子力発電所は、福島県双葉郡大熊町と双葉町に位置し、1号機から6号機までの6基の沸騰水型軽水炉が設置されており、総発電容量は469.6万kWである。福島第二原子力発電所は、福島県双葉郡富岡町と楡葉町に位置し、1号機から4号機までの4基の沸騰水型軽水炉が設置されており、総発電容量は440万kWである（後出の図と表を参照）。

##### (2) 福島原子力発電所の安全確保等の状況

原子炉施設においては、自然事象等の発生を考えても故障の発生し難いようにするとともに、それでも故障は起きると考えて、設計基準事象という異常状態が発生しても安全を確保できる防護対策を施すことにしている。その上で、念のため、この防護対策が不十分であった場合にシビアアクシデント<sup>(注1)</sup>に至る可能性をできるだけ小さくし、又はシビアアクシデントに至った場合でもその影響を緩和するための措置がアクシデントマネジメント<sup>(注2)</sup>対策であり、我が国は、1992年から取り組み始めた。アクシデントマネジメント対策の実施は安全規制の法律上の要求事項とはなっておらず、事業者が自主的に実施し国がその取り組みの報告を求めるという方法で行われている。

福島原子力発電所におけるアクシデントマネジメント対策は、原子炉停止機能、原子炉及び格納容器への注水機能、格納容器からの除熱機能と安全機能のサポート機能の4つについてなされている。例えば、原子炉及び格納容器の注水機能については、既設の復水補給水系や消火系から格納容器冷却系や炉心スプレイ系を介して原子炉へ注水できるように配管の接続先を確保し、代替注水

注1 シビアアクシデント：設計基準事象を大幅に超える事象であって、安全設計の評価上想定された手段では適切な炉心の冷却又は反応度の制御ができない状態であり、その結果、

注2 アクシデントマネジメント：現在の設計に含まれる安全余裕や安全設計上想定した本来の機能以外にも期待し得る機能又はそうした事態に備えて新規に設置した機器等を有効に活用することによって、それがシビアアクシデントに拡大するのを防止する、もしくはシビアアクシデントに拡大した場合にもその影響を緩和するために取られる措置をいう。

設備として活用できるようにすることが含まれている。

### (3) 福島原子力発電所の地震発生前の運転状況

3月11日の地震発生前の福島原子力発電所の運転状況は、福島第一原子力発電所については、1号機は定格電気出力運転、2号機と3号機は定格熱出力の運転中であり、4号機、5号機及び6号機は定期検査中であった。このうち、4号機については大規模修繕工事を実施中であり、原子炉圧力容器の中にあった核燃料は全て使用済燃料プールに移送されていた状態であった。また、共用の使用済燃料プールには6,375体の使用済燃料を貯蔵中であった。

福島第二原子力発電所については、1号機から4号機までの全ての原子炉が定格熱出力の運転中であった。

### (4) 福島原子力発電所の事故の発生・進展

福島第一原子力発電所では、運転中の1号機から3号機は、同日の14時46分に地震の発生を受けて自動停止した。同時に地震によって計6回線の全ての外部電源が失われた。そのため非常用ディーゼル発電機が起動した。しかし、襲来した津波の影響を受けて冷却用海水ポンプ、非常用ディーゼル発電機や配電盤が冠水したため、6号機の1台を除く全ての非常用ディーゼル発電機が停止した。このため、6号機を除いて全交流電源喪失の状態となった。6号機では、非常用ディーゼル発電機1台（空冷式）と配電盤が冠水を免れ、運転を続けた。また、津波による冷却用海水ポンプの冠水のため、原子炉内部の残留熱を海水へ逃すための残留熱除去系や多数の機器の熱を海水に逃すための補機冷却系が機能を失った。

東京電力の運転員は同社の過酷事故手順書に従い、自動起動した炉心冷却設備や炉心への注水設備の継続運転中に、多数の原子炉安全系の機器を回復するために、政府とも協力しつつ緊急に電源を確保する試みを行ったが、結局、電源を確保することはできなかった。

1号機から3号機では、交流電源を用いる炉心冷却機能が失われたため、交流電源を用いない炉心冷却機能の作動がなされたか、又はその作動が試みられた。それらは、1号機の非常用復水器<sup>(注3)</sup>（アイソレーション・コンデンサ）の作動、

---

<sup>注3</sup> 非常用復水器（アイソレーション・コンデンサ）：外部電源喪失時などの原子炉圧力容器が隔離されたとき（主復水器により原子炉冷却ができないとき）に、原子炉圧力容器の冷

2号機の原子炉隔離時冷却系<sup>(注4)</sup>(RCIC)の作動と3号機の原子炉隔離時冷却系と高圧注水系<sup>(注5)</sup>(HPCI)の作動である。

その後、これらの交流電源を用いない炉心冷却機能が停止し、消防ポンプを用いた消火系ラインによる淡水又は海水の代替注水に切り替えられた。

福島第一原子力発電所の1号機から3号機について、それぞれ原子炉圧力容器への注水ができない事態が一定時間継続したため、各号機の炉心の核燃料は水で覆われずに露出し、炉心溶融に至った。溶融した燃料の一部は原子炉圧力容器の下部に溜まった。

燃料棒被覆管等のジルコニウムと水蒸気との化学反応により大量の水素が発生するとともに、燃料棒被覆管が損傷し、燃料棒内にあった放射性物質が原子炉圧力容器内に放出された。そして、原子炉圧力容器の減圧の過程でこれらの水素や放射性物質は格納容器内に放出された。

注入された水は原子炉圧力容器内で核燃料から気化熱を奪い水蒸気になるが、こうして炉心冷却機能が失われた原子炉圧力容器では内圧が上昇し、この水蒸気が格納容器内に安全弁を通して漏出していった。このため、徐々に格納容器の内圧が上昇したので、1号機から3号機では格納容器が圧力により破損することを防ぐため、格納容器内部の気体をサプレッションチェンバーの気相部から排気筒を通じ大気中に逃す操作である格納容器ウェットウェルベントが数回行われた。

1号機と3号機では、格納容器ウェットウェルベント後に、格納容器から漏えいした水素が原因と思われる爆発が原子炉建屋上部で発生し、それぞれの原子炉建屋のオペレーションフロアが破壊された。これらによって環境に大量の放射性物質が放散された。なお、3号機の建屋の破壊に続いて、定期検査のために炉心燃料がすべて使用済燃料プールに移動されていた4号機においても原子炉

---

却のため、原子炉圧力容器内の蒸気を凝縮し、その凝縮水を自然循環(ポンプ駆動は不要)により原子炉圧力容器へ戻す機能を有する設備である。非常用復水器では、伝熱管内に導かれた蒸気を、復水器内(胴側)に貯えられた水で冷却する構造となっている。

<sup>注4</sup> 原子炉隔離時冷却系(RCIC)：外部電源喪失等で原子炉圧力容器が給復水系から隔離された場合に、炉心の冷却を行う系統。水源としては、復水貯蔵タンク、圧力抑制プール水のいずれも使用できる。ポンプの駆動装置は原子炉蒸気の一部を利用するタービンである。

<sup>注5</sup> 高圧注水系(HPCI)：崩壊熱によって発生する蒸気をタービンに供給し、これによりポンプを駆動して炉心に注水する非常用炉心冷却系の一つ。

建屋で水素が原因とみられる爆発があり、原子炉建屋の上部が破壊された。この間、2号機では格納容器のサプレッションチェンバー室付近と推定される場所で水素爆発が発生し破損が生じたとみられる。

電源の回復及び原子炉容器内への注水の継続と合わせて現場で最も急がれた取組みは、1号機から4号機の使用済燃料プールへの注水であった。各号機の使用済燃料プールについては、電源の喪失によってプール水の冷却が停止したため、使用済燃料の発熱による水の蒸発により、その水位が低下し続けた。このため、使用済燃料プールに対して、自衛隊、消防や警察がヘリコプターや放水車を用いて注水を行ったが、最終的にはコンクリートポンプ車を確保し、当初の海水注水の後、近くの貯水池の水などを活用した淡水による注水を実施した。

#### (5) 福島原子力発電所の各号機等の状況

##### ① 福島第一原子力発電所1号機

○ [電源喪失] 3月11日14時46分に地震により原子炉がスクラムした。地震のために外部電源が喪失し、非常用ディーゼル発電機2台が起動した。同日15時37分に非常用ディーゼル発電機2台が津波により停止し、全交流電源喪失に陥った。

○ [原子炉の冷却] 隔離凝縮系の非常用復水器は、3月11日14時52分に自動起動し、原子炉の冷却を開始した。その後、同日15時03分に非常用復水器は停止した。手順書では、冷却速度を55℃/時に調整することになっている。その後も3回にわたって原子炉圧力は上下しており、非常用復水器の手動操作があったものとみられる。東京電力によると、3月12日05時46分に消防ポンプを用いて消火系ラインにより淡水注水を開始し、同日14時53分に8万リットルの注入を完了したが、その後どの時点で注入が停止したか不明であるとしている。同日19時04分に消火系ラインを用いて海水注水を開始した。海水注水を巡っては政府と東京電力の本店の間で、連絡・指揮系統の混乱がみられたが、福島第一原子力発電所の所長の判断で海水注水は継続された。3月25日に純水タンクを水源とする淡水への注水に戻した。なお、高圧注入系(HPCI)については、少なくとも記録が残っていた地震後1時間までに自動起動する水位(L-L:セパレータ底部から-148cm)まで下がっておらず、作動した記録も残っていない。

- [炉心の状態] 3月11日15時37分の全交流電源喪失時に炉心への注水が停止してから、3月12日05時46分に淡水注水を開始するまでの14時間9分間にわたって炉心への注水が停止していたとみられる。原子力安全・保安院の評価（HPCIは作動していない前提）の結果によれば、3月11日17時頃に原子炉水位の低下により燃料が露出し、その後、炉心溶融が開始したとみられる。溶融した燃料の相当量は原子炉圧力容器の底部に移行して堆積しているとみられる。なお、現時点では、原子炉圧力容器の底部が損傷し、溶融した燃料の一部が格納容器のドライウエルフロア（下部ペDESTAL）に落下して堆積している可能性も考えられる。
- [水素爆発] 3月12日14時30分に格納容器ウェットウエルベントを実施した。その後、同日15時36分に原子炉建屋で爆発が発生した。この原子炉建屋の爆発については、原子炉圧力容器内の温度上昇に伴うジルコニウム－水反応によって水素が発生し、その水素を含む気体が格納容器からの漏えい等により原子炉建屋の上部に滞留して水素爆発を起こしたとみられる。格納容器内に水素が蓄積している可能性があることから、4月7日から格納容器内への窒素の封入を開始した。
- [注水冷却水の漏えい] 現時点では注水した冷却水は原子炉圧力容器底部において漏えいしているものと推定される。原子炉圧力容器への注水総量は約13,700トン（東京電力による情報で5月31日までの量）であり、蒸気発生総量が約5,100トンと見積もられるので、この差分の約8,600トンから原子力圧力容器（約350m<sup>3</sup>）等にある量を除いた相当量が漏えいしたとみられる。

## ② 福島第一原子力発電所2号機

- [電源喪失] 3月11日14時47分に地震により原子炉がスクラムした。地震のために外部電源が喪失し、非常用ディーゼル発電機2台が起動した。同日15時41分に非常用ディーゼル発電機2台が津波により停止し、全交流電源喪失に陥った。
- [原子炉の冷却] 3月11日14時50分頃に原子炉隔離時冷却系（RCIC）を手動起動した。同日14時51分頃に原子炉水位が高かったためにRCICは自動停止した。その後、同日15時02分に手動起動し、15時28分に再び停止した。なお、さらに同日15時39分に手動起動した。3月14日13時25分にRCICは停止した。同日19時54分に消防ポンプを用いて海水の注入が開始



された。

- [炉心の状態] 3月14日13時25分にRCICが停止してから同日19時54分の海水注入が開始されるまでの6時間29分間にわたって注水が停止していたとみられる。原子力安全・保安院の評価の結果によれば、3月14日18時頃に原子炉水位の低下により燃料が露出し、その後、炉心溶融が開始したとみられる。溶融した燃料の相当量は原子炉圧力容器の底部に移行して堆積しているとみられる。なお、現時点では、原子炉圧力容器の底部が損傷し、溶融した燃料の一部が格納容器のドライウェルフロア（下部ペDESTAL）に落下して堆積している可能性も考えられる。
  
  - [爆発音] 3月13日11時頃から小弁も含めて格納容器ウェットウェルベント操作を実施した。3月15日06時頃に格納容器サプレッションチェンバー付近において爆発音が発生した。この爆発音については、原子炉圧力容器内の温度上昇に伴うジルコニウム-水反応によって水素が発生し、その水素を含む気体が主蒸気逃し安全弁の開放等を通じサプレッションチェンバーに入り、サプレッションチェンバーから水素が漏えいし、トラス室で爆発した可能性が考えられる。
  
  - [注水冷却水の漏えい] 現時点では注水した冷却水は原子炉圧力容器底部において漏えいしているものと考えられる。原子炉圧力容器への注水総量は約21,000トン（東京電力による情報で5月31日までの量）であり、蒸気発生総量が約7,900トンと見積もられるので、この差分の約13,100トンから原子炉圧力容器（約500m<sup>3</sup>）等にある量を除いた相当量が漏えいしたとみられる。
- ③ 福島第一原子力発電所3号機
- [電源喪失] 3月11日14時47分に地震により原子炉がスクラムした。地震のために外部電源が喪失して、非常用ディーゼル発電機2台が起動した。同日15時42分に津波により非常用ディーゼル発電機2台が停止し、全交流電源喪失に陥った。
  
  - [原子炉の冷却] 3月11日15時05分に原子炉隔離時冷却系（RCIC）を手動起動した。同日15時25分に原子炉水位が高くなったため自動停止した。同日16時03分に手動起動し、3月12日11時36分にRCICは停止した。同日12時35分に高圧注水系（HPCI）が原子炉水位低（L-2）により自動起動

したが、3月13日02時42分にHPCIは停止した。この原因は原子炉圧力が低下したためと考えられる。なお、HPCI系統からの蒸気流出の可能性も考えられる。

- [炉心の状態] 3月13日09時25分頃から消防車により消火系ラインを用いてホウ酸を含んだ水を注水する操作を開始したが、原子炉圧力が高くなっていったため十分に注水できず、原子炉水位は低下した。少なくとも13日02時42分にHPCIが停止してから同日09時25分に消火系ラインを用いた注水を開始するまでの6時間43分間、注水が停止していたことになる。原子力安全・保安院の評価の結果によれば、3月13日08時頃に原子炉水位の低下により燃料が露出し、その後、炉心溶融が開始したとみられる。溶融した燃料の相当量は原子炉圧力容器の底部に移行して堆積しているとみられる。ただし、原子炉圧力容器の底部が損傷し、燃料の一部が格納容器のドライウェルフロア（下部ペDESTAL）に落下して堆積している可能性も考えられる。
- [水素爆発] 3月14日05時20分に格納容器ウェットウェルベントを実施した。その後、同日11時01分に原子炉建屋で爆発が発生した。これは、原子炉圧力容器内の温度上昇に伴うジルコニウム-水反応によって水素が発生し、その水素を含む気体が格納容器からの漏えい等により原子炉建屋の上部に滞留して水素爆発を起こしたとみられる。
- [注水冷却水の漏えい] 現時点では注水した冷却水は原子炉圧力容器底部において漏えいしているものと推定される。原子炉圧力容器への注水総量は約20,700トン（東京電力による情報で5月31日までの量）であり、蒸気発生総量が約8,300トンと見積もられるので、この差分の約12,400トンから原子力圧力容器（約500m<sup>3</sup>）等にある部分を除いて相当量が漏えいしたとみられる。

#### ④ 福島第一原子力発電所4号機

- [使用済燃料プールの冷却] 原子炉は定期検査のため停止していた。原子炉内の核燃料は使用済燃料プールに移送されていた状態であった。3月11日の地震により外部電源が喪失し、非常用ディーゼル発電機1台が起動した（他の1台は点検中のため起動していない）。同日15時38分に津波により非常用ディーゼル発電機1台が停止し、全交流電源喪失に陥った。これによって使用済燃料プールの冷却機能と補給水機能が喪失した。3月20日から使用済

燃料プールへの放水が開始された。

- [原子炉建屋の爆発] 3月15日06時頃、原子炉建屋の爆発が発生し、オペレーションフロア1階下から上部全体と西側と階段沿の壁面が損壊した。同日09時38分に原子炉建屋4階北西付近で火災が発生した。原子炉建屋の爆発については、格納容器ベントの排気管が排気筒の手前で4号機の排気管と合流していることから3号機からの水素流入の可能性も考えられるが、現時点では原因を特定するには至っていない。

#### ⑤ 福島第一原子力発電所5号機

- [電源の確保] 原子炉は定期検査のため停止していた。3月11日14時46分の地震により外部電源を喪失し、非常用ディーゼル発電機2台が起動したが、同日15時40分に津波により非常用ディーゼル発電機2台が停止し、全交流電源喪失に陥った。3月13日に6号機の非常用ディーゼル発電機からの電源融通を受けた。

- [原子炉と使用済燃料プールの冷却] 3月12日06時06分に原子炉圧力容器の減圧操作を実施したが、その後も崩壊熱の影響により原子炉圧力は緩やかに上昇した。3月13日に6号機の非常用ディーゼル発電機からの電源融通を受け、5号機の復水移送ポンプを使用して炉内への注水が可能となった。3月14日05時以降、逃し安全弁による減圧を実施し、併せて、復水移送ポンプにより復水貯蔵タンクからの水を原子炉へ補給する操作を繰り返し、原子炉圧力と原子炉水位を制御した。3月19日に残留熱除去系による冷却を行うために仮設の海水ポンプを設置し起動させ、残留熱除去系の系統構成を切り替えることにより、原子炉と使用済燃料プールの冷却を交互に行った。その結果、3月20日14時30分に原子炉が冷温停止状態となった。

#### ⑥ 福島第一原子力発電所6号機

- [電源の確保] 原子炉は定期検査のため停止していた。3月11日14時46分の地震により外部電源が喪失し、非常用ディーゼル発電機3台が起動した。同日15時40分に津波により非常用ディーゼル発電機2台が停止し、残り1台の非常用ディーゼル発電機によって電源の供給は続けられた。
- [原子炉及び使用済燃料プールの冷却] 崩壊熱の影響により原子炉圧力は緩

やかに上昇した。3月13日非常用ディーゼル発電機からの電源により復水移送ポンプを使用して炉内への注水が可能となった。3月14日以降、逃し安全弁による減圧を実施し、併せて、復水移送ポンプにより復水貯蔵タンクからの水を原子炉へ補給する操作を繰り返し、原子炉圧力と原子炉水位を制御した。3月19日に残留熱除去系による冷却を行うために仮設の海水ポンプを設置し起動させ、残留熱除去系の系統構成を切り替えることにより、原子炉と使用済燃料プールの冷却を交互に行った。3月20日19時27分に原子炉が冷温停止状態となった。

#### ⑦ 福島第二原子力発電所

- [全体] 3月11日14時48分に運転中であった福島第二原子力発電所の1号機から4号機は原子炉がスクラムした。同発電所には合計4回線の外部電源が接続されていたが、1回線は工事中であり、1回線は地震により停止し、さらに地震から約1時間後にもう1回線が停止したため、1回線による受電となった(なお、翌12日13時38分には復旧工事が完了し、2回線受電となった。)。15時34分頃に津波が襲来し、1号機、2号機及び4号機の残留熱除去系などが被害を受けた。
- [1号機] 原子炉については原子炉隔離時冷却系や復水補給水系により冷却と水位維持が行われたが、最終的な除熱ができずにサプレッションプール水の温度が100℃を超えた。3月12日07時10分にドライウェルスプレイによる冷却を開始した。機能を有していた配電盤からの仮設ケーブルを接続することによって、3月14日01時24分には残留熱除去系を運転してサプレッションプールの冷却を開始した。3月14日10時15分にサプレッションプールの温度が100℃以下となり、同日17時00分に原子炉も冷温停止状態となった。
- [2号機] 原子炉については原子炉隔離時冷却系や復水補給水系により冷却と水位維持が行われたが、最終的な除熱ができずにサプレッションプール水の温度が100℃を超えた。3月12日07時11分にドライウェルスプレイによる冷却を開始した。1号機と同様に仮設ケーブルを接続することによって、3月14日07時13分には残留熱除去系を運転してサプレッションプールの冷却を開始した。3月14日15時52分にサプレッションプールの温度が100℃以下となり、同日18時00分に原子炉も冷温停止状態となった。
- [3号機] 津波により残留熱除去系(A)と低圧炉心スプレイ系が使用できな

くなくなったが、残留熱除去系（B）には被害はなく、同系統による冷却を継続して3月12日12時15分に原子炉は冷温停止状態になった。

- [4号機] 原子炉については RCIC や復水補給水系により冷却と水位維持が行われたが、最終的な除熱ができずにサプレッションプール水の温度が100℃を超えた。1号機と同様に仮設ケーブルを接続することによって、3月14日15時42分には残留熱除去系を運転してサプレッションプールの冷却を開始した。3月15日07時15分にサプレッションプールの温度が100℃以下となり、原子炉も冷温停止状態となった。

## （6）その他の原子力発電所の状況

### ① 東北電力東通原子力発電所

東北電力東通原子力発電所（1基の沸騰水型軽水炉）は定期検査中で、炉心の燃料は全て使用済燃料プールに取り出されていた。地震により3回線全ての外部電源が停止し、非常用ディーゼル発電機により給電が行われた。

### ② 東北電力女川原子力発電所

東北電力女川原子力発電所（1号機から3号機までの沸騰水型軽水炉）では、3月11日の地震発生前は、1号機と3号機が運転中で2号機が原子炉起動操作中であった。地震により3基とも原子炉がスクラムした。地震により外部電源5回線のうち4回線が停止し、1回線が残った。1号機は地震により所内電源喪失となり、非常用ディーゼル発電機による給電が行われた。原子炉への給水は原子炉隔離時冷却系などによって行い、3月12日0時57分に冷温停止状態に至った。2号機は外部電源が維持されており、津波により海水系ポンプの被害を受けたが、補機冷却系A系が健全であったため原子炉の冷却機能に影響はなかった。3号機の外部電源は維持されていたが、津波によってタービン補機冷却系海水ポンプが停止したことから、原子炉への給水を原子炉隔離時冷却系などにより行い、3月12日01時17分に原子炉は冷温停止状態に至った。

### ③ 日本原子力発電東海第二発電所

日本原子力発電東海第二発電所（1基の沸騰水型軽水炉）は定格熱出力運転中であり、3月11日14時48分に地震により原子炉がスクラムした。3回線の外

部電源は全て停止したが、3台ある非常用ディーゼル発電機が起動した。津波により1台の非常用ディーゼル発電機が停止したが、残りの2台によって電源は確保され、3月15日0時40分に原子炉は冷温停止状態になった。

## 5. 原子力災害への対応

### (1) 事故発生後の緊急時対応

福島第一原子力発電所が地震と津波による被害のため全交流電源喪失の状態に陥ったことを受け、東京電力は、事故発生当日の3月11日15時42分に、原災法第10条第1項に基づいて、政府に対し、1号機から5号機までが全交流電源喪失に陥った旨を通報した。

引き続き、同日16時45分、東京電力は、福島第一原子力発電所の1号機及び2号機において非常用炉心冷却装置による注水が不能になったと判断し、原災法第15条の緊急事態に至った旨を政府に通報した。

内閣総理大臣は、同日19時03分、原子力緊急事態宣言を発し、内閣総理大臣を本部長とする原子力災害対策本部及び原子力災害現地対策本部を設置した。

原子炉施設における災害事象に係る現状把握、その応急措置等について、政府と原子力事業者が一体となり、情報を共有しながら、必要な対策を判断し迅速に対応することを目的として、3月15日に福島原子力発電所事故対策統合本部（その後、5月9日に現在の政府・東京電力統合対策室に変更）を設置した。

原子力災害対策本部長である内閣総理大臣は、放射性物質が放出される事態に至る可能性があるとの判断にたち、避難区域及び屋内退避区域を定めて、これを福島県及び関係市町村に指示した。福島第一原子力発電所の事故状況に対応し、3月11日21時23分に半径3km圏内の避難区域と半径3km～10km圏内の屋内退避区域を設定し、その後、事態の進展に応じて、3月12日18時25分に半径20km圏内を避難区域とし、3月15日11時に半径20km～30km圏内を屋内退避区域とした。また、福島第二原子力発電所の事故状況に対応し、3月12日07時45分に原子力緊急事態を宣言すると同時に、半径3km圏内の避難区域と半径3km～10km圏内の屋内退避区域を設定し、同日17時39分に半径10km圏内を避難区域とした。その後、4月21日に避難区域を半径8km圏内と変更した。これらの事故直後の避難や屋内退避は、周辺住民をはじめ、地方自治体、警察等の関係者の連携した協力により迅速に行われた。

内閣総理大臣は、4月21日に関係自治体の長に対し、福島第一原子力発電所から半径20km圏内の避難区域を災害対策基本法に基づく警戒区域に設定し、当該区域への立入を制限する指示を行った。

原子力災害現地対策本部は、防災基本計画で定められていた「緊急事態応急対策拠点施設（オフサイトセンター）」で活動を開始したが、その後、原子力災害の進展に伴う高放射線の影響、通信途絶、周辺地域の物流が滞る中での燃料や食料等の不足等が生じたため、活動場所を福島市の福島県庁内に移動した。

事故の長期化に伴い、周辺住民等の負担も増したが、特に屋内退避については、多数の住民が自主的に避難した実態や、区域内で商業、物流が滞り社会生活の維持が困難になったことなどを踏まえて、3月25日に政府は生活支援の対策を開始した。

原子力災害発生時の原子炉の状態や事故進展予測などを行う緊急時対策支援システム（ERSS）は、必要なプラントの情報が得られず本来の機能を発揮できなかった。また、緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム（SPEEDI）については、放出源情報を得ることができずに大気中の放射性物質の濃度等の変化を定量的に予測するという本来の機能を発揮できなかった。様々な形で補完的に活用されたが、その活用の体制や公表のあり方にも課題を残した。

## （2）環境モニタリングの実施

防災基本計画では、原子力災害が発生した場合の環境モニタリングは地方自治体が担うことになっている。事故発生当初はモニタリングポストのほとんどが使用不能の状態となった。3月16日以降、環境モニタリングについては、文部科学省が実施するもの、地方自治体が実施するもの、米国の機関と協力して実施するものなどの状況を文部科学省がとりまとめて実施することになった。

発電所敷地外の陸域については、文部科学省が日本原子力研究開発機構、福島県、防衛省、電力会社と連携して、空間線量率、土壌の放射能濃度、大気中や環境試料中の放射性物質の濃度等を測定している。また、文部科学省が防衛省、東京電力、米国エネルギー省等と連携して航空機モニタリングを実施している。東京電力は発電所敷地内やその周辺等において環境モニタリングを実施している。

発電所周辺の海域については、文部科学省、水産庁、海洋研究開発機構、日本原子力研究開発機構、東京電力等が連携して、海水中及び海底土中の放射能濃度等のモニタリングを実施している。また、海洋研究開発機構は放射能濃度の分布拡散のシミュレーションを行っている。

これらの環境モニタリングの結果については原子力安全委員会が評価を行い、その都度、公表している。

なお、福島原子力発電所の敷地内及びその周辺については、東京電力が大気中、海域、土壌等の環境モニタリングを実施している。

### (3) 農産物、飲料水等に関する対応

厚生労働省は、3月17日、「飲用食物摂取制限に関する指標」（原子力安全委員会）を食品中の放射性物質に関する暫定規制値とし、これを上回る食品については食品衛生法に基づいて食用に供されることのないようにした。暫定規制値を超えた品目については、原子力災害対策本部長である内閣総理大臣が出荷制限を関係自治体に指示している。

水道水については、厚生労働省が、3月19日以降、放射性物質の濃度が原子力安全委員会が示した指標等を超えた場合は、飲用を控えるべきことを都道府県関係部局に通知するとともに、関係地方自治体等によるモニタリング結果を公表している。

### (4) 追加的な防護区域の対応

放射性物質の環境への放出が続いたため、環境モニタリングのデータから20km圏外の場所でも放射性物質が高いレベルで蓄積されてきている場所があることが明らかになった。これを受け、原子力災害対策本部長である内閣総理大臣は、4月22日に関係自治体の長に対して、20km圏外の一定の区域を計画的避難区域として新たに設定するとともに、従来、屋内退避区域とされてきた20kmから30km圏内の地域のうち、「計画的避難区域」に該当する区域以外の区域については、今後なお、緊急時に屋内退避や避難の対応が求められる可能性が否定できないことから、緊急時避難準備区域として設定することを指示した。これによって、計画的避難区域内の居住者等は避難のための計画的な立退きを行い、また緊急時避難準備区域内の居住者等は常に緊急時に避難のための立退き又は屋内への退避が可能な準備を行うように指示された。



## 6. 放射性物質の環境への放出

### (1) 放射性物質の大気中への放出量の評価

4月12日に原子力安全・保安院と原子力安全委員会はそれぞれ放射性物質のそれまでの大気中への総放出量について公表した。

原子力安全・保安院は、原子力安全基盤機構（JNES）の原子炉の状態等の解析結果から試算を行い、福島第一原子力発電所の原子炉からの総放出量はヨウ素131について約 $1.3 \times 10^{17}$ ベクレル、セシウム137について約 $6.1 \times 10^{15}$ ベクレルと推定されるとした。その後、5月16日に原子力安全・保安院が東京電力に対して報告を徴収した地震直後のプラントデータ等を用いて、JNESが原子炉の状態等を改めて解析した。この解析結果から原子力安全・保安院において算出したところ、福島原子力発電所の原子炉からの総放出量はヨウ素131について約 $1.6 \times 10^{17}$ ベクレル、セシウム137について約 $1.5 \times 10^{16}$ ベクレルと推定した。

原子力安全委員会は、日本原子力研究開発機構（JAEA）の協力を得て、環境モニタリング等のデータと大気拡散計算から特定の核種について大気中への放出量を逆推定して総放出量（3月11日から4月5日までの分）はヨウ素131について約 $1.5 \times 10^{17}$ ベクレル、セシウム137について約 $1.2 \times 10^{16}$ ベクレルと推定されるとした。なお、4月初旬以降は、ヨウ素131でみた放出量は毎時 $10^{11}$ ベクレルから $10^{12}$ ベクレルで減少してきているとみられる。

### (2) 放射性物質の海水中への放出量の評価

福島第一原子力発電所では原子炉圧力容器内から放散された放射性物質が溶け込んだ水が格納容器内に漏出してきた。また、原子炉及び使用済燃料プールの冷却のために外部から注水した結果として、その注水した水の一部が格納容器から漏出し、原子炉建屋やタービン建屋内部の溜まり水となった。原子炉建屋やタービン建屋内部にある汚染水については建屋内部での作業性の観点からその管理が重要な課題となり、建屋の外部にある汚染水については環境への放射性物質の放散を防ぐ観点からその管理が重要な課題となった。

4月2日、福島第一原子力発電所2号機の取水口付近にある電源ケーブルを納めているピット内に1,000ミリシーベルト／時を超える高レベルの汚染水が溜まり、そこからこの高いレベルの汚染水が海水中に流出していることが判明した。止水処理により流出は4月6日に停止したが、放射性物質の総放出量は約 $4.7 \times 10^{15}$ ベクレルと推定された。緊急対策としてこの高レベルの汚染水をタン

クに貯蔵することとしたが、貯蔵できるタンクがなかったため、この汚染水の貯蔵容量を確保するために、4月4日から4月10日にかけて低レベルの汚染水を海水中に放出することが実施された。その放射性物質の総放出量は約 $1.5 \times 10^{11}$ ベクレルと推定された。

## 7. 放射線被ばくの状況

政府は、今回の事故での災害の状況に鑑み、原子力災害の拡大を防止するため、緊急時における放射線業務従事者の従事者の線量限度を100ミリシーベルトから250ミリシーベルトに変更した。これは、国際放射線防護委員会(ICRP)1990年勧告において、緊急救助活動に従事する者の線量として確定的影響が発生することを回避するための線量が500ミリシーベルトとされていることなどを踏まえて定めたものである。

東京電力による放射線業務従事者の作業においては、個人線量計等の多くが海水に浸かって使用できなくなったため、作業代表者が個人線量計を携帯し作業グループ単位で放射線管理を行わざるを得ない状況となった。その後、4月1日から作業員全員が個人線量計を携帯することができるようになった。

放射線業務従事者の被ばく線量の状況は、5月23日現在で、入域した者の総数は約7,800名で、平均は7.7ミリシーベルトである。100ミリシーベルトを超えた者は30名である。また、放射線業務従事者の内部被ばくの測定が遅れており、今後、内部被ばくも含めた被ばく線量が250ミリシーベルトを超える者が一定数出る可能性がある。なお、3月24日には、2名の作業者が滞留水に足をを入れて作業した結果、足の皮膚に被ばくを受け、その等価線量の評価では2~3シーベルトを下回ると推定されている。

周辺住民等の放射線被ばくについては、福島県内でスクリーニングを受けた者195,345人(5月31日までの人数)については、問題のない結果であった。また、福島県内で小児の甲状腺被ばくの調査を受けた1,080人についてはスクリーニングレベルを下回っていた。

周辺住民等の被ばく線量の推定と評価については、福島県を主体として、関係省庁及び放射線医学総合研究所等の関係機関が避難経路や行動に関する調査を行い、環境モニタリング結果の活用により、適切に実施していく計画である。

## 8. 国際社会との協力

我が国でこの原子力事故が発生して以来、米国、フランス、ロシア、韓国、中国、英国の専門家が来日し、日本側関係機関等と意見交換を行うとともに、原子炉や使用済燃料プールの安定化、放射性物質の拡散の防止、放射能汚染水への対応等において多くの助言を得た。また、各国からは、原子力災害に対応するための必要な物資の提供についても支援を受けた。

また、IAEA、経済協力開発機構原子力機関（OECD/NEA）等の原子力の関係機関からは専門家の訪日や助言等を得た。また、IAEA、世界保健機構（WHO）、国際民間航空機関（ICAO）、国際海事機構（IMO）等の国際機関やICRPは、それぞれの専門的立場として、国際社会に対して必要な情報提供等を行った。

## 9. 事故に関するコミュニケーション

事故発生当初の段階では、自治体への通報の遅れを含めて適時かつ的確な情報の提供が進まず、事故に関するコミュニケーションに課題を残した。事故に関する国内的、国際的なコミュニケーションでは、透明性、正確性、迅速性が重要である。このため、事故の情報提供については、官邸における記者会見や関係者による合同記者会見など様々な場やレベルを活用している。随時その改善を図ってきているが、適切な情報提供とは何かという点を常に念頭に置きながら、引き続き改善の努力を継続する必要がある。

事故に関する重要事項については、内閣官房長官が政府の見解を含めて記者会見し、国民への事故の状況を説明している。また、事業者である東京電力、規制当局である原子力安全・保安院は、事態の状況の詳細及びその変化について記者会見を行ってきている。さらに、原子力安全委員会は、重要な助言や環境モニタリングの結果の評価等について記者会見において説明をしている。

国民に対して情報をできる限り一元的に提供するため、4月25日から、関係者が一堂に会して共同で記者会見を行うこととした。この共同記者会見には、内閣総理大臣補佐官を始めとして、原子力安全・保安院、文部科学省、原子力安全委員会事務局、東京電力などが参加している。

一般国民からの問合せに対しては、原子力安全・保安院が本件事故等に関して、また、文部科学省が放射線の健康影響等に関して、電話相談の窓口を作って対応している。さらに原子力学会などの学会関係者も一般国民への説明や情報提供を積極的に行っている。

国際社会への情報提供については、IAEAに対しては、原子力事故早期通報条

約に基づき、事故直後の3月11日16時45分に発生した事象を報告したことを始めとして事故の状況を適宜、報告してきている。また、国際原子力・放射線事象評価尺度（INES）の暫定評価についてもそれぞれの公表内容を報告してきている。

近隣国を含めた世界各国に対しては、在京外交団に対する説明会、外国メディアに対する記者会見等を実施してきている。

なお、4月4日から行った福島第一原子力発電所からの低レベル汚染水の計画的な海洋放出について、その通報が近隣諸国を含めて十分でなかったことなどを反省し、通報体制の強化などの国際的な情報提供の徹底を図っている。

INESに基づく暫定評価の経緯は、次の通りである。

#### ①第1報

福島第一原子力発電所の1号機及び2号機について、全交流電源喪失により電源駆動ポンプが使用不能となり、原子力安全・保安院は、3月11日16時36分に非常用炉心冷却装置注水不能と判断し、レベル3の暫定評価を公表した。

#### ②第2報

3月12日、福島第一原子力発電所1号機において格納容器ベントや原子炉建屋での爆発があり、環境モニタリングの結果から放射性のヨウ素やセシウム等が確認され、炉心インベントリーの約0.1%を超える放射性物質の放出をもたらす事象が発生しているものと判断して、原子力安全・保安院はレベル4の暫定評価を公表した。

#### ③第3報

3月18日、福島第一原子力発電所2号機及び3号機において、燃料の損傷に至る事象進展があり、同発電所1号機を含めてその時点で得られた情報を基に炉心のインベントリーの数%の放出に至っているものと判断して、原子力安全・保安院はレベル5の暫定評価を公表した。

#### ④第4報

4月12日、福島第一原子力発電所からの大気中への総放出量については、原子力安全・保安院は原子炉の状態等の解析から推定した結果を、また、原子力安全委員会はダストモニタリングのデータを用いて推定した結果をそ

れぞれ公表した（「Ⅵ. 1」参照）。ヨウ素換算でみると原子力安全・保安院の推定では 37 万テラベクレルとなり、原子力安全委員会の推定から求めた算出値では 63 万テラベクレルとなった。この結果を受け、原子力安全・保安院は同日にレベル 7 の暫定値を公表した。なお、第 3 報から第 4 報まで 1 か月を経過したが、INES の暫定評価については、迅速かつ的確に対応することが必要であった。

## 10. 今後の事故収束への取り組み

現在の福島第一原子力発電所の状況については、1 号機から 3 号機は、いずれのプラントも給水系ラインを通じ原子炉圧力容器への淡水注水が実施されており、継続的に原子炉圧力容器内の燃料を冷却している。これにより、原子炉圧力容器まわりの温度は、原子炉圧力容器下部温度等で 100℃から 120℃付近で推移している。滞留水の処理を含めた循環型の注水冷却に向けて検討・準備作業が進められている。1 号機の原子炉圧力容器と格納容器はある程度加圧状態ではあるが、2 号機と 3 号機を含めて、発生した蒸気は原子炉圧力容器と格納容器それぞれからの漏えいが考えられ、原子炉建屋内も含めた各所で凝縮し滞留水となるほか、一部は大気に放出しているものと考えられる。そのため、原子炉建屋上部でのダストサンプリング等により状況を確認する作業を試みているほか、原子炉建屋を覆う設備の設置に向けて検討・準備作業が進められている。5 号機と 6 号機は、仮設の海水ポンプで残留熱除去系による冷温停止が維持され、原子炉圧力についても 0.01~0.02 メガパスカル（ゲージ圧）<sup>注6</sup> 付近で安定的に推移している。

各号機の詳細な現状の情報は、後出の表にまとめている。

東京電力は、4 月 17 日に「福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋」を公表した。その中で、「放射線量が着実に減少傾向となっている」ことを「ステップ 1」として、「放射性物質の放出が管理され、放射線量が大幅に抑制されている」ことを「ステップ 2」とする目標を立てて進めることとしている。「ステップ 1」の期間として 3 ヶ月程度、「ステップ 2」の期間としてステップ 1 終了後の 3~6 ヶ月程度を目安としている。

その後、1 号機と 2 号機で格納容器からの冷却水の漏洩が判明し、3 号機でも同様のリスクがあることなどを受け、5 月 17 日に道筋の見直しを公表した。新

<sup>注6</sup> メガパスカル：圧力の単位で 1 メガパスカル(MPa)=9.9 気圧である。ゲージ圧とは当該圧力の値から大気圧を引いたもの。

しい道筋では、基本的なスケジュールの変更はないが、原子炉の冷却に向けた取組みの見直しや改善、津波・余震対策、作業員の環境改善に関する取組みの追加などを盛り込んでいる。

特に、「原子炉」の課題の見直しにおいては、「ステップ2」での「冷温停止状態」に向けた主対策として、燃料域上部まで格納容器を水で満たす冠水作業を延期し、建屋等に滞留する汚染水（滞留水）を処理して原子炉注水のために再利用する「循環注水冷却」の確立を優先して実施することにした。

国の原子力災害対策本部も、5月17日に、「原子力被災者への対応に関する当面の取組方針」を公表し、事態収束に向けた取組、避難区域に係る取組などを示した。

#### 1.1. その他の原子力発電所における対応

3月30日、原子力安全・保安院は、福島原子力発電所の事故からその時点までで判明している知見に基づき、津波による全交流電源喪失等から発生する炉心損傷等を防止し、原子力災害の発生を防止するために、各電気事業者等に対し、全ての原子力発電所についての緊急安全対策の実施を指示した。原子力安全・保安院は、5月6日、緊急安全対策の実施状況（女川原子力発電所、福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所を除く。）について立入検査等により適切に実施されていることを確認した。また、5月18日には今回の津波の被災を受け津波対策の工事が遅れていた女川原子力発電所の実施状況報告を受け取った。福島第二原子力発電所については4月21日に冷温停止となり安定した状態になったことを踏まえ、同発電所に対しても緊急安全対策の実施を指示し、5月20日にその実施状況の報告を受け取った。原子力安全・保安院は、今後、報告書の内容に係る妥当性や有効性等について審査するとともに、資機材の配備や実施手順の整備状況について、立入検査・審査等により厳格に確認を行っていく予定としている。

さらに本報告書にあるように、事故の原因推定がなされ、追加的な知見が得られたことを受け、1.2. に示す現在までに得られた事故の教訓も踏まえつつ、原子力安全・保安院を始めとする関係府省は、既に実施している緊急安全対策を充実・強化することとした。今後は、充実・強化した対策について事業者の実施状況などを厳格に確認するとともに、中長期対策についても迅速に取り組むこととしている。

中部電力浜岡原子力発電所については、文部科学省の地震調査研究推進本部の評価によれば、30年以内にマグニチュード8程度の想定東海地震が発生する可能性が87%と極めて切迫しており、この地震による大規模な津波の襲来の可能性が高いことが懸念されることから、政府は、5月6日、国民の安全を最優先に考慮して安全側の判断にたち、想定東海地震による津波に十分耐えられる防潮堤設置等の中長期対策を終えるまでの間、全ての号機の運転を停止すべきと判断して、これを中部電力に要請した。同社はこれを受け入れ、5月14日までに全ての号機の運転を停止した。

## 12. 現在までに得られた事故の教訓

福島原子力発電所の事故の様相としては、自然災害を契機にしていること、核燃料、原子炉圧力容器や格納容器の損傷という過酷事故（シビアアクシデント）に至ったこと、複数の原子炉の事故が同時に引き起こされたことがあげられる。さらに事故発生から3か月近く経過し、その収束に向けた中長期的な取り組みが必要になっていること、その結果、多くの周辺住民に長期にわたり避難を求めるなど社会的に大きな負担を課し、また、関係地域内の農畜産業等の産業活動にも多大の影響を与えてきていることなどがあげられる。このように、過去のスリーマイルアイランド発電所事故やチェルノブイリ発電所事故とは様相の異なる点が多くある。

また、地震や津波により電気、通信、交通等の社会インフラが周辺の広域にわたって壊滅した状況の下で、原子力発電所内での緊急対応作業や発電所周辺での原子力防災活動を行わざるを得なかったこと、余震の発生が各種の事故対応活動をしばしば制限したことなども特徴的なことである。

今回の事故はシビアアクシデントに至り、原子力安全に対する国民の信頼を揺るがし、原子力に携わる者の原子力安全に対する過信を戒めるものとなった。このため、今回の事故から徹底的に教訓を汲み取ることが重要である。原子力安全確保の最も重要な基本原則は深層防護であることを念頭に、現時点で、次の5つのグループに分けた教訓を示す。

これらの教訓を踏まえ我が国における原子力安全対策は、今後、根本的な見直しが不可避であると認識している。これらの教訓の中には、我が国固有の事情によるものも含まれているが、教訓の全体像の提示という観点から、それらも含めて示すことにする。

教訓第 1 のグループは、今回の事故がシビアアクシデントであることを踏まえて、シビアアクシデントの防止策が十分であったかをみて、そこから得られる教訓群である。

教訓第 2 のグループは、今回のシビアアクシデントの事故への対応が適切であったかをみて、そこから得られる教訓群である。

教訓第 3 のグループは、今回の事故における原子力災害への対応が適切であったかをみて、そこから得られる教訓群である。

教訓第 4 のグループは、原子力発電所の安全確保の基盤が堅固に構築されていたかをみて、そこから得られる教訓群である。

教訓第 5 のグループは、全ての教訓を総括して安全文化の徹底がなされてきたかをみて、そこから得られる教訓である。

## (第 1 の教訓のグループ) シビアアクシデント防止策の強化

### (1)地震・津波への対策の強化

今回の地震は複数震源の連動による極めて大規模なものであった。その結果、福島第一原子力発電所においては、原子炉建屋基礎盤上で観測された地震動の加速度応答スペクトルが、設計の基準地震動の加速度応答スペクトルに対して、一部の周期帯で超えた。地震によって外部電源に対して被害がもたらされた。原子炉施設の安全上重要な設備や機器については、現在までのところ地震による大きな損壊は確認されていないが、詳細な状況についてはまだ不明であり更なる調査が必要である。

福島原子力発電所を襲った津波については、設置許可上の設計及びその後の評価による想定高さを大幅に超える 14~15m の規模であった。この津波によって海水ポンプ等の大きな損傷がもたらされ、非常用ディーゼル電源の確保や原子炉冷却機能の確保ができなくなる要因となった。手順書においては、津波の侵入は想定されておらず、引き波に対する措置だけが定められていた。このように津波の発生頻度や高さの想定が不十分であり、大規模な津波の襲来に対する対応が十分なされていなかった。

設計の考え方の観点からみると、原子力発電所における耐震設計においては、考慮すべき活断層の活動時期の範囲を 12~13 万年以内（旧指針では 5 万年以



内)とし、大きな地震の再来周期を適切に考慮するようにしており、さらにその上に、残余のリスクも考慮することを求めている。これに対して、津波に対する設計は、過去の津波の伝承や確かな痕跡に基づいて行っており、達成すべき安全目標との関係で、適切な再来周期を考慮するような取組みとはなっていないかった。

このため、地震の想定については、複数震源の連動の取扱いを考慮するとともに、外部電源の耐震性を強化する。津波については、シビアアクシデントを防止する観点から、安全目標を達成するための十分な再来周期を考慮した津波の適切な発生頻度と十分な高さを想定する。その上で、この十分な高さを想定した津波による敷地への浸水影響を防止する構築物等の安全設計を、津波のもつ破壊力を考慮に入れて行う。さらに深層防護の観点から、策定された設計用津波を上回る津波が施設に及ぶことによるリスクの存在を十分認識して、敷地の冠水や遡上波の破壊力の大きさを考慮しても重要な安全機能を維持できる対策を講じる。

## (2)電源の確保

今回の事故の大きな要因は必要な電源が確保されなかったことである。その原因は、外部事象による共通原因故障に係る脆弱性を克服する観点から電源の多様性が図られていなかったこと、配電盤等の設備が冠水等の厳しい環境に耐えられるものになっていなかったことなどがあげられる。さらに電池の寿命が交流電源の復帰に要する時間に比べて短かったこと、外部電源の回復に要する時間の目標が明確でなかったことなどもあげられる。

このため、空冷式ディーゼル発電機、ガスタービン発電機など多様な非常用電源の整備、電源車の配備等によって電源の多様化を図ること、環境耐性の高い配電盤等や電池の充電用発電機を整備することなどにより、緊急時の厳しい状況においても、目標として定めた長時間にわたって現場で電源を確保できるようにする。

## (3)原子炉及び格納容器の確実な冷却機能の確保

今回の事故において、海水ポンプの機能喪失によって、最終の熱の逃し場（最終ヒートシンク）を失うことになった。注水による原子炉冷却機能が作動したが、注水用水源の枯渇や電源喪失により炉心損傷を防止できず、また格納容器冷却機能も十分に働かなかった。その後も原子炉の減圧に手間取り、さらに減圧後の注水においても、消防車等の重機による原子炉への注水がアクシデントマネジメント対策として整備されていなかったこともあって困難が伴った。このように原子炉及び格納容器の冷却機能が失われたことが事故

の重大化につながった。

このため、代替注水機能の多様化、注水用水源の多様化や容量の増大、空気冷却方式の導入など、長期にわたる代替の最終ヒートシンクの確保により、原子炉及び格納容器の確実な代替冷却機能を確保する。

#### (4)使用済燃料プールの確実な冷却機能の確保

今回は電源の喪失により使用済燃料プールの冷却ができなくなったため、原子炉の事故対応と並行して、使用済燃料プールの冷却機能喪失による過酷事故を防止する対応も必要となった。これまで使用済燃料プールの大きな事故のリスクは、炉心事故のリスクに比べて小さいとして、代替注水等の措置は考慮されてこなかった。

このため、電源喪失時においても、使用済燃料プールの冷却を維持できるよう、自然循環冷却方式又は空気冷却方式の代替冷却機能や、代替注水機能を導入することにより、確実な冷却を確保する。

#### (5)アクシデントマネジメント（AM）対策の徹底

今回の事故はシビアアクシデントに至ったものである。シビアアクシデントに至る可能性をできるだけ小さくし、又はシビアアクシデントに至った場合でもその影響を緩和するための措置として、アクシデントマネジメント対策は福島原子力発電所においても導入されていた。今回の事故の状況をみると、消火水系からの原子炉への代替注水など一部は機能したが、電源や原子炉冷却機能の確保などの様々な対応においてその役割を果たすことができず、アクシデントマネジメント対策は不十分であった。また、アクシデントマネジメント対策は基本的に事業者の自主的取組みとされ、法規制上の要求とはされておらず、整備の内容に厳格性を欠いた。さらに、アクシデントマネジメントに係る指針については1992年に策定されて以来、見直しがなされることなく、充実強化が図られてこなかった。

このため、アクシデントマネジメント対策については、事業者による自主保安という取組みを改め、これを法規制上の要求にするとともに、確率論的評価手法も活用しつつ、設計要求事項の見直しも含めて、シビアアクシデントを効果的に防止できるアクシデントマネジメント対策を整備する。

#### (6)複数炉立地における課題への対応

今回の事故では、複数炉に同時に事故が発生し、事故対応に必要な資源が分散した。また、二つの原子炉で設備を共用していたことやそれらの間の物理的間隔が小さかったことなどのため、一つの原子炉の事故の進展が隣接す

る原子炉の緊急時対応に影響を及ぼした。

このため、一つの発電所に複数の原子炉がある場合は、事故が起きている原子炉の事故時操作が、他の原子炉の操作と独立して行えるようにするとともに、それぞれの原子炉の工学的な独立性を確実にし、ある原子炉の事故の影響が隣接炉に及ばないようにする。併せて、号機毎に原子力安全確保の責任者を選任し、独立した事故対応が行える体制の整備などを進める。

#### (7)原子力発電施設の配置等の基本設計上の考慮

今回は、使用済燃料プールが原子炉建屋の高い位置にあったことから事故対応に困難が生じた。また、原子炉建屋の汚染水がタービン建屋に及び、建屋間の汚染水の拡大を防ぐことができなかった。

このため、今後は原子力発電施設の配置等の基本設計において、重大な事故の発生を考慮しても冷却等を確実に実施でき、かつ事故の影響の拡大を防止できる施設や建屋の適切な配置を進めることとする。その際、既存の施設については、同等の機能を有するための追加的な対策を講じる。

#### (8)重要機器施設の水密性の確保

今回の事故の原因の一つは、補機冷却用海水ポンプ施設、非常用ディーゼル発電機、配電盤等の多くの重要機器施設が津波で冠水し、このために電源の供給や冷却系の確保に支障をきたしたことである。

このため、目標とする安全水準を達成する観点から、設計上の想定を超える津波や、河川に隣接立地して設計上の想定を超える洪水に襲われたような場合でも重要な安全機能を確保できるようにする。具体的には、津波や洪水の破壊力を踏まえた水密扉の設置、配管等浸水経路の遮断、排水ポンプの設置などにより、重要機器施設の水密性を確保できるようにする。

### (第2の教訓のグループ) シビアアクシデントへの対応策の強化

#### (9)水素爆発防止対策の強化

今回の事故では、1号機の原子炉建屋で3月12日15時36分に、3号機の原子炉建屋で3月14日11時01分に、それぞれ水素による爆発が起こったとみられる。さらに4号機でも3月15日06時頃に原子炉建屋で水素が原因とみられる爆発が起こった。すなわち、1号機における最初の爆発から有効な手だてをとることができないまま、連続した爆発が発生する事態となり、これが今回の事故をより重大なものにした。沸騰水型軽水炉では、設計基準事故に対して格納容器の健全性を維持するため、格納容器内を不活性化し、可

燃性ガス濃度制御系を設置している。しかしながら、原子炉建屋に水素が漏えいして爆発するような事態を想定しておらず、原子炉建屋における水素対策はとられていなかった。

このため、発生した水素を的確に逃すか減じるため、格納容器における水素対策に加えて、シビアアクシデント時に機能する原子炉建屋での可燃性ガス濃度制御系の設置、水素を外に逃すための設備の整備等の水素爆発防止対策を強化する。

#### (10)格納容器ベントシステムの強化

今回の事故では、シビアアクシデント発生時の格納容器ベントシステムの操作性に問題があった。また、格納容器ベントシステムの放射性物質除去機能が十分でなかったため、アクシデントマネジメント対策として効果的に活用できなかった。さらに、ベントラインの独立性が十分でないため、接続する配管等を通じて他の部分に悪影響をもたらした可能性もある。

このため、今後は、格納容器ベントシステムの操作性の向上や独立性の確保、放射性物質除去機能の強化などにより、格納容器ベントシステムを強化する。

#### (11)事故対応環境の強化

今回の事故時に、中央制御室は放射線量が高くなり一時は運転員が立ち入れなくなるとともに、現在も長時間の作業が困難であるなど、中央制御室の居住性が低下した。また、緊急時対策実施の中心になる原子力発電所緊急時対策所においても、放射線量の上昇、通信環境や照明の悪化など、様々な面で事故対応活動に支障をきたした。

このため、中央制御室や緊急時対策所の放射線遮へいの強化、現場での専用換気空調系の強化、交流電源によらない通信、照明等の関係設備の強化など、シビアアクシデントが発生した場合にあっても事故対応活動を継続的に実施できる事故対応環境を強化する。

#### (12)事故時の放射線被ばくの管理体制の強化

今回の事故では、津波により多くの個人線量計や線量読み取り装置が海水に浸かって使用できず、適切な放射線管理が困難になる中で、放射線業務従事者が現場作業に携わらざるを得ない状況となった。また、空気中の放射性物質の濃度測定も遅れ、内部被ばくのリスクを増大させることになった。

このため、事故時用に個人線量計や被ばく防護用資材を十分に備えておくこと、事故時に放射線管理の要員を拡充できる体制とすること、放射線業務

従事者の被ばく測定を迅速に行うことのできる体制や設備を整備することなどにより、事故時の放射線被ばくの管理体制を強化する。

#### (13)シビアアクシデント対応の訓練の強化

シビアアクシデントが発生した場合に、原子力発電所における事故収束の対応や関係機関の的確な連携を実現するための実効的な訓練がこれまで十分には行われてこなかった。例えば、今回の事故において、発電所内の緊急時対策所と原子力災害対策本部・原子力災害現地対策本部との連携や、事故対応において重要な役割を担う自衛隊、警察、消防等との連携体制の確立に時間を要したが、こうした点も的確な訓練の実施によって未然に防止できた可能性がある。

このため、シビアアクシデント発生時に、事故収束のための対応、発電所の内外における状況把握、住民の安全確保に必要な人材の緊急参集などを円滑に行い、関係機関が連携して機能するため、シビアアクシデント対応の訓練を強化する。

#### (14)原子炉及び格納容器などの計装系の強化

原子炉と格納容器の計装系がシビアアクシデントの下で十分に働かず、原子炉の水位や圧力、放射性物質の放出源や放出量などの重要な情報を迅速かつ的確に確保することが困難であった。

このため、シビアアクシデント発生時に十分機能する原子炉と格納容器などの計装系を強化する。

#### (15)緊急対应用資機材の集中管理とレスキュー部隊の整備

今回の事故では、Jヴィレッジを中心として、事故や被災対応の関係者、資機材を結集し懸命な後方支援を行っているが、事故当初は、周辺においても地震・津波の被害が発生していたため、緊急対应用資機材や事故管理活動を支援するレスキュー部隊の動員を迅速かつ十分に行うことができず、現場での事故対応が十分に機能しなかった。

このため、過酷な環境下でも緊急時対応の支援が円滑に行えるよう、緊急対应用資機材の集中管理やこれを運用するレスキュー部隊の整備を進める。

### (第3の教訓のグループ) 原子力災害への対応の強化

#### (16)大規模な自然災害と原子力事故との複合事態への対応

今回は、大規模な自然災害とともに原子力事故が発生したため、連絡・通

信、人の参集、物資の調達等の面で極めて困難が生じた。また、原子力事故の長期化に伴って、本来は短期的措置として想定していた住民の避難等の措置も長期化せざるを得なくなっている。

このため、大規模な自然災害と原子力事故が同時に発生したような場合の対応として、適切な通信連絡手段や円滑な物資調達方法を確保できる体制・環境を整備する。また、原子力事故が長期化する事態を想定して、事故や被災対応に関する各種分野の人員の実効的な動員計画の策定などの対応を強化する。

#### (17)環境モニタリングの強化

現在は、緊急時の環境モニタリングは地方自治体の役割としているが、地方自治体の環境モニタリング機器・設備等が地震・津波によって損害を受けたこと、緊急事態応急対策拠点施設から避難せざるを得なかったことなどから、事故当初、適切な環境モニタリングができない状況となった。これを補うため、文部科学省等が関係機関の協力を得てモニタリング活動を実施してきた。

このため、緊急時においては、国が責任をもって環境モニタリングを確実かつ計画的に実施する体制を構築する。

#### (18)中央と現地の関係機関等の役割の明確化等

事故当初、情報通信手段の確保が困難であったことなどから、中央と現地を始め、関係機関等との間の連絡・連携が十分でなく、また、それぞれの役割分担や責任関係が必ずしも明確ではなかった。具体的には、原子力災害対策本部と原子力災害現地対策本部との関係、政府と東京電力との関係、東京電力本店と現場の原子力発電所との関係、政府内部の役割分担などにおいて、責任と権限の体制が不明確な面があった。特に、事故当初においては、政府と東京電力との間の意志疎通が十分ではなかった。

このため、原子力災害対策本部を始めとする関係機関等の責任関係や役割分担の見直しと明確化、情報連絡に関する責任と役割、手段等の明確化と体制整備などを進める。

#### (19)事故に関するコミュニケーションの強化

周辺住民等への情報提供については、事故発生の当初、大規模震災による通信手段の被害等により困難が伴った。その後の情報連絡についても、周辺住民等や自治体に対して適切なタイミングで実施できないことがあった。さらに、周辺住民等にとって重要な放射線、放射性物質の健康への影響や、国

際放射線防護委員会（ICRP）の放射線防護の考え方の分かりやすい説明も十分でなかった。また、国民への情報公表という点については、現在までは、正確な事実を中心に公表しており、リスクの見通しまでは十分には示してこなかったため、かえって今後の見通しに不安をもたれる面もあった。

このため、周辺住民等に対して、事故の状況や対応等に関する的確な情報提供、放射線影響等についての適切な説明などの取組みを強化する。また、事故が進行している中での情報公表について、今後のリスクも含めて示すことを情報公表の留意点として取り入れる。

#### (20)各国からの支援等への対応や国際社会への情報提供の強化

今回の事故の発生後、海外各国からの資機材等の支援の申出に対しては、支援を国内のニーズに結びつけていく政府部内の体制が整っておらず十分な対応ができなかった。また、低レベル汚染水の海水への放出について近隣国・地域への事前の連絡がなされなかったことなど、国際社会への情報提供が十分でなかった。

このため、事故時の国際的な対応に関して、事故対応に効果的な資機材の在庫リストを国際協力により作成しておくこと、事故時の各国のコンタクトポイントを予め明確にしておくこと、国際的な通報制度の改善を通じて情報共有の体制を強化すること、科学的根拠に基づく対応を可能にする一層迅速で正確な情報提供を行うことなど、国際的に効果的な対応の仕組みを国際協力を通じて構築すべく貢献する。

#### (21)放射性物質放出の影響の的確な把握・予測

緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム（SPEEDI）は、事故時の放出源情報が得られなかったため、本来の活用方法である放出源情報に基づく放射能影響予測を行うことができなかった。一方、文部科学省、原子力安全・保安院及び原子力安全委員会は、内部検討のため放出源等に関し様々な仮定をおいた上で試算を行っていた。放出源情報に基づく予測ができないという制約下では、一定の仮定を設けて、SPEEDIにより放射性物質の拡散傾向等を推測し、避難行動の参考等として本来活用すべきであったが、現に行われていた試算結果は活用されなかった。また、SPEEDIの計算結果については、現在は公開されているものの、当初段階から公表すべきであった。

このため、事故時の放出源情報が確実に得られる計測設備等を強化する。また、様々な事態に対応してSPEEDIなどを効果的に活用する計画を立てるとともに、こうしたSPEEDIなどの活用結果は当初から公開する。

## (22)原子力災害時の広域避難や放射線防護基準の明確化

今回の事故において、事故発生当初、避難区域と屋内退避区域を設定し、周辺住民をはじめ、地方自治体、警察等の関係者の連携した協力により、避難や屋内退避は迅速に行われた。他方、事故の長期化に伴い、避難や屋内退避の期間が長期に及ぶこととなった。その後、計画的避難区域や緊急時避難準備区域を設定するに当たっては、ICRP や IAEA の指針を急ぎよ活用することとした。なお、今回の事故で設定したこれらの防護区域の範囲は、防護対策を重点的に充実すべき地域の範囲とされていた 8~10km を大きく上回ることになった。

このため、今回の事故の経験も踏まえ、原子力災害時の広域避難の範囲や放射線防護基準の指針を明確化する取組みを強化する。

## (第 4 の教訓のグループ) 安全確保の基盤の強化

### (23)安全規制行政体制の強化

経済産業省原子力安全・保安院による一次規制機関としての安全規制、内閣府原子力安全委員会による一次行政機関の規制の監視、緊急時における関係の自治体や各省による環境モニタリングの実施など、原子力安全確保に関係する行政組織が分かれていることにより、国民に対して災害防止上十分な安全確保活動が行われることに第一義的責任を有する者の所在が不明確であった。また、現行の体制は、今回のような大規模な原子力事故に際して、力を結集して俊敏に対応する上では問題があったとせざるを得ない。

このため、原子力安全・保安院を経済産業省から独立させ、原子力安全委員会や各省も含めて原子力安全規制行政や環境モニタリングの実施体制の見直しの検討に着手する。

### (24)法体系や基準・指針類の整備・強化

今回の事故を踏まえて、原子力安全や原子力防災の法体系やそれらに関する基準・指針類の整備について様々な課題が出てきている。また、今回の事故の経験を踏まえ、IAEA の基準・指針に反映すべきことも多く出てくると見込まれる。

このため、原子力安全や原子力防災に係る法体系と関係する基準・指針類の見直し・整備を進める。その際、構造信頼性の観点のみならず、システム概念の進歩を含む新しい知見に対応する観点から、既存施設の高経年化対策のあり方について再評価する。さらに、既に許認可済みの施設に対する新法令や新知見に基づく技術的な要求、すなわち、バックフィットの法規制上の



位置づけを明確にする。併せて、関係するデータを提供することなどにより、IAEAの基準・指針の強化のため最大限貢献をする。

(25)原子力安全や原子力防災に係る人材の確保

今回のような事故においては、シビアアクシデントへの対応を始め、原子力安全、原子力防災や危機管理、放射線医療などの専門家が結集し、最新、最善の知見を活かして取り組むことが必要である。また、今回の事故の収束に留まらず、中長期的な原子力安全の取組みを確実に進めるため、原子力安全や原子力防災に係る人材の育成が極めて重要である。

このため、教育機関における原子力安全、原子力防災・危機管理、放射線医療などの分野の人材育成の強化に加えて、原子力事業者や規制機関などにおける人材育成活動を強化する。

(26)安全系の独立性と多様性の確保

安全系の信頼性の確保については、これまで多重性は追求されてきたが、共通原因故障を避けることへの対応が不足しており、独立性や多様性の確保が十分でなかった。

このため、共通原因故障への的確な対応と安全機能の一層の信頼性向上のため、安全系の独立性や多様性の確保を強化する。

(27)リスク管理における確率論的安全評価手法（PSA）の効果的利用

原子力発電施設のリスク低減の取組みを体系的に検討する上で、これまでPSAが必ずしも効果的に活用されてこなかった。また、PSAにおいても大規模な津波のような稀有な事象のリスクを定量的に評価するのは困難であり、より不確実性を伴うが、そのようなリスクの不確かさを明示することで信頼性を高める努力を十分に行ってこなかった。

このため、今後は、不確かさに関する知見を踏まえつつ、PSAをさらに積極的かつ迅速に活用し、それに基づく効果的なアクシデントマネジメント対策を含む安全向上策を構築する。

（第5の教訓のグループ）安全文化の徹底

(28)安全文化の徹底

原子力に携わる全ての者は安全文化を備えていなければならない。「原子力安全文化」とは、「原子力の安全問題に、その重要性にふさわしい注意が必ず最優先で払われるようにするために、組織と個人が備えるべき統合された認識

や気質であり、態度である。」(IAEA)とされている。これをしっかりと我が身のものにすることは、原子力に携わる者の出発点であり、義務であり、責任である。安全文化がないところに原子力安全の不断の向上はない。

しかし、今回の事故に照らし、我が国の原子力事業者は、組織も個人もともにその安全確保に対して第一義的な責任を負う者として、あらゆる新知見に対して目を凝らし、それが自らのプラントの脆弱性を意味するか否かを確認し、プラントの公衆安全に係るリスクが十分低く維持されているとの確信に影響があると認めるときには、安全性向上のための適切な措置を講じることに真摯に取り組んできたかを省みなければならない。

また同様に我が国の原子力規制に携わる者は、組織も個人もともに国民のために原子力安全の確保に責任を有する者として、安全確保の上でわずかな疑念もないがしろにせず、新しい知見に対して敏感にかつ俊敏に対応することに真摯に取り組んできたかを省みなければならない。

このため、今後は、原子力安全の確保には深層防護の追求が不可欠であるとの原点に常に立ち戻り、原子力安全に携わる者が絶えず安全に係る専門的知識の学習を怠らず、原子力安全確保上の弱点はないか、安全性向上の余地はないかの吟味を重ねる姿勢をもつことにより、安全文化の徹底に取り組む。

### 13. むすび

本年3月11日に発生した福島原子力発電所の事故は、極めて大規模な地震と津波によって引き起こされ、かつ、同時に複数の原子炉にまたがる未曾有の大事故となった。我が国はこの困難な事故を克服するために全力で立ち向かっている。

特に事故の現場では、作業に従事する人が厳しい環境の中で事故の収束に向けて懸命に取り組んでおり、この貢献なくしては事態の解決はあり得ない。政府は、作業に従事する人に対する支援に全力で取り組んでいくこととしている。

今回の事故は地震・津波の襲来という自然災害を契機にして引き起こされたものであるが、外部電源の喪失や冷却機能の喪失などによってシビアアクシデントに至ったこと、シビアアクシデントへの不断の備えが十分でなかったことを重く受けとめている。今回の事故から得られる教訓を踏まえ、今後、我が国は、原子力安全対策の根本的な見直しが不可避であると認識している。

このため、我が国は、事故の収束の状況をもつつ、「原子力安全基盤の研究強

化計画」を推進していくこととしている。この計画では、シビアアクシデント対策強化のための研究などを国際協力によって推進し、その成果が世界の原子力安全の向上につながるように取り組むものである。

これと同時に、我が国は、原子力発電の安全確保を含めた現実のコストを明らかにする中で、原子力発電のあり方についても国民的な議論を行っていく必要がある。

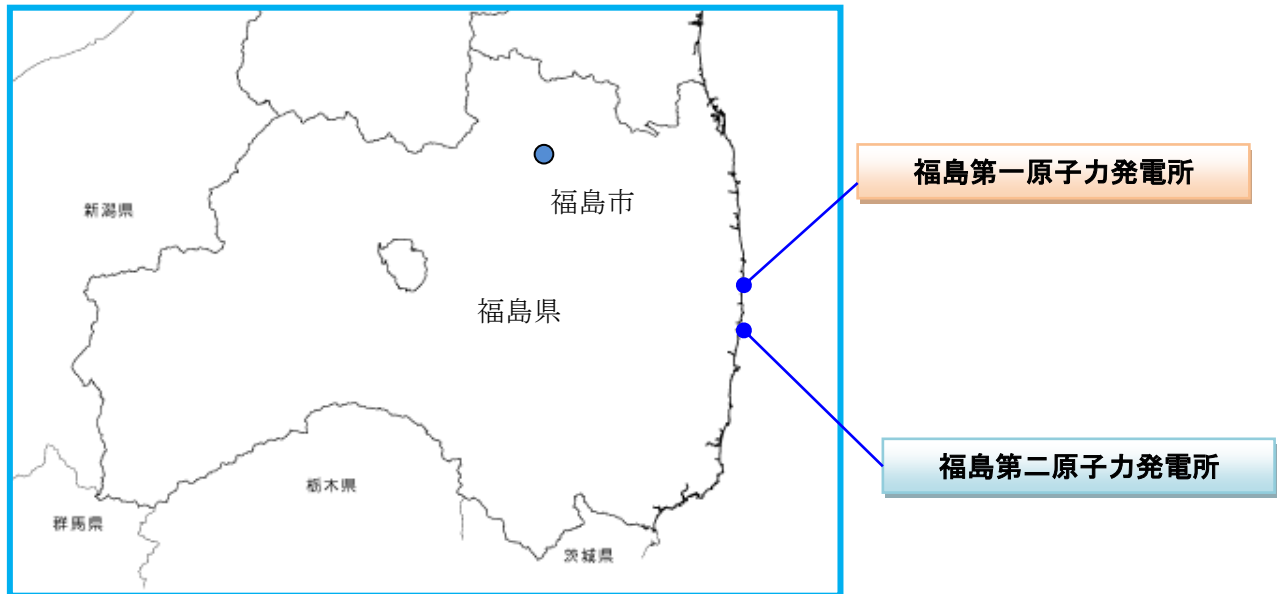
我が国は、この事故に関する情報と得られる教訓については、今後の事故の収束とさらなる調査解明によって更新していくし、それらを引き続き国際原子力機関と世界各国に提供し続ける考えである。

また、今回の事故の収束に向けて、様々な面で世界各国の支援を受けていることを心強く受けとめており、厚く感謝するとともに、引き続き IAEA や世界各国からのご支援をお願いしたい。

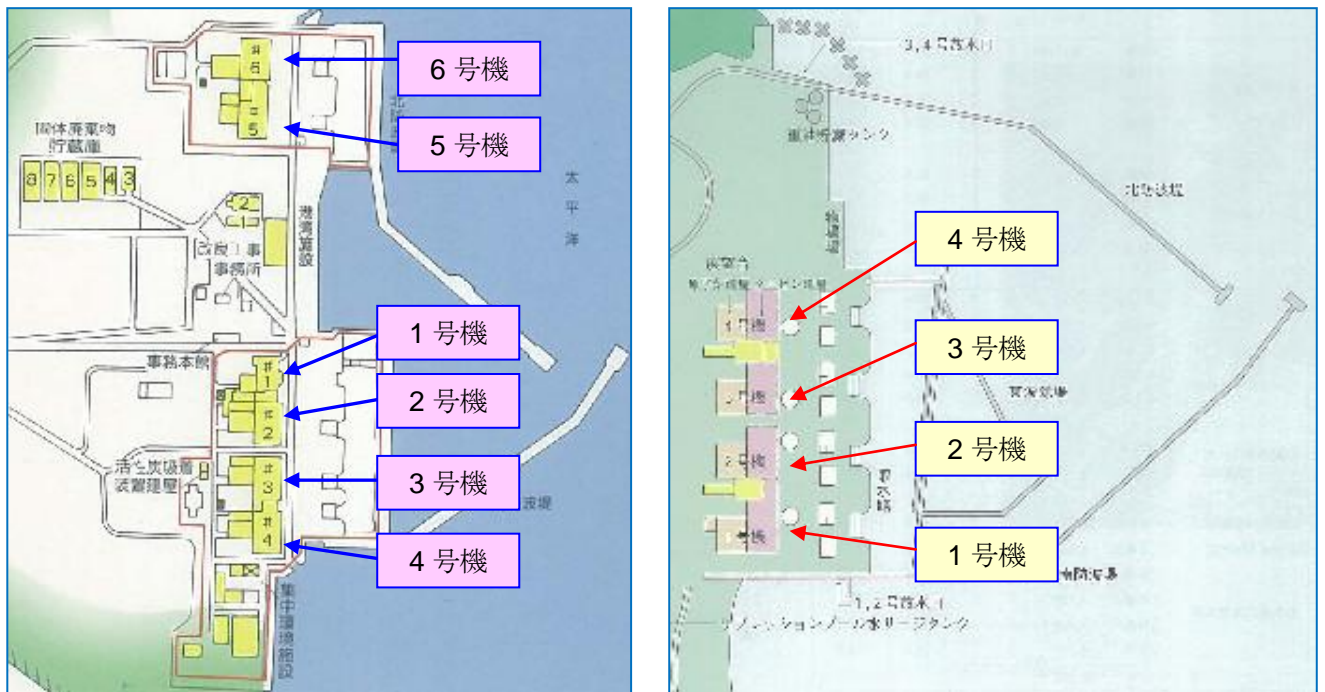
我々は、事故の収束に向けて多大な困難を伴うことを覚悟しているが、我が国のみならず、世界の英知と努力を結集して、必ずこの事故を乗り越えることができることを確信している。



東北地方太平洋沖地震の影響を受けた原子力発電所の立地地図



福島第一原子力発電所と福島第二原子力発電所の位置



福島第一原子力発電所 と福島第二原子力発電所の配置図

福島第一原子力発電所の発電設備

|             | 1号機    | 2号機    | 3号機    | 4号機     | 5号機    | 6号機     |
|-------------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|
| 電気出力（万 kW）  | 46.0   | 78.4   | 78.4   | 78.4    | 78.4   | 110.0   |
| 営業運転開始      | 1971/3 | 1974/7 | 1976/3 | 1978/10 | 1978/4 | 1979/10 |
| 原子炉形式       | BWR3   | BWR4   |        | BWR5    |        |         |
| 格納容器形式      | マーク I  |        |        |         |        | マーク II  |
| 炉心燃料集合体数（本） | 400    | 548    | 548    | 548     | 548    | 764     |

福島第二原子力発電所の発電設備

|             | 1号機    | 2号機       | 3号機    | 4号機    |
|-------------|--------|-----------|--------|--------|
| 電気出力（万 kW）  | 110.0  | 110.0     | 110.0  | 110.0  |
| 営業運転開始      | 1982/4 | 1984/2    | 1985/6 | 1987/8 |
| 原子炉形式       | BWR5   |           |        |        |
| 格納容器形式      | マーク II | マーク II 改良 |        |        |
| 炉心燃料集合体数（体） | 764    | 764       | 764    | 764    |

福島第一原子力発電所の各号機の現況(5月31日現在)

| 号機           | 1号機  | 2号機  | 3号機  | 5号機  | 6号機           |
|--------------|--|--|--|--|---------------|
| 原子炉注水状況      | 給水系ラインを用いた淡水注入中。<br>流量 6.0m <sup>3</sup> /h                                    | 消火系及び給水系ラインを用いた淡水注入中。<br>流量 消火系：7.0m <sup>3</sup> /h<br>給水系：5.0m <sup>3</sup> /h | 給水系ラインを用いた淡水注入中。<br>流量 13.5m <sup>3</sup> /h | 原子炉除熱機能が維持されており注水不要。除熱機能の信頼性を確保するため、予備の海水ポンプを用意している。 |               |
| 原子炉水位        | 燃料域 A: ガウスケル<br>燃料域 B: 1600 mm   | 燃料域 A: 1500 mm<br>燃料域 B: 2150 mm   | 燃料域 A: 1850 mm<br>燃料域 B: 1950 mm             | 停止域<br>2164mm  | 停止域<br>1904mm |
| 原子炉圧力        | A系: 0.555 MPa g<br>B系: 1.508 MPa g   | A系: -0.011 MPa g<br>B系: -0.016 MPa g   | A系: -0.132 MPa g<br>B系: -0.108 MPa g         | 0.023 MPa g  | 0.010 MPa g   |
| 原子炉水温度       | (系統流量がないため採取不可)  |  |  | 83.0 °C  | 24.6 °C       |
| 原子炉压力容器まわり温度 | 給水ノズル温度: 114.1 °C<br>压力容器下部温度: 96.8 °C   | 給水ノズル温度: 111.5 °C<br>压力容器下部温度: 110.6 °C  | 給水ノズル温度: 120.9 °C<br>压力容器下部温度: 123.2 °C      | (原子炉水温度にて監視中)  |               |
| D/W・S/C圧力    | D/W: 0.1317 MPa abs<br>S/C: 0.100 MPa abs                                      | D/W: 0.030 MPa abs<br>S/C: ガウスケル   | "D/W: 0.0999 MPa abs<br>S/C: 0.1855 MPa abs  | —  |               |
| 状態           | 各プラントにおいて外部電源から受電しているとともに、仮設の非常用ディーゼル発電機及び海水ポンプを設置するなど、冷却機能の信頼性を確保しつつ作業を進めている。 |  |  |  |               |

## I. はじめに

2011年3月11日14時46分（日本時間、以下同じ）に発生した東北地方太平洋沖地震とそれが引き起こした津波が東京電力の福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所（以下、「福島原子力発電所」という。）を襲い、未曾有の大規模かつ長期にわたる原子力事故が発生した。

我が国にとっては、この地震と津波による大規模な災害への対応とともに、その地震と津波により引き起こされた原子力事故への対応も同時に行わなければならないという極めて厳しい事態となった。

この原子力事故は、我が国にとって大きな試練となり、世界各国の支援を受けつつ、国内の数多くの関係機関が一体となって対応に取り組んでいるところである。また、我が国は、この事故が世界の原子力発電の安全性に懸念をもたらす結果となったことを重く受け止め反省している。そして、何よりも事故の発生によって、世界の人々に放射性物質の放出について不安を与える結果になったことを心からお詫びする。

現在、我が国は事故の収束に向けて英知を結集して取り組んでいるところであるが、福島原子力発電所で何が起こり、それがどのように進展し、そして我が国が事故をどのように収束させようとしているかについて、正確な情報を絶えず世界に伝えることは我が国の責任である。また、我が国がこの事故から何を教訓として汲み取っているかを世界に伝えることも我が国の責任であると認識している。

本報告書は、このような認識にたつて、本年6月に開催される国際原子力機関（IAEA）の「原子力安全のための閣僚会議」における我が国からの報告としてとりまとめたものである。事故の収束は、原子力災害対策本部の下に置かれた政府・東京電力統合対策室が、海江田万里経済産業大臣の指揮の下に原子力安全・保安院、東京電力等が力を結集する形で取り組んでいる。本報告書の作成は、原子力災害対策本部の中で、政府・東京電力統合対策室による事故収束に向けての取組み等を踏まえて作業を進め、外部有識者の意見も聴取しながら行った。作成作業の全体は、原子力災害対策本部長である内閣総理大臣の命を受けた細野豪志内閣総理大臣補佐官が統括した。



本報告書は、事故報告書としては暫定的なもので、現在まで得られた事実関係を基に事故の評価や得られた教訓をとりまとめたものである。範囲としては、現時点までの原子力安全と原子力防災に関する技術的な事柄を中心としており、原子力損害賠償、社会生活への影響等についてはまではとりあげていない。

政府としては、この報告書のとりまとめとは別に、福島原子力発電所の事故への対応の全体について検証するため、「東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会」（以下、「検証委員会」という。）を設置した。この検証委員会においては、従来の原子力行政からの「独立性」、国民や国際社会に対する「公開性」、技術的な問題のみならず制度的な問題まで含めた検討を行う「包括性」を基本として、事故の対応に関して政府を含めたあらゆる活動を厳格に検証することにしており、本報告書の内容についてもその検証委員会での検証の対象になるものである。この検証の活動の状況についても世界に公表することになる。

我が国は、この事故について、高い透明性をもって情報を公開することを基本としている。この方針の下、本報告書を作成するに当たっては、事実関係を正確に記載すること、事故への対応をできるだけ厳しく客観的に評価すること、判明していることとまだ判明していないことの区別を明確にしておくなどに留意した。事実関係の記載については、本年5月31日までに判明したことに基づいている。

我が国は、今後も全力でこの事故の調査分析に取り組むこととしており、その結果については、引き続き IAEA と世界各国に提供する方針である。

## Ⅱ. 事故前の我が国の原子力安全規制等の仕組み

本章では、原子力安全の法規制の仕組み、原子力災害対応の法規制の仕組みを概観する。

### 1. 原子力安全の法規制の仕組み

#### (1) 主な法令

日本の原子力安全に関する法律体系は、IAEAの基準を尊重しながら、最も上位にあって我が国の原子力利用に関する基本的理念を定義する原子力基本法（昭和30年法律第186号）の下、政府が行う安全規制や事業者の義務等を規定した核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和32年法律第166号。以下、「原子炉等規制法」という。）、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（昭和32年法律第167号）、電気事業法（昭和39年法律170号。）、原子力災害対策特別措置法（平成11年法律第156号。以下、「原災法」という。）など、原子力安全を確保するために必要な法律が整備されている（図Ⅱ-1-1）。これら以外にも、原子力安全委員会は、規制当局が実施した安全審査のレビューを行う際に用いる指針類を策定しており、国の安全審査の効率化と円滑化の観点から、この指針類は規制当局が安全審査を行う際にも採用されている（表Ⅱ-1-1）。

職業被ばく等に対する線量限度等については、放射線障害防止の技術的基準に関する法律（昭和33年法律第162号）に基づき、文部科学省に設置されている放射線審議会が、国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告の我が国への取り入れを審議し、関係省庁に取り入れ方針について意見を述べることになっている。また、緊急時における放射線業務従事者の線量限度等、法令に定める放射線障害の防止に関する技術的基準を定めようとする場合には、法令を所管する行政庁は、文部科学省に置かれている放射線審議会に諮問しなければならない。

#### ① 原子力基本法

原子力基本法は、日本の原子力利用の基本方針について、原子力の研究、開発及び利用は、平和の目的に限り、安全の確保を旨として、民主的な運営の下に、自主的にこれを行うものとし、その成果を公開し、進んで国際協力に資することを規定している。

#### ② 原子炉等規制法

原子炉等規制法は、原子炉の設置及び運転に関する必要な規制として、

実用発電用原子炉では、設置の許可、保安規定の認可、保安検査、原子炉の廃止などの安全規制の手続きや許認可の基準などが定められている。また、この法律の定めに従わなかった場合に課することができる運転停止や許認可の取り消しなどの行政処分や懲役、罰金などの刑事処分についても規定されている。

原子炉等規制法を受けた省令等は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」(参考 2-1-2)、「線量限度を定める告示」(参考 2-1-2)がある。

### ③ 電気事業法

電気事業法において、原子力発電のほか、火力発電、水力発電などにも適用される、日本の電気事業を包括的に規制する法律であり、実用発電用原子炉では、設計及び工事の方法の認可、使用前検査、施設定期検査などの安全規制の手続きなどが定められている。

電気事業法を受けた省令等で、原子炉施設の安全規制に係るものは、「電気事業法施行規則」(参考 2-1-3)、「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」(参考 2-1-4)、「発電用核燃料物質に関する技術基準を定める省令」(参考 2-1-5)、「発電用原子力設備に関する放射線による線量等の技術基準」(参考 2-1-6)である。

## (2) 許認可制度

### ① 許認可制度

- a 実用発電用原子炉を設置する場合には、原子炉等規制法の規定に基づき、経済産業大臣の許可を受けなければならない。経済産業大臣が許可を出す際には、原子炉を設置し、運転を的確に遂行するための技術的能力、原子炉による災害防止上支障がないという観点について、原子力安全委員会の意見を聞く必要がある。
- b 原子炉設置許可を受けた者（以下、「原子炉設置者」という。）は、電気事業法に基づき、工事の前に経済産業大臣から工事計画の認可を受けなければならない。
- c 原子炉に装荷される燃料体については、電気事業法の規定に基づき、その設計について経済産業大臣の認可を受けなければならない。

### ② 検査制度

- a 原子炉設置者は、原子炉施設の工事において、電気事業法の規定に基づ

き経済産業大臣が工事の工程毎に行う使用前検査を受け、合格しなければならない。

- b 原子炉に装荷される燃料体は、電気事業法の規定に基づき経済産業大臣が行う燃料体検査を受け、合格しなければならない。
- c 運転開始後、原子炉設置者は、所定の安全上重要な構成部分について、経済産業大臣が行う定期検査を受けなければならない。
- d 運転中の施設の保安に関し、原子炉設置者は、経済産業大臣の付託を受けて、原子力安全・保安院（以下、「保安院」という。）の原子力保安検査官が行う保安検査を受けなければならない。
- e 核物質防護に関する検査として、原子炉等規制法の規定に基づき、核物質防護規定の遵守状況の検査が行われる。

### （３）体制

我が国の発電用原子炉施設は経済産業大臣が所管し、保安院は、経済産業省設置法において明確に、「原子力エネルギーに係る安全の確保を図る機関」と規定されており、その組織的な位置づけは、経済産業省資源エネルギー庁の特別の機関である保安院とされている。保安院は、原子炉等規制法及び電気事業法の規定に基づく安全規制についての明確な権限と機能を有している。具体的には、原子炉等規制法に基づく設置許可や電気事業法に基づく工事計画の認可や使用前検査など、原子炉施設に対する規制活動は経済産業大臣が行うが、経済産業大臣の付託を受けてこれらの規制事務を実施する保安院は、資源エネルギー庁からの関与を受けることなく、独立して意志決定をし、又は経済産業大臣に対してその意志決定の案を諮ることができることになっている。また、原子力安全委員会は、原子力の利用に関わる省庁とは独立して、内閣府に設置された機関であり、規制当局が実施する安全規制を第三者としての立場から監視、監査し、必要な場合には、内閣総理大臣を通じて、規制当局への勧告を行うことができる権限を有している。さらに、保安院は、技術支援機関として、2003年10月に独立行政法人原子力安全基盤機構（以下、「JNES」という。）を設立した。JNESは、法律に基づく原子力施設の検査の一部を実施するとともに、保安院が行う原子力施設の安全審査や安全規制基準の整備に関する技術的支援を実施している（図Ⅱ-1-2）。

文部科学省は、放射線障害の防止と放射能水準の把握のための監視・測定に責任を有している。

緊急時モニタリングは、現在の原子力防災体制において、地方自治体が行うこととなっており、文部科学省は、指定公共機関（独立行政法人放射線医学総合研究所及び独立行政法人日本原子力研究開発機構）等とともに、現地へ緊急時モニタリング要員及び機材を動員し、地方自治体の行う緊急時モニタリング活動を支援することとなっている。

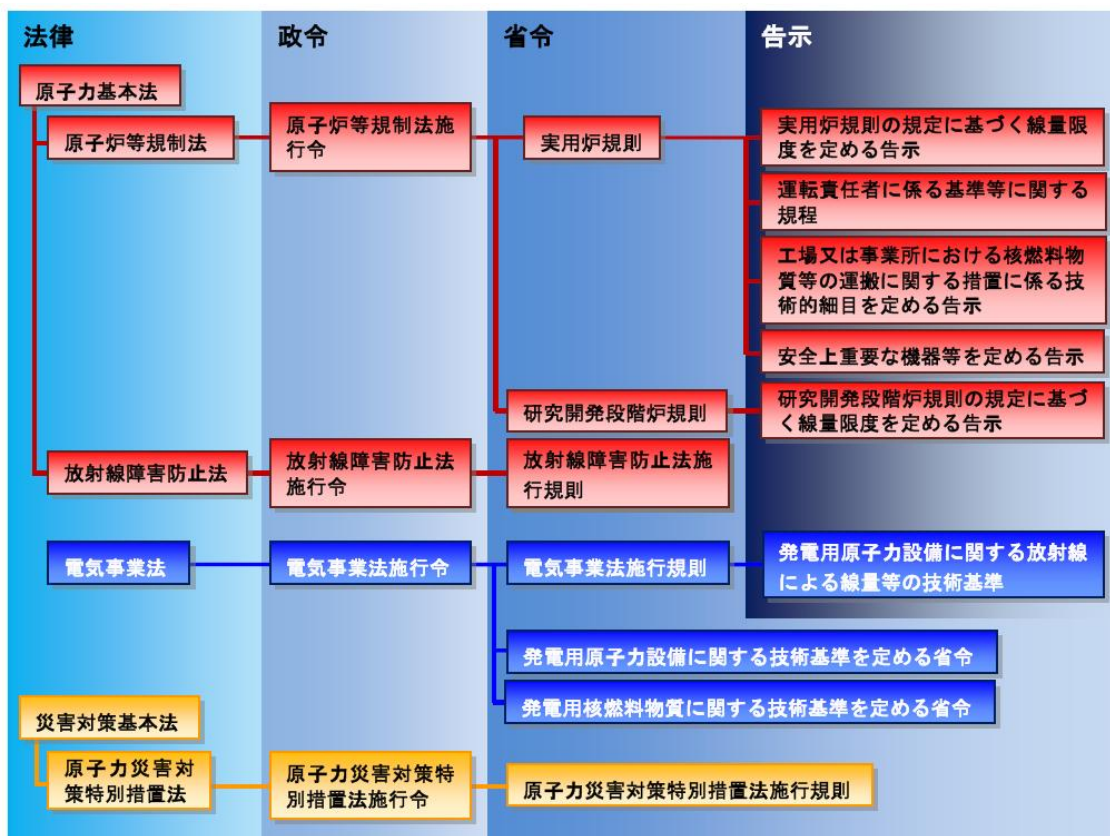


図 II-1-1 我が国の原子炉施設の安全に関する主な法令の体系

|      |      |   |
|------|------|---|
| 災害防止 | 立地   | 原子炉立地審査指針及びその適用に関する判断のめやす               |
|      | 設計   | 発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針                 |
|      |      | 発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針          |
|      |      | 発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針                    |
|      |      | 発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針                |
|      |      | 発電用軽水型原子炉施設における事故時の放射線計測に関する審査指針        |
|      |      | 放射性液体廃棄物処理施設の安全審査にあたり考慮すべき事項ないしは基本的な考え方 |
|      | 安全評価 | 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針                |
|      |      | 発電用加圧水型原子炉の炉心熱設計評価指針                    |

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
|       | 軽水型動力炉の非常用炉心冷却系の性能評価指針             |
|       | 発電用軽水型原子炉施設の反応度投入事象に関する評価指針        |
|       | BWR MARK I 型格納容器圧力抑制系に加わる動加重の評価指針  |
|       | BWR MARK II 型格納容器圧力抑制系に加わる動加重の評価指針 |
|       | 発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針              |
| 線量目標値 | 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針          |
|       | 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針        |
|       | 発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針    |
| 技術的能力 | 原子力事業者の技術的能力に関する審査指針               |

表 II-1-1 原子力安全委員会が定める指針類

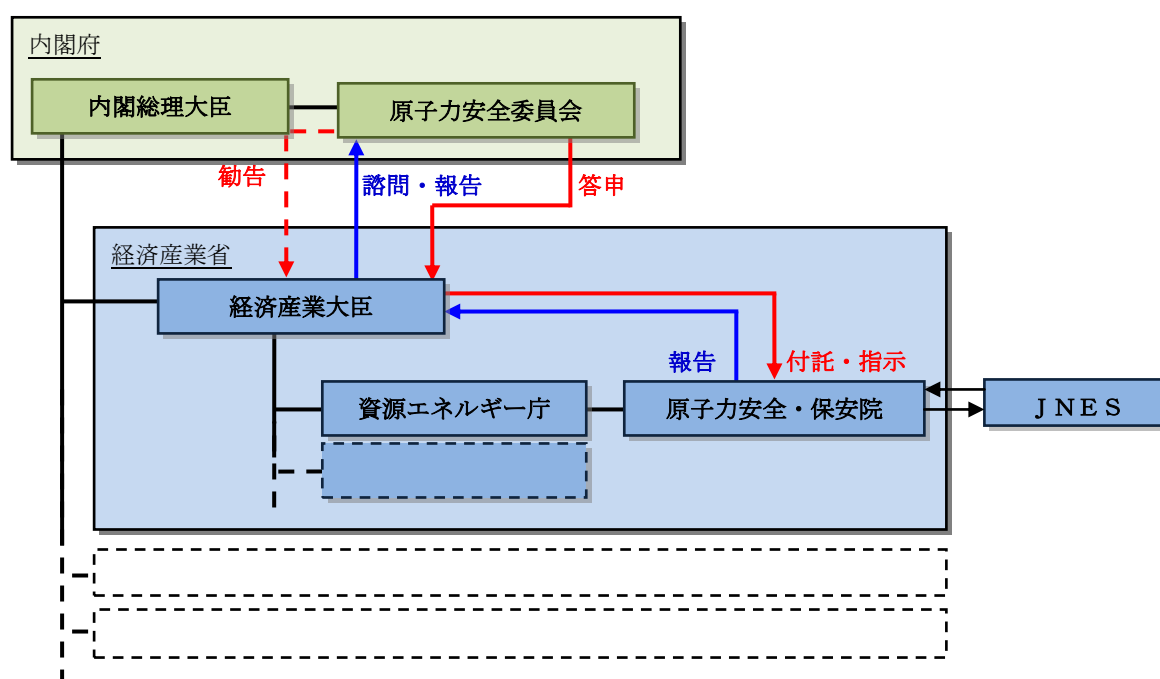


図 II-1-2 我が国原子力安全規制機関の体制

## 2. 原子力災害対応の法規制の仕組み

### (1) 原子力災害対策特別措置法

原災法は、1999年のジェー・シー・オー核燃料加工施設で発生した臨界事故後に制定されており、原子力災害の予防に関する原子力事業者の義務、原子力緊急事態宣言の発出及び原子力災害対策本部の設置、緊急事態応急対策の実施、原子力災害事後対策などを規定している。

防災基本計画は、原子力災害対策編を含み、原子力災害対策の基本となるものとされ、原子力災害の発生及び拡大を防止し、原子力災害の復旧を図るために必要な対策について記述している。また、防災基本計画において、原子力災害対策に関する専門的・技術的事項については、原子力安全委員会が

定めた防災指針「原子力施設等の防災対策について」等を十分に尊重すると記載されている（添付Ⅱ）。

## （２）原子力緊急事態

原子力緊急事態の際は、原災法に基づき、関係機関が有機的に連携しながら対応することとされ、発電用原子炉施設における緊急事態の場合は以下のとおり対応することとされている。

- ① 原災法第 10 条事象(特定事象)が発生した場合は、原子炉設置者は直ちに経済産業大臣及び地方公共団体の長に通報する（図Ⅱ-2-1）。
- ② 通報を受けた経済産業大臣は、法に定めた手順に従い活動を開始する。このとき、地方公共団体から要請があれば、専門的知識を有する職員を派遣する。現地に駐在している原子力防災専門官は、情報を収集し、原子力災害の拡大の防止の円滑な実施に必要な業務を行う。
- ③ 経済産業大臣は、通報された特定事象が緊急事態の基準を超え、原子力緊急事態が発生したと認めるときは、直ちに内閣総理大臣に報告する。
- ④ 内閣総理大臣は、これを受けて原子力緊急事態宣言を発出し、地方公共団体が行う避難又は屋内退避、安定ヨウ素剤の予防服用等の緊急事態応急対策を指示する。
- ⑤ 内閣総理大臣は、自身を長とする原子力災害対策本部を東京に設置するとともに、現地に原子力災害現地対策本部を設置する。
- ⑥ 原子力安全委員会は、原子力緊急事態が発生した場合には、原子力安全委員及び緊急事態応急対策調査委員からなる緊急技術助言組織を招集し、内閣総理大臣に対し技術的助言を行う。
- ⑦ 地方公共団体は、災害対策本部を設置する。
- ⑧ 政府と地方公共団体、原子力事業者等の関係機関が情報の共有を行い、各機関が行う応急対策について、必要な調整を図るため、原子力災害合同対策協議会をオフサイトセンターに設置する（図Ⅱ-2-2）。

## （３）原子力防災訓練

政府、地方公共団体、原子力事業者等の防災業務関係者及び一般住民が原子力防災対策を理解し、適切に行動すること、関係機関の防災体制が計画通り機能するか、関係機関の情報の共有、協力して行った対策に問題は無いかなど、防災体制をチェックすることを目的に、原子力防災訓練について、政府機関、地方公共団体、公共機関、原子力事業者等が協力して、通信連絡、モニタリング、防護対策の決定、避難・屋内待避等の実施等を行っている。原子力防災訓練には、様々な形態があり、政府が主導する大規模な訓練は年に一度開催している。

| 事象                               | 特定事象の基準   | 緊急事態の基準  |
|----------------------------------|---|--|
| a) 敷地境界付近の放射線量                   | 1 地点で 10 分以上継続して 5 $\mu$ Sv/h 以上<br>2 地点以上で同時に 5 $\mu$ Sv/h 以上          | 1 地点で 10 分以上継続して 500 $\mu$ Sv/h 以上<br>2 地点以上で同時に 500 $\mu$ Sv/h 以上 |
| b) 排気筒等の通常放出部分での放射性物質の検出         | 5 $\mu$ Sv/h 相当以上の放射性物質濃度が 10 分以上継続、または、50 $\mu$ Sv 相当以上の放射性物質の放出があった場合 | 500 $\mu$ Sv/h 相当以上の放射性物質濃度が 10 分以上継続、または、5mSv 相当以上の放射性物質の放出があった場合 |
| c) 火災、爆発等による放射線又は放射性物質の検出（管理区域外） | 50 $\mu$ Sv/h 以上の放射線量   | 5mSv/h 以上の放射線量   |
|                                  | 5 $\mu$ Sv/h 相当以上の放射性物質の放出  | 500 $\mu$ Sv/h 相当以上の放射性物質の放出                                       |
| d) 施設の特性を踏まえた個別事象                |   |  |
| 原子炉のスクラム失敗                       | 通常の中性子吸収体により原子炉停止ができないこと  | 原子炉の非常停止が必要な場合において、原子炉を停止するためのすべての機能が喪失すること                        |
| 原子炉冷却材喪失                         | 非常用炉心冷却装置（ECCS）の作動を必要とする原子炉冷却材の漏えいが発生したこと                               | すべての ECCS による原子炉への注水ができないこと  |
| 原子炉の全交流電源喪失                      | すべての交流電源からの電気の供給が停止し、かつ、その状態が 5 分以上継続すること                               | すべての交流電源からの電気の供給が停止し、原子炉を冷却するすべての機能が喪失すること                         |
| 再処理施設の使用済燃料プールの水位低下              | 燃料集合体が露出する水位まで低下した場合  |  |



|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・主務大臣は、地方公共団体の要請に応じて専門的知識を有する職員を派遣する。</li> <li>・原子力防災専門官は、所要の対応作業を行う。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・主務大臣は、原子力緊急事態の発生を確認し、内閣総理大臣に報告する。内閣総理大臣は、原子力緊急事態宣言を行い、以下の対応をとる。</li> <li>・地方公共団体に退避等の指導、助言又は指示を行う。</li> <li>・原子力災害対策本部及び原子力災害現地対策本部を設置</li> <li>・政府及び地方公共団体の情報交換のため、原子力災害合同対策協議会を設置</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・関係省庁が参集して関係省庁事故対策連絡会議を開催（東京）</li> <li>・オフサイトセンターに関係者が参集し、現地事故対策連絡会議を開催</li> </ul> |  |

図 II-2-1 原災法の特定事象と緊急事態及びその対応



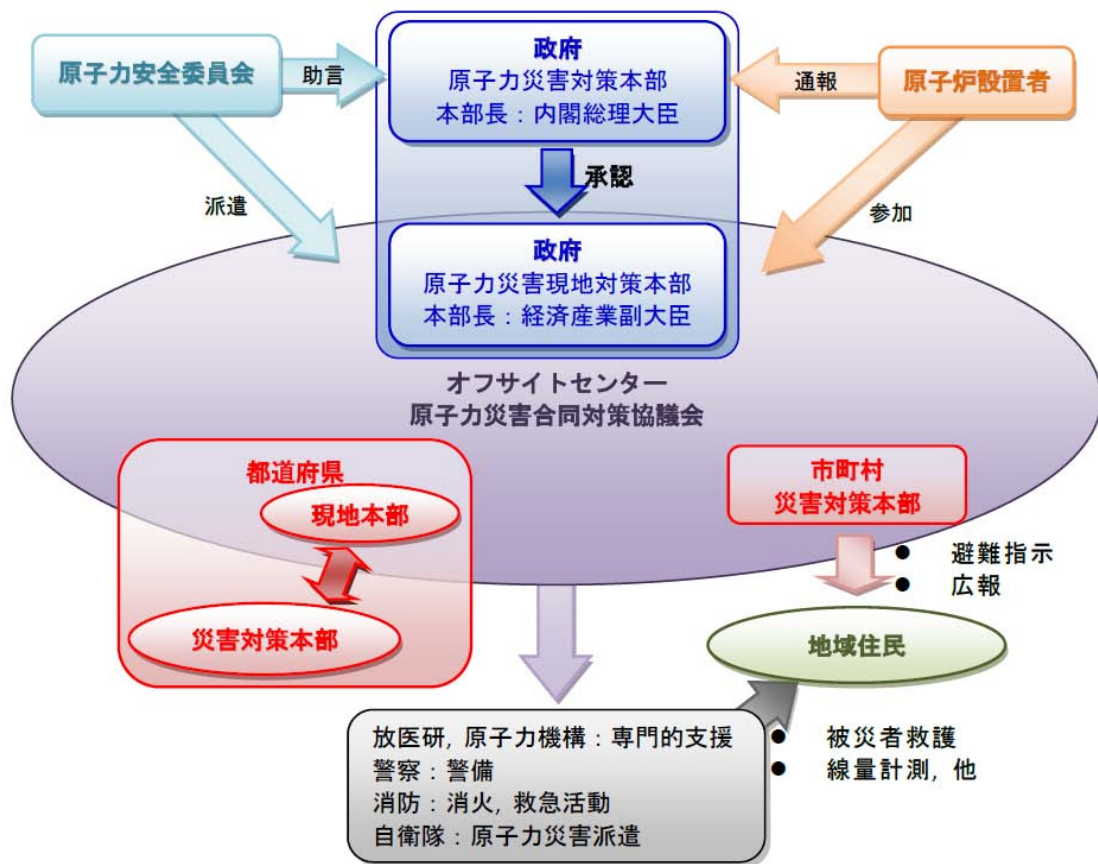


図 II-2-2 原子力災害対応組織の概略

参考文献

参考 2-1-1 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S53/S53F03801000077.html>

参考 2-1-2 線量限度を定める告示

<http://www.taisei-shuppan.co.jp/support/code1487/1487/dat/data.files/00100.htm>

参考 2-1-3 電気事業法施行規則

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H07/H07F03801000077.html>

参考 2-1-4 発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令

<http://law.e-gov.go.jp/cgi-bin/idxsearch.cgi>

参考 2-1-5 発電用核燃料物質に関する技術基準を定める省令

<http://law.e-gov.go.jp/cgi-bin/idxsearch.cgi>

参考 2-1-6 発電用原子力設備に関する放射線による線量等の技術基準

<http://www.nisa.meti.go.jp/oshirase/2005/files/171031-2.pdf>

### Ⅲ. 東北地方太平洋沖地震とそれによる津波の被害

#### 1. 地震と津波による我が国の被害

##### (1) 東北地方太平洋沖地震の概要

###### ①地震の諸元及び発生メカニズム

日本列島は、図 III-1-1 に示す北米、ユーラシア、太平洋、フィリピン海の 4 つのプレートからなる。同列島は、太平洋プレート及びフィリピン海プレートの沈み込みにより 2 方向から強い圧縮力を受けている。

東北地方太平洋沖地震(以下、今回の地震という。)は、2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分に、図 III-1-1 中に示す日本海溝沿いの北米プレートと太平洋プレートとの境界部で発生した。気象庁は、地震の震源は三陸沖約 130km で、震源深さは 24km、地震規模はモーメントマグニチュード<sup>1</sup>(Mw)9.0 と推定している(気象庁第 16 報)。また、地震調査研究推進本部(以下、「地震本部」という。)は、今回の地震の震源域が岩手県沖から茨城県沖までに及び、震源の長さは、図 III-1-2 のように約 400km 以上、幅約 200km と推定している。地震の発生メカニズムは、西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。(地震本部地震調査委員会:東北地方太平洋沖地震の評価(4 月 11 日発表))

今回の地震の震源は、図 III-1-2 に示す宮城県沖領域内にあり、地震本部の発表資料等によると、プレートの破壊は宮城県沖領域の震源から開始され、北方の岩手県沖、南方の福島県沖及び茨城県沖へと連動しながら伝播したと推定されている。震源となった宮城県沖領域は、図 III-1-2 に示すように A 及び B の 2 つの震源領域から構成される。今回の震源は領域 B 内にあり、破壊は領域 B で発生した後、西側の領域 A へ連動し、更に領域 B の東側の領域まで拡大連動したと推定されている。これらの震源域の破壊を断面で示すと、破壊は、図 III-1-2 中の a-a'断面に示す領域 B 内(深さ 24km 付近)で始まり、プレート境界深部の領域 A へ伝播するとともに、領域 B の東側領域の浅部へと伝播したと推定されている。滑り量が大きい領域は、三陸沖南部海溝寄り及び三陸沖北部から房総沖の海溝寄りの一部であり、最大すべり量は約 20m 以上と推定されている。

<sup>1</sup> モーメントマグニチュード: 地震を起こす断層運動のエネルギーから地震の規模を表す指標値。大きな地震の規模を正確に評価できる。

## ②地殻変動と震源過程及び津波の波源過程の分析例

国土地理院は、図 III-1-3 に示すように GPS 観測に基づき解析した地殻変動の発生状況を公開している。同図から、顕著な地殻変動は宮城県から福島県沿岸域で発生し、沈降量は 0.5m～1.2m(平均沈降約 0.8m)である。宮城県牡鹿観測点では、東南東方向の水平変位量が約 5.3m、上下方向の変位量は約 1.2m である。

気象庁は、防災科学技術研究所の K-NET と KiK-net の観測記録及び気象庁加速度計の波形を用いて、今回の地震の震源過程<sup>2</sup>を分析し、図 III-1-4 に示すようなすべり分布を公開した[III1-1]。気象庁は、解析条件として断層の長さ約 450km、幅約 150km としている。解析の結果、モーメントマグニチュード(M<sub>w</sub>)9.0、破壊の継続時間は約 170 秒となっている。また、プレートの滑り(破壊)は、破壊開始点(震源：北緯 38.10 度、東経 142.86 度、深さ 23.7km)付近で徐々に拡大した後(0～60 秒)、南北方向に分かれて進行している。大きな滑り領域は、破壊開始点の東から北東側(震源よりも浅い部分)の領域で発生し、最大滑り量は約 30m である。大きな滑りが発生する領域は、国内外の研究機関の報告結果でほぼ一致している。

例えば、藤井・佐竹(2011)は、気象庁や他機関の津波観測記録を用いて、津波波形インバージョン解析<sup>3</sup>を行い、津波波源を分析した(図 III-1-5 参照)[III1-2]。これによっても、大きな滑り領域は、破壊開始点から北東側(図中の黒色の部分)に分布しており、上記の気象庁の結果とほぼ一致している。

これらのすべり分布の状況と、藤井・佐竹(2011)の津波解析結果から、破壊開始点(震源)東側の浅いプレート境界における大きな滑りが、大津波を引き起こした要因である。

## ③地震本部における地震発生長期評価との関係

地震本部では、海溝型地震を対象に、図 III-1-6 に示すような地震の規模や一定期間内に地震が発生する確率を予測したものを公表し、今後 10、30、50 年以内の地震発生確率を示している。その中で、図 III-1-6 中に示すように宮城県沖地震の 30 年以内の発

<sup>2</sup> 震源過程：震源における理論的な破壊モデルを仮定した上で、観測地震動の時刻歴波形データを用いて、同データに整合するように、断層破壊面における変位の食い違いの量を解析するプロセス。

<sup>3</sup> 津波波形インバージョン解析：観測された津波の時系列データ等を用い、震源過程を解析するプロセス。

生確率を 99%、地震規模をマグニチュード(M)7.5 と評価し、注意を促していた。今回の地震の破壊開始点(宮城県沖領域)、同領域内の 2 つの震源領域 A 及び B の連動破壊の想定、及び発生時期はほぼ地震本部の評価通りであった。しかしながら、震源域の範囲が、三陸沖中部、宮城県沖、福島県沖、茨城県沖の広範囲に連動したこと、及び地震規模が M9 に達したことは、想定外であったとしている(地震本部地震調査委員会:東北地方太平洋沖地震の評価(3月11日発表))。さらに、破壊が震源からプレート境界の浅い部分に広がり、滑り量が 20m 以上であったことについては、これまで、宮城県沖における日本海溝沿い浅部のプレート境界が、ずるずると滑っている領域で、大きなひずみが蓄積されていないと推定されていた。しかし、実際には、その領域が固着されていたようで、その結果、長期間にわたりひずみが蓄積され、宮城県沖領域での破壊が引き金となって今回の地震が発生したとする専門家もいる。

## (2) 東北地方太平洋沖地震による地震動及び津波高

### ①地震動の発生状況

女川原子力発電所、福島第一原子力発電所、福島第二原子力発電所及び東海第二発電所の周辺地域で観測された防災科学技術研究所の K-NET と KIK-net 観測点での加速度波形(水平 2 成分、上下成分)を図 III-1-7 に示す。

震源に近い女川原子力発電所付近の観測点(MYG011:震央距離 127km)での加速度波形には、地震発生から 30 秒と 80 秒付近に大きなピークが発生している。福島第一原子力発電所付近の観測点(FKS011:震央距離 176km)での加速度波形にも同様のピークが見られるが、第 2 のピークは第 1 のピークよりも大きい。これら 2 つのピークは、震源領域 A 及び B 付近の破壊によるものと考えられる。

一方、東海第二発電所付近の観測点(IBR007:震央距離 274km)での加速度波形には 120 秒後に 1 つのピークだけが発生している。その理由として、東海第二発電所付近では、上記宮城県沖領域内の震源領域 B 及び A の破壊による地震動が減衰し、福島県沖から茨城県沖の震源域の破壊による地震動の影響が大きくなったことによると考えられる。敷地の地震動に大きな影響を及ぼす要因は、広範な震源域の中で、敷地近傍の震源域であり、そこでの破壊特

性及び連動の仕方等の可能性がある。これに対し、津波の水位に大きな影響を及ぼす要因としては、地震規模、震源域の広さ、すべり量、破壊の連動の仕方等の可能性がある。これらの要因の違いについては、今後、国内外の研究機関での解明が期待される。

東日本の震度分布を図 III-1-8 に示す。宮城県栗原市では最大震度 7 であった。震度 5 以上の地域は、東北地方から関東地方までの広い範囲に及んでいる。女川原子力発電所、福島第一原子力発電所、福島第二原子力発電所及び東海第二発電所の周辺地域の震度は、5 強～6 強であった。

## ②津波の発生状況

独立行政法人港湾空港技術研究所による岩手県釜石市沖合における GPS 波浪計の観測津波波形を図 III-1-9 に示す。津波の観測最大水位は、地震発生 14 時 46 分の約 26 分後の第 1 波の 6.7m であった。津波の襲来周期は、第 1～3 波において不規則で明瞭でないが、第 4～7 波では約 50 分である。第 1 波の特徴は、6 分後に 2m、続く 4 分後に 6.7m へと 2 段階で上昇していることである。

東日本沿岸地域における気象庁による観測津波水位を図 III-1-10 に示す。観測津波水位は、宮古地点で 8.5m 以上、石巻市鮎川地点 8.6m 以上、相馬地点 9.3m 以上等であった。津波はカナダ、米国、中南米等太平洋沿岸でも観測され、チリでは最大 2m であった。

佐竹によると、津波水位は、貞観地震(869 年)のようなやや深部での滑りによる長周期の波と、明治三陸沖地震(1896 年)のような浅部でのものによる短周期の高い津波が重畳したと推定している(図 III-1-11 参照) [III1-3]。そのため、短周期での高い津波が沿岸域に到達・遡上した後、長い周期の津波が長時間にわたり繰り返し押し寄せ、遡上域を増大させたと推定されている。最大遡上高さは、土木学会の調査によると、岩手県宮古市姉吉地区で 38.9m である [III1-4]。三陸地方での遡上高さは、明治三陸沖地震(1896 年)及び昭和三陸沖地震(1933 年)を上回った(図 III-1-12 参照)。

## ③余震及び誘発地震の発生状況

余震の積算回数は、5 月 6 日現在、M5 以上が 444 回、M6 以上 76 回、M7 以上 5 回である。最大余震は、3 月 11 日 15 時 15 分

に発生し、地震規模は M7.7 であった。その他の主な余震として、同日 15 時 25 分の宮城県はるか沖の地震（深さ約 34km、M7.5）、4 月 7 日 23 時 32 分に宮城県沖（深さ約 40km、M7.0）の地震が発生した。4 月 7 日の余震は、牡鹿半島の東約 40km で発生し、女川原子力発電所で大きな地震動が観測された。

誘発地震の発生状況を図 III-1-13 に示す。誘発地震は、長野県、秋田県、静岡県富士宮、福島県と全国各地で発生している [III1-5]。原子力発電所周辺では、3 月 12 日に柏崎原子力発電所から南東約 50km の長野県北部の十日町断層帯付近において M6.7 の地震が発生した。また、福島第一原子力発電所から南西約 50km の井戸沢断層付近において、4 月 11 日に地震 (M7.1) が発生した。この地震は、プレート内の浅い場所で発生した西南西—東北東方向に張力軸を持つ正断層型であった。東北地方は逆断層の活断層が卓越し分布する地域であり、正断層型の地震断層が確認されたのは初めてである [III1-6]。

これに伴い、原子力安全委員会は、4 月 28 日に、原子力安全・保安院に対して、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（平成 18 年 9 月 19 日原子力安全委員会決定。以下「新耐震指針」という。）に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性確認（以下、「耐震バックチェック」という。）を進めるにあたり、以下のような意見を示し、保安院に検討を求めている。4 月 28 日に、原子力安全・保安院は各事業者に対して同様の指示を出している。

- ・今回地震によって地震活動が活発でなかった場所において地震が確認されている場合や耐震設計上考慮する活断層でない断層近傍で地震が発生している場合には、その地震の評価を行うこと。
- ・上記検討を踏まえて、敷地に影響を与える可能性がある断層がある場合には、地震動評価を行うこと。

### (3) 東北地方太平洋沖地震による主な被害状況

#### ① 気象庁の緊急地震情報（警報）とそれに係わる自治体の対応

##### a 緊急地震情報（警報）の発表手順及び津波情報の内容

気象庁は、津波による災害が予想される場合、地震が発生してから約 3 分を目標に、「津波警報」または「津波注意報」を発表する。地震及び津波に関する情報の発表手順を図 III-1-14 に、津波警報及び津波注意報の内容を表 III-1-1 に示す。

#### b 気象庁の津波警報の発表時刻と実際確認された内容

東日本太平洋沿岸地区の気象庁による津波警報の発表時刻毎の予想到達時刻及び高さの確認結果との比較表を表 III-1-2 に示す。気象庁では、14時46分の地震発生後、津波警報あるいは津波注意報を14時49分(地震発生3分後)、15時14分(地震発生28分後)、15時30分(地震発生44分後)の3回発表した。以下に、主な内容を示す。

- ・第一回の発表時(地震発生3分後の14時49分)では、宮城県に6m、福島県に3mの津波が到達すると発表した。
- ・第二回の発表(地震発生28分後の15時14分)では、青森県、岩手県、宮城県、福島県において既に到達を確認した。また、予想津波高を岩手県で6m、宮城県10m以上、福島県で6mと修正した。しかし、岩手県宮古市、釜石市、大船渡市では、発表の4分あるいは7分後に、最大津波8m以上が既に到達した。宮城県鮎川でも、12分後に最大波8.6m以上が既に到達した。
- ・第三回の発表(地震発生44分後の15時30分)では、青森県、岩手県、宮城県、福島県、千葉県において到達を確認し、茨城県では到達と推定した。また、予想津波高を、青森を除く全県で10m以上と修正した。岩手県宮古市、大船渡市、宮城県鮎川で既に最大波が到達していた。

気象庁は、第三回の発表(地震発生44分後の15時30分)において、予想津波高を8mや10m以上としたが、岩手県及び宮城県では最大波が発表の約10~12分前に既に到達していた。

#### c 気象庁の津波警報を受けた各自治体の避難状況

気象庁の【津波警報(大津波)】は、岩手県及び福島県(宮城県は最初から6mの予想)では当初3m程度と発表した。30分後には6m、更に15分後には10m以上と訂正された。このような津波警報に基づく各自治体の避難状況について、朝日新聞社ホームページ(2011年4月20日)に基づき、岩手県山田町、釜石市、大船渡市、陸前高田市、宮城県南三陸町、気仙沼市の例を表 III-1-3 に整理した。

市町村の防災行政無線による津波警報の放送内容は、表に示すように、被災した沿岸自治体ごとに違っている。一部の市町



村では、停電のため続報を受信できず、最初の「3m 程度」と放送し続けた。このため、高い山ではなく、2 階に避難すればよいと判断し被災した人が多い自治体もある。「3m」という数字が一人歩きして、的確な避難を遅らせた可能性がある。予想された津波高を知らせず、「とにかく逃げて」と訴えて功を奏した自治体もある。

#### d 気象庁の津波警報の改善策

気象庁は、今回の地震・津波に対して、現有の技術の中で、最大限の努力をして情報を発表した。しかしながら、M9.0 の巨大地震に対応した津波情報のあり方については、しっかりと点検し、今後に備える必要性を認識した。そこで、気象庁は、平成 23 年 5 月 19 日に、今回の地震および津波の経験や教訓を踏まえて、津波情報の改善を着実に進めていくことを公表した。

具体的内容は次の通りである。(1)今回発表した津波警報の内容・タイミングについての検証、(2)技術的な点についての検証(当初マグニチュード M7.9 で、順次時間が経つにつれて再評価を行って、M を上げたが、できるだけ早く適正な M を迅速に分析できる技術の検討)、(3)今後どのような課題があるかの整理。

気象庁は、津波警報の改善に向けて、大学、研究機関等の有識者、関係防災機関等からなる勉強会を設置し、第 1 回会合を 6 月 8 日に開催すると公表した。そして、有識者からの意見を整理したうえで、今年秋頃を目途に、今後の津波警報の改善の方向性について取りまとめることも公表した。

更に、気象庁は、発表情報について、国民が実際に利用できる形に具体的化していくと述べた。この場合、気象庁単独でなく、政府関係機関や自治体等様々な機関とも連携して進める。津波については、教育という観点も重要であるので、周知啓発にも努めるとも述べた。

## ② 一般被害状況

津波による浸水面積は、国土地理院の調査によると、宮城県が最も大きく 327km<sup>2</sup> で、次いで、福島県 112km<sup>2</sup>、岩手県 58km<sup>2</sup> 等となっており、全浸水面積は 561km<sup>2</sup> に及ぶ(国土地理院：津波による浸水範囲の面積(概略値)について(第 5 報))。家屋の被害は、

全壊、半壊、一部破壊及び浸水を合わせて約 475,000 棟である。公共建物や文教施設等の被害は約 18,000 件に上る。

ライフライン関係では、道路被害約 4,000 箇所、鉄道被害約 7,280 箇所(その内津波による被害約 1,680 箇所)、ガスの停止約 460,000 戸、電気の停電約 4,000,000 戸、電話不通 800,000 回線等である(緊急災害対策本部発表：5月30日16時、JR東日本：4月17日現在、日本ガス協会公表：3月12日現在、経済産業省発表：4月12日、緊急災害対策本部発表：3月12日12時等からピーク時被害状況を集計)。

土砂崩れ、斜面崩壊、地盤変状等の土砂災害は、岩手県、宮城県、福島県、栃木県、茨城県の広い地域で120箇所以上発生している(防災科学研究所5月19日現在)。福島県では、ダムが決壊し、数名の行方不明者が出ている。千葉県では、浦安市や幕張市等湾岸地域や九十九里平野等で、大規模な地盤の液状化が発生した(千葉県環境研究センター(第2報)、4月15日掲載)。

今回の地震による全死亡者・行方不明者は、24,769名となっている(緊急災害対策本部5月30日17時現在)。

### ③ 港湾施設周辺の防波堤及び防波堤等の被害

津波による一般港湾施設の防波堤及び防波堤や付帯設備の被害調査結果に基づき、津波による施設の洗掘<sup>4</sup>や波力の影響について示す。

防潮堤及び防波堤は、図 III-1-15 に示すように、基礎周辺地盤が津波の押し・引き波によって洗掘され、基礎が転倒しているものが多くみられた。また、防潮堤・防波堤のコンクリート覆工部分(防潮堤内部の岩や地盤を覆うコンクリート部分)は基礎下端からえぐり取られ、覆工の役割を果たしていなかった。これらの状況から、津波対策として、砂丘の堤防やコンクリート防波壁を設置する場合、津波が砂丘をいったん超えると、押し波・引き波の洗掘によって砂丘が崩壊したり、防波壁も洗掘され倒壊する可能性がある。そこで、各種の対策工に対し、技術指針が整備されるべきである。

防潮堤の付帯施設は、図 III-1-15 に示すように、津波の強い波

---

<sup>4</sup> 洗掘：津波により、海岸や海底の土砂が機械的に削り取られる現象のこと。今回の津波では、押し波と引き波により、堤防の基礎周辺の地盤が洗い削られ、基礎が支持力を失って、堤防が倒壊した。

圧によって薙ぎ倒されている。波圧の取り扱いについて、土木学会津波評価部会・津波評価技術(2002年)では、波圧算定式におけるソリトン分裂波の波圧分布特性等に関する高度化の必要性を指摘している。そこで、同部会の津波評価技術(2007年)の算定式は、水槽試験を実施し、得られたデータを用いて改良されている。同式を今回の津波による被害に適用し検証すると共に、一層の評価技術の高度化が重要である。

岩手県宮古市田老地区の防潮堤は、地元では“万里の長城”と呼ばれ、高さ10mの威容を誇っていたが、15m以上の津波により倒壊し、図III-1-16(写真左)に示すように、防潮堤内で多大の被害が発生した(朝日新聞社、3月20日記事)。これに対し、岩手県普代村太田部地区では、古の教訓に基づく村長の強い意志によって、図III-1-16(写真右)中に示す15.5mの防潮堤が設置された。この防潮堤は、今回の15mの津波を跳ね返し、防潮堤内の被害を阻止した(読売新聞社、4月3日記事)。これらの地域は、リアス式海岸地域であり、明治三陸津波(1896年)や昭和三陸津波(1933年)等15m級の津波によって古くから甚大な被害を被り、“15m程度の津波に備えよ”との教訓が伝聞されていた(読売新聞社、3月30日記事)。今回の津波では、伝聞を守った太田部地区と田老地区とで明暗が分かれた。

岩手県宮古市姉吉地区には、上記の両津波による遡上の教訓から、図III-1-17(写真左)に示すように、集落の入り口(標高60m)に「石碑：此処より下に家を建てるな」が設置されている。この教訓を遵守していたために、津波は図中(写真右)に示すように集落近くまで遡上(遡上高さ38.9m)したものの、今回の津波において一人の犠牲者も出なかった。

#### 参考文献

- [III1-1] 気象庁気象研究所, "「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の断層すべり分布の推定—近地強震波形を用いた解析—." [Online]. <http://www.mri-jma.go.jp/>
- [III1-2] 佐竹健治, 藤井雄士郎(2011), "2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の津波波源(暫定結果, Ver.4.0)." [Online]. [http://iisee.kenken.go.jp/staff/fujii/http://iisee.kenken.go.jp/staff/fujii/OffTohokuPacific2011/tsunami\\_ja.html](http://iisee.kenken.go.jp/staff/fujii/http://iisee.kenken.go.jp/staff/fujii/OffTohokuPacific2011/tsunami_ja.html)
- [III1-3] 佐竹健治, "東北地方太平洋沖地震の津波について:過去の津波

との比較も含めて," 防災科学技術研究所「緊急報告会 —東日本大震災への対応—」配布資料. [Online].

<http://www.bosai.go.jp/>

- [III1-4] 土木学会,"東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによる速報値," 2011年5月10日.

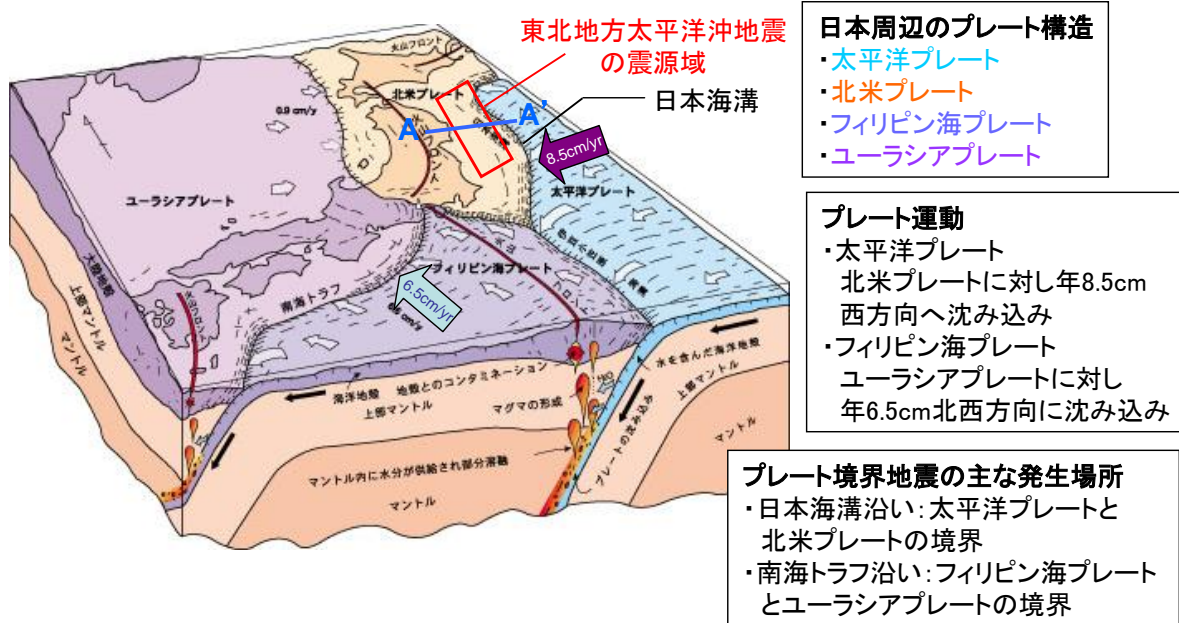
[Online]. <http://www.coastal.jp/ttjt/>

- [III1-5] 防災科学技術研究所,"東北地方太平洋沖地震について(速報)," 平成23年3月25日. [Online].

[http://www.bosai.go.jp/news/oshirase/20110323\\_01.pdf](http://www.bosai.go.jp/news/oshirase/20110323_01.pdf)

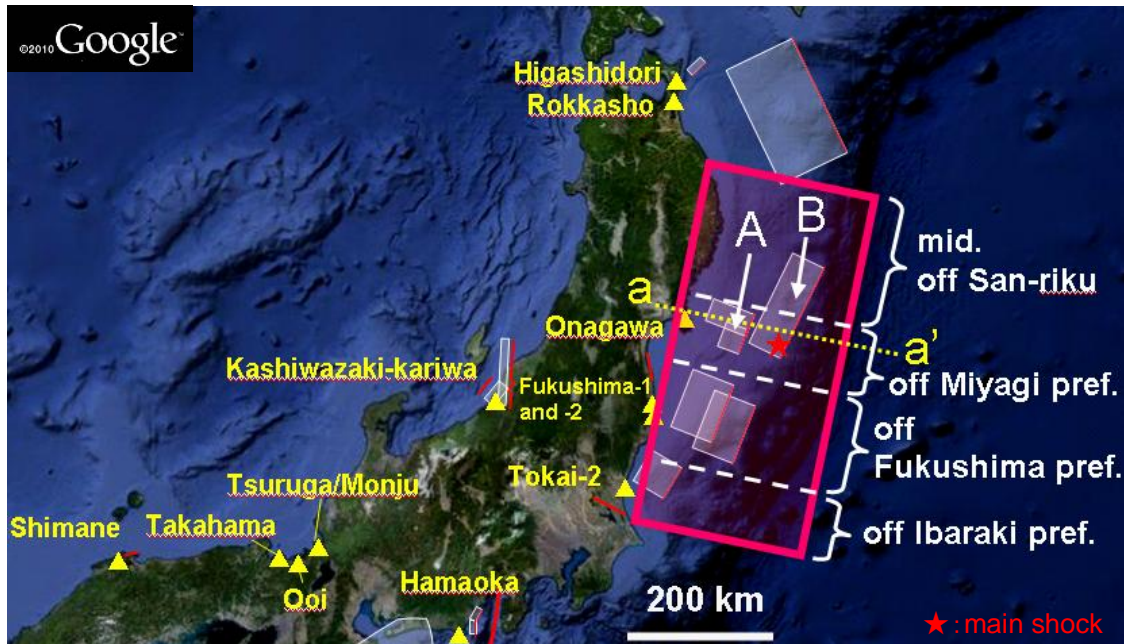
- [III1-6] 東京大学地震研究所,"2011年4月11日の福島県浜通りの地震に伴う地表地震断層について(第1報)." [Online].

[http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201103\\_tohoku/fukushimahamadoori/](http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201103_tohoku/fukushimahamadoori/)

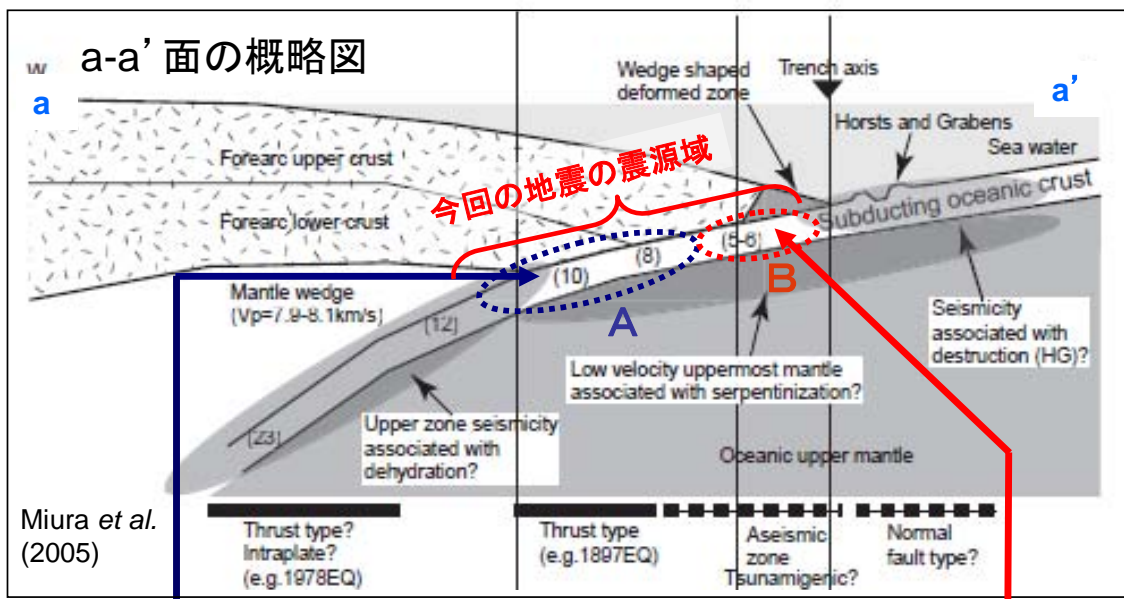


© 引用文献: (社)全国地質調査業協会連合会 HP「プレートテクトニクスからみた日本列島」に JNES が一部加筆 [Online]. <http://www.zenchiren.or.jp/tikei/index.htm>

図 III-1-1 日本列島周辺のプレート構造



© Goole マップに JNES が一部加筆



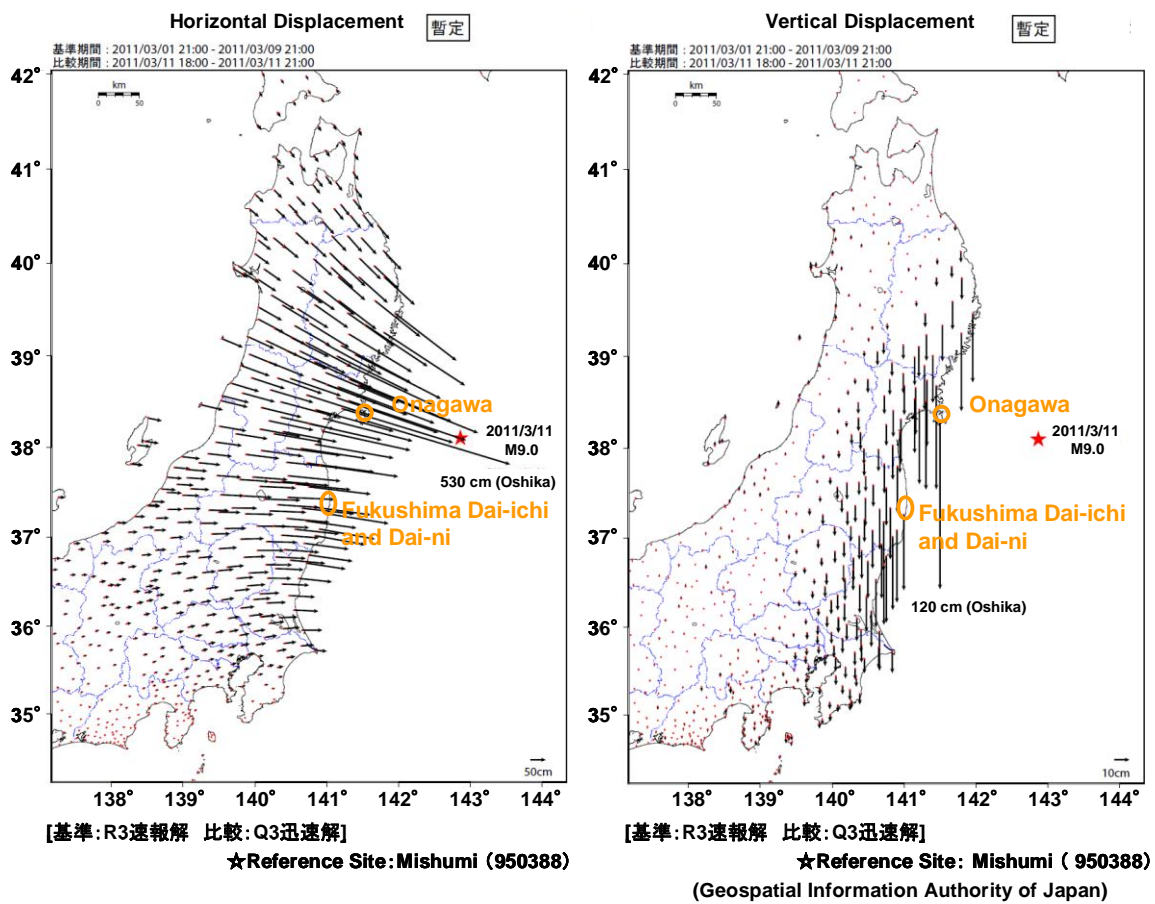
プレート境界の深部:浅部に比べ相対的にすべりが小さく、陸域に近いため強い地震動を発生させた

プレート境界の浅部:20m以上のゆっくりにした大きなすべりで、巨大津波を発生させた

© 引用文献 : Miura et al.(2005; Tectonophysics, Vol.407)に JNES が一部加筆

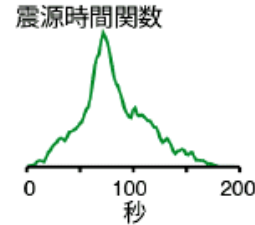
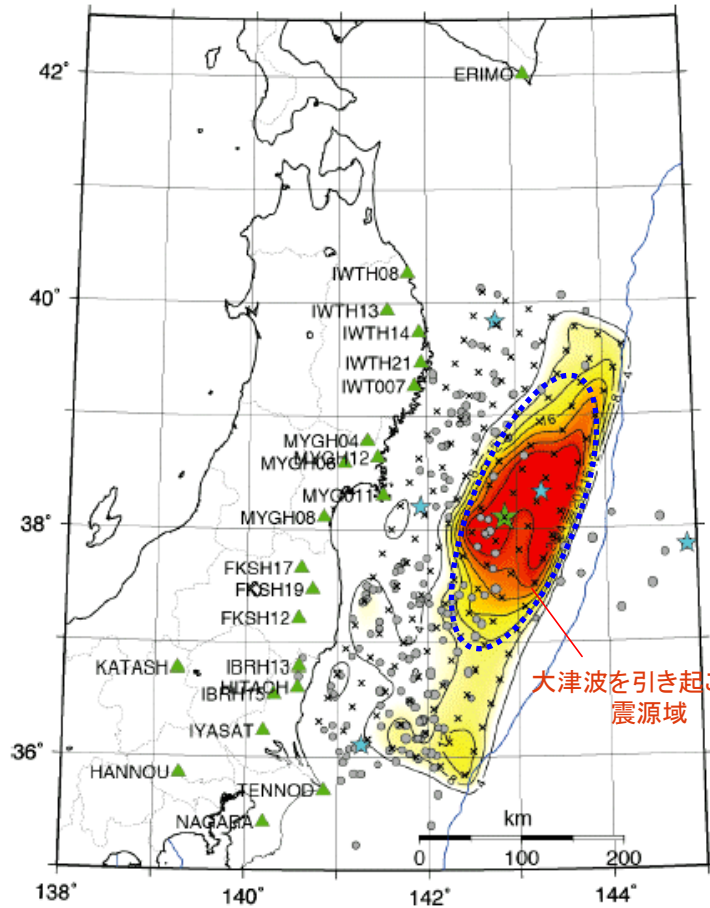
図 III-1-2 東北地方太平洋沖地震の震源域と破壊の連動





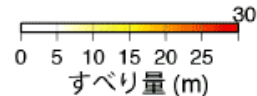
©引用文献: 国土地理院「GPS 連続観測から得られた電子基準点の地殻変動・3月11日の本震(M9.0)に伴う地殻変動」に JNES が一部加筆 [Online]. <http://www.gsi.go.jp/>

図 III-1-3 東北地方太平洋沖地震による地殻の変動  
(国土地理院 3月11日速報値)



- ★ 本震の破壊開始点
- ★ 3月9日以降のM7以上の地震の震央
- 本震発生から1日間のM5以上の地震の震央
- × 各小断層の中心点
- ▲ 解析に用いた観測点
- — JNES加筆

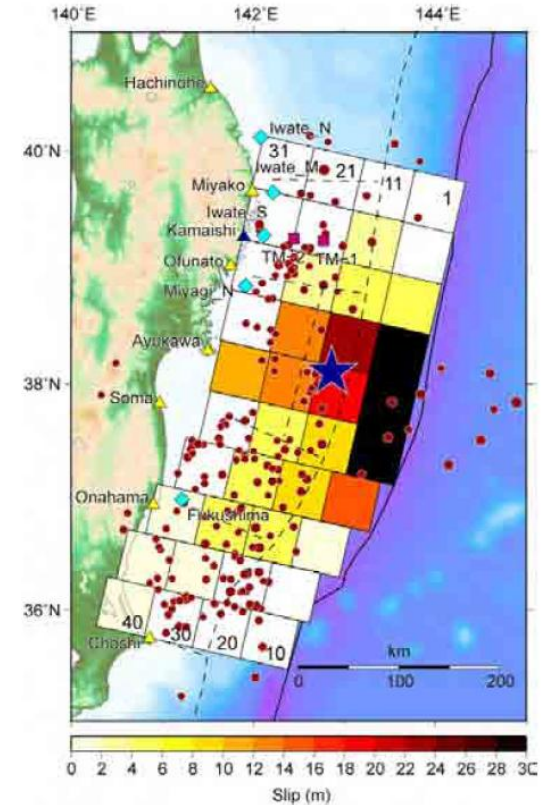
$M_0 = 3.4 \times 10^{22} \text{ Nm}$  (Mw9.0)



コンターの間隔は4m

©引用文献：気象庁気象研究所「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の断層すべり分布の推定—近地強震波形を用いた解析—にJNESが一部加筆

図 III-1-4 東北地方太平洋沖地震の震源断層の推定

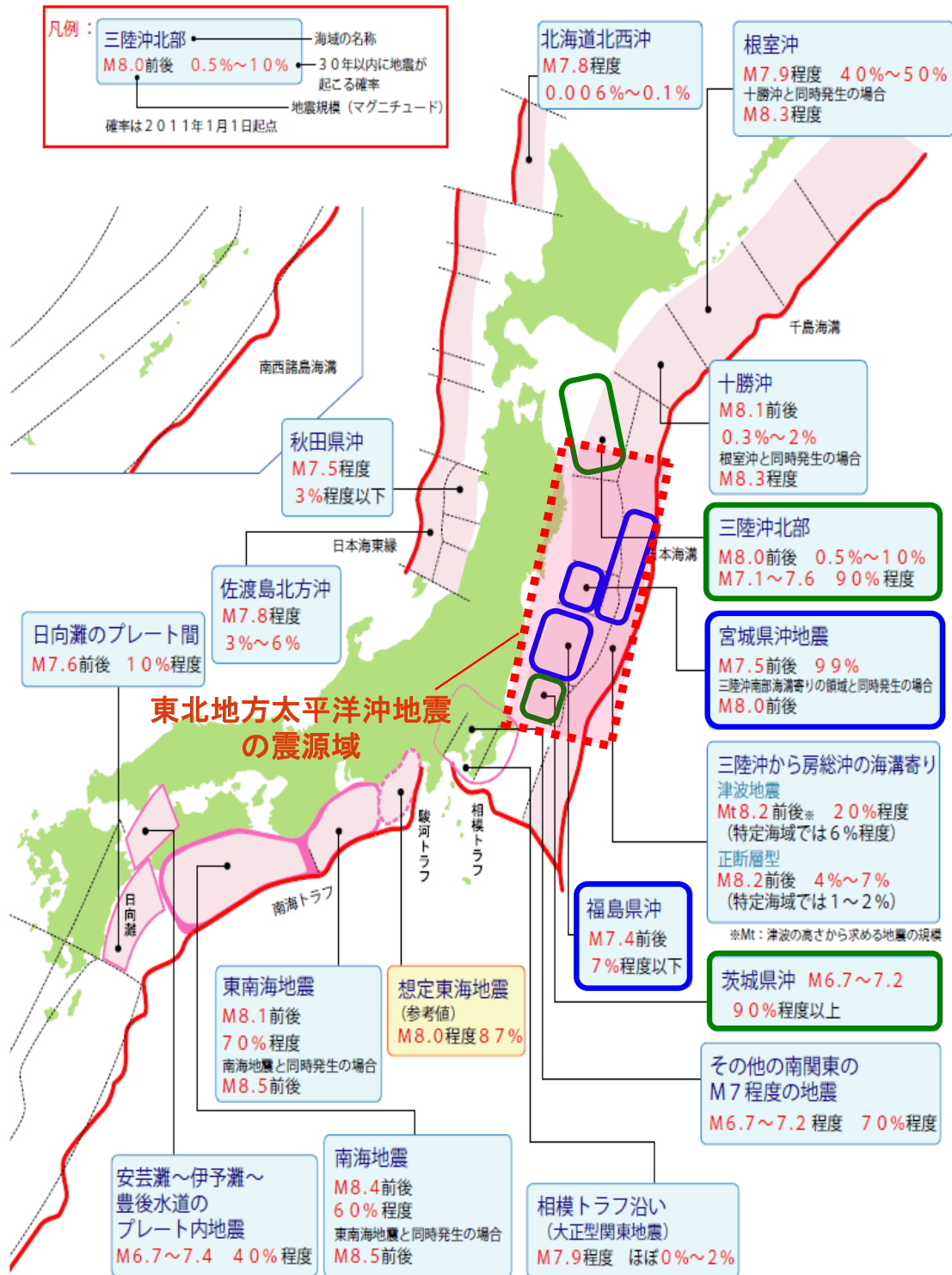


©引用文献：藤井・佐竹「津波波源モデル (Ver. 4.0)」にJNESが一部加筆[Online].  
[http://iisee.kenken.go.jp/staff/fujii/OffTohokuPacific2011/tsunami\\_ja.html](http://iisee.kenken.go.jp/staff/fujii/OffTohokuPacific2011/tsunami_ja.html)

図 III-1-5 東北地方太平洋沖地震の津波インバージョン解析結果

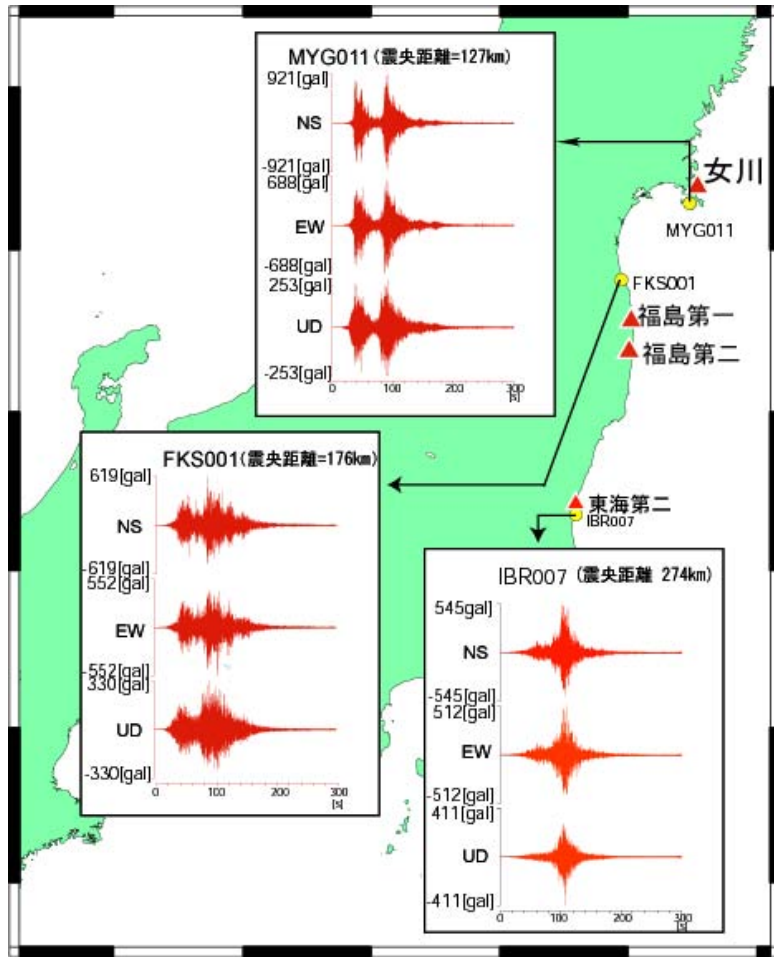


2011年1月11日現在

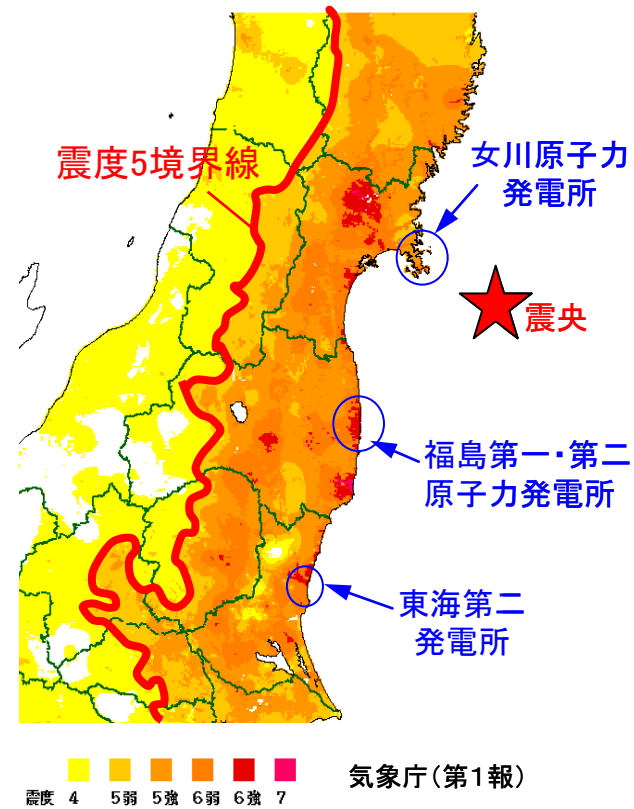


◎引用文献：地震調査研究推進本部・地震調査委員会「主な海溝型地震の評価結果」にJNESが一部加筆 [Online]. <http://www.jishin.go.jp/main/>

図 III-1-6 地震調査研究推進本部で想定していた地震と東北地方太平洋沖地震の比較



図III-1-7 原子力発電所の付近で観測された加速度波形



◎引用文献：気象庁「『平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震』について(第1報)」にJNESが一部加筆 [Online]. <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

図III-1-8 東北地方太平洋沖地震による地震動の震度分布

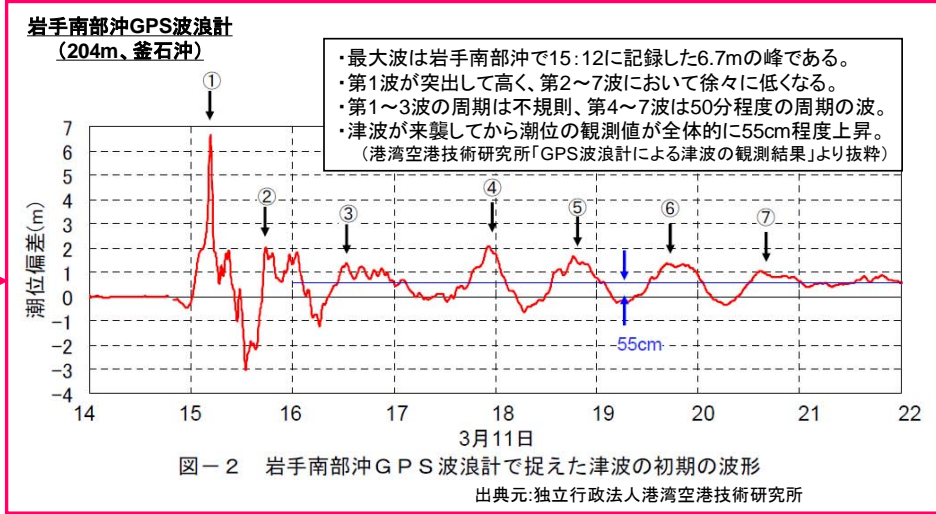
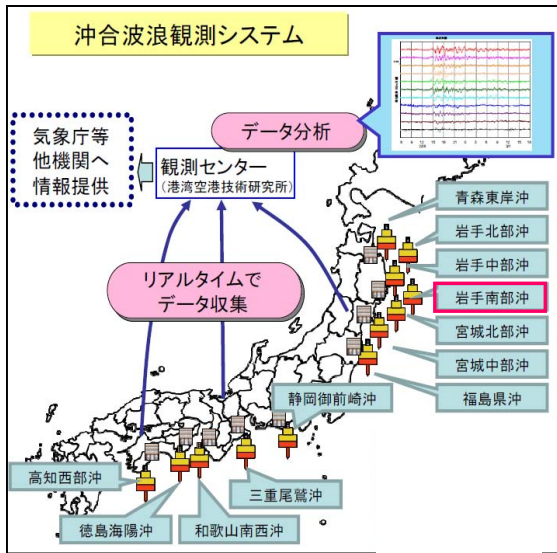
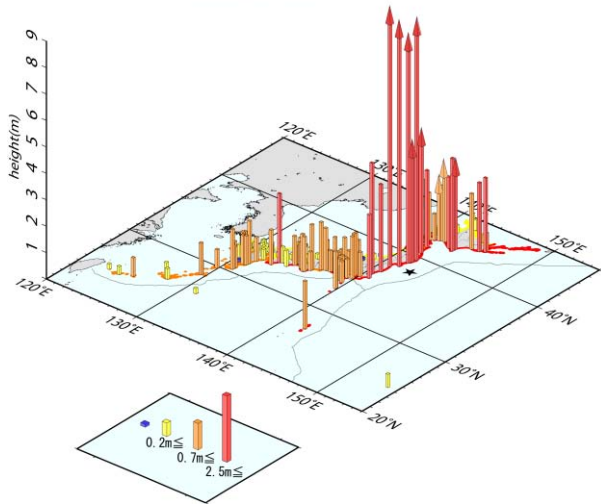


図 III-1-9 岩手県南部沖で観測された津波波形

津波観測状況



観測地点

第一波

最大波

| 観測地点   | 第一波              | 最大波              |
|--------|------------------|------------------|
| 相馬     | 11日14時55分 押し0.3m | 11日15時51分 9.3m以上 |
| 宮古     | 11日14時48分 押し0.2m | 11日15時26分 8.5m以上 |
| 大船渡    | 11日14時46分 引き0.2m | 11日15時18分 8.0m以上 |
| 石巻市鮎川  | 11日14時46分 押し0.1m | 11日15時26分 8.6m以上 |
| 大洗     | 11日15時15分 押し1.8m | 11日16時52分 4.2m   |
| 釜石     | 11日14時45分 引き0.1m | 11日15時21分 4.1m以上 |
| むつ市関根浜 | 11日15時20分 引き0.1m | 11日18時16分 2.9m   |
| 根室市花咲  | 11日15時34分 引き微弱   | 11日15時57分 2.8m   |
| 十勝港    | 11日15時26分 引き0.2m | 11日15時57分 2.8m以上 |
| 浦河     | 11日15時19分 引き0.2m | 11日16時42分 2.7m   |

図 III-1-10 津波の観測状況 (中央防災会議東北地方太平洋沖地震を教訓とする専門調査会議第1回資料より)

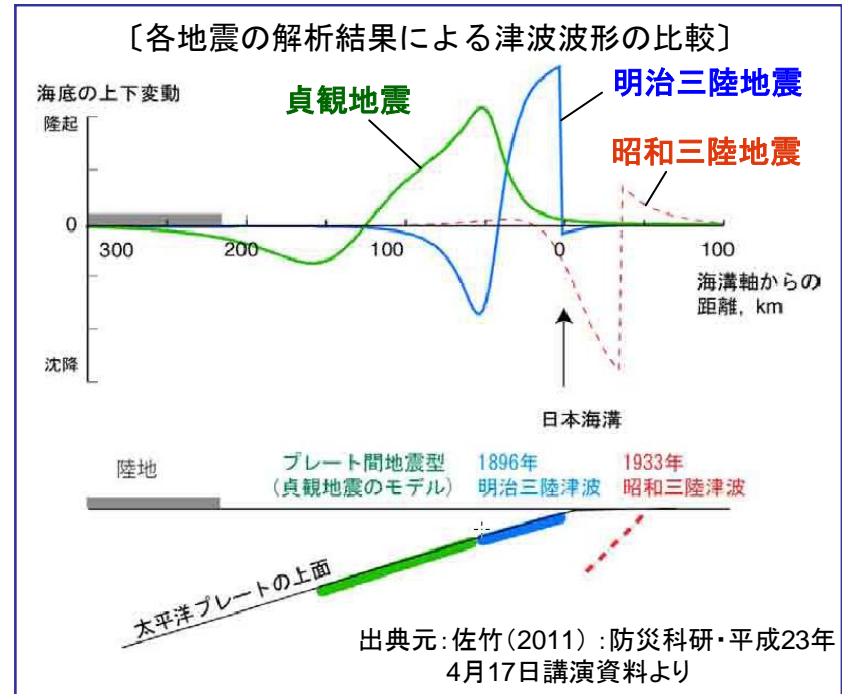
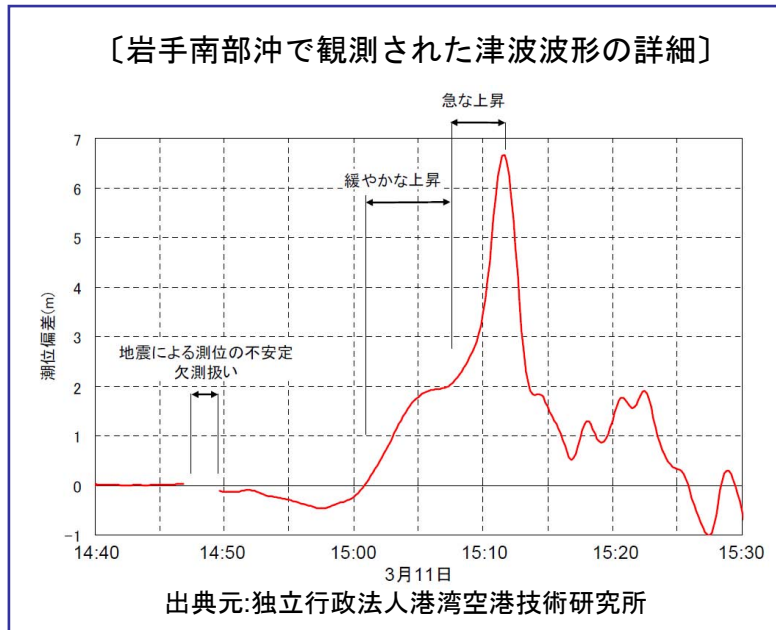
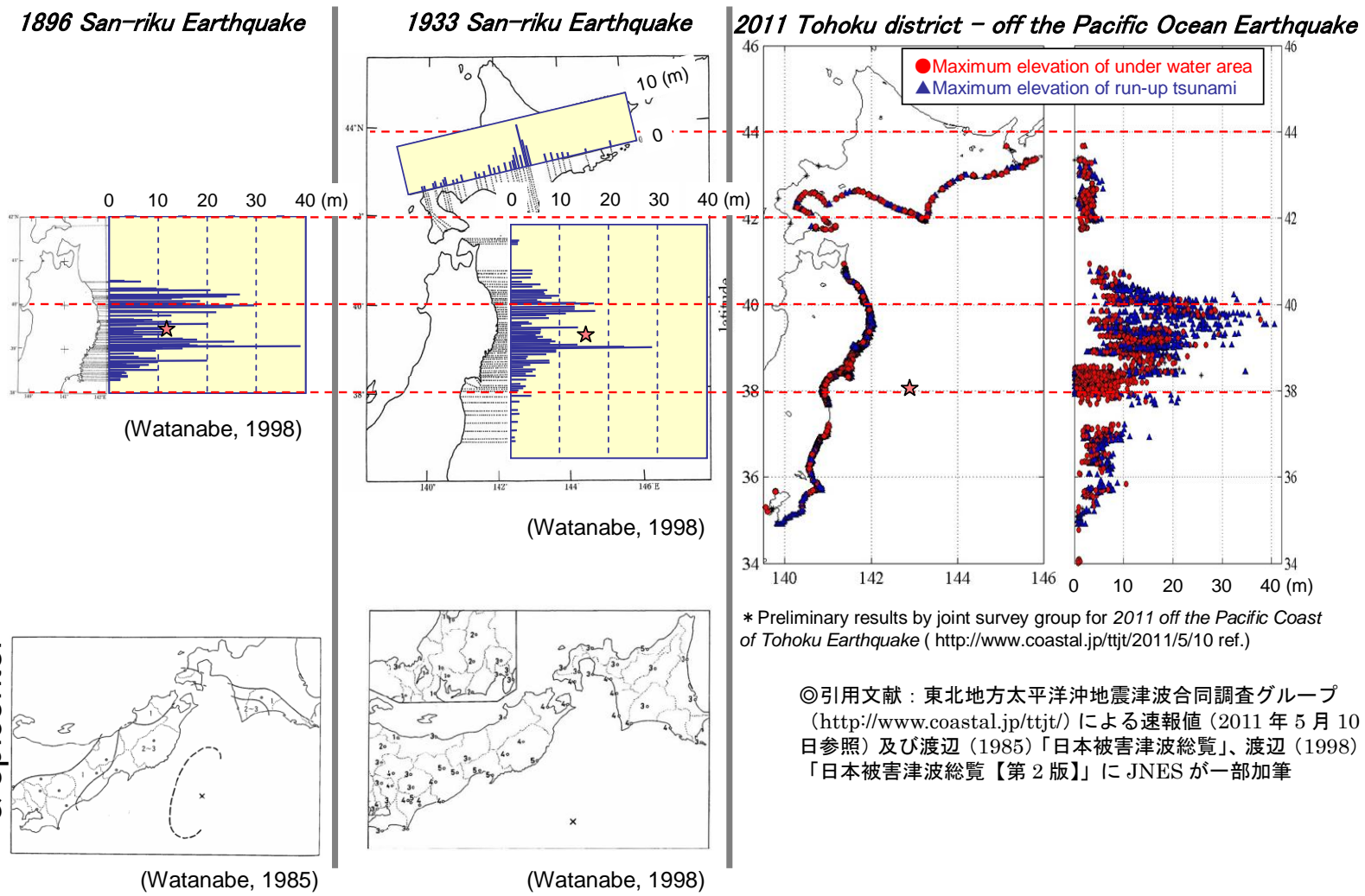


図 III-1-11 東北地方太平洋沖地震で観測された津波波形の特徴

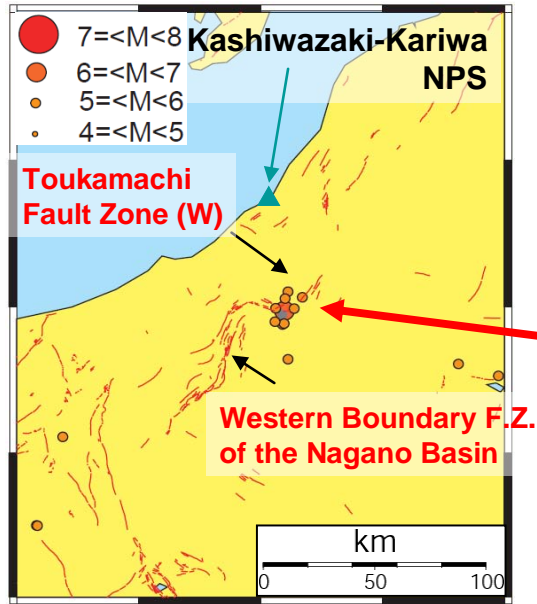
Observed tsunami height  
Seismic intensity (JMA)  
& epicenter



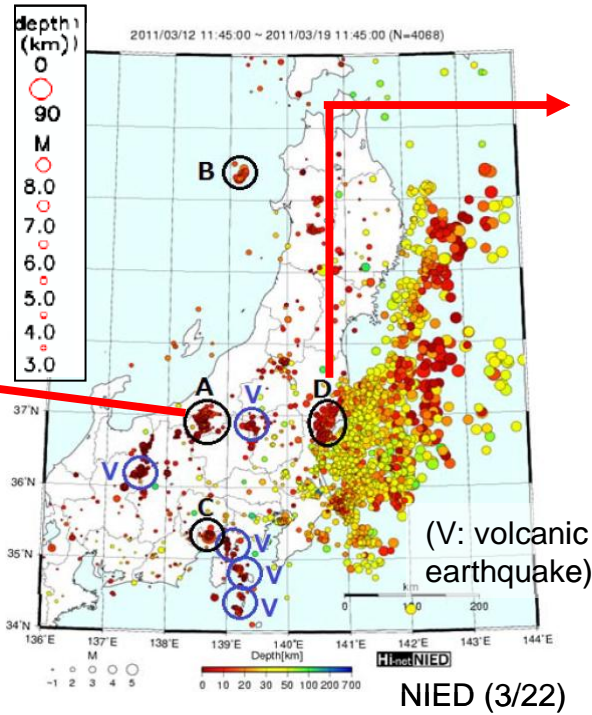
図III-1-12 東北地方太平洋沖地震による津波と過去の地震の各地の遡上高さの比較



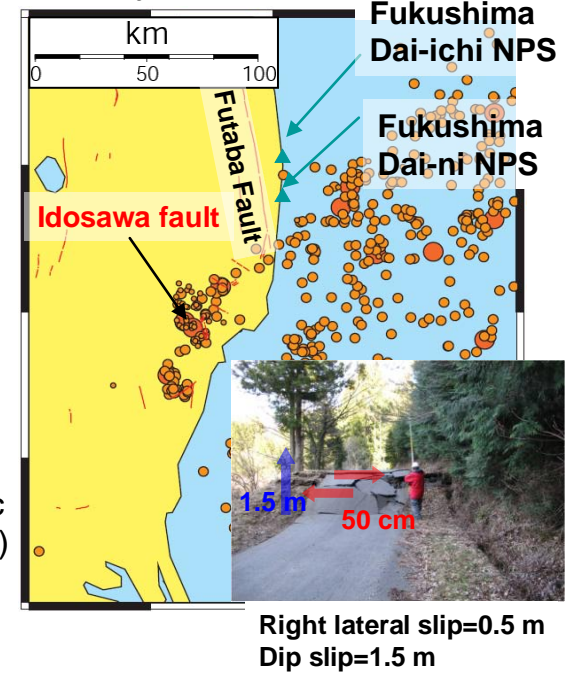
Earthquake near the border between Nagano and Niigata Pref.  
(M<sub>J</sub>6.7, Mar. 12, 2011)



Induced earthquakes



Earthquake in Hamadori,  
Fukushima Pref.  
(M<sub>J</sub>7.1, Apr. 11, 2011)

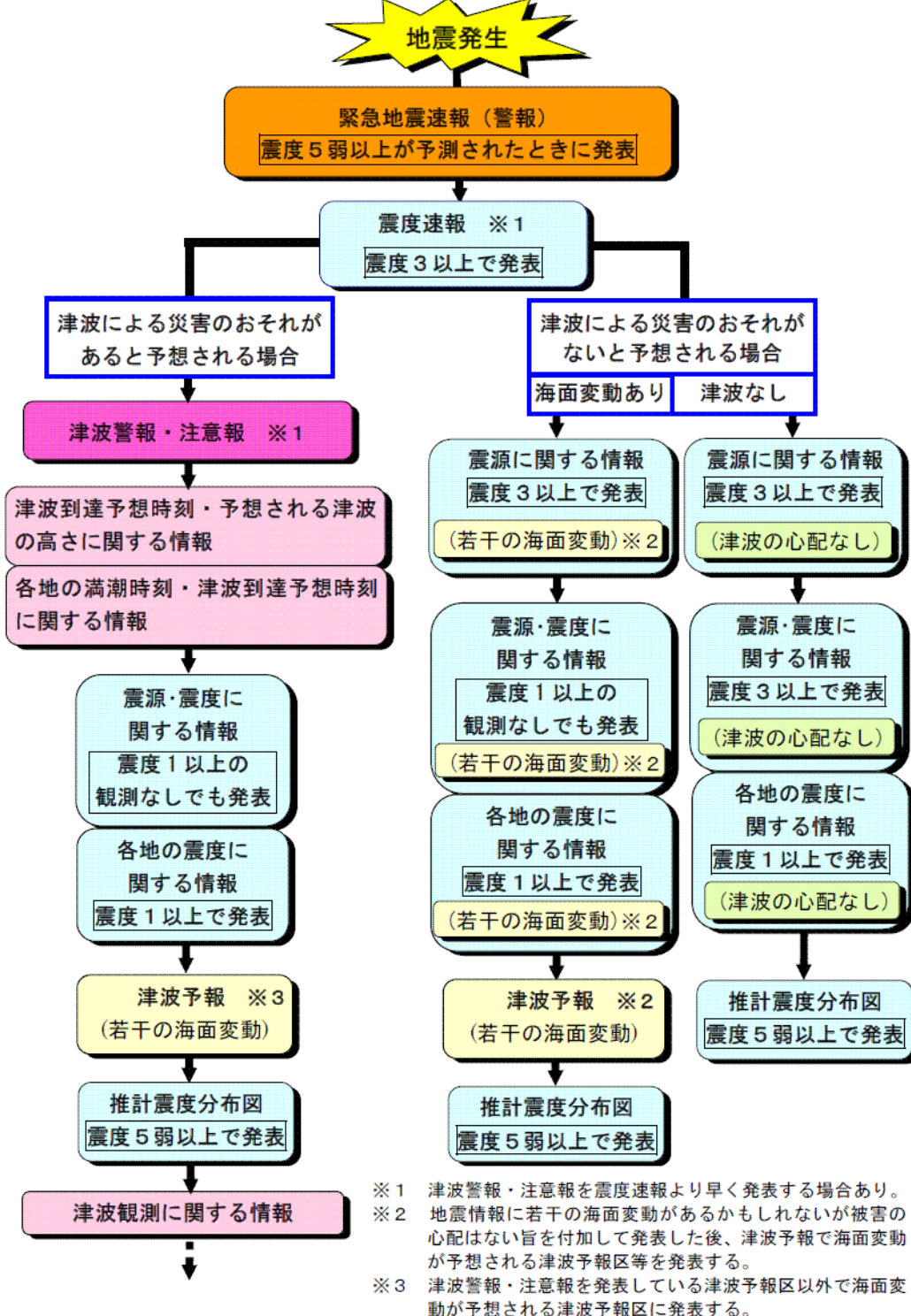


III-20

©引用文献:防災科学技術研究所「東北地方太平洋沖地震  
について(速報)」に JNES が一部加筆

図 III-1-13 東北地方太平洋沖地震後に発生した主な誘発地震

# 地震及び津波に関する情報



◎引用文献: 気象庁「津波警報・注意報、津波情報、津波予報について」  
 ([http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/index\\_tsunamiinfo.html](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/index_tsunamiinfo.html))

図 III-1-14 気象庁の地震及び津波の情報発信の手順

表 III-1-1 気象庁の津波警報・注意報及び津波の情報発信の内容

津波警報・注意報の種類

| 種 類   |     | 解 説                                   | 発表される津波の高さ        |
|-------|-----|---------------------------------------|-------------------|
| 津波警報  | 大津波 | 高いところで3m程度以上の津波が予想されますので、厳重に警戒してください。 | 3m、4m、6m、8m、10m以上 |
|       | 津波  | 高いところで2m程度の津波が予想されますので、警戒してください。      | 1m、2m             |
| 津波注意報 |     | 高いところで0.5m程度の津波が予想されますので、注意してください。    | 0.5m              |

※日本近海で発生し、緊急地震速報の技術によって精度の良い震源位置やマグニチュードが迅速に求められる地震

津波情報の種類

| 種 類                       | 内 容                                |
|---------------------------|------------------------------------|
| 津波到達予想時刻・予想される津波の高さに関する情報 | 各津波予報区の津波の到達予想時刻や予想される津波の高さを発表します。 |
| 各地の満潮時刻・津波の到達予想時刻に関する情報   | 主な地点の満潮時刻・津波の到達予想時刻を発表します。         |
| 津波観測に関する情報                | 実際に津波を観測した場合に、その時刻や高さを発表します。       |

◎引用文献:気象庁「津波警報・注意報、津波情報、津波予報について」  
([http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/index\\_tsunamiinfo.html](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/index_tsunamiinfo.html))



表 III-1-2 津波の到達時刻と高さ (気象庁の予測及び観測結果の比較)

| 都道府県             | 津波警報の発表時刻と津波の予想到達時刻及び高さ |      |                          |        |                          |        | 津波第一波及び最大波の確認到達時刻及び高さ             |                               |                                   |                               |
|------------------|-------------------------|------|--------------------------|--------|--------------------------|--------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
|                  | 14:49 発表<br>(地震発生 3 分後) |      | 15:14 発表<br>(地震発生 28 分後) |        | 15:30 発表<br>(地震発生 44 分後) |        | 第一波                               |                               | 最大波                               |                               |
|                  | 予想時刻                    | 予想高さ | 予想時刻                     | 予想高さ   | 予想時刻                     | 予想高さ   | 確認時刻                              | 確認高さ                          | 確認時刻                              | 確認高さ                          |
| 青森県<br>(太平洋沿岸)   | 15:30                   | 1m   | 津波到達を<br>確認              | 3m     | 津波到達を<br>確認              | 8m     | 八戸 15:22                          | 引き 0.8m                       | 八戸 16:57                          | 4.2m 以上                       |
| 岩手県              | 既に到達と<br>推測             | 3m   | 津波到達を<br>確認              | 6m     | 津波到達を<br>確認              | 10m 以上 | 釜石 14:45<br>宮古 14:48<br>大船渡 14:46 | 引き 0.1m<br>押し 0.2m<br>引き 0.2m | 釜石 15:21<br>宮古 15:26<br>大船渡 15:18 | 4.1m 以上<br>8.5m 以上<br>8.0m 以上 |
| 宮城県              | 15:00                   | 6m   | 津波到達を<br>確認              | 10m 以上 | 津波到達を<br>確認              | 10m 以上 | 鮎川 14:46                          | 押し 0.1m                       | 鮎川 15:26                          | 8.6m 以上                       |
| 福島県              | 15:10                   | 3m   | 津波到達を<br>確認              | 6m     | 津波到達を<br>確認              | 10m 以上 | 相馬 14:55                          | 押し 0.3m                       | 相馬 15:51                          | 9.3m 以上                       |
| 茨城県              | 15:30                   | 2m   | 15:30                    | 4m     | 既に津波到達<br>と推測            | 10m 以上 | 大洗 15:15                          | 押し 1.8m                       | 大洗 16:52                          | 4.2m                          |
| 千葉県<br>(九十九里・外房) | 15:20                   | 2m   | 15:20                    | 3m     | 津波到達を<br>確認              | 10m 以上 | 銚子 15:13                          | 押し 0.5m                       | 銚子 17:22                          | 2.4m                          |

◎引用文献：気象庁「津波情報：津波到達予想時刻と予想される津波の高さに関する情報（平成 23 年 3 月 11 日 14 時 50 分発表）」  
 [Online]. [http://www.jma.go.jp/jp/tsunami/info\\_04\\_20110311145026.html](http://www.jma.go.jp/jp/tsunami/info_04_20110311145026.html)  
 気象庁「津波情報：津波到達予想時刻と予想される津波の高さに関する情報（平成 23 年 3 月 11 日 15 時 14 分発表）」  
 [Online]. [http://www.jma.go.jp/jp/tsunami/info\\_04\\_20110311151439.html](http://www.jma.go.jp/jp/tsunami/info_04_20110311151439.html)  
 気象庁「津波情報：津波到達予想時刻と予想される津波の高さに関する情報（平成 23 年 3 月 11 日 15 時 31 分発表）」  
 [Online]. [http://www.jma.go.jp/jp/tsunami/info\\_04\\_20110311153109.html](http://www.jma.go.jp/jp/tsunami/info_04_20110311153109.html)  
 気象庁「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」について（第 14 報）」  
 [Online]. <http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/13a/kaisetsu201103130900.pdf>  
 気象庁「「宮古」、「大船渡」の津波観測点の観測値について」  
 [Online]. <http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/23b/stn03231400.pdf>  
 気象庁「「石巻市鮎川」の津波観測点の観測値について」  
 [Online]. <http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/29c/201103291900.pdf>  
 気象庁「「相馬」の津波観測点の観測値について」  
 [Online]. <http://www.jma.go.jp/jma/press/1104/13a/201104131600.pdf>  
 気象庁「「八戸」の津波観測点の観測値について」  
 [Online]. <http://www.jma.go.jp/jma/press/1105/27b/kaisetsu201105271730.pdf>  
 気象庁「「石巻市鮎川」の津波観測点の観測値について（続報）」  
 [Online]. [http://www.jma.go.jp/jma/press/1106/03b/tsunami\\_ayukawa2.pdf](http://www.jma.go.jp/jma/press/1106/03b/tsunami_ayukawa2.pdf)

\*注) 表中の気象庁による津波警報の発表時刻と引用文献の発表時刻に若干のずれがある。

表 III-1-3 各自治体の防災無線による津波に係わる情報の放送状況

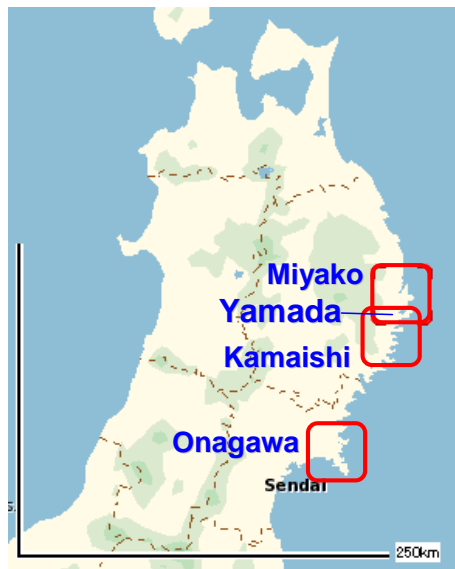
■岩手県における防災行政無線の放送状況

(朝日新聞4月20日オンライン記事より引用)

|       | 防災行政無線の放送状況   | 実際の津波                     | 避難状況   |
|-------|---|---------------------------|--|
| 山田町   | 「3メートル以上」と放送した。その後、予想される津波の高さが6メートルに切り替わったことをテレビで確認し、放送の準備をした。しかし、消防署庁舎から津波が見えて、全員が屋上に避難し、放送できなかった。   | ・記事に記載なし                  | 「3メートル程度の津波と思い込み、自宅の2階に避難した人が大勢いる。堤防を越える津波を見て慌てて逃げた」と話す。   |
| 釜石市   | 14時50分に気象庁が発表した予想に基づき、「高いところで3メートル程度の津波が予想されます。海岸付近の方は直ちに近くの高台か避難場所に避難するよう指示します。」と市内96カ所のスピーカーで放送した。気象庁は津波予想を、15時14分に6メートルと切り替え、同31分に10メートル以上とした。しかし、市は停電で気象庁情報を伝えるメールを県から受け取ることができなくなっていた。この間、避難を指示する放送を6回繰り返した。 | 釜石港には約9メートルの津波が押し寄せたとされる。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・市民の中には「津波は3メートル」と思い込み、2階へ避難すれば大丈夫と判断した人が多かった。</li> <li>・2階建ての同市鶉住居（うのすまい）地区の防災センターには周辺住民150～200人が駆け込んだが、2階まで被災し、生存者は約30人だった。</li> <li>・避難した市民は「もっと高い津波と知っていたら山に逃げた」と話す。漁師は、立派な防潮堤があるので、3メートルの津波なら避難しなくていいだろうと思ったという。</li> <li>・同市の死亡・行方不明者は1300人を超えた。</li> </ul> |
| 大船渡市  | 当初から津波の高さを言わず、大津波警報の発令と高台への避難のみを呼びかけた。  | 大船渡港を襲った津波は約9.5メートルとされる。  | ・同市の死亡・行方不明者は約500人。  |
| 陸前高田市 | 資料がすべて流されてしまったため、どんな放送をしたか分かっていない。  | ・記事に記載なし                  | ・記事に記載なし   |

■宮城県における防災行政無線の放送状況

|      | 防災行政無線の放送状況   | 実際の津波           | 避難状況   |
|------|---|-----------------|--|
| 南三陸町 | 気象庁は当初から6メートルの大津波警報が出ており、南三陸町では、地震直後から「6メートルの津波が来ます」と防災無線で呼びかけた。  | ・津波は15メートルを超えた。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・無線を聞いて高台に避難した町民も多かった。</li> <li>・3階建ての防災対策庁舎が水にのまれて、多くの町職員が犠牲になった。</li> </ul> |
| 気仙沼市 | 気仙沼市の対策本部によると、当日は、気象庁の大津波警報が出た時点で防災無線を使って避難を呼びかけた。具体的な津波の高さを明示して注意を促したかどうかは記録が残っていないが、「とにかく高台に避難を、と徹底的に呼びかけた」という。 | ・記事に記載なし        | ・記事に記載なし   |



〔津波の洗掘による防潮堤の倒壊〕

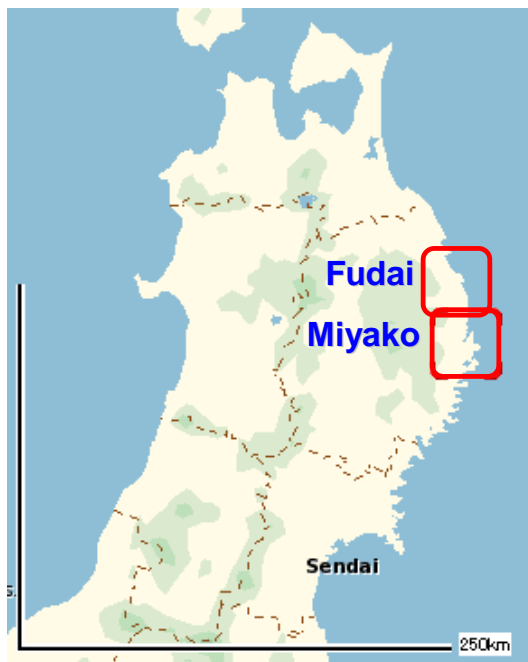


〔押し波の波圧による施設の薙ぎ倒し〕



図III-1-15 津波による防潮堤及び施設の被害状況





〔田老地区の10m防潮堤の倒壊〕



〔太田部地区の15.5m防潮堤の健全性〕



図III-1-16 岩手県宮古市田老地区及び普代村太田部地区における津波に対する防潮堤の堅牢の違いによる被害の明暗

〔 姉吉地区入り口の石碑(標高60m)  
(集落から海岸方向へ写す) 〕



〔 姉吉集落近くまで到達した津波遡上  
(海岸から集落方向へ写す) 〕



図III-1-17 岩手県宮古市姉吉地区の石碑と津波遡上の状況

## 2. 福島原子力発電所を襲った地震と津波による被害

### (1) 福島第一原子力発電所で観測された地震動及び津波高

#### ① 地震動関連

##### a 地震動観測システム及び観測記録

福島第一原子力発電所の地震動観測システムは、図 III-2-1 に示すように、原子炉建屋の地下 1 階及び地上 2 階に設置した地震計及び敷地内の南と北の 2 箇所<sup>5</sup>の地下鉛直アレー観測用地震計(それぞれ 5 か所)と観測記録装置から構成される。地震計は、水平 2 成分、上下成分の加速度時刻歴波形を観測する。

福島第一原子力発電所では、地震計が 53 箇所設置されている。地震動はこれらのうち 29 箇所<sup>5</sup>で記録された。しかし、東京電力の調査によれば、7 箇所の地震計の加速度時刻歴波形の記録が、130～150 秒程度で中断していた。東京電力の調査で、原因は、記録装置のソフトウェアの不具合であることがわかった。

原子炉建屋基礎版上の水平方向(東西・南北)及び上下方向の計 3 成分の観測地震動の最大加速度の一覧を表 III-2-1 に示す。水平方向での最大加速度は、2 号機の 550Gal(東西方向)、上下方向は 2 号機の 302Gal であった。

##### b 基準地震動 $S_s$ と観測地震動との関係

基準地震動  $S_s$  ( $S_{s1}$ ～ $S_{s3}$ ) は、耐震バックチェックにおいて、福島県沖のプレート境界地震、敷地下方のスラブ内地震<sup>5</sup>、敷地周辺の活断層及び震源を特定せず策定する地震を対象として、これらによる地震動を包絡するように策定されている。

建屋内地下 1 階基礎版の地震計設置位置での基準地震動  $S_s$  に対する最大応答加速度を表 III-2-1 に示す。表から、観測最大加速度の多くは基準地震動  $S_s$  に対する最大応答加速度より小さい。しかし、2 号機、3 号機及び 5 号機の東西方向の観測最大加速度は、基準地震動  $S_s$  に対する最大応答加速度より大きい。図 III-2-2(a)に、2 号機の東西方向の加速度時刻歴波形を示す。

2 号機、3 号機及び 5 号機の原子炉建屋基礎版上の観測記録の応答スペクトルと基準地震動  $S_s$  を原子炉建屋基礎版に入力

<sup>5</sup> スラブ内地震：深く沈み込んだ海洋性プレートの内部が破断を生じるようなタイプの地震のこと。

した場合の建屋基礎版の応答スペクトルとの比較図を図 III-2-2(b)に示す。同図から、2号機、3号機及び5号機の観測記録の応答スペクトルは、0.2秒から0.3秒程度までの周期において、 $S_s$ に対する建屋基礎版上の応答スペクトルを超過している。

#### c 確率論的地震ハザード評価と基準地震動 $S_s$ の超過確率

耐震設計審査指針は2006年に改定された。新耐震指針では、基準地震動  $S_s$  を超える地震動の可能性が否定できないとの観点から「残余のリスク」の存在を認知し、基準地震動  $S_s$  の超過確率を参照することとした。保安院は、新耐震指針を踏まえて、事業者には耐震バックチェック(基準地震動  $S_s$  の妥当性及び施設の安全性評価)の実施を指示した。事業者は、耐震バックチェックの一環として、基準地震動  $S_s$  の超過確率を日本原子力学会地震 PSA 実施基準[III2-1]の地震ハザード評価手順に基づき評価し、保安院へ報告している。

福島第一原子力発電所の超過確率別応答スペクトル地震ハザードを図 III-2-3に示す。図中には、 $S_s$ -1H 及び  $S_s$ -2H の応答スペクトルも示している。図から、基準地震動  $S_s$  の超過確率は、 $10^{-4}$ ~ $10^{-6}$ /年の範囲にある。

## ② 津波関連

### a 潮位観測システム及び観測記録

潮位観測システムは、潮位計及び観測記録装置からなる。潮位計は、港内静穏域、潮位観測記録装置はデータ中継装置建屋に設置されている。東京電力の記者会見(4月9日)によると、津波の最初の大きな波は、15時27分頃(地震発生41分後)に到達し、水位は約4mであった。次に大きな波は、15時35分に到達した波であり、潮位計が損傷したため水位は不明である。潮位計の測定範囲は7.5mである。

福島第一原子力発電所の敷地高さは1~4号機が10m、5号機及び6号機は13mである。これらの敷地には、津波が敷地前面海域から襲来し、主要建屋設置敷地のほぼ全域が冠水した。東京電力は、浸水時の痕跡調査結果に基づき浸水高を報告している。報告結果を図 III-2-4中に示す。1~4号機の原子炉建屋、タービン建屋等の海側の敷地の浸水高は、図中 H~K 地点にお

いて、O.P.約+14～15 m(O.P.:小名浜港工事基準面)である。今回の地震による津波水位について、専門家は、東京電力より公開された津波の防波堤(10m)の越流状況の写真(図 III-2-5 参照)に基づき、10m 以上と推定している。

今回の地震では、宮城県から福島県の沿岸域の平均的な沈降は約 0.8m となっているが、津波の襲来時には地盤の沈降により、敷地高さが変化することもあることを考慮する必要がある。

#### b 設計津波水位と観測津波水位との関係

設置許可申請書では、図 III-2-6 に示すようにチリ地震(M9.5、1960 年)を対象波源とし、設計津波水位を 3.1m としている。2002 年に、東京電力は、土木学会原子力土木委員会津波評価部会の「原子力発電所の津波評価技術(2002 年)」(以下、津波評価技術という。)[III2-2]に基づき、図 III-2-6 中に示す福島県沖地震(M7.9、1938 年)を自主的に M8.0 として設計津波水位を評価し、各号機の水位を 5.4m から 5.7m とした。この評価結果に基づき、6 号機非常用ディーゼル発電機の海水系ポンプの電動機部分の据付け高さを 20cm、同じく高圧炉心スプレー用の海水ポンプの電動機部分の据付け高さを 22cm かさ上げした。

上記の土木学会の津波評価技術は、IAEA の津波技術基準 DS417[III2-3]にも反映されている。しかしながら、この評価法は、津波の再来周期を特定していない。

地震関連の審査のために開催された第 32 回耐震・構造設計小委員会地震・津波、地質・地盤合同ワーキンググループ(2009 年 6 月 24 日)において、869 年貞観地震による津波について、産業技術総合研究所や東北大学の調査報告が出ているが、この津波の原因となった地震について触れられていないとの指摘があった。これに対して原子力安全・保安院は、第 33 回合同ワーキンググループ(2009 年 7 月 13 日)において、貞観地震による津波について新たな知見が得られた場合、設計用津波水位の評価に貞観地震を考慮するよう事業者に求めた。

#### c 確率論的津波ハザード評価と設計津波水位の超過確率

土木学会津波評価部会は、確率論的津波ハザード解析手法について検討を進めている。検討の一環として、津波ハザード評価手法や津波の超過確率の試評価結果(図 III-2-7)が既に発表

されているが[III2-4～III2-6]、完成には至っていない。その他の津波ハザードの試評価も発表されている[III2-7]。

### ③ 被害関係

#### a 外部電源関係

福島第一原子力発電所の外部電源の送電網とその被害状況を、図 III-2-8(a)及び図 III-2-8(b)に示す。同図に示すように、新福島変電所からの大熊線 1L 及び 2L(275kV)が 1、2 号機用の開閉所を經由して、1 号及び 2 号機の常用高圧配電盤に、さらに、東北電力からの東電原子力線(66kV)が 1、2 号機用の開閉所を經由して 1 号機常用高圧配電盤に接続されていた。3、4 号機は同様に大熊線 3L 及び 4L(275kV)が 3、4 号機用の開閉所を經由して、3、4 号機の常用高圧配電盤に接続されていた。5、6 号機も同様に夜の森線 1L 及び 2L(66kV)が 5、6 号機常用高圧配電盤に接続されていた。

また、1 号常用高圧配電盤、2 号常用高圧配電盤及び 3、4 号機常用高圧配電盤は相互に接続されており、電力融通が可能な状態であった。地震当日の送電状況は、3、4 号開閉所内の大熊線 3L 用開閉施設が工事中だったため、結果として福島第一原子力発電所には合計 6 回線の外部電源が接続されていた。新福島変電所は、敷地から約 8km の位置にあり、今回の地震による震度は 6 強と予想されている。

地震により、1、2 号機の開閉所の遮断器が損傷し、東北電力からの東電原子力線についても、原因は推定できないが、ケーブルが損傷した。3、4 号機は、工事中的の大熊線 3L に加え、新福島変電所側の 3L 及び 4L の遮断器等が損傷した。また、5、6 号機は、開閉所に接続する送電鉄塔 1 本(#27 鉄塔)が倒壊した。結果として 1 号機から 6 号機までの全ての外部電源が失われた。

#### b 海水系ポンプ及び非常用電源系

福島第一原子力発電所の補機冷却用海水ポンプ施設(高さ 5.6～6m)は、図 III-2-4 に示すように、津波によって全号機が冠水した。津波の波力によって損傷したかは確認中である。また、原子炉建屋やタービン建屋の地下階(高さ 0m～5.8m)に設置されている非常用ディーゼル発電機及び配電盤が、6 号機を除き冠水し、非常用電源の供給が失われた。6 号機については、3



台ある非常用ディーゼル発電機のうち 2 台は、原子炉建屋の地下 1 階に設置されていて冠水したが、1 台は、ディーゼル発電機建屋 1 階に設置されていたので冠水せず、非常用電源の供給が可能であった。

## (2) 福島第二原子力発電所で観測された地震動及び津波

### ① 地震動関連

#### a 地震動観測システム及び観測記録と観測地震動

福島第二原子力発電所の地震動観測システムは、基本的に前述の 2.(1) 福島第一原子力発電所と同様である。福島第二原子力発電所には、地震計は 43 箇所設置されている。これら全地震計で本震による地震動の加速度時刻歴データが収録された。しかし、福島第一原子力発電所と同様に、記録装置のソフトウェアの不具合が原因で、11 箇所の地震計の記録が 130～150 秒程度で中断している。

原子炉建屋基礎版上の水平方向 2 成分(東西・南北)及び上下方向の計 3 成分の観測記録の最大加速度の一覧を表 III-2-2 に示す。水平方向の最大加速度は 3 号機の 277Gal(南北方向)、上下方向は 1 号機の 305Gal であった。

#### b 基準地震動 $S_s$ と観測地震動との関係

基準地震動  $S_s$  ( $S_{s1}$ ～ $S_{s3}$ ) は、耐震バックチェックにおいて、福島沖のプレート境界地震、敷地下方のスラブ内地震、敷地周辺の活断層及び震源を特定せず策定する地震を対象としており、これらによる地震動を包絡するように策定されている。原子炉建屋内地下 1 階基礎版での基準地震動  $S_s$  に対する最大応答加速度を表 III-2-2 中に示す。表から、全号機の観測記録の最大加速度は  $S_s$  に対する最大応答加速度より小さい。

水平方向の加速度が最も大きかった 3 号機の建屋基礎版上の観測地震動の応答スペクトル及び時刻歴波形を図 III-2-9 に示す。同図には、基準地震動  $S_s$  を原子炉建屋に入力した場合の建屋基礎版の応答スペクトルを併せて示す。この図から、観測記録による応答スペクトルは、基準地震動  $S_s$  に対する建屋基礎版上の応答スペクトルを下回っていることがわかる。

#### c 確率論的地震ハザード評価と基準地震動 $S_s$ の超過確率

福島第二原子力発電所の超過確率別速度応答スペクトル地震ハザードを図 III-2-10 に示す。図中には、S<sub>s</sub>-1H 及び S<sub>s</sub>-2H の応答スペクトルも示している。同図から、基準地震動 S<sub>s</sub> の超過確率は、10<sup>-4</sup>～10<sup>-6</sup>/年の範囲にあるとわかる。

## ② 津波関連

### a 潮位観測システム及び観測記録

福島第二原子力発電所の潮位観測システムは、基本的に前述の 2.(1) 福島第一原子力発電所と同様である。東京電力の記者会見(4月9日)によると、最初の大きな波は、15時23分頃(地震発生37分後)に到達し、その後、15時35分に次の大きな波が到達した。その後の状況は不明である。

潮位計が損傷したため、観測記録は保存されなかった。そのため、津波水位の時刻歴波形や最大水位は不明である。

東京電力は、前述の 2.(1) 福島第一原子力発電所と同様に、浸水時の痕跡調査結果に基づき浸水高を報告している。報告結果を図 III-2-11(a)に示す。福島第二原子力発電所は、海水ポンプ等が設置されている海側エリアと、原子炉建屋、タービン建屋等が設置されている一段高い山側エリアからなる。津波は、敷地前面の海側エリアから浸水し、その後、図に示すように、山側エリアのうちの 1号機南側と斜面間の狭隘部から浸水し、山側エリアの背後まで達した。この狭隘部以外からの浸水はなかった。海側エリアの浸水高は O.P.約+6.5～7m(O.P.:小名浜港工事基準面)、山側エリアでは O.P.約+14～15mであった。

### b 設計津波水位と観測津波水位との関係

設置許可申請書では福島第一原子力発電所と同様チリ地震(M9.5、1960年)を対象波源として、各号機の設計津波水位を 3.1m～3.7m としている。前述の土木学会の津波評価技術(2002年)に基づく評価では、福島第一原子力発電所と同様に福島県沖地震(M7.9、1938年)を M8.0 として評価し、各号機の設計津波水位を 5.1m～5.2m としている。

## ③ 被害関係

### a 外部電源関係

福島第二原子力発電所の外部電源の送電網は、1～4号機が供

用で敷地内超高圧開閉所と敷地外の富岡線 1、2 号 (500kV) の 2 回線、岩井戸線 1、2 号 (66kV) の 2 回線の計 4 回線があり、これらは 8km 上流の新福島変電所に繋がり、更に約 40km 上流の新しいわき開閉所へ繋がっている。そのうち、岩井戸線 1 号は点検中で、送電を停止していた。

新福島変電所周辺地域における地震動の強さは、震度 6 強と推定されている。福島第二原子力発電所 1~4 号機への 500kV 富岡線 2 号線と 66kV 岩井戸線 2 号線が変電所側機器の地震による故障のため送電を停止した。しかし、富岡線 1 号が送電可能であったことにより、1~4 号機の電源供給は継続された(図 III-2-8(a) 参照)。

#### b 海水系ポンプ及び非常用電源系

補機冷却用海水ポンプ施設(高さ 6m)のうち、3 号機のもは、津波による冠水を免れ、機能を確保したが、他の号機は、冠水し機能を喪失した。

原子炉建屋地下階(高さ 0m)に設置の非常用ディーゼル発電機のうち、3 号機及び 4 号機のもは機能を確保したが、その他の号機は冠水により機能を喪失した(図 III-2-11(b) 参照)。

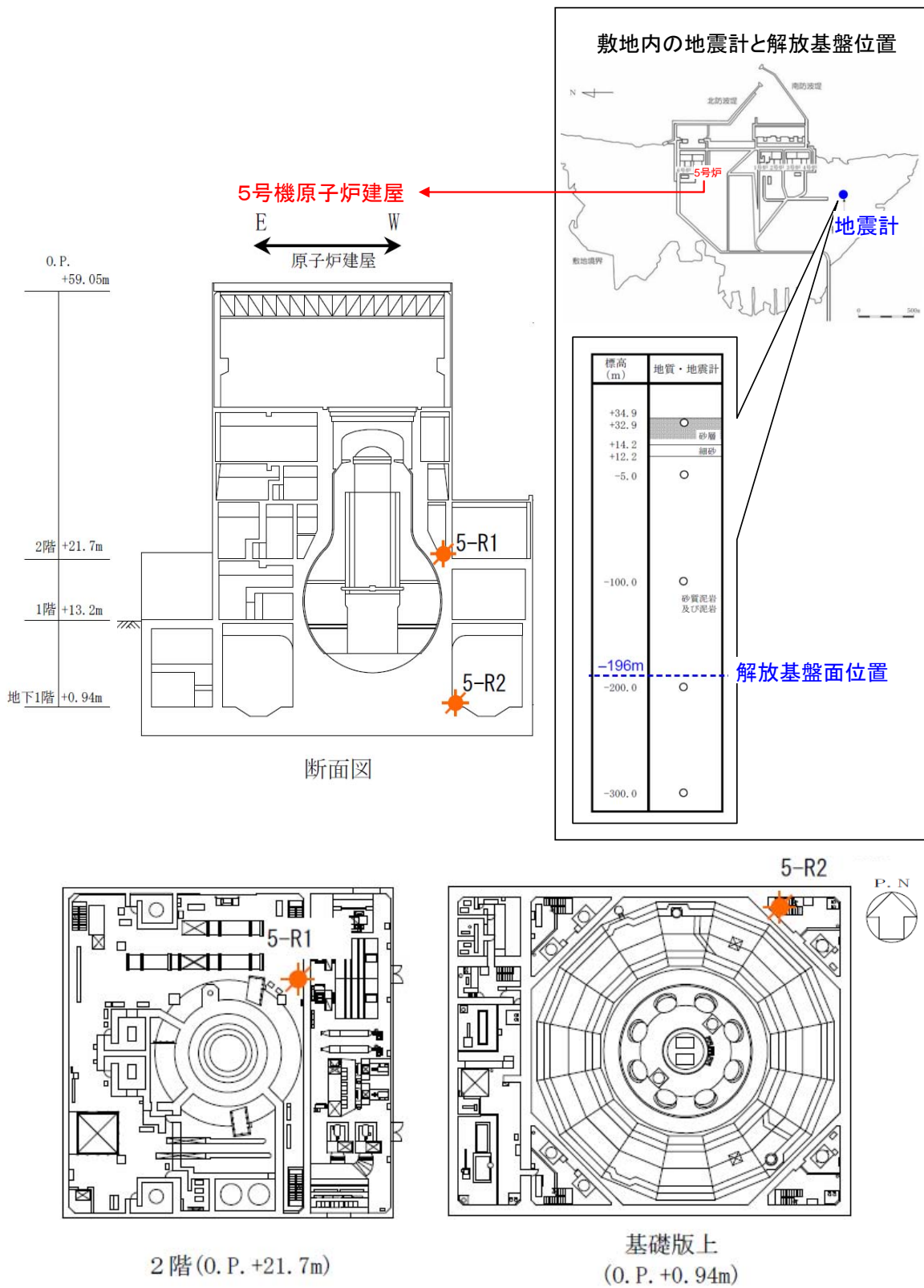
このように 3 号機だけが、補機冷却及び非常電源の機能が確保された。

#### 参考文献

- [III2-1] 日本原子力学会, "原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準, 日本原子力学会標準, 2007, " AESJ-SC-P006 : 2007, 2007 年 9 月.
- [III2-2] 土木学会 原子力土木委員会津波評価部会, "原子力発電所の津波評価技術," 2002 年 2 月.
- [III2-3] IAEA, *IAEA Safety Standards: Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations*, DRAFT SAFETY GUIDE, DS417.
- [III2-4] 安中正, 佐竹健治, 榊山勉, 柳沢賢, 首藤伸夫, "確率論的津波ハザード解析の方法," 第 12 回日本地震工学シンポジウム論文集, No.0013, pp.158-161, 2006.
- [III2-5] T. Sakai, T. Takeda, H. Soraoka, K. Yanagisawa and T. Annaka, "Development of a Probabilistic Tsunami Hazard

Analysis in Japan," 14th International Conference on Nuclear Engineering, ICON14-89183, pp.69-75,2007.

- [III2-6] 原子力土木委員会津波評価部会,"津波評価手法の高精度化研究－津波水位の確率論的評価法ならびに分散性と砕波を考慮した数値モデルの検討－," 土木学会論文集 B,Vol.63,No.2, pp.168-177,2007.
- [III2-7] 杉野英治,岩渕洋子,国司清生,坂上正治,蛭沢勝三,"南海トラフの地震発生の変動性が地域別津波ハザードに及ぼす影響,"第13回日本地震工学シンポジウム, 2010.



図III-2-1 福島第一原子力発電所敷地内及び原子炉建屋（5号機）の地震計配置図

表 III-2-1 福島第一原子力発電所・原子炉建屋基礎版上の最大加速度

| 観測点<br>(原子炉建屋最地下階) |     | 観測記録 (暫定値 <sup>※1</sup> ) |                   |                   | 基準地震動 Ss に対する<br>最大応答加速度値 (ガル) |      |      |
|--------------------|-----|---------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|------|------|
|                    |     | 最大加速度値 (ガル)               |                   |                   | 南北方向                           | 東西方向 | 上下方向 |
|                    |     | 南北方向                      | 東西方向              | 上下方向              |                                |      |      |
| 福島第一               | 1号機 | 460 <sup>※2</sup>         | 447 <sup>※2</sup> | 258 <sup>※2</sup> | 487                            | 489  | 412  |
|                    | 2号機 | 348 <sup>※2</sup>         | 550 <sup>※2</sup> | 302 <sup>※2</sup> | 441                            | 438  | 420  |
|                    | 3号機 | 322 <sup>※2</sup>         | 507 <sup>※2</sup> | 231 <sup>※2</sup> | 449                            | 441  | 429  |
|                    | 4号機 | 281 <sup>※2</sup>         | 319 <sup>※2</sup> | 200 <sup>※2</sup> | 447                            | 445  | 422  |
|                    | 5号機 | 311 <sup>※2</sup>         | 548 <sup>※2</sup> | 256 <sup>※2</sup> | 452                            | 452  | 427  |
|                    | 6号機 | 298 <sup>※2</sup>         | 444 <sup>※2</sup> | 244               | 445                            | 448  | 415  |

※1：これらの記録については暫定値であるため、今後の検討により変更となる可能性がある。

※2：記録開始から約130～150秒程度で記録が終了

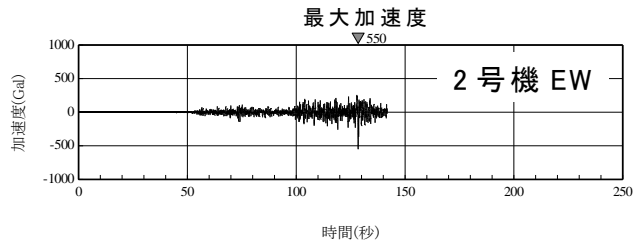
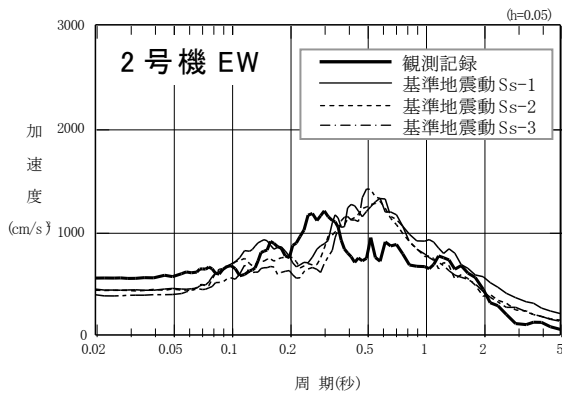


図 III-2-2 (a) 福島第一原子力発電所・原子炉建屋基礎版上の加速度記録

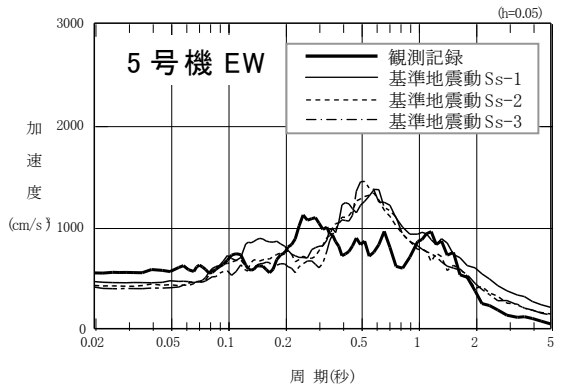
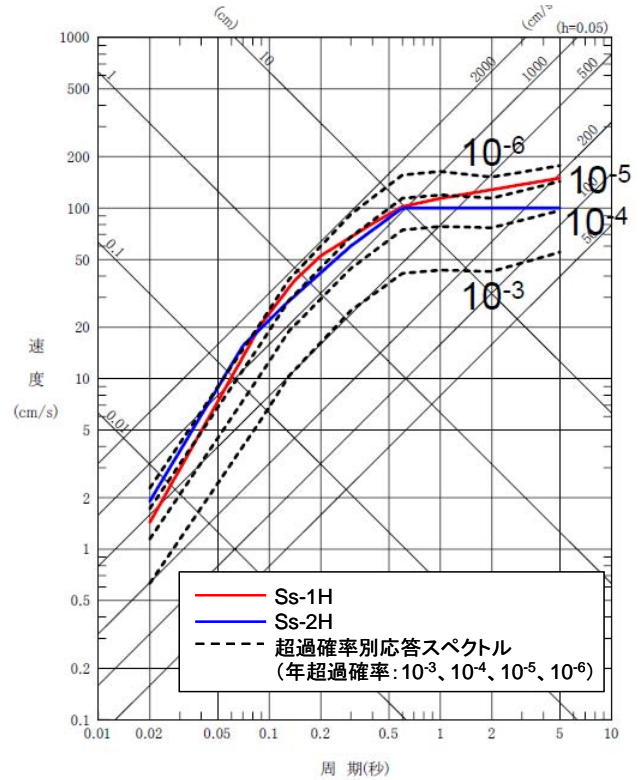
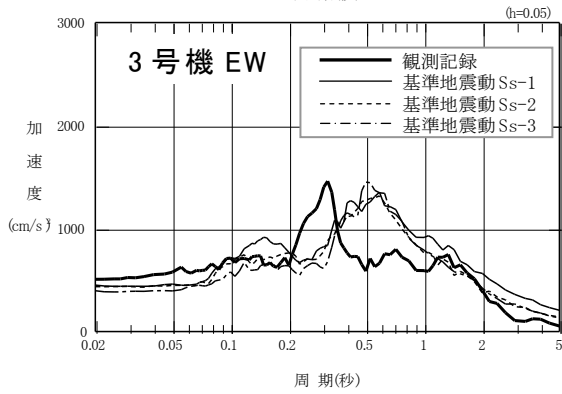
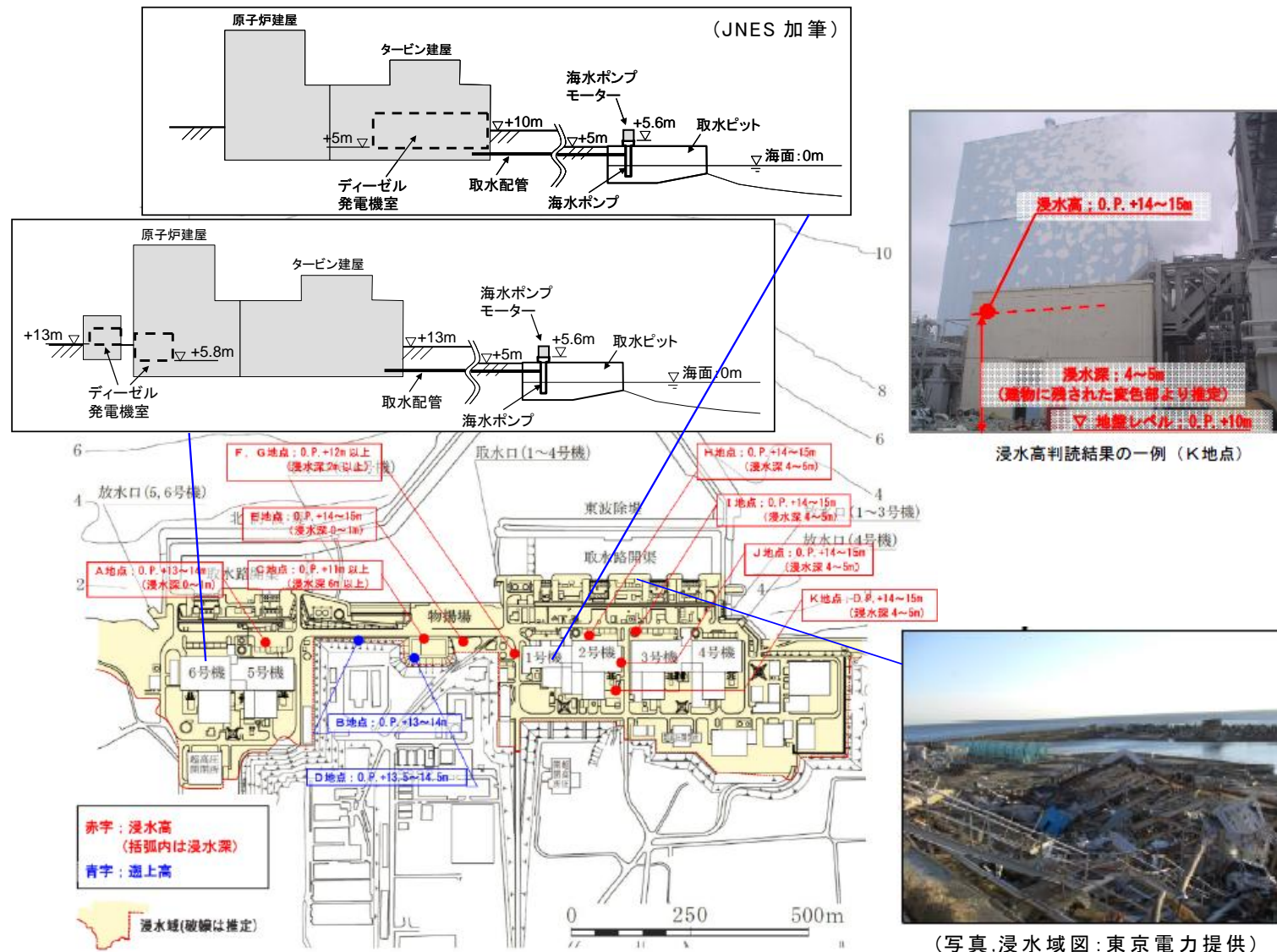


図 III-2-2 (b) 福島第一原子力発電所・原子炉建屋基礎版上の応答スペクトル

図 III-2-3 福島第一原子力発電所の基準地震動 Ss の超過確率

(各図表：東京電力提供)





図III-2-4(a) 福島第一原子力発電所の津波による被害状況(1)



【福島第1原発 津波来襲状況 2011年3月11日 固体廃棄物貯蔵庫東側のり面(5号機の近傍(南側)から東側を撮影)＝東京電力提供】

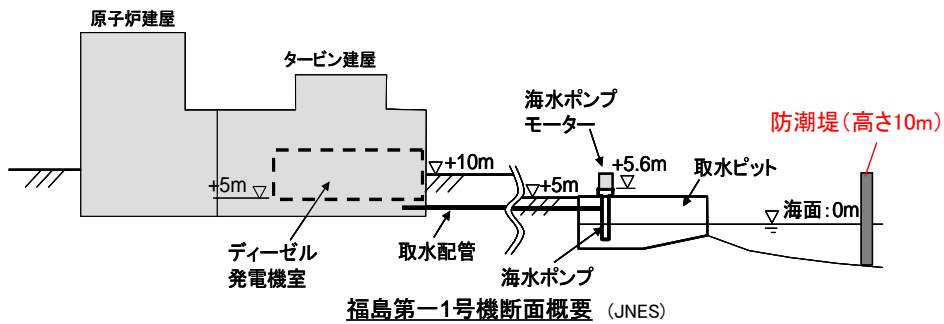


【福島第1原発 津波来襲状況 2011年3月11日 固体廃棄物貯蔵庫東側のり面(5号機の近傍(南側)から東側を撮影)＝東京電力提供】



【福島第1原発への津波来襲状況 2011年3月11日 廃棄物処理建屋4階から北側を撮影】午後3時43分ごろ(2)＝東京電力提供】

図III-2-4 (b) 福島第一原子力発電所の津波による被害状況 (2)



【福島第1原発 津波来襲状況 2011年3月11日 固体廃棄物貯蔵庫東側のり面(5号機の近傍(南側)から東側を撮影)＝東京電力提供】

図III-2-5 福島第一原子力発電所の防潮堤を越流する津波の状況



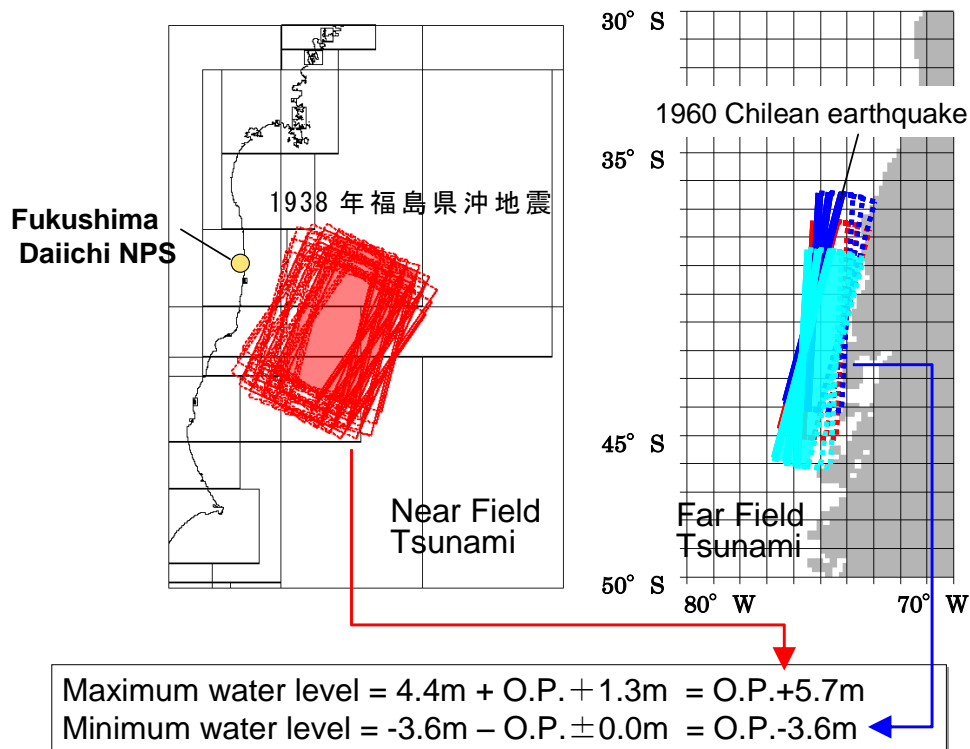
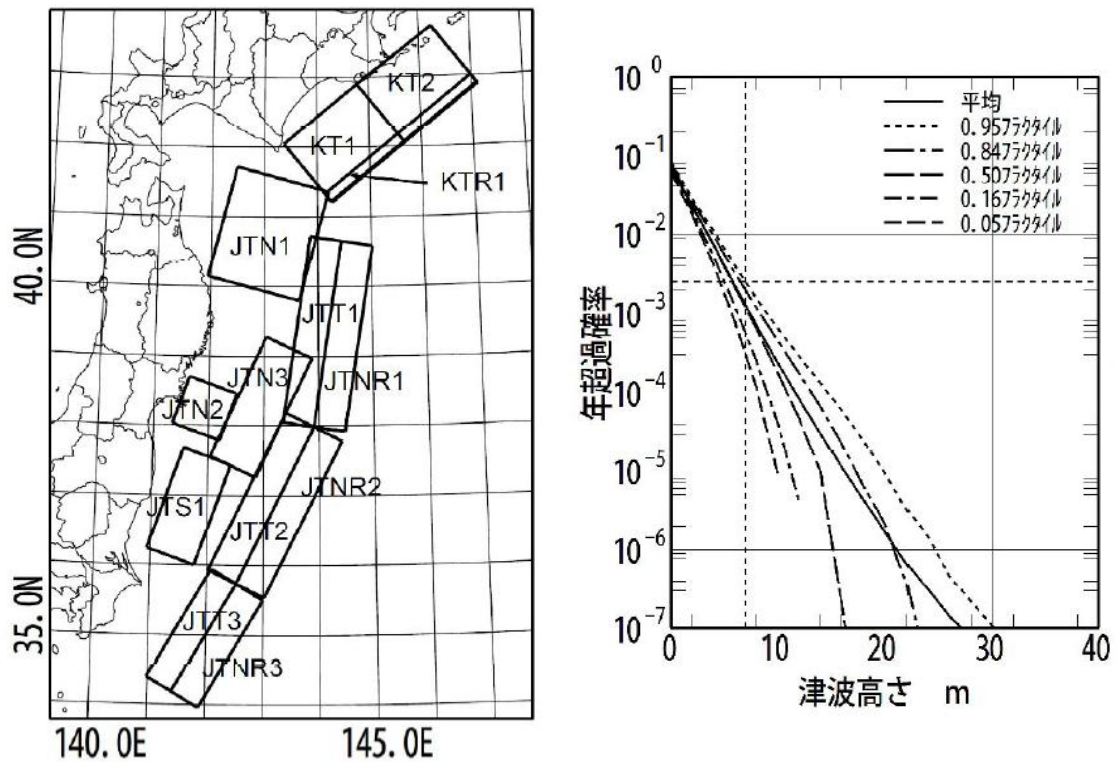


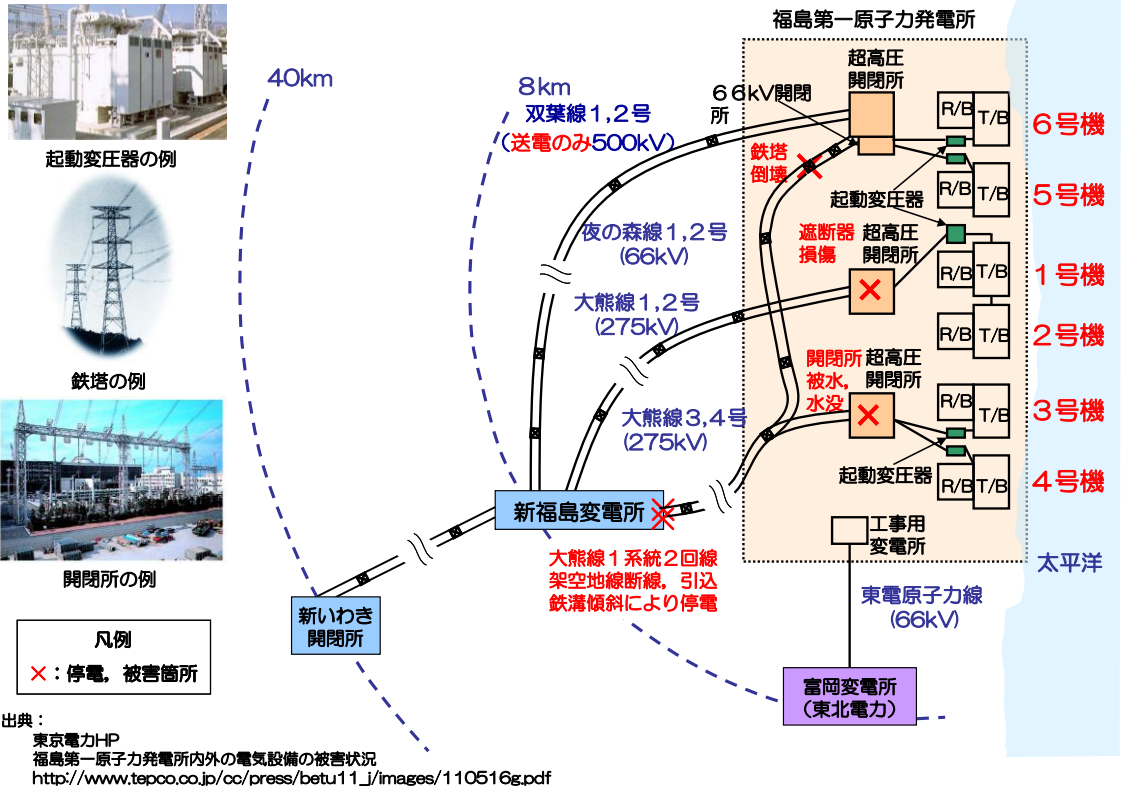
図 III-2-6 東京電力が評価した福島第一原子力発電所の設計津波水位  
 (高尾/東京電力; 第1回柏崎国際原子力耐震安全シンポジウム2010、発表資料より引用)



[文献 III2-6] 原子力土木委員会津波評価部会, 土木学会論文集より引用

図III-2-7 土木学会・近地及び遠地の津波波源を考慮した津波ハザード  
 試算結果(評価サイト: 岩手県山田町)

〔福島第一原子力発電所〕



〔福島第二原子力発電所〕

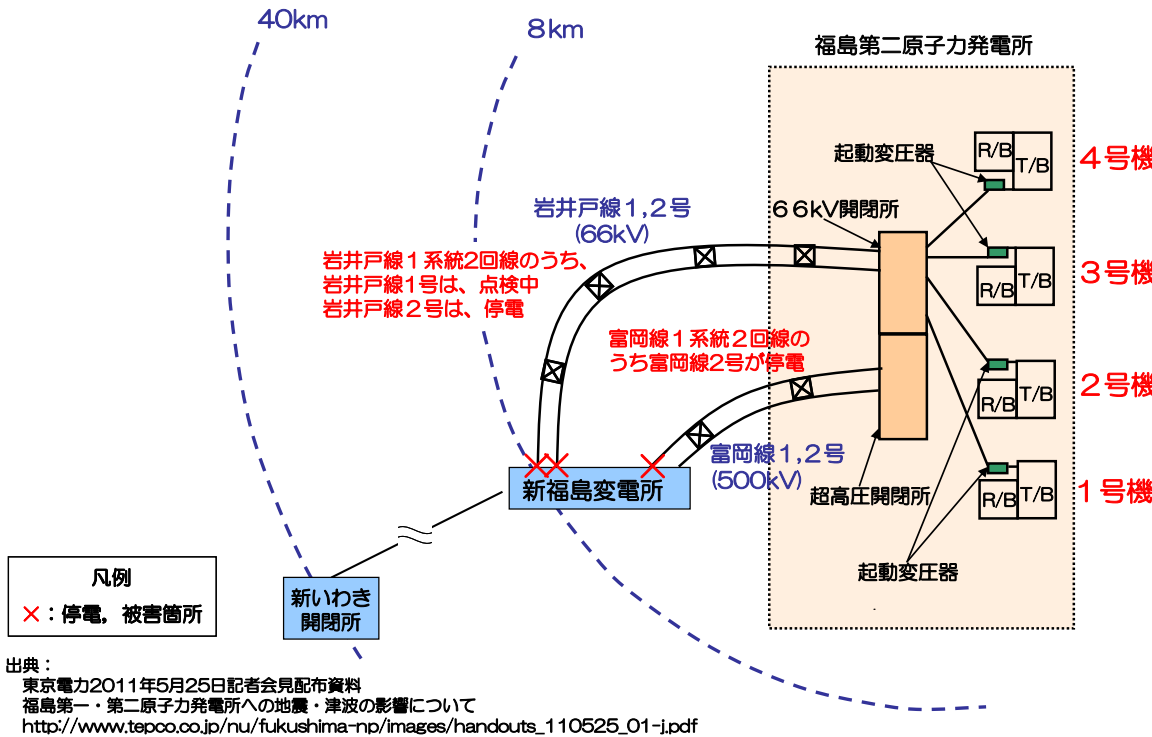


図 III-2-8(a) 福島第一・第二原子力発電所の外部電源施設の被害状況(1)



撮影：東京電力株式会社 H23.3.23

写真 大熊線 1L 遮断器損傷状況



撮影：東京電力株式会社 H23.3.23

写真 大熊線 2L 遮断器損傷状況



撮影：東京電力株式会社 H23.3.12

写真 大熊線 3L 架空地線断線状況



撮影：東京電力株式会社 H23.3.11

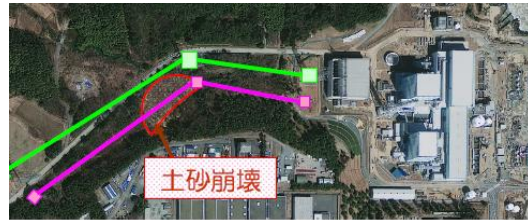
写真 大熊線 3L, 4L 引込鉄溝 傾斜状況



撮影：東京電力株式会社 H23.3.12

撮影：東京電力株式会社 H23.3.12

写真 新福島変電所 夜の森線 構内ケーブル  
付近 陥没状況  
(写真左 1L, 写真右 2L)



©GeoEye

写真 福島第一原子力発電所法面の土砂崩壊



撮影 東京電力株式会社 (H23.4.12撮影)

写真 土砂崩壊（法面崩壊箇所）全景



撮影 東京電力株式会社 (H23.3.18撮影)

写真 土砂崩壊による夜の森線鉄塔の倒壊

(写真：東京電力提供)

図 III-2-8(b) 福島第一・第二原子力発電所の外部電源施設の被害状況(2)



表 III-2-2 福島第二原子力発電所・原子炉建屋基礎版上の最大加速度

| 観測点<br>(原子炉建屋最地下階) |     | 観測記録 (暫定値 <sup>※1</sup> ) |                   |                   | 基準地震動 Ss に対する<br>最大応答加速度値 (ガル) |      |      |
|--------------------|-----|---------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|------|------|
|                    |     | 最大加速度値 (ガル)               |                   |                   | 南北方向                           | 東西方向 | 上下方向 |
| 福島第二               | 1号機 | 254                       | 230 <sup>※2</sup> | 305               | 434                            | 434  | 512  |
|                    | 2号機 | 243                       | 196 <sup>※2</sup> | 232 <sup>※2</sup> | 428                            | 429  | 504  |
|                    | 3号機 | 277 <sup>※2</sup>         | 216 <sup>※2</sup> | 208 <sup>※2</sup> | 428                            | 430  | 504  |
|                    | 4号機 | 210 <sup>※2</sup>         | 205 <sup>※2</sup> | 288 <sup>※2</sup> | 415                            | 415  | 504  |

※1：これらの記録については暫定値であるため、今後の検討により変更となる可能性がある。

※2：記録開始から約130～150秒程度で記録が終了

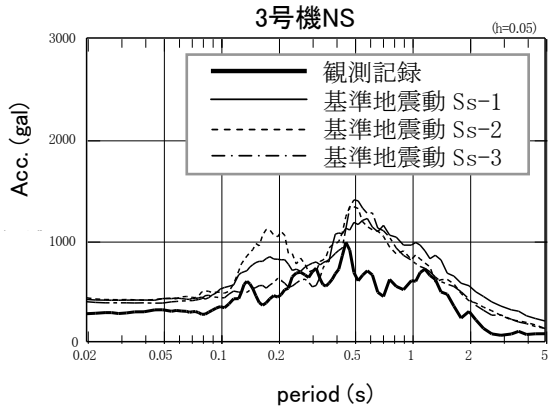
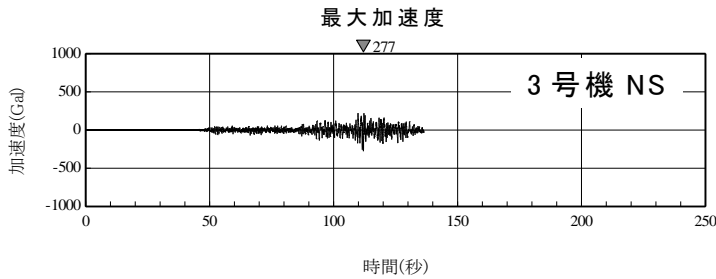
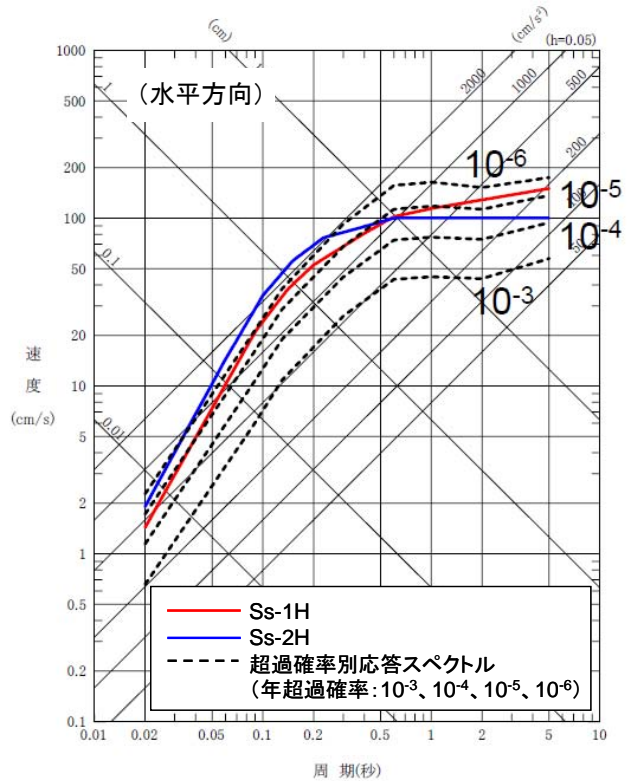


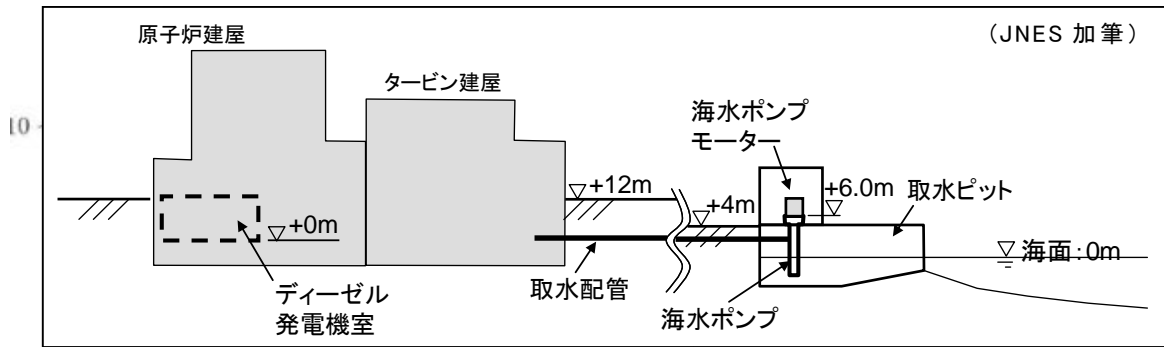
図 III-2-9 福島第二原子力発電所・原子炉建屋基礎版上の応答スペクトル (3号機)

(各図表：東京電力提供)

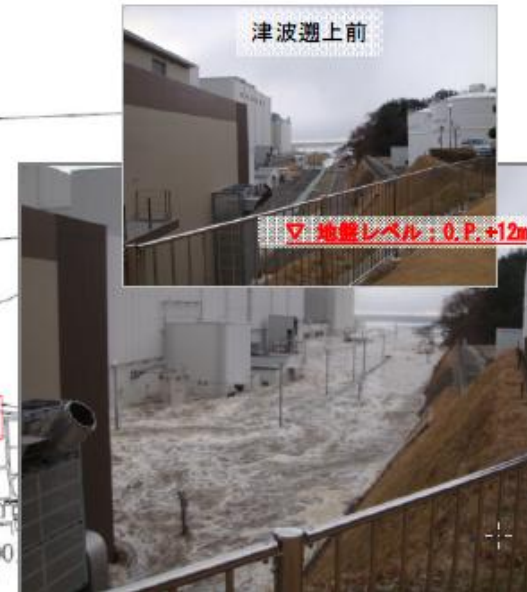
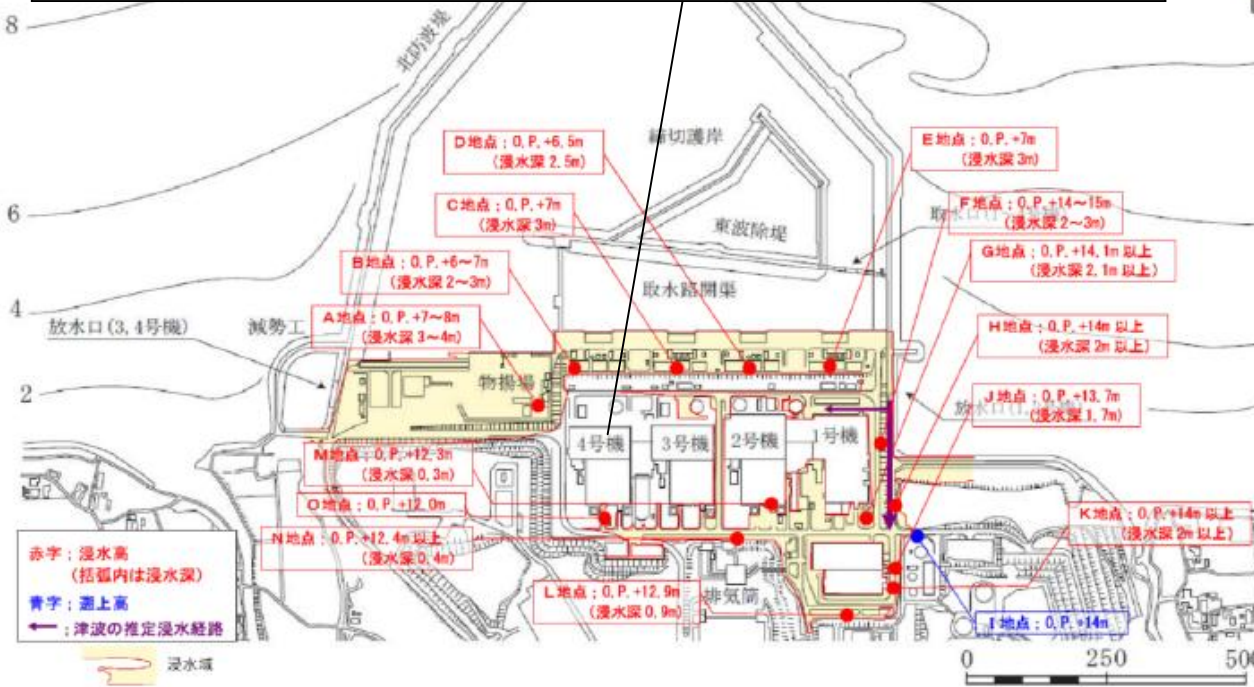


(水平方向)

図III-2-10 福島第二原子力発電所の基準地震動Ssの超過確率



浸水深判読結果の一例 (E地点)



(写真, 浸水域図: 東京電力提供)

図III-2-11(a) 福島第二原子力発電所の津波による被害状況(1)

〔熱交換器建屋及び熱交換器の被害状況(1号機)〕



〔原子炉建屋及び非常用ディーゼル発電機の被害状況(1号機)〕



(写真: 東京電力提供)

図III-2-11(b) 福島第二原子力発電所の津波による被害状況(2)



### 3. その他の原子力発電所を襲った地震と津波による被害

#### (1) 女川原子力発電所で観測された地震動及び津波高

##### ①地震動関連

##### a 地震動観測システム及び観測記録と観測地震動

地震動観測システムは、地震計及び観測記録装置からなる。地震計は、1号機では原子炉建屋の4か所(屋上、燃料取り替え床(5階)、1階、基礎版上)、2号機では原子炉建屋の4か所(燃料取り替え床(3階)以外1号機と同じ)、3号機は、2号機と同じである。地震計は敷地内の岩盤(解放基盤相当)上部にも設置されている。地震計では、水平2成分、上下成分の加速度時刻歴波形を観測する。

原子炉建屋基礎版上の水平方向2成分(東西・南北)及び上下方向の計3成分の観測記録の地震動の最大加速度の一覧を表III-3-1に示す。基礎版上での水平方向での最大加速度は、2号機の607Gal(南北方向)で、鉛直方向では、1号機の439Galであった。

##### b 基準地震動 $S_s$ と観測地震動との関係

基準地震動  $S_s$  ( $S_s$ -B、 $S_s$ -D、 $S_s$ -F)は、耐震バックチェックにおいて、連動型想定宮城県沖地震、敷地直下のスラブ内地震、敷地周辺の活断層及び震源を特定せず策定する地震を対象として、これらによる地震動を包絡するように策定されている。

建屋内の地震計設置位置での基準地震動  $S_s$  に対する最大応答加速度を表III-3-1に示す。表から、観測記録の最大加速度の多くは基準地震動  $S_s$  に対する最大応答加速度より小さい。しかし、1号機(東西・南北方向)、2号機(南北方向)、3号機(南北方向)の基礎版上での観測記録の最大加速度は、基準地震動  $S_s$  に対する最大応答加速度より幾分大きい。また、鉛直方向の各号機の基礎版上での観測記録の最大加速度は、基準地震動  $S_s$  に対する最大応答加速度より小さい。

敷地内の岩盤上部で観測された地震動の応答スペクトルと基準地震動  $S_s$  の応答スペクトルとの比較図を図III-3-1に示す。観測地震動の応答スペクトルは、周期0.2秒～1.0秒の範囲で、基準地震動  $S_s$  による応答スペクトルを上回っている。

c 確率論的地震ハザード評価と基準地震動  $S_s$  の超過確率

女川原子力発電所の超過確率別応答スペクトル地震ハザードを図 III-3-2 に示す。図中には、 $S_s-D_h$  の応答スペクトルも示している。 $S_s$  の超過確率は、 $10^{-3} \sim 10^{-5}$ /年程度の範囲にある。

② 津波関連

a 潮位観測システム及び観測記録

潮位観測システムは、潮位計及び観測記録装置からなる。潮位計は、港内静穏域に、津波観測記録装置は、建屋に設置されている。

潮位計で記録された津波時刻歴波形を図 III-3-3 に示す。この潮位計の記録から、津波の最初の大きな波は、15 時 29 分頃（地震発生 43 分後）に到達した。観測された最大水位は、O.P. 約 13m (O.P.:女川原子力発電所工事用基準面) であり、最大水位は、敷地高さ O.P.13.8m (敷地高さ 14.8m に地殻変動による沈降約 1m (国土地理院速報値) を考慮) を超えなかった (図 III-3-4 参照)。海側の敷地で海水が浸入した跡が認められたが、主要な建屋には到達しなかった。

b 設計津波水位と観測津波水位との関係

設計津波水位は、設置許可申請書では慶長三陸地震 (M8.6、1611 年) での 9.1m、前述の土木学会の津波評価技術 (2002 年) に基づく評価では明治三陸地震 (M8.3、1896 年) での 13.6m となっている。上記の設計津波水位は、上記観測津波水位より大きい。

③ 被害関係

a 外部電源関係

1～3 号機は、敷地から約 25km 離れた石巻変電所より 275kV1 系統 2 回線、約 65km 離れた宮城中央開閉所より 275kV1 系統 2 回線及び女川原子力変電所より 66kV1 系統 1 回線の外部電源用の送電網により電力の供給を受けるシステムとなっている。

今回の地震による石巻変電所周辺地域における地震動の強さは、震度 6 強、宮城中央開閉所では 6 弱と推定される。地震動によって 275kV2 系統 3 回線及び 66kV1 系統 1 回線の送電が停



止した。発電所敷地内の受電設備のうち、1号機起動変圧器が故障し、受電不可となった。3月12日に起動変圧器が復旧し、外部常用電源(275kV)へ切り替えられ、通常の電源系統に復帰した。

#### b 海水系ポンプ及び非常用電源系

補機冷却系の取水口、海水ポンプ、海水ポンプ室、熱交換器室の設置状況を図 III-3-5(a)及び図 III-3-5(b)に示す。海水ポンプ室は、図に示すように、海岸から約100m離されていると共に、敷地14.8mの高い場所に設置され、津波遡上による冠水を防ぐ構造となっている。海水ポンプ室内には、水位計が開口部を設け設置されている。同水位計は津波の引き波による海水不足の状態を想定し、海水ポンプの自動停止用のものであり、工夫がなされている。

観測された津波水位は13mであり、地盤沈降があったものの津波による海水ポンプ室(沈降約1mを考慮した場合の敷地高さ13.8m)への直接の冠水はなかった。しかし、津波水位が上昇するにつれ、図 III-3-5(b)中に示す地下取水ピットの水位もサイホン現象によって上昇し、海水が水位計の開口部から海水ポンプ室へ溢れでた。その後、海水は同ポンプ室から原子炉建屋地下階へトレンチを經由して伝わり、地下2階の補機冷却系熱交換器室が浸水した。2号機の補機冷却系ポンプも浸水したことにより、非常用ディーゼル発電機の冷却機能が失われ、同発電機3台のうち2台が停止した。

東北電力は、海水ポンプ室からトレンチへの配管貫通部及びケーブルトレイ貫通部に対し浸水防止策を行った。今後、海水ポンプ室内の水位計を取り外し、浸水防止を考慮した場所に移設し、更に、海水ポンプ室周辺に防潮壁を設置すると公表した。

### ④ 本震及び余震による原子炉建屋の健全性評価

#### a 本震の場合

解放基盤表面相当位置での観測記録の応答スペクトルは基準地震動  $S_s$  に対する応答スペクトルを、一部周期帯において上回った。

原子力安全・保安院では、東北電力に対し、各号機ごとに機器・配管の「点検・評価に関する計画書」を作成し、点検・評

価を実施することを指示した。

東北電力は、原子炉建屋の健全性評価を中越沖地震(2007年7月)における柏崎刈羽原子力発電所の建屋構造健全性評価手順と同様の手順に基づき行った。1号機から3号機の原子炉建屋の応答解析は、建屋基礎版上の観測加速度記録を入力地震動として行われた。各号機の建屋各階別のせん断ひずみ及びせん断力を図 III-3-6 に示す。図から、各階のせん断ひずみは、JEAG4681-2008 の評価基準値 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を下回り、せん断力も弾性限耐力を下回った。評価基準値と各階のせん断ひずみ結果との比は、約 2.5~5.6 である。

原子力安全基盤機構は、中越沖地震を対象とした柏崎刈羽原子力発電所 1、5、6、7 号機の原子炉建屋の健全性評価を行った。それらの評価基準値とせん断ひずみの比は、上記と同等以上であった。

#### b 余震の場合

女川原子力発電所周辺での4月7日の余震は、地震規模 M7.1、震源深さ約 66km で、スラブ内で発生したと推定される。原子力安全・保安院は、東北電力に対して、4月13日付けで、同余震時に取得された地震観測データの分析を行うと共に、安全上重要な設備の耐震安全性の確認を指示した。東北電力は、4月25日付けで、上記地震観測データの分析結果を報告した。同報告には、2号機原子炉建屋(3階、屋上)及び3号機原子炉建屋(3階)での鉛直方向の観測最大加速度は、基準地震動  $S_s$  による最大応答加速度を上回っていること、観測記録の応答スペクトルが基準地震動  $S_s$  による水平応答スペクトルの一部周期帯で上回っていること、原子炉建屋の機能が維持されていることが記述されている。

### (2) 東海第二発電所で観測された地震動及津波高

#### ① 地震動関連

##### a 地震動観測システム及び観測記録と観測地震動

地震動観測システムは、地震計及び観測記録装置からなり、原子炉建屋 8 か所(6階、4階、2階に各 1 箇所、地下 2 階基礎版上 5 箇所)に設置されている。地震計は、水平 2 成分、上下成分の加速度時刻歴波形を観測する。

原子炉建屋で観測された水平方向および鉛直方向の最大加速

度を表 III-3-2 に示す。原子炉建屋基礎版上での観測地震動の水平方向の最大加速度は、214Gal(南北方向)、鉛直方向は 189Gal であった。

#### b 基準地震動 $S_s$ と観測地震動との関係

基準地震動  $S_s$  ( $S_s$ -D、 $S_s$ -1) は、耐震バックチェックにおいて、鹿島灘のプレート間地震、茨城県南部のスラブ内地震、敷地周辺の活断層層及び震源を特定せず策定する地震を対象として、これらによる地震動を包絡するように策定されている。

観測地震動の最大加速度は、工事認可申請書における基準地震動(以下、工認設計波という。)及び耐震バックチェックにおける基準地震動  $S_s$  による最大応答加速度より小さかった。観測地震動の床応答スペクトルは、地下 2 階～6 階において、一部の周期帯(約 0.65 秒～約 0.9 秒)で工認設計波による床応答スペクトルを上回っていた。しかし、耐震設計上重要な機器・配管系の主要な設備の固有周期の付近では、観測地震動のスペクトルが工認設計波によるものより小さかった。

#### c 確率論的地震ハザード評価と基準地震動 $S_s$ の超過確率

東海第二発電所の超過確率別応答スペクトル地震ハザードを図 III-3-7 に示す。図中には、 $S_s$ -D<sub>H</sub> の応答スペクトルも示している。図から、基準地震動  $S_s$  の超過確率は、おおむね  $10^{-4}$ ～ $10^{-5}$ /年程度である。

### ② 津波関連

#### a 潮位観測システム及び観測記録

潮位観測システムは、潮位計及び観測記録装置から構成されている。潮位計は、港内の静穏域に設置していたが、本津波が潮位計の測定可能範囲を超えていたこと、3 月 11 日 16 時 40 分以降は、電源喪失したことにより、潮位計の記録は保存されていない。したがって、当該発電所の海岸線における津波水位は不明である。津波の最初の大きな波は、15 時 15 分頃(地震発生 30 分後)に到達し、その水位は 5.4m であった。

日本原子力発電は、発電所敷地内における津波の痕跡高を調査している。調査結果を図 III-3-8 に示す。津波痕跡高は、H.P.+5.9m(標高 +5.0m、H.P.: 日立港工事基準面)～

H.P.+6.3m(標高+5.4m、暫定値)であった。これらの結果から、津波の遡上高は、H.P.+6.3m(標高+5.4m)程度(暫定値)であったと推定されている。津波は、主要建屋の設置レベルH.P.+8.9m(標高+8m)へは到達していない。

#### b 設計津波水位と観測津波水位との関係

設置許可申請書には設計津波水位は、記載されていない。土木学会による津波評価技術(2002年)に基づく評価では房総沖地震(M8.2、1677年)でのH.P.+5.8m(標高+4.9m)が求められている。

### ③ 被害関係

#### a 外部電源関係

東海第二発電所は、敷地から約15km離れた那珂変電所より275kV1系統2回線、及び約8km離れた茨城変電所より東海発電所開閉所を経て、外部予備電源154kV1系統の外部電源の供給を受けている。

那珂変電所周辺地域の地震動の強さは、震度6強、茨城変電所では6弱と推定されている。地震直後に、那珂変電所及び茨城変電所が地震動の影響によって停止し、全ての回線の送電が止まった。敷地内の受電設備のうち、主変圧器・起動用変圧器から絶縁油漏れが生じた。3月13日に外部予備電源154kV1系統1回線が復旧した。3月18日に外部常用電源(275kV1系統)への切り替えがなされ、通常状態に復帰した。

#### b 海水系ポンプ及び非常用電源系

津波は、図 III-3-8 に示す海水ポンプ室内の北側非常用海水ポンプエリアに浸水した。そのため、非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ3台のうち1台が冠水し、非常用ディーゼル発電機3台のうち1台が停止した。他の2台の非常用ディーゼル発電機は稼働し、非常用電源を確保することができた。

北側非常用海水ポンプ室は、地震時に津波対策として側壁の嵩上げ工事中であった(H.P.+5.8m、標高+4.9m)。この工事では、側壁の外側にH.P.+7.0m(標高+6.1m)までの側壁を新たに設置したが、壁の貫通部(電気ケーブル等を通すための小さな穴)の封止(浸水を防ぐ)工事は完了していなかったため、貫通部

からポンプ室に海水が浸水した。

津波による遡上高は、H.P.+6.3m(標高+5.4m)程度であり、H.P.+7.0m(標高+6.1m)の側壁は越えていない。

④ 本震による原子炉建屋の健全性評価

観測地震動の床応答スペクトルは、工認設計波及び基準地震動  $S_s$  を一部の周期帯において上回った。前述 3.(1)④の女川原子力発電所での原子炉建屋の健全性評価と同様の手順で、建屋健全性の評価が行われた。

(3) 東通原子力発電所の地震時の状況

東通原子力発電所は、今回の地震時に定期点検中で、原子炉は、停止中であつた。発電所において、地震動や津波による被害は報告されていない。原子炉建屋で観測された地震動は 17Gal であつた。この地震により地震直後に外部電源(むつ幹線及び東北白糖線)の電源供給が停止したが、非常用ディーゼル発電機が作動し、電源を供給した。その後、同日 23 時 59 分に東北白糖線の供給が復旧し、使用済み燃料貯蔵プール等の冷却が外部電源で可能となった。

表 III-3-1 女川原子力発電所・原子炉建屋基礎版上の最大加速度

| 観測位置 |           | 観測記録                |      |      | 基準地震動Ssに対する最大応答加速度値(ガル) |      |      |
|------|-----------|---------------------|------|------|-------------------------|------|------|
|      |           | 最大加速度値(ガル)          |      |      | 最大応答加速度値(ガル)            |      |      |
|      |           | 南北方向                | 東西方向 | 鉛直方向 | 南北方向                    | 東西方向 | 鉛直方向 |
| 1号機  | 屋上        | 2000 <sup>**6</sup> | 1636 | 1389 | 2202                    | 2200 | 1388 |
|      | 燃料取替床(5階) | 1303                | 998  | 1183 | 1281                    | 1443 | 1061 |
|      | 1階        | 573                 | 574  | 510  | 660                     | 717  | 527  |
|      | 基礎版上      | 540                 | 587  | 439  | 532                     | 529  | 451  |
| 2号機  | 屋上        | 1755                | 1617 | 1093 | 3023                    | 2634 | 1091 |
|      | 燃料取替床(3階) | 1270                | 830  | 743  | 1220                    | 1110 | 968  |
|      | 1階        | 605                 | 569  | 330  | 724                     | 658  | 768  |
|      | 基礎版上      | 607                 | 461  | 389  | 594                     | 572  | 490  |
| 3号機  | 屋上        | 1868                | 1578 | 1004 | 2258                    | 2342 | 1064 |
|      | 燃料取替床(3階) | 956                 | 917  | 888  | 1201                    | 1200 | 938  |
|      | 1階        | 657                 | 692  | 547  | 792                     | 872  | 777  |
|      | 基礎版上      | 573                 | 458  | 321  | 512                     | 497  | 476  |

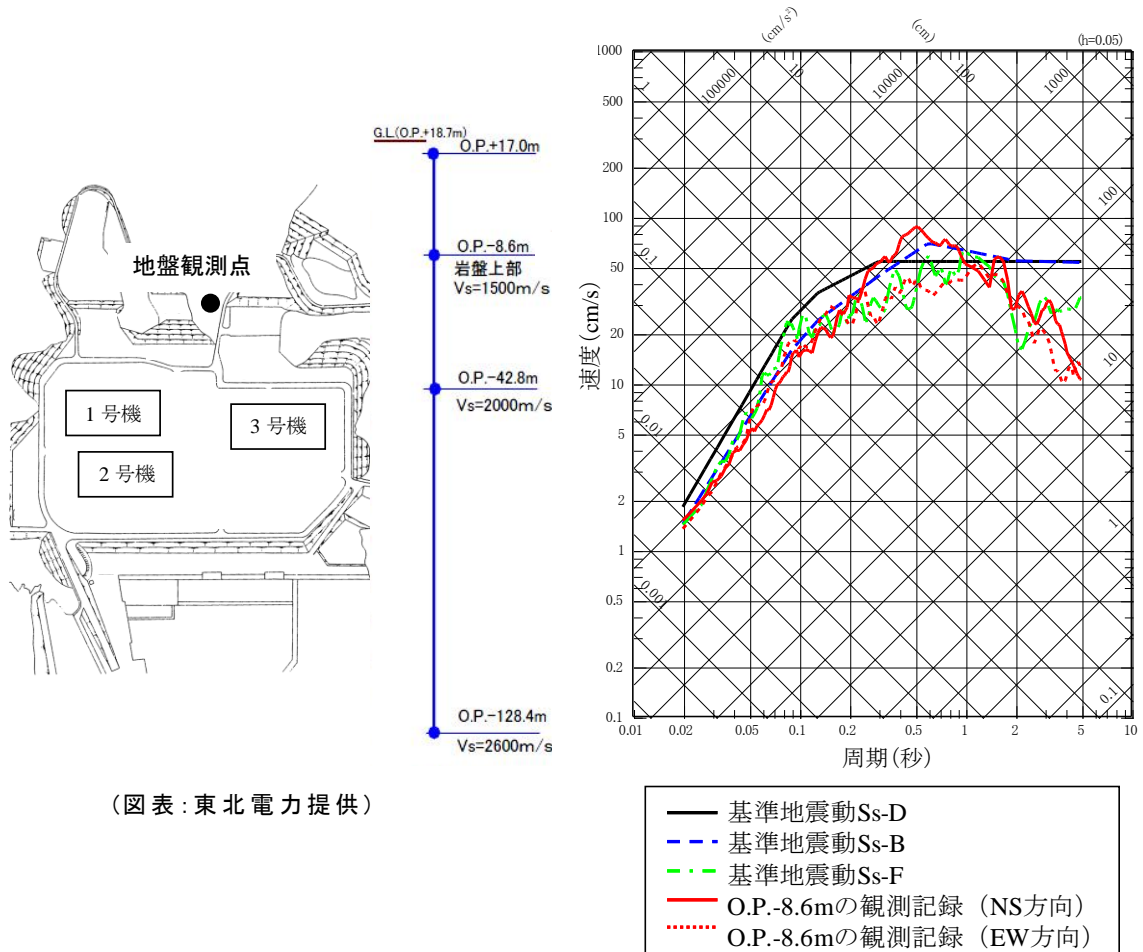
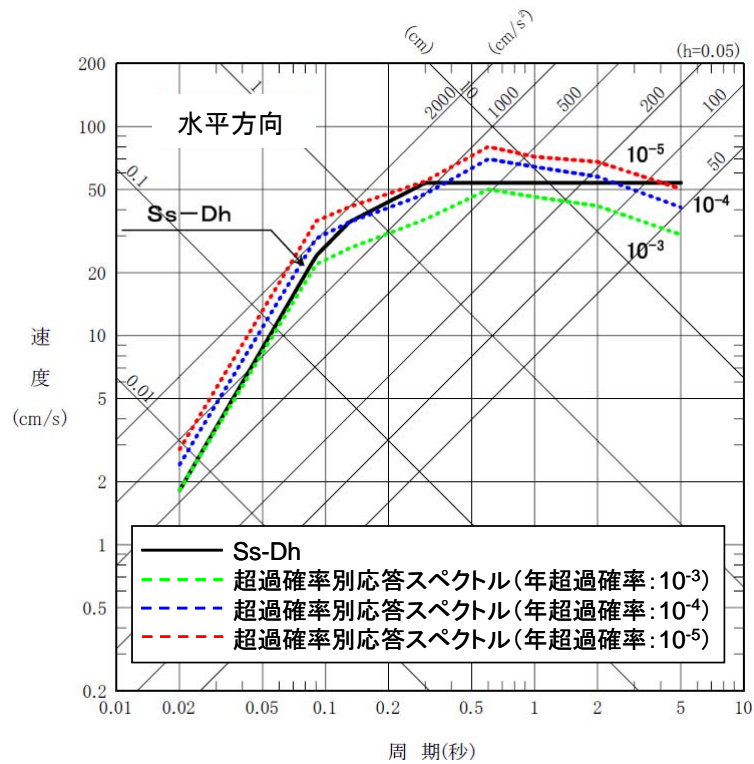


図 III-3-1 女川原子力発電所・岩盤上部の観測記録の応答スペクトル



図III-3-2 女川原子力発電所の基準地震動Ssの超過確率

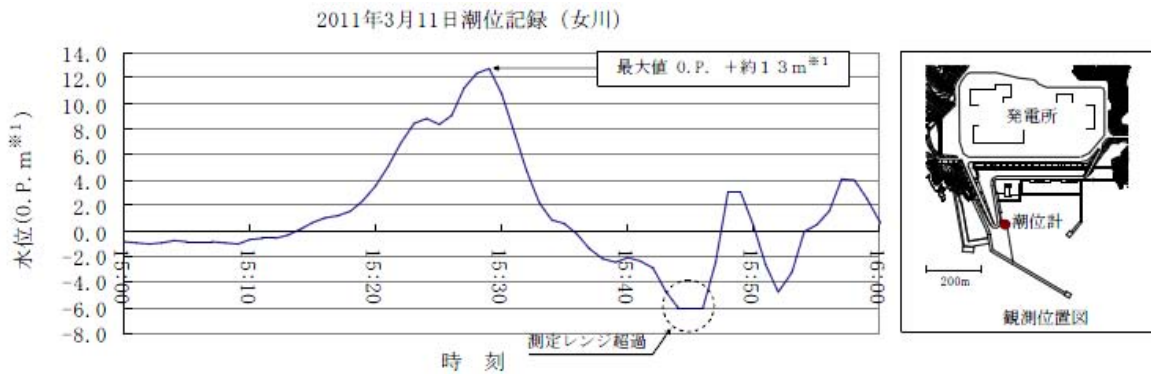


図 III-3-3 女川原子力発電所で観測された津波の時刻歴波形

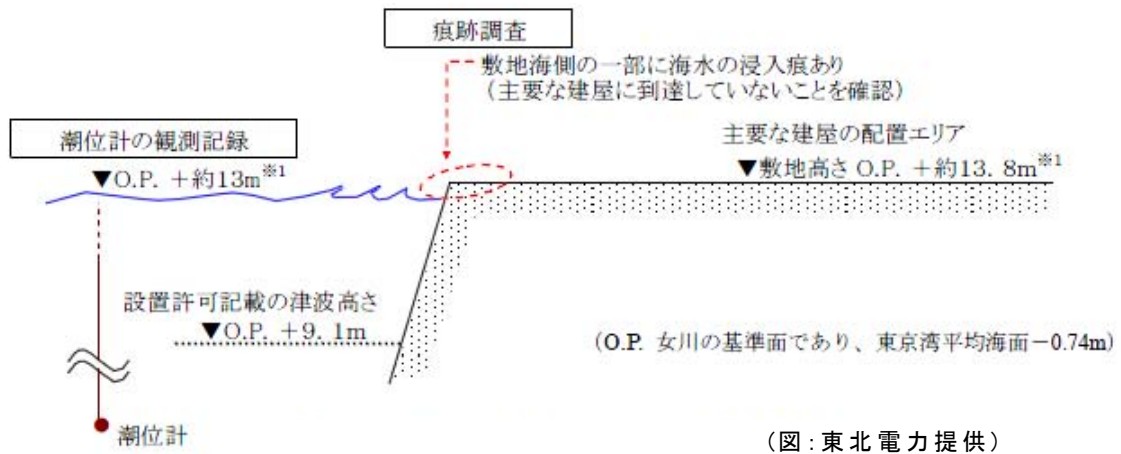


図 III-3-4 女川原子力発電所に襲来した津波の状況

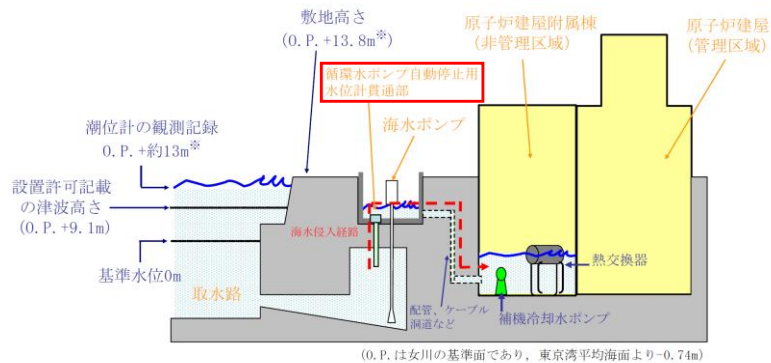




図 III-3-5(a) 女川原子力発電所の津波による補機冷却系熱交換器室の浸水状況(1)

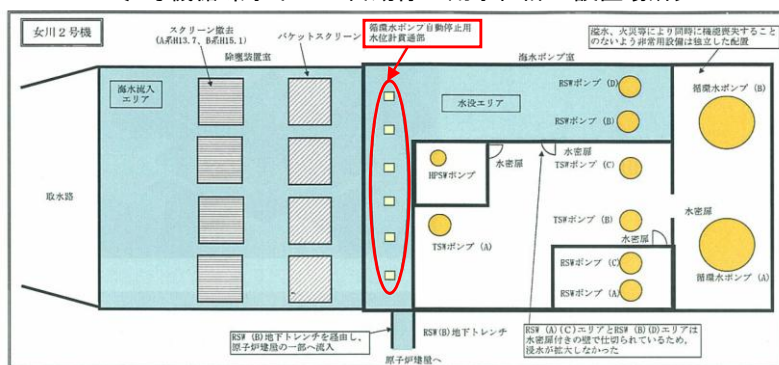


〔原子炉補機冷却系熱交換器（B）室等への浸水経路（イメージ図）〕

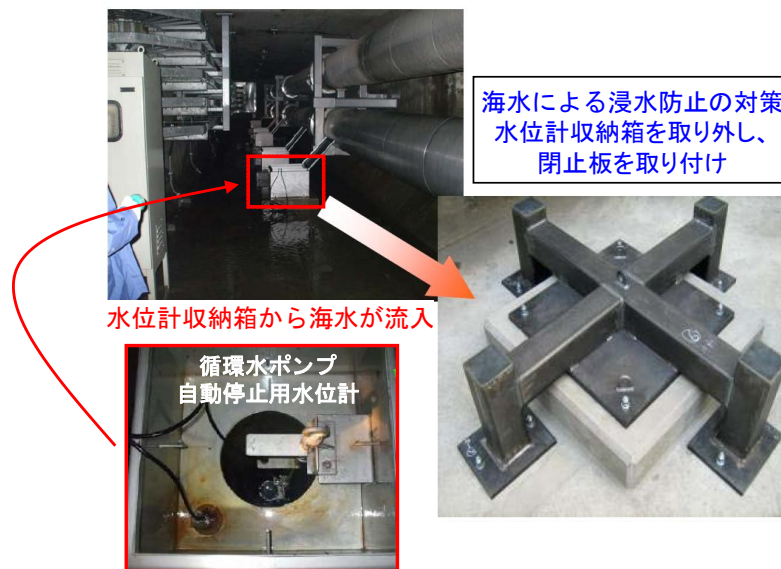


※ 今回の地震発生後に公表された国土地理院による女川原子力発電所周辺の地殻変動（一約1m）を考慮した値。

〔2号機循環水ポンプ自動停止用水位計の設置場所〕



〔循環水ポンプ自動停止用水位計と当該水位計の対策〕



◎引用文献：原子力安全・保安院 「東北電力(株)女川原子力発電所における法令報告対象事象の報告（続報）の受理について」にJNESが一部加筆 [Online] <http://www.meti.go.jp/press/2011/05/20110530001/20110530001.pdf>

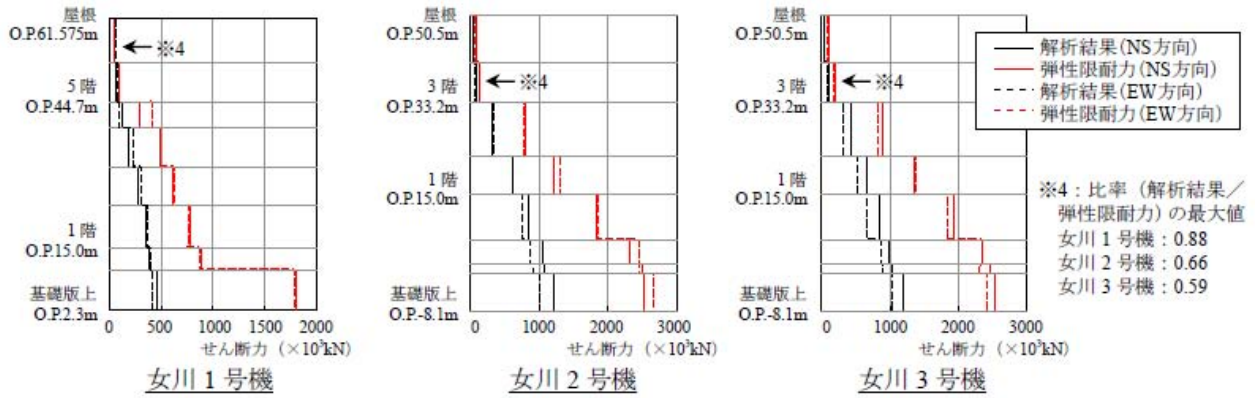
図 III-3-5 (b) 女川原子力発電所の津波による補機冷却系熱交換器室の浸水状況 (2)

原子炉建屋耐震壁の最大応答せん断ひずみ

|       |      | 解析結果                  | 評価基準値 <sup>※3</sup>  | (参考) 基準地震動 Ss         |
|-------|------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| 女川1号機 | NS方向 | $0.36 \times 10^{-3}$ | 2.0 $\times 10^{-3}$ | $0.65 \times 10^{-3}$ |
|       | EW方向 | $0.35 \times 10^{-3}$ |                      | $0.56 \times 10^{-3}$ |
| 女川2号機 | NS方向 | $0.49 \times 10^{-3}$ |                      | $1.15 \times 10^{-3}$ |
|       | EW方向 | $0.28 \times 10^{-3}$ |                      | $0.55 \times 10^{-3}$ |
| 女川3号機 | NS方向 | $0.81 \times 10^{-3}$ |                      | $0.99 \times 10^{-3}$ |
|       | EW方向 | $0.18 \times 10^{-3}$ |                      | $0.41 \times 10^{-3}$ |

※3 評価基準値は、日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規程 (JEAC4601-2008)」に定められており、鉄筋コンクリート造耐震壁の終局せん断ひずみに2倍の安全率を持たせたもの。

原子炉建屋の各階毎の耐震壁に作用したせん断力

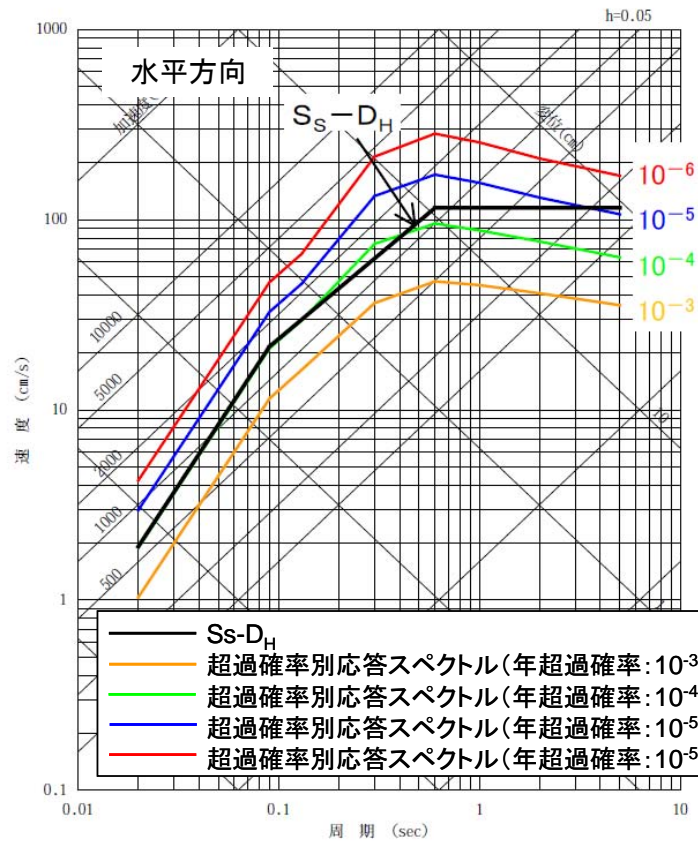


(図表: 東北電力提供)

図 III-3-6 女川原子力発電所・原子炉建屋の各階毎の耐震壁のせん断ひずみ及び耐震壁に作用したせん断力の確認

表 III-3-2 東海第二発電所・原子炉建屋基礎版上の最大加速度

| 観測位置      |                | 地震観測データ     |          |          | 建設時の最大応答<br>加速度値 (ガル) |          | 基準地震動 S <sub>s</sub> に対する<br>最大応答加速度値 (ガル) |          |          |
|-----------|----------------|-------------|----------|----------|-----------------------|----------|--|----------|----------|
|           |                | 最大加速度値 (ガル) |          |          | 南北<br>方向              | 東西<br>方向 | 南北<br>方向                                   | 東西<br>方向 | 上下<br>方向 |
|           |                | 南北<br>方向    | 東西<br>方向 | 上下<br>方向 |                       |          |  |          |          |
| 原子炉<br>建屋 | 6階             | 492         | 481      | 358      | 932                   | 951      | 799  | 789      | 575      |
|           | 4階             | 301         | 361      | 259      | 612                   | 612      | 658  | 672      | 528      |
|           | 2階             | 225         | 306      | 212      | 559                   | 559      | 544  | 546      | 478      |
|           | 基礎版上<br>(地下2階) | 214         | 225      | 189      | 520                   | 520      | 393  | 400      | 456      |



図III-3-7 東海第二発電所の基準地震動S<sub>s</sub>の超過確率

(図表: 日本原子力発電提供)

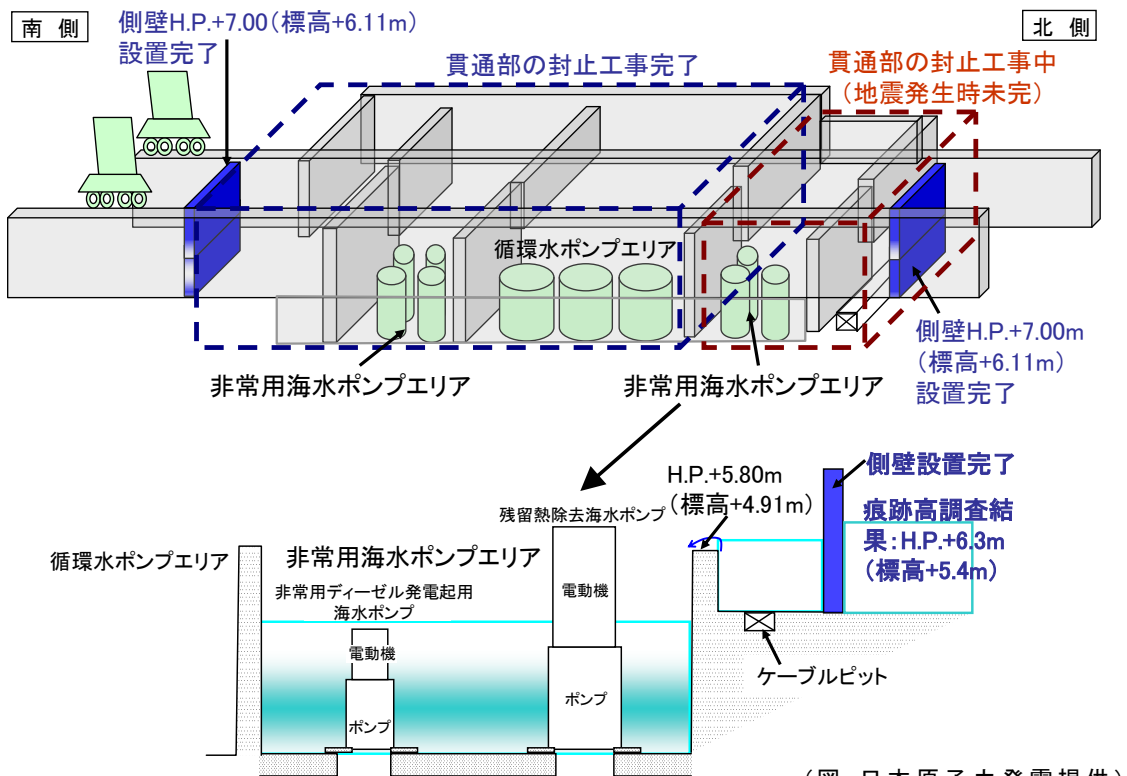
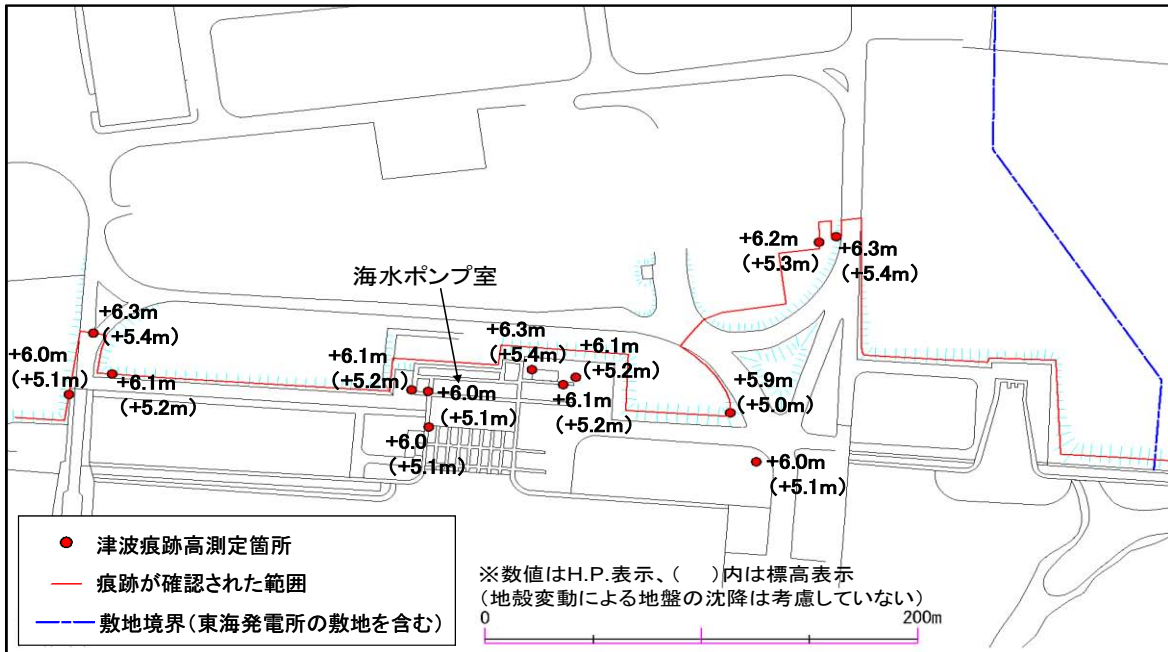


図 III-3-8 東海第二発電所における津波の痕跡高及び痕跡が認められた範囲

#### 4. 地震及び津波による被害に関する評価

##### (1) 複数の震源領域の連動破壊の分析の重要性

今回の地震は、宮城県沖の震源領域における破壊が北方の岩手県沖領域へ連動すると共に、南方の福島県沖、茨城県沖領域へと連動したもので、マグニチュード Mw9.0、震源長さ約 400km 以上、幅約 200km の極めて大規模なものであった。このことから、基準地震動の策定において、複数の震源領域の連動破壊の可能性を考慮することの重要性が改めて認識された。また、これに随伴する津波の規模を推定する際にも、こうした連動現象が発生し得ることを考慮するべきであることも認識された。

##### (2) 設計地震動、設計津波の超過確率の設定と、深層防護設計、残余のリスクの評価の重要性

今回の地震では、一部の原子力発電所において、一部周期帯で基準地震動を超える地震動が観測された。耐震設計審査指針では基準地震動を超える地震動の発生は否定できないとしているが、この事実を踏まえて、現在の基準地震動策定プロセスで得られる基準地震動の超過確率が、達成すべき安全目標との関係で適切であったかについて検討するべきである。

女川原子力発電所は、土木学会の 2002 年の評価技術の求める不確実性を考慮しても、海水ポンプ系に対する津波対策が適切であると確認した。東海第二発電所は、不確実性に対する配慮の結果、海水ポンプ系に対する津波対策を講じた。一方、福島第一原子力発電所は、そのことに配慮して、海水ポンプ等の嵩上げ対策を講じた。結果として、今回の津波の来襲を受けて、前の二つのプラントは、冠水の程度がわずかであったことも幸いして最終ヒートシンクの全喪失を免れ、同じく福島第二原子力発電所においても 3 号機は最終ヒートシンクの全喪失を免れた。一方、福島第一原子力発電所は、津波対策を超える冠水となり、これを全て喪失した。このことから、津波対策の在り方には検討の余地が大きいことを踏まえる必要があるが、深層防護を確保することの重要性が認識された。

すなわち、耐震設計審査指針に則って、確率論的津波ハザード評価の結果を踏まえて、達成すべき安全水準から判断して十分長い再来周期を有する津波を設計基準津波として、津波防護設計を行うとともに、深層防護の観点からこれを超える津波の来襲に備える取組を行っ

た上で、残余のリスクを評価し、達成すべき安全水準の観点からこれが妥当なものになっていることを確認することの重要性も確認された。

### (3) 多様性の重要性

今回の津波被害を見ると、冗長構成の安全系のうち、多様性を備えた安全系が津波の襲来に耐えて使命を果たすところがあった。冗長構成によって安全系を構成する場合に多様性を追求することの重要性が改めて強く認識された。

### (4) 津波の洗掘及び波力に対する対策の重要性

今回の津波では、一般港湾施設の基礎地盤が押し波、引き波によって洗い削られ(洗掘)倒壊した。港湾施設本体も強い波力によって薙ぎ倒された。これから、海岸構築物によって原子力発電所を設計津波から防護する場合には、その設計において波力や洗掘の破壊力の大きさを考慮することの重要性を知らされた。また、設計津波を超える津波による浸水や冠水を防止する際にも、遡上する津波の破壊力を十分に考慮する必要があることも強く認識された。

### (5) 地震動及び潮位観測システムの対策強化

今回の地震では、一部の原子力発電所の加速度時刻歴波形の記録が130～150秒程度で中断し、確保できなかった。原子力発電所の地震動観測システム機能の不備は中越沖地震においても発生しており、同システムの機能維持に関する調査を徹底すべきであった。

一方、潮位観測システムについても、観測水位の計測範囲が不十分であり、同様にシステムの機能維持に関する調査を徹底すべきである。



#### IV. 福島原子力発電所等の事故の発生・進展

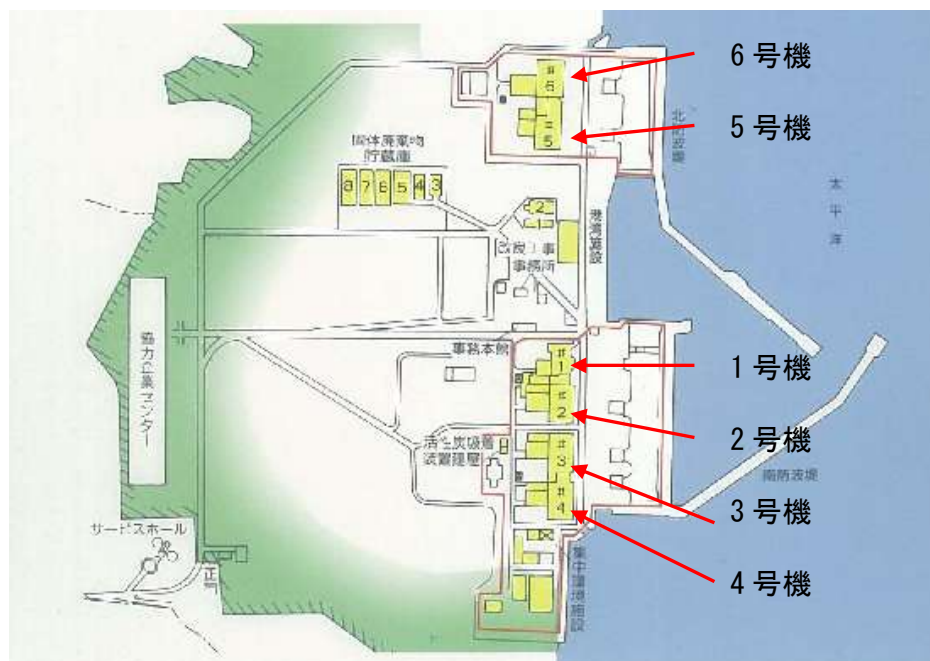
##### 1. 福島原子力発電所の概要

###### (1) 福島第一原子力発電所

福島第一原子力発電所は、福島県双葉郡大熊町と双葉町に位置し、東は太平洋に面している。敷地は、海岸線に長軸をもつ半長円上の形状となっており、敷地面積は約 350 万 m<sup>2</sup> である。同発電所は、東京電力が初めて建設・運転した原子力発電所であり、1971 年 3 月に 1 号機が営業運転を開始して以来、順次増設を重ね、現在 6 基の原子炉を有しており、総発電設備容量は 469 万 6 千 kW となっている。

表IV-1-1 福島第一原子力発電所の発電設備

|             | 1号機    | 2号機    | 3号機     | 4号機     | 5号機     | 6号機     |
|-------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 電気出力 (万 kW) | 46.0   | 78.4   | 78.4    | 78.4    | 78.4    | 110.0   |
| 建設着工        | 1967/9 | 1969/5 | 1970/10 | 1972/9  | 1971/12 | 1973/5  |
| 営業運転開始      | 1971/3 | 1974/7 | 1976/3  | 1978/10 | 1978/4  | 1979/10 |
| 原子炉形式       | BWR-3  | BWR-4  |         |         |         | BWR-5   |
| 格納容器形式      | マーク I  |        |         |         |         | マーク II  |
| 燃料集合体数 (体)  | 400    | 548    | 548     | 548     | 548     | 764     |
| 制御棒本数 (本)   | 97     | 137    | 137     | 137     | 137     | 185     |



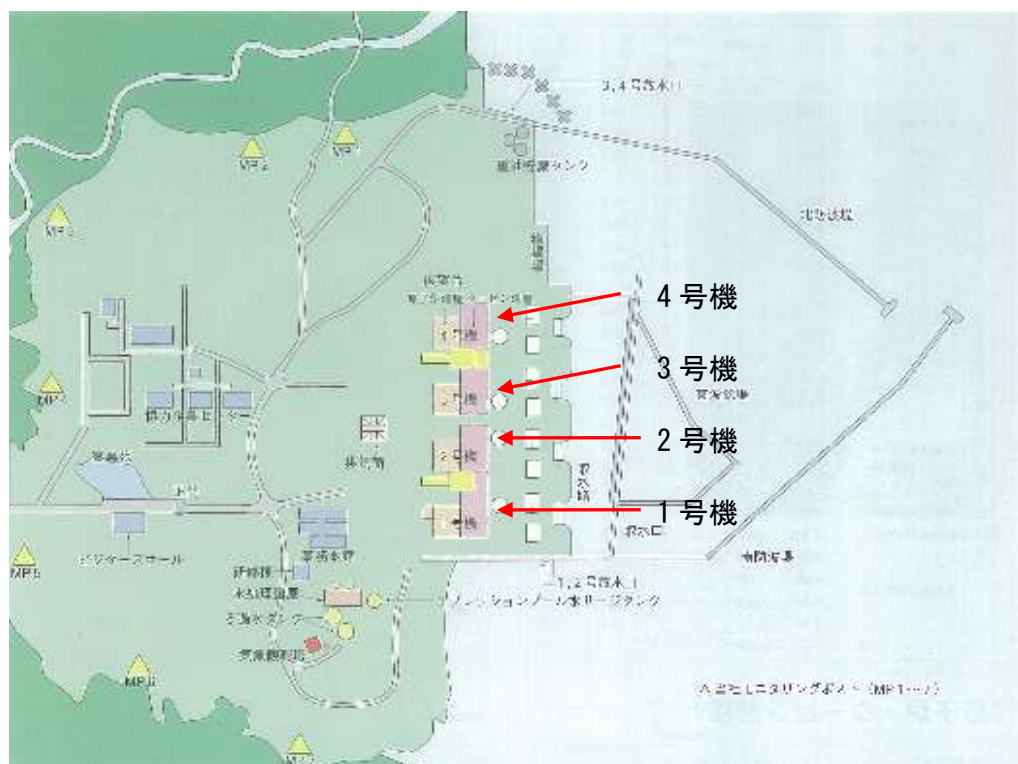
図IV-1-1 福島第一原子力発電所 一般配置図

(2) 福島第二原子力発電所

福島第二原子力発電所は、福島第一原子力発電所の約 12km 南の福島県双葉郡富岡町と楡葉町に位置し、東は太平洋に面している。敷地の形状は、ほぼ正方形となっており、敷地面積は約 147 万 m<sup>2</sup>である。同発電所は、1982 年 4 月に 1 号機が営業運転を開始して以来、順次増設して、現在計 4 基の原子炉を有しており、総発電設備容量は 440 万 kW となっている。

表IV-1-2 福島第二原子力発電所の発電設備

|             | 1号機     | 2号機    | 3号機     | 4号機     |
|-------------|---------|--------|---------|---------|
| 電気出力 (万 kW) | 110.0   | 110.0  | 110.0   | 110.0   |
| 建設着工        | 1975/11 | 1979/2 | 1980/12 | 1980/12 |
| 営業運転開始      | 1982/4  | 1984/2 | 1985/6  | 1987/8  |
| 原子炉形式       | BWR-5   |        |         |         |
| 格納容器形式      | マークⅡ    | マークⅡ改良 |         |         |
| 燃料集合体数 (体)  | 764     | 764    | 764     | 764     |
| 制御棒本数 (本)   | 185     | 185    | 185     | 185     |



図IV-1-2 福島第二原子力発電所 一般配置図



## 2. 福島原子力発電所の安全確保等の状況

### (1) 原子力発電所への設計上の要求事項

原子力発電所は、Ⅱ章に記述したとおり、原子炉等規制法及び電気事業法等の定める法的要求事項を満足しなければならない。

原子力安全・保安院は、原子力発電所の設置について、1次審査を行った上で、原子力安全委員会の2次審査による意見を聴かなければならない。その上で、原子力安全・保安院は審査結果を踏まえ、経済産業大臣が原子炉毎にその設置許可を行う。原子力安全・保安院及び原子力安全委員会は、これらの安全審査において、当該原子力発電所の基本設計ないしは基本的設計方針が原子炉等規制法第24条の許可の基準である「原子炉の位置、構造及び設備が核燃料物質、核燃料物質によって汚染されたもの又は原子炉による災害の防止上支障がないものであること」等に適合しているかを確認している。原子力安全・保安院は、原子力安全委員会が定めた指針類を判断の基礎として具体的に運用し、最新知見に基づき安全審査を行っている。

指針類は、立地に関する指針、設計に関する指針、安全評価に関する指針及び線量目標値に関する指針の4つに大別される。設計に関する指針である「発電用軽水型原子炉施設における安全設計審査指針」[IV2-1]（以下「安全設計審査指針」という。）は、原子力発電所の基本設計における要求事項を規定している。この中で自然現象に対する設計上の考慮として、原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器は、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること、地震以外の想定される自然現象（洪水・津波等）によって原子炉施設の安全性が損なわれない設計であることが要求されている。

さらに、ダムの崩壊などの外部人為事象、火災等に対する安全設計上の要求事項も規定されている。

このうち、地震と津波に関しては、安全設計審査指針を補完する「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」[IV2-2]（最新のものは平成18年9月原子力安全委員会決定。以下「耐震設計審査指針」という。）において、設計方針の妥当性について判断する際の基礎が示されている。

その基本方針として、「耐震設計上重要な施設は、敷地周辺の地質・地質構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から施設の供用期間中に極めてまれにはあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがあると想定することが適切な地震動による地震力に対して、その安全機能が損なわれないように設計されなければならない」ことを要求している。さらに、基準地震動  $S_s$  の設定にお

いては、その策定過程に伴う不確かさ（ばらつき）を適切に考慮すること、超過確率を参照することなどを求めている。

また、地震随件事象の津波に関しては、「施設の供用期間中に極めてまれであるが発生する可能性がある」と想定することが適切な津波によっても、施設の安全機能が重大な影響を受けるおそれがないこと」としている。なお、この指針の解説においては、「施設の設計に当たっては、策定された地震動を上回る地震動が施設に及ぶことによるリスクと定義される「残余のリスク」の存在を十分認識しつつ、それを合理的に実行可能な限り小さくするための努力が支払われるべきである」としている。

原子力安全委員会は、この指針の決定を踏まえて行政庁から事業者へ耐震バックチェックを求めること、その際、「残余のリスク」について定量的な評価を実施すること、評価に際しては確率論的安全評価（以下「PSA」という。）を積極的に取り入れることを求め、その結果を確認することが望ましいとした。この要請を受け、原子力安全・保安院は、「「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂に伴う既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価等の実施について」[IV2-3]において、事業者に対して耐震バックチェックの実施及び「残余のリスク」の評価を求めた。

## （２）安全審査における設計基準事象

### ① 安全審査における設計基準事象の設定

Ⅱ章に記述したとおり、安全評価指針において、原子炉施設の安全設計とその評価に当たって考慮すべき事象が抽出されており、これらを設計基準事象としている。

今回の事故に関連する外部電源喪失、全交流電源喪失及び最終的な熱の逃がし場（以下「最終ヒートシンク」という。）へ熱を輸送する系統に関する設計基準事象は次のとおりである。

安全評価指針では、外部電源喪失は、運転時の異常な過渡変化の一つとして取り上げ、対応する安全設備の適切性の確認を行うこととしている。しかし、安全設計審査指針では、全交流電源喪失について、設計基準事象として要求していない。これは、交流電源として非常用電源系を高い信頼性を備えた設計とするよう要求していることによる。具体的には、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」[IV2-4]（平成2年8月原子力安全委員会決定。以下「重要度分類指針」という。）において、非常用電源系を重要度の特に高い安全機能を有する系統に分類し、安全設計審査指針の指針9（信

頼性に関する設計上の考慮)、指針48(電気系統)などにおいて、多重性又は多様性及び独立性を備えた設計による高い信頼性を要求している。また、前述のとおり、耐震設計審査指針において、地震時に機能喪失しないことを求めている。このような前提を踏まえ、安全設計審査指針の指針27(電源喪失に対する設計上の考慮)では、「原子炉施設は、短期間の全交流動力電源喪失に対して、原子炉を安全に停止し、かつ、停止後の冷却を確保できる設計であること」としているが、同指針27の解説においては、「長期間にわたる全交流動力電源喪失は、送電線の復旧又は非常用交流電源設備の修復が期待できるので考慮する必要はない」こと、また、「非常用交流電源設備の信頼度が系統構成又は運用により十分高い場合においては、設計上全交流電源喪失を想定しなくてよい」としている。このため、事業者は、非常用ディーゼル発電機(以下「非常用DG」という。)を独立2系統設置し、仮に非常用DGが1台故障した場合には他方の1台を起動することとし、故障が長時間に及んだ場合には原子炉を停止することとしている。

また、全ての海水冷却系の機能が喪失する事象は、設計基準事象として要求していない。これは、非常用電源系と同様に、重要度分類指針において、海水ポンプを、重要度の特に高い安全機能を有する系統に分類し、安全設計審査指針の指針9(信頼性に関する設計上の考慮)、指針26(最終的な熱の逃がし場へ熱を輸送する系統)などにおいて、多重性又は多様性及び独立性を備えた設計による高い信頼性を要求するとともに、耐震設計審査指針において、地震時に機能喪失しないことを求めているためである。

水素爆発については、設計基準事象としては、事故事象として、原子炉冷却材喪失時の原子炉格納容器(以下「PCV」という。)内の可燃性ガスの発生が想定されている。これに対応するため、安全設計審査指針の指針33(格納施設雰囲気制御する系統)に基づき、PCV内の水素燃焼を防止する可燃性ガス濃度制御系(以下「FCS」という。)を設置している。また、PCV内を不活性な雰囲気を保つことで、水素燃焼が発生する可能性をさらに低減させている。これらは、PCVの健全性確保の観点からPCV内での水素燃焼を防止することが目的であり、原子炉建屋内での水素燃焼防止を目的としていない。

## ② 福島原子力発電所の設計基準事象に対する安全設計

福島原子力発電所における、今回の事故に関連する外部電源、非常用電源系及び冷却機能等の設計基準事象に対する安全設計は次のと

おり。

外部電源は、2回線以上の送電線により電力系統に接続された設計としている。外部電源喪失に対応する非常用電源は、非常用DGが多重性及び独立性をもって設置されている。さらに、短時間の全交流電源喪失に対応するため、非常用直流電源（蓄電池）が設置され、多重性及び独立性をもっている。

また、復水器による冷却ができない場合の炉心の冷却を高圧の状態で行う設備として、福島第一原子力発電所1号機には非常用復水器<sup>1</sup>（以下「IC」という。）と高圧注水系（以下「HPCI」という。）が、福島第一原子力発電所2号機及び3号機には高圧注水系（HPCI）と原子炉隔離時冷却系<sup>2</sup>（以下「RCIC」という。）が設置されている。低圧の状態では炉心冷却を行う設備としては、福島第一原子力発電所1号機には炉心スプレイ系（以下「CS」という。）と原子炉停止時冷却系（以下「SHC」という。）、福島第一原子力発電所2号機及び3号機には残留熱除去系（以下「RHR」という。）と低圧注水系としてCSが設置されている。

さらに、原子炉圧力容器（以下「RPV」という。）につながる主蒸気管には原子炉蒸気を圧力抑制室（以下「S/C」という。）に排出する主蒸気逃がし安全弁（以下「SRV」という。）及び原子炉蒸気をPCVのドライウェル（以下「D/W」という。）に排出する安全弁が設置されている。SRVは自動減圧装置の機能を有している。これらの安全設備の比較を表IV-2-1に、系統構成図を図IV-2-1から図IV-2-7に示す。

また、最終ヒートシンクについては、図IV-2-8、図IV-2-9に示すように、福島第一原子力発電所1号機はSHC、2号機及び3号機はRHRにある熱交換器で、海水冷却系により供給される海水を利用して冷却される。

水素爆発に関しては、PCV内を窒素雰囲気と保つこととし、PCV内の水素燃焼を防止するため、FCSを設置している。

### （3）シビアアクシデント対策

---

<sup>1</sup> 外部電源喪失時等で、原子炉圧力容器が隔離されたとき（主復水器により原子炉の冷却ができないとき）に、原子炉圧力容器の冷却のため、原子炉圧力容器内の蒸気を凝縮し、その凝縮水を自然循環（ポンプ駆動は不要）により原子炉圧力容器へ戻す機能を有する設備である。非常用復水器（IC）では、伝熱管内に導かれた蒸気を、復水器内（胴側）に貯えられた水で冷却する構造となっている。

<sup>2</sup> 外部電源喪失等で、原子炉圧力容器が給復水系から隔離された場合に、炉心の冷却を行う系統。水源としては、復水貯蔵タンク、圧力抑制室の水のいずれも使用できる。ポンプの駆動装置は原子炉蒸気の一部を利用するタービンである。

① シビアアクシデント対策の位置付け

a シビアアクシデント対策の検討

シビアアクシデント<sup>3</sup>については、原子力発電所の安全性を確率論的に評価した「原子炉安全研究」報告書（WASH-1400）[IV2-5]が1975年に米国で公表されて以来注目されるようになった。

シビアアクシデントは、原子炉施設を設計する際に基準となる事象（設計基準事象）をさらに超える事象として、多重防護の第4層において考慮されるものであり、IAEAの基本安全原則（Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants 75-INSAG-3 Rev.1 INSAG-12(1999)）[IV2-6]においてもそのように位置付けられている。ここで、多重防護とは一般に、異常の発生防止（第1層）、異常の事故への拡大防止（第2層）、事故の影響緩和（第3層）のそれぞれの層で余裕を持たせた設計とすること等を通じ、安全対策を多層的なものとして構成することをいう。設計基準事象は通常は第3層までの安全対策を設定するための事象である。その外側の第4層の取り組みに当たるシビアアクシデント対策は、シビアアクシデントへの拡大防止及びそれによる影響を緩和するために、補完的な手段を用意して、さらに、現にある設備の有効活用や、手順に基づく措置を中心とした対策を講ずることである。これによって、事象がさらに悪い方向に進むことを防ぎ、放射性物質を閉じ込める機能を守る取り組み、すなわちシビアアクシデントを管理する取り組みを行うことである。

一方、我が国では、原子力安全委員会が、1986年に旧ソ連においてチェルノブイリ事故が発生したことから、シビアアクシデント対策を検討するため、1987年7月に同委員会原子炉安全基準専門部会の下に共通問題懇談会を設けた。同懇談会では、シビアアクシデントの考え方、PSA手法、シビアアクシデントに対するPCVの機能維持等について検討を行い、1992年3月に「シビアアクシデント対策としてのアクシデントマネージメントに関する検討報告書—格納容器対策を中心として—」[IV2-7]をとりまとめた。

同報告書は、「設計基準事象に対応した安全確保活動を通じて原子炉施設の安全は十分確保され、原子炉施設による周辺公衆に対する放射線被ばくのリスクは十分低くなっているものとした上で、万

---

<sup>3</sup> 設計基準事象を大幅に超える事象であって、安全設計の評価上想定された手段では適切な炉心の冷却または反応度の制御ができない状態であり、その結果、炉心の重大な損傷に至る事象。

一原子力施設にシビアアクシデントに至るおそれのある事象、あるいはシビアアクシデントが発生した場合でも、PSAに基づいて摘出された適切なアクシデントマネジメント<sup>4</sup>が行われるものとするれば、シビアアクシデントに至る可能性はさらに減少し、あるいはシビアアクシデントによる公衆への影響を緩和できるため、リスクは一層小さいものとなる」としている。

これを受け、原子力安全委員会は、1992年5月に「発電用軽水型原子炉施設におけるシビアアクシデント対策としてのアクシデントマネジメントについて」[IV2-8]（以下「アクシデントマネジメント指針」という。）を決定した。同決定に基づき、事業者の自主的な措置（法令要件外）として、事故のシビアアクシデントへの拡大防止対策（フェーズⅠ）及びシビアアクシデントに至った場合の影響緩和対策（フェーズⅡ）の整備が進められている。

通商産業省（当時）は、このアクシデントマネジメント指針に基づき、1992年7月に「アクシデントマネジメントの今後の進め方について」[IV2-9]を発出し、事業者に対して、軽水型原子力発電所の原子炉施設毎にPSAを実施すること、これに基づくアクシデントマネジメントの整備を実施すること、及びそれらの結果を報告することを要請し、報告を受けた時は内容の確認を行うこととした。

その後、原子力安全・保安部会基本政策小委員会において、我が国の規制全般についての検討を行い、「原子力安全規制に関する課題の整理」[IV2-10]を2010年にとりまとめている。同報告書において、一部の国で新規設計炉に対してシビアアクシデント対策を規制上の要件とするなどの国際動向を踏まえ、シビアアクシデント対応の安全規制における取扱いに関し、規制制度の中の位置付けや法令上の取扱い等について検討することが適当であるとした。これを受け、原子力安全・保安院では、シビアアクシデントについての今後の対応について検討を進めていたところであった。

## b リスク情報の活用等

PSAの活用については、原子力安全委員会で定期安全レビュー<sup>5</sup>

<sup>4</sup> 設計基準事象を超え、炉心が大きく損傷するおそれのある事態が万一発生したとしても、現在の設計に含まれる安全余裕や安全設計上想定した本来の機能以外にも期待し得る機能又はそうした事態に備えて新規に設置した機器等を有効に活用することによって、それがシビアアクシデントに拡大するのを防止するため、若しくはシビアアクシデントに拡大した場合にもその影響を緩和するために採られる措置。

<sup>5</sup> 既設原子力発電プラントの安全性等の向上を目的として、約10年毎に最新の技術的知見に基づき原子力発電所の安全性等を総合的に再評価すること。具体的には、運転経験の包括的な評価、最新の技術的知見の反映、高経年化技

(以下「PSR」という。)に関する検討が開始され、1993年にPSAの実施を含むPSRの基本方針が策定された。

この方針では、PSAは、原子力発電所で発生する可能性がある異常事象を広範囲に想定して原子力発電所の安全性を包括的かつ定量的に評価し把握できるため、現状の安全性を一層向上させるため有効な手法であるとして、PSRの取組の一部として実施することが要請された。その結果、1994年以降、通商産業省(当時)は、PSRを実施するよう事業者に要請し、PSAを含む事業者の評価結果を原子力安全委員会に報告してきた。

その後、PSRは2003年には高経年化対策の一環として法令要求とされたが、PSAは、引き続き事業者が任意に行うものという位置付けのままとされた。その際にPSRの評価結果は原子力安全・保安院が保安検査で確認することとなり、原子力安全委員会への報告はなくなった。一方で、事業者は、PSAを活用し、シビアアクシデント対策の整備を進めてきた。

我が国のPSAについては、内的事象に関するPSAに関する民間規格が整備されている。一方で、外的事象では地震PSAに関する民間規格が整備されているが、外部溢水等の外的事象についてのPSAは検討が始まった段階である。

また、リスク情報の活用について、原子力安全・保安部会リスク情報活用検討会で検討を進め、2005年に「原子力安全規制への『リスク情報』活用の基本的考え方」[IV2-11]等を定めたが、一時中断していた。このため、2010年に同検討会を再開し、リスク情報活用の一層の推進方策を検討しているところであった。

一方、リスク情報の活用に関連する安全目標については、原子力安全委員会安全目標専門部会において2000年から検討が進められ、2003年に「安全目標に関する調査審議状況の中間とりまとめ」[IV2-12]がとりまとめられた。さらに、2006年に「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について—安全目標案に対応する性能目標について—」[IV2-13]がとりまとめられた。しかし、我が国の安全目標がまとまっておらず、安全目標に基づくリスク情報の活用は進んでいなかった。

以上のように、リスク情報の活用について我が国の取り組みは諸外国の情勢と比較して十分とは言えない状況にあった。

---

術評価等、及びPSAについて再評価する。



c. 全交流電源喪失、冷却機能等に対する検討

今回の事故に関連するシビアアクシデントの実施状況は、次のとおり。

原子力安全委員会がまとめた「共通問題懇談会 中間報告」[IV2-14]（1989年2月27日 原子炉安全基準専門部会。以下「共通懇中間報告」という。）においては、全交流電源喪失時のアクシデントマネジメントとして、直流電源（蓄電池）の利用によってRCIC等により炉心冷却を図ること、外部電源又は非常用DGの復旧、可搬式ディーゼル発電機又は蓄電池の持ち込み、隣接するプラントの非常用DGからの電源融通等の努力が取り上げられ、これらが行われるようにしておけば、炉心損傷に至る前に事故が収束できる可能性が高いとされた。

さらに、RHRが機能喪失した場合については、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、PCVの破損を防止するため、PCVの減圧を行う耐圧強化ベント（以下「PCVベント」という。）を行うための設備等を設置するとともに、各設備に関する手順書を定めることが考えられるとされた。

アクシデントマネジメント指針は、BWRプラントのフェーズⅠ（炉心損傷防止）のアクシデントマネジメントとして消火系による原子炉への代替注水とPCVベントを示している。また、当該指針では、「PCV内の注水等の対策と組み合わせて設置するフィルター機能を有するPCVベント設備はフェーズⅡ（炉心損傷後）のアクシデントマネジメントの有効な対策となり得る」としている。さらにPCV内への注水は、BWRプラントのフェーズⅠ（炉心損傷防止）及びフェーズⅡ（炉心損傷後）のアクシデントマネジメントとされている。その根拠となるPSAでは、PCV内への代替注水がPCV雰囲気気の加温・加圧の抑制、デブリコンクリート反応<sup>6</sup>及び溶融物シェルアタック<sup>7</sup>を防止すると評価されている。

② 東京電力のアクシデントマネジメント整備状況

東京電力は、1994年3月に「アクシデントマネジメント検討報告

<sup>6</sup> 炉心溶融物が原子炉圧力容器下部を貫通して落下した場合に、床面のコンクリートを熱分解するとともに、コンクリート成分を巻き込んで侵食する。

<sup>7</sup> 炉心溶融物が原子炉圧力容器下部を貫通して落下した場合に、圧力容器下部のキャビティ領域に落下して拡がり、その後、ペDESTAL開口部からデブリはドライウエル床に拡がった後、格納容器の壁を破損する現象

書」[IV2-15]をとりまとめ、これに基づきアクシデントマネジメントの整備を行うとともに、手順書、教育等の運用面についても整備を行ってきた。2002年5月には整備状況を取りまとめた「アクシデントマネジメント整備報告書」[IV2-16]を経済産業省に提出した。

東京電力は、原子炉停止機能、原子炉及びPCVへの注水機能、PCVからの除熱機能並びに安全機能のサポート機能に対してアクシデントマネジメントを整備している。その主なアクシデントマネジメントについて表IV-2-2に示す。また、1号機から3号機の各号機のアクシデントマネジメント設備の系統構成を図IV-2-10から図IV-2-17に示す。

東京電力は、福島原子力発電所の代替注水については、復水貯蔵タンクを水源とし復水補給水系から原子炉へ注水するライン、ろ過水タンクを水源とし消火系から復水補給水系を経由して原子炉へ注水するラインを整備し、そのための「事故時運転操作手順書（シビアアクシデント）」（以下「過酷事故操作手順書」という。）を定めている。

さらに、東京電力は、3号機には、図IV-2-12に示すように、残留熱除去海水系（RHRS）から原子炉へ海水を注水するための切り替え設備を設置し、当該設備の切り替え操作等について手順書を定めている。なお、1号機及び2号機は、原子炉建屋内に海水系統が引き込まれていないことから、同様の設備はない。

東京電力は、シビアアクシデント時のPCVベントの設備としては、図IV-2-13、図IV-2-14に示すように、S/C及びD/Wから排気筒に至るベント配管を1999年から2001年に新たに設置した。当該設備は、圧力が高い場合でもPCVベントができるよう、非常用ガス処理系（以下「SGTS」という。）をバイパスして設置されている。また、誤動作を防ぐ観点から、ラプチャーディスクを備えている。

シビアアクシデント時のPCVベント操作について、過酷事故操作手順書では、S/CからのPCVベント（以下「ウェットベント」という。）を優先的に操作することとし、炉心損傷前にあつてはPCVの圧力が最高使用圧力到達時、炉心損傷後にあつては最高使用圧力の約2倍に到達すると予測される場合であつてRHRの復旧の見通しが無い場合、外部水源総注水量がS/C内ベントライン水没レベル以下の場合にウェットベント操作を行うこと、また、S/Cのベントラインが水没した場合はD/WからのPCVベント（以下「ドライベント」という。）操作を行うこと等、PCVベント条件及び操作を定めている。炉心損傷後のPCVベント操作実施の判断は、緊急時対策本部長が行うと定めている。

PCV からの除熱機能に係るアクシデントマネジメントとしては、他に図IV-2-15、図IV-2-16 に示す PCV スプレイ (D/W 及び S/C) への代替注水機能 (以下「代替スプレイ機能」という) を整備している。PCV スプレイ (D/W 及び S/C) は、安全設計審査指針の指針 32 (原子炉格納容器除熱系) に基づき、原子炉冷却材喪失時に PCV 内に放出されるエネルギーによって生じる圧力、温度を低下させるために設置している。過酷事故操作手順書には、このラインを用いての RHR からの注水、復水補給水系及び消火系からの注水、及び注水停止基準等について定めている。

電源の融通設備については、図IV-2-17 に示すように、隣接原子炉施設間 (1-2 号機、3-4 号機、5-6 号機) で動力用の交流電源 (6.9kV) 及び低圧の交流電源 (480V) について電源が融通できるよう設備を設置し、当該設備に関する手順書を定めている。

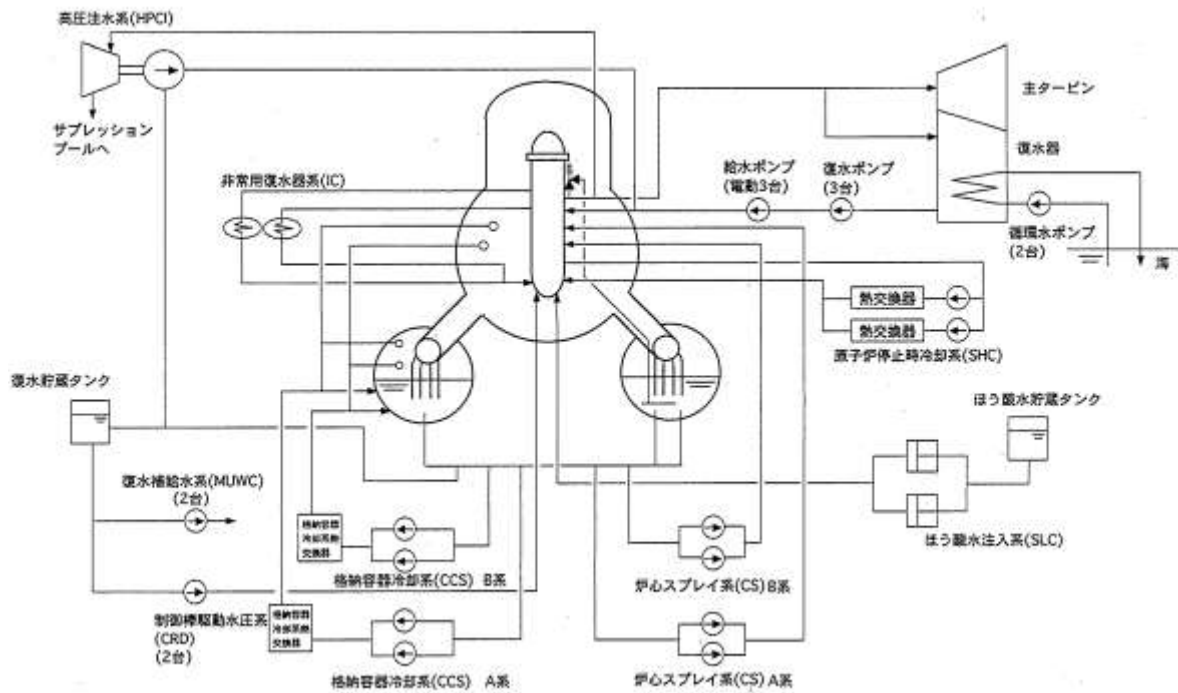
非常用 DG の復旧については、故障の認知、故障箇所の同定、保修要員による故障機器の復旧作業について、手順書を定めている。

表IV-2-1 工学的安全設備及び原子炉補助設備の比較

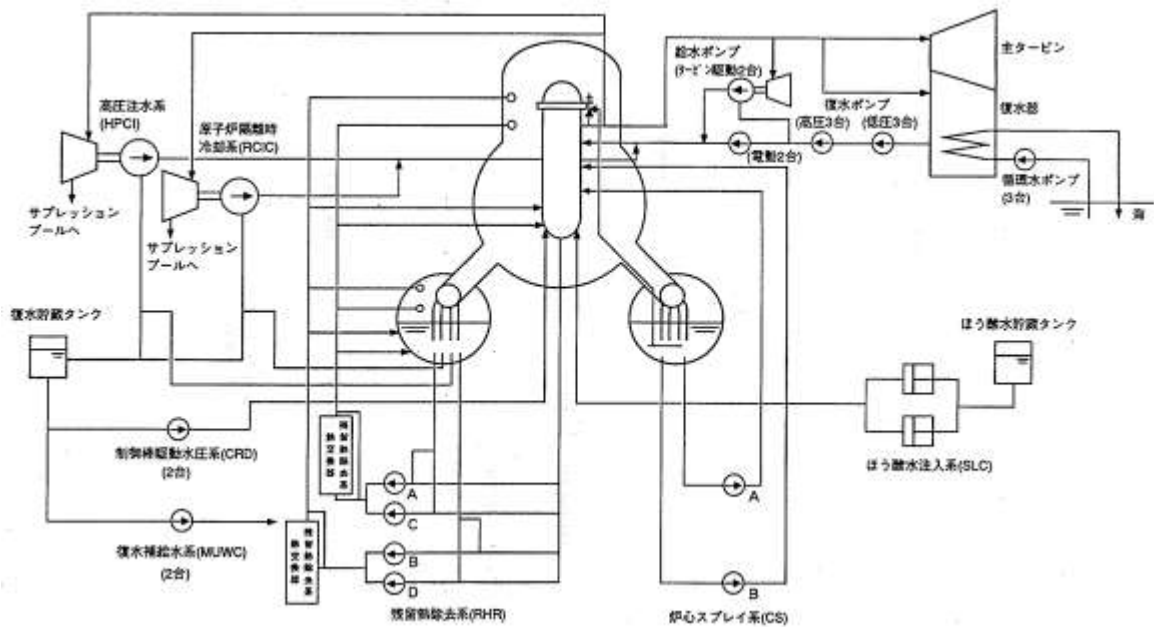
| 福島第一原子力発電所          |                                   | 1号機                          | 2号機                          | 3号機                          |
|---------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 炉心スプレイ系<br>(CS)     | 系統数                               | 2                            | 2                            | 2                            |
|                     | 流量(T/hr/系統)                       | 550                          | 1020                         | 1141                         |
|                     | ポンプ数(/系統)                         | 2                            | 1                            | 1                            |
|                     | ポンプ吐出圧力<br>(kg/cm <sup>2</sup> g) | 20                           | 35.2                         | 35.2                         |
| 格納容器冷却系<br>(CCS)    | 系統数                               | 2                            | 2                            | 2                            |
|                     | 設計流量(T/hr/系統)                     | 705                          | 2960                         | 2600                         |
|                     | ポンプ数(/系統)                         | 2                            | 2                            | 2                            |
| 高圧注水系<br>(HPCI)     | 系統数                               | 1                            | 1                            | 1                            |
|                     | 流量(T/hr)                          | 682                          | 965                          | 965                          |
|                     | ポンプ数                              | 1                            | 1                            | 1                            |
| 低圧注水系<br>(LPCI)     | 系統数                               | /                            | 2                            | 2                            |
|                     | 流量(T/hr/ポンプ)                      |                              | 1750                         | 1820                         |
|                     | ポンプ数(/系統)                         |                              | 2                            | 2                            |
| 残留熱除去系<br>(RHR)     | ポンプ                               | /                            |                              |                              |
|                     | 台数                                |                              | 4                            | 4                            |
|                     | 流量(t/h)                           |                              | 1750                         | 1820                         |
|                     | 全揚程(m)                            |                              | 128                          | 128                          |
|                     | 海水ポンプ                             |                              |                              |                              |
|                     | 台数                                |                              | 4                            | 4                            |
|                     | 流量(m <sup>3</sup> /h)             |                              | 978                          | 978                          |
|                     | 全揚程(m)                            |                              | 232                          | 232                          |
|                     | 熱交換器                              |                              |                              |                              |
|                     | 基数                                |                              | 2                            | 2                            |
| 伝熱容量(kcal/h)        |                                   | 7.76E+06                     | 7.76E+06                     |                              |
| 原子炉停止時冷却系<br>(SHC)  | ポンプ                               | /                            |                              |                              |
|                     | 台数                                |                              | 2                            |                              |
|                     | 流量(m <sup>3</sup> /h/台)           |                              | 465.5                        |                              |
|                     | 揚程(m)                             |                              | 45.7                         |                              |
|                     | 熱交換器                              |                              |                              |                              |
|                     | 基数                                |                              | 2                            |                              |
| 熱交換能力(kcal/h)       | 3.8E+06                           |                              |                              |                              |
| 原子炉隔離時冷却系<br>(RCIC) | 蒸気タービン                            | /                            |                              |                              |
|                     | 台数                                |                              | 1                            | 1                            |
|                     | 原子炉圧力(kg/cm <sup>2</sup> g)       |                              | 79-10.6                      | 79-10.6                      |
|                     | 出力(HP)                            |                              | 500-80                       | 500-80                       |
|                     | 回転数(rpm)                          |                              | 5000-2000                    | 4500-2000                    |
|                     | ポンプ                               |                              |                              |                              |
|                     | 台数                                |                              | 1                            | 1                            |
|                     | 流量(t/h)                           |                              | 95                           | 97                           |
|                     | 全揚程(m)                            |                              | 850-160                      | 850-160                      |
|                     | 回転数(rpm)                          |                              | 可変                           | 可変                           |
| 非常用復水器<br>(IC)      | 系統数                               | 2                            | /                            | /                            |
|                     | タンク有効保有水量(m <sup>3</sup> /タンク)    | 106                          |                              |                              |
|                     | 蒸気流量(T/hr/タンク)                    | 100.6                        |                              |                              |
| 非常用ガス処理系<br>(SGTS)  | 系統数                               | 2                            | 2                            | 2                            |
|                     | 送風機数(/系統)                         | 1                            | 1                            | 1                            |
|                     | 排風容量(m <sup>3</sup> /hr/台)        | 1870                         | 2700                         | 2700                         |
|                     | 系統ヨウ素除去効率(%)                      | ≥97                          | ≥99.9                        | ≥99.9                        |
| 安全弁                 | 個数                                | 3                            | 3                            | 3                            |
|                     | 全容量(T/hr)                         | 900                          | 900                          | 900                          |
|                     | 吹き出し圧力(kg/cm <sup>2</sup> g)      | 86.8(2個)<br>87.9(1個)         | 87.2                         | 87.2                         |
|                     | 吹き出し場所                            | ドライウエル                       | ドライウエル                       | ドライウエル                       |
| 主蒸気逃がし安全弁           | 個数                                | 4                            | 8                            | 8                            |
|                     | 全容量(T/hr)                         | 1090                         | 2900                         | 2900                         |
|                     | 吹き出し圧力<br>(逃がし弁機能)                | 74.2kg/cm <sup>2</sup> g(1個) | 75.9kg/cm <sup>2</sup> g(1個) | 75.9kg/cm <sup>2</sup> g(1個) |
|                     |                                   | 74.9kg/cm <sup>2</sup> g(2個) | 76.6kg/cm <sup>2</sup> g(3個) | 76.6kg/cm <sup>2</sup> g(3個) |
|                     |                                   | 75.6kg/cm <sup>2</sup> g(1個) | 77.3kg/cm <sup>2</sup> g(4個) | 77.3kg/cm <sup>2</sup> g(4個) |
|                     | 吹き出し圧力<br>(安全弁機能)                 | 78.0kg/cm <sup>2</sup> g(2個) | 78.0kg/cm <sup>2</sup> g(2個) |                              |
|                     |                                   | 78.7kg/cm <sup>2</sup> g(2個) | 78.7kg/cm <sup>2</sup> g(3個) |                              |
| 吹き出し場所              |                                   | 79.4kg/cm <sup>2</sup> g(3個) |                              |                              |
| 吹き出し場所              | 圧力抑制室                             | 圧力抑制室                        | 圧力抑制室                        |                              |

表IV-2-2 福島第一、第二原子力発電所におけるアクシデントマネジメント対策の内容

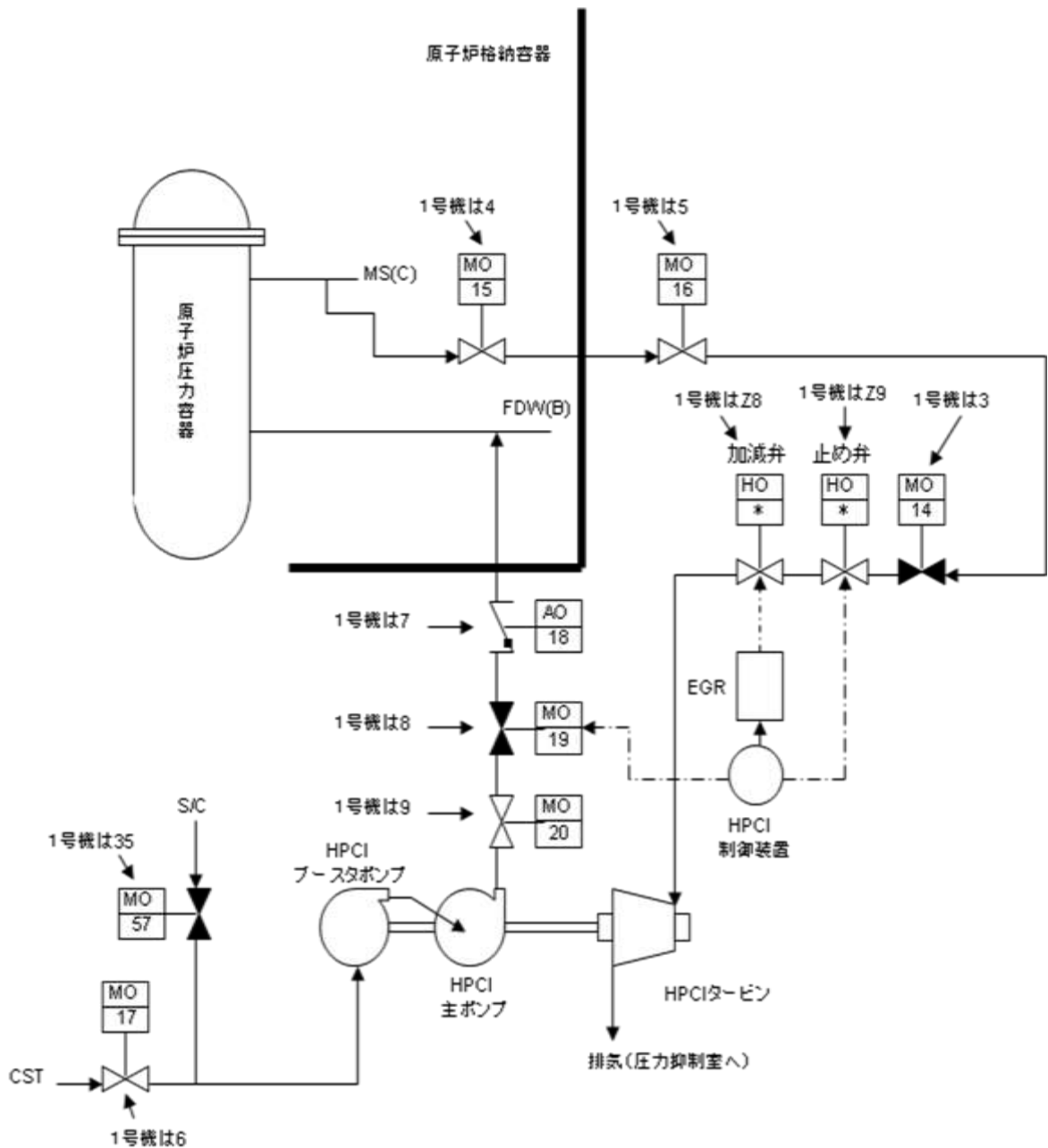
|  | 福島第一           |                  |                | 福島第二             |
|--|----------------|------------------|----------------|------------------|
|  | 1号機<br>(BWR-3) | 2~5号機<br>(BWR-4) | 6号機<br>(BWR-5) | 1~4号機<br>(BWR-5) |
| <b>1. 原子炉停止機能にかかわるアクシデントマネジメント</b>   |                |                  |                |                  |
| ① <input type="checkbox"/> 循環ポンプトリップ (RPT)<br>原子炉緊急停止系とは別に設置した計測制御系により、再循環ポンプを自動でトリップさせ原子炉の出力を低下させるもの。   | ○              | ○                | ○              | ○                |
| ② 代替制御棒挿入 (ARI)<br>原子炉緊急停止系とは別に設置した計測制御系により、異常を検知し、新たに設置した弁が自動開放することにより制御棒が挿入され、原子炉を停止させるもの。   | ○              | ○                | ○              | ○                |
| <b>2. 原子炉及び格納容器への注水機能にかかわるアクシデントマネジメント</b>   |                |                  |                |                  |
| ① <input type="checkbox"/> 替注水手段<br>既設の復水補給水系、消火系や格納容器冷却系を有効活用する観点より、これらの系統から炉心スプレイ系等を介して原子炉等へ注水できるように配管の接続先を変更し、代替注水設備として利用するもの。  | ○              | ○                | ○              | ○                |
| ② 原子炉減圧の自動化(もともと自動化されている。ADSの信頼性向上というべき)<br>過渡事象時に高圧注水が十分でなく、原子炉水位のみ低下していく事象は、D/W 圧力高の信号が発生せず、従来の設備では、自動減圧系が自動起動しないため、原子炉水位低の信号発生後、逃し安全弁により原子炉を自動減圧することで、このような事象でも低圧非常用炉心冷却系等による炉心への注水が可能となるようにした。 | —              | ○                | ○              | ○                |
| <b>3. 格納容器からの除熱機能にかかわるアクシデントマネジメント</b>   |                |                  |                |                  |
| ① <input type="checkbox"/> D/Wクーラー、原子炉冷却材浄化系による代替除熱<br>D/Wクーラー、原子炉冷却材浄化系を手動起動し、格納容器から除熱を行うもの。手順については、事故時運転操作基準に定めた。  | ○              | ○                | ○              | ○                |
| ② 格納容器冷却系(残留熱除去系)の復旧<br>基本的な手順として、格納容器冷却系(残留熱除去系)の故障の認知、故障箇所の同定、保修員による故障箇所の復旧作業について、復旧手順ガイドラインに定めた。  | ○              | ○                | ○              | ○                |
| ③ 耐圧強化ベント<br>非常用ガス処理系を経由することなく、不活性ガス系から直接排気筒へ接続する耐圧性を強化した格納容器ベントラインを設置し、格納容器過圧防止として減圧操作の適用範囲を広げ、格納容器からの除熱機能を向上させるもの。   | ○              | ○                | ○              | ○                |
| <b>4. 安全機能のサポート機能にかかわるアクシデントマネジメント</b>   |                |                  |                |                  |
| ① <input type="checkbox"/> 源の融通<br>隣接原子力施設間に低圧のAC電源のタイラインを設置し、電源供給能力を向上させるもの。  | ○              | ○                | ○              | ○                |
| ② 非常用DGの復旧<br>基本的な手順として、非常用DGの故障の認知、故障箇所の同定、保修員による故障箇所の復旧作業について、復旧手順ガイドラインに定めた。  | ○              | ○                | ○              | ○                |
| ③ 非常用DGの専用化<br>非常用DG2台のうち、1台は隣り合う号機との共用化をしていたが、2、4、5号機にあらたに非常用DG1台を追設したことにより、専用化を図った。  | ○              | ○                | ○              | ○                |



図IV-2-1 福島第一原子力発電所1号機 系統構成図



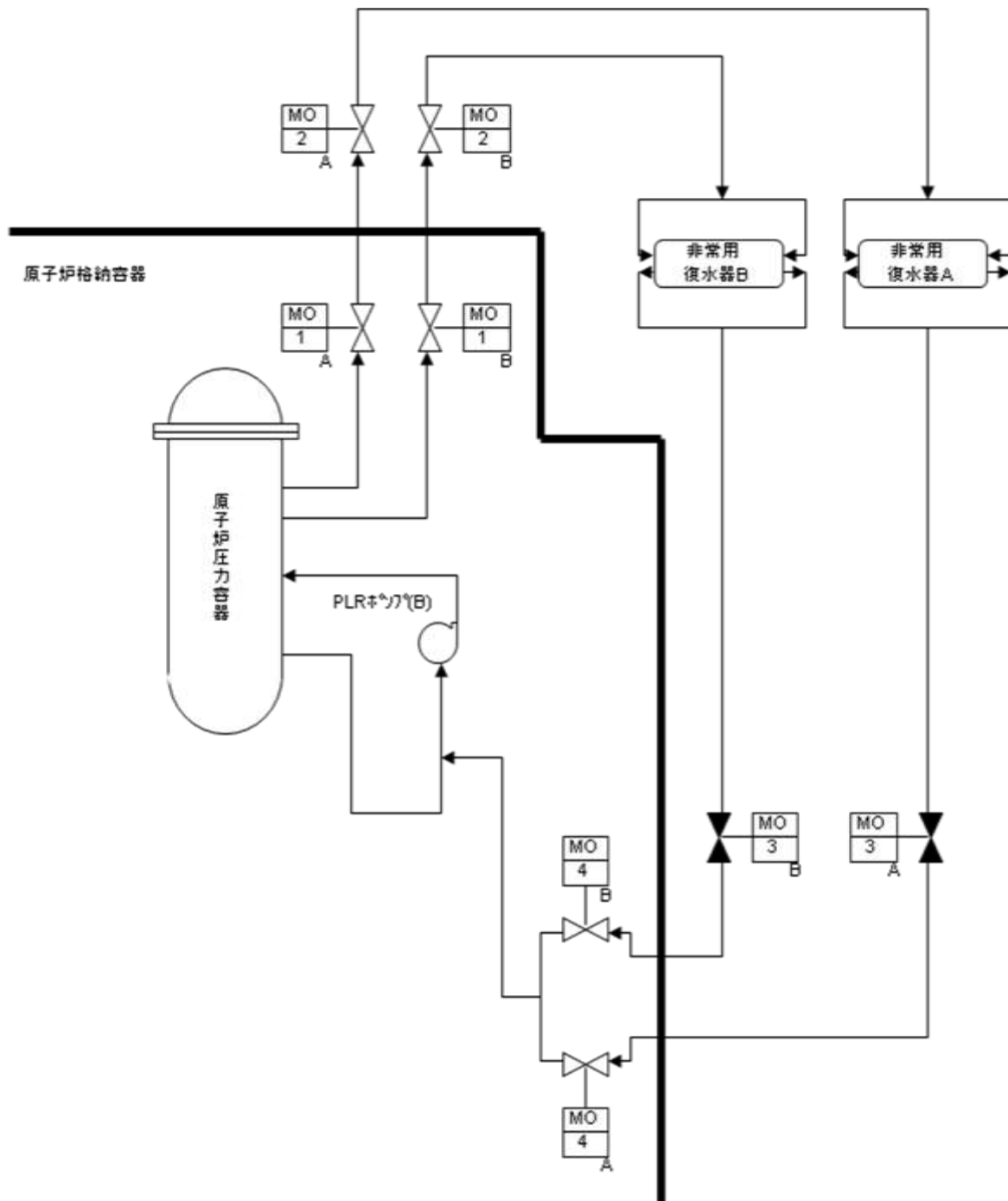
図IV-2-2 福島第一原子力発電所2号機、3号機 系統構成図



- ※1: 通常運転時、MO-15, 16, 17, 20弁およびHO弁は「開」、MO-14, 19弁は「閉」。起動時14弁, 19弁「開」。
- ※2: MO-15弁はAC電源、電源喪失にて動作不能(as is)。
- ※3: MO-14, 16, 17, 19, 20弁はDC電源(隔離論理回路とは別電源)、電源喪失にて動作不能(as is)。
- ※4: DC電源喪失時は隔離(閉)論理回路作動。  
その時、各弁駆動電源(※2, ※3に記載)が生きていれば各弁閉。既に各弁駆動電源が喪失していれば動作不能(as is)。

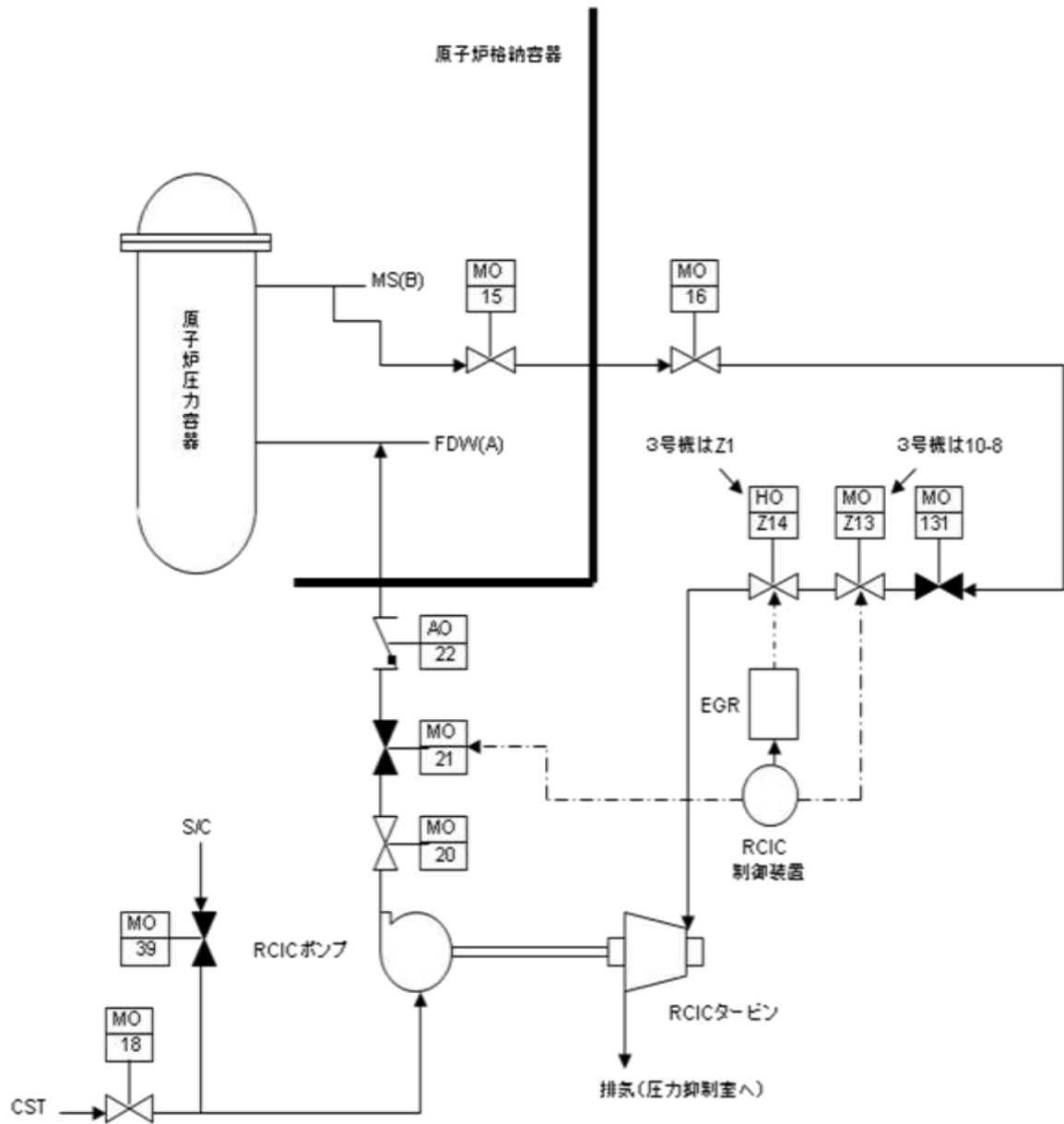
図IV-2-3 高圧注水系 系統構成図 (1 から 3 号機)





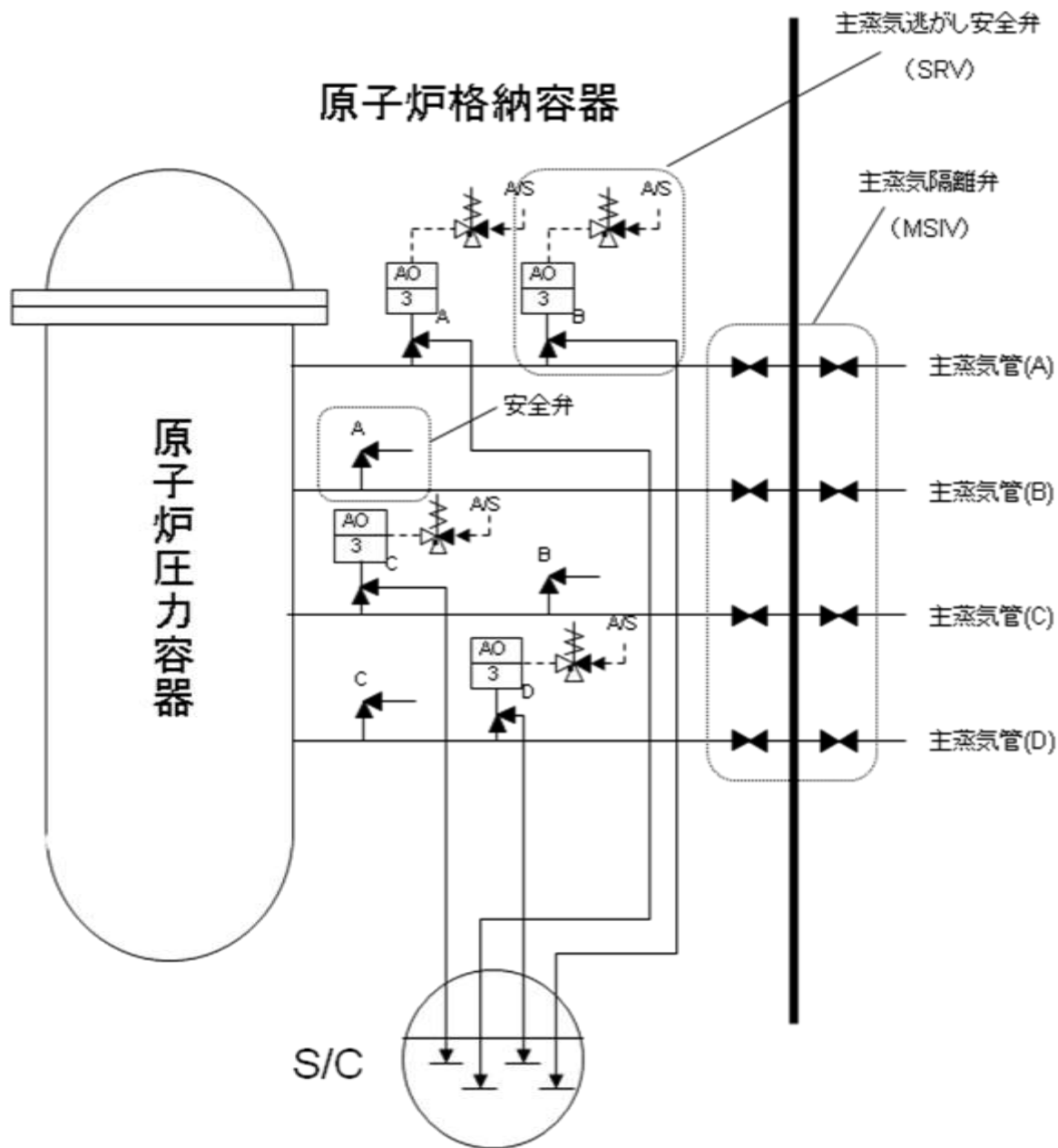
- ※1: 通常運転時(待機状態)、MO-1, 2, 4弁は「開」、MO-3弁は「閉」。起動時3弁「開」。
  - ※2: MO-1, 4弁はAC電源、電源喪失にて動作不能(as is)。
  - ※3: MO-2, 3弁はDC電源(隔離論理回路と同電源)、電源喪失にて動作不能(as is)。
  - ※4: DC電源喪失時は隔離(閉)論理回路作動。
- その時、各弁駆動電源(※2, ※3に記載)が生きていれば各弁開。既に各弁駆動電源が喪失していれば動作不能(as is)。

図IV-2-4 非常用復水器 系統構成図 (1号機)



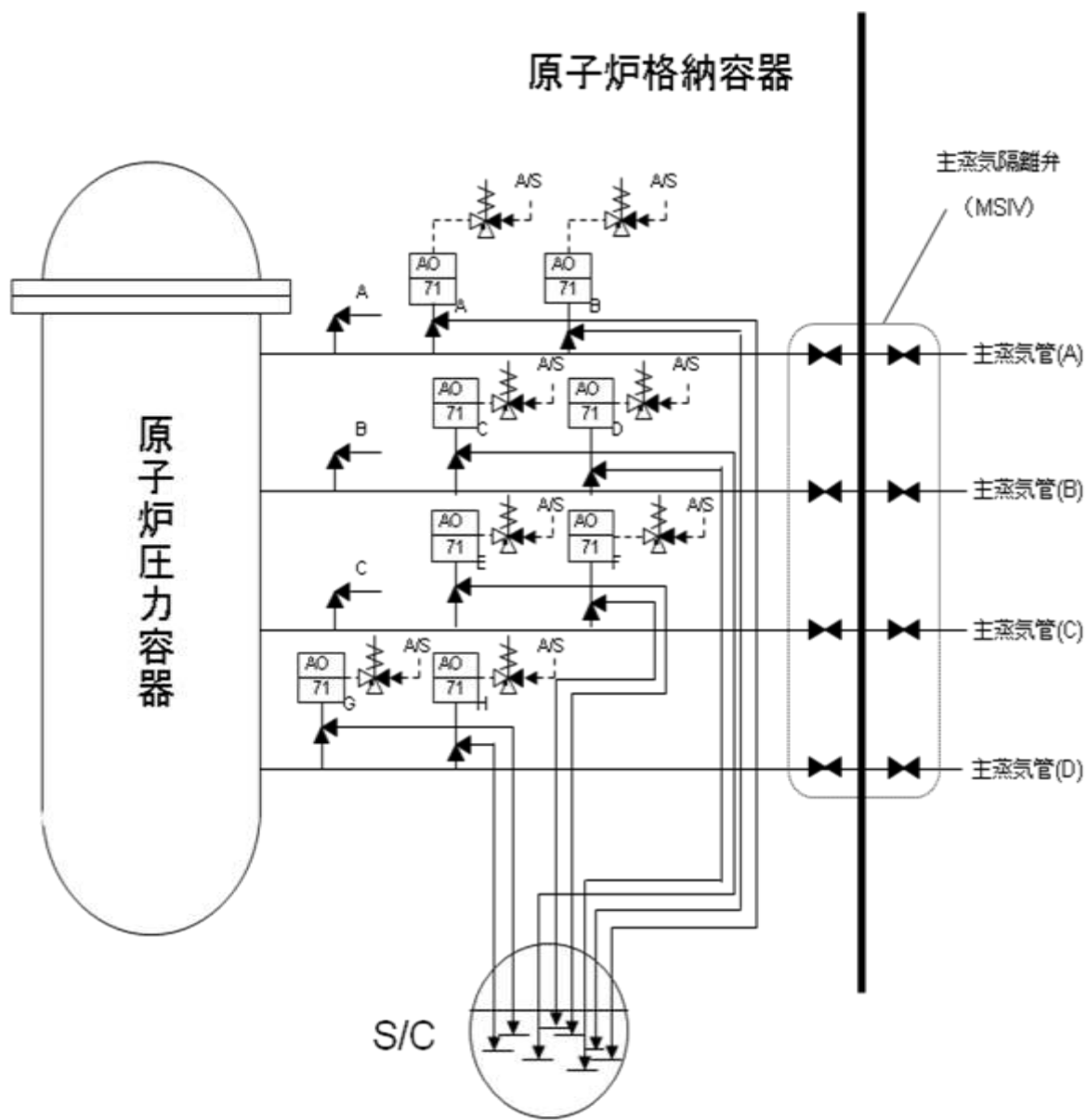
- ※1:通常運転時(待機状態)、MO-15, 16, 18, 20, Z13弁およびHO-Z14は「開」、MO-131, 21弁は「閉」。起動時131弁, 21弁「開」。
- ※2:MO-15弁はAC電源、電源喪失にて動作不能(as is)。
- ※3:MO-16, 18, 20, 21, 131弁はDC電源(隔離論理回路とは別電源)、電源喪失にて動作不能(as is)。
- ※4: DC電源喪失時は隔離(閉)論理回路作動。  
その時、各弁駆動電源(※2, ※3に記載)が生きていれば各弁開。既に各弁駆動電源が喪失していれば動作不能(as is)。

図IV-2-5 原子炉隔離時冷却系 系統構成図 (2、3号機)



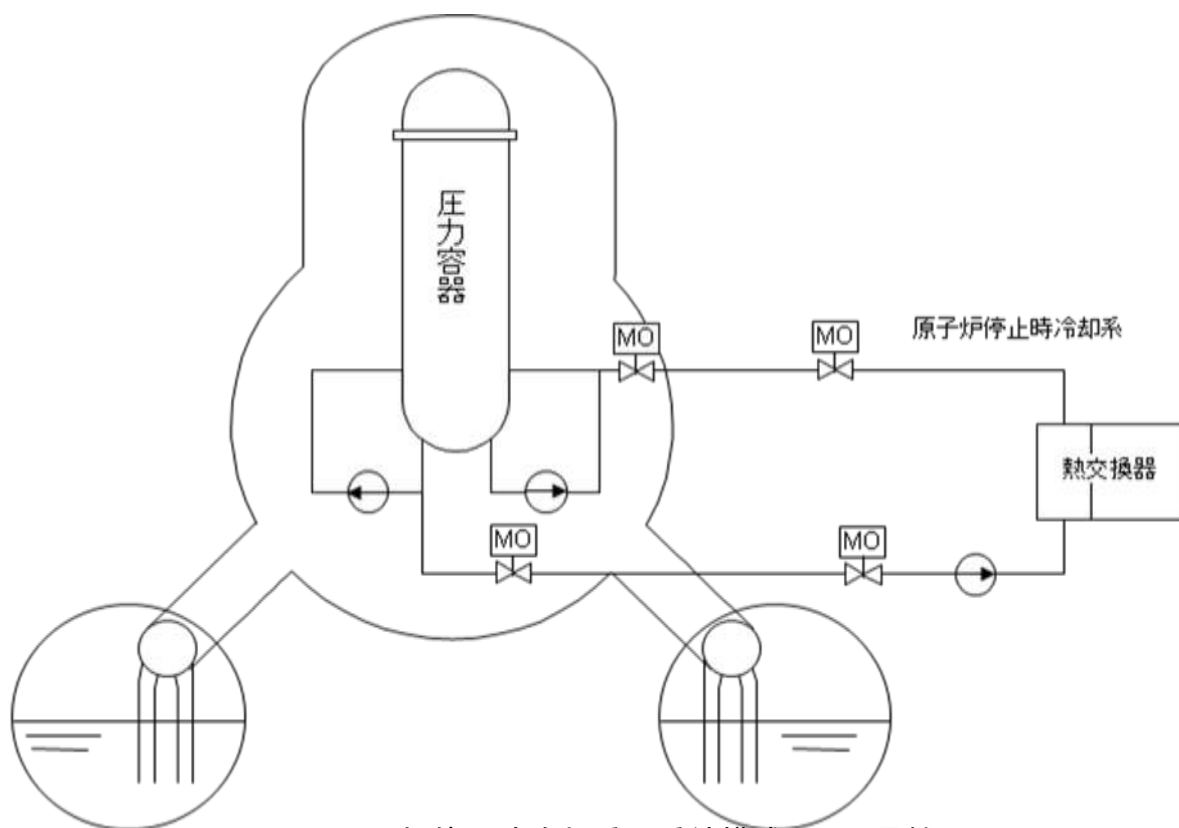
※1:主蒸気逃し安全弁(4弁)はAO弁で、開駆動空気は空気供給ラインの電磁弁が励磁することで供給される。  
 電源喪失時は電磁弁が無励磁となり、主蒸気逃し安全弁は「閉」状態となる。

図IV-2-6 主蒸気逃がし安全弁 系統構成図 (1号機)

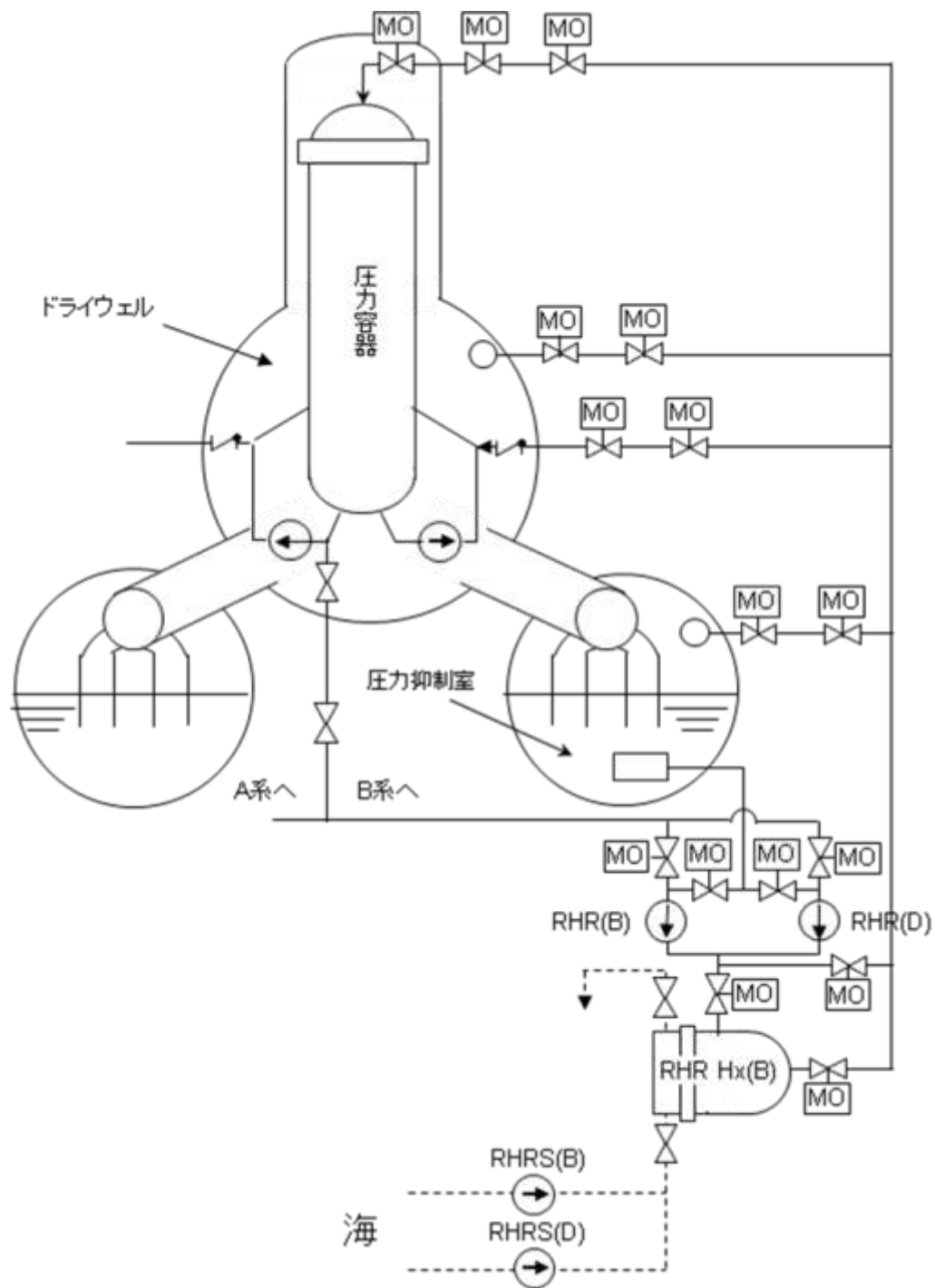


※1:主蒸気逃し安全弁(8弁)はAO弁で、開駆動空気は空気供給ラインの電磁弁が励磁することで供給される。  
 電源喪失時は電磁弁が無励磁となり、主蒸気逃し安全弁は「閉」状態となる。

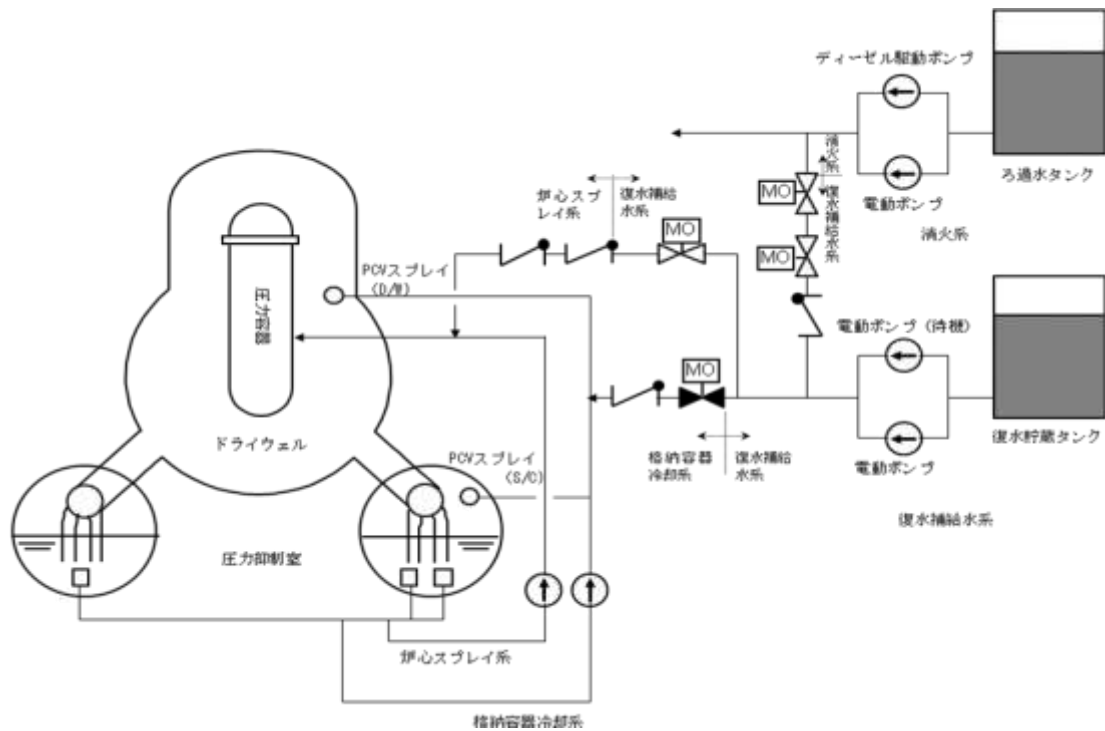
図IV-2-7 主蒸気逃がし安全弁 系統構成図 (2、3号機)



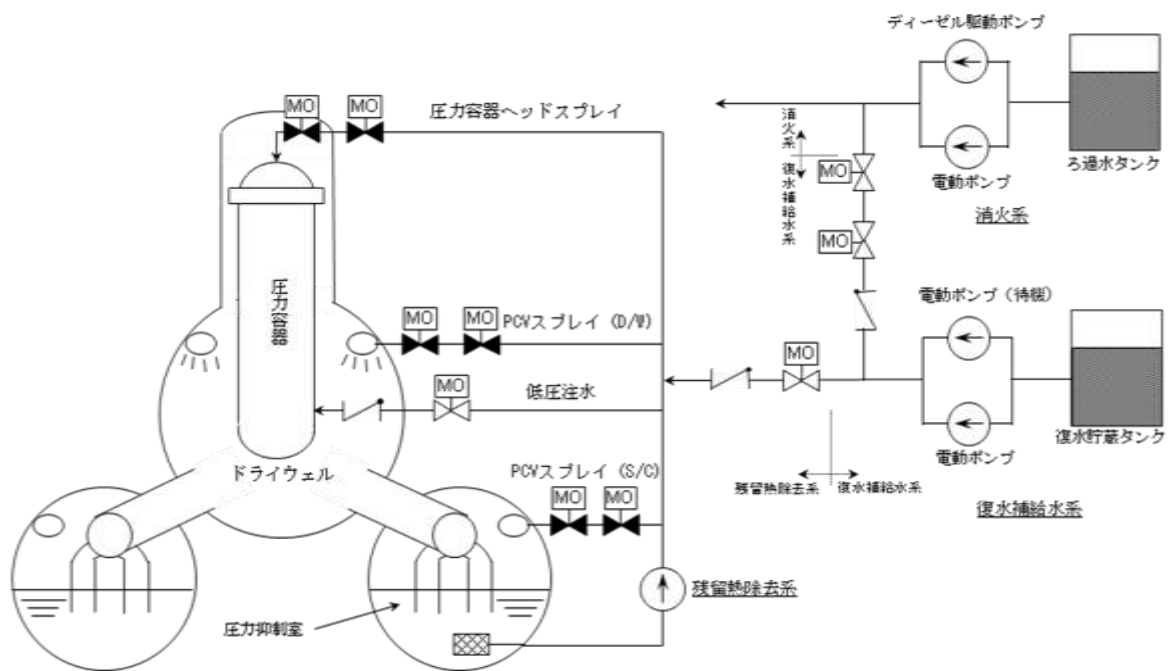
图IV-2-8 原子炉停止時冷却系 系統構成图 (1号機)



図IV-2-9 残留熱除去系 系統構成図 (2、3号機)

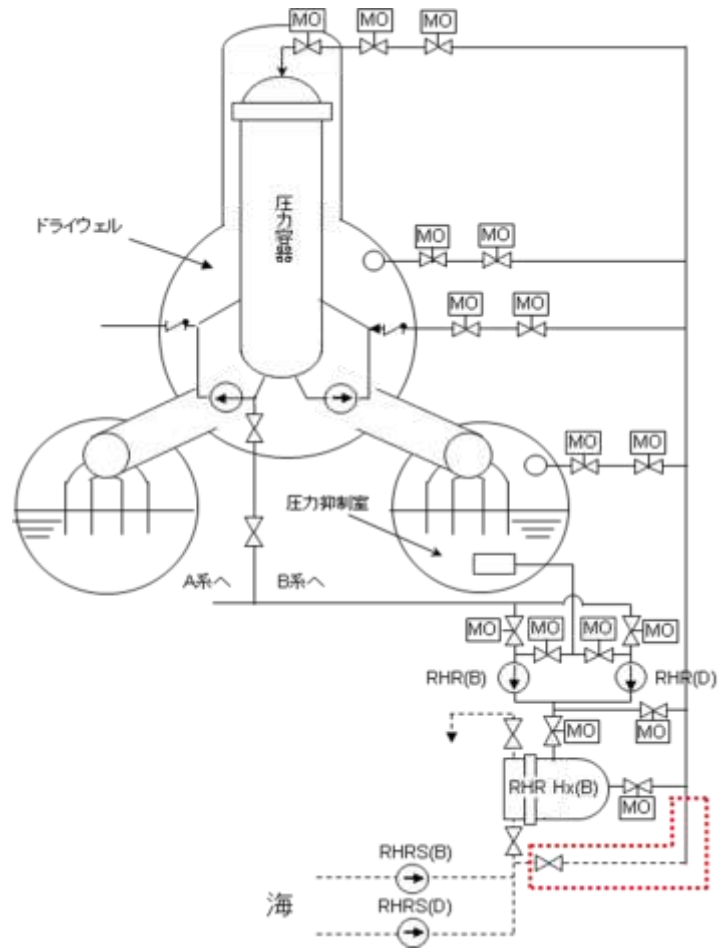


図IV-2-10 代替注水設備（淡水）の設備概要（1号機）

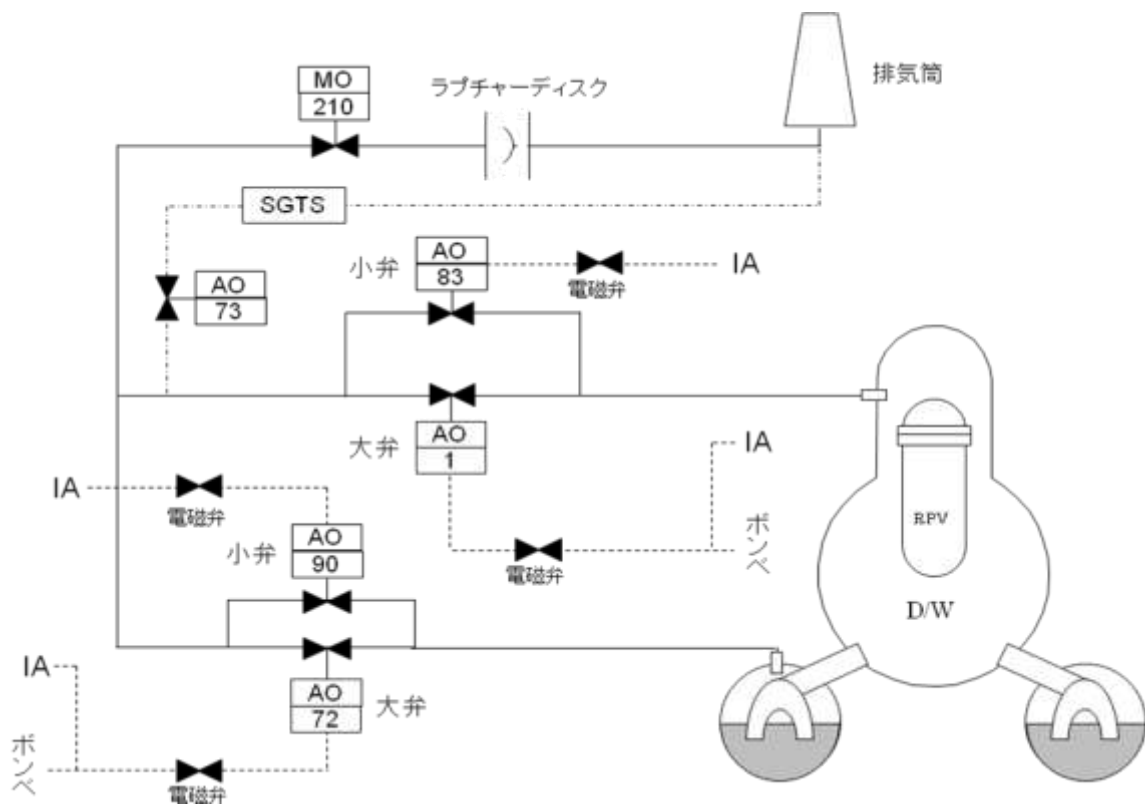


図IV-2-11 代替注水設備（淡水）の設備概要（2、3号機）

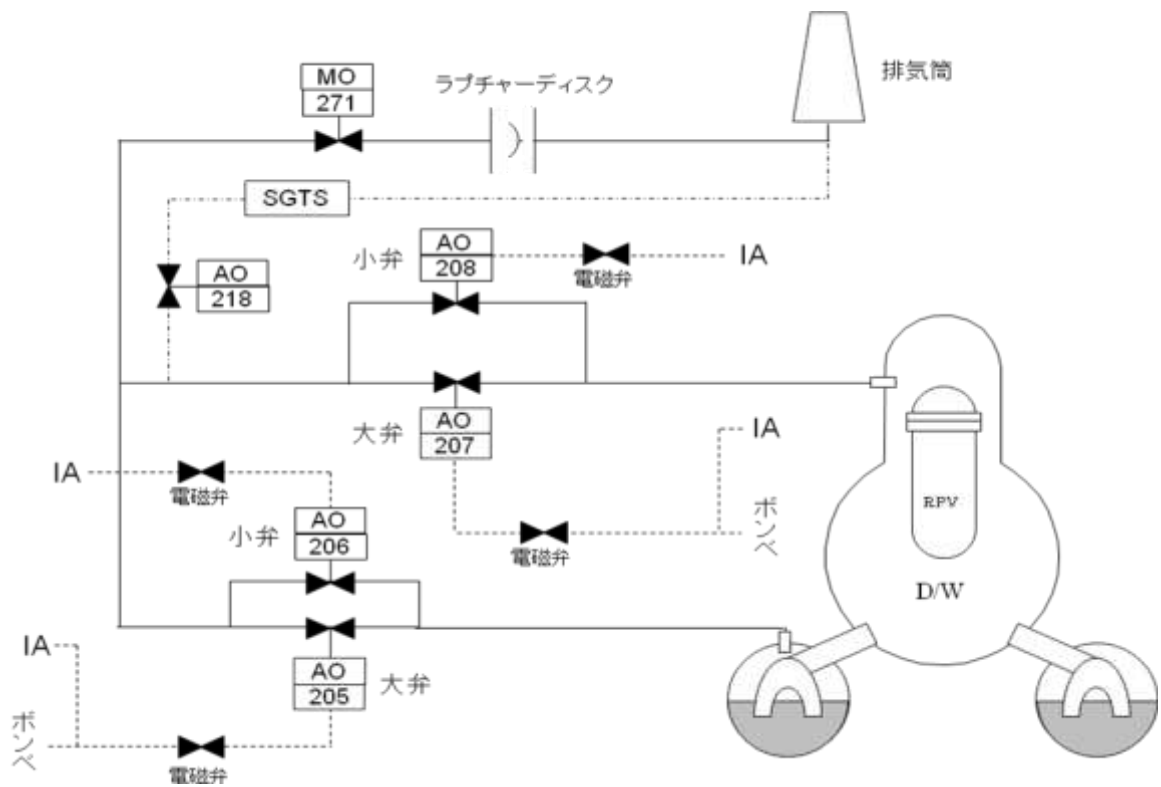




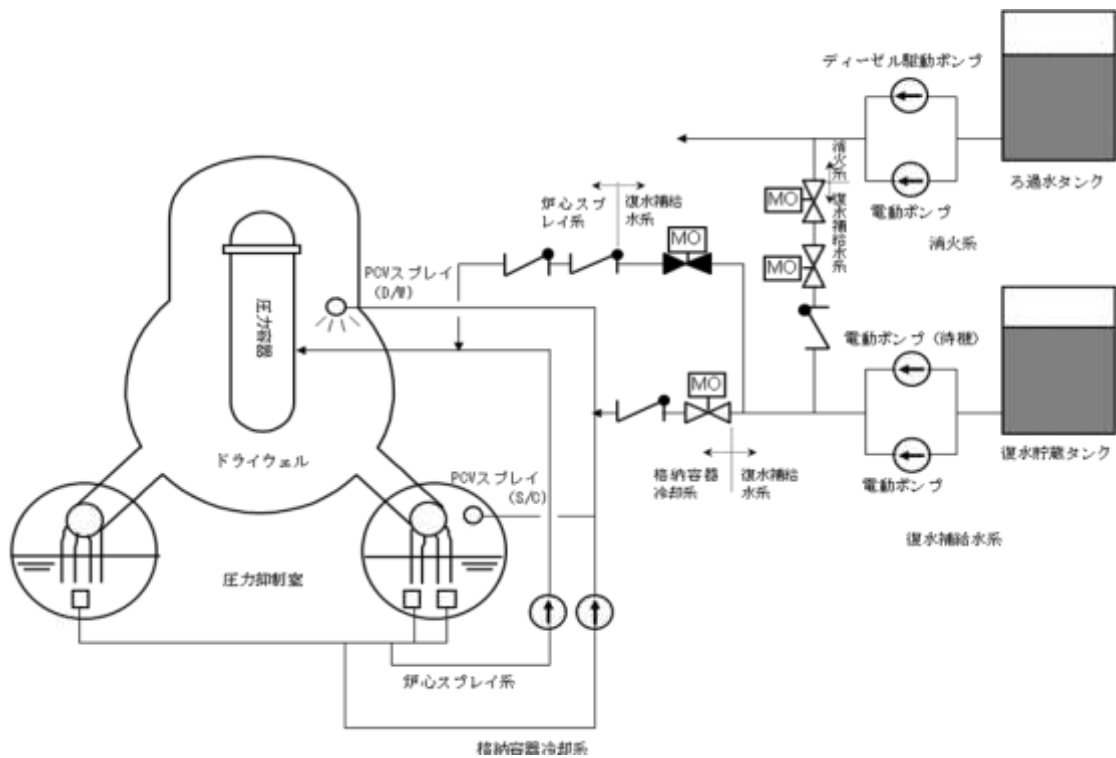
図IV-2-12 代替注水設備（海水）の設備概要（3号機）



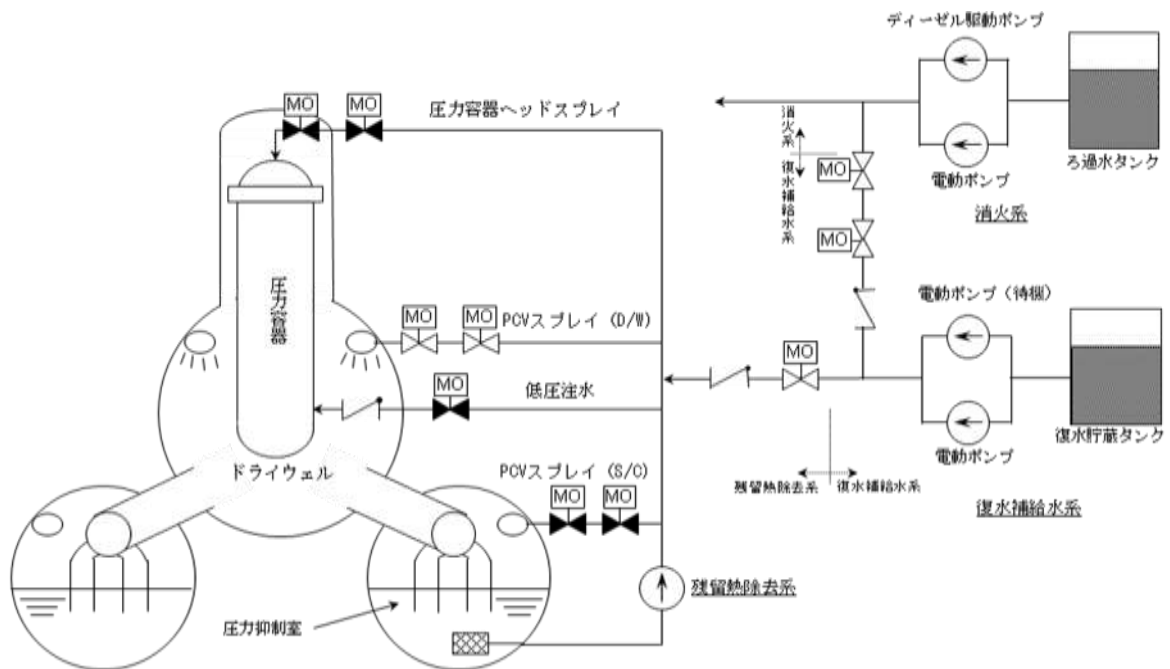
図IV-2-13 PCV ベント設備概要 (1号機)



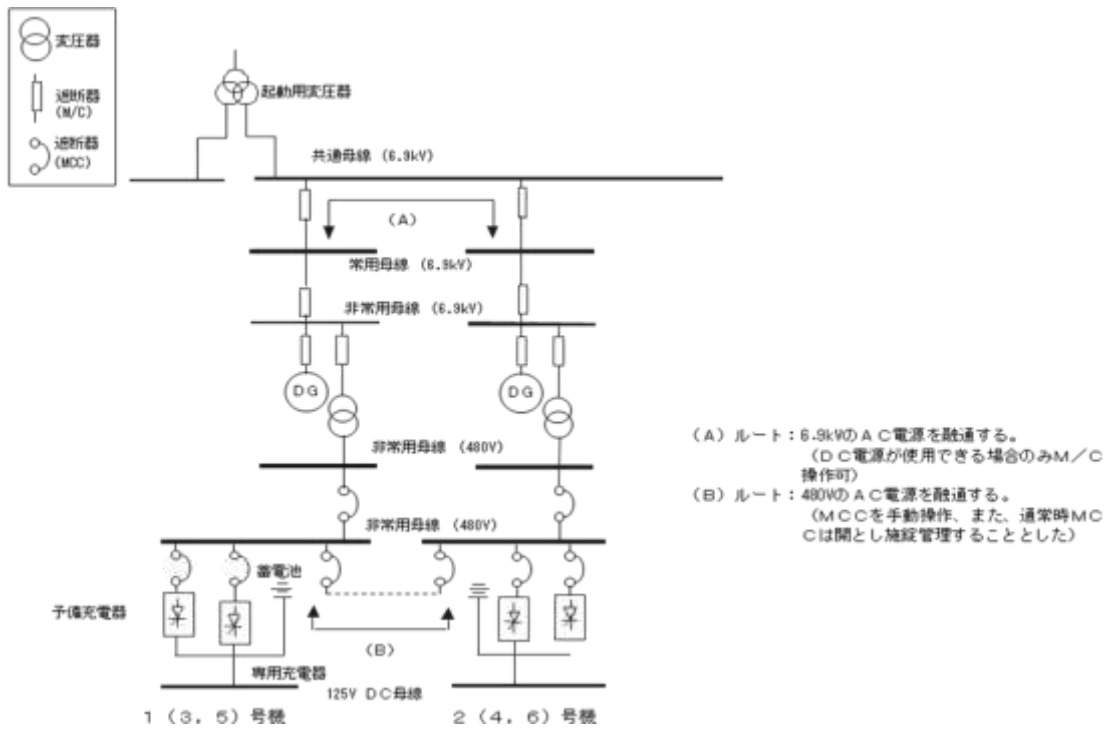
図IV-2-14 PCV ベント設備概要 (2、3号機)



図IV-2-15 PCV スプレー (D/W 及び S/C) 設備の概要 (1号機)



図IV-2-16 PCV スプレー (D/W 及び S/C) 設備の概要 (2、3号機)



図IV-2-17 電源融通の概念図

### 3. 福島原子力発電所の地震発生前の状況

#### (1) 運転状況

地震当日は、福島第一原子力発電所 1 号機が定格電気出力一定運転中であり、2 号機から 3 号機及び福島第二原子力発電所全号機が定格熱出力一定運転中であった。福島原子力発電所の地震発生前の状態について表IV-3-1に示す。

福島第一原子力発電所 4 号機は定期検査中で停止中であり、シュラウド取り替えのための大規模修繕工事中で、燃料を炉内から使用済燃料プールに全数移送済みであり、原子炉ウエルが満水状態、プールゲートは閉められた状態にあった。

福島第一原子力発電所 5 号機は、定期検査中であったが、原子炉内に燃料が装荷され、RPV の耐圧漏えい試験を実施中であった。

福島第一原子力発電所 6 号機は、定期検査中であったが、原子炉内に燃料が装荷され、冷温停止状態であった。

表IV-3-1 福島原子力発電所の地震発生前の状態

| 発電所・号機 |          | 地震発生前の状態                   |   |
|--------|----------|----------------------------|---|
| 福島第一   | 1号機      | 原子炉                        | 運転中（燃料 400 体）                               |
|        |          | 使用済燃料プール                   | 392 体（うち新燃料 100 体）                          |
|        | 2号機      | 原子炉                        | 運転中（燃料 548 体）                               |
|        |          | 使用済燃料プール                   | 615 体（うち新燃料 28 体）                           |
|        | 3号機      | 原子炉                        | 運転中（燃料 548 体うち MOX 燃料 32 体）                 |
|        |          | 使用済燃料プール                   | 566 体（うち新燃料 52 体、MOX 燃料 0 体）                |
|        | 4号機      | 原子炉                        | 定期検査中（H22.11.29 解列、全燃料取出中、プールゲート閉、原子炉ウエル満水） |
|        |          | 使用済燃料プール                   | 1,535 体（うち新燃料 204 体）                        |
|        | 5号機      | 原子炉                        | 定期検査中（H23.1.2 解列、RPV 耐圧試験中、RPV 上蓋閉）         |
|        |          | 使用済燃料プール                   | 994 体（うち新燃料 48 体）                           |
| 6号機    | 原子炉      | 定期検査中（H22.8.13 解列、RPV 上蓋閉） |   |
|        | 使用済燃料プール | 940 体（うち新燃料 64 体）          |   |
| 共用プール  |          | 6,375 体（号機プールにて 19 ヶ月以上貯蔵） |   |
| 福島第二   | 1号機      | 原子炉                        | 運転中（燃料 764 体）                               |
|        |          | 使用済燃料プール                   | 1570 体（うち新燃料 200 体）                         |
|        | 2号機      | 原子炉                        | 運転中（燃料 764 体）                               |
|        |          | 使用済燃料プール                   | 1638 体（うち新燃料 80 体）                          |
|        | 3号機      | 原子炉                        | 運転中（燃料 764 体）                               |
|        |          | 使用済燃料プール                   | 1596 体（うち新燃料 184 体）                         |
|        | 4号機      | 原子炉                        | 運転中（燃料 764 体）                               |
|        |          | 使用済燃料プール                   | 1672 体（うち新燃料 80 体）                          |

## (2) 外部電源の接続状況

### ① 福島第一原子力発電所

外部電源については、新福島変電所の大熊線1号線及び2号線(275kV)が1、2号機用開閉所、大熊線3号線及び4号線(275kV)が3、4号機用開閉所、夜の森線1号線及び2号線(66kV)が5、6号機用開閉所に接続されていた。この他、1号機には、予備線として、東北電力富岡変電所からの東電原子力線(66kV)が接続されていた。

常用高圧配電盤(6.6kV)は、1号機用、2号機用、3、4号機用があり、1号機用から2号機用間、2号機用から3、4号機用間は相互に接続されており、電力融通が可能な状態であった。

地震時には、3、4号機用開閉所内の大熊線3号線開閉設備は工事中であったため、供給可能な外部電源は6回線であった。

### ② 福島第二原子力発電所

福島第二原子力発電所には新福島変電所からの富岡選1号線及び2号線(500kV)と岩井戸線1号線及び2号線(66kV)の合計4回線の外部電源が接続されていた。

地震時には岩井戸1号線は工事中であり、供給可能な外部電源は3回線であった。

#### 4. 福島原子力発電所の事故の発生・進展

##### (1) 福島原子力発電所の事故発生後から応急措置までの概要

###### ① 福島第一原子力発電所

2011年3月11日14時46分に発生した地震により、運転中であった福島第一原子力発電所1号機から3号機は全号機とも地震加速度大により自動停止した。

原子炉が自動停止したことに伴う発電機の停止により所内電源の切替えが行われた。Ⅲ章に記述したとおり、地震により敷地外で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DGが自動起動し、原子炉及び使用済燃料プールの冷却機能を維持した。

その後、地震に伴う津波により、非常用DG、非常用DGを冷却する海水系及び電源盤の水没により6号機の1台を除くすべての非常用DGが停止し、1号機から5号機は、全ての交流電源を失うこととなった。

東京電力は、3月11日15時42分にこの状況は原子力災害対策特別措置法（以下「原災法」という。）第10条に基づく特定事象に該当すると判断し、国、自治体に通報した。

同日16時36分、東京電力は、1号機及び2号機において、原子炉の水位が確認できないことから、原災法第15条の規定に基づく「非常用炉心冷却装置注水不能」事象に該当すると判断し、同日16時45分に原子力安全・保安院等に連絡した。

東京電力は、1号機については、ICのA系の弁の開操作を行うとともに、ICの胴側に淡水を注水するなど、ICの機能維持を図ろうと操作を継続した。2号機のRCICについて、津波後直ちにその作動が確認できなかったが、12日午前3時頃に作動を確認している。3号機については、RCICによる冷却が行われ、RPVの圧力、水位は安定していた。

東京電力は、電源の復旧に向けて、政府とも協力しつつ、電源車を手配するなどの応急措置を進めたが、その作業が難航した。

その後、まず1号機について、11日23時頃にタービン建屋内で放射線量が上昇していることが確認されている。さらに、12日0時49分、東京電力はPCV圧力が最高使用圧力を超えている可能性があることを確認し、原災法第15条の規定に基づく「格納容器圧力異常上昇」事象に該当すると判断している。このため、経済産業大臣は、原子炉等規制法第64条第3項に基づき、1号機及び2号機のPCV圧力



を抑制するよう命令している。

1号機においては、12日5時46分から、消防車による代替注水（淡水）を開始した。消防車による代替注水の概念図を図IV-4-1に示す。また、PCV圧力が高かったことから、東京電力は、PCVベントを行う作業を開始したが、すでに原子炉建屋内は高放射線環境下であったため、作業は難航し、実際にPCV圧力の低下が確認できたのは同日14時30分頃であった。その後、同日15時36分に、1号機原子炉建屋上部で水素爆発と思われる爆発が発生した。

一方、3号機においては、3月12日11時36分にRCICが停止したものの、その後にHPCIが自動起動し、引き続き原子炉水位は維持されていた。HPCIは、13日2時42分に停止が確認された。HPCI停止後、PCV圧力を低下させるため、ウェットベントの操作を行い、13日9時25分頃から消防車による代替注水（淡水）を開始した。また、PCV圧力の上昇に対して、PCVベント操作が数回行われた。この結果、PCV圧力は低下した。その後、14日11時01分、原子炉建屋上部で水素爆発と思われる爆発が発生した。

2号機においては、3月14日13時25分に原子炉水位が低下していることからRCICが停止したものと判断し、RPVの減圧操作とともに消火系ラインを用いた海水注水作業を開始した。東京電力は、消防機関から消防ポンプ自動車の貸与を受け、これを用いて炉心の冷却を続けた。3月13日11時にはウェットベントのライン構成を終了していたが、PCV圧力は最高使用圧力を超えた。15日6時頃、S/C付近において水素爆発によるものと思われる大きな衝撃音が確認された後、S/Cの圧力は急減した。

4号機においても地震と津波により全交流電源が喪失したため、使用済燃料プールの冷却機能及び水補給機能が喪失した。3月15日6時頃、原子炉建屋で水素爆発と思われる爆発が発生し、建物の一部がひどく損壊した。

15日22時、経済産業大臣は、原子炉等規制法第64条第3項に基づき、4号機の使用済燃料プールへの注水の実施を命令した。4号機の使用済燃料プールに対して、3月20日及び21日に淡水の放水が行われ、22日からはコンクリートポンプ車による海水放水、30日からは海水を淡水に切り替えての放水が行われた。

3号機の使用済燃料プールに対して、3月17日には自衛隊ヘリによる上空からの海水散水、その後、警視庁機動隊の高圧放水車及び自衛隊消防車による海水放水、また、3月19日から3月25日にわたり、

緊急消防援助隊として派遣された東京消防庁、大阪市消防局、川崎市消防局の消防隊により、海水利用型消防水利システムと屈折放水塔車を用いた海水放水が5回行われた。このほか、3月19日から4月2日までの間、横浜市消防局、名古屋市消防局、京都市消防局、神戸市消防局が原子力発電所まで出動又は放水に備えて待機し、また、新潟市消防局、浜松市消防局が大型除染システムの設営支援を実施した。

その後、3月27日より3号機の使用済燃料プールに対して、3月31日より1号機の使用済燃料プールに対して、コンクリートポンプ車による海水放水が行われた。

5号機においても地震と津波により全交流電源が喪失し、最終ヒートシンクも失われた。このため、原子炉圧力が上昇傾向にあったが、6号機から電源融通を受けて、復水移送ポンプを使用して、炉内への注水を行い、水位と圧力を維持することができた。その後、仮設の海水ポンプを起動させ、3月20日14時30分に、冷温停止状態に至った。

6号機は、非常用DGの1台が比較的高いところに設置されていたため、結果的に、津波の襲来によっても機能喪失に至らなかったが、海水ポンプはすべて機能を喪失した。炉内への注水と減圧操作を継続して原子炉水位と圧力を制御しつつ、仮設の海水ポンプの設置を進め、これにより除熱機能を回復させ、3月20日19時27分に、冷温停止状態に至った。

なお、事故後、一定期間、原子炉及び使用済燃料プールの冷却に海水が用いられていたが、塩分の影響の可能性も考慮し、現在では淡水に切り替えられている。

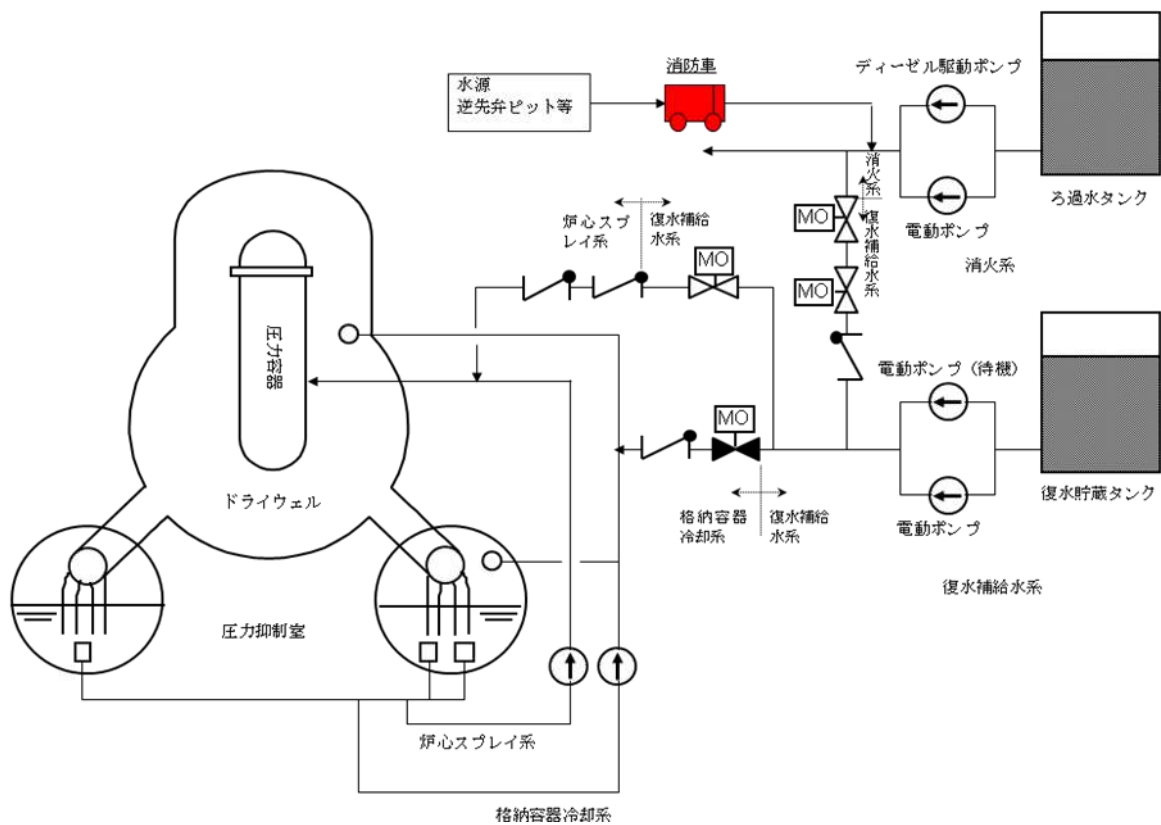
## ② 福島第二原子力発電所

福島第二原子力発電所は、1号機から4号機までの4基が全て運転中であったが、全号機とも地震により自動停止した。原子力発電所に必要な電源は、地震前に接続されていた3回線中1回線により地震発生後も外部送電線からの受電が確保された（なお、翌12日13時38分には1回線の復旧工事が完了し、2回線受電となった）。その後、地震に伴う津波が襲来し、1号機、2号機及び4号機の海水ポンプが運転できず原子炉除熱機能が確保できない状態となった。

このため、東京電力は、3月11日18時33分に、原災法第10条に基づく特定事象に該当する事態が発生したと判断し、国、自治体に通報を行った。その後、S/Cの温度が100℃を超え、原子炉の圧力抑制

機能が喪失したことから、東京電力は、1号機については3月12日5時22分、2号機については同日5時32分、4号機については同日6時07分に、原災法第15条の規定に基づく「圧力抑制機能喪失」事象に該当すると判断し、原子力安全・保安院等に連絡した。

福島第二原子力発電所1号機、2号機及び4号機については、外部電源の確保及び電源盤、直流電源等が水没を免れていたことから、その後の復旧作業により除熱機能が回復し、1号機については3月14日17時00分、2号機については同日18時00分、4号機については3月15日7時15分に、原子炉冷却材の温度が100°C未満の冷温停止状態となった。なお、3号機については、原子炉除熱機能喪失等に至ることなく、3月12日12時15分には冷温停止状態となっている。



図IV-4-1 消防車による代替注水 概念図

## 5. 福島原子力発電所の各号機等の状況

福島原子力発電所での事故の概要は、本章4. で述べたとおりである。今回の事故では、全交流電源喪失のため、津波が襲来した後は、非常に限られたパラメータ情報しか得られていない。

ここでは、非常に厳しい条件の中で、これまでに得られているパラメータ情報を整理している。

さらに、限られた情報を補完するため、東京電力は、これまでに得られた操作実績、パラメータ等をもとにして、1号機、2号機及び3号機について、シビアアクシデント解析コードであるMAAPを用いた炉心状態に関する解析及び評価を行い、5月23日に原子力安全・保安院に報告した。原子力安全・保安院は、当該解析及び評価の妥当性を確認するため、独立行政法人原子力安全基盤機構の支援を受け、他のシビアアクシデント解析コードであるMELCORによるクロスチェックを行った。東京電力による解析評価の報告書を添付資料IV-1に、クロスチェックでの解析結果を添付資料IV-2に示す。

なお、これらのパラメータ情報については、事故後は中央制御室等に残されており、その回収に時間を要したため、東京電力は5月16日になって、原子力安全・保安院に報告するとともに公表した。

また、この解析結果を踏まえ、RPV、PCV等の状態、経時変化及び発生事象との関係を推定するなど、今回の事故の事象進展を評価した。

福島原子力発電所の各号機の原子炉に関連する事象進展についての評価については、以下のように記述している。

- ① これまでに得られているプラント情報を整理し、時系列としてまとめた。
- ② 事故の事象進展の評価に当たっては、得られているパラメータ情報等の信頼性の確認が必要であり、各プラント操作の実績、全体的な挙動とパラメータ情報等の関係を踏まえてその信頼性を検討した。
- ③ ②で検討した条件に基づき、シビアアクシデント解析を実施し、原子炉の事故の事象進展を分析した。
- ④ RPV及びPCV等の状態を評価するため、まず、比較的安定した時期のRPV、PCV等の状態を推定した。その後、推定される事象進展を踏まえて、経時変化に応じたRPV、PCV等の状態を推定した。
- ⑤ ③の分析及び④のRPV、PCV等の推定結果についての比較検討を行った上で、一連の事故の事象進展に関する評価を行った。

原子炉以外の事象については、①のとりまとめの中で、関連する状況の整理を行った。また、福島第一原子力発電所 4 号機の原子炉建屋の爆発損傷についても分析を行った。さらに、使用済燃料プールにおける燃料冷却作業や、各号機タービン建屋内や建屋外のトレンチ等において確認されている滞留水の状況やその処置状況については、各号機での記載とは別にまとめて整理した。

なお、ここに示す推定内容は現時点で得られているプラント情報に基づき、あり得る状態を推定したものであり、パラメータ情報や事象情報の詳細、これらを反映したシビアアクシデント解析の結果など、情報の補充に応じて、適宜検討を更新する必要がある。

#### (1) 福島第一原子力発電所 1 号機

##### ① 事故の事象進展及び応急措置の整理（時系列）

###### a 地震発生後から津波襲来まで

本章 3. で記載したとおり、地震前には定格電気出力一定運転を行っていた。地震発生後の 3 月 11 日 14 時 46 分、原子炉は、地震加速度大によりスクラムし、14 時 47 分に制御棒が全挿入し未臨界となり、正常に自動停止した。また、地震により、大熊線 1 号線、2 号線の発電所側受電用遮断器等が損傷したため、外部電源が喪失した。このため、非常用 DG2 台が自動起動した。

14 時 47 分、外部電源喪失により計器電源が失われたことでフェールセーフにより主蒸気隔離弁（以下「MSIV」という。）の閉鎖信号が発信し、MSIV が閉止した。この点について、東京電力は、過渡現象記録装置の記録では、主蒸気配管が破断した場合に観測される主蒸気流量の増大が確認できないことから、主蒸気配管の破断は発生していないと判断しており、原子力安全・保安院もその判断に合理性があるものと考えている。

MSIV の閉止により RPV 圧力が上昇し、14 時 52 分には IC が自動起動した。その後、IC の操作手順書に従い、15 時 03 分頃には IC を手動停止した。手順書では、RPV 温度低下率が 55°C/h を超えないように調整することとなっている。さらに、15 時 10 分から 15 時 30 分頃までの間で 3 回、原子炉圧力が上下しており、東京電力は、IC の A 系のみを用いて手動操作を行ったとしている。なお、IC を操作した場合、蒸気が凝縮・冷却され、冷水として原子炉再循環系により原子炉内に戻っていく。原子炉再循環ポンプ入口温度の

記録で3回の温度低下が見られることから、ICの手動操作の影響と考えられる。

一方、S/Cの冷却を行うため、15時07分頃及び15時10分頃にPCVスプレイ系B系及びA系を起動している。

HPCIは記録が残っていた地震後1時間までに自動起動する水位(L-L)まで下がっておらず、HPCIが作動した記録もない。

#### b 津波による影響

15時37分には、津波の影響を受け、1号機の冷却用海水ポンプ又は電源盤の被水等により非常用DG2台の運転が停止し、非常用母線の配電盤が水没したことで全交流電源喪失の状態となった。2号機も同様に全交流電源喪失の状態となったため、2号機からの電源融通もできなかった。

さらに、直流電源の機能喪失でパラメータ情報の確認ができなくなった。原子炉水位監視ができなくなり、注水状況の把握ができない中、注水されていない可能性があったため、東京電力は、16時36分に原災法第15条の規定に基づく「非常用炉心冷却装置注水不能」事象に該当すると判断した。また、補機冷却用海水ポンプが機能喪失したことにより、原子炉補機冷却系の機能が喪失し、SHCが使用できず、崩壊熱を最終ヒートシンクである海に移行させることができない状態となった。

#### c 応急措置

東京電力は、ICのA系の弁の開操作を行うとともに、ディーゼル駆動消火ポンプ(D/D FP)を用いてICの胴側に淡水を注水するなど、ICの機能維持を図ろうと操作を継続した。しかし、4月に東京電力が行った弁の回路調査結果等によると、その開度は明確には分からないことから、IC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としている。また、3月11日23時00分頃にはタービン建屋内で放射線量が上昇していることが確認されている。

東京電力は、12日0時49分、PCV圧力が最高使用圧力を超えている可能性があることを確認し、原災法第15条の規定に基づく「格納容器圧力異常上昇」事象に該当すると判断して、原子力安全・保安院等に連絡した。このため、12日6時50分に、経済産業大臣は、原子炉等規制法第64条第3項の規定に基づき、1号機及び2号機

の PCV 圧力を抑制するよう命令を出した。

東京電力は、12 日 5 時 46 分に消防ポンプによる代替注水（淡水）を開始した。したがって、11 日 15 時 37 分に全交流電源喪失により IC による冷却が停止したとすると、14 時間 9 分の間、注水等による冷却が停止したこととなる。

東京電力は、PCV 圧力を下げるため、PCV ベントを行う作業を行った。ただし、既に原子炉建屋内は高放射線量環境下にあったことから、作業は難航した。12 日 9 時 15 分頃に PCV ベントラインの電動作動弁（MO 弁）を手動で 25%まで開操作を行っている。さらに、空気作動弁（AO 弁）を手動で開操作するために現場に向かったが、線量が高く実施できなかった。そのため、空気作動弁（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。東京電力は、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。

#### d 建屋の爆発とその後の措置

12 日 15 時 36 分、原子炉建屋上部で水素爆発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の外壁並びに廃棄物処理建屋の屋根が破損した。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。

東京電力によると、12 日 14 時 53 分に淡水を 8 万リットル注水完了したが、その後、どの時点で注水が停止したか不明であるとしている。17 時 55 分には、経済産業大臣より、東京電力に対して、RPV 内を海水で満たすよう、原子炉等規制法第 64 条第 3 項の措置命令を行った。東京電力は、3 月 12 日 19 時 04 分には消火系ラインを用いて海水の注水を開始した。この海水注水について、政府と東京電力の連絡・指揮系統の混乱が見られた。当初は、一時中断していたとされていたが、東京電力は 5 月 26 日、発電所長の判断（事故の進展を防止するためには、原子炉への注水の継続が何よりも重要）により、停止は行われず、注水が継続していたと発表した。

その後、3 月 25 日には純水タンクを水源とする淡水への注水に戻した。総注水量は 5 月末時点で淡水約 10,787m<sup>3</sup>、海水約 2,842m<sup>3</sup>の合計約 13,630m<sup>3</sup>となっている。また、3 月 29 日からは仮設電動ポンプを用いた注水とし、さらに 4 月 3 日には同ポンプの電源を仮設から本設電源に切り替えを行うなど、安定的な注水システムに移行している。

4月6日、経済産業大臣は東京電力に対して、PCV内に水素ガスが蓄積している可能性があることから、原子炉等規制法第67条第1項に基づき、窒素封入についての必要性、実施方法、安全性に係る影響評価等について報告するよう指示した。原子力安全・保安院は、同日付の東京電力の報告を受け、窒素封入の実施に当たってパラメータの適切な管理等による安全確保など3点を指示した。東京電力は、4月7日に窒素封入操作を開始し、5月末現在でも封入が続けられている。

電源の復旧・強化について、東京電力は、東北電力の東電原子力線からの受電設備の点検、試充電を3月16日に完了し、3月20日からパワーセンターの受電を完了し、外部電源を確保した。3月23日から、パワーセンターから必要な負荷にケーブルを敷設し、接続を実施している。

主要な時系列については、表IV-5-1に示す。また、RPV圧力等のプラントデータについては、図IV-5-1から図IV-5-3に示す。

## ② シビアアクシデント解析コードを使用した評価

### a 東京電力による解析評価

東京電力による解析では、溶融した燃料によりRPVが破損したとの結果となっている。東京電力においては、この結果に加え、これまでのRPV温度の計測結果を踏まえて、燃料の大部分は、実際にはRPV下部で冷却されているものと評価している。

東京電力では、この過程において、津波後にICは機能していないものと仮定し、地震発生後約3時間で燃料が露出し、その後1時間で炉心損傷が始まったものと推定している。その後、原子炉への注水がなされていなかったため、崩壊熱により炉心溶融し、溶融した燃料が下部プレナムに移行した後、地震発生から約15時間後には、RPVの損傷に至ったとしている。

事故直前まで燃料に内包されていた放射性物質は、燃料の損傷、溶融とともにRPVに放出され、PCV圧力の上昇に伴うPCVからの漏えいを想定して解析しており、希ガスはPCVベント操作によりほぼ全量が環境中へ放出されることとなり、よう素の放出量の内包されていた総量に対する割合(以下「放出割合」という。)は約1%、その他の核種は約1%未満という解析結果となっている。



## b 原子力安全・保安院のクロスチェック

クロスチェック解析では、東京電力が実施した条件（基本条件）で、MELCOR コードを用いた解析を行うとともに、感度解析として、代替注水の注水量をポンプ吐出圧力との関係で RPV 圧力に応じたものとした解析などを実施した。

基本条件でのクロスチェック解析では、概ねの傾向は同様であった。3月11日17時頃（地震発生後約2時間）に燃料が露出し、その後1時間で炉心損傷が始まった結果となっている。RPVの破損時期は、東京電力の解析よりも早く、地震発生から約5時間後となっており、格納容器圧力の挙動が実測と整合している。

放射性物質の放出割合は、テルルは約1%、よう素は約0.7%、セシウムは約0.3%という解析結果となっている。ただし、放出割合は海水注水の流量等の条件設定によって変わり、運転状態が明確でないので、運転状態次第で変わることがあり得るものである。

## ③ RPV、PCV 等の状態の評価

### a プラント情報の確認

プラント状態が比較的安定した時期である3月23日から5月31日までのプラント情報に基づき、RPV及びPCVの状態の評価を行った。なお、この期間でのプラントデータの取扱いについて以下のとおり検討した。

燃料域の原子炉水位は、PCV圧力が高い状態で推移した時期にはPCV温度が高く、基準水位とするPCV内の凝縮槽と計装配管内の水が蒸発して基準水位が下がり、原子炉水位を高めに表示していた可能性がある。5月11日に原子炉水位の水位計の基準水位を回復し校正した結果、水位が燃料域を下回っていることが確認されたことから、この期間中においてもRPV内の水位を計測できていないものとした。

RPV圧力は、3月26日頃までA系とB系の測定値は整合しており実際の圧力を概ね示しているものとした。ただし、その後B系は上昇傾向をみせており、次項に示す状態推定からD/W圧力との整合がとれていないB系は評価対象から除外した。

RPV温度は、給水ノズルの2系統で異なる数値を示しているが、RPV圧力と整合して120℃前後で推移している系統をRPV内雰囲気温度として参照し、高い温度を示している系統のデータはRPV自体の金属温度として参照した。

3月22日までのプラントデータの取扱いについては以下のとおり検討した。

燃料域の原子炉水位は、上述のとおり原子炉水位を高めに表示していた可能性があり、どの時点で指示がずれていったかは判断できないため、水位については参照しないこととした。

RPV圧力は、3月17日以降A系とB系の測定値は整合しており、それ以前も含めてA系が連続して推移していることから、A系を実際の圧力を概ね示しているものとして参照した。

PCVのD/W圧力は、東京電力からの情報が断続的であり実際の推移を確認することは困難であるが、機器操作等の事象情報を踏まえて推定することとした。

#### b 比較的安定した時期での RPV、PCV 等の状態の推定

##### ○ RPV バウンダリの状態

5月31日までのRPVへの注水総量は、東京電力からの情報で約13,700トンと見積もられているが、崩壊熱評価式で崩壊熱を多めに見積もって評価した注水開始時からの蒸気発生総量は約5,100トンである。圧力バウンダリが確保されていれば少なくとも差分の約8,600トンは残存することになる。RPVの容積は多めに見積もっても350m<sup>3</sup>程度であることから、注水した水はRPV中で気化し、蒸気となって漏えいしているのみならず、液体のままでも漏えいしていると考えられる。RPVへの注水は給水ノズルを通して行われており、一旦シュラウド外部に溜まり、ジェットポンプ・ディフューザを経由してRPV底部へ移行する。燃料の冷却ができていることを考えると、現時点では、注水した冷却水はRPV底部において漏えいしたものと推定される。

現状ではRPV気相部からD/Wへ蒸気流出が継続していると考えられるが、RPV圧力がPCVのD/W圧力よりも高いことから、大きな開口部はないものと推定される。ただし、3月23日以降の圧力変動がPCV圧力の変動と平行に推移しており、計測上の問題がある可能性は否定できない。

##### ○ RPV 内の状態（炉心の状態、水位）

RPV底部の温度は、3月23日に給水ラインからの注水に変更した際、注水量を増加した結果、オーバースケール（400℃以上）から低下し、注水量を低下させた後には一部の温度が上昇してい

ることから、燃料は RPV 内部にあるものと考えられる。5 月 11 日に原子炉水位の水位計の基準水位を回復し校正した結果、水位が燃料域を下回っていることが確認されたことから、燃料は溶融し、その相当量は RPV 底部に堆積しているものと現時点では推定される。ただし、RPV 底部が損傷し、燃料の一部が D/W フロア（下部ペDESTAL）に落下して堆積している可能性も現時点では考えられる。

RPV の一部（給水ノズル等）の温度が RPV 圧力に対する飽和温度よりも高いことから、現時点では、燃料の一部は水没しておらず、蒸気により冷却されているものと推定される。

#### ○ PCV の状態

3 月 12 日に D/W 圧力が PCV の最高使用圧力（0.427MPag）を超えて最高で約 0.7MPag に上昇しており、3 月 23 日には D/W 温度がオーバースケール（400℃以上）していること等から、現時点では、フランジ部のガスケットや貫通部のシールの性能が劣化しているものと推定される。4 月 7 日から開始された窒素封入により約 0.05MPa の圧力上昇が観測されたことから、その時点での D/W からの漏えい率は約 4%/h 程度と推定した。その後においては、PCV の状況に大きな変動は確認されていない。

4 月 7 日の窒素封入を行う前までは、D/W 圧力と S/C 圧力がほぼ同一であり、S/C 圧力が D/W 圧力より 5kPa 高い状態から均圧となるタイミングが 4 月 3 日までに数度あったことから、それまでの間はベント管及び D/W-S/C 間の真空破壊弁が水没していなかったものと現時点では推定される。現在、東京電力においては D/W の水位を推定するべく検討を進めている。

S/C 圧力は 3 月 23 日以降、一時約 0.3MPag となった後低下したものの、しばらく正圧の状態が観測されており、現時点では S/C に大きな損傷はないものと推定される。

#### ④ 経時変化が見られる時期の RPV、PCV 等の状態の推定

MSIV が閉止されて以降の原子炉の冷却については、IC による冷却と HPCI による注水が基本となる。しかし、津波到達以降にこれらの作動状況についての記録は少なく、3 月 11 日 23 時 00 分頃にはタービン建屋内で放射線量上昇、3 月 12 日 0 時 49 分頃には格納容器圧力異常上昇が伝えられている。このことから、11 日 23 時よりも前に RPV

が破損し、PCV 圧力・温度が大きく上昇したために PCV からの漏えいが発生していたものとする。同様に、中央制御室ホワイトボードに記載されていた 11 日 17 時 50 分の外側のエアロック入ったところでの放射線モニタ指示上昇の情報についても、その頃には炉心損傷に至る状況であったものとする。さらに IC と HPCI がどの程度機能したのかについては、今後、各機器等の状況などの詳細調査等が必要である。

3 月 12 日 5 時 46 分に代替注水を開始したものの、7 時頃から RPV 水位の指示値が低下し、その後回復していない。水位計の信頼性が低いことから、今後、注水操作やその後の圧力挙動との関係も含めた詳細調査や解析による分析が必要である。

PCV の D/W 圧力はウェットベント操作前の 3 月 12 日 6 時頃から少し低下傾向が見られることから、PCV からの漏えいがあった可能性がある。また、3 月 12 日 14 時頃から空気作動弁（AO 弁）駆動用に仮設の空気圧縮機を設置してウェットベントの操作が実施され、D/W 圧力が低下したものと推定される。しかし、D/W 圧力の計測が再開された 3 月 13 日 14 時頃には 0.6MPag に圧力が上昇しており、PCV ベントラインが何らかの原因により閉止され、圧力が再度低下し始めた 18 時に放出が再開した可能性も考えられる。

3 月 13 日には RPV 圧力が 0.5MPag まで低下し D/W 圧力との逆転が生じたが、双方ともにデータ欠落期間があるため、詳細検討は困難な状況である。

#### ⑤ 事故の事象進展に関する評価

1 号機の事故の事象進展については、これまでの解析等から、津波が襲来し IC が機能しなくなったことから、早期に炉心が損傷し、海水の注水を開始した時期には、既に炉心溶融し、RPV 下部に移行していたものと推定される。

注水量と崩壊熱による蒸気発生量のバランスから、RPV に注水している水が漏えいしていると推定される。

RPV 温度の計測結果を踏まえると、燃料の相当量は RPV 下部で冷却されていると考えられる。

また、原子炉建屋の爆発については、現場確認に制約があるため確かなことは不明である。シビアアクシデント解析に加え、数値流体力学的解析を行った結果として、原子炉内で燃料被覆管のジルコニウムと水が反応して発生した水素を含む気体が RPV 及び PCV から漏えい

等で放出されたことにより、爆轟域に至るだけの水素が原子炉建屋上部の空間に滞留して爆発した可能性が考えられる。廃棄物処理建屋については、爆風による損傷の他、配管貫通部等を通して水素が流入した可能性も否定できない。

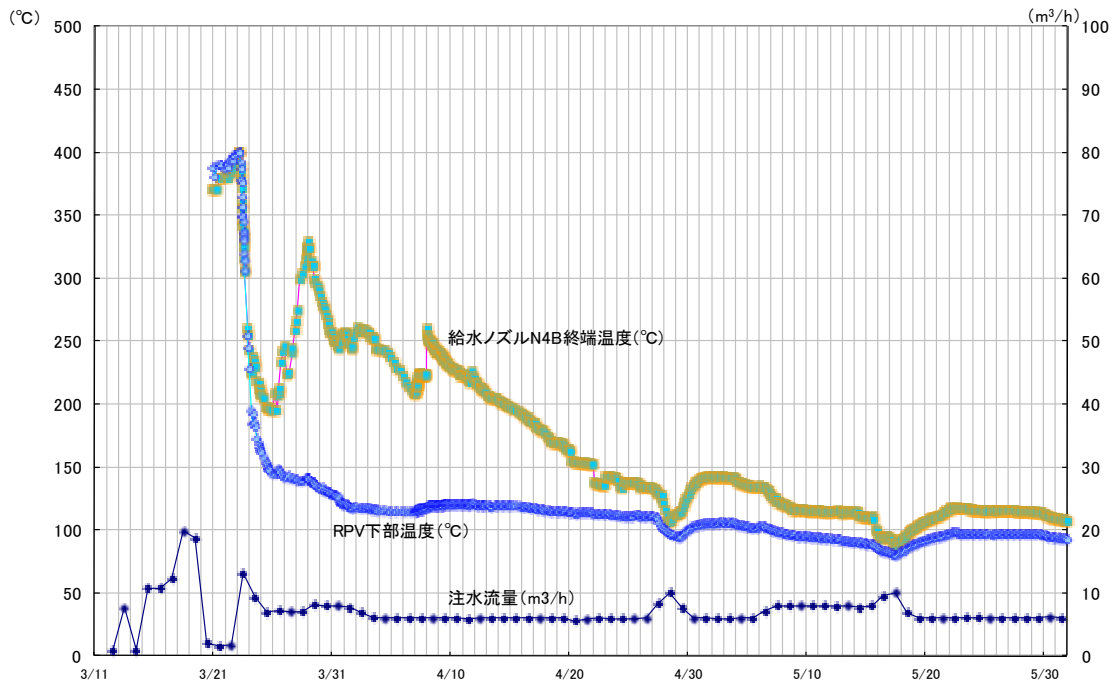
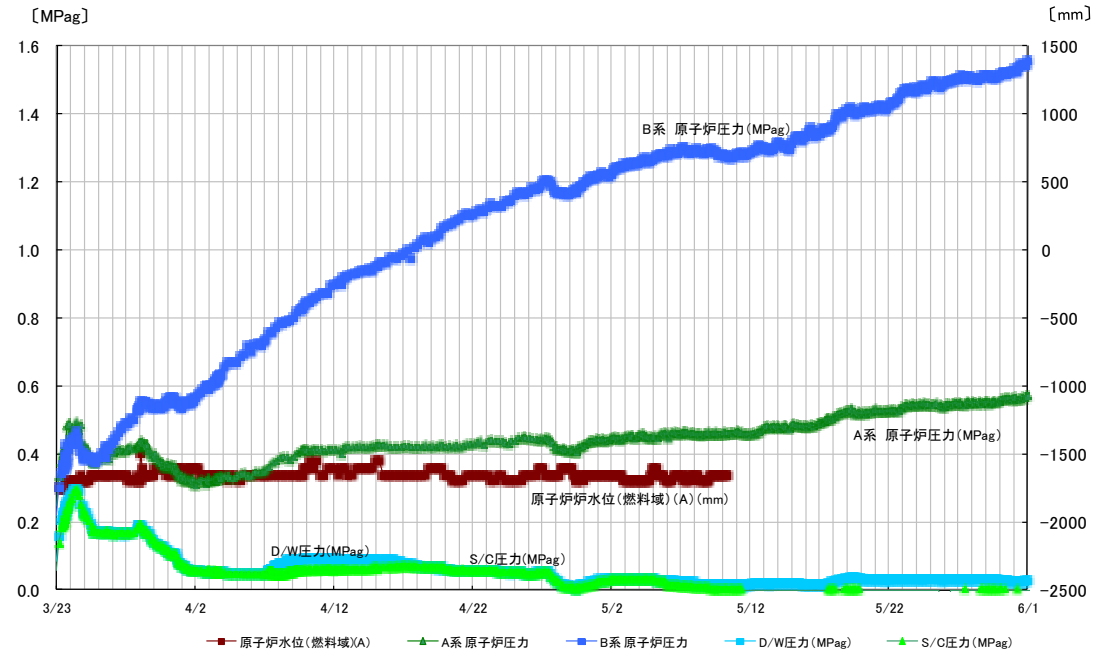
現時点においては、各機器が実際にどの程度機能したのかは特定できないため、事故の事象進展状況についても確定することはできないが、現状のシビアアクシデント解析結果からは、環境への放射性物質の放出については、12日明け方のPCVからの漏えいとその後のウェットベントによって、希ガスは炉内内蔵量のほとんどが、よう素、セシウムは放出割合で約0.7%、約0.3%と現時点では推定される。

表IV-5-1 福島第一原子力発電所 1号機 主要時系列（暫定）

※この表に含まれる情報は、緊急時対応を行っていた中で情報が錯綜していた等の理由により、信頼性の低い情報が含まれている可能性があるため、その後の検証等により情報が訂正される可能性がある。なお、日本政府の現在の見解は本文に記載のとおりである。

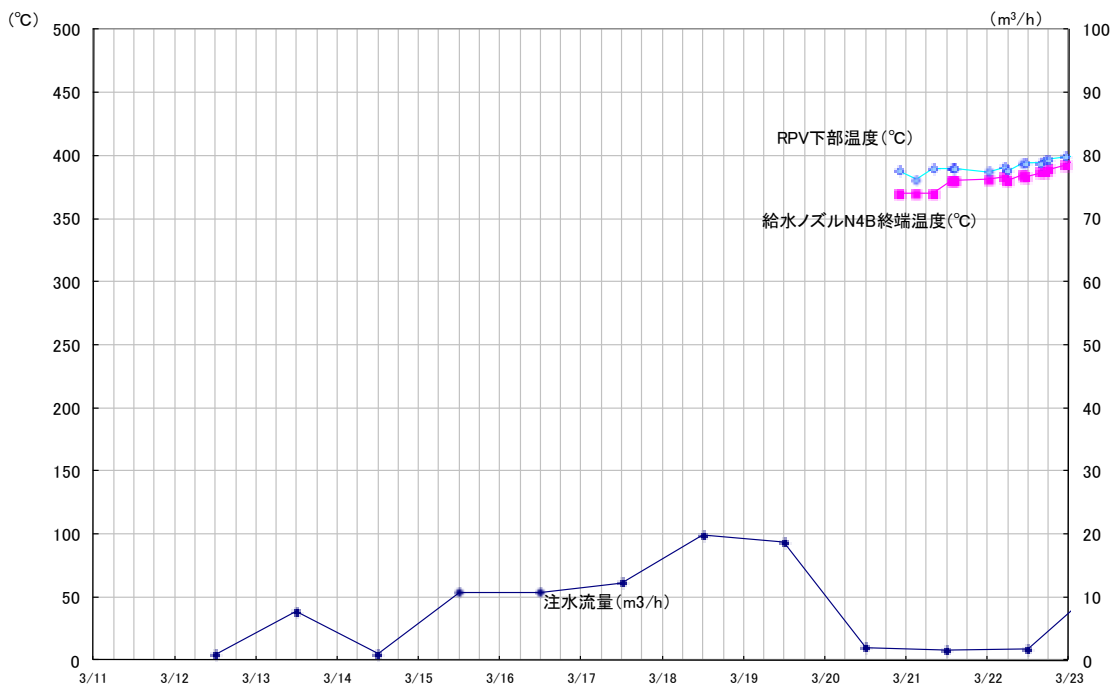
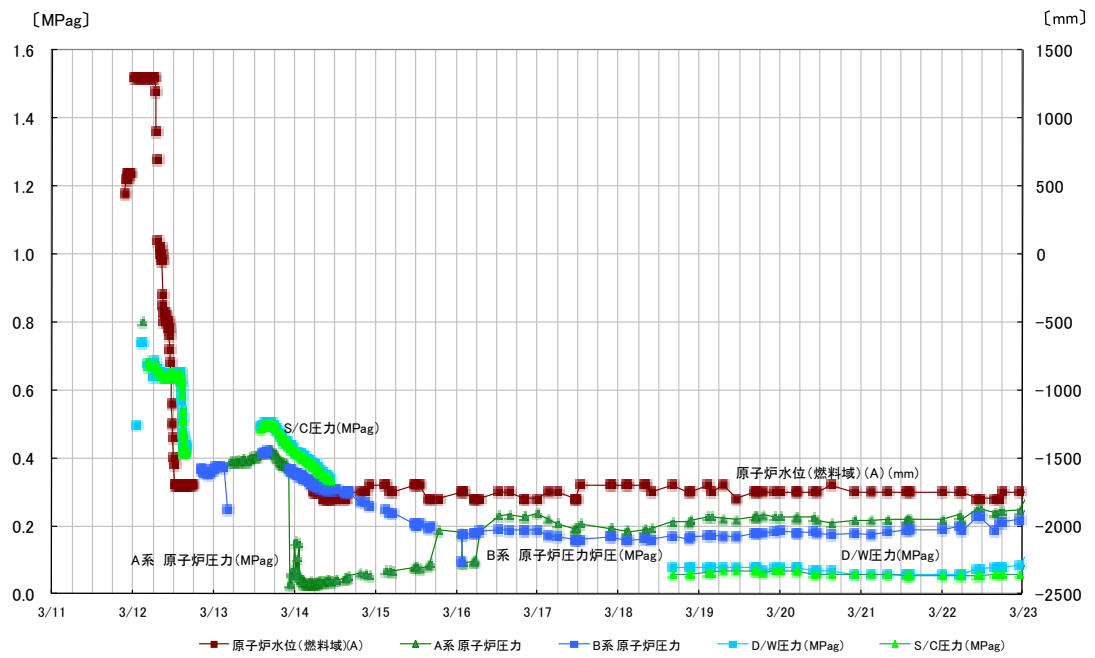
| 福島第一原子力発電所 |   |
|------------|---|
| 1号機        |   |
| 地震前状況: 運転中 |   |
| 3/11       | 14:46 原子炉スクラム(地震加速度大)<br>14:47 制御棒全挿入<br>タービントリップ<br>外部電源喪失<br>非常用ディーゼル発電機(非常用DG)起動<br>主蒸気隔離弁(MSIV)閉<br>14:52 非常用復水器(IC)自動起動<br>15:03頃 IC停止<br>以降、15時30分頃まで、繰り返し再作動(ICによる原子炉圧力制御)<br>15:07～ 圧力抑制室(S/C)冷却のため格納容器スプレイ系ポンプ起動<br>15:10<br>15:37 全交流電源喪失<br>15:42 原災法第10条通報事象(全交流電源喪失)が発生したと事業者が判断<br>16:36 非常用炉心冷却装置による注水が不能になったとして、原災法第15条事象に該当する事象が発生したと事業者が判断<br>18:18 IC(A)系の供給配管隔離弁(MO-2A)と戻り配管隔離弁(MO-3A)を開操作/蒸気発生確認<br>18:25 IC(A)系のMO-3A弁閉<br>20:30 中操照明(仮設確保準備中)<br>21:19 ディーゼル駆動消火ポンプ(D/D FP)からICへの供給準備<br>21:30 IC 3A弁開/蒸気発生確認<br>21:35 D/D FPからICへ供給中<br>22:00 原子炉水位 有効燃料頂部(TAF)+550mm<br>23:00 タービン建屋内で放射線量が上昇している。(タービン1階北側1.2mSv/h、タービン1階南側0.5mSv/h)  |
| 3/12       | 0:30 IC(A)胴側に消火系で給水中<br>0:49 ドライウェル(D/W)圧力(設計上の最高使用圧力:427kPa gage)が600kPaを超えている可能性があるため、原災法第15条事象(格納容器圧力異常上昇)に該当する事象が発生したと事業者が判断<br>1:48 D/D FPを確認したところ、燃料切れでなくポンプ不具合により供給停止<br>2:30 D/W圧力 0.84MPa(840kPa) 原子炉水位 TAF+1,300mm(燃料域A)、TAF+530mm(燃料域B)<br>4:15 D/W圧力 840kPa<br>5:09 D/W圧力 770kPa<br>5:14 構内における放射線量の上昇及びD/W圧力の低下傾向により、放射性物質が漏えいしていると事業者が判断<br>5:46 消防ポンプによる淡水注水を開始<br>6:30 真水を2000リットル注入完了。(1000リットル/回)消防車を用いて、D/D FPのラインを用いて炉心スプレイ系(CS系)から注入。<br>7:55 原子炉水位低下 原子炉水位 TAF-100から200mm(燃料域A)、TAF-100から200mm(燃料域B)<br>7:55 消防車により、FPラインを用いて3000リットル(累計)注水完了<br>8:30 消防車により、FPラインを用いて5000リットル(累計)注水完了<br>9:04 ベント作業のため現場に出発<br>9:15 消防車により、FPラインを用いて6000リットル(累計)注水完了<br>9:15頃 圧力抑制室ベントライン電動弁(MO弁)手動開(25%)<br>9:30頃 圧力抑制室ベントライン空気作動弁(AO弁:2つ目の弁)現場操作を試みるも高線量で断念<br>9:40 消防車により、FPラインを用いて21000リットル(累計)注水完了<br>10:17 中央操作室から遠隔操作により、2つ目の弁(AO弁)を「開」操作<br>12:55 原子炉水位:燃料域A-1700mm、燃料域B-1500mm、D/W圧力:750kPa<br>14:00頃 2つ目の弁(AO弁)につき、追加操作を実施(空気圧縮機を使用)<br>14:30 ベントによる格納容器圧力低下を確認<br>14:53 消防車によりFPラインを用いて80000リットル(累計)注水完了<br>15:36頃 原子炉建屋上部で水素爆発と思われる爆発が発生(比較的強い「ゆれ」を感じるとともに、15時40分頃、1号機付近で発煙があがっていることを確認)<br>19:04 原子炉への海水(ホウ酸なし)注入を開始<br>20:45 再臨界を防ぐためのホウ酸を投入開始 |
| 3/13       | 3:38 消火系ラインを用いて海水注入中  |
| 3/14       | 1:10 原子炉へ供給している海水が残り少なくなったため、海水注入を一旦停止<br>(23:30現在 原子炉内に海水を注入中)   |
| 3/15       |   |
| 3/16       |   |
| 3/17       |   |
| 3/18       |   |
| 3/19       |   |
| 3/20       | 15:46 480V 非常用低圧配電盤(パワーセンター(P/C) 2C)受電<br>東電原子力線から仮設電源を供給   |
| 3/21       |   |
| 3/22       |   |
| 3/23       | 1:40 計測用主母線盤受電 AC120V<br>2:33 消防ポンプからの消火系よりの海水を注水していたが、さらに注水量増量のために給水系を用い外部注入(海水)を開始  |
| 3/24       | 11:30頃 中操照明復旧<br>17:10 タービン建屋(T/B)地下からホットウェル(H/W)への滞留水の移送 開始  |
| 3/25       | 15:37 消防ポンプによる原子炉への注入を海水から淡水に切り替え   |
| 3/26       |   |
| 3/27       |   |
| 3/28       |   |
| 3/29       | 8:32 原子炉注水について消防ポンプから仮設電動ポンプによる注入に切替え<br>17:30 T/B地下からH/Wへの滞留水の移送 終了<br>(22:03) 立て抗のたまり水を分析した結果、放射能を検出  |
| 3/30       |   |

|      |  |
|------|--|
| 3/31 | 9:20 トレンチから集中廃棄物処理施設(集中R/W)ベレット貯槽への滞留水の移送 開始<br>11:25 トレンチから集中R/Wベレット貯槽への滞留水の移送 終了<br>12:00 復水貯蔵タンク(GST)からサブレーションプール水サージタンク(SPT)への滞留水の移送開始<br>13:03 使用済燃料プール冷却のため、東電コンクリートポンプ車による放水(淡水)を開始<br>14:24 CSTからSPTへの滞留水の移送終了<br>15:25 CSTからSPTへの滞留水の移送開始<br>16:04 使用済燃料プール冷却のため、東電コンクリートポンプ車による放水(淡水)を終了、注水量約90t |
| 4/1  |  |
| 4/2  | 15:26 CSTからSPTへの滞留水の移送を終了<br>17:16 使用済燃料プール冷却のため、東電コンクリートポンプ車で放水位置確認のための放水を開始<br>17:19 使用済燃料プール冷却のため、東電コンクリートポンプ車で放水位置確認のための放水を終了  |
| 4/3  | 11:50 原子炉注水について仮設電動ポンプの電源を仮設から本設電源に切替え<br>13:55 H/WからCSTへの滞留水の移送開始   |
| 4/4  |  |
| 4/5  |  |
| 4/6  |  |
| 4/7  | 1:31 窒素ガス注入開始  |
| 4/8  |  |
| 4/9  | 3:29 窒素ガス注入作業について、一旦、弁を全閉し、高純度窒素ガス発生装置へ切り替える作業を開始<br>→03:59 注入弁開操作開始<br>→04:10 原子炉圧力容器への窒素封入を高純度窒素発生装置に切替(弁全開)   |
| 4/10 | 9:30 H/WからCSTへの滞留水の移送終了  |
| 4/11 | 17:16頃 地震発生により、1、2号機(東北電力線)の外部電源は停止し、原子炉注水ポンプが停止<br>17:16頃 地震発生により窒素封入停止<br>17:56 外部電源復旧<br>18:04 原子炉注水ポンプ再起動<br>23:34 原子炉格納容器への窒素封入操作を再開  |
| 4/12 | 14:51 地震後、窒素ガス封入装置が問題なく稼働していることを確認   |
| 4/13 |  |
| 4/14 | 7:45 1、2号機スクリーン前面及びカーテンウォールに汚染水拡散防止のためシルトフェンスを設置開始<br>12:20 1、2号機スクリーン前面及びカーテンウォールに汚染水拡散防止のためシルトフェンスを設置完了  |
| 4/15 | 10:19 原子炉注水ポンプ用分電盤等を津波対策として高台に移設する作業を開始<br>17:00 原子炉注水ポンプ用分電盤等を津波対策として高台に移設する作業を完了   |
| 4/16 |  |
| 4/17 | 11:30 原子炉建屋において、無人ロボットによる雰囲気調査を開始<br>17:30頃 原子炉建屋において、無人ロボットによる雰囲気調査を終了  |
| 4/18 | 11:50 炉心注水に使用しているホースを新品に交換する作業開始。注水ポンプ停止<br>12:12 炉心注水に使用しているホースを新品に交換する作業完了。注水ポンプ運転   |
| 4/19 | 10:23 1,2号-3,4号電源連係強化作業完了<br>(東電原子力線-大熊線相互利用可能)  |
| 4/20 |  |
| 4/21 |  |
| 4/22 |  |
| 4/23 |  |
| 4/24 |  |
| 4/25 | 14:10 電源強化作業のため、窒素封入装置を停止<br>14:44 電源強化工事(1・2号~5・6号連携)に伴い、1・2号6.9kV電源盤の停止作業を開始<br>17:38 電源強化工事(1・2号~5・6号連携)に伴い、1・2号6.9kV電源盤の停止作業を完了<br>18:25 炉内注入ポンプについて、外部電源を使用した状態に復旧<br>19:10 停止していた窒素封入装置を再起動  |
| 4/26 | 11:35 無人ロボットによる原子炉建屋の雰囲気調査(放射線量、漏えい等)を開始<br>13:24頃 無人ロボットによる原子炉建屋の雰囲気調査(放射線量、漏えい等)を終了  |
| 4/27 | 10:02 原子炉内の燃料を冠水させるために適切な注入量の検討を行う目的で、原子炉注水量を約6m <sup>3</sup> /hから最大約14m <sup>3</sup> /hまで段階的に変化させる操作を開始   |
| 4/28 |  |
| 4/29 | 10:14 4/27より、原子炉内への注水量を10m <sup>3</sup> /hで注水していたが、当初の計画通り6m <sup>3</sup> /hに戻す。   |
| 4/30 |  |
| 5/1  |  |
| 5/2  | 12:58 炉心注入ポンプへの警報装置設置に伴い消防ポンプに切り替え<br>14:53 炉心注入ポンプへの警報装置設置終了、炉心注入ポンプに戻し注水   |
| 5/3  |  |
| 5/4  |  |
| 5/5  |  |
| 5/6  | 16:36 原子炉建屋環境改善のため、局所排風機を設置し、全台運転開始  |
| 5/7  | 10:01 原子炉容器の冠水のため、原子炉への注水量を約6m <sup>3</sup> /hから約8m <sup>3</sup> /hに増加   |
| 5/8  | 20:08 原子炉建屋の二重扉を貫通しているダクトを切断   |
| 5/9  | 4:17 原子炉建屋の二重扉を全解放   |
| 5/10 |  |
| 5/11 | 8:47 原子炉注水ポンプの電源を仮設ディーゼル発電機に切り替え、注水<br>8:50 大熊線2号線の復旧に伴い、一部の所内電源が停止、窒素ガス供給設備を停止<br>15:55 原子炉注水ポンプの電源は仮設ディーゼル発電機から所内電源に復旧<br>15:58 大熊線2号線の復旧に伴い、一部の所内電源の停止作業終了したため、窒素ガス供給設備を再起動   |
| 5/12 |  |
| 5/13 | 16:04 使用済燃料プールへ、東電コンクリートポンプ車による放水(淡水)、放水位置の確認開始<br>19:04 使用済燃料プールへ、東電コンクリートポンプ車による放水(淡水)、放水位置の確認終了   |
| 5/14 | 15:07 使用済燃料プールへ、東電コンクリートポンプ車による放水(淡水)開始<br>15:18 使用済燃料プールへ、東電コンクリートポンプ車による放水(淡水)終了   |
| 5/15 |  |
| 5/16 |  |

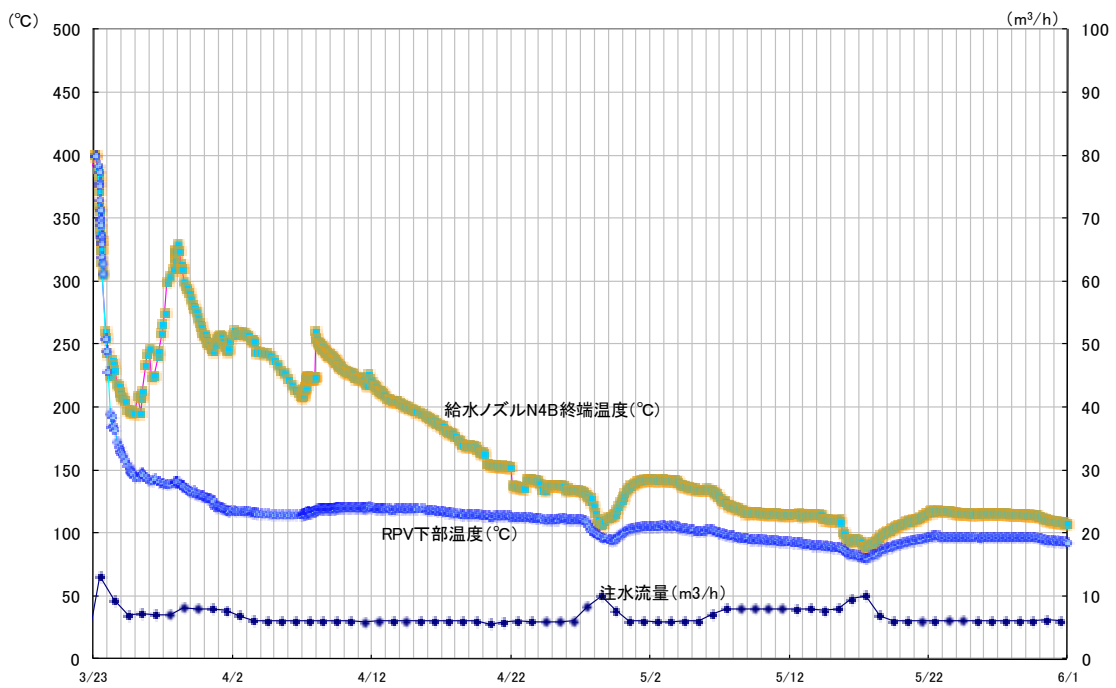
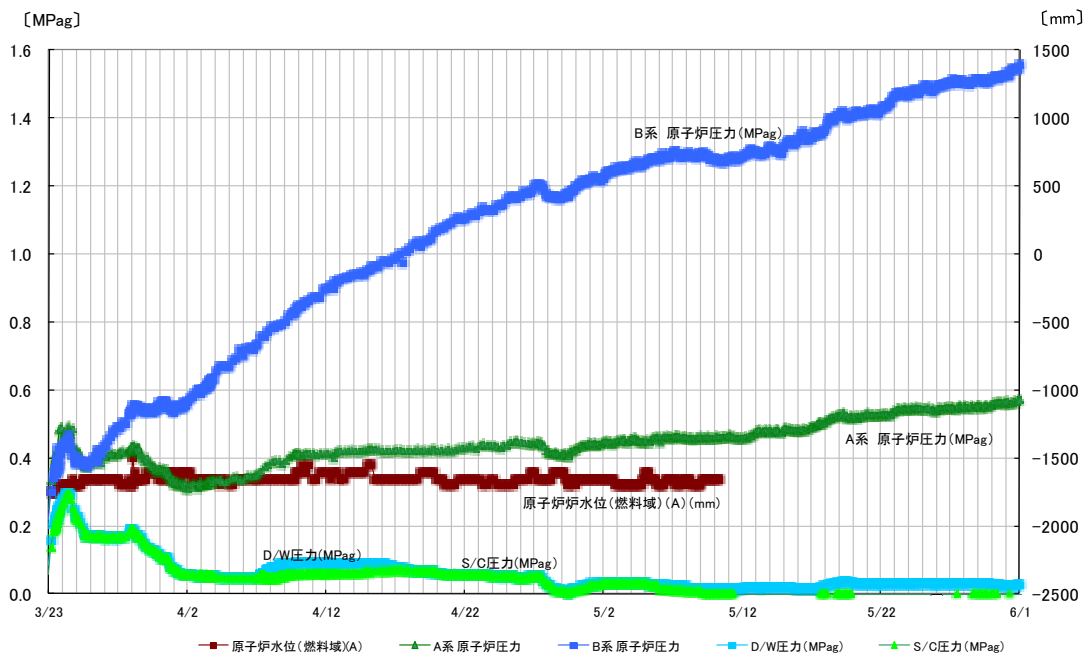


図IV-5-1 主要パラメータの変化【1F-1】(3月11日から5月31日)





図IV-5-2 主要パラメータの変化【1F-1】(3月11日から3月23日)



図IV-5-3 主要パラメータの変化【1F-1】(3月23日から5月31日)

## (2) 福島第一原子力発電所 2号機

### ① 事故の事象進展及び応急措置の整理（時系列）

#### a 地震発生後から津波襲来まで

本章 3. で記載したとおり、地震前には定格熱出力一定運転を行っていた。地震発生後の 3 月 11 日 14 時 47 分、原子炉は、地震加速度大によりスクラムし、同時刻に制御棒が全挿入し未臨界となり、正常に自動停止した。また、地震により、大熊線 1 号線、2 号線の発電所側受電用遮断器等が損傷したため、外部電源が喪失した。このため、非常用 DG2 台が自動起動した。

14 時 47 分、外部電源喪失により計器電源が失われたことでフェールセーフにより MSIV の閉鎖信号が発信し、MSIV が閉止した。MSIV の閉止について、東京電力は、過渡現象記録装置の記録では、主蒸気配管が破断した場合に観測される主蒸気流量の増大が確認できないことから、主蒸気配管の破断は発生していないと判断しており、原子力安全・保安院もその判断に合理性があるものと考えている。

MSIV の閉止により RPV 圧力が上昇し、手順書に従い、14 時 50 分に RCIC を手動起動させたが、14 時 51 分に原子炉水位高により停止している。これにより水位は低下したが、15 時 02 分に RCIC を再度手動起動したため水位は上昇し、15 時 28 分に再度原子炉水位高となり RCIC は自動停止した。また、15 時 39 分に再度 RCIC を手動起動させている。

原子炉水位は 11 日 22 時以降、14 日 12 時頃までは原子炉水位の指示（燃料域）は有効燃料頂部（TAF）に対して十分余裕のあるレベル（+3000mm 以上）で安定していた。

原子炉圧力は SRV の開閉により制御されていた。

また、SRV や RCIC の作動による S/C の温度上昇のため、15 時から 15 時 07 分頃にかけて RHR ポンプを順次起動し、S/C の水を冷却している。このことは、S/C 温度チャートから、同日 15 時過ぎから 15 時 20 分過ぎまで温度上昇が抑制されていることから確認できる。

なお、非常用炉心冷却設備については、S/C の冷却のため RHR ポンプを起動させた以外は、全交流電源喪失に至るまで作動した記録はない。これは、原子炉水位が自動起動する水位（L-2）まで下がっていないことによるものと考えられ、東京電力によれば手動起動もしていないとしている。

b 津波による影響

上述の S/C はその後、15 時 30 分過ぎから再度温度が上昇する傾向が見受けられるが、15 時 36 分頃から RHR ポンプは稼働を順次停止している。これについては、津波による機能喪失と考えられる。同時刻には、津波による影響を受け、冷却用海水ポンプ又は電源盤、非常用母線の被水・水没等により非常用 DG2 台の運転が停止、全交流電源喪失状態となった。

さらに、直流電源の機能喪失でパラメータ情報の確認ができなくなった。

また、RHR 海水ポンプが機能喪失したことにより、RHR の機能が喪失し、崩壊熱を最終ヒートシンクである海に移行させることができない状態となった。

c 応急措置

11 日 22 時には原子炉水位の監視ができるようになり、水位が維持されていたことから、RCIC により注水が行われたものと現時点では推定される。ただし、原子炉圧力は 6MPa と定格より少し低くなっている。

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が減少してきたこと及び S/C の水位上昇を抑制するため、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ていた。14 日 11 時 30 分までは原子炉水位は有効燃料頂部(TAF)に対して十分余裕のあるレベルで安定した後、14 日 13 時 25 分に至り、原子炉水位が低下を始めたので、この頃、RCIC が停止したと判断される。同日 16 時 20 分には 0mm (TAF) まで低下した。東京電力はこれについて、3 月 12 日 2 時 55 分には RCIC の作動を現場で確認したこと、また、RCIC の水源を復水貯蔵タンクから S/C に切り替えたことなどにより、14 日 12 時頃まで RCIC は機能し原子炉水位維持を図っていたとしている。東京電力は、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として判断し、原災法第 15 条の規定に基づく連絡を行っている。

RCIC は蒸気駆動であるがその弁の稼働は直流電源によるものである。東京電力が判断した RCIC の機能喪失時刻は稼働開始時から 30 時間以上が経過しているが、蓄電池容量上の制約が存在することを併せて考えると、当該蓄電池が枯渇した後も機能していたという

こととなる。

3月14日16時34分からSRVの開操作と代替注水の作業を開始し、18時頃に原子炉圧力の低下が確認された。その際、原子炉水位も同様に低下した。その後、原子炉圧力が増加傾向に転じたことから、空気作動弁（AO弁）駆動用空気圧等の問題でSRVが閉止したものと推定される。3月14日19時54分には消防車による海水の注水が開始された。したがって、RCICが機能喪失した時刻である13時25分から6時間29分の間、注水が停止したこととなる。

PCVの減圧のためのPCVベント操作については、12日6時50分に経済産業大臣が東京電力に対し、原子炉等規制法第64条第3項に基づき、PCVの圧力を抑制することを命令した。これに基づき、東京電力はPCVベント作業に入り、13日11時頃及び15日0時頃から実施したが、D/Wの圧力低下は確認されなかった。

#### d 爆発とその後の措置

このような中、15日6時頃、S/C付近において水素爆発によるものと思われる衝撃音が確認された。原子炉建屋には外観上損傷はないが、隣接する廃棄物処理建屋の屋根が破損していることが確認されている。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。

15日10時30分には、経済産業大臣が東京電力に対し、原子炉等規制法第64条第3項に基づき、2号機の原子炉内への早期注水及び必要に応じドライベントの実施を命令した。

代替注水については26日まで海水が注水されていたが、26日の途中から仮設タンクを水源とする淡水に切り替えられた。27日からは消防ポンプから仮設電動ポンプに切り替えられ、4月3日からは電源を仮設電源から外部電源に切り替え、安定した注水環境に整備している。総注水量は5月末時点で淡水約11,793m<sup>3</sup>、海水約9,197m<sup>3</sup>の合計約20,991m<sup>3</sup>となっている。

電源の復旧・強化について、東京電力は、東北電力の東電原子力線からの受電設備の点検、試充電を3月16日に完了し、3月20日からパワーセンターの受電を完了し、外部電源を確保した。3月26日には中央制御室の照明が復旧するなど、負荷の健全性を確認しながら接続を実施している。

主要な時系列については、表IV-5-2に示す。また、RPV圧力等のプ

ラントデータについては、図IV-5-4 から図IV-5-6 に示す。

## ② シビアアクシデント解析コードを使用した評価

### a 東京電力による解析

東京電力による解析では、代替注水の流量が少なかった場合には、溶融した燃料により RPV が破損したとの結果となっている。東京電力においては、この結果に加え、これまでの RPV 温度の計測結果を踏まえて、燃料の大部分は、実際には RPV 下部で冷却されているものと評価している。

東京電力では、この過程において、RCIC の運転が継続されていたものの、PCV 圧力の挙動から PCV からの漏えいを想定し、RCIC の停止と判断している 14 日 13 時 25 分から約 5 時間（地震発生後約 75 時間）で燃料が露出し、その後 2 時間で炉心損傷が始まったものと推定している。その後、原子炉水位が燃料域内において維持できていないとして代替注水の流量を想定し、崩壊熱により炉心溶融し、溶融した燃料が下部プレナムに移行した後、地震発生から約 109 時間後には、RPV の損傷に至ったとしている。

燃料に内包されていた放射性物質は、燃料の損傷、溶融とともに RPV に放出され、PCV からの漏えいを想定して解析しており、希ガスは漏えいによりほぼ全量が環境中へ放出されることとなり、よう素その他の核種の放出割合は約 1%以下という解析結果となっている。

### b 原子力安全・保安院のクロスチェック

クロスチェック解析では、東京電力が実施した条件（基本条件）で、MELCOR コードを用いた解析を行うとともに、感度解析として、代替注水の注水量をポンプ吐出圧力との関係で RPV 圧力に応じたものとした解析などを実施した。

基本条件でのクロスチェック解析では、概ねの傾向は同様であった。14 日 18 時頃（地震発生後約 75 時間）で燃料が露出し、その後 2 時間で炉心損傷が始まった結果となっている。RPV の破損時期は、東京電力の解析よりも早く、地震発生から約 5 時間後となっており、PCV 圧力の挙動が実測と整合している。

放射性物質の放出割合は、よう素は約 0.4~7%、テルルは約 0.4~3%、セシウムは約 0.3~6%という解析結果となっている。ただし、放出量は海水注水の流量等の条件設定によって変わり、運転状

態が明確でないので、運転状態次第で変わることがあり得るものである。

### ③ RPV、PCV 等の状態の評価

#### a プラント情報の確認

プラント状態が比較的安定した時期である 3 月 17 日から 5 月 31 日について検討することとし、この期間でのプラントデータの取扱いについて以下のとおり検討した。

燃料域の原子炉水位は、PCV 圧力が高い状態で推移した時期には PCV 温度が高く、基準水位とする PCV 内の凝縮槽と計装配管内の水が蒸発して基準水位が下がり、原子炉水位を高めに表示していた可能性がある。その後は 1 号機と同様の傾向を示しているため、この期間において、RPV 内の水位を計測できていないものとした。

RPV 圧力は、A 系と B 系の測定値は概ね整合しており、実際の圧力を概ね示しているものとした。なお、負圧を示している期間については、圧力計の測定範囲外であり誤差範囲と判断した。

RPV 温度は、3 月 27 日以降注水量と整合して推移しており、実際の温度を概ね示しているものとした。ただし、一定の温度値を示している一部のデータについては、その他の測定値と傾向が整合しないことから評価対象から除外した。

3 月 17 日までのプラントデータの取扱いについては、特に 14 日から 15 日にかけて激しく変動しており、数値としての確認は難しいため、機器操作等の事象情報を踏まえて、大枠での変動状況のみ参照した。

#### b 比較的安定した時期での RPV、PCV 等の状態の推定

##### ○ RPV バウンダリの状態

5 月 31 日までの RPV への注水総量は東京電力情報で約 21,000 トンと見積もられているが、崩壊熱評価式で崩壊熱を多めに見積もって評価した注水開始時からの蒸気発生総量は約 7,900 トンである。圧力バウンダリが確保されていれば少なくとも差分の約 13,100 トンは残存することになる。RPV の容積は多めに見積もっても 500 m<sup>3</sup> 程度であることから、注水した水は RPV 中で気化し、蒸気となって漏えいしているのみならず、液体のままでも漏えいしていると考えられる。RPV への注水は再循環水入口ノズルを通して行われており、ジェットポンプ・ディフューザを経由して

RPV 底部へ移行する。燃料の冷却ができていることを考えると、現時点では、注水した冷却水は RPV 底部において漏えいしたものと推定される。

なお、5月29日から5月30日には再循環水入口ノズルを通じた注水に給水ノズルを通じた注水を並行して実施している。また、5月30日17時頃からは給水ノズルを通じた注水に切り替えている。

RPV 圧力は、3月16日以降は大気圧近傍にあり、PCV の D/W 圧力と同等であることから、現時点では RPV は気相部において PCV と通じているものと推定される。

#### ○ RPV 内の状態（炉心の状態、水位）

RPV 温度は、既に注水流量が確保された後の3月20日から計測されている。計測開始後は概ね 100°C 近傍で安定し、注水流量を下げた3月29日以降は概ね 150°C 近傍で推移していたことから、現時点では、燃料の相当量は RPV 内にあるものと推定される。ただし、RPV 底部が損傷し、燃料の一部が D/W フロア（下部ペデスタル）に落下して堆積している可能性も現時点では否定できない。

RPV の一部の温度が RPV 圧力に対する飽和温度よりも高いことから、燃料の一部は依然として水没しておらず、蒸気により冷却されている可能性があるとして推定される。

#### ○ PCV の状態

3月15日に D/W 圧力が PCV の最高使用圧力（0.427MPag）を超えて最高で約 0.6MPag に上昇していること等から、現時点では、フランジ部のガスケットや貫通部のシールの性能が劣化しているものと推定される。D/W 圧力は大気圧近傍（0MPag）に維持されており、現時点では崩壊熱による発生蒸気は D/W からこうした劣化部分を通じて外部に放出されているものと推定される。

S/C 圧力はほとんど計測されていないことから、現時点では S/C 内部の状況や D/W の水位をプラントデータから推定することは困難な状況である。ただし、タービン建屋に高濃度の汚染水が確認されていることから、RPV に注水され、RPV から漏えいしている水は PCV から漏えいしているものと現時点では推定さ



れる。現在、東京電力においては D/W の水位を推定するべく検討を進めている。

④ 経時変化のある時期の RPV、PCV 等の状態の推定

東京電力によれば、3 月 12 日未明には水源を S/C に切り替えて RCIC による注水を継続していたとされており、14 日午前までは有効燃料頂部 (TAF) より高い水位を確保できていたことから、少なくともそれまでの間は RCIC が機能したものと現時点では推定される。また、S/C 液相に RCIC タービン駆動用蒸気が放出され続けたために S/C 水温度が上昇し、3 月 12 日午前中には S/C 圧力が上昇、S/C から D/W への蒸気流入により 3 月 12 日 12 時頃より D/W 圧力が上昇したものと現時点では推定される。

また、3 月 14 日午前中には RCIC の機能低下によると思われる RPV 圧力の上昇及び原子炉水位の低下が見られ、さらに、RPV 圧力が約 7.4MPag となっていることから、現時点では、SRV が作動し、原子炉水位の低下が進んだものと推定される。なお、これ以前に PCV ベント操作を行ったことの報告を受けているが、対応した PCV 圧力の低下が見られていない時期があり、所要の性能を発揮しなかった可能性がある。どの程度機能したのかについては、各機器等の状況などの詳細調査や解析による分析が必要である。

3 月 15 日 0 時頃には S/C 圧力は上昇せずに D/W 圧力が上昇しているが、その後長期間 D/W 圧力と S/C 圧力の差が解消しないなどの整合がとれないところがあるため、現時点では確かなところは不明である。

これらの推定に加え、その後水位の回復が見られていないこと、さらに 3 月 15 日 0 時頃には D/W 及び S/C の格納容器雰囲気モニタ (CAMS) 計測値が 3~4 桁上昇していることから、この時期に燃料が損傷したものと現時点では推定される。また、東京電力は、14 日夕刻から消防車で代替注水を実施していると報告しているが、水位の回復に至っていないことから、原子炉圧力との関係で所要の性能を発揮しなかった可能性がある。どの程度機能したのかについては、各機器等の状況などの詳細調査や解析による分析が必要である。

⑤ RPV、PCV 等の状態の推定を踏まえた事象進展解析と事象の整理

2 号機の事故の事象進展については、これまでの解析等から、RCIC が機能しなくなったことから炉心が損傷し、海水の注水を開始した時

期には原子炉圧力が高い時期があつて十分に注水できなかった可能性があり、冷却が十分にできず炉心溶融し、溶融した燃料等が RPV 下部に移行していったものと推定される。

注水量と崩壊熱による蒸気発生量のバランスから、RPV に注水している水が漏えいしていると推定される。

RPV 温度の計測結果を踏まえると、燃料の相当量は RPV 下部で冷却されていると考えられる。

また、S/C 付近における衝撃音については、現場確認に制約があるため確かなことは不明である。シビアアクシデント解析に加え、数値流体力学的解析を行った結果として、現時点において、原子炉で燃料被覆管のジルコニウムと水が反応して発生した水素を含む気体が、SRV の開放等を通じ S/C に入り、S/C から水素が漏えいし、トールス室で爆発した可能性が考えられる。廃棄物処理建屋については、爆風による損傷の他、配管貫通部等を通して水素が流入した可能性も現時点では否定できない。

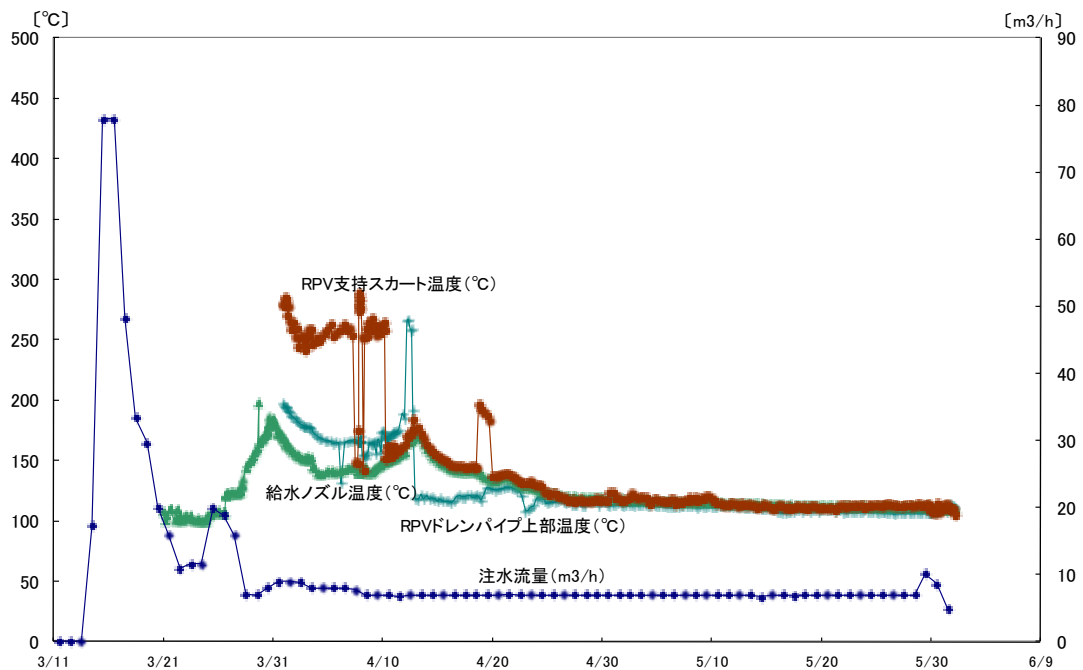
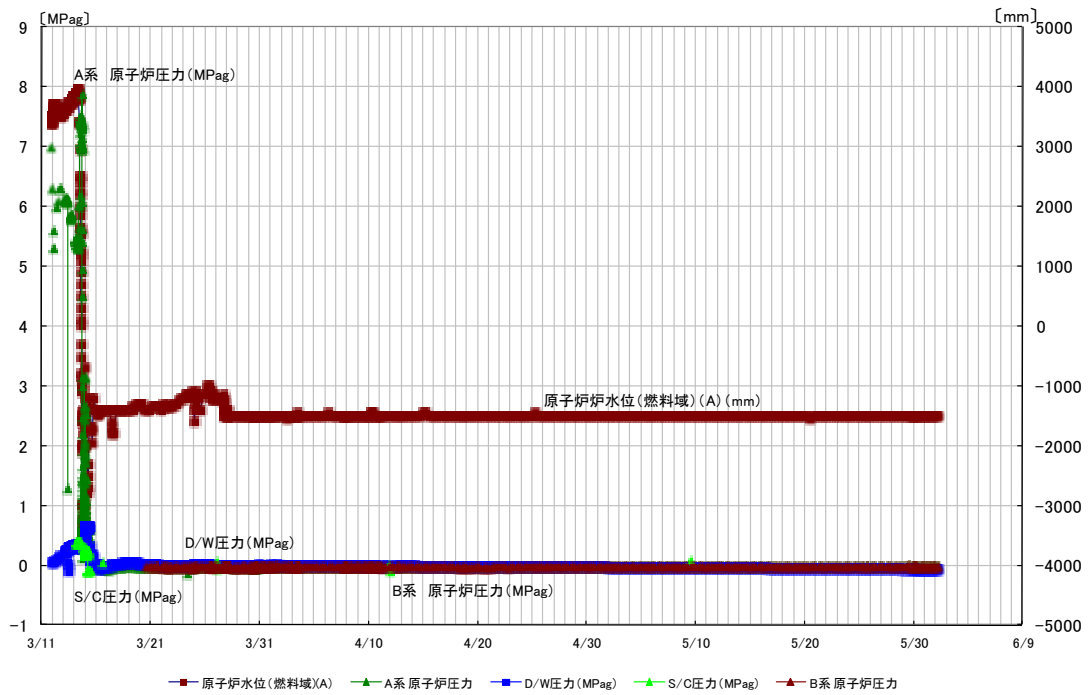
現時点においては、各機器が実際にどの程度機能したのかは特定できないため、事故の事象進展状況についても確定することはできないが、現状のシビアアクシデント解析結果からは、15 日朝までに PCV からの漏えいによって環境中に放出され、希ガスについては炉内内蔵量のほとんどが、よう素、セシウム、テルルについては、放出割合でそれぞれ約 0.4～7%、約 0.3～6%、約 0.4～3%と推定される。

表IV-5-2 福島第一原子力発電所 2号機 主要時系列（暫定）

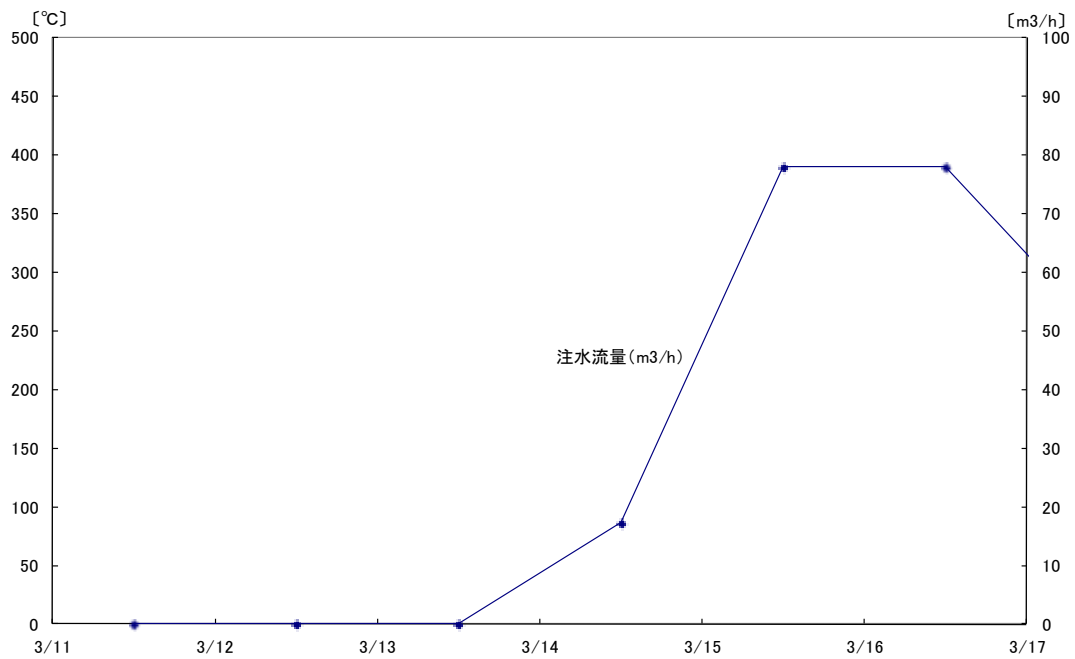
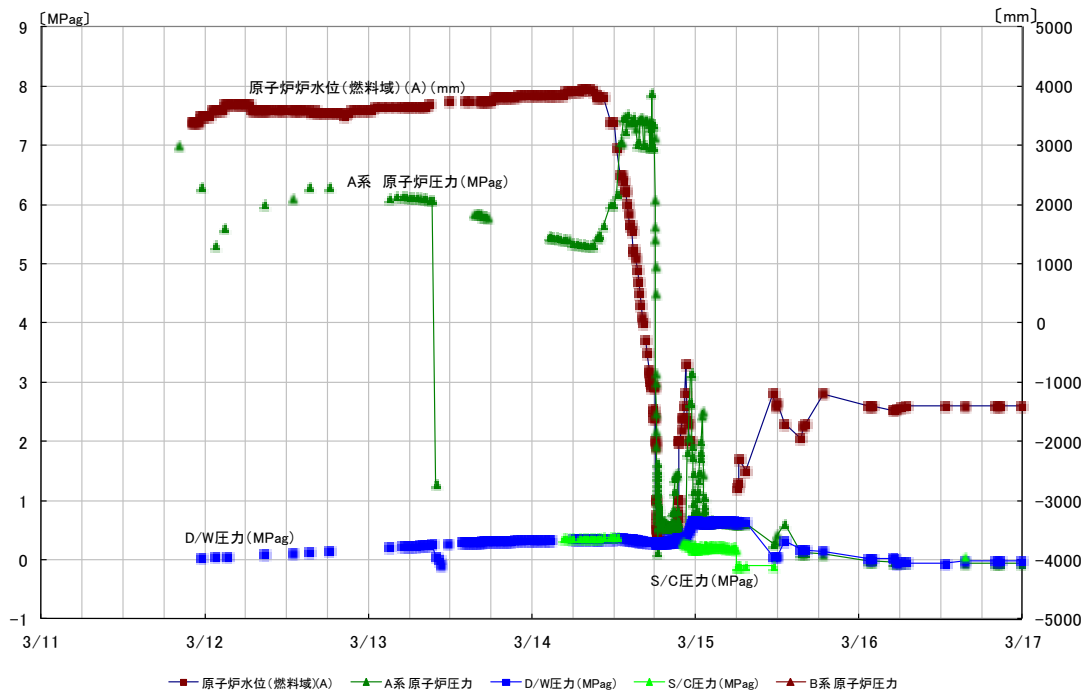
※この表に含まれる情報は、緊急時対応を行っていた中で情報が錯綜していた等の理由により、信頼性の低い情報が含まれている可能性があるため、その後の検証等により情報が訂正される可能性がある。なお、日本政府の現在の見解は本文に記載のとおりである。

| 福島第一原子力発電所<br>2号機 |  |
|-------------------|--|
|                   | 地震前状況、運転中  |
| 3/11              | 14:47 原子炉スクラム(地震加速度大)<br>制御棒全挿入<br>タービントリップ<br>外部電源喪失<br>非常用ディーゼル発電機(非常用DG)起動<br>主蒸気隔離弁(MSIV)閉<br>14:50 原子炉隔離時冷却系(RCIC)手動起動<br>14:51 RCICトリップ(L-8)<br>15:00 残留熱除去系ポンプ順次起動開始(圧力抑制室の水の冷却)<br>15:02 RCIC手動起動<br>15:07 残留熱除去系ポンプ順次起動終了<br>15:28 RCICトリップ(L-8)<br>15:39 RCIC手動起動<br>15:41 全交流電源喪失<br>15:42 原災法第10条通報事象(全交流電源喪失)が発生したと事業者が判断<br>16:36 非常用冷却装置による注水が不能になったとして、原災法第15条事象に該当する事象が発生したと事業者が判断<br>20:30 RCIC停止中<br>中操照明(仮設)確保準備中<br>22:00 原子炉水位 有効燃料頂部(TAF)+3.400mm<br>22:47 RCICの運転は確認できていない   |
| 3/12              | 0:30 RCIC停止中、水位TAF+3.500mm(3月12日0時00分) 原子炉圧力6.3MPa(3月11日23時25分) ドライウエル(D/W)圧力40kPa(3月11日23時55分)<br>2:55 RCIC起動状態を確認<br>4:20 RCIC水源を復水貯蔵タンク(CST)から圧力抑制室(S/C)に切替え<br>~<br>5:00   |
| 3/13              | 3:00 D/W圧力上昇(315kPa)(3月12日0時30分現在40kPa)<br>11:00 ベントのため、ベントの弁を「開」操作  |
| 3/14              | 11:01 圧力抑制室(S/C)弁開を確認、開操作不能を確認<br>12:00 S/C温度(147℃)、S/C圧力(485kPa)が高くなっている<br>原子炉水位低下傾向、海水注入の準備を進める(12時3.400mm→12時30分2.950mm (A)、(12時3.400mm→12時30分3.000mm (B))<br>13:25 RCIC停止(推定)<br>原子炉水位低下、RCICの機能喪失の可能性、原災法第15条事象(原子炉冷却機能喪失)発生と事業者が判断<br>15:00 RCIC動作状態確認中<br>16:00 圧力抑制室(S/C)側弁 開操作<br>16:20 圧力抑制室(S/C)側弁 閉確認<br>16:34 原子炉圧力容器減圧(逃がし安全弁(SRV)開)操作を開始、消火系ラインを用いた海水注入作業開始<br>17:17 TAFに到達<br>18:00頃 原子炉圧力低下確認<br>以降、SRV駆動用空気圧や空気供給ラインの電磁弁の励磁維持の問題からSRVが閉鎖し原子炉圧力が上昇した様子<br>18:22 原子炉水位TAFから-3700mmに到達、燃料全体が露出したものと判断<br>19:20 海水注水の消防ポンプが燃料切れで停止<br>19:54 海水注入開始(1台の消火ポンプ起動)<br>19:57 2台目の消防ポンプを起動<br>21:00 圧力抑制室(S/C)側小弁開操作<br>21:03 原子炉圧力低下(1418kPa)<br>21:20 逃がし安全2弁開により、原子炉減圧、水位が回復してきたことを確認<br>以降、SRV駆動用空気圧や空気供給ラインの電磁弁の励磁維持の問題によるSRV(逃がし安全弁)の閉鎖と開操作がなされた様子<br>21:20頃 原子炉水位の回復傾向を確認<br>22:14 原子炉水位回復(1800mm)、炉心損傷評価を実施、5%以下と判断<br>22:50 D/W圧力が設計上の最高使用圧力を超えたことから、原災法第15条事象(格納容器圧力異常上昇)が発生したと事業者が判断、D/W圧力540kPa |
| 3/15              | 0:02 ドライブントのため、弁を「開」操作<br>0:45 原子炉圧力1823kPa<br>3:00 D/W圧力 750kPa<br>D/W圧力が設計上の最高使用圧力を超えたことから、減圧操作及び原子炉内の注水操作を行っているが、減圧しきれていない<br>5:00 原子炉 圧力低下(626kPa)<br>6:00 S/C付近において水響発音と思われる衝撃音を確認(圧力抑制室付近で、大きな衝撃音)<br>~<br>6:10 作業に必要な要員を残し避難(原子炉水位TAF=2.800mm、原子炉圧力不明、S/P圧力不明、D/W圧力0.73MPa)<br>頃<br>8:25 原子炉建屋5階付近より、白い煙(湯気らしきもの)を確認<br>15:25 原子炉圧力が格納容器圧力より低(原子炉圧力 0.119Pa、D/W圧力 0.174MPa gage)<br>15:30 炉心損傷割合14%から35%に変化   |
| 3/16              |  |
| 3/17              |  |
| 3/18              |  |
| 3/19              |  |
| 3/20              | 15:05 使用済燃料プールへの海水注水を燃料プール冷却浄化系(FPC)を用いて開始(以降海水注水は、FPCから実施)<br>15:46 480V 非常用低圧配電盤(ハブセンター(P/C) 2C)受電<br>東電原子力線から仮設電源を供給<br>17:20 使用済燃料プールへの海水注水終了、注水量約40トン   |
| 3/21              | 18:20頃 原子炉建屋にて確認されている白いもや状の煙(湯気)は、新たに原子炉建屋の屋上屋根部からでていることを確認  |
| 3/22              | 7:11 原子炉建屋の白いもや状の煙(湯気)はほとんど見えないう程度に減少<br>16:07 使用済燃料プールへの海水注水開始<br>17:01 使用済燃料プールへの海水注水終了、注水量約18t  |
| 3/23              |  |
| 3/24              |  |
| 3/25              | 10:30 使用済燃料プールへの海水注水開始<br>12:19 使用済燃料プールへの海水注水終了、注水量約30t   |
| 3/26              | 10:10 炉心への淡水注入は、仮設タンクを用いてホウ酸を溶解した後注入<br>16:40 タービン建屋(T/B)モーターコントロールセンター(MCC)2A-1受電<br>16:46 中操照明復旧   |
| 3/27              | 18:31 原子炉注水について消防ポンプから仮設電動ポンプによる淡水注入に切替え   |
| 3/28              |  |
| 3/29              | 15:30 使用済燃料プールへの注水について消防ポンプから仮設電動ポンプによる淡水注入に切替え<br>16:45 復水貯蔵タンク(CST)からサプレッションプール水サージタンク(SPT)への滞留水の移送開始  |
| 3/30              | 9:45頃 使用済燃料プールの冷却水注水の仮設の電動ポンプの不調を確認、消防ポンプへの切替えを行なう、注水中断<br>12:30 使用済燃料プールの冷却水注水を消防ポンプに切り替え注水再開<br>12:47 消防ポンプのホースに亀裂を確認<br>13:10 消防ポンプのホース取り替え<br>17:05 消防ポンプによる使用済燃料プールへの注水再開<br>19:05 使用済燃料プールへの注水について消防ポンプから仮設電動ポンプによる注水に切替え、注水再開<br>23:50 使用済燃料プールへの注水終了、20未満  |
| 3/31              | 14:24 CSTからSPTへの滞留水の移送終了<br>15:25 CSTからSPTへの滞留水の移送開始   |
| 4/1               | 11:50 CSTからSPTへの滞留水の移送終了<br>14:56 使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水開始<br>17:05 使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水終了 約70t  |

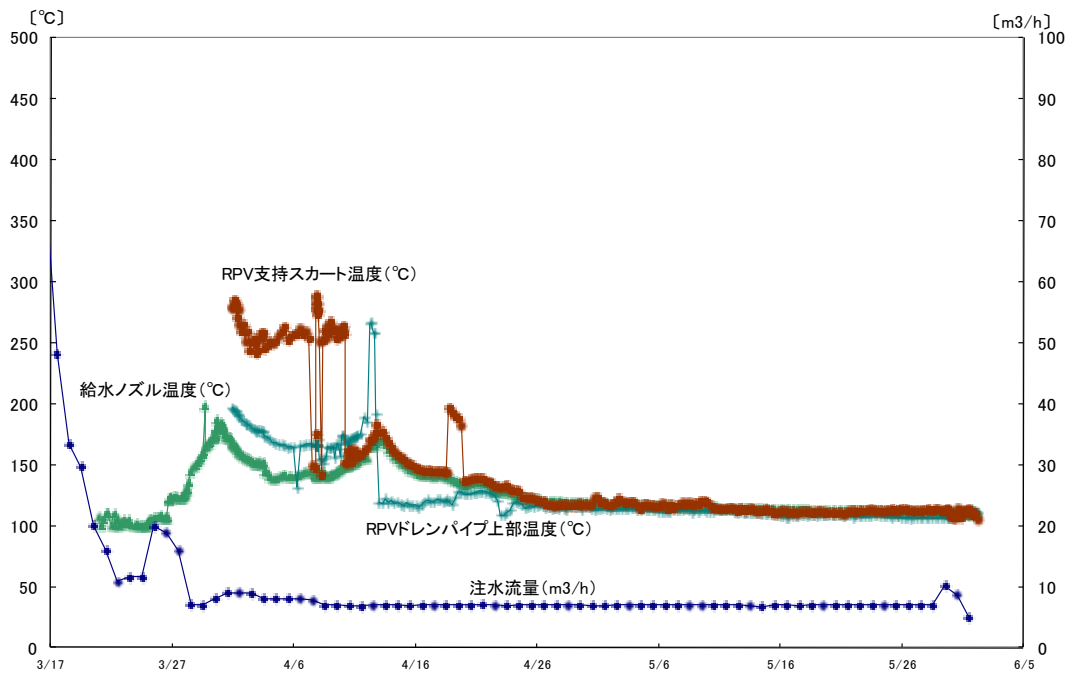
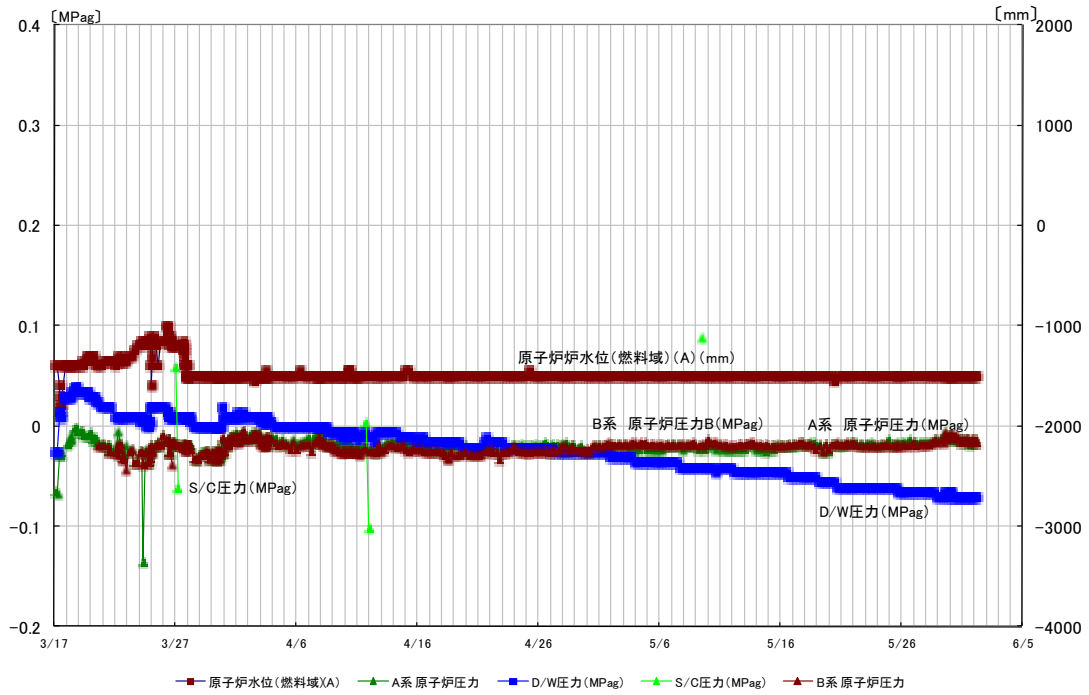
|      |  |  |
|------|--|--|
| 4/2  | 11:05<br>16:25<br>19:02<br>17:10<br>19:30                  | <p>バースクリーン近傍のビット内に1000mSvを超える水が滞留、ビット脇のコンクリートに20cm程度の亀裂、亀裂部よりビット内の水が海に流出していることを確認</p> <p>当該ビットの上流側に隣接するビット内にセメントを流し込む</p> <p>当該ビット内にセメントを流し込み開始</p> <p>ホットウェル(H/W)から復水貯蔵タンク(CST)への滞留水の移送開始</p> <p>17:10<br/>19:30 水が海に流出しているビットの止水処置について、作業員の警報付ポケット線量計(APD)が警報設定値を超えたため作業を中断、流出状況に有意な減少傾向みられず</p>   |
| 4/3  | 11:50<br>13:47<br>14:30                                    | <p>原子炉注水について仮設電動ポンプの電源を仮設電源から本設電源に切替え</p> <p>バースクリーン近傍のビット内の滞留水の止水措置として、おがくず20袋、高分子吸収剤80袋、裁断処理した新聞紙3袋を投入開始</p> <p>バースクリーン近傍のビット内の滞留水の止水措置として、おがくず20袋、高分子吸収剤60袋、裁断処理した新聞紙3袋を投入終了</p>  |
| 4/4  | 11:05<br>13:37   | <p>使用済燃料プールへの仮設電動ポンプによる冷却水(淡水)注入開始</p> <p>使用済燃料プールへの仮設電動ポンプによる冷却水(淡水)注入停止 約70t</p>   |
| 4/5  | 14:15<br>17:00頃  | <p>バースクリーン近傍のビット周辺2ヶ所に穴を明け、トレーサ液を注入したところ、トレーサ液が亀裂部より海に流出していることを確認</p> <p>約1500リットルの凝固剤を注入したところ、一時的に流量が少なくなる効果はあったが、その後流出量は元に戻り、変化なし、凝固剤の注入を継続</p>  |
| 4/6  | 5:38頃<br>13:15   | <p>ビット亀裂部からの流水停止を確認</p> <p>ビット漏水部にゴム板とジャッキベースでふた実施</p>   |
| 4/7  | 13:29<br>14:34   | <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水開始</p> <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水終了 約36t</p>   |
| 4/8  |  |  |
| 4/9  | 13:10  | 復水器ホットウェル(H/W)保有水を復水貯蔵タンクへの移送完了  |
| 4/10 | 10:37<br>12:38   | <p>使用済燃料プールへの仮設電動ポンプによる冷却水(淡水)注入開始</p> <p>使用済燃料プールへの仮設電動ポンプによる冷却水(淡水)注入停止、約60t</p>   |
| 4/11 | 17:16頃<br>17:56<br>18:04                                   | <p>地震発生により、1、2号機(東北電力線)の外部電源は停止し、原子炉注水ポンプが停止</p> <p>外部電源復旧</p> <p>原子炉注水ポンプ再起動</p>  |
| 4/12 | 19:35  | 立坑からH/Wへの滞留水の移送開始  |
| 4/13 | 8:30<br>11:00<br>11:00<br>13:15<br>14:55<br>15:02<br>17:04 | <p>2号機バースクリーンの海側に仮設の止水板(鋼板7枚中2枚)を設置開始、10時終了</p> <p>タービン建屋トレンチの滞留水の復水器ホットウェルへの移送について、漏えい確認等のため一時停止。(移送実績:約600t)</p> <p>立坑からH/Wへの滞留水の移送終了</p> <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水開始</p> <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水終了 約60t</p> <p>タービン建屋トレンチの滞留水の復水器ホットウェルへの移送について、漏えいがないことが確認されたことから移送を再開</p> <p>タービン建屋トレンチの滞留水の復水器ホットウェルへの移送停止</p> |
| 4/14 | 7:45<br>12:20  | <p>1、2号機スクリーン前面及びカーテンウォールに汚染水拡散防止のためシルトフェンスを設置開始</p> <p>1、2号機スクリーン前面及びカーテンウォールに汚染水拡散防止のためシルトフェンスを設置完了</p>  |
| 4/15 | 10:19<br>17:00   | <p>注水ポンプ用分電盤等を津波対策として高台に移設する作業を開始</p> <p>注水ポンプ用分電盤等を津波対策として高台に移設する作業を完了</p>  |
| 4/16 | 10:13<br>11:54   | <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水開始</p> <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水終了 約45t</p>   |
| 4/17 |  |  |
| 4/18 | 12:13<br>12:37<br>13:42<br>14:33                           | <p>炉心注水に使用しているホースを新品に交換する作業開始。</p> <p>炉心注水に使用しているホースを新品に交換する作業完了。注水ポンプ運転</p> <p>原子炉建屋において、無人ロボットによる状況確認等を開始</p> <p>原子炉建屋において、無人ロボットによる状況確認等を終了</p>   |
| 4/19 | 10:08<br>10:23<br>16:08<br>17:26                           | <p>立坑から集中R/Wへの滞留水の移送開始</p> <p>1,2号→3,4号電源連係強化作業完了<br/>(東電原子力線一次無線相互利用可能)</p> <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水開始</p> <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水終了、約50t</p>  |
| 4/20 |  |  |
| 4/21 |  |  |
| 4/22 | 15:55<br>17:40   | <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水開始</p> <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水終了 約50t</p>   |
| 4/23 |  |  |
| 4/24 |  |  |
| 4/25 | 10:12<br>11:18<br>14:44<br>17:38<br>18:25                  | <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水開始</p> <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水終了 約38t</p> <p>電源強化工事(1,2号→5,6号連携)に伴い、1,2号6.9kV電源盤の停止作業を開始</p> <p>電源強化工事(1,2号→5,6号連携)に伴い、1,2号6.9kV電源盤の停止作業を完了</p> <p>炉内注入ポンプについて、外部電源を使用した状態に復旧</p>   |
| 4/26 |  |  |
| 4/27 |  |  |
| 4/28 | 10:15<br>11:28   | <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水開始</p> <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水終了 約43t</p>   |
| 4/29 | 9:16   | タービン建屋トレンチ内の滞留水の集中廃棄物処理施設プロセス建屋の移送は、移送設備の点検、監視機能などの増強作業のため、一旦中断  |
| 4/30 | 14:05  | タービン建屋トレンチ内の滞留水の集中廃棄物処理施設プロセス建屋の移送は、移送設備の点検、監視機能などの作業のため、一旦中断していたが、点検等を終了し、移送ポンプ1台で移送を再開   |
| 5/1  | 13:35  | 砕石及びコンクリート等によるトレンチ立坑の閉塞作業を開始   |
| 5/2  | 10:05<br>11:40<br>12:58<br>14:53                           | <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水開始</p> <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水終了 約55t</p> <p>炉心注入ポンプへの警報装置の設置に伴い消防ポンプに切り替え</p> <p>炉心注入ポンプへの警報装置の設置終了、炉心注入ポンプに戻し注水</p>   |
| 5/3  |  |  |
| 5/4  |  |  |
| 5/5  |  |  |
| 5/6  | 9:36<br>11:16  | <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水開始</p> <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水終了 約58t</p>   |
| 5/7  | 9:22<br>16:02  | <p>タービン建屋トレンチ内の滞留水の集中廃棄物処理施設プロセス建屋の移送は3号機の原子炉給水系配管工事のため、一旦中断</p> <p>タービン建屋トレンチ内の滞留水の集中廃棄物処理施設プロセス建屋の移送は3号機の原子炉給水系配管工事のため、一旦中断していたが、移送再開</p>  |
| 5/8  |  |  |
| 5/9  |  |  |
| 5/10 | 9:01<br>13:09<br>14:45                                     | <p>タービン建屋トレンチ内の滞留水の集中廃棄物処理施設プロセス建屋の移送を、一旦停止</p> <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水開始</p> <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水終了 約56t</p>   |
| 5/11 | 8:47<br>15:55  | <p>原子炉注水ポンプの電源を仮設ディーゼル発電機に切り替え、注水</p> <p>原子炉注水ポンプの電源は仮設ディーゼル発電機から所内電源に復旧</p>   |
| 5/12 | 15:20  | タービン建屋トレンチ内の滞留水の集中廃棄物処理施設プロセス建屋の移送を、一旦停止(移送配管工事のため)していたが、移送再開  |
| 5/13 |  |  |
| 5/14 |  |  |
| 5/15 | 13:00<br>14:37   | <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水開始</p> <p>使用済燃料プールに、使用済燃料冷却系を用いて仮設電動ポンプにより淡水を注水終了 約56t</p>   |
| 5/16 |  |  |



図IV-5-4 主要パラメータの変化【1F-2】(3月11日から5月31日)



図IV-5-5 主要パラメータの変化【1F-2】(3月11日から3月17日)



図IV-5-6 主要パラメータの変化【1F-2】(3月17日から5月31日)

### (3) 福島第一原子力発電所 3号機

#### ① 事故の事象進展及び応急措置の整理（時系列）

##### a 地震発生後から津波襲来まで

本章 3. で記載したとおり、地震前には定格熱出力一定運転を行っていた。地震発生後の 3 月 11 日 14 時 47 分、原子炉は、地震加速度大によりスクラムし、同時刻に制御棒が全挿入し未臨界となり、正常に自動停止した。また、地震前から工事停電していた大熊線 3 号線に加え、地震により、新富岡変電所の遮断器がトリップ及び発電所内開閉所の受電用遮断器が損傷したため、大熊線 4 号線からの供給も途絶し、外部電源が喪失した。このため、非常用 DG2 台が自動起動した。

14 時 48 分、外部電源喪失により計器電源が失われたことでフェールセーフにより MSIV の閉鎖信号が発信し、MSIV が閉止した。MSIV の閉止について、東京電力は、過渡現象記録装置の記録では、主蒸気配管が破断した場合に観測される主蒸気流量の増大が確認できないことから、主蒸気配管の破断は発生していないと判断しており、原子力安全・保安院もその判断に合理性があるものと考えている。

MSIV の閉止により RPV 圧力が上昇し、15 時 05 分に RCIC を念のため手動起動させたが、15 時 25 分に原子炉水位高により停止している。

##### b 津波による影響

15 時 38 分には、津波による影響を受け、3 号機の冷却用海水ポンプ又は電源盤、非常用母線の被水・水没等により非常用 DG2 台の運転が停止、全交流電源喪失の状態となった。

また、残留熱除去系海水ポンプが機能喪失したことにより、RHR の機能が喪失し、崩壊熱を最終ヒートシンクである海に移行させることができない状態となった。

ただし、3 号機は直流母線の被水を免れた。交流母線からの交直変換による電源供給は行われなくなったものの、バックアップ用の蓄電池により、他号機と比較して長時間、直流を要する負荷（RCIC 弁や記録計等）に電源を供給した。

15 時 25 分の RCIC 停止に伴う水位低下により、16 時 03 分に再度 RCIC が起動し、12 日 11 時 36 分に停止した。

なお、12 日 11 時 36 分の RCIC が停止した理由については、当



該 RCIC の機能喪失時刻が稼働開始時から 20 時間以上経過しており、弁操作のための蓄電池が枯渇している可能性が高いが、この時点で停止した理由は不明である。

その後、炉心水位低 (L-2) により HPCI が 12 日 12 時 35 分に自動起動し、13 日 2 時 42 分に停止した。また、この際、プラント関連パラメータには水位の記載がなく、炉心水位が不明な中で、炉心注入系が停止したこととなる。

なお、HPCI 停止後 1 時間以上後の 3 時 51 分、水位計電源が回復し、燃料域で-1600mm (TAF-1600mm) であることが判明した。

HPCI の停止理由として、原子炉圧力が低下したことが考えられる。

これにより、東京電力は、原災法第 15 条の規定に基づく「原子炉冷却機能喪失」事象に該当すると判断して、原子力安全・保安院等に連絡した。

#### c 圧力変化

原子炉圧力は、スクラム後 7~7.5MPa でほぼ安定的に推移してきたが、12 日 9 時頃から変動幅が大きく見られるようになり、12 時 30 分頃から 19 時頃までで 6MPa 以上低下したことがわかる。

その後、12 日 19 時頃から 1MPa 前後で安定していたが、13 日 2 時頃から 2 時 30 分頃に一旦低下し、その後同日 4 時過ぎまでに 7MPa まで上昇している。この圧力変化の初期には HPCI は稼働していたが、その稼働停止に伴い原子炉圧力が急上昇した可能性がある。

12 日 12 時 30 分頃からの圧力低下については、6 時間以上かけて低下したことを踏まえると、大規模漏えいとは考えにくい。原因として、圧力低下の開始時間が、HPCI の起動時刻とほぼ一致し、また HPCI の稼働停止に伴い上昇していることから、HPCI 系統からの蒸気流出の可能性はある。

その後、13 日 9 時前に 0MPa 近くまで急激に圧力が減少しているが、これは SRV による急速減圧によるものと考えられる。

#### d 応急措置

東京電力は、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 分からウェットベントの操作を行い、同日 9 時 25 分頃から消防車により消火系ラインからホウ酸を含む

淡水注水を開始したものの、RPV 水位は低下した。この注水を考慮しても HPCI 停止から 6 時間 43 分の間、注水が停止していたこととなる。なお、同日 13 時 12 分には海水注水に切り替えられた。

さらに、PCV 圧力を低下させるため、14 日 5 時 20 分にウェットベントを行っている。

e 建屋の爆発とその後の措置

3 月 14 日 11 時 01 分には原子炉建屋上部での水素爆発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 階下の南北の外壁並びに廃棄物処理建屋が損壊した。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は上昇した。

原子炉への代替注水は、3 月 25 日には純水タンクを水源とする淡水の注水に戻した。総注水量は 5 月末時点で淡水約 16,130m<sup>3</sup>、海水約 4,495m<sup>3</sup> の合計約 20,625m<sup>3</sup> となっている。

また、3 月 28 日には原子炉注水について仮設電動ポンプを用いた注水とし、4 月 3 日からは仮設電動ポンプの電源を仮設電源から本設電源に切り替えるなど、安定的な注水システムに移行している。

電源の復旧については、新福島変電所変圧器の補修や夜の森線 1 号線と大熊線 3 号線とのバイパス工事等を行い、3 月 18 日には構内配電盤まで充電を完了し、22 日には中央制御室の照明が復旧するなど、負荷設備の健全性を確認しながら接続を拡充している。

主要な時系列については、表IV-5-3に示す。また、RPV 圧力等のプラントデータについては、図IV-5-7から図IV-5-9に示す。

② シビアアクシデント解析コードを使用した評価

a 東京電力による解析

東京電力による解析では、代替注水の流量が少なかった場合には、溶融した燃料により RPV が破損したとの結果となっている。東京電力においては、この結果に加え、これまでの RPV 温度の計測結果を踏まえると、燃料の大部分は、実際には RPV 下部で冷却されているものと評価している。

東京電力では、この過程において、HPCI 停止の 13 日 2 時 42 分から約 4 時間（地震発生後約 40 時間）で燃料が露出し、その後約 2 時間で炉心損傷が始まったものと推定している。その後、原子炉水

位が燃料域内において維持できていないとして代替注水の流量を想定し、崩壊熱により炉心溶融し、溶融した燃料が下部プレナムに移行した後、地震発生から約 66 時間後には、RPV の損傷に至ったとしている。

燃料に内包されていた放射性物質は、燃料の損傷、溶融とともに RPV に放出されて S/C に移行し、希ガスは PCV ベント操作によりほぼ全量が環境中へ放出されることとなり、放射性よう素は約 0.5% が放出という解析結果となっている。

なお、東京電力においては、追加的解析として、HPCI が作動している間において RPV 圧力及び D/W 圧力が低下していることから、HPCI の蒸気系統からの漏えいを想定した解析も実施している。解析の結果、RPV 圧力変化及び D/W 圧力変化は概ね一致する結果になったとしているが、計器の問題も含めて、HPCI 作動期間での RPV 圧力及び D/W 圧力の低下理由は、現状では特定できないとしている。

#### b 原子力安全・保安院のクロスチェック

クロスチェック解析では、東京電力が実施した条件（基本条件）で、MELCOR コードを用いた解析を行うとともに、感度解析として、代替注水の注水量をポンプ吐出圧力との関係で RPV 圧力に応じたものとした解析などを実施した。

基本条件でのクロスチェック解析では、概ねの傾向は同様であった。13 日 08 時頃（地震発生後約 41 時間）に燃料が露出し、その後 3 時間で炉心損傷が始まった結果となっている。RPV の破損時期は、地震発生から約 79 時間後となっている。

放射性物質の放出量は、放射性よう素は約 0.4～0.8% が放出、その他の核種は約 0.3～0.6% の放出という解析結果となっている。ただし、放出量は海水注水の流量等の条件設定によって変わり、運転状態が明確でないので運転状態次第で変わることがあり得るものである。

高圧注水系の作動状況の東京電力の想定については、定量的な設定根拠が示されていないことから、実態としてどうなっていたかの評価は困難であり、今後調査すべきものである。ただし、高圧注水系の作動状況がどちらの状況にあっても、高圧注水系の停止によって原子炉圧力は回復しており、原子炉水位が維持されていれば炉心の状態に大きな影響はなく、炉心の状態についての評価に影響があ

るわけではない。

### ③ RPV、PCV 等の状態の評価

#### a プラント情報の確認

プラント状態が比較的安定した時期である 3 月 15 日から 5 月 31 日について検討することとし、この期間でのプラントデータの取扱いについて以下のとおり検討した。

燃料域の原子炉水位は、PCV 圧力が高い状態で推移した時期には PCV 温度が高く、基準水位とする PCV 内の凝縮槽と計装配管内の水が蒸発して基準水位が下がり、原子炉水位を高めに表示していた可能性がある。その後は 1 号機と同様の傾向を示しているため、この期間において、RPV 内の水位を計測できていないものとした。

RPV 圧力は、A 系と B 系の測定値は概ね整合しており、実際の圧力を概ね示しているものとした。なお、負圧を示している期間については、圧力計の測定範囲外であり誤差範囲と判断した。

RPV 温度は、3 月 30 日以降 RPV 圧力と整合して 100°C 近傍で安定して推移しており、実際の温度を概ね示しているものとした。ただし、高い温度値を示す一部のデータについては、その他の測定値と傾向が整合しないことから評価対象から除外した。

3 月 15 日までのプラントデータの取扱いについては、この期間のデータは極めて限られているが、3 月 15 日以降へと連続して推移しており、原子炉水位を除き、それぞれ実際の状態を示しているものとして参照した。

燃料域の原子炉水位は、上述のとおり原子炉水位を高めに表示していた可能性があり、どの時点で指示がずれていったかは判断できないため、機器操作等の事象情報を踏まえて、大枠での変動状況のみ参照した。

#### b 比較的安定した時期での RPV、PCV 等の状態の推定

##### ○ RPV バウンダリの状態

5 月 31 日までの RPV への注水総量は東京電力情報で約 20,700 トンと見積もられている。崩壊熱評価式で崩壊熱を多めに見積もって評価した注水開始時からの蒸気発生総量は約 8,300 トンである。圧力バウンダリが確保されていれば少なくとも差分の約 12,400 トンは残存することになる。RPV の容積は多めに見積もっても 500 m<sup>3</sup> であることから、注水した水は RPV 中で気化し、蒸

気となって漏えいしているのみならず、液体のままでも漏えいしていると考えられる。RPV への注水は再循環水入口ノズル及び給水ノズルを通して行われており、(5月21日17時頃から5月28日23時頃)給水ノズルからの注水は一旦シュラウド外部に溜まり、ジェットポンプ・ディフューザを経由して RPV 底部へ移行し、燃料の冷却を行っていると考えられるが、同時に、この部分で外部に漏えいしている可能性が高い。

なお、5月29日23時頃からは給水ノズルからの注水のみで切り替えられている。

RPV 圧力は、3月22日以降は大気圧近傍にあり、PCV の D/W 圧力と同等であることから、気相部において PCV と通じているものと、現時点では推定される。

#### ○ RPV 内の状態 (炉心の状態、水位)

RPV 温度は、3月20日に RPV 圧力の上昇による注水流量の低下があって一部がオースケール (400°C以上) したが、3月24日に注水流量が確保されたことにより温度は低下し、100°C近傍で安定していたことから、燃料の相当量は RPV 内にあるものと考えられる。ただし、RPV 底部が損傷し、燃料の一部が D/W フロア (下部ペDESTAL) に落下して堆積している可能性も現時点では否定できない。

5月に入って全体的に温度が上昇傾向にあり、一部で 200°C を超えており、RPV 圧力に対する飽和温度よりも高いことから、燃料の一部は依然として水没しておらず、蒸気により冷却されている可能性があるものと推定される。

#### ○ PCV の状態

3月13日に D/W 圧力及び S/C 圧力が PCV の最高使用圧力 (0.427MPag) を超えて最高で約 0.5MPag に上昇していること等から、現時点ではフランジ部のガスケットや貫通部のシールの性能が劣化しているものと推定される。D/W 圧力は大気圧近傍 (0MPag) に維持されており、現時点では崩壊熱による発生蒸気は D/W から外部に放出されているものと推定される。

S/C の気相部は大気圧よりも高い圧力で推移しており、D/W 圧力が大気圧近傍であることから D/W 下部から S/C へ流下する水の温度は最高でも 100°C である。したがって、0MPag 以上の

S/C の気相部の圧力は非凝縮性ガスによるものと現時点では推定される。現在、東京電力においては D/W の水位を推定するべく検討を進めている。

④ 経時変化のある時期の RPV、PCV 等の状態の推定

地震後、RCIC による注水を継続していたが、12 日 12 時頃に RCIC が停止し、HPCI による注水に切り替わったことで原子炉圧力は低下したことから、原子炉水位は上昇したものと推定される。しかし、13 日未明になって、原子炉圧力の低下により HPCI が停止した。

HPCI の停止により、原子炉圧力は約 7MPa の運転圧力を超えたが、SRV が作動し S/C に蒸気が放出されることにより、約 7MPa で推移し、この間に原子炉水位が低下し、燃料が損傷したものと現時点では推定される。

SRV を開き原子炉圧力を低下させて、13 日 9 時 25 分に代替注水を行うとともに、PCV 圧力の上昇に応じてウェットベント操作を行ったものと現時点では推定される。また、消防車での代替注水を実施しているとの報告を受けているが、水位の回復に至っていないことから、原子炉圧力等との関係で所要の性能を発揮しなかった可能性がある。どの程度機能したのかについては、各機器等の状況などの詳細調査や解析による分析が必要である。

⑤ 事故の事象進展に関する評価

3 号機の事故の事象進展については、これまでの解析等から、RCIC 及び HPCI が機能しなくなったことから、消火系ラインを用いた PCV スプレーとウェットベントの操作を行い、RPV の減圧操作と淡水の注水を開始して以降も水位計の状況を踏まえると十分に注水できなかった可能性があり、冷却が十分にできず炉心溶融し、溶融した燃料等が RPV 下部に移行していったものと推定される。

注水量と崩壊熱による蒸気発生量のバランスから、RPV に注水している水が漏えいしていると推定される。

RPV 温度の計測結果を踏まえると、燃料の相当量は RPV 下部で冷却されていると考えられる。

また、原子炉建屋の爆発については、現場確認に制約があるため確かなことは不明である。シビアアクシデント解析に加え、数値流体力学的解析を行った結果として、現時点において、原子炉で燃料被覆管のジルコニウムと水が反応して発生した水素を含む気体が RPV 及び

PCV から漏えい等で放出されたことにより、爆轟域に至るだけの水素が原子炉建屋上部の空間に滞留して爆発した可能性が考えられる。これに伴い、損壊の大きい原子炉建屋 4 階西側では再循環ポンプ回転数制御用 MG セットの油等の燃焼が併発した可能性も考えられる。廃棄物処理建屋については、爆風による損傷のほか、配管貫通部等を通して水素が流入した可能性も現時点では否定できない。なお、爆発により飛散した瓦礫の一部で周辺作業の障害となる高線量の汚染が確認されており、シビアアクシデント解析では PCV からの漏えいは想定していないものの、PCV の最高使用圧力を超えていることから、PCV から漏えいした放射性物質が原子炉建屋の構造物に沈着していたことによる可能性が考えられる。

現時点においては、各機器が実際にどの程度機能したのかは特定できないため、事象進展状況についても確定することはできないが、現状のシビアアクシデント解析結果から、13 日昼以降のウェットベントによって環境中に放出され、希ガスについては炉内内蔵量のほとんどが、よう素、セシウムについては、放出割合でそれぞれ約 0.4~0.8%、約 0.3~0.6%と推定される。

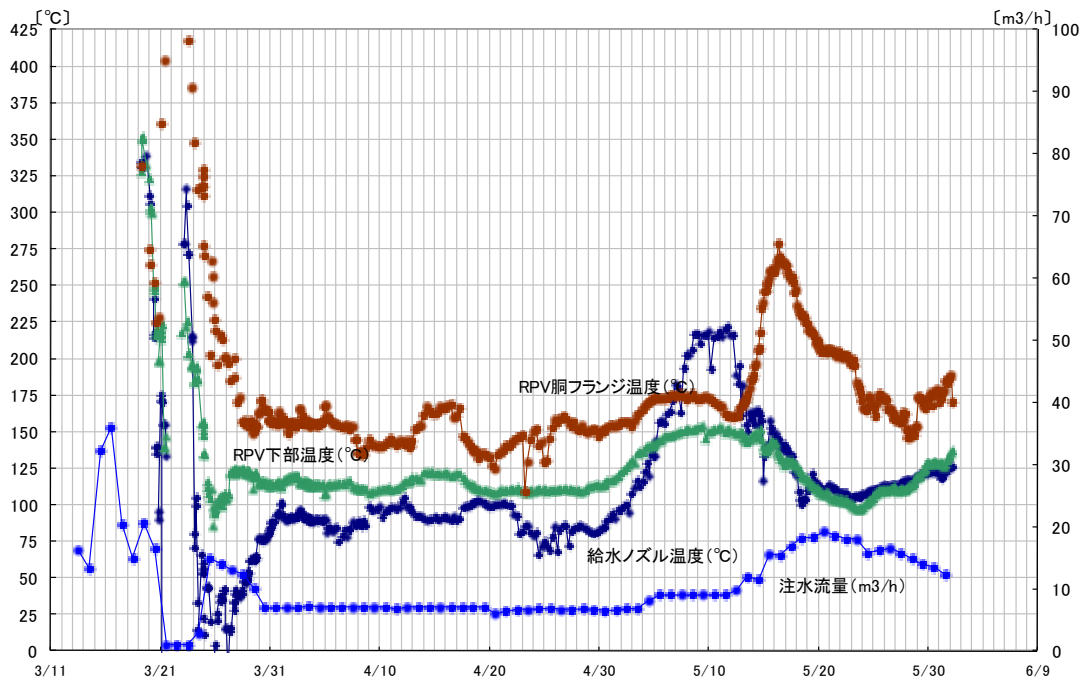
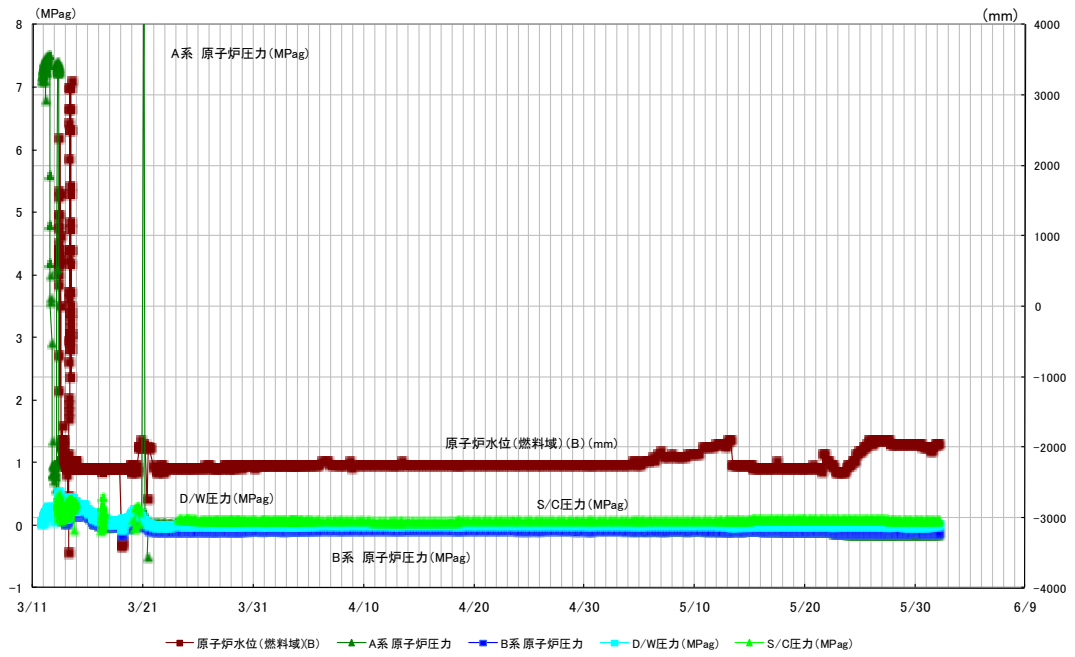
表IV-5-3 福島第一原子力発電所 3号機 主要時系列 (暫定)

※この表に含まれる情報は、緊急時対応を行っていた中で情報が錯綜していた等の理由により、信頼性の低い情報が含まれている可能性があるため、その後の検証等により情報が訂正される可能性がある。なお、日本政府の現在の見解は本文に記載のとおりである。

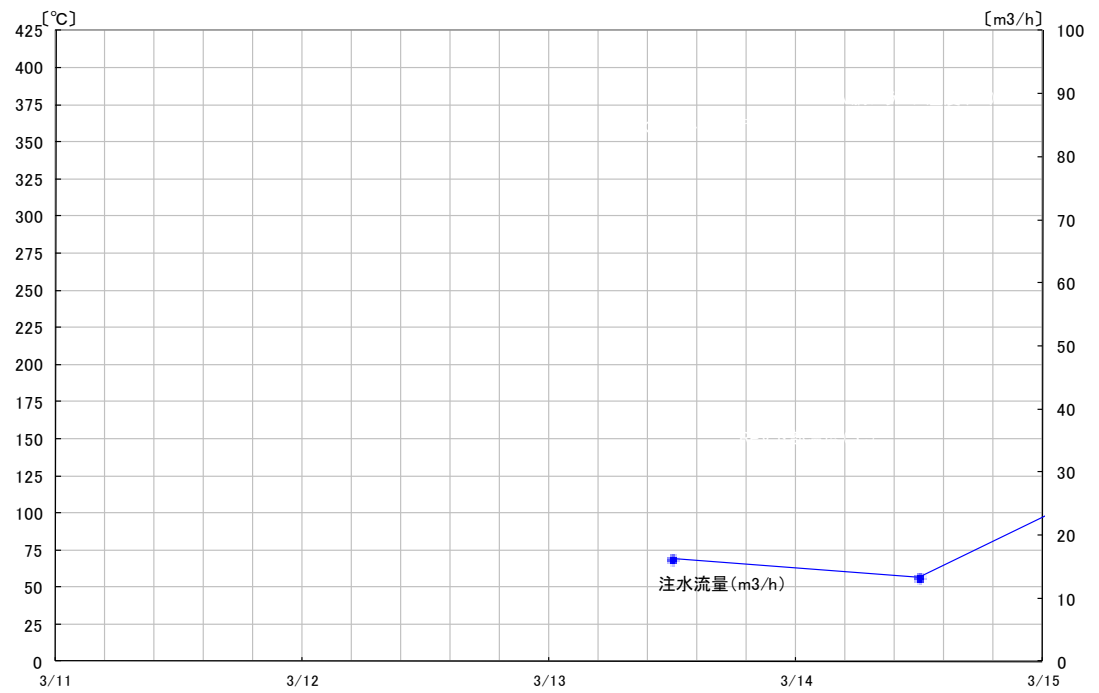
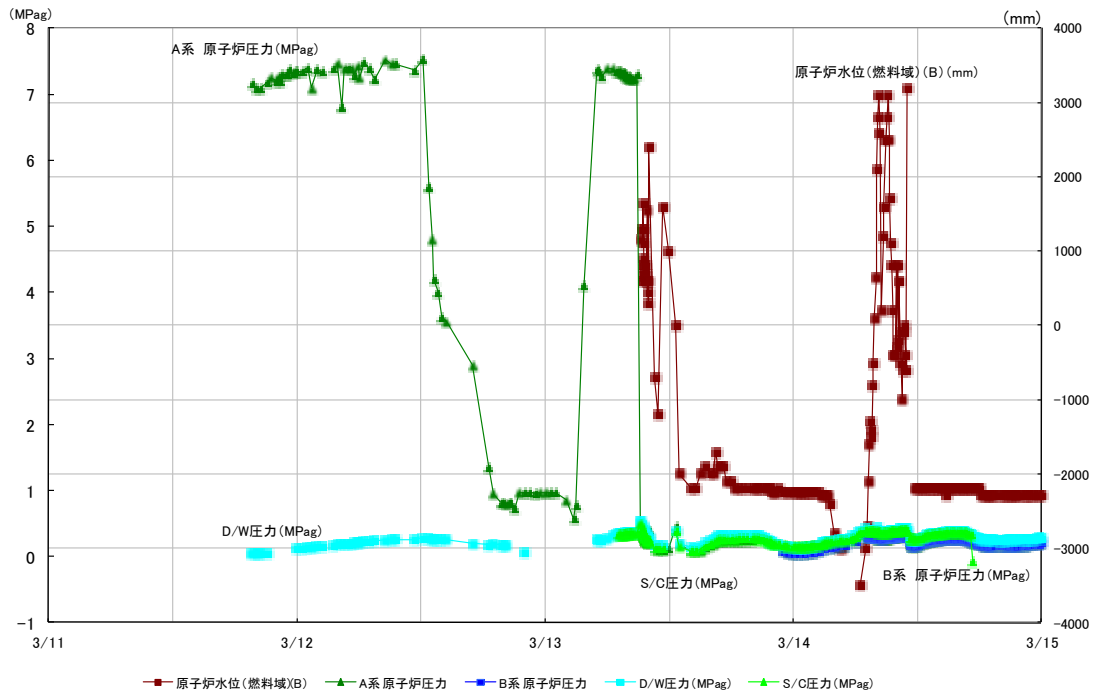
| 福島第一原子力発電所<br>3号機 |   |
|-------------------|---|
| 地震前状況：運転中         |   |
| 3/11              | <p>14:47 原子炉スクラム(地震加速度大)<br/>制御棒全挿入<br/>タービントリップ<br/>外部電源喪失</p> <p>14:48 非常用ディーゼル発電機(非常用DG)起動<br/>主蒸気隔離弁(MSIV)閉<br/>以後、逃がし安全弁(SR弁)閉鎖繰り返し</p> <p>15:05 原子炉隔離時冷却系(RCIC)手動起動</p> <p>15:25 RCICトリップ(L-8)</p> <p>15:38 全交流電源喪失</p> <p>15:42 原災法第10条通報事象(全交流電源喪失)が発生したと事業者が判断</p> <p>16:03 RCIC手動起動</p> <p>20:30 RCIC動作中<br/>中操照明(仮設確保準備中)</p> <p>23:35 水位低下傾向(400mm(22:58)→350mm(ワイド))</p>   |
| 3/12              | <p>11:36 RCICトリップ</p> <p>12:35 高圧注水系(HPCI)起動(L-2)</p> <p>12:45 原子炉圧力降下傾向(7.53MPa(12:10)→5.6MPa)</p> <p>20:15 原子炉圧力降下傾向(0.8MPa)</p>  |
| 3/13              | <p>2:42 HPCI停止</p> <p>4:15 原子炉水位が有効燃料頂部(TAF)に到達したと判断</p> <p>5:10 HPCIが停止したため、RCICによる原子炉への注水を試みたが、RCICが起動できなかったことから、原災法第15条事象(原子炉冷却機能喪失)に該当すると事業者が判断</p> <p>6:00 原子炉水位-3500mm(ワイド)</p> <p>7:39 格納容器スプレイを開始(7時45分の水位TAF-3,000mm、原子炉圧力7.31MPa、D/W圧力460kPa、S/C圧力440kPa)</p> <p>8:41 ベントのため、2つ目の弁(AO弁)を「開」操作</p> <p>9:08 逃がし安全弁(SRV)による原子炉圧力容器減圧操作<br/>以降、SRV駆動用空気圧や空気供給ラインの電磁弁の励磁維持の問題によるSRVの閉鎖と開操作がなされた様子</p> <p>9:20頃 格納容器圧力の低下傾向であることを確認</p> <p>9:25 消火剤ラインによる原子炉への淡水注水を開始(ホウ酸入り)</p> <p>11:17 駆動用空気圧抜けによるベントラインAO弁閉鎖確認<br/>以降、AO弁駆動用空気圧や空気供給ラインの電磁弁の励磁維持の問題から開状態維持が難しく、開操作が複数回実施</p> <p>12:30 圧力抑制室側AO弁閉鎖操作</p> <p>13:12 原子炉への注水を淡水から海水に切替え</p> <p>22:15 ディーゼル駆動消火ポンプ(D/DFP)停止(燃料が無くなる前に停止)</p> |
| 3/14              | <p>1:10 原子炉へ供給している海水が残り少なくなったため、海水注水を一旦停止</p> <p>3:20 原子炉への海水注水再開<br/>格納容器雰囲気モニタ(CAMS)測定結果は、<math>1.4 \times 10^2</math> Sv/h(D/W)、炉心損傷割合は、約30%と推定</p> <p>5:20 ベントのため、弁(AO弁)を「開」操作</p> <p>6:10 D/W圧力が460kPa abs</p> <p>9:05 D/W圧力が490kPa abs</p> <p>11:00頃 原子炉建屋上部での水素爆発と思われる爆発が発生(爆発らしき事象が発生、白煙が上がった模様)</p> <p>11:25 原子炉圧力(A)0.175MPa、D/W圧力360kPa、S/C圧力380kPa、水位(A)-1800mm</p>   |
| 3/15              | <p>16:00 圧力抑制室側AO弁閉鎖確認</p> <p>16:05 圧力抑制室側AO弁閉鎖操作</p>   |
| 3/16              | <p>1:55 圧力抑制室側AO弁閉鎖操作</p> <p>8:30頃 3号機から白煙が大きく噴出</p>  |
| 3/17              | <p>9:48 ヘリによる使用済燃料プールへの海水放水開始</p> <p>10:01 ヘリによる使用済燃料プールへの海水放水終了、約30t</p> <p>19:05頃 警視庁機動隊の高圧放水車による使用済燃料プールへの放水開始</p> <p>19:13 警視庁機動隊の高圧放水車による使用済燃料プールへの放水終了、約44t</p> <p>19:35 使用済燃料プールへの機動隊の消防車による放水開始</p> <p>20:09 使用済燃料プールへの機動隊の消防車による放水終了、約30t</p> <p>21:00 圧力抑制室側AO弁閉鎖確認</p> <p>21:30頃 圧力抑制室側AO弁閉鎖操作</p>   |
| 3/18              | <p>5:30頃 圧力抑制室側AO弁閉鎖確認</p> <p>14:00 使用済燃料プールへの自衛隊消防車による放水開始</p> <p>14:38 使用済燃料プールへの自衛隊消防車による放水終了、約40t</p> <p>14:42 使用済燃料プールへの米軍高圧放水車による放水開始</p> <p>14:45 使用済燃料プールへの米軍高圧放水車による放水終了、約2t</p>   |
| 3/19              | <p>0:30 使用済燃料プールへの東京消防庁消防車による放水開始</p> <p>1:10 使用済燃料プールへの東京消防庁消防車による放水終了、約60t</p> <p>11:30 圧力抑制室側AO弁閉鎖確認</p> <p>14:10 使用済燃料プールへの東京消防庁消防救助部隊による放水開始</p>   |
| 3/20              | <p>3:40 使用済燃料プールへの東京消防庁消防救助部隊による放水終了、約2430t<br/>放水前後の放射線量は<math>3417 \mu</math> Sv/h(14時10分)から放水後<math>2758 \mu</math> Sv/h(3時40分)</p> <p>11:00 格納容器内圧力高めを推移</p> <p>11:25頃 圧力抑制室側AO弁閉鎖操作</p> <p>21:36頃 使用済燃料プール冷却への東京消防庁消防救助部隊による放水を開始</p>  |
| 3/21              | <p>3:58 使用済燃料プール冷却への東京消防庁消防救助部隊による放水を終了、約1.137t</p> <p>15:55頃 原子炉建屋、屋上南東側より、やや灰色がかかった煙が発生</p>   |
| 3/22              | <p>10:36 非常用低圧配電盤(パワースタター(P/C)4D)受電</p> <p>15:10 使用済燃料プールへの東京消防庁消防救助部隊による放水開始</p> <p>15:59 使用済燃料プールへの東京消防庁消防救助部隊による放水終了、約150t</p> <p>22:28 計測用主母線盤受電 AC120V</p> <p>22:46 中操照明復旧</p>   |
| 3/23              | <p>11:03 使用済燃料プールへの燃料プール冷却浄化系(FPC)からの海水注水を開始</p> <p>13:20 使用済燃料プールへのFPCからの海水注水終了、約35t</p> <p>16:20頃 原子炉建屋付近より、やや黒煙が発生</p>   |
| 3/24              | <p>5:35頃 使用済燃料プールへのFPCからの海水注水開始</p> <p>16:05頃 使用済燃料プールへのFPCからの海水注水終了、約120t</p>  |
| 3/25              | <p>13:28 使用済燃料プールへの東京消防庁の支援を受けた川崎市消防局による放水開始</p> <p>16:00 使用済燃料プールへの東京消防庁の支援を受けた川崎市消防局による放水終了、約450t</p> <p>18:02 原子炉への注水を海水から淡水に切替え</p>   |
| 3/26              |   |
| 3/27              | <p>12:34 東電コンクリートポンプ車(以降コンクリートポンプ車)による使用済燃料プールへの海水放水開始</p> <p>14:36 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの海水放水終了、約100t</p>   |
| 3/28              | <p>17:40 復水貯蔵タンク(CST)からサプレッションプール水サージタンク(SPT)への滞留水の移送開始</p> <p>20:30 原子炉への注水について消防ポンプから仮設電動ポンプによる注水に切替え</p>   |
| 3/29              | <p>14:17 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの淡水放水開始(以降、淡水放水を実施)</p> <p>18:18 コンクリートポンプ車によるSFPへの放水終了、約100t(海水から淡水に切り替え、以降淡水放水を実施)</p>   |
| 3/30              |   |



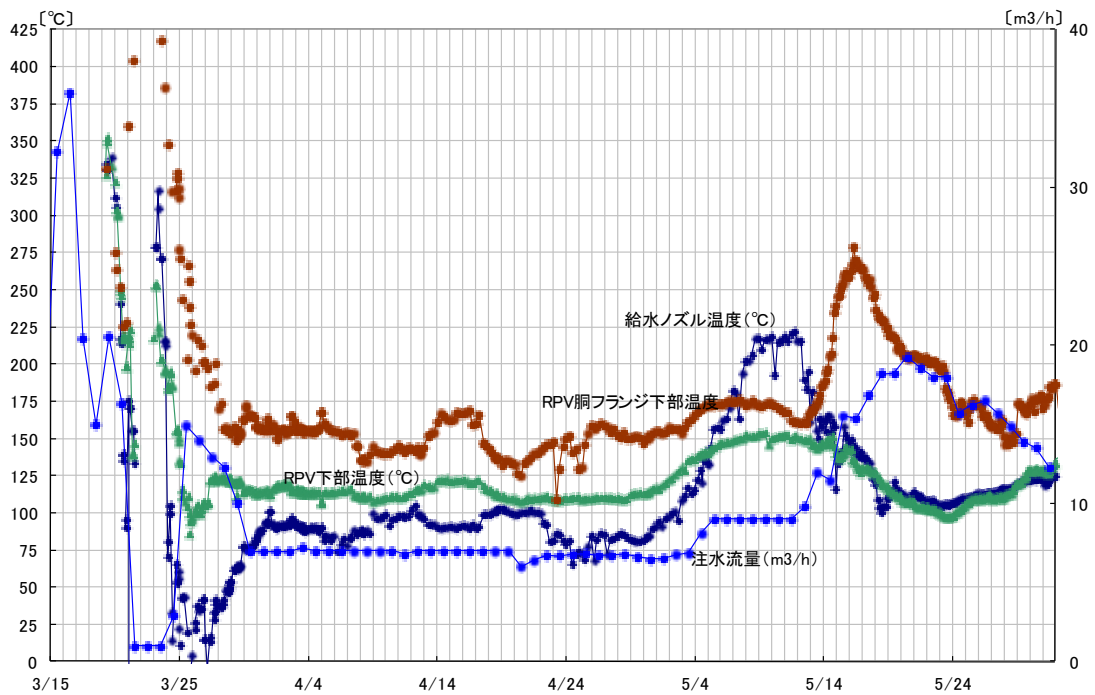
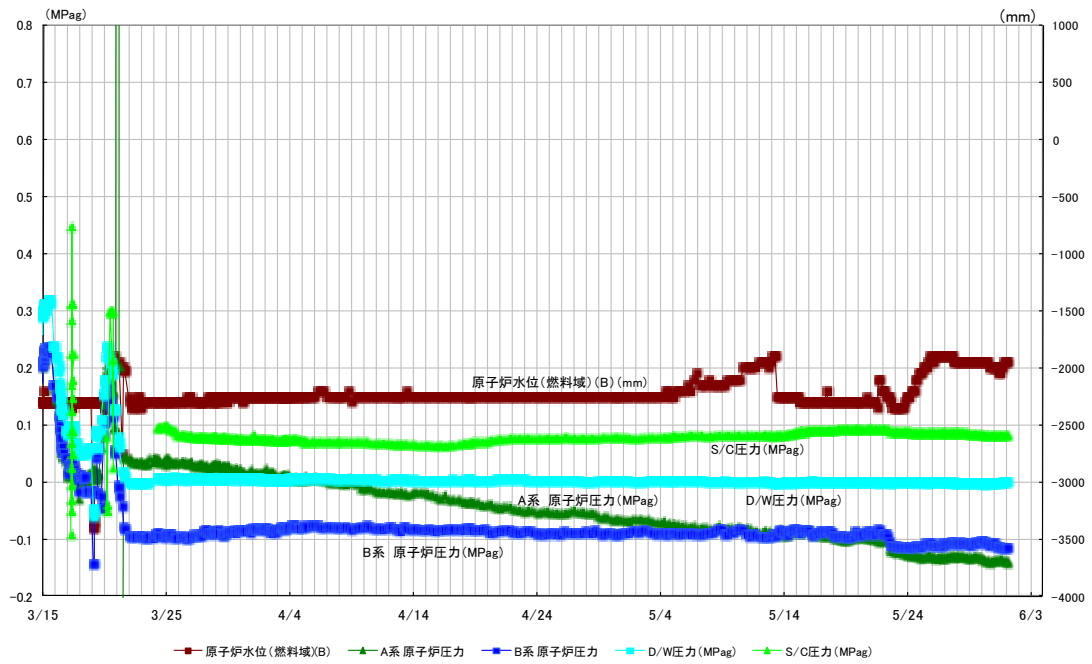
|      |   |
|------|---|
| 3/31 | 8:37 CSTからSPTへの滞留水の移送終了<br>16:30 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>19:33 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了、約105t   |
| 4/1  |   |
| 4/2  | 9:52 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>12:54 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了、約75t  |
| 4/3  | 11:50 原子炉への注水について仮設電動ポンプの電源を仮設から本設電源に切替え  |
| 4/4  | 17:03 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>19:19 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約70t   |
| 4/5  |   |
| 4/6  |   |
| 4/7  | 6:53 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>8:53 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約70t   |
| 4/8  | 17:06 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>18:30頃 圧力抑制室側AO弁閉確認<br>20:00 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約75t  |
| 4/9  |   |
| 4/10 | 17:15 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>19:15 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約80t   |
| 4/11 | 17:16頃 地震発生により、1、2号機(東北電力線)の外部電源は停止し、原子炉注水ポンプが停止<br>18:04 原子炉注水ポンプ再起動   |
| 4/12 | 16:26 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>17:16 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約35t   |
| 4/13 |   |
| 4/14 | 15:56 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>16:32 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水(淡水)終了 約25t   |
| 4/15 | 10:19 注水ポンプ用分電盤等を津波対策として高台に移設する作業を開始<br>17:00 注水ポンプ用分電盤等を津波対策として高台に移設する作業を完了  |
| 4/16 |   |
| 4/17 | 11:30 原子炉建屋において、無人ロボットによる状況確認等を開始<br>14:00 原子炉建屋において、無人ロボットによる状況確認等を終了  |
| 4/18 | 12:38 原子炉注水に使用しているホースを新品に交換する作業開始。原子炉注水ポンプ停止<br>13:05 原子炉注水に使用しているホースを新品に交換する作業完了。原子炉注水ポンプ運転<br>14:17 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>15:02 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約30t                             |
| 4/19 | 10:23 1,2号-3,4号電源連係強化作業完了<br>(東電原子力線-大熊線相互利用可能)   |
| 4/20 |   |
| 4/21 |   |
| 4/22 | 14:19 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>15:40 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約50t   |
| 4/23 |   |
| 4/24 |   |
| 4/25 | 18:25 炉内注入ポンプについて、外部電源を使用した状態に復旧  |
| 4/26 | 12:00 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水、水面確認<br>12:25 使用済燃料プールへの燃料プール冷却浄化系(FPC)からの注水(淡水)開始<br>14:02 使用済燃料プールへのFPCからの注水終了 約47.5t   |
| 4/27 |   |
| 4/28 |   |
| 4/29 |   |
| 4/30 | 10:31 3、4号機用外部電源(大熊3号線)を、6.6KVから66KVに強化するため、4号機用480V電源盤、及び使用済燃料共用プール480V電源盤を停止<br>11:34 4号機用480V電源盤、及び使用済燃料共用プール480V電源盤を復旧し、電源強化工事を終了   |
| 5/1  | 13:35 2号機、3号機のトレンチにおける海側立坑内の滞留水の溢水及び、津波による海水の進入を防止するため、砕石及びコンクリート等によるトレンチ立坑の閉塞作業を開始   |
| 5/2  | 12:58 原子炉注入ポンプへの警報装置設置に伴い消防ポンプに切り替え<br>14:53 原子炉注入ポンプへの警報装置設置終了、原子炉注入ポンプに戻し注水   |
| 5/3  |   |
| 5/4  |   |
| 5/5  |   |
| 5/6  |   |
| 5/7  |   |
| 5/8  | 11:38 使用済燃料プールの水位計測<br>12:10 使用済燃料プールへのFPCからの注水開始<br>14:10 使用済燃料プールへのFPCからの注水終了 60t<br>使用済燃料プールの水位計測、サンプリング開始<br>14:50 使用済燃料プールの水位計測、サンプリング終了   |
| 5/9  | 12:14 使用済燃料プールへのFPCからの注水開始<br>12:39 使用済燃料プールへのFPCからのいた注水に併せ、腐食防止剤(ヒドラジン)の注入を開始<br>14:36 使用済燃料プールへのFPCからのいた注水に併せ、腐食防止剤(ヒドラジン)の注入を終了<br>15:00 使用済燃料プール冷却のため燃料プール冷却浄化系を用いた淡水の注水終了 約80t(注水前後に使用済燃料プールの水位計測) |
| 5/10 |   |
| 5/11 | 8:47 原子炉注水ポンプの電源を仮設ディーゼル発電機に切り替え、注水<br>12:30頃 スクリーン近傍にあるケーブルビット内に水の流入確認<br>15:55 原子炉注水ポンプの電源は仮設ディーゼル発電機から所内電源に復旧<br>18:40 スクリーン近傍にあるケーブルビット内に水の流入について、止水処理を実施<br>18:45 スクリーン近傍にあるケーブルビット内への水の流入停止を確認    |
| 5/12 | 16:53 消火系配管を使用した注水を給水系配管からの注水に切り替え作業は、消火系配管からの約9t/hの注水に加え給水系から、約3t/hの注水を開始  |
| 5/13 |   |
| 5/14 |   |
| 5/15 |   |
| 5/16 | 15:10 使用済燃料プールへの仮設の電動ポンプの注水に併せ、腐食防止剤(ヒドラジン)の注入を開始<br>17:30 使用済燃料プールへの仮設の電動ポンプの注水に併せ、腐食防止剤(ヒドラジン)の注入を終了  |



図IV-5-4 主要パラメータの変化【1F-3】(3月11日~5月31日)



図IV-5-5 主要パラメータの変化【1F-3】(3月11日~3月15日)



図IV-5-6 主要パラメータの変化【1F-3】(3月15日~5月31日)

#### (4) 福島第一原子力発電所 4号機

##### ① 事故の事象進展及び応急措置の整理（時系列）

###### a 地震発生後から津波襲来まで

本章 3. で記載したとおり、4号機は地震時には定期検査中であり、シュラウド工事中のため原子炉内から全燃料を使用済燃料プールに取り出した状態であった。そのため、使用済燃料プールには比較的崩壊熱の高い燃料が1炉心分貯蔵されており、貯蔵容量1,590体の97%となる1,535体が貯蔵されていた。

使用済燃料プールの状態については、原子炉側でシュラウド切断作業が実施されていたことから、プールゲート（原子炉ウェルと使用済燃料プールの間仕切り板）が閉じられた状態で、満水状態であったことがわかっている。

3月11日、地震前から工事停電していた大熊線3号線に加え、地震により、新富岡変電所の遮断器がトリップ及び発電所内開閉所の受電用遮断器が損傷したため、大熊線4号線からの供給も途絶し、外部電源が喪失した。

4号機は定期検査中でありプロセス計算機や過渡現象記録装置の取替え作業中であったことから、非常用DGの起動を証明する記録は存在しない。しかし、燃料油タンクレベルの低下が確認されていることや非常用DGから給電される機器が運転されていることから、非常用DG1台（他の1台は点検中）は起動したと推定される。

外部電源喪失により使用済燃料プールの冷却ポンプも停止したが、外部電源喪失に伴い、非常用DGからの給電を受けるRHR等を利用することが可能であった。しかしながら、当該切替えには現場操作が必要であり、津波到達前に起動するには至らなかったとしている。

###### b 津波による影響

その後、15時38分には、津波の影響を受けて冷却用海水ポンプ又は電源盤の被水等により非常用DG1台の運転が停止したことにより、全交流電源喪失の状態となり、使用済燃料プールの冷却機能及び補給水機能が喪失した。

###### c 建屋の爆発とその後の措置

4号機使用済燃料プールは冷却機能を失い、3月14日4時08分には水温が84℃に上昇した。3月15日6時頃に、原子炉建屋にお

いて水素爆発と思われる爆発が発生し、オペレーションフロア 1 階下から上部全体と西側と階段沿いの壁面が損壊した。さらに 9 時 38 分には原子炉建屋 4 階北西付近で火災が発生していることが確認されたが、東京電力では、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、原子炉建屋 3 階北西付近で火災が発生しているとの連絡があったが、6 時 15 分頃、東京電力は、現場での火災は確認できなかったとした。

原子炉建屋の爆発については、現場確認に制約があるため確かなことは不明である。例えば、水位の低下により貯蔵している使用済燃料が露出し、温度が上昇することで被覆管のジルコニウムと水蒸気が反応して発生した水素が起因となったとすると、貯蔵している使用済燃料の崩壊熱から想定される水温の上昇及び水位の低下から推定される。そうした現象が発生するべき時期よりも速い段階で起きたことになる。そのため、現時点では、使用済燃料プールでの亀裂発生や、温度上昇による激しい沸騰（フラッシング）での溢水発生など付加的な水位低下を考慮しなければならない。一方、コンクリートポンプ車を用いてプール水を採取し、核種分析を行った結果は表Ⅳ-5-4 のとおりであり、これから大規模な燃料の損傷はなかったものと推定されること、また、プールの現状について目視による点検の結果、水漏れは確認されないなど、亀裂の存在等といったプールの損傷についても確認されていない。他方、隣接している 3 号機では炉心損傷により多量の水素が発生したものと推定しており、その一部は PCV ベントにより放出を行っている。また、図Ⅳ-5-10、図Ⅳ-5-11 に示すように PCV ベントの排気管が排気筒の手前で 4 号機の排気管と合流しており、4 号機の非常用ガス処理設備では逆流を防止できる止め弁が設置されていなかったことが分かっており、3 号機のベントにより排出された水素が流入してきた可能性がある。

いずれにせよ、上述のとおり、プール水の核種分析結果や目視点検結果を踏まえると、4 号機使用済燃料プールは健全性を維持していると考えられる。

なお、その後の注水措置等については、後述の使用済燃料プールの項にて記述する。

主要な時系列については、表Ⅳ-5-5 に示す。

表IV-5-4 4号機使用済燃料プール核種分析結果

| 採取日   | 主な検出核種   | 濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> ) |
|-------|----------|--------------------------|
| 4月12日 | セシウム 134 | 88                       |
|       | セシウム 137 | 93                       |
|       | ヨウ素 131  | 220                      |
| 4月28日 | セシウム 134 | 49                       |
|       | セシウム 137 | 55                       |
|       | ヨウ素 131  | 27                       |
| 5月7日  | セシウム 134 | 56                       |
|       | セシウム 137 | 67                       |
|       | ヨウ素 131  | 16                       |

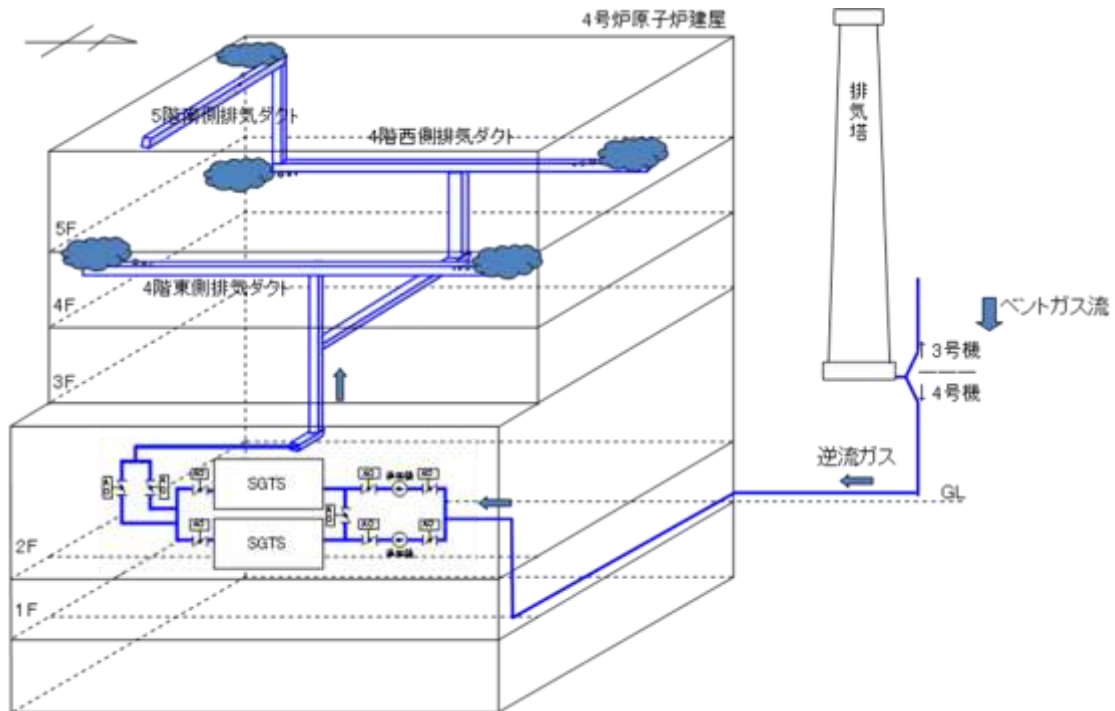
表IV-5-5 福島第一原子力発電所 4号機 主要時系列（暫定）

※この表に含まれる情報は、緊急時対応を行っていた中で情報が錯綜していた等の理由により、信頼性の低い情報が含まれている可能性があるため、その後の検証等により情報が訂正される可能性がある。なお、日本政府の現在の見解は本文に記載のとおりである。

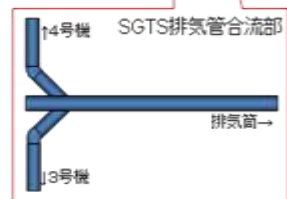
| 福島第一原子力発電所<br>4号機 |  |
|-------------------|--|
|                   | 地震前状況：停止中  |
| 3/11              | 14:46 定期検査により停止中<br>15:38 全交流電源喪失<br>20:30 中操照明(仮設確保準備中)   |
| 3/12              |  |
| 3/13              |  |
| 3/14              | 4:08 使用済燃料プール温度84℃   |
| 3/15              | 6:00 6:00～6:10頃、大きな衝撃音が発生。原子炉建屋屋根付近にて、損傷を発見<br>～<br>6:10<br>頃<br>6:56 建屋の上が変形した模様<br>8:11 原子炉建屋に損傷が確認され、正門付近で500μ Sv/hを超えたことから15条報告事象(火災、爆発等による放射性物質の異常放出)が発生したと事業者が判断<br>9:38 原子炉建屋3階北西コーナ付近より火災発生確認、消防へ連絡<br>米軍及び自衛消防隊による消火活動実施予定<br>11:00頃 原子炉建屋火災について現場確認したところ、自然に火が消えていることを確認 |
| 3/16              | 5:45 4号機原子炉建屋4階北面付近より炎が上がっているのを確認<br>消防へ連絡、消火準備中<br>6:15 原子炉建屋火災の再確認をおこなったところ、火は確認できず<br>10:43 3号機から白い湯気のようなもやがでていることから、屋外業を中止、緊急対策室への避難を指示(2.9mSv/h 10:55 正門)   |
| 3/17              |  |
| 3/18              |  |
| 3/19              |  |
| 3/20              | 8:21 使用済燃料プール冷却のため、自衛隊が使用済燃料プールへの放水開始<br>9:40 使用済燃料プール冷却のため、自衛隊が使用済燃料プールへの放水終了 約80t<br>18:30 自衛隊が使用済燃料プールへの放水開始<br>19:46 自衛隊が使用済燃料プールへの放水終了 約80t   |
| 3/21              | 6:37 自衛隊が使用済燃料プールへの放水開始<br>8:38 米軍高圧放水車により、放水を8時41分まで実施 約2.2t<br>8:41 全13台による放水を終了約90t   |
| 3/22              | 10:35 非常用低圧配電盤(パワーセンター(P/C)4D)受電<br>17:17 東電コンクリートポンプ車(以降コンクリートポンプ車)による使用済燃料プールへの放水開始<br>コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了、約150t<br>21:52 計測用主母線盤受電  |
| 3/23              | 10:00 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>13:02 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了、約125t   |
| 3/24              | 14:36 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>17:30 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了、約150t   |
| 3/25              | 6:05 使用済燃料プールへの燃料プール冷却浄化系(FPC)からの海水注水開始<br>10:20 使用済燃料プールへのFPCからの注水終了約20t<br>19:05 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>22:07 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了、約150t  |
| 3/26              |  |
| 3/27              | 16:55 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>19:25 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了、約125t   |
| 3/28              |  |
| 3/29              | 11:50 中操照明受電   |
| 3/30              | 14:04 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>18:33 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水を、計器で水位を確認できるまで実施し終了、淡水放水、約140t(以降淡水放水)  |
| 3/31              |  |
| 4/1               | 8:28 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>14:14 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約180t  |
| 4/2               | 14:25 集中廃棄物処理施設(集中RW)からタービン建屋(T/B)への滞留水の移送開始   |
| 4/3               | 10:00 集中RWからT/Bへの滞留水の移送で、移送ホップを1台から5台に増設<br>17:14 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>22:16 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約180t   |
| 4/4               | 9:22 3号機の立抗水位上昇確認のため、集中RWからT/Bへの移送を停止  |
| 4/5               | 17:35 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>18:22 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水を終了 約20t   |
| 4/6               |  |
| 4/7               | 18:23 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>19:40 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約38t  |
| 4/8               |  |
| 4/9               | 17:07 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>19:24 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約90t  |
| 4/10              |  |
| 4/11              |  |
| 4/12              | 12:00 使用済燃料プール内に保管されている燃料の状況把握のため、使用済燃料プール水のサンプリング作業を開始<br>13:04 使用済燃料プールのサンプリング作業を完了  |
| 4/13              | 0:30 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>6:57 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約195t   |
| 4/14              | 18:10 4/12に採取したプール水について、4/13に放射性物質の核種分析を行った結果を報告。  |
| 4/15              | 14:30 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>18:29 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約140t   |
| 4/16              |  |



|      |   |
|------|---|
| 4/17 | 17:39 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>21:22 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約140t  |
| 4/18 |   |
| 4/19 | 10:17 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>10:23 1,2号-3,4号電源連係強化作業完了<br>(東電原子力線-大熊線相互利用可能)<br>11:35 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約40t  |
| 4/20 | 17:08 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>20:31 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約100t  |
| 4/21 | 17:14 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>21:20 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約140t  |
| 4/22 | 17:52 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>23:53 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約200t  |
| 4/23 | 12:30 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>16:44 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約140t  |
| 4/24 | 12:25 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>17:07 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約165t  |
| 4/25 | 18:15 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始   |
| 4/26 | 0:26 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへ放を終了 約210t<br>10:23 電源強化工事に伴う3・4号系から1・2号系への切替として、4号機用480V電源盤の停止作業を開始<br>16:50 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>20:35 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 130t  |
| 4/27 | 12:18 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>15:15 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了 約85t   |
| 4/28 | 11:43 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水のため、水位計測を開始<br>11:54 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水のための水位計測を終了<br>11:55 使用済燃料プールサンプリング開始<br>12:07 使用済燃料プールサンプリング終了  |
| 4/29 | 10:29 使用済燃料プール 水位計測<br>10:35 使用済燃料プール温度測定   |
| 4/30 | 10:14 使用済燃料プール水位計測、温度測定開始<br>10:28 使用済燃料プール水位計測、温度測定終了<br>10:31 3・4号機用外部電源(大熊3号線)を、6.6KVから66KVに強化するため、4号機用480V電源盤、及び使用済燃料共用プール480V電源盤を停止<br>11:34 3・4号機用外部電源(大熊3号線)を、6.6KVから66KVに強化するため、4号機用480V電源盤、及び使用済燃料共用プール480V電源盤を復旧し、電源強化工事を終了 |
| 5/1  | 10:32 使用済燃料プール水位計測、温度測定開始<br>10:38 使用済燃料プール水位計測、温度測定終了  |
| 5/2  | 10:10 使用済燃料プール水位計測、温度測定開始<br>10:20 使用済燃料プール水位計測、温度測定終了  |
| 5/3  | 10:15 使用済燃料プール水位計測、温度測定開始<br>10:23 使用済燃料プール水位計測、温度測定終了  |
| 5/4  | 10:25 使用済燃料プール水位計測、温度測定開始<br>10:35 使用済燃料プール水位計測、温度測定終了  |
| 5/5  | 11:55 使用済燃料プール水位計測、温度測定開始<br>12:05 使用済燃料プール水位計測、温度測定終了<br>12:19 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>20:46 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了約270t   |
| 5/6  | 12:16 使用済燃料プール水位計測、温度測定<br>12:16 使用済燃料プール水位計測、温度測定<br>12:38 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>17:51 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了約180t   |
| 5/7  | 11:00 使用済燃料プール水位計測、温度測定、サンプリング<br>14:05 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>17:30 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水を終了約120t  |
| 5/8  | 16:18 3号機炉心注入ライン工事に伴う準備のため、タービン建屋にある復水器ホットウエルからの水抜き作業を開始  |
| 5/9  | 16:05 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>19:05 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了約100t   |
| 5/10 |   |
| 5/11 | 16:07 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>19:38 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了約120t   |
| 5/12 | 12:20 3・4号機用外部電源(大熊3号線)を、6.6KVから66KVに強化するため、4号機用480V電源盤、及び使用済燃料共用プール480V電源盤の受電側を東北電力線への切り替えを完了  |
| 5/13 | 16:04 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>16:20 使用済燃料プールへの放水に併せ、腐食防止剤(ヒドラジン)の注入を開始<br>18:41 使用済燃料プールへの放水に併せ、腐食防止剤(ヒドラジン)の注入を終了 ヒドラジン注入量0.12m3<br>19:04 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了約100t  |
| 5/14 |   |
| 5/15 | 16:25 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水開始<br>16:26 使用済燃料プールへの放水に併せ、腐食防止剤(ヒドラジン)の注入を開始<br>18:30 使用済燃料プールへの放水に併せ、腐食防止剤(ヒドラジン)の注入を終了ヒドラジン注入量0.3m3<br>20:25 コンクリートポンプ車による使用済燃料プールへの放水終了   |
| 5/16 |   |



図IV-5-10 3号機から4号機への水素の流入経路（推定）



図IV-5-11 非常用ガス処理系排気管

(5) 福島第一原子力発電所 5号機

① 地震発生後から津波襲来まで

5号機については、2011年1月3日から定期検査中のため停止中であり、地震当日は原子炉に燃料を装荷した上で、RPVの耐圧漏えい試験を実施していた。また、外部電源としては、66kV夜の森線1号線、2号線の2系列を確保していた。

3月11日、地震発生とともに、66kV夜の森線27鉄塔が倒壊したため、外部電源が喪失した。このため、非常用DG2台が自動起動している。

② 津波の影響

その後、15時40分には、津波の影響を受けて冷却用海水ポンプ又は電源盤の被水等により非常用DG2台の運転が停止したことにより、全交流電源喪失の状態となった。また、冷却用海水ポンプが機能喪失したことにより、RHRが使用できず、崩壊熱を最終ヒートシンクである海に移行させることができない状態となった。

原子炉については、耐圧漏えい試験のために、原子炉圧力が7.2MPaに昇圧されていたが、原子炉を加圧していた機器が電源喪失により停止したため、原子炉圧力は一時的に低下した。その後は、崩壊熱により緩やかに上昇し、8MPa程度の原子炉圧力を維持した。12日6時06分には、RPVの減圧操作を実施したが、その後も、崩壊熱の影響により原子炉圧力は緩やかに上昇した。

③ 原子炉の圧力・水位制御

13日、6号機の非常用DGからの電源融通を受け、5号機の復水移送ポンプを使用して、炉内への注水が可能になった。このため、14日5時以降、SRVによる減圧を実施し、併せて、復水移送ポンプにより復水貯蔵タンクからの水を原子炉へ補給する操作を繰り返し、原子炉圧力及び原子炉水位を制御した。

19日、RHRによる冷却を行うために、仮設の海水ポンプを設置し起動した。RHRの系統構成を切り替えることで、使用済燃料プールと原子炉の冷却を交互に行い、原子炉については、20日14時30分に冷温停止状態となった。

主要な時系列については、表IV-5-6に示す。

表IV-5-6 福島第一原子力発電所 5号機 主要時系列（暫定）

※この表に含まれる情報は、緊急時対応を行っていた中で情報が錯綜していた等の理由により、信頼性の低い情報が含まれている可能性があるため、その後の検証等により情報が訂正される可能性がある。なお、日本政府の現在の見解は本文に記載のとおりである。

| 福島第一原子力発電所<br>5号機 |   |
|-------------------|---|
|                   | 地震前状況: 停止中  |
| 3/11              | 14:46 定検停止中(耐圧試験中)<br>15:40 全交流電源喪失   |
| 3/12              | 6:06 原子炉圧力容器の減圧操作を実施  |
| 3/13              | 6号機から電源を得て復水移送ポンプ起動   |
| 3/14              |   |
| 3/15              |   |
| 3/16              |   |
| 3/17              |   |
| 3/18              |   |
| 3/19              | 5:00 残留熱除去系(RHR)ポンプ(C)起動<br>原子炉建屋屋根部に水素ガス滞留防止の孔開け(3箇所)を完了   |
| 3/20              | 14:30 冷温停止  |
| 3/21              | 11:36 起動変圧器5SAからメタルクラッド(M/C)(6C)受電<br>(所内電源(6.9kV電源盤(6C))を夜ノ森線より受電)   |
| 3/22              | 20:13 メタルクラッド(M/C) 6CからパワーセンターP/C(P/C) 5A-1受電   |
| 3/23              | 17:24 仮設ポンプで運転中の残留熱除去海水系について、仮設から本設電源への切り替え後、試運転を行ったところ、トリップ  |
| 3/24              | 8:48 重要免震棟受電<br>16:14 残留熱除去海水系の仮設海水ポンプを起動、16時35分残留熱除去系ポンプを停止時冷却(SHC)モードで起動  |
| 3/25              |   |
| 3/26              | 23:30 RHR 原子炉停止時冷却系モード(SHCモード)  |
| 3/27              |   |
| 3/28              | RHRポンプ室、炉心スプレイ系(CS)ポンプ室滞留水トラス室に汲上げ(3/28～継続)<br>原子炉建屋(R/B)排水作業(CS室からトラス室へ滞留水の移送を開始(3/28から継続))                                |
| 3/29              |   |
| 3/30              |   |
| 3/31              |   |
| 4/1               |   |
| 4/2               |   |
| 4/3               |   |
| 4/4               |   |
| 4/5               | 17:25 サブドレンピットから滞留水を海洋への放出を開始   |
| 4/6               |   |
| 4/7               |   |
| 4/8               | 12:14 サブドレンピットから滞留水を海洋への放出終了 排水量: 950m <sup>3</sup>   |
| 4/9               |   |
| 4/10              |   |
| 4/11              |   |
| 4/12              |   |
| 4/13              |   |
| 4/14              |   |
| 4/15              |   |
| 4/16              |   |
| 4/17              |   |
| 4/18              |   |
| 4/19              |   |
| 4/20              |   |
| 4/21              |   |
| 4/22              |   |
| 4/23              |   |
| 4/24              |   |
| 4/25              | 1/2号系統母線とのタイライン設置<br>12:22 電源停止前の準備として原子炉を冷却している残留熱除去系ポンプを停止<br>16:43 停止していた残留熱除去系ポンプを再起動                                   |
| 4/26              |   |
| 4/27              |   |
| 4/28              |   |
| 4/29              |   |
| 4/30              |   |
| 5/1               |   |
| 5/2               | 12:00 常設電源復旧工事の一環で、5、6号機の起動電圧器の試験充電作業のため、残留熱除去系ポンプ、仮設残留熱除去系ポンプを停止<br>15:03 常設電源復旧工事の一環で、5、6号機の起動電圧器の試験充電作業を終了、残留熱除去系ポンプを再起動 |
| 5/3               |   |
| 5/4               |   |
| 5/5               |   |
| 5/6               |   |
| 5/7               |   |
| 5/8               |   |
| 5/9               |   |
| 5/10              |   |
| 5/11              |   |
| 5/12              |   |
| 5/13              |   |
| 5/14              |   |
| 5/15              |   |
| 5/16              |   |

(6) 福島第一原子力発電所 6号機

① 地震発生後から津波襲来まで

6号機については、2010年8月14日から定期検査中のため停止中であり、地震当日は原子炉に燃料が装荷され、冷温停止状態であった。また、外部電源としては、66kV夜の森線1号線、2号線の2系列を確保していた。

3月11日、地震発生とともに、66kV夜の森線27鉄塔が倒壊したため、外部電源が喪失した。このため、非常用DG3台が自動起動している。

② 津波の影響

その後、15時40分には、津波の影響を受けて冷却用海水ポンプ又は電源盤の被水等により非常用DG2台(6A,6H)の運転は停止したが、非常用DG1台(6B)の運転は継続された。非常用DG(6B)は、タービン建屋とは別のDG建屋の比較的高い場所に設置されていたため、結果的に、機能喪失には至らなかった。このため、6号機については全交流電源喪失には至らなかった。また、津波により冷却用海水ポンプが機能喪失した。

原子炉圧力については、崩壊熱により緩やかに上昇したが、停止後の期間が長いため、5号機の上昇と比較するとより緩やかであった。

③ 原子炉の圧力・水位制御

13日、非常用DGからの電源で、復水移送ポンプを使用して炉内への注水が可能になった。このため、14日以降、SRVによる減圧を実施し、併せて、復水移送ポンプにより復水貯蔵タンクからの水を原子炉へ補給する操作を繰り返し、原子炉圧力及び原子炉水位を制御した。

19日、RHRによる冷却を行うために、仮設の海水ポンプを設置し起動した。RHRの系統構成を切り替えることで、使用済燃料プールと原子炉の冷却を交互に行い、原子炉については、20日19時27分に冷温停止状態となった。

主要な時系列については、表IV-5-7に示す。

表IV-5-7 福島第一原子力発電所6号機 主要時系列（暫定）

※この表に含まれる情報は、緊急時対応を行っていた中で情報が錯綜していた等の理由により、信頼性の低い情報が含まれている可能性があるため、その後の検証等により情報が訂正される可能性がある。なお、日本政府の現在の見解は本文に記載のとおりである。

| 福島第一原子力発電所<br>6号機 |  |
|-------------------|--|
|                   | 地震前状況：停止中  |
| 3/11              | 14:46 定検停止中<br>15:36 ディーゼル発電機(DG)2台トリップ  |
| 3/12              |  |
| 3/13              | 復水移送ポンプを起動   |
| 3/14              | 安全逃がし弁による減圧  |
| 3/15              |  |
| 3/16              |  |
| 3/17              |  |
| 3/18              |  |
| 3/19              | 4:22 非常用ディーゼル発電機2台目(A)起動<br>5:11 燃料プール冷却浄化系(FPC)ポンプを起動<br>原子炉建屋屋根部に水素ガス滞留防止の孔開け(3箇所)を完了<br>仮設残留熱除去海水系(RHRS)ポンプ起動<br>22:14 残留熱除去系(RHR)(B)起動 |
| 3/20              | 19:27 冷温停止   |
| 3/21              | 11:36 起動変圧器5SAからメタルクラッド(M/C)(6C)受電<br>(所内電源(6.9kV電源盤(6C))を夜ノ森線より受電)  |
| 3/22              | 19:17 外部電源から受電開始<br>(6.9kV所内電源設備のうち非常用電源盤2系統(6C,6D)、外部電源である夜ノ森線より受電)   |
| 3/23              |  |
| 3/24              |  |
| 3/25              | 15:38 RHR代替ポンプ(1台)を仮設電源から本設電源に切り替え運転中<br>15:42 RHR代替ポンプ(1台)を仮設電源から本設電源に切り替え運転中   |
| 3/26              |  |
| 3/27              | 10:14 RHR運転中、原子炉停止時冷却系モード(SHCモード)  |
| 3/28              |  |
| 3/29              |  |
| 3/30              |  |
| 3/31              |  |
| 4/1               | 13:40 廃棄物処理施設(R/W)地下からホットウェル(H/W)へ排水(4/1 13:40~4/2 10:00)  |
| 4/2               |  |
| 4/3               |  |
| 4/4               |  |
| 4/5               | 21:00 サブドレンピットから滞留水を海洋へ放出開始<br>17:25 2箇所目以降のサブドレンピットについて、3台の稼働可能なポンプを使用して地下水を海へ排出中<br>18:37 サブドレンポンプ1台について、異音が確認されたため排出を停止                 |
| 4/6               |  |
| 4/7               |  |
| 4/8               |  |
| 4/9               | 18:52 サブドレンピットにある低レベルの地下水の排出は、延べ排出量約373トンで停止   |
| 4/10              |  |
| 4/11              |  |
| 4/12              |  |
| 4/13              |  |
| 4/14              |  |
| 4/15              |  |
| 4/16              |  |
| 4/17              |  |
| 4/18              |  |
| 4/19              | タービン建屋(T/B)からホットウェル(H/W)へ滞留水を移送  |
| 4/20              |  |
| 4/21              |  |
| 4/22              |  |
| 4/23              |  |
| 4/24              |  |
| 4/25              | 1/2号系統母線とのタイライン設置  |
| 4/26              |  |
| 4/27              |  |
| 4/28              |  |
| 4/29              |  |
| 4/30              |  |
| 5/1               | 14:00 タービン建屋内の滞留水を屋外仮設タンクへ移送する作業を開始<br>17:00 タービン建屋内の滞留水を屋外仮設タンクへ120m <sup>3</sup> を移送   |
| 5/2               | 11:03 仮設残留熱除去海水系(RHRS)ポンプを停止(取水路の調査のため)<br>13:20 取水路の調査終了<br>15:03 残留熱除去系(RHR)ポンプ等再起動  |
| 5/3               |  |
| 5/4               |  |
| 5/5               |  |
| 5/6               |  |
| 5/7               |  |
| 5/8               |  |
| 5/9               |  |
| 5/10              |  |
| 5/11              |  |
| 5/12              |  |
| 5/13              |  |
| 5/14              |  |
| 5/15              |  |
| 5/16              |  |

(7) 福島第一原子力発電所内の使用済燃料プール

福島第一原子力発電所内には、1～6号機の各号機における使用済燃料プールの他、1～6号機共用の使用済燃料共用プールが設置されている。これらのプールの容量、貯蔵体数、貯蔵中の使用済燃料の崩壊熱について表IV-5-8にまとめた。4号機では、シュラウド取替工事等のため原子炉内から全燃料を取り出した状態であったため、使用済燃料プールには比較的崩壊熱の高い燃料が1炉心分貯蔵されており、他のプールに比べて崩壊熱が高い状態にあった。4号機の使用済燃料プールの状況を図IV-5-12に示す。一方、1号機では、前回の燃料取り出しより約1年経っており、崩壊熱が減衰している状態であった。

使用済燃料プール水の冷却は、通常は使用済燃料プール水冷却浄化系(FPC)の運転により最終ヒートシンクである海に熱を逃がすものであるが、海水ポンプの機能喪失及び外部電源喪失により冷却ができなくなった。1、3及び4号機については、原子炉建屋上部が損壊していたことから、自衛隊のヘリ、放水車や緊急消防援助隊の海水利用型消防水利システムと屈折放水塔車による放水など緊急の冷却機能を確認するため、外部からの放水にて水位の確保に努めた。特に4号機は崩壊熱が一番大きいので、蒸発による水位低下速度が大きく、水位確保に特に注意が注がれた。一方、2号機については、建屋が健全であったことから、蒸発した蒸気が建屋天井で凝縮することで水位の減少はある程度抑制されていると考えられたが、建屋開口部めがけての放水により水位を確保しつつ、給水ラインを回復させる努力を行い、20日からは本設の給水ラインによる注水に移行した。5、6号機については、上述のとおり6号機の非常用DGにより電源が確保され、仮設の海水ポンプにより冷却機能を確認したことから、使用済燃料プールと原子炉の冷却を交互に行った。

2号機から4号機の使用済燃料プールについては、プール水の核種分析を実施している。4号機の結果については表IV-5-4に示したとおりであるが、2号機及び3号機の分析結果については表IV-5-9に示す。

共用プールについては、3月18日にほぼ満水であること、水温が55℃であることが確認され、21日には一旦消防車により注水がなされ、24日には電源が復旧したため、共用プール冷却ポンプによる冷却が開始された。主要な時系列については、表IV-5-10に示す。

表IV-5-8 使用済燃料プールの容量、貯蔵体数、崩壊熱

|       | 貯蔵体数<br>(新燃料体数) | 貯蔵容量   | 崩壊熱              |                    |
|-------|-----------------|--------|------------------|--------------------|
|       |                 |        | 事故発生時点<br>(3/11) | 事故発生3ヶ月後<br>(6/11) |
| 1号機   | 392体 (100体)     | 900体   | 0.18             | 0.16               |
| 2号機   | 615体 ( 28体)     | 1,240体 | 0.62             | 0.52               |
| 3号機   | 566体 ( 52体)     | 1,220体 | 0.54             | 0.46               |
| 4号機   | 1,535体 (204体)   | 1,590体 | 2.26             | 1.58               |
| 5号機   | 994体 ( 48体)     | 1,590体 | 1.00             | 0.76               |
| 6号機   | 940体 ( 64体)     | 1,770体 | 0.87             | 0.73               |
| 共用プール | 6,375体          | 6,840体 | 1.13             | 1.12               |

表IV-5-9 2号機及び3号機使用済燃料プール核種分析結果

|     | 採取日   | 主な検出核種   | 濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> ) |
|-----|-------|----------|--------------------------|
| 2号機 | 4月16日 | セシウム 134 | 160,000                  |
|     |       | セシウム 137 | 150,000                  |
|     |       | よう素 131  | 4,100                    |
| 3号機 | 4月28日 | セシウム 134 | 140,000                  |
|     |       | セシウム 136 | 1,600                    |
|     |       | セシウム 137 | 150,000                  |
|     |       | よう素 131  | 11,000                   |



表IV-5-10 福島第一原子力発電所共用プール 主要時系列（暫定）

※この表に含まれる情報は、緊急時対応を行っていた中で情報が錯綜していた等の理由により、信頼性の低い情報が含まれている可能性があるため、その後の検証等により情報が訂正される可能性がある。なお、日本政府の現在の見解は本文に記載のとおりである。

| 福島第一原子力発電所<br>共用プール |   |
|---------------------|---|
|                     | 地震前状況：停止中   |
| 3/11                | 地震発生前の共用プール温度 30°C程度  |
| 3/12                |   |
| 3/13                |   |
| 3/14                |   |
| 3/15                |   |
| 3/16                |   |
| 3/17                |   |
| 3/18                | 0:00 共用プール温度57°C  |
| 3/19                |   |
| 3/20                |   |
| 3/21                | 10:37 共用プールへの水張りを消防車を使用して実施中  |
| 3/22                |   |
| 3/23                |   |
| 3/24                | 15:37 共用プール仮設電源復旧<br>18:05 燃料プール冷却ポンプ起動   |
| 3/25                | 15:20 共用プール温度53°C   |
| 3/26                |   |
| 3/27                | 8:00 共用プール温度39°C  |
| 3/28                | 共用プール温度53°C   |
| 3/29                |   |
| 3/30                |   |
| 3/31                |   |
| 4/1                 |   |
| 4/2                 |   |
| 4/3                 |   |
| 4/4                 |   |
| 4/5                 |   |
| 4/6                 |   |
| 4/7                 |   |
| 4/8                 |   |
| 4/9                 |   |
| 4/10                |   |
| 4/11                |   |
| 4/12                |   |
| 4/13                |   |
| 4/14                |   |
| 4/15                |   |
| 4/16                | 建屋への地下水流入防止のため止水対策(4/16～4/18)   |
| 4/17                | 14:36 共用プール仮設電源トリップ(14:36～17:30)  |
| 4/18                |   |
| 4/19                |   |
| 4/20                |   |
| 4/21                |   |
| 4/22                |   |
| 4/23                |   |
| 4/24                |   |
| 4/25                |   |
| 4/26                |   |
| 4/27                |   |
| 4/28                |   |
| 4/29                |   |
| 4/30                | 10:31 3. 4号機用外部電源(大熊3号線)を、6.6KVから66KVに強化するため、4号機用480V電源盤、及び使用済燃料共用プール480V電源盤を停止し、11時34分に復旧し、電源強化工事を終了 |
| 5/1                 |   |
| 5/2                 |   |
| 5/3                 |   |
| 5/4                 |   |
| 5/5                 |   |
| 5/6                 |   |
| 5/7                 |   |
| 5/8                 |   |
| 5/9                 |   |
| 5/10                |   |
| 5/11                |   |
| 5/12                |   |
| 5/13                |   |
| 5/14                |   |
| 5/15                |   |
| 5/16                |   |



図IV-5-12 使用済燃料プールの状況（4号機）

(8) 福島第一原子力発電所内の滞留水の状況

福島第一原子力発電所1号機から4号機のタービン建屋地下に滞留水が確認されており、復旧工事の障害となっているばかりでなく、特に2号機では高濃度の放射性物質が確認されており、環境への意図せざる放出に対しても注意が必要な状況となっている。

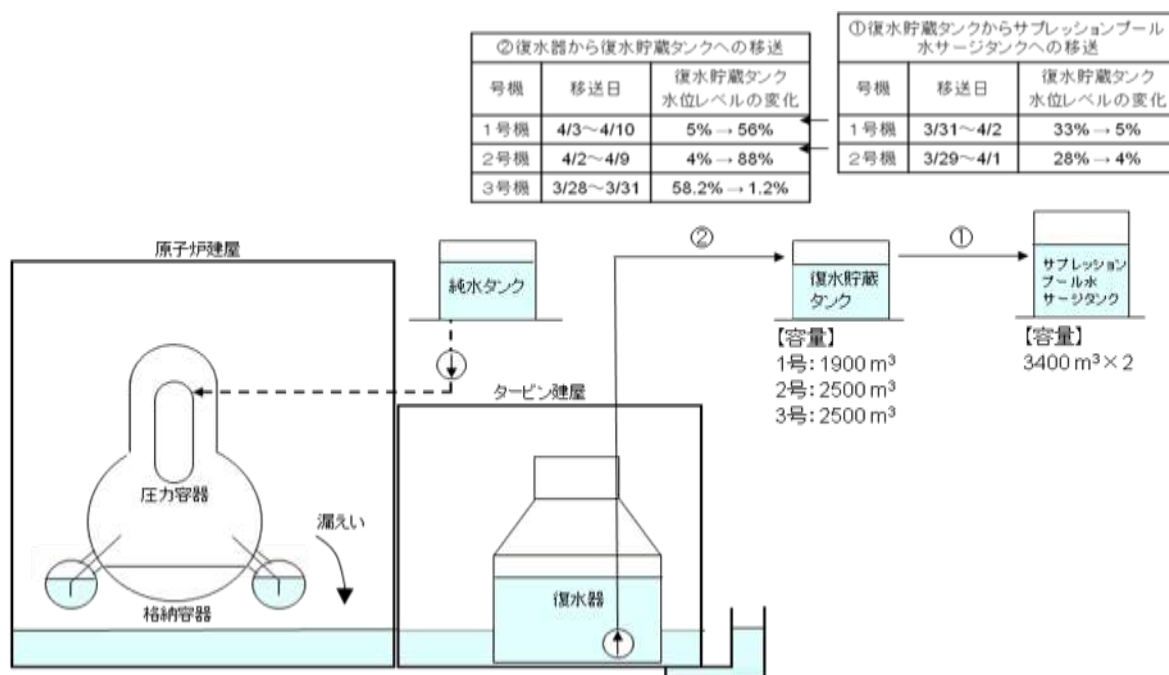
滞留水の一部については復水器へ移送することとし、その準備のため、復水貯蔵タンクの水をサプレッションプール水サージタンクへ移送、続いて復水器の水を復水貯蔵タンクへ移送する作業が計画され、進められた。作業の概念図を図IV-5-13に示す。しかしながら、1号機及び3号機では復水器の水位が上昇し、その原因を究明する必要が生じており、他の手段が計画されている。具体的な今後の作業内容については、「X. 今後の事故収束への取り組み」において記載する。なお、タービン建屋地下に水位監視カメラを設置し、遠隔監視を行っている。

また、タービン建屋外のトレンチの立坑においても滞留水が確認されており、一部の滞留水を建屋内のタンクへ移送する作業が3月31日に実施されるとともに、立坑に水位監視カメラを設置し、遠隔監視を行っている。2号機のトレンチの滞留水については、集中廃棄物処理施設へ移送する作業が4月19日から実施されている。この移送作業に先立ち、集中廃棄物処理施設の貯蔵容量の確保及び5、6号機の安全確保上重要な設備の水没防止のため、集中廃棄物処理施設に存在する低濃度の放射性排水及び5号機と6号機のサブドレン内の低濃度の放射性物質を含む地下水を海洋に放出した。詳細については「VI. 放射性物質の環境への放出」において記載する。

滞留水をサンプリングし、核種分析を行った結果を表IV-5-11に示す。2号機においては、検出された濃度が1号機や3号機に比べ数十倍あり、損傷した燃料と接触したPCV内の水が何らかの経路で直接流出してきたものと推定されることから、滞留水の処理を開始するとともに、安全確認のため地下水のサンプリングの実施や海水のサンプリングの強化がなされている。なお、2号機及び3号機のトレンチと隣接している取水口の周辺で海洋への流出が確認されたので、4月6日及び5月11日に止水された。詳細については「VI. 放射性物質の環境への放出」において記載する。

表IV-5-11 滞留水の核種分析結果（6月5日時点）

| 号機                                      |                     | 1号機               | 2号機               | 3号機               | 4号機                  |
|---|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 採取場所                                    |                     | タービン建屋<br>地下階     | タービン建屋<br>地下階     | タービン建屋<br>地下階     | タービン建屋<br>地下階        |
| 試料採取日                                   |                     | H23.3.26          | H23.3.27          | H23.3.24          | H23.3.24             |
| 検出核種<br>(半減期)<br>単位: Bq/cm <sup>3</sup> | モリブデン99<br>(約66時間)  | 検出限界未満            | 検出限界未満            | 検出限界未満            | $1.0 \times 10^0$    |
|   | テクネシウム99m<br>(約6時間) | 検出限界未満            | 検出限界未満            | $2.0 \times 10^3$ | $6.5 \times 10^{-1}$ |
|   | テルル129m<br>(約34日)   | 検出限界未満            | 検出限界未満            | 検出限界未満            | $1.3 \times 10^1$    |
|   | ヨウ素131<br>(約8日)     | $1.5 \times 10^5$ | $1.3 \times 10^7$ | $6.6 \times 10^5$ | $4.3 \times 10^3$    |
|   | ヨウ素132<br>(約2時間)    | 検出限界未満            | 検出限界未満            | 検出限界未満            | $1.3 \times 10^1$    |
|   | テルル132<br>(約3日)     | 検出限界未満            | 検出限界未満            | 検出限界未満            | $1.4 \times 10^1$    |
|   | セシウム134<br>(約2年)    | $1.2 \times 10^5$ | $3.1 \times 10^6$ | $1.5 \times 10^6$ | $7.8 \times 10^3$    |
|   | セシウム136<br>(約13日)   | $1.1 \times 10^4$ | $3.2 \times 10^5$ | $2.3 \times 10^4$ | $3.7 \times 10^0$    |
|   | セシウム137<br>(約30年)   | $1.3 \times 10^5$ | $3.0 \times 10^6$ | $1.6 \times 10^6$ | $8.1 \times 10^3$    |
|   | バリウム140<br>(約13日)   | 検出限界未満            | $6.8 \times 10^5$ | $5.2 \times 10^4$ | 検出限界未満               |
|   | ランタン140<br>(約2日)    | 検出限界未満            | $3.4 \times 10^5$ | $9.1 \times 10^3$ | $4.1 \times 10^{-1}$ |



図IV-5-13 滞留水の移送作業

(9) 福島第二原子力発電所

福島第二原子力発電所は、1号機から4号機とも、地震発生以前のプラントデータに有意な変化はなく、定格熱出力一定運転を行っていた。外部電源としては、500kV 富岡線1号線、2号線及び66kV 岩井戸線2号線の3回線を確保していた。

3月11日14時48分、1号機から4号機の原子炉は、地震加速度大によりスクラムし、制御棒が全挿入するとともに未臨界となった。外部電源については、変電所側機器の故障復旧等のために富岡線2号線が停止し、さらに地震から約1時間後に岩井戸線2号線が停止したため、富岡線1号線により、1号機から4号機の電源供給は継続されていた(なお、岩井戸線2号線は翌12日13時38分には復旧工事が完了し、2回線受電となった。)

15時34分頃、福島第二原子力発電所敷地に津波が到達し、その影響により1、2号機においては、RHRを含む全ての原子炉冷却系(RCICを除く)が、また、4号機においては、RHRを含む全ての原子炉冷却系(HPCS、RCICを除く)が使用不能となった。このため、事業者は、18時33分に原災法第10条の規定に基づく「原子炉除熱機能喪失」事象が発生したと判断した。

① 1号機

原子炉については、RCICや復水補給水系により冷却、水位維持が行われた。しかし、最終的な除熱ができずにS/C水の温度が100°Cを超えたため、12日5時22分に原災法第15条の規定に基づく「圧力抑制機能喪失」事象に該当すると判断し、原子力安全・保安院等に連絡した。そして、12日7時10分には、D/Wスプレーによる冷却を開始した。

RHRによる除熱手段を確保するため、RHR(B)に必要な残留熱除去系冷却水ポンプ(D)及び非常用補機冷却水ポンプ(B)の電動機の交換を行った。また、残留熱除去系冷却系海水ポンプ(B)の電動機、残留熱除去系冷却水ポンプ(D)の電動機、及び非常用補機冷却水ポンプ(B)の電動機については、接続されていた配電盤が使用不能であったため、機能を有していた他の配電盤から仮設ケーブルにより給電を実施した。その結果、14日1時24分、RHR(B)を運転してS/Cの冷却が開始された。そして、この冷却を継続することにより、14日10時15分、S/Cの温度が100°C以下になり、原子炉についても、同日17時00分には冷温停止状態となった。

## ② 2号機

原子炉については、RCIC や復水補給水系により冷却、水位維持が行われた。しかし、最終的な除熱ができずに S/C 水の温度が 100°C を超えたため、東京電力は、12 日 5 時 32 分に原災法第 15 条の規定に基づく「圧力抑制機能喪失」事象に該当すると判断し、原子力安全・保安院等に連絡した。そして、12 日 7 時 11 分に、D/W スプレーによる冷却を開始した。

RHR による除熱手段を確保するため、RHR (B) に必要な残留熱除去系冷却系海水ポンプ (B) の電動機、残留熱除去系冷却水ポンプ (B) の電動機、及び非常用補機冷却水ポンプ (B) の電動機については、接続されていた配電盤が使用不能であったため、機能を有していた他の配電盤から仮設ケーブルにより給電を実施した。その結果、14 日 7 時 13 分、RHR (B) を運転し、S/C の冷却が開始された。

その後、この冷却を継続することにより、14 日 15 時 52 分、S/C の温度が 100°C 以下になるとともに、原子炉についても、同日 18 時 00 分に冷温停止状態となった。

## ③ 3号機

3号機については、津波により RHR (A) 及び低圧炉心スプレー系が使用できなくなったが、RHR (B) には被害はなく、使用を継続することができた。このため、同系統による冷却を継続し、原子炉は 12 日 12 時 15 分に冷温停止状態となった。

## ④ 4号機

原子炉については、RCIC や復水補給水系により冷却、水位維持が行われた。しかし、最終的な除熱ができずに S/C 水の温度が 100°C を超えたため、東京電力は、12 日 6 時 07 分に原災法第 15 条の規定に基づく「圧力抑制機能喪失」事象に該当すると判断し、原子力安全・保安院等に連絡した。

RHR による除熱手段を確保するため、RHR (B) に必要な残留熱除去系冷却水ポンプ (B) の電動機の交換を行い、残留熱除去系冷却系海水ポンプ (D) の電動機、残留熱除去系冷却水ポンプ (B) の電動機、及び非常用補機冷却水ポンプ (B) の電動機については、接続されていた配電盤が使用不能であったため、機能を有していた他の配電盤から仮設ケーブルにより給電を実施した。その結果、14 日 15 時 42 分、

RHR (B) を運転し、S/C の冷却が開始された。

その後、この冷却を継続することにより、15 日 7 時 15 分、S/C の温度が 100℃以下になるとともに、原子炉も冷温停止状態となった。

主要な時系列については、表IV-5-12 に示す。

表IV-5-12 福島第二原子力発電所 主要時系列（暫定）

※この表に含まれる情報は、緊急時対応を行っていた中で情報が錯綜していた等の理由により、信頼性の低い情報が含まれている可能性があるため、その後の検証等により情報が訂正される可能性がある。なお、日本政府の現在の見解は本文に記載のとおりである。

|      | 福島第二原子力発電所   |  |  |  |  |
|------|--|--|--|--|--|
|      | 全体   | 1号機  | 2号機  | 3号機  | 4号機  |
|      |  | 地震前状況：運転中  | 地震前状況：運転中  | 地震前状況：運転中  | 地震前状況：運転中  |
| 3/11 | 14:46 東北地方太平洋沖地震発生   | 14:48 全制御棒全挿入<br>原子炉自動停止<br>タービン自動停止<br>外部電源受電有り<br>主蒸気隔離弁：閉               | 14:48 全制御棒全挿入<br>原子炉自動停止<br>タービン自動停止<br>外部電源受電有り<br>主蒸気隔離弁：閉 | 14:48 全制御棒全挿入<br>原子炉自動停止<br>タービン自動停止<br>外部電源受電有り<br>主蒸気隔離弁：閉                                   | 14:48 全制御棒全挿入<br>原子炉自動停止<br>タービン自動停止<br>外部電源受電有り<br>主蒸気隔離弁：閉                           |
|      | 17:35 1号機：原災法第10条特定事象（原子炉冷却材漏えい）が発生したと事業者が判断               | 17:35 原災法第10条特定事象（原子炉冷却材漏えい）が発生したと事業者が判断<br>（19:30現在 事業者は原子炉冷却材漏えいではないと判断） |  |  |  |
|      | 18:33 1、2、4号機：原災法第10条特定事象（原子炉除熱機能喪失）が発生したと事業者が判断           | 18:33 原災法第10条特定事象（原子炉除熱機能喪失）が発生したと事業者が判断                                   | 18:33 原災法第10条特定事象（原子炉除熱機能喪失）が発生したと事業者が判断                     |  | 18:33 原災法第10条特定事象（原子炉除熱機能喪失）が発生したと事業者が判断   |
|      |  | 非常用炉心冷却系（ECCS）高圧系：未作動<br>ECCS低圧系：作動後手動停止（20:00時点）                          | 非常用炉心冷却系（ECCS）高圧系：作動後手動停止<br>ECCS低圧系：作動後手動停止（20:00時点）        | 非常用炉心冷却系（ECCS）高圧系：事前に作動防止<br>ECCS低圧系：事前に作動防止<br>非常用ディーゼル発電機（D/G）（B）、（H）無負荷運転中<br>残留熱除去系（RHR）正常 | 非常用炉心冷却系（ECCS）高圧系：事前に作動防止<br>ECCS低圧系：事前に作動防止<br>非常用ディーゼル発電機（D/G）（H）無負荷運転中<br>（20:00時点） |
| 3/12 | 5:22 1号機：原災法第15条第1項原子力緊急事態に該当する事象（圧力抑制機能喪失）が発生したと事業者が判断    | 5:22 原災法第15条第1項原子力緊急事態に該当する事象（圧力抑制機能喪失）が発生したと事業者が判断                        |  |  |  |
|      | 5:32 2号機：原災法第15条第1項原子力緊急事態に該当する事象（圧力抑制機能喪失）が発生したと事業者が判断    |  | 5:32 原災法第15条第1項原子力緊急事態に該当する事象（圧力抑制機能喪失）が発生したと事業者が判断          |  |  |
|      | 6:07 4号機：原災法第15条第1項原子力緊急事態に該当する事象（圧力抑制機能喪失）が発生したと事業者が判断    |  |  |  | 6:07 原災法第15条第1項原子力緊急事態に該当する事象（圧力抑制機能喪失）が発生したと事業者が判断                                    |
|      |  | 7:10 ドライウェル（D/W）スプレイ開始   | 7:11 ドライウェル（D/W）スプレイ開始                                       |  |  |
|      |  | 8:19 制御棒（CR）10-51ドリフト警報発生  |  |  |  |
|      |  | 9:43 格納容器（PCV）ベント準備開始  |  | 9:36 RHR（B）停止時冷却モード  |  |
|      |  | 10:43 CR10-51ドリフト警報クリア   | 10:33 格納容器（PCV）ベント準備開始                                       |  |  |
|      |  |  | 10:58 PCVベント準備完了   |  |  |
|      |  |  |  |  | 11:17 高圧炉心スプレイ系（HPCS）作動  |
|      |  |  |  |  | 11:44 格納容器（PCV）ベント準備開始   |
|      |  |  |  |  | 11:52 PCVベント準備完了   |
|      |  |  |  |  | 12:08 格納容器（PCV）ベント準備開始   |
|      |  |  |  |  | 12:13 PCVベント準備完了   |
|      | 12:15 3号機：原子炉冷温停止  | 18:30 格納容器（PCV）ベント準備完了   |  |  | 12:15 原子炉冷温停止  |
| 3/13 |  | 2:03 CR10-51ドリフト警報発生<br>CR10-51ドリフト警報クリア<br>（12:00時点）                      |  |  |  |
|      |  |  |  |  | 12:43 制御棒（CR）10-19ドリフト警報発生   |
| 3/14 | 1:24 1号機：残留熱除去系（RHR）（B）による冷却を開始                            | 1:24 残留熱除去系（RHR）（B）による冷却を開始  |  |  |  |
|      | 7:13 2号機：RHR（B）による冷却を開始                                    |  | 7:13 残留熱除去系（RHR）（B）による冷却を開始                                  |  |  |
|      |  |  | 7:50 サプレッションチェンバ（S/C）スプレイ（RHR（B）専用）開始                        |  |  |
|      | 15:42 4号機：RHR（B）による冷却を開始                                   |  |  |  | 15:42 残留熱除去系（RHR）（B）による冷却を開始   |
|      | 17:00 1号機：原子炉冷温停止  | 17:00 原子炉冷温停止  |  |  |  |
|      | 18:00 2号機：原子炉冷温停止  |  | 18:00 原子炉冷温停止  |  |  |
|      | 22:07 原災法第10条特定事象（敷地境界放射線量上昇）が発生したと事業者が判断（福島第一発電所の影響と思われる） |  |  |  |  |
| 3/15 | 0:12 原災法第10条特定事象（敷地境界放射線量上昇）が発生したと事業者が判断（福島第一発電所の影響と思われる）  |  |  |  |  |
|      | 7:15 4号機：原子炉冷温停止   |  |  |  | 7:15 原子炉冷温停止   |
| 3/16 |  |  |  |  |  |
| 3/17 |  |  |  | 9:55 PCVベント準備完了状態から通常状態へ復旧   |  |
|      |  |  |  |  | 11:24 PCVベント準備完了状態から通常状態へ復旧  |
|      |  |  | 17:19 PCVベント準備完了状態から通常状態へ復旧                                  |  |  |
|      |  | 17:22 PCVベント準備完了状態から通常状態へ復旧  |  |  |  |
| 3/18 |  |  |  |  |  |
| 3/19 |  | 15:28 RHR（B）停止（RHR系ポンプ点検のため）   |  |  |  |
|      |  | 22:14 RHRポンプ（B）起動  |  |  |  |
| 3/20 |  |  |  | 14:36 RHR（B）停止（圧力抑制室（S/C）クーリングへ切替のため）  |  |
|      |  |  |  | 15:05 RHRポンプ（B）起動 S/Cクーリング開始   |  |
| 3/21 |  |  |  |  |  |
| 3/22 |  |  |  |  |  |
| 3/23 |  |  |  |  |  |
| 3/24 |  |  |  |  |  |
| 3/25 |  |  |  |  |  |
| 3/26 |  |  |  |  |  |
| 3/27 |  |  |  | 10:50 RHR（B）停止<br>RHR運転モード切替操作中  |  |



|      |  |  |   |   |   |
|------|--|--|---|---|---|
| 3/28 |  |  |   |   |   |
| 3/29 |  |  |   |   | 10:52 RHRポンプ(B)停止(取水口点検のため)<br>14:00 RHRポンプ(B)起動  |
| 3/30 |  |  | 10:25 RHR(B)停止(仮設電源布設のため)                 |   |   |
|      |  | 10:34 RHR(B)停止(仮設電源布設のため)                        |   | 14:04 RHR(B)起動                            |   |
|      |  | 14:30 RHR(B)のバックアップ電源(非常用電源)確保<br>RHR(B)起動       |   |   |   |
|      |  | 17:56 タービン建屋1階の電源盤からの発煙を確認                       |   |   |   |
|      |  | 18:13 電気の供給を切ったところ、煙の発生が止まっていることを確認              |   |   |   |
|      |  | 19:15 電源盤からの発煙は電源盤の異常であり、火災ではないと判断               |   |   |   |
| 3/31 |  |  |   |   | 14:35 RHR(B)停止(原子炉停止時冷却モード(SHC)+圧力抑制室冷却モード(S/C)→SHC+S/C+燃料プールの冷却モード(FPC))<br>15:36 RHR(B)起動 |
| 4/1  |  | 13:43 RHRポンプ(B)停止(取水口点検のため)<br>15:07 RHRポンプ(B)起動 |   |   |   |
| 4/2  |  |  |   |   |   |
| 4/3  |  |  |   |   |   |
| 4/4  |  |  |   |   |   |
| 4/5  |  |  |   |   |   |
| 4/6  |  |  |   |   |   |
| 4/7  |  |  |   |   |   |
| 4/8  |  |  |   |   |   |
| 4/9  |  |  |   |   |   |
| 4/10 |  |  |   |   |   |
| 4/11 |  |  |   |   |   |
| 4/12 |  |  |   |   |   |
| 4/13 |  |  |   |   |   |
| 4/14 |  |  |   |   |   |
| 4/15 |  |  |   |   |   |
| 4/16 |  |  |   |   |   |
| 4/17 |  |  |   |   |   |
| 4/18 |  |  |   |   |   |
| 4/19 |  |  |   |   |   |
| 4/20 |  |  |   |   |   |
| 4/21 |  |  |   |   |   |
| 4/22 |  |  |   |   |   |
| 4/23 |  |  |   |   |   |
| 4/24 |  |  |   |   |   |
| 4/25 |  |  |   |   |   |
| 4/26 |  |  |   |   |   |
| 4/27 |  |  |   |   | 10:20 RHR(B)停止(電源切替のため)<br>17:41 RHR(B)起動   |
| 4/28 |  |  |   |   |   |
| 4/29 |  |  |   |   |   |
| 4/30 |  | 9:10 RHR(B)停止(取水路点検のため)<br>12:54 RHR(B)起動        |   |   |   |
| 5/1  |  |  |   |   |   |
| 5/2  |  |  |   |   |   |
| 5/3  |  |  |   |   |   |
| 5/4  |  |  |   |   |   |
| 5/5  |  |  |   |   |   |
| 5/6  |  |  |   |   |   |
| 5/7  |  |  |   |   |   |
| 5/8  |  |  |   |   |   |
| 5/9  |  |  |   | 9:51 RHR(B)停止(取水路点検のため)<br>14:46 RHR(B)起動 |   |
| 5/10 |  |  |   |   |   |
| 5/11 |  |  |   |   |   |
| 5/12 |  |  | 9:36 RHR(B)停止(取水路点検のため)<br>12:13 RHR(B)起動 |   |   |
| 5/13 |  |  |   |   |   |
| 5/14 |  |  |   |   |   |
| 5/15 |  |  |   |   |   |
| 5/16 |  |  |   |   |   |

## 6. その他の原子力発電所の状況

### (1) 東通原子力発電所

3月11日地震発生当時、1号機は定期検査中であり、炉心の燃料は全て使用済燃料プールに取り出されていた。

地震により外部電源3回線全てが停止したため、外部電源喪失となり、非常用DG(A)(非常用DG(B)は点検中)による非常用母線への給電が行われた。

また、4月7日に発生した宮城県沖地震により外部電源が喪失し、非常用DGが起動し電源確保を行った。その後、外部電源が復旧したものの、非常用DGがトラブルにより停止し、全ての非常用DGが動作可能でない状態に陥った。

### (2) 女川原子力発電所

3月11日地震発生当時、1号機及び3号機は定格熱出力一定運転中で、2号機は原子炉起動操作中であった。地震により外部電源5回線のうち4回線が停止したが、1回線が残ったことから、外部電源は維持された。

1号機は、14時46分に地震加速度大により原子炉が自動停止し、非常用DG(A)(B)が自動起動した。14時55分に地震により発生した常用系高圧電源盤内部での地絡・短絡の影響で起動用変圧器が停止したため所内電源喪失となり、非常用DG(A)(B)による非常用母線への給電が行われた。

常用電源の喪失により、給復水系のポンプが全台停止となったため、原子炉への給水は、RCICにより行われ、原子炉減圧以降は制御棒駆動水圧系により行われた。また、循環水ポンプ停止により復水器が使用できないことから、MSIVを全閉とし、RHRとSRVにより原子炉の冷却と減圧操作が行われ、3月12日0時57分、原子炉冷却材温度が100℃未満の冷温停止状態となった。

2号機は、原子炉起動操作中であったため、14時46分に地震加速度大により原子炉が自動停止したことにより、速やかに冷温停止状態に移行した。14時47分に発電機界磁喪失信号の発信により非常用DG(A)、(B)、(H)が自動起動したが、外部電源が維持されていたため、非常用DG3台は待機状態を維持していた。

その後、津波により、原子炉補機冷却系B系ポンプ、原子炉補機冷却海水系B系ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却系ポンプが浸水し機能が喪失したことにより、非常用DG(B)、(H)がトリップしたが、原子炉補機冷却系A系が健全であったことから、原子炉の冷却機能に影響は

なかった。

3号機は、14時46分に地震加速度大により原子炉が自動停止した。外部電源は維持されていたが、津波による浸水でタービン補機冷却海水系ポンプが停止したことから、給復水系のポンプを全台手動停止し、RCICによる原子炉への給水が行われた。また、原子炉減圧以降は制御棒駆動水圧系及び復水補給水系による原子炉への給水が行われた。

津波の引き波による循環水ポンプの全台停止により復水器が使用できないことから、MSIVを全閉とし、RHRとSRVにより原子炉の冷却と減圧操作が行われ、3月12日1時17分、原子炉冷却材温度が100°C未満の冷温停止状態となった。

### (3) 東海第二発電所

3月11日地震発生当時、東海第二発電所は、定格熱出力一定運転中であつた。同日14時48分、地震によるタービン軸受振動大でのタービントリップに伴い、原子炉が自動停止した。地震発生直後、3系統ある外部電源が全て喪失したが、非常用DG3台が起動したことにより非常用機器への電源は確保された。

原子炉自動停止直後の水位変動により、HPCS及びRCICが自動起動し、原子炉水位は通常水位に保たれた。その後の原子炉水位は、RCICにより維持され、原子炉の圧力は、SRVにより制御された。また、原子炉停止後の崩壊熱の除去のため、RHR(A)及びRHR(B)を手動起動し、S/Cの冷却を実施した。

その後、津波の影響により非常用DG2C冷却用海水ポンプが自動停止し、非常用DG2Cが使用不能となったが、残りの2台により非常用機器への電源は確保され、S/Cの冷却は残留熱除去系RHR(B)により継続された。

3月13日19時37分に外部電源1系統が復旧し、3月15日0時40分に原子炉は冷却材温度が100°C未満の冷温停止状態となった。

図IV-6-1 各原子力発電所の立地地図



## 7. 事故の評価

今回の大規模な地震・津波により結果として多くの設備がその機能を失ったことを踏まえ、様々な観点からの評価を行うことにより、今後改善していくべき事項を抽出する。

### (1) 福島第一原子力発電所の事故の原因

福島第一原子力発電所 1号機、2号機及び3号機は、地震直後に全ての外部電源が喪失したが、非常用 DG が起動し、所内電源を確保するとともに、RCIC や IC の冷却系が正常に動作した。

その後、津波の襲来により、非常用 DG やその配電盤などが水没・被水し、全ての交流電源を失うとともに、海水冷却系も被水し最終ヒートシンクである海へ熱を輸送する機能も喪失した。

交流電源が全て喪失（1号機は直流電源も喪失）したことから、1号機については、IC が動作不能となり、また2号機及び3号機も直流電源（蓄電池）の枯渇や冷却水の供給が停止したことから、いずれも炉心冷却が行われなくなり、原子炉水位が低下して、炉心が露出したことにより炉心の損傷が開始し、やがてその熔融に至った。

他方、福島第二原子力発電所では、地震及び津波により非常用 DG や海水冷却系が被水したが、外部電源からの電源供給が継続されたことにより、原子炉の水位を維持し、プラント状態の監視も可能であったことから、原子炉を制御可能な管理下に置くことができ、高温停止を安定的に維持することができた。その間、津波により被水した海水冷却系の電動機の交換などの復旧作業を行い、数日間で冷温停止状態に至った。また、同様に、地震及び津波により被災した女川原子力発電所や東海第二発電所も、外部電源又は所内電源が確保されていたことにより、最終的には冷温停止状態に至った。

これらのことから、福島第一原子力発電所 1号機、2号機及び3号機の事故の直接的な原因は、電源の機能が全て失われ、原子炉の冷却ができなくなったことから、炉心の損傷が生じ、炉心の熔融に至ったものと考えられる。

これらを踏まえると、地震や津波により、全交流電源喪失や海水系冷却系機能喪失に至った場合において、RCIC 等の冷却系が動作するために必要な電源の供給、原子炉冷却に必要な水の供給確保が必要であり、緊急時の対応策として予め資機材の確保、手順書等の対応計画の整備といった広範な対策が必要であった。

(2) 事故防止の観点からの評価：地震や津波に対する対策

今回の事故の発端は地震と津波の襲来である。

現在のところ、地震による被害は外部電源系に係るものであり、原子力施設の安全上重要なシステムや設備、機器の被害は確認されておらず、津波到達まではプラントは管理された状態にあった。ただし、詳細な損壊状況についてはまだ不明であり、今後の調査が必要である。さらに、福島第一原子力発電所の原子炉建屋基礎盤上で観測された地震動の加速度応答スペクトルは、耐震設計審査指針に基づき策定された基準地震動  $S_s$  に対する同位置での加速度応答スペクトルを一部の周期帯で超えていることが確認されている。今後、地震応答解析により原子炉建屋や主要な安全上重要な設備について耐震安全性評価を行うことが必要である（2号機及び4号機は6月中旬、1号機及び3号機は7月下旬までに評価）。

外部電源系については、安全設計審査指針の指針48（電気系統）に則って、各号機とも2回線以上の送電線により電力系統に接続されており、多重性の要件は満足していた。しかしながら、指針で明示的には要求されていないが、指針の趣旨は信頼できる外部電源の確保にある。

例えば、今回の事故においては、以下のような事象が発生している。

- ・福島第一原子力発電所につながる主要変電所における変圧器等の地震による損壊や地絡・短絡等による保護装置の動作
- ・外部電源を受電する開閉所（3/4号、5/6号）が津波により被災。  
1/2号は受電遮断器等が地震により損壊

このことにかんがみれば、共通原因故障の可能性を低減する観点からの耐震性や独立性が確保されているべきとの観点から十分とは言えない状態にあった。

津波については、福島第一原子力発電所において想定した設計津波水位はO.P.+5.7mであったが、Ⅲ2（1）で述べたように潮位計による記録が得られていないものの、専門家によって10m以上の津波が襲来したと推定されている。その結果、プラントによっては建屋等の水密化が、この高さの津波に対しては不十分で、設計上想定していなかった直流電源を含めた全電源喪失に至ってしまった。なお、福島第二原子力発電所で想定的设计津波水位は、O.P.+5.2mであったが、Ⅲ2（2）で述べたように潮位計による記録が得られておらず専門家による推定もなされていないので、実際にはどのくらいの津波水位か分からない。しかし、今回の津波水位は設計津波水位を上回っていると推定される。

なお、手順書においては、津波の浸入は想定されておらず、引き波に

対する措置として、復水器を冷却するための循環水ポンプの停止等の操作についてのみ定めていた。また、これらの号機のアクシデントマネジメントを検討する際に参照された PSA においては、津波による長期間にわたる、非常用 DG の機能喪失や最終ヒートシンクの喪失は考慮されていなかった。

一方、ほとんどの号機の非常用 DG が、他の機器と同様に非常用 DG 本体、その冷却用海水ポンプ及び電源盤を失ったことにより稼働できなかったことに対して、福島第一原子力発電所 5 号機及び 6 号機においては、非常用 DG 建屋に設置されていた冷却用海水ポンプを必要としない空冷の 6 号機非常用 DG(B) 及び電源盤が水没を免れたため、津波後も稼働し、タイラインにより 5 号機及び 6 号機の両方の残留熱除去に必要な交流電源を供給した。このことは、安全上重要な設備は、多重性のみならず、配置及び動作方式等の観点からの多様性の確保が重要であることを示している。

なお、福島第一原子力発電所 2 号機及び 4 号機は、共用プール建屋に空冷の非常用 DG を設置していたにも関わらず、それを非常用母線に接続するための配電盤が水没し、それにより稼働できなかったこともわかっている。このことから、この多様性の確保にあたっては、共通原因故障を排除する観点からシステムとしての多様性の確保に十分留意することが極めて重要であることがわかる。

### (3) 事故の事象進展の主要因

今回の事故では、福島第一原子力発電所 1 号機から 3 号機では重大な炉心損傷に至り、福島第一原子力発電所 5 号機及び 6 号機、並びに福島第二原子力発電所 1 号機から 4 号機では、炉心損傷に至ることなく冷温停止することができた。出力運転中のプラントに外部電源喪失事象等の外乱が発生した場合、プラントを停止し冷温停止状態に移行させるには、原子炉未臨界機能、炉心冷却機能、及び PCV からの崩壊熱除去機能の 3 つの機能が必要である。図 IV-7-1 から図 IV-7-3 の機能イベントツリーに、これらのプラントがたどった事象シーケンスを示す。この機能イベントツリーは、地震及び地震後に襲来した津波を起因として、炉心損傷前及び炉心損傷後の事象の進展に重大な影響を与えたと推定される原子炉未臨界、炉心冷却、PCV からの崩壊熱除去、交流電源、PCV への注水、水素制御等、主要な機能をヘディングとして事象シーケンスを展開したものである。太線で示されているのが、今回の事故で推定される事象シーケンスである。上述の事象シーケンスに基づけば、今回の事故において

炉心損傷に至るか否かを分けた主要な事象は、下記の事象と推定される。

- ア) 交流電源の早期復旧が以下の理由によりできなかったこと
  - ・ 隣接号機の同時の交流電源喪失によって電源融通ができなかったこと
  - ・ 配電盤などの付属設備が津波により水没したこと
  - ・ 外部電源及び非常用 DG を早期に復旧できなかったこと
- イ) 全交流電源喪失時のアクシデントマネジメントによってしばらくの間は、炉心冷却を行うことはできたが、電源が復旧するまで維持できなかったこと
- ウ) 津波により最終ヒートシンクである海へ熱を輸送する系統が機能喪失したこと
- エ) PCV からの崩壊熱除去機能を代替して担う手段が不十分であったこと

次に、福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所で発生した事象又は発生が推定される事象について、原子力安全委員会が策定した指針類において、それに対する安全確保対策が原子力発電所の設計要求事項として規定されていたか、されていたとして、各原子力発電所において設計要求事項に適切に対応した設計となっていたかについて、評価を行う。また、これらの事象が PSA で考慮されていたか、これらに対して、アクシデントマネジメント指針を受けて整備されていた東京電力のアクシデントマネジメントが有効に機能したかについても評価を行う。

#### ① 東北地方太平洋沖地震

今回の地震において、福島第一原子力発電所の原子炉建屋基礎盤上で観測された地震動の加速度応答スペクトルは、耐震設計審査指針に基づく基準地震動  $S_s$  による基礎盤での加速度応答スペクトルを一部の周期帯で超えていたことが確認されている。ただし、現在のところ、地震による被害は外部電源系に係るものであり、原子力施設の安全上重要な設備や機器に大きな損壊は確認されておらず、津波到達までは管理された状態にあったが、詳細な損壊状況は不明であり、今後の調査が必要である。

現在、既設の発電用原子炉施設に対する耐震バックチェックを実施中である。福島第一原子力発電所の 3 号機及び 5 号機、福島第二原子力発電所の 4 号機に対する東京電力の中間報告には津波評価が含まら



れていないため、行政庁による地震についてのレビューは終了していたが、津波については今後検討されることになっていた。また、「残余のリスク」は事業者において評価中であった。

## ② 外部電源喪失

外部電源系については、安全設計審査指針の指針 48（電気系統）において、外部電源系に関し、2 回線以上の送電線により電力系統に接続された設計とされているが、2 回線とも同一の鉄塔を用いる等、共通原因故障の可能性を低減する観点から考慮が足りなかった。

一方、外部電源喪失事象は、安全評価指針の設計基準事象として考慮されている。東京電力においては、必要な補機を作動させるための容量を有する非常用 DG を各号機最低 2 台設置している。

内的事象 PSA 及び地震 PSA においては、外部電源喪失を起因事象、誘発事象の一つとして評価している。地震 PSA では全交流電源喪失が炉心損傷に至る重要な事象という知見のもと、発生を低減するための外部電源喪失に対する防止策の検討が不十分であった。

例えば、外部電源及び所内電源の信頼性の向上のために、

- ・ 主要変電所が供給停止した場合の原子力発電所への供給信頼性の確保の評価
- ・ 外部送電線を所内各号機に接続することによる信頼性向上対策
- ・ 外部電源線（送電線）の地震対策
- ・ 開閉所等の受電設備の津波対策

などの検討が不足していた。また、配電盤や蓄電池等の電源設備の浸水対策等についても検討すべきであった。

なお、地震に随伴する津波については現在評価手法（津波 PSA）を整備している段階である。

## ③ 津波

東京電力は、2002 年の土木学会津波評価技術に基づき、過去最大の津波波源を対象とし、設計津波水位を自主的に評価した。評価結果に基づき、ポンプのかさ上げ、建屋等の水密化を実施した。しかしながら、今回の津波は東京電力が想定していた設計津波水位以上であった。福島第一原子力発電所における設計津波水位は、上記津波評価技術に基づき、O.P.+5.7m と評価されていた。実際は、Ⅲ 2.（1）で述べたように潮位計による記録が得られていないが、専門家によって 10m 以上の津波が来たと推定されている。一方、福島第二原子力発電所で

の設計津波水位は、O.P.+5.2m と評価されていた。実際はⅢ 2. (2) で述べたように潮位計による記録が得られておらず、専門家による推定もなされていないため、どのくらいの津波水位か分からない。しかしながら、今回の津波水位は設計津波水位を上回っていると推定される。なお、手順書においては、津波が原子炉施設へ浸入することは想定されておらず、引き波に対する措置として、復水器を冷却するための循環水ポンプの停止等の操作についてのみ定めていた。

#### ④ 全交流電源喪失

これまでに整備されているアクシデントマネジメントを導出する際に参照された PSA においては、長期の非常用 DG の機能喪失及び隣接原子炉間の電源融通機能喪失は考慮されていなかった。

なお、津波 PSA については、現在評価手法を整備中であり、手法整備の一環で試評価がなされている。同評価では、津波によって、非常用 DG、電源盤等の同時機能喪失を考慮する等、その重要性を認識していたが、アクシデントマネジメントに反映するまでには至らなかった。すなわち、全交流電源喪失への対策を考えるに当たって、この事態をもたらす脅威に対する分析が不十分であった。

また、アクシデントマネジメントとして、隣接原子炉施設間で動力用の交流電源 (6.9kV) 及び低圧の交流電源(480V)について電源が融通できるよう設備を設置し、当該設備に関する手順書を定めていたが、福島第一原子力発電所 1 号機から 4 号機については、隣接する原子力発電所が全交流電源喪失に至ったため、このアクシデントマネジメントは有効に機能しなかった。

#### ⑤ 代替交流電源（電源車等）の確保

これまでに整備されているアクシデントマネジメントを導出する際に参照された PSA においては、電源融通、外部電源あるいは非常用 DG の復旧を考慮しておけば、重大事故に至る確率は十分低くなるとされていた。このため、電源車等の確保はアクシデントマネジメントとして考慮されていなかった。

今回、臨機の応用動作として電源車を手配し、現地に運び込んだが、津波の影響による瓦礫等を排除する重機の不備などでアクセスが悪かったことや、電源盤が津波で被水していたことなどで、これをスムーズに活用することはできなかった。

⑥ 代替直流電源（仮設蓄電池等）の確保

これまでに整備されているアクシデントマネジメントを導出する際に参照した PSA においては、蓄電池の機械的故障は考慮されており、また外部電源喪失事象に対するイベントツリーにおいて、直流電源が機能する時間を8時間として、8時間以内の電源復旧の有無を考慮し、この間に外部電源が復旧しない場合には RCIC の継続ができないと評価している。その結果、外部電源の復旧可能性が高く、直流電源設備の喪失はリスクに大きな影響を与える事象ではないと評価され、仮設蓄電池の準備は取り上げられなかった。

今回の事故においては、蓄電池を運び込む手配がなされたが、地震・津波災害の影響もあって、搬入作業が困難であり、かつ暗所での作業となったことから、事故時の機器操作の回復やプラントパラメータ等を記録する計装系の動作に困難を生じた。これにより、事故終息後の再発防止策を策定する上で重要なデータとなるプラントパラメータの保存も十分にできなかった。

⑦ 海水ポンプ機能喪失（最終ヒートシンクの喪失）への対応

これまでに整備されているアクシデントマネジメントを導出する際に参照した PSA においては、海水ポンプの機能喪失が残留熱除去機能喪失に係るフォールトツリーにおいて考慮されているが、津波による全ての海水ポンプの同時機能喪失は考慮されていなかった。

津波 PSA については、現在その評価手法を整備中であり、手法整備の一環として試評価がなされている。同評価では、津波によって全ての海水ポンプの同時機能喪失が発生する事象のリスク感度が高いことが示されていた。しかしながら、この結果は試評価であることから関係者に広く共有されずアクシデントマネジメントの重要性を気付かせるには至らなかった。

なお、今回の事故では臨機の応用動作として、機能喪失した海水ポンプを仮設の海水ポンプで代替する対応がなされたが、これはアクシデントマネジメントとして用意されていたものではなかった。

⑧ PCV ベント

PCV ベントは、炉心損傷前及び炉心損傷後のアクシデントマネジメントとして整備されていた。今回の事故の場合、原子炉の減圧や注水の遅れから炉心損傷後にベントを行うこととなった。全交流電源喪失のため、PCV ベント操作のうち、電動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、空気作動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、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。これらのことから、過酷事故操作手順書に従い設備を作動させることができず PCV ベント操作が遅れた。

⑨ 代替注水（原子炉容器減圧、代替注水ライン）

原子炉の減圧操作とそれに続く消火系ポンプの利用を含む代替注水のための設備がアクシデントマネジメントとして整備されていた。今回の事故ではこれらを用いて、原子炉の減圧とそれに続く原子炉冷却操作が行われた。しかしながら、全交流電源喪失により減圧操作に必要な SRV の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が、困難であったことなどから、減圧操作に時間を要した。なお、消防車等の重機を使用した原子炉への代替注水はアクシデントマネジメント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、サイトにあった化学消防車による原子炉への注水が試みられた。しかしながら、原子炉圧力が化学消防車のポンプ吐出圧力より高かったため、原子炉への淡水注水ができなかった事例もあった。

⑩ 代替注水（水源）

代替注水に用いる水源としては、アクシデントマネジメントとして、復水貯蔵タンク、ろ過水タンクが考慮され、実際これらが使用された。また、消防車を活用した水源としては防火水槽や海水が使用されたが、注水ラインのラインアップから行わねばならなかった。

⑪ 原子炉建屋での水素爆発対策

安全設計審査指針の指針 33（格納施設雰囲気制御する系統）においては、想定される事象に対しての健全性を維持するべく、格納施設雰囲気を制御できる機能を設置することを要求している。これに対し BWR プラントでは、FCS を設置するとともに PCV 内を不活性にしている。なお、原子炉建屋の水素対策についての要求はない。また、設計基準事象を超える事象を扱っている共通懇中間報告においてもこのことに言及はない。

PSA では、シビアアクシデント時に、炉心損傷に伴って金属水反応及び水の放射線分解で発生した水素が PCV から空気雰囲気の原子炉建屋へ漏洩し、原子炉建屋内で燃焼するシナリオを含めているが、こ

これは、PCVの健全性の観点からの評価であり、原子炉建屋の破損については議論がなされていなかった。

設計基準事象対応として、設置しているFCSはシビアアクシデント環境下でも有効であると考えられていたが今回は電源が利用できなかったため、この機能は利用されなかった。

なお、原子炉建屋の水素対策については、設備・手順書とも考慮されていなかった。

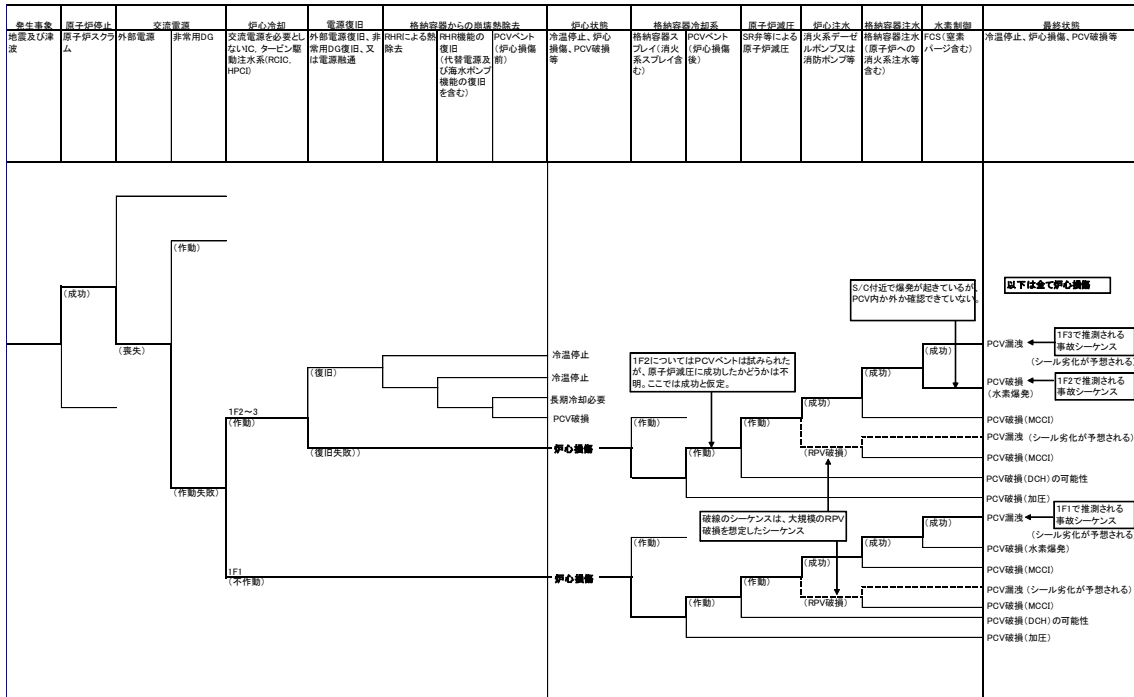
#### ⑫ 使用済燃料プールへの代替注水・冷却

安全設計審査指針の指針49（燃料の貯蔵設備及び取扱設備）においては、使用済燃料プールには、崩壊熱を除去し、最終ヒートシンクである海へ移送できるシステムを有すること等が要求されている。しかしながら、最終ヒートシンクへ移送できるシステムが喪失した場合に備えて代替注水を行えるようにする要求はない。原子炉に比べて使用済燃料プールのリスクは十分に小さいとして、使用済燃料プールを対象としたPSAの実施例は少ない。なお、2010年3月に公表した福島第一原子力発電所1号機におけるPSRにおいて、原子炉内の全燃料が使用済燃料プールに取り出された場合の使用済燃料プールについてPSAが実施されているもののリスクは小さいとして、使用済燃料プールへの海水注水に係る設備・手順書については考慮されていなかった。

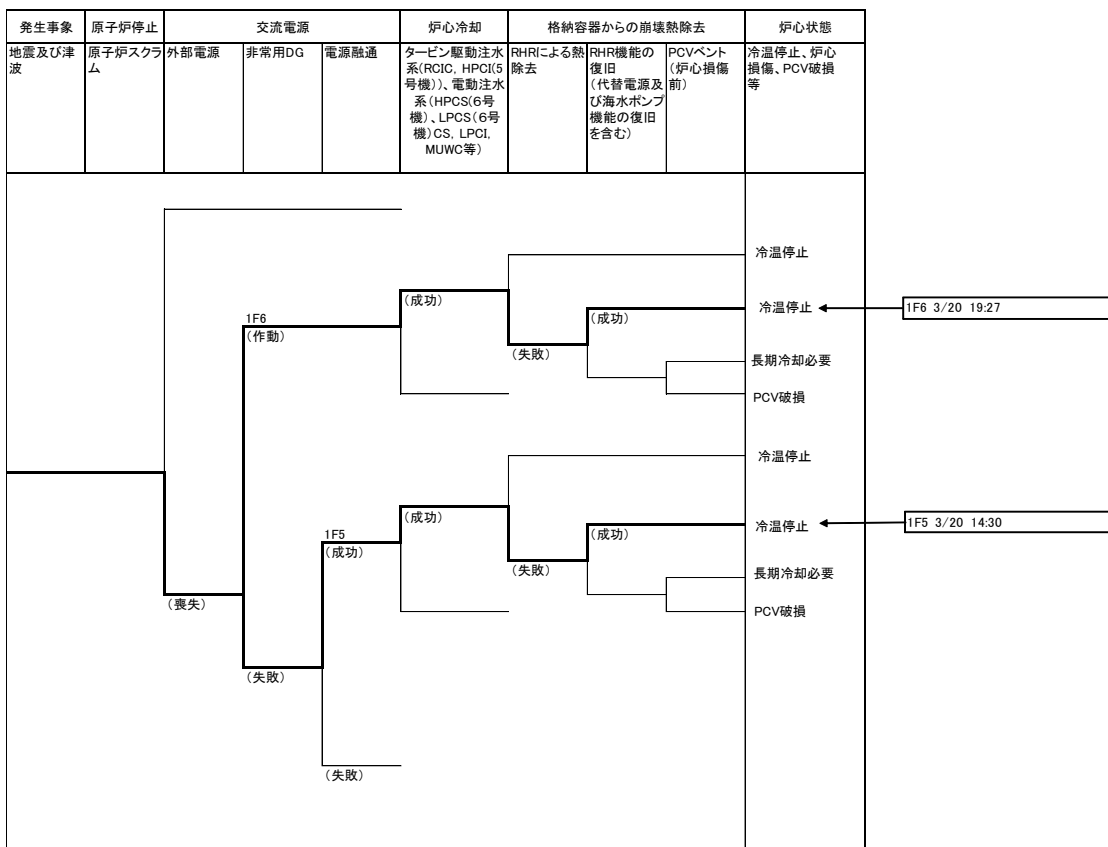
#### ⑬ 原子炉又はPCV冷却のためのD/Wへの注水

東京電力は、代替スプレー機能の整備とともに、D/W内のRPVを支える基礎部の空間（ペDESTAL）への注水に関するアクシデントマネジメントとして、代替スプレー機能と同じ配管を用いて注水できる機能を整備している。

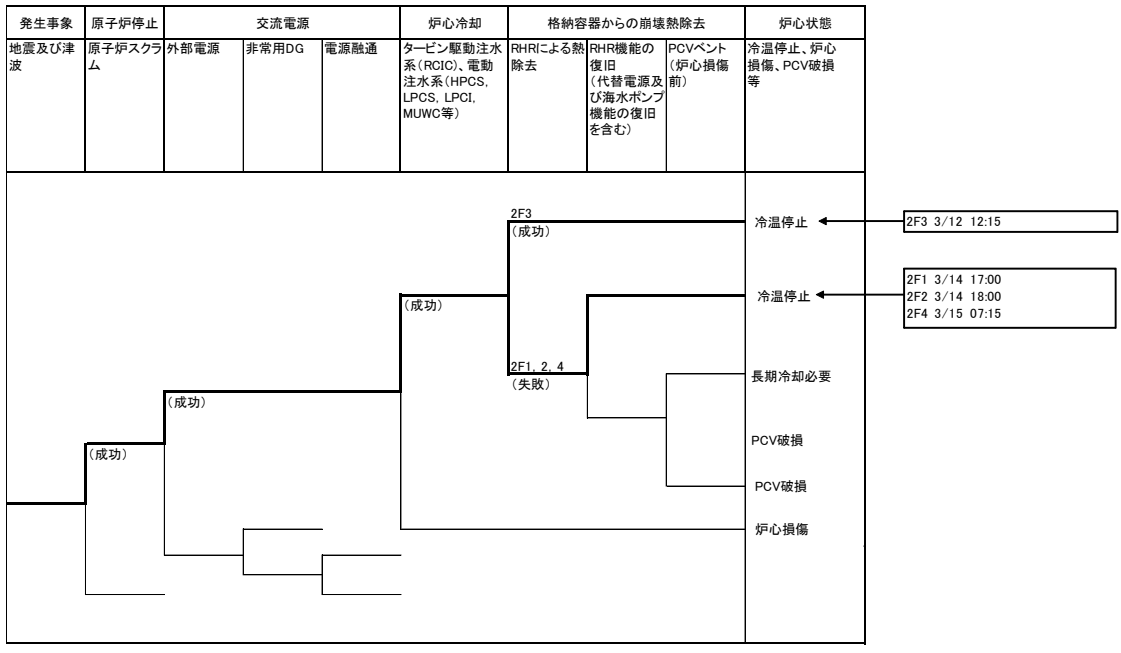
今回、3号機においては、PCV圧力の上昇があり、減圧のためS/Cへのスプレーを使用し、アクシデントマネジメントが機能したことが確認できた。なお、1号機及び2号機においては、PCVベントを優先させたため、PCVスプレー（D/W及びS/C）を実施しなかった。



図IV-7-1 福島第一原子力発電所 1号機から3号機の機能イベントツリー



図IV-7-2 福島第一原子力発電所 5号機、6号機の機能イベントツリー



図IV-7-3 福島第二原子力発電所 1号機から4号機の機能イベントツリー

#### (4) 総合評価

##### ① 設計用津波に対する認識

土木学会原子力土木委員会津波評価部会は 1993 年に発生した北海道南西沖地震を契機に、決定論的な津波水位評価手法をまとめた「原子力発電所の津波評価技術」[IV7-1]を 2002 年に公表した。これは、設計用津波の策定においては、過去に発生したことが確かな津波を踏まえること、策定過程に伴う不確かさ（ばらつき）を適切な手法を用いて考慮することを求めている点に特色がある。事業者はこれに基づいて自主的に設計用津波の見直しを行ったが、原子力規制行政機関は関与しなかった。

ところで、2006 年に策定された耐震設計審査指針は「8. 地震随伴事象に対する考慮」において、「施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性のあると想定することが適切な津波によっても、施設の安全機能が重大な影響を受けるおそれがないこと」とし、想定津波に対する設計対応を求めている。

今次の大津波により、安全上重要な設備の共通原因多重故障を引き起こし得ることが判明した。

そのため、今後は、津波についても、策定された設計用津波を上回る津波が施設に及ぶことによるリスクの存在を十分認識して、それを合理的に実行可能な限り小さくするための努力をすることが必要である。

一方、土木学会原子力土木委員会津波評価部会では、想定される地震動や津波に対して設計対策を行ったからといって、安全上重要な設備の共通原因多重故障を引き起こし得る地震や津波に対しては、必ずしも原子力施設に対して十分な安全水準が達成されると限らないとの認識のもと、「確率論的津波ハザード解析の方法（案）」を取りまとめる作業に着手している。

なお、原子力安全・保安院は、指針改訂に伴って発せられた原子力安全委員会の指示を踏まえて、改訂された耐震設計審査指針に基づき、全ての既設原子力発電所について最新知見を踏まえた耐震バックチェックを実施している。福島第一原子力発電所についても 3 号機と 5 号機の間接報告書が作成され、原子力安全・保安院がレビューをしている。ただし、津波に関する評価や残余のリスクの評価は、今後実施することとなっていた。

これらのことから、関係者に、決定論的手法に基づいて決定された設計用津波は、それを超える津波が襲来しないことを保証するもので



はなく、したがって、目標とする安全水準を達成する責任から、それを超える津波が襲来した際のプラントの振る舞いを分析して、達成すべき安全水準（安全目標）を踏まえて、適切な設計対策やアクシデントマネジメントを整備する必要があるとの認識が欠けていたと指摘できる。

この背景には、原子力規制行政機関が、原子炉等規制法が判断基準に掲げる「災害の防止上支障のないこと」という基準を社会と共有できる「目標とする安全水準」に翻訳して、その妥当性を巡って社会と対話していく姿勢を欠いていたことがあると思われる。

## ② アクシデントマネジメント指針

1992年に原子力安全委員会によって策定された「アクシデントマネジメント指針」を受けて各原子力発電所でその後、10年をかけて整備されたアクシデントマネジメントは、1980年代末に実施された機器故障、人的過誤などに起因する内的事象に関するPSAやシナリオ分析に基づくものである。この指針は、アクシデントマネジメントを新たに導入することの有効性を説明することに力点がおかれ、それが有効性を発揮するべき環境条件を網羅して示してはいなかった。

したがって、原子力規制行政機関は、事業者に対し、アクシデントマネジメントのための機器、資材等を配置し訓練を実施する段階で、共通原因故障の新しい知見や外部事象に関するPSAの結果を参照することを求め、実施された取組が実効的であるように現実的な条件下で実施訓練を定期的に行うことを義務付けるべきであった。

さらに、この方針もそうした取組の経験や新たに策定された地震PSA及び津波PSAの結果などを踏まえて改訂されるべきであった。

しかしながら、アクシデントマネジメントは、事業者が自主的に行うべき取組とされたため、新しい知見等を取り入れ改善を行う等のPDCAが要求されておらず、また、原子力安全委員会においても、アクシデントマネジメント指針はその後、今日まで一度も見直されることがなかった。

目指すべき安全水準の達成にアクシデントマネジメントが果たす役割の大きさを考えれば、原子力規制行政機関は、これが効果的なものであるように、新しい知見を踏まえてアクシデントマネジメント指針を絶えず見直すべきであった。

また、今回の津波に襲われた福島第一原子力発電所には6機の原子炉施設があり、いずれも事故状態に陥ったが、多数機立地施設にも拘

ならず、アクシデントマネジメントは複数の原子炉施設に同時に対応することを考えて整備、訓練されたものではなかった。

### ③ 安全上重要な系統の多様性：共通原因故障への備え

今回の事故の特徴は、非常用 DG、非常用母線に接続するための配電盤を始め、安全上重要な系統の多くの電気品が津波の襲来により水没し使用不能となり、最終ヒートシンクへの経路が絶たれ、さらに、直流電源が失われたプラントもあり、深刻なシビアアクシデントとなった。すなわち、アクシデントマネジメントとして整備されていた消火系を用いた原子炉への注水や PCV ベントなども、ポンプ、電動弁、空気作動弁（AO 弁）などの作動不能のため、速やかには機能させられなかった。

他方、RCIC などの一部の蒸気駆動系は、8 時間を超えても蓄電池の枯渇まで炉心冷却機能を果たし、非常用 DG も高いところに設置されたものは、非常用 DG 本体及び電源盤が水没を免れたためその使命を果たした。

設計基準事象を超える事象（BDBE）は、地震、津波、火災などがもたらす共通原因故障による安全上重要な設備の多重故障に起因する可能性が高い。したがって、目指すべき安全水準を達成するために設計基準事象を超える事象（BDBE）の発生頻度やそのもたらす影響を制限するためには、これらの外部事象がもたらす厳しい条件に対応できるようにプラントを改造すること、また、その条件下で効果を発揮するべきアクシデントマネジメントの整備にあたっては、設備等の同時故障を避ける工夫が重要になる。

したがって、原子力規制行政機関においては、水や振動、火災等に対する十分な防御とともに、これらによる共通原因故障の可能性を極力排除する観点から、設備の設置場所や動力源、サポートシステムの多様性を確保することを重視して進められるべきことについて強調するべきであった。また、事業者のアクシデントマネジメントについては、そうした厳しい条件下で効果を発揮するべきものであることを念頭において訓練が行われ、その有効性と課題が絶えず、レビューされていることを求める必要があった。

### ④ PCV の設計圧力とベントシステム

事故における PCV の機能喪失は周辺環境への直接的悪影響が極めて大きいため、今回のような多重故障の発生した場合であっても、

PCV の健全性は確保されるべきである。このためには、その設計温度・圧力は炉心損傷の発生を念頭において定められ、同時に、万一の際の過剰圧力による破損を回避するベントシステムをアクシデントマネジメントとして整備することが必要である。

今回の事故を踏まえれば、炉心損傷後は PCV 付近の放射線レベルが高くなることを考慮して交流電源喪失時にもタイマーに遠隔操作でベント可能なシステムとし、PCV ベントシステムは、十分な除染能力を有するフィルターを有しているべきであった。また、炉心損傷事象が発生していることに対応する温度・圧力の排気がなされる可能性があることを踏まえて、PCV ベントラインに接続する系統を通じて、建屋内に水素や放射性物質が漏えいされることのないように、系統の共用はできるだけ無くすべきであった。さらに、設計圧力を超えた際にも液層部で漏えいが発生することのないように、不連続部やパッキン類でシールする機器の耐圧性に十分な余裕のある設計上の配慮があるべきであった。

#### ⑤ 原子炉建屋での水素爆発

今回の事故では、原子炉建屋における水素爆発が事故への対応、収束活動を著しく阻害している。BWR プラントでは、PCV 内の不活性化と FCS の設置を水素燃焼対策として行っており、これは炉心損傷後も有効であると考えられていた。今回は、現場において水素の発生は気にされていたが、電源喪失を受けた対応を講じている間に、福島第一原子力発電所 1 号機及び 3 号機では過圧された PCV から漏えいした水素により爆発が生じている。福島第一原子力発電所 4 号機では、3 号機の PCV ベントからの水素の流入により爆発が生じたと推定される状況にある。

このことから、炉心損傷が発生した後のアクシデントマネジメントとして、PCV から漏えいした水素が原因で原子炉建屋内にて爆発が発生することを防止するための換気設備、及び水素が滞留することを防ぐための手段・装置等を、独立の駆動電源をも含めて整備しておくべきであった。

#### ⑥ 使用済燃料プールに対するリスク

今回の事故では、電源喪失により使用済燃料プールの冷却機能が喪失した。特に、福島第一原子力発電所 4 号機では炉内構造物であるシュラウド取替工事等のため、使用済燃料プールには比較的崩壊熱の高い

燃料が 1 炉心分貯蔵されていた。原子炉に対する事故対応とともに、使用済燃料プールの冷却機能を代替する対策を速やかに行う必要が生じた。しかしながら、原子炉に比べて内蔵する放射能インベントリーが少ないことから、原子炉に比べ、その格納機能が劣るにも拘わらず、使用済燃料プールに起因するリスクは十分に小さいとの確定論的判断により、それに対応するアクシデントマネジメントは特に考えられていなかった。

#### ⑦ PSR と PSA

1992 年から、約 10 年毎に最新の技術的知見に基づき既設原子力発電所の安全性等を総合的に評価する PSR が、事業者の自主保安として実施されてきた。PSR の実施項目の一つとして PSA の実施とその評価に基づく必要な対策の立案があり、原子力規制行政機関はその妥当性のレビューを行っていた。

しかしながら、2003 年に行われた PSR の見直しの際に、他の実施項目は原子炉等規制法に基づく保安規定の要求事項とされたが、PSA は事業者の任意事項として残され、原子力規制行政機関によるレビューは実施されなくなった。原子力規制行政機関は、国民のためのリスク管理のために規制対象のリスク構造を把握する PSA を、品質を管理しつつ事業者に実施させ、その結果を規制上の判断に利用することに熱心ではなかった。このことは、結果的に、目指す安全水準を達成するために重要なことと重要でないことの区別を曖昧にし、原子力安全文化の劣化を招いた可能性がある。

原子力規制行政機関は、原子炉のリスクが小さく維持されていることを国民に代わって検査し、説明する使命に鑑みれば、事業者に対して、それぞれのプラントのリスクを外部事象も含めて評価させ、それに基づく適切なアクシデントマネジメントの整備を強制し、これを最新の知見を踏まえて見直し、充実させるべきであった。

#### ⑧ 高経年化の影響

地震発生後の設備の稼働状況の調査結果や観測された揺れの大きさ等からは、原子炉の安全上重要な設備・機器の影響が見られていないことから、高経年化による劣化事象（原子炉の脆化、繰り返し疲労、配管減肉、熱時効、ケーブルの劣化等）が直接な原因ではなく、原子炉の冷却が不十分または停止したことにより、いずれの炉心の損傷が生じ炉心の溶融に至ったことが主要な要因と考えられる。

なお、今般のような地震や津波に対して、高経年化した原子炉がシステムとしての脆弱性を有していなかったか否かについては、今後詳細な検討が必要である。これについては、上述の PSR 等において十分な検討を行い、必要に応じて安全系設備の更新や改修などを行うことも検討していくべきである。

#### ⑨ 事故対応環境

今回の事故において、事故時における中央制御室の居住性の悪さ及び事故時計装の不備が様々な操作に至る判断の遅れをもたらしたことは明らかである。これは、長時間にわたる全交流電源喪失事象を設計基準事象として考慮しなくてよいとし、また、アクシデントマネジメント整備においても対象としていなかったことから生じたものである。

今後は、長時間にわたる全交流電源喪失事象が起きた際のアクシデントマネジメントを効果的にさせる観点から、炉心損傷後も中央制御室及びその周辺通路等の居住性を維持するとともに、事故時においても計装系が信頼できること、これを支える直流電源が十分な持続性を有するべきことを定めるべきであった。

なお、中央制御室が共用のツインプラントの場合や隣接してプラントがある場合には、隣接プラントの事故を外部事象として考慮し、その際の運転操作継続のために必要な居住性を同様の観点から確保することも求めるべきであった。

また、この要求は原子力発電所緊急時対策所に対しても当てはまる。

今回の事故においては、中央制御室からの運転員の退避に伴い、原子力発電所緊急時対策所がプラント状況の把握の中心となったが、ここで居住性の悪さがアクシデントマネジメントを実施する上で迅速な作業の妨げになった。こうしたことを踏まえ、アクシデントマネジメントの整備にあたっては、厳しい事故環境における効果的实施を可能にさせる観点から、専用換気空調系を含む緊急時対策所の在り方が詳細に検討されるべきであった。

また、福島第一原子力発電所では、2007年7月に発生した新潟県中越沖地震において柏崎刈羽原子力発電所の緊急時対策所が被害を受けた経験を踏まえ、緊急時対策所を自主的に免震構造としていた。このような対策は今回有効に機能したと言える。他の原子力発電所の緊急時対策所においても、このような機能を規制上要求する必要性についても今後検討していくべきである。

#### ⑩ 原子炉建屋の在り方

今回の事故においては、その収束を困難にしているのは PCV の破損部が低い位置にあって、原子炉への注入水が漏えいしていること、原子炉建屋の低層階には電線管や配管が多数貫通しており、その貫通部が水密シールされていないため漏えい水がタービン建屋に移動していることである。アクシデントマネジメントの一つに掲げられるフラiddiingが実施可能であるように、また、PCV の外部冷却を採用できる可能性を確保する観点から、原子炉建屋底部の水密性が確保されていることが望ましかった。

さらに、地下水の存在が汚染水の管理を困難にしていることを踏まえれば、枢要部は地下水位より高く設置すること、地下水を排除する遮水措置を施した敷地に建屋を建設する等、事故管理活動に対する地下水の悪影響について検討されるべきであった。

#### ⑪ 隣接プラントとの独立性

今回の事故において、その収束を困難にしているのは、建屋地下で隣接プラントと連絡しており汚染水が隣接建屋間を移動することである。プラントを隣接して建設する場合に設備や管理の共用化を図ることには経済的合理性があるとしても、隣接原子炉で事故が発生したことに伴う悪影響を隔離できるようにしておくことは重要であり、この観点から、隣接原子炉との物理的分離を図ること、あるいは物理的分離を図ることができるようにしておくことが検討されているべきであった。

## 参考文献

- [IV2-1] 原子力安全委員会,“発電用軽水型原子炉施設における安全設計審査指針,”平成 2 年 8 月 30 日
- [IV2-2] 原子力安全委員会,“発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針,”平成 18 年 9 月 19 日
- [IV2-3] 原子力安全・保安院,“「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂に伴う既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価等の実施について,”平成 18 年 9 月 20 日
- [IV2-4] 原子力安全委員会,“「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」,”平成 2 年 8 月 30 日
- [IV2-5] USNRC,“An Assessment of Accident Risks in U.S.Commercial Nuclear Power Plants [NUREG-75/014 (WASH-1400)] ”October 1975.
- [IV2-6] IAEA, *INSAG-12: BASIC SAFETY PRINCIPLES FOR NUCLEAR POWER PLANTS 75-INSAG-3 Rev. 1*. Vienna: IAEA, 1999.
- [IV2-7] 原子力安全委員会原子炉安全基準専門部会共通問題懇談会,“シビアアクシデント対策としてのアクシデントマネジメントに関する検討報告書—格納容器対策を中心として—,”平成 4 年 3 月 5 日
- [IV2-8] 原子力安全委員会,“発電用軽水炉型原子炉施設におけるシビアアクシデント対策としてのアクシデントマネジメントについて,”平成 4 年 5 月 28 日
- [IV2-9] 通商産業省,“アクシデントマネジメントの今後の進め方について,”平成 4 年 7 月
- [IV2-10] 原子力安全・保安部会基本政策小委員会,“原子力安全規制に関する課題の整理,”平成 22 年 2 月
- [IV2-11] 原子力安全・保安院,“原子力安全規制への『リスク情報』活用の基本的考え方,”平成 17 年 5 月 31 日
- [IV2-12] 原子力安全委員会安全目標専門部会,“安全目標に関する調査審議状況の中間とりまとめ,”平成 15 年 12 月
- [IV2-13] 原子力安全委員会安全目標専門部会,“発電用軽水型原子炉施設の性能目標について—安全目標案に対応する性能目標について—,”平成 18 年 3 月 28 日
- [IV2-14] 原子力安全委員会原子炉安全基準専門部会,“共通問題懇談会 中間報告,”平成元年月 27 日
- [IV2-15] 東京電力株式会社,“アクシデントマネジメント検討報告書,”平成 6 年 3 月

[IV2-16] 東京電力株式会社, ”アクシデントマネジメント整備報告書,”平成 14 年  
5 月

[IV7-1] 土木学会原子力土木委員会津波評価部会, ”原子力発電所の津波評価技  
術,”平成 14 年 2 月



## V. 原子力災害への対応

### 1. 事故発生後の緊急時対応

#### (1) 体制構築と避難等の指示

##### ① 原災法に基づく主な初動対応等

3月11日15時42分、原子力発電所の安全規制を担当する経済産業省は、原子力事業者からの原子力災害特別措置法（平成11年法律第156号。以下、「原災法」という。）第10条通報（運転中の全交流電源喪失）を受け、原子力災害警戒本部及び同現地警戒本部を設置した。

3月11日16時00分、原子力安全委員会は、臨時会議を開催し、緊急助言組織の立上げを決定した。

3月11日16時36分、内閣危機管理監は、福島第一原子力発電所における原災法第10条通報（同日15時42分）を受け、当該事故に関する官邸対策室を設置した。

3月11日19時03分、内閣総理大臣は、原子力緊急事態宣言を発令し、原子力災害対策本部及び同現地対策本部を設置した。

上記と並行して、関係府省等においても、緊急時対応に係る体制の立上げ等を行った。

##### ② 災害事象の状況把握等

原子力災害発生時の原子炉の状態把握や事故進展予測などを行う緊急時対策支援システム（ERSS）については、地震発生直後にデータ伝送システムが故障したため、事故発生の当初から必要なプラント情報を得ることができず、本来の機能を活用することができなかった。

また、原子炉施設から大量の放射性物質の放出又はそのおそれがあるという緊急時に、周辺環境における放射性物質の大気中濃度や被ばく線量などを迅速に予測する緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム（SPEEDI）については、3月11日午後16時40分に文部科学省から原子力安全技術センターに対し、防災基本計画に定められたとおりに緊急時モードへの移行を指示している。その上で、放射性の希ガス又はヨウ素が1時間あたり1ベクレル放出される状態が1時間続いたものと仮定して、放射性希ガスによる地上でのガンマ線量率（空気吸収線量率）の分布と、大気中の放射性ヨウ素の濃度分布の時間変化を予測した。しかしながら、SPEEDIは、原子炉施設から伝送される放射線モニタリングデータから成る放出源情報や気象庁から提供される気象条件及び地形データを入力として、予測計算を行うものであるが、今回はERSSを通じて放出源情報を得

ることができなかつたため、大気中の放射性物質の濃度や空間線量率の変化を定量的に予測するという本来の機能を活用することができなかつた。

なお、SPEEDI の運用体制について、今回の初動対応の中で、下記のように、一部見直しが図られている。

文部科学省所管の SPEEDI システムについては、文部科学省、原子力安全・保安院、原子力安全委員会、原子力災害現地対策本部（以下、「現地対策本部」という。）、福島県に端末があり、このうち原子力安全・保安院及び文部科学省には同システムを操作する原子力安全技術センターの職員が配置されていた。一方、原子力安全委員会には、同委員会が SPEEDI の計算を行う際には文部科学省を経由して原子力安全技術センターに計算を依頼することとされていたため、当初は同委員会に原子力安全技術センターの職員は配置されていなかった。

3月16日、政府部内の役割分担が整理され、文部科学省は、環境モニタリングの実施のとりまとめ及び結果の公表を担当することとなった。その際、合わせて原子力安全委員会がモニタリング情報等の評価を行うこととなった。また、文部科学省は、原子力安全委員会による SPEEDI の活用が迅速に進められるよう、原子力安全委員会事務局にも原子力安全技術センター職員を派遣させた。そのことから、原子力安全委員会においても、原子力安全技術センター職員に直接計算を依頼して試算を行うことが可能となった。

### ③ 現地対策本部の立上げと福島県庁への移転

3月11日、福島第一原子力発電所を管轄する福島第一原子力保安検査官事務所の職員は、当該事務所で執務していた非常勤職員1名を除き、福島第一原子力発電所において保安検査のための業務を行っていた。地震発生を受け、所長等3名は事務所所在地である、当該発電所から西方向約5kmに位置する緊急事態応急対策拠点施設（OFC）に戻り、残りの検査官5名は発電所で引き続き情報収集に当たった。

緊急事態応急対策拠点施設（OFC）においては、原災法第10条通報を受け、原子力災害現地警戒本部が立ち上げられた（3月11日15時42分）。また、第15条事象の発生を受け、現地対策本部が立ち上げられた（同日19時03分）。なお、経済産業副大臣の到着までの間は、原子力災害対策マニュアルに基づき事務所長が現地対策本部長を代行した。

しかしながら、地震に伴う停電に加え、非常用電源の不具合により電源が失われ、各種の通信手段も利用できない状態となった。このため、事務所長等は、OFCから隣接する福島県原子力センターに一時的に居所を移し、

同センターの衛星電話で外部との連絡を行った。

一方、現地本部長の任に当たる経済産業副大臣は、原災法第 15 条事象の発生を受け、直ちに OFC に向けて出発（3 月 11 日 17 時 00 分）、防衛省から自衛隊のヘリコプター等により移動して、同行した保安院職員及び原子力安全委員会事務局員とともに現地（福島県原子力センター）に到着した（3 月 12 日 0 時 00 分）。また、ほぼ同じ頃に、別途移動していた文部科学省職員も現地に到着した。さらに、3 月 11 日夜から翌 12 日にかけて、自衛隊、福島県（副知事等）、独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、「JAEA」という。）、独立行政法人放射線医学総合研究所（以下、「放医研」という。）等の職員も現地に到着した。しかしながら、現地対策本部構成員として本来予定されている関係府省職員等の初動の参集割合は、全体に低調であった。また、担当の原子力安全委員及び緊急事態応急対策調査委員の現地派遣についても、防災基本計画通りに直ちに派遣されなかった。その原因の一つとして、先行した震災の影響等があると考えられる。

その後、OFC の非常用電源が復旧し、通信システムも衛星回線によるものについては利用可能となったことから、現地対策本部の対応は再び OFC にて行われることとなった（3 月 12 日 3 時 20 分）。

この間の OFC での活動として、現地対策本部長は、関係地方自治体の長に対し、避難状況の把握、地域住民への広報、安定ヨウ素剤に係る準備、緊急時モニタリングの実施、スクリーニング及び除染等に関する指示等を行った。

OFC においては、プラント情報、ERSS、SPEEDI 等を所期のとおり利用することができない状況が継続した。その後、原子力災害の進展に伴う高放射線の影響、周辺地域の物流が滞る中での燃料や食料等の不足等が生じ、現地対策本部は、OFC において効果的に活動を継続することが困難となった。

原災法令上、このような場合に備え、その代替施設を用意しておくことが要件として定められており、当該 OFC の代替施設としては南相馬市の庁舎が予定されていた。しかしながら、当該庁舎は、既に地震・津波による災害対応に用いられていた。

このため、OFC の代替施設について改めて調整が行われ、その結果として現地対策本部は福島県庁に移転した（3 月 15 日）。

#### ④ 環境モニタリングの初動体制

防災基本計画においては、「地方公共団体は、緊急時における原子力施設からの放射性物質又は放射線の放出による周辺環境への影響の評価に資す

る観点から、(中略)原子力安全委員会が定めた指針に基づき、緊急時モニタリング計画を策定し、モニタリングポストの整備・維持、モニタリング要員の確保等緊急時モニタリング体制の整備を図るものとする」とされ、「原子力緊急事態宣言発出後においては、関係機関からの情報を含む緊急時モニタリングの結果をとりまとめ、対策拠点施設に派遣した職員に対し連絡するものとする」とされている。このように、緊急時モニタリングの実施や取りまとめについては地方公共団体の役割とされている。

これは、住民の避難・誘導等については、国よりも各地方の住民の状況や地理に詳しい地方自治体の方がその主体としてふさわしいと考えられることから、緊急時モニタリングについても地方自治体の役割とすべきと考えられたからである。

今回の事故においても、福島県では県庁の要員が参集し、関係機関とともに緊急時モニタリングを開始した。しかしながら、今回の事故においては、福島県の機器や設備等が地震及び津波によって損害や停電の影響を受けたこと、地方自治体が広範囲に生じた地震及び津波による災害への対応にも注力しなければいけなかったこと、及び上述のとおり現地対策本部がOFCから福島県庁へ移転しなければならなくなるなど、不測の事態が生じたことにより、環境モニタリング活動を行うことには大きな困難が伴った。

今回の場合、文部科学省は、原子力防災の中心拠点がある茨城県内の施設から隣県である福島県に対し、一次隊として原子力発電所付近のオフサイトセンターへモニタリングカー(文部科学省が所有する2台とJAEAが所有する1台)を派遣した。その後、文部科学省は、二次隊として福島県庁のある福島市へモニタリングカー(文部科学省が所有する2台とJAEAが所有する2台)を派遣した。

また、防災基本計画において、要請等に基づきモニタリングの実施や支援を行うこととなっている関係省庁も広範囲にわたる多数の行方不明者の捜索など他の震災対応に従事していたため、震災直後からの環境モニタリングの参加には制約があった。

3月13日に現地対策本部が実施した最初の環境放射線モニタリング情報が、原子力安全・保安院から3月14日7時30分に公表され、一部に30 $\mu$ Sv/hを超える測定値が観測された。

3月15日20時40分～50分に浪江町周辺(福島第一発電所から北西20km)3地点で実施された走行線量測定の結果、車外で最高330 $\mu$ Sv/hという測定値が観測された。これらは、文部科学省から3月16日1時05分に公表された。

3月15日、採取した表土、植物からは高濃度の放射性ヨウ素と放射性セ

シウムが検出され、放射性プルームの通過地域では、今後の相当期間、高線量率、高濃度の状態が継続すると推定されたため、原子力安全委員会は、牛乳、飲料水、農作物の早期モニタリング実施を官邸緊急参集チーム協議で提起した。

この間、地震による道路への影響、原子炉施設における災害事象の進行等のため、文部科学省はモニタリングカーを派遣したが、現地対策本部は十分なモニタリング活動を行うことができなかった。

このような中、政府部内の役割分担を調整し、3月16日以降は文部科学省が環境モニタリングの実施のとりまとめ及び結果の公表を行うこととなり、3月16日1時05分以来、毎日、環境モニタリングの結果が文部科学省から公表されている。また、原子力安全委員会は、原子力災害対策本部を通じ、文部科学省に対して、文部科学省が発表している「福島第一原子力発電所の20km以遠のモニタリング結果について」において、3月17日より100 $\mu$ Sv/hを超える値が2日連続で観測されたため、その地点（ポイント32）に積算線量計の設置又は測定頻度等を増やすこと等の対応を要請した（3月18日）。

#### ⑤ 避難区域及び屋内退避区域の設定の経緯

##### a 福島第一原子力発電所に関する指示

3月11日20時50分、福島県知事は、大熊町及び双葉町に対し、福島第一原子力発電所から半径2km圏内の居住者等の避難を指示した。

原子力災害対策本部長（内閣総理大臣）は、同日21時23分に関係地方自治体（福島県、大熊町、双葉町、富岡町、浪江町）の長に対し、原災法に基づく指示を発出した。これは、福島第一原子力発電所から半径3km圏内の居住者等は避難のための立ち退きをすること及び同発電所から半径10km圏内の居住者等は屋内への退避を行うことを指示するものであった。避難指示は、1号機の原子炉が冷却できない状況であり、その状態が続いた場合に備えて念のために行われたものであった。

3月12日5時44分には、原子力災害対策本部長より、同発電所から半径10km圏内の、従来、屋内への退避を指示されていた居住者等に避難のための立ち退きを指示した。この避難指示は、原子炉格納容器内の圧力が上昇しているおそれがあることから行われたものであった。

同日18時25分には、福島第一原子力発電所1号機において生じた爆発、これに対する応急措置等に鑑み、原子力災害対策本部長より関係地方自治体の長に対して新たな指示が発出された。関係地方自治体には、福島県、大熊町、双葉町、富岡町、浪江町、川内村、楡葉町、南相馬市、田村

市、葛尾村が含まれる。その内容は、福島第一原子力発電所から半径 20km 圏内の居住者等の避難のための立ち退きを指示するものであった。この避難指示は、1号機以外の原子炉を含め複数号機において同時に災害が発生しうるリスクに備えて行われたものである。

12日以降、1号機及び3号機における水素が原因とみられる爆発（それぞれ12日及び14日）や、2号機で生じた爆発的事象や煙、4号機における爆発や火災（それぞれ15日）等、複数号機において様々な事態が発生した。このため、原子力災害対策本部長は、3月15日11時00分、関係地方自治体の長に対して新たな指示を発出した。関係地方自治体には、福島県、大熊町、双葉町、富岡町、浪江町、川内村、楢葉町、南相馬市、田村市、葛尾村、広野町、いわき市、飯舘村が含まれる。その内容は、福島第一原子力発電所から半径 20km 以上 30km 圏内の居住者等の屋内への退避を指示するものであった。（同圏内の屋内退避指示の解除については後述）

#### b 福島第二原子力発電所に関する指示

3月12日、5時22分以降、福島第二原子力発電所において、複数号機の圧力制御機能が喪失される原子力緊急事態が発生した。内閣総理大臣は、原災法に基づき、7時45分に原子力緊急事態を宣言した（※注；原子力緊急事態の宣言と同時に、原子力災害対策本部及び現地対策本部が福島第一原子力発電所のそれに統合する形で設置された。これに伴い、内閣総理大臣は、福島第1及び第2原子力発電所事故に係る原子力災害対策本部長となった。）。

同時に、関係地方自治体の長に対し、福島第二原子力発電所から半径 3km 圏内の居住者等は避難のための立ち退きをすること、及び同発電所から半径 10km 圏内の居住者等は屋内への退避を行うことを指示した。関係地方自治体には、福島県、広野町、楢葉町、富岡町、大熊町が含まれる。

同日、福島第一原子力発電所 1号機において生じた爆発を受けて、原子力災害対策本部長は 17時39分に、福島第二原子力発電所から半径 10km 圏内の居住者等に避難を指示した。避難を指示された当該居住者等は、従来、屋内退避を指示されていた者である。

この避難指示について、4月21日に原子力災害対策本部長は、関係地方自治体の長に対し、避難指示の対象区域を福島第二原子力発電所から半径 8km 圏内に変更する指示を発出した。関係地方自治体には、福島県、広野町、楢葉町、富岡町、大熊町が含まれる。この変更の指示は、原子力緊急事態宣言の発令時点（3月12日、7時45分）から重大な事故が発生

するリスクが相当程度低下しており、一定の安全対策が確保されていると判断されることから発出された。

なお、原子力災害対策本部長による避難等の指示の対象区域は、原災法第 20 条第 5 項に基づき、公示の変更について原子力安全委員会の意見を聴いた上で変更されたものである（添付 V-1 原子力災害対策本部長からの避難指示等）。

#### c 避難指示の伝達手段と連絡状況

事故発生の当初は、可能な限り早く居住者等の安全を確保するため、原子力災害対策本部長は、速やかに避難区域の設定及び避難指示を行った。指示発出後速やかに、原子力災害対策本部事務局から現地対策本部及び福島県に電話で避難のための立ち退きや屋内への退避の指示を連絡し、対象市町村に対しては、現地対策本部及び福島県を經由して電話連絡した。加えて、原子力災害対策本部事務局から直接対象市町村に対して電話連絡を行った。しかし、大規模震災により電話等の通信手段が大きな被害を受けたことから、必ずしもすべての関係先には直接電話が繋がらず、地方自治体への事前の伝達は十分にできなかった。一方、警察は、警察無線を通じて避難指示を自治体に伝達した。また、避難指示を住民に迅速に伝達するため、パトカーなどの警察車両による広報を行い、住民の避難誘導を行った。また、避難指示を迅速に周知するため、官房長官が各指示後に会見を開催し指示内容について発表したほか、テレビ、ラジオ等も活用して情報発信に努めた。実際の避難に当たっては、関係地方自治体、警察、地域住民等の協力により、迅速に行うことができた。

### ⑥ 避難区域及び屋内退避区域の指示後の国、地方自治体等の対応

#### a 避難区域等の概況

3 月 15 日までに発出された指示によって指定された避難区域（福島第一原子力発電所から半径 20km 圏内及び福島第二原子力発電所から半径 10km 圏内）の人口は約 78,200 人である。また、屋内退避区域（福島第一原子力発電所から半径 20km 以上 30km 圏内）の人口は約 62,400 人である（平成 22 年度国勢調査速報ベース）。

3 月 15 日 23 時 30 分、福島第一原子力発電所 20km 圏外及び福島第二原子力発電所 10km 圏外への避難が同日 19 時現在で措置済であることを、原子力安全・保安院が発表した。

#### b 指示後の国、地方自治体等の対応

避難及び屋内退避区域の市町村における指示に従った避難、屋内退避に加えて、屋内退避区域においても自主的に避難した住民がいる。屋内退避区域においては、期間が長期に及んだこと、自主的避難を希望する人が増加していること、商業、物流等に停滞が生じ社会生活の維持が困難となりつつあること、今後の事態の推移によっては放射線量が増大し避難指示が出される可能性も否定できないとの実情であった。こうした実情を踏まえ、政府は、屋内退避区域内の住民の生活支援（ガソリン、食料品、医薬品等の物資支援）及び自主的避難を積極的に進めるとともに、避難指示の発出を想定した準備を加速する必要があることを認識した。そのため、3月25日、官房長官が記者会見を行い、当該区域の市町村に対し、自主的避難を促進するとともに、避難指示が出された場合に直ちに実施に移せるよう適切な対応をとることを促した。

また、災害時要援護者等における避難の対応状況として、20km圏内の入院患者及び介護施設入居者にあつては、避難指示後遅滞なく搬送を終了した。また、20～30km圏内の入院患者にあつては、関係省庁の連携の下、福島県と協力都道府県間とのマッチングを行い、搬送手続きを進め、6病院約700人の搬送を3月21日までに終了した。20～30km圏内の介護施設入居者にあつては、入院患者と同様マッチングを行い、18施設、定員約980人の搬送を3月22日までに終了した。

なお、3月15日の指示に基づく、福島第一原子力発電所から半径20km以上30km圏内の居住者等に対する屋内退避指示は、計画的避難区域及び緊急時避難準備区域の設定と同時に解除された。（計画的避難区域及び緊急時避難準備区域の設定については4. に詳述）

## ⑦ 警戒区域の設定及び一時立入りについて

### a 経緯

避難や屋内退避の期間が長期化するにつれ、生活物資を自宅から持ち出すため等の理由により避難区域に立ち入る者も見られた。このため、3月末頃、福島第一原子力発電所から半径20km圏内の避難区域について、住民防護の観点からリスクがあるため、現地対策本部及び福島県災害対策本部より関係市町村に対し、当該区域への立入りの禁止を求めた。また、官房長官より、立入禁止の徹底とともに、避難区域の住民の要望を受けて一時立入りについて検討中であることを発表した。

### b 警戒区域の設定

避難区域への立入禁止を周知していたにもかかわらず、引き続き当該区



域への立入りが確認されたことから、住民防護上の大きなリスクが懸念された。一方で、避難区域を法的強制力のある警戒区域とすることについては、その必要性和当該地域の住民の権利制限とのバランスを慎重に判断するとともに、市町村との調整を行い実効性が担保できるかを考慮した上で行うべきものであることから、現地対策本部では、警戒区域の設定権限を持つ市町村との調整を行った。

4月21日、原子力災害対策本部長は、原子力安全委員会の意見を踏まえ、関係市町村長に対して原災法に基づく指示を発出した。この指示は、従来避難区域とされていた福島第一原子力発電所から半径20km圏内を、原災法において読み替えて適用される災害対策基本法（昭和36年法律第223号。以下、「災対法」という。）に基づく警戒区域として設定するよう指示するものであった。これを受け、関係市町村長は、翌22日に警戒区域を設定した。警戒区域の設定は、避難区域内に立ち入る居住者等に対する危険を防止するため、緊急事態応急対策や市町村長が認める場合を除いて当該区域への立入りを制限するものである。警戒区域の設定により、当該区域への立入り制限に違反する場合には法的に罰則が科されるとともに、原則として物理的な立入り制限の措置が講じられることとなった。

#### c. 一時立入りの概要

4月21日、警戒区域の設定と同時に、原子力災害対策本部は一時立入りの基本的考え方を公表した。一時立入りの対象は、福島第一原子力発電所から半径3km圏内や立入りのリスク、危険が高い区域を除いた半径20km圏内である。一時立入りは、安全性を確保しつつ、住民に数時間の一時的な立入りと必要最小限の品の持ち出しを認めるものである。また、立入りができなければ著しく公益を損なうことが見込まれる者も、市町村長が現地対策本部長と調整した上で認められる。23日には原子力災害対策本部長が立入りの許可基準（対象者、条件、手続き等）を公表した。なお、5月9日、原子力安全委員会は、原子力災害対策本部の要請を受けて、「一時立入りの実施」に対する助言を行った。住民の一時立入りについては、関係市町村、福島県等との調整を経て、5月10日以降、許可基準に従い順次実施することとなり、実際に5月10日及び12日には対象9市町村のひとつである川内村で一時立入りを実施された。その後、葛尾村（12日）、田村市（22日）、南相馬市（25日、27日）、富岡町（25日）、双葉町（26日、27日）及び浪江町（26日、27日）でも一時立入りを実施されたところである。

## (2) 原子力防災対策の取組み

### ① 住民等の安心・安全の確保

原子力災害による被災者の生活支援については、原子力被災者生活支援チームを中心として、「原子力被災者への対応に関する当面の取組方針」(5月17日。添付X-1)に基づき様々な取組みが進められているところである。その一環として、住民等の安心・安全の確保のため、次のような取組みが応急措置と並行して進められている。

- 原子力災害に関する一般的情報については、原子力災害対策本部(原子力安全・保安院、官邸等)、原子力災害現地対策本部、原子力安全委員会、東京電力株式会社(以下、「東京電力」という。)からプレス発表、ホームページにより適宜提供している。
- 放射線に係る健康面については、文部科学省に健康相談ホットライン、放医研に放射線被ばくの健康相談窓口が設けられており、一般市民からの相談に応じている。食品、水道水の安全については、厚生労働省のホームページにて情報を提供している。また、地元自治体の要請に応じ、全国の大学や放医研の専門家等が、住民を対象とした放射線による健康影響等に関する説明会を開催している。
- 心のケアについては、文部科学省のホームページに「こころの窓口」を設けて、震災地域の住民の不安や悩みを受け止める相談窓口に関する情報、子どもの心のケアに関する情報などを提供している。
- また、厚生労働省のホームページでは、メンタルヘルス・ポータル「こころの耳」に、被災された労働者やその家族、支援者向けの特設ページを開設している。また、避難した住民の避難所等において、こころの健康を守るためのポイントを、「こころの健康を守るために」としてまとめ、ホームページにより提供している。また、独立行政法人国立精神・神経医療研究センターにおいて、医療関係者等の支援者向け情報提供サイトを開設している。
- さらに、厚生労働省からの要請により、被災3県に対し、医療関係者などで編成する「心のケアチーム」が派遣され、保健師の活動等と連携をとって、被災者や行政職員等の支援者に対し、心のケアを行っている(5月27日現在、福島県においては6チーム24名が活動中)。
- 原子力発電所周辺の避難地域から避難した被災者は、十分な情報が得られず、元来難しい放射線影響問題について不安を増幅させることが懸念される状況にあった。このため、現地対策本部では、わかりやすい情報を、確実に避難者に届けられるよう、避難所に張り出す「ニュースレ

ター」の発行（現在第5号まで）及び地元ラジオ放送（AM、FM計2局）でのQ&A形式によるラジオ番組（4月11日から毎日放送）を実施している。コンテンツは経済産業省ホームページ上にアップし、県外への避難者も情報取得可能とした。

- 5月7日、原子力災害対策本部からの求めに応じ、原子力安全委員会から、福島第一原子力発電所周辺30km以遠の海域において漁業関係者が就労を行っても放射線防護の観点からは安全上差し支えない旨の見解が示された。これとともに、原子力安全委員会から、今後も引き続きモニタリングを行い同委員会に適宜報告するとともに、被ばく線量の低減に努めることとの助言が出された。同日、農林水産省はこれを関係漁業者等に周知した。
- 福島県は、被ばくに対する不安の軽減を目的に、約200万人の全県民を対象に、発災からこれまでの被ばく線量を推定し、健康への影響を調べる大規模な健康調査を、6月下旬、一部の地域から実施することを決定。5月27日に、「福島県県民健康管理調査検討委員会」第1回会合を開催した。調査の詳細な内容については、今後、同委員会において検討される予定。

## ② 今般の災害における緊急時対応の実施体制等（添付V-2）

### a 震災及び原子力災害に対する政府全体の体制等

- 東日本大震災においては、大規模な地震・津波に引き続いて、原子力災害が発生したことから、災害対策基本法（以下「災対法」という。）及び原災法の規定に従い、政府は、緊急災害対策本部と原子力災害対策本部の2つの災害対策本部を設置した。また、それぞれの体制において、現地対策本部（災対法側の体制としては宮城県の現地対策本部に加え、福島県・岩手県の現地連絡対策室）を設置した。このほか、被災者の生活支援など重点的な対応を要する事項については、担当組織の強化を行った（災対本部：被災者生活支援特別対策本部（現被災者生活支援チーム）、原災本部：原子力被災者生活支援チーム）。  
一方、例えば両本部会議の合同開催、被災者支援物資の調達・輸送に係る調整など可能な点に関しては、両本部の間で一体的な運用を図っている。また、関係省庁の局長等が集まる緊急参集チーム等で、必要に応じ、情報共有や運用上の調整等を行っている。
- 原子炉施設における災害事象に係る現状把握、その制御に係る応急措置等について、政府と原子力事業者が一体となり、情報を共有しながら、必要な対応を判断し指示を出していく体制を取ることを目的として、福

島原子力発電所事故対策統合本部（現：政府・東京電力統合対策室）を設置した（於：東京電力本店。3月15日～）。

- 上記体制の中で、原子力安全委員会は、原災法の規定に従い、緊急事態応急対策調査委員や専門委員の協力を得て、原子力災害対策本部、現地対策本部等からの要請に応じ、事故の拡大防止や公衆の被ばく低減に向けた種々の技術的事項等について助言を行っている（添付V-3～添付V-5）。原子力安全委員会の放射線防護に関する助言に関する基本的考え方は、添付V-6のとおりである。
- その後政府は、東日本大震災の発生から約2ヶ月を経過したところで、上記の2つの対策本部に、復興対応を加えた3つの対策本部を基本とする組織体制への再整理を行い、各組織の位置づけの明確化、名称の見直し等を図っている（5月9日～）。

なお、当面の対応方針として、福島原子力発電所事故対策統合本部（現：政府・東京電力統合対策室）における議論を踏まえ、原子力事業者において「福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋」（4月17日公表、5月17日改訂。X章参照）がとりまとめられている。また、原子力被災者生活支援チームにおける取組みを踏まえ、原子力災害対策本部は、「原子力被災者への対応に関する当面の取組方針」（5月17日）をとりまとめた。これらに基づき、原子力災害事後対策が進められている。

#### b 現地の体制等

- 現地対策本部は、原災法の規定に従い、緊急事態応急対策拠点施設（OFC）において立ち上げられたが、その後福島県庁に移転している（上記(1)③参照）。
- なお、原災法に基づき、現地対策本部において原子力災害合同対策協議会が開催されているが、同協議会には構成員である関係市町村が参加していない。これは、発電所周辺の市町村については、各地への避難が行われ、一堂に会して協議会を開催することが難しい等の事情があったことによるものであり、現地対策本部から当該市町村に個別に訪問すること等により対応がなされている。また、食品の制限等に係る市町村については、県域を超えて対象が広域にわたることとなったため、現地対策本部ではなく、東京の対策本部から情報の提供・交換等を直接行うことにより対応が図られている。

## 2. 環境モニタリングの実施

### (1) 環境モニタリングの体制

#### ① 環境モニタリング体制

防災基本計画においては、原子力災害が発生し原子力災害対策本部が設置された後の環境モニタリングは、地方自治体が担当することとされている。文部科学省、指定公共機関（放医研及びJAEA）、事故に係る原子力事業者及び当該原子力事業者以外の原子力事業者は、地方自治体の環境モニタリング活動を支援することとなっている。また、原子力事業者は、敷地境界における放射線量等の測定等を継続的に実施し、施設からの放射性物質等の放出状況及び放出見通し等の情報を現地対策本部に連絡することとなっている。

今回の福島第一原子力発電所の事故においては、地震・津波という自然災害と同時に発生したことから、福島県の24基あるモニタリングポストのうち23機が使用不能となったほか、連絡通信が非常に困難になった。また、福島県及び要請に基づき支援を行う防衛省、海上保安庁などが地震災害の対応にも注力しなければならなかった。3月15日には福島県の事故対応拠点であるオフサイトセンターから関係職員が引き揚げることとなった。このような事情の下、3月16日以降、環境モニタリングについては、政府部内の役割分担の調整により、文部科学省がとりまとめることとなった。

原子力安全委員会は、文部科学省に対して、モニタリングに関する助言を逐次行い、文部科学省等が行うモニタリングの充実に努めるとともに、SPEEDIによる試算精度を向上させるために、ダストの採取及び測定を文部科学省に要請し、SPEEDIによる試算に反映させた。また、原子力安全委員会は、文部科学省他が実施するモニタリング結果について評価を行い、その結果を3月25日からホームページで公表するとともに報道機関への説明を行っている。

#### ② 事業者のモニタリング体制

東京電力は、通常運転時、発電所の放射線管理部門により、周辺監視区域内に設置されているモニタリングポスト、気体・液体放射性廃棄物の放出監視設備、気象観測設備において、放射線量率、放射性物質濃度、気象状況を監視している。さらに、敷地内外において、定期的に、陸域及び海域において試料を採取し、環境中の放射性物質濃度を監視している。(添付V-7 通常時の監視体制)

また、東京電力は、緊急時においては、原子力事業者防災業務計画によ

る原子力防災組織が、発電所内外の放射線量率、放射性物質濃度の測定により放射能影響範囲の推定等を行う体制をとることとなっている。(添付V-8 緊急時の監視体制)

## (2) 事故発生後のモニタリングの状況

### ① 発電所敷地内のモニタリングの状況

#### a 空間線量測定

地震発生後の状況として、原子炉施設内においては通常より高いGM計測管の測定値が観測されたが、福島第一原子力発電所の周辺監視区域内に設置されているモニタリングポストの値に異常はみられていない。(添付V-9：モニタリングポストの測定結果)

3月11日の外部電源の喪失後においては、モニタリングポストでの計測ができなくなったことから、東京電力は、同日よりモニタリングカーで環境放射線モニタリングを継続した。3月25日からは、外部電源が復旧し、モニタリングポストでの計測が可能となった。また、3月23日より敷地内に仮設モニタリングポスト3基を設置し計測を継続している。

なお、モニタリングデータは、通常時には事業者ホームページ上にリアルタイムで自動的に公表することができるが、今回はモニタリングポストでの計測ができなくなったこと等に伴い、当初の公表においては手作業等でまとめられる範囲の限られた内容のものとなった。また、今回計測に用いられたモニタリングカーはデータを2分間隔で取得できるものであるが、当該事業者はモニタリングデータの公表に当たり従来から10分間隔の値を用いており、今回の事故後においてもこれを踏襲していた。その後、事業者はデータの確認作業を進め、5月28日、改めて全体をとりまとめて公表した。

#### b 放出監視

地震発生直後、福島第一原子力発電所の各号機の排気筒モニターの値に異常はみられていない。(添付V-10：モニターの測定結果)

しかしながら、3月11日の外部電源の喪失に伴い、換気空調設備及びサンプリング設備が停止し、放出監視を行うことができなくなった。なお、一部の号機の排気筒モニターの計測結果が3月12日まで記録されているが、サンプリング設備が停止していることから、計測設備外の放射線量の増加の影響によるものと推定される。

#### c 気象観測

福島第一原子力発電所供用の観測設備で、風向、風速、大気安定度等を監視しているが、3月11日の外部電源の喪失に伴い、観測設備での計測ができなくなった。このため、東京電力は、3月11日よりモニタリングカーで気象観測を開始した。なお、4月9日より当該設備の電源が復旧しているが、点検校正が実施できないため、モニタリングカーによる観測を継続している。

#### d 土壌の放射能分析

福島第一原子力発電所の敷地内の土壌の放射能分析については、敷地内5地点において、3月21日及び22日に土壌を採取し、プルトニウム分析を行った。プルトニウム同位体の放射能比からみて、過去の大気圏内核実験に由来するものではなく、今回の事故に由来して放出された可能性があると推定できる。検出された濃度は、過去の大気圏内核実験において国内で観測（1978年～2008年）されたフォールアウトに対して、Pu-239,240については観測値の範囲内であるが、Pu-238については若干上回っている。その後、定例的に試料を採取し、プルトニウム分析、ガンマ線の核種分析、ストロンチウムの分析を行っている。（添付V-11 土壌中の放射性物質の核種分析結果）

#### e 海水及び海底土の放射能分析

福島第一原子力発電所の放水口近傍の海水の放射能分析については、周辺環境モニタリングとして、東京電力は3月21日より南放水口の海水を採取し、放射能分析を開始した。分析の結果、放射性物質が検出されたことから、22日より採取箇所及び採取頻度を増やしつつ、放射能分析を継続している。また、下記に記載しているとおり、ピット内の水の海洋流出を4月2日に発見したことから、ピット内の水及びピット近傍のバースクリーン前の海水を採取し、放射能分析を実施している。

5月8日現在、東京電力は、北放水口、物揚場、取水口（北、南）、2号機スクリーン（シルトフェンス内側、外側）などの場所を順次追加して、海水の採取し、放射能分析を実施している。（添付V-12 海水の分析結果）

福島第一原子力発電所沖合における海底土の放射能分析について、東京電力は、4月29日に2箇所（小高区沖合及び岩沢海岸沖合3km）から海底土を採取し、放射能分析を実施し、通常よりも高い放射性ヨウ素及びセシウムを検出している。

## ② 発電所敷地外のモニタリングの状況

a 福島第一原子力発電所周辺での陸域モニタリング

(a) 福島第一原子力発電所より 20km 以遠の空間線量率

文部科学省は、JAEA の協力を得て、福島第一原子力発電所より 20km 以遠の陸域における放射性物質の飛散・拡散の状況を把握することなどのために、福島県、警察庁、防衛省、電力会社と連携し、モニタリングカー最大 15 台を用いて空間放射線量率を 3 月 15 日より測定している（警察は、双葉郡川内村等 12 か所。防衛省は、福島県内駐屯地等の 4 ヶ所）。測定結果は、毎日、文部科学省が公開している。なお、文部科学省が空間放射線量率等の観測値から事故発生後 1 年間の積算線量の推計を行い、それを地図上に等高線の形で示したものが、4 月 10 日の原子力安全委員会に報告され、4 月 11 日に原子力災害対策本部から公表され、計画的避難区域の設定に資する検討データとして利用された（添付 V-13-1）。

(測定内容)

- ・ 文部科学省は、福島第一原子力発電所より 20km 以遠の空間線量率を 3 月 15 日より測定している。防衛省は、3 月 27 日より、1 日 2 回、県内の 4 つの駐屯地等で空間線量率を測定し、文部科学省はその結果を公表している。
- ・ 当初は、放射性物質の飛散及び拡散の状況の目安を得るために、文部科学省は広範囲で網羅的に様々な地点を測定した。その結果も踏まえつつ、さらに風向きや地形の特徴などを考慮して、文部科学省は各方面の主要ポイントを定め、その後、定期的に同じ地点を測定している。
- ・ 文部科学省は、モニタリング計画の充実策を 3 月 21 日に公表し、簡易型積算線量計（15 ヶ所）による積算放射線量（24 時間分）の測定を 3 月 23 日より実施している。
- ・ 福島県が測定した福島県内空間積算線量測定結果について、4 月 12 日より文部科学省から順次公表した。
- ・ 4 月 12 日から 16 日に福島県が測定したメッシュ調査結果について、文部科学省から公表した。
- ・ 文部科学省、JAEA 及び福島県が行った走行モニタリングに関し、4 月 13 日に南相馬市・飯舘村・浪江町・葛尾村・田村市・川内村・広野町・いわき市の走行モニタリング結果を文部科学省から公表した。さらに、4 月 18 日に川俣町の走行モニタリング結果を文部科学省から公表した。



- ・ 4月22日に原子力災害対策本部が策定した「環境モニタリング強化計画」を受けて、文部科学省は4月26日、現状における放射性物質の分布状況を把握するための「線量測定マップ」と1年間の積算線量がどの程度になるか推定する「積算線量推定マップ」をJAEAの協力を得て作成し、4月26日に公表した。文部科学省は、その後、1月に2回程度の頻度で、最新のデータを反映させた「線量測定マップ」及び「積算線量推定マップ」を公表する方針を示し、5月16日には、20Km圏内のデータも含めて、2回目の公表が行われた（添付V-13-2）。

（測定方法）

- ・ モニタリングカーによる空間線量率測定については、3月15日以降、毎日朝から夕方にかけて複数のモニタリングカーで適時実施している。検出器として、GM（ガイガーミュラー）計測管、電離箱及びNaIシンチレーション検出器を用いている。

（測定結果）

- ・ これまでのところ、定期的に測定している地点の中では、原発より北西30kmの5地点（【31】、【32】、【33】、【81】、【83】）において、比較的高い数値（最大値：【32】で170 $\mu$ Sv/h、3月17日）が検出されている。
- ・ なお、3月15日20時40分から50分時点において、福島第一原子力発電所の北西約20kmの地点で、最高330 $\mu$ Sv/hを観測している。
- ・ 積算放射線量についても、北西方向で比較的高い数値（【32】で35,720 $\mu$ Sv（3月23日12時14分～5月30日10時24分の積算値）、【33】で20,230 $\mu$ Sv（3月23日12時32分～5月30日10時08分の積算値））が検出されている。

（b）福島第一原子力発電所より20km圏内の空間線量率及び土壌の放射能濃度等

避難区域（4月22日からは警戒区域）から避難している住民の方の一時帰宅の要望にどのように応えていくかを検討する上での材料の一つとして、文部科学省は、3月30日から4月19日にかけて、電力会社と連携して、福島第一原子力発電所より20km圏内の空間線量率及び土壌の放射能濃度を測定した。また、5月6日以降は、事故状況の

全体像の把握や、区域等の解除に向けて活用していくことも考慮して測定を継続している。土壌中の放射能濃度等の分析は、JAEA、東京電力及び財団法人日本分析センター（以下、「日本分析センター」という。）が実施している（添付V-13-3）。

（測定内容）

- ・ 3月30日～4月2日及び4月18日、19日に空間線量率が測定され、その結果を文部科学省が4月21日に公表した。4月2日、18日に測定された空気中の放射性物質及び土壌中の放射能濃度の測定結果は、4月25日に文部科学省から公表された。その後、5月12日に文部科学省から順次公表している。

（測定方法）

- ・ 空間線量率測定については、複数のモニタリングカーを用いて実施している。検出器として、GM（ガイガーミュラー）計測管、電離箱及びNaIシンチレーション検出器を用いている。土壌については、ゲルマニウム半導体検出器を用いて、1サンプル毎に1000秒又は3600秒（サンプルによって異なる）測定している。

（測定結果）

- ・ 20km圏内の空間放射線量率については、北西方向に比較的高い線量率が観測（最大値：【44】で124 $\mu$ Sv/h、4月2日）された。

（c）大気中ダスト、環境試料及び土壌のモニタリング（3月18日採取分より測定開始）

文部科学省は、福島第一原子力発電所より20km以遠の地域における放射性核種の分布、蓄積状況の把握、計画的避難区域等の設定の評価に資することなどのため、大気中のダスト、環境試料（雑草、池水）、土壌の放射能濃度を3月18日採取分より測定している。分析は、JAEA、日本分析センター及び福島県が実施している（添付V-13-4）。

（測定内容）

- ・ 福島第一原発より20km以遠の地域の空気中の放射性物質(Bq/m<sup>3</sup>)、土壌及び雑草の放射性物質濃度(Bq/kg)を測定した。

（測定方法）

- ・ 大気中ダストや環境試料については、ゲルマニウム半導体検出器を用いて、1サンプル毎に1000秒又は3600秒（サンプルによっ

て異なる) 測定している。

(測定結果)

- ・ 3月20日に採取した飯舘村(同原発より北西40km)の土壌、雑草で高い放射性物質濃度を検出した。(土壌:ヨウ素131;117万Bq/kg セシウム137;16.3万Bq/kg、雑草:ヨウ素131;254万Bq/kg セシウム137;265万Bq/kg)
- ・ 文部科学省は、4月1日に、福島第一原発20km以遠の土壌試料(3ヶ所)のPu、Uの分析結果を公表した。Puは検出されず、Uは自然界の比率と同等の結果という結果であった。さらに、4月26日に土壌試料(4ヶ所)のPuの分析結果を公表した。今回の事故によるPuの飛散はなかったものと考えられるという結果であった(添付V-14)。
- ・ 文部科学省は、4月12日及び5月31日に陸土及び植物の放射性ストロンチウムの分析結果について公表した(添付V-14)。

(d) 海域モニタリング(3月23日採取分より測定開始)

海域の汚染状況等の把握や警戒区域等の設定の評価に資することなどのため、文部科学省は、水産庁、独立行政法人海洋研究開発機構(以下、「海洋研究開発機構」という。)、JAEA、東京電力と連携し、福島県及び茨城県沖等の海域における、海上の空気中ダスト、海水中及び海底土中の放射能濃度及び海上の空間線量率の測定を3月23日より実施している(添付V-15)。

(測定内容)

- ・ 海洋研究開発機構の調査研究船を用いて、福島県及び茨城県沖の海域における海水中や海上の塵の放射能濃度の測定を行うため、海洋研究開発機構の調査研究船を用いて同海域の海水(3月28日からは表層水に加え、下層水を追加)及びダストを採取し、JAEAにて分析している。文部科学省は、4月29日に採取した海底土の放射能濃度について、5月3日に公表し、その後順次公表している。
- ・ 東京電力が危険時の措置として低濃度の放射性物質を含む滞留水等の海への放出を4月4日に行ったことを受け、文部科学省は海域モニタリングを強化することを4月5日に発表した。
- ・ 4月22日に原子力災害対策本部が策定した「環境モニタリング強化計画」を受け、文部科学省は海域モニタリングの強化について、4月25日に発表した。さらに、海域における放射性物質の拡散が予測されており、広域的な海域モニタリングの実施が求められるこ

とから、文部科学省は、関係省庁等の協力を得て海域モニタリングの広域化を図ることを、5月6日に公表した。

- ・水産庁は、「水産物の放射性物質検査に関する基本方針」を作成し、関係県等に対して5月2日に通知した。
- ・文部科学省は、茨城沖において海上保安庁の測量船「明洋」により採取した海水について、東京電力が分析した結果を4月29日から公表した。

(測定方法)

- ・海水については、3月28日から5月7日まで16地点(4月21日までは12地点)について4日に1回程度の頻度で、表層(海面下1~2m程度)、中層(海面と海底の間水深)、下層(海底上約10m程度)について、CTD採水器を用いて、0.5リットルを採水してきた。(中層は4月25日から、下層については3月28日から)
- ・3月23日から3月27日までは、8地点について、2日に1回の頻度で表層について採水し、分析してきた。
- ・JAEAにおいて、海上のダスト及び海水をゲルマニウム半導体分析器で測定している。

(測定結果)

- ・測定結果は添付V-16のとおり。
- ・なお、海域モニタリングの結果に基づき、海洋放散シミュレーションが行われている(VI章2(3)参照)。

(e) 航空機モニタリング(3月25日採取分より測定開始)

地表面への放射性物質の蓄積状況の把握、計画的避難区域等の設定の評価に資することなどのため、文部科学省が、防衛省、東京電力、米国エネルギー省(以下、「米国DOE」という。)等と連携し、地上に蓄積した放射性物質を広範囲かつ迅速に測定した。

(測定内容)

- ・3月25日から、福島第一原子力発電所から空気中に放出される放射性物質の状況について確認するため、文部科学省が、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(以下、「宇宙航空研究開発機構」という。)や民間の小型機を用いて、放射線測定器を搭載し、施設上空のモニタリングを実施した。
- ・並行して、3月24日から福島第一原子力発電所から空中に放出される放射性物質の拡散状況について、垂直的高度も含め、三次元的に確認するため、文部科学省が防衛省に依頼して、航空機に空気中

の塵埃測定器を搭載し、我が国上空の塵埃に含まれた放射性物質の核種及び放射能濃度を高度別に測定を実施した。

- ・その後、上記の 2 つの航空機モニタリングにおいて上空の空間線量率及び空气中放射性濃度が低いことが明らかになったことから継続的な測定を中断する一方、4月6日から広域の放射性物質による影響の把握、今後の避難区域等における線量評価や放射性物質の蓄積状況の評価のため、文部科学省及び米国 DOE が共同で航空機モニタリングを実施し、福島第一原子力発電所から 80km の範囲内において、地表面から 1m の高さの空間線量率、及び地表面への放射性物質の蓄積状況を確認した。
- ・文部科学省は、5月18日より、福島第一原子力発電所から 80～100km 圏内について、第2次航空機モニタリングを実施した。現在、本測定結果について解析中である。また、5月31日より、文部科学省は、福島第一原子力発電所から 80km の範囲内について、防衛省の協力を得て、第3次航空機モニタリングを実施している。これらのモニタリングデータの解析については、米国 DOE と文部科学省が連携をとり、実施している。

(測定方法)

- ・3月25日～4月4日まで、月、水、金の隔日は、宇宙航空研究開発機構の小型機に、3月31日～4月21日まで、火・木・土の隔日において東京電力のヘリコプターに、原力安全技術センターの放射線測定器を搭載し、福島第一原子力発電所 30km 以遠の上空の空間放射線量率の測定を実施した。
- ・3月24日～4月1日、ダストサンプラーを搭載した防衛省の航空機により、茨城～新潟、福島沖の上空 5 千フィートにおける塵中の放射能濃度の測定を実施した。
- ・4月6日～29日まで、文部科学省及び米国 DOE が飛行空域を分担し、福島第一原子力発電所から 80km の範囲内において、150m から 300m の上空を飛行しながら、航空機及びヘリコプターに搭載した NaI シンチレータ放射線検出器により、地表面から 1m の高さの空間線量率を測定した。同時に、同航空機に搭載した NaI ガンマ線スペクトロメータを用いて、核種ごとに固有のスペクトルのエネルギーを解析するとともに、地上において測定されたガンマ線エネルギー分析装置 (in-SITU 分析装置) による核種の分析結果を用いて、放射性セシウムの地表面への蓄積状況を確認した。これらの結果は、5月6日に公表した。

(測定結果)

- ・ 上記、文部科学省が宇宙航空研究開発機構、東京電力及び防衛省と連携した2つの航空機モニタリングにおいて、上空の空間線量率及び空气中放射性濃度が低いことが明らかになったため、これらの継続的な測定は中断した。
- ・ 他方、米国 DOE との共同による航空機モニタリングにより、文部科学省は、5月6日に地上でのモニタリングを補完するような、地表面から1mの高さの空間線量率、及び地表面への放射性物質の蓄積状況を示したマップを作成した（添付V-17）。

b 日本全国で実施した環境放射能に関する調査

(a) 都道府県別環境放射能水準調査

全国の環境放射能の水準を把握するため、各都道府県に設置したモニタリングポストにより空間線量率を3月12日から測定している。

(測定内容)

- ・ 各都道府県における空間線量率を測定している(福島県は独自に調査・公開、宮城県は震災により測定不能だったが、3月28日より別装置で開始している)。
- ・ 大学等の協力により簡易型積算線量計を設置し、毎日14時から24時間の積算放射線量を測定している。(4月12日に西日本の大学等の協力を得て、測定点を28点追加し、全54点となった。)

(測定方法)

- ・ 各都道府県における空間線量率については、NaI(ヨウ化ナトリウム)シンチレーション検出器を用いて、連続測定を行い、1時間毎のデータを計測し、1日2回公表している。
- ・ 大学等の協力による測定については、積算線量計を設置して、24時間の積算放射線量を測定し、1日1回公表している。

(測定結果)

- ・ 各都道府県における空間放射線量率については、文部科学省ホームページにて、測定値及びグラフを公表している。

(b) 定時降下物

全国の環境放射能の水準を把握するため、各都道府県における大気中のダストの放射能濃度を3月18日採取分より測定している。

(測定内容)

- ・ 各都道府県(ただし宮城県は震災により測定不能)における大気か

- らの降下物の放射能濃度 (MBq/km<sup>2</sup>) を測定している (24 時間分)。
- ・福島県については、飲料水や大気浮遊塵等に含まれる放射性核種の分析に優先的に取り組んでいるため、分析装置に空きがなく測定できなかったが、県が 3 月 27～28 日 (24 時間) に採取し、分析を開始した。

(測定方法)

- ・24 時間分の降下物について、ゲルマニウム半導体検出器を用いて約 6 時間かけて分析し、1 日 1 回公表している。

(測定結果)

- ・全体的な傾向として、東北地方から関東地方にかけて 3 月 20 日から 3 月 24 日の期間に高い放射能を検出しているが、その後大幅に減少している。なお上記のように、直接の被災地である福島県 (福島市) においては震災直後は飲料水や大気浮遊塵等に含まれる放射性核種の分析に優先的に取り組んだことに伴い、定時降下物の測定が行えなかった点に留意する必要がある。
- ・3 月 20 日～21 日に茨城県 (ひたちなか市) で採取されたサンプルから、9.3 万 MBq/km<sup>2</sup> のヨウ素 131、1.3 万 MBq/km<sup>2</sup> のセシウム 137 が検出された。
- ・また、3 月 27～28 日に福島県 (福島市) で採取されたサンプルから、2.3 万 MBq/km<sup>2</sup> のヨウ素 131、790 MBq/km<sup>2</sup> のセシウム 137 が検出された。(その後、大幅に減少。)

(c) 上水 (蛇口水)

全国の環境放射能の水準を把握するため、各都道府県における水道水に含まれる放射能濃度を 3 月 17 日採取分より測定している。

(測定内容)

- ・各都道府県における水道水に含まれる放射能濃度 (Bq/kg) を測定している (ただし福島県は独自に調査・公開しており、また宮城県は震災による測定不能)。

(測定方法)

- ・水道水 2 リットルについて、ゲルマニウム半導体検出器を用いて約 6 時間かけて分析し、1 日 1 回公表している。

(測定結果)

- ・測定結果は添付 V-18 のとおり。
- ・東北、関東の全県 (青森以外)、新潟、山梨の各県においてヨウ素 131 又はセシウム 137 が検出されたが、いずれの数値も飲食物の

摂取制限の指標(ヨウ素 131:300 Bq/kg、セシウム 137:200Bq/kg)を下回っている。

### 3. 農産物、飲料水等に関する対応

#### (1) 農産物等に関する対応

農産物等の食品については、福島第一原子力発電所の事故により、周辺環境から放射能が検出されたことから、原子力安全委員会の助言を踏まえ、3月17日、厚生労働省は各都道府県等に対し、①原子力安全委員会により示されていた「飲食物摂取制限に関する指標」を食品中の放射性物質に関する暫定規制値とすること、②この暫定規制値を上回る食品については、食品衛生法第6条第2号に当たるものとして食用に供されることのないよう対応すること、について通知した。

その後、地方公共団体からの検査結果についての情報を厚生労働省において集約・公表している。また、暫定規制値を超えた品目について、生産地域の広がりがあると考えられる場合には、原子力災害対策特別措置法第20条第3項の規定に基づき、原子力災害対策本部長である内閣総理大臣が、原子力安全委員会の意見を踏まえ、当該品目についての出荷制限を関係県知事に対し指示している(特に著しい高濃度の値が検出された品目については摂取制限も指示している)(3月21日～)。(添付V-19 原子力災害対策特別措置法に基づく食品に関する指示の実績(出荷制限及び摂取制限の指示の一覧))

また、放射性物質が検出された野菜や原乳(出荷制限が行われている野菜等を含む)の廃棄方法については、原子力安全委員会緊急技術助言組織の助言に基づき、農林水産省より関係者に周知した。(3月25日、4月26日、5月6日)

原子力災害対策本部は、食品衛生法上の暫定規制値を設定して以来、検査実績が蓄積してきたことを踏まえ、食品の出荷制限等の要否を適切に判断するための検査計画、出荷制限や解除の考え方等について再整理を行った。具体的には、原子力安全委員会の助言を踏まえ、①出荷制限等を行う区域については、県域を原則としつつ、県、市町村による管理が可能な場合には県内を複数のブロックに分割できること、②解除に当たっては、当該区域毎に原則として複数市町村で1週間ごとに検査し、3回連続暫定規制値以下とすること等について再整理を行い、4月4日に公表した。4月8日以降、このルールに基づき、一定の解除基準を満たした品目・地域について、順次、出荷制限の解除が行われた。

また、原子力安全委員会が指標値を示していない魚介類中の放射性ヨウ



素に関しても、事故発生当初は暫定規制値が示されていなかった。しかしながら、魚介類中の放射性ヨウ素を相当程度検出した事例が報告されたことを踏まえ、原子力安全委員会の助言を踏まえ、野菜類中の放射性ヨウ素と同一の暫定規制値を準用することとし、4月5日、厚生労働省より各都道府県等に通知した。

稲については、作付時期の到来にかんがみ、原子力安全委員会の助言を踏まえ、4月8日に原子力災害対策本部が、稲の作付けに関する考え方を示した。4月22日には、この考え方により、原子力安全委員会の意見を踏まえ、原災法第20条第3項の規定に基づき、原子力災害対策本部長である内閣総理大臣から関係県知事に対し、稲の作付け制限について指示した。

## (2) 飲料水に関する対応

水道水については、厚生労働省より、原子力安全委員会が示した指標等を超過する放射性物質を含む水道水については飲用を控えること等について、各都道府県水道行政担当部局及び水道事業者等に対して通知(3月19日、21日)するとともに、関係地方自治体等による調査結果を公表している。また、指標等を超過した場合には、水道事業者等に対し摂取制限及び住民への広報の実施を要請している。

また、4月4日に「今後の水道水中の放射性物質のモニタリング方針について」を定め、水道水の安全性を確認する上で放射性物質の検査を頻繁に実施することが望ましいことから、

- ・ 福島県及び近隣10都県を重点として、
- ・ 1週間に1回以上を目途に検査を行うこと。
- ・ ただし、検査結果が指標等を超過し又は超過しそうな場合には、原則、毎日、実施する、

よう地方公共団体に対応を求めるなど、安全対策に取り組んでいる。

このように、農産物等の食品や水道水中の放射性物質への対応については、関係する国と都道府県等が連絡を取りつつ、検査結果の公表を速やかに行うとともに、規制値の設定・周知、出荷制限・摂取制限の指示等を的確に行っている。

## 4. 追加的な防護区域の対応

### (1) 計画的避難区域及び緊急時避難準備区域を設定した考え方

#### ① 環境モニタリングとその評価

事故発生以降、福島第一原子力発電所及び第二原子力発電所周辺の環境モニタリングが文部科学省により実施されており、原子力安全委員会は、

モニタリング結果について継続的に評価を行っているところである。100 $\mu$ Sv/h を超える空間放射線量率が計測されていた地域では、「原子力施設等の防災対策について（昭和 55 年 6 月原子力安全委員会決定）」（以下、「防災指針」という。）に基づく屋内退避に関する指標（10～50mSv）に達する可能性が考えられたが、地域は限定的であった。そのため、原子力安全委員会は、3 月 18 日、原子力安全・保安院に対して民家の有無等の確認を行うよう要請するとともに、文部科学省に対して積算線量計を設置し推移を注意深く見守るよう要請していた（注 1）。線量率の推移等も踏まえ、3 月 25 日、原子力安全委員会は、『現時点では屋内退避地域を変更する状況にはないものと考えます』との見解を示しつつ、『線量が比較的高いと考えられる区域に居住する住民については、積極的な自主避難を促すことが望ましい』と原子力災害対策本部に助言した。なお、原子力安全委員会は、3 月 26 日に発表した「環境モニタリング結果の評価について」の中で、3 月 18 日以降に原子力安全委員会が行ってきた要請及び見解を公表するとともに、積算線量の試算について、屋内滞在の 16 時間には低減係数 0.4（注 2）を乗じた結果の重み係数 0.6 を乗じた値として試算することを公表した。原子力安全委員会は、3 月 25 日から 4 月 4 日までの間、『現時点では屋内退避地域を変更する状況にはないものと考えます』との見解を示していたが、4 月 5 日以降、線量率の推移等も踏まえ、『今後の対応策の検討に必要な技術的データの整理等を行っている』との見解を示すようになった。

（注 1）[http://www.nsc.go.jp/ad/pdf/20110318\\_1.pdf](http://www.nsc.go.jp/ad/pdf/20110318_1.pdf)

[http://www.nsc.go.jp/nsc\\_mnt/110325.pdf](http://www.nsc.go.jp/nsc_mnt/110325.pdf)

（注 2）「原子力施設等の防災対策について」の付属資料 8、表 2 中の、木造家屋の低減係数：0.4 より

## ② 原子力安全委員会による意見

4 月 7 日、官房長官より、累積線量が高くなっている地域の扱いについて検討中であることを発表した。また、考え方を整理する際には、IAEA（国際原子力機関）や ICRP（国際放射線防護委員会）の考え方も参考にしつつ、原子力安全委員会にも助言を求めるとの見解を示した。

福島第一原子力発電所の避難区域 20km 以遠においては、積算空間線量が高くなるおそれのある場所が見込まれていた。その中で、4 月 10 日、原子力災害対策本部長は、原子力安全委員会に対して次の事項に関し意見を求めた。その事項とは、福島第一原子力発電所の避難区域 20km 以遠において、積算空間線量が高くなるおそれのある場所が見込まれる中で、緊急事態応急対策を実施すべき区域のあり方及びその区域内居住者等に対し周

知らせるべき事項である。また、同発電所の事故の状況が安定していない中での、屋内退避区域 20～30km における緊急事態応急対策を実施すべき区域の在り方及びその区域内の居住者等に対し周知させるべき事項である。これに対して、原子力安全委員会は、次のように認識した。3月15日に福島第一原子力発電所で2号機の圧力抑制室損傷の疑いの事象などがあり、この時期に相当量の放射能が放出されたと考えられる。その際に放出された放射性雲が北西方向に到達していた時点で降水があった。このことが、その地域の地表に放射性物質の相当な沈着を生じ、その後当該地域の空間線量率が比較的高い値に留まっている主因であろう。一方、原子力安全委員会の防災指針における防護措置の指標は1週間程度の短期間の事態を想定したものである。そこで、原子力安全委員会は、ICRPの2007年勧告で示されている事故時の緊急時被ばく状況における公衆を防護するための参考レベル 20～100mSv（急性または年間）の範囲の中で一番低い 20mSv/年を基準として防護対策を決めることが被ばくを合理的に達成できるかぎり低く保つとの観点からも適切と判断し、事故発生から1年の期間内に積算線量が 20mSv に達するおそれのある区域を「計画的避難区域」とすることを提案した。また、4月10日現在の「屋内退避区域」で「計画的避難区域」に該当する区域以外の区域を発電所の事故の状況がまだ安定せず緊急に対応することが求められる可能性があり得ること等から「緊急時避難準備区域」とすることを提案した。さらに、「計画的避難区域」と「緊急時避難準備区域」の設定のあり方については同発電所からの放射性物質の放出が基本的に管理される状況になると判断される時点で見直しを行うことが適当である旨等を提案した。これらの提案においては、ICRP と IAEA の緊急被ばく状況における放射線防護の基準値（年間 20～100mSv）が考慮された。

なお、添付V-20に、放射線防護の線量基準の考え方や根拠の概要をまとめた。4月10日の原子力安全委員会には、「福島第一原子力発電所半径20km以遠の周辺地域の積算線量の推計について」及び「外部被ばくの積算線量（3月12日から4月5日までのSPEEDIによる試算値）」が報告されており、これらのデータが、計画的避難区域の実際の区域指定に活用された（添付V-21）。

### ③ 計画的避難区域及び緊急時避難準備区域の基本的考え方

当該意見を聴いた上で、4月11日、官房長官より、計画的避難区域及び緊急時避難準備区域の設定について基本的考え方を発表した。基本的考え方によれば、事故発生から1年の期間内に累積線量が 20mSv に達するお

そのある区域を「計画的避難区域」とした。また、これまでの屋内退避区域のうち「計画的避難区域」以外の地域については、発電所の事故の状況がまだ安定せず緊急に対応することが求められる可能性があることなどを踏まえ、「緊急時避難準備区域」とした。計画的避難区域は、葛尾村、浪江町、飯舘村、川俣町の一部及び南相馬市の一部であって、避難区域を除く区域である。また、緊急時避難準備区域は、広野町、楡葉町、川内村、田村市の一部及び南相馬市の一部であって、避難区域を除く区域である。

なお、計画的避難区域及び緊急時避難準備区域の設定の在り方については、福島第一原子力発電所からの放射性物質の放出が基本的に管理される状況になると判断される時点で見直しを行うこととしている。

## (2) 計画的避難区域及び緊急時避難準備区域の設定の経緯

4月22日、原子力災害対策本部長より、原災法に基づき、基本的考え方に沿った指示が発出された。この指示により、計画的避難区域については、居住者等は原則としておおむね1ヶ月程度の間該当区域外へ避難のための立ち退きを行うこととされた。緊急時避難準備区域については、常に緊急時に避難のための立ち退き又は屋内への退避が可能な準備を行うこととされた。また、この区域においては引き続き自主的避難をすることが求められる。

なお、3月15日の指示に基づく、福島第一原子力発電所から半径20キロメートル以上30キロメートル圏内の居住者等に対する屋内退避指示は、計画的避難区域及び緊急時避難準備区域の設定と同時に解除された。

計画的避難区域及び緊急時避難準備区域の設定に当たっては、両区域の対象となり得る市町村に対して考えを説明するなど、関係地方自治体と具体的な区域の相談を行った上で、国の判断として当該区域を設定した。

## 5. 原子力災害への対応の評価

今回の原子力発電所事故への対応については、結果として事故の急激な進行を防ぐことができず、本来あってはならない外部への放射性物質の放出による影響が広範囲かつ長期に及ぶ事態となった。現時点で得られた知見の範囲において、主に技術的な観点から現状認識を整理するものである。

### (1) 総論的事項

災害発生後の緊急的な対応として、原災法の規定に基づき、原子力緊急事態宣言の発出、原子力災害対策本部等の設置、避難の指示等の基本的な手続きが実施された。

住民等の防護活動については、地震・津波の影響等により入手可能なプラント情報が限られる中、放射性物質の放出、更には原子炉建屋の爆発等が数日のうちに相次いで発生するという難しい環境下において、避難区域の設定などの対応が図られた。

また、これらと並行して、環境モニタリング、飲食物摂取制限、健康相談や心のケアなど住民等の安心・安全の確保に関する取組みが進められている。

一方、今般の対応においては、震災の影響等により初動体制確立のための参集要員が少なかったこと、緊急事態応急対策拠点施設（OFC）が移転を余儀なくされたこと、緊急事態応急対策実施区域が原子力発電所から 10km 圏を超える範囲に拡大されたこと、住民等の避難が長期に亘っていること等から、従来の枠組みを修正・補強等することが必要となった。また、初動体制の立上げから事後対策までの一連の対応について、事前の準備に不十分な点があったと考えられる。

その背景として、JCO 臨界事故を契機に原災法が制定されて以来、国内では同法の対象となる災害事象を経験していなかったこともあり、過酷事故発生を現実のものとして防災体制の実効性を十分検証してこなかった面があると考えられる。

また、これまでの原子力防災訓練などの運用においては、過酷事故を想定しながら、安全機能上の障害が比較的早期に復旧することを前提としてきた面があったと考えられる。すなわち、何らかの原因で原子力災害が発生したとしても、当該施設を中心とする局所的な範囲において、原子力事業者が既設のシステム等を用いて応急措置を行い、保安院が技術的な指導・助言や連絡調整に当たることで、比較的短時間のうちに事態の収束は図られるという見込みにより、緊急時対応の細目や体制等の整備・運用が従来進められてきた面があった。

さらに、地震・津波等と複合して原子力災害が発生する事態について、具体的には想定がなされていなかった。

今般の災害を踏まえ、被災した緊急事態応急対策拠点施設（OFC）の機能を直ちに復旧等するとともに、関係府省、関係地方自治体、原子力事業者等と連携し、緊急事態における応急対策の運用を速やかに改善することが求められる。

また、地震・津波と複合して災害が発生する事態をはじめ、如何なる事態に対しても、迅速・的確な緊急対応を確保し、これに引き続く事後対策を見据えた円滑な対応を図ることができるよう、制度、体制等を含め徹底した見直しを行うとともに、継続的に改善していくことが求められる。

## (2) 個別事項

### ① 災害事象に係る状況把握と予測等

地震による通信系統の途絶等により、原子炉の状態等に関する情報が入手できなかったため、施設から放出される放射性物質等に関する情報が得られず、SPEEDI 本来の機能である放射能影響予測を行うことができなかった。こうした中、文部科学省においては、3月11日16時以降毎時、福島第一原子力発電所から単位放出量、すなわち1ベクレルの放射性物質が放出されたと仮定した場合の周辺環境における放射性物質の大気中濃度及び空気吸収線量率の試算等を行い、文部科学省、原子力安全・保安院及び原子力安全委員会において、内部検討のため様々な仮定をおいた上で ERSS や SPEEDI による試算を行っていた。SPEEDI の計算結果は、防災基本計画上は、原子力防災関係者において使用されることが想定されており、またこの時期の試算結果については実際のデータに基づく予測とは全く異なるものであるため、無用の混乱を招くことも懸念されたこと等から、当初公表は行われていなかった。また、当該試算結果の政府内における情報共有についても、他の関係府省に対して十分行われていなかった。

その後、原子力安全委員会では、ダストサンプリング結果と発電所から測定点までの SPEEDI による拡散シミュレーションを組み合わせることによって、放出源情報を逆推定し、それを SPEEDI の入力とすることにより、過去にさかのぼって施設周辺での放射性物質の濃度や空間線量率の分布を求め、これによる事故発生時点からの内部被ばくや外部被ばくの積算線量を試算しており、その結果は3月23日以降、公表されている。なお、このような推察手法は、防災基本計画上は想定されていなかった SPEEDI の利用方法である。

このように、SPEEDI の計算結果は、事故発生当初は公表されていなかったが、文部科学省、原子力安全・保安院及び原子力安全委員会においては、当初の内部検討の結果についても、5月3日以降、それぞれのホームページにおいて順次公表が行われている。住民の避難等に資する観点から、SPEEDI の活用結果については、事故発生後の早い段階から公表、関係地方自治体への情報提供等を行うべきだったと考えられる。

危機管理上の観点からは、災害時の一般的な傾向として、被害が大きいほど情報が入ってこないおそれがある等のことも念頭に置いて、今回のような一定の仮定の下での試算結果等を含め、具体的なデータの活用方法、情報共有や公表の仕方等を十分考えておく必要があったと考えられる。

## ② 災害事象の応急措置

### a 現場活動の阻害要因への対処

今般の緊急時対応においては、作業に従事する者に係る線量限度の引上げがなされているが、引き続き放射線が人的対応の障害となっている。従来、放射線の影響下での長期に及ぶ人的作業は具体的に想定されていなかったと考えられ、放射線防護上の資機材の配備、遠隔操作可能な設備・機器の開発・導入等も、必ずしも十分ではなかったと考えられる。

現場活動を制約する要因としては、地震・津波の影響も大きく、余震やこれに伴う津波への警戒、その影響を見越した電源確保や仮設工事、敷地内外の通行障害の排除等を行いながらの活動が必要となっている。今回のような複合災害の場合には、現場での直接的な影響とともに、周辺被害による二次的影響も考慮することが必要と考えられる。

また、今回は、爆発以外にも、3号機、4号機等で火災又はこれに付随すると見られる煙の発生があり、現場で活動している者の退避や作業の中断が必要となった。このため、平常時からの可燃物量の低減など、火災防護対策の充実強化が重要と考えられる。

### b 関係機関への情報提供等

原子炉等の応急的な冷却等のため、関係機関の支援を受けることが必要となったが、原子力事業者として、災害事象の現状や見通しに関する情報、支援を受けることが必要な内容、現場の安全管理のため必要となる情報等を、関係機関への要請の段階から十分提供することが必要であったと考えられる。

また、今回は派遣隊の集合場所（Jヴィレッジ）において、総理指示により現地調整所が設けられたが、現場活動を担う関係者間の調整の仕組みについて、派遣の段階から事務局側において整理しておくことが必要であったと考えられる。

## ③ 住民等の防護活動

従来の原災法の枠組みにおいては、原子力安全委員会の防災指針を踏まえ、避難や屋内退避といった防護対策を実際に適用する場合は、異常事態の規模、気象条件等を配慮した上で、ある一定の範囲を定め、段階的に実施することが通常想定されている。また、防災指針において示されている指標を踏まえ、国・地方の防災計画等においては、防災対策を重点的に充実すべき地域の範囲（EPZ）を原子力発電所からおおむね10km圏内に設定

するとともに、住民等の防護対策のための指標として屋内退避 10mSv、避難 50mSv（外部被ばく）を用いること等が前提とされてきた。原子力安全委員会の防災指針を踏まえたこれらの住民防護上の対策は、原子力施設周辺での比較的短期間における影響の防止及び軽減を主眼として、これまで整備されてきたものと考えられる。

今般の対応においては、SPEEDI 等の本来の機能を活用することができなかったため、3月11日、12日及び15日の避難及び屋内退避指示については、大量の放射性物質あるいは放射線等が周辺に出るということを想定して同心円の区域を設定し、災害事象の進行に応じて段階的に区域を拡大した。なお、このような制約下においても、気象データ等に基づき、一定の仮定の下、SPEEDIにより放射性物質の拡散傾向等を推測し、避難行動の参考等として本来活用すべきであったと考えられる。これらの区域設定に関する関係地方自治体との連携・調整については、3月11日及び12日の避難指示の際には、政府が避難先候補の調整や移動手段の手配等の支援も一部行い、住民等の避難区域外への移動は比較的速やかに行うことができた。これに当たり、震災による通信や交通の寸断状況における緊急時の対応であったため、事前の連絡について十分な対応ができなかったが、一方で、避難指示を迅速に周知するため、官房長官が各指示後直ちに会見を開催し指示内容について発表したほか、テレビ、ラジオ等も活用して情報発信に努めた。また、事故の見通し、モニタリング結果等については、上記1.(1)②の事情等により、関係地方自治体や住民に十分な情報提供ができなかった。

その後、発電所から放出された放射性物質の累積が局所的に生じ、積算線量が高い地域が出ていることを踏まえ、長期的観点から新たに添付V-20に示す考え方に基づき、同心円とは異なる形で4月22日に計画的避難区域を設定した。このとき併せて、緊急時避難準備区域の設定を行い、従前の屋内退避を解除した。計画的避難区域及び緊急時避難準備区域の設定、警戒区域の設定、避難区域への一時立入りの実施に当たっては、関係地方自治体と内容や段取りについて調整を行った上で実施している。なお、屋内退避については、本来は一時的な回避措置として位置づけられるものであるが、今回は解除までに1ヶ月以上かかっている。これに対し、3月15日に屋内退避を指示して以降、多数の住民が自主的に避難した実態や、区域内で商業、物流等が滞り社会生活の維持が困難となったこと等を踏まえて、3月25日には政府は自主的避難の促進と生活支援の対応を取ったが、結果として、原子力災害の長期化を見越した次の対応の見極めが速やかに行われるべきであったと考えられる。



以上の対応を踏まえると、原災法の枠組みや防災指針における手当て等について検討することが必要と考えられる。これに当たっては、原子力災害の影響が広範囲・長期に及ぶことが見込まれる場合の区域設定、早い段階からの災害時要援護者の避難準備、災害事象が急激に進行した場合の緊急避難と事前周知の関係、住民防護上の措置を変更・解除等する場合の要件等について、具体的な考え方や方策を整理することが必要と考えられる。

#### ④ 緊急時対応の実施体制

##### a 政府全体の体制

災害の態様等に応じ、防災上の対応ニーズも異なるため、その実施体制としてあるべき姿も個別には異なるものであるが、今般とられた実施体制は、現実に発生した原子力災害、また複合災害への対応例として、今後の原子力防災上の体制づくりに活かされるべきと考えられる。今回は、原子炉施設の現状把握に係る制約等があった中、福島原子力発電所事故対策統合本部（現：政府・東京電力統合対策室）が設置され、情報の円滑化等に貢献している。

なお、政府全体の体制（上記 1.(2)③ a 参照）に基づき各種対応を進めるため、事務レベルでは、原子力災害対策本部事務局が、原子力安全・保安院の緊急時対応センター（ERC）におかれている。これまで、実質的には原子力事業者と保安院の応急措置を軸として、整備・運用が図られてきたものである。

近年、我が国の危機管理体制は官邸を中心に強化され、今般の原災法上の対応においても、初動段階における概括的な情報共有、役割の調整等は、地震・津波への災対法上の対応と併せて、官邸の緊急参集チームや各府省の連絡要員を通じて行われた。また、生活支援等の重点的な対応を要することとなった事項については、担当組織の強化を図った上で、当該担当組織が連絡調整を行った。

現地対策本部との関係においては、震災によりオフサイトセンターとの通信が困難な中で、災害事象の進行が急激だったこともあり、初動の情報収集・連絡は ERC が主体となった。また、災害の影響が広範囲に及んだことから、食品等の制限に係る関係地方自治体が福島県外にも広がり、本来は合同対策協議会の構成員として現地対策本部長から連絡調整がなされるべきところであったが、例外的に東京の本部により対応が図られている。

このような実情を踏まえ、事務局として ERC の機能班やシステムを活用して全体の中で果たすべき機能、構成員、関係府省等との連絡調整の方

法等について再点検を行い、迅速・円滑な運用を図ることが重要と考えられる。

また、災害時において、一次規制機関である原子力安全・保安院、外部から助言を行う原子力安全委員会、また例えば環境モニタリングを行う地方自治体と関係府省など、原子力防災に関する行政組織が分かれていることにより、役割分担や責任の所在等に不明確な点があり、今回のような大規模な原子力事故に際して、機動的に対応できない面があったと考えられる。上記の危機管理に係る全体的な体制、また平常時における安全規制の実施体制等と併せて、見直しが必要と考えられる。

## b 現地対策本部

### (a) 全般的な状況

現地対策本部が設置される緊急事態応急対策拠点施設（OFC）において、電源、通信手段、備蓄等の面で地震・津波等に対する備えが結果として十分できておらず、また外部要因としてプラント情報等が十分得られなかったことと併せ、当初から所期の情報収集・連絡機能を発揮することができなかった。また、放射線の影響についても、今回のような事態に対し、従来の枠組みでは所在地、建築構造、設備等に関して具体的に考慮されていなかった面があり、結果として OFC における活動継続の阻害要因となった。

一方、原災法の枠組みにおいて予定されている関係者の招集や現地派遣等についても、初動の立上げの段階では不十分な結果となっている。事前の連絡や参集予定者の登録等に関する運用上の不徹底が要因の1つとして考えられ、改善を要するものであるが、現在の構成員は遠方からの参集者を多数予定していることも背景にあると考えられ、特に今回のような災害事象の進行が早いケースへの現実的な対応について検討が必要と考えられる。また、時間的に先行した震災対応への従事、震災による連絡手段や交通手段への影響等もあると考えられ、複合災害における留意点の1つと考えられる。

今回は、これらの状況が相まって、OFC は有効に機能することができず、現地対策本部の本格的な稼働も遅れる結果となったものと考えられる。また、その後の現地対策本部の移転等に伴い、災害事象の制御に係る応急措置等については、主な体制が福島原子力発電所事故対策統合本部や現地調整所にシフトしている。

今回は複数号機で事故が発生する事態となり、原子力災害対策本部からの指揮が重要であった。一方、JCO 臨界事故を踏まえ、避難区域

の設定等は、現地対策本部長が、合同対策協議会の場で関係市町村と情報を共有し、協議しながら行うことが予定されているが、上記1(2)③bのような制約により、同協議会が本来の役割を必ずしも果たすことができなかった。

なお、現地対策本部の運用上の問題として、今回のように災害の影響が広範囲・長期に及ぶ場合には、例えば防災基本計画上予定されているOFC主体のプレス対応等を含め、OFCに出入りする者の安全管理に特段の注意を払うことが必要となる。また、合同対策協議会の構成員には、関係地方自治体の災害対策本部長（知事及び市町村長）が含まれるが、住民の防護活動や事後対策等について継続的に調整が行われる場としては、関係地方自治体の庁舎又はその近傍の方が現実的という面もあると考えられる（cf.自然災害の現地対策本部はこのようなケースが多い。）。こうした点に留意しながら、OFCや代替施設で確保されるべき機能や当該場所に参集すべき構成員等について再点検を行い、災害事象の進行や規模、防災上のフェーズ等に応じて機動的な運用がなされるようにすることが重要と考えられる。

#### (b) 東日本大震災において被災したOFCの復旧等

東日本大震災におけるOFCの被災は、福島だけの問題ではなく、女川において建屋が津波により損壊し、職員の人的被害も発生している。

これら被災した施設については、その機能を直ちに復旧等することが必要である。これに当たり、地震・津波による当該施設への直接的影響、周辺地域の被災に伴う二次的影響、原子力災害時の放射線の影響等を勘案し、緊急事態応急対策拠点施設の所在地、建築仕様、災害に強い通信手段、備蓄資機材、代替施設の要件等を定めることが必要と考えられる。

また、このほかの緊急事態応急対策拠点施設についても、同様の観点から点検を行い、所要の措置を講ずることが必要と考えられる。

#### ⑤ 原子力防災訓練

今般の緊急時対応を勘案すると、原子力防災訓練についても、災害事象が急激に進行した場合の初動体制の立上げ、シビアアクシデントに至り緊急時対応が広範囲・長期に及ぶ場合の一連の対応、地震・津波等の自然災害と複合した場合の対応等をはじめとして、その前提となる原子力防災上の計画、指針等と併せて、徹底した見直しが必要と考えられる。



## VI. 放射性物質の環境への放出

### 1. 放射性物質の大気中への放出量の評価

#### (1) 放射性物質の空気中への放出について

今回の事故では、事象の進展に伴い、格納容器ベント、原子炉建屋の爆発等があり、空気中への放射性物質の放出に至った。

一方、1号機原子炉建屋の作業環境を改善させるため、東京電力は、5月5日より局所排風機（4台）による原子炉建屋内の放射性物質濃度の低減を図り、さらに5月8日～9日、建屋の換気のため北側二重扉を一部開放した。これに伴い放射性物質が環境に微量放出する可能性があるため、敷地内外での環境モニタリングを強化して監視したが、放射線量率、空気中の放射性物質濃度とも変動は認められなかった。

#### (2) 放射性物質の空気中への放出の推定について

##### ① 解析に基づく推定

原子力安全・保安院は、INES 評価を行うため、独立行政法人原子力安全基盤機構（JNES）の原子炉の状態等の解析結果から試算を行い、福島第一原子力発電所の原子炉からの総放出量はヨウ素 131 について約  $1.3 \times 10^{17}$  Bq、セシウム 137 について約  $6.1 \times 10^{15}$  Bq と推定されたとした。その後、5月16日に原子力安全・保安院が東京電力に対して報告を徴収した地震直後のプラントデータ等を用いて、JNES が原子炉の状態等をIV章で記載したとおり改めて解析したところ、福島第一原子力発電所の原子炉からの総放出量はヨウ素 131 について約  $1.6 \times 10^{17}$  Bq、セシウム 137 について約  $1.5 \times 10^{16}$  Bq と推定した。

以下では、この推定と、主に福島第一原子力発電所敷地内のモニタリングデータとの比較を行い、原子炉から放出された放射性物質がどのように拡散し、周辺環境への影響を及ぼしたかについて整理した。

地震後、放射性物質の放出が顕在化したのは、3月12日明け方に福島第一原子力発電所敷地内のモニタリングポスト MP-6 付近でのモニタリングカーによる測定で空間線量率が上昇した時のものである。この時、1号機では格納容器圧力が異常上昇したうえで若干の圧力低下が見られたことから、格納容器からの漏えいが発生し、大気中に放出があったものと推定できる。解析では、既に燃料の溶融が始まっているとの結果となっている。

その後の同地点でのモニタリング測定で12日昼までの間に線量率が上昇しているが、その間、1号機ではベント操作を続けていたものの、D/W 圧力は14時頃まで有意には低下していない。原子炉内では溶融した燃料

から S/C に希ガス等の非凝縮性ガスが放出され、環境中に漏えいが続いていたとも考えられる。

東京電力は、12日14時30分に D/W 圧力が低下し、ベントが成功したと判断している。この時点において、原子炉容器等での沈着や S/C での吸収がなされなかったヨウ素等も含めた放射性物質が大気中へ放出され、プルームの影響で MP-4 付近での測定で約 1mSv/h が観測されたものと考えられる。また、福島県が夕方から開始した南相馬市合同庁舎での測定で 20 $\mu$ Sv/h が観測されており、このプルームが弱い北風で一旦南に流れたのち、強い南風に風向が変わったため、拡散しながら北に流れた影響と考えられる。

13日8時から9時にかけて、MP-1,4,6 付近で有意に線量率が上昇している。3号機で原子炉水位が低下し燃料が露出した後でのベント操作をしており、その影響と考えられる。なお、この時期は弱い西風から南風が変わっていく気象条件であったため、このプルームが拡散して北上したものと推定される。南相馬市での測定では、およそ 1 $\mu$ Sv/h 程度の線量率上昇になっている。なお、3号機からの放出は D/W 圧力が複数回にわたって低下しており、それに対応して MP-1,4,6 付近で有意に線量率が上昇していることが確認できる。

14日午前中にも複数の線量率の上昇が確認されているが、各プラントでの放出に関係すると思われる事象の情報は得られていない。そのため、線量率上昇の原因は定かではないが、13日までに放出された放射性物質により、それぞれの測定箇所でのバックグラウンドが上昇しており、沈着した放射性物質が再浮遊して空間線量率が上昇した可能性も考えられる。

14日21時、MP-6 付近で約 3mSv/h の空間線量率が測定されている。その後、一旦空間線量率が下がったものの、15日6時以降再度上昇し、9時には約 12mSv/h の数値が測定されている。14日21時は2号機では、ウェットベントにより D/W 圧力の低下がみられている。また、15日6時頃には2号機で爆発音とともに S/C 圧力が低下していることから、2号機からの放射性物質の放出と考えられる。ただし、4号機の原子炉建屋の爆発も同時期に発生しており、明確な区別ができない状況である。この時期はおおよそ北風であったため、プルームは南下し、茨城県東海村の独立行政法人原子力日本原子力研究開発機構等で線量率の上昇とともに、大気中から放射性ヨウ素等が検出されている。

さらに MP-6 付近において、15日23時と16日12時にも空間線量率の上昇が見られており、前者は3号機、後者は2号機において D/W 圧力の低下が見られることから、それぞれ3号機及び2号機からの放出と考えら

れる。

## ② SPEEDIによる推定

今回の事故では、原子炉施設における測定によって放出源情報を得ることができないことから、緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム（SPEEDI）を用いて発電所周辺の放射性物質の濃度や空間線量率の値を計算することができない状態が続いていた。このため、原子力安全委員会では、3月16日以降、SPEEDIを開発した独立行政法人日本原子力研究開発機構の研究者及び文部科学省の指示により派遣された原子力安全技術センターの職員の協力を得て、原子炉施設での測定に代わる方法を検討し、試行錯誤を通じて、環境中の放射性物質濃度の測定（ダストサンプリング）結果と発電所から測定点までのSPEEDIによる拡散シミュレーションを組み合わせることによって、ダストサンプリングによってとらえられた放射性物質が放出された時刻における放出源情報を一定の信頼性をもって逆推定を行った。原子力安全委員会は、こうして推定した放出源情報をSPEEDIの入力とすることによって、過去に遡って施設周辺での放射性物質の濃度や空間線量率の分布を求め、これによる事故発生時点からの内部被ばくや外部被ばくの積算線量の試算結果を3月23日、4月11日、25日及び27日に公表している。（添付VI-1）

## 2. 放射性物質の海水中への放出量の評価

### (1) 発電所からの放射性物質の漏洩

福島第一原子力発電所では原子炉圧力容器内から分散された放射性物質が溶け込んだ水が格納容器内に漏出してきた。また、原子炉及び使用済燃料貯蔵プールの冷却のために外部から注水した結果として、その注水した水の一部が格納容器から漏出し、原子炉建屋やタービン建屋内部の溜まり水となった。原子炉建屋やタービン建屋内部にある汚染水については建屋内部での作業性の観点からその管理が重要な課題となり、建屋の外部にある汚染水については環境への放射性物質の放散を防ぐ観点からその管理が重要な課題となった。

東京電力は、4月2日9時30分頃、2号機の取水口付近にある電源ケーブルを納めているピット内に1,000mSv/hを超える水が溜まっていること、及びピット側面に亀裂（約20cm）があり、当該部分よりピット内の水が海に流出していることを発見した。このため、東京電力は、コンクリート等の投入、水ガラスの注入等による止水処理を行い、4月6日5時38分に水の流出が止まったことを確認した。

2号機から流出した高濃度の放射性物質を含む汚染水（以下「汚染水」という。）の海洋への放出量について、東京電力が評価を行い、原子力安全・保安院としても確認している。（添付VI-2）

流出が発見される前日（4月1日）の2号機スクリーン近傍海面付近の空間線量は、その周辺のバックグラウンドレベルと変わらない1.5mSv/hであることが確認されている。一方、流出が確認された直後には、ほぼ同じ場所の空間線量率は20mSv/hとなっている。このことから、汚染水が流出した期間は、4月1日から6日までの間と仮定できる。流出率については、写真等から約4.3m<sup>3</sup>/hと計算している。汚染水の濃度は、サンプリングで得られた実測値を用いて、流出した汚染水に含まれる放射性物質の推定総量は、 $4.7 \times 10^{15}$ Bqと推定できる。

また、東京電力は、5月11日16時5分頃、3号機取水口付近のピットから海への流出を確認し、同日18時45分頃に海への流出停止を確認した。

この3号機から流出した汚染水の海洋への放出量について、東京電力が評価を行い、原子力安全・保安院としても確認している。（添付VI-3）

評価の結果、3号機から放出された放射性物質の量は、流出時間が41時間（5月10日2時から11日19時）で、流出量は250m<sup>3</sup>と計算している。流出した汚染水の濃度は、ピット内に流入した水の実測値を用いて、流出した汚染水に含まれる放射性物質の推定総量は、 $2.0 \times 10^{13}$ Bqと推定できる。

現在、東京電力は、更なる放射性物質の漏洩を防止するため、排水の貯留先の確保、排水中の放射性物質を除去するための処理設備の設置、漏洩の可能性のある箇所閉止、排水量の低減のための原子炉の冷却方法の改善等の対策を進めている。

## （2）発電所からの放射性物質の海洋への放出

東京電力は、2号機タービン建屋地下階に滞留している高濃度放射性排水が周辺環境に漏洩していることが推定されること等から、原子炉等規制法第64条第1項に基づく危険時の措置として、高濃度放射性排水を移送するために集中廃棄物処理施設に存在する低濃度の放射性滞留水を海洋に放出することとした。併せて、建屋に侵入する地下水から安全上重要な機器を保護するため、5号機と6号機のサブドレイン内の低濃度の放射性物質を含む地下水を海洋に放出することとした。このため、原子力安全・保安院は、原子炉等規制法第67条第1項に基づき、海洋への放出に係る事実関係、影響評価、放出の考え方について、東京電力に対して報告を求めた。原子力安全・保安院は、報告内容を確認した上で、原子力安全委員会の技術的助言を求め、同委員会からは緊急時のやむを得ない措置として、海洋放出を実施するに当



たつての助言を得た。

これらを踏まえ、東京電力は、4月4日から10日までに、集中廃棄物処理施設、並びに5号機及び6号機のサブドレインから、約10,393トンを放出した。東京電力は、4月4日から10日までに放出した量から、放射性物質の総量は、約 $1.5 \times 10^{11}$ Bqと推定している。(添付VI-4)

東京電力は、上記(1)及び(2)に対して、環境への影響を確認するため、沿岸海域のモニタリングを強化するとともに、シルトスクリーン(漏出防止フェンス)等の設置を実施した。(添付VI-5)

以上の点に関し、日本政府としては、低濃度とはいえ放射性物質を含んだ水を放出せざるを得なかったことは大変残念であったと考えている(IX.4.(3)参照)。

### (3) 海洋拡散シミュレーション

文部科学省は、4月12日、4月16日、4月29日、5月9日及び5月24日に、これまでの海域モニタリングの実測値を用いて独立行政法人海洋研究開発機構のスーパーコンピュータシステムにより放射性物質の拡散予測計算を行い、福島第一原子力発電所からの向こう2ヶ月間程度にわたる放射能濃度分布シミュレーションの結果を公表した。

シミュレーションで用いたモデルは、8km平方のメッシュで切った海表面上に、初期条件で与えられる個数の浮遊粒子が、潮流や風の影響を受けて拡散していく様子を、予測計算を行う前日から約2ヶ月先までの潮流の予測と、予測計算を行う前日から1週間先まで風の予測及び1週間後から2ヶ月先までのこの時期の平均的な風のデータを用いて、拡散方程式で計算するものである。つまり、海表面上における浮遊粒子の拡散を予測することで、放射能濃度の分布状況を予測するものである。

本予測では、放射能濃度の分布状況として、5月半ばに全海域において当初の検出限界値(放射性ヨウ素、放射性セシウムとも約10Bq/L)を下回る(10Bq/L以上の放射能濃度の分布海域はなくなる)と予測された。

このため、より精緻な放射能濃度の分布状況を明らかにするため、より広域でかつ検出限界値を下げた分析を行うこととし、本予測に基づいて、新たなサンプリングポイントを選定し、5月6日に「海域モニタリングの広域化について」として公表した。

広域化後の放射能濃度の分布状況は、ほぼ予測どおりであり、5月20日に広域化後はじめての海水中の放射能濃度を文部科学省が発表した際も、検出された放射能濃度は、ほぼ旧検出限界値(10Bq/L)と新検出限界値(セシウム134で6Bq/L)の間であった。

なお、シミュレーションは必ずしも実測値の濃度そのものを保証するものではない。それは分布を予測するモデルであり、濃度の濃さそのものを予測するモデルではないからである。また、分布状況が実測値と異なってしまうのは、観測値をモデルに取り込んでも、現実の流れの場を完全に再現出来ないこと、予測に用いる風は約1週間分で、その後はその時期の平均的な風を用いるために誤差が含まれることなどの複数の制約から、予測期間が長くなると、誤差も大きくなるためである。今後、最新のモニタリング結果の実測値を確認しつつ、他の計算コードによるシミュレーションとも相互評価を得ながら、より現実に近い予測の実現に向けて不断の見直しを行う必要がある。

## VII. 放射線被ばくの状況

### 1. 放射線業務従事者を含む関係職業人の放射線被ばくの状況

#### (1) 放射線業務従事者における線量限度について

##### ① 事故前の線量限度の規定

線量限度等については、文部科学省に設置されている放射線審議会が、国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告の我が国への取り入れを審議し、取り入れ方針を意見具申している。放射線業務従事者における線量限度については、ICRP 1990年勧告（Pub.60）に基づき、関係法令において、実効線量で5年間につき100mSv、1年間につき50mSvと定められている。また、女子については、この限度のほかに3月間につき5mSvの限度が定められている。

また、緊急作業に係る放射線業務従事者の線量限度については、関係法令において、実効線量について100mSv、眼の水晶体の等価線量について300mSv及び皮膚の等価線量について1Svと定められている。

##### ② 事故を踏まえた緊急時における線量限度の変更

今回の事故での災害の状況に鑑み、原子力災害の拡大を防止するため、緊急時における放射線業務従事者の線量限度を変更している。原子力災害対策特別措置法の原子力緊急事態宣言がなされた日から、解除宣言がなされた日までの間の緊急事態応急対策実施区域において、特にやむを得ない緊急の場合は、実効線量について100 mSvを250 mSvとし、3月14日から施行している。この250 mSvの根拠については、ICRP 1990年勧告（Pub.60）において緊急救助活動に従事する者（ただし、ボランティアである者）の上限の線量限度として、放射線防護の基本的目標である確定的影響の発生を回避するために500mSvとされていることなどを踏まえたものである。

線量限度の変更に当たっては、人事院総裁、厚生労働大臣及び経済産業大臣は、放射線障害防止の技術的基準に関する法律に基づき、文部科学省に設置されている放射線審議会に対して、線量限度の変更についての諮問を行い、妥当であるとの答申を得ている。

なお、厚生労働省は、緊急作業に従事した労働者のその後の緊急作業以外の放射線業務による被ばく線量に関しての行政指導文書を発出している。（添付VII-1）

## (2) 原子力発電所における放射線管理体制

### ① 事故前の事業者（東京電力）による放射線管理

東京電力は、原子炉建屋、タービン建屋に代表される「放射線管理区域」における放射線レベルを把握し、作業に当たっては個別の放射線作業計画を確認する等により、作業員の受ける放射線量を低いレベルに押さえることを目的として放射線管理を行っていた。また、管理区域での作業は放射線業務従事者に指定、登録された者を東京電力が確認し、作業許可を与えた者でなければならない。

福島第一原子力発電所では、通常、作業員一人一人が警報付き個人線量計（Alarm Pocket Dosimeter：APD）を装着して作業中の放射線量を測定するため、管理区域入域時に個人を特定して、一人一人に貸し出し、作業終了後はAPDの線量を読み取って自動的に記録し、毎日の個人別線量や企業別等の集計、あるいは月単位、年単位等の個人別線量集計などの処理ができる仕組みを構築し利用していた。

また、管理区域（各建屋）への入退域は、各建屋の入り口に隣接した建屋で行い、防護装備や個人線量計の装着も、管理区域入域直前で実施していた。

内部被ばく管理については、初めて放射線管理区域に入域する際及び3ヶ月毎にホールボディカウンター(WBC)を用いた測定・評価を全作業員に実施していた。

### ② 事故後の事業者による放射線管理

#### a. 外部被ばくに関する個人被ばく管理体制

##### a) 福島第一原子力発電所における放射線管理体制

今回、海岸に面した(2)に記載した入退域のための建屋にも津波が押し寄せ、管理システムの機能が喪失し、APDや線量読み取り装置も海水に浸かったため、その多くが使用できなくなった。

また、発電所敷地内の放射線レベル、汚染レベルが高くなり、作業員は、「免震重要棟」に設置された東京電力の対策本部においてすべての業務を一元的に行うこととしたことから、個人線量計の貸し出し、線量記録も、免震重要棟で実施した。

地震直後の3月11日より作業員の線量管理は、個人名と日々の線量値を手作業で記録し、線量データを紙の記録として蓄積する方法をとらざるを得ない状況となり、さらに手作業で記録した毎日の個人線量を手作業でPC（エクセルシート）入力し、データベースとして保存している。

APDについては、前述のとおり使用できなくなったものが多くなり、作業員全員に行き渡らない状況となったことから、東京電力は、作業グループの代表者がAPDを携帯し、全員の被ばく線量を管理していた。原子力安全・保安院としては、作業員の被ばく管理は、現場の安全確保の上で極めて重要であることから、東京電力に対して、作業員の放射線管理に万全を期するよう口頭で指示した。この指示を受け、4月1日までに必要なAPDを確保し、作業員全員が線量計を携帯して作業を行っている。

また、作業員は、免震重要棟内での作業時には、APDを着用していなかったことから、外部被ばくの評価は滞在した期間に基づく評価となっている。さらに、事故直後、免震重要棟内の空気中放射性物質の算定は、空気中の濃度限度を超えていたにも関わらず、防護マスクの着用など適切な防護装備を装着させていなかったため、同棟内に滞在していた作業員が放射性物質を吸引する結果となった。

事故発生から約1ヶ月後の4月14日、福島第一原子力発電所においては線量管理システムがほぼ復旧したため、従来の形に近い線量管理（個人名と線量記録が自動的に記録される仕組み）が可能となっている。

#### b) Jビレッジにおける放射線管理体制

事故直後の3月17日より、福島第一原子力発電所の南約20km地点のサッカー練習施設「Jビレッジ」を福島第一原子力発電所への作業員の入域場所として活用し、防護装備の装着、退出時の汚染検査等を行っている。

免震重要棟を経由しないで福島第一原子力発電所の構内で作業を行う放射線業務従事者については、Jビレッジで個人線量計（急遽調達したり、いくつかの機関からの支援を受けたため数種類の線量計が混在している。）を装着して福島第一原子力発電所の構内作業等に向かい、退出時はJビレッジで線量計を返却する際に当日の線量を記録する仕組みをとった。このため、Jビレッジにおける線量記録は、事故当初より、手作業による集計を継続している。なお、東京電力は、6月上旬よりJビレッジにおいてもバーコードを利用した個人認証システムを導入する計画である。

#### b. 放射線防護装備、作業管理体制

東京電力は、福島第一原子力発電所構内全域の放射性物質濃度が高い状態にあることから、防護服（タイベック等）、手袋、防護マスクの着用

を義務づけている。また、天候や作業場所の汚染に応じて、防護服（アノラック）、ゴム手袋、オーバーシューズの装着を義務づけている。

免震重要棟については、入口の扉が気密構造でないこと、1号機および3号機の水素爆発の影響で扉が歪み若干の隙間が空いていたことなどから、放射性物質の流入を防ぐことが難しい状況であったが、事故当初より棟内では特段の防護装備を装着していなかったため、作業員による放射性物質の吸入が発生した。免震重要棟内の空気中放射性物質濃度低減のため、3月26日に免震重要棟の入口にユニットハウスを接続し、ハウス内にチャコールフィルタ付き局所排風機を設置するなどの対策を行った結果、棟内の放射性物質濃度は防護対策が不要な低い値で維持されている。

また、線量が高いエリア等における作業計画の立案において、事前サーベイ等を行い、作業員に周知している。

### （3）被ばくの状況

福島第一原子力発電所で緊急作業を行っている作業員の被ばく線量の状況は、5月23日現在、入域した人数は約7,800名で、平均は約7.7mSvである。100mSvを超えた者は30名である。被ばく線量の集計結果は、添付VII-2のとおり。

今回の事故では、被ばく線量が法令に定める線量限度を超える事例等が発生しており、概要は次のとおりである。

3月24日、3号機タービン建屋1階及び地下1階において、ケーブル敷設作業を行っていた3名のうち2名について、短い靴で滞留水に足を入れて作業を行った結果、両足の皮膚に放射性物質が付着していることを確認した。東京電力は、当該部分の洗染を行ったものの、ベータ線熱傷の可能性があると判断し、2名は福島県立医科大学付属病院へ搬送し、診察の後、翌25日にその2名を含む作業員3名を独立行政法人放射線医学総合研究所に搬送した。放射線医学総合研究所では、受け入れ後直ちに検査等を行い、また、4月11日に経過観察のため再受診し、3名の健康状態に問題はないことを確認している。なお、皮膚の等価線量を評価した結果、2～3Svを下回ると推定されている。

さらに、4月27日、東京電力は、3ヶ月分の被ばく線量の確定作業を行っている過程で、作業に従事していた女性職員について、法令に定める線量限度である3ヶ月間で5mSvを超えていることを確認した。なお、作業に従事していた者の中には、放射線業務従事者の指定がされていない者がいた。

このため、原子力安全・保安院は、東京電力に対して、厳重に注意すると

ともに、原因の究明及び再発防止策の策定並びに福島第一原子力発電所における放射線管理体制の検証及びこれを踏まえた対策の策定を行うよう指示した。東京電力は、5月2日、同指示を受けた報告書を作成し提出した。原子力安全・保安院は、同報告書を受け、東京電力に対し、作業者の労働安全、健康管理及び生活改善について、放射線業務従事者の放射線管理が適切になされる観点から、更なる改善に努めるとともに、放射線業務従事者の放射線管理を適切に行い、福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所において、保安規定を遵守させるための指示を5月25日に行った。(添付VII-3)

また、5月17日、原子力災害対策本部が決定した「原子力被災者への対応に関する当面の取組方針」に示したとおり、政府は、東京電力に対し、①内部被ばくを含め作業者の被ばく線量管理、臨時の健康診断の実施の徹底等について指示しており、今後、定期的に実施状況の報告を求めることとしている。また、②緊急作業のうち一定のものについては、あらかじめ労働基準監督署に作業届を提出させることとし、作業者の被ばく管理等について確認することとしている。

さらに、③緊急作業に従事したすべての作業者の、離職後を含めて長期的に被ばく線量等を追跡できるデータベースを構築し、長期的な健康管理を行うこととしており、①～③の対策を推進するため、厚生労働省は、「福島第一原発作業員健康管理等対策推進室」を5月20日に設置した。

放射線管理の他、作業者の労働環境等の整備が重要であり、東京電力は、福島第一原子力発電所、福島第二原子力発電所の作業員の労働安全、健康管理及び生活環境の改善について取り組んでいる。

#### (4) 復旧作業等に当たる国の職員の放射線管理

##### ① 自衛隊の放射線管理

福島第一原子力発電所の30km圏内で行動する自衛隊員は、あらかじめ活動予定地域またはその近傍の最新モニタリング結果及び活動予定時間から予測される被ばく線量を見積もり、簡易防護服(タイベック)等の着用等必要な処置を講ずることとしている。

また、活動の間、保有する線量率計により随時モニタリングを実施するとともに累積線量を確認することとしている。個人の累積被ばく線量の上限は50mSv(放射線業務従事者の被ばく限度。女性隊員は3月間で5mSv)とし、活動中に30mSvを超えるおそれのある場合、帰還線量(累積被ばく限度内に戻れる線量)を考慮し活動を一時中止し帰還することとしている。(女性隊員は3mSv)。

なお、人命救助等緊急やむを得ない作業を実施する場合の累積被ばく線

量は250mSvを上限としている（女性隊員は除く）。

5月31日現在、上記被ばく線量を超えた自衛隊員はいない。

## ② 消防隊の放射線管理

福島第一原子力発電所の20km圏内で活動する消防職員は、簡易防護服等の個人装備を装着した上、消防庁の活動対策マニュアルに記載されている被ばく線量限度等を参考に各消防本部で設定した線量を上限としてできる限り被ばく線量が小さくなるよう、空間線量率や積算線量を計測しながら、消防活動を実施している。

なお、消防庁の活動対策マニュアルでは、被ばく線量限度として、人命救助等の緊急時活動においては100mSv（警報設定値は30～50mSvの範囲で設定）とし、繰り返し活動を行う場合は5年間に100mSv（ただし任意の1年に50mSvを超えるべきではない）としている。

福島第一原子力発電所の20km圏内で活動する消防職員は、活動終了後の被ばく線量を測定しているが、5月31日現在、被ばく線量限度を超えた消防職員はいない。

## 2. 周辺住民の放射線被ばくへの対応及び状況

### （1）安定ヨウ素剤の配布等について

#### ① 安定ヨウ素剤の確保状況

福島県においては、既に配備されていた市町村に加え、東京電力福島第一原子力発電所から50km圏内に行政区域を持つ市町村に対し、必要な安定ヨウ素剤を配備した（錠剤：約151万錠（約75万人分）、粉末：約6,100グラム（約12～18万人分））。

これは、福島県の50km圏内に相当する地域の市町村の人口約69万人分を超える量に相当（いずれも40歳未満）している。

#### ② 避難住民への配布・服用の考え方

避難住民の安定ヨウ素剤の服用については、原子力安全委員会の助言を得つつ、原子力災害現地対策本部長が関係市町村に服用の指示を行うこととしており、指示を受けた市町村は住民に対して安定ヨウ素剤を配布し、医療関係者の立会いのもと、服用することとなっている。これは服用に伴うヨウ素アレルギーなどの副作用の懸念があることによる。

安定ヨウ素剤は市町村役場で保管されているが、実際の避難の際に確実に住民に配布できるよう段取りを決めておく必要がある。この場合において、住民への安定ヨウ素剤の事前配布は適切でないため、市町村において



は、以下の避難パターン毎に確実に配布・服用できるよう、必要な体制を取ることにしている。また、住民への周知徹底に当たっては、いたずらに不安を煽ることのないよう留意することとしている。

<避難パターン>

- i 避難バスを使用する住民  
避難先の避難所又はバス内で配布・服用。
- ii 病院等の入院患者の住民  
病院等又はバス内で配布・服用。
- iii 個人で避難を行う住民  
避難所又はスクリーニングポイントでの医師の判断（年齢・避難時間等を考慮）により配布・服用。

③ 安定ヨウ素剤服用の指示に関する対応状況

3月12日に、原子力災害対策本部長から福島県知事及び周辺43町に対し、20km圏内の避難指示がなされた。避難が進展する中、3号機の水素が原因とみられる爆発(3月14日)等により放射線量が増加する可能性が否定できなかった。このため、原子力安全委員会からの助言である、避難区域(半径20km圏内)に残留している住民の避難時における安定ヨウ素剤の投与を推奨する等を踏まえ、3月16日に、原子力災害現地対策本部長が、福島県知事等に対し、「20km圏内からの避難時」に安定ヨウ素剤を服用するよう指示した。この指示は、避難が完了していると認識していたものの、避難できない住民が残っている場合を想定した念のための措置である。しかし、指示した時点においては、避難は既に完了していたため、本指示文書に基づいて安定ヨウ素剤を服用した住民はいなかった。また、3月21日には、同本部長から同県知事等に対し、安定ヨウ素剤投与に当たっての注意事項を指示した。

(2) スクリーニング及び除染の基準及びその方法

福島県は、3月13日、文部科学省から派遣された被ばく医療の専門家及び放射線医学総合研究所の医師等の意見、及び福島県立医科大学の取扱いを踏まえ、全身除染を行う場合のスクリーニングレベルを100,000cpmとし、13,000cpm以上、100,000cpm未満の数値が検出された場合には、部分的な拭き取り除染を行うこととした。

一方、原子力安全委員会は、3月19日、それまで10,000cpmとしていた除染のためのスクリーニングレベルを100,000cpmとした。これは、その実効性に鑑み、国際原子力機関(IAEA)が「放射線緊急事態の初期対応者へ

のマニュアル」〔Ⅶ2-1〕において規定した一般住民の体表面汚染に対する除染の基準である 1 時間当たり  $1\mu\text{Sv}$  マイクロシーベルト（10cm 離れた場所での線量率）というスクリーニングレベルに変更するものである。

注）計測値は、TGS-136 型 GM サーベイメータ（5cm 口径）を用いて計測した時の値。

### （3）周辺住民の放射線被ばくの状況

住民の汚染に関し、福島県は、原子力災害現地対策本部と協力し、同県内において、20km 圏内から避難してきた者を含め、同県の住民に対するスクリーニング調査を実施している。5 月 31 日までに実施した 195,354 人については、ほとんどの者が除染を必要としない  $100,000\text{cpm}$  以下であった。なお、102 名が除染の必要なレベルである  $100,000\text{cpm}$  を超えていたが、除染後、問題のないレベルに低下した。

また、原子力災害現地対策本部は、現在の被ばく線量の把握、特に感受性の高い小児への健康影響をより正確に把握するため、福島県と協力し、3 月 26 日から 3 月 30 日にかけて、いわき市、川俣町及び飯舘村において小児の甲状腺被ばく調査を実施した。実施に当たっては、SPEEDI の試算（3 月 23 日公表分）を踏まえ、屋内退避区域あるいは SPEEDI を用いた試算で甲状腺の等価線量が高いと評価された地域の小児を対象とすることとし、測定法について原子力安全委員会の助言を受けた。その結果、小児甲状腺被ばく調査を実施した 0 歳から 15 歳までの 1,080 人の小児について、スクリーニングレベルとした  $0.2\mu\text{Sv/h}$ （一歳児の甲状腺等価線量として  $100\text{mSv}$  に相当）を超えるものはなかった。

## 3. 放射線被ばくの状況の評価

放射線防護の目的は、個人の確定的影響の発生を防止し、確率的影響の発生を制限するためあらゆる合理的な手段を確実に取ることである。

### （1）事業者における放射線被ばく状況の評価

事業者は、あらかじめ定められた計画に基づき、放射線業務従事者の放射線管理を適切に行う責務を負っている。今回の事故では、津波により APD が使用できなくなり、放射線管理システムが機能を喪失している。さらに、事故の進展に伴い、原子力発電所施設内のみならず敷地内の放射線レベル、汚染レベルが高くなっている。

放射線業務従事者の放射線管理を適切に行うためには、正確な線量管理を行うことが基本である。しかしながら、上記により、線量計の数量が不足し

たため、環境線量が低い作業などでは作業単位毎に代表者に装着させるなどの対応を取った。線量計の数量が不足したことに対して、東京電力は、全員に線量計を持たせられるよう早急に対応するべきであった。

また、システムの機能喪失により、個人線量の評価は人手による記録に頼ることとなり、また、APDによる各個人の線量の計測ができず、行動記録等に基づく評価となっており、従来と同等の放射線管理の体制が構築されるまでに時間を要している。

さらに、免震重要棟内に放射性物質を持ち込ませないための管理が遅れるとともに、同棟内の空気中放射性物質の濃度測定が遅れ、内部被ばくによるリスクを増大させる結果となった。

福島第一原子力発電所は、バックグラウンドレベルの上昇に伴い、ホールボディカウンター(WBC)の使用ができない状態となったため、車載型のWBCを借り受けて測定するとともに、他の発電所での測定も並行して実施して、内部被ばく評価を進めてきているものの、測定対象者が多く追いつかない状態である。このため、他の発電所等においてWBC測定を行い、内部被ばくの評価を行っているが、十分な測定体制を構築できていない。

そのため、東京電力では、外部被ばく線量の高い作業員並びに3月に緊急作業に従事した作業員を優先的にWBCによる測定・線量評価を実施していたが、内部被ばく線量の評価で、現時点で2名の作業員において甲状腺の体内放射線量(ヨウ素131)が高いことが確認された。これらの者に対しては現在線量評価を行っているところであるが、緊急時対応における線量限度250mSvを超えるおそれがある。また今後も、内部被ばく評価の進捗に伴い、3月の事故直後に作業に従事した者の中には、線量限度に近いあるいは超えるおそれがあると評価されるケースが発生する可能性がある。東京電力においては、3月に緊急作業に従事した作業員の内部被ばく評価を速やかに実施する計画としている。

なお、東京電力は、7月以降、福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所にあるWBCをJビレッジに移設し、また、新規購入等を行い、Jビレッジに測定体制を整備する計画である。

福島第一原子力発電所では、放射線量の上昇に伴い、非管理区域も管理区域として管理することが求められる事態となった。このような経緯の中で、放射線業務従事者として指定されていない作業員が、管理区域と同等な管理を行うべき場所で業務を行い、公衆の線量限度である年間1mSvを超えることとなった。これは、放射線管理を行うべき対象エリアの拡大に合った個人線量管理が、当初できていなかったためである。

## (2) 周辺住民の放射線被ばく状況の評価

住民が受けた放射線量の評価に関しては、今後、福島県が主体となり、関係省庁及び独立行政法人放射線医学総合研究所等の協力を得て対象地域内での調査を行い、別途調査された放射性物質の放出状況などの結果と重ね合わせて、各住民が受けた放射線量の推定評価を行うこととしている。

調査対象者は福島県民約 200 万人を想定しており、福島県が行う健康管理調査の一環として実施する。震災に伴い各地に避難者が分散していることから、まず現住者および原則として避難先が把握可能な避難者等、実行性の高い者から調査を行う予定である。

## (3) 緊急被ばく医療体制の評価

今回の福島第一原子力発電所事故に際しては、緊急時作業にあたった者等が、念のため第三次緊急被ばく医療機関である独立行政法人放射線医学総合研究所へ搬送されたケースがあったが、いずれも三次被ばく医療として扱うほど重篤なものではなかった。

今回の東日本大震災に起因する原子力災害においては、大地震や大津波への対応も同時発生しているという従前の原子力防災対策の想定以上の対応を要する事例であったため、地方自治体は、まず、大量の傷病者発生時の患者受け入れに関する、全国の大学病院等の医療機関との連携による体制の強化を図った。

このため、二次被ばく医療機関である福島県立医科大学をはじめ、県内の主だった医療機関は同時に災害医療の現地派遣等の災害医療対応も余儀なくされている複合的な非常事態下であり、実際に緊急被ばく医療が必要となった時に、地域防災計画において事前に想定していた現地における対応と比して十分な対応が出来なかった可能性はあったと思われる。

しかしながら、現地対策本部が中心となって被ばく医療体制を直ちに再構築し、三次被ばく医療機関をはじめ大学病院等の関係する機関との連携による対応体制を強化したことにより、被ばく医療体制は必要な機能を果たしているものと考えられる。

## 参考文献

- [Ⅶ2-1] 国際原子力機関 (IAEA) : Manual for First Responders to a Radiological Emergency (放射線緊急事態の初期対応者へのマニュアル)  
[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/epr\\_Firstresponder\\_web.pdf#search='manual for first responders to a radiological emergency'](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/epr_Firstresponder_web.pdf#search='manual for first responders to a radiological emergency')



## VIII. 国際社会との協力

### はじめに

日本は、東京電力福島第一原子力発電所事故に際し、国際社会との関係において、主に以下の諸点を重視した。

まず、国際社会への情報提供に当たっては、日本政府は、透明性の確保を最優先課題とし、得られた情報を迅速かつ正確に提供することに努めた。低濃度の放射性滞留水の放出についての近隣国等への通報が遅れたことを始め、いくつかの個別事例については改善すべき点があったが、その後日本政府は情報伝達の方法を改善してきている（下記Ⅹ. を参照。）。

各国からの支援受入れをめぐっては、日本は、世界の英知を結集して事故に対応する必要があると当初から認識し、各国と緊密に連携し、物資の提供や専門家を受け入れてきている。日本政府として、各国からの温かい支援に心から感謝する。これらの支援については、当初、日本政府は、国内の需要の把握に時間がかかったが、政府内や支援供与国との連携体制の構築等により問題の解決を図った。

日本政府は、国際機関との協力を重視するとの立場から、国際原子力機関（IAEA）、経済協力開発機構原子力機関（OECD/NEA）、国際連合食糧農業機関（FAO）、世界保健機関（WHO）をはじめとする国際機関と緊密に連携してきている。

以下、各国からの支援受入れ及び国際機関との協力について簡潔に記述する。

#### 1. 各国からの支援

日本がかつて経験したことのない規模の今般の原子力発電所の事故に際し、原子力発電立地国の英知を活用することは、事態の安定・収束に向けた努力の中で極めて重要な要素であり、日本は、物資の提供や専門家を受け入れるなど、外国からの支援を積極的に活用した。

##### （1）専門家の知見の活用

事故発生後、米国、フランス、ロシア、韓国、中国及び英国の専門家が来日し、日本政府関係機関及び東京電力と意見交換を行った。日本は、これらの専門家から、特に原子炉や使用済燃料プールの安定化、放射性物質の拡散防止、放射性滞留水への対応等について多くの助言を得た。

## (2) 物資の支援

事態の安定・収束に向けた対応や住民の避難等のためには、原子力災害への対応に必要な特有な物資の導入等が必要であり、日本は、各国からの申出に基づき、積極的に物資を受け入れた。事故発生当初の緊急の課題であった原子炉や使用済燃料プールの安定化のため、原子炉等への給水のために東京電力が使用するポンプ、消防車、淡水輸送のためのバージ船等の提供を受けた。そのほか、高い放射線量の故に作業員のアクセスが困難な場所での作業のため、遠隔操作が可能なロボットの提供を受けた。また、作業員を放射線から防護するため、個人線量計、防護服、防護マスクなどの提供を受けた他、効果的な作業を検討するため、航空機等による原子炉等の写真の提供を受けた。加えて放射性物質を含む大量の水を処理するため、必要な物資も提供を受けた。さらに、避難区域から避難した住民の支援のため、個人線量計、防護服や土壌、水、農産物等の放射線影響を分析するためゲルマニウム半導体検出器等の提供を受けた。30 近い国及び国際機関から支援の申出があり、日本は、事故対応への必要性を勘案しつつ受入れを検討し、合計 10 か国 2 国際機関からこれらの物資の提供を受けた。

## 2. 国際機関との協力

日本政府は、事態の迅速な安定・収束を目指す観点から、国際機関の知見・経験を活用すべく、国際機関との協力を進めてきた。3月18日以降、IAEAから放射線計測専門家チーム（海洋専門家を含む。）、食品モニタリング・チーム（FAOとの合同による。）及び沸騰水型原子炉専門家が訪日した（その詳細は添付 VIII-1 参照。）。なお、日本政府は、5月24日から6月2日にかけて、IAEAとの間の合意に基づき、国際的な調査団の日本への派遣を受け入れた。OECD/NEA等の原子力の関係機関からも専門家の訪日や助言等を得た。

また、IAEA、WHO、国際民間航空機関（ICAO）、国際海事機関（IMO）等の国際機関や国際放射線防護委員会（ICRP）は、専門的な立場から、放射線による人の健康や交通網等への影響について、日本の空港及び港湾の周辺における放射線レベルが健康上十分に安全な範囲内にあることや、日本への渡航についてのアドバイス等に関する内容の、適時・的確な情報提供を国際社会に対して行った。

## 3. 国際社会との協力の評価

(1) 上記 1. のとおり、日本は、福島第一原子力発電所事故に係る対応に際し、多くの国から資機材等の支援を得ており、これらの資機材等は、原子



炉等の状況を安定化させる上で極めて重要な役割を果たしてきている。

- (2) 資機材の受入れについて、当初、日本政府が、国内のニーズの把握に時間がかかった原因としては、外国から申出のあった支援を国内のニーズに結びつけていく政府内部の体制が確立していなかった点が挙げられる。そのため、支援申出を受けた外務省が個々のケースごとに関係省庁と個別に連絡をとり、必要性の検討を要請せざるを得なかった。
- (3) また、日本政府が各種資機材の事故現場への提供に当たってニーズを把握するためには、多くの場合、資機材の名称のみならず、当該資機材の仕様（例えばポンプ車のアームの長さ。）、数量、提供に必要な期間等が極めて重要な情報であったが、当初はこれらの情報の入手に当たって困難がみられた。
- (4) IAEA は、緊急時の「対応援助ネットワーク」(Response Assistance Network: RANET) を設け、加盟国に対して支援を行う機関及び当該機関が貢献可能な分野を登録するよう推奨し、事故援助対応のための重要な枠組みを提供している。この点に関し、RANET において資機材の仕様、提供可能な数量等に係る具体的な情報も記載することができれば、事故において一層迅速な対応が可能となるものと考えられる。日本政府自身、RANET には、放射線治療等に係る 3 機関を登録するにとどまっているが、今後、RANET の一層の拡充（登録内容の具体化、参加国の増加等）に向けて貢献したい。



## IX. 事故に関するコミュニケーション

### 1. 国内の周辺住民や一般国民とのコミュニケーション

#### (1) コミュニケーションに求められること

事故に関する情報提供においては、緊急時においては一方的になることは避けられない。しかしながら、緊急性が多少とも緩和した段階では情報の受け手のニーズに合致し、求められる情報を適切に提供するための双方向のコミュニケーションが必要となる。加えて、事故に関するコミュニケーションでは、透明性、正確性、迅速性のいずれも充足する努力が重要である。

今般の事故においては、プレス発表、記者会見等のツールを用い、受け手が必要とする情報の提供に努めたところであり、その過程において、下記に述べるように合同記者会見を開催するなど、改善が見られた面もある。しかしながら、コミュニケーションの内容面での分かりやすさの追求など、引き続き、努力が求められる。

プレス発表や記者会見等を通じて、事故進展状況や政府としての見解を一般国民等に伝えることは、いわば、双方向のコミュニケーションの片道であり、それに対する反応を吸い上げて政府等の活動に反映させてこそ、コミュニケーションが成立する。その意味では、記者会見での質疑、緊急時対応センター（ERC）におけるプレスからの問い合わせ、下記一般相談窓口（以下、「窓口」という。）における質問等への対応を行うことは、双方向のコミュニケーションの前提である。

コミュニケーションが十分であったかの評価については、網羅的に実施できてはいないが、有識者や窓口に届けられた意見等を検討することによって、一定の考察を付記する。

#### (2) プレス発表及び記者会見等の実施

① 事故発生当時より、内閣官房長官がその記者会見の場を通じ、事故の状況や事故に関する政府の見解等について、直接一般国民に対し情報提供を行ってきた。これまでの間、事故被災者支援に関する事項も含めれば、毎回のように入閣官房長官の記者会見において事故関連の質疑がなされてきており、その度毎に政府の考えが示されてきた。

② 原子力安全・保安院（以下、「保安院」という。）は、3月11日の東北地方太平洋沖地震発生後30分後の15時16分（日本時間、以下同じ）

には「モバイル保安院」<sup>1</sup>により「地震による原子力施設への影響について（第1報）」配信するとともに、その後地震被害情報の第1報のプレス発表及び保安院の広報官による記者会見を実施している。

このプレス発表及び記者会見については、福島第一原子力発電所事故発生以降も継続して実施し、現在（5月31日現在）までに、第155報のプレス発表を実施すると共に、182回の保安院の広報官による記者会見を実施している。なお、記者会見の実施回数については、事故直後の3日間では平均して日に7回実施しており、プラント状況の落ち着きに従い、一日当たりの実施回数は減少し、現在では一日当たり1～2回の開催となっている。

こうした記者会見は、映像を通じて直接一般国民に情報を伝える貴重なツールであり、後述のプレス発表資料上の工夫以上に一層わかりやすく伝える工夫が求められる。こうした点から、有識者や窓口に寄せられた意見の中では、その工夫が十分でないとの趣旨のものが相応数見受けられた。

また、事故直後においては事故事象の説明が中心となり、被災地及び国民の安全確保のために極めて重要である「避難時の留意点」についての説明がなされなかった等の批判もある。

- ③ 文部科学省においては、全国都道府県の環境放射能水準の調査を実施するとともに、福島第一原子力発電所の周辺地域について、福島県や独立行政法人日本原子力研究開発機構、電力会社等と連携した空間線量率の調査や、空気中のダスト、土壌等の調査など、総合的なモニタリングを行っており、記者会見等を通じて、情報提供を行っているところである。
- ④ 原子力安全委員会においては、記者会見を3月25日から4月24日までの31日間、毎日開催し、原子力安全委員会が行った助言や文部科学省が実施した環境モニタリング結果に対する評価等について、原子力安全委員長を含め原子力安全委員自らが説明を行ってきた。また、4月25日から、原子力安全委員会の会議後に記者会見を計8回（5月19日現在）開催している。

---

<sup>1</sup> 新潟県中越沖地震時の経験を踏まえ、地震等の自然災害発生後の原子力発電所等施設の状況を登録された者の携帯電話にメールにて配信するシステム。5月10日現在、28,484のアドレスへの送付実績がある。

- ⑤ 今般の事故に関しては、事業者である東京電力も記者会見を実施してきている。同社と保安院とでは、記者会見の時間が異なること等によって、両者の発表内容に齟齬が生じているようにとらえられることもあった。こうしたことから、保安院や東京電力などの関係機関が共同で実施することによって、今回の事故に関係する情報を幅広く、かつ細部にわたる情報を一元的・整合的に提供し、正確性及び透明性を高めるため、4月25日から福島原子力発電所事故対策統合本部の合同記者会見も実施してきている（5月9日より同本部は政府・東京電力統合対策室に変更）。この合同会見には、細野内閣総理大臣補佐官、保安院、東京電力、原子力安全委員会、文部科学省などが参加している。

下記の窓口寄せられた意見の中で、政府や事業者がバラバラに報道しており見解も異なっているとの指摘が見られた。また、有識者からも、初期段階において、緊急時広報の原則である「One Voice」が徹底できなかったことは大きな問題であるとの指摘もある。

- ⑥ プレス発表資料作成に当たっては、その内容が原子炉に関する状況や放射線に関する情報等専門的かつ技術的であることから、分かりやすさの観点から、プレス発表資料においては、グラフや絵を活用してきている。しかし、窓口に対する意見の中では、一般向けに分かりやすく説明して欲しいといった趣旨のものが散見されており、多様な受け手のニーズに合致していない面があったものとする。分かりやすさについては、これで十分という到達点がないものであり、引き続き追求していくことが求められる。

加えて、記者会見時の説明にも求められることであるが、今後予想されるリスク、シナリオに関する情報が大きく欠如していたと有識者に指摘されており、この点については、事故の初期において窓口にも意見として寄せられている。もっとも、政府としての説明には正確性も求められることから、将来のことについては、確定的な事象でない限り躊躇する傾向が生じるが、一般が求めていることを提供していこうとする姿勢が大切である。

また、緊急時対応センターにおいて、プレス関係者からの問い合わせに対応してきたところであり、発表資料のみでは説明が不十分な技術的事項等の説明や、当方の意が伝わりづらい点に関するフォローはできていたものと考えられる。

他方、メディアサイドの見解の表明等については、基本的には媒体を通じて行われるところであり、どのような報道がなされているかをき

ちり把握し、それを踏まえて、説明の足りないところは説明の機会を増やしたり説明の仕方に工夫をし、また、政策に反映すべきところは具体的なアクションにつなげるように努めることが必要である。

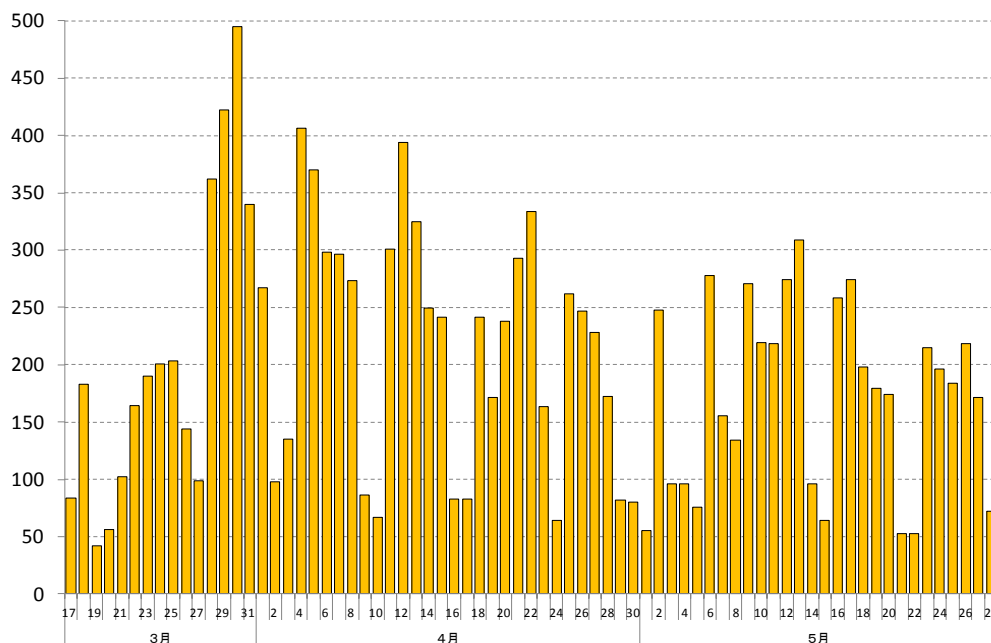
原子力災害対策本部においては、事故発生当初から随時、福島第一原子力発電所事故の状況や政府の対応等についての関連情報を一元的に集約し、インターネット上の官邸ホームページにおいて広く一般に情報提供している。また、プレス発表資料については、経済産業省、文部科学省、原子力安全委員会などが、それぞれのホームページに掲載しているが、経済産業省のホームページにおいては東日本大震災関連情報を一元化し、例えば、文部科学省等の各機関や地元自治体が行う放射線モニタリングデータにもアクセスできるようにしている。

### (3) 一般相談窓口による対応

- ① 保安院では、福島原子力発電所事故発生後より、上記プレス発表等に関する一般からの問い合わせに対し、保安院担当課の職員が 24 時間体制で対応してきたところであり、原子力事故の進展や放射線安全に関する様々な事象の発生を踏まえ、独立行政法人原子力安全基盤機構（以下、「JNES」という。）の支援を得て、3 月 17 日には対応人数を増加させるとともに、回線数も増加させ（5 回線を 13 回線：昼間）、その後も同機構の支援のもと順次対応職員の拡充等を実施してきた。その結果、3 月 17 日から 5 月 31 日時点まで累計約 15,000 件の電話相談等に応じてきている。なお、窓口開設当時に比較し、現在では相談件数も減少傾向となっているものの、現時点においても相当数の相談件数がある。

また、広報に関する評価や意見については、5 月時点の方が事故当初よりも全体に占める割合は多い。これは、プラントの事象進展が落ち着いてきたため、単純な質問や苦情等から広報活動そのものに関心が移ってきたこととの相関があると想定されるが、その検証は今後に待ちたい。

さらに、相談総数に比較して、広報に関する評価等の割合は少ないが、これは、発表内容が普段の生活にはあまり馴染みが薄かった原子力発電所事故の進展に係わるものであることに加え、一旦事故が起これば生活に密接に関係するものであることから、単純な質問や苦情等が他の事案の場合よりも多くなるためではないかと考えられる。



図IX-1-1 保安院の相談窓口への問い合わせ件数の推移  
(期間：3月17日～5月31日)

② 文部科学省では、独立行政法人日本原子力研究開発機構等の協力を得て、放射線及び放射線影響に知見を有する相談員による相談窓口として、新たに健康相談ホットラインを3月17日に設置して健康相談や正確な理解の普及に努めており、5月18日までに累計約17,500件の電話相談を受けている。独立行政法人放射線医学総合研究所においては、放射線被ばく医療に関する情報及び健康相談ホットラインを開設し、一般からの相談に対応しており、5月18日までに累計約7,800件の電話相談を受けてきているところである。

③ 原子力学会などの学会関係者も一般国民への説明や情報提供を積極的に行っている。

④ 福島県は、国の支援を得て県庁内に放射線に関する相談窓口を設けており、これまで、1万4千件を超える相談を受け付けているところである。

(4) 原子力災害現地対策本部の広報活動

原子力発電所周辺の避難民を含む住民は、コミュニケーション上最も重

要な対象である。

原子力災害現地対策本部（以下、「現地対策本部」という。）においては、案件の重大性を勘案して、現地対策本部の広報官による記者会見ないしは資料配布を実施している。また、現地対策本部の会見等に用いる資料については、現地対策本部独自に作成することも行っている。

被災地域の方々は居住する地域によって放射線防護措置が異なり、避難所で生活されている方々も多いことから、きめ細かな放射線安全や生活等に関する情報が必要である。また、そもそも被災地域においてはテレビやインターネットなどの媒体が利用できないところも多いといった状況にも留意する必要がある。こうした観点から、3月29日より、現地対策本部では被災地域向けニュースレターを発行し、各避難所に配布するとともに、4月からは、地元ラジオを通じた放送を定期的実施してきている（現在までにニュースレター5号の発行、ラジオ放送62回（5月10日現在））。

また、地元自治体に対しては、原子力災害対策本部長名の指示事項等に関する資料、文部科学省モニタリングデータのプレス発表資料、地域毎のモニタリング情報及び商工業者の支援策に関する資料等、各自治体のニーズに応じて提供している。こうした情報については地元メディアに対しても直ちに会見等を通じて公表している。

#### （5）避難区域等の設定に係る地元への広報

事故発生当初は、可能な限り早く居住者等の安全を確保するため、原子力災害本部長から避難区域の設定及び避難指示を行った。

指示発出後、原子力災害対策本部事務局から現地対策本部及び福島県に電話で避難や屋内退避の指示を連絡し、対象市町村に対しては、現地対策本部、福島県を經由して電話連絡した。加えて、原子力災害対策本部事務局から直接対象市町村に対して電話連絡を行った。しかし、大規模震災により電話等の通信手段が大きな被害を受けたことから、必ずしもすべての関係先に直接電話での連絡が取れず、対象市町村のうちいくつかの市町村については電話による直接、間接の避難指示内容の伝達ができないなど、自治体への事前連絡は十分ではなかった。

一方、警察は、警察無線を通じて避難指示を自治体に伝達した。避難指示を迅速に周知するため、官房長官が各指示直後に会見を開催し指示内容について発表した他、テレビ、ラジオ等も活用して情報発信に努めた。

## 2. 国際社会とのコミュニケーション



## (1) IAEA 等の国際機関とのコミュニケーション

原子力発電所における事故の問題は国際社会全体の関心事であり、日本政府としては、原子力安全を取り扱う最も重要な国際機関である IAEA への迅速かつ正確な情報提供に努めた。日本政府は地震が発生した 3 月 11 日 14 時 46 分（日本時間、以下同じ）の約 2 時間後の同日 16 時 45 分以降、保安院から IAEA に対し、原子力事故早期通報条約に基づき、発生した事象及び日本の対処振りに関し可能な限りの情報提供を随時行ってきている。5 月 31 日現在、プレスリリース、プラントパラメータ、モニタリング結果等について合計数百回以上連絡してきているほか、IAEA から個別の質問について約 100 回にわたり回答してきている。また、外交ルートでも日本政府は在ウィーン国際機関日本政府代表部を通じて IAEA に対し、同条約に基づき、随時情報提供を行ってきている。IAEA は、収集した情報を基に加盟国、報道機関及び一般市民に情報提供を行っている。さらに日本政府は、国際保健規則（IHR）に基づき、随時、世界保健機関（WHO）にも情報を提供している。

加えて、日本政府は、事故発生後の各種の国際会議で事故をめぐる状況と対処ぶりについて日本政府関係者他から説明を行い、質疑応答を行っている（国際会議の開催日と名称及び説明等の内容の概要一覧は添付 IX-1）。また、日本の輸出品の外国による輸入規制について、科学的根拠に基づく対応を呼びかけている。

## (2) 各国政府等とのコミュニケーション

日本政府として、近隣国・地域を含む世界各国等に対する情報提供を重視している。事故発生後、日本政府は、3 月 13 日から 5 月 18 日までの間は原則として毎日、5 月 19 日以降は原則として週 3 日、5 月 31 日現在で合計 55 回、在京外交団に対する説明会を開催した（説明会開催日、説明者及び説明内容の一覧は添付 IX-2 参照。）。また、必要に応じて緊急一斉通報を行うとともに（実施した日時、及び説明内容の一覧は添付 IX-3 参照。）、4 月 6 日以降、緊急通報したものについては原則として近隣国等に対する個別の連絡も行っている。

日本産品に対する各国等の輸入規制措置についても、在京外交団に対し、また在外公館を通じて任国政府に対し、それぞれ説明を行い、科学的根拠に基づく対応を要請している。

### (3) 外国メディア及び日本語以外を母国語とする市民向けコミュニケーション

3月13日以降、事故の状況と政府の対応ぶりにつき、関係省庁が合同で外国メディアに対する記者会見（開催日、場所、説明者、及び説明内容の一覧は添付 IX-4 参照。なお、従来の総理記者会見に加え、官房長官会見につき英語同時通訳が導入されている。それらの模様は、政府インターネットテレビやフォーリン・プレスセンター・ジャパンのウェブサイトで動画を掲載した。）、閣僚等による外国メディア・インタビュー（実施日、対象者及び報道機関名は添付 IX-5 参照。）、総理及び外務大臣による主要外国メディアへの寄稿（掲載記事は添付 IX-6 参照。）等を実施した。外国メディアによる震災関連報道の中で明らかな事実誤認や、徒に不安感を煽りかねない内容がみとめられた場合には、日本政府は、本邦において、または、在外公館を通じ、速やかに当該メディアに申し入れ・反論投稿掲載の働きかけを実施した。

また、3月12日から、日本政府は、関係省庁等のウェブサイトにおいて関連情報を英語、中国語及び韓国語で掲載した（掲載した記事の掲載日時、内容の一覧は添付 IX-7 参照。）。加えて、情報をできるだけ迅速かつ幅広い層へ発信するために、官邸のアカウントで Twitter 及び Facebook を立ち上げ、総理会見及び官房長官会見の要旨等を随時発信している。さらに、必要に応じて在外公館から任国政府に情報提供を行うとともに、在外公館ウェブサイトにも関連情報を合計 29 言語で掲載した（ウェブサイト情報を掲載した在外公館名、掲載日時、内容の一覧は添付 IX-8 参照。）これらのウェブサイトはインターネットにアクセスできるすべての人にアクセス可能なように設定した。

なお、日本は、外国の産業界等に対しても、国内外で説明を行っている。

### 3. 国際原子力・放射線事象評価尺度（INES）に基づく暫定評価

我が国は、INES を 1992 年 8 月から運用している。原子力発電所においてトラブルが発生した場合、保安院がこの暫定評価を行い、原因究明が行われ再発防止対策が確定した後、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会に設置された INES 評価小委員会が専門的、技術的な立場から検討し、正式評価を行っている。

今回の福島第一原子力発電所の事故では、事故の状況を判断できるようになってきた時点において、第 1 報から第 4 報まで暫定評価を更新している。（詳細な暫定評価の考え方について、添付 IX-9）

(1) 第1報

3月11日、保安院は、福島第一原子力発電所1号及び2号において、全交流電源喪失により電源駆動ポンプが使用不能となり、同日16時36分には非常用炉心冷却装置注水不能と判断したことから、レベル3の暫定評価を公表した。

(2) 第2報

3月12日、保安院は、福島第一原子力発電所第1号機において、原子炉格納容器(PCV)のベントや原子炉建屋での爆発があり、環境モニタリングの結果から、放射性よう素、セシウム等が確認され、炉心インベントリーの約0.1%を超える放射性物質の燃料集合体からの放出をもたらす事故が発生しているものと判断し、レベル4の暫定評価を公表した。なお、事故の終息に至っていないため、INES ユーザーズマニュアル 2008年版の基準のうち「人と環境」にかかる評価は今後実施するものとした。

(3) 第3報

3月18日、保安院は、福島第一原子力発電所第2、3号機において、燃料の損傷が起きた事故であると判断したため、福島第一原子力発電所第1号機も含めて、その時点で得られていた情報をもとにインベントリーの数%の放出に至っているものと判断し、レベル5の暫定評価を公表した。なお、第2報と同様に、「人と環境」にかかる評価は今後実施するものとした。

また、使用済燃料ピットの冷却機能、補給水機能がなくなっていた第4号機について、原子炉建屋が爆発で損傷したため、安全設備が残されていないものと判断し、レベル3の暫定評価を公表した。

(4) 第4報

4月12日、保安院は、JNESが行った原子炉の状態等の解析結果から福島第一原子力発電所の原子炉から大気中への放射性物質の総放出量を試算し、よう素換算で37万テラベクレルと推定した。一方、原子力安全委員会も同日までに、モニタリングの測定結果から、福島第一原子力発電所からの大気中への放射性物質の総放出量の試算を行った。これらの結果を踏まえ、保安院は、福島第一原子力発電所のサイト全体の暫定評価をレベル7とし公表した。

なお、第3報から第4報の公表まで約1ヶ月を経過したが、INESの暫定評価については、迅速かつ的確に対応することが必要であった。

#### 4. 事故に関するコミュニケーションの評価

##### (1) 国内の周辺住民や一般国民及び国際社会への情報提供の在り方

① 主たる情報提供のルートは、マスメディアを通じた情報提供であり、記者会見やプレス発表内容についてそれを媒介して国内の周辺住民、一般国民及び国際社会に伝えることとなる。このため、国民及び国際社会の知りたいことを的確に伝えることに加え、マスメディアのニーズもきっちり踏まえることが大切である。例えば、1号機及び3号機の原子炉建屋で起こった水素爆発について、テレビ報道がほぼリアルタイムで伝えたことにより、マスメディアの記者からは何が起こったのか、原子炉への影響は何か、等について、直後よりしかるべき者がカメラの前で解説するように強い要望がERCに対してなされた。しかしながら、事実関係の確認に時間も必要であったことから、これらのニーズに的確には応えられなかった面もある。緊急時においては迅速性と正確性が同時に求められる局面は多いことから、事前に、対応マニュアルのような形で整理しておくことが望ましい。

② 上述のように、プレス発表資料に当たって、専門的かつ技術的な内容をいかにわかりやすく伝えるかについて、工夫を行ったことも事実であるものの、新たな事実が判明した直後における時間的余裕の少ない内に開催せざるを得なかった記者会見における視覚に訴える資料については、きっちり準備出来たとは言い難い。

周辺住民、一般国民及び国際社会の理解促進の観点からは、IT技術の活用や、事故時の対応以外にも使用する図やグラフ等を外国語のものも含め普段より準備しておくことによって、適切な対応につなげることが望ましい。

③ 上記の東京電力による高レベル汚染水の海洋への流出や低濃度の放射性滞留水の放出については、地元自治体に加え、関係業界団体への連絡・通報が遅れることとなった。これらの関係者への連絡通報については、その連絡実施のタイミングを含め、遺漏無きに万全を期すことが何よりも求められる。

④ 日本側は、国際社会への迅速かつ正確な情報共有に努力してきたところであるが、国内への情報共有に遅れることなく国際社会への情報提供を行うための取組を一層進めることが適切と考えられるところ、記者会見

での同時通訳の一層の活用等について検討していくことが望ましい。また、今回の事故は国際的に大きな注目を集めたこともあり、日本の事情一般について、あるいは、事故をとりまく実情について正確な知識を持たない外国の報道関係者等により、事実と異なる報道が行われる例もあったところ、外国の報道関係者が我が国の実情をより広くかつより正しく知ることができるような機会を積極的に提供することが望ましい。

## (2) 停電時における情報提供の在り方

モニタリングデータの公表は速やかに行われてきたところであるが、今回のような自然災害との複合災害の場合、情報を欲しているものの、停電等によりインターネットに接続できない被災者に対して、どのように情報を迅速に提供できるか工夫が必要である。

## (3) 近隣国・地域との密接なコミュニケーションの重要性

- ① 日本政府としては、迅速かつ正確な情報共有に努力してきたところであるが、個別の状況をみれば、当初は、特に近隣国・地域との関係で十分な事前の情報提供を行い得なかった事例が存在する。また、日本政府が意図的に情報提供を行わなかったわけではないが、事故発生後、日本政府として事故について実態の把握ができていなかった部分もあり、結果として適時に情報提供ができなかった例もあった。
- ② 例えば、4月4日、東京電力は、より高い濃度の汚染水が海に流出することを防ぐため、低濃度の放射性滞留水の放出を行った。この措置については、保安院からIAEAに対して事前の通報を行った。しかし、事態の展開が急であり、また、政府部内の情報共有が十分でなかったこともあり、近隣国等に外交ルートで十分な通報を行う前にこの措置が実施されることとなった。
- ③ この点に関し、日本政府としては、低濃度とはいえ放射性物質を含んだ水を放出せざるを得なかったことは大変残念であるとともに、近隣国等との連絡について改善すべき点があったと考え、改めて政府部内の連絡体制を確認するとともに、この措置の背景、関連データ等を近隣国等に対して個別に説明した。また、近隣国等との間で、24時間体制で連絡し得るコンタクト・ポイントを特定し、その後は、本件事故のINESにおける位置付けの変更、警戒区域の設定、汚染水の評価報告の公表、エアロックの開放など、近隣国等が特に関心を有すると思われる事項については、IAEAへの通報に加えて、事前の通報を個別に行っている（上記2.（2）参照。）。

#### (4) 事故通報の在り方

① 日本政府は、上記 2. で述べたとおり、事故発生の直後から、原子力事故早期通報条約に基づき、日本の原子力施設の状況等について必要な情報を継続的に提供してきている。日本政府としては、当初から、同条約が求める最大限の情報を、IAEA 及び IAEA を通じて各国に対し、それぞれ提供してきたものと認識している。

② 他方において、一般に、原子力事故が発生した直後の時点において、当該事故が原子力事故早期通報条約第 1 条 1 に定める「放射性物質を放出しており又は放出するおそれがあり、かつ、他国に対し放射性安全に関する影響を及ぼし得るような国境を越える放出をもたらしており又はもたらすおそれがある事故」に該当するか否かを判断することは、必ずしも容易ではないことがあり得る。また、特に日本のように四方を海で囲まれている国の場合には尚更である。原子力事故に際しての国際的な情報共有をより円滑かつ確実なものとするためには、越境被害をもたらす得るものと判断されるか否かにかかわらず、一定の事故が発生した場合には、IAEA に通報を行うこととする国際的な制度の構築を検討していくことが適切ではないかと考える。

#### (5) 日本産品に対する各国等の輸入規制措置

日本政府は、今回の事故によって放出された放射性物質による我が国産品への影響の可能性に対する国際社会の懸念を理解するものであるが、この問題への対処に当たっては、科学的根拠に基づき対応することが重要と考えている。他方において、必ずしも十分な情報提供を行い得なかったことが、結果として国際社会の懸念を必要以上に招いた側面も否定できない。

このような観点から、外交団等へのブリーフィング、各国政府や国際機関等に対する情報提供・説明、その必要性について科学的根拠に基づき精査を求めるべきと考えられる措置をとっている国等に対する説明を継続的に行っており、一部の国等において緩和措置がみられている。

## X. 今後の事故収束への取組み

### 1. 福島原子力発電所の原子炉等の現状

福島第一原子力発電所の1号機から3号機は、現時点（5月31日時点）、いずれのプラントも給水系ラインを通じ原子炉への淡水注水が実施されており、継続的に燃料を冷却している。これにより、原子炉圧力容器まわりの温度は、圧力容器下部温度等で100℃から120℃付近で推移している。滞留水の増加が懸念されていることから、滞留水の処理を含めた循環型の注水冷却に向けて検討・準備作業が進められている。

1号機の原子炉圧力容器及び格納容器はある程度加圧状態ではあるものの、2、3号機を含めて、発生した蒸気は原子炉圧力容器、格納容器それぞれで漏えいが考えられ、原子炉建屋内も含めた各所で凝縮し滞留水となるほか、一部は大気に放出しているものと考えられる。そのため、原子炉建屋上部でのダストサンプリング等により状況を確認する作業を試みているほか、原子炉建屋を覆う設備の設置に向けて検討・準備作業が進められている。

5、6号機は、仮設の海水ポンプで残留熱除去系による冷温停止が維持され、原子炉圧力についても0.01～0.02MPa g付近で安定的に推移している。

| 号機           | 1号機   | 2号機  | 3号機  | 5号機  | 6号機           |
|--------------|---|--|--|--|---------------|
| 原子炉注水状況      | 給水系ラインを用いた淡水注入中。<br>流量 6.0m <sup>3</sup> /h | 消火系及び給水系ラインを用いた淡水注入中。<br>流量 消火系：7.0m <sup>3</sup> /h<br>給水系：5.0m <sup>3</sup> /h | 給水系ラインを用いた淡水注入中。<br>流量 13.5m <sup>3</sup> /h | 原子炉除熱機能が維持されており注水不要。除熱機能の信頼性を確保するため、予備の海水ポンプを用意している。 |               |
| 原子炉水位        | 燃料域 A:ダウンスケール<br>燃料域 B:-1600 mm             | 燃料域 A:-1500 mm<br>燃料域 B:-2150 mm   | 燃料域 A:-1850 mm<br>燃料域 B:-1950 mm             | 停止域<br>2164mm  | 停止域<br>1904mm |
| 原子炉圧力        | A系:0.555 MPa g<br>B系:1.508 MPa g            | A系:-0.011 MPa g<br>B系:-0.016 MPa g   | A系:-0.132 MPa g<br>B系:-0.108 MPa g           | 0.023 MPa g  | 0.010 MPa g   |
| 原子炉水温度       | (系統流量がないため採取不可)                             |  |  | 83.0℃  | 24.6℃         |
| 原子炉圧力容器まわり温度 | 給水ノズル温度:114.1℃<br>圧力容器下部温度:96.8℃            | 給水ノズル温度:111.5℃<br>圧力容器下部温度:110.6℃  | 給水ノズル温度:120.9℃<br>圧力容器下部温度:123.2℃            | (原子炉水温度にて監視中)  |               |
| D/W・S/C圧力    | D/W:0.1317 MPa abs<br>S/C:0.100 MPa abs     | D/W:0.030 MPa abs<br>S/C:ダウンスケール   | "D/W:0.0999 MPa abs<br>S/C:0.1855 MPa abs    | -  |               |

|    |  |
|----|--|
| 状態 | 各プラントにおいて外部電源から受電しているとともに、仮設の非常用ディーゼル発電機及び海水ポンプを設置するなど、冷却機能の信頼性を確保しつつ作業を進めている。 |
|----|--|

表 X-1 原子炉関連パラメータ（5月31日現在）

## 2. 事業者による事故の収束に向けた道筋への対応

### (1) 「事故の収束に向けた道筋」の公表（4月17日）

3月11日に発生した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放射性物質を外部に放出する事故が発生した。

以降、福島第一原子力発電所では、1号機からの4号機の各プラントを冷却し、冷温停止状態に落ち着かせ、また放射性物質の外部への放出を早く抑止するために全力で取り組んでいた。

一方、発電所が立地している自治体および周辺の自治体の方々には、放射性物質の放出により、避難や屋内退避などを強いることになった。

このような状況下において、早期に冷温停止状態を達成し、避難されている方々の帰宅を実現することが最重要課題であった。東京電力は、3月11日の事故発生から、その時々状況を公表してきたが、今後の課題や目標、あるいは対策について公表する必要があると考えていた。

また4月12日には菅総理大臣から今後の見通しを示すよう指示があった。

これを受けて、「福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋」について、「福島原子力発電所事故対策統合本部」の下で、政府と東京電力で作成を進め、4月17日に東京電力が公表した。

#### ① 基本的考え方

原子炉および使用済燃料プールの安定的冷却状態を確立し、放射性物質の放出を抑制することで、避難されている方々のご帰宅の実現および国民が安心して生活いただけるよう全力で取り組む。

#### ② 目標

基本的考え方を踏まえ、目標として以下の2つのステップを設定した。

ステップ1：放射線量が着実に減少傾向となっている。



ステップ2：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。

(注) ステップ2以降は「中期的課題」として整理

| 分野              | 課題                                      | 目標と対策   |  |
|-----------------|---|---|--|
|                 |   | ステップ 1  | ステップ 2   |
| I<br>冷却         | (1) 原子炉の冷却                              | ① 安定的に冷却できている<br>・窒素充填<br>・燃料域上部まで水で満たす<br>・熱交換機能の検討・実施<br><br>② (2号機) 格納容器が密閉できるまでは、滞留水の増加を抑制しつつ冷却する | ③ 冷温停止状態とする<br>(号機ごとの状況に応じて十分に冷却されている)<br>・ステップ 1での諸対策を維持・強化 |
|                 | (2) 使用済燃料プールの冷却                         | ④ 安定的に冷却できている<br>・注入操作の信頼性向上<br>・循環冷却システムの復旧<br>・(4号機) 支持構造物の設置                                       | ⑤ プールの水位が維持され、より安定的に冷却できている<br>・注入操作の遠隔操作<br>・熱交換機能の検討・実施    |
| 目標①<br>II<br>抑制 | 目標②(3) 放射性物質で汚染された水(滞留水)の閉じ込め、保管・処理・再利用 | ⑥ 放射線レベルが高い水を敷地外に流出しないよう、十分な保管場所を確保する<br>・保管/処理施設の設置<br><br>⑦ 放射線レベルが低い水を保管・処理する<br>・保管施設の設置/除染処理     | ⑧ 汚染水全体の量を減少させていく<br>・保管/処理施設の拡充<br>・除染/塩分処理(再利用)等           |
|                 | (4) 大気・土壌での放射性物質の抑制                     | ⑨ 建屋/敷地にある放射性物質の飛散を防止する<br><br>・飛散防止剤の散布<br>・瓦礫の撤去<br>・原子炉建屋カバーの設置                                    | ⑩ 建屋全体を覆う(応急措置として)   |

|                |  |  |  |
|----------------|--|--|--|
| Ⅲ<br>モニタリング・除染 | (5) 避難指示/計画的避難/緊急時避難準備区域の放射線量の測定・低減・公表 | ⑪ モニタリングを拡大・充実し、はやく正しくお知らせする<br>・モニタリング方法の検討・着手  | ⑫ 避難指示/計画的避難/緊急時避難準備区域の放射線量を十分に低減する<br>・除染/家屋のモニタリング |
|                |  | (注) 避難指示/計画的避難/緊急時避難準備区域での放射線量のモニタリングや低減策については、国と十分に連携かつ県・市町村に十分にご相談しながら、当社としてできる限りの対策を進めたい。 |  |

表 X2-1 当面の取組みのロードマップ

目標達成時期については、様々な不確定要素やリスクがあるが、目安として以下を設定した。

ステップ 1：3ヶ月程度

ステップ 2：3～6ヶ月程度（ステップ 1 終了後）

(注) ステップ毎の達成時期や定量的な見通しが立ち次第、公表するとともに、目標や達成時期等の修正が必要な場合も順次公表

### ③ 当面の取組み

上記の目標を達成するため、当面の取組みを「Ⅰ 冷却」、「Ⅱ 抑制」、「Ⅲ モニタリング・除染」の 3 つの分野に分けた上で、「(1)原子炉の冷却」、「(2)使用済燃料プールの冷却」、「(3)放射性物質で汚染された水（滞留水）の閉じ込め、保管・処理・再利用」、「(4)大気・土壌での放射性物質の抑制」、「(5)避難指示/計画的避難/緊急時避難準備区域の放射線量の測定・低減・公表」の 5 つの課題ごとに目標を設定し、諸対策を同時並行で進めていくこととした。（表参照）

#### (2) 「事故の収束に向けた道筋」の進捗状況の公表（5月17日）

事故の収束に向けた道筋を公表してから一ヶ月が経過した 5月17日、その進捗状況について東京電力は公表した。

#### ① 基本的考え方および目標

前回公表から変更なし。

## ②1ヶ月の総括と今後の取組み

前回公表からの主な変更点について、以下に示す。

### a 分野と課題の追加

前回公表時には、3つの分野（「冷却」、「抑制」、「徐染・モニタリング」）と5つの課題（「原子炉」、「燃料プール」「滞留水」、「大気・土壌」、「測定・低減・公表」）を設定していた。

今回は、この1ヶ月の取組みを反映し、2つの分野（「余震対策等」と「環境改善」）と3つの課題（「地下水」、「津波・補強・他」、「生活・職場環境」）を追加し、5つの分野と8つの課題に再整理した。

これに伴い、課題への対策数は76（前回63）に増加した。

### b 課題(1)原子炉の冷却：＜冷却水漏洩による優先対策の見直し＞

瓦礫撤去や線量低減など作業環境を改善後、1号機の原子炉建屋に入域し、計装類（原子炉水位等）の校正及び建屋内状況を確認した。

その結果、2号機に加えて、1号機でも格納容器から冷却水の漏洩が判明し、3号機でも同様のリスクが想定されることになった。

このため着手していた冠水作業（燃料域上部まで格納容器を水で満たすこと）を延期し、漏洩箇所の密閉について検討を始めた。

これを受け、ステップ2での「冷温停止状態」に向けた主対策として、建屋等に滞留する汚染水（滞留水）を処理して原子炉注水のために再利用する「循環注水冷却」の確立を優先して実施するよう見直しを行った。

### c 課題(2)使用済燃料プールの冷却：＜対策を前倒し＞

比較的順調に作業が進展した。1・3・4号機燃料プールの注水等に利用してきた“キリン”等の遠隔操作化を線量低減対策として前倒しで実施した。ステップ2で予定していた燃料プール冷却のための熱交換器の設置もステップ1での実施が可能な見込みとなった。

d 課題(3)滞留水の閉じ込め、保管・処理・再利用：

＜処理施設の運転開始までは滞留水増加＞

1号機の原子炉建屋内で新たに見つかるなど、滞留水は増加傾向にあった。滞留水の保管場所の追加で対応しているが、処理施設の運転開始と「循環注水冷却」の早期確立による滞留水の抑制が重要となった。

同時に海洋汚染拡大防止に向けた対策の強化を進めることとした。シルトフェンスを港湾に設置済みであり、港湾の循環型浄化装置の設置工事を進めていた。

また、新たに地下水の汚染拡大の防止を課題として抽出し、「サブドレン保管管理」および「地下水の遮へい工法」の検討などの諸対策を追加した。

e 課題(7)余震・津波：＜対策を強化＞

予断を許さない余震や津波について課題として明確化した。

道筋での対策として、これまでに実施した「電源の多重化」、「非常用電源等の高台への移設」、「原子炉への注水ラインの多重化」に加え、「仮設防潮堤の設置」についても明記した。

また、4号機の燃料プールに加え、各号機での補強工事も検討に着手した。

f 課題(8)生活・職場環境：＜一歩ずつ改善へ＞

夏場に向けた作業員の環境改善に着手したことを踏まえ、分野・課題として追加した。

また、これまでに実施してきた「食事の改善」、「宿泊環境整備」や「現場休憩施設の設置」に加え、仮設寮整備、「現場休憩施設増設／既存施設復旧」等の必要な追加策を進めることとした。

### 3. 国による対応

4月17日の東京電力による「事故の収束に向けた道筋」の公表に際し、政府は以下を含む見解を経済産業大臣談話として発表している。

○東京電力に対し、この道筋の、着実かつ極力早期の実施を求めます。このため、原子力安全・保安院を中心に、定期的にフォローアップを行い、作業の進捗確認と、必要な安全性確認を行います。

○東京電力に対し、道筋実現のために必要な、作業員の動員・配置、資機材の調達・準備、宿泊などの厚生施設の体制整備を求めます。

○ステップ2終了時には、放射性物質の放出が管理される予定です。この時点で、原子力安全委員会の意見を聞きながら、速やかに計画的避難区域や緊急時避難準備区域の見直しを行います。それまでの間、具体的な判断基準の詳細を検討するとともに、可能な限り広域の除染を進めます。

これにより、6ヶ月から9ヶ月後を目標に、一部地域の方々には、ご帰宅が可能か否か、をお知らせできるようにしたいと考えております。

更に、5月17日には、この間の進捗状況も踏まえ、以下の内容について、今後の国の取り組みを公表している。

#### (1) 事業者への支援及び安全性の確認

① 国は、東京電力に対し、ロードマップの着実かつ極力早期の実施を求めるとともに、定期的にフォローアップを行い、作業の進捗確認と必要な安全性確認を行う。

② 国は、東京電力の行う対策のうち必要なものについて、原子炉等規制法第67条に基づく報告徴収を行い、その必要性、安全性、環境への影響等について評価、確認する。

#### (2) 避難区域解除までの支援

① 被災地方公共団体や住民のニーズをきめ細かに把握できるよう、国家公務員を被災市町村等へ派遣する等の支援を行うとともに、関係者間の連絡体制を維持する環境を整備する。

② 住民の安心・安全と区域の治安を確保するため、警戒区域内の治安維持に万全を期す。

#### (3) 計画的避難区域解除までの支援

① 被災地方公共団体や住民のニーズをきめ細かに把握できるよう、現地政

府対策室を設置し、地元町村、福島県と密接に連携しながら、避難への対応、相談、生活支援等を行う。また、関係者間の連絡体制を維持する環境を整備する。

住民の安心と安全を確保するため、関係地方公共団体とも連携しながら区域内の治安維持に万全を期す。

(4) 緊急時避難準備区域解除までの支援

① 緊急時の屋内退避や避難が円滑に行えるよう、市町村、県及び国が密接に連携して対応していく。また、関係者間の連絡体制を維持する環境を整備する。

② 区域内の犯罪の予防等に万全を期す。

(5) 被災住民の安全・安心の確保

① 地域コミュニティの維持

都道府県や市町村が、避難住民の一次避難所から二次避難先や仮設住宅等への移動を進めていく際に、地域コミュニティの維持に配慮しながら進められるよう必要な支援を行う。

② 医療・介護等の確保と健康不安等への対応

a 避難区域等の各区域の実態に合わせて、関係地方公共団体と連携して、要介護者や障害者等への対応を確実に行っていく。

b 被ばくに対する住民の健康不安を取り除くため、住民のスクリーニング及び除染を確実に行う。また、住民の健康管理が適切になされるよう、健康相談ホットラインを開設するとともに、専門家の巡回等による健康相談や、心のケアを行っていく。

c 住民が受けた放射線量の評価に関する関係者の取組に対し、独立行政法人放射線医学総合研究所等が協力を行う。

③教育への支援

a 避難区域、計画的避難区域、緊急時避難準備区域の保育所、幼稚園、小中学校及び高校は、休園・休校とされており、避難先等における子どもの就学機会の確保等に万全を期す。

- b また、福島県内の教育施設における土壌等の取扱いについて、環境モニタリングの測定結果を踏まえつつ、早急に対応していく。

#### ④環境モニタリング等の充実（環境モニタリング強化計画）

- a 東京電力福島第一原子力発電所からの放射性物質の放出状況について「環境モニタリング強化計画」に基づき、米国エネルギー省を含め関係機関が緊密に連携することにより、総合的な放射線モニタリングを実施する。
- b また、「放射線量分布マップ」等を策定・公表するとともに、計画的避難区域等を重点的に測定することにより、事故状況の全体像の把握や区域等の解除に向けて活用していく。
- c 農地や教育施設等における環境モニタリングに取り組むとともに、福島県内を中心に食品、環境モニタリング試料等の放射能濃度の分析拠点を整備していく。

#### ⑤がれきや下水汚泥等の取扱い

福島県内のがれきや下水処理場から発生する汚泥等の取扱いについて、現地調査を実施した上で、放射性物質により汚染されたおそれのある災害廃棄物の基準や処理方法について、モニタリング等の結果を踏まえ、早急に対応していく。

#### ⑥原子力災害・被災者向け広報の充実

- a 国民に対して、正確かつ迅速に事故の情報を伝えるため、毎日記者会見を開催している。
- b 避難住民にわかりやすく、必要な情報を確実に届けるため、地元ラジオでの広報番組の放送を行うとともに、「ニュースレター」を避難所等で掲示している。
- c また、インターネットや全国向けラジオ放送の活用など、県外避難者向けの情報提供も行っていく。



## X I . その他の原子力発電所における対応

### 1. 福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所の事故を踏まえた他の発電所の緊急安全対策

今回のような巨大地震に付随した極めて大きな津波は、その発生頻度は相対的に小さいもののそれによる原子力発電所への影響が甚大となる可能性がある。このため、福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所以外の原子力発電所について、地震発生後まもなくの3月30日に、判明している知見に基づき、放射性物質の放出をできる限り回避しつつ、冷却機能を回復することを可能とするための緊急安全対策を講じることとした。この緊急安全対策に電気事業者等が適切に取り組み、原子力安全・保安院（以下、「保安院」という。）がこれを検査等により確認することにより、津波による全交流電源喪失等による炉心損傷等と、これによる原子力災害の発生を防止することとした。

保安院は、検査等により継続的に実施状況を確認し、事業者に対し必要な改善を促すとともに、今後判明した知見を取り入れること等により、緊急安全対策の信頼性向上について継続的に取り組む予定である。

#### （1）緊急安全対策の内容

福島第一原子力発電所事故は、巨大地震に付随した津波により、

- ① 所外電源の喪失とともに緊急時の電源が確保できなかったこと
  - ② 原子炉停止後の炉心からの熱を最終的に海中に放出する海水系施設、若しくはその機能が喪失したこと
  - ③ 使用済み燃料貯蔵プールの冷却やプールへの通常の所内水供給が停止した際に、機動的に冷却水の供給ができなかったこと
- が事故の拡大をもたらし、原子力災害に至らせ、若しくは災害規模を大きくした直接的要因と考えられる。

保安院は、平成23年3月30日、直ちに省令改正（保安規定における要求事項）等を行い、全ての原子力発電所（福島第一、第二原子力発電所を除く。）に対して、以下の安全対策の強化を求めることとした。緊急安全対策の実施状況（今後取り組む計画を含む。）について、概ね1ヶ月（4月中）を目途に、保安院に提出するように求めた。

a 規制上の要求

津波により3つの機能（全交流電源、海水冷却機能、使用済み燃料貯蔵プールの冷却機能）を全て喪失したとしても、炉心損傷や使用済み燃料の損傷を防止し、放射性物質の放出を抑制しつつ冷却機能の回復を図ること。

b 具体的要求事項

(a) 緊急点検の実施

津波に起因する緊急時対応のための機器、設備の緊急点検の実施

(b) 緊急時対応計画の点検と訓練の実施

全交流電源喪失、海水冷却機能喪失及び使用済み燃料貯蔵プールの冷却機能喪失を想定した緊急時対応計画の点検と訓練の実施

(c) 緊急時の電源確保

所内電源が喪失し、緊急時電源が確保できない場合に、必要な電力を機動的に供給する代替電源の確保

(d) 緊急時の最終的な除熱機能の確保

海水系施設、若しくはその機能が喪失した場合を想定した、機動的な除熱機能の復旧対策の準備

(e) 緊急時の使用済み燃料貯蔵プールの冷却確保

使用済み燃料貯蔵プールの冷却やプールへの通常の所内水供給が停止した際に、機動的に冷却水を供給する対策の実施

(f) 各サイトにおける構造等を踏まえた当面必要となる対応策の実施

(2) 原子力安全・保安院による確認等

保安院は、5月6日、事業者による緊急安全対策の実施状況（女川、福島第一・第二除く）について、立入検査等により適切に実施されていることを確認した。

また、5月18日には今回の津波の被災を受けた女川原子力発電所の実施状況報告を受け取った。

さらに、4月21日、福島第二原子力発電所が冷温停止となり、安定した状態に至っていることを踏まえ、同発電所に対しても緊急安全対策の実施を指

示したところ、5月20日、その実施状況の報告を受け取った。

保安院においては、緊急時安全対策に係る資機材の配備や実施訓練について現地の保安検査官が確認を実施しているが、今後、報告書の内容に係る妥当性や有効性等について審査するとともに、資機材の配備や実施手順の整備状況について、立入検査・審査等により厳格に確認を行って行く予定である。

### (3) 本報告書を踏まえた対応

今般、本報告書において、今回の地震・津波により生じた福島原子力発電所事故の原因推定がなされ、追加的な知見が得られたことを踏まえ、保安院をはじめとする関係府省は、既に実施している緊急安全対策を充実強化することとした。

今後は、充実強化した対策について、事業者の実施状況などを厳格に確認するとともに、中長期的対策についても迅速に取り組むこととしている。(添付XI-1)

## 2. 浜岡原子力発電所の停止

保安院は、福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、平成23年3月30日に、中部電力株式会社（以下、「中部電力」という。）をはじめ各電気事業者等に対して、津波により3つの機能（全交流電源、海水冷却機能、使用済み燃料貯蔵プール冷却機能）を全て喪失したとしても、炉心損傷等を防止できるよう、緊急安全対策に直ちに取り組むとともに、これらの実施状況を早急に報告するよう指示した。

当該指示を受け、中部電力浜岡原子力発電所において保安規定や手順書を整備、必要な設備を導入、さらに実地の訓練により確認し、保安院が立入検査により適切に行われていることを確認した。その結果、5月6日、適切に措置されているものと評価した。

しかしながら、同発電所については、想定東海地震の震源域に近接して立地しており、文部科学省の地震調査研究推進本部の評価によれば、30年以内にマグニチュード8程度の想定東海地震が発生する可能性が87%と極めて切迫しているとされており、大規模な津波の襲来の可能性が高いことが懸念されることから、中部電力の報告にある津波に対する防護対策及び海水ポンプの予備品の確保と空冷式非常用発電機等の設置についても確実に講ずることを求めるとともに、これらの対策が完了し、当院の評価・確認を得るまでの間は、同発電所の全ての号機について、運転を停止するよう求めた。

それを受け、中部電力は、5月9日、浜岡原子力発電所の停止要請の受け入れを表明するとともに、経済産業大臣宛に「浜岡原子力発電所の運転停止につ

いて」を提出し、経済産業省は同日付けで中部電力に対し回答書を手交した。中部電力は、浜岡原子力発電所3号機運転再開を当面見送り、同4号機は5月13日、同5号機は5月14日、原子炉を停止した。

## XII. 現在までに得られた事故の教訓

福島原子力発電所の事故の様相としては、自然災害を契機にしていること、核燃料、原子炉圧力容器や格納容器の損傷という過酷事故（シビアアクシデント）に至ったこと、複数の原子炉の事故が同時に引き起こされたことがあげられる。さらに事故発生から3ヶ月近く経過し、その収束に向けた中長期的な取り組みが必要になっていること、その結果、多くの周辺住民に長期にわたり避難を求めるなど社会的に大きな負担を課し、また、関係地域内の農畜産業等の産業活動にも多大の影響を与えてきていることなどがあげられる。このように、過去のスリーマイルアイランド発電所事故やチェルノブイリ発電所事故とは様相の異なる点が多くある。

また、地震や津波により電気、通信、交通等の社会インフラが周辺の広域にわたって壊滅した状況の下で、原子力発電所内での緊急対応作業や発電所周辺での原子力防災活動を行わざるを得なかったこと、余震の発生が各種の事故対応活動をしばしば制限したことなども特徴的なことである。

今回の事故はシビアアクシデントに至り、原子力安全に対する国民の信頼を揺るがし、原子力に携わる者の原子力安全に対する過信を戒めるものとなった。このため、今回の事故から徹底的に教訓を汲み取ることが重要である。原子力安全確保の最も重要な基本原則は深層防護であることを念頭に、現時点で、次の5つのグループに分けた教訓を示す。

これらの教訓を踏まえ我が国における原子力安全対策は、今後、根本的な見直しが不可避であると認識している。これらの教訓の中には、我が国固有の事情によるものも含まれているが、教訓の全体像の提示という観点から、それらも含めて示すことにする。

教訓第1のグループは、今回の事故がシビアアクシデントであることを踏まえて、シビアアクシデントの防止策が十分であったかをみて、そこから得られる教訓群である。

教訓第2のグループは、今回のシビアアクシデントの事故への対応が適切であったかをみて、そこから得られる教訓群である。

教訓第3のグループは、今回の事故における原子力災害への対応が適切であったかをみて、そこから得られる教訓群である。

教訓第 4 のグループは、原子力発電所の安全確保の基盤が堅固に構築されていたかを見て、そこから得られる教訓群である。

教訓第 5 のグループは、全ての教訓を総括して安全文化の徹底がなされてきたかを見て、そこから得られる教訓である。

#### (第 1 の教訓のグループ) シビアアクシデント防止策の強化

##### (1) 地震・津波への対策の強化

今回の地震は複数震源の連動による極めて大規模なものであった。その結果、福島第一原子力発電所においては、原子炉建屋基礎盤上で観測された地震動の加速度応答スペクトルが、設計の基準地震動の加速度応答スペクトルに対して、一部の周期帯で超えた。地震によって外部電源に対して被害がもたらされた。原子炉施設の安全上重要な設備や機器については、現在までのところ地震による大きな損壊は確認されていないが、詳細な状況についてはまだ不明であり更なる調査が必要である。

福島原子力発電所を襲った津波については、設置許可上の設計及びその後の評価による想定高さを大幅に超える 14～15m の規模であった。この津波によって海水ポンプ等の大きな損傷がもたらされ、非常用ディーゼル電源の確保や原子炉冷却機能の確保ができなくなる要因となった。手順書においては、津波の侵入は想定されておらず、引き波に対する措置だけが定められていた。このように津波の発生頻度や高さの想定が不十分であり、大規模な津波の襲来に対する対応が十分なされていなかった。

設計の考え方の観点からみると、原子力発電所における耐震設計においては、考慮すべき活断層の活動時期の範囲を 12～13 万年以内(旧指針では 5 万年以内)とし、大きな地震の再来周期を適切に考慮するようにしており、さらにその上に、残余のリスクも考慮することを求めている。これに対して、津波に対する設計は、過去の津波の伝承や確かな痕跡に基づいて行っており、達成すべき安全目標との関係で、適切な再来周期を考慮するような取組みとはなっていない。

このため、地震の想定については、複数震源の連動の取扱いを考慮するとともに、外部電源の耐震性を強化する。津波については、シビアアクシデントを防止する観点から、安全目標を達成するための十分な再来周期を考慮した津波の適切な発生頻度と十分な高さを想定する。その上で、この十分な高さを想定した津波による敷地への浸水影響を防止する構築物等の安全設計を、津波のも

つ破壊力を考慮に入れて行う。さらに深層防護の観点から、策定された設計用津波を上回る津波が施設に及ぶことによるリスクの存在を十分認識して、敷地の冠水や遡上波の破壊力の大きさを考慮しても重要な安全機能を維持できる対策を講じる。

## (2) 電源の確保

今回の事故の大きな要因は必要な電源が確保されなかったことである。その原因は、外部事象による共通原因故障に係る脆弱性を克服する観点から電源の多様性が図られていなかったこと、配電盤等の設備が冠水等の厳しい環境に耐えられるものになっていなかったことなどがあげられる。さらに電池の寿命が交流電源の復帰に要する時間に比べて短かったこと、外部電源の回復に要する時間の目標が明確でなかったことなどもあげられる。

このため、空冷式ディーゼル発電機、ガスタービン発電機など多様な非常用電源の整備、電源車の配備等によって電源の多様化を図ること、環境耐性の高い配電盤等や電池の充電用発電機を整備することなどにより、緊急時の厳しい状況においても、目標として定めた長時間にわたって現場で電源を確保できるようにする。

## (3) 原子炉及び格納容器の確実な冷却機能の確保

今回の事故において、海水ポンプの機能喪失によって、最終の熱の逃し場（最終ヒートシンク）を失うことになった。注水による原子炉冷却機能が作動したが、注水用水源の枯渇や電源喪失により炉心損傷を防止できず、また格納容器冷却機能も十分に働かなかった。その後も原子炉の減圧に手間取り、さらに減圧後の注水においても、消防車等の重機による原子炉への注水がアクシデントマネジメント策として整備されていなかったこともあって困難が伴った。このように原子炉及び格納容器の冷却機能が失われたことが事故の重大化につながった。

このため、代替注水機能の多様化、注水水源の多様化や容量の増大、空気冷却方式の導入など、長期にわたる代替の最終ヒートシンクの確保により、原子炉及び格納容器の確実な代替冷却機能を確保する。

## (4) 使用済燃料プールの確実な冷却機能の確保

今回は電源の喪失により使用済燃料プールの冷却ができなくなったため、原子炉の事故対応と並行して、使用済燃料プールの冷却機能喪失による過酷事故を防止する対応も必要となった。これまで使用済燃料プールの大きな事故のリスクは、炉心事故のリスクに比べて小さいとして、代替注水等の措置は考慮さ

れてこなかった。

このため、電源喪失時においても、使用済燃料プールの冷却を維持できるよう、自然循環冷却方式又は空気冷却方式の代替冷却機能や、代替注水機能を導入することにより、確実な冷却を確保する。

#### (5) アクシデントマネジメント（AM）対策の徹底

今回の事故はシビアアクシデントに至ったものである。シビアアクシデントに至る可能性をできるだけ小さくし、又はシビアアクシデントに至った場合でもその影響を緩和するための措置として、アクシデントマネジメント対策は福島原子力発電所においても導入されていた。今回の事故の状況をみると、消火水系からの原子炉への代替注水など一部は機能したが、電源や原子炉冷却機能の確保などの様々な対応においてその役割を果たすことができず、アクシデントマネジメント対策は不十分であった。また、アクシデントマネジメント対策は基本的に事業者の自主的取組みとされ、法規制上の要求とはされておらず、整備の内容に厳格性を欠いた。さらに、アクシデントマネジメントに係る指針については1992年に策定されて以来、見直しが行なわれることなく、充実強化が図られてこなかった。

このため、アクシデントマネジメント対策については、事業者による自主保安という取組みを改め、これを法規制上の要求にするとともに、確率論的評価手法も活用しつつ、設計要求事項の見直しも含めて、シビアアクシデントを効果的に防止できるアクシデントマネジメント対策を整備する。

#### (6) 複数炉立地における課題への対応

今回の事故では、複数炉に同時に事故が発生し、事故対応に必要な資源が分散した。また、二つの原子炉で設備を共用していたことやそれらの間の物理的間隔が小さかったことなどのため、一つの原子炉の事故の進展が隣接する原子炉の緊急時対応に影響を及ぼした。

このため、一つの発電所に複数の原子炉がある場合は、事故が起きている原子炉の事故時操作が、他の原子炉の操作と独立して行えるようにするとともに、それぞれの原子炉の工学的な独立性を確実にし、ある原子炉の事故の影響が隣接炉に及ばないようにする。併せて、号機毎に原子力安全確保の責任者を選任し、独立した事故対応が行える体制の整備などを進める。

#### (7) 原子力発電施設の配置等の基本設計上の考慮

今回は、使用済燃料プールが原子炉建屋の高い位置にあったことから事故対応に困難が生じた。また、原子炉建屋の汚染水がタービン建屋に及び、建屋間



の汚染水の拡大を防ぐことができなかった。

このため、今後は原子力発電施設の配置等の基本設計において、重大な事故の発生を考慮しても冷却等を確実に実施でき、かつ事故の影響の拡大を防止できる施設や建屋の適切な配置を進めることとする。その際、既存の施設については、同等の機能を有するための追加的な対策を講じる。

#### (8) 重要機器施設の水密性の確保

今回の事故の原因の一つは、補機冷却用海水ポンプ施設、非常用ディーゼル発電機、配電盤等の多くの重要機器施設が津波で冠水し、このために電源の供給や冷却系の確保に支障をきたしたことである。

このため、目標とする安全水準を達成する観点から、設計上の想定を超える津波や、河川に隣接立地して設計上の想定を超える洪水に襲われたような場合でも重要な安全機能を確保できるようにする。具体的には、津波や洪水の破壊力を踏まえた水密扉の設置、配管等浸水経路の遮断、排水ポンプの設置などにより、重要機器施設の水密性を確保できるようにする。

### (第2の教訓のグループ) シビアアクシデントへの対応策の強化

#### (9) 水素爆発防止対策の強化

今回の事故では、1号機の原子炉建屋で3月12日15時36分に、3号機の原子炉建屋で3月14日11時01分に、それぞれ水素による爆発が起こったとみられる。さらに4号機でも3月15日06時頃に原子炉建屋で水素が原因とみられる爆発が起こった。すなわち、1号機における最初の爆発から有効な手だてをとることができないまま、連続した爆発が発生する事態となり、これが今回の事故をより重大なものにした。沸騰水型軽水炉では、設計基準事故に対して格納容器の健全性を維持するため、格納容器内を不活性化し、可燃性ガス濃度制御系を設置している。しかしながら、原子炉建屋に水素が漏えいして爆発するような事態を想定しておらず、原子炉建屋における水素対策はとられていなかった。

このため、発生した水素を的確に逃すか減じるため、格納容器における水素対策に加えて、シビアアクシデント時に機能する原子炉建屋での可燃性ガス濃度制御系の設置、水素を外に逃すための設備の整備等の水素爆発防止対策を強化する。

#### (10) 格納容器ベントシステムの強化

今回の事故では、シビアアクシデント発生時の格納容器ベントシステムの操

作性に問題があった。また、格納容器ベントシステムの放射性物質除去機能が十分でなかったため、アクシデントマネジメント対策として効果的に活用できなかった。さらに、ベントラインの独立性が十分でないため、接続する配管等を通じて他の部分に悪影響をもたらした可能性もある。

このため、今後は、格納容器ベントシステムの操作性の向上や独立性の確保、放射性物質除去機能の強化などにより、格納容器ベントシステムを強化する。

#### (11) 事故対応環境の強化

今回の事故時に、中央制御室は放射線量が高くなり一時は運転員が立ち入れなくなるとともに、現在も長時間の作業が困難であるなど、中央制御室の居住性が低下した。また、緊急時対策実施の中心になる原子力発電所緊急時対策所においても、放射線量の上昇、通信環境や照明の悪化など、様々な面で事故対応活動に支障をきたした。

このため、中央制御室や緊急時対策所の放射線遮へいの強化、現場での専用換気空調系の強化、交流電源によらない通信、照明等の関係設備の強化など、シビアアクシデントが発生した場合にあっても事故対応活動を継続的に実施できる事故対応環境を強化する。

#### (12) 事故時の放射線被ばくの管理体制の強化

今回の事故では、津波により多くの個人線量計や線量読み取り装置が海水に浸かって使用できず、適切な放射線管理が困難になる中で、放射線業務従事者が現場作業に携わらざるを得ない状況となった。また、空気中の放射性物質の濃度測定も遅れ、内部被ばくのリスクを増大させることになった。

このため、事故時用に個人線量計や被ばく防護用資材を十分に備えておくこと、事故時に放射線管理の要員を拡充できる体制とすること、放射線業務従事者の被ばく測定を迅速に行うことのできる体制や設備を整備することなどにより、事故時の放射線被ばくの管理体制を強化する。

#### (13) シビアアクシデント対応の訓練の強化

シビアアクシデントが発生した場合に、原子力発電所における事故収束の対応や関係機関の的確な連携を実現するための実効的な訓練がこれまで十分には行われてこなかった。例えば、今回の事故において、発電所内の緊急時対策所と原子力災害対策本部・原子力災害現地対策本部との連携や、事故対応において重要な役割を担う自衛隊、警察、消防等との連携体制の確立に時間を要したが、こうした点も的確な訓練の実施によって未然に防止できた可能性がある。

このため、シビアアクシデント発生時に、事故収束のための対応、発電所の

内外における状況把握、住民の安全確保に必要な人材の緊急参集などを円滑に行い、関係機関が連携して機能するため、シビアアクシデント対応の訓練を強化する。

#### (14) 原子炉及び格納容器などの計装系の強化

原子炉と格納容器の計装系がシビアアクシデントの下で十分に働かず、原子炉の水位や圧力、放射性物質の放出源や放出量などの重要な情報を迅速かつ的確に確保することが困難であった。

このため、シビアアクシデント発生時に十分機能する原子炉と格納容器などの計装系を強化する。

#### (15) 緊急対应用資機材の集中管理とレスキュー部隊の整備

今回の事故では、Jヴィレッジを中心として、事故や被災対応の関係者、資機材を結集し懸命な後方支援を行っているが、事故当初は、周辺においても地震・津波の被害が発生していたため、緊急対应用資機材や事故管理活動を支援するレスキュー部隊の動員を迅速かつ十分に行うことができず、現場での事故対応が十分に機能しなかった。

このため、過酷な環境下でも緊急時対応の支援が円滑に行えるよう、緊急対应用資機材の集中管理やこれを運用するレスキュー部隊の整備を進める。

### (第3の教訓のグループ) 原子力災害への対応の強化

#### (16) 大規模な自然災害と原子力事故との複合事態への対応

今回は、大規模な自然災害とともに原子力事故が発生したため、連絡・通信、人の参集、物資の調達等の面で極めて困難が生じた。また、原子力事故の長期化に伴って、本来は短期的措置として想定していた住民の避難等の措置も長期化せざるを得なくなっている。

このため、大規模な自然災害と原子力事故が同時に発生したような場合の対応として、適切な通信連絡手段や円滑な物資調達方法を確保できる体制・環境を整備する。また、原子力事故が長期化する事態を想定して、事故や被災対応に関する各種分野の人員の実効的な動員計画の策定などの対応を強化する。

#### (17) 環境モニタリングの強化

現在は、緊急時の環境モニタリングは地方自治体の役割としているが、地方自治体の環境モニタリング機器・設備等が地震・津波によって損害を受けたこと、緊急事態応急対策拠点施設から避難せざるを得なかったことなどから、事

故当初、適切な環境モニタリングができない状況となった。これを補うため、文部科学省等が関係機関の協力を得てモニタリング活動を実施してきた。

このため、緊急時においては、国が責任をもって環境モニタリングを確実にかつ計画的に実施する体制を構築する。

#### (18) 中央と現地の関係機関等の役割の明確化等

事故当初、情報通信手段の確保が困難であったことなどから、中央と現地を始め、関係機関等との連絡・連携が十分でなく、また、それぞれの役割分担や責任関係が必ずしも明確ではなかった。具体的には、原子力災害対策本部と原子力災害現地対策本部との関係、政府と東京電力との関係、東京電力本店と現場の原子力発電所との関係、政府内部の役割分担などにおいて、責任と権限の体制が不明確な面があった。特に、事故当初においては、政府と東京電力との間の意志疎通が十分ではなかった。

このため、原子力災害対策本部を始めとする関係機関等の責任関係や役割分担の見直しと明確化、情報連絡に関する責任と役割、手段等の明確化と体制整備などを進める。

#### (19) 事故に関するコミュニケーションの強化

周辺住民等への情報提供については、事故発生の当初、大規模震災による通信手段の被害等により困難が伴った。その後の情報連絡についても、周辺住民等や自治体に対して適切なタイミングで実施できないことがあった。さらに、周辺住民等にとって重要な放射線、放射性物質の健康への影響や、国際放射線防護委員会（ICRP）の放射線防護の考え方の分かりやすい説明も十分でなかった。また、国民への情報公表という点については、現在までは、正確な事実を中心に公表しており、リスクの見通しまでは十分には示してこなかったため、かえって今後の見通しに不安をもたれる面もあった。

このため、周辺住民等に対して、事故の状況や対応等に関する的確な情報提供、放射線影響等についての適切な説明などの取組みを強化する。また、事故が進行している中での情報公表について、今後のリスクも含めて示すことを情報公表の留意点として取り入れる。

#### (20) 各国からの支援等への対応や国際社会への情報提供の強化

今回の事故の発生後、海外各国からの資機材等の支援の申出に対しては、支援を国内のニーズに結びつけていく政府部内の体制が整っておらず十分な対応ができなかった。また、低レベル汚染水の海水への放出について近隣国・地域への事前の連絡がなされなかったことなど、国際社会への情報提供が十分でな

かった。

このため、事故時の国際的な対応に関して、事故対応に効果的な資機材の在庫リストを国際協力により作成しておくこと、事故時の各国のコンタクトポイントを予め明確にしておくこと、国際的な通報制度の改善を通じて情報共有の体制を強化すること、科学的根拠に基づく対応を可能にする一層迅速で正確な情報提供を行うことなど、など、国際的に効果的な対応の仕組みを国際協力を通じて構築すべく貢献する。

#### (21) 放射性物質放出の影響の的確な把握・予測

緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム（SPEEDI）は、事故時の放出源情報が得られなかったため、本来の活用方法である放出源情報に基づく放射能影響予測を行うことができなかった。一方、文部科学省、原子力安全・保安院及び原子力安全委員会は、内部検討のため放出源等に関し様々な仮定をおいた上で試算を行っていた。放出源情報に基づく予測ができないという制約下では、一定の仮定を設けて、SPEEDIにより放射性物質の拡散傾向等を推測し、避難行動の参考等として本来活用すべきであったが、現に行われていた試算結果は活用されなかった。また、SPEEDI の計算結果については、現在は公開されているものの、当初段階から公表すべきであった。

このため、事故時の放出源情報が確実に得られる計測設備等を強化する。また、様々な事態に対応して SPEEDI などを効果的に活用する計画を立てるとともに、こうした SPEEDI の活用結果は当初から公開する。

#### (22) 原子力災害時の広域避難や放射線防護基準の明確化

今回の事故において、事故発生当初、避難区域と屋内退避区域を設定し、周辺住民をはじめ、地方自治体、警察等の関係者の連携した協力により、避難や屋内退避は迅速に行われた。他方、事故の長期化に伴い、屋内退避期間も長期に及ぶこととなった。その後、計画的避難区域や緊急時避難準備区域を設定するに当たっては、ICRP や IAEA の指針を急ぎよ活用することとした。なお、今回の事故で設定したこれらの防護区域の範囲は、防護対策を重点的に充実すべき地域の範囲とされていた 8～10km を大きく上回るようになった。

このため、今回の事故の経験も踏まえ、原子力災害時の広域避難の範囲や放射線防護基準の指針を明確化する取組みを強化する。

#### （第 4 の教訓のグループ）安全確保の基盤の強化

#### (23) 安全規制行政体制の強化

経済産業省原子力安全・保安院による一次規制機関としての安全規制、内閣府原子力安全委員会による一次行政機関の規制の監視、緊急時における関係の自治体や各省による環境モニタリングの実施など、原子力安全確保に係る行政組織が分かれていることにより、国民に対して災害防止上十分な安全確保活動が行われることに第一義的責任を有する者の所在が不明確であった。また、現行の体制は、今回のような大規模な原子力事故に際して、力を結集して俊敏に対応する上では問題があったとせざるを得ない。

このため、原子力安全・保安院を経済産業省から独立させ、原子力安全委員会や各省も含めて原子力安全規制行政や環境モニタリングの実施体制の見直しの検討に着手する。

#### (24) 法体系や基準・指針類の整備・強化

今回の事故を踏まえて、原子力安全や原子力防災の法体系やそれらに係る基準・指針類の整備について様々な課題が出てきている。また、今回の事故の経験を踏まえ、IAEAの基準・指針に反映すべきことも多く出てくると見込まれる。

このため、原子力安全や原子力防災に係る法体系と関係する基準・指針類の見直し・整備を進める。その際、構造信頼性の観点のみならず、システム概念の進歩を含む新しい知見に対応する観点から、既存施設の高経年化対策のあり方について再評価する。さらに、既に許認可済みの施設に対する新法令や新知見に基づく技術的な要求、すなわち、バックフィットの法規制上の位置づけを明確にする。併せて、関係するデータを提供することなどにより、IAEAの基準・指針の強化のため最大限貢献をする。

#### (25) 原子力安全や原子力防災に係る人材の確保

今回のような事故においては、シビアアクシデントへの対応を始め、原子力安全、原子力防災や危機管理、放射線医療などの専門家が結集し、最新、最善の知見を活かして取り組むことが必要である。また、今回の事故の収束に留まらず、中長期的な原子力安全の取組みを確実に進めるため、原子力安全や原子力防災に係る人材の育成が極めて重要である。

このため、教育機関における原子力安全、原子力防災・危機管理、放射線医療などの分野の人材育成の強化に加えて、原子力事業者や規制機関などにおける人材育成活動を強化する。

#### (26) 安全系の独立性と多様性の確保

安全系の信頼性の確保については、これまで多重性は追求されてきたが、共

通原因故障を避けることへの対応が不足しており、独立性や多様性の確保が十分でなかった。

このため、共通原因故障への的確な対応と安全機能の一層の信頼性向上のため、安全系の独立性や多様性の確保を強化する。

#### (27) リスク管理における確率論的安全評価手法（PSA）の効果的利用

原子力発電施設のリスク低減の取組みを体系的に検討する上で、これまで PSA が必ずしも効果的に活用されてこなかった。また、PSA においても大規模な津波のような稀有な事象のリスクを定量的に評価するのは困難であり、より不確実性を伴うが、そのようなリスクの不確かさを明示することで信頼性を高める努力を十分に行ってこなかった。

このため、今後は、不確かさに関する知見を踏まえつつ、PSA をさらに積極的かつ迅速に活用し、それに基づく効果的なアクシデントマネジメント対策を含む安全向上策を構築する。

### （第 5 の教訓のグループ）安全文化の徹底

#### (28) 安全文化の徹底

原子力に携わる全ての者は安全文化を備えていなければならない。「原子力安全文化」とは、「原子力の安全問題に、その重要性にふさわしい注意が必ず最優先で払われるようにするために、組織と個人が備えるべき統合された認識や気質であり、態度である。」(IAEA) とされている。これをしっかりと我が身のものにすることは、原子力に携わる者の出発点であり、義務であり、責任である。安全文化がないところに原子力安全の不断の向上はない。

しかし、今回の事故に照らし、我が国の原子力事業者は、組織も個人もともにその安全確保に対して第一義的な責任を負う者として、あらゆる新知見に対して目を凝らし、それが自らのプラントの脆弱性を意味するか否かを確認し、プラントの公衆安全に係るリスクが十分低く維持されているとの確信に影響があると認めるときには、安全性向上のための適切な措置を講じることに真摯に取り組んできたかを省みなければならない。

また同様に我が国の原子力規制に携わる者は、組織も個人もともに国民のために原子力安全の確保に責任を有する者として、安全確保の上でわずかな疑念もないがしろにせず、新しい知見に対して敏感にかつ俊敏に対応することに真摯に取り組んできたかを省みなければならない。

このため、今後は、原子力安全の確保には深層防護の追求が不可欠であるとの原点に常に立ち戻り、原子力安全に携わる者が絶えず安全に係る専門的知識

の学習を怠らず、原子力安全確保上の弱点はないか、安全性向上の余地はないかの吟味を重ねる姿勢をもつことにより、安全文化の徹底に取り組む。



### XIII. むすび

本年3月11日に発生した福島原子力発電所の事故は、極めて大規模な地震と津波によって引き起こされ、かつ、同時に複数の原子炉にまたがる未曾有の大事故となった。我が国はこの困難な事故を克服するために全力で立ち向かっている。

特に事故の現場では、作業に従事する人が厳しい環境の中で事故の収束に向けて懸命に取り組んでおり、この貢献なくしては事態の解決はあり得ない。政府は、作業に従事する人に対する支援に全力で取り組んでいくこととしている。

今回の事故は地震・津波の襲来という自然災害を契機にして引き起こされたものであるが、外部電源の喪失や冷却機能の喪失などによってシビアアクシデントに至ったこと、シビアアクシデントへの不断の備えが十分でなかったことを重く受けとめている。今回の事故から得られる教訓を踏まえ、今後、我が国は、原子力安全対策の根本的な見直しが不可避であると認識している。

このため、我が国は、事故の収束の状況を見つつ、「原子力安全基盤の研究強化計画」を推進していくこととしている。この計画では、シビアアクシデント対策強化のための研究などを国際協力によって推進し、その成果が世界の原子力安全の向上につながるように取り組むものである。

これと同時に、我が国は、原子力発電の安全確保を含めた現実のコストを明らかにする中で、原子力発電のあり方についても国民的な議論を行っていく必要がある。

我が国は、この事故に関する情報と得られる教訓については、今後の事故の収束とさらなる調査解明によって更新していくし、それらを引き続き国際原子力機関と世界各国に提供し続ける考えである。

また、今回の事故の収束に向けて、様々な面で世界各国の支援を受けていることを心強く受けとめており、厚く感謝するとともに、引き続き IAEA や世界各国からのご支援をお願いしたい。

我々は、事故の収束に向けて多大な困難を伴うことを覚悟しているが、我が国のみならず、世界の英知と努力を結集して、必ずこの事故を乗り越えることができることを確信している。