

新潟県中越沖地震を受けた  
柏崎刈羽原子力発電所に係る  
原子力安全・保安院の対応  
(第3回中間報告)

平成22年4月8日

原子力安全・保安院

## 目次

本報告書の要約.....	5
はじめに(平成21年6月29日第2回中間報告).....	8
はじめに(平成21年2月13日中間報告).....	10
第一章 検討の背景.....	12
1. 中越沖地震について.....	12
2. 中越沖地震に見舞われた柏崎刈羽原子力発電所の状況と東京電力の対応.....	12
(1)設計時の想定を大きく超える揺れの発生.....	12
(2)初動体制の不備.....	13
(3)地震直後に確認された設備の損傷等についての東京電力の対応.....	15
3. 地震直後の保安院の対応.....	16
(1)原子力保安検査官事務所の対応.....	16
(2)経済産業大臣及び保安院長から東京電力への指示.....	16
(3)現地への要員派遣.....	17
(4)情報発信.....	17
4. 中越沖地震により明らかとなった問題点を踏まえた検討課題.....	18
5. 検討の進め方.....	19
(1)基本方針.....	19
(2)調査・対策委員会の設置.....	20
(3)原子力安全委員会との関係.....	21
(4)地元に対する広報・広聴.....	22
(5)国際連携(IAEA調査団、IAEA国際ワークショップ等).....	22
第二章 地震前後の施設の運営管理の評価.....	24
1. 評価の目的・考え方.....	24
2. 地震時の基本的な安全機能の確保等についての評価.....	24
(1)評価・検証の方法.....	24
(2)評価結果.....	25
(3)地震時の対応からの教訓.....	27
3. 地震発生に伴い発生した不適合事象への対応についての評価.....	28
(1)評価・検証の考え方.....	28
(2)抽出した事案とその教訓.....	28
4. 地震直後の放射性物質の放出に係る根本原因分析.....	31
(1)事案の概要.....	31
(2)根本原因分析結果と教訓.....	32
5. 再発防止対策の実施状況について.....	32

(1)本章に示した教訓に対する是正処置、予防処置の実施状況について.....	33
(2)東京電力が公表した安全上考慮すべき不適合事象に対する是正処置、予防処置の実 施状況について .....	33
6. 原子力安全委員会への対応 .....	33
第三章 原子力発電所における火災への対応 .....	34
1. 中越沖地震による変圧器火災 .....	34
2. 変圧器火災を踏まえた対応 .....	34
(1)地震直後の経済産業大臣による指示 .....	34
(2)火災の要因分析と対応の検討 .....	34
(3)関係規則等の整備 .....	35
(4)技術基準の充実 .....	36
(5)消防機関との連携の強化 .....	36
(6)事業者の取組みのフォローアップ .....	36
3. 柏崎刈羽原子力発電所での火災事案への対応 .....	37
4. 原子力発電所における火災防止対策強化への取り組み .....	44
(1)火災対策強化の検討 .....	44
(2)検討結果 .....	45
第四章 災害発生時における早期対応体制の改善 .....	47
1. 中越沖地震における情報連絡・提供の状況 .....	47
(1)情報連絡・提供における課題 .....	47
2. 自衛消防ワーキンググループにおける検討結果 .....	48
(1)地元住民等に対する様々な手段を駆使した迅速な情報提供 .....	48
(2)表現の工夫等によるわかりやすい情報提供 .....	48
(3)現地を中心とした国の情報連絡・提供体制の強化と規制基準への反映 .....	49
(4)大規模な地震に備えた事業者における情報通信設備や体制の整備 .....	49
(5)実践的な訓練・研修等の実施 .....	49
3. これまでの保安院の対応 .....	50
(1)保安院の対策 .....	50
(2)体制見直し後の対応状況 .....	51
(3)広域地震を想定した防災訓練 .....	52
(4)大規模自然災害発生時においても十分機能する原子力災害対応体制の検討 .....	52
4. 事業者の対応 .....	53
第五章 中越沖地震を受けた柏崎刈羽原子力発電所の健全性の評価 .....	54
1. 施設の健全性評価の考え方 .....	54
2. 健全性評価方法についての指示 .....	54
3. 東京電力による点検作業等の保安院による確認 .....	56

4. 保安院による7号機に対する確認状況と結果について .....	57
(1) 機器単位及び建物・構築物の健全性 .....	57
(2) 系統単位の健全性について .....	63
(3) 機器単位及び系統単位の健全性評価のまとめ .....	64
(4) 7号機のプラント全体の健全性について .....	67
(5) 燃料棒からの放射性物質の漏えいに係る対応について .....	70
(6) 法令に基づく定期検査の実施及び今後の対応 .....	71
5. 保安院による6号機に対する確認状況と結果について .....	72
(1) 機器単位及び系統単位等の健全性について .....	72
(2) 6号機のプラント全体の健全性について .....	73
(3) 法令に基づく定期検査の実施及び今後の対応 .....	74
6. 保安院による1号機に対する確認状況と結果について .....	75
(1) 機器単位及び系統単位等の健全性について .....	75
(2) 1号機のプラント全体の機能試験に係る計画について .....	77
7. 原子力安全委員会への対応 .....	77
8. 今後の取組み .....	78
第六章 柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性評価等 .....	80
1. 新しい基準地震動の評価等の考え方 .....	80
2. 中越沖地震の特徴(想定を超える大きな揺れが生じた要因) .....	81
(1) 大きな揺れの要因 .....	81
(2) 今回の教訓と原子力安全規制への反映 .....	84
3. 新たな基準地震動策定・評価の進め方 .....	85
4. 活断層評価の結果 .....	86
(1) 海域の断層 .....	87
(2) 陸域の断層 .....	90
5. 新しい基準地震動の評価 .....	93
6. 新しい基準地震動に基づく耐震安全性の評価等 .....	95
(1) 新しい基準地震動に基づく耐震安全性の評価 .....	95
(2) 7号機の耐震安全性の評価 .....	95
(3) 6号機の耐震安全性の評価 .....	98
(4) 1号機の耐震安全性の評価 .....	104
(5) 上下方向の加速度について .....	106
(6) 地震応答解析における耐震壁及び補助壁の取扱いの不適合について .....	109
(7) 地震随件事象等に対する安全性の評価 .....	110
7. 耐震補強工事について .....	112
8. 原子力安全委員会への対応 .....	113

(1)原子力安全委員会本委員会における指摘への対応 .....	113
(2)耐震安全性評価特別委員会等における指摘への対応 .....	113
9. 原子力発電所の耐震安全性に係る信頼性の一層の向上を図るための今後の取組みにつ いて .....	115
(1)新たな知見の反映の仕組みについて .....	115
(2)確率論的安全評価について .....	116
(3)地震動の観測について.....	117
(4)調査・研究について .....	117
第七章 地元への対応 .....	120
1. 住民説明会 .....	120
2. 自治体会議等への説明 .....	121
(1)地元議会説明 .....	121
(2)新聞折込チラシ配布等 .....	121
(3)「地域の会」への参加 .....	121
(4)新潟県からの質問に対する回答 .....	121
第八章 国際連携 .....	123
1. IAEA調査団の受け入れ .....	123
(1)第1回調査.....	123
(2)第2回(フォローアップ)調査.....	123
(3)第3回(第2次フォローアップ)調査 .....	124
2. IAEA国際ワークショップ.....	126
(1)日本における最近の地震事象 .....	126
(2)IAEAメンバー国による地震動評価の方法と最近の適用 .....	126
(3)原子力発電所の耐震設計 .....	127
(4)既存の原子力発電所の耐震安全性.....	127
(5)第2回 IAEA 国際ワークショップの開催.....	127
3. 国際機関等との連携.....	127
おわりに.....	129

## 本報告書の要約

平成19年7月16日に発生した中越沖地震によって、柏崎刈羽原子力発電所では、定期検査により停止中であった3つの号機に加え、運転中や起動中であった4つの号機も自動停止し、全号機が停止するに至った。

当該地震において、同発電所における「止める」、「冷やす」、「閉じこめる」の安全機能は確保されたが、設計時における想定を上回る大きな揺れが観測されたことから、当院としては、同発電所全号機に関し、

- ① 建屋、設備・機器等が、今回の地震により影響を受けたか
- ② 平成18年策定の原子力安全委員会の「新耐震設計審査指針」に基づき、耐震安全性を確認するにあたって想定すべき基準地震動の下でも設備の安全性が維持されるか

との視点から、専門家の御意見を伺いつつ安全確認に取り組んでいるところである。

まず、東京電力に対して地震による施設への影響の有無について点検・評価をするとともに、中越沖地震の知見や新たに実施した地質調査などにより施設の耐震性を評価する基準とすべき基準地震動を見直し、この基準地震動の下でもプラント全体の安全性が確保されるかどうか確認するよう指示した。東京電力による分析結果等の妥当性について、保安院として、

- ① 建屋や設備への地震動の影響の有無について、独立行政法人原子力安全基盤機構による分析結果との比較検討
- ② 柏崎原子力保安検査官事務所の検査官自身の目によるひび割れの有無、安全設備の作動点検を含む確認
- ③ 約70人の地震学や地質学或いは機械工学などを含む多分野の専門家による延べ100回を超える審議会等による検討
- ④ 海上音波探査における同発電所の沖合の海底活断層の調査

などによって確認を進めた。

この結果、保安院は平成21年2月、同発電所7号機に関しては、その起動につき、安全上の問題はないものと判断し、その後、原子炉を起動してプラント全体の機能試験が行われ、保安院として、各部に異常はなく安定的に運転が行われていることを確認したので、継続的・安定的な運転が可能であり、安全上問題となる所見はないと判断した。

また、平成21年6月には、同発電所6号機についても、設備の点検や耐震安全評価を厳格に行った結果、建屋や設備等の健全性は維持されること、新たに設定された基準地震動に対して建屋や設備の安全機能は維持されていることを確認し、保安院としては、これらを踏まえ、同発電所6号機の起動につき、安全上の問題はないと判断するに至った。

同発電所1号機においては、6, 7号機と同様の手順により安全確認作業を行い起動前に行う点検・試験を全て終了し、また、耐震安全性評価に関するワーキンググループにおける審議を踏まえ、保安院として1号機の耐震安全上重要な設備等に係る耐震安全性は確保されるとした評価結果をとりまとめ、原子炉を起動するに当たって安全上の問題はないと判断した。

これ以外の号機についても、引き続き、安全確認作業を進めているところである。

もとより、原子力発電の推進は、徹底した安全の確保が大前提である。今後とも厳格な安全確保を進めていくこととしている。

はじめに(平成22年4月8日第3回中間報告)

平成19年7月16日に発生した新潟県中越沖地震(以下「中越沖地震」という。)により、柏崎刈羽原子力発電所は設計時の想定を大幅に超える揺れに見舞われ、地震を受けた施設の健全性に問題はないのか、今後の耐震安全性は大丈夫なのかといった根本的な問題に直面することとなった。

原子力安全・保安院(以下「保安院」という。)は、地震発生後、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会の下に「中越沖地震における原子力施設に関する調査・対策委員会」(以下「調査・対策委員会」という。)を設け、自衛消防、情報連絡・提供の改善策の検討、さらには中越沖地震に見舞われた柏崎刈羽原子力発電所の健全性の確認や耐震安全性の評価等の確認作業を行ってきている。

検討作業においては、保安院の対応を、①地震を受けた発電所、その時の事業者、保安院の対応で何が問題でどのような検討課題を設定したか、②各課題についての検討状況、対応状況、③その過程で保安院は地元や事業者、原子力安全委員会、国際原子力機関など関係機関にどう対処してきているか、という視点で整理し、これまで2回にわたって中間報告という形でまとめてきている。

平成21年2月13日には、柏崎刈羽原子力発電所7号機の起動に安全上の問題はないと確認できたことから、第1回目の中間報告をまとめた。また、平成21年6月29日には、同発電所6号機についても、7号機と同様の確認作業を経て、その起動に安全上の問題はないと確認できたことから、第2回目の中間報告をまとめている。

今般、同発電所1号機について、これまでと同様の確認作業を行い、その起動に安全上の問題はないと確認できたため、平成22年4月8日時点での状況を第3回中間報告としてまとめることとした。

第2回中間報告以降の新たな検討内容は、新潟県におけるJNES柏崎耐震安全センターにおける耐震安全研究が挙げられる。新潟県柏崎市にある新潟工科大学が、地域に根ざした産学官の原子力耐震・構造分野の研究協力体制の構築を進め、JNESは同大学が整備を進める研究拠点において、「柏崎耐震安全センター」を設置することとし、平成21年12月より、学識経験者等で構成する助言組織「原子力耐震安全研究委員会」の活動が開始している。

保安院としては、今後も安全確認作業の節目において、これまでの中間報告の内容に新たな検討内容を追加して、引き続き中間報告としてまとめていく。

はじめに(平成21年6月29日第2回中間報告)

平成19年7月16日に発生した新潟県中越沖地震(以下「中越沖地震」という。)により、柏崎刈羽原子力発電所は設計時の想定を大幅に超える揺れに見舞われ、地震を受けた施設の健全性に問題はないのか、今後の耐震安全性は大丈夫なのかといった根本的な問題に直面することとなった。

原子力安全・保安院(以下「保安院」という。)は、地震発生後、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会の下に「中越沖地震における原子力施設に関する調査・対策委員会」(以下「調査・対策委員会」という。)を設け、地震直後の初期対応に関する問題点について、自衛消防、情報連絡・提供の改善策の検討を行うとともに、中越沖地震に見舞われた柏崎刈羽原子力発電所の健全性の確認や耐震安全性の評価等の安全確認作業を開始した。

検討作業は多岐に及ぶものであり、専門的な点を多く含んでいる。そこで、専門家でない方も含め、より多くの方々に中越沖地震後を通じた保安院の取組みを知っていただくために、保安院の対応を

- ・ 地震を受けた発電所、そのときの事業者、保安院の対応について何が問題で、どんな検討課題を設定したか
- ・ 各課題についての検討状況、対応状況
- ・ その過程で保安院は、地元や事業者、原子力安全委員会、国際原子力機関など関係機関にどう対応してきているか

といった視点で整理し、報告書としてとりまとめることとした。まず、平成21年2月13日には、柏崎刈羽原子力発電所7号機の起動に安全上の問題はないと確認できたことから、第1回目の中間報告をまとめた。

その後、同発電所7号機のプラント全体の機能試験が終了し、同発電所7号機は安全に安定的・継続的に起動できると確認でき、また、同発電所6号機については、同発電所7号機の場合に同様の確認作業を経て、その起動に安全上の問題はないと判断できたことから、このたび、平成21年6月29日時点での状況を第2回の中間報告としたものである。中間報告は、読まれる方の利便性を考え、あえて第1回中間報告との重複を厭わず、その後の変化を書き加える形とした。なお、過去の版の中間報告の前書きは、トレーサビリティの観点から、そのまま残してある。また、過去の版の中間報告も、保安院ホームページで見ることができる。

第1回中間報告以降に行った新たな検討としては、火災予防対策がある。柏崎刈羽原子力発電所では、地震発生以来9件の火災が発生し、火災の頻発が問題となったことから、火災防止対策について検討を行い、報告がとりまとめられたので、その概要を新たに追加した。さらに、平成21年2月13日以降、地元説明会や新潟県技術委員会などで地域の皆様から重ねてご質問いただいた点についての解説を添付させ

ていただいた。

保安院としては、今後も安全確認作業の節目節目でさらに中間報告を公表していくこととしている。

はじめに(平成21年2月13日中間報告)

平成19年7月16日に発生した新潟県中越沖地震(以下「中越沖地震」という。)から一年半あまりが経過した。同地震では、地震時に起きた変圧器火災への対応や情報連絡・発信の不備など、初動体制の問題も浮き彫りになった。また、柏崎刈羽発電所は設計時の想定を大幅に超える揺れに見舞われ、地震を受けた施設の健全性に問題はないのか、今後の耐震安全性は大丈夫なのかといった根本的な問題に直面することとなった。

原子力安全・保安院(以下「保安院」という。)は、地震発生後、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会の下に「中越沖地震における原子力施設に関する調査・対策委員会」(以下「調査・対策委員会」という。)を設け、自衛消防、情報連絡・提供の改善策の検討、さらには中越沖地震に見舞われた柏崎刈羽原子力発電所の健全性の確認や耐震安全性の評価等の安全確認作業を行ってきている。

中越沖地震を受けた施設の健全性に関しては、東京電力が最初に健全性評価作業に着手した7号機の建屋・構築物、機器単位及び系統単位での設備健全性については、保安院として健全であるとの見解を報告書でまとめている。

また、敷地周辺の地質・地質構造や基準地震動、施設の耐震安全性等に関しては、東京電力が評価した新しい基準地震動は妥当であり、それに対する7号機の耐震安全性は確保されたとした保安院としての見解を報告書でまとめている。

これにより、保安院としては、7号機の起動に安全上の問題はないと判断するに至った。

一方、自衛消防、情報連絡・提供の改善策については、すでに平成20年2月に専門家グループの提言がまとまり、以来、事業者、保安院ではその提言を実行する取り組みを進めてきている。

このようなこれまでの検討や安全確認作業の結果としてまとめられた個々の報告書は、中越沖地震後の対応について全体像を示す形とはなっておらず、また、それぞれ内容が専門技術的である。このため、専門家でない方も含め、より多くの方々に中越沖地震後を通じた保安院の取り組みを知っていただくために、本報告書をまとめることとした。

したがって、本報告書では、

- ・ 地震を受けた発電所、そのときの事業者、保安院の対応について何が問題で、どんな検討課題を設定したか
- ・ 各課題についての検討状況、対応状況

- ・ その過程で保安院は、地元や事業者、原子力安全委員会、国際原子力機関など関係機関にどう対応してきているか

を中心に、平成21年2月13日の時点で集約し、中間報告としてまとめたものである。

今後も、安全確認作業の節目などの機会に、逐次、その時点までの活動について、中間報告としてまとめていく。

## 第一章 検討の背景

### 1. 中越沖地震について

平成19年7月16日(月・祝)10時13分頃、柏崎刈羽原子力発電所の北方にあたる、新潟県上中越沖で、中越沖地震が発生、柏崎刈羽原子力発電所の所在する新潟県柏崎市、刈羽村のほか、長岡市、長野県飯綱町で震度6強、新潟県上越市、小千谷市、出雲崎町で震度6弱を観測し、北陸地方を中心に東北地方から近畿・中国地方にかけて震度5強～1を観測した。中越沖地震の概要は以下のとおり\*。

発生日時 平成19年7月16日 10時13分頃

規模 マグニチュード6.8

震央位置 北緯37度33.4分、東経138度36.5分

震央と発電所との距離 約16km

震源深さ 約17km

※平成19年7月16日16時00分の気象庁報道発表資料より

### 2. 中越沖地震に見舞われた柏崎刈羽原子力発電所の状況と東京電力の対応

中越沖地震は、柏崎刈羽原子力発電所において設計時に想定した最大加速度を上回る大きな揺れをもたらしたが、柏崎刈羽原子力発電所の7基の原子炉のうち、地震発生当時運転中又は起動中であった原子炉(2、3、4、7号機)については、全て安全に自動停止し、その後、運転員による冷却・減圧操作を経て、原子炉内を100℃以下で大気圧の安定な停止状態(冷温停止状態)に導くことができた。また、地震発生時に定期検査により停止中であった他の原子炉(1、5、6号機)を含む柏崎刈羽原子力発電所の7つの原子炉全てにおいて、燃料中の放射性物質の閉じ込めは維持された。このように中越沖地震の際にも、緊急時に要求される「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」という原子炉の安全を守るための最も重要な安全機能は確保された(具体的には第二章2.参照)。

しかしながら、以下に示す問題が課題として認識されることとなった。

#### (1) 設計時の想定を大きく超える揺れの発生

中越沖地震は、柏崎刈羽原子力発電所に対して設計時に想定した最大加速度を上回る大きな揺れをもたらした。例えば、1号機原子炉建屋地下5階(基礎版上)においては、設計時に想定された最大加速度273ガルに対して、最大加速度680ガルの揺れを記録した。(各号機の揺れの最大加速度は、次頁の表のとおり。)

平成17年宮城県沖地震時の東北電力女川発電所、平成19年能登半島地震時の北陸電力志賀原子力発電所でも設計時の想定を超える地震の揺れが観測されたが、柏崎刈羽発電所で受けた揺れは、想定を超える程度がはるかに大きく、また原子力発電所の耐震設計上考慮すべき地震による地震動の周期帯のほぼ全域にわたって

想定を超える揺れとなっていた。

保安院としては、発電所が設計時の想定をはるかに超える地震動を受けたことが、今回の地震による原子力安全に対する最重要事項と認識している。このため、このような大きな揺れを受けた施設の健全性に問題が生じていないか確認するとともに、地震による揺れが設計で想定した揺れを大きく上回った要因は何かを把握し、これを踏まえて柏崎刈羽原子力発電所の今後の耐震安全性を確認することが必要と判断した。

これらの点について、保安院としては、事業者に対しては評価作業の実施を指示するとともに、保安院としても立入検査や専門家を交えた検討等を進めることとした。

また、今回の地震は、平成18年9月に原子力安全委員会の耐震設計審査指針が新たな知見を踏まえて改定され、全事業者において新たな指針に照らした既設の原子力発電所等の耐震安全性の評価（いわゆるバックチェック）の作業を進めているさなかに起こったものである。このため、保安院は、柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性の検討を進める中で、他の発電所等のバックチェックに反映すべき教訓、新たな知見も明らかにすることとした。

表1-1 中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所の揺れの最大加速度  
(原子炉建屋最下階の基礎版上での観測値) (単位:ガル)

	南北方向	東西方向	上下方向
1号機	311(274)	680(273)	408(235)
2号機	304(167)	606(167)	282(235)
3号機	308(192)	384(193)	311(235)
4号機	310(193)	492(194)	337(235)
5号機	277(249)	442(254)	205(235)
6号機	271(263)	322(263)	488(235)
7号機	267(263)	356(263)	355(235)

( )内は設計時の最大加速度

## (2) 初動体制の不備

地震後の発電所における東京電力の対応では、変圧器火災に自衛消防組織がほとんど対応できなかったこと、以下に述べる微量の放射性物質の漏えいの確認とその情報連絡・通報まで時間を要したこと、さらに、事務本館の緊急時対策室に入室不

能になる中で、屋外に仮の非常災害対策本部を設置して対応を取らざるを得なくなり、発電所内の状況把握、情報連絡・発信が滞ったことなど、初動体制の不備が明らかになった。

#### ①変圧器火災への対応の遅れ

地震を受けた柏崎刈羽原子力発電所では、3号機の所内電源用の変圧器から絶縁油が漏れ、電線の短絡により発生した火花が引火し、火災が発生した。この変圧器は、原子炉の安全機能「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」に直接関連するものではなかったため、火災は、原子炉の安全性に影響を及ぼすものではなかった。しかしながら、防火用水の配管等が地震により損傷したため、発電所の自衛消防組織はわずかな放水しかできず、公設消防の到着を待つ間、変圧器が黒煙を上げて燃え続ける映像が報道され、原子力発電所に対する社会の信頼を大きく損なう結果となった。経済産業大臣は地震当日の深夜、東京電力社長に対して消火に手間取った原因の究明、再発防止策の検討を指示した。



写真1-1 変圧器火災の様子

この火災では、事業者の自衛消防体制、初期消火要員の訓練、消火設備の耐震性が不十分であることなどが明らかになった。また、保安院が原子力事業者(各電力会社、日本原燃)の自衛消防体制などについて調査した結果、他の事業者についても概ね同様の状況にあることが判明した。このため、保安院としては、自衛消防体制の強化などについて、事業者に共通の課題として、各社にその整備を促す等の取り組みを進めることとした。

#### ②微量の放射性物質の漏えい

柏崎刈羽原子力発電所の各号機では、地震の揺れにより使用済燃料プール水が原子炉建屋内の放射線管理区域内に溢水したが、6号機においては、その一部が外部に漏出した。地震後の所内点検の中で6号機の非管理区域にあった水たまりがごく微量の放射能を含んでいることを東京電力が確認したのが、地震発生からおよそ8時間後の午後6時過ぎ、その水が海中に放出されていたことが判明し、保安院に連絡したのが午後8時過ぎであった。なお、放出された水(1.2m<sup>3</sup>で9×10<sup>4</sup>ベクレルと推定)は、その濃度は極めて低く、それによる線量は年間自然放射線の10億分の1相当の十分低いものであった。しかしながら、発表まで時間がかかったり、漏えいした放射性物質による影響がないことについて、生活に身近な比喻やわかりやすい表現などで示せなかったために社会的な不安を払拭できなかった。

こうした事態に対し、保安院は、東京電力に対して、放射性物質を含む水の漏えいに対する連絡体制を早急に点検・報告するよう求めた。さらに、7月20日に、経済産業大臣から各事業者に対して、事故報告体制を見直し改善するよう指示を行った。これを受け、7月26日には、各事業者から経済産業大臣に対して改善計画が提出されている。

他方、7号機では、排気筒から微量の放射性物質が外部に放出された。7月17日に主排気筒から放出されるガスの定期測定で、放射性ヨウ素および粒子状放射性物質(クロム51、コバルト60)が検出され、7月17日から18日にかけて、放射性ヨウ素が検出された。この2日間の放出量は、放射性ヨウ素が約4億ベクレル、粒子状放射性物質が約2百万ベクレルと推定された。これにより人が敷地境界にずっと居続けたとして受ける可能性がある放射線量は、約1千万分の1ミリシーベルトで、法令に定める一般人の1年間の想定被ばく線量限度(1ミリシーベルト)の約1千万分の1の水準であり、健康への影響はないレベルであった。漏れの原因は、原子炉の自動停止後の操作過程において、排風機の停止操作が遅れたため、タービンを通った蒸気を水に戻す復水器内に滞留していたヨウ素等が同排風機により吸引され、排気筒を経て放出に至ったものと推定された。

### ③情報連絡・通報の不備

今回のような大きな地震の場合、柏崎刈羽原子力発電所では事務本館内の緊急時対策室に関係要員が集まり、対策本部を立ち上げ、発電所の状況についての情報集約、外部への連絡を含めた対応にあたることになっていた。しかし、地震により、緊急時対策室のドアが変形して入室できなかった。当日は、好天であったため、ホワイトボード、持ち出せるだけの所内PHS電話器を野外に持ち出し、仮の災害対策本部を設置し、発電所内の状況集約、関係機関への発信などにあたったが、発電所内の状況把握、外部への情報発信の遅れの一因となった。

情報連絡・通報については、後述するように、保安院の側にも不備があったため、事業者・保安院双方の問題点を明らかにし、改善策を検討することとした。

### (3)地震直後に確認された設備の損傷等についての東京電力の対応

発電所では地震直後から巡視点検等を行い、原子力安全に関係するかを問わず、施設・設備の損傷等により、施設が本来あるべき状態との間でかい離(不適合)がないかを確認した。見いだされた不適合については、事業者として設けている不適合管理の枠組みに従って処理されてきている。地震発生後からこれまでに約3600件以上の不適合が確認され、このうち、安全上重要と認められるものは85件であった。

保安院ではまず、保安検査官自身の目で施設・設備の損傷等を確認した。さらに、

東京電力による不適合管理の枠組みが適切に機能しているか確認するとともに、確認された不適合については、原子力保安検査官が一件一件検分し、安全上の重要性などを検討し、他の事業者にも水平展開すべき事例の抽出などを行った。

地震により生じた不適合の中には、法令に基づき保安院に報告することが義務づけられている「法令報告対象トラブル」に該当するものが4件あった。前述の変圧器火災、6号機非管理区域への放射性物質を含む水の漏えいに加え、6号機原子炉建屋にある天井クレーンを駆動させるための伝動用継手部の破損及び全号機での原子炉建屋オペレーションフロア(原子炉建屋上部の燃料交換などを行う場所)への溢水の計4件がこれに該当する。これら4件については、調査・対策委員会においても逐次原因究明や対策の検討状況を聴取し、審議してきたが、平成20年9月25日に東京電力から推定原因と対策に係る報告書の提出を受け、保安院として検討を行った結果、その内容は妥当と評価した。これらの事象は、トラブルの重要度を示す国際尺度であるINES評価では軽微なものとして0-、原子力安全への影響がなかったものとして「評価対象外」のいずれかとなっている(第二章3. 参照)。

なお、点検の進捗に伴い、6、7号機の低圧タービン動翼の付根部に一部折損やひび割れが発見された。これらは、折損面の状況から地震により発生したものではないと認められたため、地震の影響を受けた設備の健全性評価とは別途に専門家の意見を聴きつつ、東京電力が行った原因調査及び対策を保安院として評価した。

### 3. 地震直後の保安院の対応

#### (1) 原子力保安検査官事務所の対応

地震が発生した平成19年7月16日は祝日にあたり、保安検査官1名が当番として市内の保安検査官事務所で勤務していた。地震発生から約30分後の午前10時40分頃に他の原子力保安検査官2名が原子力保安検査官事務所に到着し、合計3名の体制となった。午前10時50分頃には、うち2名が安全確認のために柏崎刈羽原子力発電所に出発し、残った1名が情報収集及び本院への連絡、オフサイトセンター機器の作動確認に当たった。

発電所に向かった2名の検査官は、交通渋滞等により午後12時55分に柏崎刈羽原子力発電所に到着し、その後、各号機の中央操作室で「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の機能が正常に働いていることの確認や、3号機所内変圧器の火災、6号機における放射性物質を含む水の溢水等の現場確認を行い、翌17日の午前4時頃にかけて確認した状況を逐次本院へ報告した。

#### (2) 経済産業大臣及び保安院長から東京電力への指示

経済産業大臣からは、平成19年7月16日、東京電力社長に対し、地震発生後の東京電力の対応に関して、以下の3点を指示した。

- ・ 消火活動が遅れた原因の徹底究明と、今後の消火活動のあり方についての検討を行い、その結果を早急に報告すること
- ・ 放射性物質の漏えいに係る報告が遅れた原因究明の結果と再発防止策につき、早急に報告すること
- ・ 今回の地震による最大加速度が想定していた最大応答加速度を超えていたことを踏まえ、柏崎刈羽原子力発電所の安全が確認されるまで、運転の再開を見合わせる事

同日、1、5、6号機の原子炉建屋の基礎版上において観測された地震の揺れである最大加速度が、設計に際して想定されていた最大応答加速度を超えていたことを踏まえ、以下2点につき、結果を報告するよう、保安院長から東京電力社長に対し指示した。

- ・ 今回の地震観測データを分析し、原因を究明すること
- ・ 今回の地震に対する安全上重要な設備の耐震安全性を確認すること

### (3) 現地への要員派遣

平成19年7月17日、保安院本院から、審議官以下4名を派遣し、現地駐在の保安検査官5名とともに、柏崎刈羽原子力発電所の被害状況の確認、変圧器火災及び6号機から環境への放射性物質の漏えいに係る調査・確認等を実施し、これを踏まえて、平成19年7月19日に現地で記者会見を行った。

その後も、保安院本院及び他の原子力保安検査官事務所から職員を派遣し、東京電力の巡視等によって発見された地震による柏崎刈羽原子力発電所における不適合事象等につき、保安院として自ら確認を行った。

### (4) 情報発信

保安院において最初に行ったプレス発表は、午前10時13分の地震発生から2時間17分を経過した午後12時30分であった。その内容は、原子炉が自動停止したこととその時点で伝えられていた不具合等が主であり、発電所周辺の住民が一番必要としていた、発電所の安全確保状況や周辺住民の安全(避難の要否)などを、速やかに、わかりやすく、明確に発信することができなかった。

避難の要否については、新潟県からの照会を受けて、午前11時30分ごろ、避難の必要がないことを同県に伝えた。

また、地震直後の地元住民の状況を考えれば、新聞・テレビだけでなく防災行政無線やコミュニティFM等を通じた広報も試みるべきであった。

事故時・災害時は現地でのプレス対応が重要であるが、現地におけるプレス発表は、平成19年7月19日に東京からの支援チームによるものが最初となる等、現地で

の対応は十分でなかった。平成19年7月24日には新潟県知事から経済産業大臣あてに要請があったため、大臣指示により、同日以降は、現地の原子力保安検査官事務所において、1日1回を目途にその日に行った確認作業の内容等についての記者会見を実施することとなった。なお、東京の本院では、本件についての報道発表を平成19年7月17日以降毎日実施していた。

さらに、情報連絡・提供に関連して、初動対応の不手際、一般の理解が難しい専門用語の使用等情報の受取り手への配慮不足、緊急時対策室の不具合や情報伝達体制の不備等が、東京電力、保安院の双方に見られた。このため、保安院では、これらの問題点を明確にし、改善策を検討することとした。

#### 4. 中越沖地震により明らかとなった問題点を踏まえた検討課題

上記のような施設の状況、東京電力及び保安院の対応の問題点を踏まえ、保安院では以下のように検討課題を整理した。

- 1 設計時の想定を大幅に超える地震動に見舞われたことに対しては、
  - 1.1 なぜそうなったかについて要因を明らかにする。
  - 1.2 それを踏まえて新たな基準地震動を策定し、それに対する施設の耐震安全性を評価する。
  - 1.3 これらの過程を通じ、他の発電所の耐震バックチェックに反映すべき教訓を明らかにする。
  - 1.4 今回の地震により設計時の想定を超える地震動を受けた施設の健全性に問題はないか評価する。
- 2 所内変圧器の火災に対し、発電所の自衛消防組織、消火設備が機能しなかったこと、及び情報連絡・提供に問題があったことについては、
  - 2.1 組織体制上の要因にまで遡って原因を分析し、それを踏まえた具体的な対策、改善策を明らかにし、実行する。
- 3 微量の放射性物質の漏えい起きたことについては、
  - 3.1 地震前後の施設の運営管理にどのような問題があったか検証し、組織要因にまで遡った根本原因分析を行い、再発防止策を明らかにする。  
あわせて、
  - 3.2 地震により自動的に緊急停止した原子炉を安定な冷温停止状態にまでもっていく操作など、地震後の施設の運営管理に問題がなかったか検証する。
  - 3.3 地震後に確認された不適合事象をレビューし、他の事業者にも水平展開すべき教訓を汲み取る。

これら1.1から3.3までの個別検討課題を、以下の大きく3つの検討課題にまとめた。

- ① 中越沖地震から得られる知見を踏まえた耐震安全性の評価について  
(1.1、1.2、1.3)
- ② 中越沖地震発生時における原子炉の運営管理の状況と設備の健全性及び今後の対応について  
(1.4、3.1、3.2、3.3)
- ③ 地震発生時の事業者による自衛消防体制、情報連絡体制及び地元に対する情報提供の在り方について  
(2.1)

## 5. 検討の進め方

### (1) 基本方針

上記検討課題①及び②は、事業者の施設そのものに関することである。IAEA(国際原子力機関)の基本的安全原則においては、安全性に係る挙証の一義的責任は事業者にあると明記されており、原子力施設の安全確保の一義的責任が事業者にあることは、万国共通の基本原則である。規制者である国は国民の負託を受け、事業者が安全な施設において適切な管理運営を行い、安全確保が十分になされていることを確認する責務がある。したがって、今回の地震の発生を受け、東京電力は、自らの施設の健全性を評価するとともに、施設が立地する場所で想定される地震のリスクを十分踏まえ、耐震性を評価する必要がある。規制に当たる保安院はその結果の妥当性を評価するとともに、その結果について国民に対して十分な説明を行っていく必要がある。

このため、東京電力は、施設の点検・評価、地質調査、基準地震動の評価等に自ら当たっている。他方、平成14年夏に明らかになった東京電力での過去のデータ改ざんや平成18年秋から進めていた発電施設の総点検でも柏崎刈羽原子力発電所にも問題がある事案が存在することが明らかになったことを踏まえれば、安全確認について十分な信頼を受けることができるよう、一層の努力をすることが必要である。

これらを踏まえ、安全確認にあたっては、保安院として東京電力が行った調査に任せ、結果のみを確認するのではなく、保安院による主体的な取り組みを行っている。すなわち、東京電力による取組みの方法、判断基準等の妥当性についても、公開の場で専門家を交え厳格に審議を行い、必要な指示を行うこととした。また、東京電力からのまとまった報告の際にはもちろんのこと、作業の途中段階においても随時、東京電力からの報告を求めることとした。あわせて、東京電力の点検・評価作業が適切に行われているかについて、保安院の検査官による立入検査、専門家による現地調査、原子力安全基盤機構(JNES)による独自の安全解析を通じたクロスチェックなどの検証手段を講じ、その上で保安院としての見解をとりまとめることとした。

なお、上記検討課題③については、保安院自身も検討対象になるため、保安院としてではなく、外部の専門家で構成される原子力安全・保安部会のワーキンググループが主体となって、公開による議論の上で、問題点の明確化及び改善策の提言のとりまとめを行うこととなった。

## (2)調査・対策委員会の設置

保安院は、上記の基本方針の下、専門家による知見を得て①から③の課題の検討を進めるために、調査・対策委員会を設置した。調査・対策委員会では、原子力安全・保安部会にすでに設けられていた耐震・構造設計小委員会及び原子力防災小委員会と連携して審議が進められることとなり、平成19年7月31日に第一回調査・対策委員会が開催された。

調査・対策委員会、耐震・構造設計小委員会には、上記①から③の各項目に対応したワーキンググループが設置され、総勢約70名の多岐にわたる分野の専門家が参加し、これまでに、調査・対策委員会が9回、ワーキンググループや耐震・構造設計小委員会、原子力防災小委員会などでの本件に関する審議等をあわせると145回審議が行われた(数字は平成22年4月8日現在)。

調査・対策委員会及びワーキンググループは公開で開催され、資料や議事録は速やかに保安院のホームページに掲載するなど、審議の透明性を確保することとした。また、関係のワーキンググループの検討を踏まえて、保安院として節目において中間報告を公表している。これまで下記の報告が出されている。

### (保安院による報告)

#### 課題①

- ・ 敷地周辺の地質、地質構造及び基準地震動の評価に係る報告書(中間報告)(平成20年11月18日)
- ・ 基準地震動 $S_s$ に対する7号機の耐震安全性の評価に係る報告書(平成21年1月30日)
- ・ 東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所6号機基準地震動 $S_s$ に対する耐震安全性の評価に係る報告書(平成21年6月29日)
- ・ 耐震設計審査指針の改訂に伴う東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所1号機耐震安全性に係る評価(平成22年4月8日)

#### 課題②

- ・ 中越沖地震発生時の運営管理に係る報告(平成19年12月19日)
- ・ 7号機の設備健全性評価に係る中間報告(平成20年4月16日)
- ・ 7号機の設備健全性評価に係る報告(機器単位の設備健全性)(平成20年10月3日)

- ・ 7号機の建物・構築物の健全性評価に係る報告書(平成20年10月23日)
- ・ 7号機の設備健全性評価に関する中間報告(燃料装荷前の系統機能試験)(平成20年11月6日)
- ・ 7号機の設備健全性評価に関する報告(系統単位の設備健全性)(平成21年2月13日)
- ・ 7号機の設備健全性評価に関する報告(プラント全体の設備健全性)(平成21年6月29日)
- ・ 6号機の設備健全性に係る報告(機器単位の設備健全性)(平成21年2月3日)
- ・ 6号機の設備健全性に係る中間報告(燃料装荷前の系統機能試験)(平成21年2月3日)
- ・ 6号機の設備健全性評価に関する報告(系統単位の設備健全性)(平成21年6月29日)
- ・ 6号機の建物・構築物の健全性評価に係る報告書(平成21年2月12日)
- ・ 1号機の建物・構築物の健全性評価に係る報告書(平成22年1月21日)

(調査・対策委員会による報告)

#### 課題③

- ・ 中越沖地震における原子力施設に関する自衛消防及び情報連絡・提供に関するワーキンググループ報告書(平成20年2月20日)

#### (3)原子力安全委員会との関係

保安院は中越沖地震発生当初より、原子力安全委員会に対して、保安院の対応状況等を緊密に報告してきたが、原子力安全委員会は、平成19年11月15日、中立的な立場からその内容を厳格に確認するため、原子力委員会及び原子力安全委員会設置法第25条に基づく報告を経済産業大臣に対して求めた。保安院では調査・対策委員会における検討状況を踏まえ、重要な検討事項についてとりまとめがなされた段階で、順次、原子力安全委員会に対して報告を行うとともに、原子力安全委員会から示された見解を保安院での検討に反映させている。

原子力安全委員会は、さらに耐震安全性について総合的に調査審議を進めていくこととして、平成19年12月に耐震安全性評価特別委員会を設置した。保安院は、耐震安全性に関する検討状況について、同特別委員会に随時報告し、その指示を踏まえた対応を行っている。

これまで耐震安全性評価特別委員会での審議を経てまとめられ原子力安全委員会決定された見解には、「東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所7号機の施設健全性評価に関する見解について(平成20年10月31日)」、「『東京電力株式会社

柏崎刈羽原子力発電所 敷地・敷地周辺の地質・地質構造及び基準地震動の評価に係る報告書(中間報告)』に対する見解(平成20年12月11日)」、「東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所7号機の施設健全性評価に関する見解について(平成21年2月18日)」、「『東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所敷地・敷地周辺の地質・地質構造、基準地震動 $S_s$ 及び地震随件事象の評価並びに基準地震動 $S_s$ に対する7号機の耐震安全性の評価に係る報告書』に対する見解について(平成21年2月18日)」等がある。

#### (4) 地元に対する広報・広聴

原子力安全・保安院においては、立地地域の関係者をはじめ、国民の原子力安全に対する不安や懸念に応え、信頼の回復と醸成を図るため、平素から、規制活動の透明性を高め、国民に情報発信を行うとともに、立地地域とのコミュニケーションを通じて広聴・広報活動に取り組むこととしている。

中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性の確保に関する保安院の取組みについても、審議会をはじめ、検討作業の公開はもとより、地元においても院長以下が出向き随時説明会を開催するほか、新聞折込みチラシなどを活用して積極的に広報活動を行ってきた。また、これらに加え、地震発生以来、「柏崎刈羽原子力発電所の透明性を確保する地域の会」の月例の定例会にオブザーバーとして出席するなどして地元の意見・懸念を汲み上げ、調査検討への反映を行うなどの広聴・広報に努めてきている。

#### (5) 国際連携(IAEA調査団、IAEA国際ワークショップ等)

保安院は、地震発生の直後からIAEAやOECD等の国際機関や原子力主要各国に情報提供を行ってきた。今回の地震で得られる教訓・知見を国際的に共有することは原子力安全水準の向上に有用であるため、保安院としては、地震後に、IAEAから調査団を受け入れた。

第1回目の調査は、平成19年8月6日から5日間行われ、現地で原子炉の停止状況及び被害状況を視察するとともに、保安院等と安全確認作業工程につき意見交換を行った。IAEAは、現地調査により、3つの基本的安全機能(止める、冷やす、閉じこめる)は確保されたこと、大地震にもかかわらずこれらについて目に見える損傷はなかったこと等を確認した。

平成20年1月28日から5日間、IAEAによるフォローアップ調査が実施された。本調査では、保安院の主要検討項目(耐震安全性の評価、設備健全性の確認、防火・情報連絡対策)の取り組み状況に関する技術的な意見交換を行った他、プラント内部の重要機器やボーリング調査の状況について視察を行った。IAEAの報告書では、基準地震動の設定にあたり、これまでの地質・地震調査の結果を集約することの重

要性、設備健全性の確認において目視点検と施設各部にかかった力の計算モデルによる解析を適切に組み合わせることが必要等の指摘があった。

さらに、平成20年12月1日から5日間にわたって第2次フォローアップ調査が実施された。前回の調査から約1年が経ち、その間に実施した健全性の確認や敷地周辺の活断層評価、基準地震動評価について意見交換を行ったほか、現地視察として発電所での耐震補強工事の状況や近隣の断層を視察した。報告書は平成21年1月末にまとめられ、全体的事項として、安全評価の際に、保安院は多様な分野の専門家に参画してもらう体制をとっており、これにより透明性及び合意性がもたらされていることは特筆すべき点である、そして課題や留意事項、相違点が明確になり、時機を得た対処によって質の高い成果につながっている、との評価があった。また、柏崎刈羽のような経験は対応する国際的な基準も前例もなく、保安院がIAEAと協力して調査を実施したことは適切であった。国際社会にとっても、この経験を共有することは有意義である等の指摘があった。

また、平成20年6月には、柏崎市において耐震安全性に関するIAEA国際ワークショップが開催された。ここでは、中越沖地震での発電所への影響をはじめ、これまで全世界で得られた原子力施設の耐震安全性に関する知見や教訓をもとに30件以上の発表があり、活発な意見交換が行われた。3日間の期間中、参加者及び傍聴者数の合計は、28カ国、2国際機関から、海外専門家70名を含む335名であった。また、IAEA事務局から国際耐震安全センターの設立について表明があり、保安院としては、コーディネーター1名を新規派遣するとともに特別拠出をするなど積極的に協力している。IAEA国際耐震安全センターは、平成20年10月に正式に創設された。

保安院は、OECD/NEA(経済協力開発機構原子力機関)、G8-NSSG(原子力安全セキュリティグループ)、INRA(国際原子力規制者会合)においても、柏崎刈羽原子力発電所の点検・評価の状況や耐震設計評価の考え方等を随時発表し、各国専門家と意見交換している。これらの内容は、調査・対策委員会での議論に反映させる等、今後の取り組みに活用していく。

## 第二章 地震前後の施設の運営管理の評価

### 1. 評価の目的・考え方

中越沖地震においては、発電所の揺れが設計時の想定を超えていたにもかかわらず、原子力発電所の基本的安全機能である「止める」、「冷やす」、「閉じこめる」は確保された。このような状況の中で、これらの機能がどのような状態にあったのかについて、厳しい状況の下、運転員がどのような対応をしたかを含めて確認し、教訓を得ることが、今後の地震時の対応を改善していく上で重要である。

また、地震直後からの点検では、軽微なものを含め、約3700件の不適合が確認されている。地震後の対応としては、これらについて、東京電力が所定のルールによって速やかに把握し必要な対応をとることが、品質保証の観点からも重要である。また、地震時には様々な予期しないトラブルが重畳して生ずることがありうることを認識しなければならない。地震直後の対応の中で今後の対応に生かしていくべきものを把握しておくことが必要である。

そこで、保安院ではこれらの点について、保安検査などを通じて関係者からのヒアリングなどにより把握を行い、運営管理・設備健全性評価ワーキンググループなどの検討を経て、平成19年12月にその結果を報告書にとりまとめ公表した。ここでは同報告書の内容にその後の不適合管理の進展、対策の実施状況なども加えて記述してある。

### 2. 地震時の基本的な安全機能の確保等についての評価

#### (1) 評価・検証の方法

地震発生時に運転中ないし起動中であった柏崎刈羽原子力発電所2、3、4、7号機では、地震により全制御棒が緊急挿入され停止し、その後運転員による冷却・減圧作業を経て、約9時間～20時間後に冷温停止に到達した。1、5、6号機については、定期検査のため、地震時には停止中であった。

地震発生時・地震直後に、基本的な安全機能である「止める」、「冷やす」及び「閉じこめる」並びにこれらの機能確保に不可欠な「電源」が、どのように確保されたかについては、当直長等の運転員やその他関係者等に直接インタビューを行うとともに、運転日誌、運転パラメータ記録、巡視点検記録等を確認し、各号機毎に地震発生から冷温停止に至るまでの手順・行動について時系列で検証を行った。

検証に当たっては、当院検査官12名、JNESの検査員12名の体制の下、平成19年8月から9月にかけて、当直長等の運転員やその他関係者等35名に対し、延べ8日間、直接にインタビューを行った。また、文書などの資料確認については、平成19年9月18日から21日にかけて実施した。

さらに、10月2日にはこれらを通じて得た情報をもとに、地震発生後の状況を再構成し、株式会社BWR運転訓練センターの協力を得て、地震発生当時の2号機及び4

号機の中央制御室の状況を模擬し、「止める」が正常に機能していることの確認がどのようになされたか、「冷やす」操作がどのように行われたか等について、検証した。

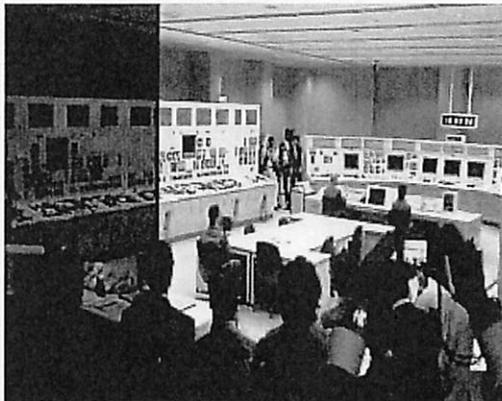


写真2-1 BWR運転訓練センターでのシミュレーション

## (2) 評価結果

### ①「止める」安全機能

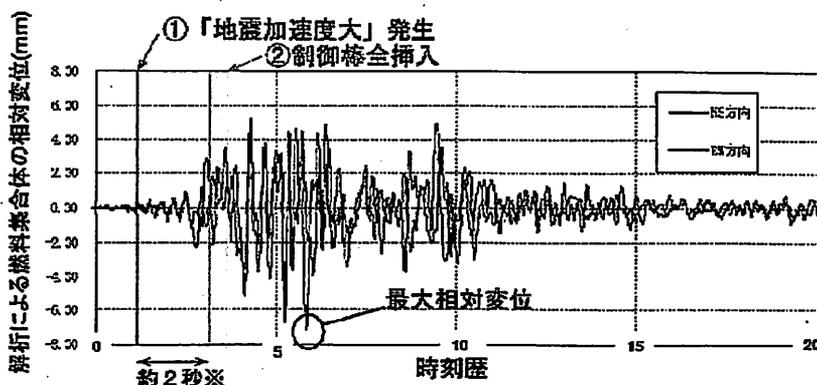
運転中の原子炉施設(3号機、4号機及び7号機)及び起動中の原子炉施設(2号機)においては、地震に伴うスクラム信号の発生により、速やかに全ての制御棒が全挿入され、原子炉は停止した。地震によるスクラム設定値は100ガルであり、最大の揺れが発生する前に制御棒が挿入されたこと、制御棒は基準の時間以内に挿入されたことが確認された。これらから、未臨界確認(核分裂の連鎖反応が停止したことの確認)に至るまでの運転操作についても問題ないことを確認した。

停止中の原子炉施設(5号機、6号機)については、全ての制御棒が全挿入であったこと、核分裂反応を示すモニタに有意な変動がなく、停止状態が維持されていたことを確認した。

以上のことから、「止める」機能については、確保されていたと評価する。

なお、1号機については、全燃料が原子炉から取り出され、燃料プール中に保管中であったことから、原子炉の「止める」機能についての検証は行っていない。

## 7号機での制御棒挿入について



※中央制御室のプロセス計算機の打ち出しデータから、「地震加速度大」信号発生から制御棒全挿入までに要した時間を約2秒と推定。

制御棒は燃料集合体が最大相対変位を生じる時刻よりも前に挿入されたと評価。

図2-1 7号機の制御棒挿入について

### ②「冷やす」安全機能

運転中の原子炉施設(3号機、4号機及び7号機)及び起動中の原子炉施設(2号機)においては、除熱のための各系統が正常に動作していること、原子炉スクラムから冷温停止に至るまでの原子炉の減圧等の運転操作が適切であることを確認した。

3号機では、地震時に原子炉建屋壁面の一部のパネルが開放され、原子炉建屋の閉じこめ機能が健全でない懸念があったことから、3号機を優先して冷却し、次いで4号機を冷却したが、これは適切な判断であったと評価する。2号機については、運転準備中で炉内は高温高圧状態にあった。冷却操作の過程で一時原子炉水の減圧沸騰現象が起こり、原子炉内の水位が上昇したが、手順書に沿って適切に対応を行った。停止中で燃料が装荷されていた5号機及び6号機については、除熱のための各系統が正常に動作していることを確認した。

また、全燃料が使用済燃料プールに取り出し中であつた1号機を始めとした各号機の使用済燃料プールでの除熱に問題がなかったことも確認した。

以上のことから「冷やす」機能については、確保されていたと評価する。

### ③「閉じこめる」安全機能

原子力発電所に存在する放射性物質の圧倒的大部分は、核分裂により生じた放射性物質であり、燃料棒の中に存在している。「閉じこめる」の主眼は、この燃料棒中の放射性物質が周辺住民の避難などを要するほどまでに放出されるのを防止することにある。

各号機において、地震発生前後の原子炉水及び使用済燃料プール水の分析結果

から、地震による燃料の破損がないことを確認した。

また、原子炉格納容器内の湿度や圧力についての記録を分析し、原子炉圧力容器や一次冷却水が高圧の状態で存在する配管等、原子炉格納容器内での漏えいがないことを確認した。さらに、燃料プール水が原子炉建屋オペレーションフロアに溢水し、放射線モニタの測定値が上昇したが、非常用ガス処理系を起動するとともに、換気空調を止めるなど、外部への放射性物質の拡散を防止する措置がとられた。それ以外の原子炉建屋内の各エリアにおいては、放射線モニタによる測定値の上昇がないことを確認した。

保安規定上、運転中の原子炉建屋の負圧維持が求められているが、この点も確保されていたと評価する。なお、3号機については、地震により原子炉建屋壁面の一部のパネルが開放したが、制限時間以内に冷温停止となったので、保安規定上の問題は生じなかった。

敷地境界のモニタリングポスト、主排気筒モニタ及び排水モニタの指示についても有意な変動がないことを、各種資料により確認した。なお、6号機、7号機で微量の放射性物質が外部に放出されたが、その影響の程度は、第一章で述べたとおりである。

以上のことから「閉じ込める」機能については、確保されていたと評価された。

#### ④電源の確保

冷やす機能を確保する上で、燃料から発生する熱を除去するシステムを作動させるために必要な電源確保が重要である。このため、停電や送電システムの故障により外部電源が確保できなくなった場合を想定して、非常用のディーゼル発電機(DG)が各号機に複数備えられている。

今回は、大規模な地震であったにもかかわらず、地震直後に4系列ある外部電源(送電系統)のうち3系列(後に一時的に2系列)が確保されていたため、非常用DGを用いるには至らなかった。

しかしながら、非常用DGの健全性は速やかに確認しておくことが必要であるため、地震後のパトロール及びその後行われた点検において、非常用DGに損傷がないことを確認するとともに、月1回の定例試験(平成19年7月25日に地震後初めて実施)により、当該DGの作動確認試験を行い健全性が確認された。

したがって、今回の地震により仮に外部電源が喪失していたとしても、非常用DGによる電源が確保されていたものと判断される。

以上のことから、「電源の確保」はできていたと評価する。

#### (3)地震時の対応からの教訓

運転員からのヒアリングなどを通じて、安全確保を更に万全なものとするための教

訓として、以下の点を認識した。

- ① 地震時には多重のトラブルが発生することが想定されるので、運転員の訓練について、地震時の状態を想定し、シミュレータ訓練の方法等を見直す必要がある。
- ② 非常時に運転操作と現場確認等を同時に実施できるよう、非常参集を含め体制の整備・強化を行う必要がある。
- ③ 電源の確保が重要であることから、非常用DGにはついては、定例試験の頻度によらず地震後、準備が整い次第速やかに作動確認試験を行う必要がある。

### 3. 地震発生に伴い発生した不適合事象への対応についての評価

#### (1) 評価・検証の考え方

地震後の点検等で、軽微なものを含め、これまでに約3700件の不適合事象が見いだされたことは、第一章で述べたとおりである。保安院は、東京電力の不適合事象処理の仕組みを確認するとともに、今回の不適合事象の中から、地震発生時における安全確保の上で今後の参考とすべきと考えられる事象を抽出することとした。

その結果、まず、東京電力は同社が定めた不適合管理マニュアルに基づき一連の不適合について適切に管理しており、同社のホームページで公開されていることを確認した。なお、同社の不適合管理システムはこれまでの保安検査の中で保安院が適切と評価している。

安全確保の上で今後の参考とすべき事象は12件であり、うち、他の原子力発電所においても参考とすべきものとして(2)で紹介する5件を抽出した。

これらについては、柏崎刈羽原子力発電所では実施に移されていることを確認しているが、保安院としては、東京電力や他の電力会社がこれらについて必要な是正措置・予防措置を適切に実行しているかについて、引き続き保安検査などを通じて確認をしていく。

#### (2) 抽出した事案とその教訓

##### ① 定期検査の際に使用する仮置き物品等の管理

##### ①—1 ホウ酸水注入系配管保温材の損傷について

超音波探傷試験の校正に用いられる重量物が地震により移動し、たまたまその部屋に敷設されていたホウ酸水注入系の配管に接触し、配管を覆っていた保温材に損傷を与えていたことが確認された(3号機)。ホウ酸水注入系の配管には損傷はなかったものの、「止める」機能に関係し安全重要度の高い配管に損傷を与える可能性があった。

定期検査の際に使用する仮置き物品等については、地震により、安全重要度の高い機器等に損傷を与えないよう適切に固縛を行う等の対策を行う必要がある。

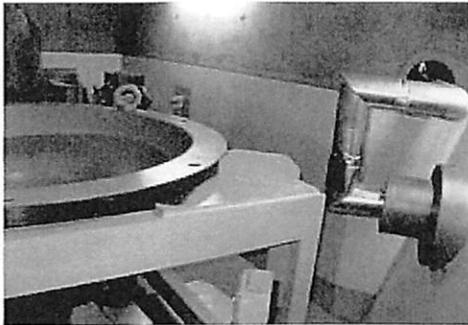


写真2-2 重量物がホウ酸水配管に接触

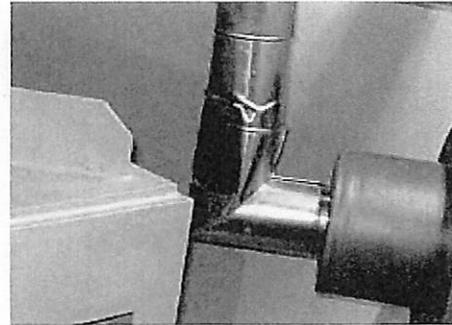


写真2-3 拡大図

(写真提供:東京電力)

①—2 遮へいブロックの崩れによる水位計装配管への接触

原子炉圧力容器の点検を実施中、原子炉水位計装用配管付近の遮へいブロックを確認したところ、片方の移動式遮へいブロックの留め具が機能していなかったため、それが地震により移動し、支えを失ったもう片方の積み上げ式遮へいブロックが崩れ、水位計装配管に接触していることが確認された。水位計装配管については、外観目視点検及び浸透探傷試験により、損傷がないことが確認されたものの、本件は、「①—1ホウ酸水注入系配管保温材の損傷について」と同様に重要度の高い水位計装配管に損傷を与える可能性があった。

移動式遮へいブロックを設置している沸騰水型原子炉を所有する原子炉設置者は、留め具が確実に機能するよう対策を行う必要がある。

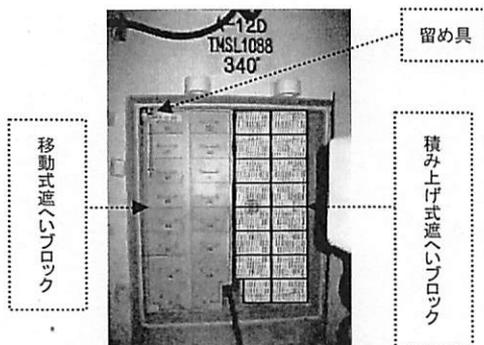


写真2-4 正規の状態



写真2-5 遮へいブロック崩れ状態

(写真提供:東京電力)

なお、柏崎刈羽原子力発電所の対策の実施状況を平成20年度第3回保安検査で確認した。その結果、柏崎刈羽7号機の原子炉安全に係わる機器等に損傷を与える恐れのある物品等の固縛状態について事業者が適切に確認していることを保安院としても確認した。

② 作業員の管理区域からの退域の際に使用する退出モニタの故障(同様の事象が2件)

定期検査中であった1号機では、地震発生時、約400名の作業員が管理区域内で作業中であった。地震のため、作業員に対し、管理区域からの退避指示が出されたが、退出時に身体汚染の有無を確認する退出モニタが故障したため、人身安全の観点からこれを通さず、作業員を退出させた。

このことは適切な対応であり、また、汚染が法令に定める限度以下に保たれている区域からの退域で、作業員の身体汚染は法令に定める表面汚染密度限度を超えていないと推定されるが、安全な場所に退避した後の汚染確認作業がなされなかった。

地震発生時に管理区域から作業員を退出させる場合の避難場所、避難後の作業員に対する表面汚染密度の測定等の緊急時の対応について検討し整備する必要がある。

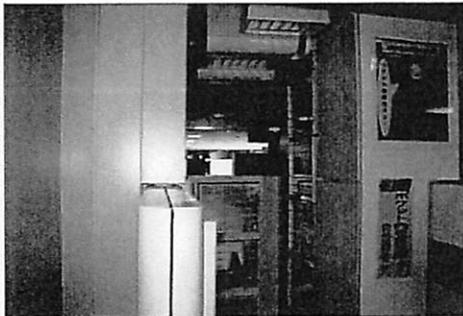


写真2-6 地震発生前の退出モニタ

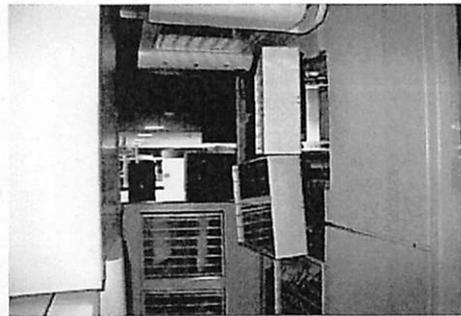


写真2-7 地震発生後の退出モニタ

(写真提供:東京電力)

なお、柏崎刈羽原子力発電所における対策の実施状況を平成20年度第3回保安検査で確認した。その結果、作業員が特定箇所に集中するのを緩和する対策として、退出モニタ処理可能人数を超える退出者がある場合には、被服(保護衣、保護具)を脱衣することで、退出を許可することなどがマニュアルで定められたことを確認した。また、受注者への周知は、放射線管理仕様書により事業者が発注の際に行うことを確認した。

③ 燃料集合体装荷時における支持金具への着座について

5号機(地震当時定期検査で停止中)において、地震後原子炉内から使用済燃料プールへの燃料取り出し作業中、燃料集合体1体の下部が燃料支持金具から外れていることが確認された。燃料の破損はなかった。

今回の事象は、地震前の燃料装荷時に燃料集合体下部が支持金具内に着座せ

ず、浮いた状態か外れた状態であったため、地震により外れたと推定される。東京電力においては、各燃料の着座位置を記録しているが、その値が一定の範囲内に収まっていることの確認は、実施していなかった。

原子炉内への燃料装荷に当たっては、燃料の着座位置(鉛直方向)を管理し、燃料が適切に着座していることを確認する必要がある。

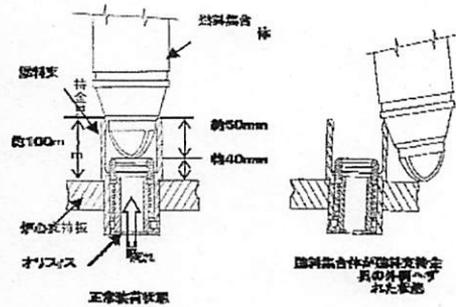


写真2-8、図2-2 地震発生後の5号機燃料集合体の状況

(図面、写真提供:東京電力)

なお、柏崎刈羽原子力発電所では、燃料管理基本マニュアルを改正し、着座状態の確認手順、防止対策が反映されていること、燃料装荷にあたっては、このマニュアルに沿って作業を実施していることを保安検査で確認した。

#### 4. 地震直後の放射性物質の放出に係る根本原因分析

中越沖地震直後の第一章2.(2)②に述べた微量の放射性物質放出について、今後の原子力施設の安全確保に活かすため、保安院は東京電力に対し組織・体制上の要因にまでさかのぼって根本原因分析(以下「RCA」という。)を行いその要因を抽出するよう指示し、その結果について評価を行った。

##### (1) 事案の概要

###### ①6号機原子炉建屋内非管理区域への放射性物質を含む水の漏えい

平成19年7月16日、地震発生後の巡視点検において、原子炉建屋3階及び中3階の非管理区域に水たまりが確認された。試料を採取の上、放射能の測定を行ったところ、漏えい水中に放射性物質が含まれていることが確認された。さらに、当該漏えい水が非放射性廃液の放水口を経由して海に放出されていることが確認された。

###### ②7号機主排気筒からの放射性気体廃棄物(ヨウ素等)の放出

平成19年7月17日、主排気筒のフィルタ測定において、ヨウ素等が検出された。その後の調査により、原子炉の自動停止後の操作過程において、排風機の停止操

作が遅れたため、復水器内に滞留していたヨウ素等が同排風機により吸引され、排気筒を経て放出に至ったものと推定された。

## (2)根本原因分析結果と教訓

- ① 建設時の設計プロセスにおいて、地震時に燃料プールで地震により発生するプール水の揺れ(スロッシング)による漏水の影響について考慮するプロセスが設定されていなかった。今後、新規プラントだけでなく運転中プラントに対しても、想定される地震等に関する新たな知見が得られた都度、プラントの安全性を評価又は再評価するプロセスを構築する必要がある。
- ② 管理区域に隣接する非管理区域を通じた放射性物質を含む漏水の外部への漏えいリスクについて十分な考慮が払われていなかった。こうした区域については、漏水のサンプリング手法を定める等、放射線管理プロセスを構築する必要がある。
- ③ 排風機については、通常の原子炉停止操作においては自動停止するよう設定されていたが、地震により通常と異なる手順で原子炉を停止させたため、手動停止を行わざるを得なかった。通常使用する設備、機能(自動操作機能等)が地震災害等により使用できない状況を想定した運転員の訓練カリキュラムが作成されるように訓練カリキュラム作成プロセスを改善する必要がある。
- ④ 使用頻度の少ない非常時等に使用するマニュアルの周知が不十分であった。通常時に使用されるマニュアルとは別に周知プロセスを構築する等、マニュアル周知プロセスを見直す必要がある。

なお、柏崎刈羽原子力発電所では、これらの対策について、平成20年11月末時点で全て完了していることを保安検査等で確認している。

## 5. 再発防止対策の実施状況について

保安院は、地震発生後の原子力発電所の運営管理に関する問題点に関する評価結果を平成19年12月19日に報告としてとりまとめ、その内容については各原子炉設置者に通知するとともに、本章に示した教訓等に対する各原子炉設置者における是正処置、予防処置の実施状況について、平成19年度第4回以降の保安検査等の中で確認することについても連絡した。

平成19年度第4回以降の保安検査等において、各原子炉設置者における是正処置、予防処置の実施状況を確認した結果は、以下のとおりであった。

なお、その実施状況については、今後の保安検査においても確認を続けていく。

(1)本章に示した教訓に対する是正処置、予防処置の実施状況について

原子炉設置者においては、上述の教訓と課題について、予防処置の要否を検討し、必要と判断された事象については、対応を開始していることを確認した。その進捗状況については、原子炉設置者によって異なるが、基本的には検討段階であり、平成20年度上期から順次、実施段階に移行する予定であることを確認した。

(2)東京電力が公表した安全上考慮すべき不適合事象に対する是正処置、予防処置の実施状況について

東京電力がホームページなどで公表した約3700件の不適合事象のうち、85件(地震直後は81件)の事案が安全上考慮すべきものとして東京電力により、順次、有限責任中間法人日本原子力技術協会の原子力情報公開ライブラリー(NUCIA)に登録されている。

保安院で、これらの安全上考慮すべき不適合事象に対する是正処置、予防処置の実施状況について、確認した結果、東京電力においては、柏崎刈羽原子力発電所においては是正措置がとられているほか、不適合管理システムに基づき、福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所へ水平展開が実施されていることを確認した。

また、他の原子炉設置者においては、これらについて、原子力情報公開ライブラリー(NUCIA)等を通じて、情報を入手し、水平展開の要否を検討していることを確認した。

## 6. 原子力安全委員会への対応

保安院は、「東京電力柏崎刈羽原子力発電所における中越沖地震発生時の運営管理に係る評価結果」について、平成19年12月20日に、原子力安全委員会に報告している。これを受け、原子力安全委員会では、平成20年6月2日、「新潟県中越沖地震による影響を踏まえた原子力安全・保安院における検討(運営管理評価結果(地震に伴い発生した不適合事象)について)に関する見解」を公表し、重要度の低い情報も含めた積極的な情報公開など、今後留意すべき事項を示している。