

参考資料 1

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

(21 安委決第 4 号)
平成 21 年 2 月 18 日
原子力安全委員会決定

はじめに

経済産業省原子力安全・保安院（以下「保安院」という。）においては、新潟県中越沖地震による影響を受けた東京電力株式会社の柏崎刈羽原子力発電所の設備健全性評価が進められてきている。

当委員会は、新潟県中越沖地震による影響を受けた柏崎刈羽原子力発電所については、適宜、東京電力株式会社より設備の点検・評価の状況について説明を受け、その内容の把握に努めるとともに、保安院より東京電力株式会社の点検・評価に対する検討状況及び結果について報告を受け、その内容の検討を行ってきている。この当委員会の検討は、耐震安全性評価特別委員会及び施設健全性評価委員会において行い、その過程では、適宜、必要な意見等を取りまとめ、平成 20 年 5 月 16 日、平成 20 年 10 月 31 日に原子力安全委員会決定^{1、2}として示し、保安院に通知してきている。

今般、当委員会は、保安院より、「東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所 7 号機の設備健全性評価に係る報告（系統単位の設備健全性）」（平成 21 年 2 月 13 日）、「柏崎刈羽原子力発電所 7 号機の設備健全性に係るプラント全体の機能試験・評価計画書の評価及び実施状況の確認方針について」（平成 21 年 2 月 13 日）について報告を受けた。

同報告は、東京電力株式会社による柏崎刈羽原子力発電所 7 号機の燃料装荷後に行う系統試験が、本年 2 月 4 日に実施されたタービンバイパス弁機能検査をもって終了したことから、保安院が、これまでの燃料装荷後に行う系統試験の評価結果等を取りまとめたものである。また、同号機のプラント全体機能試験計画に対する保安院としての評価結果と今後の対応が取りまとめられたものである。

当委員会は、今般の保安院からの報告について、本件に関連する原子力安全委員会決定^{1、2}に示された事項への対応の確認を含めて検討を行い、その結果を本見解として取りまとめた。なお、当委員会としては、東京電力株式会社、保安院による今後の施設健全性評価の進ちょくに依りて、引き続き、適時に必要な検討を行っていくこととする。

1 主な経緯

本件に係る主な経緯を別添に示す。

2 保安院の柏崎刈羽原子力発電所 7 号機の施設健全性評価に対する当特別委員会の見解等

2-1 建物・構築物、機器単体の健全性評価について

当委員会は、保安院から「東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所 7 号機の設備健全性評価に係る中間報告」（以下「中間報告」という。）について報告を受けて検討を行い、平成 20 年 4 月 28 日に、耐震裕度、動的機器の健全性確認及び経年劣化事象への考慮等、今後の設備健全性

の評価において留意すべき事項等に関する意見を取りまとめた。この意見については、同年5月16日に報告を受け、原子力安全委員会決定し、保安院に通知した。

その後、当委員会は、保安院から、「新潟県中越沖地震に対する東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所7号機の建物・構築物の健全性評価に係る報告書」及び「東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所第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）」について報告を受け、その内容に関し、保安院による技術基準適合性の観点からの点検・評価が適切に行われていることに加え、耐震裕度、動的機器の健全性の確認、経年劣化の考慮の観点から検討を行い、平成20年10月31日に原子力安全委員会決定し、保安院に通知した。その内容は以下のとおり。

2-1-1 保安院が策定した基本的な方針による点検・評価結果について

- (1) 保安院は、新潟県中越沖地震による影響を受けた東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所の設備健全性評価に当たっては、あらかじめ、専門家の意見を踏まえつつ、基本方針を策定し、評価の手順と技術基準適合性の観点からの評価の考え方を明らかにした上で、事業者による点検・評価の実施状況を保安検査、定期検査、立入検査により確認している。こうした保安院の対応は、規制行政庁と事業者の責任分担の明確化の観点からは適切なものとする。
- (2) 当委員会は、保安院が柏崎刈羽原子力発電所7号機の機器の点検に対して行った立入検査のうち、原子炉補機冷却系熱交換器の漏えい確認、原子炉補機冷却水ポンプの性能確認、非常用ディーゼル発電機の空気だめの安全弁の漏えい確認に関し、現地調査³を行った。その結果、保安院において、東京電力株式会社が行う点検・評価に対し、機種毎の損傷形態を考慮した点検が行われていること、点検前の条件が適切に整っていることの確認に関し、緻密に対応が行われていること等を確認した。さらに、保安院の中間報告に示された東京電力株式会社への追加点検等及び先に当委員会が保安院に対して示し、その後、保安院より東京電力株式会社に指示された今後の設備の健全性評価において留意すべき事項等²に関する同社の対応について、当委員会は現地調査⁴を行い、その状況の把握・確認を行った。

保安院は、東京電力株式会社による点検・評価に対して実施する今後の保安検査等において、引き続き、緻密に対応することが肝要である。

- (3) 保安院は、地震応答解析に関しては、専門家の意見を踏まえつつ、解析対象の代表性、手法、パラメータ等の妥当性の確認を行うとともに、東京電力株式会社による評価結果を検証するためクロスチェックを行っている。なお、この機器・配管系に係るクロスチェックにより、同社の解析業務の管理に継続的改善を促す事案が見出されている。原子力施設の安全確保の一義的責任を有する設置許可を受けた事業者は、こうした業務を含めて自らの保安活動を適切な品質保証体制の下で実施しなければならない。

保安院においては、今後の設備の健全性評価において、引き続き事業者に対し、自主性の喚起と継続的改善を促す方向で取り組むことが肝要である。

2-1-2 耐震裕度に関する検討について

柏崎刈羽原子力発電所7号機については、発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和56年7月30日原子力安全委員会決定）（以下「旧耐震指針」という。）の下で耐震設計がなされている。旧耐震指針においては、Aクラス⁵の各施設は、S1による地震力又は静的地震力

のいずれか大きい方の地震力に耐えることとされている。さらに、Asクラスの各施設は、S2による地震力に対してその安全機能が保持できることとされている。

こうしたことを踏まえ、当委員会は、新潟県中越沖地震による地震力並びに旧耐震指針における基準地震動S1、S2による地震力及び静的地震力の下における応答レベルと、その許容限界状態との関係が明らかにされていることを確認した。

保安院においては、引き続き、柏崎刈羽原子力発電所7号機の原子炉建屋以外の施設についても耐震裕度に関する同様の検討を行っていくことが肝要である。

(1) 建屋・構築物について

保安院は、柏崎刈羽原子力発電所7号機原子炉建屋にほとんど損傷が認められなかった要因について、同建屋の設計時に考慮された地震力と新潟県中越沖地震により作用した地震力を比較することにより検討を行っている。その結果、新潟県中越沖地震時、柏崎刈羽原子力発電所7号機原子炉建屋基礎版においてS2から求められる最大加速度を上回る観測結果が得られたが、同建屋は、当該地震によるせん断力を上回る設計用せん断力⁶をもとに余裕のある設計がなされていたこと等から、ほとんど損傷がみられなかったものと認められるとしている。

なお、東京電力株式会社は、保安院に提出した「柏崎刈羽原子力発電所7号機 新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価報告書(建物・構築物編)(改訂1)」において、柏崎刈羽原子力発電所7号機原子炉建屋の耐震壁の設計の流れに着目して、静的地震力、設計用地震力等の要因について検討を行っている。その結果、新潟県中越沖地震による地震動は、基礎版上の応答結果として基準地震動S2の応答結果を部分的に上回るものであったが、原子炉建屋の健全性は保たれているものと評価した要因の一つとしては、一般建築物の3倍の静的地震力を考慮していたこと等が挙げられるとしている。

(2) 機器について

保安院は、実際に耐震裕度が生じる要因として、原子力安全委員会からの意見に示された耐震裕度に関する7項目のほか、地震力以外の荷重の想定による影響等にも留意しつつ、検討を継続中であるとしている。東京電力株式会社からは、柏崎刈羽原子力発電所7号機各フロアにおける静的地震力と動的地震力による評価の比較、残留熱除去系配管の3部位を対象とした動的解析への各要因の影響度の試算を行った結果等について報告を受けているとしている。また、設備の実際の損傷許容限界について、独立行政法人原子力安全基盤機構から多度津振動台を使用した耐震裕度試験の結果の報告を受けているとしている。

なお、東京電力株式会社は、保安院に提出した「柏崎刈羽原子力発電所7号機新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価に関する報告書(機器レベルの点検・評価報告)」において、耐震裕度に関する検討として、7号機の耐震設計上重要な施設(As及びAクラス)のうち主要設備を例にして静的地震力と動的地震力による解析を実施し、その保守性の検討を行っている。

2-1-3 経年劣化事象の考慮について

保安院は、配管減肉、応力腐食割れ、疲労等の評価について、東京電力株式会社に対し対応を求めており、同社より、柏崎刈羽原子力発電所7号機に関して、

配管減肉については、技術基準上の必要最小厚さととの比較をするとともに、製作寸法(公称厚さと下限値)との比較を行い、顕著に減肉が進行していると評価される部位が確認さ

れていないこと

応力腐食割れについては、当該号機では、至近の点検及び今回の設備点検において、炉心シュラウド等に、それが見つかっていないこと

疲労評価については、地震応答解析結果で比較的裕度が少なかった残留熱除去系配管及び原子炉圧力容器低圧注水ノズル並びに建屋間の相対変位が最も大きかったと評価される給水系配管について、余震も含めた地震による繰り返し回数を求めて評価をしており、いずれも疲れ累積係数（疲労による影響を示す指標）に大きな影響はないこと

が報告されており、経年劣化事象を適切に考慮していると判断するとしている。

以上のことから、柏崎刈羽原子力発電所7号機に係る経年劣化事象については、適切に考慮されたものとする。なお、柏崎刈羽原子力発電所7号機については、安全性に影響するような経年劣化事象は認められていないが、保安院は、今後とも、東京電力株式会社において経年劣化の状況を把握されていることを確認していくことが肝要である。

2-1-4 動的機器の健全性確認

先に当委員会が示した意見においては、柏崎刈羽原子力発電所7号機の動的機器や電気・計装機器のうち、特に安全上重要なものについては、個々の機能確認のほか、システムを実際に動作させてシステムとしての健全性を確認することが重要であり、保安院においては、東京電力株式会社に対し、このような観点からの点検を適切に実施させるとともに、その確認の方法と計画について当委員会に適宜報告することを求めたところであり、この点について引き続き対応を求める。

2-2 系統機能試験等の確認及びプラント全体の機能試験・評価計画の確認について

2-2-1 系統機能試験等の確認について

当委員会は、新潟県中越沖地震による影響を受けた柏崎刈羽原子力発電所7号機の施設健全性評価に当たっては、原子力安全の根幹である「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の3つの安全機能の確認を最優先に考え、保安院に対し、東京電力株式会社に、動的機器や電気・計装機器のうち、特に安全上重要なものについては、個々の機能確認のほか、システムを実際に動作させてシステムとしての健全性を確認する観点からの点検（以下「系統機能試験」という。）を適切に実施させるとともに、その確認の方法と計画について適宜報告することを求めてきた。

当委員会は、このような観点から、今般の保安院からの報告について検討を行った。

(1) 系統機能試験等の確認

保安院は、「東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設備健全性評価に係る報告書（機器単体の設備健全性）（平成20年10月3日原子力安全・保安院）」において、「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」のそれぞれの機能に必要な系統の健全性を確認するため、系統の運転等によって、インターロック、警報の作動等の状況を確認し、系統全体の機能が正常に発揮されることを総合的に評価する系統機能試験については、東京電力株式会社の試験の状況に応じ、定期検査、立入検査にて確認するとしていた。加えて、発電所の建設時に行われる使用前検査の検査項目も参考とすることとし、必要に応じ当該検査項目の実施を求めるとともに、地震の影響を考慮して追加された検査項目についても、立入検査等により確認を行っていくとしていた。

保安院は、この方針に沿って、東京電力株式会社が柏崎刈羽原子力発電所7号機について実施する定期事業者検査に対する確認の視点として、定期事業者検査の要領書、検査要

員、検査用機器、検査内容及び検査結果の判定の適切性等の観点から確認を行ったとしている。また、重点確認事項である4事項として、

試験実施前の前提条件の確認については、当該系統機能試験に係る設備の健全性が機器単位の点検・評価によって確認されているか等の観点から確認を行った

インターロックから実作動までの一連の作動状態の確認については、実作動による確認が困難な場合は、代替手段により確認を行っているか等の観点から確認を行った

設備点検で異常が確認された設備に対する作動状態等の確認については、事業者において異常の内容を考慮した確認項目を設定し、補修等の復旧状態を確認しているかの観点から確認を行った

地震発生前の試験結果との比較については、今回の検査結果が、判定基準を満たしていることに加え、地震発生前の定期事業者検査結果（前回データ等）との比較が行われているかの観点から確認を行った

としている。

その結果、系統機能試験については、定期事業者検査の要領書、検査要員、検査用機器、検査内容及び検査結果の判定等は適切であり、試験結果が技術基準に適合し、所要の機能を有していると判断するとしている。また、地震の影響の有無を評価する上で特に注意すべきとした4つの重点確認事項についても適切に確認が行われていると判断するとしている。

(2) 当委員会の見解

保安院が、東京電力株式会社が行う系統機能試験に対して行う確認は、同社が、検査要領、検査員の力量、検査に用いる計測機器類の校正、検査の内容及び検査結果の判定基準等を適切に定めた上で、予断を持たずに細心の注意を払いつつ試験を行っているか等、緻密さが求められる作業である。

当委員会は、保安院において、こうした観点を含め立会検査等を実施していることを確認した。また、系統機能試験中の不適合で安全上問題になるものは無かったことを確認した。

特に、当委員会は、平成20年5月16日の委員会決定の中で指摘した今後の設備健全性の評価において留意すべき事項等の一つである「動的機器の健全性確認」に関し、最も重要な「止める」の機能の確認については、国民への説明責任を果たすことへの配慮が欠かせず、重点的に実施するよう保安院に求めている。

当委員会は、この指摘を踏まえ、系統機能試験のうち、特に制御棒駆動系機能検査⁷について検討を行った。

具体的には、平成20年11月28日に、東京電力株式会社が実施した柏崎刈羽原子力発電所7号機の制御棒駆動系機能検査の実施状況と、それに対する保安院の確認状況について、現地調査⁸を行い、東京電力株式会社においては、技術基準に規定された原子炉停止系統に係る要求事項への適合性の確認を目的とした要領書があらかじめ策定され、それに沿って、検査前準備状況の確認、検査、検査判定、記録等が行われていることを確認した。また、保安院においては、東京電力株式会社が実施する検査に関し、検査の目的、体制、方法、判定基準及び記録等が適切に定められていることや、使用計器類の校正等の検査前の諸条件が整っていること等の検査が行われていることを確認した。

また、これに関連し、当委員会は、平成20年12月11日の原子力安全委員会決定⁹の中で、制御棒駆動系機能試験に係る個々の制御棒の挿入時間の試験結果等、その結果の詳細

について、保安院及び東京電力株式会社に対し、早期に報告するよう求めた。

これを踏まえ、当委員会は、東京電力株式会社より、個々の制御棒の挿入時間の試験結果等の詳細に関し説明を受け、60%、100%挿入時間の平均値、最小値、最大値、標準偏差について確認を行い、その結果は60%挿入：1.04秒、100%挿入：1.63秒であり、判定基準（全制御棒の挿入に要する平均時間60%挿入：1.44秒以下、100%挿入：2.80秒以下）を満足しているものであることを確認した。また、設計時の制御棒挿入試験の結果について説明を受け、燃料集合体の相対変位約40mmにおいて、ボロンカーバイト型制御棒及びハフニウムチューブ型制御棒の挿入時間が、通常のスラム仕様値である60%ストローク1.44秒以内、100%ストローク2.80秒以内であることが確認されていること、試験後において制御棒の外観に有意な変化がないことが確認されていることを確認した。

このほか、当委員会は、動的機器であるポンプの振動診断に着目し、スペクトルについて地震発生前後の比較が行われ問題がないこと、また、振動については、周波数分析がなされていることを確認した。

2-2-2 プラント全体の機能試験・評価計画の確認について

当委員会は、平成20年12月11日の原子力安全委員会決定⁹の中で、柏崎刈羽原子力発電所7号機は、新潟県中越沖地震の影響を受けた後、長期にわたって停止状態にあり、その点を考慮すると、通常の運転前試験に加えて、中間出力時運転試験に十分に時間をとるなど、いっそう慎重な取組が必要と考えるとして、その具体的進め方や、確認結果の透明性の確保に特段に配慮するよう指摘している。

これを踏まえ、当委員会は、東京電力株式会社より、柏崎刈羽原子力発電所7号機のプラント全体の機能試験・評価計画について説明を受け、その内容を把握するとともに、同計画に対する保安院の評価結果と今後の対応について報告を受け、その内容について検討を行った。

(1) プラント全体の機能試験・評価計画に対する評価と今後の対応

プラント全体の機能試験・評価計画に対する評価

保安院は、東京電力株式会社より提出されたプラント全体の機能試験・評価計画書について、(a) 共通事項、(b) プラント起動の機器単位の点検項目等、(c) プラント起動後の系統機能試験等、(d) プラント確認試験の項目等の観点から評価した結果、以下のとおり、地震の影響を評価する上で、適切な点検・試験項目等を計画していると評価するとしている。

(a) 共通事項

- ・ポンプ等動的機器は、運転状態の性能・振動等の作動試験、配管等の静的機器は漏えい確認を主体とした点検、支持構造物は入熱による影響の点検等を行うこととしており、地震影響を考慮した適切な点検項目・手法となっている。
- ・通常の起動時に比べ、原子炉圧力上昇及び発電機出力上昇時のホールドポイント（原子炉圧力3.5MPa及び7MPa、発電機出力20%、50%及び75%の時点）を増やし、採取パラメータを追加するとともに、100%出力到達後も一定期間監視を強化した状態で試運転を継続することとしている等、不適合事象の発生状況及びプラントの長期間停止等について適切に考慮している。
- ・原子炉格納容器のドライウェル点検については、定格出力後は窒素パージを行うため、原子炉起動後の中間出力及び定格出力時において行うこととしており、通常の起動試験よりも点検を行う段階や点検時間を増やす等の対応を行っており、妥当な

ものである。

- ・起動に当たっての安全上の確認事項についても適切に記載されているものと評価する。なお、プラント起動中又は運転中に設備の異常が確認された場合には、その状況を評価し、必要に応じプラントを停止して原因究明を行うこととしており、適切なものである。
- ・本試験に係る品質マネジメント上の対応については、保安規定に定める品質マネジメントシステムに基づき実施するとしており計画段階での問題はない。

(b) プラント起動後の機器単体の点検項目等

起動後に実施する機器の点検については、約100機器が計画されている。これらの点検を実施することで、保安院が提示した点検対象機器については、全て健全性を確認できる計画となっている。

(c) プラント起動後の系統機能試験等

起動後に実施する系統試験項目として4項目が計画されている。これらの試験を実施することで、技術基準で要求される系統機能要求は、全て確認できる計画となっている。また、これまでの系統機能試験と同様に地震影響を考慮した重点確認項目を追加している。

(d) プラント確認試験の項目等

プラントの運転状態の確認のためのパラメータの採取については、主要設備に係るパラメータの採取を行うとともに、地震による影響があった設備等について重点的に確認することを計画している。この際、通常の起動試験よりもパラメータ採取の段階を増やすとともに、定格出力時において地震の影響の有無を確認することとし、安定的な運転が可能であることの確認のために、数週間程度の期間を設定し対応を行う等、地震影響や長期間停止を適切に考慮することとしている。

保安院の今後の対応

保安院は、今後の対応として、

原子炉起動に当たっての安全性の確保状況及びプラントの運転状態の確認状況については、「起動時の保安検査」として確認を行う

起動後に実施する系統機能試験については、起動前の系統機能試験と同様に、定期検査等により確認を行う

起動後に実施する機器の点検については、定期検査等により確認を行うとともに、必要に応じて立入検査を実施する

としている。さらに、これらの確認内容は、設備健全性評価WG等に報告し、審議を行うこととし、また、それらの内容や結果等については、公開する等としている。

この他、保安院は、今般のプラント全体の機能試験・評価に対する東京電力株式会社の対応として、原子炉起動後に実施する系統機能試験の実施状況等を適宜公表することに関し、プラント全体の健全性確認に係る透明性等を確保していく上で重要な取組であると評価するとしている。

(2) 当委員会の見解

今般の保安院の評価においては、柏崎刈羽原子力発電所7号機が、新潟県中越沖地震による影響を受けた後、長期にわたって停止状態にあったものであることが考慮され、同計画が、技術基準の適合性を確認する上で必要な内容となっているものであることに加え、地震影響等を考慮した対応が加えられているかとの観点から評価が行われている。

特に、当委員会は、平成20年12月11日の原子力安全委員会決定において、同号機は、新潟県中越沖地震の影響を受けた後、長期にわたって停止状態にあり、その点を考慮すると、通常の運転前試験に加えて、中間出力時運転試験に十分に時間をとるなど、一層慎重な取組が必要と考えるとの見解を示した。その上で、保安院及び東京電力株式会社においては、その観点から、20%、50%出力時運転試験に加えて75%出力時運転試験を追加するなど、一定の配慮はみられるものの、その具体的進め方や確認結果の公表についての見解を示した。

保安院は、今般の柏崎刈羽原子力発電所7号機のプラント全体の機能試験・評価計画に対し、

ポンプ等動的機器、配管等の静的機器、支持構造物について、それぞれ、地震影響を考慮した適切な点検項目・手法となっていることを考慮していること

通常の起動時に比べて増やした原子炉圧力上昇及び発電機出力上昇時のホールドポイント（原子炉圧力3.5MPa及び7MPa、発電機出力20%、50%及び75%の時点）における採取パラメータや、100%出力到達後における一定期間監視を強化した状態での試運転の継続等、不適合事象の発生状況及びプラントの長期間停止等を考慮していること

原子炉格納容器のドライウェル点検については、定格出力後は窒素パージを行うため、原子炉起動後の中間出力及び定格出力時において行うこと

など、通常の起動試験よりも点検を行う段階や点検時間を増やす等の対応に着目して評価を行っている。

さらに、保安院は、今般のプラント全体の機能試験・評価の実施状況に関する透明性の確保に係る自らの対応として、保安検査等による確認内容については、設備健全性評価WG等に報告し、審議するとともに、その内容や結果等は公開するとした上で、東京電力株式会社が原子炉起動後に実施する系統機能試験の実施状況等を適宜公表し透明性を確保することを確認している。

これらのことから、当委員会は、今般、保安院が行った東京電力株式会社の柏崎刈羽原子力発電所7号機のプラント全体の機能試験・評価計画に対する評価については、平成20年12月11日の原子力安全委員会決定に示された内容が適切に留意されていると考える。

2-3 その他

当委員会は、保安院より、平成20年10月3日付けで取りまとめた「柏崎刈羽原子力発電所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）」の、「3.3.2.2追加点検等について」中、「(5)点検で判定できない損傷やひずみを検知する手法の検討」（報告書30、31ページ）の記載について、表現の適正化を図ることとする旨の報告を受けた。

具体的には、保安院は、点検で判定できない損傷やひずみを検知する手法の検討に関し、硬さ測定法は、顕著な変形など材料特性に影響を与えるような塑性ひずみを検知する手法として用いることは可能であるが、点検で判定できないような微小な塑性ひずみを検知する手法として用いることは困難であると考え、柏崎刈羽原子力発電所7号機の機器単位の評価報告書における硬さ測定に関する記述を正確なものに見直すとしている。

当委員会としては、保安院の今般の表現の適正化は妥当なものであると考える。

3.まとめ

当委員会は、新潟県中越沖地震による影響を受けた柏崎刈羽原子力発電所7号機の施設健全性評価については、これまでに、東京電力株式会社による建屋・構築物及び機器単位の設備の点検・評価の結果並びにそれらに対する保安院の評価結果に関し、慎重に検討を行い、その妥当性の確認を行うとともに、必要な見解等を示してきたところである。

当委員会は、今般、保安院より報告を受けた同社の系統機能試験に対する保安院の確認については、適切に行われているものとする。

また、同社のプラント全体の機能試験・評価計画に対する保安院の評価においては、通常の原子炉起動時に比べ、原子炉圧力上昇及び発電機出力上昇時のホールドポイントを増やすとともに、原子炉格納容器内のドライウェル点検など通常の起動時よりも点検を行う段階や点検時間を増やす等の対応がなされていることを確認しており、同号機が新潟県中越沖地震の影響を受けた後、長期にわたって停止状態にあることについて考慮が払われたものとする。

当委員会は、今般、東京電力株式会社により、柏崎刈羽原子力発電所7号機のプラント全体の機能試験・評価計画書が提示され、同号機の点検・評価については、保安院においてその妥当性の確認が行われる段階に至ったものとする。

今後、保安院においては、東京電力株式会社によるプラント全体の機能試験・評価が、あらかじめ策定した計画に沿って、安全確認に細心の注意を払いつつ、慎重に進められるよう適切に確認を行っていくこと、また、機能試験・評価の実施状況等の透明性の確保に特段の配慮をしていくことが肝要である。

こうした観点からは、例えば、柏崎刈羽原子力発電所7号機のタービンは、高サイクル疲労により、翼の折損があった第14段について全数新翼に交換する等の対策を講じており、その起動プロセスにおけるタービンの振動については細心の注意を払いつつ、慎重に試験を進める必要があると考える。また、プラント全体の機能試験においては、原子炉起動後の中間圧力及び定格圧力時において、原子炉格納容器内のドライウェル点検を行うとしているが3.5MPaの中間圧力での検査は従来実施していないものであり、細心の注意を払いつつ、慎重に試験を進める必要があると考える。

さらに、プラント起動時の各段階において実施する点検の一つとして、配管振動確認を実施するとしているが、このようなデータを採取していくことは、保全プログラムに反映させていく上でも極めて重要であり、データの蓄積や良好事例も含めた情報の積極的な発信に努めることが望まれる。

以上は施設健全性評価報告の経過と手順を含めた評価内容のまとめである。

上記の施設健全性評価報告の内容を踏まえつつ、その根幹をなす耐震安全性評価の結果の意味するところを以下に要約する。

柏崎刈羽原子力発電所の新潟県中越沖地震の応答スペクトルは、号機にもよるが工事計画認可時の基準地震動S2のそれを大幅に上回り、荷重効果においても2倍以上であるものが認められた。しかし、耐震設計上重要な施設は、柏崎刈羽原子力発電所7号機に関する限り、原子炉建屋から配管に至るまで、ほぼ無損傷であり、記録された地震動を用いた解析により、施設は弾性範囲内にあることが示された。

地震動の大きさに比べ施設の耐震安全性が保たれていた理由は、旧耐震指針に示された静的地震力、基準地震動S1、S2による耐震安全性評価の多重性並びに各施設の地震応答評価結果が持つ保守性により、施設自身の設計段階の耐震裕度が確保されていた事にあることも明らか

かにされた。以上から、柏崎刈羽原子力発電所7号機の安全機能は新潟県中越沖地震によって損なわれることはなかったと結論できる。

当委員会としては、柏崎刈羽原子力発電所の施設健全性評価については、今後とも東京電力株式会社、保安院による施設健全性評価の進ちょくに応じて、現地調査を含め、適時に必要な検討を行っていくこととする。

注

- 1 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（東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設備健全性評価に係る中間報告）に関する意見（平成20年5月16日、原子力安全委員会決定）
- 2 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、原子力安全委員会決定）
- 3 第3回施設健全性評価委員会の資料「健全委第3 - 9号東京電力柏崎刈羽原子力発電所の設備点検に対する立入検査に関する規制調査の結果について（案）」参照
- 4 第9回耐震安全性評価特別委員会の資料「参考資料第1号耐震安全性評価特別委員会による東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性に係る現地調査の概要について（案）」参照
- 5 旧耐震指針においては、耐震設計上の重要度分類として、「自ら放射性物質を内蔵しているか又は内蔵している施設に直接関係しており、その機能喪失により放射性物質を外部に放散する可能性のあるもの、及びこれらの事態を防止するために必要なもの並びにこれらの事故発生の際に、外部に放散される放射性物質による影響を低減させるために必要なものであって、その影響、効果が大きいもの」をAクラスとして分類している。なお、Aクラスの施設中特に、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系、使用済燃料を貯蔵するための施設等はAsクラスと呼称するとされている。
- 6 設計用せん断力とは、設計用最強地震による地震力及び静的地震力により生じるせん断力を包絡するよう、事業者が設計に当たって作成したものをいう。
- 7 改良型沸騰水型原子炉（ABWR）である7号機の制御棒の駆動方法は、電動機による通常動作と水圧による緊急挿入があり、本検査は、制御棒の駆動方法のうち、水圧による緊急挿入動作を対象としている。検査の方法としては、同一の水圧制御ユニットに属する制御棒を1組（2本又は1本）ずつ、全引き抜き位置まで引き抜き、その状態でスクラムテストスイッチによりスクラムさせ、規定時間内に制御棒の挿入が完了することを確認するものである。なお、7号機は、1台の水圧制御ユニットで1組（2本）又は1本の制御棒を駆動しており、水圧制御ユニット103台、制御棒駆動機構205本を有する構造となっている。
- 8 第14回施設健全性評価委員会の資料「健全委第14 - 3号（健全委第12 - 3号）東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所7号機の制御棒駆動系機能検査に関する現地調査の結果について」参照
- 9 「柏崎刈羽原子力発電所7号機の耐震安全性評価等について」（平成20年12月11日、原子力安全委員会決定）

主な経緯

当委員会は、適宜、東京電力株式会社より設備の点検・評価の状況について説明を受け、その内容の把握に努めるとともに、保安院より東京電力株式会社の点検・評価に対する検討状況及び結果について報告を受け、その内容の検討を行ってきている。主な経緯は以下のとおり。

- (1) 平成19年12月27日 第1回耐震安全性評価特別委員会
保安院より、柏崎刈羽原子力発電所の設備の健全性評価に係る基本的な方針等について報告を受け、その内容を把握・検討
- (2) 平成20年1月23日 第1回施設健全性評価委員会
保安院より、柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備点検に対する原子力安全・保安院の確認方針等について報告を受け、その内容を把握・検討。また、東京電力株式会社より、新潟県中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所原子炉建屋の応答評価等について説明を受け、その内容を把握・検討
- (3) 平成20年2月22日 第2回施設健全性評価委員会及び現地調査
柏崎刈羽原子力発電所の施設健全性評価の状況について、施設健全性評価委員会委員による現地調査を実施。併せて、会合を開催し、保安院より、運営管理・設備健全性評価WGの検討状況について報告を受け、その内容を把握するとともに、東京電力株式会社より、具体的点検メニューと考え方等について説明を受け、その内容を把握・検討
- (4) 平成20年3月19日 保安院による立入検査に関する現地調査
東京電力株式会社による柏崎刈羽原子力発電所7号機原子炉冷却系統設備の漏えい確認等に対する保安院の立入検査の実施状況について、原子力安全委員会委員、施設健全性評価委員会委員による現地調査を実施し、その状況を把握・確認
- (5) 平成20年3月28日 第3回施設健全性評価委員会
保安院より、設備健全性評価に関する検討状況について報告を受け、その内容を把握・検討。また、東京電力株式会社より、柏崎刈羽原子力発電所7号機新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価に関する中間とりまとめ(報告書)(案)について説明を受け、その内容を把握・検討
- (6) 平成20年4月28日 第4回施設健全性評価委員会
保安院より、柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備健全性評価に係る中間報告について報告を受け、その内容を把握・検討し、同報告に対する施設健全性評価委員会としての意見を取りまとめ
- (7) 平成20年5月16日 原子力安全委員会
施設健全性評価委員会及び耐震安全性評価特別委員会において取りまとめがなされた保安院の柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備健全性評価に係る中間報告に対する意見を原子力安全委員会決定し、保安院に通知
- (8) 平成20年6月12日 第5回施設健全性評価委員会
東京電力株式会社より、柏崎刈羽原子力発電所7号機新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価に関する中間とりまとめ(建物・構築物編)等について説明を受け、その内容を把握・検討

- (9) 平成20年7月18日 第6回施設健全性評価委員会
東京電力株式会社より、柏崎刈羽原子力発電所7号機新潟県中越沖地震後の設備健全性に係るタービン建屋、排気筒、屋外重要土木構造物の点検・評価状況等について説明を受け、その内容を把握・検討
- (10) 平成20年8月28日 第7回施設健全性評価委員会
保安院より、「東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設備健全性評価に係る中間報告」以降の点検・評価の状況について報告を受け、その内容を把握・検討。また、東京電力株式会社より、柏崎刈羽原子力発電所7号機新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価に関する報告書（機器レベルの点検・評価報告）（案）について説明を受け、その内容を把握・検討
- (11) 平成20年10月10日 第8回施設健全性評価委員会
保安院より、東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所第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）等について報告を受け、その内容を把握・検討
- (12) 平成20年10月23日 第9回施設健全性評価委員会
保安院より、新潟県中越沖地震に対する柏崎刈羽原子力発電所7号機の建物・構築物の健全性評価に係る報告書等について報告を受け、その内容を把握・検討
また、保安院の柏崎刈羽原子力発電所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及び建物・構築物の健全性評価に係る報告）に対する施設健全性評価委員会としての見解等について検討
- (13) 平成20年10月28日 第10回施設健全性評価委員会
保安院の柏崎刈羽原子力発電所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）及び建物・構築物の健全性評価に係る報告）に対する施設健全性評価委員会としての見解等を取りまとめ
- (14) 平成20年10月31日 原子力安全委員会
健全性評価委員会及び耐震安全性評価特別委員会において取りまとめがなされた保安院の柏崎刈羽原子力発電所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）及び建物・構築物の健全性評価に係る報告に対する施設健全性評価委員会としての見解等を了承するとともに、同見解を原子力安全委員会決定
- (15) 平成20年11月18日 第11回施設健全性評価委員会
保安院より、柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備健全性評価に係る中間報告（燃料装荷前の系統機能試験）等について報告を受け、その内容を把握・検討
- (16) 平成20年12月8日 第12回施設健全性評価委員会
保安院より、柏崎刈羽原子力発電所7号機の燃料装荷以降に実施された系統機能試験等に係る確認状況等について報告を受け、その内容を把握・検討。また、東京電力株式会社より、柏崎刈羽原子力発電所7号機の点検・評価状況について説明を受け、その内容を把握・検討
- (17) 平成20年12月11日 原子力安全委員会
柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動 S_s の策定状況を踏まえ、「柏崎刈羽原子力発電所7号機の耐震安全性評価等について」を原子力安全委員会決定

- (18) 平成20年12月16日 第13回施設健全性評価委員会
東京電力株式会社より、柏崎刈羽原子力発電所7号機系統レベルの健全性確認の実施状況について説明を受け、その内容を把握・検討
- (19) 平成21年1月7日 第14回施設健全性評価委員会
東京電力株式会社より、新潟県中越沖地震後の設備健全性に係るプラント全体の機能試験・評価の考え方等について説明を受け、その内容を把握・検討
- (20) 平成21年1月16日 第15回施設健全性評価委員会
東京電力株式会社より、新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価について説明を受け、その内容を把握・検討
- (21) 平成21年1月23日 第16回施設健全性評価委員会
東京電力株式会社より、柏崎刈羽原子力発電所6号機（コントロール建屋）新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価について説明を受け、その内容を把握・検討
- (22) 平成21年1月29日 第17回施設健全性評価委員会
保安院より、柏崎刈羽原子力発電所7号機の燃料装荷以降に実施された系統機能試験等に係る保安院の確認状況及び同号機のプラント全体の機能試験・評価計画書の評価及び実施状況の確認方針について報告を受け、その内容を把握・検討
- (23) 平成21年2月3日 第18回施設健全性評価委員会
保安院より、東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所の基準地振動 S_s に対する7号機の耐震安全性評価に係る報告書について報告を受け、その内容を把握・検討
- (24) 平成21年2月13日 第19回施設健全性評価委員会
保安院より、柏崎刈羽原子力発電所7号機の燃料装荷以降に実施された系統機能試験等に係る保安院の確認結果及び同号機のプラント全体の機能試験・評価計画書の評価及び実施状況の確認結果について報告を受け、その内容を把握・検討
- (25) 平成21年2月17日 第17回耐震安全性評価特別委員会
施設健全性評価委員会より、保安院からの柏崎刈羽原子力発電所7号機の系統機能試験等に係る保安院の確認結果等及び基準地振動 S_s に対する耐震安全性評価に係る報告に対する同評価委員会の見解について報告を受け、その内容を検討し、耐震安全性評価特別委員会としての見解を取りまとめ

参考資料2

「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 Ss 及び地震随件事象の評価並びに基準地震動 Ss 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

(21 安委決第5号)
(平成21年2月18日)
(原子力安全委員会決定)

はじめに

経済産業省原子力安全・保安院（以下「保安院」という。）においては、平成18年9月に改定された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（以下「新耐震指針」という。）に照らして、東京電力株式会社が実施した柏崎刈羽原子力発電所の敷地・敷地周辺の地質・地質構造、基準地震動 Ss 及び地震随件事象の評価並びに基準地震動 Ss に対する7号機の耐震安全性評価結果の確認が進められているとともに、新潟県中越沖地震に対する同号機の健全性評価が進められてきた。

当委員会においては、新潟県中越沖地震による影響を受けた柏崎刈羽原子力発電所については、適宜、東京電力株式会社や保安院から報告を受け、必要な検討を行ってきた。この検討は、耐震安全性評価特別委員会並びに地震・地震動評価委員会及び施設健全性評価委員会において行い、その過程で、適宜、必要な意見を取りまとめ、原子力安全委員会決定^{1、2、3、4、5}として示し、保安院に通知した。

平成21年1月30日、当委員会は、保安院より、「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 Ss 及び地震随件事象の評価並びに基準地震動 Ss に対する7号機の耐震安全性の評価に係る報告書」（以下「評価報告書」という。）について説明を受けた。同評価報告書においては、平成20年11月20日に、保安院から当委員会に中間報告がなされた 柏崎刈羽原子力発電所の敷地・敷地周辺の地質・地質構造、基準地震動 Ss の評価結果のほか、地震随件事象の評価、地盤の安定性の評価、基準地震動 Ss に対する7号機の耐震安全性の評価結果が報告されている。

これらのうち、については、当委員会の見解を踏まえ、平成20年12月11日に、当委員会において、保安院の評価結果は新耐震指針に基づき、同発電所の敷地・敷地周辺の地質・地質構造及び基準地震動に関して適切に評価していると判断する旨の見解を示している。

当委員会は、今般の保安院からの評価報告書について、新耐震指針、「活断層等に関する安全審査の手引き」（以下「手引き」という。）及び先に当委員会が保安院に示した今後の耐震安全性に関する検討を行う上で重要と考える事項等への対応の確認を含め検討を行い、その結果を上記 に関する検討結果と併せて取りまとめた。

1 主な経緯

当委員会は、今般の保安院の評価報告書の内容を検討するに当たっては、当委員会が、これまでにバックチェック結果の確認や柏崎刈羽原子力発電所に関する耐震安全性に対して示した以下の原子力安全委員会決定等を踏まえ、当委員会の考え方を整理しつつ検討を行った。

(1) 保安院は、新耐震指針に照らした耐震安全性評価結果の確認について、事業者に指示するに当たり「新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価及び確

認に当たっての基本的な考え方並びに評価手法及び確認基準について」(平成18年9月)(以下「バックチェックルール」という。)を定めている。

当委員会は、平成20年5月16日の原子力安全委員会決定¹において、バックチェックルールに沿って、地質調査・活断層評価、基準地震動 S_s の策定、耐震設計上重要な施設の機能保持等の確認を科学的合理性に基づき行うことは基本的に適切と考える旨の見解を示している。さらに、保安院の指示の内容を明確にする観点等から、保安院が耐震安全性の確認を行う際に考慮することが重要と考える主要な事項を示した。

- (2) このほか、当委員会においては、バックチェックの結果の検討に当たって、4つのワーキング・グループを設置するとともに、その検討に関する認識の共有を図るため、検討の範囲や内容等を「新耐震指針に基づく既設原子力施設の耐震安全性の評価結果に対するワーキング・グループとしての検討のポイントについて」(平成20年9月5日)(以下「ワーキング・グループとしての検討のポイント」という。)を示している。
- (3) さらに、当委員会は、特定の検討課題について、地震動解析技術等作業会合を開催するとともに、F-B断層の評価等に関して、保安院の評価に携わっている専門家との間での意見交換を行った。

本件検討に係る主な経緯を別添に示す。

2 新耐震指針に照らした耐震安全性評価結果の確認について

2-1 柏崎刈羽原子力発電所の敷地・敷地周辺の地質・地質構造、基準地震動 S_s について

原子力安全委員会は、平成20年11月20日、保安院より、「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)について」について報告を受けた。

同報告の内容については、当委員会において検討し、保安院の評価結果は新耐震指針に基づき、同発電所の敷地・敷地周辺の地質・地質構造及び基準地震動に関して適切に評価していると判断する旨、平成20年12月11日に「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」として原子力安全委員会決定し、保安院に通知した。

2-1-1 検討に当たっての基本的考え方

原子力発電所の耐震安全性は、適切な基準地震動の策定、同地震動に基づいて決められる建物・構築物基礎下の入力地震動の設定、それに対する施設健全性の3要素が相俟ってはじめて、総合的かつ確実に確保される。こうした認識から、当委員会は、以下の考えに沿って検討することとした。

(1) 基本的考え方

新耐震指針への適合性の確認に関して、手引き及び先に当委員会が保安院に示した意見等に照らし、以下の点に着目して検討を実施することとした。

手引きのポイントとなっている 地形発達過程(地形の成因を含む)を重視した調査、

既存文献の調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等の各手法による調査結果の総合的な検討、断層の三次元形状の把握、一貫した活断層の認定の考え方及び 必要に応じ調査原資料に立ち返った審査の必要性。

基準地震動の策定において、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価は、応答スペクトルによる手法と断層モデルによる手法が要求されている。応答スペクトルによる手法は経験的手法であり、用いられたデータの質・量によっては震源近傍域での適用等、慎重な対応が求められる場合がある。このような場合には、断層モデルによる手法によって、適切な震源断層モデルや敷地・敷地周辺の地震波伝播特性に基づく敷地固有の地震動が評価されていること。

基準地震動の策定過程における不確かさ（ばらつき）の考慮に当たっては、基準地震動の評価に及ぼす影響が大きいと考えられる、断層の連動性や断層モデルのパラメータ等の不確かさ（ばらつき）の要因及び不確かさ（ばらつき）の程度を十分踏まえつつ、適切な手法を用いていること。

（2）新潟県中越沖地震の知見の反映等

基準地震動や施設の安全性に直接影響する建屋入力地震動の科学的妥当性を評価する際には、新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、実際の観測データ等に基づく詳細かつ具体的検討をすることが重要と考える。

特に、得られた観測データの分析結果や地震後の詳細な地盤調査結果等を最大限に活用し評価することが重要であることから、上記（1）に加え、以下についても検討を実施することとした。原子炉建屋基礎版の地震動については、2-5-2（1）に当委員会の見解を示す。

基準地震動の評価において、震源特性、地下構造特性が適切に考慮されていること。

基準地震動に基づき施設の耐震安全性に直接的に影響する原子炉建屋基礎版の地震動が適切に評価されていること。

2-1-2 敷地・敷地周辺の地質・地質構造の調査及び活断層等の評価について

当委員会は、敷地・敷地周辺の地質・地質構造の調査及び活断層等の個々の評価について、地形発達過程を重視した調査や既存文献の調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等の各手法による調査結果の総合的な検討等、手引きのポイントを重視しつつ検討を行った。

特に、新潟県中越沖地震をもたらしたと考えられているF-B断層について、同断層北方の海底活断層の存否、角田・弥彦断層、気比ノ宮断層、片貝断層の各断層及びこれら3つの断層の連動を想定した長岡平野西縁断層帯について重点を置き検討を行った。

その結果、以下のこと等から保安院の評価は適切であると評価する。

新耐震指針への適合性の観点からの手引き及びバックチェックルール等、評価の考え方を明らかにした上で、専門家の意見を聴きつつ評価が実施されていること。

また、保安院自ら海上音波探査を実施するとともに、必要に応じ、外部機関に解析を行わせて検討が行われていること。

敷地内の断層について、その活動性に関する慎重な検討が行われていること。

角田・弥彦断層、気比ノ宮断層、片貝断層の各断層及びこれら3つの断層の連動を想定した長岡平野西縁断層帯から発生する地震について、活動区間を設定するために必要なデータの精度や信頼度の確認が行われていること。

敷地に大きな影響を与える可能性のある断層の一つであるF-B断層について、褶曲構造等の地質構造に加えて、海底地形の成因を考慮した評価が行われていること。

敷地周辺海域の佐渡島南方、F-D、高田沖断層等の連動性について、海底活断層の分布

図や海上音波探査の記録と、松田(1990)⁶による活断層が連動するか否かの判断基準に基づき、慎重に検討が行われていること。また、F-D、高田沖断層の連動を想定した地震動評価が行われていること。

海底の活断層について、東京電力株式会社及び保安院は、敷地周辺を中心とした海域で新たな調査を実施し、その調査結果と既存データの再解析や新たに実施された他機関の大深度音波探査の結果を総合して検討が行われていること。

なお、これらのデータで個々の断層の評価や相互の関係性の判断は可能であるが、当委員会は、高精度の探査機器・手法や高度な解析処理技術等、さらに高精度の調査解析を将来実施することにより、より高度な判断が可能になると考える。当委員会は保安院に対し、今回のデータを広く公開し、最大限に活用する等の検討を進めることを求める。

地元団体から活断層として地震時の活動が指摘された真殿坂断層(向斜)について、向斜軸を覆う中期更新世の阿多鳥浜火山灰の指標層とこの上位の堆積層の高度分布等に累積的な変位・変形が認められないこと。また、地震時に変動があったとされる地点についても表層軟弱層の沈下等、他の成因で容易に説明可能であることから、活断層の存在や地震時の活動を示唆するものは無いとしていること。

2-1-3 基準地震動の評価について

(1) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

1) 検討用地震の選定

検討用地震の選定において、活断層の活動区間の設定は、調査結果の信頼度や精度等を考慮し、地形発達過程、地質構造、活断層の活動履歴や単位変位量分布・平均変位速度分布、過去及び現在の地震活動の特徴等を総合して行う必要がある。また、不連続部の形態、断層の三次元形状や三次元的な断層相互の位置関係、並びに重力異常・地震波速度構造・地殻変動等の地球物理学的データを考慮して行う必要がある。

当委員会は、2-1-2で示したこと及び以下のこと等から保安院の評価は適切であると評価する。

起震断層(一つの地震と見なせる連鎖的な活動を起こす可能性のある活断層群)が、活断層調査結果に基づき設定されていること。

陸域の活断層について、角田・弥彦断層、気比ノ宮断層、片貝断層等の各断層が単独に活動した場合及びこれら3つの断層(長岡平野西縁断層帯)が連動した場合が考慮されていること。

長岡平野西縁断層帯を考慮することは、地震調査研究推進本部(以下「地震本部」という。)の見解と整合していること。

Noda et al.(2002)⁷による応答スペクトル評価手法(以下「耐専式」という。)により敷地への影響を比較し、長岡平野西縁断層帯を考慮して基準地震動の評価が行われていること。

海域の活断層について、佐渡島棚東縁断層、F-B断層、佐渡島南方断層等が耐震設計上考慮すべき活断層と認定され、それらの地震による敷地への影響を耐専式により比較し、敷地への影響が最も大きいF-B断層が検討用地震として選定されていること。

2) 応答スペクトルに基づく地震動評価

応答スペクトルによる基準地震動の評価においては、検討用地震の地震発生様式や断

層破壊過程等を考慮するとともに、新潟県中越沖地震の観測データ等に基づく要因分析結果を最大限に活用する必要がある。

当委員会は、以下のこと等から保安院の評価は適切であると評価する。

検討用地震ごとに不均質震源モデルを考慮した応答スペクトルが設定されていること。また、基準地震動は継続時間、振幅包絡線の経時変化に留意して評価が行われていること

F-B断層、長岡平野西縁断層帯について、耐専式に敷地の観測データに基づく適切なサイト補正係数が設定され、敷地・敷地周辺の地盤物性を考慮した地震動の評価が行われていること

3) 断層モデルを用いた手法による地震動評価

新耐震指針では、その解説において、「震源が敷地に近く、その破壊過程が地震動評価に大きな影響を与えると考えられる地震については、断層モデルを用いた手法を重視すべきである。」とされている。また、震源の破壊過程や地震波伝播特性が強震動生成に大きな影響を与えたとする新潟県中越沖地震の知見が報告されている。従って、これらの知見を反映し、敷地固有の地震動特性（周波数特性、継続時間、位相特性）を評価できる断層モデルにより地震動評価が行われていることが重要である。当委員会は、以下のこと等から保安院の評価は適切であると評価する。

震源断層のモデル化

長岡平野西縁断層帯について、アスペリティの位置、数及び応力降下量等の震源断層のパラメータは、新潟県中越沖地震の分析結果、地質調査結果、地震本部の「震源断層を特定した地震動の強震動予測手法」（以下「レシピ」という。）等を考慮し、設定されていること。また、震源断層のパラメータ（傾斜角、応力降下量等）について、不確かさが考慮されていること。

F-B断層について、F-B断層の長さを36kmとした場合、断層長さに従属するパラメータとして地震規模、地震モーメント等が断層長さに応じて設定されていること。また、断層長さに従属しない断層傾斜角、アスペリティの応力降下量、破壊伝播様式等のパラメータについては、新潟県中越沖地震の震源特性の分析結果、地震本部の知見等を反映したパラメータが考慮されていること。

地震動評価

経験的グリーン関数に用いる要素地震について、地震の規模、震源位置、震源深さ、メカニズム等を考慮した選択が行われていること。また、要素地震の各種パラメータは、その妥当性が確認されていること。

F-B断層による地震動評価について、新潟県中越沖地震の観測データの特徴を踏まえ、荒浜側と大湊側の地震動レベルの違いが再現されていること。

地震動評価について、断層モデルにおける不確かさの考慮が個別に検討されていること。

(2) 震源を特定せず策定する地震動について

新耐震指針では、「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に敷地の地盤物性を加味した応答スペクトルを設定し、これに地震動の継続時間、振幅包絡線の経時変化等の地震動特性を適切に考慮して基準地震動 S_s を策定することとする。」とされている。

この震源を特定せず策定する地震動は、地震本部による震源を特定しにくい地震の領域ごとの最大規模、地震発生様式や地域ごとの地震発生層の上限及び下限の深さにより評価した地震規模等に基づき想定した地震動によってその妥当性が検証されていることが必要である。

当委員会は、保安院の報告の妥当性を判断するため、以下の知見を踏まえて検討を行った。

島崎（2008）⁸において、全国を対象とした長期評価部会（2005）⁹の活断層の長さの頻度分布をもとに、予め震源を特定できない地震の最大規模が Mj7.1程度と推定されていること。

地震本部の確率論的地震動予測地図¹⁰において、敷地が位置する領域震源の最大規模の地震が1751年越後の地震（Mj7.2）とされていること。

当委員会は、2-1-2及び2-1-3で示したように、敷地・敷地周辺の地質・地質構造の調査及び活断層等の評価等が適切に評価されていることから、柏崎刈羽原子力発電所の震源を特定できない地震規模の上限は、全国を対象とした既存文献のみの統計に基づいて推定された島崎（2008）の予め震源を特定できない地震の最大規模（Mj7.1）を考慮する場合に当たらないと考えた。

そこで、当委員会は、敷地周辺で発生した微小地震分布、新潟県中越沖地震の余震分布等の検討により設定された地震発生層の上限及び下限の深さ、この地域で発生する地震の地震発生様式をもとに、地震の最大規模及びそれにより発生する地震動レベルを検証することとし、以下の指示を東京電力株式会社に対して行い、震源を特定せず策定する地震動の妥当性について検討を行った。

（指示事項）

東京電力株式会社は、震源を特定せず策定する地震動について検討するため、敷地直下に傾斜角45度の震源断層を想定しているが、新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、敷地直下に傾斜角35度の震源断層を想定した場合についても検討すること。

その結果、以下のことから、当委員会としては、現時点において「基準地震動 Ss」として「震源を特定して策定する地震動」による基準地震動で代表させるとしていることは支障ないものと認められた。」とする保安院の評価は適切であると評価する。

指示事項に対して検討した結果、地震規模は武村（1990）¹¹を用いて Mj7.0となること。また、地震動は東京電力株式会社が発震源を特定せず策定する地震動の検討の際に参考としている加藤他（2004）¹²で与えられる応答スペクトルのレベルと同程度になること。

敷地近傍の F-B 断層や長岡平野西縁断層帯の評価において、1751年越後の地震（Mj7.2）を上回る地震規模が考慮されていること。また、震源を特定して策定する地震動は上述の応答スペクトルのレベルを有意に上回っていること。

なお、震源を特定できない地震規模の上限については、様々な調査研究が進められている状況であり、結論づける十分な知見が得られていないことから、当委員会は、保安院に対し、引き続きこれに関する知見の収集等を進めることを期待する。

（3）基準地震動の超過確率

新耐震指針では、その解説において、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」については、それぞれ策定された地震動の応答スペクトルがどの程度の超過確率に相当するかを把握しておくことが望ましいとの観点から、

それぞれが対応する超過確率を安全審査において参照することとする。」とされている。

保安院は、基準地震動検討の一環として、基準地震動の超過確率の検討を東京電力株式会社に求めるとともに、外部機関によるクロスチェック解析を実施し、評価をしている。

当委員会は、今回の保安院のこうした取組は評価できるものであるが、ロジックツリーの構築における重み関数の設定法や距離減衰式のばらつき等の考慮については、今後も検討が必要であると考ええる。

今回の検討結果は、今後の確率論的安全評価（PSA）に代表される最新の知見に基づいた評価手法の確立に向けた貴重なデータとなるものと考えられる。

2-1-4 当委員会が示した意見への対応について

当委員会は、「柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動策定に係る原子力安全・保安院における検討に際しての意見」¹³において、新潟県中越沖地震を踏まえ、基準地震動 Ss とは別に断層モデルに基づく確認用地震動を策定し、基準地震動 Ss の妥当性を確認すること、施設の耐震安全性に直接的に影響する原子炉建屋基礎版の地震動を評価すること、F-B 断層の長さに関連し、角田山・弥彦山周辺の海成段丘の高度分布と大陸棚外縁斜面の成因等について検討することを保安院に求めた。

当委員会は、保安院の検討結果について、以下のとおり評価する。

(1) F-B 断層のモデル化について

当委員会は、保安院における F-B 断層の長さを 36km として基準地震動を評価する際、以下のことから、地震規模の想定として Mj7.0 としていることに一定の根拠があると考えられる。

F-B 断層の長さを 36km とした場合、断層長さに従属するパラメータとして地震規模、地震モーメント等が断層長さに応じて設定され、その地震規模が Mj7.0 と評価されていること。

新潟県中越沖地震の地震規模と断層長さの関係は、大竹他（2002）¹⁴の日本海東縁での地域的な地震規模と断層長さの関係に整合していること。また、F-B 断層の長さを 36km とした場合の地震規模（Mj7.0）と断層長さの関係も大竹他（2002）と整合していること。

しかし、当委員会は、上記により評価された F-B 断層（長さ 36km）の地震規模と従来の地震規模評価式（松田式）から得られる地震規模が整合しないとの指摘があったことから、確認用地震動を評価する際に、地震本部のレシピに基づいた評価をするよう保安院に求めた。

その結果、当委員会は、以下のこと等から保安院の評価は適切であると評価する。

地震本部のレシピに基づいて確認用地震動が評価されていること。また、その地震モーメントから算出される地震規模は、従来の地震規模評価式（松田式）から得られる地震規模と、ほぼ同程度になること。

確認用地震動と基準地震動とを比較した結果、確認用地震動の方が、地震モーメントが大きくなることから、確認用地震動の応答スペクトルは、長周期成分で基準地震動より若干大きくなるが、原子炉施設の主たる施設・設備に影響する短周期成分については大きな変化がないこと。

(2) F-B 断層の長さについて

F-B 断層について、保安院は、長さ 36km を考慮して基準地震動を評価している。これ

に対して、当委員会は、F-B断層の断層長さの評価にあたり、隆起した海岸段丘の存在を根拠に、F-B断層北方の佐渡海盆と大陸棚との間の斜面の地下に活断層が存在するという意見^{15,16}があることから、断層モデルによる海成段丘の隆起量分布、及び海底地質構造の検討を保安院に求めた。その結果、当委員会は、上記斜面周辺の地下構造にはこれまでの調査結果では断層等の変形構造が認められないこと、また、段丘の高度分布は長岡平野西縁で確認されている角田・弥彦断層の活動によって説明できることを確認した。

海岸段丘の隆起には非地震性地殻変動等が関与している可能性があり、そのメカニズムの解明は今後の研究課題と考えられるが、現時点において当委員会は、F-B断層の長さを36kmとする保安院の評価は適切であると評価する。

2-1-5 まとめ

当委員会は、新潟県中越沖地震による影響を受けた柏崎刈羽原子力発電所に係る敷地・敷地周辺の地質・地質構造及び基準地震動の評価に関して、東京電力株式会社が保安院に対して行った説明内容の聴取、保安院が検討を行う上での重要事項の指摘、保安院からの検討状況の聴取を適宜実施するとともに、現地調査、原資料の確認等を実施しつつ検討を進めてきた。また、F-B断層の評価等に関して、保安院の評価に携わっている専門家との間での意見交換を行った。

その上で、今般、保安院から柏崎刈羽原子力発電所の敷地・敷地周辺の地質・地質構造及び基準地震動の評価に係る中間報告を受けた。

その結果、当委員会は、保安院の中間報告は新耐震指針に基づき、柏崎刈羽原子力発電所の敷地・敷地周辺の地質・地質構造及び基準地震動に関して適切に評価していると判断する。

なお、「2-1-4(2) F-B断層の長さについて」で述べたように、海岸段丘の隆起には非地震性地殻変動等が関与している可能性があり、そのメカニズムの解明は今後の研究課題と考えられる。保安院が、こうした今後の研究課題に対しても積極的に取り組むことを期待する。

2-2 地震随件事象

新耐震指針では、地震随件事象に対する考慮として、「施設の周辺斜面で地震時に想定しうる崩壊等」と「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がある」と想定することが適切な津波」によって、施設の安全機能が重大な影響を受ける恐れがないことが要求されている。

保安院は、敷地の状況を踏まえると耐震設計上重要な施設の近傍には地震時に想定しうる斜面の崩壊等により設備の安全機能に重大な影響を及ぼすような斜面はないと判断されることから、地震随件事象に対する考慮として、津波に対する安全性の評価に加えて、敷地近傍の耐震設計上考慮する活断層の変位に伴う敷地地盤の変形の影響評価を行っている。

当委員会は、柏崎刈羽原子力発電所の地震随件事象に対する考慮として、津波に対する安全性の評価を検討することとし、敷地近傍の耐震設計上考慮する活断層の変位に伴う敷地地盤の変形の影響評価については、地盤の安定性評価の一項目として検討を行うこととした。

2-2-1 検討に当たっての基本的考え方

津波に対する安全性の評価においては、解析モデルや解析方法等の妥当性を判断するに足りる情報が示されていることに留意しつつ、以下に重点を置き検討をすることとした。

敷地付近に来襲したと考えられる既往津波の発生源及び来襲状況を明らかにし、数値計算

等を実施して再現性が確認されていること。

最新の知見を基に将来発生する可能性のある津波を想定し、既往津波により再現性を確認した数値計算等を実施して安全性が確認されていること。

津波の想定においては種々の不確実性が存在することを考慮して、津波波源を規定する各パラメータに合理的な範囲で幅を持たせていること。

2-2-2 検討結果

津波に対する安全性の評価については、2-2-1で示したこと等に重点を置き、空間格子間隔に応じた時間格子間隔の設定や、取水路の応答解析等について東京電力株式会社より補足説明を求め、検討を行った結果、以下のこと等から保安院の評価は適切であると評価する。

津波の解析モデル及び解析手法においては、海岸地形及び海底地形をもとに、敷地からの距離及び水深に応じて計算格子や計算条件が適切に設定されていること。

日本海東縁部（新潟・山形沖）の想定断層モデルの設定においては、津波のエネルギー指向性、津波の卓越周期、港湾内の波高増幅特性や断層モデルの不確実性が十分に考慮されていること。

なお、更なる数値計算結果の向上のためには、発電所前面の港湾内の固有振動周期も考慮した上で、局所的な波高増幅を励起し得る津波発生シナリオ（断層モデル）を考慮することが可能と考えられ、このような検討を今後進めることが望まれる。

港湾の波高の再現性に関しては、10m 格子及び40m 格子の港湾内と港湾外の津波水位波形のフーリエスペクトルの比が検討され、両者に有意な差がないことから、40m 格子の概略計算で港湾の特性を再現した水位の評価ができていること。

数値シミュレーション結果においては、空間格子間隔に応じた時間格子間隔が設定され、数値計算に問題ないことが確認されたこと。

なお、今回の解析は海の中で成立することであり、遡上する領域では必ずしも適用できないこと、接続境界で問題が発生する可能性があることから、今後の評価に際しては可能な限り接続境界を設けずに細かいメッシュで計算することが望まれる。

7号機の引き波時の最低水位の際にも取水が可能であることを、取水路の応答解析の基礎方程式、計算スキーム等から確認されたこと。

2-3 地盤の安定性

当委員会への東京電力株式会社からの報告では、柏崎刈羽原子力発電所の敷地内を含めGPS測量（Global Positioning System：汎地球測位システムによる測量方式）、水準測量、航空写真測量等の調査を実施し、新潟県中越沖地震による敷地への影響について評価を行っている。

その結果、敷地の北側では変動の方向は明瞭でないが、南側では概ね北西方向に移動し、岩盤に設置されている建屋近傍は隆起したことが確認された。捉えられている隆起等の発電所敷地の動きは、広域的な地殻変動に調和的であり、それに伴う断層の動きは敷地において認められず、原子力施設の安全性に問題となる動きを示すものではないことが確認されている。

原子力施設の安全性は、常に最新の科学技術的知見に照らし合わせて、更なる安全性の向上に努めていくことと、それらについて説明していくことが重要である。こうしたことから、当委員会の検討においては、バックチェックルールに示された地盤の支持性能に加え、敷地近傍の活断層による地盤の変形に着目し、原子力施設の耐震安全性が総合的かつ確実に確保されて

いることを検討することとした。

2-3-1 検討に当たっての基本的考え方

地盤の安定性の評価においては、地質・地盤の調査・試験結果等を踏まえた適切な解析モデルが設定されていることや解析方法について、妥当性を判断するに足りる情報が示されていることに留意しつつ、以下のこと等に重点を置き検討することとした。

敷地近傍の活断層の変位に伴う基礎地盤の変形が、周辺地盤の地質・地盤の調査・試験及び解析の結果等に基づき、数値計算により評価されていること。

基礎地盤は、地質・地盤の綿密な調査・試験を行い、その特性を把握して適切にモデル化し、各施設の設計用地震力や各種条件等を考慮した適切な評価・設計法により、基礎地盤の耐震安定性評価を行い、地震時に各施設の安全機能が重大な影響を受けないことが確認されていること。

新潟県中越沖地震時に得られた観測データの分析結果や地震後の詳細な地盤調査結果等を最大限に活用し評価されていること。

2-3-2 検討結果

地盤の安定性の評価においては、2-3-1で示したこと等に重点を置き、解析条件の妥当性（観測値との比較、解析モデル等）、物性試験等について補足説明を求め、検討を行った結果、以下のこと等から保安院の評価は適切であると評価する。

（1）敷地近傍の耐震設計上考慮する活断層の変位に伴う基礎地盤の変形の影響評価

敷地周辺の活断層による地盤変動量について、敷地に近いF-B断層及び長岡平野西縁断層帯（傾斜角50度、35度）を選定し、すべりが一様な断層モデル及び基準地震動評価に用いた断層モデルにより、くいちがいの弾性論に基づく評価が行われていること。

新潟県中越沖地震による地盤変動量の解析値と実測値に差があることから、その差分のばらつきから求められる標準偏差を用いて傾斜が厳しくなるように変動量を補正し、その結果得られる傾斜に、新潟県中越沖地震後の現在の傾斜を加えて評価していること。

（2）基準地震動Ssに対する柏崎刈羽原子力発電所7号機の耐震設計上重要な建物・構築物の基礎地盤の支持性能の評価

建物・構築物及び基礎地盤の地質状況を考慮して有限要素にモデル化し、地盤及び建屋の自重による常時の地盤の応力に、基準地震動Ssによる地震時の増分応力を重ね合わせることで、地震時に地盤の各要素に発生する応力を求め、これと岩石試験結果等に基づく地盤の強度を比較し、支持性能の評価が行われていること。

地震応答解析の結果、原子炉建屋の基礎地盤及びマンメイドロックには、建屋からの荷重や地震動によって、局所的にせん断破壊、引張破壊及びそれらの複合破壊が発生している要素が認められるが、ほとんどの要素は破壊を生じておらず、建屋を支持するうえで支障となる連続したせん断破壊面が形成されないこと。

解析用物性値として設定している原位置試験、室内試験結果を組み合わせ設定された動せん断弾性係数のひずみ依存性の妥当性について、新潟県中越沖地震の強震動記録から同定した動せん断弾性係数のひずみ依存性と比較し、その信頼性が確認されたこと。

2-4 屋外重要土木構造物について

当委員会は、平成20年5月16日の原子力安全委員会決定において、保安院が示したバック

チェックルールに沿って、地質調査・活断層評価等の確認を科学的合理性に基づき行うことは基本的に適切と考えるとの見解を示すとともに、その内容を明確にする観点から、保安院が耐震安全性の確認を行う際に考慮することが重要と考える事項を示している。

原子力施設の安全性は、常に最新の科学技術的知見に照らし合わせて、更なる安全性の向上に努めていくことと、それらについて説明していくことが重要である。こうしたことから、当委員会は、屋外重要土木構造物の耐震安全性が総合的かつ確実に確保されていることを地盤の安定性の観点からも検討することとした。

2-4-1 検討に当たっての基本的考え方

屋外重要土木構造物の耐震安全性の評価においては、地質・地盤の調査・試験結果等を踏まえた適切な解析モデルが設定されていることや解析方法について、妥当性を判断するに足る情報が示されていることに留意しつつ検討した。

2-4-2 検討結果

柏崎刈羽原子力発電所7号機の屋外重要土木構造物の耐震安全性の評価においては、非常用取水路に関して2-4-1で示したこと等に基づき、地震応答解析手法の妥当性等について補足説明を求め、検討を行った結果、以下のこと等から保安院の評価は適切であると評価する。

地震応答解析の結果、スクリーン室、取水路及び補機冷却用海水取水路の各構造物の層間変形角及び各構造物に作用するせん断力は評価基準値内にあること。

非常用取水路の各構造物のブロック間の軸直交方向の相対的な水平及び鉛直変位による通水機能への影響は、通水機能が損なわれるような変位が生じないこと、取水路の軸方向の水平及び鉛直変位により発生するブロックの軸方向の応力及びせん断力はコンクリートの引張強度及びせん断耐力に対して十分に小さいこと。

2-5 基準地震動 S_s に対する7号機の耐震安全性評価

2-5-1 検討に当たっての基本的考え方

当委員会は、今般の保安院の評価報告書の内容を検討するに当たっては、これまでにバックチェック結果の確認や柏崎刈羽原子力発電所に関する耐震安全性に対して示した以下の原子力安全委員会決定等を踏まえ、当委員会の考え方を整理しつつ検討を行った。

- (1) 当委員会は、平成20年10月31日の原子力安全委員会決定¹⁷の中で、新潟県中越沖地震による影響を受けた柏崎刈羽原子力発電所7号機の施設健全性評価に際し、原子力発電所の施設は、地震動の不確定性等に対処するために、設計上の種々の配慮により耐震裕度の確保がなされていることにより、設計用地震動を上回る地震動が各施設に作用しても直ちに許容範囲を大きく超えるような損傷には至らないとの見解を示した。

このような観点から、柏崎刈羽原子力発電所の施設への今回の地震の影響を把握するため、設計の主要因である地震応答解析結果に着目するのみならず、耐震裕度要因が損傷軽減に果たした役割を明確にすることによって、施設の健全性の客観的かつ総合的把握を行うことが重要であるとの認識を示している。具体的には、発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和56年7月30日原子力安全委員会決定）（以下「旧耐震指針」という。）における設計用地震動による地震力及び静的地震力の下における応答レベルと新耐震指針における基準地震動の下における応答レベルを比較し、その許容限界状態との対応関係を明らかにすることにより、既設原子力施設の耐震安全性の客観的把握を

行うことが重要である等の見解を示した。

- (2) さらに、当委員会においては、平成20年12月11日の原子力安全委員会決定⁵の中で、東京電力株式会社が平成20年12月3日に取りまとめた「柏崎刈羽原子力発電所7号機「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価報告書」に関し、当委員会としての最終的な見解を示すに先立ち、主として国民への説明責任の観点から、保安院に対し、以下の事項について東京電力株式会社に指示し、その結果を報告するよう求めている。

旧耐震指針による入力地震動と新耐震指針に基づく今回の基礎版上入力地震動との違いについて、当初設計において工学的判断から見込まれていた安全余裕との関連も含めて、わかりやすく明示すること。

当初設計時のモデルの修正は、新潟県中越沖地震の影響評価においてすでにその妥当性が確認されているものの、それが、基準地震動 S_s に対する施設健全性に関する今回の評価結果に結果的にどの程度影響するかについて、あらためて出来るだけ定量的に示すこと。

構造物・機器等の設計・施工等に関する要件に関連して、基準地震動である S_s ばかりでなく、それに工学的に適切な係数をかけて設定されるべき地震動の S_d に対する弾性設計評価が、実質的な耐震安全裕度を確保する上から重要と考えている。このため、報告書に示されている S_d に関する検討において、新耐震指針に即した S_d 及び静的地震力による評価を、主要かつ代表的な施設について実施し、示すこと。

耐震設計上重要な施設に関する耐震安全性評価の結果の中には、耐震強化後の施設について評価がなされたものがあるとされている。この点に関連して、特にその耐震強化の考え方や強化箇所の選定の考え方、すなわち、 S_s あるいは S_d によるものなのか、他の理由によるもののかなどを、具体的な場所を挙げて整理して示すこと。

- (3) 原子力施設の安全性については、常に最新の科学技術的知見に照らして、更なる安全性の向上に努めていくことと、それらについて説明していくことが重要であり、耐震設計上重要な施設について、旧耐震指針に従い設計された既設発電用原子炉施設等の耐震安全性が、新耐震指針の下でも確保されているか否かについて、把握することが重要と考えられている。

2-5-2 当委員会の見解

当委員会は、主として、東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所7号機の耐震安全性評価に関するこれまでの原子力安全委員会決定等に示された事項に対する保安院の対応について確認を行った。その結果を以下に示す。

(1) 入力地震動について

新耐震指針では、その解説において、「なお、解放基盤表面が施設を設置する地盤に比して相当に深い場合は、解放基盤表面より上部の地盤における地震動の増幅特性を十分に調査し、必要に応じて地震応答評価等に反映させることとする。」とされている。

当委員会は、入力地震動に関して、平成20年5月16日の原子力安全委員会決定¹において、「新潟県中越沖地震の柏崎刈羽原子力発電所への影響の検討や大間原子力発電所に対する安全審査において、基準地震動とともに入力地震動の策定の重要性が認識されていることを考慮し、地震観測データ等を用いて、入力地震動算出の妥当性を十分に検討することが重要と考える。」との見解を示した。

また、当委員会は、保安院から報告された「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）」に対する見解を示した平成20年12月11日の原子力安全委員会決定⁴において、保安院に対し、この点について検討を実施し、それらに対する見解を取りまとめ、報告することを求めた。

さらに、当委員会は、主として国民への説明責任の観点から、当委員会としての最終的な見解を示すに先立ち、事前の見解を示した同日の原子力安全委員会決定⁵において、保安院に対し、旧耐震指針による入力地震動と新耐震指針に基づく今回の基礎版上入力地震動との違いについて、当初設計において工学的判断から見込まれていた安全余裕との関連も含めて、わかりやすく明示するよう東京電力株式会社に指示し、その結果を当委員会に報告するよう求めた。

当委員会は、こうした見解を踏まえ、柏崎刈羽原子力発電所7号機に係る入力地震動に対する保安院の判断について、以下のとおり確認した。

保安院は、今般の評価報告書において、東京電力株式会社による入力地震動の算定方法に関し、柏崎刈羽原子力発電所7号機の原子炉建屋の解析モデルへの入力地震動は、1次元波動論に基づき算定しており、その際用いた地盤モデルは、新潟県中越沖地震による解放基盤表面上の地震動から同地盤モデルを用いて算定された原子炉建屋基礎版上の応答が観測記録と整合するものであり、同社による解析モデルへの入力地震動の算定内容は妥当なものと認められるとしている。

また、保安院は、平成20年12月11日の原子力安全委員会決定⁵で示された旧耐震指針による入力地震動と新耐震指針に基づく今回の基礎版上入力地震動との違いに関し、柏崎刈羽原子力発電所7号機の原子炉建屋底面における旧耐震指針及び新耐震指針に基づく基準地震動による原子炉建屋基礎版への入力地震動について比較するよう東京電力株式会社に求め、基準地震動 Ss 1から Ss 3による水平方向の入力地震動は基準地震動 S2 D による入力地震動を上回っており、基準地震動 Ss 4及び Ss 5による水平方向の入力地震動は基準地震動 S2 D による入力地震動とほぼ同程度であることを確認している。

当委員会は、これらの解析結果について確認するとともに、柏崎刈羽原子力発電所7号機の入力地震動について東京電力株式会社より説明を受け、以下を確認した。

今般の原子炉建屋の水平方向の地震応答解析モデルに関し、入力地震動は、1次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 Ss に対する地盤の応答として評価するとしていること、また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力（以下「切欠き力」という。）を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮していること。

同社は、「柏崎刈羽原子力発電所7号機新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価報告書（建物・構築物編）（改訂1）」（平成20年9月25日）において、床などの柔軟性を考慮した解析及び地震観測記録に基づいた解析などによる検討を実施し、水平方向の地震応答解析モデルの妥当性の確認を行ったとしていること。

（2）建物・構築物、機器・配管系の評価について

1）耐震安全性評価に係る品質保証

当委員会は、保安院に対し、機器・配管系を例に、耐震安全性評価に関するプロセスについて説明を求め、以下を確認した。

保安院では、耐震安全性評価に関するプロセスとして、
・評価部位の選定の確認

機器については、動的機能と構造強度の観点から、それぞれ主要設備を選定し、評価部位の選定の妥当性を確認している。

また、既往の構造強度の評価結果を参考に耐震構造上重要な部位を複数選定し、適切に構造強度の評価がなされていることなどの確認を行っている。

・発生応力等の評価手法の確認

動的機能のうち、ポンプ、非常用ディーゼル及び弁等については、応答加速度を、また、制御棒の挿入性については、原子炉建屋と燃料集合体等の炉内構造物を連成させた地震応答解析を行い燃料集合体の変位を、それぞれ評価していることを確認している。

また、機器の構造強度の評価については、減衰定数、解析モデルの条件等の評価及び応答倍率法の保守性等の確認を行っている。配管については、応答スペクトルの設定方法や最大応力発生点の確認を行っている。

・発生応力等と評価基準の照査

動的機能のうち、ポンプ、非常用ディーゼル及び弁等については、評価対象機器の応答加速度に関し、機能維持が確認された加速度以内であることを確認している。動的機能のうち、制御棒の挿入性については、燃料集合体の中央部の相対変位が、振動試験により制御棒が規定時間内に挿入されることが確認されている相対変位内であることを確認している。また、機器及び配管の構造強度については、発生応力が許容応力以下であることを確認している。

さらに、余裕の少ない部位（(許容応力 - 地震力以外の応力) / 発生応力が小さい部位）については、独立行政法人原子力安全基盤機構（以下「JNES」という。）においてクロスチェックを実施している。

なお、当委員会は、東京電力株式会社に対し、耐震安全性評価に関する解析業務の品質管理について説明を求め、以下を確認した。

同社では、許認可等に関する解析業務を実施する際の品質保証活動として、「許認可解析の検証マニュアル」に従い、

- ・解析作業に関し手順が定められ、それが遵守されていること
- ・入力根拠書が作成されていること
- ・解析コードの妥当性確認がなされていること
- ・解析に新規性がある場合に、デザインレビュー（設計評価及び検証）が実施されていること

について確認している。

同社は、こうした品質管理の下、柏崎刈羽原子力発電所7号機のバックチェックの解析においては、これまでに計11回の解析調査を実施していること、対象となった解析実施者では解析業務が適切に実施されていることを確認している。また、必要に応じ解析実施者に対して監査を実施し、解析業務を行う際に必要となる品質管理が行われていることを確認している。

2) 当初設計時のモデル修正

当委員会は、原子炉の耐震安全性は、適切な基準地震動の策定、それに基づく建物・構築物基礎版上設計用入力地震動の適切な設定及びその設計用入力地震動等に対する構造物・機器等の適切な設計・施工等の3要件によって総合的に確保されることが基本であるとの考えをかねてより表明してきている。

当委員会は、平成20年12月11日の原子力安全委員会決定⁵において、このうちの の要件については、建物・構築物、特に原子炉建屋及びタービン建屋に関する評価が、その内部に設置される個々の設備・機器の耐震評価の基礎になるもので、最も重要であると考えたとの見解を示している。その上で、今般の柏崎刈羽原子力発電所7号機の原子炉建屋及びタービン建屋の地震応答解析モデルについて、当初設計時のモデルを修正していることに関し、新潟県中越沖地震の影響評価においてすでにその妥当性が確認されているものの、それが基準地震動 Ss に対する施設健全性に関する今回の評価結果に結果的にどの程度影響するかについて、改めて出来るだけ定量的に示すよう保安院は東京電力株式会社に指示し、その結果を当委員会に報告するよう求めた。

当委員会は、こうした見解を踏まえ、今般の柏崎刈羽原子力発電所7号機の耐震安全性の評価に係る当初設計時のモデル修正に対する保安院の対応について、以下のとおり確認した。

保安院は、本事項について、基準地震動 Ss に対する柏崎刈羽原子力発電所7号機の原子炉建屋、タービン建屋及びコントロール建屋の耐震安全性評価において、地震応答解析モデルを設計時のモデルから修正した事項が評価結果に与える影響について、定量的に示すよう東京電力株式会社に求めている。

その結果、東京電力株式会社では、柏崎刈羽原子力発電所7号機の原子炉建屋、タービン建屋及びコントロール建屋について、

コンクリートの剛性をコンクリートの実際の平均的な強度をもとに見直した剛性を用いて設計時のモデルを修正した地震応答解析結果と、設計時のコンクリートの設計基準強度から求めた剛性を用いた地震応答解析結果を比較した場合

耐震要素として補助壁を考慮して設計時のモデルを修正した地震応答解析結果と、補助壁を考慮しない場合の地震応答解析結果を比較した場合

新潟県中越沖地震の知見を踏まえ表層地盤の回転ばねを考慮しないように解析モデルを修正した地震応答解析結果と、表層の回転ばねを考慮した地震応答解析結果を比較した場合

について解析を実施している。また、地震応答解析結果の比較は、各建屋の最大応答加速度分布、耐震壁のせん断スケルトン曲線上の最大応答値及び床応答スペクトルについて実施している。

当委員会は、これらの解析結果を確認し、保安院が、いずれの場合においても顕著な差異はみられず、基準地震動 Ss に対する施設の耐震安全性に関する評価結果に支障を与えるような影響は認められなかったと評価していることは、適切であると判断した。

(3) 基準地震動 Ss による耐震設計上重要な施設の機能確認

当委員会は、今般の保安院による柏崎刈羽原子力発電所7号機の基準地震動 Ss に対する耐震設計上重要な施設の耐震安全性の評価結果の確認については、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会耐震・構造小委員会構造ワーキング・グループ（以下「構造WG」という。）における検討を踏まえつつ、バックチェックルールに沿って、以下のとおり行っており、同建物・構築物、機器・配管系の機能保持確認を適切に行ったものと考えられる。

1) 建物・構築物

耐震安全上重要な建物・構築物として、東京電力株式会社が原子炉建屋、タービン建屋の機能維持部位及びコントロール建屋、非常用ガス処理系用排気筒及び非常用取水

路を選定して、基準地震動 S_s に対する耐震安全性の評価を行っていることは妥当なものと判断している。

各建屋及び構築物は、建屋や構築物の構造及び地盤状況等を反映した地震応答解析モデルを用いて基準地震動 S_s による地震応答解析を実施し耐震安全性の評価が行われており、妥当なものと判断している。

原子炉建屋、タービン建屋の機能維持部位及びコントロール建屋については、基準地震動 S_s による耐震壁のせん断ひずみが、耐震壁の機能が保持される限界的なせん断ひずみに余裕をみて設定されたせん断ひずみの評価基準値内であることなどから、基準地震動 S_s に対して耐震安全性が確保されるものと判断している。

非常用ガス処理系用排気筒については、これを支持する換気空調系排気筒及び鉄塔部を含め、基準地震動 S_s により各部の部材に発生する応力が、関係規準に基づく部材の許容値に基づき設定された評価基準値内であることから、基準地震動 S_s に対して耐震安全性が確保されるものと判断している。

非常用取水路については、基準地震動 S_s による地震応答解析の結果、構造物の層間変形角及び構造物に作用するせん断力は、構造物の崩壊に対して十分に余裕を持って設定されている限界層間変形角及び構造物のせん断耐力の評価基準値内であることから、基準地震動 S_s に対して通水機能が保持されるものと判断している。

なお、原子炉建屋、タービン建屋及びコントロール建屋の地震応答解析において、東京電力株式会社がコンクリートの実剛性を用いていること及び設計時には耐震壁として扱っていなかった補助壁を耐震壁として考慮していることを踏まえ、保安院では、東京電力株式会社に対し7号機の原子炉建屋、タービン建屋及びコントロール建屋について、原子炉の運転を開始した日以後30年を経過する日までに、コンクリート強度に係る高経年技術評価を行い、その時点で使用年数の再評価を行うこと、補助壁については耐震壁と同様に扱うことを求めている。

2) 機器・配管系

耐震安全上重要な機器・配管系として、東京電力はSクラス設備及びB、Cクラス設備のうちSクラス設備に波及的影響を生じさせるおそれのある設備を選定し、基準地震動 S_s に対して構造強度の保持が要求される機器・配管系と制御棒の挿入性や動的機能が要求される機器系について耐震安全性の評価を行っており、妥当なものと判断している。

原子炉本体、原子炉格納施設及び使用済燃料プールについては、これら大型機器の構造を反映してモデル化し原子炉建屋と連成した地震応答解析の結果に基づき各評価部位の構造強度の評価が行われており、妥当なものと判断している。その他の設備の機器及び配管系については、原子炉建屋等の地震応答解析、原子炉建屋と連成した大型機器の地震応答解析の結果得られた床応答スペクトル等に基づき構造強度の評価が行われており、妥当なものと判断している。

原子炉本体、原子炉格納施設、使用済燃料プール及びその他の設備の機器・配管系については、その評価部位において、地震力及び地震力と組み合わせる運転状態に応じた荷重により発生する応力が、関連規準に基づき設定された許容応力等の評価基準値内であることから、構造強度を有し耐震安全性が確保されるものと判断している。

制御棒挿入性については、基準地震動 S_s による地震応答解析から得られた燃料集合体の中央部の相対変位が、制御棒の挿入性に係る振動試験結果により規定時間内に制

御棒が挿入されることが確認されている燃料集合体の中央部の相対変位内であることから、制御棒の挿入性が確保されるものと判断している。

動的機器については、基準地震動 S_s による地震応答解析の結果、当該機器に作用する加速度が試験等により動的機能維持が確認された加速度内にあることから、動的機能が維持されるものと判断している。

なお、当委員会としては、基準地震動 S_s による耐震設計上重要な施設の機能確認については、安全上特に重要な「止める」の機能を有する制御棒の挿入性に重点を置き、制御棒挿入性の評価の妥当性を確認するため、東京電力株式会社に対して、同モデルについて説明を求め、以下を確認した。

燃料集合体等の炉内構造物は、地盤・建屋と連成したモデルにより地震応答解析を実施していること。

燃料集合体等の水中にある炉内構造物の地震応答を考える場合は、原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601 1987）に従い、炉水による付加質量効果を考慮したモデル化を行っていること。

地震応答解析に用いる燃料集合体の減衰定数については、水中の減衰効果を含めて、試験により妥当性を確認した値（設計用減衰定数7%）を適用していること。

評価基準値（相対変位）については、常温における挿入試験により、規定時間内に制御棒が挿入されたことが確認された燃料変位を用いていること。

（4）クロスチェックについて

当委員会は、保安院が今般の東京電力株式会社のバックチェック結果の確認に当たり実施した原子炉建屋、機器・配管系のクロスチェックの結果について、保安院及びJNESに対し説明を求め、以下を確認した。

原子炉建屋について、JNESにおいて、東京電力株式会社が使用している解析コードとは異なるコード及び床の柔性を考慮した解析モデルによりクロスチェック解析を実施した結果を検討し、同社による原子炉建屋の地震応答解析結果は、JNESの解析結果とほぼ同様であることが確認されていること。

原子炉压力容器本体、炉内構造物及び原子炉格納容器関連機器並びに機器及び配管系についてクロスチェック解析を実施した結果を検討し、発生応力は評価基準値内であることが確認されていること。

非常用ディーゼル発電設備、ポンプ、弁等の動的機能についてクロスチェック解析を実施した結果を検討し、地震時の最大応答加速度が双方の結果とも評価基準値内であることが確認されていること。

（5）弾性設計用地震動 S_d に関する検討

当委員会は、平成20年10月31日の原子力安全委員会決定¹⁷において、旧耐震指針における設計用地震動による地震力及び静的地震力の下における応答レベルと新耐震指針における基準地震動の下における応答レベルを比較し、その許容限界状態との対応関係を明らかにすることにより、既設原子力施設の耐震安全性の客観的把握を行うことが重要であるとの見解を示した。

また、平成20年12月11日の原子力安全委員会決定⁵において、弾性設計用地震動 S_d に対する弾性設計評価が、実質的耐震安全裕度を確保する上から重要であるとの見解を示した。

当委員会は、こうした見解を踏まえ、柏崎刈羽原子力発電所7号機に係る弾性設計用地

震動に対する保安院の判断について、以下のとおり確認した。

保安院は、本事項に関し、柏崎刈羽原子力発電所 7 号機の主要かつ代表的な施設について、新耐震指針に即した弾性設計用地震動 Sd 及び静的地震力による評価を実施するよう東京電力株式会社に求めている。

その結果、東京電力株式会社では、原子炉建屋について、弾性設計用地震動 Sd 1 及び Sd 2 を基準地震動 Ss 1 及び Ss 2 にそれぞれ係数 0.5 を乗じたものとし、静的地震力も含めて、これらによる外壁及び RCCV（鉄筋コンクリート製原子炉格納容器）のせん断スケルトン曲線上の応答結果をもとに評価を行っている。また、機器・配管系については、基準地震動 Ss - 1 から Ss - 5 に係数 0.5 を乗じたものを弾性設計用地震動 Sd とし、弾性設計用地震動 Sd 及び静的地震力による原子炉压力容器スカート、遮へい壁及び原子炉本体基礎の大型機器に作用する曲げモーメント及びせん断力の最大値、原子炉建屋に設置される機器に適用する評価用震度の最大値、炉心支持構造物、残留熱除去系ポンプ基礎ボルト、残留熱除去系配管、原子炉压力容器基礎ボルト、主蒸気系配管、原子炉格納容器のサプレッションチェンバ出入口における応力値を求めて評価を行っている。

保安院では、この東京電力株式会社による評価結果について検討を行い、以下の確認を行っている。

原子炉建屋の外壁及び RCCV のせん断スケルトン曲線上の弾性設計用地震動 Sd 1、Sd 2 及び静的地震力の応答は弾性範囲であることが確認されている。

機器・配管系については、原子炉压力容器スカート、遮へい壁及び原子炉本体基礎に作用する弾性設計用地震動 Sd によるせん断力及びモーメントの最大値及び原子炉建屋に設置される機器に適用する弾性設計用地震動 Sd による評価用震度の最大値は、基準地震動 S1 又は静的震度による荷重の最大値または評価用震度の最大値と同程度となっていることが確認されている。

炉心支持構造物、残留熱除去系ポンプ基礎ボルト、残留熱除去系配管、原子炉压力容器基礎ボルト、主蒸気系配管、原子炉格納容器のサプレッションチェンバ出入口については弾性設計用地震動 Sd による地震力及び地震力以外の荷重を考慮して応力評価を行った結果、弾性範囲にあることが確認されている。

当委員会は、これらの解析結果について確認するとともに、弾性設計用地震動 Sd を設定するための基準地震動 Ss に乗ずる係数は、弾性限界と機能維持限界の比率の観点から、原子炉建屋及び機器・配管系の弾性限界と機能維持限界の間には、概ね 2 倍以上の裕度があること、さらに、地震と事故時荷重の組合せの観点から、地震動の年超過確率を参照し、0.5 としていることを確認した。

(6) 耐震強化工事について

当委員会は、平成 20 年 12 月 11 日の原子力安全委員会決定⁵において、耐震設計上重要な施設に関する耐震安全性評価の結果の中には、耐震強化後の施設について評価がなされたものがあるとされている点に関連して、安全裕度の確保に対する国民への説明責任を果たすため、安全性を確保するためにどのような方策が実際になされたかに関し、特にその耐震強化の考え方や強化箇所の選定の考え方、すなわち、基準地震動 Ss あるいは弾性設計用地震動 Sd によるものなのか、他の理由によるもののかなどを、具体的な場所を挙げて整理して示すことが肝要であると考えたとの見解を示している。その上で、それについても報告するよう保安院は東京電力株式会社に指示し、当委員会にその結果を報告するよう求めた。

保安院は、本事項に関し、柏崎刈羽原子力発電所7号機の耐震設計上重要な施設の耐震強化の考え方及び強化箇所の選定について報告するよう東京電力株式会社に求め、当委員会は、東京電力株式会社から以下の報告を受けた。

1) 耐震強化の基本方針

基準地震動 S_s に対して耐震設計上重要な施設の安全機能をより確かにする目的で耐震強化工事を実施する。

2) 耐震強化箇所の選定の基本的な考え方

基準地震動 S_s の策定前に耐震強化工事計画を立案する必要があったため、耐震強化用地震動（原子炉建屋基礎版上で1000ガルの揺れになるように定めた地震動。具体的には、新潟県中越沖地震の際に1、4、6号機の原子炉建屋基礎版上の観測記録を1.5倍したもの）を用いて耐震設計上重要な施設の動的解析を実施して余裕の少ない部位を抽出する。

余裕の少ない部位の補強設計用荷重については、耐震強化用地震動による動的解析の結果を参考にして工学的判断により定める。

耐震強化工事を実施中に策定された基準地震動 S_s に対して、暫定的な動的解析を行い追加補強の必要性のチェックを行うこととする。

3) 耐震補強の具体例

原子炉建屋の屋根トラス

耐震強化用地震動による動的解析の結果、主トラスは余裕があることが確認されたが、それと直交するサブトラスの一部や下面水平ブレースなどの二次部材は余裕が少ないことが確認されたため、部材の追加、断面性能向上等の耐震補強を実施した。

排気筒（鉄骨構造）

耐震強化用地震動による動的解析の結果、支持鉄塔の部材の一部で余裕が少ないことが確認され、部材の取り替えまたは制震装置の設置について工事内容、工事期間を比較検討した結果、部材の交換及び制震装置（オイルダンパー）を設置することとした。

燃料取替機

新潟県中越沖地震によるシミュレーション解析の結果、燃料取替機の構造フレームの発生応力が A_S 及び A_S による許容応力に対して、その余裕が少ないことから落下防止用部材の強化等の耐震補強を実施した。

配管系

新潟県中越沖地震によるシミュレーション解析の結果、残留熱除去系の配管の発生応力が A_S 及び A_S による許容応力に対して、その余裕が少ないことから残留熱除去系などの系統の主配管の支持構造物（メカニカルスナッパ等）の追設及び容量増強等の耐震補強を実施した。

当委員会は、これらの内容を確認するとともに、耐震設計上重要な施設に対する耐震強化工事の範囲が上記3)に掲げるものであることなど、今般、耐震強化工事を実施している残留熱除去系配管及び主蒸気配管に関し、耐震強化後においても弾性設計用地震動 S_d による地震力に対して、概ね弾性状態であること、耐震強化後においては、強化前の基準地震動 S_1 による地震力又は静的地震力に対して有していた耐震裕度とほぼ同等の裕度を有していることを確認した。

(7) 経年劣化事象への考慮について

当委員会は、平成20年10月31日の原子力安全委員会決定¹⁷に示したように柏崎刈羽原子力発電所7号機については、安全性に影響するような経年劣化事象は認められていないことを確認している。

すなわち、保安院は、柏崎刈羽原子力発電所7号機に関して、配管減肉、応力腐食割れ、疲労等の評価について、東京電力株式会社に対し対応を求めており、同社より、配管減肉については、技術基準上の必要最小厚さとの比較をするとともに、製作寸法（公称厚さと下限値）との比較を行い、顕著に減肉が進行していると評価される部位が確認されていないこと

応力腐食割れについては、当該号機では、至近の点検及び今回の設備点検において、炉心シュラウド等に、それが見つかっていないこと

疲労評価については、地震応答解析結果で比較的裕度が少なかった残留熱除去系配管及び原子炉压力容器低圧注水ノズル並びに建屋間の相対変位が最も大きかったと評価される給水系配管について、余震も含めた地震による繰り返し回数を求めて評価をしており、いずれも疲れ累積係数（疲労による影響を示す指標）に大きな影響はないことが報告されており、経年劣化事象を適切に考慮していると判断するとしている。

なお、本事項に関し、当委員会は、柏崎刈羽原子力発電所7号機については、安全性に影響するような経年劣化事象は認められていないが、保安院は、今後とも、東京電力株式会社において経年変化の状況を把握されていることを確認していくことが肝要であるとの見解を示した。

2-5-3 まとめ

当委員会は、今般の保安院からの評価報告書の内容を検討するに当たっては、バックチェック結果の確認や、柏崎刈羽原子力発電所に関する耐震安全性に対して示した委員会決定等を踏まえ、当委員会の考え方を整理しつつ検討を行った。

すなわち、バックチェック結果の確認とは、基準地震動 S_s により施設の安全機能が維持されることを確認することであるが、基準地震動 S_s ばかりでなく、それに工学的に適切な係数をかけて設定されるべき弾性設計用地震動 S_d 等による代表的な施設の応答の程度を弾性状態と比較して把握することも、実質的耐震安全裕度を確保する上で重要であるとの認識に立脚し、主要かつ代表的な施設について、新耐震指針に即した弾性設計用地震動 S_d による地震力及び静的地震力による評価結果を確認するとの観点から検討を行った。

その結果、当委員会は、今般の保安院による柏崎刈羽原子力発電所7号機の基準地震動 S_s に対する耐震設計上重要な施設の耐震安全性の評価結果の確認については、構造WGにおける検討を踏まえつつ、バックチェックルールに沿って行っており、同建物・構築物、機器・配管系の機能保持等の確認を適切に行っているものと判断した。

また、当委員会は、保安院において、バックチェック結果の確認や、柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性に対して示した原子力安全委員会決定において指摘された、入力地震動や、耐震裕度等に関する事項について適切に対応がなされたものと判断した。

以上は耐震安全性評価の経過と手順を含めた評価内容のまとめである。

新耐震指針による耐震安全性評価の結果の意味するところを、「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17日耐震安全性評価特別委員会）の内容も踏まえつつ、以下に要約する。

今般、柏崎刈羽原子力発電所7号機を対象に報告された、基準地震動 S_s 、弾性設計用地震動 S_d 、旧耐震指針における基準地震動 S_2 の大きさを、それぞれの地震動がもたらす建物、機器の弾性応答等の解析結果について詳細な説明を受けた。これらの解析結果を極めて大まかにとらえると、7号機に関する限り、基準地震動 S_2 と弾性設計用地震動 S_d 及び新潟県中越沖地震動はほぼ同程度の大きさを持っていると推定される。また、原子炉建屋に働く静的地震力と基準地震動 S_2 による地震動はほぼ同程度である。

7号機における弾性設計用地震動 S_d の基準地震動 S_s に対する比率は0.5と設定されており、旧耐震指針に比べて新耐震指針の与える地震動の大きさは基準地震動 S_2 と基準地震動 S_s の比較において旧耐震指針の約2倍程度である。

一方で7号機の点検評価結果から、7号機の建屋、機器類は新潟県中越沖地震の下で、ほぼ弾性範囲にあったことが確認されている。

加えて、建屋の解析結果や、補強前の配管系の解析結果からも、耐震設計上重要な施設は新耐震指針による評価にも耐えることが明らかにされた。この意味で、柏崎刈羽原子力発電所7号機の新潟県中越沖地震による被災経験は特筆すべき貴重なものであると言える。

新潟県中越沖地震発生以降、耐震裕度が低いと予想される物については耐震強化工事が行われた。それらのうち、耐震設計上重要な施設の大部分は、補強以前のデータから補強以前においても基準地震動 S_s 、弾性設計用地震動 S_d の評価基準値を満たしていたことが示された。

このように大きな基準地震動 S_s に対して施設の耐震安全性が保たれている理由は、旧耐震指針に示された静的地震力、基準地震動 S_1 、基準地震動 S_2 による耐震安全性評価の多重性並びに各施設の地震応答評価結果が持つ保守性により、施設自身の設計段階の耐震裕度が十分であったことにあることも明らかにされた。

柏崎刈羽原子力発電所については、新潟県中越沖地震を受けたことから、特に、耐震安全性の説明性が強く求められていることに鑑み、今般、当委員会が示した観点から多方面の検討が行われた。7号機以外の施設についても、単に基準地震動 S_s による評価のみでなく、静的地震力、基準地震動 S_1 及び基準地震動 S_2 並びに弾性設計用地震動 S_d に対する評価検討を総合的に行っていくことが必要であると考えられる。

3 おわりに

今回、東京電力株式会社が実施した柏崎刈羽原子力発電所の敷地・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は、新耐震指針に基づき、現時点における最新の知見に照らして十分検討が行われていると考えるが、原子力施設の安全確保の第一義的責任を有する設置許可を受けた事業者は、常に新たな知見と経験の蓄積に応じて、それらを適切に反映する必要があるとあり、こうした取組みを継続していくことが肝要である。

なお、敷地近傍の耐震設計上考慮する活断層の変位に伴う基礎地盤の変形の影響評価は、くいちがい弾性論に基づき定性的な評価が可能であり、原子力施設の耐震安全性に係る不安・懸念への対応に資する観点から、他の原子力施設においても活断層の変位に伴う基礎地盤の変形の影響評価を行い、その結果を公表することを期待する。

注

- 1 新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価結果の中間報告等に係る原子力安全・保安院における検討に際しての意見（平成20年5月16日原子力安全委員会

- 決定)
- 2 柏崎刈羽原子力発電所における新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告を受けて(平成20年5月22日原子力安全委員会決定)
 - 3 柏崎刈羽原子力発電所で取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告を踏まえてバックチェック結果の確認において検討すべき事項の追加について(平成20年6月16日原子力安全委員会決定)
 - 4 「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日原子力安全委員会決定)
 - 5 柏崎刈羽原子力発電所7号機の耐震安全性評価等について(平成20年12月11日原子力安全委員会決定)
 - 6 松田時彦:最大地震規模による日本列島の地震分帯図、地震研究所彙報 Vol .65、1990、pp 289 - 319
 - 7 Noda, S. et al.: RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES、OECD-NEA、2002、pp .16 - 18
 - 8 島崎邦彦:震源断層より短い活断層の長期予測、日本活断層学会2008年度秋季学術大会予稿集、2008 .11
 - 9 「基盤的調査観測対象活断層の評価手法」報告書(平成17年8月24日地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会)
 - 10 「全国を概観した地震動予測地図」報告書(平成18年9月25日改訂地震調査研究推進本部地震調査委員会)
 - 11 武村雅之:日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係、地震第2輯、第43号、1990、pp 257 - 265
 - 12 加藤研一他:震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベル、日本地震工学会論文集第4巻第4号、2004、pp 46 - 86
 - 13 「柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動策定に係る原子力安全・保安院における検討に際しての意見」(平成20年9月25日耐震安全性評価特別委員会)
 - 14 大竹政和、平朝彦、太田陽子:日本海東縁の活断層と地震テクトニクス、東京大学出版会、2002
 - 15 石橋克彦:佐渡海盆東縁断層の存在の可能性について、新潟県「地震、地質・地盤に関する小委員会」第6回、2008 .6 .11
 - 16 石橋克彦:柏崎刈羽原発の新たな基準地震動:内容と審議の大きな欠陥、岩波「科学」Vol .78、No .8、2008、pp .819 - 823
 - 17 「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日原子力安全委員会決定)

検討の経過

1 バックチェック指示等

平成18年9月19日

「耐震設計審査指針」の改訂を機に実施を要望する既設の発電用原子炉施設等に関する耐震安全性の確認について」(原子力安全委員会決定)

平成19年7月5日

「耐震安全性に関する調査プロジェクトチームの設置について」(原子力安全委員会決定)

平成19年7月30日

「新潟県中越沖地震による影響に関する原子力安全委員会の見解と今後の対応」(原子力安全委員会決定)

平成19年11月15日

「新潟県中越沖地震による東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所への影響を踏まえた検討に関する報告の要請について」(法令報告要請)

平成20年5月16日

「新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価結果の中間報告等に係る原子力安全・保安院における検討に際しての意見」(原子力安全委員会決定)

平成20年5月22日

「柏崎刈羽原子力発電所における新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告を受けて」(原子力安全委員会決定)

平成20年6月16日

「柏崎刈羽原子力発電所で取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告を踏まえてバックチェック結果の確認において検討すべき事項の追加について」(原子力安全委員会決定)

平成20年6月20日

「「活断層に関する安全審査の手引き」について」(指示)(原子力安全委員長から耐震安全性評価特別委員会委員長への指示)

平成20年9月25日

「柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動策定に係る原子力安全・保安院における検討に際しての意見」(耐震安全性評価特別委員会)

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7号機の施設健全性評価に関する見解について」(原子力安全委員会決定)

平成20年12月11日

「柏崎刈羽原子力発電所7号機の耐震安全性評価等について」(原子力安全委員会決定)

「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」(原子力安全委員会決定)

2 耐震安全性に関する調査プロジェクトチーム

	開催日	主な検討事項
第1回	平成19年7月13日	耐震安全性に関する調査プロジェクトチームの検討方法等について 地震調査研究推進本部における活動概要と最近の動向について
第2回	平成19年7月19日	新潟県中越沖地震の評価
第3回	平成19年8月10日	新潟県中越沖地震による影響に関する原子力安全委員会の見解と今後の対応 新潟県中越沖地震の評価 など
第4回	平成19年8月24日	柏崎刈羽原子力発電所の耐震設計における活断層評価と今回の地震を踏まえた地質調査計画について 平成19年新潟県中越沖地震柏崎刈羽原子力発電所の観測記録について など
第5回	平成19年9月11日	科学技術振興調整費「新潟県中越沖地震に関する緊急調査研究」概要 など
第6回	平成19年11月7日	東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所及びその周辺の現地調査について (結果報告)(案) 柏崎刈羽原子力発電所新潟県中越沖地震に対する検討の進め方(案)など
第7回	平成19年12月17日	新潟県中越沖地震に対する柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性の検討状況について など

3 耐震安全性評価特別委員会

(耐特委 = 耐震安全性評価特別委員会、震動委 = 地震・地震動評価委員会、健全委 = 施設健全性評価委員会、作業会合 = 地震動解析技術等作業会合)

	開催日	主な検討事項
第1回 耐特委	平成19年12月27日	東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所の設備の健全性評価に係る基本的な方針 新潟県中越沖地震を踏まえ原子力発電所等の耐震バックチェックに反映すべき事項の中間取りまとめについて など
第1回 震動委	平成20年1月23日	新潟県中越沖地震に対する柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性の検討状況について など
第1回 健全委	平成20年1月23日	新潟県中越沖地震に対する柏崎刈羽原子力発電所の施設に係る耐震安全性の検討状況について 柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備点検に対する原子力安全・保安院の確認方針について
第2回 震動委	平成20年2月21日	新潟県中越沖地震に対する柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性の検討状況について 「新潟県中越沖地震等を踏まえ原子力発電所等の耐震バックチェックに反映すべき事項の中間取りまとめについて」への対応について(案)など
現地調査	平成20年2月22日	施設健全性評価委員会現地調査
第2回 健全委	平成20年2月22日	新潟県中越沖地震に対する柏崎刈羽原子力発電所の施設に係る耐震安全性の検討状況について など
現地調査	平成20年3月19日	施設健全性評価委員会現地調査
第3回 健全委	平成20年3月28日	東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所の設備健全性評価について など

第4回健全委	平成20年4月28日	柏崎刈羽原子力発電所7号機新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価に関する中間とりまとめ(報告書)について 東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設備健全性評価に係る中間報告について 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(東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設備健全性評価に係る中間報告)に関する意見(案)について など
第3回震動委	平成20年5月1日	柏崎刈羽原子力発電所の敷地周辺(陸域、海域)の地質・地質構造 など
第3回耐特委	平成20年5月12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(東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設備健全性評価に係る中間報告)に関する意見(案)について など
第4回耐特委	平成20年5月29日	柏崎刈羽原子力発電所における平成19年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告等について など
第4回震動委	平成20年6月4日	柏崎刈羽原子力発電所の敷地周辺の地質・地質構造に係わる補足説明敷地内の断層に関する調査結果 など
第5回健全委	平成20年6月12日	東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所の設備健全性評価について など
第5回震動委	平成20年7月3日	柏崎刈羽原子力発電所における新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告等について など
第6回震動委	平成20年7月16日	柏崎刈羽原子力発電所における新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告等について など
第6回健全委	平成20年7月18日	東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所の設備健全性評価について など
作業会合	平成20年7月24日	解放基盤表面における地震動の推定、地震応答解析手法、建屋の応答解析 など
第7回震動委	平成20年8月27日	柏崎刈羽原子力発電所における活断層及び地震動評価について
第7回健全委	平成20年8月28日	原子力安全・保安院における設備健全性に係る点検・評価の状況について 東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備健全性評価に係る点検・評価に関する報告について など
現地調査	平成20年9月4日	施設健全性評価委員会の現地調査
現地調査	平成20年9月5日	耐震安全性評価特別委員会の現地調査
第7回耐特委	平成20年9月5日	柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動の策定について 柏崎刈羽原子力発電所の施設健全性について など(柏崎市内で開催)
第8回震動委	平成20年9月16日	柏崎刈羽原子力発電所における活断層及び地震動評価について(F-B褶曲群の評価、片貝断層の不確かさを考慮した地震動評価)など
意見交換会	平成20年9月19日	(活断層評価に関する専門家との意見交換会)
第8回耐特委	平成20年8月25日	東京電力柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動の見直しについて 柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動の策定について など
第9回震動委	平成20年10月2日	東京電力柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動の見直しについて
第8回健全委	平成20年10月10日	東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備健全性評価に関する点検・評価について 東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所の設備健全性評価に係る原子力安全委員会の意見への対応状況について

作業会合	平成20年10月20日	作業会合（7月24日）の指摘事項への回答、伝達関数の算定 など
第9回健全委	平成20年10月23日	東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備健全性評価に関する点検・評価について 東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所第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)及び建物・構築物の健全性評価に係る報告 など
第9回耐特委	平成20年10月23日	柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動策定に係る原子力安全・保安院における検討に際しての意見（案） 東京電力柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動について など
第10回健全委	平成20年10月28日	東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備の健全性評価に関する点検・評価について など
第10回耐特委	平成20年10月30日	東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所7号機の設備健全性評価に関する見解について 新潟県中越沖地震を踏まえた柏崎刈羽原子力発電所における確認用地震動の評価について東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所敷地周辺の地質・地質構造及び基準地震動の評価に係る報告書（中間報告）(案)について など
第10回震動委	平成20年11月10日	東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所敷地周辺の地質・地質構造及び基準地震動の評価に係る報告書（中間報告）(案)について など
第11回震動委	平成20年11月13日	東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所敷地周辺の地質・地質構造及び基準地震動の評価の補足説明 など
第11回健全委	平成20年11月18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点検・評価について 柏崎刈羽原子力発電所の施設に係る耐震安全性の検討状況について
第12回震動委	平成20年11月18日	柏崎刈羽原子力発電所における基準地震動の策定に関する補足説明 「東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所敷地周辺の地質・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（案）など
第13回震動委	平成20年11月21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）について 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に関する論点整理 など
現地調査	平成20年11月28日	施設健全性評価委員会現地調査
作業会合	平成20年12月1日	原子力安全・保安院の実施した海上音波探査結果について
第14回震動委	平成20年12月1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に関する論点整理 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）について など
第11回耐特委	平成20年12月3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）」に対する見解について
第12回耐特委	平成12年12月8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（案）について 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結果について など
第12回健全委	平成12年12月8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点検・評価について 柏崎刈羽原子力発電所の施設に係る耐震安全性の検討状況について

第13回 健全委	平成20年12月16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点検・評価について 柏崎刈羽原子力発電所の施設に係る耐震安全性の検討状況について
作業会合	平成20年12月17日	原子炉建屋基礎地盤の安定性について 敷地近傍の耐震設計上考慮する活断層の変位に伴う基礎地盤の変形の影響評価について 津波に対する安全性について など
第14回 健全委	平成21年1月7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点検・評価について など
作業会合	平成21年1月8日	解析作業会合(12月17日)の指摘事項への回答
第15回 健全委	平成21年1月16日	柏崎刈羽原子力発電所の施設に係る耐震安全性の検討状況について
第13回 耐特委	平成21年1月21日	東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所7号機の施設健全性及び耐震安全性に関する検討状況について など
作業会合	平成21年1月22日	解析作業会合(1月8日)の指摘事項への回答 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について
第16回 健全委	平成21年1月23日	柏崎刈羽原子力発電所の施設に係る耐震安全性の検討状況について など
作業会合	平成21年1月28日	解析作業会合(1月22日)の指摘事項への回答
第17回 健全委	平成21年1月29日	柏崎刈羽原子力発電所の施設に係る耐震安全性の検討状況について 柏崎刈羽原子力発電所の施設健全性評価に関する点検・評価状況について など
第14回 耐特委	平成20年1月30日	東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性に関する検討状況について 東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所の施設健全性に関する検討状況について など
第18回 健全委	平成21年2月3日	柏崎刈羽原子力発電所7号機の耐震安全性に関する検討状況について 柏崎刈羽原子力発電所7号機の施設健全性に関する検討状況について
作業会合	平成21年2月3日	解析作業会合(1月28日)の指摘事項への回答
第15回 耐特委	平成21年2月6日	柏崎刈羽原子力発電所7号機の施設健全性に関する検討状況について 柏崎刈羽原子力発電所7号機の耐震安全性に関する検討状況について など
作業会合	平成21年2月12日	施設健全性評価について 耐震安全性評価について など
第19回 健全委	平成21年2月13日	柏崎刈羽原子力発電所の施設健全性評価について 柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性評価について
第16回 耐特委	平成21年2月13日	柏崎刈羽原子力発電所の施設健全性評価について 柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性評価について など
作業会合	平成21年2月13日	柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性評価について
作業会合	平成21年2月16日	柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性評価について
第17回 耐特委	平成21年2月17日	柏崎刈羽原子力発電所の施設健全性評価について 柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性評価について など

参考資料 3

東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所 7号機の施設健全性及び耐震安全性について

(21 安委決第 7 号)
(平成 21 年 2 月 18 日)
(原子力安全委員会決定)

原子力安全委員会は、本日、耐震安全性評価特別委員会より、東京電力株式会社（以下「東京電力」という。）柏崎刈羽原子力発電所 7号機（以下「7号機」という。）における施設健全性及び耐震安全性に関する原子力安全・保安院（以下「保安院」という。）の確認結果⁽¹⁾は妥当であるとの報告を受けてそれを了承し、委員会として決定した。

原子力安全委員会は、これらの点について、耐震安全性評価特別委員会において、保安院と並行して審議してきた結果、当委員会としても7号機の施設健全性及び耐震安全性は確保されていると判断するに至ったところであるが、以下、当委員会として検討に際し特に留意した点、重要と考える点等について見解を示す。

保安院においては、7号機について、新潟県中越沖地震を受けても建屋や設備等の健全性は維持されていること（施設健全性）、発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（以下「新耐震指針」という。）に基づく基準地震動に対して建屋や設備の安全機能は維持されること（耐震安全性）を確認したことから、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たものであり、その旨が2月16日に原子力安全委員会に報告されている。

1 検討の体制・進め方

原子力安全委員会では、施設健全性及び耐震安全性の評価について、耐震安全性評価特別委員会及びその下に設けられた地震・地震動評価委員会と施設健全性評価委員会等の場で、専門的かつ中立的立場から厳正に審議してきた。これらの委員会等の、本件に係る審議のための開催回数は、60回以上を数える。

審議の透明性を確保するため、会合はすべて公開で行うとともに、現地調査を含め現地での会合も開催した。新潟県中越沖地震の影響については、地震直後の状況を視察するとともに、保安院の点検状況を把握するため制御棒挿入試験等に立ち会った。また、新耐震指針に基づく耐震安全性について、地質・地盤調査のため現地を視察するとともに、当委員会が適切と判断した基準地震動に関する説明会を柏崎市で開催した。

新潟県中越沖地震に関連する検討事項については、その重要性に鑑み、経済産業大臣に対し、原子力委員会及び原子力安全委員会設置法25条に基づき、検討の進捗に応じ当委員会への報告を特に求めることを、平成19年11月に決定した。

2 施設健全性について

施設健全性については、耐震安全性評価特別委員会及び施設健全性評価委員会の場で審議してきた。保安院から「機器単位および建物・構築物に関する評価結果」に関して、中間報告の形で報告を受け、それに対する当委員会の見解を平成20年10月31日に示している。その中で、機器単位では難しい系統単位の確認の重要性、特に基本的安全機能に係る系統試験による確認の重要性について指摘した。

また、同号機が長期にわたり運転停止状態にあったことから、起動運転に際しての試験計画に関しては、いっそう慎重な取組が必要であることを指摘した。段階的に出力上昇を図る上で、通常以上に中間段階を設け、各段階で格納容器の閉じ込め機能確認等を行う計画を具体的に定めるよう、保安院を通じて東京電力に求めた。

今回の保安院の報告は、同計画とともに、系統試験を含むその後の試験・点検・評価結果をまとめて示したものである。当委員会としては、「止める」「冷やす」「閉じ込める」の基本的な安全機能の維持確認について、特に慎重に検討した。中でも、「止める」の機能は、燃料を装荷した上での系統試験によってはじめて確認が可能になることから、その計画的実施を当委員会から要請した経緯がある。

「止める」機能に関連した、制御棒の挿入性に係る試験および試験結果は当委員会として特に関心をもって確認した。具体的には、専門家を派遣して試験に立ち会うとともに、試験結果について、平均的ないし代表的評価結果だけではなく、個々の制御棒の挿入性に関するデータに基づき評価結果とその結果を妥当と判断した根拠となる解析方法や実証試験に関する説明を求め、「止める」機能の確認は適切と判断した。

3 耐震安全性について

(1) 基準地震動の評価

耐震安全性評価特別委員会では、新耐震指針が原子力安全委員会において策定されていることから、同指針に対する適合性について詳細な議論が行われた。特に、活断層等の調査・評価・認定に関しては、新耐震指針の根幹に関わることから、耐震安全性評価特別委員会の下に「地質・地盤に関する安全審査の手引き検討委員会」を設け、新耐震指針に基づく具体的要求基準として「活断層等に関する安全審査の手引き」を昨年6月に策定した。新潟県中越沖地震により得られた知見も、同手引きに盛り込まれている。

活断層等の評価については、極めて専門的であることから、主として地震・地震動評価委員会において、多様な視点から詳細な議論が行われた。特に、柏崎刈羽原子力発電所敷地にとって重要な、海域のF-B断層については専門的議論を徹底することが肝要と考え、保安院の審議に参加しているこの分野の専門家と当委員会側の専門家との間での意見交換会を、異例ながら原子力安全委員会が主催し公開で開催した。審議の過程（その速記録は公開されている）を通じ、F-B断層についての専門的審議が尽くされたと考えられ、当委員会はF-B断層に関する保安院の評価およびそれについての耐震安全性評価特別委員会の見解は適切と判断した。

活断層等の評価とともに、震源として想定した活断層等からの地震動の評価もまた、当然のことながら極めて重要である。柏崎刈羽原子力発電所においては、海域のF-B断層とともに陸域の長岡平野西縁断層帯が、敷地に与える地震動の観点から重要であることが示されており、耐震安全性評価特別委員会等において、新耐震指針に照らし、これら地震動評価の妥当性に関し慎重な審議がなされている。長岡平野西縁断層帯については、旧耐震指針においては、個別断層に関する評価しか行われていないのに対し、新耐震指針が要求する不確かさの考慮を踏まえ、それら断層群の連動性についても適切に評価されていることを確認した。

F-B断層については、断層モデルによる評価の妥当性および評価プロセスの説明性を高める観点から、妥当性確認のための確認用地震動に関する解析条件を耐震安全性評価特別委員会から示し、保安院を通じて東京電力に別途の解析を求めた。当委員会が、F-B断層に基づく地震動評価が妥当と判断する主たる根拠は、この確認用地震動による評価結果に基づいている。

(2) 基準地震動に対する耐震安全性

耐震安全性の確認においては、基準地震動の適切な策定とともに、原子炉建屋の基礎版の地震動及びそれに対する安全上重要な建物・構築物および設備・機器類の健全性評価が重要であることを、当委員会は、折に触れて強調してきている。耐震安全性評価特別委員会においては、この点でも慎重かつ詳細な審議が行われた。いわゆる解放基盤表面の基準地震動から建物基礎版の入力地震動を決める具体的方法について詳細な説明を受ける必要性から、耐震安全性評価特別委員会とは別に地震動解析技術等作業会合と称する議論の場を原子力安全委員会が主催し、公開で開催した。

同入力地震動に基づいて建物自体及びその中に設置される機器・配管類の構造強度が評価され、耐震安全性はその評価結果として示される。この点について、主として施設健全性評価委員会の場で審議された。同委員会では、保安院ばかりでなく、東京電力からも直接的に説明を聞き、専門的観点から詳細にわたる議論を行った。その内容は、当委員会が本日決定した「新耐震指針に基づく柏崎刈羽原子力発電所7号機の施設健全性について」に詳しく述べたところである。

要すれば、保安院の報告にある内容を適切と判断するに当たっては、報告内容自身の妥当性を審議し確認するとともに、報告にない事項であっても委員会が重要と考える事項について、東京電力から直接に情報の提供を求め審議した。そのように直接的に提供された中で主な事項は、弾性設計用地震動 S_d による評価確認と、主要な設備・機器等に対する新耐震指針と旧耐震指針による評価結果の比較、および、耐震強化工事を行った配管系に関する工事前後の評価結果である。

これらにより、それぞれ、基本的安全機能である「止める」「冷やす」「閉じ込める」に関わる代表的機器・配管系である、炉心支持構造物、残留熱除去系、原子炉压力容器、主蒸気系配管、原子炉格納容器についてみると、いずれも、弾性設計用地震動 S_d によるまでもなく、基準地震動 S_s による評価値において、弾性限基準の許容応力状態 (III_AS) を満足していることが示されており、その点から、新耐震指針によって十分な安全余裕のあることが確認されるなど、新耐震指針に基づく耐震安全性に係る信頼性及び説明性は一段と向上したものとする。

4. まとめ

以上を要するに、原子力安全委員会としては、7号機については、起動させるに必要な施設健全性及び耐震安全性は確保されているものとする。耐震安全性については、最新の科学的知見を反映して安全性を確認していくことが重要であり、当委員会としては、今後とも積極的に関与し、意見を述べる等の措置を講じていきたい。

参考資料4

新耐震指針に基づく柏崎刈羽原子力発電所7号機の施設健全性について

(21 安委決第6号)
(平成21年2月18日)
(原子力安全委員会決定)

発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（新耐震指針）は、設計に当たっての基準地震動について、敷地の地質・地盤に関する地域特性や地盤特性を詳細に調査・分析した上、調査データ等に関わる不確かさも考慮するなど、原子炉の安全を重視しつつ厳密に評価することを求めている。

原子力安全委員会は、また、同指針に基づく審査等、実際の耐震安全性の確保に係る検討にあたっては、基準地震動自体の適切性ばかりでなく、その基準地震動に基づく原子炉建屋など、重要構造物を設計する際の建屋基礎下における入力地震動の妥当性についての視点が、実質的耐震安全性確保の観点から重要であることを指摘している。

耐震安全性に係る施設の健全性は、その入力地震動の下に設計される建屋内の機器・配管等の構造強度によって評価され、その際にも、適切な安全余裕を見込むことの重要性を、当原子力安全委員会は、併せて、指摘してきている。

東京電力株式会社（以下「東京電力」という。）柏崎刈羽原子力発電所7号機（以下「7号機」という。）に関する耐震安全上の施設健全性についても、当委員会のこの考え方に基いて審議された。すなわち、基準地震動そのものの適切性については、柏崎刈羽原子力発電所に共通的な地震に基づく地震動評価を行った上、荒浜側（1～4号機）と大湊側（5～7号機）のそれぞれについて、新耐震指針に基づき東京電力によって再評価された基準地震動に関する原子力安全・保安院（以下「保安院」という。）の確認結果について、耐震安全性評価特別委員会の場で厳正に審議した上、その結果は適切であることを、平成20年12月11日に委員会決定した。

今回の7号機に係る報告は、同基準地震動の下に評価された、建屋基礎下の入力地震動及び、それに基づく機器・配管系の構造強度等に関する東京電力の評価結果について保安院が検討した結果に対する当委員会の見解をまとめたものである。

まとめるに当たっては、柏崎刈羽原子力発電所が新潟県中越沖地震により想定を超える大きな地震動を受けたという事実を鑑み、東京電力の評価及び保安院の検討結果と同地震による地震動の影響との関連に留意するとともに、基準地震動に基づく耐震評価の信頼性を補強する観点から新耐震指針に盛り込まれている弾性設計用地震動による評価結果との関連性に関する説明をとくに求めつつ、施設健全性評価委員会及び耐震安全性評価特別委員会において審議した。また、新潟県中越沖地震によって敷地の地盤が不等沈下し、またそのために変圧器の火災が発生するという想定外の現象が起きたことを踏まえ、耐震設計上重要な建屋基礎地盤の支持性能等についても慎重に審議した。

建屋基礎下の入力地震動については、解放基盤表面で設定された基準地震動 S_s 及び解放基盤表面から上部の地盤モデルをもとに、1次元波動論により建屋の地震応答解析モデルの側面ばね及び底面ばねの位置における地震動を算定して、これを設定している。同算定において、新潟県中越沖地震による解放基盤表面相当上の地震動から同モデルを用いて算出される基礎版上の応答が観測記録と整合的であることを確認した。これは、耐震安全性に係る本再確認に当

たっては、新潟県中越沖地震によって得られた知見を最大限に活用することという当委員会の要請に照らして適切と考える。

当委員会は、この入力地震動に関し、旧耐震指針と新耐震指針による評価結果を比較して示すよう、保安院を通じ東京電力に指示していたところ、保安院報告書別添6に、その一部が示されている。その結果によれば、たとえば建屋底面における入力地震動（水平）について比較すると、新耐震指針のSs - 1, 2, 3による入力地震動は、すべての周期帯で旧耐震指針のS2による入力地震動を上回っており、新耐震指針のSs - 4, 5による入力地震動は、S2による入力地震動とほぼ同程度であることが示されている。Ss - 1について言えば、その値は、旧耐震指針の約2倍であり、新耐震指針による耐震性強化に関するこの点での確認がなされた。

なお、新潟県中越沖地震によって観測された地震動に関し、新耐震指針による地震動評価との比較を行うことは、国民への説明責任の観点から極めて重要と考えられ、保安院の報告書をもとにその比較を行った。その結果、7号機基礎版上最大加速度についてみると、参考1に示すように、地震時観測値の水平356gal, 鉛直355galに対し、新耐震指針による評価値は、水平740gal, 鉛直775galであり、いずれも地震時の値を約2倍程度上回っている。

次に、建屋内に設置される機器・配管系について、当委員会は、新耐震指針に基づく弾性設計用地震動Sdによる評価を、主要かつ代表的な機器・配管系に関し行って示すよう、保安院を通じ東京電力に求めた。その結果は、保安院報告書添付8に掲載されている。それによれば、参考2に示すように、それぞれ、基本的安全機能である「止める」「冷やす」「閉じ込める」に関わる代表的機器・配管系である、炉心支持構造物、残留熱除去系、原子炉压力容器、主蒸気系配管、原子炉格納容器についてみると、いずれも、弾性設計用基準地震動Sdによるまでもなく、基準地震動Ssによる評価値において、弾性限界条件(III_AS)を満足していることが示されており、その点から、新耐震指針によって十分な安全余裕のあることが確認されている。

主要大型機器の地震応答荷重について言えば、構造強度の面から原子炉施設の健全性にとって基本となる、原子炉压力容器、遮へい壁、原子炉本体基礎の地震応答荷重が示されている。新耐震指針と旧耐震指針に基づく応答荷重とを比較してみると、水平方向について、例えば新耐震指針のSsに対する値は、旧耐震指針のS2に対する値に比べ、おおよそ2倍以上になっている。また、Ssに対する荷重は、いずれも地震時の荷重を十分に上回っている。これらのことから、評価結果は、新耐震指針による耐震安全強化を反映しており、妥当と判断される。なお、新耐震指針のSdに対する応答荷重が、地震時の値と同程度に評価されていることは、同地震の原子炉施設に対する地震動が、いわばSd並だったことを示唆しているとも考えられる。

ほとんどの耐震設計上重要な機器・配管系は、原子炉建屋内に設置されている。これら機器・配管系の健全性を評価するため原子炉建屋各階における最大の応答加速度が評価され、その値を震度に換算し評価用震度として示されている。それによれば、新耐震指針のSsによる評価震度は、旧耐震指針のS2による震度に比べ、2ないし3倍程度、大きくなっている。また、地震時の最大応答加速度に対しおおよそ2倍大きな値になっている。これらのことから、新耐震指針による耐震安全性強化の考え方は適切に反映されているものと判断される。

上記の荷重条件及び評価用震度に基づく主要設備の耐震性評価結果は以下のように要約されている。「止める」機能に係る炉心支持構造物についてはシュラウドサポート、「冷やす」機能に係る残留熱除去系については基礎ボルト及び配管、「閉じ込める」機能に係る原子炉压力容器、主蒸気系配管、原子炉格納容器に関し、それぞれ、基礎ボルト、配管、サブプレッションチェンバ出入口について、示されており、いずれにおいても、新耐震指針のSsに対する応答

応力は、弾性設計評価基準である弾性限の III_{AS} 以下に収まっており、直接的基準である安全機能評価基準の IV_{AS} は十分に満足している。

このうち、配管系については、耐震安全裕度向上の観点から耐震強化工事が実施されており、評価結果は、その強化工事後の値として示されている。耐震強化工事は、新耐震指針の S_s が確定する前から、東京電力によって自主的になされており、その際、強化工事用の地震動について、その最大加速度が新潟県中越沖地震による最大加速度のおおよそ1.5倍を目安に決められている。このため、参考2の表3には、参考までに、同耐震強化工事用地震動に対する評価結果も示されているが、それによれば、安全裕度向上の観点から、いずれも、 S_s に対する値より大きくなっているうえ、安全機能評価基準の IV_{AS} を満足する結果になっている。

施設健全性評価委員会においては、強化工事後の結果を示すだけでなく、強化工事前の値との比較も示すことが重要と指摘され、東京電力は、対象となる残留熱除去系配管及び主蒸気系配管について、弾性設計用地震動の S_d に関して比較した結果を、同委員会に提示した。その結果は参考3に示されている。同結果によれば、弾性限基準の III_{AS} に対する余裕は、残留熱除去系配管について、数%から50%程度まで、主蒸気系配管について、30%弱から40%強まで、強化されていることが示されている。

最後に、新耐震指針で要求されている地盤の支持性能及び地震随件事象の評価に加えて、新潟県中越沖地震の知見を踏まえつつ、敷地近傍における耐震設計上考慮する活断層の変位に伴う敷地基礎地盤の変形の影響についても評価された点に触れておきたい。敷地基礎地盤の変形の影響評価は、新潟県中越沖地震による地盤変動量の解析値と測定値との違いについて、評価結果が厳しくなるように補正して得られる傾斜にさらに地震後の現在の傾斜を加えて評価していることなどから妥当と判断された。地盤の支持性能については、地震応答解析の結果、原子炉建屋基礎地盤及びマンメイドロックには建屋や地震動による荷重によって局所的には破壊は生じても支持性能上支障となる連続した破壊面は形成されないことなどから、評価結果は適切と判断された。

注：新耐震指針にもとづき策定されている基準地震動の $S_s - 1, 2, 3, 4, 5$ とは以下のとおり。

$S_s - 1$: F-B断層を震源とする地震動の応答スペクトル法に基づく基準地震動

$S_s - 2$: F-B断層を震源とする地震動の断層モデルに基づく基準地震動

$S_s - 3$: 長岡平野西縁断層帯を震源とする地震動の応答スペクトル法に基づく基準地震動

$S_s - 4$: 長岡平野西縁断層帯を震源とする地震動の断層モデルAに基づく基準地震動

$S_s - 5$: 長岡平野西縁断層帯を震源とする地震動の断層モデルBに基づく基準地震動

断層モデルAは応力降下量、Bは断層傾斜角の不確かさを、それぞれ考慮したモデル。

参考 1 : 原子炉建屋基礎版上最大加速度について

新潟県中越沖地震においては、同地震によって観測された地震動が設計時の想定を大幅に超えた事実が、原子炉建屋基礎版上での観測値と設計値とを比較することにより象徴的に示された。新耐震指針に基づく耐震安全性に関する再確認によるその点の評価結果について、以下に示す。

表：7号機原子炉建屋基礎版上最大加速度

水 平				鉛 直			
旧耐震指針	地震時	新耐震指針	強化用	旧耐震指針	地震時	新耐震指針	強化用
263	356	740	~1,000	(235)	355	775	~730

単位：gal

注1) 旧耐震指針は、当初設計時。ただし、鉛直の動的評価要求は旧耐震指針にはなかったため、ここでは、参考までに、Aクラス施設への静的地震力要求からの静的鉛直震度である0.24Gの値を示してある。

注2) 地震時は、実際の観測値。水平の356galはEW成分の値。NS成分は267gal。

注3) 新耐震指針は、新耐震指針による基準地震動Ssにもとづいて評価された値。この値が新耐震指針によって要求される条件。水平の740galはSs-2に対応するEW成分、鉛直の775galはSs-1に対応する値で、Ss-1, 2, 3, 4, 5に対応する各加速度値の内の最大値。

注4) 強化用は、事業者が、Ssの評価とは別に、耐震安全に係る裕度確保の観点から、耐震強化工事をする際に当たって想定した加速度値である。この想定値がSs評価に基づく値より小さい場合は、Ssに基づく加速度値に対する裕度確認をあらためて行うことになる。

上記表に示すように、新耐震指針にもとづき評価された最大加速度は、地震時に観測された値を上回るように設定されている。

また、新耐震指針に基づく同最大加速度を耐震強化用の地震動と比較すると、水平については、強化用が新耐震指針の最大加速度を上回っているのに対し、鉛直については、新耐震指針による最大加速度値の方が若干、大きな値になっている。しかしながら、規制行政庁による確認は、新耐震指針に基づく最大加速度をもとに行われるので、この点が、新耐震指針の充足性に問題を生じることにはならない。

なお、言うまでもなく、上記最大加速度は、耐震安全性に関連する要素の一つであって、この点だけで、耐震安全性が議論されるわけではない。

参考 2 : 新耐震指針に基づく施設健全性に係る耐震安全性評価結果

1. 主要大型機器の地震応答荷重

表1は、主要大型機器に関する水平方向の地震応答荷重の評価結果である。原子炉压力容器、遮へい壁、原子炉本体基礎は、構造強度の面から、原子炉施設の施設健全性の基本となる大型機器であり、新耐震指針に基づく、これら機器に関する評価結果は、旧耐震指針による評価結果、新潟県中越沖地震時の評価結果に照らして、適切と考えられる。

旧耐震指針による評価結果において、どちらかという、ASクラス評価値(S2)にくらべ、Aクラス評価値((S1))の方が大きな値を示しているが、当初設計時において動的地震力に対し静的地震力が相対的に大きくなっているため、柏崎刈羽原子力発電所の特殊事情と考えられる。

表1：主要大型機器に関する水平方向の地震応答荷重の評価結果

機 器	水平方向加重	Ss	Sd	S2	(S1)	So
圧力容器	モーメント (kN・m)	98,800	52,800	44,130	50,112	57,500
	せん断力 (kN)	19,200	10,100	7,188	9,248	9,520
遮へい壁	モーメント (kN・m)	67,800	36,000	27,753	27,262	36,000
	せん断力 (kN)	13,500	7,160	5,502	5,580	7,050
原子炉基礎	モーメント (kN・m)	1,070,000	463,000	518,772	583,496	482,000
	せん断力 (kN)	57,300	25,600	26,380	30,106	27,200

注1) Ss は、新耐震指針に基づく基準地震動に対する応答荷重で、弾性解析による評価値

注2) Sd は、新耐震指針に基づく弾性設計用地震動 (0.5Ss) に対する応答荷重で、弾性解析による評価値

注3) S2 は、旧耐震指針に基づく As クラス基準地震動に対する応答荷重で、弾性解析による評価値

注4) (S1) は、旧耐震指針に基づく A クラス基準地震動 S1 による地震力と静的地震力の大きい方の地震力に対する応答荷重で、弾性解析による評価値

注5) So は、新潟県中越沖地震時に観測された地震動に対する応答荷重で、弾性解析による評価値

2. 原子炉建屋設置機器の評価用震度

表2は、ほとんどの耐震設計上重要な機器等が設置されている原子炉建屋内において、それら機器等の構造強度等、耐震安全性を評価する上で基本となる、原子炉建屋各階における最大加速度(震度Gに換算)に関し、新耐震指針にもとづいて評価した結果である。

新耐震指針基準地震動である Ss による震度は、各階とも、耐震強化用地震動による震度を下回っており、設置される機器等の基準地震動に対する耐震安全は確保されていると考えられる。また、その値は、各階とも、新潟県中越沖地震時の震度を上回っている。

新耐震指針に基づく弾性設計用地震動 Sd による震度に対する発生応力が実際に弾性範囲にあることは設置される機器ごとに確認する必要があるが、表3に示すように、主要機器・配管系は弾性範囲にある。また、Sd に対応する震度が新潟県中越沖地震時の震度と同程度であることは同地震による影響が弾性範囲に収まっていたことを暗に示している。

なお、旧耐震指針における、S2 と (S1) に対応する震度をみると、(S1) に対応する震度の方が地上階ではいずれも上回っているが、これは設計時の静的地震動がとくに大きいという柏崎刈羽原子力発電所の特殊事情と考えられる。

表 2 : 新耐震指針による原子炉建屋各階における地震動評価結果 (単位 : G (= 980gal))

標高 (m)	Ss	Sd	S 2	(S 1)	So	Sr
49.7	2.10	1.18	0.97	0.91	0.94	2.47
38.2	1.56	0.81	0.67	0.78	0.75	1.78
31.7	1.31	0.65	0.58	0.69	0.64	1.51
23.5	1.16	0.59	0.51	0.62	0.54	1.35
18.1	1.11	0.55	0.47	0.58	0.59	1.31
12.3	1.07	0.54	0.42	0.44	0.57	1.30
4.8	0.97	0.50	0.34	0.36	0.52	1.31
-1.7	1.00	0.45	0.33	0.29	0.48	1.34
-8.2	0.91	0.38	0.33	0.25	0.44	1.25

- 注 1) Ss は、新耐震指針に基づく基準地震動に対応する評価震度
- 注 2) Sd は、新耐震指針に基づく弾性設計用地震動 (0.5Ss) に対応する評価震度
- 注 3) S 2 は、旧耐震指針に基づく As クラス基準地震動に対応する評価震度
- 注 4) (S 1) は、旧耐震指針に基づく A クラス基準地震動 S 1 による地震力と静的地震力の大きい方に対応する評価震度
- 注 5) So は、新潟県中越沖地震時に観測された地震動に対応する評価震度
- 注 6) Sr は、耐震強化用地震動に対する評価震度

3. 弾性設計用地震動による主要設備の耐震性評価結果

表 3 : 主要機器・配管の弾性設計用地震動による耐震性評価結果 (単位 : MPa (= N/mm²))

機 能	設備 / 評価部位	弾性設計評価		安全機能評価		
		発生値(Sd)	評価基準(IIIAS)	発生値(Ss)	発生値(Sr)	評価基準(IVAS)
止める	炉心支持構造物 / シュラウドサポート	50	246	60	72	334
冷やす	残留熱除去ポンプ / 基礎ボルト	10	350	14	15	350
	残留熱除去系 / 配管	135	274	206	339	364
閉じ込める	原子炉圧力容器 / 基礎ボルト	140	499	215	254	499
	主蒸気系配管 / 配管	158	281	217	279	374
	原子炉格納容器 / Sup.Ch . 出入口	14	137	(30)	29	164

- 注 1) シュラウドサポートは、前記表 1 の荷重条件からの一次応力・一般膜応力について評価
- 注 2) 残留熱除去ポンプ / 基礎ボルトは、前記表 2 の震度からせん断応力について評価
- 注 3) 残留熱除去系配管は、原子炉建屋や大型機器の地震応答解析から得られる床応答スペクトルにもとづき一次応力について、耐震強化後の値を評価
- 注 4) 原子炉圧力容器 / 基礎ボルトは、表 1 の荷重条件から引張応力について評価
- 注 5) 主蒸気系配管は、原子炉建屋や大型機器の地震応答解析から得られる床応答スペクトルにもとづき一次応力について、耐震強化後の値を評価
- 注 6) 原子炉格納容器 / サプレッションチェンバ (Sup.Ch .) 出入口は、表 2 の震度からせん断応力について評価。なお、Ss 欄の (30MPa) は、事故時荷重との組み合わせ地震動である弾性設計用地震動 Sd による評価結果で、Ss による評価結果の 24MPa を上回る。

参考3：補強工事後と補強工事前の構造強度安全裕度の比較

1. 残留熱除去系配管

表1：残留熱除去系配管の耐震強化工事前と工事後の構造強度安全裕度の比較

	強化工事前			強化工事後
	建設時((S1))	地震時	Sd 評価	Sd 評価
a. 発生応力 (MPa)	98	(239)	264	135
b. 弾性限 IIIAS (MPa)	274	274	274	274
c. 安全裕度 ((b-a)/b)(%)	~64	~13	~4	~51

注1) 建設時((S1))は、静的地震力または旧耐震指針S1による地震力

注2) 地震時は、新潟県中越沖地震時での代表評価値で、評価対象部位が建設時((S1))の評価部位と異なる場合がある。

2. 主蒸気系配管

表1：主蒸気系配管の耐震強化工事前と工事後の構造強度安全裕度の比較

	強化工事前			強化工事後
	建設時((S1))	地震時	Sd 評価	Sd 評価
a. 発生応力 (MPa)	146	(136)	202	158
b. 弾性限 IIIAS (MPa)	281	281	281	281
c. 安全裕度 ((b-a)/b)(%)	~48	~52	~28	~44

注1) 建設時((S1))は、静的地震力または旧耐震指針S1による地震力

注2) 地震時は、新潟県中越沖地震時での代表評価値で、評価対象部位が建設時((S1))の評価部位と異なる場合がある。

写

19 安 委 第 81 号
平成 19 年 11 月 15 日

経 済 産 業 大 臣
甘 利 明 殿

原子力安全委員会委員長
鈴 木 篤 之

新潟県中越沖地震による東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所への
影響を踏まえた検討に関する報告の要請について

原子力委員会及び原子力安全委員会設置法第25条の規定に基づき、別添のとおり報告を求め
るので、適切な対応をお取り計らい願いたい。

別添

新潟県中越沖地震による東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所への影響を踏まえた検討に関する報告の要請について

平成19年11月15日
原子力安全委員会

本年7月16日に発生した新潟県中越沖地震は、東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所に大きな影響を与えた。「止める、冷やす、閉じ込める」という原子炉の重要な安全機能は維持されたが、当初設計時の想定を超える揺れにより、周辺施設における火災や損傷等の発生が多数確認されており、また、各号機の炉内点検が現在進行中である。原子力発電所がこうした影響を受けたことは初めての事例であり、国民から原子力発電所の耐震安全性について不安や懸念が寄せられていることには、政府として十分留意する必要がある。

原子力安全委員会では、本年7月30日に、「新潟県中越沖地震による影響に関する原子力安全委員会の見解と今後の対応」を決定し、検討・実施を進めているが、地震という自然現象については、それに謙虚に学ぶ姿勢が重要であり、今回の地震から得られた多岐にわたる教訓を活かし、一層の耐震安全性の向上につなげていくことが、信頼回復への途であると考えている。

貴省原子力安全・保安院においては、現在、「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」を設置し、今回の教訓を踏まえた今後の対応等について検討を進めているところであるが、地震発生後約4か月が経過し、自衛消防及び情報連絡・提供のあり方、設備健全性の点検・評価の進め方等については既に具体化の段階にあると承知している。

原子力安全委員会は、専門的・中立的な立場から原子力の安全確保について調査審議を行うことがその任務であり、貴省の検討状況については、上記7月30日の当委員会決定に十分に応えた内容となっていることの確認も含め、当委員会としても厳格に審議していきたいと考えている。

このため、原子力委員会及び原子力安全委員会設置法第25条の規定に基づき、新潟県中越沖地震に関連する重要な検討事項（地震・地震動、運営管理・設備健全性、火災防護対策、情報連絡・提供等）について、貴省における検討の進捗に応じて、貴省から当委員会に報告することを求める。

参考資料 6

耐震安全性に関する調査審議体制の強化について

(19 安委決第 25 号)
(平成 19 年 12 月 20 日)
(原子力安全委員会決定)

原子力安全委員会は、昨年 9 月に「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の耐震安全性に係る安全審査指針類の改訂を行うなど、これまで原子力施設の耐震安全性の一層の向上に向けた取組を行ってきた。本年 7 月 5 日には、既設原子力施設の耐震安全性の確認（バックチェック）の結果や耐震安全性に係る最新知見について検討を行うため、「耐震安全性に関する調査プロジェクトチーム」を設置した。

こうした取組を行ってきた中で、本年 7 月 16 日に新潟県中越沖地震が発生し、東京電力㈱柏崎刈羽原子力発電所が大きな影響を受けた。原子力安全委員会では、7 月 30 日に「新潟県中越沖地震による影響に関する原子力安全委員会の見解と今後の対応」を決定し、これに基づき対応してきたところである。

今後、事業者及び原子力安全・保安院による柏崎刈羽原子力発電所の施設の健全性についての点検・評価作業が本格化する予定であり、原子力安全委員会としてもその進め方や結果について確認する必要がある。また、バックチェックに関しても、来年 3 月に事業者からの中間報告が行われる予定であり、その内容について検討を行う必要があるほか、「原子力発電所の地質、地盤に関する安全審査の手引き」の改訂に向けた検討を今後開始することとしている。

このように、耐震安全性に係る検討事項が具体化し、多岐にわたってきていることを踏まえ、原子力安全委員会として調査審議体制を強化することが必要であり、「耐震安全性評価特別委員会」（別紙 1）を新設して、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する。これに伴い、「耐震安全性に関する調査プロジェクトチーム」は、その機能を「耐震安全性評価特別委員会」に引き継ぐこととし、同プロジェクトチームは廃止する。

耐震安全性評価特別委員会の設置について

1 設置目的

原子力施設の耐震安全性の確保に関する事項について調査審議を行うため、耐震安全性評価特別委員会を設置する。

2 調査審議事項

耐震安全性評価特別委員会では、次の事項について調査審議を行う。

- ・既設原子力施設の耐震安全性の確認等に関する事
- ・新潟県中越沖地震により東京電力(株)柏崎刈羽原子力発電所の施設が受けた影響についての詳細な確認及びその健全性の評価に関する事
- ・「原子力発電所の地質、地盤に関する安全審査の手引き」の改訂に向けた検討に関する事
- ・その他原子力安全委員会が、耐震安全性に関して必要と認める事項に関する事

3 運営

本特別委員会の運営については、原子力安全委員会専門部会運営規程(昭和53年10月25日原子力安全委員会決定)を準用する。

4 構成員

別紙2のとおり。

耐震安全性評価特別委員会構成員

専門委員

秋山 宏	日本大学総合科学研究所教授
石田 瑞穂	独立行政法人海洋研究開発機構地球内部変動研究センター特任研究員
伊藤 智博	公立大学法人大阪府立大学大学院工学研究科教授
入倉孝次郎	愛知工業大学客員教授
大谷 圭一	元独立行政法人防災科学技術研究所防災総合研究部長
岡本 孝司	国立大学法人東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
奥村 晃史	国立大学法人広島大学大学院文学研究科教授
小山田 修	独立行政法人日本原子力研究開発機構原子力科学研究所長
鹿島 光一	財団法人電力中央研究所軽水炉高経年化研究総括プロジェクトリーダー
釜江 克宏	国立大学法人京都大学原子炉実験所 附属安全原子力システム研究センター教授
隈元 崇	国立大学法人岡山大学大学院自然科学研究科准教授
酒井 信介	国立大学法人東京大学大学院工学系研究科教授
笹谷 努	国立大学法人北海道大学大学院工学研究科教授
白鳥 正樹	国立大学法人横浜国立大学大学院工学研究院教授
住田 裕子	ふじ合同法律事務所弁護士
高倉 吉久	東北放射線科学センター理事
高橋 滋	国立大学法人一橋大学大学院法学研究科教授
塚田 隆	独立行政法人日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究部門研究主席
佃 栄吉	独立行政法人産業技術総合研究所研究コーディネータ
中西 友子	国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科教授
中埜 良昭	国立大学法人東京大学生産技術研究所教授
中村友紀子	国立大学法人新潟大学工学部建設学科講師
東原 紘道	独立行政法人防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター長
松岡 裕美	国立大学法人高知大学理学部応用理学科准教授
宮下由香里	独立行政法人産業技術総合研究所企画本部企画主幹
持尾 隆士	近畿大学生物理工学部教授
山岡 耕春	国立大学法人名古屋大学大学院環境学研究科教授
山崎 晴雄	公立大学法人首都大学東京大学院都市環境科学研究科教授

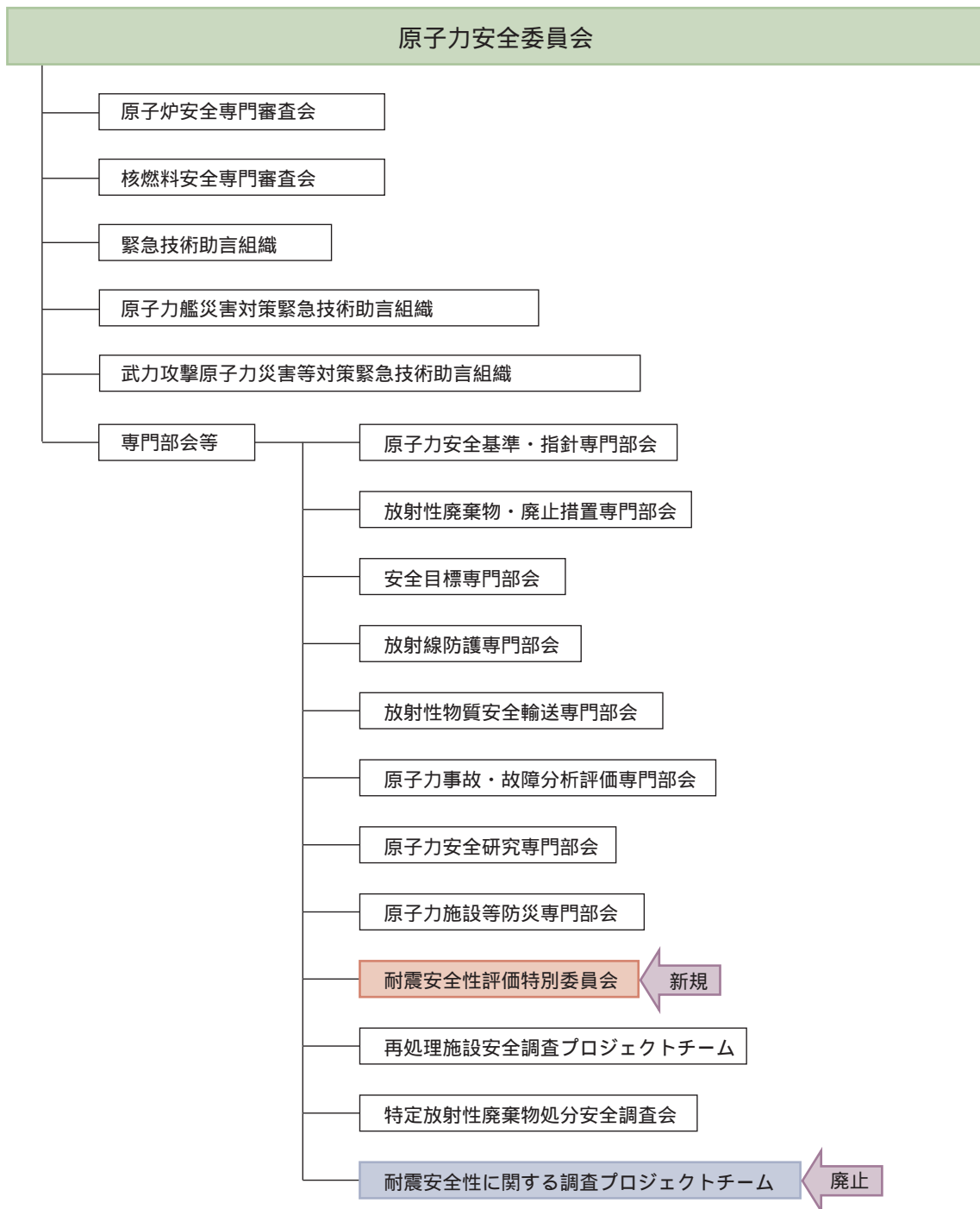
原子力安全委員会委員

東 邦夫
早田 邦久
久住 静代
中桐 滋

以上32名

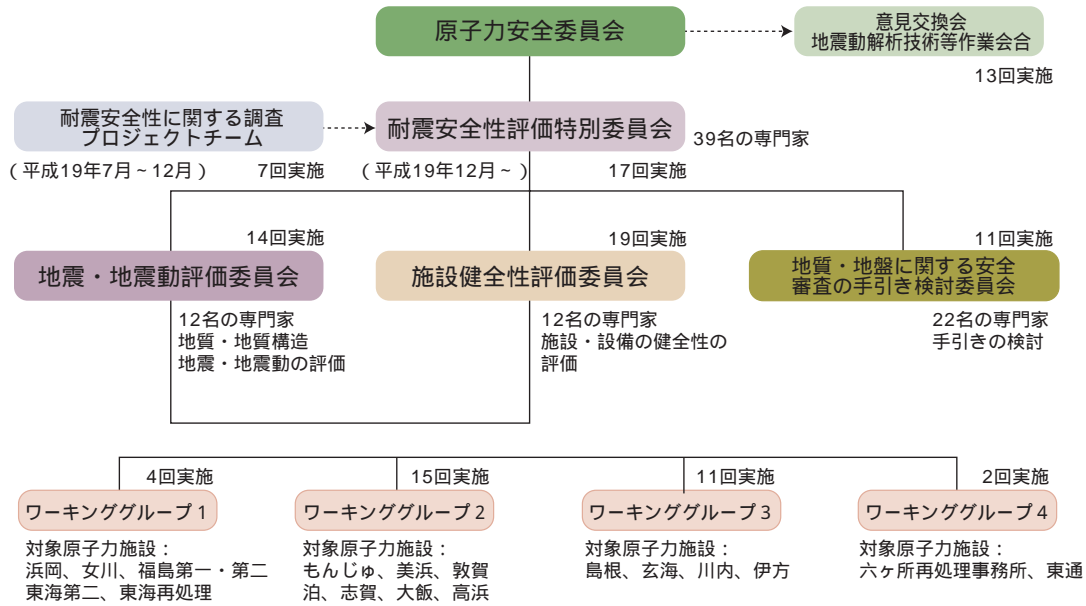
(参考)

専門部会等構成変更後の原子力安全委員会の組織



参考資料 7

耐震安全性評価特別委員会の審議体制 (平成21年2月末現在)



耐震安全性評価特別委員会等の構成 (平成21年2月末現在)

耐震安全性評価特別委員会 39名

委員長：入倉孝次郎（愛知工業大学）

副委員長：秋山 宏（東京大学）

委員：池田 安隆（東京大学）

伊藤 智博（大阪府立大学）

岡本 孝司（東京大学）

小山田 修（日本原子力研究開発機構）

加瀬 祐子（産業技術総合研究所）

川瀬 博（京都大学）

隈元 崇（岡山大学）

古関 潤一（東京大学）

笹谷 努（北海道大学）

住田 裕子（ふじ合同法律事務所）

高橋 滋（一橋大学）

谷 和夫（横浜国立大学）

徳山 英一（東京大学）

中埜 良昭（東京大学）

西村 昭（産業技術総合研究所）

松岡 裕美（高知大学）

持尾 隆士（近畿大学）

山崎 晴雄（首都大学東京）

佃 栄吉（産業技術総合研究所）

石田 瑞穂（海洋研究開発機構）

大谷 圭一（防災科学技術研究所）

奥村 晃史（広島大学）

鹿島 光一（電力中央研究所）

釜江 克宏（京都大学）

京谷 孝史（東北大学）

越村 俊一（東北大学）

酒井 信介（東京大学）

白鳥 正樹（横浜国立大学）

高倉 吉久（東北放射線科学センター）

田中 和広（山口大学）

塚田 隆（日本原子力研究開発機構）

中西 友子（東京大学）

中村友紀子（新潟大学）

東原 紘道（防災科学技術研究所）

宮下由香里（産業技術総合研究所）

山岡 耕春（名古屋大学）

米山 望（京都大学）

地震・地震動評価委員会 12名

主査：佃 栄吉（産業技術総合研究所）

副主査：釜江 克宏（京都大学）

山岡 耕春（名古屋大学）

委員：石田 瑞穂（海洋研究開発機構） 大谷 圭一（防災科学技術研究所）

奥村 晃史（広島大学） 隈元 崇（岡山大学）

笹谷 努（北海道大学） 東原 紘道（防災科学技術研究所）

松岡 裕美（高知大学） 宮下由香里（産業技術総合研究所）

山崎 晴雄（首都大学東京）

施設健全性評価委員会 12名

主査：秋山 宏（東京大学）

副主査：伊藤 智博（大阪府立大学）

小山田 修（日本原子力研究開発機構）

委員：大谷 圭一（防災科学技術研究所） 岡本 孝司（東京大学）

鹿島 光一（電力中央研究所） 酒井 信介（東京大学）

白鳥 正樹（横浜国立大学） 塚田 隆（日本原子力研究開発機構）

中埜 良昭（東京大学） 中村友紀子（新潟大学）

持尾 隆士（近畿大学）

地質・地盤に関する安全審査の手引き検討委員会 22名

主査：入倉孝次郎（愛知工業大学）

副主査：杉山 雄一（産業技術総合研究所）

中田 高（広島工業大学）

委員：伊藤 洋（電力中央研究所） 上田 圭一（電力中央研究所）

岡村 行信（産業技術総合研究所） 奥村 晃史（広島大学）

釜江 克宏（京都大学） 川瀬 博（京都大学）

隈元 崇（岡山大学） 笹谷 努（北海道大学）

鈴木 康弘（名古屋大学） 高橋 滋（一橋大学）

高橋 智幸（秋田大学） 谷 和夫（横浜国立大学）

佃 栄吉（産業技術総合研究所） 徳山 英一（東京大学）

翠川 三郎（東京工業大学） 宮下由香里（産業技術総合研究所）

山岡 耕春（名古屋大学） 山崎 晴雄（首都大学東京）

山中 佳子（名古屋大学）