

日本地震工学会 原子力発電所の地震安全の基本原則に関わる研究委員会
第4回委員会 議事録(案)

日 時：2017年3月7日(火) 13:30~17:00

場 所：田町スクエアビル会議室D

出席者：28名(敬称略)

高田毅(東大)、成宮(関西)、有田(三菱)、飯田(東北)、伊神(三菱)、井上(CTC)、
内山(大成)、梅木(中部)、金戸(東京)、神谷(原電)、北山(首都大)、蔵増(中
国)、小林(電発)、酒井(電中研)、佐藤(電中研)、白井(関西)、神保(東芝)、
高田孝(JAEA)、高橋(鹿島)、田中(鉄道総研)、田村(中国)、中村(阪大)、野
元(関西)、林(関西)、藤本(神大)、鈎(関西)、宮野(法大)、牟田(都市大)

配布資料：

- 4-1 第3回委員会 議事録(案)
- 4-2 第3回幹事会 議事録(案)
- 4-3-1 WG1用語の定義の進め方(案)【WG1】
- 4-3-2 「用語の定義」に記載する用語の案【WG1】
- 4-3-3 地震安全基本原則案 コメント対応表【WG1】
- 4-4-1 地震安全基本原則案に対するWG2における主要な審議状況【WG2】
- 4-4-2 地震安全基本原則 深層防護をふまえた耐震安全性の概念図(案)について【WG2】
- 4-4-3 原子力発電所の性能設計【WG2】
- 4-5 日本地震工学会「原子力発電所の地震安全の基本原則に関わる研究委員会」の活動予定

(参考資料)

- 4-参考1 委員名簿
- 4-参考2 日本地震工学会「原子力発電所の地震安全の基本原則」骨子案
- 4-参考3 日本原子力学会 2017年秋の大会(9/13-15)企画セッション提案書
- 4-3-参考1 日本原子力学会標準委員会原子力安全検討会 第19回 議事録(案)【WG1】
- 4-3-参考2 WG1 第6回会合 議事録(案)【WG1】
- 4-4-参考1 WG2 第7回検討会 議事メモ【WG2】
- 4-4-参考2 原子力発電所の設計と評価における地震安全の論理について<加筆>【WG2】

議 事：

1. 議事録確認

1.1. 委員会議事録確認（資料 4-1）

牟田幹事より、前回（第 3 回）委員会議事録の説明があった。特にコメントはなかった。

1.2. 幹事会議事録（資料 4-2）

林幹事より、第 3 回幹事会議事録（案）は前回（第 3 回）委員会で確認済みの旨の説明があった。

2. 各 WG の検討状況

2.1. WG1 の検討状況（資料 4-3-1、資料 4-3-2、資料 4-3-3）

高田孝 WG1 主査より、WG1 の検討状況の報告があった。

- ・用語の定義の進め方、用語の案について説明があった。名詞（句）のみでなく、動詞（句）的な表現も用語に含めていくこととなった。
- ・資料 4-3-3 p.6 コメント No.1-32「原則における社会性、使用性の扱い」他について議論となった。

Q：資料 4-3-3 p.6 の議論をするならば、原子力安全そのものの議論を再度する必要があるのではないか。

A：上位の基本原則との兼ね合いがある。使用性については、本基本原則で初めて触れている。

C：本基本原則で上位の基本原則の解釈を行うのであれば、その旨の記載が必要である。

A：基本的に上位の基本原則は変更しない方針である。ただし、変更の可能性については十分議論が必要との認識はある。

C：新潟県中越沖地震後においては、地震安全に関する詳細な議論は行えなかった。本基本原則では詳細な議論まで行いたい。安全性と使用性の関係性について議論が必要である。性能設計的な発想が必要である。弾性設計用地震動 S_d は仕様設計的であり、地震安全の中での位置付けの議論も必要と考えられる。

C：使用性と安全性のバランスが重要である。福島第一原子力発電所事故においても、仕様の基準を基に原子炉の安全性が議論されていた。また、安全性を議論する際に使用性をどう確保するかが大切である。

C：使用性と安全性が相対するものではないことを、誤解のないように説明できるようにしたい。

- C：使用性と安全性は切り離すことはできない。安全性の指標をどうするかが重要である。
- C：使用性（機能性）を議論できるのは本委員会しかない。
- C：コメント対応表の対応方針に、修正案を示して行く予定である。
- C：定義や適用範囲など、重要な項目は前の方に移動するなども考えている。コメントは随時受け付ける。
- Q：安全裕度と設計裕度は考え方が異なる。耐震設計の結果として安全裕度があるのはよいと思う。裕度の考え方の議論が必要ではないか。
- A：WG2で議論されている。
- C：用語の定義では、基本原則でどのようにその用語が使われているのかを示したい。

2.2. WG2の検討状況（資料4-4-1、資料4-4-2、資料4-4-3）

藤本WG2主査より、WG2の検討状況の報告があった。また、深層防護をふまえた耐震安全性の概念図（案）について、田村委員より説明があった。

- ・過酷事故状態でのシステムフラジリティ曲線は、個々の機器のフラジリティを基に多重性・多様性を考慮することにより、実現される。
- C：設計基準を超えた範囲で評価すべきことが残余のリスクである。今回説明された内容に関しては、実際の基準では行われているはずである。
- A：規制庁の審査や裁判の場では、許容値を超えるか否かの議論がなされているのみである。
- C：設計基準は安全性を担保するための基準であり、設計基準を超えた時点で必ずしも壊れないことを、十分に発信していかなければならない。
- A：その点を定量的に示せるのがフラジリティであると考えている。
- C：残余のリスクは新潟県中越沖地震以前に導入された概念である。余裕は様々な部分で考慮されており、真の裕度の議論は不毛であることが理解されるようになってきた。
- Q：現在PRAで使われているフラジリティが保守的なものであることを前提に議論されているか。
- A：保守性があることは認識している。内の事象の方とも考え方が整合するため、被害事例からフラジリティを作成することを研究している。米国では、資料4-4-3に示す機器単体の損傷頻度のみを利用して1.67倍の外力で設計している。機器グループの損傷頻度を使用した設計を行う必要があると考えており、高度化が必要である。SA設備の設計には積極的に利用していくことが大切で、従来の設計法とは異なることを発信すべきである。
- C：システムフラジリティの考え方は確定論的にも扱えそうである。
- Q：HCLPF値は審査では使わないのか。

- A：再稼働審査では使われていない。
- C：外力の設定では確率を用いるが、耐震設計では確率を用いない方がよい。深層防護レベル4の設計では、外力ではなく安全目標が設定されているべきである。深層防護レベル3までとは設計の考え方が異なっていてよいと考えられる。
- A：深層防護レベル4の設計においても、機器単体で安全目標を達成するなら単体の強度を上げる、多数の機器で達成するなら多重性・多様性を考慮する、どちらの考え方も選択できるようにしてもよいと考えられる。
- Q：使用性の考え方はここで議論されているフラジリティに組み込まれているのか。
- A：使用性と安全性は矛盾するものではない。
- C：実際にはフラジリティのような滑らかな形状にはならないが、このようなアプローチは可能であると考えられる。使用性、社会性などを鑑みてシステムフラジリティを検討するのがよいと思われる。
- C：使用性の観点から、スクラム起動時の地震動強さは低く設定されていると考えられる。
- C：スクラム地震動強さが社会性と関係ある指標の一つとも捉えられる。
- Q：多重性・多様性とは何を意味しているのか。
- A：多重性は同じ機器が複数あることであり、多様性は機器を異にする同じ機能が複数あることである。
- Q：フラジリティに致命的な機器などはないのか。
- A：直列システムでは、特定の機器によって致命的にならないように、単体機器の強度を上げることになる。
- C：損傷、機能の定義の仕方ではフラジリティ曲線は異なってくる。
- Q：地震によってSAが起こった後のフラジリティは示されていないと思われるが、検討されているのか。結果的にSAにはならないことを示しているだけのように見える。
- A：そうではない。
- C：しかし、SAが起こった後の議論にはなっていない。
- C：深層防護レベル4での設計の考え方であり。要求機能に対してシステムとして評価されるべきである。

2.3. WG3の検討状況（資料なし）

高田委員長より、WG3の検討状況の報告があった。

- C：地震ハザードの基本原則は、どういう取り扱いになるのか。基本原則にするのか、細則にするのか、解釈にするのか。その点について検討する必要がある。
- C：主要な項目は基本原則に、より技術的な面は細則に分類すると想定される。
- C：地震ハザード評価の基本原則を作成するのであれば、耐震設計の基本原則を同様

に作成してもよい。

- C：当初の骨子案では地震ハザード評価の基本原則は付録 E として付けるとされている。先ほど提案があったどのレベルにするのかも含めて検討して行くことになると思う。(資料 4-参考 2)
- C：同様に、耐震設計法の基本原則は付録 D に該当すると記載されている。(資料 4-参考 2)

2.4. その他

- Q：本基本原則では、斜面崩壊や断層変位などの事象は取り扱うのか。
- A：津波、斜面崩壊、断層変位など、地震に起因する随件事象については考慮する。
- C：本基本原則の検討範囲は多岐にわたるが、現在得られている情報を上手に使うとまとめていきたい。

3. 委員会に対する意見

各委員より、委員会に対する意見が述べられた。

- C：実務に供する基本原則を作成したい。深層防護レベルごとに設計の考え方を変えることには賛成である。炉心損傷と大規模放出の相対関係の議論を深められるとよい。
- C：深層防護の考え方は内的事象に対しては明快であるが、地震に対する深層防護の考え方を明快にしていきたい。“地震随伴”と“地震従属”の用語の使い分けも重要である。
- C：約 1 年の議論を経て、基本原則が分かりやすくなってきたと感じている。実務への適用と基本原則としてのあり方を適切にまとめていきたい。
- C：規制要件と安全目標のあり方について議論が必要である。安全目標は性能目標とは異なり死亡リスクであるとの認識。『安全目標』が最低限の要求ではなく、最低限の要求は社会の情勢によって変わりうることを踏まえて、PRA の数字の一人歩きには注意が必要である。
- C：耐震設計・評価に関する様々な手法を結び付けられる基本原則であるとよい。
- C：地震ハザードの基本原則を参考にしながら、耐震設計の基本原則の考え方を適切にまとめていきたい。
- C：機器の多重性・多様性は存在するが、建屋は一つしかないため、建屋の多重性・多様性との接続を適切に取り扱えるとよい。委員会の期間に縛られて、中途半端な基本原則にはしたくない。多少の期間延長は場合によっては必要である。
- C：地震に起因する SA に対する深層防護の成立性の説明はどのようにすれば可能なのかと考えていた。以前に比べて、多重性・多様性の考え方は明快になってきた。

また、用語の定義は非常に難しい。例えば、人によって“設計”の捉え方が異なっている。

- C：基本原則の作成に当たっては、科学的に厳密なものが重要である。さらに、一般の方々にも分かりやすい基本原則として提供できるとよい。
- C：新知見、プラントの環境変化があった時に、例えば地震動の設定や設計にどうフィードバックして行くべきかを整理したい。基本原則と実務が適切に繋がるようにしたい。
- C：東北地方太平洋沖地震以前の知見を適切に反映した設計・評価が行われていれば、日本の原子力発電所は世界に評価されたと考えている。基本原則によって、福島第一原子力発電所事故の教訓を適切に反映できるのか、気になるところである。
- C：人それぞれ基本原則の捉え方は異なってくると考えられる。
- C：フラジリティからものを作るのは難しい。今後は、基本原則の適用実例の作成に貢献したい。Bクラス機器の損傷に起因する敷地外への放射性物質の大規模放出については議論が必要と考えている。
- C：現状の規制と基本原則との関係性はどうか考えている。基本原則が規制庁や国民に受け入れられなければ意味がない。震源を特定せず策定する地震動は議論が多々ある部分であり、誰もが中立的に納得できるような方法論である基本原則でありたい。
- C：審査で基本原則を使用していくためには審査側への周知が必要である。基本原則が出来上がった後にどういう活動をして行くべきか、考える必要がある。
- C：基本原則を実際に使うことを考える必要がある。検討対象分野が多岐にわたるので、議論の際には主題を明確にさせる必要がある。また、深層防護レベル4では人のアクションも重要な要素であり、運用に係る基本原則についても考えていきたい。
- C：地震発生後における機器損傷の余裕時間の考え方を取り込むことが大切である。実務に供する基本原則にするための、フラジリティの多重性・多様性のモデル化が難しいと感じている。確率論的評価結果の幅があることを理解して、基本原則を用いた結果として、今後の問題解決のための道筋が示せるとよい。
- C：地震は共通原因損傷との考えから、地震の深層防護は成立しないと感じていた。全て確率論を用いたフラジリティ評価ではなく、一部の機器は基準地震動 S_s の何倍で設計するという発想があってもいいのではないかと考えている。
- C：不確実性はあるなかでも外力は頻度と結びつける必要がある。米国では、外力の頻度と機器の HCLPF が密接に関連している。日本にも同じような考え方を取り入れてもよいのではと考えている。
- C：地震安全に対して深層防護が適用できるのかが命題であると認識している。性能レベルに対する地震安全の要求について、基本原則にうまく記載できるとよい。

その裏返しとしての地震ハザード評価では、基本原則においてどう表現するのがよいか、“最大級”や“否定できない”、“将来の可能性”といった表現を使わずに記載できないかと考えている。原則全体が、すべての関係者に理に適っていてロジカルなものであると理解されるようなものにしたい。

- C：基本原則の表現は非常に抽象的なものであるが、どのように仕上がっていくのか非常に興味がある。
- C：基本原則の作成を通じて、耐震設計とフラジリティの関係など明確にしていきたい。
- C：出来る限り皆の思いが反映された基本原則にしたい。実務に供するきっかけとなる基本原則ができるとうい。今後、地震安全に関する議論を進めて行くためのエビデンスとしたい。
- C：原子力学会で発刊した“地震安全の論理”は、兵庫県南部地震や新潟県中越沖地震後に原子力施設の安全性を示すためのものとして作成した経緯がある。価値観は周辺環境によっても変化するので、コミュニケーションを大切にする必要がある。リスク評価は必ずしもPRAではない。出来上がった基本原則は今後の研究の題材にもなっていくと考えられる。

4. 今後の予定、その他

4.1. 原子力学会秋の大会（資料4-参考3）

高田孝 WG1 主査より、原子力学会 2017 年秋の大会（9/13-15 北海道大）において、企画セッションを計画している旨の説明があった。

また、高田委員長より、日本地震工学会大会（11/13,14 東大）においても、同様にオーガナイズドセッションを計画している旨の説明があった。（資料4-5 参照）

4.2. スケジュール（資料4-5）

高田委員長より、今後のスケジュールの説明があった。報告書の作成に当たっては、各委員に執筆分担を協力いただきたいとの依頼があった。

また、次回以降の委員会は次の通り予定されている。

- ・第5回委員会 2017年7月14日（金）13：30～ 建築会館
- ・第6回委員会 2017年12月21日（木）13：30～ 建築会館
- ・第7回委員会 2018年3月20日（火）13：30～ 建築会館

以上