

## 第8回核燃料施設リスク評価分科会議事録

1. 日 時 2015年5月21日（木） 13:30～16:10
2. 場 所 電力中央研究所 大手町ビル7階 第4会議室
3. 出席者（敬称略）
  - （出席委員） 村松主査，吉田副主査，眞部幹事，浅沼，阿部，石田，糸井（途中出席），武部，橋本，原口，藤田，美原，牟田（13名）
  - （欠席委員） 関根，平野，山中（3名）
  - （出席常時参加者）内山，河野，高梨，高橋，寺山，松岡，松村，横塚（8名）
  - （欠席常時参加者候補）成宮（関西電力）（1名）
  - （説明者）玉置（JAEA），吉田（原子力規制庁）（2名）
  - （傍聴者）柿木（原子燃料工業），甲地（日本原燃），古賀（原子燃料工業），森（原子力規制庁），三浦（日本原燃），山手（原子力規制庁）（6名）
4. 配付資料
  - RK5SC8-0 リスク専門部会 第8回核燃料施設リスク評価分科会 議事次第
  - RK5SC8-1 第7回核燃料施設リスク評価分科会議事録（案）
  - RK5SC8-2 Index法による頻度指数及び確率指数について
  - RK5SC8-3-1 平成26年度中間評価調査票「C04 加工施設のリスク評価に係る研究」
  - RK5SC8-3-2 R.P. Kennedy, "Overview of methods for Seismic PRA and Margin Analysis Including Recent Innovations," Proc. of the OECD-NEA Workshop on Seismic Risk, Tokyo (1999)
  - RK5SC8-4-1 床応答スペクトルの直接計算法について
  - RK5SC8-4-2 建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説（抜粋）
  - RK5SC8-4-3 質点系モデルによる加速度応答倍率
  - RK5SC8-5 簡易地震リスク評価手順の検討の現状と今後の方針
5. 議事概要及び決定事項
  - (1)人事案件
    - 村松主査より，本分科会への常時参加を希望されている成宮祥介氏（関西電力）の常時参加者登録について提案があり，審議の結果，承認された。
  - (2)前回議事録（案）の確認（RK5SC8-1）
    - 前回議事録（案）について承認された。
  - (3)Index法による頻度指数及び確率指数について（RK5SC8-2）
    - JAEA玉置氏より，Index法による頻度指数及び確率指数の設定の考え方について説明があった。審議の結果，利用可能な評価方法の例として標準に取り込んでいく方向で，具体的な文案を検討していくこととなった。
  - (4)簡易ハイブリッド法による地震リスク評価およびUF<sub>6</sub>のリスク評価研究の現状（RK5SC8-3-1, 8-3-2）
    - 原子力規制庁吉田氏より，簡易ハイブリッド法による地震リスク評価およびUF<sub>6</sub>のリスク評価研究の現状について説明があり，内容について共有した。

(5)床応答スペクトルの直接計算法等について (RK5SC8-4-1～8-4-3)

高橋常時参加者より、床応答スペクトルの直接計算法などについて説明があった。審議の結果、簡易地震リスク評価における耐震計算の評価精度に応じた評価ステップのフローの一次案を作成し、次回会合にて審議することとなった。

(6)地震リスク簡易評価手法の検討の現状と今後の方針について (RK5SC8-5)

村松主査より、地震リスク簡易評価手法の検討の現状と今後の方針について説明があった。審議の結果、リスク評価結果の使い方を本標準に盛り込むべきかについて、拡大幹事会で議論した上で、再度、次回会合で審議することとなった。また、地震ハザード評価の課題への対応を検討いただける方について、別途、拡大幹事会で検討することとなった。

(7)その他

第9回会合は以下を予定。

日時：6月29日(月) 13:30～17:00

場所：電力中央研究所 大手町ビル7階 第4会議室

## 6. 議事詳細

議事に先立ち、眞部幹事から、開始時点で委員16名中12名の出席があり、分科会成立に必要な2/3以上の定足数を満足している旨、報告された。

また、村松主査より、昨日(5月20日)より、再処理・リサイクル部会傘下の核燃料サイクル施設シビアアクシデント研究ワーキンググループのフェーズⅡの活動が開始され(再処理施設で発生が想定しうる事故の影響評価方法に関する現状の整理、課題の把握、課題解決の方法を検討)、また、本年2月頃より、標準委員会原子力安全検討会傘下の原子力安全分科会において、再処理施設の基本的な安全の考え方の検討が進められており、今後、これらの活動と連携をとって進めていきたいとの説明があった。

### (1)人事案件

村松主査より、本分科会への常時参加を希望されている成宮祥介氏(関西電力)の常時参加者登録について提案があり、審議の結果、承認された。

### (2)前回議事録(案)の確認

眞部幹事より、RK5SC8-1に基づき、前回議事録(案)の概要について説明が行われ、承認された。

### (3)Index法による頻度指数及び確率指数について

JAEA玉置氏より、RK5SC8-2に基づき、Index法による頻度指数及び確率指数の設定の考え方について説明があった。主な質疑は以下のとおり。

C：ご説明いただいた方法について、了解いただければ、利用可能な評価方法の例として標準に取り込んでいきたい。

Q：RK5SC8-2の10ページの人的過誤に対する確率指数の適用法に関し、具体的な情報を導出したと記載されているが、報告書著者(玉置氏)が導出したのか。

A：そうである。

Q：RK5SC8-2の10ページの人的過誤に対する確率指数の適用法に関し、運転員の習熟度、対応時間、作業内容の難易度などの優劣を判定し、好ましい状況を2つ計上できる場合には確率指数として-1を加えることができると提案されているが、優劣の判定をどのように行うのか。

A：例えば消火作業に対して、習熟度を考える場合、運転員の訓練だけでなく、専門の消火隊を設けている場合に考慮できると考える。また、対応時間についても、定量的にどの程度とは言えないが、消火までの時間が長くても影響が顕在化しないような場合には考慮できると考える。

Q：同様に、作業に対して好ましくない状況がある場合、確率指数として+1を加える検討を行うと提案されているが、「好ましくない状況」はどのように判定するのか。

A：例えば、火災が発生した場所が管理区域内や高放射線場である、又は、延焼しないように早期の消火が必要であるといったことが考えられる。

C：米国における再処理施設のリスク評価手法に関するNRCスタッフの提案では、高影響事象については、人的過誤やシステムの複雑さも考慮してPRAを推奨しており、影響の程度に応じたリスク評価手法の選択が重要と考える。従って、ここでは、比較的影響の低いものに対して適用することを前提に議論して欲しい。

Q：地震起因のリスク評価に用いる人的過誤率は、説明いただいた内的事象のインデックスを使えるのか。

A：データベースの元になっているのは、内的事象であり、地震時に適用する際には、例えば、内的事象の人的過誤に関するインデックスをベースとして、ストレスレベルが高いことを考慮してインデックスを+1とするような方法が考えられるが、詳細な検討が必要と考える。

C：内的事象の人的過誤率のインデックスとして-1が与えられている場合、例えば、地震時のストレスを考慮して+1にすると0になってしまうので、検討が必要。

C：ご説明いただいた内容は、JNESの手順書をまとめる際にも全面的に取り入れた。今回、説明を省略された故障継続時間の考え方（頻度指数を確率指数に変換する際に必要）についても、標準へ取り込んでいただきたい。

C：データが揃っていない場合の扱いも含めて検討する必要がある。

C：軽水炉の地震PRA標準における人的過誤率の取り扱いについては、データがない場合でも、保守的に内的事象の人的過誤率の数倍を乗じて設定した上で、感度解析によって影響を把握することになっており、基本的には、その方法を踏襲することになると思う。なお、サイクル施設にも数倍の余裕を考慮するかについては、軽水炉に比べて時間余裕があるため、ストレスレベルのような因子については、内的事象と同じで良いのかもしれない。そのような点を考慮して評価方法を考えることになると思う。

C：具体的な検討は、別途原案を作る段階で議論していきたい。

#### (4)簡易ハイブリッド法による地震リスク評価およびUF<sub>6</sub>のリスク評価研究の現状

原子力規制庁吉田氏より、RK5SC8-3-1、8-3-2に基づき、簡易ハイブリッド法による地震リスク評価およびUF<sub>6</sub>のリスク評価研究の現状について説明があった。主な質疑は以下のとおり。

Q：六フッ化ウランのエアロゾルの挙動をMELCORコードで解析したとのことであるが、どのような解析モデルで行ったのか。

A：一つの広い部屋をいくつかのボリュームに区切り、ボリューム同士の境界の面積をジャンクションの流路面積と仮定して評価している。なお、詳細な流動性などは追いきれていない。

Q：工程室間の空気の流れのドライビングフォースは何になるのか。

A：シリンダーのようなものにUF<sub>6</sub>が封入されていると仮定して、その中に圧力をかけ、そこからUF<sub>6</sub>が飛び出るといった概念である。

Q：UF<sub>6</sub>は非凝縮性ガスとして扱っているのか。

A：そうである。MELCORでは、UF<sub>6</sub>と水の反応は取り扱えないため、瞬時にHFとUO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>が生成し、その勢いで飛び出ると仮定している。

Q：MOX燃料加工施設の地震を起因としたISA試解析において、地震ハザード曲線はどのようなものを使用したのか。また、フラジリティは耐震重要度に基づいて設定したとされているが、簡易ハイブリッド法で評価を行ったのか。

A：地震ハザード曲線は、六ヶ所再処理工場向けの旧来のハザード曲線を使用した。フラジリティ評価については、簡易ハイブリッド法により評価を行ったが、耐震重要度に応じて数段階のフラジリティを設定し評価した。

Q：地震ハザードに関し、簡易ハイブリッド法では平均ハザード曲線、地震PRA手法ではハザード曲線と記載されているが、違いについて教えて欲しい。

A：簡易ハイブリッド法は米国で提案されている手法であり、米国では、地域ごとに平均的なハザード曲線が設定されているようである。学会標準で要求しているハザード評価における不確かさ評価を行った上での平均ハザード曲線とは概念が違うと思う。

Q：Kennedyの論文では、CDFM（Conservative Deterministic Failure Margin; 保守的な決定論的損傷裕度）法は、Appendix Aを見ると、84%の信頼度のハザード曲線を使用しているが、発生頻度評価の際には平均値のハザード曲線を使用するということか。

A：そうである。CDFM法による応答値を算出する際は84%の信頼度のハザード曲線を使用し、C<sub>10%</sub>やH<sub>10%</sub>に換算して発生頻度を算出する際には平均ハザード曲線から算出したものを使用すると認識している。

Q：化学的影響の判断基準として米国の環境保護庁（EPA: Environmental Protection Agency）が制定したAEGL（Acute Exposure Guideline Level; 急性曝露ガイドラインレベル）が適切であるとし、その理由の一つに「感受性の高い個人も検討対象としており、他の基準よりも保守的に設定されている。」とされているが、米国での制御室の居住性の評価においては、NUREGにおいて、IDLH（Immediately Dangerous to Life or Health; 生命・健康に対する差し迫った危険性）がベースとなっている。この適用の違いについてどのように考えているか。

A：AEGLは主に周辺公衆が対象であるが、米国のISAにおいては、周辺公衆及び従事者に対してAEGLの各レベルが適用されており、それに倣った。IDLHについては、AEGL-3に近く危険性が高いものであるため、周辺公衆に対しては適用できないと考えられる。

Q：リスクレベルマトリックスの利用目的として、重大事故の候補の選定の目安とされているが、ウラン加工施設の場合は、100mSvや1 Svの領域に該当するものはないのではないかと。

A：ご指摘の通りと思うが、将来的には、再処理施設への活用も念頭においているのでこのような結果となった。リスクレベルマトリックス自体もまだ検討中である。

#### (5)床応答スペクトルの直接計算法等について

高橋常時参加者より、RK5SC8-4-1～8-4-3に基づき、床応答スペクトルの直接計算法などについて説明があった。主な質疑は以下のとおり。

C：説明いただいた内容は、時刻歴応答解析を行わなくとも、スペクトルを使って推定することができるというものであるが、計算するためのパラメータは実際の機器の設計情報に基づいて決める必要がある。計算そのものの手間は省けるが、パラメータを決める手間はそ

れなりに必要と考える。

Q：RK5SC8-4-1 の 760 ページの時刻歴応答計算法と直接計算法による床応答スペクトルの比較において、形状はほぼ合っているが、ピーク値に違いがある。問題とならないのか。

A：機器に発生する慣性力を計算するのにどれぐらいの加速度が機器に作用するかを求めるために床応答曲線を使用する。ピーク値となる周期帯の応答を用いて設計を行う場合には、手法によって機器に作用する加速度が異なることになるため問題となる。ただし、一般的には、建物の固有周期とずらすように機器設計を行うことを考えると、ピーク値以外の周期帯では応答はほぼ合っているため、使えると思う。

C：一般的に、建屋は、強振動下では初期の弾性周期からかなり痛んでひび割れが入り、周期が長くなるため、ピークはその間で平均化されると思う。このため、実際には、RK5SC8-4-1 に記載があるようなピークが立つことはなく、大きな差は生じないと思う。RK5SC8-4-1 で記載されている比較は、構造物が完全に弾性であるとした周期帯で評価したものであるため大きな差が生じていると思う。

C：今回この手法を使うとすれば、RK5SC8-3-2 で紹介いただいた簡易ハイブリッド法の Determine the Component HCLPF Capacity を求める際に、米国では実際に応答スペクトルをベースに評価しているので、今回紹介のあった動的効果を考慮して算出していくことが考えられる。

Q：静的震度法に基づく耐震設計ではスペクトルを仮定していない。

A：まずは、静的震度に基づく評価をベースに、裕度が 1 となる静的震度レベルを求め、それと文科省地震調査研究推進本部（推本）のハザードを用い、地震リスク（RK5SC8-3-2 の 13 ページの P<sub>F</sub>）を求めることが考えられる。その結果が厳しいようであれば、次のステップとして、RK5SC8-4-2 の簡易スペクトル法を用いて裕度が 1 になる震度レベルを求め、それと推本のハザードを使って少し詳細な評価を行う。それでもなお厳しい場合は、入力動のスペクトルをもう少し精緻に評価し（ハザード評価に近い手法）、RK5SC8-4-2 の応答スペクトル法若しくは既往の論文の手法を用いて増幅効果をより精緻に評価するといった何段階かのステップになると思う。

C：ご提案いただいた評価ステップのフローを文書で整理いただきたい。

A：了解。次回会合で 1 次案を提示したい。なお、 $\beta$  については別途検討が必要。

C：耐震 B、C クラスの代表的な機器を対象に、既に評価を行っている時刻歴応答解析に基づく応答と、今回提案いただいた簡易的な手法での応答にどの程度の差がでるか検討いただけないか。

A：耐震 B、C クラスの機器は時刻歴応答解析を実施していないため、評価する場合は、耐震 S クラス機器を対象に検討することになる。簡易的な評価手法が見えてきた段階で、実施可能性も含め検討したい。

Q：評価ステップの選定について、「なお厳しい場合」をどのように考えるか。

A：例えば、リスクマトリックスの境界付近にある場合に、より丁寧な手法を選択することが考えられる。

C：「なお厳しい場合」というよりは、影響の程度に応じて評価精度を選択するということになると思う。

C：本件については、本日の会合で議論した方向で検討を進めたい。

(6)地震リスク簡易評価手法の検討の現状と今後の方針について

村松主査より、RK5SC8-5（第6回分科会資料 RK5SC6-7の改訂版）に基づき、地震リスク簡易評価手法の検討の現状と今後の方針について説明があった。主な質疑は以下のとおり。

- C：2次元リスクマトリックスの使い方について、本分科会で当面重点を置いて検討が必要とのことであるが、リスク評価手法の標準として言及する必要があるのか。
- A：IROFSの優先順位に活用するなどの具体的な使い方の想定がないと標準は作成できないのではないかと考える。
- C：本標準は、発生頻度評価と影響評価の手順を作成するものであり、その結果得られるリスクをどう使うかは、解析者が考えれば良いことだと思う。
- A：他の標準作成においても、目的を記載すべきか検討している分科会があり、こういうことができる程度のもをを目指しているということが合意されていないと、例えばIndex法で良いとする理由付けができないと考える。
- C：ISAの3区分のマトリックスは、評価精度との関連で提案しているものであり、必ずしも簡易リスク評価の結果の示し方としてベストな方法ではないと思う。それを使って何をやるかによって変わってくるものであり、それをどう使うかによって結果の整備の仕方まで標準に記載する必要はないと考える。
- C：今年の原子力学会春の年会のリスク専門部会のセッションにおいて、リスク専門部会の標準は今後どう使うかを考えたものにしますとの趣旨の説明がなされていた。
- C：2次元リスクマトリックスによる提示方法のための標準ということに記載する必要はないと思うが、有用な使い方の例として解説にあっても良いのではないかと考える。RK5SC8-5では、2次元リスクマトリックスだけについて記載しているが、誤解を与えるので見直す必要がある。
- C：使い方に応じて、こういう手法を選んでくださいというような記載にしていくことが必要だと思う。
- C：RK5SC8-5の記載を拡大幹事会で再度修正・検討し、次回会合にて、再度議論することとしたい。
- C：地震ハザード評価の課題への対応を検討いただける方を決定する必要がある。
- A：拡大幹事会において検討して提案する。

(7)その他

第9回会合は以下を予定。

日時：6月29日(月) 13:30～17:00

場所：電力中央研究所 大手町ビル7階 第4会議室

以上