

## 第6回核燃料施設リスク評価分科会議事録

1. 日 時 2015年3月18日（水） 13:30～17:00

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，関根，武部，橋本，平野，藤田，美原，山中（14名）

（欠席委員） 牟田（1名）

（出席常時参加者） 内山，河野，高梨，高橋，寺山，松村，吉田（7名）

（欠席常時参加者） 松岡（1名）

（傍聴者） 柿木（原子燃料工業），古賀（原子燃料工業）（2名）

4. 配付資料

RK5SC6-1 第5回核燃料施設リスク評価分科会議事録（案）

RK5SC6-2 NUREG/CR-7168 “Regulatory Approaches for Addressing Reprocessing Facility Risks: An Assessment”の概要

RK5SC6-3 再処理施設のセル内有機溶媒火災の解析手法のレビュー結果

RK5SC6-4 山手 他，「ウラン加工施設を対象とした総合安全解析手法の開発」，日本原子力学会和文論文誌，Vol.10, No.2, p.105-118 (2011)

RK5SC6-5 吉田，村松，「核燃料施設における地震リスク低減方策の検討へのリスク評価の活用に関する検討」，JAEA-Research 2007-064（抜粋）

RK5SC6-6 宮道 他，「地震被災実績に基づく耐震 B, C クラス配管の脆弱性に関する研究」，日本原子力学会「2014年春の年会」L45 他

RK5SC6-7 地震リスクの簡易評価手法の検討の進め方（案）

5. 議事概要及び決定事項

(1) 前回議事録（案）の確認（RK5SC6-1）

前回議事録（案）について承認された。

(2) NUREG/CR-7168 の概要紹介（RK5SC6-2）

眞部幹事より，「再処理施設リスクに向けた規制アプローチ：評価」と題した NUREG レポートの概要が紹介された。レポートには標準の検討で考慮すべき事項に係る情報は含まれていないが，再処理施設のリスク評価について世界的な動向が整理されており，このリスク評価に対する基本的な考え方は，米国 NRC と当分科会とで差異がないことを確認した。

(3) 再処理施設のセル内有機溶媒火災の解析手法のレビュー結果（RK5SC6-3）

石田委員より，第4回分科会で説明された「セル内有機溶媒火災の評価について（RK5SC4-2）」について，レビューした結果が報告された。レビューは学会論文として公開されている評価事例との対比により，手順上の重要な項目に漏れがないか及び評価手法のバリエーションや選定根拠を認識する形で成された。当該事象では，着火確率が重要であり，有機溶媒の着火実験の結果等を調査すると共に着火確率評価の考え方を引き続き検討することとした。

(4) ウラン加工施設を対象とした総合安全解析手法について（RK5SC6-4）

高梨常時参加者より，旧 JNES で開発したウラン加工施設を対象とした総合安全解析手法の概要が説明された。策定を目指す標準の概略評価において，起因事象の発生頻度，機器故障率

等および評価結果のリスクをオーダーで取り扱うか否かの検討が必要であり重要な課題であることを確認した。

(5) ウラン加工施設の地震時のリスク評価手法について (RK5SC6-5)

吉田副主査より、ウラン加工施設での地震時のハザード分析、放射性物質の放出量および環境中での拡散評価法の検討事例の紹介があった。今回紹介された評価手法を用いて上限的な影響評価を試行し、地震リスク評価手法を検討する上での参考にすることとした。

(6) 地震被害に基づくB, Cクラス配管のフラジリティ評価について (RK5SC6-6)

武部委員より、地震被災実績に基づく耐震B, Cクラスの配管のフラジリティ評価例の紹介があった。地震被災実績に基づくフラジリティ評価の適用について前向きに検討すること、東海再処理工場の被災データ提供の可能性について確認いただくこと、及び、配付資料RK5SC6-6の具体的な内容の説明依頼を著者或いは共著者に打診することとなった。

(7) 地震リスク簡易評価手法の検討の進め方について (RK5SC6-7)

村松主査より、地震リスクの簡易手法の検討について、検討課題及び今後の進め方の案が説明された。地震リスク簡易手法の原案作成について、拡大幹事会の場を利用して、専門家に集まっていたいで検討・作成の上、分科会で議論することとなった。また、機器フラジリティ評価について検討していただける方を探す必要があり、別途関係者に相談することとなった。

(8) その他

今後の開催は以下を予定。

第7回 日時：4月22日(水) 9:30～12:30

第8回 日時：5月21日(木) 13:30～17:00

第9回 日時：6月29日(月) 13:30～17:00

## 6. 議事詳細

議事に先立ち、吉田副主査から開始時点で委員15名中、14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。

(1) 前回議事録(案)の確認 (RK5SC6-1)

前回議事録(案)について承認された。

(2) NUREG/CR-7168の概要紹介 (RK5SC5-2)

眞部幹事より、RK5SC6-2に基づき、再処理施設のリスク評価について世界的な動向が整理されている「再処理施設リスクに向けた規制アプローチ：評価」と題したNUREGレポートの概要が紹介された。主な質疑は以下のとおり。

C：六ヶ所再処理工場向けに開発された手法(QSA ; Quantitative Safety Assessment)は、改良ISAとしているが、簡易PRAと考える。単純なISAの改良版と言うよりは、PRAを目指した手法と位置づけられると考える。

C：引用している文献が古い。当初は簡易PRAを目指したが、その後の評価の精度向上でPRAに近づいている。

C：NRCのISAは、化学的影響など放射線影響以外も考慮しているので「Integrated」としている。評価の精度が向上している点だけに着目してQSAはISAの改良版とすべきではない。

(3) 再処理施設のセル内有機溶媒火災の解析手法のレビュー結果 (RK5SC6-3)

石田委員より、RK5SC6-3に基づき、第4回分科会で説明された「セル内有機溶媒火災の評価について (RK5SC4-2)」について、学会論文として公開されている同種の事故の評価事例との対比でレビューした結果が報告された。主な質疑は以下のとおり。

- C: 記載内容の確認だけでなく、どのような情報が必要かとの視点でレビューされており、標準に記載すべき事項を検討する上で参考になると考える。このレビュー結果をもとに再処理施設のPRA経験者を中心に本文、附属書(規定)および附属書(参考)での具体的な記載内容について検討したい。
- C: 着火確率に係るデータは、十分でない。評価事例での取扱を参考にすることが考えられる。
- C: 六ヶ所再処理工場の評価例では、放置すれば1年に一回は着火することがあり得ると仮定している。
- C: 学会の口頭発表で、JNFLより有機溶媒は容易には着火しないとの実験結果が報告されているが、論文の形で公開されていない現状では、標準での参照の可能性を検討する必要がある。分科会の場で説明してもらうことの可能性も検討する必要がある。
- C: MAR(放射性物質の存在量)は、設備設計、事故シナリオに大きく依存するので標準でどのように記述するか検討する必要がある。DR(事故の影響を受ける割合)もMARほどではないが同様のことが言える。
- C: 評価事例では、1時間の漏えいを仮定している。PRAでは、このような時間に関する設定が必要なケースが多々あり、地震PRAなどでは使命時間の例を示しているが、評価者の考えに基づき設定しているのが現状である。標準としては、設定における基本的な考え方を示すのが望ましいので今後検討したい。
- Q: 参照した評価例で、HEPAフィルタの効率に係る実験データは、旧式のフィルタに関するデータをもとに実際に使用される大風量フィルタに適用できるよう補正しているとしているが、どのように補正しているのか? フィルタ性能は評価上重要なので参考情報として標準に含めるべきと考える。
- A: 論文に詳細な記述がないようなので、評価者に確認する。
- C: 着火の可能性の十分条件に至るエネルギー源の評価も着火の可能性を評価する上で重要と考える。
- C: 着火の可能性はハザード分析の一部としてエネルギー源の存在とその大きさ等を考慮して評価する事項と考える。
- C: 着火確率は有機溶媒火災の発生頻度を大きく左右する支配的因子であることから、**graded approach**によるリスク評価(頻度と影響に着目した評価)の観点からは重要な因子である。着火確率評価の考え方は今後検討する必要があるが、標準として記載すべき重要な事項である。
- C: 分科会資料のRK5SC4-2には、静電気程度でのエネルギーで引火するようなデータの記載があるが、溶媒の温度が比較的高いときのデータであり、誤解を招かないように溶媒温度とのセットで記述する等の考慮が必要である。

(4) ウラン加工施設を対象とした総合安全解析手法について (RK5SC6-4)

高梨常時参加者より、RK5SC6-4に基づき、旧JNESで開発したウラン加工施設を対象とした総合安全解析手法の概要が説明された。主な質疑は以下のとおり。

- C: 後半部分のIROFS(安全確保項目)の重要度評価は、リスク評価結果の応用先として保守管

理の優先度付けを想定して整備されたと記憶するが、リスク評価に係る今回の標準の趣旨とは異なるものとする。

C: 施設の安全性向上を合理的に進める中では、優先順位を考える上で対策の向上効果を把握することも重要であり、策定を目指す標準の中での扱いを考えていく必要がある。

Q: 内の事象を対象とする評価手順であるが、地震等の外的事象にも適用できるか?

A: 地震動に係る評価は含んでいないが、内の事象と外的事象のリスクを評価する基本的な流れは、変わらないと考えるので、評価の枠組みは適用可能と考える。

C: リスク評価結果はレベルマトリックス(4区分×4区分)の「領域」で分類・判定している一方で、IROFSの重要度分類で着目しているリスクへの寄与度(FV, RAW)は「具体的な数値」で算出・判定しての、評価程度(深浅度)の位置づけに違和感がある。IROFSの「重要度の順番」という観点では問題ない評価手法なのかも知れないが、「リスクへの寄与度」という観点で言えば、元々のリスクの評価程度に相応させて判定させるべきではないかと考える。IROFSのリスクへの寄与度評価でリスクが同じ領域内に留まれば、極端な話、そのIROFSはリスク分類上は寄与していないと言える。「領域」までとは言わず、「オーダー(指数)」での寄与度を求め、その「程度」を知ることでもいいと思う。

C: リスクレベルマトリックスの基になる発生頻度評価では、指数(index)ではなく具体的な数値を用いている。

C: 策定を目指す標準の概略評価において、起因事象の発生頻度、機器故障率等および評価結果のリスクをオーダーで取り扱うか否かの検討が必要であり重要な課題である

C: NRCは、米国原子力学会にISAの標準の作成を委託しており、予定では昨年末に完成する予定であったが、未だ公開されていない。今後の動きに注意すべき。

C: 「ハザード」という用語について、潜在的な危険要因を抽出する「ハザード分析」と地震の超過発生頻度求める「ハザード評価」の混乱を避けるなど、定義説明などで工夫が必要である。

#### (5) ウラン加工施設の地震時のリスク評価手法について(RK5SC6-5)

吉田副主査より、RK5SC6-5に基づき、ウラン加工施設での地震時のハザード分析、放射性物質の放出量および環境中での拡散の評価法の検討事例の紹介があった。主な質疑は以下のとおり。

Q: 建屋からの放射性物質流出の駆動力は何か?

A: 建屋外の風が、風上の開口部から流入し、風下の開口部から流出する空気の流れである。この流出量の評価手法は、米国の濃縮工場のISAで用いられた手法であり、NRCもISA Summaryのレビューで認めている。

Q: 空間のアエロゾル濃度を100mg/m<sup>3</sup>と仮定しているが、この値は粉末の粒径に依存すると思うが、燃料加工施設に適用できる値か?

A: UO<sub>2</sub>およびPuO<sub>2</sub>粉末を用いた異なる二つの実験結果を参考に保守的に設定した値であり、ウラン加工施設だけでなくMOX加工施設にも適用できると考える。

Q: 2種類の実験のうち加熱実験とは火災を想定しているのか。

A: 具体的な実験方法は失念したが、火災による上昇気流による飛散を対象としていると思う。

C: この手法で具体的なシナリオを想定した被ばく線量を試算することは、今後の標準の検討に参考になると考える。試算が可能か検討して頂きたい。地震で落下する粉末量を仮定した評価ではあるが、上限的な影響を把握できると思う。

- C：ここで提案する評価法はMARに依存しない。粉末が飛散する建屋の空間体積に依存して気相中の放射性物質質量が決まる。
- C：評価することは可能だが、出来るだけ現実的なシナリオを想定して試算する必要がある。
- C：設備によっては100mg/m<sup>3</sup>が適切でないことも考えられるので、この値の適用可能性も検討して頂きたい。
- C：大規模損壊をどのように想定するかは定まっていないのが現状であり、防災とも関連するので慎重に検討する必要がある。
- C：どこまでを軽微な損傷とするかの境界をどのように定めるかも重要である。
- C：建屋の損傷に応じて評価手法を検討するのは良いが、その前段として必要な地震ハザードおよび建屋フラジリティをどのように評価するかが重要である。簡便な方法は一般的には保守的な評価になるが、そうでないと受け入れられない。
- C：上限的な影響が十分に小さいことを示すことが出来れば、それほど保守性に拘る必要はないと思う。
- C：以前にはそのような考え方は受け入れられたと思うが、現在では精緻な評価が求められている。
- C：今回の雑ぱくな説明では十分に理解頂けなかったと思うので、資料を一読頂きコメントをお願いしたい。

(6) 地震被害に基づくB、Cクラス配管のフラジリティ評価について (RK5SC6-6)

- 武部委員より、RK5SC6-6に基づき、原子力発電所を対象とした地震被災実績に基づく耐震B、Cクラスの配管のフラジリティ評価例の紹介があった。主な質疑は以下のとおり。
- Q：配管が問題となるのは主として再処理か。
- A：再処理施設のリスク評価では、主としてSクラス配管が対象となっているが、耐震B、Cクラスの配管も一部ある。
- C：耐震B、Cクラス配管の損傷確率を決める際に、全部の配管について時刻暦解析を実施して決めるのかという問題があるため、このような方法の必要性はあると感じる。但し一方で、原子力発電所と同じ裕度があるかを確認して、再処理施設や加工施設に適用できるか検討するのは難しいとも思う。
- C：同じメーカーであれば、軽水炉でも再処理工場でも、メーカーとしての標準があるため、同程度の裕度を有すると見て良いと考えられる。各メーカーが同じ標準レベルにあるとの考えとするならばこのようなデータは使える可能性もある。
- C：このような手法を使えるかどうか前向きに検討していくこととしたい。
- Q：東海再処理工場では、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震で配管が損傷したというような調査は行っているか。
- A：地震後に健全性確認を実施しており、問題ないことを確認している。健全性確認の結果は公表されていたと思う。
- Q：設置フロアの加速度情報に対応したデータはあるか。
- A：各フロアの加速度情報と損傷データを付き合わせることで整理は可能と思う。
- C：東海再処理工場の損傷データ提供の可能性について確認いただきたい。
- A：了解。
- C：RK5SC6-6の具体的な内容を説明いただけるよう、著者或いは共著者に確認する。

(7) 地震リスク簡易評価手法の検討の進め方について (RK5SC6-7)

村松主査より、RK5SC6-7に基づき、地震リスクの簡易手法の検討について、検討課題及び今後の進め方の案が説明された。主な質疑は以下のとおり。

- Q：構造耐震指標（Is値）の速度に対するフラジリティと、文科省地震調査研究推進本部（推本）の速度に対する地震ハザードを突き合わせれば頻度はでるが、そのような評価で良いのか疑問。保守性を見込んだ評価は、結局は決定論で評価していることに近いのではないか。
- A：重要なポイントだと思う。Is値を使えば速度に対するフラジリティが算出され、速度に対する地震ハザードは推本で算出される。それがあれば、加速度で評価するよりも信頼度が低いとは思えない。
- C：それなりの精度でリスク評価を行うのであれば、地震動を設定してそれに基づいてフラジリティ評価を行えば良い。しかし、加工施設の内の事象を対象としたISAでは自プラントの運転経験に基づいた故障率を必ずしも使用しているわけではないので、ある程度の定量性を持たせるという意味では、内の事象のISAとのバランスを考える必要があると思う。
- Q：フラジリティ評価において、加速度ではなく速度を用いると何か問題があるのか。
- A：一般建築物では、加速度と被害の相関があまりよくないことは明らかであり、フラジリティ評価は速度で実施すべき。一方で、機器フラジリティは静的震度で決まる場合、加速度で実施すべきであり、バランスが難しい。
- C：地震リスクの簡易評価手法の検討に当たって、機器フラジリティ評価について検討していただける方を探す必要があり、別途関係者に相談する。
- C：二次元のマトリックスについて、単に影響の大きい事象の見落としがないことの確認に使用するだけでなく、継続的な安全性向上の中で効果的な対策の検討や、機器の重要度分類などに活用できればと考えている。例えば、加工施設の場合、今までであれば、ISAを実施し、優先すべき管理対象手段などを決め、重点的に維持管理していくために応用可能であったが、今後、マトリックスに関連して更に何を応用先とするか。
- C：旧JNESのISAの手順において、二次元のマトリックスの中には入るが、比較的风险が大きい事象について、どのようなIROFSを追加したら良いかを見るために重要度解析を記載した。個別の事故シーケンスではあるが、マトリックスのリスクの大きい位置にある事象について、どのようなIROFSを入れたらいいか、或いは、新たにIROFSを追加しなくとも、どのようなIROFSについて保守管理を充実させたら良いかという検討は、安全性向上に使えると思う。地震ハザード評価については、推本のものが可能なら使ってもいいが、そこで扱われていない活断層があれば、当該施設のそばにないか当然見る必要がある。建屋フラジリティについては、Is値と被害の相関の分析結果に基づく評価の方法もあるが、事実としてやれるのか良く分かっていない。機器フラジリティについては、建屋フラジリティとのつながりに問題がないか疑問がある。マージン法については、使用できると思うが、結局は個別サイトにおいて地震ハザード評価を行う必要があり、地震PRAとあまり違いはないと考える。
- A：マージン法に関して、RK5SC6-7の〔2〕の(3)に記載した趣旨は、耐力の中央値を求めることが大切ではなく、このマトリックスの中のどのリスク領域にあるかを示すような計算で割り切るといふこと。地震PRAにおいて耐力を求める際も、機能維持が重要な機器については、ほとんどがHCLPF的な考え方で中央値は後から決めるという考え方である。それならば、そういう考え方もあるということを出してあまり中央値に着目しないということを図っている。

- Q：その場合、HCLPFは算定しなければならないがどのように扱うか。
- A：例えば、ここまでは持つということを確認できることをHCLPFに決めている。本当の耐力はもっと高いところにあるかもしれないが、中央値を求める努力は不要にすること。
- C：適切なHCLPFを求めるのであればフラジリティ評価を行うこととあまり変わらないと思う。あるサイトのある施設について、設備変更や隣接して類似施設を作るときには良いと思うが、最初に評価する際は、それほど手間は変わらないと思う。
- C：動的解析を実施して最終的なBest Estimateの耐力を決めるというプロセスは、まずは不要であり、簡易的な手法で実施してみて、改善が必要ということになれば精度向上を考えれば良いと思う。公衆の健康に影響があるようなシナリオについては、丁寧な評価が必要と思うが、影響の小さい事象についても必要かどうかということだと思ふ。
- C：加工施設の場合はリスクがさほど大きくないことを考えると、安全性向上の観点からはリスクの絶対値そのものよりも安全性向上の効果の確認に主眼を置き、リスクの評価そのものの精緻化よりは分かりやすい手法にするというのも一つのやり方だと思う。
- C：地震動による損傷状態を保守的に考え、損傷時のソースタームも保守的に想定して評価するというような考え方はあっても問題ないと思ふが、ベースとなる地震ハザードについては、サイトによらず地震による脅威があることは同じであり、発電炉と同様の評価が必要と考える。
- Q：地震ハザードについて、発電炉と同じ方法で実施しておくことに意義があるということか。
- A：発電炉の地震PRA標準の地震ハザード評価に相当する手法が必要と考える。推本の地震ハザードは、基本的に使用して良いと思うが、どれぐらいの地域依存性を考慮しているか精査する必要がある。
- C：推本の方法と地震PRA標準を比較し、不足する点がないか確認した方が良いと思う。
- C：加工施設は、発電炉並みの良好な地盤条件に設置されているとは限らず、その評価がリスクに効くこともあり得るはず。推本のデータは、経験的に表層の地質の区分で何倍と与えられているだけなので、現地の地盤調査を行って評価する必要があると思ふ。
- Q：それを詳細に検討するぐらいならば、学会標準の手法を用いた方が良いということか。
- A：ボーリングデータがあればそれほど難しくはない。S波速度（Vs）が600m/s程度の地震ハザードカーブが出ているので、そこから上は事業者側で詳細な評価を要求することでできるかもしれない。
- C：原案作成については、拡大幹事会の場合を利用して、専門家に集まっていたいただいて検討・作成の上、分科会で議論することにしたい。

#### (8) その他

今後の開催予定は以下の通り。

##### 第7回

日時：4月22日(水) 9:30～12:30

##### 第8回

日時：5月21日(木) 13:30～17:00

##### 第9回

日時：6月29日(月) 13:30～17:00

以上