

第106回破壊靱性検討会（第5回PFM臨時検討会）議事録（案）

1. 日 時： 2025年8月8日（金）13時30分～17時25分

2. 場 所： ビジョンセンター有楽町306会議室（Web併用会議）

3. 出席者（敬称略，順不同）

出席委員：廣田主査(三菱重工業)，高本副主査(日立GEヘルバニュークリアエナジー)，
中野(東京電力HD)，青木（北海道電力），稲垣(中部電力)，
岩井(東京電力HD)，橘内(日本核燃料開発)，
阪本(三菱重工業)，佐藤(原子力安全推進協会)，清水(日本原子力発電)，
田川(JFEスチール)，中崎(関西電力)，中島(電力中央研究所)，
西本(日本製鋼所M&E)，長谷川(発電設備技術検査協会)，
服部(東芝エネルギーシステムズ)，平原(九州電力)，増住(富士電機)
村中(日立GEニュークリア・エナジー)，山本(電力中央研究所) (計20名)

代理出席者：川野（IHI，板橋委員代理），相馬（電源開発，岡本委員代理），
畑（関西電力，北条委員代理) (計3名)

欠席委員：秋山(四国電力)，上田（中国電力），中川(中国電力)，
河(日本原子力研究開発機構) (計4名)

常時参加者：吉村(東京大学)，村上(東京大学)，志和屋(ATENA)，好川(ATENA)，
平野(IHI)，大厩(関西電力)，川井(関西電力)，坂口(関西電力)，
藤丸(東京電力HD)，山田(中部電力)，杉野(中部電力)，熊野(中部電力)，
藤野(日本原子力発電)，中村(九州電力)，鬼沢(日本原子力研究開発機構)，
勝山(日本原子力研究開発機構)，高見澤(日本原子力研究開発機構)，
森(東芝エネルギーシステムズ)，高越(三菱重工業)，八代醜(日立製作所)，
石寄(日立製作所)，永井(電力中央研究所)，宮代(電力中央研究所)，
町田(テプロシステムズ)，小嶋(原子力規制庁)，塚本(原子力規制庁)，
東(原子力規制庁)，佐々木(原子力規制庁) (計28名)

事務局：高柳，中山，景浦（日本電気協会） (計3名)

4. 配布資料：別紙参照

5. 議 事

会議に先立ち事務局より，本会議にて，私的独占の禁止及び公正取引の確保に関する法律及び諸外国の競争法に抵触する行為を行わないことを確認の後，廣田主査より開会の挨拶があり，その後議事が進められた。

(1) 代理出席者の承認，オブザーバ等の確認，会議定足数，配布資料の確認について

事務局より，代理出席者3名の紹介があり，分科会規約第13条（検討会）第7項に基づ

き、主査の承認を得た。資料 No.106-1 に基づき、出席者の確認を行った。出席者は 23 名であり、分科会規約第 13 条（検討会）第 15 項の決議に必要な 3 分の 2 以上の出席であり、定足数を満たしていることを確認した。最後に配布資料の確認があった。

(2) 前回議事録の確認

事務局より、資料 No.106-2 に基づき、前回議事録案の紹介があった。議事録案について 1 件コメントがあり、さらに修正を加えることとなった。修正結果については、改めて事務局より周知を行い、正式議事録とすることについて承認を頂くこととなった。

(3) PFM の背景、規格への反映方針について

資料 No.106-3 から資料 No.106-10 及び参考資料-1 から 3 に基づき、確率論的破壊力学（PFM：Probabilistic Fracture Mechanics）に関する検討の背景、規格へのニーズ、JEAG4640-2018 の改定に向けた検討について説明があった。

○資料 No.106-3：PFM の適用に向けた PFM 臨時検討会での対応方針（案）関連

主なご意見・コメントは下記のとおり。

- ・この資料は特に前回の検討会から変更してはいないが、3 ヶ月程経過しているため、何かコメントやご意見があればお願いしたい。
- ・「4. 解析結果に対する考察」の 1) に書いてある TWCF（亀裂貫通頻度）について、それはイコール CDF ではないということか？
→定義としては違うものである。
- ここで想定している状態としては、炉心に冷却材をどんどん注入しているが、破損箇所から冷却材は漏れていく状態なので、直接炉心損傷に至る状態ではないと理解している。一方 PFM では炉心損傷に当たるとして、実際には核燃料より高い位置で亀裂が貫通しても炉心は冷却材に浸すことができるので、そこには違いがあるが、そのように想定している。
- ・ここで先にやろうとしているのは検査の関係の話ではないかと思う。検査の重要度の指標では ΔCDF が 10^{-6} 炉/年以下だと「緑」になる。そこを紐付けできるのか、真面目に突き詰めていかなければならないのだが、まずはその部分の説明ができていないか確認したい。
- 多分指標として全く違うものなので、直接紐付けるのは少し乱暴過ぎるという気はするが、検査制度の「黄色」「白」「緑」に紐付けるという考え方は適切なのではないかと考える。TWCF の評価では、もし亀裂が貫通したとしても（炉心の）再冠水の状態は維持されるので炉心損傷には至らないのだが、長期的なその設備の健全性、特に廃炉作業がしやすいかどうかを考える、炉心が溶けた状態でインベッセルリテンションの状態に留まるよりも、亀裂貫通が起きてしまうことの方が、格納容器を広範囲に汚染してしまうので、事故が起こってしまった後の管理のしやすさを考慮すると、炉心損傷とインベッセルリテンションの重畳よりも、亀裂貫通の方が厳しいという考え方ができるので、その辺は大掴みに考えると等価だという説明においては、今のような説明を丁寧にした上で、管理上の指標として同じぐらいの数字にするのがよいと思う。
- そこを手掛かりにして説明していくのは考え方としてはいいのではないかと思う。最初にそういう説明を入れたらいいと思う。
- 前回の検討会において、今の内容について議論があったため、それも参考に考えている。「緑」の定義の後半部分、「事業者の改善措置活動により改善が見込めるかどうか」を適用することに

対しては違和感がある。

→それは、それらをイコールとして考えるという意味か？

→そういうことだと違和感があると思っている。

→最初の説明として、検査の世界では Δ CDFが 10^{-6} というのはこう作られていて、それに対して我々はこう考えますというのを準備しておくといよいのではないか。つまり、重要度としては 10^{-6} ぐらいというのは、「緑」と判定できる位のレベルの差分があると。

→BWRでは Δ で示すことは考えていない。例えばTWCFに関して検査を考慮していない時のTWCFが 10^{-7} であれば、 Δ は 10^{-7} より小さいことで説明するのも一つだと考えている。

→どうやって説明していくのかについては、単に「アメリカに合わせました」という説明よりはいいのではないかと思う。

→例えば小口径配管が破断して炉水が無くなる事があるかもしれないが、今PFMで考えている事象の中で亀裂貫通なしで炉心損傷に至るという想定のあるケースはあるのか？もしないとすると、時系列的に亀裂貫通の後に炉心損傷に至るので炉心損傷に至る事象を含めてTWCFを押さえておけば、この条件の中では全ての想定事象が押さえられると言っていいと思う。

→そういう理解でいいと思う。TWCFであっても、CDFで評価しておけばいいのではないかということだと思うが、それはその通りだと思う。

→今の議論について少し疑問に思ったのは、亀裂貫通が起きている状態というのは、その全ての過渡事象の発生頻度分布を考えた中で一番炉心損傷が起きにくいグループになると思う、なぜなら炉心に水が入っている事象だからである。なので、そのグループの中の部分集合に属して、なおかつ炉心損傷が起きる状態というのは議論することが、どれぐらい意味があるのかはちょっと気になる場所である。つまり、亀裂貫通が起きるということは、炉心損傷は起きないということとほぼ同等なので。それで、炉心に水が入っているけれど、貫通亀裂が非常に大きい時でも再冠水はすると思うがどうか。

→再冠水する場合もあるし、再冠水しないなら炉心損傷に至るかと思う。

→そこは厳密に計算するといろいろな条件があるが、保守的に超えることはないので等価で計算しているという理解である。当然厳密に計算したら亀裂が貫通しても水が保たれるというのはあるが、それを計算していても結局、「TWCF \times 0.XX=CDF」みたいな話になっていき、「0.XX」がいくつになるかの議論は大変なので、「1」にしていると私は理解している。

→定性的に考えてTWCFで押さえておけば、必ず保守的だからイコールとしているということだと思う。亀裂貫通が起こる前に炉心損傷が起こるというケースがないなら、TWCFで押さえておけばよいのではないか。

→PTS評価ではLOCAが含まれる。そこでLOCAのトランジェントによっては、実は燃料が破損するトランジェントもあると思うが、TWCFで押さえているのは、それが外部には放出されない事象だということである。

→TWCFとCDFは本質的に違う事象を見ている。なので、その集合として多様なトランジェントの違う事象の中のそれぞれ別個の状態を見ているので、それらを一緒にして議論してどちらかがどちらかを完全に包絡するといった話をするよりは、どちらも同じぐらい気持ち悪いものなので、同じぐらいの Δ 、あるいはその絶対値の指標で考えるとの方がいいのではないかと思う。

→なるべく気持ち悪い事象は抑え、実際のCDFに対しての影響がなるべく無いようにという意味合いでの指標が 10^{-6} と理解している。

→今の議論の部分を分かりやすく記載した方が共通概念の醸成に繋がると思う。

→皆さんの認識が統一されているのか怪しい状況だが、今日の断面では、このままにしておこうと思う。アメリカのNUREGのレポートに確か記載があったと思う。

→今の話は解説に入れてくれるとよい。

→多分アメリカでもレギュラトリーガイド(RG)1.174はCDFの絶対値も考慮しており、 Δ が小さければ変更は全て認めますということではないはずである。

→この検討会の中でその議論も出来るのかということはあるが、次回以降整理していきたいと思う。

○参考資料-2「PFM 臨時検討会工程表」関連

主なご意見・コメントは以下の通り。

・2027年度に発刊するという目標について、例えば何か検査の最適化といった目標があって、そこまでに進める必要があるという状況なのか？それとも今の作業を積み上げていくとそういう時期に発刊となりそうという事なのか。

→一つはBWRの検査の最適化の課題がある。規格改定版を発刊してエンドースまでは多分難しいと思うのだが、ある程度参考にできるような形にはしておきたいと考えている。

→今説明があった通りで、ISIについては、2029年/2030年頃から変えたいと考えており、NRAとの議論もあるので、発刊後2年ぐらいい時間は要すると思っている。それを見据えて逆算していくと、その時期にはエンドースされているかどうかを含めて、ガイドが制定されているのが目標である。

→了解した。あと、発刊時にはJEAG(ガイド)としての発行を目指していてJEAC(コード)にはしないのか？

→例えば、次回の改定版が、規制基準から呼び込まれる形であれば、JEACの方がいいと思うが、具体的にはまだそこまでは決まっていない。

○資料 No.106-4 : JEAG4640 への反映項目案 説明

(ご意見・コメントは特になかった)

○資料 No.106-5-2 : 標準的解析要領 新旧対応表および JEAG4640 への反映項目の検討

(ご意見・コメントは特になかった)

○資料 No.106-6 : 国内 BWR プラントを対象とした PFM 評価結果

主なご意見・コメントは以下の通り。

・「3.5. 上記以外で JEAG 4640-2018 の附属書 B に規定される項目 (K_{IC} , K_{Ia} 等)」のところで質問がある。ここに書かれている内容について、根拠が書かれていないので理由がわからない。例えば1個目の「想定亀裂」や、「アスペクト比は4種類使いました」等。いろいろ検討されて決めたのだと思うが、それらをどう選んだのか判らない。その根拠について説明いただきたい。

→基本的に表面亀裂については溶接線に沿った形で入れるという事で、これはアメリカでも日本でも同様で、PFMコードではそうなっている。また、アスペクト比については、アスペクト比を設定した上で亀裂密度を計算して、それらのかけ合わせで破損確率を出すというやり方をしている。母材については溶接部と違って亀裂の向きがどうなるかよくわかっていない部分があるが、周方向も軸方向も一対一ぐらいと推定して、方向を50%ずつ振り分けている。

→このアスペクト比を「四つ」にしたのは、何か統計的なデータがあるのか？

→亀裂の密度分布、大きさの分布と密度の分布は、VFLAWというコードで計算するのだが、破

損確率を計算するためには、その中から亀裂の大きさを決めておいて、それと掛け合わせて破損確率を出すというやり方をしている。ここに計算の仕方をまとめて書いている。

→「アスペクト比 4 分の 1」の表面亀裂が存在するのか疑問に思う。実際の亀裂の何を模擬してこの四つを決めたのか。

→「2 分の 1」というのは、ほぼ円に近いような形になって、それが段々と大きく長い亀裂になる事を想定して、それで密度と大きさを考えて、応力拡大係数の分布を描くような形で処理をしている。

・「何分の 1 にした」理由が知りたいという趣旨である。

→キャンセル炉から採取した材料を切断調査して、CT 検査をしている。まだアスペクト比の整理など結果をまとめきれてはいないのだが、特に偏っているわけではなく綺麗な円であるし、現時点としてはこれが妥当と考えている。

→今説明して頂いた事が出てくれば、どんなものなのか大体理解がつく。例えばこの亀裂の方向、軸方向と周方向については、溶接線の長さから一対一だから 50%ということであれば理解できる。

→確かに今回の資料には根拠は書いていないので、例えば FAVOR 推奨値を使っているなど、そういう根拠は記載したい。

→根拠を書いて頂ければ、判りやすいと思うので、記載について検討頂きたい。

・先ほどの説明で確認したい。アスペクト比も本来分布していると思うが、分布しているものの扱い方としてはよくモンテカルロ法で計算して積分する。一方、ここではアスペクト比に関して、代表の分布を表現しているのか？

→表面亀裂に対してはそういうやり方をしている。

→それで密度を分布させるのではなくて、代表点を使って評価している。基本的には確率計算するための計算方法として、こういう方法を使ったという話であって、二分の一になるという物理的な根拠があるというわけではないのか？

→亀裂のアスペクト比分布の代表的な点をとって、そこに対して計算している。

→先ほどの質問に関して、確率計算上の数値的なアプローチの一つとしてこうしたという話が書き分けられておらず理解を妨げる部分があるので、もう少し丁寧に記載いただきたい。

→「想定亀裂」と書いてしまうと、その解釈を間違える可能性があると思う。ここでは計算上のテクニックを書いている。

→私は理解した。

→今の想定亀裂の寸法に関して、計算ツールに依存していた気がするが、あるアスペクト比に対する亀裂密度が出力されており、そのまま使っていると思う。例えばそれを根拠にして 1 個 1 個説明を書けば計算の流れの中で説明ができると思うので、そういう工夫をしたらよいと考える。表面亀裂の場合はあるアスペクト比に対して亀裂密度がアウトプットとして出て来て、PFM のツールを使って確率を計算する流れと思う。

・気になっているのは、コメントにあったように、解析上のテクニックに関する内容と、そうでない現象論の記述を分けるべきだということに加えて、凄く頑張って 1 つか 2 つデータが出てくるものと、検査等で定期的に測っているものとを明確に区別をして、定期的に測っているものから出て来る代表値ぐらいは比較出来るようにしておくが、凄く頑張って 1 つか 2 つしかデータが出てこないようなものに対して、その根拠を NRA と事業者の間で論争しても不毛な議論になってしまうので、そこは整理をした上で議論したほうがよいと思った。

・今の話を聞いていて、検査で見えるものについては対応できるという点にフォーカスして整理することをゴールにしておかないと、重箱の隅をつつく話になりかねない。その時に、米国ではこうやってるから日本でもこうやりますという説明だと、NRA が納得できないと思うので、

データを取らないでも感度解析を一回出来るところはやった上で、そんなに効かないということを確認しておいて検討としては先に進むのが適切だと思う。

- ・何でも計算するように言っているつもりはなく、考え方をきちんと説明して頂き、米国のやり方を変える必要が無いということであれば米国と一緒にしてもいいと思う。この検討会の中では技術評価に資するような意見を言わせて頂いているだけである。
- ・もう一つ質問がある。資料に「国内の K_{IC} は、国内データ (JAEA 統計データ) に変更」とあるが、 K_{IC} は数値のことか？

→ K_{IC} のモデルの式は 2015 年と 2017 年に発表した 2 つの式がある。2015 年の時は、データを提供頂いて独自に K_{IC} の式を作った。その後、2017 年に NRA からの委託で破壊靱性のデータをスクリーニングしたり、その根拠を調査するなど再検討して式をもう一回作り直してそれをベースに計算している。ちなみに、参考資料-3 の 15 ページが 2015 年に出した計算結果である。

- ・今の議論は、まずベーシックな部分についての議論だと思う。何もかも確率変数にしないで、決定論的に数値として入れるパラメータもある。ただそういう数値であっても、本当にこの値でいいのか、結果への影響はどうなるのかという疑問は当然出てくる。それに対しては感度解析という方法を使って、数値の妥当性を検討するのだと思う。ただ全ての変数についてやみくもに感度解析するのではなくて、やはり重要あるいは影響が大きそうなものから感度解析をしていって、さらにその感度がどの位効くのかを情報として収集して、知識を活用しながら検討を進めていく。あまり解説には出て来ない話だと思うが、破損確率そのものが十分低いのであれば、感度解析をすれば必ず数値は動くが、その動く範囲がかなり狭い範囲でしか動かないといった事が発生することはある。一方、比較的破損確率が高いところで感度が出てくるようであれば、その場合は、使っている数値が本当に適切なのか、そこをもっと精査したり、検証実験をするといった取り組みにフィードバックされると良いと思う。感度解析は、実験を行うのと比べて多少時間は掛かるが計算自体は出来ることなので、そういうことを繰り返しながら、両者の認識のレベルを上げていけたらと思う。特に PFM の活用では、そういうフィードバックを必ずかける必要がある、一回計算した結果だけを使うことはしない。
- ・資料 No.106-6 で「3.1 評価プラントの基本的情報」のところで炉心領域の絵 (図 2) がある。その図で、周方向の溶接部が真ん中にあるのだが、実際の位置と合っているのか。

→ご指摘の通り、実際とは異なる。

- ・もう一つは、軸方向の溶接線がある炉容器を対象にしていて、内圧による応力のため当然高い数値が出たと思うが、軸方向溶接線がある炉容器とない炉容器を同じグループにするのは、あまりにも違いすぎるのではないか。この解析結果の中で周方向の溶接しかない炉容器に対して TWCF が低いという結果を代表例として示して、軸方向の溶接がないプラントについては全然問題にならないという使い方もできるのではないか。

→感度解析の中での話になると思うが、この状態で軸方向溶接線を削った時にどの程度(数値が)下がるか計算は出来ると思うので、今後見ていきたいと思っている。クラッド部の表面亀裂の影響でそれなりの数値が出ているので、軸方向溶接線を削っても大丈夫だと思う。

- ・前に一度計算してもらったときには、炉内構造物の影響で照射量が違う絵が出てきて、それで計算して、どこが減ったといった検討があった。今回はそういった説明がないが考慮されているのか？

→今回は照射量の分布は考慮しないで一様に最大値として計算している。

→そういうアプローチは必ず保守的になるのか？例えば、一方を削ると、他方は削られないといった事があるのではないか。照射量の分布に関する事で、出てきた結果の値は現実と乖離していることにならないのか。

- 現実と乖離というよりは、結果が保守的になると考えている。
- 保守的というのであれば、より簡単な方法でやればいいのではないか。
- 今回は一番簡単な方法を採用している。「分布が全く無し」「周方向を一様」としている。そして炉内で一番高い位置の照射量を一様に設定している。
- ・今みたいな疑問がある時は、計算してそういうデータを1回出してしまえばいいと思う。これは一つの例だが、こういう議論というのはどこでも起こり得る。これが絶対必要だと言っているわけではないが、これから日本として実際のプラントに対してモデルを設定して、結果を出してPFMのデータを蓄積していくところなので、評価に使うか/使わないかによらず、計算で情報を追加することは必要かなと思う。
- 全く同感であるが、特にPWRでは照射量が高いので、照射量の分布の計算を丁寧に蓄積するのは重要だと思う。ただ、このセクションの議論の前提としているのが、破壊靱性がまあまあいいと数字が出ないので、破壊靱性を下げて数字を出して感度解析をできるぐらい劣化したものを対象としており、この件に関しては破壊靱性の分布を考慮するために必要なパラメータを振るとするのはナンセンスだと私は思う。
- ここでの議論が何を狙っているのかということになると思う。私からすると、現実と乖離しているものが多ければ多いほど、気持ち悪いと感じる。私よりもっと素人の人たちはもっと気になると思う。だけど、何を狙っているかがあれば、専門家間の議論であっても、今くらいの説明を受ければ理解できる。どこを指すのかで話が違ってくると思う。
- BWRでのPFMの利用というのは、検査のスコープに入ってくる低頻度のやや高影響事象を合理的に見ていくというアクティビティだと理解をして頂くのが大前提。ごく低頻度の事象なので、いくつかの保守的な仮定を置いて、その影響が浮き彫りになる条件を付加して結果を見るという、そういう前提を踏まえて議論するのが大事だと思う。
- 理解できるが、これがNRAで技術評価対象になるとまた違うフェーズになる。だから感度解析すべきと言うつもりはないのだが、一応言わせて頂いた。
- 大事なご指摘だと思う。照射量は一つの例として見ないといけなくて、他にも固定値を使っていたり、保守的に設定したりしている部分があると思う。PWRでは、ビーバーバレーの場合PTS事象で61事象を抽出している。そこはTWCFに効く事象をかなり保守的にグループ化して抽出するという説明で、米国のレポートの説明も同じだが、国内のプラントの場合にどうなるか。実際にPFM解析をしてそこが示されているか承知していないが、そういう分析は多分大事なのだと思う。あと、照射量に関していえば、一定ではあるが輸送計算に由来する11.8%の不確かさを考慮しているので、その点を含めて丁寧な説明が望まれると思う。
- 最後は国民に納得して頂く必要があるため、今ご指摘頂いた部分は説明しないとイケないのご意見を頂いた。対応していきたい。
- やり方としてはいいと思うが、一つ気になっているのは、確率論なのでアズイズに近いリアルな現象に近づけて評価しようというのは、哲学としては100%アグリーだが、多分それをやるものすごい低頻度事象であるから数字が出ないという技術的な問題が大きくて、数字を出すと絶対にそこがずれてしまうというジレンマがある。なるべく言われたことを尊重して進めたいという気持ちはわかるが、ボタンの掛け違いが起きて結局言っていたのに出来ていないという結果になってしまうのを心配している。最初にそういうものだという前提を置いてから話を進めないとならないと思っている。
- 今の議論を受けてであるが、分布を考慮した計算については申請書などでやることは考えていない。ただ、その補足説明としての準備は考えないとイケないと思っている。PFMを早く日本に適用したいという思いがある一方で、PFMとして現実的な評価をしたいが、そこを突き詰めてしまうと、結局、目指しているところに到達するのが遅くなる。それであれば、今回の評

価では保守的な条件とし、その旨を書類でしっかり書いて、将来、後に続く人達が見直しをできる状態にしておきたいと考えている。

- ・PFMに関わらず、リアスティックないわゆるハイフィデリティモデルのシミュレーションを活用するときに、専門家として使う側とその結果を活用する側で、情報を共有してある種の合意形成を取るのには重要である。シミュレーションコードがあれば、こういうデータを入れたらどうなるのかというリクエストがあれば計算結果は出せるので、計算後にこのロジックで保守性は言えているからそういう計算はしないと突っ張ると、その一方で、そういう情報を入れて計算したら結果がこうなるというのを柔軟に使い分けるべきだと考えている。何かできるはずなのにやらないとなると、「何でやらないのか」という疑問が出てくる。照射量に関しても、一番高い一定値で計算結果が出ているのであれば、何らかの数字が出るぐらいのレベルにはなっているはず。ただ出てきた差がそんなに大きな差ではないとか、あるいはシミュレーションの誤差の範囲の差しか出ないとか、そのあたりはケースバイケースでそういうアプローチも重要だと思う。そうすることによって、計算をやる人とその結果を受け取る側の双方で相互理解が進むのが極めて重要と考えている。
- ・先ほどから「確率が小さくて」という話がしきりに出て来ているが、そもそもこの課題は確率論を使うべき問題なのか疑問に思えてきた。要するに、決定論で進めていくと裕度が大きくなり、その最後のところが少しだけ変わるかわ変わらないかという問題なのではないかと思った。だから感度解析を行ったとしても、最後のこの基盤のところで、入力する数値により大きく変動するところを、捨てるか捨合わないのかだけのように見えてきた。この課題に対しては、PFMのアウトプットが確率なので確率の変動で影響を見ようとしているが、結果としては確率を出すのでいいと思うが、感度の部分は別の指標に基づく値を用いるなど必ずしも確率で見なくてもいいのではないかと思った。
- 今進めている検討内容を説明する。以前コメントを頂いたので、各パラメータを動かして計算しており、その時に、「Kが動くパラメータ」と「K_{1c}が動くパラメータ」があって、それがどのぐらい影響を及ぼすのか、または全然変わらないのかを整理しようとしているが、纏めるのにもう少し時間が掛かる。
- 影響が確率的にそんなに効かないと説明されると、多分こちらの反応として、確率の数字が「増えた」「減った」の話になり、本質的ではない議論にしかならない気がする。そのため、そこに至る計算途中の物理量の影響が見られれば、影響を及ぼすパラメータが見えると思うので、難しいかとは思いますが、今やられているような検討がどういう形で出るのがポイントになるのではないか。是非お願いしたい。
- その話の延長にあると思っているのは、(影響を及ぼすパラメータに)ランキングを付ける事で、「効くパラメータ」「効かないパラメータ」があって、その「効くパラメータ」に対して、国内プラントのデータが十分なのかという見方も必要になるだろうし、「効かないパラメータ」に対しては闇雲にデータを揃える必要があるのかという議論にもなると思う。そういう部分をうまく切り分けした上で、揃っていないデータについては、今後どうするのか方向性を示すこともできるだろうし、「効くパラメータ」については、しっかり精査する必要がある部分も出てくると思う。そんな整理の仕方を考えている。
- ・重要度ランキングテーブル (PIRT 手法) という形ではまだ整理はされていないと思う。パラメータがたくさんあり過ぎるのかどうか分からないが、BWRのこの事象で振り分けをするのがPIRTの発想と同じだと思うので、一覧表にして、「これは必要ない」「これは必要」というのが出たら、その先をどうするのか見えてくるのではないかと思う。今の説明を聞いてそういうアプローチが必要で、専門家の知見からしてもエンジニアリングジャッジとしても、そういうものができるのではないかと思った。

→資料 No.106-6 の後ろに入力データの記載があるが、これを全部計算するわけにもいかないの
で、その中で、「効くであろう」「効かないであろう」というのを選別した上で、最終的に「効
くであろうパラメータ」を選んで、そこに対して整理をしていこうと考えている。

- ・PTS の話になるが、JEAG4640 を作成するときや、第 2 回の検討会で紹介された電中研のレポ
ートがそれに近いことを纏めている。そのレポートでは、結局 PTS 評価の中で最終的に一番効
くのは「関連温度」になるが、そういう分析はすでにしていて当時の技術評価の場でも簡単に
説明させて頂いている。一方、原子炉容器の破壊評価という観点でも、ほぼ同じことをやって
いるので、その部分もある程度参考になると思っている。
- ・PIRT の計算はやってみるといいと思うが、そこで難しいのは多分関連温度が効いて、あと熱
水力の方はその分野の人たちの PIRT のやり方で計算すると効くのだが、PFM では最初から熱
伝達率をすごく保守的に取っている前提で他のパラメータを作り込んでいる。そのためいわゆ
る PIRT のお作法に従ってやるというよりは、PFM で振れるパラメータについて簡易的に
PIRT をやる方がよいと思うが、それを PIRT と言ってしまうと今言った話が出てきてしまい、
ややこしくなると思う。
- ・もう一つ申し上げると、特に今回は亀裂進展の話をしているので、 K と K_{IC} が重要で、基本的
には応力集中に効いてくる亀裂をどう想定しているか、あと熱荷重をどう想定しているかとい
うグループがあって、そこは亀裂の分布をパラメータとして振っているのだから、その亀裂の分布
の確率論的な取り方で K はこういう分布を描く。その一方で、破壊靱性(K_{IC})は、今回照射量は
振っていないが振ることはできて、それにプラスして化学成分については分布も含めて考えて
いる。あと本当は関連温度がどう変化していくか、いわゆる脆化予測式にどの式を使ったのか
が一番効くのだから、そこはベストエスティメイトの式を使っていることを説明して、その上で
 K_{IC} のカーブが引ける。なので、資料 No.106-6 にある表で全部を見せるよりは、 K と K_{IC} の分
布がそれぞれどういう広がりになるのかヒストグラムとして載せると、さきほどの途中の過程
で見れるものはないかという問いに対してクリアに答えられると思った。
- ・まだ実際にやったことはないが、途中でそういう分布をお見せすることは可能性としてあると
思う。それができたとして、結局「『効いてくるパラメータ』はどの程度から『効いてくるパラ
メータ』と判断するのか？」という判断基準のところから、結局同じ議論になってしまい一番難
しくなると思う。

PTS 評価にはなるが、確率に一番影響が出てくるのは何なのか計算してみて、照射量、化学
成分、関連温度を振ると、やはり関連温度の影響が一番大きく最後のアウトプットが大きく変
わる。確率の話からは一旦戻って、それ以外の決定論的な物理量で比較することを考えると、
 K_I はどのくらい変わったら『有意』かという話になって、答えがない議論になりかねない。そ
こが非常に難しいと感じている。まずはそういう計算をやってみるといってこれまでの議論に反
対するわけではないが、行く先は難しいと思っている。

- ・PWR では PTS 事象の確率はそれなりにあるのでそれと比べられる結果になるのではないか。
だから、本当にもう見えなくらいの小さい確率を見る際の手段として提案した。
- ・確率は低いものの交わるところでは交わるという図に戻した上で、そのリスクは極めて低いこ
とを PFM で実証しようとしているところだと思う。そこで決定論の話に戻って、「交わってい
るが」ということを言うと、同じことを繰り返すことになってしまう。
- ・今回、影響がないことを意図的に底上げして見える形にしているようにも見たので、その見
えないところの影響、結局は重ならないということになるかもしれないが、それはやってみて
うまく示せないということであれば、それはアプローチが良くなかったということになるの
ではないか。
- ・最後の点に関して、BWR の LTOP 事象は板厚方向の温度分布も無く K 値は縦(上下)方向にだ

けばらつき横(温度)方向にはばらつかないので、PTS 事象に比べると破壊靱性だけが描ければよいので説明しやすいと想像する。また、中性子照射量の空間分布に関しては、BWR の場合は一番高い値でも確率が低いという結果になると思うが、仮に技術評価でやったような空間分布や検査を考慮して、継手溶接部だけの破損頻度を減らした場合は、空間分布を考慮しない場合に比べて検査で減るところ以外の破損確率が多分高くなる。そのため、空間分布を考慮しないと検査の効果を低く見積もってしまう可能性があると思う。空間分布の考慮の仕方はどのようなアプローチをするかによって決める必要があると思う。

- ・2 点目について、今回はデルタ(増分)で評価するわけではないと思うが、デルタを評価するときには、空間分布を保守的にしてしまうと検査の効果を見られないと思う。1 点目については、温度分布も無く単純な K 値のみの計算なので非常に簡単な計算になる。

○資料 No.106-7 確率論的破壊力学を用いた検査程度の見直しに関する確認ポイント案 関連

○資料 No.106-8 確認ポイント案への事業者対応方針及び意見について 関連

- ・まず背景を説明する。今 NRA と ATENA で安全研究の意見交換を実施しており、その中で PFM を題材に議論している。その議論の中で NRA から PFM の確認ポイント案として資料 No.106-7 が出されている。その後、その確認ポイント案に対する事業者の対応方針を ATENA から資料 No.106-8 で出している。

主なご意見・コメントは以下の通り。

- ・今回確認ポイント案として作っているが、これはあくまで安全研究でやっていて、規制委員会における将来の確認事項や決定事項を拘束するものではないという前提で事業者と意見交換をしている。
 - ・こういう確認ポイント案があることにより、留意すべき事項がかなり明確になるし、事業者、規制側や国民も含めて共通の土台ができるので、極めて重要な書類だと認識している。その上で、一つコメントするが、PFM の解析結果をその信頼性に基づいて判断をするというプロセスがまず重要となる。解析コードの信頼性と使っている解析モデルの信頼性と、そこに使っている入力データの信頼性は、それぞれ分けて考えた方がよい。解析コードの信頼性は、例えば代表的なコードでいうと、アメリカであれば FAVOR、日本であれば PASCAL があるが、ベースとなるコードの信頼性、あるいは V&V について FAVOR なり PASCAL は誰が責任を持って V & V をやっているのか明確にしておく必要があると思う。そうでないと、その解析コードを使った人が、自分たちが開発したコードではないのに信頼性を確認しなければならない事になり、そこまでは出来ないという事になると思う。当然どういう入力データを使うとか、どういう解析モデルを使うかについては、それは対象となる現象によって違うので、それは解析コードを使う側が説明する責任があるのだが、この解析コードの信頼性を誰が担保するのかについて明示的には書いていなくて、JAEA がやっているはずと資料には書いてある。JAEA がやっているということは、PASCAL コードの開発に NRA も寄与している事になるので、NRA の役割はどうかをクリアにしてもらいたいと思う。
 - ・そこは NRA からの委託になるが、NRA からお願いしてやって貰っているものだから「規制庁として V&V を実施した」とはならない。一方で、核燃料に関する解析コードの場合は、V & V ではないがトピカルレポートみたいな形で、使ってもよいコードとして規制側が承認するシステムがあるので、そのプロセスに乗せて進めることはできるのではないか。
 - ・FAVOR はどうなっているのか。
- 記憶が定かではないが、10 年前に調べた時には、もうレポートになって公開されていた。ソー

プログラムを開発者以外のソースの専門家に委託してチェックしてレポートになっている。PASCAL は、公開していないわけではないが、PASCAL 信頼性ワーキングを開催させて頂き、NRA の委託ではなく自前でやっていた。そこには電中研や三菱重工、東芝、日立等のプラントメーカーに入って頂き、場合によっては、大学の先生方のご協力も頂きやっていた。場合によってはソースプログラムも開示してチェックしていただいた。その辺も可能な限り JAEA のレポートで公開しているので、参照していただきたい。

- ・質問だが、トピカルレポートは誰が作るのか？
- レポート自体は、開発に携わっているメーカーが申請すると想定している。具体的には直近で2つ予定されていると聞いている。
- 使う人が申請するものだと思う。
- ・その件を例にすれば、トピカルレポートの段取りがわかると思う。その件は来年ぐらいにはレポートが出る予定か？
- 型式証明の取得があり、その後にレポートを申請するスケジュールである。
- そうすると BWR の 10×10 燃料関連の型式証明の対応が先ということか？
- そうである。
- 10×10 燃料の件がひと段落した後、トピカルレポート作成という段取りか？
- リソースの関係上、同時申請が出来ない事象もあり、今はそのような予定でいる。
- 今の話を勘案すると、PFM も先に検査制度の中で PASCAL、あるいは他の解析コードを使用するという話が先で、それがひと段落した後に解析コードに関するトピカルレポートを出すという流れになるのか？
- その方がやりやすいと思う。今リスクの会合で PFM を説明しようとしているが有効そうだという話になれば、例えば東京電力がトピカルレポートを出すことになり、JAEA に手伝ってもらってトピカルレポートを書いて外部専門家を呼んで審査する流れになると思う。
- 解析コードに関しては、それぞれメーカーが出すことになるのか。
- 共通の範囲として出すか、その辺は検討が必要になってくる。また、本件についてはトピカルレポートに関する制度を改定しないとイケないので、トピカルレポートに載せたいという宣言をどこかでした方がいいと思う。
- 多分トピカルレポートの審査の要件について、その入口として複数の審査でトピカルレポートを使う見込みがあるので、審査の効率性が上がることが要件になっているはずである。今回の PFM に関しても、枠組みとしてはどういう案件でトピカルレポートを出す見込みがあるかを何かしら説明が必要で、それを受けて我々が認めて初めて技術評価が始まる流れである。
- 現状は例えば PASCAL と FAVOR について、BWR の問題と PWR の問題を対象にメンバーが自発的にベンチマーク解析をしたり、要因分析に取り組んでいるところ。その結果、こういうことをやれば大体同じ結果が出るというコンセンサスを得ようとしている。ただ、それを NRA と事業者との間で共通の情報として活用し、認識を共有しようとする、そもそもこのコードを使っているのかという部分についてある種の了承が必要だと思う。NRA がコードには一切関知していないとなると、結局、判断しにくくなる気がする。繰り返しになるが、コードそのものの信頼性と、計算をするのにどんなデータを使うのかについては、やはり分けて考えるべきだと思う。先ほどの話の通り JAEA では PASCAL コードの信頼性を評価する際に、あえて企業とか他の研究者にも入ってもらっている。JAEA がしっかりと信頼性を評価できているというロジックや FAVOR との比較からそれなりの了承が得られている、そういう成果を纏めた上で事業者がそれを活用できるので、誰がやるかによらず整理しないとならない。
- 決定論による手法ではそこは明確だと思う。原子力学会でシミュレーションの信頼性に関するガイドラインが出ていて、そこではコード単体として見るのではなくて、まず何に使うコード

なのか、何に適用するのかをセットで考えて V&V が完結するので、そこを特定してどういう性能を要求するのかという事になる。その要求を決めたら、この基準でやろうという形になっている。そして、そのガイドラインでは、その要求の当て方としてどういう不確かさを定量化して、それがその所定の予測性能を満たすかどうかという形で、「適用できる/適用できない」を見ていく。一方、確率論になると、そういう話をどうやるのか正直よくわからない。例えば熱水力とか核燃料の解析コードであれば、温度とか、何らかの物理量をこの不確かさの幅の中で予測するコードであるという落とし方をするのだが、確率論になると、その不確かさも、その確率の認識論的不確かさとか、いろいろ混ざってしまい、例えば「確率 80%」といったときの 80%の振れ幅をどれぐらいの信頼度で予測できればいいかという要求する予測性能を規定できるのかよくわからない。決定論での決め方のアプローチが使えなくなると、結局確率になるので、実験データと直接比較できないので、それが正しいか見当がつかない。そこをどうするのか心配である。

- 原子力学会標準では PRA 品質確保分科会の下でリスク評価に関して品質確保標準があるので、V&V と PRA の品質確保は少し違いがあるが、それに従ってやっているものは V&V をクリアしていると言っているのではないか。
- 確率論でそういうガイドラインがあるのであれば、実際に PRA の現場で活用しているオーソライズされたものに準拠して確認したという言い方ができるのでよいと思う。
- 規制に係る意思決定で使われているものは、基本的にこの品質確保の標準に基づいて策定したものを使っているもので、そんなに心配しなくてもよいと思う。
- 先ほどの信頼性確保は、その考え方に沿ってやっているという認識でよろしいか？
- 基本的にはそういうものを使っている。
- 地震ハザード関連の PRA で一件だけ類似案件が上がっているが、PRA では最後に出てくる数値の不確かさは実験できないので、東京電力では EPRI がやっている「SSHAC」というやり方をアメリカから導入している。地震ハザードに関係している NRA 担当者がその集まりにオブザーバで出ているのだが、結局のところそのプロセスの妥当性を有識者が議論して、まあいいのではないかという感じで、途中のプロセスをよく議論して現在の知見ではこれで行くしかないというエンジニアリングジャッジがされていて、電中研が OK を出して進めているプロセスがある。PFM も同様のプロセスで妥当性を判断していくことになるのではないか。
- PFM では、今使っている PASCAL や FAVOR といった解析コードの中に入っているのは基本的に決定論的なモデルの組み合わせであり、それがフローになっているので一つ一つの計算は決定論である。その代わり、各変数の確率的な分布をモンテカルロ法で計算する。確率だから全体としてバリデーションするのではなく、組み込まれたモデルフローがどうなっているのかというチェックと、確率計算でモンテカルロ法を使うのでそれによる解のジャンプとか、収束性を見るという二段階に分ける。今の「SSHAC」についてはよく知らないが、多分同じような形でプロセスをしっかり評価し、最後に確率計算の精度に影響する物理的なパラメータをチェックするという部分があれば、それなりのロジックは立つのではないかと思っている。
- 先ほどの話で、有識者を入れて V&V をやっているのであれば、それも説明してもらってそのプロセスが妥当だったのか議論すればいいと思うので、多分最初の部分はもうできていて、後は PASCAL5 との差分かもしれないが、すごく大変というわけではないと思う。
- 実際に数式を使ってこういう風にやろうと考えているというのを見て頂き、こういう場で議論した方がよりイメージが湧きやすいと思っているので、今回の会議に向けて、資料を準備する。その上でご意見をいただければ、規格の改定案の検討に繋がると思う。

○資料 No.106-9 RG1.245 要求事項に対する対応状況 (Step 1 関連) 関連

主なご意見・コメントは以下の通り。

・資料の8ページにある「SQA計画」というのは何か？

→ソフトウェア品質保証計画の略である。FAVORだとSQAがドキュメントで公開されている。

→今回はFAVORの結果を見ながら変更箇所に対してだけ項目を参照して作っているという理解でよいか？

→そうである。

→先程の議論にも少し絡むが、ISPMNA5におけるNRCの発表資料にFAVORのSQA文書のリストが出ている。このリストだけ見ても略語が多用されているのでどういう文書かわかりにくいと思うが、基本的には信頼性を担保するための体制をどうするかという内容と理解している。解析結果を比較してどれくらい値の違いがあるか検討する文書とは違うものが多いので、これに基づいてここはV&Vしているので大丈夫という示し方がうまくいくかは何とも言えない気がする。先ほど発言があった通り、こういう活動がなされているのは確かで、コードの一部を変えたことに関連する検証は個別ケースで見えていくしかない気がする。

・Regulatory Guide 1.245を例にして、対応方法や方策を示して頂いているので分かりやすい。実際には「Regulatory Guide 1.245に従う」というだけでは多分済まないと思うので、こういうやり方を、JEAG4640の改定の中に具体例として入れていくと捉えてよいか？

→そう捉えて頂いて構わない。

→そうすると、JEAG4640の改定そのものがRG1.245と同じ方向なのかという確認が、その前にあってもよいと思うが、それは大丈夫なのか？

→RG1.245の全てをJEAGに入れることは無いと思っている。RG1.245がカバーしている範囲のほうがJEAGよりも広いので、必要なものは入れるという取捨選択が必要だと思う。

→今決めることではないとは思いますが、議論に挙がったSQAについてJEAGの中に書き込むかどうか気になっている。

→過去にはこの例と少し違うSQAがあったし、必ずしも同じである必要はないと思う。

→PASCAL信頼性ワーキンググループでそういった部分も個別にベリフィケーションしたエビデンスはあるのだが、制度として何かをやったとまでは言えないので、そういうのを集めて進めていく事になると思う。

→そういう意味では、今はルールまではない。

→規格にSQAを入れたときに、PASCALがそこから外れるのかどうか気になっている。

→さきほど言及があった標準的解析要領が、我々の一つのアウトプットであった。それはPFM解析コードに依らずに、コードを使うにはどうしたらよいかをPASCALを使って成果を出したが、PASCAL-4やPASCAL-5の開発プロセスに沿って標準要領を作ったわけではないので、今回改めて見直してそういう部分も必要かもしれないと思っている。

・基本的にこの種のクオリティを調べるという時に、解析コードが複雑になればなるほど、そういうプロセスがもの凄く膨大になるので、コードを作るのも大変だが、その信頼性をチェックすることも実はすごく大変なことで、それなりの規模の予算をかけて集中的にやらなければならないところがある。ただ、以前PASCALなどで計算した時は、実プラントの評価をするような体制が整っていなかった。ようやく今、実際の状況に合わせた計算が出来るようになってきて、先日紹介頂いた電中研のレポートが出来た。そういう状況を紐解いてみると、いわゆる標準化とか品質保証のための標準的な要領が決まってからやった事例であり、多少経験的ではあるが、複数のユーザーが実際のデータで計算してこうすれば合うということが大体チェック出来てきたと思っている。そういう意味でのクオリティを確認するためのプロセスがアメリカの

FAVOR のプロセスとは若干違ったとしても、結果的に FAVOR と同じような結果が出てくるのであれば、ある程度信頼性を持った評価は出来てきていると感じている。それをドキュメントに残して皆が理解できるようにしておくのは、コード開発者の責任と思っている。

→コード開発者として最善を尽くしたい。デービッド・ルドランドの言葉を借りると、(NRC は) 申請されてから 2 ヶ月で審査結果を出さないとならないので、品質が重要だと思って RG1.245 を作った。審査者によっては判断の考え方に濃淡がありそれを統一するために RG1.245 を作ったとも聞いているので、品質を確保するための取り組みとしては大事だと思っている。それも踏まえながら V&V 含めて PASCAL の信頼性をより確保していきたい。

→そういう意味では、資料 No.106-7 の V & V のところは、さきほど説明があったように、技術的に使ってもいいという範囲がある程度決まらないといけないと思っている。それ以外のところは、例えば教科書などのような関連する資料で確認して、その通りにやれば出来るという位置付けで作ってもらっている。一方、このコードを使っていいのか？は、RG 1.245 になるが、一番疑問になるのはその部分だと思う。

- ・いろいろとご意見を頂いたので今後の事業者との安全研究に係る意見交換でも活用させて頂きたい。先ほど確率論のモデル式については、決定論の式を基にいくつか不確実さを入れていくという説明があったかと思う。「確認ポイント案」にもあるが、元々は一つのプラントに限定していたが今回はフリートということなので、フリートに対してある程度の母集団を決めておく必要があると思っている。その母集団に対してモデル式のサンプルが母集団を代表しているかを考えないと、確率でいう中心極限定理も成り立たないと思っている。

- ・先ほどの私の発言は、モンテカルロ計算ベースの PFM コードの中には決定論的な流れがあって、その周りに確率計算のループがあるということを説明した。今の発言は、個別のプラントを評価することと、フリートではどう評価すれば意味があるのかという観点で、PFM の計算からは一旦離れる必要があってフリートでは変数をどう設定するかという観点になる。フリートでそういうデータを設定する時に、例えば 10 個とか 20 個あるプラントのどのパラメータを代表して説明するのかは、アルゴリズムとは別に分析して説明を考えるのが適切と思う。

→今の説明で理解できた。

→この検討会は規格を作る議論をしているのか、東京電力とか BWR 事業者がフリート評価をしていくための技術的な検討事項を議論しているのか混乱している。フリート評価するか否かは多分規格には出てこないのではないのか。

→そこは悩んでいるところであるが、フリート評価における設定の考え方を参考に記載することも一案である。

→それが規格とどう関係するかが判らない。フリート評価をするということに対して内部で議論して意見が出ているが、この場で議論するものなのか。

→フリートの妥当性の件はむしろ安全研究の意見交換の場などで話す方が理に適っていて、分けないといけないことは認識している。

→分けないと、いろいろな観点が出て発散するのではないか。もう一つ判らないのが、今の決定論的な評価は、検査だったら 100%検査する方向ですごく保守的であることはわかるが、実際のところはどうか。どのあたりを目指しているのかわからない。先ほどの例だと、関連温度の関係は照射量が一番厳しい値で代表するとのことだが、その感覚が事業者でないとなすぐに理解できない。説明しづらいかもしれないが、配慮頂ければと思う。なぜならば、技術基盤課がこの分野の研究をお願いしているのは、実際はどういう現象が起こっているのかを解明して欲しいからである。例えば温度過渡の話だと、温度が大きく変動して零度、あるいは 25 度になるプロファイルを使うとすると、その数値がどの位保守的なのか判らないので、実際はこうだから、こんな側面でこういう状態の時にこのぐらい定量的に保守性がある・・・などと説明頂きた

い。それがないと実際の状況が掴めない。技術評価を実施する側からすると、ある種ギリギリのところを狙って来られると難しい一面もあるので、ちょっと矛盾するのだが・・・。

→本日の資料では、そういった部分を落とし込めて無いところがあると思う。当方で検討している内容については、時間軸を考えて説明していきたい。照射量分布については、技術的ハードルが特に無いと思っており、時間をかければ実施可能と考えているが、限られたリソースを考慮してリソースを投入していなかった。

→これからは何らかの割り切りがあるという前提で考えることにする。その上で、その割り切りはどの辺なのかという部分を個別に説明して貰いたい。そうしないと、どこまでも突き詰めてしまうと思う。

・この検討会で何をどこまで議論するかについては、規格は実際に適用するために制定されていることを踏まえて、私としては PFM を適用するためにあまり範囲を限定せずに議論を進めたいと思っている。最終的な目的はどう規格化するのかという点であるが、規格はここまでしか規定しないから議論しないと言うことはしなくてもいいと考えている。

→その辺は事前に合意しておいた方が良くと思う。

→どちらの御意見もその通りだと思う。JEAG4640-2018 の附属書 B に、PTS 評価の事例の記載があるが、それは JAEA の検討が基礎になって作られたと理解しており、電中研のテクニカルレポートを含めて PTS 関連の解析をする際の土台になっている。そこには、ばらつきの値をいくつにするかといった部分も書き込まれている。今のフリート評価でどう設定するかという議論はそこに繋がると考えるので、JEAG4640 の改定にも資する議論だと思う。議論の結果は、附属書 B が PTS 解析の土台になっているのと同じように今後の BWR の解析の土台になっていくと思う。今の議論は JEAG4640 の改定に資する内容だと思っている。

→この検討会での議論の範囲については、あまり限定せずに進めたいと考えている。

・確率ベースの PFM に関しては、実際に適用する際の考え方とか、どう解析結果をアクセプトしたらいいか見えないところが多々ある。そこをあまり想像することなく技術論だけで議論を進めてしまうと、規格を作ったとしても実際に適用する際にどこかで「是」と「非」がぶつかることを恐れている。そういう意味では、中核は規格策定に置くものの、技術論的にもう少し幅広に議論して行く方がいいと思う。また、先ほどの議論で、例えば非破壊検査をやっている方は、一生懸命技術開発をしたり、徹底的に検査したりすることを「是」とする考え方があると思うが、PFM 的な破損確率ベースで考えると、破損確率が非常に低く、多少検査の精度を上げても結果がほとんど変わらないのであれば、本来は普通の精度の非破壊検査でも十分という議論が出てくるはず。それが非破壊検査の技術だけを突き詰めていくと、お金を掛けられる範囲でその時の精度の限界で検査する方向しか出てこない。それを、ある種別の観点から妥当な範囲を定めるという意味では、破損確率で見るのはすごく有効と思う。そういう意味で、確率ベースの考え方がこれまでと少し違う方向性を生み出すというのはあると思う。アカデミアの立場からは、アカデミアが排除された場で議論され事業者と規制側が手を結ぶというのは違うと思うので、このようなオープンな場で議論されて、その上でさらに規制や事業者それぞれの立場で仕上げていくという方向性はありがたいと思う。

・現行の JEAG4640 は「左辺」(破損確率の計算結果)しかなく、実活用していく場合には、「右辺」(破損確率のしきい値)が必要と思っている。アメリカの 10CFR50.61a のスクリーニング基準が 10^{-6} /炉・年ということは皆認識されていると思うが、プラントの実力が判らないままスクリーニング基準が作られたわけではなくて、PTS の再評価プロジェクトで仮に 100 年や 200 年を想定して計算した値も踏まえながら、代表 3 プラントの計算結果を持ち寄ってスクリーニング基準が設けられた経緯もあり、その方法論が国内のプラントに合致しているのか議論していけばよいと思う。それから、PRA の話で日本の機器の故障確率はアメリカよりも低いと言わ

れながら、何年か前に見た精緻化された PRA の結果では、CDF はアメリカと日本でそんなに変わらないという結果も出てきている。PFM の解析結果で、精緻化や高度化すると両者に差はないという結果が出るのは良くないと思っている。PFM の場合は、少なくとも PRA と違って、FAVOR と同じ計算の流れで分析するとか、細かく組み立てて行く必要があると思うので、これから技術的な議論が大事になると思う。

- ・「10 のマイナス何乗ならばいい」のかというのは、それだけで判断するのは難しい。廃棄物も含めて原子力発電所全体でたくさんの設備があって、今、いろいろなところを検査する/検査しないとなっている。そこで、理想論にはなるが、同じ破損確率（あるいは CDF）になるように、（検査の実施に伴う）無駄な被ばくも抑えて 10^{-10} になるよう圧力容器の周方向の検査を止めた方が、原子力の全体の安全に寄与する・・・といった説明があると、受け入れやすい。もしかしたら私たちが生きている間には出てこないかもしれないが、将来的に出てくるよう頭の体操として議論していくのは意味があるのではないかと思う。この間、リスクの会合の資料に「被ばくとの関係で評価する」とあったのだが、これも一つの案と思う。炉の周方向の数値の低い部分の検査を被ばくを増やしながら多くやるよりも、違う部位の溶接部の検査をもっと増やせば被ばく量は低減するし全体の安全にも寄与すると言うのだったら、その方がよい。そういう幅広い議論をして貰えればと思う。

○資料 No.106-10 : JEAC4206-2007[2023 年追補版]に関する技術評価書 資料の紹介
(資料の紹介のみ。(ご意見は特に無かった))

○その他「海外開催シンポジウムのお知らせ (6th ISPMNA)」

- ・原子力規制庁より、来年韓国で開催される PFM に係るシンポジウムに関する周知があった。

(4) 次回の開催予定

次回 (第 6 回) の開催予定日は、11 月 28 日 (金) の午後となった。

以 上

第 106 回破壊靱性検討会配布資料

資料 106-1 : 破壊靱性検討会 PFM 臨時検討会 委員名簿

資料 106-2 : 第 105 回破壊靱性検討会 (第 4 回 PFM 臨時検討会) 議事録案について

資料 106-3 : PFM の適用に向けた PFM 臨時検討会での対応方針 (案)

資料 106-4 : JEAG4640 への反映項目案

資料 106-5-1 : PFM に基づく健全性評価に関する標準的解析要領

資料 106-5-2 : 標準的解析要領 新旧対応表および JEAG4640 への反映項目の検討

資料 106-6 : 国内 BWR プラントを対象とした PFM 評価結果

資料 106-7 : 確率論的破壊力学を用いた検査程度の見直しに関する確認ポイント案

資料 106-8 : 確認ポイント案への事業者対応方針及び意見について

資料 106-9 : RG1.245 要求事項に対する対応状況 (Step 1 関連)

資料 106-10 : JEAC4206-2007[2023 年追補版]に関する技術評価書

参考資料-1 : PFM 臨時検討会課題整理表

参考資料-2 : PFM 臨時検討会工程表

参考資料-3 : RPV の確率論的破壊力学評価の概要

当日追加資料 : 海外開催シンポジウムのお知らせ

6th ISPMNA (the International Symposium on Probabilistic Methodologies for Nuclear Applications)