

第 111 回破壊靱性検討会（第 9 回 PFM 臨時検討会）議事録（案）

1. 日 時： 2026 年 6 月 19 日（金）13 時 30 分～16 時 30 分
2. 場 所： ビジョンセンター虎ノ門 溜池山王 501A+B 室（Web 併用）
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 ヘルノハニュークリア・エンジニア)，
中野(東京電力 HD)，青木(北海道電力)，岩井(東京電力 HD)，
上田（中国電力），岡本（電源開発），川野(IHI)，橘内(日本核燃料開発)，
阪本(三菱重工業)，清水(日本原子力発電)，信耕(電力中央研究所)，
中川(中国電力)，中崎(関西電力)，西本(日本製鋼所 M&E)，
長谷川(発電設備技術検査協会)，畑（関西電力），
河（日本原子力研究開発機構），平原(九州電力)，
村中(日立 GE ヘルノハニュークリア・エンジニア)，山本(日本原子力研究開発機構)

(計 21 名)

代理出席者： 武内(四国電力，秋山委員代理)

(計 1 名)

欠席委員： 稲垣(中部電力)，小林(電力中央研究所)，田川(JFE スチール)，
服部(東芝エネルギーシステムズ)，増住(富士電機)，

(計 5 名)

常時参加者： 吉村(東京大学)，椎塚(ATENA)，好川(ATENA)，平野(IHI)，大厩(関西電力)，
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)，高越(三菱重工業)，八代醍(日立製作所)，石寄(日立製作所)，
宮代(電力中央研究所)，町田(テプ コシステムズ)，笠井(テプ コシステムズ)，
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 24 名)

事務局： 景浦（日本電気協会）

(計 1 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，廣田主査より開催の挨拶があり，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 1 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.111-1 に基づき，出席者の確認を行った。出席者は 22 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.111-2 シリーズに基づき、前回議事録案（詳細版）（第 8 回の PFM 臨時検討会）の紹介があり、正式議事録とすることについて分科会規約第 13 条（検討会）第 15 項に基づき決議の結果、特にコメントはなく、出席委員の 5 分の 4 以上の賛成で承認された。また、今回より「詳細版」を簡潔に纏めた「概要版」を作成。過去の検討会の議事を確認する際に活用頂きたいとの説明が事務局よりあった。

(3) PFM の背景、規格への反映方針について

資料 No.111-3 から資料 No.111-10 及び参考資料-1 から 2 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。

○JEAG4640 改定スケジュールについて

改定スケジュールについての説明があり、今年中に、原子力規格委員会への中間報告を計画している旨の説明があった。

（ご意見等は特に無かった。）

○資料 No.111-3：PFM の適用に向けた PFM 臨時検討会での対応方針（案）

（ご意見等は特に無かった。）

○資料 No.111-4：JEAG4640 への反映項目案

（ご意見等は特に無かった。）

○資料 No.111-5：JEAG4640 改定方針中間報告目次

（ご意見等は特に無かった。）

○資料 No.111-6：JEAG4640 改定方針中間報告共通部分

- ・JEAG4640-2018 の記載ぶりを振り返った上で今回の改定作業に移っていると思うが、破損頻度の算出については、原子炉圧力容器の破損をどう定義していたのが重要ではないかと思う。2018 年版を作成する時に、JEAC4206-2007 の決定論的な評価では、想定された欠陥が脆性的に進展するところまでしか考えていないが、PFM の場合には、その後亀裂が進展して貫通するところまでを想定し破損としていると思う。その破損という状態がどういう状態なのか、破壊力学に従事している人の中での定義が曖昧かもしれないし、破壊力学に従事していない PRA 等に従事している人たちには、伝わっていない気がする。その部分が解説等書かれていればよいが、今後その部分を事業者の意思決定等に使う場合には、どういう状態を想定して計算するのかについて、もう少し明確になった方がよい。具体的には、周方向の亀裂は全周で、軸方向の亀裂は無限長のような置き方をし、破壊力学的な扱いをして、それが（肉厚の）9 割を超えて貫通するとなった時にどういうことが起きるのか、安全性という観点で明確にしておいた方がよい。

- 今の発言の主旨が十分理解できていないが、要は破損の定義と言う事か？
- 分かりやすく言うと破損の定義である。用語の定義か、あるいは破損判定方法とかその辺りになる。判定となると、深さだけを見て、例えば 80%になれば破損とみなすということになると思うが、その時長手方向の状態までを考えていたのかどうかという意味である。
- 決定論的には考える必要がなくても、確率論の時にはそれが例えば炉心損傷みたいなものを扱っている人たちから見た時に、PFM でいうところの破損というのはどういう状態なのかというのが伝わっていないように思う。
- それは、PRA との関係といったことを指しているのか？
- 主にそういうことである。
- 今のご意見については、決定論でも全く一緒だと思う。決定論の場合、線形破壊力学で容器の評価する時には、最深点の安定性しか見ていない。
- 決定論と確率論の大きな違いがそこにあるような気がしたので、質問させて頂いた。
- 破損に至る前の亀裂のモデル化の時、決定論の時は表面亀裂のままであった。そこが全く違うというのはあり、そこをどう捉えて今後に繋げていくかについての議論は必要だと思う。
- 2016 年版では亀裂が進展して止まるかどうかまで考えていたと思うが、エンドースされている 2007 年版ではその手前で終わっていたと思うので気になっていた。
- 今どう対処して欲しいかという事よりは、そういう認識を関係者が共有できているのか確認したいという思いを理解して頂けるとありがたい。
- ・改定経緯のところに書いてある内容と、改定内容のリンクが弱いと思う。これを入れることになったのは、リスク評価の会合において、RPV の検査程度を議論することになったのが大きな改定のきっかけだったのではないか。それがここには書いていない。だからこれを読んでも、何故 BWR を入れるのがメインなのか判らないのではないか？
- 資料 9 ページがその点について記載しているところであるが、不十分ということか。
- この検討というのは、技術評価した時からずっと継続している。だが、今般こういう決断をしたのは、実際に検査部門が規制委員会にお諮りをし、検査程度についてこれを基準にして変えようという意味を示したからではないかと思う。それが去年からその取り組みが始まった一番大きなきっかけだと思う。
- 承知した。関係者と相談の上、その部分の記載を充実させる等対応を考えたい。
- ・概要の説明のところで、5 ページの一番下に例示で「 5×10^{-6} /炉・年」という記載があるが、その数字をもっと小さいものにしてはどうか？「 5×10^{-6} 」というのはアメリカの許容基準を超えている数字だと思う。例示はもっと小さい数字にするのが良いと思う。
- 「 5×10^{-6} /炉・年」というのは、昔アメリカで PTS ルールができた時に、これが一応基準だったと思うので、それを意図した記載だと思う。今は「 1×10^{-6} 」である。
- おっしゃるとおりである。小さい値に修正する。

○資料 No.111-7：確率論的破壊力学に基づく健全性評価に関する標準的解析要領の更新
を踏まえた改定方針

- ・資料 No.111-4 で中間報告での報告事項に該当するところにハッチングをかけているが、(6)溶接残留応力も含める予定なので、ハッチングを掛けた方がよい。

○資料 No.111-8：JEAG4640 附属書 B の改定に関する検討状況

- ・附属書 B を規格の中で現状の建て付けにした時に、本文のどこから附属書 B を引用するのか確認しておきたい。例えば PFM-5000 の破損頻度の計算や、PFM-2000/3000/4000 では個別の項目になっている。全体の中身が附属書 B に入るのか判らなかったので、イメージを教えてください。

→PFM-1100 の最初に「参考となる解析条件と解析手法の例を附属書 B に・・・示した」というふうに、目的及び適用範囲のところに記載している。PFM-2000 とか PFM-3000 とかの内容は、附属書 B のそれぞれのところと紐付いている。その点について今回の改定で、そこを逐一書くのかどうするかについて、見やすさ含めて考える必要がある。

→承知した。

→PFM-2000 になると、応力拡大係数の算出の章での細かい箇所に紐付けされるため、PFM-1000 にしか記載していないと理解している。

- ・ PFM-1100 に附属書 A/B/C があるという説明が入っている。附属書 B だけではなく、解析コードの検証方法が附属書 A、参考となる解析条件と解析手法の例を附属書 B、過渡条件が附属書 C という具合になっている。全体的な内容だったので、現在の様な引用箇所の書き方にしたのではないかと思う。

→附属書 C の過渡事象については、PFM-5000 番台に過渡事象に関する記載があったので、そこから参照されるのかと思った。附属書 B も本文中のどこかで参照するところが出てくると思った。

→PFM-5400 に該当すると思うが、現状は参照していない。今回の改定では紐付けてもいいかもしれない。

- ・細かなところであるが、附属書表 B-2200-1 国内 BWR プラントに対する解析条件の例の (5/5) について、例示なのでこれでもいいとは思いますが、Cu とか Ni の分布型が FAVOR とは違うように記憶しているので、確認頂きたい。

→確認する。

- ・附属書 表 B-2200-2 (1/3) の応力拡大係数式の内、内外表面半楕円亀裂について JSME の維持規格の解を使うのであれば、クラッドのヤング率を書かなくてもよいのではないかと？CEA の解ではクラッドのヤング率を使うので書いてあったと思うが、維持規格の解を使うのなら無くてもよいと思った。また、備考欄の「クラッドの影響を考慮した式」も同様に書かなくてもよいと思う。

- ・テクレポの解析条件の評価時期の書き方について、書いておいた方がよいもの、書かなくてもよいもの等ご意見があると思うので、発言頂きたい。

- ・溶接残留応力とか、今検討している事項を入れるという説明があったと思う。それは公知化される予定なのか？公知化する場合は文献名等を参照しておくのが望ましいと思う。

→公知化については、保全学会か PLIM で発表する事を考えている。実測値についてはあまり学会発表データにはならないので、それは多分、NRA との会合の場などで出していく事になると思う。

→規格に書くのであれば、文献引用できるのかどうかと思い質問した。また、NRA に説明する上での妥当性という意味では査読付き論文の形が望ましいと思う。

○資料 No.111-9：ATENA-NRA 研究意見交換会合結果

- ・モデル式の確認方法についてコメントが四つぐらいあったとの事だが、検査については、PD 認証がないがどうするのかというコメントだったのか。

→意見交換の中では、POD の感度が小さい結果を示している。

→感度があるのかどうかについて、感度解析した結果、あんまり効かなかったという回答をして、それで一応納得頂いたという事か？

→その場合は、コメントとか説明内容について納得する/しないではなくて、あくまで技術的な意見交換の場である。実際に RIDM の検査側の意見交換の時にはそういう話もあるかもしれないという程度の趣旨である。

→承知した。特に何か NRA 側から要望事項はなかったのか？

→資料の 7/32～8/32 ページを見ていくと、鋼材の種類などがいろいろな種類に分けられているが、臨時検討会の場合でも一番厳しいところを対象にして行うとの事だったので、そのいくつかのもので、鉄鋼会社や鋼材の種類が混ざっていた時に、フリートとして考える時に、「厳しいもの」の考え方になるのかがわからないといったことは、RIDM の意見交換の中では出るかもしれない。また、例えば材料も当時何十年も前に作られた時の製造方法と、実験で使った鋼材を作った時の製造方法が異なれば、それがデータに影響するのか、結果に影響するのか、試験結果に影響するのかも議論になるかもしれないといったコメントがあった。

→承知した。今の意見は、大きく分けて二点あると思う。フリートの評価をする時に代表出来ているのかという点と、もう一つは材料が本当にそれでいいのかという点である。

→資料 9/32 ページでいうと、データベースの Cu は 0.18%まで入っているが、おそらくフリートは 0.08%までであり、0.08%までのデータで KIc 式を設定するとどうなるのか、より厳しくなるのかも見るべきというコメントだったと理解している。

→0.08%が厳しいところであれば、そこに注目した時にどういうやり方をするのがいいのか。厳しいものばかり入れれば、ベストエスティメートでもない。だからどういうふうに考えるのがいいのかについては、議論が必要かもしれない。

→この場でさらに深く議論するという事ではないが、ずっと「フリート」という言葉が出てきて、若干気になる部分があるので、コメントさせて頂く。「フリート」は結局複数のプラントの集合体として扱うという考え方になると思うが、そのメリットとしては、当然作業量が減るとするのがそのひとつ。しかし場合によっては、作業量は減るが、ロジックが複雑だと、厳しくなるケースもよくある。アメリカの場合、このフリートで扱うことによる費用対効果と、日本でフリートを扱うことによる費用対効果は、違う気がしている。今日この場でどうするものではないが、これからも「フリート」が出てくるのであれば、そういう観点でも議論をしていくといいと思う。

関連する例として、私は有限要素法で大規模な三次元有限要素モデルを使って計算するアプローチを取っているが、本当は三次元形状を二次元モデル、あるいは線形モデルに置き換えて評価する方が、計算量は少ないにも関わらず頭を使う。だが最近は、複雑な問題をあえて二次元とか線形のモデルに置き換えるよりも、大きな三次元非線形のモデルをそのまま、メッシュで切ってスパコンで計算した方がロジックがシンプルでわかりやすいということもあった。フリートで評価することが、そういう論理的な明快さと、作業量を低減することの間で、少し違った軸で、バランス感が出てくると思った。

- ・また、資料の 15/32 ページの SQAP と SVVP と SVVR について、今回纏めてやると、どこがどういう形で進めるのかがよく判らないので、V&V の流れを確認している。実際には、SQAP と SVVP と SVVR について、どこかの電力会社が仕様を作って、外注して納品されたものを発注先がもう一度確認するというプロセスが三回行われる流れになるとの話が意見交換会であった。

○資料 No.111-10：確率論的破壊力学の実活用に関する検討委員会活動報告書の正誤表

(ご意見等は特に無かった。)

(4) 次回の開催予定

次回（第 10 回）の開催予定日は、9 月 4 日（金）の午後となった。

以 上

第 111 回破壊靱性検討会配布資料

- 資料 111-1 : 破壊靱性検討会 PFM 臨時検討会 委員名簿
- 資料 111-2-1 : 第 110 回破壊靱性検討会 (第 8 回 PFM 臨時検討会) 議事録案[詳細版]
- 資料 111-2-2 : 第 110 回破壊靱性検討会 (第 8 回 PFM 臨時検討会) 議事録案[概要版]
- 資料 111-3 : PFM の適用に向けた PFM 臨時検討会での対応方針 (案)
- 資料 111-4 : JEAG4640 への反映項目案
- 資料 111-5 : JEAG4640 改定方針中間報告目次
- 資料 111-6 : JEAG4640 改定方針中間報告共通部分
- 資料 111-7 : 確率論的破壊力学に基づく健全性評価に関する標準的解析要領の更新を踏まえた改定方針
- 資料 111-8 : JEAG4640 附属書 B の改定に関する検討状況
- 資料 111-9 : ATENA-NRA 研究意見交換会合結果
- 資料 111-10 : 確率論的破壊力学の実活用に関する検討委員会活動報告書の正誤表
- 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