第 114 回破壊靭性検討会（第 10 回 PFM 臨時検討会）議事録

1. **日　　時**：　2026 年 9 月 4 日（金）13 時 30 分～16 時 30 分
2. **場　　所**：　ビジョンセンター有楽町 306 室（Web 会議併用）
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 ﾍﾞﾙﾉﾊﾞﾆｭｰｸﾘｱ･ｴﾅｼﾞｰ)，
青木(北海道電力)，岩井(東京電力 HD)，岡本(電源開発)，川野(IHI)，
橘内(日本核燃料開発)，小林(電力中央研究所)，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)，杉野(中部電力)，
角(九州電力)，田川(JFE ｽﾁｰﾙ)，中崎(関西電力)，西本(日本製鋼所 M&E)，
畑(関西電力)，服部(東芝)，河(日本原子力研究開発機構)，増住(富士電機)，
村中(日立 GE ﾍﾞﾙﾉﾊﾞﾆｭｰｸﾘｱ･ｴﾅｼﾞｰ)，山本(日本原子力研究開発機構)
(計22名)

代理出席者：武内(四国電力，秋山委員代理)，
岡崎(発電設備技術検査協会，長谷川委員代理)　(計 2名)

欠 席 委 員：上田（中国電力)，中川(中国電力)，矢野(東京電力)，
山本(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)，椎塚(ATENA)，平野(IHI)，大厩(関西電力)，
川井(関西電力)，坂口(関西電力)，遠藤(東京電力)，中野(東京電力)，
桂(中部電力)，中野(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)，石嵜(日立製作所)，永井(電力中央研究所)，
町田(ﾃﾌﾟｺｼｽﾃﾑｽﾞ)，笠井(ﾃﾌﾟｺｼｽﾃﾑｽﾞ)，
小嶋(原子力規制庁)，佐々木(原子力規制庁)　(計 25 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 2 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.114-1 に基づき，出席者の確認を行った。出席者は 24 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.114-2 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.114-3 から資料 No.114-10 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.114-3： 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。）

○参考資料-1：PFM 臨時検討会課題整理表
（ご意見等は特に無かった。）

○参考資料-2：PFM 臨時検討会工程表
（ご意見等は特に無かった。）

○資料 No.114-4：JEAG4640 への反映項目案
（ご意見等は特に無かった。）

○資料 No.114-5：JEAG4640 改定概要（中間報告）目次
（ご意見等は特に無かった。）

○資料 No.114-6：JEAG4640 改定概要（中間報告）
・資料 9 ページ目に箇条書きが 4 項目ある。その最も下のポツで，安全研究の意見交換会の中で，「解析コードの V&V，モデル式の妥当性，判定基準等」と記載されているが，この「判定基準等」は一つ上の RIDM の意見交換会の方で討議することとなっており，安全研究の意見交換会では扱っていない。そのため「判定基準」という言葉は削除を求める。それから，解析条件の妥当性については 7 月 24 日に討議しているので，「判定基準」は「解析条件の妥当性」に変更を求める。
→修正する。

○資料 No. 114-7：実機 BWR プラントにおける低温過圧事象を対象とした原子炉圧力容器の PFM 解析に関する T.FAVOR と PASCAL5 のベンチマーク解析
・資料 10 ページの「解析条件(2/3)」にグラフが掲載されている。温度と圧力が示されているが，これらはどのように設定するのか。プラントデータの集合を包絡する方法等の観点から質問する。
→NRC で決められた基準と，実際に台湾プラントで起きた LTOP 事象の時の条件を全て検討し

た結果と承知している。その事象を踏まえて，これを包絡するように BWR 用に設定された値である。

→台湾のプラントについては承知している。日本のプラントでもこの値で代表できる設定となっているのか。

→PRA 担当者によれば，実際に LTOP 事象を起こそうとしても，その過程でそこに至らないようにシステムが反応するので難しいとの見解である。台湾で事象が発生した時は，何らかの試験のためにある系統の弁を全て閉じていたなどの特異な条件が揃わなければ，このような事象は発生しないとの説明である。

→この過渡事象を日本で計算するときにどのように関連するのかは今後必ず確認する。台湾の事象を踏まえて条件をどのように設定し，日本の現場へ適用するのか。

→そこは論点になると考える。基本的に，台湾の事象では圧力がどこまで上がって止まったのか明らかになっているが，その事象でそれ以上圧力が上がる可能性はないのか問われれば，事象の把握が遅れればさらに上昇したと考える。まだこの事象の解析を実施したことがないので詳細は不明であるが，例えば工認上の最大圧力を入力して解析するのも一つの方法である。そこは今後解析を実施して検討する。

→懸念点として，PTS 事象が発生する条件に非常に近い温度と圧力になっている。温度が示されているが，実際と近い条件で解析しないと PFM の意義がなく，そこをどう考えるのかは今後説明を求める。

→おそらく説明性が最も良いのは最高使用圧力を使う事である。そこまでの圧力を想定して設計して，その圧力を超えたら（設備が）壊れるという条件で解析をしているので，その値を使うのが説明性としてはよいと考える。

→温度の想定は 27℃程度か。

→そのとおりである。特に不自然な温度ではない。冬でも発電所の建屋内は空調が効いているので，例えば 20℃を下回ることはあまりない。概ねこの程度の温度と認識している。ただしそこは，感度解析である程度幅を確認することになると考える。

・細部の確認であるが，最後に亀裂進展を評価する指標の提示があり，資料の 13 ページで現状の JEAG4640-2018 では Point 1(内表面側)及び Point 2(最深点)で評価しているのは，PTS 事象を考えてそう設定したと考える。今回の資料で，T.FAVOR では Point1 しか評価できないように読めたのであるが，結果として Point2 を評価する必要はないとの理解でよいか。Point3(中間点)で評価した場合にわずかに亀裂貫通頻度が上がっているのは，Point2 若しくは Point 3 の影響があると考えるが，その点は確認しているか。

→確認の有無は不明であるが，Point3 はある程度荷重が上がると，基本的にこのような亀裂形状が生じ得る。短軸側の応力比率は長軸側では概ね低いので，もちろん荷重のかかり方にもよるが，基本的には概ね内面亀裂が真円になるように膜応力だけがかかって，長軸側の亀裂の K 値が小さくなる。したがって基本的には Point2 と Point1 と考える。もちろん Point3 のところに大きな荷重がかかることを考えれば別であるが。

→LTOP 事象の解析においては，結果として Point1 だけを評価すれば妥当な値が得られ，Point2 と Point3 は評価の有無による影響はないという結論に繋がると考える。

→一義的かどうかは把握していないが，この解析条件の結果のみを見れば，Point1 だけでよいと言える。

→これまでの検討や 2018 年版策定時にどういう議論があったか把握していないが，PTS の時には Point2 を見る必要があるということで，その両方を評価することになったと考えるが，LTOP だと違いがあって，Point2 を含めても感度はほとんどないという結果が今回得られたと考えるので，JEAG4640 改定時にその点を本文かどこかに記載してもよいと考える。

→理由は非常に明確で，LTOP の場合は主たる荷重が内圧であるため，内圧による膜応力が支配的になる。そうすると板厚内の応力分布が PTS の時よりも大きくつくものではない。大きくつくようであれば内面側と外面側のどちらが厳しいのか判断する必要がある。LTOP の場合は内圧による応力が板厚内に均一に掛かっている状態に近いので，内面側と外面側の両方を見ても，片側だけを見ても結果は変わらないと考える。

→私は PTS の時のほうが Point2(外面側)の応力は低いと思っていた。その時に Point2 を考慮しているのに，LTOP では Point2 は必要ないという説明に違和感があった。

→2018 年版策定当時の経緯としては，PTS 事象においては Point1(内面側)だけでよいが，規格上の対象事象を PTS 事象に限定しなかったので，規格上は Pont1 と Point 2 の両方にしたのが当時の経緯である。Point1 と Point2 の両方で PTS 解析を行い，影響がほとんど無いことを確認した上で規格に取り入れたという状況である。

→状況について了解した。

・資料 9 ページで，残留応力分布のグラフでは真ん中のあたりで圧縮になるので，そこで亀裂の進展は止まる。そうすると発生確率と進展確率はオーダーの差が生じてもよいと考えるが，計算結果を見るとほぼ一緒の値になっている理由は何か。

→内圧に起因する膜応力が支配的であるため，この圧縮はそれで相殺される。

→これよりはるかに大きいということか。

→最も大きい内面で残留応力は概ね 40MPa 程度となるが，単純にこの内圧で計算すると，概ね 150MPa 程度となると考える。軸方向応力はその半分で 80MPa が出ているので，不連続部の残留応力を足すと圧縮に入る余地が無いので，内圧によって亀裂が進展し始めて，進展に伴い面積が減れば応力拡大係数が大きくなって止まらないというのが現実的な考え方である。

→逆に言えば，残留応力無しでも感度解析には影響しないという理解でよいか。

→もちろんこういう分布ではなくて，真ん中が凹まないような分布を膜応力として入れればさらに応力拡大係数(K)が大きくなり厳しくなる。内部にある亀裂の K としては当然大きいほうに行く。これは想定によるが，熱処理すると降伏応力相当が概ね 40MPa 程度まで落ちてしまうので，そこをベースに考えると最大でも 40MPa の膜応力がかかっている状態。それが圧縮側を考えない非常に保守的な想定だと考えるならば，その条件から得られる CPI や CPF を計算すると，それが最大程度になると考える。

→JAEA と配管の PFM の検討をした時にも残留応力がどうなるか説明を受けた。今後この検討をされる時に，残留応力は何を想定しているのか，感度がどの程度なのかも関心事の一つになるので質問した。

→おそらく配管の場合は，BWR 再循環系の残留応力だと内表面での値が概ね 400MPa 程度になり残留応力が結果に効いてくると考える。今回の場合は熱処理をすることで 1 桁程度下がっている。

→補足するとこの解析の残留応力は，内圧による応力で嵩上げされるのでマイナスになるところがない。その一方で，亀裂がどこにあるかという観点で考えると，配管の場合には亀裂が内側から伸びるものだけしか考えないが，今回の原子炉容器の場合には亀裂がどこかにあるという想定であるため，真ん中辺りでこの圧縮による残留応力の影響で足されても，応力が低ければその点の亀裂は破損に至りにくいとしても，一旦亀裂が進展し始めたら貫通してしまうのは，今の説明のとおりである。一方，配管の場合は内側からの亀裂進展だけを考えているので，内表面側の残留応力が結構影響する。このように場合分けして考えるとよいと考える。

→更に言うと，おそらく K_{Ic} と K_{Ia} の違いもあると考える。

○資料 No. 114-8：BWR プラントを対象とした感度解析結果

・脆化予測式の違いにより感度に大きな差が生じるとの印象である。その原因は何なのか。式のどのような違いがこれほどの差につながるのか。
→今回 Eason2006 の式に修正したが，Eason の式自体を細かく見ていないため不明である。この結果に効いているのは脆化量で大きな値の差が生じており，式によって得られる値が変わる事はあると考える。
→EONY の式と同じだと考えるが，2013 年追補版の技術評価をした際に予測の計算をした時のグラフを再度見直してみたが，顕著な違いはなかった。BWR の値を入力しているので照射量が少ない方で入力していると考える。外国の式の場合は，一般に高照射量に対する結果が過小評価になる事があるので，PWR のデータであれば特段驚かないが，照射量の少ない領域でこれほど結果に差が生じる理由を確認したい。
→今日準備した資料では回答できないので，持ち帰り確認する。
→結果に差がある点について一つ可能性があるのは，Eason の式は，Cu の含有量と照射温度に非常に敏感な式になっている点である。照射温度については，原子炉の炉壁の温度を何度に設定するかによって得られる RT_{NDT} の値が変わったと記憶している。今は炉壁の中心温度をそのまま使っているが，例えばこれを給水温度に変更すると非常に敏感に RT_{NDT} の値が動いていたので，そこも併せて検討する必要がある。どちらの式にするかは現時点では不明だが，基本条件を合わせて式を変えて計算するとこういう結果になる。
→計算結果を比べると，10 の 3 乗ほどの違いがある。FAVOR の中に入っている式が非常に非保守的に見える。なぜそうなるのかはこれから NRC と議論する上で重要な確認事項である。
→今のような議論が起こる時，最終的な確率の値だけ見ていると，結構解釈を間違えるケースがある。PFM の計算とは基本的には多数のケースに対して決定論的な評価をして，それで最終的にトータルのサンプルで割って確率を出す。いつもそこまで実施する必要があるわけではないが，今の議論に対応して実際に壊れたケースのサンプルについてどういうデータの組み合わせでそうなったのかを精査するプロセスを入れると原因が明確になる。
・今回の解析は先ほど資料 114-7 で説明された BWR の解析条件と同じものを使用しているのか。
→対象としているプラントが違うので，基本条件は違う。
→例えば，初期の RT_{NDT} に 50℃積み増すところは同じなのか，それとも違うのかは確認したい。
→今回の結果については，プラス 50℃で解析していない。
→そうすると，今の例だと 50℃積み増した場合，例えば資料 114-7 にある母材の 11.1℃という RT_{NDT} があったら，50℃を引くと-38.9℃だから，そこからの脆化量を把握できる。EONY 式だと 2℃程度しかシフトしないが，予測式によって差があるのでなぜかを懸念していたと考える。一つは Cu が 0.05%という 0.12%未満の Cu 含有率が非常に低い材料に対する EONY の式の適用性を確認するのがよいと考える。それとは別に違うデータベースで式が作られていることが影響して導かれるデータも違ってくると考える。
→脆化予測式を変えれば，結果が変わるのは当然である。照射量が高い領域ではないので無理に EONY の式に合わせ込んでいないと考える。その点は既に議論されているため問題ないと考える。
・資料 4 ページの溶接ビードの厚さを変えた感度解析のグラフで，縦軸の「溶接部の亀裂数」は，軸方向と周方向の溶接がある原子炉容器を想定した場合の合計の数と考えてよいか。
→その通りである。
→承知した。また，「深さ」とは亀裂の位置ではなく、深さ方向の寸法か。
→そうである。
・初期亀裂の分布に関しては VFLAW という解析コードがあって，そのインプットを溶接ビード厚さの観点で変えた結果，出力が変わったものと考える。VFLAW では何を考えて，何を計算

しているのか十分に認識されていない場合があると考える。結果としては，個々のビードの厚さの影響を受けて，存在すると見なされる亀裂の寸法もそれに比例して大きさが変わるということだと考える。そこの関係についてさらに説明を加えることが望ましいと考える。
→確かビード高さで規格化して小さい亀裂と大きい亀裂を区分するなどしており，ビード高さが 2 倍になったら亀裂の個数が 2 倍になるといった単純な関係ではなく，より複雑であったと記憶している。
→亀裂分布に関しては第 109 回破壊靭性検討会で「初期亀裂分布の設定」に関して資料で説明したので，それを参照されたい。ビード高さに応じて関数形が変わるようになっている。このグラフを見ると大きな差があることは明らかであるが，重要なところは亀裂深さが 0 ～ 5 mm の間の狭い範囲で，No.2 は最初最も上にあって，亀裂深さが大きくなると順番が逆転するような現象が見えており，これがビード高さの影響だと考える。結果への影響が大きいところを見ればわかりやすい。
・今回感度解析を行った時に設定したパラメータの幅は，ある程度フリート評価のことを意識して振っているのか。それとも単純に 2 倍，3 倍に変更しているだけなのか。
→BWR プラントの中の最小値と最大値について，さらにその中でいくつか振って実施している。したがって，フリートを意識して最大と最小を含む範囲でパラメータを決めている。
→承知した。「フリート」という言葉が明記されていなかったので，念のため確認した。
→そういう点を考えると，考察の仕方や資料のまとめ方も変わってくると考える。

○資料 No. 114-9：JEAG4640 附属書 D 案
・参考文献の電中研殿のレポートは現在未公開で今後公開する予定か。
→今後公開する予定である。
・附属書Dの表題が「解析結果に関する」とあるが，実際には解析条件の情報等も入った上での解析結果となっている。「解析」という言葉はどこかで使われると考えるが，JEAG4640 は「算出要領」となっている。全体として用語についても本文でどういうことを規定するのか整理しておいた方がよいと考える。また，記載事項は表形式でなくてもよいのではないか。
→全体的に統一を図り，表形式が最も適切か再度検討する。
→このままでも差し支えないが，表形式にこだわる必要はないと考える。
→本文にはほとんど記載がなかったので気になった。
・この例示はどのような例を示すものか。BWR 電力が今後フリートで提示する資料を意識しているのか。それとも個別のプラントで評価した時の資料を想定しているのか。それと一つ目の「基本情報」は経緯も含めて書くのか，それとも PFM 計算の入力値から書くのか，どのような構成となるのか。
→直近では ATENA で協議している試験程度の変更で技術根拠書を作って，規制庁に確認を求めることになる。その中で PFM 解析結果を整理して提示し，さらに V&V や解析条件の妥当性なども全部含める。あとは将来的にプラント個別で PFM を活用する場面になった場合にもこれを参照できるように，今回の BWR の試験程度変更に限らず，一般的に参照できるよう意識して記載事項の例示として作っている。もう一点については，解析条件の設定内容を記載した後にその妥当性の説明を記載するイメージである。
→この規格の使い方に明確なイメージを持てていない。例えば私たちも規制庁内で何かを説明するときに，関係者全員で規格を確認することがある。そういうことを想定して作られているのか，何かを申請する或いは資料を公表するために使うのかによって，記載内容も変わると考える。どのような使われ方を想定しているのか。
→後者のイメージである。誰かに結果を見せる場合に例示に使われると考える。

→参考資料 3 に先週(8 月 27 日)の NRA との協議の資料があり，その中に PFM の技術根拠資料の内容が示されていたが，この資料と対応しているのではないか。
→当該資料は技術根拠書のアウトラインを示している。その中に PFM 解析結果があり，附属書 D で示したアウトラインで内容を纏めることを想定している。
→全体のレポートには検査の話も入るが，PFM 解析のところは附属書 D で対応することでよいのではないか。また，様々な使い道があると考えるので，必ずしもこれに従う必要は無いという意味で「例示」と記載されていると考える。
→すると，計算したところだけを想定して作られるということか。
→そこだけである。その背景として，なぜ解析をするのかもあるが，PFM と別のところは入っていない。この参考資料 3 のレポートの PFM 解析の部分が附属書Dである。
→資料 114-6 の中間報告では，V&V のところで SVVP や SVVR という言葉が出ているが，それも含んだ例示という理解でよいか。
→V&V の全てを入れる必要はなく別冊としてもよいと考えている。V＆V がなされていることと，その中身を別冊から参照するのであればトレースできるように情報等を記載する必要がある。
→そうすると，この表にある判定基準はこの規格の対象外になるのではないか。
→規格の対象外ではあるが，結果を読む人に正しく理解してもらうためには，どんな判定基準を意識して解析したのかを一緒に示すことが望ましいと考え，そのような事項も記載している。例えば技術根拠文書の一部がこれになるということであれば，文書全体で見ると，判定基準が重複する情報になる可能性もある。そうなれば全体構成を見ながら適切に調整すればよいとの意図も含めて例示という言葉を使っている。

○資料 No. 114-10：JEAG4640 附属書 B の改定に関する検討状況
・この解析条件について先ほど感度解析の話があった。解析条件は元々個別プラントを分析する場合の例として入っていると考えるが，フリートを扱う際の設定の仕方は，この条件の例示では対象外で，フリートとしてまとめる場合にはユーザーが判断するとの位置付けか。
→その通りである。ここではフリートをどう設定するかまでは記載していない。
→規格にはフリートについて記載しない方針か。
→フリートの条件を設定しているアメリカの文書を見ると，フリートを設定する時に感度解析を行い，様々なケースを設定してそれがよいのかどうか検討しているが，この表でそれをどう表すのか具体的な案が得られていない。考えてみる。
→JEAG として必須なものではないと考えるが，実際にフリート条件で実施する場合にこの表に記載されている方が有益と考える。
→私も同じ意見である。この表を有効に活用されることを期待する。
・資料の 14 頁で BWR については LTOP を選定と明記されているが，それはここに記載しなければならないものなのか。ここで記載しているのは評価対象プラントで，支配的な事象を選定するという条件である。資料 26 頁の解説で PWR の場合は，代表 3 プラントを選び，その他 5 プラントとも比較しながら決めたという選定の考え方が記載されている。今回追記いただいた BWR の過渡の選び方が 27 頁に記載されているが，その上で 14 頁で LTOP と明記する必要があるのか確認したい。
→確かにその通りなので，PWR 側との整合も考えて記載ぶりを確認する。
→そうなると，PWR と BWR とで記載ぶりを変えなくてはいけない部分，例えば思想は一緒で運用が若干違うという部分があれば，解説の方で区分して記載する点もある。その点の整理の仕方は今後考えた方がよい。
→PWR の記載では PTS と書いてあったと考えるが，今後検討する。当時もまずは附属書 B を作

り，その後過渡事象についてもう少し説明が必要となり，附属書Cを作成したと記憶している。
・中間報告の話になるが，規格改定案も作っていきたいと考えているので，各担当の方々のご協力をお願いする。

○参考資料-3：確率論的破壊力学を用いた原子炉圧力容器 溶接継手試験程度の変更について
・会合での発言の意図は不明であるが，規則に照らして十分な保安水準であり，亀裂解釈に照らして十分な保安水準ではないと考える。亀裂解釈に照らして評価するというのは，同等かどうかも説明するということになるが，規則に照らして十分な保安水準とあるため，全く違う方法で規則に適合してもよいということである。
→会合中にその点は考えた。
・本検討会で PFM 解析の方法を議論している時に，検査を行うのか行わないのかは実は示されていない。実際の解析では，先ほどの VFLAW の結果で亀裂分布が得られるが，検査をしているかは明示されていないので，あの分布は検査していない条件で得られたのか考えた。感度解析等を実施した際の今までの数字は全て検査をしていないときの TWCF ではないか。その一方で，今事業者が申請しようとしているのは，検査を実施している実態に対して，それを減らす或いは止めるということであるため，検査をした時としない時の解析の比較が必要になる。今までの結果が全て検査をしていない条件であれば，検査をした時にどれだけ効果があるのか示す必要があるかもしれないが，本当に意味があるのだろうか。検査の程度を変更する検討をしている時に，PFM 解析の中で検査の程度の考慮の方法について議論がないことを懸念している。例えば VFLAW でその部分を考慮出来るのであれば，それを示してもよいし，VFLAW の元となったデータは供用前の検査をしているから，それを解釈して検査の効果は考慮されているという見方も出来るかもしれない。JEAG4640 の中に検査という言葉がどのように反映されるのか気になっている。100%の検査に対して，０%にするという極端な変更の仕方もあると考えるが，そのどちらの場合でも TWCF に換算すると高々10 の-9 乗から-8 乗オーダーという数値が出ているとすると，検査により当然それより低い値になることが明らかになればよいと考える。事業者が規制庁に説明する資料として JEAG4640 を参照する際に，検査について JEAG に記載されていないのが気になる。
→事業者側の思惑としては，100%検査を実施した時にプラントの TWCF の値がどの程度の値になるのかを，十分な保安水準の定義として一般化して，現在の状況と説明している。そこから，試験程度の見直しを検討した場合，確実に幾らかは TWCF の値が上がるが，微々たるものであるため同等の保安水準を維持しているという説明ができないかと考えている。先週の意見交換会合では，亀裂解釈の要求事項について逐条的に整理して，TWCF で表す時にどういうロジックで考えればよいのか整理することになっている。今その前段の説明ロジックの組み方について議論している。そこがうまく進めば，検査の効果をどう反映するべきかの議論に入ると考えている。今いただいた意見に対しては，確かに検査の反映の仕方まで見通した JEAG4640 改定案になっていないので，どう反映すべきか，関係者と協議しながら考えたい。
→その点は，（規制側も）一緒に考えなくてはいけない。運転中のプラントでは特別点検も実施されるが，それも踏まえて十分な保安水準であることを説明するのが正しいと考えるので，その点も含めて検討されることが望ましい。その他に追加点検もあり，運転上の制限の確認等の日々の運用面でカバーする部分もあるので，全体構成を提示させて十分な保安水準であることの説明を求めることになると考える。
→本件をその中にどう組み込んでいくのか考えなければならない。
→この資料に記載されている現行の検査程度に比べてその差分が十分小さいことを説明する点について，どの程度であれば十分に小さいのかという議論になるので得策ではないと考える。

→事業者の考えとしては，解析に伴う誤差のエラーバーの中に収まる程度と言えれば，納得感のあるロジックになると考えている。
→検査レベルを下げれば，若干上がるため，どの程度であれば十分小さいと言えるのかという議論に移行すると，本質を見失うのではないかと心配している。
→JEAC4206 の 2023 年追補版の技術評価の時の PFM 解析では，特別点検を実施した場合としていない場合の比較を実施したと記憶している。当時そういう方法であれば PFM でも何らかの方法で検査の効果を取り入れられると考えて，それなりに答えを出せた。その方法が全てとは限らないが，電気協会の規格の技術評価で実施したのに JEAG4640 に入っていないのも疑問である。今回 BWR が検査の見直しを題目に挙げてそのサポートとして JEAG4640 を改定するのであれば，検査について何らかの記述を入れた方がよいと考える。
→今の中間報告では亀裂密度をどうするか記載されていない。今後検討する等，記載を加える方法もあると考える。
→参考資料 3 の 28 頁にある試験程度変更時の TWCF の計算方法のイメージ図は，実際の検査の考え方と違うのではないか。実際の圧力容器には初期亀裂密度分布が入っていて一応疲労亀裂が繰り返し応力によって延びる可能性がある。そのため赤い線は上側に行く恐れがあり，上側に行っていないことを確認するのが供用期間中検査になる。検査で亀裂が見つからなかったということは，少なくとも使用前検査時の検査結果とほぼ同じ状態であることを供用期間中検査で確認したという状態になる。つまり赤い線が変化していないことを確認するのが本来の供用期間中検査の役割だと考える。ただ実際には検査の性能が高いので，赤い線よりも下側となっている。この図は検査をしたら亀裂密度が低下するように見える。
→供用期間中検査の思想としてはその通りである。実際には検査することによって変化がないことを確認することになる。
→検査したことで青になることも理解できないことはないが，供用期間中検査の思想とは違うと考える。
→ご指摘の点，その通りである。実態としては今の RPV に初期亀裂密度分布の更新の必要はなく計算上の処理に過ぎない。
→大所高所で議論をする時に，思想と異なる図が示されるのは望ましくない。
→おそらく配管の場合だとこの議論が行われた例があるが，RPV でそういう例はない。そもそもこの赤色の分布が保守的になっている。過去の検討会でも示したが，実際の亀裂密度分布はこの青の線よりもさらに左下の低密度領域にあって，計算上は検査の効果と言いながらも実態にどんどん近づける計算となっていた。
→初期亀裂密度分布という表現が良くないので，想定した保守的な亀裂密度分布ということだと考える。
→この図を見たときに亀裂が少なくなるようなことはなく不自然に感じた。
→そういうことはないとの認識を共有することと，TWCF が 10 の-8 乗や-9 乗などの値だということは，そもそも亀裂がほとんど存在しておらず，現象論としては亀裂の進展もほとんど無視できることを確認する作業であることを共有することが重要である。検査をすると実際の亀裂密度分布が変化する印象を与えるのは良くないと考える。仮想的な亀裂密度分布について，検査をするとその想定が過剰であったことが分かるが，そもそも亀裂密度分布が非常に低いということを専門ではない他の分野の方も含めて共有するのが望ましい。
→そこは非常に難しい点だと考える。
→検査をすると良くなるという考えがおそらく存在する。ところが RPV であるため亀裂は見つからないし，見つかったとしても補修できないので検査で改善するわけではなく，供用期間中検査の役割は設計・建設規格に従って製作されていて，その健全性が担保されていることを確

認することである。検査を行うと良くなるイメージで捉えられているが，実際は現実的な亀裂分布に近づけていくだけであって，TWCF が下がったように見えても，計算の結果，仮想的なラインが現実に近づいた結果でしかないということである。

→「初期亀裂密度」ではなく，「仮想亀裂密度」という用語を使用してはどうか。

→「初期」というと点検開始前のような印象を与えるため妥当と考える。

・今の議論で，元々この初期亀裂密度分布という用語は PFM 手法の中で出てきた専門用語である。現在 PFM がある種の規制に活用される段階に至っている。今までそういう意識で見ていなかったが，この用語を使う場合に誤解のないように定義し，他と混同して使われないようにする必要がある。現時点で結論を出すものではないが，そこを念頭においてワーディングを検討した方がよいと考える。

(4) 次回の開催予定

次回（第 11 回 PFM 臨時検討会）の開催予定日は，10 月 28 日（水）の午後となった。

以　上

別　紙

第 114 回破壊靭性検討会配布資料

資料 114-1：破壊靭性検討会　PFM 臨時検討会 委員名簿
資料 114-2-1：第 111 回破壊靭性検討会（第 9 回 PFM 臨時検討会）議事録案（詳細版）
資料 114-2-2：第 111 回破壊靭性検討会（第 9 回 PFM 臨時検討会）議事録案（概要版）
資料 114-3：PFM の適用に向けた PFM 臨時検討会での対応方針（案）
資料 114-4：JEAG4640 への反映項目案
資料 114-5：JEAG4640 改定概要（中間報告）目次
資料 114-6：JEAG4640 改定概要（中間報告）
資料 114-7：実機 BWR プラントにおける低温過圧事象を対象とした原子炉圧力容器の PFM 解析に関する T.FAVOR と PASCAL5 のベンチマーク解析
資料 114-8：BWR プラントを対象とした感度解析結果
資料 114-9：JEAG4640 附属書 D 案
資料 114-10：JEAG4640 附属書 B 案
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：確率論的破壊力学を用いた原子炉圧力容器_溶接継手試験程度の変更について