

第24回 破壊靱性検討会議事録

1. 開催日時：平成21年1月22日(木) 10:00~13:00

2. 開催場所：日本電気協会 4階 D会議室

3. 参加者(順不同,敬称略)

出席委員:富松主査(三菱重工業),平野副主査(株式会社IHI),岩崎(関西電力),太田(日本原電),熊野(中部電力),古賀(電源開発),斎藤(日本原子力技術協会),佐伯(東芝),鈴木(日本原子力研究開発機構),曾根田(電力中央研究所),高本(パブコック日立),千葉(日立・GEニュークリア),三浦(日本製鋼所),山下(東京電力) (計14名)

代理参加者:廣田(三菱重工業・朝田代理),松本(九州電力・白尾代理),中井(発電技検・佐藤代理) (計3名)

常時参加者:大崎(原子力安全基盤機構),前田(原子力安全・保安院) (計2名)

オブザーバー:堂崎(日本原電),藤澤(原子力安全・保安院),岡田(東京電力) (計3名)

欠席委員:辻(富士電機),半田(JFEスチール),細井(神戸製鋼所) (計3名)

事務局:大東,井上(日本電気協会) (計2名)

4. 配付資料

資料 24-1 破壊靱性検討会委員名簿

資料 24-2 第23回破壊靱性検討会 議事録(案)

資料 24-3 ASME PVP2008-61494

資料 24-4 ASME PVP2008-61494 概要

資料 24-5 JEAC4201-2007 内容の ASME PVP2009 への投稿について

資料 24-6 JEAC4201-2007 の国内脆化予測法の汎用性について(米国データとの比較)

資料 24-7 JEAC4201-2007 と米国監視試験データの比較について

資料 24-8 JEAC4201 中性子照射脆化予測の比較(BWR)

資料 24-9 JEAC4201 中性子照射脆化予測の比較(PWR)

資料 24-10 高経年化プラントの監視試験データと JEAC4201 の新旧予測法の保守性について

参考資料 1 第27回基準評価WG議事要旨

参考資料 2 日本電気協会規格「原子炉構造材の監視試験方法」(JEAC4201-2007)及び「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」(JEAC4206-2007)に関する技術評価について(案)

参考資料 3 日本電気協会規格「原子炉構造材の監視試験方法」(JEAC4201-2007)及び「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」(JEAC4206-2007)に関する技術評価書(案)

参考資料 4 原子力規格委員会 構造分科会 平成20年度活動計画

5. 議事

(1) 会議定足数の確認について

事務局より,本検討会委員総数20名に対して本日の出席委員数は代理出席者3名を含め17名で,「委員総数の3分の2以上の出席」という検討会決議のための条件を満たしていることの報告があった。

また,平野副主査により,上記代理参加者及びオブザーバ3名の参加が了承された(富松主査が少

し遅れての出席だったため、その間平野副主査が主査代行)。

(2) 前回検討会議事録(案)の承認

事務局より、資料24-2に基づき、前回議事録(案)が紹介され、特にコメントなく了承された。

(3) 平成20年度破壊靱性検討会の活動状況について

富松主査より、参考資料-4に基づき、平成20年度破壊靱性検討会の活動状況についての説明があった。平成20年度の大きなテーマとして、国内データベースに対し、マスターカーブ法が適用出来るかどうかを検討してきた。その成果として、昨年7月、ASME PVPがあり、国内の発電所についてのデータを整理し検討・評価した結果について発表を行った。今後もこれらについて規格化を念頭に入れて注力していきたいとの説明があった。

また、富松主査、平野副主査より、資料24-3~5に基づき、昨年のASME PVPにおいて発表した国内の発電所に対するマスターカーブ法の適用結果と、JEAC4201-2007内容のASME PVP2009への投稿についての紹介があった。

主な質疑、コメントは下記の通り。

- ・資料24-4 P16 左側の図は、寸法換算しているのか。

ASTM 通りにやっているのので、寸法換算している。

- ・ベンディングはどれ位の大きさか。

SE(B)が10mm×20mmで、PCCvが10mm×10mmである。

- ・この例だと、今までの例とは逆に安全側に出てくるのは何故か。

実施した材料が3種類しかないのので、現状では理由までは解明できていない。

- ・寸法補正の式は適切だったのか。

同じ温度のデータが少なく比較できなかった。バイアスをどうするかは必ず議論となるが、一検討ということで、今回はこのような形とした。

(4) 技術評価の状況と対応について

1) 技術評価の状況について

事務局より、参考資料1,2,3に基づき、JEAC4201「原子炉構造材の監視試験方法」及びJEAC4206「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認方法」に関する技術評価の状況について紹介があった。

主な質疑、コメントは下記の通り。

- ・参考資料-1の「基準間の上位、下位関係が分かりやすくする様に」との要望は、JEAC4206 附属書CのLBB適用に関するもので、全体についてはない。

- ・技術評価書案は1/27の原子炉安全小委で審議され、その後パブコメに移行する予定である。

- ・日本電気協会への要望事項は、「)JEAC4201-2007 SA-2363 長期監視試験計画(3)の長期監視試験の試験間隔の変更に関する規程は、変更できる条件や範囲を具体化するよう要望する。

)JEAC4201-2007 附属書 B B-2000 関連温度移行量の予測(国内脆化予測法)については、JEAC4201-2004の国内脆化予測式との保守性と汎用性の比較に置いて更なる根拠の明確化を要望する。」というものであった。)については次回改定時に変更出来る条件や範囲を具体化する事で対応する予定、)については、本日資料を用意したので、国内脆化予測式について議論したいと考えている。

2) 技術評価の対応について(汎用性の検討)

曾根田委員より、資料 24-6,7 に基づき、国内脆化予測式の汎用性についての説明があった。

本件に関する主な質疑、コメントは下記の通り。

- ・資料 24-7 のデータの内、2 点が Over Prediction になっている理由は何か。フラックス効果に係ることではないのか。
この 2 点は Linde1092 の照射データで、この他に同じ鋼材のデータがあと 4 点あるが、それらはバラツキの中に入っている。これらは低フラックスで照射されたもので、フラックス効果により脆化が大きくなると予測していたが、実際の測定値は意外と低かった。この 2 点に近いフラックスで照射されたデータが他に 2 点あり、そのデータはこのバラツキの中に入っている。つまり、低フラックスで照射されたデータに、脆化量が大きくなったものと、大きくなっていないものがあり、それらのデータは同じ鋼材であるが違うタイミングで試験をしていて、初期値が違う。どちらが正しいのかということになるが、低フラックスのデータはあるバンドの幅に入っており、フラックス効果から大きく外れている訳ではないので、別な理由で外れていると思われる。
- ・資料 24-6 に特異と思われるデータ 3 点について除外したとあるが、2004 年版当時の報告書にはこの様な記載はなく、その内のかなりのものはデータベースに入っていると思われる。除外するのであれば、公表出来る妥当な理由を示した資料により、大方の理解を得ることが必要ではないか。今ここに書かれている根拠だけで、妥当であるということの評価するのは難しい。
電気協会としては、構造分科会で本件を審議して頂くことでよいと思う。
- ・公開とは、どのようなことを指すのか。
本件は ASTM に発表しているが、まだ出版はされていない。短期的に対応しようとすれば、国内の学会論文にするなどであろうか。
論文にすることを要求している訳ではない。
電気協会の検討会資料は、自由に閲覧可能なので、それをもって公開としている。
- ・従来のデータで求められた予測式と、その後新しく出来た予測式があって、従来と同じ考え方・やり方でやると少し保守的になってしまうので、より現実的なものにしようとして、あるデータを除外して求めた予測式が今、提案されているものである。規制側が第三者的に検証した結果、従来のやり方に比べて非保守的になった。そのため規制側としては使って良いかどうかの判断で苦慮しており、それで良いと判断するためのバックアップの材料が欲しい。
資料 24-7 は汎用性を証明するもので、保守性を証明しているのではない。
- ・汎用性の証明とは何を持って証明すれば良いのか。あらゆるものに合う予測式を作りなさいと言う事なのか。そうすると、今度はそういうものが要るか、要らないかという議論となる。
- ・前回求めた予測式は、今回除いたデータも含めて評価したものではないのか。
その当時、日本のデータは少なかったので、米国データを使用せざるを得なかった。例えば Cu 含有量が大きく外れたもの等は除いて、日本の予測式の適用範囲のデータに絞って評価している。
- ・今回使用したデータは、資料 24-7 P3 の分布図の範囲に入っていると言うことではないのか。
青い枠の中に除外したデータも化学成分としては入っていると思う。
前は化学成分で適用範囲を決めたが、今回は化学成分以外の別な考え方で適用範囲を決めた。

3) 技術評価の対応について(妥当性の検討)

平野副主査，廣田代理委員から，資料 24-8,9 に基づき，技術評価の対応について(妥当性の検討)の説明があった。

主な質疑，コメントは下記の通り。

- ・資料 24-10 の図 4 の炉壁 4 のデータは，資料 24-8 ではどれになるのか。
資料 24-8 の 3 頁の下の図の横軸 90 近傍のデータである。60 年位までの照射量で見れば，多くのプラントで新 JEAC の方が高めに RTNDT が出ている。照射量の適用範囲は $1 \times 10^{20}n/cm^2$ 迄だが，BWR はそこまでは行かない。
- ・資料 24-10 と資料 24-9 の比較も BWR の場合と同じで，全体としては長期の予測で必ずしも非保守側になる訳ではない。
- ・資料 24-7 の説明で CE 製の材料を国内炉で使ったものがあるということであったが，それはこのデータに入っているのか。
入っている。資料 24-9 図-1 の横軸 80 ~ 90 位のところにある点のどれかだと思う。若干旧 JEAC の方が高い値になっている。
米国の CE 製の母材は予測値が外れるから比較データから外すということではなく，傾向が違うから外すということで，米国の CE 製の母材でもきちんと予測できるものもあれば，米国の新しい予測式のように脆化が少し大きくなるものもあって，CE 製の母材が新 JEAC で全て予測できないということではない。

更問 1 . 合うものは使って，合わないものは外しているようにも取れるのではないか。

式を作る時には，国内データは全て使っている。ただ，米国のデータと比較する時にどんなデータと比較するのが妥当かという点，変なデータと比較しても仕方ないので，比較できるものを選んで比較したということである。

更問 2 . それならば，CE 製のデータに対して，これくらい合っているものと，合っていないものがあるということを示せるのか。

それを示すことは可能である。

- ・技術評価書案で，予測の保守性を比較と言っているが，今議論していることは整合しているのか。
本来はベスト・エスティメイトの式が必要で，何もかも厳しい側になっていけばよいということではない。
電事連から頂いた国内データを使って新予測式で標準偏差を出したら，規格で定めている 10 を超えたが，現行予測式では標準偏差の中に入ったという実態がある。国内データだけで設定した 10 という値が保守的なのかという懸念があるので，10 で本当に妥当なのかということを検討頂きたい。今までの標準偏差は，日本と米国のデータに対する標準偏差であるが，今回は日本のデータに対して 10 としているので，本当にそれでよいのかということである。
そうすると，分析の方向が技術評価書の要求とは違って，誤差の中身，外れているものは何かの分析をする必要があるということではないか。最終的な値が高めに出るか，低めに出るかということの議論が回答ではない。
- ・グロスで見れば，これまでの式よりもよくなっていることはきちんと示している。
電事連から頂いたデータでは，10 というのは確認できなかった。また，今まで高経年評価をし

たプラントのデータを新予測式に当てはめると、標準偏差が 10 より大きな値となったが、今までの予測式ではだいたい入る。だから、今回の標準偏差の設定の仕方が、従来のものが持っていた保守性を持っているのかということの説明を頂きたい。

どれくらい保守性があるかは、個別に見ていかなければ分からない。標準偏差だけを比べても、合っているか、いないかを言っているだけで、保守性につながるかと言うと、全く別の話だと思う。資料 24-10 は、照射脆化が進んで、脆化傾向が厳しいため、脆化予測の精度向上が必要となっていることを整理したものである。

- ・従来のやり方はこうであるが、今回はこういう理由でこのように変わりましたというのを分かりやすく示して欲しい。

1991 年からかなり時間が経過しており、それ以降に CE 製を分類する動きがあるなど、そのようなことを消化して式を作っている。

都合が悪いデータを外したのではなくて、日本のデータだけで標準偏差を出している。資料 24-7 の海外データとの比較は、ブラインド試験のようなものである。

海外のデータを入れなくてよいのか、という議論もあるのではないか。

そうすると、フランスのデータはなぜ入れないのかなどという話にもなるはず。

- ・従来と同じように米国のデータも一緒にして標準偏差を出して、両方のデータを比較すれば分かりやすい。

式の変更は規格改定になってしまうので、フィッティングは行わない。米国データも含めて標準偏差を出し直してみることは可能である。

- ・マージン 10 について確認ができなかったということは、予測式自体を問題視しているのではなくて、今回のマージンが国内データで 10 としたのに対して、規制側としては、昔の米国のデータも入れて、前に式を作ったデータ・ベースで評価して、例えば 13 と出たら、マージンを 13 にすべきということか。

日本のデータだけでフィッティングするということは、高 Cu, 高 Ni のところのデータはほとんどないが、米国のデータにはその辺がたくさんあるので、それらを含めればそれなりに全体の傾向が出せるであろう。日本のデータだけでフィッティングすると、特異な点に引っ張られるのではないか。

日本のデータは、資料 24-7 P3 の赤枠の中にほとんどのデータが入っている。

それならば、国内プラントで 1×10^{20} までに適用しますという予測式にして欲しい。

それは要件をつければよいのではないか。

- ・資料 24-9 の図 1 の傾向は特に問題視していないけれど、図-2,3 のようにマージンを入れた後にアンダー・エスティメイトしている部分を問題視しているということではないか。

それはおかしいのではないか。これはあくまでも予測である。今の話だと、新しい式による予測結果は、前の式よりも全て保守的にならないといけないということなのか。

そんなことはなくて、結果としてどちらになってもよいが、前提条件を非保守的にしてしまっているのではないかということである。

米国のデータをもってきたら、マージンが大きくなるのは当たり前である。作ったデータ・ベースと違うものをもってきたら、マージンは違って当然である。

電中研の報告書で 2007 年版の式がよく合うというのは、それは国内のデータをフィッティングしたのが 2007 年の式で、その国内のデータを評価したらよく合うのは当たり前である。

事業者は国内で適用するのだから、国内のデータで精度がいいものを出して、確認していけばいいであろうという考えで、それに対して規制側は、今まで米国に頼ってきているから、日本と米国を合わせてフィットしないとイケないということで、入口論が違う。

一番大きいところはフィッティングで、従来は日本の化学成分は片寄ったところがあるから米国のデータも入れてフィッティングして、日本のデータと、米国のデータと両方のデータの傾向を示す式としていたのが、今後はそうではなくなるが、本当にそれでよいということを規制側としては説明しきれない。

日本のデータだけで式を作ることが破壊靱性検討会では妥当と考えているので、あとは規制側がどう判断するかである。

Linde80 を入れるなんて考えられない。従前のデータ・ベースを用いて標準偏差を求めることは可能であるが。

- ・銅含有量の多い国内データに引っ張られるという話があったが、資料 24-7 P14 で国内材は 0.16 くらいまでしかないが、Linde80 のものを除いて他のデータは合っている。引っ張られている傾向はどこにもなくて、Linde80 を入れると外れるものがあるが、Linde80 というのは材料が別である。なぜ、古い JEAC が合っているかということ、その領域には Linde80 しかないのだから、溶金だけ分けてフィッティングすると必ず Linde80 に最適化されることになる。だから、従来の式が合っていて、新しい式が違っていると言うよりは、従来の式は Linde80 に最適化されているということである。そういうのは意味が無いので、それを除いて新しい式を作ったということで説明になっているのではないか。

国内のデータで特異なものが二種類しかなくて、それで式を作ると言うことは全体の傾向を表す式になっていると言えるのか。

全体的にも資料 24-7 の通り合っているとお示ししているが、これではだめなのか。

- ・電中研の報告書では標準偏差は 9.4 であるが、少なくとも 10 のマージンが確認できなかったということであるが、規制側で計算された値は何度だったのか。

10.1 である。9.4 になると思って計算したら 10.1 だった。

- ・米国のデータは使わないで式を作って、ブラインド試験のようなことをやって、米国のデータと比較をしたらそこそこ合いますということで検証したのであるが、そのやり方がダメということか。

米国のデータを試してみたら合わなかったのはこの三つで、この三つが合わないことは妥当であるということが確認できればよい。

資料 24-7 で確認できるのではないか。あと何が必要なのか。

では、まず Linde80 を除いてよいという共通の理解と言うが、その妥当性を説明できるのか。

逆に言うと、日本には Linde1092 という一つだけ特異なデータがあって、それに対する予測をやる時に、それだけで評価していいのかということである。

破壊靱性検討会としては、構造分科会で日米のデータの扱いなどをしっかりと説明して理解を得ることができれば、それでよいと考えている。

4) 技術評価の対応について(保守性の検討)

山下委員から、資料 24-10 に基づき、高経年化プラントの監視試験データと JEAC4201 の新旧予測法の保守性についての説明があった。

主な質疑・コメントは下記の通り。

- ・全体として 10 と高めに出ているし、根本が 2004 年版とベースとしたデータが違うので、全体として保守性と汎用性について根拠を明確にして欲しい。

今までは保守性とは、曲線自身が上に行っていない、下に行っていないということだと思っていたが、標準偏差の考え方の問題だということが明らかになったのは前進だと思う。

従来のデータで標準偏差を求めて比較すると、米国のデータにはフィッティングしていないものもあるので、標準偏差が大きくなるのは自明である。

- ・新予測式はメカニカルに作ったので精度がよいということであれば、従来式と同じデータでフィッティングして比較すればわかりやすいと思う。国内のデータでフィッティングして、国内のデータに対する標準偏差が小さいから従来よりもよいというのではなく、共通のベースで比較をして下さいという要望である。

精度がよくなったから米国で係数を変えている CE 製が別に見えてきたり、Linde80 が外れてきたりしている。そのことは資料 24-7 で説明している。

- ・従来式は日本のデータにも、米国のデータにもそれなりに合っていた。今回、新予測式では日米のデータを入れて評価したら従来よりも米国のデータはずれるが、日本のデータはよく合っているということでのよいのか。米国のデータは合わないから除いたというのでは十分ではなくて、除いた理由の明確化が必要である。それを除くことが妥当だという論理的な説明ができればよい。
- ・2004 年版の国内外データの母集団と 2007 年版の国内データの母集団は違う訳で、以前のものには Linde80 のデータも入れていて、そのデータしかなかったので Linde80 が合うのは当たり前で、除くのが妥当であるデータを除いて 2004 年版と 2007 年版を比較したら、こんな風によくなっていると示してもらえば理解しやすい。

それが今回お示ししたもので、なぜ BWR は従前の式で全然合わないかということ、PWR のデータにみんな引っ張られて寝てしまっているからである。照射量が少ないところで、照射速度の効果は入らないことがわかったことなどは、まさに精度が上がった例である。事業者としては、まず脆化傾向を正しく再現しているかということが重要と考えている。

- ・資料 24-10 の図-2 などは、右上がりになっているという見方もできるのではないか。

図-2 は、今までであればどんどん寝ていくようなものが、どんどん右上がりになっている。将来、右上がりになるのか、寝ていくのかはまだわからないが、# 1 ~ # 4 であればどちらでもあまり変わらない。もともと PWR のデータはたくさんあったので、PWR の傾向はよくつかめている。

- ・図-4 で炉壁 4 のデータは新予測式の方が合っているが、全体の傾向としてはどうなのか。

旧予測式は炉壁 4 を通るように引いている。

- ・全体の傾向を見た場合、例えば図-5 などは本当に新しい方でよいのか。

運用管理と脆化傾向は違うので、図-1 ~ 3 と図-4 ~ 6 に分けている。脆化傾向が合っているかは、単純に図-1 ~ 3 を見ればよい。それを踏まえてマージンの設定など運用ができそうかというのを

図-4～6 で見ることになる。そして、我々は個別に一つ一つ評価して作っていて、標準偏差が大きい、小さいだけで論じているのではない。

- ・図-5 はデータ 1 点ごとにフラックスが違うので、M-1 も 4 点あるが高 Cu 材なので、一点ずつ線が違う。傾向が違うというコメントがあったが、異なるフラックスを使えばきちんととってくる。そういうことを評価しなければ、この式がどのくらいの精度を持っているかは判断できないはずである。それを抜きにして、どちらが合っているかといった話は、専門的な議論の場ではふさわしくない。

- ・国としては脆化式は再考を要するとオフィシャルに言っている。だから、お互いに歩み寄らなければいけない。すれ違っているのは確かなので、お互いに納得できるようにもう少し議論をさせていただきたい。何を問題にしているのか、このような回答でよいのかということを確認しなければいけない。NISA はテクニカル・サポートを JNES から受けているので、JNES が了解しなければ、先に進めない。

規制側が問題だと言っていることに対して回答をしていただいて、一つ一つ合意していけばよい。問題提起がうまく伝わっていないのか、回答を理解していないのか、どちらもあるかもしれないが、ポイントを明確にしてきちんと議論することが大切である。

- ・今回いくらメカニズムに立脚した式を作ったと言っても、データ・ベースから外れる訳ではないので、どこまでであれば適用できるという議論をきちっとやればよい。

規制側の意見は米国のデータも入れてフィッティングするべきというものであるが、破壊靱性検討会としては、米国のデータを検証には使ったが、日本のデータが増えたので米国のデータも含めてフィッティングさせる必要はないと考えているということを構造分科会に諮ることになると思う。

- ・今の方向で資料を準備すれば、妥当性を判断していただけるのか。それとも、例えば JNES の照射脆化検討会などでの妥当という判断が必要なのか。

照射脆化検討会で了解を得なければいけないということはない。ただ、このデータは除いたがそれは Linde80 である、というようなことがわかる資料がないので、外部への説明性も考えて資料を作成して頂きたい。

破壊靱性検討会も公開なので、この場に出す資料をブラッシュ・アップしていきたい。

(5) 平成 21 年度活動計画

平成 21 年度活動計画については、長期監視試験計画をもう少し具体的にすべきとの要望もあるので、次回に案を持ち寄って議論することとなった。

6. その他

- ・次回検討会予定は、2/23(月)10:10～とする。
- ・岡田様(東京電力)の常時参加が承認され、次回から常時参加となる。

以上