

## 第36回 構造分科会議事録

1. 日 時：平成 25 年 1 月 31 日（木） 13：30～17：10

2. 場 所：(社)日本電気協会 A, B 会議室

3. 出席者：(敬称略, 順不同)

- 出席委員：吉村分科会長(東京大学), 山田幹事(中部電力), 鶴飼(東芝), 北条(三菱重工業), 増田(日立GEニュークリア・エナジー), 宮口(IHI), 上田(九州電力), 黒川(四国電力), 古賀(電源開発), 小島(東京電力), 沼田(北海道電力), 野村(関西電力), 平田(中国電力), 広木(日本原子力発電), 八重樫(東北電力), 田中(日本製鋼所), 鈴木(日本原子力研究開発機構), 曾根田(電力中央研究所), 山下(日本原子力研究開発機構), 吉田(発電設備技術検査協会), 大岡(ものづくり大学) (計 21 名)
- 代理出席：亀田(東北大学, 庄子代理), 齋藤(原子力安全推進協会, 関代理), 辻(富士電機, 三木代理) (計 3 名)
- 欠席委員：倉田(北陸電力), 船田(原子力安全基盤機構), 小川(青山学院大学), 笠原(東京大学), 高木(東北大学), 望月(大阪大学) (計 6 名)
- 説明者(オブザーバ)：富松主査(破壊靱性検討会主査, 三菱重工業), 平野副主査(破壊靱性検討会副主査, IHI), 坂口(破壊靱性検討会委員, 関西電力), 野崎(破壊靱性検討会委員, 九州電力) (計 4 名)
- 事務局：牧野, 鈴木, 黒瀬(日本電気協会) (計 3 名)

### 4. 配付資料

資料 36-1 第 35 回構造分科会 議事録(案)

資料 36-2 構造分科会 委員名簿及び各検討会委員名簿(案)

資料 36-3-1 JEAC4201-2007「原子炉構造材の監視試験方法」2013 年追補版(案)に関する書面投票の結果について

資料 36-3-2 JEAC4201 追補版案 構造分科会書面投票 意見回答集約表(案)

資料 36-3-3 原子炉構造材の監視試験方法 JEAC4201-2007[2013 年追補版]案

資料 36-3-4 JEAC4201-2007 における脆化予測モデルの考え方について

資料 36-4-1 平成 25 年度 構造分科会 活動計画(案)

資料 36-4-2 『提案』建屋開口部等の水密化設計基準(仮称)策定のための検討会の設置について

資料 36-5 平成 25 年度 各分野の規格策定活動(案)

参考資料 1 第 45 回原子力規格委員会 議事録(案)

参考資料 2 原子炉圧力容器の脆化予測は破綻している

参考資料 3 JEAC4201-2007「原子炉構造材の監視試験方法」の改定に関する審議についての意見

### 5. 議事

(1) 会議定足数の確認, 代理出席者の承認

事務局から, 代理出席者 2 名の紹介があり, 分科会長の承認を得た。本日の出席委員は,

代理出席者も含めて 24 名で、委員総数 30 名に対し会議開催条件の「委員総数の 2 / 3 以上の出席」を満たすことの報告があった。

(2) 前回議事録（案）の承認

事務局より、資料 36-1 に基づき、前回議事録（案）の紹介があり、コメントなく承認された。

(3) 第 45 回原子力規格委員会議事録（案）の紹介

事務局より、参考資料 1 に基づき、第 45 回原子力規格委員会議事録（案）の紹介があった。

発行されている JEAC4201「原子炉構造材の監視試験方法」について、電気協会宛てに意見が提出され、その意見の内容が技術的部分と規格全体に係る部分の両方を含んだ意見だったため、それをどのように扱うか原子力規格委員会で検討した結果、技術論の部分は破壊靱性検討会及び構造分科会で議論し、それ以外は基本方針策定タスクで議論するように分けて検討し、その結果を原子力規格委員会で確認するプロセスが、原子力規格委員会で了解されたことの紹介があった。

(4) 検討会委員変更の審議

事務局より、資料 36-2 に基づき、構造分科会委員の変更がないこと、及び下記検討会委員変更の説明があり、計 11 名の新委員が承認された。

- 【破壊靱性検討会】 1 人変更
  - ・山本 智（東芝） 梶田 祐貴（同左）
- 【PCV 漏えい試験検討会】 1 人
  - ・林 智宏（北海道電力） 青柳 正樹（同左）
- 【供用期間中検査検討会】 2 人変更 + 1 人退任
  - ・岩橋 次郎（非破壊検査） 小船井 貴紀（同左）
  - ・林 智宏（北海道電力） 青柳 正樹（同左）
  - ・金井 祐和（Westinghouse） 退任
- 【SG 伝熱管 ECT 検討会】 1 人
  - ・林 智宏（北海道電力） 青柳 正樹（同左）
- 【機器・配管設計検討会】 1 人
  - ・石川 達也（四国電力） 池田 修司（同左）
- 【設備診断検討会】 3 人
  - ・豊田 清郎（四国電力） 小野 隆浩（同左）
  - ・西谷 順一（三菱重工業） 蓮沼 俊勝（同左）
  - ・浅野 修（中部電力） 渡辺 哲也（同左）
- 【渦電流探傷試験検討会】 2 人
  - ・林 智宏（北海道電力） 青柳 正樹（同左）
  - ・石川 達也（四国電力） 濱口 寛士（同左）
- 【ASME Sec.XI 対応検討会】 1 人退任
  - ・小林 英男（横浜国立大学） 主査退任

(5) JEAC4201「原子炉構造材の監視試験方法」追補版（案）書面投票の意見対応

事務局より、資料 36-3-1 に基づき JEAC4201-2007「原子炉構造材の監視試験方法」2013

年追補版(案)に関する書面投票の結果、可決されたことが説明された。その書面投票で、その他の意見があり、その対応について破壊靱性検討会の富松主査、平野副主査より、資料 36-3-2~3 に基づき説明が行われた。

上記の意見対応については、分科会長から編集上の修正の範囲であると判断され、この修正案で次の原子力規格委員会に上程することを、挙手にて全員の賛成を得て決議された。

主な質疑・コメントは以下の通り。

- ・結晶粒径の影響（鋼材種類の違い）については、説明いただけただけなので、この分科会の資料として記録されるので良しとする。また、材料試験炉データの重み付けを $15^2=225$ とした考え方についても、基本的には一番データ量の多いところを使っていることでもあるということなので了解した。

- ・Cu含有量が0.16wt%を超えた場合は2010年追補版を使用することになるのか。その予測精度のところをどう考えているのか。」

Cu含有量が0.16wt%を超える材料については、2004年版と2007年版を見比べて保守的に考えなければいけないのではないかというご意見だったと思うが、米国の材料でCu含有量が0.25mass%の範囲まで確認しているので、今回の2013年追補版では0.25mass%の範囲まで適用できると判断している。

- ・アトムプローブの解析は非常に詳細で、学術的に非常に重要なことだと思う。一方、予測式を考えるということは、かなり巨視的な、破壊的な挙動を考えなければならない。どのような考えでアトムプローブの情報を予測式に反映させようと思ったのか。

溶質原子クラスターの体積率と遷移温度の上昇量には非常に良い関係があることが、アトムプローブの結果でも分かっており、また、クラスターを測定する中性子小角散乱の実験でも従来から非常に良く知られている。これまでは、国内の監視試験片についてアトムプローブのデータがなかったので使えなかったが、このところ系統的にデータ整備が進められ、監視試験片に対してミクロ組織がどのように変化し、それに伴って機械特性がどのように変化するかデータベースの整備ができてきた。米国では、そのようなデータはないので経験的な方法で予測しているが、国内材に対しては、ミクロ組織をベースにした予測式ができる状況になったので、今回の改定に反映している。

- ・ある特定の組成の材料だけでなく、グローバルな材料についてもアトムプローブを研究すれば、同じような相関性が得られるのではないのか。

国内材についても、不純物のCuやNi含有量のそこそこ広い範囲に対してアトムプローブのデータがある。国家プロジェクトで、国内材のCuやNi含有量をカバーする非常に広い範囲の母材、溶接金属に対して試験炉で非常に高い照射量まで照射したデータにおいても、ミクロ組織と遷移温度の間には同様に相関関係があることが確認されている。

- ・原子力規格委員会に説明する資料として、資料36-3-2の添付資料を修文する場合は、分科会長に一任する。

## (6) JEAC4201 への意見対応について

提出されている意見に関して、破壊靱性検討会の富松主査より資料 36-3-4 に基づき、脆化予測モデルの考え方について説明が行われた。

議論の結果、資料 36-3-4 の P2 の 3 行目の「このため・・・」以降を、「したがって、素過程の議論に基づき照射促進項において拡散係数の 1 乗であるべきとの指摘は、JEAC4201-2007 脆化予測法で採用されているモデル化の方針とは基本的に異なる。」とし、8 行目の「なお、・・・」で始まる意見聴取会の結論以降の記載に関しては不要のため削除することを基本的な修正内容とし、次の原子力規格委員会までに各委員からさらに良い記載案が提言されればそれらを反映して原子力規格委員会に構造分科会の検討結果として提示したうえで、最終的な意見対応方針を決めていただくことを、挙手にて全員の賛成を得て決議された。

主な質疑・コメントは以下の通り。

- ・ P2 の 3 行目の「このため・・・」以降の数行が、一番ダイレクトに回答しているように読めるが、「基本的に異なるレベルでの指摘であり」とはどのような意味なのか。「レベル」という言葉は適切か。

元々照射促進項がクラスターの発生、分解、安定化等、複数の素過程が重なり合って現実となっている物理現象を一つの単一項目で表現することで、現在のモデル化は行われている。指摘されている意見は、その中の一つの素過程に着目した指摘であり、「レベルが異なる」は議論のフェーズが異なることを意図したものである。

誤解を与えかねない表現かと思われる。もう少し丁寧に記述するか、言葉を選んだ方が良いと思われる。

「基本的に異なるレベルでの指摘であり・・・モデルの妥当性に疑義を生じるものとは考えられない」は、「モデル化の方針とは基本的に異なります」というだけでよいのではないかと思う。

- ・ 照射促進項において、単純に拡散係数の 1 乗よりも 2 乗の方が良く合うとダイレクトに説明できないのか。

厳密に言えば、クラスターの発生、消滅、成長といった複雑なプロセスであるので、単純な乗数とできるものではない。

前回の構造分科会で材料モデリングに関する一般論について紹介し、議事録にも記載されているが、最終的な規格は、学術の話、モデリングの話、物理の話、数学の話、それらがすべてまとまって規格になっており、それら全体で最終的に考えているので、その中の一部分に対する議論をこの場でするのは適切でない。我々の使用しているパラメータフィッティングも唯一のものではない。パラメータフィッティングは数学的なやり方でたくさんある。どの方法を使っても、ある所定の目的を達成するように、すべてのデータをベストフィットできるようなパラメータを見つけ得たのであれば、それを採用するかどうかを判断すればよい。それが唯一の方法であることを証明しなければ使ってはならないというものではない。材料モデリングに関しては、物理的な話と数学的な話の両方が根底としてあるので、パラメータフィッティングの話をもっと抜きにして数式の話だけで議論すると、本来の材料モデリングの姿から離れてしまうので、そうではない観点で話をしていることをクリ

アにしたほうが良いと思う。

1乗, 2乗の考え方にある種の落とし穴がある。資料36-1の前回議事録のP5の4行目で,  $Y=aX^2$ という関係がある式の表現を変えると,  $Y=a(X) \times X$ という1乗のように見える。このように, 係数の方に別の関数形を押し込めてしまえば, 式の上では1乗のように見える例も紹介している。このようなことは, 現実にたくさんある。式とパラメータフィッティングの組合せで考えなければならない。

参考資料3のP3の下から8行目に, 関村先生が「電気協会の場合でも議論しなければならない」という趣旨の発言をしておられる, と記載されているが, それに対して答えたことになっているのか。

材料モデリングをやったことのある人, あるいは理論的なモデル化から全部をマルチスケールの組上げて材料の挙動予測を本当に理論だけで作る努力した人は, 今のような感覚はもたない。素過程の部分だけはこのモデルになるが, その上のもう少しメゾなスケールで起こってくる現象, 更にその上に不純物の影響, いろいろな相互作用, あるいは環境因子があって出てくる現象, それらが全部積上がってきて最終的な挙動に至る。素過程のところから, 実際に予測するマクロな挙動に至る部分は, ほとんど理論的に表現することができず, だからこそそこにパラメータフィッティングというアプローチを結局導入している。目の前にある材料の挙動を理論だけで積上げようとした時に, その理論の持つ限界に遭遇したことのある人であれば, どこまでを理論的に積上げ, どこからをパラメータフィッティング等数学的な方法で組上げるか, バリエーションがあることに気が付く。素過程の部分だけで議論すれば, 意見は一致するが, 理論と材料のマクロな挙動の間を結び付けるところをどのようにモデル化して考えるところにいろいろなバリエーションがあって, そこが議論しにくい。なお且つ, 今まではベストフィットをどのようにするかということだが, ここではその上に保守性をどのように担保するかという規格の話が入ってくるので, 規格の視点で見たことのない人に理解してもらうのはなかなか難しい。金属の中に銅の原子がばらばらに拡散しているが, この銅の原子が2つ出合う素過程を1乗で記述することに異論はない。ただし, 我々がモデル化したかったのは, アトムプローブで観察される3nmの範囲に数千個の原子が集まって形成した安定化したクラスターを, 2つの原子が出合う現象を記述するその1乗の式で記述できるかということであり, 2乗なら良いのかは分からないが, 素過程が1乗だからこれも1乗でなければならないという議論はないのではないかということである。

- ・回答書のボリューム的にはこの程度でよいのではないかと思う。ただ, 「レベル」という言葉は誤解を生む可能性が高いので避けたほうが良いのではないかと思う。
- ・3月19日の原子力規格委員会までにまだ時間があるので, じっくりと読んでもらい, ご意見があれば事務局に送ってもらうこととする。修文する場合は, 分科会長に一任する。

#### (7) 平成 25 年度活動計画 (案) 及び各分野の規格策定活動 (案) の審議

事務局より, 資料 36-4-1, 36-5 に基づき, 平成 25 年度活動計画 (案) 及び各分野の規格策定活動 (案) について説明が行われた。

平成 25 年度活動計画（案）及び各分野の規格策定活動（案）について、議論の中での修正を踏まえて、次回の原子力規格委員会に上程することを、挙手にて全員の賛成を得て決議された。

主な質疑・コメントは以下の通り。

- JEAG4628-2010「原子炉格納容器内の塗装に関する指針」については、格納容器内塗装検討会でシビアアクシデントを反映して見直しの必要性を検討しなければならないのではないのか。その判断材料の一つが、福島原子力発電所事故後の格納容器内塗装面の観察だと思う。検討会として活動することをもっと前面に出して記載してほしい。
- 世の中で格納容器内塗装について、論議や話題になっているのか。  
今は、話題になっていないが、サプレッションをベントで冷やしながらかそれを循環冷却するシビアアクシデント対応での長期炉心冷却は、一番ありそうなパターンだと思われる。その時に塗装が剥離して詰まってしまうのかどうかについて検討会で議論する必要があると感じる。
- JEAG4628の平成25年度活動計画の修正案をどうするのか。  
活動計画として、「シビアアクシデントを反映した規格の見直しの要否について検討する。また、その判断材料として、福島原子力発電所のシビアアクシデント後の格納容器内塗装面の調査が可能か検討する。」という案はどうか。
- そうすると、活動計画表の最右欄の福島対応が「 」になる。
- JEAG4628の（規格概要）に、事故環境下においても剥落しない塗装仕様であることを確認するための設計基準事故を考えて作られているとあるが、これまでの話はそれを越えたところもターゲットとして検討してはどうかということである。
- 最終的に3月19日の原子力規格委員会で平成25年度活動計画は確定するので、それまでにまだ時間があるので、修正案についてメールで確認する方法もある。
- シビアアクシデント対応に向けて、格納容器内塗装に関しても検討するように格納容器内塗装検討会に依頼し、修正案を出してもらうこととする。
- 「ガスケット」「ポリエチレン」「建屋開口部」の新規3件名について、平成25年度に3つとも立上げて検討開始するのは負荷がかかり過ぎるのではないのか。
- 水密化技術検討会（仮称）については、立上げることに既承されているが、ガスケット検討会（仮称）とポリエチレン配管検討会（仮称）については、まだ承されていない。平成24年度は、検討会を立上げる準備を行ったところまでである。
- ガスケット検討会（仮称）とポリエチレン配管検討会（仮称）の平成25年度活動計画の記載はこのままとし、検討会の立上げ時期については規格策定に携わる委員予定者の平成25年度の状況を考慮して判断することとする。
- 構造分野の規格策定活動（案）の「5.3.2-1総括」の2段落目で、タスクグループを本年度も引き続き存続する位置付けにしている。これは、おおよその部分は平成24年度に作業しているが、新たなことが発生することも十分考えられるので、いつでも対応できるようにこのタスクグループは引き続き存続し、他学会等との連絡、調整等も必要に応じて構造分科会として対応する。
- 「5.3.2-4関係箇所」の4行目に、「設備診断技術等に関して日本保全学会と必要に応じて相互に情報交換を行う」とあるが、設備診断に関する技術指針が制定されてから時間も経つので、

設備診断検討会に確認し、平成25年度に日本保全学会とイベントや規格基準動向の解説記事掲載等の具体的な予定がないのであれば削除した方がよい。

#### (8) 建屋開口部等の水密化設計基準（仮称）策定のための検討会の設置の審議

分科会長より、資料 36-4-2 に基づき、建屋開口部等の水密化設計基準（仮称）策定のための検討会の設置について説明が行われた。

この資料については、水密化技術検討会（仮称）でどのような検討をしたらよいかについて議論するたたき台なので、今後、意見等があれば事務局に送付してもらうこととする。また、現在委員を募集しているので、適切な方が居れば推薦してもらいたい。

主な質疑・コメントは以下の通り。

- ・耐震設計分科会において津波検討会を平成24年度に立上げ、耐津波設計技術規程を策定する作業を進めている。その中の一つの検討項目として「建屋開口部等の水密化設計」も取上げられているが、耐津波設計技術規程は広範な内容なので、全体のバランスから見ると構造分科会で通常考えるようなレベルのものにはならない可能性がある。そこで、「建屋開口部等の水密化設計」を特出しにして構造分科会で検討会を設置して検討開始することを提案し、了承されている。
- ・ストレステストでも、この開口部の止水について相当審査された。浸水の静水圧だけでなく簡単なモデルで計算できるが、津波の高さだけでなく波力のような衝撃力についても必要であり、その値は津波検討会からもらうことで考えてよいか。その組合せや地震力の組合せ等も全部この検討会で考えるのか。

津波の外力や影響範囲について評価や特定することについては、耐津波設計技術規程の中で具体的に検討している。現状のレベルをまとめ、その中のどこまでを技術規程に盛り込むのかを議論している。現状の技術について、耐津波設計技術規程の中でベストプラクティスをまとめるので、そちらから入手する。タイミング的には、耐津波設計技術規程の方が先行してできてくる。

- ・建屋の外壁で止水することしか考えていないように思えるが、水密設計した外壁が地震で破られた場合、建屋の中の扉で止めることになると思うが、その閉じ込めの考え方はこちらで整理するのか。

建屋の中の扉で水密化するのであれば、波力の影響は考えなくて良く、外壁で考えるには、まず波力やデブリの衝撃を受ける別のものがあって、その内側で耐水圧を確保し、且つ当然耐震性も維持できる観点が必要だと考えている。扉の水密化は考えやすく、まとまっていると思うが、配管、電線管、トレンチ等の貫通口に対しては、どのようなケースを想定して、それぞれのケースで適用され得るものを満たす条件として何が必要で、それを確保するためにどのようなことをさせなければならないか、その性能が維持されるために何をしなければならないか等を考えなければならないと思っている。

- ・すると、非常に広範囲になる。
- ・多重化をどのように考えるのか、津波の前には必ず地震力を受けるので、地震力を受けたものがその後津波を受けてどのように性能を発揮するのか、あるいはデブリの話について等は、ストーリーとして耐津波設計技術規程の中でかなり整理されてくるので、

その整理されたものを前提としてこちらでは扉の設計等をまとめていくことになるのではないかと思う。津波だけを考えれば、普通の止水性能に加えて、波力を受けた時の止水性能や、津波の前に地震で揺すられた後の止水性能はどうか、止水性能も止めるだけでなくどのくらいのスピードの漏えいを認めるのかということもある。随伴津波事象で火災が発生した場合はどうするのか等、そのあたりの複雑なシナリオの部分は耐津波設計技術規程の中で整理しているので、その中から水密化に係る部分を取り出してきて、そこを具体的にどのように適合化、設計するのかというのが、こちらの検討範囲だと思う。

- ・3月19日の原子力規格委員会で耐津波設計技術規程の中間報告をする準備を進めていると聞いている。
- ・そこである程度の情報が見えてくれば、こちらの水密化に関する検討で、何を検討内容にするか進むことができると思う。
- ・耐震設計分科会と構造分科会をまたがる問題については、相手に任せておくのではなく、少し領海侵犯するような気持ちでコミュニケーションを取りながら整合性を取るような方針でこの検討会を進めていきたい。

## 6. その他

### 1) 規格の策定状況

現在、発刊準備中の規格なし。

### 2) 次回議案予定

- ・JEAC4201「原子炉構造材の監視試験方法」追補版（案）の原子力規格委員会書面投票結果の報告
- ・JEAC4206「原子炉压力容器に対する供用期間中の破壊靱性の評価方法」改定案の中間報告
- ・「建屋開口部等の水密化設計指針（仮称）」検討会委員承認

### 3) 次回分科会については、本日欠席者の都合も考慮し、平成25年5月24日(金)、28日(火)、31日(金)の3点を候補として、委員の都合を調査したうえで開催日時を決定することとする。

以上