

原子炉圧力容器に対する供用期間中の破壊靱性の確認方法等の技術評価に関する

検討チーム

第5回会合

1. 日時

令和2年1月10日（金）9：30～11：27

2. 場所

原子力規制委員会 13階会議室B・C

3. 出席者

原子力規制委員会

山中 伸介 原子力規制委員会委員

原子力規制庁

大村 哲臣 技術基盤グループ長

遠山 眞 技術基盤グループ 技術基盤課長

佐々木 晴子 技術基盤グループ 技術基盤課 企画調整官

北條 智博 技術基盤グループ システム安全研究部門 技術研究調査官

塚部 暢之 原子力規制部 実用炉審査部門 管理官補佐

藤澤 博美 技術参与

船田 立夫 技術参与

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 安全研究センター

鬼沢 邦雄 安全研究センター付

高見澤 悠 材料・構造安全研究ディビジョン 材料・水化学研究グループ研究員

外部専門家

大畑 充 大阪大学大学院 工学研究科 マテリアル生産科学専攻 教授

沖田 泰良 東京大学大学院 工学系研究科 人工物工学研究センター 准教授

一般社団法人日本電気協会

山田 浩二	構造分科会	幹事
平野 隆	破壊靱性検討会	主査
廣田 貴俊	破壊靱性検討会	副主査
山本 真人	破壊靱性検討会	委員
高田 泰和	破壊靱性検討会	委員
大厩 徹	破壊靱性検討会	委員
神長 貴幸	破壊靱性検討会	委員
服部 泰大	破壊靱性検討会	委員

4. 議題

- (1) 日本電気協会 原子炉圧力容器に対する供用期間中の破壊靱性の確認方法等の技術評価について
- (2) その他

5. 配布資料

検討チーム構成員名簿

- 資料 5-1 「原子炉圧力容器に対する供用期間中の破壊靱性の確認方法等の技術評価に関する検討チーム 第五回会合における日本電気協会への説明依頼事項」に対する回答
- 資料 5-2 日本電気協会 原子炉圧力容器に対する供用期間中の破壊靱性の確認方法 (JEAC4206-2016) 及びフェライト鋼の破壊靱性参照温度 T_0 決定のための試験方法 (JEAC4216-2015) に関する技術評価について
(案)
- 資料 5-3 原子炉圧力容器に対する供用期間中の破壊靱性の確認方法等の技術評価に関する検討チーム 第六回会合における日本電気協会への説明依頼事項
- 参考資料 5-1 「フェライト鋼の破壊靱性参照温度 T_0 決定のための試験方法に関する日本電気協会への説明依頼事項 (その1)」に対する回答

参考資料 5-2 JEAC4206-2016「原子炉圧力容器に対する供用期間中の破壊靱性の確認方法」変更点に関する確認のお願いに対する回答

参考資料 5-3 原子炉圧力容器に対する供用期間中の破壊靱性の確認方法等の技術評価に関する検討チーム 第五回会合における日本電気協会への説明依頼事項

参考資料 5-4 フェライト鋼の破壊靱性参照温度 T_0 決定のための試験方法に関する日本電気協会への説明依頼事項（その1）

6. 議事録

○山中委員 定刻になりましたので、原子炉圧力容器に対する供用期間中の破壊靱性の確認方法等の技術評価に関する検討チームの第5回会合を開催いたします。

司会進行を務めさせていただきます原子力規制委員会の山中でございます。よろしくお願いいたします。

本検討チームは、原子力規制委員会及び原子力規制庁の担当者のほかに、3名の外部専門家及び2名の技術支援機関職員に御参加お願いをしております。

なお、本日は、笠田先生が御欠席でございます。

また、説明者として日本電気協会の方々に御出席いただいております。どうぞよろしくお願いいたします。

それでは、まず、事務局から配付資料及び机上資料の説明をお願いいたします。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

資料について御説明いたします。

資料は、議事次第にございますように、資料5-1～5-3、それから、参考資料5-1～5-3となっております。過不足がございましたら、お知らせください。

それから、机上には電気協会さんの今回の技術評価に係る資料と、それから、今までに議論した資料ですとかが、1人ちょっと1組とは言えませんが、何組か御用意しておりますので、シェアして使っていただければと思います。以上です。

○山中委員 それでは、議題に入りたいと思いますが、議題に入る前に、皆様方、何か御質問等ございますでしょうか。よろしゅうございますでしょうか。

それでは、第4回会合において、原子力規制庁から日本電気協会に対して説明依頼事項を提示しております。PTS評価に用いる破壊靱性評価、遷移曲線に関する追加質問に対す

る回答を資料5-1としていただいておりますので、説明のほうよろしくお願いたします。

○山田幹事（日本電気協会） 構造分科会幹事、山田でございます。

それでは、資料1に基づきまして、本日の説明依頼事項に対する回答をさせていただきたいと思っております。

○山本委員（日本電気協会） 日本電気協会破壊靱性検討会、山本でございます。

おはようございます。

資料5-1の追加説明依頼事項の御説明をさせていただきます。前回までの議論を踏まえて、4件の追加説明の御依頼をいただいております、その回答をまとめております。1件ずつ御説明させていただきたいと思っております。

まず、2ページ目で、1つ目でございます。DC(T)とSE(B)、これ試験片の形状でございますが、その技術的妥当性を確認したとして上げている文献1以外に、 T_0 決定の技術的妥当性を確認できる根拠資料があれば、提示してくださいと。DC(T)とSE(B)については、根拠資料があれば、提示してくださいというふうになっております。これは、前回の議論で、この1に上げられている論文については、K値をベースにしておりまして、J積分、塑性変形まで考えた技術根拠が必要ではないかという追加の御指摘によるものでございます。

それに対して、回答は以下のようにございます。まず、DC(T)試験片について、Yoonらは、弾性変形のみならず、塑性変形が大きい領域まで検討しまして、通常のC(T)試験片と同等のJ-R曲線が得られるということを示しまして、これがその技術根拠資料として、ASTMの技術根拠資料として引用されております。これ図の1-1に示してございまして、丸印、四角印がDC(T)の試験片、それに対しまして、星形とひし形が四角い形状のC(T)試験片に対するものでございまして、同等の結果が得られるということでございます。

なお、もう一つ、SE(B)試験片についてでございますが、調べた範囲内では、このJEAC4216のまたベースとなりましたASTMに関しまして、J積分まで展開したような技術根拠資料は見当たっておりません。これまでの議論にありまして、バイアスについても、このSE(B)試験片についてはあるというふうに認識してございまして、今後の技術課題があるものというふうに認識してございまして。

次に、2番でございます。高温では試験個数を6個、低温では8個としたことについて、どの程度の信頼度で T_0 が評価されているのかについて実験的に確認した結果があれば、提示するよにということでございます。これは、前回の御議論で、この6個から8個というのが理論的に導き出されたものであるということをお説明申し上げましたが、その明確な

技術根拠資料をお示しすることができませんでした。それに対して特に実験的に検証したものがあれば、それを示しなさいという御依頼であったというふうに認識しております。その後、よく調べましたところ、その技術根拠資料、これ理論的に導き出されたものですよという技術根拠資料が見つかりましたので、直接の御回答ではございませんが、まずは、これを御説明したいと思います。

ASTM E1921の技術根拠資料で、ここに示します文献2がありまして、その付録B.5、それからB.6に、この6個から8個というものの技術根拠が示されております。これは、必要最低数を6個というふうにまず決めた上で、それによって発生するばらつきが同等となるようにそのマージンを決定するという形となっていて、また、温度の低い下部棚にあっては、同等の信頼性を確保するためには、より多くの試験片が必要であるというマスターカーブの形から算術的に求めたものとして6個から8個を要求するということが明確に示されておりました。ということでして、 T_0 について、6個から8個という要求をする規定については、やはり算術的に、数学的に導かれたものであるということをお示ししたいと思います。残念ながら、これに特化した実験的な検証結果というのは見当たっておりません。

次に、3でございますが、原子炉圧力容器のような厚板材の参照温度 T_0 を評価するに当たっては、板厚と鋼材の均一性の関係について検討した資料があれば、その提示をしてくださいということでございます。JEAC4216、またASTM E1921についても、この試験する材料が巨視的に均質な引っ張り特性、破壊靱性特性を有しているということを前提にしております。したがって、圧力容器鋼の厚板の全てから例えば試験片をとってきた場合には、表面近傍の高い靱性の部分、それから、4分の1から4分の3Tといった内面側からとってきた場合の破壊靱性の異なるものがまざってくることになります。こういったことがない、変化域をまたぐような、さまざまな位置から採取された試験片を混在させることがないようにするということが肝要でございます。このような部位に対する適用性の可否については、JEAC4216のMCT-1100の適用範囲のところ、組織観察等の調査によって材料の均質性をよく確認することということが記載されております。

また、国内の原子炉圧力容器の鋼材の特に監視試験の採取位置については、JEAC4201-2007、それから、その追補版ということでございますが、これに供試材の種類ごとに規定しております。具体的には、母材と溶接熱影響部については板厚の4分の1の位置に限ること。それから、溶接については、溶接ルート部から13mm離れた位置から試験片を採取するということが決められておりまして、これを守ることにによりまして、表面近傍の破

壊靱性の高い部位といった変化域をまたいで試験片が採取されることがなくなるというふうに考えております。

なお、板厚の4分の1位置から採取した試験片を用いるということについては、破壊靱性が低い位置からとってくることとなりますので、評価上は保守的に取り扱っているということになります。

次に、4番でございます。MCT-4340にデータの棄却または無効とされる判定基準その1に、両側面を端部とする破面上の初期亀裂を等間隔に8分割した位置9点の各々の亀裂長さの測定値と初期亀裂長さの平均値の差が板厚Bの5%から0.5mmのいずれか大きいほうを超える場合は、データが棄却されると、されていますと。Mini-C(T)の場合は、Bの5%というのは0.2mmでございます、絶対値で与えられているものは0.5mmということでございます。0.5mmの差を許容することを妥当と判断した技術的根拠を説明してくださいということでございます。この御質問は、亀裂の先端の曲率、曲がっているのをどこまで許容するかというものでございまして、2つのスタンダードで規定している、その絶対値のほうの根拠を御質問になっているものと考えられます。JEAC4216がここに取り込んでおりますのは、もととなりましたASTM E1921の2008年版のここにありました規定をそのまま4216に取り込んだものでございます。ASTM E1921の同規定については、技術根拠を探したんですが、これは残念ながら、見つけることができませんでした。

このASTM E1921の改定というのを議論しておりますのは、ASTMの中のE08.07というSubcommitteeでございます。この議長に問い合わせたところ、0.5mmの規定というのは現実的に加工可能なクライテリアで、アクセプタブルなものということで導入されたというようなことを伺いました。

実は平面ひずみ条件、理想的な条件を仮定して算出されるKやJの条件を厳密に守るということは大分難しいということが古くから知られておまして、工学的判断により適宜適応がなされてきたという経緯がございます。

ASTMのE1921につきましては、その後、2018年に改定、この部分について改定がなされました。これによれば、試験片の板幅だけではなくて、亀裂の先端からバックサーフェスまでのリガメント部の寸法、これまで考慮することによって、新しい式、ここで回答4の下から4行目にありますような新しい式が採用されました。これに伴いまして、ASTMでは0.5mmの絶対値による規定は削除されております。仮にこのASTMの新しい規格、規定に基づいて計算いたしますと、板厚4mmのMini-C(T)試験片については0.4mmの許容誤差という

ことになるということでございます。

なお、このASTMでの議論についてはまだ終結しておりませんで、回答は一度できたんですが、まだ終結しておりませんで、新たに基準を緩和してほしいという提案が試験データとともに示されておりまして、継続の議論が進められている状況でございます。

説明は以上でございます。

○山中委員 それでは、説明いただきました資料の5-1について質問、コメントございませんでしょうか。いかがでしょう。

○大畑教授 大阪大学の大畑です。

ありがとうございます。少し質問ですが、確認させていただきたいということで、まず、回答1のほうからですが、DC(T)とSE(B)の技術的妥当性、根拠資料が多くはなかったということですが、例えばSE(B)を用いて T_0 を例えば算定して、それをC(T)で得られた結果と比較したような結果はないというようなことでよろしいんですか。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本でございます。

先生がおっしゃるような研究は、数多くございます。 T_0 と T_0 を試験片形状ごとで比べまして、特にSE(B)に関しましては、物によってはバイアスがある可能性があるということが指摘されておりますが、大きくは変わらないということで、例えばASTM、それから、JEACについても両方の試験片が採用されているということになっております。

○大畑教授 ありがとうございます。大阪大学の大畑ですが、そうしますと、ここの先ほど御説明いただいたSE(B)については、J積分まで展開した技術的根拠論文がないというのはどういうことでしょうか。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会の山本でございます。

このASTMのもともとこれをひも解きますと、Eの1820とかEの399、それから、Eの1921という3つの規格になっておりまして、そこからダイレクトに引かれております技術根拠資料の中にJ積分での破壊力学パラメーターのチェックをしたものがあつたかどうかということでございます。基本的にはKでの検証というのはずっとされておりまして、実験的にはそういったことで、 T_0 評価まで持っていけるということはわかっておりますが、特にJが本当に一緒であるかという、ここの図の1-1にあるような直接的な検証をしているかどうかということでは、直接的な技術根拠資料の引用がなかったということでございます。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

○鬼沢センター付 原子力機構の鬼沢です。

1番についての確認でございます。前回、私から、以前出された文献がK値に基づくものではないかということで、追加で御回答いただいたというふうに認識しております。今回提示していただいたものがDC(T)についてのJ積分の妥当性に関する文献ということで、基本的には参照温度を求めるためには、J積分をまず求めて、そこからK、Jを求めて、それが T_0 に置きかわるということなので、J積分さえちゃんと求めていけば、 T_0 は妥当なものが求められるだろうという、そういう流れに沿ってのもとも文献が出てきたんだろうと思います。

一方で、DC(T)については、実際、 T_0 を求めているというような実際の研究というか、プラクティスみたいなものはないのかなと、これを見る限り思ってしまうんですけども、 T_0 まで評価しているという事例というのは、DC(T)についてはやはりないということでもろしいのでしょうか。

あとは、電気協会としては、今後使うというようなこともあるのかなのかということのも、その辺ももしお考えがあったら、お聞かせ願いたいんですけど。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本でございます。

そういった観点、DC(T)でマスターカーブ評価、 T_0 評価が行われたかという観点では調べておりませんでしたので、もしよろしければ、また追加で調べさせていただければというふうに思います。

DC(T)は、経緯としては、米国のあるプラント、プラントというか、あるメーカーですと、もともとの照射材、監視試験がDC(T)で入っているということがありまして、それでも評価ができるようにというふうに、間口をきちんと確保しているというのがもともとの経緯だと思います。ですので、その中で適用事例があれば、あると思いますし、そうではなければ、あえてDC(T)を使っている事例があるかどうかはちょっと定かではございません。少し追加で調べさせていただきたいと思います。

なお、電気協会としては、個人的な意見としてはあまり言えないので、あれですけど、ミニチュアのC(T)試験片を用いるということがまず大前提に、日本のサーベランスを生かすという意味では、あると思います。そうしますと、DC(T)のプライオリティーというのはどうしても下がっているというふうに考えております。

以上です。

○鬼沢センター付 わかりました。どうもありがとうございます。

○山中委員 そのほか、いかがでしょうか。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁の佐々木です。

今の御説明からすると、DC(T)とSE(B)については、規格上はほかの形状の試験体と同等に使えるというような形で規定されているというふうに思っていて、我々としては同じような検証が行われているという前提で考えて、その規格を読んでいたんですけども、同じ検証が行われているものではなくて、どちらかといえば使わないほうが良いということであれば、規格として想定しているのはC(T)とMini-C(T)ですという理解でよろしいのでしょうかね。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本でございます。

規格としては、ここに書いてあるとおりのを推奨しておりますので、C(T)が重いとか、Mini-C(T)が重いとか、そういったことを規格の中に盛り込んでいるものではございません。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

その同等に書いてあるというのはわかりますけれども、その技術的な検証の度合いというのは同じじゃないというふうに理解して、C(T)とMini-C(T)はかなりいろんな実験をされて、自国のサンプルでも、材料でもやっていらっしゃるというものだと思うんですけども、同じように書いてあるけれども、技術的な妥当性の評価のレベルは必ずしも同じじゃないというふうなことで理解してよろしいですか。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本でございます。

今まで蓄積されたデータの量という意味で、イコールでないということは、そのとおりでと思います。

○佐々木企画調整官 わかりました。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

○大畑教授 大阪大学の畑です。

もう一つ質問よろしいでしょうか。(3)についてなんですが、試験片の板厚方向の均一性を問うものですが、この解説、MCT-1100ですかね、ここの中に、要は均質な範囲が例えば少ない場合には、それに応じて小さい試験片を用いてもいいとか、試験片のサイズ規定に関してもここには何かそういう規定が書かれてあるのでしょうか。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本でございます。

MCT-1100といいますのは、33ページ、規格の33ページの上から2パラグラフ目、(2)というところにある記載が全てでございます。ここでは、寸法については特にこれこれこうし

なさいというような具体的な規定はございません。均質であることが大事だということを強調しております。

○大畑教授 ありがとうございます。阪大の大畑ですけども、Mini-C(T)も使っていくということであれば、板厚が5mmですかね。そうすると、5mmの範囲では比較的均一なものが得られやすいと思いますので、そういうことまで規定されていたら、なお使いやすいのかなというふうに思ったんですけども、現状ではそこまでは記載されていないということによるのでしょうか。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本でございます。

このJEAC4216につきましては、マスターカーブ法の試験方法ということですので、原子炉圧力容器の板厚方向の分布等、あるいはその対象になるような構造については、もともと入っておりません。これが入っているとするのは、多分4206になると思います。4206は、もともとベースとなっていますのは監視試験、すなわち4201に場所を特定しておりますが、4分の1厚さということになっておりますので、ここで自動的に制限がかかっているということになると思います。

○大畑教授 ありがとうございます。よくわかりました。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

○鬼沢センター付 原子力機構の鬼沢です。

4番についてちょっと確認させていただきたいんですけども、御回答の中で、ASTMのほうに問い合わせたところ、加工可能なクライテリアとして導入という、このところがちょっとよくわからなかったんですけども、結果としてこうなってしまうということで、この数字ができたというふうにも読めるんですけども、その場合、じゃあ、それで妥当なのかどうかという確認もされているんじゃないかと思うんですけども、その辺についての根拠みたいなものは特になかったということなんでしょうか。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本でございます。

これについては、その経緯も含めて、ASTMには問い合わせをいたしました。今おっしゃったとおり、その当時、このクライテリアを導入した当時、たくさんのデータをASTMのcommitteeの中で議論して、その結果として、0.5mmは大丈夫だろうということで取り込まれたということではございますが、残念ながら、正式な技術根拠については、この部分についてはないということでございます。ということで、今、ここに書いてありますとおり、じゃあ、どうして0.5mmかという、それは、規格をちゃんと規格として生かすためには、

何というんでしょう、もともと満たすことのできない規格、試験ができない規格ではしようがないので、できる範囲で、データがきちんと評価できる範囲はどこだろうかということも議論されて、0.5mmが決まったということでございます。残念ながら、公式なものはないというふうに、少なくとも現ASTMのSubcommitteeの議長からは聞いております。ですので、繰り返しになりますが、0.5mmに対する明確な検討はしたと思いますが、検討した結果が残っていない状況にあります。

○鬼沢センター付 原子力機構の鬼沢です。

回答どうもありがとうございます。もしおわかりでしたら、例えばこれ2008年版ということになっていますけども、2008年のときには、まだミニチュアC(T)については検討されていないのではないかなど、Eの1921のほうもですね、と思うんですけども、そういう意味では、0.5mmでよしとしたのは、もう少し大きな試験片に対する判断だったということもあり得るということでもよろしいのでしょうかね。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本です。

そのとおりだと思います。

蛇足になるかもしれませんが、今、この御回答の中で、一番下のところで、新たな緩和の提案が試験データとともに示されているというのがございます。これは、今、議論がありましたとおり、0.4mmだったら、0.5mmだったら、はたまた0.6mmだったらどうなのかという最新のデータ、特にミニチュアC(T)を中心としたデータが示されておまして、この0.4mmを超えても、 T_0 に大きな影響がないということでございます。

ちょっと直接の御回答とは外れますので、ここでは御紹介しておりませんが、公開のものとしてはPVPの文献が1件出ておまして、現状でASTMの中で議論が進められているということになりますので、直接の技術根拠ではございませんけれど、0.5mmを裏づけるようなデータ自体は存在いたします。

○鬼沢センター付 わかりました。ありがとうございます。

○山中委員 そのほか御質問、コメントございますでしょうか。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

今の質問のところに、(4)に書いてある、御回答に書いていただいた内容なんですけども、ASTM E1921と同一の規定を特段の追加検討なく取り込んでいますということで、さっきの試験体の個数もASTMを取り込んでいますというような御説明に聞こえたんですけども、このJEACとASTMの関係がちょっとわからなくて、例えば設計・建設規格みたいなものを技

術評価するときがありますけれども、ASMEの規格を、規定を取り込みましたと。ASMEの委員として検討、委員会参加していて、そこで提出されたデータで、著作権の関係から、日本では提示できないけど、確認しますみたいな話を説明として受けたりすることがあったと記憶しているんですけども、そういう関係がJEACとASTMの間にもあるから、この既に決めたものをある程度そのまま取り込むというようなことをしているって、そういう関係があるんですかね。

○平野主査（日本電気協会） 電気協会の平野です。

ありません。もともとASTMは材料のいろんなものを決めているところなので、それに電気協会としてパートナーシップというのとはっていませんので、そういう関係はありません。たまたまこのJEAC4216については、山本さんが今は委員として参加されているので、そういう情報は逐次入ってきているという状況でございます。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

そうすると、その特段の追加検討なく取り込むというのはどうしてなのか、ちょっと説明していただければと思いますけど。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本でございます。

全てのものを特段の追加検討なく取り込んでいるのではなく、例えばなぜ日本の規格をつくるかという、日本の材料に適応したいから、日本の事情に合わせてたいから入れるわけです、そこで変わる可能性があるところ、それから、材料が違えば結果も違いますので、そういったところについては必ず検討をしなければいけません。しかしながら、例えばベースとなる物理、あるいは理論、そういったところについては、追加検討なしに、理論ですから、そのまま入れていいというふうに思います。4216の規格化の段階では、まずE1921を見て、その中で日本での追加検討が必要なところはどこであろうかということを洗い出した上で検討を行っておりますので、これはそういう場所ではなかったということでございます。

○佐々木企画調整官 わかりました。

○平野主査（日本電気協会） 追加でいいですか。

電気協会の平野ですけど、ここの部分も含めてですけど、破壊靱性試験は昔からやられてきていまして、もともとEの399というKのやつとか、Eの1820というJ-Rカーブというのの規定がもともとあって、それを使って、国内でもそれを直接使っているというのが事情としてありました。それに加えて、あんまり使われていませんけど、JSEMで破壊靱性の規

格を、いつだったか忘れてしまいましたが、つくっています。ここら辺の追加検討なくというのは、そこに無条件でASTM類に入っているものというものが多くて、それを破壊靱性の試験条件として、今まで検討した人たちもそれを使ってきているので、これでいいんじゃないかということで、特段追加の根拠を検討せず追加したというのが実情だと思うので、そういうところだというふうに考えてもらったほうがいいかなと思います。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

そうすると、検討した結果、追加の試験とか、そういうものは必要ないと判断したというふうに理解すればいいんですか。

○平野主査（日本電気協会） そういうのを使ってきていて、当時は実害がなかったというか、そういうことがなかったので、このままでいいだろうというのが規格策定者の中の判断がなされたというふうに思っています。

○佐々木企画調整官 わかりました。

○山中委員 そのほか、いかがですか。

○藤澤参与 規制庁の藤澤です。

この4番の回答の中に、0.5mmのTで現実的に加工可能なクライテリアとして導入されたというふうに書かれているんですけども、例えば仮に0.2mmだとした場合に、それが加工不可能だということなんでしょうか。これは疲労亀裂を入れる話なので、時間だけの問題だったと思うんですけども、時間だけです。時間を、繰り返し回数を何回与えるかによって疲労亀裂の進展が違うということで、と私は考えているんですけども、例えば0.5mmぐらいにしないと、疲労を入れることが難しいのか。そうじゃなくて、0.2mmぐらいでもできるのかという、そういう意味での加工可能なクライテリアというのがどういうことか、ちょっと教えてほしいんですけど。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会の山本でございます。

ここで0.5mmと言っておりますのは、このページの上から2行目、ちょっと表現が難しいんですけど、初期亀裂を等間隔に8分割した位置9点の亀裂長さの、これの差でございます。すなわち、どういうことかという、亀裂の長さそのもの、だから、繰り返し数を多くすれば、長くなるか短くなるか、そういうことではございませんで、この端から端までの亀裂長さのばらつきとか曲率とか、こういったものが0.5mmよりも小さいということでございます。ですので、長く伸ばす、短く伸ばすといったことでコントロール可能なものではございませんで、通常トンネリングがありますので、それを考えた場合に、

0.5mmというものが出ているということでございます。

○藤澤参与 すみません、勘違いしました。私は、両サイドの、ここでいうと、 a_1 と a_9 ですか、の寸法の値が初期に0.5mmというのがあるんですけど、それが加工可能なクライテリアとしてというふうなことで書いているのかなと思ったんですけど、そうではなくて、これはあくまでも終わった後の断面の各測定点でのばらつきのことを言っているということですね。わかりました。ありがとうございます。

○山中委員 そのほか、いかがでしょうか。

○大畑教授 大阪大学、大畑です。

同じく4番で、1つ確認だけさせていただきたいんですが、Mini-C(T)は、このJEACの中ではサイドグループを入れないことを推奨するということですが、ASTMのほうで今、先ほどの基準緩和の検討がされているという、その実験は、同じくサイドグループなしのもので行われているものでしょうか。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本でございます。

まずは、サイドグループは入っていないものでございます。

なお、ASTMのE1921については、JEAC4216よりも少し強くて、サイドグループはどの試験片についても推奨しない、オプションであるというのが、つくっちゃいけないということではないんですけど、積極的に推奨しないというのがスタンダードでございます。

○大畑教授 ありがとうございます。

○山中委員 そのほか、いかがですか。よろしゅうございますでしょうか。

それでは、続きまして、資料5-2、5-3について佐々木企画調整官より説明をお願いいたします。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

資料5-2を御説明させていただきたいと思います。

こちらは、今まで議論しました2つの規格について取りまとめたものになります。開いていただきまして、目次がございますので、そちらで今日の御説明の内容を紹介したいと思います。

まず、1～3につきましては、どのような技術評価を行ったとか、説明になっておりますので、この検討チーム会合で議論させていただいたのは、4. 技術評価の内容以降のところになっております。

まず、4.1が破壊靱性の確認方法の2016年版の規格になっておりまして、この検討チー

ム会合で議論しない細かい変更点も全部載せておりますので、たくさん載っておりますけれども、今まで議論させていただきました破壊靱性遷移曲線については、4.1.11のところに記載してございます。これ以外に初回に御提示しましたこのチーム会合で議論したい内容としては、PTSの評価においてクラッドを考慮することにしたという内容はございまして、そちらが4.1.7～4.1.10までのところに記載してございます。

また、健全性評価の許容基準として、WPSのような高温予荷重のような形で、まじわってもいい部分を許容するというような変更が行われておりますので、それについて取りまとめたのが4.1.12になっております。

4.2につきましては、前回までに規格の技術評価の全体のところを御説明させていただきましたので、今日は、JAEAのほうで検討してもらった内容が2件ございますので、それについて御説明したいと思えます。

また、5.のところにまとめとして、現在考えております内容をまとめて書きましたので、そちらについても御紹介したいと思えます。

それでは、まず、クラッドに関するところから御説明したいと思えますので、評価書の20ページを御覧ください。こちらは、PTS遷移曲線の設定について、変更点を技術評価したものでございまして、変更の内容がちよっと多岐にわたりますので、まず、別表4ということで、後ろのほうになりますけれども、106ページを御覧ください。106ページには、別表4として、PTS状態遷移曲線の設定に関する規定内容の変更点ということで、左側が新しい年版のもの、右側が古い年版のものが記載してございます。まず最初に一般評価というのが出てきておまして、これは、2007年版のほうにはなかったものを新たに設定したというふうな規定になってございます。

(1)のところから、一般評価についてどのように評価するかという内容が書いてございまして、(1)には、評価対象事象として、温度過度については原子炉压力容器炉心領域の接液水の温度が1次冷却材の通常運転温度から安全注入水の水温まで瞬時に変化する過度とするというふうに設定してございます。

また、(2)では、熱伝達の設定として、上向きの自然対流と下向きの強制対流が共存する影響を考慮した式で評価するとなっております。

また、(3)として、熱伝達解析及び応力解析としては、最大仮想欠陥について、最大仮想欠陥を含む面に垂直な方向の応力分布の時間変化を求めるとのこととして、応力解析においてはクラッドと母材（又は溶接金属）の熱膨張差により生じる応力を考慮するとい

うことと、母材についてはクラッド溶接による残留応力、溶接金属についてはクラッド溶接及び溶接継手による残留応力を考慮するということが規定してございます。

ここまでのところが4.1.7と8に記載しておりますので、まず、こちら御説明したいと思います。もう一度、20ページに戻っていただけますでしょうか。赤で示しているところが、今御紹介した内容の技術評価になっておりまして、(3)、下のほうですけれども、検討の結果というところに赤で書いてございますけれども、今、御説明しましたように、まず一般評価としては、破断による冷却材の喪失流量に関係なく温度過度が最も厳しくなるように接液水の温度が瞬時に変化するというような評価を行うこととしています。この条件は、原子炉压力容器の内圧が高いまま維持されているとするのではなく、大気圧に変化することとしているというふうに理解しております。

他方で、(2)のほうの熱伝達の設定では、上向きの自然対流と下向きの強制対流を想定しているというようなことが規定してございます。これに関しまして、私どものほうでは、従来、まず詳細評価だけであったものについて、一般評価も設けておりますので、その背景ですとか、今御紹介したような内容に設定した理由といったものを説明してもらいたいと思っております。

また、この設定された条件からすると、評価対象事象において、例えばポンプ吐出応力などを考慮せずに、事故発生直後に大気圧に変化するというような評価をすることになっていきますけれども、それがPTS評価に影響するののかについて検討しているのではないかと思いますので、その内容を説明していただければというふうに思っております。

それから、さらにめくっていただきまして、22ページのほうに4.1.8として、今度は熱の解析条件についてこちらに取りまとめております。(3)の検討の結果のところには、今、2007年版については熱伝達や熱伝導解析の評価部位に特に原子炉压力容器近傍といったような表現が用いられておりまして、クラッドというふうに明確には書いてありませんでしたけれども、新しい規格では、クラッドを考慮して評価するということが規定されています。ここで私どもの疑問としては、しかしのところを書いておりますけれども、残留応力の算出というのは、熱膨張係数や縦弾性係数等の各温度における物性値を使うというふうに思っておりますけれども、こういうことについては、この規格自体には規定されておられません。この規格以外に、技術基準規則には日本機械学会の溶接規格が引用されていますけれども、この溶接についてもクラッドの試験としてが規定されていますけれども、これは側曲げ試験と浸透探傷試験が規定されておりますので、機械的強度に関する試験は特

に規定されておりません。また、設計・建設規格のほうには、クラッド容器に対する強度評価上の取り扱いについての規定というのはございまして、そこには、クラッド部は強度部材として考慮しないことですか、クラッド部の厚さが全厚の0.1倍を超える場合は、クラッド部を含めたモデルを用いて熱応力を算出するといったような規定がされておまして、これとの関係がちょっとどういうふうに理解したらいいのかがわからないという状況でございます。そこで、応力評価にクラッドによる影響を考慮するとしておりますので、どういう内容を、どういうデータを使って、あるいはどういう計測を行って考慮するというふうにしているのかについて検討されていると思いますので、この内容を御紹介していただきたいというふうに思っています。

めくっていただきまして、今度は24ページの4.1.9、今度は仮想欠陥についてでございます。こちら真ん中に表が載ってございますけれども、最大仮想欠陥の設定についての変更事項を私どものほうでまとめたものになっております。左側が新しい年版で、右側が2007年版と、古い年版のほうになっておりますけれども、一般評価のほうでは、新しい規格で欠陥形状を半楕円欠陥に、大きさは深さ10mm、長さ60mm、それから、位置としては炉心領域内面クラッドの下に置くと。また、方向は軸方向ということが規定されております。詳細評価のほうは、もともと2007年版にも条件がございましてけれども、新しい年版では、炉心領域内面クラッドの下に仮想欠陥を置くということと、母材に対しては軸方向、溶接金属に対しては溶接線方向というふうに新しく規定されております。

これについてですけれども、めくっていただきまして、25ページの真ん中辺りに(3)検討の結果と書いてございまして、一般評価の場合は、欠陥の方向について、母材及び溶接金属ともに軸方向としておまして、これは、もともと破壊靱性の2007年版については軸方向と設定していたしましたので、これと同じというふうに、同じ方向になっております。ただ、詳細評価の場合には軸方向としてたものを、溶接線方向というふうに溶接金属に対して変更しておまして、その説明として、解説のところ、溶接継手の残留応力の板厚内の分布を踏まえると、いずれの方向の欠陥の K_I 値が高めになるとは言えないとしていて、この変更を行ったというふうに私どものほうは理解しているんですけども、溶接線方向が主方向だった場合には、今度、軸方向だったものが主方向の欠陥を仮定するということになりますので、この変更を行ったときに検討した技術的な内容があると思いますので、それについて説明してもらった上で妥当性を判断したほうがいいのではないかと考えております。

次に、26ページになりますけれども、4.1.10として、今度は応力拡大係数の算出ということが規定されておまして、もう一度、後ろの106ページに戻っていただきますと、ごめんなさい、107ページですね、のところに(5)としてPTS状態遷移曲線の設定と書いてございまして、この中に有限要素法で実施する場合というのが書いてございまして、有限要素法で実施する場合には、最大仮想欠陥をモデル化して、最大仮想欠陥最深部での応力拡大係数 K_I を有限要素法により算出してもよいというふうになってございます。

これ変更を行っているんですけれども、まずは、27ページにもう一度戻っていただきまして、27ページに赤で書いてございますけれども、このクラッドを考慮して評価するということは、いろいろな研究があって、実際に原子炉圧力容器にはクラッド溶接されておりますので、そういうのを取り込むということは理解できるところでございますけれども、その場合にどういう機械的特性やクラッド厚さを設定するのか。それから、クラッド施工が母材に及ぼす影響ですとか、そういったものをどういうふうに評価して、この計算を行うのかということをおもとして知りたいと思っておりますので、それを御説明いただければというふうに思っています。今のところは、クラッド欠陥に関するおもものほうで検討している内容となっております。

次に、51ページを御確認ください。51ページのところから、4.1.12として、健全性評価の許容基準ということで、許容基準が変更になった内容が記載してございます。

②のところに、詳細評価の許容基準は、もともとありますPTS状態遷移曲線 K_I と破壊靱性遷移曲線 K_{Jc} が交差しないことというのが規定されておりますけれども、これを満足しない場合には、冷却過程で応力拡大係数が単調減少している領域を評価対象から除外できるとしています。それでも満足しない場合には、容器の板厚内で亀裂の伝播が停止すればよいということをお新たに追加しております。

これに関しましては、電気協会さんのほうから御説明がありましたけれども、52ページのところに(3)、②として記載しておりますけれども、3つ目の段落のところに、高温予荷重効果は米国、欧州で規格への取り込みが図られており、高温であらかじめ引っ張り荷重を受けると破壊靱性が見かけ上増加することを反映したものですということで、次の3種類の機構によって生じるものと考えていますということ、これは知られているということはおもものほうでも認識しております。

1つ目は、高温における予荷重により、亀裂先端前方では加工硬化が引き起こされると。その後低温になるとともに、降伏点が上昇するため、塑性域内で転位が不活性の状態と

なり、低温で破壊を起こすには付加的な荷重が必要となるということがあります。また、高温における予荷重により、亀裂先端の鈍化が引き起こされ、応力集中が減少することから、破壊が起こりにくくなります。また、予荷重温度、あるいは冷却過程において除荷されることにより、亀裂先端前方では圧縮側の残留応力となる。この残留応力のため、破壊するには付加の荷重が必要となるということで、こういう現象として知られていると認識しています。ただ、その下に書いてありますが、クラッド付きの照射材での評価についてのデータは我々としては十分にあるというふうに認識しておりませんということがあります。

したがって、次のページの53ページになりますけれども、クラッド付きの照射材で、この現象について評価した内容を御説明いただきたいというふうに思っています。また、容器の板厚内で亀裂の伝播が停止した場合について行った内容、これも同じように照射材の適用性を含むわけですが、これについても御説明いただければというふうに思います。

次に、参照温度測定の規格のほうで前回まで検討させていただいておりますけれども、これに関して私どものほうからちょっと御説明したい内容がございます。

66ページをお開きください。こちらは4.2.3として、Mini-C(T)の寸法及び形状ということで、Mini-C(T)の図面が記載してございます。検討チーム会合の中では、このMini-C(T)について、切欠きの部分の寸法が入っていないことに関連して、この辺の影響についていろいろな検討を行ってきたというところですが、JAEAのほうで、次の68ページを開いていただきますと、下のところに赤く書いてございますけれども、添付資料4として検討した結果を示していただいておりますので、この後説明していただきたいと思っております。

もう一つありまして、もう一つは、86ページをお開きください。こちらは4.2.11として、データ有効性の判断基準についてということで、ここのところで、疲労予亀裂の形状がMini-C(T)とC(T)では縦横比といいますか、相似形になっていないということについていろいろな議論をさせていただいたんですけども、これに関して実際はどうなっているのかというところを次の87ページに赤くしたところがございますけれども、添付資料の5として、Mini-C(T)の予亀裂を調査してもらった結果についてJAEAでまとめてもらいましたので、そちらについても御説明したいと思います。

じゃあ、よろしくをお願いします。

○高見澤研究員 原子力機構の高見澤です。

162ページにあります添付資料4、Mini-C(T)のクリップゲージ取り付け部の形状・寸法に関する解析的検討という中身について御説明させていただきます。

まず、「はじめに」というところで、JEACの4216、2015年版のフェライト鋼の破壊靱性参照温度 T_0 決定のための試験方法で適用試験片としているMini-C(T)では、試験片の前面にクリップゲージの取り付け用の切欠き部を加工して変位を測定するという事になっております。JEAC4216の2015年版の規格の中では、その切欠き部の形状であったり、寸法というのは規定されていないと。検討チームの会合の中で、その形状についてはお示しはいただいております。また、それに加えて、Mini-C(T)の寸法公差を考慮したときに、その切欠き部とピン穴が接近すると。一番接近する場合で約0.2mmという形になるんですけれども、そのときに切欠き部の周囲に塑性変形が生じる可能性があるのではないかということで、有限要素解析を行いまして、その可能性について確認をいたしました。

2番の解析方法になりますが、ここでは、Mini-C(T)に対して対称性を考慮した3次元のモデルを作成をしております。それに対して、それぞれ寸法公差がない標準モデルというものと、寸法公差の範囲内で切欠き部とピン穴の距離が最短となるような下限モデルというものをを用いて弾塑性解析を行っております。つくっているモデルの図を図1と図2に示しております。寸法に関しては図2に示してございますが、標準モデルに関しましては、寸法の値が小さくて恐縮ですけれども、ピン穴と切欠き部の間には0.55mmというような値を入れてございます。こちらは規格の中では規定されておきませんが、JAEAの中で加工実績のある寸法を入れてございます。bの下限モデルに関しましては、最もこの間の距離が短くなる時ということで、0.22という値が入ってございます。また、材料物性に関しましては、JEAC4216の2015年版の適用範囲である降伏強さが275MPaと825MPaを対象として解析を行っております。それぞれの真応力、真塑性ひずみの関係につきましては、こちらは降伏強さが622MPaの圧力容器鋼材の実測データをもとに設定を行っております。そういった条件のもと、汎用の解析コードであるAbaqusのバージョン2016年版を用いて解析を行いまして、それぞれのモデルに対して $K_{J(limit)}$ 、こちらは材料物質によって変わってきますけれども、275MPaであれば、 $90\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ で、降伏強さが825MPaであれば、 $156\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$ 程度になりますけれども、そこまで荷重を付加させたときに塑性ひずみがどのように分布しているのかということを確認しております。また、この解析におきましては、疲労予亀裂につきましては、直線上の形状としております。

めくっていただいて、解析結果に移らせていただきます。標準モデルと下限モデルそ

れぞれに対して降伏強さ275MPaのときに、 $K_{J(1limit)}$ まで付加したときの試験片板厚中央部の相当塑性ひずみの分布というのを図3に示してございます。これを見ますと、標準モデルにおきましては、切欠き部とピン穴の間、図中の①で示している容器になりますけれども、その部分には塑性ひずみが生じておりません。一方、下限モデルにおきましては、切欠き部とピン穴との間の領域に塑性ひずみが生じていると。それだけではなくて、試験片の側面部、図中で②で示してございますけれども、その領域にも塑性ひずみが生じていると。そのピン穴と切欠き部の間の塑性ひずみに関しては、こちらは引っ張りの塑性ひずみ、試験片の側面に関しては圧縮の塑性ひずみが発生しているというような結果でございました。ここではお示ししておりませんが、降伏強さが825MPaの場合におきましても、下限モデルにおきましては、相当塑性ひずみが275MPaのときよりは小さい範囲になりますけれども、ピン穴と切欠き部の間に発生しているというような結果でございました。

最後にまとめとしまして、このJEAC4216の2015年版に記載されているMini-C(T)の試験片の寸法公差の範囲内で、切欠き部とピン穴との間の距離が最短となる場合におきましては、 $K_{J(1limit)}$ まで荷重を付加したときには、切欠き部とピン穴との間、また、試験片の側面に塑性ひずみが生じているという結果でございました。これらの塑性ひずみが発生することとは、切欠き部の先端でクリップゲージを取りつけて変位を測定するというところに影響を及ぼすということと、さらには、亀裂先端における破壊駆動力にも影響を及ぼす可能性がありますので、最終的には T_0 の評価にも影響する可能性があるというふうに考えております。ですので、このMini-C(T)を用いた参照温度 T_0 の評価の際におきましては、切欠き部とピン穴との間の寸法に関して、こういった塑性ひずみが生じないように留意する必要がありますというような結果になってございます。

続けて、添付5の資料についても御説明させていただきます。

こちらは、本日の説明していただいた事項の(4)と関連することでありまして、海外の動向等を既に御説明いただいているところではございますけれども、実際に我々が試験を行っていた1T-C(T)とMini-C(T)の予亀裂形状を比較した結果について御報告をさせていただきます。

こちらにつきましても、「はじめに」というところで、JEACの4216の2015年版では、適用した試験片における予亀裂形状に関して、試験後の破面上の板厚方向に等間隔に8分割した位置9点で初期亀裂長さを測定することとしていると。この亀裂長さの分布に関して、標準コンパクト試験片C(T)の場合には、初期亀裂長さの平均値 a_0 と各測定点における初期

亀裂長さの差が5%、これが1.27mmに相当しますけれども、それ以内にあることが判定基準として規定されていると。一方、ミニチュアコンパクト試験片、Mini-C(T)の場合には12.5%、こちら0.5mmというのを直すと12.5%になるということでございますけれども、そういった判定基準に緩和されているというところでございます。また、適用した試験片で取得した破壊靱性試験値を試験片厚さ1Tと等価な値に変換するということにおきましては、それを補正する式というのが規定されております。この補正を行うためには、予亀裂形状が両試験片で相似形であるということが理想と思われまますので、1T-C(T)とMini-C(T)に対して実際に導入された予亀裂形状というのを確認を行っております。

確認した内容としましては、原子炉圧力容器用の低合金鋼を対象として、表1に示すような材料の確認を行っております。未照射材に対しては、母材4鋼種で溶接金属4鋼種で、それぞれ1T-C(T)及びMini-C(T)の試験片の確認を行っております。また、中性子照射材についても確認を行っております、母材3種類の試験片の確認を行っております。ただ、この母材3種類というのは、未照射材とは別の材料であるというものになっております。また、このとき、1T-C(T)には板厚に対して20%のサイドグループを導入してございます。また、Mini-C(T)に関しましては、JEAC4216に従いまして、サイドグループの導入はしておりません。初期亀裂長さの測定位置に関しましては、図1に示すとおりとなっております。1T-C(T)とMini-C(T)では測定位置がこのような形で異なるということになってございます。

実際に測定した結果を3の項目に示してございます。図2に、表1に示しました試験片の初期亀裂長さの測定結果を示してございます。縦軸は、各測定点における初期亀裂長さ a_0 との差を板厚で規格化したものになってございます。赤い線は、有効性の判定基準となる5%、1T-C(T)に対しては5%、Mini-C(T)に対しては12.5%の値を示してございます。1T-C(T)に対しては、サイドグループを導入しているということもありまして、初期亀裂長さ板厚方向に大きな湾曲というものは見られておりません。また、有効性判定基準である5%を超えるような試験片というのは、今回確認した中では見られませんでした。また、Mini-C(T)では、初期亀裂長さ a_0 との差の判定基準である12.5%というものは超えてはいないものの、1T-C(T)に比べると、板厚内で初期亀裂長さの湾曲というのが大きくなっておりまして、5%というような基準で見ますと、それを超えているようなデータというのが幾つか見られるという状況になっております。また、1T-C(T)とは相似形にはなっていないということでございます。また、照射材についても確認をしておりますが、放射化の資

料を扱うという制約がある中で、予亀裂が導入しているという状況ではあるんですけども、Mini-C(T)の結果を比較すると、初期亀裂の長さの分布、特に表面付近での形状というのは、未照射材と照射材で大きな違いがないということを確認してございます。

最後に、まとめとしまして、1T-C(T)とMini-C(T)の亀裂形状を比較した結果、そのMini-C(T)の初期亀裂長さの湾曲というのは、1T-C(T)に比べると、大きくなっていると。また、Mini-C(T)に対して緩和された判定基準であれば、満足しているものの、C(T)の判定基準に対しては満足していないというようなことが確認できました。また、その初期亀裂の形状としましては、両試験片では相似形とは言いがたいというような結果になってございました。このようなことから、Mini-C(T)に対して判定基準を12.5%まで緩和することの影響、また、1T-C(T)への板厚寸法の補正に対して試験片の板厚Bを使うことについて確認する必要があるのではないかとこのように考えてございます。

以上です。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

ありがとうございました。

それでは、まとめのところもちょっと御紹介させていただきたいと思います。

94ページを御覧ください。こちらには、5.と、まとめとして、5.1に、まず破壊靱性確認方法の2016年版についてまとめております。主な改定点はこちらで、この検討チーム会合で議論させていただいております3点でして、マスターカーブ法を取り入れたこと。それから、仮想欠陥の位置をクラッドの下に変更したこと。それから、高温予荷重効果等を許容基準に入れたことのこの3つになります。

まず1つ目のマスターカーブ法を取り入れた破壊靱性遷移曲線の改定については、これは時間をかけて議論させていただいたところでございますけれども、ちょっと御紹介しますと、マスターカーブ法は破壊靱性の不確定性を評価しようとする技術の発展に伴い開発された手法であり、国際的に使用されているものですということを私どものほうも認識しております。したがって、この技術評価においては、マスターカーブ法をもとにして制定されたという電気協会の式について、中性子照射脆化した国内プラント材料においても適用が可能であるかということを中心に検討させていただいております。日本電気協会に検討を行った内容について説明を受けまして、その結果、今後検討が必要な点が以下のとおりあるのではないかとこのように思っております。

1つ目は、信頼下限を95%というふうにしているわけですが、これを採用すると

いうことは、5%を下回るデータがあることを前提としておりまして、その5%下回るということの妥当性については、規格策定者による論理的な説明がもっと必要なのではないかとこのように思っています。

2つ目に、式の検討に用いられたデータは、鍛鋼品については T_0 が取得されている材料のデータ数が220あるということで、これについていろいろな検討をした結果を提示していただいたわけですが、圧延材及び溶接金属については T_0 が取得されている材料のデータ数が少ないということで、検討できないといえますか、そういう状況でデータが提示されていない、検討結果が提示されなかったというふうに認識しております。

また、この規格の2007年版の式と2016年版の式の破損確率の比較を提示していただきましたけれども、鍛鋼品及び溶接金属については、2016年版の新しい式のほうが下がるということを提示いただきましたが、圧延材については逆に高くなっておりまして、この理由についても御説明いただけなかったというふうに感じております。

また、4番目に、 Tr_{30} に基づく破壊靱性曲線の式の中で補正温度として ΔT_t が用いられていますけれども、このデータは中性子照射量が $5 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$ 以上のデータを使ったというふうに御説明いただきました。これに関して、それ以外の範囲でデータの検討を行っていただいたところ、中性子照射量が高いデータを用いると、 ΔT_t が高くなっていくということで、定数で与えるのが適切なのか、中性子照射に依存性があるのではないかとといった現象があるということが見出されました。

一番下の赤いところに書いてありますけれども、こういったことを考えますと、新しい規格に採用された破壊靱性遷移曲線の式の規制における適用性を判断する上で重要な点について、まだ解明されていない技術的な論点があるのではないかとこのように思っております。現時点において技術的妥当性を判断することは難しいのではないかとこのように考えております。

めくっていただきまして、(2)に、仮想欠陥の想定にクラッドを考慮することについてですが、これについては、今日、電気協会さんのほうに説明をお願いしたいと思っておりますので、その説明を受けた上で記載するというようにさせていただきたいと思っております。その下の(3)についても、同じでございます。

次の96ページの5.2として、参照温度試験方法の規格のほうについてまとめておりまして、この規格のほうは、ASTM E1921のマスターカーブ法を参考として、原子炉压力容器鋼材の監視試験片が使用可能となるMini-C(T)試験片を含む破壊靱性参照温度 T_0 の決定のため

めの試験方法についてということで技術評価させていただいています。同じように日本電気協会さんに説明をいただいた内容を検討した結果、以下のとおりというふうに考えております。まず、SE(B)とDC(T)は、日本の材料において適用が可能であるというような技術的根拠は提示されなかったため、技術評価の対象としていないというような結果になっています。

また、②番として、Mini-C(T)のほうについては、いろいろなデータを提示いただきましたけれども、以下の点についてはまだ今後検討が必要ではないかと思っています。1つは、先ほど出しましたが、試験体の寸法、特にノッチについて、ノッチ部について寸法許容差を含めて規定されていない部分があると。それから、1T換算して、最終的にはデータを用いますけれども、予亀裂形状等がC(T)試験片と相似形になっていない。その妥当性について検討していただく必要があるのではないかと思います。また、参照温度 T_0 の標準偏差にASTME1920で考慮されている式と違う式を使っていますけれども、この式に導入されている σ_{exp} 試験に依存する不確かさの定数で、これは4℃と設定されていますけれども、これはなぜ考慮してなくていいのかということとはちょっとわからなかったというところがあります。また、無効データを含む暫定参照温度の算出方法に条件によっては不連続が生じるということもありますというようなことが、今のところ、検討チーム会合で議論された内容と、これから議論させていただく内容というふうに考えています。これはまだ書きかけでございまして、結論は書いてないという状態になってあります。

続きまして、97ページですけれども、まだ途中ではございますけれども、技術評価を行った結果、次回技術評価するときにはこういうことも考慮したいということをお知らせしたいと思って書いております。1つ目は、規格の一貫性ということで、まず、この破壊靱性の確認試験方法の2016年版については、例えば供用状態C、Dにおける式としては、マスターカーブ法を参考とした式が導入されていますと。これに対して、供用状態A、Bの式は変更されておらず、従来の方法が用いられていますと。供用状態A、BとC、Dで違う考え方を導入しているというところがありましたということが議論されていると思います。また、供用状態C、Dにおいてクラッドを導入していますけれども、同じようにA、Bについてはクラッドがないものとして評価するようになっておりまして、規格全体として私どものほうは考えますので、その場合に不整合があるというふうに考えています。規格全体として整合を図られて一貫性のあるものになっているか。これは、この規格の中だけではなく、設計・建設規格か溶接規格、維持規格といった関連する規格との整合性もそう

ですけれども、一貫性のあるものになっているかということも確認することとしたいと思っていますので、それを記載させていただきました。

もう一つは、技術的根拠についてですけれども、この破壊靱性の評価は、脆性破壊の発生を防ぐために規制として要求している非常に重要な、規制にとって非常に重要な評価となっております。そういう規格を策定する際に使われる技術的根拠については、やはり一定水準程度の技術的な評価が行われたものが望ましいと思っています。例えば査読された論文ですとか、そういったことになりますけれども。重要な技術的根拠については、誰もが検証できるように公開性の高い論文が用いられているということも同じように望ましいと思っています。したがって、今後の技術評価においては、技術的根拠として使われているデータですとか文献といったものの信頼性及び公開性についても確認するということをしていただいております。

それ以外に、5.4のところ、技術評価におけるその他の論点として幾つか提示できる内容があるかと思っておりますので、次の規格の改定に参考していただければと思うことを今後追記していきたいと思っています。

今、御説明した内容について、資料5-3を御覧ください。今回は、あらかじめ説明依頼事項を質問の形で紙に書いておきましたので、こちらを御参照いただいて、先ほど私が説明していただきたいと思ったことをここに1～6まで書いてありますので、御確認いただければと思います。以上です。

○山中委員 それでは、説明いただいた資料5-2、5-3について質問、コメント等ございますでしょうか。

○大村基盤グループ長 規制庁の審議官の大村です。

ちょっと確認まで。まず、この資料ですけれども、これ技術評価について、資料5-2ですね、となっているんですけども、これは、最終的に原子力規制庁として検討チームの結果を踏まえてまとめたいと思っているという資料だと。それが現在作業中のペーパーであるという位置づけでよろしいですね。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

そのように考えております。

○大村基盤グループ長 それから、赤で幾つかあちこちに書いてあるんですけど、これは、今日の説明用に重立ったところをハイライトしたものだ。必ずしも赤だけを説明したわけではなかったようなんですけれども、そういう理解でよろしいですか。

○佐々木企画調整官 そのとおりでございます。

○大村基盤グループ長 それから、あとは表現ぶりとして、例えば20ページに、必要があるんじゃないかとか、下のところですね、そのクエスチョン形式のものが幾つかあるんですけど、これは作業中のものだというので、現在のこの疑問点を少し書いたということで、これは、最終的には何かその評価のものに変えて最終的に決着すると、こういう理解でよろしいですね。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

この丸の部分については、御説明いただいた上で、その内容で追記して、この丸とか、そういうのは最終的にはなくなるようにするつもりでございます。

○大村基盤グループ長 以上です。

○山中委員 そのほか質問、コメントございますでしょうか。

いかがでしょう。

○廣田副主査（日本電気協会） 電気協会の廣田です。

確認をさせていただきたいんですけども、94ページの5のまとめの(1)の②、ちょっと細かいかもしれませんが、②なんですけども、(1)の②なんですけども、式の検討に用いられたデータって書かれていまして、式とおっしゃっているのは、JEAC4206で式、(8)式、2つ式があったと思うんですけども、どちらの式のことを言っているのか。これ、まずは、それがちょっとよくわからなかったもので、教えていただけますでしょうか。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

この②のところは、 T_0 のデータを提示していただいたときの話をしております。ちょっとどっちの式かわからないけど、 T_0 を使ったほうの式のつもりで書いております。

○廣田副主査（日本電気協会） ちょっと誤解というか、2つ式がありまして、(8)式のほうは Tr_{30} に基づく式で、これはちゃんと圧延材、溶接金属、鍛鋼品、全て照射材のデータがあって設定しているものなので、一方で、(10)式については、基本的にマスターカーブの式を使っていまして、鍛鋼品で T_0 が取得されているデータ、鍛鋼品にしかデータがないというのは、あくまで式の検討に用いられたデータというよりも、式のマスターカーブの照射材による確認ができたのが鍛鋼品だけだということだと思いますので、ちょっと誤解を与えかねないかなというふうに思いました。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

今、廣田さんがおっしゃったのは、この2016年の規格の13ページの式と、ちょっと皆さ

ん、見ていただいてもよろしいでしょうか。13ページの一番上に載っている(10)式ということをおっしゃっているんですね。

○廣田副主査（日本電気協会） 電気協会、廣田です。

規格のほうの12ページの(8)式ですね。これはマスターカーブをベースにするんですけども、式の中に Tr_{30} というパラメーターが入ってまして、 Tr_{30} に基づいて式を設定していると。このときに ΔT_t を設定するとき、圧延材、溶接金属、鍛鋼品、全ての材についてデータがあって、それに基づいて ΔT_t を設定しているので、圧延材、溶接金属についてデータがないというのは違うと思うんですね。(10)式はマスターカーブ法の式であって、マスターカーブ法の式の照射材に対する、国内の照射材に対する適用性という意味では、確かに鍛鋼品しか T_0 設定できるほどのデータがなかったということですので、(8)式の場合と(10)式の場合とでちょっと扱い、扱いというか、データがあるかどうかとか、そういう意味ではちょっと違うので。

○佐々木企画調整官 それは理解しています。ちょっと今の、じゃあ、私の理解がおかしいのかな。この(8)式もマスターカーブに基づく式だと思っていたんですけど、それは違うということですか。

○廣田副主査（日本電気協会） (8)式もマスターカーブの式をベースにしています。

○佐々木企画調整官 じゃあ、 T_0 を使った(10)式のほうが鍛鋼品で示されて、マスターカーブの式は、この ΔRT_{NDT} 計算値とか、そういうのはないですよ、もとのマスターカーブの式というのは。

○廣田副主査（日本電気協会） 電気協会、廣田です。

それはないです。ただ、ここの ΔRT_{NDT} 計算値(d)というのは、照射脆化による移行量をあらわしているものです。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

私どもは、この(10)式は電気協会さんがマスターカーブの式をもとにつくられて、 ΔRT_{NDT} 計算値と M_R というのを足して、これが成立するということを検討されたというふうに理解してまして、この式の妥当性を検討したのは、 T_0 を使って鍛鋼品で検討したというふうに理解していただいています。それは正しくないということですか。

○廣田副主査（日本電気協会） 電気協会、廣田です。

いや、ここの94ページの、技術評価の94ページの式の検討というのは、基本的にはマスターカーブの式という意味ですよ。マスターカーブの式というか、(10)式というか。

○佐々木企画調整官　そうですね。原子力規制庁、佐々木です。

(10)式ですね、(10)と入れて直します。

○廣田副主査（日本電気協会）　ちょっと誤解を与えるかなと思いましたが、ちょっと確認させていただきました。

○山中委員　そのほか質問、コメントいかがでしょう。

○山本委員（日本電気協会）　すみません、事業者側からで申し訳ございません。電気協会、山本でございます。

1点確認と1点コメントがございます。1点、簡単な確認ですが、96ページの5.2、参照温度試験方法での今後の検討のところ、ノッチと書かれておりますが、ちょっとそのノッチとは何かというのをもう少し詳しく教えていただきたいんですが、先ほどの伸び計の取りつけ部の切欠きというか、その加工部、ナイフエッジ部ということでしょうか。C(T)試験片でノッチといいますと、予亀裂の前にある機械ノッチというのが頭にぼっと浮かぶんですが、そちらではないということよろしいですか。

○佐々木企画調整官　原子力規制庁、佐々木です。

すみません、これ切欠き部のさっき説明した部分のことです。これも直させていただきます。

○山本委員（日本電気協会）　ありがとうございます。

そうしたら、あともう1点はコメントなんですが、JAEAさんがやられた解析についてです。163ページ、2～3ページについて、その解析結果が示されておまして、一番極端なケースですと、塑性変形が出るという結果でございますが、まとめとして、塑性変形が出る、イコール T_0 に対して影響が出る可能性があるというように、若干飛躍があるように感じます。せっかくこの計算をしておられるんですから、亀裂先端部、それから、前方の応力分布、ひずみ分布から確からしいJ積分が出るはずだと思いますし、LLDの部分からLLDを使った場合の簡易式でのJ積分、それから、このノッチの先端部の変位から前面変位でのJ積分が出るはずですので、それを比較することで、本当に T_0 に対して影響があるのかないのかということの評価するのがフェアなやり方じゃないかと思います。

以上です。

○高見澤研究員　コメントいただき、ありがとうございます。原子力機構、高見澤です。

今、コメントいただきましたことにつきましては、今回御説明はしていませんけれども、解析としてはやっております。実際、 T_0 にどのくらいの影響があるかということにつ

いてですが、今回やった中身ですと、おおよそ1%とか、そのぐらいの誤差があります。誤差というよりかは、系統的なシフトがあるというところになっています。それが大きいかわ小さいかというところの判断はなかなか難しいところではあるんですけども、そういったものを避けることができるのであれば、避けるような形にしておくのがいいのかなというふうに考えております。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本です。

ありがとうございます。確認だけ。1%とおっしゃった、その分母は何になるでしょう。J積分の何に対して1%、差が出る。

○高見澤研究員 原子力機構、高見澤です。

KJの差が標準モデルと下限モデルでそれだけ差があったと。それについては、亀裂先端の経路積分で求めるJ積分から求めている。実際に亀裂先端にかかっている破壊の駆動力がそれだけ差がありますよというような確認をさせていただきます。

○山本委員（日本電気協会） ありがとうございます。LLDに対しては調べられてないんですね。今、調べるべきは、LLDでいいのか、前面変位でいいのかというところのような気がします、それについては。

○高見澤研究員 確認しているんですけども、ちょっと結果について、今、思い出せないです。

○山本委員（日本電気協会） ありがとうございます。

○藤澤参与 規制庁の藤澤です。

今の件に関係してなんですけども、この解析自体は、この取り付け部の切欠き深さを0.6という寸法が電気協会さんのほうから前回提示されましたので、その0.6という数値を使って、それは機械の寸法許容差は無しだと、0だ、0ということで、0.6という数字を使った上で、残りの許容差は全部最小になるようにしたモデルなんです。ですから、基本的にはこの0.6という数字に対して、本来は寸法許容差があるはずでして、その寸法が例えば0.6プラス・マイナス幾つか、またはプラス0、マイナス幾つなのか、それによってこの値は大きく変わります。ですから、これはあくまでも今、その寸法が0.6という数字で変わらないよというモデルですので、本来の実際どういうふうな寸法許容差で加工したのかがわからないと、これもあんまりこれ以上数値をやっても、これ例えば数値が今、このリガメントの一番狭いところをもっと小さくなれば、非常に大きな塑性になります。そういうことで影響出ますので、やっぱりここは寸法をちゃんと加工公差を規定するとい

うのが必要じゃないかと私は思います。

以上です。

○山本委員（日本電気協会） ありがとうございます。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

○廣田副主査（日本電気協会） 電気協会の廣田です。

一貫性という話もちよっとおっしゃっていたんですけども、こちらからの説明でも話しているんですが、JSMEの維持規格では、検査で見つかった結果に対して欠陥評価はしますが、そのときに高温予荷重効果、供用状態C、Dについては考慮しているんですね。それも踏まえてPTSでも高温予荷重効果を考慮してもいいんじゃないかという判断も説明はしているんですけども、そういう維持規格では認めているというところがあって、その辺は整理が必要なのかなという気がするんですけども、いかがでしょうか。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

今の廣田さんの御指摘も、それ以外にも幾つも規格があって、いろんな規定がありまして、複数あって整合していないところがあるものを現在使っているというところは確かにあると思います。最終的にどうなのかというのは、規格全体として一貫性が、規格全体というのは、電気協会も原子力学会も、機械学会もですけども、統合がとられていて、どれを採用するのが適切なのかって、この規格から規格に、例えば設計・建設から運転に行ったときに断絶が起こらないような形で整備されていくということが必要だと思っていまして、そういう形で規格を全体として策定していただきたいと思えますし、そのプロセスの中でどの要求事項はどれに合わせていくべきなのかということも議論していかなくちゃいけないというふうに認識しています。

○山中委員 よろしいでしょうか。

○廣田副主査（日本電気協会） とりあえず結構です。

○山中委員 そのほか御意見、コメント等ございますでしょうか。

どうぞ。

○平野主査（日本電気協会） 電気協会の平野です。

ちょっと質問ですけども、165ページにやられているJAEAさんの試験データで、サイドグループを切られているタイミングが書いてないんですけど、普通はこれ予亀裂入れた後にサイドグループ加工しているということだと思いますよ。

○高見澤研究員 原子力機構、高見澤です。

そのとおりでございます。

○平野主査（日本電気協会） あと、もう1点、いいですか。

これはパーセンテージでグラフなっているので、Mini-C(T)が相似形とは言いがたいという結論になっているんですが、これmmで表示するとどうなるかというのを見ると、1Tのほうを見ても、相似形とは言いがたいというふうな試験片も若干あるので、何となくMini-C(T)だけ相似形とは言いがたいというのはちょっと、このパーセンテージだと25mmと4mmの差があるので、こう見えるんだと思うので、そういう評価をされたほうがいいのかと個人的に思いました。

以上です。

○高見澤研究員 コメントいただいて、ありがとうございます。検討してみたいと思います。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

同じこの165ページなんですけども、ちょっと皆さんにお聞きしたいと思っていて、私、これをJAEAさんに調べていただいたのはなぜかというと、大きい1Tとか、そういうものについてはサイドグループを掘っていますと。それは、亀裂の先端がなるべくばらつかないで試験できるようにサイドグループを掘っているというふうに理解していますと。Mini-C(T)については、サイドグループを掘らないことを推奨するというので、多分試験片が小さくて板圧が薄いからなんだろうなと思いますけれども、そうすると、小さいがゆえに、この曲率というんですかね、大きくなると。私は、逆に何か1C(T)は掘らなくてもいいけど、Mini-C(T)は掘らないと、ばらつきはこっちのほうが比としては大きくなる。最終的に1T換算にして計算するということは、全体が基本的には相似形であるということがベースになっているんじゃないのかなって、私はそういうふうに思っていて、そういう観点からしたら、Mini-C(T)のほうにサイドグループを掘ったほうがいいよなと思うんですけども、掘ることによるまた逆のデメリットみたいなのも恐らくあって、そのトレードオフになっているんだろうなと思うんですけども、その辺を今後検討して、何か結論として、そらないことを推奨するじゃなくて、こういうときには掘って、こういうときには掘らないとかですね、そういうのが明らかになってくれれば理解しやすいなというふうに思いますけど、いかがでしょうか。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本でございます。

コメントありがとうございます。1つ確認をさせていただきたいと思います。JEAC4216

の規格の10ページにサイドグループの規定がございます。今、佐々木さん、大きな試験片はサイドグループを掘る、小さい試験は掘らないというふうにおっしゃいましたが、それは実は正しくなくて、サイドグループは全てに対して任意でございます。特にMini-C(T)については今までも議論してきたような懸念がありますので、サイドグループは推奨しないと、これはあえて付与しないというふうにしております。先ほども申しましたとおり、マスターカーブ法については、サイドグループを入れないのが普通であるというふうに認識しております。JEACについては、ニュートラルですね。導入は任意であるとしております。ですから、どこかからサイドグループを入れる、ここからは入れないというようなことではないということですが、そこら辺はそういう御認識で正しいでしょうか。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

私のちょっと説明がよくなかったかもしれませんが、その導入が任意だってことは知っています。それで、規制要求として入れる入れないは任意であるといったら、やはり入れても入れなくても効果はこの微小な違いであるとかわかっていて、あるいは、入れたほうがいいんだったら、こういうときには入れるとかになっていて、任意にするんだったら、入れても入れなくても効果は、結果は同じです、ほぼ同じですということはわかってほしいですし、結果がほぼ同じなんだったら、別にサイドグループという規定は要るのかなと思いますし、違うから、サイドグループを入れたり入れなかったりするんじゃないかと、そういうことも思うので、その辺のところを何か明らかにして御説明いただければ、じゃあ、サイドグループは任意で掘っても掘らなくてもいいけれども、こういう例えば試験上、楽だからとか、何か便利だから、掘ったり掘らなかつたりするんだったら、このMCT-3300というのは規制要求としては特にどっちでもいいから、要求の中には入れませんとかできるんですね。だから、ちょっとその辺が今回の議論の中ではちょっとよくわからなかったもので、今後検討いただければ、よりわかりやすいというふうに思います。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本です。

ありがとうございます。今、今後とおっしゃったのは、今後の規格改定の際にということですか。それとも、この議論の中で、もう少し追加の説明が必要だということでしょうか。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

規格の中にはもう任意って書いてありますので、特に今説明してほしいということではなくて、今後、規格を改定されるときには、そういう観点からやっていただければありが

たいと思います。

○山本委員（日本電気協会） わかりました。

○山中委員 そのほか御質問、コメントございますか。

沖田先生、何かございますか。

○沖田准教授 東大の沖田でございます。

そうですね、報告書にもございましたが、61ページの参照試験求める場合、ミニチュア試験片が使われていると思うんですが、あるいは85ページのほうにも使われていると思うんですが、このもとのデータになったのは、例えばこの電力中央研究所さんの限定配布の報告書だと思います。この中に同様のデータは載っているんですが、これを拝見しますと、必ずしも、比較的これ見ると、ばらつきの小さいデータを反映して採用されているんですね、こちら見るとですね。そういった意味で、やはりこういう規格の場合には、公平に公開論文で手に入手できるような論文で、データできちっと議論していただきたいというのが強く私自身思うことでございます。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本でございます。

ちょっと1点確認させていただきたいのは、ばらつきの小さいデータを採用とおっしゃったように思うんですが、それはどういう。

○沖田准教授 東大の沖田でございます。

現在、限定配布の資料の報告書はお持ちでしょうか。

○山本委員（日本電気協会） 今はないです。

○沖田准教授 ないですか。これ見ますと、資料が3つのデータが載っております。そのうち、特にばらつきの小さいデータを用いて、ここで議論されているんですね。T₀を求める場合に、4T-C(T)試験、2T-C(T)試験、あるいは0.40T-C(T)試験などを使われて、あるいは試験温度も変えられた変化もされているんですけど、その中で特にばらつきの小さい、比較的條件からいっても、一致するようなデータでここで議論されています。

一方で……。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本です。

今おっしゃっているのは、この報告書並びに論文にある材料というのは、フォーミングが1材料、それから、圧延が2材料の3材料ありますが、そのうち議論を進めてきたのはフォーミングであると。その1つだけしか出てないじゃないかということをおっしゃっているということでしょうか。

まず、小さいから選んだわけではないということをお願いしたいと思います。どれでも同じ傾向であって、そのような結論に報告書も論文もなっていると思いますので、それに従っているということでございます。

また、今の御質問だけじゃなくて、前にも佐々木さんの御説明の中でも限定公開の論文が技術根拠という話でしたが、1つ申し上げたいのは、同じデータに基づきまして論文としてまとめて、公開になっているものがございます。全く同じ内容じゃございません、もちろん。だけど、同じデータに基づいて、同じようにきちんと解析したものは論文になっております。それを技術根拠としては読み込んでおりますので、限定公開の報告書は読み込んでおりません。なんでここで限定公開の報告書が出てきたかという、この検討チームの中で、さらに検討が必要だと。例えば標準偏差ですとか、個別のデータに立ち返った、もう一回解析、検定をしなければならないというようなことがございましたので、そこで立ち返ったということでございます。一つ誤解ないように申し上げておきたいのは、結局公開とはいえ、現状、この限定公開のものを公式に読み込んでいるということではございません。

○沖田准教授 東大の沖田でございます。

ありがとうございます。ちょっと誤解を招いたかもしれないので、申し上げますが、少なくともこのデータを参考にする上で、リファレンスとして規格に用いられているんですよね。そこの妥当性を評価する上で、我々は当然リファレンスに戻って評価することもあるわけでございます。そして、戻った上で、これを見た上で再拝見しますと、85ページのばらつきは、例えば引かれた線に対してプラス・マイナス10℃以内におさまっている一方で、限定公開で入った論文では20℃を超えるようなデータもある。これは非常にどのように我々も取り上げていいのかというのは、ここまで返ってくると、このデータ自身の導かれた結論に関してもちっと説明いただきたいというのは思う次第でございます。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本でございます。

具体的には、どれのことをおっしゃっているんでしょうか。

○沖田准教授 東大の沖田でございます。

この85ページの参照温度の複数試験温度と単一試験温度の相違、あるいは試験片による相違が61ページ、85ページに載っていると思いますが、それと限定公開の資料の件でございます。今、手元にないということなんで、また後日……。

○山本委員（日本電気協会） 今、こちらのバインダーのほうにはあるようですので、教

えていただければと思いますが、具体的に。

○沖田准教授 5ページです。これです。研究報告のQの07305になります。

○山本委員（日本電気協会） ちょっと誤解を招くような表現なので、非常に警戒しておりますが、技術根拠資料とここにお出ししている図が違うということはまずあり得ませんし、データを小さく見せるような操作をしているということもまずありません。そのような誤解がないような表現であればいいんですが、ちょっと懸念しております。

○沖田准教授 もし表現に誤解があったら、申し訳ございません。改めて訂正申し上げますが、何と申せばいいんでしょうか。このデータを見ていただければ、一番わかっていただけなんですけど、3つ、ここに試験片の試験鋼種があります。そのうち代表されたのは、1鋼種だけなんです。もし誤解があったら、申し訳ございません。

○山本委員（日本電気協会） おっしゃっているのは、例えば単一試験温度法でごく限られた8点とか、それぐらいのデータから持ってきたデータが例えば10℃を超えるようなものもありますよということをおっしゃっているわけですね。

○沖田准教授 東大の沖田でございます。

そうではなくて、この資料とこの試験片では、得られたデータのばらつきが大きく違ってきます。今、こちらで議論されていますが。

○山本委員（日本電気協会） 別の鋼種を用いた場合に、結論が違うというふうにおっしゃっているんでしょうか。

○沖田准教授 はい。

○山本委員（日本電気協会） 違いませんが。

○沖田准教授 これですね。

○山本委員（日本電気協会） はい。

○沖田准教授 非常にばらつきが大きくなっておりますが、いかがでしょうかね。

○山本委員（日本電気協会） それは、何を根拠にばらつきが大きくなっているとおっしゃってますか。

○沖田准教授 ばらつきというか、結果が大きく異なると言ったほうがよろしいでしょうか。

○山本委員（日本電気協会） それは、試験片の個数だとか、標準偏差ですとか、そういったことまで我々は考慮して今議論を進めてきましたが、そういうのを全部なしにして、その棒グラフを見て、見た目では先生は今おっしゃっているということでしょうか。

○沖田准教授 導かれた結果が異なるという、得られたデータが試験片、あるいは試験温度で違うのではないかということですね。ばらつきと言っていいのか、ちょっと得られたデータと言えればいいんでしょうか。

○山本委員（日本電気協会） すみません、ちょっと御質問の内容がまだつかめておりません。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

今、その議論になっている論文は、何回か目の検討チーム会合の際に資料として、参考資料として書いていただいたから、その存在を我々は知りましたと。だけど、もし書いていただかなかつたら知らなかったわけですね。その論文を参照することなく、技術評価が行われていたと思います。それ以外にもっと興味深い論文が限定配布されているかもわからないけど、私たちにはわからないわけですね。だから、公開性のあるものでやれば検索すれば出てくるので、そういうものを使うべき、使ってほしいということが、今後の視点のところに書いてある内容なんですけど。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会の山本でございます。

何度も申し上げますが、ここにある資料は全て公開の論文の中に入っております。もう一度申し上げますが、この報告書、限定公開の報告書を引用してきたのは、この場での全てのデータ、一番もとになるデータに立ち返っての再度の検定等が求められたから、それを引っ張り出してきたということです。例えば、ここにある T_0 の単一温度法、複数温度法での比較の結果等は、ASMEのPVT、あるいは、あと何だっけ、機械学会であったかな、きちんとした、きちんとしたって、我々、電中研報告書もきちんとしたものだと思っておりますが、それは置いておいて、ものに再録されております。それは何度も申し上げますが、入っております。それは申し上げたいと思います。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

そうしたら、別に限定にしなくてもいいんじゃないかと思えますけど。

○山本委員（日本電気協会） もう一度申し上げます。検定が求められた、ここで解析をもう一回しなさいということが求められたので、もとの K_{JC} データです。個別の K_{JC} データまで戻る必要があったんです。ですから、その根拠として、これをお出ししました。

○佐々木企画調整官 あんまりこういう話をしてもしようがないのかもしれないけれども、もとのデータにさかのぼって検定したい、確認したいというふうに一般の人が思っても、こういう機会がなかったら見れないので、公開のほうが望ましいと思っているということ

を申し上げます。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会の山本でございます。

一般論を申し上げます。実験的研究において、全ての実験データが論文に公開されるものではないと思います。結論を導き出すのに十分な技術根拠が示されていることが重要だと思います。

○大村基盤グループ長 規制庁の大村です。

ちょっと議論が堂々めぐりになったり、何かお互いの誤解みたいなものがどうもあるようなので、ちょっとこの議論を今ここで突き詰めてやっても、時間の無駄とは言いませんが、益がないので、これはこれぐらいにしておいたほうがいいと思います。

○山中委員 いわゆる公開、非公開の話というのはちょっと置いておいて、2点目のばらつき云々というような話というのは、何か御回答いただけるようなところございますか。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本でございます。

今のところ、ちょっと御質問の内容がまだはっきりはつかめておりませんので、まずは、どんな御質問であって、どんな検討が必要なのかということをよく確かめた上で御回答を準備することにしたと思います。

○沖田准教授 東大の沖田でございます。

もしよろしければ、もう一度質問の内容を繰り返させてもらってよろしいでしょうか。

例えばこの参照温度をミニチュア試験で求めた場合の妥当性を評価するために、試験温度、あるいは試験片の大きさを変化させて、さまざまな鋼種で行われておられます。現在、規格で使われているのは、こちらに載っているデータは報告書のAのSFVQ1Aという資料でございますが、それ以外にB、C、3種類の鋼種がされております。特に3種類目のCの鋼種を見ますと、4T-C(T)、2T-C(T)、1T-C(T)ではおよそ-120℃という参照温度が求まっている一方で、0.4T-C(T)ではやや高めの温度です。それがデータとして出ております。さらに一番特徴的なのは、単一試験温度-80℃でした場合に、これらのデータよりも20℃以上高い、20℃近く高いデータが得られております。このことをどう見ればいいのかということについてお伺いしたいと思います。ばらつきという表現はちょっとおかしかったかもしれませんし。

○山本委員（日本電気協会） 電気協会、山本です。

今、具体的に鋼種Cの-80℃の単一温度法ということに御指摘いただきましたので、これが何個の試験片であって、例えばJEACの4206に、16ではなくて06ですね、に示されたマス

ターカーブの標準偏差、あるいはその 2σ に対してどの程度の大きさのものであるか、そういったところをもう一度確かめたいと思います。

○山中委員 よろしくをお願いします。

そのほか、いかがでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、全体を通じて何か御質問、コメント等ございますか。よろしいでしょうか。

特にないようでございますので、これで本日の議論は終了いたしたいと思います。

資料5-2について、特に追加で御意見等ございましたら、2週間程度を目処にお知らせいただければと思います。

次回の第6回会合は、2020年3月23日月曜日の開催を予定しております。開催時間、場所については、追って事務局から調整連絡をさせていただきます。

それでは、以上で第5回原子炉圧力容器に対する供用期間中の破壊靱性の確認方法等の技術評価に関する検討チームを終了いたします。