

大飯 3 号機加圧器スプレイライン配管溶接部における  
有意な指示に係る公開会合（第 9 回）

原子力規制庁

大飯3号機加圧器スプレイライン配管溶接部における  
有意な指示に係る公開会合（第9回）  
議事録

1. 日時

令和3年1月29日（金） 14:00～16:24

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室B・C・D

3. 出席者

原子力規制庁職員

金子 修一 長官官房 審議官  
杉本 孝信 安全規制管理官（専門検査担当）  
高須 洋司 専門検査部門 統括監視指導官  
滝吉 幸嗣 専門検査部門 企画調査官  
中田 聡 専門検査部門 上席原子力専門検査官  
森田 憲二 専門検査部門 主任原子力専門検査官  
河野 克己 システム安全研究部門 主任技術研究調査官

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

鬼沢 邦雄 安全研究・防災支援部門 企画調整室長

関西電力株式会社

水田 仁 原子力事業本部 執行役常務  
決得 恭弘 原子力事業本部 原子力発電部門 原子力発電部長  
日下 浩作 原子力事業本部 原子力発電部門 原子力保全担当部長  
寺地 巧 原子力事業本部 原子力発電部門 保全計画グループ リーダー  
松永 直志 原子力事業本部 原子力発電部門 保全計画グループ リーダー  
土肥 伸樹 大飯発電所 副所長

三菱重工業株式会社

堤 一也 総合研究所 原子力センター 副センター長

#### 4. 議 題

(1) 加圧器スプレイライン配管の分析調査について

#### 5. 配布資料

資料1 大飯発電所3号機 加圧器スプレイライン配管溶接部での事象への対応について

#### 6. 議事録

○金子審議官 それでは、お時間になりましたので、ただいまから大飯3号機加圧器スプレイライン配管溶接部における有意な指示に係る公開会合第9回目を開始させていただきます。

本日も原子力規制庁の金子が進行を務めさせていただきます。

新型コロナウイルス感染症予防対策のためにリモートの会議で運営をしております。円滑な進行に御協力をお願いできればと思います。

本日は関西電力におきまして追加的な配管の分析調査を行った結果について資料にまとめていただいておりますので、それを踏まえた、また対応の在り方についても御提示をいただいておりますので、それについて御議論を進めていきたいというふうに思います。

資料の1がございまして、最初のほうは全体の取りまとめになっておりますので、資料の9ページのところから追加確認ということで項目が大きく四つ掲げられております。この内容について最初に関西電力のほうから御説明をいただいて、それについて規制庁のほうから質問、確認などを含め議論を進めていければと思います。

まずは、この4項目について資料に基づいて、そうしますと10ページから21ページぐらいまででしょうか、そこの部分について御説明をいただければと思います。よろしく願いいたします。

○水田執行役常務（関西電力） 関西電力の水田でございます。

本日はお忙しい中、会合を開いていただきまして、ありがとうございます。

今、御紹介がありましたとおり、本日はこれまでの議論、御意見を踏まえて追加的な調査をしてまいりましたので、その結果と、その結果を踏まえて検討しました事象の発生要

因それから水平展開についてまとめて持ってまいっております。我々としては、この考え方に基づいて各プラントの追加検査を進めて健全性を確保してまいりたいと思っておりますので、どうぞよろしくお願いいたします。

それでは、資料に基づき、今、御指示いただいたやり方で御説明させていただきたいと思っております。よろしく申し上げます。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力の松永でございます。

それでは、資料1の9ページ目から追加確認の結果について御説明いたします。

9ページ目までにつきましては要因分析の全体整理を兼ねて行ってございまして、そこから抽出いたしました四つの追加項目、確認項目について実施した内容を10ページ以降お示ししております。

内容につきましては、溶接欠陥の有無を再確認するということと、あと、当時の記録、図面、こういったところから手入れ溶接の有無を確認するということと、形状による剛性の硬さへの影響を確認すること、そして最後に応力の評価ということで、四つ実施してございます。

それでは、右肩10ページを御確認申し上げます。

まずは溶接欠陥の有無について再度確認した結果となっております。

これまでの調査でも内表面側の破面全域につきましては詳細に観察はしておりますけれども、いずれの領域も一般的な粒界割れでありまして、溶接欠陥の痕跡というものは認められませんでした。載せております写真は亀裂最深部と裏波に見られますクレーター部、それぞれの近傍における破面を代表として載せておりますけれども、いずれの領域でも微細な粒状の腐食生成物が認められているということが分かっております。

続いて11ページ目ですけれども、こちらには熱影響部で生じます溶接欠陥に起因する割れについて整理してございます。

高温割れ、低温割れ、再熱割れ、いずれにおいても調査結果及び過去の知見からは発生が考えにくく、実機の破面からも溶接欠陥の痕跡を認めるには至りませんでした。

しかしながら、当該部では特異な硬化が生じているということもありまして、溶接による微小な割れが発生した可能性というものは否定できないというふうに考えてございます。

続きまして12ページをお願いいたします。

次に、補修溶接の追加確認項目であります溶接記録や溶接積層図の確認結果となっております。

施工当時の施工記録、それから検査記録について改めて確認いたしましたが、特に不適合や異常というものは確認されておりません。

ただし、表の中ほど、溶接施工記録という欄にございますように、溶接作業については若手とベテランの2名で実施したということになっておりまして、若手が丁寧かつ慎重に溶接を行ったことで溶接の速度が遅くなり入熱が大きくなったために初層溶接熱影響部について硬化を促進した可能性がございます。

続いて13ページでございます。

こちらには溶接裏波と積層図を示してございます。

当該部の裏波のビード幅は8mmと幅広でありまして、終端部と思われるクレーターが2か所認められております。クレーター部の断面からも欠陥がないことは確認しておりますけれども、手入れ溶接が行われた可能性というものもございます。

また、施工記録からは被覆アーク溶接が4層で施工されているということ、それから、検査記録からは補修溶接を実施していないということを確認しておりますけれども、ビード形状を整えるためのグラインダ成形であったり、部分的な手入れ溶接を行う場合もありまして、積層図では一部5層以上に見えるような領域もございました。

以上のことから、記録に残らない手入れ溶接を実施した可能性というものがございまして、溶接時の大きな入熱の一因となった可能性が否定できないというふうに考えてございます。

続きまして14ページをお願いいたします。

施工記録等の確認はここまででございまして、続きまして、形状による剛性が硬さに与える影響について確認した結果になってございます。

ここでは青色で示しました実機とオレンジ色で示しましたモックアップの表層硬さを形状ごとに比較しておりますが、管台とエルボの溶接部における硬さがほかの部位よりも高いという傾向が見られています。したがって、溶接時の入熱量のみでなく、形状による剛性が硬さに及ぼす影響というものについても確認が必要だという考えに至りました。

なお、シンニング部につきましては、亀裂近傍に比べて応力が低いことから割れが生じていないものと推定してございます。

また、比較管エルボ部、㊸で示した部分でございまして、こちらで300HVを超える硬さを測定しておりますが、本計測値が外れ値であるということについて次の15ページで考察、検証しておりますので、15ページをよろしくお願いいたします。

15ページの右のグラフには、先ほどの基本データのみの場合と実機からさらに追加したデータを加えた場合でヒストグラムを示しております。いずれの場合も300HVを超える測定値が $3\sigma$ に収まらない外れ値であるということを検証してございます。

なお、硬さ計測時の圧痕が粒界上に触れると硬さの値が大きく計測される場合がございます。左下の写真に示しますように、モックアップでも検証を行いまして、やはり外れ値を示すということを確認してございます。

以上のことから、㊸の示しました300HVを超える硬さの計測点というものが外れ値であるということの検証を行ったという次第でございます。

続きまして16ページをお願いいたします。

先ほどの硬さの傾向をお示ししましたとおり、形状による剛性が硬さに及ぼす影響について確認してございます。

まずは形状の剛性について概念を示しておりますけれども、溶接金属が凝固する際、その収縮により曲げ変形が生じますが、上段右の図のように配管の場合ですと円形状に拘束されることから、内面側に落ち込むように変形いたします。これまで製作、お示ししてモックアップにつきましては、直管同士で突き合わせておりましたが、直管よりも厚みがあり、剛性が高い管台－エルボのような形状では、溶接部の収縮時における変形領域が狭く、局所的に歪みが生じることで硬化が進む可能性があると考えられることから、改めてモックアップを製作しまして、その影響について確認いたしました。

続きまして、17ページに今回製作したモックアップを示してございます。

当該部と同じ入熱量を大きくした初層TIG＋被覆アーク溶接で形状を変化させたものをケース1から3としまして、ケース4につきましては初層TIG溶接＋被覆アーク溶接と比較して初層の入熱量が大きくなり全層TIG溶接を用いて剛性の高い形状のものを一つ製作してございます。

なお、溶接に伴う内面側への落ち込みが配管周方向の剛性により拘束されるということをご考慮しまして、エルボにつきましては厚肉な管に置き換えて製作してございます。

18ページ、よろしく申し上げます。

各モックアップの硬さ計測結果を示したものでございます。

概ね実機に近い傾向を示してございまして、管台－エルボの形状の突き合わせで非常に硬くなっていると、300HVを超える硬さができるといったことが分かります。

次の19ページには、その結果をマトリックスで示してございます。

本事象の当該部と同様の溶接方法である初層TIG溶接、被覆アーク溶接の大入熱で施工され、さらに剛性の影響から溶接時の変形領域の狭い管台－エルボの形状、こちらが重畳することで表層に特異な硬さが生じるといったことを確認いたしました。

また、全層TIG溶接した場合には、TIG+被覆アークで溶接した場合に比べ、初層溶接を薄く溶接するために入熱量が抑えられることから、管台－エルボのような形状でも特異な硬さに至らないということも確認してございます。

続きまして20ページ、よろしく申し上げます。

最後の追加確認項目といたしまして、当該部の溶接状態を踏まえた応力の評価の結果を示してございます。

当該部につきましては、運転による発生応力と溶接残留応力を解析により確認しております一方で、実機計測はできてはおりませんが、溶接入熱が大きかったことを推定しております、その影響評価を行いました。

入熱量を上下20%で変化させまして解析を行いました結果、亀裂が認められた溶接境界近傍で応力が高くなる傾向を示すとともに、入熱量の大きさに伴って応力も高くなるということを確認してございまして、当該部における過大な入熱によって応力についても大きくなっていたのではないかとというふうに推測してございます。

21ページ、よろしくお願いたします。

こちらは追加確認の結果をまとめてございます。

繰り返しとなりますので詳細につきましては割愛いたしますけれども、改めて実施した追加確認によって溶接のやり方や手入れ溶接により入熱が大きくなった可能性、それから、形状による剛性が硬さに及ぼす影響、過大な入熱による応力が大きくなった可能性について改めて確認した次第でございます。

追加確認の結果につきましては以上でございます。

○金子審議官 ありがとうございます。

それでは、今、共有いただきました内容について規制庁側のほうから一つずつ確認をさせていただければと思います。行ったり来たりするとあれですので、まず最初に、矢羽根の項目ごとに行きたいと思っておりますけれども、9ページの矢羽根ですね、すみません。10ページ目、11ページ目で確認をしておきたいこと、規制庁側からございますか。

高須さん、お願いします。

○高須統括監視指導官 原子力規制庁の高須でございます。

追加確認、いろいろされて、フロー図も整理されて、非常に論点を絞っていただいで分かりやすくなっているかなと思っています。

今回、今日、今、御説明いただいた中で、10ページのところで亀裂近傍の表面の破面を出されていますが、これは恐らく亀裂の最深部のところで写真を出されているのかなと思いますが、こういった様相というか状態、形態というのは、例えばクレーター近傍だとか、割れが発生している全周に当たっても同様な形態というか状態を示しているというふうに理解してよろしいのかどうかというのを確認したいと思います。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

10ページの御説明について、もう少しだけ補足をさせていただきます。

まず、左側にある写真、こちらが亀裂最深部ということで、一番亀裂が深かったところ、深かったところの表面側が亀裂の起点に位置しているのではないかと、そういった観点でこちらの拡大をつけさせていただいているというのが左側の写真でございます。

それから、右側の写真です。右側の写真は、クレーターがあった領域、溶接のクレーターが2か所認められた周辺というところで、そちらの写真をつけさせていただいていると。

いずれも代表例というような形で、我々は細かくずっと観察をしまして、その中から亀裂の起点になるようなところがないのかというので観察した結果の一部をつけさせていただいているという状況でございます。

違いとして認められるのは、基本的にはどの領域、ずっと観察を続けても粒界割れが続いているというところに関しては変わりはないと。一部、結晶粒径のサイズは場所によって若干変わっていると。例えば左側の写真の上側でいくと、真ん中辺り少し結晶粒の形状が大きくなっているようなところが写っています。300 $\mu$  ぐらいの結晶粒が写っていると。これは溶接の熱影響によって粒が粗大化したようなところだというふうに認識してございます。

左側のクレーター一部も基本的には少し結晶粒径が大きくなるところが真ん中辺りに多くなっているんですが、比較すると、若干小さいような様相もあるところもあった。ただ、亀裂が基本的にその領域で何か違うかということ、あまり差という形では見られていないという状況でございます。

あと、ちょっと細くなるんですけど、下側の図はかなり倍率を大きくして、5,000倍とかで観察したときに結晶粒の上についている腐食生成物の状況です。こういったものも確認をしてございますが、基本的にそれほど大きな差がなかったと。写真で見る限りは左

のほうが少し結晶粒、腐食生成物のサイズが大きなものがついているようなところが写ってございますが、似たような腐食生成物というものがいろんなところに確認されていて、当初、溶接欠陥みたいなものがどこかで見つかるのではないか、そういう観点で表層を細かく観察いたしました。そういった様相というものに関しては見つけることができていないという、そういった状況でございます。

以上でございます。

○高須統括監視指導官 ありがとうございます。

○金子審議官 ほかにございますか。

杉本さん。

○杉本安全規制管理官 専門検査の杉本でございます。

このそれぞれ左と右、小さいところを下の図のようにばっと大きく拡大したというところですけども、こういったそれぞれの写真1点ずつほどこのところを大きく拡大したというところですけど、ほかの例えば上のほうの写真の左右、広く領域がありますけど、そういうところでも大体似たような感じだけど、ここだけを特別拡大したということなんですか。それとも、全体を眺めたときに、ここにありますがというような感じのことなんですか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

観察としては拡大した状況で全てを見ているという状況でございます。代表例だけを写真をつけさせていただいています。腐食生成物については、結晶粒ごとにつき方が違うんですけど、基本的何らかの腐食生成物がついているということに関しては、どこを見ても、ほぼ同じような状況であったというのが我々の認識でございます。

○杉本安全規制管理官 腐食生成物がついていたとしても、それは溶接欠陥の痕跡ではないという、そういうことでの理解ですね。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

そのとおりでございます。

○金子審議官 ほかにございますか。

鬼沢さん、お願いします。

○鬼沢企画調整室長（JAEA） JAEAの鬼沢です。

一つだけ、書きぶりについての確認させていただきたいんですけども、11ページの一番下です。「しかし、特異な硬化が生じているため、溶接部より微小な割れが発生してい

た可能性は否定できない」、この硬くなっていたということで、溶接の割れの関係については上の表ではちょっと読み取れないんですけども、どういうメカニズムで割れが発生していた可能性が否定できないと言っているのかというのがちょっと分かりにくかったんですけど、教えていただけますか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

御指摘のとおり、実際、我々が確認した範囲では溶接欠陥の痕跡というのは見つからないということで、では、なぜここで溶接欠陥の可能性を残しているかという御質問だと思うんですが、今回、我々は実際PWRでこのような割れを経験したことがないというところでございます、溶接欠陥にしても過去に事例がないから全て否定していいかという意味では、そうではないのかなという、そういうところがございます。

特異性としてあったのは、硬化が生じているということが我々確認できている特異性でございます、このような非常に強い硬化が溶接時に起きているということは、我々知り得ないような何らかの微小なものがこういったところに起きていても否定できないのかなと。そういった観点で特異な硬化というものと結びつけて、「可能性は否定できない」という記載をさせていただきました。

○鬼沢企画調整室長（JAEA） 分かりました。

具体的なメカニズムがあるということではなくて、否定し切れないという旨の記載だということですね。ありがとうございます。

○金子審議官 ほかにございますでしょうか。

よろしければ、今、質問があったことを踏まえて私からですけれども、先ほど寺地さんからも御説明があったように、基本的に破面をずっと全体的に観察し、かつ、今回の10ページに示していただいているような倍率を高くして注意して詳細に見ても、欠陥であったろうというような部分というのは見られなかったということで、今回、選んでいただいたものも別に特に何かがありそうだから選んだということではなくて、大体みんなこんなように見えるということで、この写真を選んでいただいているというふうに今は理解したのですけれども、そういうことでまずよろしいでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

そのとおりでございます。

○金子審議官 分かりました。

そうであれば、これは事後的に結構ですので、恐らくほかのところもたくさん記録を

残しておられると思うので、そのような観察をして、実際そうであったということがもし我々のほうで確認できるようであれば、また確認する機会をいただければと思いますけど、いかがでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

全ての写真を残しているというわけではないんですが、我々はもう少し写真としては細かいところも残していますので、できるものについては送れるような状態にしたいと思います。ありがとうございます。

○金子審議官 では、可能な範囲で御協力いただければと思います。

では、欠陥の点についてはよろしいですかね。

それでは12ページ、13ページの記録を確認した結果で何か御指摘なり確認したいことはいかがでしょうか。

高須さん、お願いします。

○高須統括監視指導官 原子力規制庁の高須でございます。

事実関係の確認だけさせていただきます。

13ページで一つ目の矢羽根のところに、溶接終端部と思われるクレーターが2か所認められていますということで、これは手入れ溶接により溶接入熱が高くなった可能性があるというような表現をされているんですけども、これはもとより下の青枠のところに書いていらっしゃる「また」以降の記録に残らない手入れ溶接を実施した可能性はありますということについては、クレーターの出来栄等を見ても、TIGの溶接部についても手入れの可能性は否定できないということでもよろしいでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

御指摘のとおりでございます。

こちらTIGの部分に関しましても、こういった大入熱になった要因があるかというところについては詳細分かっていないというところでございます。

○高須統括監視指導官 ありがとうございます。

○金子審議官 ほか、いかがですか。

森田さん。

○森田主任原子力専門検査官 規制庁専門検査部門の森田です。

私も事実確認だけしたいんですけども、資料の12ページの表の中で、開先合せと溶接の両方に同日に一連の配管計5か所を実施していましたという記載になっているんですけど

も、この5か所というのは、右側にある現地溶接の数がちょうど5か所だったので、これなのかなと思って見ていたんですけども、そういう意味でよろしいのでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

そのとおりでございます。

○森田主任原子力専門検査官 すみません。規制庁の森田です。

もう1点教えていただきたいんですけども、溶接の欄の表の一番右側にある2段落目で、作業者は若手とベテランの2名でという記載のところなんですけど、ここもその計5か所のところと同一、計5か所のところに係るということによろしいのでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

そのとおりでございます。

○森田主任原子力専門検査官 分かりました。ありがとうございます。

○金子審議官 ほかにいかがでしょうか。

高須さん。

○高須統括監視指導官 原子力規制庁の高須です。

これも事実関係というか、ちょっと後のところの今から後ほど説明していただく資料にも若干関わりがあるかもしれないんですけど、今、森田から質問のあった同一に一連の配管計5か所の溶接を開始したということで、こういったところは若手が慎重かつ丁寧にやったということで、ダイダイのところが当該だということではあるんですが、ちなみに、これは同じラインでそうなんだろうけど、若手がやっている箇所というのは、関西電力さんとして、丁寧に慎重にやった溶接部がほかにどれぐらいありそうかなみたいな考察みたいなものは、調査というか、そういうものはされていますでしょうか。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永でございます。

資料の参考16ページを御覧いただけますでしょうか。

当該部の溶接を実施した溶接士さんが実施しているほかの箇所というところを確認しますと、大飯3,4号機において建設時に施工した溶接箇所のうち、初層の入熱が大きくなるTIG、アークという溶接をした箇所というものを表に示してございます。我々ここにつきましては、3,4号ともに、この箇所全て検査を実施して、問題ないことを確認してございます。対応としては、こういうことをやっております。

以上です。

○高須統括監視指導官 規制庁の高須でございます。

分かりました。

これはくくり方だと思っんですけど、今回、若手とベテランの2名の方がセットで組合せで作業されているという一方で、若手の作業者という区分をしたときに、今、御参考で説明いただいたこの箇所ですとどまるものなのかどうなのかというところは何か確認されていますか。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永でございます。

あくまで当該箇所を実施した作業者さんということになってございまして、若手というところのくくりでほかに調査を実施したという実績はございません。

以上です。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

事実関係は分かりました。

○金子審議官 ほかにございますか。

杉本さん。

○杉本安全規制管理官 専門検査部門の杉本です。

13ページの下の方のところで、「裏波ビード幅が8mmと広く」というところですけども、8mmと広がったというのは、これは当初から通常の裏波よりも広いねという議論がありましたけれども、この8mmと広がった原因として、大入熱、それは手入れ溶接をしたからまた大入熱になったのかというふうな文脈なのかなと、そう読みましたけども、これ以外に8mmぐらいになったというふうな原因というのを考察というか、それは何かお考えがありますでしょうか。

○日下部長（関西電力） 関西電力の日下でございます。

今のところ、この8mmというのは、やはり丁寧にゆっくりしたために、こういう8mmになったというふうに考えてございまして、電流値とかはちゃんと規定値内で実施したということは記載されてございますので、やはり丁寧にやったということが8mmにつながったというふうに今のところ考えてございます。

以上です。

○杉本安全規制管理官 分かりました。

○金子審議官 ほかにいかがですか。

森田さん。

○森田主任原子力専門検査官 すみません。規制庁の森田です。

もう1点だけ事実確認したいんですけども、後ろのほうにある参考資料の4に当該配管の2008年取替範囲という図が載っているんですけども、この図と先ほどの12ページの図を重ねて見たときに、ここで言っている5か所の溶接箇所でも今も残っている箇所というのが、管台とエルボのつなぎ目のところと、その次に出てくる現地溶接の箇所、その2か所だけが残っていて、残りは2008年に取替えられて、もう残っていないというふうに理解して間違いないでしょうか。

○日下部長（関西電力） 関西電力の日下でございます。

おっしゃるとおり、現地につきましては、この当該部の1か所で、もう1か所の部分は、これは工場溶接で、これは当初から残っている部分となります。

以上です。

関西電力の日下でございます。

すみません。もうちょっと補足させていただきますと、追加箇所1というのは、これは取り替えているところでございます。

以上です。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

今の追加箇所1というのは、どの資料を見ておっしゃっているか、お願いできますか。

○日下部長（関西電力） 申し訳ございません。参考-4の右側の配管の図のオレンジに塗ったところの追加調査①というところですか。失礼しました。申し訳ございません。

○金子審議官 金子です。

ごめんなさい。追加調査①は全層TIGと書いてありますけれども、そうすると、12ページのオレンジ色の現地溶接の当該管からのほうから数えて2番目とは違う箇所だということですかね。

○日下部長（関西電力） 関西電力の日下でございます。

違う箇所でございます。おっしゃるとおり違う箇所でございます。

○金子審議官 ということは、さっきの森田からの御質問との関係で言うと、建設時に現地溶接をされて、12ページに書いてある五つのオレンジ色の丸のうち当該管という管台で溶接をした部分しか現地溶接をした箇所は今も残っていなかった、ここも切っちゃいましたけど、残っていないという、そういう状況だという理解でよろしいですか。

○日下部長（関西電力） 関西電力の日下です。

そのとおりで結構です。

○金子審議官 明確になったと思います。ありがとうございます。

ほかにございますか。

では、鬼沢さん、先に。

○鬼沢企画調整室長（JAEA） ありがとうございます。JAEAの鬼沢です。

単純な確認なんですけれども、12ページの下の枠に、「若手が丁寧かつ慎重に溶接を行ったことから」というふうに書かれているのは、何か判断されているようなんですけれども、これは特に記録はなかったと私は認識しているんですけれども、推定しているということかなど。

あともう一つは、丁寧かつ慎重に溶接を行うと手入れ溶接を行いやすくなるというようなこととか、若手という言葉の意味はよく分からないんですけれども、経験年数の浅い人がやると手入れ溶接の可能性が高くなるとか、そういうことというのはあるのでしょうか。

○日下部長（関西電力） 関西電力の日下でございます。

必ずしも若手がやるとそういうことが起こるとは考えてございません。

それから、日本語の表記が気になるところがあるのかもしれませんが、そうした可能性はあるということで考えてございます。

以上です。

○鬼沢企画調整室長（JAEA） 鬼沢です。

要するに関西電力さんとしては、この場所を溶接をした若手、経験年数の浅いほうの方だけがこういうことをやる可能性があるという、そういうことまで意味しているということなんでしょうか。

○小口主幹技師（三菱重工業） 三菱重工、小口でございます。

今の御質問は、ここは現地溶接です。裏波をしっかりと出したいということで、若干速度遅めにやったということでございます。

当該箇所も手入れ溶接をやった可能性はございますが、これは溶接の途中にビード形状の成形とか、必要に応じて若干溶接を追加でやるということございまして、それは若手ではなくても、必要であれば溶接士の判断でやることはございます。ただ、当該部はそういうことが起こった可能性があるかもしれないというふうに考えております。

以上です。

○鬼沢企画調整室長（JAEA） ありがとうございます。大体分かりました。

○金子審議官 金子です。

若干補足をすると、若手の方、経験の浅い方がやったこととの関係は推定されるけれども、一対一対応ではもちろんないし、記録上もそのようなことが確認できるわけではないので、鬼沢さんの言葉を借りると、推定の域を出ないけれども、そのようなことが実際に起きたので、このような、ある意味特異な状況が実現されてしまったのではないかと、そういう可能性を考えていると。そう説明すると多分少し丁寧かもしれませんね。

○日下部長（関西電力） 関西電力の日下です。

ありがとうございます。申し訳ございません。

○金子審議官 ほか、いかがですか。

中田さん。

○中田上席原子力専門検査官 原子力規制庁の中田です。

先ほど森田が質問した内容の事実関係の確認だけさせてください。

資料参考の16のページのところに、先ほど御説明いただきましたように、当該部の溶接をやられた溶接士の方が実際大飯3号機でやられたのは5か所だというふうに御説明いただきました。ということは先ほどの改造した箇所というか、当該管1か所だけが当該のラインで対象になっていて、残り4か所というのは全く違うラインでこの溶接士の方が溶接をされたということで理解すればよろしいでしょうか。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永でございます。

御理解のとおりでございます。

○中田上席原子力専門検査官 分かりました。ありがとうございます。

○金子審議官 ごめんなさい。金子です。

今の確認内容が分かりにくかったので、私が確認させてください。

12ページのさっき見ていただいた現地溶接というオレンジ色の箇所とは別のものがあって、経験年数の比較的浅い若手の方が担当したものが全部で今も5か所残っていると、そのように御説明をされましたか。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永でございます。

おっしゃるとおりでして、今時点で残っている当該溶接士さんが施工した箇所がこの箇所数存在しているということでございます。

以上です。

○金子審議官 当然ですけれども、それはだから特定できているということですね、どここの場所であるかは。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永でございます。

そうでございます。

○金子審議官 ちなみに、それについての記録確認は特段されていないということですか。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永でございます。

記録の確認とUT、超音波探傷試験の実施をしております。

以上です。

○金子審議官 じゃあ、それはまた共有していただければいいですね。多分、特に異常がなかったんで、この御報告の中に入っていないのだとは推察しますけれども、また共有していただければと思います。

滝吉さん。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

すみません。念のための確認で。今、御説明されたその溶接士さんがやられたもので、現在5か所残っているとおっしゃっていたのは、今回亀裂が入った部分は除いて5か所ですか。それともここを含んで5か所、すなわち、この以外に4か所という意味ですか。先ほどの説明がどっちにも取れるので、そこだけ教えてください。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永でございます。

大飯3号機5か所と書いているものは、当該箇所を除いて5か所でございます。

以上です。

○金子審議官 ありがとうございます。

ほかはよろしいですか。

ちょっと私から、すごく初歩的なことを念のために確認をしておきたいのですが、13ページで使われている言葉の補修溶接と、それから先ほど御説明のあった手入れ溶接というものの実質的な差なんですけれども、要するに、記録に残るようなものは補修溶接として取り扱われると。溶接士さんが溶接を適切にやるために現場の判断で行われる、ちょっと操作の内容が私は全てをイメージできておりませんが、先ほどのビード形状を整えるためのグラインダ成形とか、追加的な重ねる溶接とか、そういったようなものは手入れ溶接に含まれるんだという御説明がありましたけれども、その境目というんですか、補修溶接として記録されるものはどのような性格のもので、そうでないものは手入れ溶接として、見てみないと分からないといいたいまいしょうか、そういうものになるのかというのは、うまく説明できるような基準がございますか。

○小口主幹技師（三菱重工業） 三菱重工、小口です。

今の御質問なんですけれども、補修溶接といいますのは、溶接についての施工、溶接を終わった後に、非破壊検査で欠陥が出た場合に行うものです。

ここで、今、手入れ溶接と呼んでいる、部分的な追加溶接というのは、溶接の途中で溶接士の判断でより品質を確保するために必要に応じて削ったり追加の溶接をしたりということで溶接の作業の途中で行うもので、間に非破壊検査が入っているかどうかで使い分けております。

以上です。

○金子審議官 ありがとうございます。

そういう意味では、溶接が一旦完了して、その後の検査でさらに溶接のやり直しであったり、何か追加的な措置が必要ということになったものについては補修溶接として記録に残り、対応がなされるけれども、一つの溶接作業の中で、ある意味連続的に行われるようなものは、どのような手順であったとしても記録に残されることはないという、そういう理解でよろしいですかね。

○小口主幹技師（三菱重工業） そのとおりでございます。

○金子審議官 ありがとうございます。

それから、もう一つだけ、ちょっとこれはやってくださいという意味で捉えないでほしいのですけれども、今日、13ページに示していただいている、少し補助線を入れていただいた溶接の積層の境界の絵があって、これは前に切っていただいた観察位置0° ということころなので、クレーター部そのものではもちろんなくて、クレーターのところは縦というか横というか、溶接方向に沿って切っているので、同じものは見ることはできないと思いますけれども、ちなみにクレーターの切ったところの縦のところをもう一回横に切って観察することというのは、そもそも可能なんでしたか、物理的には。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

断面を見ることは可能でございます。

ただし、13ページ目の右上のサンプルにする上で少し切り刻んでおりますので、下のような積層図は、きれいに丸々取れるかというのは、それはサンプルを確認してみないと分かりません。

以上です。

○金子審議官 切断箇所があるのは理解ができるのですけれども、サンプルはそういう意

味では残っていて、90° 違う方向に切って、部分的ではあるけれども、観察することは一応可能な状況にはあるということですね。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

サンプルは残っておりますので、切断は可能でございます。

以上です。

○金子審議官 ありがとうございます。

ほかにございますか。

よろしいでしょうか。

それでは、次の点に移りたいと思います。

14ページ、15ページと16ページ以降は若干違いますけれども、今回特に新しく検証していただいた形状が剛性のある形であるかどうかという同じ論点ですので、まとめて19ページまでの部分で御質問なり確認事項なり、皆さんからと思います。いかがでしょうか。河野さん。

○河野主任技術研究調査官 原子力規制庁システム安全研究部門の河野です。

14ページの下の方の中に書かれている、3行目なんですけれど、シンニング部において、亀裂近傍部に比べて応力が低いことから割れが顕在化していないものと推定されるというふうに、ここは記載されているんですけれど、これは美浜のSGのセーフエンドですか、あそこの割れを比較してもこういうことが言えるものなののでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

今の話としては、参考-28をまず見ていただいたほうが分かりやすいかなと思いますので、そちらのほうを御確認ください。

我々がここで応力が低いから割れが発生しにくいという根拠としては、こちらに示しているような評価に基づくものでございます。ここの絵が赤で示したものが内表面近傍のビッカース硬さでございまして、一番左側、溶接線境界からの距離と書いたところが横軸になってございますが、一番左側の青でハッチングしているような領域、ここが今回の割れが発生していたような領域で、当該部に関しては内面ビッカース硬さと応力、応力は\*マークで書いているようなものになりますが、両方がなかったということでございます。

そこから右側に3mmぐらい離れたところ、そういったところはシンニング加工による硬さの影響というのが残ってございまして、実際こういったところでは今回割れていなかったというところで、応力が比較的、3mmも離れると低くなっていると、そういったところ

から、割れが発生していなかったという事実を記載しているということでございます。

御質問のほうに戻りますと、いただいた質問は美浜2号の話をされていると思うんですが、そちらに関しては、今回のような溶接熱影響による高い硬化が原因ではないということで、事象としてまず違うというところがあると考えてございまして、一般的に美浜2号のような非常に厚肉の溶接の話と我々が今回見たような、こういった4B配管の管台部での特異な硬さの増加というものは別の事象の話をしているという認識でございまして、ここで書いたシンニングでも割れにくいということに関しては、今回のような事象、今回のような硬さの起因とした割れの話に関しては割れにくいというのが我々の認識だということでございます。

以上でございます。

○河野主任技術研究調査官 河野でございます。

今、御説明いただきました参考-28のほうで、ここに残留応力の\*印でプロットしていただいている、こういう残留応力と、今、寺地さんがおっしゃられた美浜の大径管ですか、大きな管とは、この残留応力がそもそも違うんだというお話として理解してよろしいのかが一つと。

美浜のほうはシンニングで硬くなっていたという結果だったかと記憶しておるんですけども、今回のこれも、今言われたように4mmぐらいからは非常に高いシンニングのところがありますよねというのを見ておりまして、だから、何かというと、要は応力が大径管とは違うんですという、そういう理解でよろしいのでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

そのとおりでございます。

管径によって残留応力の出方というのは大きく異なっておりまして、美浜の場合だと狭開先という形で溶接が行われたもので、残留応力の出方としては全く違うという状況でございます。

○河野主任技術研究調査官 河野でございます。

了解いたしました。

○金子審議官 ほかはいかがですか。

滝吉さん。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

15ページの図についてももう少し御説明いただきたいことがあって、こちらで理解してい

るのは、上の図と下の図というのは同じものといえますか、上がこれまでのデータであって、下の図はどこかの実験以降に取ったデータを同じように示しているという理解をしているんですけれども、それで合っていますか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

おっしゃられるとおりでございまして、15ページの上にあるものは以前からお示してきたデータをそのままヒストグラムにしたものでございます。下にあるものは、追加データと書いた12点、既存データ10点というものがこれまでにお示してきたもので、それだけでは不十分かもしれないというところで、我々追加データという形で、さらにサンプルを研磨して追い込んで、少し別の断面を出した上で硬さの測定をしたというのがこちらの追加データの12点でございます。合計22点のデータを取って、統計的な信頼性というものを高めた上で、それでもやはり300以上のものは外れ値であるという表現をしたというのがこちらの説明でございます。

以上でございます。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

すみません。今、おっしゃられた「追い込んだ」と表現されているのは、最初の切断面ではなくて別の断面なのか、別の角度のデータなのか、そういったものを追加したということでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

すみません。表現が少し曖昧でしたが、「追い込んだ」というのは、研磨で追い込んだということで、断面としては同じものになります。そこを研磨して、一度打った圧痕が消えるようなところまで研磨をした上で測っているということなので、マクロ的に見ると同じ断面でございます。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

マクロ的に見ると同じ断面というのは、もう少し、すみません、御説明いただいてよろしいですか。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

観察しておりますのは比較管エルボの0°側から採取した小さなサンプルでございまして、それを硬さを打った後に研磨として数十 $\mu$ 程度表層を落として研磨をして、また硬さを打ったということで、そういった程度の面の違いでございます。

以上です。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

研磨されるということと表面の硬さに対する影響とか、そういったことって、お考えはあるのでしょうか。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

もちろん硬さに影響がないように、研磨をするに当たりましては、徐々にペーパーの番手といいますか、目の細かいものにしていきまして、最終的には布で研磨をしまして、鏡面まで仕上げ、加工の影響がないようにした後に硬さを打つということをやっておりますので、研磨の作業において、後の硬さ計測に影響を与えるというのはないと考えております。

以上です。

○金子審議官 ちょっと滝吉さんがうまく御自身の御疑問を表現できている気が私がしていないので補足しますが、参考の27ページを御覧いただいて、参考の27ページは、これは当該管のデータが書いてあるので、別に比較管のものではないんですけど、似たようなことをやっているわけですね。比較管を切って、溶接部の近くのある領域の硬さを測っていますと。ここでいうと、例えば、黄色いひし形の範囲になっていますけど、これと同じかどうかは別にして、あるところにビッカース硬度を測るために圧痕を打って計測をしましたと。もちろん、これは切って、それをやる時に最初から研磨されているわけですから、その部分の研磨影響というものはあるんですけど、そこにもっとたくさん、それとほぼ同じ領域の硬さをたくさん測ろうと思うと、今まで圧痕を打ちちゃったところにまた測定がなかなかできないので、もう一回薄皮をはがして、ほぼ同じと思われるものの疑似レイヤーを作ってビッカース硬度を測ったと。そのように関電さんは御説明されていると思いますけれども、それでいいんですよ。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

今のおっしゃるとおりでございます。

以上です。

○金子審議官 滝吉さん、大丈夫ですか。

○滝吉企画調査官 はい。専門検査部門の滝吉です。

その上で、もう一つ、すみません、私の理解が悪くて申し訳ございませんでした。

同じく15ページの上の段の図と下の段の図で、単純に既存データというヒストグラムが一致していないんですけども、これはどういうお考えでこう整理されたのかを補足して

いただきたいんですけども。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

今、御質問いただいた話は、15ページの上にある密度関数と下にある密度関数、赤色で描いた関数、近似をしたものが全く一致している状況にはないという、そういうお話かというふうに理解いたしました。

○金子審議官 ごめんなさい。多分、寺地さん、そうじゃなくて、ヒストグラムそのものの作り方が違いますねという話です。ヒストグラムの幅の取り方が違いますけど、それはどうしてでしたっけという、多分、そういう御指摘です。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

申し訳ございません。

追加データを取ったときにデータ数が増えて、御覧のとおり、少し硬さとして軟らかい側のデータが増えてございます。これが増えた都合で、下側のものは10刻み、硬さで言うとビッカース硬さ10刻みでヒストグラムを作っていて、上のものに関しては比較的狭い範囲に入っていたというので、最初から作るときに5刻みというので作っているものでございまして、申し訳ございません。そこは少し分かりにくくなっていた点は資料として不適切だったかと思えます。申し訳ございません。

以上です。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

要するに、青い部分は同じデータだという理解をしました。

その上で、追加データを含めて22点のデータを出しているんですけども、これに対して統計的に $3\sigma$ の議論が出てきているんですが、この取扱いというのは母集団の数との関係で十分説明できるようなものなんでしょうか。そこを説明していただいていいですか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

平均的な統計の扱い方といたしましては、データ点数が多くなれば多くなるほど標準偏差の幅が狭くなる、データとしての信頼性が上がってくるという認識でございます。

ただ、何百もデータが必要かという意味では、そうではございませんでして、大体20から30ぐらいのデータがあれば標準偏差というものは一定の値に落ち着いてくるものでございますので、今回、22点データを取っても十分に、この $3\sigma$ 以上のところに、この300というところが来ていると。

もともと最初のデータを取ったときから10点のデータであったとしても、300を超える

ところは $3\sigma$ を超える、すなわち99.7%以上の確率でこれは外れ値であるというデータになってございましたので、データ点数としても統計的には十分な数があるというのが我々の認識でございます。

以上でございます。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

このビッカース硬さ、恐らくマイクロビッカース計を使ったビッカース硬さの分布というのは、こういう取扱いをするというお考えでやられているんだと思うんですけど、そうすると、少し疑問になるのが、今回、比較管のエルボ $0^\circ$  付近のデータはこういうふう処理をして、1点外れているという判断をされているんですが、今回、マイクロビッカースではたくさんのデータを取っていて、ほかの測定点におけるデータの処理というのも同様にこういう外れデータというのは判断をされているのかというのを説明をいただきたいです。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

ページで14ページ、一つ上のページでございます。こちらは㉠、㉡、㉢、㉣、㉤、㉥とございますが、この範囲の調査のものに関しましては、いずれも $3\sigma$ に入っているかどうかということを確認してございます。確認した結果として、今お示しした㉥の外れ値、この1点だけが $3\sigma$ を外れていたという状況でございまして、そのほかのデータにつきましては統計的に範囲内にあったという状況でございました。

以上でございます。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

他のデータも統計的に同じように考えているということでした。

この外れた原因といいますか、外れた理由として15ページの左下に粒界上でビッカース硬さを取ったことが原因ではないかというふうにおっしゃっていると思うんですけども、この当該の比較管のエルボ $0^\circ$  の外れ値というのは粒界上で取ったデータだというのは確認はされているのでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

もちろん、おっしゃられるとおり、当該の比較管で見るのが一番よかったと思うんですが、こちらに関しては作業の都合上、ビッカース硬さを取った後、すぐにエッチングして組織観察に使ってございます。溶接の組織を確認するという作業を実施してございます。その都合でビッカース硬さを打ったところが実際に粒界上にあったかどうかというところ

に関しては確認できない状況になっていたということで、残念ながら外れ値であるということに関しては推定という形でモックアップで検証したという状況でございます。

以上でございます。

○金子審議官 一旦いいですか。

高須さん。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

これも事実確認というか、16ページなんですけども、管台とエルボ、真ん中に二つ目の矢羽根のところで、管台－エルボ、比較的剛な領域と変形領域、変形領域は比較的剛な領域に挟まれていると。一方、直管－直管は変形領域ですということで、いわゆる固定されている、動かない範囲が大きいので変形領域が大きいんですということだと思んですけど、ちなみに、部分的に見れば、管台とエルボ、これはある程度剛性があるので、剛な領域だという御説明は分かるんですが、一方で、系統全体で見たときに、例えば物を作っていったら、最後の溶接部とか、最初の溶接部、その系統の最初に溶接する、現地で溶接する溶接部だとか、そういった系統全体の剛性的な考え方というものは、何か考察というか、検討されていますでしょうか。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

先ほどの資料で5か所、12ページの図でございますが、5か所、現地溶接のオレンジ色のプロットがございますが、最終的に当該管の溶接部が最終溶接箇所であったかというのは記録上確かめることができおりませんので、そういった構造体として、配管の系全体としてここにどういった力がかかったのか、かからなかったのかというところまでは分かっていないという状況でございます。

以上です。

○高須統括監視指導官 分かりました。事実関係としては、それは分かりませんということですね。

それで、先ほどの滝吉の話にもちょっと通じるかもしれないんですけど、外れ値がありますと。まあこれは分かりましたと。すみません、これは私の理解になるかもしれませんが、数を打って、低いところがありました。これは低いところもあるんでしょうねと。一方で、16ページでいくと、管台とエルボというのは比較的剛な領域だということで、エルボというのは比較的剛な領域なものだということでいけば、14ページで御説明の㊸のところなんですけど、ここは外れ値というふうに仮にあったとしても、直管に比べれば割と

硬い値を示していて、16ページと14ページのデータというのは割とリンクしていて、割と私的には理解できるかなというふうに思うんですが、データは数打てば低いところも出てくるとは思うんですけど、しょせん私の理解としては、これはばらつきでしかなくて、叩けばまだ高いところも多分出てくるんじゃないかなと思っていまして、それは滝吉が言っているように、 $3\sigma$ で、いわゆる、その中に入っているという、 $3\sigma$ の幅が広がるだけであって、別に高い領域がエルボ側にも残っているんじゃないかという議論は多分残ると思うんですけど、ここについては関西電力さんでどういう考察をされているのでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

その辺りを説明するために参考の13ページのほうを御確認いただきたいと思います。

御懸念の項目としては、エルボと直管をつないだ領域が本当に硬くならないのかという、そういうお話かというふうに理解してございます。実機で少し硬かったんじゃないかということだったと思うんですが、我々としても、ここは慎重に判断したいということで、モックアップをたくさん作ってございます。具体的には3ケース、三つのエルボと直管という形を模擬したモックアップを作ってございまして、硬さの評価としては、その3ケースで合計90点、こういったマイクロビッカースの硬さで確認してございます。エルボと直管の形です。

エルボと直管の90点、三つのモックアップについての確認結果としては、いずれも300を超えないと。一番高いものでも270以下という値になってございまして、少なくとも実際モックアップで確認した範囲でも、かなり低いといえますか、300には絶対行かないというようなところを確認したというのが我々のスタンスでございます。

以上でございます。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

おっしゃっているモックアップを作って、参考-13で作って、モックアップはそんなに硬くなっていませんよとおっしゃっている。そうなんでしょうけども、でも事実としては、エルボ側がそれなりに、㊦の最後、300を超えているものを除いたとしても、割と高めに出ているという事実はあるじゃないですか。それがモックアップでは低く出ているので、ここも低いんですという説明には僕はなっていないと思うんですけど、いかがでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

14ページの㊦の話でございしますが、確かに横にある㊦と比べたら少し高いという御認識かと思います。15ページのほうでさらにデータを取り直した結果として、大体中央値とし

て平均的な値がビッカース硬さ260程度にあるという認識をしてございまして、この260という値は300と比べるとやはり明確に低いということが言えるというのが我々の認識でございまして、統計的に1個、2個、300を超えるから駄目なのかどうかというような観点では、これだけデータを取っても300を超えないということを確認しているというのが我々の認識でございまして、確かにほかのところと比べてデータを取ったときに高めに出るとか低めに出るとか、そういったばらつきは出てくるとは思いますが、260という値に関しては300と比べると明確に低いというのが現在の理解でございまして。

以上でございまして。

○高須統括監視指導官 分かりました。ここは、すみません、私は、今の御説明はちょっと納得がいなくて、しよせん全体の幅を見たときにも、エルボの反対の直管側というのは、㊦の外れ値を除いたとしても、全体の幅は高い幅にシフトしていると思っています。ここは工場溶接だったので、それなりのこういう硬さになっているかもしれませんが、仮に当該管のような、もし手入れをやっていたようなものになっていれば、また硬くはなっているんじゃないかなというふうに私としては考察してしまうんですけど、そのところについては、関電さんはどういうふうにお考えでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

申し訳ございません、もう一度、参考-13のほうを御確認いただけないでしょうか。

御指摘の項目に対して直接お答えできているわけではないかもしれませんが、こちらのデータが裏波幅9.2、ケース2'と書いているものですね。エルボー直管と書いているもので裏波幅9.2というモックアップを作っております。意図していることはどういうことかということ、今回、大入熱と形状の剛性、この二つが組み合わさったときに硬くなったということを確認していると。例えばこのケースの2というエルボー直管で大入熱になったとしても硬くならないのか、その形状と剛性の話として大入熱だけでは大丈夫かどうかと、そういうところを確認するために、わざと相当非常に大きい入熱で溶接を行ったというのがこちらのページでございまして、裏波幅9.2、実際に割れがあったような部位よりも裏波幅の大きくなるような大入熱条件でやったとしてもモックアップは硬くならなかったと、そういったことを示しているのがこちらの参考の13ページでございまして。我々として現時点で検証できているというのはここまでの項目かなというのが認識でございまして。

以上でございまして。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

もうここは恐らく平行線なので、私が聞きたいのは、じゃあ、モックアップは低く出たけど、実際のエルボー直管の、いわゆる実物を取ってきたものは高いほうにシフトしている、この差は何ですかというところを聞いているつもりなんですけど、今のままでは多分、すみません、私としてはちょっと平行線かなと思いますので、これ以上議論してもあれなので、一旦やめます。

○金子審議官 金子ですけれども、今の点は恐らく別の観点からちょっと見ると、これは点を増やして、ある意味統計的な評価を試してみましたということなんですけど、もともとこれは、ある一定の幅にあるものが統計的な分布をして硬さが分散しているというか、ある一定の範囲に、というモデルを皆さん持っておられるのかどうかというのは僕はよく分からなくて、その範囲の中に当然粒界の部分もあるし粒内の部分もあるし、組織的に小さいもの、要するに例えば粒径の小さい結晶と粒径の大きい結晶ももしかしたらあるかもしれませんし、そんなにきれいにいくものなんですかねというのが私にはよく分かりません。

分からない上で、300 を超えるものがあつたって別に構わなくて、それはたまたま粒界に当たったから 300 を超えるというものが出てきたんだと思っていますという説明はあり得ると思いますし、じゃあ、ほかのところの高いものとそうでない、そうでないというのは、一つの固まりとして扱うものとの差は何でしょうかというのがよく分からないところがあります。それは恐らく過去のいろいろな研究で硬さと、例えば亀裂の進展とか亀裂の発生みたいなことを研究されたときも、そのような区別を別にしてやられているわけでは、少なくとも今まではないのではないかと、これまで持っている知見を見るとですね、という感じがしております、これは外れであるという扱いをすることの妥当性もよく分からないけれども、外れであるというか、性質の違うものであるとして、別に一緒に入れておいて何が悪いんだろうという感じもしておりますので、そこはちょっとよく議論をして、双方が納得感のある整理をしないといけないかなというふうには思っております。

ただ、これはもうちょっと、すみません、取扱いがどのようにできるのかということの基本的なメカニズムの前提が多分共有されていないので、今のような若干平行線になっていくように思いますので、そこはちょっと議論させてほしいなという気が私自身もしております。今の点は若干残ると思いますけど、ほかのことも含めて前に進めたいと思いますので、ほかの方はいかがですか。

中田さん。

○中田上席原子力専門検査官 原子力規制庁の中田です。

17 ページについてお伺いさせていただきます。

17 ページにはケース 1～4 まで、形状による剛性について、直管の材厚に置き換えて検討してくださっているものと理解しています。そうすると、例えばエルボなんかの形状による剛性と、それから、その置き換えた板厚による剛性との定量的な相関関係というのはつかんでおられるのでしょうか。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

その今エルボを模擬しております厚肉の管と実際のエルボ形状での変形のしにくさの違いというのは計算で確認をしております。実際のエルボの形状に比べまして今の厚肉のエルボ模擬のほうが落ち込むという変形に対しては落ち込みにくいと。剛性が高いと、傾向になるということは確認しております。

以上です。

○中田上席原子力専門検査官 原子力規制庁の中田です。

そうしますと、この 17 ページの直管の部分の肉厚が厚いほど剛性が高くなるということと理解するんですけども、そうした場合、例えば直管同士の溶接部分でも肉厚が大きくなればなるほど、いわゆるこういう剛性が上がってしまうということは言えないのでしょうか。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

一般的には厚肉のほうが剛性が高いというのはあると思いますが、溶接時の落ち込みということに対しましては、溶接の仕方にもよると思いますので、そこは一概には言えないのではないかと思います。厚いほうが剛性は高いということは言えると思います。

以上です。

○中田上席原子力専門検査官 原子力規制庁の中田です。

分かりました。ありがとうございます。

○森田主任原子力専門検査官 規制庁の森田です。

今に関連して資料の 16 ページのことでちょっと確認したいんですが、二つ目の矢羽根のところで、管台とエルボのほうの場合は変形領域が狭いのでということで、周辺が剛で変形領域が狭いからということで落ち込みの話をされているんですけども、ちょっと教えていただきたいのは、実際にこれはモックアップをやったときに、落ち込みの仕方というのはこういう形に、要は狭い範囲でなるというのは実際に確認されたのでしょうか。

○小口主幹技師（三菱重工業） 三菱重工の小口でございます。

モックアップをやりましたのでは落ち込みが生じることは確認しています。ただ、エルボでの模擬はしておりませんので、そういう意味では、この実管相当という意味での計測はできておりません。ただ、モックアップで、すみません、16 ページに書いてますように、これは 4B 配管では約 1mm の落ち込みでございました。

以上です。

○森田主任原子力専門検査官 すみません、規制庁の森田ですけれども、17 ページのモックアップ形状を見てたときに、ケース 1 とかだとエルボの代わりに板厚の厚い管を使ってということなんですけども、溶接部付近のところで、多分、板厚を絞って、いわゆるこの変形領域が狭くなるのを模擬した形状でやられたからこういう形状にしているのかなと私は思ってたんですけども、そういうことではないのでしょうか。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

御指摘のとおりでございます。

実際にモックアップで計測したかといいますと、16 ページの図で、右側の直管一直管のものは記載しておりますように 1mm 程度落ち込んだというのは計測しておりますが、左側の管台、それからエルボ模擬の形状で具体的に何 mm だったかというところは実測はしておりません。

○森田主任原子力専門検査官 規制庁の森田です。

落ち込みの程度が 1mm と、何 mm 落ち込んだかというよりも、その変形領域が実際に管台とエルボのような周辺が剛のものであれば変形領域が狭くなるんだというのは、実際に変形した後の状態を確認できるのではないかなと思ったので、事実こうなっているという前提で硬化が進む可能性が考えられるという御説明につながっているのかなと思ってお聞きしたんですけども、それは確認されていないということでしょうか。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

測定はしてませんが、目視等で落ち込んでいるというのは確認はしております。

○森田主任原子力専門検査官 分かりました。規制庁、森田です。

一般的にこうなるんだろうなというのは想像できるんですけど、いわゆる確認できないようなものではないので、できるもの、そうそう難しいものではないのかなと思ったので、できるものだったら事実をきちんと確認された上で、事実に基づいて、そういう事実があったのでこう考えられますという御説明をしていただいたほうがいいんじゃないかなと思うんですけども、いかがでしょうか。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

御指摘のとおりでございますので、管台－エルボ模擬材のほうが局所的に落ち込んでいくかというのは少し確認したいと思います。

以上です。

○金子審議官 ありがとうございます。じゃあ、これはまたデータなどの形で共有いただければと思います。

ほか、いかがでしょう。

ちょっと私から、今の点に関連してというか、これも初歩的な質問、確認なんですけれども、まずここで変形できる領域が狭く、ひずみが比較的大きいと 16 ページに書いているところは、今、局所的という言葉がありましたけれども、この動ける部分と言ったらいいんですかね、変形領域と書いてある範囲が狭いので、ある意味、単位長さ当たりとか、単位体積当たりというんでしょうか、そういった範囲でのひずみが大きくなるという、そういう趣旨だと、まず理解すればよろしいんでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

そのとおりでございます。

以上です。

○金子審議官 はい。

それで、その場合に、この下の青い四角に書いてある「変形領域が狭く、硬化が進む可能性が考えられる」とあるところのメカニズムはどのようなものであるというふうに説明をされるのかを、すみません、御説明いただけますか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

少しイメージを共有したいので、参考の20ページのほうを御確認いただけないでしょうか。

ちょっと確認をしてから説明させていただこうと思ったのは、全体の変形というイメージで前のページでは説明しているんですが、実際、ごく微小な領域で大きなひずみが入っているというのが実際起きていることとございまして、こちらの参考の20ページの左側にある図は、これはFEMの解析で行ったコンター図になります。ですので、こういった亀裂の発生部位と書いているところ、ここの微小な領域で大きな変形が加わっているというのが我々考えているところでございます。

なぜこういう変形が加わっているかというようなところで、イメージを少し見ていただ

いたほうがいいのかと思いますので、今度は参考の9ページのほうをお願いします。

参考の9ページから参考-10、11、12と複数写真を載せてございますが、先ほど、実際に落ち込んでいる形を細かく形状として測定していないという状況ではあるんですが、写真としてはこちらに示しているようなものがモックアップで確認できているものでございまして、なかなかちょっと分かりにくいとは思いますが、溶接の先ほど大きく変形したと、コンター図で赤くなっていたような領域が大きく変形していると。これについては、この領域が、ちょっとイメージは難しいんですけど、溶接をしたときに落ち込んで強く引っ張られる、局所的に大きく引っ張られる領域がこういうところに発生するというのが我々考えたモデルといいますか、仮説といいますか、そういう仮説を考えて、それを今回こういう形で様々なモックアップ材を作って検証したところ、確かにこの領域が硬くなっていたと、ですのでこういうモデル仮説が正しいんだろうというのが我々の解釈でございまして、実際細かい、どういったひずみ方で、なぜここがこれほど硬くなるかというところの原理的のところまで全て明らかになっているというところまでは言い難いんですが、モデルを考えて検証したというのが現在の状況で、溶接をすることによってここが落ち込んで大きくひずんでいるというのが今分かっていることかなという認識でございます。

以上でございます。

○金子審議官 ありがとうございます。

今の御説明をちょっと私なりに理解を申し上げますと、先ほどお示しいただいた参考-20というページの右下に硬さと塑性ひずみの関係という研究の結果を示していただいております、横軸に塑性ひずみが大きくなるほどビッカース硬さは硬くなりますという傾向があることは理解をしますと。これがどの程度だとどの程度かというのは多分、物によってとか、いろいろな条件によって当然変わるのだと思いますけれども、そのような傾向があることとの関係で、私が御質問を申し上げた 16 ページの一番下の青い四角のところを書いていただいていると。

そうすると、先ほど森田が申し上げたような、じゃあ、実際どれぐらいひずみがあって、あるいはそれが局所的に、ここで、例えば参考-20 でお示しいただいた塑性ひずみで言うと何%ぐらいなので、全く同じものではないけれども、これぐらいのオーダーのことが起きるとこれぐらいの変化はあるだろうねということがどの程度御説明できるのかなということのバックグラウンドをお持ちかという趣旨で御質問をしたのですけれども、そこら辺はまた、ちょっともし何か、さらに説明できることがあるのであればお示しいただければ

とは思っております。今日の材料の中ではそこまではないと思いますので、ちょっと確認をさせていただければということで御指摘をしました。

ごめんなさい、ほかにございますか。

河野さん。

○河野主任技術研究調査官 システム安全研究部門の河野です。

すみません、先ほど参考-20 というところで FEM のコンター図を示していただいているんですけど、ちょっと確認させてください。上が 7kJ で、下が初層 11kJ ですと。残層は同一条件でやられているんでしょうか。もし、上の残層の被覆アーク溶接の入熱というのは一体どういう条件だったのか、ちょっと条件だけ教えていただけますか。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

ちょっと数値は今持ち合わせておりませんので、確認させてください。ここに用いていますモデル図ですとかメッシュ図ですとか、そういったものは全く一緒でございますが、初層以降の入熱量についてはちょっと今持ち合わせておりません。

以上です。

○河野主任技術研究調査官 はい。このコンター図を理解するために、ちょっと条件というのを共有していただければと思います。

○金子審議官 関西電力側、大丈夫ですかね。情報をいただける内容かどうかということもありますけど。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

はい、承知しました。

以上でございます。

○金子審議官 はい、よろしく願いいたします。

ほかにいかがですか。

滝吉さん。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

資料 18 ページの硬さのもの、並べているもの、モックアップの硬さについてなんですけれども、こちらのモックアップの硬さのデータについても、先ほどの  $3\sigma$  の処理はされているということですのでよろしいでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

一部、ケース 2 については、先ほどのような議論が想定されたのでしておりますが、一

部していないものもあるという状況でございます。申し訳ございません。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

きっと証明したいことの本質に直接関係しないかもしれないんですけども、先ほど来の議論を踏まえると、このモックアップのデータも同様の、同じ土俵で集計、採取していますという前提が必要だと思うので、そこはそういう提示の仕方をしていただければと思います。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

了解いたしました。ありがとうございます。

○金子審議官 はい。今の点は、一般的にコンシステンシーが必要だということについては全く同感でありまして、みんな共有できると思うんですけど、本当にその処理をするの  
がいいのかどうかという、先ほどの妥当性の議論はよく踏まえた上で作業したほうがいい  
と思いますので、その点をよく考えておいていただければと思います。

鬼沢さん、どうぞ。

○鬼沢企画調整室長（JAEA） JAEAの鬼沢です。

今の疑問に全くつながることなんですけれども、今回、硬さを測っているということの  
目的が、その粒内の硬さの平均値を取ろうとしているのか、溶接熱が入ったようなところ  
で最も硬いところを、要するに割れにつながるようなところを見つけないのかという、そ  
の目的が変わると処理の仕方が大きく変わると思っています。

先ほど、15 ページでは、粒界付近では硬くなる、これは一般的に言われていることか  
と思いますけれども、だから、粒内だけでほかの部分については平均を取っていますとい  
うのか、やっぱり粒界なようなところも含めて、もちろん、金子審議官もそういうふう  
におっしゃられていますけれども、どういった硬さのデータを取ることが意味があるのかとい  
うのもちゃんと考えていただかないといけないんじゃないかなと思っています。

要するに、滝吉さんが確認されたように、データの取扱いについて、粒界で測った硬さ  
のデータを全て省いているのか、それとも含めているのかという、そこが明確でない  
ので、その処理について議論するときはそういうことも明らかにしていただきたいと思  
いました。

以上です。

○金子審議官 御指摘ありがとうございます。私も全く同感でありまして、そのような  
ことを先ほど御指摘をしたつもりでございます。

恐らくあんまり、それぞれの測定点が実際に粒界なのかどうかというのを判別するの  
も

なかなか大変でしょうし、そのことが、そもそもこの割れが生じる原因との関係で意味があるのかどうかということもちょっと疑問があるので、そこはある程度マクロに捉えて、どのような性状のところがあると、あるいは一定の幅の範囲で硬いところ、軟らかいところもあるかもしれませんが、高い硬度が観察されるようなところは亀裂が入る可能性があるのであるというぐらいの結論を得にいかないと、これはきっと研究をしないと何も答えが出ないという領域に入るのではないかなと私は想像するものですから、そこら辺はちょっとよく認識を合わせておく必要があるかと思っております。

関西電力から何かコメントございますか、今の点については。

○水田執行役常務（関西電力） 関西電力の水田でございます。

おっしゃるように、とことん突き詰めていくと、やっぱり研究レベルみたいなことになっていきますので、我々は前回の公開会合でも話がありましたけども、そういうレベルと、実務と申しますか、前回もそういう言い方をしましたけども、ある一定の判断でできるところ、研究レベルとそれ以外のものはやっぱりきちっと分けて対応したいと思っておりますので、その点について同じ気持ちでおります。

以上です。

○金子審議官 はい。

ということで、一定の共通認識で事象を説明できる範囲をきちんと確定していくという作業にしていくことが大事だと思いますので、そこら辺はぜひ共有しながら進めたいと思います。

ほかの点、いかがでしょうか。

河野さん。

○河野主任技術研究調査官 システム安全研究部門の河野です。

17 ページの中で記載されている「初層を薄く溶接するため、入熱量が「大」になることから」という、こういう表現があるんですけど、これは施工メーカーの標準要領で、こういうふうにやりなさいという訓練、教育というのはされているんですか、それとも溶接士が肌で覚えたことを書かれているんでしょうか、ちょっとそこら辺、明文化されているのかいないのかというところを教えてくださいませんか。

○小口主幹技師（三菱重工業） 三菱重工の小口でございます。

ここに書いていますように、後続層が被覆アーク溶接であれば、若干それを意識して初層を厚み盛るということはございます。ただ、それは訓練の中で覚えていくなり指導して

いくことでございますので、明文化されているとか、そういう標準のレベルのものではございません。

以上です。

○河野主任技術研究調査官 御説明は了解しました。

○金子審議官 ほか、いかがでしょうか。

よろしいですか。

○鬼沢企画調整室長（JAEA） すみません、鬼沢です。

○金子審議官 ごめんなさい、鬼沢さん、お願いします。

○鬼沢企画調整室長（JAEA） 鬼沢です。

一つだけ確認させていただきたいんですが、17 ページのケース 4 の全層 TIG の場合に、入熱量が中であって、※1 のところには、全層 TIG の場合には大にはなり得ないというようなことが書かれているんですけども、これは確認ですが、先ほど当該部位の溶接について若手が丁寧、慎重にということ、あとは手入れ溶接があったというようなこともあったと推定されている中で、この全層 TIG のときにはそういった状況にはなり得ないと判断できるのでしょうか。

○小口主幹技師（三菱重工業） 三菱重工の小口でございます。

全層 TIG の場合は、大になることはございません。

以上です。

○金子審議官 すみません、規制庁の金子です。

今のお答えは、全層 TIG 溶接という手法を取る以上、大になることが物理的にあり得ないということなのか、そのようなことをすることは可能だけれども、標準的な手法の範囲でやればそういうことにはならないということを御説明されているのか、どちらですか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

少し補足をしたいので、参考の 19 ページのほうを御確認ください。

参考の 19 ページのほうは、全層 TIG 溶接と初層 TIG+SMAW、この二つの違いを説明しているというものでございます。

絵のほうをちょっと見ていただきたいと思いますんですが、絵のほうは、上に描いてあるものが全層 TIG のイメージをしたもの、それから、下に描いているものが被覆アーク溶接、2 層目以降は被覆アーク溶接を使うという状況を模擬したものでございます。上に描いているものと下に描いているもの、イメージで下のほうがたくさん溶けているというようなイメー

ジが見てとれると思うんですが、被覆アーク溶接を2層目以降にするときは、1層目が溶け落ちないように慎重に、比較的大きなものをつけるというのが三菱重工さんの中でもそういう教育をされているという状況でございます。

上にあるのは、全層TIGということで、1層目TIGを盛った後、ずっと同じTIGでやっていくということなんで、厚いTIGを1層目に盛る必要がないということで、通常の作業として、ずっと同じペースで薄いTIGを盛り続けるという状況になるという、その二つの違いがございます。

ですので、今、御質問いただいた物理的にもあり得ないかという意味では、確かに悪意を持って厚いTIGを最初につけてやろうということができないかという意味ではそうではないかもしれないんですけど、通常そんなことはしないというので、我々、工事のほうで管理ができていう、そういうニュアンスでございます。

以上でございます。

○金子審議官 分かりました。悪意があるかどうかは別にして、厚いものを作って入熱を大きくしようと思えばできるということはよく理解しました。ありがとうございます。

河野さん。

○河野主任技術研究調査官 システム安全研究部門の河野です。

もう一つ確認なんですけれど、今の関係なんですけれど、被覆アーク溶接をする場合と全層TIGの溶接をする場合で、要は開先形状というものは違うものなんでしょうか。要は初層をやるときに、ここは次、何をやるのねというのが分かるような違いみたいなものはあるんでしょうか。

○小口主幹技師（三菱重工業） 三菱重工の小口です。

これは溶接部分にかかわらず同じ開先を選択しております。同じ開先でございます。したがって、後続層をアークでやるかどうかで、意識して厚めになることは被覆アークだったらあり得るということでございます。

ただ、今は当該管のサイズにつきましては全層TIGでやっております。過大な入熱にはならないということでございます。

以上です。

○金子審議官 よろしいですか。

○河野主任技術研究調査官 はい。

○金子審議官 ほかにございますか。

少し時間も迫ってまいりましたので、これだけということが、この範囲であれば、大丈夫でしょうかね。

それでは、一応 20 ページの応力の評価のところも御説明をいただいておりますので、これで何か確認したい事項はございますか。

特にございませんかね。

それでは、最初の追加調査で、関西電力のほうで確認をされたことにつきましては、ちょっと以上のような規制庁からの議論事項とかということがございましたけれども、そのような形で少し追加的な情報共有をお願いしたものがございますけれども、御対応いただければというふうに思います。

その上で、今日の議論も踏まえて、23 ページ、24 ページでちょっと議論しておかないといけないので、これはまず関西電力から御説明をいただければと思います。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永でございます。

それでは、右肩 23 ページのほうを御覧いただけますでしょうか。

今回の事象の原因を踏まえた水平展開の方法を策定するに当たり、その考え方をまずは示してございます。

これまでの供用期間中検査におきまして、当初 11 プラントの重要配管に対しまして、10 年または 7 年の周期で、これまで延べ約 3,000 か所の超音波探傷検査を実施してきておりまして、今回の事象を除きまして、国内外の PWR において溶接部近傍の硬化に起因する粒界割れは確認されていないということ。

それから、今回の調査結果等から、今回発生した亀裂というものが溶接時の大入熱と形状による剛性の重畳で発生したというものであるということ。

それから、今回の事業を受けまして、既に大飯 4 号機他プラントを含め類似箇所約 90 か所について追加検査を実施しておりますけれども、欠陥については確認されていないということ。

以上のことから、今回の事象はほかの部位でも発生の可能性が高いというものではなく、特異な事象であるというふうに判断してございます。

したがって、水平展開といたしましては、まず大飯 3 号機につきましては、事象の発生プラント、当該プラントであるということから、念のため大飯 4 号機と同様の考え方に基きまして前広に超音波探傷検査を行って有意な欠陥がないことを確認するというこでもって事象の特異性を再度確認したいと考えてございます。

そのほかのプラントにつきましては、次のページ、24 ページに示します追加確認結果を踏まえた選定フローに基づき追加検査を実施いたします。

それでは、24 ページ、御確認ください。

今回の事象の当該部につきましては、繰り返しになりますけれども、入熱条件と形状による剛性が特異であったということを踏まえましてフローを策定してございます。前回の会合でお示ししましたフローよりも初期の、赤色の部分で変更点を明示してございます。

まず、注記の 1 ですけれども、こちらの大飯 4 号機の規制検査の中で質疑にて御理解いただいた部分というものもございましたので、ちょっと表現上不足していた説明について反映してございます。具体的には、ステンレス鋳鋼及びセットイン・セットオンの管台については含まれていないということを示してございます。

ちょっと飛ぶんですけども、参考の 22 ページを御確認いただけますでしょうか。

まず、ステンレス鋳鋼につきましては、電共研、それから INSS の研究の結果からも、PWR 環境中で SCC の進展がないということを確認してございますので、対象に含んでいないというものでございます。

続いて、参考の 23 ページには、母管側に溶接部を持つセットイン管台について記載してございます。

こちらは溶接部が両側の U 字開先になってございまして、初層の溶接部については接液しないような構造になってございますので、対象に含んでいないというものでございます。

続いて、参考の 24 ページです。

こちらには、管台側に溶接部を持つセットオン管台について記載してございます。

こちらは施工時に裏当金がついた開先となつてございまして、ちょっと口径にもよりますけれども、初層溶接部の約 4.5mm～24mm、こちらの範囲が施工の中で除去されるといった構造となつておりまして、硬い部分が除去されるということで対象に含んでいないというものでございます。

すみません、24 ページに戻っていただきまして、黒字でありますフローの注記の 2～4 につきましては、こちらは前回同様、事象の原因を踏まえまして、温度、残留応力、溶接方法の観点で抽出しているものでございます。

最後の注記の 5 につきましては、今回の追加確認にて、管台－エルボの形状では当該管と同程度の硬さが再現できたということから、形状による剛性が大きい管台を含みます管台－エルボ、管台－直管の溶接部について対象といたします。

こうして抽出しました数を右下の表に示してございますけれども、大飯4号機と同様の考え方にに基づき抽出しました大飯3号機の対象箇所数、それから、本フローに基づき抽出した各プラントの対象箇所数を示してございます。

これらについて追加検査を実施いたしまして健全性を確認してまいります。今回事象が発生した大飯3号機につきましては、さらなる経年変化の知見拡充を図っていくために、本フローで抽出される9か所に関しましては、ISIの中で今後3定検にわたり毎定検で検査を実施して健全性を確認してまいりたいと考えてございます。

それらの確認結果等を踏まえて、以降のISI計画についても検討してまいりたいと考えてございます。

水平展開の御説明につきましては以上でございます。

○金子審議官 ありがとうございます。

それでは、今御説明いただいた、今日の議論を踏まえてこれでいいかどうかというのはいろいろ論点は残っているんですけども、御説明いただいた範囲で、今まで出てきていない議論で、こういう点はどうするんだとか、それを踏まえるとこういうことが必要だねというようなことも含めて確認なり議論をいただければと思います。いかがですか。

高須さん。

○高須統括監視指導官 原子力規制庁の高須です。

先ほど来の剛性のところの議論は引き続きあるとして、もう一つ、私がちょっと気にしているのは、重畳してというところで、両方が重畳して影響されたということなので、このフローそのものが見直す必要があるのかどうかというのは検討していただくんですけども、そういった溶接、いわゆる資料の言葉を使えば丁寧かつ慎重という溶接部が、その剛性の大きい管台と重畳するような箇所がほかにあるようなところを、このフローの中に入れなくていいのかどうかということも併せて検討していただきたいなということで、ちょっと念押しの発言をしました。

○金子審議官 はい。今のちょっともしかすると分かりにくかったりするといけないので私なりの理解ですけれども、これまでの関西電力の御説明を伺った範囲では、二つの要素が、今、重畳というふうに表現されてますけれども、少なくとも二つの要素が関与しているだろうというふうに御説明をいただいております。

私どももそのことが影響しているということについてはあまり異論はないと思っておりますけれども、さて、それが重畳することだけが本当に要素なのかどうかということはい

ま一つよく、まだ十分に納得が得られている感じがしないなと思ひまして、例えば参考の参考-13 というページを見ますと、この一番左側にある管台-エルボというのは、ここで言うところの亀裂が発生する可能性があるぐらいの、発生あるいは進展するぐらいの硬さのレベルになりますけれども、それ以外のものはそうじゃないんです。そうすると、ケース 2' とかケース 3 と書いてあるのは、入熱、基本的に同じなんですけど、入熱の影響は別にはないですよというふうに見えちゃっていて、構造だけが関係ありますとなっているんですけど、一方で、全層 TIG でやったものは、構造はケース 1 と同じなんですけど、入熱が少ないのでなりませんと、あんまり影響ありませんと。しかも、そのケース 2' とかケース 3 とほとんど硬さも変わりません、こうなっているわけですよ。そうすると、何が本当に影響しているんですかというのは、ちょっと十分に説明できてないように思うんですね。

参考-15 も全く同じで、ケース 1 のところに四角い白いプロットをしていただいているデータがあって、これは必ずしもちょっと中身を十分御説明していただけてはいませんが、きっと同じ管台-エルボで入熱量だけ変えたら下に下がりましたと、そういうふうに見えるんですけども、そうすると、ますます、じゃあ、その入熱量とこの剛性構造ということとの関係はどうなっちゃってるんだらうなというのがよく分からなくなっちゃいますと。

先ほど来、ちょっと議論がかみ合わなかった感じもあった比較管ですかね、の部分の、ある意味エルボ側と直管のつながっているようなところで若干硬くなっているように見える感じがするところというのをどう扱ったらいいんだらうかということもあって、この剛性の、ごめんなさい、元の 24 ページに戻りますけれども、剛性の大きい管台形状の溶接部かということ以外にも、先ほどの 2 要素の二つの関係ですね。2 要素というのは、入熱が大きいことと、今の剛性の大きい形状、これは管台形状だけじゃないかもしれないということも含めて。これをちゃんと納得いく形で説明ができるものがそれなりに必要で、納得いく説明というのは、究極的に何かを突き詰めないと納得いくということではなくて、この範囲のことを例えば調べれば大丈夫ですねと。これは水平展開のフローなので、原因を究明するというのではなくて、原因究明はある程度の範囲でしかできていないんですけど、その範囲のことを、じゃあ、やれば大丈夫ですねということを確認するためのフローなので、そのような方向で考えたときにそれで大丈夫かということをしつかり議論したいというのが、高須さんが御提示をいただいた、そのように説明してくださいということだ

と私は理解をしております、ちょっとすみません、世の中の方も見ておられるので丁寧に申し上げましたけれども、関西電力のほうでうまくキャッチしていただければいいと思うのですが、何か御質問、御疑問とかございますでしょうか。

○決得部長（関西電力） 関西電力の決得でございます。

ちょっと全て理解できてなくて申し訳ないんですけども、ちょっと説明が全てできていなかったんですけど、22 ページのところ、我々、原因のところ、先ほど高須さんがおっしゃっていただいたように、過大な入熱と剛性のある形状が重畳したことで特異な割れが生じて、特異な硬化が生じて、硬化はイコール応力でもあるといったことも十分解かっておりますので、それらが起因して初期の粒内の割れが発生したと。進展については知見もあることから、SCC での進展だといったところが我々の考えている原因でございます。

一方、水平展開のところ、議論いたしますと、先ほど来から、やはり大飯の3号機は大飯の4号機と同様に全てするとなっておりますけれども、そのほかのプラント、今絞り込みで管台形状だけをちょっと絞り込んでいるといったところがございます。我々、モックアップを作って、エルボ―直管は三つ実は作って、300 オーバーなしを見ているんですけど、ただ、高須さんが御指摘のとおり、実機の比較管では300 オーバーと、これを特異点と言うかどうかと、外れ値と言うかどうかというのは十分議論が尽くされたものではございませんので、その点では不明というので、不明な点は前広に検査でカバーしていくといったことが大事かなと思っております。

少し金子審議官がおっしゃったこと、またずれたことを私はしゃべっているかもしれませんが、そういう点でいくと、やはりこの最後のフロー図で管台だけに絞るのではなくて、エルボのリスクもあるんであればエルボなんかも入れて、前広に検査をして、ここが特異であって、ほかがないといったところの健全性を確認していくべきかなと。事業者としては、そういうアクションを取るべきかなと。

ですから、大飯の3号機は大飯の4号機と一緒に全体するので問題はないと考えておりますし、他のプラントにつきましても、やはり先ほど言いました管台だけでなく、エルボなんかも入れて、検査数は大分増えますけれども、見ていくといったところで健全性を見るか。

それで、ある程度のところで調査、原因究明というのは研究のほうにバトンタッチして、そちらのほうで引き続きやっていくにしても、実機の対応はそのような対応で進めていくことができないかなというのが、今ちょっと話の食い違いがあらうかと思っておりますけど、今

ヒアリングなんか、今のこの面談を踏まえての事業者からの見解でございます。

以上でございます。

○金子審議官 ありがとうございます。おっしゃっていることは多分理解をしております。それで、少し剛性の大きい管台形状の溶接部かということのみならずという部分は考えなきゃいけないかもしれないという御発言もありましたので、それはそうとしつつ、この22 ページで先ほど御説明いただいた「過大な溶接入熱（手入れ溶接の可能性を含む）」というところが、どの程度カバレッジとして見る必要があるのかということについても、先ほどちょっと情報共有をお願いしますと申し上げた、例えばほかの、ほかのというのは、ごめんなさい、12 ページにあったのではない場所の当該経験の浅い方の溶接をされた方の記録であるとかというものを共有していただいたりとか、そういうようなことの中で、どの程度そのことを見なきゃいけないのかということは少し評価をする必要があります、皆さんと認識共有をする必要があると思いますので、それも含めてちょっと考える必要があるかなというふうには思っております。

そこをどこまで広げるかというのを、今、何か決めるということではなくて、ちょっと確認をした上できちんと認識共有をしたいというのが、今、私が考えていることでございます。

多分、うちの者からもそこら辺については見解なり、コメントなりあるんじゃないかと思えますけど、高須さん。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

今、金子審議官がおっしゃったとおりで、結局、最初のフローで整理して、再確認しますと。影響は否定できないところがあって、そこが否定できないところがどこまで否定が肯定できるのかというのは、今説明あったように、いろんな情報を見て、それで我々も無謀に何か分からないのを全部やれということを行っているつもりもないので、それがちゃんと整理されて、妥当性を御主張されるのであれば、ちゃんとそういうところは御主張できるところは主張していただいて、それをフロー、水平展開に展開していただくことかなというふうに思いますので、よろしくお願ひしたいというところでございます。

○金子審議官 はい。

ほかにもございますか。

あと、ちょっと念のため、御説明いただいた内容で、24 ページの一番最初の四角の母集団としての対象の記述の部分は、これは前回、大飯の4号の点検、検査をしていただい

た対象について、我々の原子力規制検査で、現場で確認をさせていただいたときに、字では十分読み取れなかったんですけれども、この\*1 に書いていただいているものは対象になっていないのは何でなんでしたっけねという確認をさせていただいて、今日御説明があったようなことだったので、そもそも今回の議論の対象に入るものではないだろうということを確認したので、それをあえて丁寧に記述をしていただいているということですから、新しい論点はここにはないと思っております。

森田さん。

○森田主任原子力専門検査官 規制庁の森田です。

24 ページの一番下に結論で書かれている二つ目の矢羽根の最後のところなんですけども、今後3定検にわたって毎定検で検査を実施して確認していきますという御説明なんですけど、ちょっとよく分からなかった。ここで言ってる今後3定検にわたってというのは、その期間、確認するという何か根拠があるんでしょうか。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永でございます。

今後の3定検につきましては、何かのデータを基にとか、そういったわけではございませんで、まず経年変化を探るといふところの観点で3定検を見た後に、ここでやめるといふわけでもなく、その3定検見た結果も踏まえて、以降のISI計画について適切に反映していきたいというふうに考えてございます。

以上です。

○森田主任原子力専門検査官 規制庁、森田です。

分かりました。

あと、もう1点教えていただきたいんですけども、参考-16 で出てきた溶接士の溶接された箇所、3号機で5か所、4号機で2か所というのがあるんですけども、これは例えばこのフローで言うと、どちら側に落ちるんでしょうか。

すみません、質問が悪かったでしょうか。

参考の16ページで御説明いただいた大飯3号機だと5か所ある、大飯4号機だと2か所あると、当該部の溶接を実施した溶接士の方が関わった箇所があって、今も残っている別ラインの溶接があるんですという御説明があったと思うんですけども、その溶接部というのは今の24ページのフローに入らないんですかね。それとも入った上で、追加検査対象のほうに下りるものなのか、追加検査対象外のほうに下りるのか、分かったら教えていただこうと思ったんですけども、いかがでしょうか。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永でございます。

すみません、お答えが遅れて申し訳ございません。

今回、赤色のフロー、最後です、剛性の大きい形状かといったところで、こちらで NO 側に落ちるんですけども、こちらにつきましては同じ溶接士が施工しているということで、特にこのフローとは関係なく確認をして、問題のないことを見たといったものでございます。

以上です。

○金子審議官 言い換えると、大飯 4 号のときに抽出していただいたものに入るというのと同じ集団に入るということですよ、きっと。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永です。

御認識のとおりでございます。

以上です。

○金子審議官 はい、分かりました。

ほか、いかがですか。

滝吉さん。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

24 ページの\*5 の中で、先ほど来いろいろな議論があったかと思うんですけど、事実関係として教えていただきたいのが、先ほどモックアップを作成されたときに、エルボに相当する肉厚の直管はそのエルボと同じような剛性を持っているというような御紹介があったと思うんですけども、例えばそのような配管厚が厚い直管が使われているところというのは大飯 3 にはあるのでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

今、今回の調査の対象になっているような 4B 配管という意味では肉厚は同じという認識でございます。当然大きな口径のものになると肉厚が厚くなって、地震に対する裕度、亀裂進展の裕度というものは大きくなるというようなことはございますので、配管径そのものがパラメータとしては効いているというものでございます。

以上でございます。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

先ほどエルボに相当するような肉厚を多分逆に計算をして、その厚さをモックアップで作ったとおっしゃっていたので、径によっても当然剛性、もちろん定性的には径が太いも

のはこのような落ち込みとか、そういうことに対してはまた違う挙動を示すというような理解はできるんですけど、そういった観点でも抽出が必要な気がするんですけども、いかがでしょうか。

○決得部長（関西電力） 関西電力の決得でございます。

今回、我々がモックアップ、いろいろなケース、1、2、3、4 作ってやった目的というのが、今回、4 インチの配管がなぜ割れたのか、なぜこのように硬くなったのかといったところを究明するためにやったものでございます。

先ほど来説明したように、径、入熱と重畳であって、形状も効いているといったところですので、その形状の効き方にやはり管台であるとかエルボというのはあるんですけど、これを各インチごとに作って、応力、そういう硬さを調べていくようなものではないかと思っております、あくまで原因究明のためにやったモックアップだという認識だったんですけども。

以上でございます。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

モックアップを作って調べるべきと言っているのではなくて、資料 24 ページの 5 番の剛性の大きい管台形状の溶接部かというようなスクリーニングをされるときに、肉厚は考慮しなくていいんですかということをお願いしたかっただけです。

○金子審議官 滝吉の言っているのは、17 ページのほうの絵のほうがいいですかね、例えばケース 2 というのが書いてあって、一番右に図がありますけれども、これに類する 4B 配管から 4B 配管の厚さで一回溶接されてるんだけど、後ろに太いのがつながっているような場合があったらエルボと同じに扱わないといけないんですよということを申し上げていて、それはそもそもエルボー直管、エルボと直管の溶接部をこの 5 に入れなくていいのかという疑問とほぼ同値なんですけれども、それも考えないといけませんよねということで、それは、実は先ほどこの 5 のひし形のところをどうしたらいいかということに実は含まれていると私は思っております、それも一つの要素としてちょっと精査をしなきゃいけないと思います。そういう場所があるかどうか分かりませんが。

○決得部長（関西電力） はい。そのような場所があるかどうか確認して、このフロー図に反映したいと思います。

○金子審議官 いいですか、はい。

ほかにもございますか。

そうしたら、よろしければ、鬼沢さん、大丈夫ですかね。ほかに御確認されたい事項は大丈夫ですか。

○鬼沢企画調整室長（JAEA） JAEAの鬼沢です。

もう既に議論に含まれていたかもしれないんですけども、その\*5番のところは今御議論されていたのは、ここにエルボ―直管というのを含めるべきかどうかという、そういう話というふうに理解してよろしいですか。

○金子審議官 はい。最後にお話をしたのはそのことでありますけれども、そもそも入熱の影響というのを別の要素として、この5番のひし形と同列なのか、並行して評価して含める必要があるかないかというのも論点として一つはあると思っております。

○鬼沢企画調整室長（JAEA） 鬼沢です。

ありがとうございます。

14ページのところのデータの外れというところの取扱いにも絡んでくるとは思いますが、でも、また、300という硬さが発生 of 閾値だとかという、そういう何か決まりというものも特にないかと思っておりますので、その外れ値を差し引いたからといって、エルボ直管というのは、やはり硬くならないというのは、現物として高い値があったのだから、ここにもエルボ―直管というのを入れるべきなんじゃないかなと私は思っていたので、皆さんの認識と同じだとは思いますが、一応念のため発言いたしました。

以上です。

○金子審議官 ありがとうございます。その論点はきちんと拾い上げられていると思います。

それでは、よろしいかと思っておりますので、議論の中で少し情報共有をお願いした点につきましては、既にあるものはどんな形態でも結構ですので、資料として送っていただければ体裁は構いません。それで、表に出せないものはそういう取扱いをするように明記をしていただければ、私どものほうで適切に取り扱いたいと思っておりますので、そのような前提でお願いいたします。

それから、特に大きな点として、最後のフローの考え方のところにつながる議論ですが、でも、そもそも今回の追加の確認をいただいた、この形状による剛性が硬さに影響していることと、溶接時の入熱の量によって、その硬さに影響することとをどのようなバランスで評価をし、そのことを原因との関係でどの程度勘案しなければいけないのか、どの範囲を考慮する必要があるのかということ整理をして、その整理に基づいて水平展開の範

困がこの程度でいいのではないかという論理立てをしていくというのが論点として一番大きく残っていると思いますので、この点について、できるだけ早く議論をさせていただければというふうに思っておりますが、そういう理解で、関西電力、よろしいでしょうか。

○水田執行役常務（関西電力） 関西電力の水田でございます。

我々、ちょっとまだどういうところで御指摘をいただいているのか把握し切れていないところがございまして、本日の議論でエルボの部分が本当に外していいのかという議論がございました。その点については、我々、モックアップをして硬化がないということは確認していますが、それを幾らこのモックアップ、これから追加しても、やはりその部分は御納得いただけないのかなというふうに理解しましたので、そのエルボの部分については最後のフローに追加するというにしたいというふうに決得のほうから申し上げました。

さらに、直管同士のつなぎでも、剛性の高い直管と、その低いのからつながった肉厚、配管のその厚さが厚いのを組み合わせるようなものがあれば、そこに加えるということも考えたいと思っておりますけども、それともう一つ、入熱の点についても御指摘いただきまして、先ほど金子審議官からは若手の人みたいな話もほかにあるところを検討すべきとおっしゃいましたけど、我々、今回のフローでお示ししていますように、全層TIG以外は対象に含めておりますので、今回の初層TIGで被覆アーク溶接のところは、その若手の方がやる、やらないにかかわらず全部カバーして対象に入れておりますので、このフローで、最後の形状のところについて御議論があったので、それに追加するというところについては理解はしたんですけれども、それ以外のところはちょっと、入熱のところについて、どういう御心配をされて、どういう検討をしたらいいのかというのは、まだちょっと我々、把握し切れてないところがございまして、そこをちょっと御解説いただければ助かります。

○金子審議官 はい、分かりました。

端的に申し上げますと、大飯 3 の場合は、それは全部もうこの 37 に入っているんだと理解をしていますので、議論をしているつもりはありませんと。

それ以外のところの水平展開をするときに、この 24 ページに並んでいる美浜の 3 から高浜の 4 までの本フローの考え方に基づく箇所数を拾ったときに、その入熱が大きくなるかもしれない、経験の浅い方が例えば丁寧にゆっくりと溶接をしたような場所が記録として確認できるような場所がもしあったとして、母集団の中に、それははじいて大丈夫ですかという議論をきちんとさせていただきたいと、そういう趣旨です。

○水田執行役常務（関西電力） 関西電力、水田でございます。

今、高浜、大飯 3,4 号以外のプラントについても、このフローで考えると、下から二つ目の四角のところの全層 TIG 溶接を用いていないかというところで、その若手の方とかがやられたところも全部そこで拾えるんじゃないかなと考えておるんですけども、そういう……。

○金子審議官 ごめんなさい、私の説明の仕方が悪いかもしれませんが、\*5 で、若手がやってもこの形状でないものは外れるんですけど、そこに NO に行ってしまう若手の方がやった部分は外していいですかという議論です。

○水田執行役常務（関西電力） もう一度確認させていただきます。申し訳ございません。理解がついていけなくて。

○金子審議官 いいえ、説明不足があるかもしれませんので、どうぞ。

○水田執行役常務（関西電力） 最後の四角のところエルボを加えるとか、そういう議論がありますけども、そこにさらに若手とか、そういうことを加味すると、そういうところを入れなくていいのかという議論をしたいということでしょうか。

○金子審議官 はい。ですから形状にかかわらず、そのような入熱が考えられる場所を除外されるというフローに今なっているんですけど、なっているというか、そうですね、形状だけで最後 YES になるので、形状が当てはまらないと NO に行きますけれども、その NO に行く部分にそういう入熱の大きい場所があると思われましてけれども、それは本当に除外して大丈夫でしょうかという疑問をどのようにきちんと説明できるかと、そういうことです。

○水田執行役常務（関西電力） 承知しました。そこは分かりました。そこは我々検討しまして御説明したいと思います。

そうしますと、先ほどおっしゃっていただきましたけど、大飯 3 号、大飯 4 号については御心配されていないという理解でよろしいでしょうか。

○金子審議官 はい。今、今日懸念があった議論に出てくるものは、そもそも大飯の 4 のときに、その時点で心配のあるものは全部検査をされますとおっしゃられて、それと同じ基準で今、大飯 3 は選定をされていると理解をしていますので、そこについての懸念は、検査という意味では特にございません。

○水田執行役常務（関西電力） そういう意味では、後続機も同じ考えでやるということも考えたいと思いますので、これはまた御説明したいと思います。

○金子審議官 はい、分かりました。それが妥当であるかどうかというのはもちろん議論があると思いますので、よく認識共有をさせていただければと思います。

ほかに今日の議論を踏まえて御疑問の点とか、確認をしておかないと前に進めない点とか、関西電力のほうからございますか。

○水田執行役常務（関西電力） また中で後で、社内で議論したときにいろいろ疑問点が出てくるかもしれませんが、それはまた御連絡させていただいて確認したいと思いますので、現時点でということではございませんので、よろしく願いいたします。

○金子審議官 はい、分かりました。細かな事項は後ほど御確認いただくのは全くやぶさかでございますので、よろしく願いします。

それでは、規制庁側も大丈夫でしょうかね。

それでは、論点はものすごく明確だと思いますので、できるだけ早く次の議論をして、どのような方向で、心配のない形で先に進めるような対応をするのかというのを見いだしていきたいというふうに思います。

では、以上で第9回の公開会合を終了させていただきます。

少し時間が延びてしまいましたけれども、御協力ありがとうございました。