

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 7 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7回）
議事録

1. 日時

令和2年12月24日（木）14:30～16:45

2. 場所

原子力規制庁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

関西電力株式会社

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
土肥 伸樹	大飯発電所	副所長	
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
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

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
小口 力	原子力セグメント	原子力工作部	主幹技師

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1-1 大飯発電所3号機 加圧器スプレイライン配管溶接部における事象の発生原因および対策について

資料1-2 大飯発電所3号機 加圧器スプレイライン配管溶接部の調査結果（データ集）

6. 議事録

○金子審議官 それでは、定刻になりましたので、これより大飯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の第7回目を開催させていただきます。

今日も規制庁の金子が進行を進めさせていただきます。よろしく御協力お願いいたします。

今日は、議題は加圧器スプレイライン配管の分析調査についてということになっておりますけれども、関西電力のほうから配付資料といたしまして、この事象の発生原因及び対策についてというものと、いろいろな調査を行っていただいた結果の少し幅広いデータ集も提供いただいておりますので、まずそれについて御説明をいただいて、補足のほうは多分御説明は要らないと思っておりますけれども、資料1-1が①、②、③という形で、事象の特定、それから推定のメカニズム、それから対策ということになっておりますので、そこを御説明いただいて、事前に一度頂戴をしておりますので、どこまでこの原因が細かく究明できるかというところの限界が、前回もそういう議論がありましたけど、ありそうだということとは理解をした上で、そういう前提のもとで今後の対策、要するに傷のあった部分の取替えに係る今後の対応と、それからほかのこういった類似の部位がどこまで広がる可能性があるのか、ないのかといったようなところに資する議論をぜひさせていただければというふうに思っておりますので、よろしくお願いいたします。

では、まず資料に基づいて、関西電力のほうから御説明いただけますでしょうか。

○決得部長（関西電力） 関西電力の決得でございます。

前回ですね、12月4日のときに公開会合で御説明はしましたけど、十分な理解を得られず、再度ですね、考察をし、資料を整理し直して、本日、参っております。本日の説明は原因と対策を資料1-1に基づいて実施したいと考えておりますので、よろしくお願ひしたいと思ひます。

それでは、お願いします。

○土肥副所長（関西電力） はい。関西電力の土肥でございます。よろしくお願いいたします。

それでは、資料1-1で御説明のほうをさせていただきます。

目次のほうは飛ばしまして、スライドの0番です。こちらは破壊調査前に、UTの結果とか文献等から我々考えていた割れのメカニズムです。今回の事象は、シンニング加工による硬化を起因としたSCCというふうに考えておりました。あと、検出限界以下のごく微小な欠陥が存在し、何らかの関与をした可能性も否定できないというふうに考えておりました。

実際、実機を破壊調査して、その結果をまとめてきております。次スライド以降になりますので、めくっていただきまして、御説明させていただきます。

スライド1-1です。今回の破壊調査結果から分かった事実をFT図で整理したものになります。要因のほうを左4つほど書いていますけれども、機械的疲労であったり熱疲労であったりSCCであったり溶接欠陥があるということで、こういった要因が考えられるということで、それぞれの要因に対してマクロ・ミクロ観察、あるいはEDS分析などを行って、その結果を右欄のほうに記載しております。

結論から申し上げますと、赤枠で記載しておりますとおり、破面ミクロ観察の結果、粒界割れが主に認められたということ。それから硬さ計測の結果、表層で350HV、内部で200～240HVが認められたということで、粒界型のSCCというふうに判断しており、次のスライド以降ですね、各調査結果についてもう少し説明させていただきます。

めくっていただきまして、スライドの1-2でございます。こちらは断面ミクロ・マクロ観察ということで、スライドの1-2～1-5につきましては、前回の会合で既に御説明しておりますので、振り返りになりますけれども、写真を見ていただいで分かりますように、当該部の割れについては溶接境界ごく近傍の母材部を起点としておりまして、主亀裂の進展経路は母材部の境界付近を粒界に沿って進展してございました。

めくっていただきまして、スライドの1-3でございます。こちらにもマクロ・ミクロ観察とEDS分析の結果になります。左上の写真ですが、濃いグレーの部分が割れの部分になります。写真を見ていただいで分かりますように、下、ちょっとまとめを書いていますけれども、破面全体にわたって、応力腐食割れでよく観察される粒界割れが認められています。

それから、疲労による割れの特徴であるビーチマークやストライエーションは観察され

ませんでした。あと、C1-SCCの特徴である粒内割れはほとんどなくて、付着物EDS分析の結果からも、C1等の有害な元素は認められておりません。

めくっていただきまして、**11-4**でございます。こちらは鋭敏化についてです。シュウ酸エッチング後の組織写真を載せております。鋭敏化している場合には、左下、点線で囲っていますが、このような写真のような溝状組織になるんですけども、結果は、右の写真4枚を並べていますが、 O_2 SCCの特徴である溝状組織というのが認められなかったということでございます。

次、**11-5**になります。こちらは硬さ計測でございます。図の1、上が当該亀裂のごく近傍の硬さ、それから下、図2のほうが少し離れた位置での測定結果になります。結果につきましては青で囲っていますが、割れ近傍の表層で350HV、それから内部で200～240HVが認められまして、SCC発生・進展の知見のある値を超えて、著しく硬くなっていることを確認しております。一番下に※で書いていますけれども、この材料の母材部の硬さというのは150HVです。

次に行かせていただきまして、**11-6**です。こちらは亀裂の起点に関する考察ということで、一番上の写真、60mmPTが出ていますけれども、割れに対して、破面を出した写真をその下に並べております。濃いグレーになっているところは割れでございます、中央部が深く扇形になっております。

亀裂の起点について、専門観察にて入念に確認を行いました、中央付近から傷の両脇にわたって、特に大きな違いはなく、結論としてはここだという亀裂の起点に関連するような情報は破面から得られませんでした。

亀裂の形ですね、この扇形になっているというのと、最深部が真ん中にあるというところから考えると、やはり亀裂は中心付近にあったのではないかというふうに考えてございます。

スライド**11-7**でございます。こちらからちょっと溶接部に関する考察でございます。今回、亀裂が溶接境界ごく近傍の母材部から発生・進展しているということで、溶接部について、詳しく観察のほうを行っております。

スライドの**11-7**は、裏波部の外環観察及び断面観察になります。真ん中の漫画絵へ載せていますけれども、切り出した当該管を2つに割って、左側が傷のある部分の写真になります。それから右側が傷のない部分の写真になります。

写真のですね、左の写真の白矢印で示していますとおり、裏波のビード幅というのは約

8mmありまして、幅広でございました。右の写真も、ちょっと縮尺が違っていてサイズが違うように見えますけれども、ビード幅は約8mmということで、360度全周にわたって同様でございまして、補修溶接をした場合に見られるようなビードの乱れというのにも認められませんでした。

左の写真の右半分のところ、クレーターが2つ近接しているというのが写真で分かると思いますけれども、こちらについては溶接操作を、溶接棒が足らなくなったなどちょっと詳細は分かりませんが、一旦停止をして、再開したことでできたものというふうに推定しております。そのビード部ですね、写真の中で黒点線を書いていますけれども、ここで切断した写真をその下に載せていますが、その断面を確認した結果、このクレーターの下に明瞭な溶接欠陥は特に確認されておらず、補修溶接の痕跡も認められませんでした。

3つ目の矢じりですけれども、クレーター部は割れ中央部から離れたところであって、亀裂の端のほうに位置しているということと、溶接欠陥も確認されていないということで、当初、何かしら割れの手がかりが得られるのではないかと期待をしていたんですけれども、亀裂発生の影響は確認できなかったということが事実でございます。

それから、**1**-8でございます。こちらは溶接欠陥の有無に関する考察になります。表でまとめてございますが、溶接欠陥、一番左ですね、溶接欠陥としては割れとかブローホール、介在物、融合不良、溶込不良などがありますけれども、今回、割れが発生したのがHAZ部ということですので、HAZで発生する溶接欠陥として割れ、高温割れ、低温割れ、再熱割れについて、調査結果のほうを具体的にちょっと御説明させていただきます。

まず、高温割れですけれども、HAZに発生する高温割れとしては、液化割れというのがあるんですけれども、液化割れの特徴である粒界が丸みを帯びた破面というのは認められておりません。それから付着物EDS分析の結果、高温割れの原因となるリンも認められておりません。

それから低温割れについてです。オーステナイト系ステンレス鋼では、一般に低温割れは生じないことが知られています。当該部の溶接ですけれども、低温割れの要因となる水素の混入が少ないTIG溶接であるということと、低水素系棒を使用した被覆アーク溶接で行っているということを確認してございます。

それから、再熱割れについてです。こちらについては、再熱割れは500℃以上の環境で発生するということが知られていますけれども、当該の溶接部位については、溶接後熱処

理は実施していないということと、運転温度も記載のとおりということですので、その温度域に達していないということでございます。

それから、2層目、3層目ということで、多層溶接の熱サイクルによって、炭化物が析出して発生することも再熱割れではあるんですけども、炭素量の少ないSUS316では一般に再熱割れは生じないということが知られてございます。

以下、ブローホール等も調査結果のほうを記載しておりますけども、結論としては青囲みで書いていますとおり、溶接欠陥の痕跡というのは認められませんでした。

□-9でございます。こちらは当該管の使用の環境、応力、材料についてです。破面ミクロ観察の結果ですね、破面全体にわたって応力腐食割れでよく見られる粒界割れが認められたということから、SCC発生・進展の3要素である環境、応力、材料について、当該管が、どういう特徴があったのかというところを確認・整理してございます。

まず、左上、当該部の環境でございますが、運転温度は記載のとおりでございます、PWR環境中、200℃以上でSCCが進展する知見の環境に該当するということを確認してございます。

それから右に行きまして、応力です。こちらは通常運転時の発生応力が100MPaということで、当該部はターミナルエンド部でございます、同ラインの他の溶接部と比べると、比較的大きな応力が発生する箇所という特徴がございます。

それから、それに加えて、残留応力ですが、約200MPaの引張応力が生じている部位になります。こちらのほうは、国プロ、IAFで解析手法が認められていますけども、それに基づいてですね、計算した値になります。

あと、なお書きで書いていますけども、当該部については、PWSCC対策でやっているようなバフ研磨とか、あるいはピーニング等の応力改善による応力腐食割れ対策は実施していない部位でございます。

左下、最後に、材料についてです。こちらの材料は、SUS316になります。BWR環境で硬さ300HV以上の場合に、SCC発生の知見がありますが、当該部の表層部において、300HV以上の硬さが認められてございます。

ということで、□-10で、観察結果等に基づく事実の整理・まとめということで、これまで御説明したことをまとめてございます。ちょっと重複しますので、説明は割愛しますが、結論としては一番下、青囲みで書いておりますが、当該部の亀裂は、観察結果などの事実を踏まえて、SCCにより発生・進展したものというふうに判断してございます。

それから、SCCの発生・進展に材料の硬化が寄与したものというふうに推察のほうをして
ございます。

資料1については以上でございます。

引き続き資料②、御説明させていただいてよろしいですか。

それでは、資料②のほうで、では、なぜ硬くなったのかというところと、まとめとして
今回の亀裂発生・進展がどういったメカニズムで起こったのかというところをまとめてご
ざいます。

②-1でございます。表層の硬化ですが、表層が硬くなる原因としては2つあると考えて
おります。1つ目がシンニング加工による硬化でして、シンニング加工により、表面を機
械加工した場合、表面組織が微細化した層を形成し、表面が硬化するということがござい
ます。

それから2つ目が、溶接時の入熱による硬化ということで、溶接により入熱が加えられ
た際に、溶接の凝固収縮に伴いまして、溶接境界近傍に塑性ひずみが生じ、硬化するとい
うことが知られてございます。

スライド②-2から、その2つについて考察のほうをしてございます。②-2がシンニング加
工による硬化についてでございます。割れが認められた溶接部近傍の表層、上の写真の②
の位置では、そこから少し離れた位置であるシンニング部①と同じぐらいの350HVを超え
る硬さが認められています。しかしながら、下の写真の②を見ていただきますと、写真①
で見られるようなシンニング加工によるしわが寄ったような、潰されたような微細化層は
確認できず、硬くなったのはシンニング加工以外の要因によるもの、つまりは溶接による
効果が疑わしいのではないかというふうに考えました。

スライド②-3でございます。ということで、溶接部の入熱による硬化について、当該管
とサンプル管の断面を比較して、何か特徴的なものはないかというところを、ビード幅及
び溶接金属組織について考察のほうをしてございます。

左が当該管でございまして、右がサンプル管になります。当該管については現地で溶接
されたもので、サンプル管については比較対象、工場溶接でございます。右下にサンプル
管取り出し位置のほうを書いています、割れが発生したエルボを挟んで対になってござ
います。

まず、上の断面マクロ写真を見ていただくと、左の当該管のビード幅は約8mmというこ
とで、右のサンプル管ではですね、約6mmということでしたので、それと比較して幅広い

ものでございました。

それから、マイクロ観察写真、一番大きな写真ですけども、比較いただきますと、溶接金属組織の様相に少し違いがあるというのが分かっていたかと思えます。右のサンプル管写真、マイクロ観察の写真に認められるような針のような模様ですね、これがデンドライトになるんですけども、こちらが左の当該管のマイクロ観察写真では、軸方向ではあまりそういった様子がなくて、その横の周方向断面って小さい写真をつけておりますが、代わりにこちらのほうに針のような模様が認められてございます。

つまりは、青囲みの2つ目のところですけども、溶接金属部の組織に違いがあるということで、当該部ではデンドライトが周方向に成長して、サンプル管ではデンドライトが軸方向に成長しているというようなことが観察されてございます。

スライドの2-4でございます。では、なぜデンドライトの成長方向に差があるのかというところについて、デンドライトの成長方向と溶接速度との関係を説明した資料になります。こちら文献から取ってきたものでございますが、左が当該管、右がサンプル管でございます。漫画絵にございますとおり、溶接速度が遅い場合、左ですね、溶接速度が遅い場合には、まず溶融池は楕円型になりますと。一方、溶接速度が速い場合には、溶融池が尾を引くような涙型になることが知られています。

解説のところに書いていますが、溶接速度が遅い場合には、溶融池は母材を溶融しながらゆっくりと通り過ぎるため、溶融池の移動に追従して溶融金属が流れる方向の冷却が支配的になるということで、母材側から溶融池中心のアーク位置に向かう方向にデンドライトが成長します。

それから、右側ですが、溶接速度が速い場合ですが、こちらは溶融池が母材を溶融しながらすぐ通り過ぎるので、溶融池通過後は母材からの冷却が支配的になるということで、母材側から溶接金属中心に向かう方向にデンドライトが成長するということでございます。

まとめとして、青囲みですが、上記を踏まえますと、当該管はデンドライトが周方向に成長していることから、溶接速度が遅く、それからビード幅も広いということから、大きな入熱により溶接されたものというふうに考えております。

次のスライド2-5でございます。当該管が大きな入熱で溶接された様相であるということなので、この入熱量は大きい場合に硬さにどういう影響を与えるのかというところをモックアップを作って、関係を調査してございます。

下のグラフがその結果になります。横軸が入熱、それから縦軸が硬さになります。モック

クアッパは合計9体製作しまして、硬さの測定値については、右下のグラフの横の図のとおり、亀裂発生に起因したと思われる溶接境界近傍の範囲でデータのほうを取ってございます。

結果ですが、グラフから分かりますとおり、入熱量が増えれば、だんだんと硬くなっていくという傾向が認められています。ただ、当該管は赤プロットで示していますが、現在の溶接の条件の範囲でいきますと、入熱を大きくしても、当該管と同程度の硬さまで硬くならず、再現するレベルまでにはなっておりません。そういうことで、当該管においては、現在の溶接条件を超える非常に大きな入熱が付与されたのではないかというふうに考えております。

次、スライド2-6でございます。こちらは入熱量と硬さの関係について、解析及び文献調査でも確認のほうを行っております。左が解析結果になります。上のコンター図が入熱が小さいもの、その下のコンター図は入熱を大きくしたものでございます。オレンジが、ひずみが大きい、それから青で見えるところはひずみが小さいというところでございます。

この結果から言えることは、入熱が大きくなれば、塑性ひずみが増加するということと、それから亀裂発生部近傍で最大塑性ひずみが存在するということが確認できてございます。

右が文献調査になります。このグラフですけれども、溶接境界からの距離とそれから塑性ひずみとの関係を示したものになります。グラフの青線が右上の溶接部の漫画絵がありますけれども、この板厚の内面側になるんですけれども、今回、割れが認められた位置と同様の位置、要は溶接境界からの距離がゼロに限りなく近いところですね、ここで最も塑性ひずみが高くなるということがお分かりいただけるかと思えます。この結果は、先ほど御説明した解析結果と合致するものになります。

今までの説明はひずみの話になりますけれども、じゃあひずみと硬さの関係はどうなのかというところですが、それを解説するのが右の下半分のグラフになります。これを見ていただいたら分かりますように、塑性ひずみが横軸、縦軸がビッカース硬さということで、塑性ひずみが増すに従いまして、硬さが上昇するということが分かります。

解析及びまとめとしましては、解析及び文献調査においてもモックアップ調査と同様に、入熱量が増加するに伴い硬くなる傾向が示されているということを確認してございます。

次、スライド2-7でございます。では当該管の溶接施工時に大きな入熱が加わった可能性が確認されたということで、その要因として、こういったことが考えられるかということで、当時の溶接記録について調査のほうを行ってございます。

結果を表でまとめておりました、左から2つ目の欄が施工当時の記録になります。特徴的なところとしまして、まず施工場所が現地であるということ。それから溶接時の体制として、2名でやっていたということがございます。

一番右に、当時と現在との差異に関する考察ということで、記載させていただいていますが、まず施工場所については、工場の場合については特に溶接姿勢の制限はないんですが、現地の場合には狭隘や機器配置により溶接姿勢の制限があり、比較的施工が悪くなるということがございます。

それから、体制面でいきますと、技術年数の観点ですね、当時の記録を見ますと、経験年数約20年の溶接士と経験年数3年の溶接士2名で、ペアリングでやっていたということが確認されております。

その2つ下、溶接速度について、ちょっと考察しておりますが、溶接速度自体に記録はないんですけれども、2名で実施していたということから、技術指導を受けた溶接で、丁寧かつ慎重に溶接を行ったことから、溶接速度が遅くなった可能性があるというふうに考えてございます。

一番下にまとめのほうを書いておりますが、当該部は30年以上前の溶接で、上記の記録、それから実機の観察結果からの推察とはなりますが、現地溶接であったことで溶接姿勢に制限があったことに加えて、2名で実施していたことから、技術指導を受けた溶接で丁寧かつ慎重に溶接を行ったことから、溶接速度が遅くなり入熱が大きくなったというふうに考えてございます。

最後、2-8で、硬化の要因と亀裂発生・進展の推定メカニズムのほうをまとめてございます。硬化の用意につきましては、もう既に述べたとおりでございます。二つ目の丸、亀裂発生・進展の推定メカニズムですけれども、調査結果を踏まえて、SCCが発生し得る環境・応力条件がまずあったというところ。それに加えて、当該部は大きな入熱で溶接され、材料が著しく硬化したことによってSCCが発生・進展したものであるというふうに判断してございます。

じゃあ、以上です。

○金子審議官 ありがとうございます。

それでは、今御説明のあった調査・観察の結果のファクトであり、あるいは関西電力の解釈といいたいまいしょうか考察の内容、それから、多分こういうこともやっていないのか、考えていないのかというのは、多分、質問・確認というようなものもあろうかと思っておりますの

で、この資料の範囲を若干出るものもあると思いますけれども、まずはその点で規制庁のほうから確認なり、解釈についての疑問なりとかというようなことがあったら、それぞれから出してもらえればと思います。

高須さん、お願いします。

○高須統括監視指導官 規制庁の高須でございます。

説明ありがとうございます。溶接の影響が大きいのかなという御説明だったかと思うんですけど、ちょっと、何点か事実の確認だけさせてください。

まず、1-7ページですね。溶接部に関する考察ということで、当該部を含めて全周を見られて、差異はないということを御説明いただいているんですけど。まず最初に、左側の写真で、クレーター部と一般溶接部を周方向に切断された写真を載せられているんですけども、特に左側の写真の黒くなっているところなんですけど、これ、何か析出物ができているのか、それとも、いわゆる組織を見るための腐食等の関係でこうなっているのかというのが分かれば教えていただきたいというのが、まず一つです。

あともう一つは、これは周方向を切断されているんですが、軸方向を何か切って、やっぱり今のその割れが、ひび、割れというか、傷が見つまっている溶接の形状と何ら変わっていないよみたいなことは、このクレーター部を含めて、例えば地面側というか180°側とか、横の90°、270°みたいなところの断面の考察はされているかどうかを、まず、教えてください。

○金子審議官 今、答えていただける範囲でお願いいたします。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

まず一つ目なんですけど、電解エッチングをして観察しているというのが、こちらの周方向の今見ていただいている図でございまして、少し黒く見えているところに関しましては、これはエッチングの状況によって、こういったむらが出るというのが知られているものになりますので、特に特異なものがここにあるという解釈ではなくて、観察の都合上出ているものだという御理解をしていただいたら結構かと思います。

あと、二つ目が、反対のところの観察結果なので、少々お待ちください。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

180°側の断面の観察はしております。その観察において溶接の欠陥ですとか、そういったものは認められておりません。

以上です。

○高須統括監視指導官 ありがとうございます。その断面というのは、軸方向に切られて、見られて、今の傷が出ている溶接部のいわゆる形成している形状等と比較しても、何らあまり変わらないということの観察をされているという理解でしょうか。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

はい。まず断面を軸方向に切って、断面を見ております。で、形状が全く一緒かといいますと、そこは違っておりました、0°側は天側ですので、裏波がしっかりこう、何ですか、垂れるといいますか、形状だったんですが、180°側は地側ですので、そこまで裏波が盛り上がっているような様相ではございませんでした。そういった形状の違いはございますが、その溶接の組織の観点では、特異なものはないと判断しております。

○高須統括監視指導官 はい。分かりました。ありがとうございます。

傷側と、溶接裏波の垂れシロは違うかもしれないけども、TIGの開先（※正しくは、「裏波」）幅8mmで、そのままアーク溶接が始まるまで台形、台形というか四角い状態がそのままつながって溶接されているという理解をすればよろしいでしょうか。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

はい。そのような御理解で結構でございます。

○高須統括監視指導官 はい。ありがとうございます。

○金子審議官 河野さん、お願いします。

○河野主任技術研究調査官 規制庁の河野でございます。

すみません、今の質問といいますか確認に、ちょっと絡むんですけれど、反対側の軸方向の面を、要は裏波を見ておられるということで、そのときのデンドライトというのは、やはり同じように周方向に進んでいるように見えるものなんでしょうか。それとも、そのサンプル管のように軸方向に伸びていたんでしょうか。ちょっとそこを教えてくださいませんか。

○土肥副所長（関西電力） 今の御質問、クレーター部ですか。

○河野主任技術研究調査官 いや、クレーター部じゃない。

○土肥副所長（関西電力） 180°についても同じように周方向にデンドライトのほうを成長してございます。変わりはなかったということでございます。

資料2-3の真ん中といいますか、当該管の右上に、180°側の写真を載せていますけども、これは0°等と比較をいただければ、あまり違いはないということが御確認いただけるかと思えます。

○河野主任技術研究調査官 規制庁の河野です。

了解いたしました。

続いてなんですけれど、前に戻る形になるんですけれど、1-4のページで、鋭敏化について観察されておるといところで、観察結果として溝状と段状という表現をされておるんですけれど、段状でこの右の四つの写真で、上のほうのその組織の形状と、その割れの何ですか、起点の表面、内面・表面の近傍の組織の形状、これを同じような組織と、要は段状、上のほうは何かモザイク状になっていて、下のほうは、そういうんじゃなく、何ですか、結晶そのものが見えるような形状になっているかと思うんですけれど、これも同じような組織、要は溝状の組織だというふうに評価されているんでしょうか。そこを教えてくださいませんか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

いずれも、我々としては段状組織だという判断をしております。結論としては、溝状組織ができるような状況というのは、ステンレス鋼としてクロム濃度が10%を切るような状況になったところが、このような大きな掘れ方をすることが分かっているものでございまして、我々観察した範囲では、かなり強いエッチングをかけても、粒界が掘れてこなかったといところを確認できてございますので、これらに関しては段状組織という判断をしても問題ないだろうというものでございます。

○金子審議官 金子ですけど。

多分、今、河野の質問は、溝と段の違いではなくて、1-4の一番上から四つ並んでいるやつが、先ほどモザイク状と表現されましたけれども、同じ構造の組織でしょうかという質問だと思うんですけれども、それは差があるのかないのかということについての評価はいかがですかということだと思えます。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

どうしてもエッチングのされ方によって見え方は部位によって少し変わってくるんですけど、この四つに関しては同じものだという判断をしております。いずれも鋭敏化の影響はなかったものという判断をしております。

結晶粒のサイズに関しては、若干下のほう、四つ目の下側のほうが粒成長しているというような状況は確認しております。

○金子審議官 結晶粒の大きさの差というのは、この内部と表面部で若干差があるということについては、認識があるということですね。それで河野さん、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。

はい、高須さん。

○高須統括監視指導官 すみません。ちょっと資料は飛ぶんですけど、資料1-2のデータ集のほうでつけていただいています、補足の12というのがあると思うんですけど、これで、こちら、先ほど説明があつて、硬くなっていますよという、入熱によって変わりますというふうなお話があつたんですが、確かに当該管は、このデータを見ても硬くなっているところがありますよねというのが分かるんですが、他方で、今の比較管、これを見ても決して低くないように見えちゃうんですけども、これって、通常、ここだと御説明いただいている母材での硬さが、例えば150から160ぐらいが妥当なところかなと思って。また、溶接されて、硬くなるのは承知はするにしても、当該管と比較管の硬さが、何かそんなに変わらないなというところなんですけど、ここについては何か考察みたいなものはされていいますか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

実際、これを測定したのがマイクロビッカースでの測定結果なので、もともとデータに多少ばらつきを生じさせるという特徴があるんですけど、当該管に関しては、かなり複数の点が350近傍のところにあるという状況でございます。

一方、この比較管に関しては、300に到達するようなところが1点だけございまして、それ以外の領域に関しましては、250から280ぐらいのところではばらついているというデータになってございます。ですので、平均的に全体を見ると、かなり比較管のほうで硬さとしては低いという判断になるかなというところを思っております。

ちなみに、我々も、これ当該管と比較管の硬さに関しては社内でも議論がございまして、我々の意見としては、やはりその比較管のほうでなぜ1点だけ硬くなったのかというところは議論がございました。一つは、考えつくこととしては、すごく一般論になるんですけど、これはマイクロビッカースで10gの荷重で測っているという測定方法でございます。その場合、エッチングせずに測定をしているので、たまたま結晶粒界に当たったとか、あと介在物が近くにある領域に当たったとか、そういった状況のときに硬く出ることがございます。それは測定上、どうしても出るというようなことでございますので、1点だけ300というふうな数字が出ているんですが、それをもって比較管と当該管で硬さが変わらないかという意味では、やはり当該管のほうで明らかに硬くなっているだろうという

のが、我々の理解でございます。

○高須統括監視指導官 規制庁の高須です。

説明ありがとうございます。御説明のそのエッチングでビッカースの格子のおもりが落ちるところの箇所によって差が出る。ただ、その一方で、今日は今説明いただいた2-5のところ、小中大の入熱で、大はこれぐらいの硬さですよとおっしゃっているところと比較しても、何か高いような気がしているんですよ。それは、何でこうなっているんだろうというところが、やっぱり私としては、ちょっと腑に落ちないというところがあります。が一つ。

もう一点なんですけど、これを踏まえて、先ほどの1-7の段面のところでもちょっと、周方向の切断で軸方向を見ているかというお話をさせていただいたかと思うんですけど、これは確かに、溶接部をまたいで、例えばエルボ側と直管側、エルボ側と管台側みたいな、溶接部を横切った硬さの何か測定みたいなことはされていますか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

もう一つのほうの1-2の資料のほうで、溶接部をまたいでという意味では、後ろのほうの補足の⑧というもの。一番後ろから二、三枚めくっていただいたところにある補足⑧という資料。これがHAZ部を溶接部の中まで一応入ってという形の測定結果でございます。反対側の溶接部まで測定しているようなものではないんですけど、こういう測定は一つ、ここに載せさせてもらっています。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

ありがとうございます。私が気にしているのは、この溶接部に入ると軟くなるというのは当然もう知見としてあるので、そうではなくて、もう直接的に言うと、この今のエルボって曲げ管じゃないですか。御社も当然、曲げ管って、冷間曲げとかだと、当然その割れが、今まさにおっしゃっている組織的に治具が左右することによって仰角をSCCというか、加工面のSCCが起きると。これは曲げ管なので、どういう加工方法をされているか分からないんですけど、そういったところの影響って見られていますかというところが、僕の疑問なんですけど。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地です。

その点に関しては、HAZ部から大分離れたところの硬さを測定して、まず担保しているというのが一つございます。HAZ部から離れたところ、熱影響のないところに関しては、ビッカース硬さで150程度ということで、通常のステンレス鋼の十分に溶体化された状態、

加工が残っているような状態にはなっていなかったという確認をさせていただきます。

あと、溶体化条件としても1,060°で溶体化しているということが確認できておりまして、我々も作った最初の当初の材料が悪かったんじゃないかというところは考えていたところでございますので、確認した結果としては、そうではなかったという状況でございます。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

分かりました。私としては、その治具がここの近傍に直接当たったりして、まさに当初推定されていた機械加工でのシンニング加工というプラス、そっちの影響もあるのかなというふうには思っていたんですけど、それはないという。いや、逆に言えば、その逆も測ってれば、そっちも同じような、若干、鍛造品だとかになってしまうから違うのかもしれないんですけど、そういったところも何か見られていらっしゃるのかなと思って質問したまでです。

○寺地リーダー（関西電力） 少しでも補足をさせていただきます。

おっしゃられるとおり、先ほど比較管のほうのエルボのほうは、若干硬いんじゃないかというのが御指摘だったと思います。我々も、その比較管の硬さ、こちらは工場溶接になるんですけど、工場溶接のところは今回モックアップで作ったものよりも多少高いように見えていると。そこは気にして、いろいろ調べました。

で、調べた結果なんですけど、現状やっているTIG溶接というのが、今モックアップで作っているものでございまして、なかなか30年前にやっていた溶接方法をそのまま模擬することができていないんじゃないかというのが議論の内容でございまして、実際、30年前に工場でどのような形で溶接できていたかというところが、我々としてはちょっと最終的に模擬できていないところなのかなという理解をさせていただきます。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

じゃあ分かりました。エルボとしての材料としての何か影響というのは、もう関西電力さんとしては、考察から落としている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） はい。そのとおりでございます。

○金子審議官 今のは考察から落としているというよりは、考えて検証をしたけれども、その影響がここに現れているという見解はお持ちでないということですよ。そういうことでよろしいですよ。

○寺地リーダー（関西電力） はい。

○金子審議官 ほかいかがですか。

河野さん、どうぞ。

○河野主任技術研究調査官 規制庁の河野です。

ちょっと硬さの件でもう一つ教えていただきたいんですが、これは何ページだったかな。要は、シンニング加工をしますと、②-2のところに350の硬さが出るという表現がございまして、これはエルボの内面、簡単に言うと全面、開先の部分全面に、当初はありますという理解でよろしいのでしょうか。

それと、あとは溶接するとそれが一回、軟化するというんですか、軟化して、あとは収縮のときの引っ張りで再度硬くなる。そんなイメージでよろしいのでしょうか。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

今おっしゃられたとおりのイメージで考えてございます。もともとシンニング加工では、当時のシンニングでは硬くなっていたと。その後、熱が入ったことによって、一旦軟化、シンニング加工の影響というものは、ほぼ消失した状態になり、その後、熱影響によって再度硬くなったというのが我々の理解でございます。

○河野主任技術研究調査官 規制庁の河野です。

すみません。説明ありがとうございます。そうしますと、何だろう、軟化する距離というんですかね。それってどのくらいかというデータってお持ちでしょうか。要は350以下になっている範囲というんですか。ということです。

○寺地リーダー（関西電力） 関西電力の寺地でございます。

測定して、前回の資料かどこかには載せていたかと思うんですが、ちょっとすみません、今、すぐに資料が出てこないんですが。もともと、溶接熱影響として少し離れたところに関しては、やはり下がっていくというのがモックアップのデータを中心に確認をしておりますので、少なくとも数ミリ離れたところに関しては、軟化の影響というのは変わってくる。

我々、そのシンニング加工の影響をまず明確に見れているのは、10mm離れたところですね、そういったところは確実に下がっていると。

すみません。資料として、①-20という、1-2の資料のほうの⑩の硬さ計測の結果という①-20というものです。こちらがビッカース硬さ1kgの測定結果になりますので、ちょっと350というような数値とはイメージが変わってくるものにはなるんですけど、これが溶接線の中心から4mmと5mmと6mmというところの距離を測定したのになります。で、数ミ

り離れたところでこの測定結果では、内面からの距離というのが横軸になりますので、内面からの距離を少し入ったところでは、最終的に硬さが200を切ってくるようなところになっているというものが、こちらのデータでございます。

周方向の距離を測ったものも、ちょっと我々持っていたんですけど、今ちょっとお示しできるものはこういうデータでございます。

○河野主任技術研究調査官 規制庁の河野です。

今、御説明いただいた¹-20、これは、要は内表面そのものじゃなくて、内表面から0.5mm入ったところで230強ぐらいの硬さですよということですよ。要は、内表面から発生というものを考えた場合に、350ってどの辺から、その350になっているのかというほうをちょっと、確認したかったんです。

○寺地リーダー（関西電力） 御質問ありがとうございます。関西電力の寺地です。

申し訳ないです。今、すぐにちょっとデータが手元から出てこないの、数ミリの範囲でかなり硬くなっているというのが、今、現状すぐにお答えできる範囲なので、後日ちょっと、もう一度調査した結果に関しては、すぐに送付できると思いますので、確認させていただきたいと思います。

○堤副センター長（三菱重工業） 三菱重工、堤でございます。

手元の資料、後ほどお出しするんですが、今、亀裂のところから3mm程度離れたところだと、表面でシンニングの影響と思われる、硬さが350を超えているような値を取得しています。ですから、裏波の境界から3mmぐらい行けば、シンニングの影響は残っていると。で、その間を、亀裂の近傍から3mmの間をあまり密には取っておりませんので、そこをどこでそれが消失しているかと。どこまで近くなるとなまされているかというのは、ちょっとあるデータでまたお示ししたいと思います。

○河野主任技術研究調査官 規制庁の河野です。

要は発生の、何ていうんですかね、起点を考えていく上で非常に大事なデータかなと思いますので、後で御提示のほうをお願いいたします。

○金子審議官 よろしいですかね。

恐らく今の話は、資料1-2の今、¹-19というページが一番亀裂に近いところを取っていただいているものがあり、¹-20というのは、それよりもうちょっと遠くなるんだけど表面になっていないので、うまく表されていないから、要するに¹-19のこの外側に伸ばしていただいたやつをきつとデータとしては共有、もしいただけるようであれば、明確にな

るということだと思いますけど、そういう理解でよろしいですかね。

ほかにございますか。確認事項が特に追加でなければ、解釈の適否というか、あるいは、ちょっと疑問とか。先ほど高須さんから少し、これとこれが同じ、同じじゃないや、有意な差があるのだろうかということについては、今の補足の⑫のところですかね、についてちょっと見解がありましたけれども、そういった点で何か御疑問の点とか、そういう理解をするに十分なデータではないのではないかというようなことも含めて、もしあれば御指摘いただければと思いますけど。

はい。河野さん。

○河野主任技術研究調査官 今のあれと違うかもしれないけれど、溶接、入熱の関係でちょっと、2-7なんですけれど、この100Aの配管というのも当時は2名で溶接するというのが、要はこれは三菱重工の標準みたいなものなんでしょうか。要は100Aぐらいだったら一人でやるのかなという感覚でちょっといたものでですね。

○小口主幹技師（三菱重工業） 三菱重工の小口でございます。

2名でやるのが標準というわけではございません。1人でやる場合もありますし、2名でやる場合もありますが、当該管につきましては、現地でのその場所での作業の施工性、あるいはペアリングでやるということもありましたので、そういう意味で2名とありましたが、当該管にしたら2名ですけども、全て標準で、1/4インチ管をやっているというわけではございません。

○河野主任技術研究調査官 規制庁、河野です。

承知しました。

それで、もう一つなんですけれど、あとはもうこれは推測でしかないんでしょうけれど、割れたところの部位の溶接というのは、要はベテランがやっていたのか、本当に、まだ経験の浅い方がやっていたのかというのは、これは明確に、推測でしか分からないという理解でよろしいんでしょうか。

○小口主幹技師（三菱重工業） 三菱重工の小口です。

当該管は、初層溶接を2名でやっております、この部分は溶接記録に2名の名前が書いてございます。したがって、ちょっと分担した範囲が不明ではありますが、若手とベテランが2名で半分ずつやったなり、ある領域に関与してやったということで、一人で全部やったりということはございません。

○河野主任技術研究調査官 河野です。

今の御説明は納得いたしました。

そうすると、ここに書かれている丁寧かつ慎重に溶接を行ったというのが、これは新人だからとかそういう話じゃなく、何というんですか、ベテランの方でもこういうことをやるということになるというふうに考えておられますか。

○小口主幹技師（三菱重工業） 三菱重工の小口です。

はい。そうです。二層目以降はアーク溶接でやるということですね。アーク溶接が運棒とか電流が高くなりますと、初層溶接を溶け落とすようなことがありますので、現地にしては、より慎重にやるという傾向がございまして、ベテランであってもそういうやや太めのビードをつけることがございますし、ペアリングでやっていたということで、同じようなことを指導しながらやったというふうに推察されますので、こういうビードが経験に年数にかかわらず作るということはあることだと理解しています。

○河野主任技術研究調査官 規制庁、河野です。

承知しました。

○金子審議官 ほかいかがでしょうか。よろしいですかね。

ちょっと私から1点。先ほども少し確認の対象になった部分なのですが、この資料1-2の補足の⑫という一番最後のページの亀裂のあった部分と、それから同じパイプがつながっている部分の、サンプルの比較管というふうにしていただいている部分の硬さの測定の結果の解釈とか理解、受け止めなんですけれども。寺地さんもおっしゃっていたように、これもマイクロビッカースでばらつきがありますというお話を大前提としてされましたということと、それから、さらに高い値があったところというのは、もしかするとその金属介在物とか、粒界とかにその測定点があたまたま当たったことによって出たものかもしれませんというような解釈もありましたが、逆に言うと、そうでない可能性はもちろんあるわけですが、それに対する何ていうんですかね、検証というのは、多分、もうデータをたくさん取って、統計的に物を考えるしかないのだと思いますけれども。したがって、その説明で多分、この差が生まれていますという、この差がちゃんと説明できますというのは、ちょっと、私はよく分からないなという感じがするのです。

かつ、先ほどの資料1-1のほうの、どれだっけな、硬さが並んでいたやつは、2-5というページのところの、モックアップを作られてやってみられたものの、硬さ測定をされると、割と入熱の大きいものについても、それなりに幅を持って、当然ですけど、測定がなされており、全体の傾向としては上がっていくんでしようということだと思いますけれど

も。先ほど高須も申し上げましたけれども、今、大と書いてある部分の入熱のものの平均値というか全体としての分布との関係でも、この比較管というサンプルの管のほうやっぱり高く、そのように見れば見えるなという感じがあると、やはり、この当該管に近い状況の溶接に近いものが行われていたのかなというような印象も受けるのですね。

ですから、ここら辺のこの当該管、亀裂のあったものと、この比較管というものと、さて、これからやるものというのは、どういう違いが実際にあって、それがどのように説明できて、あるいは説明できなくて、同じだと考えなきゃいけないのかというところは、結構大きな論点だというふうに、私自身は思っております。そのことが、これから後で御説明していただく、対策をどこまで考えていかなきゃいけないのかということに直結するので、ここについては、ちょっとこれをどんどん突っ込んでいくことがいいのか、先ほど言ったように、測定をすればするほど精度が本当に上がるものなのかどうかというのも分かりませんし、過去の溶接のものが実際にどのように溶接をされたかは、先ほどの記録以上には、恐らく突っ込むことができないのでしょうから、それをどこまでやって、この違いの差を明確にしていくのか、あるいは、それが説得的になるのかということとのバランスで、ちょっとよく考えないといけないことをここは含んでいるんだろうなというふうに見ております。

したがって、ちょっとその認識を、ぜひ共有をさせていただいた上で、今後どのような対策を講じなきゃいけないというふうに考えるのかというのは、議論をさせていただければというふうに思っています。そういうちょっと認識があるということをお伝えをして、その先に進めさせていただければと思います。

今みたいな観点で、うちのほうから何か付け加えることはありませんか。よろしいですか。

それでは、この資料1-1の②までのところは、今の確認と問題意識の共有をさせていただいたということで、③の対策のところについて、また継続で御説明をいただけますでしょうか。

○土肥副所長（関西電力） 関西電力、土肥でございます。

それでは対策について御説明のほうをさせていただきます。

③-1でございます。今回、対策ですけれども、二つ、考えてございます。一つ目が、配管の取替えということと、二つ目が検査の強化ということでございます。

対策1の配管の取替えでございますが、一つ目の矢羽根で、当該指示範囲を含んだ範囲

について、同材料同使用の配管に取り替えるということを予定してございます。

二つ目の矢羽根で、取替えに当たりましては、同条件のモックアップの試験の結果、現在の溶接条件の中で考えるに入熱では、表面近傍の硬さをSCC発生の知見のある値である300HV以下に抑えられるということが確認されていますので、現在の溶接条件をしっかりと守るということを要求するということに加えて、まさに確実にするということで硬さに影響を与える入熱量を管理強化するということを考えてございます。

その下に、具体的にどう管理するかというところを記載しております。で、結論から言うと入熱量の上限値を設定するという事なんですが、これも配管サイズによって変わってきますので、例えば1/4インチ配管であれば、記載のような値を上限として設けるということを考えております。

その下ですけれども、実際、この上限値で溶接できるように、事前にトレーニングをしっかりとやって、入熱上限値を超えない溶接施工技能を有するということを確認するということを考えております。

さらに、現地で溶接する前にTBM等で溶接入熱を大きくしたときに、SCCの可能性があるというようなところを注意点として、再度確認して溶接をするということを考えてございます。

それから、一番下ですが、今回の事象とは直接関係しないと思っておりますが、開先加工のためのシンニング加工においては、シンニング加工に伴う表層の硬化によるSCCというのも懸念されるので、硬化層が形成されにくい加工法または応力低減のバフ加工を用いるということを考えてございます。こちらが対策1になります。

対策2については、日下のほうから御説明させていただきます。

○日下部長（関西電力） 関西電力の日下でございます。

それでは、3-2のほうをよろしく申し上げます。今回の事象を踏まえた水平展開としまして、今後以下の考え方で検査を強化していきたいというふうに考えてございます。

まず、今回の類似箇所としまして、当社7プラントにおきまして約70か所について検査を行い、問題のないことを確認してございます。

それと、ポツの二つ目になりますけれども、今後の施工では、先ほど1-3でも御説明しましたように、溶接条件の厳格な遵守を要求してまいりますけれども、今回は硬さの傾向はつかめたものの再現ができなかったと。当該事象が十分に解明できていない部分もございまして、供用期間中検査でのUTの対象を増やすことで、SCCに対する検査の強化を図っ

ていきたいというふうに考えてございます。

検査の強化に向け、維持規格においてUTが要求されている配管のうち、応力腐食割れが発生・進展する可能性のある箇所に加えまして、現地の手動溶接や板厚の裕度の観点からも抽出していきます。

このように、抽出した部位の概算の数を、箇所数を右下の表に記載してはいますが、検査に当たりましては、検査員の被ばく等を考慮しまして、優先順位をつけて3定検、至近定検に3定検以内ほどで一度検査を行い、健全性を確認したいというふうに考えています。

具体的な抽出は、左側のフロートになります。対象はISIにおいてUT対象となっておりまして、まず最初に通常の運転温度が200℃以上を対象とすると。これは資料1-2のほうにちょっとすみません、飛んでいただきまして、後ろから見ていただいたほうがよろしいかと思っておりますけど、後ろから数枚目のところに、右上補足⑩-2という資料があると思っておりますけれども、⑩-2です。すみません。

SCC発生・進展に係るデータ集の2/4ですね。ちょっとこれを御覧ください。これを見ていただきますと、一つ目の矢印で、これまでの研究におきまして、PWR環境中のSCC亀裂進展速度の温度の依存性を検証してございまして、図1のとおり、図1を見ていただきますと、この横軸200℃でも、200℃での進展速度はこの赤枠で囲っている部分ですが、ここは硬度300HVの場合、直線が2本あると思っておりますけれども、この上側の線が300HVの直線になりますけれども、これで、この200℃で大体10年で2mm程度、進むというふうに考えてございます。

配管の硬さにつきましては、今回の事象の発生箇所のように、ごく表層では300HVを超える硬さが生じる可能性がございまして、一方、配管内におきましては、当該箇所においても、250HVを下回る硬さであるということを確認してございます。したがって、温度200℃未満におきましては、仮にSCCが発生した場合でも進展量は小さいと考えますので、元の資料に戻っていただきまして、このフローの右のほうに流れていきまして、これまでのISIの計画で管理していくということで考えてございます。

次に、応力改善でございまして、これも先ほどの、また資料が飛んでばかりで申し訳ございません。先ほどの資料の今度は右肩⑩-3のほうをよろしく申し上げます。

ここに応力改善による残留応力の改善と記載してございまして、表面にバフ研磨やピーニングを行うことで、表面の残留応力は引張りから圧縮方向へ改善できるというこ

とを確認してございます。SCCは、引張り残留応力環境下で生じますので、この応力改善を実施している箇所は、この先ほどと同じように、また元の資料に戻っていただきまして、その右側のほうに流れていくと。従来の計画で管理していくということで考えてございます。

次に、ターミナルエンドでございますけれども、次のひし形のターミナルエンドでございますが、これも①-9で御説明しましたように、今回の割れが発生した当該部位の構造的特徴でもございます。また、この部分は運転時に発生する応力を踏まえ、ISIにおきましても優先的に選定している部位でございますので、今回の水平展開でもターミナルエンドというものを抽出することといたしました。

今、御説明したこの縦のフローは、一部の研究の成果を含んではございますけれども、今回の事象に対しまして、事実として分かっていることのうち、SCCに対し影響したと考えられる事項を基に、対象を抽出していただいております。

続きまして、このターミナルエンドのほうから右側のほうにフローが流れていきますけれども、こちらのほうでは、本事象発生の溶接の特異等を考慮して、広く確認しておくべきということで対象を抽出してございます。まず、今回の事象は、大きな入熱で溶接された材料が著しく硬化したことによるものと推定してございまして、施工性の観点で工場溶接にも入熱が大きくなりやすく、その結果、硬くなる可能性のある現地溶接、箇所の抽出をまず行おうと。

また、仮にUTの検出限界の欠陥が存在した場合の残りの板厚の観点も考慮してございます。この板厚の誘導につきましては、また先ほどの補足資料の⑩の今度は4を見ていただきたいんですけれども、ここに、この表で、それぞれの表の一番右側にUT検出時に T_{sr} 、必要最小板厚に至るまでの残厚ということで記載してございますけれども、口径6インチ、4インチと6インチにつきましては、この T_{sr} に至るまでの残りの板厚が比較的小さいということ踏まえまして、これらの配管を優先的に検査対象に加えたいというふうに考えてございます。

なお、検査対象は取替え実績のある配管に比べ、よりSCCの発現の可能性が高いと考えられる取替えを実施していない配管というものを抽出したいというふうに考えてございます。

そして最後に、この3-2の一番下の結論の矢印の二つ目ですけれども、このように抽出した対象箇所を、一度実施した検査の結果や、それから研究等による知見拡充結果等も踏

まえまして検査対象箇所、それから検査間隔等を設定し、供用期間中検査の計画へ反映し、応力腐食割れに対する検査の強化を図っていきたいというふうに考えてございます。

御説明は、以上です。

○金子審議官 ありがとうございます。

それでは、まず、事実関係の確認なりというところからいって、議論があまり行ったり来たりしないようにできればと思いますので、御説明いただいた内容で、まずは確認なり御質問なりということがあることから、御発言いただければと思いますけども。

はい。河野さん。

○河野主任技術研究調査官 確認なのですが、最後のページのずっと下りてきて、さっき言われたターミナルエンドではどうかというところで、現地手動溶接という表現がございしますが、手動溶接ってどういう、要は今回、TIG溶接、初層TIGは手動という理解なんでしょうか。ちょっとその辺の手動溶接の定義は、いかがなものか御説明いただけますか。

○小口主幹技師（三菱重工業） 三菱重工の小口です。

ここで言っています手動溶接ですけども、配管の裏波を出す溶接では、TIG溶接でやっております。しかも手動でやっていますので、ここで言うのは、現地のTIGの手動溶接ということです。そういうことであります。

以上です。

○河野主任技術研究調査官 すみません。河野です。

初層は現状、何というんですか、自動でやるような初層というのはあるんでしょうか。それとも今でも、全て手の初層TIG溶接なんでしょうか。

○小口主幹技師（三菱重工業） 全てと言いますと、工場も含めてとなりますと、工場では自動溶接で初層をやる場合もございます。原則は、現地は手動でやっております。装置の段取りとか、そういう寸法制約、諸々の条件がありますので、現地は、原則手動でやっております。ただ、過去において全てかというのと、そういうわけではございませんが、基本、手動溶接でやっております。

○河野主任技術研究調査官 はい。了解いたしました。

それともう一つ。あと、ちょっと幾つかあるんですけど。スクリーニングの最初のところで、200℃以上かというのに対して、アスタリスク1のところ系統が幾つか、五つほど挙げているんですけど、200℃以上となると、これはみんな入るんでしょうか。これで一気にすんと落ちちるのがあるんでしょうか。それが一つ。

それと、応力改善を実施しているかいないかということなんですけれど、こちらの配管で応力改善というのができるもの、要は、一時冷却材をやっているというのは理解しているんですけれど、こちらの配管でもやっているものがあるのかどうかというのを教えてくださいいただけますか。

○日下部長（関西電力） 関西電力の日下でございます。

まず一つ目ですけれども、この*1の系統で、全てすんと落ちるような系統はないというふうに考えてございます。少なくともRCSバウンダリの範囲ぐらひは入ってくると思いますので、このうちの系統が全部なくなるということはないというふうに考えてございます。

それから、二つ目の応力改善でございますけれども、当該部につきましては、応力改善はできない、場所の制約といいますか、口径もありますので、後からやるものになると考えていますので、この部分は実施できないというふうに考えてございます。

以上です。

○河野主任技術研究調査官 そうしますと、このスクリーニングの中で、最初に挙げられたその系統というのは、みんな対象になるという理解でよろしいですね。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永でございます。

御認識のとおりでございます。

○河野主任技術研究調査官 はい。了解いたしました。

○金子審議官 はい。中田さん、どうぞ。

○中田上席原子力専門官 規制庁の中田です。

まず配管の取替えについてお伺いします。今回、配管取替え範囲を約5mという形で指示してくださっていますけれども、こちらの範囲のみ交換したという、この根拠はどこから来るものでしょうか。

○金子審議官 よろしいですか。この3-1のページの取替え範囲5mの範囲を決定した理由は何かございますかという質問です。

○土肥副所長（関西電力） 現地の施工性を見て、この範囲を決めました、取替え範囲として。要は、管台を追い込むので、それで配管がずれていくので、XYZのその逃がしを考えると、この5m分を取って取り替えないといけないということで決めております。

○中田上席原子力専門官 規制庁の中田です。

分かりました。

それから、検査の強化の部分でお聞きさせてください。まず、このフローチャートのひし形の一番上のところに、対象がまず記載されていると思いますけども、1次系水質環境にある主要系統の配管・機器のうち、ISIにおいてUT対象となっているオーステナイト系ステンレス鋼の溶接部と。こちらにつきましては、UT対象というのは、いわゆる供用期間中検査でUT対象としているところは、異種、定点サンプリングをしていて、実際に対象としていない部分もあろうかと思いますが、今回のこのフローで流すに当たっては、UT、維持規格で要求されている全ての継手が、まずこの四角の枠に入ってくるということによりましょうか。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永でございます。

御認識のとおりでして、ここで申しておりますISIにおいて、UT対象というものは定点を指すものではなく、定点を選ぶ前の母数の形で体積検査の対象となっているもの全てを指しているというふうに考えてございます。

○中田上席原子力専門官 規制庁、中田です。

分かりました。ありがとうございます。

そしたら、最後の質問をさせてください。このフローチャートにターミナルエンドという項目があって、イエスかノーかという分岐点がありますが、こちらは資料11-9ページのところで、ターミナルエンド部というのは、ほかの溶接部と比べると比較的大きな応力が発生する箇所だということで選定してくださっているのだと思いますが、そこに書いてある、いわゆる通常運転時の発生圧力100MPaと、残留応力約200MPaというのは、必ずしもターミナルエンド部に係る応力ではないと思っています。したがって、そのターミナルエンド部がこのフローで落とせるという、いわゆる客観的なある程度、そのターミナルエンド部が大きな応力を受けるんだということは、評価されているんでしょうか。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永でございます。

ターミナルエンド部が指示点として、拘束点として一般的に発生応力が高くなるということで、これはISIの中でも定点として優先的に選定しているという部分で、まず選んだものでございますけれども、各溶接部位におきまして、発生応力を評価・解析しておりますと、やはりターミナルエンド部、その周辺は、比較的高い応力になるということは確認してございます。

以上です。

○中田上席原子力専門官 規制庁、中田です。

了解いたしました。

○金子審議官 はい。森田さん。

○森田主任原子力専門検査官 原子力規制庁、専門検査部門の森田です。

資料1-2のほうで、ちょっと、意味だけ確認させてください。補足⑩-4なんですけども、矢羽根の三つ目、「また」以降で「取替え実績のある箇所については」ということで御説明があるんですが、その後ろの、すみません、SCCの発現まで余裕があるという、この発現という意味を教えてくださいたいんです。発生のことをおっしゃっているのか、それとも発生してそれが検出できる状態にあるということをおっしゃっているのか、その意味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。

どちらも意味を含んでおりまして、発生するまでの期間、それから、ここではUT検出限界と記載しておりますけれども、そこに至るまでの期間、どちらも取り替えていないもののほうが比較的厳しい状況にあるというふうに判断してございます。

○森田主任原子力専門検査官 原子力規制庁、森田です。

意味は分かりました。ありがとうございます。

○金子審議官 はい。ほかに。河野さん。

○河野主任技術研究調査官 すみません。このページで、コメントになるかもしれないんですけど。4Bの13.5mmの板厚の検出限界が2.8で、それより厚いほうが小さくなっているという表現を今されているんですけど、何が言いたいかという、この限界という言葉が、使い方が正しいかどうかの問題です。何か後ろのほうで、残り厚さが、残厚が2.5mmですよというところになるんですけど、一般的に薄いほうが検出能力が高いというところがあります。要はUTS、昔の国プロのいいとこ取りという言い方は悪いんですけど、解釈を間違っておられませんかということをおコメントさせていただきます。

○金子審議官 意味がキャッチされましたか。私はキャッチできなかったんですけど、もう一回丁寧に説明していただけますか。

○河野主任技術研究調査官 はい。今、ここで4B管の板厚が13.5mmですと。6B、12B、14Bに行くに従って板厚のほうは厚くなっていきます。基本、超音波の考え方からいくと厚いほうが取りにくい、薄いほうが取りやすい、検出しやすい。これでいくと限界が、4Bの薄いのが2.8mmよりの小さいのは取れませんよという限界ですので、そういう表現になっているわけですね。

それに対して、もっと板厚の厚いほうが小さい値まで取れますよという表現をされているということで、要はこの限界の考え方が違うんじゃないかということです。

確認はしました。2.8mmがここに上がってきている理由として、5チームが測定して、全チームが測定できたのが2.8だと。もっと小さいやつ、要は1.3mmでも5チーム中4チームが測定しているというような結果もあります。したがって、ここに2.8を13.5の限界という表現するのは、ちょっと間違っていますねというコメントです。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永でございます。

ここでUT検査限界深さを書かせていただきましたのは、各口径の配管に対して、この検出限界の亀裂を仮に確認したと、検出したといった際に、残りの残厚が幾つあるかというような計算をしたものでございまして、検出限界につきましては御指摘いただいたとおりの理解をしております。

○河野主任技術研究調査官 要は、何というんですか、公の紙にこういう表現され、出て独り歩きすると、非常に違う理解で取られる可能性があるので、注意していただければと。

この先、多分、長さ測定をするときにも、2.8mmという表現を使われていたかと思うんですけど、その考察をされるときにも、十分注意していただければというふうに考えております。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永です。

承知しました。ありがとうございます。

○金子審議官 金子ですけれども。

河野さん、今の御指摘は、もしそうだとすると、この計算をすることには意味がないのではないかという御指摘をされたように私には聞こえるんですけども、そういう趣旨ですか。

○河野主任技術研究調査官 どちらにいたしましても、4B、6Bの元厚が薄いですので、欠陥が発生すれば早く貫通といいますか、何%ですかね、許容厚を割ってしまうというだけの話ですよということなんです。

○金子審議官 いや、ですから、私と河野さんで議論してはいけないかもしれないんですけど、この⑩-4の一番右側の欄に、一応その残厚というふうに評価をされた厚さが出ていて、これが小さいものは検査の対象にしましょうということになっていて、逆に12B、14Bは検査の対象としなくていいですとなっているんですけど、この厚さの値に意味がないのであれば、全部対象にしなきゃいけないという理屈になるんじゃないかと私は思ったんで

すけど、そうじゃないんですか。

○河野主任技術研究調査官 言われるとおりにかと思えます。要は、何年間運転できるかという問題で、至近に4B、6Bをまずやって、問題があるようならば厚いほうにまでちゃんと広げてスクリーニングして、検査していく必要があるのかなというふうに考えております。

○金子審議官 ただ、河野さんおっしゃったように、UTの検出限界というか、その検出の感度と言ったらいいんでしょうか。あるいは、きちんと確認できるのは、厚いもののほうが確認しにくいというふうにおっしゃっていたということとの関係で考えると、より太い管のほうは、不確定性を持っているわけですね。

○河野主任技術研究調査官 規制庁、河野です。

こちらに書かれているように1.7mmというのが、要は5チームやって、5種類の試験をやって、5種類ともみんな見つけた大きさの一番小さいのが1.7mmだったということですので、1.7mmと1.3mmを比べれば、ないし1.4mmを比べれば、さほど大差はないと思っております。あとは超音波の中身の話になっちゃうんですけど、周波数、何というか波長の問題から考えると、大体こんなものかなというところですよ。さほど倍半分とかではなくて、そのオーダーが違うとかという話じゃありませんので、厚いほうはそれなりに余裕があるというふうに考えております。

○金子審議官 という御説明を伺うと、この検出限界深さというのを取らなかったとしても、結局、この残厚というのは、ほぼこのもともとの板厚の順番になるので、薄いものから順番に優先順位をつけて検査をするという考え方には、一定の妥当性があるだろうというふうに考えておられるということでしょうかね。

○河野主任技術研究調査官 河野です。

はい。そのとおりに考えております。

○金子審議官 ですから、真ん中に線を引くということの数字に根拠があるわけではないけれども、そういう順番にはなるのでしょうかという理解が、多分共有されたのかなと思います。すみません。私が理解できなくて、ちょっと議論を混ぜ返してしまいました。

ほかにございますか。

はい、高須さん。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

対策1の配管の取替えのほうで確認をしたいことがあります。入熱量の管理ということで上限値を設定するというふうにおっしゃっていると。一般的に現場で作業をするときに、

上限値というふうに紙ではこう書かれているんですが、実際に何をどういった具合で管理しようというふうに考えられているのかというところがあれば、教えてください。

○小口主幹技師（三菱重工業） 三菱重工、小口です。

入熱は電流、電圧、速度で決まります。御存じかと思いますが。そこで実際管理をしようとしていますのは、電流とそれに対する溶接速度、電圧はそれに応じて、ほぼ従属的に決まりますので、電流で速度を管理すれば、入熱は達成できるだろうと。そのために工場と同じサイズのモックアップ材を用意しまして、それで訓練する。そこで入熱を守らないということができるかという試験をします。具体的には、そういう管理を訓練要領なり、判定する要領を決めまして、それで運用しようとして現在考えております。詳細はこれからですけれども、今そういうふうな管理を考えております。

○高須統括監視指導官 分かりました。項目的には、一般論としてそんな項目が管理されるんだろうなと思っているんですが、一方で、今おっしゃった速度だとか、電流はある程度、補助者、ある意味、溶接士1人でこれが本当に管理できるのかというのは、僕の疑問なんですけど。

○小口主幹技師（三菱重工業） 三菱重工、小口です。

電流を決めて溶接士がどういう速度でやるかとか、好みの電流でどう溶かしていくかというのは、工事によるある程度慣れなり、そのやり方はございます。ただ、電流を決めれば、それに応じた速度でやりますし、基本的には固定管を溶接する裏波の有資格者でございますので、そういう人がこれぐらいの目安の速度でやるんだよということを事前にトレーニングすれば、それは達成できると考えますし、まずはないとは思いますが、もしその訓練でそれができないようであれば、それは工事のメンバーから外すなり、そういうことを考えますので、その辺は問題ないと考えております。

○高須統括監視指導官 分かりました。言葉の揚げ足を取るわけではないんですけど、基本的にとかというふうに言われると、今まさに当時の溶接有資格者がそれなりの技量を持った方が溶接をされている。若い、経験のあるというのはあるかもしれませんが、現実的にそういうことが起きている事実もあり、そうなる、僕は、管理するというところが具体的にしっかりしないといけないのかなというふうに思います。まさに原因が、先ほどから確認させていただきましたけど、ほぼほぼ溶接だというふうに推定されているということをもって言えば、ここが一番次を工事されるときのすごいポイントになるところかなと思っておりますので、ここについては何らかの形でお示しをいただかないといけないのか、

我々になるのか、次の工事をする際の説明になるのかは分かりませんが、そういうふうにならんとそういう管理をするということは、何らかのところで説明いただく必要があるかなと思います。

○土肥副所長（関西電力） 承知いたしました。

ちょっと補足というか、誤解をされていないかというところで申し上げたいんですけども、まず、入熱管理のほうは現地でするものではなくて、まず、現地の溶接前、要はトレーニングで担保するというものでございます。その際は溶接士と、あと速度を計るものがおって、そこで入熱が本当に条件を満たしているかというところをしっかりと確認してやると。現地では、時間を計ると、まず計る人が増えると。そうすると、例えば、線量が高いところ、当該部もそうですけれども、被ばくするという話と、あとタイムプレッシャーのほかに、ほかの要因、労働安全面とか、溶込み不良も心配なんですけども、そういったところもあるので、現地は、要はしっかりと管理された、トレーニングされた溶接士が来るということでもって担保をするということを考えてございます。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

分かりました。工場ですっかりトレーニングをするというのは、当然そうなんだと思います。

一方で、実作業をするのは現地なので、そのトレーニングした工場と実作業のその場所が違うことに対する影響の確認というのは、何らかで担保していかないと、それはきちんとしたものができているかどうかというのは、関西電力さんも確認される必要があるのかなと思いますので、そこはどういうふうにするんだということはきっちり検討していただきたいと思います。

○土肥副所長（関西電力） 承知いたしました。

○金子審議官 今の高須のコメントに関係があるので、金子からも1点、お願いというか、検討していただきたいのは、今、これは入熱の量の話を中心に考えているから、このようになっているのは理解をしながら、一方で、そこには先ほどのように決め手があるかどうかというのは、実はよく分からないところがあって、当然のことながら、溶接にはいろんなパラメータが存在しており、素材の種類から何から、そういうプリミティブなことから、もう少しいろんな細かな設定の話があるのだと思いますけれども、そういう意味でコントロールしなければいけない条件とかパラメータというのは、きっとたくさんあるのだと思います。それで再現性をしっかりと確保しようというのが目的だと思いますので、入

熱量の管理以外にも、こういう点はちゃんと一定の幅に入るように管理をした上でトレーニングをして、それが再現されるような形にするということは、一般的な意味でとても大事だと思いますので、そこら辺も含めて、今の御検討される際にはやっていただく必要があるんじゃないかなというふうに思っております。

○土肥副所長（関西電力） 承知いたしました。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

引き続き、対策2の検査の強化というところなんですけど、先ほど来、当方のほうからいろいろ質問をさせていただいています。幾らか私も何点か疑問というか、確認したいことがあるんですけど、まず、「至近数定検で1度検査を実施」という、この至近の数定検で1度検査を行うということの考え方を、もう一度御説明いただけますか。私の疑問は、まだ見ていない配管がありますよねと、溶接部がありますよねと。今、その溶接部に仮に、ないかもしれませんが、傷が起きていたとした場合に、それはどういうことで至近で対応できるのかと。サイズ感も分かっていない、何も分かっていない状況のものが目の前にあるにもかかわらず、至近の定検で1度実施ということの考え方を確認したいと思えます。

○日下部長（関西電力） 関西電力の日下です。

まず、この箇所を一度に全部することは、被ばくとかの観点から検査員の方も限られていますので、全部することはできない、なかなか難しいというふうに考えてございまして、それならば、優先順位をつけてやるということを進めていきたいというふうに考えています。その優先順位をどう考えるかにつきましては、説明してございますように、発生応力が当然厳しいもののほうからやっていきますし、それから、既に抽出されたものの中、これまでISIで見ているもの、見てきたものにつきましては、この3定検のうちの後ろのほうに持っていくことができるのかなということを考えて上で、優先順位というものを決めていきたいというふうに今考えてございます。

以上です。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

お考えは分かりました。作業環境等から一気に全部できないということはあるんでしょうと。

ただ、一方で、今、前段で資料の1と2で御説明いただいたように、こうであろうという原因がほぼほぼ溶接部ですかねと。先ほど来、私も確認させていただきましたが、溶接

部、溶接の影響がそうなのでしょうねと。けれども、記録では考えられない溶接になっている可能性はありますと。そうしたときに、今おっしゃっている、そういった溶接部がほかにあるのかなのか、この分からない状態をどういうふうにやっていくんだというところの説明がないように、それが作業環境なのでとかというところの一言で対応できるものなのかどうかというところなんですけれども。

○日下部長（関西電力） 関西電力の日下です。

まず、今回の大飯3号で発生した当該部につきましては、やはり、発生応力が比較的大きいところで発生しているというふうに考えていますので、まず、そういう高いところから見ていけば、仮に発生していたとしても、厳しいところから発生しているというふうに考えていますので、そういう優先順位をつけてやっていけば大丈夫かというふうに考えてございます。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

今、部位をターミナルエンドに特定、そういう応力が、確かに一般論としてはそうなんだと思うんです。でも、もう今となつては、溶接が影響するんですよと。そこにかかっている応力云々の前に、もう既に溶接により硬くなって応力がかかっているという前提があるじゃないですか。それが、ここのひし形にターミナルエンドかと書いていること自体を私もちょっと疑問なんですけど、その部位をこういう形状、拘束点だとか何とかで分けてしまう。まさに前回、前々回で実際に配管を切ったときに、数ミリしか動いていませんと。運転時の応力に比べて、そんなにかかっていませんみたいな御説明もされている中で、ターミナルエンドという特異性があるないということで本当に切れるのかというところが一つ。

もう一つ言いますと、隣の右側に、現地手動溶接かというひし形もあります。これも先ほど来、言いましたけど、現地溶接の硬さと工場溶接の硬さというのはそんなに変わっていませんよねと。そんなにあまり変わっていないところを、本当にこれは差別できますかというところも、ちょっと気になっています。

○決得部長（関西電力） 関西電力の決得でございます。

高須統括の御心配、ごもっともだと思っております。ちょっと細かく言いますと、3定検といいましたけれども、当然のことながら、1定検で終えるプラントもあれば、長いプラントでいくと3定検になるといったところがございまして、実際のところではいきますと、大飯の3号、これは起こったプラントにつきましては、もう既に我々、シンニングと思っ

ていたときに、シンニングの危なそうなところを調べております。高浜、大飯3・4号機ともシンニングで危ないところは調べておりまして、そこと今回の抽出箇所が一部重複しておりますので、ここに書いている箇所の半数ぐらいは既にもう検査が終わっておりますので、当該プラントとまさに兄弟プラントである大飯の4号につきましては、溶接士が同じとか、いろいろな条件が重なる、悪条件が重なるリスクもございますので、ここはもう至近定検で仕上げたいなというのは、社内の中で検討しているような状況です。

ただ、一方、高浜なんかもそうなんですけども、50か所あるところを1回の定検でやるとなったら、被ばくの観点で非常に難しくなってしまうので、この数ですら2定検、もしくは3定検になるかなと。できるだけ早くには、今止まっているプラントが全部止まっておりますので、今回の中でやりたいんですけども、やはり2定検、3定検になるプラントが出てくるというような状況でございます。

先ほど、日下が申し上げたとおり、当然のことながら、調べる順番というのは一番リスクの高いところから、寿命の短い3B、4Bも含めてリスクの高いところから調べていって、何かあれば、また、そこで立ち止まって考える必要があるかなというふうに考えております。ですから、今、ここで書かれている270か所といった数を、プラントによっては、今、止まっている定検でやりますし、プラントによっては2回、3回と分けてさせていただきたいというふうに考えている次第です。

○金子審議官　ちょっと高須も言いにくいかもしれないので、今のお話を聞くと、私は疑問がありまして、そもそも高須の指摘にもありましたけれども、その優先順位が本当に優先順位として意味のある優先順位なんだろうかとというのが、仕分をする差があるのかというのが、そもそも先ほど来の起きた事象の分析との関係で、疑問がありますというふうに申し上げていると思っています。私も疑問があります。

それから、もう一つは、検査員の被ばくとおっしゃいますけど、それは検査員は被ばくさせたくないですよ。だから、無理にやらないでくださいと。でも、それで動かしていいということにならないですよ、それはどう考えても。心配があるなら。それは心配がないから、1回置いても大丈夫なんです。2回置いても大丈夫なんですとっていただく必要は必ずあると思います。それは優先順位が低いからいいんですということには絶対ならないと思いますので、その点は安全に責任を持っている事業者としておかしいんじゃないかなというのが私の感覚です。そこは見解の差かもしれませんが、しっかりやっていたかかないと、心配のあるものを大丈夫ですと言われても、なかなかそれを飲み込むわけ

にはいかないなというふうに思っています。

ほかにございますか。

○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。

まとめられてしまったので、追加でお話ししづらいんですけども、資料1-1の3-2の今の検査の強化のところで、最後の*6のところ取替え実績のない溶接部については抽出するというお話があって、さっき資料1-2側のほうでも少し意味を質問させてもらったとおりになんですけれども、取替え実績があれば、要は除かれるという御説明がどこかであったのかなというのが理解できなくて、今回の件が分かった後で対策を取って溶接したので、例えば起きないので、除かれますというのだったら、私は理解できるんですけども、今、おっしゃっている取替え実績というのは、今回の件が分かる前にどこかで取り替えられたものという意味ですよ。30年運転してきて、10年前ぐらいの検査では多分出ていなくて、それ以降、出たという実績を踏まえると、さっきそれで御質問したのは、SCCの発現までに余裕があると書かれていた意味に発生も入れて考えておられるとおっしゃっていたんですけども、ここに発生も入れちゃうと、いつ発生するか分からないはずのSCCに対して、対策も取られない状態で、過去に取り替えられたものは、あたかもほかのものよりも発生しないんですというふうにちょっと聞こえるんですけども、私は今までの会合でそういう御説明を伺った記憶はないので、この最後のひし形で、YES・NOを分けるのも何でなんだろうというのは、正直理解できていません。

以上です。

○金子審議官 今回の点は取替え実績というのは何ですかということですよ。それがどれだけ安全の確保に意味があることになっていきますかということをごきちん立論する必要がありますという御指摘だと思います。

ほか、ございますか。

滝吉さん。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

対策の2の3-2のページなんですけれども、これは読んでいて、今回の同様のものがあるかもしれない部分を抽出するフローを書いているという理解でよろしいですよ。そんなことを改めて聞くのもあれなんですけれども、それでよろしいですよ。

○金子審議官 趣旨はそのとおりですね。

○滝吉企画調査官 よろしいということで。つまり、私が申し上げたいのは、配管を溶接

したときに入熱が入ってしまっていて硬くなったという、ある一定の原因があって、それによってSCCが発生したという理解をしているんですけども、そうすると、今回、抽出する、もちろん観点はいろいろあるんですけど、抽出すべきなのは、入熱がたくさん入ったところを抽出するという考え方があればいいですよということなんだと思うんです。そうすると、ここでその要素が出てくるのは現地手動溶接かというところだけに見えるんですけども、それ以外の要因というのをお考えはないんですか。

○日下部長（関西電力） 関西電力、松永でございます。

3-2ページの御説明のときにも申したのですけれども、今回の事象というものが、まず、SCCであるということを調査の中で確認しておりますので、SCCに対して発生・進展に影響したと考えられる事項ということで、左のひし形三つを並べている次第でございます。その上で現地手動溶接というところで、入熱に対するところを抽出するという形に、このフローはなっております。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

私の理解では、ISIというのはSCCも含めて配管の健全性を、要するにISIというベースのプログラムはそれを監視していると。ところが今回はISIで想定している枠組みの外に出ているような配管があったんだと。だから、これが追加されなければならないという理屈なんじゃないんですかね。何かSCCの話と今回の特殊事例の話が混じってフローになっていて、その整理はどうお考えなのかなというのをお聞きしたいです。

○日下部長（関西電力） 今おっしゃったことに対しましては、関西電力の日下です。SCCに対しては左側のフローで、そのまま真っすぐ落ちていくと。今回の特殊性といえますか、溶接については右側のほうで拾って抽出していくということで御理解いただいていると思いますが、すみません、回答にはなっていませんか。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

私の多分、説明が意味不明なんですけど、シンプルにお伺いすると、従来のISI計画と今回の追加されるこのスクリーニングの関係を説明してもらってよろしいでしょうかという質問。従来のISI計画はどういう考えで抽出されていて、今回はそれに対してどういう考えが追加された。なぜならば、こういう原因と推定したからという構造があると思うんですけれども。

○高須統括監視指導官 規制庁、高須です。

今、滝吉が言っているのを補足しますと、もともとISIというのは、配管というのは全

数じゃないから定点サンプリングが要求されていますよねと、その要求されている考え方と今回これを選ぶ考え方と、そういう全体像を教えてくださいということが滝吉の多分質問だと思います。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永です。

おっしゃるとおり、文言に示されていますとおり、母数にありますのはISIの対象となるようなものでして、左のひし形三つでいきますと、これはカテゴリ分けをされずに母数に、まず一番上の四角で入っている全溶接線が入った上で、ターミナルエンドというところが選ばれていると。すなわち通常のISIの定点におきましても、構造不連続といえますか、ターミナルエンド部は優先的に選ぶことになってございますので、左の縦ラインというのは、ISIに近いような形で抽出がされております。その上で、現地手動溶接というところで、今回の入熱に係るようなところが抽出されていると、そういう形になってございます。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

そうすると、右のほうに行って、「従来のISI計画にて管理」というものの集合と、何かよく分からないんですよね。NOというのは空集合なんですかね。

すみません。この文章の2ポツに、ISIのUT検査対象を増やすことを行うとおっしゃっていて、従来のISIと今回増やすものというものの関係というのが、どういうふうになっているのかというのがよく分からない。もっと具体的に言えば、このフローが重複しているように見える、ISIの対象選定のフローとですね。そうすると、一体何をどういうふうを選んでいいのか分からないという質問がありますということです。

○金子審議官 概念的にいうと、多分、滝吉が言っているのは、一番最初の四角に入るISIのUT対象というのは、当然、1回、何かのスクリーニングがかけられていて、ざるからこぼれたものが対象になっているはずですよ。それにもう一回、同じようなざるをかけていて重なっているんで、そこの整理がうまくできているのでしょうかという質問のように聞こえるのですけれども、そういう意味のことですよ。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永です。

今回の事象を踏まえて、すみません、繰り返しになりますけども、SCCだと、まず判断したというところがありますので、SCCの発生・進展の可能性のある環境、応力条件下というところのものは、どういうものが該当するのかというものを選び出したのが、200℃以上、応力改善していない、ターミナルエンドというようなところになってございます。

これを通常のISIの定点選定と同じように当てはめると、同じように一番左の縦ラインでYESになるところと、定点と一致するかと言われると、それはそういうわけではなく、ISIの定点選定においては、カテゴリ内、何%というところに対して、構造不連続部であったりとか、検査性であったりとか、様々な要素でもってして、維持規格に基づいて選定しているというような実態がございますので、このひし形三つでもってして、通常のISIと同じような選定の仕方をしているかと言われると、必ずしもそうではないというのが、まずは一つ答えになるかなというところがございます。

NOで落ちました従来のISI計画にて管理というところに関しましては、ここがこれまで実施してきておりますISIの管理のところでした、NOに落ちたところが、必ずしもこれからISIの定点としますと、そういうわけではないんですけれども、通常のISIも維持規格に基づいた選定方法で、代表として従来どおりISIを今後やっていきますというところで、ISIとしての管理をしていきますという考え方が、右に落ちたものというようなところがございます。

○金子審議官 多分、今の御説明の理解は、このフローの中で対象になるものは、ISIの考え方は入れませんと、その選定の仕方の。このフローだけで1回選びますと。選んだものは、ある意味、全部対象なので、検査をしますと。そこから漏れた対象のもの、従来ISIの検討の対象というか、実施の対象になる母集団の中に入っていて、そこから漏れたものは、今度はISIの考え方に基づいて検査をしていきますというのが、最後の一番右側のラインのものになっていきますと。そういう区別になっているという理解でいいのでしょうか。

○松永リーダー（関西電力） 関西電力、松永です。

おっしゃるとおりでございます。

○滝吉企画調査官 専門検査部門の滝吉です。

そうすると、2ポツの「ISIのUT検査対象を増やす」というのは、ISIのUT検査対象を増やすんじゃなくて、ISIとは別にUTを行うという意味に捉えればいいんですね。そういう理解で、はい、ありがとうございます。字面的に「ISIの」というところの読み方を誤りました。失礼いたしました。

○金子審議官 ちょっとコンセプトの整理だったかもしれませんが。

ほかにもございますか。皆さんからはいいですか。

先ほど、途中で申し上げましたけれども、**2**及び**1**のところ御説明があった内容が、

ある意味、いろいろな不確定性、不確実性、あるいは区別をするのに十分な根拠を持っていない状況にある点というのが、幾つか指摘をさせていただきました。それを踏まえると、今、議論させていただいたように、対策の1及び2というのが、今、書かれているままでいいのかということについては、若干仕分の仕方について、そこで仕分けられるのかどうかということについてちょっと疑問があると。疑問があり、かつ先ほどの至近数定検とされているところというのが、本当にそれで、ある意味の優先順位とおっしゃられた別の意味での仕分をしたところで、大丈夫だというふうに言えるのかどうかというのが、もう一つの疑問としてございますというのが、多分一番大きな部分かなというふうに思います。

それは先ほどの現地溶接なのかどうかという判断フローの中にあるものもそうですし、取替え実績云々というところもそうでしたけれども、そこについては、もうちょっと論拠を強くする方向に行くのか、それとも、それは論拠がなかなか強くないので、その仕分はしないという方向に行くのかというのは、これは判断だと思います。

これは、私どもからこうでなければいけないということをお示しする類のものではないと思うので、関西電力のほうで御検討いただいて、どちらで安全をきちんと確保するような対策に仕上げていくのかということをお考えいただく必要があるのではないかとこのように思います。

これで大体趣旨は通じておりますでしょうか。

○決得部長（関西電力） はい、御理解いたしました。

3-1の配管のところですけども、今回、我々、破面観察から溶熱の入熱、丁寧にやったとか、その辺のところは想定が入っているんですけど、溶接の影響というのが支配的であろうといったところでございます。実際、この配管もちぎってサンプルで調べておりますので、取り替えるしか仕方がないという点で、溶接の注意点、留意点というのは、ここに書いている入熱以外にもたくさんあります。それは事実ありますので、その辺のところはきっちり当社のほうで、どこまで管理するのかといったところは、改めて次の工認のところで御説明させていただきたいなど。

3-1はそういったところで、3-2は、今いただいたところで、もう少し当社のほうでいろいろ検討を進めていきたいとします。

ただし、今、説明した1と2のところは、ネタは全部大体出したかなというところで、まだ少し追加で、幾つか河野さんにデータを出す等がありますけれども、あまりここで30年前の溶接をこれ以上深掘っても、なかなか答えが出てこないというのが現実でございます

ので、大きな話でいくと、溶接が悪かったのかなといったところで、その対策としては配管を新しく取り替える、そのときの溶接の留意点というのは、もう少し幅広く管理をしていくといったところはございますけれども、大きなところとしまして、検査のところは大きく残っているんですけれども、そのほかのところにつきましては、議論が大分できたかなと思っておりますので、検査のところは引き続き、我々の考えをもう一度、御提示したいと考えておりますけれども、配管を取り替えるといったところに当たっては、少し手続のほうを進めていただければというふうに考えております。

○金子審議官 御指摘の点は理解をいたしました。

そういうことをしっかりされるという前提で、ここまでで分かったことをベースに、そのフェーズに進めるかどうかというのは、中でもよく議論をさせていただいて、また、その点については早めに共有させていただくようにいたします。

○土肥副所長 すみません。対策1に関連して、少し補足をさせていただきたいんですけれども、先ほど来、議論がありました補足の⑫の硬さの話で、当該管とサンプル管であまり差がないのではないかという御指摘なんですけれども、寺地から説明させていただきましたけれども、一つ300、サンプル管で超えている分があるということに関しては、社内でも議論して、一皮むいて、もう一回測りました。本当に局所的に硬くなっていなければ再現されるということでやってみたんですけれども、値が270ぐらいでしたか。

○決得部長（関西電力） 240～70の間。

○土肥副所長 ぐらいの間だったので、これはやはり特異点だったというふうに考えています。それを除くと、大体、金子さんから統計的な話も出ていましたけれども、目分量になりますけれども、大体250～280のバンドでおるので、大体260ぐらい、比較管はそれぐらいのベースかなと思っています。

これとモックアップのデータ、先ほどのグラフと比較すると、モックアップでも入熱が大となれば、260、270ぐらいまで値は出ているので、この比較管、サンプル管も実際ビード幅は6mmほどあったので、一番左の細いというんですか、モックアップの3-1ですけど、グラフの一番左のモックアップがビードしているわけではなくて、どちらかという、右側の要は幅広のビード幅を持っていたので、入熱は大であったと。ただ、当該管と比べると低いということを考えているので、あながち当該管と比較管は同じとかということではなくて、やはり、比較すると低いと。要は260ぐらいのアベレージにおるというふうに考えています。

対策1についてなんですが、対策1、当該管を取り替えるということに当たって、30年前は初層がTIGで、2層目以降がSMAWということで、この3-1のグラフの中であつたり、大であつたりする域にいたというところなんですが、今の標準、今回適応する取替も一番左の全層TIGになりますので、値としては一番入熱が小さくて、マックスも250ぐらいになるということです。対策としては今回、全層TIGで溶接をすれば、しっかり、要は硬くならないということとは言えて、再発しないというふうに考えてございます。

以上です。

○決得部長（関西電力） ちょっと補足しますと、それに加えて、材料であるとか、その他条件、溶接の手順とかいった留意点は必ず反映するようにしたいと考えています。今の土肥の説明は、今回やるのは全層TIGでやるので、このグラフの一番左側の、硬さとしては問題ないという領域に入ると。ただし材料であるとか、開先の寸法であるとか、溶接では気をつけなければならない点は多々ありますので、こちらのほうはきっちり管理してやっていくということは変わりございません。

○金子審議官 ありがとうございます。

今後の溶接のことについての受け止めについては理解をしていますし、共有をしているつもりです。

一方で、補足の⑫のところについて御説明された点は、それを主張されるのであれば、それをちゃんと共有していただいて、これだけ違うのですと言っていただかないと、我々も納得しないので、それは再度やるなりなんなり、それはお任せしますけれども、していただきたらと思います。

ほかにいかがでしょうか。少し時間超過してしまいましたけれども。よろしいですか。

そうしましたら、少し確認、追加的なものがちょっとだけありましたけれども、大体解明できることという、あるいは観察で分かったことというのは、大体この範囲であろうと。それを前提に配管の取替の部分と、それから、今ある過去の溶接部分に対する検査の対策をお示しいただきましたけれども、少し論点として、特に対策の2のほうについてはお考えをいただかなきゃいけないかなというふうに思いますと。それから対策1のほうの、ある意味、細かな点がどうなるかということ、もちろん今後あるとして、このような考え方で前に進められるかどうかというのは、その前提の今分かっていることとの関係で、規制庁のほうで検討させていただいて、また、状況はできるだけ早く共有させていただくということで、今日のまとめにしたいと思いますが、それでよろしいでしょうか。

それでは、以上で第7回の公開会合を終了させていただきます。
御協力、ありがとうございました。