

関西電力(株)大飯発電所3号機加圧器スプレイライン配管溶接部 における有意な指示に係る公開会合の状況について

令和2年10月21日
原子力規制庁

1. 経緯

令和2年8月31日、関西電力株式会社(以下「関西電力」という。)大飯発電所3号機(以下「大飯3号機」という。)において、関西電力が、定期事業者検査として加圧器スプレイライン配管の溶接部に対する超音波探傷試験(以下「UT」という。)を実施したところ、配管内面に亀裂が存在することを示す有意な試験結果が得られた。翌9月1日、関西電力が、第二段階のUTを実施した結果、配管溶接部に沿った亀裂状の欠陥があるとし、この亀裂は応力腐食割れ(Stress Corrosion Cracking、以下「SCC」という。)に起因するものと推定した。

この状況を踏まえ、原子力規制庁は、大飯3号機において原子力規制検査を実施中だった原子力専門検査官により、第二段階のUTの現場に立会い、原子力規制庁本庁においては、9月2日、3日及び8日に関西電力との面談を実施し、亀裂の形状、位置等の状況、原因の特定に係る評価及び今後の亀裂の進展予測に係る状況について確認を行った。

9月9日、第23回原子力規制委員会において、本事象に関し、加圧水型軽水炉(PWR)におけるSCCの発生が稀であること等から、以後は、関西電力と原子力規制庁による公開会合を開催し、事実関係等の確認を行うよう指示があったため、これまでに合計5回¹の公開会合を開催し、関西電力から事実関係の聴取を行ってきた。

2. UTによる亀裂の形状及び位置(添付資料1参照)

定期事業者検査により亀裂があることが判明した配管は、原子炉格納容器内にある一次冷却材ポンプ出口から原子炉容器入口に至る配管の途中で加圧器に分岐する外径114.3mmのステンレス鋼(SUS316)配管である。

この配管は、蒸気発生器で冷却された一次冷却材を加圧器スプレイに導くことで通常運転時の原子炉圧力を制御する機能を有するとともに、原子炉内の圧力を保持するための原子炉冷却材圧力バウンダリに該当する。

¹ 9月11日、18日、25日、10月2日及び19日の合計5回、公開会合を開催

関西電力は、第二段階のフェーズドアレイUTの結果、配管内面に溶接部を斜めに横切る形状をした、径方向の垂直深さが最大で4.6mm、周方向の長さが67mmの亀裂が存在するものとしている。

原子力規制庁は、公開会合により聴取を行った結果、当該亀裂を直接観察していない段階においては、関西電力が行ったUTによる亀裂形状及び寸法の測定手法並びに結果に大きな問題点はないものと考えている。

3. 亀裂の原因及び進展予測に関する関西電力の見解

第4回の公開会合までに、関西電力は、加圧器スプレイライン配管に生じた亀裂について、亀裂が発生した原因を推定し、仮に14か月間、原子炉の出力運転を行ったとしても実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）に適合するとしている。

関西電力の見解は以下のとおり。

(1) 亀裂が生じた推定原因（添付資料2参照）

関西電力は、亀裂が発生した配管の材質、加工方法、設置場所、運用状況及び亀裂形状を踏まえ、亀裂進展の原因となり得る要因を挙げ、当該配管においてその他の要因による亀裂が発生しがたいことをもって、強加工ステンレス鋼におけるSCC（以下「強加工SCC」という。）が原因であるものと推定している。

また、本亀裂について、UTでは検出できない微小な欠陥が存在し、何らかの形で関与した可能性は否定できないとしている。

(2) 亀裂進展評価及び破壊評価

関西電力は、電力共通研究を含む既往研究の知見により、強加工SCCによる亀裂の進展速度はステンレス鋼の硬さに依存するとしており、亀裂が発生した配管と同一の材質、形状及び溶接手法によるモックアップを作成し、配管内部の硬さ分布を測定した結果を用いて、14か月間の出力運転後における強加工SCC及び疲労による亀裂進展評価を実施した。

評価に用いる亀裂の周方向長さを51mmとした場合の、14か月運転後の亀裂寸法は、径方向垂直深さ5.8mm、周方向長さ64mmとなり、当該部位の肉厚14mmに対する最小必要肉厚8.2mmを満足することから、技術基準規則第17条第8号に規定する構造及び強度に係る要求事項（全体的な変形を弾性域に抑えること等）に適合するとしている。

また、14か月運転後の亀裂寸法について、日本機械学会発電用原子力設備規格維持規格（以下「維持規格」という。）に基づく許容欠陥寸法の評価

を実施した結果、下表のとおり、評価期間末期の亀裂深さ寸法は許容欠陥寸法を満足することから、技術基準規則第18条に規定する亀裂による破壊の防止に係る要求事項に適合するとしている。

表 関西電力による維持規格に基づく許容欠陥寸法の評価結果

現時点の欠陥寸法		評価期間	評価期間末期の予測欠陥寸法			許容欠陥寸法(深さ)	判定
深さ	長さ		深さ	長さ	欠陥角度		
4.6mm	51mm	14 か月	5.8mm	64mm	85°	7.3mm	○

(3) 関西電力の監視体制及び亀裂貫通時の対応

関西電力は、当該配管に亀裂がある状態のまま原子炉の運転を行う場合、異常の監視体制として、通常の格納容器内漏えいの監視に加え、当該配管をカメラにより常時監視し、蒸気の発生等、漏えいの兆候があった場合は原子炉を停止する操作を行うこととしている。

また、万が一、配管が破断し、一次冷却材の漏えいに至った場合においても、原子炉冷却材喪失事故の対応手順により状況を収束させることができるとしている。

4. 日本原子力研究開発機構（JAEA）による感度解析（添付資料3参照）

本事象に関し、原子力規制庁から、JAEA安全研究センターに対し、関西電力が実施した亀裂進展評価及び破壊評価の再現計算並びに計算条件を変更した場合の計算結果への影響有無（以下「感度解析」という。）について支援を依頼した結果、以下の知見が得られた。

- ・ 関西電力の亀裂進展評価の計算が再現することができ、具体的な計算手順については、特段の問題がないものと考えられること
- ・ 溶接部の切削加工により硬化した配管内表面の硬さについて、表層部からの深さ方向の分布を、関西電力とは異なった条件で計算した結果、表層部硬さの条件が配管周方向（長さ方向）のみならず径方向（深さ方向）に対する亀裂の進展速度に大きく影響すること
- ・ 関西電力が維持規格を適用して行った配管の破壊評価について、計算の一部に規格の適用の誤りがあった²こと

² 9月25日の第3回公開会合において原子力規制庁からの質問を受け、10月2日の第4回公開会合において関西電力は評価を訂正している。

5. 本事象に係る技術基準規則の適合性に関する原子力規制庁の見解

原子力規制庁は、第4回までの公開会合において、関西電力が現在の配管の状態のまま大飯3号機を運転するとした場合、その運転期間中、技術基準規則第17条第8号及び第18条の規定³に対する適合性が維持されるかについて、主に以下の点に着眼し精査を行った。

- ①強加工SCC以外の亀裂発生原因を考慮した検討が十分なものか
 - ・一般にSCCが発生しにくいとされる溶接金属内を亀裂が通っている
 - ・加圧水型軽水炉におけるSCCの発生例が非常に稀である
- ②原因として強加工SCCを仮定した場合においても、関西電力が実施した亀裂進展評価の結果が十分な保守性を有しているか
 - ・JAEA安全研究センターが実施した感度解析の結果によれば、配管内表面の表層部の計算条件が基準適合性に大きく影響する
 - ・関西電力が亀裂進展評価に用いた配管内部の硬さ分布及び残留応力分布のデータの根拠が妥当か

この結果、原子力規制庁としては、亀裂が発生した配管を実際に観察して具体的な状況を確認するという詳細な調査が実施されていない状況下で、関西電力の亀裂進展評価等に関する考え方を確認した範囲においては、その評価等の前提条件の妥当性や一貫性及び結果に対する保守性の確保が確認できず、想定する大飯3号機の運転期間中、技術基準規則に対する適合性が維持されると判断できない。

6. 今後の対応方針

関西電力は、10月19日の第5回公開会合において、技術基準規則に対する適合性に係る3.の内容について、より説明性を高めるために実機からのデータを取得・充実させる必要があると判断し、この定期検査において、当該配管の取替えを行うことを表明した。

原子力規制庁は、今後関西電力が行う亀裂の詳細な調査による発生原因の特定結果等について、引き続き原子力規制検査の対象とし、公開会合による確認を行うこととする。

また、関西電力は、当該配管の交換に伴う設計及び工事の計画の手続きを行い、使用前事業者検査を実施したのち、定期事業者検査の終了を判断すること

³ 第17条第8号（当該配管は、設計上定める条件において、全体的な変形を弾性域に抑えること等）、第18条（当該配管には、その破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥があってはならない等）の要求事項。当該条文を参考資料に示す。

になることから、原子力規制庁は、上記の設計及び工事の計画に係る審査を実施した上で、使用前事業者検査及び定期事業者検査に係る活動等について原子力規制検査により監視を行っていく。

以上