

大飯3号機上蓋管台漏洩部調査に基づくPWSCC き裂進展速度について

A concern about the crack propagation rate of PWSCC which obtained from the investigation on primary coolant leakage portion of the reactor vessel head in Ohi 3

戸塚 信夫 (Nobuo Totuka)*¹ 福村 卓也 (Takuya Fukumura)*¹

要約 2008年発行のINSS JOURNALに記載した論文「原子炉容器上蓋管台部の1次冷却材漏洩経路等調査」について、PWSCCき裂進展速度が従来知見より速くなるとした内容であるとの誤解を与える可能性のある記述があったため、要約の一部を修正するとともに、論文の内容について再度概説する。

キーワード 600合金, 応力腐食割れ, 一次冷却水, PWSCC, SCC, 上蓋管台, J溶接

Abstract There will be some concern about the content presented in the paper entitled "Primary Coolant Leakage Path Research of Reactor Vessel Head Penetration" published in INSS JOURNAL of 2008, which may lead to misunderstanding about the PWSCC crack propagation rate, that is, the rate written in the paper seems to be faster than those reported by the previous studies. It is considered that such misunderstanding will be due to a sentence in the abstract of the paper. Therefore, we will revise a part of the abstract and explain about the outline of the paper again.

Keywords alloy 600, stress corrosion cracking, primary water, SCC, PWSCC, vessel head penetration, J-groove weld

1. はじめに

平成16年5月4日、関西電力大飯発電所3号機第10回定期検査時にNo.47上蓋管台からの漏洩が発見され、発電所での調査の結果、漏洩箇所は管台と上蓋の溶接部(Jウェルド部)であることが確認された。またJウェルド漏洩部表面を手入れ(最終研磨量は内表面側から約3mm)してスンプ法にて割れ部の拡大観察を行った結果、き裂は表面仕上げが不十分であったことに起因して発生したPWSCCを起点として、溶接金属内をPWSCCが進展したものと推定された。なお、初期の割れについては溶接欠陥等の可能性も否定されていない。その後切り出した当該管台をニュークリア・デベロップメント株式会社(NDC)へ輸送し、関西電力(三菱重工)および原子力安全システム研究所(以下「INSS」という)がそれぞれ破面観察等の調査を行った。INSSでの調査結果については2008年発行のINSS JOURNAL

に「原子炉容器上蓋管台部の1次冷却材漏洩経路等調査」として報告⁽¹⁾した。当該報告では1~3mm程度の初期欠陥を仮定すれば従来のPWSCCき裂進展速度で当該部に貫通き裂が成長しうることを述べているが、後述する論文の概要に一部誤解されやすい表現があったため、読者の一部に、当該論文ではPWSCCき裂進展速度が従来の速度より大きくなっているとの誤解を与えた。当該論文で述べているのは、初期の割れとして、ある程度の大きさのものを想定した評価による当該事象の説明であり、溶接内部の欠陥によりPWSCCき裂進展速度が増大する訳ではないため、以下に要約の修正と当該論文の論旨を概説するものである。

2. 概要の修正について

当該論文の概要は以下のとおりであるが、読者に誤解を与えた原因は、末尾部分に「1次冷却材応力

*1 (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

腐食割れ進展速度を増大させ」との記述があるためと考えられる。この記述は発生期のき裂進展速度を論じたつもりであったが、「発生期の・・・」の記述が欠落し、かつ前段の文章も分かりにくかったため誤解を招いたものと考えられる。このため、この概要の部分を以下のように修正することとしたい。(下線部が修正箇所)

修正前概要：

ごく微量の1次冷却材漏洩を経験した関西電力大飯発電所3号機の上蓋管台部を破壊調査し、1次冷却材の漏洩経路および漏洩原因等を調査した。1次冷却材の漏洩経路は当初の推定どおり、J-groove 溶接の表面から1次冷却材応力腐食割れが進展し、管台と上蓋の隙間に到達して漏洩にいたったことを確認した。また、上蓋部に米国 Davis Besse 発電所で見られたような顕著なほう酸腐食が起こっていないことを確認した。このことは1次冷却材の漏洩が少量であったことを示唆すると考えられる。また、J-groove 溶接部、補修溶接部ともに1次冷却材応力腐食割れの発生は観察されなかった。また、外観、ミクロ、成分および硬度の観点から経年による特段の劣化は観察されなかった。また、J-groove 溶接部には製造時から存在していたと考えられる空隙が観察された。このような初期欠陥が溶接部表面近傍に存在することにより、1次冷却材応力腐食割れ進展速度を増大させ、漏洩にいたるまでの時間が比較的短時間となった原因の一つである可能性がある。

修正版：

ごく微量の1次冷却材漏洩を経験した関西電力大飯発電所3号機の上蓋管台部を破壊調査し、1次冷却材の漏洩経路および漏洩原因等を調査した。1次冷却材の漏洩経路は当初の推定どおり、J-groove 溶接の表面から1次冷却材応力腐食割れが進展し、管台と上蓋の隙間に到達して漏洩にいたったことを確認した。また、上蓋部に米国 Davis Besse 発電所で見られたような顕著なほう酸腐食が起こっていないことを確認した。このことは1次冷却材の漏洩が少量であったことを示唆すると考えられる。また、J-groove 溶接部、補修溶接部ともに1次冷却材応力腐食割れの発生は観察されなかった。また、外観、ミクロ、成分および硬度の観点から経年による特段の劣化は観察されなかった。また、J-groove 溶接部には製造時から存在していたと考えられる空隙等の

溶接欠陥が観察された。当該部にはグラインダー仕上げのままの表面が残され、この強加工面を起点としてPWSCCの発生が促進される可能性も報告されており、これが溶接欠陥と同様、初期欠陥として作用することも考えられる。このような初期欠陥が溶接部表面近傍に存在することが、漏洩にいたるまでの時間が比較的短時間となった原因の一つである可能性がある。

3. 当該論文の記載内容について

INSSでは従来からPWSCCのき裂進展挙動について、発生期と伝播期に分けて考え研究してきた。本調査では発電所における調査で表面から約3mmまでは削られており、発生についての情報は得られないので、き裂の伝播速度をEPRIのき裂進展速度式⁽¹⁾から計算し、応力が200~400MPaの一定荷重であったと仮定すると、当該部で貫通き裂が生成する(25mmのき裂が生成する)ためには1~3mmの初期欠陥が必要となる。すなわち1~3mmの初期欠陥があれば従来のき裂進展速度で当該溶接部に漏洩が発生することを明らかにしたものである。(図1⁽¹⁾参照)なお、き裂進展速度の温度補正には当社の研究⁽²⁾で求めた溶接金属のき裂の活性化エネルギー値を使用した。初期欠陥については溶接欠陥その他の可能性が考えられるが特定していない。

4. 結言

以上当該論文では適当な初期欠陥(溶接欠陥あるいは表面強加工層において通常よりも短時間で発生・進展したPWSCCである可能性を含む。)の存在を仮定すれば、従来のき裂進展速度線図で当該部

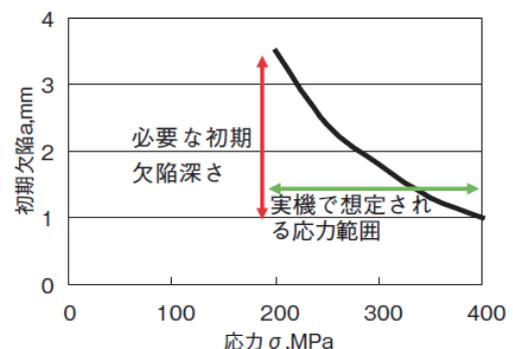


図1 10万時間で漏洩に至るのに必要な初期欠陥深さと応力との関係(600合金溶接)

の漏洩を合理的に説明できることを示したものであり、関西電力のプレス発表⁽³⁾と整合するものである。なお評価で使用した EPRI のき裂進展速度式は JNES で求められているデータ⁽⁴⁾と大差ないものである。なお関西電力のプレス発表にあるように当該き裂発生箇所は、たまたま表面の研磨仕上げが荒かった箇所と一致しており、さらに当該溶接部の断面観察の結果⁽¹⁾複数の溶接欠陥の存在も確認されている。

したがって当該事象は、初期の割れとして、溶接欠陥あるいは表面仕上げ不良に起因する PWSCC である程度の大きさのものを想定すれば、き裂進展が一定値で継続するとする簡便な評価により、当該事象（10 万時間程度での漏洩）に必要な応力と初期欠陥寸法が評価されるものである。

文献

- (1) 福村卓也, 戸塚信夫, “原子炉容器上蓋管台部の 1 次冷却材漏洩経路等調査”, INSS JOURNAL, Vol. 15, p. 113 (2008).
- (2) 西川嘉人, 戸塚信夫, 有岡孝司, “600 合金系溶接金属の PWSCC に及ぼす温度の影響”, INSS JOURNAL, Vol. 10, p. 136 (2003).
- (3) 関西電力, “大飯発電所 3 号機の定期検査状況について (原子炉容器上部ふた制御棒駆動装置取付管台からの漏えいの原因と対策)” プレスリリース, 2004 年 10 月 19 日
- (4) 原子力安全基盤機構, “平成 17 年度 Ni 基合金応力腐食割れ (SCC) 進展評価技術調査 (定荷重試験) に関する報告書” 2005 年