

敦賀発電所2号機の定期検査の状況について
(高圧タービンからの蒸気漏れの調査状況(試験研究機関での調査状況))

敦賀発電所2号機(加圧水型軽水炉:定格電気出力116万キロワット)は、平成19年8月26日から第16回定期検査中で、平成20年8月8日に調整運転を開始した後、9月16日、月1回実施しているタービン弁の定期試験後に現場を確認したところ、高圧タービン主蒸気入口配管付け根部付近を覆う保温材より僅かな蒸気漏れを発見し、当該部の点検を行うため、同日23時39分、原子炉を停止しました。

高圧タービン上部車室の保温材を取り外して点検した結果、蒸気の流れにより静翼が回転することを防ぐためタービン車室に設置されているピン(回り止めピン)のうち、発電機側のピン1本のスミ肉溶接部で貫通傷が確認されました。

このため、下部車室の保温材も取り外し目視点検したところ、回り止めピン2本のスミ肉溶接部表面で傷が確認されました。

高圧タービンは、今定期検査で新しいものに取り替えていることから、他の溶接部について浸透探傷試験を行った結果、これまでに、上部車室にある空気抜き穴の閉止栓1本のスミ肉溶接部で傷が確認されました。

本件は、原子炉等規制法に基づく報告対象に該当するものと判断し、9月19日、原子力安全・保安院へ報告しております。

なお、本事象による周辺環境への放射能の影響はありませんでした。

[平成20年9月16日、9月19日、9月30日 発表済]

その後の現場での調査及び試験研究機関での調査状況をお知らせします。

1. 現場での調査

- ・ 高圧タービンの車室外側でスミ肉溶接されている箇所について浸透探傷試験を実施した結果、上記4箇所以外に傷は確認されませんでした。
- ・ 傷が確認された上部車室(発電機側)の回り止めピン1本と、下部車室回り止めピン2本および上部車室の空気抜き穴の閉止栓1本を切り取り、試験研究機関に搬出しました。
- ・ また、浸透探傷試験で傷が認められなかった上部車室(制御装置側)の回り止めピン1本についても原因調査の一環として切り取り、同機関に搬出しました。

2. 試験研究機関での調査

(1) 上部車室（発電機側）の回り止めピンのスミ肉溶接部

- ・ 割れは、回り止めピンと車室本体とのスミ肉溶接部の全周にわたり溶接部の底部から上部（外表面）に向かって溶接部内を進展しており、その一部が貫通していました。
- ・ 破面を電子顕微鏡で観察した結果、溶接に伴う割れの一つである低温割れ^{※1}に認められるような筋状模様（擬へき開破面）やブロック状模様（粒界破面）が認められました。
- ・ 車室や回り止めピン、溶接部の材料組成を分析した結果、低合金鋼およびその溶接部として正常なものでした。
- ・ また、硬さ測定をした結果、回り止めピンで平均 HV^{※2}約 170、車室で平均 HV 約 180 で正常な硬さでしたが、溶接部では HV300～450 程度と比較的硬い状態のままでした。
- ・ 溶接部に、気泡や溶け込み不良などの溶接欠陥は認められませんでした。

※1：低温割れとは、溶接を行った後、溶接部の温度が常温付近に低下してから発生する割れで、溶接の数日後に割れることもあるため遅れ割れともいわれる。

低温割れの原因は、溶接金属に溶解している水素（水分）と、溶接部の組織硬化、溶接に伴う拘束応力の3要素が起因して発生することが知られており、この割れは、溶接前に母材を予熱しておく、溶接材料を十分乾燥させる、溶接後に熱処理を行うなどにより発生を防止できる。

※2：材料の硬さを表す尺度の一つで、微小な正四角錐の「ダイヤモンド」を一定の重さで材料に押しつけ、材料についた傷の大きさを硬さを表すもので、HV（ビッカース硬さ）と呼び、数値が大きいほど硬いことを表す。

溶接部は、金属が溶けた状態でそのまま固まるため母材の硬さより硬くなる。

(2) 他の回り止めピンおよび閉止栓のスミ肉溶接部

- ・ 下部車室の回り止めピン2本および上部車室の空気抜き穴の閉止栓1本についても、上部車室（発電機側）の回り止めピン溶接部と同様な割れの様相が見られ、溶接部の硬さが硬い状態のままでした。
- ・ 原因調査の一環として採取した上部車室（制御装置側）の回り止めピンでも、外表面に貫通はしていませんでしたが、溶接部の底部から上部に向かう割れが認められ、割れの様相や溶接部の硬さで同様な状態が確認されました。

(3) 製造履歴等の調査

- ・ 今回新しくした高圧タービンは、耐食性向上の観点から、車室の材質を炭素鋼から低合金鋼に変更しており、回り止めピンや閉止栓も同じ材質にしています。
- ・ 低合金鋼の溶接部は、溶接部の硬さを柔らかくし割れ等を防止するため溶接後に熱処理をする必要があり、今回傷があったスミ肉溶接部についても工場にて熱処理を実施している記録は確認されました。
- ・ 高圧タービンは、平成19年3月から9月にかけて製作されており、工場における水圧試験で車室本体の健全性を確認した後、車室に回り止めピンや空気抜き穴の閉止栓等を溶接し、浸透探傷試験により健全性を確認しています。

- ・ 調整運転開始後のタービン運転パラメータ（軸振動、蒸気圧力等）を調査した結果、異常は認められませんでした。

3. 今後の調査予定

これまでの調査で、割れの特徴から、溶接作業後に発生する低温割れの可能性が考えられるものの、今回の割れの原因をさらに特定し、今後の対策を検討するため、試験研究機関および工場において、今回のタービン製作時のスミ肉溶接作業の再現試験を行います。

なお、今定期検査で新しくした低圧タービンの車室は炭素鋼製ですが、念のため、スミ肉溶接部について点検する計画です。

4. 添付資料

高圧タービン回り止めピン等の調査状況図

(参 考)

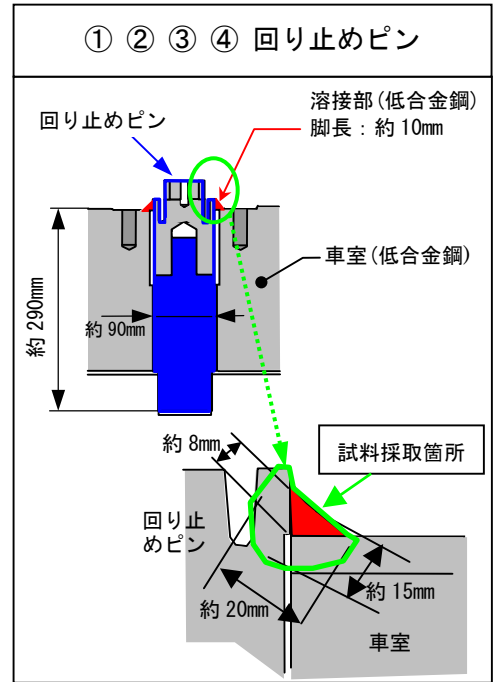
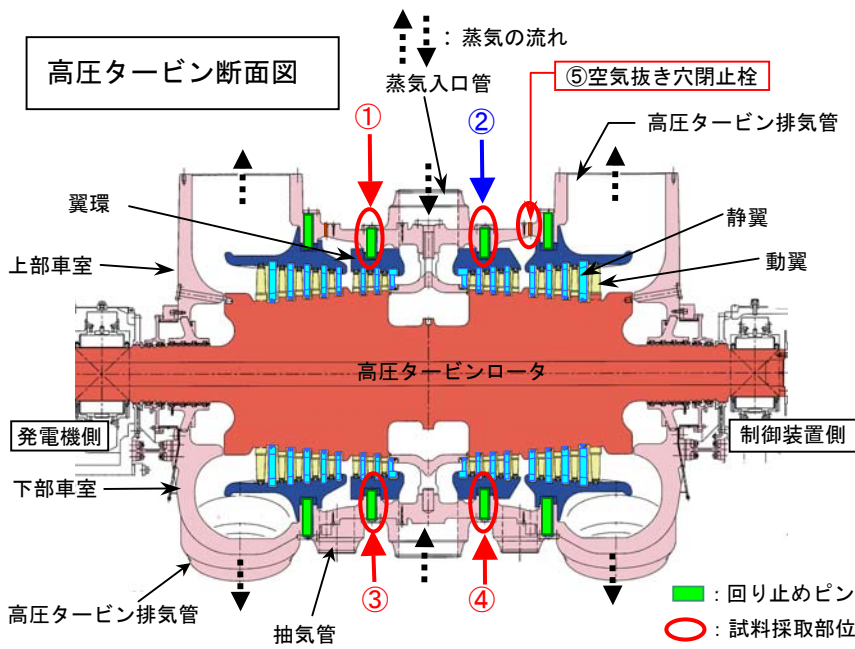
(経済産業省による I N E S の暫定評価)

基準 1	基準 2	基準 3	評価レベル
—	—	—	評価対象外

I N E S : 国際原子力事象評価尺度

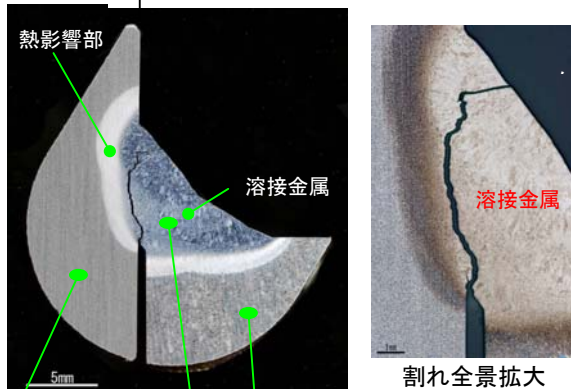
以上

高圧タービン回り止めピン等の調査状況図



①上部車室（発電機側）回り止めピン

A → 【断面マクロ組織観察】



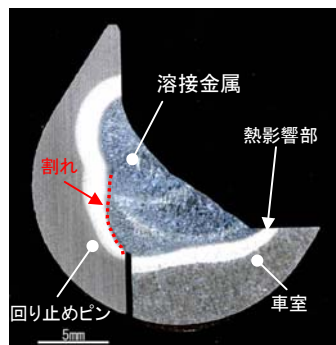
B → 車室 平均HV 約180

回り止めピン 平均HV 約170 溶接部 HV 300~450 程度

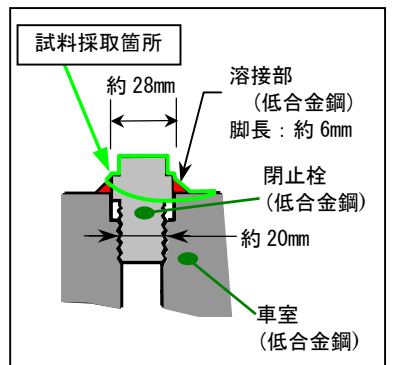
〔溶接部は母材と比べ硬い状態のままであった〕

②上部車室（制御装置側）回り止めピン

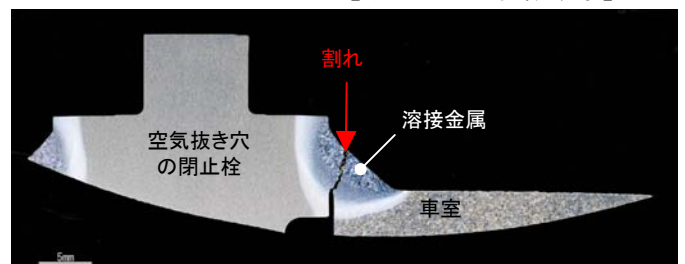
【断面マクロ組織観察】



⑤上部車室 空気抜き穴の閉止栓



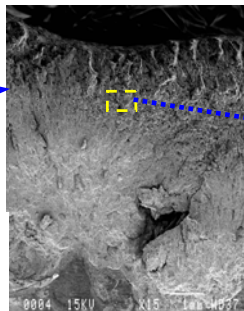
【断面マクロ組織観察】



A-Bより車室側溶接金属を見る



【破面電子顕微鏡観察】



筋状模様 (擬へき開破面)

ブロック状模様 (粒界破面)

