

美浜発電所 2 号機 A-加圧器スプレ弁グランドリークオフ 流量の増加について（原因と対策）

このことについて、関西電力株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

記

美浜発電所 2 号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力 50 万 kW）は、平成 23 年 11 月 9 日頃から、2 台ある加圧器スプレ弁^{※1}のうち、A-加圧器スプレ弁のグランド部から 1 次冷却水をドレンタンクに回収するグランドリークオフ^{※2}配管の温度が若干高めであったことから、当該配管内の流量等の監視を行っていたが、配管内の流量が増加傾向にあり、この状態が継続した場合、ドレンタンクに回収された 1 次冷却水を処理する液体廃棄物処理設備の処理能力を超える可能性があったことから、12 月 8 日 4 時に原子炉を停止した。

原子炉停止後、当該弁の外観目視点検を実施したところ、1 次冷却水の系統外への漏えい等の異常は認められなかった。

当該弁の分解点検を実施した結果、1 次冷却水が弁棒に沿って上昇するのを防ぐために弁棒を覆っている金属製の蛇腹（ベローズ）の折り目（内側）の溶接部 1 箇所、全周にわたる貫通割れが確認された。また、B-加圧器スプレ弁の分解点検の結果、ベローズに同様の貫通割れが確認された。

この事象による周辺環境への放射能の影響はない。

※1 加圧器圧力が設定値(15.59MPa)を超えて高くなった場合に、加圧器内に水を拡散し、圧力を調整する弁。

※2 加圧器スプレ弁からの漏えいを系統外に出さないために設けている閉塞された系統。そこを流れる 1 次冷却材をグランドリークオフ水という。

【平成23年12月7日、12月15日、平成24年1月20日 発表済】

1 調査結果

(1) AおよびB-加圧器スプレ弁ベローズの破面観察等の調査結果

- ・ベローズは、4 枚のドーナツ状金属板を重ね合わせて、その先端部を溶接（重ね合わせ溶接）しており、溶接部がベローズの折り目となっている。
- ・貫通割れした溶接部の破面を観察した結果、1 次冷却水に接する側に金属板が溶着していない部分（未溶着部）^{※3}が認められ、その表面には酸化皮膜が付着していた。未溶着部の長さは、A 弁についてはほぼ全周、B 弁については約半周にわたるものであった。

※3 本来、溶接により金属板同士が溶け込んで接合される部分が、何らかの要因で、接合されずに

隙間となっているもの。

- ・また、未溶着部を起点とする結晶境界に沿った応力腐食割れの破面が認められた。
- ・ベローズ表面の浸透探傷検査や窒素による漏えい試験の結果、当該溶接部以外に貫通割れは確認されなかった。貫通割れをしていない溶接部を切断して確認した結果、未溶着部が認められた箇所もあったが、その幅は当該溶接部より狭かった。
- ・ベローズ材料について、化学分析等を確認した結果、異常は認められなかった。

(2) 製造工程の調査

- ・酸化皮膜による未溶着部が認められたことから、ベローズの製造工程について調査した結果、溶接時に酸化皮膜が生成し未溶着部の生じる可能性があることがわかった。
- ・溶接は、溶接部が酸素に触れないようにするためアルゴンガスを流しながら、溶接装置に金属板を取り付け、一定時間経過後に溶接を開始している。
- ・その装置を用いて再現試験を行ったところ、溶接開始時に酸素が残存し金属表面に酸化皮膜が生成して未溶着部が生じることや、酸素濃度が高いほど、未溶着部の幅が広くなることがわかった。
- ・また、酸素濃度を低くして溶接した結果、未溶着部は生成されなかった。

2 推定原因

- ・グランドリークオフ流量が増加した原因は、ベローズ折り目（内側）の溶接部に貫通割れが発生したことにより、1次冷却水がベローズ内に入り、弁棒に沿って上昇し、グランドリークオフ配管へ流入したためと推定された。
- ・貫通割れが発生した原因は、ベローズ製造工程の溶接時に酸素濃度確認まで行っていなかったため、酸素が多い状態で溶接を行った結果、溶接部に全周にわたる幅の広い未溶着部が発生した。その後、このベローズに、プラント運転に伴う1次冷却水システムの圧力・温度が加わった結果、未溶着部を起点として、応力腐食割れが発生・進展し、貫通割れに至ったものと推定された。

3 対策

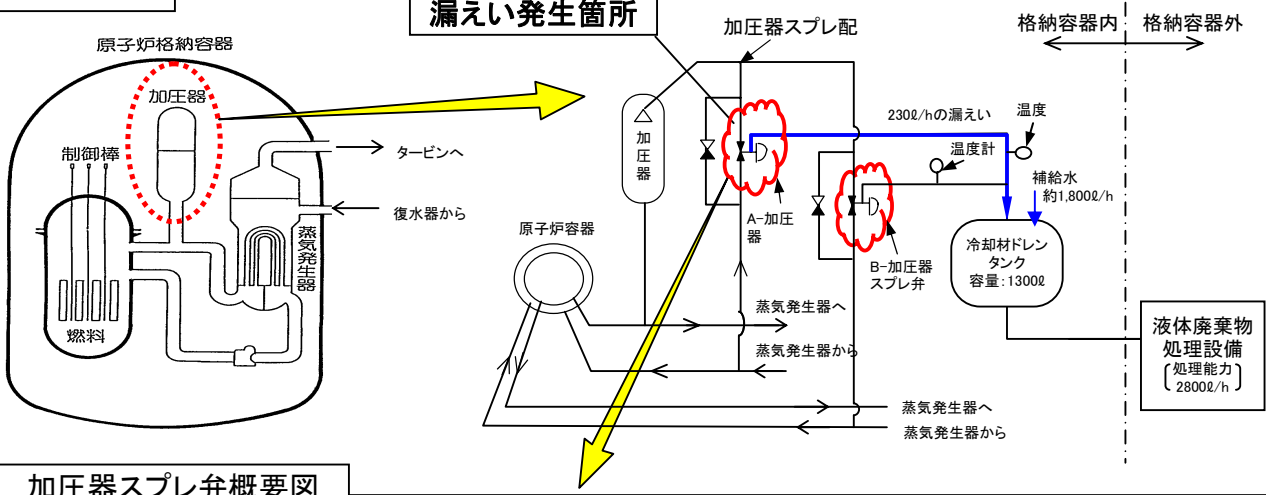
- ・重ね合わせ溶接タイプのベローズの製造にあたっては、酸素濃度が低いことを測定により確認し溶接を行うこととする。
- ・当該弁（A弁およびB弁）については、今回の定期検査で新しい弁へ取り替えることを計画しており、予定通り取替えを行う。なお、新しい弁のベローズは、より信頼性の高い突き合わせ溶接タイプとなっている。
- ・また、当該弁と同様に、1次冷却水中の高温・高圧の状態で行われている重ね合わせ溶接タイプのベローズについては、今回の定期検査中に酸素濃度を管理して製造したベローズに取り替える。

問い合わせ先（担当：富田）

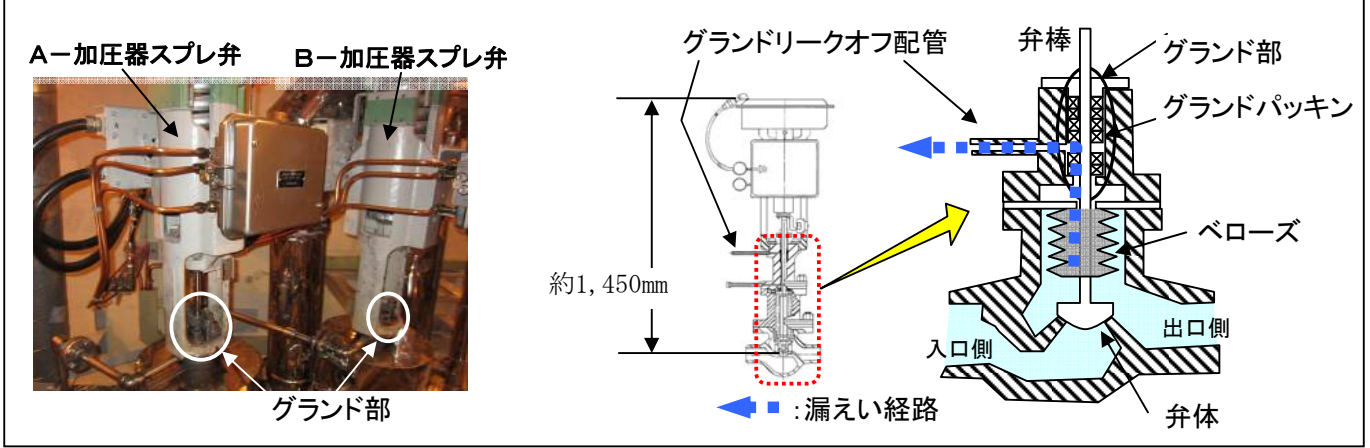
内線 2352・直通 0776(20)0314

美浜発電所2号機 A-加圧器スプレ弁グランドリークオフ流量の増加について

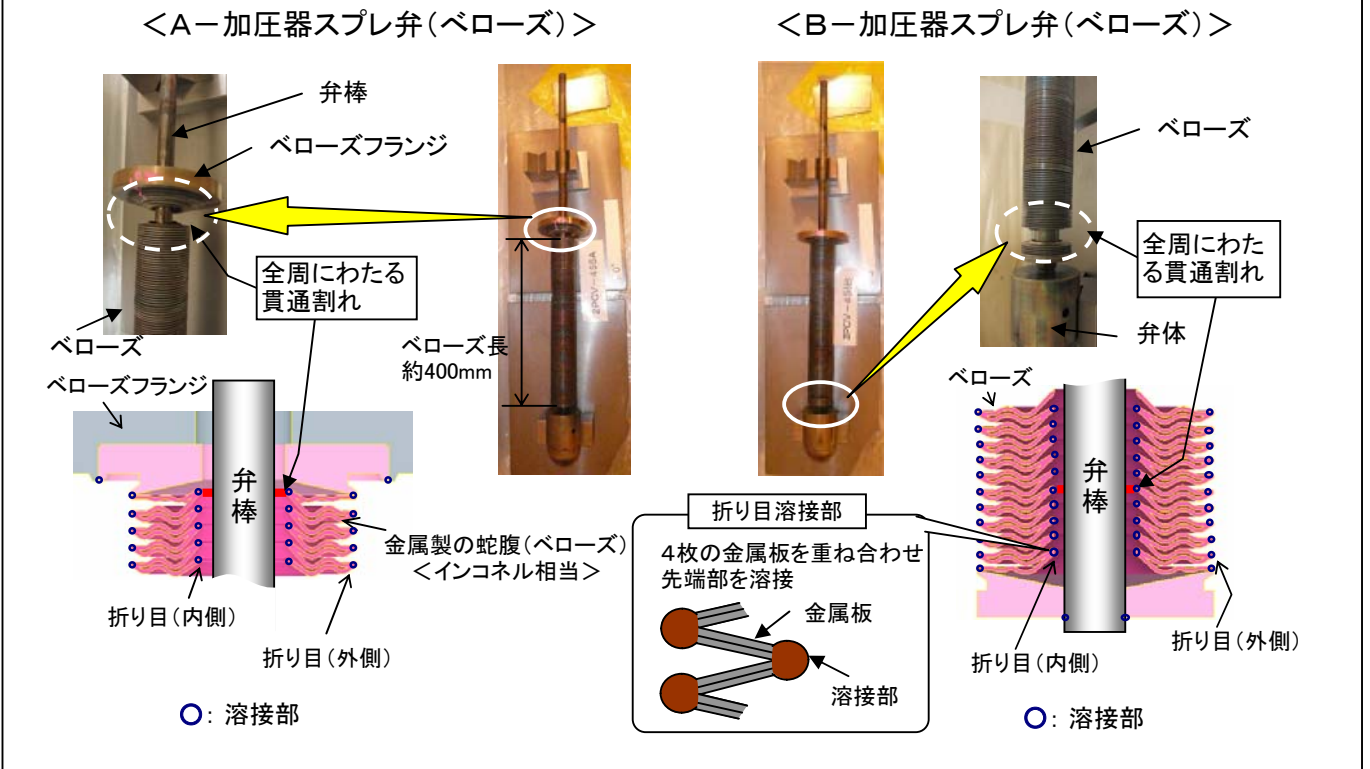
系統概要図



加圧器スプレ弁概要図



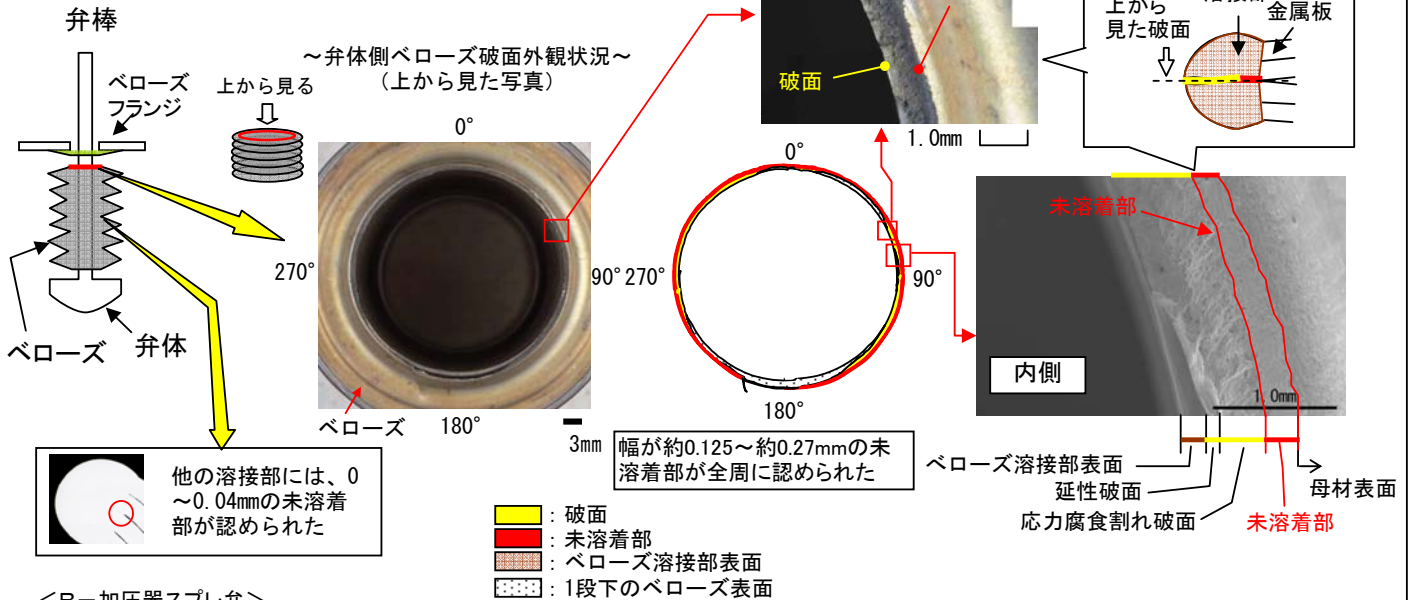
分解点検結果



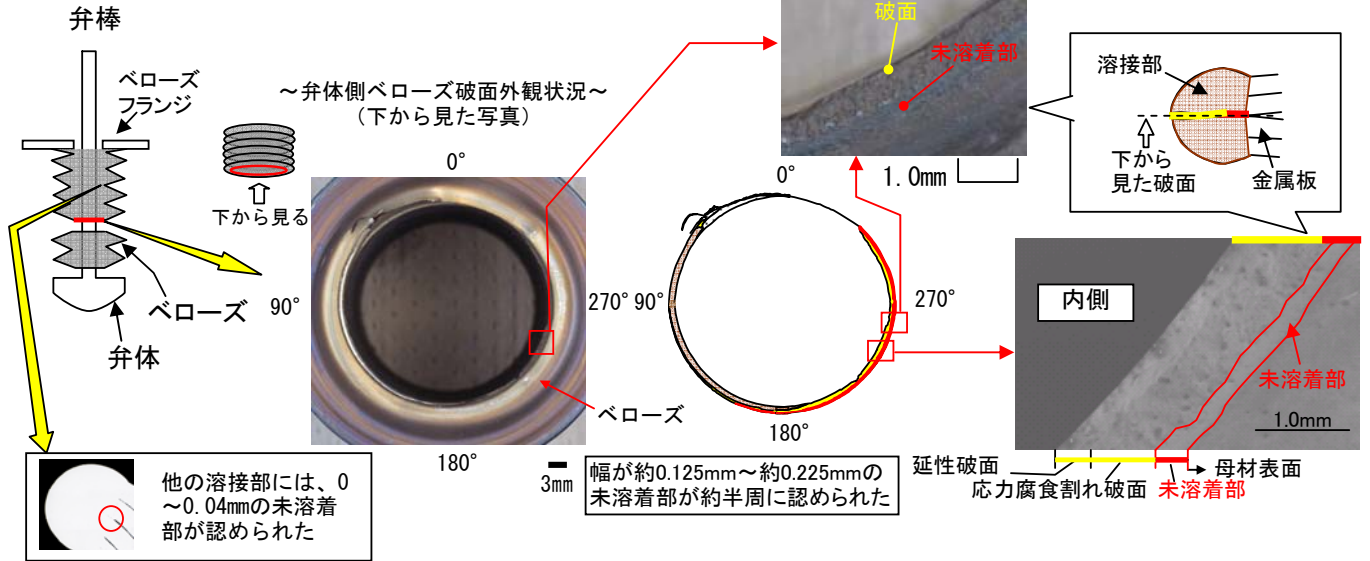
破面観察結果

貫通割れした溶接部の破面を観察した結果、1次冷却水に接する側(A弁:ほぼ全周、B弁:約半周)に金属板が溶着していない部分(未溶着部)が認められ、その表面には酸化皮膜が付着していた。また、未溶着部を起点とする結晶境界に沿った応力腐食割れの破面が認められた。

<A-加圧器スプレ弁>



<B-加圧器スプレ弁>



ベローズ製造工程調査

プレス加工

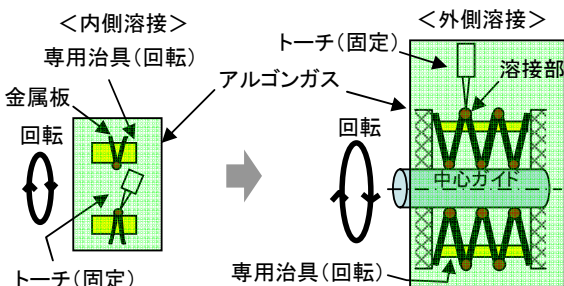
洗浄

内側溶接
→ 外側溶接

ベローズフランジ
等の取り付け

熱処理

試験
(耐圧等)



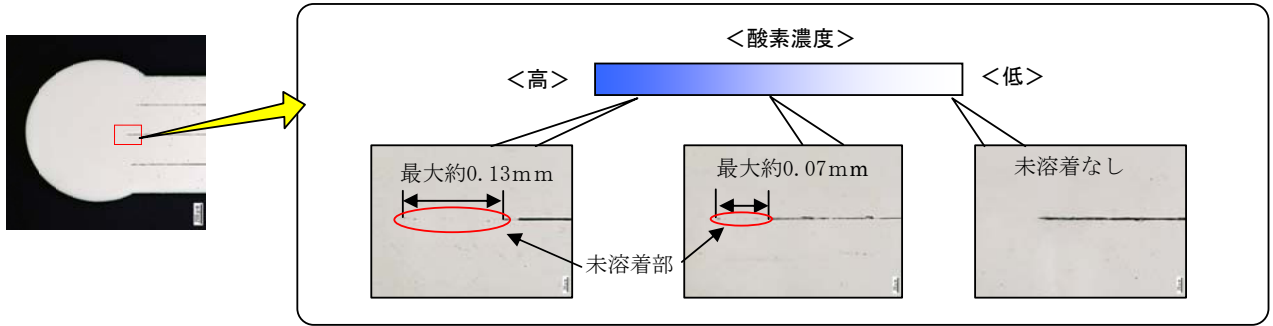
溶接時にアルゴンガスを流しながら、周りの雰囲気置換しているが、その際に酸素濃度の確認を行っていなかった。

溶接時に酸素が存在すると、酸化皮膜ができ、未溶着部が発生する可能性が考えられる

美浜発電所2号機 A-加圧器スプレ弁グランドリークオフ流量の増加について

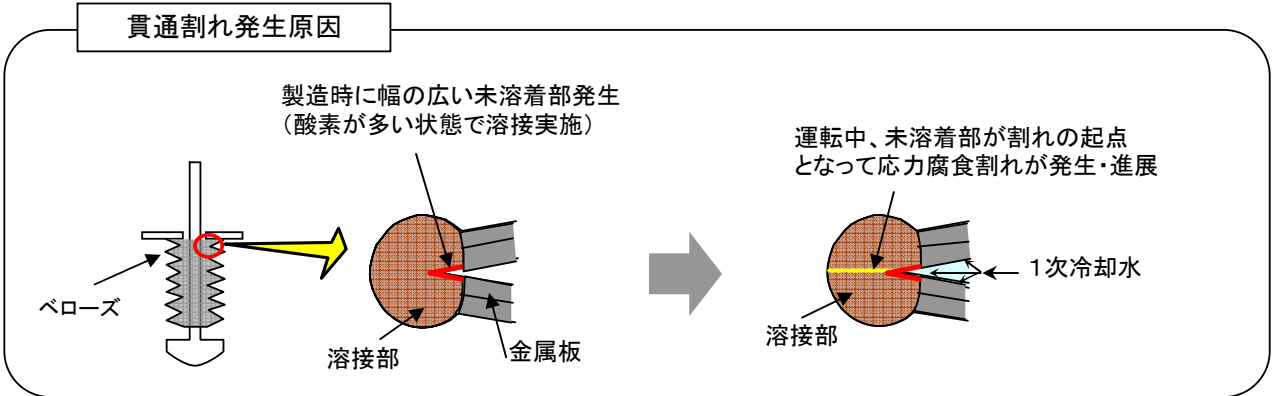
再現試験結果

○実際に使用した装置を用いて溶接作業を再現したところ、酸素濃度が高いほど、未溶着部の幅が広がることがわかった。



推定原因

○グランドリークオフ流量が増加した原因は、ベローズ折り目(内側)の溶接部に貫通割れが発生したことにより、1次冷却水がベローズ内に入りグランドリークオフ配管へ流入したためと推定された。



対策

- 重ね合わせ溶接タイプのベローズの製造にあたっては、酸素濃度が低いことを測定により確認し溶接を行う。
- 当該弁(A弁およびB弁)については、予定通り新しい弁へ取り替える。なお、新しい弁のベローズは、より信頼性の高い突き合わせ溶接タイプのベローズとなっている。
- 当該弁と同様に1次冷却水中の高温・高圧状態で用いられている重ね合わせ溶接タイプのベローズについては、今回の定期検査中に酸素濃度を管理して製造したベローズに取り替える。

