

令和 3 年 7 月 2 日
原子力安全対策課
(0 3 - 1 2)
<15 時記者発表>

大飯発電所 3 号機の原子炉起動と調整運転の開始について (第 18 回定期検査)

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

大飯発電所 3 号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力 118 万 kW）は、令和 2 年 7 月 20 日から第 18 回定期検査を実施しているが、令和 3 年 7 月 3 日に原子炉を起動し、翌 4 日に臨界となる予定である。

その後は、諸試験を実施し、7 月 5 日に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、7 月 30 日には総合負荷性能検査を実施し、営業運転を再開する予定である。

1 主要工事等

高エネルギーアーク損傷対策工事

(図－1 参照)

国内外の原子力発電所の電気設備で高エネルギーアーク損傷が発生していることを踏まえ、原子力規制委員会によるバックフィット（新たな規制基準の既存の施設等への適用）として保安電源設備に係る技術基準規則等が一部改正（平成 29 年 8 月）されたことから、非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤に対して保護継電器（リレー）およびインターロックの追加を行った。

2 設備の保全対策

2 次系配管の点検等

(図－2 参照)

関西電力㈱の定めた「2 次系配管肉厚の管理指針」に基づき、2 次系配管 868 箇所について超音波検査（肉厚測定）等を実施した。その結果、必要最小厚さを下回る箇所および次回定期検査までに必要最小厚さを下回る可能性があるとして評価された箇所はなかった。

また、今回の点検で減肉傾向が確認された部位 1 箇所、今後の保守性を考慮した部位 31 箇所、合計 32 箇所を耐食性に優れたステンレス鋼、低合金鋼または炭素鋼の配管に取り替えた。

3 蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果

蒸気発生器 4 台のうち、A および C－蒸気発生器伝熱管全数(3,382 本×2 台、計 6,764 本) について渦流探傷検査を実施し、異常のないことを確認した。

※ B および D－蒸気発生器伝熱管全数(3,382 本×2 台、計 6,764 本) についても、自主的に渦流探傷検査を実施し、異常のないことを確認した。

4 燃料集合体の取替え

燃料集合体全数 193 体のうち 65 体を取り替えた。このうち、今回装荷した新燃料集合体は 60 体で、全て最高燃焼度 55,000MWd/t の高燃焼度燃料である。

また、燃料集合体の外観検査（36 体）を実施した結果、異常は認められなかった。

5 定期検査中に発生した安全協定に基づく異常事象

加圧器スプレイライン配管溶接部の有意な信号指示

(図－3 参照)

1 次冷却材配管と加圧器スプレイ配管との溶接部付近について超音波探傷試験を実施したところ、配管内面に有意な信号指示が認められ、当該部に傷があると評価した。その後、配管を切り出して調査した結果、当該部には母材と溶接金属部との境界に沿って配管の内側から外側に進展した傷があることを確認した。

原因は、溶接時の過大な入熱と配管の形状による歪みの影響が重なり、溶接部近傍の表層の硬化が大きくなるとともに、溶接に伴い発生した高い応力が作用したことにより、粒界割れが発生し、その後、応力腐食割れが進展したものと推定した。

対策として、今回の定期検査で当該配管の取替えを行った。取替えにあたっては、溶接時に過大な入熱とならない全層 TIG 溶接を用いるとともに、応力腐食割れを防止するため、配管内表面に機械加工時に硬化を低減する加工方法等を用いて施工した。

また、当該箇所と同様の方法で溶接され、かつ応力腐食割れが発生する可能性がある条件を満たす 37 箇所について超音波探傷検査を実施し、問題がないことを確認した。

[令和 2 年 10 月 23 日、11 月 2 日、令和 3 年 1 月 6 日、3 月 24 日、4 月 2 日公表済]

6 次回定期検査の予定

令和 4 年夏頃

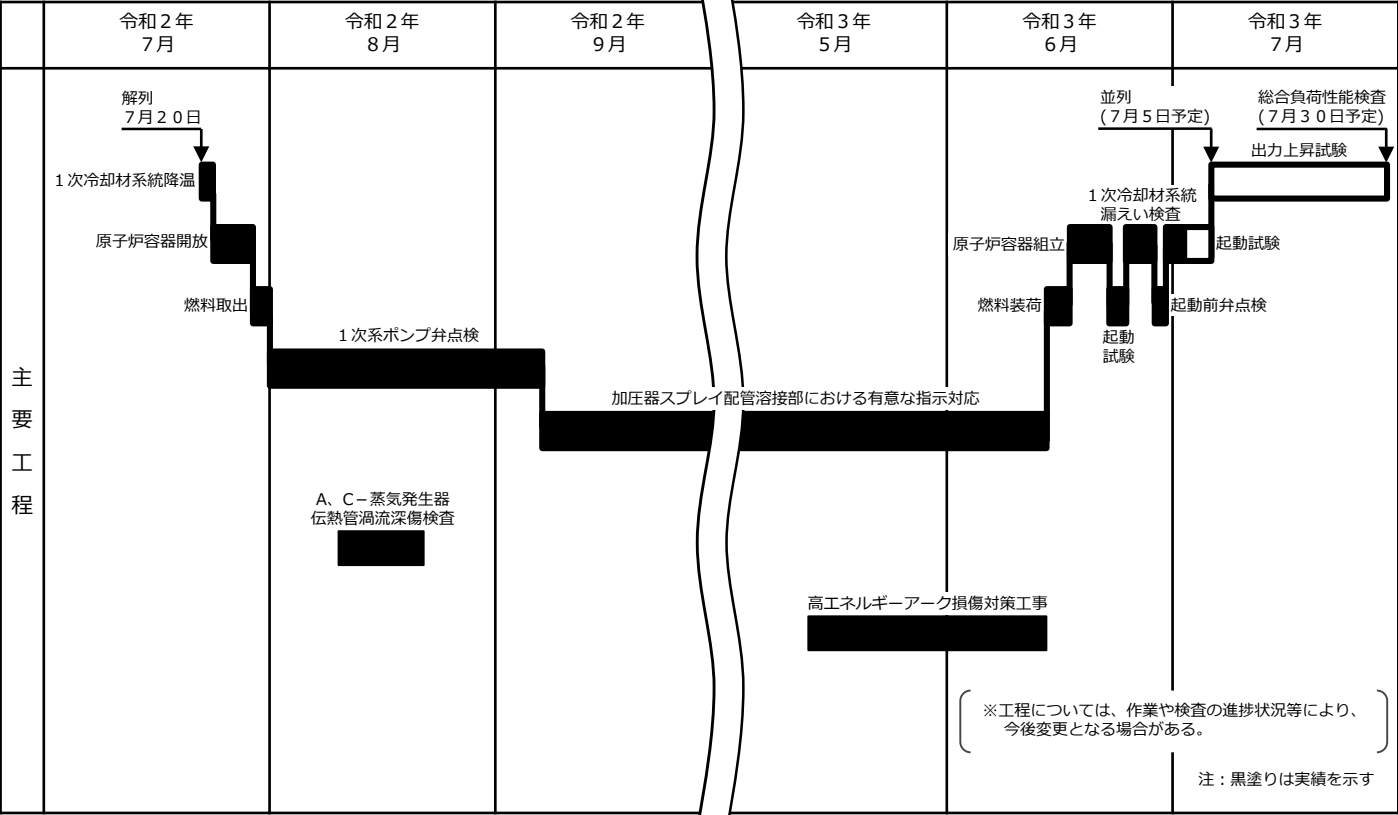
問い合わせ先

原子力安全対策課（松山）

内線 2353・直通 0776(20)0314

大飯発電所 3 号機 第 1 8 回定期検査の作業工程

(令和 3 年 7 月 2 日現在)



図－１ 高エネルギーアーク損傷対策工事

工事概要

国内外の原子力発電所の電気設備で高エネルギーアーク損傷が発生していることを踏まえ、原子力規制委員会によるバックフィット(新たな規制基準の既存の施設等への適用)として保安電源設備に係る技術基準規則等が一部改正(2017年8月)されたことから、非常用ディーゼル発電機に接続される電気盤に対して保護継電器(リレー)およびインターロックの追加を行った。

工事概要図

電気盤(写真)

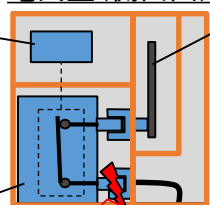


保護継電器※

※事故電流を検知し遮断器を開放させる

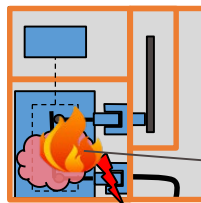
遮断器

電気盤(側面図)



母線

三相短絡等によりアーク放電が発生

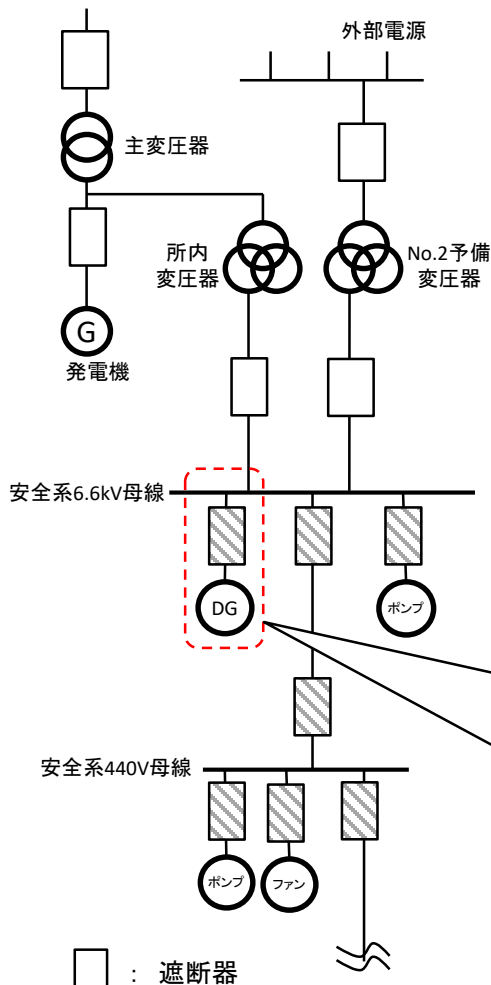


アーク放電により高温ガスが発生

アーク放電が継続しガスの温度上昇

高温ガスにより遮断器室内の配線被覆等が発火(アーク火災)

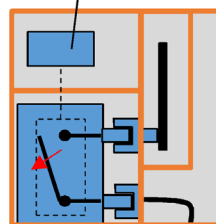
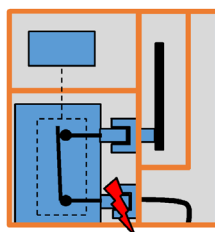
<電源系統構成(イメージ)>



遮断器の遮断時間の変更

※前回定期検査で実施済

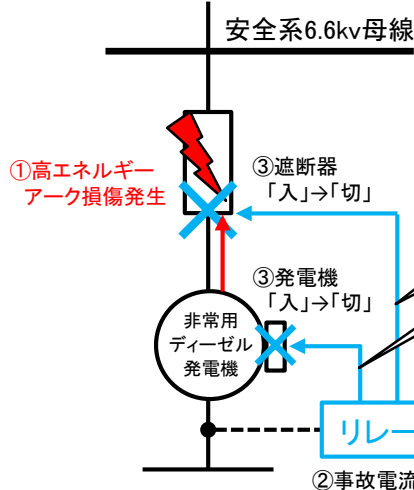
対象箇所:



事故電流を検知してから遮断器を開放させるまでの時間(遮断時間)を早くし、アーク放電の継続時間を短くする。

リレーおよびインターロックの追加

※今回定期検査で実施済



外部電源喪失時の非常用ディーゼル発電機からの給電時における高エネルギーアーク損傷による火災の発生を想定。

インターロック追加

発電機を停止するとともに、遮断器を開放することで、事故電流を遮断

リレー追加

事故電流を検出し、発電機の停止および遮断器を開放させる

図－2 2次系配管の点検等

工事概要

今定期検査において、868箇所について超音波検査(肉厚測定)等を実施した。
＜超音波検査(肉厚測定):840箇所、内面目視検査:28箇所＞

○2次系配管肉厚の管理指針に基づく超音波検査(肉厚測定)部位

	「2次系配管肉厚の管理指針」 の点検対象部位	今回点検実施部位
主要点検部位	1, 303	615
その他部位	1, 272	225
合計	2, 575	840

○2次系配管肉厚の管理指針に基づく内面目視点検

高圧排気管の直管部28箇所について、配管内面から目視点検を実施した。その結果、配管内面に減肉が確認された20箇所について、超音波検査(肉厚測定)を実施した。

(結果)

必要最小厚さを下回っている箇所、および次回定期検査までに必要最小厚さを下回る可能性があるとして評価された箇所はなかった。

取替範囲概略図

○今回の点検で減肉傾向が確認された部位1箇所、今後の保守性を考慮した部位31箇所、合計32箇所を耐食性に優れたステンレス鋼、低合金鋼または炭素鋼の配管に取り替えた。

＜系統別概要図＞

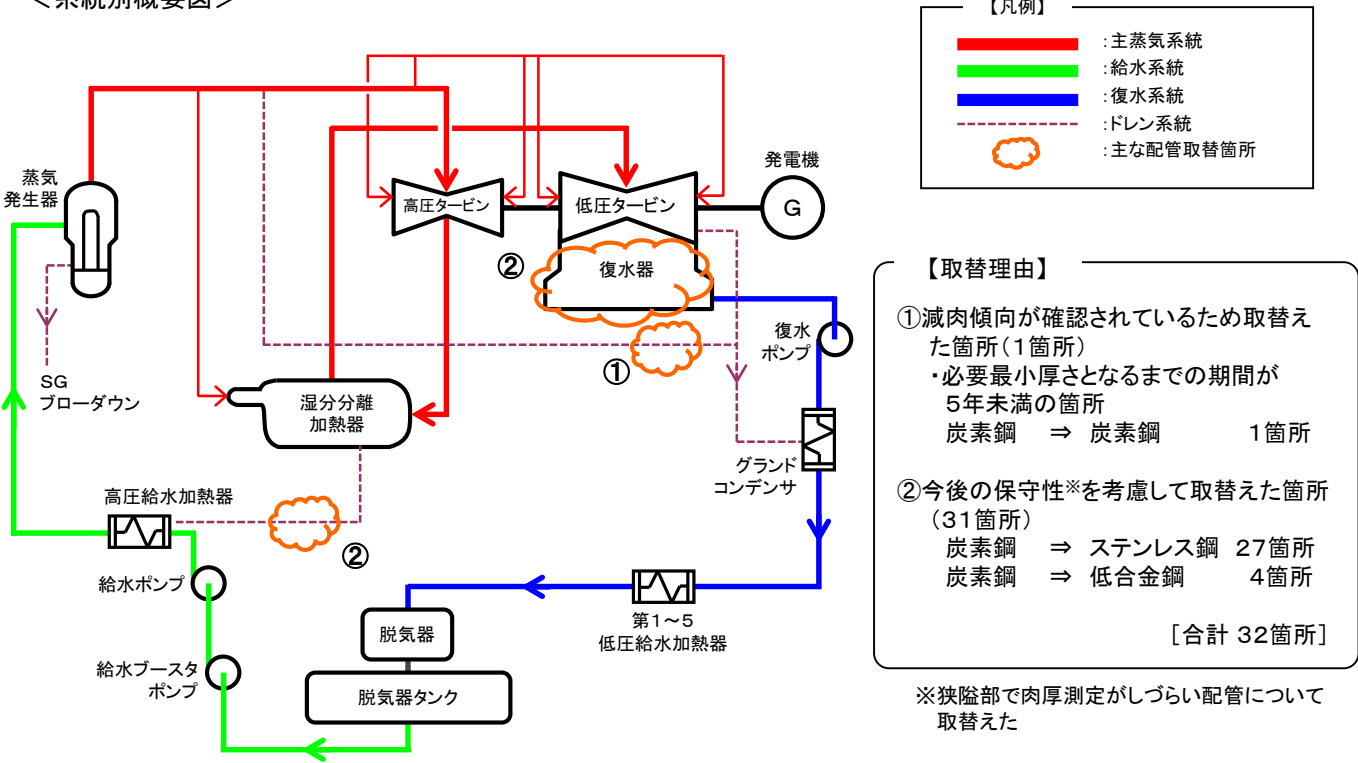
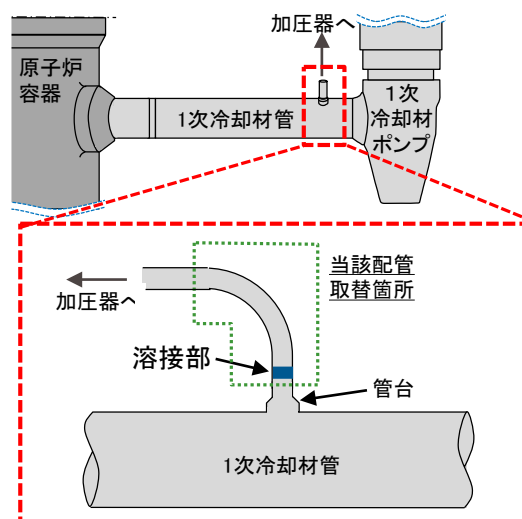
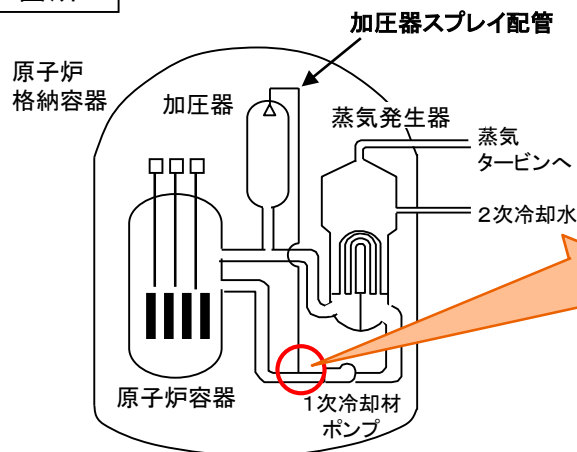


図-3 加圧器スプレイ配管の超音波探傷検査結果

発生箇所

系統概要図

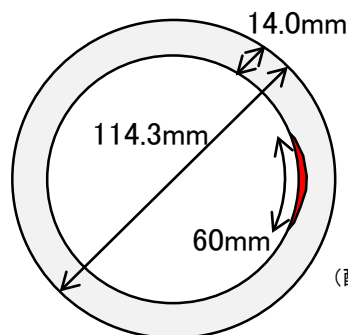


調査結果

【断面觀察結果】

断面図(上面図)

断面図(横断面図)

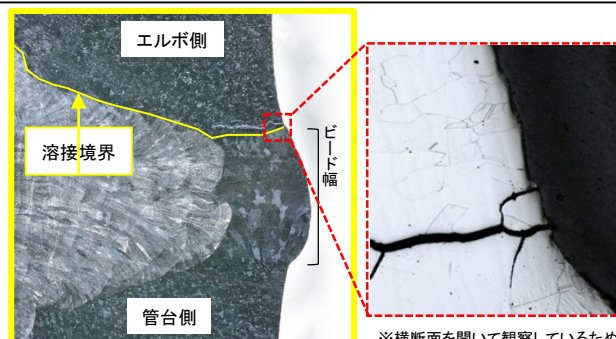


(配管内側)

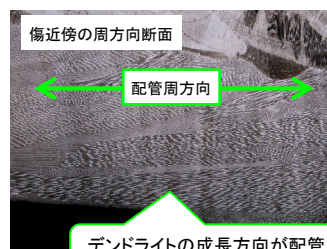
(配管外側)

管台

— : 実際の傷(長さ:60mm、深さ:4.4mm)
 : 超音波探傷検査の信号指示
 (長さ:67mm、深さ:4.6mm)



※横断面を開いて観察しているため
図と写真の向きが異なる



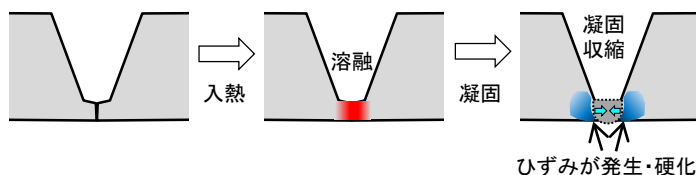
デンドライトの成長方向が配管周方向に成長しているように観察される。

【傷の発生および傷の進展(原因)】

①溶接時の入熱による影響

溶接時の入熱による硬化メカニズム

・溶接により入熱が加えられることで、溶接の凝固・収縮に伴い溶接境界線近傍にひずみが生じ硬化する。

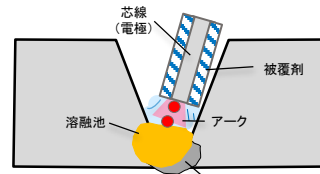


管外側)

配管突合せ部

(配管内側)

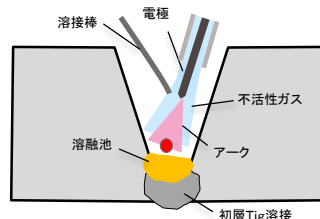
【当該部位の溶接方法(初層Tig溶接※1+2層目以降被覆アーク溶接※2)】



2層目以降の被覆アーク溶接は被覆剤が塗布された溶接棒が溶けて消耗する施工法であり、溶融池が複雑になるため、初層の再溶融による溶け落ち等が発生させる可能性がある。
⇒初層を厚めに溶接するため、入熱が大きくなる傾向

入熱が大きくなる傾向

【全層Tig溶接】



被覆剤が塗布されていない溶接棒と不活性ガスを用いて溶接するため、比較的安定した溶融池が形成される。
⇒初層から最後まで一定の層厚で施工が可能

※1 Tig溶接

：電極(タングステン)と母材との間に不活性ガスを流しながらアークを発生させ、アークの出す高温で溶接棒を溶かして溶接する方法

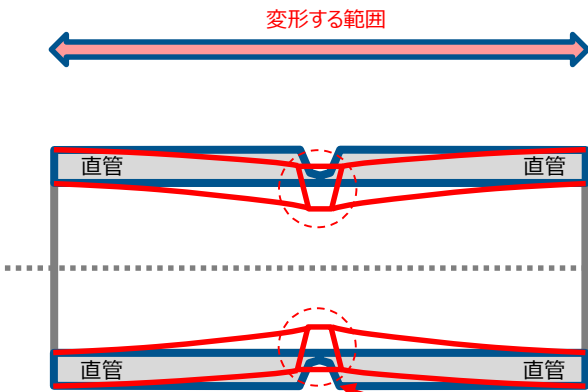
※2 被覆アーク溶接: 溶接棒と母材との間にアークを発生させ、アークの出す高温で溶接棒を溶かして溶接する方法

【傷の発生および傷の進展(原因)】 ②形状による影響

溶接時の入熱により、溶接部が凝固・収縮することで変形が生じるため、この現象と配管形状の違いによる影響を調査した。

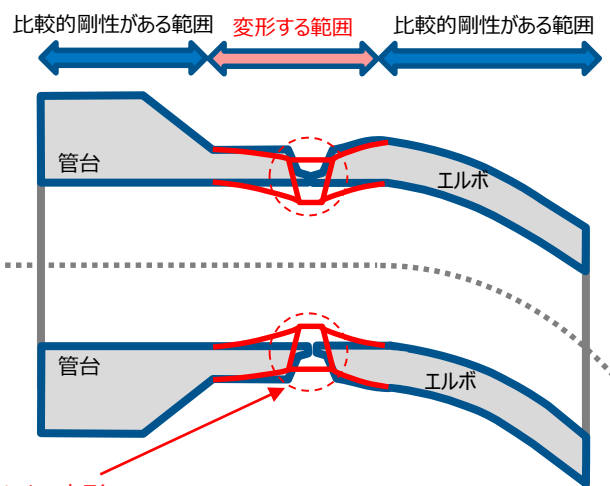
【直管と直管の組み合わせ】

変形する範囲が広いいため、歪みは比較的小さく、硬化しにくい。



【管台とエルボ部の組み合わせ(当該配管と同形状)】

変形する範囲が狭いため、歪みは比較的大きく、硬化しやすい。

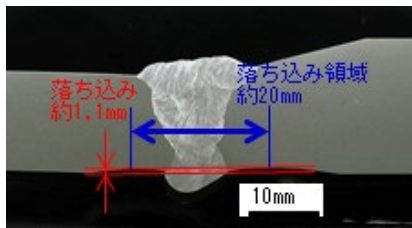


溶接による変形
当該配管と同じ外径114.3mm、厚さ14mmの場合、内側に1mm程度落ち込む

再現試験結果

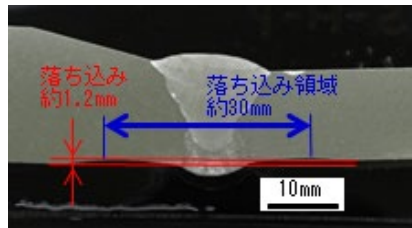
当該配管と同じサイズの配管で、同様の溶接方法(初層Tig溶接+2層目以降被覆アーク溶接)を模擬して再現試験を行った。

【管台とエルボ部の組み合わせ】 (当該配管と同形状)



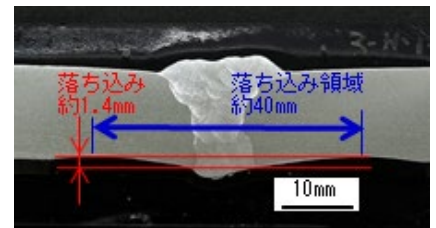
変形する範囲: 約20mm
硬さ計測結果: **300HVを超えている。**

【エルボ部と直管の組み合わせ】



変形する範囲: 約30mm
硬さ計測結果: **300HVを超えない。**

【直管と直管の組み合わせ】



変形する範囲: 約40mm
硬さ計測結果: **300HVを超えない。**

※落ち込み領域は明瞭な塑性変形が確認された領域を示す。

- 同様の溶接方法で施工した場合、当該配管と同形状の「管台とエルボ部」では、表層が実際の配管のように300HVを超える硬さになることを確認した。
- 全層をTig溶接で施工した場合は、「管台とエルボ部」の形状でも300HVを超える硬さにならないことを確認した。

推定原因

溶接時の過大な入熱と配管の形状による歪みの影響が重なり、溶接部近傍の表層の硬化が大きくなるとともに、溶接に伴い発生した高い応力が作用したことにより、粒界割れが発生し、その後応力腐食割れが進展したものと推定した。

対策

今回の定期検査で当該配管の取替えを行うこととし、取替えに当たっては、溶接時に過大な入熱とならない全層Tig溶接を用いるとともに、応力腐食割れを防止するため、配管内表面の機械加工時に硬化を低減する加工方法等を用いて施工した。