

「渦電流探傷試験、超音波探傷試験及び漏えい率試験に係る
日本電気協会の規格の技術評価に関する検討チーム 第3回会合における
日本電気協会への説明依頼事項」に対する回答(JEAC4207-2016)

令和3年1月13日
(一社)日本電気協会
原子力規格委員会

標記につきましては、以下の通り回答いたします。

○説明依頼事項

1. JEAC4207-2016「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程」に関する説明依頼質問

- 1) 資料2-3(2)には、試験体の材質と応力腐食割れについての実機プラントとの模擬性に関して、過去の国プロ((原子力発電設備検査技術実証事業)と同様の材質・方法で制作したとあります。具体的に、過去の国プロと対比した資料を提示してください。
- 2) 第2回会合において、溶接金属部を透過させる探傷は、片側からしか探傷できない場合必ず実施するものであるかについて質問したところ、日本電気協会より、ISIの手順を定めているJEAC4207としては答える立場にないという説明がありました。これに関し、配管の横波斜角法による探傷方法に関する規定である「4245 探触子の走査範囲」(3)には「試験部の幾何学的形状等の理由により、ある方向から十分な探傷ができない場合には、その反対側からの範囲を拡げて、探傷不可能範囲を低減するような操作を行う。」とされています。同規定との関係を説明してください。

○回答

1) 資料2-3(2)には、試験体の材質と応力腐食割れについての実機プラントとの模擬性に関して、過去の国プロ((原子力発電設備検査技術実証事業)と同様の材質・方法で制作したとあります。具体的に、過去の国プロと対比した資料を提示してください。

回答 1)

ご質問の意図は、使用した試験体の反射源の実機模擬性のことであると理解します。本件はきずの検出に関するものであり、きずの検出性とはすなわち得られる信号(エコー)の強度が実機における SCC と同程度であるかの問題となります。

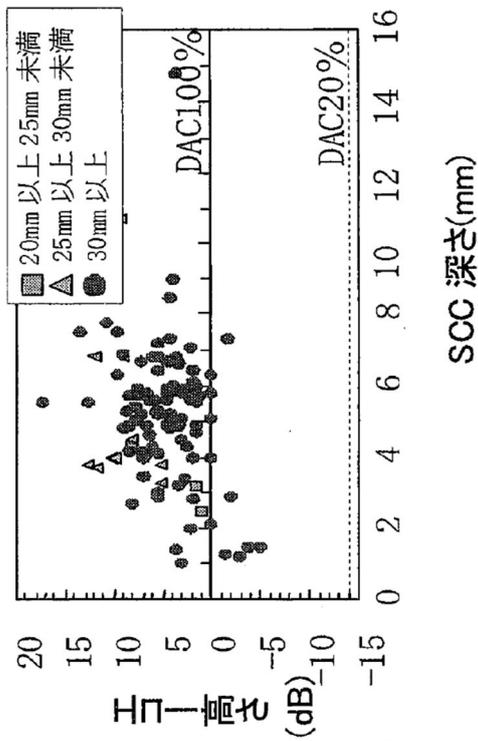
SCC の亀裂深さとエコー高さの関係を図1に示します。各々、実機で検出された事例^{*1}、国プロ(原子力発電設備検査技術実証事業)におけるステンレス鋼配管の例^{*2}、電共研(ステンレス鋼溶接金属を透過した UT(検出)確認試験研究の成果)で使用した発電設備技術検査協会殿の訓練用試験体の例^{*3}、電共研(ステンレス鋼溶接金属を透過した超音波探傷性能の確認結果(第2報))の例を示しています。ここで示されるように、SCC の亀裂深さによってエコー高さは変化するものの、検出すべきと考えられる評価不要欠陥寸法を超える SCC は同程度のエコー高さ(信号強度)を示しており、亀裂の検出性の実証としては問題ないものと考えられます。

実際の亀裂性状について比較したものが図2となります。こちらも各々の事例を示しています。いずれも亀裂の分岐や屈曲などが類似であり、実際の亀裂形状も十分な実機模擬性があるものと考えられます。

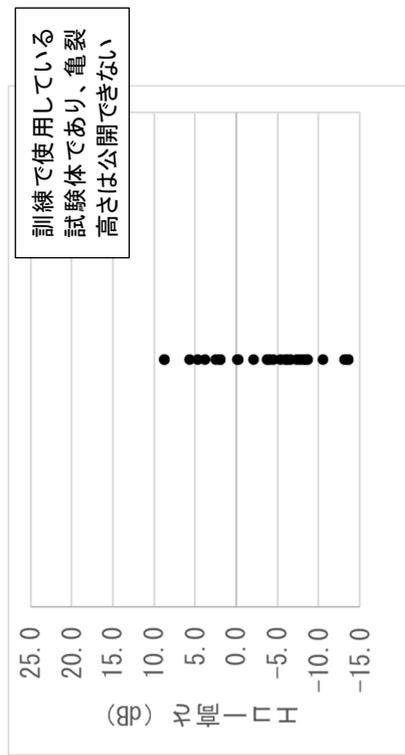
*1(清水敬輔 et.al, 「原子炉再循環系配管への超音波探傷試験実施・評価に関するノウハウ」, 保全学 Vol.8, No.4, pp.31-36, 2010

*2: 独立行政法人 原子力安全基盤機構, 「平成 16 年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度の確認に関するもの)[総括版], 05 基材法-0001(2/2), 2005 年 4 月)

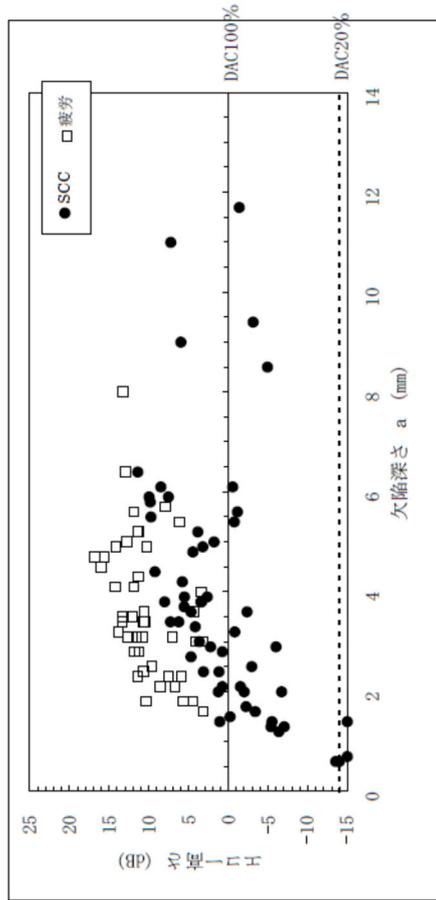
*3: 発電設備技術検査協会殿 提供資料による(別添-1 参照)



(a) 実機探傷事例

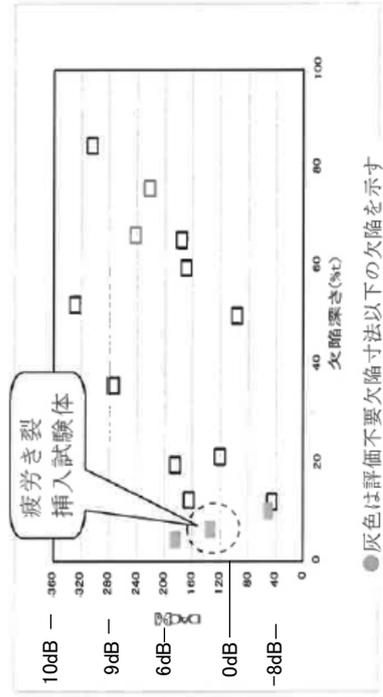


(c) 電共研で使用した試験体(発電設備技術検査協会 訓練用試験体)



(注) エコー高さは最大エコー高さの平均値で示す。

(b) 国プロで得られた SCC 深さとエコー高さの関係



(d) 電共研で使用した試験体(報告書の図に dB 表示を追加)

図1 検出されたエコー高さ

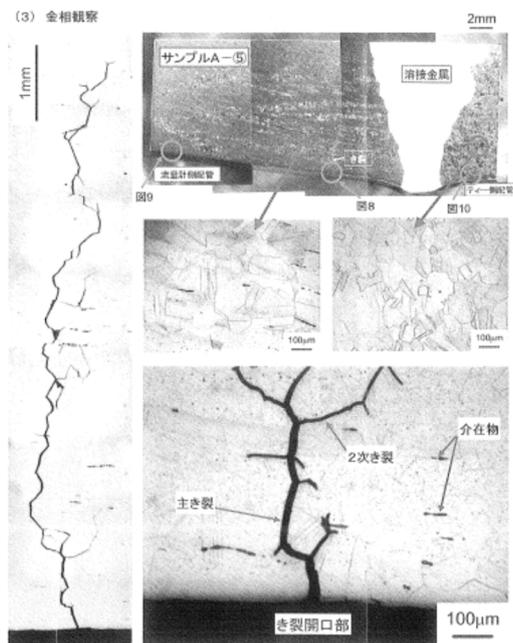
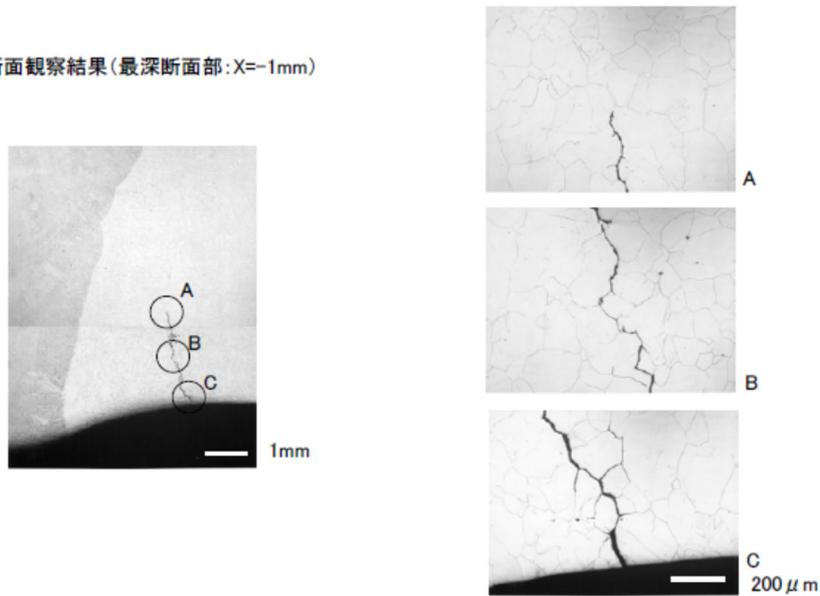


図7 き裂部の全体(左図)及びシュウ酸エッチング後の金属組織(右側図)

(a) 実機事例

(日本原子力研究所, 女川原子力発電所1号機 再循環系配管サンプル(O1-PLR)に関する調査報告書, JAERI-Tech 2004-003, 2004年2月)

③ 切断面観察結果(最深断面部: X=-1mm)

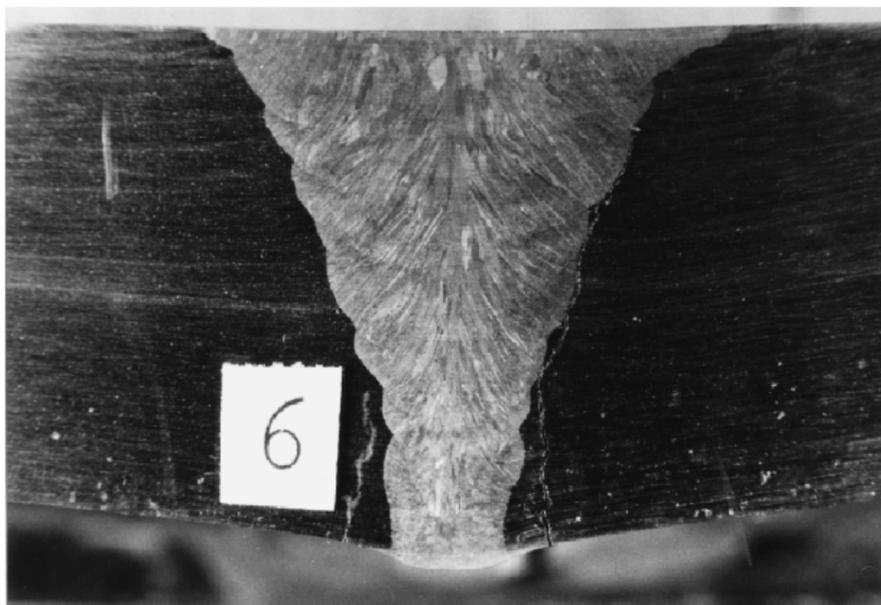


添付図 2.9 直管ステンレス鋼 SCC 付与試験体(厚さ 25mm)の切断試験結果(SCC: PSS24)

(b) 国プロの例

(独立行政法人 原子力安全基盤機構, 「平成 16 年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度の確認に関するもの)[総括版], 05 基材法-0001(2/2), 2005年4月)

図2(1) SCC 事例



(c) 電共研で使用した試験体(発電設備技術検査協会 訓練用試験体)



(d) 電共研で使用した試験体

(他の事例と合わせて、亀裂開口が下になるように画像を反転した)

図2(2) SCC 事例

2)第2回会合において、溶接金属部を透過させる探傷は、片側からしか探傷できない場合必ず実施するものであるかについて質問したところ、日本電気協会より、ISIの手順を定めているJEAC4207としては答える立場にないという説明がありました。これに関し、配管の横波斜角法による探傷方法に関する規定である「4245 探触子の走査範囲」(3)には「試験部の幾何学的形状等の理由により、ある方向から十分な探傷ができない場合には、その反対側からの範囲を拡げて、探傷不可能範囲を低減するような操作を行う。」とされています。同規定との関係を説明してください。

回答 2)

第2回会合における議論は、「4500 オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷」についてのものと理解しています。4500の手法は今までもご説明している通り、従来の手法とは異なり、画像化による評価や複数手法による総合的な判断を求めているなど、特別な手法となっております。また、4500項に記載の通りに内表面のみを対象としており、体積試験としての手法ではありません。

一方で、4245項はその位置付けからも明確なように、従来と同じ手法で走査範囲を広げることを意図しています。

2020年12月16日
(一財) 発電設備技術検査協会
溶接・非破壊検査技術センター

亀裂の模擬性について

一般財団法人発電設備技術検査協会が保有している「試験技術者の訓練用のステンレス鋼配管溶接部応力腐食割れ (SCC) 付与試験体 (以下、試験体と呼ぶ。)」の情報として、亀裂の模擬性を議論する上で重要な主要項目である「エコー高さ」と「断面形状」を示す。また、模擬性を議論する際に参考となる「試験体の製作方法」も以下に示す。

・ SCC に対する UT のエコー高さ分布

欠陥側から周波数 2MHz 横波斜角 45° で探傷した結果の例を図 1 に示す。エコー高さは約-14dB (DAC21%) から約 9dB (DAC275%) に分布しており、国プロ (SGF/UTS) のデータと同程度の分布である。

なお、訓練に使用している試験体のため亀裂高さは開示できない。

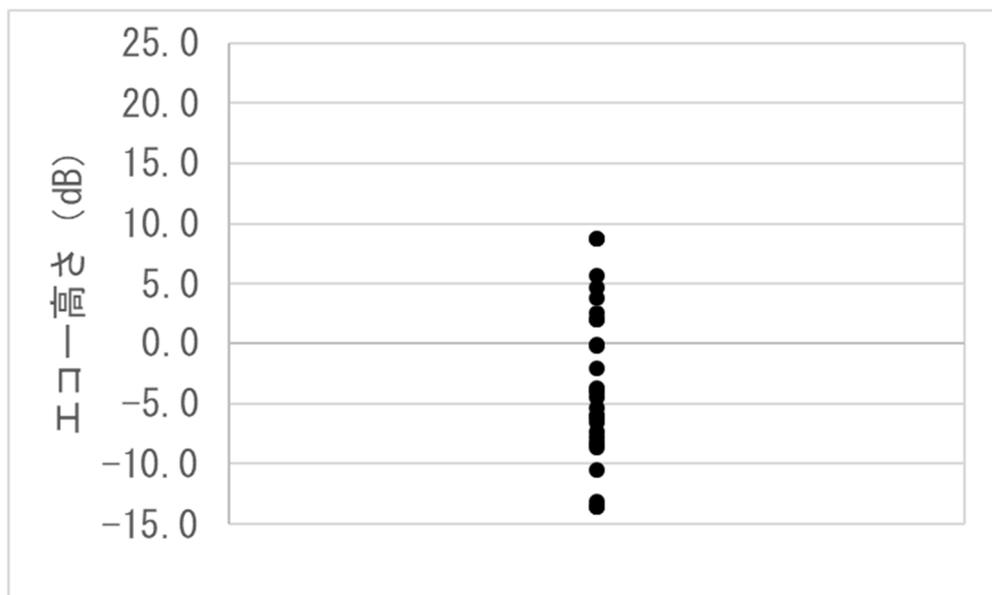


図1 エコー高さ分布 (2MHz 横波斜角 45°)

・ SCC の断面形状

SCC の断面写真の例を図 2¹⁾に示す。この亀裂は SUS304 の例であり、溶接熱影響部で発生、進展している。「試験技術者の訓練用のステンレス鋼配管溶接部応力腐食割れ (SCC) 付与試験体」は、SUS304 製のほかに、SUS316 系で亀裂先端が溶接金属内に進展したものも含まれている。

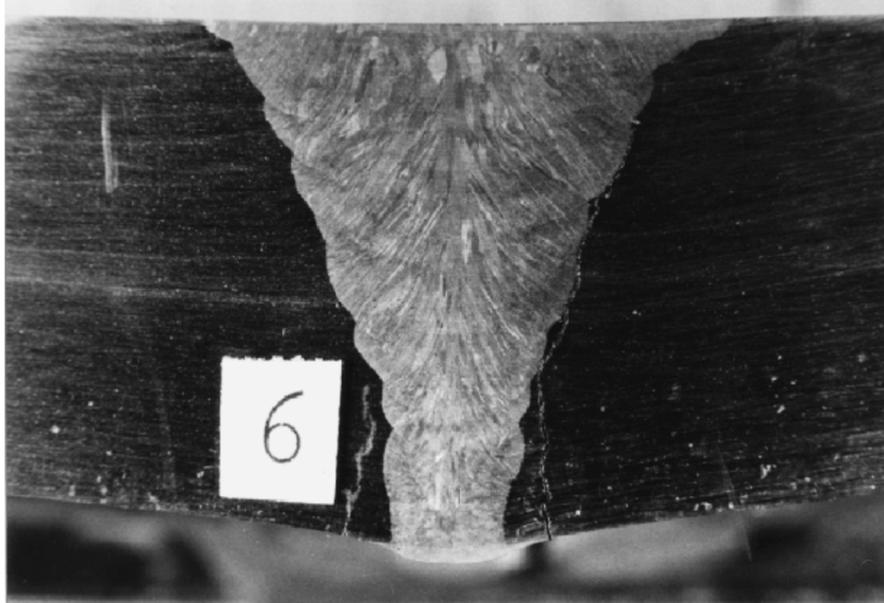


図 2 亀裂の断面写真の例¹⁾

・ 試験体の製作方法

試験体は、材質が SUS304 及び SUS316 系、溶接方法は GTAW であり、BWR 再循環系配管の製造方法を模擬して製作されている。SCC の付与方法は、鋭敏化熱処理後に応力を負荷して高温水ループ中に浸漬させて亀裂を発生・進展させている（他の環境で SCC を付与する方法も検討中）。

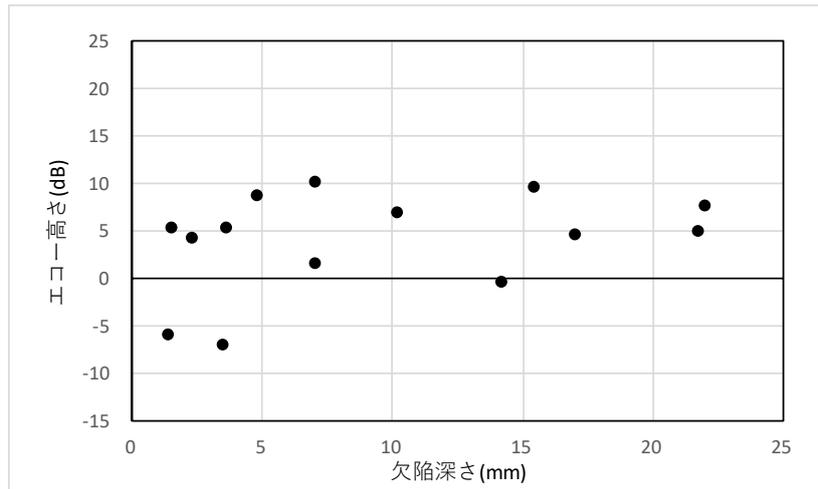
参考文献

1) 米山他：超音波探傷試験による疲労き裂と応力腐食割れ検出及び深さ測定に関する教育訓練の効果，平成 16 年度火力原子力発電大会論文集(CD-ROM)， p.311 (2004)

以上

回答1)の参考情報

電共研(ステンレス鋼溶接金属を透過した超音波探傷性能の確認結果(第2報))における
SCC 深さ(mm)-エコー高さ(dB)の関係図 *



* :回答1)の図1(d)は報告書に記載の SCC 深さ(%t)-エコー高さ(DAC%)であったものを、他の図と合わせるために SCC 深さ(mm)-エコー高さ(dB)の関係に描きなおしたもの