

テーマ：水素放出特性変化に基づいた先進構造材料の余寿命診断技術の開発

研究代表者：駒崎慎一

1. 事業化支援プロジェクトの背景

研究代表者らは、原子炉圧力容器用鋼 A508Cl.III の低サイクル疲労に伴う水素放出特性の変化を調査し、陰極電解法による水素チャージ後の水素放出量（水素吸蔵特性）が疲労寿命比 0.03%や 0.3%といった損傷の極初期において明瞭に増加することを明らかにした。さらには、火力発電プラントで使用されるボイラ用高 Cr フェライト系耐熱鋼 Gr.91 のクリープに伴う水素放出特性の変化を調査し、クリープ寿命の消費とともに水素放出量も単調に増えることを明らかにした。このような研究成果は、国内外を問わずこれまで例がなく、極めて独創的なものである。

大型機器・構造物で破損損傷が発生した場合、各種経済的損失以外にも、様々な社会的影響が問題となる。近年では発電プラントの安全性を揺るがす幾つかの問題によって、プラントに対する国民の信頼性が損なわれていることにも注意しなくてはならない。機器の損傷に伴う社会的影響を未然に防ぐとともに、国民からの信頼を速やかに回復するには、保守検査に対する高い正確性が必要である。研究代表者らが開発した技術は、このような社会的・経済的要請に応えるのに不可欠なものであり、我が国における産業基盤技術の独創的な充実を促す波及効果を生み、産業界において広い応用展開が期待される。そこで、本事業化支援プロジェクトでは、電力・ガス会社、鉄鋼メーカー、プラントメーカー、検査会社などに本開発技術を供与したり、大型機器・構造物の設備診断やコンサルティングに関する新しい事業を起こすことを目標とした。

2. 今年度の活動概要

昨年度に引き続き、火力発電プラントで使用されるボイラ用高 Cr フェライト系耐熱鋼 Gr.122 溶接継手材の板厚内部の水素放出特性のクリープ寿命消費に伴う変化を調べ、余寿命診断技術としての水素昇温脱離分析法の適用性について検討した。具体的には、HAZ を含んだ小型長方形試験片を採取した溶接継手クリープ中断試験片からさらに小型試験片を採取して、より詳細な水素放出特性分布の変化を調査した。加えて、溶接継手内部の損傷度を実測することを目的として、同一の小型長方形試験片を用いたスモールパンチクリープ試験を実施した。

その結果、HAZ の水素放出特性変化がもっとも顕著であり、損傷は HAZ で優先的に発生・蓄積していることが改めて確認することができた。また、外表面からの距離が 5 mm 程度といった特定の位置において損傷が優先的に蓄積していることを再確認することができた。さらには、水素放出量と SP クリープ試験で得られた寿命消費率の間には良好な相関関係があり、水素昇温脱離分析法が余寿命評価法として有望であることが示唆された。

3. 事業化に向けた準備状況や見込み

今後は、計算学的手法（第一原理計算，分子動力学シミュレーションなど），水素の可視化（トリチウムオートラジオグラフィなど），水素放出曲線の分離（極低温分析など）によって，損傷による水素捕獲機構の詳細，すなわち水素がどのようなタイプの欠陥にどのようにトラップされているのかを明確にする必要がある．加えて，今回の結果は限られた試験条件で得られたものであり，本手法を余寿命評価として確立するには，他の材料や他の試験条件での結果も含めさらなるデータの拡充が不可欠である．

現在は，前述の研究課題に取り組みながら，実際の大型機器・構造物の水素放出特性を計測・評価するための携帯できる新しい現位置分析装置の開発を検討している．加えて，研究会や学協会等の場において，電力・ガス会社，鉄鋼メーカ，プラントメーカ，検査会社などに対して本開発技術のPR活動を行っている．

4. 事業化のパートナーとなる可能性のある学外機関等（支援組織，金融機関，VC）や顧客となる可能性のある企業への当該プロジェクトのアピールポイント

本研究の独創的なところは，遅れ破壊に対しては悪玉である“水素”を材料診断技術に適用しようとする点にある．このような試みは国内外を問わず過去にも研究例が無く極めて革新的な提案であるといえる（特許：トレーサー水素による材料性状評価方法および装置，日本，特許第4155409号（平成20年7月18日））．先行技術として注目されているものに“陽電子”をプローブに用いた陽電子消滅分光法があるが，放射線取扱いの煩わしさを伴うことが普及への最大の障害となっている．

5. 事業化プロジェクトに関する研究実績等

① 論文（令和元年度中の事業化プロジェクトに関するもの）

なし

② 発表（同上）

なし

③ 特許（同上）

なし

④ 新聞や雑誌等への掲載記事

なし

⑤ 企業等からの連携打診の有無（無し）

6. 参考資料

特になし

以上