

2020 年度実施研究助成課題

1 「炭素鋼の長時間クリープによる黒鉛化に関する研究」

澤田 浩太（物質材料研究機構 構造材料研究拠点 構造材料試験プラットフォーム長）

発電プラントに使用されている炭素鋼に対しては、実機使用中に生じる材質劣化として炭化物の球状化や黒鉛化について多くの報告があり、特に黒鉛化については、注意すべき温度範囲や炭化物生成部位（HAZ、冷間加工部など）が、ASME や JSME の非強制規格として、解説に記載されている。しかし、黒鉛化について系統的に調べられているわけではなく、また、黒鉛化に及ぼす応力負荷や製品形状の影響も明らかでない。プラント部材の更なる信頼性を確保するためには、これら不明な点を明らかにする必要がある。本研究では、炭素鋼（板及び管）の長時間クリープ破断試験片（400～500℃）の微視組織の元素マップや3次元像を系統的に調べ、黒鉛化の生成基点、生じる温度範囲を明らかにし、黒鉛化に及ぼす応力負荷、製品形状の影響を評価する。

2 「多重化可能な光ファイバ超音波センシング技術を用いた高温実環境における損傷可視化技術の構築」

于 豊銘（東京大学生産技術研究所 特任研究員）

光ファイバセンサの一種である FBG（Fiber Bragg Grating）系超音波センサは、高温環境で不安定になったり消失したりする問題点がある。そのため、申請者らは、FBG に対して高温アニーリング処理技術を行うことで、高温で消失した FBG を再生させた。その結果、その再生 FBG（Regenerated FBG: RFBG）は、1000℃までの耐熱性を有することを確認でき、それをセンサに用いて 1000℃の温度環境下での超音波の計測に成功した。RFBG センサは耐熱性の他に、通常の FBG システムと同じく、多重化が可能であり、設置が容易といった特徴を持つ。つまり、複数のセンシング点を含む一本の光ファイバを高温環境における構造物に設置するだけで損傷検知が可能となる。

本研究では、耐熱性に優れる多重化可能な RFBG 光ファイバセンシングシステムをレーザ超音波可視化技術に融合させることで、苛酷環境下での大規模な構造物においても簡便に損傷を検知可能な手法の構築を試みる。

3 「高温水素中のクリープ強度データの蓄積と水素による強度低下メカニズムの解明」

久保田 祐信（九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 教授）

高温水素を利用した、高温型燃料電池や水素ボイラー、水素専焼ガスタービンなどの開発が積極的に進められており、高温水素中の構造材料の強度特性の把握と、強度劣化があればそのメカニズムを解明することは、高温水素機器の安全を確実にするために極めて重要である。申請者がこれまでに行った研究では、SUS304 鋼の高温水素中クリープ試験では、顕著なクリープ寿命の低下が見られたが、これは機器の設計にとって重要な問題と言える。本研究ではこの水素によるクリープ強度の低下について、従来の水素脆化の理論では説明ができない、水素が材料の変形に及ぼす作用として、未知のメカニズムの解明を試みる。

4 「ニードルピーニング施工による打痕形状のばらつきが疲労強度に及ぼす影響の解明」

笛木 隆太郎（海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 研究員）

圧縮空気や超音波等でニードルピンを振動させるニードルピーニング（NP）は、溶接止端部を打撃して圧縮残留応力を導入するもので、様々な材質および形状の溶接継手の疲労強度向上が実証されている。圧力容器溶接部にも NP を施工することで、容器の信頼性向上が期待される。NP の施行は、溶接部の止端線の消失が確認されるまでニードルピンの打撃を繰り返すのが標準的な要領であるが、施工終了の判断は施工者が目視で行うため、打痕の形状、特に、打痕の深さにばらつきが生じる。打痕寸法は導入される圧縮残留応力の大きさや溶接止端部の応力集中に影響を及ぼすため、疲労強度にも影響するが、その相関関係について定量的に検証した研究は見当たらない。

本研究では、打痕深さの違いが疲労強度に及ぼす影響を実験的に解明し、さらに、打痕深さを品質管理パラメータとする必要性の有無など、実構造物への NP 施工における品質管理方法の提案を行う。