

## 産学共創基礎基盤研究プログラム 平成 28 年度中間評価結果

1. 研究課題名：鉄鋼における水素／マルテンサイト変態相互作用の定量的・理論的解明と水素利用材料の創製 ～利用可能な新固溶元素獲得を目指して～
2. 研究代表者：津崎 兼彰（九州大学 大学院工学研究院 機械工学部門 教授）

### 3. 研究概要

研究代表者らは、鉄鋼材料の特性にとって従来は有害元素として捉えられていた水素を炭素や窒素のように特性制御に活用できると考え、水素による脆化を克服した上で水素を利用した新たな鉄鋼材料の創製に挑戦し、そのための新指導原理の提案に取り組んでいる。具体的には、水素の分布、量や拡散性を正確に評価し、熱誘起／加工誘起のマルテンサイト変態や双晶変形と水素との相互作用を定量的・理論的に解明する研究を、異なる専門性を有する研究者からなるチーム体制（材料創製－計測・解析－理論・計算）のもとで進めている。

### 4. 中間評価結果

#### 4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

Fe 合金における FCC→BCC 相変態や HCP 相変態などの熱誘起相変態に及ぼす水素の影響、および加工誘起変態や双晶変形に及ぼす水素の影響について、独創的な実験的検討を行った。その結果、マイルストーンとして設定した Ms 点、マルテンサイト生成量、マルテンサイト変態時の形状変化などに及ぼす水素の影響に関して、目標を十分クリアする成果を挙げた点は高く評価される。また、自由エネルギーに及ぼす水素の影響に関しても、実験と計算科学の融合を図って取り組んでいる点も特筆される。水素による HCP 相の格子定数異常や Fe-30Mn-6Al の延性向上など重要な新知見を得た。さらに、低温 TDS による冷却過程における相変態に起因した水素放出の測定手法、マイクロ歪測定手法および第一原理計算による自由エネルギーや水素と置換型元素の相互作用を評価する新手法を確立し、それらの有効性を実証している。人事異動に伴う予期せぬ困難に遭遇したこともあるが、総じて当初計画以上の研究成果を出している。

研究代表者による強いリーダーシップの下で、専門分野の異なるシニア研究者／中堅・若手研究者からなるチームを、若手の人材育成も考慮しながら有機的に連携させている点も評価できる。すなわち、本研究は 6 研究機関、7 研究者からなるチームで行われているが、共通の目的を設定し、役割分担を明確に設定するなど、研究代表者のマネジメントとメンバーの協力体制は大変優れている。さらに、本プログラムの特徴である産学共創の場を効率良く活用しながら、水素の有効利用という最終目標に向けた重要な成果を前倒しで挙げている点も特筆される。

#### 4-2. 今後の研究に向けて

水素と熱誘起マルテンサイト変態を軸とした第一段階から、今後は水素と加工誘起マルテンサイト変態・変形双晶を軸とした第二段階、および両者を総合化した水素利用材料の提案・創製の第三段階に軸足をシフトし、基礎基盤研究に基づく普遍的な新指導原理の提案を期待したい。その際、現象の本質を理解するためには、多くの同時進行の因子を考える必要があるため、学術的な理解の更なる深化も目指していただきたい。

Fe-30Mn-6Al の水素添加による延性向上の新知見は重要であり、普遍化と最適化を含めた次の展開を期待したい。また、レンズ状マルテンサイトの水素添加による双晶領域の拡大や形態変化の知見は、学術的には相変態の機構の解明に、応用的には形状記憶材料の開発などに、多くの適用可能性を秘めているように思われる。これらには、いずれも計算科学の活用が有効と考えられ、その環境が整備されつつある現在、計算、実験、理論の融合が大いに期待される。

今まで、産学共創の場での意見交換を有効活用し、早期の画期的成果に繋げている。今後の連携のあり方についても種々の提案があり、実行を期待したい。水素を利用した変態制御を活用できる場を見出すためには、幅広く産業界と会話する機会を増やしていくことは重要であろう。論文も積極的に発表しており、高く評価される。今後も継続して、研究成果の外部への発信をお願いしたい。また、必要なら JST の協力も得て、新コンセプトに基づいた基本特許の出願も期待したい。

#### 4-3. 総合評価および研究継続の可否

総合評価 S、研究継続 可

本研究は、従来、水素脆性などで「悪者」として捉えられている鉄鋼材料中の水素を有効元素として活用するための新指導原理を明らかにして、水素利用材料創製に繋げようという独創的かつ挑戦的な研究である。研究代表者の優れたプロジェクト運営のもと、研究は順調に推移し、すでに研究計画を上回る興味深い多くの研究成果が出ている。特に、水素による相安定性の変化や積層欠陥エネルギーに与える影響、それに伴う材料特性の変化、およびレンズ状マルテンサイトの形態変化などの新規で基礎的な知見は大変重要であり、今後の発展に繋がる期待の大きい成果である。また、新手法（低温 TDS 測定、マイクロ歪測定、Fe-H-M 三元系の自由エネルギー／状態図や H-M 相互作用の第一原理計算など）の確立もなされており、研究環境としても充実してきた。継続して、異なる専門分野および実験と計算・理論の融合を図った上で、新たな指導原理が創出されることを期待する。

以上