

## 産学共創「ヘテロ構造制御」事後評価結果

1. 研究課題名：材料科学と固体力学の融合によるヘテロナノ構造金属における高強度・高靱性両立の指導原理確立

2. 研究代表者：下川 智嗣（金沢大学 理工研究域 教授）

### 3. 研究概要

ヘテロナノ構造金属における高強度・高信頼性両立とその指導原理の構築を目指し、塑性変形中に形成された結晶格子欠陥の構造と力学場の解析を、連続体から原子レベルにわたる階層的な理論、計算、実験によって行った。具体的には、パーライトに代表されるナノ層状構造に対して、高強度・高延性の原因解明を、また、超微細粒材料に対して、高靱性化の指導原理の構築を目指すことを目的としている。

### 4. 事後評価結果

#### 4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

原子レベルから結晶塑性、有限要素法によるマクロなレベルまでを包括した精緻な計算科学手法および最先端の実験的研究手法を駆使して、これまで未解明であったパーライト鋼の高強度、高延性、高靱性の発現メカニズム解明に取り組み、基礎科学的にも工業的にも重要で貴重な多くの新知見を獲得し、産業界が取り組むべき方向性を明確な指導原理として提案しており、大変優れた研究成果が得られている。

フェライトに挟まれたセメンタイトが塑性変形能を持つ理由として、フェライトの加工硬化によるセメンタイト局所変形抑制という新事実を見出し、さらに詳細に検討することにより、「ラメラ組織の微細化、異相界面の構造最適化設計」等をパーライト鋼の高強度・高延性両立の指導原理として提唱した。また、き裂先端の塑性域に及ぼすフェライト/セメンタイト界面の影響を詳細に検討し、「ラメラやコロニー・ブロックの微細化、セメンタイトの分解抑制」を高強度・高靱性両立の指導原理として提唱した。さらに、転位放出で形成される回位がき裂先端を遮蔽する現象など、今後の発展が期待される成果もあげている。

学術論文や学会発表等により十分な成果公表がなされている。また、提唱された指導原理は産業界が取り組むべき方向を示すものであり、既に産業界との共同研究も開始されている。

#### 4-2. 今後の研究に向けて

本研究では、「パーライト鋼に代表される延性相と脆性相を含む材料の力学特性の発現機構の解明」と、それに基づく「高強度、高延性（高靱性）材料創出のための新しい指導原理の提案」という当初の目的を十分に達成し、産業界が取り組む方向性を示すことに成功している。

本研究は、マルチスケールでの計算科学と先端の実験研究の有効な連携の大きな成功例であり、研究代表者の強いリーダーシップのもとで初めて実現できた。今後も、このような連携研究を継続し、材料学の深化に貢献することを期待したい。

本研究で得られた成果は、延性が大きく異なる相を活用した強度と延性及び靱性を兼ね備えた

革新的な構造材料の設計に応用できる重要な基礎的成果である。今後は、理論的な異相界面の設計指針などの実験的検証をさらに進めるとともに、既に開始している産業界との共同研究を進展させ、知的財産の創出までを視野に入れた研究推進を期待する。また、プレス発表や基本特許の出願などは終了後も期待したい。

#### 4-3. 総合評価

原子レベルからマクロなレベルまでを包括する精緻な計算科学手法および最先端の実験的研究手法を駆使して、パーライト鋼の高強度、高延性、高靱性の発現メカニズムの未解明部分を明らかにした大変優れた研究成果であり、高く評価される。産学共創の場の一環として頻繁に産業界と意見交換し、試料提供も受けながら研究を遂行したことも、本プログラムの研究課題として理想的である。

異なるグループをまとめ、密接な議論により共同研究を推進した研究代表者のリーダーシップは大変優れている。学術論文として十分な成果の公表が出来ていることに加えて、得られた成果をもとに産業界との共同研究に発展したことによって、産学共創プログラムの意義も十分達成されている。今後は、理論的な異相界面の設計指針などの実験的検証をさらに進めるとともに、産業界との共同研究を通じて、知的財産を創出することが期待される。