

## 産学共創プログラム「ヘテロ構造制御」 評価結果

1. 研究課題名： 高鋼板の塑性変形に伴う軟質分散粒子のヘテロ→ホモ構造変化の有用性評価

2. 研究代表者： 土山 聡宏（九州大学 大学院工学研究院 准教授）

### 3. 研究概要

析出強化や分散強化は材料強化法の一つとして広範に適用されている。研究代表者らは、Cu析出物のような母相より軟かい粒子が含まれる鋼では、母相より硬い粒子が含まれる鋼に比べて良好な強度—延性バランスを示すこと、大変形によりCu析出物はやがて母相に溶解することなどの興味ある知見を得た。このような実験結果を基に、軟質粒子を有効に利用して、薄鋼板の強度—延性および強度—加工性バランスを改善するための指導原理の構築を目指すことが本研究の目的である。

### 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

塑性変形に伴う軟質分散粒子の「ヘテロ→ホモ構造変化」を高強度鋼板の強度と延性の両立に活用しようとするコンセプトは学術的にも工業的にも興味があり、未だ解決すべき課題は残るものの、構造変化を示唆する実験事実を蓄積しつつある点は評価できる。すなわち、a) 母材より軟質な粒子（Cu）と硬質な粒子（VC）を比較検討し、両者を含む材料の力学特性の差異を現象的に明確に示した。Cu粒子を含む材料は、強度の上昇はVC粒子を含む材料ほど大きくはないが、延性、とくに最高荷重から破断に至る局部延性をあまり劣化させずに強度—延性バランスを向上させる可能性があること、b) このような傾向が鋼の塑性変形（大変形）に伴うCu粒子の溶解に起因する可能性を示唆するデータを示したこと、さらに、c) 軟質粒子と硬質粒子の複合化で従来の強度—延性バランスを凌駕できること、d) 焼き戻しマルテンサイトやパーライト基地に軟質粒子を含有させると強度—延性バランスが向上すること、などの知見を得た。

しかしながら、これらの知見は工業的に有用ではあるものの、学術的・基礎的には、関与する多くの機構が未解明で、「ヘテロ→ホモ構造変化」というコンセプトを基にした革新的材料創製のための新指導原理の構築への道のりは、まだ険しく遠いと感じる。また、国際会議や学会での口頭発表は散見されるが、未だ学術論文誌への投稿・掲載がほとんどないことは残念である。

軟質粒子や硬質粒子を含む材料の力学特性については、すでに国内外に多くの基礎研究の蓄積があり、分散強化や析出強化の機構に詳しい研究者もいるが、そのような専門家との議論が少ないことや、過去の研究の調査が十分ではないことのために、現行の体制のままでは、学術的な観点からの新指導原理の構築に大きな進展を期待することができない。

一方、サイトビジットや産学共創の場における議論を通して、産業界側がこの研究課題の

成果に大きな期待を抱いている点を認識しながら研究に取り組んできた姿勢は評価される。

#### 4-2. 今後の研究に向けて

産学共創基礎基盤研究プログラムの研究課題としては、軟質粒子と硬質粒子の役割に関する本質的な差異、とくに軟質粒子の塑性変形に伴う変化や引張特性への影響について、学術的に深く追究する計画が期待され、それが新指導原理の構築に結びつくものと考えられる。しかし、今後の研究計画内容は、これを意識しつつも、必ずしもそのようになっておらず、むしろ応用面を拡大するよう見える。また、理論的アプローチや計算科学的アプローチを得意とする異質の研究者との連携予定もない。

一方では、工業的に価値の高い重要なデータを2年の間に数多く蓄積しているため、これらの点を総合的に勘案すると、本研究課題は、産学共創基礎基盤研究プログラム中の一課題として継続するより、むしろ、より実用化を視野に入れた研究として、産学が連携して本研究のシーズを次のステップに発展させる段階に移行する方が賢明と考える。すなわち、実用化を目指した JST および他の組織の研究ファンドの活用や産業界との共同研究などを推していただきたい。

#### 4-3. 総合評価

##### 総合評価 B

高強度鋼板の更なる特性向上を目的に、塑性変形に伴う軟質分散粒子 (Cu) の「ヘテロ→ホモ構造変化」を強度と延性の両立に活用しようとするコンセプト提案は、学術的にも工業的にも興味深いという理由で採択された研究課題である。2年間の取り組みの結果、解決すべき基礎課題は残ったが、粒子の構造変化を示唆する実験事実を蓄積しつつある点は評価できる。しかし、本技術テーマの狙いである新指導原理の構築には未だ道が遠い。工業的に貴重な知見を今後も創出することは期待されるが、現状の計画や体制のままでは新指導原理の構築に繋がるような徹底した基盤研究に基づく研究成果の創出は困難と判断する。結論として、本研究課題については、本プログラムでの研究期間の延長は行わないものとする。しかし、2年の間に工業的に価値の高い知見とデータを数多く蓄積しているため、本シーズを次のステップに発展させるべく、実用化を目指した他の研究ファンドへの応募や産業界との共同研究などの推進を強く推奨する。

以上