

産学共創基礎基盤研究プログラム 平成 30 年度事後評価結果

1. 研究課題名：鉄鋼材料の凝固過程におけるマッシブ的変態の解明と新しい凝固・ casting 原理の構築

2. 研究代表者：安田 秀幸（京都大学 大学院工学研究科 教授）

3. 研究概要

研究代表者らは、従来から包晶反応で凝固することにより凝固割れや γ 相の粗大化が起こると考えられてきた炭素鋼やステンレス鋼において、 δ 相から γ 相へマッシブ的な変態が生じている可能性があるとの知見を得、凝固プロセス制御のための新指導原理の構築を目標に、実験と理論計算による研究を実施した。実験においては、放射光を用いたマッシブ的変態のその場観察に成功し、連続 casting 等の実プロセス条件下でマッシブ的変態が生じることを明らかにすると共に、凝固プロセス制御の指針を得た。理論計算においては、マッシブ的変態の組織形成機構を解析し、新しい凝固理論の構築へ向けた基礎的な知見を得た。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果

放射光を活用した独自性の高いその場観察実験により、炭素鋼のバルク試料に加え、平衡状態図では γ 相が初晶であるステンレス鋼においても、包晶反応ではなく δ 相から γ 相へのマッシブ的変態が選択されることを明らかにした。これは、連続 casting 等の鉄鋼材料の実用凝固プロセスにおいても、多くの成分系で、マッシブ的変態によって凝固が進行していることを示唆するものであり、従来の理解を覆す重要な成果である。さらに、マッシブ的変態の制御指針として、Ti 添加や過冷度の低下が有効であるとの知見が得られており、今後、産業界との連携によって実用材料の高品質化に繋がることが期待される。また、計算材料科学により γ 相の核生成と粗大化の機構を解明し、新しい凝固議論の基礎を構築しつつあることは学術的にも高く評価できるが、マッシブ的変態のメカニズム解明および凝固割れ防止のための指導原理の構築に関しては、もう一步踏み込んだ学術的な考察が欲しかった。

論文発表については、国内外共に積極的に行われている。特許の出願は1件のみではあるものの、多くの企業との共同研究に繋がっていることから、具体的な個別のプロセスに関する出願が今後多くなされるものと期待される。

研究マネジメントの面では、研究代表者によるリーダーシップの下、実験、観察、解析のグループと計算材料科学のグループが密接に連携し、成果をあげた。また、産学共創の場およびサイトビジットにおけるコメントや要請をよく取り込んで研究を進め、15 件の企業との共同研究に発展している点や、Ti 合金を始めとする鉄鋼材料以外への展開が積極的に進

められていることも高く評価できる。

4-2. 今後の研究に向けての期待

マッシブ的変態に関して得られた多くの基礎的な知見を基に企業との共同研究を進め、マクロな鑄造実験において変態制御指針の有効性を検証し、実用材料の凝固割れ防止や γ 相粗大化の抑制に繋げることを期待する。また、学術面では、マッシブ的変態における元素分配の有無や弾性ひずみエネルギーの緩和機構等の解明を進め、新しい凝固理論の学理を構築していただきたい。

4-3. 総合評価

総合評価 A

従来は包晶反応として理解されていた実用鉄鋼材料の鑄造・凝固プロセスが、実はマッシブ的変態で進行していることを明らかにすると共に、その制御指針と組織形成機構に関する多くの知見を得た。これらの成果は、当初の目標を達成したものとして、高く評価できる。

また、研究手法についても、マッシブ的変態の可視化を目的に開発した独自性の高い実験手法と理論計算によるアプローチ手法の連携は、鑄造・凝固分野における今後の研究開発の深化に有効な手法と考えられ、波及効果が期待される。

研究成果を真に産業界で活用するためには、マクロ的な視点からの継続した研究開発が求められる。企業との共同研究とこれまでの基礎研究を継続し、鑄造・凝固プロセスにおける欠陥の抑制や組織制御を実現すると共に、新しい凝固理論が構築されることを期待する。

以上