

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 無拡散変態ナノ組織の幾何と形状記憶特性

2. 個人研究者名

稲邑 朋也（東京工業大学科学技術創成研究院 教授）

3. 事後評価結果

形状記憶合金における機能の劣化は、マルテンサイト変態のサイクルにおける正・逆変態過程およびドメイン構造スイッチング過程において生成される転位の累積に起因している。転位が生成されない条件として、ドメイン間のひずみ・ねじれをなくすことが考えられる。本研究では、このひずみ・ねじれが生じないドメイン間の幾何学条件を明らかにすることによって、劣化のない形状記憶合金の材料設計指針を得ることである。また、その実験的実証も行う。

各マルテンサイトバリエーション間には整合性がきわめて高い双晶関係を満たすとした上で、それらの界面が集まる3重点において格子間のねじれ（回位）が消失する幾何学的条件（コンパチブル条件）を数理解析によって導出することに成功した。また、任意の体積率で本条件を満たす微視組織の形成が可能であることを幾何学的に証明した。これらの理論的ベースの確立を高く評価する。

本研究が開発した高機能形状記憶合金の電子顕微鏡観察より、各ドメイン間の双晶界面で構成された微視組織であること、および、それらの界面が集まる3重点における各ドメイン間のねじれ（回位）角度が小さいことを、明らかにした。また、本合金が長寿命であることも実証している。すなわち、ドメイン間の格子の整合性を高めることによって、変態サイクルによる機能低下を防ぐことができることを実証した。理論の導出のみならず、実証に成功していることを高く評価する。

今後の展開と期待

形状記憶合金の産業利用が進まない主な原因は、繰り返し駆動による機能の劣化であった。本研究によって合金の格子定数等の幾何学的材料設計指針は明確になっており、その社会実装の段階に至っている。このブレークスルーによって、産業界と協働しての社会的貢献が大いに期待できる。知財戦略の視点からの進展も望みたい。

また、力学的には核生成・成長過程の解析や数値シミュレーションによって、材料力学における重要な課題のひとつである微視組織の影響に関する基盤的知識が得られるとともに、材料設計のさらなる高度化の指針になると期待している。

さらに、変態等において多数の界面で構成される微視組織が現れる結晶材料は形状記憶合金に限らず数多くあり、そのマクロ特性や機能が局所のひずみ・ねじれに敏感であるものもある。本研究の考え方は、他材料・他条件への発展性を有している。研究のアイデアと積極果敢な姿勢は目を見張るものがあり、数理的センスに優れていることから、その長所を活かした挑戦姿勢を貫いていただきたい。