



## 木村好里研究室

### 地球環境に優しく金属材料の機能特性をデザインする

#### はじめに

エネルギー変換材料としての金属材料にフォーカスして、材料科学と工学の分野から環境エネルギー問題の解決に貢献できることは何か、研究室メンバーみんなで一緒に考えて真剣かつ楽しく研究に励んでいます。木に年輪があり織物に縦糸と横糸があるように、金属材料の内部には外見からは想像できないほど複雑で多彩な「組織＝微視的構造 (microstructure)」があります (下図: 研究例)。原子が規則的に整然と並ぶ結晶構造には乱れた不完全な部分として種々の格子欠陥や相界面がたくさん含まれており、組織を構成しています。機能特性に優れた金属材料を設計して創製するためには組織、相界面、格子欠陥を巧みに制御することが大切です。材料の飛躍的な性能向上を目指すことはもちろん、環境低負荷に配慮した合金系の選択、省エネルギー型作製プロセスの開発にも挑戦しています。

#### 1. 熱電材料 —未利用の熱を電気に直接変換—

産業活動、日常生活、自然界を通じて地球には様々な形態と規模で未利用の熱が存在します。温度差 (Seebeck 効果) で発電する熱電発電は熱を電気に変換できるクリーンな技術です。有毒元素や希少元素を含まない環境に優しい熱電材料として  $\text{TiNiSn}$  に代表される Half-Heusler 化合物、 $\beta\text{FeSi}_2$  や  $\text{Mg}_2\text{Si}$  に着目しています。例えば Half-Heusler 型規則構造の空孔サイトに元素を優先的に固溶させ、バンド構造制御による n-p 特性変換、フォノン散乱源とする熱伝導低減を実現しています。 $\beta\text{FeSi}_2$  では急冷凝固や酸化還元反応焼結などの作製プロセスに工夫を重ねて組織を制御します。本格的な実用化には性能だけでなく安定性と耐久性の向上が重要です。

#### 2. 耐熱合金・鉄鋼材料 —強さ、しなやかさ、信頼性—

実用耐熱合金の改善や代替高融点材料の開発によりエネルギー変換効率を向上すれば、省エネルギーと環境保全に貢献できます。相反

する関係にある強度と延性を組織制御により両立できれば強靱な材料が実現できます。実用 Ni 基超合金の強化相  $\text{L1}_2$  型  $\text{Ni}_3\text{Al}$  と似て異なる  $\text{E2}_1$  型  $\text{Co}_3\text{AlC}_{1-x}$  では、C 原子を規則化させた  $\text{E2}'_1$  型  $\text{Co}_3\text{AlC}_{0.5}$  に結晶構造を制御して高強度と延性が両立できます。規則化に伴い形成する逆位相領域 APD は変形能だけでなく磁気特性を制御する因子としても働きます。ステンレス鋼のように機能性を兼ね備えた構造材料の設計では、母相の回復再結晶と共存相の析出が競合する組織制御により機械的性質と機能性をバランスさせます。

#### 3. 相平衡と相安定性 —物質と材料の地図「状態図」—

金属材料の機械特性や機能特性を決定づける組織は熱処理により制御でき、一方で組織は温度と時間に依存して変化します。材料設計において、どのような組織制御が可能であるかを把握するためには、あるいは使用中の組織変化を予測するためには、物質と材料の地図である『状態図 phase diagram』が貴重な情報源となります。実験で観察している現象は必ずしも平衡状態で進行せず、元素の拡散や界面を介する反応の速度によって律速されます。行き先を知るための平衡論と併せて、現象の経路や機構を理解するために速度論を考慮します。上述した熱電材料、耐熱合金、鉄鋼材料の設計、創製、作製プロセス開発のために、必要であれば実験によって状態図を構築します。

#### おわりに

学生が主役として自ら考えて研究を切り拓いていくための想像力と創造力を木村研では大切にしています。コミュニケーションという心のキャッチボールを積極的に行って、研究室における信頼の強い絆を構築できればと願っています。成功を目指して、失敗を恐れず糧として、たくさんの経験を積みましょう。木村研というチームで仲間と一緒に充実した濃密な時間を過ごしながら成長し、社会へ、世界へ、未来へと力強く羽ばたいてください。

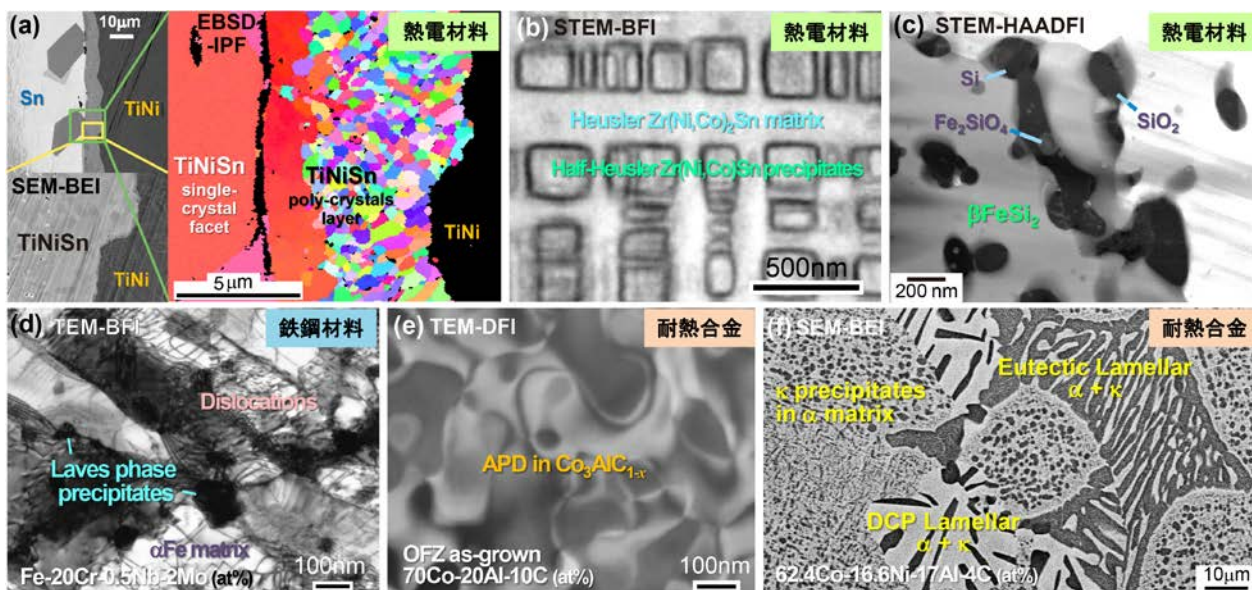


図 (a) TiNi/Sn 固液界面での Half-Heusler  $\text{TiNiSn}$  多結晶層と単結晶 facet の形成, (b) Heusler  $\text{Zr}(\text{Ni}, \text{Co})_2\text{Sn}$  母相と Half-Heusler  $\text{Zr}(\text{Ni}, \text{Co})\text{Sn}$  析出, (c) 共析 Si と  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  の酸化還元焼結による  $\text{SiO}_2$  分散  $\beta\text{FeSi}_2$  複相組織, (d) 強加工  $\alpha\text{Fe}$  母相結晶粒界と粒内に析出する Laves 相 ( $\text{Fe}, \text{Cr})_2(\text{Nb}, \text{Mo})$ , (e)  $\text{E2}_1$   $\text{Co}_3\text{AlC}$  単結晶の逆位相領域 APD, (f) 三形態共存の二相組織:  $\alpha\text{Co}$  母相と  $\kappa\text{-Co}_3\text{AlC}$  析出, 共晶ラメラ, 不連続析出 DCP ラメラ。