

研究テーマ 軽金属材料の組織評価と制御による材料開発

所属 先進マグネシウム国際研究センター(専任)

教授

木口 賢紀

研究の背景および目的

持続可能な開発目標SDGsやSociety5.0に即した社会の発展が求められる現代において、様々なモバイル機器の筐体、航空機・高速鉄道・自動車など輸送機器の軽量化・省エネルギー化による温室効果ガス排出削減が喫緊の課題となっています。Mg・Al・Ti合金は軽くてタフな実用金属材料として知られ、これからの社会の発展に欠かせない素材です。軽金属材料の機械的性質、耐熱性、耐腐食性など様々な機能の創発はその微細組織によって支配されるため、熱処理や加工熱処理を利用した微細組織制御が重要な役割を担います。当研究グループでは、マルチスケールでの材料分析・評価の結果をモノづくりにフィードバックし、材料プロセス・微細組織・相変態・機能発現の間に潜むミクロなメカニズム究明によって、チタン合金を中心に高付加価値な構造材料の開発を目指します。

■ おもな研究内容

・ LPSO型Mg合金の相変態・時効析出機構の解明 (図1)

Mg基3元系合金において、長周期積層欠陥構造に固溶元素が濃化したシンク口型LPSO構造はキンク変形による新たな強化機構の発現と深く関わっています。合金組成と時効処理条件の僅かな差によって析出形態や分散状態に大きな違いが現れるため、微視的な立場から時効析出機構の解明に取り組んでいます。

・ 局所弾性場による材料組織の定量イメージング (図2)

(S)TEM像の幾何学的位相解析、ピークペア解析、Moiré解析など局所的な構造変調を視覚化する手法やEELSなどの状態分析により、2相共存組織や、積層欠陥、双晶、転位芯、析出整合界面など母相との構造の違いを原子変位場・弾性場として解析し、組織形成メカニズムの理解と制御を目指しています。

・ 非平衡状態を利用した準安定相と機能の創発 (図3)

スパッタリング法などによる非平衡状態を利用し、マルテンサイト変態を制御することによって歪み状態や極性の発現など新機能の創発に取り組んでいます。Ti合金の相変態の制御、軽金属材料のマルチマテリアル化やミルフィーユ構造における局所弾性場の評価と制御により、ナノ組織制御に立脚した構造材料の機能創発に取り組みます。

・ 結晶中の電子線チャネリング挙動に着目した組織解析 (図4)

STEMの様に収束電子線を利用したイメージングでは、結晶構造、収束角、入射方位に依存して電子線の伝わり方が異なるため、同じ結晶構造であっても像の見え方が異なります。この特性を利用することで、像コントラストの解釈、溶質元素、GPゾーン、ナノサイズの双晶・析出相を選択的にイメージング・分析できるようになります。マルチスライスシミュレーションを併用したSTEM像コントラストの精密解析によって、投影方向の位置を考慮した組織解析を行っています。

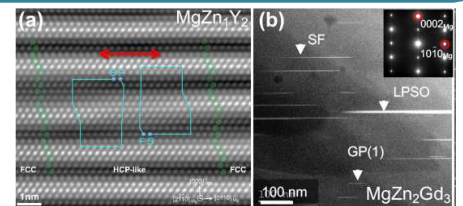


図1 (a) MgZn₁Y₂合金の拡散-変位型変態、(b) MgZn₂Gd₃の時効析出組織のHAADF像

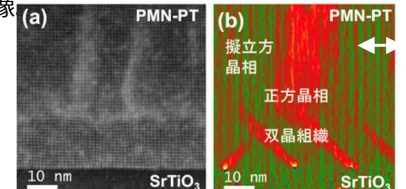


図2 強誘電体の2相共存組織: (a) 相境界(LAADF像), (b) 2相共存と双晶組織(垂直歪み)。

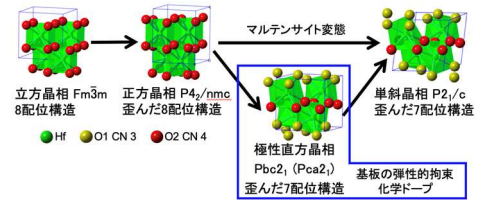


図3 ZrO₂/HfO₂のマルテンサイト変態における準安定極性相の発現。

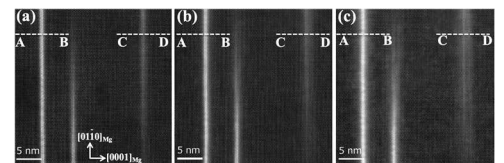


図4 Mg-1Zn-2Y合金クラスター配列層のZコントラストの焦点深度の依存性: 焦点深度 (a) 6 nm, (b) 10 nm, (c) 25 nm.

期待される効果・応用分野

- ・ 相変態、弾性場、結合状態の評価に基づいた組織設計
- ・ チタン合金やLPSO型Mg合金の相安定性・組織の制御による強度・加工性の向上と新材料の創製
- ・ ボトムアップ成長による準安定相やミルフィーユ構造を利用した新材料の創製や機能の創発

■ 共同研究・特許など

- ・ Mg-Zn-Y合金、Mg-Al-Ca合金における析出組織の解析 (MRC 河村能人 教授)
- ・ Ti-6Al-4V合金における準安定α'相とナノ双晶組織の組織解析 (香川大学 松本洋明 教授)
- ・ 合金や化合物における粒界、界面・転位の構造解析

研究分野	軽金属, 材料組織制御, スパッタリング, 評価・分析, 画像解析, シミュレーション
キーワード	TEM, STEM, SEM, EELS, SXES, XRD, 弾性場, LPSO, GPゾーン, 時効析出, 相変態, 加工熱処理

研究室URL: <https://researchmap.jp/tkiguchi20205253>