

## 【基盤研究(S)】

理工系(工学II)



### 研究課題名 マイクロアロイングの科学と材料組織ベースの凝固ダイナミクスの構築

大阪大学・大学院工学研究科・教授 やすだ ひでゆき  
安田 秀幸

研究分野：理工系、工学、材料工学、金属生産工学

キーワード：融体、凝固

#### 【研究の背景・目的】

金属材料の多くが製造される凝固プロセスでは、 dendraitの組織形成ダイナミクス(ミクロ)と液相の流動や固相の移動・変形のダイナミクス(マクロ)が相互に影響しながら多様な現象を引き起こすため、組織制御・欠陥抑制には現象の理解が重要である。しかし、有効な研究手法がなく、ミクロとマクロダイナミクスの実証的な統合はできていない。また、変形・偏析の制御に有効な微量元素添加による組織制御(マイクロアロイング)も、科学的基盤がなく、経験的手法に頼っているのが現状である。

本課題では、金属材料を対象に、 dendraitの発達・粗大化・溶断および固相・液相の移動・変形といった凝固ダイナミクスの素過程をその場観察により定量化し、ミクロ組織形成とマクロ変形・偏析を実証的に統合したモデルを構築する。特に、ミクロ/マクロ相互作用により発現する固液共存体の脆化、不均一変形と偏析、凝固とそれに続く固相変態も含めた変形機構を明らかにする。さらに、マイクロアロイングによる凝固組織改質機構の解明から能動的な変形・偏析制御に展開する。

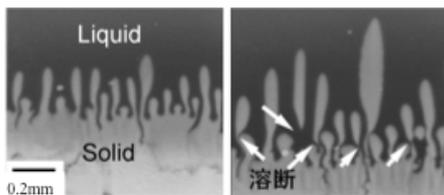


図1 dendraitアームの溶断例(時間分解X線イメージング)

#### 【研究の方法】

放射光を用いた時間分解その場観察は、金属材料の凝固過程をありのまま観察できる特長がある。図1のように、Sn合金の dendraitアームの溶断を時間・空間分解で観察でき、凝固の素過程を実証的に把握できる。また、蛍光X線分析では微量元素の存在位置を確認できる。図2に示したAl-Si合金に添加された微量Srのマッピングによると、Siに固溶しないSrがSi結晶中に存在しており、微量添加元素の役割を解明する上で有益な情報が得られる。

これらの特長ある手法を発展させ、凝固現象の解明とモデル化、格子静力学計算・フェーズフィールド法を用いたマイクロモデルによる補完・検証、これ

らのデータを基礎にミクロ/マクロ統合モデルの構築と検証を行う。さらに、微量元素の分析などを利用し、組織制御の基本となるマイクロアロイングの科学的基盤の構築を目指す。

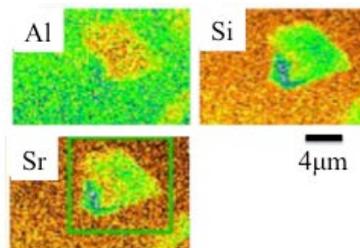


図2 放射光蛍光X線マッピング(Al-Si-Sr)

#### 【期待される成果と意義】

実証データに基づいたミクロダイナミクスを内包したマクロダイナミクスの構築は、凝固現象を解明する新たな学理になるとともに、多様な金属材料の凝固組織の予測に寄与できる。さらに、能動的な組織制御を実現するマイクロアロイングの科学的基盤が確立できれば、効率的な微量元素による組織制御の可能性が拡大する。このような現象の理解と制御手法は、凝固・ castingプロセスにおける現在の課題を克服し、金属材料生産の高度化に貢献できる。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- H. Yasuda, I. Ohnaka, A. Sugiyama, et al, "Direct Observation of Stray Crystal Formation in Unidirectional Solidification of Sn-Bi Alloy by X-ray Imaging", *J. Cryst. Growth*, **262** (2004) 645.
- H. Yasuda, T. Nagira, M. Yoshiya, A. Sugiyama, et al, "Development of X-ray Imaging for Observing Solidification of Carbon Steels", *ISIJ Int.*, **51** (2011) 402-408.
- T. Nagira, C.M. Gourlay, A. Sugiyama, M. Yoshiya, H. Yasuda, et al, "Direct Observation of Deformation in Semi-Solid Carbon Steel", *Scr. Mater.*, **64** (2011) 1129.

#### 【研究期間と研究経費】

平成24年度-28年度  
104,400千円

#### 【ホームページ等】

<http://www.mpd.ams.eng.osaka-u.ac.jp>  
[yasuda@ams.eng.osaka-u.ac.jp](mailto:yasuda@ams.eng.osaka-u.ac.jp)