



Title	Y系超電導酸化物の溶融凝固プロセスにおけるY2BaCuO5粒子の粗大化に関する研究
Author(s)	野本, 祐春
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44695
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	野 本 祐 春
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 18889 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 16 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	Y 系超電導酸化物の溶融凝固プロセスにおける Y_2BaCuO_5 粒子の粗大化に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 大 中 逸 雄 (副査) 教 授 南 埜 宜 俊 教 授 小 林 紘 二 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、バルク酸化物超電導材料において高い超電導臨界電流密度を実現するための磁束ピンニングセンターとなる微細 Y211 粒子の Y123 結晶中への導入で重要となる Y211 粒子の粗大化現象の解明と Y123 結晶成長速度の予測モデルの確立を試み、その成果をまとめたもので、以下の 7 章から構成されている。

第 1 章では、本研究の背景と目的、意義および従来の研究について述べている。

第 2 章では、溶融凝固法による Y123 ($YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$) 相育成に供される Y211 (Y_2BaCuO_5) 相一液相系での Y211 粒子粗大化の固相率依存性について実験的に調べている。この結果、オストワルト成長がこの粗大化を支配し、また粗大化速度すなわち保持時間と平均径の三乗の比例定数は、Y211 固相率 15% 以下の値が、20% 以上のそれより、大きくなることを明らかにしている。

第 3 章では、この粗大化特性に対して、LSW 理論を基にした平均場モデルと隣接粒子表面液相間の直線的濃度分布で溶質拡散が行われると仮定した隣接拡散モデルにより、検討を行っている。この結果、固相率 15% 以下の比例定数の実験値は平均場モデルによる値に、20% 以上の実験値は隣接拡散モデルによる値に近くなることを明らかにしている。

第 4 章では、粗大化比例定数の大きな変化が固相率 15% から 20% に生じることを明らかにするためのフェーズフィールドモデルの導入について述べている。そして、フェーズフィールドモデルの界面領域における拡散方程式の拡散係数の関数形が従来任意に選択されていたことに対して、関数形を適切に選択した拡散方程式を用いることで、より精度の高い界面移動予測ができることを明らかにしている。

第 5 章では、まず Y211 相一液相の系に対するフェーズフィールドモデル方程式を導出している。そして、第 4 章で導出された拡散方程式を、定比化学量論化合物 Y211 相一希薄溶質濃度液相系に対する拡散方程式に拡張し導出している。これらの方程式を用いて、Y211 粒子の固相率を変化させた粗大化計算を実施し、4 章までに明らかにされた粗大化速度の固相率依存性を示して、その物理的背景を考察している。さらに、ファセット界面異方性モデルをフェーズフィールドモデルに導入して、高固相率においてファセット界面の存在が粗大化速度を低くすることを明らかにしている。

第 6 章では、5 章までに明らかとなった Y211 粒子の粗大化速度の固相率依存性を含んだ Y123 包晶凝固成長モデルを提案している。そして、成長速度の実験値と計算値の比較からモデルの妥当性を検討し、Y123 包晶凝固成長速

度を予測するには、Y211 粒子粗大化速度の固相率依存性の考慮が重要であることを示している。

第 7 章では、以上の研究結果を総括している。

論文審査の結果の要旨

バルク酸化物超電導材料の実用化のためには優れた超電導臨界電流密度特性を有する大寸法材料を製作することが必要である。このためには、超電導 Y123 相の包晶凝固成長において、磁束ピンニングセンターとなる微細 Y211 粒子の Y123 結晶中への導入が必要である。本論文は、このために重要となる Y211 粒子の粗大化現象の解明と Y123 結晶成長速度の予測モデルの確立を試み、その成果をまとめたものである。すなわち、Y211 粒子粗大化の特性を実験的に明らかにし、その物理的背景を解析モデルで考察し、さらに数値解析手法を開発することにより考察し、最後に Y211 粒子粗大化速度の影響を含む Y123 結晶成長速度予測モデルの提案を行ったもので、得られた知見を要約すると以下の通りである。

- (1) 異なった体積率（固相率）の Y211 粒子-液相系試料における Y211 粒子の粗大化を観察し、保持時間と平均粒径の関係を求めた結果、オストワルト成長がそれらの粗大化を支配していることを確認している。さらに、固相率 15% 付近から 20% 付近において、粗大化比例定数が減少するという、一般材料で認知されている傾向と逆の固相率依存性現象が存在することを見出している。
- (2) 本系の固相率に依存する粗大化特性に対して、平均濃度場の存在を仮定した平均場モデルと隣接粒子表面液相間の直線的濃度分布を仮定した隣接拡散モデルにより、それぞれ解析的および数値解析で比較検討した結果、実験による比例定数値は、低固相率（15% 以下）では平均場モデルで、高固相率（20% 以上）では隣接拡散モデルで求めた値に近くなることを明らかにしている。
- (3) 本系の固相率依存粗大化現象の更なる解明のため、フェーズフィールドモデルを初めて導入している。フェーズフィールドモデルの界面領域における拡散方程式の拡散係数の関数形が、従来のフェーズフィールドモデル計算では任意に選択されていることに対して、関数形を適切に選択した拡散方程式を用いることで、2 元合金系の柱状晶成長計算を良好な精度で解析できることを明らかにしている。
- (4) Y211 相-液相の系に対するフェーズフィールドモデル方程式を導出し、そして(3)で導出された拡散方程式を Y211 相-液相系に対する拡散方程式に拡張・導出している。そして、Y211 粒子の固相率を変化させた粗大化計算を実施し、固相率 15% から 20% 付近において粗大化比例定数が減少し、さらにファセット界面異方性により、高固相率で粗大化比例定数値が低く抑えられることを明らかにしている。
- (5) Y123 相-方向凝固に対して、過冷度、ギブストムソン効果および Y123 相界面キネティクス過冷さらに Y123 界面前後の Y211 粒子の体積率、平均半径および溶質拡散距離モデルを加味した Y123 相の定常成長速度予測モデルを提案している。

以上のように、本研究は、超電導 Y123 結晶成長における包晶反応物質であり、ピンニングセンターとしての重要な役割のある液相中の Y211 粒子に関して、その粗大化現象を詳細かつ統一的に検討し、従来には無かった貴重な知見を得ている。さらに、幾つかの凝固結晶成長に関する実用的な数値解析技術の開発を行い、結晶成長プロセスの現場で利用されるなど、凝団結晶成長技術の向上および関連する工業技術に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。