

## 革新的機能性材料 WG 活動報告

JAXA ISS 科学プロジェクト室 余野建定 ほか 研究班

Activity Report on WG for Novel Materials

Jianding Yu and Group Members

Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), ISS Science Project Office, 2-1-1

Sengen, Tsukuba, 305-8505 Japan

E-Mail: yo.kentei @jaxa.jp

Abstract: Containerless processing is an attractive synthesis technique, as it can prevent melt contamination, minimize heterogeneous nucleation, and allow melt to achieve deep undercooling for the metastable phase or glass forming. It provides a possibility to solidify the undercooled liquid into a selected phase to synthesize materials with desired structures and novel properties. Target of this working group is to develop new materials with novel physical properties using containerless processing under microgravity conditions.

Key words; Containerless processing, Novel material, Microgravity

### 【はじめに】

現在、強磁性、強誘電体、超イオン伝導体など酸化物機能材料は、主に固相反応による焼結法で合成されている。しかし、その伝統的な焼結法は、高い体積密度、微細化の組織を有する高機能酸化物を合成することは、極めて困難である。そのため機能材料の物性が低下される可能性がある。従来の容器凝固法では、液体から冷却された試料は、高い体積密度、微細な組織が得られるが、高温相と低温相の多相共存組織が形成される可能性が高いので、単相を得ることが困難である。無容器凝固法では、溶融体の凝固時に容器壁からの核発生を抑制するため、融点以下でも過冷却液体状態を保持することができる。相選択凝固、準安定相の創製、単結晶の育成、ガラスの形成や組織の微細化等の新しい手法として、極めて魅力的な方法であり、新物質の探索と革新機能材料の開発の分野から注目を集まっている。宇宙航空研究開発機構 (JAXA) は、将来の国際宇宙ステーションでの実験を目指して、静電浮遊炉の開発と利用が研究されている。静電浮遊炉は、帯電すればあらゆる試料を浮遊可能であるため、金属、絶縁体等幅広い物質を対象とした研究が可能である。

これまで、既に、宇宙と地上の無容器凝固により、ナノ粒子磁性体<sup>1)</sup>(図1)、巨大誘電率を有する単結晶<sup>2-5)</sup>(図2)、ガラス<sup>6)</sup>(図3)などの作製に成功した。これらの結果は、微小重力と無容器凝固により、革新機能酸化物の創製が期待できることを示した。

本研究班の目的では、宇宙環境と無容器凝固を利用するにより、磁性体、誘電体、伝導体、発光体、光電変換体、熱電変換体など諸分野の機能

材料の創製を目指して、共同研究を行う。また、最先端の測定装置を用いて、高機能性の起源の解明を行い、実用化をする。

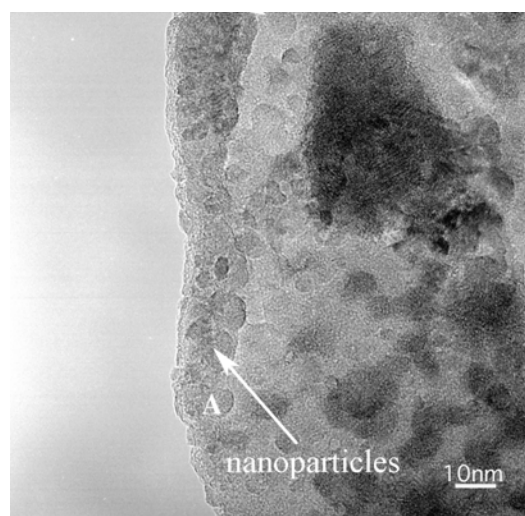


Figure 1. TEM picture of  $\text{BiFeO}_3$  solidified using containerless processing under microgravity condition

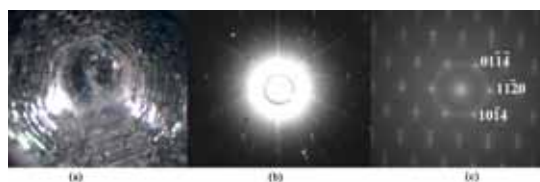


Figure 2. Morphology of hexagonal  $\text{BaTiO}_3$  single crystal solidified by containerless processing (a), Laue x-ray diffraction pattern (b) and TEM electron diffraction pattern (c).



Figure 3. Morphology of BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> glass fabricated by containerless processing

#### 【メンバー】

当研究班は、機能材料開発研究者、構造・物性測定研究者及びデバイス開発研究者により構成されている。余野建定（JAXA）を体表として、参加のメンバーは以下である。（敬称略）

- 機能材料の開発：中村哲朗（東工大）、伊藤満（東工大）、稲熊宜之（学習院大）、単躍進（宇都宮大）、志村哲生（名大）、荒井康智（JAXA）李明軍（JAXA）、余野建定（JAXA）
- 構造・物性測定：武田三男（信州大）、黒岩芳弘（広島大）、南英俊（筑波大）、小原真司（高輝度光センタ）、伊藤恵司（京大）、谷口博基

（東工大）、狩野旬（筑波大）、Javed Ahmad（筑波大）

- デバイス開発：鹿野昌弘（産総研）、高島浩（産総研）、王瑞平（産総研）

#### 【活動項目】

本研究班の具体的活動項目を以下で示す。

各専門分野の研究者の情報交換により、機能材料発展の最新動向を探る。

結晶構造、組織の微細化及び組成の均一性と重力及び無容器凝固の関連性を分析し、微小重力環境と無容器凝固の利用により、高機能物性が得られる可能性を検討する。

無容器凝固に有意義である候補機能材料を提案し、無容器凝固を行う。

無容器凝固実験結果から、微小重力環境の利用を検討し、宇宙環境利用テーマを探索する。

構造、物性の測定により、高機能性の起源を解明し、実用化に踏み出す。

#### 参考文献

- 1) J. Yu, N. Koshikawa, Y. Arai, S. Yoda, and H. Saitou, "J. Crys Growth, 231, 568 (2001)
- 2) J. Yu, P.-F. Paradis, T. Ishikawa, S. Yoda, Y. Saita, M. Itoh, F. Kano, *Chem. Mater.*, **16**, 3973 (2004)
- 3) J. Yu, P.-F. Paradis, T. Ishikawa, S. Yoda, *Appl. Phys. Lett.*, **85**, 2899 (2004)
- 4) J. Yu, P.-F. Paradis, T. Ishikawa, I. Miura, S. Yoda, Y. Shan, *J. Crystal Growth*, **273**, 515 (2004)
- 5) J. Yu, T. Ishikawa, Y. Arai, S. Yoda, M. Itoh and Y. Sait, *Appl. Phys. Lett.*, 87, 252904 (2005)
- 6) J. Yu, and Y. Arai, *Ferroelectrics*, in press