

# 拡散問題研究会 2010年度活動報告

正木匡彦<sup>1</sup>, 伊丹俊夫<sup>2</sup>, 渡辺匡人<sup>3</sup>, 水野章敏<sup>3</sup>, 鈴木進補<sup>4</sup>, 青木拓克<sup>5</sup>,  
石川毅彦<sup>6</sup>

<sup>1</sup>芝浦工業大学, <sup>2</sup>北海道大学, <sup>3</sup>学習院大学, <sup>4</sup>早稲田大学, <sup>5</sup>フルウチ化学, <sup>6</sup>JAXA

## Status Report on “Diffusion Phenomena in Melts” working group

Tadahiko Masaki<sup>1</sup>, Toshio Itami<sup>2</sup>, Kensuke Watanabe<sup>2</sup>, Masahito Watanabe<sup>3</sup>,  
Akitoshi Mizuno<sup>3</sup>, Shinsuke Suzuki<sup>4</sup>, Hirokatus Aoki<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Shibaura Institute of Technology, <sup>2</sup>Hokkaido Univ., <sup>3</sup>Gakushuin Univ., <sup>4</sup>Waseda Univ.,

<sup>5</sup>Furuuchi Chemical Corporation, <sup>6</sup>JAXA

E-Mail: t\_masaki@sic.shibaura-it.ac.jp

Abstract: Diffusion Phenomena Research Working Group (DPR-WG) was established for the development of strategic plan toward the implementation of microgravity diffusion experiments. We report the activity of our working group in FY 2010.

Key words; Diffusion, Shear Cell, Microgravity

### 1. はじめに

高温融体内の原子ダイナミクスを理解するためには、拡散係数などの巨視的な輸送物性の正確な把握が不可欠である。微小重力環境における密度差対流の抑止効果を用いることにより、拡散係数を高精度に測定できることは、過去に行われた多くの微小重力拡散実験により明らかにされている。また宇宙拡散実験に関連して、国内外においてシアーセル法など拡散係数測定技術の高度化が図られている。<sup>1,2</sup>

拡散現象問題研究会は、高温融体の高精度拡散係数測定法に関する情報交換や改良点などを議論することを目的として、過去に宇宙拡散実験を実施した経験のある大学・企業を中心として発足した研究会である。本研究会は、将来の微小重力拡散実験へむけた新たな実験装置の概念などの確立や拡散現象に関連した物理・化学的な議論を進めている。本WGは、これまでにJEM第二期利用実験テーマ募集への応募、中国の回収カプセルの使用を想定した実験提案や、国際共同研究に関わる会合への参加など、国内外の宇宙実験機会の獲得へ向けた活動を行ってきた。加えて、複雑な構造の坩堝を自作できる環境を整え、シアーセル法の地上研究への応用の可能性を探ってきた。以下に、本研究会の活動状況を報告する。

### 2. 本研究会のメンバー構成

本研究会は、代表を正木（芝浦工大）が務め、現在のところ7名のメンバー [伊丹俊夫（北大）、渡辺匡人（学習院）、鈴木進補（早稲田大）、水野章敏（学習院）、正木匡彦（芝浦工大）、青木拓克（フルウチ化学）、石川毅彦（JAXA）] から構成されている。

### 3. 2010年度の研究会の概要報告

#### (1) 国際拡散研究チームへの参加

ATLAS(Atomic Transport in Liquids and Semiconductors)など、宇宙環境を利用した拡散実験に関連した国際的な研究会が発足しており、宇宙拡散実験へ向けた機運が高まってきている。本研究会は、カナダの Prof. Dost (Univ. Victoria)を中心とした、半導体融体の原子輸送物性に関する国際的な研究チームに共同研究者として参加している。本拡散問題研究会は、地上の拡散実験および関連する熱物性計測を分担しており、本年度は、静電浮遊装置を用いた液滴形状計測により Si-Ga 合金融体の密度をもとめた。

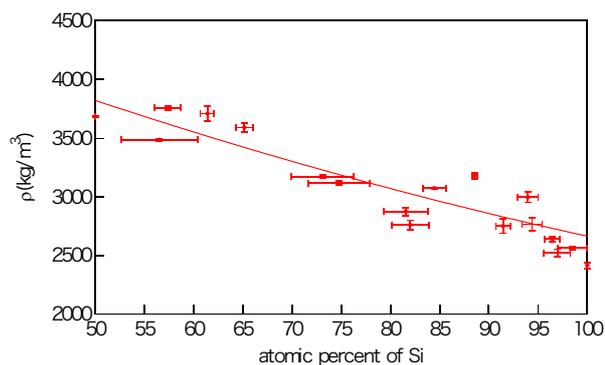


Fig.1 Density of liquid Si-Ga alloys

#### (2) ESA-AO への応募

上記の研究会において、ESA-AO に対して拡散実験に関するプロポーザルを提出した。これは”Liquid Phase Diffusion in Semiconductors (LIPIDIS)”と題し、シリコン-ゲルマニウム融体の拡散係数の高精度計測と単結晶の育成条件の解明を目的とした研究計画である。この研究計画は7カ国20名から構成され

る研究メンバーにより構成されており、宇宙実験装置作られている。昨年度末から本年度にかけてESAの科学評価を受けた結果、LIPIDISの科学的意義が認められている。

### (3) 地上拡散実験と次期拡散実験装置の検討

本年度は、昨年度に引き続き、熔融Sn中のCu原子の拡散係数測定実験を行うとともに、新たに熔融Ag中のCu原子の拡散係数測定を開始した。

熔融Sn中のCuの拡散は鉛フリーはんだなどの基礎物性として重要視されており、宇宙実験技術に応用した高精度計測により実用材料の基礎物性データベースの構築に貢献することができる。ロングキャピラリー法を用いてこの系の拡散係数を測定し、その温度依存性を明らかにした。Sn系合金は一般に融点が高いため、温度変化中、特に冷却における非定常の拡散の影響が強く表れる傾向にある。そのため、今回の実験では、室温の液体ガリウムに試料を浸すことにより、急速な冷却を実現し、拡散係数の測定に成功した。以下に熔融Sn中のCuの拡散係数とSnの自己拡散係数の比較を示す。今後、分子動力学計算や剛体球モデルを用いてSn中のCu原子のダイナミクスを詳しく調べる予定である。また、シアセルを用いた測定を試み、実験の高精度化を図る。

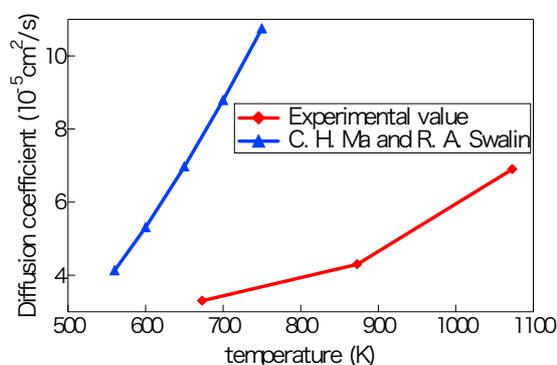


Fig.2 Diffusion Coefficient of Cu in liquid Sn

### 3. 微小重力拡散実験の実現に向けた課題と対策

本年度は、国際共同研究チームが発足し、またEAS-AOへのプロポーザルなど、国際的な実験機械の獲得の機運が高まりつつある。

今後の微小重力拡散研究の方向性であるが、実験機会の獲得へ向けて、本年度の活動を継続する方向で、今後の研究会活動を進めることとした。昨年度から引き続く研究方針を以下にあげる。

- ・ 実験装置の小型化をはかり、ISSの汎用ラックや流体実験装置の空間が使用できるような装置を検討する。

- ・ 電気抵抗法など非回収型のその場観測的な測定方法を考案する。
- ・ 地上拡散研究の研究拠点の構築や、地上拡散実験の充実を図り、シアセル法のブラッシュアップを目指す。

本年度は、グラファイト基材から拡散実験用の坩堝を削りだし、それを用いた拡散実験を試みた。以下に加工した拡散実験用坩堝の写真を示す。今後、この坩堝形状に改良を加え、拡散実験装置の小型軽量化へ向けた基礎的な技術の蓄積を図る。



Fig.3 Crucible of diffusion experiments

### 4. まとめ

微小重力環境を利用した拡散係数測定は、日欧を中心として、これまで数多くの微小重力実験が行われてきており、シアセルなどの実験法の改良が進んでいる。また、宇宙実験の機会が獲得されれば、すぐに装置開発と実験の実施に取り掛かれる点が特徴である。

実験装置の小型化など実験機会の獲得へ向けた準備を進めるとともにアトラクティブな材料（金属ガラス系や準結晶系など）や実用材料（鉛フリーはんだなど）の拡散係数測定を地上研究として充実させ、研究会の規模を着実に大きくしていきたい。

### 参考文献

- 1) T. Masaki, T. Fukazawa, S. Matsumoto, T. Itami and S. Yoda, "Measurements of diffusion coefficients of metallic melt under microgravity – current status of the development of shear cell technique towards JEM on ISS", Meas. Sci. Technology, 16, 327(2005).
- 2) 深澤智晴, 正木匡彦, 伊丹俊夫, 渡邊勇基, "シアセル法による熔融Ag中のAuの拡散係数測定", 熱物性, 19, 147(2005).