

拡散問題研究会 WG の活動状況について

正木匡彦¹, 伊丹俊夫², 樋口健介², 渡辺匡人³, 水野章敏³, 鈴木進補⁴,
青木拓克⁵

¹芝浦工業大学, ²宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究本部, ³学習院大学,
⁴大阪大学, ⁵フルウチ化学

Status Report on “Diffusion Phenomena in Melts” working group

Tadahiko Masaki¹, Toshio Itami², Kensuke Watanabe², Masahito Watanabe³,
Akitoshi Mizuno³, Shinsuke Suzuki⁴, Hirokatus Aoki⁵

¹Shibaura Institute of Technology, ²JAXA, ³Gakushuin Univ., ⁴Osaka Univ.,

⁵Furuuchi Chemical Corporation,

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 current activity of our working group in this year.

Key words; Diffusion, Shear Cell, Microgravity

1. はじめに

高温融体内の原子輸送現象を理解するためには、正確な輸送物性の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、この輸送物性、特に拡散係数を高精度に測定することが可能であることは、過去に行われた多くの微小重力拡散実験から明らかにされてきている。また宇宙拡散実験に関連して、国内外で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。^{1,2,3}

拡散現象問題研究会は、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発足した。本研究会はWG活動を通して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を目指している。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、近年のグラフィートやなど坩堝材料の高品質化や比較的安価な自動加工装置の流通などにより、複雑な構造の坩堝を自作できる環境が整いつつあることから、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、本年度より代表を正木が務め、現在のところ7名のメンバー [伊丹俊夫 (JAXA), 渡辺匡人 (学習院), 鈴木進補 (阪大), 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), 樋口健介 (JAXA)] から構成さ

れている。

3. 研究会の概要報告

以下に、本年度の活動の概要を述べる。

(1) 拡散研究の国際会合への参加

本年度4月に、DLRにて開催されたATLAS(Atomic Transport in Liquids and Semiconductors)のキックオフミーティングにWGより水野(学習院大)が参加した。各国のアクティビティについて相互に紹介した後に、研究チームの結成やターゲットおよび宇宙実験機会や使用可能な実験装置などについて議論した。

(2) DLRとの情報交換

本年度9月に、DLRプログラムサイエンティストであるMeyer氏の来日にあわせ、筑波宇宙にて宇宙環境を利用した拡散研究に関する情報交換のミーティングを開催した。WGからの参加者は正木、伊丹、渡辺、水野、樋口であった。本WGのアクティビティやDLRの拡散研究(中性子非弾性散乱法やX線イメージング法など)について参加者が紹介した後、今後の国際協力の進め方や次回の国際会合の予定などについて議論した。

(3) 中国回収カプセル実験の提案

JAXAの宇宙科学研究本部より中国の回収カプセルに搭載される温度勾配炉を使用した微小重力実験の公募が発出されたことを受け、本WGでは温度

勾配下の拡散係数測定実験を企画・提案した。実験装置の最高温度が900℃程度であること、実験サンプルが2本に限られていること、ならびに均熱加熱ができないことを勘案し、純アンチモン内のインジウム（もしくはガリウム）をトレーサとし、温度勾配の正逆による拡散の違いを調べることを目的とした実験を企画した。

(4) 地上拡散実験と次期拡散実験装置の検討

拡散係数測定におけるベンチマークデータの取得を目指し、地上重力環境下における熔融 Ag 中の Au の拡散係数の測定を引き続き行った。本年度は、測定用の坩堝としてロングキャピラリを選択し、垂直に設置した坩堝の上下の温度差と拡散係数の測定値の関係を調べた。これまでの実験では坩堝上部を数 K 高温にすることにより、対流の起きにくい条件を作って測定していたが、今回の実験では意図的に上下の温度差を逆転させ、対流のおきやすい条件における拡散係数の測定値を求めた。実験結果では、逆転させた温度条件であっても比較的短時間（20分程度）で測定を終了させた場合には対流の影響がほとんど見られないことが明らかになった。今後、温度差や拡散時間などをパラメータとして、対流の影響の顕著となる条件を明らかにし、宇宙実験の必然性を明確にする。

次期宇宙拡散実験装置の検討の一環として、簡易型のシアースェルの検討を進めている。本年度は、小型のアクチュエータを数個購入し、簡易型シアースェルの駆動機構の設計・製作と炉体一体型の拡散実験装置のデザインを検討した。

3. 微小重力拡散実験の実現へ向けた課題と対策

本年度は、国際共同研究チームが発足し、宇宙拡散実験のあらたな取り組みが始まり、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、実験機会を的確に獲得するために以下の方針で今後の研究会活動を進めることとした。

- ・ 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とともに、回収カプセル（FOTON、や中国回収衛星）など ISS 以外の実験機会に備える。
- ・ 非回収型のその場観察的な測定方法を考案する。
- ・ 海外の研究者と協力して実験を実施することも踏まえて、実験機会の獲得を可能な限り探る。

- ・ 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、シアースェル法のブラッシュアップを目指す。

特に、装置の小型軽量化が急務であり、次年度の研究会活動についてはこれらを中心に進める必要がある。

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、シアースェルなどの実験法がほぼ固まりつつあり、実験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）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, “シアースェル法による熔融 Ag 中の Au の拡散係数測定”, 熱物性, 19, 147(2005).
- 3) S. Suzuki, K.-H. Kraatz and G. Froberg, “Diffusion measurements on liquid metallic materials and development of shear cell”, J. Jpn. Soc. Microgravity Appl., 22, 165(2005).