

拡散現象問題研究会 WG 活動報告

伊丹俊夫¹、正木匡彦²、渡辺匡人³、水野章敏³、鈴木進補⁴、青木拓克⁵、
深沢智晴⁶

¹北海道大学、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、⁶石川島ジェットサービス

Status Report on “Diffusion Phenomena in Melts” working group

Toshio Itami¹, Tadahiko Masaki², Masato Watanabe³, Akitoshi Mizuno³, Shinsuke Suzuki⁴, Hirokatus Aoki⁵, Tomoharu Fukazawa⁶

¹Hokkaido Univ., ²JAXA, ³Gakushuin Univ., ⁴Osaka Univ., ⁵Furuuchi Chemical Corporation,
⁶Ishikawajima Jet Service

E-Mail: itami@sci.hokudai.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、国内外でシアースセル法など拡散係数測定技術の高度化が図られている。

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本年度に発足した。本研究会は、この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。本年度は、研究会の発足に当たり、国内外の研究動向を調べるとともに、使用可能な宇宙実験装置などの調査活動を行ってきた。また、近年のグラフィットやなど坩堝材料の高品質化や比較的安価な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、シアース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、本年度立ち上げということもあり、比較的小規模のWGとしてスタートした。伊丹をWGの代表とし、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(阪大)、水野章敏(学習院)、正木匡彦(JAXA)、青木拓

克(フルウチ化学)、深沢智晴(石川島ジェットサービス)]から構成されている。

3. 研究会の概要報告

第一回の会合を筑波にて開催し、拡散現象研究の課題や今後の方向性を議論した。以下にその概要を述べる。

(1) 国内の微小重力拡散実験

第一回微小重力科学国際公募の材料科学分野において、微小重力拡散実験「液体構造の複雑性の系統的变化を示す14(IVB)族液体における自己拡散および不純物拡散に及ぼす短距離秩序の役割」が候補テーマとして選定されている。研究会では、伊丹より、上記のテーマの概要と現在JAXAにおいて進められている温度勾配炉(GHF)を用いるための試料カートリッジとシアースセルの設計・製作¹の進捗状況の紹介が行われた後に、地上実験の進捗状況²や実験機会の早期獲得や国内の研究拠点の増加の必要性について議論した。また、CADデータから自動加工する小型の三次元加工機が比較的安価に入手できるようになってきていることから、複雑な坩堝構造の自作とシアースセルを用いた地上実験の可能性と、地上研究の具体的な研究課題について議論した。

(2) 欧州の微小重力拡散実験

続いて研究会では、鈴木らがベルリン工科大学で実施した回収カプセルFOTONを用いた拡散実験³について紹介された。FOTONを用いた拡散実験の歴史、使用したシアースセルの特徴、実験結果(Sn-Bi合金、Pb-Ga合金、Pb-Ag合金、4元金属ガラス合

金など)などが詳細に紹介された。使用する拡散対について、重力対流に対して安定な密度勾配条件が設定できる場合には宇宙実験と地上実験で非常によく一致する拡散係数が得られることや、それでもなお、宇宙実験でなければ拡散係数が正確に測定できない合金系が多くあることなどの説明が行われた。これらの紹介に続いて、電力条件、シアースセル構造、シアース対流の補正法、分析法、拡散係数の算出方法などについて議論した。

3. 微小重力拡散実験の実現へ向けた課題と対策

研究会では、シアースセルおよび試料加熱装置に関して日欧の特徴や共通点・相違点について議論できた点が大きな収穫であった。日本がこれまで共通・汎用的な加熱装置にあわせてシアースセルなどの実験試料部を開発してきたのに対して、独国では D-1 のころより専用小型装置を中心に開発が進められてきた点が、設計思想上、特に、加熱装置部の設計の最も大きな違いを生んでいることが明らかになった。その一方で、日欧ともに多くの地上実験を経て作られてきたシアースセルが、基本的な構造ではほぼ一致していることが、非常に興味深い点であった。日欧ともにシアースセルの接合・分断時の流動による実験誤差の定量化と補正方法の共通・汎用化が実験上の大きな課題であることについても意見が一致した。

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 の高温加熱装置以外の装置の利用や回収カプセル (FOTON や中国回収衛星) など ISS 以外の実験機会に備える。
- ・ 非回収型にも対応した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、シアースセル法のブラッシュアップを目指す。

特に、装置の小型化と地上研究拠点の構築が急務であり、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いる。そのなかで、シアースセルなどの実験

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。

今後、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、研究会の規模をすこしづつ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, "シアースセル法による溶融 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).