

氏名：中嶋 薫

所属専攻・職名： マイクロエンジニアリング専攻・助教

派遣国：ドイツ

派遣先(研究機関名)： フンボルト大学

受入研究者(職・氏名)： 教授・Helmut Winter

派遣期間： 2012年7月15日 ~ 2012年9月23日(71日間)

派遣先での研究テーマ： 斜入射低速イオンを用いた二次イオン質量分析法の開発に関する基礎研究

(Fundamental study on secondary ion mass spectrometry by grazing-incidence of low energy ions)

第19回イオン-表面非弾性衝突に関する国際ワークショップ

(19th International Workshop on Inelastic Ion-Surface Collisions)で口頭発表

“Molecular composition and orientation at the surface of binary mixtures of ionic liquids”,

Kaoru Nakajima (Progress Report)

【研究実施概要】

フンボルト大学の Helmut Winter 教授の研究室で、斜入射低速イオンを一次イオンとして用いた二次イオン質量分析法(SIMS)の定量性向上および深さ方向分析の分解能向上を目的とした研究を行った。派遣前の計画では、派遣先の研究室で開発された高速原子回折法(FAD)による表面原子配列の決定に関する実験を行う予定であったが、Winter 教授との派遣期間内の実験計画を議論する中で、SIMS に関する新プロジェクトが立ち上げ準備中であることを知り、上記のとおり計画を変更した。



本派遣期間内に行った主な研究内容は以下の通りである。

- (1) 高い二次イオン収量かつ高い S/N 比を達成する一次イオン種の検討
- (2) 多元素を含む分析試料での各元素の相対収率の評価
- (3) 表面の汚染による二次イオン収率への影響評価

これらの斜入射低速イオン SIMS の課題を進める傍ら、高速原子回折法(FAD)実験について見学し、実験装置や原子レベルで平滑な表面をもつ試料の準備方法、測定データのシステムや解析方法などについて説明を受けた。また一方で、派遣者が専門とするイオン散乱分光に関する相談を受けて、問題解決のための提案を行った。毎週行われるグループミーティングにおいても、自らの研究の進行状況を報告し、研究室の学生・技術職員と議論する機会を得た。

9月16日に第19回イオン-表面非弾性衝突に関する国際ワークショップに出席するために Frauenchiemsee (ドイツ)に移動し、本学での研究成果について口頭講演発表(Progress Report)を行った。その後、直接帰国した。

【研究成果概要】

派遣前の計画では、主に高速原子回折法(FAD)に関する研究を進める予定であったが、計画を変更し、斜入射低速イオン SIMS 開発に関する基礎的な実験を行った。以下のような結果を得た。

(1) 3-20 keV のエネルギーの様々な一次イオン種 (He^+ , N^+ , N_2^+ , O^+ , O_2^+ , Ne^+ , Ne^{2+} , Ar^+ , Ar^{2+}) について、 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Cu}$ などの標的試料から放出される二次イオン質量分析を行い、高い S/N 比が得られる一次イオン種の探索を行った。その結果、20 keV の O_2^+ イオンを照射したときに最も良い S/N 比が得られた。同時に表面上のわずかな汚れ (炭化水素やアルカリ金属、ハロゲン) に対しても高い感度を示し、高感度の SIMS 分析に適していることが分かった。

(2) 標準的な照射条件で調べられている相対的な二次イオン感度 (relative sensitive factor: RSF) から期待されたとおり、表面に付着した炭化水素やアルカリ金属、ハロゲンに関して非常に高い感度を示す一方、 $\text{Al}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{As}$ 中のヒ素や GaP 中のリンなどについては感度がガリウムに対する感度に比べて 2 桁程度も感度が低かった。(1) に挙げた様々な一次イオンについて調査したが、相対的な感度は一次イオン種にほとんど依存しなかった。

(3) 炭化水素の汚れが表面をわずかに覆っている Fe/Cu 試料を 20 keV の O_2^+ イオンを照射したとき、炭化水素の汚れが脱離するにしたがって、 Cu^+ 二次イオンの収率が 1 桁程度も低下することが分かった。一方、 Fe^+ 二次イオンの収率の低下は観察されなかった。

しかしながら、滞在期間内には、実験装置の制約などもあり試料表面の清浄化が十分達成できなかったため、定量的な議論ができていない。今後、期間内の結果をまとめて Winter 教授と議論を進めて、本研究課題の第一報として学術雑誌に投稿する予定である。さらに今後の方針についても議論をして、重ねて教授の研究室を訪問して実験を進めることも考えている。

【外国語のスキルアップ・コミュニケーション能力の向上, 海外におけるネットワークづくり】

最初の 1 週間ほどは英語でのコミュニケーション、特に自分の思っていることを表現することを難しく感じることもあったが、その後は研究に関する議論を英語で行うことについては概ね問題を感じなくなった。研究室には私と同じくらい英語が苦手なテクニシャンの方 (技術職員) がいらっしやって、実験装置の操作手順などを説明してもらったり、測定結果についてコメントやアドバイスをもらったりすることが多かった



のだが、彼の英語が上手く聞き取れないことが良くあった。研究室では毎日午前にティータイムがあり、Winter 教授を含めて研究室の秘書さんや技術職員の方と英語で様々な話題について話をする機会を持つことができた。昼食も同様に毎日研究室のメンバーと一緒させてもらい、ロンドンオリンピックの話題など研究とは関係ない話題についても会話することができたことが、英語での表現の幅を広げるのに役に立った。

私のドイツ語の理解に関しては、簡単な挨拶などのほか、数字、曜日などごく初歩的な単語に留まっている。研究室で毎週水曜日に行われるグループミーティングでは、私の研究に関しては英語で進められたが、他のメンバーの報告や議論は基本的にドイツ語で進められた。Winter 教授がときどき議論されている話題について英語で説明してくれることがあったが、議論の詳細について理解することができなかったことが残念である。

本派遣期間中は Winter 教授の研究室に居室を準備いただき、実験室も共用ではなく研究室だけで使用していたので、研究室外の研究者と交流を持つことはできなかった。しかし、新たに派遣先研究室の若い研究者の知己を得ることができたことは今後の継続的な交流につながると思う。

【派遣の感想】

まず、派遣応募を強く勧めてくださった木村先生、快く派遣を受け入れてくださった Winter 教授と研究室の方々にお礼を申し上げたいと思います。また本派遣プログラムのお世話をしてくださった先生、ご関係の方々に感謝申し上げます。

これまで、国際学会の発表などで海外の研究者と研究に関する情報交換をする機会 was ありましたが、本派遣プログラムで初めて中長期にわたって海外の研究室に滞在して研究を行いました。研究室の学生が自主的に研究を進めていることや、Winter 教授が彼らを一人の研究者として尊重しつつ、適切な助言を与えていることが印象的でした。私にとって一番驚きだったのは、スタッフを含めて全員で9名の小さな研究室だったのですが、そのうちテクニシャン(技術職員)が2名、秘書さんが2名いらっしゃったことです。日本と比べて研究者が研究に専念できる環境が整っていることをうらやましく感じました。