

氏名：岸本 将史

所属専攻・職名：航空宇宙工学専攻 博士後期課程3年

派遣国：英国

派遣先(研究機関名)：Imperial College London

受入研究者(職・氏名)：Professor, Nigel BRANDON

派遣期間：2012年6月30日～2012年9月30日(93日間)

派遣先での研究テーマ：SOFC 燃料極多孔質微構造が有効反応厚さにおよぼす影響

(Effects of Porous Microstructure of SOFC Anode on Active Reaction Thickness)

【研究実施概要】

固体酸化物形燃料電池に使用される多孔質電極の微構造が、電極性能や耐久性にどのような影響をおよぼすかを解明し、最適な微構造を設計することが研究の目的である。本派遣においては特に電極中の有効反応厚さに注目する。それを踏まえ、派遣期間中には以下の内容を実施した。

(1) 微構造観察技術に関する知見交換

研究の出発点ともいべき多孔質の3次元観察手法については、多くの研究グループで独自に知見の蓄積が進められているが、その知見の共有はほとんどされていない。私の所属グループと、派遣先のそれぞれにおいて蓄積された技術やノウハウを突き合わせることで、より効果的かつ精度の高い観察手法の確立を目指した。具体的には以下のことを比較・考察した、(i)観察サンプルの作成方法 (ii)電子顕微鏡装置の相違と、それに起因するメリット・デメリット (iii)電子顕微鏡観察時の各種条件(アパーチャ、加速電圧など)

(2) 画像処理、構造定量化手法に関する知見交換

電子顕微鏡観察から得た画像の中から、多孔質構成相を同定する必要がある(領域分け)。そのためには様々な画像処理技術を適用する必要がある。これについても各研究グループにおいて独自の技術が開発されていることが多いため、それらの比較をすることでより有効な画像処理手法を提案、開発することを目指した。

(3) 微構造を用いた数値シミュレーション技術に関する知見交換

観察、画像処理により得られた多孔質の構造情報を基に、電極性能を予測する数値シミュレーション技術の開発を進めている。数値モデルの妥当性を確認するため、同じ多孔質構造をを基にした数値シミュレーションを行い、結果の比較を行った。

(4) 電極中の有効反応厚さに関する研究

数値シミュレーション技術の応用として、電極中の有効反応厚さを予測する手法の開発を行った。電極の微構造や作動条件が及ぼす影響を明らかにし、電極の厚み・微構造最適化に向けた提案を行う。

【研究成果概要】

(1) 3次元微構造観察に用いる電子顕微鏡は、派遣先研究室だけの所有物ではなかったため、頻繁には使用することができなかった。しかし、サンプルの調整方法などで意見交換を行うことができた。たとえば、観察サンプルの帯電(チャージアップ)を防ぐための金スパッタリングの最適な膜厚についてや、背景効果が生じないようにするための樹脂包埋のプロセスについて、貴重な知見を得た。また、派遣先では燃料電池だけでなくリチウムイオン電池についての研究もなされていたため、その電極構造観察に立ち会うこともできた。カーボンという比較的柔らかい材質であったため観察は困難であったが、イオンビームの電流を適切に制御することで観察が可能であることを見出した。

(2) もっぱらリチウムイオン電池の電極から得られた画像を処理する作業に従事した。得られた画像は相の間のコントラスト差が非常に小さかったため、燃料電池から得られるものと比べて格段に領域分けが困難であった。様々な画像処理フィルターを適用したり、場合によっては独自のフィルターを作成することで、できるだけ手作業による領域分けの負担を減らすことに成功した。ここで得られた技術は燃料電池の電極から得られた画像にも適用することが可能であるため、今後の作業効率の上昇や、精度の向上が見込まれる。

(3) おもに多孔質構造中の輸送現象(電子伝導やガス拡散)に関するシミュレーション技術の比較を行い、正しく多孔質中の輸送フラックスが評価できているかを検討した。適用している計算手法の違いにより若干異なる計算結果が得られたが、その原因について考察する過程でいくつかの重要な知見を得ることができた。自分の計算モデルの改良につながると期待している。

(4) 燃料極中における酸化物イオンの伝導度と電気化学反応の速度のバランスが有効反応厚さを決定するという仮説の元、一次元の電極計算を用いてパラメータスタディを行った。電極の微構造パラメータや、作動条件が有効反応厚さに及ぼす影響を詳細に調べ上げた。また、上記の二つの因子の比率をとることで新しいパラメータを定義し、それを用いて有効反応厚さを整理することを試みた。その結果、有効反応厚さは定義した比率に対して比例関係があることを見出した。この結果を用いることで、電極中の有効反応厚さを予測することが可能になるため、電極設計現場に有用な知見をフィードバックすることができると考えられる。

(その他) 計画には挙げなかったが、リチウムイオン電池の電極構造に対する微構造パラメータの定量化、およびラマン分光を用いた燃料極上における炭素析出実験に対する比較シミュレーションの2つを行った。これらについては今後も連絡を取り合い、共同研究を進めていく予定である。

【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】

研究室内外での生活を通じ、生きた英語に触れることができた点が本派遣において非常に大きな収穫だった。毎日の挨拶、「週末はどうだった?」、「旅行はどうだった?」、などといった、交友関係の潤滑剤ともいべき話題をたくさんこなす機会を得たことは有意義だった。研究室メンバー間の雰囲気非常に良く、また、コーヒブレイクやランチを皆でまとめて取っていたことは幸いだった。

研究に関する意見交換の際は、「これはできる or できない」、「これは挑戦する価値がある or ない」といったような、基本的なことは伝えることができたが、なぜそのように考えるのかを端的に、かつ論理的に伝えることにはまだ難があったように思う。より一層の英語力の向上が必要だと感じた。

ネットワークづくりに関しては申し分ない結果が得られた。研究室内においては、これまで行ってきた自分の研究が評価されたこともあり、教員や学生との間に信頼関係を築くことができた。受け入れ先が進めている2つのプロジェクトについて、研究協力者として共同研究を行うことになった。また、プライベートにおいても友人の友人といったつながりから交友関係を広げることができた。在英邦人のコミュニティにも参加する機会があり、そこでも交友関係を広げることができたと共に、英国に滞在する上で有用な情報をたくさん得ることができた。

幸い日本学術振興会の海外特別研究員に採用されたため、来年4月から再度 Imperial College に滞在できる可能性が生まれた。私の再訪を待っている人が多くいることは、非常に幸せなことだと思う。

【派遣の感想】

まずはこのような貴重な機会を頂けたことに対して感謝の意を記したいと思います。博士課程の間に、3か月という比較的まとまった期間海外に滞在できたことは、今後研究者として生きていくことを考えている私にとっては、非常に有意義な経験だったと思っています。

(1) 爆発的に人脈が広がったことは最大の収穫だったと思います。研究室メンバーだけではなく、共同研究先や邦人コミュニティにおいて多くの人たちと知り合うことができました。日本にいただけでは得られなかった貴重なつながりです。共同研究の可能性も芽生えたため、今後とも公私にわたって交流を続けていきたいと考えています。

(2) 現地における研究スタイルを体験できたこともよい経験でした。彼らの研究時間は日本人と比べるといくぶん短い印象でした。夕方6~7時ごろには帰宅したり、土日はしっかり休んだり、十分にリフレッシュの時間をとっているようでした。その分平日の昼間に集中して研究を行っていたようです。ワークライフバランスという点で、見習うべき点があったと思います。

(3) 英語力の向上が感じられました。最初は雑談にまったく加わることができず、気持ちが滅入ってしまっていたのですが、だんだんと慣れていくにつれ、発話ができるようになりました。多国籍な研究室で、メンバーが様々な(下手な)英語に慣れているという点は幸いでした。とはいえ、言いたいことの半分も言えなかったのが現実なので、もっと鍛えなければならぬと感じています。

(4) 海外の研究機関への受入れの打診・手続き、海外におけるアパートの手配、第3国への出国など、普段あまりできない手続きも経験できたことも良かったと思います。今後ポスドクなどで海外に行く際の、研究以外の面における不安が払拭されました。