

(平成 25 年度 研究実施報告)

国際科学技術共同研究推進事業 (戦略的国際共同研究プログラム)

(研究領域「エネルギー利用の高効率化」)

研究課題名

「新エネルギー自動車のための電気化学エンジンの高性能化」

平成25年度実施報告書

代表者氏名 宇高 義郎

(所属・役職 横浜国立大学大学院工学研究院・教授)

1. 研究実施内容

1-1. 研究実施の概要 公開

以下に、平成 25 年度の実施対象となっている項目ごとに進展状況および研究成果の概要を示す。

(P1)PEFC 個別要素の研究開発

(P1-1) 傾斜マイクログループ新形セパレーター：構造提案と模擬実験をほぼ完了した。マイクログループの液水の表面流速を LIF 法により可視化計測し、その有効性を示すことができた。すなわち、マイクログループの設置角度 (20° から 45° まで) および PEFC の反応速度に対応する供給液水量の影響を検討し、いずれの場合にも、液水はマイクログループに沿って流れることから、目標とする特性が得られることを示した。またマイクログループ液水移動に関して、ガスチャネル内の気液二相流れの数値解析を行い、傾斜マイクログループの液水排除特性を明らかにし、グループの最適形状を探ることを目的として、現在、実験に相当する計算格子を作成した。また、初期段階として、実験の 1 部の領域を取り出して数値解析を行っている。X 線ラジオグラフィ可視化測定に関しては X 線 CT 装置購入の手続きにあり、同時に測定装置の準備を進める。

(P1-2) 新形式ガス拡散層最適構造:PEFC ガス拡散層にぬれ性の異なる交互配置分布を付与することによる酸素拡散特性の向上について、系統的な測定を行いその有効性を示した。すなわち、これまで開発してきたガルバニ電池酸素吸収体装置による有効酸素拡散係数測定と、SPring-8 の X 線装置を用いて液水の可視化を同時に行い、目標とする特性を確認した。

(P2-1) 3次元非定常セルモデル発電特性：PEFC の非定常特性をシミュレートする数値解析モデルの妥当性の確認を行った。現状のモデルでは完全な一致とはいかないが複数の変曲点を持つ複雑な応答がある程度予測できており、本年度後半より、ぬれ性分布をもつ GDL を考慮した解析へ発展させる予定である。

(P3) PEFC 性能向上のためのマイクロポーラス層(MPL)付ガス拡散層(GDL)および流路構造の最適化

(P3-1) GDL 撥水性分布及び MPL 素材構造の影響評価：GDL 基体材料として通常用いられる市販のカーボンペーパーを用い、撥水材(PTFE)の添加方法に関する検討を行った。ここでは PTFE 添加方法のうち PTFE 溶液の乾燥過程に着目し、乾燥時の周囲雰囲気圧力と PTFE 分布状態との関連性を調べた。その結果、真空下で PTFE 溶液を乾燥させたカーボンペーパーにおいては、大気乾燥した場合に比べて、PTFE が厚み方向により一様に分布することが分かった。この PTFE の均一分布は、厚み方向の多孔度分布も均一化する効果があることが分かった。またセル性能試験の結果、PTFE 均一分布を有するカーボンペーパーは、燃料電池セルのカソード GDL として排水性能が向上することを確認した。

(P3-2) 燐光分子センサによるガス流動の可視化手法開発：燐光分子の光学特性調査では、分子センサの発光特性を詳細に調査し、温度、酸素濃度に対する感度を明らかにした。ここでは金属錯体の中でも特にポルフィリン錯体に着目し、温度依存性、酸素濃度依存性を評価した。その結果、4 種類の錯体の発光強度が酸素濃度に依存することがわかった。また、これらと同じ波長で励起可能であり、かつ、酸素濃度に応答しない蛍光分子を確認した。酸素濃度に応答しない分子と、応答するポルフィリン錯体とを組み合わせた複合センサ膜を作成し、励起強度の不安定性やセンサ分子濃度に依存することなく酸素濃度の定量計測を実現可能な複合センサを明らかにした。

(L4)バッテリー特性の計測・評価手法の開発と熱特性の及ぼす影響の定量化

(L4-1) 各種熱交換方式における充放電特性評価：中国側研究チームとの調整の下、研究対象を 22Ah ラミネート型セルとし、その熱容量、内部抵抗、エントロピー変化を測定し、充放電時の上昇温度を

モデル化した。セル温度の実測値とモデル値の上昇傾向はほぼ一致しており、目標であった充放電時の温度特性定量化がほぼ完了した。

(L5) LIB の寿命推定および制御システムの開発

(L5-1) 内部抵抗計測の高度化：比較的短い周期（5～40秒）で充放電を繰り返して得られた特性により内部抵抗を算出する「パルス法」と複数の定電流連続充放電特性から内部抵抗を算出する「VI法」の2手法で内部抵抗を測定し、(L4-1)に示した上昇温度モデルを用いた評価では、「VI法」がより真値に近い内部抵抗を測定出来る可能性が高い事を示した。

(L5-3) 車載用制御システムの試作開発：定電流及び実走行時を模擬した充放電パターンにおいて、既存電池パックの監視基板及び放熱特性の評価を行ったところ、電池監視基板については大きな課題は無い事が確認されたものの、その放熱手法や最適管理手法には改善の余地がある事が確認された。本課題については、計画通り平成 26 年度の研究にて改善を試みる。

また、平成24年5月に PEFC および LIB に係る日中それぞれ2チーム、計 4 チームの全体ワークショップを、本共同研究の立ち上げのために横浜市開港記念会館にて開催し、共同研究の内容、今後の進め方等について講演・討論を行った。同月には JST 東京本部において、全日本側チームのキックオフミーティングが実施された。さらに、11 月には愛媛の渦潮電機みらいホールにおいて、日本側チームの年度の中間報告会、平成 26 年 3 月に中国大連にて、日中 2 チームによる年度の成果報告のためのワークショップを開催した。成果発表会を実施するとともに、今後の進め方等について打合せを行った。

2. 研究実施体制 公開

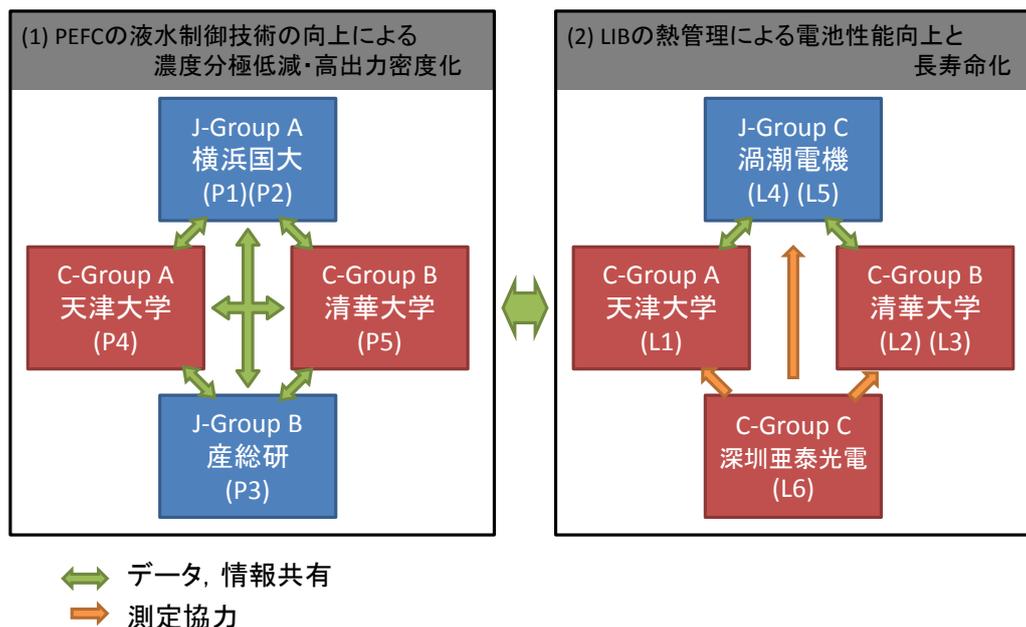
2-1. 日本側の研究実施体制

研究代表者/ 主な共同研究者	氏名	所属	所属部署	役職
研究代表者	宇高 義郎	横浜国立大学	大学院工学研究院	教授
主な共同研究者	宗像 鉄雄	産業技術総合研究所	エネルギー技術 研究部門	副研究部門長
主な共同研究者	渡部 謙二	渦潮電機株式会社	経営本部イノベ ーショングルー プ	グループ長

2-2. 相手側の研究実施体制

研究代表者/ 主な共同研究者	氏名	所属	所属部署	役職
研究代表者	王 世学 Shixue Wang	天津大学 Tianjin University	機械工学部 School of Mechanical Engineering	教授 Prof.
主な共同研究者	張 劍波 Jianbo Zhang	清華大学 Tsinghua University	自動車工学部 Department of Automotive Engineering	教授 Prof.
主な共同研究者	張 宏輝 Honghui Zhang	深圳亜泰光電株式会社 Shenzhen Yateks Photoelectricity Co. Ltd.	技術部 Technical Division	上級研究員 Senior Engineer

2-3. 両国の研究実施体制



3. 原著論文発表 公開

3-1. 原著論文発表

① 発行済論文数

	うち、相手側チームとの共著 (※)
国内誌 2件	(0件)
国際誌 3件	(0件)
計 5件	(0件)

※本共同研究の相手側チーム研究者との共著に限る

- *1. 岡部晃、宇高義郎、“固体高分子形燃料電池における壁面傾斜マイクログループを用いたガス拡散層からガスチャネルへの排水性向上”、日本機械学会論文集(B編)、79巻805号、pp. 1866-1874, 2013、
[マイクログループを付与した燃料電池セパレーター内ガスチャネルを提案し、グループ内液水流れの流速測定によるその液水排除機能について検討した。燃料電池生成液水のガス拡散層からの排除効果が有効であることを示した。]
- 2. Ryo Koresawa, Tadafumi Daitoku and Yoshio Utaka, “Improvement of effective oxygen diffusivity measurement in micro porous media with moisture using a galvanic cell oxygen absorber”, 8th World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics, and Thermodynamics, 1f.4, 2013
- 3. 荒木 拓人, “固体高分子形燃料電池内の液水分布状態可視化と非定常発電特性”, 燃料電池, Vol. 13, No. 3, pp. 9-13, 2014
- 4. Takanori Fukuda, Akira Sato and Takuto Araki, “Numerical Analysis of PEMFC Unsteady Performance Considering Water and Thermal Transport”, ECS Trans, Vol. 58, issue 1, pp. 1113-1123, 2013

(DOI:10.1149/05081.1113ecst)

5. Hiroshi Ito, Katuo Abe, Masayoshi Ishida, Akihiro Nakano, Tetsuhiko Maeda, Tetuo Munakata, Hironori Nakajima and Tatsumi Kitahara, “Effect of Through-plane Distribution of Polytetrafluoroethylene in Carbon Paper on In-plane Gas Permeability”, J. Power Sources, Vol. 248, pp. 822-830, 2014 (DOI:10.1016/j.jpowsour.2013.10.009)

② 未発行論文数

	うち、相手側チームとの共著 (※)
国内誌 0 件	(0 件)
国際誌 1 件	(0 件)
計 1 件	(0 件)

※本共同研究の相手国チーム研究者との共著に限る

6. Ryo Koresawa and Yoshio Utaka, “Control of effective oxygen transfer characteristics in gas diffusion layer with moisture for PEFC”, Proceedings of Int. Symp. Convective Heat and Mass Transfer, June 8-13, 2014, Turkey (accepted)