

学位論文及び審査結果の要旨

氏名 渡邊 孝之介
学位の種類 博士(工学)
学位記番号 理工博甲第31号
学位授与年月日 令和4年3月24日
学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項
学府・専攻名 理工学府・機械・材料・海洋系工学専攻
学位論文題目 水素エネルギー機器における多孔質内混相流物質輸送現象

論文審査委員	主査	横浜国立大学	教授	荒木 拓人
		横浜国立大学	教授	松本 裕昭
		横浜国立大学	教授	松井 純
		横浜国立大学	教授	光島 重徳
		横浜国立大学	教授	百武 徹

論文及び審査結果の要旨

本論文では電力変動が大きい自然エネルギー由来の電力から水素を製造する技術として期待されている固体高分子形水電解装置 (PEMWE) と、気体のままでは困難な水素の貯蔵・輸送において効率的な方法と考えられている液体の水素キャリアから直接発電する技術として期待されている直接ギ酸形燃料電池 (DFAFC) に着目している。両者の共通点としては、アノード多孔質部材内において供給された液体と電気化学反応によって生じた気体の気液混相流物質輸送となっている点、および気液混相流物質輸送の影響で物質輸送損失が引き起こされている点が挙げられる。しかし、これらのデバイスにおける反応効率のさらなる向上が必要であり、そのための基礎資料として必要なこれらデバイス中の多孔質内混相流物質輸送現象を明らかにすることを目的としている。

DFAFC に関しては、発電中の DFAFC 内二酸化炭素気泡分布を可視化することは出力低下の詳しいメカニズムの解明や出力低下を未然に防ぐ技術の開発に役立つと考えられる。しかし、DFAFC における物質輸送に関する先行研究の多くは流路内の分布に着目したものであり、多孔質輸送層 (PTL) 内の分布に関する報告はほとんどなかった。そこで、本論文

では 2 種類の異なる PTL 構造を用いた DFAFC の発電特性を調べ、また構造の異なる PTL で DFAFC を運転させた際のアノードで発生した二酸化炭素気泡が蓄積する様子を X 線コンピュータ断層撮影 (CT) 装置を用いて観察している。測定結果から、二酸化炭素気泡が DFAFC の発電特性に影響を与えると考えられる。この知見は、出力低下の詳しいメカニズムの解明や出力低下を未然に防ぐ技術の開発に役立つと考えられる。

PEMWE に関しては、アノードの酸素輸送メカニズムを明らかにすることは酸素輸送によるエネルギー損失を低減させる多孔質構造等の設計に役立つと考えられている。また、触媒の担持量を減らすことも望まれており、その際にはアノード触媒により近い領域、小さいスケールでの酸素輸送メカニズムに関する知見が必要である。しかし、PEMWE におけるアノード触媒近傍の酸素輸送メカニズムを直接、実験的に検討した報告はない。そこで、チタン焼結 PTL と PTL の代わりに金スパッタガラス板の 2 つを使用して、PEMWE のアノード触媒近傍における気泡挙動を観察し、気泡半径の変化を測定している。この気泡半径の変化より、アノード触媒近傍に酸素過飽和領域が存在することを考察している。この知見は、酸素の濃度過電圧を低減させる多孔質構造等の設計に役立つと考えられる。以上から、本論文の手法や結論の重要性および新規性は高いものと認められる。したがって本論文は博士 (工学) の資格を十分に満たしているものと審査委員全員一致して判定した。