

令和 3 年 5 月 10 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04575

研究課題名(和文) アルカリ型燃料電池(AFC)の船舶への適用に関する基礎的研究

研究課題名(英文) Fundamental study on Alkaline Fuel Cell for marine use

研究代表者

村田 裕幸(Murata, Hiroyuki)

弘前大学・理工学研究科・教授

研究者番号：30415806

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：初年度にマンガンとニッケルを電極触媒とするAFCセルを製作したが、性能不足だったため、次年度に電極触媒を貴金属に変更すると共に、セル構造の改良を行った。改良後のセルは正立状態で正常なセル電圧を示し、電池出力も安定していた。また、電解液のガス流路への漏れは認められず、セルが正常に稼働していることを確認した。しかし、電流値の増加に伴うセル電圧の低下が著しいことが分かった。空気流量が減少した場合、電池出力の急激な低下が発生する恐れがあるが、本試験範囲ではセル電圧の顕著な現象は認められなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

燃料電池を船舶の動力源に利用しようとする試みが始まっている。移動体の動力源としてPEFC(固体高分子型燃料電池)が盛んに研究されているが、電池効率・コストの観点からはAFC(アルカリ型燃料電池)の方がPEFCよりも有望である。しかし、AFCを船舶に適用しようとする研究は行われていない。本研究はAFCに及ぼす船体運動の影響を明らかにするために実施されたが、AFCを安定に運転するのに手間取り、正立状態の電池特性を明らかにするのに留まった。

研究成果の概要(英文)：In order to promote utilization of fuel cells to the marine power source, a series of performance tests on an Alkaline Fuel Cell (AFC) with noble metal supported electrode catalyst was performed. At the upright attitude, cell voltage shows normal value and cell power output was stable. No leakage of alkaline electrolyte to into the gas passages was recognized. However, the cell voltage drops remarkably with the increase of cell current. Within the limits of present tests, any remarkable cell voltage drops with air supply decrease were not recognized.

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：アルカリ型燃料電池(AFC) 船体運動

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 船舶からの CO₂ 排出削減を目的として燃料電池を船舶の動力源として適用しようとする試みが始まっており、申請者らも燃料電池の船舶への適用を目的として PEFC (固体高分子型燃料電池) の研究を行っていた。研究を進める中で、燃料電池自動車は車上で天然ガス改質を断念して高純度の水素を燃料とする形で実用化が推進され、水素ステーションなどのインフラ整備が行われている現状に鑑みると、電池効率・コストの観点からは AFC (アルカリ型燃料電池) の方が PEFC よりも移動体の動力源として有望であるとの結論に達した。

(2) AFC は燃料・酸化剤として高純度の水素、酸素が必要になるため、宇宙船や潜水艦など特殊用途の燃料電池と言われており、PEFC や SOFC (固体酸化物型燃料電池) に比べると研究開発は活発ではなく、AFC を船舶に適用しようとする研究は行われていないのが現状であった。

(3) 申請者らは 1kW 級の PEFC 試験装置による研究を実施しており、燃料電池を船舶に適用した際に課題となる PEFC 性能に及ぼす船体運動の影響、負荷追従性といった諸特性に関する知見・経験を有している。また、電気化学インピーダンス法による PEFC 及び SOFC 内部の湿潤状態に関するマイクロな観点からの計測・評価について豊富な経験・学識を有している。

2. 研究の目的

一般に、陸用のシステムを船舶に適用する場合、最も検討すべき点は船体運動 (横揺れ・定傾斜) が及ぼす影響である。特に横揺れは、重力が系に作用する方向が時間的に変化すると共に、横揺れ運動に起因する加速度変動も付加されるため、重力によって駆動される現象 (例えば、生成水のセルからの排出) はその影響を受けやすい。本研究は AFC の船舶・海洋分野への応用・展開を促進するため、電解液を循環させる AFC システムを念頭に、電解液漏洩や燃料電池セルの水管理など、船体運動が AFC システムに及ぼす影響について実験的に明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究の実施に必要な AFC セルは (株)KRI に製作を依頼し、その AFC セルに水素・空気の供給・制御装置、アルカリ電解液供給系、及び計測装置を組み込んで実験装置を構築し、まず正立状態で出力試験を実施した。なお、AFC セルは初年度に安価なマンガンとニッケルを電極触媒とするセルを製作したが、電流値がゼロのときのセル電圧 (OCV) が約 0.2V と非常に低い値に留まり、期待した性能が発揮できなかったため、2 年度目に電極触媒を貴金属に変更すると共に、電解液漏洩防止のためセル構造の改良を行った (図 1)。

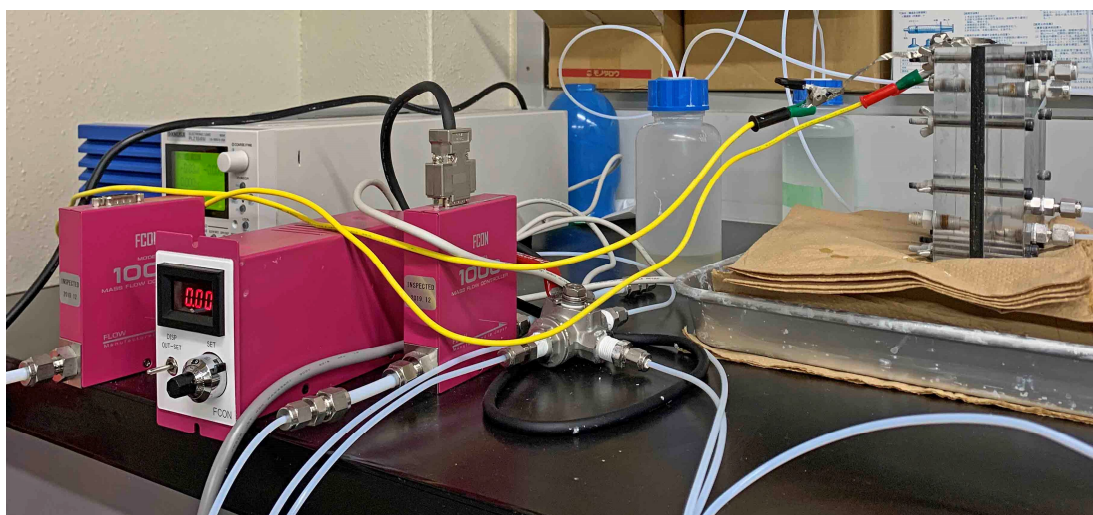


図 1 AFC 実験装置概略

なお、アルカリ電解液循環システムから電解液漏洩に関しては、本研究で製作した AFC セルの電池出力が低く、電解液の循環流量も小さくなるため、船体運動を与えても電解液の漏洩を計測するのは技術的に困難であることが判明した。また、後述するように電解質膜からの電解液の漏出制御に比べると重要度は低いため、机上での検討に留めることとした。

固体高分子膜を電解質とする PEFC とは異なり、AFC は液体のアルカリ電解液を多孔質膜に含

侵させたものを電解質膜としており、電解質膜は AFC セルに供給される酸素と水素の流路を分離する役割と OH⁻ イオンを通過させる役割を持つ。電解質が液体であるため、PEFC と比べると取り扱いが難しく、電解液の量が少ないとガス流路の分離ができなくなり、電解液の量が多いと電解液が多孔質膜からガス流路に漏れ出てしまい、電極の有効面積を減少させ、発電能力を低下させる恐れがある。そのため、ガス流路の分離ができるよう電解液を多孔質膜に保持しながら、多孔質膜から漏れ出てくる電解液がガス流路に滞留しないように適切に除去する必要がある。一方、発電に伴って発生する生成水も多孔質膜表面に生成するため、AFC における適切な生成水の除去(水管理)は、多孔質膜表面における液滴の適切な除去という上記の操作と同一になる。AFC の構造上、多孔質膜表面に付着した液滴は、多孔質膜に接して流れる水素、空気の動圧によって除去することになるが、水素・空気の流量は電池の出力を支配する重要な因子であり、液滴を除去するために自由に变化させることは燃料効率の観点からは得策とは言えない。

これまでの研究により、AFC では電解質膜からの電解液の漏出制御が AFC の性能維持のために重要であり、困難なことが明らかになった。アルカリ型燃料電池 (AFC) を船舶に適用するための検討課題について解明する、という本研究の本来の目的からすれば、電解質膜からの電解液の漏出制御が最も重要な研究課題であることが明らかになったため、当初の研究計画を変更して AFC セルの電解質膜からの電解液の漏出制御について目的を絞って研究を進めることとした。なお、電解質膜からの液滴の除去は重力の作用方向によっても影響を受けるため、正立状態における出力試験を行った後は、定傾斜状態で出力試験を実施して船体運動の及ぼす影響について明らかにすることとした。

4. 研究成果

図 2 に電極触媒を貴金属 (Pt, Ru) に変えた改良セルによる出力の経時変化を示す。セルの電極面積は 25 cm² であり、電解液には 4mol の水酸化カリウム溶液を用いた。また、水素流量は 150 [ml/min]、空気流量は 300 [ml/min] とした。図は電流値をパラメータとして 0, 5, 10, 15mA の 4 段階に変化させ、水素・空気の流量、電流値を固定した状態で 20 分間運転した時のセル電圧の経時変化を示している。図より、何れの電流値でもセル電圧は安定しており、電流値が 0 mA のときのセル電圧(OCV)が約 1V と正常値を示していることが分かる。また、運転中の電解液のガス流路への漏れは認められず、改造後のセルが正常に稼働していることが確認できた。

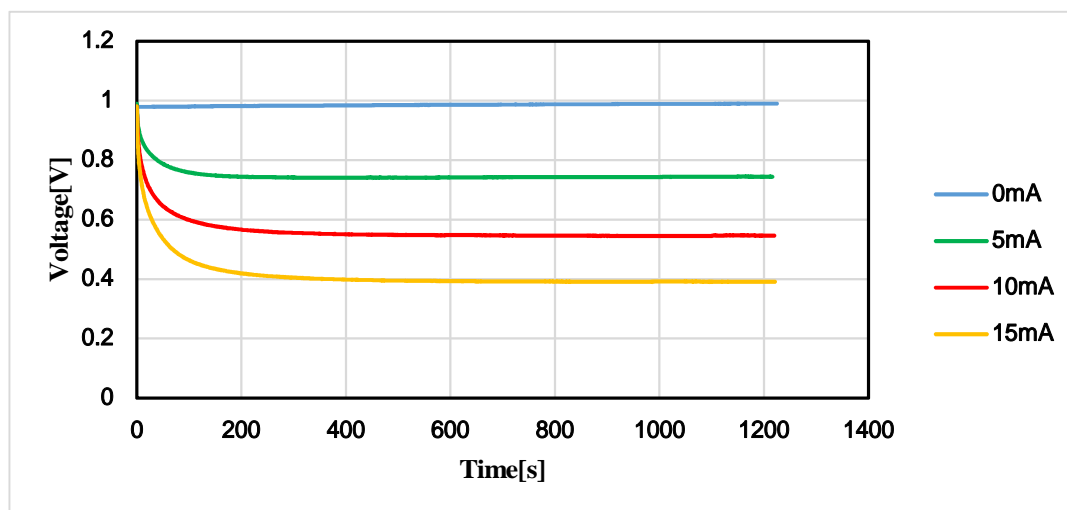


図 2 セル電圧の経時変化

この試験結果から求めた電池出力を図 3 に I-V 線図として示す。横軸は電流値を電極面積で割った電流密度を表している。一般に、セル電圧は電流値の増加に伴って(OCV 値である)約 1V から次第に低下するが、本試験で使用したセルは電流値の増加に伴うセル電圧の低下が著しく、最大電池出力は 6mW に留まっている。

AFC など燃料電池を船舶に適用する場合、複数のセルスタックを組み合わせる動力源とする事態が想定されるが、そうした場合には各セルスタックに供給される空気流量、水素流量が均一にはならない可能性がある。そこで、空気流量の変動が電池出力に及ぼす影響を検討するため、水素流量を 150 [ml/min] とし、空気流量を 300~500 [ml/min] と変化させてセル電圧を計測した。図 4 にその結果を示す。横軸は空気流量、縦軸はセル電圧を示す。なお、電流値はパラメータとして 5, 10, 15mA の 3 段階に変化させている。空気流量が極端に減少した場合、酸化剤不足による電池出力の急激な低下が発生する恐れがあるが、図より、何れの電流値においても本試験範囲ではセル電圧に顕著な変化は認められず、電池出力の急激な低下は発生していないことが分かる。

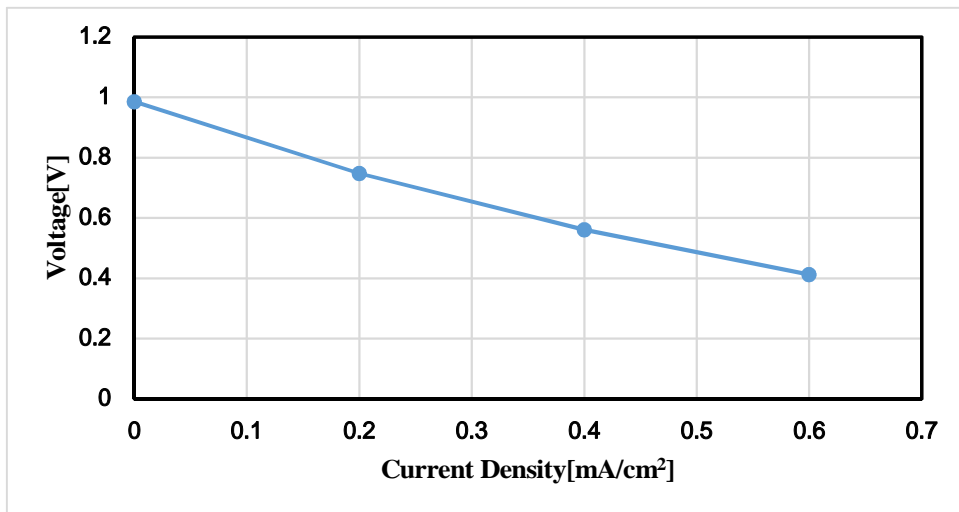


図3 I-V線図

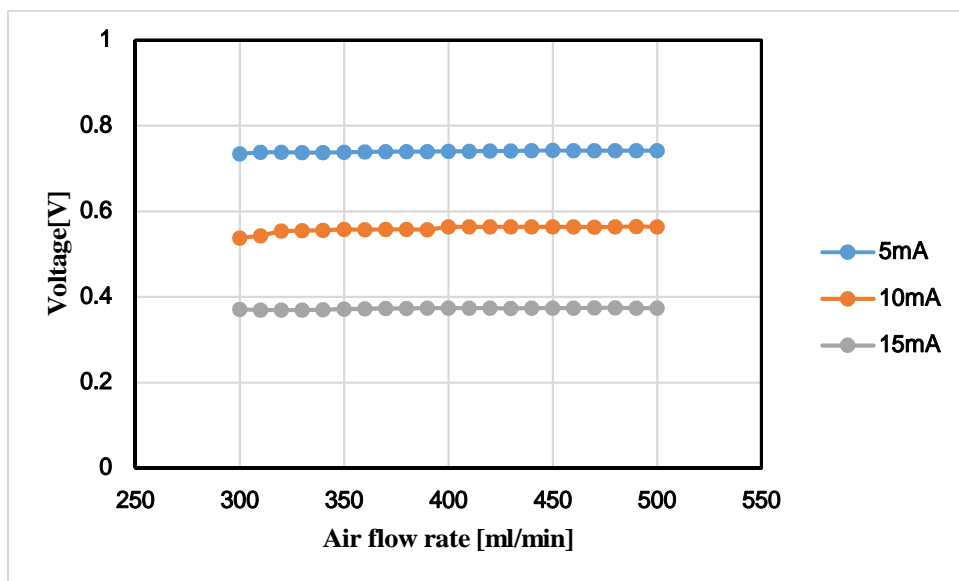


図4 空気流量を変化させた時のセル電圧

なお、酸化剤として純酸素の代わりに空気を利用する場合、空気中に含まれる二酸化炭素が電解液の水酸化カリウム溶液と反応して炭酸カリウムが生成する。そこで、アルカリ電解液への二酸化炭素混入に着目し、初期状態の電解液成分である水酸化カリウム溶液と二酸化炭素混入による生成物である炭酸カリウムとの混合比を変化させて、セル電圧に及ぼす影響について実験的に検討したところ、炭酸カリウムの混合比が高いほどセル電圧が低下することを確認した(図5)。

本研究は、AFCを船舶の動力源として適用する際の課題について検討するという点において国内最初の研究であったが、AFCの安定した運転を確立するまでにかなり手間取ってしまった。その結果、期間内に十分な成果を挙げることが出来なかった。今後さらに研究を続けて電池出力に及ぼす船体運動の影響を明らかにし、まとまった研究成果を発表したいと考えている。

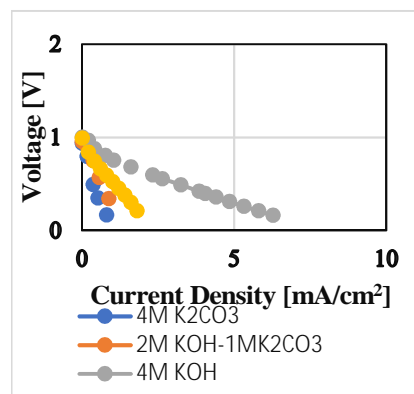


図5 電解液成分の変化の影響

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	北原 辰巳 (Kitahara Tatsumi) (50234266)	九州大学・工学研究院・准教授 (17102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関