

# 国際共同研究事業 令和元年度実施報告書

令和 2年 4月 7日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

共同研究代表者

所属機関・部局 山梨大学燃料電池ナノ材料研究センター

職・氏名 教授 (ふりがな) 内田 うちだ 誠 まこと

1. 事業名 国際共同研究事業 スイスとの国際共同研究プログラム
2. 研究課題名 (和文) 高性能アニオン膜と二機能性触媒を用いた一体化リバーシブル燃料電池 (URFC)  
(英文) Unitized reversible fuel cells (URFC) using advanced anionic membranes and bi-functional catalysts
3. 共同研究実施期間 (全採用期間)  
令和元年 6月 1日 ~ 令和 4年 5月 31日 (3年 0ヶ月)
4. 研究参加者 (代表者を含む)
  - (1) 日本側参加者 5 名
  - (2) 相手国側参加者 2 名
5. 主要な物品購入状況 (単価 (一品又は一組) 若しくは一式の価格が 50 万円以上のものを購入した場合は記載)

物品名	仕様 型・性能等	数量	単価(円)	金額(円)	設置研究機関名	備考
・水電解セル 性能評価シス テム改造	・既存の水電解セル性 能評価システムを循環 水の濃度監視&調整 機能を持たせるための 改良および機能拡張	1 式		2,383,700	山梨大学	
・1cm <sup>2</sup> 標準電 解槽	・水電解評価セルと その付属部品	1 式		805,200	山梨大学	
・超音波ナノ 分散機	・PR-1 (柵シンキー)	1 式		2,222,821	山梨大学	他の経費と合算 使用

備考：本事業の委託費と他の経費とを合算使用の際は、合算使用した旨を備考欄に記載した上で、金額は本事業の委託費によるもののみ計上してください。

## 8. 研究実施状況

※ 申請書の内容及び当該年度実施計画書の「5. 本年度実施計画の概要」と対応させつつ、当該年度の研究の実施状況を簡潔に記入してください。年度途中で当初計画を変更した場合にはその内容及び理由も明記してください。

アニオン交換膜形燃料電池(AEMFCs)のイオン導電種は水酸化物イオン(OH<sup>-</sup>)であり、燃料電池系内がアルカリ性となるため、触媒として貴金属の他にFe、Ni、Coなどの非貴金属が利用できる利点がある。しかし、現状の電解質膜のアニオン導電率が不十分であるために発電性能が低いことやOH<sup>-</sup>の求核攻撃による膜の劣化が課題となっている。そこで、本研究室ではFig. 1に示す高いアニオン導電率と高いアルカリ安定性を持つ新規構造の電解質膜QPAF-4を開発した。本研究ではこのQPAF-4を膜とバインダーとして、またカソード触媒として非貴金属触媒を用いた膜電極接合体(MEAs)の発電性能を評価した。

実験方法カソードのガス拡散電極(GDE)は、Pajarito Powder 製Fe-N-C触媒とメタノールに溶解させたQPAF-4(イオン交換容量(IEC)=2.0 meq. g<sup>-1</sup>)バインダー溶液を混合したインクをパルススワールスプレイ(PSS)法によりSGL 29BC GDLのMPL面に塗布し作製した。アノードのGDEは、TKK製Pt/CB(TEC10E50E)触媒とQPAF-4バインダー溶液を混合したインクをPSS法によりカーボクロスGDL(Zoltek社のPANEX30 PW03を撥水处理後にMPLを形成)のMPL面に塗布し作製した。両極共に触媒層面積は4.4 cm<sup>2</sup>、白金担持量は0.20 mgPt cm<sup>-2</sup>とし、Fe-N-C触媒は触媒全担持量0.45 mgcat. cm<sup>-2</sup>とした。電解質膜はQPAF-4(IEC=2.0 meq. g<sup>-1</sup>, 膜厚30 μm)を用いた。膜および各GDEはOH-formの状態MEA化した。MEAsの発電性能(電流-電圧(I-V)試験)は、0 kPaまたは100 kPaに加圧されたH<sub>2</sub>(100 mL min<sup>-1</sup>)とO<sub>2</sub>(100 mL min<sup>-1</sup>)を、それぞれアノードとカソードへ供給し60 °C, 100%RHの条件下で測定した。

Fig. 2にI-V測定結果を示す。Fe-N-C触媒を用いたセルは、背圧をかけない場合において電流密度の増減

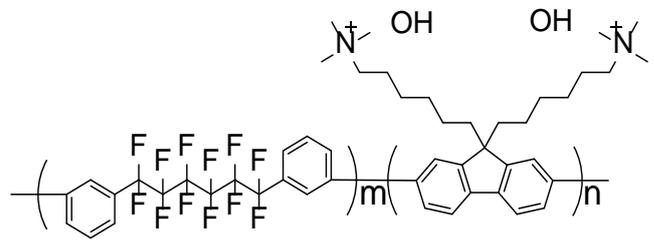


Fig. 1 Chemical structure of quaternized poly(arylene perfluoroalkyl) membrane, QPAF-4.

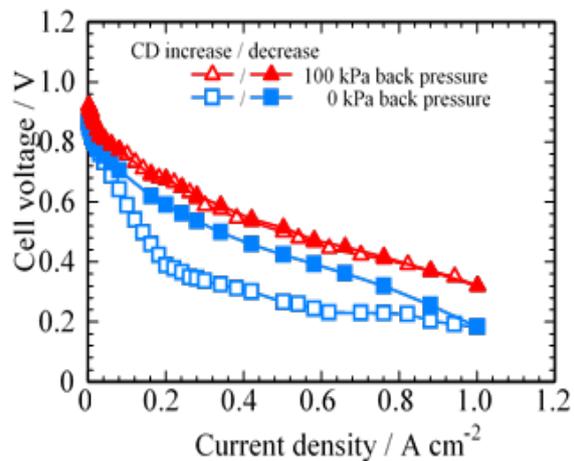


Fig. 2 Current-voltage measurement at 60 °C, 100% RH; anode H<sub>2</sub> (100 mL/min); cathode O<sub>2</sub> (100 mL/min).

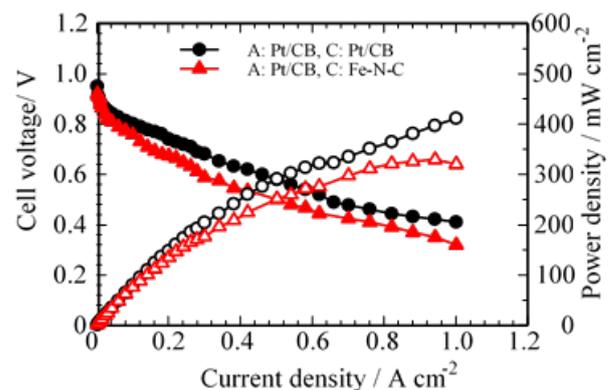


Fig. 3 Current-voltage measurement at 60 °C, 100% RH, 100 kPa; anode H<sub>2</sub> (100 mL/min); cathode O<sub>2</sub> (100 mL/min).

によってヒステリシスが見られた。一方で、両極へ背圧をかけることによってヒステリシスの度合いが抑えられた。背圧をかけることで水蒸気として送り込まれる水が液水になりやすく、その液水がバインダーや AEMFC のカソード反応に有効に作用したためと考えられる。また、Fig. 3 に示すように、最大出力密度は Pt/CB 触媒を用いたセルの約 8 割に達しており、AEMFC の低コスト化材料の可能性を示唆する結果が得られた。

以上の様に 2019 年度に計画した通りアンモニウム置換芳香族セグメントの構造最適化した電解質膜 QPAF-4 と QPAF-4 バインダーを用い燃料電池を作製し、既存触媒である Pt/CB と Fe-N-C 触媒をアノードおよびカソードにそれぞれ用い、触媒層のお構造設計上の課題抽出とセル性能のベンチマーク取得を行った。

また、計画通り Paul Scherrer Institut (PSI) にてキックオフ会議を実施、2 つの研究チームのメンバー全員が参加する研究プログラム開始時の 2 日間のワークショップを開催し両機関の複数メンバーで講演を行った。また、キックオフ会議に引き続き PSI にて博士課程 1 年生の担当学生のインターシップ研究を 1/30-3/19 の期間で実施した。PSI でのインターシップでは、PSI の開発中のペロブスカイト酸化物触媒の回転ディスク電極法での電気化学性能評価を担当し、PSI チームの触媒開発に貢献した。

## 9. 研究発表（令和 1 年度の研究成果）

【雑誌論文】 計（ 0 ）件    うち査読付論文 計（ 0 ）件

通番	共著の有無*	論文名、著者名等**
1		

【学会発表】 計（ 4 ）件    うち招待講演 計（ 0 ）件

通番	共著の有無*	標題、発表者名等**
1		「グリーンエネルギー変換工学」第8回国際セミナー, 2019/10/24-25、口頭発表 Synthesis and Properties of Structurally Well-Defined Anion Exchange Membrane Containing Ammonium-Functionalized Fluorenyl Groups. M. Ozawa(1), T. Kimura(1), K. Otsuji(1), J. Miyake(2), M. Uchida(2), J. Inukai, (1,2) and K. Miyatake(1, 2) (1)Clean Energy Research Center, University of Yamanashi, (2)Fuel Cell Nanomaterials Center, University of Yamanashi
2		「グリーンエネルギー変換工学」第 8 回国際セミナー, 2019/10/24-25、ポスター発表 Synthesis and evaluation of Novel anion exchange membranes containing perfluoroalkyl and ammonium-functionalized fluorenyl groups. M. Ozawa(1), T. Kimura(1), K. Otsuji(1), J. Miyake(2), M. Uchida(2), J. Inukai, (1,2) and K. Miyatake(1, 2) (1)Clean Energy Research Center, University of Yamanashi, (2)Fuel Cell Nanomaterials Center, University of Yamanashi
3		「グリーンエネルギー変換工学」第 8 回国際セミナー, 2019/10/24-25、ポスター発表 STUDY OF CATHODE CATALYST LAYERS FOR ANION EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELLS USING A NON-NOBLE METAL CATALYST AND A NOVEL POLYMER ELECTROLYTE

		<p>Kanji Otsuji (1), Naoki Yokota (2), Katsuyoshi Kakinuma (3), Kenji Miyatake (3, 4) and Makoto Uchida (3)</p> <p>(1) Integrated Graduate School of Medicine, Engineering and Agricultural Sciences, University of Yamanashi</p> <p>(2) Takahata Precision Co., Ltd</p> <p>(3) Fuel Cell Nanomaterials Center, University of Yamanashi</p> <p>(4) Clean Energy Research Center, University of Yamanashi</p>
4		<p>第60回電池討論会、2019/11/13-15</p> <p>非貴金属触媒と新規高分子電解質を用いたアニオン交換膜形燃料電池用カソード触媒層の研究</p> <p>○大辻 寛二, 横田 尚樹*, 柿沼克良***, 宮武 健治**, ***, 内田 誠***</p> <p>山梨大学大学院医工農, タカハタプレジジョン株式会社*, 山梨大学クリーンエネルギー研究センター**, 山梨大学燃料電池ナノ材料研究センター***)</p>

【図書】計 ( 0 ) 件

通番	共著の有無*	題名、著者名等**
1		

\* 相手国研究代表者との共著（共同発表）がある場合は○、相手国研究代表者との共著であり謝辞等に事業名を明記している場合は◎と記入。

\*\* 当該発表等を同定するに十分な情報を記載すること。例えば学術論文の場合は、論文名、著者名、掲載誌名、巻号や頁等、発表年（西暦）、学会発表の場合は標題、発表者名、学会等名、発表年（西暦）、著書の場合はその書誌情報、など（順番は入れ替わってもよい）。

\*\*\* 足りない場合は適宜行を追加すること。

1. この報告書は、最終年度を除く毎年度提出してください。
2. 本会の事業報告等に記載するための適当な図・写真等があれば、説明を付して添付してください。
3. この報告書は、本共同研究の成果として本会ウェブサイトに掲載します。また、この報告書を本会の事業報告として刊行する場合、内容に影響しない範囲で修正を行うことがあります。
4. 知的財産権等の事情で本報告書の一部の公開を希望しない場合は、対応についてあらかじめ本会担当者に相談してください。