

日本—中国 国際共同研究「環境・エネルギー分野」 2020 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	燃料電池の高性能化を目指した高耐久性イオン伝導膜の設計と開発
研究課題名（英文）	Development of durable ion conductive membranes designed for high performance fuel cells
日本側研究代表者氏名	宮武 健治
所属・役職	山梨大学 クリーンエネルギー研究センター・教授
研究期間	2019 年 4 月 1 日 ～ 2022 年 3 月 31 日

## 1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
宮武 健治	山梨大学クリーンエネルギー研究センター・教授	イオン伝導膜の設計と評価
内田 誠	山梨大学燃料電池ナノ材料研究センター・教授	アルカリ燃料電池評価
三宅 純平	山梨大学クリーンエネルギー研究センター・准教授	イオン伝導膜の合成と解析

## 2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

重合条件や置換基効果を検討することにより、高分子量体で製膜性に優れるイオン電導性高分子を合成する。得られるイオン電導性高分子の薄膜形成方法とモルフォロジーの相関を解明し、各種イオンや低分子気体および水分子の移動特性の相関を定量的に解明する。触媒上へのイオン伝導膜超薄膜被覆と緻密な界面構造形成を試み、最適構造を有する触媒層を用いて水素燃料電池の基本発電性能を評価する。

### 3. 日本側研究チームの実施概要

本研究は高耐久性のイオン伝導性薄膜を開発し、アルカリ形燃料電池の高性能化を目指すとともに、アニオン伝導膜が課題となっている他のエネルギーデバイス（フローバッテリーなど）への応用展開を目的とする。2020 年度は 4 つのワークパッケージに関して以下の研究成果が得られた。

#### ワークパッケージ①：イオン伝導性高分子の基本構造設計

昨年度に得られた部分フッ素化の効果を活かした分子を設計し、重合反応条件の検討と生成重合体の構造解析を実施した。具体的には、新規な疎水部モノマーとしてヘキサフルオロイソプロピリデン基を有する BAF モノマーを合成し、重合反応と四級化反応を実施した。共重合組成が異なる 3 種類の重合体 BAF-QAF を合成した。いずれの BAF-QAF も高分子量体であり、目標とする重量平均分子量 10 万以上を達成することができた。モノマー組成と一致した共重合組成を有すること、すべての 3 級アミノ基が 4 級化されていることが確認でき、設計通りの BAF-QAF が得られていることを明らかにした。

#### ワークパッケージ②：イオン伝導膜の物性解析

ワークパッケージ①で開発したアニオン高分子 BAF-QAF に関して、製膜方法の検討を行った。BAF-QAF は共重合組成にかかわらず極性有機溶媒（ジメチルスルホキシドやジメチルアセトアミドなど）に可溶であるが、メタノールにも可溶であるためメタノール溶液からキャスト製膜を行った。黄色透明薄膜が得られ、その膜厚は溶液濃度や溶液量を調節するだけで 10~50 $\mu\text{m}$  程度で制御可能であった。得られた薄膜は柔軟かつ強靱であり、新規な分子構造が製膜性と機械強度のいずれにも有効であることを確認した。

#### ワークパッケージ③：イオン伝導膜と電極触媒構造の界面形成

ワークパッケージ①で開発したアニオン高分子 BAF-QAF に関して、触媒表面上での被覆状態と水分子の分布を解析するために、中性子反射率(NR)を測定した。今年度はモデル電極として  $\text{SiO}_2/\text{Si}(100)$  上にスピンコート法により形成させた BAF-QAF 製膜を用いて、湿度を変化させながら NR 測定を行うことにより、水分子の分布と密度を算出した。アニオン膜は 3 層に分離することができ、各層の厚さと水分子数が湿度に依存して可逆的に変化することを見出した。

#### ワークパッケージ④：エネルギーデバイスの作製と評価

ワークパッケージ①で開発したアニオン膜 BAF-QAF を用いた燃料電池において開回路電圧は 1.0V 以上と高い値を示し、アニオン膜の気体バリア性が優れていることが認められた。セル抵抗はおよそ 0.2 $\Omega\text{cm}^2$  であり、前年度に報告した QPAF-4 膜を用いたセルノ 0.17 $\Omega\text{cm}^2$  に比べてやや高い値であったが、発電性能は BAF-QAF 膜を用いたセルのほうが優れており、セル電圧 0.6V における電流密度を比較してみると、QPAF-4 をアニオン膜およびバインダーとして用いたセルに比べて 10%向上していた。BAF-QAF が触媒層バインダーとして優れた特性を持っていることを実証できた。