

未来社会創造事業 探索加速型
「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域
年次報告書(探索研究期間)

令和2年度 研究開発年次報告書

平成29年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：青木 芳尚]

[北海道大学大学院工学研究院・准教授]

[研究開発課題名：実用的中温作動型水素膜燃料電池の開発]

実施期間：令和2年4月1日～令和3年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1)「水素膜燃料電池開発」グループ(北海道大学)

① 研究開発代表者:青木 芳尚 (北海道大学工学研究院、准教授)

② 研究項目

- ・酸水化物系水素透過材料の開発
- ・水素透過膜支持型燃料電池の評価と解析

(2)「酸水素化物水素膜開発」グループ(北海道大学)

① 主たる共同研究者:國貞 雄二 (北海道大学工学研究院、助教)

② 研究項目

- ・理論計算、酸水化物系水素透過材料の構造・電子構造の検証
- ・酸水化物系水素透過材料の水素吸蔵・放出能評価

(3)「構造解析」グループ(分子科学研究所)

① 主たる共同研究者:小林 玄器 (分子科学研究所、准教授)

② 研究項目

- ・酸水化物系水素透過材料の構造解析と伝導経路の解明

(4)「セル作成プロセス開拓」グループ(分子科学研究所)

① 主たる共同研究者:酒井 孝明 (産業技術総合研究所、主任研究員)

② 研究項目

- ・水素透過膜支持型燃料電池の作製プロセス最適化

§2. 研究開発実施の概要

本研究の最終目標である「中温作動型水素膜燃料電池の開発」に対し、本年度は、1) 貴金属 Pd に替わる、遷移金属酸化物ベース水素透過膜の開発、および 2) それを用いたセラミックスセルの開発について行った。主な成果として PdAg 合金に匹敵する水素透過能を有する H⁻イオン伝導性金属酸水素化物を開発するに至った。立方晶ペロブスカイト型 Ba_{1-x}Zr_{0.5}In_{0.5}O_{2.75-x} (x=0-0.2)を 700°C 以上水素中で加熱すると、全ての In(III)カチオンが In(I)に還元されるため大量の酸素欠損が導入され、同時に酸素空孔サイト等に H⁻イオンが導入され、Ba_{1-x}Zr_{0.5}In(III)_{n/2}In(I)_{0.5-n/0.2}O_{2.25-x}H_n (n~0.4-0.5; HBZI)へと変化することがわかった。この相は立方晶ペロブスカイト構造を維持しており、さらにその酸素サイトの 1/3 以上が欠損しているため、酸素空孔のパーコレーションパスを通じて H⁻イオンが高速拡散する。以上のイオン伝導と、In(I)還元によって生じる電子伝導性により高い水素透過性を発現する。HBZI を水素透過膜アノードとし、その上に BaZr_{0.4}Ce_{0.4}Yb_{0.2}O₃ 電解質薄膜(~1.5 μm)と La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O₃ 多孔質カソード

ドを積層し、水素透過膜燃料電池(HMFC)を作製した。600°Cにおいてピーク出力 0.55 W cm^{-2} が得られたが、500°Cになると 0.23 W cm^{-2} まで低減した。インピーダンススペクトルから、 $0.6 \text{ } \Omega \text{ cm}^2$ の非常に大きなオーム抵抗が観察された。このような大きなオーム損は Pd ベースの HMFC では観測されないことを考慮すると、HBZI-HMFC における出力低下の要因は、プロトン移動抵抗を阻害する大きな抵抗層が、HBZI(H⁻)/電解質(H⁺)-界面に形成されたためと考えられる。その要因として、1) HBZI(H⁻)/電解質(H⁺)-界面での HBZI の高抵抗酸化層生成、2)同界面での H⁻/H⁺交換反応が遅い、および 3) HBZI(H⁻)が十分水素化されていない等が考えられ、解決に向けた検討を行っている。