

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)

H30 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：平成30年4月1日～平成31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

- ・水素膜/電解質界面の化学ポテンシャルシミュレーション
- ・非 Pd 系水素膜アノードの開発
- ・中温作動型水素膜燃料電池の試作および評価
- ・新規プロトン伝導性セラミックス電解質薄膜の開発

(2)「触媒開発」グループ(熊本大学)

① 主たる共同研究者:日隈 聡士 (熊本大学工学部、助教)

② 研究項目

- ・放射光を用いたカソード/電解質界面の欠陥分布解析
- ・メタン改質アノード触媒の開発

§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)カソード/電解質界面イオン移動促進効果に対する物理モデル確立、および2)Pdに替わる耐酸化水素膜の開発、以上二点について検討した。1)に対し、HMFC およびアノード支持型 PCFC 両セルにおける電解質膜中の各欠陥濃度のプロファイルをもとに Nernst-Planck-Poisson(NPP)モデルに基づきシミュレーションを行い、両者の出力特性に差を生む原因を明らかにした。プロトン伝導性ペロブスカイト酸化物 $\text{BaZr}_x\text{Ce}_{0.8-x}\text{Y}_{0.2}\text{O}_3$ (BZCY)電解質中には、3つの欠陥可動種：酸素空孔 $\text{V}_\text{O}^\bullet$ 、プロトン $\text{OH}_\text{O}^\bullet$ および酸素ホール $\text{O}_\text{O}^\bullet$ が存在する。通常の PCFC は、電解質と Ni 金属からなる多孔質サーメットをアノード支持体とした構造をもつため、 $\text{V}_\text{O}^\bullet$ マイナー伝導によってアノードで水生成が生じる。一方 HMFC の Pd 膜は $\text{V}_\text{O}^\bullet$ マイナー伝導をブロッキングするため、BZCY 膜中に独特な $\text{V}_\text{O}^\bullet$ 濃度プロファイルが形成する。電気的中性条件の制約により、メインキャリアである $\text{OH}_\text{O}^\bullet$ 欠陥濃度も大きく変動し、その結果 HMFC の BZCY 電解質膜中の $\text{OH}_\text{O}^\bullet$ 欠陥濃度は、PCFC のそれに比べはるかに高く、よって前者の膜抵抗は後者よりも大きく低減されることが分かった。この‘プロトンポンピング効果’により、全く同じ電解質膜であるにも関わらず、HMFC のピーク出力は PCFC の 2 倍になることがわかった。以上より、HMFC は PCFC よりも原理的に高い出力特性をもつことが証明された。また 2)に対し、大気中非常に優れた熱力学的安定性をもつ BN と Ni をナノ粒子レベルで融合したサーメットが、中温領域で高い水素透過性を示し、よって Pd 代替水素膜の有力候補を見出した。