

未来社会創造事業 探索加速型

「「ゲームチェンジングテクノロジー」による低炭素社会の実現」領域

年次報告書(探索研究期間)

令和4年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：松井 敏明]

[京都大学 大学院工学研究科・准教授]

[研究開発課題名：中温域作動燃料電池のための革新的プロトン伝導性電解質
の開発]

実施期間：令和4年10月1日～令和5年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1) 京都大学

① 研究開発代表者: 松井 敏明 (京都大学大学院工学研究科、准教授)

研究項目 1: 新規プロトン伝導性固体電解質の開発

- $\text{Li}_3\text{Zn}_{0.5}\text{GeO}_4$ 系へのプロトン伝導性付与の検討

研究項目 2: 電極材料の基礎的検討および単セル試作

- 候補材料の基礎検討
- $\text{Ni}-(\text{Li},\text{H})_{3.5}\text{Zn}_{0.25}\text{GeO}_4$ 複合電極の基礎検討

§2. 研究開発成果の概要

本年度は中温域 (300~400°C程度) で 10 mS/cm 以上のプロトン伝導度を有し、化学的・熱力学的安定性も兼ね備えた新規プロトン伝導性固体電解質を開発することを目指した。これまでに、LISICON (超リチウムイオン伝導体, $\text{Li}_{2+2x}\text{Zn}_{1-x}\text{GeO}_4$ family) のうち最もリチウムイオン伝導度の大きな $\text{Li}_{3.5}\text{Zn}_{0.25}\text{GeO}_4$ を出発材料として Li^+/H^+ イオン交換を行い、新規プロトン伝導体 $(\text{Li},\text{H})_{3.5}\text{Zn}_{0.25}\text{GeO}_4$ の開発に成功していたが、使用温度域での熱力学的安定性の欠如が課題となっていた。そこで $\text{Li}_4\text{GeO}_4\text{-Zn}_2\text{GeO}_4$ 固溶体の相図から熱力学的に安定な領域に存在する $\text{Li}_3\text{Zn}_{0.5}\text{GeO}_4$ を選択し、 Li^+/H^+ イオン交換によるプロトン伝導性の付与を検討した。しかしながら、 $\text{Li}_{3.5}\text{Zn}_{0.25}\text{GeO}_4$ に適用したのと同じイオン交換手法では、間隙に存在する Li^+ の約 25%しか H^+ に交換することができず、 $(\text{Li},\text{H})_{3.5}\text{Zn}_{0.5}\text{GeO}_4$ については優位なプロトン伝導の発現を確認することはできなかった。そのため、 $(\text{Li},\text{H})_{3.5}\text{Zn}_{0.5}\text{GeO}_4$ 中の主な荷電種は Li^+ であると結論付けた。これらの結果より、 $(\text{Li},\text{H})_{3.5}\text{Zn}_{0.5}\text{GeO}_4$ 系についてはイオン交換量を増やすための条件・手法の改良検討が必要であることが明らかとなった。

次に、開発した電解質を搭載する燃料電池を構築するために、これに適した燃料極材料および微構造についての開発・検討を進め、未だ明らかになっていない中温域作動の課題抽出を目指した。固体酸化物形燃料電池で広く使用されているサーメット電極 (金属とイオン伝導体の複合電極) を出発点として、 Ni と $(\text{Li},\text{H})_{3.5}\text{Zn}_{0.25}\text{GeO}_4$ の複合電極を検討した。 NiO と電解質の間で固相反応が進行しない電極焼き付け温度を決定した後に、電極活性評価を行ったが、分極抵抗が非常に大きく電気化学的な水素酸化能に劣ることが判明した。 Ni 電極の活性が低い原因の一つとして還元度が低いことを明らかにしており、これを改善する必要がある。また電気化学デバイス構築のためには、他の電極系の探索も不可欠である。

【代表的な原著論文情報】

該当なし