

2020年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」

調査研究報告書(公開版)

【研究題目】 「三次元電池」のフィジビリティスタディ

【整理番号】 TK20-066

【代表機関】 筑波大学

【調査研究代表者(氏名)】 守友 浩

【TIA 内連携機関：連携機関代表者】 NIMS：三石和貴

【TIA 外連携機関】 株式会社日立製作所：西村勝憲

【報告書作成者】 守友 浩 【報告書作成年月日】 2021/3/8

【連携推進(具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等)】

1. クリーンエネルギーに三次電池の解説記事、「環境熱で充電される三次電池の開発」守友浩、を執筆した。2021年1月号に掲載されている。
2. クリーンテクノロジーに三次電池の解説記事、「IoT社会に不可欠な環境熱を電力に変換する自律分散電源—「三次電池」の提案」守友浩、を執筆した。2021年出版予定である。
3. 最新エレクトロニクス&フードイノベーションにおいて「三次電池」に関する報告を行った。
4. 民間企業5社と「三次電池」に関する面談を行った。

【調査研究内容(実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果)】

主要な研究成果を列挙する。

1. 「三次電池」の電極材料に相転移物質を配置し、巨大な起電力(=120mV)を実現した。(文献1)
2. 量子化学計算に基づき、高分子材料の電位の温度係数(α)の支配要因を提案した。(文献4)
3. $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 有機溶媒溶液の酸化還元電位の温度係数(α)を系統的に決定した。 α は有機溶媒の粘度強い負の相関を示すことを発見した。(文献7)

原著論文

1. T. Shibata, H. Iwaizumi, Y. Fukuzumi, and Y. Moritomo, "Energy harvesting thermocell with use of phase transition", *Sci. Res.*, 10 1813 (2020)
2. D. Inoue, Y. Fukuzumi, and Y. Moritomo, "Volume effect of organic solvent on electrochemical Seebeck coefficient of $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ in water", *Jpn. J. Appl. Phys.* 59, 037001 (2020).
3. T. Moriya, T. Shibata, Y. Fukuzumi, H. Niwa, and Y. Moritomo, "Persistence and Amalgamation Types of CN Stretching Mode in Oxidation Process of Prussian Blue Analogues", *J. Phys. Soc. Jpn.* 89, 064702 (2020).
4. H. Niwa, T. Moriya, T. Shibata, Y. Fukuzumi, and Y. Moritomo, "In situ IR spectroscopy during oxidation process of cobalt Prussian blue analogues" *Sci, Repts.* 11, 4419 (2021).
5. H. Iwaizumi, D. Inoue, T. Yasuda, and Y. Moritomo, "Origin of the material dependence of temperature coefficient of redox potential in conjugated polymers", *Appl. Phys. Express* 15, 037001 (2021).

6. Y. Moritomo, Y. Yoshida, H. Iwaizumi, D. Inoue, I. Nagai, and T. Shibata, "Structural Phase Transition Triggered by Na Ordering in $\text{Na}_{1.96}\text{Cd}[\text{Fe}(\text{CN})_6]_{0.99}$ ", J. Phys. Soc. Jpn. 90, 013601 (2021).
7. D. Inoue, H. Niwa, H. Nitani, and Y. Moritomo, "Scaling Relation between Electrochemical Seebeck Coefficient for $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ in Organic Solvent and Its Viscosity", J. Phys. Soc. Jpn. 90, 033602 (2021).

学会発表

1. 丹羽秀治, 守屋利昭, 柴田恭幸, 守友浩 「in situ 赤外分光測定による Co プルシヤンブルー類似体の酸化反応観察」, 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン, 2020 年 9 月 10 日
2. 井上 大, 福住 勇矢, 守友 浩 「電気化学ゼーベック係数における有機分子の添加効果」第 81 回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン, 2020 年 9 月 8 日
3. 柴田 恭幸, 岩泉 滉樹, 福住 勇矢, 守友 浩 「相転移を活用した三次電池」第 81 回応用物理学会秋季学術講演会, オンライン, 2020 年 9 月 8 日
4. 岩泉 滉樹, 井上 大, 安田 剛, 守友 浩 「高分子の酸化還元ポテンシャルの温度係数の起源」応用物理学会初春季学術講演会, オンライン, 2021 年 3 月 17 日
5. 井上 大, 丹羽 秀治, 仁谷 浩明, 守友 浩 「 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 有機溶媒溶液における電気化学ゼーベック係数と粘性率とのスケール則」応用物理学会初春季学術講演会, オンライン, 2021 年 3 月 17 日

【今後の活動予定】

我々は、自立分散電源として「三次電池」を提唱している。これまでに、プルシヤンブルー類似体薄膜電極を配置したビーカセル型「三次電池」を試作し、期待通りの性能を実証した。さらに、相転移を活用した「三次電池」では、120 mV という高い起電力の発生に成功した。社会実装に向けた次のステップは、

- ① 粉末電極を用いたラミネートセル「三次電池」の試作、
 - ② より高い α を示す物質の探索・開発、
 - ③ 熱サイクル特性のさらなる向上、
- 等である。今後、これらの研究開発を鋭意進めている。

他方、「三次電池」の学理開拓も重要である。学問的にも技術的にも最も重要な『問い』は、どうしたら α の大きな物質系を創出できるか、である。そのためには、 α の決定要因を徹底的に解明する必要がある。IoT社会を実現する基盤技術である「三次電池」は、エネルギー物質科学の根源的な『問い』は我々に問いかけている。

以上