

令和5年度 学内研究助成金 研究報告書

研究種目	<input type="checkbox"/> 奨励研究助成金	<input type="checkbox"/> 研究成果刊行助成金
	<input checked="" type="checkbox"/> 21世紀研究開発奨励金 (共同研究助成金)	<input type="checkbox"/> 国際共同研究推進助成金
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
研究課題名	金属錯体を活物質とした非水系レドックスフロー電池の開発	
研究者所属・氏名	研究代表者：理工学部エネルギー物質学科・湊端 学 共同研究者：理工学部エネルギー物質学科・大久保 貴志 理工学部エネルギー物質学科・中井 英隆 理工学部理学科化学コース・杉本 邦久	

1. 研究目的・内容

本研究課題では非水系レドックスフロー電池の高効率化を目指して、金属錯体を合成すると共に、実際にレドックスフロー電池用セルを試作し、その性能を明らかにする。

現在レドックスフロー電池において主に用いられている活物質は多段階酸化還元特性を示すバナジウムイオンである。正極ではバナジウムイオンが+4価から+5価に酸化され、負極ではバナジウムイオンが+3価から+2価に還元される。放電時にはこの逆の反応が起こる。バナジウムは+2価から+5価までの原子価をとることができるため、正極および負極の両電極で利用できるという利点があるものの、材料コストが高く、枯渇資源であり、更にバナジウムイオンが溶解する水系レドックスフロー電池は溶媒として利用する水の電位窓が狭いため、原理的に開放電圧（起電力）をこれ以上大きくすることができない。一方、有機溶媒を利用することで、金属イオン以外にも様々な材料が利用でき、また従来のレドックスフロー電池に比べて大きな開放電圧を得ることが容易になる。現在、市販の有機レドックスフロー電池の活性物質としてはいくつかの材料が検討されているが、それらを用いたレドックスフロー電池はサイクル特性が悪く、今のところ実用化に至っていない。すなわち、有機物は酸化還元による構造変化が大きいため、繰り返しの充放電に対して分子の安定性が低いという欠点を有している。そこで本研究では金属イオンと有機分子の組み合わせにより形成される無機・有機複合体である金属錯体を非水系レドックスフロー電池の活物質として活用する。

2. 研究経過及び成果

本課題初年度の令和5年度は、まずはレドックスフロー電池の活物質を評価できるシステムの構築、および測定方法・手順の検討を行った。評価装置としてポテンシオ・ガルバナスタットアナライザー (ECstat-301・イーシーフロンティア) を導入し、フローセルは小型の研究向けレドックスフローセル (SB1200-S・イーシーフロンティア) を選定した。イオン交換膜としてはレドックスフローセルにおいて一般的なナフィオン膜 (Nafion N117・Chemours) と、有機・無機の各種電解質を試験することを想定して親水性および疎水性の PTFE 膜 (Omnipore JGWP09025, Fluoropore FGLP09050・Millipore) を選定した。フローセルの流路設計においては正極側・負極側にそれぞれ独立した電解質循環系を構築した。流路およびポンプに接液部は各種の電解質および流量を試験することを想定してテフロン製とし、ポンプには微粒量でも脈動の少ない流出特性をもつスムーズフローポンプ (QI-100-TT-P-S・タクナミ) を選定した。

評価装置の試験と実験方法・手順の確立のため、まずは一般的なバナジウム-水系電解質とナフィオン膜を用いたセル系を構築し、充放電特性評価を行った。電解液は硫酸バナジルを硫酸に溶解して 2M 硫酸バナジル-硫酸溶液を調製して正極側原液とするとともに、これを電解還元することにより V^{3+} 原液を作成して負極側電解液とした。しかし、電解液量を各極約 50mL として試験を行ったところ、本実験で使用するフローセルの容量では電解還元によって V^{3+} 原液を得るだけで約 1.5 日を要したため、本実験ではもう少し濃度を下げる必要があることが分かった。

硫酸バナジル-硫酸溶液の濃度を約 1M にして充放電試験 (図 1 参照) を行ったところ、1 サイクルの充放電を約 1 日で行えた。サイクルの繰り返しによる充放電特性の変化も観察できており、これを元に本実験の条件を設定していくことになる。

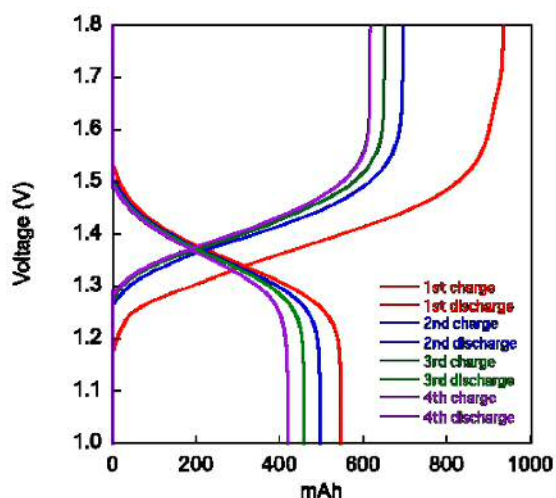


Fig.1 Result of a test cycle

3. 本研究と関連した今後の研究計画

次年度以降は中心金属に Fe^{2+} や Sn^{2+} を用いた金属錯体を合成し、非水系レドックスフロー電池の活物質としての性能を評価する。さらに多段階酸化還元活性を示す金属イオンを用いた金属錯体なども合成し、レドックスフロー電池の活物質としての可能性を評価する。

4. 成果の発表等

発表機関名	種類 (著書・雑誌・口頭)	発表年月日(予定を含む)