

# 新規レドックスフロー電池設計のための資源、コスト、安全性を考慮した有機系材料の探索と実現可能性についての調査研究

## 目的 Purpose

・レドックスフロー電池は再エネ中心の電力系統安定化のための貯蔵システムとして市場導入が検討されています。現在、バナジウムに代わる低コストの電解液や電極材料の開発が行われており、筑波大学、NIMSと連携し、新しいレドックスフロー電池設計のための電解液、隔膜、電極材料の探索を進めています。

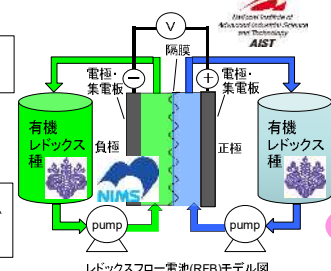
## 概要 Outline

- ・レドックスフロー電池を構成する炭素フェルト電極や、各種電解液の特性評価のためのセルを作製し、電極や電解液の安定性や性能を簡便かつ迅速に判断する方法を開発しました。
- ・新規電解液や隔膜、電極材料など、レドックスフロー電池の高性能化のための新規材料探索への活用が期待されます。

各機関の得意とする分野における詳細な調査・研究を進め、資源、コスト、安全性を考慮した新規レドックスフロー電池設計のために必要な課題と開発項目を明確にする。

### 強み・役割

- AIST** 電池システム評価
- NIMS** 電極表面構造・反応機構解析
- 筑波大:** 分子スクリーニング電気化学評価



RFBの現状課題・ねらい

- 再生可能エネルギー有効利用に蓄電池需要大
- RFBは欧米中で2011より活発化、国内では大きな動き無し
- 3者で、安全・高エネルギー密度・安価なRFB構築

レドックスフロー電池(RFB)モデル図

## 実験：小型試験セルを用いたボルテージステップクーロメトリーによる反応性評価

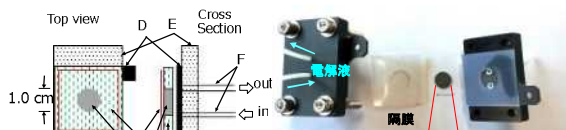
小型試験セル --- ボルテージステップクーロメトリー

**電解液:**  
バナジウム、有機系電解液

**セル特性およびカーボン電極:**  
Toyobo AAF304ZS, Kureha F-205, Toray

小型試験セルのモデル図 (half-cell)

小型試験セルおよび構成材料



- (A)カーボンフェルト(ペーパー) 電極
- (B) イオン交換膜(隔膜) NR212
- (C) シリコンスペーサー
- (D) グラファイト板
- (E) 双電極
- (F) 入口(出口) PTFE チューブ

カーボン電極:  
直径1cm

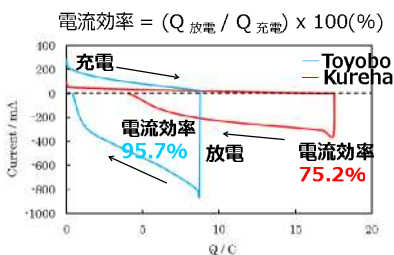
	バナジウム	有機系
負極反応	$V^{2+} \rightleftharpoons V^{3+} + e^-$	$2,6\text{-reDHAQ} \rightleftharpoons 2,6\text{-DHAQ} + 2H^+ + 2e^-$
標準電位( $E^0$ ) / V (vs. SCE)	-0.26 <sup>*1</sup>	-0.68 <sup>*3</sup>
正極反応	$VO_2^+ + 2H^+ + e^- \rightleftharpoons VO^{2+} + H_2O$	$Fe(CN)_6^{4-} + e^- \rightleftharpoons Fe(CN)_6^{3-}$
標準電位 ( $E^0$ ) / V (vs. SCE)	1.00 <sup>*1</sup>	0.52 <sup>*3</sup>
セル電圧 ( $\Delta E$ ) / V	1.26	1.20 <sup>*3</sup>
支持電解質	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KOH

\*1: 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>中の測定、\*2: Encyclopedia of electrochemistry of the elements vol.1, 5 (A.J.Bard, Ed., Marcel Dekker, 1973).  
\*3: 1mM 2,6-DHAQ / 1 M KOH, 0.4M K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> / 1M KOH (reference, K. Lin, Science 349,1529 (2015))

	セル1	セル2	セル3
セル抵抗 ( $\Omega$ ) <sup>*1</sup>	0.022	0.030	0.022
カーボン電極	Toyobo (felt) AAF304ZS	Kureha (felt) F-205	Toray (paper) TGP-H-120
スペーサー厚み (mm)	3.0	3.0	1.0
電極重量 (g) <sup>*2</sup>	0.026 (正極) 0.027 (負極)	0.042 (正極) 0.044 (負極)	0.040 (正極) 0.041 (負極)
セル抵抗 ( $\Omega$ ) <sup>*3</sup>	0.28	0.75	0.15
隔膜	Nafion® NR212	Nafion® NR212	Nafion® NR212

\*1: カーボン電極なしで銀メッシュを挟んだ場合  
\*2: カーボンペーパー(Toray TGP-H-120)については3枚を重ねて測定  
\*3: カーボン電極をセットした場合 (隔膜なし)

## 結果：バナジウム系および有機系電解液と電極の反応性評価



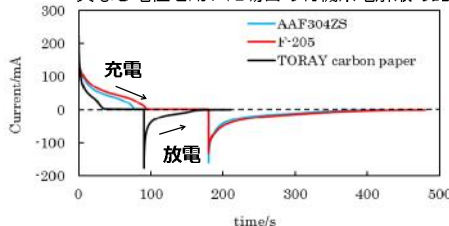
異なる電極を用いた場合のバナジウム電解液の電流-電気量曲線の比較

充電電流がゼロの点でOCVは1.5V (過電圧はない)  
バナジウムレドックスフロー電池のSOC (1 M) : 75.7% (1.5Vで充電した場合)

### ◎ 有機系電解液の検討



異なる電極を用いた場合の有機系電解液の比較



### ◎ 隔膜のバナジウムクロスオーバーの比較

	拡散係数 (cm <sup>2</sup> / min)
Nafion® NR212	6.5 × 10 <sup>-7</sup>
SPEEK sulfonated poly (ether ether ketone)	3.2 × 10 <sup>-7</sup>

VO<sup>2+</sup>溶液(1M in 3M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

## 今後の展望と課題

- ・電解液と電極の反応性の定量化
- ・安定かつ溶解性の高い水溶性活物質の探索
- ・新規隔膜材料の探索