

導電性ナノダイヤモンド作製と 高性能水系EDLCへの応用

東京理科大学 工学部 先端化学科
准教授 近藤 剛史

2019年10月31日

電気二重層キャパシタ(EDLC)

電気二重層キャパシタ(EDLC)の特徴・用途

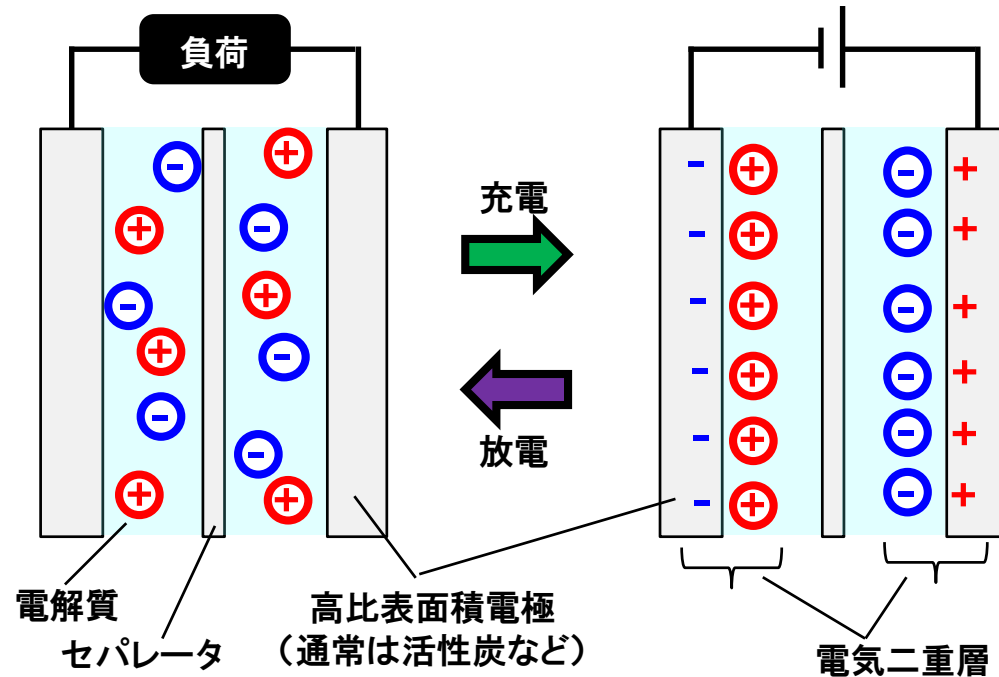
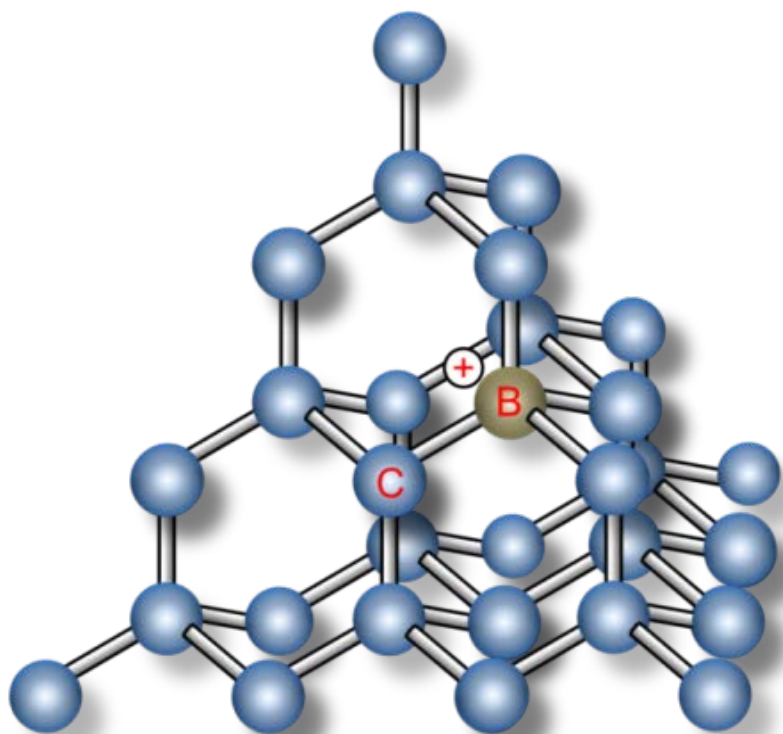


Fig. 電気二重層キャパシタ(EDLC)の構造

- ・ 半永久的使用が可能： 10~100万回以上
- ・ 急速・瞬時充放電に対応
- ・ 出力密度 (kW/kg) に優れ回生制動応用に最適
→ハイブリッド車、電気自動車への応用
- ・ エネルギー密度が小さい

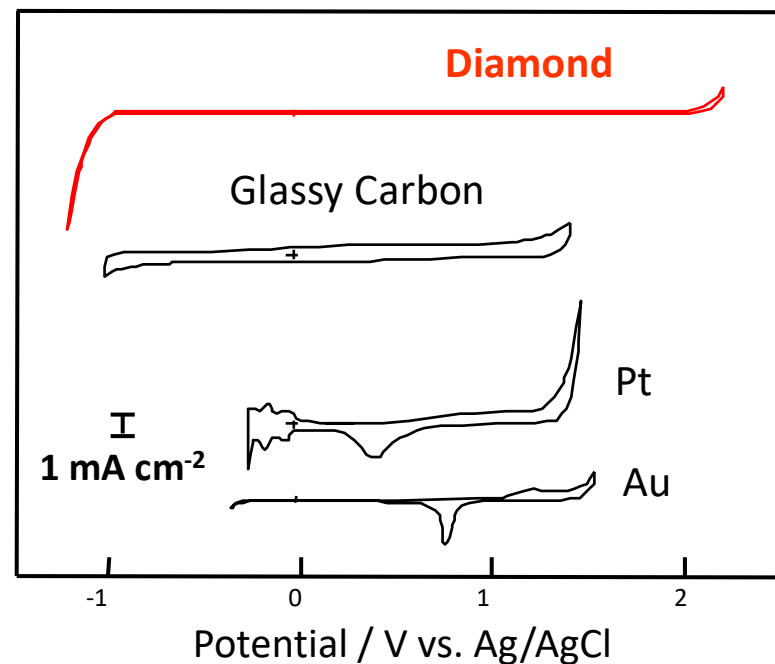
導電性ボロンドープダイヤモンド

Boron-doped diamond (BDD)



- ・ Bドーピングによりホールが生成 (p型)

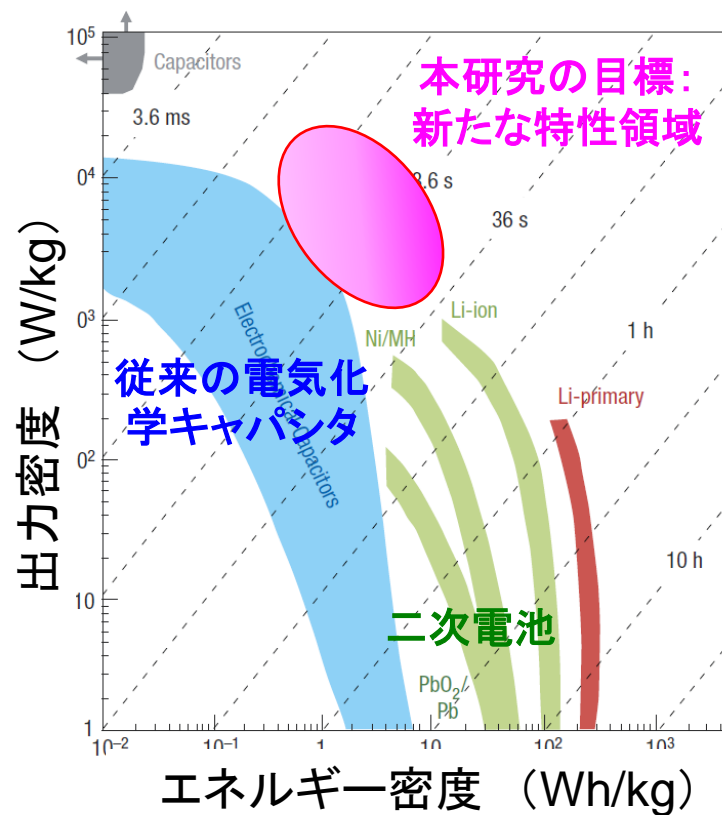
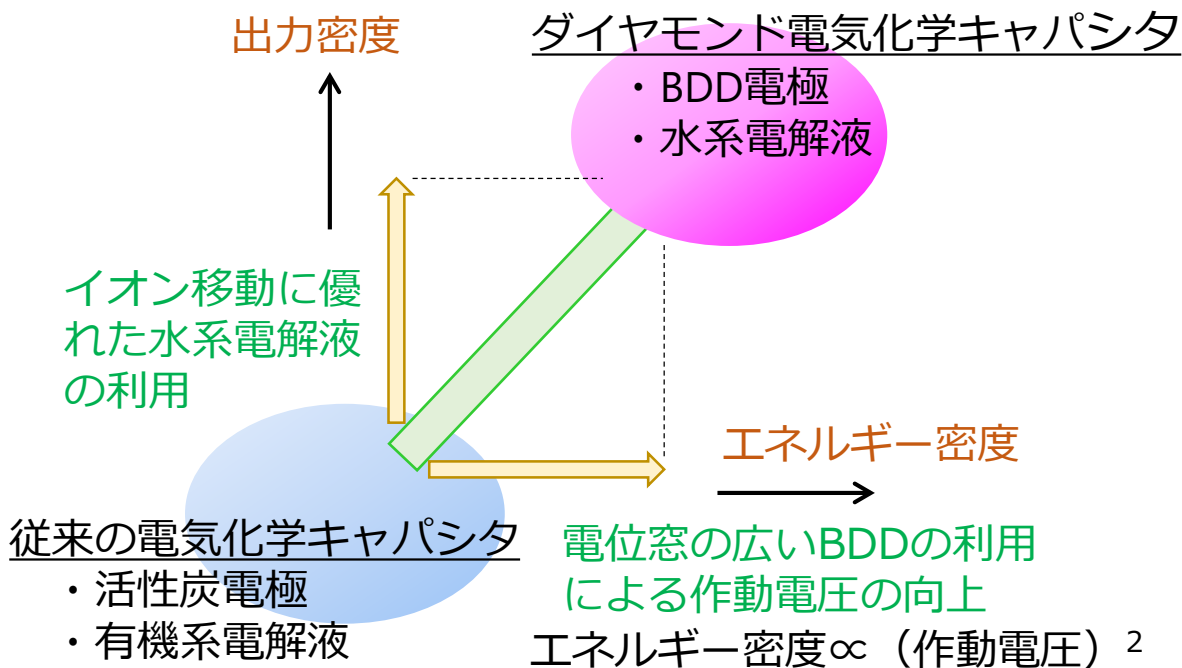
B/C比が1%程度で導電性材料として利用可能



0.5 M H_2SO_4 , 中のサイクリックボルタモグラム (CV) . 200 mV/s

BDD電極では、水の電気分解が起きにくい
(**電位窓が広い**)。

導電性ダイヤモンドを用いた水系EDLC

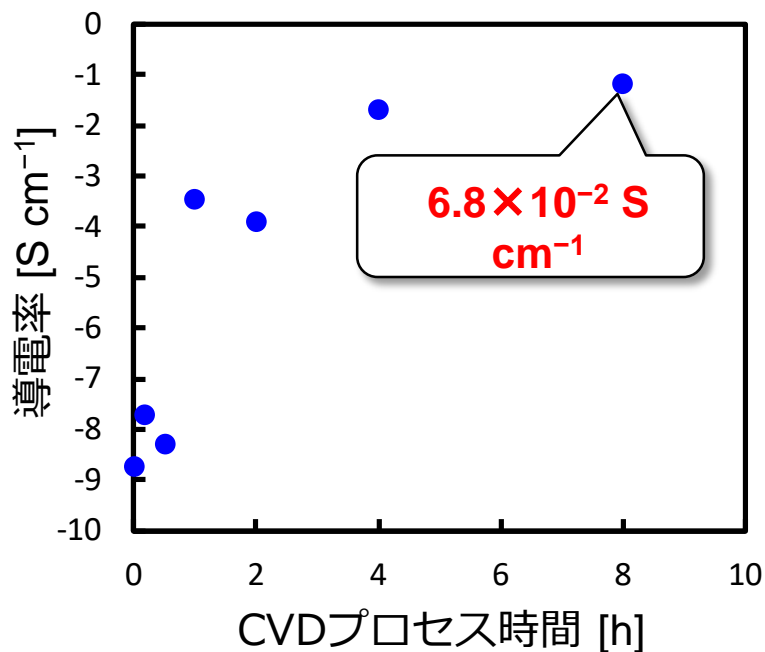
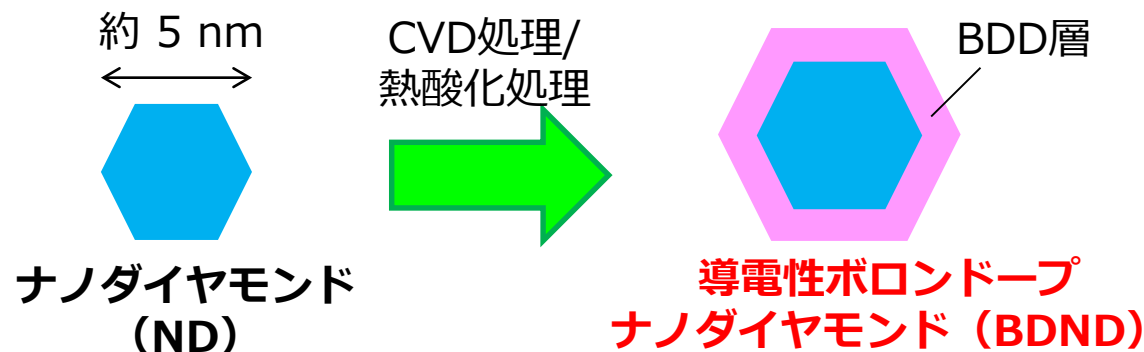


蓄電デバイスの特性比較と本研究の目標

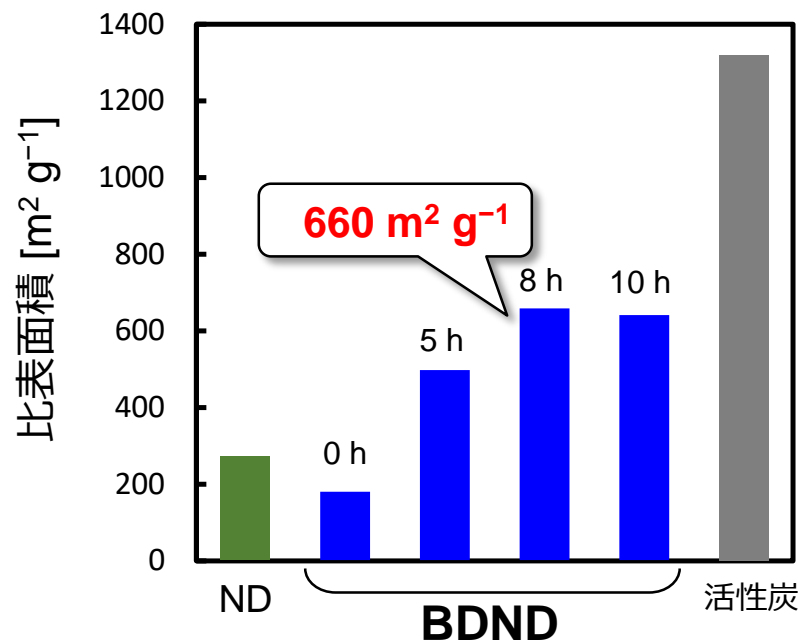
P. Simon and Y. Gogotsi, *Natur. Mater.*, 7, 845 (2008)より抜粋・改変。

ダイヤモンド電極を用いて**高出力・高エネルギー密度水系EDLC**の開発を目指す

導電性ボロンドープナノダイヤモンドの作製



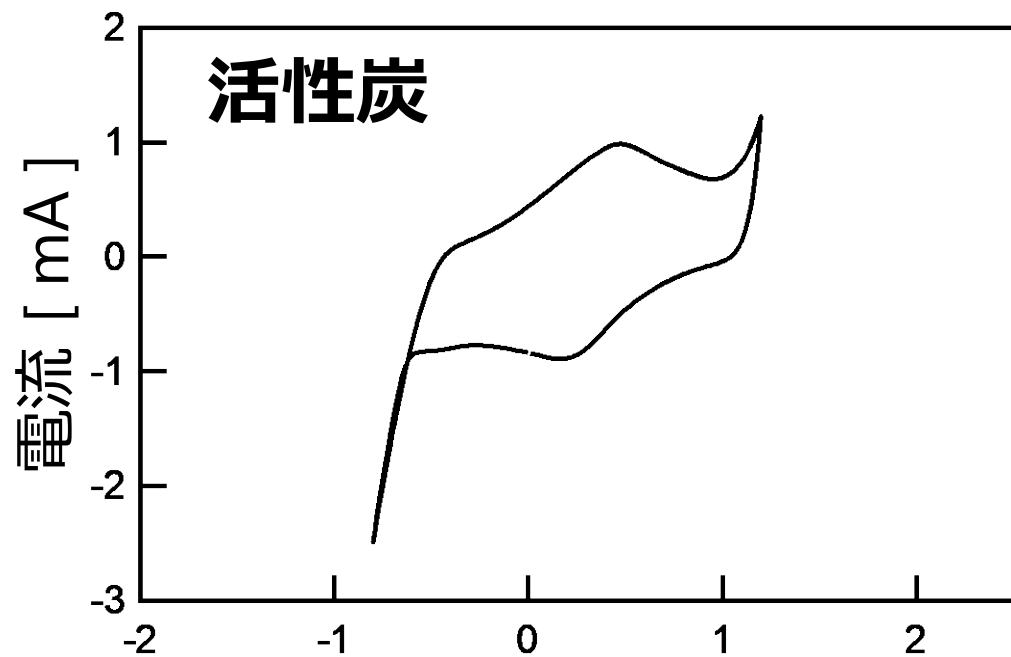
CVDプロセス時間とBDNDの導電率の関係



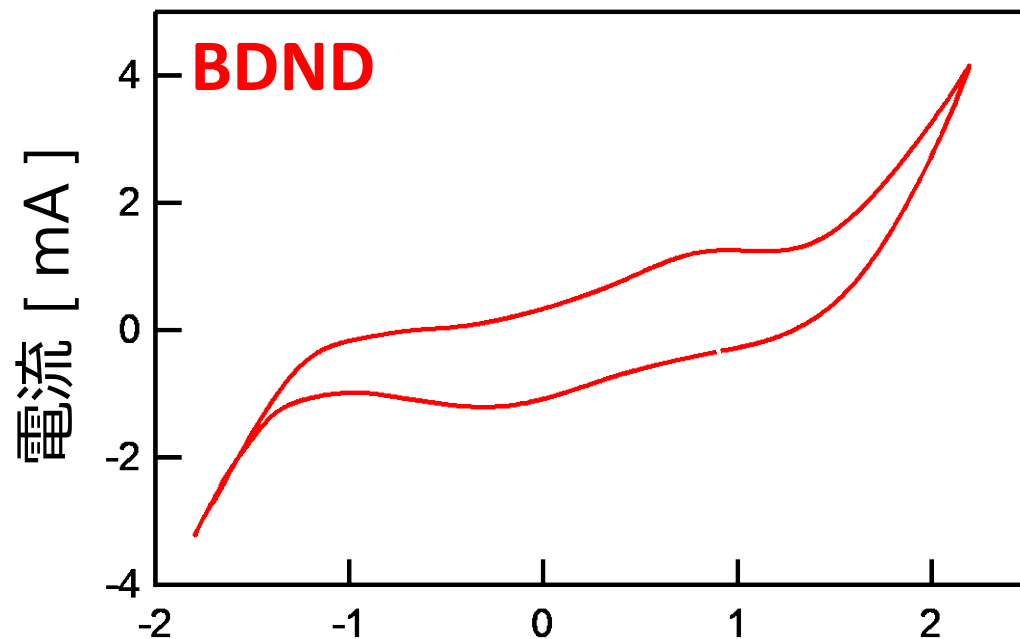
熱処理時間とBDNDの比表面積の関係

BDNDは、**高比表面積な導電性ダイヤモンド材料**

電気化学特性評価(3電極系)



電位 [V vs. Ag/AgCl]

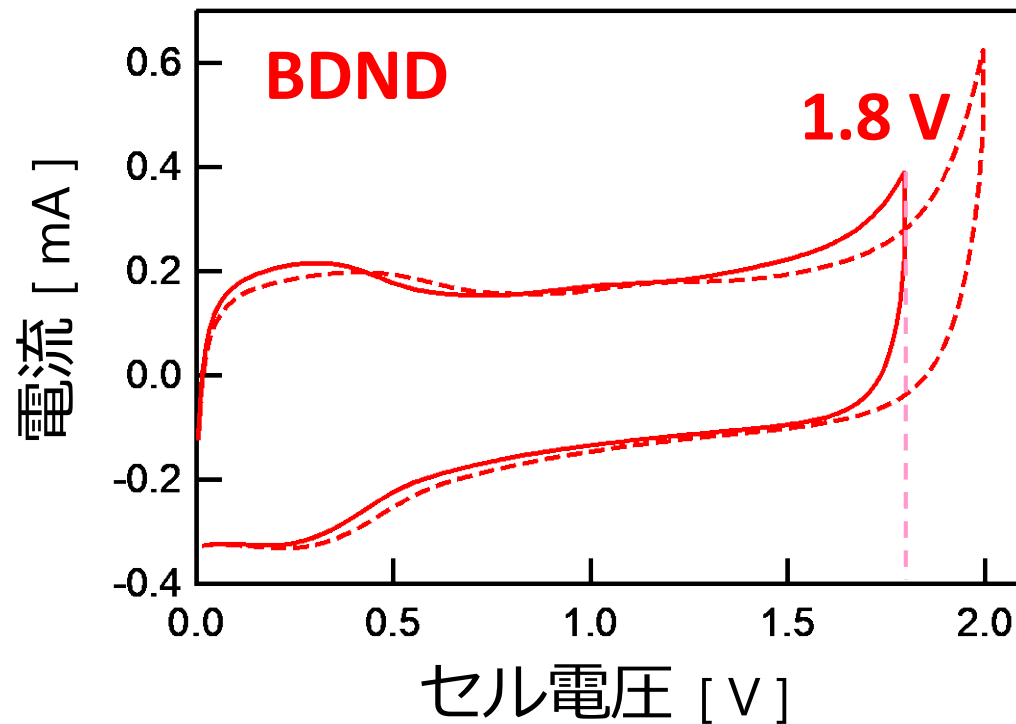
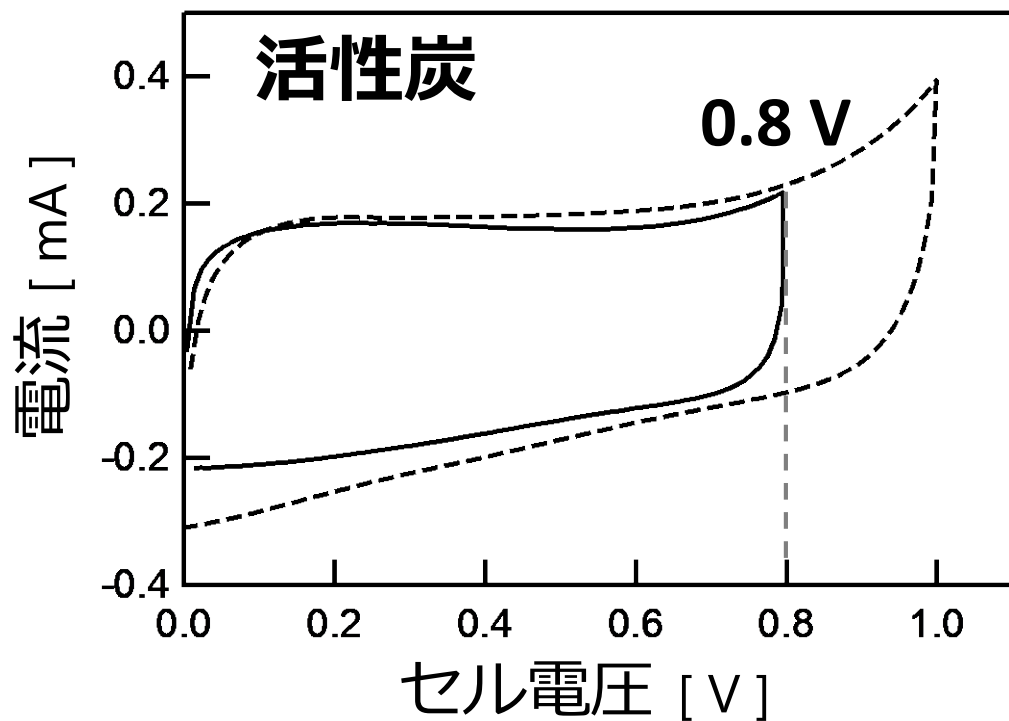


電位 [V vs. Ag/AgCl]

1 M H_2SO_4 中のCV. 走査速度 10 mV/s.

BDNDは、**水溶液中で広い電位窓**を示す電極材料

電気化学特性評価(2電極系)

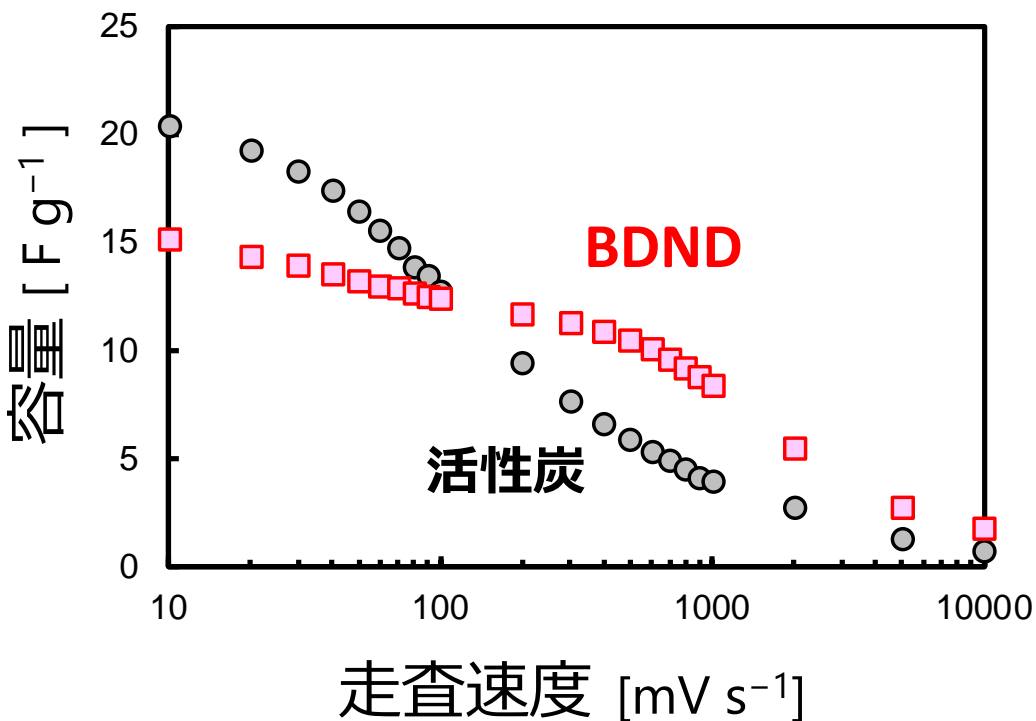


1 M H₂SO₄中のCV. 走査速度 10 mV/s.

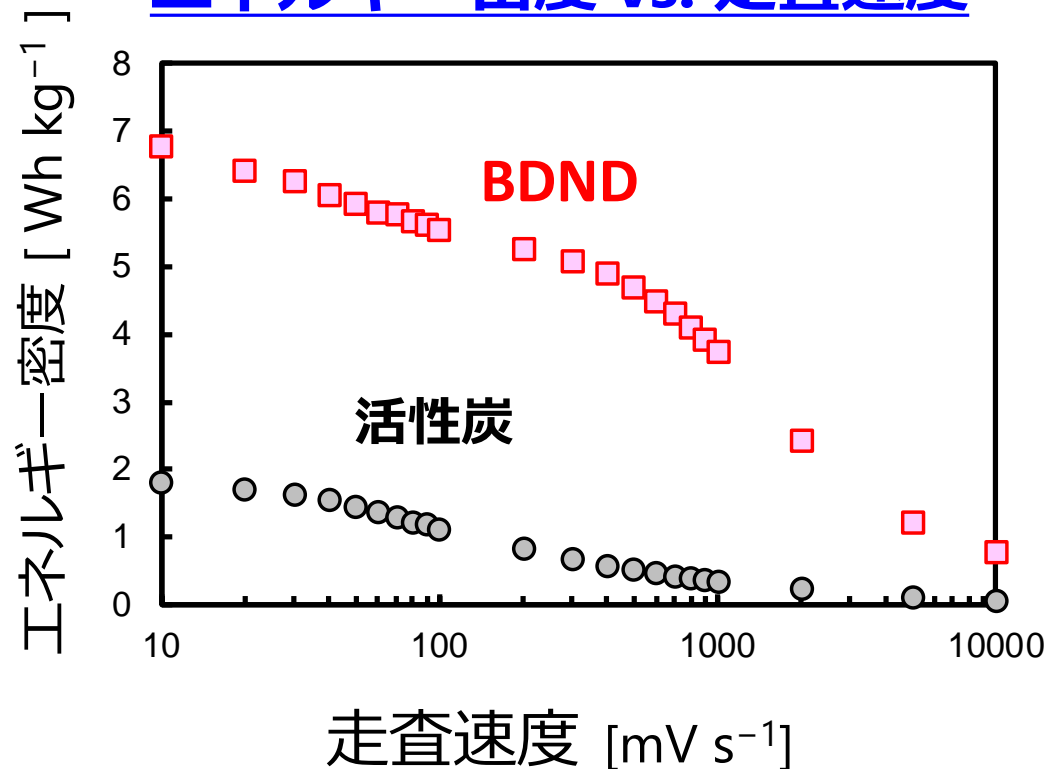
BDNDを用いた水系EDLCは、**1.8 Vのセル電圧**を印加可能

容量・エネルギー密度の評価

容量 vs. 走査速度



エネルギー密度 vs. 走査速度

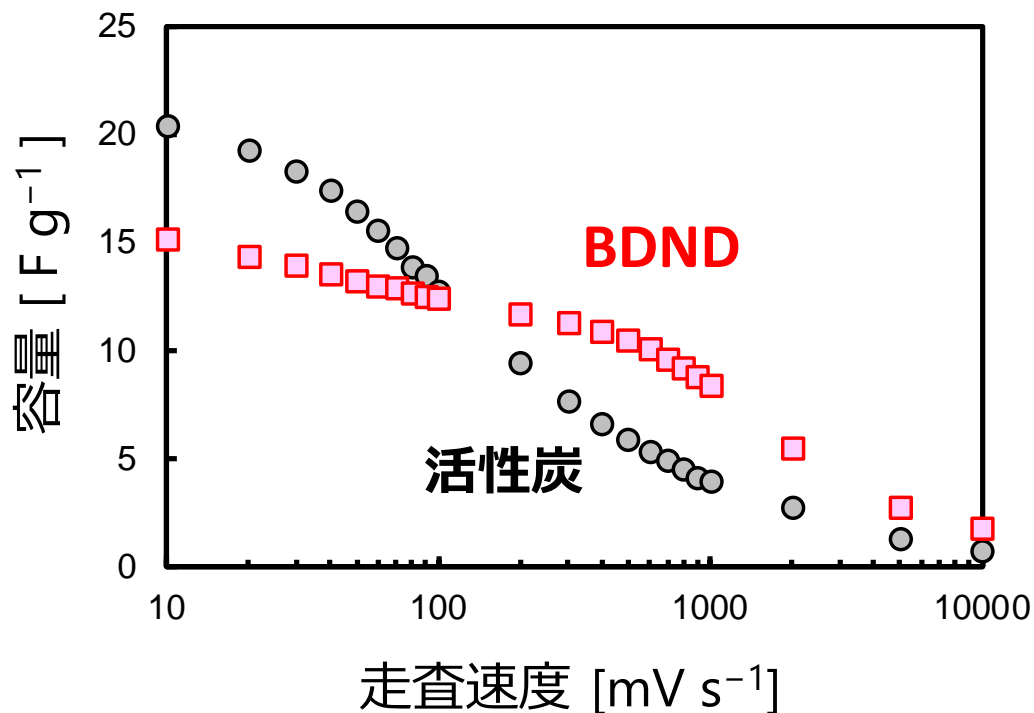


$$E = \frac{1}{2} CV^2$$

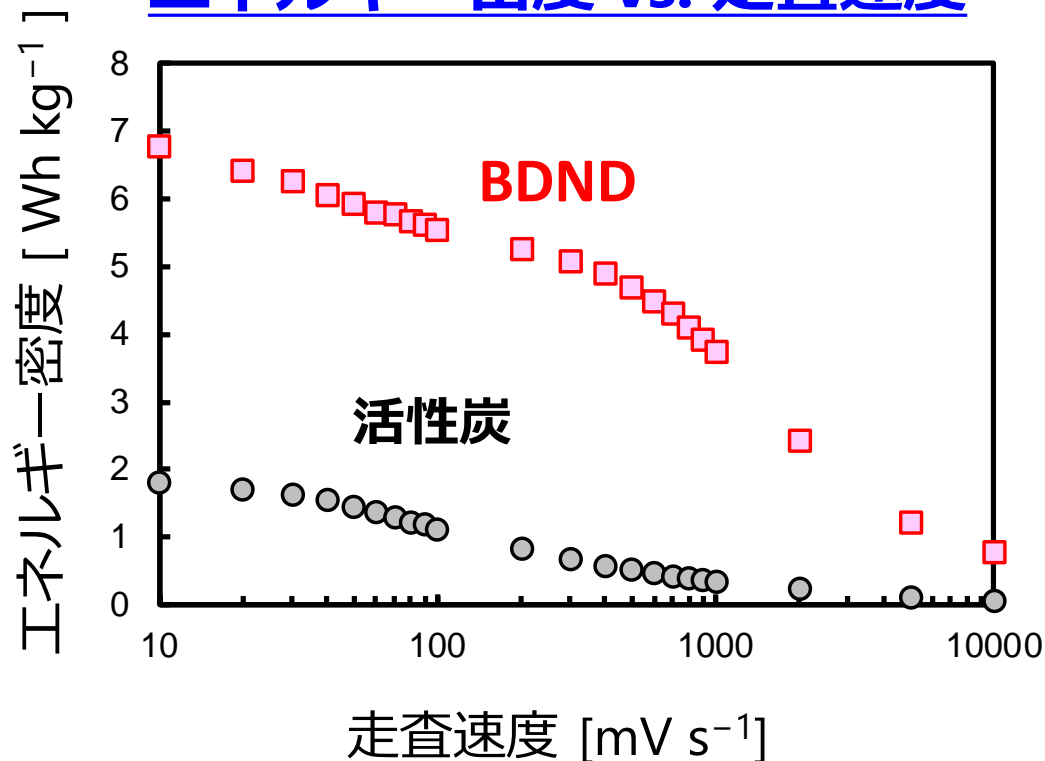
大きなセル電圧によりBDNDを用いた水系EDLCは、活性炭を用いたセルより**大きなエネルギー密度**を示した。

容量・エネルギー密度の評価

容量 vs. 走査速度



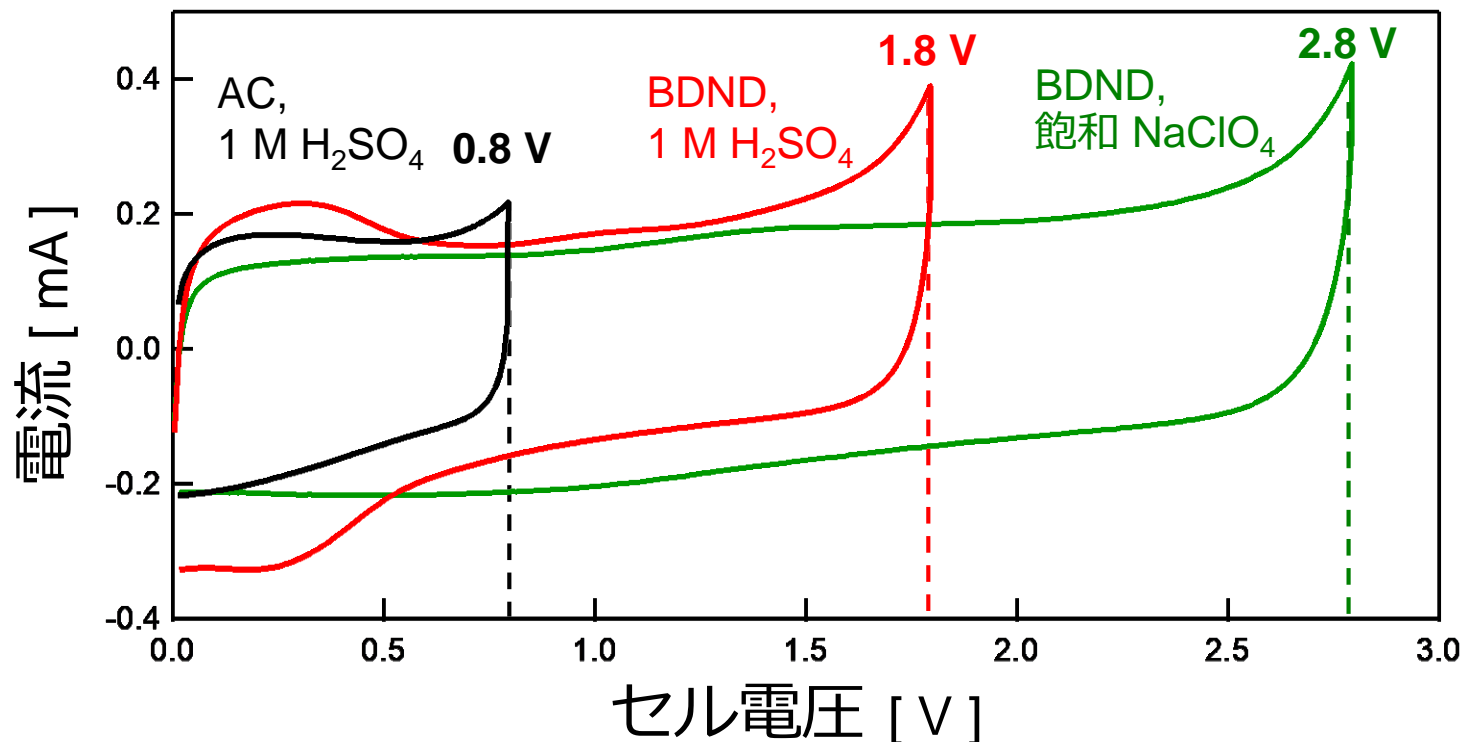
エネルギー密度 vs. 走査速度



$$E = \frac{1}{2} CV^2$$

大きなセル電圧によりBDNDを用いた水系EDLCは、活性炭を用いたセルより**大きなエネルギー密度**を示した。

電解液の検討

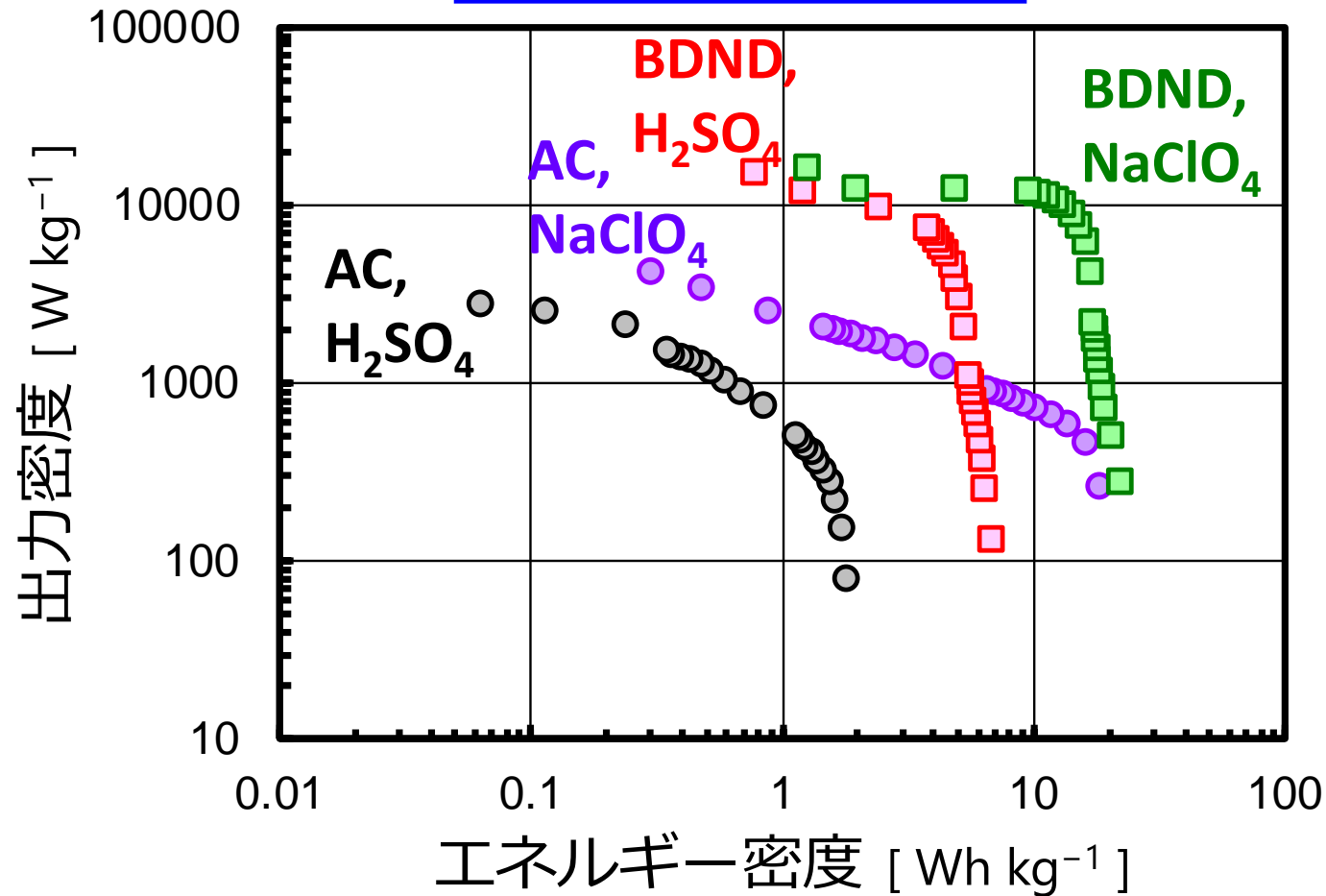


水系電解液中のCV（2電極系）．走査速度 10 mV/s.

電解液として飽和NaClO₄を用いることで、**2.8 Vのセル電圧**を印加可能であることがわかった。

EDLC性能の比較 (Ragoneプロット)

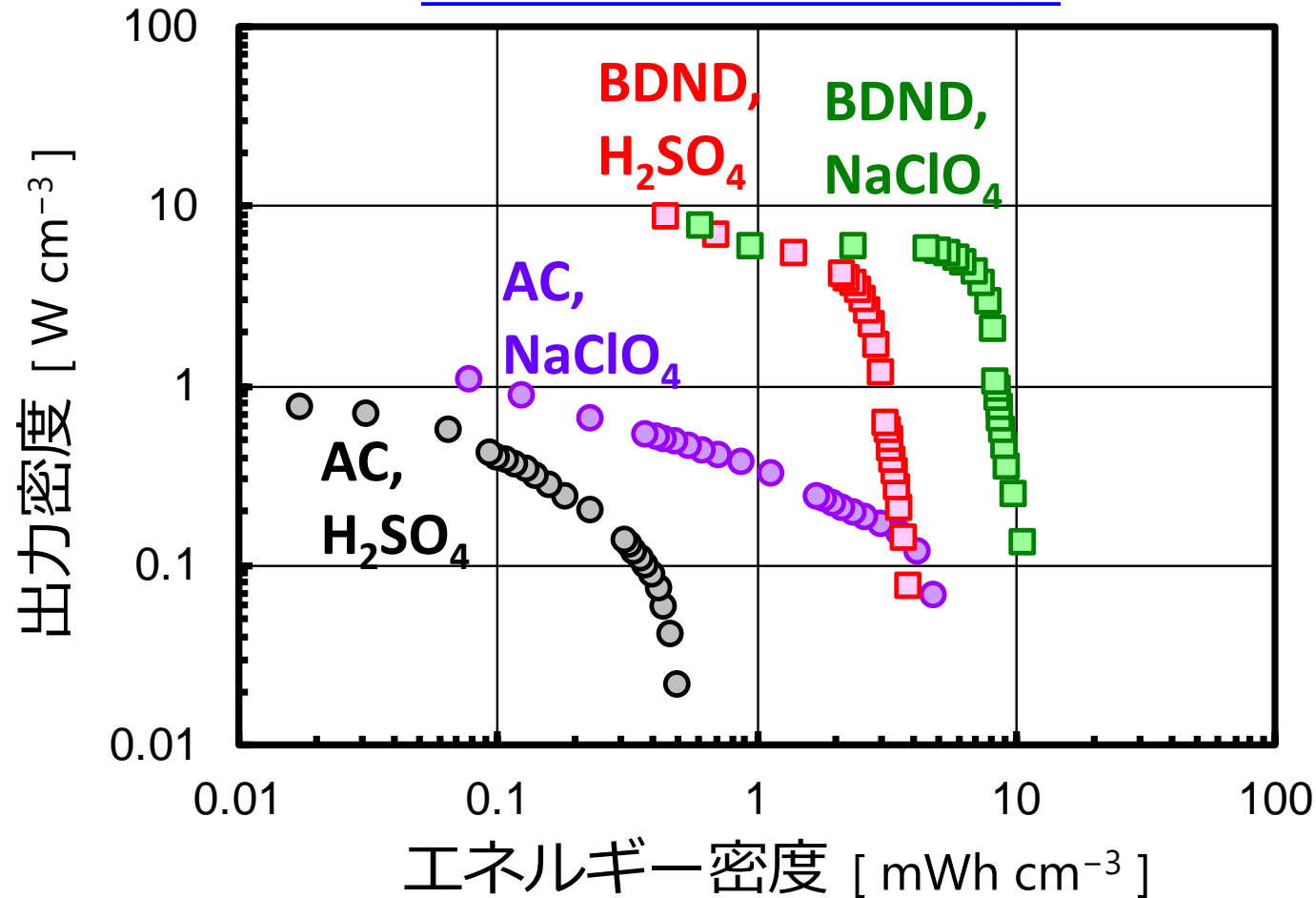
活物質重量あたり



BDNDを用いる水系EDLCは、**高エネルギー密度**
(10 Wh/kg) **かつ高出力密度**(10⁴ W/kg)を示した。

EDLC性能の比較 (Ragoneプロット)

活物質層体積あたり

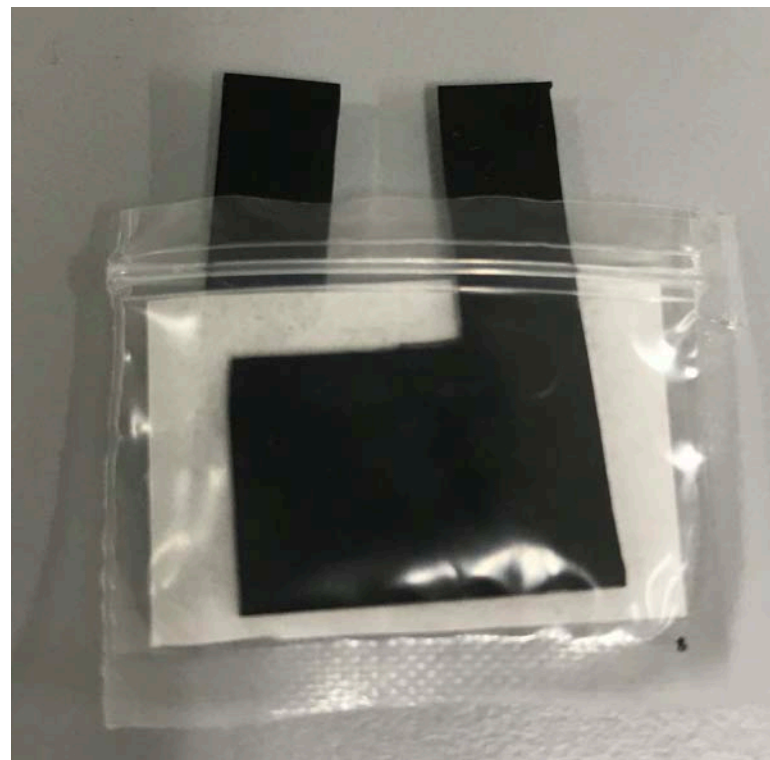
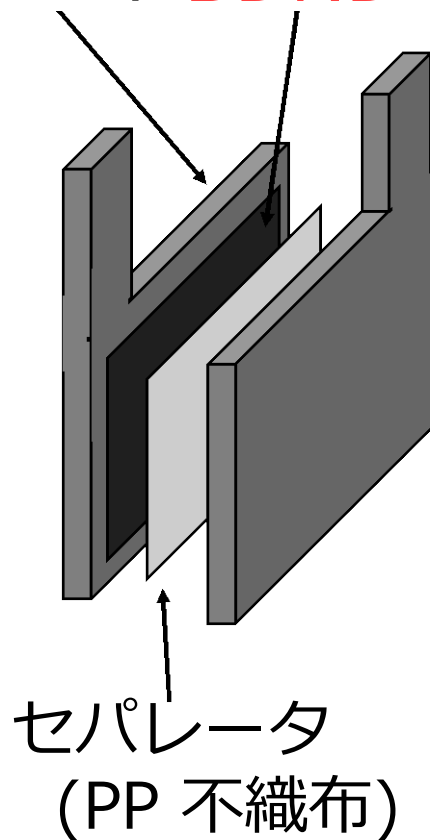


BDNDは活性炭よりかさ密度が大きいいため、**コンパクトなデバイス**作製に適する。

試作セルの作製

集電体

(カーボンプレート) **BDNDペースト**



<試作セル>

積層型の試作セルにおいても、**大きなセル電圧に
基づく高エネルギー密度・出力密度**を示した。

従来技術とその問題点

従来の電気二重層キャパシタ(EDLC)には、活性炭電極と有機系電解液が利用されている。水系電解液を用いることにより、容量の増大、導電率の向上による特性の向上が期待されるが、大きなセル電圧を印加できないという問題がある。

また、一般に、EDLCは蓄電デバイスとして、出力密度は大きいですが、エネルギー密度が小さいという課題がある。

新技術の特徴・従来技術との比較

- 導電性ボロンドープナノダイヤモンド(BDND)を用いることにより、水系電解質を用いても大きなセル電圧(1.8 V)を印加できるEDLCを作製できた。
- BDND電極と水系電解液を用いるEDLCは、高エネルギー密度(10 Wh/kg)かつ高出力密度(10^4 W/kg)を示した。
- BDNDは活性炭よりもかさ密度が大きいので、コンパクトなデバイスの作製に有用である。

想定される用途

- 高速充放電に適した蓄電デバイスとして、幅広い用途で応用可能。
- 中性電解液を利用すれば、万が一破損しても安全なデバイスを作製することができる。
- 体積あたりの特性に優れるので、コンパクトなデバイス(エネルギーハーベスティングデバイス、ウェアラブルデバイス)への応用が期待される。

実用化に向けた課題

- BDNDの量産化技術を開発する必要がある。量産化により製造コストを下げることができる。
- 用途を想定したデバイスを試作し、耐久性を含めた検討を実施する必要がある。
- さらなる高エネルギー密度化のため、BDNDの他材料との複合化・高機能化も検討する。

企業への期待

- BDNDの量産化技術の開発が可能な企業との共同研究を希望。
- BDNDを用いたデバイス作製に協力可能な企業との共同研究を希望。
- その他、BDNDを素材として応用可能な企業との共同研究等を希望。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : キャパシタ用電極材料
- 出願番号 : PCT/JP2018/032517
- 出願人 : 学校法人東京理科大学,
株式会社ダイセル
- 発明者 : 近藤剛史、他5名(計6名)

お問い合わせ先

東京理科大学

研究戦略・産学連携センター 是成 幸子

TEL 03-5228-7431

FAX 03-5228-7442

e-mail ura@admin.tus.ac.jp