



未来の生活を支える化学電池の研究

環境に優しい電気自動車や再生可能エネルギー(太陽光・風力)の利用が世界的に進みつつあります。これにともない、化学電池(蓄電池)に求められる性能も高まってきております。

坂口研が取り組む新しい蓄電池負極材料の開発

蓄電池の高性能化

身近な電子機器をより便利に

人類のエネルギー問題や環境問題を解決

無電解めっきによりSi粒子上に斑点状にNi-Pを被覆した負極材

低炭素社会の実現に貢献

リチウムイオン電池の現行負極(黒鉛)の約10倍もの高い理論容量を持つ**ケイ素(Si)**に期待が寄せられています。Siは低い電子伝導性や充放電時の大きな体積変化などの欠点を抱える材料ですが、当グループはSiと他の材料との**コンポジット化**もしくは**不純物元素のドーパ**などの工夫により、その欠点を克服した新規負極を開発しています。

黒鉛負極

理論容量: 372 mA h g⁻¹

ケイ素負極

理論容量: 3600 mA h g⁻¹

△V=10%

△V=280%

容量が急速に減少

電極の断片 1µm

一方、コストと資源の面で優れる**ナトリウムイオン電池**や**カリウムイオン電池**が次世代蓄電池として注目を集めています。当研究室が発明した**スズ-リン化合物**や**ルチル型酸化チタン**は産業界からも強い関心が寄せられており、次世代蓄電池の実用化に貢献することが期待されています。

地殻存在度 / ppm	原料価格 / \$ t ⁻¹	原子量	イオン半径 / pm	
Li	20	5000	6.9	76
Na	29000	150	23	102
K	28000	650	39	138

← 負極 → ← 電解液 (塩, 溶媒) → ← 正極 →

リチウムイオン電池 (LIB)

ナトリウムイオン電池 (NIB)

カリウムイオン電池 (KIB)

最先端の技術を用いた次世代電池の材料開発

Si系コンポジット負極材料の創製

Discharge capacity / mA h g⁻¹

1.08 A g⁻¹ 1 M LiFSAPy13-FSA

Siの欠点を補うシリサイドを複合化

LaSi₃Si電極

CrSi₂LaSi₃Si電極

Y. Domi, H. Usui, K. Nishikawa, H. Sakaguchi, ACS Appl. Nano Mater., 4 (2021) 8473.

ルチル型TiO₂の結晶構造・形状の制御

多結晶TiO₂ → 単結晶TiO₂ → 単結晶ルチル型TiO₂

Discharge capacity / mA h g⁻¹

Single-crystalline rutile (R₀ = 1.0)

Single-crystalline anatase (R₀ = 0.73)

Polycrystalline rutile (R₀ = 0.73)

Single-crystalline anatase (R₀ = 0.40)

Single-crystalline anatase (R₀ = 0.19)

H. Usui, Y. Domi, S. Ohnishi, N. Takamori, S. Izaki, N. Morimoto, K. Yamanaoka, K. Kobayashi, H. Sakaguchi, ACS Materials Lett., 3 (2021) 372.

ルチル型TiO₂の負極性能を引き出すための独自の工夫

結晶構造

一次粒子

二次粒子

Discharge capacity / mA h g⁻¹

不純物ドーパ・酸欠損導入によるLi⁺拡散経路サイズの拡大と電子伝導性向上の効果により、高速充放電性能が顕著に向上。

軟X線発光分光法によるSi電極中のLi濃度分布解析

有機電解液中・100th

Siの3s-3s結合に帰属されるピーク

Li吸蔵にともないピーク強度は小さくなる

Discharge capacity / mA h g⁻¹

Li-rich phase

Li-poor phase

A. Lyalin, K. Uosaki et al., J. Phys. Chem. C, 122 (2018) 11066.

Y. Domi, H. Usui, A. Ando, K. Nishikawa, H. Sakaguchi, ACS Appl. Energy Mater., 3 (2020) 8619.

光で充電する新しい電気化学デバイスの開発

太陽電池

電気化学キャパシタ

光電化学キャパシタ

単一の電極で、発電だけでなく、充電も行える!

Na⁺吸着

光電変換

クロロフィルa吸蔵TiO₂膜

NADPH

光合成関連物質の適用

光電気化学反応

レドックス反応

E/V vs. SHE

Electrolyte

Chlorophyll a

TiO₂

MnO₂

Electrolyte

NADPH Regeneration

NADPH Consumption

Na adsorption (Photo-charge)

自然界の光合成反応を取り入れることで、持続可能な光充放電機構を確立

H. Usui, H. Kojima, Y. Domi, H. Sakaguchi, ACS Appl. Bio Mater., 4 (2021) 5975.

研究室の一年間の様子



産官学と連携した材料開発

企業との連携

実用化を目指した、新素材を開発しています。

10社を超える企業(主に素材メーカー)と共同研究を遂行中

他大学・研究所との連携

物質・材料研究機構(NIMS), 京都大学(萩原研究室, 野平研究室), 高知工科大学(小廣研究室, 新田研究室), 鳥取県産業技術センター, 北陸先端科学技術大学院大学など

研究室を巣立ち、活躍する卒業生

それぞれの分野の第一線で活躍しています。

最近の主な就職先:

【化学・素材】 日本ガイシ(2名), 日亜化学工業(2名), テイカ(3名), 堺化学工業(2名)

【鉄鋼・非鉄】 三井金属鉱業(3名), 住友電気工業(3名), 山陽特殊製鋼(3名), 三徳(3名), タツタ電線(2名), 古河電工, 日本電気硝子

【電池】 GSユアサ(4名), パナソニック(3名), FDK(2名)

【電気機器】 東芝, 京セラ

【電子・精密部品】 ソニーセミコンダクタ(3名), ネモト・センサエンジニアリング(2名)

【分析】 三井化学分析センター, コベルコ科研, 【公務員】 市役所の化学系職員(2名)

【大学教職員】 信州大学(助教), 徳島大学(化学系技術職員)など