京都大学
KYOTO UNIVERSITY

KATSURA INT'TECH CENTER
ADVANCED ENGINEERING RESEARCH CENTER
GRADUATE SCHOOL OF ENGINEERING

京都大学大学院 工学研究科　高等研究院

蓄電池科学研究部門

研究部門代表：　安部　武志　（物質エネルギー化学専攻）

本研究部門の目的と主要構成員

プロジェクト概要

蓄電池科学研究部門では、イオニクス材料、機能性材料合成、触媒、燃料電池、太陽電池、水素製造・貯蔵などに展開可能な、蓄電池材料および蓄電池内部現象について、様々な空間スケールおよび時間スケールでの構造、組織化、機能発現などを無機化学、有機化学、材料化学、光化学、化学工学、計算科学などの観点から共同で研究することによって、教育と研究の両面から蓄電池科学を発展させることを目的とする。広い範囲の蓄電池物質・材料群および蓄電池内部現象の基礎研究ならびに関連デバイスへの応用研究の協働作業に加えて、計算科学の力によって電子状態、遷移状態の解析から機能現象について基礎的、理論的基盤を確立するとともに、化学工学的なシステムとしての視点も付加し、カーボンニュートラルへ向けたキーテクノロジーの一つである蓄電池開発の基礎となる学理構築および出口のイメージを明確にした蓄電池技術の発展を目指す。

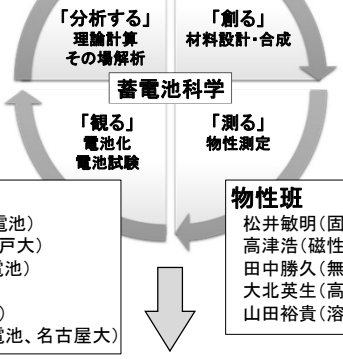
プロジェクト進捗状況

- 電極／電解液界面のその場分光法として期待されるレーザー誘起ブレークダウン分光法について、プラズマ中での原子存在比の時間依存性のばらつきを定量化した。
- 新奇コランダム派生型構造を有する新物質の合成に成功し、トポケミカルフッ化反応や相転移挙動を明確にした。
- 固体酸化物形電解セル内部における触媒／電解質界面の濡れ性解析を行い、局所酸素分圧との相関性を明らかにした。
- 全固体リチウムイオン電池負極について、表面改質によるハードカーボン負極の高性能化を実証した。

プロジェクト構成員

解析班
作花哲夫（レーザー化学）
横山悠子（計算科学）
佐藤啓文（計算科学）
寺村謙太郎（触媒化学）
河瀬元明（化学工学）
福塚友和（電気化学、名古屋大）

合成班
陰山洋（無機固体化学）
加藤大地（無機材料化学）
藤田晃司（無機材料化学）
若宮淳志（有機化学）
松本一彦（イオン液体）



反応班
安部武志（リチウムイオン電池）
宮崎晃平（次世代電池、神戸大）
宮原雄人（硫化物全固体電池）
邑瀬邦明（金属負極電池）
荒井創（空気電池、科学大）
入山恭寿（酸化物全固体電池、名古屋大）

物性班
松井敏明（固体電気化学）
高津浩（磁性体）
田中勝久（無機材料化学）
大北英生（高分子化学）
山田裕貴（溶液化学、大阪大）

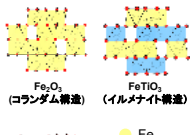
蓄電池科学の学理構築と次世代蓄電池の開発

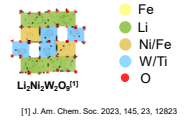
令和7年度の研究活動及び主な成果

コランダム派生型$Li_2Fe_2W_2O_9$と$Li_3FeW_2O_9$の合成と構造

背景
- コランダム構造は、カチオン秩序により様々な派生構造（イルメナイト構造など）が可能
- 近年発見された$Li_2Ni_2W_2O_9$は、可逆なリチウム脱挿入により、エレクトロクロミック挙動[1]

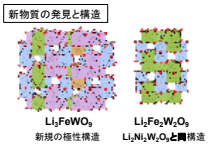
本研究
- 新物質$Li_2Fe_2W_2O_9$と$Li_3FeW_2O_9$の発見
- さらに、$Li_2Fe_2W_2O_9$のトポケミカルフッ化反応に成功
- $Li_2Fe_2W_2O_9$は昇温でユニークな構造相転移を示すことを発見



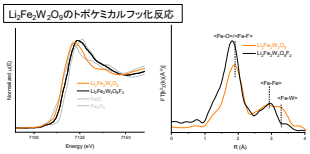


[1] J. Am. Chem. Soc. 2023, 145, 23, 12823

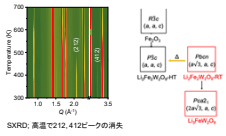
新物質の発見と構造



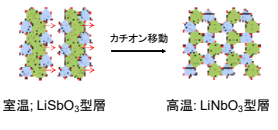
$Li_2Fe_2W_2O_9$のトポケミカルフッ化反応



$Li_2Fe_2W_2O_9$の構造相転移



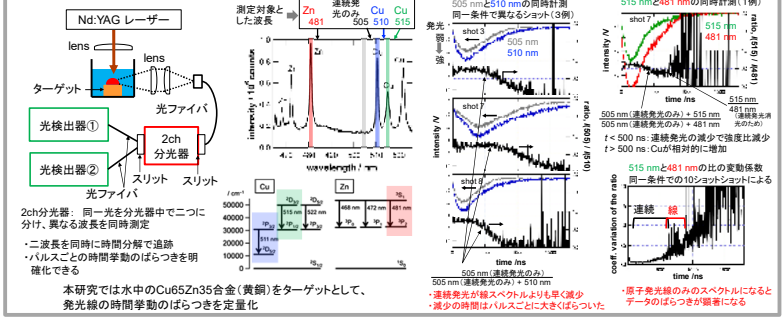
SXRD; 高温で212, 412ピークの消失



レーザー誘起ブレークダウン分光法における原子の相対発光強度の精密な測定法の開発

- レーザー誘起ブレークダウン分光法（LIBS）：電池の電極表面など液体中の物質のその場元素分析が可能
- パルス照射による過渡発光を時間ゲート計測するため、現象の時間挙動のばらつきが結果に大きく影響

二波長同時計測により、プラズマ中での原子存在比の時間変化を精密に測定　⇨時間挙動のばらつきを定量化



2ch分光器：同一光を分光器中でニつに分け、異なる波長を同時測定
- 二波長を同時に時間分解で追跡
- パルスごとの時間挙動のばらつきを明確化できる

本研究では水中のCu65Zn35合金（黄銅）をターゲットとして、発光線の時間挙動のばらつきを定量化

- 連続発光が線スペクトルより早く減少
- 減少の時間はパルスごとに大きくばらついた
- t < 500 ns：連続発光の減少で強度比減少
- t > 500 ns：Cuが相対的に増加
- 原子発光線のみのスペクトルになるとデータのばらつきが顕著になる

固体酸化物形セル作動環境下におけるNi/YSZ界面の濡れ性解析

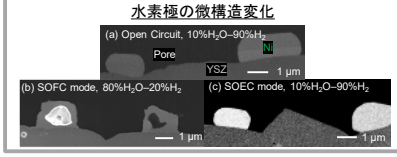
開回路条件下の接触角は、湿度の変化に依存せずほぼ一定　⇒　分極条件下での接触角データが必須

Niの移動・凝集　⟵　Ni/YSZ界面の濡れ性変化

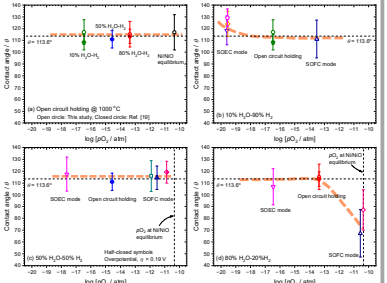
Youngの式
$\gamma_{YSZ/Pore} = \gamma_{Ni/Pore}\cos\theta + \gamma_{Ni/YSZ}$
YSZの表面張力
接触角
Niの表面張力
NiとYSZの間の界面張力

電気化学測定
水素極ガス：x% H_2O–(100−x)% H_2 (x=10, 50, or 80)　酸素極ガス：O_2
作動温度：1000 °C　通電時間：20 h
SOFC運転：Voltage (Ref. – Hydrogen) – 0.2 / V
SOEC運転：Voltage (Ref. – Hydrogen) + 0.2 / V

水素極の微構造変化



接触角と酸素分圧の関係



✓ 高加湿SOFC・低加湿SOEC運転における接触角の顕著な変化、および局所酸素分圧との相関性を確認

全固体リチウムイオン電池負極材料開発

ハードカーボン：高容量／低体積変化材料として期待
⇒コート剤に着目

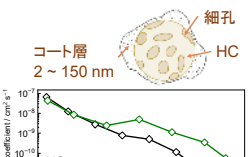
3,4,9,10-ペリレンテトラカルボン酸二無水物（PTCDA）
ソフトカーボン原料
液LIBで良好な特性

フェノール樹脂 → 900 °C, 6 h, Ar flow → bare HC

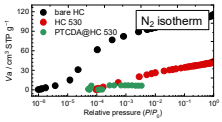
bare HC → 530 °C, 5 h, Ar w/o flow → PTCDA@HC 530

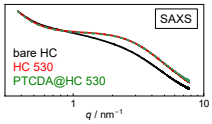
PTCDA → PTCDA 530

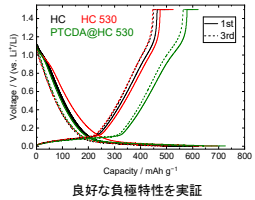
HC → HC 530



キャラクタリゼーション







良好な負極特性を実証

外部資金獲得状況

電気自動車用革新型蓄電池開発（NEDO：安部／陰山／横山／若宮／松本／福塚）、次世代全固体蓄電池材料の評価・基盤技術開発（NEDO：荒井／入山／宮原）ほか、科研費、自動車／電池関連企業との共同研究など

安部　武志
京都大学大学院工学研究科
物質エネルギー化学専攻　教授
E-mail: abe@elech.kuic.kyoto-u.ac.jp

〒615-8510　京都市西京区京都大学桂
TEL：075-383-2485
HP: http://elech.kuic.kyoto-u.ac.jp/