

分子共役系を制御した多孔性有機材料による二次電池の高電圧作動化 ～エネルギー密度の向上を目指して～

関西学院大学 工学部 研究特別任期制助教 若松 勝洋

現在、広く扱われている二次電池はリチウムイオン電池 (LIB) であるが、 LiCoO_2 のような遷移金属酸化物が電極に用いられ、コストや資源面で問題

を有している。近年、環境

や資源問題、低コスト、製造のし易さといった観点から、有機電極材料を用いた有機二次電池が幅広く研究されてきた。しかし、実用化に向けては、有機電極材料由来の低い酸化還元電位に起因するエネルギー密度の低さが課題であった。また、現行のリチウムイオン電池 (LIB) では充放電反応におけるキャリアは Li^+ イオンであるが、 Li の資源枯渇問題や社会情勢によるコスト高騰を背景に、 Na^+ や Ca^{2+} などの資源豊富で安価な金属イオンをキャリアとするポストリチウムイオン電池 (PLIB) が次世代電池として注目されている。このように、ナトリウムイオン電池 (SIB) を始めとする有機 PLIB の実用化には、有機電極材料の高電圧化が重要である (図 1)。本研究では、有機系材料の利点である分子設計性を用いた分子共役系の制御に基づく高電圧型有機電極材料の創製とそれを用いた高エネルギー密度有機 PLIB の開発を目的とする。具体的には、複素環を有する高電圧型有機分子を多孔性有機構造体に組み込むことで、分子構造の共役系を制御し、有機 PLIB の高電圧化を実現する (図 2)。

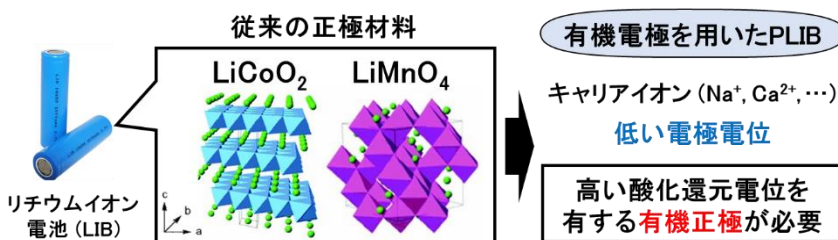


図 1 本研究の背景

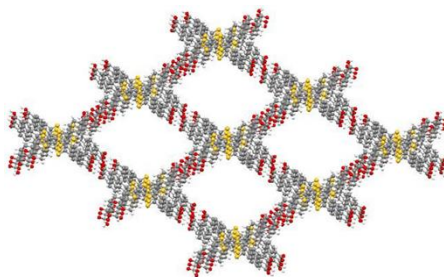


図 2 多孔性有機構造体

【実用化が期待される分野】

本研究による成果は、有機分子を主とする電極を用いた高エネルギー密度 PLIB を開発することで、資源枯渇や環境汚染の要因となる金属材料の使用を削減した高性能有機エネルギーデバイスの実現を可能とする。これにより、電動モビリティ、ウェアラブル機器、医療デバイスなどの産業エネルギーデバイスへ幅広い応用が期待される。加えて、本研究で得られる知見は、エネルギー貯蔵分野にとどまらず、ガス分離や触媒といった化学産業分野においても展開可能であり、持続可能社会の実現に向けた将来性を有している。

研究の現状と将来

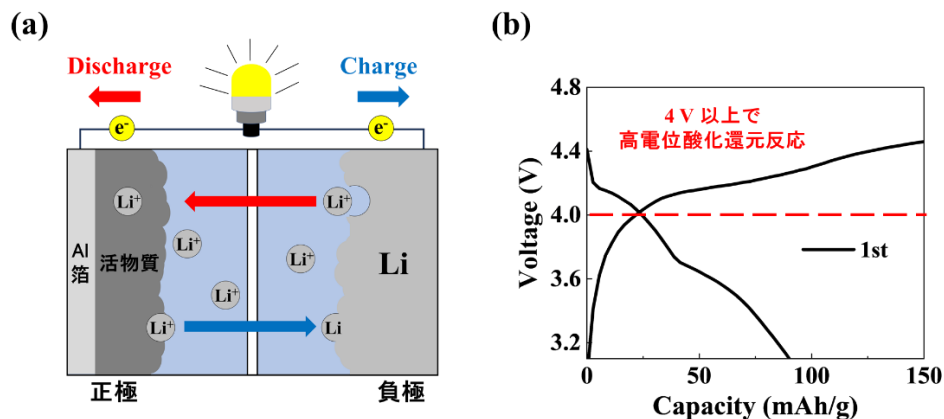


図1 本研究の現状: (a) LIBの概略図、
(b) 高電圧型有機電極材料を用いた LIB 充放電特性

現在、先行研究を基に高電圧型有機分子を合成し、その LIB における電気化学特性評価を開始している(図 1(a))。その過程で、4 V 以上の高い酸化還元電位を示す結果を既に見出している(図 1(b))。今後は、これらの高電圧型有機分子を基盤として、これまでに培ってきた多孔性構造設計に関する知見を活かし、分子構造の共役制御を図ることで、高電圧型有機 PLIB 開発への展開を推進する。

環境調和・資源循環型の二次電池

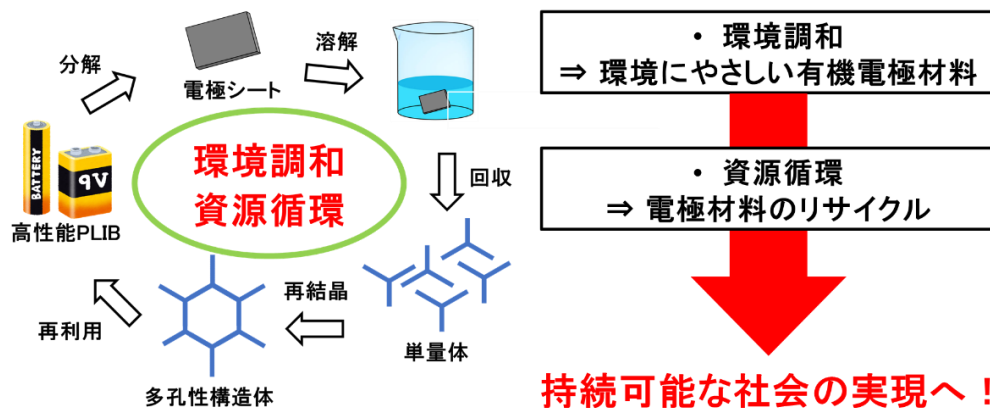


図2 本研究の将来展望

本研究で得られた知見を基に、環境調和・資源循環を目指した電極材料の開発に展開する。可逆的な結合で構築された結晶性を有する多孔性構造体を利用できれば、分解・再結晶を伴う再生プロセスが可能となり、リサイクル性を備えた電極材料の創出に繋がる(図 2)。このような電極材料は、資源循環性を実現し、持続可能な社会の構築に貢献することが期待される。