

2023 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	コ ソンジェ (K0, Seongjae)
研究機関名	東京大学
所属部署名	大学院工学系研究科
役職名	助教
研究課題名	“High Enthalpy” 溶液を基軸にした新奇な電気化学機能の発現と蓄電デバイスの革新化
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

研究成果の概要

電解液の電位窓とフルセルの電極電位ダイアグラムを総合的に最適化することで、コバルトフリー&高エネルギー密度のリチウムイオン電池の長期安定作動を実現した。コバルトは、ソニーからリチウムイオン電池の商業化に初めて成功した 1991 年以来、正極の構造安定性と電気化学特性を向上させる元素として使用され続けている。しかし、コバルトは高価で希少な金属であり、環境汚染のリスクも高い。さらに、その生産の 70%以上を政情が不安定なコンゴ民主共和国に依存しているため、市場価格の大幅な変動が発生している。また、採掘地域での児童労働などの人権侵害も深刻な問題である。これらの問題を回避しつつ、低コストで高エネルギー密度を実現する次世代蓄電システムとして、高電位コバルトフリースピネル $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 正極と地殻埋蔵量の多い高容量 SiO_x 負極を組み合わせた電池が提案されたが、その安定動作は未だ達成されていない。この理想的な電池を実現するには、エネルギーを蓄積したり取り出したりするための反応のみを起こし、それ以外の反応（高電圧環境下における副反応）をできるだけ抑制する必要がある。本研究では、電圧制限撤廃を可能にする新規電解液を、電解液のエンタルピーに着目し、ゼロベースで設計した。具体的には、電解液中 Li^+ イオンの居心地の悪くする（エンタルピーを浅くする）電解液を開発することで、 Li^+ と電極の反応電位を大きくアップシフトさせ、電解液還元分解の熱力学的な駆動力を低下させた。また、電解液中アニオン由来の負極保護被膜の形成を促進させ、 SiO_x 負極表面を効果的に保護した。新規電解液は高い耐酸性と耐腐食性を提供するため、電解液の酸化劣化や正極アルミニウム集電体の腐食、正極からの遷移金属の溶解など様々な副反応を高度に抑制した。これらにより、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4/\text{SiO}_x$ 電池の長期安定動作（1000 回以上の繰り返し充電と放電）を世界で初めてを実現した。