

(6) 各研究領域の産学連携事例紹介

ナトリウム・カリウムをゲスト種とするインターカレーション科学と蓄電応用

O22

Intercalation Science of Na and K Guest Species for Energy Storage Application

駒場 慎一 komaba@rs.kagu.tus.ac.jp

東京理科大学 理学部

1. 電気化学的インターカレーションと蓄電応用

蓄電池は、電気自動車やドローンといった移動体電源から、自然エネルギー発電技術を支える定置型蓄電装置に應用されており、應用範囲はさらに拡大を続けている。蓄電池における蓄電は化学反応に基づいており、二つの電極で起こるレドックス反応を利用して電気を蓄えることができる。従来のリチウムイオン蓄電池のレドックス反応では、正極に遷移金属層状酸化物、負極には黒鉛を用いて、原子量が小さく標準電極電位が低いリチウムのインターカレーション反応を利用して、高い蓄エネルギー密度を達成している。しかし、リチウムは希少金属に分類される元素であり、コバルトや銅、ニッケルといった高コストな遷移金属も必要である。そのため、これら希少元素を使わず、しかも鉛やカドミウム等の毒性元素を必要としない新型蓄電池が必要とされている。我々は、元素戦略の観点から、リチウムイオン蓄電池の基本原則を活用しながら、希少・毒性元素を必要としない蓄電池として、ナトリウムイオン蓄電池およびカリウムイオン蓄電池に注目して研究に取り組んでいる。リチウムと同等の蓄電性能を維持しつつ、ナトリウムをゲスト種とする新しい電極活物質と電解質材料を開発し、大容量ナトリウムイオン蓄電池の基本技術を確認している。さらに、カリウムを用いた新奇なインターカレーション反応の蓄電応用へも展開、リチウムイオン電池に匹敵する高電圧作動を実証した。これらの成果を元に、産学連携研究を通して実用蓄電池としての産業應用を目指した研究に取り組んでおり、これらの成果が世界中に波及し追従研究も急激に増加している。

2. ナトリウムインターカレーションの蓄電応用

我々は、ハードカーボンへのナトリウムインターカレーション反応の可逆性、作動電位、容量といった電気化学特性が蓄電池用負極として適していることを見出し、蓄電應用に最適なハードカーボンの材料探索に取り組んだ結果、従来容量 250 mAh/g を 420 mAh/g まで向上させることに成功した。ハードカーボンを合成する際の原料や合成温度の最適化によって容量が大幅に増加し、そのメカニズムについても明らかにしている。正極に適用可能な高電位で作動する数々の材料について世界をリードする成果を挙げているが、特にナトリウム・マンガン系層状酸化物が適しており、マンガンサイトを鉄やチタン、マグネシウムで置換することで、大きな蓄電容量で長期充放電を可能とした。これら正・負極の開発に加え、電解質材料や電極上の不動態被膜の検討にも取り組み、ナトリウムイオン蓄電池の全電池作動の最適化

および安全性評価にも産学で連携して取り組んだ。

3. カリウムインターカレーション

イオン半径も原子量も大きなカリウムをゲスト種とするインターカレーション材料は、従来まで全く注目されていなかった。しかし、我々はナトリウム系での検討結果と経験を元に、カリウムインターカレーション材料の開発に成功し、2017年の学術論文で4ボルト級の蓄電池作動を初めて発表した。K⁺イオンは表面電荷密度が小さいため、移動度が向上して蓄電池反応の超高速化が可能となる上、希少元素を使わない材料構成が実現できる(図1)。これら基礎研究を進展させるために、企業との連携によって電池やキャパシタへの応用研究への展開も図っている。

今後は、産業應用を目指して、電池の長寿命化や安全性等の評価と大型電池の作動実証を行う予定である。

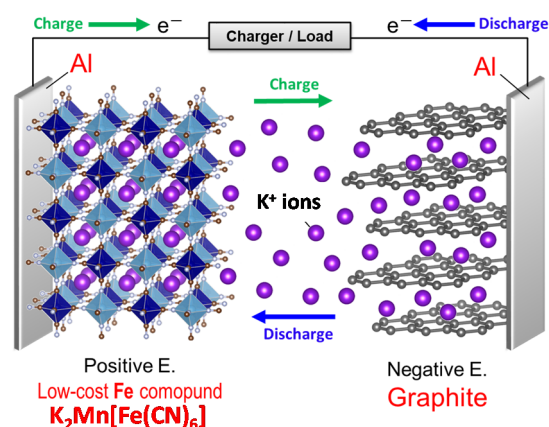


図1. 新開発のカリウムイオン蓄電池の基本的な材料構成と動作原理。希少金属を必要とせず、充放電ではカリウムイオンがゲスト種となって4ボルト作動で高エネルギー密度が可能となる。

[共著者(所属)]

久保田圭(東京理科大学 理学部)

[関連プロジェクト]

元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>触媒・電池材料拠点
最先端・次世代研究開発支援プログラム
JST A-STEP、JST Concert-Japan

[参考文献]

- [1] N. Yabuuchi et al., Chem. Rev., vol. 114, p. 11636 (2014).
- [2] K. Kubota, et al., Chem. Rec., vol. 18, p. 459 (2018).
- [3] T. Hosaka, et al., Chem. Rec., vol. 19, p. 735 (2019).