高出力・高エネルギー密度型 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ //AC ハイブリッド
キャパシタに向けたデュアルカチオン電解液の開発

近岡 優 (東京農工大学大学院)

この度2020年度電気化学会「若手研究者の国際交流支援」の助成を受け、2020年10月4日-10月9日にオンラインにて開催された「PRiME 2020」に参加しました。

私は“A03 - Fast Energy Storage Processes and Devices - Capacitors, Supercapacitors, and Fast-Charging Batteries”のセッションにて“Dual-Cation Electrolyte System Using Quaternary Ammonium Salts and Ionic Liquid for High Power and High Energy $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ //AC Hybrid Capacitor System”というタイトルで発表しました。内容は高エネルギー密度型ハイブリッドキャパシタに向けた新規高出力電解液の開発です。背景として、 Li^+ 電池などの蓄電デバイスの高エネルギー密度化に向け、近年では活物質材料の研究だけでなく電極の厚膜化が有効な手法として注目されています。しかし、 $100\text{ }\mu\text{m}$ を超える厚膜電極では電極内のイオン抵抗が支配的な抵抗因子となり、イオン伝導性の低下に伴って出力特性が顕著に低下するという課題がありました。これに対し私は蓄電デバイスの反応素過程を考えた際、反応イオン種が関与するのが電極/電解液界面の反応のみであることに基づき、電解液バルクや電極内のイオン拡散を異種イオンが担うことで従来系を超える高いイオン伝導度と高出力化を達成する電解液が構築可能であると考えました。そこで本研究では高解離度と高拡散性を有する4級アンモニウム塩 SBPBF₄やイオン液体 EMIBF₄に着目し、これらを異種イオンとして混合したデュアルカチオン電解液を開発しました。本研究では、このデュアルカチオン電解液を電極厚み $600\text{ }\mu\text{m}$ の $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ //Activate Carbon ハイブリッドキャパシタに適用し、電極内のイオン輸送高速化と出力特性向上に対する有効性を明らかにしました。本研究の特色は、これまでの電解液設計で注目されていた「反応イオン種の輸送能向上」ではなく、それらが低下した場合においても「支持電解質による系全体のイオン伝導度向上」が高出力化に有効であることを種々の支持電解質を用いた系で実証した点です。また、出力特性向上のメカニズム解析において、高速化要因を反応素過程ごとに分割し、多孔質電極内のイオン拡散と電極/電解液界面での反応性向上が高出力化の要因であることを明らかにしました(Y. Chikaoka,

オンラインプレゼンテーションでの表紙。

E. Iwama, K. Naoi et al., J. Phys. Chem. C, 124(2020), 12230.). さらに、デュアルカチオン電解液では出力特性向上だけでなく、電極/電解液界面での副反応抑制による耐電圧特性向上と水素ガス発生抑制も達成しています(Y. Chikaoka, E. Iwama, K. Naoi et al., Electrochim. Acta, 368(2021), 137619.). この研究は Li^+ をベースとした電解液設計だけでなく、 $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Mg}^{2+}$ 電池等への応用も期待でき、更なる研究の発展を目指していきたいと思います。

本大会は私自身初となる動画プレゼンテーションの作成となり、何度も練習と撮影を繰り返して発表に臨みました。オンライン発表では従来の形式と異なり、現地での交流やディスカッションができなかった点が残念でした。しかし、タイムテーブルに囚われずに他の研究発表を聴講できた点や何度も発表を見直せた点、チャットボックスで気軽に質問できた点がオンライン開催ならではの魅力として感じました。今回の発表を経て、動画プレゼンテーションの経験や他の研究内容を今後の研究者生活に活かしながら、より良い研究と発表ができる研究者を目指してこれまで以上に精進したいと感じました。

最後になりましたが、今回のPRiME2020の参加に際し、助成を頂きました電気化学会および関係者の方々にこの場をお借りして心より御礼を申し上げます。