

ミュオン特性 X 線によるリチウムイオン電池内部の観察

(株) 豊田中央研究所

梅垣 いづみ

ミュオン特性 X 線元素分析は非破壊で元素を特定できる分析技術のひとつとして最近注目されている。特に今回は、リチウムイオン電池内部の電極に発生する金属リチウム析出を捉える技術として紹介する。リチウムイオン電池の普及に伴い、今後重要になっていく回収・リユースの促進に貢献できると期待している。

本測定法は、負の電荷を用いたミュオンビームを照射し、発生するミュオン特性 X 線を検出する。ミュオン特性 X 線は、負ミュオンが原子に「捕獲」されてミュオン原子を形成する際、基底状態まで遷移しながら放出する X 線のことで、元素に特有のエネルギーを有しているため、元素を特定することができる。しかもそのエネルギーが蛍光 X 線と比べると約 200 倍高いため、リチウムの場合、一番強度の強い信号 ($K\alpha$) のエネルギーが 18.7 keV となり、減衰を考慮しても容器から出てきて検出が可能である。また、負ミュオンの運動量を変えることで、数十から数百ミクロンの厚みの電極の中で分析箇所を変えながら見ていくことができる。

さらに、黒鉛負極中のリチウムには負ミュオンが捕獲されにくいことを利用して、負極の表側（銅集電箔と逆側）に析出する金属リチウムを感度よく測定できることを見出した[1]。ラミネート型リチウムイオン電池で充放電サイクルを施し、金属リチウム析出量を変えた試料を用意して、ミュオン特性 X 線のリチウムに起因する信号強度を測定した。その結果、検量線を作成することができた。検出限界は電極平均で 0.01 mg/cm² で、この電池の容量の約数%に相当する。計測時間の短縮は課題ではあるが、リチウムイオン電池の内部の金属リチウム析出を非破壊で捉える有用な測定法として、今後期待される。

Reference

[1] I. Umegaki et al., Analytical Chemistry, 92, 12, 8194-8200 (2020).