

第2章 ナイキスト・プロットによる視覚化でつかむ

状態や劣化を測る重要特性「インピーダンス」

鵜野 将年 Masatoshi Uno

前章で、リチウム・イオン電池の充電速度や放電電力量はインピーダンスの影響を受けるということについて解説しました。そのほか、インピーダンスの値によってバッテリーの充放電エネルギー効率も影響を受けます。また、複数のセルで構成されるバッテリーでは、セルのインピーダンス値のばらつきによって発熱量に差異が生じ、これがバッテリー内での温度不均一や劣化の加速を引き起こす可能性があります。

このように、インピーダンスはリチウム・イオン電池のさまざまな特性に影響を与えるため、リチウム・イオン電池の特性について理解するためにはインピーダンスのふるまいについて把握しておく必要があります。本章では、交流インピーダンス測定の基本とリチウム・イオン電池のインピーダンス・モデルについて解説します。

リチウム・イオン電池のインピーダンスと測定

● イメージはRとCの合成

リチウム・イオン電池のインピーダンスは、簡易的には抵抗成分と容量成分の合成で表されます。詳細には、電気回路素子で単純に表すことのできない非線形要素も含まれてきます。

● 測るしかない…交流インピーダンス測定

リチウム・イオン電池のインピーダンス評価には電気化学インピーダンス分光法(EIS: Electrochemical Impedance Spectroscopy)が用いられ、一般には交流インピーダンス測定と呼ばれます。交流インピーダンス測定は、コンデンサやインダクタなどの電気回路部品、さらには太陽電池や燃料電池などの評価にも用い

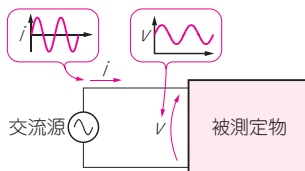


図1 リチウム・イオン電池の状態や劣化を調べられる交流インピーダンス測定

られている汎用性の高い評価手法です。

● 交流インピーダンス測定の基本

図1に示すように、ブラック・ボックスで表されるインピーダンス網に対して、ある周波数の交流電圧(もしくは交流電流)を与え、その際の電流応答(もしくは電圧応答)からインピーダンスを算出します。交流インピーダンスの測定には、周波数応答分析器(FRA: Frequency Response Analyzer)、インピーダンスアナライザなどが用いられます。電子デバイスのインピーダンス測定ではLCRメータが用いられることもあります。いずれも、分析器で生成した交流電圧/電流を被測定物に与え、その応答を分析器で測定してインピーダンスを求めます。

電流容量の大きなデバイスのインピーダンス測定では、バイポーラ電源などの外部電源を用いて被測定物に交流電圧/電流を与えます。また、燃料電池や太陽電池などの発電デバイスに対しては、電子負荷を用いて負荷電流に交流電流を重畳させて発電デバイスに交流電圧/電流を与えます。以上は実験室で専用分析器

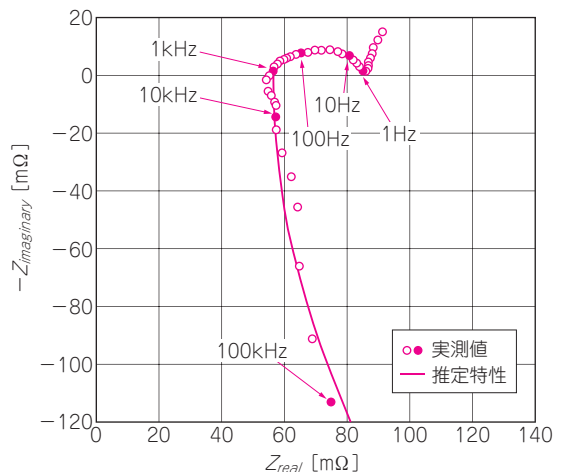


図2 リチウム・イオン電池の複雑なインピーダンス変化を視覚的につかめる「ナイキスト・プロット」