

はじめにお読みください

この文章は、研究室に所属する学生が研究活動の一環として作成してくれたものです。研究室セミナーの時間に輪番で発表してもらい、研究に関連した事項の基礎知識の向上をはかりました。内容・文章ともに未だ不完全なものもありますが、2018 年度に調査してくれたものを公開いたします。

※学生の作成してくれたファイルをそのまま公開しております。ところどころ誤った記述もあるため、内容については保証いたしかねます。ご注意ください。
(2019 年度以降、少しずつ改訂していく予定です。)

2018 年 3 月 名古屋工業大学 川崎・石井研究室
<http://kawasaki.web.nitech.ac.jp/jp/tips/index.shtml>

【執筆者一覧】

・ 卒研生

伊達 怜実、堀之内 理紗、山田 えみり、吉谷 駿、渡邊 裕介

・ M1

浅井 七海、亀岡 真祐子、近藤 航平、長谷川 毅、横井 和真、高橋 実夏子

・ M2

石亀 弘基、久野 潤也、中村 元海、林 遼治、松下 一樹、眞鍋 駿

・ D3

李 蒼昊

【LIB】

電解液のイオン伝導率を評価する方法を教えてください。

作成日： 2018 年 1 月 8 日

担当者： 林 遼治

断面積 $A[\text{cm}^2]$ 、長さ $L[\text{m}]$ で、キャリア（電荷の運び手）が均一に分布する柱状物体の電気抵抗を考える。両端に電位差 ΔE をかけ、電流 $I[\text{A}]$ 、電気抵抗 $R[\Omega]$ であるとき、以下の関係となる。

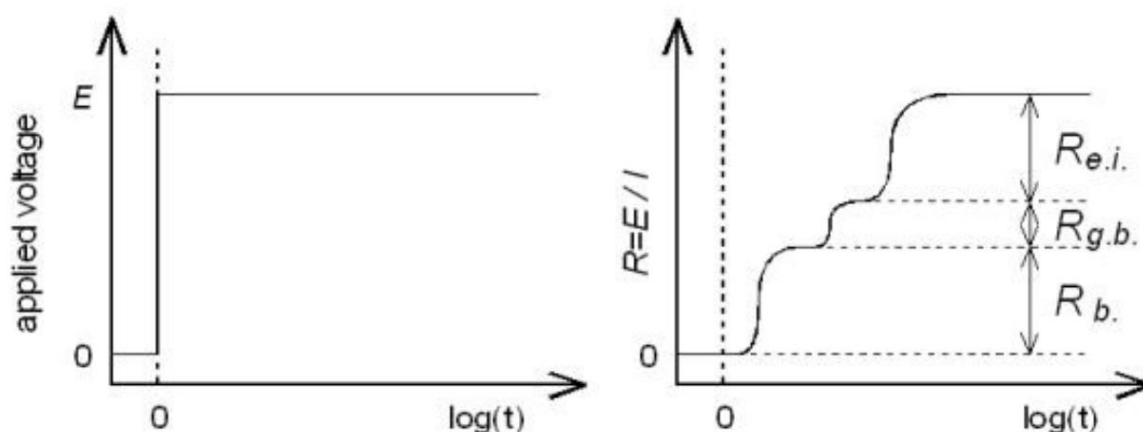
$$R = \frac{\Delta E}{I} \quad R = \rho \frac{L}{A}$$

ここで比例定数 $\rho [\Omega \text{m}]$ を比電気抵抗または抵抗率と呼ぶ。また、 ρ の逆数は電気の流れやすさを示し、以下のように伝導率 $\kappa [\text{Sm}^{-1}]$ で定義される。 S （ジーメンズ）は Ω^{-1} を意味する。

$$\kappa = \frac{1}{\rho}$$

金属、ガラス、セラミックなどの伝導率は通常、四端子法（四電極法）で測定します。雰囲気は試料によって異なるが、金属では酸化を避けるために高純度アルゴンを用いる。しかしそれらとは異なり、電解質溶液や固体電解質の場合、電極界面の電荷分布は不均一になり化学反応も起こるため直流による測定では精度が下がってしまう。そのため交流を用いた伝導率測定が一般的である。

交流インピーダンス法とは抵抗成分を分離することを目的とした伝導率測定である。ここではイオン伝導率の測定となる。抵抗成分とは主に正極または負極/集電体間や活物質/電解質間などである。ある電位（主に 10mV ）を印可した時の抵抗の応答は時間によって変化し、これが抵抗成分によるものである。しかしこの時間スケールは非常に短くマイクロ秒やミリ秒となってしまいます。以下に抵抗と時間の関係を示す。



そこで直流法ではできない、交流法による方法がある。交流法では印可電圧の周波数を変化させながら抵抗(インピーダンス)を測定していきます。周波数は 10MHz 程度まで上限があり、その逆数の 0.1 マイクロ秒くらいの抵抗の変化を測定することができる。例えば高周波数電場を印可した場合、緩和時間が短い抵抗成分は応答できるが、緩和時間の長い成分は電流が流れる前に逆の電場が印可されるため変化についていけない。結果として一つの抵抗成分のみを抽出できる。

インピーダンスは以下の式で表され、実部と虚部がある。

$$Z = Z' + iZ''$$

交流インピーダンス測定で得られるデータとしては測定周波数と実部と虚部である。周波数を横軸に、縦軸を実部と虚部の二つのプロットを作成しても抵抗成分が表れない分があるため、横軸に実部、縦軸に虚部をプロットした複素インピーダンスプロットが一般的である。以下に、周波数と実部、虚部それぞれの関係 (a,b)、複素インピーダンスプロットを示す。

