

■研究テーマ

●イオン導電体結晶のイオン伝導特性を中心とした基礎物性

■キーワード

無機酸化物系イオン導電体 誘電体 固体物性

■産業界の相談に対応できる技術分野

イオン導電体や誘電体の物性 高融点物質の合成・結晶化・薄膜化

■主な設備

赤外線加熱単結晶製造装置 インピーダンスアナライザ 真空蒸着装置 電気炉



古澤伸一 准教授

連絡先

電子情報部門 古澤伸一 TEL 0277-30-1727 FAX 0277-30-1707 e-mail s_furusawa@gunma-u.ac.jp

研究概要

イオン導電体の物性研究

固体でありながら電解質溶液と同様にイオンが電気を導く物質のことを「イオン導電体」または「固体電解質」と呼びます。当研究室では、このイオン導電体を対象とする「固体イオニクス」という学問分野を専門とし、そのイオン伝導などの基礎物性の研究を行っています。

イオン導電体は、金属や半導体などの電子導電体と異なり、電流にイオンの移動が伴うので、その電極部分で電気的現象と化学的現象を結びつけることができます。このような電気化学現象を利用したデバイスを「電気化学素子」と呼びますが、近年注目されているリチウムイオン電池や燃料電池もその一つです。その他にもイオン導電体は薄膜電池・センサー・表示素子など、様々な電気化学デバイスへの応用が期待されています。

例えば、リチウムイオンだけを通すリチウムイオン導電体を利用すると、「究極の電池」と呼ばれる、宇宙空間などの過酷な環境でも使用可能な、液漏れや発火・破裂の危険性のない、安全で小型・高性能かつ長寿命の「全固体リチウム電池」が実現できます。現在も2020年代での実用化を目指した

応用研究が勢力的に行われています。

一方、天然鉱物に由来する無機酸化物系イオン導電体は、耐熱・耐水・耐薬品性が高いため、これを使用することで高耐久・高信頼性の全固体電池が実現できると考えられています。しかしながら、これらのイオン導電体のイオン伝導メカニズムは未だ十分に解明されていません。そこで当研究室では天然鉱物に由来する無機酸化物リチウムイオン導電体をはじめとした様々な無機酸化物系イオン導電体を研究対象とし、そのイオン伝導特性を中心とした基礎物性について研究を行っています。

更に、誘電体とイオン導電体のコンポジットはイオン導電体そのものよりもイオン伝導率が增大することが知られていますが、そのメカニズムもまた未だ解明されていないことから、この現象についても研究テーマとしています。

図1は天然鉱物に由来するFeldspar型 AAISi_3O_8 (A=Li, Na, K)、Lepidocrocite型 $\text{K}_8\text{Me}_6\text{Ti}_{16}\text{O}_8$ (Me=Mg, Zn)、Narsarsukite型 $\text{Na}_2\text{Si}_4\text{TiO}_{11}$ の3種の物質の500 Kにおけるイオン伝導率の、伝導イオンのイオン半径依存性です。図1に示されているようにイオン伝導率の大小は、伝導イオンのイオン半

径のみで単純に決定されるものではないこと、イオン伝導特性に結晶の骨組み構造とその構成元素が影響すること、ガラス層を含む場合は一桁以上イオン伝導率が増加することがわかります。

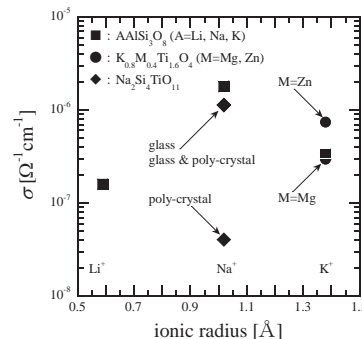


図1 3種の結晶構造の500 Kにおけるイオン伝導率の比較。

特徴と強み

合成から物性測定まで

固体内のイオン伝導は結晶構造内をイオンが移動する現象なので、結晶の骨組み構造、伝導イオンと結合している周囲の原子や、結晶内に含まれる不純物原子などに大きく影響を受ける、いわゆる「構造敏感」な性質です。したがってイオン伝導メカニズムを解明するためには、それぞれの要素に注目した試料を製作する必要があります。特に、結晶構造とイオン伝導の関係を明らかにするためには単結晶を用いた研究が必要不可欠です。しかし、無機酸化物系イオン導電体の多くは、その融点が1000℃以上の高融点物質であることから、単結晶育成が極めて困難な物も数多くあります。そのため当研究室では赤外線加熱単結晶製造装置(図2)や電気炉を使用した単結晶育成を行っており、幾つかの単結晶育成に成功しております。このような高温における物質合成とその結晶育成が当研究室の強みとなっております。

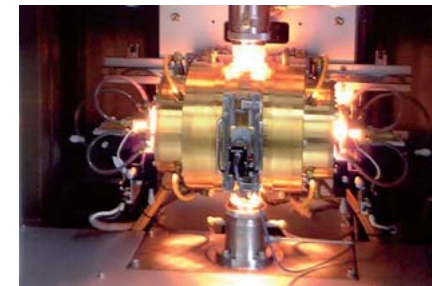


図2 運転中の赤外線加熱単結晶製造装置。2150℃までの高融点物質の単結晶育成が可能

作製した結晶については、X線回折法、ラマン分光法、交流インピーダンス法などにより評価しますが、特に交流インピーダンス法では主として室温から1000 Kまでの高温領域における測定を行っており、このような高温領域の測定に関するノウハウを有することも当研究室の強みと言えます。

今後の展開

未来の電気化学デバイス実現のために

天然鉱物に由来するイオン導電体には化学的安定性と機械的強度の高いものも多く、また希少金属元素を含まず安価に製造可能であるものも多いことを勘案すると、全固体リチウムイオン二次電池のみならず、ナトリウムやカリウムなどの他のアルカリ金属イオン導電体を固体電解質とした、全固体型アルカリ金属イオン電池や、二液蓄電池の隔壁材料に応用し得ると考えています。このような全固体電池をはじめとした電気化学デバイスの実用化のためにはイオン導電体の性質を十分に調べ、どのように物質設計し、最適なものを作ることができるかなど多くの解決しなければならない点があります。当研究室での基礎研究がそのような問題の解決や新しい機能性物質の設計の指針作りに役立つと考えています。