

平成 25 年度 未来研究ラボシステム 研究成果報告書

研究種目：若手個人

研究期間：平成 25 年 9 月～平成 26 年 8 月

研究課題名：外場による結晶カイラリティ制御に向けた実験的研究

ラボ長

所属：物質創成専攻・物性物理工学領域

氏名：木村 健太

研究成果（当初の研究目的と得られた結果を記載ください。図表を含め 2 ページ程度）：

本研究は、多彩な物質機能発現のカギと近年認識されている結晶カイラリティを制御する手法の開拓を究極の目標に掲げ、その実現に向けた研究を推進することを目的としている。そのために、(1) 最適な研究対象物質の設計・探索および単結晶育成、(2) 結晶カイラリティの有無の判定、(3) 外場印加可能なカイラリティ検出システムの構築、を中心的課題として研究を行い、下記のような研究成果を得た。

(1) 対象物質の設計・探索および単結晶育成

本研究経費で購入した恒温槽等を用いることにより、結晶カイラリティを有する CsNO_3 、 $\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{Si}_3\text{O}_9$ 、 $\text{Ca}_2\text{Sr}(\text{C}_2\text{H}_5\text{CO}_2)_6$ の単結晶育成に成功した。特に、下図に示すように、 CsNO_3 および $\text{Ca}_2\text{Sr}(\text{C}_2\text{H}_5\text{CO}_2)_6$ についてはセンチメートル級の単結晶の育成に成功したため、主としてこれらを用いて研究を推進した。

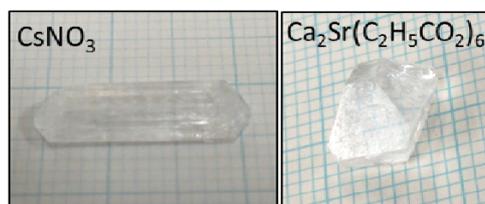


図1: カイラル化合物の単結晶の写真。
グラフの1目盛が1mmに対応。

(2) 旋光性測定による結晶カイラリティの有無の判定

CsNO_3 は旋光性が大きく、偏光顕微鏡によって容易に結晶カイラリティの判定が可能であった。測定の結果、測定した全ての試料が結晶カイラリティを有することを明らかにできた。また、 MnSi などのカイラル物質で報告されている自発的な単一カイラリティ生成は認められず、一般に右手系と左手系が混在することを明らかとした。

次に、 $\text{Ca}_2\text{Sr}(\text{C}_2\text{H}_5\text{CO}_2)_6$ についても偏光顕微鏡によるカイラリティ判定を試みた。しかし、旋光性起源と考えられる偏光依存性は観察されたものの、シグナルが小さいために結晶カイラリティの有無を断定することは困難であった。そこで、基礎工学研究科・芦田研究室のご協力の下、レーザーを用いた偏光解析による旋光性測定を試みた。空気中水分による試料劣化等の問題点を克服することにより旋光性の定量的評価に成功し、本物質における結晶カイラリティを確認できた。また、この結果から、偏光顕微鏡像における偏光依存性は旋光性起源であり、結晶カイラリティの判定に使用可能であることが分かった。

(3) 外場印加可能な結晶カイラリティ検出系の構築

本研究経費で購入した備品により、偏光顕微鏡用のホットステージを自作した。これを用いて、 CsNO_3 のカイラルー非カイラル構造相転移（相転移温度 $T_C = 160$ 度）を観察した様子を図 1 に示す。 T_C より低温では結晶カイラリティドメインを反映するコントラストが明瞭に観測されるのに対して、 T_C より高温ではコントラストが消失し結晶カイラリティを持たない非カイラル相へと構造相転移する様子を捉えることに成功した。これは、今後行う予定の電場や応力によるカイラリティ制御の実証に大変有効な手段であり、重要な成果であると考えられる。また、自作であるために拡張が容易であり、試料に電場を印加しながら観察を行うことが可能である。

今後、本測定系を用いた CsNO_3 および $\text{Ca}_2\text{Sr}(\text{C}_2\text{H}_5\text{CO}_2)_6$ の電場中、さらには応力中の旋光性測定を行い、外場による結晶カイラリティの制御を目指す。

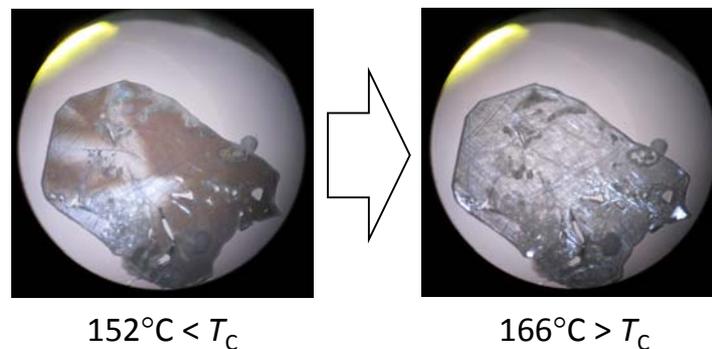


図1. 自作ホットステージを組み込んだ偏光顕微鏡による CsNO_3 のカイラリティドメイン観察結果。
(左) T_C より低温のカイラル構造相における観察像。色の濃淡が結晶カイラリティの違いを表す。(右) T_C より高温の非カイラル構造相における観察像。濃淡が消失し、結晶カイラリティが消失していることが分かる。

キーワード：

カイラリティ，カイラル結晶，ドメイン制御，フェロイック

研究経費（H25年度）の内訳

備品費	消耗品費	旅費	謝金	その他	合計
700,000円	0円	0円	0円	0円	0円

共同研究者等

(1) 共同研究者（氏名・所属）

木村 剛・大阪大学大学院基礎工学研究科

芦田昌明・大阪大学大学院基礎工学研究科

永井正也・大阪大学大学院基礎工学研究科

(2) 研究協力者（氏名・所属・学年（学生の場合））

上田大貴・大阪大学基礎工学部・木村研究室・4年

児玉武則・大阪大学基礎工学部・木村研究室・4年

発表論文等（平成26年3月31日現在）

〔雑誌論文〕

〔著書〕

〔学会発表〕

〔その他〕

外部資金獲得状況・申請状況（本研究課題に関連して、科研費、JST等の競争的資金、受託研究、奨学寄付金を受給された場合、また、申請された場合はその状況を記入ください）

参考となるHP等