

# 無機系キラル結晶におけるキラル誘起スピン選択性

## Chirality-Induced Spin Selectivity in Chiral Inorganic Crystals

ユーザー氏名: 乾 皓人<sup>a</sup>, 青木 瑠也<sup>a</sup>, 塩田 航平<sup>a</sup>, 高阪 勇輔<sup>a</sup>, 穴戸 寛明<sup>a</sup>, 大江 純一郎<sup>b</sup>, 岸根 順一郎<sup>c</sup>, 戸川 欣彦<sup>a</sup> / INUI Akito<sup>a</sup>, AOKI Ryuya<sup>a</sup>, SHIOTA Kohei<sup>a</sup>, KOUSAKA Yusuke<sup>a</sup>, SHISHIDO Hiroaki<sup>a</sup>, OHE Jun-ichiro<sup>b</sup>, KISHINE Jun-ichiro<sup>c</sup>, TOGAWA Yoshihiko<sup>a</sup>  
(<sup>a</sup>大阪府立大学, <sup>b</sup>東邦大学, <sup>c</sup>放送大学 / <sup>a</sup>Osaka Prefecture University, <sup>b</sup>Toho University, <sup>c</sup>The Open University of Japan)

実施機関担当者: 廣部 大地, 山本 浩史 / HIROBE Daichi, YAMAMOTO Hiroshi (分子科学研究所 / Institute for Molecular Science)

▶ KEY WORDS Chirality, Spin Selectivity, Spin Polarization, Chiral Inorganic Crystals

### 概要 | Overview

「スピンを噴き出すキラルな結晶」 磁石を使わず検出可能に!

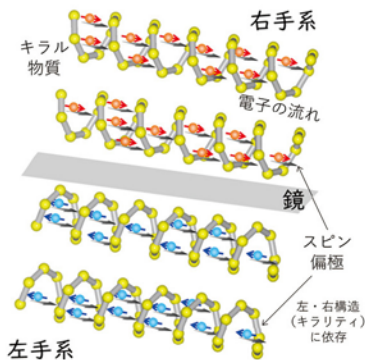
磁性を持たないキラル結晶がスピン偏極電流を生み出すことを世界で初めて見出しました。結晶には磁気がないにもかかわらず、スピンの向きが結晶内を伝わり、この現象は電気的に引き起こし、検出することができ、また、磁石や磁場を用いる必要がありません。結晶がキラルであることのみ由来する効果と考えられ、多様なキラル物質が示す普遍的な性質を明らかにする基礎学術的に重要な研究成果です。微細デバイスの作製には分子研・ナノプラットフォームが提供する高真空スパッタ装置などの機器を用いました。分子研・山本グループから技術支援いただき、デバイス構造などの改良を重ねました。研究成果の一部はアメリカ物理学会が発刊する「Physical Review Letters」誌に掲載されました。また、特許出願にも至っています。

《Chiral crystals blowing off polarized spins: Phenomena detected without magnets》

We discovered that chiral crystals generate a spin-polarized current. In spite of no magnetism in the crystals, the direction of spins orient in the same direction when the charge current is applied and such polarized spins propagate throughout the crystal. This phenomenon can be induced and detected electrically without using magnets or magnetic fields. This effect is likely to originate from the fact that crystals have chiral structures. The present work makes a fundamental contribution in revealing universal properties that a wide variety of chiral materials should exhibit. The work is published in Physical Review Letters, issued by American Physical Society. Patents have been filed as well.

### キラル物質におけるスピン偏極現象

Spin-polarization phenomena in chiral materials



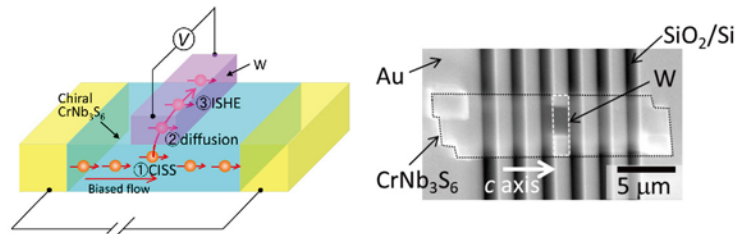
日本物理学会誌 2021年10月号, 目次口絵.

● 右手系と左手系におけるスピン偏極現象  
原子レベルの極微のらせん構造がスピン偏極した電流(電子の流れ)を生み出す。  
キラル物質におけるスピン偏極現象はキラリテイ誘起スピン選択性(CISS)とも呼ばれる。

### 作製した微細デバイス

Micrometer-sized device made of chiral inorganic crystal CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub>

● キラル結晶CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub>を用いて作製したスピン偏極検出用デバイス  
電気的に誘起されるキラル結晶のスピン偏極状態を逆スピンホール効果を用いて電気信号に変換して検出する。



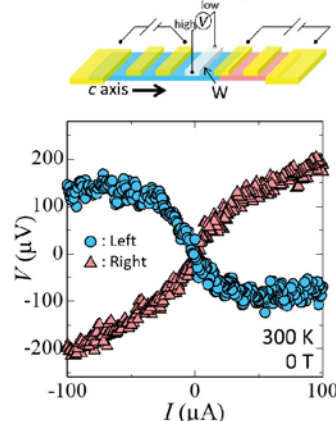
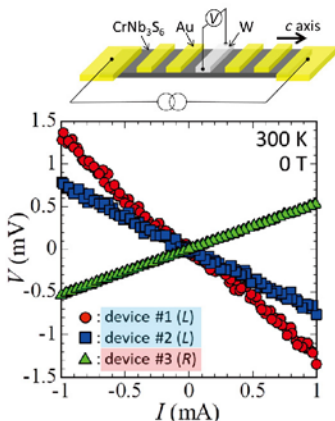
### 実験データ、研究成果の要点、および将来展望

Experimental data, research summary, and perspective

● 室温・ゼロ磁場下での実験データ

✓ スピン偏極応答の観測  
バルク系で初めて ← 界面現象に限らない  
✓ 電気的なキラリテイ同定

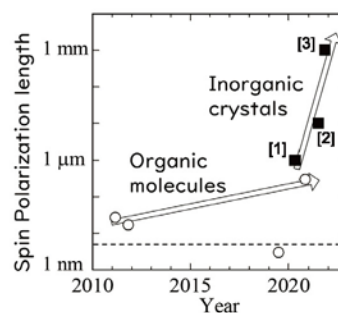
✓ 非局所スピン応答の観測  
← 伝搬距離は10 μmに及ぶ



• 逆スピンホール効果でスピン偏極電流を検出  
• 室温・ゼロ磁場でデバイス動作  
• 順効果と逆効果 (相反性) が検証可能  
• キラリテイの電気的検出が可能  
• 空間分解能は電極サイズに依存

《電気的キラリテイ判別》  
《左/右結晶の分離成長(光学分割)》  
《スピン流トランジスタ》  
などへ展開中

### キラル無機結晶はスピン良導体として機能する



【発表状況】

論文:  
[1] Physical Review Letters 124, 166602 (2020).  
- 科学新聞 2020/5/22.  
[2] Physical Review Letters 127, 126602 (2021).  
- Featured in Synopsis in Physics (APS) on 9/14.  
[3] Applied Physical Letters 119, 182403 (2021).  
特許:  
特願 2019-092958; 特願 2019-092959  
(2019/5/16 出願.)  
解説記事:  
数理解科学 693(3), 9-15 (2021).  
日本物理学会誌 2021年10月号.

CONTACT

戸川 欣彦, 大阪府立大学 / TOGAWA Yoshihiko, Osaka Prefecture University  
山本 浩史, 分子科学研究所 / YAMAMOTO Hiroshi, Institute for Molecular Science  
実施機関: 自然科学研究機構 分子科学研究所 / Institute for Molecular Science

NanotechJapan  
Nanotechnology Platform