

イオン伝導と強誘電の二刀流！ ～イオン輸送を用いた極性機能の新提案～

ポイント

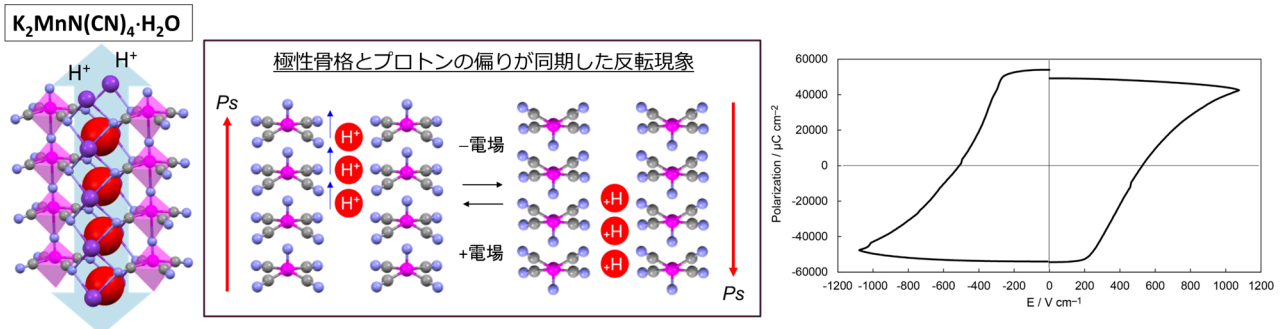
- ① 一般的に強誘電体は絶縁体であり、電場に応答してイオンが流れる伝導体では強誘電性を示しえないと考えられていた。
- ② 空間反転対称性の破れた結晶構造をもつプロトン伝導体を合成し、プロトン伝導の整流性（一方向に流れやすく、逆方向に流れにくい性質）に基づく強誘電的性質を示すことを発見した。
- ③ 従来の強誘電体の約 1000 倍の 15 mC/cm^2 を達成した。

概要

電場で分極方向をスイッチすることのできる強誘電体は種々のセンサーやメモリなどに用いられる実用材料であり、分極値の向上は機能性向上のための根幹をなす重要なテーマです。そのため無機から有機物質まで幅広く物質探索が行われてきましたが、そのすべては絶縁体でした。これは、電場に応答してイオンや電子が流れる伝導体では、分極を反転させることができず強誘電特性が発現しないと考えられていたためです。

今回、九州大学大学院理学研究院の博士課程の柳澤純一氏（2023 年学位取得）、Benjamin Le Ouay 助教、大谷亮准教授、大場正昭教授らは、東北大学大学院理学研究科の青山拓也助教、東京工業大学理学院の藤井孝太郎助教・八島正和教授、学習院大学大学院自然科学研究科の稲熊宜之教授、ファインセラミックスセンターの桑原彰秀博士・設楽一希博士、熊本大学大学院先端科学研究部の速水真也教授と共同で、空間反転対称性の破れた新規シアノ金属錯体 $\text{K}_2\text{MnN}(\text{CN})_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ を開発し、室温で $1.3 \times 10^{-5} \text{ S/cm}$ 程度のプロトン伝導体であると同時に 15 mC/cm^2 の巨大な分極値をもつ強誘電体であることを発見しました。この「強誘電イオン伝導体」の機能は空間反転対称性の破れとプロトン伝導が強く相関したプロトン整流特性に基づいており、伝導したプロトンが骨格の分極値を大幅に増幅していることを明らかにしました。

本研究成果は、2024 年 1 月 2 日（火）に アメリカ化学会（ACS）の国際学術誌「Journal of the American Chemical Society」にオンライン掲載されました。



（参考図）新たに合成した「強誘電イオン伝導体」の構造と分極反転メカニズム。および、強誘電ヒステリシス。

研究者からひとこと：空間反転対称性が破れるときは、必ず何かが起こります。今回の研究は、イオン伝導体で空間反転対称性が破れた結晶構造が得られたことが始まりでした。現在、極性イオン伝導体の強相関機能を深めるための合成開発をさらに進めています。

【謝辞】

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費（JP22H05144, JP22H05146, JP23H04618, JP21K18936, JP21H01905, JP21K18182）、住友財団、豊田理化学研究所、カシオ科学振興財団、村田学術振興財団、理学研究院若手支援プロジェクト(R1)、九州シンクロトロン光研究センター（2207067F）、フォトンファクトリー（2017P012）の支援を受けたものです。

【論文情報】

掲載誌：Journal of the American Chemical Society

タイトル：Strongly enhanced polarization in a ferroelectric crystal by conduction-proton flow
（強誘電結晶内でのプロトン伝導による巨大分極現象）

著者名：柳澤純一・青山拓也・藤井孝太郎・八島正和・稲熊宜之・桑原彰秀・設楽一希・Benjamin Le Ouay・速水真也・大場正昭・大谷亮

D O I : 10.1021/jacs.3c10841

【お問合せ先】

<研究に関すること>

九州大学 大学院理学研究院 化学部門 准教授 大谷 亮（オオタニ リョウ）

TEL：092-802-4146

Mail：ohtani@chem.kyushu-univ.jp

<報道に関すること>

九州大学 広報課

TEL：092-802-2130 FAX：092-802-2139

Mail：koho@jimu.kyushu-u.ac.jp