

原子配列の乱れをもつフッ化物イオン導電性 固体電解質のイオン伝導メカニズムの解明ー リチウムイオン電池を凌駕する次世代蓄 電池の創成を目指してー

2024年9月6日
高エネルギー加速器研究機構, J-PARC センター
京都大学, 総合研究大学院大学, 茨城大学
ファインセラミックスセンター

革新型蓄電池（ポスト・リチウムイオン電池）の開発競争をリードする上で、全固体フッ化物電池で使用するフッ化物イオン導電性固体電解質は、今後の蓄電池開発において重要なキーマテリアルとなります。高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所（総合研究大学院大学 先端学術院, 茨城大学大学院 理工学研究科）森一広教授, 同研究所 ソン スンヨプ 特任助教, 齊藤高志 特別准教授, 京都大学成長戦略本部 佐藤和之 特定研究員, 福永俊晴 研究員, 同工学研究科 安部武志 教授, ファインセラミックスセンター 小川貴史 主任研究員, 桑原彰秀 主席研究員の共同研究グループは、フッ化物イオン導電性固体電解質 $\text{Ca}_{0.48}\text{Ba}_{0.52}\text{F}_2$ のイオン伝導メカニズムを原子レベルで解明しました。

蛍石型構造をもつフッ化カルシウム (CaF_2) やフッ化バリウム (BaF_2) は、全固体フッ化物電池において重要な高電圧下での利用が期待されますが、その反面、イオン伝導率が低い物質です。 CaF_2 と BaF_2 を原子レベルで混合することで、イオン伝導率が飛躍的に向上することが知られていましたが、 CaF_2 - BaF_2 系のフッ化物イオン (F^-) の分布やその伝導メカニズムは不明のままでした。

本研究では、熱プラズマ法で作製した $\text{Ca}_{0.48}\text{Ba}_{0.52}\text{F}_2$ 固体電解質を用いて中性子回折実験を行い、本系の原子配列と核密度分布を精密に決定しました。その結果、異なるイオン半径をもつ Ca と Ba が混合したことで構造歪みを誘発し、それによって F の原子配列が局所的に乱れることがわかりました。さらにフッ化物イオン伝導経路の可視化に成功し、F の原子配列の乱れが伝導経路内のイオン流れ（イオン伝導率）の向上に大きく寄与していることを明らかにしました。

本研究成果は、2024年9月5日（米国時間）に、米国化学会（ACS）発行のエネルギー材料科学の専門誌「ACS Applied Energy Materials」のオンライン版に掲載されました。（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202409061400> をご覧下さい）。

最も単純な「原子」ポジトロニウムをレ ーザー光によって 1000 万分の 1 秒で極 低温にすることに成功ー反粒子を含む原 子の精密科学によって物理学の謎にせま る大きな第一歩ー

2024年9月12日
東京大学
高エネルギー加速器研究機構
産業技術総合研究所

東京大学大学院工学系研究科の吉岡孝高准教授, 周健治助教と、同大学大学院理学系研究科の石田明助教らによる研究グループは、高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所, 産業技術総合研究所と共同で、レーザー光によるポジトロニウムの急速な冷却を世界で初めて実現しました。

独自に開発したレーザー光源を使用することで、理論提案から 30 年の間実現が待たれていたポジトロニウムのレーザー冷却に成功し、わずか 1000 万分の 1 秒の間に、従来よりも桁違いに低温の気体にできることを証明しました。物理学は、宇宙に反粒子がほとんど残っていないことや、暗黒物質の起源など、多くの謎を抱えています。これを解決するため、基礎理論の綻びがどこにあるのかを検証する研究が世界中で進められています。本研究成果は、電子とその反粒子だけでできた最も基本的な原子を使って、基礎理論が現実をどこまで正確に表現できているのか、さらには反粒子の質量や重力の影響を精密に調べる研究を可能とするもので、今後大きな学際的研究分野の形成が期待されます。

本研究成果は 2024年9月11日、科学誌 Nature に掲載されました。（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202409120930> をご覧下さい）。

不整脈誘発薬剤との結合状態を解明 —副作用原因タンパク質 hERG チャネル の構造が安全な薬設計を導く—

2024年9月30日

千葉大学

高エネルギー加速器研究機構

千葉大学大学院理学研究院(膜タンパク質研究センター、分子キラリティー研究センター兼任)の村田武士教授、大学院医学研究院の斎藤哲一郎教授、大学院医学薬学府博士後期課程2年の宮下靖臣らは、オックスフォード大学、高エネルギー加速器研究機構(KEK)物質構造科学研究所との共同研究により、薬剤の副作用によって引き起こされる薬剤誘発性心突然死の原因タンパク質である hERG チャネルと副作用誘発薬剤の結合モデルを、クライオ電子顕微鏡(Cryo-EM)を用いて明らかにすることに成功しました。本研究成果は、hERG チャネルと薬剤の結合情報に基づいて薬剤の設計や改変を可能にし、より安全な新薬を迅速に市場に送り出すための重要な手がかりとなることが期待されます。

本論文は、2024年9月24日に米国科学誌 Structure にオンラインで掲載されました。(この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202409301000herg> をご覧ください)。

素社会の実現に大きな期待が寄せられています。この高温超伝導体を用いたエネルギーデバイスの実現には、超伝導ギャップが大きく、かつ空間的に乱れない材料を開発する必要があります。しかし、これまで超伝導ギャップの空間分布を正確に観察する手段がなく、その実現が望まれていました。そこで本研究では、これを可能にする顕微技術を開発しました。また、本開発技術により空間分解能が向上し、得られる実験データ量が数百倍以上増加するため、データサイエンスの手法で処理を行い、可視化する手法も開発しました。これらにより高温超伝導を特徴付ける超伝導ギャップが、10マイクロメートルほどの微小領域で、空間的に不均一になっていることを世界で初めて可視化することに成功しました。さらに、高温超伝導の特性を最も強く示す電子の空間分布まで調べられるようになり、超伝導の不均一性の要因を探ることも可能となりました。

本技術は、高温超伝導デバイスの評価や動作原理の解明などにも広く適用できる実験手法であるため、物質・材料科学や応用科学分野での大きな貢献が期待されます。

本成果は英国 Taylor & Francis グループが発行する Science and Technology of Advanced Materials に10月28日付け(現地時間)で掲載されました。(この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/press/202410281300arpes> をご覧ください)。

超伝導の空間的な乱れを可視化する新たな顕微観察技術の開発 —超伝導材料の高性能化に役立つ新手法として期待—

2024年10月28日

広島大学

量子科学技術研究開発機構

高エネルギー加速器研究機構

広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程後期3年の宮井雄大、広島大学放射光科学研究所の島田賢也教授、量子科学技術研究開発機構の岩澤英明プロジェクトリーダー(広島大学放射光科学研究所客員研究員)、および高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の小澤健一教授らを中心とする研究チームは、放射光を用いた顕微実験技術とデータサイエンスの手法を組み合わせ、銅酸化物が示す高温超伝導の強さを表す「超伝導ギャップ」が、10マイクロメートル(100分の1ミリメートル)ほどの微小なスケールで、空間的に不均一であることを世界で初めて可視化することに成功しました。この発見は、超伝導の局所的な変化を引き起こす要因を解明するうえで重要な一歩であり、将来的には不均一性の制御を通じて、銅酸化物をはじめとする高温超伝導材料の高性能化や新たな超伝導現象の解明に貢献することが期待されます。高温超伝導体は、安価な冷却材である液体窒素で冷却できる温度で、電気抵抗がゼロになることから、省エネルギー技術の発展や脱炭