

# スズ・ヒ素を主成分とした 新しい層状超伝導物質を発見

## ～高温超伝導メカニズム解明の鍵～

首都大学東京 理工学研究科物理学専攻の水口佳一准教授と後藤陽介特任研究員らの研究グループは、スズ (Sn) とヒ素 (As) を主成分とした新しい層状超伝導物質  $\text{NaSn}_2\text{As}_2$  を発見しました。

この層状超伝導物質は、SnとAsが二次元的に結合したSnAs層（超伝導状態が発現する層）とNa層（ブロック層）が交互に積層した結晶構造を特徴とし、このような層状構造は銅酸化物高温超伝導物質系や鉄系超伝導物質系と非常に類似していることから、SnAs系層状物質においても、非従来型メカニズムで超伝導が発現している可能性があります。

今後SnAs伝導層を基本とした新たな物質が開拓され、超伝導転移温度の上昇や、高温超伝導メカニズム解明の鍵となることが期待されます。

### 【研究成果のポイント】

- ・新規超伝導物質を発見
- ・SnAs 層が超伝導発現に寄与
- ・非従来型超伝導メカニズムの可能性
- ・さらなる超伝導物質開発と超伝導転移温度向上への期待

## 研究の背景と経緯

層状化合物は、二次元的な層状（シート状）の結晶構造を持つ物質であり、異なる種類の層を積層させることで、様々な物質をデザインすることができます。さらに、二次元的な結晶構造は低次元的な電子状態を生じさせるため、高温超伝導<sup>(1)</sup>などの特異な量子現象の舞台として盛んに研究されてきました。高い超伝導転移温度 ( $T_c$ )<sup>(2)</sup> を持つ銅酸化物高温超伝導物質系では、銅と酸素が作る  $\text{CuO}_2$  面が共通の層状構造として存在し、高温超伝導発現の鍵となりました。同様に、2008年に発見された鉄系超伝導物質系では、鉄とヒ素が結合した  $\text{Fe}_2\text{As}_2$  層が高温超伝導発現の鍵となりました。

これらの高温超伝導体は“超伝導状態が発現する層”と“ブロック層<sup>(3)</sup>”が積層した結晶構造を持っています。

なお、この研究開発は、(独)日本学術振興会の科学研究費補助金（新学術領域 J-Physics、基盤研究 (B)）および国立研究開発法人 科学技術振興機構 JST-CREST の助成を受けて行われました。

## 研究の内容

今回、本研究グループはスズ (Sn) とヒ素 (As) を主成分とした新しい層状超伝導物質  $\text{NaSn}_2\text{As}_2$  を発見しました。特徴として、Sn と As が二次元的に結合した SnAs 層 (超伝導状態が発現する層) と Na 層 (ブロック層) が交互に積層した結晶構造を持っています (図 1)。

図 1.  $\text{NaSn}_2\text{As}_2$  の結晶構造

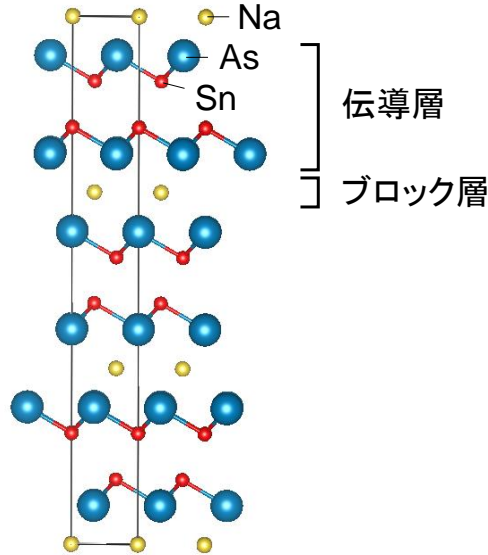
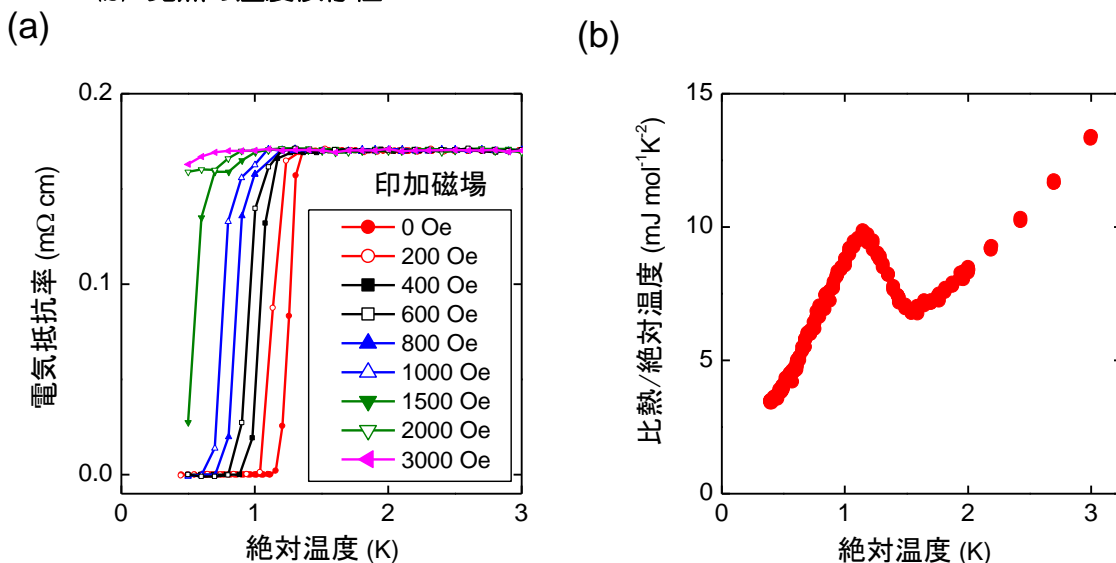


図 2(a)は、 $\text{NaSn}_2\text{As}_2$  の磁場中電気抵抗率の温度依存性を示しています。0 Oe (ゼロ磁場中) においては、1.3 K (ケルビン)<sup>(4)</sup> 以下で超伝導状態発現に伴う電気抵抗率の減少が観測され、約 1.2 K でゼロ抵抗状態が実現しています。超伝導転移は比熱測定においても確認されました。

図 2(b)に示すように、1.3 K 付近で超伝導転移に由来する比熱の変化が観測され、試料全体が超伝導状態にあることが明らかになりました。

$\text{NaSn}_2\text{As}_2$  は、銅酸化物高温超伝導物質系や鉄系超伝導物質系と類似の層状構造を持ち、低次元的な電子状態が発現していると考えられ、非従来型メカニズムの超伝導<sup>(5)</sup>が発現している可能性があります。

図 2. (a)  $\text{NaSn}_2\text{As}_2$  の電気抵抗率の温度依存性 (磁場中: 0 Oe から 3000 Oe)  
(b) 比熱の温度依存性



## 【用語解説】

### (1) 高温超伝導

超伝導は低温の物質で起こる量子現象で、電子がクーパー対という対を形成することで電気抵抗が消失する現象である。この性質を生かし、超伝導は電力ケーブルや強磁場マグネットなどに応用される。特に、比較的高温（例えば 30K 以上）で超伝導状態を実現できる物質を高温超伝導物質と呼ぶ。

### (2) 超伝導転移温度 ( $T_c$ )

冷却により物質が常伝導状態から超伝導状態に転移する温度。

### (3) ブロック層

電氣的に絶縁な層。伝導層（超伝導が発現する層）と交互に積層することで、伝導層に二次元的な電子状態を実現する。

### (4) ケルビン(K)

熱力学温度の単位。273.15 K が 0 °C に対応する。

### (5) 非従来型メカニズムの超伝導

従来型の超伝導メカニズムでは、電子が格子振動を媒介にして電子対を形成し、超伝導が発現する。一方、非従来型メカニズムを有する超伝導体では、格子振動ではなく、磁気揺らぎや電荷揺らぎなどを媒介にして電子対が形成され、超伝導が発現する。非従来型メカニズムを解明することで、さらなる高温超伝導物質の設計指針が得られると期待される。

## 今後の展開

SnAs 超伝導層を基本とした新超伝導物質が多く発見され、さらに高い超伝導転移温度を持つ物質の発見が期待されます。また、SnAs 層における超伝導発現メカニズムを解明することにより、今後の超伝導物質探索に新たな指針を与えるとともに、高温超伝導メカニズムのさらなる解明が期待されます。

平成 29 年 11 月 1 日

日本物理学会刊行の英文誌「Journal of the Physical Society of Japan」（オンライン版）に掲載。

## 研究に関するお問い合わせ先

首都大学東京 理工学研究科 物理学専攻

准教授

水口 佳一

〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1

TEL : 042-677-2517 FAX : 042-677-2483

E-mail : [mizugu@tmu.ac.jp](mailto:mizugu@tmu.ac.jp)