

2026 年 8 月 26 日

高圧ねじり合成法を通じて高温銅酸化物超伝導体の合成に成功！ ～従来の超伝導転移温度を約 40K 更新～

九州工業大学大学院工学研究院の美藤正樹教授が研究代表者を務める九州工業大学と福岡大学の研究グループは、高圧下でせん断ひずみを注入することで新物質を合成する方法（**高圧ねじり合成法**）を用いて、イットリウム系銅酸化物超伝導体の超伝導転移温度を従来の約 90K から約 40K 高い 130K に上昇させることに成功しました。せん断ひずみを新規物質合成に活用できる好事例と言えます。

ポイント

- ・ **高圧ねじり合成法**によってイットリウム系銅酸化物超伝導体の合成に成功。
- ・ イットリウム系銅酸化物超伝導体の超伝導転移温度を従来より 40K 上昇させることに成功。

< 研究の背景 >

常圧下で超伝導を示す物質の中で、液体窒素温度以上の超伝導転移温度を発現する物質群に銅酸化物超伝導体があります。銅酸化物超伝導体の中でも一番高い超伝導転移温度を発現する物質は水銀元素を含む銅酸化物超伝導体ですが、誰しもが簡単に合成できる物質ではありません。中学校や高等学校で、磁気浮上等のデモ実験でよく目にするのは、93K に超伝導転移温度を有するイットリウム元素を含む銅酸化物超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ ですが、原料である 3 種類の酸化物を所定の割合で混ぜ、空気中で 900℃ の高温で 10 時間程度焼成するか、電子レンジの中で電磁波加熱することで合成されます。 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ 合成時の加熱溶融合成は非常に容易であることと、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ が磁場への耐性を有し、また大きな電流密度を有することから、送電材や超伝導磁石の線材として使われようとしています。

< 研究の内容 >

我々のグループでは、熱エネルギーではなく仕事由来のエネルギーを用いて、物質の構造を変化させたり、原料から新しい物質を創製する研究を展開しています。その物質創製法を我々は**高圧ひずみ合成法**と呼んでいます。そこでの仕事由来のエネルギーは、高圧縮場でせん断応力を加えることで極限的なひずみを与えた際のエネルギーであり、それを用いて超伝導性、磁性、誘電性などの電子に起因する機能性を向上・制御することを目指しています。本研究では、**高圧ひずみ合成法**を用いてこれまでにない構造を有する $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ を合成することに成功しました。具体的には、**高圧ひずみ合成**のあと、低温で熱処理をし、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ 相の拡大とともに、酸素量を変化させ、130K 級の超伝導転移温度を実現することに成功しました。この発見は、**高圧ひずみ合成法**の潜在性をアピールするものであり、社会実装が成功した暁にはその波及効果は大きなものがあります。

本研究成果を発表した論文は米国応用物理学会誌「Journal of Applied Physics」において、2026 年 8 月 17 日にオンラインで公開されました(<https://doi.org/10.1063/5.0333729>)。

< 今後の展開 >

液体窒素温度77Kを50K以上も上回る超伝導転移温度を発現できており、その潜在性の高さに着目し、JST大学発新産業創出基金事業スタートアップ・エコシステム共創プログラム PARKS スタートアップ創出プログラムの援助を受けて社会実装化を進めています。超伝導になっている体積を増やすことができれば、社会実装が加速化されます。

用語解説

○高圧ねじり合成法

高圧縮場でせん断応力を加えることで、ひずみテンソルにおいて対角成分だけではなく非対角成分を優位に発現し、応力解放後も非対角ひずみ成分を優位に有する強ひずみ状態を大気圧下に取り出すことを可能にする物質合成方法。材料工学の分野では、高圧ねじり加工(High Pressure Torsion; HPT)として知られてきた手法であり、高硬度・高強度の材料開発で実績がある方法である。図1に示すように、今回この方法が、イットリウム元素を含む銅酸化物超伝導体での合成に展開され、93Kを上回る超伝導転移温度を有する $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ を目指した。実際、新たな超伝導物質の開発や、元々超伝導を示す物質において超伝導転移温度を上昇させることや、元々強磁性を示さない物質が強磁性を示すように変質させることに成功している。

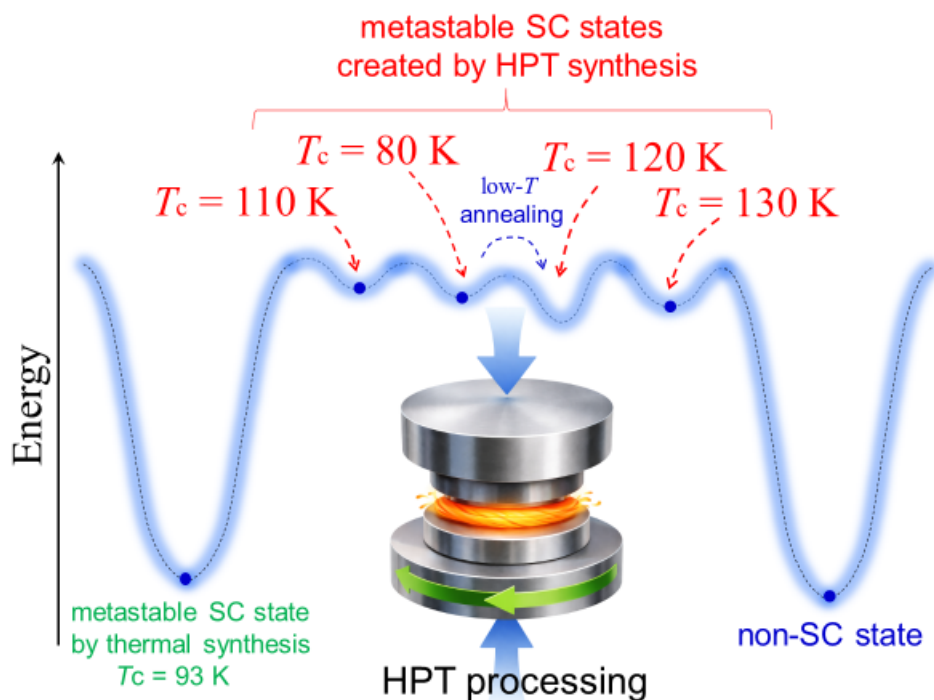


図1. 高圧ねじり加工(HPT)によって、高い超伝導転移温度を有する準安定相の発現に成功した。

発表論文の詳細

タイトル	Synthesis of high-Tc Y-based cuprate superconductors with $T_c = 130$ K using high-pressure synthesis method accompanied with shear stress
著者名	Masaki Mito, Ryouchi Masusaki, Goshi Nakamura, Fumika Katayama, Wataru Nagai, Narimichi Mokutani, Takayuki Tajiri, Takahiro Masuda, Hiroki Hanate, and Zenji Horita
雑誌	Journal of Applied Physics
DOI	10.1063/5.0333729

※ 本研究は、JSPS 科研費(JP17H03379, JP19KK0070)ならびに九州工業大学研究力強化事業の支援を受けたものです。

【取材報道に関するお問い合わせ】

九州工業大学 管理本部 総務課 広報係

TEL : 093-884-3008 E-mail : pr-kouhou@jimu.kyutech.ac.jp

福岡大学 広報課

TEL : 092-871-6631 E-mail : fupr@adm.fukuoka-u.ac.jp

【研究内容（学術）に関するお問い合わせ】

九州工業大学 大学院工学研究院 基礎科学研究系 教授 美藤 正樹

TEL : 050-1739-6093 E-mail : mitoh@mns.kyutech.ac.jp

福岡大学 理学部 物理科学科 助教 田尻 恭之

TEL : 092-871-6631 E-mail : tajiri@fukuoka-u.ac.jp

【研究内容（社会実装）に関するお問い合わせ】

九州工業大学研究本部 未来思考実証センター 花手洋樹

TEL : 093-884-3487 E-mail : hanate-h@ccr.kyutech.ac.jp