

同時発表：
筑波研究学園都市記者会（レク）
文部科学記者会（資料配布）
科学記者会（資料配布）



お酒が誘発する鉄系超伝導

平成22年7月27日
独立行政法人 物質・材料研究機構
独立行政法人 科学技術振興機構

概要

1. 独立行政法人 物質・材料研究機構（理事長：潮田 資勝、以下NIMS）は、鉄系超伝導¹⁾ 関連物質である Fe(Te, S) 系に超伝導を発現させる際、赤ワインやビールなどのお酒が有効であることを発見した。この成果は、NIMS 超伝導材料センター（センター長：熊倉 浩明）ナノフロンティア材料グループの高野義彦グループリーダーらの研究によって得られた。
2. 2008年に、東京工業大学の神原 陽一博士（現在、慶應義塾大学理工学部専任講師）らによって、鉄系超伝導体 LaFeAs(O, F) が発見された。この発見を契機に、FeAs、FeP、FeSe をベースにした類似化合物に次々と超伝導が見出され、鉄系超伝導は、第二の高温超伝導体の鉱脈として期待されている。
一方、FeTe は、FeSe などの鉄系超伝導体と類似構造を持つにもかかわらず、反強磁性磁気秩序が邪魔をして超伝導を示さない。そこで、当研究グループではこれまでに、S をドーピングした $\text{FeTe}_{1-x}\text{S}_x$ を固相反応法で合成し、反強磁性磁気秩序は消失するものの超伝導は出現しない、いわば、磁性体と超伝導体の間に位置する物質を得ることに成功している。加えてこの物質において、長期間空気中に放置すると超伝導が出現するなどの大変興味深い現象を観測しており (PHYSICAL REVIEW B 81, 214510 (2010))、何が超伝導を発現させるのかを探る上で大変重要な物質である。
3. 今回、本研究グループでは、超伝導と非超伝導の間に位置する物質として $\text{FeTe}_{1-x}\text{S}_x$ に再度着目し、固相反応法により試料を作製した。得られた試料は超伝導を示さないが、酒に浸し 70°C 程度に加温すると、翌日には超伝導体 ($T_c \sim 8\text{K}$) になることが分かった。赤ワイン、白ワイン、ビール、日本酒、焼酎、ウイスキーについて比較実験を行った結果、全ての酒で超伝導が出現し、赤ワインが最も優れていることが分かった。
4. 本発見は、この鉄テルル系超伝導体 $\text{FeTe}_{1-x}\text{S}_x$ に超伝導を発現させるために、何が必要であるかを検討する上で大変重要な知見を与えてくれるものと考えている。現在、お酒の中のどの成分が作用して超伝導が発現しているか研究中等であるが、今後、原因物質を明らかにすることにより、更なる新超伝導体開発への足がかりとなるものと期待される。
5. 本研究成果は、科学技術振興機構（以下 JST） 戦略的創造研究推進事業 研究領域「新規材料による高温超伝導基盤技術」（研究総括：福山 秀敏・東京理科大学副学長）の研究課題「FeSe 系超伝導体の機構解明と新物質探索」（研究代表者：高野 義彦）の一環として得られたもので、2010年8月1日から米国ワシントン DC にて開催される国際会議 ASC2010 等にて発表の予定である。

研究の背景

2008年初頭、東京工業大学の神原らによって、鉄系超伝導体 LaFeAsO 系が発見された。その発見を契機にして、類似化合物に超伝導体が次々と見出され、超伝導転移温度 T_c ¹⁾ もこれまでに 56K²⁾ まで上昇した。それ故、この鉄系超伝導体は、新しい高温超伝導体の鉾脈と期待され、現在、JST 戦略的創造研究推進事業 研究領域「新規材料による高温超伝導基盤技術」を中心に、積極的に研究開発が進められている。

鉄系超伝導体は、鉄とヒ素等が作る二次元構造が、超伝導の起源と考えられており、これまで見出された鉄系超伝導体の多くは、FeAs、もしくはそれに類似した、FeP、FeSe がつくる二次元構造を持っている。なかでも、FeSe は最もシンプルな結晶構造を持つ鉄系超伝導体として注目を集めている。ところが、結晶構造が類似している FeTe は、反強磁性体であり超伝導は出現しない。そこで、これまでに本研究グループでは、S をドーピングした $FeTe_{1-x}S_x$ をメルト法で作製すると超伝導が出現することを報告している（平成 20 年 11 月 5 日 NIMS-JST 共同プレス発表）。

成果の内容

ところが、この物質 $FeTe_{1-x}S_x$ は大変不思議な特性を示す。例えば、固相反応法で作製すると、反強磁性磁気秩序は消失するものの超伝導は出現しない。即ち、磁性体と超伝導体の間に位置する物質が得られる。本研究グループは、この磁性体と超伝導体の間に位置するこの物質に注目し、何が超伝導発現に寄与するかを検討し、超伝導発現の鍵となる現象を探索した。

これまでに、 $FeTe_{0.8}S_{0.2}$ 試料を長期にわたり空气中に暴露することにより、超伝導体になることを見出した。これまでの研究から、空气中的水分や酸素が寄与して超伝導が発現したものと考えられる。しかし、この方法では良質な超伝導体を得るのに数ヶ月もの長い時間を要してしまう。

そこで、より効果的に超伝導を発現することはできないかと、多角的に探索したところ、このたび、試料を一昼夜、赤ワインに浸し約 70°C に加温することにより、超伝導体 ($T_c \sim 8K$) を作製することに成功した。要するに、ホットワインに浸すことにより超伝導がより速やかに発現したのである。赤ワインに浸した試料は、研究用エタノール及び水とエタノールの混合溶液や純水に浸した試料と比較して、磁化測定において、約 5~7 倍強い超伝導のマイスナーシグナルを得た。超伝導のゼロ抵抗状態が出現することも確認している。このことは、酒に含まれる水・エタノール以外の成分が、超伝導発現に寄与していることを示唆している。そこで、比較のため様々な酒を用いて同様の実験を行った。実験に用いた酒は、赤ワイン、白ワイン、ビール、日本酒、ウイスキー、焼酎である。全ての酒が超伝導に効果的であったが、この中で、最も強く超伝導が発現したのは赤ワイン、一方、超伝導が弱かったのは焼酎であった。焼酎は蒸留が進んでいるため、純粋な水とエタノールの混合溶液に近く、超伝導の出現は弱かったものと思われる。

波及効果と今後の展開

最もシンプルな結晶構造を持つ鉄系超伝導関連物質 Fe(Te, S)を用いて、磁性体と超伝導体の間に位置する物質を作成し、超伝導発現の鍵となるものを探索した結果、酒で超伝導を誘発させることに成功した。今後、酒に含まれるどの成分が、どのように超伝導発現に寄与しているのか明らかにする必要がある。

超伝導体はゼロ抵抗状態で電気を流すことができるため、エネルギーを全くロスなく輸送・貯蔵することが可能で、環境エネルギー材料として注目されている。超伝導発現の鍵となる物質の研究は、鉄系超伝導体の発現メカニズムの解明やより高い超伝導転移温度を持つ新物質の探索、超伝導線材の応用開発などのための研究指針となるものと期待される。

問い合わせ先：

独立行政法人 物質・材料研究機構

広報室

〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1

TEL:029-859-2026 FAX:029-859-2017

独立行政法人 科学技術振興機構

広報ポータル部

〒102-8666 東京都千代田区四番町5番地3

TEL:03-5214-8404 FAX:03-5214-8432

E-mail:jstkoho@jst.go.jp

研究内容に関すること：

独立行政法人 物質・材料研究機構

超伝導材料センター

ナノフロンティア材料グループ

高野 義彦 (たかの よしひこ)

TEL:029-859-2842

E-mail:takano.yoshihiko@nims.go.jp

JSTの事業に関すること：

独立行政法人 科学技術振興機構

研究プロジェクト推進部

古川 雅士 (ふるかわ まさし)

〒102-0075 東京都千代田区三番町5 三番町ビル

TEL:03-3512-3528 FAX:03-3222-2068

E-mail:furukawa@jst.go.jp

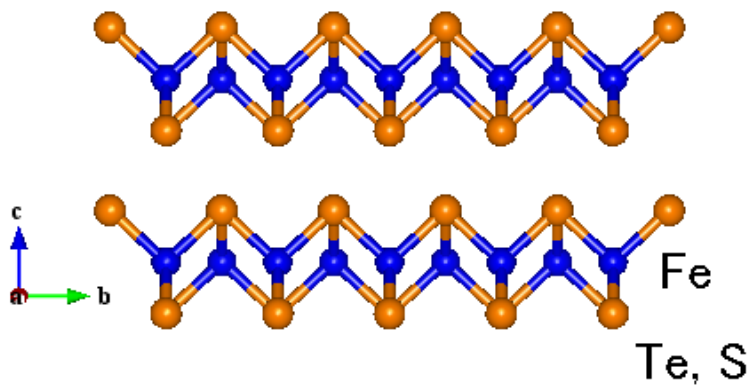


図1 鉄テルル化合物 $\text{FeTe}_{1-x}\text{S}_x$ の結晶構造の略図
 Fe と Te, S が作る二次元構造が積層した結晶構造である。

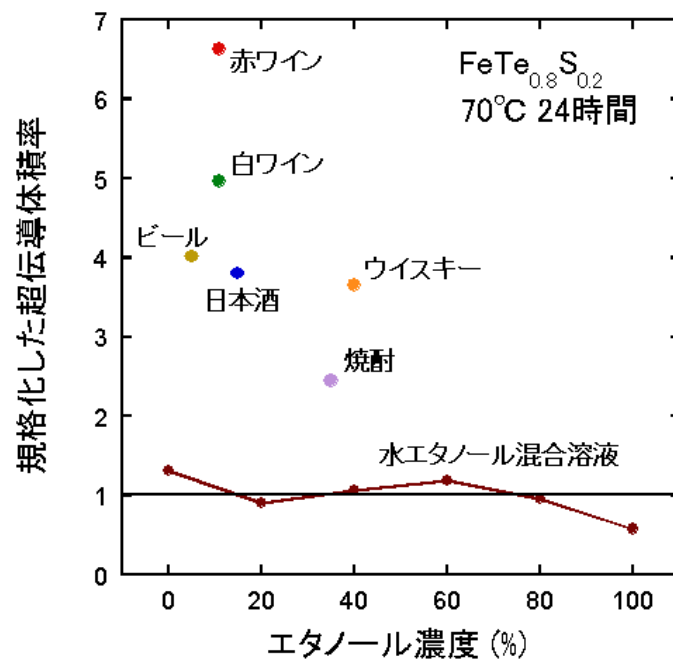


図2 70°C24 時間さまざまなお酒に浸した試料の超伝導体積率
 水エタノール混合溶液の結果の平均を 1 として比較した。



図3 実験に用いた酒（ビール、赤ワイン、白ワイン、日本酒、焼酎、ウイスキー）と試料の写真

【用語解説】

1) 超伝導

超伝導は、ある物質を低温に冷却すると起こる現象で、超伝導になる温度を超伝導転移温度 T_c と呼ぶ。超伝導状態では、電気抵抗が完全に消失するゼロ抵抗状態が出現する。ゼロ抵抗状態では、エネルギーを全くロスなく輸送・貯蔵することが可能で、将来の環境エネルギー材料として注目されている。その他、将来の超伝導コンピュータに応用可能なジョセフソン効果やマイスナー効果なども、超伝導のみ現れる特別な現象である。

2) K (ケルビン)

絶対零度 (-273.15°C) をゼロ度と定義した温度の単位。絶対零度より低い温度は存在しない。参考として、液体ヘリウム温度は約 4.2K、液体窒素温度は約 77K、室温は約 300K である。