

読者の広場

Q&A

Q: 「赤ワインで煮込むと超電導体になり易い」と聞きましたが、どのような現象が生じているのでしょうか？」

A: 2008年に鉄を含む超電導体 LaFeAsO 系が発見されて以来、鉄系超電導体は新しい高温超電導体の鉱脈として期待され、積極的に研究開発が進められています¹⁾。鉄系超電導体のなかでも 11 系と呼ばれる化合物は鉄とセレン、テルルが作る二次元構造が積層した結晶構造を取り、層間に数%程度、過剰鉄が存在しています (図 1)。この化合物の一つである $\text{FeTe}_{0.8}\text{S}_{0.2}$ は、空气中で数ヶ月間放置することによって初めて超電導体になるという大変奇妙な性質を示しますが^{2,3)}、超伝導化に非常に長い時間を要することが問題となっていました。そこで短時間で超伝導化する条件を探索したところ、お酒、なかでも赤ワインで試料を煮ると速やかに超電導体になると判明しました⁴⁾。また、純粋な水・エタノール混合液ではそれほど効果がなかったことからお酒に含まれるエタノール以外の成分が超電導誘発の鍵を握っていることが示唆されました。そこで慶應義塾大学 先端生命科学研究所 (慶應大先端研) との共同研究で、お酒に含まれる超電導誘発物質を同定し、どのような現象が生じているかを検証しました。

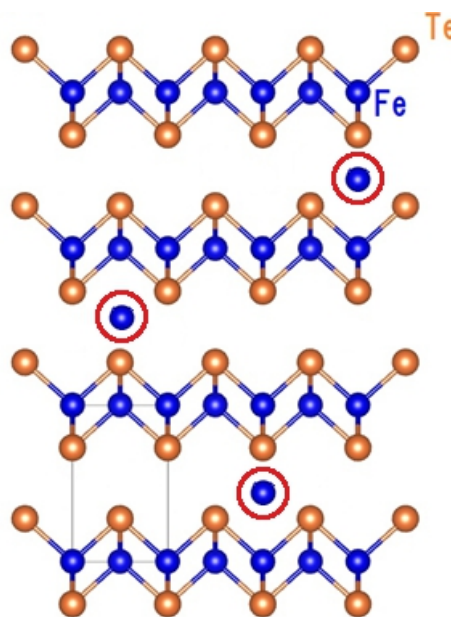


図 1. 11 系化合物 FeTe の結晶構造。
図中の赤丸が過剰鉄。

慶應大先端研が開発したメタボロミクス手法であるキャピラリー電気泳動-飛行時間型質量分析装置 (CE-TOFMS) はイオン性の低分子を数百種類同時に定量することが可能で、医薬品や食品、酒への応用例もあります。この CE-TOFMS を用いて実験に使用した酒に含まれる成分を網羅的に定量し、それと超電導体積率を比較することで超電導を誘発する“候補物質”を絞り込みました。その結果、得られた候補物質がリンゴ酸・クエン酸・β-アラニンです。実際に超電導誘発作用を持つかを検証する為、これらを溶かした水溶液で $\text{FeTe}_{0.8}\text{S}_{0.2}$ を煮たところ、超電導化することを確認しました (図 2)。

次に、これら候補物質がどんな働きをしているかに着目しました。リンゴ酸・クエン酸・β-アラニンはいずれも金属イオンを挟み込むように結合するいわゆるキレート作用があります。そこで、これらが試料から金属イオンを奪っていると考え、試料を煮た後の溶液を誘導結合プラズマ発光分析法 (ICP-AES) で定量したところ、層間に存在していた過剰鉄が溶出 (デインターカレート) していることが判明しました (図 3)。これまでの 11 系に関する研究報告から、結晶中に過剰鉄が存在すると構造・磁性・伝導に大きな影響を及ぼし、超電導が抑制されることが知られていました。これはつまり、過剰鉄をデインターカレート出来れば抑制されていた超電導を誘発できるということで、今回、キレート作用によりそれを実現することが出来ました。

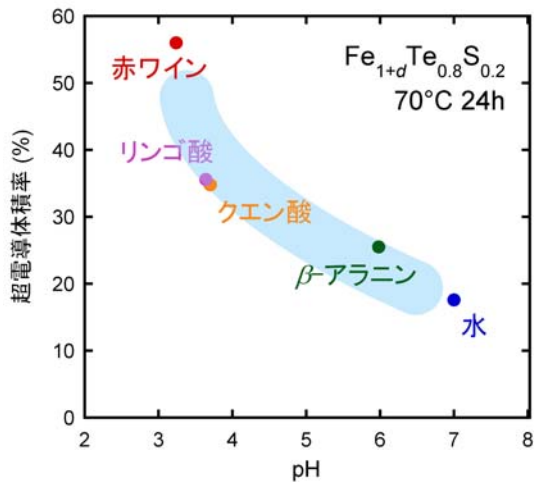


図 2. 赤ワイン及びリンゴ酸・クエン酸・β-アラニン水溶液で煮た $\text{FeTe}_{0.8}\text{S}_{0.2}$ の超電導体積率

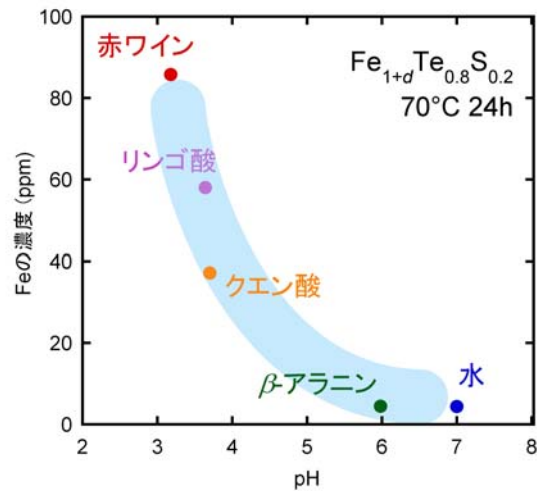


図 3. 赤ワイン及びリンゴ酸・クエン酸・β-アラニン溶液中に溶出した鉄イオン濃度

以上のことから、試料を赤ワインなどで煮込むとキレート作用によって、超電導発現を阻害していた過剰鉄がデインターカレートされるという現象が生じ、その結果、超電導が誘発されたといえます⁵⁾。過剰鉄が超電導に悪影響を与える可能性は、 $\text{FeTe}_{0.8}\text{S}_{0.2}$ に限らず関連する鉄系超電導体すべてに言えることから、これまで超電導体の有力候補でありながら超電導性を示さなかった物質に対しても本成果は応用できる可能性があります。

参考文献：

- 1) Y. Kamihara *et al.*, J. Am. Chem. Soc. 130 (2008) 3296.
- 2) K. Deguchi *et al.*, Physica C 470 (2010) S340.
- 3) Y. Mizuguchi *et al.*, Phys. Rev. B 81 (2010) 214510.
- 4) K. Deguchi *et al.*, Supercond. Sci. Technol. 24 (2011) 055008.
- 5) K. Deguchi *et al.*, Supercond. Sci. Technol. 25 (2012) 084025.

回答者：独立行政法人 物質・材料研究機構 ナノフロンティア材料 出口啓太 様

[超電導 Web21 トップページ](#)

「Web21 についてのご意見・ご感想、「読者の広場」その他で取り上げて欲しい事項、その他のお問い合わせは、超電導 Web21 編集局メール web21@istec.or.jp までお願いします。」