

読者の広場

Q&A

Q : 「世界一複雑な原子配列を持つ高温超電導体を発見、との新聞記事がありました。どのような構造なのでしょう。また、今後どのような研究が進められるのでしょうか?」

A : 私はよく銅酸化物や鉄系高温超伝導体の構造をサンドイッチに例えています。銅酸化物高温超伝導体では CuO_2 面が、鉄系では FeAs 面がサンドイッチのパンに相当します。今のところ 2 種類のパンしかないの、おいしいサンドイッチを作るには (超伝導転移温度を高くするには) その間に挟む具材 (層間物質) を工夫するしかありません。これまでに鉄系超伝導体で見つかった具材は大きく 3 種類に分類できます。第一がアルカリ金属やアルカリ土類金属で、 LiFeAs の Li や BaFe_2As_2 の Ba がこれに該当します。この具材は素材が限られているので物質のバリエーションは出尽くした感があります。この仲間では $(\text{Ba}_{0.6}\text{K}_{0.4})\text{Fe}_2\text{As}_2$ が最高の転移温度 38 K を示します。第二は蛍石構造から派生する層間物質で、 LaFeAsO の LaO や CaFeAsF の CaF があります。このグループで鉄系最高の転移温度 56 K が得られています。この具材も素材が希土類やアルカリ土類金属に限られるので、物質探索は尽くされたといえます。第三が金属酸化物からなる具材で、 $\text{Ca}_4(\text{Mg}, \text{Ti})_3\text{O}_8$ を挟んだときに 47 K で超伝導を示します。このグループは素材のバリエーションが豊富で、東大グループが積極的に物質開発を進めています。今回新聞で報道された 38 K で超伝導を示す $\text{Ca}_{10}(\text{Pt}_4\text{As}_8)(\text{Fe}_{2-x}\text{Pt}_x\text{As}_2)_5$ は、これらのどれにも属さない第四の層間物質 $\text{Ca}_{10}(\text{Pt}_4\text{As}_8)$ — ヒ素化合物 — を含んでいます。このような共有結合性の強い具材は、銅酸化物高温超伝導体には無かったもので、鉄系超伝導体の物質としてのポテンシャルの高さを示すものと言えます。結晶構造は FeAs 面と Pt_4As_8 面が交互に積層し、それらの間に Ca イオンが挿入されたものです。単斜晶と対称性が低く、また単位胞に含まれる原子数も多いので「世界一複雑な」といういささかジャーナリスティックな報道になってしまいました。構造のもう一つの特徴として Pt_4As_8 面が分子状のヒ素 As_2 からできていることが挙げられます。ヒ素の化学は面白くて、福井謙一とノーベル化学賞を共同受賞したロアルド・ホフマンが、固体中での分子状ヒ素 As_2 の形成と解離の理論を提唱しています。 As_2 分子の反結合分子軌道 s^* と遷移金属の d バンドのエネルギー的な拮抗が重要です。 $\text{Ca}_{10}(\text{Pt}_4\text{As}_8)(\text{Fe}_{2-x}\text{Pt}_x\text{As}_2)_5$ の複雑な原子配列 - 分子状ヒ素 As_2 の形成 - もホフマン流の理論から理解できそうです。今後は、このようなヒ素の化学を積極的に利用した物質開発を進めていく予定です。特に、分子状ヒ素の形成・解離のきわにある物質が、電子状態の揺らぎも相まって、高い温度で超伝導を示すのではないかと想像しています。

回答者：岡山大学大学院自然科学研究科 教授 野原 実 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。」