

トピックス

クロムに7つの水素を結合させることに成功

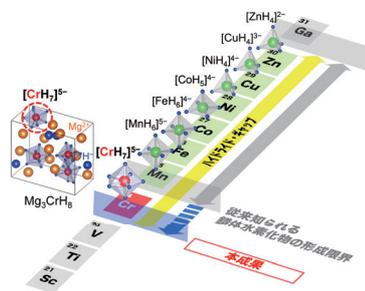
—ハイドライド・ギャップの克服へ—

東北大学金属材料研究所の高木成幸助教と同大学原子分子材料科学高等研究機構 (AIMR) の折茂慎一教授らの研究グループは、日本原子力研究開発機構、高エネルギー加速器研究機構、豊田中央研究所との共同研究において、これまで水素と結合しにくいと考えられてきたクロムに7つの水素が結合した水素化合物を合成することに成功した。

金属元素の中には、単独では熱力学的に安定な水素化合物を形成しない元素群 (=ハイドライド・ギャップ) が存在する (下図)。一方、これらの元素は錯体水素化合物を形成することで多くの水素と結合することができる。唯一の例外がクロムであり、単独でも、また錯体水素化合物においても、何れも水素とは結合しないと考えられてきた。

今回研究グループは、水素が特定の対称性をもってクロムに配位するとき、一般的な金属元素よりも多くの水素が結合した錯体水素化合物が形成されることを理論的に予測した。また理論予測に基づき、クロムを含む新たな錯体水素化合物 Mg_3CrH_8 の焼結体を得ることに成功し、中性子線と赤外線を利用して実際にクロムと7つの水素が結合した陰イオン $[CrH_7]^{2-}$ が含まれていることを確認した。この成果は、長年の課題であったハイドライド・ギャップを克服することにも繋がった (下図)。

水素を高密度に含む水素化合物は、水素貯蔵材料に加えて超伝導材料としての応用が期待されるなど、近年多くの注目を集めている。本結果は、水素を高密度に含む水素化合物の探索に向けて新たな指針を提示する重要な成果であり、今後の水素化合物研究を大いに促進することが期待される。



(東北大学金属材料研究所 助教 高木成幸・教授 折茂慎一 連絡先: 〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1, E-mail: shigeyuki.takagi@imr.tohoku.ac.jp)

URL: <http://www.hydrogen.imr.tohoku.ac.jp/>

[2015年7月27日]

鉄カルコゲナイド超伝導体の超伝導転移温度の大幅な上昇

東京大学大学院総合文化研究科の今井良宗助教、前田京剛教授らの研究グループは、鉄カルコゲナイド超伝導体の超伝導転移温度 (T_c) を、従来と比較して1.5倍に上昇させることに成功した。これは、従来の手法では合成が困難であった組成を持つ鉄カルコゲナイドの薄膜を作製することによって実現したものである。

鉄カルコゲナイド超伝導体 $FeSe_{1-x}Te_x$ は、2008年の発見以来精力的に研究が進められている鉄系超伝導体の一つである。この物質の結晶構造は、鉄とカルコゲン (Se/Te) で構成される四面体から成る層が積層した非常に単純なものであることから、メカニズム解明を目的とした基礎研究、あるいは、超伝導線などさまざまな応用化を目指した研究の両面から非常に精力的に研究が行われている。ところが、この物質は、従来の合成手法では、特定の組成領域 (Te 量 $x=0.1-0.4$) においては、スピノーダル分解による相分離が存在するために、単一組成の固溶体を得ることができないという問題があり、同物質の系統的な研究を行う上で、大きな足かせとなっていた。

今回、東京大学のグループでは、パルスレーザー堆積法を用いて、フッ化カルシウム基板上に鉄カルコゲナイド薄膜を作製することによって、全組成領域にわたって、スピノーダル分解を観測することなく単一組成の固溶体を得ることが可能であることを初めて見いだした。薄膜作製は、非平衡プロセスで反応が進むことから、従来、相分離が不可避であるとされていた組成領域であっても、準安定的な相として合成が可能になったものと考えられる。さらに、作製した薄膜の T_c を調べ、超伝導転移温度相図を作成したところ、従来相分離が存在するとされていた組成領域である Te 量 $x=0.2$ において、最高の $T_c \sim 23$ Kを示すことが明らかとなった。この値は、従来バルク結晶で知られていた値の1.5倍という高い値である。また、一般に鉄系超伝導体の超伝導転移温度相図はドーム状となることが知られているが、今回得た相図は $x=0.1-0.2$ の領域で T_c が急激に変化しており、それとは異なる振る舞いをしていることもわかった。現時点で大幅な T_c の上昇の理由や $x=0.1-0.2$ の領域での急激な変化の起源は明らかではないが、今回、系統的に組成を変化させた試料を作製することが可能になったことで、この系の超伝導のメカニズム解明に向けた研究が飛躍的に進展していくことが期待される。

(東京大学 今井良宗・前田京剛 連絡先:

〒153-8902 東京都目黒区駒場 3-8-1

E-mail: imai@maeda1.c.u-tokyo.ac.jp,

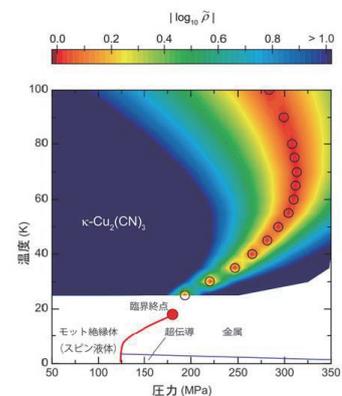
cmaeda@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp)

URL: <http://maeda3.c.u-tokyo.ac.jp/>

[2015年7月30日]

金属とも絶縁体ともつかない電子の量子臨界流体

電子は電荷を持つために、物質中で互いに反発し合っている。反発力が大きいと、電子は互いにおつかることを避けるため自由に動けず、絶縁体 (モット絶縁体と呼ばれる) になる。一方、反発力が小さくなると電子は波として動けるようになり、金属になる (モット転移)。この金属と絶縁体の狭間では、電子はどのような状態にあるのか? 東京大学大学院工学系研究科の古川哲也博士 (現在 東京理科大学助教)、宮川和也助教、鹿野田一司教授らを中心とする研究チームは、3種類の有機分子性結晶に圧力をかけることによりモット転移を起こし、絶縁体から金属に変わる際の電子の状態を電気抵抗測定によって調べた結果、物質に依らない電子の超臨界流体が実現していることがわかった。



研究チームが用いた3種類の分子性結晶は、どれもが圧力によって絶縁体から金属へ変わる。この絶縁体から金属への転移は急峻な1次転移であるが、温度-圧力相図に描くと、原子分子の気体-液体転移のように、1次転移線 (図の赤い実線) はある有限温度で終端する。この臨界温度以上では、原子分子系なら超臨界流体となるのであるが、電子系ではどうか? 研究チームは電気抵抗の圧力依存性と温度依存性を詳細に測定し、解析した結果、3種類の物質の電気抵抗が共通して量子臨界スケール則と呼ばれる量子臨界流体に期待される振る舞いを満たすことがわかった。これは、結晶中の電子は、低温では金属か絶縁体のどちらかの状態に陥るのに対し、臨界温度より高温では、金属とも絶縁体ともつかない電子の量子臨界流体 (超臨界流体の量子版) が実現していることを示している (図の色は、スケールリングのために規格化された電気抵抗の対数の絶対値を表したものである)。色が変化している領域で電子が量子臨界流体になっている。新しく見つかった量子臨界流体は、それが持つ大きなゆらぎを背景に、新しい電子状態や物性機能の開拓へと発展することが今後期待される。

(東京大学大学院工学系研究科 教授 鹿野田

一司 連絡先: 〒113-8656 東京都文京区本郷

7-3-1, E-mail: kanoda@ap.t.u-tokyo.ac.jp)

URL: http://park2014.itc.u-tokyo.ac.jp/kanoda_lab/

[2015年8月6日]