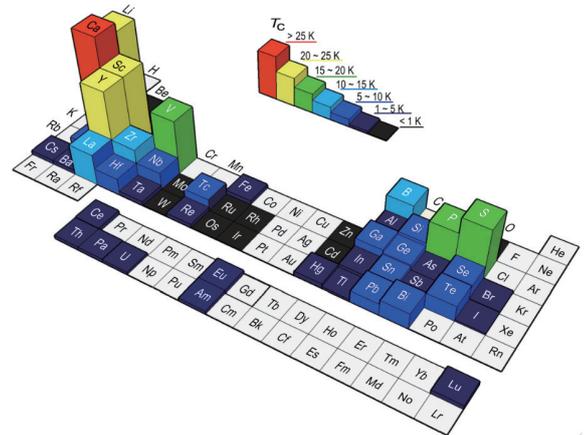


メガバール科学：超高压力による物質研究

<スタッフ> 清水 克哉 教授、加賀山 朋子 准教授、中本 有紀 技術専門職員

物質を極限まで圧縮した状態で現れる現象や性質を調べています。普段の私達の生活の中では量子力学を意識する事はないでしょう。しかし極限状態の世界ではその量子現象が顔をのぞかせます。近年の物質科学には高圧力を使った研究が欠かせません。それは圧力は物質を構成する原子の距離を直接的に操作でき、物質の性質を大きく変えることができるからです。高圧力下では絶縁体が金属になったり超伝導化したりという劇的な変化が現れるのがその例です。我々は超高压力下の元素の超伝導性に注目して研究を進めて、リチウム、ホウ素、酸素、硫黄、カルシウム、臭素、ヨウ素、鉄、ユーロピウムにおいて、世界初の超伝導を発見することに成功しました。超高压力は非常に微細な領域に発生するので、その状態の構造を調べるには、大型放射光施設 SPring-8 の強力な X 線を利用します。このように超伝導体の結晶構造を明らかにすることで、新しい超伝導体の開発や性能向上を目指しています。圧力によって物質の性質（物性）を極限まで追求して、人類の新たな知や社会に役立つものづくりにつなげていく研究を行っている研究室です。



元素の周期表をそれぞれの元素で観測された超伝導転移温度の最高値をつかって立体的に示した。周期表の左右の端や上端のほうが高伝導転移温度の高い元素が位置していることがこの表より明らかになってきた。水素やフッ素に高温超伝導の可能性を示唆している。

高エネルギー密度

TOPICS1

リチウム (Li) の超伝導

高圧力下の電気抵抗測定により 48 GPa で 20 K の超伝導を発見した。驚くことにさらに加圧していくと半導体になり超伝導は消失した。典型的な金属元素が示す複雑な相変化はこれまでの概念を覆すものといえる。

TOPICS4

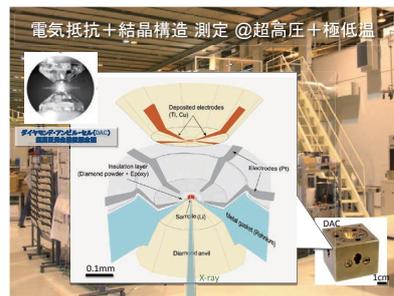
カルシウム (Ca) の超伝導

50 GPa 以上で超伝導が現われ、加圧とともに複雑な結晶構造が現れるが同時に超伝導温度が上昇し、200 GPa 以上では現在の元素の超伝導転移温度の最高記録である 29 K に達することを発見した。

TOPICS2

酸素 (O) の超伝導

酸素分子は極めて身近な気体であるが、加圧すると約 100 GPa で金属になり、冷却すると超伝導が 0.6 K で観測された。結晶構造解析からは金属状態でも分子を保っており、分子金属酸素が超伝導を示したことが明らかになった。

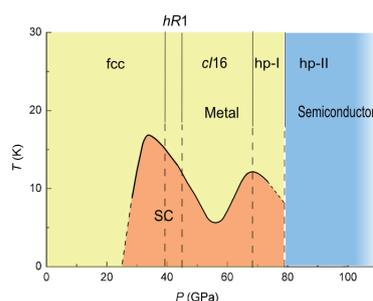


超高压力下で超伝導測定と結晶構造を同時に測定するセットアップ。ダイヤモンドを用いた高圧装置で試料を加圧し、その電気抵抗を測定すると同時に放射光 X 線を試料に照射することにより、その場で結晶構造を測定することができる。

TOPICS3

鉄 (Fe) の超伝導

磁性と超伝導は相容れないと考えられてきたが、典型的な強磁性金属である鉄が 20 GPa 以上では磁性を失い超伝導になることを発見した。鉄の超伝導は単なる非磁性金属の超伝導ではなく、磁性が超伝導にかかわっているのではとの意見もある。



リチウムの温度圧力相図。金属（黄色）の低温部分に超伝導相（オレンジ色）が存在する。高圧下では半導体相（水色）が現れ、超伝導は消失する。