

8万気圧

超高压力下で新物性

▼大阪市大と理研の研究グループ▲

有機物質で金属状態実現

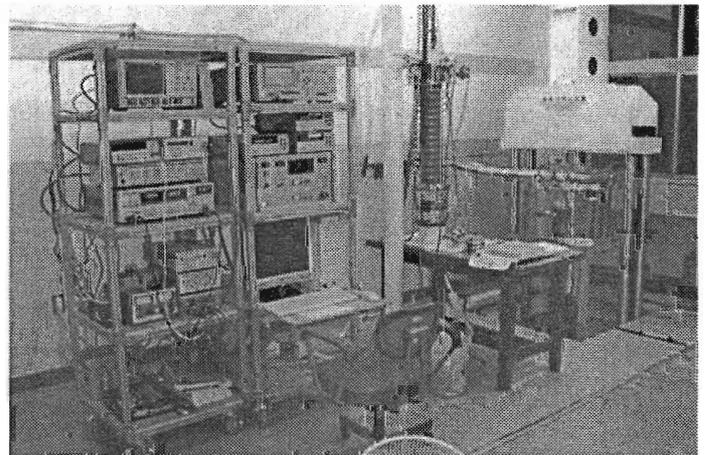
有機物は通常、電気を通しにくい絶縁物。これを銅やアルミニウムのような金属にするのは研究者の「夢」であったという。大阪市立大学、理化学研究所の研究グループは、8万気圧の超高压力を有機物質(TTF-TCNQ・テトラチアフルバレン・テトラシアノキノジメタン)に加えた結果、約270度Cという極低温で金属状態を実現させることに成功した。

有機分子からなる分子性導体は、分子どうしが主にファンデルワールス力で結合しているため、柔らかい。圧力をかけると分子間の距離がどんどん縮まり、分子性導体の電氣的・磁氣的性質は劇的に変化する。研究グループが注目したTTF-TCNQは1970年代に合成された物質。53K(約220度C)以上では絶縁体だが、それ以下では絶縁体になってしまう。その理由として、ある方向に分子が重なった1次元的構造を持つためであると考えられている。平面的なTTF分子とTCNQ分子がそれぞれ面と面を向かい合わせで積み重なって1次元的な分子鎖を形成しているた

め、電子は主にTTF鎖およびTCNQ鎖に沿って動くのである。

大阪市立大学大学院理学研究科の博士研究員であった安塚周磨・筑波大学大学院講師によると「1次元金属である故に、低温で絶縁体となってしまいうTTF-TCNQは、有機伝導体の典型で、超高压による金属化の可能性を探ってきた」

という。常圧下では、約53K以下で絶縁体となるが、約2万気圧の圧力下では電荷密度波の波長と分子配列の周期が合って、電荷密度波はさらに安定となり金属化



実験に使用したキュービックアンビル超高压発生装置

がますます難しくなる。金属化を実現するためには、超高压技術を用いて金属化に挑んだ。

その結果、7万気圧以下では、圧力の増加に伴って絶縁体状態への転移は緩やか

に抑えられているが、低温では電気抵抗率が増大し、絶縁体となってしまった。ただ8万気圧における電気抵抗率は、電荷密度波の形成によるコブ状の振る舞いを示すものの、25K(約248度C)以下では温度の低下にもなって減少し、低温で有限の電気抵抗率をもつ金属的な挙動を示した。これにより不可能と思われていたTTF-TCNQの金属化がほぼ実現した。

安塚講師の話「1次元金属の低温での絶縁体化に対し、高圧力による金属化の実証ができ、これは新しい原理に基づく超伝導の可能性への夢を与える。今後は高圧・低温での物質の性質を精査し、金属化が不可能と思われていた他の有機物質に対しても、超高压力下の超伝導を含めた新物性の探索に挑戦したい」