



材料科学研究所 主任研究員
塚田 一郎

独自の実験設備で高温超伝導体のメカニズムを解き明かしたい。

薄膜作製のための強力な武器を手作りで

高温で超伝導を示す材料が開発されれば、基礎物理にとつて圧倒的なインパクトがもたらされる。もちろん線材などへの実用化がもたらす電気事業への貢献は、はかり知れない。一時の熱狂こそ収まったとはいえ、1986年に銅酸化物が高温超伝導材料になり得ると発表されて以来、世界は高温超伝導材料の創製に凌ぎを削ってきた。電力中央研究所 材料科学研究所主任研究員の塚田一郎氏もまた、意欲を燃やす一人だ。

塚田氏が超伝導の研究に本格的に着手したのは、修士課程在学中の89年のこと。当時から取り組んでいるのは、超伝導の基本となる二次元正方格子である銅・酸素 (CuO_2) 面と絶縁層を重ねた構造体の作製である。層間に閉じ込められた電子から銅・酸素面に電荷が供給されて超伝導現象が起こる転移温度は、層数に比例して上昇する。しかし、原料を混ぜて電気炉で焼くという手法では、積み上げる層数に限りがある。そこで、十二単衣のように1枚ずつ精緻に原子層を吸着させる結晶成長法に行きつく。塚田氏は、超高真空装置内で銅酸化物を成長させるために、強酸化力のあるオゾンガスに着目した。

99年に電中研に入所、それからの1年間は、独自の結晶成長装置の開発に費やされた。特にオゾン精製・供給装置は手作りにもかかわらず。酸素ガスをオゾン発生器に通してできる O_2/O_3 混合ガスをさらに蒸留し、 O_3 のみ液化貯蔵できるものだ。貯留部分を可視化したため、安全に配慮しながら十分な量を貯められる。また、超高真空下で、レーザーを固体材料に当

て飛ばすレーザー分子線エピタキシー装置を採用したことで、単一元素だけでなく化合物も、制御しながら容易に供給できるようになった。こうして、「超高真空下で薄膜の作製から評価まで一気にこなせる、強力な武器が仕上がった」。

多重な研究ネットワークで試行錯誤を重ねる

既に、自作の試料によって超伝導現象を観測しているが、転移温度は30Kと低く、まだまだ十分な成果とはいえない。180K(マイナス100℃を上回る)が当面の目標だ。研究パートナーで単結晶を専門とする、安藤陽一グループリーダーとディスカッションを尽くし、緻密にデザインルールを探る。

現在注目している設計ルールがある。超伝導とは、2つの電子がペアを作ったうえに、位相が揃うことで金属内をスムーズに動けるようになって起こされる。電子を多く入れればペアは組みやすく位相も揃いやすいが、低温でなければならぬ。電子を少しだけ入れて高温でペアを組めないことはないが、位相が揃いにくい。この温度条件と位相の揃いやすさを担う部分を空間的に分けることができれば、さらに高い温度で超伝導が実現できるかもしれないという。

自身が大学在籍中に築いた薄膜関連の研究ネットワークに、安藤氏が先導していた超伝導物理の国際的ネットワークが加わり、研究は厚みを増した。今年度からは超伝導チームに大学院生を含む2人のスタッフが合流し、若い力から刺激を受けると共に、設計にも実験にも弾みが付く。

オゾン精製など自作の装置を使って、超伝導体に限らない新素材の開発へと可能性も広げているが、その軸足はなお超伝導に置く。「物理全体を見渡しても、こんなにチャレンジングな問題はない。何とか壁を打破したい」と、学生時代、敢えて厳しい世界へと飛び込んだ頃の意欲は衰えを知らない。「他の人の研究テーマと比べると、ゴールは遠いかもかもしれませんが、明日にも到達できるかもしれない面白さがありますから」。

