



若者

## 高温超伝導体に夢を求めて

藤原 康文\*

1986年9月に出版された Zeitschrift für Physik B—Condensed Matter という学術論文誌にスイス IBM チューリッヒ研究所の J. G. Bednorz と K. A. Müller による論文がひっそりと掲載された。その題名は “Possible High Tc Superconductivity in the Ba-La-Cu-O System” で、当時知られていた Bi-Pb-Ba-O 系以外の新しい酸化物において 30K での超伝導転移の可能性を示唆するものであった。この発表はしばらく陽の目を見ることがなかったが、東大グループにより追試され、マイスナー効果の確認から超伝導現象であることが示された。それが同年12月であった。

翌年2月の C. W. Chu ら (ヒューストン大) による臨界温度 90K を示す Y-Ba-Cu-O 系の発見を機に、従来の超伝導屋に加えて化学、半導体といった、あらゆる分野から研究者が続々と酸化物高温超伝導体研究に集まり、いわゆる “超伝導フィーバー” が始まった。これはその臨界温度が液体窒素温度を超えているという点で工業的に魅力があることもさることながら、材料自身乳鉢と電気炉があれば容易に作製できるという手軽さがあったからである。言い換えれば、新材料の探索、材料物性の解明、薄膜化や線材化技術の確立、新機能デバイスの発案など、研究テーマには事欠かない前人未踏の楽園が目の前に広がっていたからである。かくゆう私もその超伝導フィーバーに身を置いた一人である。

今となってはフィーバーも鎮静化した感を受けるが、研究人口や研究費の増大によりここ2年ほどで高温超伝導研究は飛躍的に進展した。臨界温度に関しては Bi-(Pb)-Sr-Ca-Cu-O 系に

において 110K, Tl-Ba-Ca-Cu-O 系において 125K と上昇している。最近では Sb を添加した Bi 系で 132K が得られたという報告があり、まだまだ留まるところを知らない。また、伝導キャリアがホールである (p-タイプ) 先に述べた材料に対して、臨界温度がまだ低いものの電子が伝導に寄与する n-タイプ超伝導体が Nd-Ce-Cu-O 系で発見されている。薄膜化においては 400℃ という基板温度で高い臨界温度を示す良質な薄膜が得られている。層状構造であることを利用して層単位で薄膜を形成する試みも行われている。臨界電流に関しても 500万 A/cm<sup>2</sup> が実現されている。線材化技術も着実に進歩している。

1987年7月に我々の研究室ではこれら高温超伝導体からの発光現象を世界に先駆けて発表した。従来の金属系超伝導体とは異なり、適当な外部励起のもとで発光が観測されるのである。この研究の目的は大きく二つに大別される。

一つは非破壊でかつ高感度であるということから半導体研究において数々の成果を挙げてきた、光をプローブとした評価技術を本材料に新しく導入することにある。我々の研究室ではフォトルミネッセンス (PL) 測定から始まったこの研究は熱刺激ルミネッセンス (TSL) 測定を経て現在はカソードルミネッセンス (CL) 測定へと至っている。電子ビームを励起源とすることにより空間分解能を上げ、局所的な情報を得ることを狙ったことである。我々の発表に刺激されてか、高温超伝導体におけるルミネッセンス研究が次第に始まりかけている。今のところ超伝導現象との関連は明らかではないが、発光強度の温度依存性より超伝導との関わりを議論する論文も発表されている。

もう一つの目的は先に述べた研究から得られた知見を基にして発光機能を兼ね備えた新しいデバイスを発案することにある。これまで提案

\*藤原康文 (Yasufumi FUJIWARA), 大阪大学基礎工学部, 電気工学科, 小林研究室, 助手, 工学博士, 電子材料工学

されている高温超伝導体の応用は集積回路用配線、ジョセフソン素子、SQUID素子といった、容易に考えられるか、あるいは既に金属系超伝導体において実績のあるものに終始している。これでは材料としていくら高い臨界温度を有していても金属系に比べて多元素(たとえば、現在最も高い臨界温度を示すとされているSb添加Bi系においては7元素)からなるという本質的な制御性の困難さからこの材料自身を殺してしまう危険性がある。では、どうすればよいのか? 現段階で金属系超伝導体にはない、本材料固有の特性を探索し、それを有効に利用したデバイス発案への努力が必要であると考えられる。もし我々が提案しているような新機能デバイスが実現すればモノリシック超伝導光・電子集積回路(Super OE-IC)という新しい学術分野が開けるかもしれない。というのも、発光部以外の部分は従来の金属系の実績より動作原理やデバイス構造が明らかであり、テクノロジーさえ完成すればいつでも作製可能であるからである。

以上、マスコミまでもフィーバーに巻き込んだ高温超伝導体研究の現状と、その中で私自身が取り組んでいる研究テーマについて簡単に紹介した。材料自身発見されてまだ日も浅いこともあって、いろいろな点で夢を見ているところがあるかもしれない。しかしながら、私自身歯牙にかからない駆出しの研究者であるがバラ色の夢を見ることにより研究が始まるものと考えている。

1987年8月に京都で開かれた第18回低温物理国際会議に出席した際、高温超伝導体の発見者の一人であるJ. G. Bednorzを見た。ポスター会場片隅の飲物コーナーで一人タバコをふか

しながらコーヒーを飲んでいるところであった。何の変哲もない普通の人である。しかし、この彼によって一体何人の人間が夢を見、動かされているであろうか。高温超伝導体発見にいたるまでの過程を何かの本で読んだことがある。約2年ものあいだひたすら自分の考えを信じて出発材料の種類や組成を変えて乳鉢をこね続けていたそうである。その間外部に対して何ら学会発表ができなくともそれに耐える信念の強さに驚かすにはいられない。

話が脇道に反れるかもしれないが、何故そのような研究スタイルが日本では難しいのであろうか。最大の原因は研究費も含めた研究環境にあると考えられる。日本の企業では利潤の追求を優先させるため、このような野のものとも山のものとも分からない研究に人と金をつぎ込む余裕はないであろう。では、大学ではどうか。まず研究費がつかないのではないか。というのも、現在研究費を獲得するには、はやりで、かつある程度勝算の高い研究テーマでないと無理だからである。研究費がないから大きな研究ができないという気は毛頭ないが、全くなくとも研究ができるというものでもない。特に、今回の高温超伝導体の発見には乳鉢と電気炉さえあれば充分であったが、これは非常に稀な例ではないだろうか。外国の物まねでここまで発展してきた我が国であるが最近独創性という言葉をよく耳にする。ゆったりとした研究費のなかで気長に自由に研究を行う雰囲気作りがそろそろ必要ではないだろうか。無駄な投資や回り道が増えるかもしれないが、“失敗は成功への糧”なのだから。

終わりに、本欄への執筆を勧めていただいた梅野正隆先生に深く謝意を表します。