

限りなく前進する高温超伝導材料



夢はバラ色

小林 猛*

1. 極低温冷却からの脱出

我々が普段手にする多くの金属や酸化物導体を極低温（液体ヘリウム温度4.2K以下）に冷却すると、その中の電子状態が一変して、超伝導体に転移することはよく知られている。70年以上も前に、オランダのオネスによって発見された超伝導特性は、完全ゼロ抵抗・完全反磁性・巨視的スケールの量子効果で代表される、いわば材料の極限的性質であった。このために、物理領域での興味ある研究対象に留まらず、工学分野では応用研究の重要なターゲットとして期待されてきた。しかしながら、超伝導に付いてまわる極低温冷却という境界条件は、想像以上に厳しいものであったために、特殊な応用を除けば実用性という観点で、かなり悲観的な見かたが定着していた。材料研究グループの努力にもかかわらず、超伝導転移温度の上昇は極めて緩いカーブにのっていた。直線近似をするならば、カーブの傾きは実に0.5K/年にも満たない小さなものであった。ここ15年間は Nb_3Ge 化合物で達成された23.5Kが天井となって、これを破ることすら夢のまた夢といった気運さえ漂いはじめていた。

夢であるはずのことが、現実に入ったのである。悲願であった高温超伝導材料が、米国ヒューストン大学のチュー教授らにより合成されたことが、本年2月16日に全世界に向けて発表された。転移温度が85K以上にも達したために、安価な液体窒素冷却が超伝導の世界で使えるようになった訳であるから、この成果のインパクトは測り知れない大きなものであった。高温超

伝導セラミックス開発の先駆者であるベドノーツとミューラ（IBM）が、LaBaCuO系で30Kを記録してから僅か10ヵ月後の快挙であった。特許申請の関係から、チュー教授らはこの新超伝導材料の詳細を当初明すことがなかったために、その追試を急いだ研究グループは、我々を含めて、まるで暗闇を駆けまわるような思いであったが、夢を一時も早く自分の掌中にしようと時を忘れて、研究に没頭したことを、まだ昨日のこのように思い出せる。結局のところ、高温超伝導相はY-Ba-Cu-O層状ペロブスカイト構造であることが判明し、組成も $Y_1Ba_2Cu_3O_{6.5}$ と決定されるに至ったが、この間、私自身の手で、種々混ぜ合わせて実験を行ったサンプルは数えきれない量に達していた。初めて77K（液体窒素温度）を越えた超伝導転移を目の前に見たときの感激を、恐らく終世忘れることはあるまい。

2. 大盛況に終わった阪大シンポジウム

(4月6日)

超伝導が液体窒素温度を越えた事実が、研究界・産業界を問わず、広く社会全体に与えた影響は著しく大きい。3月末に開催された物理学会や応用物理学会のワークショップには、予想をはるかに越える1000人以上の参加をみ、議論も夜11時まで続くフィーバーぶりであった。高温超伝導の研究が、かくも騒々しくなるとは予想できなかったものの、私なりにこの新素材の重要性は2月の時点で明確に認識できていた。そして出来るだけ早期に、関西の大学や企業を対象にしたシンポジウムを開催することにより、急流と化したこの研究に乗り遅れないように活性化する必要を強く感じていた。幸い、私の研究仲間の教授2名（広大の藤田、長岡技科大の山下両教授）の協力、そして工学部付属超電導

*小林 猛 (Takeshi KOBAYASHI), 大阪大学基礎工学部, 電気工学科, 助教授, 工学博士, 電子デバイス工学

工学実験センター長（三石教授）の協力によりシンポジウム「高温超伝導材料の作製と応用」を阪大基礎工学部・工学部の共催で開けるはこびとなった。学会の協賛もさることながら、数種の新聞が阪大シンポジウムを大きく報道したために、3月の1ヵ月間はほとんど電話の問い合わせにふりまわされていた。



4月6日、シンポジウム案内には午後1時開催と明記しておいたにもかかわらず、既に午前10時には会場のシグマホールに席をとっている参加者が結構みられた。まるで後楽園球場の巨人一阪神戦である。正午にはメイン会場のディスプレイ室は満席（約250名分の席を設けた）となり、以後の参加者には隣の 세미나室やロビーでディスプレイによる聴講をお願いした。参加者名簿によれば、記入された方だけでも400余人に達していた。この研究の火つけ役となった東大工学部、電総研、阪大、広大、長岡技科大、府立工技研、そして企業側からNTT、関電、住電、三菱、松下、島津、新日鉄、京セラダイヘンの第1線研究・技術陣が一同に会して最新のデータを紹介しあうと共に、具体的な超伝導応用に関するパネルディスカスを、パネラー全てを企業サイドにお願いして進めた。5時終了の予定が延々2時間も超過したために、さぞかしきついお叱りがくるものと覚悟していたが、今はこの程度の延長はあたりまえ、ということ逆で逆の励ましの言葉を頂戴できたのにも驚きであった。このシンポジウム開催に際して、

研究室の喜多・藤原助手、神代・坂口技官、大学院生、そしてアルバイト学生の川口ユウコ嬢の並々ならぬ尽力があった。紙面を借りてお礼を申し上げたい。

3. 材料品質の向上進む

YBaCuO系から出発した高温超伝導材料も、その後の急激な開発研究により、Yを他のランタナイド系元素で置換できることがわかり、材料の選択に大きな自由度が生まれた。このうちとくに興味があるのは、スピン相互作用で超伝導性を低下させるはずの磁性元素（例えばEr, Hoなど）までが、94K級の高温超伝導セラミックを形成できることである。デバイス应用には欠かすことの出来ない薄膜化研究が飛躍的に進歩している。我々の研究室では、ErBaCuO系のスパッタリング成膜に初めて成功し、84Kの転移温度を記録した（6月24日付、日刊工業新聞）。薄膜研究はエピタキシャル技術に支えられて、高温超伝導材料を将来確実に発展させる重要な鍵を握っていることを強調しておく。

YBaCuO系材料で、常温近くから抵抗が大きく減少しはじめる現象があることを我々は早くから見出しており、3月の応用物理学会で発表した。データが不十分であったために、常温超伝導と大声で言うだけの勇氣はそのときなかった。最近になって、欧米のいくつかの研究機関から、つづいて国内からも常温超伝導のきざしを観測したとの報告が相次いで行われ、まさに今は常温超伝導の夜明け前を感じさせる。

4. おわりに

高温超伝導材料の開発競争は、その速度を緩めることなく、前進の上に前進を重ねている。我々の提案する新しい超伝導トランジスタの実用化も近くに迫ってきた感もする。新材料の開発と新超伝導エレクトロニクスの構築に、夢が限りなく広がる研生活を送っている次第である。