

見聞記

第18回低温物理学国際会議
(LT-18)に参加して

A Slant View of LT-18

村上吉繁*
Yoshishige Murakami

62年8月20日から一週間に亘って京都国際会議場で行われた標題の会議は、これまで低温の国際会議として最も権威が高くこの領域の進歩の指標となるようなすぐれた内容の報告が厳選されて発表されて来た。

しかし液体窒素温度(絶対温度77k)以上の90kで常電導状態より超電導状態への転移を生じる新超電導材料の発見は、その内容を一変させた。新超電導関係の論文はほとんどポスター形式(約180編)となり、これに特別シンポジウム(招待論文5件)三回のディスカッショントーク、さらにロンドン賞記念講演があった。

特別シンポジウムにおいてLT-18(Low Temperature)をHT-1(High Temperature)とすべきであるというコメントもあった。ロンドン賞は、ロンドン方程式によって超電導の現象論的説明にすぐれた成果を挙げ、また液体ヘリウムが1.8kで特異な超流動の振舞を示すことに鋭い洞察を加えたF. Londonを記念する賞である。本年のロンドン賞は近藤効果で知られる我国の近藤淳氏、また本大会の主役となったBednorz氏およびMüller氏も受賞された。Bednorz, Müller両氏はその後本年のノーベル物理学賞も受賞したのは周知のとおりである。

Müller氏が金属酸化物系超電導物質の研究を思い立ったのは八年前である。超電導現象についてはBCS(Bordeen-Cooper-Schrieffer)の微視的理論があり、二個の電子と格子の相互作用によって説明されて来た。すなわち二つの電子は互に反撓するものであるが、その間に陽電荷を帯びた結晶格子のイオン(原子芯)の振動(フォノンと呼ばれる)が介在すると、これらの相互作用によって相互に引きつけ合う力が働きクーパ対と呼ばれる電子対を形成する。この電子対は多数で同一の重心運動を行い超電導電流となる。

Müllerはこのような電子-格子間相互作用の強い物質を見つければ高温超電導が得られると考えた。そこで多原子分子において安定な状態をとろうとすると原子が対称な配置からずれるというJahn-Teller効果に着目した。強い電子-格子作用はこの効果を示す物質が持っているに違いない。Cuイオン酸化物もその一つである。Bednorz氏とともに実験を重ねてついに目標に到達した。

このようにして発見された酸化物セラミック超電導体詳しく言えば層状のペロブスカイト・オキシサイド(Layered Perovskite Oxides)については、東京大学田中昭二教授も十年間取り組んで来られた。バリウム鉛ビスマスオキシサイド($\text{BaPb}_{1-x}\text{Bi}_x\text{O}_3$)の超電導メカニズムの研究中にMüllerらの研究を知り、彼等の発見した $(\text{La, Ba})_2\text{CuO}_4$ (La-Ba-Cu-O系物質)が35kで超電導転位をおこすことを確認するとともに構造解析を完成した。結果を61年12月8日に論文として発表され、フィーバに火をつけたことはよく知られておりLT-18の主役の一人であった。

明けて2月16日にもう一人の主役ヒューストン大学のC. W. Chu教授の見つけた $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ (Y-B-Cu-O系物質)は90Kの超電導転位を示した。

La-Ba-Cu-O系物質ではCu原子を中心にO原子が正八面体状に取り囲んでいる。Y-B-Cu-O系ではこのOが一部抜け落ちている。LT-18では、このようなペロブスカイト系酸化物については、他にも長い間にわたって取り組んで来た研究者がすぐれたデータを示した。今回の発見がBednorzとMüller両氏のみならずノーベル賞をもたらしたものの、その背景には多くの人々の層の厚い研究の積み重ねがあったことが忘れられない。

これまで十数年以上超電導転位温度は絶対温度二十数度の壁が破れなかったのが一挙に90kを越えてしまうとフィーバとなり常温超電導も夢でないとなる。大

*大阪大学工学部超電導工学実験センター助教授

〒565 吹田市山田丘2-1

きな期待をすべての人から寄せられるこの常温超電導物質についてはいくつかの発表があったが、再現性と信頼性に疑問が残されたままとなった。しかし今回の酸化物系新超電導材料のなかのあるものでは、常温領域で何かが起っている筈ということは誰も否定していない。

それではこの物質の超電導のメカニズムについてはどうであろうか。MüllerはBCS理論に導かれて新物質に到達したのであるが、フォノン以外の機構が働いて電子対が形成されているとする理論が多く提案されている。62年末の今でも確実なことは何も言えない状態である。BCSの一人 Schriefferが、構造の様な純粋な単結晶を作り確実な実験データを積み重ねることが理論構成のための第一歩であると述べていたことは同感である。実際超電導が磁界をはじき出すマイスナー効果は、不純物や多様な結晶構造を含む材料を用いた実験のために発見がずい分遅れたのである。

新超電導材料の応用についてはどうであろうか。発見された材料で線材を作ろうとする努力の成果はLT-18でも数件発表されたが、材料の不安定性があり、

超電導通電のメカニズムが未だ確定していないこともあって試行錯誤がくり返されている。62年末において磁界零の状態では100 A/cm²に到達したとの報告もある。また大変感覚的に言って超電導転移温度が高くなると超電導臨界磁界も高くなる。百テスラ(1テスラ=10,000ガウス)位の高磁界が想定されているが、このような高磁界の発生装置がないので世界のどこでも未だ測定結果が得られていない。

このように超電導の応用を考えるとときには、超電導が常電導になる三つの条件すなわち臨界(転移)温度、臨界磁界、臨界電流密度が問題となる。差し当り10テスラのもとで1,000 A/cm²の電流が液体窒素(77k)冷却環境下で通電できるような線材が目標である。

超電導エレクトロニクスにも大きな夢が開かれている。4.2kの液体ヘリウムの極低温でなく、液体窒素温度のなかで超電導エレクトロニクスは一層魅力が増してくる。余りに長い間発見の努力が続き、あきらめかけて居たときに漸やく発見された高温超電導体である。ふくらんだ夢を大事に育てて行きたいものである。

