特集・超電導材料

——酸化物超電導体を中心として——

序

石 田 洋 一*

“研究者をやっているよかった。”こう思わせる事件が、幸いにして小生にも時々ある。最近の事件は、もちろん超電導であるが、これは読者にも、かなり大型だったと思う。“これも歴史の必然であった。”と後世の科学史家は、この場合にも書くのであろうが、個人の働きをおおいかくす、この失礼な言葉が今春、しばらく色あせてみえた。材料研究の魅力は、このような不連続な発展があって、未来がやはり未来であったことを思い知らせてくれることにあると思う。

私事であるが、たまたま大学院生の高橋 裕君が Langmuir-Blodgett 膜を液体ヘリウム温度で高分解能電子顕微鏡で観察していたときだったので、早速試料をとりかえて、これを観察したのが3月のはじめであった。臨界温度が 90 K まであがったという報に、それでは学内共同利用の超高圧電子顕微鏡の液体窒素ステージが使える、と使用日程を調べたところ6月が次回とわかり、これでは遅すぎると落胆したとたん、どうも試料の一部は室温でも超電導になっているらしいという報道で、それなら冷却する代わりに加熱ステージが使えるかもしれない、4月の日程に申し込もう。ということになって、目がまわる思いがしたことを思いだす。

研究者の“超流動”が印象的で、さすが理学系の研究者はすすんでいる、とその対応の早さに頼もしく感ずる一方、これだけ我が国の研究者も米国的になったか、と空恐ろしくも感じた。1849年カリフォルニアでおこったゴールド・ラッシュの渦中に現場近くのサクラメントのサムナー農場がたどった運命、構成員がみな出払ってしまって農場が破産してしまったという話は、とくに新しい研究分野にとっては他人ごとではない。春秋の学会で2報も3報も出していた重要人物にかぎって、こういうとき、たちまち姿を消してしまう。あたらしい分野に参画していたこと自体、その研究者の進取の気質を反映していたわけだから、むしろこれはあたりまえのはなしであるが、その分野での損失は大きい。企業の研究所の

場合は社命であるから、これは研究の潮流、“歴史のしからしむところ”ということになり、冒頭の研究者としての喜びや、研究のもつ魅力があせてみえてくるが、それはさておき、金属学会にとって超電導は今後息の長い課題であろう。理学系の人達が、さっと集まり、そして又、さっと散じたあとに、第2陣として居残って、これを実用化までこぎつける。そういう地道な役割が私達には期待されている筈である。そこでまずは第1回の会報特集は、このような学会の役割を念頭において、酸化物超電導体の基礎をふまえた解説をしていただくということになった。これにより金属学会メンバーがひろく、この問題を理解し、第2陣として材料開発の研究に参画する手助けをしようというわけである。そこでこのねらいを、金属間化合物の時代からずっと手がけてこられた太刀川教授にお伝えして執筆者の選任をお願いした。本特集の骨組みは、したがって太刀川教授のお骨折りによるところが多く、担当者一同、感謝している次第である。編集委員会では、このメンバーに加えて金属学会会員の中で、早い時期から活動しておられる方々にも執筆をお願いしようということになった。応用技術に関しても解説がほしいという声もあって、結局、執筆陣が大型になった反面、各解説のページ制限がきつくなったことを申し訳なく思う次第である。執筆候補をはじめとして、この特集では数多くの提案が編集委員会に出された。せめても発行時期は早くすべきであるということになって締め切りを繰り上げさせていただき10月発行となった。このことに協力した他の企画の方々のご配慮に感謝する次第である。

一番問題になったのは、このような会員啓蒙の色彩の濃い企画では、3月以来、早速この課題に取り組んだ金属学会の先駆者諸氏の声が入る余地がないではないか、ということであった。これら諸氏の成果を集めた会報特集をなるべく早い時期に行うべきなのであるが、他の特集との関係もあるが故、来年以降になることはさけられない。そこでこれら諸氏の声を書き載せる欄として半ページものを企画した。この号の出る秋の学会の超電導セッションのプログラムを参考にさせていただき投稿を勧誘した。“声”欄であるから、どんな傑作が出てくるか、同日締め切りで“序”を書いている筆者にはうかがい知れないが、酸化物超電導材料の研究をいろいろな角度から見つ

* 東京大学教授；生産技術研究所

Introduction to the Special Edition on Superconducting Materials; Yoichi Ishida (Institute of Industrial Sci., Univ. of Tokyo, Tokyo)

Keywords: superconductor, oxide superconductor, superconducting materials, high resolution electron microscopy, grain boundary, perovskite oxide

1987年8月21日受理

図1 Ba₂YCu₃O_{7-y} 焼結体中の結晶粒界の高分解能電顕像⁽¹⁾。

めることが材料研究者の役割でもあり、また得意とするところであるから、短いけれどインパクトのある記事が多いと期待している。

超電導では第2陣の一人でしかない筆者が、会報編集担当委員という役割上、このような晴れがましい序文を書いており、役者が力不足で誠に申しわけない次第である。申しひらきという意味で写真を1枚のせさせていた。執筆者の一人である北沢教授の研究室で作成したBa₂YCu₃O_{7-y} 焼結体中の結晶粒界の高分解能電子顕微鏡写真である⁽¹⁾。酸化物超電導体でBCS理論が正しいか否かは問題であるが、電子がクーパー対をつくって流れていることは確かなようで、したがって、電子対の間隔として考えられている数nmの程度の厚さの非晶質な層がここにあることは問題である。この領域を視野として撮った回折パターンにも弱いながら環状の像がみられる。あまり厚くはないが、セラミック焼結体では一般的な非晶質層がここにも存在している。この粒界層の厚さは試料の組成や作成法、熱処理、粒界の方位関係などによって変わるようで、執筆者のもう一人の金材研小川博士の試料を観察したところでは⁽²⁾、一般に北沢教授の試料より粒界層が薄いという感じを受けた。IBMでは結晶粒界の方位関係の頻度分布にいくつかの山があり、それぞれ規則粒界の方位関係に対応するという結果を得ているから⁽³⁾、この材料では作り方によっては非晶質層のない粒界も存在するようである。

このような結晶粒界が超電導特性に対してどのような役割を果たしているか、これが筆者にとって肝心な問題なのであるが、これが実はまだよくわかっていない。Chuがいつているように⁽⁴⁾、より高温側まで一部生き残っているらしい超電導領域が結晶粒界だとすれば、これはきわめて重要なことになるが、逆に絶縁体、あるいは半導体的で、時効処理したとき温度——電気抵抗曲線にみられる特異なピークの原因になっているとする説⁽⁵⁾もあって、これだと結晶粒界はやっかいなものということにな

る。いずれにしても熱処理が大きな役割をはたす課題であるから、金属材料を手がけてきた者にとって扱いなれた分野である。この材料の実用化には超電導臨界電流 J_c を大きくすることが必要とされているが、結晶粒界には磁束ピン止めして J_c を大きくする働きも期待されており、どうもこの方が大きな役割をするような気がする。いずれも想像ばかりで研究はまだ始まっていないが筆者には魅力的で、結晶粒界研究の分野をひろげるよい機会と思っている。最後は手前味噌になった。香りが臭いにならないうちにやめることにする。

今回の特集号にあたり、読者の混乱を避けるために以下に述べる2~3の用語を便宜的に統一した。

(i) 超電導——物理の分野では伝が多用されているが、材料の分野では電が専ら用いられているので電で統一した。

(ii) 酸化物高温超電導——研究者により高温超電導酸化物などと書かれる場合があるが、支障のない限り統一した。

(iii) 化合物元素の並べ方は陽性の強い順として、Ba₂YCu₃O₇のごとく表示した。

以上、特集担当委員を代表して書かせていただいたが、この企画を仙台にあって実際に苦労して推進した担当委員は深道と明、早稲田嘉夫両氏である。両氏をはじめとする編集委員の労に感謝すると同時に、この特集が役立って金属学研究者が超電導材料をその持ち物の1つに加えることになることを願って筆をおくことにする(昭和62年8月11日)。

文 献

- (1) Y.Ishida, Y.Takahashi, K.Kishio, K.Kitazawa, K.Fueki and T.Kawasaki: J. Electron Microscopy(昭和62年9月末発行予定)。
- (2) 市野瀬英喜, 石田洋一, 池田省三, 小川恵一: 日本金属学会講演概要, (1987・10月), p.222。
- (3) D.A.Smith: Proc. of Lake Placid Conference on Interfaces, (1987・7), to be published in J. de Physique。
- (4) P.C.W.Chu: Science, Feb., (1987), p.29。
- (5) 岸尾光二, 北沢宏一, 笛木和雄: 私信。