

## カナダ・アメリカ合衆国における超急冷金属研究状況の調査

Developments in the Study of Rapidly Quenched Metals in Canada and U.S.A.

七尾 進\*

Susumu NANAŌ

## 第6回急冷金属国際会議

8月4日午前1時過ぎ、ようやくカナダへの入国手続きを終え、モントリオールの空港の出口に到達することができた。飛行機を3回乗り継いだためか、ずいぶんと長い旅をしたという感じがする。今回の旅行の主目的は8月3日から7日までの5日間この地において開催される第6回急冷金属国際会議(Sixth International Conference on Rapidly Quenched Metals, 略してRQ6)に参加することであり、その後アメリカ合衆国のシンクロトロン施設および準結晶研究者を訪問するのが次の目的である。

一日遅れて、当研究室の大学院生である桜井吉晴君が到着した。予定よりだいぶ遅かったのでトラブルにあったのではないかと少々心配していたのであるが、案の定、タイ航空に預けた荷物が行方不明になったということである。幸いなことに、発表用の資料は携帯していたので無事であった。

この会議は急冷凝固金属に関して基礎から応用までの幅広い分野をカバーしており、1970年にユーゴのBrelaで第1回会議が開催されている。その後、主として液体急冷法によって作成されたアモルファス合金の研究フィーバーの爆発的な高まりに伴い、会議規模も急速に大きくなって、今回は34カ国からほぼ500人の研究者が参加し発表論文も435件に達している。筆者は、今回を含めて3回この国際会議に出席しているが、今回の印象としては、「高温超電導体」フィーバーに熱気を奪われたせいかやや熱が薄らいだ感を覚えた。とくに以前の花形であったアモルファス合金の磁性、構造関連の発表が大幅に減少しているのが目についた。しかし、筆者のグループが2論文を提出している「準結晶」の部門は今回初めて出現したホットな分野であり、44件もの多数の論文発表が行われ活気にあふれていた。発表論文の中には、新しい準結晶合金の発見など、今後の研究の進展に非常に有用な情報が多く、あっという間に3日間が過ぎてしまった。

われわれの提出した論文の要点は、

1) 他の相の混入していないほぼ100%準結晶からなるAl-Mn-SiおよびAl-Mg-Cu合金試料を液体急冷法によ

\*東京大学生産技術研究所 第4部

り作成することに成功した。

2) これらの試料に対し精密X線回折測定を行い、構造因子と2体分布関数を求めた。

3) 6次元仮想空間から3次元実空間への射影によって準結晶合金の構造の骨組みを作り、この中に同じく射影法を用いて正20面体対称性を有する原子クラスターを埋め込む手法によって、前述の二つの合金に対する現実的な原子構造モデルを構築した。

4) このモデルに対して計算した構造因子と2体分布関数が実験結果とよく一致することを確認し、モデルの妥当性を示した。

であり、準結晶合金の現実的な原子構造を初めて実証したものであるという自負を持って発表した。

発表後も熱心に質問をしてくれる人が多く、久しぶりに英語を長時間話したため顎の筋肉がだるくなるくらいであった。熱心な質問者の中に、温厚な感じの背の高い初老の紳士がいて、「われわれもモデルの作成を試みたが、構造因子のこの部分をどうしても再現することができなかった。君達のモデルの構成法をもう少し具体的に教えてくれないかね。」と言うので、ソファーに腰掛けて長時間説明した。結局、今回の論文のプレプリントを差し上げたうえ、関連論文を送ってあげることになり、送付先と名前を聞いて(名札が衿に隠れて読めなかった)驚いた。3年前に準結晶の存在を発見してセンセーションを巻き起こしたアメリカのNBSの研究グループのリーダーであるJ.W. Cahn博士であったからである。このほかにも論文で名前だけを知っていた多くの研究者と直接議論を交わすことができ極めて有意義であった。中でもインド・ヒンズー大学のAnantharaman教授は秋に日本に3カ月ほど滞在するとのことで、生研での再会を約した。実際、生研を訪ねてこれ、ささやかながら、われわれのデータをもとにして共同研究を行うことができた。

## アメリカ合衆国の研究施設を巡る

カナダを後にして、ボストンに向かった。MITのO'Handley博士と準結晶に関するディスカッションを行うことと「準結晶の構造」という演題の講演を行うことが目的である。講演を終え、O'Handley博士をはじめとする研究室のメンバーと懇談を行った。O'Handley博士は磁性の専門家であり、議論を通じて準結晶の磁性につい

て有益な情報を得ることができた。5年前にもMITを訪れたが、そのころと比較して日本人の姿が少なくなり、インド人、中国人、韓国人の学生、研究者が大幅に増えていることが印象的であった。アメリカでは基礎科学研究予算が引き締められているということであるが、新しい建物が増え、研究室の設備もより充実しており、研究のアクティビティーは以前にもまして上がっているように見受けられた。

次の訪問地はブルックヘブン国立研究所である。この研究所はニューヨークのロング・アイランドの東よりにあり、広大な敷地を有している。ここでは加速器、原子炉を使用した物理、化学の基礎的な研究が行われており、筆者も3年前ここのシンクロトロン施設 (NSLS) を利用して実験を行ったことがある。残念ながらNSLSは改築中で、実験の様子を見学することができなかったが、そのかわり副施設長に案内していただいて普段は入れないシンクロトロン・ループの内部の様子を詳しく見ることができた。NSLSの改築は電流量と実験領域の面積を大きくするのが目的ということでかなり大がかりなものであった。したがって、筆者が実験を行っていた頃とはすっかり様子が変わっており、どこのポートを使用していたのかも思い出せない有様であった。この施設の最大の悩みは加速器関係の建設と保守に人材の質と量が確保できていないことのようにであり、かつて実験中に加速器関係のトラブルが多く泣かされたことの原因に合点がいったような気がした。

その後、同研究所のLynn博士の研究室を見学させてもらった。彼は陽電子消滅研究の権威であり、現在は単色化陽電子ビームの発生とその応用に力を入れている。陽電子消滅は物質中の電子状態を調べるのに極めて有力な方法であるが、通常の方法ではmmオーダーの厚い試料を用いる必要がある。しかし、そのエネルギーを単色化して、物質中への陽電子の侵入深さを制御することにより、薄膜の機能材料を研究の対象にすることが可能になる。彼の研究室の設備の充実ぶりは目を見張らせるものがあり、いまだに彼我のギャップが大きいことを痛感させられた。

翌翌日、ニュージャージー州のAT&Tベル研究所にChen博士を訪ねた。Chen博士と準結晶の構造についてディスカッションを行ったが、その中で彼がAl-Li-Cu系の準結晶の単結晶を作成することに成功したことを聞いた。Li濃度のコントロールと高純度のBN坩堝を使用することがポイントのようである。帰国後早速単結晶の作成を試みたところ、4カ月の努力の後に単結晶を得ることができた。Chen博士とのディスカッションが充実していたこともさることながら、この収穫は実に大きなものであった。

次の訪問地は、かつて筆者が1年間客員助教授として

滞在したことがあるペンシルバニア大学 (フィラデルフィア) のLRSM (Laboratory for Research of Structure of Matter) である。こゝも建物が改装されていて昔日の面影が薄くなっていった。中性子回折装置のマシントゥームが急にとれたとのことで、残念ながら目的のEgami教授とは面会できなかったが、博士研究員のDmowski氏と充実したディスカッションを行うことができた。ただ、この時間が長引いて1日半にもなったため、旧友と面会する時間がなくなってしまったのが残念であった。

最後に訪れたのはサンフランシスコ郊外のスタンフォード大学シンクロトロン施設である。施設長のBienenstock教授に施設の案内をしていただいた後、1時間ほどではあったがディスカッションを行った。Bienenstock教授は金属およびセラミックの多層膜のシンクロトロンX線による構造解析を行っているとのことであったが、わが研究室でもGaAs/AlAs超格子のシンクロトロンX線回折実験を行っているので熱のこもった話となった。この施設は本来は高エネルギー物理用に建設されたものを物性関係の研究者が相乗りでビームを使用させてもらっているのであるが、以前から素晴らしい研究成果をあげていることで知られている。建物はわが国の高エネ研や米国の他のシンクロトロン施設と比較して見劣りがする感じであるが、周辺の機器のしっかりした充実ぶりが目立った。夏休みの最中にもかかわらず大勢の研究者や大学院生が熱心に働いており、そのアクティビティーの高さが印象的であった。Bienenstock教授もここの研究者の勤勉さを誇っていた。

こうして、無事に約2週間にわたるカナダ、アメリカ合衆国の旅を終えることができた。この旅でもっとも印象的であったのは、アメリカの研究機関に日本人の姿が目立たなくなり、代わりに中国人、インド人、韓国人がますます多くなったこと、研究者の勤勉さ、それに充実した設備とその有効利用である。設備に関しては、最近の日本の状況は改善され、少なくともアメリカの大学とは同等に近くなったというイメージを持っていたが、少なくとも有名大学については彼我の差がまだ大きいことを改めて認識させられた。今後基礎科学の分野で彼らと肩を並べるには研究者個人の更なる努力と研究組織の改革および研究費の増大が必須であろう。

短期間の旅ではあったが、多くの研究者との出会いによって、いつのまにか凝固してきた固定概念をリフレッシュして帰国することができた。旅費の大半を支給してこのような機会を与えてくれた三好研究助成金および多忙な時間を都合してくださったカナダ・アメリカ合衆国の各研究機関の皆様へ心から感謝致します。

(三好研究助成報告書 1988年6月13日受理)