

## センターの思い出

### 低温センターが生まれた頃

小林典男 (max1koba@kve.biglobe.ne.jp)

東北大学名誉教授 (元金属材料研究所低温物理学研究部門教授)

昭和 46 年は東北大学低温センターが発足した年である。この年 4 月、私は理学研究科物理学専攻修士課程の学生として、金属材料研究所(金研)低温物理学研究部門(武藤芳雄研究室)に配属された。前の年に 1 年間留年したおかげで出来たばかりの武藤研究室の最初の学生となった。当時、理学部物理学科は片平丁にあったので金研周辺はなじみの場所であった。

低温センターの建物は前年の秋に完成していて、その後、我が国において 1 号機となる国産大型ヘリウム液化機が納入された。日本酸素製である。大型ヘリウム液化機としては国産第 1 号の導入に至った過程には神田英蔵先生を始めとした低温研究者の深い思いがあった。昭和 27 年のヘリウム液化機の導入にあたって、最後まで国産にこだわった神田先生や、我が国の低温研究の遅れを心配し、市販されたばかりのコリンズ型液化機の輸入を進めた袋井忠夫、渋谷喜夫先生たちを始めとした液体ヘリウムを十分に使って仕事をしたいと考えた研究者たちの思いが、大型ヘリウム液化機の完全国産化という夢を実現させた時であったように思う。尤も、そのことは当時の自分には知る由もなかった。後に日本の低温研究の歴史を知ることになって初めて気付いたことである。

液化機は、昭和 45 年の暮れに据え付け工事が完了して、46 年 1 月から試運転が始まり、順調に運転され 4 月から正式運用が始まったという。私が金研に足を踏み入れた頃には十分な利用環境が整っていたわけである。

低温センターは、すぐ南に旧理学部岩石学教室と地質学教室の赤煉瓦の建物があり、また北側には生物学教室の赤煉瓦の建物や植物園があって、

あまり目立たない場所に建っていた。平屋のコンクリートの建物が 2 棟建ち、南側にヘリウムと水素の液化棟が、北側には研究者が出入りする実験棟が配置されていた。その後、10 年目の昭和 56 年に岩石、地質学教室の赤煉瓦が取り壊され、強磁場超電導材料開発施設が建ったが、低温センター自体は基本的にはその頃の姿と変わっていない。ただ、内部は今よりはずっとシンプルだった。



極低温科学センターと旧理学部植物園 (平成 27 年 4 月撮影)

北側の入り口から実験棟に入ると、中央の液化棟に続く廊下に沿って左側に事務室、ボイラー室、会議室が並び、その奥に第 1 実験室があって液体水素を使った実験ができるようになっていた。右側にはトイレがあって、その奥に第 3 実験室、さらにその奥に第 2 実験室があった。第 3 実験室には共同利用機器の強磁場超伝導マグネットとヘリウムリークディテクターが置かれていた。超

伝導マグネットはまだ試験中だったし、リークディテクターも納入されたばかりで、空いていればいつでも使うことができた。しかし、そのうち共同利用機器のことが知られるようになると、リークディテクターは利用者であふれるようになった。第2実験室は、研究者が装置を持ち込んで独自の実験ができるスペースとして準備されていたが、この頃はまだ誰も利用していなかったように思う。その後、3年を経て自分がこの部屋の半住人になるとは思ってもいなかった。

私が武藤研究室で最初に行った仕事は、超伝導研究としては最後の時期を迎えていた第2種超伝導体の研究であった。この仕事は自作したクライオスタットの最下部に取り付けられた真空キャップの中に試料を組み込んで、試料の一端から熱流を流し、試料の途中の2ヶ所で温度を測るというシステムであった。真空キャップは試料を交換する度に毎回、低融点ハンダでハンダ付けしていた。技術が悪いとたびたび真空漏れを起こして実験にならないために、厄介な真空漏れの時には低温センターに設置されたリークディテクターを利用させてもらっていた。

ある日、いつものようにクライオスタットのリークテストをしていると、突然“グウォー——”というジェット機が落ちてくるようなものすごい音が起こった。隣で仕事をしていた神田研究室の坂爪新一先生と武藤研の能登宏七先生が「ドアを開ける。外に出ろ」と怒鳴ったように思う。これが初めての超伝導マグネットのクエンチとの遭遇だった。この数年前に九州大学で米軍のジェット戦闘機の墜落事故があったため、戦闘機の墜落と吐嗟に思ったのであった。この時の驚きは50年を過ぎた今でも忘れない。おかげで数リットルの液体がガスに蒸発するときの恐ろしさを初めて知った。

低温センターに設置されることになっていた高磁場超伝導マグネットは、真空冶金KKで開発されたNbTi極細多芯線をつかった超伝導マグネットであったが、なかなかスペック通りの磁場を出すことができず、坂爪先生や能登先生は苦労

されていたように思う。その後、もう一度線材の見直しを行って新たにマグネットを巻いて、予定通りの性能を引き出すことに成功した。

低温センター実験棟では金研からセンター併任になっていた佐藤常夫講師が事務的な統括業務を担当し、実験室の整備には神田研究室の坂爪新一助手や武藤研究室から能登宏七助手、深瀬哲郎助手が参加していた。一方、ヘリウム液化機の運転は、金研からの併任で佐藤健治、丹野武、河野三尾留、大友貞雄、三浦弘行技官たちが行っていた。佐藤健治さんはいつも穏やかで大工の棟梁のような雰囲気を醸し出し、全体をまとめていた。また、丹野さんと河野さんは極めて優秀な技術者で、液化機のトラブルにはメーカーに頼らず、自ら分解、原因の究明、組み立てと何でもこなしていた。大友さんや三浦さんは液化業務に携わると同時に研究者や我々学生に丁寧に対応してくれていた。こういった場所で自ら機械に触り、研究できたことは幸せなことであった。

金研では、この頃まだコリンズ液化機が動いていた。金研や近くの研究所で使う液体ヘリウムは金研の液化室で供給されていた。こちらでは庄子喜三さんに面倒を見てもらった。ヘリウムの汲み込みの間に昔の話や金研のうわさ話を聞くのだが、コンプレッサーの騒音の中で聞く庄子さんの話は生粋の仙台弁だったので理解するのが大変だった。液体ヘリウムを使った実験に欠かせない液体空気の利用では、佐藤利兵衛、今野軍治技官にいつもお世話になった。

修士課程を修了してしばらくの間、次のテーマが決まらなかった。第2種超伝導体の研究が一段落して超伝導研究は終わったという時代に入った。多くの低温研究者は、ヘリウム自体の研究や、新しい超伝導化合物の物性研究に研究分野を変えていった。武藤研究室でも何度かの研究室会議の後、超伝導化合物の物性の研究を進めることになった。

こういった議論の中で、自分の研究テーマは、小さな単結晶しか作れない化合物の比熱を測る装置の開発と、その装置を使って層状超伝導体

NbSe<sub>2</sub> の熱力学的性質を明らかにすることに決まった。昭和 48 年の暮れのことだった。

微小な単結晶(~50mg)の熱容量測定には熱緩和法という方法が採用された。9 か月間の遅れを取り戻すべく、能登先生の指導の下で一から装置の組み立てを行った。特に専用の温度センサー部分の調整には先生の技術と経験が必要だった。また、測定に必要な装置の主要部分は、先生が科研費を得て購入することができた。まだ利用者が少なかった低温センター第2実験室の一角を借りて、測定装置と広いボアを持つ超伝導マグネット(6 T, 50mm φ)を設置することができた。この場所には超伝導マグネットが設置できるように、ヘリウムガス回収ラインと 3000 リッターキニーポンプの排気系が配管され、実験目的にはピッタリだった。

準備を経て、曲がりなりにも信頼できる測定データが得られるようになったのは昭和 50 年も明けていたと思う。気持ちは焦っていた。この頃から低温センターに入り浸るようになった。近くに住んでいたのも、朝起きると大学の食堂で朝昼兼用の食事をとり、午前 10 時に低温センターでヘリウムを汲み込む。その後、夕方まで測定を行い、午後の最後にもう一度ヘリウムを汲み込む。これで夜 12 時ころまで測定を続けた。こういった測定を温度や磁場を僅かずつ変えながら一週間ほど続けると 1 シリーズが終了する。

今ではこの程度の測定は全自動で行えるようになっている。当時の人力測定では、一点のデータを得るのに数分、次の温度にセットして待つこと約 10 分。温度が安定するまでの時間がやたらと長いのである。まとまった別の仕事するわけにもいかず、10 分程度の暇を持て余す。夜中にひとり実験していると何もすることがなく、いつもラジオから音楽を流していた。この頃毎夜流れていた“歌謡曲”は、森進一の「襟裳岬」、小坂明子の「あなた」、かぐや姫の「神田川」などで、今でもこういった演歌を聞くとポンプの通奏低音にあふれた第2実験室を思い出す。

秋頃までには、いくつかの特徴的な性質を示

す信頼できる測定結果を得ることができた。その特徴的な性質について、実験屋としての半定量的なモデルを提案して、論文の原稿が出来上がったのは 12 月の始めだった。

昭和 51 年の 3 月には無事審査に合格して学位を得ることができた。年の初めには 4 月から日本学術振興会の奨励研究員に採用されることになっていた。この年は残った実験の整理や新しく研究室に入った学生の手伝いをしながら、そしてごく稀に助手の募集があると応募していたりしていた。しかし、書類審査で不合格になっていた。

昭和 52 年の初め、武藤先生から声を掛けられた。「低温センターの概算要求で <sup>3</sup>He-<sup>4</sup>He 希積冷凍機の設置が認められたのだが、もし、その冷凍機のお守りをしてもらえるなら、武藤研で助手として雇えるかもしれない。ただし、この仕事は温度を下げるのが目的ではなく、やりたいことは 10mK 以下の温度で実際に物性を測るということです。」ということだった。もちろん嫌も応もなかった。

それから必要な情報を探して機種を選定、必要な付属装置の選択などが始まった。温度を下げるのが目的ではないという前提から、時間を節約するために自分たちで装置を作ることはせずに、当時、希積冷凍機の市販を始めていた会社から製品を購入することにした。

輸入に際しては一つのエピソードがある。候補としてはイギリスの Oxford 社、アメリカの SHE 社、個人的に受注生産をしているというフィンランドの低温研究者である O. V. Lounasmaa の研究室の 3 ヶ所があげられたが、装置の価格、仕様、使い易さなどから有力な候補として SHE 社が考えられていた。特に、SHE 社の装置は、実験スペースでは 9T の磁場を発生しながらその 30cm ほど上に Compensation Coil によってゼロ磁場の広い空間が得られること、また、当時市販され始めたスーパーインシュレーションタイプのヘリウムデュワーなど、極めて魅力的に見えた。ただ問題があった。SHE 社は出来たばかりの会社で日本にはまだ納入実績がなかった。Oxford

はすでに日本に代理店を持ち納入実績もあったが、SHE は国内に代理店を持たなかった。たまたま低温機器の輸入を始めたという仁木工芸社が挨拶に来られたときに、武藤先生が SHE 社の代理店の話をされた。仁木工芸社はさっそく SHE 社と連絡を取ってアメリカにわたり、希釈冷凍機運転の実技講習を受けて代理店の話をまとめたという。

SHE 社に決定して発注した時期がいつであったか正確には思い出せないが、夏の始まり頃ではなかったかと思う。装置の納入期限は 53 年 3 月だったが、SHE 社ではいくつかの受注を抱え、3 月に間に合うかどうかで議論されていたように思う。設立されたばかりの企業が、希釈冷凍機のような複雑な装置を半年間でくみ上げるアメリカのベンチャーパワーには今でも感心する。

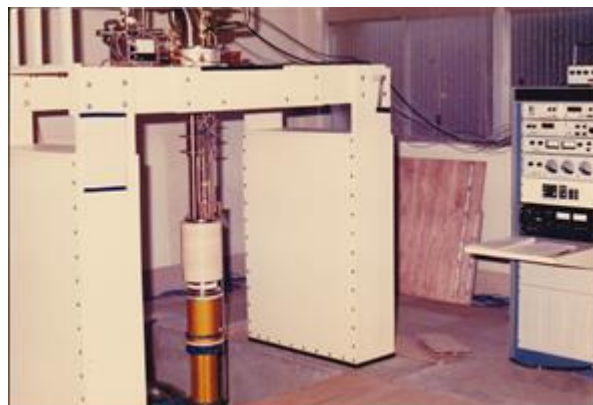
発注した希釈冷凍機の条件としては、最低到達温度は 10mK 以下であること、100mK での冷却能力が 100  $\mu$ W 以上であること、10T までの磁場中で実験ができること、というもので、当時としては最高レベルのものだった。

SHE 社の事情は別として、受け入れ側の低温センターでも準備は大変だった。第 3 実験室の半分を占める場所に、深さ 2 メートルを超すピットを掘り、防振用のコンクリートブロックを置く工事やヘリウムの配管工事が、低温センターに移られた(併任)坂爪先生や技官の大友さんを中心に進められた。また仁木工芸社の宮坂さんや仙台地区の代理店になっていた日酸商事社の市倉さんの献身的な努力があったことを感謝を込めて記しておきたい。

翌 53 年 3 月、装置はアメリカでのテストを済ませた後分解され、部品として運び込まれた。その後、短時間で組み立てられ、センターでのテストを済ませて無事納入された。

この装置を使った最初の仕事は、0.3K 以下で層状化合物 NbSe<sub>2</sub> の仲間である 1 T-TaS<sub>2</sub> の電気抵抗と磁気抵抗を測定することであった。この物質は室温から温度を下げると構造相転移を起こし、電気的性質が金属から半導体的なものに変

わることが知られ、その電子的メカニズムが注目されていた。この物質を 1 K 以下に冷やすと奇妙な磁気抵抗の変化を示すことを武藤先生が物性研の田沼精一先生から聞き込んでこられた。0.3K 以下の測定結果はなかったので、早速装置の試運転を兼ねて、いくつかの試料を入れてみた。その結果、0.1K 以下に温度を下げると、極めて大きな負の磁気抵抗を示すことが観測された。この結果が物性研の芳田奎、福山秀敏両先生の目に止まり、構造相転移によって破壊されたフェルミ面に残った少数キャリアのフェルミ面が磁場によってゼーマンシフトするためであるとして、半定量的に説明された。



SHE 社製 <sup>3</sup>He-<sup>4</sup>He 希釈冷凍機

その後、希釈冷凍機は講習を受けた一部の低温研究者に解放された。金研では深瀬・小池グループや我々のグループ、通研の森田(清三)グループ、理学部の鈴木(治彦)グループ、非水研の熊野(勝文)グループなどが利用していた。そのころ行われた研究の内容は低温センターの機関誌(1980 年版)に記載されている。

筆者が低温センター発足から、また自身の研究生活の始まりから、約 10 年間にわたってセンターと関わってきた間の出来事について、思いつくままに記した。

低温センターは、その名と体を変えながら発足から 50 年目を迎えた。科学技術の基盤を支える「極低温科学センター」の役割はこれからも重大であろう。ますますの活躍を期待したい。

2021 年 8 月 22 日 記