

東北大学 極低温科学センターだより

No. 22

極低温科学センター創立 50 周年特集号



Center for Low Temperature Science
Tohoku University

2021 年 11 月

表紙の図の説明

極低温科学センター低温科学部の前身である低温センターの 1973 年当時と低温科学部の 2021 年の全景の比較。今では建屋まわりの木々は生い茂り、奥にひろがる仙台市中心部には高層ビルが立ち並んでいる。（「低温科学部の現状」に関連記事）

巻頭言

極低温科学センター長 佐々木孝彦

極低温科学センターは、本センターの前身である学内共同利用施設低温センターとして1971年に設立されてから、本年4月に50年の節目を迎えました。本号のセンターだよりではこれを記念して、これまでセンターを利用・運営された方々からご寄稿をいただき、貴重な設立時代の思い出やエピソードなどを掲載しています。東北大学金属材料研究所においてコリンズ式液化機の輸入によりヘリウムの液化が行われて以来、日本の低温科学研究発祥の流れを汲む本センターの活動に、今後ともご協力、ご支援いただきますようお願いいたします。

2020年度末から全世界的に猛威を振るっているコロナ禍の中で、大学・研究機関での教育・研究のオンライン化・リモート化が予期せぬスピードで進み、オンラインでの授業や会議が日常の風景になりました。また、テレワークの推奨、実験のリモート化も進められています。しかし、液体ヘリウムを利用した多くの研究は、寒剤の補給を含めて完全リモート化には技術的にまだまだ難しいのが現状です。また、本センターでの液体ヘリウム製造・供給・回収業務もリモート勤務では対応できません。昨年度は、本センターも大学BCPレベルに合わせて一般のヘリウム利用研究に対しては供給を停止せざるを得ない時期がありました。本年度以降も今後しばらくは予断を許さない状況が続きますが、研究インフラとしての液体ヘリウム供給が安定的に継続できるように必要な対策を実施して研究支援業務を行ってまいりますので、ご協力よろしくをお願いいたします。

最近の本センターを取り巻く話題を2件ご紹介いたします。

片平地区では、2021年12月ー2022年3月末にかけてヘリウム液化機の更新を行います。このため、本センターからの片平・星陵地区へのヘリウム供給を停止することになり、利用者の方には大変ご迷惑をおかけいたします。本更新では、液化能力は現行機種と変わりませんが、ヘリウムガス・液体ヘリウムの貯蔵能力を大幅に強化いたします。世界的な需給ひっ迫による「ヘリウム危機」に対してできるだけ対応できる体制を整備してまいります。

青葉山新キャンパスでは、2023年度の稼働を目指して次世代放射光施設の建設が進められています。この施設での放射光利用実験において必要となる液体ヘリウムについて本センター（青葉山地区）からの供給を計画しています。現在、次世代放射光施設への供給に必要なヘリウム回収配管、供給方法についての協議を行っています。また、学外に対しての供給となるため、テクニカルサポートセンターの機器共用制度を利用した学外ヘリウム液化サービスの開始を準備しています。本学の研究・教育・開発力の強化にも大きく資する、次世代放射光施設の運用にも貢献してまいります。

青葉山地区のヘリウム液化機（東日本大震災時大破、2012年に更新復旧）、片平地区センター建物（1971年築）など更新期を迎える設備・老朽化した施設の改築にも計画的に取り組み円滑な研究支援ができる体制を維持してまいります。本センターの活動に、今後ともご協力・ご支援をよろしくをお願いいたします。

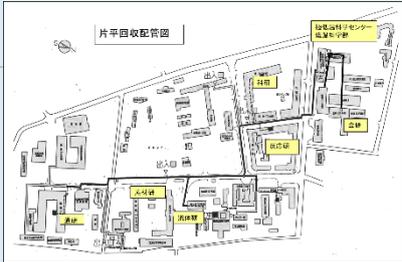
極低温科学センター50年の歩み

低温センター / 極低温科学センター 年表

低温センターの設立からはじまる極低温科学センターの歴史を主要年表にまとめました。低温センターの年表は、1991年発行の低温センターの広報誌「東北大学低温センター」20周年記念号から抜粋しました。

西暦	和歴	月	センター長	低温センター
1971	S46	4	神田英蔵 教授	<p>低温センター、及び工学部サブセンター開設</p>   <p>日本酸素株式会社製 60Lヘリウム液化</p>  <p>工学部サブセンター 1971年完成</p> <p>東北大学低温センター</p> <p>工学部サブセンター</p>
1972	S47	4	竹内栄 教授	<p>通研サブセンター開設</p>  <p>通研サブセンター</p>
1973	S48	1		<p>センターだより第一号発行</p>
1974	S49	4	渡辺浩 教授	  <p>10T 超伝導マグネット</p> <p>6T 高均一超伝導マグネット</p>
1975	S50	4		<p>10T 超伝導マグネット 共同利用開始</p>
1976	S51	4		<p>福島県環境医学研究所へ液体ヘリウム供給開始</p>
		4		<p>金研サブセンター・ 金研木村研とセンター間の 回収管完成</p>  <p>理学部サブセンター</p>
		6		<p>理学部サブセンター開設</p>
1978	S53	1		<p>金研サブセンターの移転、改良工事開始</p>

西暦	和歴	月	センター長	低温センター	
1978	S53	4		大型希釈冷凍機 共同利用開始	 <p>SHE 社希釈冷凍機</p>
		7		液化量総計 20 万 L 達成	
				低温センター	超低温実験施設
1979	S54	4			理学部付属超低温実験施設建設
				山形大学へ液体ヘリウム供給開始	 <p>理学部超低温実験施設</p>
1980	S55	8		1,000 回目の運転 液化量総計 30 万 L を突破	
1981	S56	4		科学計測研究所サブセンター設置	
		9			液化機(30L/h)運用開始
1982	S57	10		科研サブセンター片平丁へ移転	 <p>科研サブセンター</p>
1984	S59	4	鈴木進 教授		
1986	S61	3		高温超伝導の発見	
		4			極微小エネルギー実験施設改組
1987	S62	4	平林真 教授		
		11		液化量総計 100 万 L 達成	 <p>100万リットル達成記念パーティー</p>
1989	H1	4	増本健 教授		
1993	H5			液化機更新 (TCF-50、150L/h)	 <p>リンデ社製 TCF50 型 150L 液化</p>

西暦	和歴	月	センター長	低温科学部	極低温物理学部
1996	H8	5	鈴木謙爾 教授	極低温科学センター発足	
1997	H9			電気通信研究所、多元物質科学研究 所へ回収配管敷設	
1998	H10	3		 <p>片平キャンパスヘリウムガス回収管</p>	液化機更新 (TCF-50、80L/h)  リンデ社製 TCF50型 80L 液化機
1998	H10	4	藤森啓安 教授	配管網による回収開始	
1998	H10	4			理学部、薬学部へ供給開始
2000	H12	4	井上明久 教授		
				極低温科学センターだより発刊開始	
					工学部供給開始
2001	H13				青葉山回収配管本管完成
2001	H13	5		低温寒剤の取り扱いと危険防止 (低温マニュアル) 発刊	
		9		丹野・細倉技官海外研修 (ライデン 大学カマリノネス研究所)	
				   <p>カマリノネス研究所ヘリウム液化施設</p>	
2001	H13	12		外部評価	
2002	H14				青葉山回収配管完成
2003	H15				青葉山共同溝-工・薬・学際つなぎ こみ工事 青葉山回収体制完成
					学際センターへ供給開始
2004	H16			ウェブページ開設	
2005	H17			回収率に基づく新ヘリウム料金制度開始	
2006	H18	4		研究教育基盤技術センター内組織へ移行	
				液体ヘリウムのオンライン注文開始	
		11	青木晴善 教授		
2007	H19	10		ヘリウム不足問題 (米国輸出規制)	
2009	H21			外部資金によるヘリウム料金の支払い開始	
				原子分子材料科学高等研究機構 (現 材料科学高等研究所) へ供給開始	

西暦	和歴	月	センター長	低温科学部	極低温物理学部
2010	H22	4		液化機更新 (L280-S、200L/h)  リンデ社製 L280-S 型 200L 液化機	
2011	H23	3		東日本大震災	
				液化システム一部破損	液化システム損壊
2012	H24	4	佐々木孝彦 教授		
				ヘリウム不足問題	
		10			液化システム復旧 (L280、200L/h)  リンデ社製 L280 型 200L 液化機
2014	H26			東北メディカル・メガバンク機構へ 供給開始  東北メディカル・メガバンク機構 800MHzNMR 装置	
2016	H28			極低温科学センター技術職員人事交流	
2018	H30	4		研究推進・支援機構内組織へ移行	
2022	R4			液化機更新 (L280、230L/h)	

広報誌「低温センター」 過去の特集記事

1971年（昭和46年）に低温センターが設立されてから、1996年（平成8年）に極低温科学センターへ改組されるまでの25年の間に、6回の広報誌が発刊されている。ここでは、それらの内容を簡単に振り返ってみる（この広報誌とは別にユーザーに向けて月1回の頻度でヘリウム供給に関する情報を知らせる2ページ前後の「低温センターだより」も発行されていた）。尚、ここで紹介する過去の広報誌は極低温科学センターのホームページ (<http://www.clts.tohoku.ac.jp/>) にも掲載してある。

1. 東北大学低温センター（広報）（1973年6月発刊）

低温センターが開設された2年後の1973年に発刊された最初の広報誌である（図1）。2代目センター長竹内栄教授より発刊にあたっての挨拶として、ヘリウム液化機とその付属施設の整備が進み、ヘリウム供給・回収業務が定常運転に入ったこと、共同利用実験室の整備はまだ途上であること等が述べられた後、低温センター設立までの沿革、低温センターの機構と運営（センター建屋と供給回収システムの概略図等）、主要機器（ヘリウム液化装置、精製装置、水素液化機、95kOe超伝導マグネットと60kOe高均一超伝導マグネットといった実験装置）、およびサブセンター（工学部と電気通信研究所）の詳細が紹介されている。

当時の利用部局は理学部、工学部、教養部、電子通信研究所、科学計測研究所、非水溶液化学研究

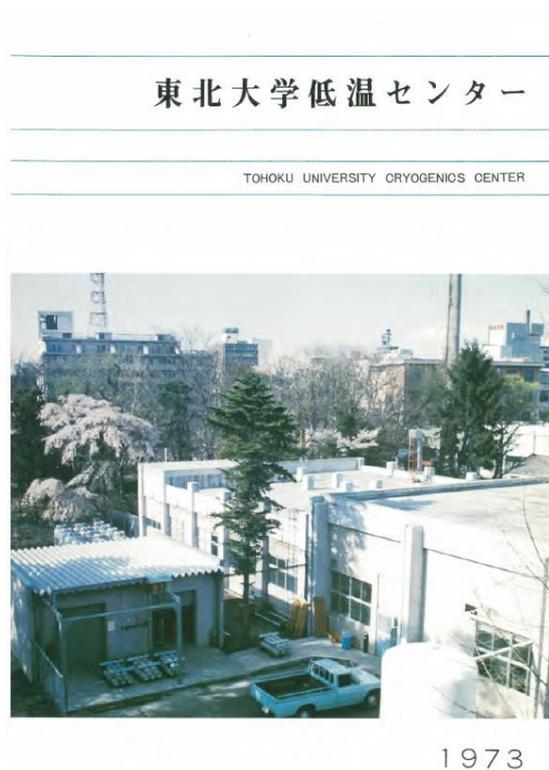


図1 低温センター（広報）の表紙

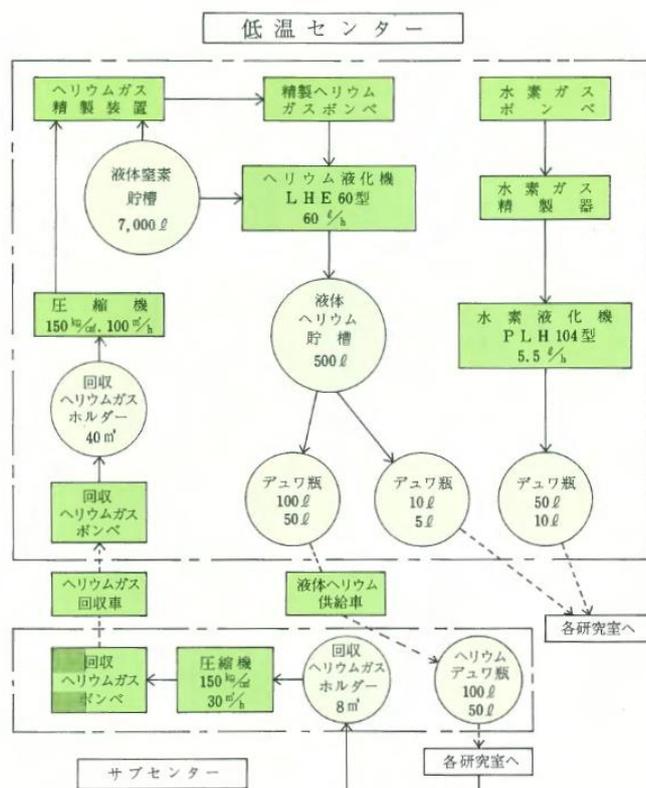


図2 当時のヘリウム供給・回収体制

所、金属材料研究所の7部局であり、液体ヘリウムだけでなく、液体水素（低温センター建屋内）も供給されていたこと、サブセンターではセンターから100リットルや50リットルの容器が運搬され、そこで研究室へ小分けや回収ガスの移動式カードル（ボンベ群）への高圧充填がされていたこと等が伺える（図2）。

最後に東北大学における低温研究の現状として、低温センターおよび7部局40研究室での100を超える研究テーマ名がリストとなって示されている。

2. 東北大学低温センター（広報）5周年記念号（1976年6月発刊）

センター発足5周年記念号の広報誌となる（図3）。3代目センター長の渡辺浩教授より、発刊にあたっての挨拶として、液体ヘリウムの年間供給量が3万リットルと当初より格段に増加したこと、それに伴い将来的サブセンターへの供給が人員的に厳しくなると予想されることに加え、共同利用実験室の整備に関する将来計画等が述べられている。これに続き、低温センターの供給主任の佐藤（常）氏より、液体ヘリウムの供給状況（液化機膨張エンジントラブルや圧縮機シリンダー破損等々に悩まされながらも供給を維持できたこと）、開発担当の能登氏と坂爪氏より、低温センター実験室の現状（超伝導マグネットやリークディテクターの高い利用頻度）に関する説明がなされている。

利用者側からの声として、液体ヘリウムを利用する7部局（金研：木村、通研：沢田、非水研：籾野、教養部：若田、科研：桜井、工学部：高橋、理学部：大塚）の各先生方から、「低温センターの発展を願う」と題する記事（低温センターに関する感想、要望、各部局における低温研究の現状等）が掲載されている。続いて、「5周年記念号に寄せて」と題して、低温センターの技官諸氏（佐藤（健）、丹野（武）、河野、大友の4氏）より、オペレーター目線からの低温センターへの感想や経験談、苦労話等が寄せられている。

1971年・1976年に出版された低温科学関係論文（センターの液体ヘリウムを用いた研究成果論文）（計384論文）のリストを掲載の後、最後の章において低温センター開発担当の坂爪氏より「Helium Leak Detectorによる真空漏れ探し」という記事が紹介されている。これは低温研究において必要不可欠な真空槽の漏れ探しに関する、細かいノウハウが書かれた一種の実験ノートとなっており、当時の苦労を知るだけでなく、現在読んでも役に立つ内容となっている。

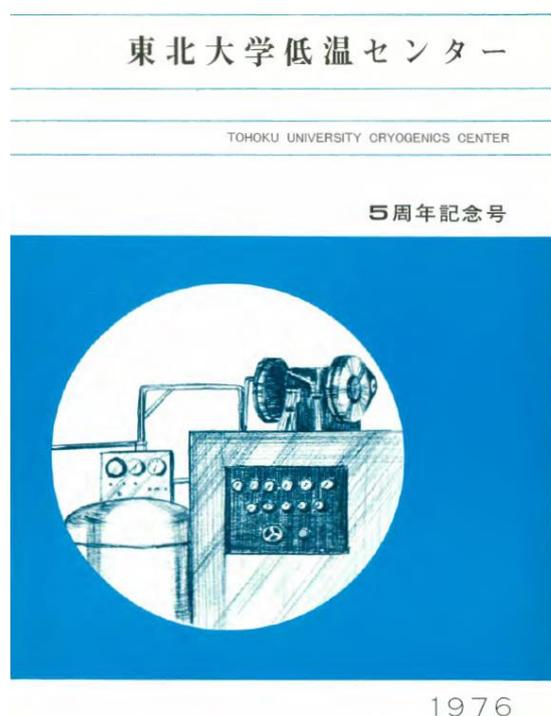


図3 低温センター（広報）5周年記念号の表紙

3. 東北大学低温センター（広報）低温センター実験室の現状（1980年3月発刊）

1978年3月に導入された大型希釈冷凍機の利用が進み、これを利用した数々の研究成果が出始めた時点における、低温センター実験室の現状を紹介した特集号である（図4）。4代目センター長の田中英八郎教授からセンター長就任のあいさつが述べられた後、低温センターの坂爪氏と大友氏から「低温センター実験室の現状」として、当時実験室が稼働中の100kG超伝導マグネット、 ^3He - ^4He 希釈冷凍機、60kG高均一超伝導マグネット、ヘリウムリークディテクターの仕様や性能、さらにそれらの稼働状況（利用日数やヘリウム使用量）が詳細に紹介されている。100kG超伝導マグネットは年間300日、希釈冷凍機は150日、リークディテクターは200日をそれぞれ超える利用頻度があり、当時の実験室の賑わいが伺える。

上記の実験装置をつかった研究成果の解説記事として、「大型希釈冷凍機による研究」に関するもの5件、「100kG超伝導マグネットによる研究」に関するもの12件が詳細なデータの図面とともに掲載され、研究者から見ても読み応えのある内容となっている。

4. 東北大学低温センター（広報）10周年記念号（1982年3月発刊）

センター発足10周年の記念号である（図5）。「低温センター10年間」と題して、低温センターの佐藤氏と大友氏から、10年間の液体ヘリウム実験量と供給量、実験者数、運営経費、ヘリウムガス・液体窒素・光熱水料、各研究室での液体ヘリウム実験量（使用量）の統計が紹介されている。ヘリウム供給量は10年で約3倍となり、それに伴って必要な運営経費も約2倍に跳ね上がっている。現在と同等値で横ばいに推移する液体ヘリウムの市販価格に対し、7倍に高騰した光熱水料に苦戦しながら運営している様子がわかる。

この10年間の出来事を整理した年表に続いて、低温センターの佐藤氏、渡辺氏、工学部低温サブセン

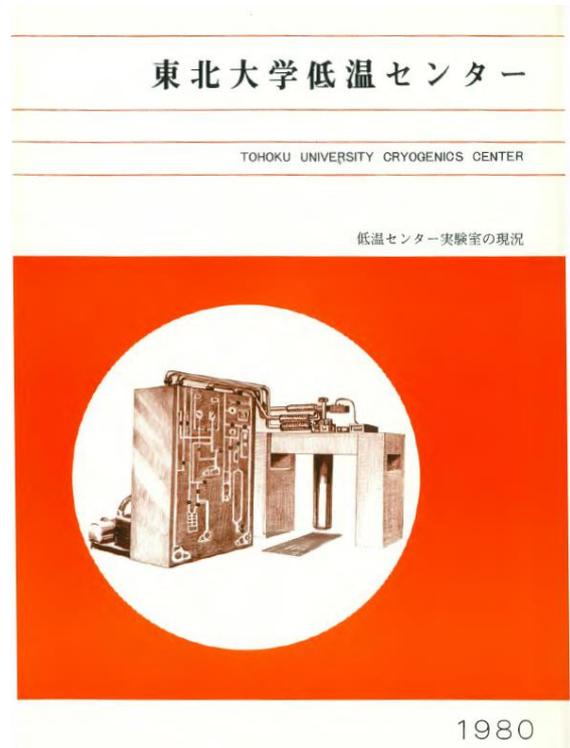


図4 低温センター（広報）低温センター実験室の現状の表紙



図5 低温センター（広報）10周年記念号の表紙

ターの佐久間氏、通研低温サブセンターの土田氏、理学部低温サブセンターの遠藤氏、科研低温室（科研サブセンター）の羽田氏といった現場で働く職員より、各部署での仕事の紹介や10周年を迎えた感想、お願い等の記事が掲載されている。寒剤供給をはじめとした低温研究を下支えする各氏からの記事より、当時の研究現場での発展や雰囲気、彼らの気概と苦労を伺い知ることができる。

供給先の部局として1980年度に歯学部が加わり、学外（1976年より福島健康環境医学研究所、1979年より山形大学）にも供給を開始している。

5. 東北大学低温センター（広報）15周年記念号 1986年12月発刊

センター発足15周年の記念号である（図6）。5代目センター長の鈴木進教授より、発刊にあたっての挨拶として、以前より進めていた60L液化機の改修（国産初の大型液化機であったことから故障が多かった）が完了したがこの報告があり、今後の課題として、遠からずやってくる液化機の寿命に備えた液化機更新計画、技官後継者養成、青葉山地区第2センター構想等が述べられている。

低温センター講師の佐藤（常）氏より、「低温センターの15年」と題して、ヘリウム供給量、実験量（使用量）、実験者数、部局別利用状況、ヘリウムガス購入量の15年間の統計とその解析結果が紹介されている。これらより15年間に供給量は年々増加し、延べ75万リットル供給されたこと、1回の実験に必要な液体ヘリウム量が1971年当初より3倍以上に大きくなっていること（つまり実験装置が大型化していること）、

大気放出分の補充として延べ10万 m^3 以上のヘリウムガスを購入していること等が分かる。これに加えて、1982年から4ヶ年計画で実行された60L液化機の改修の内容も記録されている。

後半では、低温センターの現役技官である、丹野（武）氏、河野氏、三浦氏、丹野（伸）氏がセンターへの思いを記事にしている。特に丹野（武）、河野両氏の書いた「低温センターではこれまでの間人身事故が一件もなかった」という記述は印象深く、当時、まだ安全性の低い装置をいかに高い技術力でカバーしていたかわかる。またタービン膨張式液化機の記述は、液化方式がそれまでのレシプロ式から現在では主流となったタービン方式への変革期であったことを物語っている。

最後に1980年-1986年に出版された低温科学関係論文（センターの液体ヘリウムを用いた研究成果論文）（計698編）のリストが掲載されている。利用部局としては、医学部と抗酸菌病研究所（加現在の加齢研）の2部局が新たに加わった。

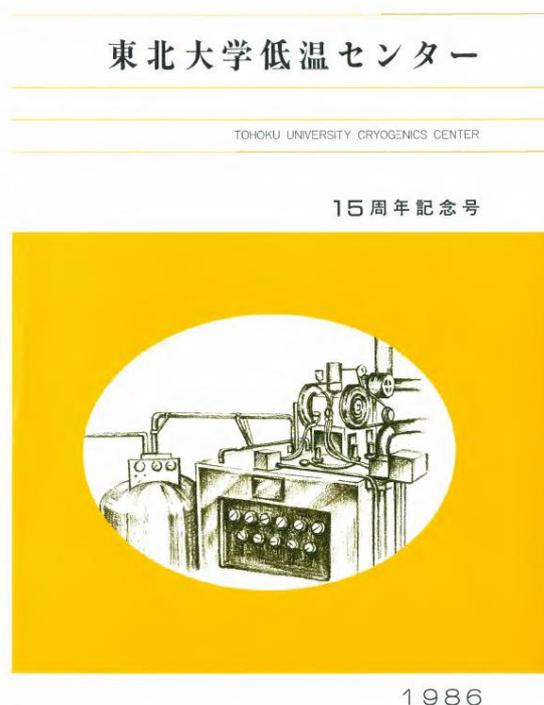


図6 低温センター（広報）15周年記念号の表紙

5. 東北大学低温センター（広報）20周年記念号 1991年9月発刊

センター発足 20 周年の記念号である（図 7）。7 代目センター長の増本健教授より、「東北大学低温センター20周年にあたって」と題する挨拶があり、低温センターが液体ヘリウムを供給する部局は 6 学部 6 研究所、液体ヘリウム利用する研究者は 180 人、研究テーマは 228 件に増加したという調査結果とともに、「液体ヘリウムは、かつては低温科学研究に携わる人達だけの秘境の霊泉でしたが、液体ヘリウムの利用は今では広く一般の科学研究における必須の実験手段になって来ているのではないのでしょうか」という、液体ヘリウムに関する 10 年間の環境変化が紹介されている。この変化に対応するため、これまでの 3 倍の液化能力を持った新ヘリウム液化システムへの予算要求を行ったことも報告されている。これに続いて反応科学研究所の簗野正弘教授より、「低温

センター設立 20 年目にあたり新液化機の設置を切望する」と題して、タンパク質の構造解析の飛躍的進展のために 1GHz-NMR 装置の開発が必要であり、そのために重要性と緊急性が増す新液化機の設置を切望するという強い思いが述べられている。

低温センターの歴史と現状に関する記事として、低温センター講師の佐藤（常）氏より、「低温センター略史」と題して、毎時 4 リットルの能力をもつ液化機が日本で初めて設置された昭和 27 年（1952 年）から、昭和 46 年（1971 年）の低温センター設立を経て、総液体ヘリウム供給量が 100 万リットルを超える平成 3 年（1991 年）までの歴史が紹介されるとともに、新たな液化機更新への援助が呼びかけられている。続いて「共通実験室 20 年」と題して、低温センター助手の坂爪氏より、低温センター設立後に導入された 10T (100kOe) 超伝導マグネット、6T (60kOe) 高均一超伝導マグネットと希釈冷凍機の導入から利用状況に関する詳細が紹介され、希釈冷凍機の更新に対する要望が述べられている。特に 10T マグネット用のクライオスタットの容量が 15 リットルであり、これが当時としては非常に大きかったこと、遅れて導入された希釈冷凍機では初期冷却に 100 リットル、一日に 20 リットルを消費する容量へとさらに大きくなったこと、といった内容がヘリウム液化装置の進化とともに実験装置が大型化してく時代背景を良く表している。3 つ目の記事として、金属材料研究所教授の深瀬氏より「低温センターの現状について」と題して、20 年間に低温センターが抱えてきた様々な問題点が説明されている。開設当時にくらべ 4 倍にも増加した液化量に対して、附属施設経費等の予算面はほとんど変わらないこと、技官数が 7 名から 5 名へと減っていること（技官の仕事内容

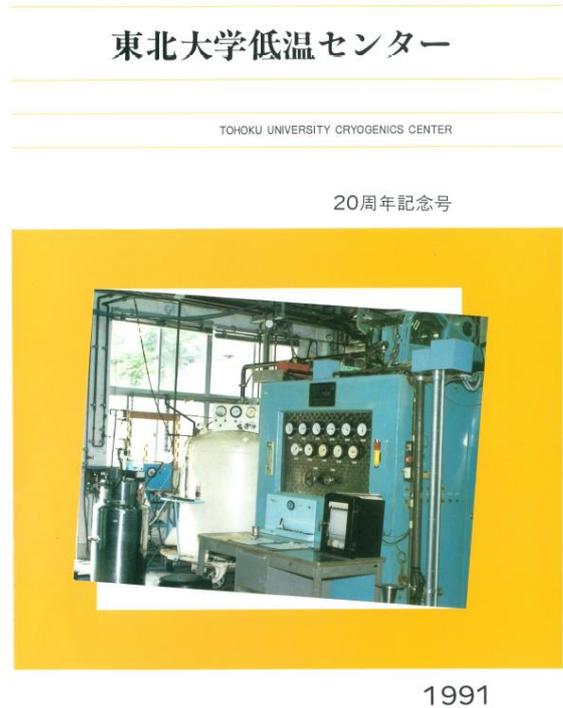


図 7 低温センター（広報）20周年記念号の表紙



図8 1991年(20周年時)における液体ヘリウム供給体制

がいかに多様で大変かも説明)、ヘリウム液化機が20年を経て危機的状況にあることといった問題点が切実に訴えられている。このような状況下、共通実験室の整備は二の次になってしまう現状とともに、ユーザーへの助力をお願いして記事を結んでいる。

最後にアンケート調査により作成した、液体ヘリウムを利用する研究テーマ(228件)と研究者数(180人)、各研究室の研究テーマ名一覧、1986年から1990年の成果論文リスト(975編)が、当時の液体ヘリウム供給体制(図8)とともに掲載されている。

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

NbSe₂ 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、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 ³He-⁴He 希釈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、希釈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 μ 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 NbSe₂ の仲間である 1 T-TaS₂ 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 ³He-⁴He 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

センターの思い出

理学部、工学部、そして通研で

電気通信研究所 教授 枝松圭一 (eda@riec.tohoku.ac.jp)

極低温科学センター（その前身の低温センターを含め、以下ではセンターと記す）と私との付き合いの始まりは、今から40年ほど前に遡る。すなわち今年50周年を迎えるセンターが発足して10年目あたりのことである。その頃私は、理学部物理学教室の光物性実験研究室に大学院生として配属され、池澤幹彦助教授（当時）の指導の下、新しく合成したイオン性結晶の光学特性を計測する研究に着手していた。当時、低温での光学特性を計測するために用いていた光学クライオスタットは理学部工場で作られた真鍮製のもので、真空度があまり良好ではなかった。そのため、液体窒素で予冷した時点ではクライオスタットの周りに水滴が凝結し、光学窓も曇ってしまうことが多かった。それでも、予冷したクライオスタットを物理学教室の側の低温サブセンター（図1）まで運び込み、そこで液体ヘリウムをトランスファーしてもらおうと、たちまち水滴や曇りが取れはじめ、液体ヘリウムによるクライオポンプ効果を目の当たりにすることができた。また、美しく加工されたガラス製トランスファーチューブのボトルネック部を通して見えるヘリウム流入の様子は、いつ見ても不思議で面白く、またそれを操る技術職員（当時は技官と言った）の方の高い技術と「勘」も感動ものであった。

理学部での研究がほぼほぼ上手いき、博士号を頂けた私は、幸いにも工学部応用物理学科（応物）に助手として採用され、新たな研究活動を行うこととなった。応物では、近藤泰洋助教授（当時）が設計し、応物工場で作られたステンレス溶接加工のクライオスタットが使われており、低温光学実験も大分楽になったが、応物の建物・実験室にはヘリウムガス回収管がなく、クライオスタットから気化したヘリウムは一旦バルーンに集めて後日



図1. 理学部サブセンター。建物は私の学生時代当時のまま。



図2. 工学部サブセンター。現在の新しい建物は2021年完成。

回収する必要があった。パンパンに膨れた巨大な（でもとても軽い）バルーンを、学生と一緒に工学部西端（現在の情報科学研究科）の応物棟から工学部中央の低温サブセンター（図2）まで背負って運び、ヘリウムの回収をするのが実験終了翌日の日課であった。

その後、米国（カリフォルニア工科大学）および大阪大学での研究教育経験を経て、私は本学電気通信研究所（通研）に着任し、新しい研究室を立ち

上げることとなった。着任当時、通研ではナノ・スピンの実験施設を建設中であったが、低温光学実験を必要としていた私たちの研究室は、大野英男教授（当時）や諸先輩方のご厚意でナノ・スピン実験施設に入居することになり、寒剤供給やヘリウム回収設備の整った環境で研究をスタートすることができたのは大きな幸いであった。研究は順調にスタートすることができたが、ナノ・スピン実験施設におけるヘリウム回収率はなぜかいつも平均値を下回り、センターの皆様にもいろいろ調べて頂いたものの原因がなかなか特定できずにご迷惑をお掛けすることになったのが悔やまれる。

2011年の東日本大震災ではセンターの液化設備が被災し、液体ヘリウム供給が一時停止となったのは周知の通りである。通研ナノ・スピン実験施設の建物・設備も大きな被害を受け、研究活動の停止を余儀なくされたが、全構成員の努力によって予想より早期に実験を再開することができた。液体ヘリウムの供給についても、センターの皆様の努力によって外部からの供給の目処をつけていただくとともに液化器の復旧に務めて頂いた結果、低温実験の停止期間を最小限に止めることができた。センターの皆様の努力に深く感謝申し上げたい。

震災前は、通研は青葉山新キャンパスに新棟を建設して移転する計画となっており、私も建設・移転計画の立案に携わった。この時点では、片平南キャンパスにある通研の建物（ナノ・スピン実験施設を除く）と設備はすべて新キャンパスに移転する計画であり、通研低温サブセンターも例外ではなかった。そのため、新キャンパスへ延伸する共同溝を利用して、通研およびその先へ移転する予定だった農学部へもヘリウム回収管を延伸敷設する計画であった。この計画立案の際には、センターの皆様にもいろいろ相談させて頂き、大変にお世話になった。こうして建物の設計も終え、準備万端整えて計画実行を待つばかりとなったが、なぜか本部（総長）のゴーサインが出ないまま、徒に時を過ごして機を逸することとなったのは大変残念であった。聞くところによると、移転後のキャンパス跡地（片平南、雨宮）の売却交渉がなかなか進展しなかった



図3. 電気通信研究所本館ヘリウム回収設備。2014年完成。

ことが原因の1つということではあったが...

そうこうしているうちにかの震災が勃発した。本学の建物・設備も大きな損害を被り、通研移転を巡る状況は大転換を余儀なくされることとなった。震災直後に、本学と通研は通研の青葉山新キャンパスへの移転計画を断念し、代わりに片平南キャンパスに新棟を建設することを決定した。ただし、敷地面積および予算の関係上、第1段階では青葉山移転計画時の延べ床面積の約半分の面積の新棟を建設し、残りは今後の概算要求等で予算が付いた段階（第2段階）で建設・移転を行うこととなった。そこで、通研低温サブセンターの移転は第2段階に残しつつ、第1段階で建設する新棟の中には、棟内で使用されたヘリウムの回収・送出設備（図3）を設ける計画とした。この設備の計画・設計段階でも、センターの皆様には本当にお世話になった。改めてお礼申し上げたい。

さて、このようにして稼働を始めた通研新棟（現在の通研本館）のヘリウム回収設備であるが、その後のヘリウム供給逼迫、大幅値上がりの影響もあって、主なユーザー（私どもの研究室を含む）のヘリウム離れ（循環冷媒式装置への転換等）が進むと

ともにヘリウムの使用・回収量が激減してしまい、ここ数年は回収量ほぼゼロという状況になってしまった。時代の流れとはいえ、ヘリウムガスでパンパンになったバルーンを背負って回収に勤しんだ身からすると、少し寂しくもあり、折角作った設備を十分に活用できていない後ろめたさを感じる今日この頃である。

以上のように、私は、理学部、工学部、そして通研の3部局で低温光学実験に携わり、センターから有形無形のご支援を頂いて研究を進めてきた。また、通研に着任してからはセンターの運営委員としても関わらせて頂き、センターの管理運営について勉強させて頂いた。その間を通じ、米国および国内他大学でも研究活動を行った経験も含めて改めて感じるのは、本学の低温実験研究に対する支援体制は、国内はもとより世界でもトップクラスであろう、ということである。私が在留していた当時の米国ではヘリウムは使い捨てが当然であり、

その供給・利用は外部企業と研究者任せであった。大阪大学では本学とほぼ同様な供給体制が敷かれていたが、その支援体制は本学のほうがより手厚く、研究者に寄り添ったものであると（個人的には）感じる。このような低温実験研究に対する手厚い支援体制は、研究大学を指向する本学の大きな強みであると思う。我が国の国立大学は欧米の一流研究大学と比べて研究者あたりの研究補助者数や研究支援体制の点で大きく劣ると指摘されている。しかし、こと低温実験研究の支援体制に関しては、本学は世界一と言っても良いかもしれない。このような優れた支援体制の構築と維持管理は、センターの皆様の努力と実践なくしてはあり得ない。センターの創設あるいはそれ以前からセンターに関わられて来られた先達および現役の皆様のためまぬご努力とご協力に心より感謝申し上げますとともに、センターの今後のより一層の発展を期待して筆を置くこととする。

センターだより 今昔

東北大学 低温センターだより No. 2. 1973. 2. 22

東北大学低温センター
TEL 27-6200 内線 2676・2730
〒980 仙台市片平二丁目1番1号

液体ヘリウム供給状況

昭和46年度

(昭和46年4月～昭和47年3月)

液体ヘリウム供給量 18,340ℓ
(液化運転日数 93日)
液体ヘリウム実験量 5,881.5ℓ
(延実験者数 3,337人)

部局	供給量 ℓ	実験量 ℓ	実験者数 人
低温センター	7,780	—	—
理学部	—	2,363.1	1,472
通研	—	408.0	314
低温センター実験室	—	390.0	26
教養部	—	70.2	48
非水研	—	10.5	13
科研	—	3.3	2
金研	8,830	2,116.8	1,274
工学部	1,730	519.6	188
合計	18,340ℓ	5,881.5ℓ	3,337人

- 1 -

低温センター時代は、本号6ページで紹介した過去の広報誌「低温センター」特集号とは別に、ユーザー向けの情報提供のため、月1回の頻度で低温センターだより（B4紙折込裏表4ページ）が発行されていた。内容はヘリウム供給量、実験量の詳細な集計とセンターからのニュースや注意事項等である。これらを毎月ユーザーへ郵送することにより、センターの円滑な運営を維持していた。当時のセンター関係者およびスタッフの熱意が伺い知れる。

装置を作って学べた低温技術

多元物質科学研究所 教授 米田忠弘 (tadahiro.komeda.a1@tohoku.ac.jp)

筆者は現在、多元物質科学研究所に所属しており、西1号館(旧科学計測研究棟S棟)においてヘリウムを寒剤に用いた研究を行っている。この建物には多元の低温室も配置されており多くの研究室が安定したヘリウム供給を受けて成果を上げている。改組前には科学計測研究所として、計測手法の開発に長い歴史があり低温を用いた手法開発も行われてきた。筆者が赴任した当時、自分の研究室にピットを作れないものかと思案しながら、建物を見て回っていたとき、角の部屋に今の基準からすればこぶりなサイズのピットが放置されているのが、入り口ガラス戸ごしに目に入ってきて、何に使われていただろうと興味を抱いた。人づてに聞いて、後藤輝孝先生が以前使っていたとのこと。科学計測研究所の歴史を紐解いて、低温との関わりを知るためにも御仕事を調べてみた。後藤先生は東北大の後、新潟大学に移られ装置も一緒に移動したようだが、応用物理に図1のような記事を書いておられる。これは1992年の記事であるが、同じ研究所の技術室・機械工場と共同して希釈冷凍機を自作で組み立てられている。筆者には自作で希釈冷凍機を作っ

てしまうということが当時想像できなかった。その記事に参照されているように、機械工場技法に詳細が記録されている。また当時同じく東北大の物理教室、青葉山の低温センター所属で、その後京都大学に移られた澤田安樹先生もやはり自作の希釈冷凍機を作成運営しておられ、退任された佐藤武郎先生と一緒に作成に関する詳細の技術をお聞きする幸運を得た。ガスハンドリングに関しても複雑な設計・作成・運営を熱く語っていただいたことが、いまでも鮮明に思い出される。

私自身は長く走査トンネル顕微鏡(STM)に関わってきたのであるが、1K以下の極低温技術を用いた測定が必要になった経緯を簡単にまとめてみる。STMは1980年頃からスタートして原子が見える顕微鏡として注目されたが、基本的に一つの画像測定に数分かかる遅い顕微手法であるので、表面の原子や分子の拡散を追いかける動的測定は不得手であるばかりか、表面を移動している原子・分子は全く見えないということになる。表面拡散を抑えるためには低温が必要となる。他方、単一分子や原子を探針でつまみ上げ人工的に原子・分子の構造体を作ることが1990年あたり



技術ノート(自作の参考)

希釈冷凍機

東北大科研 後藤輝孝
東北大低温センター 坂爪新一

1. まえがき

希土類、およびアクチノイド化合物などのf電子系には、伝導電子とf電子との混成効果に起因する多体電子状態——重い電子——が出現する。重い電子系の示す特異な磁性や超伝導は大きな注目を

3. 設計と製作

標準的な希釈冷凍機についての基本的技術は、すでに確立されている。たかさんの優れた教科書²⁾、解説³⁾、そして研究論文⁷⁻⁹⁾が発表されており、自作の参考になる。

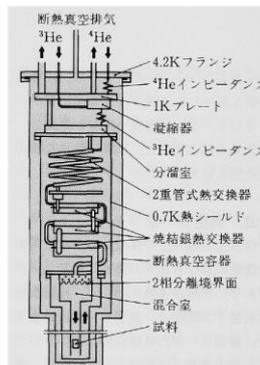


図1 応用物理で紹介された、科学計測研究所(現多元研)および機械工場で作られた希釈冷凍機の技術ノート(希釈冷凍機, 後藤輝孝, 坂爪新一, 応用物理 1992年 61巻 3号 p.283-284.)

<https://doi.org/10.11470/oubutsu1932.61.283>

で実現され低温観察への関心が広まった。しかしながら、低温化の真のメリットは、トンネル分光のエネルギー分解能の向上にあった。トンネル分光は閉回路・全電子分光であり、そのエネルギー分解能は温度に正比例して向上し、その効果は大きい。このようなことを背景に 1990 年代後半では、徐々に高いエネルギー分解能を必要とする素励起に関する分光が研究の中心となってきた。分子の振動分光に引き続き、スピン励起分光が報告されている。一つの大きな目標としては従来多数の分子の集合でのみ可能であった、ESR あるいは NMR 測定を単分子・電子分光のみで達成することと考えられる。よく知られているようにこれらのスピン分光手法は化学の標準分析手法となっており、更に医療の MRI 手法としていまや診断に欠かせない存在となっている。しかしながら、RF の入射と、強磁場で構成される分光装置は、もしも小型化され電流で検知が可能となれば一挙にその応用範囲は拡大し、波及効果は計り知れない。現在盛んに議論される量子コンピューターの読み書きへの応用も可能である。高周波をトンネル接合に導入する、高いエネルギー分解能を持



図 2 多元技術室で作成した希釈冷凍機。STM ヘッドを組み合わせて試料搬送に対応した構造。

つスピン分光が開発の競争対象となっている。

このような背景のもと、2000 年半ばから超低温での STM 測定を開始した。希釈冷凍機の装置も手持ちにない状況ではあったが、前述の後藤先生の工場での自作装置作成の例は大変励まされるものであり、自分自身も工場と共同して希釈冷凍機の作成を開始した (図 2)。すでに時間が立っていたため多元研の機械工場のメンバーにも、当時作成に関わられたが、すでに退任されている方もおられ、必ずしも冷凍機の作成は簡単ではなかった。また STM はそれ自体がかなりの大きさを持つ装置であり、かつ試料は同じ真空装置で準備して最後に STM ヘッドに搬送というのが標準分析手法となっており、外部からの熱輻射を複数の熱シールドで防ぐという設計からの変更は複雑な機構が必要である。このような困難があったが試作機が機械工場で作成することができたのは、私にとっては驚きであり、工場の高い技術力が為せる技であると考え。しかしながらこの装置自身は震災によって大きなダメージを受けてしまい、修復は不可能となってしまった。しかしながらその作成はその後、様々なタイプの低温 STM 作成のプロトタイプとなり我々の低温技術の拠り所となった。

ヘリウムは現在世界的な供給不足で、センターでの運営はご苦勞を伴うものと想像され、我々ユーザーにとってもヘリウム料金を捻出するのは容易ではない。この構図は当分変化がなさそうである。加えて、ヘリウム冷凍機全般も高性能化や自動化が進み、ありがたい反面、価格も高騰しカタログの最上位にある機種は中国が主顧客といった状態が日常化している。しかし物理・化学は言うに及ばず様々な応用分野で低温がもたらす精密分光が必要となっており、その実現のために低温技術は欠かせない。上で述べた話を改めて眺めてみると、昔話にしか聞こえない気もするが、装置を自分で作ってみる以上に新しい手法の発想に至る道は無いと信じている。低温室をもつ恵まれた環境で我々はよりユニークなチャレンジを続けていくことが使命では無いかと考える。

センターの思い出

極低温の世界との出会い

多元物質科学研究所 技術職員 相馬 出 (izuru.soma.b3@tohoku.ac.jp)

私と極低温センターとのかかわりは、1985年4月に東北大学科学計測研究所(当時、現:多元物質科学研究所)、計測材料研究分野に、文部技官(当時、現:技術職員)として採用された日からなので36年になる。ちなみに、片平極低温センターの丹野伸哉技術職員は、年齢こそ既卒採用の私のほうが高いが同期採用である。

振り返ってみると、かかわり自体が日々当たり前の日常だったので、もうそんなになるのかというのが正直な感想だ。

私が採用された計測材料研究部門は、II-VI族化合物半導体の光物性を研究しており、私が主に担当していた業務は、希薄磁性半導体の結晶成長及び超電導マグネットを使用した光学実験の支援業務である。超電導マグネットは、超電導状態で物性実験を行うために、液体ヘリウムを使用する必要があり、そこから、ユーザーとしての私と極低温センターのかかわりが始まった。

この時期が、極低温センターとのかかわり第一期となる。

何しろ、36年を振り返っている思い出しながらであるので記憶があいまいだったりするが、当時の科学計測研究所のサブセンターは選任管理者がおらず、ヘビーユーザーの研究室が持ち回りで管理運営を行っていた。そして、液体ヘリウムユーザー研究室が管理の分担者としてかかわるルールとなっており、私の所属する研究室からは私が分担者となった。しかし、当時の私には物性実験、寒剤、高圧ガスの経験などなく、すべてが初めてのことであった。

そのころの極低温センターのスタッフには、大友貞雄さん、丹野武さん、渡辺邦男さん、三浦弘行さんなどの厳しく、優しい先輩方がいて、公私

にわたりご指導いただいた。各氏に対する私の個人的印象であるが、厳しい大友さん、優しい渡辺さん、ユーモアたっぷり丹野さん、真面目な三浦さんという感じだったように思う。また、極低温センターと科学計測研究所のサブセンターは地理的にも一方通行の道路を挟んで向かい合うという近距離にあり、特に、大友さんには、目をかけていただき、何の知識、経験もない私のために、部局の枠を超えて、金属材料研究での学習会や研修などに参加させていただき、また、若く、世間知らずの私だったので、非常識な態度も多々あり、そういう私の日常の仕事に対する姿勢などについても厳しくご指導いただいた。

当時のヘリウム回収システムは、現在のようにガスバックのヘリウムガスを直接極低温センターへコンプレッサーで圧送するのではなく、ガスバックのガスを一度7m³ガスボンベ6本組2セットのカードル(図1)にコンプレッサーで圧送し、極低温センターのトラックで輸送するというものであった。

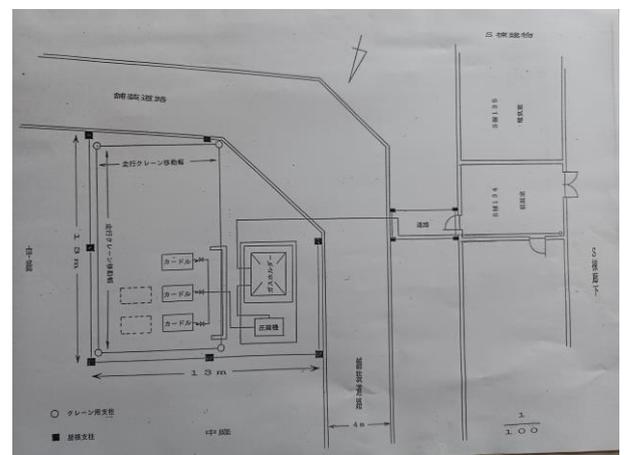


図1 ガスバック室周辺図

1セット目のカードルが一杯になると、ユーザー研究室の実験室内のブザーが鳴り、気が付いた

ユーザーがカードルを手動で切り替えるというシステムだった。夜中だろうが、雨だろうが、風だろうが、雪だろうが、カードルはいっぱいになれば、カードル切り替えをおこなわなければならない、時には朝まで誰も気づかずブザーが鳴りっぱなしで、ガスバックのリーク弁からガスを漏洩してしまい、大友さんに厳しく指導されたことも多々あった。しかし、その反面、今と違い、ユーザー自身がヘリウム回収に関する意識が高かったとも言える。そのおかげで、実践を熟しながら物性実験、寒剤、高压ガスの知識と技術が身につけていった時期だった。

1998年には地下配管工事をを行い、片平極低温センターまでヘリウムガス回収ラインが開通した。このころはサブセンターも工藤明夫技官が選任となり、私は副担当となった。直接配管になり、また、専任担当者が置かれたことでユーザーのヘリウム回収にかかる手間と時間は大幅に削減された。副担当の私は主に工藤技官が不在時の対応を行った。副担当になったが、液体ヘリウムユーザーの立場が70%、管理者の立場が30%だったので、時としてユーザー側の立場になって担当者の工藤さんと対立したり、近距離であることに甘えて、イレギュラーに液体ヘリウムの供給を依頼したり、こちらの都合で、ベッセルを夕刻過ぎに私自身で運んだり、センターにはかなり無理なお願ひしたりしていたと思う。この時期はヘリウムガス回収の自動化が進んだこともあり、他のユーザーもヘリウム回収に関する意識が若干低くなって、センターとのかかわりが薄くなっていった時期かもしれない。

2001年の科学計測研究所、反応化学研究所、素材工学研究所の3研究所合併による多元物質科学研究所設立を機に、所属研究室の教授がサブセンター責任者になり、必然的に私がサブセンターの主たる担当者に任命された。ここから、液体ヘリウムユーザーから管理者の比重が大きくなっていった。予算建て、予算執行、装置・設備の更新など、ずっと研究室一筋だったのでなかなか慣れるまで苦労した記憶がある。液体ヘリウム用容

器受け入れ、返却対応、ヘリウムガス回収などの現場対応も増えて、それに伴って、ヘリウムガス回収が直接配管にシステム変更改善されても、ヘリウムガス回収は生き物であることを冷や汗が出る体験を通して何度も実感させられた。

たとえば、ヘリウムガス回収率の低下が起こり、センターから原因究明まで液体ヘリウム供給ストップすると通告されてしまったときは、若き日に大友さんから教わった回収ラインの圧力チェックを行い、原因究明が早急にできた。それ以来定期的に回収ラインの圧力チェックを習慣としている。ある時は、普通はガスバックが一杯になると上限スイッチをたたき、コンプレッサーが作動しガスの圧送が開始される。ところが、複数の研究室のヘリウムくみ出しが重なり、ガスバックの膨らむスピードが速すぎてスイッチを深くたたかずコンプレッサーが作動しなかったためにガスを漏洩してしまった。また、ある時は、ガスバックのワイヤーが途中で引っ掛かり、下限スイッチをたたかなかつたために、純度の悪いガスを圧送してしまった。このようにセンターにご迷惑をかけることもしばしばあったが、そのたびに、夜間、早朝にかかわらず、極低温センターのスタッフが連絡をくれたり、駆け付けてくれたり、対処や改善方法についても、野島先生はじめセンターのスタッフに相談に乗っていただき、上上限スイッチの増設や監視カメラの設置など改善することができている。実は最近も、ガス漏洩事故があり、センターへご迷惑をおかけしていて、本当にヘリウム回収は生き物だとしみじみ実感している。

今回は勤続年数が長く、それに伴い、極低温センターとのかかわりも長いということで、センターの思い出について依頼されたが、振り返ってみても、自身が定年まであと少しなのだが、まったくもって現在進行形なんだなあつくづく感じた。この度はこのような機会をいただき、関係各位に心より感謝いたします。

そして、センター創立50周年おめでとうございます。

センターの思い出

低温研究とヘリウム供給

落合 明 (aochiai@mail.clts.tohoku.ac.jp)

東北大学名誉教授 (元理学研究科物理学専攻教授)

令和3年3月をもって、東北大学大学院理学研究科を定年退職いたしました。当然、兼任していた極低温科学センターも退職となったわけですが、色々気が楽になったせいも、やらなくて済むことはどんどん忘却の彼方に消えてしまいました。ところが、消えてしまった記憶を思い出して「センターの思い出」を執筆せよとのご下命を頂戴してしまったので、少し頭にグリス (OH 基がついているグリスかもしれませんが) をさして書かせて頂くことに致しました。

平成12年4月に、私は東北大学に再度赴任(一時期、金研の附属施設に勤務していたため)することになりました。赴任部署は、極低温科学センターの青葉山地区を担当する極低温物理学部で、同時に理学研究科物理専攻を兼務するという立場でした。実際は、物理学専攻の皆様とほとんど同じ待遇で扱っていただきましたが、その分いろいろなお仕事も回ってきたわけですが。一方、センターの最初のお仕事は、今回私自身が執筆を依頼されている「極低温科学センターだより」の第一号の編集でした。それ故、センターだよりへの寄稿をお願いし、お手数をおかけしてはいたわけですが、因果は巡る風車、今度は私自身が寄稿する立場になってしまいました。そこで、今回は私とセンターの関係を、研究とヘリウム供給の両方を交えて少し語らせていただきたいと思います。

私がセンターに赴任した際は、極低温科学センターは教員も含んだ組織であり、センターの使命は液体ヘリウムの供給だけでなく、低温研究もまた重要な任務でした。そのような中、私の研究は、学生時代からずっと、 f 電子系の磁性に関わるものでした。 f 電子系の研究というと、多くの方が

思い浮かべるのは近藤効果だと思います。 f 電子系近藤物質では、それまでの近藤効果の原因である磁性不純物が周期的に配列することとなり、結果として、低温において有効質量が極端に増大された伝導電子が出現します。これが、 f 電子系近藤物質が所謂重い電子系と呼ばれる所以です。この伝導電子の有効質量増大を直接観測する手段として、多くの研究者が注目したのが de Haas van Alphen (dHvA) 効果ですが、その観測を可能とするためには「低温」、「強磁場」、「高品質単結晶」の三つが必要条件となります。ここに、私と「低温」とのかかわりが出てくるように思えますが、そもそも私は dHvA 効果実験の専門家でもなく、さらに言えば「低温」の真逆である「高温」を用いた結晶育成を自分の研究の根幹に据えていました。しかしながら、「低温」、「高温」のどちらに於いても熱を如何にコントロールするかが鍵であり、その基本は、中学校(或いは小学校?)でならった、熱の移動である「伝導」、「輻射」、「対流」を如何に制御するかです。高温での結晶作成では、如何に効率的に断熱状態を作り、目指す高温を安定に維持できるかが肝要であり、これが、高温炉での断熱材、輻射遮蔽板、真空の活用につながるわけで、その意味では「低温」も「高温」の同じ道具を使って互いに両極端を目指しているわけです。

実は、私と低温研究とのより本質的なかかわりは、「高品質単結晶」の作成にあります。物性研究者の研究スタイルは様々ですが、物質探索(実際には物性探索になりますが)にもっぱら注力する研究では、新物質を多数合成し、その中でめばしい物性を発現する物質を探していくというスタイルとなります。一方、私の研究スタイルは、

既知の物質でも、その品質を高めることにより、それまで不純物や結晶の不完全性により隠れていた本質を明らかににすることができるという考えからであり、謂わば、既知の物質を使った物質探索といえます。いずれにしろ、dHvA 効果も含めて温度揺らぎのない低温測定で初めて物質の本質が露わになるわけですが、それを可能とするためには、併せて測定に耐えうる高い品質が必要になるわけです。

以上のように、私の立ち位置は、低温研究のど真ん中という訳ではありませんが、物性研究にとって、低温が如何に重要であるかを体現する研究を行うものとして、センターの任務に関わってきたわけです。しかしながら、その後、成り行きからセンターの極低温物理学部に対して責任ある立場となってしまっただけからは、もっと直接的にセンターの使命に関わらざるを得なくなりました。さらに、その頃には、大学内の組織改革から、センターは、その使命から研究が除かれ、液体ヘリウム供給を主たる使命とする組織となりました。それ故、センターの研究者は、研究科或いは研究所に本籍を移し、センターは兼務するという形に変わりました。

さて、私も含め多くの方々が過去を振り返った時、東日本大震災は鮮烈に記憶に残っているものの一つです。当時の私は、更新の時期を迎えた青葉山地区のヘリウム液化システムについて頭を悩ませなければならぬ立場にいました。そのような中で、東日本大震災が起こったわけですが、まさに液化システムにとどめが刺されたといつてよいような状況でした。今でも、震災により貯槽の断熱が破れ、貯蔵されていた数千リットルの液体ヘリウムが気体となって消失していく際に発生した何とも言えない音を思い出します。いずれにしろ、震災により被ったダメージはかなり深刻で、しばらくはセンターの液体ヘリウム供給がストップする状態が続きましたが、当時のセンター職員の知恵と努力により、以前と同じとはいきませんが、ヘリウム供給の再開を可能としました。ヘリウム液化システムは満身創痍の状態でした

が、壊れた装置をまったく別のもので代用するといった工夫等により、何とか部分的ではありますが供給を再開できたわけです。一方、低温実験を行うユーザー側も、低温実験装置が被害を被り、フル稼働できない状態だったので、しばらくの間は何とか皆様が我慢できる程度の供給が可能でしたが、復旧が進めば、いずれ問題が生じるのは目に見えていました。そのような中、大学内外の関係各位のご支援により、液化システムの復旧のための予算措置をしていただき、液化システム復活の筋道を立てることができました。それ故、今度は新しいシステム導入に関わる作業に追われることになったわけです。まず、どのようなシステムを導入するかからスタートするわけですが、それが決定した後も、システムの導入には、当然古いシステムの撤去と新しいシステムの建設が必要で、その間は、液体ヘリウムの供給はできません。それ故、ユーザーにはその間、外部から液体ヘリウムを購入していただくことになるわけですが、外部業者とユーザーの間に生じる様々な事象の交通整理はセンターが関与することになり、さらに追い打ちをかけるように、世界的にヘリウム供給が不安定となり、その波は当然我々も被ったわけです。現在、導入された液化システムは安定に稼働し、その結果、液体ヘリウムは安定して供給されていると思います。しかし、この手記を執筆して、今更ながら、震災からの怒涛の日々を思い返す次第です。

さて、以上のように現在安定稼働している液化システムではありますが、その導入からもうすぐ10年が経過しようとしております。一般に10年経過した液化システムは、次への更新が必要であると言われております。現在、センターの教職員は次のシステムへの更新に向けて様々な努力を行っていると思いますが、併せて、液体ヘリウムユーザーの皆様方からのご協力も必要となると存じます。それ故、最後に、すでにセンターからは足を洗った身ですが、今後の全学の低温研究の発展のためにも、皆様のご協力をお願い申し上げ、筆をおきたいと思っております。

センターの思い出

工学部低温センターでの 42 年

大学院工学研究科 助教 野地 尚 (noji@teion.apph.tohoku.ac.jp)

本年 3 月で定年退職した私に、50 周年記念号への寄稿依頼があり、何を書こうか迷ったが、昔からの工学部低温センターを知る人が居なくなると思い、センターの概略や思い出話を書くことにした。

工学部低温センターは、1970 年(S45)に、金研の東北大学低温センターのサブセンター(初代センター長は、高橋實教授)として設置され、液体窒素の供給が始まった。当時は、二人の技官(末永、佐久間)がフィリップス社製液体窒素製造装置(液化能力 25 l/h)で製造し、工学部の各研究者に供給していたが、頻繁に起こる停電、断水のために大変苦勞したと聞いている。この液体窒素製造装置は、1977 年(S52)まで稼働したが、老朽化に伴い廃止され、その後、液体窒素は業者からの購入に変更された。他方、液体ヘリウムは 1971 年から供給が開始され、金研で液化し運搬されたものを用い、回収ガスは 5 本組カードルへ大型圧縮機(西製作所製の横型対向四段圧縮機)で圧縮し返却するもので、金研からの液体とカードル運搬は週に 1~2 回の頻度で行われていた。1974 年に末永氏が退職し、佐久間氏が一人で従事することとなり、特に液体窒素製造装置が稼働していた時期は、相当な激務であったようである。

1979 年(S54)に筆者野地が新規採用され、二人でサブセンター業務をすることになる。当時の液体窒素の年間供給量は約 60,000 l、液体ヘリウムは約 1,500 l であった。佐久間さんには本当にお世話になり、楽しく仕事をする事ができた。また、週 1~2 度、金研から液体ヘリウム運搬で来る液化室の技官の方々の「武勇伝」は、若かった私にとっては刺激的且つ魅力的な話ばかりで、興味津々で拝聴させて頂いた。その後、金研液化室

と工学部、理学部、通研の各サブセンター職員で親睦会を作り、年 1 回の旅行をすることになった。旅行は、マイクロバスを借り、温泉旅館の宴会では酌婦(コンパニオン)付の豪華なものであり、一次会宴会場から宿泊部屋での二次会にまで酌婦を連れての豪遊は、その後の私は経験したことがない。写真は、旅行中のバス中風景である。最前列に座っている佐藤健治さんは、その迫力ある風貌から怖そうに見えるが、親分肌で面倒見の良いやさしい人柄から皆に慕われていた。



親睦会旅行でのマイクロバス中風景

1985 年(S60)に、高橋センター長の定年退官に伴い、富山大学から赴任してきた齋藤好民教授がセンター長に就任した。齋藤教授は、工学部サブセンター開設時に高橋研究室の助教授であったため、センターについて熟知していた。その後、齋藤研究室を新設するための職員として私が指名され、午前中は低温センターで勤務し、午後は齋藤研での仕事をするということになり、仕事量は激増した。特に、1987 年に高温超伝導が発見されてからは、昼夜を問わずの実験が始まり、また、ほとんど注目されることがない超伝導が、毎日のように新聞やテレビで報道されるようにな

った。発見当初、私が試しに作った大型 YBCO バルク試料を液体窒素で冷やし、上に小さな棒磁石を置くと上手く浮いた。それを見た齋藤教授が大学広報に連絡し、その映像が「目に見える超伝導」というタイトルで NHK の朝の全国ネットで放映されたことが懐かしく思い出される。

低温センターでの液体窒素の年間供給量も約 105,000 ㍓、液体ヘリウムは約 2,500 ㍓に増大した。液体ヘリウムは、現在のような大型測定装置へのトランスファーによる消費は少なく、1~3 ㍓を個別に汲み出すものが主体であったため、汲み出し頻度は大幅に増加した。当時の液体ヘリウムの実験用デュワー瓶はガラス製であり、実験頻度の増加に伴って破損の危険度も上昇したため、金属製クライオスタットを学科工場にて工場職員の方々と作製した。これには、以前、金研の坂爪新一氏に教えていただきながら作製した電磁石装着用の金属製クライオスタットの経験が活かされた。当時作製した 3 個の金属製クライオスタットは、今でもトラブル無く使用できている。

その後、1996 年の東北大学低温センターの組織編成の改組に伴い、工学部サブセンターから工学部低温センターに名称が変わり、2014 年には小池センター長のご尽力により、工学研究科低温センターとして工学研究科の共通施設として正式に発足した。齋藤好民センター長以降は、宮崎照宜、小池洋二、安藤康夫、各応用物理学科教授がセンター長を歴任され、佐久間正守技官退職後

の常駐センター職員は、小畑敏夫、鈴木勲両氏が数年ずつ非常勤で勤務し、2011 年に門馬剛史技術職員が新規採用され従事している。現在の工学研究科低温センターは、センター長が安藤康夫教授、副センター長が中野貴文助教、常駐職員が門馬剛史技術職員で運営されている。

昨年度は、液体窒素を約 60 の研究室に約 46,000 ㍓、液体ヘリウムはマテリアル系を含めると約 8,000 ㍓の供給量であった。ヘリウムは、装置へのトランスファーによる消費がメインとなり、低温センターでの個別供給は激減している。

法整備に関しては、1983 年に CE10 型(8,500 ㍓)設置に伴い第二種高圧ガス製造事業所、そして、1988 年にヘリウムガス圧縮機を県に登録し第一種高圧ガス製造事業所に変更、その後、極低温物理学部(理学部)間のガス回収配管設置に伴って 2004 年に圧縮機が廃棄され、第二種高圧ガス製造事業所になり現在に至っている。

私は、工学部サブセンターに勤務した 1979 年(S54)から 42 年間、沢山の方々にお世話になりながら本年無事定年を迎えることができた。特に、液体ヘリウムを安定供給してくださり、多くのことを教えていただいた極低温科学センター関係の皆様には心より感謝申し上げます。

最後の写真は、金研の佐藤常夫講師退官送別会での集合写真である。当時(1994 年)の低温センターに関係した方々が揃っているので、記念誌に相応しいと思い載せさせていただく。



佐藤 常夫 先生 退官送別会

1994. 3. 9

センターの思い出

低温センター50周年とわたし

極低温科学センター 技術職員 細倉 和則

平成2年3月16日に低温センター（現極低温科学センター）に文部技官として配属されて、今年で約30年になります。生まれは昭和46年。センターの発足が昭和46年なのでほぼ同い年になります。50周年を記念したセンターだよりに執筆するのも、何かの巡り合わせのような気がします。本稿ではこれまで運転を担当した液化機およびその周辺に関わる仕事にまつわる思い出を記すことにより、50周年を振り返ってみようと思います。

日本酸素社製 60 リットル/h 型ヘリウム液化機 (1971年～1992年)

私が初めて触った液化機は、日本酸素社製 60 リットル/h 型液化機で、膨張機はレシプロ型でした。3月に入所したこともあり、当時のセンターには6人の技官（現技術職員）がいましたが、2人は3月末で退官される方でした。ほぼ2週間という短い間でしたが、2人には強烈な印象が残っています。仕事には非常に厳しかったです。しかしいつも笑いがある職人気質の方々でした。初めて、ヘリウム液化機の膨張ピストンの回転数を上げる操作を任されたときですが、回転数ダイヤルを回していくと、ピストンから凄まじい音が聞こえてきました。「下げろ」「どけろ」後は私の出番はありませんでした。回転数が上がりすぎたのです。今考えると、私の作業と同時に液化機内の高圧側の圧力も上げていたのかもしれませんが、ダイヤルだけで調整しようとした私のミスでした。それ以降は故障もあり、この液化機を運転した記憶はあまりありません。今でもあの時の音と慌てぶり、そして退官された2人の厳しさと笑い声を思い出します。

SULZER社製 100 リットル/h 型ヘリウム液化機 (1983年～2003年)

この液化機は超電導材料開発施設（現強磁場超伝導材料研究センター）に設置されていました（低温センターの技術職員が運転を担当していました）。膨張機はタービン式で、現在まで主流の方式になります。日本酸素社製 60 リットル/h 型液化機の度重なる故障もあり、補助機としても長年運転しました。まだ自動と手動が混在している時代ですが、ほぼ手動での操作だった記憶があります。膨張エンジンや熱交換器が内蔵されるコールドボックスは、型式がはっきりしない特注のもので、ハイブリットマグネット（以降HM）も冷却できる機能もありました。難しかったのは、気液分離器に溜まった液体を、2000 リットルの貯槽に送り始める時の送液の調節です。液を送りすぎると貯槽の圧力が上がり、少ないと気液分離器の液面が上がります。バランスが崩れると、液化機全体が不安定になります。送液管の予冷が終わるまで液面と圧力との格闘でした。少しも気が抜けない時間でしたが、安定すれば自動に切り替えできたのを覚えています。この液化機でバランスの重要性を学んだ気がします。



SULZER社製 100L/h 型ヘリウム液化機

SULZER 社製 35 リットル/h 型ヘリウム液化機 (TCF20 型.1987 年～2012 年)

この液化機も超電導材料開発施設（現強磁場超伝導材料研究センター）に設置されていました。HM 専用で、冷却・液化運転ができました。ほぼ手動操作で HM 実験期間中は終夜連続運転でした。液化能力が毎時 35 リットルの機器でしたが、その液化量は、液化用圧縮機の高圧側圧力を調整することにより、自由に調整できました。とはいえ、夜間に 500 リットル貯槽が一杯にならないよう、また少な過ぎないようにするには苦労しました（後に、撤去した SULZER 社製 100 リットル/h 型ヘリウム液化機の 2000 リットル貯槽を移設し、苦労は軽減されました）。また瞬間停電に弱く、非常停止を何回も経験しました。雷が鳴り始めるとドキドキしたのを覚えています。



SULZER 社製 35L/h 型ヘリウム液化機

LINDE 社製 150 リットル/h 型ヘリウム液化機 (TCF50 型.1993 年～2009 年)

日本酸素社製 60 リットル/h 型液化機の後継として 1993 年に導入されました。私がセンターに勤務してから、初めて新規設置された液化機です。この液化機から、液化に必要な回収ガスの高純度化は、コールドボックス内に配置された内部精製器付によりなされるようになり、これまで液化機運転と並行して行っていた外部精製器の運転が不要になりました。また起動から液化まで全

自動で行います。ただしモニターは、バルブ・温度・圧力などをずらずらと表示しているもので、現在の液化機内ガス循環系統図を表示するモニターとは違い、直感的にわかりづらいものでした。また初期不具合も多く、業者とのやり取りは主にファックスで行っていました。液化用圧縮機のベアリング破損、電源のトラブル、汲み出し用二重管の交換もありました。後期は故障続きで、その箇所や修理の内容はここでは書ききれないほどありました。そのせいもあって、この液化機からは色々なことを学びました。故障するたびに、新たな知識の習得が必要でした。苦労した分、成長させてもらった、また、平常運転では便利な全自動運転の不具合発生時における不自由さも知った液化機です。

LINDE 社製 50 リットル/h 型ヘリウム液化機 (L70S 型.2013 年～)

この液化機は強磁場超伝導材料研究センターに設置されていた SULZER 社製 35 リットル/h 型液化機が、東日本大震災で被害を受けたため、後継として導入されました。これまで同様 HM 専用で冷却・液化をします。全自動運転のため逆に液化量の調整が難しいですが、被害を免れた 2000 リットル貯槽を再利用しているため、夜間の液化でも余裕があります。



LINDE 社製 50L/h 型ヘリウム液化機

LINDE 社製 200 リットル/h 型ヘリウム液化機 (L280 型, 2010 年～2021 年 (予定))

現在の液化機で、LINDE 社製 150 リットル/h 型液化機の後継になります。大きな特徴は汲み出しポンプです。これまで貯槽圧を使用した汲み出しで、100 リットル容器で約 30 分かかっていましたが、ポンプ方式により、10 分程度で汲み出せるようになりました。特に 250、500 リットルといった大型容器の汲み出しに貢献しています。またこれに伴い、長年使用してきた汲み出し用のガラスサイフォンは廃止になりました。この液化機を話すうえで、避けて通れないのが水素混入問題です。始まりはある利用者の一言でした「実験装置が詰まるんですが」。利用者の使用方法に問題があると思いました。トランスファーチューブ中のガス置換不足や弁の締め忘れ等のミスにより、室内への空気混入が起こり、装置内のヘリウム細管の詰まる事象がたまにあるからです。しかし時間を追うごとにその件数が増えてきました。おかしいと思ったのはセンターの教員までもが詰まりを経験したときです。これはあまりない事です。というのも彼らは液体ヘリウムの扱いに精通したベテランだからです。そして教員の「装置を室温に戻さなくても 20 K～30 K で詰まりが一時的に解消した」という対処を聞いた時点で、問題は液化機だと認識しました。空気ではない、その温度なら詰まったのは固体水素かもという認識にたどりつきました(利用者の方々疑いをかけずいませんでした)。よくよく内部構造を調べると、この液化機の精製器ラインには水素を取るためのフィルター(20kADS と呼ぶ)がないことがわかりました。液化を起こすヘリウム循環系高圧ラインにも 20kADS はあります。更新前の 150 リットル/h 型液化機には内部精製器と高圧ラインの 2 か所にこれが付いていましたが、新型の液化機にはこれが撤去されていました。20kADS を精製器に導入しなかった理由に関して業者からの説明はありましたが、絶対には取ってはいけないものです(実際、このトラブルは世界中で発生したことから、ごく最近の LINDE 社製液化機で

は復活しています)。そこから試行錯誤しましたが、また教員の一言で助けられました「冷えていても真空引きできるよ」。これで現在行っている、液化機(高圧ライン用 20kADS)の温度が室温近くに上がる前に、高圧ラインにガスとなった水素を閉じ込め、真空引きでのガス置換をする方法を確立できました。現在では、水素問題は野島先生の考案したトランスファーチューブ用フィルターとガス置換により解消しました。この一件で、人の話はきちんと聞く事と反省し、またそれが大事であると気付かされました。



LINDE 社製 200L/h 型ヘリウム液化機

もう一つ話さなくてはいけないことは、東日本大震災です。液化機だけのことではないですが、被害はありました。汲み出し中の 250 リットル容器がリフトから落下して、ポンプが付いている汲み出し用の三重管が破損しました。コールドボックスも多少移動しました。今は対策をしています。幸いにもその他にはあまり大きな影響はなく、後日の液化は無事にできました。極低温科学センター建屋も多少のひびは入りましたが、建設当時を保っています。つらい時期でしたが何とか乗り越えることができたかなと思ひます。

この液化機に関しては割とすんなり納入され、多少の問題はありましたが、現在まで元気に稼働しています。2021 年春に No.2 膨張タービンが起動できない問題が発生しましたが、東京大学低温センターで所有している予備タービンをお借りして、無事に交換することもでき、2022 年 3

月に予定されている次の液化機更新まで液化機運転を継続することが可能となりました。現在は不具合なく順調に起動しています。東京大学低温センターの皆様にはこの場をかりてお礼申し上げます。

これまでヘリウム液化機について色々書きましたが、極低温科学センターでは、ヘリウムガスの回収という液体ヘリウム供給の対の仕事があります。私がセンターに来た頃は、まだ片平の低温センターが全学（片平地区と青葉山地区の両方）にヘリウムを供給していました。各部局には低温サブセンターがあり職員が配置されていました。液体ヘリウム供給とヘリウムガス回収のため、配達担当者は1日中トラックで走り回っていました。回収では、現在のような地下回収配管がまだなかったため、7立方ボンベ5本を組みにしたカードルを、2基または1基を積み、各部局で回収したヘリウムガスを詰めたカードルと交換する作業が伴います。カードルの交換はクレーンを使い、予備のため何個かあるカードルをパズルのように動かし交換しました。回収ヘリウムガス量は、利用者の使用具合により変化します。問題はその量が予想より多くなったときです。今日も一日配達終わったなーとソファでくつろいでいると電話が鳴ります。「カードル一杯だー。明日土曜だから間に合わない。頼む」問答無用です。そんなことはしょっちゅうでしたが、行くと出されるお茶が美味しく、なぜか楽しかったのを思い出します。



共同溝内のヘリウムガス回収配管

平成8年度に極低温科学センターが発足し、青葉山地区の業務は極低温科学センター極低温物理学部（青葉山）が支援することになり、その後、青葉山地区に行くことは少なくなりました。平成10年度にはセンター関係者（センターや運営委員会の先生方）のご尽力により、片平地区ヘリウムガス回収配管網が共同構内を張り巡らすように整備され、これまでカードルで行っていたヘリウムガスの回収が、各部局のガスバッグから直接、極低温科学センターの60立方ガスバッグまで、圧送により自動で行われるようになりました。これによりカードルでの回収は廃止になりました。さらには、平成17年度から各部局に回収量測定用のガスメーターを設置し、回収率を基にしたヘリウム使用料金が始まりました。

令和3年度、私にとっては7番目になる新しい液化機が納入されます。今は系統図や書類など机の上に束になって積まれています。色々困難なことも起こるかもしれませんが、低温センターからの伝統を引き継ぐ技術者として、笑いながら頑張りたいと思っています。来年4月には順調に液化機が稼働しているはずですよ。楽しみです。

昔のことを思い出しながら、文章にしました。記述してあることが私の思い込みや、あいまいな点があった際は、ご容赦いただければ幸いです。

センターの現状

低温科学部の現状

極低温科学センター 准教授 野島勉 (t.nojima@tohoku.ac.jp)

現在、低温科学部では野島と中村慎太郎助教が金属材料研究所との兼任教員として研究室（低温物質科学実験室）を運営しながら共同利用や共同研究実験の支援を、丹野伸哉、細倉和則、緒方亜里の3名の技術職員（いずれも金属材料研究所からの出向）がヘリウム液化業務を主として担当し、これに技能補佐員（ヘリウム運搬と研究室事務）と事務補佐員（ヘリウム供給・回収の集計）が各1名ずつ加わった、計7人の体制でセンター全般の業務を担っている（図1）。液体ヘリウムの供給先は、片平キャンパスの金属材料研究所、多元物質科学研究所（旧反応化学研究所、旧科学計測研究所、旧素材工学研究所が2001年度に再編統合）、電気通信研究所、流体科学研究所、材料科学高等研究所（AIMR、2009年度より）、星陵キャンパスの東北メディカル・メガバンク機構（2014年度より）であり、供給量は年間およそ16万リットルに及ぶ。

現在稼働しているヘリウム液化機は2009年度に導入された、Linde社のL280-S型であり（図2）、200L/hの液化能力に加え、容量5,000Lの液体ヘリウム貯槽からポンプを用いて約20L/分の速度で



図1 低温科学部スタッフ



図2 低温科学部3代目ヘリウム液化機（上図）と液化用、回収用コンプレッサー（下図）

小分け容器に液体ヘリウムを汲み込める仕様となっている[1]。このヘリウム液化システムは1971年（昭和46年）低温センター発足時に導入されたものからかぞえて3代目（1952年に日本で初めて金属材料研究所に設置された液化機も含めると4代目）となり、1台の液化機としては国内でも最大級の供給量を出す程の稼働状況にある。10年以上にわたる高い稼働率での運転に伴い、液化機本体の故障が2018年度頃より散見されるようになった[2]。幸いにも極低温科学センター関係者や金研および大学本部事務部の方々をはじめとした関係

各所のご尽力により、更新の予算要求が認められ、2021年度末に現状と同等の能力を有する4代目ヘリウム液化システムへの更新を控えている。よって液化システムそのものは少なくとも後10年間は安泰であろうと考えている。

過去の低温センターだより等の資料によると、1971年の低温センター発足当時の液体ヘリウム年間供給量は60 L/hの能力（当時としては国内最高レベル）を持つ液化機を用いて約20,000リットル（実験での使用量は約6,000リットル）であった。これが年を追う毎に増加を続け、約20年後の2代目への更新前（1992年）で80,000リットル（使用量60,000リットル）までに達している。この大幅な需要増加への対応は、(i)1代目大型液化機が国産初の試みの設備であり常に故障を抱えていたこと、(ii)使用後のヘリウムガスは各サブセンターでカードル（5本組ポンプ）へ高圧にして詰められ、それをトラックで回収していたこと、(iii)液化機本体にまだ内部精製機能がなく、回収したヘリウムガスを液化前処理として液体窒素で精製（高純度化）する作業が必要であったこと、(iv)さらには発足当時7人いた技術職員（当時技官）が定員削減の影響で20年後には5人に減員になったこと等々といった

負の要因を鑑みると、いかに困難を伴うものであったかがわかる。これは歴代センター長をはじめとしたセンター関係教職員のご尽力（トラブル対応や整備計画への予算獲得とそれらの実行）によるものである。特にいつの時代も実働の中心であった技術職員のがんばりには頭が下がる思いである。当時の記録を読むと液体ヘリウムの安定供給（実験を滞りなく進めること）のため時には夜を徹して液化作業も行っていらした。金研からの出向である技術職員は、極低温科学センターだけでなく、強磁場超伝導材料研究センターに設置されている別のヘリウム液化機運転の支援業行っており、現在でも日々多忙な業務をこなしている。

一方、発足から50年経った現状を見ると、20年目の年間使用量からさらに倍以上と増えた160,000リットルの供給を、たった3人の技術職員でまかなっている。これが可能となっているのは、液化機本体の性能が向上した（液化能力は2代目で150 L/h、3代目で200 L/hと上昇、内部精製機能が追加され回収ガスの高純度化という作業が不要となった）だけでなく、1998年の片平地区ガス回収網の完成（図3）、2009年のヘリウムポンプ導入、というヘリウム液化システム全体の進化に

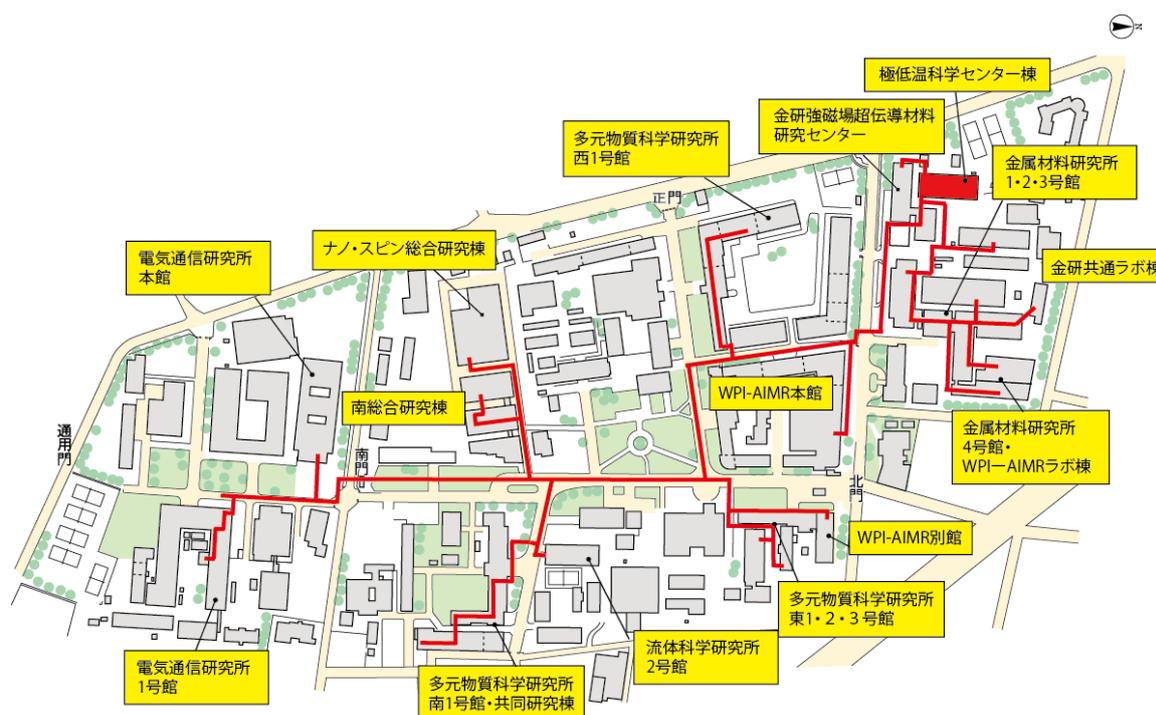


図3 片平キャンパスヘリウムガス回収網

よるものであろう。年々増加する液体ヘリウム需要に対して、その都度ネックとなってきたガス回収や小分け容器へのくみ込みにかかる時間や手間を設備改善により解消してきたわけである（当然、技術職員の故障対応等へのがんばりは言うまでもない）。私が本センターに着任した時はすでに片平キャンパスのガス回収網の主要部分は完成した直後であり、トラックによるサブセンターからのガスボンベ回収はほぼ終了していた。当時この建設に関わった坂爪先生を始めとするセンター教職員、片平キャンパス各部局の運営委員の先生方、事務部施設関係者に深く感謝する次第である。その後も回収配管網の枝管は電気通信研究所ナノスピ棟、金研4号館、AIMR3棟、多元研2棟へと広がり現在に至っている。

ヘリウムポンプは国内でも使用例が少ないこともあり、導入当時想定した機能が得られず多少の苦戦はしたものの[1]、現在は技術職員の努力もあり、それなりにうまく使用できている。課題として残るのが、くみ込みの自動停止機能である。ヘリウムは密度が小さいため重量検知による動作の確度が悪い（くみ込み時の圧力変動で誤作動してしまう）。次期4代目ヘリウムシステムではこれも改善される予定であるが、これが上手くいくと、技術職員の負担はより軽減されると期待している。

回収ガスの貯蔵に関しては、機会を見ては増設を続け、2021年現在、長尺カードル（500リットル）を56本（図4）、通常のガスボンベ（47リットル）約120本（図5）が整備されている。これらと液化機に接続する貯層も加えると12,000リットルの液体ヘリウムの貯蔵能力に達する。2012年から続く世界的なヘリウム不足に対応するため、上記ヘリウム液化システム更新と合わせて、ヘリウム貯層の貯蔵量を10,000リットルに増加させ、かつ長尺カードルを16本追加予定である。これにより、最大貯蔵量は18,600リットルとなり、ヘリウムの調達が困難な状況となっても、回収率が現在の90%が維持される限り、1年以上の供給が継続できる見込みとなった。

ヘリウム供給のソフト面に目を向けると、2006



図4 回収ガス長尺カードル群



図5 回収ガスボンベ群

年度より Web によるオンライン注文を開始したこともセンター職員の負担軽減につながった[3]。それまで液体ヘリウムの注文は、ユーザーからの e-mail、電話、ファックス等により行われ、それを技術職員が、カレンダー上に整理し、供給可能であること（もしくは供給可能な日）をユーザーに返信後、準備するという流れで進んでいた。オンライン化することにより、これらの手間はほとんどなくなり、集計の作業効率も大幅に向上した。またユーザーにとっても24時間いつでも注文やキャンセルができるほか、研究室の積算料金や回収率もリアルタイムで分かるようになり利便性は増した。現在では Web 注文はいたるところで存在し当たり前になっているが、当時としては大きな進歩であった。このシステム作成には、当時技術補佐員として低温科学部の共同利用に関してハード・ソフト両面で様々なサポートをしてくれた、渡辺好治氏の寄与が非常に大きかったことを特に記しておきたい。

共同利用機器を用いた低温実験環境の提供は、発足時から本センターの液体ヘリウム供給と並ぶもう一つの柱となる業務であった。2006年の法人化後、極低温科学センターの使命はヘリウム供給のみと規定されたが、ユーザーの強い要望もあり現在でも共同利用実験室は継続されている。1971年の発足時、一般の研究室で実現が難しい大型低温実験装置を提供することが基本理念としてあったことから、当時としては最高レベルの10T超伝導マグネット(1974年)と希釈冷凍機(1978年)が主力機器として整備され、多くのユーザーを獲得してきた(そのほか6T高均一マグネット、リークディテクター等もありこれらも広く利用されてきた)。希釈冷凍機の導入と利用に関しては小林先生が書かれた本誌中およびセンターだより中の記事[5]に、当時の様子が詳細に書かれている。興味のある方はご覧いただきたい。

その後、低温実験装置の普及とともに10T以上の磁場は一般の研究室レベルでも実現可能となり、1K以下の極低温に到達可能な研究室も珍しく無くなるとともに、これらの利用頻度は減少してきた。2000年くらいから、極低温物理学部の青木先生と相談し、共同利用実験室の方針を「一般の研究室では長期維持管理が難しい装置を集中管理して使いやすくする」ことに変更し、実験室の再整備を

進めてきた。現在では、共同利用設備として、SQUID磁化測定装置(MPMS)2台、SQUID顕微鏡システム、X線回折装置、リークディテクター2台、共同研究設備として9/11T超伝導マグネット、トップロードン式³He冷凍機、ファラデー型マグネット付³He冷凍機、ベクトル超伝導マグネットシステム、希釈冷凍機が整備されており(図6)、夏期と冬期の休業期間を除いて、常に実験室で誰かが実験している状況となっている。特にMPMSは古い装置にもかかわらず利用頻度が非常に高い。ユーザーに話を聞くと、一年中、常に液体ヘリウムが入っているためなのか、精度的な安定性が高く(いつ使っても調子と同じで)扱いやすい、さらにヘリウムガス回収率がいつも100%に近いため使用料金も安く済むので、頻繁に利用しているとのことである。液体ヘリウム利用環境のよいセンターで機器を集中管理した効果が現れた結果と言える。ただ装置自身の老朽化はいがめなくなり(現在はメーカーのサポートが終了している)、現在この更新を図っているが予算の都合上、困難な状況にある。今後この整備に関してユーザーの皆様のお知恵やお力を借りることができればと考えている。

ここ10年くらいの出来事を振り返ってみると、東日本大震災と水素問題が印象深く思い出される。

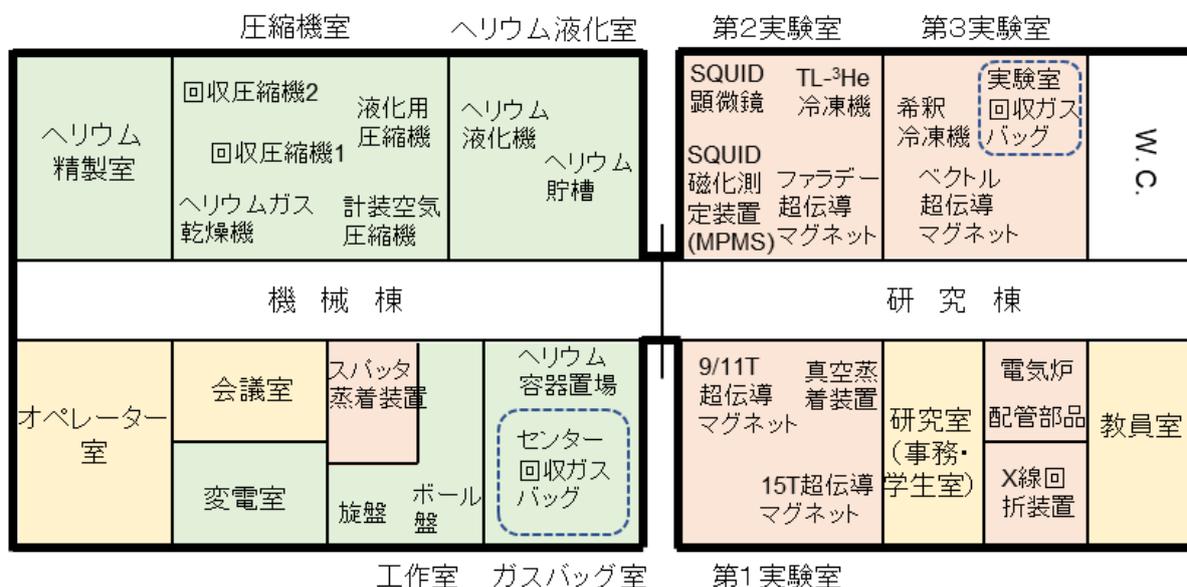


図6 極低温科学センター低温科学部の概略図

2011年3月11日の地震が発生した時点で、ヘリウム液化室では、液化機運転と5,000リットル貯槽から、250リットル大型容器への汲み出しを行っている最中であった。共同利用実験室では、MPMSが7Tの磁場を励磁直後、希釈冷凍機をクレーンで吊り下げている最中であった。液化機の方は幸運にも自動停止機能が働き安全に停止した。しかし汲み込み中の250リットル容器はヘリウムポンプを使っていたため、地上約1メートルの高さにリフターで持ち上げた状態にあり、これがリフターから落下し、3重管トランスファーチューブにぶら下がる格好で止まるという危険な状況となった。幸いなことに250リットル容器の断熱は保たれ(内槽部のネック部分に亀裂が入り断熱が破れることはなかった)、大惨事には繋がらなかったが、結果としてトランスファーチューブと250リットル容器は使用不能となった。希釈冷凍機の方はクレーンにつながっていたせいで倒れることなく無事であった。MPMSの方はその後停電となったため、電気が復旧するまで永久ループで7Tの磁場がかかったままとなった。これも復電後、装置内の液体ヘリウムレベルがマグネット直上の危ない状態であったものの、クエンチすることなく安全に復旧できた。液化システムに致命的なダメージがあった青葉山キャンパスのセンター(極低温物理学部)や大学の他の部局にくらべて、地震の被害は小さいほうではなかったかとは感じている[4]。復電後、液化機を段階的に立ち上げ直し、トランスファーチューブを昔のサイホン式に切り替えたりして、液体ヘリウム供給をほどなく再開することができたのは、技術職員の献身的な作業と経験値の高さによるものだと誇りに思っている。

3代目液化機の稼働2年目に、液化機内に固体水素が蓄積し、それが供給するヘリウム中に混入した結果、多くのユーザー低温装置を詰まらせるという問題(いわゆる水素問題)も生じた。これにより、片平地区では一時的なパニック状態となり、センターへ苦情や対応策に関する質問の電話が殺到する状況となった。購入業者の協力も受けて調べたところ、これは液化機本体の構造に由来するも



図7 低温科学部ヘリウム液化システムに導入された水素除去装置(精製筒内の水素吸着剤として銀ゼオライトを使用)

のであった。根本的修理というわけにいかず、対応に四苦八苦したが[6]、トランスファーチューブにフィルターをつけること(このフィルター使用を各研究室に浸透させること)、液化機運転方法を改善すること、さらには水素除去装置[7,8]を新設することで解消してきた(図7)。この問題により、これまでおぼろげであった、ヘリウム液化機システムへの固体水素混入プロセスに関する新たな知見を得ることができた。4代目の液化機ではこの点は改良されることとなったが、今後似たような問題が発生しても十分に対応できると見込んでいる。

最後に建屋について触れておきたい。現在の低温科学部の建屋は、低温センター開設当時から外壁・天井工事、内装工事や電気工事、回収配管の再整備と手を加えてきたものであるが、骨格は当時のままで50年を経過する(図8)。この間、2度の震災も経験し、各所にひび割れや雨漏りも発生している。このため佐々木センター長を中心として、金研の技術棟の一部も取り込んだ、低温合同棟の建設を計画し、予算要求中である。これが認められ液化システムだけでなく建物も一新されると、今後の極低温科学センターの継続的運営に対する未来も明るいものになると期待している。

以上、低温科学部の現状をこれまでの歴史を交



図8 極低温科学センター低温科学部建屋全景の比較 (左上図：2021年、右上図：1973年理当時)、現在のヘリウム容器受取り入口 (左下図) と玄関 (下図)

えながら述べてきた。近年、冷凍機技術の普及により液体ヘリウムを使わなくても、4K以下の極低温環境が得られるようになり、液体ヘリウムの需要は減少するものと予測されてきた。しかし、東北大学の現状として需要の増加の傾向は止まるまでには至っていない。冷凍機の維持に必要な電気・メンテナンス料金とセンターの供給するヘリウム料金の比較や、それぞれの実験方法の利点と欠点を勘案すると、今後液体ヘリウムと冷凍機をつかった実験装置の比率はある値でバランスするのではないかと予測している。液体ヘリウムの学内需要(あるいはこれからは学外も視野に入れる時代にはいるかもしれない)がある限り、これに答えるべく、極低温科学センターの運営を維持していきたいと考えている。ユーザーの皆様のお力添えを切にお願いする次第である。

[1] 中村慎太郎, 丹野伸哉, 細倉和則, 緒方亜里,

野島勉, 東北大学極低温科学センターだより No.11 (2010) p.11.

- [2] 「最近のできごと」, 東北大学極低温科学センターだより No.19, (2018) p.17.
- [3] 渡辺好治, 野島勉, 東北大学極低温科学センターだより No. 7 (2006) p.15.
- [4] 青木晴善, および「最近のできごと」, 東北大学極低温科学センターだより No.12 (2011) p.1 *ibid.* p.25.
- [5] 小林典男, 東北大学極低温科学センターだより No.13 (2012) p.15
- [6] 野島勉, 木村憲彰, 固体物理 Vol.52, No.1 (2017) p.47, *ibid.* 東北大学極低温科学センターだより No.14 (2013) p.11.
- [7] 木村憲彰, 菊地将史, 森山弘章, 吹上菜穂, 東北大学極低温科学センターだより No.17 (2016) p.17.
- [8] 「最近のできごと」, 東北大学極低温科学センターだより No.21 (2020) p.16.

センターの現状

極低温物理学部の現状

極低温科学センター 教授 木村憲彰 (kimura@mail.clts.tohoku.ac.jp)

現在極低温物理学部では、木村と壁谷典幸助教が理学研究科物理学専攻との兼任教員として共同利用や共同研究の支援を、菊地将史、森山弘章、島越裕美恵の3名の技術職員がヘリウム液化業務および設備の維持管理を行っている。そのほかに技術補佐員と事務補佐員各1名ずつを加えた7人体制でセンターの業務を担っている(図1)。液体ヘリウムの供給先は、青葉山キャンパスの理学研究科、薬学研究科、工学研究科、学際科学フロンティア研究所で、供給量は年間およそ8万リットルである。

極低温物理学部の前身は1979年に設置された理学部附属超低温実験施設で、これはBOC社のTurbocool(30L/h)の液化機とmK以下の超低温実験を行えるシールドルームを備えた時限付きの施設であった。時限終了後、同じく時限付き組織の理学部附属極微量エネルギー施設を経て、1996年に片平地区の低温センターとともに、独立部局の極低温科学センターとしてスタートすることになった。これまでは理学部の研究施設であったが、極低温物理学部では主に青葉山キャンパスにおける液体ヘリウムの安定供給と液体ヘ

リウムを利用した共同利用・共同研究および極低温研究を推進するべく組織の強化が図られ、専任の教授、助教授(現准教授)、助手(現助教)があてられた。同時に液化機もLinde社のTCF-50(80L/h)に更新された。その後、2006年に組織の改編があり、教員は理学研究科物理学専攻に配置換えするとともに、液体ヘリウムの安定供給を主なミッションとした学内の研究支援組織として現在に至っている。図2は現物理系研究棟からみた極低温物理学部の建屋の写真であるが、超低温実験施設建設当時は青葉山から国見ヶ丘を望むことができたが、現在では木々に覆われて見えなくなっており、年月の変化を感じさせる。



図1 極低温物理学部スタッフ

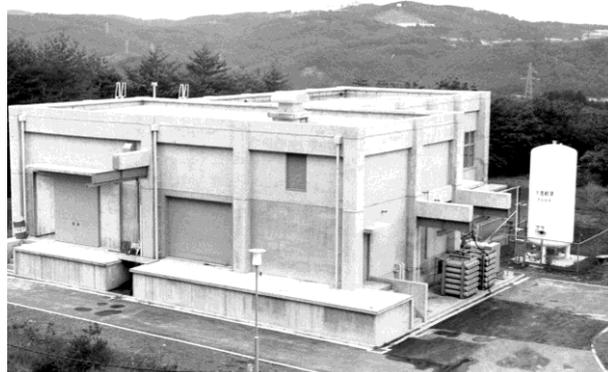


図2 極低温物理学部の全景(上図:1981年6月[東北大学史料館所蔵]、下図:2021年7月)

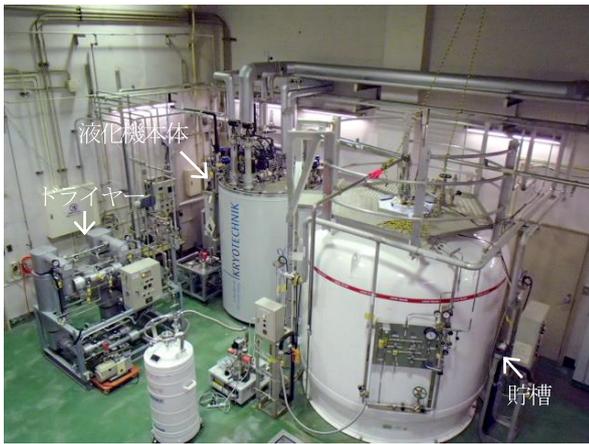


図3 極低温物理学部で稼働中の液化機（上図）と液化用、回収用圧縮機（下図）

2011年3月11日に起きた東日本大震災では、極低温物理学部の液化システムは大きなダメージを受けた。地震発生は金曜日の午後で、ちょうど週末の液化を終えた直後だったため、貯槽には大量の液体ヘリウムが入っており、大きな揺れのために自らの重みでネック部分が破損し、断熱が破れて液化したヘリウムはすべて気化してしまった。幸い、液化機はかろうじて動かすことができそうだったが、液体ヘリウムをためることができないため、液体ヘリウムの供給はあきらめざるを得ない状況だった。ところが、当時在職していた鈴木三千郎氏をはじめとする技術職員の方々の機転により、急遽実験用クライオスタットを使って貯槽の代わりとした、あわせて液化機の修復を行い、震災の発生からわずか一か月後の4月11日に液体ヘリウムの供給を再開させることができた。これには技術職員の方々の何が何でもヘリウムの供給を止めないとする心意気というか底力のようなものを感じ、大変頭が下がる思いがした。とはいえ、老朽化した液化システムでは貯槽以外の部分の損傷も大きく、長期にわたって暫定的な運用を余儀なくされ、ユーザーの方々には多大な迷惑をかけることになった。その後関係各位

のご努力により、2012年の夏に本格的な復旧工事を行うことができ、11月から震災前とほぼ同様な体制での供給が可能となった。

現在稼働している液化機はLinde社の280L型(200L/h)である(図3)[1]。稼働当初、ユーザーからクライオスタットの閉塞トラブルが寄せられた。折しも同型の液化機を稼働している低温科学部でも同じ問題が頻発しており、低温科学部の調査によって、閉塞の原因は不純物の水素の混入によるものであること、その水素の混入が同時期に製作された液化機のフィルターに問題があるためであることが分かった[2]。その後、水素除去装置を取り付けることによってこのトラブルは解消し、今のところ安定した液体ヘリウムの供給を継続出来ている[3]。この水素除去装置はいわゆる蓄積型で、許容量に近づくにつれて除去能力が低下していくことが予想されることから、導入後も毎年ガスの分析を行い、不純物の量をモニターしている。

2012年後半からヘリウム不足問題が発生したが、極低温物理学部では2012年より長尺カードルの増設(図4)を順次おしすすめ[4]、2011年に9,000Lだった液体ヘリウムの最大貯蔵量が、現在では12,200Lにまで拡張された。これにより、仮にヘリウムの購入が途絶えても、回収率が現在の90%が維持されれば、1年以上の供給が継続できる見通しである。また、このヘリウム危機に関連して、ヘリウムの調達コストが安定しない状態が続いており、ガスで調達した時と液体で購入し



図4 増設した長尺ガスカード群

た時で価格差が生じることが増えた。しかも年によっては価格差が逆転することもある。ガスと液体、どちらの調達でも対応できるよう、ポンベの集合配管も増設した。これによって、ユーザーに負担いただく供給料金の低廉化、安定化に貢献できると考えている。またここ数年は老朽化した回収圧縮機やガスバック等の付帯設備の更新も進め、液化システムのトラブルによる供給停止を極力なくすよう努めている。

共同利用設備は、カンタムデザイン社のMPMSが稼働中であり、理学研究科物理学専攻はもとより、化学専攻や工学研究科のユーザーにも利用いただいている。また、共同研究設備として、17T超伝導マグネット付き希釈冷凍機があるが、これまでに電界誘起超伝導[5]や準結晶の超伝導など非常にインパクトの高い研究成果を挙げている。今後も多くの方に活用してもらえよう、環境の整備に努めたい。

青葉山北及び東キャンパスの回収配管網は平成14年に完成した[6]が、その後青葉山新キャンパスの拡張に伴って、回収配管は環境科学研究科まで延伸されている(図5)[7]。現在東北放射光施設までの敷設が計画されており、農学部も含めた青葉山キャンパス全体への液体ヘリウム供給

体制が可能となる予定である。

これまで極低温科学センターによる液体ヘリウムの供給は学内に限られていたが、東北放射光施設の運用開始にあわせて、学外施設である東北放射光施設へのヘリウム供給を計画している。これを契機に学外への貢献度を高めていきたいと考えている。

- [1] 「最近のできごと」, 東北大学極低温科学センターだより No.13 (2012) p.19.
- [2] 野島勉, 東北大学極低温科学センターだより No.14, (2013) p.11.
- [3] 木村憲彰, 菊地将史, 森山弘章, 吹上菜穂, 東北大学極低温科学センターだより No.17 (2016) p.17.
- [4] 「最近のできごと」, 東北大学極低温科学センターだより No.14 (2013) p.17, *ibid.* No.16 (2015) p.15.
- [5] 上野和紀, 川崎雅司, 下谷秀和, 岩佐義宏, 野島勉, 中村慎太郎, 東北大学極低温科学センターだより No.9 (2008) p.2.
- [6] 「最近のできごと」, 東北大学極低温科学センターだより No.4 (2003) p.21.
- [7] 東北大学極低温科学センターだより No.17 (2016) 表紙



図5 青葉山キャンパスヘリウムガス回収網

センターの現状

研究テーマ紹介

液体ヘリウムを利用している研究（2020年度）

液体ヘリウムを利用した研究の動向を把握するために、毎年ユーザーの方々に「液体ヘリウム利用に関するアンケート」を実施しています。その中から2020年度分の研究テーマを掲載します。

理学研究科

*空間反転対称性の破れた超伝導物質の研究 *幾何学的フラストレーションを有する希土類化合物の研究 *遍歴電子強磁性体の量子臨界現象の研究 *希土類化合物における新奇な量子臨界現象	落合 明 木村 憲彰 壁谷 典幸	物理学専攻	極低温量子物理 研究室
*超プロトン伝導体の広帯域分光研究	松井 広志	物理学専攻	低次元量子物理 研究室
*梯子型鉄系化合物の磁性と超伝導 *ハニカム格子量子磁性体の研究	大串 研也 今井 良宗 青山 拓也	物理学専攻	巨視的量子物性 研究室
*テラヘルツ強電場による有機強誘電分極の超高速制御 *電子型強誘電ドメインにおける光誘起相転移の時空間ダイナミクス解明 *瞬時強電場で駆動する強相関電子系の非線型電流ダイナミクス	岩井 伸一郎 伊藤 弘毅 川上 洋平	物理学専攻	超高速分光 研究室
*GaAs 低次元系の量子伝導特性と核スピン偏極・検出に関する研究 *半導体中の核スピン偏極イメージングの研究	平山 祥郎 橋本 克之	物理学専攻	量子伝導物性 研究室
*量子ホール系の光学測定と可視化 *量子プロトコルの実証 *半導体光物性	遊佐 剛	物理学専攻	量子ダイナミクス 研究室
*CMB 偏光観測によるインフレーションモデルの検証:超伝導検出器の開発 *星間塵からのミリ波放射過程の物理の理論的・観測的・実験的研究 *ミリ波黒体物質の開発及び自己補対アンテナを応用したミリ波半透鏡の開発	服部 誠	天文学専攻	天文学講座

<p>* ユビキタス元素を鍵とする遷移金属-主要族元素(ケイ素, ゲルマニウム, ホウ素, アルミニウムなど)多重結合錯体の合成および構造と反応性解明</p> <p>* キレート配位子を用いた活性な遷移金属錯体の分子設計とそれが誘起する反応および触媒作用</p> <p>* リチウムイオン内包フラーレン金属錯体の合成とその電子特性解明</p>	橋本 久子 小室 貴士	化学専攻	無機化学研究室
<p>* 新規多孔性伝導体の開発</p> <p>* 分子磁性体の開発</p>	高石 慎也 井口 弘章	化学専攻	錯体化学研究室
<p>* NMR の維持管理</p>	上田 実 高岡 洋輔 加藤 信樹 加治 拓哉	化学専攻	有機化学第一研究室
<p>* 有機触媒を用いる新規不斉反応の開発</p> <p>* 有機触媒を用いる生物活性天然物の全合成</p>	林 雄二郎 森 直紀 梅宮 茂伸	化学専攻	有機分析化学研究室
<p>* 新規有機典型元素化合物の合成と構造解析</p>	岩本 武明 石田 真太郎 佐々木 茂	化学専攻	合成・構造有機化学研究室
<p>* 水素結合を戦略的相互作用とするキラル Brønsted 酸触媒の開発</p> <p>* キラル超塩基触媒による不斉炭素-炭素結合生成反応</p> <p>* 金属触媒による環境調和型結合構築プロセスの開発</p>	寺田 眞浩 中村 達	化学専攻	反応有機化学研究室
<p>* 岩塩型希土類単酸化物の物性開拓</p> <p>* ペロブスカイト型遷移金属酸化物の物性開拓</p> <p>* ルチル型ルテニウム酸化物の物性開拓</p> <p>* ニクトゲン正方格子酸化物の物性開拓</p> <p>* 岩塩型希土類ニクタイトの物性開拓</p> <p>* 希土類水素化物の物性開拓</p> <p>* 遷移金属ニクタイトの物性開拓</p>	福村 知昭 岡 大地 河底 秀幸	化学専攻	無機固体物質化学研究室
<p>* 化合物の受託分析 核磁気共鳴装置(700MHz NMR2 台, 800MHz NMR1 台) フーリエ変換イオンサイクロロン質量分析計(1 台)</p>	岩本 武明 権 垠相 門馬 洋行	巨大分子解析 研究センター	解析研究部門

工学研究科

* 半導体、金属、磁性体のスピン軌道相互作用 * スピントロニクスの研究 * 新スピントロニクス材料探索	新田 淳作 好田 誠 軽部 修太郎	知能デバイス 材料学専攻	量子材料物性学 分野
* スピントロニクスデバイスの開発	杉本 諭 手束 展規	知能デバイス 材料学専攻	スピン情報 材料学分野
* 新規形状記憶合金の開発	貝沼 亮介 大森 俊洋 許 晶	金属フロンテ ィア工学専攻	計算材料構成学 分野
* 強磁性トンネル接合の磁気抵抗効果と磁気センサ応用 * 強磁性金属薄膜のスピン依存伝導評価 * 規則合金磁性体の物性評価 * ホイスラー合金の磁性と磁気抵抗効果 * 半導体へのスピン注入と磁気抵抗効果 * 磁性金属/非磁性金属多層膜におけるスピンダイナミクス	安藤 康夫 大兼 幹彦	応用物理学 専攻	スピントロニクス 分野
* 新規超伝導物質開発 * 低次元スピン熱伝導	宮崎 讓 野地 尚 加藤 雅恒	応用物理学 専攻	低温・超伝導 物理学分野
* 高温超伝導線材／導体の機械的接合法の開発 * 超伝導クエンチセンサー開発 * 陽子線照射した REBCO 線材の欠陥位置と臨界電流の関係の評価	橋爪 秀利 伊藤 悟 江原 真司 程 衛英	量子エネルギー 工学専攻	核融合・電磁 工学分野
* 薄膜磁気記録媒体材料の開発 * 高機能磁性ナノ粒子の開発	齊藤 伸 小川 智之	電子工学専攻	スピン材料電子 工学研究室
* 非可食バイオマス由来化合物変換用固体触媒の開発 * 二酸化炭素を原料とした有用有機化合物の合成	富重 圭一 中川 善直 藪下 瑞帆	応用化学専攻	エネルギー資源 科学分野

薬学研究科

* 神経毒性化合物のドパミン酸化体を標的としたパーキンソン病予防戦 略:ピリドキサミンによる捕捉とその効果 * THT 型蛍光試薬の合成	大江 知行 李 宣和 幡川 祐資	生命薬科学 専攻	臨床分析化学 分野
--	------------------------	-------------	--------------

<ul style="list-style-type: none"> * 生物活性天然物の全合成研究 * 生物活性天然物の誘導体合成と構造活性相関研究 * 遷移金属触媒を用いた反応開発 	土井 隆行 安立 昌篤 大澤 宏祐	分子薬科学 専攻	反応制御化学 分野
<ul style="list-style-type: none"> * 有機合成化学 * 天然物化学 	徳山 英利 植田 浩史 坂田 樹理	分子薬科学 専攻	医薬製造化学 分野
<ul style="list-style-type: none"> * 光に応答する高分子の合成 * 水中でナノ会合体を形成する高分子の合成 * 可逆的なハイドロゲルを形成する高分子の合成 	金野 智浩 能崎 優太	分子薬科学 専攻	界面物性化学 分野
<ul style="list-style-type: none"> * ゲノムマイニングと異種発現を基盤とするポストゲノム型天然物探索 	浅井 禎吾 尾崎 太郎 菅原 章公	分子薬科学 専攻	医薬資源化学 分野
<ul style="list-style-type: none"> * 有機分子触媒を用いる不活性結合変換反応の開発 * 遷移金属触媒による C-H 官能基化プロセスを利用した高効率的分分子変換手法の開発 	根東 義則 重野 真徳 熊田 佳菜子	分子薬科学 専攻	分子変換化学 分野

金属材料研究所

<ul style="list-style-type: none"> * 強相関電子系 * 量子ビーム科学 * 分子磁性 	野尻 浩之 木俣 基 木原 工	材料物性 研究部	磁気物理部門
<ul style="list-style-type: none"> * ディラック・ワイル半金属の電気伝導に関する研究 * 酸化物薄膜デバイスに関する研究 	塚崎 敦 藤原 宏平 塩貝 純一 根岸 真通	材料物性 研究部	低温物理学 研究部門
<ul style="list-style-type: none"> * 銅酸化物高温超伝導体の研究 * 反転対称性を持つ金属磁性体における磁気スキルミオン * ドレッセルハウス磁性体におけるマグノンテクスチャ * 三角格子反強磁性体における Z_2 渦転移 * 中性子実験用試料の重い電子系超伝導体の試料評価 * 多重縮重基底をもつ近藤不純物系のメタ磁性 * 重い電子系の磁化測定 	藤田 全基 南部 雄亮 池田 陽一 谷口 貴紀	材料物性 研究部	量子ビーム金属 物理学研究部門

<ul style="list-style-type: none"> *有機導体の輸送現象、光物性 	佐々木 孝彦 井口 敏 古川 哲也 杉浦 栞理	材料物性 研究部	低温電子物性学 研究部門
<ul style="list-style-type: none"> *対称性の破れた磁性体における非相反現象の研究 	小野瀬 佳文 大野 裕 新居 陽一 増田 英俊	材料設計 研究部	量子機能物性学 研究部門
<ul style="list-style-type: none"> *ウラン化合物のエキゾチック超伝導 *希土類化合物の磁性 	青木 大 李 徳新 本間 佳哉	材料プロセス・ 評価研究部	アクチノイド物質 科学研究部門
<ul style="list-style-type: none"> *金属人工格子を用いたスピンオービトロニクスに関する研究 *反強磁性スピントロニクスに関する研究 *ホイスラー合金におけるスピン依存伝導現象の研究 *強磁性合金におけるスピン変換現象の観測 *非希土類磁石薄膜の作製とその評価 *スピнкаロリトロニクス材料の創製とその評価 	高梨 弘毅 関 剛斎 窪田 崇秀 伊藤 啓太	物質創製 研究部	磁性材料学研究 部門
<ul style="list-style-type: none"> *導電性分子磁石における協奏的多重機能の創出 *多孔性分子磁石における特異的ガス吸着と電子・磁気相関の同時制御 *非反転対称磁性体を舞台とした磁気・キラル協奏電子物性の創出 	宮坂 等 谷口 耕治 高坂 亘	物質創製 研究部	錯体物性化学 研究部門
<ul style="list-style-type: none"> *電場誘起伝導表面の低温物性 *銅酸化物高温超伝導薄膜の新規特性 *希土類化合物の低温電子物性 	野島 勉 中村 慎太郎		低温物質科学 実験室
<ul style="list-style-type: none"> *ハーフメタル型磁性材料の探索と基礎物性 *Ni基ホイスラー合金の磁場誘起相変態 *NiTi形状記憶合金の輸送特性 	梅津 理恵 吉年 規治		新素材共同研究 開発センター
<ul style="list-style-type: none"> *金属間化合物の物性研究 *金属間錯体の物性研究 	白崎 謙治		アルファー 放射体実験室
<ul style="list-style-type: none"> *3次元曲面をもつグラフェンの弱局在・弱反局在効果 *有機ディラック電子系における量子ホール効果観測 *UTe_2における磁場誘起リエントラント超伝導相近傍の輸送測定 *1次元有機電荷移動錯体 HMTSF-TCNQ の NMR 研究 *超伝導体と強磁性ホイスラー合金のエピタキシャル薄膜の磁場中輸送特性 *マルチフェロイック $BaSrCo_2Fe_{11}AlO_{22}$ のミリ波における非相反強磁性共鳴 *反強磁性ネールベクトルダイナミクスの電氣的測定 	野尻 浩之 淡路 智 木村 尚次郎 バデルアーノ ー 高橋 弘紀 岡田 達典		強磁場超伝導 材料センター

-
- *ラジカルの多重項状態に基づく磁場応答光機能に関する研究
 - *CaBaCo₄O₇へのNi部分置換効果
 - *URu₂Si₂の強磁場領域における格子不安定性の研究
 - *有機無機二次元層状ペロブスカイト型化合物における磁性—強弾性交差相関に関する研究
 - *プラセオジム系非クラマース化合物における異常電子状態の強磁場NMRによる研究
 - *2次元直交ダイマー系化合物SrCu₂(BO₃)₂におけるスピネマテック相の探索
 - *非反転対称有機・無機ハイブリッド強磁性体における電気・磁気相関の探索
 - *イッテリビウム系超重電子化合物における結晶場状態の部分反転現象の研究
 - *空間反転対称性の破れた物質におけるバルク電流誘起磁性
 - *圧電性常磁性体における磁場誘起クラスター磁気四極子による電気磁気効果
 - *結合ダイマー系TiCuCl₃の一次相転移挙動の研究
 - *マルチフェロイック物質LiNiPO₄の電気磁気効果と磁歪
 - *折りたたみ二層グラフェン/二層グラフェン超格子構造の強磁場量子輸送
 - *近藤絶縁体YbB₁₂の表面状態非相反電気伝導計測
 - *高移動度InAs量子井戸における分数量子ホール効果
 - *反強磁性2次元ファンデルワールス物質の強磁場スピン検出と制御
 - *Transport Properties of Orthorhombic CuMnAs
 - *ディラック半金属SrMnBi₂の単結晶薄膜の強磁場輸送特性
 - *有機超伝導体における強磁場ネルンスト効果測定
 - *ホイスラー型強磁性合金Ni_{2.15}Mn_{0.85}Gaの磁歪の研究
 - *人工ピン導入REBCO線材の膜厚依存性
 - *鉄系超伝導体線材の強磁場中における臨界電流密度の測定
 - *積層EuBa₂Cu₃O₇コーテッドコンダクターによる強磁場捕捉
 - *PrBa₂Cu₃O_yバッファ層を用いたYBa₂Cu₃O_y高温超伝導薄膜における整流特性の温度依存性
 - *金属2重鎖系Pr₂Ba₄Cu₇O_{15-δ}の超伝導特性の評価と磁場配向膜の作製
 - *追加堆積膜の結晶化を利用したGdBa₂Cu₃O_{7-δ}線材接合体作製時の熱処理温度の影響
 - *電子ドープ型T'銅酸化物におけるホール抵抗率から見た新奇な電子状態
 - *RE系高温超電導線の磁場中特性
 - *Performance of YBa₂Cu₃O₇ Wires Developed for High Magnetic Field Applications in Large Scale Production
 - *鉄カルコゲナイド超伝導テープ線材の強磁場臨界電流特性
 - *Critical Current Characterization of Commercial REBCO Superconductors for High-Field Fusion Magnets
 - *Thermal Conductivity of Composite Multi-Filamentary Iron-Based Superconducting Tapes
 - *種々の三元系ブロンズ母材を用いた高強度Nb₃Sn超伝導線材の超伝導特性におけるひずみ効果
 - *バルクナノメタル超伝導体の磁化特性
 - *Cu-Nb/Nb₃Sn線材の引張応力下での臨界電流特性の向上
 - *軽元素侵入を施したFe-Mn-Ga合金の強磁場磁化測定
 - *光学活性導電性高分子のESR測定
-

多元物質科学研究所

*ワイドバンドギャップ半導体の空間分解カソードルミネッセンス計測	秩父 重英 嶋 紘平	計測研究部門	量子光エレクトロニクス研究分野
*薄膜上に吸着した単分子磁石のトンネル磁気抵抗効果挙動変化 *薄膜上に吸着した有機ラジカル分子の近藤共鳴 *学生実験	米田 忠弘 高岡 毅 道祖尾 恭之 シュド モハマ ド ファクテル ディン シャヘ ド	計測研究部門	走査プローブ計測技術研究分野
*分子性導体・超伝導体・磁性体の開発	芥川 智行 星野 哲久	マテリアル・計測ハイブリッド研究センター	ハイブリッド材料創製分野
*量子籠目格子反強磁性体の物性研究 *低次元量子磁性体の研究 *磁気冷凍帯磁率測定計の開発 *反転対称を持たない磁性体の物性研究	佐藤 卓 奥山 大輔 那波 和宏	無機材料研究部門	スピン量子物性研究分野
*共通 NMR 装置の維持・管理	海原 大輔		

電気通信研究所

*二次元プラズモンのテラヘルツデバイス応用 *グラフェン・オン・シリコンデバイス・プロセスの研究 *グラフェン・テラヘルツレーザーの創出	尾辻 泰一 佐藤 昭 渡辺 隆之	ブロードバンド工学研究部門	超ブロードバンド信号処理研究室
*ノンコリア反強磁性体の磁気・輸送特性に関する研究 *ノンコリア反強磁性体の材料開発・材料特性評価に関する研究 *学生実験 D	深見 俊輔 金井 駿	情報デバイス研究部門	スピントロニクス研究室
*半導体微細構造を用いた量子デバイスの研究 *半導体微細構造の電子物性の研究	大塚 朋廣	情報デバイス研究部門	量子デバイス研究室

材料科学高等研究所

* 強磁性ナノ構造のスピンの偏極 STM * 高次トポロジカルエッジ状態の検出 * キラル分子によるスピンフィルター効果の解明 * 高圧相 fcc-Pr 薄膜の局所トンネル分光測定 * 単層遷移金属ダイカルコゲナイドの STM 測定	福村 知昭 岡 博文	材料物理 グループ
* 2次元ファンデルワールス物質におけるスピントロニクス・磁気現象	Chen Yong 井土 宏	材料物理 グループ
* トポロジカル絶縁体 Sn-BSTS の熱電物性の研究 * トポロジカル絶縁体薄膜/強磁性体ヘテロ構造の電子輸送特性の研究 * BaMnPn の磁気輸送特性の研究	Chen Yong 松下 ステファ ン悠 Khuong Huynh	材料物理 グループ
* 機能性物質(トポロジカル絶縁体、高温超伝導体、グラフェン等)の電子 状態研究 * 超高分解能スピン分解光電子分光装置の開発 * 学生実験	佐藤 宇史 相馬 清吾 菅原 克明	材料物理 グループ
* スピントロニクス素子の研究 * スピントロニクス素子材料の開発	水上 成美	デバイス・システム グループ

メディカルメガバンク

* 血液や尿のメタボローム解析 * タンパク質の構造機能解析	小柴 生造	ゲノム解析 部門	オミックス解析室
-----------------------------------	-------	-------------	----------

学際科学フロンティア

* 磁気-誘電ナノグラニューラー薄膜の複機能物性に関する研究	青木 英恵	先端学際基幹 研究部	物質材料・エネ ルギー研究領域
--------------------------------	-------	---------------	--------------------

共同利用 (工学部)

* マイクロ波照射による Nb ドープ SnO ₂ の合成 * マイクロ波照射による V-W-O 系新規材料合成 * NiMn ₂ O ₄ ナノ粒子を用いた CO ₂ 資源化に関する研究	福島 潤	応用化学専攻	極限材料創製 化学分野
---	------	--------	----------------

センターに期待すること

極低温科学センターへの期待

金属材料研究所 教授 小野瀬佳文 (onose@imr.tohoku.ac.jp)

私の研究生生活はまさに液体ヘリウムとともにありました。学生時代は主に光学測定を行っていましたが、磁場下の反射率測定を行うための超伝導マグネットに同級生と一緒にベッセルを抱えながら液体ヘリウムを汲んだり、遠赤外の光検出器であるボロメータに液体ヘリウムを汲み足すため悪戦苦闘したりした思い出があります。また、プリンストン大のポスドクのときには、クリスマス休暇中に休みなく実験するために 1000 リットルくらいヘリウムをため込んでしまったこともありました。現在までに私が主体的に行った研究で液体ヘリウムを使わなかったことは一回もなく、液体ヘリウムは空気や水のようになくてはならない存在でありました。現在までの所属先では、低温関係の技術職員の方々に大変お世話になりました。特に前任の東大教養学部では、3-4 研究室しかヘリウムを使う研究室がないにもかかわらず液化機を保有している稀有な状況で自ずと運営にも幾ばくか携わることになりました。在任期間中はヘリウム液化が止まってしまう危機に何度か見舞われまして、液化機のトラブルの際には対処している技術職員に話を聞きに行ったり、夏の電力事情で液化機の運転が難しくなりそうなどときには学部長補佐の先生に相談したりしたことなどがありました。2018 年から金研に移ってからは、一ユーザーとして不自由なくヘリウムを使わせていただいて大変感謝いたします。昨年度と今年度は、非常事態宣言や液化機更新のため供給停止期間がありますが、代わりに夏季の供給停止期間を止める対応をしていただいたことは大変助かりました。引き続き、我々研究者の「命の液体」である液体ヘリウムの円滑な供給をお願いいたします。

極低温科学センターに期待すること

電気通信研究所 准教授 大塚朋廣 (tomohiro.otsuka@riec.tohoku.ac.jp)

ナノメートルスケールの微小な固体ナノ構造では量子効果等の特異な物理現象が生じます。私たちの研究室では人工的に作製、制御した固体ナノ構造における物性解明、およびデバイス応用の研究を進めて、これにより量子エレクトロニクスやナノエレクトロニクス等を通して、新しい情報処理、通信技術に貢献することを目指しています。これらの研究においては、現状では量子状態のエネルギースケールが小さいため、熱エネルギーを抑えた極低温環境下での実験が必要となっています。このた

め液体ヘリウムを用いた冷凍機や、希釈冷凍機を用いて研究を進めています。

極低温科学センターには、液体ヘリウムの供給でたいへんお世話になっております。ヘリウムガス回収、再利用による液体ヘリウムの安定供給は、科学研究において非常に重要であると思います。パルスチューブ冷凍機等の発達により、液体ヘリウムを使用しない極低温環境の生成も可能になってきていますが、液体ヘリウムの重要性は依然として高いと感じています。例えば、私たちの研究ではたくさんの試料をチェック、スクリーニングするような状況がありますが、この際、液体ヘリウムの冷却能力を活用すれば、迅速に試料を冷却し、測定を短時間で繰り返すことができ研究のスピードを上げられるため、メリットが大きいと考えています。また振動を極限まで抑えた低ノイズの極低温環境の生成等には、液体ヘリウムは欠かすことができません。ぜひ今後も液体ヘリウムを安定的に供給していただければ幸いです。

化学者のための液体ヘリウム

材料科学高等研究所・理学研究科 教授 福村知昭
(tomoteru.fukumura.e4@tohoku.ac.jp)

私は固体化学分野の研究に携わっているが、たとえば新しい超伝導体や磁気抵抗材料を探すには、物質をマイナス 270 度以下の低温まで冷やしたり、強い磁場をかけたりする実験が欠かせない。実際に、学内で液化された液体ヘリウムや共同利用装置の希釈冷凍機を使った実験で、新しい超伝導体をいくつか見つけることができた [K. Kaminaga et al., *J. Am. Chem. Soc.* 140, 6754 (2018); R. Sei et al., *Dalton Trans.* 49, 3321 (2020)]。また、化学専攻の有機合成分野の研究室では、合成した有機分子は、超伝導磁石で強い磁場をかけて核磁気共鳴を測定して分子構造を調べるのがルーティンである。それらの実験では液体ヘリウムがどうしても必要になる。そのヘリウムは希少な元素で米国など限られた地域でしか採取できず、米国はヘリウムを戦略物質とみなし、いずれ輸出を止めるという話さえある。もし、輸入が可能でも、使える量が減れば、大学の基礎研究よりは、病院の MRI などに優先的に使われるであろう。したがって、大学で用いるヘリウムは自給自足でまかなう必要がある。私と分野の近い、米西部の 1, 2 位を争う規模の大学の研究室では、わざわざ自前でヘリウム液化機を据え付けたと聞いたし、米東部の有力大学でもそれほど液体ヘリウムは自由に使えないと聞く。液体ヘリウムを使わないで済む冷凍機もあるが、超大型研究費でもない限り、買える金額でない。このように世界中でヘリウム不足が深刻な中、液体ヘリウムを用いた実験を定常的に行うことができるのは、低温寒剤を管理する部局が存在するので、学内でヘリウムを液化することができ、蒸発したヘリウムのほとんどを回収することができるからである。常圧でも室温超伝導を示す安定な物質が見つければ、

寒剤としてのヘリウムもそれほど消費しなくて済むかもしれない。それまでは、今後の室温超伝導体や量子コンピューター材料の発見といった大学での研究の発展と多様性を維持するためにも、今後も十分な体制のもとで安定したヘリウム供給が存続することを強く願うばかりである。

極低温科学センターのこれからの期待すること

工学研究科 准教授 伊藤悟 (satoshi.ito.e3@tohoku.ac.jp)

このたびは極低温科学センター創立 50 周年ということでおめでとうございます。私は 20 年ほど前の学生時代から核融合マグネットへの応用を主とした高温超伝導線材・高温超伝導応用機器の研究に取り組んできましたが、学内で液体ヘリウムを使い始めたのは 2016 年からという初心者です。私が所属する工学研究科量子エネルギー工学専攻にはヘリウム回収設備がありませんでしたので、2014 年度にヘリウム回収配管を当専攻の先進核融合炉工学総合実験棟へ延長し、ガスバッグを含むヘリウム回収設備の整備を行いました。近場に液体ヘリウム利用経験者もおらず、無謀にもヘリウムのトランスファーすらしたことがなかった私たちのグループが実験を始めたもので、ヘリウムタンクを空にしてしまう、トランスファーチューブの破損で回収率が低下する、などの多くのトラブルで大変ご迷惑をおかけしましたが、設備導入から実験開始まで御指導いただきました極低温科学センターの皆様のおかげで何とか実験ができています。

ヘリウム価格が高騰し、ヘリウム入手が難しくなっている昨今、東北大学のように液体ヘリウムを安定的に供給できている研究機関はめずらしく、これも極低温科学センターの皆様の努力があつてのことと理解しています。今後も液体ヘリウムの安定供給をできるようにする、というのは誰もが期待するところだと思います。一方で、私たちのような新規ユーザーが液体ヘリウムを使うような極低温実験を立ち上げたい、と考えた場合に、そのハードルの高さ（本当は単にイメージ先行だけかもしれない）で、どうしたらよいかわからない、ということはよくあることです。また、ヘリウムの回収率向上のための対策など、技術的なノウハウ・経験が足りないことを痛感することも多く、こういった際の技術相談・指導・サポートも引き続きお願いできればと思います。

最近のできごと

1. ヘリウム液化システム更新の準備

片平地区では2021年12月-2022年3月に計画している、新ヘリウム液化システムの導入へ向けて、様々な準備を進めております。新システムでは、液化能力はこれまでと同等となりますが、昨今の世界的なヘリウム不足に対応するため、液体ヘリウム貯槽を10,000リットル(5,000リットル×2)とし、長尺カードルを2基(16本)増設します。2021年8月-9月には貯槽の増設のスペース確保のため、ヘリウム液化室の壁の撤去工事(図1)、電気設備工事を行いました。11月には、カードル増設のため、周辺の木々伐採も行う予定となっております。この他、高圧ガス保安法対応のための仙台市消防局との打合せ、納入業者との多数にわたる打合せと現地確認、液化システム図面(装置配置、電気設備、配管等々)のやり取りを忙しく進めております。特にコロナ禍の影響で、現地打合せには困難を強いられましたが、どうにか12月着工に向けて予定通り進むことになりました。

また、2021年12月-2022年3月工事期間におけるヘリウム供給・回収停止、期間中のヘリウム外部



図1 ヘリウム液化室壁撤去工事(点線:元タドアがあった場所)

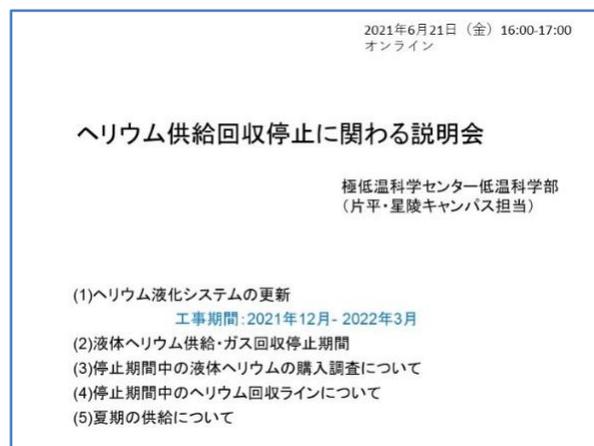


図2 ヘリウム供給回収停止説明会スライド

購入に関するオンラインユーザー説明会を6月に開催し(図2)、工事日程、期間中のヘリウム外部購入計画等をお知らせしました。この停止期間に行う予定であった実験を少しでも前倒しで実行できるように、片平地区では2021年度の夏期の停止期間を特に設けず、ヘリウム供給を続けました。現在停止期間中に必要な液体ヘリウムの数量調査と入札を含む購入手続きも進めています。片平地区では星陵地区ユーザーの皆様にはしばらくの間ご不便をおかけしますが、何卒ご理解とご協力の程よろしくお願いたします。

2. カードルとガスボンベ庫の増設

極低温物理学部では慢性的なヘリウム不足への対応を強化するため、2021年3月に長尺カードルをあらたに増設しました(図3)。これにより、ヘリウムの備蓄能力のより一層の向上が期待されます。また、これまで主に液体で行っていた外部からのヘリウム受け入れに加え、ガスによる受け入れを可能にするため、2020年10月にマニホールド(集合配管)を備えたヘリウムガスボンベ庫を新たに設置いたしました(図4)。これにより、ヘリウムの受け入れ



図3 増設したヘリウムガス長尺カードル2基



図4 新設したヘリウムガスボンベ庫

が液体、気体どちらでも対応可能となり、より価格の安い仕入れ方法を選択できるようになりました。また、外部からヘリウムガスを提供してもらい、センターで液化、供給するといったヘリウムの液化サービスにも対応できるようになりました。このメリットを生かして、片平地区のヘリウム液化システムの更新期間に東北メディカルメガバンク機構への液体ヘリウムの提供を計画しています。

3. 出前授業

極低温物理学部の木村憲彰教授が、令和2年11月27日に埼玉県立大宮高等学校の2年生に向けて「極低温の世界」という題目で出前授業を行いました。コロナ禍のため高校に訪問することができず、オンラインで授業を行うことになり、仙台から実験の様子をリアルタイム配信しながらの授業となりました。

4. オープンキャンパス

今年度の東北大学のオープンキャンパスもオンラインで開催されることになり、これに青葉山地区の極低温物理学部も参加しました。昨年度と同様、動画配信で低温における不思議な物理現象についての演示実験と解説を行いました（図5）。

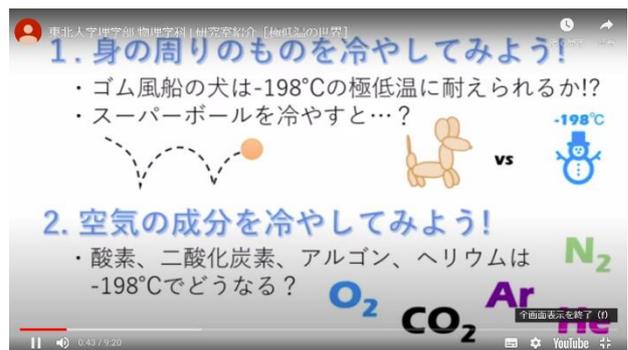
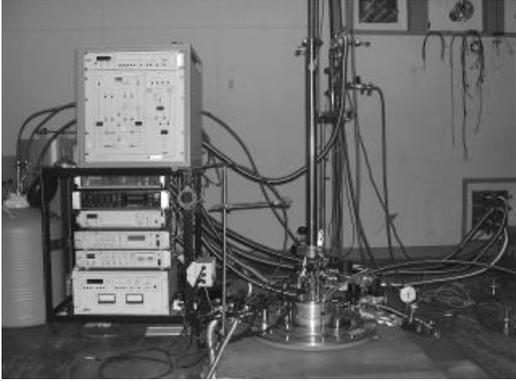


図5 オンラインオープンキャンパスでの動画 (YouTube)

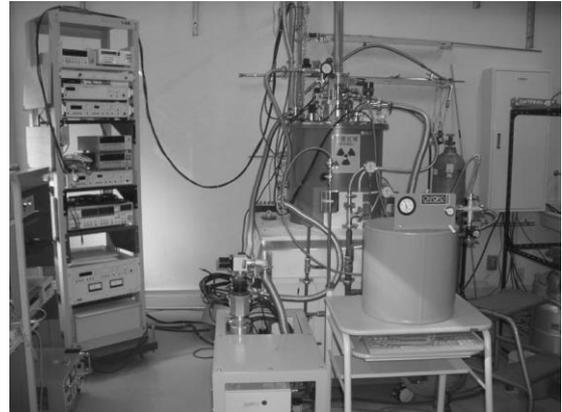
共同研究、共同利用設備一覧

極低温科学センターでは、共同研究、共同利用実験のため、実験室に以下のような装置を提供しております。ここで「共同研究設備」とは本センター職員と共同で行う研究用の実験装置、「共同利用設備」とは基本的に利用者のみで実験を行う装置です。共同利用の装置は共同研究として使用することも可能です。共同研究および共同利用の申込法、マシンタイム、装置の詳しい性能等に関しましては、Web ページ(<http://www.clts.tohoku.ac.jp/equipment.html>)をご覧くださいか、極低温科学センタースタッフ（極低温物理学部（青葉山）：内線 92-6478、低温科学部（片平）：内線 91-2167 または ltcenter-imr@grp.tohoku.ac.jp）にご相談ください。また装置に関係なく低温技術に関する相談にもできる限り応じております。どうぞお気軽に連絡ください。

装置名	場所	分類
トップローディング式希釈冷凍機システム	極低温物理学部	共同研究
装置の説明		
<p>装置仕様</p> <p>形式：トップローディング方式</p> <p>試料空間径：24 mm</p> <p>最低到達温度：20 mK</p> <p>最高磁場：17 T</p> <p>プローブ：試料回転装置付プローブ 圧力用プローブ</p> <p>常圧、静水圧、一軸圧下で電気抵抗などの輸送現象、AC 帯磁率、dHvA 効果などの測定が可能です</p>		

装置名	場所	分類
^3He クライオスタットインサート	低温科学部	共同研究
装置の説明		
<p>装置仕様</p> <p>試料空間口径：25mm ϕ</p> <p>最低到達温度：340 mK（ワンショット運転） 530 mK（連続運転）</p> <p>最低温度到達時間：1.5K より 2 時間</p> <p>低温科学部にある 9/11T 超伝導マグネット、およびファラデー型超伝導マグネットに挿入可能な自作の ^3He 冷凍機です。トップローディングとバキュームローディングの両方の形式で実験が行えます。現在、磁場中輸送特性とファラデーセルを用いた DC 磁化測定が可能です。</p>		

装置名	場所	分類
トップローディング式 ³ Heクライオスタットシステム	低温科学部	共同研究
装置の説明		
<p>装置仕様</p> <p>Oxford 社 Heliox-TL 形式：トップローディング方式 試料空間径：38 mm 最低到達温度：260 mK 最低温度保持時間：50 h 以上 最高磁場：8 T プローブ：輸送特性測定用プローブ</p> <p>装置をウォームアップすることなく、試料の交換が簡単にでき、かつ数時間で室温から最低温度に達することのできる便利なクライオスタットです。</p>		

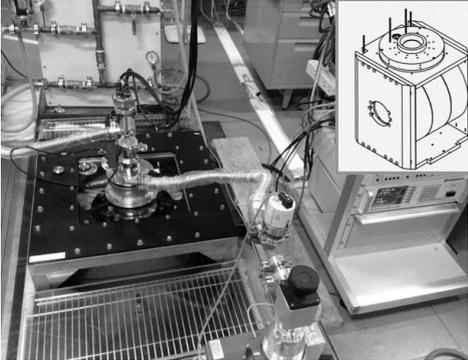


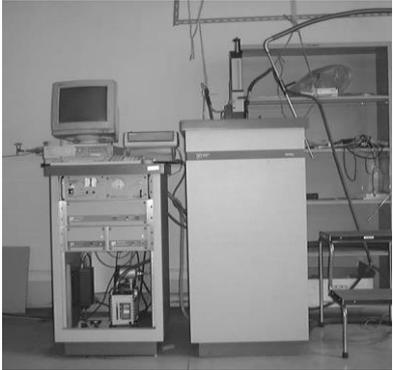
装置名	場所	分類
ファラデー型超伝導マグネット	低温科学部	共同研究
装置の説明		
<p>装置仕様</p> <p>a. バックグラウンドマグネット 均一度：0.1%/cm 最大磁場：8T 口径：63.5mm φ</p> <p>b. グラディエントマグネット 最大磁場勾配：+/- 6 T/m リニアリティ：+/- 0.1%/cm DSV</p> <p>1-8T の磁場中で試料空間に一定の磁場勾配を作るマグネットです。³He クライオスタットインサートと組み合わせて磁化と電気抵抗、VTI (1.5-300K) と組み合わせて電気抵抗が測定可能です。</p>		



装置名	場所	分類
温度可変インサート&9/11T 超伝導マグネットシステム	低温科学部	共同研究
装置の説明		
<p>装置仕様</p> <p>a. Cryomagnetics 社製 NbTi マグネット 均一度：0.1%/cm (磁場安定性 1ppm/時間) 最大磁場：9T/11 T (11 T はラムダープレート使用時) 口径：63.5mm φ</p> <p>b. VTI (温度可変型インサート) 試料空間口径：45 mm φ 温度可変領域：1.5 K - 325 K (安定度 0.1 K)</p> <p>磁場中輸送特性が測定可能です。</p>		

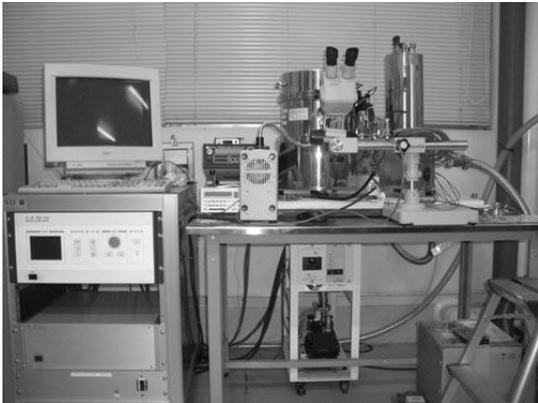


装置名	場所	分類
ベクトルマグネット回転システム	低温科学部	共同研究
装置の説明		
<p>装置仕様</p> <p>a. Cryomagnetics 社製 スプリット型（横磁場）+ソレノイド型（縦磁場） 均一度：0.1%/cm（磁場安定性 1 ppm/時間） 最大磁場：横磁場 7 T・縦磁場 3 T 口径：52 mm φ</p> <p>b. VTI（温度可変型インサート） 試料空間口径：30 mm φ 温度可変領域：1.5 K–300 K（安定度 0.1 K）</p> <p>デュワー（マグネット自身）のモーター回転と組み合わせ、任意の磁場方向での磁場中輸送特性が測定可能です。 VTI の代わりに希釈冷凍機も挿入して実験できます。</p>		
		

装置名	場所	分類
SQUID 磁化測定装置-1	低温科学部	共同利用
装置の説明		
<p>装置仕様</p> <p>Quantum Design 社 MPMS₂ 最大磁場：5.5 T 温度範囲：1.7–350K 分解能：1×10⁻⁸ emu</p> <p>5.5T までの DC 磁化の温度、磁場依存性が自動測定できます。</p>		
		

装置名	場所	分類
SQUID 磁化測定装置-A	極低温物理学部	共同利用
装置の説明		
<p>装置仕様</p> <p>Quantum Design 社 MPMS₂ 最大磁場：1 T 温度範囲：1.8–350K 分解能：1×10⁻⁸ emu</p> <p>1T までの DC 磁化の温度、磁場依存性が自動測定できます。</p>		
		

装置名	場所	分類
試料評価用X線回折装置	低温科学部	共同利用
装置の説明		
<p>装置仕様</p> <p>リガク社 RINT2100PC 最大出力：2kW（60 kV、50mA） 封入管式ターゲット ゴニオ部：$\theta/2\theta$ 運動、θ、2θ 単独 （範囲：$2\theta = -60 \sim 158^\circ$ 精度：0.002°） アライメント自動調整、 自動可変スリット モノクロメータ カウンタ：NaI シンチレータ（70000cps 以上） オプション：薄膜用回転試料台 ラウエカメラ（ポラロイドフィルム） 解析：自動ピークサーチ、多重ピーク分離、 定性分析（PDF2 カード） 結晶系決定、格子定数精密化等</p>		
		

装置名	場所	分類
走査型 SQUID 顕微鏡	低温科学部	共同利用・共同研究
装置の説明		
<p>装置仕様</p> <p>セイコーインスツルメンツ（株）SQM200 温度範囲：2-90 K センサーコイル径：10 μm 空間分解能：$2 \times 2 \mu\text{m}^2$ 程度</p> <p>試料表面の磁化（磁気）分布測定が可能です。</p>		
		

センターからのお知らせ

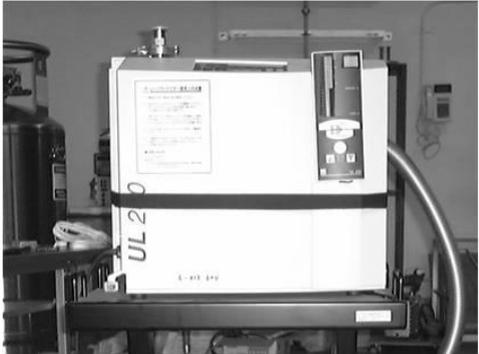
貸出機器一覧

極低温科学センターでは、低温実験に必要な各種機器の貸し出しを行っております。各機器の貸し出し条件および詳しい使用方法に関しましては、Web ページ (<http://www.clts.tohoku.ac.jp/equipment.html>) をご覧いただくか、極低温科学センタースタッフ（極低温物理学部（青葉山）：内線 92-6478、低温科学部（片平）：内線 91-2167 または ltcenter-imr@grp.tohoku.ac.jp）にご相談ください。また装置に関係なく低温技術に関する相談にもできる限り応じております。どうぞお気軽に連絡ください。

装置名	貸出部局
リークディテクターA	極低温物理学部（青葉山）
装置の説明	
装置仕様	
PFEIFER 社 Quality Test HLT260 真空およびスニファーモードでの検出可能 最高検知感度： 5×10^{-13} Pa m ³ /s インレットポート圧力：2500Pa 以下 立ち上がり方式：自動 立ち上がり時間：3分以下 内蔵ポンプ排気性能：補助ポンプ 3.9 m ³ /h ターボ分子ポンプ 70 l/s 重量：44 kg キャスター付 ディスプレイ方式：グラフィック	
	

装置名	貸出部局
リークディテクターB	極低温物理学部（青葉山）
装置の説明	
装置仕様	
OERLIKON LEYBOLD 社 PhoeniXL 300 真空およびスニファーモードでの検出可能 最高検知感度： 5×10^{-12} mbar-l/s インレットポート圧力：15 mbar 以下 立ち上がり時間：2分以下 内蔵ポンプ：ロータリーポンプ 3.2m ³ /h ターボ分子ポンプ 70 l/s 排気性能：2.5 l/s 以上（FINE） 0.4 l/s 以上（GROSS） 重量：40 kg キャスター付	
	

装置名	貸出部局
リークディテクターC	極低温物理学部 (青葉山)
装置の説明	
装置仕様 LEYBOLD 社 PHOENIX L300i 真空およびスニファーモードでの検出可能 最高検知感度： 5×10^{-12} mbar-l/s インレットポート圧力：15 mbar 以下 立ち上がり時間：2分以下 内蔵ポンプ：ロータリーポンプ 3.2m ³ /h ターボ分子ポンプ 70 l/s 排気性能：2.5 l/s 以上 (FINE) 0.4 l/s 以上 (GROSS) 重量：40 kg キャスター付	

装置名	貸出部局
リークディテクター1	低温科学部 (片平)
装置の説明	
装置仕様 LEYBOLD 社 UL200 真空およびスニファーモードでの検出可能 最高検知感度： 5×10^{-11} mbar-l/s インレットポート圧力：2 mbar 以下 立ち上がり時間：3分以下 内蔵ポンプ：ロータリーポンプ ターボ分子ポンプ 排気性能：1 l/s 以上 (FINE) 0.3 l/s 以上 (GROSS) 重量：32 kg キャスター付	

装置名	貸出部局
リークディテクター2	低温科学部 (片平)
装置の説明	
装置仕様 OERLIKON LEYBOLD 社 PhoeniXL 300 真空およびスニファーモードでの検出可能 最高検知感度： 5×10^{-12} mbar-l/s インレットポート圧力：15 mbar 以下 立ち上がり時間：2分以下 内蔵ポンプ：ロータリーポンプ 3.2m ³ /h ターボ分子ポンプ 70 l/s 排気性能：2.5 l/s 以上 (FINE) 0.4 l/s 以上 (GROSS) 重量：40 kg キャスター付	

装置名	貸出部局
リークディテクター(ハンディタイプ)	極低温物理学部 (青葉山)
装置の説明	
<p>配管からのヘリウムガスの漏れ検査に用います。</p> <p>装置仕様 ジーエルサイエンス社 LD239 検出方式：熱伝導度比較測定 感度：0.0005mL/min 電源：充電式、連続動作時間約 5 時間 充電時間約 2.5 時間 重さ：約 95g</p>	
	

装置名	貸出部局
リークディテクター(ハンディタイプ)	低温科学部 (片平)
装置の説明	
<p>配管からのヘリウムガスの漏れ検査に用います。</p> <p>装置仕様 ジーエルサイエンス社 LD229 検出方式：熱伝導度比較測定 感度：0.01mL/min 電源：充電式、連続動作時間約 5 時間 充電時間約 3 時間 重さ：約 310g</p>	
	

装置名	貸出部局
各種シールオフバルブ用オペレータ	低温科学部 (片平)
装置の説明	
<p>ヘリウム容器やトランスファーチューブの断熱空間引き口に取り付けられたシールオフバルブのオペレータ（真空中で開閉を行う治具）を各種取り揃えています。</p> <p>仕様 シールオフバルブ側引き口： (1)外径 16 mmφ短管, (2)21 mmφ短管, (3)35 mmφ短管, (4)NW40 フランジ 真空ポンプ側引き口： NW25 フランジ</p>	
	

2020 年度共同利用成果

<SQUID 磁化測定装置 (青葉山) >

- N. Kabeya, T. Sakamoto, K. Hara, Y. Hara, S. Nakamura, K. Katoh, A. Ochiai, “Competing Exchange Interactions in Lanthanide Triangular Lattice Compounds LnZn_3P_3 ($\text{Ln} = \text{La-Nd, Sm, Gd}$)”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **89**, 074707 (2020).
- S. Hosoi, T. Aoyama, K. Ishida, Y. Mizukami, K. Hashizume, S. Imaizumi, Y. Imai, K. Ohgushi, Y. Nambu, M. Kimata, S. Kimura, and T. Shibauchi, “Dichotomy between orbital and magnetic nematic instabilities in BaFe_2S_3 ”, *Phys. Rev. Research* **2**, 043293 (2020).
- Mina Murase, Kaoru Okada, Yoshiaki Kobayashi, Yasuyuki Hirata, Kazuki Hashizume, Takuya Aoyama, Kenya Ohgushi, and Masayuki Itoh, “Successive magnetic transitions and spin structure in the two-leg ladder compound CsFe_2Se_3 observed by ^{133}Cs and ^{77}Se NMR”, *Phys. Rev. B* **102**, 014433 (2020).
- Yoshinori Imai, Koya Sasaki, Takuya Aoyama, Kenji Shirasaki, Tomoo Yamamura, and Kenya Ohgushi, “High-pressure synthesis of heavily hole-doped cuprates $\text{Mg}_{1-x}\text{Li}_x\text{Cu}_2\text{O}_3$ with quasi-one-dimensional structure”, *Phys. Rev. B* **101**, 245112 (2020).
- Satoshi Imaizumi, Takuya Aoyama, Ryota Kimura, Koya Sasaki, Yusuke Nambu, Maxim Avdeev, Yasuyuki Hirata, Yuka Ikemoto, Taro Moriwaki, Yoshinori Imai, and Kenya Ohgushi, “Structural, electrical, magnetic, and optical properties of iron-based ladder compounds $\text{BaFe}_2(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ ”, *Phys. Rev. B* **102**, 035104 (2020).
- Taku Yamamoto, Kenichi Kaminaga, Daichi Saito, Daichi Oka, and Tomoteru Fukumura, “Rock salt structure GdO epitaxial thin film with a high ferromagnetic Curie temperature” *Appl. Phys. Lett.* **117**, 052402 (2020)
- Nand Kumar, Raveena Gupta, Ripudaman Kaur, Daichi Oka, Sonali Kakkar, Sanjeev Kumar, Surendra Singh, Tomoteru Fukumura, Chandan Bera, and Suvankar Chakraverty, “B-Site Stoichiometry Control of the Magnetotransport Properties of Epitaxial $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$ Thin Film” *ACS Appl. Electron. Mater.* **3**, 597 (2021)

<SQUID 磁化測定装置 (片平) >

- D. X. Li, Y. Shimizu, A. Nakamura, A. Maurya, Y. J. Sato, Y. Homma, F. Honda, and D. Aoki, “Magnetic and transport properties of new ternary uranium-based germanide $U_2Rh_3Ge_5$ ”, *J. Phys.: Condens. Matter*, **32**, 495804 1-7 (2020)
- S. Asano, K. Ishii, K. Yamagami, J. Miyawaki, Y. Harada, and M. Fujita, “Revisiting the Phase Diagram of T*-type $La_{1-x/2}Eu_{1-x/2}Sr_xCuO_4$ Using Oxygen K-edge X-ray Absorption Spectroscopy”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **89**, 075002 (2020)
- K. Sambe, N. Hoshino, T. Takeda, T. Nakamura, T. Akutagawa, “Dynamics and Structural Diversity of Li^+ (Crown Ether) Supramolecular Cations in Electrically Conducting Salts”, *J. Phys. Chem. C* 2020, **124**, **25**, 13560–13571 (2020)
- Y. Satake, J. Shiogai*, G. P. Mazur, S. Kimura, S. Awaji, K. Fujiwara, T. Nojima, K. Nomura, S. Souma, T. Sato, T. Dietl, and A. Tsukazaki “Magnetic-field-induced topological phase transition in Fe-doped (Bi,Sb) $2Se_3$ heterostructures s”, *Phys. Rev. Mater.* **4**, 044202-1-8 (2020)
- K. Fujiwara, M. Kitamura, D. Shiga, Y. Niwa, K. Horiba, T. Nojima, H. Ohta, H. Kumigashira, and A. Tsukazaki “Insulator-to-Metal Transition of Cr_2O_3 Thin Films via Isovalent Ru^{3+} Substitution s”, *ACS Chem. Mater.* **32**, 5272–5279 (2020)
- Y. Sekine, J. Chen, N. Eguchi, H. Miyasaka “Fine tuning of intra-lattice electron transfers through site doping in tetraoxolene-bridged iron honeycomb layers”, *Chem. Commun.*, **56**, 10867-10870 (2020)
- K. Hirata, X. Xu, T. Omori, R. Kainuma, “Phase stability and magnetic properties in $Co_2Cr(Al,Si)$ shape memory alloys”, *J. Magn. Magn. Mater.* 500 (2020) 166311
- J. Xia, Y. Noguchi, X. Xu, T. Odaira, Y. Kimura, M. Nagasako, T. Omori, R. Kainuma, “Iron-based superelastic alloys with near-constant critical stress temperature dependence”, *Science* 369(6505) (2020) 855-858
- T. Odaira, S. Xu, X. Xu, T. Omori, R. Kainuma, “Elastocaloric switching effect induced by reentrant martensitic transformation”, *Appl. Phys. Rev.* 7(3) (2020) 031406.

<X 線回折装置 >

- Y. Hirokane, Y. Nii, H. Masuda, Y. Onose, “Nonreciprocal thermal transport in a multiferroic helimagnet”, *Science Advances* 6, eabd3703 (2020).

センターからのお知らせ

ヘリウムの利用法と供給報告

1. 液体ヘリウムの申込方法と受取方法

各地区の部局別の申込方法、受取方法を下記表に示します。所属する部局の場所と実際に実験を行う場所が異なる場合、実験を行う場所の申込方法、受取方法に従って下さい。

<青葉山地区>

※予約はなるべく使用予定日の1週間前までをお願いします。小型のクライオスタットを持参して極低温科学センター棟別館(旧理学部低温サブセンター)か工学研究科低温センターで液体ヘリウムを汲み出す場合にはそれぞれの場所へ申し込んで下さい。詳細は極低温科学センターのホームページ <http://www.clts.tohoku.ac.jp/aobayama/>の「受け取りと使用料金」を参照下さい。

部局名	申込方法	受取方法
理学研究科	Web サイトよりログイン http://www.clts.tohoku.ac.jp/aobayama/	各研究棟の決められた場所に極低温科学センターが配達します。又は極低温科学センター棟別館で受け取って下さい。
工学研究科		各研究棟の決められた場所に極低温科学センターが配達します。又は工学研究科低温センターで受け取って下さい。
薬学研究科		各研究棟の決められた場所に極低温科学センターが配達します。
その他の部局		各部局の決められた場所に極低温科学センターが配達します。

<片平地区、星陵地区>

※予約は使用予定日の2日前の16:00までをお願いします。詳細は極低温科学センターのホームページ http://www.clts.tohoku.ac.jp/katahira_seiryu/の「受け取りと使用料金」を参照下さい。

部局名	申込方法	受取方法
金属材料研究所*	Web サイトよりログイン http://www.clts.tohoku.ac.jp/katahira_seiryu/	低温科学部オペレーター室に液体ヘリウム容器を受け取りに来た旨を伝えて受け取ってください。
電気通信研究所		各研究棟の決められた場所に極低温科学センターが配達します。
多元物質科学研究所		各研究棟の決められた場所に極低温科学センターが配達します。
原子分子材料科学 高等研究機構 [AIMR ラボ棟]		低温科学部オペレーター室に液体ヘリウム容器を受け取りに来た旨を伝えて受け取ってください。
原子分子材料科学 高等研究機構 [上記以外]		各研究棟の決められた場所に極低温科学センターが配達します。
その他の部局		各部局の決められた場所に極低温科学センターが配達します。

(* 金研強磁場超伝導材料研究センターで液体ヘリウムを利用する際は、金研受入教員の指示に従って下さい)

2. 供給報告

令和2年度に極低温科学センターが供給した全学の液体ヘリウムの使用量は約17万2千リットルで、昨年度より約3割減少しました（図1、表1参照）。これは新型コロナウイルス感染拡大のための東北大学行動指針による研究活動の制限が大きく影響したことが原因と考えられます。

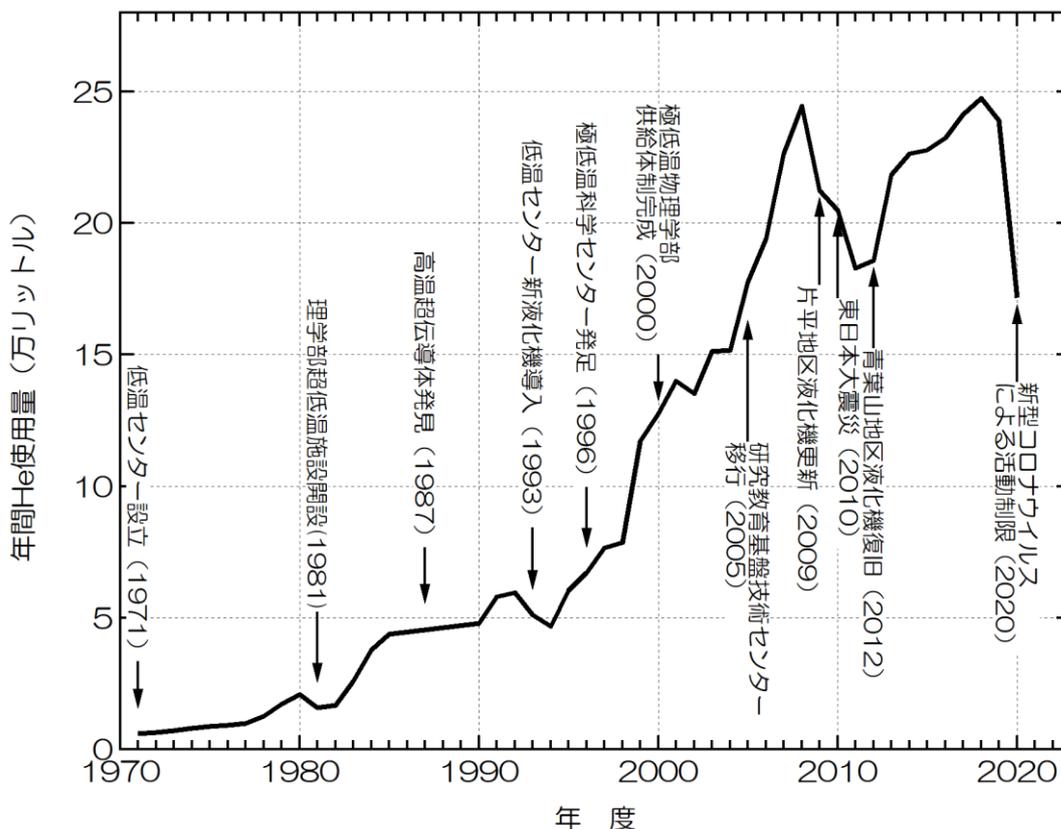


図1. 液体ヘリウムの年間使用量の推移

表1. 最近5年間の液体ヘリウム使用状況

部局名	(単位 リットル)				
	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度
理学研究科	58,132	67,165	51,634	43,129	33,949
薬学研究科	809	783	812	771	781
工学研究科	19,729	21,592	29,032	19,778	7,986
金属材料研究所	101,876	108,138	111,016	107,906	69,968
電気通信研究所	757	399	785	992	2,519
多元物質科学研究所	20,901	18,411	21,779	19,932	22,052
極低温科学センター	10,443	9,577	17,367	20,657	10,764
学際科学フロンティア研究所	3	30	0	0	127
材料科学高等研究所	17,000	12,461	12,350	23,045	19,531
東北メディカル・メガバンク機構	2,735	2,773	2,790	2,811	2,863
国際集積エレクトロニクスセンター	—	—	—	—	1,140
合計	232,385	241,328	247,564	239,021	171,681

3. 使用料金について

- ・使用料金は、ブロック（建物または研究科）ごとの回収率により決定されたヘリウム単価に使用量（使用前と使用後における液体ヘリウム容器内の液量の差）を乗じて算出します。
- ・無回収を前提として供給を受ける場合の液体ヘリウム利用料金は1,980円/リットルといたします。また、センターにおける保有量によっては、無回収前提の供給をお断りすることもあります。
- ・回収率が100%を超えた場合はこれを100%とみなして計算します。

4. ヘリウム回収状況

学内平均の回収率は令和2年1月～令和2年12月の期間平均で91%（片平地区：90%、青葉山地区：92%）でした。また運営委員会で承認された令和2年度における回収率に応じたヘリウム料金の計算式は

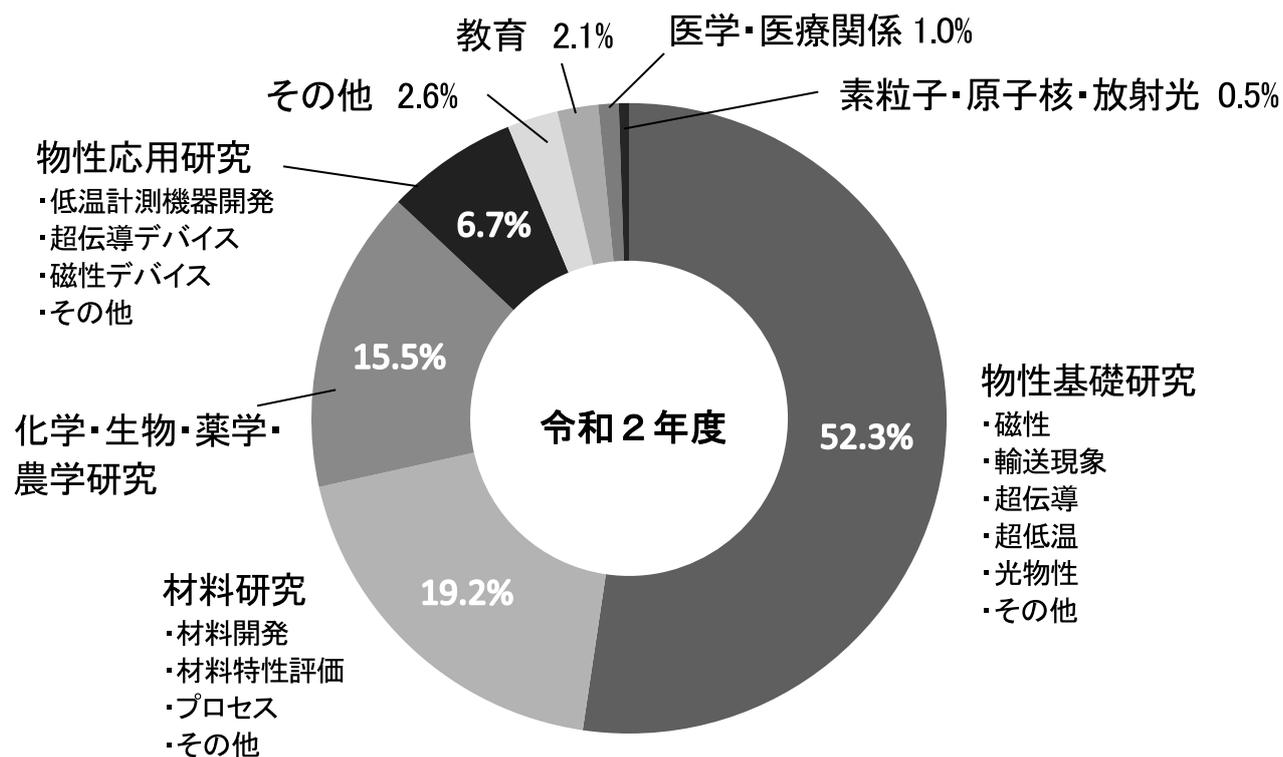
$$1 \text{ リットル当りのヘリウム利用価格(¥)} = 99 + 2581 \times \{100 - \text{回収率}(\%)\} / 100$$

となり、この方式により計算すると令和2年度の平均価格は331円/リットルとなりました（R元年：331円、H30年：261円、H29年：261円、H28年：295円）。

- ・料金、回収率、支払い方法についての質問は内線92-6478（青葉山地区）、内線91-2167（片平、星陵地区）までご連絡下さい。

液体ヘリウムを利用した研究

令和2年度の液体ヘリウムを利用した研究について、研究テーマ、研究者数、論文数等のアンケート調査させていただきました。液体ヘリウムを利用した研究テーマの分布は下図のように、液体ヘリウムを利用した研究者数とその成果は下表の通りです。

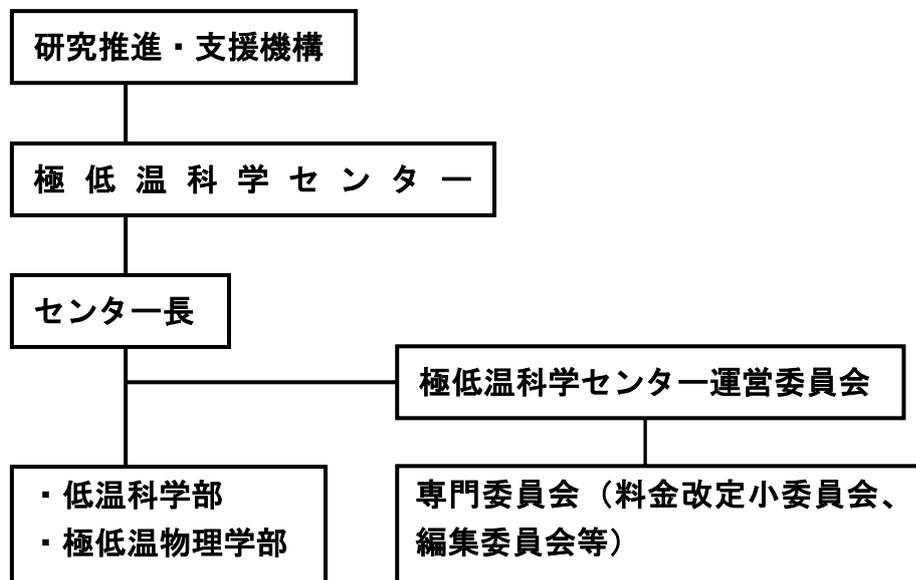


図：液体ヘリウムを利用した研究のテーマ分析

表：液体ヘリウムを利用した研究者数と成果

部 局	教職員数(ポストドクを含む)	大学院生数	令和2年度論文
理学研究科	49	114	70
薬学研究科	22	62	25
工学研究科	45	67	38
金属材料研究所	51	53	131
多元物質科学研究所	47	93	20
電気通信研究所	14	25	28
材料科学高等研究所	17	18	16
東北メディカル・メガバンク機構	15	0	7
学際科学フロンティア研究所	1	1	0
計	261	433	335

センターの組織と運営



極低温科学センター運営委員会

委員長	極低温科学センター長（兼任）	教授	佐々木孝彦
委員	理学研究科	教授	遊佐 剛
	医学系研究科	教授	武田 賢
	薬学研究科	教授	金野 智浩
	工学研究科	教授	安藤 康夫
	農学研究科	教授	山下 まり
	金属材料研究所	教授	塚崎 敦
	流体科学研究所	教授	石本 淳
	電気通信研究所	教授	枝松 圭一
	多元物質科学研究所	教授	佐藤 卓
	極低温科学センター（兼任）	教授	木村 憲彰
	極低温科学センター（兼任）	准教授	野島 勉

目次

巻頭言	-----	1
-----	-------	---

極低温科学センター長

佐々木孝彦

特集 極低温科学センター50周年

極低温科学センター50年の歩み

年表	-----	2	
過去の特集記事を振り返る	-----	6	
センターの思い出			
低温センターが生まれた頃	東北大名誉教授	小林典男	1 2
理学部、工学部、そして通研で	電気通信研究所	枝松圭一	1 6
装置を作って学べた低温技術	多元物質科学研究所	米田忠弘	1 9
極低温の世界との出会い	多元物質科学研究所	相馬 出	2 1
低温研究とヘリウム供給	東北大名誉教授	落合 明	2 3
工学部低温センターでの42年	工学研究科	野地 尚	2 5
低温センター50周年とわたし	極低温科学センター	細倉和則	2 7

センターの現状

低温科学部の現状	-----	極低温科学センター	野島 勉	3 1
極低温物理学部の現状	----	極低温科学センター	木村憲彰	3 7
研究テーマ紹介 液体ヘリウムを利用している研究(2020年度)	----			4 0

センターに期待すること

極低温科学センターへの期待 / 金属材料研究所	小野瀬佳文
極低温科学センターへ期待すること / 電気通信研究所	大塚朋廣
化学者のための液体ヘリウム / 材料科学高等研究所・理学研究科	福村知昭
極低温科学センターのこれからの期待すること / 工学研究科	伊藤悟

センターからのお知らせ

最近のできごと	-----	5 1
共同研究、共同利用設備一覧	-----	5 3
貸出機器一覧	-----	5 7
共同利用成果論文	-----	6 0
ヘリウムの利用法と供給報告	-----	6 2
ヘリウムを利用した研究	-----	6 5

センターの組織と運営

6 6