

宇治キャンパスにおけるヘリウム液化・回収システムの更新 Renewal of the helium liquefaction and recovery system in Uji campus

楠田敏之^{1,2}, 寺嶋孝仁²

¹京都大学化学研究所, ²低温物質科学研究センター

Toshiyuki Kusuda^{1,2}, Takahito Terashima²

¹Institute for Chemical Research, Kyoto University,

²Research Center for Low Temperature and Materials Sciences, Kyoto University

1. はじめに

京都大学宇治キャンパスにおける寒剤供給は、1970年に化学研究所に極低温物性化学実験室が設置され、液体ヘリウム、液体窒素の供給が開始されたことに始まり、2002年の全学共同利用センターである低温物質科学研究センター寒剤供給部宇治地区への改組を経て、現在の体制のもと実施されている。この間、ヘリウム液化・回収システムは1983、1997年度の2回に亘り更新され、増大、複雑化する需要に対応してきた。近年液体ヘリウムを使用する装置が増え、例えばNMRについては、化学研究所の800 MHzの大型装置をはじめ宇治地区全体で23台が稼働している。さらに希釈冷凍機、SQUID(MPMS)、PPMSなど極低温下での物性測定を目的とした装置が多数導入されるなど、液体ヘリウムの需要は年々増加している。これに対応するため2010年度に従来の約2倍の液化能力を持つヘリウムの液化・回収システムへの更新が行われた。ここでは今回更新された新しい液化・回収システムについて紹介する。

2. 宇治キャンパスのヘリウム液化・回収システムの変遷

1970年にコリンズタイプの三菱UL-80型のヘリウム液化機が導入され、宇治地区における液体ヘリウムの製造が開始された。翌1971年には8リットル毎時の能力を持つPhilips社製PLHe210型と200リットルの液体ヘリウム貯槽が導入され、液体ヘリウムの供給体制が整備された。この液化機はスターリングサイクルを採用し、内部精製器を持ち、液体窒素の予冷を必要としない特徴があった。当時は、極低温の実験装置はガラスデュワーによるものが中心で、容量も1~5リットルと小規模であった。その後、超伝導マグネットを使用する装置の登場によりクライオスタットが大型化し、液体ヘリウムの需要は大幅に増加した。これに対応するため1983年度に40リットル毎時（純ガス運転、液体窒素使用時）の能力を持つSulzer社



製 TCF-20 型と 1,000 リットルの液体ヘリウム貯槽に更新された。同時に液体窒素貯槽も 2,600 リットルから 8,800 リットルに更新された。

その後、液体ヘリウムを利用する実験装置の大型化に伴い、液体ヘリウムをクライオスタットに直接供給する方法から 50 リットルあるいは 100 リットルの小口供給用液体ヘリウム容器に一旦移し、そこから各装置へ供給する方法に移行した。さらに 1 日で 500 リットル以上に及ぶ大口の供給が行われるようになると液化能力が不足することとなり、1997 年度に 60 リットル毎時（純ガス運転、液体窒素使用時）の性能を持つ LINDE 社製 TCF-20 型と 2,000 リットルの液体ヘリウム貯槽に更新された。従来、このレベルの能力を持つ液化機には 1,000 リットル程度の貯槽を使うのが慣例であったが、液化能力に対して大きな貯槽を採用することで、供給の効率化を実現した。

宇治キャンパスでは近年大型の実験装置の導入が続き、前述のように 800 MHz ほか 23 台の NMR, SQUID (MPMS), PPMS, 希釈冷凍機が常時稼働している。今後、さらに液体ヘリウムを利用する装置の増加が見込まれることと、1997 年度に更新された装置の老朽化に対応するため、2010 年度に約 2 倍の性能を持つ 120 リットル毎時（純ガス運転、液体窒素使用時）の液化能力を持つ Air Liquide 社製 ML 型ヘリウム液化装置に更新された。また、併せて貯槽も 4,000 リットルの容量を持つものに更新された。

液体ヘリウムの供給量の推移を図 2 に示す。液化機の更新に伴い、液体ヘリウムの供給量が増加し



図 2 液体ヘリウム供給量の推移

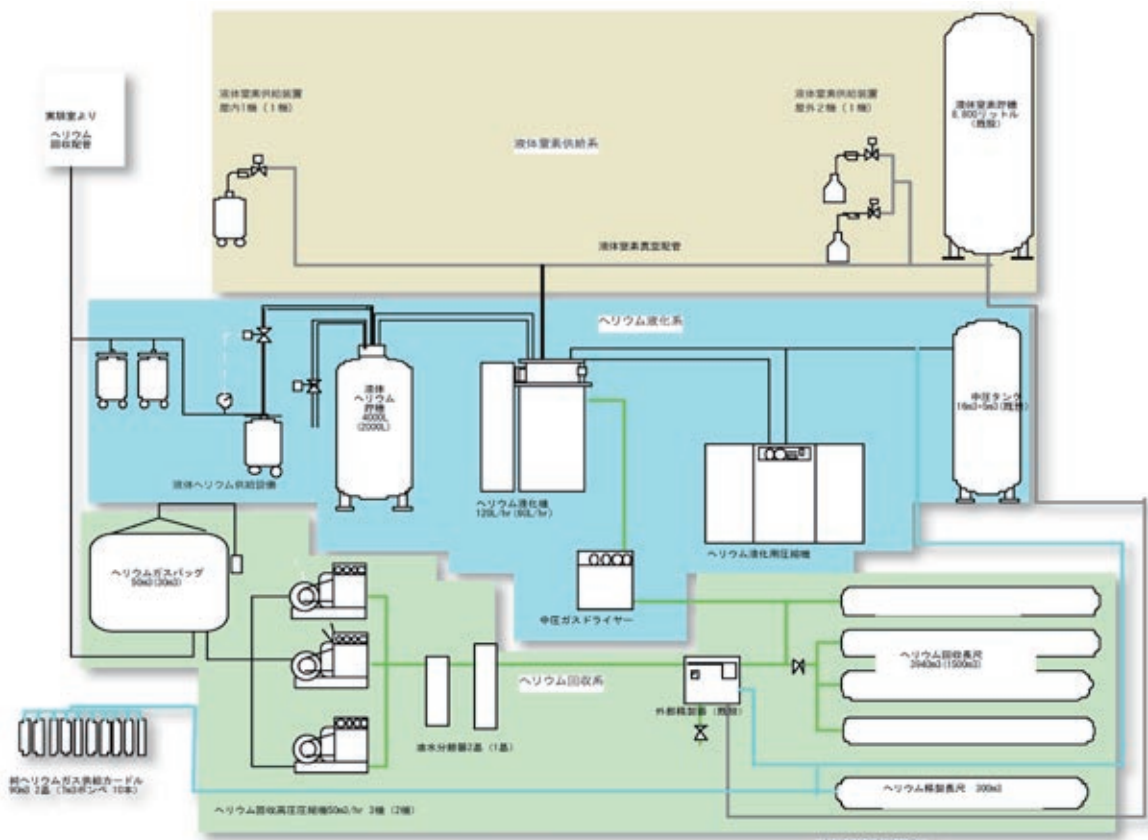


図3 ヘリウム液化回収システム

ており、高い液化能力を持つ装置の導入は液体ヘリウムおよび極低温を利用する研究の活性化に大きく寄与していることが分かる。

3. ヘリウム液化・回収システムの機器構成

ヘリウム液化・回収システムの機器構成を図3に示す。

システムは青色で示すヘリウム液化系、緑色で示すヘリウム回収系、茶色で示す液化窒素供給系の3系統から構成される。

ヘリウム液化系（青色部分）は、ヘリウム液化機、液体ヘリウム貯槽、液化用圧縮機、除油器バルブユニット、中圧タンク、中圧ガスドライヤー、液体ヘリウム供給装置から構成される。

ヘリウムガス回収系（緑色部分）は、ガスバッグ、回収用高圧圧縮機3機、ヘリウム回収長尺、ヘリウム精製長尺、外部精製器（既設）、油水分離器、ヘリウム回収配管（既設）から構成される。

液体窒素供給系（茶色部分）は、液体窒素貯槽（既設）、液体窒素自動供給設備3基、液体窒素真空配管から構成される。



図4 ヘリウム液化機と4,000リットル液体ヘリウム貯槽

3-1. ヘリウム液化系

ヘリウム液化機はフランス Air Liquide 社製 ML 型である（図4）。この液化機は、2段の横置静圧式のタービンとジュール・トムソン弁により、毎時120リットル（純ガス運転、液体窒素使用時）の液化能力を有し、液体ヘリウム貯槽は4,000リットルと液化能力、貯蔵能力とも更新前の2倍に強化された。ヘリウムガスは水分、空気などの不純物を含むため、中圧ガスドライヤーで水分を除去した後にヘリウム液化機に送られ、内部精製器で空気などの不純物を1ppm以下まで除去した後に液化される。

このヘリウム液化機は単位時間あたりの液化量は更新前の装置の2倍に増強されたが、タービンの高効率化などの技術により、単位時間あたりの消費電力の増加は約16%に抑えられているため、大幅な省電力化が実現されている。

製造された液体ヘリウムは貯槽に貯められ、液体ヘリウム供給設備（図5）を使用して小口供給用液体ヘリウム容器（図6）に小分けして実験室に運び、実験装置に供給される。液体ヘリウムの供給量は重量で計算し、パソコンで管理を行っている。

液体ヘリウム供給設備は、自動停止機能付きとし、2系統設置しており、同時に2台の供給を行うことが出来る。また、長年取り組んできた液体ヘリウム移送速度の改善（文献1,2）をさらに進め、文献2で課題であった供給時の蒸発ガスの流量を確保するために、回収配管の大径化、蒸発ガスを室温に暖めるための加温器の大型化、蒸発ガス量を測定するためのガスメ-



図5 液体ヘリウム供給設備



図6 小口供給用液体ヘリウム容器

ターの大型化などの回収系の強化を行うことにより回収系の背圧を減らした。その結果、液体ヘリウム移送のさらなる高速化を実現することができた。現在、液体ヘリウムトランスファーチューブは内径φ7とφ12を用いており、φ7では10分以内、φ12では4分以内で100リットル容器を充填することが出来るようになっている。

3-2. ヘリウム回収系

ユーザーに供給され、宇治キャンパスにある各建物の実験室で使用されて蒸発したヘリウムガスは、自然蒸発で生じる数ミリ水柱の圧力でヘリウム回収配管を通り、液化回収システムのある極低温物性化学実験室に戻ってくる。回収されたヘリウムガスは、いったん50m³の容積のガスバッグ（図7）に貯められる。ガスバッグにはリミットスイッチが設置されており、レベルに応じて回収用高圧圧縮機（図8）が連動し、最大14.7MPaまで圧縮されてヘリウム回収長尺に貯蔵される。回収用高圧圧縮機は3機設置されており、通常は1機が動作する。回収量が多い場合や液体ヘリウム容器に供給する場合には、順次同時運転を行う。回収用高圧圧縮機は1機で50m³毎時の能力があり、3機同時運転時には150m³毎時の能力がある。



図10 8,800リットル液体窒素貯槽

回収されたヘリウムガスは、圧縮された後、ヘリウム回収長尺（図9）に貯蔵される。回収長尺の容積は更新前の1,820m³から3,940m³へ大幅に拡張され、今後増大する利用に対応できるようになった。

また、既設の外部精製器で精製したヘリウムガスを貯蔵するための300m³の容積を持つ精製ヘリウム長尺がもう一系統設置されている（既設）。

ヘリウムの回収量は各実験機器に取り付けたガスメーターで管理を行い、貴重な資源であり高価なヘリウムを効率良くリサイクルして利用している。

3-3. 液体窒素供給系（屋外2基、室内1基）

液体窒素は8,800リットルの液体窒素貯槽（図10）から液体窒素供給装置を用いてユーザーが汲み出しを行う。液体窒素供給装置は更新前、屋外は1基であったが、時間帯により汲み出しの順番待ちが生じることもあり、今回の更新では自動供給設備を屋外2基、室内1基として効率化を図った。

ユーザーはLTMセンター主催の寒剤利用者講習会に出席して定期的に安全教育を受けた後にユーザー登録を行い利用する。液体窒素の供給管理は、ユーザーIDと容器IDで行う。ユーザーIDは磁気



図7 50m³ガスバッグ



図8 液化用圧縮機（奥）と回収用高圧圧縮機（手前）



図9 ヘリウム回収長尺

記録で、容器は研究室、充填量等を登録したバーコードで、自動供給及び供給量の管理を行っている。

4. まとめ

現在、宇治地区では9部局、64グループで寒剤が利用されており、年間に液体ヘリウムは約4万リットル、液体窒素は約8万リットルが供給されている。液体ヘリウムの供給量は1970年代から比べると現在では10倍を超え、幅広い用途で日常的に利用されている。今回の更新により装置の能力をガスの回収系を含め約2倍に増強することができた。また、併せて液体ヘリウムの移送の高速化を実現し、液体ヘリウムの供給の作業効率を向上することができた。これにより今後の液体ヘリウムを利用する装置の増加、大型化による需要の増大に十分対応出来る体制が整えられた。

参考文献

- [1] 楠田敏之, 液体ヘリウムの移送速度に与える要素の解析, 大阪大学総合技術研究会予稿集, p.37 (2005).
- [2] 楠田敏之, 液体ヘリウム移送速度の改善, 京都大学低温物質科学研究センター誌, p.29 (2007).

著者略歴



楠田 敏之 (Toshiyuki KUSUDA)
京都大学化学研究所 技術専門員
京都大学低温物質科学研究センター兼務

学歴

1975年 京都工芸繊維大学工業短期大学部機械工学科卒

職歴

1971年 (財)生産開発科学研究所 研修員
1973年 京都大学化学研究所 非常勤職員
1974年 京都大学化学研究所 文部技官
1998年 京都大学化学研究所 技術専門職員
2004年 京都大学化学研究所 技術専門員
2006年 京都大学低温物質科学研究センター兼務



寺嶋 孝仁 (Takahito TERASHIMA)
京都大学低温物質科学研究センター 教授

1986年 京都大学大学院理学研究科 化学専攻博士課程単位取得退学
1986年 (財)生産開発科学研究所 研究員
1993年 京都大学化学研究所 助手
1998年 京都大学化学研究所 助教授
2005年 京都大学低温物質科学研究センター 教授