

Title	液体ヘリウムのガラス製クライオスタットについて
Author(s)	大城, 秀治; 津々美, 章子
Citation	大阪大学低温センターだより. 2023, 173, p. 18-21
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/91015
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

液体ヘリウムのガラス製クライオスタットについて

低温センター吹田分室 大城 秀治、津々美 章子

低温センター吹田分室にはガラス製のクライオスタットがあります。ガラス製である魅力は普段、見るできない液体ヘリウムの様子を目の前で見ることができるにあります。

このガラス製クライオスタットについて紹介させていただきます。

1. クライオスタット所有の経緯

このクライオスタットはもともと、電気電子情報通信工学専攻の久保等先生が所有されているものでした。久保先生より、「低温センター吹田分室で教育用として活用してほしい」との提案をいただき、吹田分室にゆずっていただいたものです。

2. クライオスタットの外観

クライオスタットの外観は図1のようになっています。高さ約1mで、安全対策として木のベニヤで四方をおおわれています。ベニヤ板の下側に窓があります。この窓からガラスデュワーの中が見えるようになっており、窓を通して液体ヘリウムの様子を観察することができます。また、上部からトランスファーチューブやサンプル棒を挿入すると、その先端付近の様子をこの窓から観察することができます。



図1. ガラス製クライオスタット

3. クライオスタットの内部構造

クライオスタットの構造は図2のようになっています。内側の液体ヘリウム槽を77Kに冷やすため、外側には液体窒素用デュワー瓶を備えた構造となっています。

液体ヘリウム用デュワー瓶の真空断熱槽にはヘリウムガスの浸透による断熱劣化が生じても真空引きができるようにガラスポートがついています。このガラスポートがあるため、真空ポンプを使って自分たちで真空引きを行うことが可能です。

なお、液体ヘリウム槽の容積は約12リットルです。

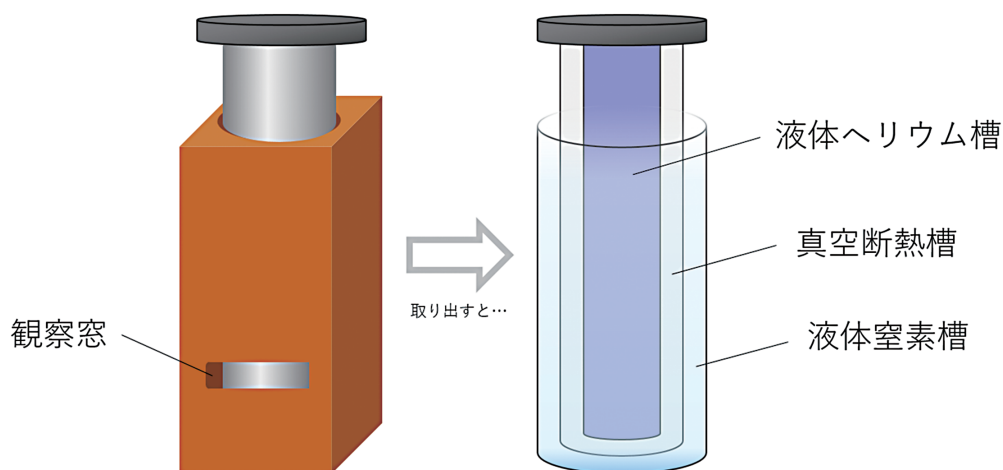


図2. ガラス製クライオスタットのデュワー瓶構造

4. クライオスタットの立ち上げ方

このクライオスタットに液体ヘリウムをためる方法を簡単に紹介します。まず真空断熱槽をターボ分子ポンプで真空引きします（真空度は 10^{-3} Pa）。次にヘリウム槽をヘリウムガスで置換するため、ロータリーポンプを使い10Pa程度の真空にします。その後、ヘリウムガスを導入します。このとき、取り付けられている緑色の風船が少し膨らむ程度にしておきます。次に液体窒素槽に液体窒素を入れます。しばらくするとヘリウム槽が冷やされ風船がしぼんでいきます。風船がしぼむとヘリウム槽が減圧状態となるためヘリウムガスを再補充してから液体ヘリウムをトランスファーします。

5. クライオスタットを用いた実験・用途

このクライオスタットを使って、どのようなことができるのか、例を紹介します。

<例1 サンプルの冷却>

低温センター吹田分室には「実験に使うサンプルを液体ヘリウムにジャブづけしたい」という相談がたまによせられます。このクライオスタットを用いればサンプルのジャブづけ実験ができ、かつサンプルの状態を窓から観察することができます。最近行った例でいいますと、市販のテフロン棒の先端付近に（旋盤を使って）40mm×8mmほどの穴をあけ、この穴にサンプルを入れてから液体ヘリウムにつける、という実験を行いました。（図3、図4）このとき、サンプル棒を2本用いて、2サンプル同時につけました。



図3. 液体ヘリウムに浸かっているサンプル棒（2本）の先端の様子



図4. サンプルを観察しているところ

<例2 トランスファーチューブ先端の様子を観察>

低温センター吹田分室ではNMR装置や低温実験装置への液体ヘリウムトランスファー方法の指導に携わることがあります。トランスファーで重要なポイントは、最初のトランスファーチューブの予冷作業です。この予冷作業について「液体ヘリウム容器をどれくらいの圧力で押せば、どれくらいの時間で液体ヘリウムが流れ始めるのか？」実際に目で見ながら確認することができます。観察を重ねてデータを取ることでトランスファーチューブの予冷に必要な最低限の圧力および液体ヘリウムが流れはじめる時間を確認することができます。

(液体ヘリウムがトランスファーチューブ先端からどのように出ているのか目で見えて観察できる。)

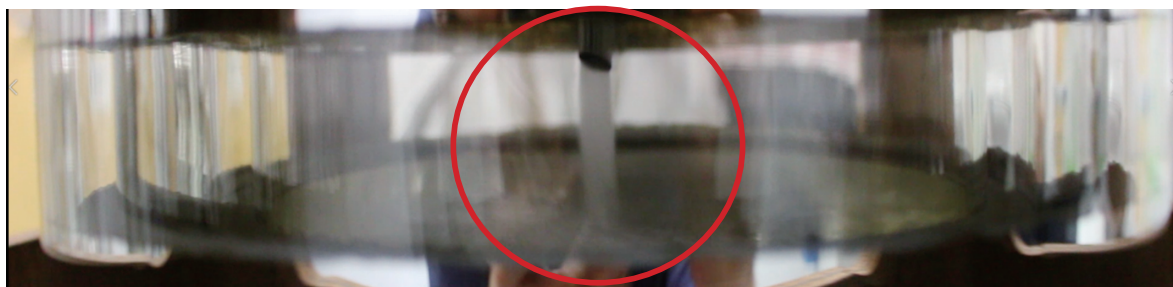


図5. トランスファーチューブの先端から液体ヘリウムが流れている様子

低温センターの大城と津々美で「液体ヘリウム容器の容器内圧を40mmbarに保った状態で加圧すると、何分で液体ヘリウムがたまりはじめるか？」を実験してみたところ4分で液体ヘリウムがたまりはじめることを確認した。)

6. 今後、挑戦してみたいこと

・極低温用温度計を用いた実験

吹田分室には極低温用の温度計があります。液体ヘリウムの容器内は（液相だけでなく）ガス相も大変冷たいため、クライオスタット内のガス相・液相の両方の温度を極低温用温度計で計測できます。今後ですが、クライオスタットに入れるサンプルの温度を液体ヘリウム温度（4.2K）から室温（273.15K）まで可変・温度コントロールできる環境を整えていきたいと考えています。

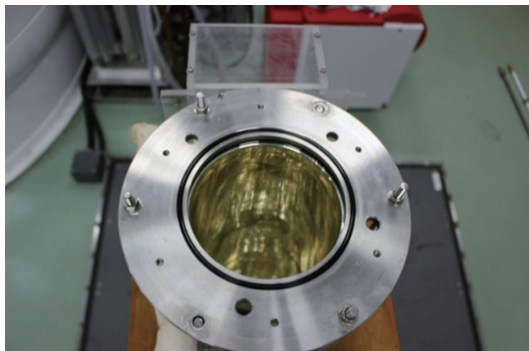
・教材として

子供や学生を対象としたおもしろ理科実験や低温で起こる現象のデモンストレーション用で液体ヘリウムを子供や学生たちに見てもらうことができます。また、ポンピングすることで超流動現象も観察できるように環境を整えたいと考えています。

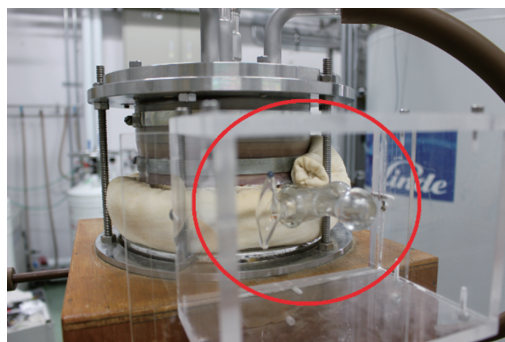
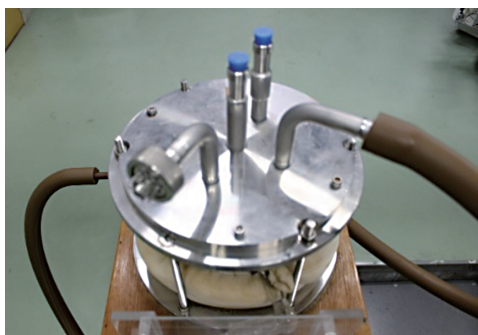
このように活躍しているガラス製クライオスタットです！ご興味ある学生・教職員の方、実際にサンプルを液体ヘリウムにつけて冷やしているところを見てみたい、という方はご連絡ください。

7. さいごに

このガラス製クライオスタット側面のベニヤに添付されている製品情報を見ますと昭和57年製となっています。現在2022年から数えると40年前のものです。古い見た目はアンティーク感もあります。ガラスなので割ってしまうと、おそらく同じものは製作できないかもしれません。今後も大切に使用していきたいと考えています。最後に、低温実験全般について、いつも多くのことを教えていただき、ご指導くださる久保等先生へあらためて感謝申し上げます。



- (左) クライオスタットの中。熱の侵入を防ぐためにガラス全体に銀メッキが塗布されている。
(右) フランジ部分は自分たちの都合に合うように新しく製作（業者へ依頼）した。もっと大きいサンプル挿入にも対応できるようにするため、さらに新しいフランジ製作も検討中です。



- (左) クライオスタット上部のフランジ。トランスファーチューブおよびサンプル挿入口が2か所。電氣的測定も可能。ホースがついているラインからヘリウムを回収する。
(右) 真空断熱槽の真空引き引き口。この引き口があるおかげで自分たちで真空引きが可能です。サンプル挿入にも対応できるようにするため、さらに新しいフランジ製作も検討中です。

図6. 参考写真4枚