

# 大阪大学低温センター 利用の手引



低温センター豊中分室

# 1. はじめに

これから皆さんが低温での実験を行う場合に、液体窒素や液体ヘリウムなどの寒剤を利用することになります。これらの寒剤は、通常の扱いをする限りは安定で安全ですが、取り扱いを誤って急速な気化を招くと、一瞬のうちに大量のガスに変貌します。密閉された容器の中に閉じこめられたような状態でこのような急激なガスの発生がおきると、容器の中には高压のガスがたまり、最悪の場合には容器が破裂して大変危険な事態になります。

液体の圧力が0.2メガパスカル以上になっているか、または35℃になった時に0.2メガパスカル以上の圧力になる液化ガスは、「高压ガス保安法」に定める所の【高压ガス】となり、その取扱いは「高压ガス保安法」による取り締まりの対象となります。圧縮ガスについては、1メガパスカル以上の圧力のものが【高压ガス】に該当します。(但し、ここでいう圧力は、大気圧を0とするゲージ圧で表します)低温センターなどでヘリウムガスを液化したり、蒸発したガスを回収して圧縮したりしようとする時、この法律に基づいた設備を作らなければなりませんし、日常点検や定期点検を行ってその設備の安全を維持しなければなりません。年に1回は大阪府の検査官による立入検査を受ける必要もあります。また、高压ガス製造保安責任者の免状を持った複数の係員を置かねばなりません。

研究室での普通の実験を行うには、この法律のすべてを知る必要はないでしょう。このことは道を歩いたり、自転車に乗ったりするのに「道路交通法」をすべて知る必要はないのに似ています。しかし、子供の時から「人は右、車は左」といった最小限の決まりは教えられて知っています。この利用者講習会の目的は、高压ガス、特に液化ガスについての最小限の知識を知っていただくことにあります。

講習会は、液化ガスの一般的な取り扱い方について、主としてビデオ等を使った講習になると思います。「百聞は一見に・・・」という諺がありますが、このテキストは百聞(百文)になっているかも知れません。また、研究室や実験装置によって、細かい扱い方が多少違ってくることもあるかも知れません。しかし、ここには一般的な取り扱い方や必要最小限注意すべき点が述べてありますので、テキストの該当部分を拾い読みすることで、液化ガスや低温センター利用の概要を知っていただいて、液化ガスの安全な取り扱いを実行していただければ幸いです。

なお、ボンベなどの圧縮ガスの取り扱いについては、このテキストではほとんど触れていませんので、安全衛生管理部の発行する「安全の手引」を参照して下さい。また、不明な点は低温センター(内線 6090)へ直接お尋ね下さい。

## 2. 液体寒剤の性質

低温センターで取り扱っている寒剤は、液体ヘリウム、液体窒素である。これらの主要な性質を表1に示す。

表1. 寒剤の性質

	$^4\text{He}$	n-H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	$^3\text{He}$	Ne	Ar	O <sub>2</sub>	
分子量	4.003	2.016	28.013	3.016	20.183	39.948	31.999	
1 atm(Abs.)での沸点[K]	4.215	20.397	77.348	3.190	27.102	87.26	90.188	
融点1 atm [K]		13.98	63.14		24.570	83.2	54.36	
沸点での液体密度[g/cm <sup>3</sup> ]	0.125	0.071	0.804	0.059	1.204	1.399	1.140	
沸点での蒸発潜熱[J/g]	20.91	448.3	199.1	6.96	87.20	163.2	213.1	
1 W時の熱による蒸発量[cm <sup>3</sup> ]	1397.5	113.4	22.48	8781.6	34.29	15.767	14.818	
気体(0°C, 1 atm)と液体(沸点)の体積比	700	788	644	438	1338	785	798	
臨界点	温度[K]	5.22	33.24	125.98	3.33	44.39	150.68	154.78
	圧力[atm]	2.27	12.81	33.49	1.15	26.86	48.00	50.14
比誘電率(沸点での液体)	1.0492	1.22	1.4318		1.188	1.52	1.4837	

### 2.1 液体窒素

液体窒素は約64K(減圧下)から77K(大気圧下)までの実験の寒剤として、またそれより低い温度で実験をする場合の予冷用として、あるいは熱流入を防ぐための補助寒剤として使われる、安全で安価な寒剤である。

空気を液化、分留して製造され、需要の多い酸素ガスの副産物として多量に得られる。また、LNGタンカーで運ばれてきた液化天然ガスを蒸発させる時の潜熱を利用して、液体窒素や液体酸素を製造する製造プラントが稼働している(堺泉北など)。大阪大学では、液体窒素を学内で液化するのではなく、酸素会社から購入しており、タンクローリーで備え付けのタンク(CE: Cold Evaporator)に補給し、これを学内に小分けしている。

購入している液体窒素の純度は99.99%以上のものであるが、小分けして広口の容器などに移すと空気中の酸素を取り込み、このために窒素純度が低下し沸点の上昇が起きるので、温度定点として利用するときには取り扱いに注意することが必要である。また、小さな部屋で大量の液体窒素を扱う場合は酸欠にならないよう、十分な換気を行うこと。

### 2.2 液体ヘリウム

液体ヘリウムは沸点4.2Kと寒剤の中で最も低く、不活性・不燃性の極めて安定な物質である。2つの同位体があり、普通ヘリウムといえば $^4\text{He}$ をさす。 $^3\text{He}$ は、原子炉により人工的に作られていて、値段も $^4\text{He}$ の数万倍する。これらの同位体が従う統計性の違い( $^4\text{He}$ はボーズ粒子、 $^3\text{He}$ はフェルミ粒子)を利用して、 $^3\text{He}$ と $^4\text{He}$ の混合液体により極低温を得る( $^3\text{He}$ - $^4\text{He}$ 希釈冷凍機)など重要なガスでもある。

ヘリウム<sup>4</sup>Heは、地殻中でウランなどの $\alpha$ 崩壊によって発生し、地表に上昇してくる際天然ガス田に集積する。0.3%以上含まれていると商業ベースに乗るとされるが、世界中で流通しているガスの大部分はアメリカのテキサス、オクラホマ、カンザスにわたる地域とロッキー山脈の西側地区の地下3,000mにある天然ガス田で、天然ガス液化の際抽出されたものに限られている。もちろん日本では、すべてのヘリウムを海外に頼っており、液体をコンテナに詰めた状態で輸入されていて、非常に高価なガスになっている。このため、液化機を持つ大学などでは、寒剤として利用され蒸発したガスを回収する設備を持ち、再び液化に用いている。

大阪大学豊中地区のヘリウムガス回収配管は、理学研究科、基礎工学研究科、全学教育推進機構、ラジオアイソトープ総合センター、旧極限量子科学研究センター、科学教育機器リノベーションセンター（旧工作センター）、総合学術博物館のそれぞれの利用研究室に延びていて、総延長は4 kmにもわたっている。

液体ヘリウム<sup>4</sup>Heは、原子核が軽いこと、原子間相互作用が極めて小さいことから、通常の液体とは異なった振る舞いをする。零点振動が大きいために約25気圧以下の圧力ではいくら温度を下げても固体にならない。また液体の密度も古典的に予想される値の約1/3と小さい。減圧し液体の温度が2.17K以下になると、超流動相へ相転移する。この温度は、比熱の温度変化が $\lambda$ （ラムダ）の字に似た曲線になることから $\lambda$ 点と呼ばれ、これ以下のヘリウムをHe IIとも言う。図1に状態図を示す。超流動ヘリウムは、常流動ヘリウムに比べて粘性が極めて小さくなり、フィルムフローやスーパーリークを起こす。液体内の熱伝導率も極めてよくなり、クライオスタット内の液体の温度の不均一はなくなり、液は泡立ちが止まって見えるが、さらに低温になると固体との界面での熱伝導が悪くなる（Kapitza抵抗）ような現象も示す。

<sup>4</sup>Heは減圧することにより、さらに1.2~1.5Kまで液温を下げるができる（到達温度は排気する真空ポンプの能力による）。さらに低温を得るためには、液体<sup>3</sup>Heを減圧したり、<sup>3</sup>He-<sup>4</sup>He希釈冷凍機を用いる。

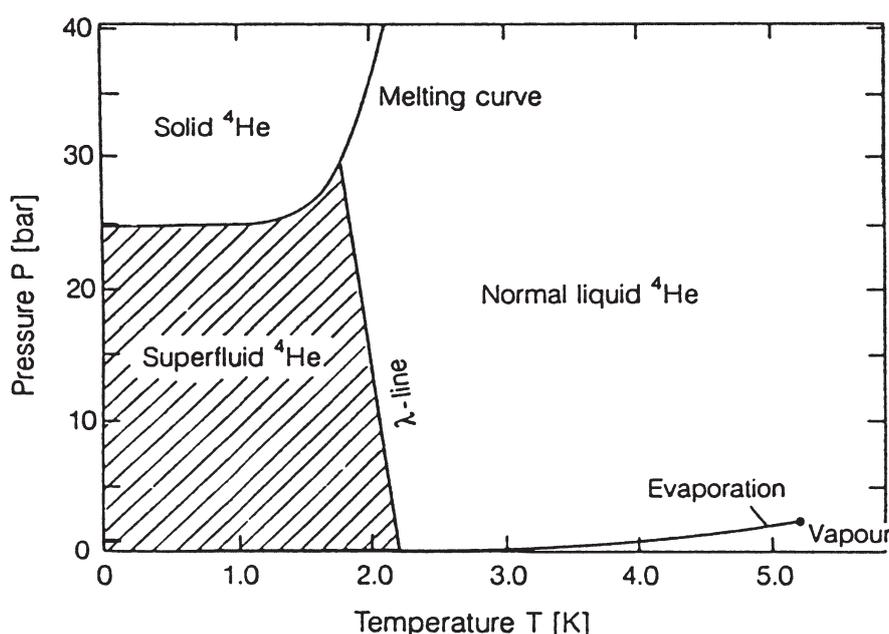


図1. <sup>4</sup>Heの状態図

低温センターでは、ヘリウムガスを購入し、これを液化機（Linde TCF50）で液化して研究室へ供給している。実験で蒸発したガスは、回収配管を通して回収し、不純ガスを除去して再び液化に用いている。したがって、特別な事情のない限り、不必要にガスを放出しないように心掛けるとともに、回収ガスの純度を保つように注意すること。

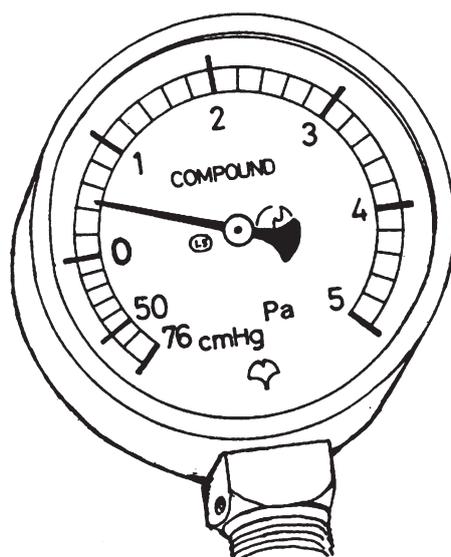
### 絶対圧とゲージ圧

これまで物理や化学で気体の状態方程式などを扱うときには、圧力は、真空を0とし、大気圧を1気圧とした圧力体系（絶対圧）を習ってきた。しかし、工学の立場で圧力を扱うときには、大気圧を0として扱うことが多い。これをゲージ圧という。圧力計などでは、真空側を赤色の目盛りや文字で、加圧側を黒色で表示したものが多い。図のような圧力計は、真空計vacuum gaugeと圧力計pressure gaugeが組み合わされているために連成計compound gaugeなどという。また、圧力を表示するときには、Pa A、bar abs. とかPa Gと書き、絶対圧とゲージ圧を区別する。

圧力の単位

1 気圧 =  $1 \text{ kg/cm}^2$   
~  $10^5 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa}$   
~ 1 bar (1013 mbar)  
= 760 Torr (mmHg)  
= 76 cmHg

1 psi ~  $0.07 \text{ kg/cm}^2$



ゲージ圧は大気圧が0

### 3. 液体寒剤の取り扱い

#### 3.1 液体窒素

##### 3.1.1 容器

液体窒素の運搬貯蔵容器としては、容量5~10 ℓの取っ手がついて持ち運べる小型の容器と、50~100 ℓの台車に乗った大型の容器が利用されている。小さな実験装置に継ぎ足すような時には、家庭用のステンレス製の魔法瓶などが便利である。

##### (1) 可搬容器

可搬式の容器は図2のような構造で、一重のデュワー構造になっている。真空層の外壁がそのままケースになっているものもある。内壁の底部に吸着剤があり、液体窒素が容器に入ると真空度が上がるようになっている。蒸発量は1日当たり5~10%程度である。乱暴な扱いをすると真空度の劣化・蒸発量の増加につながるので注意すること。また構造から考えて頸部が力学的に弱いので、容器を傾けて液体を取り出すのは10 ℓ容器までと考えた方がよく、これ以上のものは汲み出し用のサイフォンを用いる。キャップは、水分(霜)が口の周りに付き内部に落ち込むのを防ぎ、また酸素の溶け込みを防ぐためにも乗せておく。密栓をしてはいけないことは言うまでもない。

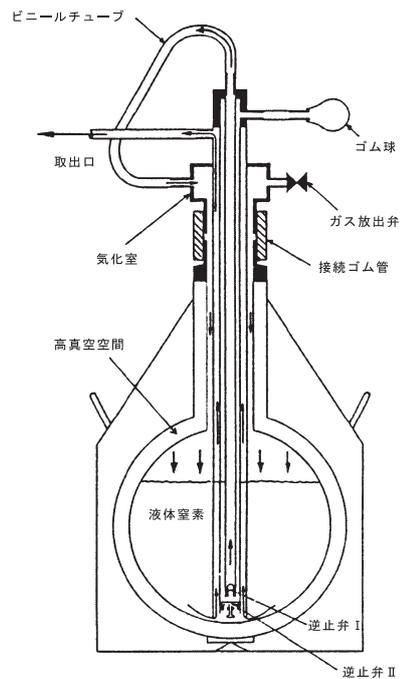


図2. 可搬式液体窒素容器の構造と汲み出し用サイフォン

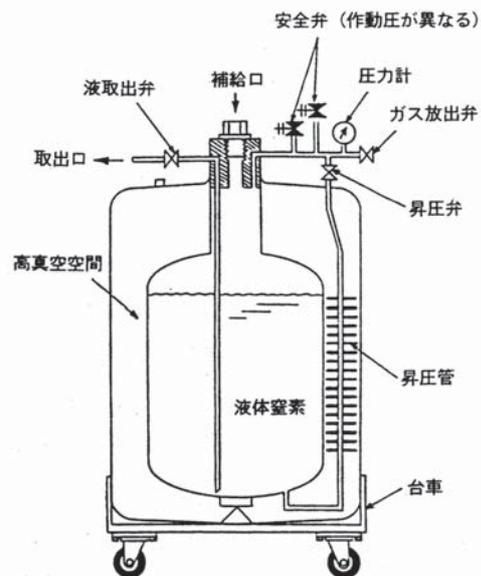
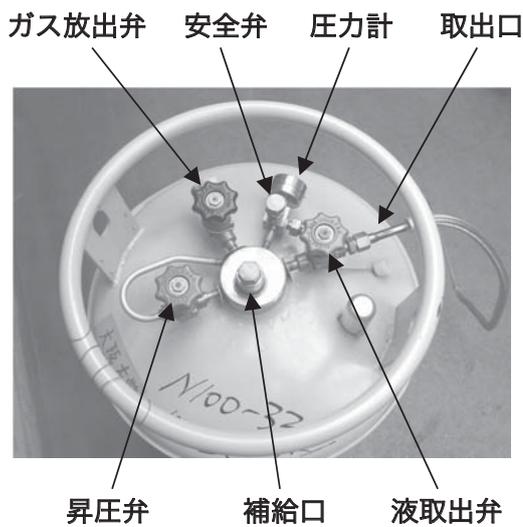


図3. 自加圧型液体窒素容器

## (2) 自加圧型容器

50 ℓ以上の容器は、図3の断面図のように蒸発器（昇圧管）が付いており、ガス放出弁を閉じ、昇圧弁を開けると昇圧管内で液体窒素が蒸発して内圧が上がり、液体が押し出されるようになっている。液体の汲み出しを止めるには、ガス放出弁を開け、昇圧弁と液体取出弁を閉じる。ガス放出弁は普段は開けておく。容器にはこれらの弁の他に、内圧を計るための圧力計、内圧が上昇し過ぎたときガスを放出してくれる安全弁が取り付けられている。補給口には圧力が抜けないようにガスケットがはまっているので、汲み入れの時に無くさないようにすること。

## (3) 液量

容器内の液体の量を知るには、重量を測るのが最も正確であるが、簡便な方法は、竹の棒かFRPの棒を差し込み、引き上げた後の霜の付く様子から液面の高さがわかる。棒の代わりに薄肉の金属パイプを差し込み、先端での急激な蒸発のために液体が噴き出すのを見るという方法もあるが、人にかかったりするので勧められない。自加圧容器では、浮きを使った液面計が付いているものもある。

### 3.1.2 低温センターからの汲み出し

液体窒素は、CEと呼ばれる15,000 ℓのタンクに貯蔵されており、利用者は、これからセルフサービスで汲み出す。豊中地区では、汲み出し口が建物内にあるので、保安も考慮して開室時間は、  
平日（月～金）の9：00～16：30  
に限っている。

容器にCEから汲み出す際の注意点は、

#### 1) ガラス製の容器は使用しない。

汲み出すときに蒸発ガスの圧力で液の取り出しパイプがはねて、ガラス製魔法瓶では破壊することがあり危険である。金属、FRP製の容器を使用すること。

#### 2) 備え付けの革手袋を着用する。

パイプがはねるのを押さえる必要などがあるため、必ず革手袋を着用する。軍手は吹き出した液体が繊維の間へしみ込んでくるので絶対に使用しない。ハンカチで上品に押さえようとして、凍り付いて取れなくなったと言う泣けない話もある。また、革手袋をはめてはいたが、導入管を握り締めて凍傷を負ったものもいる。

#### 3) 液の出るバルブはゆっくり開ける。

はじめにバルブを開けると、途中の配管やフレキシブルチューブが冷えていないので、液体窒素は低温高圧のガスとなって吹き出してくる。ゆっくりとバルブを開け、配管が冷えたのを確認した後、容器に取り出しパイプを差し込む。容器が冷えていないと、容器内で液体窒素が急に蒸発して圧力でパイプがはねる。従って、液体が貯まるまでは取り出しパイプを押さえながらバルブは少しずつ開けるようにし、最初から全開にしない。

4) 汲んでいる最中は容器のそばを離れない。

筑波であった事故例：液体窒素を汲み出している途中で電話を思いだし、バルブを開けたまま別部屋の電話をしに行った。戻ってきたら液体窒素が溢れていて、あわててバルブを締めに入ろうとしたが、換気が悪い部屋だったために酸欠状態になっていて、入り口付近で窒息（死）した。

5) 自加圧型容器に汲み入れる量（貯蔵量）は、容器の内容積の90パーセントを超えないようにすること。（一般高圧ガス保安規則第十八条第一項第一号ハ参照）

6) 汲み終わったらきっちりバルブを締める。（力いっぱい締めないこと）

7) 異常があったらすぐに低温センター職員へ連絡をする。

バルブが堅い、フレキシブルチューブから液漏れがある、容器に霜（水滴）が付くなどの異常を感じたら汲み出しを止め、低温センター職員まで通報すること。

職員は、ヘリウム液化機の部屋に常駐しています。自分勝手な判断で処置をしないで下さい。

8) 汲み出し量などを研究室ごとのカードへ記入する。

### 3.1.3 研究室での一般的注意

低温センターから汲み出した液体窒素を研究室で保管あるいは使用するときの注意点は、

1) 開放容器のときは、必ず附属のキャップをしておく。

2) 自加圧容器では、昇圧弁と液体取出弁が閉じていて、ガス放出弁が開いていること。

3) 室内で大量に気化させるときは換気に注意する。

4) 濡れた手で取り扱わないこと。軍手も使用しない。凍傷になったときは、まず体温程度のぬるま湯で暖める。程度によっては医師の診察を受ける。

5) 自加圧容器は、法律上圧力0.2メガパスカル以上の液化ガスを入れる「高圧ガス容器」にあたるので、5年に一度、容器再検査（蒸発量、安全弁の作動状態、圧力計の指示などを検査する）を受けることが義務づけられているので、必ず行うこと（購入先が代行してくれる）。（参照：巻末の「容器保安規則第二十四条」(容器再検査の期間)）

## 3.2 液体ヘリウム

### 3.2.1 容器

液体ヘリウムの貯蔵容器（ストレージベッセル、単にベッセルとも呼ぶ）は、容量50ℓぐらいまでの液体窒素シールド型の容器と、それ以上の容量のものに使われている液体窒素を用いないガスシールド型に大別される。それぞれ特徴があり、また取り扱い方が異なるので注意すること。目的とする実験装置も容器の一部としてここで取り扱う。

#### (1) 液体窒素シールド型容器

液体窒素シールド型容器の断面図を図4に示す。液体ヘリウム槽は真空槽によって周囲の温度から遮断され、さらに液体窒素槽および外側の真空槽により輻射熱の侵入から守られている。上からの熱流入を防ぐために、頸は細く長く作られているため、運搬を含めて取り扱いは慎重

に行う必要がある。

ヘリウムの蒸発量は、1日当たり容量の1%以下と小さい。しかし液体窒素の容量がほぼ液体ヘリウムの容量程度あるので、容器全体の重さが重くなり、取り扱えるのが50ℓ程度までとなっている。液体窒素の蒸発量が1日当たり10~15%あるので、定期的に液体窒素を補充する必要がある。

次に述べるガスシールド型と違って、容器にはバルブ類は付いておらず、液体ヘリウム取り出し口（トランスファーチューブ挿入口）、ヘリウムガス放出口、液体窒素充填口、窒素ガス放出口の4つの口が付いているだけである（開放容器）。ヘリウム取り出し口には差し込んだトランスファーチューブを縛れるようにゴムホースを付ける、ヘリウムガス放出口には、移動時にガスを貯め込むための風船（安全弁の役目もする）を付け、普段はガスの回収ラインに接続して置く。窒素の口は外見からは区別がつかない（表示はある）が、一方は先端が底まで伸びている。伸びている方から液体窒素を充填する。普段は、液体窒素槽の中に霜が落ち込まないように、両方の口は、切れ目を入れたゴムホースで繋いでおく。（図5参照）

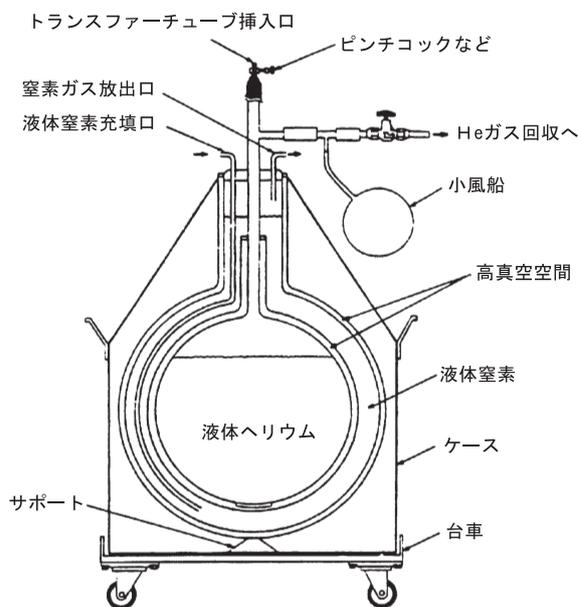


図4. 液体ヘリウムベッセル（液体窒素シールド型）

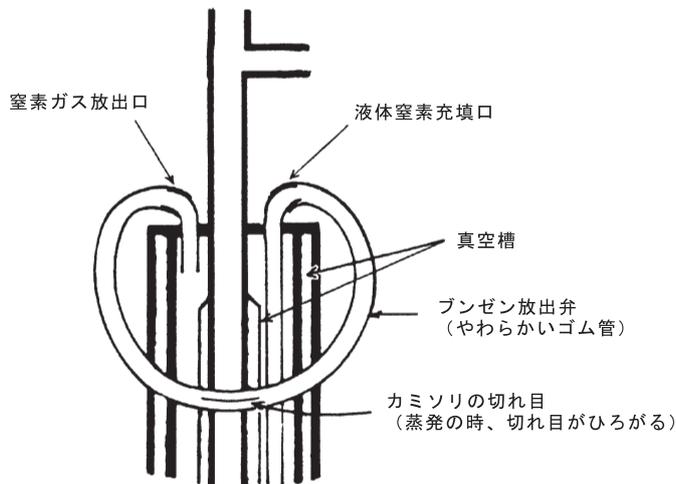


図5. 液体窒素シールド型ベッセルの頸部

## (2) ガスシールド型容器

容器の大型化に伴って性能の良い製品が多くできるようになったのが、ガスシールド型の容器である。デュワーの断面を図6に示す。高真空槽の中に設けられた銅製のシールド板は蒸発ガスにより冷却されるようになっており、また複数枚設置することで板間の温度差を小さくして、輻射熱の流入を減らす工夫がされている。さらに輻射熱を防ぐために、金属を薄く蒸着させたフィルム（スーパーインシュレーションフィルム）を何百層にも巻いてある。このため最近では、液体窒素シールド型と遜色のない蒸発量の少ない製品がでている。

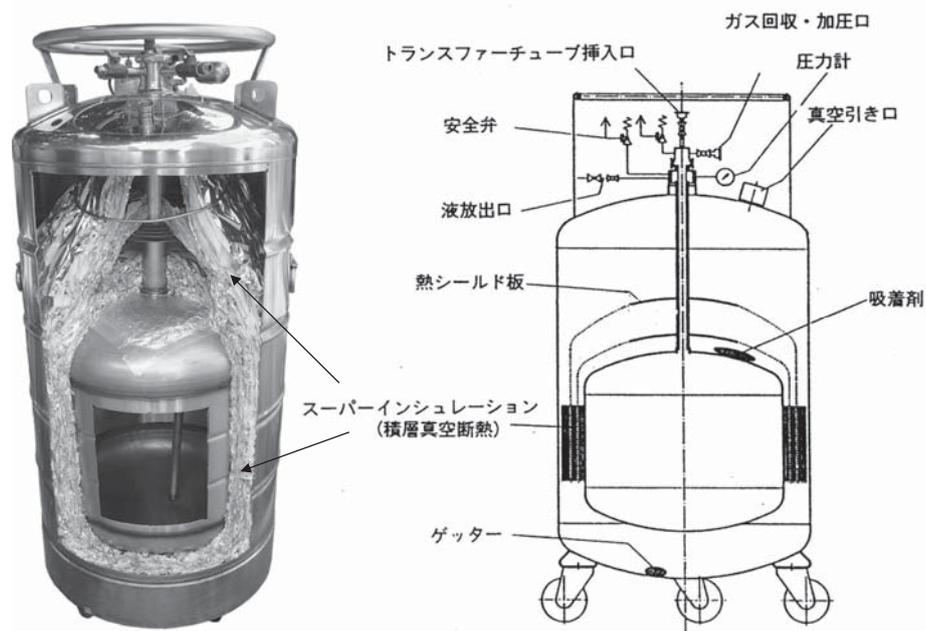


図6. 液体ヘリウムベッセル（ガスシールド型）

容器上部には、ガス回収用のバルブと接続口、作動圧の異なったいくつかの安全弁、圧力計がついており、トランスファーチューブ挿入口には、バルブのあるタイプとそうでないタイプなどが購入時にオプションで選べるものが多い。液体窒素のような昇圧弁が付いていない。通常は、ガス放出弁を開けて、その先を回収ラインにしっかりと繋いでおく。

バルブが設けてあり、密閉できるような容器の場合には、「高圧ガス容器」に該当するはずであるが、今のところ容器再検査の実施は指示されていないようである。

## (3) クライオスタット

実験装置を、液体ヘリウムなどを蓄えて低温で保持するための容器の総称で、cryogenic thermostatの略語である。少量の寒剤を入れるときには、ガラス製のいわゆるデュワー瓶を使用するが、特殊な形状や大容量の場合にはステンレスなど金属製が多い。また金属を嫌う場合にはFRP (fiber reinforced plastics) を用いることもある。液体窒素を外側においた2重構造とすることが多いが、肉厚を薄くしたいときには銅板で窒素温度を導いてきたり、スーパーインシュレーションフィルムを巻いたりする工夫をする。クライオスタットのいくつかを断面図で示す（図7、図8を参照）。

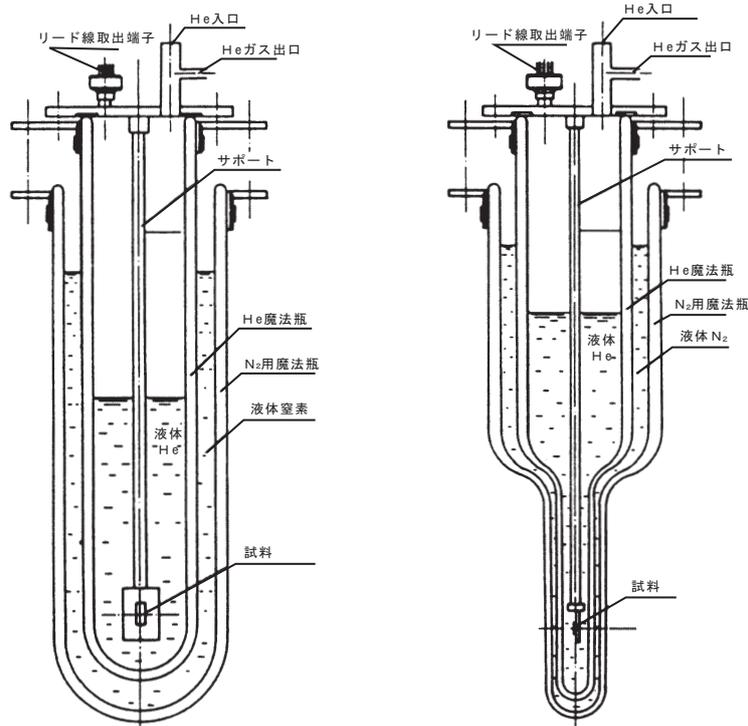


図7. ガラスデュワーを用いたクライオスタットの例

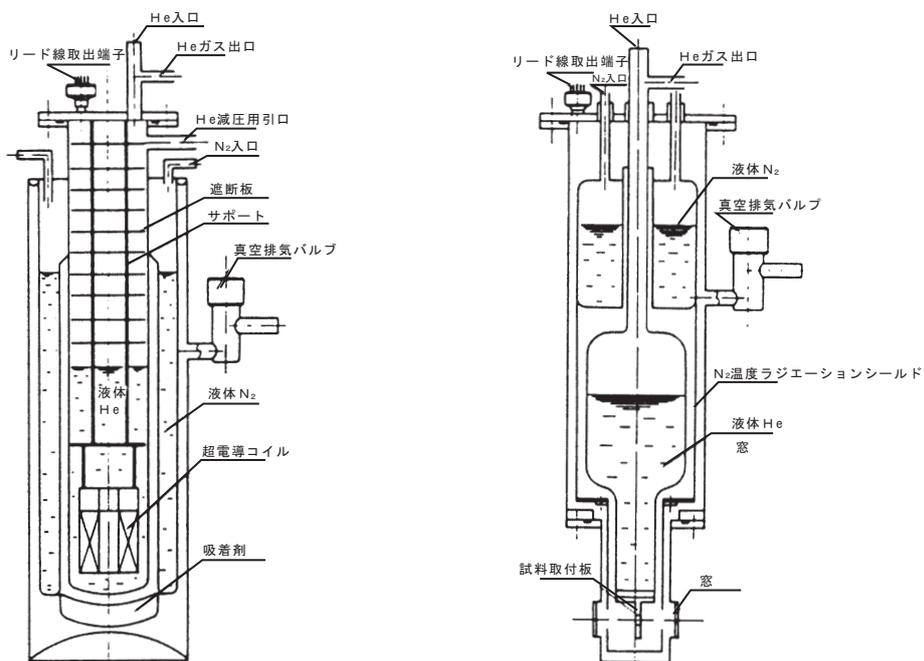


図8. 金属性デュワーのクライオスタットの例

#### (4) 液面計

液面を計るには、超伝導線の抵抗変化を利用してデジタル表示してくれる市販品の液面計もあるが、安価にはカーボン抵抗体を棒の先に付け、液面を通過するときの抵抗変化を観測したり（阪大低温センターだよりNo.32参照）、細いパイプ（直径3mm程度）の内部で起きる気柱振動をゴム膜の振動に伝えて検出する方法（阪大低温センターだよりNo.68参照）などがある。

### 3.2.2 低温センターでの汲み出し

低温センターでの液体ヘリウムの利用方法は、ヘリウム運搬容器を低温センターヘリウム液化室に持ち込み、これに低温センターで液体ヘリウムを満たし、これを研究室へ運搬しそれから各自がクライオスタットへ移送する。

豊中分室の液体ヘリウムの供給については、

- 1) 利用者は予め低温センターに来て供給日を予約する。
- 2) 予約日は、供給日の前週の月曜の午後3時以降とする。
- 3) 予約は、供給日の欄に「研究室名」、「供給量」、「申込者」、「電話番号」を記入する。
- 4) ヘリウム運搬容器は、供給日の午後3時までに低温センターに持ち込む。
- 5) 容器に汲み入れが終わった旨を各研究室に電話連絡をするので、速やかに引き取りに来る。
- 6) 供給量は黒板およびノートに記入しています。
- 7) 供給予定のキャンセルは、必ず前日までに連絡する。

### 3.2.3 研究室での一般的注意

- 1) 蒸発ガスは回収ラインへ回収する。

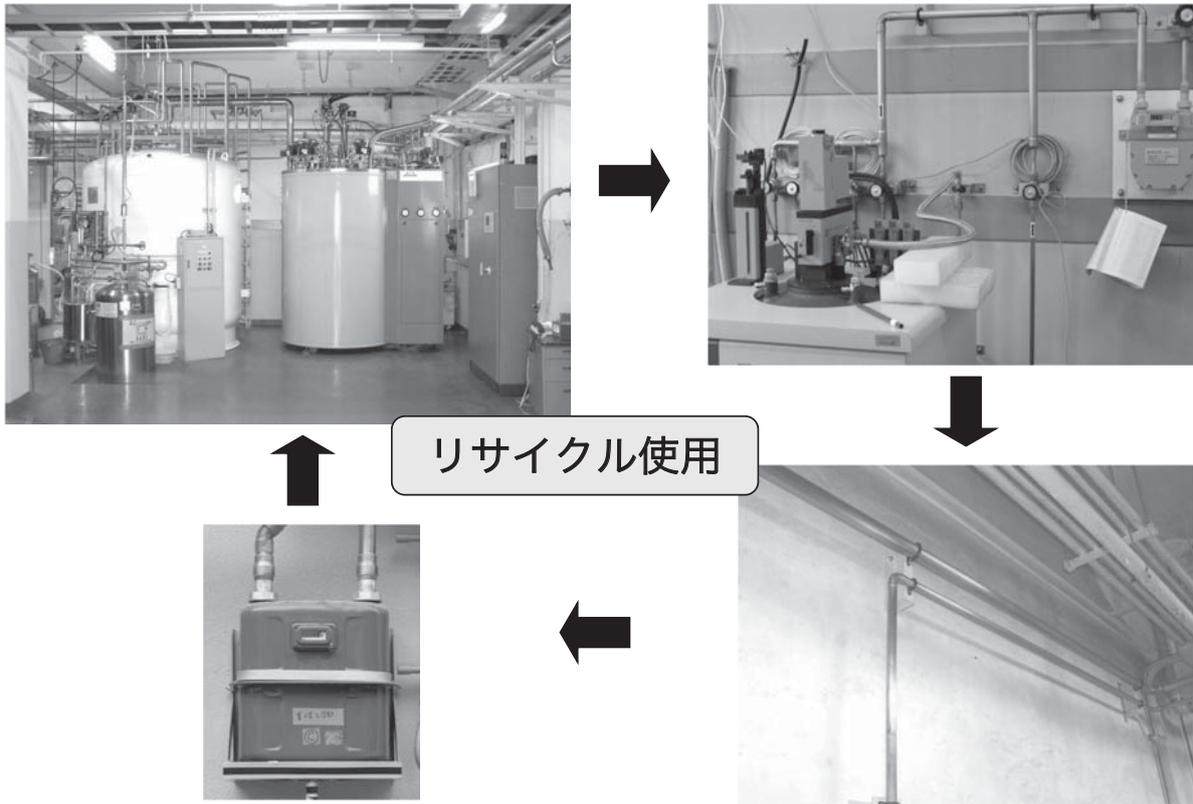
ヘリウムガスは貴重なガスであるので、阪大内（豊中キャンパス）では蒸発したガスはすべて回収して再度液化に使用している。したがって、蒸発ガスは不必要に逃がさないようにすること。特にベッセルと回収配管を繋ぐホースが外れたりしないように注意する。（ガスを逃がすだけでなく、容器の中に霜が落ち込み頸部が詰まる原因となる）。また、回収ラインの元バルブは、回収が終わったら締めることを励行し、締め忘れても配管内のガスが逃げないように、バブラーなどの逆流止めを設置する。

- 2) 回収ガスへ不純ガスを混入させない。

回収ガスにヘリウム以外のガスが混ざると、ヘリウム液化機で冷やされる途中で固化して、配管内に凍り付いてしまい液化できなくなる。低温センターでは、回収ガスをヘリウムガス純度99.995%以上に精製するために、何重も精製を行っている。不純ガスが混入する原因としては、クライオスタットの予冷に使用した液体窒素が残ったまま液体ヘリウムを入れてしまったケースや、クライオスタットに真空漏れがあるままでヘリウムを減圧して、大量の空気を吸い込んでしまったケースなどが多い。

- 3) 液体の急激な蒸発を招く行為をしない。

回収配管にはガスの流量を見るためにガスメーターが取り付けられており、通常研究室のメーター（NNH5又は6）の最大流量は1時間あたり5又は6 m<sup>3</sup>である。また、旧極限量子科学研究センターでは、低温センターまでの回収配管が細く長いために自然圧による回収ができないので、ガスを一時的に溜める風船とガスを圧送するコンプレッサーが設けてある。したがってこの圧送能力以上のガスを回収ラインに送り込むと風船の破損を起こしかねない。また、他の研究室にも影響が及ぶ。ボンベ圧を利用したトランスファーの際や、実験後に残った液体ヘリウムを加温蒸発させるような場合などに注意すること。



4) ヘリウムベッセルは高真空容器であるので、衝撃を与えたり、乱暴な取り扱いはしない。

### 3.2.4 ヘリウムのストレージベッセルからの汲み出し

低温センターからストレージベッセルで液体の供給を受けた場合、実験室で実験装置の付いたデュワーに移さなければならない。このためにトランスファーチューブと呼ばれる真空断熱された2重管を使い、サイフォンの原理で液体を移送する。

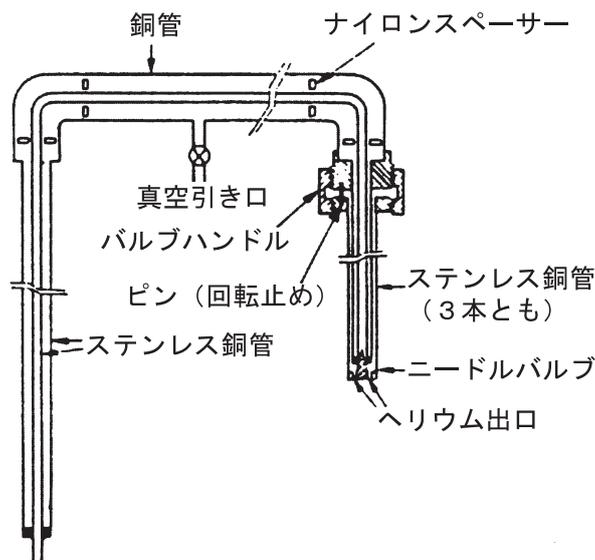


図9. 市販されているトランスファーチューブ

トランスファーチューブには、図9のようなコの字型をした堅牢なものや、中央部がフレキシブルチューブになったり、脱着式になったものが市販されている。また、薄肉のパイプを用いた軽量簡易なもの（図10）を自作して使うこともある。

装置の形態や研究室の伝統により差異があるが、一般的なトランスファーの手順は次のとおりである（図11）。

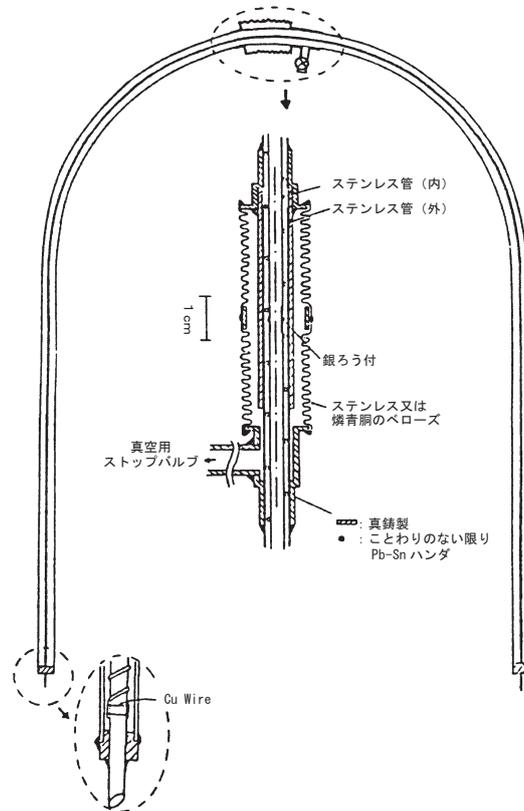


図 10. 簡易型のトランスファーチューブ  
（阪大低温センターだよりNo.34 から転載）

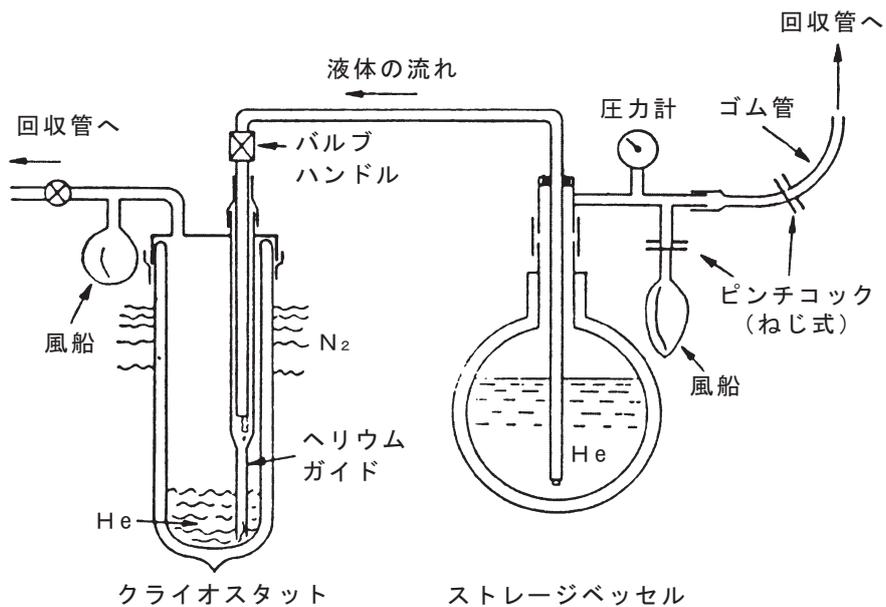


図 11. 液体ヘリウムの移送 (transfer)

1) クライオスタット内はヘリウムガスに置換され、充分予冷してあること。

2) トランスファーチューブをベッセルに徐々に差し込む。

少し差し込んだところで、ベッセルの口のゴム管を銅線で軽く縛る。急激に入れると、吹き出した冷たいガスで凍傷を起こしたり、風船を破損したりする。

3) 先端がベッセルの底まで届いたら、1 cm程引き上げたところでゴム管をしっかり縛る。

底まで付けると、底に沈んでいる固体空気や氷片を吸い込んで、トランスファーチューブが詰まることがある。また、ヘリウムを使いきって容器温度が上がるのを避ける意味もある。

4) 他方の先端をクライオスタットに差し込み口を縛る。

こちらはゆっくりする必要はない。高さの都合で、2) と同時に行うこともある。

5) 少しずつ液体ヘリウムを送る。

ベッセルに付いた風船を少し押して内圧を上げる。クライオスタットは冷えていないから、流入した液体ヘリウムはすぐに蒸発してクライオスタット側の風船は膨らむ。急に送るとベッセル側へ逆流することもあり危険である。ヘリウム温度に冷えるまでは、蒸発ガスでクライオスタットが熱交換されるようにゆっくりとトランスファーする。

6) クライオスタットが十分に冷えたら、ベッセル側の風船をあおって送る量を増やす。

液体が溜まり始めると、ガス流量が減るので風船の膨らみ具合などですぐに判る。クライオスタット内の液面を知るための仕掛けがあると便利である。(ガラスデュワーでは、スリットから直接液面が見える)。また回収ラインに流量計を設置すると、移送速度がわかり便利である。

液面上昇中に急にガス流量が増えることがある。これは、液面近くにまだ冷えていないものがあることが多い。デュワー内でヘリウム振動を起こしていることもある。移送する液量を減らすなどして無理にトランスファーしない。

7) 必要量の移送が終わったら回収ラインにつながるバルブを開け、ベッセル内の圧力を下げる。

急激な減圧は、不必要な蒸発(フラッシュロス)を招くので行わない。トランスファーチューブの先端が、ベッセルの液面より高くなる位置までチューブを引き上げて、液体の蒸発が落ちつくまで待つ。

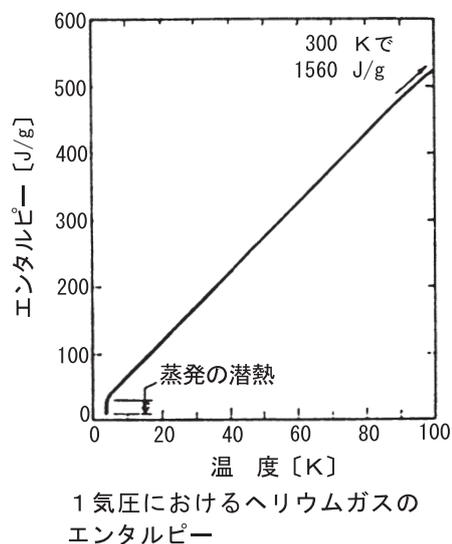
8) トランスファーチューブを抜き去る。

手際よく行い、なるべくヘリウムガスを逃がさないように行う。デュワーに液体ヘリウムが既に溜まっていて、そこへ追加する場合には、トランスファーチューブのバルブを極めて徐々に開け、チューブが冷えるまでに出てくる温かいガスで残っている液体をなるべく蒸発させないようにする。チューブが冷えて液体が出て来るようになると、デュワーからの蒸発が減るので、その後バルブを大きく開ける。

## ヘリウムの潜熱と顕熱

断熱容器に入れられた液体ヘリウムに、熱を加えて常温まで上げる場合を考える。まず4.2 Kの液体は4.2 Kの気体になる。この過程では蒸発熱（潜熱） $L$ を必要とする。次にこの気体は圧力一定のまま徐々に暖められ常温になる。この時に必要な熱（顕熱）は、気体のエンタルピーの増加分 $\Delta H$ に等しい（図参照）。4.2 Kにおける蒸発熱 $L$ は気体1 l (125g) 当たり $2.7 \times 10^3$  Jである。一方 $\Delta H$ は4.2 Kから常温まで温まるときには、約 $2 \times 10^5$  Jと非常に大きい。

したがって、ベッセルにトランスファーチューブを差し込むときなどには、差し込んだ温かいものが回収ラインへ逃げる気体との熱交換により充分冷えるように、ゆっくりと降ろすのが良いことが判る。また、クライオスタットを4.2 Kまで下げる際には、トランスファーチューブの先へガイドホースを付けて、クライオスタットの底部から冷熱が出るようにして、顕熱を充分使って冷却するのがよい。



### 3.2.5 ストレージベッセルの維持管理

#### (1) 予冷

容器が常温に戻っているような場合、液体ヘリウムを汲み入れる前に液体窒素により冷却しておく必要がある。充分冷却されていない容器に無理矢理液体ヘリウムを入れても、蒸発してしまうので不経済である。ベッセルが液体窒素シールド型とガスシールド型とで予冷方法が異なる。クライオスタットの予冷の仕方については、熱容量の違いにより放置する時間に差異がある程度で、ベッセルの予冷に準ずるものと考えて良い。

#### (a) 液体窒素シールド型

- 1) ヘリウム槽、窒素槽の中に水分が残っていないことを確かめる。
- 2) ヘリウム槽の中をヘリウムガスに置換する。  
真空ポンプで排気し、乾燥したヘリウムガスを充填する。
- 3) 窒素槽に液体窒素を充てんする。

2～3日放置する。この間ヘリウム槽内が冷えるに従い負圧になるので、小風船が膨らんでいるようヘリウムガスの充填を行う。液体窒素の充填も行う。急いで予冷を行いたい場合には、ヘリウム槽にも窒素を入れ、冷えた後に下の4)、5)の方法で除去する。

#### (b) ガスシールド型

- 1) ヘリウム槽の中に水分が残っていないことを確かめる。
- 2) ヘリウム槽に液体窒素を10～20%ほど（容器により異なる）入れる。

液体窒素と液体ヘリウムの密度の差を考え、多く入れない（顎を痛めることになる）。

3) 3～4日放置する。

ベッセルの口には、水分が入らぬように切れ目を入れたゴムホース（ブンゼンバルブ）を付け、また蒸発ガスは逃げるようにしておく。何枚もあるスーパーインシュレーションフィルムが冷やされ、温度勾配が付くのを待つ。この間、液体窒素の補充を必要により適宜行う。

4) 液体窒素を追い出す。

トランスファーチューブ挿入口から細いパイプを底部まで差し込み、口を縛り、ガス回収口から窒素ガス（液体窒素室などで利用できる）を入れ、内部を加圧して液体窒素をパイプを通して追い出す。

5) 完全に吹き出したのを確かめた後、真空ポンプで内部を排気し、残った窒素をさらに除去する。

6) ヘリウム槽内を乾燥したヘリウムガスで置換する。

## (2) 日常管理

1) 窒素シールド容器では、窒素の補充を忘れない。

窒素補充口の周りの氷も溶かして除去する。

2) 年に一度は、常温に戻して内部に溜まった氷（水分）を取り除く。

夏季の供給停止期間などを利用して、ヘリウム槽内に落ち込んでいる氷や、頸部分に付いていた氷を除去する。液体窒素槽内にある液体窒素を、窒素ガス放出口から窒素ガスや乾燥空気で圧送して追い出すと、容器の加温が早まる。液体窒素槽内に溜まった水分は、窒素ガス放出口から加圧された窒素ガスなどを入れ、窒素充填口から吹き飛ばす。ヘリウム槽の中の水分は、予冷の際の液体窒素の除去方法と同様にする。なるべく細いパイプを使って、ガスの流速を速くする。

### 予冷の効果

固体の比熱は、室温付近ではかなり大きいので、ヘリウムによるクライオスタットや試料の室温からの直接冷却は特別な場合以外は行わない。通常は液体窒素により77K近くまで冷却して、その後を液体ヘリウムで冷却する。室温と77Kから4.2Kまで、金属1kgを冷却するのに必要な液体ヘリウムの量[ℓ]を表に示す。

はじめの温度		300 K	77 K
蒸発潜熱のみ利用	アルミニウム	66.5	3.20
	ステンレス鋼	33.4	1.44
	銅	31.1	2.16
潜熱とガスのエンタルピーとの利用	アルミニウム	1.61	0.22
	ステンレス鋼	0.79	0.11
	銅	0.79	0.15

(BOC cryogenic data chart による)

## 4. 低温センター（豊中分室）の案内

低温センターでは、低温寒剤である液体ヘリウムを製造し、液体窒素も含めて、安価に安定して学内へ供給をすることで、研究者の極低温域での各種の実験研究をサポートすることを主な業務としています。また、隣接した共同実験室を設けることにより、研究者との協力関係を密にしています。さらに、寒剤や高圧ガスに関する安全講習会や低温技術の指導などの教育活動も行っています。

大阪大学は豊中と吹田キャンパスに分かれていて、それぞれに多くの寒剤のユーザーを抱かえています。ユーザーの便宜を図るために、低温センターは各キャンパスに置かれており、それぞれを豊中分室、吹田分室と呼び、対等にかつキャンパスの特質に沿った形で運営されています。

### 4.1 業務

#### 4.1.1 寒剤の供給

液体ヘリウムは低温センターで液化し研究室へ供給します。液体窒素は酸素会社から購入してタンクに一旦貯蔵し、これを研究室に小分けします。窒素については、ユーザーが多いために、タンクからの小分けはセルフサービスの形式を取っています。

#### 4.1.2 液化機等の保守

寒剤は温度の高いところに触れると一瞬に蒸発して体積は何百倍にもなり、扱いを誤ると大変危険です。このため「高圧ガス保安法」により取扱いが定められ、定期検査を行うとともに大阪府による立入検査を受け、安全には十分注意しています。幸いこれまで液化ガスによる事故は有りません。

#### 4.1.3 技術サービス

低温技術・ガスの取り扱い方などを指導したり、工具、リークディテクター、関連図書などの貸出をしています。「大阪大学低温センターだより」も発行しています。

#### 4.1.4 低温技術の開発・応用

1 Kより低い温度を生成する装置（ $^3\text{He}$ 冷凍機や $^3\text{He}-^4\text{He}$ 希釈冷凍機）を使って物性実験を行っています。

## 4.2 所在

低温センターは、理学部と基礎工学部の間位置にあり、東側にある科学教育機器リノベーションセンターとともに学内共同利用施設として、大口ユーザーの便を計るよう隣接した場所にあります。建物は、図12のように、メインストリートに面した2階建ての実験棟と、その東側にヘリウム液化室・機械室・作業室・資料室のある平屋建てがあり、液体窒素室はスレート葺きの別棟になっています。屋外にある白い液体窒素のタンクが目印です（メインストリートからは見えません）。

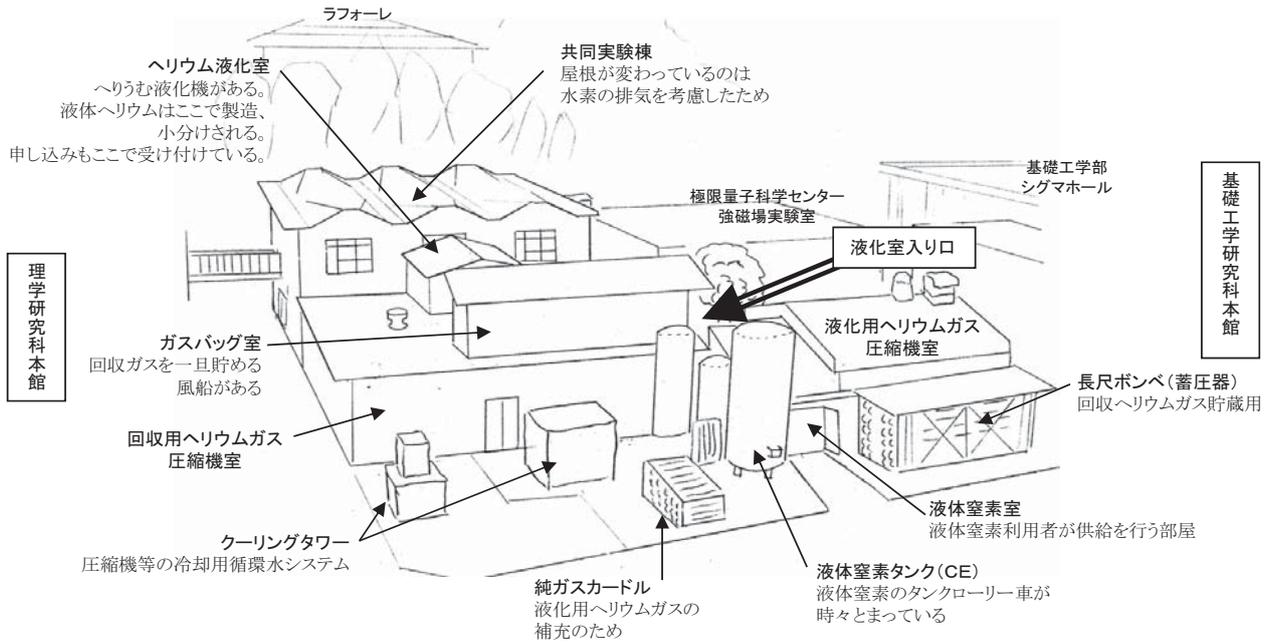
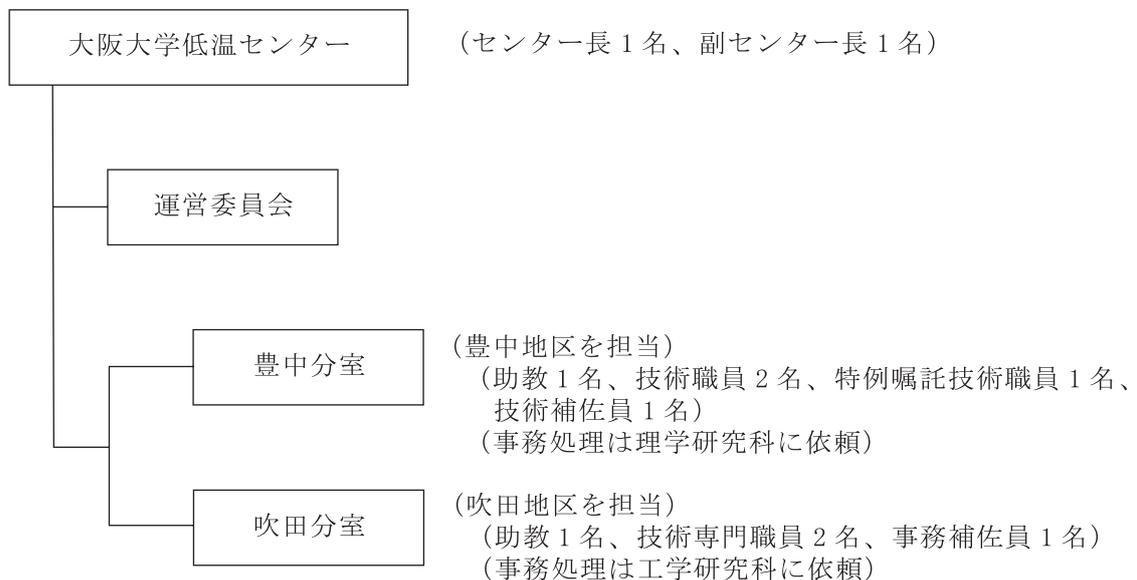


図 12. 低温センター（豊中分室）の外観

## 4.3 組織



## 4.4 主要設備

### 4.4.1 ヘリウム液化装置 (LINDE製 TCF50)

液化機本体、液化機用圧縮機（前川製 HE2520SSC-JLBM）、中圧タンク（6 + 10 m<sup>3</sup>）などから成り、液化能力は約200 ℓ/hで、製造された液体は液体ヘリウム貯槽（Wessington Cryogenics Limited 製 CH4000）に一旦貯め、さらに研究者の容器に小分けします。

### 4.4.2 ヘリウムガス回収装置

実験で使用され蒸発したヘリウムガスは、銅管でガスバッグ（25 m<sup>3</sup> 2基）に導かれ、高圧圧縮機（Sulzer Bruckhardt製 C5U217.1 GXE）で圧縮し、長尺ポンベ（525 + 600 + 750 + 750 + 750 + 480 + 750 Nm<sup>3</sup>）に貯蔵します。

### 4.4.3 ヘリウムガス精製機

除湿装置（大陽酸素製 TDGS-1000）、水分除去装置（大阪酸素製 He-100H）、分離膜式ガス精製装置（小池酸素製）などがあり、回収ガス中の水分や不純ガスを除去した後、これを再び液化に使用します。

### 4.4.4 液化窒素ガス貯槽（ダイヤ冷機工業製 DTL-15）

屋外にある15,000 ℓのタンクで、タンクローリーでガス会社から運ばれてきた液体窒素を蓄え（最大13.5 kℓ）、利用者はここから適宜汲み出していきます。

### 4.4.5 その他

室温空間付き超伝導マグネット（最大磁場8.9テスラ）、小型希釈冷凍機（最低温度40mK）、磁気天秤など。

## 4.5 沿革

1959（昭和34）年	理学部（当時は中之島）に極低温実験室とヘリウム液化機（ADL社コリンズ型、8 ℓ/h、日本で2台目）が設置される。
1964（昭和39）年	豊中へ移転、現在の建物（実験室・液化室664m <sup>2</sup> ）となる。
1969（昭和44）年	吹田地区にも液化機・実験室が設置される。
1973（昭和48）年	豊中地区のヘリウム液化機を更新する（CTI社1400型、24 ℓ/h）。
1975（昭和50）年	水素液化室と水素液化機（フィリップ社PLH-104型）を設置する。
1992（平成4）年	豊中地区のヘリウム液化機を更新する（PSI社Model 2210J型、100 ℓ/h）。
1995（平成7）年	ヘリウム回収用圧縮機（Sulzer Bruckhardt社C5U214型）を増設する。
1997（平成9）年	ヘリウムガスマニホールド増設する。
2001（平成13）年	液化用圧縮機を更新する。
2003（平成14）年	液化システムを更新する（液化機Linde社TCF50型、200 ℓ/h）。

## 5. 液体ヘリウム利用規定

— 豊中地区 —

### 5.1 目的

本規定は、大阪大学豊中地区において教育研究のための液体ヘリウムの利用・取り扱いに関する基準を定め、事故を未然に防止することを目的とする。

### 5.2 供給日・時間

液体ヘリウムの供給日・時間は、平日の9時00分から16時30分とする。

但し、低温センターが保守管理上必要と認めるときは、供給を行わない。

### 5.3 費用の負担

費用は、供給液体ヘリウムおよび充てん時の蒸発量に対し算定する。このほか、供給したヘリウムのガス代も同時に算定し、そのガス代は各研究室のガスメーターを通して回収された量に対してのみ返却する。但し、液体ヘリウムが残留しているストレージベッセルの場合、蒸発ガス料はとらない。

液体ヘリウムの供給単価は、

年間供給量が2,000 ℓまでは200円/ℓ、2,000 ℓ以上は100円/ℓ

である。また、ヘリウムガスの価格は、1 m<sup>3</sup>当り1,050円である（平成26年4月現在）。

### 5.4 汲出し規定（ストレージベッセル）

- 1) ストレージベッセルは、低温センターに登録すること。
- 2) ストレージベッセルには、必ず2ℓぐらいの風船をつける。
- 3) 汲み出しを申込み者は、当センター内の所定の黒板にその旨記入すること。

但し、供給量の都合等によりオペレーターが供給日を変更、指定することもあるので、その指示に従うこと。

- 4) 利用者は、供給日の午後3時までに、液体窒素温度まで予冷された容器をセンターに運び込むこと。また、オペレーターから液体ヘリウム充填の連絡があり次第、できるだけ早く持ち帰ること。
- 5) 供給時には、前の液体ヘリウムが若干残っている状態が望ましい。
- 6) 研究室で実験用クライオスタットにトランスファーする前には、クライオスタットの真空度を、その都度確認すること。

## 5.5 ヘリウム回収上の注意

- 1) ヘリウムガスは、各研究室のガスメーターを通して回収すること。風船などに回収したガスは、低温センターにあるコンプレッサーにより直接回収することができる。この際、当センター内の所定の用紙にその旨記入すること。
- 2) ガスメーターの先にはオイルトラップを設け、回収ガスの逆流を防ぐこと。トラップの形状・寸法などは低温センターに標準品があるので参照されたい。オイルは、当センター指定のコンプレッサーオイルを用いることとし、必要なときは当センターで配分するので、これを利用すること。  
なお、実験の都合上逆流止めの設置が不可能な場合には、当センターと相談すること。
- 3) 実験終了後は、必ず、回収配管のバルブを締めること。
- 4) 回収ヘリウムガスの純度は、常に、低温センターのモニターでチェックされている。不純ガスが混入した際は、当センターで原因を調査し、場合によっては不純ガスを混入させた研究室に対しヘリウムの供給をストップすることがある。また、混入量が大量のときには、回収ガス代金の計算において、制裁金を要求することがある。
- 5) ガス回収上不審な点があれば、当センターは必要に応じて研究室の責任者立会いの下立ち入り調査を行う。
- 6) フィールドワークなどの都合で、液体ヘリウムを外部に持ち出すときは、事前に低温センターと協議のこと。
- 7) 外部より液体ヘリウムを持ち込む場合には、事前に低温センターへ連絡すること。またこの場合、回収率で100%を越える分の回収ガスについては有償での引き取りを断る場合がある。
- 8) 保安検査実施に伴い、ヘリウムガス回収をストップする（通常8月下旬、約1週間）ので注意されたい。

## 5.6 安全講習修了証

学内での液体ヘリウムの運搬、汲み出し作業などは、保安管理・事故防止のため安全講習修了証の所持者以外は行ってはならない

低温センターは、一定の取り扱い経験を有すると研究室の責任者により認められた者、及び安全講習会の受講者で一定の条件を満たす者に対して安全講習修了証を発行する。

ヘリウム利用希望者は、定期的開催される安全講習会を受け、安全講習修了証を取得するように努めること。

## 5.7 低温センターのその他のサービス事項

- 1) ストレージベッセルの貸し出し

当センターは必要と認めた場合、研究室にストレージベッセルを貸し出す。

- 2) キニーポンプの使用

当センターのキニーポンプを使用するときは、オペレーターに申し出て、所定の事項を記入す

ること。

3) リークディテクター貸し出し

ヘリウムガス用、フロンガス用があり、教官に対して貸し出しをする。貸し出し中の故障に際しては、完治するまでの修理費用を請求することがある。

4) 関連図書の貸し出し

付属図書館の規定に従って、所蔵の図書を貸し出しする。

## 5.8 その他

1) 液体ヘリウム製造については高圧ガス保安法に基づき、豊中市の直接指導の下にある。利用者はこのことに留意し、法規に反することのないよう細心の注意を払って作業にあたること。具体的には、大阪大学安全衛生管理部編「安全のための手引（高圧ガス・液化ガスを安全に取り扱うために）」などを参照すること。

2) 低温センター内は、常時禁煙である。周辺で多量の裸火を使用することも禁止されている。

昭和49年5月2日	規定
昭和58年6月9日	改正
平成4年1月29日	改正
平成5年4月1日	改正
平成8年4月1日	改正
平成15年4月1日	改正
平成17年4月1日	改正
平成19年12月1日	改正
平成21年4月1日	改正

## 6. 液体窒素利用規定

— 豊中地区 —

### 6.1 目的

本規定は、大阪大学豊中地区において教育研究のための液体窒素の供給・取り扱いに関する基準を定め、事故を未然に防止することを目的とする。

### 6.2 供給日・時間

液体窒素は低温センター液体窒素室において、利用者のセルフサービスにより各自の容器に充填する。液体窒素室の開室日及び時間は、

毎週 月～金 9時00分～16時30分

とする。但し、年末年始及び低温センターが保守管理上必要と認めるときは、供給を停止することがある。

### 6.3 費用の負担

液体窒素の費用は、液体窒素室にある所定のカードに書かれた汲み出し量に対して算定する。

液体窒素の供給単価は、45円/ℓである。

研究室の変更、統合・分離等の異動が生じた場合には、低温センター職員まで速やかに連絡すること。

### 6.4 汲出し規定

- 1) 容器には、屋外の窒素タンク（コールドエバポレータ：CE）につながった配管から直接液体を汲み入れる。
- 2) 汲み入れる際に、氏名、汲み出し量等の必要事項を、各研究室の所定の用紙に記入すること。  
但し、液体の残っている容器への追加充填は、残存の液量が正確に決定できる場合についてのみ行うことができる。
- 3) 液体窒素の汲み出し中は、その場を離れてはならない。
- 4) 汲み出し中に異常があれば、速やかに汲み出しを中止し、低温センター職員へ通報すること。

### 6.5 安全講習修了証

学内での液体窒素の運搬、汲み出し作業などは、保安管理・事故防止のため安全講習修了証の所持者以外は行ってはならない

低温センターは、一定の取り扱い経験を有すると研究室の責任者により認められた者、及び安全講習会の受講者で一定の条件を満たす者に対して安全講習修了証を発行する。

液体窒素利用希望者は、定期的開催される安全講習会を受け、安全講習修了証を取得するよう

に努めること。

## 6.6 その他

- 1) コールドエバポレータの運用については高圧ガス保安法に基づき、豊中市の直接指導の下にある。利用者はこのことに留意し、法規に反することのないよう細心の注意を払って液体の汲み出し、運搬作業にあたること。具体的には、大阪大学安全衛生管理部編「安全のための手引（高圧ガス・液化ガスを安全に取り扱うために）」や本冊子などを参照すること。
- 2) 低温センター内は、常時禁煙である。周辺で多量の裸火を使用することも禁止されている。
- 3) 従来用いられているガラス製の容器（いわゆるガラスデュワー）への直接の汲み入れは、安全の立場から廃止の方向へ持っていくものとする。今後運搬容器を購入する際には、金属あるいはFRP製のものを購入すること。

## 高压ガス保安法

(H. 23. 6. 24改正、法律第74号) 抜粋

### 第一条（目 的）

高压ガスによる災害を防止し、公共の安全を確保する。

高压ガスの製造・貯蔵・販売・移動・その他の取扱及び消費 } を規制  
容器の製造及び取扱 }  
民間事業者及び高压ガス保安協会の保安に関する自主的な活動を促進

### 第二条（定 義）

- 一 常用の温度においてゲージ圧力が1メガパスカル以上となる圧縮ガスであって、現にその圧力が1メガパスカル以上であるもの又は35℃において1メガパスカル以上となる圧縮ガス（圧縮アセチレンガスを除く）
- 二 常用の温度においてゲージ圧力が0.2メガパスカル以上となる圧縮アセチレンガスであって、現にその圧力が0.2メガパスカル以上であるもの又は15℃において圧力が0.2メガパスカル以上となる圧縮アセチレンガス
- 三 常用の温度においてゲージ圧力が0.2メガパスカル以上となる液化ガスであって、現にその圧力が0.2メガパスカル以上であるもの又は圧力が0.2メガパスカルとなる場合の温度が35℃以下である液化ガス
- 四 液化シアン化水素、液化ブロムメチル、液化酸化エチレン

### 第五条（製造の許可等）

事業所ごとに都道府県知事の許可を受けなければならない。

豊中低温センターでは、ヘリウムガス液化機、圧縮機等があり、ヘリウムガスの処理量として約 66,000Nm<sup>3</sup>/日あり、高压ガス製造施設として大阪府知事から許可を得ている。

### 第三十五条（保安検査）

高压ガス製造施設は、年に一回、都道府県知事が行う保安検査を受けなければならない。

### 第三十五条の二（定期自主検査）

高压ガス製造施設は、年に一回、保安のための自主検査を行い、その検査記録を作成し、これを保存しなければならない。

### 第四十四条（容器検査）

容器の製造又は輸入した者は、定める方法により行う容器検査を受け、これに合格したものと  
して刻印又は標章の掲示がされているものでなければ、譲渡又は引き渡してはならない。

### 第四十八条五（充てん）

容器検査若しくは容器再検査を受けた後、定められた期間を経過した容器又は損傷を受けた容器にあっては、容器再検査を受け、これに合格し、かつ、刻印又は標章の掲示がされているものであること。

# 一般高圧ガス保安規則

(H. 22. 8. 16改正、省令第49号) 抜粋

## 第二条（用語の定義）

- 可燃性ガス：アセチレン、アンモニア、一酸化炭素、水素、二硫化炭素、ブタン、ベンゼンなど  
爆発限界の下限が10%以下のもの
- 爆発限界の上限と下限の差が20%以上のもの } 「燃」と表示
- 毒性ガス：亜硫酸ガス、アンモニア、一酸化炭素、塩素、シアン化水素、ベンゼンなど  
じょ限量が200ppm以下のもの 「毒」と表示
- 特殊ガス：アルシン、ジシラン、ジボラン、セレン化水素、ホスフィン、モノゲルマンなど
- 不活性ガス：ヘリウム、ネオン、アルゴン、ラドン、窒素、二酸化酸素、フルオロカーボンなど
- 充てん容器：高圧ガス（充てん時の質量の二分の一以上減少していない）を充てんしてある容器
- 製造設備：製造のための設備
- 高圧ガス設備：ガス設備（製造する高圧ガスのガスの通る部分）のうち高圧ガスの通る部分
- 処理設備：圧縮、液化その他の方法でガスを処理することが出来る設備であって、高圧ガスを製造するもの

## 第六条（定置式製造設備に係る技術上の基準）

容器置場並びに充てん容器等は、次に掲げる基準に適合すること。

- 1) 充てん容器等は、充てん容器及び残ガス容器にそれぞれ区分して容器置き場に置くこと
- 2) 可燃性ガス、毒性及び酸素の充てん容器等は、それぞれ区分して容器置き場に置くこと
- 3) 容器置き場には、計量器等作業に必要なもの以外のものを置かないこと
- 4) 充てん容器等は、常に40℃以下に保つこと
- 5) 充てん容器等には、転落、転倒等による衝撃およびバルブの損傷を防止する措置をすること
- 6) 粗暴な取り扱いをしないこと

## 第六十条（その他消費に係る技術上の基準）

- 1) 充てん容器のバルブは、静かに開閉すること
- 2) 充てん容器等は、転落、転倒等による衝撃又はバルブの損傷を受けないよう粗暴な取扱をしないこと
- 3) 充てん容器・バルブ・配管を加熱するときは、熱湿布、40℃以下の温湯を使用すること
- 4) 充てん容器には、湿気、水滴等による腐食を防止する措置を講ずること
- 5) バルブやコックには、適切に操作することが出来るような措置を講じること
  - ・バルブ等には、開閉方向を明示する
  - ・バルブ等に係る配管等には、バルブの近接部分に、ガス等の種類及び方向を表示する
- 6) 可燃性ガス・毒性ガスの消費は、通風の良い場所で行い、容器温度を40℃以下に保つこと
- 7) 可燃性ガス、酸素の消費設備から5m以内では喫煙、火気（当該設備以外の）使用禁止、引火・発火性の物を置かないこと、また、消火設備を設けること
- 8) 酸素の消費は、バルブ及び消費に使用する器具から可燃性（石油類、油脂類など）の物を除

去した後にすること。

- 9) 消費した後は、バルブを閉じ、容器の転倒及びバルブの損傷防止する措置を講ずること
- 10) 消費設備の修理、清掃時には、あらかじめ内部のガスをそのガスと反応しにくいガス・液体で置換すること。終了後は正常作動を確認した後でなければ消費しないこと

# 容器保安規則

(H. 22. 8. 16改正、省令第49号) 抜粋

## 第二条（用語の定義）

溶接容器：耐圧部分に溶接部を有する容器

超低温容器： $-50^{\circ}\text{C}$ 以下の液化ガスを充填することができる容器で、断熱材で被覆することにより容器内のガスの温度が常用の温度をこえて上昇しないようにしてある容器

## 第七条（容器検査における容器の規格）

- 1) 製造の方法の基準に適合するように設計すること
- 2) 耐圧試験圧力以上の圧力で行う耐圧試験を行い、これに合格するものであること
- 3) 充てん圧力及び使用温度に応じた強度を有するものであること
- 4) 容器は、使用上有害な欠陥のないもの及び適切な寸法精度を有するものであること
- 5) 使用環境上想定し得る外的負荷に耐えるものであること
- 6) 充てんする圧力に応じた気密性を有するものであること

## 第八条（刻印等の方式）

- 1) 検査実施者の名称の符号
- 2) 容器製造業者の名称又は符号
- 3) 充てんすべきガスの種類（高压ガスの名称、略称又は分子式）
- 4) 容器の記号
- 5) 内容積（記号 V、単位 リットル）
- 6) 容器検査に合格した年月
- 7) 耐圧試験における圧力（記号 TP、単位 メガパスカル）及びM（超低温容器）
- 8) 最高充てん圧力（記号 FP、単位 メガパスカル）及びM（超低温容器、ガスボンベ）

## 第十条（表示の方式）

- 1) 塗色 酸素ガス …黒 水素ガス …赤 液化炭酸ガス …緑  
液化アンモニア …白 液化塩素 …黄 アセチレンガス …褐  
その他の高压ガス…ねずみ
- 2) 容器の外面に次の事項を明示するものとする  
・充てんすることができる高压ガスの名称  
・ガスの性質を示す文字 可燃性ガス …「燃」 毒性ガス …「毒」
- 3) 容器の所有者の氏名又は名称、住所及び電話番号を明示する

## 第二十四条（容器再検査の期間）

溶接容器、超低温容器など	製造後の経過年数20年未満	5年
	20年以上	2年
一般継目なし容器		5年

## 第二十六条、第二十九条（容器及び容器付属品再検査における規格）

溶接容器	外観検査、耐圧試験など
超低温容器	気密試験、断熱性能試験など
バルブ、安全弁など	外観検査、気密試験など

---

大阪大学低温センター豊中分室 利用の手引

編集責任者 田 島 節 子  
発行所 大阪大学低温センター豊中分室  
大阪府豊中市待兼山町1-1  
電話 06-6850-6090、6691  
印刷所 阪東印刷紙器工業所  
大阪市福島区玉川3-6-4  
電話 06-6443-0936

---

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 液体寒剤の性質 .....	2
3. 液体寒剤の取り扱い .....	5
4. 低温センター（豊中分室）の案内 .....	17
5. 液体ヘリウム利用規定 .....	20
6. 液体窒素利用規定 .....	23
参考 高圧ガス保安法抜粋 .....	28