

# 寒剤の安全な取扱い

東北大学  
工学研究科低温センター

2017年7月

# — 目 次 —

---

はじめに . . . . . 1

## 【 1 】 寒剤の安全な取扱い

1.1 寒剤の特徴 . . . . . 1

1.2 寒剤による主な事故 . . . . . 2～4

    1.2.1 酸素欠乏 . . . . . 2

    1.2.2 凍傷 . . . . . 3

    1.2.3 爆発・破裂 . . . . . 4

## 【 2 】 寒剤容器の種類と取扱い

2.1 液体窒素容器 . . . . . 5～8

    2.1.1 開放型容器（シーベル） . . . . . 5～6

    2.1.2 自加圧式容器（セルフアー） . . . . . 6～8

2.2 液体ヘリウム容器 . . . . . 9

## はじめに

近年、本学では寒剤として大量の液体窒素や液体ヘリウムが使用されています。これらの寒剤は低温実験・研究・装置の維持など多岐わたり使用されており大学では必要不可欠な物質です。工学研究科低温センターでは、工学部の研究者等へ年間約4万5千リットルの液体窒素を供給しています。しかし、これら寒剤は扱い方を誤れば重大な事故を引き起こす可能性がある危険な物質です。そこで安全に寒剤を利用していただくために、この資料を作成しました。

# 【1】寒剤の安全な取扱い

## 1.1 寒剤の特徴

寒剤として主に利用されている液体窒素や液体ヘリウムの特徴は、沸点が低いことと密度比（気体/液体）が大きいことである（表1）。液体窒素は、空気を冷やすことで生成され、比較的安価に入手可能である。一方、液体ヘリウムは、液体窒素のように簡単に生成することが困難であり、100%輸入のため大変高価である。そのため、規模の大きい大学や研究機関では、コストを抑えるために気化したヘリウムガスを回収し、再液化している。

これらの寒剤は、物質を冷却したり、液体と気体の体積比が約700倍となることから多量に輸送したり、蒸発ガスから純度の高いガスを得るなど、様々な用途に生かされている。しかし、取扱いを誤ると、酸欠（窒息）・凍傷・爆発などの事故原因になりうるため注意が必要である。

表1 寒剤の基礎的な性質

	N <sub>2</sub>	<sup>3</sup> He	<sup>4</sup> He	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
分子量	28.02	3.00	4.00	2.02	32.0
沸点 (K)	77.4	3.2	4.2	20.4	90.2
気体密度 (g/L)	1.25	0.134	0.179	0.09	1.43
液体密度 (g/L)	808	59	125	71	1140
密度比 (気体/液体)	646	440	700	790	797

## 1.2 寒剤による主な事故

### 1.2.1 酸素欠乏（酸欠）

酸素欠乏状態の空気を吸うと脳に大きなダメージを与え、酸素濃度によって症状（表2）が異なるが、人体に様々な症状が現れる。

#### 酸素欠乏を防止するには・・・

- ①寒剤を使用する場合、窓やドアの開放、換気扇を設置し、換気に勤める。
- ②多量の寒剤を急激に蒸発させない。
- ③作業場所に酸素濃度計（図1）を設置し、酸素濃度を確認しながら作業を行う。



図1 酸素濃度計

上記のように、作業場所を酸素欠乏状態にしないのが最も有効である。

また、エレベーターで寒剤容器を運搬する場合、誤って寒剤容器が転倒してしまうと、エレベーター内が一瞬にして酸素欠乏状態に陥り大変危険なので、同乗しない事と同乗させない（掲示）事が必要である。

万が一、寒剤の急な蒸発で室内が酸素欠乏状態に陥っているのが明らかな場合、作業場所を空気置換し、酸素濃度が正常であるか確認してから入室する。

表2 酸素濃度低下による人体への症状

酸素濃度	症 状	
21%	通常、空気中の酸素濃度	
18%	頭痛など	安全の限界
16～14%	脈拍・呼吸数の増加、頭痛、吐き気	細かい筋肉作業がうまくいかない 集中力がにぶる
12%	めまい、吐き気、筋力低下	判断がにぶる
10%	顔面蒼白、意識不明、嘔吐	気管閉鎖、窒息死
8%	失神昏倒	7～8分以内に死亡
6%	一瞬で昏倒、呼吸停止	6分で死亡

## 1.2.2 凍傷

寒剤を取扱う際に、飛散した寒剤に触れたり、濡れている手足で寒剤に触れたり極低温状態にある金属に直接触れたりすると、凍傷を負う可能性がある。

凍傷を負わないためにも、適切な保護具・作業道具の使用が必要である。

- ①断熱性が高く着脱しやすい低温用手袋、または溶接用などの革手袋を着用する。  
※軍手や毛糸・布性の手袋は、寒剤がかかった際に液がしみこんで手の表面に長く留まり、ひどい凍傷を負ってしまうので使用してはいけない。また、低温用手袋でも、著しく劣化、破損しているものは、使用しない。



- ②足の隠れる靴を履く。  
※靴下にサンダル履きは、避ける。
- ③保護メガネ（ゴーグル）を使用する。
- ④濡れた手で寒剤を取扱わない。



### 凍傷の症状と応急処置

凍傷の症状としては、痺れたようなチクチクとした痛みや皮膚の変色、水膨れなどがあり、変色した色が黒である場合、関節や筋肉が硬くなったり動かない状態は症状が重いとされている。

凍傷は見た目では進行の度合いが分かりづらい為、素人判断で放置してしまうと患部の切断などにも繋がるので、**すぐに病院へ行くこと。**

もし、すぐに病院へ行けない場合には、正しい応急処置を行うことで、最悪の事態を防ぐことができる。

凍傷になってしまった時、急に温めてはいけないと言われているがそれは間違っていて、現在では急いで温めなければならないとされている。**正しい温め方としては、40～42度のお湯に患部を浸すことである。**また、温める際の注意点として、間違っても**摩擦で温めないこと**である。皮膚が傷つき細胞が壊れてしまう恐れがあるので注意が必要である。

### 1.2.3 爆発・破裂

寒剤は蒸発潜熱が小さくわずかな熱で蒸発し、気体の体積は液体の場合の約700倍にも及ぶ。このため、寒剤容器は、外部からの熱の侵入を最小限に抑える断熱層や中で自然蒸発したガスを容器外へ放出する仕組みを持っているが、何らかの原因により蒸発ガスの量が放出ガスの量を超え容器内部の圧力上昇が起これば、容器の爆発的な破裂に至ることがある。例えば、容器の蒸発口が氷などで閉塞してしまったり（図2）、全バルブ閉止によって蒸発ガスの逃げ場が無い状態（液封状態）になったり、外部からの衝撃で容器の断熱性能が劣化し蒸発ガスが急激に増え、放出が間に合わなかったときなどである。

他に、高濃度酸素（液化酸素など）と油脂などの有機物との接触による激しい燃焼や、可燃性寒剤（液化水素など）の場合、引火や静電気などによる爆発も起こりうる。

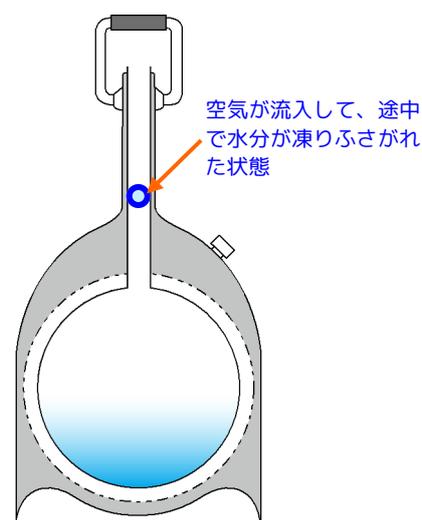


図2 液封状態の模式図

#### 爆発・破裂事故防止の有効な対策は・・・

- ① 容器は、断熱に優れ、内部が十分乾燥したものを使用する。
  - ・断熱性能が劣化すると容器の外側全体が結露するので、日頃から外観を目視で確認する。
  - ・著しい凹みがある容器や、寒剤を入れると表面が結露するような容器は直ちに使用を中止する。
- ② 容器を密封状態にしない。
- ③ 寒剤の近くは、火気厳禁（特に可燃性ガス）

## 【2】寒剤容器の取扱い

寒剤容器には、色々な種類（デュワー、ベッセルなど）があり、外からの熱侵入を防ぐために断熱層を有した構造になっているものが多い。液体窒素と液体ヘリウムには、それぞれ専用の容器を使用するが、共通する注意事項もある。

- ① 衝撃に極めて弱い構造をしているので、強い衝撃を与えたり、転倒させない。
- ② 不用意に内圧を上昇させない。ブロック（閉塞）させない。
- ③ 液体を取出すときは、低温用手袋、保護メガネを使用する。軍手は不可。
- ④ 換気をする。
- ⑤ 容器保管時は、地震や衝突などによる転動防止をする。

### 2.1 液体窒素容器

液体窒素の小分けに使用される液体窒素容器には、開放型容器（シーベル）と自加圧式容器（セルフアー）の2種類がある。

#### 2.1.1 開放型容器（シーベル）

小型で比較的軽量なものが多く、外部からの熱侵入を防ぐために、内槽の固定は必要最小限のサポートだけで支えられており、横からの力に弱い構造をしている（図3）。容器本体を持ち上げ傾けて取出すこともできるが、サイフォンなどを使用するのが望ましい。保管する際は、内部で水分が凍結してブロック（P4図2）しないよう、専用のふたをして保管する。ふたは蒸発ガスを適度に逃せるように、『あそび』がある大きさとなっている。ふたを紛失した場合などは、乾燥したウエスを軽くかぶせるなど、密閉せず、蒸発ガスを適度に逃がせる状態にする。

使用後の液体窒素は、換気の良い室内で蒸発するまで安静に保管するか、可能であれば屋外の安全な場所へ廃棄することが望ましい。

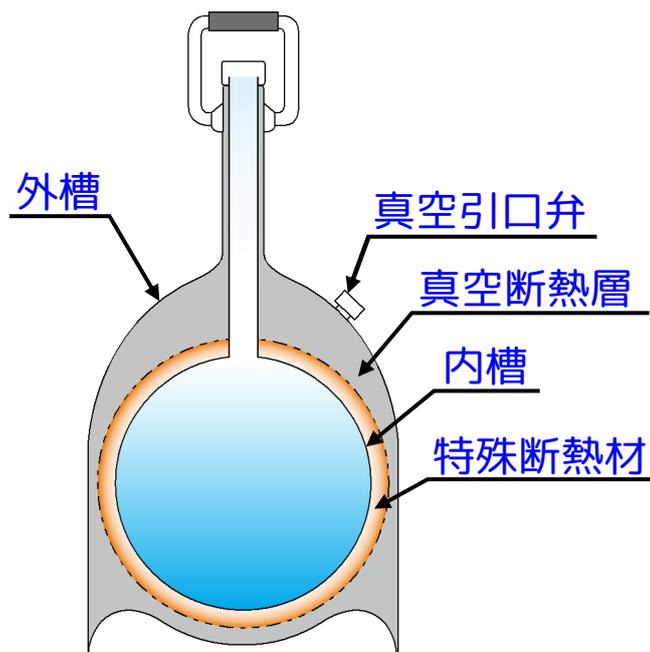
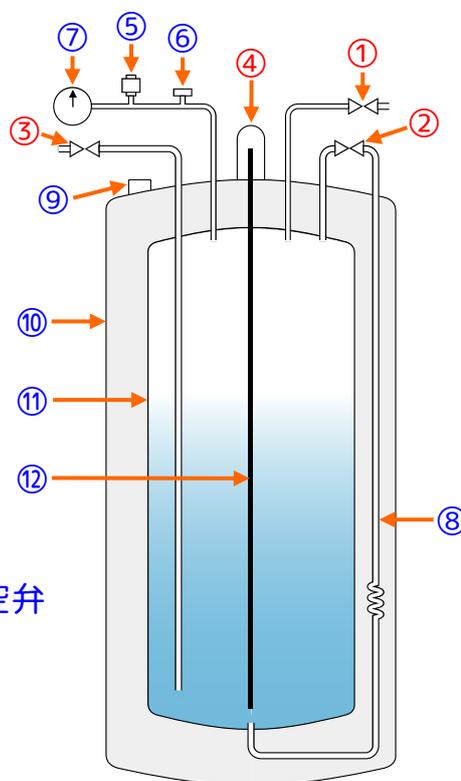
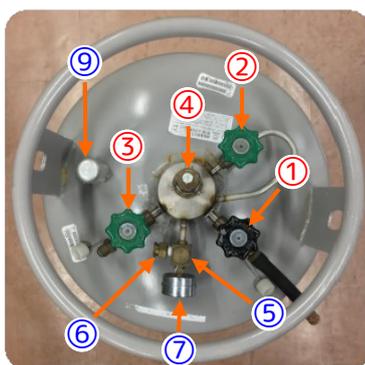


図3 開放型容器の例  
(左) 外観・(右) 構造模式図

### 2.1.2 自加圧式容器 (セルフアー)

液体窒素の一部を昇圧管 (気化器) で蒸発させることにより、容器内圧を上昇させる機能を持つ容器 (図4) で、比較的大型のものが多い。



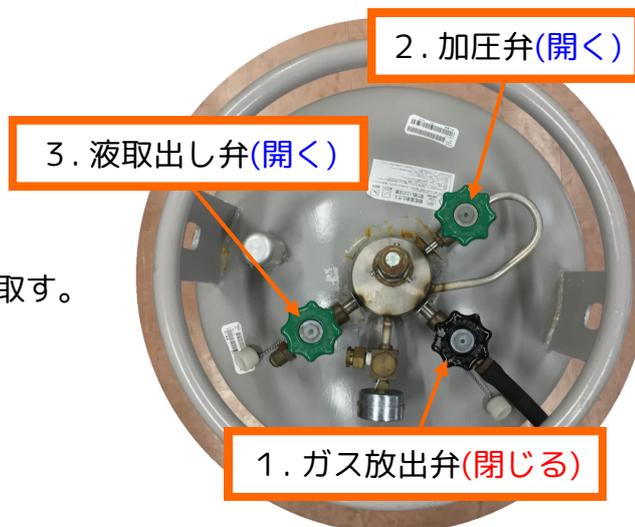
- |         |       |         |
|---------|-------|---------|
| ① ガス放出弁 | ⑤ 安全弁 | ⑨ 断熱真空弁 |
| ② 加圧弁   | ⑥ 破裂板 | ⑩ 外槽    |
| ③ 液取出し弁 | ⑦ 圧力計 | ⑪ 内槽    |
| ④ 液充填口  | ⑧ 加圧管 | ⑫ 液面計   |

図4 自加圧式容器の例  
(左) 外観・(中央) 上部・(右) 構造模式図

## ●自加圧式容器の使用方法和注意事項●

### 液を取出すとき

- 1 **ガス放出弁を閉める。**
- 2 **加圧弁を開き**、容器内圧が上昇することを確認する。
- 3 **液取出し弁を開き**、液体窒素を取す。  
※液取出し中は、容器内圧を上げすぎないように注意する。0.08MPa程度に保つと扱いやすい。



### 終了時、容器を保管・移動するとき

- 1 **液取出し弁を閉じる。**
- 2 **加圧弁を閉じる。**
- 3 **ガス放出弁を開き**、容器の内圧を下げる。



液が入った容器を保管する場合は、直射日光を避け、風通しや換気の良い場所に保管する。また、容器内圧の上昇を防ぐため、放出弁は開けておくようにする。ガス放出弁にゴム管に切り込みを入れ端をふさいだもの（ブンゼン弁）を取り付けることで、空気の流入による閉塞（ブロック）を防ぐことができる（図5）。



図5 ブンゼン弁取付けの例

## ●自加圧式容器の容器再検査●

液体窒素の自加圧式容器は、保安法により定期的な再検査受験が義務付けられており、**再検査未受検容器への液体窒素の充填はできないとされている**。  
 前回の容器検査年月を容器銘板の刻印等で確認し、再検査が必要であれば容器検査所（製造業者等）で再検査を受検すること（表3、図6）。

表3 容器再検査のサイクル

容器再検査サイクル（耐圧検査期限）
製造後 <b>20年未満</b> の場合、 <b>5年</b>
製造後 <b>20年以上</b> の場合、 <b>2年</b>
製造年月日が <b>1989年3月以前</b> の場合、 <b>1年</b>

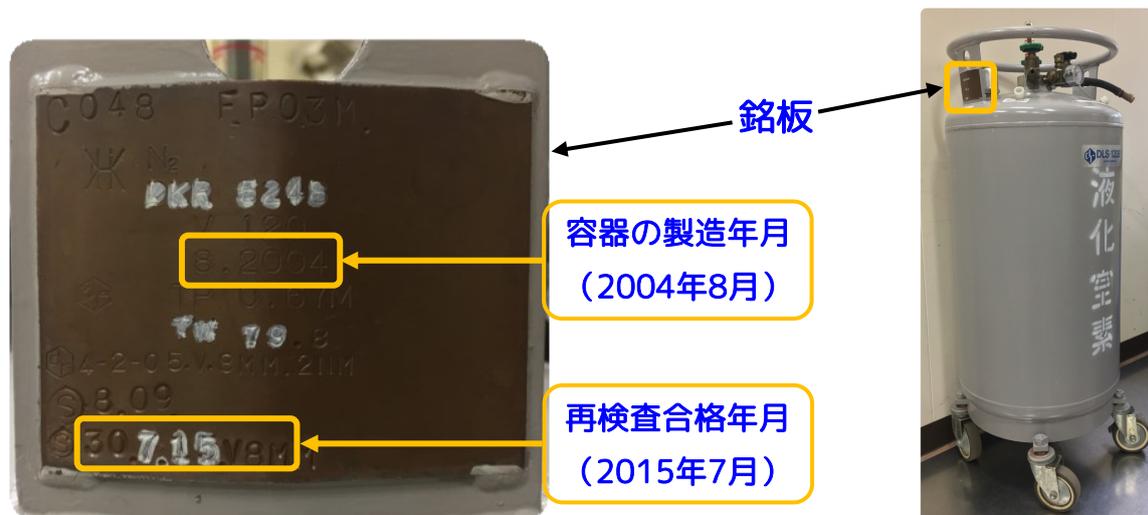


図6 検査刻印の例

図6の自加圧容器を例にあげると、製造年月が2004年8月（本誌作成2017年）の場合、**容器製造後20年未満**となり、**再検査サイクルは、5年**となる。また、前回の再検査合格年月が2015年7月なので**2020年7月が耐圧検査期限**となる。

## 2.2 液体ヘリウム容器

液体ヘリウムは蒸発潜熱が小さくわずかな熱侵入ですぐに蒸発してしまう。そのため液体窒素容器以上に断熱性能を向上させたスーパーインシュレーション型の容器が使用される（図7）。

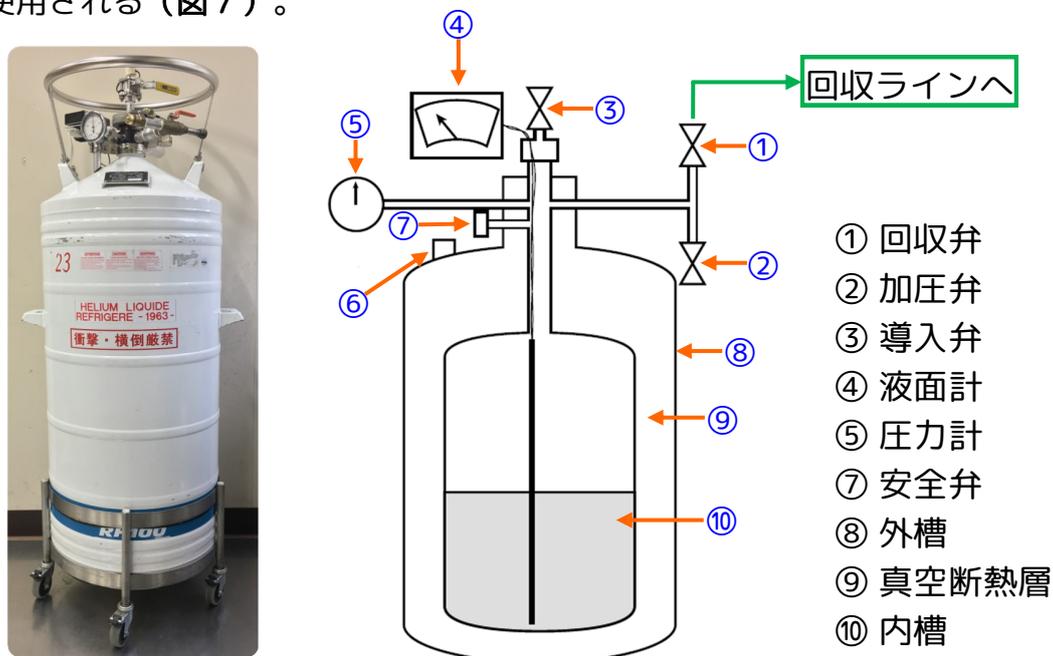


図7 液体ヘリウム容器  
(左) 外観 ・ (右) 構造模式図

### 液体ヘリウムの移送（トランスファー）時の注意点

- ① 低温用手袋を使用し作業する。軍手は不可。
- ② トランスファー中の蒸発ガスをできるだけ回収する。
- ③ トランスファーチューブの先を容器の底まで差し込まない。
- ④ 容器は、液を15%以上残し、冷えた状態で返却する。（加圧のしすぎに気をつけ、残液をすべて蒸発させない。）

### 液体ヘリウムの回収

ヘリウムは地中から天然ガスなどとともに採取される資源で、一旦空気中に放出されたヘリウムガスを採取することはできない。国内自給率がゼロであるため、国内では高価になっている。本学では使用したヘリウムガスのほとんどを回収、液化し、再利用している。無駄なく再利用するためには**回収率（95%以上が望ましい）**を上げるだけでなく、回収ガスに空気などの**不純ガスが入らないように**する努力が必要である。そのためには、回収ラインにフローメーターや純度計を取り付けたり、**定期的に**実験装置や配管、ガスバッグ、バルブにリークがないか確認することが重要である。

- 寒剤の安全な取扱い -

平成29年7月 初版

発行者：東北大学 工学研究科低温センター