

寒剤取扱いの手引き



島根大学総合科学研究支援センター

物質機能分析部門

◆島根大学では寒剤として大量の液体窒素・ヘリウムが使われています。
使用目的は、低温実験、機器の維持、サンプルの保存など
多岐にわたっており、大学での教育・研究に欠かせません。
しかし、取り扱い方を誤れば重大な事故を引き起こす危険性があります。
この「手引き」は寒剤を安全に利用していただくために作成しました。
ご活用頂けますよう、よろしくお願いいたします。

I. 一般的寒剤の種類と物理的性質

下の表は一般的な液化ガスの物理的性質を表にしたものです。

寒剤名	分子量	沸点	液比重	体積比 (沸点)	蒸発潜熱 (沸点)
液体窒素	28.02	77.4K (-195.8°C)	0.808	650 (gas/liq)	199 (J/g)
液体ヘリウム	4.00	4.2K (-268.9°C)	0.125	700 (gas/liq)	20.4 (J/g)
液体酸素	32.00	90.2K (-183°C)	1.14	800 (gas/liq)	213 (J/g)
水 (参考)	18.00	373.2K (100°C)	1.00	1700 (gas/liq)	2257 (J/g)

1. 窒素

気体: 窒素は大気中に 78 %含まれており、無色・無味・無臭で化学的にほとんど不活性な気体です。本学ではボンベに充填したものを購入しガスクロマトグラフなどに使用しています。
液体: 無色透明な液体で、実験などで最も一般的に使用される寒剤です。空気を液化精製して製造されます。

2. ヘリウム

気体: 無色、無臭で化学的に不活性な気体で大気中に約 5.2 ppm 含まれています。実験等で使用しているものは天然ガス中に含まれて産出したものを分離精製したものです。
液体: 無色透明な液体で最も沸点の低い液体です。

3. 酸素

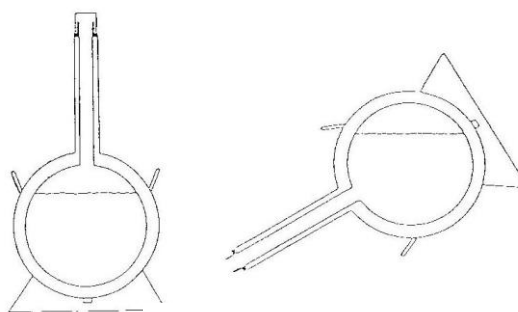
気体: 大気中に 21 %含まれており、無色・無臭で生命活動や物の燃焼に欠かせない気体です。強支燃性で、濃度によっては有機物などとの混在下で爆発を引き起こす可能性があります。
液体: 青く透明な液体で空気を液化・精製して製造できますが、強支燃性による爆発の危険があるため一般的には寒剤としては使用していません。

※開放型容器で保管された液体窒素は空気中の酸素を取り込み易く、長期保管された液体窒素は液体酸素を多量に含む場合があります。この様な液体に有機物等が混在すると、僅かな衝撃で爆発する危険があります。

II. 寒剤用容器について

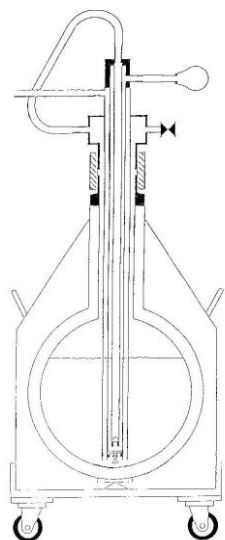
寒剤を入れる容器は構造、容量、材質等によりデュワー瓶、シーベル、セルファー、ベッセル、コールドエバポレーター (C・E) などと呼びます。このうち容積1デシリットル以下の容器と蓋を乗せるだけの開放タイプの容器 (デュワー瓶, シーベル) には高圧ガス保安法の規制はかかりません。しかし密閉型自加圧式容器には定期的な容器検査義務等の規制があります。

ほとんどの容器は二重あるいは多重の真空断熱構造です。一般的な窒素容器は二重の断熱構造で内側容器は容器と首の部分のみで繋がっており内側容器と充填窒素の重量全てがここに集中します。万一この部分に亀裂等が生じれば真空が破れ容器は使用不能になるばかりでなく液体窒素や気化ガスの噴出により被害が出る可能性があります。図1は一般的によく使われるシーベル

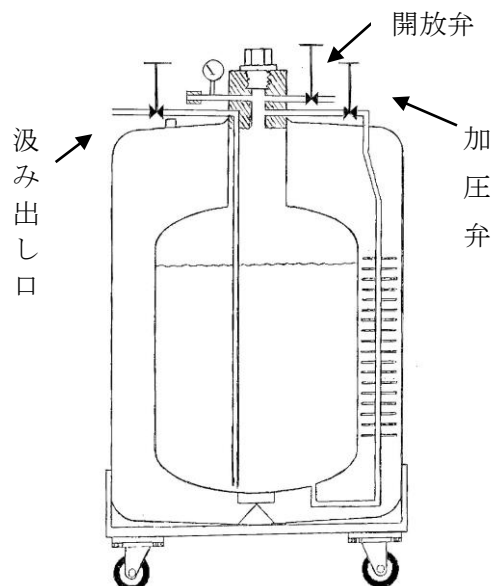


(図1) シーベルの構造

と呼ばれる開放型容器です。容量の少ないシーベル（またはデュワー瓶）は傾けて注液出来ますが、25リットルを越える大型容器では専用のサイフォンを使って液を汲み出します（図2）。また容器は一見丈夫そうですが断熱真空部には負圧がかかっているため、軽い衝撃でへこみや亀裂が生じるため注意が必要です。



（図2） 内容積25リットルを越える開放型容器。サイフォンを使用して液を汲み出す。



（図3） 内容積50リットル以上の自加圧型容器セルファー

Ⅲ. 危険性（液体窒素，液体ヘリウム使用時の注意）

寒剤の危険性は、1. 酸素不足による危険性（酸素欠乏症）、2. 低温による危険性（凍傷）、3. 高圧による危険性（破裂・爆発）の3つです。事故の発生時には「傷病者への対応フロー」(https://shimane-u.health.wdeco.jp/_/page/docs/wounded/)に従って対処してください。

1. 酸素不足による危険性（酸素欠乏症）について

酸素事故のニュースはテレビ・新聞等で時々報じられています。一般的には溶剤・ガス等の貯蔵タンク、井戸、ピット、トンネル、ドライアイス冷蔵庫、サイロなどの中で発生しています。しかし、密閉された室内で液体窒素（ヘリウム）を使用した場合にも事故を起す危険性が十分にあります。酸素欠乏症は人命が助かっても脳に後遺症を残す重大事故になる可能性があります。

① 酸素濃度に対する人体の反応・影響

- 21% 通常の大気中酸素濃度
- 18% 人体への安全限界（早急な換気必要）
- 16% 頭痛・吐き気、呼吸・脈拍の増加
- 12% 頭痛・吐き気、めまい、筋力低下（作業ミス・転落等による事故が発生する可能性大）
- 10% 意識不明・顔面蒼白、嘔吐（気管閉塞による窒息死）
- 8% 失神昏倒、7～8分で死亡
- 6% 瞬時（一呼吸）で昏倒、呼吸停止、痙攣、5～6分で死亡

※一般に酸欠は息を止めたとき苦しくなるのと同じ事が発生すると誤解されがちですがこれは誤りです。息を止めて苦しくなるのは、血中二酸化炭素濃度の上昇による症状です。実際に高度の低酸素状態の室内に入った場合、一呼吸した途端に失神昏倒しそのまま死に至る場合があります。注意が必要です。

② 万一酸欠事故が発生した場合の処置

事故現場での処置

- i. 十分な換気を行った後に被害者を救助する。

(室内に被害者が倒れている場合であっても安易に救出に立ち入ると二次事故を起こす可能性があります。この様な場合は、十分な換気を行ってから救出します。)

被害者への応急処置

- i. 軽度の場合は風通しのよい場所で暖かくして安静にする。
- ii. 意識不明に陥っている場合は新鮮な大気中に移し身体を暖めながら医師による酸素吸入などの手当が必要である。
- iii. 意識不明で呼吸停止など重度の場合は直ちに人工呼吸を施し医師の手当てを受ける。

③ 酸欠事故が発生する状況と事故例及び事故回避方法

- i. 密閉された室内で寒剤を使用（消費）する場合。

装置や容器に寒剤を注入する場合は窒素・ヘリウムガスが発生するため注意が必要です。特に装置や容器が常温の場合は、これを冷却するために大量のガスが発生します。

対策：よく換気をしながら使用する。

[事故例1] エアコンの故障により低温室温度が上昇したため液体窒素を散布し、酸欠死亡事故が発生した。(他大学)

原因と対策：寒剤の使用場所・目的・使用方法、全てが誤っている。(狭い密閉室内で使用しない。小さな室でも液体窒素での室内の冷却はあまり期待できない。未換気の室内で使用しない。)

[事故例2] 室内で容器に液化窒素を充填中その場を離れたため容器から溢れた液化窒素が気化し室内に充満したため酸欠死亡事故が発生した(他大学)

原因と対策：作業は十分な換気をしながら行い、その場を離れない。

- ii. 移送中の振動や衝撃で容器に亀裂が生じた場合。

急激な真空破壊が生じると寒剤が噴出します。エレベーター内などで液体窒素が噴出すると同乗者がいる場合重大な酸欠事故が発生します。また、ガスを浴びる事による凍傷の危険性もあります。

対策：容器の移送は慎重且つ丁寧に行い真空度の低下した容器は使用しない。

寒剤の移送経路・方法に注意する。(後で説明します)

- iii. 故意に排出冷気を浴びる・呼吸する(暑い時期など特に)。

ヘリウムガスは吸引することにより音声に変化(ダックボイス)が生じるためこれを試してみる。

対策：遊びや好奇心でこのような行為をしてはならない。(市販の物は適正な酸素を混入しています。)

2. 低温による危険性（凍傷）について

液体窒素（ヘリウム）は非常に低温です。直接皮膚への接触、冷却された装置への接触、また噴出冷気を浴びることにより凍傷を起こす場合があります。（特に蒸発ヘリウムガスは蒸発窒素ガスに比べ冷却能力が高く、瞬時に凍傷になる危険性があるため注意が必要です。）

液体窒素を取り扱う作業には乾燥した浸透性のない大きめの皮手袋を使用することが望ましい。軍手などの使用は冷却部への接触に対しては有効だが、万一液が噴出した場合は寒剤が布に浸透し保持されるため凍傷の重症化を招くので使用しないこと。靴も浸透性のない材質の物を使用して下さい。靴下にサンダル履きだと軍手と同様に液が掛かったときに非常に危険です。

① 凍傷による人的事故の症状と対処方法

- i. 凍傷部は感覚がなくなり黄色く硬化化するが温まると痛み出し水疱ができ化膿しやすい。
凍傷部は擦らないで直ちに医師の手当てを受ける。
- ii. 衣服の上から被液した場合は直ちに皮膚から衣服を離して取り除く。
- iii. 凍り付いて取れない場合は無理に引き剥がさないで周りから衣服を切り取り、患部を冷水で温めガーゼなどで保護し医師の手当てを受ける。
- iv. 目に凍傷を負った場合は速やかに医師の手当てを受ける。

② 凍傷事故の発生する状況と事故例及び事故回避方法

- i. 液体窒素（ヘリウム）を常温の容器や装置に移し替える場合、急激な気化により発生噴出する多量の冷気や液化ガスを浴びることにより凍傷になる。
対策：移し替えは必要に応じ乾燥した大きめの皮手袋などを着用しゆっくりと行う。
- ii. 急激な温度変化や脆化で破損した容器・配管等からの噴出液化ガス浴びる。
多くの材料は低温時に性質が大きく変化することが多い（脆性が増し破損し易くなる）ため、低温装置等を利用する時には注意が必要である。
- iii. 液体窒素の移し替えや装置への充填にビニル管を使用する時、低温による硬化、収縮による破損で液が噴出する場合がある。
対策：移し替えには、移送管に力が加わらないように注意する。（大容量の移送には専用のステンレス製フレキシブルホースの使用も考慮するべきである。）
- iv. ガラスデュワーは開口部付近に肉厚むらや歪がある場合があり寒剤を入れた状態で急激に傾けると瞬時に破損し液化ガスが噴出する場合がある。
対策：ガラスデュワーは直立状態で使用する。横にして寒剤を移し替える場合もゆっくり行う。
- v. 寒剤で冷却された部分や配管に接触し凍傷になる。
対策：寒剤の通路、冷却部には保護カバーなどを取り付け、直接触れないように注意する。濡れた手で作業すると装置に接触した時に瞬時に凍り、装置から引き離せなくなる。必ず乾燥した状態で作業すること。

3. 高圧による危険性について（破裂・爆発）

万一容器・配管・装置等が液体窒素などの寒剤を内蔵したまま密閉状態で放置された場合、気化により内部の圧力が上昇し容器等は破裂・爆発します。これにより物理的の一次被害だけでなく付近の装置・薬品容器等の破壊・破損による二次被害を引き起こす可能性があります。市販の容器・装置であれば密封できないような構造になっています。市販の自昇圧式容器などは安全弁と破裂板で二重に安全を確保する構造になっていますが、定期的に容器検査を受ける必要があります。安全弁や破裂板は安易な改造や修理を行ってはいけません。

① 破裂・爆発事故時の処置

- i. 人的被害の有無を確認救護し応急処置を行い守衛室、保健管理センターに連絡
- ii. 付近の状況を確認し火災・薬品中毒などの二次事故の発生をおさえる。

② 破裂・爆発事故の発生する状況と事故例及び事故回避方法

- i. 保存容器（シーベル）のキャップが水分で凍り付き上昇した圧力のため吹き飛ぶ。
対策：真空度の低下した容器は使用しない、水分をよくふき取る。
- ii. 装置の寒剤注入口等に空気中の水蒸気や炭酸ガスが固着成長し圧力が上昇する。
対策：水分をふき取る。真空度の低下した容器は使用しない。大気中の湿度にも留意する。
- iii. 自加圧式容器（セルフアー）の内圧が異常に上昇する。
対策：自加圧式容器（セルフアー）は法で定められた容器検査を定期的に受ける。
必要の無いときは常にガス放出弁を開放にしておく。加圧弁は不要のときには必ず閉める。
- iv. 液体窒素中に長期間保存した密封試験管・サンプル瓶・ガラスアンプル等は冷却による負圧により内部に液体窒素が浸入している場合がある。この様な状態の物は液体窒素から取り出して数分後に急上昇した内圧により破裂することがある。（内部確認のため顔前に近づけて内部を見るなどの行為は特に危険）
対策：安全な場所で乾燥したタオルをかけるなどの状態でしばらく放置し様子を見る。保護メガネ等を使用する。
- v. 故意に液体窒素の入った容器を密閉し破裂させる。
対策：遊びや好奇心でこのようなことをしてはならない。
- vi. 液体酸素による爆発

窒素温度(77.4K)は酸素の沸点(90.2K)より低いため、長期に開放型容器で保管した液体窒素は空気中の酸素を液化して取り込みます。その後、窒素のみが蒸発することで酸素濃度が高まり 70%を越えることもあります。この液体酸素が有機物と結びついたり、衝撃などで発火すると爆発を起こす恐れがあります。

[事故例1] 電子部品工場セラミック粉末と有機溶媒の混合物を液体窒素で処理している最中に激しい爆発により作業員2名死亡、1名負傷する事故が起きた。

[事故例2] 英国の食肉工場液体窒素に浸してあった豚肉の塊をミンチ器に入れて処理していたところミンチ器が爆発し作業員2名が死亡する事故が起きた。

原因と対策：液体窒素の長期保管により残った液は定期的に廃棄するか蒸発させて容器を空にし、新鮮な液を充填するようにして下さい。

IV. 災害時の対応

① 火災時の対処

熱により寒剤が蒸発すると体積が一気に 800 倍程度に膨れます。これにより容器の破損が起こると物理的な被害ばかりではなく、上で述べた酸欠や被液による凍傷などにさらされる危険があります。安全な場所への容器の移動が不可能な場合は、すべての人を危険区域から退避させ人的被害を防いでください

② 地震に対する被害予防措置

大型容器や大量の寒剤を内蔵する装置（NMR など）には転倒防止措置が施されていると思います。状況を確認し、万が一の転倒が無いようにして下さい。容量の小さなデュワー瓶やシーベルも転倒しにくいデザインとなっていますが、不安定な場所や危険物の近くに設置することの無いように注意してください。

V. 運搬における注意点

1. 運搬方法

- ① 人が手で運搬する場合容器は垂直状態で振動・衝撃を極力与えないように二人で慎重に運搬して下さい。（横や斜め状態での運搬は液の重量が容器内側首の部分に集中するため避けてください。）
- ② 容器を背中に担いだり、胸に抱かかえての運搬は絶対にしないで下さい。不用意に液を浴びる原因になります。（容器中の液体窒素は沸点温度であり移動中に突沸することがあります。）
- ③ 内容積が比較的大きく移動用台車やキャスターが付いた容器も構造は同様です、極力振動や衝撃を与えないように気を付けて運搬して下さい。特に背の高いセルフアー等は小さな段差や障害物が原因で転倒しやすいので二人以上で運搬してください。
（万一満タン状態の容器が転倒した場合、容器が破損するばかりでなく大量に噴出する寒剤により重大な凍傷や酸欠事故になる可能性があります）
- ④ 台車等での運搬は容器を固定し台車等の安全を十分確認してから行って下さい。（運搬中の容器落下は重大な事故を引き起こします）

2. 運搬経路

- ① 寒剤は極力階段を使用して運搬して下さい。
- ② やむを得ずエレベーターを使用する場合は絶対に人は寒剤に同乗しないで下さい。万一の停電などによりエレベーターが停止した場合酸欠事故になる可能性があります。

エレベーターでの運搬方法

エレベーターでの運搬は二人以上で行い、下階で一方が充填窒素容器のみをエレベーターに乗せて出発させ目的階で先着していた他方が容器を降ろすという方法を取って下さい。

※は途中階からの人の同乗を防ぐため、エレベーターの入口に「同乗禁止」の掲示を内側に張って下さい（エレベーター内に用意されています）。

※運搬中はエレベーターを占有することになりますので、授業前後などエレベーターが込み合う時間帯での利用は極力避けて下さい。

VI. 液体窒素の充填について

1. 充填希望者は「液化窒素充填申込書」に必要事項を記入の上、充填希望容器にセロテープで貼付けて液化窒素充填希望容器置き場所（総理工 1 号館北側の大型液体窒素タンク横プレハブ内）に持参して下さい。（頻繁に利用される方は「申込書」に充填希望日以外を記入したものをコピーして利用して下さい）

※充填希望容器には学部・所属・氏名等をマジック等で明記しておいて下さい。

液化窒素充填申込書

申込年月日	年 月 日					
充填希望日	月 日					
料金支払者	所属	部局名		学科名等		
		講座名		内線	氏名	⑩
申し込み者	所属	学部名		学科名		
		講座名		内線	氏名	

2. 充填は平日午前に行っています。休日・祝日の充填は行いません（年末年始等、長期連休の場合は相談に応じます）。申し込みは充填希望日の 10 時までに行ってください。希望日の朝 10 時頃から充填作業を行います。（緊急に液体窒素が必要になった場合、都合が付き限り対応いたします。松本までご相談ください。）容器は掲示した充填予定時間以後に速やかに回収して下さい。（容器置き場の開錠時間は 9:00～17:00 です）

充填後は添付された「液化窒素充填申込書」をこちらで回収し、充填済み容器置き場所に移動します。充填量は容器の容積（空～満タン）を原則とします。特殊な充填方法や時間外の充填等を希望される方は松本までご相談下さい。

3. 使用料金について

使用料は当年度分を年度末に集計し、次年度に「充填申込書」の「料金支払者」の方にお支払い頂きます。支払い方法と金額は次年度開始時「料金支払者」に連絡致します。

本学で初めて液体窒素を利用される教職員の方は、まずは部門のスタッフまでご連絡下さい。また、「料金支払者」が当年度で退職、又は他大学等に転出等される場合もご連絡お願い致します。

島根大学総合科学研究支援センター 物質機能分析部門スタッフ

部門長 藤原賢二（総理工学研究科教授 兼任）

専任准教授 西郡至誠
shijo@riko.shimane-u.ac.jp (32-6405)

専任助教 林 泰輔
thayashi@riko.shimane-u.ac.jp (32-6122)

技術職員 松本 隆宏
t.matsumoto@riko.shimane-u.ac.jp (32-6122)

事故などの発生時には : 守衛室 32-6101 保健管理センター 32-6568