寒剤および
低温ガスの取扱について

研究設備センター低温部門
保安係員　小林　利章

目次

- 低温液化ガス，寒剤の危険性と安全な取り扱い
  - 低温液化ガスの特性と危険性
  - 事故の予防と事故時の対応
- 低温室からの寒剤供給
  - 液体窒素の供給方法
    - 自動供給装置の扱い方
    - 小容器への対応について
  - 液体ヘリウムの供給と諸注意
- 停電時の対応について

低温液化ガス，寒剤の危険性と安全な取り扱い

低温液化ガスの特性

多用される寒剤の物理特性

寒剤	N_2	He
沸点	77.3 K	4.2 K
分子量	28	4
液体密度	0.81 kg/L	0.13 kg/L
ガスの密度（空気比）	0.97	0.14
気化すると	650 倍	700 倍

- 低温であること
- 体積が急激に変化すること

寒剤利用時に想定されるリスク

- 凍傷
  - 寒剤，低温機器の長時間接触
  - 濡れた手で触れる，布にしみこんで接触する，など
- 酸欠
  - 液化ガス，高圧ガスの大量漏出
  - 容器の転倒，機器の破損，クエンチなど
- 爆発，火災事故
  - 液封
  - 液化酸素，溶け込んだ液体酸素による災害

多用される寒剤の物理特性

寒剤	N_2	He
沸点	77.3 K	4.2 K
分子量	28	4
液体密度	0.81 kg/L	0.13 kg/L
ガスの密度（空気比）	0.97	0.14
気化すると	650 倍	700 倍

酸欠の危険性

酸素濃度による人体への影響 （大気組成:20.9 %）

18%	安全の限界　連続換気が必要
16%	脈拍・呼吸数の増加、頭痛、吐き気（酸素欠乏症）
13%	富士山山頂（3776m）酸素分圧換算
12%	めまい，吐き気，筋力低下で立っていられなくなるなど
10%	失神、けいれん
6%	数呼吸で失神、昏睡、呼吸停止、心臓停止
0%	2秒以内に脳の活動低下、停止

- 液体窒素20Lが気化すると・・・

  →約13m^3 の窒素ガス

  - 標準的な実験室（40平方メートル）で約30cmの高さに相当
  - 頭の高さで安全でも，もし転倒したら・・・

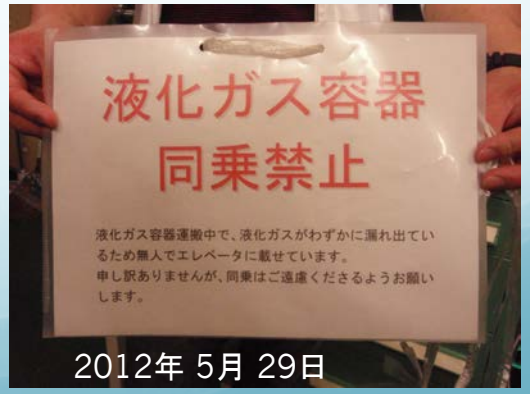
実験室での酸欠事故事例

- 1992年8月，北海道の大学
  常時零下に保つ必要のある実験室の冷却装置が故障，実験担当者は室温を下げるために液体窒素を室内に撒き，酸欠状態に至った事例
- 「札幌北署と同学部の調べによると、この研究室は零下１－２度の低温室で、低温実験に使うため液体窒素を常備している。その容器が3つあったが、うち25リットル入り容器がひとつ倒れ、中身がほとんど残っていなかったという。液体窒素が気化して室内に充満し、酸素が薄くなったらしい。」（朝日新聞1992年8月11日　朝刊）

- 人的被害
  - 助手と大学院生の二名の死亡
- 事故原因
  - 通気のない密閉空間に液体窒素を流したために多量の窒素ガスが発生，酸欠に至ったものである。
  - 関係者は知識があり事態は予見できた。

酸欠事故を防ぐために

- 換気を徹底する
  - 液化ガスを扱う際にはドアや窓を開放し通気
  - あるいは換気扇による換気
- ガスの大量漏出に接したときは，すみやかに**その場を離れ安全な場所に待避すること**
  - **避難路を常に意識してください**
- 酸欠になりやすい箇所，作業を確認
- 酸素濃度計による監視
- 容器運搬時**エレベーターへの同乗禁止**



2012年 5月 29日

酸欠事故への対応

- 他の人が酸欠で倒れている，酸素欠乏症を起こして動けなくなっていることに気付いたら

1. まず**発見者自身の身の安全を確保**する
   - 二次災害の回避
2. 通報，救助を依頼する
   - 他の人に助けを求め**単独で対応しない**
3. 安全確保の上，十分に換気された場所に移動
4. 必要なら心肺蘇生，消防への通報など

慌てずに冷静な行動を！

寒剤による凍傷の危険

- 低温の液体，ガスが直接皮膚に触れることによる傷害
  - 布などに染み込んで皮膚に触れることにより長時間の接触を起こす危険がある
  - 冷えたガスの接触
- 冷却された部品などに直接触ることによる傷害
  - とっさに素手で・・・
  - 水分で皮膚に凍り付いて長時間の接触を起こす

凍傷事故事例

- 2010年12月，北海道の中学校
  物質の状態変化を教える授業中，教諭が生徒に液体窒素による凍傷を負わせた事例
- 「市教委によると、この教諭は22日、中学1年の理科の実験で、3クラス計70人の手のひらに、ビーカーに入った液体窒素を数滴垂らしたという。うち男子生徒6人に水疱（すいほう）ができ、1人は病院に行ったが、いずれも軽傷という。保護者からの連絡で発覚した。」　（朝日新聞2010年12月25日　朝刊）

- 事故原因
  - 手のひらに液体窒素が長居してしまい、凍傷を起こしたものである。
  - 短時間であれば素手で触れられるという認識は正しくとも，安全な「短時間」をどう確保するか意識しなかったことによる事故。
  - 手の甲などにしておけば･･･？ そもそも素手で触ることの是非は？

寒剤による凍傷事故を防ぐために

- 寒剤や低温ガス，機材に直接触れない
- 保護具，保護メガネの利用，専用の手袋や革手袋の利用を徹底する
  - 軍手や布製の手袋は液がしみこむので危険です。また気化した低温ガスを防げない。
  - 革手袋は隙間に液が入った際，すぐに脱ぎ捨てられるように，大きさに余裕のあるものを選んでください
- 寒剤を扱う際の服装に注意する
  - 飛び散った液体が服に染み込み，気づかぬうちに皮膚に触れることがあります。

    作業時には身辺に留意を。
  - サンダル履き

    ・・・液をこぼすと靴下にしみこむ危険
  - 長靴の隙間や折り曲げた裾に入るなど

    ・・・足下に注意！

もしも凍傷になったら

- 凍傷時の応急処置

1. ぬるま湯か水道水で暖める
2. 凍り付いてはがれぬ時は**無理にはがそうとせず**，水漬けにする
3. 医師の診断を受けてください

その他の注意事項

- 凍傷
  - 低温部，寒剤に直接触れない。
  - 液が染みこまない革手袋，保護具の利用。
  - 作業時の服装
- 爆発事故
  - 液封に注意
  - 容器，安全弁の氷結に注意。点検と，開放容器の蓋。
  - 安全弁，圧力計による監視
- 液体酸素
  - 液体窒素を長時間開放系に放置しない
  - 長期保存した液体窒素には酸素が溶け込んで，事故を起こすことがある。
  - 火気厳禁！
- 低温脆性への配慮
  - 実験装置を設計する際には材料選択に配慮が必要
  - 銅，アルミニウム，オーステナイト系ステンレス鋼，FRP（ガラス繊維強化樹脂）

低温液化ガス容器について

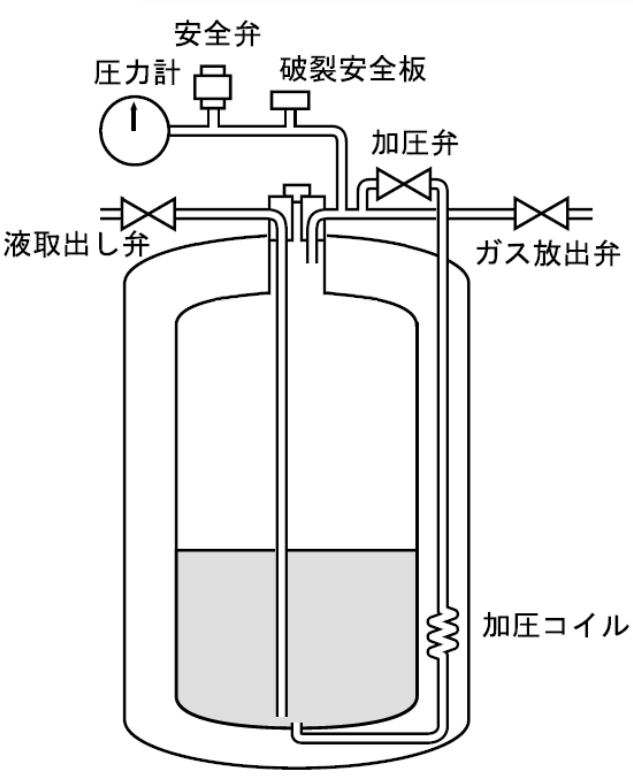
- 開放容器
  - バルブで閉止できない構造
  - 小さな容器は傾けて取り出し
  - 大きなものはサイホンを使う
- 密閉容器（自己加圧式容器）
  - バルブ操作により密閉可能で，蒸発器による加圧ができる。
  - 自己加圧によりサイホン取り出し

開放容器の取扱上の注意

- 真空槽に内槽を「くび」の部分で吊っている構造
  - 横倒し，振動に注意する。丁寧に取り扱ってください。
- 使わないときには付属のふたをしておく
  - 空気中の水分,酸素の溶け込みを防ぐ。
- 長時間保管すると酸素が溶け込んでいることがある
  - 火災など事故の恐れがあります
- 万が一，水分で容器が閉塞してしまったら･･･
  - 十分な安全対策の上，暖かい金属棒などで溶かして取り除く

密閉型容器の取扱上の注意

- 真空槽に内槽を「くび」の部分で吊っている構造
  - 横倒し，振動に注意する。丁寧に取り扱うこと。
  - 横転事故を起こしたらまず安全を確保し，異常がないか点検の上記録を残してください。
- 使わないときにはガス放出弁を開放し内圧を抜く
- 安全弁やバルブの凍結に注意
- 重量物であるので運搬には十分な配慮を。
  - 台車の利用を推奨します
- 高圧ガス保安法により定期検査が義務づけられています



自己加圧式容器の構造

事故（事故未満）情報の提供のお願い

低温室に情報をお寄せ下さい
今後の安全管理の参考となるよう共有化にご協力下さい

- 液化ガス，高圧ガス関連で事故が発生した
- 事故に至らずとも取扱中にトラブルを経験した
- 人身事故につながりかねないヒヤリ・ハット事例

低温室からの
寒剤払い出しについて

液体窒素の供給

- 開扉時間
  - 平日10時から17時まで
  - 土曜日11時から13時まで（授業期間のみ）
  - 夏休み，長期休業中は短縮営業
- 10Lを超える容量の容器は自動供給装置による供給
- 小容器は手動で供給してください

新しい液体窒素容器の登録について

- 自動供給装置を用いる容器
  - 最初の供給を受ける際，事前に連絡をしてください。
  - 登録の上，バーコードの付与
- 手動による供給を行う小さな容器
  - 登録不要
- 容器の移管，請求先変更，廃止
  - 随時ご連絡ください

自動供給装置の使い方

1. 扉を開け，タッチパネル表示器の表示を確認，消えていたら赤の「表示ボタン」を押す。「充填条件」をタッチ。

2. 配管が室温の場合には，予冷バルブを開け配管を十分に予冷する。

3. 容器を台秤の上に乗せ延長管を接続
   - 延長管は容器の中程に届くものを選ぶ。
   - リフトで高さを調整

4. 供給装置にバーコードを読み取らせ，供給設定値が設定されたことを確認。「充填状況」，「開始」をタッチするとバルブが開き供給が始まる。

自動供給装置の使い方

5. 設定量で自動停止するが，あふれても止まらぬ場合は「一時停止」で停止する。

6. 液量を確認し「終了」をタッチして完了
   - 再充填が必要なら「継続」をタッチ

- 自動供給後は備え付けドライヤーで氷結を解き延長管を外す
  - この際，備え付け革手袋を必ず用いる。

- 伝票の提出は不要です
  - 必要なら各自で供給量をメモして帰ってください。

小容器に手作業で供給

- 事前手続きは必要ありません。
- 供給所備え付けの自己加圧式120L容器から手作業で供給を受けられます
- 10L以下の容器に適用
- 専用伝票があります
  - 必要事項を記入の上提出
  - PDFでWEBサイト配布

注意事項

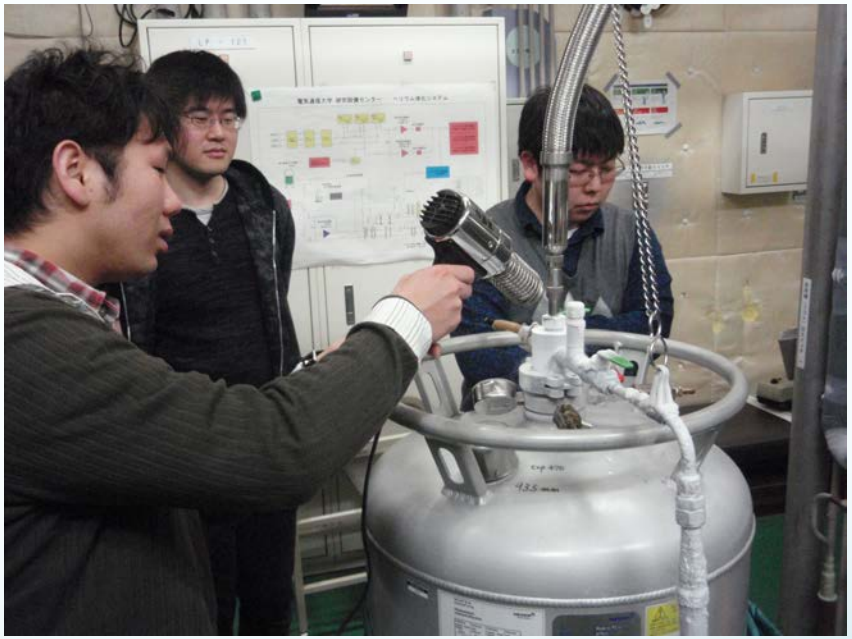
- 初心者は操作に習熟した人の指導の下で作業を行うこと
  - 初心者だけでくみ出しに行かせない
  - 少しでも不安があるときはあらかじめ指導を仰いでください
- 供給中はその場を離れない！
- 火気厳禁！
- 延長管を容器の底にぶつけないように！
  - 特にリフト使用時
- 手動バルブ操作禁止
- ヒートガン使用禁止
  - 機器を傷めます。備え付けのドライヤーを使ってください
- 供給後には後片付けをお願いします
  - 器具を元の場所に戻す
  - バーコードリーダーのコードを挟まないで！

液体ヘリウムの供給

- 供給日：毎週火曜日（休日を除く）9時30分から
- 前週の金曜日夕方までにメールで申し込み
  - 件名：「（供給日m/d）（研究室名）ヘリウム供給申込」
  - 本文：容器容量，供給時の残量予定，担当者名，連絡先，その他
    - 書式の統一にご協力をお願いします
  - 宛先：teion@rfc.uec.ac.jp
- 月曜日に開始時刻をWEBに掲出します
  - 個別に返信はしません
- 事前に打ち合わせが必要なケース
  - 250Lを超える大容器への供給
  - 室温の状態で窒素予冷が必要な容器への供給
  - 初めて使う容器である等

供給時の注意事項

- 供給作業は供給を受ける皆さんが行います。
- 習熟した担当者が作業に当たること
  - 初心者だけでくみ出しに行かせない
  - 不安があるときはあらかじめ指導を仰いでください
- 供給後，速やかに液量を計測し伝票を提出してください（課金，回収量の基準）



ヘリウムガスの回収

- 容器，回収量の管理は利用者側（研究室）の責任区分です。
  - 残置液量，ガスメーター回収量（回収率）の常時把握
  - 回収点検記録の保管
  - トランスファー前後の点検記録
- 常に容器の状態を把握してください
  - 容器の取り扱い方法や性質，ポート，落下物などの把握，容器履歴の継承

ヘリウムガスの回収

- 回収配管は加圧回収です
  - 一カ所でも開放箇所があると「すべての」ガスが漏出
  - 逆止弁をつけてください
- ポンプを利用する系統には純度計を設置
  - 空気の押し込みには十分注意してください
- ガスメーターを凍結させないで！
- 回収量の異常に気付いたら速やかに対処し，低温室に連絡して下さい
  - 回収点検記録の保管をお願いします

停電時の対処

- 液体窒素関連
  - 供給所は閉鎖します。供給は行えません。
  - 緊急に必要な事態の際には内線からご連絡ください。
  - 実験室の換気にご注意ください。
- 液体ヘリウム関連
  - 定常時の自然蒸発量の回収は継続します
  - 蒸発量の多い作業（トランスファー等）は禁止します
  - 状況によってガス回収を停止することがあります
    - 回収配管から切り離し，バルブ操作の依頼
    - 空気の逆流を防ぐ措置（ブンゼンバルブなど）

研究設備センター低温部門について

- WEB：http://cryo1.pc.uec.ac.jp/cryo/
  - 常時更新中（情報が古いことがあります）
  - 本資料を掲載します
- メールアドレス（低温部門ML） teion@rfc.uec.ac.jp
- 内線（緊急時連絡先）：5731
- 担当：島，小林 （東6-113）
- 不明な点がありましたら随時お問い合わせください