

液体ヘリウム利用者講習会 2026 →オンライン講習

研究推進課 野口 悟（高圧ガス保安係員）

1. それでは、これより令和8年度（2026年度）液体ヘリウム利用者講習会を行います。はじめに、今年度の講習会資料のアップがたいへん遅れたこととお詫びします。私は研究推進課の野口です。高圧ガス製造保安係員をやっています。高圧ガス製造保安係員は高圧ガスを製造する設備の安全確保に関する責任者であり、高圧ガス保安法という法律で定められた係員です。高圧ガスの関連で何かミスがあったとき、万一事故があったときにその責を負わなければなりません。そこで、万が一にでも事故が起こらないことが保安係員の最大目標であり、今回の講習会も液化ガス、高圧ガスに関する安全確保の周知、教育が大きな目的になっています。これまで毎年、開催していますが、今回はオンライン講習とさせていただきました。現地をご案内しない点は不安がありますが、いつでも繰り返し閲覧できるので効果があるのではないかと思います。

ここに液化室の写真がありますが、左が最大1500リットル入る液体ヘリウムの貯槽です。液体ヘリウムは沸点が4.2K(-269℃)ですから、断熱真空槽が必要な、いわゆる魔法瓶構造になっています。「魔法瓶」の意味が解らない人もいるかもしれませんね。容器が2重になっていてその間の断熱を確保するため、高真空になっている構造です。スライド10枚目にヘリウム汲み出し容器の切断写真がありますから、それを参考にしてください。もし、この真空が破れますと室温の熱により一気に爆発的に蒸発しますので、大変危ないという話をしていきます。

2. 2枚目は本講習のアウトラインです。

3. 3枚目は高圧ガスと液化ガスです。皆さんが研究室などで目にするガスボンベは酸素、窒素、アルゴン、ヘリウムなどいろいろありますが、日本では一般に、未使用で150気圧、14.7MPaです。ボンベの色分けなども法律で決められています。一方、液化ガスは液体ヘリウム、液体窒素などのことですが、これは蒸発すると体積が650~800倍になりますからガスボンベのさらに5倍程度圧縮されているということになりますので、これは大変な高圧ガスと言えます。詳しいデータは4枚目に載せてありますので参考にしてください。ここではまず大雑把に液体とガスの換算について話しておきます。7Nm³ボンベは7ノルマル立米（りゅうべい）と読み常温常圧で7立方メートルのガスが詰まっているボンベのことです。ヘリウムの場合これ（7Nm³）が液体で約10L（リットル）に相当するというわけです。液体ヘリウムは100L容器に汲んで運ぶことが多いので、これはボンベ10本分に相当する、などと想像してください。長尺カードルは普通のボンベの約10本分、液体換算で約100Lでこれが12本ありますので1200L、LHE1500Lの8割のガスに相当します。

それでは次に、液化ガスの危険性には大きく3つあることを話しましょう。「凍傷」と「酸欠」と「密封」です。液体ヘリウムを直接触ることはまず不可能ですが、内圧が上がっている状態でトランスファーチューブを外した時などは冷たい蒸発ガスにやられる恐れがあります。また、蒸発ガスの回収配管を触ったり、液体窒素を扱う（触る）ときにも注意しなければならないのが凍傷です。極度に冷やされた金属を濡れた手で掴むと瞬時に凍り付いて放せなくなり大やけどになります。軍手は液体がしみこむ余地があり、また少しでも湿っていると瞬時に凍り、手に密着するので厳禁です。低温を扱う場合はぬれていない革製手袋を着用し、これで冷たい金属パイプをつかみます（5枚目参照）。凍傷はその瞬間痛くもかゆくもありませんが、後からヒリヒリずきずき、メチャクチャ痛みますので、注意してください。ちょっとページをめくりましょう。

4. 4枚目は先ほど話した主な寒剤の物性データです。窒素、ヘリウムが代表的で、化学的に不活性なのでよく利用されます。液体水素と液体酸素はロケット燃料として有名です。液体酸素は、私は一度製造メーカーで見たことがあります。薄い青色でなかなか美しく感動しました。液体水素は一昔前まではめちゃくちゃ危険な液化ガスとして敬遠されていましたが、最近、環境に優しいクリーンなエネルギー源として注目されていますので要チェックです。ヘリウムは寒剤として非常に優れており、また量子流体として今でも基礎研究の対象

になっています。簡単におさらいしておきますと、沸点が 4.2 K でこれを思いきり減圧すると 1.2 K まで下がります。途中、2.17 K で超流動状態に移ります。超流動は粘性がゼロで、全くサラサラな流体です。同位体でヘリウム3というのがあり、これが通常のヘリウムとは全く異なる物性を示すなど、話題は尽きませんが割愛させていただきます。ヘリウムは高価な点が一番の難点ですね。一昨年は「ヘリウム危機」ということで新聞沙汰にもなりました。価格が一気に2倍に高騰しました。そういうわけでヘリウムは寒剤として使用した後は何としてもガスを回収しなければなりません。最後でもう一度述べることになります。

5. 5枚目は先ほど話した手袋の写真です。革製手袋はとくに液体窒素を扱うところに大抵置いてありますので、覚えておいてください。

6. 6枚目は酸欠の話です。酸素濃度症状ということでここにまとめてあります。21%が正常な酸素濃度で、10%以下で意識不明になります。怖いのはこれで、酸素濃度0%のガスは一息で意識不明になるということです。これは、1分間息を止めることができるということの意味が全然違います。どう違うのかよく考えてください。最近では寒剤を扱う部屋には酸素モニターを置くことが必須になってます。上が携帯用で下が定置式です。C10棟の液化室にはこの定置式酸素モニターが設置されています。いずれも、19%以下で大きな警報音（第1警報音）が鳴りドキッとさせられますが、まだ大丈夫ですから落ち着いて換気するなり、逃げるなり対処してください。部屋ということでは狭い部屋ほど簡単に酸欠状態になる、というのはよくわかるでしょう。それで、一番狭い部屋がエレベーターです。エレベーター内で液体窒素をこぼすとめっちゃくちゃ危ないというのは容易に想像できます。なのでエレベーターで液体窒素や液体ヘリウムが入った容器を運ぶときは基本、無人です。例えば1階の人がエレベーターに液体窒素の容器だけを入れ2階のボタンを押し、無人で2階に運び2階に待機した人が容器をエレベーターから運び出す、ということを行っています。これは2人がかりで手間でですけど必ず行ってください。また、エレベーターに乗ろうとしてドアが開いたとき中に液体窒素容器だけがある場合は液体窒素容器の運搬中ですから乗らないでください。特にC10棟はエレベーターが一つしかなく、遅いので待ちくたびれますが、待てば必ずエレベーターには乗れますし、手で持てる容器であれば、階段を上がるのも運動になりますので、ご理解のほどよろしくお願いします。

7. 7枚目は酸欠の死亡事故例です。酸欠事故は大きなプラントの定期点検中などによく発生しますが、教育研究機関でもごくまれにあるという例です。1990年にはNTT研究所で、1992年には北海道大学で痛ましい事故がありました。いずれも液体窒素によるものです。1992年の事故は低温実験室で停電があり貴重な試料である南極の氷が融けたら大変だということで、液体窒素を撒いたようです。酸欠の知識がなかったはずがないと思います。酸欠を甘く見ていたのだと思いますが、我々はこの事故例を糧に十分な安全管理を心がけましょう。じつは本学でもひやりとした事例を経験しています。今では液体窒素自動供給システムがあり、あふれることなく止まる仕組みになっていますが、昔はそうではなく、じつと見ていなければならなかったわけです。100L容器の場合けっこうな時間がかかり、ちょっと持ち場を離れたすきにあふれさせたのです、液体窒素を。たまたま私が液化室を通りがかった際、部屋をちらりと見ると100L容器から液体窒素があふれ出しており、誰もいない。これはいかんと思い、急ぎ中に入ってバルブを閉めたものです。これで事なきを得たわけですが、この事例のどこが問題かわかりますか？もちろん、持ち場を離れた人が一番悪いわけですが、急ぎ中に入ってバルブを閉めた私も、その時全く酸欠のことは頭になかったのも、もし、長時間液体があふれていて酸素濃度が低下していたならば、ぱたりと倒れたかもしれない、その可能性を全く考えなかった自分が怖い、というわけです。その当時はまだ酸素モニターも設置されていませんでした。酸欠は目にみえないので恐ろしいですね。つい昨年のことですが、徳島大学でドライアイスの酸欠死亡事故が発生しました。計画停電時の事故です。こういう事例はぜひ知っておくべきです。我々も十分注意しておきましょう。

8. 8枚目は液体窒素容器の閉塞防止の説明です。まず、フタの部分を見てください。ペットボトルのフタのようなネジがない。ただ上からかぶせているだけです。これで一方弁になっていることがお判りでしょうか。蒸発窒素ガスはフタをわずかに押しつけて外に逃げますが、空気は外から中には簡単には入れないですよ。外から中に入る際、何が一番厄介かというと水分です。水蒸気ですね。これは氷点以下で凝縮して凍りますの

で、赤で示したように氷がつく場合がある。最悪、気付かないうちに密封です。液体窒素がまだ残っているはずなのにガスが出てこないのではおかしいなあと、中を覗き込んで揺さぶったりすると氷が割れて一気に窒素ガスが噴き出るかもしれません。想像するだけに恐ろしいですね。ここに書いている通り、水の他にオイルなども凍ります。さらに液体ヘリウムの場合は空気でも凍って詰まりますので注意してください。ヘリウムガスの回収ラインを開放してはいけないというのは、高価なヘリウムがもったいないだけでなく空気を吸い込み閉塞トラブルを引き起こしかねないという安全面からの理由もありますので覚えておいてください。なお、シリコンチューブの一部にはさみで切り込みをいれたものをブンゼンバルブと言うそうですが、これも安全弁の役割を果たします。

9. 9枚目は8枚目と同じ話の実例です。阪大でこんな話があったと連絡があり、うちでも同様なことがあったと琉球大が返事した事例です。この類のヒヤリハットはけっこう起きていると思われます。共通点は使用した液体窒素を回収していたことです。液体窒素の回収は我々もよくやっていますが、使用した液体窒素は細かな氷がいっぱい混じっていますので、ガーゼや排水口ネットなどで濾して回収しています。これをしていなかったか、フタをせず開放していたか、原因はわかりませんが、ご注意ください。また、このような閉塞に対する対処法は銅管を差し込んで上部をヒートガンで熱するのが良いと私は思います。

10. 10枚目は液体ヘリウム容器の解体写真です。真ん中には当然液体ヘリウムが入りますが、そこと一番外側の間の空間は高真空になっていて外部からの熱流入を阻止しています。内側の容器は首のところのパイプひとつで支えられていますので、取り扱いには十分注意してください。

11. そういうわけで、例えば容器の移動、運搬に際しては転倒させないよう細心の注意を払う必要があります。転倒で単に液体がこぼれるというだけでなく、先ほどの高真空中で内層を支えているパイプにひびが入れば真空が破れ室温の熱が流入し、爆発的に液が気化することもあり得るということです。容器をしっかりと固定するのは不可欠ですが、過度な振動が発生するようなガタガタの道は避けるか、極めてゆっくり慎重に運んでください。同じ理由です。エレベーターの話は先ほどした通りです。

12. 12枚目は液化窒素自動充てんシステムの紹介です。液化窒素と液体窒素は同じ意味です。中百舌鳥キャンパス内に液体窒素 CE タンクが3つあり、どれも同じシステムが導入されています。CE タンクのそばにバーコードリーダーがおいてありますので、容器のバーコードと、研究グループごとに配布されたバーコードを読み込ませ、容器をロードセル式台ばかりの上に置き、汲み出しパイプを差し込みます。あとは充填開始ボタンを押すと自動充てんしてくれるというものです。もちろん、満タンで自動的にストップします。汲み出し量などもノートに記入する必要がなくなりました。安全面におけるメリットは容器のバーコードに満タン時の重量が入力されているので液体窒素が溢れないことです。つまり凍傷の危険性が減りました。これは当たり前のようですが、以前は液体窒素が溢れてはじめて満タンになったことが判り、自分でバルブを閉めていたわけです。詳細については <https://www.iao.osakafu-u.ac.jp/LN2/> をご覧ください。

13-18. 以上、安全面の話をしてきましたが、13枚目から18枚目まで液体ヘリウムの利用手順のスライドです。詳しい説明はホームページの「液体ヘリウム利用について」のタブに書いてありますので、ここでは割愛します。

19. 19枚目は昨年度ヘリウム液化室で行ったメンテナンスメモです。ご参考まで。なお、これとはべつに各担当教員の協力を得て、毎月、月末に回収配管のガスメータと純度計をチェックしています。このように大変な手間をかけてヘリウムガスの回収率向上を目指していることをご承知おきください。

20-21. 20-21枚目はヘリウム危機の現状ですが昨年と大きく異なるのは米・イラン戦争でカタールがやられたことです。これにより He 供給量がさらに減りますが、今のところ石油と同様米国が支えているようです。価格も昨年から変わらず、高止まりのままです。ただし、我々は今後も値上げがあることを予測して対応に当たっています。

以上で、2026年度液体ヘリウム利用者オンライン講習会を終了します。受講者はお手数ですが「2026年度液体ヘリウム利用者オンライン講習会を受講した」と川西さん宛にメール連絡を入れてください。その際、氏名

と所属、学年などの記入も忘れずお願いします。これは講習会のエビデンスとして必要ですのでご協力お願いします。よろしくお願い申し上げます。