OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	NMR装置移設のためのヘリウム回収作業
Author(s)	大城, 秀治; 津々美, 章子
Citation	大阪大学低温センターだより. 2026, 175, p. 16-28
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/104137
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

技術ノート

NMR装置移設のためのヘリウム回収作業

コアファシリティ機構低温科学支援部門吹田分室　大城　秀治, 津々美章子

１．はじめに

2023年11月、国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所の医薬基盤研究所（大阪府茨木市・彩都オフィス）に設置されていたNMR装置（BRUKER社製400 MHz）を、大阪大学大学院薬学研究科（大阪大学吹田キャンパス）へ移設させる工事がありました。本移設にあたり、NMR装置内に入っている液体ヘリウムを枯らし、ヘリウムをすべて大気放出する予定と伺いました。そこで低温センター吹田分室では、可能な限りこのヘリウムを回収し、移設先での装置立ち上げに再利用できないかと考え、今回のヘリウム回収作業に取り組みました。

２．位置関係

大阪大学吹田キャンパスと医薬基盤研究所の位置関係を図1に示します。医薬基盤研究所は大阪大学吹田キャンパスから北へ約5.5 kmの位置にあります。吹田キャンパスから医薬基盤研究所へ向かう経路は、全体として上り勾配になっています。医薬基盤研究所の最寄りの公共交通機関は大阪モノレール彩都西駅があり、大阪モノレール阪大病院前駅から2駅と比較的近距離に位置しています。このように大阪大学から地理的に近いことも、ヘリウム回収に取り組むことを検討した理由の一つです。



図1. 大阪大学と医薬基盤研究所の位置関係



図2. 移設するNMR装置

３．液体ヘリウムを入れたまま移設できないのか？

NMR装置（図2）の中には液体ヘリウムが入っています。移設と聞いて最初は「NMR装置の超伝導マグネットを消磁させた後、液体ヘリウムを入れたまま運搬すればいいだろう。そうすれば移設先で、すぐに励磁できるだろう。」と思いました。しかし、今回移設するBRUKER社製NMR装置は、どうしても中の液体ヘリウムを完全に枯らす必要がありました。主な理由として、動かすにあたりNMR装置内部の超伝導マグネットを固定させる必要があること、また、その固定作業を行う過程において真空断熱槽の真空を破らなければならないということでした。（真空断熱槽の真空を破ると液体ヘリウムは枯れてしまいます。）

４．事前準備

ヘリウム回収にむけた主な事前準備として、以下の２点について検討・対応を行いました。

４．１ ヘリウムの回収方法

まず検討したのは、ヘリウムの回収方法です。最初に思いついたのは「移動式圧縮機を使用する方法」でした。この方法はすでに大阪大学低温センター豊中分室が大学外からのヘリウム回収で使用した実績がありました。しかし、移動式圧縮機の使用には三相200 V電源が必要であり、今回の現場では当該電源を確保できなかったため、あきらめました。

次に、ガスバッグを用いた回収方法を検討しました。大型の袋にヘリウムガスを回収して搬送するもので、沖縄県の琉球大学や工業技術センターにおいて実施実績がありました。低温センター吹田分室では、すでに1 ㎥ガスバッグを3個保有していましたが、NMR装置内の液体ヘリウム蒸発ガス分を回収するには容量が足りないため、追加でガスバッグを準備する必要がありました。しかし、ヘリウム専用のガスバッグは高価であり、業者へ製作依頼したとしても時間がかかります。そこで今回、インターネット通販のAmazonで、すぐに入手可能な水バッグを購入・準備しました。水バッグは本来、水の貯蔵・搬送を目的とした製品ですが、ヘリウム回収用としても使用可能という情報を得たため、私たちも使用することにしました（図3）。使用した水バッグは2 ㎥タイプで、1個あたり3万円と比較的低コストであったことから、8個を購入しました。既存のガスバッグと合わせ約20 ㎥分のガスバッグを確保しました。なお、水バッグはそのままでは継手部からヘリウムが漏れるため、液状ガ



図3. ヘリウム回収に使用した水バッグ

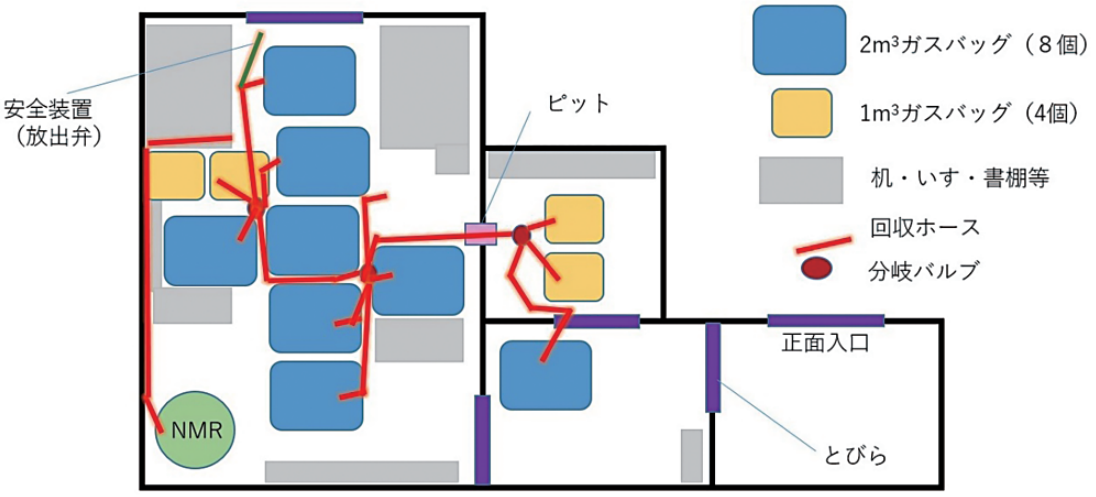


図4. 医薬基盤研究所でのガスバッグの配置図

スケット（スリーボンド製液状ガスケット1207C）で継手部にシール処理を施した上で使用しました。

医薬基盤研究所におけるNMR室は十分な広さがあったため、複数のガスバッグを室内に設置することができました。ガスバッグは、図4のような配置で設置しました。

４．２ ガスバッグの運搬方法

次に、ガスバッグの運搬方法について検討を行いました。ガスバッグを運搬するためには、ふくらんだガスバッグを積み込むことができる荷台の大きい箱型トラックが必要でした。また、ガスバッグの数が限られていますので、医薬基盤研究所から低温センターへガスバッグを搬送してヘリウムを抜き取った後、ぺしゃんこになった空のガスバッグを再び医薬基盤研究所へ戻して再設置する、という作業が必要になります。そのため、ガスバッグの運搬に適したトラックを確保するとともに、運搬費用をできるだけ抑えた効率的なスケジュールを立てることが重要となりました。一般に、大型トラックを使用すれば一度に多くのガスバッグを運搬できるため往復回数は少なくなりますが、車両費用は増します。一方、小型トラックでは1回あたりの運搬量が少なくなり、往復回数が増し



図5. 4トンロングワイドトラック
（大進運輸様）



図6. トラックへのガスバッグ積み込み作業　→

ます。これらを踏まえ、複数の運搬会社に連絡を取り、対応可能な業者を検討した結果、大進運輸株式会社様の協力を得ることができました。なお、往路運搬を大進運輸様にお願いし、復路は自家用車を用いてぺしゃんこになった空ガスバッグを搬送しました。

５．移設スケジュール表

図7に移設スケジュールを示します。11月6日の消磁作業および11月29日の励磁作業の日程に合わせ、ヘリウム回収作業についても十分な事前準備を行う必要がありました。

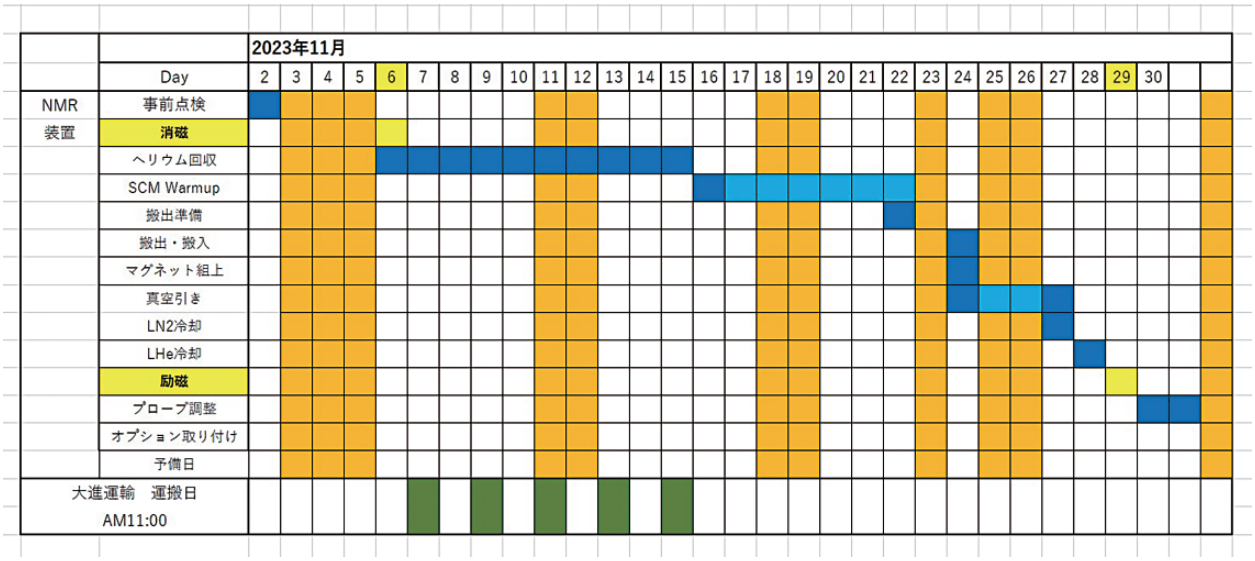


図7. スケジュール表

６．ヘリウム回収作業

ヘリウム回収作業の様子について、メモ書きをもとに紹介させていただきます。

11月2日（木）消磁前の事前準備（医薬基盤研究所NMR室）

10:00

数日前より進めていたガスバッグの事前準備および配置が完了した。

ガスメータおよびガスバッグ接続ホースのパージには、NMR装置からの自然蒸発ガス（通常は大気放出されているもの）を使わせていただいた。

NMR装置からの自然蒸発量を測ると　0.01 ㎥/h　であることを確認した 。

＊この値は、大阪大学吹田キャンパス内に設置されている400 MHz NMR装置の自然蒸発量とほぼ同じである。

11:00

11月6日の消磁作業日にむけてBRUKER担当者が液体窒素ジャケット槽の液体窒素を少し抜く作業をされる。

＊順番としては「消磁が終わってから液体窒素を抜く」と思っていたが、今後の段取り・作業効率上、少し抜いておいたほうがいいとのこと。全部は抜かない。またこれにより極端に液体へ

リウムの自然蒸発量が増えることはないとのこと。

作業の方法：NMR装置の液体窒素槽につながる2ポートを使用。一方のポートから窒素ボンベを使って加圧することで、もう一方のポートから液体窒素を追い出すという方法。

液体窒素のレベルメータ：24%（約22 L残した状態）で終わる。

12:30

液体窒素抜き作業後、しばらくガスメータの値を観察したが、BRUKER担当者の説明どおり、液体ヘリウムの自然蒸発量が増加することはなかった（図8）。



図8. 液体窒素追い出し作業
図内橙丸の2ポートを使う。片方から窒素ボンベで加圧することでもう片方から液体窒素を追い出す。

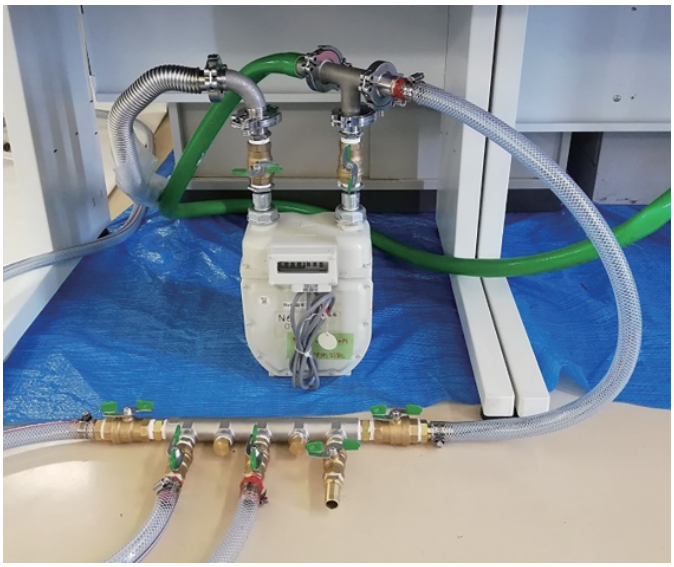


図9. 低温センターからもってきたHeガスメータ
これでヘリウム回収量を計測

11月3日（金）、11月4日（土）、11月5日（日）　３連休

11月6日（月）　消磁作業日

10:00

3連休後。液体窒素レベルメータ：15%　液体ヘリウムレベルメータ：77.0%。

消磁作業に入る前にNMR装置へ液体ヘリウムを追加充填する必要があるとのこと。

これはBRUKER社のルールで消磁作業は液体ヘリウムレベルが80%以上の状態で実施する必要があるため。消磁作業中にクエンチが発生することを防止する目的で、作業中に液体ヘリウム量が低下してしまう可能性が考慮されている。

11:00

BRUKER社が事前に手配していた液体ヘリウム50 L容器が到着した。到着後、すぐにNMR装置への液体ヘリウムのトランスファーを実施した。容器内の加圧には手もみガスバッグを使用。NMR装置から出てくる大量のガスがガスバッグに回収される様子を大城と津々美で注視。ヘリウムガスがガスメータを通過し、ガスバッグが少しずつ膨らんでいく。

11:50

液体ヘリウムのトランスファー終了。トランスファー時のヘリウム回収量：3.94 ㎥ 液体ヘリウムレベルメータ：93.7%

12:05

BRUKER担当者による消磁作業開始。

大城と津々美、クエンチ対策用の安全装置（図10）をスタンバイ。微圧計を注視する。

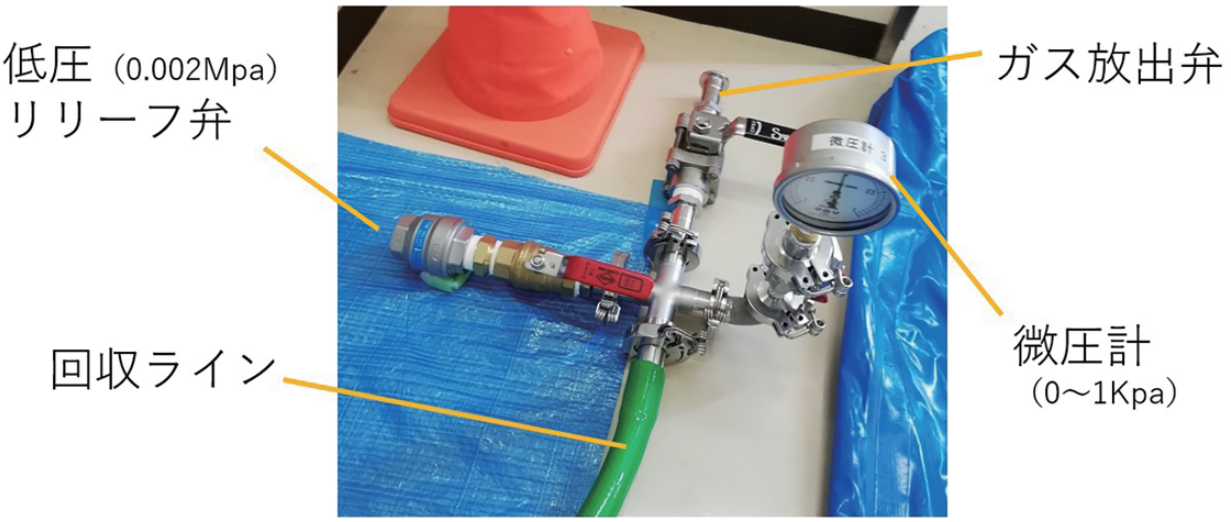


図10. 低温センターで準備したクエンチ対策用安全装置

12:30

BRUKER担当者の「メインを入れます」との言葉があり、その直後からヘリウムの蒸発ペースが早くなる。

微圧計の値が時間経過とともに上昇し、蒸発量が増えていく。

12:44→ 0.1 kPa 、　13:00→ 0.16 kPa 、　13:10→ 0.27 kPa

13:15

液体窒素の完全追い出し作業開始。

13:24

消磁完了。NMR装置の磁場ゼロになる。

この後、微圧計の値が少しずつ下がり、13:30には0 kPaになる。

13:30

液体窒素の完全追い出し作業終了。

14:00

液体ヘリウムレベルメータ：88.5%　　液体窒素レベルメータ：0%

（液体ヘリウム50L容器残量：23.6 L）

BRUKER担当者の厚意により、液体ヘリウム容器残量も回収させていただくことに。

NMR装置の自然蒸発量：0.042 ㎥/h　（蒸発のペースが通常の4倍になった。）

このままでいくと1.0 ㎥/day の回収量。

＊この段階で、正直なところ「想定していたよりも蒸発量が少ない」と感じた。

＊時間経過とともに蒸発量が増えてくれることを願った。

11月7日（火）　ガスバッグ運搬日（初日）

9:30

朝きてみるとガスバッグがほとんど膨らんでいなかった。

液体ヘリウムレベルメータ:88.0%

ガスメータ値を確認すると昨日からの回収量が1.0 ㎥しかない。蒸発ペースを計算してみると0.0523 ㎥/h。事前情報によると「NMR装置は液体窒素を抜くと24時間で7 ㎥蒸発する」はずだった。その算段で運搬トラックのスケジュールも手配していた。トラック到着の時刻がせまっていることもあり、可能なかぎり膨らましたガスバッグを用意したかった。

急いでとった方法は、BRUKER担当者からも許可を得ていたNMR装置内の液体ヘリウムの蒸発を促す方法であった（図11）。具体的にはNMR装置から出てきたヘリウムガスの一部を、トランスファーチューブ挿入口から装置内部へ戻してやることで、液体ヘリウムの蒸発を促す方法である。この方法により、2時間で8 ㎥分の量のガスバッグをつくることができた。

この方法は、液体ヘリウム容器を意図的に早く枯らすときによく用いられる方法の一つである。NMR装置内の液体ヘリウムの蒸発を促す方法としてBRUKER担当者から「ヒーターの役割をも

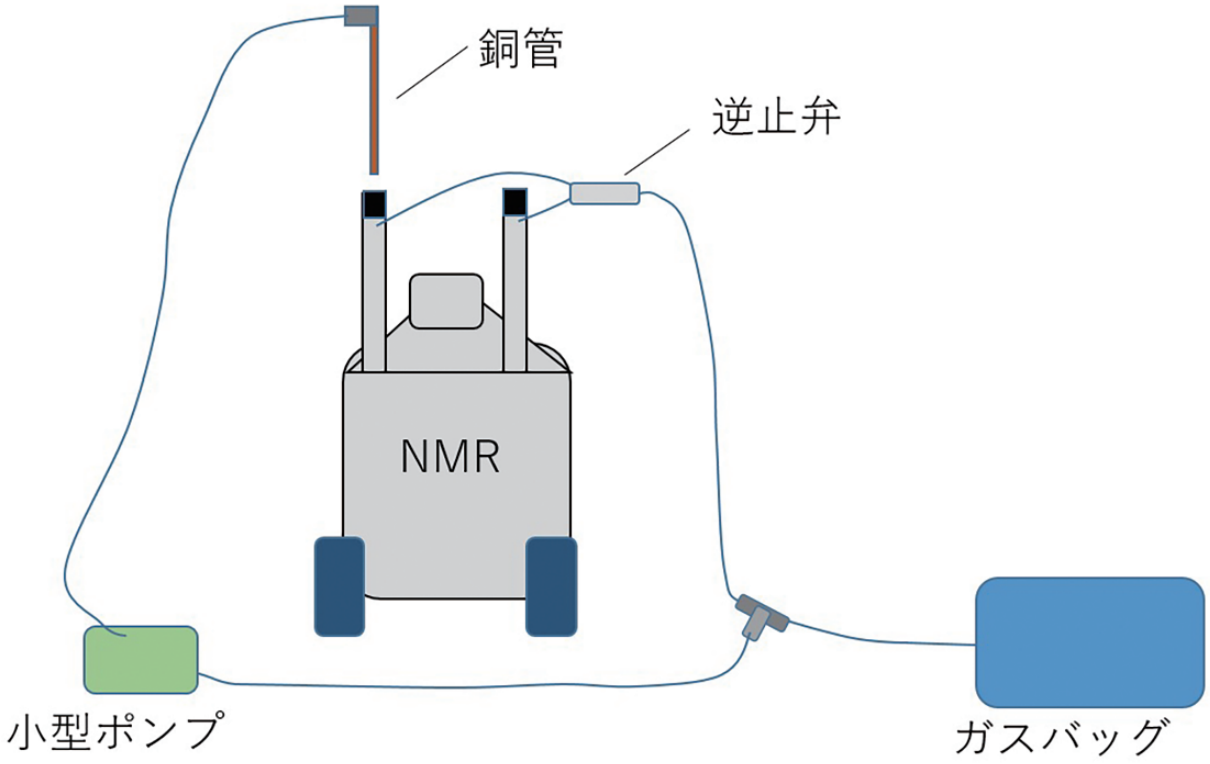


図11. 小型ポンプを使った回収方法（イメージ図）

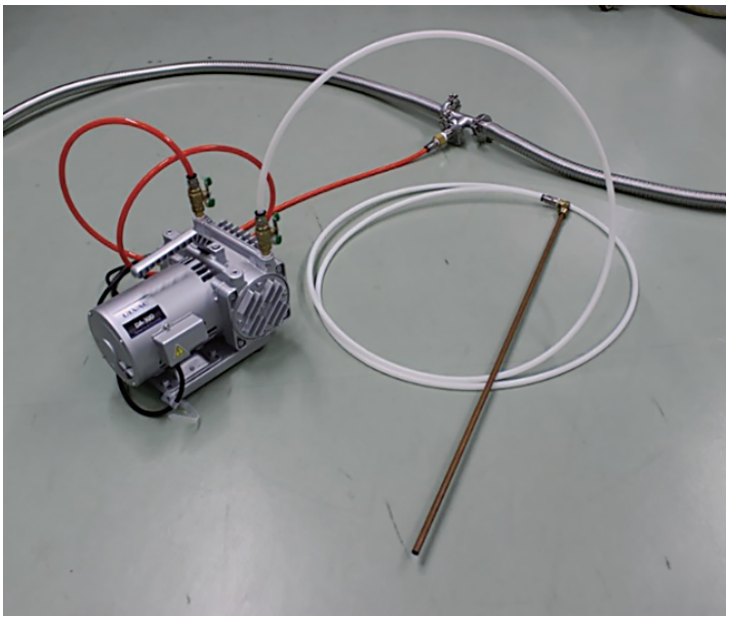


図12. 小型ダイヤフラムポンプと銅管



図13. 使用している様子

つ装置がすでにNMR装置内部に組み込まれており、それを使用することも可能」だと提案いただいた。ヒーターを使用することで蒸発速度を最大10%早めることができるという。とても魅力的な提案であったが、一度スイッチを入れると枯れるまで中断はできないということであった。こちらで用意しているガスバッグには限りがあること、また運搬トラックとのスケジュール調整が難しくなることから、ヒーターは使用せず、小型ポンプを使った方法で対応した。

小型ポンプ使用後の液体ヘリウムレベルメータ：71.3%　（液体ヘリウム容器：22.6 L）

この小型ポンプを使う方法で注意すべきことは連続運転すると、蒸発をあおりすぎてNMR装置の安全弁が吹いてしまう可能性もあることであった。NMR装置の安全弁を吹かせない程度に蒸発をあおる必要があるため、微圧計を見ながら、ポンプの吸い込み側バルブを閉じる、あるいはポンプの電源を時々切る、などしてペース調整する必要があった。

11月8日（水）

13:00

液体ヘリウムレベルメータ:67.5%

昨日からの蒸発量：3.8 ㎥　（蒸発ペース:0.1702 ㎥/h）

蒸発ペースは早くなっているが、まだまだ想定より遅い印象。このまま自然蒸発を待つだけだと、明日の朝、あわてることになりそう。小型ポンプを使った方法でガスバッグを膨らましておくことに。この日は5 ㎥分のガスバッグをつくった。

14:45

帰る前の確認。 液体ヘリウムレベルメータ:60.7%

11月9日（木）　ガスバッグ運搬日　2回目。

10:00

液体ヘリウムレベルメータ:54.9%　（蒸発ペース:0.1776 ㎥/h）

運搬トラックの荷台スペースに少し空きができそうなので、トラックがくるまでに小型ポンプを使った方法で6 ㎥分、追加でガスバッグをつくる。

11:00

低温センターへ戻り、ガスバック抜き作業開始。

13:40

医薬基盤研究所に戻り、空になったガスバッグを再配置。

少しだけ小型ポンプを使った方法でガスバッグをふくらませておく。

14:45

帰る前の確認。液体ヘリウムレベルメータ:43.5%



図14. ガスバッグの運搬風景

11月10日（金）

12:30

液体ヘリウムレベルメータ:37.7%　昨日からの蒸発ペース:0.1993 ㎥/h

少しずつであるが蒸発ペースは早くなっている。

明日の運搬日に備えて、小型ポンプをつかって6 ㎥分、ガスバッグをつくる作業を行う。

（液体ヘリウム容器:17.4 L）

14:00

帰る前の確認。液体ヘリウムレベルメータ:27.8%

11月11日（土）　ガスバッグ運搬　3回目

9:30　液体ヘリウムレベルメータ:21.5%　（蒸発ペース:0.20 ㎥/h）

9:33　小型ポンプを使った方法で4 ㎥分ガスバッグをつくる

11:00　液体ヘリウムレベルメータ:15.8%　低温センターへガス抜きに行く。

13:50　医薬基盤研究所へ戻ってくる

13:55　13日（月）の運搬日にむけて、ガスバッグをつくっておくことにする。

14:14　液体ヘリウムレベルメータ:9.7%　引き続き、小型ポンプを使った方法を行う。

14:34　液体ヘリウムレベルメータ:6.0%　このあたりから、小型ポンプを動かしているときの微圧計の動きがおとなしくなる。微圧計の針の振れ幅が小さくなる。
（小型ポンプによるあおりの影響が減少していることがわかる。）

15:00　液体ヘリウムレベルメータ:2.4%

15:15　液体ヘリウムレベルメータ:-0.5%
レベルメータがゼロになると、完全に枯れた状態になる、と思っていたが、表示がマイナスになったあとも、ヘリウムは出続けた。13:55から始めたガスバッグつくりだが、この時点で10 ㎥分になる。

15:45　液体ヘリウムレベルメータ:-5.1%

16:00　液体ヘリウムレベルメータ:-6.0%　NMR装置出口側のフレキホースの霜がとけはじめる。冷たいガスの流れ（蒸発量）が減少しつつあることが見てわかる。

16:30　明日は日曜日のため、自然蒸発分の回収ができるようにガスバッグを設置して帰宅。

11月12日（日）　休日

11月13日（月）　ガスバッグ運搬　4回目

9:30

朝きてみるとガスバッグがすべてぺしゃんこのまま。まったく膨らんでいない！！しばらく茫然とする。どこかホースがぬけていた？NMR装置からの蒸発がなくなった？いろいろなことを想像する。位置的に高いところに設置していたガスバッグが全く膨らんでいないことが気になった。（ガスバッグを複数設置したとき、高い位置においてあるガスバッグのほうから膨らむはずだった。）ガスバッグ確認していくと、直径1 mmほどの穴が開いていることに気が付く（図15）。ショック。

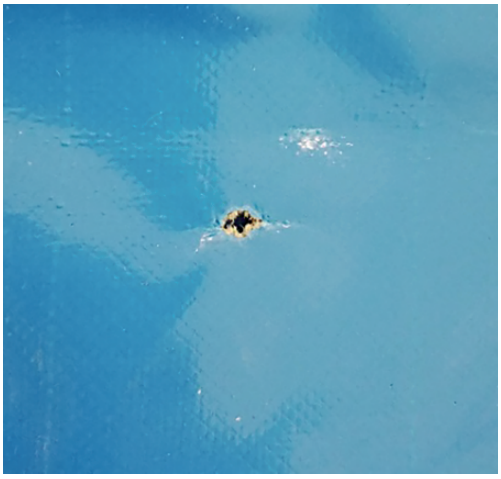


図15. ガスバッグに開いた穴



図16. ぺしゃんこのままのガスバッグ

この穴から土日分のヘリウムが逃げてしまい、その分の回収ができなかった。

（その後、検討したがなぜこの穴があいたのか原因がわからないままである）

気持ちを切り替え、トラック到着までに可能なかぎりガスバッグをつくる準備をする。

9:45

液体ヘリウムレベルメータ:-10.0%　（週末の蒸発ペース:0.18 ㎥/h）

ただ、小型ポンプを使ってみても、ガスメータがカウントしない！

このことから、週末でNMR装置内の液体ヘリウムは完全に枯れた、と判断した。

ガスバッグの穴が開くトラブルがなければ、週末の7.4 ㎥分回収できたはず。とても残念。

11月14日（火）

終わりが見えてきた。残りは液体ヘリウム容器内10 L分の回収。容器の中も小型ポンプを使用して完全に枯らす。すべてのヘリウム回収作業が終了。バルブ・ホース類の撤去・片付けに入る。

11月15日（水）　ガスバッグ運搬5回目。運搬および作業最終日。

ヘリウムが少し入ったガスバッグおよび空のガスバッグとバルブ・ホース類をばらし、トラックにのせ撤収。

７．吹田分室内でのヘリウム抜き取り作業

11月7日（火）～11月15日（水）の回収作業期間中、医薬基盤研究所からトラックで運んできたガスバッグを、低温センター吹田分室の第二実験室内に運びこみ、ここでポンプを使用してヘリウムガスの抜き取り作業を行いました。作業にあたっては琉球大学の宗本久弥技術職員から教えていただいて製作した真空ブザー（ガスバッグがぺちゃんこになるとブザーがなる装置）が役に立ちました。

1回の運搬分を約2時間かけてガス抜きし、空になったガスバッグを折りたたんで自家用車に積み込み、医薬基盤研究所へ戻った後、NMR室内に再設置しました。回収期間中、この往復作業を5回行いました。最終的に、今回のヘリウム回収作業によって計80.85 ㎥ 回収できました。



図17. 第二実験室での回収風景

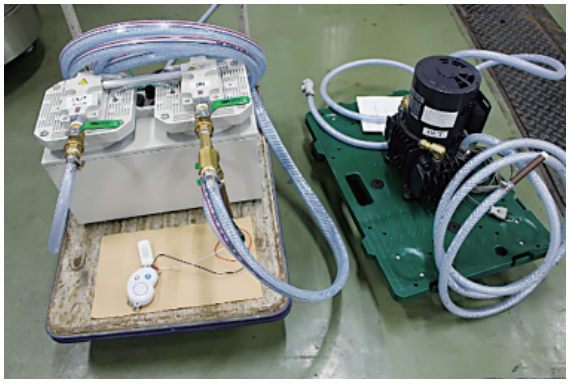


図18. 回収に使用したダイヤフラムポンプ

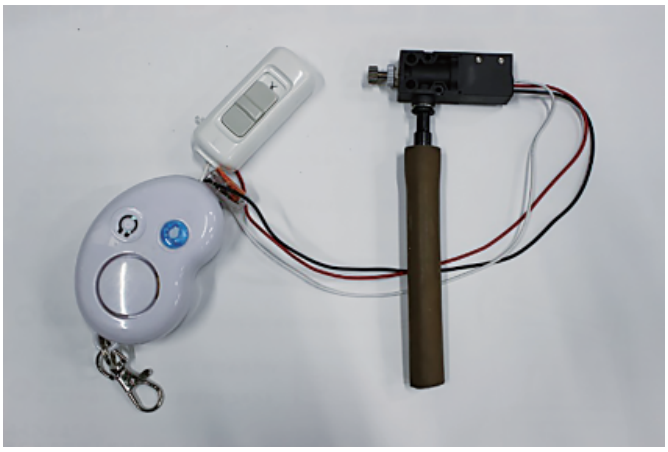


図19. 手作りの真空ブザー
ガスバッグ内が空になるとブザーがなる

日	曜日	運搬日	He回収量（m3）
11月6日	月		
11月7日	火	○	18.56
11月8日	水		
11月9日	木	○	18.30
11月10日	金		
11月11日	土	○	20.28
11月12日	日		
11月13日	月	○	16.49
11月14日	火		
11月15日	水	○	7.22

図20. トラック運搬日とヘリウム回収量
合計80.85 ㎥回収できた。

８．無事に稼働したNMR装置

薬学研究科に移設されたNMR装置の立ち上げ作業に必要な液体ヘリウムは、すべて低温センター吹田分室から供給しました。移設先の部屋は、すでに別のNMR装置1台が稼働していた部屋であり、低温センター吹田分室とつながる回収配管が整備されています。そのため、液体ヘリウム使用によって生じるヘリウムガスは回収可能である環境で立ち上げました。

立ち上げ作業では、液体ヘリウムを207 L供給・使用しました。

NMR装置は問題なく、無事に立ち上がりました。

９．おわりに

今回のヘリウム回収にご協力いただいたみなさまをご紹介させていただきます。

○国立研究開発法人　医薬基盤・健康・栄養研究所　笠原勇矢先生、亀岡なつ実様
○大阪大学大学院 薬学研究科 / 薬学部　淺原時泰先生、山口卓男先生
○ブルカージャパン株式会社　池田誠規様、川西祐貴様
○大進運輸株式会社　藤本勝則様、田中嘉拡様
○琉球大学　宗本久弥　技術職員

本件にあたり、医薬基盤研究所の笠原先生と亀岡様には、全体のスケジュール調整をはじめ、NMR室内におけるガスバッグの配置や運搬にいたるまで、さまざまな場面でご支援をいただきました。

また、ブルカージャパン株式会社の池田様、川西様には、準備段階から移設先でのNMR装置立ち上げにいたるまで、ヘリウム回収作業にご協力いただきました。特に、小型ダイヤフラムポンプを用いてNMR装置内の液体ヘリウム蒸発をうながす方法について、ご理解・ご承諾をいただけたことは、本作業を進めるうえで大きな助けとなりました。本手法を用いなければ、効率的な回収は難しかったものと思われます。

さらに、トラック運搬をお引き受けいただいた大進運輸様には、計画段階から低温センター吹田

分室まで足をお運びいただき、ガスバッグ運搬に適した車両の手配や準備を行っていただきました。加えて、状況の変化により生じた諸事情にも柔軟にご対応いただきました。

また、ガスバッグ回収で多くの実績をお持ちの琉球大学の宗本様からは、数多くの有益なアドバイスをいただきました。

皆様のご理解とご協力のおかげで、今回のヘリウム回収作業を無事に行うことができました。

ここに深く感謝申し上げます。