

安定したヘリウム回収率維持に向けて

宮内 幹雄^{a)}、近藤 裕^{a)}、敦賀 将太^{a)}、池田 博^{b)}

^{a)}筑波大学研究基盤総合センター（低温部門）

^{b)}筑波大学数理物質科学研究科物性・分子工学専攻（低温部門）

〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

要旨

低温部門では学内に液体ヘリウムの供給を行っている。ヘリウムは高価なガスのため一度使用したヘリウムは回収して再利用している。そのため定常的に供給を行うにはヘリウム回収を安定的に維持する必要がある。本報告では低温部門におけるヘリウム回収率維持に向けての取り組みについて紹介する。現在この方法によって90%以上の回収率を達成している。

キーワード：ヘリウムガス回収

1. 背景

ヘリウムは学内で強磁場発生装置、帯磁率測定装置、超低温発生装置、NMR装置等の寒剤として利用され低温実験には欠かせないものとして位置づけられる。ヘリウムの沸点は4.2 Kの液体で、貴重で高価なガスであるため供給システムはリサイクルシステムで行っている。つまり使用したヘリウムを回収することによって供給の流れが成立するシステムである。このシステムで完全なヘリウムガスの回収を行うことができれば苦労はないのであるが、僅かな隙間からでも漏れてしまうヘリウムガスは材質によって透過して逃げてしまうガスであり、現実的にはかなり難しいことである。それゆえ供給システムを

安定的に循環させるためには損失分のヘリウムを補充し必要な量のヘリウムガス量を常に保持することが不可欠となってくる。

さらに原料ガスであるヘリウムガスはすべて海外からの輸入に頼っている。国内での産出がない現状で、近年諸般の理由でヘリウムガスの輸入が制限される事態が起きている。このことは液体ヘリウムの安定供給に支障を起こす可能性を大いに含んでいる問題である。このような状況下、安定供給に必要な不可欠な方法は今あるヘリウムガスを如何に逃がさずに保有できるかに係ってくる。そこで、現在低温部門で行っている安定したヘリウム回収率の確保に向けた取り組みについて説明する。

またヘリウムガスの回収率確保は利用者の料金負担軽減へと直接結びつく。なぜなら補充したヘリウム量によって供給価格が変動するためである。

2. システム概要

図1にヘリウムのリサイクルシステムの流れを示す。リサイクルシステムは、(A)液化のためにヘリウムガスを液化用圧縮機で圧縮→(B)ヘリウム液化機で大型ヘリウム容器にヘリウムを液化→(C)大型ヘリウム容器から小型容器に移し替え実験室に運搬→(D)学内の実験装置に液体ヘリウムを汲み込み実験→(E)実験使用し蒸発したヘリウムガスはサブセン

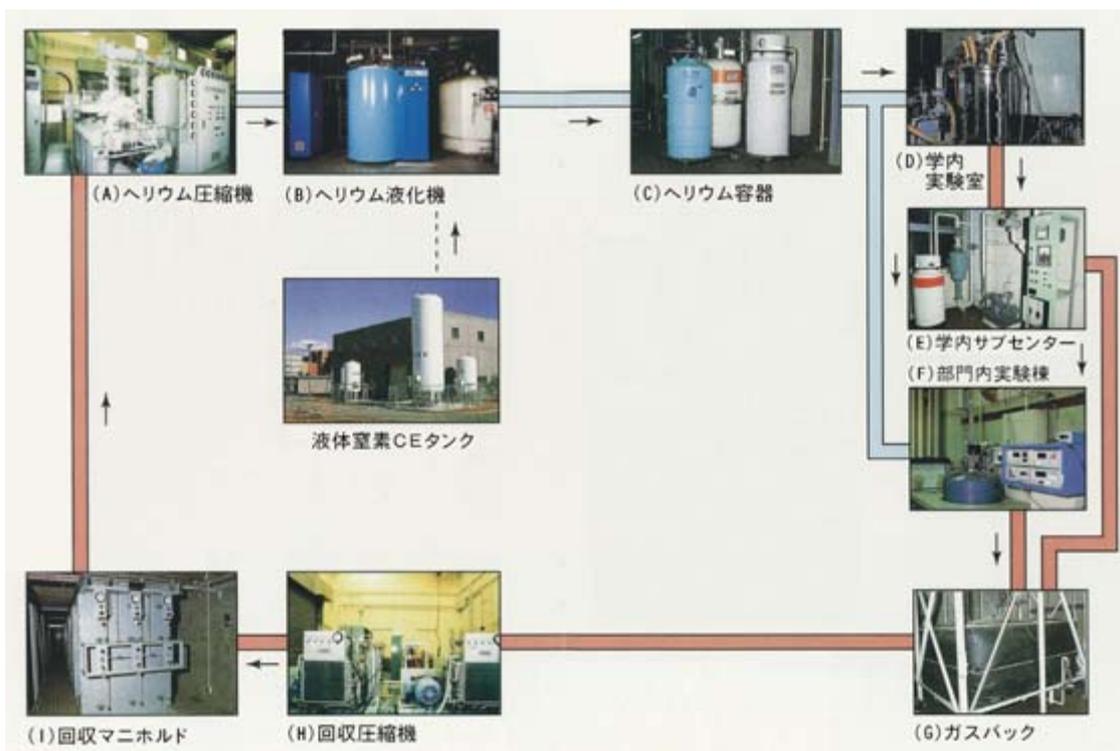


図1. ヘリウムリサイクルシステムの流れ



図2. ヘリウム回収配管

ターへ回収後、サブセンターからブローで低温部門に送風、(F)低温部門内の実験装置に液体ヘリウムを汲み込み実験、ヘリウムガスは直接低温部門ガスバックに回収→(G)全学からの回収用低温部門ガスバック→(H)回収されたヘリウムガスを高圧貯蔵するため圧縮→(I)回収ヘリウムガスの高圧貯蔵庫→(A)再液化され循環リサイクルが成立する。以上がヘリウムの供給システムである。

次に現在の回収配管の整備状況を図2に示す。学内に回収サブセンターが5箇所設置してありサブセンターを基点に建家内に毛細血管のように実験室まで配管が張り巡らせている。現在のサブセンターは工学系、自然科学系、総合研究棟B、理工学棟、TARAセンターである。サブセンターでは一度ガスバックに回収ヘリウムガスを回収し満杯になったらブローで低温部門にヘリウムガスを強制回収している。その他に4センターへの回収管が延びている。回収の方法は自然回収で直接低温部門のガスバックに回収されている。

このようにヘリウムの利用できる場所は、この回収ライン環境が整っていることが条件となる。これら低温部門から回収配管の末端までのすべて設備に対し漏れのない状態を構築することが低温部門の使命となる。以下に低温部門で行っているヘリウム回収維持向上に向けた取り組みについてハード面・リサーチ・ソフト面について優先度の高い順に述べていく。

3. 取り組み①：ハード面

ハード面とは設備の気密性能確保のことを云う。基本的なことであるが利用している設備から漏れがあっては回収率の向上はあり得ない。まずは徹底して漏れのない設備を目指すことである。点検方法はハンディタイプのヘリウムリークディテクタを用いている。図3に低温部門で使用しているリークディテクタを示す。最大感度は 10^{-5} liter/min、感知原理はガス種類による熱伝導の違いを利用している。ディテクタの先端から吸い込み、ヘリウムのとき反

応し目盛りが振れる仕組みである。現在4台保有して活用している。



図3. リークディテクタ

以下に個別の具体的な取り組み内容を区分別に説明する。

3.1 ヘリウム液化装置関係

この設備は大半が高圧ガス製造設備である。そのため高圧ガス保安法上、半年ごとに定期自主検査を実施している。検査の一環として気密試験を行うが検査はすべて自前での実施を基本として設備の状態の把握に努めている。漏れ等の発生時には修理を行い、定期的に点検して気密性を確保している。

3.2 運搬用ヘリウム容器

容器については液体ヘリウムをトランスファー中に目視で点検する。漏れが発生すると冷えたヘリウムガスによって垂直に白い煙が立ち登る。ヘリウムガスは空気より軽い煙は上昇するのでヘリウムによる漏れとして見分けることができる。白く見える煙は空気中の水分が氷となり白く見えるのである。(図4写真参照)

また他に些細なことであるが定期的なメンテナンスとして、利用者は無関心であるが漏れの発生が起こりやすいトランスファーチューブ挿入口の気密シール部のウイソンシールOリングへの真空グリスの塗布を定期的に行っている。

3.3 ヘリウム実験装置

これについては各研究室にあるため頻繁に訪問して漏れチェックは出来ない。そのため方針として装置を導入時に漏れチェックを行い漏れないことを確認している。この時点で行うことは重要で漏れがあれば納入業者の責任において補修が可能である。後の研究室での補修は費用が嵩み困難なことが多い。もし漏れがある場合は補修するまでトランスファーは認めてない。次に初めての液体ヘリウムのトランスファーには立ち会い再度漏れチェックを行うようにしている。これは室温の状態では漏れがなくても低温では漏れが出てくるが多々あるため行うのである。意外に継ぎ手部やOリングシールからの漏れが見つかることが多い。このように初期条件を揃えておけば後々の維持は容易となり、利用者サイドにおいてもヘリウム回収への意識の高さを持ってもらえるので有効であると考えている。

その他にリークディテクタを貸し出し利用者による自主的なリークテストをお願いしている。

3.4 回収配管

共同溝内の回収配管については恒久的な設備として長い間黙認してきた。しかし低温部門の高圧ガス設備の老朽化対策が取り出されている昨今、意識を見直し共同溝内の回収配管について点検を実施した。その結果、一部配管の腐食劣化が見つかり改修を余



図4. ヘリウムリーク

儀なくされた。図5が改修前と後の写真である。現在は半年に一回の自主検査時に毎回点検を行っている。

3.5 回収サブセンター

サブセンター5箇所を設置してあるガスバックの漏れ検査をした結果、3箇所のガスバックから漏れが見つかった。そのためガスバックの更新工事を行い漏れは解消した。また低温部門への送風ブロワーのベアリング部からの漏れ対策として気密性の高いベアリングに交換を実施した。

4. 取り組み② リサーチ

リサーチとは回収状況の調査のことである。定期的に回収率を把握し回収状態を掌握している。定期的な調査によって漏れ発生に対し早期発見が可能となり損失量を抑える効果がある。また容器状態を知ることによって、ヘリウム供給申込み予定や各研究室の実験状況等の情報の収集にもつながる。回収率の測定は供給のない月曜日に実施している。

回収率はサブセンター単位の流量計からみた測定とヘリウム総保有量の測定の2通りを行っている。回収率測定の場合は各サブセンターガスバック及び低温部門ガスバックを空の状態にした状態を基準として測定を行っている。測定結果は各サブセンターの回収率及び各NMRの回収状況、さらにヘリウム総保有量の結果からの減少量を計算している。なおヘリウム容器の液面測定にはカーボン抵抗を利用したポイント式液面計を使用している。総計計算表はエクセルで作成した。

腐食した配管



補修後配管



図5. 共同溝配管補修

図6に回収率測定の流れ図を示す。回収率測定の手順詳細は、(1) 分担し供給している研究室を訪問しヘリウム容器の液面を測定 (2) サブセンターのブロワーを回しガスバックを空として流量計を記録 (3) 総計データ台帳に測定データを記入 (容器の液量、サブセンター流量計、NMR 報告データ、低温部門回収ガスデータ) (4) 2 台のパソコンに総計デー

タ台帳とヘリウム供給台帳を入力 (5) 2 台のパソコンの総計計算処理結果の照合確認<入力ミス対策> (6) 回収率結果の検証<80%以下の回収率発生の場合は調査を実施> (7) 終了となる。図7に調査結果の表を示す。

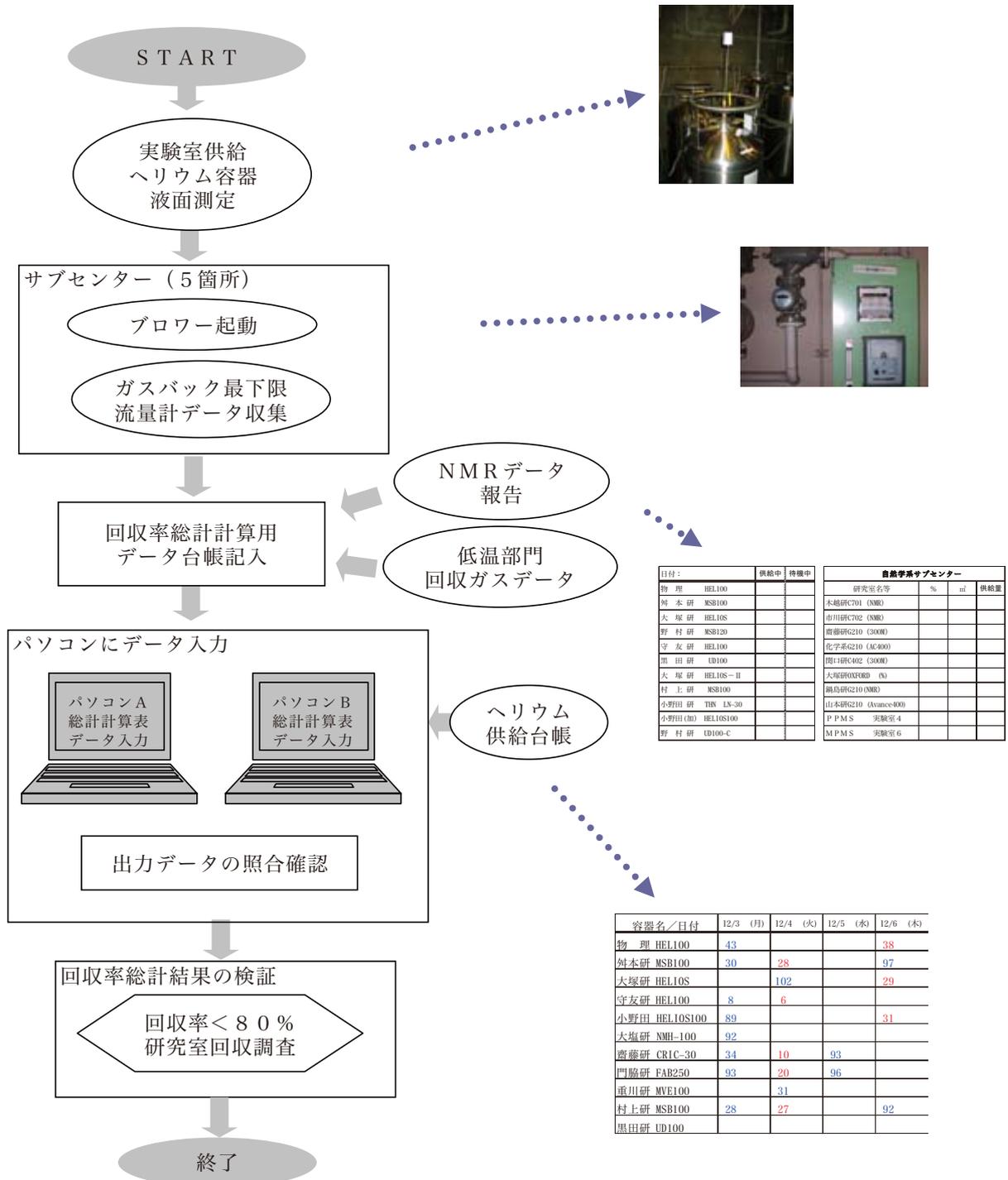


図6. 回収率測定フロー

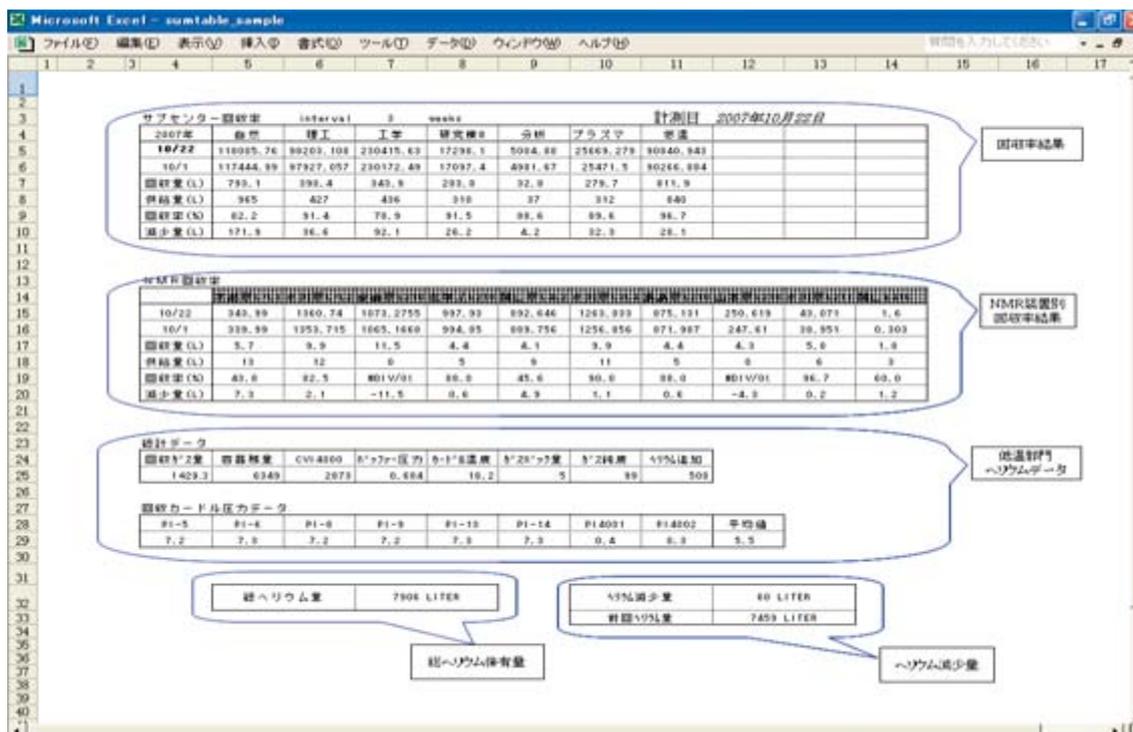


図7. 回収率測定結果

5. 取り組み③ ソフト面

ソフト面とは利用者によるトランスファー操作やヘリウム容器の取扱い上のことである。毎年新しい学生が入ってくる大学の環境なので、ヘリウム回収への関心や意識を高める必要がある。現在は研究室内での受け継ぎに委ねているが、たかがヘリウムされどヘリウムであり一研究室の漏れの発生が回収ライン全体からの漏洩に発展する怖れもあり得る。このことを踏まえて回収率測定をするため研究室訪問時には利用者とコミュニケーションを深め意識高揚を促している。図8に過去に発生したヘリウムロスを示す。

発生日	発生場所	原因	ロス量 (liter)
2007年1月	工学系G棟	マグネット装置回収ライン取り付けフロメータ回収接続口のホース割れ	31.5
2007年1月	工学系F棟	クライオスタットトランスファー挿入口ウィルソンシールOリング割れ	13.4
2004年5月	工学系M棟	ヘリウム容器移動時に回収バルブ閉め忘れ	29.9
2003年12月	工学系M棟	充填終了トランスファーチューブ引き抜き後容器トップのボールバルブを閉め忘れ	193.7
2003年6月	理修棟	NMR装置トランスファー終了後NMRトランスファー用回収バルブ閉め忘れ	152.7
2003年3月	工学系M棟	実験装置のヘリウム回収ホースの劣化割れ	38.5
2003年2月	理修棟	充填終了トランスファーチューブ引き抜き後容器トップのボールバルブを閉め忘れ	43.8
2002年12月	自然学系	ガスバック室容器置き場の回収バルブの接続間違いによりバルブ開放	72.8

図8. ヘリウムロス例

ヘリウムロスの原因が明確化したとき抑止効果の期待も含めペナルティとして追徴金を課している。

6. 回収率結果

6.1 サブセンター回収率

図9に2006年4月から2007年3月間のサブセンターの回収率のグラフを示す。グラフの変動は実験装置への充填等に関わっている。利用状況を充分把握して回収率の傾向を見極め、実際に回収率が80%割り込んだ時は速やかに原因を突き止めロスが持続しないように対処する。この定期的な回収率の調査が安定した回収率維持には必要なカギとなると考えている。

6.2 年間回収率

年間回収率は総ヘリウム保有量から計算する。計算式は

$$\text{回収率}\% = \text{回収量} / \text{供給量} \times 100$$

$$\text{回収量} = \text{供給量} - (\text{LHE 追加量} - \text{総量変化量})$$

で求める。図10が計算結果である。

7. まとめ

年間回収率は過去3年間90%以上を維持できている。定常的なヘリウムガスのロスとして、

- ①ガスバックからの透過によるロス
- ②液化機内部精製系パージによる放出ロス
- ③トランスファー時の初期ガスブローによるロス

以上3項目は避けられない損失として存在する。これに加えて操作上のミスによるロス量を考慮すると現在の93%以上の回収率は充分評価できる結果と考えている。

供給に対する低温部門のモットーは「液体はヘリウムが必要なとき、必要な量をより安い料金、安全に利用していただく」というものである。ヘリウムの供給リサイクルシステムの重要な役割である安定した回収率維持に向けて、今後もさらなる取り組みを展開して行きたい。

8. おわりに

回収システムの一つでも歯車が狂うとすぐに回収率は低下してしまいます。四六時中動いている回収システムを安定的に維持することの苦労を理解して頂ければ幸いです。また現在の回収率維持は低温部門のみの努力では為し得えません。利用者のみならずのご協力に感謝し、今後ともご協力をお願いしたいと思います。



図9. 回収率グラフ

供給量集計期間	供給量	LHE追加量	開始総量	終了総量	総量増減量	回収量	回収率
2006年度	82906 L	4161.7	7386	7290	-96	78840 L	95.1%
2005年度	69088 L	3748.5	7594	7386	-208	65548 L	94.9%
2004年度	80069 L	4225.8	7316	7594	278	75565 L	94.4%

図10. 年間回収率結果

High performance of helium-gas recovery system

Mikio Miyuchi^{a)}, Yutaka Kondo^{a)}, Shota Tsuruga^{a)}, Hiroshi Ikeda^{b)}

^{a)} Cryogenics division, Research Facility Center for Science and Technology, University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8577 Japan

^{b)} Materials Science(Cryogenics division), University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8577 Japan

The cryogenics division, Research Facility Center for Science and Technology, supplies liquid-helium to the laboratories in the university. Helium-gas is so expensive that the high performance of helium-gas recovery system is required. In this report we show our helium recovery system. We have achieved 93% of helium recovery rate by the system.

Keywords: helium-gas recovery