

Title	基礎工学研究科のヘリウム回収ガス管理
Author(s)	森本, 正太郎
Citation	大阪大学低温センターだより. 2006, 133, p. 12-16
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/5259
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

基礎工学研究科のヘリウム回収ガス管理

基礎工学研究科・ラジオアイソトープ総合センター 森 本 正太郎 (内線 6451)

E-mail: morimoto@mp.es.osaka-u.ac.jp

1. はじめに

大阪大学においては豊中・吹田両キャンパスにおいてヘリウムを再利用することにより、利用者は安価で安定した液体ヘリウムの供給を受けることが出来る。再利用を支える重要な要素は、専用の回収配管と、その管内のガスのヘリウム純度である。これらをいかに維持するかが液体ヘリウム利用者の利益につながっている。

本稿では基礎工学研究科（以下「基礎工」）のヘリウム回収ガスの管理について述べる。基礎工ではA-F棟までの回収管がD棟中央付近で一本の管でまとめられている。多くの研究室が回収管を共有しているところに基礎工（A-F棟）の特徴がある。そのため回収ガス管理は、その利用者の代表が交代で行って来て現在に至っている。ちなみに基礎工J棟のみ専用の回収管が敷設されている。また、平成17年12月現在では、基礎工G棟は改修工事中でA-F棟回収系に接続予定、H-I棟は回収系から切離されている。

本稿の中で、低温センターでの回収ガスのヘリウム純度の監視方法や、これまでに明らかになった回収ガス純度低下の実例も紹介する。本学の低温センターを中心とした高度なヘリウムの再利用システムの理解につながり、利用者が回収時のヘリウム純度の維持を考える一助になれば幸いである。

2. ヘリウムの再利用

ヘリウムの再利用により、安価で安定した液体ヘリウムの供給の受けられると述べたが、これを支える重要な要素の一つは、利用者側から低温センターとの間に敷設された専用の回収管である。ヘリウムガスを回収系に戻さず無駄に放出すると、新規にガスを購入しての補充が必要となる。またヘリウム純度の低いガスを回収管に流すと、不純ガスの除去行程の増加によって、液化効率の低下を招く。余計な行程の増加は液化機への機械的負担を増やし、機器の寿命を縮めることにつながり兼ねない。いずれの場合も最終的には利用者への供給価格の上昇に反映され、再利用の恩恵は減少することになる。

現在の豊中キャンパスに設置された液化システムは99%以上のヘリウム純度のガスが回収できるように最適化されて運転されている。この水準は他の研究機関と比較してもかなり高い部類に入ると思われる。回収ガス純度の想定値がもっと低い、もしくは管理されていない研究機関から異動された

利用者の場合、実験装置や回収系が上述の水準を満たしていない可能性もある。高い回収ガス純度の維持は、利用者にとって面倒が伴う場合もあるだろうが、最終的には液体ヘリウムの供給価格や供給量など利用者の利益に還元されることになる。

3. 基礎工のヘリウム関連連絡

基礎工のA-F棟では回収管がまとまっているため、加圧漏れ検査時には回収管を持つすべての研究室に、一斉に回収バルブを閉止してもらう必要がある。また回収ガス純度が低下した場合の、装置点検の依頼もすべての研究室が対象になってしまう。研究室や部屋の数も多くなった現在では、電子メールによる連絡を行っている。メールアドレスは各研究室からの自己申告をもとにしており、実験に実際携わっている教員・学生を中心に配信している。教員だけに配信したり、研究室内のメーリングリストを含めたりと、研究室に依って利用方法は様々である。また、クレームがついた時点で初めてメールアドレスの追加や削除を行うので、完全とは言い難いものだが、利用研究室の誰かには必ず伝わることを期待している。このメール配信では、回収管の検査や液化機の点検に伴う回収管バルブの閉止依頼、回収管の利用開始可能の通知だけでなく、停電に伴う回収停止、夏休み・年末年始の寒剤供給情報などを流すようにしている。後で述べるように、回収ガスの純度低下が見られた場合の利用者への点検依頼も行っている。

なお、この配信先の中には回収管は存在しても液体ヘリウムを利用していない方々も含まれ、申し訳なく思うが、伝わらないことを恐れているので、ご容赦願えれば幸いである。

4. ヘリウムガス純度低下時の対応

低温センターでは回収管毎（基礎工A-F棟、基礎工J棟など）と、回収ガスを集めた「蓄圧器」内について、ガスの純度計によるヘリウム純度のモニタが可能になっている。ヘリウム純度の低下が長時間改善されない場合には、低温センター側では液化機の保全のために、回収ガスの受入れを停止することになる。例えば基礎工（A-F棟）が原因の場合には、全研究室が回収管利用停止の被害を受ける。純度低下が見られた場合には、その程度（純度や継続時間など）により、大口の利用者宛に低温センターから、回収系の確認依頼が直接入る。特定できない場合などで、原因が基礎工A-F棟の場合には先に述べたメール配信を利用する。

最近では回収管毎のガス純度を常時モニタし、純度計の出力をパソコンに取り込めるように改良を加え、純度低下時の純度や発生時刻などを特定できるようになっている。時刻の特定により、利用者側でも運転中の装置が原因であるか否かの判断が付き易くなった。その結果、純度低下の原因特定につながる場合が多くなった。なお、現在でも純度モニタの結果がグラフ化され、液化室に掲示されているので、利用者は液化室開室時にはいつでも参照できる。

純度モニタの経時変化が示される以前は、利用者側もどこが原因か分からないために、自分のところは大丈夫だろうと思い込み、実験を中断してまで点検するといった対応には至らず、ほとんどの場合で原因を特定することができなかったと聞く。

基礎工A-F棟が原因の場合には、状況により利用者の研究室に純度計を持ち込んで、装置から

の回収ガス純度を計測させてもらっている。純度計で純度低下を見せることにより、装置の故障を容易に認識してもらえるようになった。ただ測定の手間がかかるだけでなく、複数の装置を計測して結果問題が無かったという場合もある。利用者側から見れば計測中の協力要請も含めて、いささか迷惑な話であることは測定している本人が痛感しているところである。やはり自己管理が最も良いと考える。先にも述べた液化室に掲示された回収純度モニタのグラフを参照しながら、実験を行うのが現状では大変有効である。

現在、液化室では回収管毎のヘリウム純度計の出力を取出し、不純ガスの濃度をデジタル表示として、Webカメラにて配信することを計画している。来年度（H18年度）からの運用を目標にして、液化室の開室時間に関らず、利用者側からパソコンのWebブラウザを利用して回収ガス純度の常時監視が可能になる。装置運転の前後で回収ガス純度が大きく変化した場合に、速やかに装置の点検を行ってもらえることを期待している。いわば「究極の自己管理」である。

5. 回収ガスにおけるヘリウム純度低下の実例

以下にこれまで主に基礎工で明らかとなった純度低下の実例のいくつかを挙げる。また、このような事態を防ぐ為に事前に行うべき留意点を「対策」として記す。

(1) 排気用ダイアフラム・ポンプの破損（複数回発生）：

【原因】液体ヘリウムベッセルに取付けたガスフロー型クライオスタットから、ダイアフラム・ポンプによりヘリウムガスを吸引して冷却したところ、ダイヤフラムの破損によってポンプ吸気口以外から空気が混入した。

【対策】ダイアフラム・ポンプの吸気口を閉じた時の排気量が規定値以下であることを確認してから実験を行う。規定値はメーカーに問い合わせること。一例としてアルバック機工製DA-60Sでは、到達圧力における排気量が30cc/分以下を正常としている。定量的では無いが吸気口閉止時の動作音からでも、慣れれば判断が可能な場合がある。ただし正常時に動作音を確認しておく必要がある。

(2) クライオスタットの試料室気密不良：

【原因】クライオスタット（この例では希釈冷凍機）においてヘリウムガスの減圧による冷却を行ったところ、試料室の気密不良（ピンホール）から空気が回収系に混入した。

【対策】試料室を真空に引いて良い構造ならば、真空引きテストののち実験を行う。ヘリウムの減圧を利用して4.2Kよりも低い温度を実現する場合には排気量300リットル/分程度よりも大きいポンプを用いる。小さな気密不良でも空気などの吸込み容積はかなり大きくなる可能性がある。

(3) ヘリウム排気配管の冷却に伴う気密不良：

【原因】クライオスタット（この例では超伝導磁石）においてヘリウムガスの減圧による冷却を行ったところ、排気配管の金属連結部が冷却され、気密不良となり空気を吸引した。

【対策】接合部分は冷却されにくい配置として、配管の加圧気密検査を行ってから実験を行う。なお常温で気密が保たれていても、冷却時に気密が破れる場合もある。目安としては霜が大量に付いて白くなる程度に冷却される部分には注意が必要である。また接続部にOリングを利用する

と、例えテフロン製のものでも低温では気密を破るそうである。

恥ずかしながら (1) の事例は過去に筆者も引き起したことがある。当時は筆者も低温実験に携わり始めたばかりで、知識も不十分であった。しかも回収ガス純度が低下した前後で、特に装置の運転モードも変えた訳でもなかった。なかなか自分たちの装置の不調であると認識できないまま、回収ガス放出に伴う液体ヘリウムの価格上昇を恐れ、不調の装置を回収系につなぎっ放しにしていた。しかし実際には、突然ポンプが故障して空気吸引を引き起していたのである。幸い (?)、他の大口利用者の液体ヘリウム移送に伴う大量のガスにより、不純ガスは薄まってしまったようであり、回収系につないだまま実験を継続した。測定が一段落した際に、ポンプを点検したところ不良が発覚し、冷や汗をかいたのも後も祭りであった。後でも述べるが、回収ガス量の正常値を日頃から注意していれば、運転中でも発見できたはずなのである。

上に挙げた事例のすべてでガスのヘリウム純度を測定した訳ではないが、多くの場合60-70%程度であり、中には20%程度のガスを排出していた場合もあった。またほとんどの場合、低温の発生など目的が達成されていたために、利用者は回収系の異常に気付かずに長時間、実験を継続していた。例えば (1) の場合では正常時に比べて排気量が4割強~7割弱、増えると考えられる。回収メータを流量の点検でも異常を発見できる可能性がある。装置の起動時と停止時に回収メータを記録するだけでも、即効性は小さいが長期的には有効である。また手持ちの液体ヘリウムベッセルの蒸発量も把握しておく、装置だけの蒸発・排気量の見積りを容易にできる。通常のベッセルでは1~2リットル/1日程度である。

なお (1) の事例に似ているが、特殊な例として「ガスバラスト」弁あるいは機構を持っており動作油から水分を除く運転モードを有する油回転ポンプの利用では注意が必要である。そのような水分除去のためのモードでは、吸気口以外から外気を吸入し動作油の一部とともに排気するために純度低下につながる。クライオスタットの利用は通常では水分除去モードは必要無いと思われる。なお、一日一度程度の短時間での水分除去運転は、ポンプ内部維持のために製造業者が推奨しているようである。

また、回収系への加圧安全弁の取付け不良による空気吸引や、液体窒素予冷の追出し不良の後、液体ヘリウム注入し失敗し、そのまま回収系に接続したまま点検のために昇温したところ、固化した窒素の蒸発ガスが混入した、などの例もあるそうである。

豊中キャンパスの回収系では回収ガス純度として99%以上という高い水準を維持していることを述べたが、装置設計や納入業者に依っては回収ガス純度に対する認識不足や、回収・再利用をまったく想定していない場合がある。機器納入時の設定で実験を行っても、空気の吸入が発生することもあり得る。

6. おわりに

基礎工のヘリウム回収ガスの管理にまつわる話題について述べた。繰り返しながら本稿が本学の低温センターを中心とした高度なヘリウムの再利用システムの理解につながり、利用者の回収時のヘリウム純度の維持を考える一助になることを希望している。ヘリウム回収ガスの純度低下に限ら

ないことだと思うが、故障の原因究明を妨げるのは一にも二にも、自分たちの装置は大丈夫という「思い込み」であると思う。経験者（筆者）が語るのだから、間違いない。先に挙げた事例では、通常通りの装置運転を行っていたために、まさか故障が発生しているとは思わない利用者（含む筆者）が大半であった。純度計を持込んでガス純度の低下の様子を見せても、むしろ純度計の故障を疑われた場合さえ初期にはあった。装置に対する愛情の裏返しとも考えられるが、目を曇らせてしまってはならない。

回収ガス純度の低下だけなら、ただちに大きい事故につながることは少ないかも知れない。しかし装置内の低温部分に空気を引込んで、固化した空気が排気管を詰まらせることにより密閉空間を作ることも考えられる。そこに例えば液体ヘリウムや低温のヘリウムガスがあった場合には、昇温で思わぬ高圧が発生することもあり得るだろう。液体ヘリウムが、室温では約750倍の体積のガスになることや、ヘリウムガスが5 Kから室温に移行すると体積が50倍以上になることを忘れてはならない。

事故や故障を怖れては何も進まない。何事も可能な限りの正しい理解に基づいて「正しく怖がる」ことが大切であろうと思う。故障は突然に発生し、また予想できないところで発生することがある。その防止や迅速な発見は、正常な運転状態を把握することから始まると思う。常に緊張感をもって液体ヘリウムの利用を含め、研究を推進したいものである。

7. 謝辞

本稿をまとめるに当たり、低温センターの竹内徹也先生、ならびに同センター豊中分室液化室の株 喜代次、川井 昭、古木 良一、隅野 良一の各氏には、液化機や回収ガス純度管理に関することを詳細にお教え頂いた。この場を借りて厚く御礼申し上げる。