

# ヘリウムリサイクルの取り組み

環境・資源班 萩 貴之

ヘリウムは空気よりも軽く、沸点が最も低い不活性な物質です。身の回りでは空中に浮く風船や声が変わるパーティーグッズとして重宝されています。一方で、ヘリウムガスは光ファイバーや半導体の製造工程、極低温の液体ヘリウムはMRIやNMRに使われている超伝導電磁石の冷却などに欠かせず、貴重な地下資源のため需給の逼迫が繰り返されています。これらの用途においてはヘリウムの代替物質を見出すことが困難です。本稿では当センターが琉球大学研究基盤センター極低温施設の支援を受けて実施しているヘリウムリサイクルの取り組みを紹介します。

## ヘリウムタイト

ヘリウムは液化天然ガス生産時の副産物として得られますが、産出国は米国やカタール、ロシアなどに限られています。日本は消費するヘリウムの100%を輸入に依存しており、世界的な需要急増と物流混乱、産出国の情勢不安などによる供給不足で価格高騰が続いています(図1)。この状況はヘリウムタイトと呼ばれ、近年急速に進行しています。そのため液体ヘリウムを利用した研究において、ヘリウム液化機を運用している大学では、蒸発したヘリウムを回収・液化して再利用する取り組みが進められています。

## 当センターにおける液体ヘリウムの利用

当センターが保有する超伝導電磁石のNMRは、医療用のMRIと同じ原理で、物質の分子構造を原子レベルで解析することができる研究用の分析機器です(図2)。超伝導電磁石から強磁場を発生させるために液体ヘリウムで冷却する必要があります。液体ヘリウムは、 $-269^{\circ}\text{C}$ と非常に冷たく、僅かに伝わる熱で蒸発して減少するため、これまでは年間200L(ガス換算140Nm<sup>3</sup>)が大気放散されていました。

## 沖縄県内におけるヘリウムリサイクル

県内では民間を含めて唯一琉球大学が液化機を運用しており、施設内の実験装置から蒸発したヘリウムを回収して再液化するリサイクル体制

を構築しています。しかしながら、液体ヘリウムは蒸発すると700倍以上に膨張するため、施設外では回収が困難になります。ヘリウムガスを圧縮すれば体積が減って効率的に輸送ができますが、液体ヘリウムの消費量が少ない事業者は費用も手間もかかる圧縮設備の導入が困難です。消費量に見合った回収・輸送方法が確立されていないことが、リサイクルの進まない要因になっています。これは全国的に共通する課題であり、ヘリウム液化機を運用する他大学においても同様の取り組みは進展していません。そこで我々は、可搬式ガスバッグを用いてヘリウムガスの回収に取り組みました。当センターで試行中のヘリウムのリサイクルのスキームは図3のとおりで、平常時と液体充填中に排出されるヘリウムガスを可搬式ガスバッグに回収して琉球大学に輸送し、液化して再利用しています。

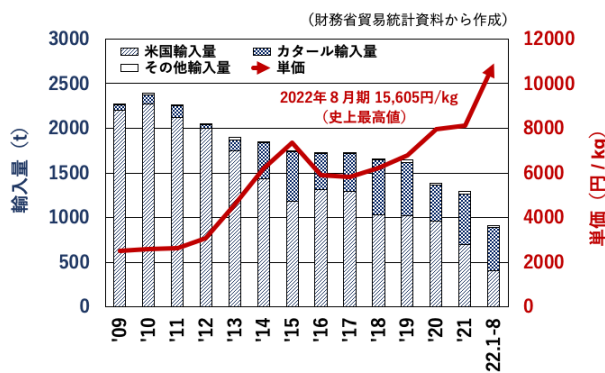


図1 ヘリウム価格の推移



図2 NMR (核磁気共鳴装置)

液体ヘリウムで超伝導電磁石を冷却すると電気抵抗が消失し、強磁場を発生させることができる。強磁場において試料にラジオ波を照射して発生する信号を検出することで、試料中の水素核、炭素核などの電子環境がわかる。当センターでは、亜熱帯・島嶼生物資源を利用する機能性化粧品や創薬シーズ開発などの研究で有機化合物の構造解析に活用している。

## 平常時のヘリウムガス回収

当センターでは、2022年1月からNMRとガスバッグをホースで接続してヘリウムガスの回収を開始しました(図4 a-c)。1日あたり $0.2\text{m}^3$ のヘリウムガスがたまり、2週間でガスバッグ3基(約 $3\text{m}^3$ )が満杯になります。ヘリウムガスは圧縮せずガスバッグのまま、2週間に1度トラックで琉球大学の極低温施設に運ばれ、ポンプで移し替えて圧縮貯蔵されます(図4 d-g)。

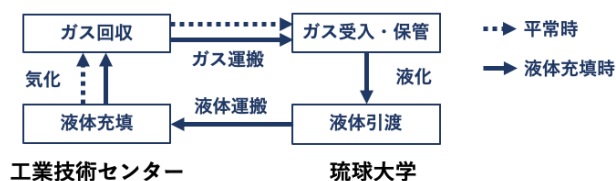


図3 リサイクルのスキーム



図4 平常時のヘリウムガス回収

ヘリウムガス回収用の可搬式ガスバッグ3基( $1\text{m}^3$ 、ダイゾー製)はNMRのヘリウムガス排出ポートにホースで接続されている(a)。ガスバッグのガス出入口はワンタッチで着脱でき栓もされるCPCカップリングを採用している(b)。CPCカップリングの裏側はガス出入口の閉塞を防ぐ金具が設置されている(c)。回収したガスは軽トラック(赤帽沖縄県軽自動車運送協同組合)で琉球大学に輸送され(d-e)、琉球大学で移し替えて貯蔵される(f-g)。

## 液体ヘリウム充填中のガス回収

貯蔵したヘリウムは液化されて半年分をまとめてNMRへ戻します(図5 a-b)。このとき液と入れ替わりに大量のガス(約 $10\text{m}^3$ )が勢いよく排出されるため、ホースを太いものに交換し、ガスバッグも多数接続して回収を行います(図5 c-f)。

本取組の結果、年間 $140\text{Nm}^3$ のヘリウム放散量が $6\text{Nm}^3$ 以下に抑えられ、貴重な資源の節約とNMRの運用コスト削減が可能になりました。ヘリウムの損失をゼロに近づけるために今後も改善が必要です。

本取組にあたり、ヘリウム回収設備設置と運用方法など技術支援をいただいた琉球大学研究基盤センター 宗本久弥様に感謝申し上げます。また、ご協力くださいました沖縄科学技術大学院大学 高田一馬様、一般社団法人トロピカルテクノプラス 知念綾子様に感謝申し上げます。



図5 液化ヘリウム充填時のガス回収

極低温施設のヘリウム液化機(a)で液化したヘリウムは琉球大学の液体容器に詰めて4トントラック(ウイングゲート車、株式会社村山運送)で工業技術センターに運ばれる(b)。NMRのヘリウム排出口は、空気が流入して液体ヘリウム槽内で凍るのを防ぐために逆止弁が設けられている(c)。液体ヘリウム充填中は背圧を抑えるために逆止弁を取り外し、内径25mmのホースに付け替えておく(d)。充填作業はNMRメーカーのブルカー・ジャパン株式会社が実施している(e)。ヘリウムガスで膨らんだガスバッグ(当センターの可搬式ガスバッグと琉球大学の可搬式筒型ガスバッグを使用)と使用後の液体容器は、4トントラックで琉球大学に戻る(f)。