

[010] 九州大学低温センターだより表紙奥付等

<https://hdl.handle.net/2324/1866697>

出版情報：九州大学低温センターだより. 10, 2016-03. 九州大学低温センター
バージョン：
権利関係：

伊都地区センターHe 回収・精製・貯蔵システム増設について

低温センター 上田 雄也 佐藤 誠樹
超伝導システム科学研究センター 松尾 政晃

1. はじめに

九州大学低温センターでは、伊都地区センター・箱崎地区センターの2つの地区センターにおいて低温を利用する研究者に対し低温寒剤（液体窒素・液体ヘリウム）の供給を行っている。伊都地区センターは平成18年度に設立され、平成19年度10月より工学研究院・システム情報科学研究院等に対し寒剤供給を行っており、平成27年度10月からは伊都キャンパスに新たに移転した理学研究院に対し寒剤供給業務を開始した。一方、箱崎地区センターは農学研究院と馬出キャンパスの医学研究院・歯学研究院等に対し液体窒素寒剤供給業務を行っており、農学研究院が移転する平成30年度まで継続して行う予定である。

伊都地区センターでは、毎年25,000リットルを超える液体ヘリウムを供給しており、理学部移転に伴い供給量は約40,000リットルに増加し、ヘリウムの回収環境を整備することが急務となってきた。このため、数年に亘り概算要求を行ってきたが、ようやく平成26年度概算要求にて、He回収・精製・貯蔵システムの増設がみとめられた。今回はこの増設した設備について、詳細を記述する。

2. 既存設備と増設設備

ヘリウムは希少で高価な資源であり、多量の液体ヘリウムを利用する多くの機関では、蒸発ヘリウムガスを回収・精製・再液化する方法が取られている。九州大学低温センターでも同様に、各低温実験で使用された液体ヘリウムは蒸発ヘリウムガスとして回収され、精製による不純物の除去工程を経て、液体ヘリウムに再液化・再利用されている。既存の設備と本予算により増設された設備は表1のとおりである。

表1 既存設備 と 増設設備

設備名	既存設備 能力	増設設備 能力
ヘリウムガスバッグ	30 m ³ ×2 台	50 m ³ ×1 台
ヘリウム回収・精製用圧縮機	50N m ³ /h ×2 台	100N m ³ /h ×1 台
高圧外部精製器	50N m ³ ×10 h or 100N m ³ ×5 h	100N m ³ ×5 h
回収用長尺カードル	1,924 m ³ (74 m ³ ×26 本)	2,220 m ³ (74 m ³ ×30 本)
精製用長尺カードル	1,036 m ³ (74 m ³ ×14 本)	1,110 m ³ (74 m ³ ×15 本)

設備名	既存設備 台数	増設設備 台数
液体ヘリウム自動供給装置	1 台	1 台
ヘリウムガス分析システム	0 台	1 台
水素除去装置	0 台	1 台

上述のとおり、伊都地区センターの液体ヘリウム供給量は、平成27年度10月の理学部移転に伴い、倍増することが見込まれている。平成26年度の概算要求では、液化機以外の回収・精製・貯蔵設備の能力を倍増させることを基本仕様とし、精製ヘリウムガスの成分分析を行う機能（ヘリウムガス分析システム）と精製ガス中に含まれる微量水素を除去できる機能（水素除去装置）を追加した。

既存のヘリウムガスバックの材質はクロロプレンであったが、増設したヘリウムガスバックはヘリウム透過量の少ないアルミ蒸着式（膜材：ポリエチレン／アルミ蒸着エバール／ポリウレタン／ポリエチレン）を選定した。アルミ蒸着式のヘリウム透過量はクロロプレンと比べ、約1/100～1/1,000と極めて小さい。ヘリウムガスバックの容量は、当初、既存設備30 m³の2倍の60 m³で検討していたが、設置スペースの問題があり、50 m³のものを選定した。

九州大学低温センターでは、回収されたヘリウムガスの精製は外部精製器により行っている。ヘリウムガスの精製は、精製ガスの純度が100%の状態を保持し、精製槽内圧力10MPa以上を30分間保持できれば、循環運転から充填運転に自動的に切り替わり、精製ガスが精製用長尺カードルに充填される仕組みである。精製能力はヘリウム回収・液化用圧縮機的能力に依存し、既存の高圧外部精製器は、50N m³/hのヘリウム回収精製用圧縮機2台が接続されており、50N m³/hの運転と100N m³/hの運転が選択可能となっている。

一方、増設した高圧外部精製器は、増設した100N m³/hのヘリウム回収・精製用圧縮機1台と1対1対応となっており、10N m³/hの精製運転となる。ちなみに、充填運転時にヘリウムガスバック内のガス量が低下した場合は、ガスバックレベルコントロールが作動し、回収用長尺カードルからガスバックに自動的に補充されるようになっている。

増設した回収用長尺カードルと精製用長尺カードルは、屋内のスペースと床荷重の問題から屋外に設置した（図1）。伊都キャンパスでは周囲の景観が重要視されており、カードルが幹線道路から直接見えないようルーバーが設置されている。



図1 増設した長尺カードル

3. ヘリウム分析システム

ヘリウムガス分析システムの仕様を表2に、外観を図2に示す。

高圧外部精製器により精製されたヘリウムガスは、通常時は高純度を維持できているが、精製能力限界を超えると微量な水分や窒素、油分が精製ガス中に生じる恐れがある。これらは液化効率の低下を招くだけでなく、最悪の場合はヘリウム液化機タービンの故障等重大な不具合を引き起こす要因となり得る。重故障は長期間に亘る液体ヘリウムの供給停止を意味することは言うまでもない。

ヘリウムガス分析システムは、ヘリウム液化機本体

表2 ヘリウムガス分析システム仕様

検出物	測定範囲
CxHy	1-30 vpm
N ₂	1-100 vpm
H ₂ O	1-100 vpm
OIL	0-250 ppb

に導入される材料ヘリウムガス中の不純物を運転中連続測定して、予め設定した不純物濃度のしきい値を超えたヘリウムガスが観測された場合、速やかにヘリウム液化機を停止することにより、ヘリウム液化機の重大な故障を未然に防止することができる。また、バルブの主導切り替え操作により高圧外部精製器出口側ガスの成分測定も可能であり、高圧外部精製器の正常運転状況を監視することができる。

これまで数回の測定を行い、高圧外部精製器が精製ガス純度低下により停止する前に、ヘリウムガス分析システム上で窒素濃度が短時間で急激に上昇することが判った。

4. 水素除去装置

高圧外部精製器によって精製されたヘリウムガス中にわずかに水素成分が含まれていることが、別途行ったサンプリング分析調査により判明した。また、これを原材料とする液化運転中や液化停止後の自然昇温中に液化機 HP ラインから高濃度の水素が検出されることも判った。外部業者によるサンプリング分析結果を表3に示す。

水素除去装置は、このヘリウムガス中に含まれる微量水素 (ppb～ ppm オーダ) を測定・除去するために導入された装置である。本装置運転にはキャリアガスとして高純度ヘリウムガス (99.9999%以上) を必要とする。運転不能期間をなくすため、水素除去カートリッジは2系統手動切り替え式となっている。水素除去装置の仕様を表4、外観を図3に示す。

測定回数はまだ少なく混入原因も不明ではあるが、今回設置した水素除去装置により、液化ラインに水素が存在することが判り、昇温過程 (液化直後ではなく1～2週間後) で水素濃度が徐々に上昇することも判った。この原因は圧縮機オイルの分解や液化機内部配管・熱交への水素付着が考えられるが定かではない。今後、測定エリアの限定や液化機内部配管温度との相関関係を確認するなどの手法によりデータを積み重ねてゆき、水素成分の発生傾向を掴んでいきたい。



図2 ヘリウムガス分析システム外観

表3 サンプリング分析結果

測定箇所	水素濃度 (ppm)
精製ガス	0.007
HP ライン (液化中)	0.030
HP ライン (昇温中)	1.5

表4 水素除去装置 仕様

測定範囲 (ppm)	除去後 (ppm)
0.01～10	0.001 以下



図3 水素除去装置外観