

ヘリウム液化機低温バルブの修理について

近藤裕、宮内幹雄、敦賀将太
筑波大学研究基盤総合センター 低温部門
〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

ヘリウム液化機の液送ラインとサククションラインに使用されている低温バルブの劣化による漏れが発生し4000Lヘリウム貯槽（以下、貯槽）の液化ヘリウム蒸発量が増加するトラブルが発生した。今回、パッキンの材質を変更して修理し漏れを止め貯槽の蒸発量を減少させた。

1. はじめに

低温部門では学内に液化ヘリウムを安定供給するためヘリウム液化機の運転を行っている。ヘリウム液化機で液化されたヘリウムは三重管トランスファーチューブを通り貯槽に送られ貯蔵される。さらに小分け用ヘリウム容器に充填して学内の実験室に供給を行っている。図1にヘリウム液化機のフロー図を示す。ヘリウム液化機には液送バルブ（CV150）、サククションバルブ（CV170）があり、貯槽とつながる三重管トランスファーチューブに流れ

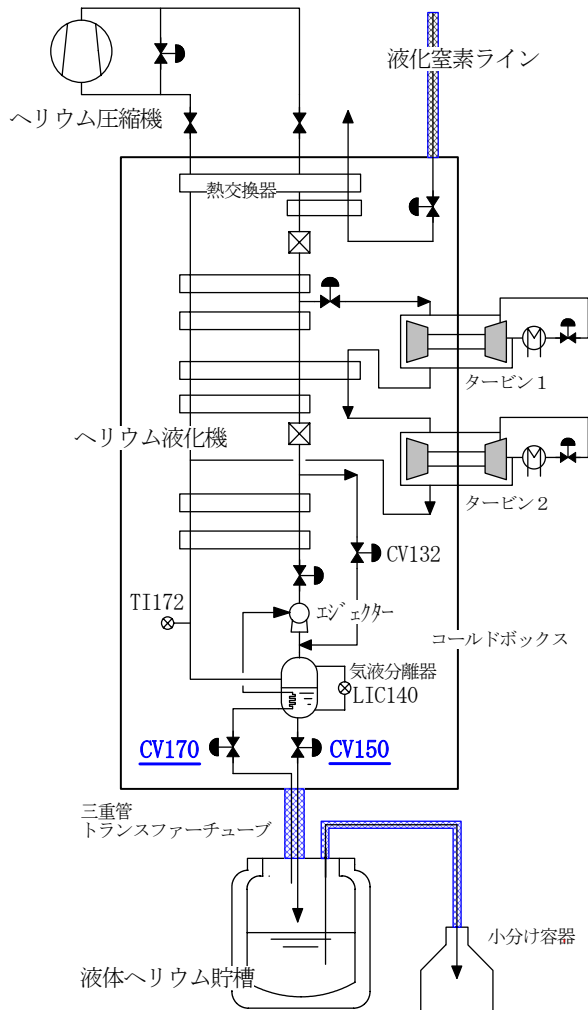


図1. ヘリウム液化機フロー図

るヘリウムの流量調整を行っている。図2に三重管トランスファーチューブの構造図を、図3に断面図を示す。一番内管が液送ラインで液化機のCV150から液化ヘリウムを貯槽へ送るためのラインである。その外周が貯槽からの戻りガスが液化機側に引かれエジェクターのサククションへ送られるサククションラインでCV170とつながるラインである。そして一番外管が真空断熱層となり、三重管トランスファーチューブを構成している。

ヘリウム液化機のバルブに漏れがあると液化機側の圧力が三重管トランスファーチューブを通り貯槽側へ抜け、貯槽内の液化ヘリウムを蒸発させる原因となる。

今回の修理はCV150、CV170のバルブに漏れが発生したことによる貯槽の蒸発量増加の対策として、パッキンの材質をそれまでの四ふっ化エチレン樹脂（以下、テフロン）から機械的強度に優れ、極低温における寸法安定と耐衝撃性が特長の三ふっ化塩化エチレン樹脂^[1]（以下、三ふっ化樹脂）に変更しパッキンを作製して修理を行い問題なく使用できるか検証することにした。

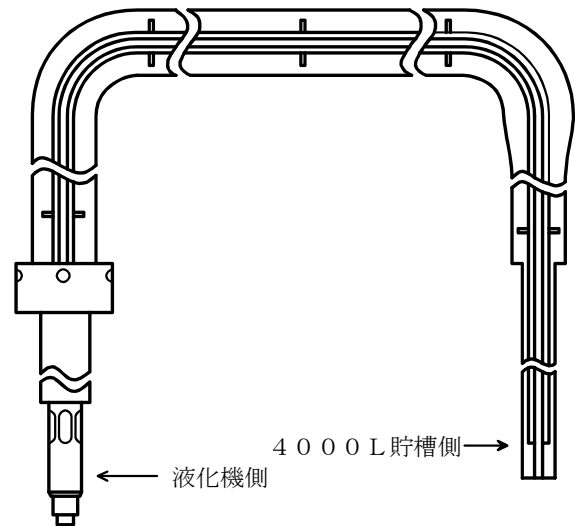


図2. 三重管トランスファーチューブ構造図

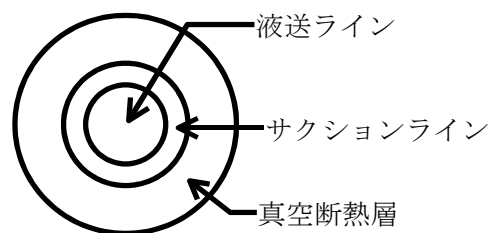


図3. 三重管トランスファーチューブ断面図

2. 貯槽の蒸発量の状況

液化ヘリウムは真空断熱された貯槽に貯蔵されており、貯槽内は電磁弁によって0.035MPaの圧力を保つようコントロールしている。我々は貯槽内での自然蒸発による圧力上昇分をガスバッグへ回収するラインに流量計を設置して、液化運転停止後から一晩あたりの流量計データを収集し回収量のモニターを行っている。このデータを基に液化ヘリウムが多量に蒸発していないか調べることで貯槽等に異常がないか確認している。

図4にトラブル前の蒸発量データを示す。休日開けを除く一晩当たりの蒸発量は約20m³前後であり、通常の蒸発量である。図5にトラブル後の蒸発量を示す。一晩あたりの蒸発量は約30m³前後となり増加していることがわかる。

3年前にも同様のトラブルが発生して、それまでと同じ材質のテフロンパッキンを用いてバルブの修理を行ったが、再び蒸発量が増加した。

漏れの原因と考えられるバルブは、長い棒状の先端にパッキンが取り付けられており、じゃばら部分を空圧で伸縮させ上下動で開閉する構造である。そのためパッキンが押しつけられ薄くなり、僅かな隙間ができて気密が保たれなくなると考えられる。

そして液化機側の圧力が貯槽側へ抜けていると考える根拠として、トラブル前と比較して液化運転前内圧力が通常より0.02~0.03MPa低い値を示していることから、液化機のバルブが原因と判断した。

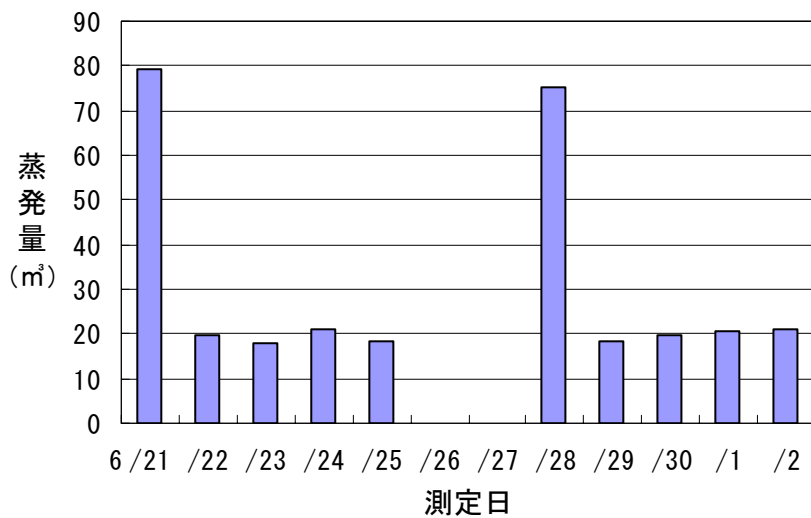


図4. トラブル前貯槽蒸発量

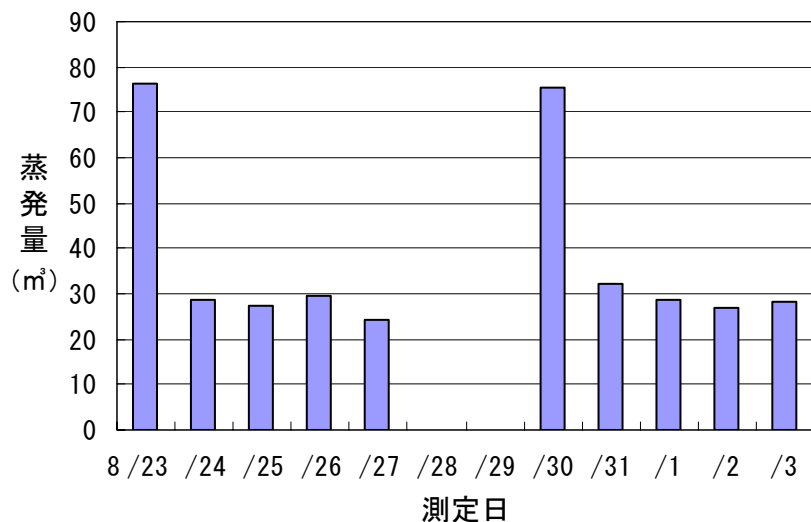


図5. トラブル後貯槽蒸発量

3. 交換パッキンの作製

図6に新しく作製したパッキンの図面を示す。正規の寸法を把握していないため以前に修理を行った際に取り外したパッキンから厚さを0.5mm増した寸法とした。

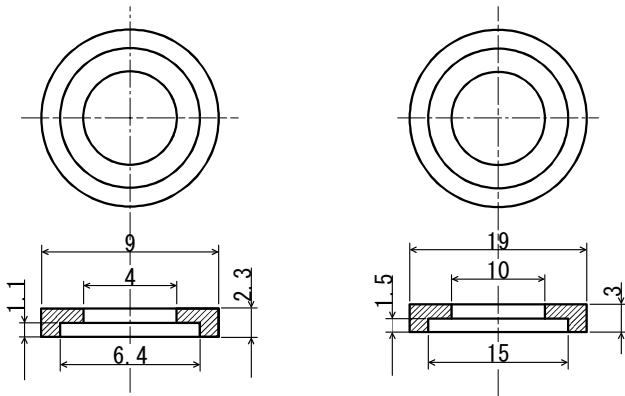


図6. パッキン図面 CV150(左)と CV170(右)

図7に作製したパッキンを示す。作製の切削過程での歪みがないことをマイクロメータで測定、確認して取り付けることとした。

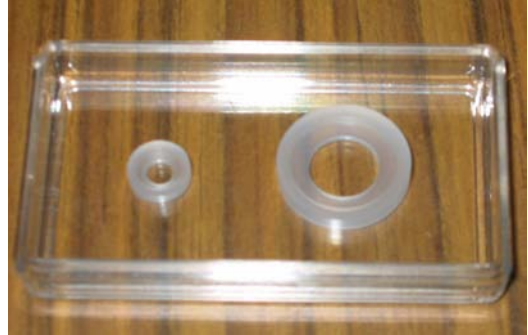


図7. 作製した三ふつ化樹脂パッキン

4. パッキンの交換作業

液化機は冷えた状態でバルブを外すと内部配管に空気を吸い込み霜等が付着してしまい液化運転に支障をきたすため加温運転をして常温まで温めなければならない。バルブを取り外す前の準備として一日以上の時間を要する。ヘリウム液化機と貯槽とが三重管トランスファーチューブでつながっていると液化機のバルブを引き上げたときに貯槽の圧力が逆流してしまうため、三重管を抜かなくてはならないが、そのままでは低温のガスが吹き出し危険なため貯槽内の圧力を零にしなければならない。これは蒸発量を測定しているラインから徐々に内圧を抜いて行った。そして液化機内の圧力を零にしてバルブの引き上げ作業を行った。

図8に液化機外観図を示す。作業スペース確保のためコの字形をした液体窒素断熱配管を取り外す。液化機側と貯槽側とを平行にしながら三重管トランスファーチューブを引き上げ液化機と貯槽との縁を切る。トップフランジ上にあるCV150、CV1

70のバルブを引き上げる際、パッキン当たり面保護のためバルブを全開にし、取り付け袋ナットを緩め少し引き抜き、木ブロックに仮置きする。その後バルブを全閉にする。液化機の電源を切りコントロール用電気配線及び駆動用計装空気配管を取り外す。これで完全にバルブ単体となり液化機から引き上げることができる。図9に引き上げたCV150、CV170の全体図を、図10及び図11にパッキン取り付け部を示す。バルブ先端のパッキン押さえとパッキンを取り外して、新たに作製した三ふつ化樹脂パッキンを取り付けた。

復帰作業は、空気の混入を防止するため液化機バルブ挿入配管内をヘリウムガスで十分にブロー後、引き上げ作業の逆手順で行った。取り付け後バルブの動作テストを行い、液化機三重管トランスファーチューブ挿入口から漏れがないことを確認し、三重管トランスファーチューブを挿入して作業を終了した。



図8. 液化機外観図



図9. バルブ全体図CV150(上)と CV170(下)



図10. CV150パッキン取り付け部



図11. CV170パッキン取り付け部

5. 結果

ヘリウム液化機運転停止後から一晩当たりの貯槽の蒸発量を測定した結果、図12に示すように約20 m³前後に戻すことができた。表1にパッキン交換前蒸発量平均値と交換後蒸発量平均値の比較を示す。

この結果から、パッキン交換後は一日当たり液換算で約15 L、年間でみると約5500 Lの蒸発損失を減らすことになる。今後の課題としてはテフロンパッキンで3年間程度の使用期間を三ふっ化樹脂パッキンでどれくらい延ばせるかである。

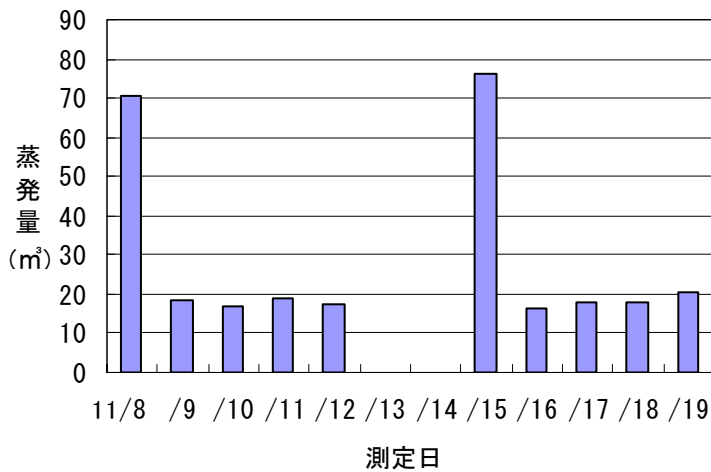


図12. パッキン交換後貯槽蒸発量

表1. パッキン交換前後の蒸発量の比較

パッキン交換後蒸発量平均値	17.9 m ³
パッキン交換前蒸発量平均値	29.0 m ³

謝辞

本報告にあたり、ご指導ならびにご助言をいただいた研究基盤総合センター低温部門 吉崎亮造教授、池田博講師、古谷野有講師に感謝いたします。

参考文献

- [1] 日本弗素樹脂工業会 主なふっ素樹脂の種類と特性
<http://www.jfia.gr.jp/fusso/tokusei.htm>