

ヘリウム液化機タービントラブルについて

○高山 敬史

自然科学研究機構 分子科学研究所 機器センター

概要

平成 21 年 5 月、分子研明大寺地区の KOBELCO 製ヘリウム液化機の高段側タービンが故障した。設置後 21 年目となるヘリウム液化機に何が起きたのか。その原因はタービン系統へ送る冷媒ガスの流量を制御する、コントロール弁へ信号を伝達する制御器の誤信号発信によるものであった。

現在、液体ヘリウムの供給は 1 キロ強離れた分子研山手地区に設置されている、ヘリウム液化機 TCF20 によるバックアップ運転を行って、応急的に対処している。

本報告ではトラブルの経緯と、その後の対応についてあらゆる面から詳細に報告する。

1 ヘリウム液化機タービンの故障

平成 21 年 5 月 14 日午前 9 時 30 分、タービンへガスを供給する系統の圧力が急上昇した。(表 1 桃線) それに伴い高段タービンが回転停止 (同 緑線)、低段タービンは回転不安定になりながらも圧力変動に追従した。

(同 茶線) 原因はタービン系統のガス流量をコントロールする制御系の誤信号の発信によるものであった。運転開始後、クールダウン時にタービン出口の温度低下によってタービン回転を加速させる際に誤った信号が出力された。タービンには過回転防止装置が備わっているが急激な圧力変動には効果はなかった。その後、タービンを引き上げて状態を観察したところ回転軸が完全に固着していた。写真 1 は取り出したタービンを示す。

1.1 タービン故障後の対応

タービンの修理を (株) 神戸製鋼所に依頼したが、メーカーはすでに液化機製造から撤退しており、タービンを製作する部門もないため故障したヘリウム液化機は修理不可能という判断になった。

分子研には明大寺地区から 1 キロ強離れたところに山手地区があり、このキャンパスにも液体ヘリウム製造装置があるので、明大寺地区の液化機が更新されるまでは応急的にこの地区より液体ヘリウムの供給を受けることになった。次に、その経緯について報告する。

表 1. ヘリウム液化機の運転ログ



写真 1. タービン

2 山手地区からの液体ヘリウム供給

急きょ山手地区から液体ヘリウムの供給を受けることになった。山手地区にはリンデ社製 TCF20 液化機が稼働している。これは主に、920MHz の NMR 用に運転している。山手地区の年間の液体ヘリウム供給量は約 15,000ℓ であるが、明大寺地区の年間の液体ヘリウム供給量は 50,000ℓ 弱になる。このため、TCF20 をフル稼働せざるを得なかった。このような事態を想定して、もともと準備してあった組カードルを整備して液化機が故障してから約 1 か月で山手地区からの液体ヘリウム供給体制を整えた。

2.1 ヘリウムガスの輸送

液体ヘリウムの輸送はヘリウム容器を運搬することで比較的楽に運ぶことができる。現在は、共通容器 50ℓ×4 台、100ℓ×15 台および研究室専用容器 50ℓ×1 台、100ℓ×10 台のベッセルにて供給を行っている。

問題なのはヘリウムガスの運搬である。現在、12 本組のカードルを 8 基用意して 4 基ずつを交互にローテーションして週 2 回ほど、明大寺地区と山手地区を往復している。液体に換算して、週 1,000ℓ を供給できる計算になる。表 2 に実際のヘリウム運搬実績を載せる。

組カードルの輸送を開始したのは 6 月 22 日で、山手地区から液体ヘリウム供給を受ける事となった。

年月	運搬容器の回数	カードル運搬の回数	液体ヘリウム供給量(ℓ)
平成 21 年 6 月	26	3	2,940
平成 21 年 7 月	53	10	3,502
平成 21 年 8 月	51	6	3,081
平成 21 年 9 月	35	7	2,409
平成 21 年 10 月	59	7	3,072
平成 21 年 11 月	73	10	4,141
平成 21 年 12 月	70	9	5,026
合計	367	52	24,171

表 2. ヘリウム運搬実績

2.2 ヘリウムガスの充填

組カードルへのヘリウムガスの充填は、10 メートルのフレキシブルチューブを用いて行っている。このフレキシブルチューブは高圧ガス製造施設の変更許可申請を行い、完成検査を受けたものである。もとより、長尺ポンベの配管には捨てバルブが設置してあり、今回このバルブに継ぎ手を接続してフレキシブルチューブの設置を行ったので大がかりな工事は一切なかった。

4 基同時に充填を行うため、各カードル間を別のフレキシブルチューブで橋渡しにしている。(写真 2) これは、1 基のカードルに充填口が 2 個設置してあるので可能となる。また、フレキシブルチューブ接続の利便性を考慮して、脱着操作には高圧カプラを使用した。高圧カプラは配管に圧力がかかった状態からでは脱着が出来ないため、フレキシブルチューブの途中にはリリーフバルブが付いている。(写真 3) これにより作業効率が大幅にアップした。最初は、約 1 時間かけて長尺ポンベに充填されたヘリウムガスをカードルに移し替えて、同圧にした後、最高充填圧力の 14.7MPa まではガスホルダーにガスを足しながら、回収圧縮機によって 30 分ほどかけて充填を行う。一連の作業で最高 336m³ のガスが充填できる。



写真2. ヘリウムガス充填の様子

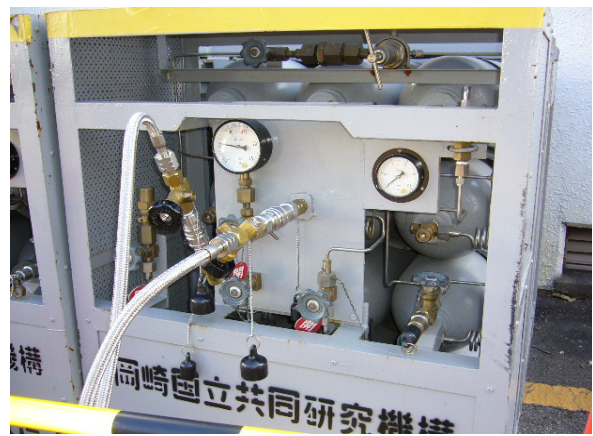


写真3. 高圧カプラでの接続

2.3 ヘリウムガスの回収

山手地区での組カードルからのヘリウムガス回収は、同じようにフレキシブルチューブを用いて4基同時にガスバックへ回収することが出来る。明大寺地区の高圧ガス充填と同様、ワンタッチコネクターを使い操作性を良くしている。

ガス回収は減圧弁にて降圧して低圧の状態ではガスバックへ送ガスするため、約1日かけて行う。

2.4 山手地区 TCF20 液化機の運転

明大寺地区の液体ヘリウムを供給するため山手地区のヘリウム液化機は、現在フル稼働を続けている。月曜日から金曜日まで液化運転を行い、週末はコールドボックス内の不純物をバックパージで取り除く。明大寺地区の回収ラインは負圧となるため回収ガスの純度は一時97%を下回っていた。そのため、液体窒素を使用した運転を行うと液化量が精製される純ガス量を上回り、バッファータンク内のガスが減少しバックアップ用ヘリウムガスを消費してしまう事態に陥った。更に、液体窒素を使用した運転では内部精製器の再生時に、精製器の温度が十分上がりきらずコールドボックス内部の配管が閉塞気味になることが判明した。この問題は、液体窒素を使用しない運転と使用する運転をインターバルに取り入れて対処している。

3 明大寺地区液体ヘリウム供給システムの整備

ヘリウム液化機が故障する前は、液体ヘリウム使用者がヘリウム貯槽から液体ヘリウムをトランスファーするセルフサービス方式を行っていた。今回、供給システムを見直す必要があり、東大物性研へ研修に行き土屋氏・鷺山氏の協力のもとヘリウム供給管理システムの新規導入を行った。ヘリウム容器の持ち出しおよび返却は汎用パソコンで行い、研究室毎の供給量のデータ管理は Windows サーバを用い、データベースで管理する方式を採用した。それまでは供給情報をノートに記入して、このデータをもとに手作業で集計を行っていたが、手間のかかる作業を自動化することで利便性を上げた。このシステムの運用開始は10月からとなり、現在も順調に稼働している。

液体ヘリウム新供給管理システムの様子を写真4に示す。

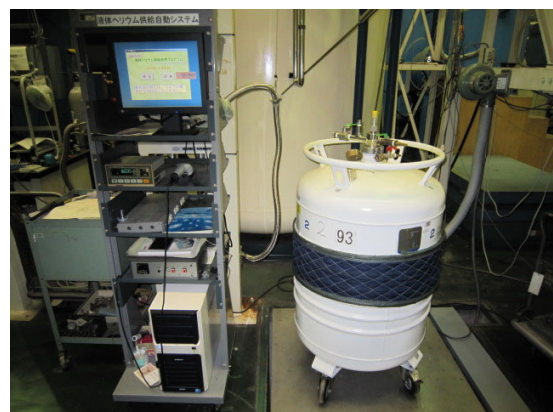


写真4. 新液体ヘリウム供給管理システム

4 最後に

液化機が故障してから比較的短時間で応急的ではあるが液体ヘリウムの供給体制を整えた。低温実験を行う研究者の方へは若干の支障は出たものの、その影響は最小限に限られたものであったと自負する。これは、ひとえに関係者の方々の協力があったものだと考える。この場を借りてお礼申し上げます。

明大寺地区の液体ヘリウム供給を山手地区にある TCF20 ですべて賄うのは様々な弊害がある。本報告書を執筆している時に、次年度の概算要求が認められた連絡を受けた。1 日も早く明大寺地区のヘリウム液化機がリプレースされ完全復活することを望む。