

福井大学工学部附属超低温物性実験施設における 液化設備のトラブル事例紹介

○小林 英一^{A)}

^{A)}福井大学 工学部技術部

1. はじめに

本学文京地区の工学部附属超低温実験施設にはヘリウム液化機があり、技術部職員3名（兼務）が交代制で液化運転を担当している。

2. 液化設備

本学の液化設備データを表1に示す。特に注記のないものは令和6（2024）年度～7（2025）年度初めにかけて確認した実績値である。

表1 液化設備データ

項目	福井大学 超低温物性実験施設
液化機メーカーと型式	Air Liquide HELIAL SL (H26年3月更新)
液体ヘリウム年間供給量 (液換算) [L]	5813 (R3～R6年度の平均)
回収率 [%]	89.2
液化能力 [L/H]	41.6
液化機クーリング時間 [H] (運転初日)	7.6
液化機クーリング時間 [H] (2日目)	3.6
液体ヘリウム貯槽容量 [L]	1,000
長尺(液換算) [L]	1,440
液化機運転頻度 [回/月]	9.7
液化機運転頻度 [回/週]	2～3
液体窒素貯槽 [L]	8,000

3. 液化設備トラブル事例の内容

トラブルは数多く存在するが、今回はその中から3つを紹介および報告する。メーカー側の不注意やミスによるもの、ならびに現時点で原因不明または未対処の事例は除外した。

3-1. ベビコン動作エラー (Err 5)

本学のベビコンは日立製 POD-1.5MNA6CSDX162である。令和5（2023）年5月にエラーが頻発し、動作できなくなった。原因を調査したところ、マグネットスイッチのR相接点がアーク放電で劣化・消失していた。R相接点が導通しない場合、電動機を

動かす際にS相、T相のみ（実質的に単相200V）で動かそうとし、サーマルリレーの閾値7Aを超えてしまい、Err5となっていた。Err5はサーマルトリップを意味するが、本件では温度上昇が原因ではなかった。当初は空気弁を疑っていたが、ベビコン単体の漏れ確認では問題なく空気弁に異常は認められなかった。日立産機の技術者が来訪し、サーマルリレーを交換したことによりErr5は発生しなくなった。

なお、根本原因は計装空気の消費量が増加したことに伴いベビコンの稼働頻度が上がったことと予想されたが、この時点では計装空気の消費量がなぜ多くなったか、原因は特定できていなかった。



図1 R相の接点が消失したサーマルリレー

3-2. 液化用圧縮機の制御ケーブル修理

本学の液化用圧縮機はKAESER製CSDX162である。令和6（2024）年9月中旬から、液化運転中に不意に液化用圧縮機がアイドリングモードへ移行し、液化運転が緊急停止する症状が始め、徐々に発生頻度が高くなっていった。10月28日にAL技術者が来訪するも、その場で解決はできず、10月末から11月中旬まで、液化運転は全くできなくなっていた。11月13日にKAESER技術者が来訪し、デバッグモードを使った検証により、液化用圧縮機の入力段に位置する電磁弁の制御信号ケーブルが断線しかけていることが判明し、導通が確保される向きに固定する応急処置をした。しかし12月11日に再発し、そ

の後頻発して症状が悪化したため、信号ケーブルの断線が進行したものと判断した。よって、ケーブルの断線部（コネクタ）を切断し、線端に圧着端子（鉛蓄電池用の LTO-41T-187N-8）を付けて電磁弁の端子に直接接続したところ、それ以降、同症状は再現していない。

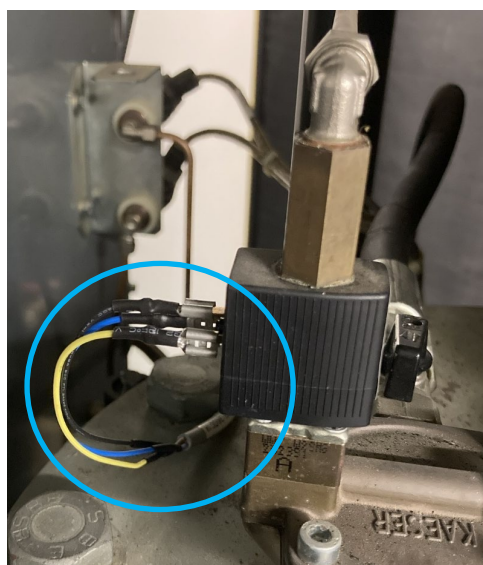
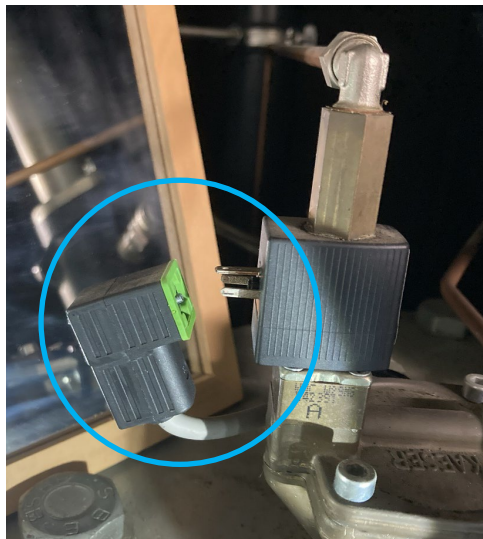


図2 液化用圧縮機の制御ケーブル修理

3-3. 中圧ガス乾燥機のエアー弁の動作異常

本学の中圧ガス乾燥機は東洋テクノ製 DR60D である。窒素ガスによる加熱再生式かつ全自動制御であり、エアー弁の方が電磁弁よりも2次→1次へ逆流しにくいことに加え、2筒切り替え式であるため、エアー弁が計11個も使用されている。

令和7（2025）年7月末、B筒→A筒の切り替わり時に問題が発生し、B筒脱圧モードで Close となるべきエアー弁が Open のままとなり、不純ガス入口がガスバッグへ直結する状態となり、ガスバッグレベル異常のサイレンが鳴った。

調査を進めると、2方弁である KOGANEI 製 110E1-J61-83（識別番号 3SV-2）からの漏れが大きいと疑われる状況証拠が増えたため、3SV-2 をスペア品と交換した。交換後は 3SV-2 周辺に指を近づけると感じられた空気漏れがなくなり、症状も再現しなくなった。

さらに、ベビコン起動間隔は 3SV-2 交換前の 6:07 から 9:27 へ大きく改善した。結果として、3-1. ベビコン動作エラーで懸案だった、中圧ガス乾燥機でのエアー消費量が大きくなっていた根本原因も除去することができた。

なお、取り外した状態で外観を比較しても、故障品と新品との間に外観上の差異は認められなかった。3SV-2 は計 11 個のエアー弁の中で最も稼働率が高いものだったため、劣化が早かったものと推察される。



図3 2方弁 3SV のエアー漏れ箇所

4. それ以外の問題

液化機本体を構成する Siemens 製シーケンサーの劣化に起因する問題が徐々に増えてきている。外付けで放出弁を追加設置するなどの暫定対応を行っているが、根本解決にはシーケンサーのソフトウェアおよび入出力端子の変更が必要であり、今後の重要課題となっている。