

He のガス分析と電源トラブル

黒澤宣之, 井上幹也, 岡田諭彦, 山本安一

立命館大学 SR センター

1. 概要

He 液化機 (SULZER 社 TCF20S) が不調となる原因を探るため、ガス分析を行なった。昇温時のガス成分から大気が混入している事がわかり、詳細に調査した結果、TCF20S 起動前のガス循環時 (コンプレッサのみ動いている状態) でも、窒素成分が増加しており、常時、大気を吸っていることがわかった。また、その問題とは別に TCF20S の電源 (PSBDE ユニット) のトラブルで、突然アラームがでて TCF20S が停止するという事が頻発したので、そのトラブルについても報告する。

2. 立命館大学 SR センターの冷凍機システム

立命館大学 SR センターに設置されている冷凍機 (TCF20S) は、超伝導コイル冷却用であり、冷却用の液体 He を貯液するクライオスタットの容積は約 100L である。この冷凍機システムの特徴は、大きく分けて3つある。1つ目は、複数の戻りラインがあるということ。つまり、超伝導コイルの熱負荷により蒸発した戻りガスは、TCF20S の戻りガスラインの他に、クライオスタット冷却用ガスライン、超伝導コイル導入部冷却ライン、バイパスライン (クライオスタット内部圧力が上昇時流れる) があり、いずれのラインもコンプレッサ低压ラインにつながっている。2つ目は、内部精製器を持たず、ガスの精製は外部の液体窒素容器内に He ガスを流して精製を行なうことである。3つ目は、メンテナンス時以外、常時稼動しているということである。図1はヘリウム冷凍システムのガスフローの概略図である。

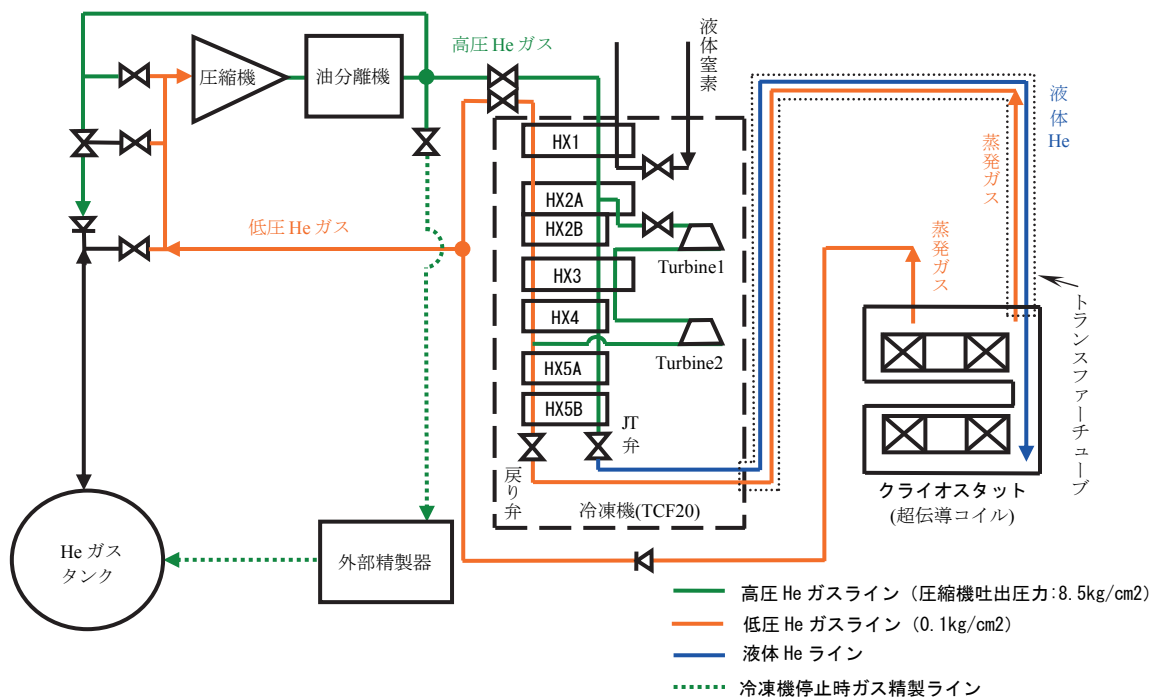


図1 ヘリウム冷凍システムのガスフロー図

3. He のガス分析

図2のようにTCF20S 低圧ライン（LP）出口に配管をつなげ、四重極型質量分析計（QMASS）にてガス分析を行なった。分析管はターボポンプ（TMP）とロータリーポンプ（RP）で真空引きしている。したがって、そのまま配管をつなげただけでは測定できないので、図3のように適度に配管をつぶして測定を可能にしている。モニター位置（つぶした配管LP側）での圧力はほぼ大気圧で、約1L/minの流量でガス放出しながらモニターしている。

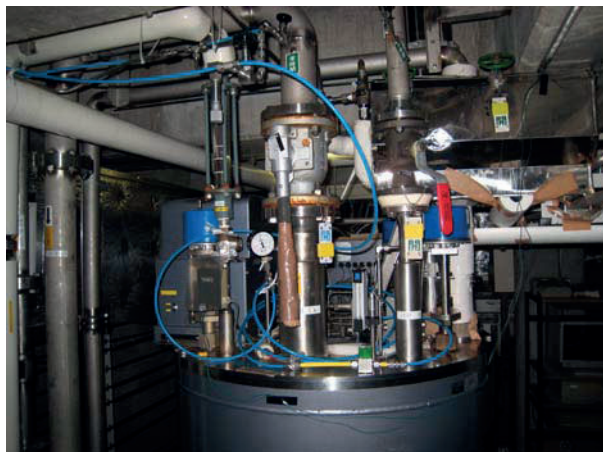


図2 LP 出口付近の配管



図3 つぶした配管付近（矢印がつぶした所）

まず、冷凍機停止後の昇温時のガス成分測定を行なった。図4を見ても分かるように、窒素成分（AMU28）だけでなく、アルゴン成分（AMU40）の増加も観測されており、大気が混入している事がわかった。ここでの経過時間は、冷凍機停止からの時間である。冷凍機停止直後はクライオスタットにまだ液が残っており、戻りガスによって冷凍機は冷やされてる。200～300分程で液はなくなり、冷凍機の昇温が始まる。さらに、完全に昇温後、ガス精製を行い、ガス循環時（コンプレッサのみ動いている状態）のガス分析を行なったところ、窒素成分の増加が見られ、常時大気を吸込んでいる事が分かった（図5）。ここでの経過時間は、精製終了からの時間である。図5のグラフは第一熱交の液体窒素ラインを真空引きした状態でガス分析したグラフだが、液体窒素ラインを真空引きしていなくても、分析結果にほとんど差異は見られなかった。近似曲線から毎分 3.0×10^{-14} で窒素成分が増加していることがわかる。図4 昇温前の運転時間、つまり、大気成分が増加し続けた時間は、約824時間であったので、 $824 \times 60 \times 3.0 \times 10^{-14} = 1.5 \times 10^{-9}$ となり、おおよそ計算が合う。

夏と冬のメンテナンス時期に吸込み箇所調査を行なったが、場所の特定は出来なかった。吸込み箇所として一番疑わしい圧縮機の吸気弁を次回春のメンテナンスで交換予定である。

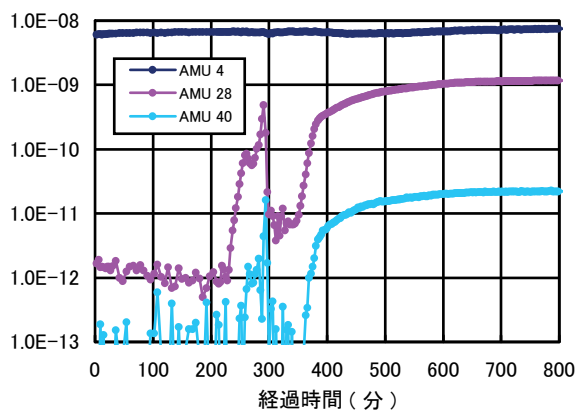


図4 昇温時のガス分析（ヘリウム、窒素、アルゴン）

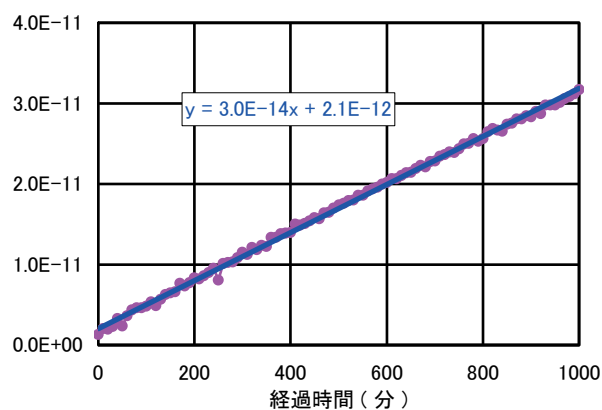


図5 完全昇温後のガス分析（窒素）

4. 電源トラブル

5/30 から TCF20S のアラームが頻発し、TCF20S が停止する問題が起きた（表 1）。中圧タンクの圧力に問題がないにもかかわらず、BUFFER LO のアラームが出たので、まず、制御盤の中圧タンク圧の信号入力部をペンレコにてモニターを開始した。6/12 の BUFFER LO アラーム時のペンレコ波形より入力信号に問題ないことが分かった。次に、6/14 から TCF20S 前面下部（図 6、図 7）にある ICA ユニットの信号モニター部の信号（中圧タンク圧）もペンレコにモニターを追加した。すると、アラームが出ないときでも、ICA ユニットのモニター信号にヒゲ状の波形が見られ、ICA ユニット内で波形が変わっていることが分かった。

表 1 アラーム内容と日時

日付	時間	アラーム内容
5/30	16:52	BUFFER LO
6/11	19:30	T1 OVERS PEED
6/12	20:00	BUFFER LO
6/20	17:36	T1 OVERS PEED
	22:20	T1 OVERS PEED
6/21	6:00	T1 OVERS PEED
6/25	7:54	BUFFER LO
7/4	19:40	BUFFER LO
7/5	0:00	BUFFER LO
7/8	7:35	BUFFER LO
	7:55	BUFFER LO



図 6 TCF20S

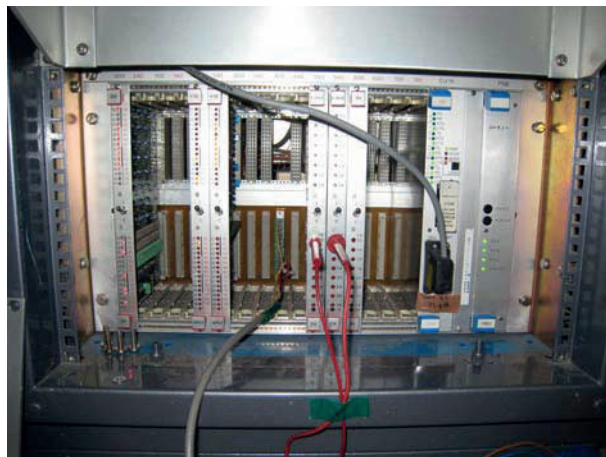


図 7 TCF20S 制御盤前面下部

さらに、6/17 に T1 SPEED の ICA ユニットのモニター信号を追加した。モニターを続けるのと同時に ICA の予備基板から回路を書き出していたので、+12V の電源ラインが怪しいと思われた。そこで、6/21 にさらに PSBDE 電源ユニットの +12V のモニターを開始した。そして、6/20～6/25 のアラーム時波形から、大きなヒゲ状の波形が出たときアラームが点灯することが分かった。また、+12V の電圧レベルにヒゲ状の電圧降下が見られるとき、ICA ユニットのモニター信号にヒゲ状の波形が出ることが分かった。原因は PSBDE ユニットの +12V 電源だと思われたが、PSBDE 電源ユニットを交換する為には、装置を完全に停止しなければならない。装置をすぐに止めるわけにはいかなかったため、夏のメンテナ

ンスまで様子を見ようとした。しかし、頻度が多くなってきたため、仕方なく暫定対策として、7/11に外付けで+12Vのスイッチング電源を接続した。それからは、ニセのアラームは出ないようになった。PSBDEの電源は、8/3に交換し、今のところ問題は出ていない。

しかしながら、取り外した、PSBDE電源を調べてみたところ、+12V電源の定格負荷の電流を流す事が出来た。違いがあるとすれば、大きく負荷が変動した時の応答性に若干の差が見られるくらいであったので、コンデンサの経年劣化の可能性もあるが、過負荷になるタイミングがあるようにも思える。

5. まとめ

Heガスの成分分析を行なうことにより大気中の吸込みの現象は捉えているが、問題箇所特定まで出来ておらず、まだ中途半端な状態である。春のメンテナンス時に部品交換することにより、改善する事を期待している。原因を完全には究明出来ていないが、ガス分析をする事で明確に現象を捉えられ、今後に生かせる新しい発見がいくつもあった。

PSBDE電源のトラブルは、ユニットを交換する事によりニセのアラームは出なくなったが、まだ不安要素があるので、ペンレコはつなげたままにして信号をモニターしている。+12Vラインが過負荷になるタイミングがないかどうか、しばらくの間様子を見る必要があると思う。

装置自体古くなってきているが、まだまだ使える装置なので、これから起こる問題に対しても、対処していきたい。