

大型ヘリウム冷凍機設備長期停止後の再立ち上げ

○草薙 直人, 秋野 昇, 大賀 徳道, 菊池 勝美, 棚井 豊

日本原子力研究所 那珂研究所

1.はじめに

JT-60 用中性粒子入射(NBI)加熱装置は、14 基のピ - ムラインから構成され、各ピ - ムライン内には液体ヘリウムにより 3.7k 以下に冷却された大容量凝縮型クライオポンプが設置されている。14 基全体での本クライオポンプの総排気速度は 20,000m³/s にも達し、世界最大の排気速度を有している。これらのクライオポンプに液体ヘリウムを供給するための大型ヘリウム冷凍機は 3.6k で 3KW の冷凍能力を有し、また、全長 500m の長尺真空断熱配管を介して液体ヘリウムが 14 基のクライオポンプに並列に供給される過去に例のない大規模な極低温システムである。本システムの運転は昼夜連続で行われるため、運転員の負担を大幅に軽減するだけでなく再現性のある安定な運転を行うために制御用計算機により自動制御運転が行われている。これらクライオポンプを含めた大型ヘリウム冷凍機設備の概略フロ - を図-1 に示す。本システムは昭和 61 年に完成し、その後、運転開始から現在に至るまで約 18 年が経過しようとしている。大型ヘリウム冷凍機設備の標準運転パタ - ンは、月曜日の He 冷凍機起動から金曜日に停止するまで 1 週間昼夜連続運転となる。

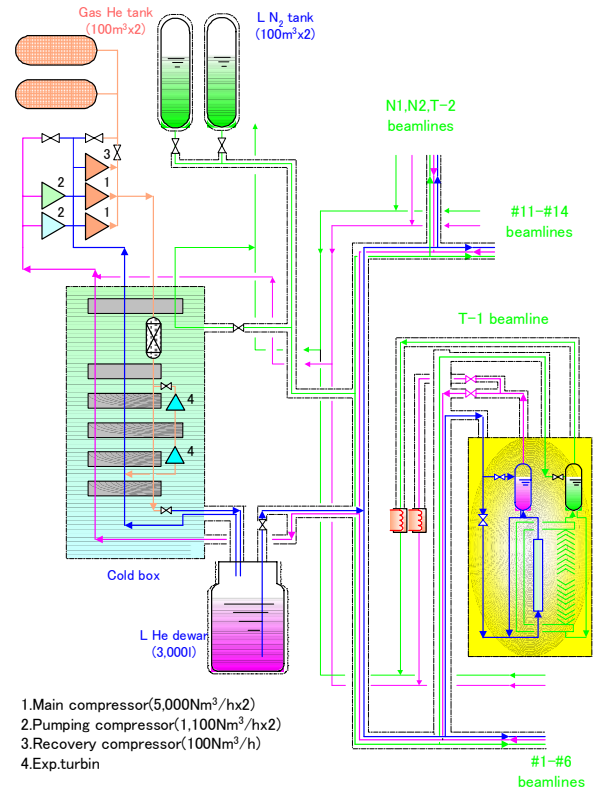


図 - 1 JT - 60 大型ヘリウム冷凍機設備系統図

この様な運転を年間平均で約 20 週行ってきた。18 年間の運転週を積算すると、平成 14 年 6 月現在、314 週となり積算運転時間は約 34,000 時間となる。しかしながら、平成 14 年 6 月以降は、JT-60 の実験計画に伴い、平成 15 年 9 月まで 1 年 3 ヶ月という長期に渡って設備を停止することを余儀なくされた。本設備は高圧ガス製造設備として許認可を得ているため、停止期間中においても、機器の機能維持のための保守、点検を行ってきた。ここでは主に長期停止期間中における大型極低温液体窒素貯槽の保守と大型ヘリウム冷凍機設備の再立ち上げ時のクールダウン方法について述べる。

2 . 極低温液体窒素貯槽の保守

極低温液体窒素貯槽は、円筒縦型の真空二重構造容器で、高さ 12m、胴部直径 3.8m、容積 100 K L のもの 2 基から成る。長期停止時の液体窒素貯槽について、液体窒素の自然蒸発量をふまえ、定期的にガス補充をする費用と、自然蒸発後、常温に保ち実験運転再開前にクールダウン作業を実施する費用とを比較すると、ガス補充での費用の方が約 2 倍高い。よって、1 年 3 ヶ月の停止期間中の貯槽状態は常温維持とした。なお、液体窒素貯槽を長年使用した結果として、貯槽底部に水分が蓄積している可能性がある。水分を蓄積したまま貯槽をクールダウンした場合に、送り出し先の各機器に悪影響を与えるため、貯槽内温度が常温の時に露

点を確認し、状況により貯槽内水分を窒素パージしたり、あるいは加温ガスでのベーキングにて水分除去を行う必要がある。今回、各貯槽の露点を測定したところ、貯槽A - 36、貯槽B - 44であったため、先に述べたような、パージやベーキングを行わなかった。また、真空断熱槽真空に真空劣化が認められた場合は、貯槽内常温時に真空排気を行うこととしていたが、定期自主検査時の断熱性能試験データにより、使用開始から現在に至るまで貯槽内昇圧度に変化のないことを確認したため、真空排気を行わないこととした。

3. クールダウン方法

液体窒素貯槽のクールダウンは液体窒素充填用ローリー車を使用し作業を行った。CE（液体窒素貯槽）クールダウンフローチャートを図-2に、CEフローシートを図-3に示す。クールダウンの手順は、まず常温状態で露点を確認し、その後、ローリーから貯槽へガスを流れやすくするため貯槽内の残ガスをほぼ大気圧近くまで放出弁からガスブローを実施する。次にガス窒素予冷として、窒素ガスの比重及び貯槽内でのガスの流れを考慮し、貯槽頂部充填弁より低温窒素ガスを供給し、下部放出弁より放出する。貯槽内の温度は検液弁出口の温度測定により推定する。図-4に液体窒素貯槽クールダウン結果を示す。今回の作業では、ガス窒素予冷での温度降下に時間がかかったため、一時的に液体窒素を底部充填弁より少量入れながら出口温度が - 20 になるまで予冷した。その後、液体窒素予冷に切り替え、底部充填弁より液体窒素を少量充填後一旦充填を停止し、大気圧近くまで放出するバッチブローを数回行い、出口温度が - 80 になるまで予冷した。尚、ガス窒素及び液体窒素予冷での到達出口温度の設定はガス供給メーカーのクールダウン経験値を参考にした。作業の注意点として、貯槽内が常温からの作業のため、液体窒素注入時に急激な貯槽内圧力上昇が考えられる。そのため液体窒素予冷のバッチブローは、少量充填後、貯槽内でガスが蒸発し、昇圧され、圧力が 0.05Mpa になった時点で一旦充填を停止し、その後 0.1Mpa に昇圧した時点で大気圧近くまでブローを行い、貯槽内圧力を監視し、細心の注意をはらいながら実施した。露点も作業開始時から連続測定し、最終的に - 70 を得られた。その後、液体窒素充填を行い作業終了とした。尚、2基目の液体窒素貯槽Bのクールダウンは、貯槽Aでの経験をもとに、ガス窒素予冷時間を短くするために、予冷ガスが多く入るよう頂部及び底部充填弁の両方向同時に供給することにした。その結果、貯槽出口温度 - 20 到達までの時間は貯槽Aよりも早く冷却されることができた。尚、今回のクールダウン作業は、通常使用するローリー車の液送ポンプでは、貯槽内圧力の急

図-2 CEクールダウンフローチャート

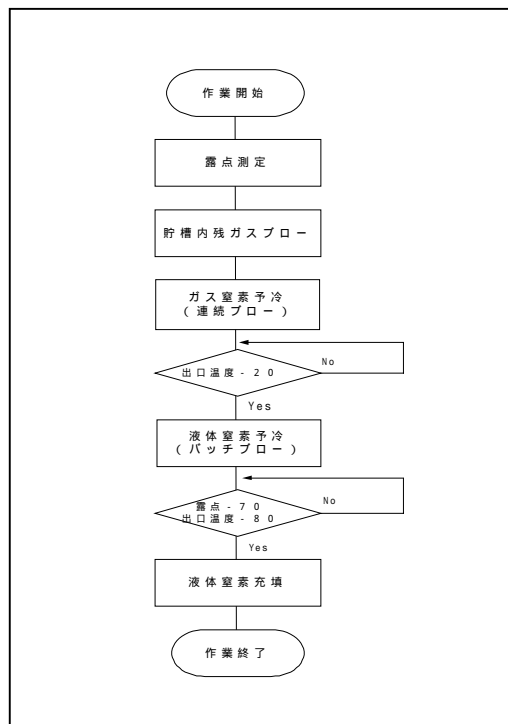
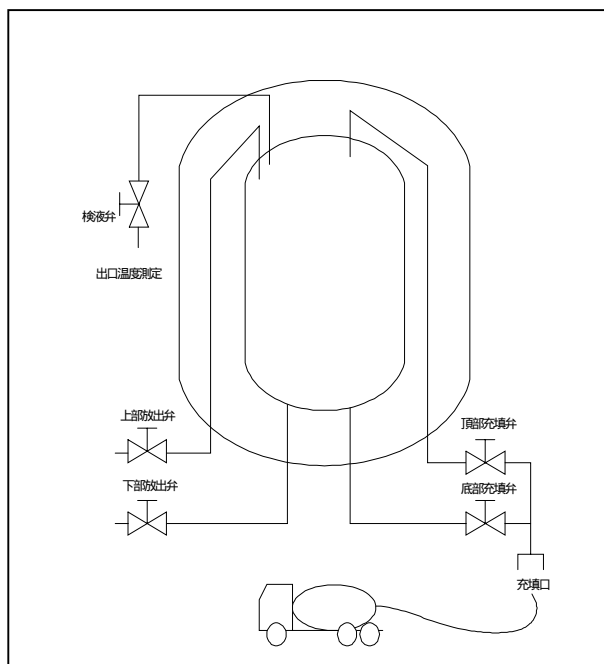


図-3 CEフローシート



ことができた。尚、今回のクールダウン作業は、通常使用するローリー車の液送ポンプでは、貯槽内圧力の急

激な圧力上昇が考えられるために使用せず、液体窒素蒸発器を使用した液送で行った。

表 - 1 各温度到達時間及び作業所要時間

	貯槽 A	貯槽 B
出口温度 - 20 到達	5.0Hr	4.0Hr
出口温度 - 80 到達	7.5Hr	6.0Hr
TOTAL 作業時間	9.5Hr	8.5Hr

表 - 2 各液体窒素使用量

	貯槽 A	貯槽 B
クールダウン使用量	5,300L	3,600L
クールダウン後充填量	8,200L	10,000L
TOTAL 使用量	13,500L	13,600L

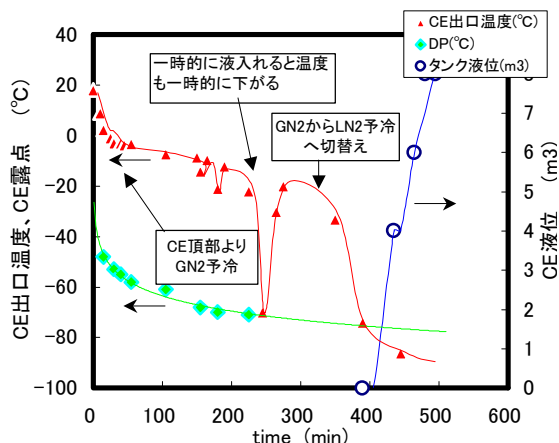


図 - 4 液体窒素貯槽 A クールダウン結果

4 . その他の保守

- (1) 2 ヶ月に一度、ヘリウム圧縮機（スクルー型）用オイル循環ポンプを運転し、圧縮機ローターのターニングを実施した。
- (2) ヘリウム圧縮機用熱交換器においては冷却水ラインの防錆処置として系内の水抜き後、計装用空気を利用して数日間連続パージを実施し、乾燥後に窒素ガスを充填した。圧力は約 0.1Mpa とした。
- (3) ヘリウムガス循環系内の純度保持のため、1 回/日の定期的な純度分析及び高圧ガス保安法に則った日常点検を実施した。

5 . まとめ

高圧ガス製造設備である大型ヘリウム冷凍機設備を 1 年 3 ヶ月という長期間に渡って休止する必要が生じた。そのため、長期停止後の運転立ち上げがスムーズに行えるよう、停止期間中においても各機器の機能維持を実施した。平成 15 年 10 月の実験運転再開に伴い、大型ヘリウム冷凍機設備内の大型極低温液体窒素貯槽のクールダウンを実施し、各部の温度測定を行いながらの本作業は初めての経験であり、極めて円滑に進めることができた。大型ヘリウム冷凍機設備を立ち上げ後、現在まで 5 週に渡り順調に運転を行っている。今回は貴重なデータを取得することができ、今後のヘリウム冷凍機設備の運転保守について反映できることを願って終わりとする。