



Title	ヘリウム液化機の更新
Author(s)	浅井, 攻; 株, 喜代次
Citation	大阪大学低温センターだより. 1994, 85, p. 13-15
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/11013
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

ヘリウム液化機の更新

低温センター豊中分室 浅井 攻・株 喜代次（豊中2162）

1. はじめに

豊中分室では、これまでCTi 1400型でヘリウムの液化、供給を行なってきたが設置後18年がたち、コンプレッサーの吐出量が低下するなどあちこちの部品に劣化がおき、加えて、需要は増えるばかりで最新型で能力の大きい液化機への更新が望まれていた。長年の希望がかなって、昨年度の特別設備費でヘリウム液化機の更新が行なうことができ、大阪府の完成検査をパスし、正式に稼働させることができた。新型の液化機について、説明をさせていただくが専門語が出てくる点はお許しいただきたい。

2. 設置されたヘリウム液化機

ヘリウム液化機は、PSI社製MODEL 2210J型、型名のJは日本の法律に合うように設計されたことを示し、この型での1号機で大きさは、幅1800×奥行2350×高さ2430mmで、100ℓ級液化機としては小型になっている。

しかし、これまで使用していたものとは桁違いに装置が大きいため、建物の天井を持ち上げ、5m×5mの部屋の内へどう配置するかなどたいへん気を使った。液化用圧縮機は予算の都合で、1台しか購入できなかったが、幸い、分子研から同種（旧型）の圧縮機をいただけたことになったので、これと合わせて2台とした。他に大阪酸素製液体ヘリウム貯槽2000ℓ（1712φ×高さ2600mm）1台、デリバリーチューブ（PSI社製）2本、ストレージタンク（6m³）1台、回収ガス水分除法装置（流量100Nm³/h 入口圧力50～150kg/cm²G 出口ガス露点-76℃大阪酸素製）1台、長尺ポンベカーボル（500ℓ×8本組）1基が更新された。ヘリウム回収装置及びガスパックについては既存のものを使用せざるをえなかった。

付属のRSJ圧縮機（スクリュー型圧縮機 吐出量390Nm³/h 圧力18kg/cm²G）1台運転で65ℓ/h以上、分子研より移設したCTi社製RS圧縮機（吐出量327Nm³/h 圧力18kg/cm²G）と2台運転で125ℓ/h以上、不純ガスによる内部精製運転では圧縮機2台、純度80～98%で84ℓ/h、純度99.9%では103ℓとなる。RSJ圧縮機1台での不純ガス運転は可能であるが、液化量のメーカーの保証はなかった。

3. 液化機の特徴

新型液化機は、8段の熱交換器とエンジンA及びBがあり、各エンジンには1個フライホイールがある。エンジンAは、3インチ膨張エンジン2基で高圧側の圧力を従いエンジンの回転は自動的にコントロールされ、エンジンBは3インチ膨張エンジン1基と2インチのウェットエンジン（気液二相を発生する膨張エンジン）1基で構成されている。従来の液化機はジュール・トムソン弁で断熱膨張させ、ヘリウムを液化する方法だったのに比べ新型液化機は、最終段がウェットエンジンである点が特徴となつておらず、また液化能力は35%向上させている。ヘリウムガス予冷用の液体窒素の使用量も従来のものよりも少なくなっている。これは液体窒素の潜熱と顯熱を利用したプロセスになっているためで、液体ヘリ

ウム 1 ℥ 作るのに液体窒素の使用が 0.5 ℥ と非常に少ない。

液化運転は AUTO 運転と MANUAL 運転ができる。MANUAL 運転の場合は操作がやや複雑であるが、AUTO 運転の場合には、スイッチを AUTO の位置にし、圧縮機 START ボタンと膨張エンジンコントロールのボタンを押すだけで後は何の操作も必要としない。エンジンの回転は下部から 3 段目の熱交換器の温度で制御され、ここでの温度が 40K までは、回転速度 1 分間 200 回転に調節されている。しかし、40K 以下になると温度コントロールモードに自動的に切替り、100 回転に減速され、常温から約 2 時間でヘリウムが液化される。

4. 設置にあたっての考慮点

以上述べたことは、メーカーの仕様であるが、豊中分室ではこれまでの実績や経験に基づいて、種々の変更を加えた。

第 1 点は、徹底してバックアップ機構を設けたことである。ヘリウムの液化・回収など、どの設備が故障しても全システムが止まってしまう。これを避けるためにできるかぎり設備を 2 台以上置くようにした。回収圧縮機は 3 台中の 1 台が止まても他が動くようにし、液化用の圧縮機も分子研から移設されたものを加えて 2 台として、1 台でも液化ができるようにしている。

第 2 点は、内部精製器を使用してヘリウム液化を行なうということである。これだと汚い回収ガスでも液化ができる。このモードにすると寒冷を精製器に取られてしまうために液化能力は下がるが、我々は圧縮機 1 台のみで内部精製を行なっても 105 ℥ / h の液化をさせることに成功した。これについては後述する。

5. 実際に運転しての液化量、クールダウン時間

当分室では以前から CTi 1400 型ヘリウム液化機に回収ガス純度 99.9%、露点 -76℃ のヘリウムガスを使用し、内部精製運転を行い純ヘリウムガス運転と変わらない液化量を得ていたので、新型液化機で RSJ 圧縮機 1 台による不純ガス運転でも純ガス運転と同量は液化すると予想できた。分子研から移設の圧縮機は当分室の考え方で故障時のバックアップに使用し、試運転は RSJ 圧縮機 1 台でするよう施工業者（大阪酸素）に申し入れた。

完成検査後液化機の試運転の翌日には 2000 ℥ 貯槽に液体ヘリウムが溜まった。RSJ・RS 圧縮機 2 台 純ガス AUTO 運転で 130 ℥ / h、不純ガス AUTO 運転で 110 ℥ / h の液化量を確認した。RSJ 圧縮機 1 台による運転では 10 日後純ガス AUTO 運転で 75 ℥ / h、不純ガス MANUAL 運転で 83 ℥ / h の液化量を見たが、不純ガスによる AUTO 運転では 60~65 ℥ / h の液化量しか出なかった。

このことから不純ガス運転の場合は、MANUAL 運転を選択し、モード設定値を種々変えて運転を試みたところ、RSJ 圧縮機 1 台による不純ガス運転では 105 ℥ / h の液化量となった。その後の液化運転でもストレージタンクが規定圧 (16kg/cm²G) になるまでの 1 時間は 90 ℥ / h ほどであるが、規定圧に達すると 105~108 ℥ / h のヘリウム液化量が得られこの液化量は現在も続いている。

100 ℥ 以上の液化量が得られる理由としては、

- (1) 内部精製器の不純ガスは 25kg/cm²G で精製器に入り、精製されて液化機高圧側ガスとして 16kg/cm²G

で圧縮機からのヘリウムガスと合流させて液化させる構造であった。(図1参照)

(2) 低圧側の戻りガス圧を規定圧 ($0.14 \text{ kg/cm}^2\text{G}$) の約3倍の $0.39 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ に上げた。(図1参照)

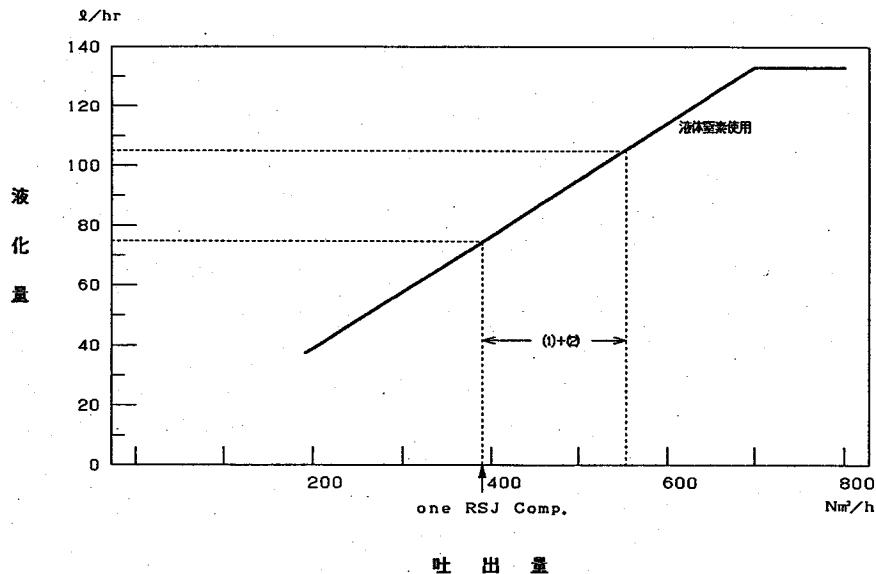


図1 モデル2210Jの圧縮機の吐出量と液化量

圧縮機1台では 75 l であるが、(1)(2)の効果(本文参照)により実際では $105 \text{ l}/\text{h}$ の液化が可能である

これらは、圧縮機の吐出量を増やすのに非常に有効な手段と考えられている。しかし、内部精製器のRegeneration(不純物が一定量溜まると自動的にされる加温再生)を起こさせるとこのような液化量は期待できない。

当分室では回収ガス純度を99.9%以上に高めるのにガス分離膜式精製器を以前から使用し、これがシステムの大きさに比べて液化量が多い等のノウハウになっていると言っても過言ではない。

次にクールダウンの時間であるが、常温から純ガス液化運転まで2時間、内部精製器の熱交換器を冷却して不純ヘリウムガスによる液化運転に移るのにさらに2時間かかる。この時間は圧縮機1台運転によるもので、圧縮機2台運転では純ガス液化まで30分、不純ガスでの液化まで30分早くなり、常温から約3時間で不純ガスを使用する液化運転ができる。翌日、引き続き圧縮機1台で液化運転をすると、純ガスで液化するまで1時間、内部精製器を冷却し、不純ガスで液化運転できるまでは圧縮機を起動してから2時間以内である。

今年度の高圧ガス保安検査を10月21日無事終えることが出来た。更新液化装置のシステムは複雑にもかかわらず、従来の液化装置と同様に保守点検等が簡単であり、定期自主検査、保安検査も業者に委託せず行なえた。また、予想以上の性能(1時間当たりの液化量、クールダウン時間等)で、ランニングコストも下がり将来の液体ヘリウム需要増加にも十分耐え得ると確信される。