

液体ヘリウム汲出システム

土屋 光、大山 越志、鷲山 玲子

国立大学法人東京大学 物性研究所 低温液化室

概要

物性研では、液体ヘリウムの小分け容器への汲み出しは遠心式ヘリウム汲み上げポンプ(以下ポンプ)を使っているが、このポンプが故障した場合には従来の差圧方式での汲み出しとなる。しかし、差圧方式による汲み出しは、ポンプでの汲み出しに比べ、より多くの時間と液体を必要とする。そこで、時間短縮を目的としてサブの汲み出しシステムを製作したので、この詳細について報告する。

1 通常の汲出システム

物性研で、通常使用されている汲出システムについて述べる。

1.1 遠心式ポンプによる汲出システム

汲出システムのフロー図(図1.)に示すように、液体はポンプで押し出されて移送される。

トランスファーの手順は、 から のようになる。

トランスファーチューブ等を冷やす為に、回収弁 V1 と充填弁 V3 を空ける。

充填ラインが冷えたら、次に戻りのラインを冷やす為に充填弁を閉め、戻り弁 V2 を開ける。

戻りラインが冷えたら、いよいよポンプを起動する。

戻り弁を閉めて、充填弁を開ける。

ポンプ起動！！

充填ラインがより冷えたら、戻り弁を開ける。

戻りラインがより冷えたら、回収弁を閉め、全ての蒸発ガスを貯槽に戻す。

小分け容器が一杯になったら終了。

ポンプ停止！！

充填弁及び戻り弁を閉め、回収弁を開ける。

これらの操作は、シーケンサーにより全て自動で行われる。しかし、トランスファーチューブ等の温度が高い場合(その日の汲み出しの最初など)は、手動で操作する。

このように、冷たいガスを貯槽(液化機)に戻すことで、効率を上げている。また、液の移送はポンプで強制的に行われる為、貯槽内の圧力が 0MPa でも移送が可能となっている。

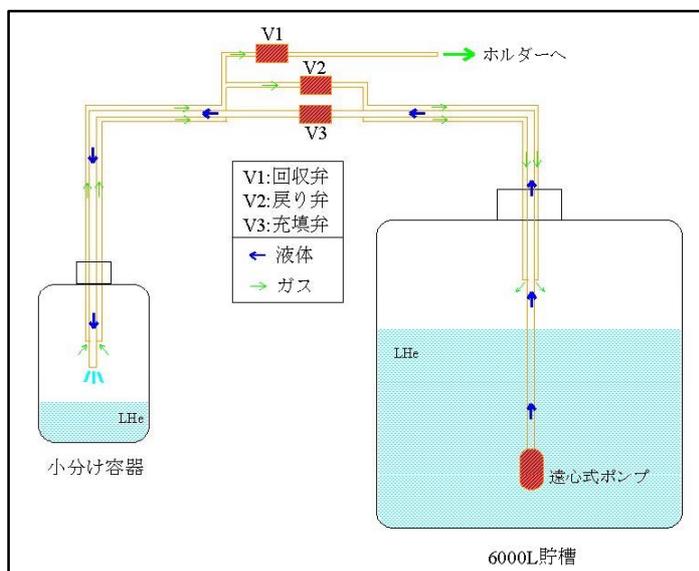


図1.現システムフロー図

1.2 汲み出し時間

このポンプを使った場合の汲出速度だが、20L/分程度である。ここから計算すると、100L 容器は5分、250L 容器は、12.5 分で汲み出せることになる。しかし、実際には、容器の取り付けや取り外しといった作業や容器内の残量にもよるので、もう少し長くなる。ちなみに 100L 容器で 10 分前後、250L 容器でも 15 分から 20 分くらいである。

ポンプのスペックを表 1.に示す。

表 1. 遠心式ポンプの概要

大きさ	50mm × 200mm
重量	約 1.5 kg
流量	85 g/s (最高流量 2,500L/h)
回転数	9,000 rpm
圧力差	0.3 bar (最高)

1.3 故障

1日 10 本から 20 本くらい¹の汲み出し作業をしている我々には欠かせないポンプであるが、これが故障したらどうするか?“供給停止!”というわけにはいかないの、何とかして汲み出す事になる。幸いにも、ポンプが壊れても差圧で汲み出すことができるので、従来のスタイルでの汲み出し作業となる。

さて、現システムのトラブルには、

ポンプ本体の故障	差圧による汲み出しが可能
トランスファータブの故障	汲み出し不可能
制御系の故障	故障の種類により汲み出し可能

などが考えられる。

1 ちなみに汲出の最高記録は、1日 33 本(2002.03.04 汲出量 2,859 L)である。

2 新しいシステム

前述のようなトラブルが発生した場合に、供給を停止させない為には、もう一つ汲み出し場があると良い。ちょうど 6,000L 貯槽のトップフランジに予備のトランスファータブ用のポートがあるので、これを利用して緊急時に対応する為の汲出システムを作る事にした。システムのフロー図を図 2.に示す。

2.1 新システムを作る目的

現在は、何の問題もなく現システムが稼働しているので、新システムを作っても使う機会は少ないと思う。

では何故作ったのか?

- 差圧による汲出速度の向上
(2箇所での汲み出し)
- トランスファータブ故障時の汲み出し(予備)
- 汲み出し制御の研究開発
(技術の向上)

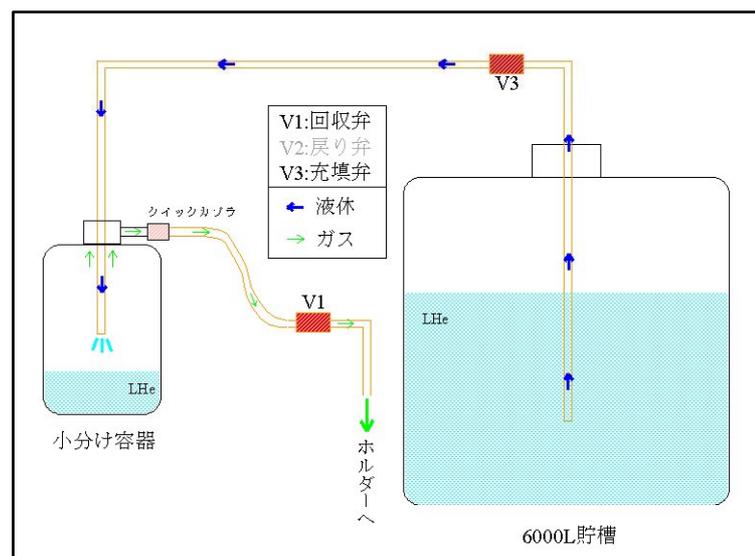


図 2. 新システムフロー図

、は、現システムが故障²したときに汲出作業を行う為であり、は技術職員としての資質向上の為である。

2 2003 年度中に、ポンプの故障で半年ほど差圧による汲出をしていたことがある。

2.2 新しいトランスファーチューブ

今回製作³したトランスファーチューブの構造を図3.に示す。

大きな特徴は、ポンプが故障しない限り使う機会が少ないので、小分け容器側を取り外せるようにしたことである。また、バルブはエア作動バルブとし、貯槽側に取り付けることにより、小分け容器側の構造をシンプルにした。

1つ気になるのは、貯槽側が常に挿入されている為、貯槽の蒸発量が多くなることである。

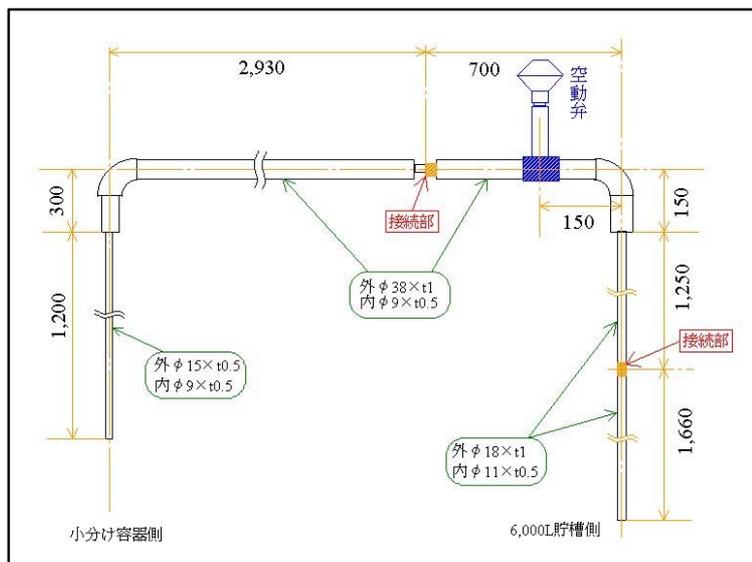


図3. トランスファーチューブの構造

3 ジェック東理社に依頼した。

2.3 トランスファーチューブの性能

制御系を作る前に、問題なく使えるのか、そしてどのくらいの性能がでるのかを実際に汲み出しながら測定した。測定結果を表2.に示す。

汲み出し速度を単純に平均してみると、およそ2.3L/分となる。これは、100L汲み出すのに40分程度の時間が掛かる事になり、トランスファーチューブの内径が8mmの割には余り良くないと思う。しかし、この測定では、満量をいわば“感”で決めていた為に、一杯になってからも流し続けてしまった!?!のではないかとされる。

この測定により液の移送は出来る事が分かったので、とりあえず良しとした。しかし、移送速度が一般的な差圧での汲み出し速度より遅いというのは問題なので、これに関しては制御系全てが完成してから後で再検討する。

表2. トランスファーチューブの性能

	容器番号	はじめ			おわり			汲出速度
		時間	重量	液量	時間	重量	液量	
午前	45-100	8:27	69.7 kg	22.9 L	9:27	77.9 kg	98.2 L	1.26 L/分
	22-100	9:41	74.7 kg	47.9 L	10:00	80.6 kg	100.0 L	2.74 L/分
	5-250	10:10	107.4 kg	23.8 L	11:17	129.6 kg	227.2 L	3.04 L/分
午後	54-100	13:04	52.0 kg	32.1 L	13:45	59.6 kg	100.0 L	1.66 L/分
	39-100	13:55	72.0 kg	30.2 L	14:29	79.8 kg	100.0 L	2.05 L/分
	14-250	14:38	113.1 kg	17.5 L	16:05	138.6 kg	250.0 L	2.67 L/分
	40-100	16:17	71.2 kg	46.1 L	16:36	77.6 kg	100.0 L	2.84 L/分

貯槽の内圧は、0.004MPa ~ 0.009MPa 程度

3 汲み出しの制御

新システムでは、シーケンサーではなくパソコンを使ってバルブや満量の検出等の制御を行うことにした。

3.1 制御システムの概要

汲み出しは、空動弁と圧力センサを使い、パソコンで制御する。概念図を図4.に示す。

空動弁は、電磁弁を使ってバルブへ供給する空気を制御して開閉を行う（開度の制御は不可）。また、圧力センサは、小分け容器からの回収ガスの圧力をモニターし、その変動から満量の検出を行う。

測定信号をパソコンに取り込む為に、A/D変換ボードやデジタルI/Oボードを使い、合わせて空動弁の制御もする。そして各種ボードを使う為に Lab VIEW⁴でアプリケーションを構築する。

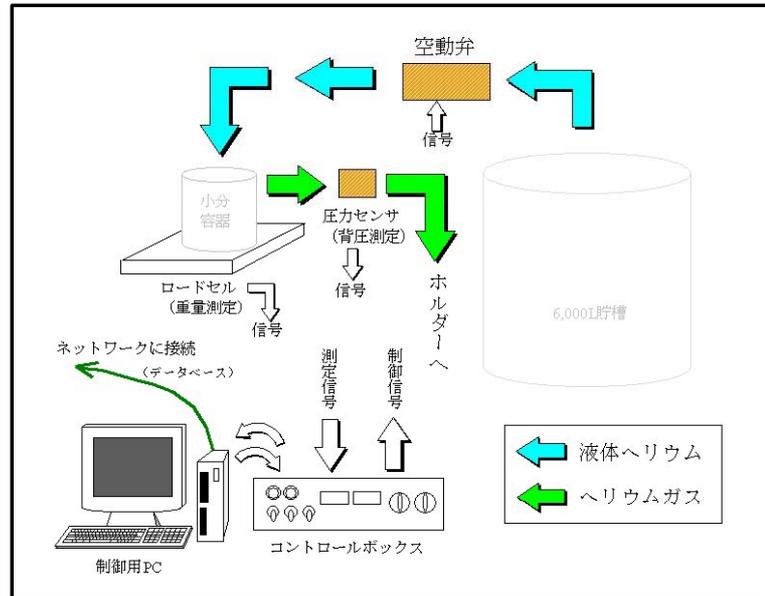


図4. システム概念図

プログラムは使い慣れた Visual Basic でも良かったが、新しいものにチャレンジするという事で、Lab View を選択した。

表3.は、現システムと新システムとの汲出方式等の違いを比較したものである。

表3. システム比較

	現システム	新システム
汲出方式	汲出ポンプ	差圧
制御器	シーケンサー	PC
満量検出	秤	背圧 (+秤)

4 National Instruments の Lab VIEW 7.0

3.2 満量の検出方法

基本は、小分け容器からの回収ガスの圧力をモニターし、圧力の変化から満量を検出するという一般に行われている方法を採用。しかし、可能なら重量をモニターし、満量を検出するという方法も検討したい。

モニターに使用する圧力センサは半導体圧力センサ（例、P-3000S、コパル電子株式会社）を使い、重量の測定には既に設置されているロードセルを使う。また、重量から液量への換算は、既に構築されているデータベースから必要な容器情報を取得して計算する。

4 今後の予定

まず、個別に開発してきたテストプログラムを一つにまとめ制御システムのプログラムを完成させる。次に、実際に汲み出し作業をして不具合等を修正する。そして、汲出システムが完成したら、移送速度の向上等の問題を解決する。