

液体ヘリウム供給業務の効率化を目的とした大口径液体ヘリウム トランスファーチューブの製作

Development of liquid helium transfer tube with a large diameter for the improvement of the liquid helium supply service

楠田敏之

京都大学化学研究所, 低温物質科学研究センター

Toshiyuki Kusuda

Institute for Chemical Research, Kyoto University

Research Center for Low Temperature and Materials Sciences, Kyoto University

High-speed transfer of liquid helium has the advantage to enhance research activities in low temperature sciences. Remarkable improvement of the transfer velocity of liquid helium up to 43 l/min. was achieved by developing a new transfer tube with a large diameter of $\phi 12$.

1. はじめに

液化機で製造した液体ヘリウムは、貯槽に常時貯蔵し、貯槽から 100 リットルまたは 50 リットルの小口容器へ小分けすることによりユーザーへ供されている(Fig.1). この貯槽から小口容器への汲み出しは液体ヘリウムの供給業務の中で時間的に大きなウエイトを占める作業であり、液体ヘリウムの移送速度を高速化できれば業務の効率化につながる。通常、100 リットルの小口容器への汲み出しには 30 分以上の時間を要するが、宇治地区ではトランスファーチューブの内径を $\phi 7$ に拡大することにより 10 分強程度まで短縮することに成功している。この詳細については低温物質科学研究センター誌 10 号(2007)で報告している。その後、新たにトランスファーチューブを設計・製作し、内径を $\phi 7$ から $\phi 12$ に拡大することにより大幅な移送速度の向上を実現したので、その結果について報告する。

2. バルブ形状の変更

従来のトランスファーチューブは小口容器側の先端にバルブを設けた構造になっている(Fig.2(a)). この方式では、トランスファーチューブの小口容器側は断熱の 2 重管の外側にバルブを動作させるためのパイプが必要となり、その外径が $\phi 12$ であるため内径は $\phi 3$ – $\phi 4$ が限界であった。前回の報告では、内径を拡大する目的でバルブを小口容器の外側上部に設置する構造とし、小口容器内は真空断熱した延長管のみとした(Fig.2(b)). この結果、外径 $\phi 12$ に対して内径 $\phi 7$ を実現することが出来た。しかし、この構造ではバルブの周囲を液体ヘリウムが流れる構

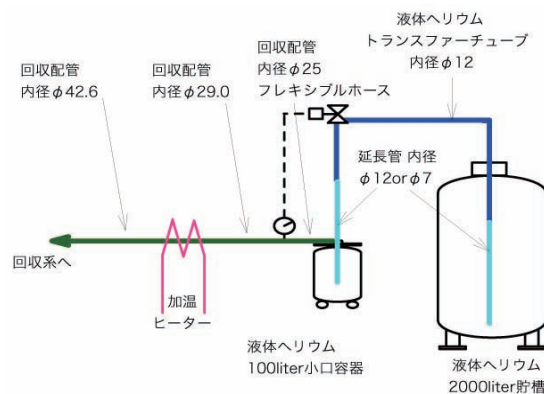


Fig.1. 液体ヘリウム供給システム

造のため流路が複雑となり，断面積の確保が難しかった．今回は流路の断面積を確保するために流路を単純化し，バルブをトランスファーチューブの曲管部に設置した(Fig.2(c))．

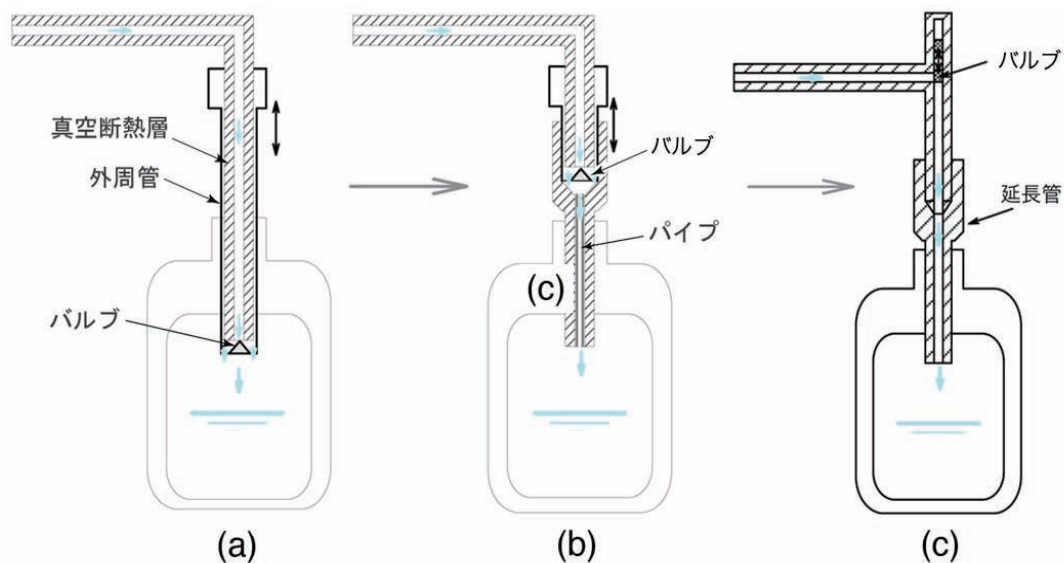


Fig.2. トランスファーチューブとバルブ位置の関係. (a)は従来のトランスファーチューブの構造. 真空断熱層(斜線部分)を含む二重管の周りに，先端に開閉制御のためのバルブ(三角部分)を持つ外周管(太線)が取り囲む三重管構造になっている. 内部の二重管に対して外周管を上下させることで，開閉を行い，容器に液体ヘリウムを取り出す. (b)前回の報告[1]で用いた構造. 小口容器の外側にバルブを設置し，小口容器内は延長管としている. (c)今回の構造. バルブをトランスファーチューブの曲管部に設置している.

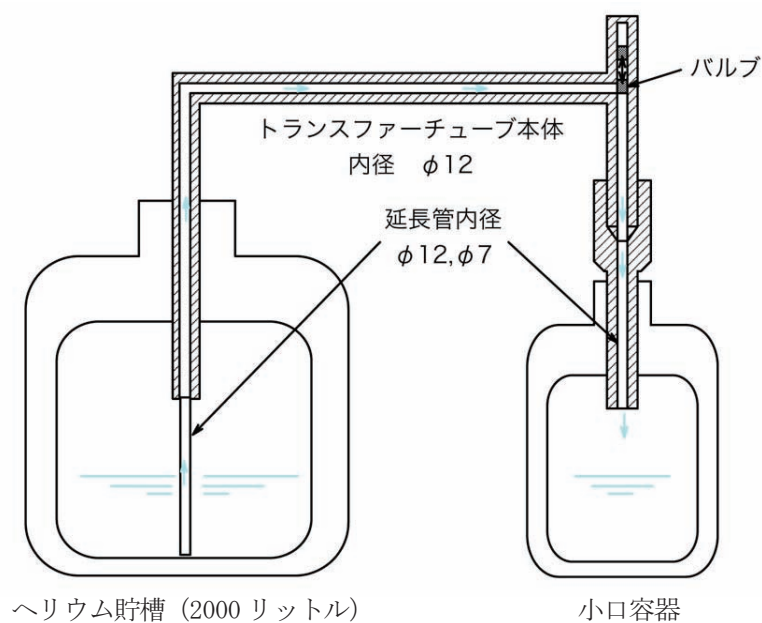


Fig.3. 液体ヘリウム移送速度の測定のための配置

3. 測定方法

3.1 移送速度のトランスファーチューブ内径依存性

トランスファーチューブの製作にあたってはバルブの流路の断面積を含めて全体の内径として $\phi 12$

の断面積を確保した。貯槽内と小口容器側は前回の報告と同じ延長管方式として、延長管はそれぞれ内径φ12とφ7の2種類を用意した(Fig.3)。この組み合わせにより、1)全流路を内径φ12、2)小口容器側のみを内径φ7、3)貯槽内と小口容器側の両方を内径φ7とする3通りの場合について測定を行った。

- 1) 全流路を内径φ12とした場合で、最大移送速度を測定する配置である。この場合、小口容器側の延長管の外径はφ19となるため小口容器の入口を拡大し、延長管を差し込めるようにした。
- 2) 実際に使用する頻度が高いと思われる容器側の延長管の外径をφ12とした場合である。この場合小口容器側の延長管の内径はφ7となる。
- 3) 貯槽内延長管と小口容器側の延長管の内径をφ7として、全流路の内径をφ7とした場合。この場合には前回の報告[1]とバルブの形状変化の効果を比較することが可能になる。(Fig.2(b)とFig.2(c)の比較：報告[1]の測定において小口容器側の延長管の内径はφ7であった。)

3.2 移送速度の液体ヘリウム貯槽圧力依存性

移送速度は貯槽圧力に依存する。ヘリウム液化機運転中に貯槽圧力は0.045 MPaに自動制御されている。ヘリウム液化機の停止時に0.045 MPaより貯槽圧力を下げて移送速度の貯槽圧力依存性について測定を行った。

4. 結果

4.1 内管断面積と移送速度

測定結果を Fig.4 に示す。

- 1) 全流路を内径φ12とした場合には、43 l/min.の移送速度を実現した。
- 2) 小口容器内の延長管のみ内径φ7とした場合には、25 l/min.の移送速度が得られた。
- 3) 入口と出口を内径φ7とした場合には、前回の報告のφ5.3以上での移送速度の頭打ちが解消されて断面積と移送速度が比例関係を示すとともに18 l/min.の移送速度が得られた。

4.2 貯槽圧力と移送速度

測定結果を Fig.5 に示す。

- 1) 全流路の内径をφ12とした場合
通常運転時の0.045 MPaから0.01 MPaまで移送速度は貯槽圧力にほぼ比例する関係になっていることがわかった。43 l/min.時0.03 MPa時30 l/min., 0.02 MPa時23 l/min., 0.01 MPa時15 l/min.の移送速度が得られた。
- 2) 小口容器側の延長管のみ内径をφ7とした場合
この場合にも通常運転時の0.045 MPaから0.01 MPaまで移送速度は貯槽圧力にほぼ比例する

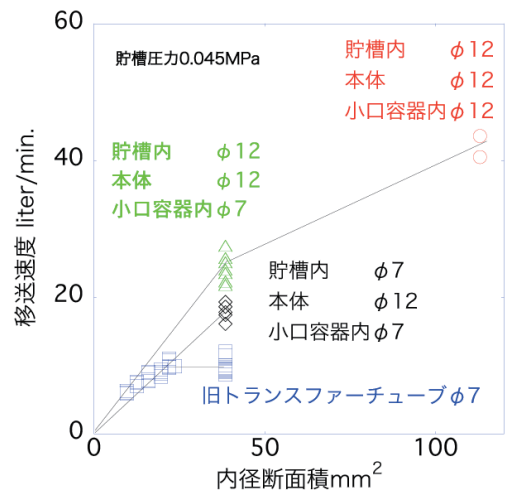


Fig.4. 内管断面積と移送速度

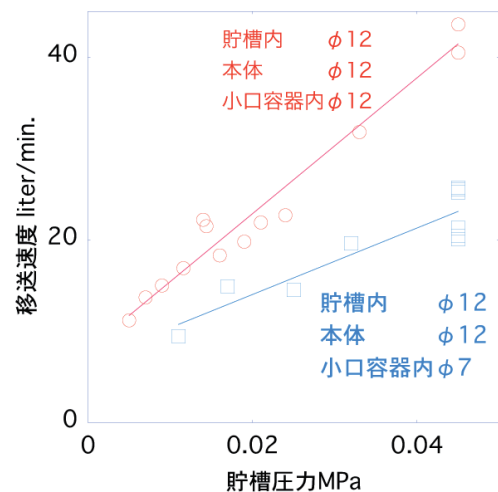


Fig.5. 貯槽圧力と移送速度

関係になっていることがわかった。0.045MPa 時 25ℓ/min., 0.03MPa 時 18ℓ/min., 0.02MPa 時 14ℓ/min., 0.01MPa 時 10ℓ/min.の移送速度が得られた。

5. まとめ

全流路をφ12とした場合に43ℓ/min.の移送速度が得られた。今回蒸発ガスの回収配管は内径φ42.6を使用した。回収配管の径を拡大し、移送時の背圧を下げることにによりさらに大きな移送速度が得られると予想される。回収配管の変更は今後の設備更新の際の課題である。

入口と出口の内径をφ7とした結果はバルブの改善の結果を示しており、前回の報告での問題点であった内径φ5.3とφ7での移送速度の頭打ちが解消し、この原因がバルブの流路の断面積がφ5.3相当であったためである事を示している。

トランスファーチューブの内径をφ12として小口容器側の延長管の内径のみφ7とした測定の結果は、全流路の内径をφ7とした場合と比較して40%近い移送速度の向上を示している。これは、トランスファーチューブの小口容器側を一般に使われている外径φ12としても、小口容器側延長管以外の内径を拡大することにより移送速度の大幅な向上が得られる事を示している。今回の結果は、トランスファーチューブの改良により液体ヘリウムの供給業務の作業効率を大幅に改善出来ることを示したものである。宇治地区の液化機は平成22年度に更新の予定であるが、更新に際しては今回の結果を活用してユーザーの利便性の向上に寄与したい。

なお、本事業は低温物質科学研究センター長裁量経費（平成19-20年度）の支援を受け実施されたものである。

参考文献

- [1] 楠田敏之, 液体ヘリウム移送速度の改善, 京都大学低温物質科学研究センター誌 No.10, 技術ノート, p.29 (2007)

著者略歴

楠田 敏之 (Toshiyuki Kusuda)

学歴

昭和50年 京都工芸繊維大学工業短期大学部機械工学科卒

職歴

昭和46年 (財)生産開発科学研究所 研修員

昭和48年 京都大学化学研究所 非常勤職員

昭和49年 京都大学化学研究所 文部技官

平成10年 京都大学化学研究所 技術専門職員

平成16年 京都大学化学研究所 技術専門員

平成18年 京都大学低温物質科学研究センター兼務

