

ヘリウム液化機 3 度目の更新について

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兼務

1. 概要

京都大学・宇治キャンパスでは 1970 年にヘリウム液化機が導入された。筆者は 1974 年からヘリウム液化業務に携わり今回で 3 度目のヘリウム液化設備の更新を経験する。今回の更新を行うにあたり、これまでの液化設備の変遷を述べる。

2. ヘリウム液化設備の 3 度の更新

1970 年にコリンズタイプの三菱 UL-80 型のヘリウム液化機が導入され、翌年 Philips 社製 PLHe210 型が導入された。この液化機はスターリングサイクルを採用し、液体窒素予冷無しで 10 liter/hr の能力があったが、実際の液化量は 3 liter/hr 程度であった。当時はほとんどの実験装置は 2~5 liter のガラスデュワーでありこの供給には対応出来たが、超伝導マグネットの 100 liter のクライオスタットに供給を行うには 50 時間に近い連続の液化運転を必要とした。このような供給量の増加に対応するため 1984 年に 40 liter/hr (with LN₂) の能力を持つ Sulzer 社製 TCF-20 型に更新された。同時に液体窒素貯槽も 2,600 liter から 8,800 liter に更新され需要の増加に対応した。

その後、液体ヘリウムを利用する実験装置は大型化し 100 liter 容器での利用が中心となった。さらに 2 日間で 1,000 liter に及ぶ供給が始まると液化能力不足となり、1997 年に 60 liter/hr (with LN₂) の能力を持つ LINDE 社製 TCF-20 型と液化能力に対して大きな 2,000 liter の液体ヘリウム貯槽に更新された。以後、液化能力に対し液体ヘリウム貯槽を大型化することがヘリウム液化設備の主流となった。

宇治キャンパスでは大型の測定装置の導入が続き、2010 年度には 800 MHz の NMR が設置され NMR は合計 20 台となり、また Squid, PPMS、希釈冷凍機が常時稼働しており、供給量の増加に対応するため 120 liter/hr (with LN₂) の能力を持つ Air Liquide 社製 ML 型ヘリウム液化装置と 4,000 liter の液体ヘリウム貯槽及び長尺ヘリウムガス貯槽の増設等の設備に更新された。フロー図を Fig. 3 に示す。

3. 液体ヘリウム供給量の推移

液体ヘリウムの供給量は Fig. 1 に示すように 1970 年代は 2,000~3,000 liter/年 程度であったが、1980 年代には大幅な伸びを示し、1985 年には 1970 年代の 2 倍となり、1990 年代には 3 倍の供給量となった。

さらに、1998 年には 1970 年代の 10 倍近い 28,000 liter/年 となり、2010 年度



Fig. 1

には大型の実験装置の導入に伴い 35,000 liter/年 の見込みとなっている。

4. ヘリウム液化装置更新の変遷

1971 年度 : Philips 社製 PLHe210 型 : 10 liter/hr(Without LN2) 200 liter 貯槽 (後に 500 liter)
スターリングサイクル

1984 年度 : Sulzer 社製 TCF-20 型 : 40 liter/hr(with LN2) 1,000 liter 貯槽
タービン式

1997 年度 : Linde 社製 TCF-20 型 : 60 liter/hr(with LN2) 2,000 liter 貯槽
液化能力に対して液体ヘリウム貯槽の大型化・移送速度の高速化

2010 年度 Air Liuide 社製 ML 型 : 120 liter/hr(with LN2) 4,000 liter 貯槽
供給量の増加に伴い液化能力貯蔵能力の大型化・移送速度の改良



1970 年 三菱 UL-80 型



1971 年 Philips PLHe210 型



1984 年 Sulzer TCF-20 型



1997 年 Linde TCF-20 型



2010 年 Air Liquid ML 型

5. ヘリウム液化装置の更新と液体ヘリウム移送速度の改善

1970年代には0.5～5 literのガラスデュワーへの供給が中心であり、移送速度は問題にはならなかった。1984年度の更新以降は液体ヘリウムの供給は100 liter, 50 liter 容器による供給に移行し、液体ヘリウムの供給量が大幅に増えたため液体ヘリウムの供給に要する時間も大幅に増加した。業務の効率化を図るためには液体ヘリウムの供給にかかる時間を短縮する事が効率的であるため、液体ヘリウム供給時の容器からの蒸発ガスの配管を見直し容器内圧を下げる工夫や、トランスファーチューブの先端に焼結金属を用いた改善（2001年度分子科学研究所技術研究会左図）を行い所要時間の短縮を実現して来た。液体ヘリウムを利用する実験装置が大型化し、2日間で1,000 literに及ぶ供給が始まるとヘリウム液化機の液化能力と貯蔵能力が不足となった。このため次の更新では、液化能力よりも短期間に大量の供給に対応するために液体ヘリウム貯槽の大型化と液体ヘリウムの移送速度の高速化を中心に行った。

1997年度の更新時には、液体ヘリウム貯槽の大型ととも液体ヘリウムトランスファーチューブの構造及び供給時の容器からの蒸発ガスを回収する配管を大幅に見直す事により、10 liter/min. の液体ヘリウムの移送速度実現した。その結果は1999年の高エネルギー物理学研究所および名古屋大学での技術研究会で発表を行った。

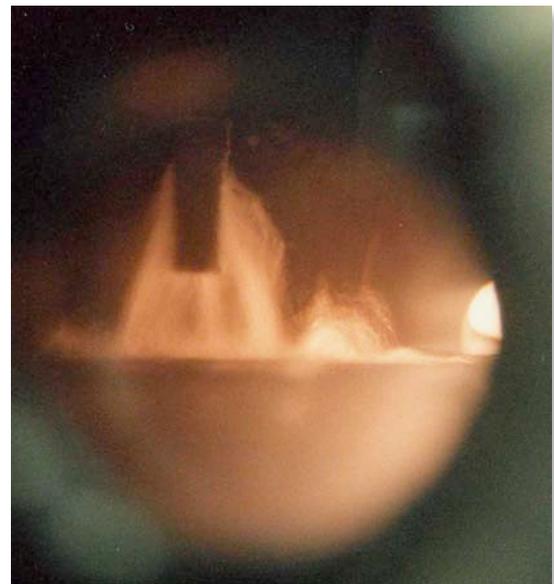
その後、平成16年度には科研費奨励研究費を得てトランスファーチューブ内径や回収配管径と液体ヘリウム移動速度の調査を行い大阪大学での総合技術研究会で発表（Fig.2の青のプロット部分）を

行った。この結果を認められ京都大学・低温物質科学研究センター長裁

量経費の研究費を頂き、先の調査結果を元に新たにトランスファーチューブを製作しFig. 2の赤丸に示すように40 liter/min. の速度を実現した。この成果は2008年度の京都大学総合技術研究会で発表を行った。今回の更新ではトランスファー時の容器からの回収系を見直すことにより、さらに高速化を目指している。この技術は多くの大学で利用されている。

このように、液体ヘリウムトランスファーチューブや付帯配管などの大きな改良を行うには多大な費用や工事を伴うため、データを蓄積しヘリウム液化設備の更新時に盛り込むことにより実現出来た。

6. その他



焼結金属による液体ヘリウム移送改善

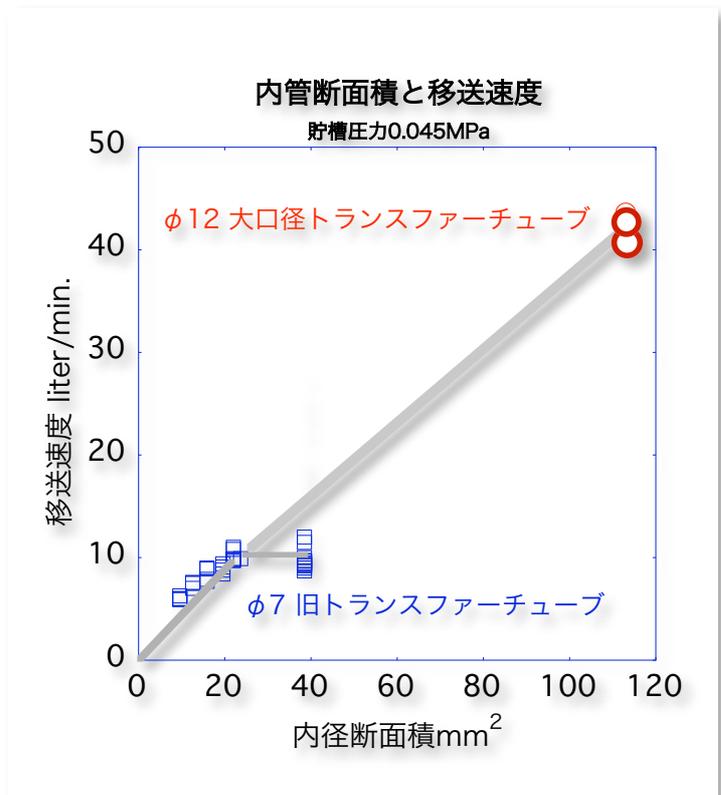


Fig. 2 液体ヘリウム移送速度

ヘリウム液化設備の更新以外には、ヘリウムガスは貴重な資源であり、高価なガスであるため回収し再液化を行っているが、以前は液体ヘリウムを使用して蒸発したヘリウムガスを 0.5~2 m³ の風船に入れて手作業で回収を行ってきた。1982年に宇治キャンパス全域にヘリウムガス回収配管が設置されてヘリウムガスの回収が簡略化出来たことにより、その後の液体ヘリウムを利用する実験装置の増加と液体ヘリウム供給量の増加に貢献した。

7. まとめ

3度のヘリウム液化設備の更新を振り返ると、ガラスデュワーでの小規模の手作りの実験装置から現在の大型化・自動化された実験装置にかわってきた。それに伴い、液体ヘリウムの供給量は1970年代から比べると現在は10倍を超え、液体ヘリウムの利用は特殊な用途から日常的に利用される環境となって来た。今後もさらに用途が広がり装置の大型化が進むことにより増加する需要に対応するようヘリウム液化設備の整備と供給設備の効率化を行っていく必要があると考える。

また、5.で述べた液体ヘリウムトランスファーチューブの改良による液体ヘリウムの移送速度の高速化のように、トランスファーチューブの製作や回収配管の改修が必要な場合は、費用が高額となり維持費などでは賄えない。このため、現在の設備でデータを蓄積し、設備全体の更新時に蓄積したデータを活用して組み込む事で実現が可能となる。この報告書では一人で長年にわたり行ってきたが、他大学と共同で開発出来れば効率的であると考え。そのために技術研究会を活用する必要があると考える。

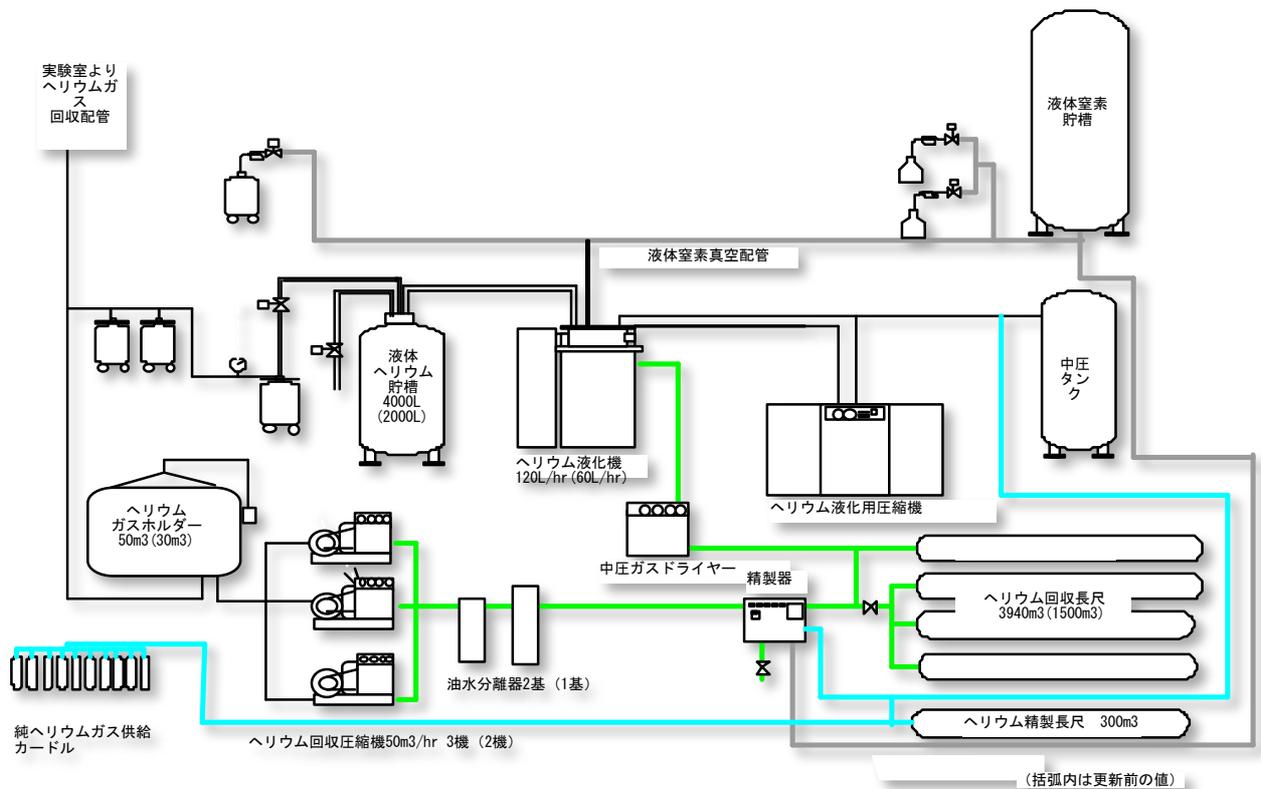


Fig. 3 ヘリウム液化システムフロー