

使いやすいトランスファーチューブ

宗本久弥

国立大学法人琉球大学 極低温センター

概要

フレキシブルチューブの正しい取り扱いを知り、そのようなトランスファーチューブを実用化した。とても使いやすく、良好な結果を得た。

1 はじめに

LHe (液体ヘリウム、 -269) を移送する断熱構造のトランスファーチューブ (transfer tube、移送管) は、ヘリウム液化室で貯槽から運搬用小分け容器へ LHe を供給する場面や、研究室で前述容器から実験装置への場面などで用いられる。しかしその取り回しの悪さには辟易しており、初心者でも容易に扱え、またベテランにとっても手間のかからないものが望ましい。当センターでは LN2 (液体窒素、 -196) 同様、LHe の供給も学生のセルフサービスとしているが、今回はこの貯槽からの供給用について取り上げる。

2 従来のトランスファーチューブ

2.1 冂型

最も一般的と思われるトランスファーチューブは、「冂」型の金属管である (図 1)。これを送り側容器 (貯槽) と受け側容器 (小分け) の両方に上から挿して使う。挿抜するには主に、トランスファーチューブ自体を上下する方法と、トランスファーチューブは貯槽側に挿しっぱなしで、小分け容器を床下へリフトで迫り下げる (場合によっては宙へ持ち上げる) 方法がある。前者は二か所同時に挿抜するのが難しく、後者はリフトの設置やその取り扱いの面倒、転落の危険などがある。加えていずれも作業が下手だと、トランスファーチューブがうまく入らなかったり曲がってしまう。

対策として、水平部分の金属管にフレキ (flexible tube、金属製の可撓管) を用い、若干扱いやすくしたものも多い。また、トランスファーチューブの途中にバヨネット継手を設け、貯槽側と小分け側を分離して別々に挿抜できるものもある (図 2)。しかしこれはバヨネットの着脱操作が増え、また挿す前にトランスファーチューブ内をパージしたり予冷するのが難しい。



図 1. 冂型トランスファーチューブ (水平部はフレキ、貯槽側は挿してある) と、迫り下げた小分け容器

2.2 象の鼻型

フレキを活かして受け側のエルボーを省いた「象の鼻」型（図 3）は、LN2 のホースでもよく見かける。鼻は充分長くないと過渡の曲げを生じ、挿入管（挿入部の直管）をスムーズに上下できない。また応力はフレキの端、特に鼻の付け根に集中し、それを分散する保護具もあるが、いずれここでフレキが破損する。

なお、かなり大型の貯槽で小分け容器との高低差が 3m くらいあれば、小分け側を上げたときでも鼻が図 3 のようにならずに済む。ただしフレキは 3m 以上になり、自重で曲がるとやはり付け根に負担がかかるのでサポートも必要である。（図は割愛）



図 2. バヨネット継手
（水平部に設けることもある）

3 フレキシブルチューブ

3.1 柔軟性

当初、「象の鼻」がもっと曲がれば使いやすくなるのではと考えていた。フレキには硬いのや軟らかいのがあるようだったので、フレキメーカー数社からカタログ^[1]やサンプルを取り寄せてみた。すると、波形が環状か螺旋か、波形の断面形状、肉厚、材質、熱処理などによって、様々な特徴（柔軟性、耐久性、耐圧等）のあることがわかった。用途（曲げた状態で固定か、繰り返し曲げるのか等）に応じて選択する必要があるのだが、単に「軟らかい=よく曲がる」と思っていたのは誤解だった。ポイントは、軟らかさと曲がる限度は別物ということである。弾性が強くて曲げるのに力が必要（手を放すと元に戻ってしまう）でも最小曲げ半径は小さかったり、逆に塑性だと軟らかくても繰り返し曲げ半径は制限されていたりする。また、いくらでもグニャグニャ曲がるものや、硬くて曲げにくいものもある。

3.2 正しい取り扱い

カタログ巻末の注意事項には、象の鼻型はダメで必要に応じてエルボーを入れることが解説されていた。ただしそれは門型の小分け側から省いたエルボーではない（図 4）。私はこれを見た瞬間、今まで感じていた「象の鼻」の扱いにくさが何であったのか氷解した。フレキの使い方が誤っていたのである。

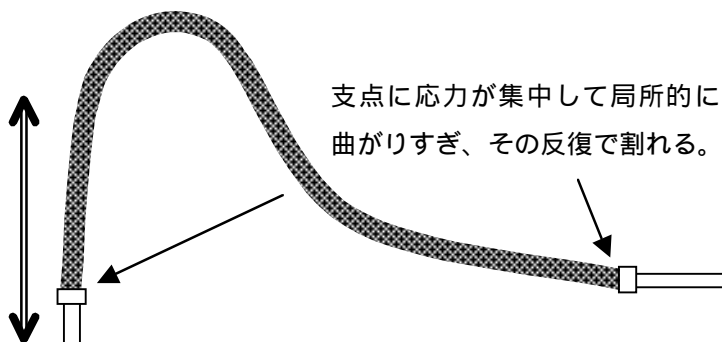


図 3. 象の鼻型（悪い例）

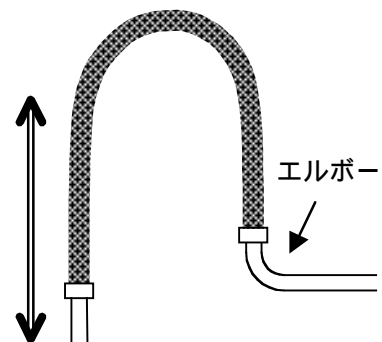


図 4. フレキの正しい用法

4 型トランスファーチューブ

判ってしまえば単純なことだったが、漸く「」型に辿り着いた（図 5）。

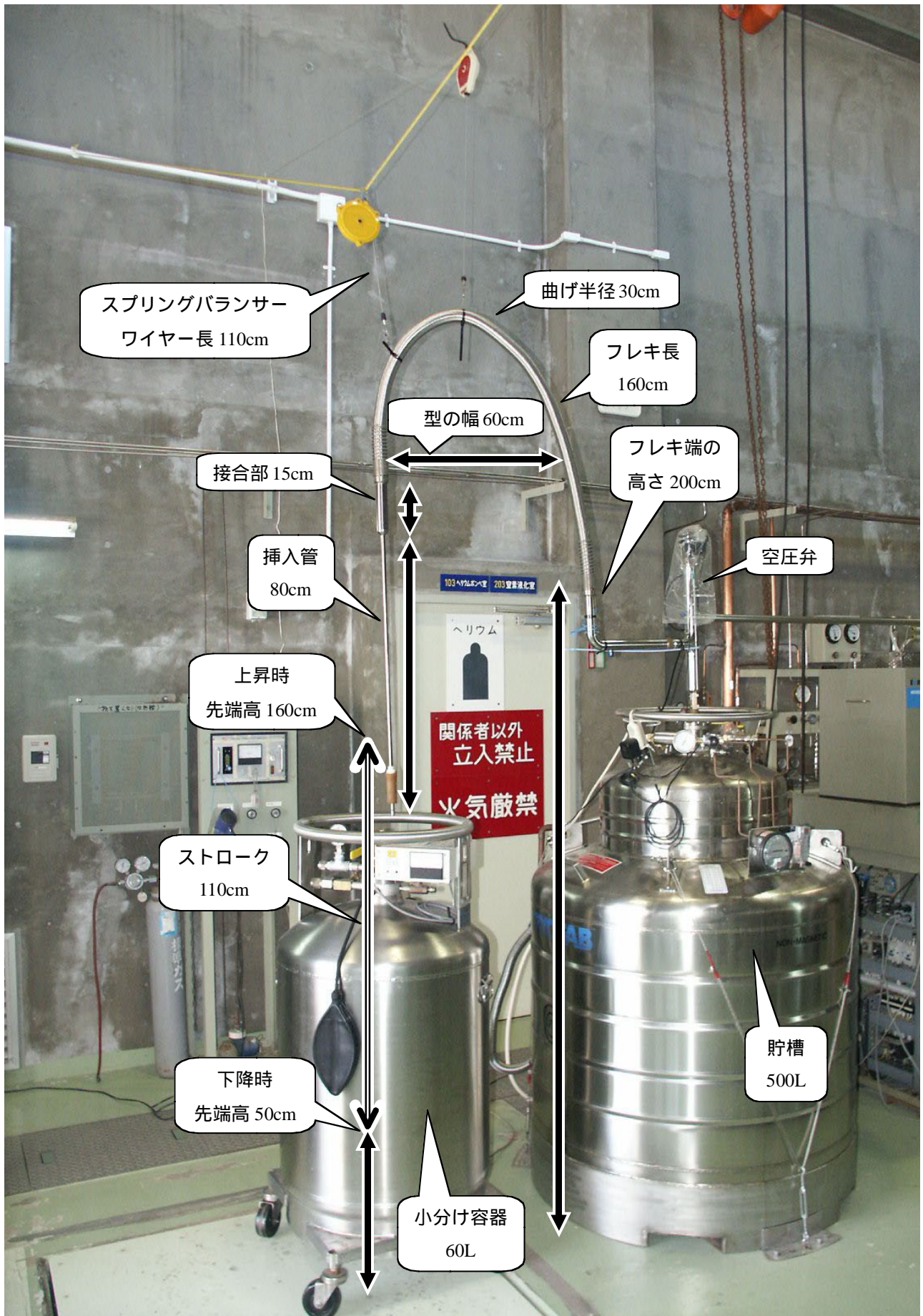


図 5. 型トランスファーチューブ

貯槽側は挿しっぱなしで、頂部に空圧弁 (pneumatic valve) がある。フレキは小分け寄りの二か所をそれぞれスプリングバランサーで吊っており、挿入管は片手で楽に上下し、挿抜が大変容易になった。トランスファーチューブの予冷も、簡単に先端をガス回収ラインへつなげるのですぐできる (図 6)。全開と全閉しかないう空圧弁だが、小分け容器に温ガスを吹き込むこともなくなり、直ちに液が入る。作業が終わったらぶらぶら邪魔にならないよう、先端をフックに掛けている (図 7)。

なお、ストロークの 110cm は使用しているスプリングバランサーによる制限だが、これで現有の 30L ~ 100L 各種容器に対応しており、延長管やリフトは使ったことがない。フレキ自体は曲げ半径にも余裕があり、ストロークを 150cm 以上とれる。



図 6. トランスファーチューブの予冷



図 7. 先端をフックに掛けた状態

5 おわりに

型のトランスファーチューブを設計する際は、供給する全小分け容器の高さと挿入する深さ、貯槽側の高さ、フレキの曲げ半径をよく考える必要があり、カタログの計算式を参考にフレキの長さを決める。バルブの構成によっては、フレキの貯槽側も挿入管と一直線にできる。天井が低く 型の頭が当たってしまう場合は、フレキを逆さま (U 型) にして U 字型を水平部で二分したものの間に入れる方法も考えられる。実験室用では送り側 (小分け容器) も頻りに挿抜する必要あるが、これも容易なものを検討しているので実用化できたら次回発表したい。また 型は LN2 用ホースにも適用できるのはもちろんである。

最後に、資料提供いただいた各フレキメーカー、相談にのっていただいた小池酸素工業 (株)、製作していただいた (株) 理研社・(株) クライオバックの皆様へ感謝申し上げます。

参考文献

- [1] トーフレ (株)、大阪ラセン管工業 (株)、(株) 淀川螺旋管製作所の各社カタログ