

独自技術を付加したチューブポンプ

リングポンプの紹介

株式会社アクアテック 谷口 尚司

1. はじめに

当社は、独自技術を付加したチューブポンプであるリングポンプ（Ring Pump：当社の登録商標）を製造販売している企業である。



写真1 各種リングポンプ

リングポンプは、構造が簡単で小型化に適していることが特長の一つで、吐出力が $1\mu\text{L}/\text{min}$ 以下のマイクロリングポンプも商品化し、微小流量が必要な各種分野で使用されている。

リングポンプもチューブポンプの一種であるため、次に示すチューブポンプの特長も併せ持っている。

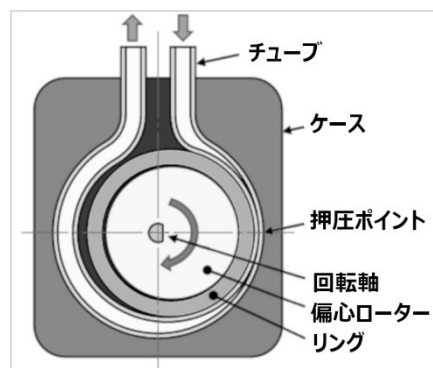
- ・流体が接触するのは、チューブ内面のみ
- ・呼び水が不要で自吸する
- ・ポンプが停止しても、逆止弁効果がある
- ・連続送液、灌流ができる
- ・モーターを逆転すれば、逆流する

以下、その他の特徴も含めて、リングポンプの詳細について解説を行う。


2. リングポンプの構造

当社は、標準機種として 19 機種のリングポンプを展開し、 $30\text{nL}/\text{min}$ から $1.6\text{L}/\text{min}$ の範囲の幅広い吐出量をカバーしている。これらのポンプは、サイズの違いはあるが、基本的な構造・原理は共通である。

第1図にリングポンプの基本構造を示す。



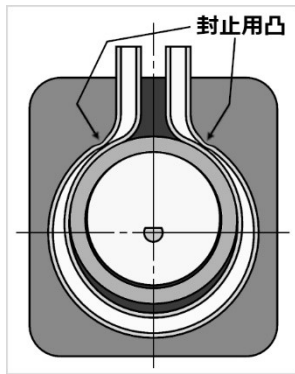
第1図 リングポンプの構造

リングポンプは以下の構成となっている。ケースにチューブの出入り口部分を有する円筒状（形）のくぼみを設ける。そのくぼみの壁に沿って弾性材料のチューブを配置する。このくぼみの円筒部の中心に、モーターで駆動される回転軸を配置する。偏心した位置に回転中心を持つ円形の偏心ローターの回転中心をこの軸に結合する。偏心ローターの外側にチューブを押圧するためのリングを挿入する。第1図には図示しないが、これらの部材を定位置に収めるため、図の手前側からカバーを取り付ける。

偏心ローターの回転中心と外円の距離が一番長い部分（第1図では右方向）でケースの円筒状くぼみの壁との隙間が一番小さくなり、この位置でリングを介してチューブを押圧する（押圧ポイント）。

このような構造で回転軸が右回転すると、押圧ポイントも順次チューブに沿って回転方向に移動していく。

ポンプの動作は、回転軸が時計回りに回転すると、回転方向に対し押圧ポイントの後ろ側のチューブの押圧がなくなった部分では、チューブがその弾性力で復元しチューブ内が陰圧になって流体を吸引する。また、回転方向側に押圧ポイントが移動して新たにチューブが押圧されると、チューブ内の容積が減り中の流体を吐出する。



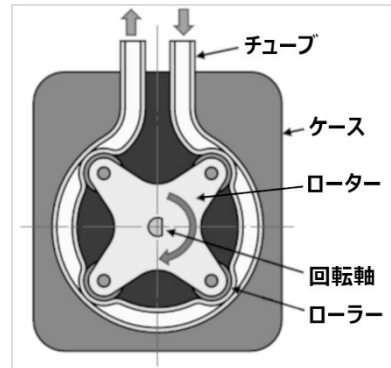
第2図 封止用凸

第2図に示すように、偏心ローター回転中心と外円の距離が一番長い位置が真上に来ると、チューブを収めているケースの円筒状部分からチューブが上に向かう所の境目の部分（図で矢印が付いている部分）では真上に比べ偏心ローターの回転中心から外円までの距離が短くなり、チューブの押圧が不完全になる。押圧が不完全になると、流体が漏れポンプ性能が悪くなる。これを対策するため、リングポンプではケースの矢印部分に適切な高さの封止用凸を設けている。

この凸により、ポンプの回転全周にわたってチューブを確実に押圧することができ、ポンプ

の自吸性能と、ポンプが停止した時の逆止弁効果を確保している。

3. 従来型チューブポンプの構造



第3図 従来型チューブポンプの構成

第3図に従来型チューブポンプ（ローラポンプとも呼ばれる）の基本構成を示す。

従来型チューブポンプ（以下、従来型ポンプと書く）は、回転軸に固定されたローターに組み込まれた複数個（図では4個）のローラーで、順次チューブをしごいて流体を送る構造になっている。チューブの弾性力で流体を吸引することと、ローラーでチューブが押されて流体を吐出する原理は、リングポンプと同じである。

4. 従来型チューブポンプとの比較

従来型ポンプとリングポンプを比較すると、従来型ポンプでは小さなローラーでチューブが押されるのに対し、リングポンプは大きな半径のリングでチューブを押圧する。また、リングポンプは1回転に1回チューブを押すが、従来型ポンプは複数回チューブを押す。したがって、リングポンプのほうが、チューブに与える変形負荷が少なくソフトなため、チューブ寿命が長くなるとともに、チューブ内部が削れてコンタミが発生することも改善される。

また、リングポンプは、小さなローラーやその軸が不要なため構造が簡単で部品点数も少なく、従来ポンプに比べ小型化しやすいという特

長を持っている。そのため、吐出量が 1 μ L/min 以下のマイクロリングポンプの製品化が可能となっている。

5. チューブについて

リングポンプでは、チューブと流体の相性が重要である。使用する流体によって侵されて溶けたり・膨潤したりするチューブは、ポンプ性能・寿命の観点から使用することはできない。

当社では、お客様から使用液体が提供可能な場合は、その液体と各種チューブを使って接液性の試験を実施して、適切なチューブをお客様に提案している。

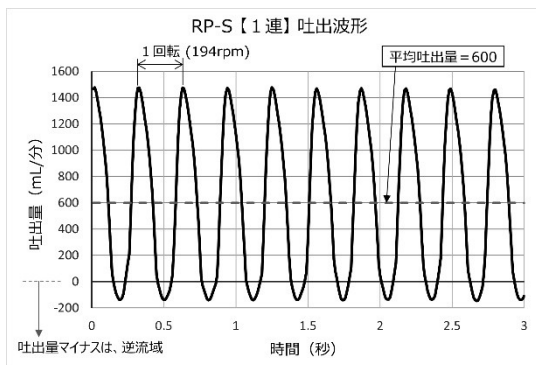
チューブの気体の透過性は、チューブの材質によって大きく変わり、シリコンチューブは気体の透過性が高い。そのためチューブ内の流体に含まれている物質が透過して外部に漏れ、ポンプのケースなどを侵すという事例もある。また、停止状態でポンプを置いておくと、チューブ外の空気がチューブの中に入り込み、泡になることもある。

当社では、

- ・シリコンチューブ
- ・オレフィン系チューブ
- ・フッ素系エラストマーのチューブ

などから、使用する流体に適性のあるものを選択して使用している。

6. 脈流について



第4図 RP-Sの吐出波形

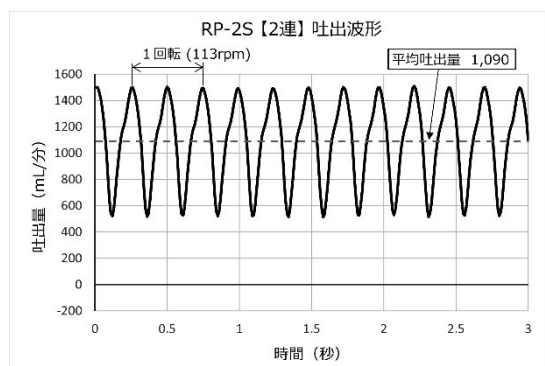
第4図は、当社リングポンプ RP-S の吐出量の時間変化グラフである。ポンプの回転数 194rpm で水道水を流した時のグラフで、1回転に1回のサイクルで吐出量が約 1470mL/min から約-140mL/minの間を変化する流れになっているのがわかる。吐出量マイナスは、逆流している領域である。周期的に変動するこのような流れを脈流、あるいは、脈動と呼んでいる。

第2図に示したように、偏心ローター回転中心と外円の距離が一番長い位置が真上に来ると、出口・入口のチューブを同時に押圧するため流れが止まる。そこからさらにポンプが回転すると、出口側チューブの押圧が解放されチューブが弾性力で復元するため、いったん吐出した水を引き戻すことになり逆流が発生する。

第4図の 600mL/min の位置の横点線は平均吐出量を表している。カタログ等に記載の吐出量は、この平均吐出量である。

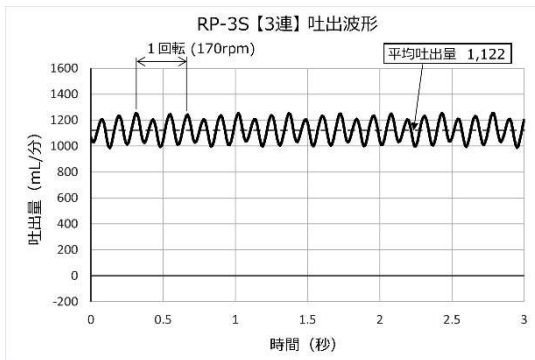
この脈流はポンプの原理上無くすることができないものである。しかし、多連のポンプにすることによって脈流の程度を改善することができる。同じポンプを多層にして、それを一つのモーターで回転させるもので、偏心ローターの押圧ポイントを2連なら 180度、3連なら 120度ずらしている。そして複数のポンプの吐出口を一つにまとめて吐出流を合成することによって、脈流の変化幅を小さくしている。

第5・6図は RP-S を2連と3連にしたリングポンプ (RP-2S/3S) の吐出量の時間変化グラフである。脈流はあるが、第4図の1連と比較



第5図 RP-2S(2連)の吐出波形

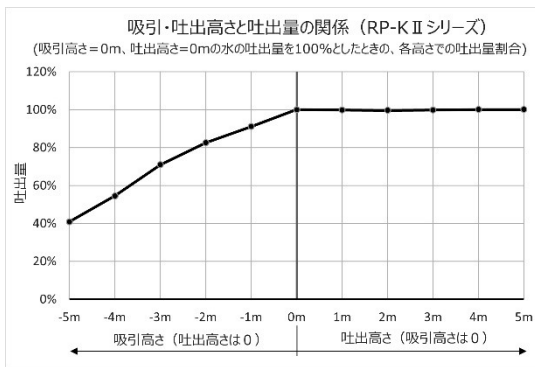
すると吐出量の変動幅が2連は約60%に、3連は約17%に小さくなっていて、吐出量の変化幅縮小の効果が分かる。



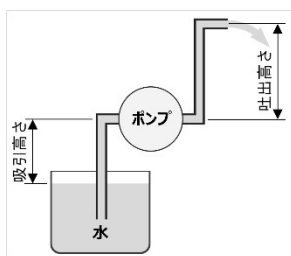
第6図 RP-3S(3連)の吐出波形

7. 吸引・吐出高さと吐出量の関係

当社では、吸引・吐出高さと吐出量の関係を第7図のグラフで表している。これはリングポンプ RP-K II シリーズの測定例である。



第7図 吸引・吐出高さと吐出性能の関係



第8図 吸引高さ、吐出高さ

横軸は吸引・吐出高さを、縦軸は吐出量を示している。横軸は中央の0mが吸引・吐出高さ

ともに0mで、マイナス方向は吸引高さの変化（吐出高さは0m一定）を、プラス方向は吐出高さの変化（吸引高さは0m一定）を表している。

吐出量は、吸引高さと吐出高さが0mの時の吐出量を100%とし、それぞれの高さの変化による吐出量の変化を%で表している。

この図を見ると、吸引高さが大きくなると、吐出量は減少している。ポンプへの吸引は、押圧されたチューブの復元力に依存している。吸引高さが高くなり水を引っ張り上げるのに必要な力が大きくなると、復元に対する負荷が大きくなり吸引できる水の量が少なくなる。その結果として吐出量も減る。

吐出高さについては、十分なトルクのモーターを使用しているため、5m程度までは吐出量への影響はほとんどない。

8. 1回転の吐出量

リングポンプは容積式ポンプで、1回転の吐出量の定量性は良い。しかし、脈流があるため1回転以下の動作では、脈流サイクルのどの位置からスタートしたのかにより、吐出量のばらつきが発生する。そのため、ポンプを間欠運転する場合は、3回転程度以上運転してスタート位置によるばらつきを少なくすることを推奨している。

当社では、ポンプ1回転の定量性に着目し、正確に1回転の整数倍の回転数でポンプの回転を停止させることができるポンプとモーターコントローラーを組み合わせ、定量ポンプも製品化している。

9. チューブ交換

リングポンプは、モーター寿命に比べチューブ寿命が長いため、開発当初から「チューブ交換は必要ないので行わない」という考え方で製品化してきた。

しかし、細胞培養・医療関連などで利用されるようになり、チューブの滅菌のためチューブ交換が必要になってきた。その対策として、品

質上のトラブルがなく簡単にチューブ交換ができるように、チューブの入ったポンプヘッド部とモーターの付いた本体部に分割して、ポンプヘッド部を交換できるポンプを、小型ポンプ中心に製品化している。

写真2は、その一例の RP-QII である。



写真2 ポンプヘッド交換式の例

10. モーターについて

当社のポンプには、駆動源としてブラシ付き DC モーター・ブラシレス DC モーター・ステッピングモーター・AC シンクロナスモーターを使用している。

ブラシ付き DC モーターは、直流電圧をかけるだけで回転し、コストも安く、多くのポンプで使用されている。しかし、ブラシの摩耗が発生するため、寿命は長くない。

寿命を延ばす必要のある場合は、ブラシレス DC モーターを使用している。ブラシレス DC モーターは、回転させるのにドライバー回路が必要だが、当社では主にドライバー回路一体型のモーターを使用している。

幅広い流量範囲での使用や、細かい回転制御が必要な場合、あるいは超小型ポンプでは、ステッピングモーターを使用している。ステッピングモーターの駆動にはコントローラーが必要だが、当社では、色々な特徴を持った複数のコントローラーを製品化している。

AC 電源で駆動したいという要望に合わせ、AC シンクロナスモーターを使用したモデルも展開している。

ブラシレス DC モーター、ステッピングモーター、AC シンクロナスモーターはブラシがないため、ブラシ付き DC モーターに比べ長寿命

化が図れる。

これらのモーターは、モーター単体では回転数が速いため、減速ギアを組み込んだギアードモーターとして使用している。

11. おわりに

吐出量の小さなマイクロリングポンプは、細胞培養、各種分析・検査機器、大学・企業の研究室や宇宙ステーション内を始めとする多くの分野の実験、特に微量のコントロールが必要とされるシーンで活躍している。

また、吐出量が比較的大きい汎用のリングポンプは、各種薬液供給装置、全自動洗濯機、業務用洗濯機、多機能トイレ、イオン水整水器、介護浴槽、カップコーヒー自販機、インクジェットプリンター等々、ポンプそのものが直接見えることはほとんどないが、生活の中の多くの場面で使用されている。

当社は、今後ともお客様のニーズを鋭く感知し、常に一歩先をゆくユニークな製品の開発に努めていく所存であるので、ご期待いただきたい。