

冷蔵庫用ソニックコンプレッサ

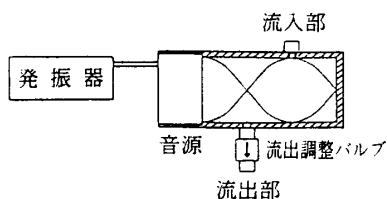


図1 定在波コンプレッサ

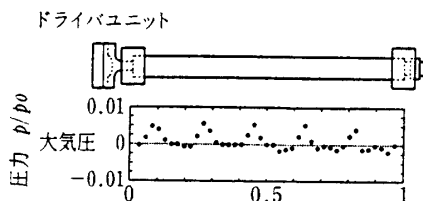


図2 平均圧力分布

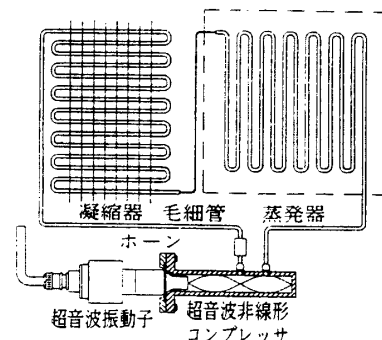


図3 冷凍機系

1. はじめに 現在深刻さを増し、その対策が急がれている地球環境問題に、オゾン層破壊や温暖化現象がある。中でも、オゾン層破壊については、冷凍機用冷媒として用いられる一部のフロンが原因の一つとして考えられている。オゾン層を破壊するとされているフロン的一种にCFC 12がある。このフロンは、家庭用冷蔵庫の冷媒として広く用いられてきたが、最近の環境問題に対する関心の高まりから、西暦2000年までに代替製品への移行が義務づけられており、家庭用冷蔵庫冷媒としても、代替フロンHFC 134aの使用が考えられている。しかし、代替フロンの使用は他の問題を引き起こす。すなわち、HFC 134aは潤滑油と溶け合わないため、従来の冷蔵庫用コンプレッサで使用すると摩擦の増大などの問題が生じる。

そこで最近ロスアラモス研究所で発表され注目されているのが、機械的可動部を有しないソニックコンプレッサ（音響定在波コンプレッサ）である。このコンプレッサは極めて単純な構造を有しており、その動作原理も単純である。さらに、消費電力も従来のものよりも低減できる可能性があると考えられている。ここでは、その動作原理について述べると共に、その問題点についてもふれる。

2. 動作原理 一端に音源が接続され、他端が閉止端である音響管内に定在波が生じるとき、4分の一波長ごとに音圧の腹と節が生じる。このとき、腹部で圧力変動振幅が極大となり、節部で振幅が0となる。また、腹部の振幅は、駆動源の振幅の増加とともに、また駆動周波数を音響管共振周波数に近づけることにより増加する。このような大振幅定在波状態が生じている音響管において、図1に示すように音圧の節部を流入部、腹部を流出部とし、流出調整バルブによって腹部変動圧力が設定圧力以上になったときに流出を生じさせると、管内への低圧気体の流入、外部への高温・高圧気体の流出が生じ、コンプレッサとして作動することになる。このような大振幅定在波を得るには、超音波領域が有利であり、図の音源には超音波振動子が用いられている。

しかし、実際の現象はこのような単純な説明だけでは不十分である。駆動源の振幅の増加、および駆動周波数と音響管共振周波数との一致によって管内波動の振幅が増加すると、波動の非線形性により衝撃波を伴う有限振幅波動状態となる。このような有限振幅波動状態では、波形が伝ば方向に保存されない、節部で有限の振幅値となる、などから本来の定在波とは

異なるが、振幅極大点および極小点の現れ方は同様である。しかし、非線形性の最も特徴的な現象として、平均圧力分布が現れる。すなわち、平均圧力は一様でなく、図2（埼玉大学機械工学科流体工学研究室での実験結果、実験条件：閉端圧力振幅約10 kPa）に示すように圧力振幅極大点で極大、振幅極小点で極小となる圧力差が生じる。ソニックコンプレッサは、このような非線形波動現象のもとで動作する。

このとき、強力な音源を用いれば、非線形効果として生じる定常圧力の差は著しく増加するため、上述の流出調整バルブを用いることなくコンプレッサが構成される。図3に、このような超音波非線形コンプレッサを組み込んだ冷凍機ループが示されている。

3. おわりに ソニックコンプレッサは、構造の単純さ、機械的可動部を有しないなどの特徴があり、代替フロン使用上の問題点がないなど、冷凍機用コンプレッサとしての有用性が期待されるが、原理的な問題として冷媒の流量による波動状態の変化、他の非線形現象として生じる音響流の影響など、今後検討すべき問題点も残されている。

〔川橋正昭 埼玉大学〕
（原稿受付 1993年11月12日）