

高信頼性極低温冷凍機の開発

高出力・高効率のメンテナンスフリーな冷凍機を目指して

Development of Reliable Cryocooler

For the Maintenance-Free High Power and Highly Effective Cryocooler

(電力技術研究所 超電導G)

超電導マグネットを冷却するには、大容量の冷凍機を常時連続運転して使用する必要がある。ところが、従来の冷凍機は半年毎の点検が必要で、その都度装置を止めなければならなかった。今回、この冷凍機の出力と冷凍効率を上げるとともに、メンテナンスフリーを実現できたので紹介する。

(Superconductivity Group, Electric Power Research and Development Center)

It is necessary to drive a mass cryocooler continuously to keep superconducting magnets. However, Conventional cryocooler had to be necessary to check every half a year, and be a stop of the device in every case.

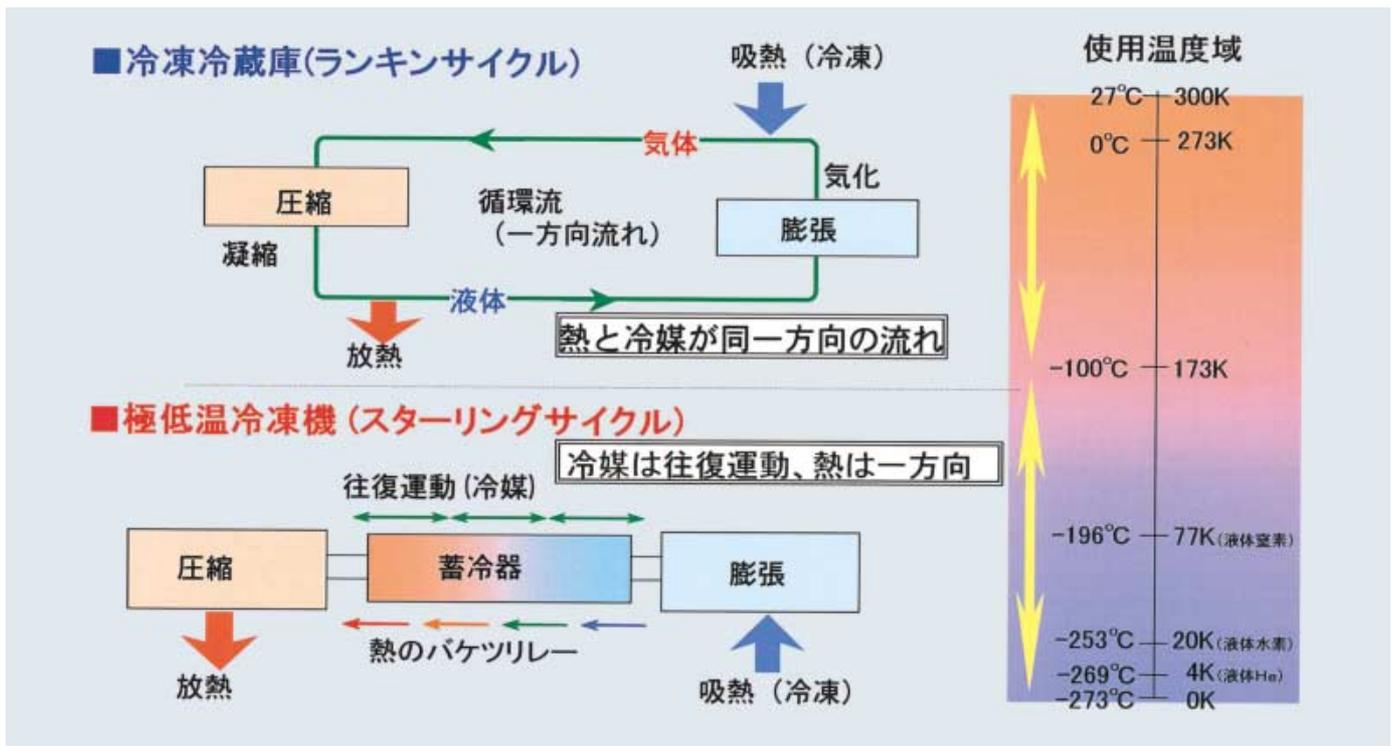
We introduce our developed reliable cryocooler that has high power, high efficiency and maintenance-free.

1 開発の背景

極低温冷凍機は、 -100 以下に冷却する冷凍機で、熱交換を行う冷媒(ヘリウム)が膨張する際に熱を奪う性質を利用し冷却するものである。これらは、超電導マグネット、磁気共鳴画像診断装置(MRI)リニアモーターカー等の冷却に使用され、昨今使用する用途が増えている。当社は、超電導電力貯蔵システム開発の中で使用する冷凍機として、大出力で、長寿命、低振動、低価格な信頼性の高い冷凍機についてアイシン精機株式会社と共同で開発を進めてきた。なお、この開発は新エネルギー・産業技術開発機構(NEDO)から受託して進めている経済産業省資源エネルギー庁のプロジェクトの一環で行っている。

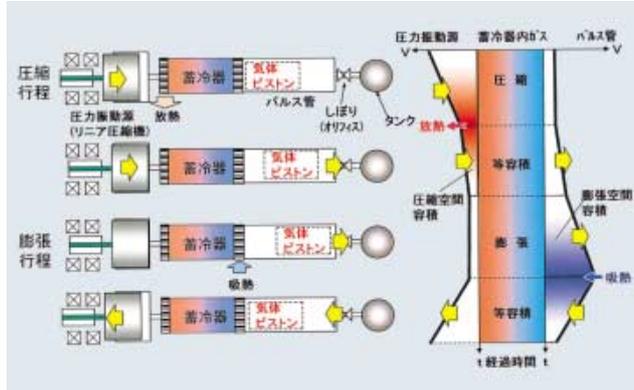
2 開発した冷凍機の特長

冷凍機は大きく2つの部位に分かれており、ピストンで圧縮の仕事をする圧縮部と冷熱を取り出す膨張部がある。極低温冷凍機の種類としては主に、圧縮部と膨張部が一体となって、閉じこめた冷媒を圧縮・膨張させるスターリング冷凍機と、別体の圧縮部にて圧縮した冷媒を膨張部に送ることで、圧縮・膨張させるGM冷凍機がある。これらの冷凍機は窒素($-196 : 77\text{K}$)や水素($-253 : 20\text{K}$)、ヘリウム($-269 : 4\text{K}$)を液化させることができる。今回開発したパルス管冷凍機はスターリング冷凍機の一つで、各部位の特徴は、圧縮部にリニアモータを用い、往復振動部は渦巻き蚊取り線香型パネの中心で把持し、管内面に接触しないため、摩擦・磨耗す

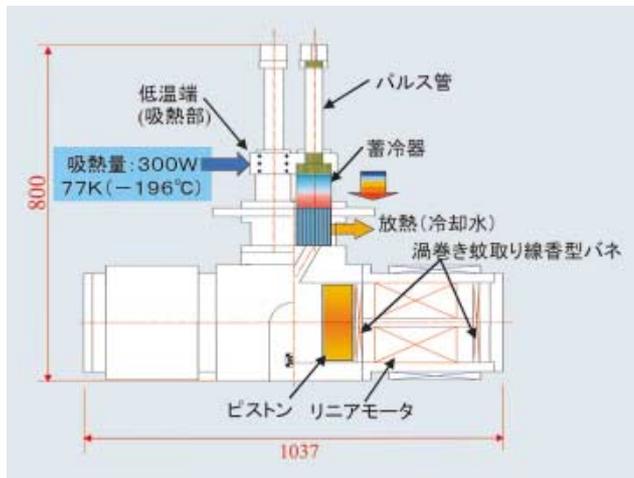


第1図 低温発生方法の比較

る部分がない構造となっている。また膨張部においても、冷媒を溜め、圧力を調節する装置(パルス管)を用いており、摩擦する部品がない。さらに冷熱を作り出す部分に2つの蓄冷器を並べ多気筒型の構造とし、これら2つのバランスを合わせることで高出力化に成功した。



第2図 パルス管冷凍機の動作サイクル



第3図 パルス管冷凍機の構造



第4図 パルス管冷凍機の外観

3 従来の冷凍機との比較

今回開発したパルス管冷凍機は、-196 (77K)の温度において300Wという従来の2倍(アイシン精機社比)に冷凍能力を上げた。また、従来のパルス管冷凍機の効率に比べ1割向上し、6.7%の世界最高の冷凍機効率を達成した。

さらに、摩擦する部分がないことから運転中の振動も少なく、音も静かで、摩擦による劣化する部分はない。従来機は、ピストン等の摺動部の清掃・取替により5,000時間毎の点検が必要だったが、これを50,000時間まで大幅に延伸化することが出来る。

冷凍機の圧縮・膨張する部分での仕事量(容器内圧力×容積)と冷凍出力の割合

第1表 冷凍機の仕様

項目	諸元
型式	スターリングパルス管冷凍機
冷凍能力	77K 300W以上
消費電力	7kW以下
使用電圧	AC200V ± 10%
使用電流	65A以下
電源周波数	50 / 60Hz
所要水量	1.0m ³ / h以上
入口温度	30 以下
寸法 (単位:mm)	H 800 × W 1,037 × D 700
製品重量	約300kg

4 今後の展開

今後は、超電導電力ネットワーク制御技術開発プロジェクトの超電導貯蔵システム実系統連系試験において、超電導コイルの冷却用として耐久試験を実施する。この試験の中で、実用上の問題点を再点検し改善するとともに、リニア駆動部の低損失化を行い、更なる冷凍効率向上をめざして開発を進める予定である。



執筆者 / 玉田 勉
Tamada.Tsutomu@chuden.co.jp