

超電導主変圧器用 パルス管冷凍機

【概要】

コイルの交流損失が1kW以下になると、鉄道車両用変圧器にとって超電導化の効果（軽量化、効率向上）があることが設計検討結果より明らかになりました。

極低温領域の代表的な**蓄冷型冷凍機**としては、スターリング冷凍機、GM冷凍機、パルス管冷凍機がありますが、窒素温度以下で1kW以上の冷凍能力を持ち、かつ軽量なものとなるとパルス管冷凍機しかありません。しかし、理論的に製作可能といわれていましたが、世界のどこにも製作実績はありませんでした。

そこで私たちは超電導主変圧器に艤装可能で、**温度65Kで1kW級の冷凍能力**を有する**パルス管冷凍機**を試作し改良を進めてきました。その結果、システム全体にとって軽量化の指針となるCOP（エネルギー消費効率）を0.037まで向上させることができました（図1, 2参照）。

【特徴】

- ・パルス管高温側（図3右側）に充填圧力の異なる**バッファタンク**を複数個配置し、圧縮機の高低圧バルブと、バッファタンクバルブの開閉タイミングによって、ガス圧力と変位の位相を制御し、高効率、高出力を実現できます。このようにバッファタンク内のガスを圧力制御としてアクティブに使用することから、この位相制御を**アクティブバッファ方式**と呼んでいます。
- ・冷凍機本体に低温の可動部（ピストン）がないため、振動や運転音が小さく、大容量化が容易です。そのためイニシャルコストの低減や、冷凍機本体のメンテナンスフリー化によるランニングコストの削減が期待できます。

表1 目標とする冷凍機の仕様

重量	・ 冷凍機本体 ・ ロータリーバルブユニット ・ アクティブバッファタンク 総重量 200kg以下
冷凍能力 (COP)	65K, 1kW級 (0.05)
パルス管外径	150mm以下

【用途】

現在は鉄道車両用超電導主変圧器専用として開発を進めていますが、スラッシュ窒素（シャーベット状態）製造にも利用が期待されます。



図1 試作したパルス管冷凍機

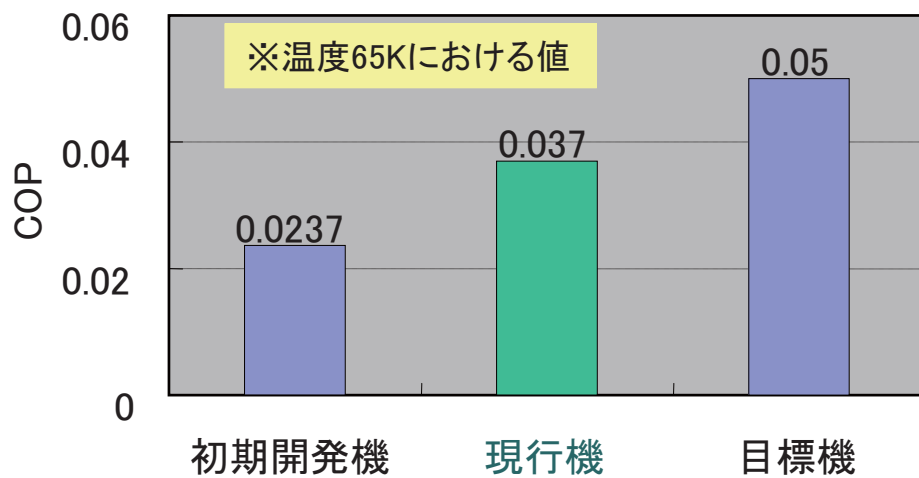


図2 COPの推移

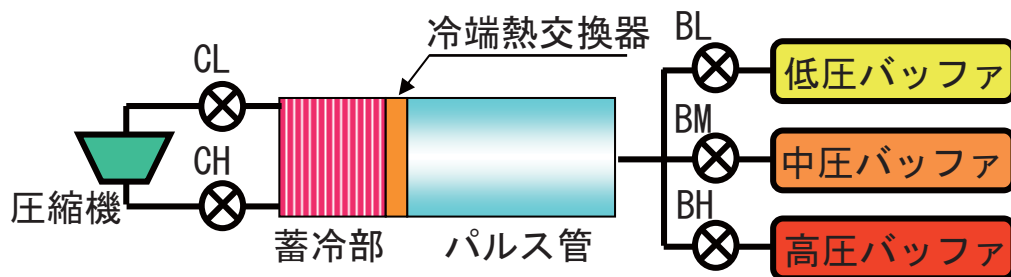


図3 アクティブバッファ方式パルス管冷凍機

本研究開発は国庫補助金を受けて実施しています。また、エア・ウォーター（株）の協力を得て実施したものです。