

読者の広場

Q&A

**Q** : 「高温超電導に関わる 65 K 近傍での超電導エレクトロニクス、車載小型モータ及び電力機器用冷凍機の現状に於けるおおよその冷凍機価格を教えてください。」

**A** : 高温超電導機器（以下 HTS 機器）冷却に使用される専用の冷凍機は、未だありませんので、その価格を正確にお答えするのは難しいことです。HTS 機器が実用化された場合の冷凍機は、実用化に耐える性能と、コスト、安全性、信頼性そして長いメンテナンス間隔を持っていないければなりません。ところが、現在の冷凍機は HTS 機器の実用化に対応した開発が十分ではありません。超電導送電や変圧器、限流器、SMES それにモータや発電機、SQUID、SFQ 計算機などそれぞれに対応した冷凍機が開発されなければなりません。現在はクライオポンプや MRI、低温研究用の冷凍機がそのまま HTS 機器の冷却に使用されています。冷凍機の冷却原理によって、その形状はほぼ決まってきますが、実用化された HTS 機器の冷凍機は、形状、性能などその機器にジャストフィッティングしたものでなくてはなりません。

しかしながら HTS 機器の開発段階での現在の冷凍機価格と、将来実用化された時の冷凍機の価格は、正確ではなくともある程度の精度で知っておかなければなりません。そこで、今回の質問を機会に、各種 HTS 機器用冷凍機の価格を推定してみました。

冷凍機の価格を決める要素は、冷却温度と冷凍能力ですので、冷却温度を 65 K に限定して、HTS 機器に対応した冷凍機の価格を表 1 に示しました。

表 1 HTS 機器実用化時の必要冷凍能力と冷凍機候補及び推定価格  
(冷却温度は 65 K とし、実用化時推定価格は、100~1,000 台単位の量産を仮定)

超電導機器	必要冷凍能力	冷凍機候補	現状冷凍機と冷凍能力	現状冷凍機の価格 (1 台)	実用化時推定価格 (必要冷凍能力具備)
送電	10~80 kW	ターボプレート	スターリング 800 W G-M 150 W	¥2,500 万 ¥400 万	¥10,000 万~ ¥80,000 万
変圧器	2~10 kW	ターボプレート	スターリング 800 W G-M 150 W	¥2,500 万 ¥400 万	¥2,500 万~¥10,000 万
限流器	2~10 kW	ターボプレート	スターリング 800 W G-M 150 W	¥2,500 万 ¥400 万	¥2,500 万~¥10,000 万
SMES	2~10 kW	ターボプレート	スターリング 800 W G-M 150 W	¥2,500 万 ¥400 万	¥2,500 万~¥10,000 万
モータ	2~20 kW	ターボプレート	スターリング 800 W G-M 150 W	¥2,500 万 ¥400 万	¥2,500 万~¥20,000 万

発電機	20~50 kW	ターボブレイトン	スターリング 800 W G-M 150 W	¥2,500 万 ¥400 万	¥20,000 万~ ¥50,000 万
通信用 ミキサ	0.1~1 W	スターリング	スターリング 0.1 ~1 W	¥60 万~¥180 万	¥40 万~¥100 万
SQUID	10~300 W	パルスチューブ	パルスチューブ 300 W	¥200 万~¥500 万	¥100 万~¥200 万

HTS 機器が実用規模になった時には、電力機器及び回転機では比較的大きな冷凍機能力が必要になります。表を見ると、これらの機器には現在の冷凍機では能力が不足していることが解ります。そのため、現状ではスターリングや G-M 冷凍機を複数台（4~6 台）使用して冷却しています。そして、HTS 機器にはほとんど場合、ターボブレイトン冷凍機が候補となりますが、この冷凍機はまだ開発が済んでいません。クライオエレクトロニクス用には、小型のスターリング冷凍機とパルスチューブ冷凍機が使用できます。表には、現在の市場にある冷凍機の 65 K における冷凍能力と価格を示しました。同時に、高温超電導機器実用化時に使用されているであろう冷凍機の推定価格を示しました。電力機器用としては、ほとんどがターボブレイトン冷凍機になると思われますが、それぞれの冷凍能力によって価格が広い範囲に亘っています。

ここで示した HTS 機器実用化時価格は、あくまでも推定価格であり、開発が済んでさらに実用化が進み、広く使用されるようになった場合の価格ですので、これからの状況によっては、これより高くなったり低くなったりすると思います。大雑把な目安とお考えください。

回答者：大陽日酸株式会社 顧問 上岡泰晴様

[超電導 Web21 トップページ](#)