

高温超電導 SQUID のためのハイブリッド冷却システム

Hybrid cooling system for HTS-SQUIDs

超電導センシング技術研究組合 °波頭経裕, 塚本晃, 安達成司 田辺圭一

SUSTERA °T.Hato, A.Tsukamoto, S. Adachi K.Tanabe

E-mail: hato@sustera.or.jp

我々は、金属、地熱、石油などの資源探査のための高温超電導 SQUID システムを開発してきた。世界中で容易に入手可能な液体窒素で運用でき、現場で即時に 77K に到達できる利点がある一方、液体窒素の保持時間で運用時間が制限される。冷凍機を用いた場合に問題になるのが、電源、冷却所要時間、システムの大型化、ノイズの増加などである。SQUID の発熱量はナノワットで、液体窒素の蒸発原因は主に容器への熱流入である [1]。

そこで図 1 に示すような液体窒素による冷却と、その容器への流入熱を遮断する冷凍機を組み合わせたハイブリッド冷却システムを試作した。

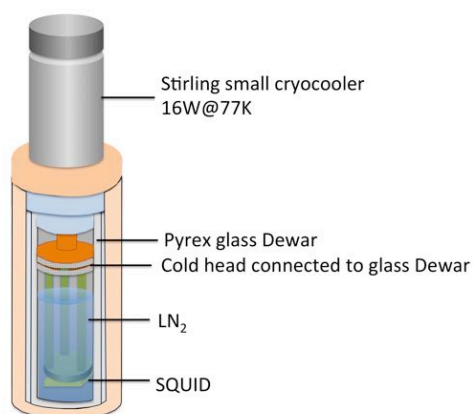


Fig.1. Schematic diagram of the hybrid cooling system.

パイレックス製の液体窒素容器 (65 φ × 385) への流入熱は、液体窒素が満タンの 1.1 リットルの状態では約 3.7W、0.55 リットルの時には 0.7W 程度で、冷凍機を運転しない状態での液体窒素の最大保持時間は 68 時間である。冷凍機は小型のスターリング型冷凍機 (16W @77K) を使用した。コールドヘッドは液体窒素容器側面に熱接触するように設置されている。ハイブリッド冷却システムでは、計測時に冷凍機を止めても計測が可能で

あるとともに、SQUID を冷凍機から離して設置することが可能である。コールドヘッドの温度が室温から 77K に到達する所要時間は、液体窒素がない状態では 6 時間、容器内に液体窒素がある状態では 1 時間であった。

図 2 におよそ 0.6 リットルの液体窒素を入れ、冷凍機を約 10 日間連続運転 (温度制御なし) したときの液体窒素量と室温の推移を示した。

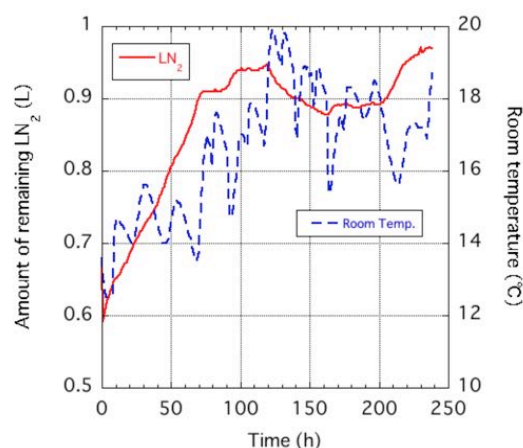


Fig.2. Changes of remaining LN₂ and room temperature over time.

室温が 18 度以下で冷凍機からの放熱が十分な時は液体窒素残量が増加し、0.9L 前後で推移していることがわかる。0.9L 時の流入熱は 1.2W と見積もられ、冷凍機の 16W の冷却能力の多くが大気中での動作によるコールドヘッドへの熱流入で消費されていると考えられるものの、長期にわたり液体窒素を保持する見通しが立った。小型の SQUID 長時間運用システムの可能性を示すことができた。

謝辞 本研究は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度の支援を受けたものである。

[1] T. Hato et.al. IEEE Trans. Appl. Super. Vol. 28, No.4 1601404 June. 2018.