

W37b

次世代 X 線マイクロカロリメータ開発用の断熱消磁冷凍機の製作

篠崎慶亮、石川輝、石崎欣尚、山崎典子、大橋隆哉 (東京都立大学)、三原建弘 (理化学研究所)

我々は次世代 X 線マイクロカロリメータ開発のために、断熱消磁冷凍機 (ADR : Adiabatic Demagnetization Refrigerator) を製作している。ADR とは磁場を用いた温度とエントロピーのカルノーサイクルを利用した冷凍技術である。磁場によってスピンのそろった (エントロピーの低い) 常磁性塩を、断熱状態にして磁場を取り除くと温度が下がる。カロリメータは低温で動作させるほど分光性能の向上が見込まれ、現在開発しているものは 100 mK 以下の動作温度を目指している。従ってこの開発には 100 mK 以下を作り出せる冷却装置が必要不可欠となる。また ADR は、無重力下で唯一 1 K 以下を作り出すことができる冷凍機であり、人工衛星搭載を目指す X 線検出器の開発プラットフォームとして ADR を利用することはこの点でも意味がある。

本冷凍機は、Wisconsin 大学で使用されているロケット実験用 ADR を元に、理化学研究所の三原が設計したものである。コンパクトな大きさに納めるため蒸気冷却を採用しており、液体ヘリウムのみを冷媒に用いる点に特徴がある。常磁性塩には鉄ミョウバン 89.2 g を使用している。極低温部への流入熱は $1 \mu\text{W}$ を目標とし、この時の 60 mK 持続時間は 10 数時間以上と見積もられる。また 7.1 l の液体ヘリウムタンクへの流入熱は最大 300 mW 程度と計算され、液体ヘリウム減圧によって生成された 2K の状態を 17 時間保つことが出来る。

1 月上旬までの冷却試験において、最大 2.5 T の磁場を印加、常磁性塩の断熱消磁が確認された。また、液体ヘリウムのもち時間は 2 K で 26 時間と、期待以上の性能となった。よって今後は 60 mK 到達が第一の目標である。このためには流入する輻射熱や固体伝導熱をさらに低減する必要がある。また、ADR は極低温部への熱流入による温度上昇に応じて磁場を減少させることで、温度を一定に保つことが出来る。この温度制御も次の課題である。