The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	狭いスペースでのHe温度(4.2K)以上の温度制御方法
Author(s)	堀, 秀信
Citation	大阪大学低温センターだより. 1989, 65, p. 20-21
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/8882
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

狭いスペースでのHe温度(4.2K)以上の温度制御方法

理学部　堀　　秀　信（豊中４１５７）

物性物理の実験に於ては液体ヘリウムを使って低温から室温までの温度を制御しながら実験する事は重要な用件の一つである。4.2 K以上の温度を制御する方法としてよく使われるのは、「液体ヘリウムデュワー内の試料の下に液体ヘリウムを貯め、試料に付けた温度計でモニターしながら試料の温度が高いときはヘリウム溜に浸してあるヒーターによりヘリウムを蒸発させて試料を冷やし、温度が低い時は試料の近くに巻いてあるヒーターにより加熱する。」という方法である。その制御はマニュアルで実行してもよいが、温度差を示す温度計の出力電圧をモニターして、これら二つのヒーターをコントロールする装置により自動制御する方法がよく使われる。所でこの事はパルス強磁場マグネットのように液体ヘリウムが使えるスペースの直径が小さい場合には、異常に細長いデュワーとなり取扱に注意しなければならない等難しい問題がでてくる。例えば阪大極限物質センターの50 T以上の出力が可能なマグネットの場合、有効ヘリウム内径は6 ㎜φであり、クライオスタットをいれた場合には細かい銅線が数本通る程度の隙間しか残らない。もし上の方法を使うとすればデュワーの細い部分の長さは約50㎝位取る必要がある。このような場合の他の有効な方法がここに示す新しい方法である。

その基本的なアイデアは「直径が小さく、クライオスタットがデュワーの先の細い空間にぎりぎりいっぱいに詰まっている場合、それを次のように逆に利用すればよい。つまり図1に示すように、その細い部分にガーゼをきつく巻いて液体ヘリウムを通りにくくし、試料の下の巻いてあるヒーターによりデュワーの上部の広い部分にヘリウムを貯めたまま下の細い部分の液体ヘリウムを蒸発させ、上部からのヘリウムの落下または伝導による冷却と下部の試料近くのヒーターの発熱のバランスにより試料の位置での温度を制御しよう。」というものであり、今までのものとはかなり異なっている。この方法では今の所4.2 K近くの温度を一定に保っておく場合、温度の安定している時間があまり長くとれていないし（7 K 位で約10分）精度も２桁位である。しかし約 20 K以上の温度制御の場合はかなり長い時間一定に保つことが出来、精度も良くなる。実際の場合はガーゼを巻く所を２－３箇所にして、長時間安定性をとりやすいようにしてい

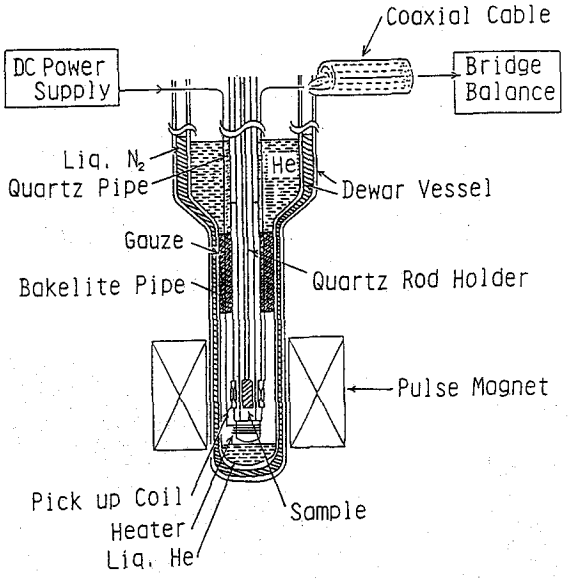

図１　クライオスタットの先端部。

る。温度を制御する実際の手順は、まず液体ヘリウムを汲み、全ての部分をヘリウムにつけ、次に図1のヒーターでガーゼと試料の間の部分のヘリウムを蒸発させた状態にし、温度をモニターしながらヒーターの発熱を制御するという方法で行うことが出来る。現在この方法は自動化するまでには洗練されておらず、手動によっている。長い制御時間を必要とする実験や非常に精度の高い制御を必要とする場合には今の所向かないがパルス磁場下の測定のような場合には手軽で扱いやすい方法となっており、強磁場下の温度制御の場合では細い部分をやたらに長くする必要がなく従ってそれだけ安全である点が重要である。この方法の欠点は液体ヘリウムに対する流れのインピーダンスが小さくできない場合は使えないし、インピーダンスがクライオスタットやガーゼの巻き方により大きく依存し制御を実行するには少し訓練の必要がある事である。又このインピーダンスの不確定さが自動化する上での障害の一つになっている。この方法では上記の通常の方法に比べて液体ヘリウムの消費量が少々多く、我々のデュワーの場合は約2割位消費時間が短くなった。

我々はこの方法を使って4.2 Kに最も近い高温側の温度として7 Kでの実験を行うことが出来た。図2にはこの方法を使った一つの例として我々が行った$CsCoCl_3$についてパルス強磁場下の磁化の磁場微分（dM/dH_0）の測定結果を示してある。この物質は9 Kで磁気的相転移温度を持つが、図に示すようにその前後のdM/dH_0の違いをきれいに取ることが出来た。なお温度計としてはAu-Fe(0.07%) 合金とAgの熱電対を使って氷を定点として使うことによりヘリウム温度から室温まで連続的に制御できる。

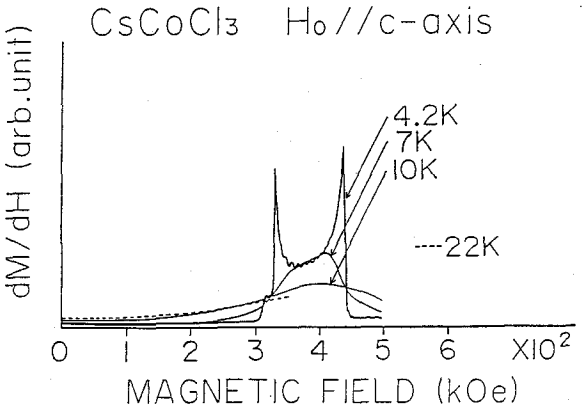

図2　$CsCoCl_3$のdM/dH_0の温度変化。