

# CPA結晶を用いた冷凍機用 ソルトピルの製作

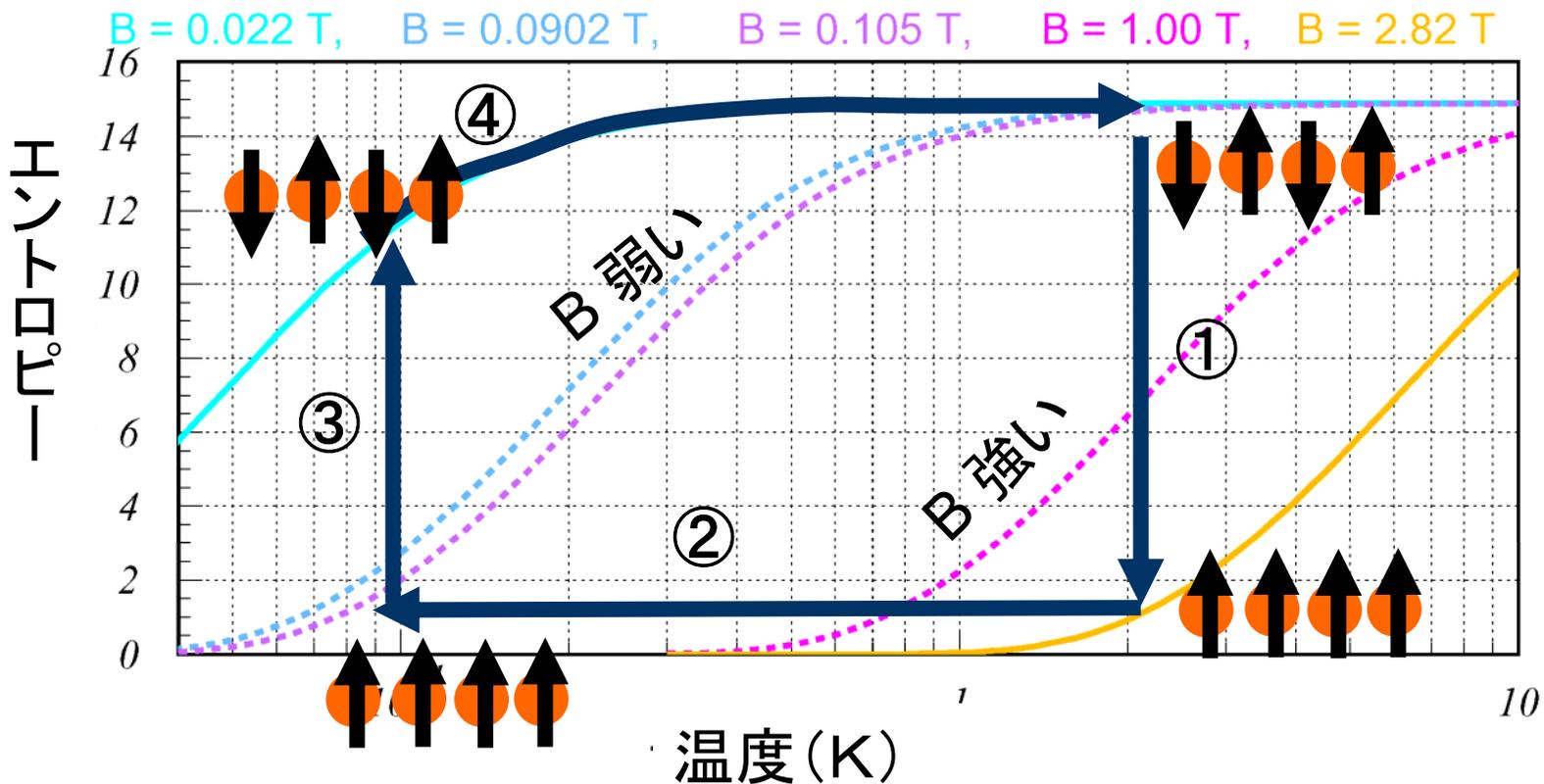
宇宙物理実験研究室 五明有貴子

## 目的

- ・TESマイクロカロリメータで高いエネルギー分解能のX線観測を実現するために、極低温で動作させたい  
→ 断熱消磁冷凍機を開発

より低温を実現するCrKミョウバン(CPA)結晶の作製  
結晶カプセル --- ソルトピル(磁性塩)の製作

# 冷却の原理



① 等温磁化

② 断熱消磁

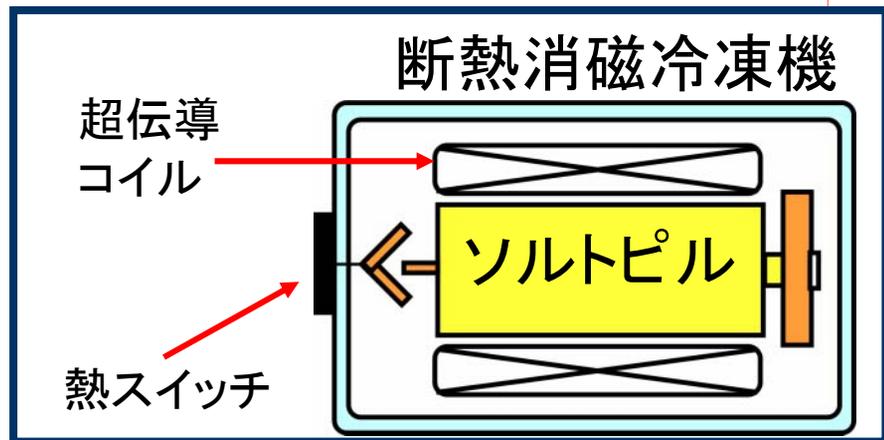
③ 温度制御

④ 昇温リサイクル

断熱消磁では

$$\frac{B}{T} = const$$

(B: 磁場、T: 温度)



# CPAの利点

## CrKミョウバン

(Chromium(III) Potassium Alum)

化学式:  $[\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$

- 従来の鉄ミョウバンより相転移温度が低いため、より低い到達温度が得られる
- 密度が小さく軽量
- 溶質が水なので扱いやすい  
(鉄ミョウバンは硫酸)
- 融点が89°Cと高いため、溶解・保存方法の自由度が高い(鉄ミョウバンは40°C)

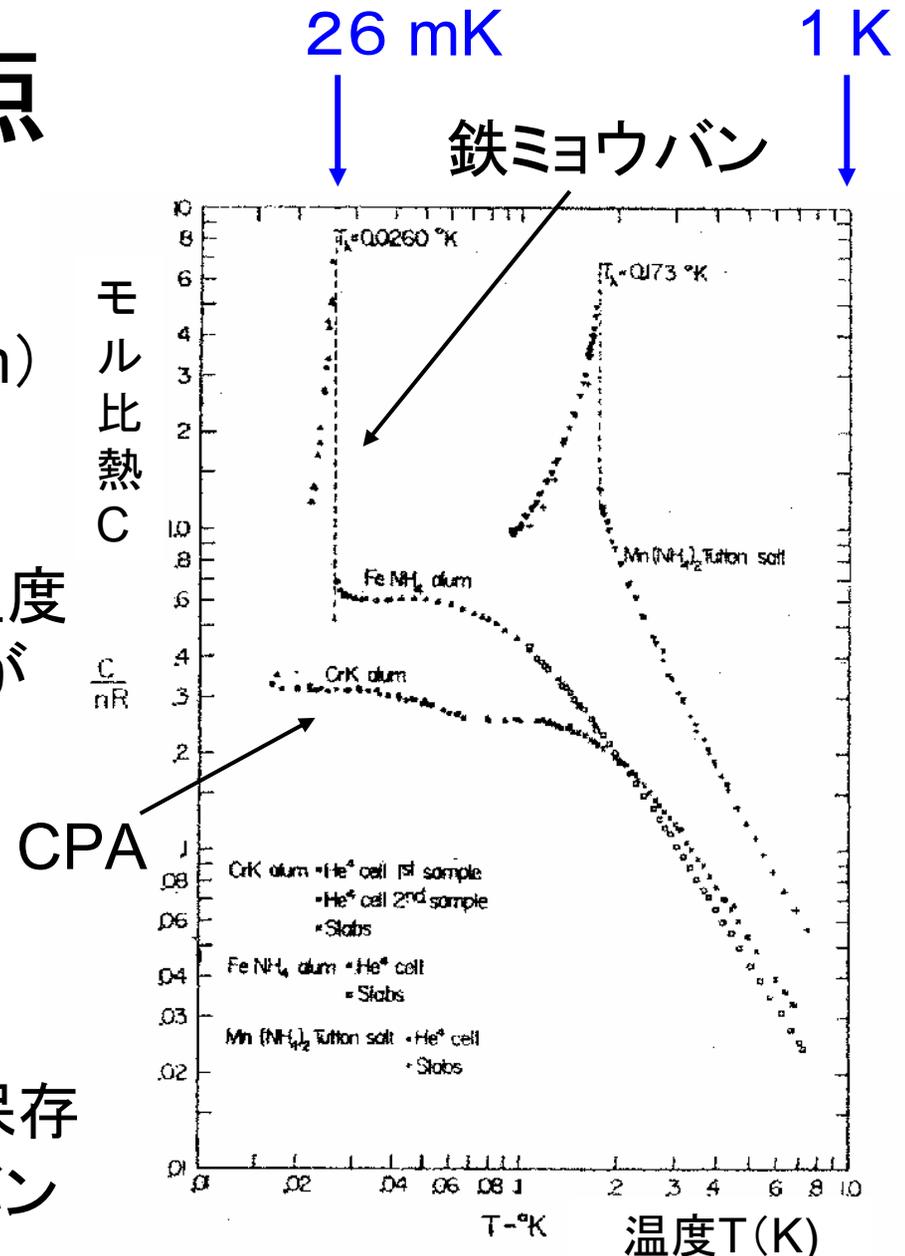
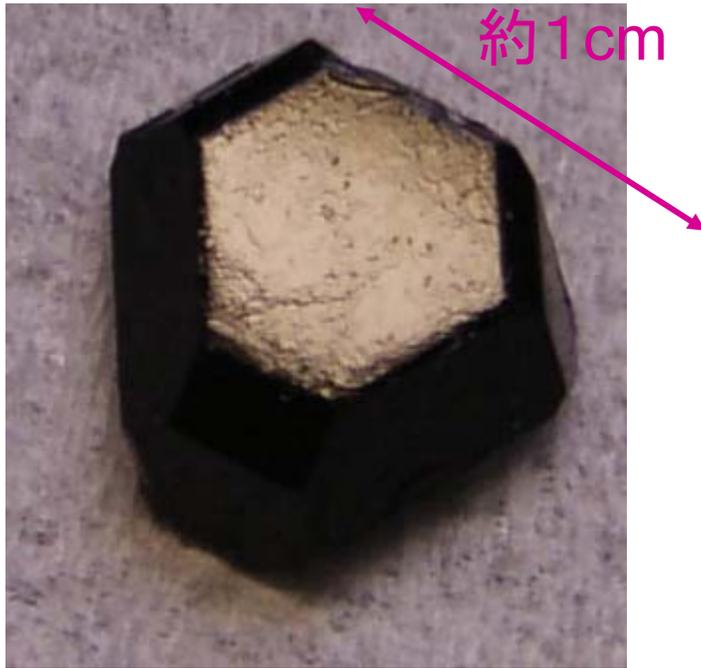


FIG. 3. The specific heats of CrK alum,  $\text{FeNH}_4$  alum and  $\text{Mn}(\text{NH}_4)_2$  Tutton salt as a function of the absolute temperature.

# CPA結晶には2種類ある



六方晶体構造→6水和物



八面体構造→12水和物

再結晶させる時の溶液の冷却方法

六方晶体: 冷蔵庫で**急激に**冷やす

八面体: 恒温槽内で1時間に $\leq 1^{\circ}\text{C}$ ずつ  
**ゆっくり**下げる

到達温度が低いのは、スピン間相互作用が弱い12水和物で八面体構造をもつ

# 12水和物の検証

## ①密度測定

飽和水溶液中に結晶を沈め

体積と重量を測定した

六方晶体:  $1.62 \pm 0.08 \text{ g/cm}^3$

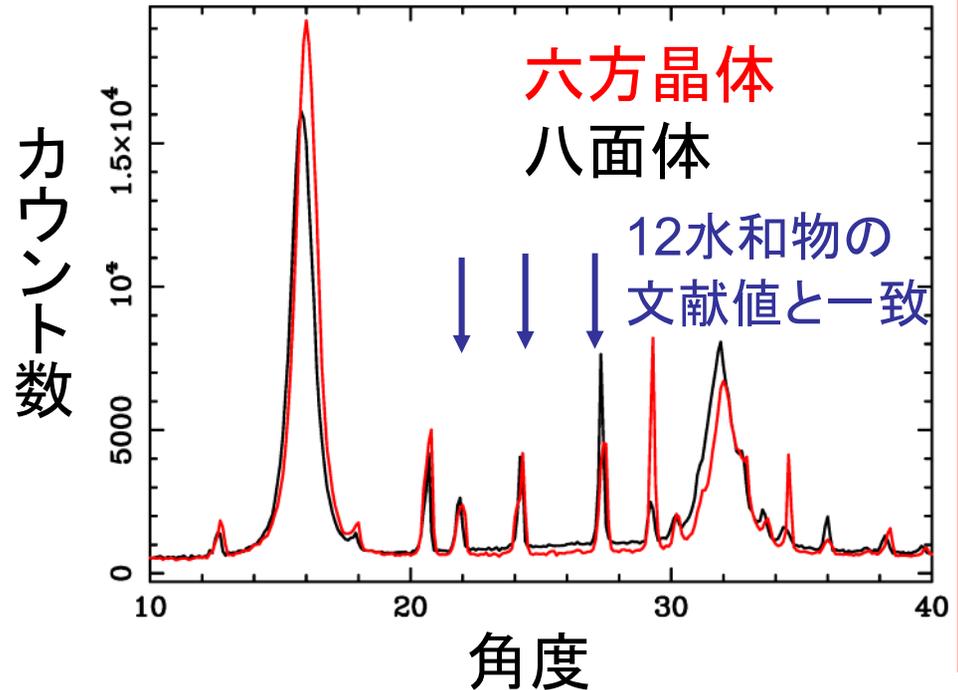
八面体:  $1.74 \pm 0.09 \text{ g/cm}^3$

文献値(12水和物):

$1.826 \text{ g/cm}^3$

→ 比重からは、12水和物の方がよく合う

## ②X線粉末回折測定

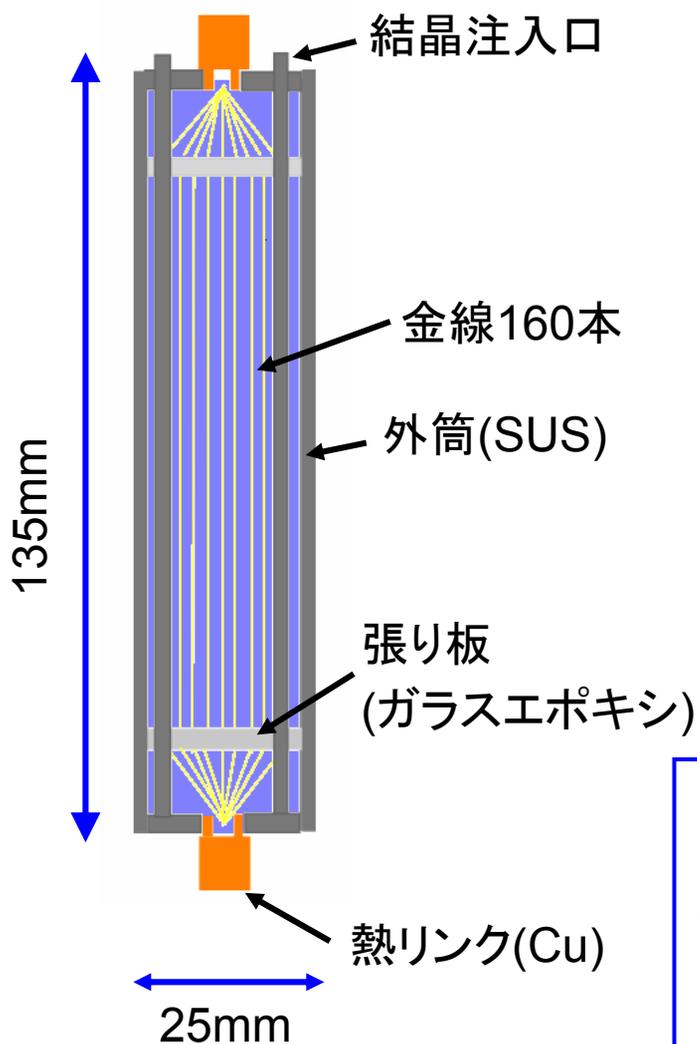


CPAの結晶と考えられる回折パターンが得られた

しかし、2つの結晶で有意な違いは見え、原因は検討中

# ソルトピルの製作

現在製作中



左:ソルトピル本体  
右:メスシリンダー(確認用)



結晶作製中の様子

ソルトピルの構造模式図

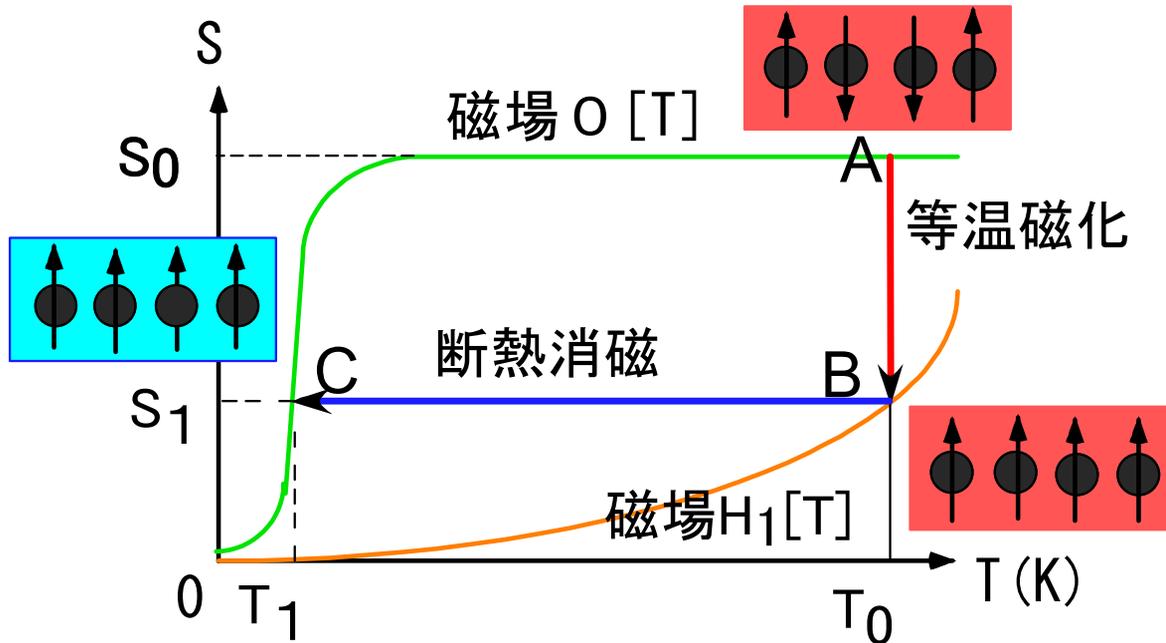
1. 45°Cで1時間攪拌する
2. ろ過した飽和水溶液を容器に注入
3. 恒温槽内で1時間に1°Cずつゆっくりと温度を下げ、再結晶させる
4. 廃液除去→結晶1~2 gを析出
5. 最終的にCPA 60 gを結晶化

# まとめ

- 12水和物のCPA結晶を作る方法を確立した
  - 冷却速度を $1^{\circ}\text{C/hr}$  程度でゆっくり冷やす
- ソルトピルの製作は今後も進める  
製作日数は全体で約3ヶ月
- 今後、新しいソルトピルを組み込んで冷却実験を行なう

# 冷却の原理

断熱消磁では

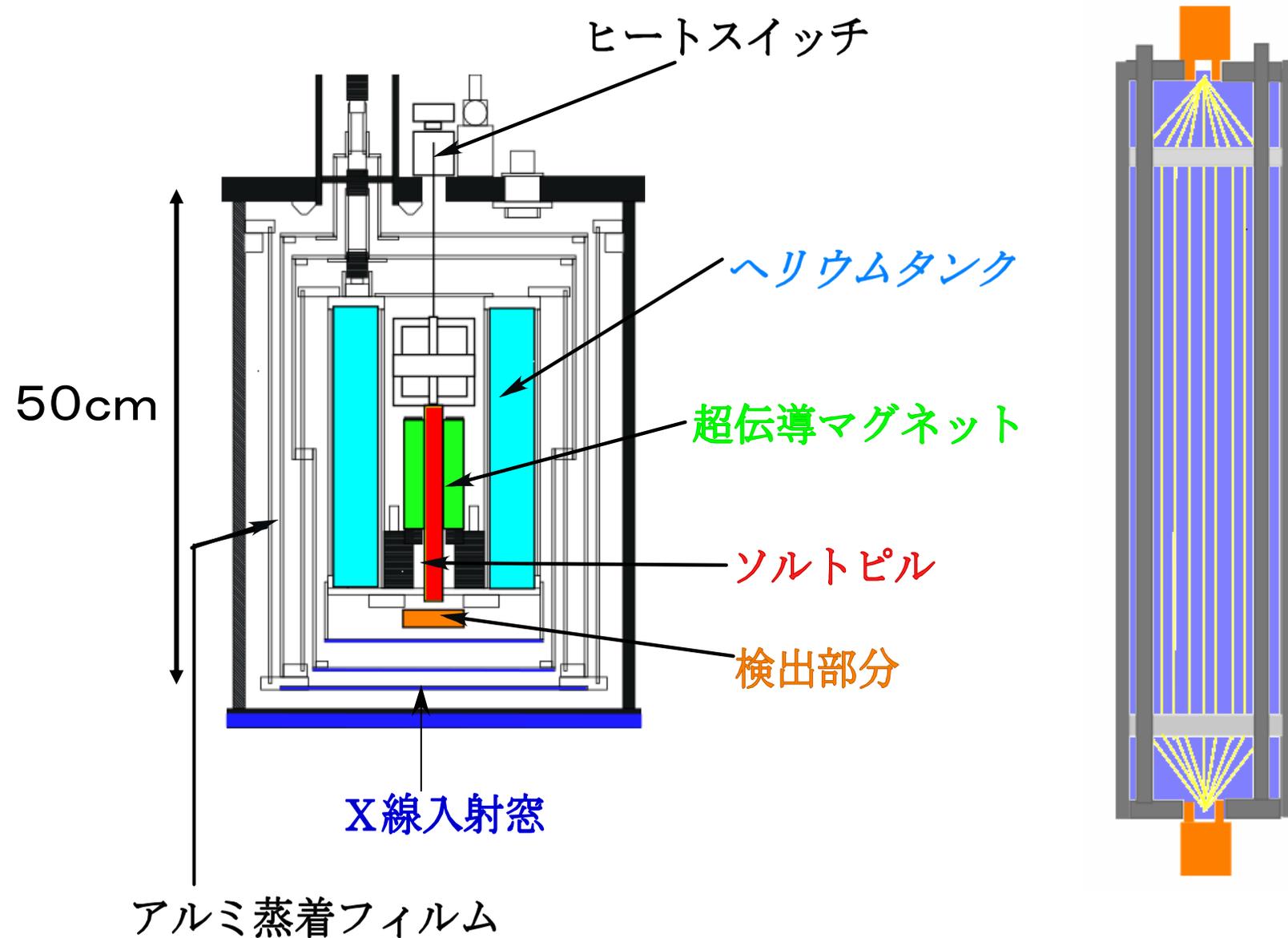


$$\frac{H}{T} = \text{const}$$

(H:磁場、T:温度)

磁性体の温度TとエントロピーSの関係

# 断熱消磁冷凍機(ADR)の構造



# ソルトピルの製作

- 張り板間に金線(0.2mm  $\phi$ 、純度99.99%)  
160本を張る
- 金線が弛まないようにしながら、両端をまとめて切り、熱リンク(Cu)にはんだ付けする
- 腐食防止のため、接続部をスタイキャストで覆う