

# TES型カロリメータのX線照射 実験

宇宙物理実験研究室

新井 秀実

# 目的

TESカロリメータを用いたX線分光について研究  
実験室において、X線源からX線スペクトル取得をして分解能を得る。



X線による高精度の宇宙観測へとつなげる。

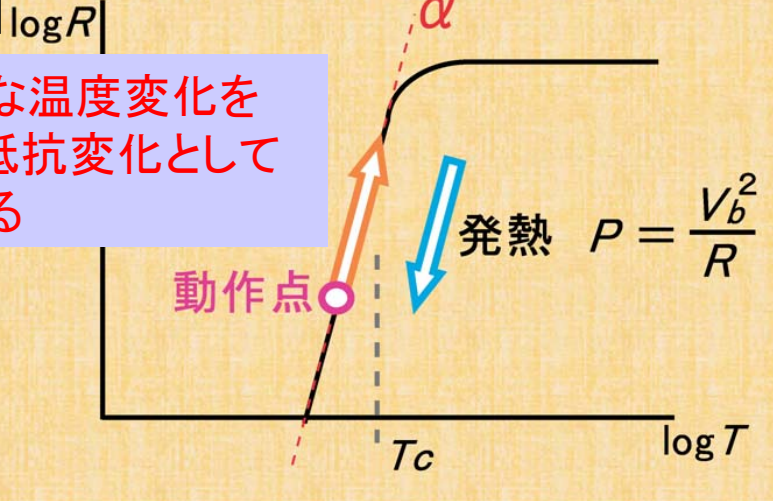
X線検出器	→	TES型カロリメータ(研究室で作製した素子を使用)
冷凍機	→	希釈冷凍機
X線源	→	$^{55}\text{Fe}$ Mn K $\alpha$ 5.9keV Mn K $\beta$ 6.5keV

# TES型X線カロリメータ

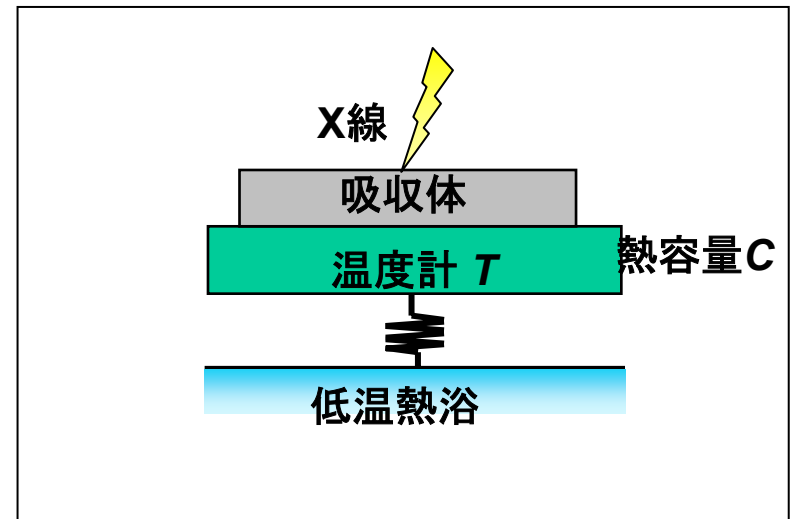
- X線のエネルギーを素子の温度上昇として検出する装置
- エネルギー分解能は素子の熱容量 $C$ 、温度 $T$ 、温度計感度 $\alpha$ で決まる

TES型温度計(Transition Edge Sensor)  
超伝導転移端を温度計として利用

RTカーブ



温度計の感度  $\alpha = \frac{d \log R}{d \log T}$

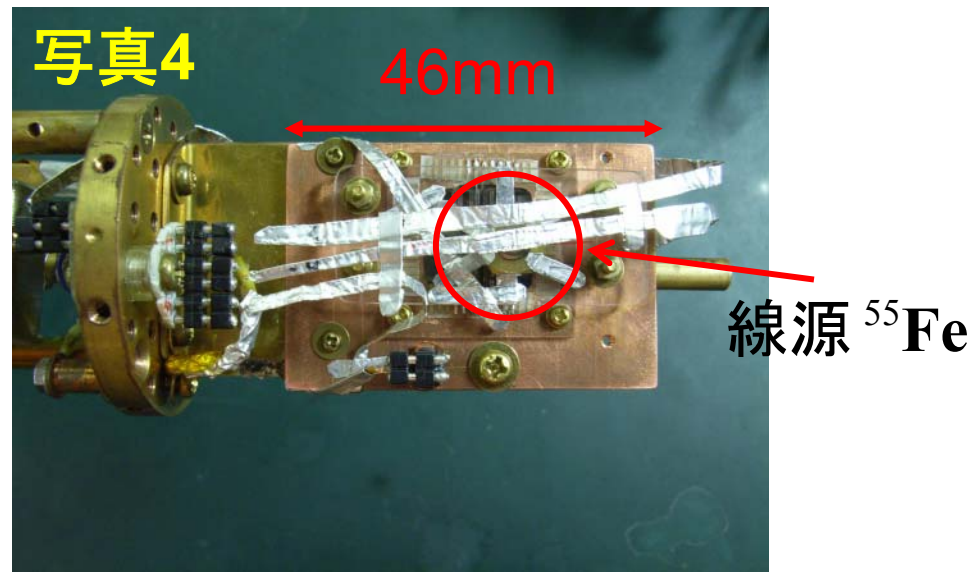
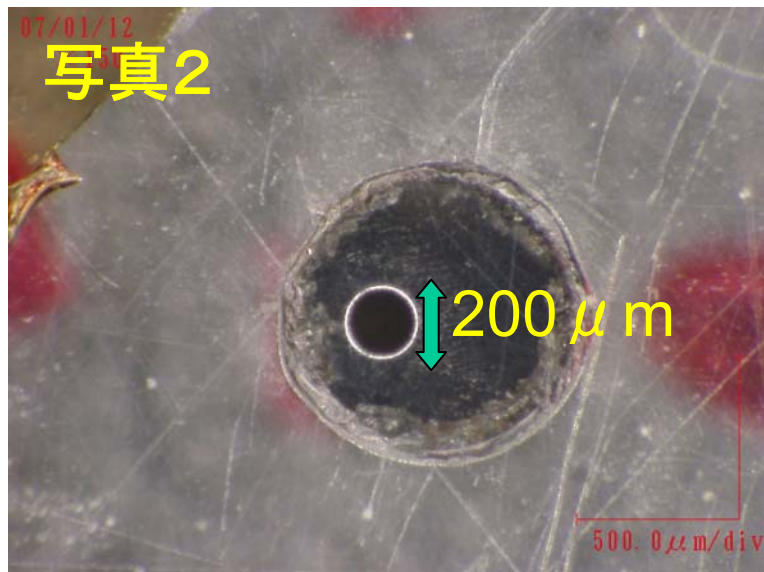
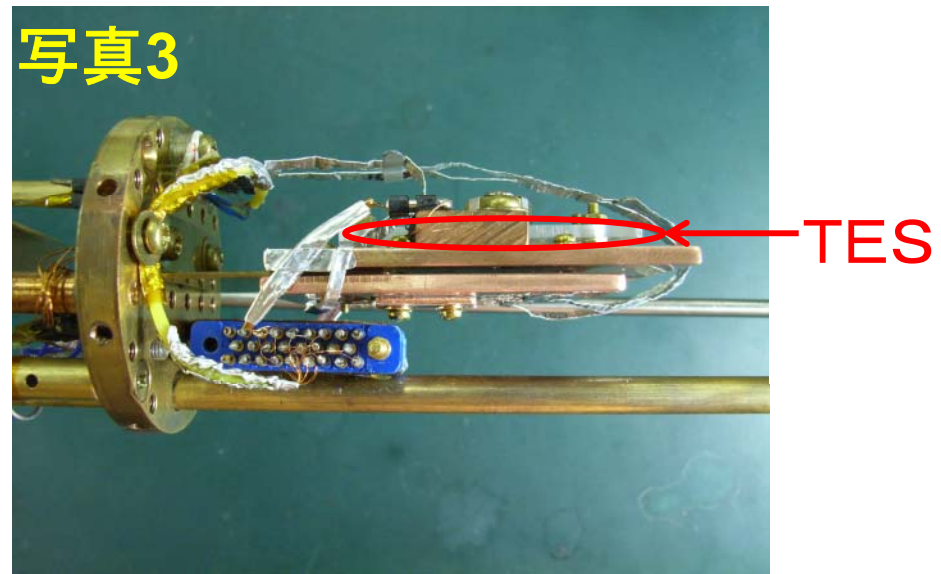
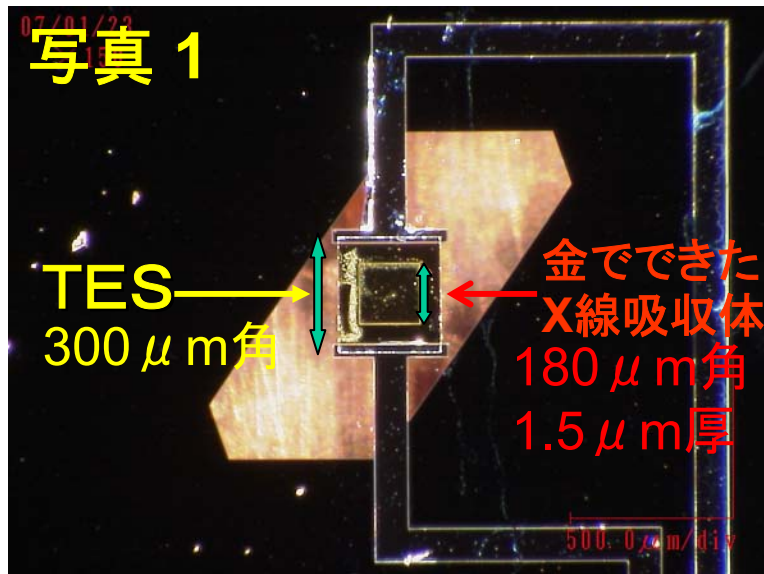


エネルギー分解能

$$\Delta E \propto \sqrt{k_B T^2 C / \alpha}$$

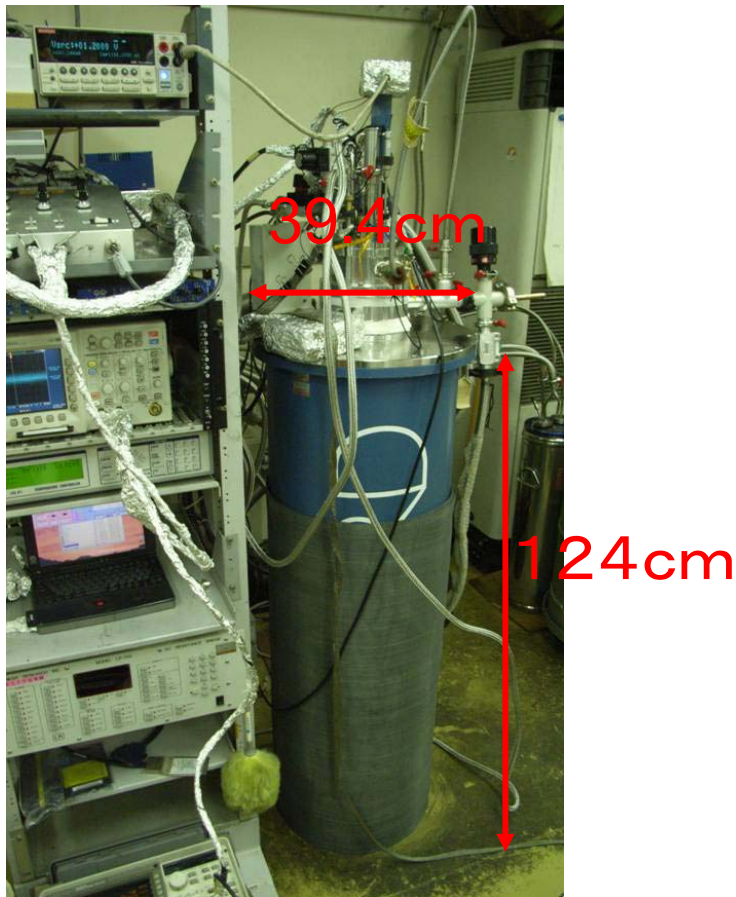
極低温で優れた分解能を発揮する  
ので極低温に冷やす冷凍機が必要

# TES型X線カロリメータ写真



# 希釈冷凍機

カロリメータの性能を引き出すには極低温での動作が必須  
→カロリメータを極低温に冷やせる冷凍機が必要

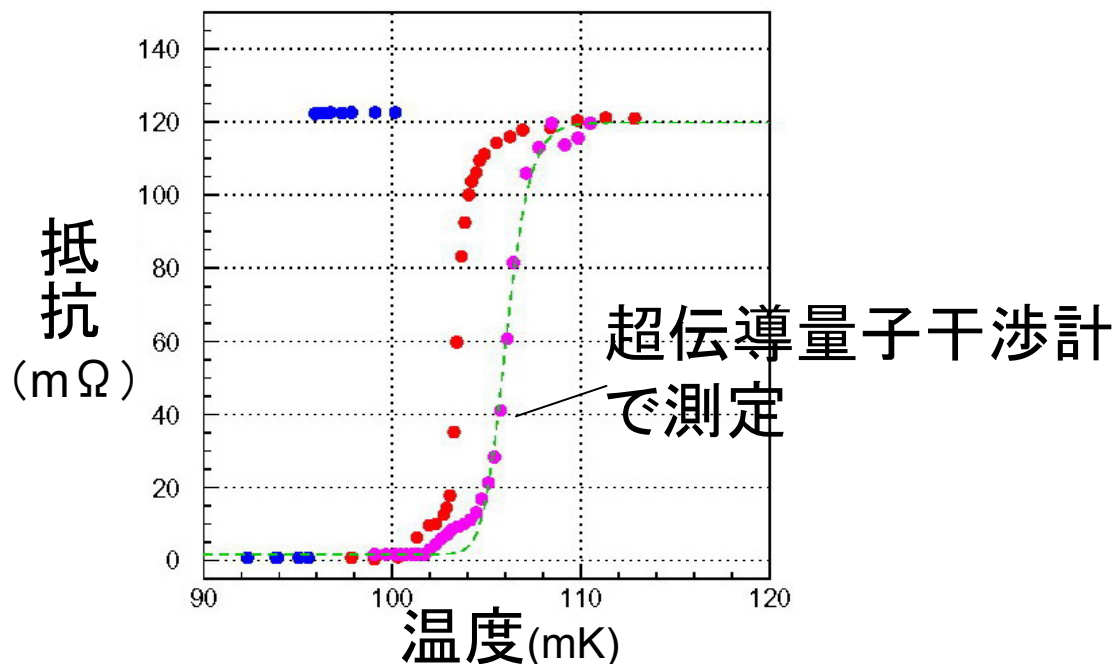


- 高さ124cm,直径39.4cm
- 液体Heを50ℓ使用し約50時間の連続循環運転が可能
- 最低到達温度:60mK

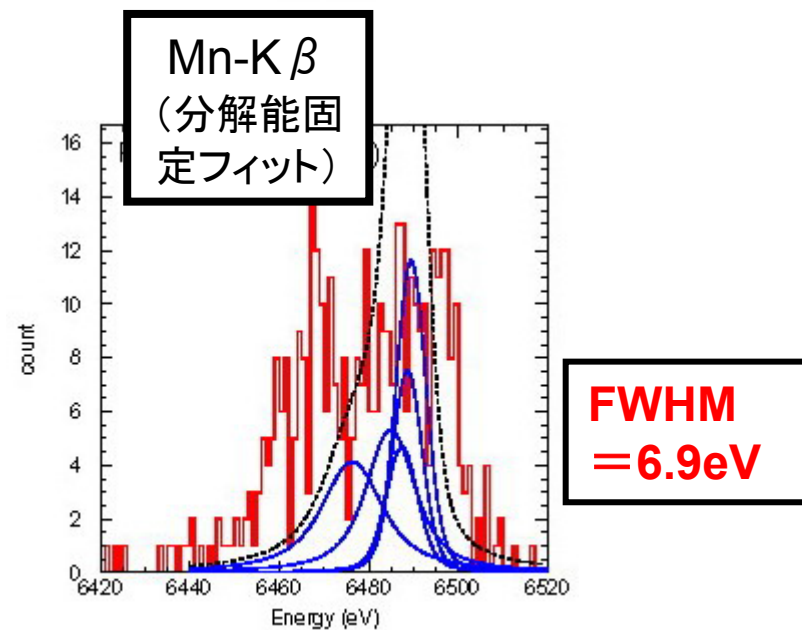
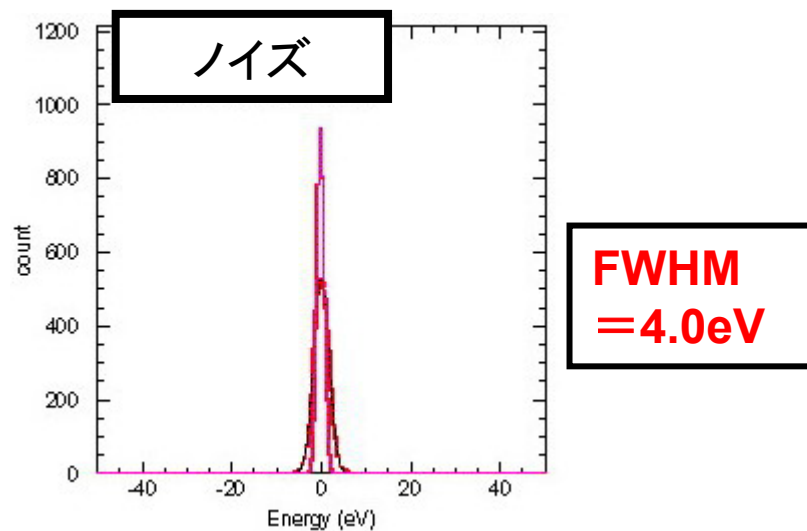
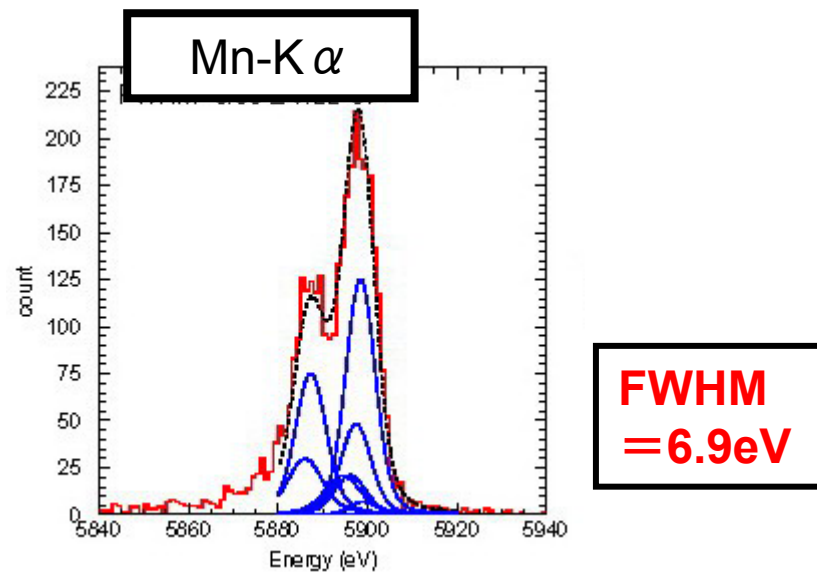
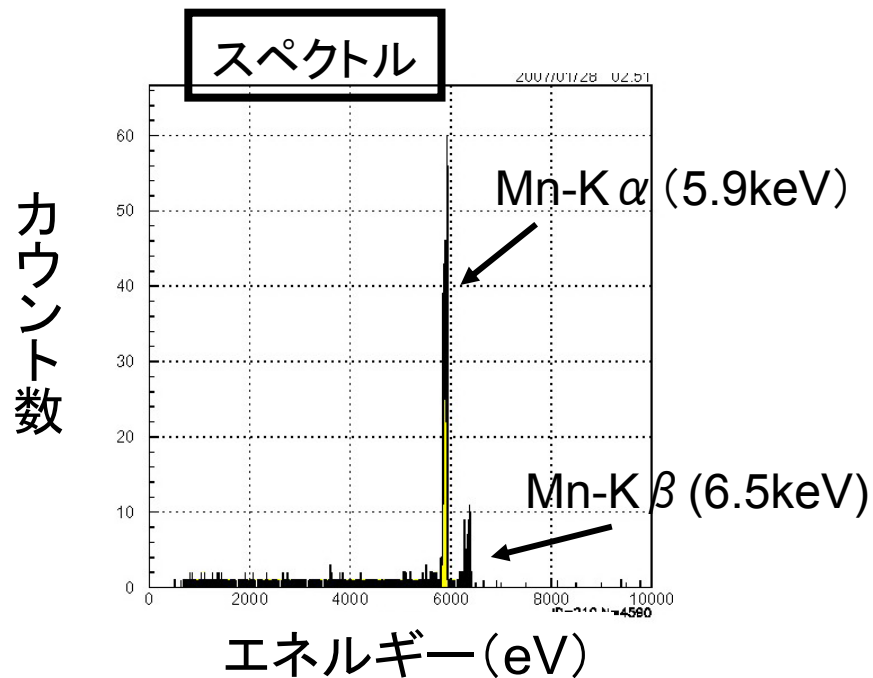
# X線検出実験

- 転移温度 : 105mK
- カウント数 : 4590count / 10491秒
- 線源 :  $^{55}\text{Fe}$  Mn K  $\alpha$  : 5.9keV  
Mn K  $\beta$  : 6.5keV

RT測定結果(X線  
検出の前にあらかじめ  
測定)



# 実験結果





# 考察

X線のスペクトルとノイズのエネルギー分解能の差の見積もりを計算した。

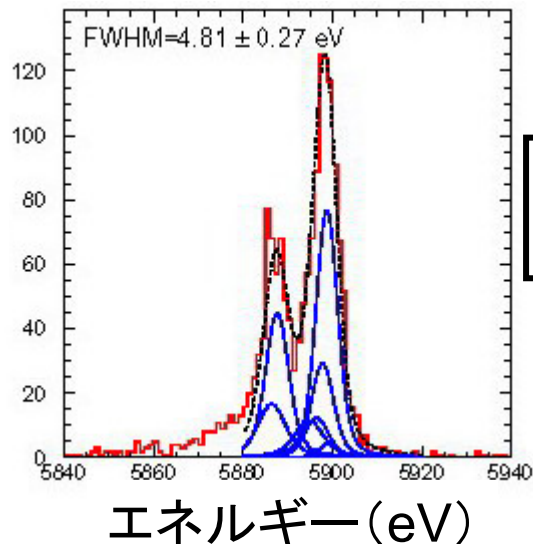
$$\Delta E_{\text{FWHM}} = \sqrt{\Delta E_{\text{ノイズ}}^2 + \Delta E_{\text{ばらつき}}^2} \quad \text{であるから}$$

$$\Delta E_{\text{ばらつき}} = 5.6 \text{ eV}$$

$\Delta E_{\text{ばらつき}}$  が生じる主な原因

- 熱浴の温度的な揺らぎ
- X線の入射位置依存性 → 吸収体に当たる場所で熱の伝わり方が違う

カウント数



**FWHM  
=4.8eV**

小さいピクセルの素子では  
4.8eVの分解能が得られている。

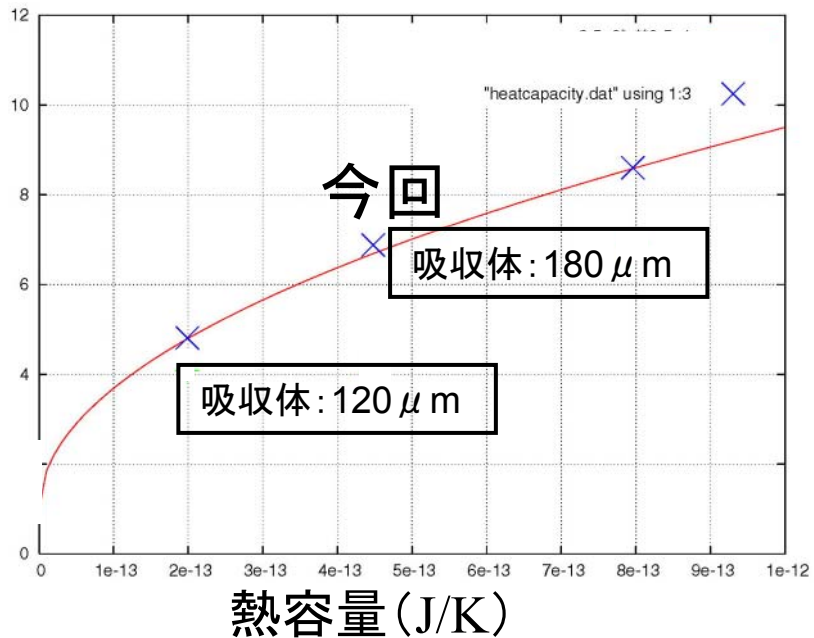


今回使用したTESよりサイズが  
小さいので熱容量が小さい。



**分解能はより良い値が得られている。**

エネルギー分解能  
(eV)



→  $\Delta E \propto \sqrt{C}$  の関係

# 結果

希釈冷凍機を用いることにより、本グループ製作のTES型カロリメータ(TESサイズ $300\ \mu\text{m}$ の素子)で $5.9\text{keV}$ のX線について $6.9\text{eV}$ の分解能を得ることができた。

# 今後の目標

素子の改良、環境の改善(磁気シールドなど)からより良い分解能の向上を目指す。



