

TES型X線マイクロカロリメータ を用いた電荷交換反応機構の解明

首都大学東京 宇宙物理実験研究室

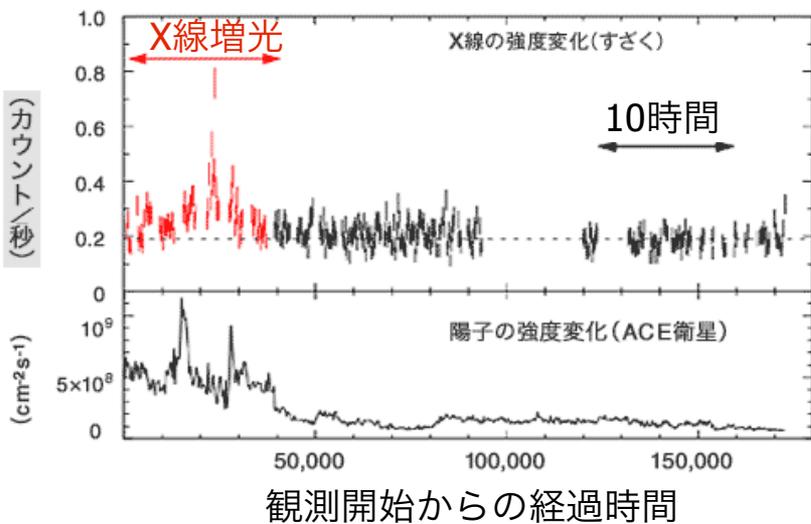
修士課程1年 榎崇利

赤松弘規、辺見香理、江副祐一郎、石崎欣尚、大橋隆哉、神田拓真、
石田卓也、田沼肇(首都大)、篠崎慶亮(ARD/JAXA)、満田和久(ISAS/JAXA)

軟X線背景放射の起源

時間変動する謎の軟X線背景放射の発見

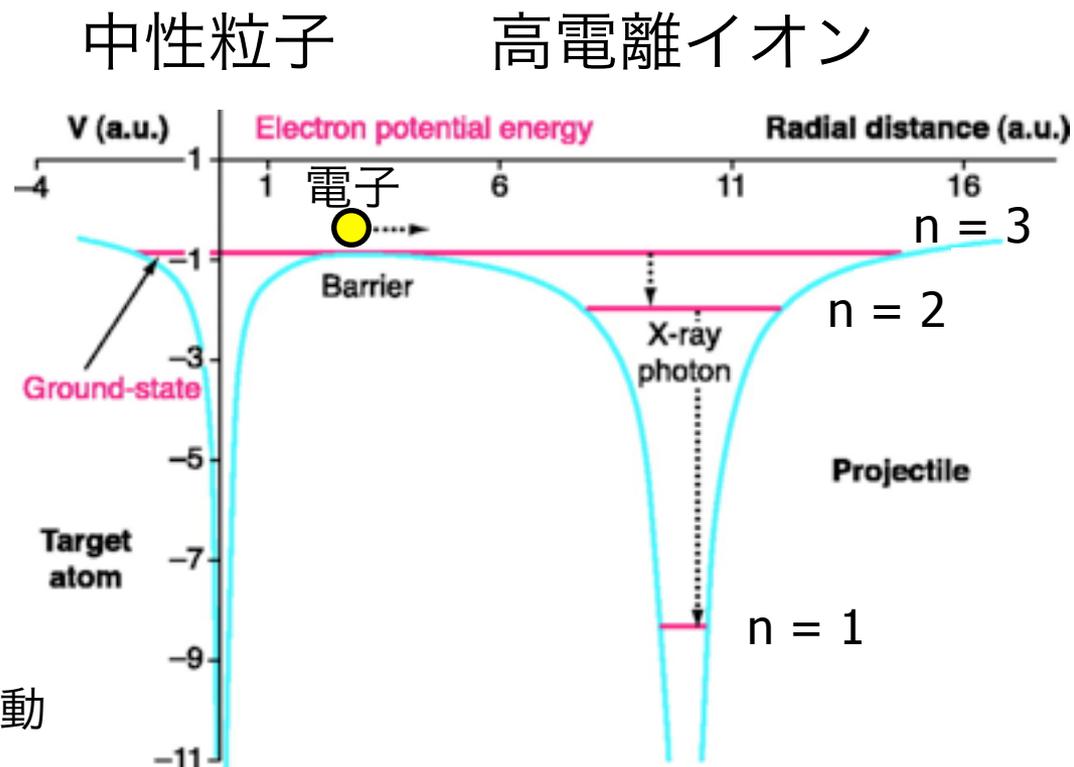
⇒ 起源の一つに 電荷交換反応 からの輝線



Fujimoto et al. 2007

上：地球近傍の軟X線輝線の時間変動

下：太陽風の強度の時間変動

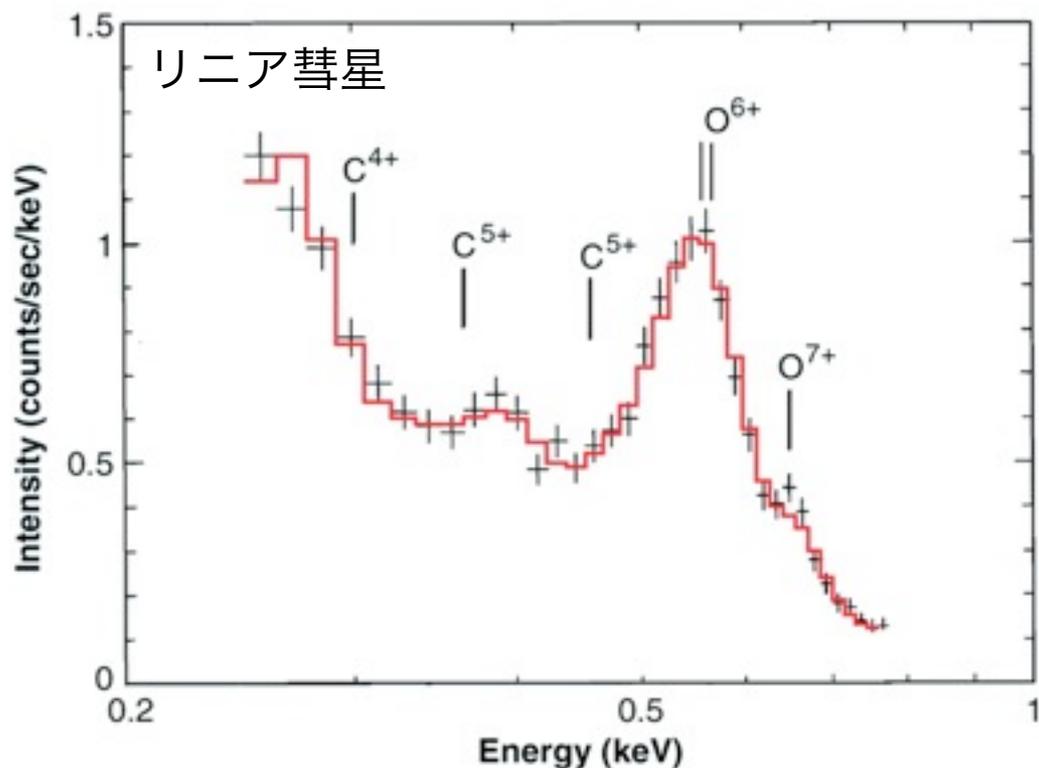
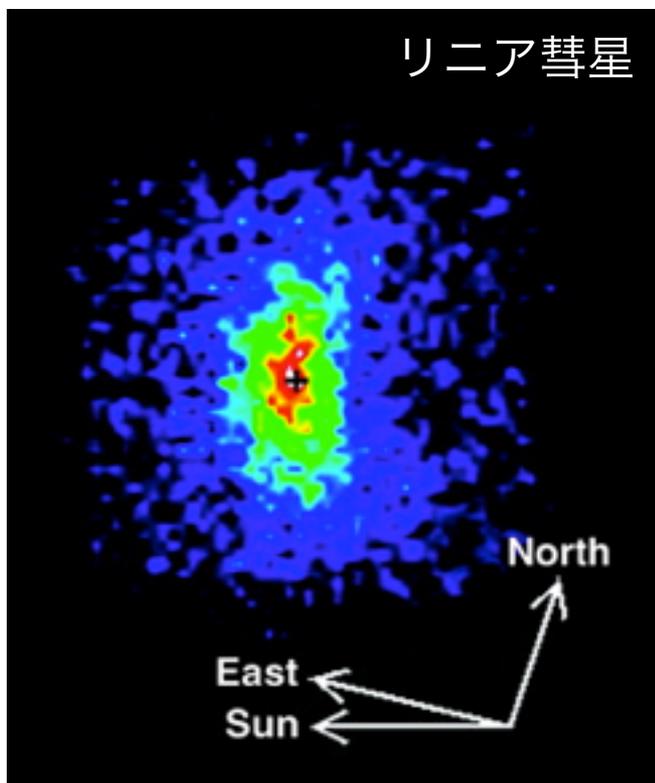


Cravens et al. science 2002

電荷交換反応による輝線の放射過程²

惑星や彗星周辺の組成

地球周辺や惑星大気の外層、彗星周辺における低密度の中性ガスや、太陽風のイオン組成などを観測的に調べるための重要な手掛かりとなる

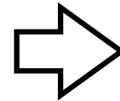


Chandra衛星のCCDにより観測された彗星からの輝線とその分布

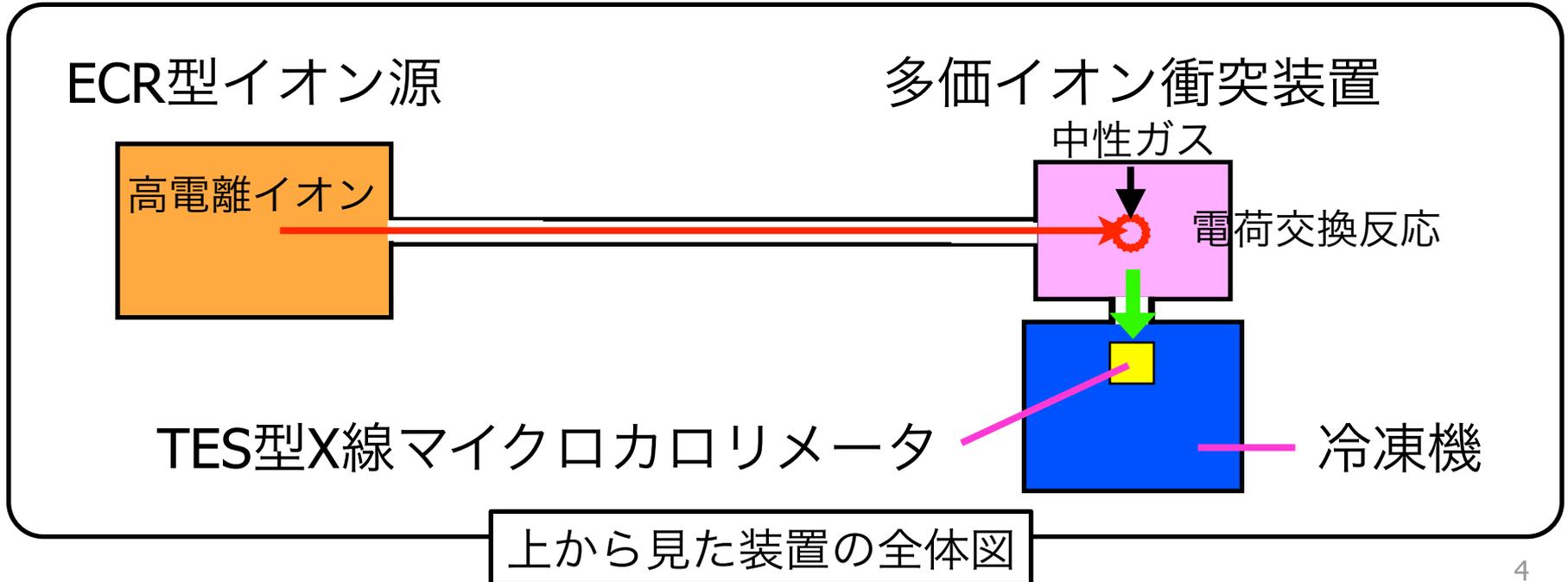
地上実験

電荷交換反応による輝線スペクトルデータが不足

輝線の分離
反応断面積の解析



電荷交換反応の
物理的理解



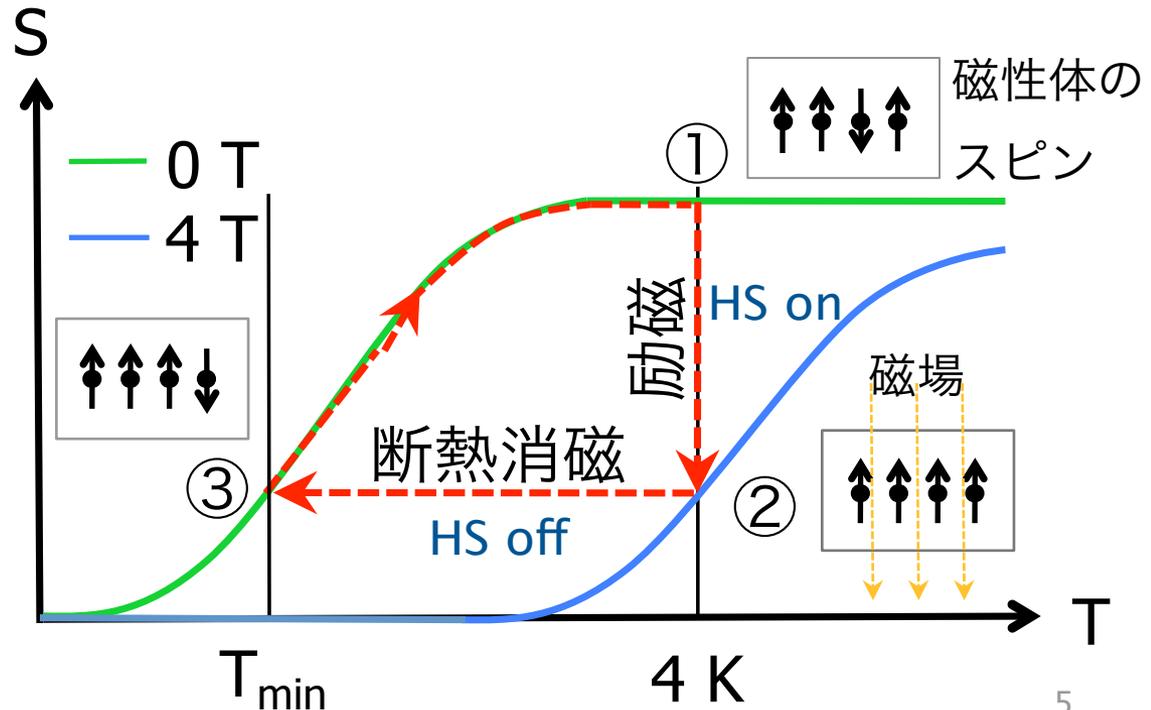
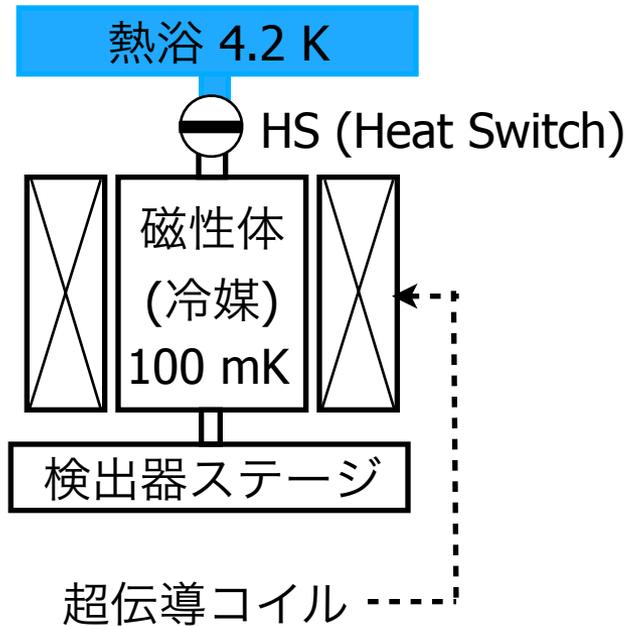
断熱消磁冷凍機 (ADR)

Adiabatic Demagnetize Refrigerator

TES型X線マイクロカロリメータは100 mK以下で動作

→ 極低温冷凍機が必須

ADR内部を真空引きにより断熱状態にし、断熱消磁による赤で囲まれたカルノーサイクルにより最低温度に到達する



dADR (double ADR)

2段式 ⇨ 低磁場で低温まで冷却可能

JAXAと首都大の共同でdADRを自作し冷却試験を実施

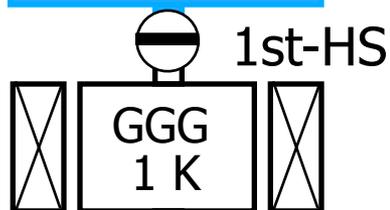
首都大のADR、dADRの場合

	1段式(FAA)	2段式(GGG)	2段式(CPA)
最大磁場 [T]	4.7	3.3	2.7

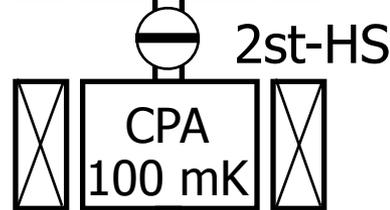


dADRの全体図

熱浴4.2 K



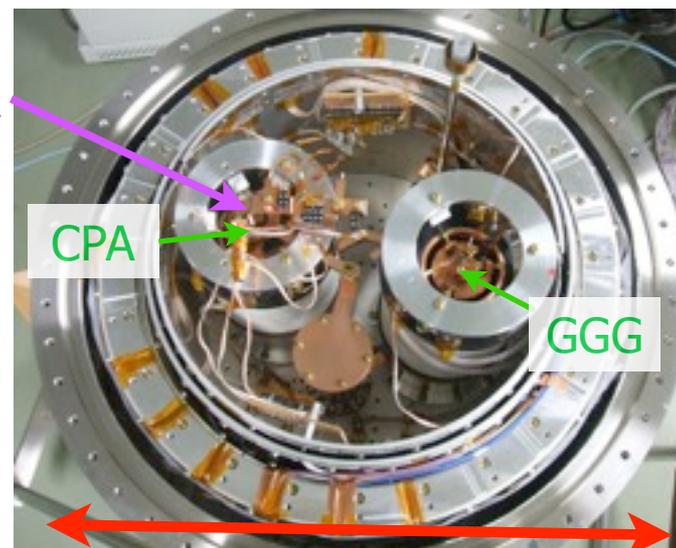
GGG
(Gallium Gadolinium Garnet)



CPA
(Chromium Potassium Alum)

検出器ステージ

X線



40cm

dADRを裏から見た図

現状：冷却動作確認

dADRでの冷却に成功

100 mK保持時間 1.5 h

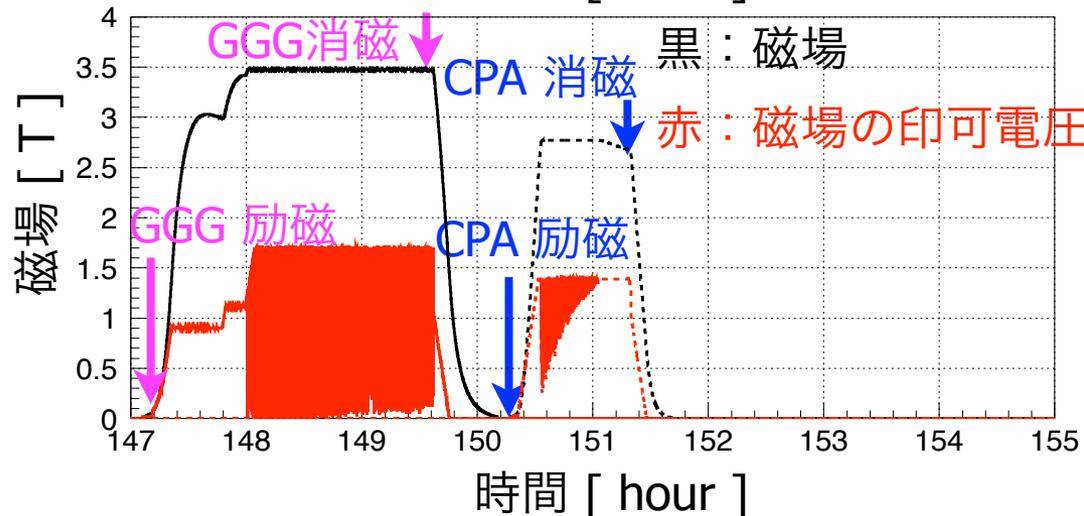
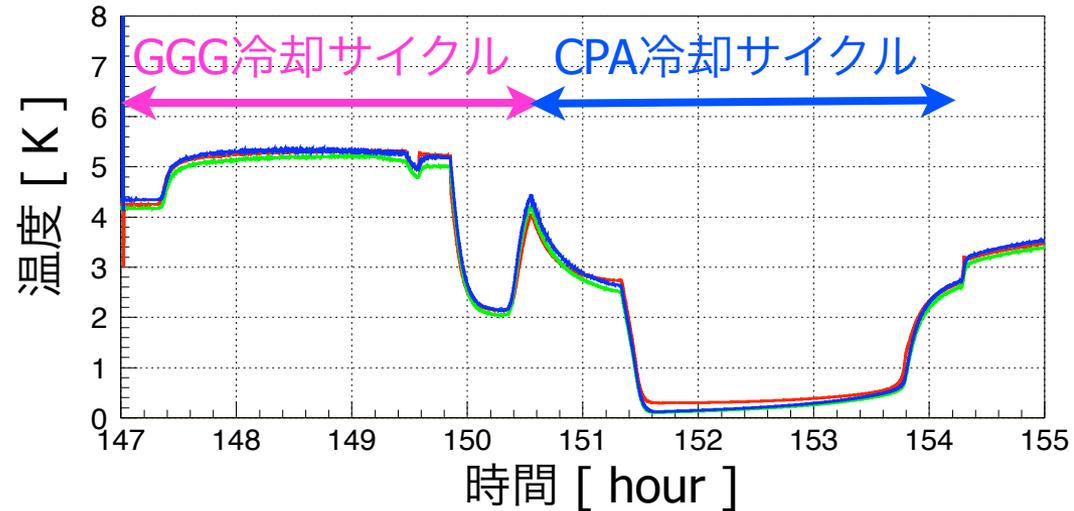
→ 目標は 10 h 以上

熱浴：4.2 K

→ $T_{\min} = 95 \text{ mK}$

熱浴を減圧：1.8 K

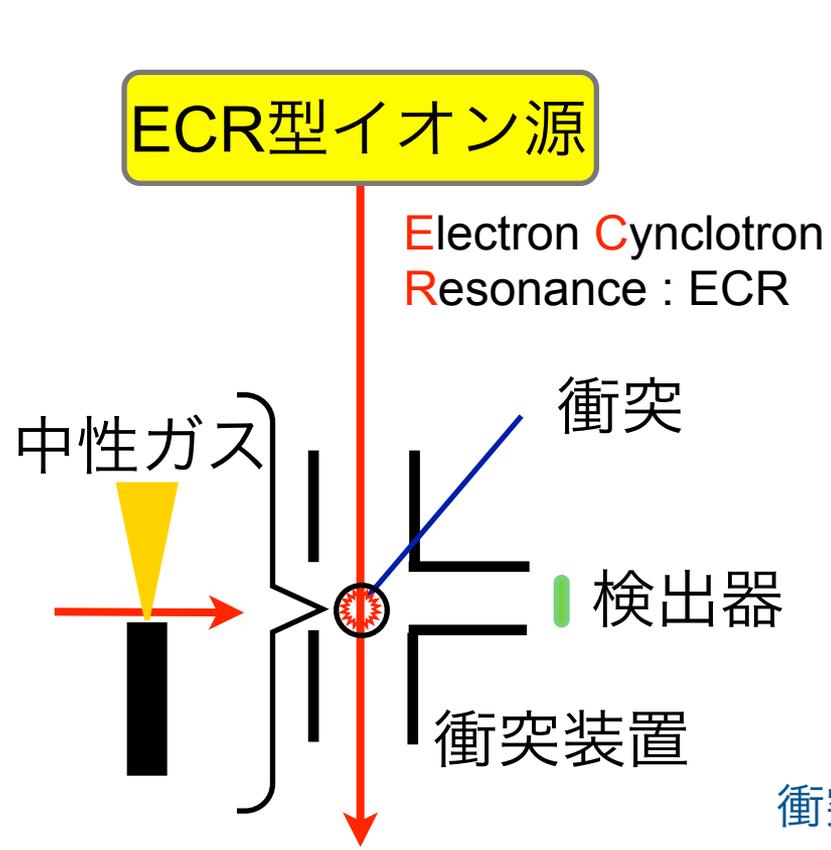
→ $T_{\min} = 83 \text{ mK}$



断熱消磁冷却時の温度と磁場の時間変化

ECR型イオン源と多価イオン衝突装置

高電離イオンと中性ガスとの電荷交換反応により、太陽風と同じイオン速度での電荷交換反応を実現

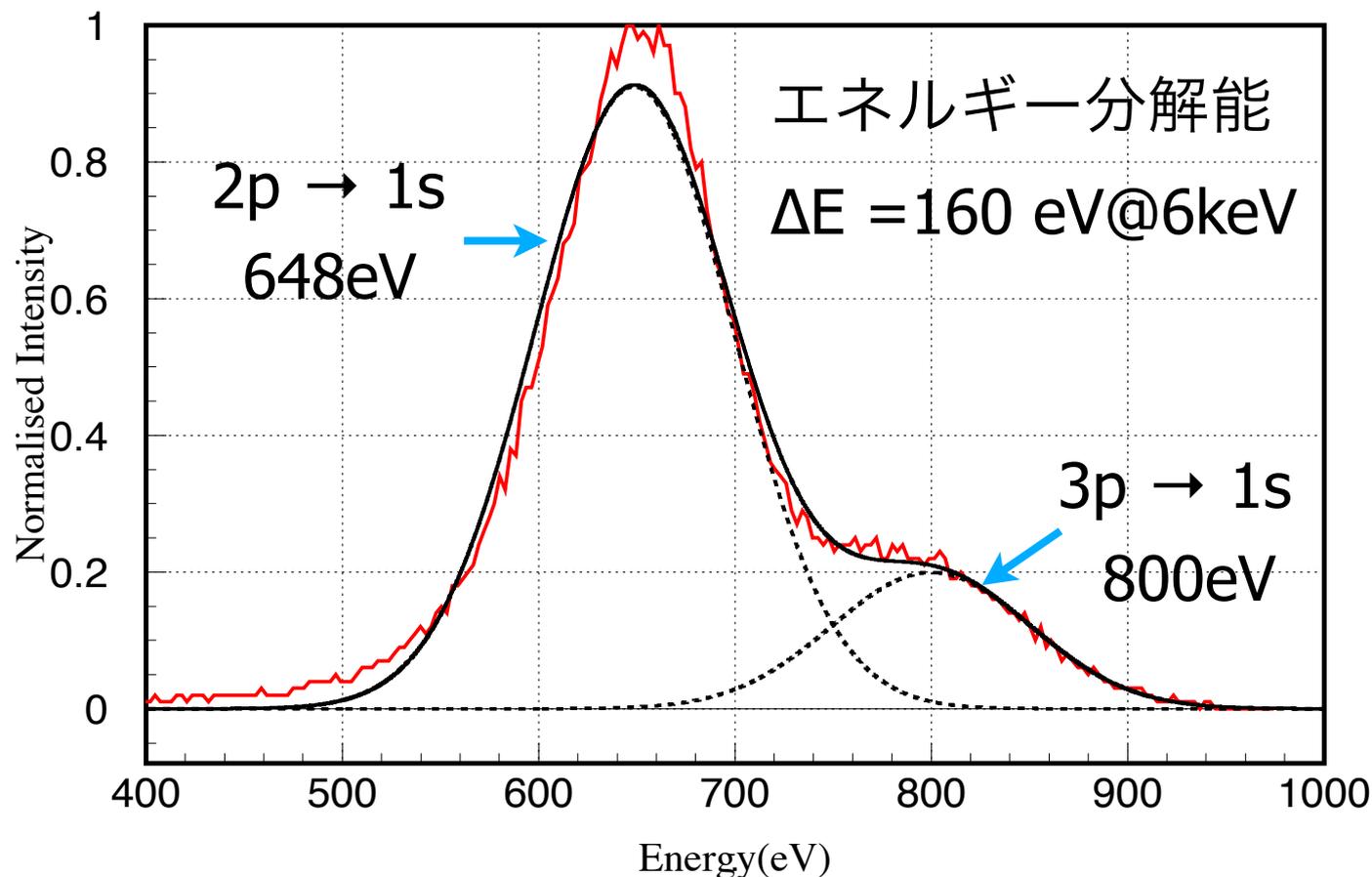


首都大学東京原子物理実験研究室の装置

現状：地上実験による分光観測

O^{8+} と H_2 の電荷交換反応を半導体検出器で分光観測

$2p \rightarrow 1s$ 、 $3p \rightarrow 1s$ の遷移による輝線が見えている



首都大学東京原子物理実験研究室が行った分光観測

まとめ

現状

- ◆ 100 mKの保持時間1.5 h を確認
 - 10 hは必要 (熱入力の低減を行う)
- ◆ O^{8+} と H_2 の電荷交換反応輝線を半導体検出器で分光観測
 - TESカロリメータで分光観測が必要

今後の予定

- ◆ 100 mKの保持時間 ~10 h の達成
- ◆ dADRにTESカロリメータを導入し、動作確認 (本年中)



TESカロリメータによる電荷交換反応輝線の分光観測