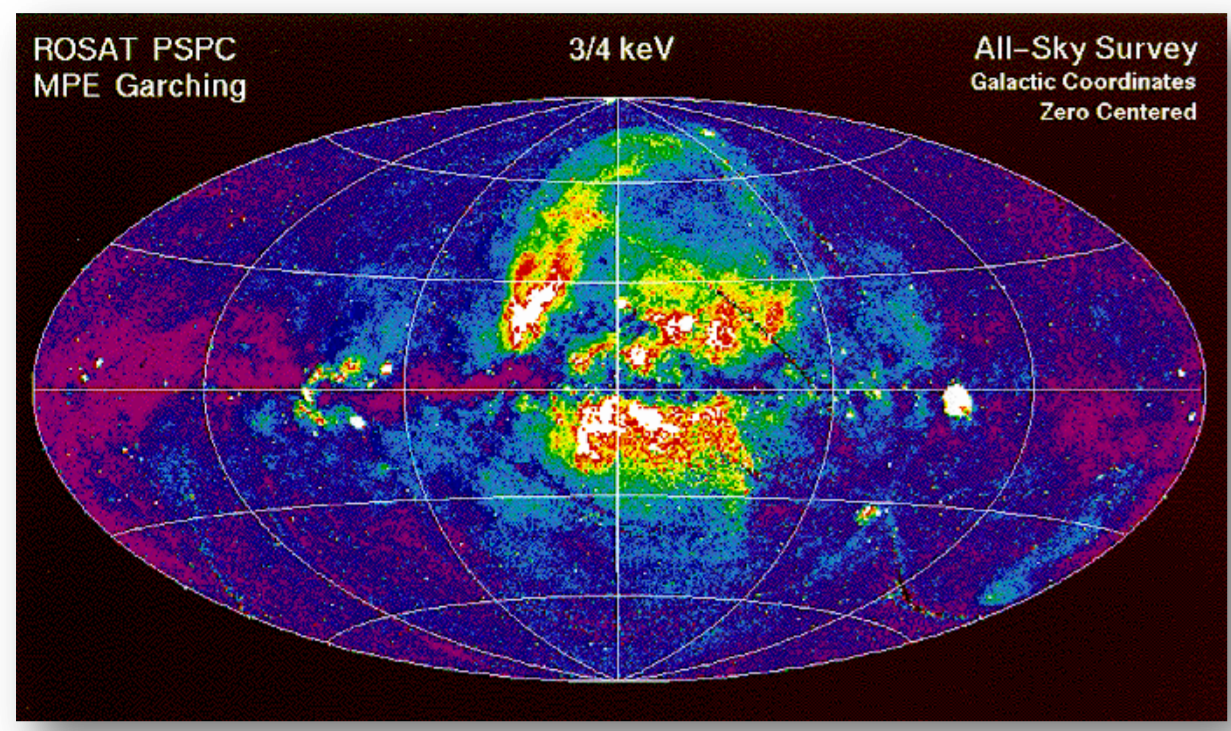


軽元素多価イオンの軟X線領域における電荷交換分光

石田卓也¹, 神田拓真¹, 田沼肇¹, 榎崇利¹, 辺見香理¹, 赤松弘規¹, 江副祐一郎¹, 石崎欣尚¹, 大橋隆哉¹, 篠崎慶亮², 満田和久³
¹首都大理工, ²ARD/JAXA, ³ISAS/JAXA

研究背景

1990年代, X線天文衛星「ROSAT」によって
 短期間で時間変動する謎の軟X線放射が発見された



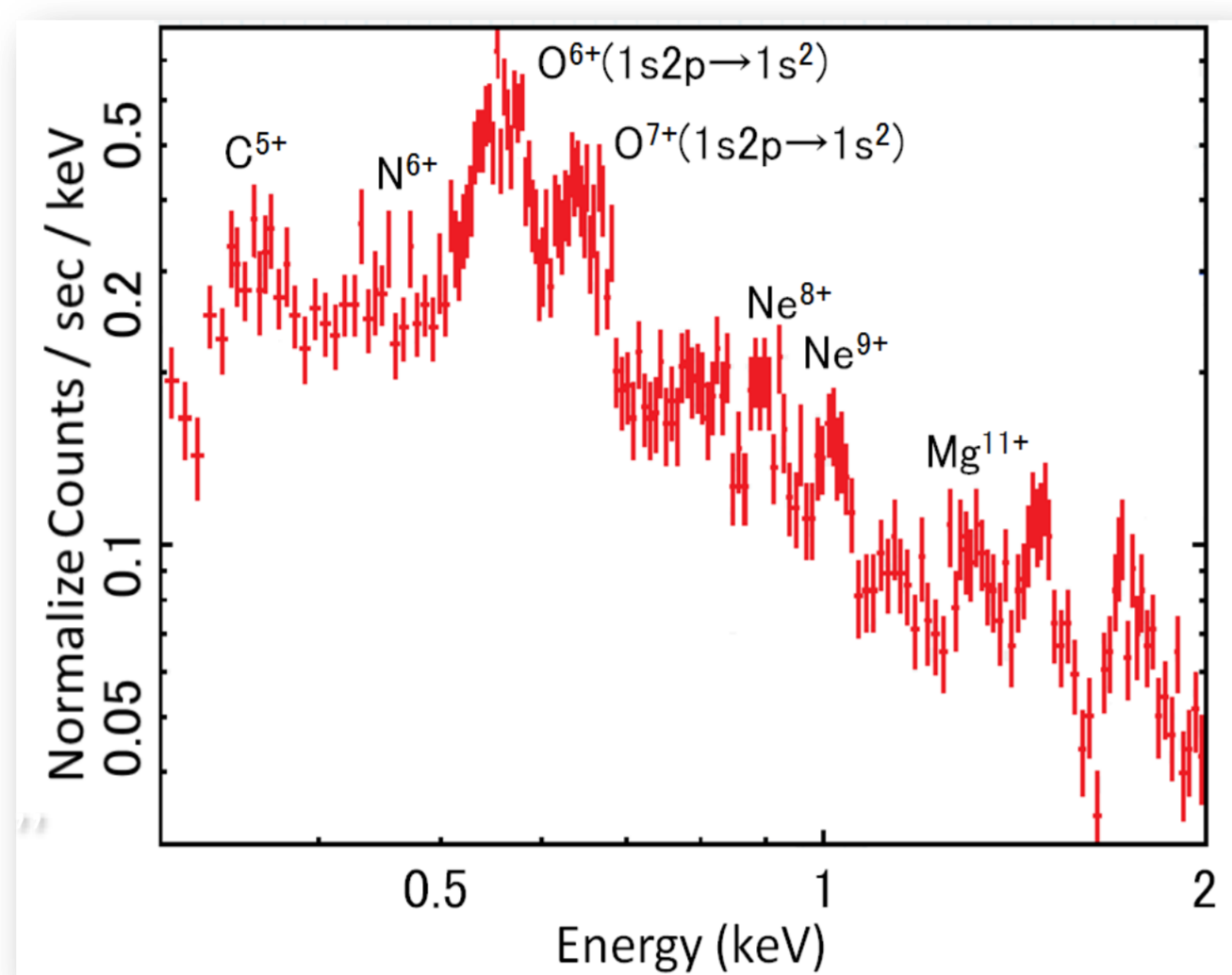
ROSAT衛星による軟X線全天マップ
 S. L. Snowden et al., ApJ 610, 1182 (2004)..

その後
 様々な彗星からのX線の放出を観測
 ↓
 太陽風中の多価イオンと
 彗星表面から蒸発した中性気体間の
電荷交換反応
 ↓
 地球近傍での電荷交換反応の発見

太陽風と星間物質による電荷交換反応起源の可能性

現在のX線天文衛星搭載検出器
 分解能が不十分

電荷交換反応によって
 生ずる輝線を同定する為には、
**高分光性能を持つ
 X線検出器による観測が必須**

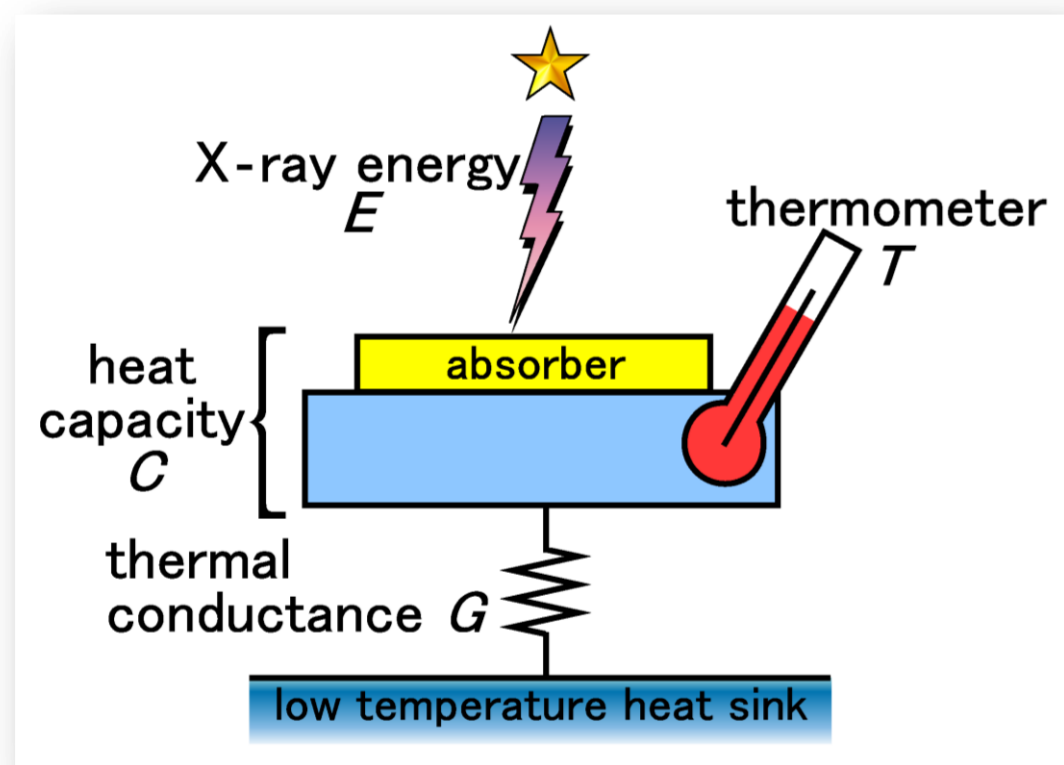


すざく衛星によって観測された
 太陽風による軟X線放射
 R. Fujimoto et al., PASJ 59, S133 (2007)

そこで, 太陽風に含まれる多価イオン (O^{q+}, N^{q+}, C^{q+})と
 地球近傍の希薄な中性ガス (H, H₂) との衝突による電荷交換反応機構を
 解明するため, ECRイオン源と優れたエネルギー分解能をもつ
 TES型X線マイクロカロリメータを用いた実験を計画している。

TES (Transition Edge Sensor) X線マイクロカロリメータ

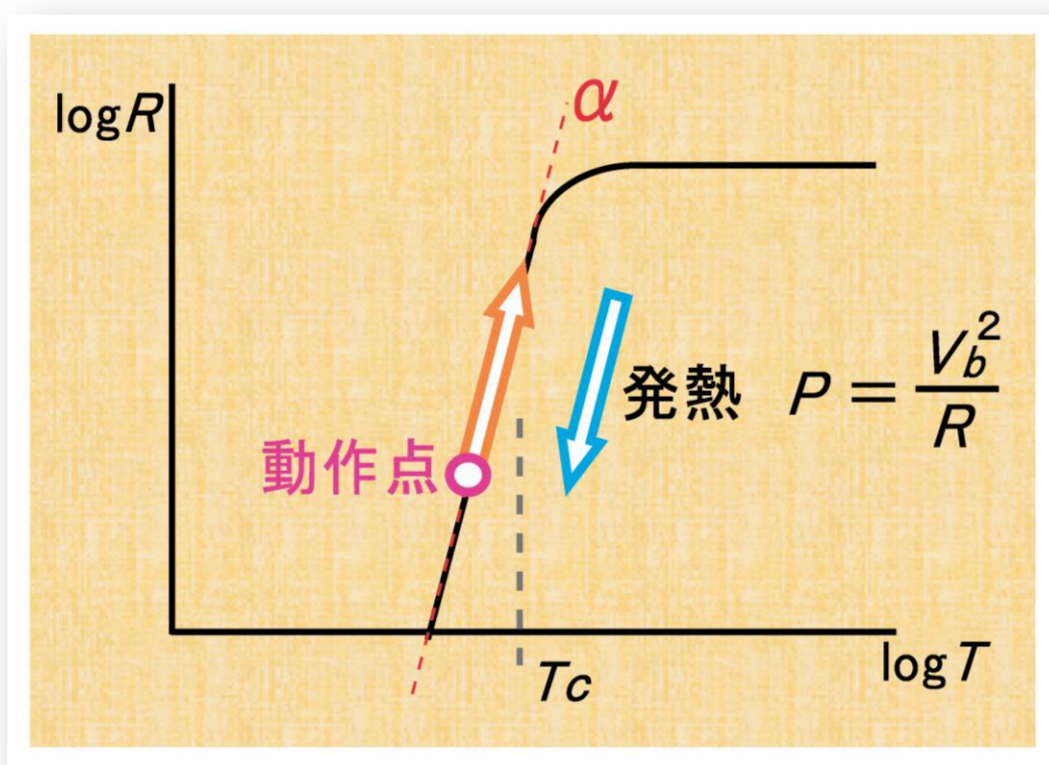
X線マイクロカロリメータ



エネルギー分解能

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

超伝導遷移端温度計

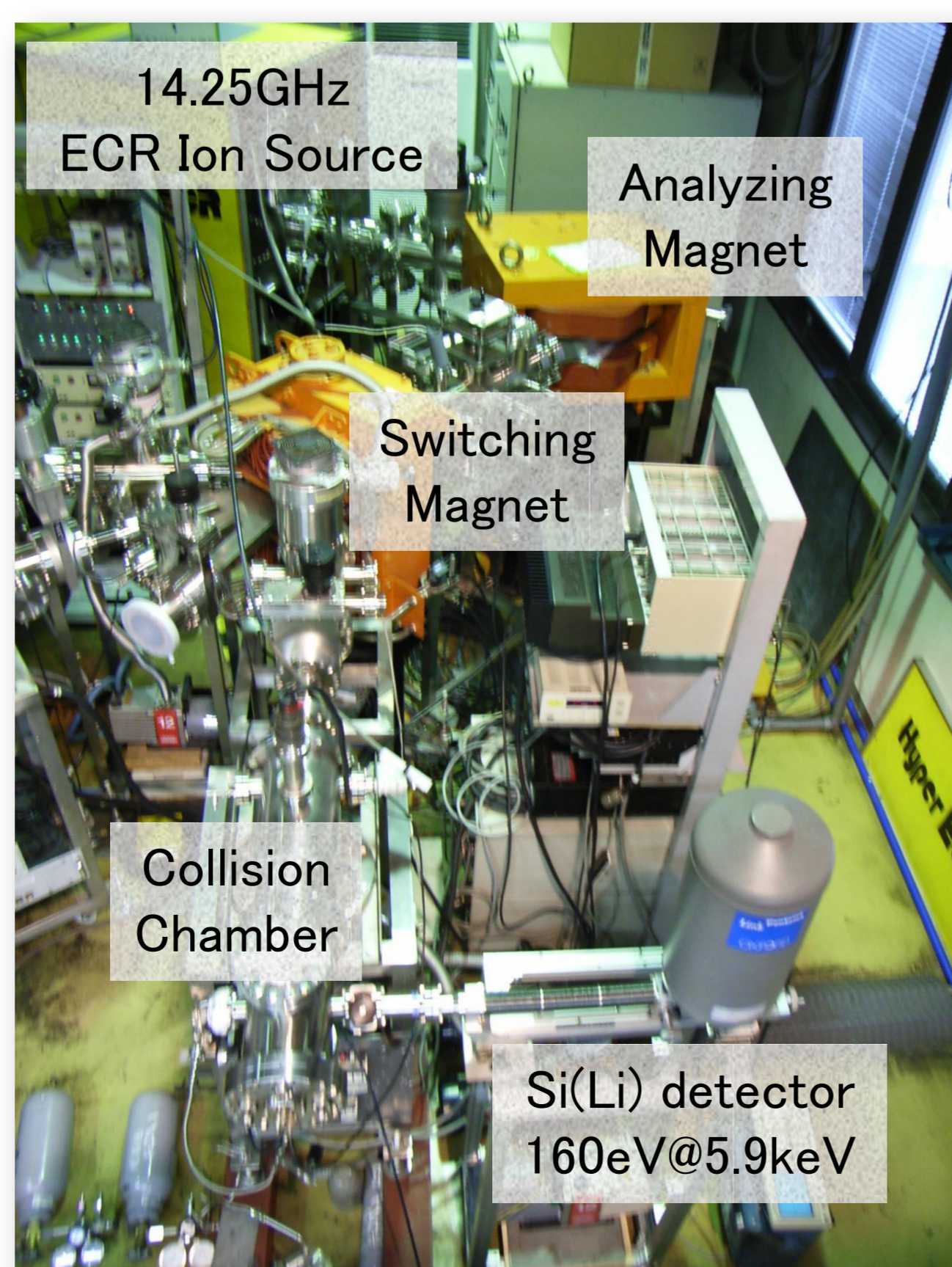
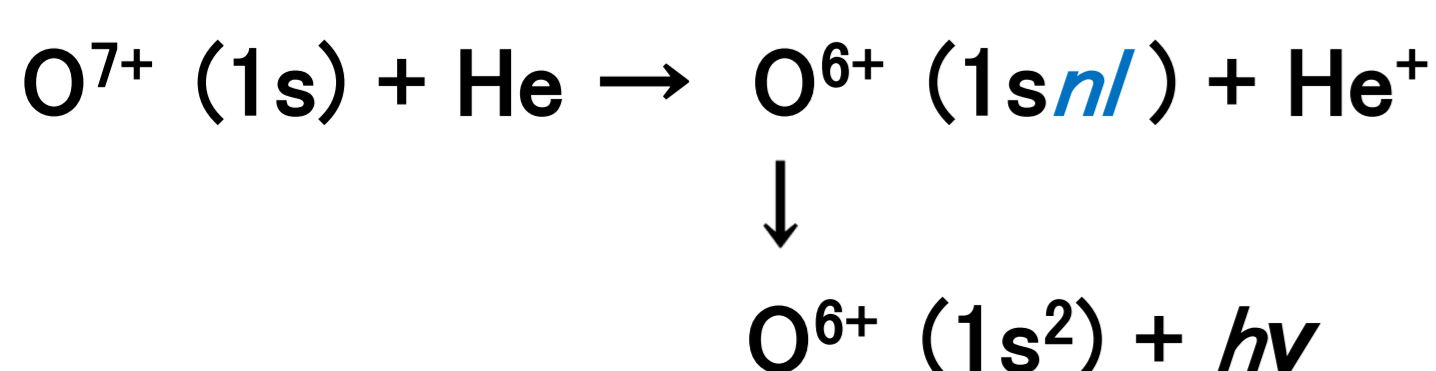
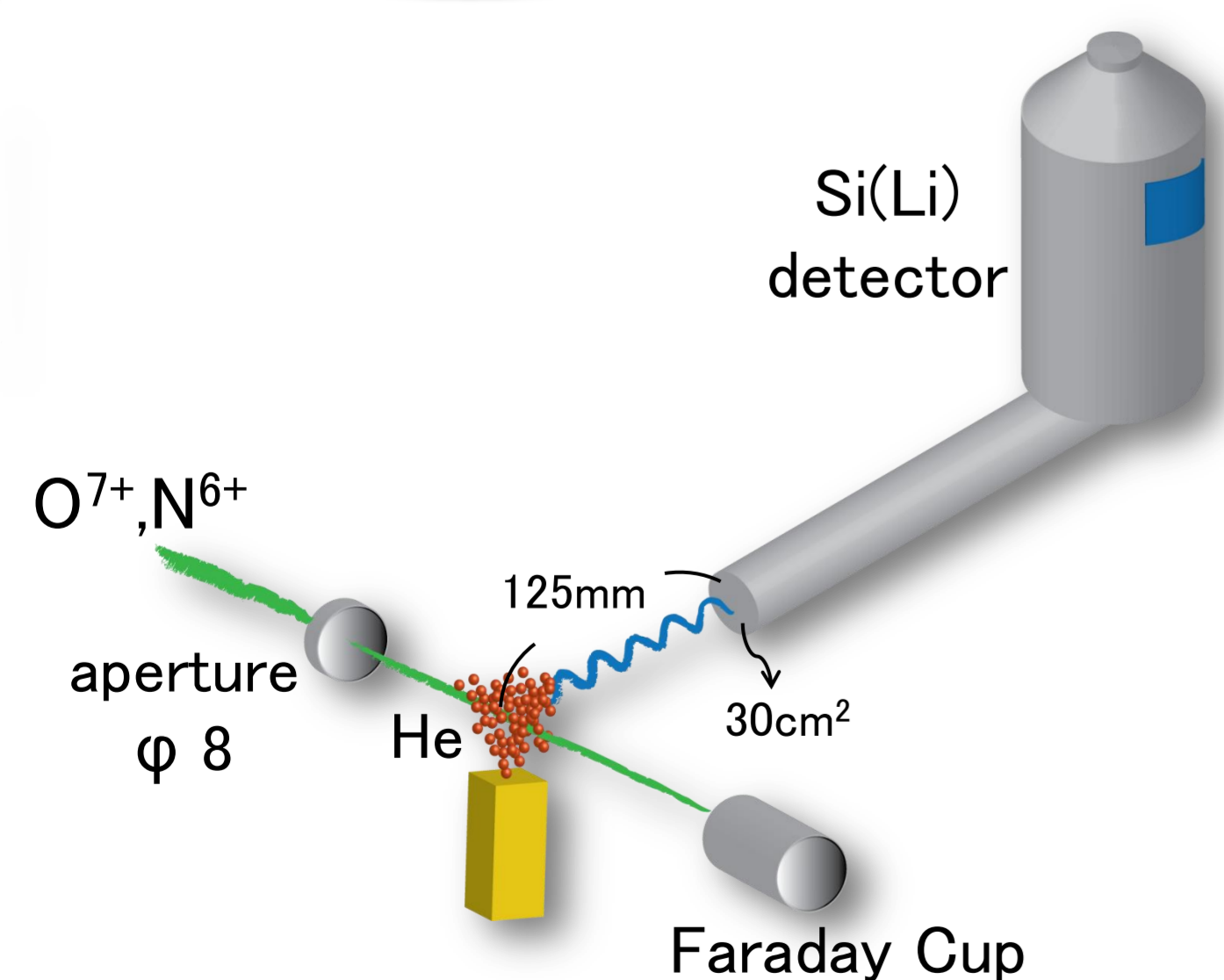


TESの感度

$$\alpha = \frac{d \log R}{d \log T}$$

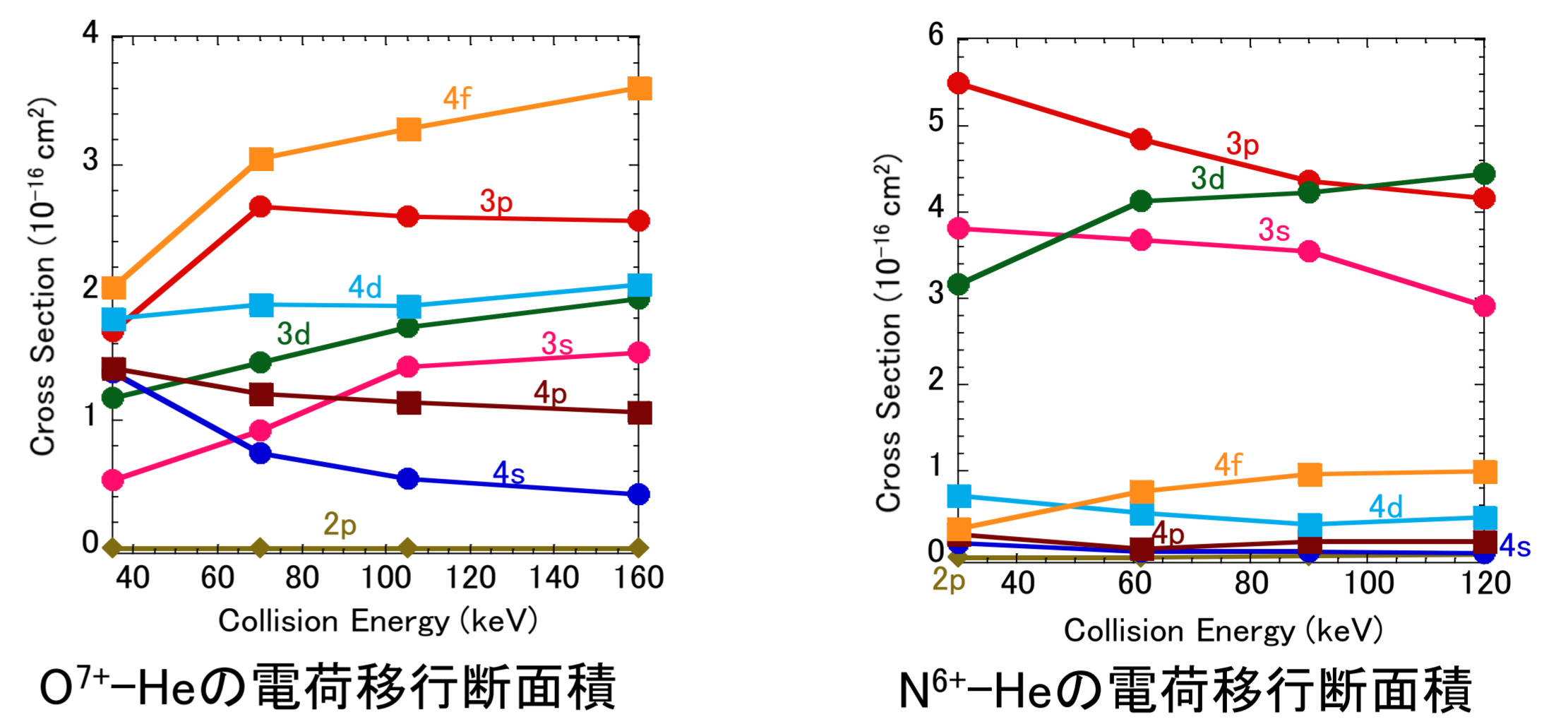
□ 極低温 (~50mK) で動作し, X線光子を微小な温度変化として検知
 □ $\Delta E = 2.8 \text{ eV} @ 5.9 \text{ keV}$ を達成

実験装置



理論計算

TC-AOCC(二中心原子軌道緊密結合法)による電荷移行断面積



O⁷⁺-Heの電荷移行断面積

N⁶⁺-Heの電荷移行断面積

L. Liu (IAPCM, Beijing), 私信.

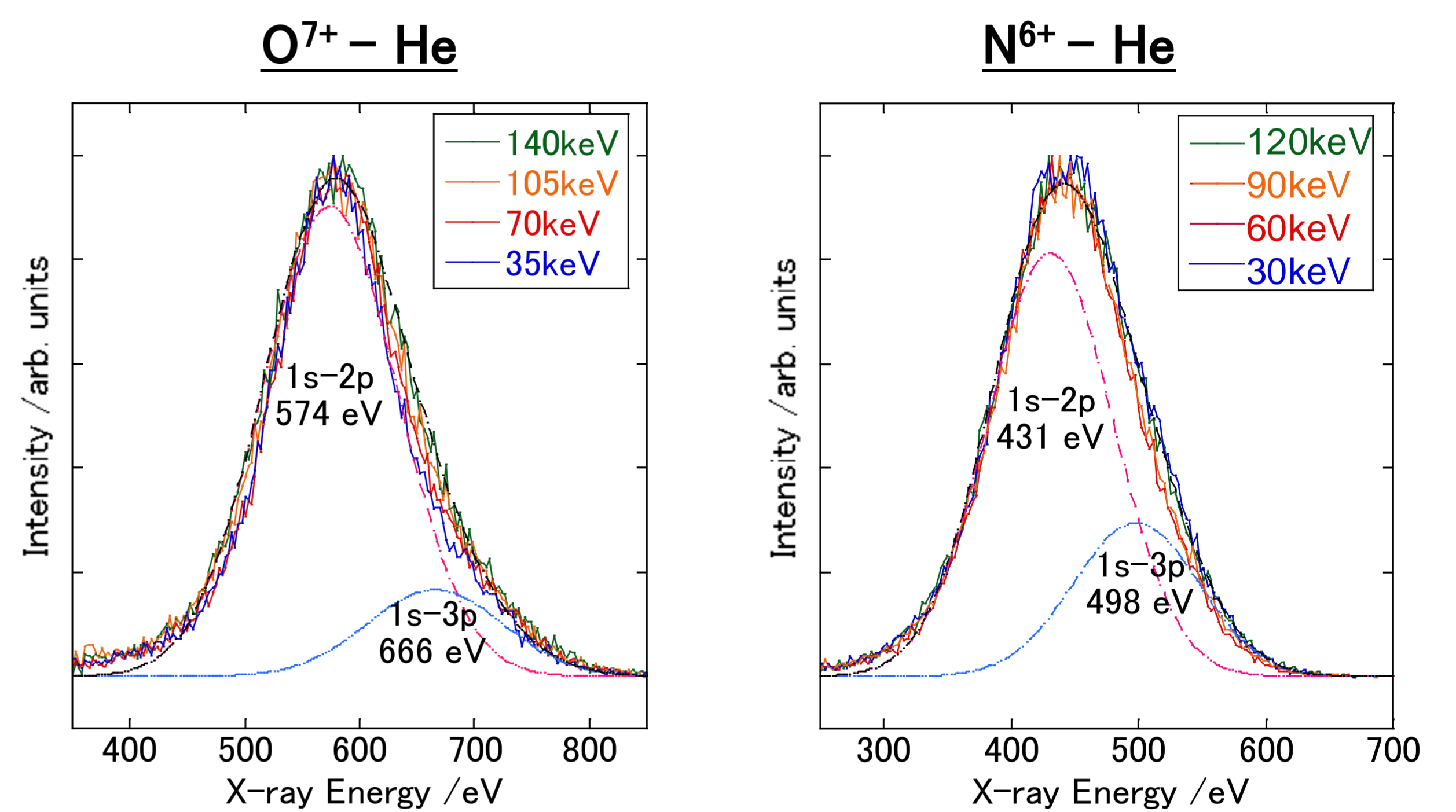
古典的オーバーバリアモデル

$$n \approx \left\{ \frac{1 + 2\sqrt{q}}{2I_p (q + 2\sqrt{q})} \right\}^{\frac{1}{2}} q$$

O⁷⁺ - He n = 4
 N⁶⁺ - He n = 3

実験結果

発光スペクトル



$$\frac{I(1s^2 \ ^1S - 1s2p \ ^1P)}{I(1s^2 \ ^1S - 1s3p \ ^1P)} \approx 6.0$$

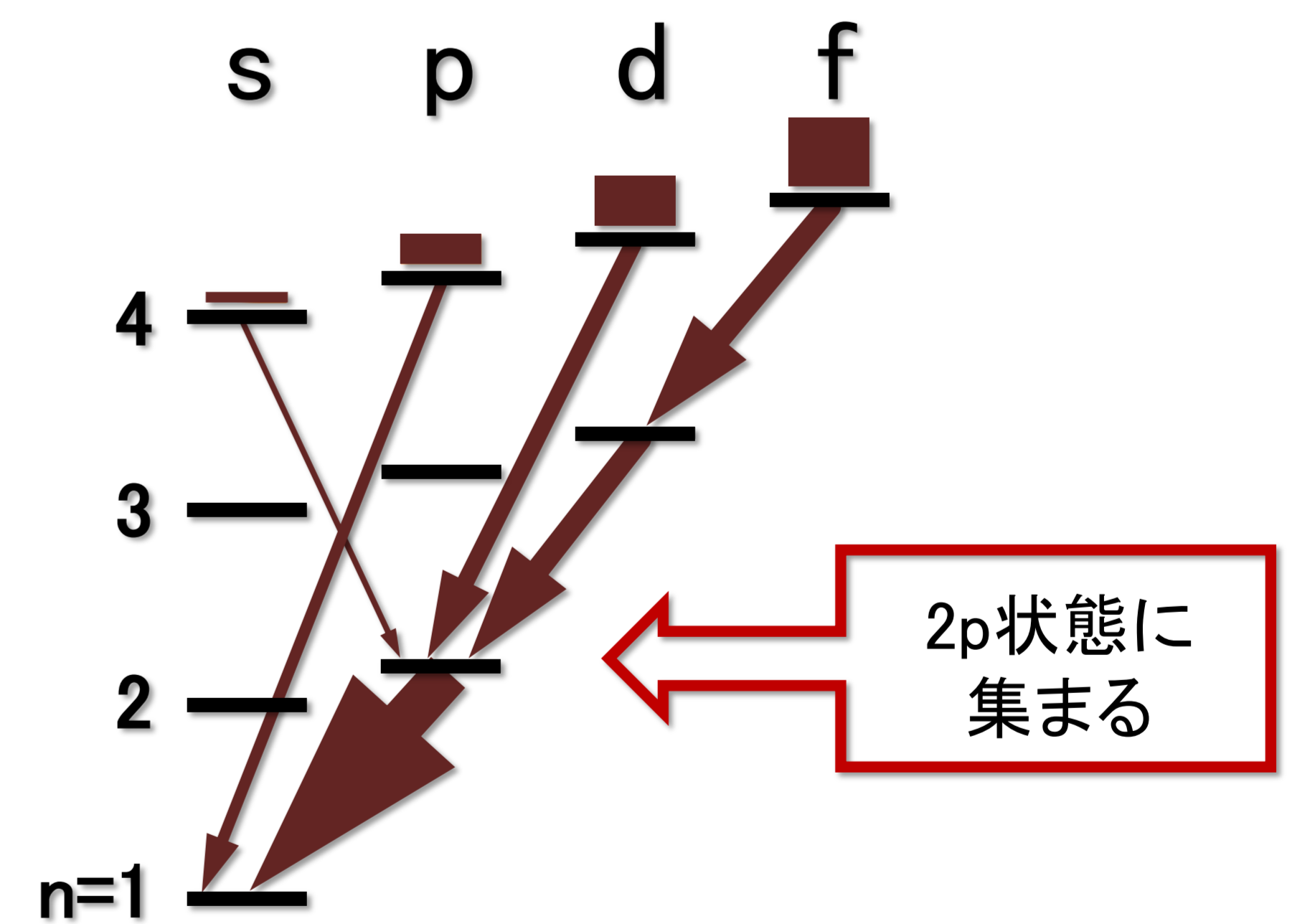
$$\frac{I(1s^2 \ ^1S - 1s2p \ ^1P)}{I(1s^2 \ ^1S - 1s3p \ ^1P)} \approx 3.0$$

衝突エネルギー依存性ほぼ無し

カスケード機構

光学的許容遷移

$$\Delta s = 0 \\ \Delta l = \pm 1$$



現状と今後

- ① 入射粒子に裸のイオン (¹⁸O⁸⁺, ¹³C⁶⁺), 標的にH₂を用いた実験を進行中
- ② ターゲットガスに水素原子を導入
- ③ 太陽風速度 (300~800 km/s) での実験
- ④ TES X線マイクロカロリメータの導入

宇宙空間で起こっている電荷交換反応と同様の条件下で

- スペクトル観測
- 断面積測定