

多価タングステンの電荷交換分光および 電荷移行断面積測定



首都大学東京 理工学研究科
物理学専攻 田沼 肇

共同研究者：
須田慎太郎， 島谷紘史， 石川彰一郎

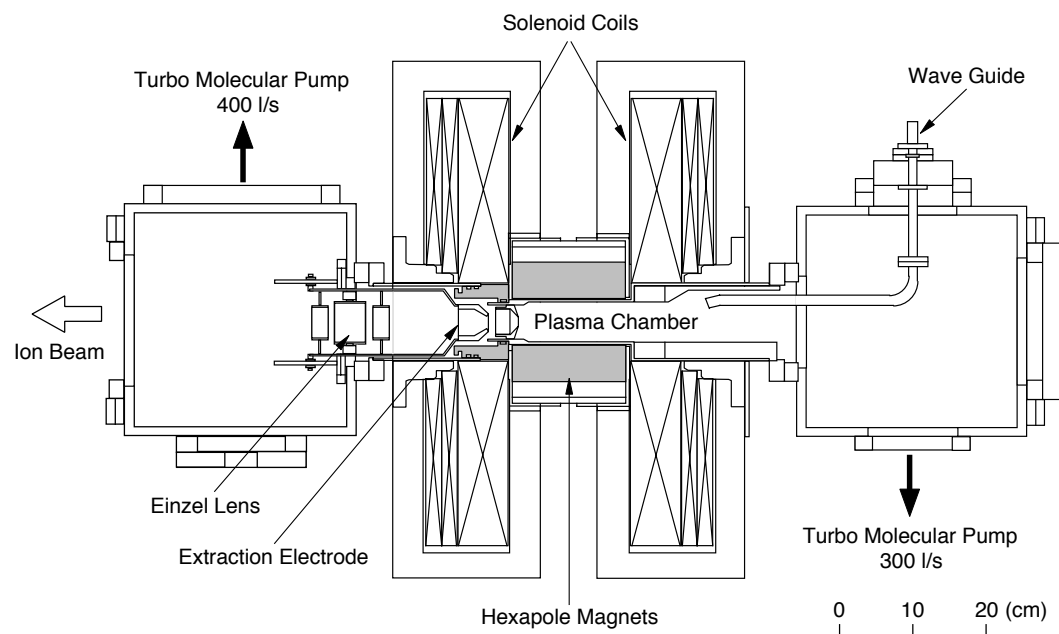
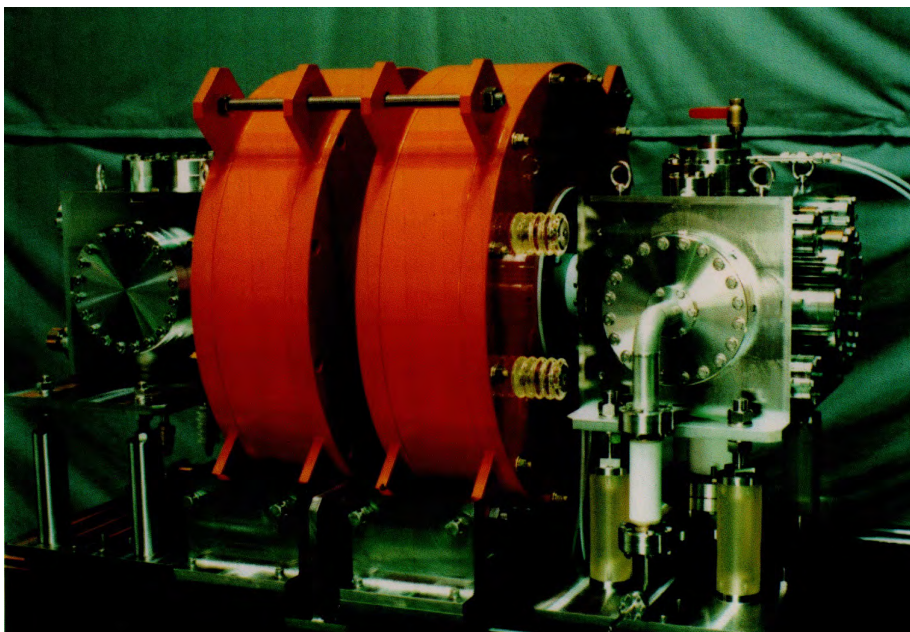
首都大のミッション

- 多価Wイオンの生成
- イオンビームとしての引き出し
- 標的気体との衝突
- 発光スペクトルの観測
- **遷移波長の決定**
- 励起状態のエネルギーレベルの決定
- **電荷移行断面積の測定**

多価Wイオンの生成

- 電子サイクロトロン共鳴型イオン源 (ECRIS)
- イオン源へのWの導入
- $W(CO)_6$ の利用
- 最高価数の予想
- 同位体の問題

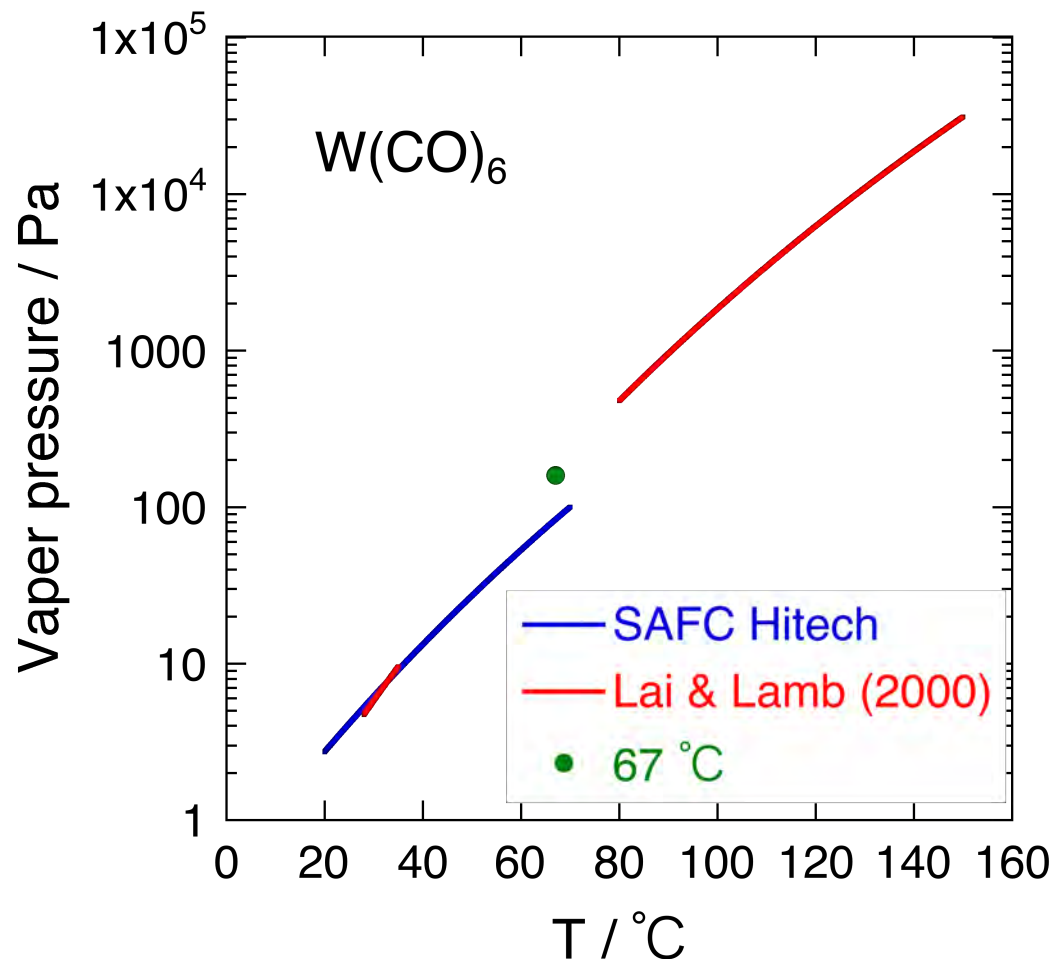
電子サイクロトロン共鳴型イオン源



Micro Wave : 14.25 GHz, < 1.5 kW

消費電力 : 約 90 kW ∴ 節電時の実験は不可

イオン源への $W(CO)_6$ の導入



典型的導入気体：

~ 10^{-5} Pa x 1000 L/s

20°C でも 4 Pa の蒸気圧

稼働時：

イオン源本体温度 > 30°C

蒸気として導入可能

蒸気圧の管理が必要

イオン源への $W(CO)_6$ の導入

Variable Leak Valve

プラズマチェンバー内

背景圧力：

$< 1 \times 10^{-6}$ Pa

$W(CO)_6$ 導入圧力：

$< 2 \times 10^{-5}$ Pa

稼働時：

大きな圧力変化はなし

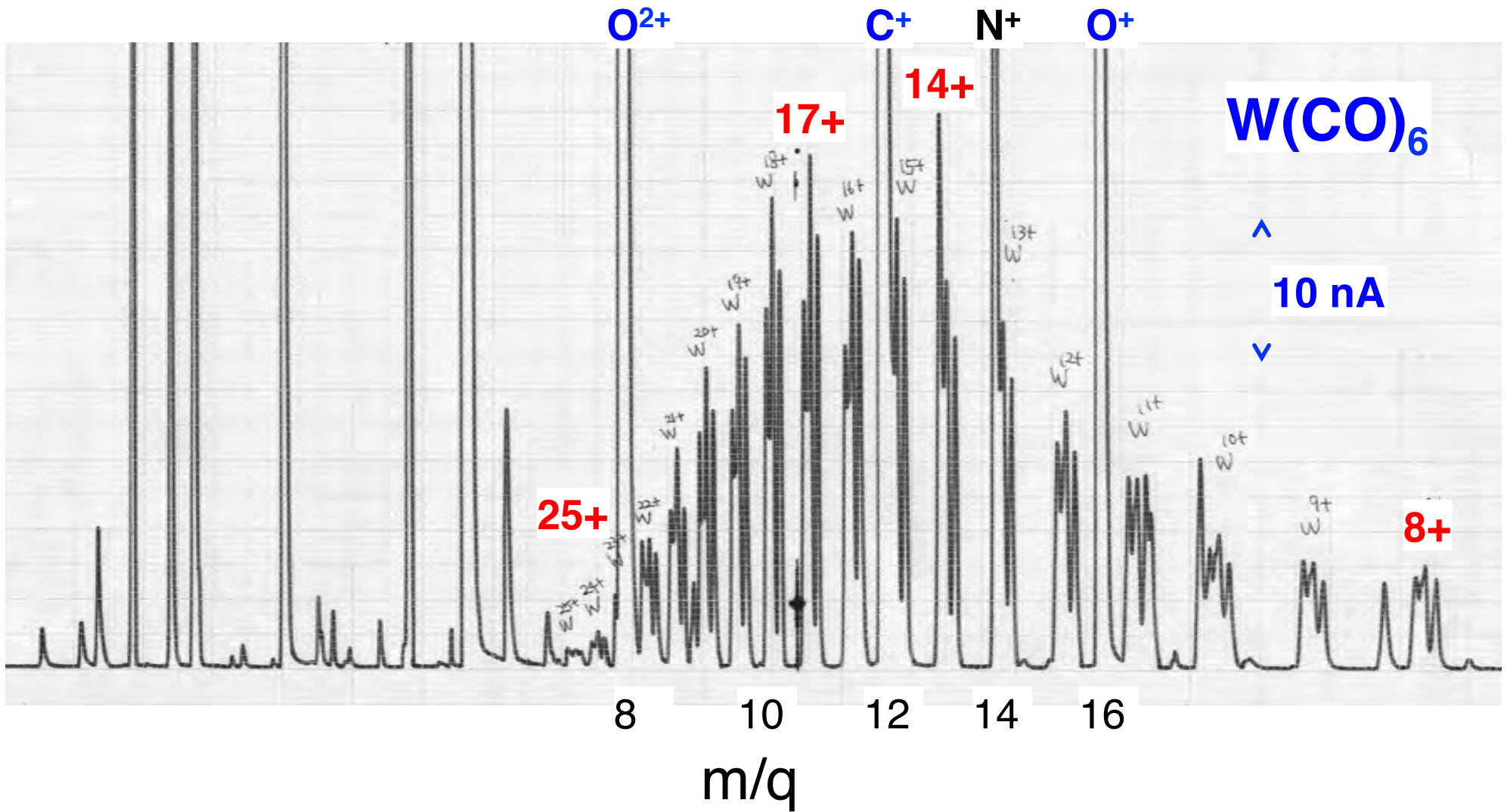
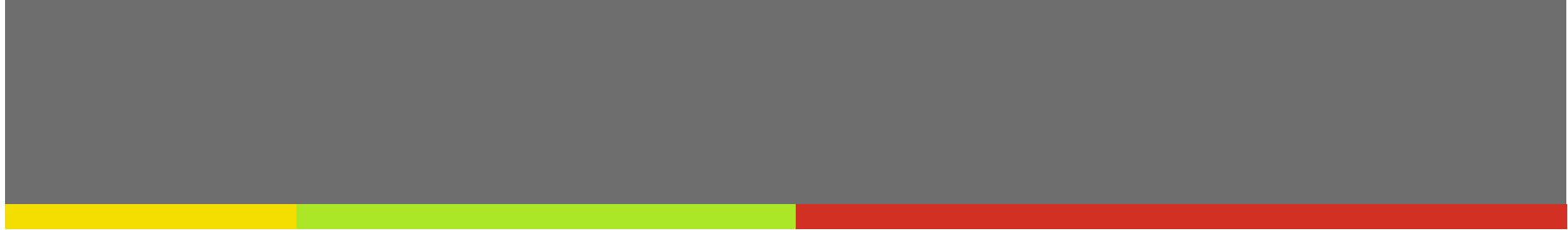
$W(CO)_6$

生成可能な価数

- C, N, O : bare ions
- Fe : 16+
- Sn : 21+
- Xe : 23+
- **ionization energy < 1 keV**
- W : 28+ ?

同位体の問題

- 質量分析： **質量/電荷** を選別
- 同位体があると価数を選別できない場合あり
- 選別できても，強度が小さくなる
- W
 - 180 : 0.12%
 - 182 : 26.50%
 - 183 : 14.31% ∴ 29価が上限
 - 184 : 30.64%
 - 186 : 28.43%



実験計画

➤ 2011年度

多価Wイオン生成テスト・・・済

可視・紫外分光 / 電子捕獲断面積の測定・・・実施中

EUV分光器の開発（電通大・中村）・・・済

➤ 2012年度

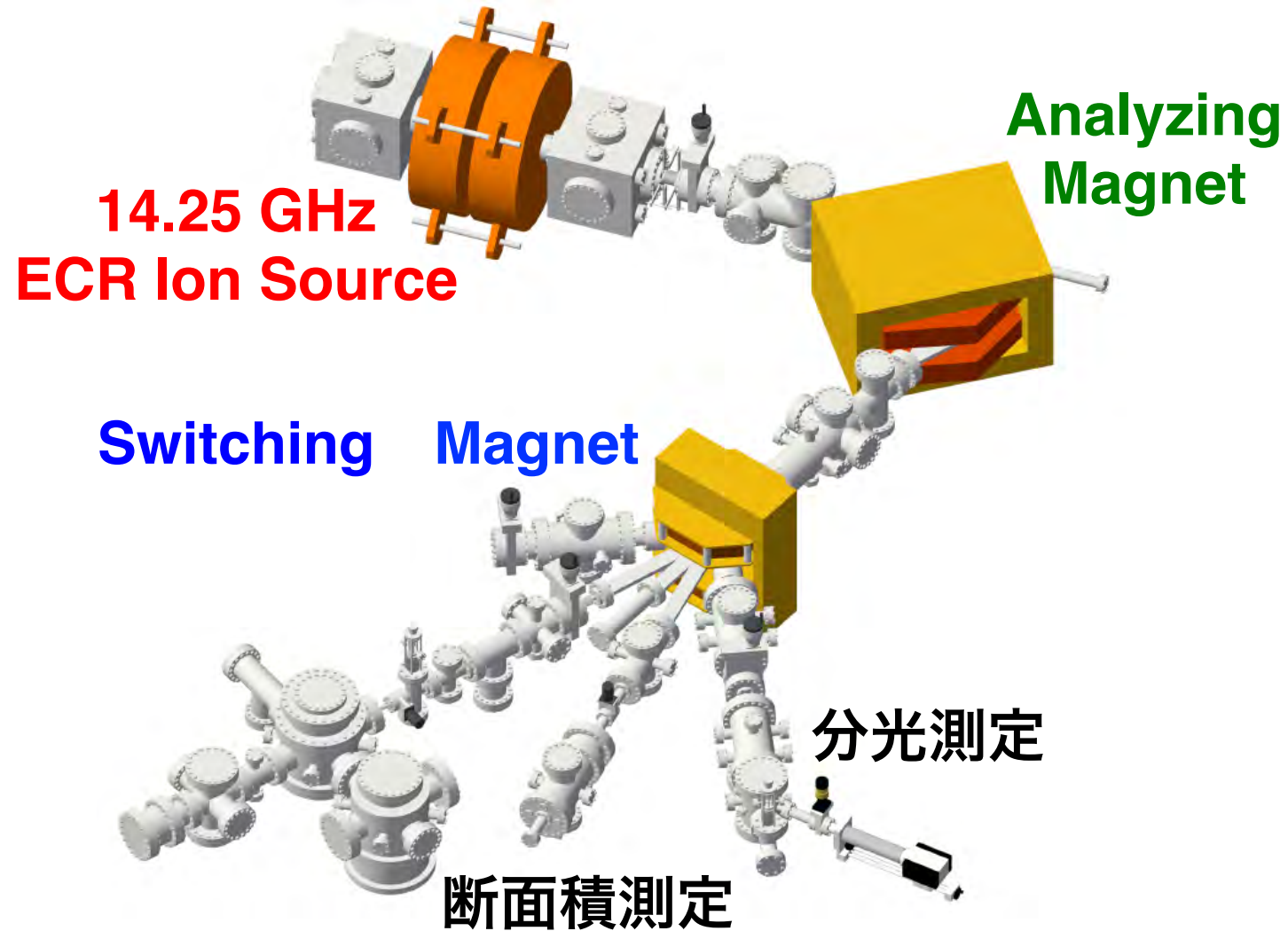
EUV分光器の導入・・・近日中

電荷交換分光スペクトルの測定（低価数）・・・近日中

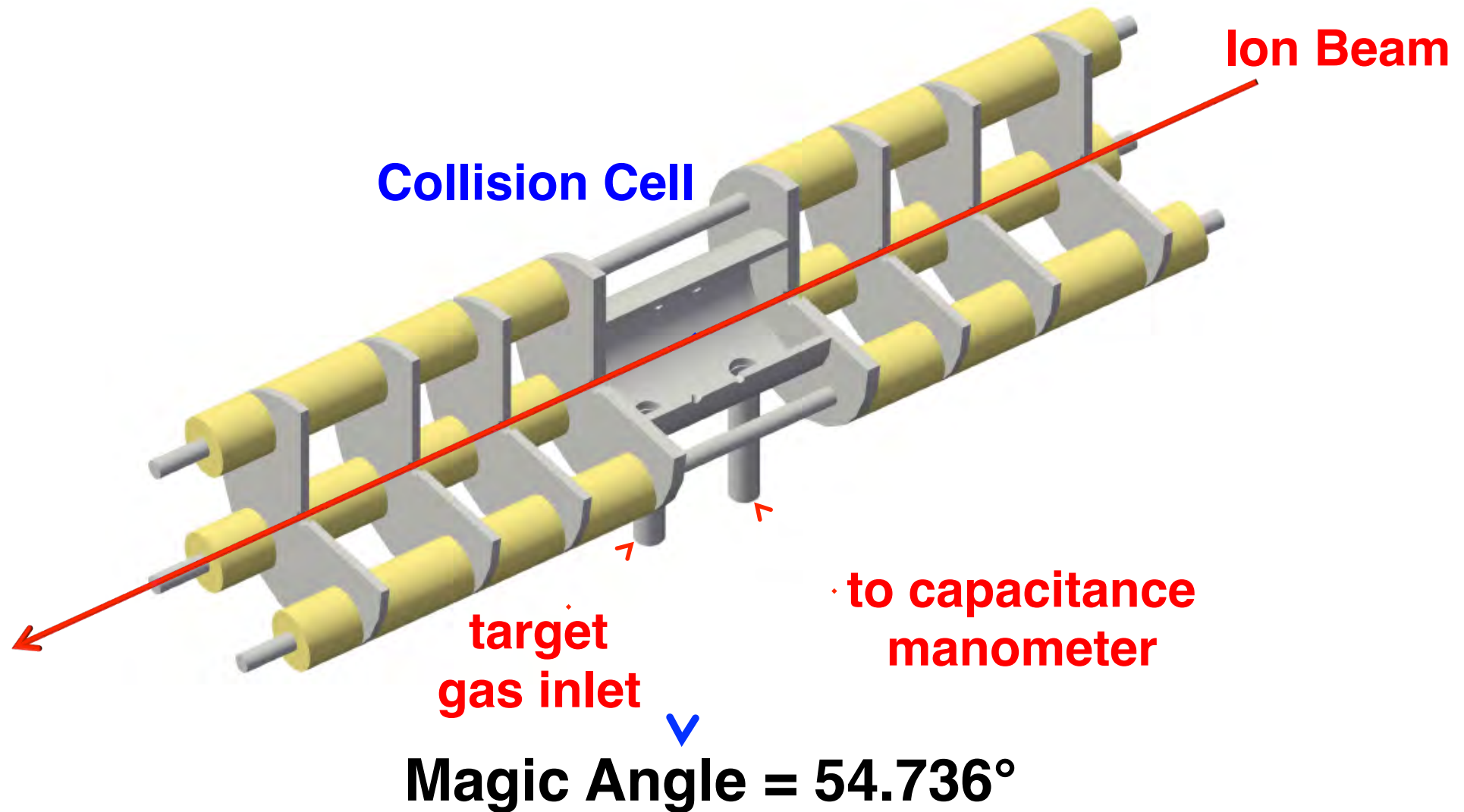
➤ 2013年度

電荷交換分光スペクトルの測定（高価数）

衝突実験装置



分光測定装置



EUV / 軟X線分光器

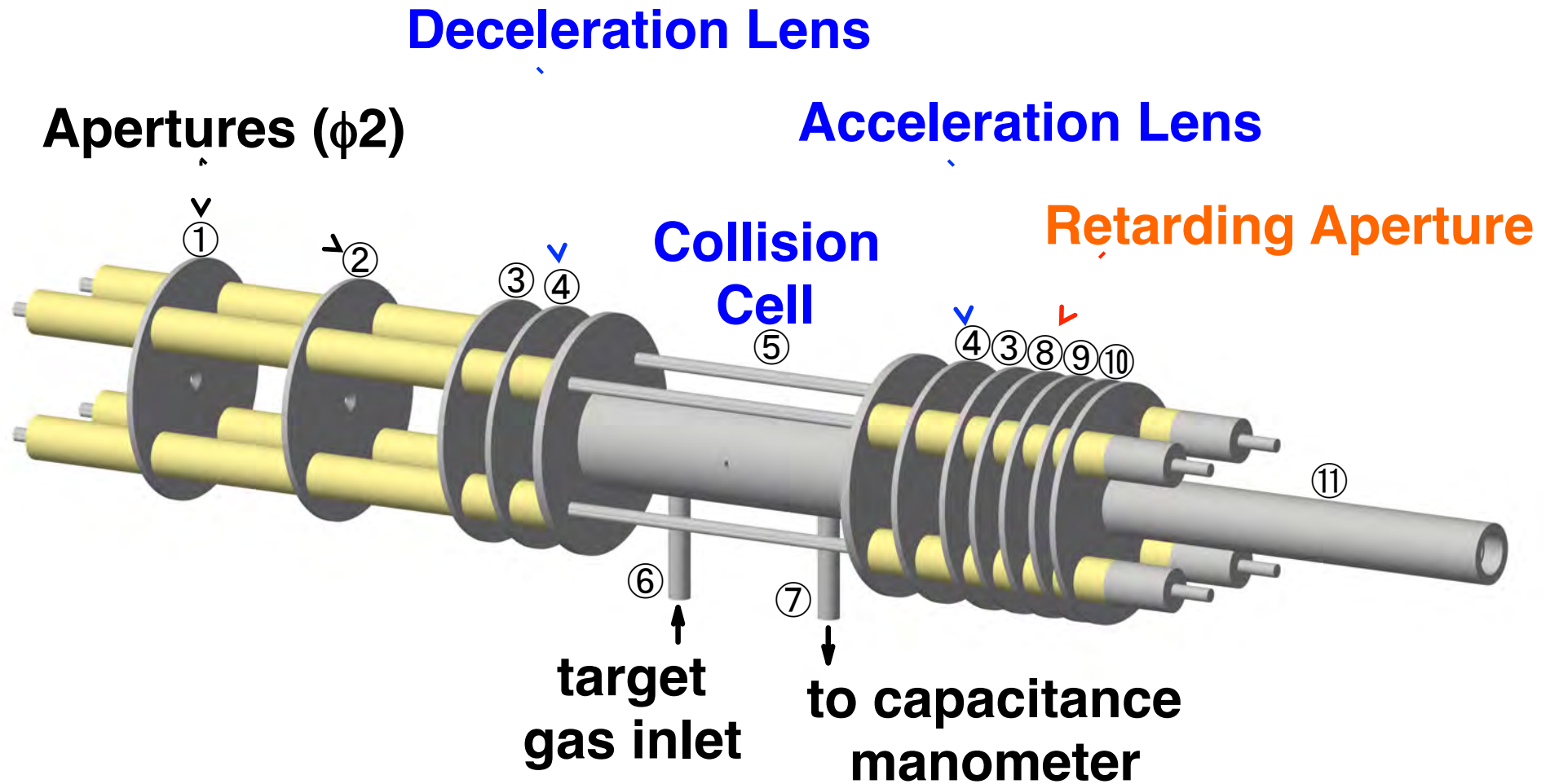


別予算で開発

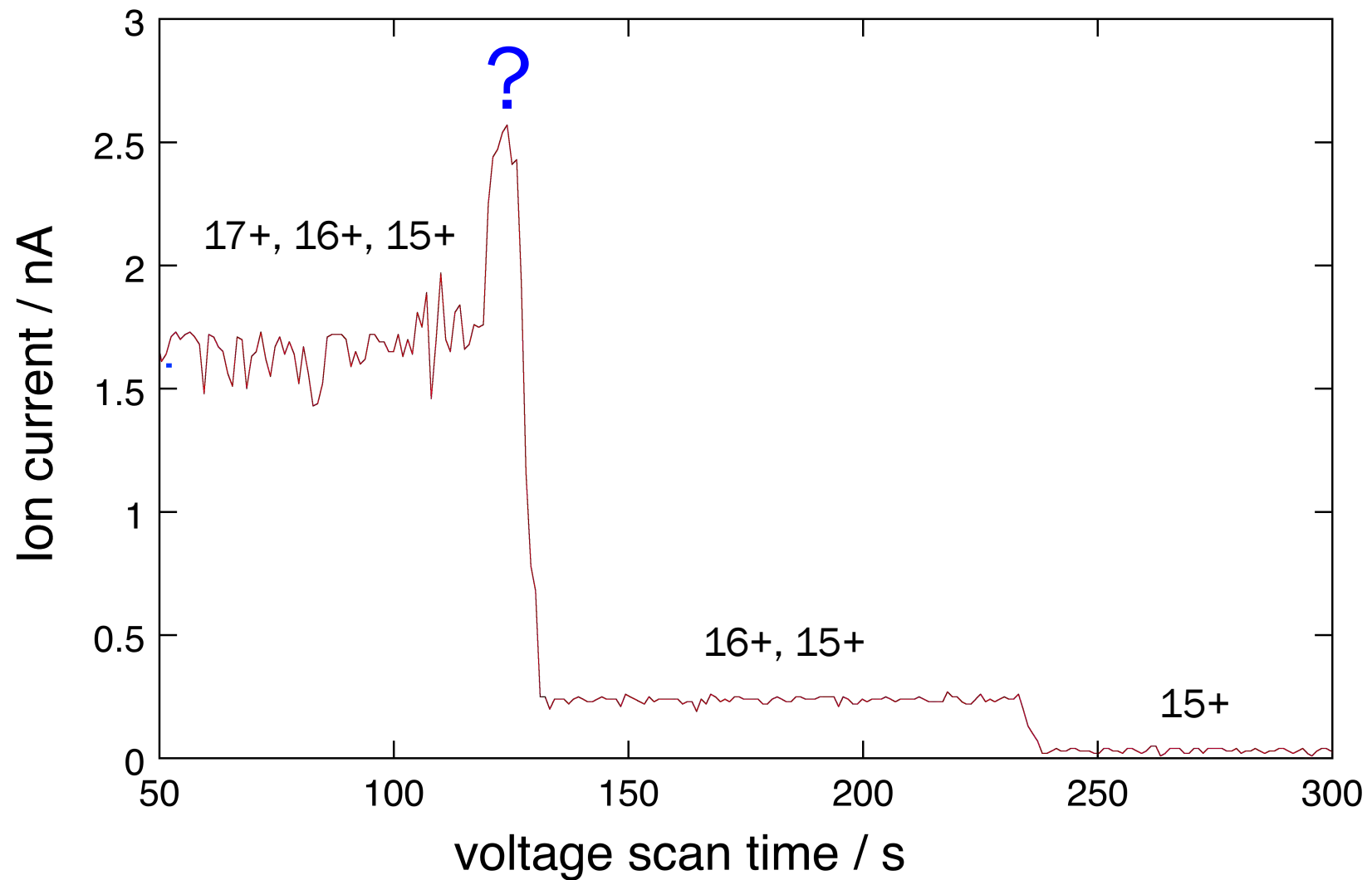
CCDカメラは
本科研費で購入

電通大で開発， 近日中に首都大へ移設予定

断面積測定装置



追い返しによる電流測定



一電子捕獲断面積の測定

$$\frac{dI}{dx} = -(\sigma_{\text{SC}}n)I$$

$$I_x = I_{x=0} \exp(-\sigma_{\text{SC}}nx) \approx I_{x=0}(1 - \sigma_{\text{SC}}nx)$$

$$\sigma_{\text{SC}} \approx \frac{1}{nl} \cdot \frac{I_{q-1}}{I_q} \cdot \frac{q}{q-1}$$

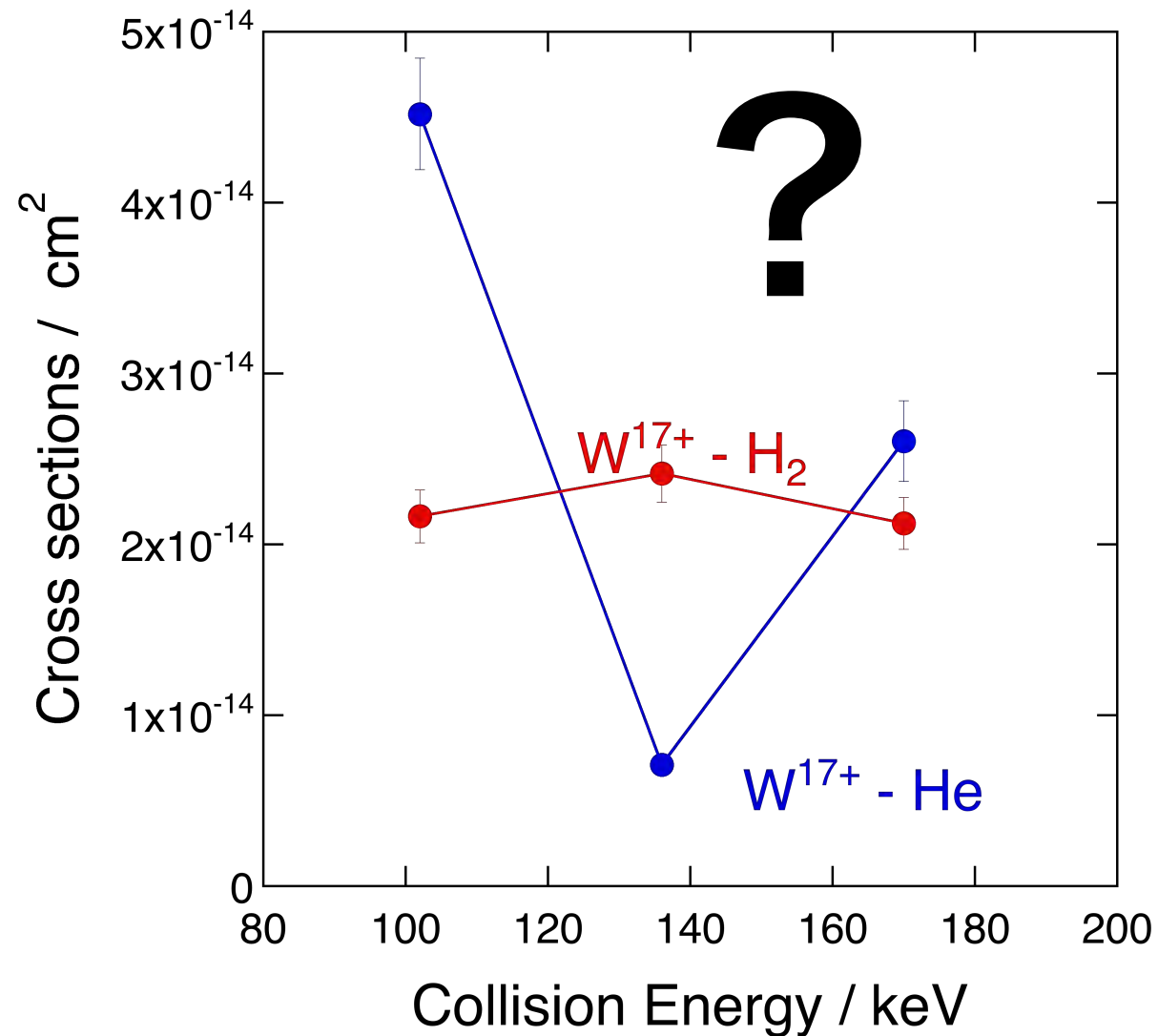
n : 標的気体の数密度

l : 衝突領域の長さ

I_q : 入射イオンの電流値

I_{q-1} : 価数が1つ小さくなったイオンの電流値

W^{17+} - He/ H_2 の測定結果



電荷移行断面積のスケージング則

Mueller-Salzborn : Phys. Lett. **62A** (1977) 391.

$$\sigma_{q,q-1} / \text{cm}^2 = 1.43 \times 10^{-12} \frac{q^{1.17}}{(I / \text{eV})^{2.76}}$$

M. Kimura *et al.* : J. Phys. B **28** (1995) L643.

$$\sigma_q / \text{cm}^2 = 2.6 \times 10^{-13} \frac{q}{(I / \text{eV})^2}$$

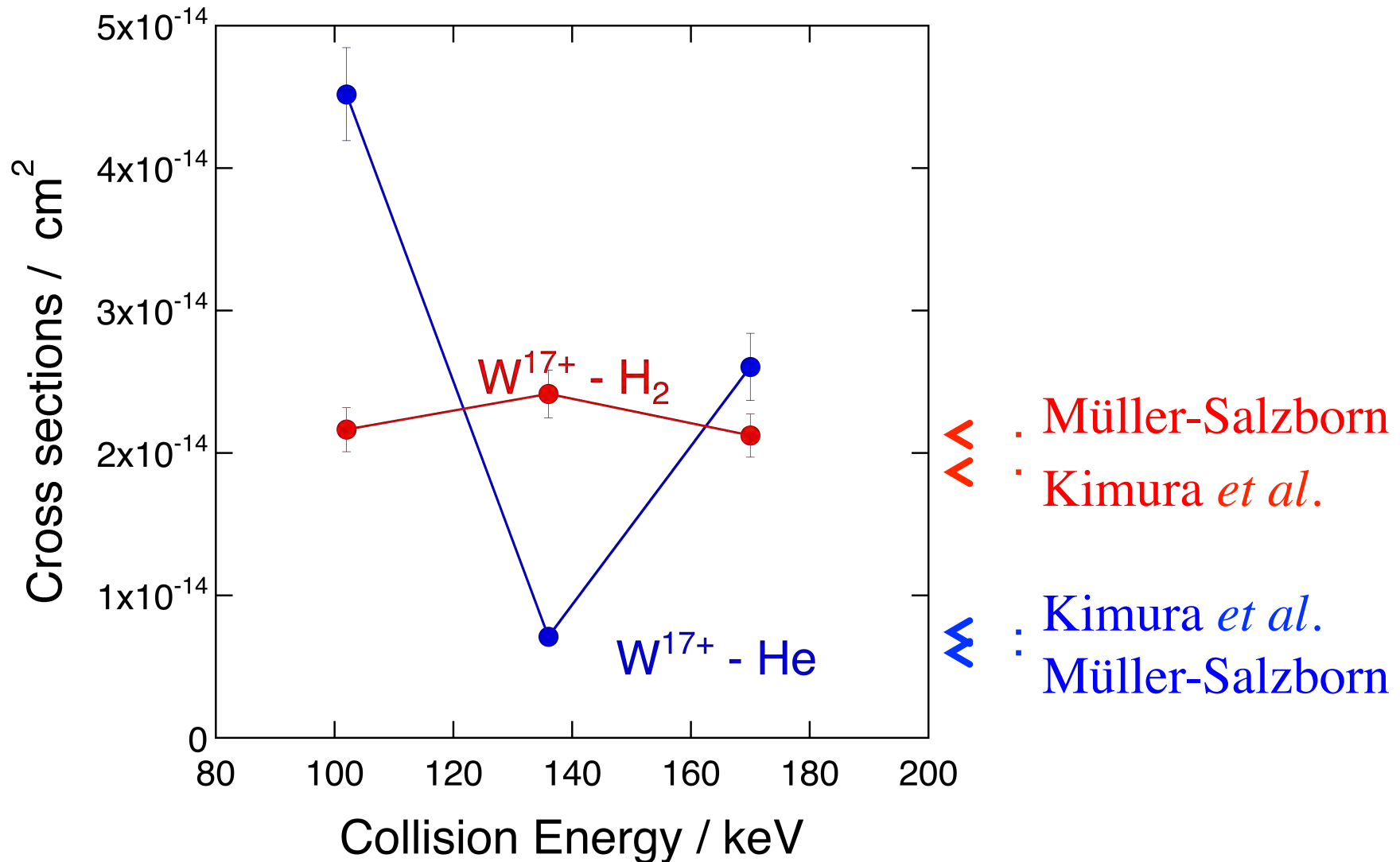
N. Selberg *et al.* : Phys. Rev. A **54** (1996) 4127.

$$\sigma_q^r / \text{cm}^2 = 2.7 \times 10^{-13} qr / \left[I_1^2 I_r^2 \sum_{j=1}^N (j / I_j^2) \right]$$

I_j : The j -th ionization energy in eV

N : # of outer shell e^- (2 for He, 8 for Ar and Xe)

W^{17+} - He/ H_2 の測定結果



W^{17+} - He/ H_2 の測定結果

- H_2 標的 : 経験則とほぼ一致
- He標的 : 大きな衝突エネルギー依存性
- 実験上の問題か? 興味深い真実か?
- 再測定が必要・・・実施中

まとめ

- 多価タングステンイオン ($q \leq 25$) を数nAで生成
- 電荷交換分光のための分光器は完成
近日中に設置して，分光測定開始予定
- 電荷移行断面積測定を開始
17価入射の怪しい測定結果
- 原理的には電荷交換分光計測だけでなく，電荷移行断面積測定も可能，他機関のデータとの比較・検討を希望