



# イオントラップとECRイオン源を用いた星間物理学

理工学部・物質生命理工学科 岡田邦宏

## 研究目的

### ◆ 星間分子雲における分子生成で重要な極低温分子イオン-極性分子反応の測定

極低温領域でのイオン-分子反応は、星間分子雲における化学反応で重要な役割をしている。イオントラップ中で生成された極低温分子イオンと低速極性分子を反応させることによって、10K以下の温度領域におけるイオン-極性分子反応の反応速度定数の測定を行い、星間分子雲の研究に必要な基礎データを得ることが目的である。

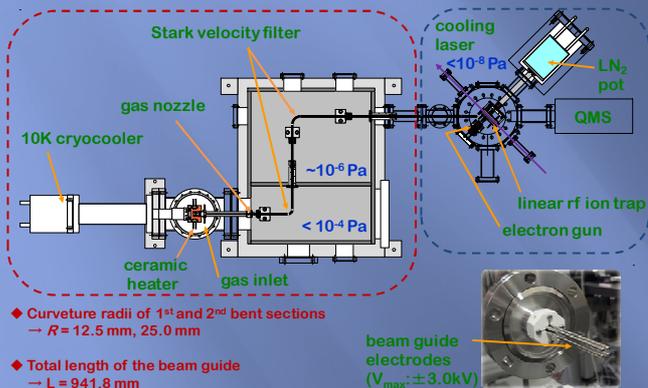
### ◆ 太陽風において観測される多価イオン-中性分子衝突による軟X線の実験室における観測とその発光断面積の決定

ECRイオン源で生成された多価イオンと原子・分子の衝突によって生じるX線を定量測定し、X線天文学にとって重要となる実験室データを得る。

測定対象となる電荷移行反応  $O^{7+} + H \rightarrow O^{6+}(1s n\ell) + H^+ \rightarrow O^{6+}(1s^2) + H^+ + h\nu$

発光遷移 許容遷移:  $O^{6+} 1s2p \ ^1P \rightarrow 1s^2 \ ^1S$ , 禁制遷移:  $O^{6+} 1s2p \ ^3P \rightarrow 1s^2 \ ^1S$  (956  $\mu s$ ),  $1s2s \ ^3P \rightarrow 1s^2 \ ^1S$

## 極低温分子イオン-極性分子反応実験



◆ Curvature radii of 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> bent sections  
→ R = 12.5 mm, 25.0 mm

◆ Total length of the beam guide  
→ L = 941.8 mm

beam guide electrodes (V<sub>max</sub>: ±3.0 kV)

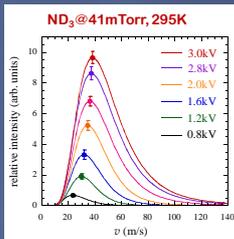
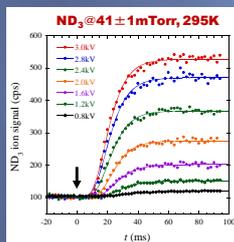
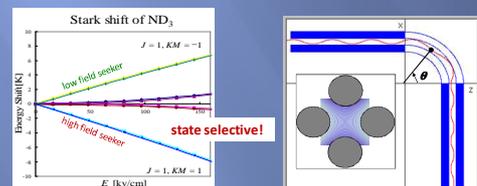
## シュタルク分子速度フィルター

● Low field seekers of polar molecules

● 高電場領域ではシュタルクシフトが起こり、分子は減速

● 不均一電場を通過させると低速分子のみガイドされる(電場強度、内部状態に依存)

横方向: xy平面上の四重極電場  
縦方向: 屈曲部における四重極電場

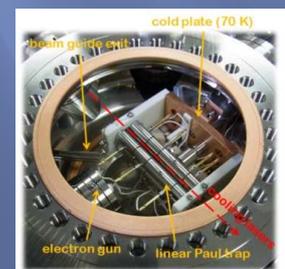


nozzle temperature: 295 K

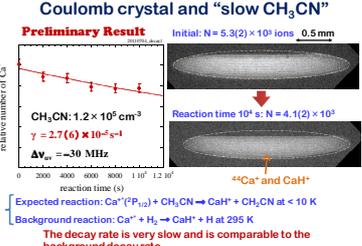
molecule	M	v <sub>peak</sub> (m/s)	T <sub>peak</sub> (K)	n <sub>max</sub> (cm <sup>-3</sup> )
ND <sub>3</sub>	20.05	23 ~ 40	1.3 ~ 3.8	9 × 10 <sup>5</sup>
CH <sub>2</sub> O	30.03	23 ~ 32	1.9 ~ 3.7	1.3 × 10 <sup>6</sup>
CH <sub>3</sub> CN	41.05	23 ~ 34	2.6 ~ 5.7	1.2 × 10 <sup>5</sup>
NH <sub>3</sub>	17.03	36.5	2.7	2 × 10 <sup>5</sup>

Cold ion-polar molecule reactions:  $k = 10^{-10} \sim 10^{-9}$  (cm<sup>3</sup>/s)  
Expected reaction rate:  $10^{-2} \sim 10^{-3}$  /s

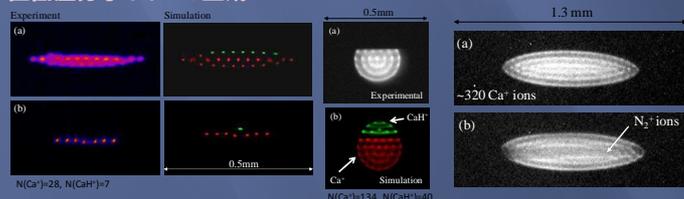
## 液体窒素冷却線形イオントラップと極低温イオンの生成



### Reaction-rate measurement between a Ca<sup>+</sup> Coulomb crystal and "slow CH<sub>3</sub>CN"

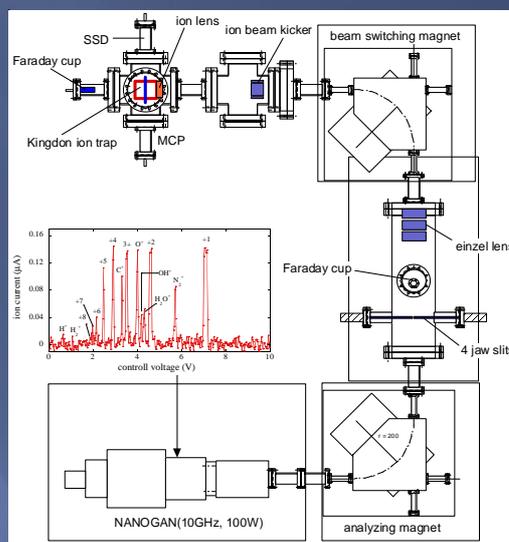


## 極低温分子イオンの生成

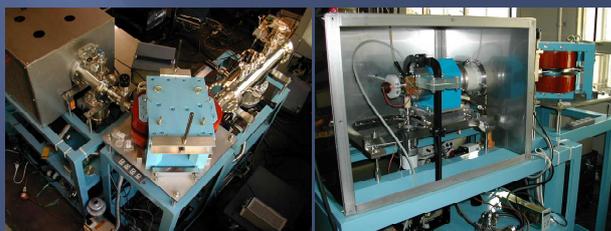


## 太陽風起源X線放射研究のための多価イオントラップ

基礎研究AF太陽風起源の禁制X遷移の実験室における観測(平成23年~26年度、研究代表者: 田沼肇(首都大)、研究分担者: 岡田邦宏(上智大)「イオントラップの開発」)

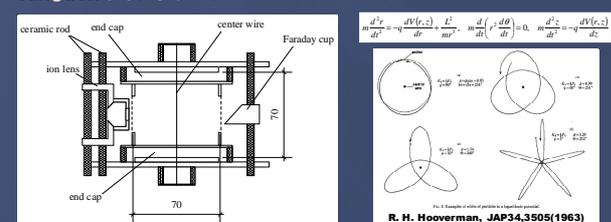


## 電子サイクロロン共振(ECR)イオン源 NANOGEN



Electron cyclotron frequency  $f_c = 10$  GHz @ 0.357T  
Extraction voltage  $V_{acc} = 10 \sim 20$  kV  
Ion current of  $Ar^{2+}$ :  $\sim \mu A$  @ Faraday cup

## Kingdonイオントラップ



## 今後の計画

- ◆ 極低温イオン-極性分子反応測定
  1. Ca<sup>+</sup>クーロン結晶と低速極性分子CH<sub>2</sub>O, ND<sub>3</sub>の反応測定
  2. 極低温分子イオン-極性分子反応の系統的測定  
⇒ 星間分子雲の生成に関わる研究への貢献めざす

### ◆ 多価イオントラップを用いたX線観測実験

1. Kingdonイオントラップの開発
2. ECRイオン源を用いたAr<sup>q+</sup> (q = 1~8) の多価イオントラップ