



レーザー共鳴イオン化を用いた希ガス 不純物の安定的な除去に関する研究

日本原子力研究開発機構 岩田 圭弘
東京大学宇宙線研究所 関谷 洋之

共同利用研究経費： 旅費8万円(大洗⇔神岡)

平成25年度 東京大学宇宙線研究所 共同利用研究成果発表会
東京大学柏キャンパス 2013/12/20(金)

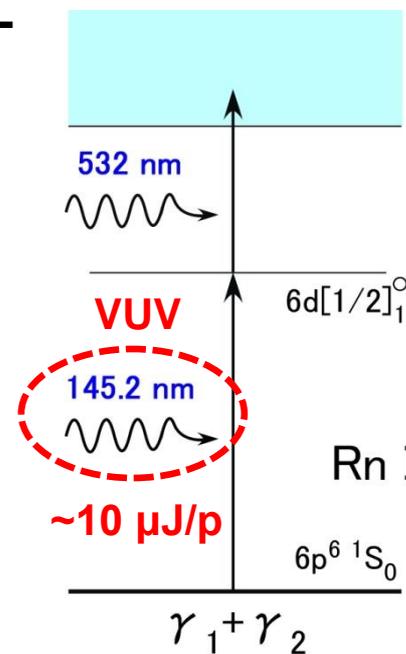
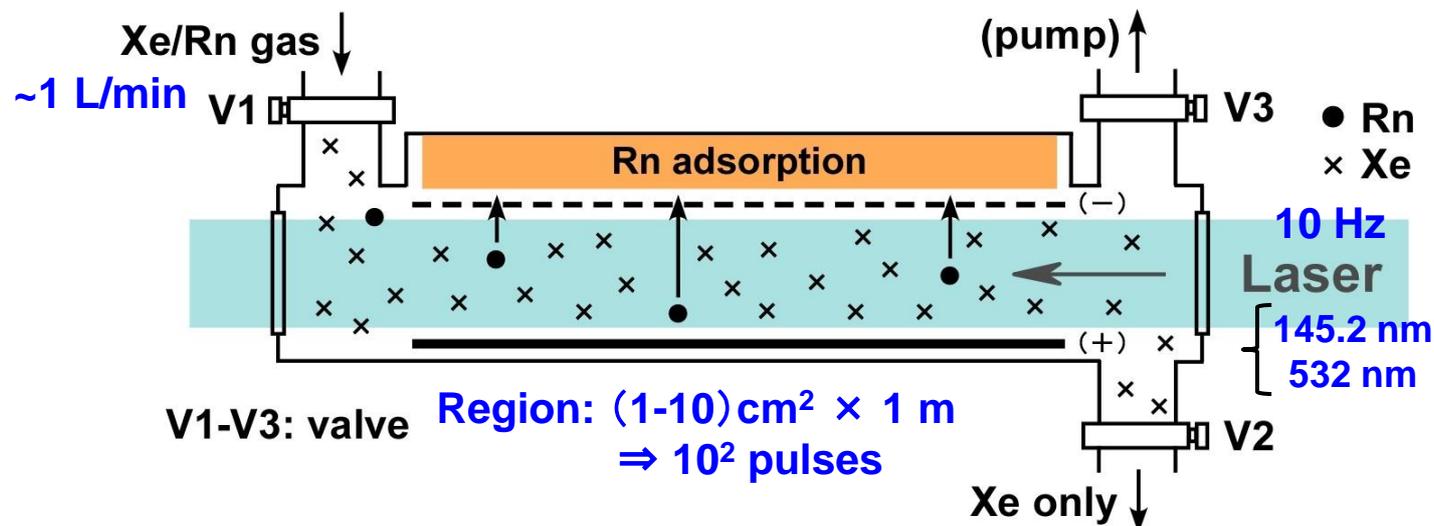
Outline

- Xeを用いた暗黒物質探索実験におけるRn低減
 - * レーザー共鳴イオン化を用いたRnの選択的除去
 - * Rn共鳴イオン化：真空紫外 (VUV)+可視 ($\gamma_1+\gamma_2$)
- 真空紫外 (VUV)レーザーの開発
 - * Kr/Xeガスセルを用いた共鳴四波混合 \Rightarrow 145.2 nm
- 神岡空気を用いたRn共鳴イオン化観測の現状
 - * Rn吸着した活性炭 \Rightarrow 共鳴イオン化 + TOF-MS
- まとめ、今後の予定

Xeを用いた暗黒物質探索実験におけるバックグラウンドRnの低減

- ^{222}Rn は最大の内部BG: Xeを循環させて連続的に取り除く必要
- 活性炭: Xeも吸着、Rn発生源
- **レーザー共鳴イオン化**: Rnのみイオン化、除去
 下図(例): 700 L Xeガス中のRn < 1/10 に

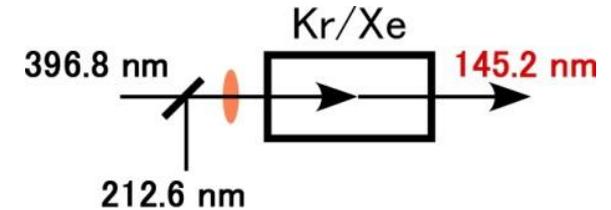
BG発生源		BGLレベル [cts/day/kg/keV]
$\beta \cdot \gamma$	外周由来	$< 10^{-5}$
	^{85}Kr (Kr < 1 ppt)	$< 10^{-5}$
	^{222}Rn (~ 8 mBq)	$\sim 10^{-4}$
環境中性子		$< 10^{-6}$



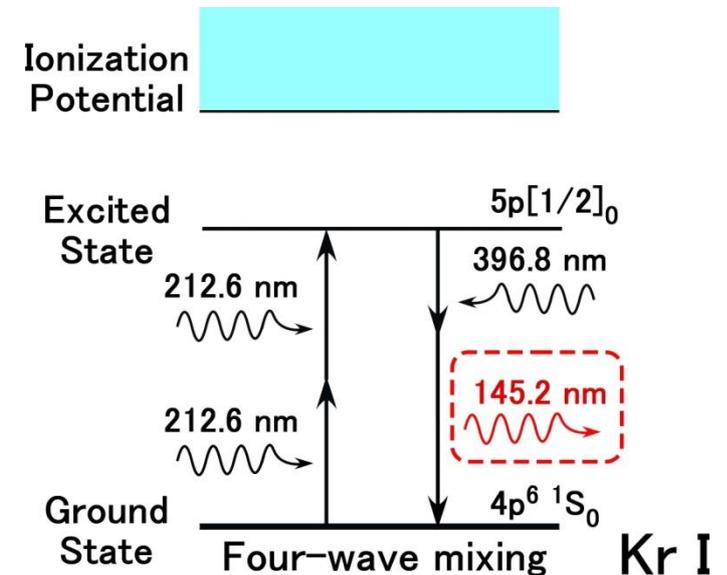
真空紫外 (VUV) レーザーの開発

Rn共鳴イオン化用VUV光の生成

- **Kr/Xe混合ガスセル**を用いた共鳴四波混合：
 - ▶ 212.6 nm (Kr 2光子共鳴励起), 396.8 nm → 145.2 nm
 - ▶ Xe/Kr ~ 0.073 に調整し、位相整合
145.2 nm < (Xe 147.0 nm 吸収線)
 - ▶ 波長変換効率 ~ 10^{-3}

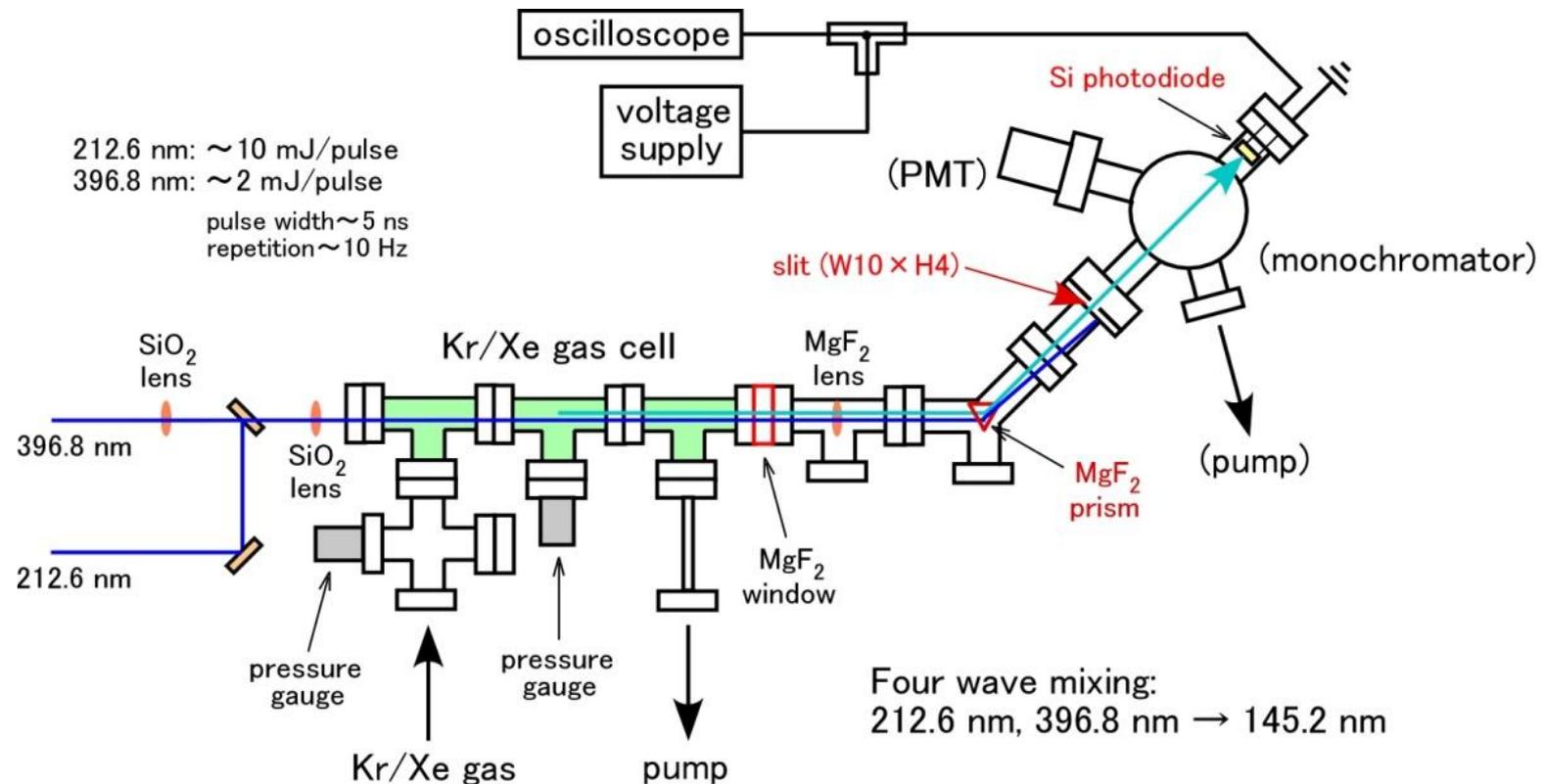


- 入力光 (212.6 nm, 396.8 nm) :
各々、Continuum 社の 355 nm 励起光パラメトリック発振 (OPO) レーザー
⇒ 5-10 mJ/p, 5 ns, 10 Hz each
⇒ 10 μ J/p at 145.2 nm を目標



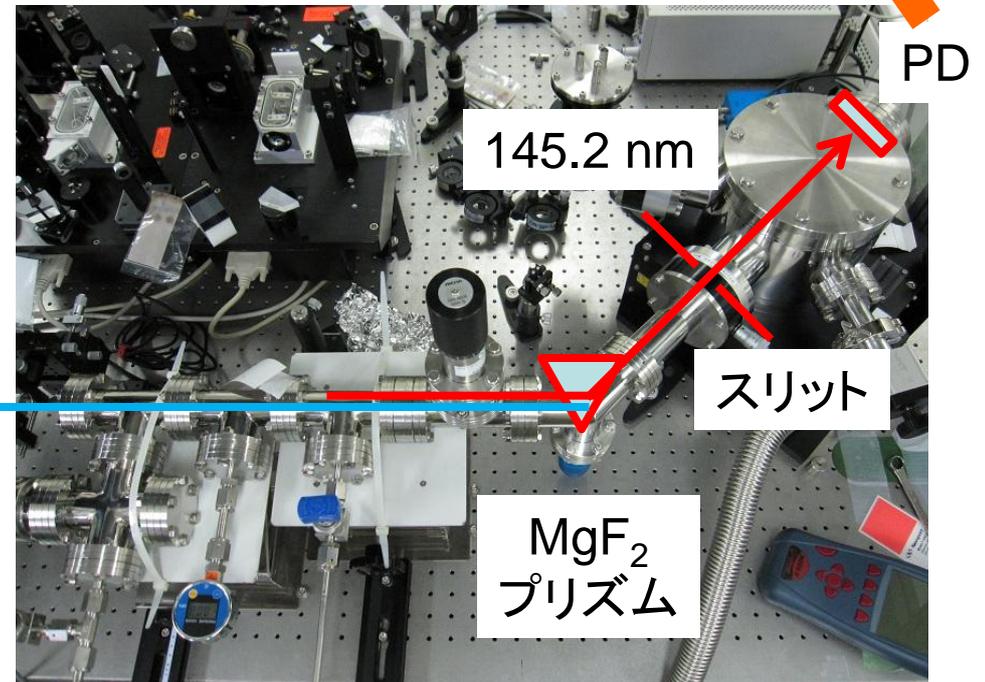
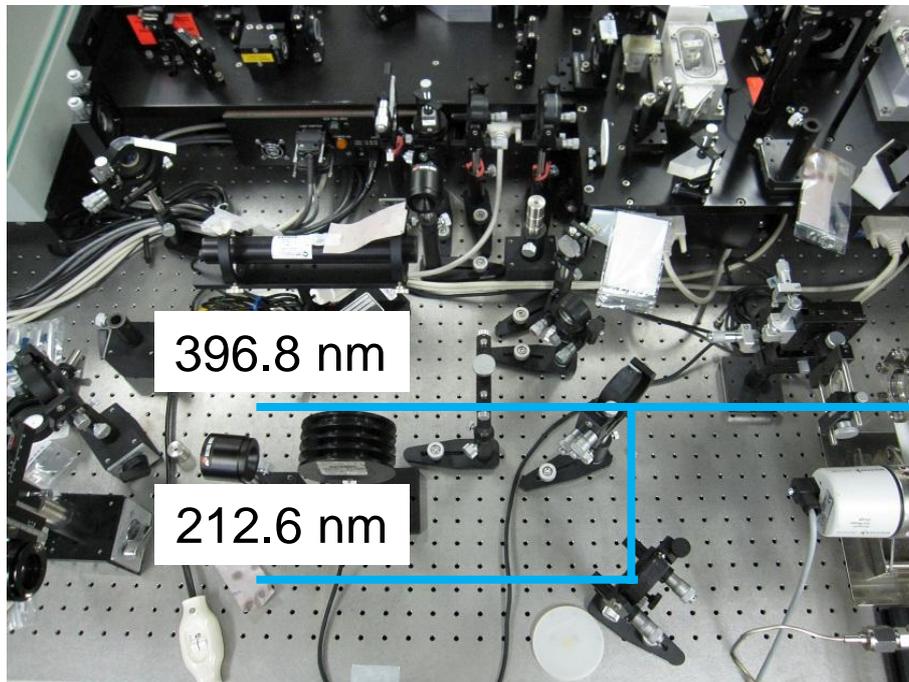
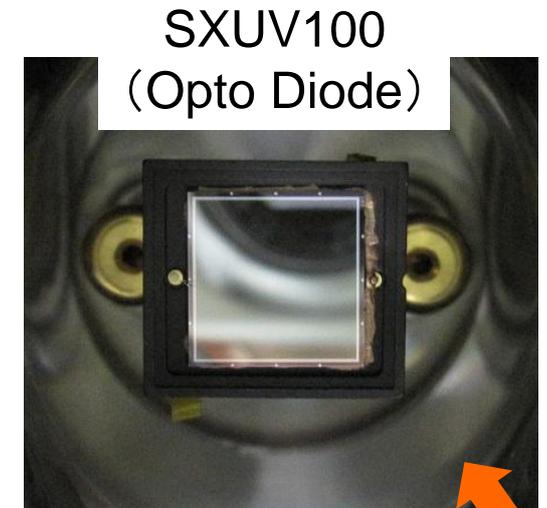
VUV出力測定の設定アップ

- 212.6 nm, 396.8 nm \Rightarrow VUV at 145.2 nm
- MgF_2 プリズム + スリットでVUV光を分離し、Siフォトダイオードで検出する。オシロスコープで波形観測。



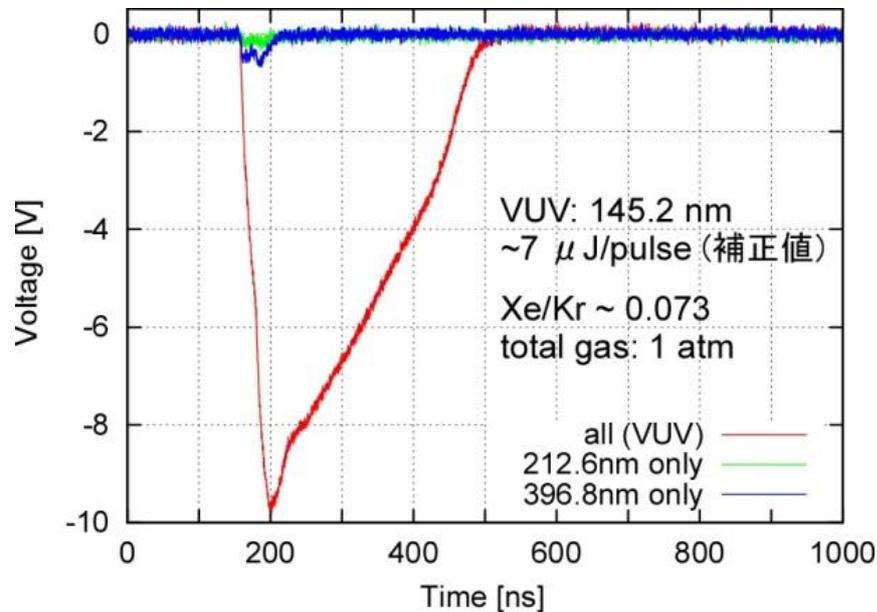
セットアップ写真

- MgF_2 プリズムの透過方向を回転導入機で微調整
- 分光器の入口スリットを利用

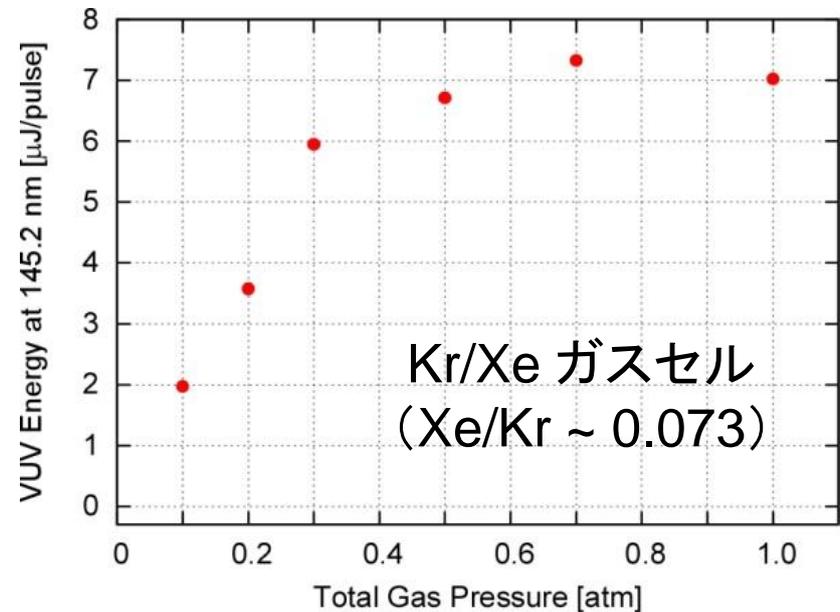


VUV出力の測定結果

- Si PDの応答 -0.015 C/J : 212.6 nm でcalibration
- 検出効率 約1/3: VUV ~ 198 nm で PD値 をパワーメータ値 (分離したVUVを大気圧下で直接測定) と比較
- 1 atm Kr/Xe で VUV ~ $7 \mu\text{J/p}$ at 145.2 nm



オシロスコープ波形

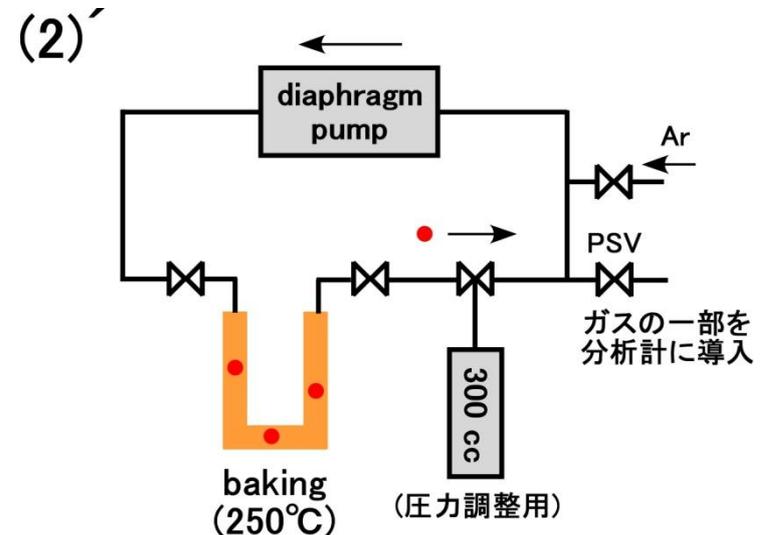
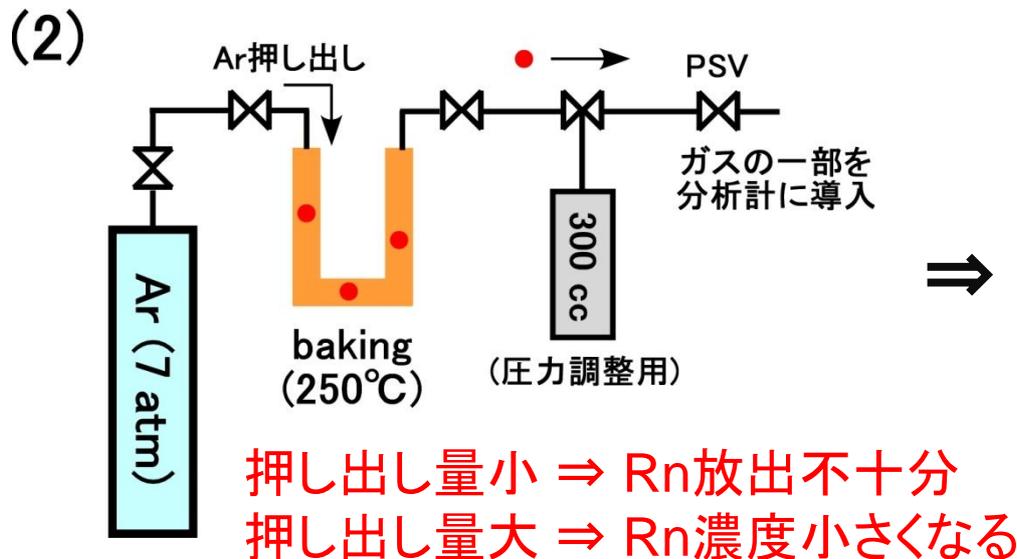
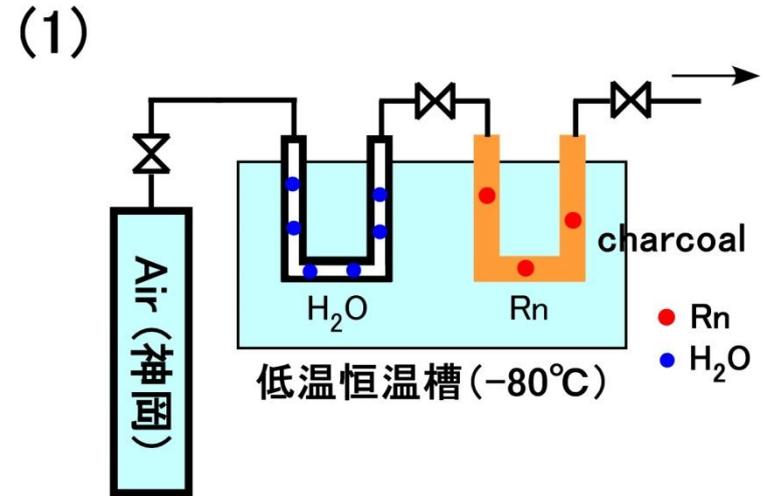


VUV出力の測定結果

神岡空気を用いた Rn共鳴イオン化観測の現状

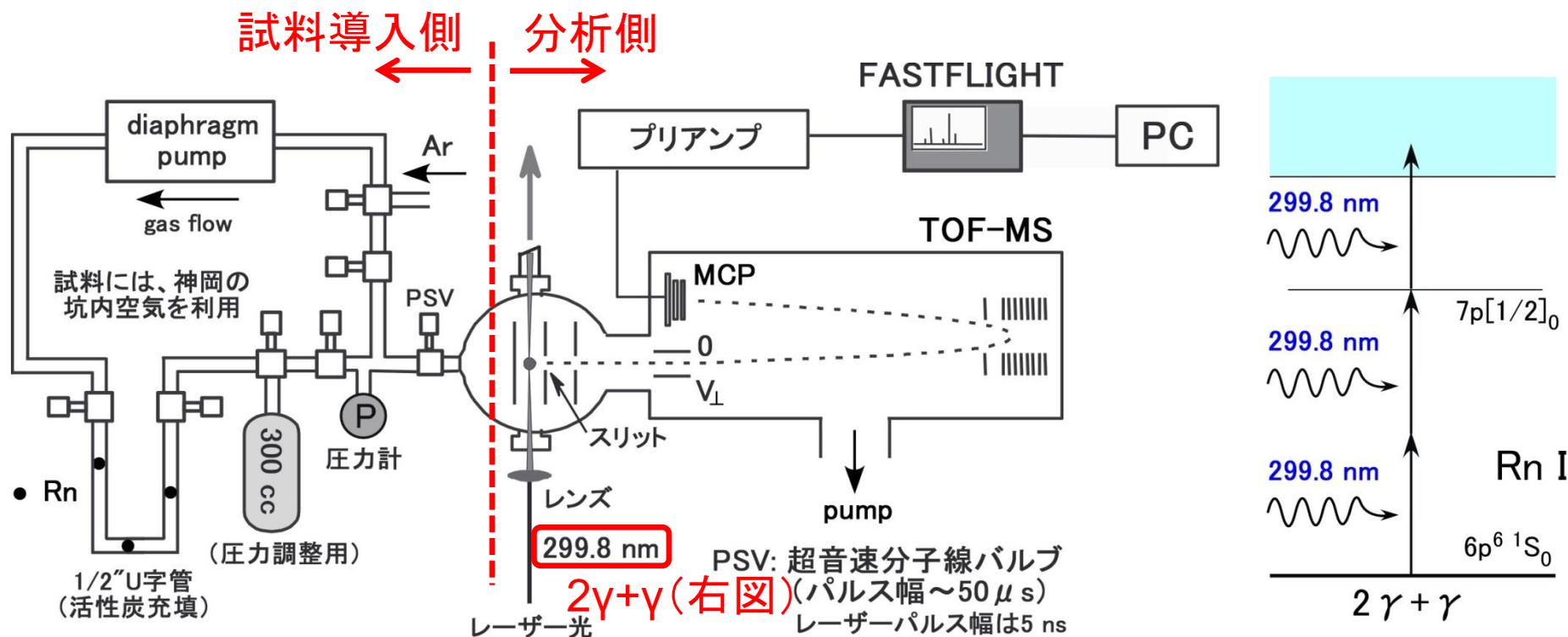
Rn共鳴イオン化観測の現状：試料の準備

- (1) 冷却活性炭 (-80°C) で
神岡空气中的Rnを回収
- (2) 活性炭ベーキング (250°C)
でRnを放出する際に、
Ar押し出し \Rightarrow ポンプ循環



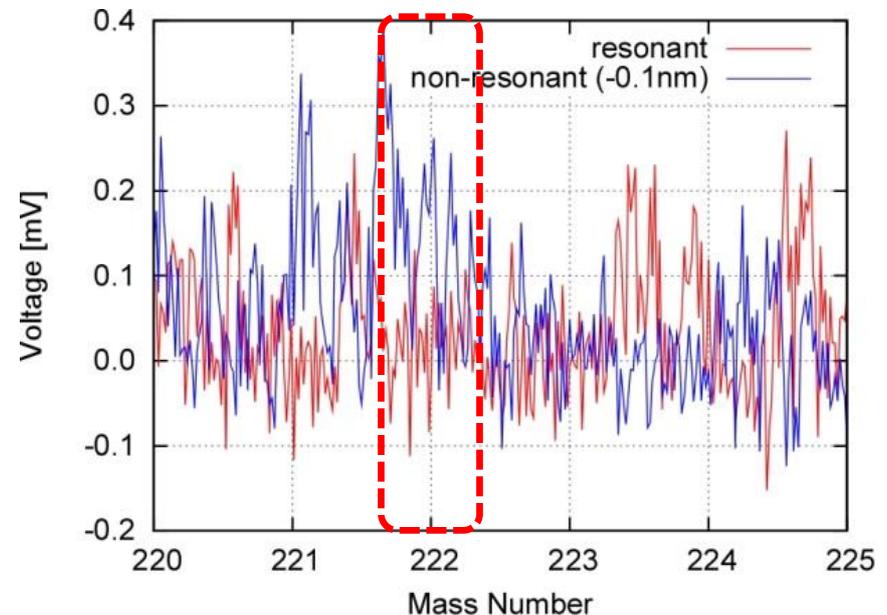
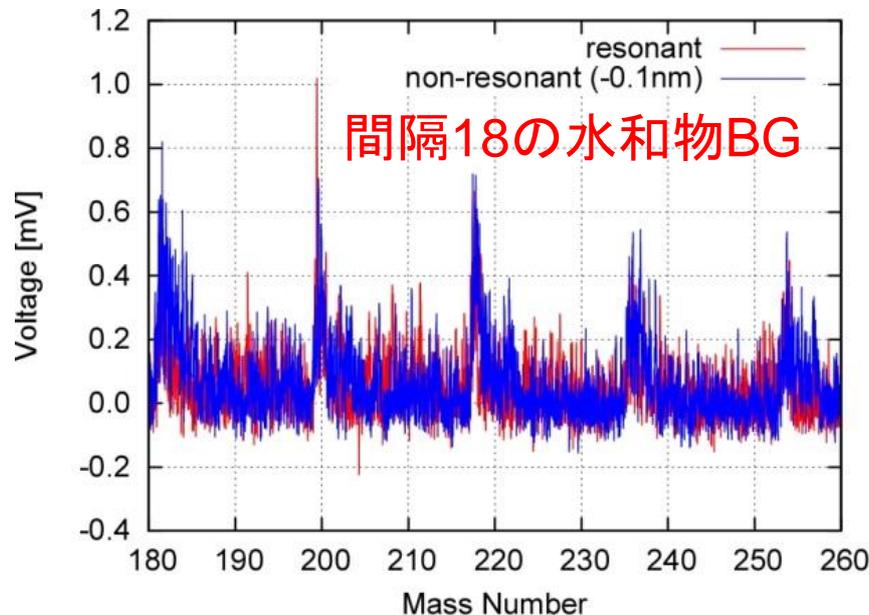
Rn共鳴イオン化の測定セットアップ

- 酸素がVUVを吸収 \Rightarrow $2\gamma + \gamma$ イオン化 + TOF質量分析
- 共鳴イオン化を実証するため、効率 $\sim 10^{-6}$ は度外視
- 10^4 Bq Rn in 300 Ncc \Rightarrow 0.6 ppt (Kr, Xe分析で実績)



Rn共鳴イオン化の測定結果(現状)

- 測定時の Rn $\sim 10^3$ Bq \Rightarrow ピーク強度 ~ 0.1 mV
(共鳴イオン化断面積が Kr, Xe と同程度と仮定)
- (赤) 共鳴波長299.8 nm, (青) 非共鳴波長299.7 nm
- 水和物BG, 解析系ノイズにうもれている可能性
 \Rightarrow Rn濃度の 1-2 桁高い夏場で、検出を期待



Summary and future plans

- レーザー共鳴イオン化によるRnの選択的除去
 - ▶ 真空紫外145.2 nm (VUV) + 可視532 nm
- Kr/Xe混合ガスセルを用いた共鳴四波混合
 - ▶ Xe/Kr ~ 0.073 で位相整合 \Rightarrow $\sim 7 \mu\text{J/p}$ at 145.2 nm
- 神岡空気を用いたRn共鳴イオン化観測(現状)
 - ▶ 酸素がVUV吸収 \Rightarrow $2\gamma + \gamma$ イオン化 at 299.8 nm
 - ▶ 現状は、水和物BG, 解析系ノイズにうもれている
- 今後の予定
 - ▶ Rn共鳴イオン化の観測
 - ▶ Xe中のRn選択的除去(電場除去)システムの構築