

平成 27 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：レーザー共鳴イオン化を用いた希ガス不純物評価に関する研究
 英文：Studies on the evaluation of noble gas impurities using laser resonance ionization

研究代表者 岩田 圭弘 (東京大学大学院工学系研究科・助教)
 参加研究者 関谷 洋之 (東京大学宇宙線研究所・准教授)

研究成果概要

XMASS 実験等のキセノンを用いた暗黒物質探索実験において、主な希ガス不純物であるラドン (^{222}Rn) 及びクリプトンの低減が検出器感度の向上に向けた重要な課題である。本研究では、(1) 真空紫外パルスレーザーを用いた共鳴イオン化及び電場ドリフトによるラドン除去手法の検討、(2) 紫外パルスレーザー及び飛行時間型質量分析計を用いた共鳴イオン化質量分析法によるクリプトン濃度分析の 2 点を行っている。図 1 にラドン及びクリプトン原子の共鳴イオン化スキームを示す。今年度の実施内容は下記のとおりである。

(1) ラドン除去手法の検討では、平成 26 年度に引き続き Kr/Xe 混合ガスセルを用いた共鳴四波混合により波長 145.2 nm 真空紫外 (VUV) 光を生成した。生成した VUV 光を入射光 (波長 212.5 nm 及び 396.7 nm)

とともに質量分析計に導入し空気中のラドン測定を試みたところ、波長 212.5 nm パルスレーザー起因の非共鳴イオン化バックグラウンドが大きく、ラドンイオン化スペクトルの観測が困難であることが判明した。今後は、VUV 光を弗化マグネシウムプリズムにより入射光から分離して質量分析計に導入するようレーザー光学系を改良する。

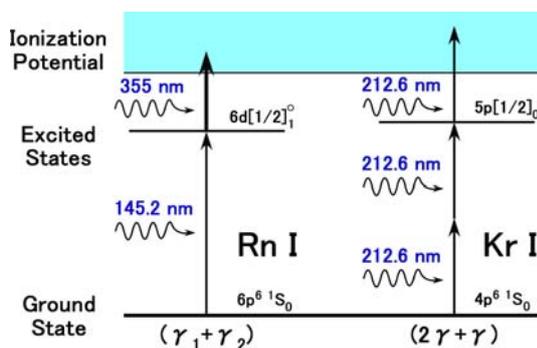


図 1 ラドン及びクリプトン原子の共鳴イオン化スキーム

(2) クリプトン濃度分析では、XMASS 検出器の気相から 2010/12/9 に採取されたキセノンガス試料に対して、図 2 に示すセットアップにより不純物クリプトン濃度を測定した。試料ガス圧を 3-4 気圧程度に減圧した後、マスフローコントローラを用いて流量を制御した状態で一部を超音速分子線バルブ (PSV) から質量分析計に導入し、共鳴イオン化された $^{84}\text{Kr}^+$ イオンのスペクトルを観測した (図 3 左)。得られた信号量をクリプトン濃度に換算するため、濃度 0-50 ppt のクリプトン含有アルゴンガスを用いてキャリブレーションを行った (図 3 右)。主成分の違いによるクリプトン感度の影響を考慮した結果、気相のキセノンガス試料中クリプトン濃度は約 100 ppt (測定誤差約 7%) と得られた。この値は、過去に XMASS グループで行われた大気圧イオン化質量分析計による測定値とほぼ consistent であり、測定誤差は 1/3 程度に低減された。今後は、XMASS 実験の進捗状況に合わせて、クリプトン濃度が ppt レベル以下と予測される液相からキセノンガス試料を採取し、同様な手法でクリプトン濃度を評価する。

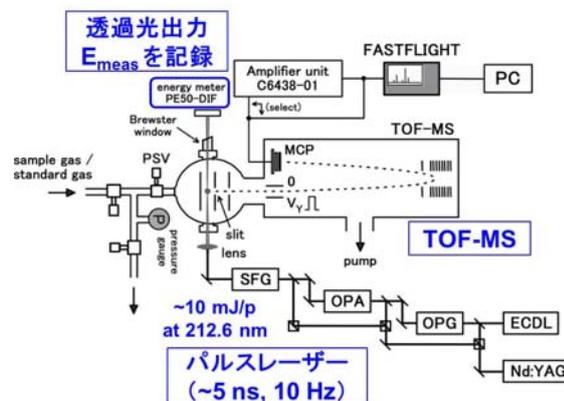


図 2 クリプトン濃度分析セットアップ

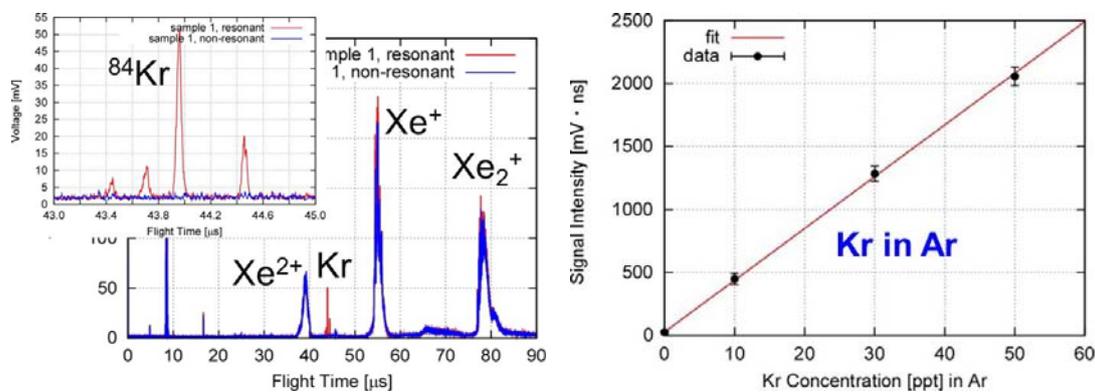


図 3 (左) キセノンガス試料の測定結果： $^{84}\text{Kr}^+$ イオンのスペクトル
(右) クリプトン含有アルゴンガスを用いたキャリブレーション