

平成 26 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の安定的な除去に関する研究

英文：Studies on steady removal of noble gas impurities using laser resonance ionization

研究代表者 岩田 圭弘（日本原子力研究開発機構・研究員）

参加研究者 関谷 洋之（東京大学宇宙線研究所・助教）

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、希ガス不純物の一つであるラドン (^{222}Rn) の選択的な除去がバックグラウンド低減に向けた重要な課題である。本研究では、キセノン中に極微量含まれるラドンを選択的にレーザー共鳴イオン化し、電場ドリフトさせて除去する手法について検討を進めている。今年度は、主に(1) 昨年度に引き続き波長 145.2 nm 真空紫外 (VUV) レーザーの開発、(2) 神岡坑内空気をを用いたラドン共鳴イオン化観測の 2 点を実施した。

(1) VUV レーザーの開発では、波長 212.5 nm 及び 396.7 nm のナノ秒パルスレーザーを Kr/Xe 混合ガスセル (Xe/Kr \sim 0.073) に集光照射し、共鳴四波混合により波長 145.2 nm VUV 光を生成した。ここで、図 1 のとおり波長 212.5 nm の 2 光子エネルギーを Kr $5p[1/2]_0$ 励起準位より 5 cm^{-1} 程度大きく調整し、局所的な位相乱れの原因となる Kr^+ 共鳴イオンの生成を抑制したことで、Kr 励起準位に合わせた場合と比較して VUV 出力が 5-10 倍程度に向上した。その結果、目標とする $10\ \mu\text{J/pulse}$ 程度の VUV 出力を容易に得ることが可能となった。現状は、波長 212.5 nm レーザーのみ昨年度に開発した共振器を組まない光パラメトリック発生(OPG)光学系を利用しているが、波長 396.7 nm

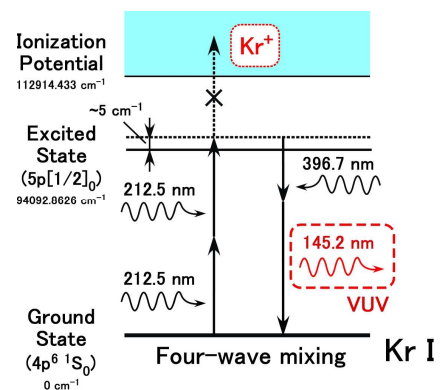


図 1 共鳴四波混合による VUV 光生成

レーザーについても今後、光パラメトリック発振 (OPO) から OPG 光学系に改良することで、最終的に波長・出力の安定した VUV 光の生成を見込んでいる。

(2) ラドン共鳴イオン化の観測では、前項で開発した VUV レーザー (共鳴励起用) 及び波長 532 nm パルスレーザー (励起状態からのイオン化用) を用いて、神岡坑内空気中のラドン共鳴イオン化を試みた。なお、波長 145.2 nm の VUV 光は 1 気圧の空気を殆ど透過しないが、10 Pa 程度以下の減圧下では長さ約 1 m に

わたりほぼ減衰せずに透過することを事前に確認した。図 2 に測定セットアップを示す。

VUV レーザーについては MgF₂ プリズムで入射レーザーから分離し、波長 532 nm レーザーと互いに逆方向から飛行

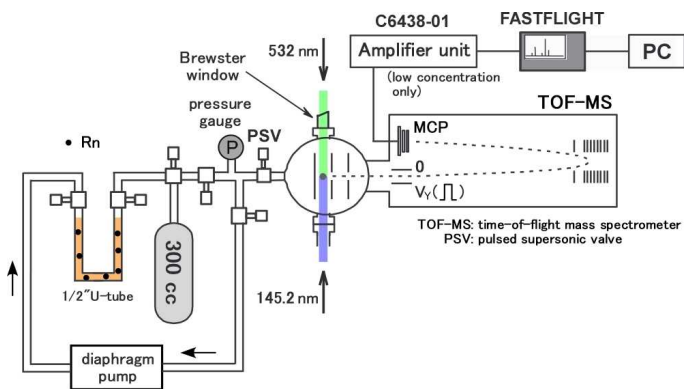


図 2 ラドン共鳴イオン化の測定セットアップ

導入した。試料ガスについては

活性炭濃縮を行った後、超音速分子線バルブ (PSV) からパルス状の形で TOF-MS に導入した。真空拡散されるため、レーザー照射領域での試料ガス圧は 1 Pa 程度と考えられる。図 3 に得られた質量スペクトルの一例を示す。質量数 222 領域に観測された盛り上がりがラドンによるものか考察を行っているところである。

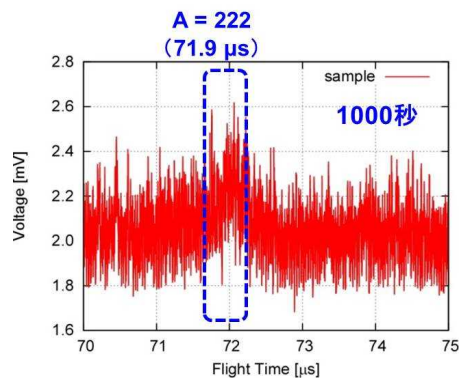


図 3 質量スペクトル例

今後の予定として、VUV 光の分離に使用した MgF₂ プリズムでの VUV 光透過率の低下度合いが大きかったことから、Kr/Xe 混合ガスセルを TOF-MS に直結した構成を検討する。VUV レーザーの光軸及び波長を再確認した後、ラドン濃度が上昇する夏頃に神岡坑内空気を採取して再度共鳴イオン化観測を行う計画を立てている。また、(1)で述べたとおり VUV レーザーの波長・出力安定化を目的として、波長 396.7 nm レーザー光について OPG 光学系に改良する予定である。