

令和 5 年度 (2023) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：極低放射能モレキュラーシーブスの改良と、暗黒物質探索実験への実装

英文：Improvement of ultra-low radioactivity molecular sieves and implementation in dark matter search experiment

研究代表者 小川 洋 (日本大学理工学部)

参加研究者 安部 航 (東大宇宙線研)

研究成果概要

暗黒物質の直接探索実験の感度向上の為に、暗黒物質探索検出器中に含まれる放射性不純物を精密に評価し、削減することは極めて重要である。暗黒物質探索におけるターゲットとして代表的なものとしては、キセノン、アルゴンや、フッ素を含んだ化合物ガスなどがある。これらのガス中の放射性不純物は、暗黒物質探索実験のバックグラウンドとなる。特に放射性ラドンガスや、水分に含有すると考えられるトリチウムが、低エネルギー事象のバックグラウンドとなる。また、ラドンについては水チェレンコフ検出器における低エネルギーニュートリノ研究において重要なバックグラウンドとなる。これらは検出器部材から徐々に湧き出たり、空気中に含有することから、その測定と除去が重要な研究課題となっている。

本研究では、これらの不純物を除去するための極低放射能モレキュラーシーブス(MS)を独自に開発し、暗黒物質探索実験やニュートリノ実験に使用するためにその性能を調査する。また、それを用いた純化システムを開発することで、次世代暗黒物質探索実験やニュートリノ実験におけるバックグラウンド削減に貢献することを目指す。

以上の目的のために、2024年度は、以下の研究を実施した。

1) 日大製作 MS のラドン吸着に対する性能評価と、純化システムの開発

日本大学理工学部では、極低放射能 MS を独自に開発している。この MS のラドン吸着性能について、MS 量、流量、フィルター冷却温度といったパラメータごとに調査した。ガス種はアルゴンを用いた。図 1 は、性能試験のための実験セットアップと、各パラメータごとのラドン吸着の時間分布である。その結果、MS 量を増加させ、フィルターの冷却温度を下げることで、より効率的なラドン除去が可能であることが分かった。この結果は、前年度に実施されたラドン・水分の除去試験やラドンの湧き出し計測試験の結果とともに[1]として論文発表した。また、MS 製作における更なる低放射能化のために、

製作工程ごとのスクリーニングを、東大宇宙線研の HPGe 検出器で実施した結果、アルミネート（水酸化ナトリウムと水酸化アルミニウムの混合）製作においてコンタミがあることが分かった。製作工程の見直しなど、改良を進める予定である。

さらに、大型純化システムの開発を進めている。日大製 MS を 2kg 製作しており、フィルターハウジングや冷凍機なども入手済みとなっている。

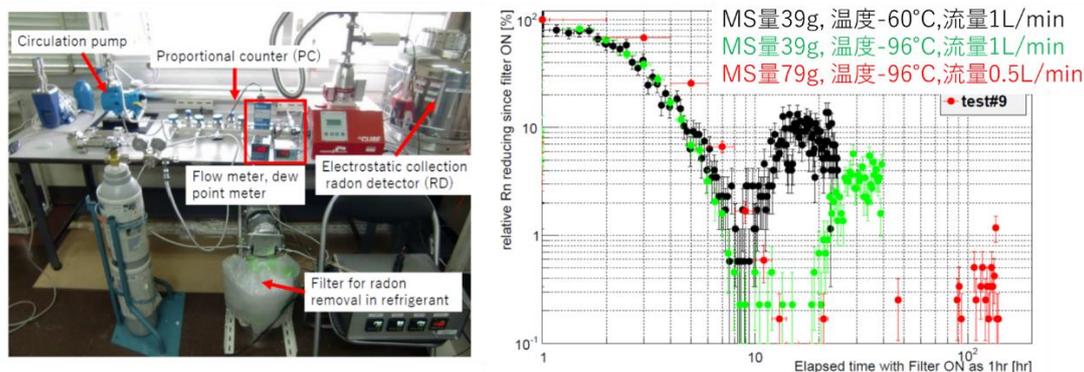


図 1：(左) 性能試験のための実験セットアップ。(右)各パラメータごとのラドン吸着の時間分布

2) 銀ゼオライトによる効率的なラドン吸着ガスからのラドン吸着について、より効果的な吸着剤として、銀ゼオライトがある。これはゼオライトに銀をイオン交換で付着させ、化学吸着でガスからラドンを除去することが可能であり、大型化が進む空気純化装置のコンパクト化に貢献できると考えられる。この銀ゼオライトについて、神戸大、東大、東ソー

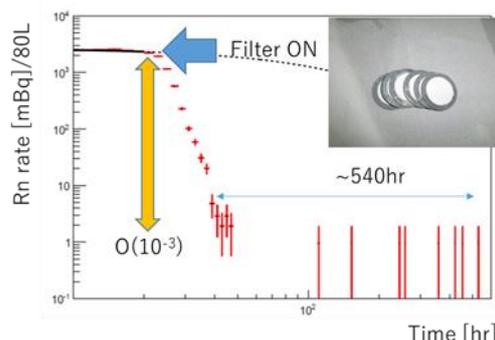


図 2：銀ゼオライトサンプルの空気中からのラドン除去の時間分布

らのラドン除去の時間分布である。日大製 MS と比較しても非常にすぐれたラドン除去効率を持つことが分かる。さらに、常温での使用が可能であるということからも、例えばハイパーカミオカンデにおいて、コンパクトな空気純化装置としての運用などが期待される。

[1] H. Ogawa et al, “Measurement of radon emanation and impurity adsorption from argon gas using ultralow radioactive zeolite” 2024 JINST 19 P02004

[2] 小川 洋, ” 極低放射能ゼオライトによるラドン削減 “、第 9 回極低放射能技術研究会(ZOOM 開催) 2024 年 2 月 6 日

[3] H. Ogawa, “Development of ultralow radioactive zeolite for the radon removal from gases” (Poster), Nagoya Workshop on Technology and Instrumentation in Future Liquid Noble Gas Detectors Feb 14th 2024.