

令和 4 年度 (2022) 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

参加研究者

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。これらは検出器部材から徐々に湧き出てくることから、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)を実際の暗黒物質探索実験に使用するために更なる低放射能化とその性能を調査し、それを用いた暗黒物質探索検出器用の純化システムを設計することで、次世代暗黒物質探索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的とする。そのために、材料の選定と製作におけるコンタミを防ぐといった対策によるゼオライトの極低放射能化、ガス用放射能放出・吸着測定セットアップを用いた吸着性能試験などを進めていく。

2023 年度は、日本大学理工学部で製作した極低放射能 MS について、ラドンの湧き出し及び吸着試験を進めた。図 1 (左) に日大理工学部におけるラドン湧き出し・吸着試験のセットアップを示す。湧き出し測定用 MS の量は 172g, 吸着試験用 MS の量は 39g とし、それぞれ SUSハウジングに入れた。宇宙線研究所からは、アルゴンガス循環用の循環ポンプ、MS フィルターの活性化時の真空引きに使用するためにスクロールポンプの

貸与を受けた。静電捕集型ラドン検出器で測定されたラドンの湧き出し量は室温で測定され、およそ 18mBq/kg となり、MS サンプルを HP ゲルマニウム検出器で測定した時の ^{226}Ra である $14.0\pm 7.0\text{mBq/kg}$ の放射エネルギーと矛盾がなかった。また、図 1 (右) に、アルゴンガスから MS へのラドン吸着によるラドン量の時間変化を示している。吸着試験のための MS フィルター長を 60cm とし、フィルターを -60°C に冷却した場合、ラドンの吸着能力はおよそ 93% であることが確認された。この結果は、 ^{222}Rn の娘核を測定する静電捕集型ラドン検出器だけでなく、 ^{222}Rn の崩壊による α 線を直接観測することが出来る 8L 比例計数管でも測定し、確かに ^{222}Rn 自身が吸着されていることが確認された。同時に MS によるアルゴンガスからの水分除去をガス露点計で測定し、MS フィルターを通す前・後で、アルゴンガス中の水分含有量は 10ppm から 100ppb になることが確認された。これらの結果は論文として[1]にまとめた。

本研究で製作された MS は、他研究機関にも積極的に提供されている。本年度においては、日大でのラドン湧き出し・吸着試験の他に、神戸大における大型ガスチェンバーからのラドン除去や、東邦大におけるエマルジョン製作時のラドンのコンタミを吸着するために提供された。

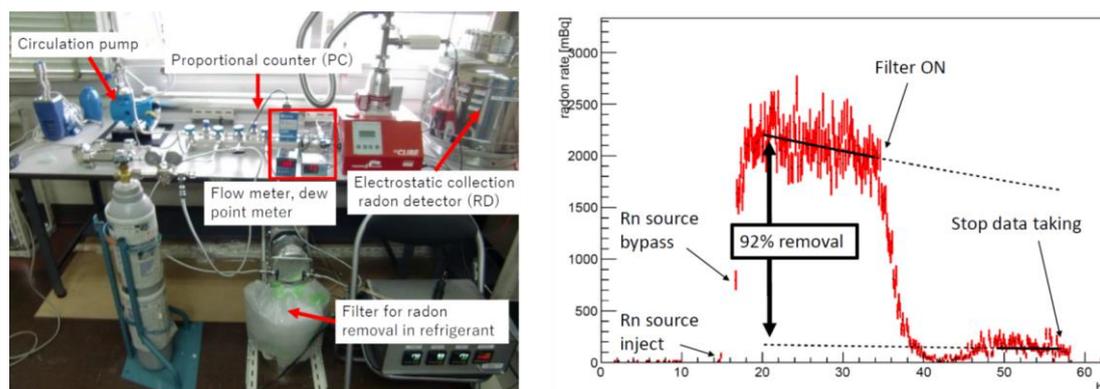


図 1 (左) : ラドン湧き出し・吸着試験のセットアップ. (右) : アルゴンガスから MS へのラドン吸着によるラドン量の時間変化.

(学会・研究会発表)

- [1] H.Ogawa et al., “Measurement of radon emanation and impurity adsorption from argon gas using ultralow radioactive zeolite”, arXiv/2212.13664, submitted to PTEP.
- [2] 小川 洋, ” 暗黒物質探索実験用極低放射能ゼオライトの性能試験”, 日本物理学会 2022 年秋季大会
- [3] 小川 洋, “暗黒物質探索実験用極低放射能ゼオライトの開発と性能評価”, 「第八回極低放射能技術」研究会