

2019 (令和元) 年度 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：暗黒物質探索実験のための極低放射能モレキュラーシーブスの開発
英文：Development of low radioactivity molecular sieves for 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

研究成果概要

本研究は、極低放射能のモレキュラーシーブスを独自に開発し、それを用いて暗黒物質検出器から不純物の吸着を目指し、暗黒物質探索の感度向上を目指す研究となる。特に、放射性不純物であるラドンの吸着を第一の目標とする。将来の暗黒物質探索用大型検出器においては、ラドン量として、検出器ターゲットに用いられる希ガス（キセノン、アルゴンなど）中で、おおよそ $0.1 \mu\text{Bq/kg}$ 以下が要求される。

希ガス中からラドンを除去する手法として、吸着剤モレキュラーシーブスがあげられる。モレキュラーシーブスは、分子配列により一定の孔サイズを持ち、不純物を選択的に吸着可能である。最近の研究 (A. C. Ezeribe et al 2017 JINST 12 P09025) では、5A-type のモレキュラーシーブスにラドンの吸着能力があると考えられる。しかし、市販のモレキュラーシーブスでは、それ自身の放射能が多い。よって、本研究では、極低放射能のモレキュラーシーブスを、独自に開発することとする。

モレキュラーシーブスの製作については、モレキュラーシーブスのメーカーである (株) ユニオン昭和との共同研究の形で実施している。製作するモレキュラーシーブスの材料は、4A-type については、水酸化ナトリウム、水酸化アルミニウム、シリカ成分となり、5A-type についてはさらに、カルシウム化合物が加わる。

2019 年度は、日大理工学部において、4A-type の極低放射能モレキュラーシーブスの製作を実施した。材料として、高純度の水酸化ナトリウム、水酸化アルミニウム、シリカ成分を、HPGe 検出器でのスクリーニングを実施し、極低放射能の材料として選定した。シリカ成分にはまだ放射能が有限に残存するが、他 2 つの材料の測定は上限値となることがわかった。

これらの材料を用いて、モレキュラーシーブスを製作した。完成品は、HPGe 検出器で

放射能測定を実施した。その結果、市販のモレキュラーシーブスと比較すると、 ^{226}Ra については 99%, ^{232}Th については 97%の削減となった。よって、材料の選定により、極低放射能モレキュラーシーブスの製作は可能であることが分かった。また、残存する放射能は、シリカ成分で説明可能である。よって、極低放射能のシリカ成分を見つけることで、更なる放射能の削減が可能であると考えられる。

また、ラドンの emanation の測定も実施した。その結果、120g のモレキュラーシーブスフィルターで、 2.1mBq のラドン emanation であることが分かった。これについても、シリカ成分の放射能削減によって削減可能であると考えられる。

シリカ材料については、すでに新材料の選定をし、その材料を用いたモレキュラーシーブスの試作を実施した。

ラドン吸着用 5A-type のモレキュラーシーブスについては、カルシウム化合物が必要となるが、市販の高純度試薬では、 ^{226}Ra でおおよそ 1000mBq/kg と、非常に放射能が多いことが分かった。来年度、洗練されたカルシウム化合物を選定する予定である。

本研究の結果は、H.Ogawa et al, “Development of Low Radioactive Molecular Sieves for Ultra-Low Background Particle Physics Experiment” JINST15 P01039 (2020) として論文発表された。