

令和 3 年度 (2021) 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
参加研究者	
研究成果概要	<p>本研究は、暗黒物質検出器に用いられる希ガスから、暗黒物質探索実験のバックグラウンドなる放射性不純物ラドンや、発光特性を減衰させる不純物を除去するために、極低放射能の吸着剤モレキュラーシーブス(MS)を独自に開発し、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。</p> <p>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。MS 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。特に、5A 型の MS にラドンの吸着能力があるとの報告がある(A. C. Ezeribe et al 2017 JINST 12 P09025)。ただし、暗黒物質探索実験に使用するためには、MS 自身の放射性不純物を極限まで削減する必要があることから、放射能のスクリーニングによる材料の選定と、清浄な環境での MS の開発を実施した。</p> <p>2020 年度には、極低放射能である 4A 型の MS の開発がなされたが、2021 年度においては、4A 型 MS を固化剤によって固化し、炭酸カルシウムによって Na 成分と Ca 成分をイオン交換することで 5A 型 MS を開発することに成功した。選定された固化剤、炭酸カルシウムは、宇宙線研神岡施設の HPGe 検出器によるスクリーニングの結果、^{226}Ra、^{232}Th の含有量は検出感度以下であることがわかった。この結果より、本研究に使用される MS 用材料について、表 1 のように RI はすべて検出感度以下であることが分かった。</p> <p>完成した MS は、宇宙線研神岡施設の HPGe 検出器によって、スクリーニングされた。</p>

材料名	主な元素	226Ra [mBq/kg]	232Th [mBq/kg]	備考
水酸化ナトリウム	Na	<12.2	<8.1	和光純薬・精密測定用
水酸化アルミニウム	Al	<9.1	<4.3	日本軽金属・BHP39
コロイダルシリカ	Si	<5.3	<4.6	扶桑化学工業
アルミナゾル(固化用)	Al	<4.3	<4.2	日産化学
炭酸カルシウム	Ca	<17.0	<6.6	大阪大より提供

表1：MS材料の放射能スクリーニングの結果。すべて宇宙線研神岡施設のHPGe検出器で測定された。

^{226}Rn 含有量は、4A型MSで40mBq/kg、5A型MSで14mBq/kgであることがわかった。5A型MSについては、当面の目標値である12mBq/kg (^{238}U 換算で1ppb)に近い値となった。また、工程として後になる5A型MSの方が、4A型MSよりもRI含有量が少ない理由として、イオン交換に使用した硝酸へのRIの転移が考えられる。

本研究で製作されて5A型MSは、英国シェフィールド大、神戸大において、ガス循環試験が実施され、ガス中からのラドンの吸着が確認された(シェフィールド大： SF_6 [3]、神戸大：Air [東野聡日本物理学会第77回年次大会])。

今後は、製作工程におけるコンタミの可能性のあることから、工程ごとのサンプルのスクリーニングによる更なる低放射能化を進める。また、ラドンだけでなく、水分(トリチウムを含有する)、酸素といった不純物を除去するためのMSの開発を進めていく予定である。

(学会・研究会発表)

[1]小川 洋 “吸着用極低放射能モレキュラーシープの開発” 新学術「地下宇宙」2021年領域研究会

[2]小川 洋 “方向に感度を持つ暗黒物質直接探索のためのモレキュラーシープ開発” 新学術地下宇宙 B02 班 (方向に感度をもった暗黒物質探索) 研究会

[3]R. Marcelo Gregorio... H.Ogawa et al, “Towards Directional Dark Matter Detectors using High Gain Negative Ion TPCs with Continuous Radon Reduction”, 10th symposium on Large TPCs for low-energy rare event detection, Dec. 15-17,2021, Université de Paris

[4]小川 洋 “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プの開発” 令和3年度東大宇宙線研究所共同利用研究成果発表会 (オンライン)

[5]小川 洋 他 “放射性ラドン除去用極低放射能5A型ゼオライトの開発” 日本物理学会第77回年次大会(オンライン)

整理番号 B10