P03:ラドン吸着用極低放射能モレキュラーシーブの開発

新学術「地下宇宙」2021年領域研究会
小川　洋　（日本大学理工学部)

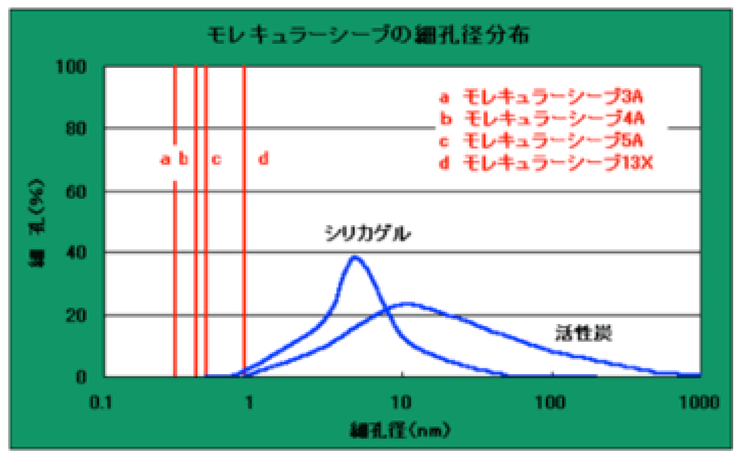
➢ Introduction

- 暗黒物質からの信号をガスの発光、電離でとらえる。
- ➢ ⇒発光と電離を減衰させる、ガス中の水分などの**不純物**を除く必要。
- 暗黒物質からの信号～放射線からの信号
- ➢ ⇒ターゲットのガス中の**放射性不純物**を減らす必要。
- ➢ 例：ラドン（^{222}Rn, ^{220}Rn）
- **モレキュラーシーブス(MS)がガスの純化に使える可能性。特定のpore sizeなので、対象となる不純物を選択的に除去可能**

JINST 12 P09025 (2017)
ラドンのサイズ~4.4 Å (Van der Waals)
5A型MS(~5 Å)にラドン吸着能力があることを確認。

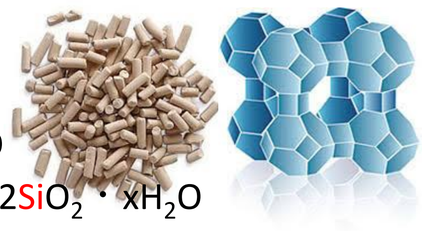
暗黒物質探索実験に使うためには、MS自身の放射性不純物を極限まで減らす必要ある。
※市販MS:^{226}Ra~5Bq/kg
⇒極低放射能の４A型、5A型MSを独自に開発する。（ユニオン昭和（株）東大院（工）との共同研究）

ユニオン昭和(株) HPより



➢ How to process

4A型：$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot xH_2O$
5A型：$0.8CaO \cdot 0.2Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot xH_2O$



MS材料の選定 ← 極低放射能材料 Na, Si, Al,Ca
↓
4A型MSの製作 ← Na, Si, Alの合成
↓
4A型MSの固化 ← 固化剤+加熱
↓
5A型MSの製作 ← 4A型中のNaをCaでイオン交換
↓
ラドン吸着試験

➢ MS製作、Rn除去試験 (1st) 2019-2020

◆4A型MS材料選定

HPGe測定によるスクリーニング

material	^{226}Ra[mBq/kg]	^{232}Th[mBq/kg]	Company/Commercial name
NaOH	<12.2	<8.14	WAKO/NaOH for precise analysis
Al(OH)3	<9.1	<4.26	Nihon Keikinzoku / BHP39
Silica component	19.6±0.3	93.4±4.3	Nissan Kagaku/Snowtechs ST-30

(固化剤も兼ねる)

◆MS4Aの合成

4A型MS(1st production)のスクリーニング結果：

Sample name	^{226}Ra (mBq/kg)	^{232}Th (mBq/kg)
MS4A(固化前)	**22.6+/-7.9**	**91.1+/-8.9**
MS4A(固化後)	**57.0+/-14.0**	**198.4+/-16.5**

JINST 15 no.01, P01039 (2020)

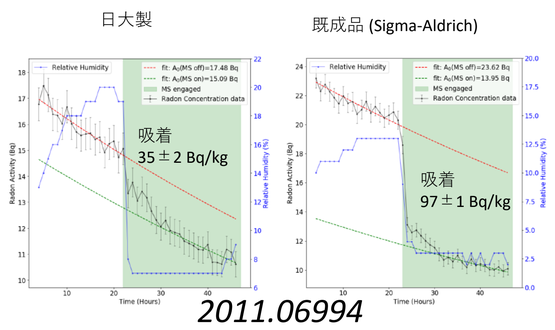
MSのRI Activityは、材料からので説明できる.

◆MS5Aの合成とラドン吸着試験

4A型MSを$CaCl_2$でイオン交換⇒5A型MS
※^{226}Ra in $CaCl_2$ (Wako) : ~1.1Bq/kg←RI多い

- ラドン吸着・放出試験 in SF6 (シェフィールド大)
- ➢ 本研究MS5A : 既製品を上回る性能（emanation/吸着比）

Molecular Sieve	^{222}Rn Emanated per ^{222}Rn captured ($\times 10^{-3}$)
NU-developed	2.8±0.7
Sigma-Aldrich	5.4±0.4



2011.06994

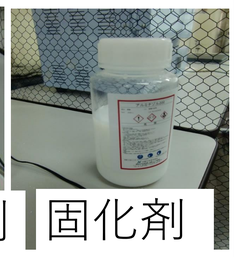
➢ MS製作 (2nd)2020-2021

すべて有限以下RIの材料を選定.

Sample name	用途	^{226}Ra (mBq/kg)	^{232}Th (mBq/kg)
コロイダルシリカ(扶桑化学)	**シリカ成分**	**<5.8**	**<4.6**
アルミナゾル(日産化学)	**固化剤**	**<4.3**	**<4.2**
$CaCO_3$ (大阪大より提供)	**イオン交換**	**<17.0**	**<6.6**

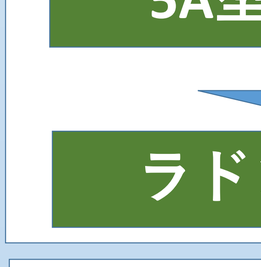
※Na, Al材料は1st と同じ

イオン交換剤


固化剤

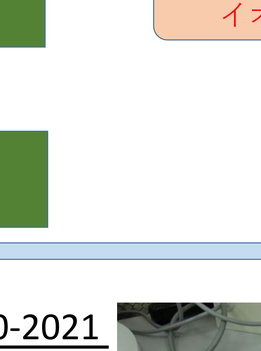
コンタミ対策：クリーンブース、使用器具洗浄設備の設置

◆ 4A型MS製作

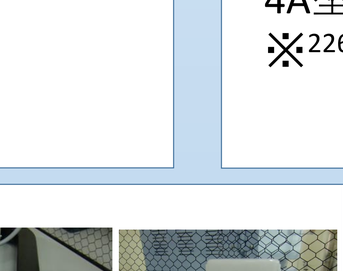

コロイダルシリカ＋水酸化ナトリウム

アルミネート、超純水

恒温層で結晶化


洗浄

乾燥


完成！

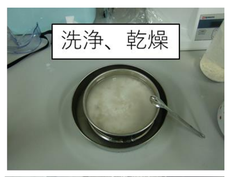
X線回折解析で、4A型のformationを確認

◆ MS固化、イオン交換(5A型MS)

固化

MS4Aパウダーにアルミナゾルを混ぜ、電気炉で焼結

イオン交換
CaCO3を希硝酸で溶解し、固化したMS4Aをイオン交換


洗浄、乾燥

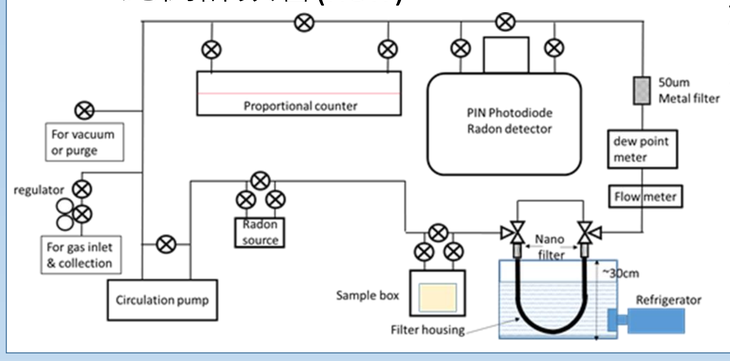
5月にO(100g) production 実施した.

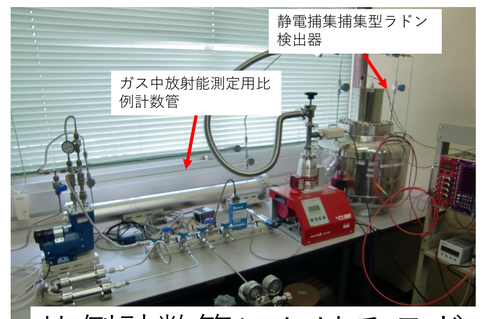
➢ 今後の予定

- 2nd production MSのスクリーニング、ラドンemanation測定
- ラドン吸着試験
- ➢ SF6 : シェフィールド大
- O(kg)のMS製作
- ラドン除去システムの開発⇒暗黒物質探索検出器への実装

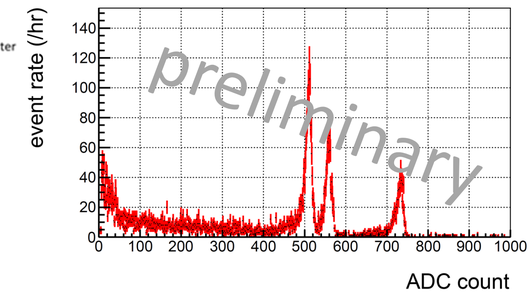
➢ ラドン除去・放射能計測装置（日大）

- 部材からの放射能測定
- 放射能吸着能力測定
- 静電捕集型ラドン検出器、比例計数管(new)





比例計数管におけるラドンからのα線spectrum



※研究サポート：
- **新学術計画研究B02 : 方向に感度をもった暗黒物質探索（分担）**
- 科研費基盤Ｃ：極低放射能モレキュラーシーブス開発による暗黒物質探索実験におけるラドン削減
- 宇宙線研究所共同利用：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
- 研究助成・財団法人精密測定技術振興財団（令和元年度）：極低放射能比例計数管による気体中放射能の精密計測
- 日本大学理工学部研究助成（令和2年度）：暗黒物質探索実験用放射能計測装置の開発