

銀ゼオライトによる空気 中ラドン除去装置の開発

学術変革「地下稀事象」領域研究会

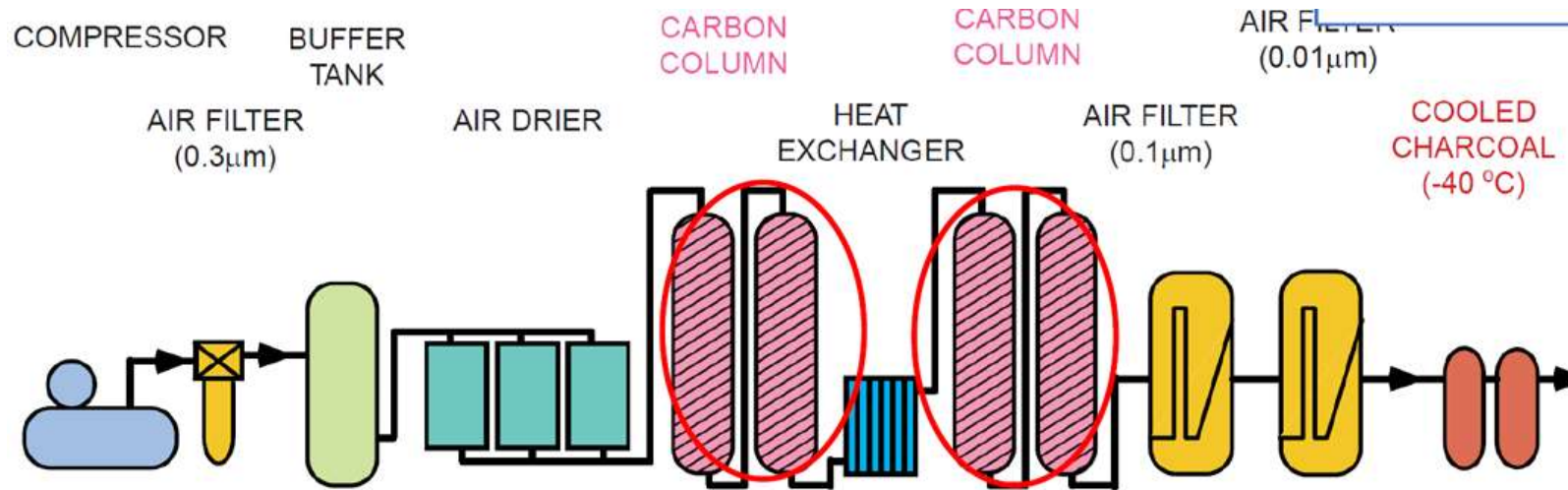
2024年7月6日

日本大学理工学部

小川 洋

研究の目的

- 地下極低放射能実験： $<1\text{mBq/m}^3$ のRn除去空気の供給.
- SK：活性炭を用いたRn除去システム.
- 実験の巨大化 $\propto$ Rn除去システムの増強が不可欠.
 - ex：HK $\Rightarrow$ SKの5倍のスケール



S. Fukuda et al. /Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 501 (2003) 418-462

SKの空気純化装置：
常温活性炭： $\sim 8\text{m}^3$
+
冷却活性炭： $\sim 50\text{L}@-60^\circ\text{C}$
純空気流量 $\sim 18\text{Nm}^3/\text{hr}$



HK： $\times 5!$
($\sim 100\text{Nm}^3/\text{hr}$ の処理能力必要)
もっとコンパクトな空気純化装置ができないか？

銀ゼオライトによるラドン吸着について

<https://www.nature.com/articles/s41598-023-33253-5>

- 活性炭などと比べ、大きいラドン吸着能力。
- 常温で利用できる。
- (論文によれば) ~15kgの銀ゼオライトで、
100Nm³/hrの空気をラドン除去することが可能
- =>コンパクトな空気純化装置ができるのでは?

Tab. 1: Overview of experimental parameters, obtained retention times and adsorption coefficients for the five tested materials given in Fig. 1; for NuclearCarb 207C, CarboAct and Ag-13X the injected and released activities are not significantly different within the uncertainties ($\pm 10\%$ for $k = 1$).

Material	Packing density	Mass	Mean retention time	Adsorption coefficient K	Injected ²²² Rn activity	Released ²²² Rn activity
	[kg/m ³]	[g]	[min]	[m ³ /kg]	[kBq]	[kBq]
NuclearCarb 207C	450	7.65	21	5.6	11.7	12.4
CarboAct	250	4.20	15	7.2	16.3	16.0
Ag-13X	970	16.50	240	29	16.3	20.8
Ag-ZSM-5	520	8.85	$1.54 \cdot 10^4$	3,500	1,030	132
Ag-ETS-10	950	16.30	$2.76 \cdot 10^4$	3,400	1,070	34.2

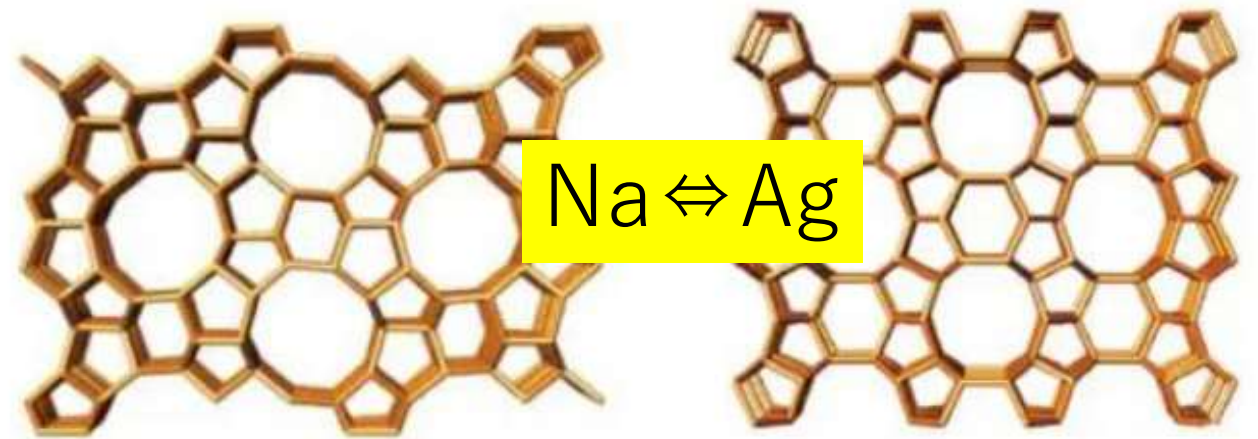
of adsorbed ²²²Rn approaches its incoming flux. Assuming a throughput of $f = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ of air with a ²²²Rn activity concentration of $C_{in}^{Rn} = 20 \text{ Bq/m}^3$, an adsorption bed of 20 cm diameter and 50 cm height ($m = 15 \text{ kg}$) could delay the incoming ²²²Rn stream by 450 h or three weeks ($K = 3000 \text{ m}^3/\text{kg}$). This would correspond to a breakthrough ²²²Rn activity concentration of $C_{out}^{Rn} = 0.67 \text{ Bq/m}^3$ in the effluent air stream of a single continuously working adsorption column at room temperature. While similar adsorption systems

銀ゼオライト

- Ag+イオンとの化学吸着
- 抗菌剤や、原発における緊急ベント時の最終フィルターとして実用化
 - 福島アクシデントの汚染水中のヨウ素除去でも活躍中
- 吸着能力は、イオン交換するゼオライトの種類に依存.
 - A型では、十分な吸着能力が出ない。
 - “ZSM-5”や、“フェリエライト”といった、特殊な種類が必要.

ZSM-5 5.8 Å

フェリエライト 4.8 Å



銀ゼオライト開発研究

- 神戸大 竹内、宇宙線研 関谷、日大 小川、富山大 中野
- 東大工学研究科 脇原、伊與木、松倉 ←ゼオライトを専門に研究
- ゼオライトのメーカー
 - シナネンゼオミック 谷口、東ソー 平野
 - ⇒東ソーからのベース剤サンプルをシナネンゼオミックで銀イオン交換.
- QST 市瀬、永津(連携,情報共有) ➡ 医療への応用

銀ゼオライトによるラドン吸着予備試験@日大

- 目的：
- 1) ラドン吸着について、どのようなタイプの銀ゼオライトが優れているか？

- 以下のゼオライトについて、ラドン吸着試験を実施

サンプル名	量
Ag-ZSM5	各~20g、 <u>圧粉固化</u>
Ag-FER 3%	
Ag-FER 8%	



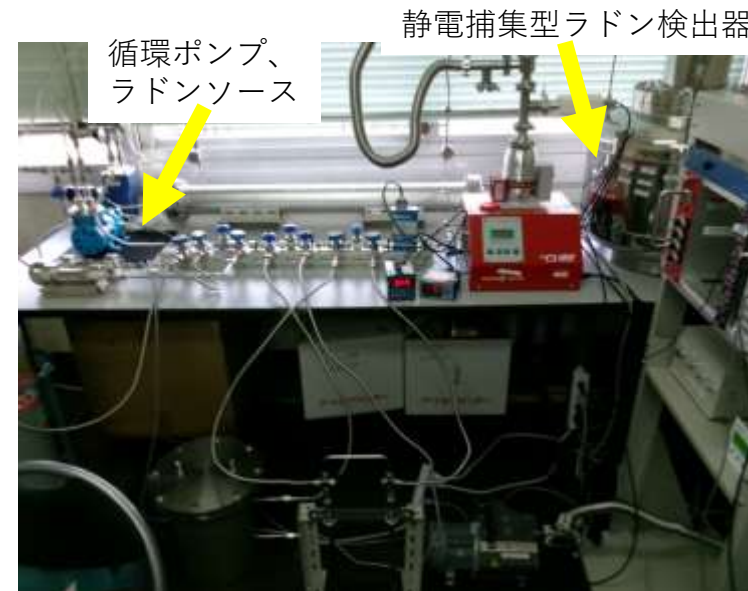
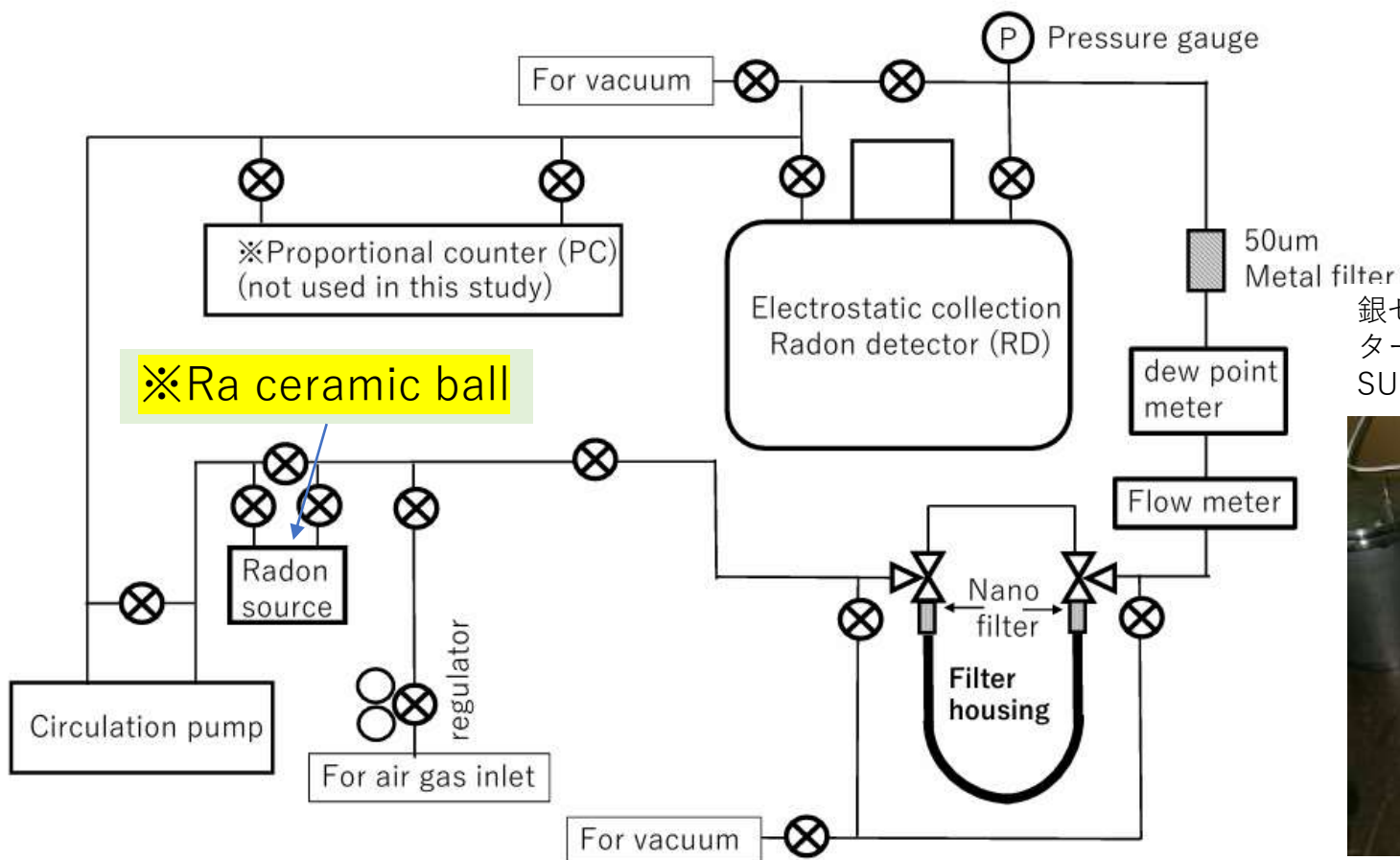
2023年
シナネンゼオミック、
東ソーで合成

- 2) Ag-ゼオライトは、空気純化装置のために極低放射能の材料によって製作をする必要があるか？
 - Rn emanationを測定
- 3) 空気純化装置の運用を想定したラドン吸着性能の評価
 - 水分の影響
 - 固化・成形化

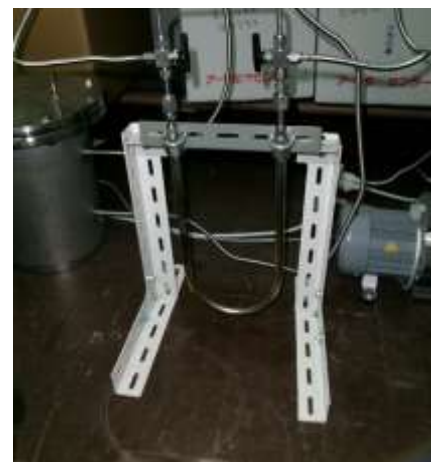
実験セットアップ@日大

Gas : Air
Flow rate : 0.5L/min

※循環モード



銀ゼオライト入りフィル
ターハウジング
SUS1/2inch ~ 60cm

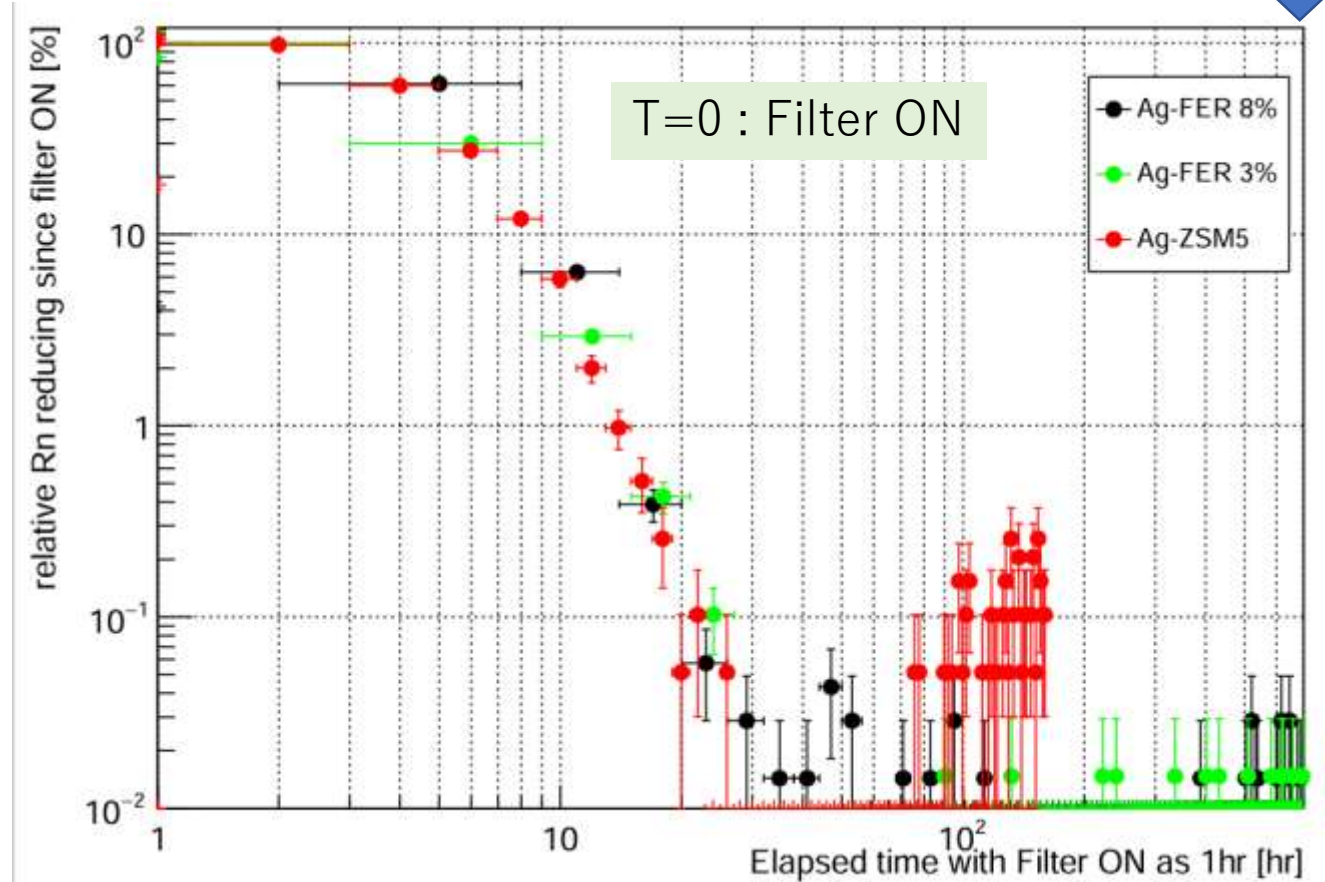
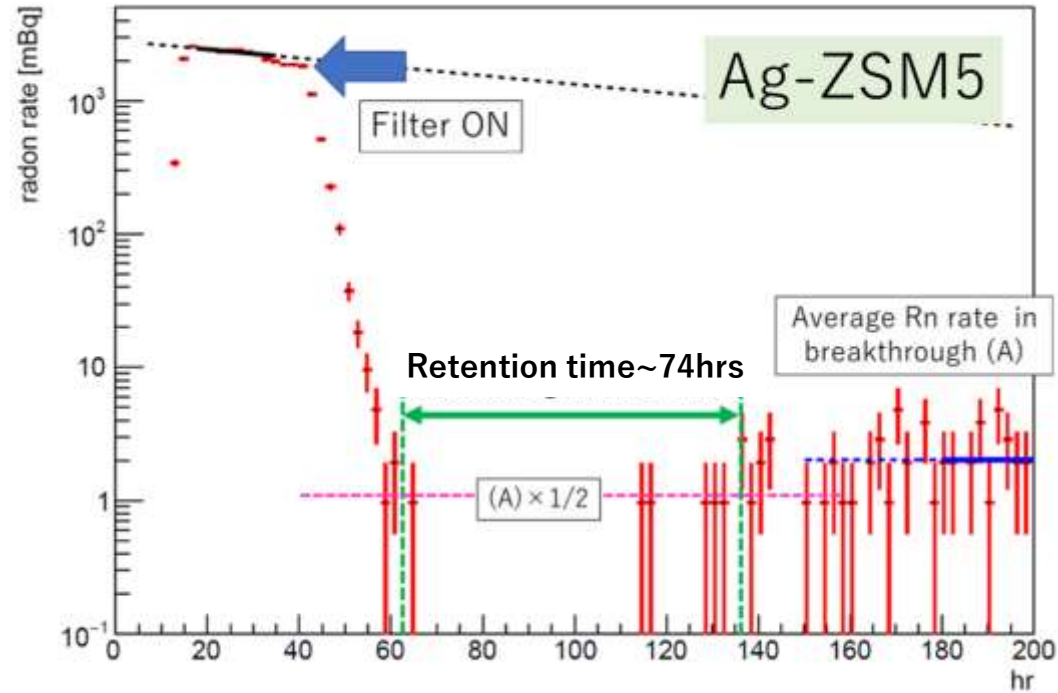


- ✓ サンプルの前処理：真
空ベーキング 350°C
6hrs
- ✓ フィルターハウジング
両側から真空引き
- ✓ Filter 温度 : room temp

Rn removal test for 3 samples

Confidential

30 days

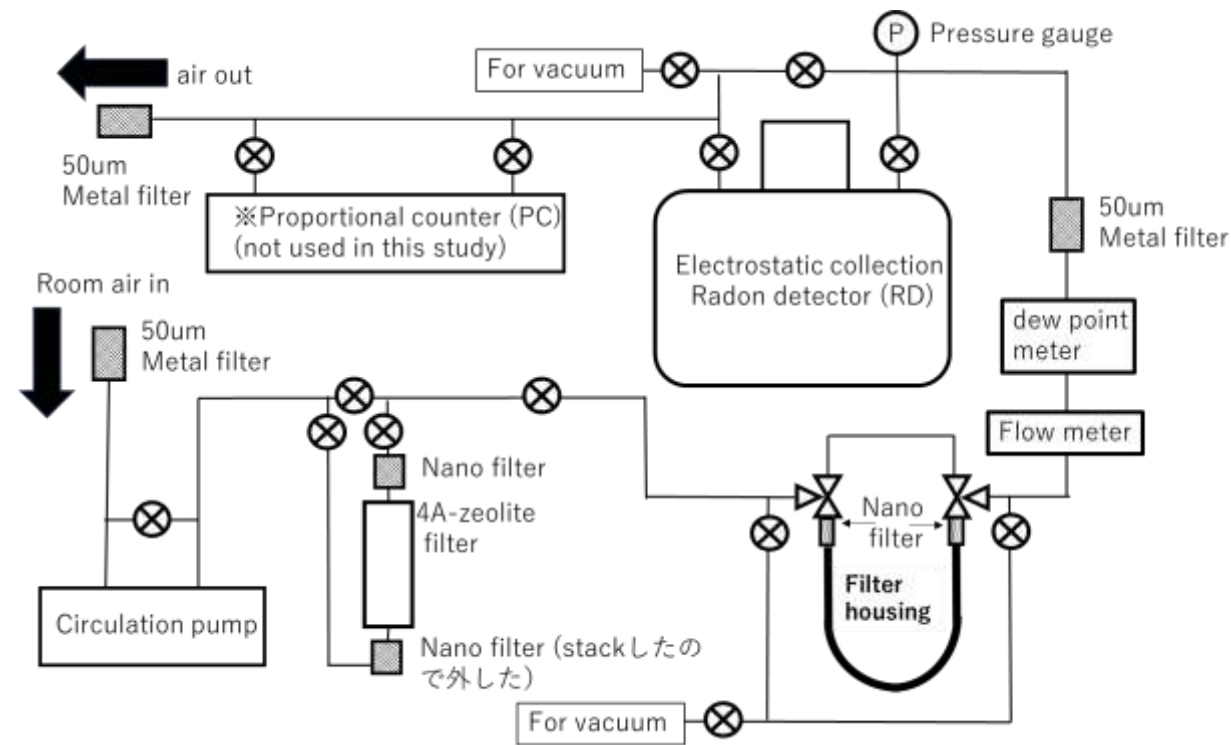


ラドン除去能：Ag-FER > Ag-ZSM

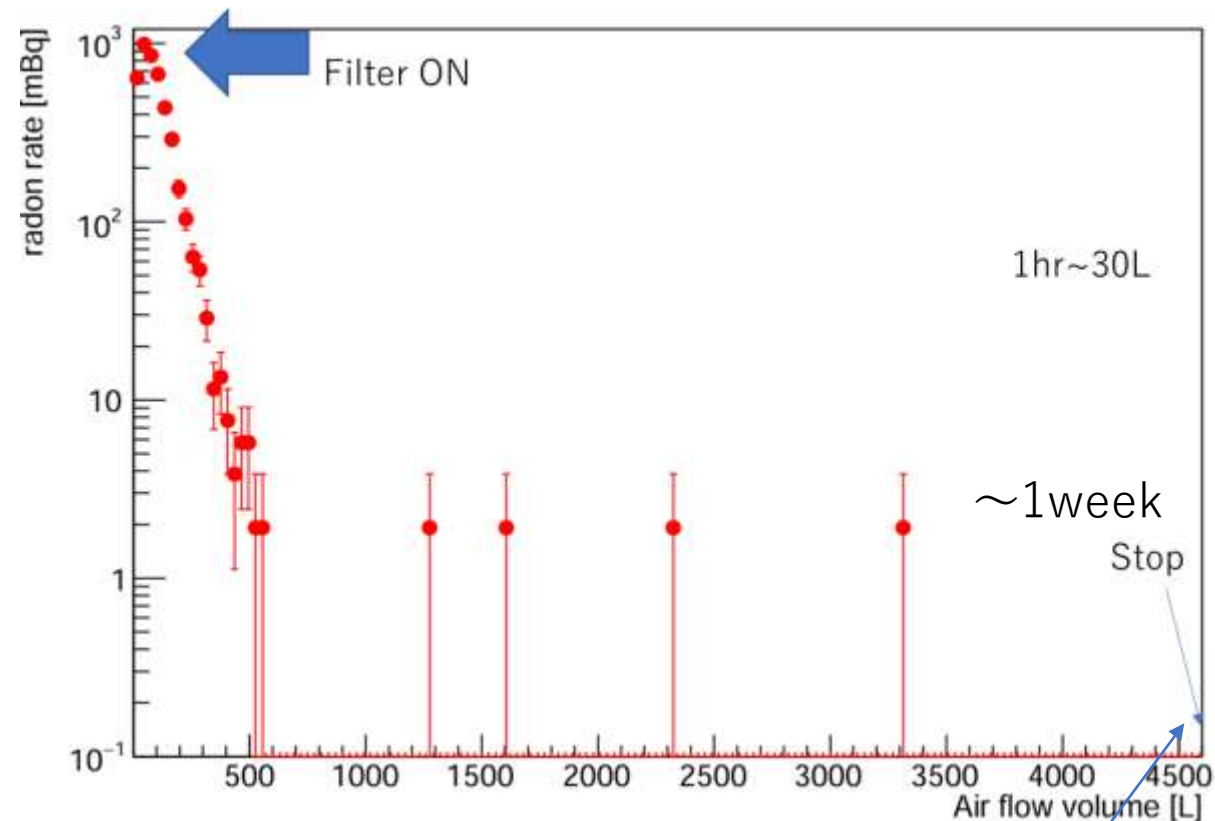
One path test (Ag-FER8%)

Confidential

- 実験室空気を4A-zeoliteで水分を除去し、Ag-FER8%に通す。



Gas : Air
Flow rate : 0.5L/min
※1pathモード

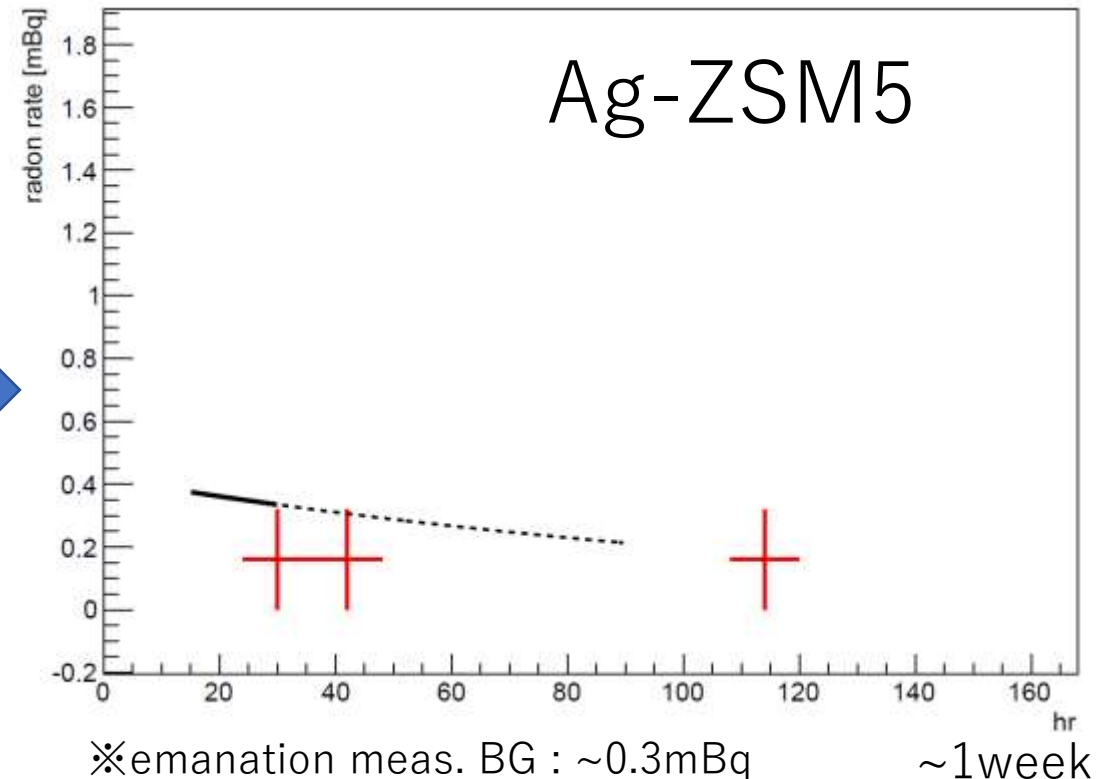
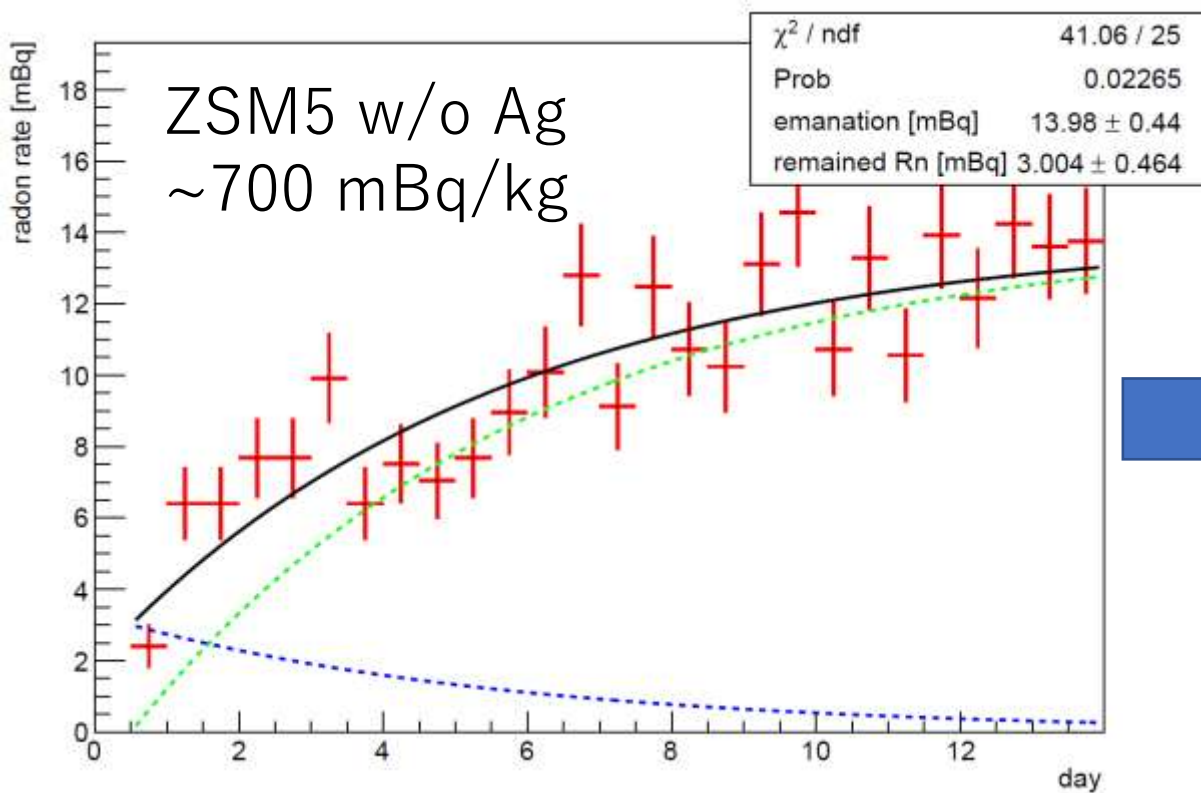


One pathでも十分な除去能力を保持

※MS4Aの上流ナノフィルターが詰まったためstop

2) Ag-ゼオライトのRn emanation ZSM5 w/o Ag and Ag-ZSM5

Confidential

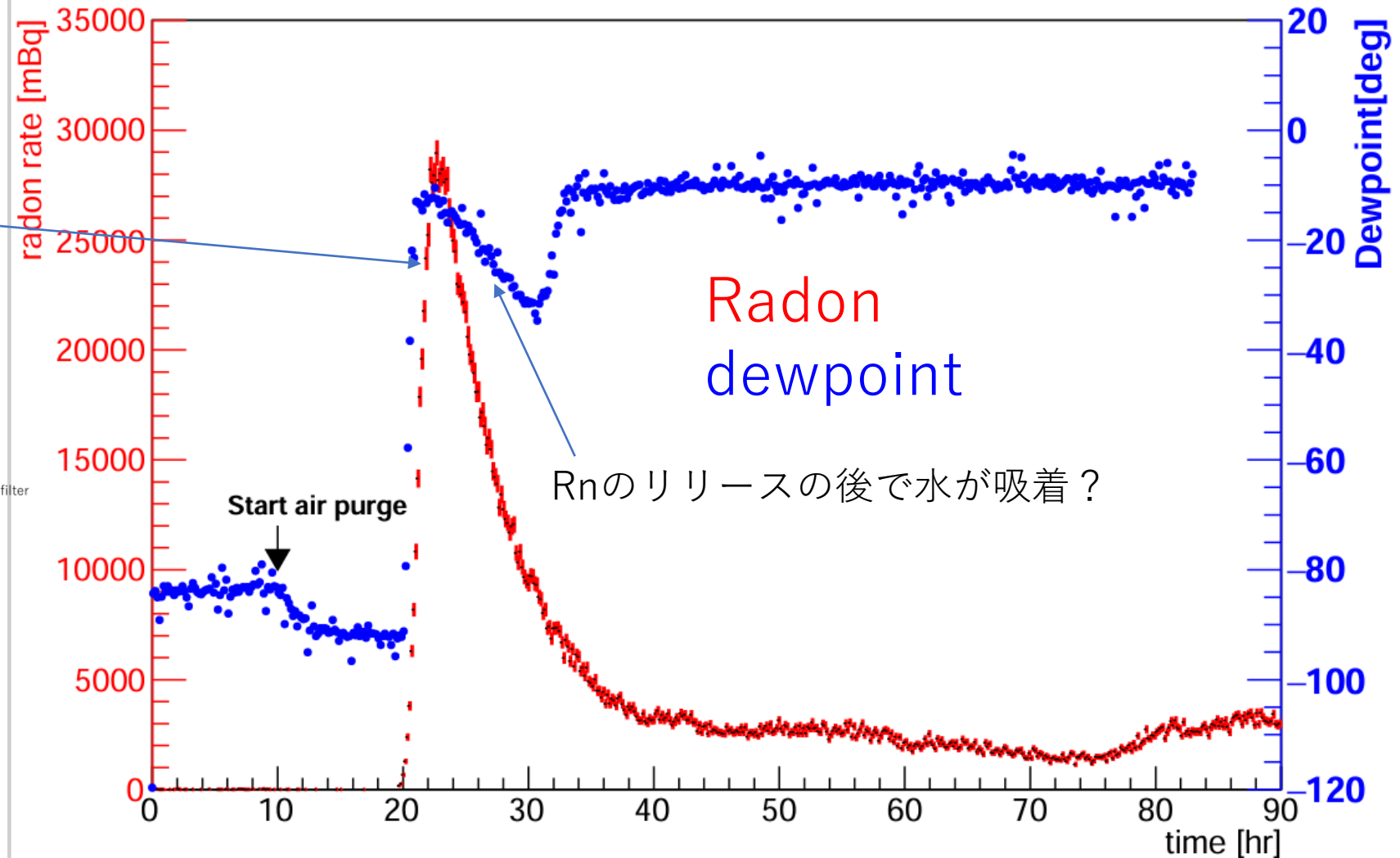
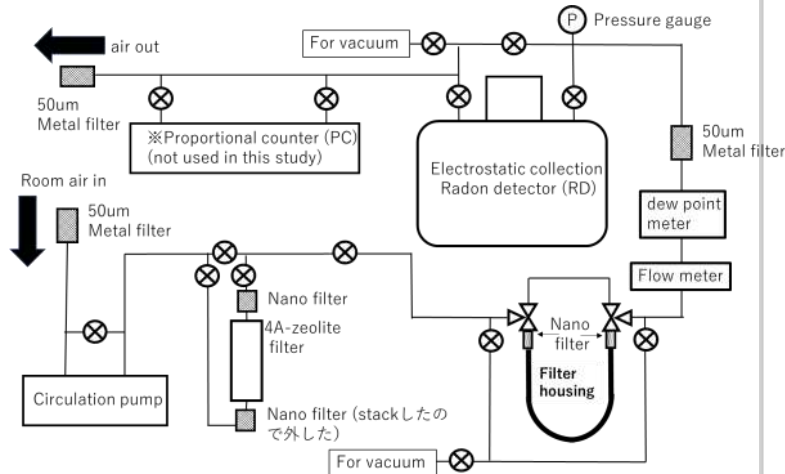


Ag-ZSM5では有意なemanationは見られず。よって、サンプルの材料は選定せずに今のまま使用する。

3)水分の影響：空気から水分除去をしなかった場合

Confidential

One path testで、MS4Aの使用限界になり、水分除去ができなくなると、大量のラドンをリリース



3) 固化・成形化：新しい 銀ゼオライトサンプル

- 量を増やす 20g => 50g
- 成形化(ϕ 1, L1~3)
 - ※自前の固化剤でのラドン吸着性能は圧粉固化の場合と変わりなし。
- FERベースの3種類 (Ag 3%, 8% x 2)
- ラドン吸着試験を実施中。ラドンemanationも測定予定
 - 神戸大でのRn除去試験=> 曽根さんのポスター発表



Summary

- 銀ゼオライトによる空気中のRn除去試験の結果を報告：
 - 常温での高いラドン除去能力を確認した。空気純化装置用吸着剤として非常に有望である。
- Ag-ZSM5とAg-FERでは、Ag-FERがラドン除去能力が高い。
 - 循環だけでなく、1pathでも十分なラドン除去性能がある。
 - 水分が飽和するとラドンを放出する。
- 銀ゼオライトサンプルからの有意なRn emanationは確認されない。
 - =>このままの材料で使用できそうだ。
- 新たな銀ゼオライトサンプルで、ラドン吸着性能とRn emanationを評価し、空気純化装置用のゼオライトを選定するのと、空気純化装置の開発を進める。