

CF₄ガスを用いたラドン検出器の性能評価と新規吸着物質の試験

Kotsar Yurii¹:¹神戸大

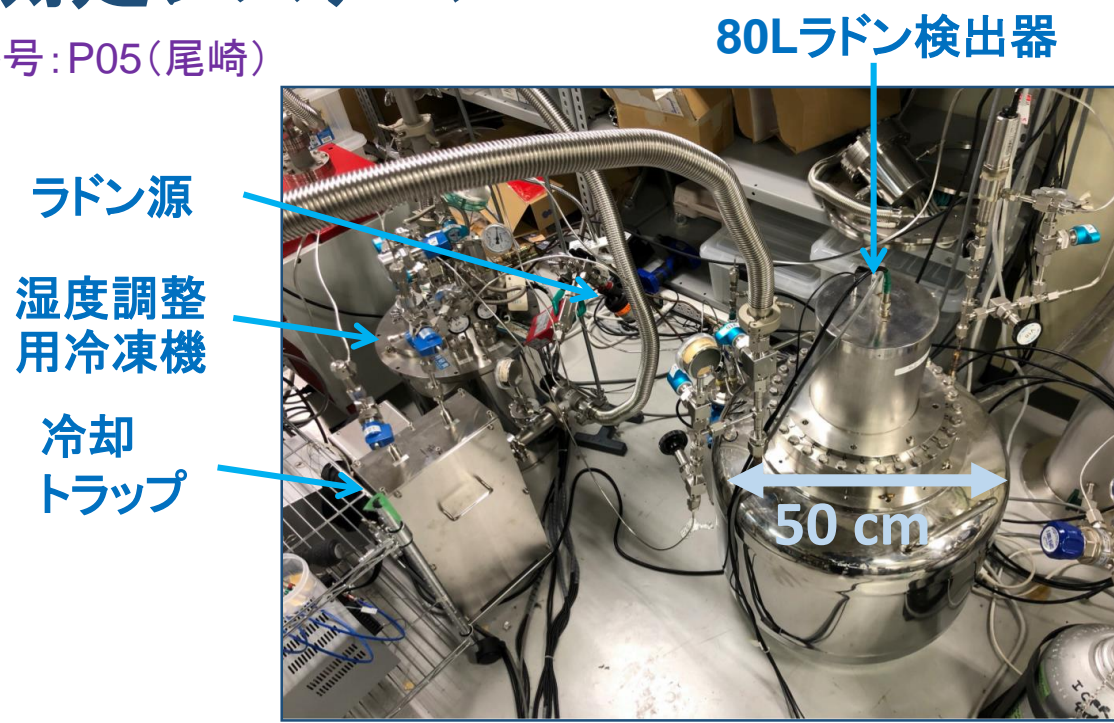
講演番号:P03

1. 背景と目的

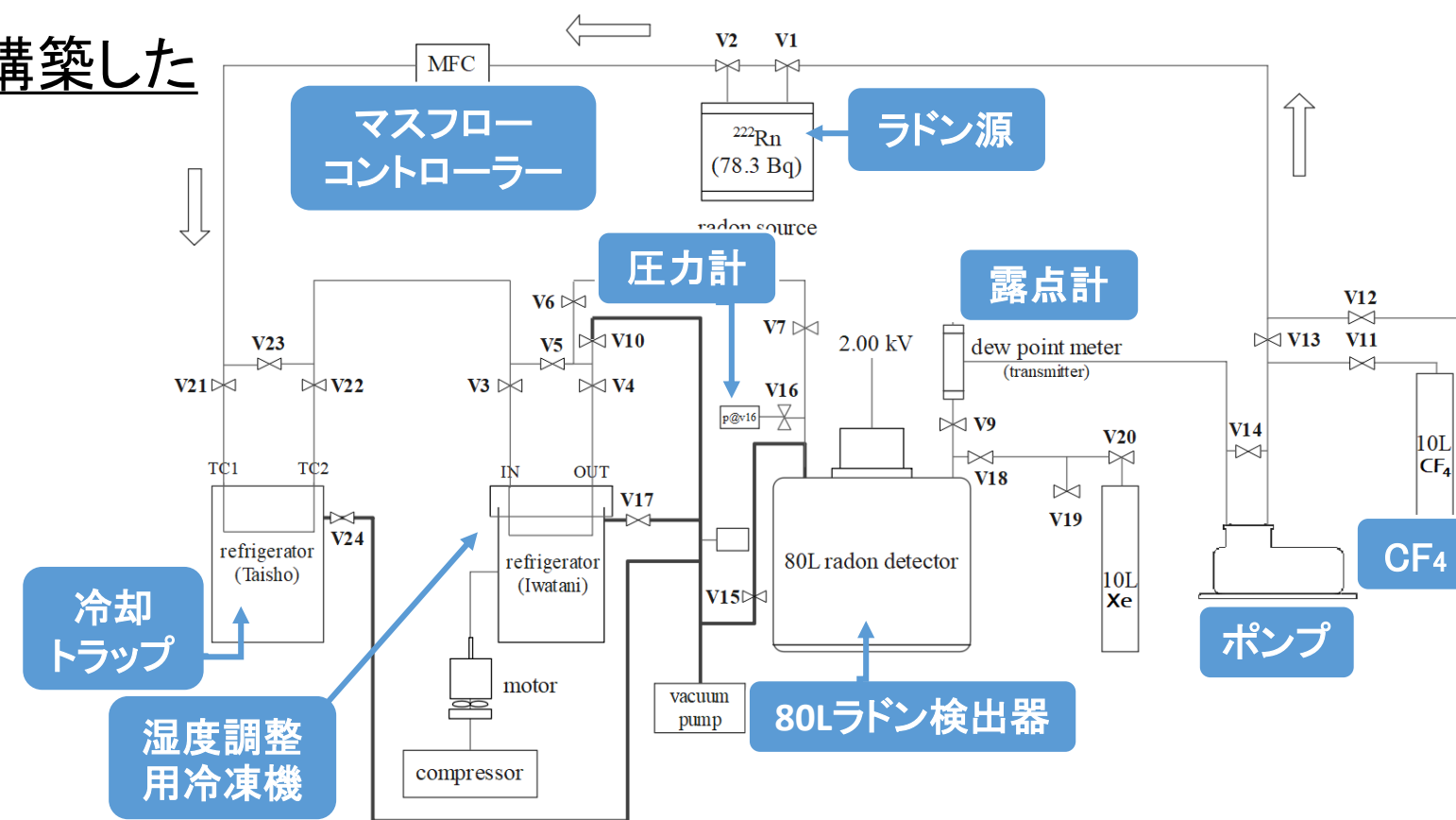
放射性貴ガスラドン(²²²Rn)は、暗黒物質の直接探索を目指しているNEWAGE実験などの検出器内でα崩壊するため、探索の主要なバックグラウンド源となり得る。NEWAGEでは高い精度を得るためにはガス中バックグラウンドを低いレベルに保つことが必要である。しかし、NEWAGE検出器以外で定量分析する手段がなかった。そのため、本研究では、NEWAGEで用いているCF₄ガス中で、ラドン検出器の校正係数の様々な依存性を調べた。また、CF₄ガス中で新規吸着物質(ACF)によるラドン吸着試験が以前行われていなかったため、本研究では実施した。NEWAGEの圧力付近まで圧力を下げてその圧力依存性も確認した。

2. 測定システム

講演番号:P05(尾崎)

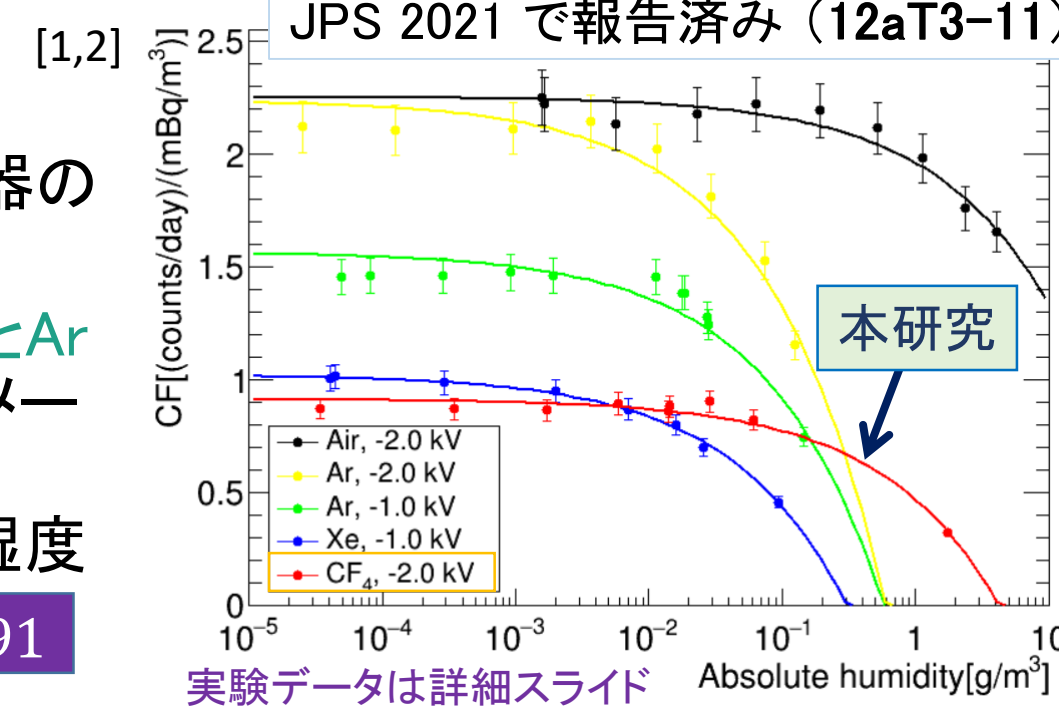


神戸大学に構築した



3. 校正係数の絶対湿度依存性

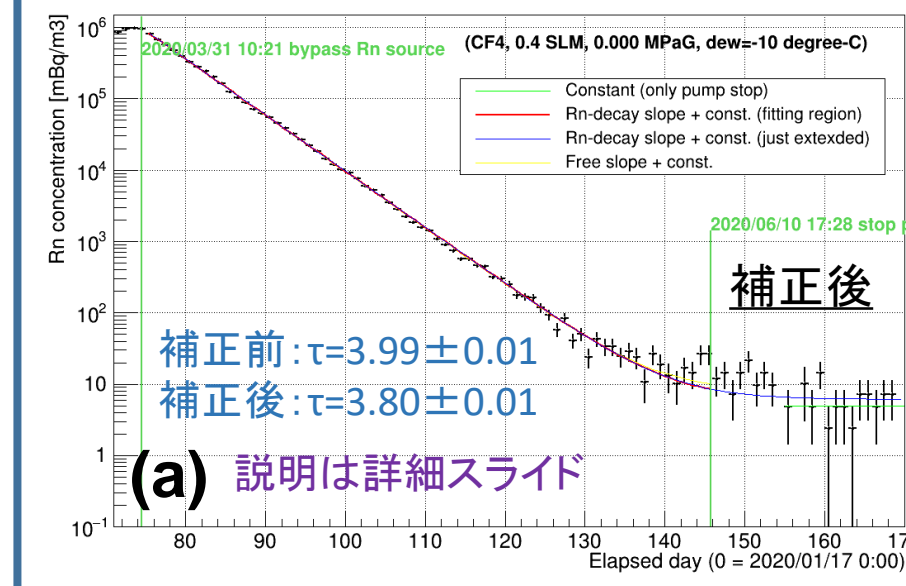
- 湿度調整用冷凍機を使って露点温度を変化させて、ラドン検出器の校正係数を²¹⁴Po計数率と既知のラドン濃度から求めた。
- 2kVを印加した乾燥ガス中で比較したらCF₄の校正係数が空気とArの半分程度であった。レナード・ジョーンズポテンシャルのσパラメータと相関があるかと考えられる。考察は詳細スライド
- ただし、同様の湿度依存性が見られたので、先行研究と同様に湿度依存性を $-a\sqrt{AH} + b$ の関数で表した。[3] $CF = -0.44\sqrt{AH} + 0.91$



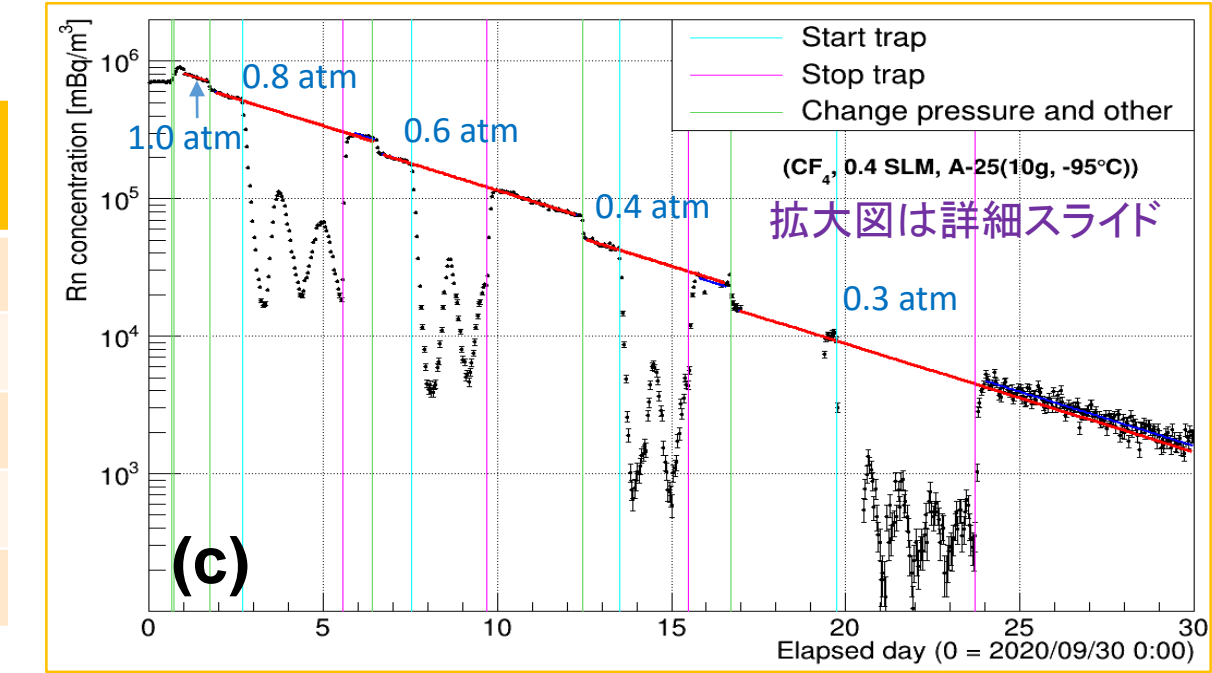
4. 校正係数の濃度依存性と圧力依存性

- ラドン源をバイパスして数ヶ月放置でラドン崩壊を観測した。観測されたラドン濃度の時定数が期待値 ($t=3.82d$) と異なっていた ($3.99d$) ので、ラドン濃度の計算に使った校正係数に加えて補正計数を導入した。その値域が (1~1.3) である。補正されたラドン濃度のグラフを作って理論と一致することを確認した。(3.80d)

- 系内圧力を1.0気圧から0.3気圧まで変えて、校正係数の圧力依存性を確認した。(c)
- 圧力低下とラドン濃度低下は比例すると仮定すると、CF₄ガス中で圧力が下がると校正係数が上がることが確認できた。その結果を表にまとめた。(b)



圧力 [atm]	濃度の比率	圧力依存性の補正係数
1.000	1.000	1.000
0.803	0.866	1.082
0.605	0.727	1.212
0.408	0.506	1.265
0.309	0.341	1.137



5. ラドン吸着効率とその圧力依存性

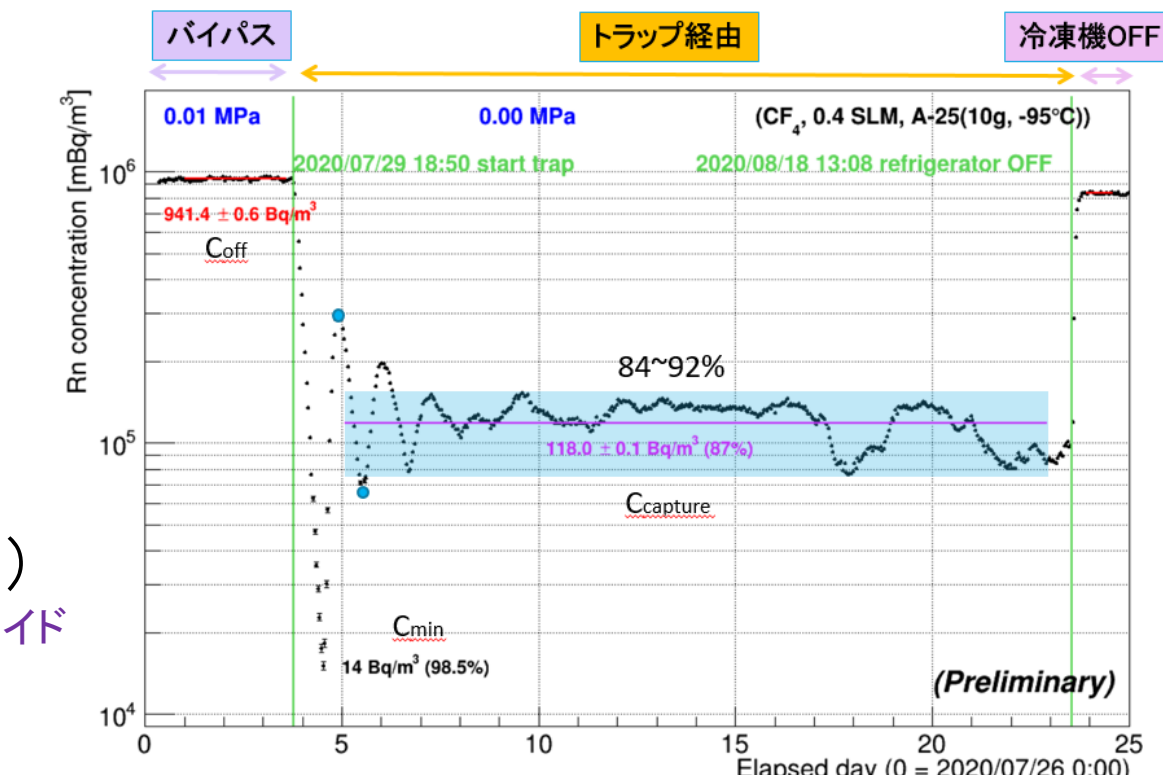
講演番号:P01(中野)

- 活性炭素繊維(ACF)[A-25 10.5 g Unitika Ltd.]が入った冷却トラップを用いて、CF₄ガス中でラドン吸着の試験を行った。[4]
- 安定時の値を使って吸着効率を求めた。その結果は右図。
- キャリアガスによる吸着効率の違いは、レナード・ジョーンズポテンシャルのσパラメータで説明できると考えられる。(右表)

圧力依存性:

- 系内圧力を下げて吸着効率の圧力依存性を確認した。4(c) 同じACFを使って圧力が下がると吸着効率が上がる傾向が見えた。(下表)
- Xeガスと同じ傾向。

圧力 [atm]	1.000	0.803	0.605	0.408	0.309
吸着効率 [%]	79.5	83.4	90.4~92.2	92.2~95.4	93.5



ガスの種類	Lennard-Jones σ パラメータ	吸着効率の例
空気	0.352-0.369 nm	98%, 0.9 SLM
Ar	0.340-0.346 nm	98%, 1.3 SLM
Xe	0.392-0.410 nm	28%, 0.14 SLM
Rn	0.417-0.421 nm	
CF ₄	0.470 nm	87%, 0.4 SLM

6. まとめ

NEWAGEなどでのラドン濃度を分析するために、ラドン検出器のCF₄中の校正係数 (calibration factor) を新たに測定した。更に、CF₄ガス中で、校正係数のラドン濃度依存性があることを確認した。また、CF₄ガス中のラドンの除去のために新規吸着物質(ACF)による吸着試験を実施した。最後に実際のNEWAGE検出器内の圧力付近までCF₄ガスの圧力を低下させて、校正係数の圧力依存性を確認した。同じ条件で、ACFの吸着効率を測定した。圧力依存性があることを確認した。