

極低濃度ラドン測定システムの開発

田阪茂樹, 松原正也, 中村琢, 三輪美代子, 渡邊一矢,
関谷洋之^A, 中野佑樹^A, 竹内康雄^B, 岡澤裕子^C

岐阜大, 東大宇宙線研^A, 神戸大理^B, 静岡福祉大学^C

～©SK Radon Group～

共同利用研究経費 旅費・消耗品: 30万円

旅費: 岐阜⇔神岡・岐阜⇔柏

消耗品: ラドン計・ロガー製作

東京大学宇宙線研究所 平成26年度 共同利用研究成果発表研究会

2014年12月12日(金曜日)

「深い地下におけるラドン族の観測」

平成2年度東京大学宇宙線研究所共同利用研究成果報告 (1990)

平成2年度東京大学宇宙線研究所共同利用研究成果報告

岐阜大学教育学部 田阪茂樹

1. 研究題目

「深い地下におけるラドン族の観測」

- | | | |
|----------|-------|---------------|
| 2. 研究代表者 | 田阪茂樹 | 岐阜大学教育学部・助教授 |
| 3. 共同研究者 | 佐々木嘉三 | 岐阜大学教育学部・教授 |
| | 中村健蔵 | 東京大学宇宙線研究所・教授 |

4. 要旨

本研究の観測の対象としているラドンはウラニウム系列中の放射性不活性ガスであり、このガスは3.8日の半減期をもち、生活環境や地球大気・地球深部の変動情報を探るためのトレーサの役割を持っている。研究に使用しているラドン観測装置は検出部にPINシリコンフォトダイオード(PD)を用いて新しく開発されたものであり、小型ながらリアルタイムでラドン族の核種の弁別が可能である。この観測システムを用いて、自然大気中の低い濃度(10 Bq/m³)から、地下水中の高いラドン濃度(1万Bq/m³)まで、その時間変動を長期間にわたって観測することが可能となった。

研究目的

SK実験のニュートリノ事象の主なバックグラウンド

純水中ラドン濃度 (^{222}Rn) を減らす。解析閾値 E_{kin} を下げる。

1) 純水中のラドン測定技術の開発

水中ラドン脱気法

活性炭ラドン吸着法

KAMIOKANDE水中ラドン濃度測定: (1993) 0.51 ± 0.11 (Bq/m³) ☺

SK水中ラドン濃度測定: 0.1 (mBq/m³)

2) 新型気液混合器の開発と校正実験

液ガス分散型

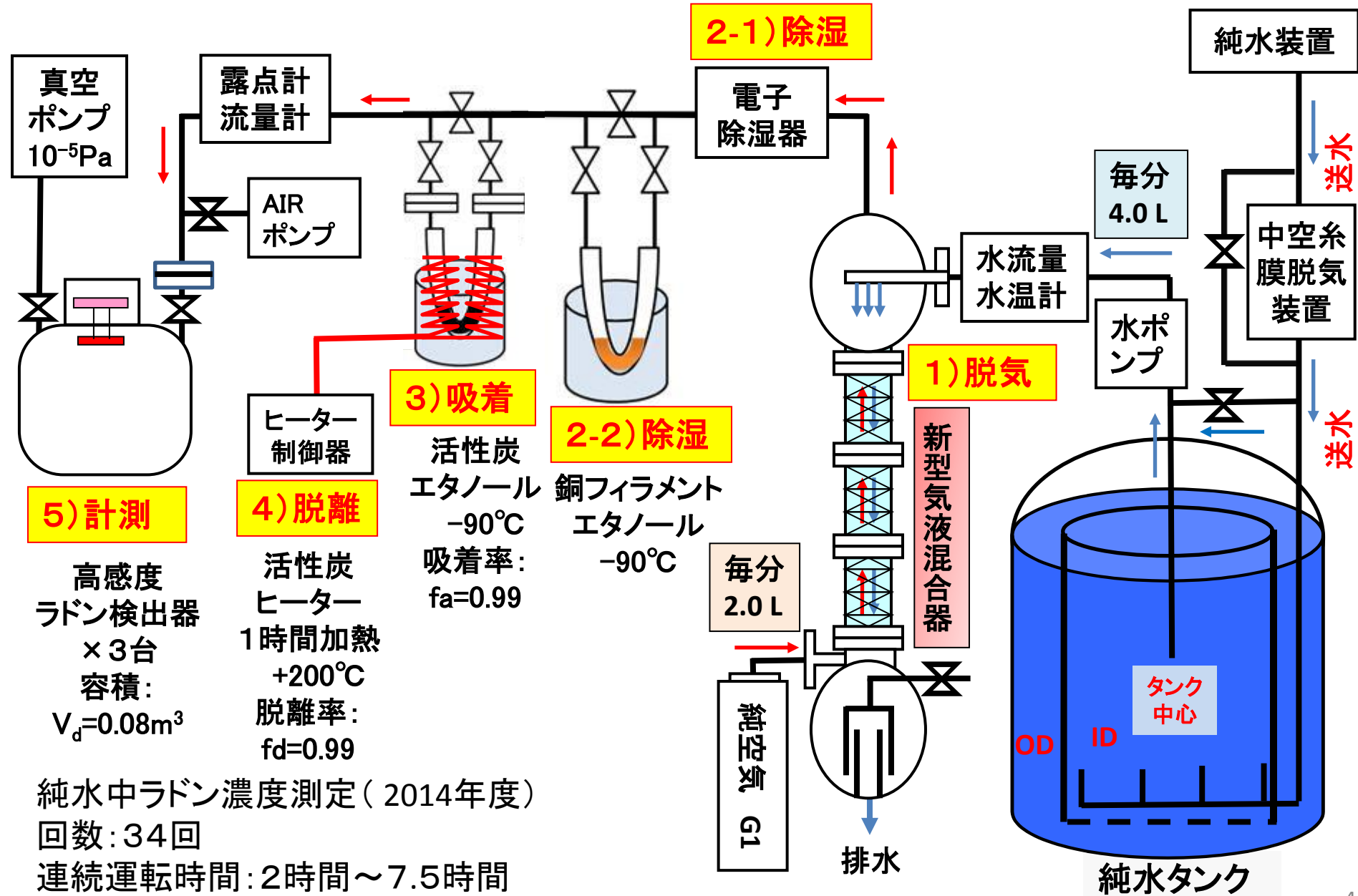
電解研磨(表面粗さ $0.1 \mu\text{m}$) \Rightarrow 低バックグラウンド化

3) 純水中ラドン濃度の測定と低減

タンク送水・中心

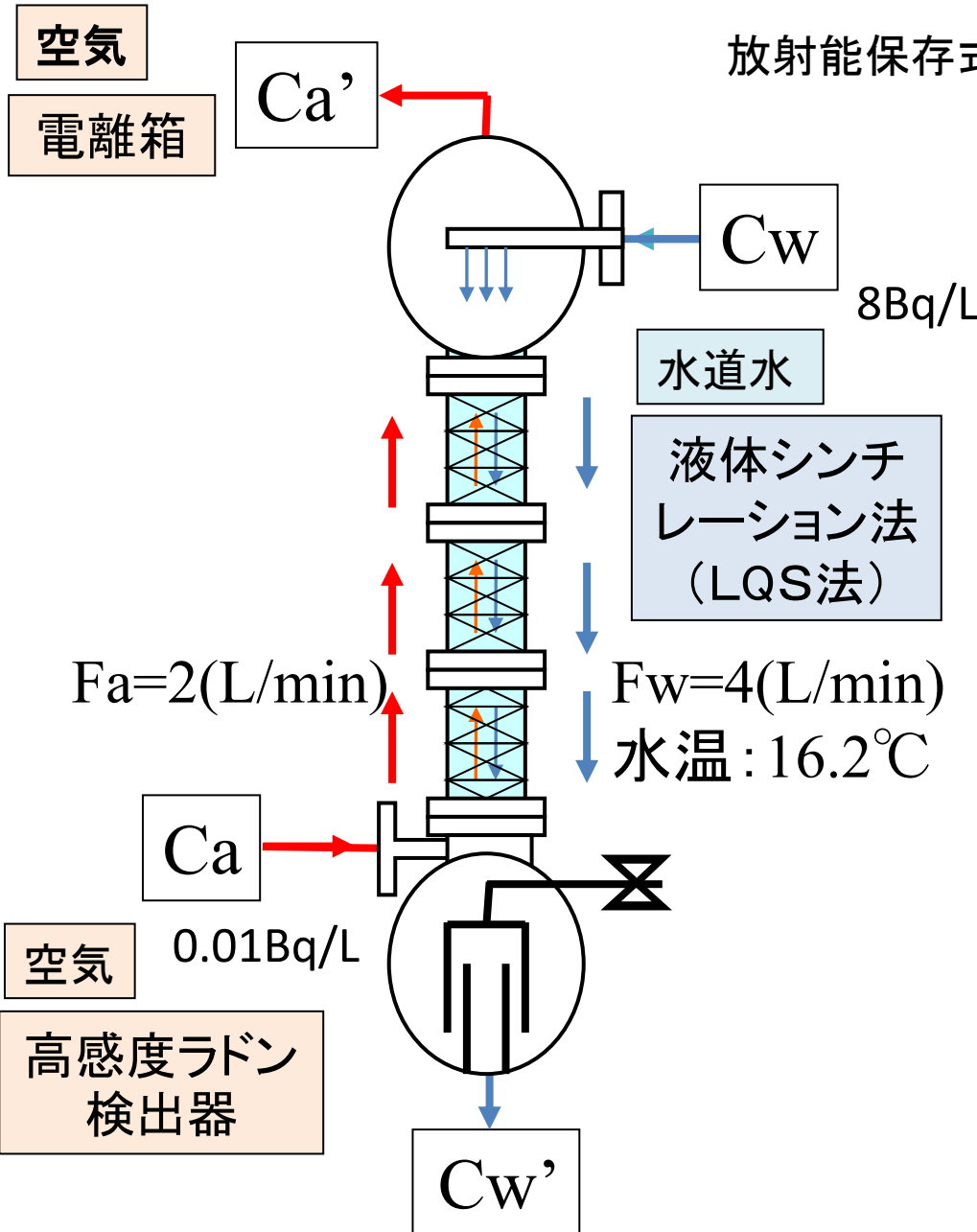
イベントレイト

純水中ラドン濃度測定システムの概略図



純水中ラドン濃度測定 (2014年度)
 回数: 34回
 連続運転時間: 2時間 ~ 7.5時間

気液混合器の校正実験(ラドン脱気率Dの測定)



混合前

混合後

放射能保存式 $CwFw + CaFa = Cw'Fw + Ca'Fa$

$1 = D + Cw' / Cw$ 式①

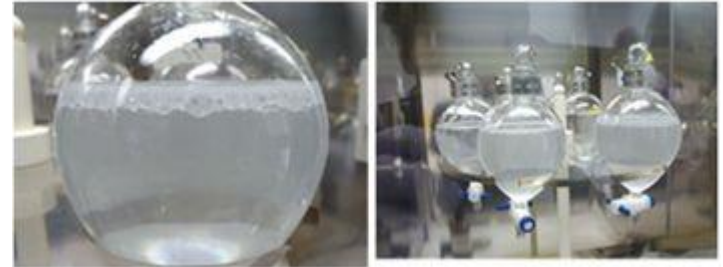
右辺の第一項: 脱気率

$D = R(Ca' - Ca) / Cw$

$R = Fa / Fw$

水中ラドン濃度の算出式

$Cw = R(Ca' - Ca) / D$ 式②



LQS法: 水中ラドン標準測定法

水量: 447(mL)

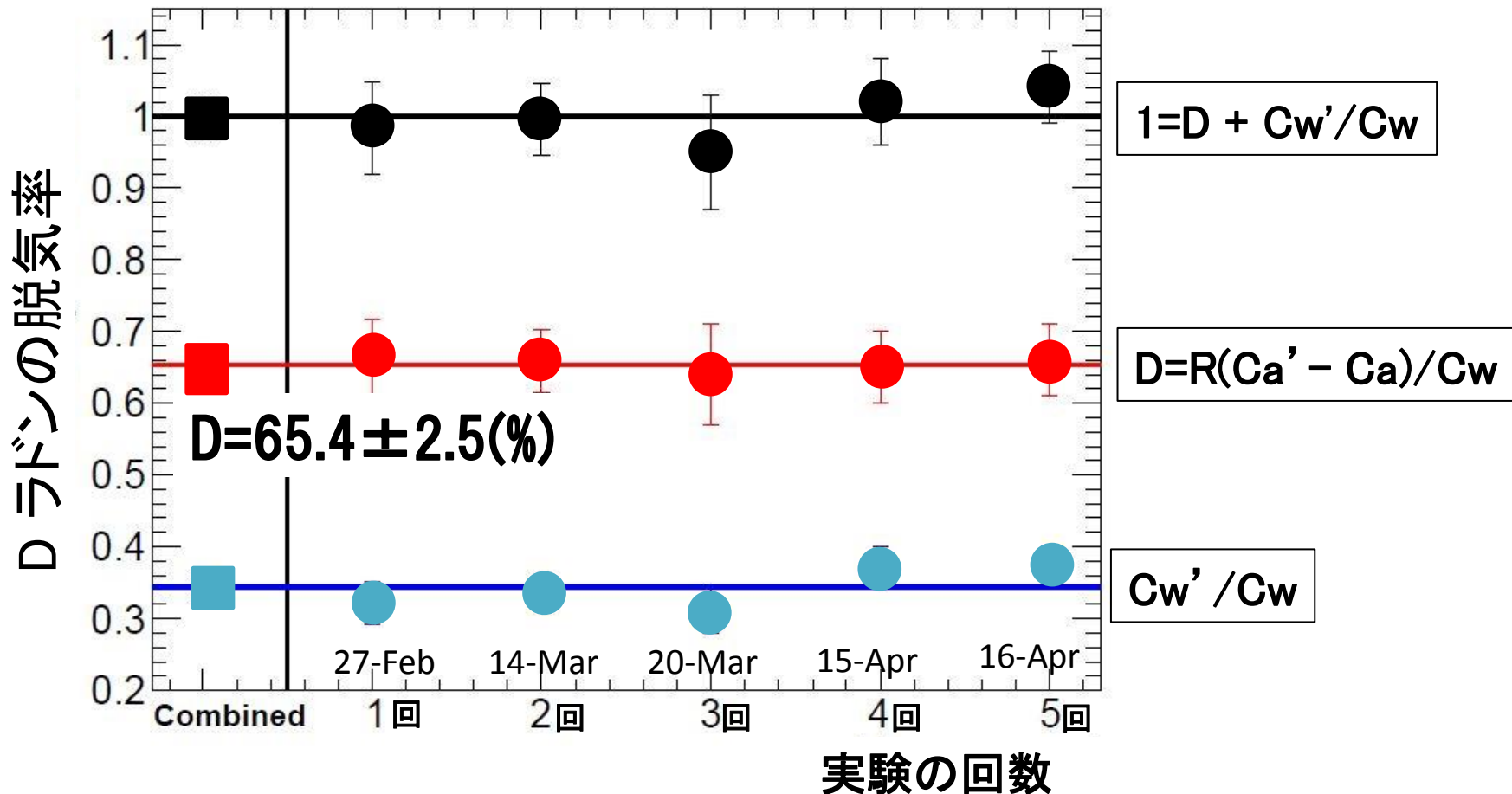
シンチレータ量30(mL): 20(mL)分取

バイアル瓶5×2本

LQS法アナライザー: 20分間測定

気液混合器の校正実験の結果

実験条件: 流量比R=0.5, 水温T=16.2(°C)



前頁の式① $1 = D + Cw' / Cw$

脱気率実験値: $D = 65.4 \pm 2.5 (\%)$

Rとラドン溶解度 $\alpha(T)$ より計算した理論値:

$$D(T) = R / (R + \alpha) = 63.2(\%), \quad \alpha(T) = 9.12 * (273 + T) / (17 + T) * 273$$

中空系膜脱気装置(MD装置)ラドン源

- MD装置のEPDMガスケット

ラドン散逸率:

$$E=24.5(\text{mBq}/\text{m}^2/\text{h}/\text{sheet})$$

ガスケットからの純水ラドン

$$C_w=1.0(\text{mBq}/\text{m}^3)$$

- MD装置はラドン源である

- MD装置の空気リーク

⇒ MD装置をバイパス
送水のラドン濃度測定

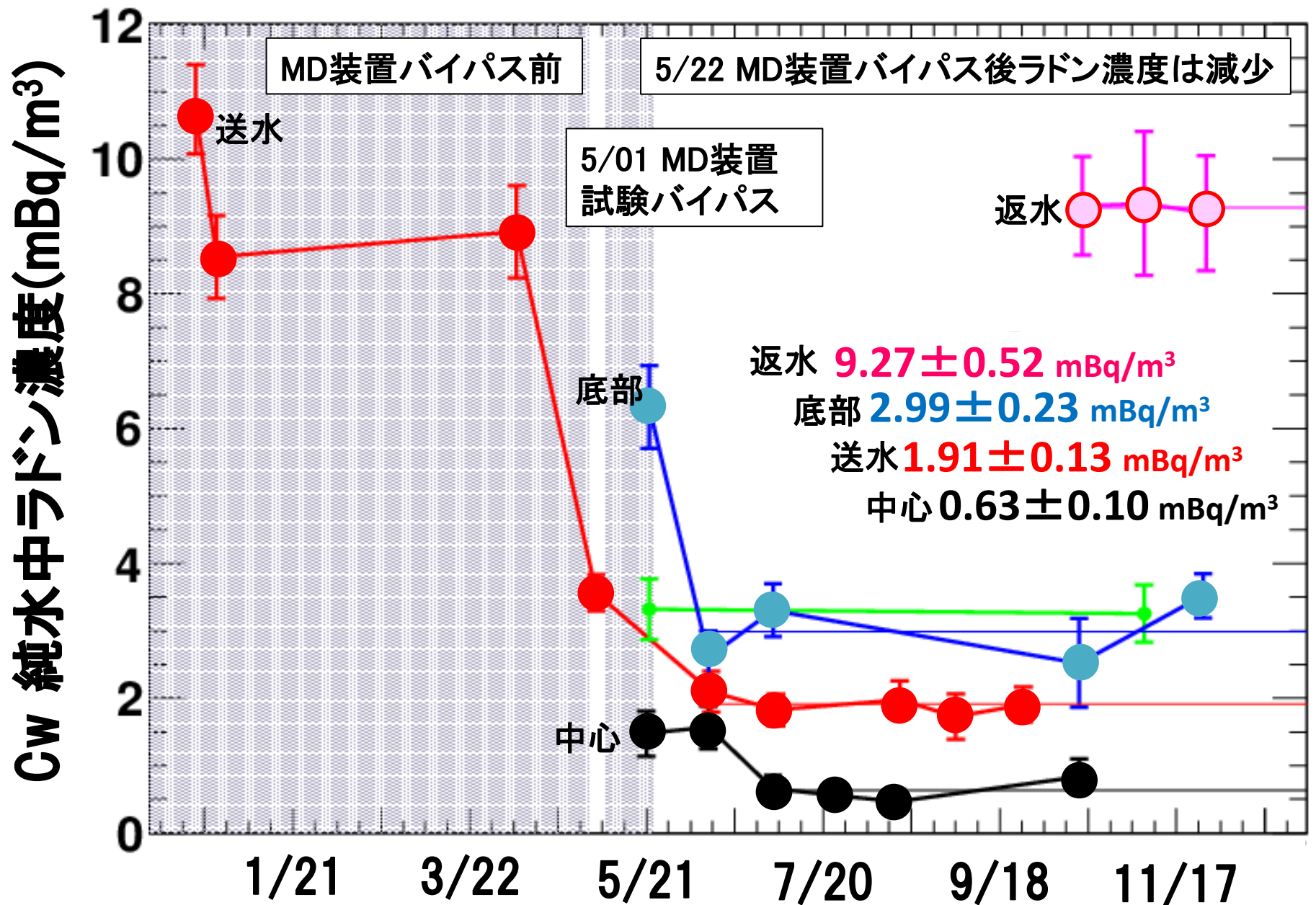
MD装置



EPDMガスケット

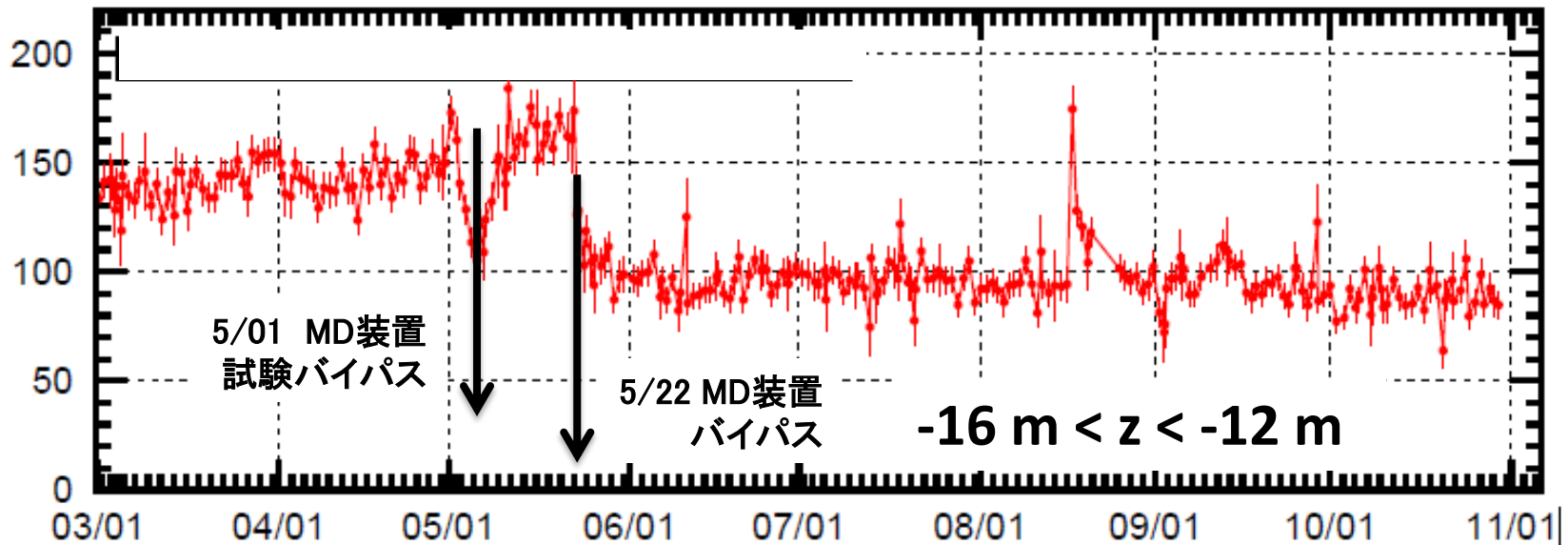
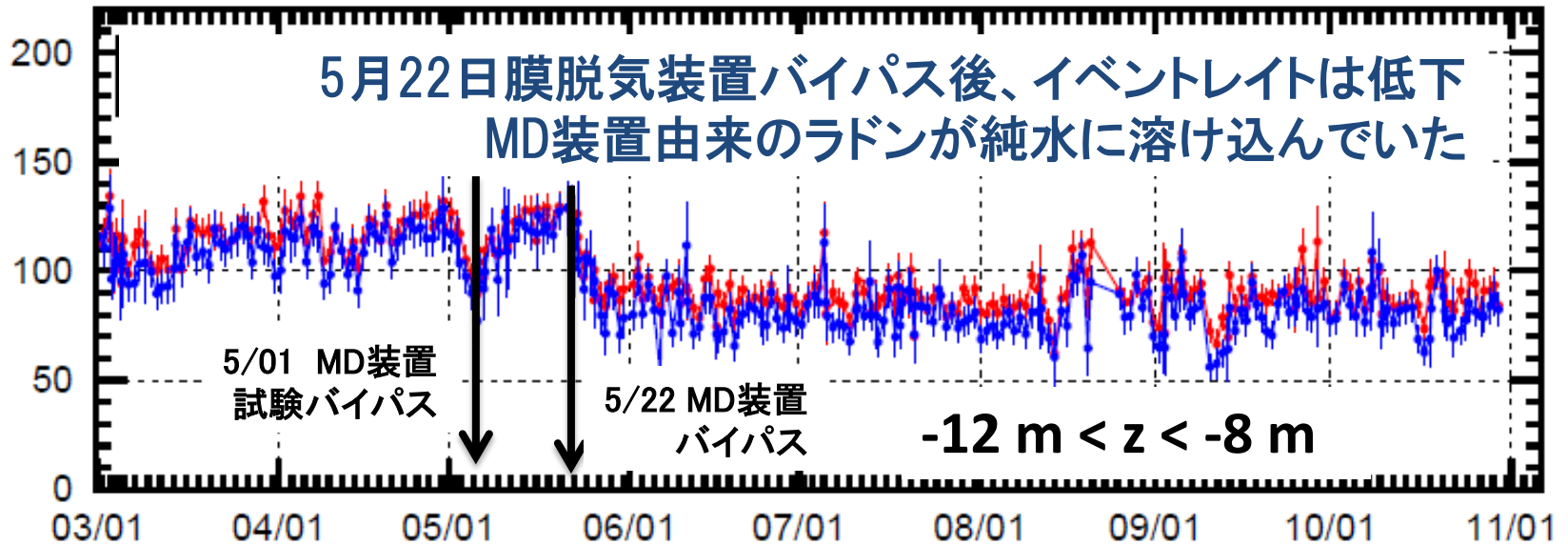


純水中ラドン濃度の時間変化



タンク底部のイベントレイトの低下

cts/day/kt/(4.5 - 5.5MeV)



まとめ

1) 純水中極低ラドン濃度の測定技術を確立

2) 新型気液混合器の開発と校正実験

混合器の脱気効率: $D=65.4 \pm 2.5$ (%)

3) SK純水中のラドン濃度

5月22日中空糸膜脱気(MD)装置をバイパス

⇒純水中ラドン濃度が約1/4に低下

⇒底部のイベントレイトが低下

(2014年11月現在)

送水: $C_w=1.91 \pm 0.13$ (mBq/m³)

中心: $C_w=0.63 \pm 0.10$ (mBq/m³)

KAMIOKANDEの約1/1000