

## 平成 21 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：極低濃度ラドン測定システムの開発

英文：Development of low concentration radon detection system

### 研究代表者

岐阜大学総合情報メディアセンター・教授・田阪茂樹

### 参加研究者

名古屋大学工学研究科・准教授・山澤弘実

名古屋大学工学研究科・助教・森泉純

名古屋大学工学研究科・M2・外間智規

東京大学宇宙線研究所・准教授・竹内康雄

東京大学宇宙線研究所・D3・池田一得

### 研究成果概要

#### 研究目的

SK 純水タンク内ラドンの主要な発生源は 1 万個の光電子増倍管とその周辺の支持材料などであり、ラドン濃度はタンク内の水の動きによって、約  $0.1\text{mBq/m}^3 \sim 5\text{mBq/m}^3$  程度の違いがあると予想されている。その原因は純水装置への循環用配管の給水口と排水口の取付け位置、及び僅かな水温差などによってタンク内の水の動きが変化しているためである。

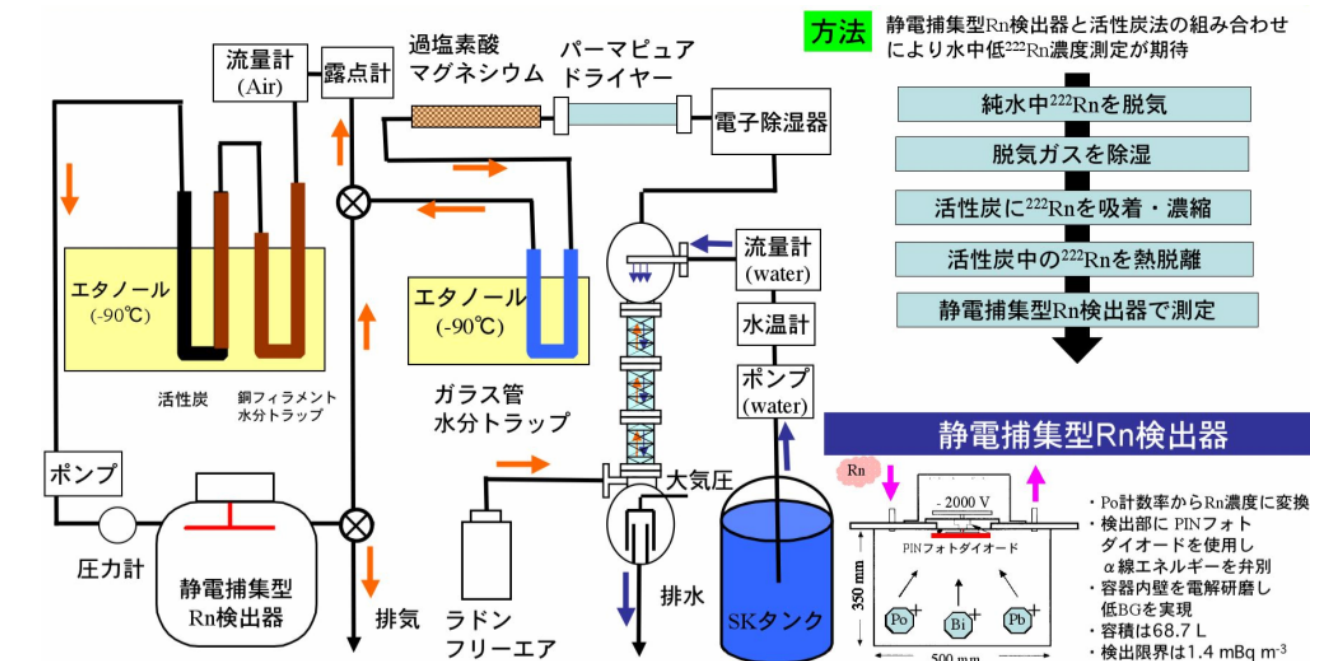
SK-III の純水タンク内の  $5\text{MeV}$  以上の Low Energy Events の Vertex 分布から、タンクの場合によりレートが数倍異なり、特に純水タンク中心部の有効体積内部のラドンの動きを捉えるには、 $0.1\text{mBq/m}^3$  以下のラドン検出方法を確立する必要がある。そのために、次の 5 つのラドン処理プロセスの新たな実験手法を開発して確立する必要がある。1) 脱気：純水中極低濃度ラドンを高性能静止型気液混合器で脱気、2) 除湿：脱気ガス中に含まれる水分を除湿、3) 濃縮：脱気ガス中のラドンを極低バックグラウンド活性炭に吸着して濃縮、4) 脱離：活性炭中のラドンを熱脱離、5) 測定：静電捕集型高感度ラドン検出器で測定

特に、1) 脱気に関連して、高性能静止型気液混合器の開発が最も重要である。水に溶解しているラドンを測定するには、水とラドンを含まないラドンフリーエア（純空気）を気液混合器に注入して、効率的に気液平衡状態を実現する必要がある。従来の方式としてシャワー式（液分散型）とバブリング式（ガス分散型）があったが、本研究の新しい着想は、連続廃水処理技術の分野で用いられている、静止型気液混合器（液・ガス分散型）を、極低濃度ラドン脱気に利用することである。また、3) 濃縮に関連して、極低バックグラウンド活性炭を用いることである。本研究は、我々の開発した高感度ラドン検出器と、上記の新規技術開発を融合して、SK 実験の 5 万トン純水タンク中ラドン濃度分布測定に取り組むものである。

#### 研究方法

平成 21 年度は、「純水タンク中の極低濃度ラドン測定システム」の開発を行なった。測定システムは、1) 脱気、2) 除湿、3) 濃縮、4) 脱離、5) 測定の 5 段階の処理プロセスより構成される。下図に、純水タンク中の極低濃度ラドン測定システムと方法の流れ図、静電捕集型ラドン検出器の特徴を示す。また、各処理

プロセスの効率と校正などの基礎的な試験を実施した。



### 実験結果

純水タンク中の極低濃度ラドン測定システムを用いて、SK 純水中のラドン濃度の測定を実施した。下表に測定結果を示す。RUN# 1, #2 (BLANK) はシステムに純水を流さないバックグラウンド測定であり、GB = 19 (mBq/m<sup>3</sup>) となった。RUN#3, #4, #5 (OD) はSK 外水槽中の深度4 mの純水中の測定である。RUN#6, #7 (Input) は純水装置送り水の純水中の測定である。

$$Q_w = Q_a' (V_a / V_w + \alpha)$$

$$Q_a' = (V_d / V_a) (Q_a - BG) / F$$

$Q_w$  : 純水中ラドン濃度

$Q_a'$  : 脱気後純空气中ラドン濃度

$V_a$  : 脱気純空気の数

$V_w$  : 純水の量

$Q_a$  : ラドン検出器のラドン濃度

$F = F_{\text{mixer}} \times F_{\text{absorption}} \times F_{\text{desorption}} \times F_{\text{decay}}$  : 脱気、濃縮、脱離プロセス効率及びラドン崩壊補正

値。  $\alpha = 0.29$  : ラドンの水に対する溶解度。  $V_d = 0.07 \text{ (m}^3\text{)}$  : ラドン検出器容積。

RUN#3, #4, #5 (OD4m) において、SK 外水槽中の深度4 mの純水中のラドン濃度は、 $Q_w \text{ (OD4m)} = 7.0 \pm 0.6 \text{ (mBq/m}^3\text{)}$  となった。

RUN#6, #7 (Input Water) において、純水装置からの SK 内水槽への送り水の純水中ラドン濃度は、 $Q_w \text{ (OD4m)} = 1.0 \pm 0.2 \text{ (mBq/m}^3\text{)}$  となった。

RUN#	Sample	RUN Time	$V_a$	$V_w$	$^{214}\text{Po}$	$Q_a$	$Q_w$
		(hr)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(CPD)	(mBq/m <sup>3</sup> )	(mBq/m <sup>3</sup> )
*1	BLANK	5	0.66	-	41	21.6	-
*2	BLANK	9	1.16	-	32	16.7	-
3	OD	5	0.67	0.55	105	55.3	7.08
4	OD	7	0.94	0.77	125	65.4	6.53
5	OD	9	1.21	1.00	169	88.2	7.34
6	Input	12	1.78	1.31	60	32.0	1.06
7	Input	27	3.92	2.95	87	45.6	1.03

整理番号