

論 文

トリチウムモニターに対する自然放射能の影響

松 山 政 夫 ・ 三 宅 均 ・ 芦 田 完
市 村 憲 司 ・ 渡 辺 国 昭

富山市五福3190

富山大学トリチウム科学センター

Variation of the background levels of tritium monitors due to natural radioactivity

Masao Matsuyama, Hitoshi Miyake, Kan Ashida
Kenji Ichimura and Kuniaki Watanabe

Tritium Research Center, Toyama University, Gofuku 3190, Toyama 930

(Received January 14, 1983)

Variation of the background levels of tritium monitors due to natural radioactivity in air was measured by means of tritium monitors, each of which was equipped with an ionization chamber as a detector. The background levels of the monitors varied significantly depending on the ventilator-on and -off mode. The decay curve of the radioactivity revealed that the variation of the background levels was mainly the result of ^{222}Rn . The concentration of ^{222}Rn in the laboratory room amounted about $1 \times 10^{-8} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ when the ventilator was not used for a day.

The variation of the background level of a low-background liquid scintillation counter also fluctuated due to the variation of the concentration of ^{222}Rn in air. Although the fluctuation could be partially prevented by weather-stripping the counter, other counterplans such as gas-purging might be necessary in order to measure tritium in a low concentration.

1 緒 言

富山大学トリチウム科学センターでは1日5Ciのトリチウムの使用が許可されており、トリチウムのモニタリングシステムは実験室中のトリチウム濃度を測定するための室内ガスモニター（5台）及び排気中のトリチウム濃度を測定するためのスタックモニター（2

台)より構成されている。

トリチウムから放出されるβ線の平均エネルギーは5.7keVであり、他の放射性同位元素から放出される放射線のエネルギーに比べて極めて低い。また放射線障害防止法に定められた告示別表の空气中濃度値は $2 \times 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ である。このように非常に微弱で、かつ低濃度の気体状トリチウムの放射能は高感度の電離箱により測定されているが、この検出器は天然の ^{40}K 、ウラン系列及びトリウム系列の壊変生成物による放射能の影響を受けやすい。

本報告は当センターに設置されているモニタリングシステムの自然放射能によるバックグラウンドの変動、その原因となる核種及び他の放射能測定装置への影響について調べたものである。

2 測定方法

施設の換気装置の運転及び停止に伴う空気中の自然放射能レベルの変動及びこれに伴う液体シンチレーションカウンターのバックグラウンドレベルの変動を調べた。空気中の自然放射能の測定にはトリチウム濃度測定用として設置されている室内ガスモニター及びスタックモニターをそのまま用いた。これらのモニターは同一の仕様のものであり、検出器は通気式円筒型電離箱(Aloka, RIC-511)で、その内容積は30ℓで気体流量は35ℓ/minである。これらのモニターが設置されていない部屋の濃度は可搬型のルームモニターで測定した。このモニターの検出器(Aloka, MGR-110)は上記のものと同様であるが、内容積は10ℓで流量は5ℓ/minである。

他の放射線測定装置への影響を調べるため、低バックグラウンド液体シンチレーション測定装置(Aloka, LSC-LB1)のバックグラウンドの変動幅も並行して測定した。この時に用いたバックグラウンド測定用試料は、①乳化シンチレーターに水を加えたもの(100cm³テフロンバイアル)、②ジオキサンシンチレーターのみ(100cm³テフロンバイアル)、③乳化シンチレーターに四塩化炭素を加えたもの(20cm³テフロンバイアル)の3種類である。いずれの場合にも1回が50分でサイクルおよびリピート測定(50回)を行なった。

3 結果と考察

Fig.1は空气中放射能の測定結果の一例で、1981年5月1日(金)から5月31日(日)の1ヶ月間の放射能レベルの変動を示したものである。同図(a)は当センターの1階にある高レベル実験室(A)、(b)は2階の反応実験室(B)、(c)は3階の高さに相当するスタックモニターでの結果である。この期間排風機は午前8時30分頃から午後7時頃まで運転され、また日曜日及び祭日は運転を停止した。Fig.1のいずれの結果も排風機の運転中では空气中の放射能

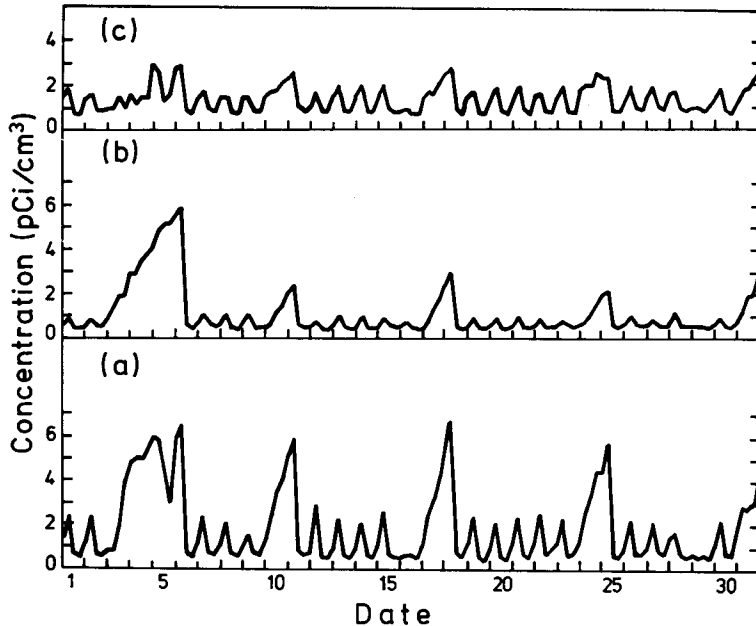


Fig.1 Variation of the radioactivity in the laboratory from May 1, 1981 to May 31 : (a) room A (160m³ and 69m², on the first floor) ; (b) room B (120m³ and 55m², on the second floor) ; (c) stack on the third floor.

レベルは低く、停止と共に上昇し、午前8時頃に最高値になった。また日曜日の最高値は平日の約2倍近くになっている。しかも地上から高い位置になるほど低い値を示している。この傾向は当センターが設立されて以来2年間にわたって同様であった。これらの観測結果より、放射能レベルの変動は排風機の運転時間と密接な関係をもっていることがわかる。更に、この変動は自然放射能に起因することを示唆している。

この原因となる放射性同位元素の核種を推定するために放射能濃度の減衰時間を測定した。その結果が Fig.2 である。これはモニターの指示値が最高になった時に空気の流入を停止し、その後の時間変化を追跡したものである。これより求められた自然放射能の半減期 ($T^{1/2}$) は3.6日であった。この値はウラン系列の ^{222}Rn の半減期 ($T^{1/2}=3.8$ 日) に極めて近く、Fig.1 に示した放射能レベルの変動は ^{222}Rn によるものと結論できる。

^{222}Rn は地中に由来するものの他に、最近では建築材として使用されている石膏ボードから相当量放出されていることが知られている¹⁾。当センターの実験室の天井材としては石膏ボードが使用されており、排風機の停止と共に外気との交換がなくなる。一方スタックはコンクリートのみであり、排風機が停止しても外気との交換が起こる。このために Fig.1 で示されたようなスタックと実験室での ^{222}Rn 濃度に差が生じたものと考えられる。

モニターの指示値はトリチウムに対して目盛りづけされているので ^{222}Rn 濃度を次の

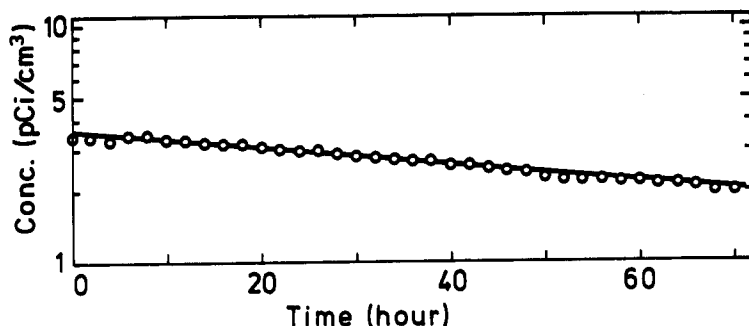


Fig.2 A decay curve of the radioactivity in ambient atmosphere measured by the ionization chamber.

式により換算した。

$$I = 5.9 \times 10^{-15} \text{ KEVA/W} \dots\dots (1)$$

ここで I は電離電流 (A), E は α 線のエネルギー (eV), V は電離箱の容積 (cm^3), A は放射性ガスの濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$), K はエネルギーにより変化する定数, W はイオン対を作るに用する平均エネルギー (ev) である。一例として Fig.1 の(a)図で5月18日の最高値を ^{222}Rn 濃度に換算すると,

$$A = 9.2 \times 10^{-9} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$$

となる。但し, K, E, W, V はそれぞれ, $0.85, 5.5 \times 10^6, 34, 3 \times 10^4$ とした。この ^{222}Rn 濃度は他に報告されている値²⁾に比べ約100倍高く, また障害防止法の告示別表に示されている値 ($1 \times 10^{-8} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$) に極めて近い。

一方, ^{222}Rn は放射源が天井材の石膏ボードであると仮定した場合, 石膏ボードから放出された ^{222}Rn の部屋の濃度を次の式より推定できる³⁾。

$$C_n = C_R \cdot T \cdot f \cdot S \{1 - \exp(-\lambda_n t)\} / V \dots\dots (2)$$

ここで C_n は室内の ^{222}Rn 濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$), C_R は石膏ボードに含まれる ^{226}Ra の量 ($\mu\text{Ci}/\text{g}$), T はボードの厚み (g/cm^2), f は生成した ^{222}Rn が室内に移行する割合, S はボードの面積 (cm^2), V は部屋の容積 (cm^3), λ_n は ^{222}Rn の壊変定数 (sec^{-1}), t は時間 (sec) である。この式を用いて高レベル実験室における月曜日の午前8時の濃度を計算すると, $C_n = 2.6 \times 10^{-9} (\mu\text{Ci}/\text{cm}^3)$ となる。但し, C_R, T, f, S, V の値はそれぞれ $22.7 \times 10^{-6}, 0.96, 0.1, 6 \times 10^5, 1.2 \times 10^8$ とした。この C_n の値はトリチウムモニターの指示値を ^{222}Rn 濃度に換算した結果の約1/4となっている。これは ^{222}Rn の放射源が石膏ボードのみでなく, 床や壁のコンクリート (但し表面はリノリウムで覆われている) から放出されていることを示している。

このような排風機の運転, 停止による放射能レベルの変動が液体シンチレーションのバックグラウンドにどのように影響するかを調べたものが Fig.3 である。(A)は可搬型のルームモニターを液体シンチレーションカウンターの近くに置き, その週辺の空气中放射能濃

度を、また(B)は液体シンチレーションカウンターのバックグラウンドをサイクル測定した結果である。いずれのバックグラウンド試料でも、その変動は室内の放射能濃度とよい相関関係がある。またバイアルの容積が大きいとその影響も著しくなることがわかる。

Fig.4 は液体シンチレーション測定装置内への ^{222}Rn の混入を防ぐために測定装置の空間を目張りして Fig.3 と同様にサイクルで測定した結果である。Fig.3 に比べ変動幅は小さくなっているが室内の濃度変化の影響を受けている様子が見られる。

一方リピート測定にして試料の検出器内への出入りを少なくすると Fig.5 のようになった。リピート測定ではサイクル測定よりも更に変動幅が小さくなっていることがわかる。しかし、まだ僅かに ^{222}Rn の影響を受けている。変動幅を更に小さくするためには装置内の窒素パージが有効であると考えられる。

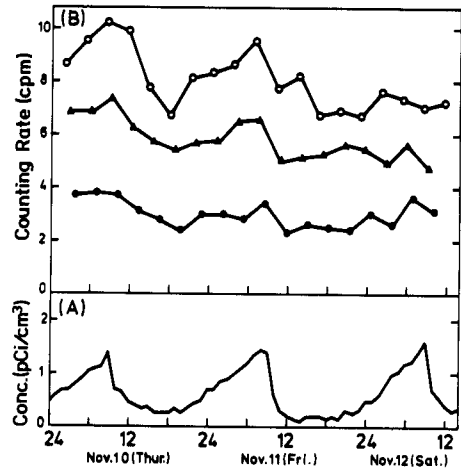


Fig.3 Variation of the radioactivities measured by the liquid scintillation counter (LSC) in the cycle mode and the ionization chamber placed beside the LSC : ○, emulsion scintillator and water (Teflon vial, 100cm³); △, dioxane scintillator (Teflon vial, 100cm³) ; ●, emulsion scintillator and tetrachloromethane (Teflon vial, 20cm³).

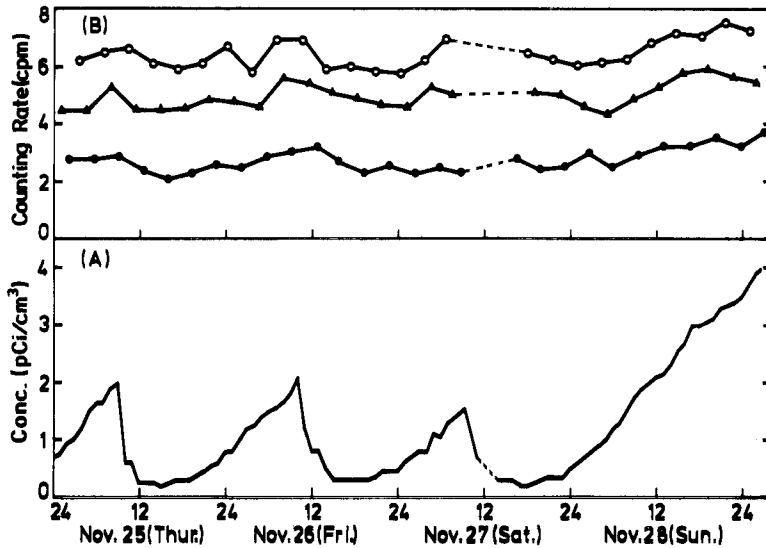


Fig.4 Variation of the radioactivities measured by the weather-stripped liquid scintillation counter in the cycle mode using the same samples in figure 3 (the symbols used).

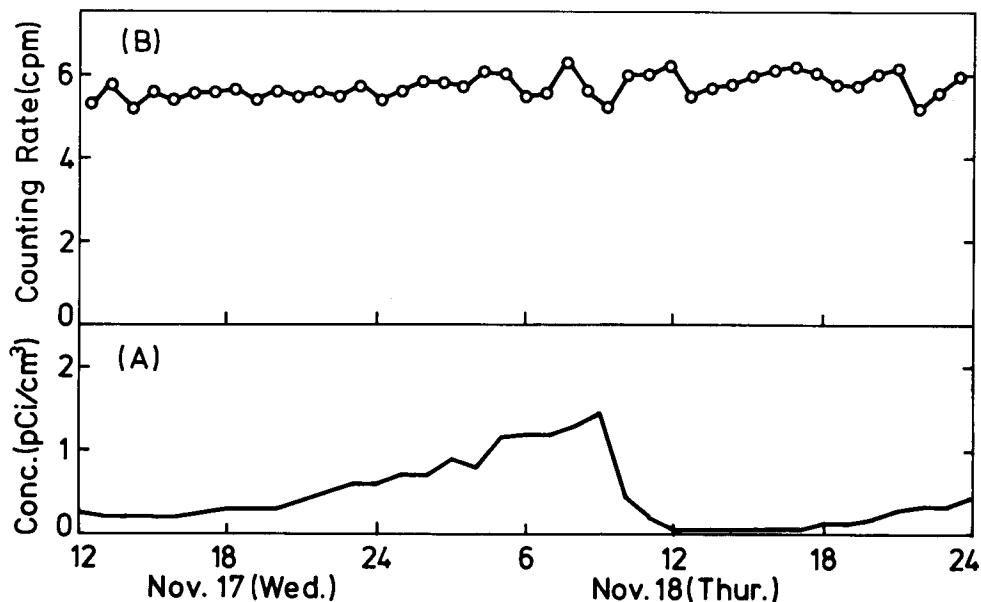


Fig.5 Variation of the radioactivities of the emulsion scintillator and water sample measured by the liquid scintillation counter in the repeat mode and of air in several rooms measured by the ionization chamber.

4 ま と め

- (1) 実験室内のトリチウム濃度測定用モニターの測定結果はトリチウム以外の天然の放射性同位元素によって著しく影響されることが見出された。
- (2) その原因となる天然の放射性同位元素の主たるものは ^{222}Rn であり、その放出源は石膏ボードやコンクリートである。この核種の空気中濃度は約 $10^{-8}\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ に達することもある。
- (3) 液体シンチレーションカウンターのバックグラウンドも ^{222}Rn の空気中濃度により変化する。したがって低濃度のトリチウム試料を測定する場合には自然放射能の変動に対して目張り及び窒素パージ等の対策を講ずる必要がある。

5 謝 辞

液体シンチレーションによるバックグラウンドの測定に多大の御協力をいただいたアロカ (株) の谷耕路氏に感謝します。

文 献

- 1) 下 道国, 加藤隆夫, 池辺幸正; 保健物理, **17** (1982) 119.
- 2) 下 道国, 池辺幸正; 保健物理, **14** (1979) 251.
- 3) 黒澤龍平; Isotope News, No328 (1981) 9.