

II-80

河川水中 ^{222}Rn 濃度測定による地下水浸出地点推定

京都大学 正 員 米田 稔
 京都大学 正 員 井上 頼輝
 京都大学 学生員 滝根 直哉

1. はじめに

河川への地下水浸出地点を推定するため、放射性希ガスである ^{222}Rn の濃度が地下水中で高く河川水中では低くなることを利用する方法がある¹⁾。河川水中 ^{222}Rn 濃度の測定法としてはトルエンに ^{222}Rn を抽出する方法などが用いられているが、測定後のトルエンの処分や試料水の採取に細心の注意を必要とするなど問題点も多い。そのため本研究では空気中 ^{222}Rn 濃度の測定に用いられている活性炭放置積算法を水中 ^{222}Rn 濃度の測定に応用して、この測定法の有効性を検証するとともに、本研究の測定法を実河川に適用して実際に地下水浸出地点の推定を行う。

2. 活性炭放置積算法による水中

 ^{222}Rn 濃度測定

B. L. Cohen らは空気中で拡散バリアを通して外部と接する容器内の活性炭への ^{222}Rn の吸着量を表す式を求めている²⁾。本研究では拡散バリアとしてのポリエチレン膜でできた袋に活性炭を入れて密封し、この袋を水中に沈めたときの活性炭への ^{222}Rn の吸着量を表す式を以下のよう

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{DA}{L} (\bar{C}_0 - \bar{C}_i) - \lambda Q \quad (1)$$

ここで、 Q : 袋内 ^{222}Rn 量 [Bq],

D : 拡散係数 [cm^2/sec], A : 膜

が水と接する面積 [cm^2], L : 膜の厚さ [cm], $\bar{C}_0$: 膜が水と接する面上

での ^{222}Rn 濃度 [Bq/cm^3], $\bar{C}_i$: 膜が袋内空気と接する面上での ^{222}Rn 濃度 [Bq/cm^3], λ : 崩壊定数 [$=2.1 \times 10^{-6} \text{sec}^{-1}$]. $\bar{C}_0$ と $\bar{C}_i$ について、水中 ^{222}Rn 濃度 C_0 と袋内空気中 ^{222}Rn 濃度 C_i との間に次の関係を仮定する。

$$\bar{C}_0 = K_d C_0, \quad \bar{C}_i = K_s C_i \quad (2)$$

ここで K_d , K_s はそれぞれ分配係数である。また活性炭への ^{222}Rn の吸着速度が十分速く、平衡状態に達するまでの時間を無視できるとして次式を仮定する。

$$Q = (km + v) C_i \quad (3)$$

ここで、 k : 吸着係数 [$\text{Bq}/\text{g-charcoal per Bq}/\text{cm}^3\text{-air}$], m : 活性炭質量 [g], v : 袋内空気容積 [cm^3]. (2), (3) 式を(1)式に代入して変形し $t=0$ で $Q=0$ の条件下で解くと、 C_0 が時間的に変動するとき次式が得られる。

$$Q = \frac{PA}{L} \int_0^t C_0(s) \exp[-\lambda(1+\beta)(t-s)] ds \quad (4)$$

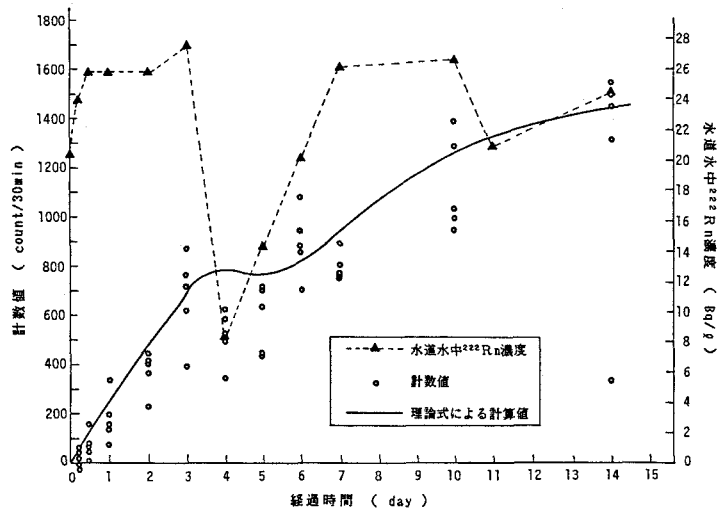


図1 活性炭に吸着した ^{222}Rn による γ 線の計数値と
水道流水中 ^{222}Rn 濃度の経時変化(水温 $15 \sim 16^\circ\text{C}$)

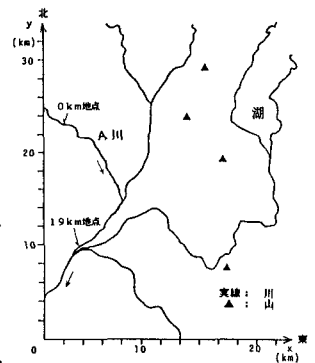


図2 測定河川

ここで $P = DK_d$, $\beta = DAK_s / L\lambda (km + v)$. $C_0 = \text{一定のとき}$ (4) 式は次式となる。

$$Q = \frac{C_0 PA}{L\lambda(1+\beta)} (1 - \exp[-\lambda(1+\beta)t]) \quad (5)$$

よって1に比べて β が十分小さく β を無視できるときは、袋内 ^{222}Rn 量 Q は不確定な要素となりやすい k の値に影響されず PA/L に比例するようになり、 $C_0 = \text{一定のとき}$ は C_0 の定量的測定も可能となる。

3. 水道流水中における検証実験

(4) 式において $1 + \beta = 1$ と近似した式が成立するかどうかを検証するため以下のような実験を行った。①厚さ $L = 0.002\text{cm}$ の低密度ポリエチレンで $3\text{cm} \times 8\text{cm}$ の袋を作り、この中に活性炭 2g を入れて密封したものを多数作る。②①で作成した袋を水道水を流し続けている水槽の中に浸し、ある時間毎に5個ずつ取り出して試験管に入れ密封し、 ^{222}Rn とその娘核種が永続平衡になるように最低数時間放置した後、オートウェルゲナレーターで ^{222}Rn の娘核種である ^{214}Bi から出る γ 線を測定する。③ある時間毎に水道水を採取し、 ^{222}Rn をトルエンに抽出し液体シンチレーションカウンターで測定する方法³⁾、水道水中 ^{222}Rn 濃度を求める。

実験結果を図1に示す。図1中の実曲線は(4)式で $1 + \beta = 1$ とおいたものから計算したものであり、これと計数値 N とが比較的一致していることから、(4)式で $1 + \beta = 1$ と近似した式を用いても実用上はさしつかえないと考えられる。

4. 実河川への適用

図2に示す三方を山に囲まれたある盆地のA川において ^{222}Rn 濃度の測定を行った。 ^{222}Rn 捕集器としては図3に示すものを釣糸をつけてA川に1kmおきに沈め、2週間後回収して活性炭を入れたポリエチレン袋ごとシール容器に入れ密封し、一晚放置した後、高純度Ge半導体検出器で ^{222}Rn の娘核種 ^{214}Pb と ^{214}Bi から放出される352keVと619keVの γ 線を計測し、捕集器回収時の捕集器内 ^{222}Rn 量を求めた。結果を図4に示す。図4より5,6km地点、11,12km地点、17km地点付近に地下水の浸出があることが予想できる。

5. まとめ

本研究では活性炭放置積算法により水中の ^{222}Rn 濃度の測定が可能であること、および本研究の方法を用いた実河川での ^{222}Rn 濃度の測定により地下水浸出地点の推定が可能であることを示した。

(参考文献)

- 1) 木村; 水中のラドンの測定とその応用 (1) 水文学, Radioisotopes 27巻12号, 日本RI協会, 1978
- 2) Cohen B.L. and R. Nason; A diffusion barrier charcoal adsorption collector for measuring Rn concentration in indoor air, Health Physics, 50(4), 457-463, 1986
- 3) 野口; 液体シンチレーションによるRadonの放射能測定, Radioisotopes 13巻5号, 日本RI協会, 1964

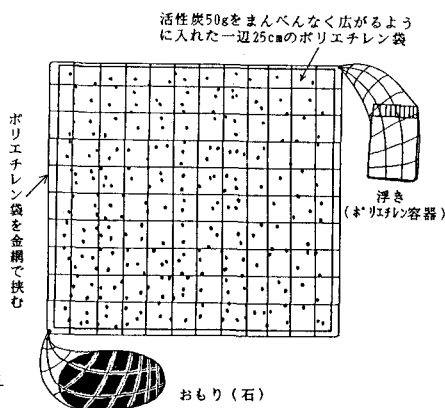


図3 ^{222}Rn 捕集器

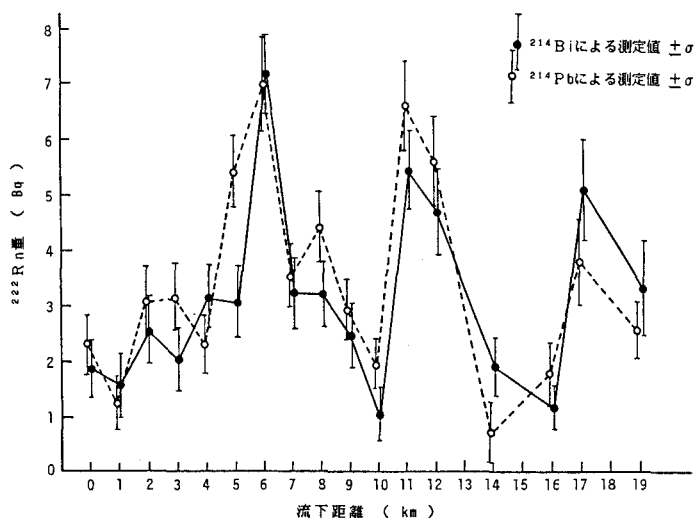


図4 捕集された ^{222}Rn 量と流下距離の関係