

ラドン吸収フィルムを用いた地下水ラドン濃度測定法の特徴と適合性 Features and applicability of a method using polystyrene film to measure radon concentration in groundwater

○吉本周平・土原健雄・石田聡・今泉眞之

YOSHIMOTO Shuhei, TSUCHIHARA Takeo, ISHIDA Satoshi and IMAIZUMI Masayuki

1. はじめに

地下水流動状況の把握や有機溶媒などによる地下水汚染の調査の指標として、ラドン (^{222}Rn) が注目されている。しかし、従来のラドン濃度測定法 (濱田ら, 1997) は、分析のために試料水が 500 mL 必要であるため、採水できる水が僅少な地点では適用が困難であった。このような問題の解決策として、斎藤ら (2003) はポリスチレンフィルム (以下、ラドン吸収フィルム) によるラドン測定法を提案している。この方法は、水量が少ない場合でも測定可能であり、採水困難な地点への適用が期待される。本研究では、フィルムによる地下水ラドン濃度測定法の特徴と有効な適用条件を調べるために、従来法で測定したラドン濃度とフィルムのラドン吸収量との関係を調べた。

2. 研究方法

本研究で使用するフィルムは、共立理化学研究所製 APDLS#1 である (写真1)。フィルムのラドン吸収量は、一定期間設置した後に回収し、速やかに水分を拭き取り、シンチレータを溶解させたトルエン 20 mL に溶かして、液体シンチレーションカウンタで測定した。測定時間は従来法と同様に 1 試料 50 分で、液体シンチレーションカウンタによる検出限界は約 6 Bq kg^{-1} である。一方、従来法によるラドン濃度は、濱田ら (1997) の方法に従った。

実用的なフィルム設置期間を検討するために、農村工学研究所の観測用井戸の孔口からの深さ 14–15 m (以下、深度 15 m) にフィルムを設置し、設置期間を 1–9 日の間で変えながらフィルムのラドン吸収量 A_F を測定した。また、フィルム回収と同時に、採水した地下水試料のラドン濃度 C_W を従来法で測定した。それらの結果から設置期間 t とラドン分配率 $R_t (= A_F / C_W)$ の関係を求めた。

ラドン吸収フィルムによる地下水ラドン濃度測定の現地適用可能性を検討するために、つくば市内の湧水 4 箇所と農工研井戸の水面直下、深度 15 m においてフィルムの設置と回収を行い、フィルムのラドン吸収量と従来法によるラドン濃度を比較した。フィルムは、水中に約 1 週間 (6 日以上 8 日未満) 設置した後に回収し、ラドン吸収量 A_F を測定した。また、同時に従来法でラドン濃度 C_W を測定し、約 1 週間設置したときのフィルムのラドン分配率 R_7 を A_F / C_W として計算した。

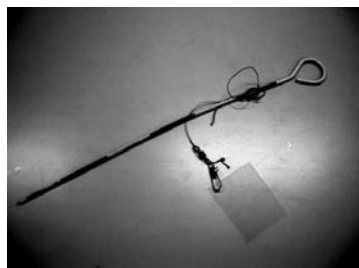


写真1: ラドン吸収フィルムと設置器具
Picture of a setting instrument for the film

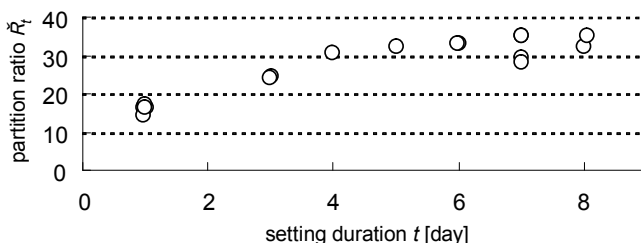


図1: フィルムの設置期間 t と分配率 R_t の関係
Relationship between setting durations t and partition ratio of the film R_t

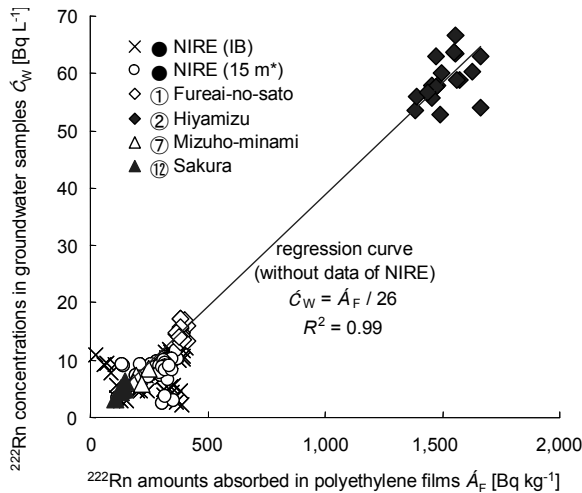


図 2：観測井における地下水位の観測値と水収支サブモデルによる推定値
Observed and computed groundwater levels

表 1：従来法によるラドン濃度 \hat{C}_w と約 1 週間設置したフィルムのラドン吸収量 \hat{A}_F 、分配率 \hat{R}_7 の平均、変動係数
Means and CVs of ^{222}Rn determined by the existing method \hat{C}_w , ^{222}Rn amount absorbed in the films \hat{A}_F and partition ratio \hat{R}_7

Sites	Measurement		\hat{C}_w [Bq L ⁻¹].		\hat{A}_F [Bq kg ⁻¹].		\hat{R}_7 [no unit].	
	Period	Time	Mean	CV	Mean	CV	Mean	CV
ふれあいの里湧水	Aug. 20 th , 2007,– Dec. 24 th , 2007	18	14.9 (±1.2%)	8.8%	390 (±3.7%)	3.3%	26	9.3%
ヒヤミズ	Aug. 27 th , 2007,– Dec. 24 th , 2007	18	58.9 (±0.6%)	6.7%	1500 (±1.7%)	5.5%	26	6.8%
みずほ南湧水	Jan. 28 th , 2008,– Feb. 25 th , 2008	4	6.9 (±1.9%)	17%	210 (±5.4%)	13%	31	14%
桜庁舎湧水	Jan. 14 th , 2008,– Feb. 25 th , 2008	5	4.7 (±2.3%)	24%	130 (±7.7%)	12%	29	15%
農工研井戸 (水面直下)	Jul. 19 th , 2006,– Feb. 14 th , 2008	64*	7.8 (±1.8%)	36%	290 (±5.2%)	32%	45	67%
〃 (深度15 m)	Jul. 19 th , 2006,– Feb. 14 th , 2008	64*	8.5 (±1.7%)	20%	300 (±4.6%)	16%	38	47%

※ 括弧内の百分率は計数誤差の平均値を表す,* 設置期間が6日以上8日未満の範囲にあてはまらないデータは除外している

3. 結果と考察

農工研井戸の深度 15 m におけるフィルム設置期間 t とラドン分配率 \hat{R}_t の関係を図 1 に示す。 t が 4 日を超えると \hat{R}_t がほぼ横ばいになる。フィルムによる測定法を適用する上で、設置期間を 1 週間 (6 日以上 8 日未満) とすれば、回収が 1 日程度前後しても分配率の変化は小さいので実用的である。

湧水および農工研井戸の水面直下と深度 15 m において、フィルムのラドン吸収量 \hat{A}_F と従来法で測定したラドン濃度 \hat{C}_w の関係を図 2 に示す。ラドン濃度の変動が比較的大きい農工研井戸の結果を除外すれば、 \hat{C}_w と \hat{A}_F との間に非常に高い相関 ($R^2 = 0.99$) があり、この回帰曲線は $\hat{C}_w = \hat{A}_F / 26$ と求まる。測定された \hat{C}_w と \hat{A}_F から計算されたフィルムのラドン分配率 \hat{R}_7 の平均と変動係数を \hat{C}_w 、 \hat{A}_F と併せて表 1 に示す。農工研井戸の \hat{R}_7 は、湧水と比較して、変動係数、平均ともに大きい。

本研究の湧水のようなラドン濃度が安定している地点で従来法によるラドン濃度とフィルムのラドン吸収量を測定して回帰曲線を作成し、分配率 \hat{R}_7 を求めれば、 $\hat{C}_w = \hat{A}_F / \hat{R}_7$ としてフィルムのラドン吸収量 \hat{A}_F からラドン濃度 \hat{C}_w を算定できる。一方、農工研井戸のようにラドン濃度の変動が大い地点では、 \hat{R}_7 のばらつきが大きくなるので、回帰直線を作成する際に除外すべきである。

4. おわりに

今後の研究によって、フィルムによって測定されるラドン濃度が一時的な変動ではなく設置期間の平均的な濃度であることを確認するとともに、誤差や適用条件を明らかにする必要がある。

謝辞 本研究は、文部科学省科学研究費補助金 (若手研究 B, 課題番号 19710021) の助成を受けたものである。本研究の実施において、湧水の所有者に採水およびフィルムの設置を快く許可して戴いた。ここに記して感謝申し上げる。

引用文献 1) 濱田ら (1997) 農工研報告, 36, 17-50. 2) 斎藤ら (2003) *Radioisotopes*, 52(10), 483-489.