

1. 基本情報

区分	農地	担当者名	井上隆信、横田久里子
タイトル (英文)	Vertical migration of ^{60}Co , ^{137}Cs and ^{226}Ra in agricultural soils as observed in lysimeters under crop rotation.		
タイトル (和文)	輪作下のライシメーターにおける農地土壌中のコバルト 60、セシウム 137、ラジウム 226 の垂直分布		
キーワード	Migration; ^{60}Co ; ^{137}Cs ; ^{226}Ra ; Ploughed soil; Convection-dispersion model		
著者	Shinonaga T.; Schimmack W.; Gerzabe M.H.		
文献	Journal of environmental radioactivity, 79 (2), p.93-106, 2005		

(1) 対象地域

調査対象のライシメーターはオーストリアに位置し、夏は暑く、冬は湿度が高い半乾燥の気候である。ライシメーターのサイズは $1 \times 1 \times 0.75 \text{ m}$ であった。15 cm の砂利の排水層がそれぞれのライシメーターの底部に設置されている。4 つのライシメーターには、1989 年と 1990 年に採取された異なる土壌がそれぞれに入っている。各ライシメーターの Ap 層 (0-20 cm) の土壌の性質は Table 1 に示されている。

サンプリングはそれぞれのライシメーターから 3 ヶ所ずつ行った。サンプリングした 3 ヶ所はライシメーター内で正三角形になるように配置され、1 ヶ所だけ深さが異なった。

(2) 重要な図表

放射性物質の垂直分布は、一次元の対流-分散輸送の微分方程式を用いて評価された (1)。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v \frac{\partial C}{\partial x} \quad (1)$$

ここで、 C は土壌溶液中の濃度 (Bq cm^{-3})、 t は時間 (a)、 x は土壌深度 (cm) である。溶質のみかけの輸送速度 v (cm a^{-1})、みかけの分散係数 D ($\text{cm}^2 \text{ a}^{-1}$) は一定である想定である。溶質の吸着等温線は、 $S = K_d C$ で表される想定である。ここで、 K_d は分配係数、 S は溶質の吸着画分の濃度である。この時、 v は浸透水の速度 v_w と遅延係数 R_D によって $v = v_w R_D$ で、 D は水の分散係数 D_w と R_D によって $D = D_w R_D$ で求められ、(2) 式が成り立つ。

$$R_D = 1 + \frac{\rho}{\theta} K_d \quad (2)$$

ここで、 ρ はかさ密度、 θ は土壌水分含量である。

Fig.2 には、1999 年の土壌 I における ^{137}Cs 活性の深度分布を示した。ひとつのライシメーター内での空間的変化は大きかった。

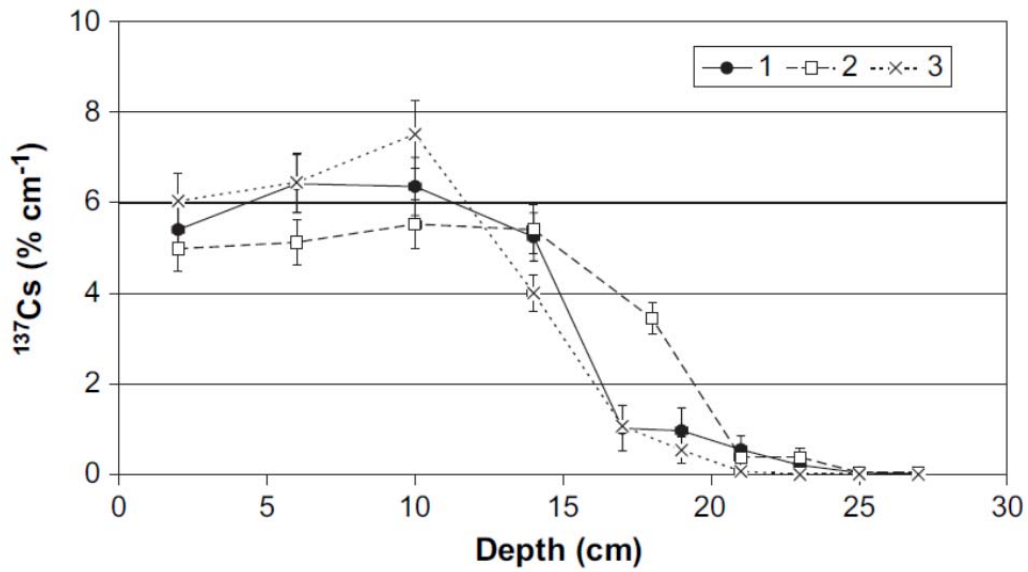


Fig. 2. Depth distribution of the activity of ¹³⁷Cs in the three pits (1–3) of soil I in 1999. The activity is given as percentage of the activity applied to the lysimeter in 1990 per cm soil layer.

Table 2には、1990-1999年の20 cmのAp層を想定して、対流分散モデルによって評価された4つのライシメーター土壌における各放射性物質のみかけの輸送速度 (v) と分散係数 (D) が示されている。¹³⁷Csの輸送速度は最大で 0.3 cm a^{-1} で、0も見られた。一方で分散係数は大きく、¹³⁷Csでは最大で 3.1 cm a^{-1} であった。輸送速度と分散係数の間に関連性はなく、独立性を示した (ピアソンの相関係数 $r=0.03$ 、スピアマンの相関係数 $R=-0.08$ 、 $p>0.05$)。

蒸発散率が高く、浸透水の量も小さかったことにより、 v が小さくなったと考えられた。耕作期間中は下方への対流はないと考えられ、冬期期間中は浸透水が少なかったために浸透速度も小さかった。 v は土壌タイプによる有意な違いは見られなかったが ($p>0.05$)、 D はIVの土壌タイプで他の土壌よりも高くなった ($p<0.01$)。これは、土壌IVの不均一性が他の土壌より高かったためであると考えられた。

Table 2

Estimated apparent migration velocity v (cm a^{-1}) and apparent dispersion coefficient D ($\text{cm}^2 \text{a}^{-1}$) of ^{60}Co , ^{137}Cs and ^{226}Ra in the four soils (plough depth in cm) of the lysimeters evaluated by a convection–dispersion model, assuming a constant thickness of the Ap horizon of 20 cm during the migration period from 1990 to 1999

Soil/pit	^{60}Co			^{137}Cs			^{226}Ra		
	v	D	RSS	v	D	RSS	v	D	RSS
I/1	0.1	0.2	2.1	0.1	0.1	2.3	0.1	0.2	2.3
I/2	0.3	1.0	1.7	0.3	1.1	1.7	0.0	1.5	6.6
I/3	0.3	2.3	2.3	0.3	2.4	1.6	0.3	3.6	0.8
II/1	0.3	4.3	1.7	0.3	2.0	2.4	0.4	2.2	2.1
II/3	0.0	0.6	3.5	0.0	0.4	3.1	0.0	0.8	6.1
III/2	0.0	1.4	1.5	0.0	1.4	1.3	0.0	1.7	2.5
III/3	0.3	0.2	1.6	0.3	0.2	1.1	0.3	0.2	1.7
IV/1	0.2	5.0	0.9	0.0	3.1	2.3	0.2	4.9	1.0
IV/2	0.0	2.5	3.0	0.0	2.4	2.8	0.0	4.6	1.5
IV/3	0.0	2.2	1.1	0.0	2.0	1.2	0.0	3.6	1.6

RSS = residual sum of squares ($(\% \text{ cm}^{-1})^2$).

2. 提言につながる情報

(1) モニタリングへの活用

該当なし。

(2) 流出挙動・経路

Ap 層の厚さや Ap 層の境界線の位置は、耕作土壌での移行モデルにおいて重要なパラメーターの一つである。

一般的に、溶質の輸送速度の小ささは、土壌への溶質の吸着性が高いことによる遅延の大きさを示す。本文献で求めたかく乱土壌での¹³⁷Csの移動速度を未かく乱土壌と比較した場合、熱帯雨林や永続的な牧草地のような異なる生態系においても非常に小さい移動速度であることが報告されている (Bossew and Strebl, 2001 ; Schuller et al., 1997 ; Szerbin et al., 1999 ; Bunzl et al., 2000)。その一方で、¹³⁷Csの高い移動性を示す報告もある (e.g. Arapis et al., 1997 ; Ho`lgye and Maly, 2000 ; Ru`hm et al., 1996 ; Schimmack et al., 1997 ; Strebl et al., 1996 ; Velasco et al., 1997)。これは、放射性物質の移動が土性、水環境、有機物、植物根のような多くの土壌パラメーターに依存するためである。

(3) 除染の際の留意点

該当なし。

(4) 担当者のコメント

未かく乱土壌ではなくより実際の農地に近いライシメーター土壌を用いて移動係数を求めている点で有用である。本文献は蒸発散量が高いため結果を一般化することは難しいが、条件の異なる土壌と同様に¹³⁷Csの移動速度が小さいとの結果が得られている点でも参考になりうる。