

# 放射性セシウムの農耕地土壌への収着・固定能について

## Sorption and fixation of radiocesium in agricultural soils

○石川奈緒 内田滋夫 田上恵子

○Ishikawa Nao, Uchida Shigeo, Tagami Keiko

### 1. はじめに

セシウム (Cs) の放射性同位体である  $^{135}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  は、放射性廃棄物の処理・処分に伴い今後環境中に放出される可能性がある。環境中においてこれらの放射性核種が農耕地土壌から作物に移行し、さらに作物を摂取することにより人体へと移行する経路が考えられる。したがって、放射性Csの土壌環境中での挙動を明らかにしなければならない。一般にCsは土壌中に強く収着することが知られており、特にイライトのような2:1型の非膨潤性粘土鉱物は選択的に $\text{Cs}^+$ や $\text{K}^+$ を固定するサイトを持っている。一度固定されたCsはほとんど土壌溶液中に出てくることはないと考えられる。したがって、新たに添加されたCsがどのくらい土壌に固定するのかわかることは、植物へのCsの移行や、固定化されない部分、すなわちCsの土壌中における易動性についての知見を得ることにつながり、長期的な評価を行う場合に有益である。これまで、土壌へのCsの収着・固定量と高い相関のある土壌特性は報告されていない。そこで本研究では、農耕地土壌へのCsの収着・固定能についてバッチ収着実験と逐次抽出実験を行い、さらに土壌特性との関係についても検討した。

### 2. 実験方法

#### ・ 試料採取

日本全国の水田30地点、畑29地点 (Andosol 21, Cambisol 12, Flubisol 26) から表層土壌 (地表0-20 cm) を採取し、風乾後2 mmのふるいを通して実験に使用した。土壌群毎のpH、粘土含量、全炭素含量の幾何平均値について表1に示す。また、和田ら\*によるX線回折法を用いて、土壌中の粘土鉱物組成の分析を行った。その際、イライトを示す回折ピークの強度について、ある土壌を1とした場合の相対イライト含量を、各土壌中のイライト含量を示すものとして求めた。

#### ・ バッチ収着実験

30 mLのポリ瓶に風乾土壌1 gと超純水10 mLを加え、120 rpm, 23°C条件下で24時間振とうした。その後、約20 kBqの $^{137}\text{Cs}$ をCsClとして添加した。さらに7日間、予備振とう時と同様の条件で振とうし、収着平衡に達した後、3000 rpmで10分間遠心分離し、上澄み液を0.45  $\mu\text{m}$ のメンブランフィルターでろ過した。ろ液の $^{137}\text{Cs}$ の放射能濃度をNaIシンチレーションカウンターで測定し、土壌-土壌溶液分配係数 ( $K_d$ ) を次式から求めた。

$$K_d = \frac{(C_i - C_e) \cdot W_l}{C_e \cdot W_s}$$

ここで $C_i$ は $^{137}\text{Cs}$ の初期濃度(Bq/L)、 $C_e$ は収着平衡後のろ液中の $^{137}\text{Cs}$ 濃度(Bq/L)、 $W_l$ 、 $W_s$ はそれぞれ溶液の容量(L)と風乾土壌質量(kg)である。

---

放射線医学総合研究所 National Institute of Radiological Sciences

#### ・ 逐次抽出実験

Csの土壌への固定の程度を調べるため、バッチ収着実験後の固相を用いて、逐次抽出実験を行った。<sup>137</sup>Cs収着後の土壌が入っているポリ瓶に 0.05 M CaCl<sub>2</sub>を 10 mL入れ、24 時間振とうし、Ca交換態画分を抽出した。さらにその後、残った固相に 1.6 M Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>を 10 mL加え、24 時間振とうし、ピロリン酸抽出画分を抽出した。最終的な残渣に含まれるCsは、土壌中の粘土鉱物により土壌に固定した画分であると考えた。土壌へのCs固定率(Fix.Cs)は、次式から求めた。

$$\text{Fix.Cs} = \left(1 - \frac{Q_{Ca} + Q_P}{Q_i}\right) \cdot 100 (\%)$$

ここで、 $Q_i$ はバッチ収着実験の固液分離の際の固相中<sup>137</sup>Cs量(Bq)、 $Q_{Ca}$ はカルシウム交換画分<sup>137</sup>Cs量(Bq)、 $Q_P$ はピロリン酸抽出画分<sup>137</sup>Cs量(Bq)である。

### 3. 実験結果と考察

Csの $K_d$ 値はAndosolが 550~35730 L/kg(幾何平均値 2910 L/kg)、Cambisolが 380~16640 L/kg(幾何平均値 3580 L/kg)、Fluvisolが 270~21700 L/kg(幾何平均値 3030 L/kg)であり (図1)、土壌群による $K_d$ 値の差はなかった (t検定より)。また、表2に示すように、土壌群ごとに $K_d$ 、Fix.Csと粘土含量、相対イライト含量との関係についてSpearmanの順位相関を用いて検討した。その結果、どの土壌群でも相関が見られたのは $K_d$ と相対イライト含量であったが、Fluvisolでは相関が非常に低い。さらに、CambisolではFix.Csと相対イライト含量の相関が非常に高く、イライト含量がCs固定の重要な影響因子であることがわかった。一方Andosolでは、粘土含量、相対イライト含量とともにFix.Csと相関が見られないが、これはAndosolが他の2土壌群より多くの土壌有機物を含んでおり、この土壌有機物が粘土鉱物へのCsの接触を妨げていると考えられる。

謝辞：本研究は、資源エネルギー庁放射線廃棄物共通技術開発調査費の予算により行われた。

\*和田光史，粘土鉱物の同定および定量法，土肥誌，37，9-17 (1966)

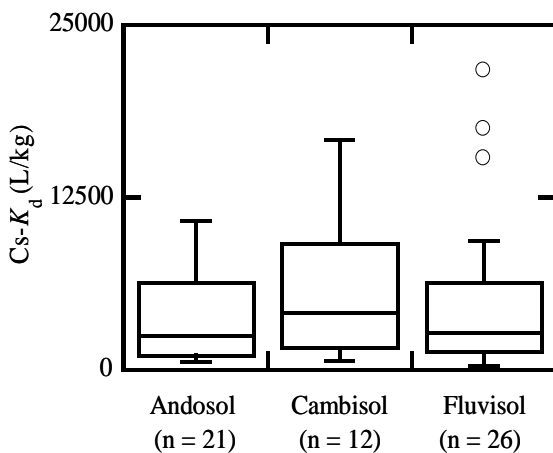


図1 土壌群ごとの $K_d$ 値の範囲

表1 土壌の理化学特性

土壌分類		pH	粘土含量 (%)	全炭素含量 (%)
Andosol (n = 21)	GM†	6.1	17.3	4.6
	Min	5.0	8.9	1.3
	Max	7.4	47.2	10.8
Cambisol (n = 12)	GM†	5.8	30.1	2.1
	Min	4.8	20.1	0.8
	Max	7.2	50.6	4.1
Fluvisol (n = 26)	GM†	5.9	27.1	2.4
	Min	5.0	13.5	1.6
	Max	6.9	50.8	4.7

† GM: Geometric Mean

表2  $K_d$ 、Fix.Csと土壌特性の順位相関係数 ( $R_s$ )

		$R_s$		
		Andosol	Cambisol	Fluvisol
$K_d$ (L/kg)	粘土含量	-	-	0.58 ( $p < 0.005$ )
	相対イライト含量	0.66 ( $p < 0.001$ )	0.80 ( $p < 0.005$ )	0.41 ( $p < 0.05$ )
Fix.Cs (%)	粘土含量	-	-0.76 ( $p < 0.005$ )	-
	相対イライト含量	-	0.88 ( $p < 0.001$ )	0.68 ( $p < 0.001$ )