

土壌中放射性セシウムの長期的挙動について

— 降水を用いた加速実験の試み —

松沢雄貴^{1,2}・細井要一^{1,3}・今井万治朗^{1,4}・渡辺哲子¹

平成 23 年 3 月に発生した福島第一原子力発電所の事故により大気中に放出された放射性核種は、本県にも到達し土壌への沈着も確認されている。

土壌に沈着した放射性核種はその多くが土壌に強く吸着しているが、長期的な移行実態はまだ明らかになっていない。

そこで今回、実験室内において、カラムを用いて土壌環境と降水を疑似的に再現することとし、更に実際の雨水を用いた加速実験を行うことで、放射性核種（放射性セシウム：以下 Cs）の長期的挙動に関して調査したので、その概要について報告する。

キーワード：放射性セシウム、土壌、降水、カラム、加速実験

1 はじめに

これまでに県内で土壌に関する調査は、斉藤らの土壌調査¹⁾、及び環境放射能水準調査（以下、水準調査）地点での筆者らによる深度別調査²⁾を行っており、県内土壌にも事故由来の放射性物質が沈着していることが判明している。

深度別調査では、同一地点で 2 年間実施した結果を比較しても土壌中の放射性の移行は明確には認められなかったが、¹³⁷Cs は半減期が約 30 年と長いため、土壌中の移行、浸透、植物への移行など、長期間の影響について調査する必要がある。

今回、土壌を充填したカラムと実際の雨水を用いて、通水量を降水量から増加した加速実験を行い、¹³⁷Cs の長期的挙動について検討を行った。

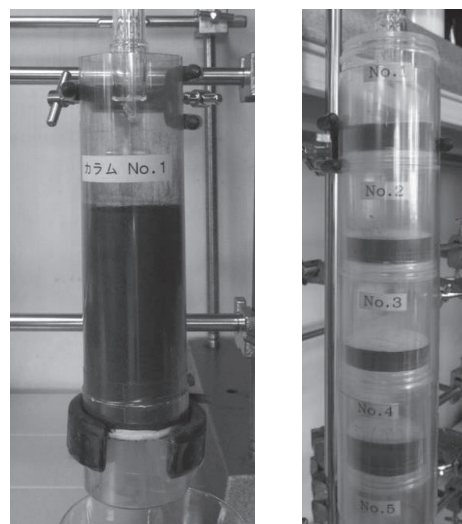


図1 筒カラム（左）、U8カラム（右）

2 調査方法

2.1 土壌充填カラム

（株）藤原製作所製の採土器用プラスチック製円筒を加工し、10cm 厚で土壌を充填したカラム（図 1 左：以下、筒カラム）と、筒カラムの結果を予測するために放射能測定用の U 8 容器に 1cm 厚で土壌を充填したものを 5 段重ねたカラム（図 1 右：以下、U 8 カラム）を作成した。両カラムとも内径は約 49mm である。

土壌は、原子力規制庁から当県が受託している環境放射能水準調査の土壌採取地点である長野市上ヶ屋でこれまでの深度別調査として採取し、異物除去、乾燥等の前処理後に保管しておいた試料を用いた。

筒カラムは、先の深度別調査で ¹³⁷Cs が 100Bq/kg 程度検出された土壌を混合し均一化して上層 6cm に、検出下限値約 2Bq/kg で不検出となった土壌を混合し下層 4cm に充填した。通水後の分画作業で上下層の境界を明確にするため、ステンレスメッシュを挟み、2 本作製した。

1 長野県環境保全研究所 循環型社会部 〒380-0944 長野市安茂里米村 1978

2 現：長野県松本地域振興局 環境・廃棄物対策課 〒390-0852 松本市大字島立 1020

3 現：退職

4 現：長野県諏訪保健福祉事務所 食品・生活衛生課 〒392-8601 諏訪市上川 1 丁目 1644-10

U 8 カラムは通水のため下部に穴を開けた U 8 容器に、厚さ約 1cm となるように土壌を充填した。上の 3 段には筒カラムと同様に ^{137}Cs が検出された土壌、下 2 段は不検出の土壌を用いて作成し、通水前に土壌の重量を測定し、開始前の測定を実施した。U 8 カラムは 2 本を並行して 2 年間実施した。

両カラムとも、土壌の流出防止と形態保持の為にガラス繊維ろ紙（アドバンテック東洋(株)GA-100）をカラム内径サイズに調整して使用した。筒カラムでは土壌の上部とカラム最下部に各 1 枚、U 8 カラムは各段ごとに同様に上下各 1 枚を使用した。

なお、半減期の短い ^{134}Cs はカラム作成時点で不検出となる場合もあることから、 ^{137}Cs についてのみ検討することとした。

2.2 雨水の通水

当所屋上に直径 28.5cm のプラスチック製容器 4 個を置いて雨水を採取した。200mL の水で各容器を洗浄しながら雨水を集めて計量し、容器面積から降水量を算出した。ゴミ等の浮遊物を除去後、降水量の 10 倍の水量をカラムに通水した。

通水量は、2018 年度が 16,916mL、2019 年度が 17,564mL であった（表 1）。

表 1 カラム通水量(mL)

月	2018 年度		2019 年度	
	通水量	回数	通水量	回数
4 月	1570	5	810	6
5 月	1558	7	1433	5
6 月	937	6	2119	7
7 月	2418	3	2818	5
8 月	658	6	1465	5
9 月	4381	8	600	2
10 月	1360	5	4967	5
11 月	161	1	229	2
12 月	853	7	436	2
1 月	1134	5	1144	4
2 月	398	3	868	2
3 月	1489	9	675	3
合計	16916	65	17564	48

2.3 放射性物質測定

^{137}Cs の測定は、ゲルマニウム半導体検出器（セイコー・イーザーアンドジー(株)製 GEM25-70）を用い、測定の基準日は全て実験開始日の 2018 年 4 月 1 日 9 時、測定時間は 8,000 秒とした。

筒カラムは 1 年間及び 2 年間の通水終了後に 1cm 厚ごとに切断・分画して測定を行った。

U 8 カラムは 1 月分の通水が終わった時点で分解し、そのまま各段を測定した後、再度組み立てて通水を継続した。

両カラムからの浸出水は 1 月単位で集めて濃縮し、測定を行った後、更に通水した浸出水を併せて測定を継続した。

3 結果及び考察

筒カラムの各分画の ^{137}Cs の測定結果を図 2 及び図 3 に、U 8 カラムの ^{137}Cs の連続測定結果を図 4 に示す。なお、筒カラム、U 8 カラムからの浸出水については、全て不検出であった。

筒カラムでは通水 1 年経過後に分解した結果、検出した土壌を充填した直下の 6~7cm 分画では 5.2Bq/kg 検出されたが、その下 3cm の各分画はいずれも不検出であった（図 2）。

2 年経過後の結果では、直下の 6~7cm から 9~10cm の最下層まで全ての分画で検出された。6~7cm 分画では 12.3Bq/kg 検出され、1 年経過後よりも高く、筒カラム内での下層への移行が認められた（図 3）。

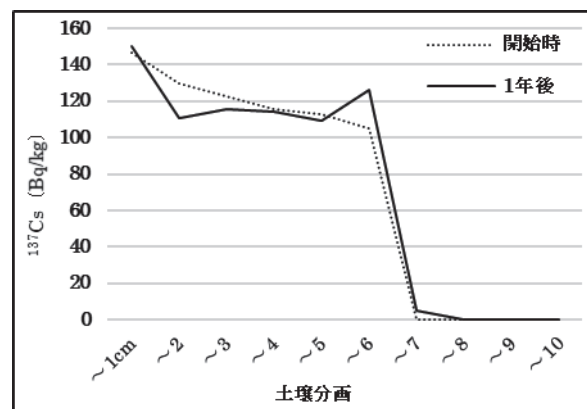


図 2 筒カラム 1 年通水後の土壌 1cm 毎の ^{137}Cs 測定結果

U8カラムでは不検出土壌を充填した下2段のいずれも2年間通水しても不検出のままであった(図4).

筒カラムとU8カラムの結果が異なった理由として、今回の実験では土壌上下にガラス繊維ろ紙を使用した。筒カラムでは上下各2枚だけであるのに対し、U8カラムでは各段ごとに上下各1枚を使用している。筒カラム内では微細な土壌が下層に移動する可能性があるのに対し、U8カラムではろ紙によって移動が各層の土壌内に制限され、下段まで移動しなかった可能性が考えられる。

降水の性状、特にpHによる影響については、環境省告示第46号「土壌の汚染に係る環境基準」付表の重金属に係る方法に準じ、溶媒として用いる水のpHを変化させて溶出を行い、得られた検液に含まれる¹³⁷Csを確認した。

塩酸及び水酸化ナトリウムでpH2から12まで調製した水を用いたが、いずれも¹³⁷Csは不検出であった。使用した土壌中の濃度から土壌全量に含まれる¹³⁷Cs量を求め、検液の検出下限値を用いて溶出率を算出すると0.5%程度以下と低い溶出量であった(表2)。

4 まとめ

土壌中の放射性Csの挙動について、実際の降雨を用いたカラム実験を行ったが、溶出量は非常に少なく、土壌に強固に吸着していると思われる。通常の降雨程度のpHでは土壌から溶出することもなく、長期的な土壌中での移行は少ないと考えられる。

放射性Csの環境中における挙動については、キノコや山菜などから依然として高濃度に検出される事例が確認されており、植物等による土壌からの吸収など未だ不明な点もあることから、今後も注視が必要である。

文献

- 1) 齊藤憲洋・中込和徳・細井要一(2013)長野県における放射性セシウムの降下量調査, 長野県環境保全研究所研究報告,9:41-46
- 2) 細井要一・酒井文雄・鹿野正明・松沢雄貴・師岡巧(2018)放射性セシウムの土壌中濃度分布, 長野県環境保全研究所研究報告,14:1-5

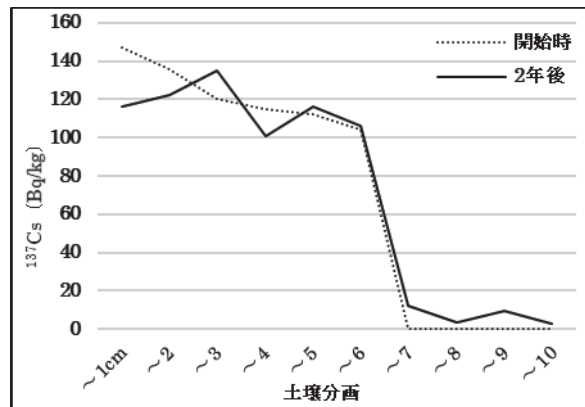


図3 筒カラム2年通水後の土壌1cm毎の¹³⁷Cs測定結果

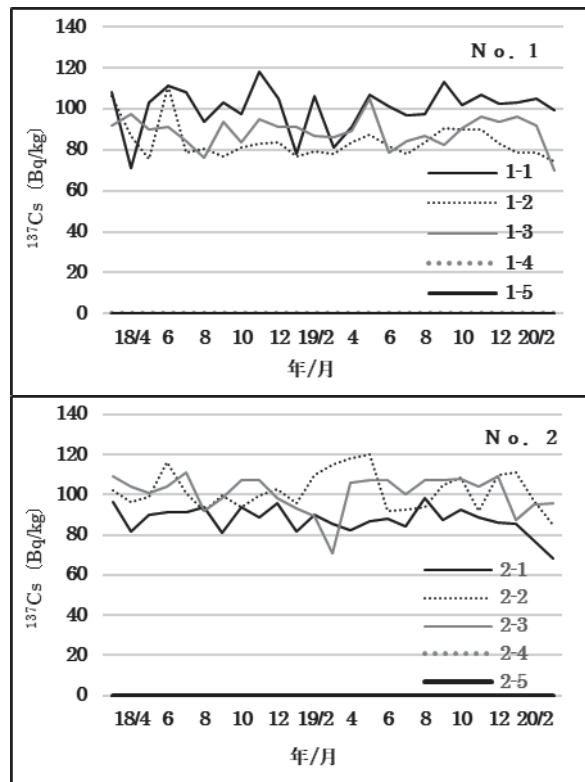


図4 U8カラム各段の¹³⁷Cs測定結果

表2 土壌中¹³⁷Cs溶出試験結果

溶媒 pH	土壌 含有量 (Bq)	振盪後 pH	検液 含有量 (Bq)	溶出率 (%)
2	6.2	3.6	<0.030	0.48
3	5.8	4.3	<0.029	0.50
未調整	5.5	4.6	<0.031	0.56
12	5.7	5.7	<0.029	0.51

Long-term behavior of radioactive cesium in soil -Attempt of accelerated experiment using precipitation-

Yuki MATSUZAWA^{1,2}, Yoichi HOSOI^{1,3}, Manjiro IMAI^{1,4} and Tetsuko WATANABE¹

1 *Recycling Society Division, Nagano Environmental Conservation Research Institute, 1978 Komemura, Amori, Nagano 380-0944, Japan*

2 *Present address: Environment and Waste Management Division, Matsumoto Regional Development Bureau, 1020 Shimadachi, Matsumoto 390-0852, Japan*

3 *Present address: Retirement*

4 *Present address: Suwa Health and Welfare Office, 1-1644-10, Kamigawa, Suwa 392-8601, Japan*