

1. 3. 1. 2 土壌に添加された Cs 及び I の形態変化と植物吸収

Aging Effect on Speciation and Soil-to-Plant Transfer of Cs and I in Soil

武田 晃, 塚田 祥文, 高久 雄一, 久松 俊一
環境動態研究部

Akira TAKEDA, Hirofumi TSUKADA, Yuichi TAKAKU, Shun'ichi HISAMATSU
Department of Radioecology

Abstract

Aging effect of radionuclides in soil after deposition is an important factor for their speciation and soil-to-plant transfer. Radiocaesium and radioiodine released from nuclear fuel reprocessing plants are important radionuclides for the assessment of radiation exposure for the public. We have already reported the aging effect of Cs and I in an Andosol soil sample collected from grassland in Rokkasho where a large-scale spent nuclear fuel reprocessing plant is located. From FY 2009, the effect of fertilizers on the aging was examined using the soil sample. The soil sample was mixed with a composite chemical fertilizer, which had the recommended N-P-K composition, and then stable Cs or I was added. The sample was put into plastic pots, and then stored in an artificial climate chamber. Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) was cultivated in the pots for 28 d several times during the storage period, and the soil-to-plant transfer factors of Cs and I were determined. Extractability of the target elements from a portion of the soil in the cultivation pots by pure water or 1 M ammonium acetate solution for Cs, and only pure water for I was occasionally determined.

In FY 2009, the soil-to-plant transfer factors and extractability of Cs and I were measured up to 113 d after their addition. In FY 2010, we continued the experiment until 512 d after the addition. The transfer factor of both target elements rapidly decreased with time up to approximately 100 d after the addition, and then the decrease became slower thereafter. At the early stage, the transfer factor of I added in the form of I^- decreased faster than when added as IO_3^- . The decreasing patterns of the transfer factor were approximated with a combination of two exponential functions, and regression results, which are usable for modeling of temporal change of the transfer factor, were obtained for both target elements. The decreasing patterns of the extraction yield with pure water and ammonium acetate solution for Cs, and with pure water for I, were similar to those of their transfer factors.

Although the transfer factors of Cs observed in the soil with the fertilizer application were generally lower than those without the application, a statistically significant difference was observed in them only at 86 - 113 d after the addition of Cs. The effect of the fertilizer application on the transfer factor of I after addition as both I^- and IO_3^- was opposite that on Cs. The transfer factors of I with the fertilizer application were generally higher than those without the application during the experiment. Although the statistically significant differences at several cultivation stages after the addition were observed, further study is required to elucidate the effect of fertilizer on behavior of Cs in soil.

1. 目的

土壌に沈着した放射性核種は多様な形態を取って

存在し、その存在形態によって、土壌中における挙動、土壌から植物への移行が大きく異なる。一般的

には沈着直後が最も植物等に取り込まれ易く、その後、土壌中で物理的・化学的变化を受け、植物等に吸収されにくい形態を取る。このため、沈着後の植物への移行性の変化を明らかにすることは、現実的な被ばく線量評価のために必要となる。そこで、本調査では放射性Cs及びIの植物による経根吸収率の経時的変化を明らかにすることを目的として、安定元素を用いた実験を行った。

平成19～20年度は、Csを添加した土壌については添加後12ヶ月から20ヶ月まで、また、Iを添加した土壌については添加後7ヶ月まで、土壌－牧草間移行係数及び抽出率の経時的変化を求めた。平成21年度に、施肥を行った土壌にCs及びIを添加し、添加後4ヶ月までの期間について、土壌－牧草間移行係数及び抽出率の経時的変化を追跡した。平成22年度には、平成21年度にCs及びIを添加した土壌を対象に、添加後17ヶ月までの変化を引き続き追跡した。得られた結果を用いて、Cs及びIの土壌－牧草間移行係数の経時的減少を近似する関数を導出し、無施肥土壌における結果との比較を行った。本報告では、平成21年度からの結果を含めて示す。

2. 方法

六ヶ所村内の牧草地から採取した土壌をポットに200 g充填し、青森県の年間施用量の基準に相当するように、土壌1 g当り窒素肥料0.24 mg-N、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ）、リン肥料0.16 mg- P_2O_5 、 $(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2\text{H}_2\text{O})$ 、カリ肥料0.16 mg- K_2O 、 (KCl) の試薬をそれぞれ純水に溶解し添加した。比放射能を変えて行った放射性トレーサの短期間の実験結果を考慮し、本実験における安定Cs及びI(I^- 又は IO_3^-)の添加濃度をそれぞれ1 mg kg^{-1} -乾 及び 20 mg kg^{-1} -乾とした。元素添加後の土壌に、人工気象チャンバー内で2週間毎に最大容水量の60%になるように純水を加えた。オーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.)を、元素添加後2、30、86、219、338及び485日目に播種してそれぞれ28日間栽培し、植

物への移行係数を求めた。また、元素添加後0、2、8、24、51、107、240、359及び506日目に土壌を採取し、Csについては純水と酢酸アンモニウム溶液、Iについては純水による抽出を行い、添加したCs及びIの土壌からの抽出率を調べた。

土壌中抽出画分中の添加元素濃度は、添加土壌と対照土壌との差として求めた。また、添加元素の土壌中濃度に対する植物地上部中濃度の比として移行係数を算出した。

3. 成果の概要

土壌－牧草間Cs移行係数は時間経過とともに減少したが、添加後約100日経過した後はほぼ一定の値を示した。施肥土壌において得られた移行係数は実験期間の後半において無施肥土壌の値と比べて低い傾向が見られ、3回目の栽培において統計学的有意差 ($p<0.01$) が認められたが、両者の移行係数は概ねファクター2以内であった (Fig. 1)。

土壌－牧草間I移行係数は、添加時におけるIの化学形に係らず時間経過とともに減少した。添加後約100日経過した後のI移行係数は、緩やかに減少した。施肥土壌において得られた移行係数は無施肥土壌の値と比べ高い傾向があり、Iを添加した場合は4回(1, 2, 4及び5回目)、 IO_3^- を添加した場合は3回(2, 3及び4回目)の栽培において有意差 ($p<0.01$) が認められたが、両者の移行係数は概ねファクター2以内であった (Fig. 2)。

Csの水及び酢酸アンモニウム抽出率の経時的変化及びIの水による抽出率の経時的変化は、対応する移行係数の変化と概ね一致していた。

本調査によって、土壌に沈着したI及びCsの土壌－牧草間移行係数を沈着後の時間経過の関数として表すことにより、それらの放射性核種についての現実的な被ばく線量評価が可能になった (Table. 1)。

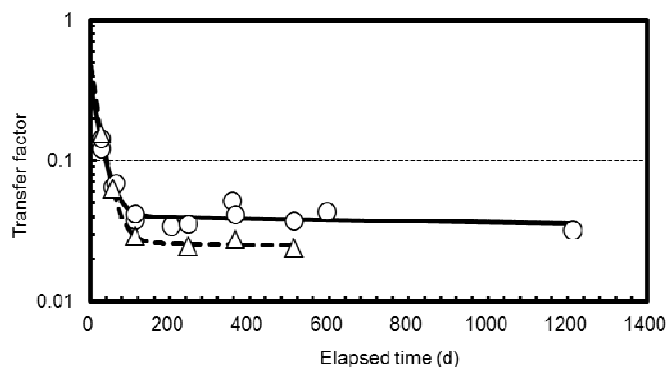


Fig. 1 Temporal changes of soil-to-grass transfer factor of Cs after addition of Cs to soil
 ○: Without fertilizer application
 △: With fertilizer application
 Results for the soil without fertilizer application include those obtained in the long-term experiment from FY 2007. The solid and broken lines indicate regression curves for the soil without and with fertilizer application, respectively.

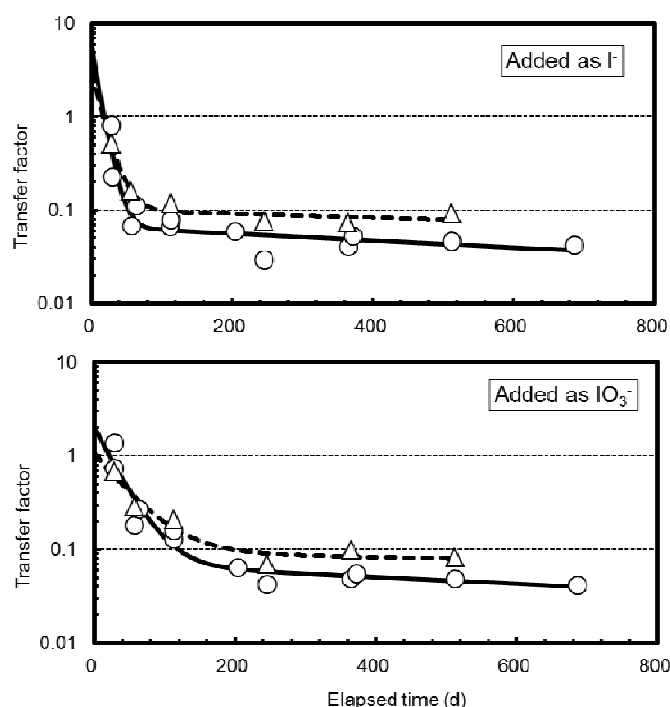


Fig. 2 Temporal changes of soil-to-grass transfer factor of I after addition of I^- or IO_3^- to soil
 ○: Without fertilizer application
 △: With fertilizer application
 Results for the soil without fertilizer application include those obtained in the long-term experiment from FY 2007. The solid and broken lines indicate regression curves for the soil without and with fertilizer application, respectively.

Table 1 Parameters in the regression curves for the temporal changes of soil-to-grass transfer factor of Cs and I after the addition.

	a_1	a_2	λ_1	λ_2
Cs				
Without fertilizer application	3.1E-1	4.0E-2	4.2E-2	9.9E-5
With fertilizer application	4.6E-1	2.6E-2	4.4E-2	9.9E-5
I				
Added as I^-				
Without fertilizer application	5.6E+0	6.7E-2	9.5E-2	8.6E-4
With fertilizer application	2.9E+0	1.0E-1	6.7E-2	4.8E-4
Added as IO_3^-				
Without fertilizer application	1.9E+0	7.0E-2	3.3E-2	8.2E-4
With fertilizer application	9.7E-1	9.2E-2	2.2E-2	2.8E-4

$$TF = a_1 \exp(-\lambda_1 t) + a_2 \exp(-\lambda_2 t)$$

TF, Transfer factor

t, Elapsed time after the addition (d)