

1.3.1.2 土壤に添加した I 及び Cs の形態変化と経根吸収に及ぼす肥料及び土壌

改良資材の影響

Effect of Fertilizer and Soil Amendments on Extraction Yields and Soil-to-Plant Transfer Factor of I and Cs Added to Soil

塚田 祥文, 武田 晃, 高久 雄一, 久松 俊一
環境動態研究部

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

Abstract

Aging of radionuclides in soil after deposition is an important factor for their speciation and soil-to-plant transfer, which changes with the application of fertilizer and soil amendments. Radioiodine and radiocesium 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 a soil sample, Andosol, collected from grassland in Rokkasho where a large-scale spent nuclear fuel reprocessing plant is located. In FY 2009, the effect of fertilizer and soil amendments on the aging was examined using a soil sample. The soil sample was mixed with a composite chemical fertilizer, which had the N-P-K composition recommended by the Department of Agriculture, Forestry, and Fisheries of Aomori Prefectural Government, and then stable Cs or I was added. The sample was stored in an artificial climate chamber, and its water content was adjusted to its maximum water holding capacity every 2 weeks. The extraction yield of I with water, and that of Cs with water or 1 M ammonium acetate solution from the soil was determined at predetermined period after the addition. The soil-to-plant transfer factor of both elements, which was defined as the concentration in plant divided by that in soil, was also determined by cultivating orchardgrass. To investigate the effect of each of the chemical fertilizers, compost and clay minerals like montmorillonite, ^{125}I and ^{137}Cs were used in a similar experiment to that with stable element addition, except a smaller amount of the soil sample was used. Results were not largely different between the experiments using stable elements and radionuclides.

The water extraction yield of ^{125}I added as I^- or IO_3^- in the soil mixed with compost was higher than the control values without adding any fertilizer and amendments, and depended on the content of dissolved organic carbon in the water extract. On the other hand, the soil-to-plant transfer factor of the ^{125}I in the soil mixed with compost was lower than that in the control sample.

The extraction of ^{137}Cs with water was enhanced by the application of nitrogen fertilizer and compost, whereas it was depressed by the application of clay minerals. The extraction of ^{137}Cs with ammonium acetate was also depressed by the application of the clay minerals. However, the soil-to-plant transfer factor of ^{137}Cs in the soil with added fertilizers and soil amendments did not differ clearly from the control value.

1. 目的

土壌に沈着した放射性核種の移行は、時間の経過に伴って変化する存在形態によって影響を受ける。一般的には沈着後から土壌中で物理的・化学的变化を受け、比較的移動しやすい画分から移動しにくい画分へと次第に変化し、同時に植物への移行率も減少する。このとき化学肥料や土壌改良資材の施用によって、土壌中での移動性や植物への移行率が変化すると考えられる。そこで、肥料や土壌改良資材を施用した土壌（以下、施肥土壌と記す）に一定量の I 又は Cs を添加し、溶液への抽出率、及び土壌から植物への移行係数を求め、施用しない土壌（以下、無施肥土壌と記す）と比較した。本調査では、牧草地で一般的に施用される化学肥料の影響については、200 g の土壌に安定元素を添加して実施した。一方、施用されることは稀であるが種類も多い土壌改良資材等については、同様な実施が困難であったことから用いる土壌量を少なくし、放射性核種を用いて調査を実施した。このうち、本年度は放射性核種を添加して得られた短期間の結果について報告する。

2. 方法

青森県六ヶ所村内の牧草地から表層土壌を採取し、50°Cで1週間乾燥後、2 mmのふるいを通した。施用する化学肥料（3種類）としては、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。土壌改良資材としては、土壌1 g当り微粉碎した堆肥（50 mg-dry）又は8種類の粘土鉱物（20 mg）を混合した。施肥及び無施肥土壌に、一定量のキャリアフリー ^{125}I （I又は IO_3^- ）又は ^{137}Cs を添加し、2週間毎に最大容水量となるように純水を加え人工気象チャンバー内（気温17°C、湿度60%、照度30000 lx、日長12 h）で保管した。添加後10日及び30日に、 ^{125}I については純水、 ^{137}Cs については純水又は1 M酢

酸アンモニウムによる抽出率を求めた。

これらとは別に、抽出実験において無施肥土壌の抽出率と差の見られた資材を中心に土壌-植物間移行への影響を検討した。即ち、Iについては堆肥及びモンモリロナイト、Csについては窒素肥料、3種混合肥料、堆肥及びモンモリロナイトで実施し、土壌20 gを詰めた小容器でRI添加後2~24日（Cultivation 1）にオーチャードグラス（*Dactylis glomerata* L.）を栽培し、土壌-植物間の ^{125}I 及び ^{137}Cs の移行係数（土壌中濃度に対する植物中濃度の比）を求めた。

3. 成果の概要

Fig. 1 にI又は IO_3^- として添加したIの水抽出率を示す。無施肥土壌と同様に、施肥土壌においてもIに比べ IO_3^- として添加したIの水抽出率は低かった。無施肥土壌に比べ堆肥の施用によりI及び IO_3^- の水抽出率が高まり、同時に水抽出液中溶存有機物量も増加した。モンモリロナイトの施用により IO_3^- として添加したIの抽出率が増加した。一方、化学肥料の施用による水抽出率の変化は見られなかった。化学肥料の施用による土壌から植物へのIの移行係数にも変化は見られなかったが、堆肥の施用により移行係数が減少する傾向にあった（Fig. 2）。

水及び酢酸アンモニウムによるCsの抽出率は、窒素肥料及び堆肥の施用により高まり、水抽出液中アンモニウムイオン濃度と相関が見られた。一方、Csの水及び酢酸アンモニウム抽出率は、粘土鉱物の施用により抑制された（Fig. 3）。添加後間もない期間におけるCsの移行係数は、変動が大きく施用による差は見られなかった（Fig. 4）。また、化学肥料の施用による影響については、I及びCs共に安定元素を用いて行った結果とも一致した。以上のように、移動性の高い画分や植物へ移行する画分に存在するIやCsの割合は、今回検討した施用資材によって変化することがわかった。

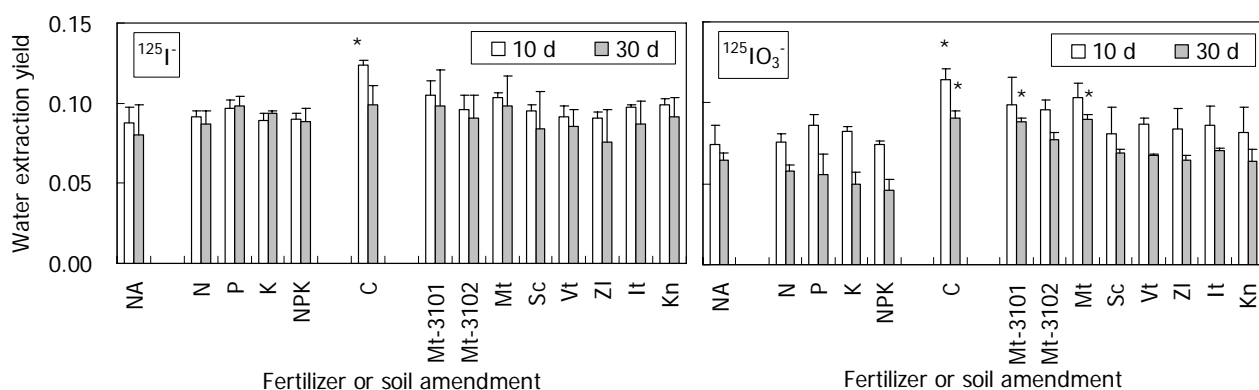


Fig. 1 Water extraction yield of $^{125}\text{I}^-$ and $^{125}\text{IO}_3^-$ at 10 and 30 d after the addition of the radionuclides into the soil. Error bars indicate a standard deviation (number of samples=3). Asterisks indicate statistically significant differences between NA and fertilizer or soil amendment ($p < 0.01$). NA, Non-application; N, Nitrogen fertilizer; P, Phosphate fertilizer; K, Potassium fertilizer; NPK, Mixed fertilizer with N, P, and K; C, Compost; Mt-3101, Mt-3102 and Mt, Montmorillonite; Sc, Sericite; Vt, Vermiculite; Zl, Zeolite; It, Illite; Kn, Kaolinite.

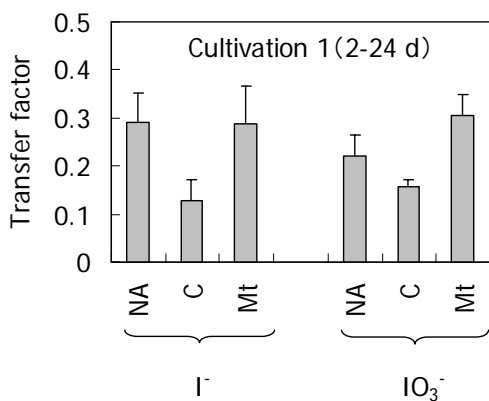


Fig. 2 Soil-to-plant transfer factor of ^{125}I (I^- or IO_3^-) for orchardgrass (number of samples = 3). Error bars indicate a standard deviation. NA, Non-application; C, Compost; Mt, Montmorillonite.

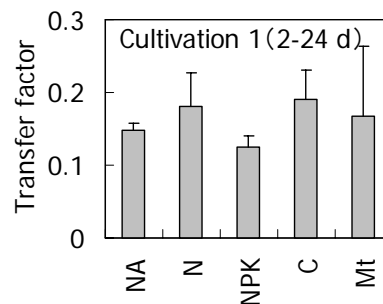


Fig. 4 Soil-to-plant transfer factor of ^{137}Cs for orchardgrass. Error bars indicate a standard deviation (number of samples=3). NA, Non-application; N, Nitrogen fertilizer; NPK, Mixed fertilizer with N, P, and K; C, Compost; Mt, Montmorillonite.

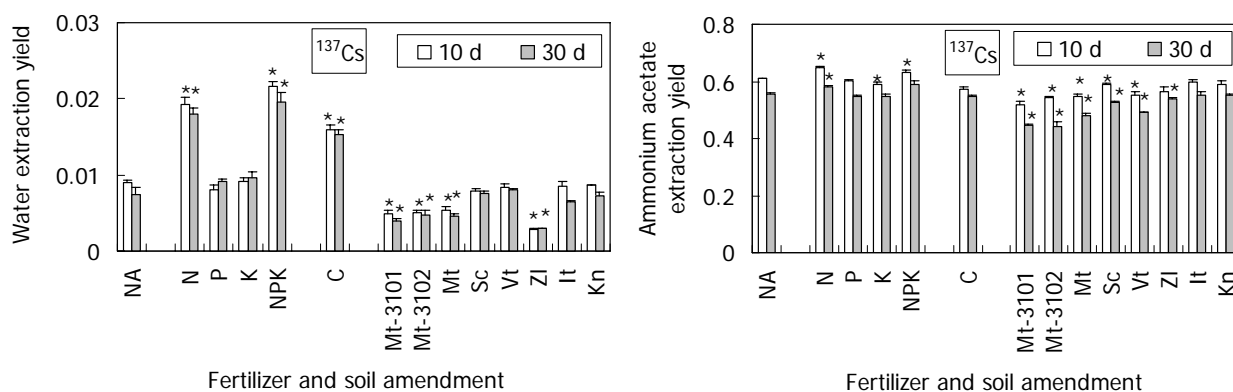


Fig. 3 Water and ammonium acetate extraction yield of ^{137}Cs at 10 and 30 d after the addition of the radionuclide to the soil. Error bars indicate a standard deviation (number of samples=3). Asterisks indicate statistically significant differences between NA and fertilizer or soil amendment ($p < 0.01$). NA, Non-application; N, Nitrogen fertilizer; P, Phosphate fertilizer; K, Potassium fertilizer; NPK, Mixed fertilizer with N, P, and K; C, Compost; Mt-3101, Mt-3102 and Mt, Montmorillonite; Sc, Sericite; Vt, Vermiculite; Zl, Zeolite; It, Illite; Kn, Kaolinite.