

### 1. 3. 2 作物葉面における挙動

#### Behavior of Trace Elements on Leaf Surfaces of Crop Plants

川端 一史, 長谷川 英尚, 塚田 祥文, 高久 雄一, 久松 俊一  
環境動態研究部

Hitoshi KAWABATA, Hidenao HASEGAWA, Hirofumi TSUKADA,  
Yuichi TAKAKU, Shun'ichi HISAMATSU  
*Department of Radioecology*

#### Abstract

Radionuclides released into the atmosphere are deposited on the leaf surfaces of crop plants, taken up by the plants, and translocated to other parts from the leaves. Some amount of the radionuclides deposited onto the leaves is removed from the surfaces by the environmental process called weathering, i.e. removal by rain, wind, etc. Although weathering and translocation are important processes involved in the radiation dose assessment of radionuclides from plants, site-specific parameters to describe those processes have not yet been elucidated. This work aims to establish site-specific parameters for those processes for Cs, Sr, and I using stable elements in a climate chamber in which meteorological conditions are controlled. The effect of rainfall on the behaviors of Cs and Sr on leaf surfaces was studied in FY 2009.

After applying solid aerosols of NaCl containing Cs and  $^{86}\text{Sr}$  onto the leaf surfaces of radish, *Raphanus sativus*, the plants were treated at different rainfall intensities and duration time of rainfall using a rain simulator. After plant samples were collected, leaf surfaces were washed with acidified water containing detergent and the washing solutions for each sample were collected. Each washing solution and plant sample was analyzed for Cs and Sr.

Since results for Cs and  $^{86}\text{Sr}$  were similar to each other, those for Cs are described hereafter. Analysis results showed that more Cs was removed from the leaf surfaces as the rainfall intensity and time increased. The remaining proportion of Cs on the leaf surfaces for rainfall intensity was approximated by a function with two exponential terms of time. The fraction of the compartment with faster decreasing rate was 0.7 - 0.9 except for the rain intensity of  $1.2 \text{ mm h}^{-1}$ .

To examine the aftereffect of rain, plants loaded with the target elements on the leaf surfaces were treated for 1 or 3 h at the rainfall intensity of  $0.7 \text{ mm h}^{-1}$ , and then were maintained for 1 or 4 d in the chamber at  $20^\circ\text{C}$  and 70% relative humidity with 12 h light cycle at 20,000 lx. The surface absorption, which was defined as the ratio of the amount of Cs in the plant to the sum of that on leaf surfaces and in the plant, just after the rainfall treatment was equal to or larger than the control value without the treatment. Although surface absorptions for 1 or 4 d after the treatment showed a relatively large variation, they were affected by rainfall, and tended to increase with rainfall intensity.

The absorption ratio was defined here as the ratio of the amount of Cs in the plant to that loaded initially on the leaf surfaces, and used as an index of Cs remaining in the plant. The absorption ratio of Cs for the plant treated with rainfall did not significantly differ from that for the control plant. Although part of the Cs on the leaf surfaces was removed by the rainfall, the surface absorption tended to increase more than for the control. Therefore, the overall effect of rainfall on the absorption ratio became unclear and further analysis of the results is required for elucidating the weathering effect of rain.

## 1. 目的

作物葉面に沈着した放射性核種は、葉面から吸収され（葉面吸収）、作物内の他の部位へ移行する（転流）が、一部は降水や風等の気象現象により葉面から除去される（ウェザリング）。環境から人体への放射性核種の移行にとって作物は重要な経路であり、作物葉面に沈着した放射性核種の挙動を明らかにすることは被ばく線量評価上必要である。そこで、大型再処理施設の立地する六ヶ所村の気象条件におけるCs、Sr及びIの葉面吸収、転流及びウェザリングの速度を求め、地域特性に即した現実的な被ばく線量計算に反映することを目的とした。

平成 21 年度は、全天候型人工気象実験施設（ACEF）の大型人工気象室において、植物葉面に固体エアロゾルで沈着させたCs及びSrについて、ウェザリング及び葉面吸収に降雨及び霧が与える影響を調査した。また、室内実験の条件設定に活用するため、葉面挙動に影響を及ぼす自然環境条件（霧粒の粒径分布、霧水の pH 等）を実フィールドで観測した。ここでは、植物葉面に固体エアロゾルで沈着させたCs及びSrの降雨によるウェザリングに及ぼす降雨強度又は降雨時間の影響及び葉面吸収に与える降雨の影響を報告する。

## 2. 方法

本実験では、実験用植物にハツカダイコンを使用した。Cs及びSrの経根吸収量を低減するために、土壌の代わりにガラスビーズを用いた固形培地耕で栽培を行った。固体エアロゾルは、NaClとCs及び $^{86}\text{Sr}$ の塩化物を混合した水溶液を使用して、まずミストを発生させ、その後ミストの水分を加熱乾燥して生成させた。

エアロゾルばく露チャンバー内で、播種後 26～30 日目のハツカダイコンに固体エアロゾルを 6 時間ばく露した後、直ちに雨をばく露し、雨のばく露終了直後に、3 個体の植物を採取した。実験は、複数の降雨強度と降雨時間の組み合わせについて行った。また、降雨強度  $0.7 \text{ mm h}^{-1}$  で、降雨時間 1 時間及び 3 時間の条件については、雨ばく露直後の他に、雨ばく露後 1 日目と 4 日目にも植物を採取した。雨ばく

露後の栽培条件は、温度  $20^{\circ}\text{C}$ 、照度  $20,000 \text{ lx}$ 、明暗各 12 時間とし、栽培期間中、培養液 100 ml を 1 日 2 回各植物に与えた。

採取した植物の葉面に残存するCs及びSrを洗浄・回収した後、植物体を葉部、主根部及び支根部に分割した。即ち、植物から切り取った葉部を葉面洗浄液（ $0.05 \text{ N HNO}_3 + 0.1\% \text{ Triton X-100}$ ）100 ml に浸すことにより葉面を洗浄した。分割した植物部位のうち葉部は、凍結乾燥後粉碎し、混酸（硝酸、フッ化水素酸、過塩素酸）で全分解した。また、雨ばく露後 1 日目と 4 日目に採取した試料は、主根部も同様に全分解した。葉面洗浄液及び分解溶液中のCs濃度、 $^{86}\text{Sr}$ 濃度及び $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$ 同位体比をICP質量分析装置により測定した。

## 3. 成果の概要

実験結果の一例として、降雨強度別に塩化物エアロゾルで葉面にばく露したCsの葉面上残存率と雨ばく露時間との関係をFig. 1 に示した。降雨強度が増大するにしたがい、葉面からより多くのCsが除去されているのがわかる。全ての降雨強度で、降り始めのウェザリング速度が速い成分とその後の遅い成分の 2 成分があることが分かった。降雨強度  $1.2 \text{ mm h}^{-1}$  の場合を除くと、速い成分の速度定数は、降雨強度が増大するにしたがい、大きくなる傾向を示した。また、初期沈着量の約 7～9 割が速い成分に分配された。

次に、Fig. 2 に降雨強度  $0.7 \text{ mm h}^{-1}$  で 1 時間又は 3 時間、雨をばく露した後のCs葉面吸収率を雨ばく露後の栽培期間別に示した。葉面吸収率は、葉面上及び植物内存在量の総和に対する植物内存在量の比である。雨ばく露直後の場合、無降雨に対する降雨 1 時間又は 3 時間の葉面吸収率の比は、各々 1.0、4.1 であった。また、雨ばく露後の栽培期間が 1 日の場合、その比は、各々 2.8、3.4 であり、栽培期間が 4 日の場合には、各々 1.1、1.6 であった。全ての栽培期間で、雨をばく露することにより、葉面に残存していたCsの吸収率は、同等か大きくなる傾向を示し、有意差も認められた（Fig. 2）。

また、無降雨条件の葉面吸収率は、雨ばく露の時

間経過とともに、徐々に大きくなったが、雨をばく露した植物の葉面吸収率は、雨ばく露開始後 1 日経過するまでに急激に増大し、その後の変化は小さかった。したがって、固体エアロゾルで葉面に沈着した Cs は、雨水に溶け込むことにより、吸収され易くなり、葉面吸収が促進されたと言える。

更に、Fig. 3 に、Fig. 2 と同じ条件で雨をばく露した後の葉面への Cs 初期沈着量に対する植物内存在量の比（以下、植物内存在割合）を示した。降雨 1 時間で 1 日栽培した植物の植物内存在割合は、無降雨条件より大きくなる傾向を示したが、全ての栽培

期間で、無降雨条件の Cs 植物内存在割合と各降雨時間の植物内存在割合には、有意な差は認められなかった。

したがって、今回の実験条件では、葉面が雨で濡れることにより、葉面からの Cs 吸収は促進されたが、降雨によるウェザリングの割合が大きかったため、雨ばく露 4 日経過後の Cs の植物内存在割合は、無降雨条件に比べ、小さくなる傾向を示した。また、同様な傾向が Sr にも認められた。

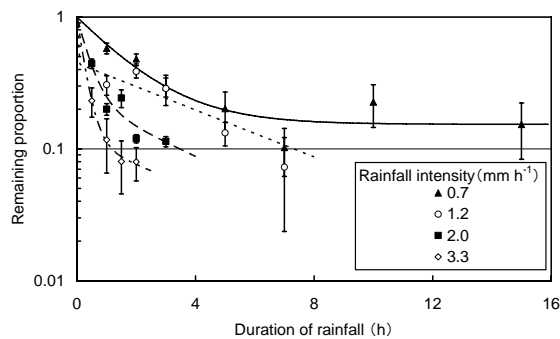


Fig. 1 Remaining proportion of Cs on leaf surfaces and rainfall duration. Vertical bars indicate the standard deviation of 3 samples. The lines show a least square approximation by a function with two exponential terms of duration time.

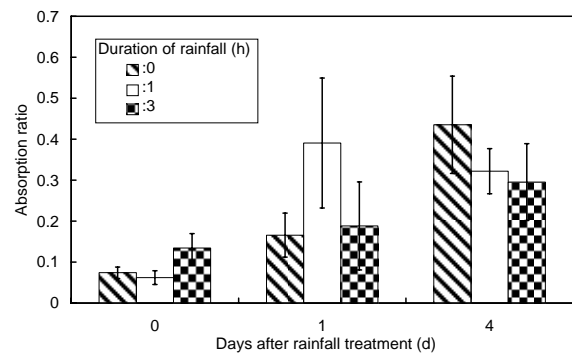


Fig. 3 Absorption ratio of Cs defined as the ratio of amount of Cs in plant to that loaded initially on the leaf surfaces. Vertical bars indicate the standard deviation of 3 samples.

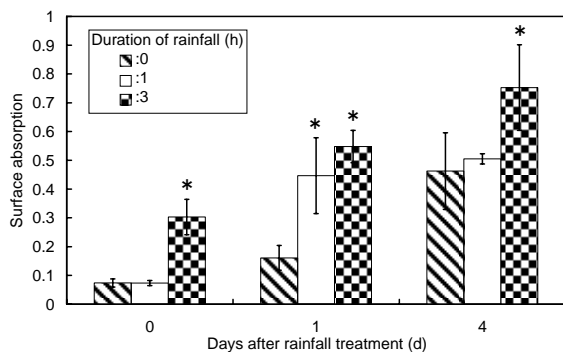


Fig. 2 Surface absorption defined as the ratio of the amount of Cs in plant to the sum of that on leaf surfaces and in plant. Vertical bars indicate the standard deviation of 3 samples. \* indicates a statistically significant difference from the control with no rain treatment.