

2. 3. 2 作物葉面における挙動

Behavior of Trace Elements on Leaf Surface 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 surface 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 relative humidity on the behaviors of I^- and IO_3^- on leaf surfaces and in plants was studied in FY 2008.

After applying solid aerosols of NaCl containing NaI or $NaIO_3$ onto the leaf surfaces of radish plants, *Raphanus sativus*, the plants were grown for 14 d in the chamber at different relative humidity levels. The foliar uptake and translocation to root tubers of I were periodically obtained by analyzing plant samples and the solutions obtained by washing the leaf surface. Fraction of volatilized I was estimated by subtracting the sum of the I fraction in the plant and the washed amount from the amount of I initially deposited on the leaf surfaces. The deposited amount of I was estimated by using sample plants collected just after the applying the aerosols.

Absorption of I^- into the plant on 14 d after the applying the aerosol was several times higher than that of IO_3^- . Translocations of both of I^- and IO_3^- to root tuber were lower than 10% of the deposited I. Volatilized fraction of I was 23 - 31% of the deposited I, while IO_3^- was hard to volatilize. To analyze the behavior of I applied on leaf surfaces and in the plant, a dynamic model with four compartments was constructed. Two compartments were adopted as compartments of I on leaf surface for describing two phases of foliar absorption with rapid and slow rates. The fraction of I^- partitioned into the first leaf surface compartment was approximately seven times larger than that of IO_3^- . The first leaf surface compartment had a large rate constant of 2.2 - 7.2 d^{-1} to transfer I into the leaf, while the rate constant of the second one was a few order of magnitude smaller than that of the first one. The ratio of the rate constant of I^- translocated from root tuber to the leaf to that of the reverse route was approximately seven times larger than that of IO_3^- . This indicated that I was absorbed from the leaf surface with different chemical forms depending on the applied forms. Rate constants and partition constants to the first leaf surface component were not affected by the relative humidity levels examined.

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特有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 20 年度は、全天候型人工気象実験施設（ACEF）の大型人工気象室及び小型人工気象チャンバーを使用して、植物葉面に固体エアロゾルで沈着した I の葉面挙動に及ぼす湿度又は風の影響を、I の化学形態別（I, IO_3^- ）に調査した。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（降雨強度、雨滴の粒径分布、霧粒の粒径分布、雨水及び霧水の pH 等）を野外で観測した。ここでは、植物葉面に固体エアロゾルで沈着した I の葉面吸収と転流に及ぼす湿度の影響に関して、安定 I を使用して I の化学形態別に調査した結果を報告する。

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。植物の栽培は、I 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固形培地に用いた固形培地耕で行った。固体エアロゾルは、キャリアーとなる NaCl に NaI 又は NaIO_3 を混合した水溶液を使用して、ミストを発生させた後、ミストの水分を加熱乾燥して生成した。

エアロゾルばく露チャンバー内で、播種後 23 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、相対湿度を 50、70 又は 90% とした小型人工気象チャンバー内で栽培した。湿度以外の条件は、温度 20°C、照度 20,000 lx、明暗各 12 時間で統一した。栽培期間中、培養液 100 ml を 1 日 2 回各植物に与えた。ばく露後所定の時間経過後に（ばく露直後、

ばく露後 1 日、2 日、5 日、9 日及び 14 日）、各 3 個体の植物を採取した。

採取した植物の葉面に残存する I を洗浄した後、植物体を葉部、主根部及び根毛部に分割した。葉面洗浄液として、0.1% の Triton X-100 溶液に水酸化テトラメチルアンモニウム（TMAH）を加え、pH を 9 に調整した溶液 100 ml を用いた。葉部及び主根部は、凍結乾燥後粉碎し、TMAH 溶液で I を抽出した。葉面洗浄液及び抽出溶液中の I 濃度は、ICP 質量分析装置を使用して測定した。

3. 成果の概要

実験結果の一例として、70% RH の条件で行った結果を Fig. 1 に示す。植物各部位の I 存在割合及び葉面洗浄液に回収された葉面上残留分の割合は、沈着量に対する比である。沈着量はばく露直後に採取した植物試料中 I 量と葉面積より求めた。また、揮散分は、沈着量から植物内及び葉面上残留量を引いて求め、負の値となった場合は 0 とした。両化学形態とも、すべての湿度でばく露後数日間は、葉面上残留分が減少し、葉部及び主根部の存在割合が増大したが、その後はほとんど変化がなかった。

ばく露後 14 日目の葉面吸収率、主根部転流率及び大気への揮散率を沈着量に対する割合で表し、Table 1 に示した。I の葉面吸収率は、エアロゾルばく露後 14 日目で 50% 以上であったのに対し、 IO_3^- の場合は 10~20% であり、I の化学形態により差異が認められた。また、主根部への転流率は、両化学形態を通して最大 8% であり、葉部から主根部へは転流しにくかった。更に、I の場合、葉面に沈着した I の 20~30% が大気へ揮散したが、 IO_3^- では比較的揮散しにくかった。

次に、I の葉面上残存率、植物各部位の存在割合及び揮散率の時系列変化から、葉面吸収、転流及び大気への揮散の速度定数を計算した。Fig. 2 に植物における葉面吸収、転流及び揮散に関するコンパートメントモデルの概念図を示す。葉面吸収に関しては、ばく露後速やかに吸収される成分（以下、第 1 成分）とその後ゆっくり吸収される成分（以下、第 2 成分）の 2 成分が認められたため、葉面を 2 つの

コンパートメントに分けた。また、葉面から葉部への吸収及び大気への揮散は非可逆的に、葉部と主根部間の転流は可逆的に進むものと仮定した。Table 2 に各コンパートメント間の速度定数と第 1 成分の分配率 (P_{LS1}) を示す。I の第 1 成分の分配率は、平均で IO_3^- の 7 倍であり、化学形態による差が認められ

た。また、葉部から主根部への速度定数に対する主根部から葉部への速度定数の比 (R_R/R_L) は、I の方が平均で約 7 倍大きな値を示し、葉面から吸収された化学形態が異なることを示唆した。しかし、分配率及び各コンパートメント間の速度定数には、両化学形態とも湿度による差異は認められなかった。

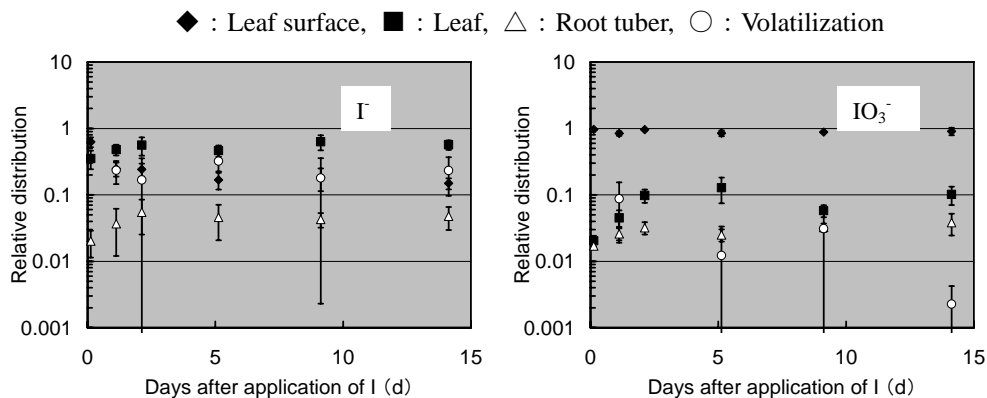


Fig. 1 Relative distribution of I applied on leaf surface of radish plant.
Vertical bar indicates a standard deviation of three samples.

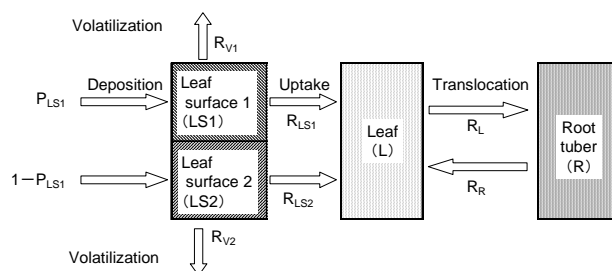


Fig. 2 Compartment model describing foliar uptake, translocation and volatilization of I in plant.

Table 1 Absorption, translocation and volatilization of I applied on leaf surface of radish plants up to 14 d after the application.

Humidity (% RH)	Absorption into plants (%)		Translocation to root tuber (%)		Volatilization (%)	
	I ⁻	IO ₃ ⁻	I ⁻	IO ₃ ⁻	I ⁻	IO ₃ ⁻
50	73 ±6	14 ±5	7.6 ±1.6	6.0 ±3.9	25 ±6	10 ±10
70	62 ±11	14 ±4	4.8 ±1.8	3.8 ±1.4	23 ±14	0.2 ±0.2
90	56 ±3	19 ±3	5.9 ±2.7	3.3 ±1.0	31 ±1	0

Table 2 Partition constant to the first leaf surface component, and rate constants of foliar uptake, translocation between leaf and root tuber and volatilization to atmosphere of I in compartment model.

Chemical form	Humidity (% RH)	Partition P_{LS1}	Rate constant (d ⁻¹)						R_R/R_L
			R_{V1}	R_{V2}	R_{LS1}	R_{LS2}	R_L	R_R	
I ⁻	50	0.78	0	0.12	5.2	0	1.1	15	13.7
	70	0.74	1.5	1.8×10^{-2}	4.5	2.9×10^{-2}	0.26	2.9	11.4
	90	0.69	1.0	7.6×10^{-2}	7.2	0	1.4	14	9.8
IO ₃ ⁻	50	6.5×10^{-2}	0.77	0	3.0	2.6×10^{-3}	10	12	1.2
	70	0.12	0.77	0	4.2	7.0×10^{-4}	9.7	20	2.1
	90	0.12	0	0	2.2	0	0	1.1	—