

番号	線量 O14
大項目	実験研究
中項目	環境移行
小項目	農作物
タイトル	環境中の放射性核種の農作物への移行 Transfer of radionuclides to crops
キーワード	移行係数、沈着速度、経根吸収、直接沈着、水稻、葉菜類、牧草
概要	
<p>環境中に放出された放射性核種は、様々な経路で人体に到達する。その中でも、放射性核種が農作物に移行し、その農作物を摂取することにより放射性核種も人体へ移行していく経路は最も重要なものの一つである(図 1)¹⁾。環境中の放射性核種が農作物へ移行する経路は、大きく分けて2つある。一つは、大気中から直接、農作物の表面へ移行する経路(直接沈着経路)、もう一つは、放射性核種が土壤に降下し、それらが農作物の根から吸収される経路(経根吸収経路)である。大気からの降下量が多い期間は、大気から農作物表面(例えば葉や穂)への直接沈着経路が重要であり、また大気中の放射性核種がほとんど地表に落ちてしまって降下量が少なくなった期間では、それまでに表層土壤に蓄積された放射性核種の経根吸収経路が重要となる²⁾。なお、直接沈着経路による農作物の汚染は、大気からの降下量に依存するので比較的短期間であるのに対し、経根吸収経路では、ほとんどの放射性核種は土壤粒子に固定されてしまい土壤中に長く留まることから、農作物への汚染は少しずつではあるものの、十数年から数十年以上続くことになる。</p>	
詳細	
<p>1. 大気中から農作物への移行</p> <p>前述したように、大気中に放射性核種が放出された直後は、この大気から直接農作物へ移行する経路が重要となる。大気中に存在する放射性核種が農作物表面へ移行する量は、農作物の形状の違い、放射性核種の物理的・化学的性状、気象条件(特に雨量)などにより異なる。欧米では牧草やハウレンソウなどの葉菜類に関して、多くの研究が行われてきたが、日本ではその様なデータは求められていなかった。そこで、放医研では、特に放射性ヨウ素に着目し、大気中から植物への移行量を求めてきた。研究の大きな目的としては、以下の2点である。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 日本の気候での農作物への放射性ヨウ素の沈着データと欧米のデータとの比較 2) 放射性ヨウ素の米への移行パラメータの取得 <p>実験の結果から、ハウレンソウなど葉菜類への放射性ヨウ素の移行(沈着速度)^{3) 4)}は欧米の値⁵⁾とほぼ同じであること、粳への移行量は、牧草やハウレンソウの値と比べると2桁以上低いこと⁶⁻⁸⁾、などが分かった(表1)。大気中のヨウ素に関しては、色々な化学形が報告されているので、放医研でも幾つかの化学形のヨウ素を使って実験を行い、化学形による大気からの移行量の違いや生物学的半減期⁹⁾のデータを取得した。さらに、米の中の分布、すなわち粳の表面に止まっているのか、中まで入っているのか、というようなデータも取得した。粳中のヨウ素の分布はヨウ素の化学形により大</p>	

きく異なることが明らかとなった。元素状ヨウ素の場合、ほとんど粉表面に止まり玄米への移行は 5%以下¹⁰⁾であるが、ヨウ化メチルの場合は、約 50%が玄米へ移行する¹¹⁾ことが分かった。

2. 土壌中から農作物への移行

土壌中、特に表層の根圏域（0 から 20-30cm程度の深さ）に含まれる放射性核種が、経根吸収により農作物へ移行する程度を表すパラメータとして、次式で表される土壌-農作物間移行係数（Transfer factor, TF）が良く用いられる¹²⁾。

$$TF = \frac{\text{農作物（可食部）中の放射性核種濃度（Bq/kg 乾物重）}}{\text{土壌中の放射性核種濃度（Bq/kg 乾燥重）}}$$

TF は、農作物の種類や核種などにより、放射性核種の農作物への移行が異なる。近年では、放射性核種¹³⁻¹⁵⁾の代わりに微量安定元素の濃度分析等によっても、環境移行パラメータが収集されている。図2は、全国から農耕土壌とそこに生育している農作物を収集し、微量安定元素分析により安定元素のTFを求めたもの^{16, 17)}である。MnやZnなどの必須元素は移行しやすく、Ce, CsやUなどは移行しがたい事が分かる。図には、我が国で得られた玄米および麦類へのTFを示すと共に、比較のため、IAEA が 1994 年に出版した様々な移行パラメータを纏めたデータハンドブック（TRS-364）¹²⁾に掲載されている穀類のTFも示してある。我が国のTFと比べると、全体的にTRS-364 の値の方がやや高い傾向があることが分かる。このTRS-364 に含まれているデータは主として欧米で得られた温帯地域のものである。前述したように、環境における放射性核種の移行は、その地域の気候や土壌、栽培方法などにより異なることが指摘されており、それぞれの国や地域においてこの様なパラメータを収集することが重要である。

図表

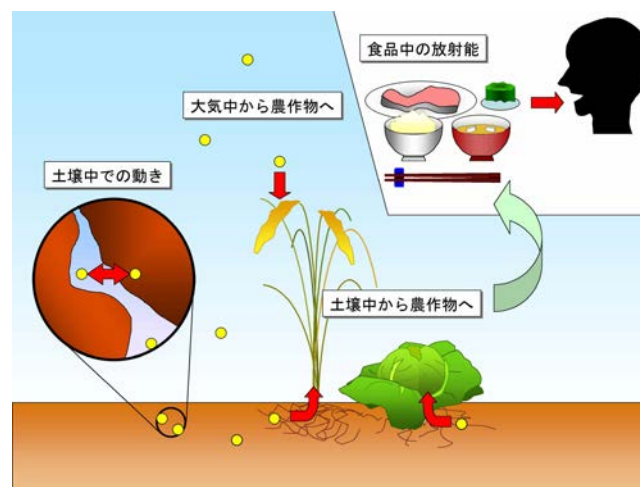


図1 放射性核種の農作物経口摂取による人への移行経路

(内田：放射線科学51 (2008) より)

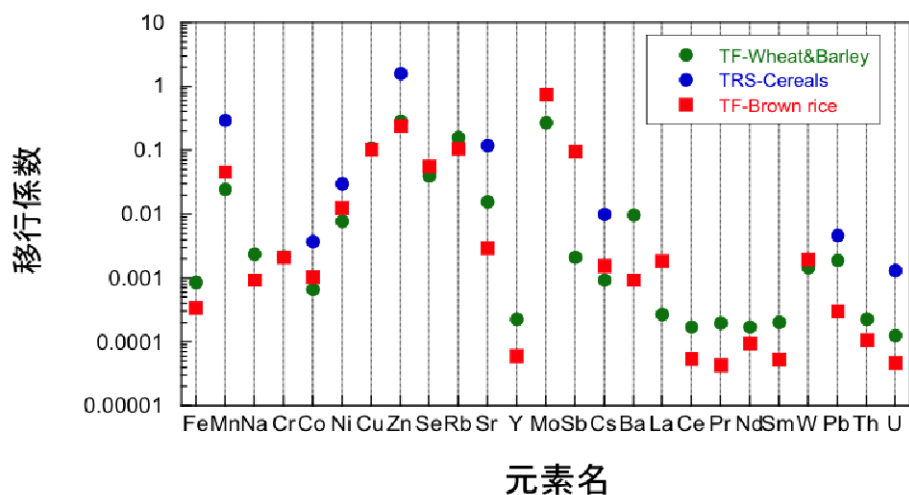


図2 麦類と玄米への移行係数の比較

(内田：放射線科学 51 (2008) より)

表1 ヨウ素の農作物への沈着速度

ヨウ素の 化学形	沈着速度 (cm・s ⁻¹)		
	葉菜類 Sehmel(1980)	ホウレンソウ 文献 3,4	水稻 文献 7,10
I ₂	0.02 - 26	0.15	8.7×10 ⁻³
CH ₃ I	10 ⁻⁴ - 10 ⁻²	1.7×10 ⁻³	2.7×10 ⁻⁵

文献

1. 内田滋夫：「水、土壌、農作物と放射能」—陸域環境放射能研究—, 放射線科学, Vol. 51, 13-23, 2008.
2. 大桃洋一郎, 内田滋夫, 住谷みさ子: 農作物経路からの¹²⁹I摂取による内部被曝線量評価上の問題点, 日本原子力学会誌, 27, 388-394, 1985.
3. Nakamura, Y. and Ohmomo, Y.: Factors used for the estimation of gaseous radioactive iodine intake through vegetation - I: uptake of methyl iodide by spinach leaves, *Health Phys.*, 38, 307-314, 1980.
4. Nakamura, Y. and Ohmomo, Y.: Factors used for the estimation of gaseous radioactive iodine intake through vegetation - II: uptake of elemental iodine by spinach leaves, *Health Phys.*, 38, 315-320, 1980.
5. Nakamura, Y., Sumiya, M., Uchida, S. and Ohmomo, Y.: Transfer of Gaseous Iodine to Rice Plants., *J. Radiat. Res.*, 27, 171-182, 1986.
6. Sumiya, M., Uchida, S., Muramatsu, Y., Ohmomo, Y., Yamaguchi, S. and

- Obata, H.: Transfer of Gaseous Iodine from Atmosphere to Rough Rice, Brown Rice and Polished Rice., *Hoken Butsuri*, **22**, 265-268, 1987.
7. Uchida, S., Sumiya, M., Muramatsu, Y., Ohmomo, Y., Yamaguchi, S., Obata, H. and Umebayashi, M.: Deposition Velocity of Gaseous I to Rice., *Health Phys.*, **55**, 779-782, 1988.
 8. Uchida, S., Muramatsu, Y., Sumiya, M., Ohmomo, Y.: Biological Half-life of Gaseous Elemental Iodine Deposited onto Rice Grains., *Health Phys.*, **60**, 675-679, 1991.
 9. 内田滋夫, 村松康行, 住谷みさ子, 大桃洋一郎: 乾性沈着によるガス状ヨウ素 (I_2) の大気から米への移行, *保健物理*, **24**, 149-157, 1989.
 10. Muramatsu, Y., Uchida, S., Sumiya, M., Ohmomo, Y.: Deposition velocity of gaseous organic iodine from the atmosphere to rice plants, *Health Phys.*, **71**, 757-762, 1996.
 11. Muramatsu, Y., Uchida, S., Sumiya, M., Ohmomo, Y., Obata, H.: Tracer Experiments on Transfer of Radio-iodine in the Soil-Rice Plant System., *Water, Air, and Soil Pollut.*, **45**, 157-171, 1989.
 12. Ban-nai, T., Muramatsu, Y.: Transfer Factors of Radioiodine from Volcanic-ash Soil (Andosol) to Crops., *J. Radiat. Res.*, **44**, 23-30, 2003.
 13. S. Uchida, K. Tagami: Soil-to-crop transfer factors of radium in Japanese agricultural fields, *J. Nucl. Radiochem. Sci.*, **8**, 103-108, 2007.
 14. Shigeo Uchida, Keiko Tagami, Ikuko Hirai: Soil-to-plant transfer factors of stable elements and naturally occurring radionuclides: (1) Upland field crops collected in Japan, *Journal of Nuclear Science and Technology*, **44** (4), 628-640, 2007
 15. Shigeo Uchida, Keiko Tagami, Ikuko Hirai: Soil-to-plant transfer factors of stable elements and naturally occurring radionuclides: (2) Rice collected in Japan, *Journal of Nuclear Science and Technology*, **44** (5), 779-790, 2007