



Title	大氣中に放出されたトリチウムガスの植物への移行
Author(s)	新, 麻里子; 天野, 光
Description	第3回衛生工学シンポジウム (平成7年11月9日 (木) -10日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 4 都市・水・室内等の環境 . 4-1
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 3, 181-185
Issue Date	1995-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7905
Type	departmental bulletin paper
File Information	3-4-1_p181-185.pdf



4-1

大気中に放出されたトリチウムガスの植物への移行

○新 麻里子、天野 光（日本原子力研究所）

1. はじめに

トリチウムは低エネルギーβ線放出核種であり、宇宙線により天然にも生成されるが、原子力施設から放出される主要な核種の一つである。また、将来D-T反応による核融合炉が実現した場合には、これまでとは桁の違う量のトリチウムが燃料として扱われることとなる⁽¹⁾。核融合関連施設の通常運転時及び事故時にトリチウムが放出された場合、人体への移行経路の一つとして、植物に取り込まれ食物連鎖を通じて人体に移行する過程が考えられる。また、森林、草原などの植物層に取り込まれ周辺環境に滞留するなど、トリチウムの環境中移行に植物の関与が大きい。そのため、植物へのトリチウムの移行挙動について正しく評価することが、核融合開発の環境安全評価のために必要である。

トリチウムの環境中での化学形は、水（HTO）、ガス（HT）、有機形である。植物に利用される形としてはHTO形が大部分であるが、HTガスとして放出されたトリチウムも放出後、種々の要因でHTOに転換される。この酸化要因で最大のものが土壌中の微生物であることが知られている⁽²⁾。根を通じて植物に吸収されるHTOの大部分は葉から気孔を通じて蒸散し、植物はトリチウムを大気中に送り出すポンプとして働いている。また、植物中のHTOは主に生体を構成する水分、すなわち遊離水中トリチウム（Tissue-Free Water Tritium: TFWT）として存在し、一部は光合成による同化作用で有機結合型トリチウム（Organically Bound Tritium: OBT）に変化する（図1）⁽³⁾。

本報告では、1994年7-8月にカナダ原子力公社（AECL）のチョークリバー研究所（CRL）において、日本、カナダ、ドイツ、米国の参加で行なわれた野外連続放出実験の概要と結果の一部について述べる。この実験では、連続的にHTガスを放出することで、環境中でHTO濃度が定常状態に達するまでの時間とその濃度、大気、土壌、植物間でのトリチウム水の移行挙動、および植物中のOBTの生成速度等を明らかにすることを目的とした。

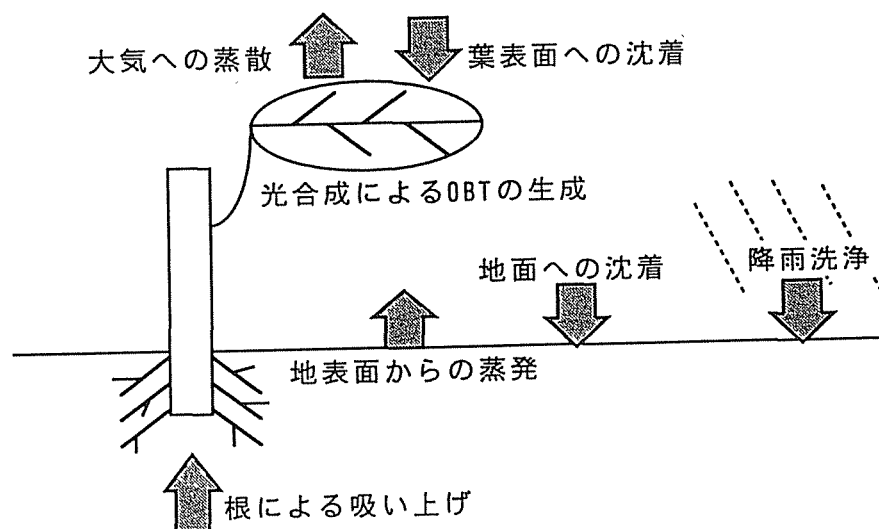


図1 トリチウム水の地表面での移行概念図

2、実験の概要

実験場の概要を図2に示す。放出はCRL敷地内の気象実験場（幅約200m、奥行き約400m）において、約12日間、292時間にわたって行われた。実験場は11m×11mの正方形で4つの区画（約5m×5m）に分けられた。そのうち3区画（P1～P3）は耕作地としてコマツナ、ミニトマト、ラディッシュが植えられ、1区画（P4）は自然の状態のままで残された。耕作地の3種類の植物は交互に植えられ、植生ができるだけ均一になるようにされた。実験地の自然の植生はホーバティグラス、ゴールドデンロッド、ベリー等であった。

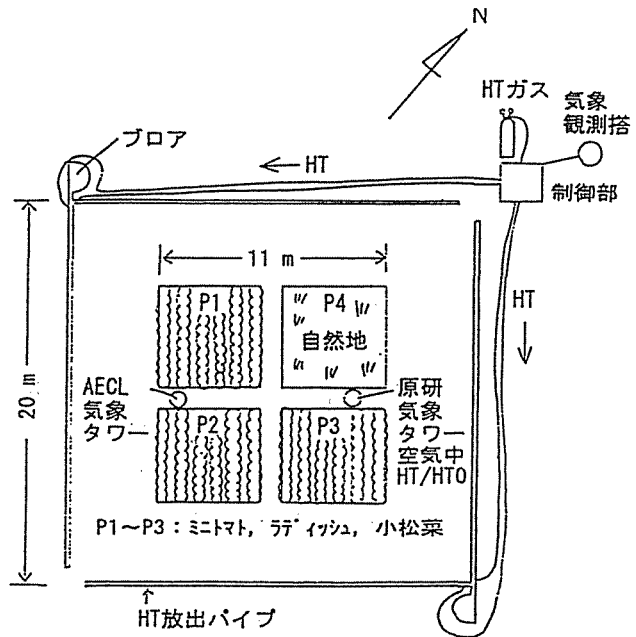


図2 HT野外連続放出実験場の概要

HTガスは、実験場を囲むように設置されたパイプ（約20m×20m、地上高さ約50cm、約50cm間隔で外側に向けて放出孔が開けられている）から連続的に放出された。HTの放出量は、気象観測装置で測定した風速、風向のデータに基づき、実験場内のHT濃度ができるだけ一定に保たれるように調節された。HTのキャリアガスには窒素が用いられ、大気中HT濃度を簡便に推定するためにSF₆が2%混合された。

3、測定項目

日本は、以下の項目の測定を行なった。

- (1) 栽培植物のTFWT濃度およびOBT濃度の測定：古葉、若葉、茎、地下茎、果実の各部分に分けて採取しTFWT濃度およびOBT濃度を測定した。
- (2) 植物生理パラメータの測定：各植物ごとに植物葉温度、単位面積当たりの蒸散量、日射量等の経時変化を測定した。
- (3) 大気、土壌水分中HTO濃度の測定：植物試料の採取と同時に、同地点の土壌と大気中水分を採集し、HTO濃度の測定を行った。
- (4) 気象データの測定
- (5) 土壌及び大気中の微生物活性

4、結果

(1) 大気中HT及びHTO濃度

放出期間中の大気中HT濃度は日変動が見られたが、平均で $(1.5 \pm 0.7) \times 10^5 \text{ Bq/m}^3$ であった。大気水分中のHTO濃度は放出後3-4日の間徐々に増加した後、約 10^2 Bq/ml 程度ではほぼ定常状態に近づいたが、降雨による低下がみられた（図3）。75時間以降の値を平均すると $2.2 \times 10^2 \text{ Bq/ml}$ であった。

(2) 土壌水分中HTO濃度の深度分布

土壌水分中HTO濃度は深さ0-2.5cmで最も濃度が高く、1mm程度の降雨では0-5cmより深い

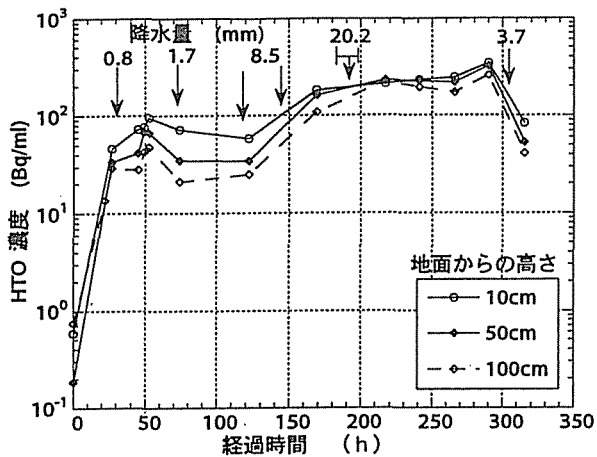


図3 大気水分中HTO濃度の経時変化

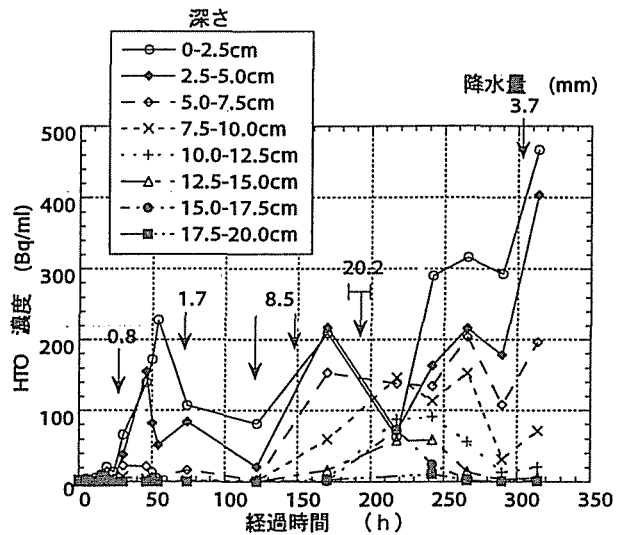


図4 土壌水分中HTO濃度の深度分布

層には浸透していない(図4)。HTの土壌微生物による酸化はごく表層(0-5cm)で行なわれている。

(3) 植物中TFWT濃度

図5に、各植物の葉のTFWT濃度について、午後2時に採取したサンプルの経時変化を示す。葉のTFWT濃度は、周辺の大気、土壌表層水中HTO濃度と連動しており、活発な蒸散による土壌水の吸収と大気中水分との交換が素早く起きていることが分かる。そのため、降雨による洗浄の効果での濃度低下も大きい。トマトについて各部位ごとに比較すると、葉中水濃度が最も高く、次に茎、実の順になっている(図6)。後半、葉中水の濃度が高いのは、このときの大気中濃度が高くなっているためである。トマトの根の深さは約20cmであり、濃度の低い深い層からの水分吸収があるため茎の濃度が低くなっている。また、実については、水分の交換が少ないためTFWT濃度の上昇は緩やかになっている。葉については降雨時の濃度低下が見られるが、茎と実については変化が見られない。

自然地(P4)は、耕作された区画に比べ土壌微生物の活性が高く、土壌中HTO濃度が高くなっているため、耕作地の植物に比べて5時間後で5倍近くTFWT濃度が高い(図7)。

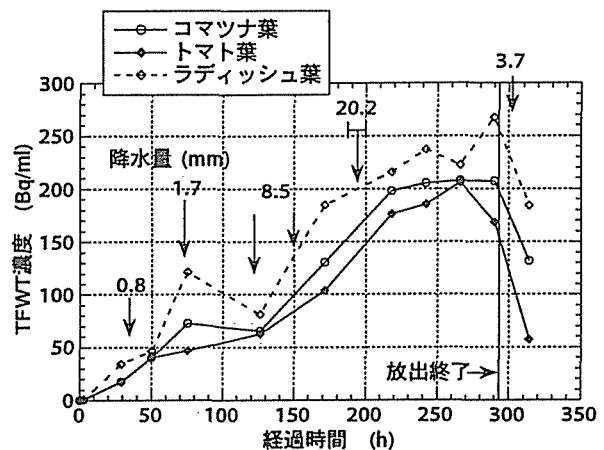


図5 植物の葉中TFWT濃度の経時変化

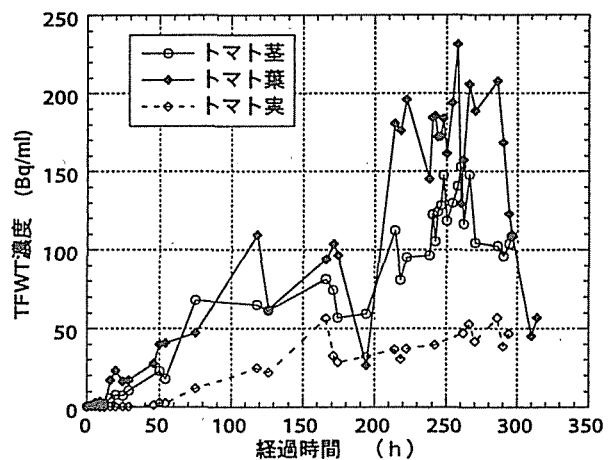


図6 ミニトマトの各部位中TFWT濃度

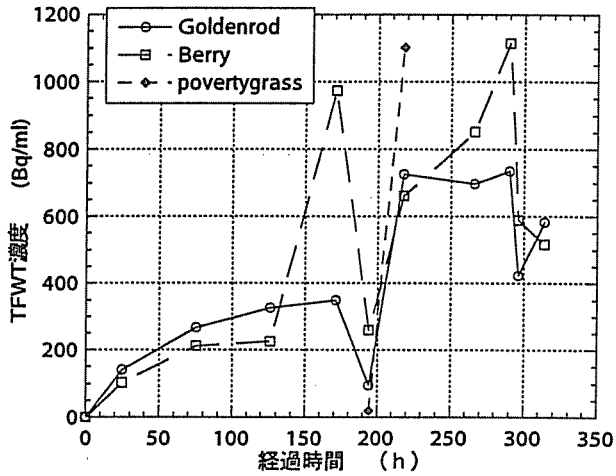


図7 自然地(P4)の植物中TFWT濃度の経時変化

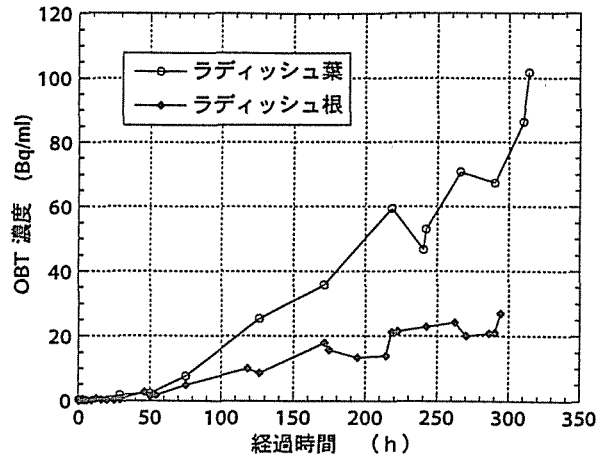


図9 ラディッシュの各部位中OBT濃度

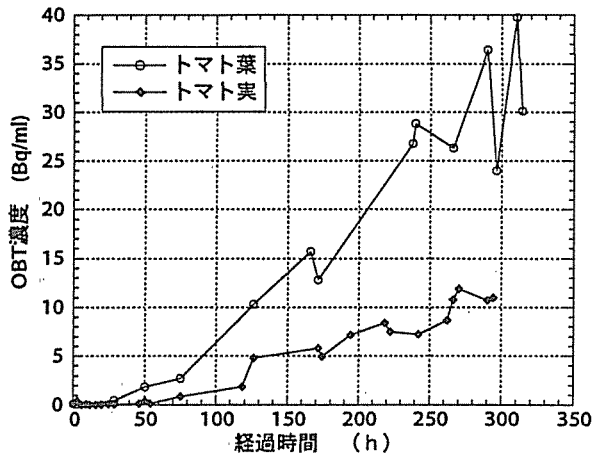


図8 ミニトマトの各部位中OBT濃度

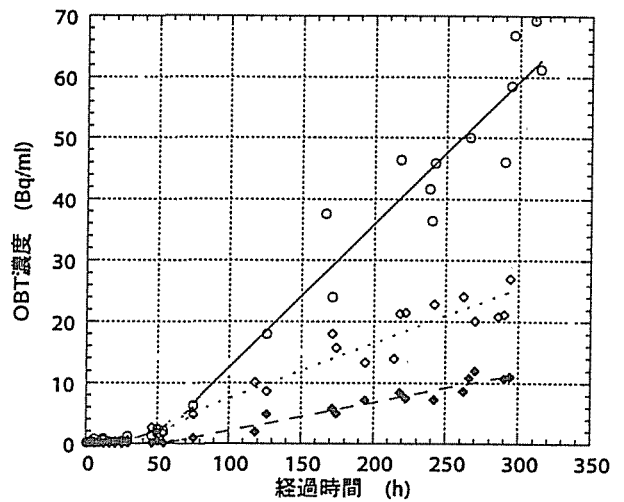


図10 植物可食部中OBT濃度変化の回帰式

自然地で酸化されたトリチウムが、大気中トリチウム濃度を上昇させていることが考えられる。

(4) 植物中OBT濃度

トマト、ラディッシュについて部位ごとのOBT濃度経時変化を図8、図9に示す。ともに葉のOBTの増加量が高く、実と根は低くなっている。葉表面で光合成により生成されたOBTが根や実の部位に送られるため、時間的な差ができていたり、放出開始時点ですでにある程度成長していた根や実にあらたに付け加わる有機物の量が少ないことが原因として考えられる。

—○— コマツナ葉

$$y=0.56-0.04x+0.002x^2 \quad R=0.97 \quad (h<75)$$

$$y=-10.83+0.23x \quad R=0.94 \quad (h>75)$$

—◆— トマト実

$$y=0.22-0.014x+0.0003x^2 \quad R=0.89 \quad (h<75)$$

$$y=-2.44+0.047x \quad R=0.97 \quad (h>75)$$

---◇--- ラディッシュ根

$$y=0.3-0.016x+0.00099x^2 \quad R=0.95 \quad (h<75)$$

$$y=-1.725+0.09x \quad R=0.94 \quad (h>75)$$

各植物の可食部について、OBT濃度の増加曲線を図10に示す。OBT濃度増加は、大気中および土壌中表層水中HTO濃度が上昇し始める初期とほぼ安定に近づくと思われる3日目以降で異なるため、それぞれに分けて回帰式を求めた。OBT濃度は後半には直線的に増加しており、今回の実験期間では定常濃度を確認することはできなかった。

5、おわりに

トリチウムはその化学形により、人体に対する被ばく線量寄与や環境中挙動が大きく異なる。したがって、トリチウムの環境安全評価は、化学形毎の特有の挙動を考慮して行なう必要がある。今回の実験結果は、実環境中でのHTガスの連続放出に関する貴重なデータである。今後、実験室レベルでの実験結果と併せ、土壌-植物-大気間の移行挙動モデルの開発を目標としている。

参考文献

- (1) 「トリチウムの化学」(社)日本原子力学会「トリチウム化学」研究専門委員会、1982
- (2) 「トリチウム資料集」核融合特別研究総合総括班事業61-4,62-2、1988
- (3) S.Diabate and S.Strack, Organically bound tritium, Health Physics 65, p698, 1993

放出実験関連文献

- (1) H.Amano, M.Atarashi, H.Noguchi, S.Yokoyama, Y.Ichimasa and M.Ichimasa, Formation of Organically Bound Tritium in Plants During the 1994 Chronic HT Release Experiment at Chalk River, the proceedings of Fifth Topical Meeting on Tritium Technology in Fission, Fusion and Isotopic Applications, Belgirate, Lake Maggiore, Italy, 1995
- (2) P. A. Davis, W. J. G. Workman, B. D. Amiro, F. S. Spencer, H. Noguchi, H. Amano, Y. Ichimasa and M. Ichimasa, "Overview of the 1994 Chronic HT Release Experiment at Chalk River", *ibid.*
- (3) P. A. Davis, D. C. Galeriu, F. S. Spencer and B. D. Amiro, "Evolution of HTO Concentrations in Soil, Vegetation and Air during an Experimental Chronic HT Release", *ibid.*
- (4) H. Noguchi, S. Yokoyama, N. Kinouchi, H. Amano, M. Atarashi, Y. Ichimasa and M. Ichimasa, "Tritium Behavior on an Agricultural Plot in the 1994 Chronic HT Release Experiment at Chalk River", *ibid.*
- (5) Y. Ichimasa and M. Ichimasa, J. Haji, K. Katsuno, H. Noguchi, S. Yokoyama, H. Amano and M. Atarashi, "Isolation of HT Oxidizing Airborne and Soil Bacteria during the Chronic HT Release Experiment at Chalk River", *ibid.*