

Study on tritium transfer from soil to plants and its existence form

マイケル オフォツ ポータフィー

<https://hdl.handle.net/2324/7329512>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (学術), 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名	Michael Ofotsu Portuphy			
論 文 名	Study on tritium transfer from soil to plants and its existence form (土壌から植物へのトリチウム移行と存在形態に関する研究)			
論文調査委員	主 査	九州大学	准教授	片山 一成
	副 査	九州大学	教 授	林 信哉
	副 査	九州大学	准教授	橋爪 健一

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

重水素とトリチウムを燃料とする核融合炉の実現には、放射性物質であるトリチウムを施設内に安全に閉じ込める技術を確認するとともに、トリチウムが外部に漏洩した場合の作業員や周辺環境、公衆への影響を評価する手法を構築しておくことが必要である。環境中に放出されたトリチウムは、多くの移行過程を経て人体に取り込まれることになるため、各過程における移行モデルの信頼性を高めることが、トリチウムによる生物影響評価の精度向上につながる。トリチウムは核分裂炉で生成される放射性物質の一つでもあり、トリチウムの環境中での挙動予測に関する新たな知見は、将来の核融合炉施設だけでなく、既存の核分裂炉や使用済み核燃料取扱施設等でのトリチウムに対する安全性評価にも資する。

核融合炉から大気中に放出されたトリチウムの一部は、降雨とともにトリチウム水として土壌に浸透する。また、トリチウム水漏洩事故が発生した場合には、周辺土壌に多量のトリチウム水が放出されることになる。土壌に移行したトリチウムは、水の吸収を通じて植物に取り込まれ、組織自由水型トリチウム (TFWT) や有機結合型トリチウム (OBT) として存在することが知られている。しかしながら、土壌から植物へのトリチウム移行モデルの構築に有効な実験報告は少なく、トリチウムを用いた信頼性の高いデータの取得が求められている。

本研究では、作物栽培土壌に使用されている泥炭とバーミキュライトにおけるトリチウム挙動特性を調べるとともに、トリチウム含有土壌において小松菜やトマトを栽培し、葉や茎、果実へのトリチウム移行量及びトリチウム存在形態を明らかにしている。本研究で得られた成果は、以下の通りである。

1. 泥炭とバーミキュライトをそれぞれ密封容器内で 29 日間トリチウム水に浸漬し、トリチウム濃度減少量から、泥炭は $4.95 \times 10^{-2} \text{ mol-T}_2\text{O/g}$ 、バーミキュライトは $3.38 \times 10^{-2} \text{ mol-T}_2\text{O/g}$ の同位体交換容量を有すると評価している。
2. トリチウム水に浸漬させた泥炭とバーミキュライトを回収し、アルゴン気流中で 1000 °C まで加熱して、トリチウム脱離特性を調べている。泥炭からは、100 °C と 300 °C 付近で水蒸気状トリチウムが、520 °C 付近では有機結合状もしくは水素状トリチウムが放出されることが示され、またバーミキュライトからは、100 °C 付近でのみトリチウムが水蒸気状で放出されることが示されている。
3. 泥炭充填層、バーミキュライト充填層、及びこれらの共存充填層に対して、トリチウム水透水実験を実施し、飽和透水係数を定量して泥炭充填層が最も透水速度が遅いことを明らかにしている。また、充填層を通過した水のトリチウム濃度減少量から、同位体交換によるトリチウム取込量を定量し、バーミキュライトに比べて泥炭へのトリチウム取込速度が

速いことを明らかにしている。

4. トリチウム環境下で植物栽培が可能な実験設備を構築し、トリチウム水を滴下した土壌において、小松菜を 86 日間栽培している。茎の TFWT 量を水浸漬法と乾燥法により定量し、その経時変化から、茎の TFWT 量の減少速度と土壌中トリチウム濃度の減少速度に相関関係があることを見出している。
5. トリチウム水滴下土壌において、トマトを 14 日間栽培し、葉、茎、果実の TFWT 量を水浸漬法と乾燥法で、OBT 量を燃焼法で定量している。葉と茎の TFWT 量は栽培時間とともに減少するが、果実の TFWT 量は緩やかに増加することが示されている。また、未成熟果実の TFWT 量及び OBT 量は、成熟果実のそれよりも少ないことが示されている。栽培 2、6、14 日目に測定された葉の OBT 量は、6 日目が最も高いことが明らかにされ、TFWT 量の増加に遅れて OBT 量が増加し、TFWT 量の減少に伴って OBT 量も減少することが示されている。
6. トマト栽培後のトリチウム汚染土壌を試料として、アルゴンガスパージによるトリチウム回収実験を実施し、トリチウム物質移動モデルを提案して挙動解析を行い、実験体系においては、土壌表面から気相へのトリチウム移行過程がトリチウム回収速度を律速していることを示している。

以上要するに、本論文はトリチウムを用いた基礎的な実験を通じて、作物栽培に用いられる泥炭及びバーミキュライトにおけるトリチウム挙動特性の理解を深めるとともに、小松菜とトマトを試料として土壌から植物へのトリチウム移行挙動を明らかにしたものであり、放射線安全工学及び環境保全工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（学術）の学位論文に値すると認める。