文献 ID：13-12-008

1．基本情報

区分	森林	担当者名	和田桂子、古米弘明、尾崎則篤
タイトル（英文）	The transfer capability of long-lived Chernobyl radionuclides from surface soil to river water in dissolved forms		
タイトル（和文）	チェルノブイリ原発由来の長半減期放射性核種の表層土壌-河川への移行性		
キーワード	Sr-90; Cs-137; Transuranic elements; Speciation; Surface soil; Runo€; Dissolved organic materials; Fulvic acid; Ultra®l-tration; Chernobyl 30 km zone		
著者	H. Amano, T. Matsunaga, S. Nagao, Y. Hanzawa, M. Watanabe, T. Ueno, Y. Onuma		
文献	Organic Geochemistry 30 (1999) 437-442		

（1）対象地域

チェルノブイリ原子力発電所半径 30 ㎞圏内(住民排除区域)の松林地帯の土壌

（2）重要な図表

Fig. 2 には、原発 30km 圏内の未攪乱土壌中に含まれる長半減期放射性核種の深度別濃度分布(有機物層およびそれ以深の砂質土 0~5cm)が示されている。

有機物層が表層 1.5cm(Fig.2 から目算)にわたり堆積しており、上から AoL 層(0-0.5cm)、AoF(0.5-1.0cm)、AoH(1.0-1.5cm)と区分した。それぞれの核種は AoH 層で最大濃度を示していた。

これは、事故当時、この層が地表面を覆っていたと解釈できる。各層の成分、特徴については本論文中には記述されていなかった。

有機物層と深度 0~3cm までに、放射性核種の大半が含有されているが，深さ毎の濃度減少傾向を核種別で見ると，ストロンチウムやセシウムは 3cm 以深でも存在する傾向にある。

深度分布の違いは核種の透過性を表しているが、土壌の質によって大きく異なるとされる。しかし Fig.2 からは、各放射性核種の深度分布は 0~5cm においてほぼ同様で、透過性の違いについては読み取れなかった。

Fig. 3 には、原発より西方 6km 地点に位置するサハン川近傍表層土壌(0~1cm、有機物層)における放射性核種の存在形態について示されている。

Sr-90 については 90%が水溶性、イオン交換性の形態をとっており、溶出のしやすさ、移動のしやすさを表している。一方、Pu 同位体、Am-241、Cs-137 はほとんど不溶解性成分が占めており、特に Cs-137 において顕著であることが示されている。また Pu 同位体、Am-241 については腐食物質であるフルボ酸、フミン酸成分が存在している。

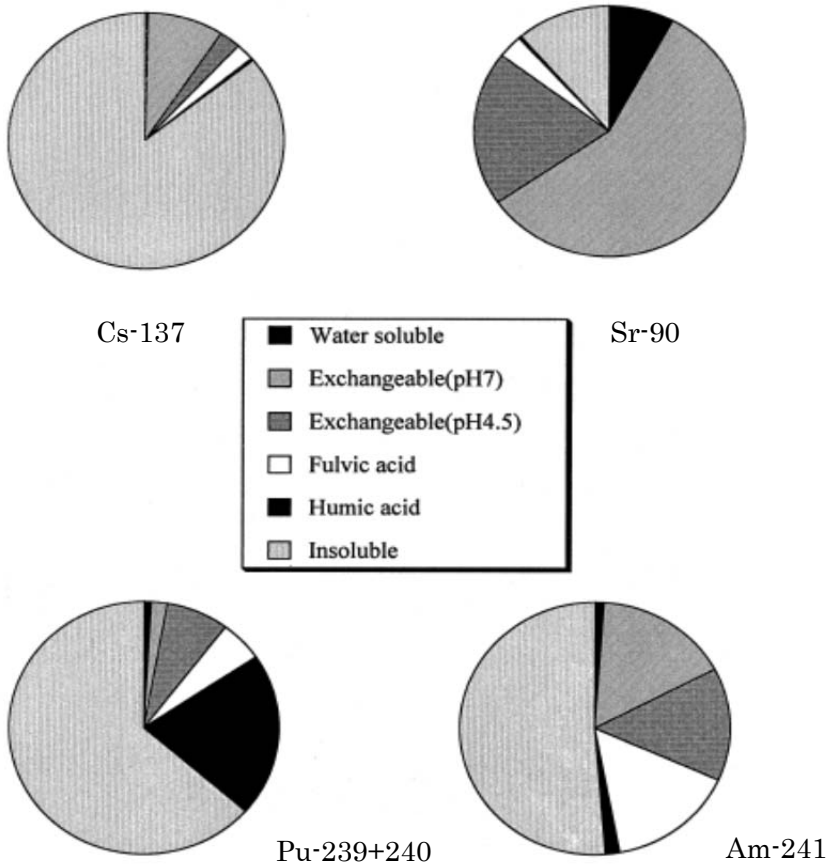

Fig. 3. Speciation of radionuclides in 0–1 cm horizon in surface soil at a forest near River Sahan.

地表から河川等水系への放射性核種の移行の特徴について解析する為に、放射線核種濃度が最も高いAoH 層(有機物第 3 層、Fig.2 参照)を蒸留水で抽出し、限外ろ過による分子サイズの分画を行った(Fig.4)。図から、溶存有機物(DOC)、Sr-90、Cs-137 の大部分は分子量 10000 以下の画分であるのに対し、Pu 同位体、Am-241 は 10000 以上の画分が大半を占めることがわかった。この結果から、Cs-137,Sr-90 が低分子形態、もしくは無機形態をとって水中へ移行するのに対し、Pu や Am 等の超ウラン元素はフルボン酸やフミン酸などの腐食物質と接合し水とともに環境中に移行すると考えられる。

ただし，本研究では Cs-137,Sr-90 で高分子有機物と結合しているものも一部見られ，原発 10km 圏内の森林土壌を対象とした Agapkina et al. (1990)の研究と矛盾した結果となった。矛盾した理由については不明である。同様な矛盾点が Nibst et al.(1993)でも見られ，Cs-137，Sr-90，Pu-139 および Am-241 を添加した土壌を用いた実験から、Cs-137,Sr-90 の全てが低分子（植物吸収の観点から）有機物と結合しているとしている。

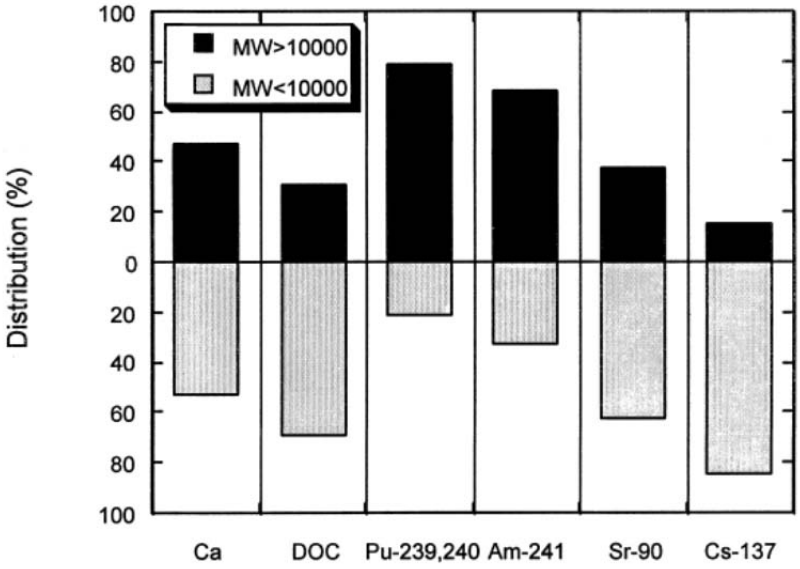

Fig. 4. Distribution of species between MW > 10,000 and MW < 10,000 in water leachate from a forest soil near River Sahan.

2. 提言につながる情報

（1）モニタリングへの活用

土壌における放射線核種のモニタリングについて、土壌の質（特に，有機画分）により挙動が異なる。地下水、河川への移行を考察する際は、不溶性，水溶性以外にも有機物との結合状態を検討することが必要であろう。

（2）流出挙動・経路

放射性核種の挙動に関して、核種の存在形態および環境中に存在する有機物の影響を考慮する必要がある。今回の調査結果からは、溶存態の Pu 同位体、Am-241 などの超ウラン元素はフミン酸やフルボ酸等の腐食物質と結合するため、10000Da 以上の水中での有機物画分はかなり少ないが水へと移行することが考えられる。

（3）除染の際の留意点

記載なし

（4）担当者のコメント

各放射性核種の土壌中の分布および有機物への吸着様式について、他の文献では異なる結果、類似する結果が複数得られていると記載があった。

この為、本論文の結果だけでは放射線核種の水系移行に関して統一的な見解は得ることができない。より詳細な知見の収集が必要である。