

## B-21 森林生態系の堆積腐植層における土壌微生物を介したセシウムの保持について

○立石 貴浩<sup>1\*</sup>・門間 眸<sup>2</sup>・高橋 健太郎<sup>3</sup>・石川 奈緒<sup>4</sup>  
・颯田 尚哉<sup>1</sup>・築城 幹典<sup>1</sup>

<sup>1</sup>岩手大学農学部 (〒020-8550 岩手県盛岡市上田3-18-8)

<sup>2</sup>岩手大学大学院農学研究科 (〒020-8550 岩手県盛岡市上田3-18-8)

<sup>3</sup>岩手県林業技術センター (〒028-3632 岩手県紫波郡矢巾町大字煙山第3地割530-11)

<sup>4</sup>岩手大学工学部 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田4-3-5)

\* E-mail: ttateisi@iwate-u.ac.jp

### 1. はじめに

2011年3月に東北地方太平洋沖地震により発生した津波により、東京電力福島第一原子力発電所事故が発生し、大量の放射性核種が環境中に放出された。このうち、半減期の長い<sup>134</sup>Csおよび<sup>137</sup>Cs(以下、放射性Cs)は放出量が多いため、いったん陸域生態系で沈着が起きると、長期間にわたり放射線の影響が続くと考えられる。

森林に降下した放射性Csは、樹冠にトラップされたり、地表面に沈着する。沈着した放射性Csは、樹木に吸収されたり、秋季におけるリターフォールによって林床の堆積腐植層(A<sub>0</sub>層)へと移行する。その後、森林生態系内における内部循環プロセスに入り込み、土壌の下層への侵入や溶脱、粘土鉱物へ吸着、森林生物へ移行と濃縮、といった複雑な経過をたどるものと思われる<sup>1)</sup>。

ところで、日本の森林では、落葉落枝の堆積により形成されたA<sub>0</sub>層が地表面に厚く存在する場所が多い。一般にA<sub>0</sub>層では、微生物のうち菌類が優占しており、菌類は有機物の分解や、養分の吸収・保持といった機能を持っている。このような菌類のA<sub>0</sub>層での機能や活動は、森林生態系内での放射性Csの移動・再循環に影響を与えているものと考えられる<sup>2)</sup>。しかし、放射性Csの沈着を受けたA<sub>0</sub>層での土壌微生物を介した放射性Csの動態に焦点を当てた研究は、日本ではほとんど行われていない。

そこで、本研究では、森林のA<sub>0</sub>層における土壌微生物を介した放射性Csの動態に関する基礎的な知見を得ることを目的として、(i)岩手県内の森林におけるA<sub>0</sub>層の放射性Cs濃度の現状の評価、(ii)A<sub>0</sub>層中に生息する代表的な菌類の菌糸成長に対するCs濃度の影響、(iii)クロロホルムくん蒸-抽出法を利用したA<sub>0</sub>層中の土壌微生物に

保持された放射性Cs濃度の量的評価、について検討を行った。

### 2. 実験方法

#### (1) 調査地および試料の採取

調査地は岩手県内の北部から南部にわたる全20地点の森林である(図-1)。A地区は県北部、BおよびC地区は県中部、D~J地区は県南部に位置する。A<sub>0</sub>層の採取は、A、B、C、E地区では2012年8~12月、DおよびF~J地区では2013年10~11月に行った。なお、E地区では、A層も同時に採取した。

#### (2) 放射線濃度の測定

採取したA<sub>0</sub>層の試料は、予めはさみにより小さく断片化し、これを測定用350 ml容プラスチック容器に充填した。これをNaIγ線スペクトロメーター(EMF211型ガンマ線スペクトロメータ, EMFジャパン株式会社)で放射性Cs濃度(<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの合計)を1時間測定した。

#### (3) 異なる濃度のCsを含む培地での菌類の培養

供試菌株として、子囊菌類の*Trichoderma viride* NBRC 5720, *Alternaria alternata* NBRC 4026, *Cladosporium cladosporioides* NBRC 6348, *Xylaria* sp. NBRC 107815, および担子菌類の*Favolus arcularius* NBRC 4959, *Schizophyllum commune* NBRC 30749 を使用した。

栄養菌糸の培養には、0~50 mMの安定Csを含むPD液体培地を使用した。これに、前述の菌株を接種し、暗所25°Cで1~4週間培養した。培養終了後、栄養菌糸を回収し、凍結乾燥した後、乾燥菌体重量を測定した。乾燥菌

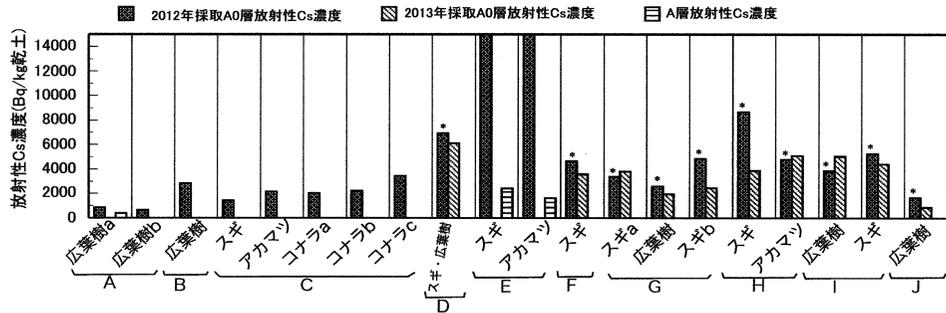


図-1 岩手県内の森林土壌における放射性Cs濃度。アルファベットは、市、区、町などの行政区分に対応した地区を示し、基本的に岩手県内の北から南にそって順次配置した。\*印は、岩手県林業技術センターにより2012年に分析されたデータを示している。

体は、濃硝酸を用いて湿式灰化を行った。回収した分解液のCs濃度は、ICP-MS (iCAP-Qc, Thermo)により分析した。

#### (4) クロロホルムくん蒸抽出法による土壌微生物に保持された放射性Cs濃度の測定

土壌中の微生物生菌体(微生物バイオマス)に含まれる炭素や窒素を分析する方法としてクロロホルムくん蒸抽出法<sup>3)</sup>がある。本実験では、土壌中の微生物バイオマスに保持された放射性Csの量的評価に同法を応用した。

ガラス製デシケーターに、精製クロロホルムを分注したビーカー、新鮮土壌(乾物重で25 gまたは50 g)を充填したビーカーを入れ、蓋をした。水流ポンプで減圧し、5分間減圧操作を行った。栓を閉じて減圧状態を保ったまま、暗所25°Cで24時間、培養した。培養後、デシケーター内を常圧に戻して、くん蒸処理した土壌を回収した。この土壌はアスピレーターによる減圧処理を繰り返すことで、土壌中の残存クロロホルムを除去した。

脱クロロホルムした土壌に乾物重の5倍量の2 M KClを入れ、振とう(140 rpm, 30分間)し、上澄み液を回収した。この操作で得た抽出液をくん蒸区とし、一方、非くん蒸処理の土壌を同様に抽出したものを非くん蒸区とした。なお、E地区の土壌では、他の抽出液も併用して同様の操作を行った。各抽出液の放射性Cs濃度(<sup>137</sup>Cs, <sup>134</sup>Cs)は、前述のγ線スペクトロメーターを用いて分析した。

### 3. 結果および考察

#### (1) 岩手県内の森林土壌における放射性Cs濃度

2012年8月から2013年11月までに岩手県内の20カ所の森林より採取したA<sub>0</sub>層の放射性Cs濃度を測定した(図-1)。E地区の森林のA<sub>0</sub>層の放射性Csは、いずれも15,000 Bq/kg乾土を越えていた。他の地区の森林では、A<sub>0</sub>層の放射性Cs濃度は870~6,110 Bq/kg乾土の範囲にあり、県南部の森林において高い傾向にあった。DおよびF~J地区において、2012年と2013年のA<sub>0</sub>層の放射性Cs濃度を比較したところ、大きな違いは認められず、放射線の影響は継続していた。一方、E地区において、A層の土壌の放射性Cs濃度を同時に測定したところ、その濃度はA<sub>0</sub>層の4~10%に相当する濃度であった。

#### (2) Csの培地への添加が菌類の栄養菌糸の成長に及ぼす影響

Csの負荷が菌類の栄養菌糸の成長及び菌糸中のCs蓄積に与える影響を調べるために、森林土壌に生息する代表的な菌類を供試菌として、培養実験を行った(図-2)。*T. viride*, *A. alternata*, *Xylaria* sp.の栄養菌糸は、培地中のCs濃度が50 mMでも生育していた。一方、*C. cladosporioides*, *S. commune*は培地中のCs濃度が25 mMまで、*F. arcularius*は10 mMまで生育することができた。培地中のCs濃度が50 mMの時、*A. alternata*は、200 mg/g

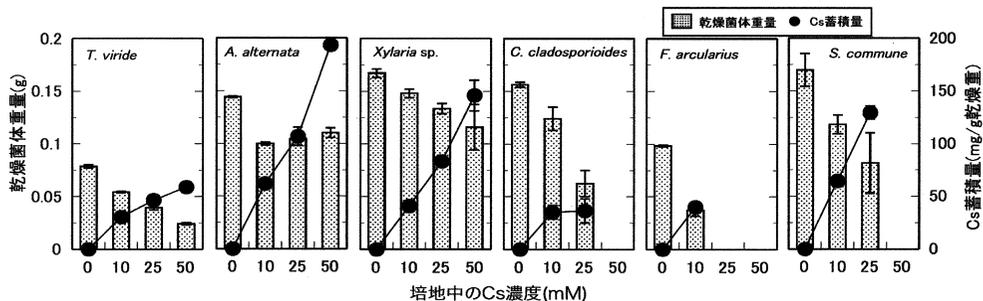


図-2 各種菌類の栄養菌糸の成長に対するPD液体培地中のCs濃度の影響。

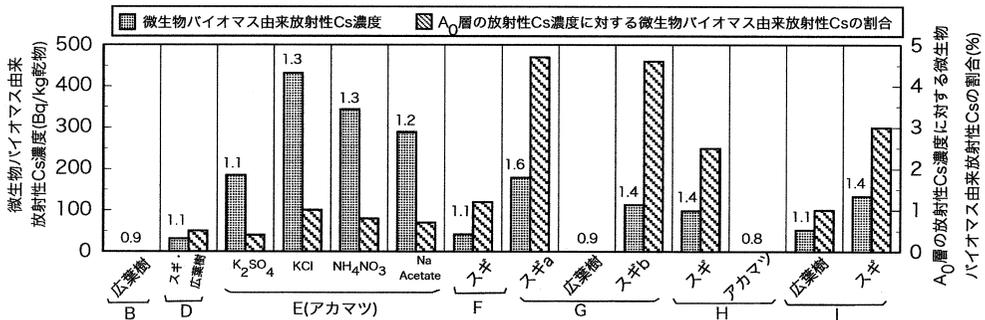


図-3 岩手県内の森林土壌に存在する放射性Csの土壌微生物バイオマスによる保持の可能性。棒グラフ上部の数値は、(くん蒸処理区土壌の放射性Cs濃度/非くん蒸処理区土壌の放射性Cs濃度)比を示す。

乾燥重のCsを蓄積していた。実際に原発事故により放出された放射性Csの森林土壌への沈着量は、本実験で使用した安定Csの量に比べるとはるかに微量である。そのため、本実験で得られたCs濃度に対する菌類の感受性や菌体内への吸収・蓄積といった特徴は、必ずしもA<sub>0</sub>層での放射性Csの挙動を反映しているとは限らない。しかし、A<sub>0</sub>層で菌類が優占しており、菌体中で安定Csが濃縮される傾向にあったことを考慮すると、A<sub>0</sub>層に沈着した放射性Csは、微生物を介した物質循環系に組み込まれている可能性が示唆された。

### (3)クロロホルムくん蒸-抽出法による土壌微生物に保持された放射性Cs濃度の測定

クロロホルムくん蒸-抽出法は、クロロホルム蒸気により土壌中の微生物を死滅させ、微生物に含まれている炭素化合物や窒素化合物を適当な抽出液で土壌から抽出し、その成分を定量することで、土壌中の微生物の現存量(微生物バイオマス炭素または窒素)を評価する方法である。本法は、微生物菌体内に保持された放射性Csの量的評価にも応用することが可能であると考えられる。

くん蒸処理区の放射性Cs濃度が非くん蒸処理のそれを越える場合、両者の濃度比(くん蒸Cs/非くん蒸Cs)は1を越える。このことは、微生物バイオマスに保持された放射性Csが抽出されたことを示している。つまり、くん蒸処理区の放射性Cs濃度から非くん蒸処理のそれを差し引いた値は、微生物バイオマス由来の放射性Cs濃度と見なすことができる(図-3)。分析した森林11地点のA<sub>0</sub>層の中で、8地点で微生物バイオマス由来の放射性Csが検出され、その濃度は、31~431 Bq/kg乾土の範囲にあり、A<sub>0</sub>層の放射性Csに対して0.4~4.7%に相当する濃度であった。ただし、E地区の分析結果では、抽出液の違いがくん蒸処理土壌からの放射性Csの抽出に影響を及ぼしていた。そのため、A<sub>0</sub>層中の微生物に保持された放射性Cs濃度の測定に、クロロホルムくん蒸-抽出法を応用し、その分析精度を向上させるためには、一連の抽出過程で

の微生物に保持されたCsの回収率を検討する必要がある。

## 4. まとめ

岩手県内の森林では、放射性Cs濃度は堆積腐植層(A<sub>0</sub>層)で高い値を示し、県南部の森林土壌では原発事故後2年半以上経過した時点でも、放射性Csの影響を受けていた。森林土壌のA<sub>0</sub>層は、微生物活性も高く、Csの保持には土壌微生物、特に菌類による取り込みが関与しているものと考えられた。そこで、A<sub>0</sub>層に定着する代表的な菌類を用いて培養実験を行ったところ、菌体中で安定Csが濃縮される傾向にあった。そこで、クロロホルムくん蒸-抽出法を用いて土壌中の微生物菌体内に保持された放射性Cs濃度を評価したところ、A<sub>0</sub>層全体の放射性Cs濃度の0.4~4.7%に相当する濃度であった。本研究で得られた知見は、今後の森林における除染や放射性物質の拡散抑制の方策を検討する上で参考になるものと思われる。

## 参考文献

- 1) 山口紀子, 高田裕介, 林健太郎, 石川覚, 倉俣正人, 江口定夫, 吉川省子, 坂口敦, 朝田景, 和穎朗太, 牧野知之, 赤羽幾子, 平館俊太郎: 土壌-植物系における放射性セシウムの挙動とその変動要因, 農環研報, Vol. 31, pp. 75-129, 2012.
- 2) Steiner M., Linkov I. and Yoshida S.: The role of fungi in the transfer and cycling of radionuclides in forest ecosystems, *J. Environ. Radioactivity*, Vol. 58, pp. 217-241, 2002.
- 3) Brookes P.C., Landman A., Pruden G., and Jenkinson D.S.: Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil, *Soil Biol. Biochem.* Vol. 17, pp. 837-842, 1985.