

放射性物質の森林生態系での動態

放射線医学総合研究所

吉田 聡

1. はじめに

福島第一原子力発電所の事故により、環境中に放射性物質が放出され、様々な形の影響を与える事態となった。我が国は国土の 60%以上を森林が占め、福島県はその 71%が森林で覆われている。すなわち、大気中に放出されて地表に沈着した放射性物質の多くの部分が森林に存在する状況となっている。森林は多くの生物が共存する代表的な生態系の一つであると同時に、人にとっては、木材、食料、水、燃焼等の供給源として重要な役割を果たしている。従って、森林を中心とした汚染物質の挙動を明らかにすることは、今回の事故の環境影響と住民の被ばく線量を評価するために不可欠である。ここでは、主として放射性セシウムに注目し、森林に関して今回の事故以前に得られていた知見を整理すると共に、事故後に実施された調査研究の一部を紹介して、今後の状況と対策について考察する。

2. 森林内で予想される動き

森林の樹冠は表面積が大きく大気中の汚染物質を捕集しやすい事が知られている。放射性物質の場合も同様で、ガスや粒子として樹冠に沈着することに加えて、雨とともに降下する放射性物質の一部も樹冠に捉えられる。休眠期の落葉樹林では樹冠に葉が付いていないため、林床に直接沈着する割合が大きくなると考えて良い。こうして森林に入って来た放射性物質は、森林内の物質循環に伴って移動する（図 1）。特に放射性セシウムは、必須元素であるカリウムと同じアルカリ元素であるため、その動きは非常にダイナミックである。森林内には安定セシウムも存在し、沈着した後の放射性セシウムの動きは、元々存在するカリウムやセシウムと平衡状態になっていく過程であるとも言える。

樹冠に沈着した放射性セシウムは、降雨による洗い落としや、落葉・落枝（リターフォール）と共に、林床に移行する。林床の上部に堆積したリターの生物分解や、リターからの溶脱が進むと、放射性セシウムは土壌有機物層のより下部に移行し、最終的には有機層に接している土壌（A 層）の最上部付近に蓄積して長期間保持される傾向がある。

森林内の分配に関して、我が国では Yamagata ら（1969）によって、大気中核実験起源の Cs-137 と Sr-90 について松林における分布が調査され、全沈着

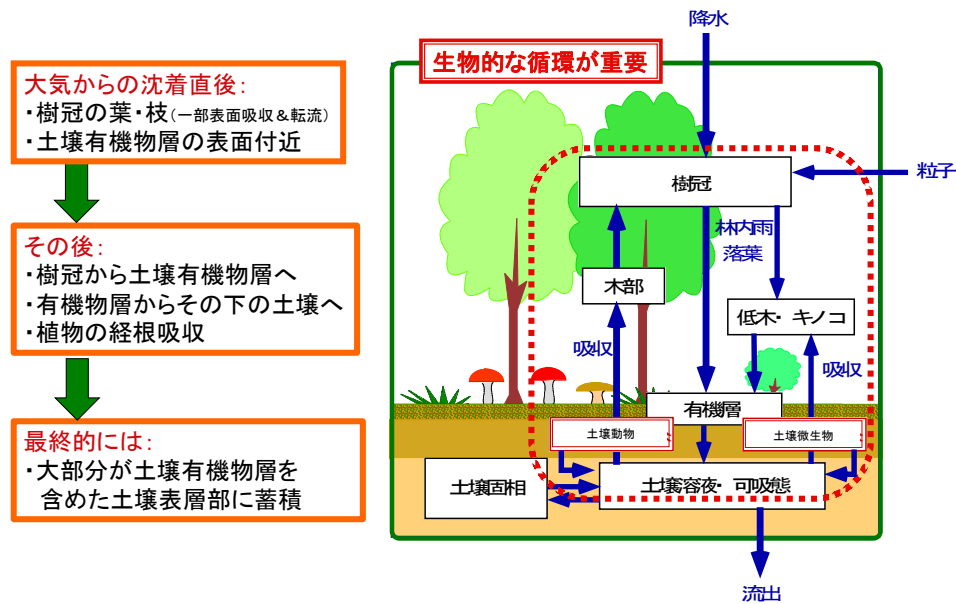


図 1：森林に沈着した放射性セシウムの挙動

量のうち Cs-137 の 91%、Sr-90 の 73% が土壌有機物層及び深さ 5 cm までの表層土壌 (A 層) に存在していることが報告されている。残りの部分は、より深い土壌と植物 (主として樹木) である。

土壌表層付近における保持に強く係っているのが、森林生態系の栄養塩サイクルに伴うセシウムの循環である。即ち、土壌表層の放射性セシウムが植物によって経根吸収されて葉に至り、これが再び溶脱やリターと共に林床に帰るとい、一種のポンプの様な作用が働いている。この循環の中で、放射性セシウムは可吸態を維持し、その結果、森林のキノコや植物中の放射性セシウムは比較的高濃度に維持される (例えば Yoshida ら, 2004)。

3. 植物や菌類における放射性セシウム

森林で採取した試料を分析すると、キノコやシダで特異的に高い放射性セシウム濃度が見られることが多い。特にキノコに関しては、チェルノブイリ事故以降非常に沢山のデータが報告された。福島事故以前の日本でも、汚染の程度は少ないが、農作物に比べると野生キノコの放射能は高いことが知られていた。著者らが 1989 年から 1991 年にかけて非食用も含めた日本産の野生キノコ 124 種 (284 試料) を分析した結果、主として大気中核実験起源の Cs-137 の濃度は大きな幅を示し、1000 Bq/kg-dry を越えるものも幾つか見つかっている。全試料の中央値は 53 Bq/kg-dry であった (Yoshida & Muramatsu, 1994)。一方、我々が普段食べるキノコは人工的に栽培されたものがほとんどで、野生

キノコに比べると Cs-137 濃度は低い。

野生キノコ中の放射性セシウムは、その場所への放射性セシウムの沈着量だけでなく、放射性セシウムの深さ方向の分布、菌糸の位置、菌の種類等によって変わる。土壌中の分布が時間（年）と共に変化すると、キノコ中の濃度も変化する事が報告されている。

一方、シダ類は菌類に比べて著しく研究が少ない。山菜としてのシダ類を食用とする我が国の場合、今後その濃度に注意する必要がある。

樹木中のカリウムは、個体内の生物活動が活発な部分に集まる事が知られており、安定セシウムと Cs-137 もほぼ同様の傾向を持つ。例えば、チェルノブイリによって汚染されたマツの場合は、若い葉や、樹幹の形成層付近で濃度が高いことが確認されている（Yoshida ら, 2011）。

4. 事故後の状況

福島第一原子力発電所の事故の後、文部科学省や農林水産省（林野庁）を中心に放射性セシウムの分布と動きに関する調査が実施されている。

文部科学省は「放射性物質の分布状況等に関する調査研究」の中で森林内における放射性物質の移行調査を実施しており、筑波大学の恩田らを中心としたグループが川俣町内の3カ所の森林において詳細研究を実施した。その結果、例えば以下が明らかになっている（文部科学省：9月14日）。

- ・スギ林の生葉の放射性セシウムの濃度は、広葉樹混合林の生葉に比べて平均3倍程度高い傾向にある。
- ・広葉樹混合林のリター層上部に堆積した落葉に含まれる放射性セシウムの濃度は、スギ林の落葉に比べて3-7倍程度高い傾向にある。
- ・スギ林及び広葉樹林の地表面に堆積した全放射セシウム量の約50%以上がリター層に存在する。

林野庁は福島県内の3カ所の森林で、層別の土壌と部位別の樹木を採取し、放射性セシウムの分布を調査している。大玉村の杉林の調査の結果、例えば以下が明らかになっている（林野庁：9月30日）。

- ・樹木の放射性セシウム濃度は、スギの葉が最も高く、心材や辺材は非常に低濃度である。
- ・林床の放射性セシウムは土壌のごく浅い層に分布しており、特に落葉は高濃度である。
- ・森林全体の放射性セシウムの分配を計算した結果、樹木の葉に全体の38%、枝に11%の放射性セシウムが存在し、樹木に森林全体の約半分の

量の放射性セシウムが分布している。また、林床の落葉には全体の33%が、表層土壌には17%が存在する。

文部科学省、林野庁共に、林床のリター層における放射性セシウムの蓄積に注目しており、現状において 森林内の空間線量率の低減化を図るためには、生態系への影響も考慮しつつ、表面に堆積しているリター層を除去することが効果的であるとしている。

森林の資源については、山菜の一部やキノコにおいて食品の暫定基準値を超える放射性セシウムが検出されている。また、市販の腐葉土が高濃度であった事例が示す通り、落葉広葉樹林のリターを堆肥として用いる農法においては十分な注意が必要である。

参考文献

N. Yamagata et al. (1969) J. Rad. Res., 10, 107-112.

S. Yoshida et al. (2004) J. Environ. Radioactivity, 75, 301-313.

S. Yoshida, Y. Muramatsu (1994) Env. Sci., 7, 63-70.

S. Yoshida et al. (2011) Radiation Protection Dosimetry, 146, 326-329.

文部科学省：9月14日：

http://radioactivity.mext.go.jp/ja/contents/6000/5046/24/5600_091412.pdf

林野庁：9月30日：

<http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/hozen/110930.html>