

## 樹木苗による放射性セシウムの吸収特性—苗畑での結果

石井克明・小長谷賢一・高田直樹・谷口亨（森林総合研究所・森林バイオ研究センター）・  
赤間亮夫・角園敏郎（森林総合研究所・企画部）・小澤創（福島県林業研究センター）

**要旨：**樹木の放射性セシウム吸収性を踏まえた利用や取り扱いを検討するため、放射性セシウムを含む苗畑にスギ、ヒノキ、ポプラ、ヤナギを植栽し、セシウムの樹木苗での吸収の違いを比較した。6ヶ月間栽培後放射性セシウム含有量を測定したところ、樹種により吸収量に差が見られ、小さなヒノキ苗とヤナギの葉で数値が比較的高かった。だが、どの樹種の苗木も前報の組織培養での結果と比べると全体的に極めて低い0.1未満の移行係数を示し、これは、土壤中の粘土鉱物へのセシウムの強い吸着力によるものと推察された。

**キーワード：**セシウム、スギ、ヒノキ、ポプラ、ヤナギ

**Abstract:** We tried to characterize the ability of the several forest trees on absorbing cesium for the collecting basic data in the nursery of radionuclide polluted area. There are slight difference of absorbing cesium quantity among tree species. However, radiocesium transfer factors are relatively small comparing with the former in vitro experiment. A small plant of *Chamaecyparis obtusa* and leaves of *Salix pet-susu* accumulate more radiocesium than other parts and plants.

**Keywords:** Radioactive cesium, *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa*, *Populus nigra* var. *italica*, *Salix pet-susu*

## I はじめに

福島第一原発事故で放射能汚染された土壌で林業苗木を栽培した場合の、放射性物質の吸収についての知見は少ない。苗畑作業や、苗木の取り扱いにおいて、半減期が30年と長い放射性セシウム137 (Cs-137) の苗木での挙動を明らかにしておくことが必要である。また、植物を用いた環境修復について種選択を考える上でも、樹木での吸収についての情報が必要である。そこで、放射性セシウムを含む苗畑で林業樹種を植栽し、その吸収特性について調べた。

また、それらの値を *in vitro* での組織培養苗の安定セシウムの吸収量の試験と比較した。

林総合研究所北海道支所（札幌市）構内の植栽木の枝より、スギは雄性不稔個体福島不稔2号及び5号の苗木の枝条より、ヒノキは森林総合研究所（つくば市）貯蔵種子（高知県産）よりそれぞれ組織培養して再生し順化させ、すべての樹種を日立市十王町伊師の森林総合研究所林木育種センターの温室で栽培した個体を用いた。植栽時にはこれらの個体の放射性セシウムは、検出限界以下であった。苗畑は黒ボク土で2011年の震災後、20cmの深さまで耕耘した。苗木間隔は75cmで、列状に、スギ福島不稔2号を5本、福島不稔5号を10本、ヒノキを2本、ポプラを3本、ヤナギを10本植栽した（図-1）。

## II 実験方法

## 1. 放射性セシウム含有苗畑での樹木苗栽培

スギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) クローン、ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* (Sieb. et Zucc.) Endl.) クローン、セイヨウハコヤナギ *Populus nigra* L. var. *italica* Koehne (以下ポプラと呼ぶ) クローン、エゾノキヌヤナギ *Salix pet-susu* Kimura (以下ヤナギと呼ぶ) クローンの1年生苗を福島県郡山市安積の福島県林業研究センターの苗畑に2012年4月17日に植栽した。ポプラは森林総合研究所（つくば市）構内の植栽木の枝より、ヤナギは森

## 2. 樹木中の放射性セシウムの分析

2012年10月10日に6ヶ月間栽培した12本の苗木の地上部を伐採し（図-1のB, D行）放射性セシウムの含有量を測定した。スギおよびヒノキは針葉茎全体をまとめて裁断し、ミルにて粉碎した。ポプラとヤナギは地上部を葉と茎に分けて、同様に裁断後ミルで粉碎した。土壌は地表から深さ10cmまでを採取した。80℃で24時間乾燥した後、U-8容器にてゲルマニウム半導体検出器 GEM40P4-76（セイコーEG&G社）によるガンマ線スペクトロメトリ法で放射性セシウムCs-134, Cs-137を測定した。測定時間はサン

Katsuaki ISHII, Ken-ichi KONAGAYA, Naoki TAKATA, Toru TANIGUCHI(For. and Forest Prod. Res. Inst., Forest Bio-research Center, Ishi 3809-1, Juo, Hitachi, Ibaraki 319-1301), Akio AKAMA, Toshiro SUMIZONO(For. and Forest Prod. Res. Inst., Planning Department, Matsunosato 1, Tsukuba, Ibaraki 305-8687), Hajime OZAWA(Fukushima Prefectural Forestry Research Center, Koriyama, Fukushima 963-0112) Radioactive cesium absorbing character of several forest tree species in a nursery.

プルにより 1800~36000 秒で調節して行った。

### III 結果と考察

#### 1. 放射性セシウムの吸収量の樹種による違い

測定した 17 サンプル中、Cs-134 は 7 サンプル(ヒノキ、スギ 2 サンプル、ポプラ葉、ポプラ茎、ヤナギ葉 2 サンプル)で検出され (2.11~100 Bq/kg 乾重)、Cs-137 は 16 サンプルで検出(4.63~140 Bq/kg 乾重)された。

表一 1 に示したように、すべての個体で苗木の Cs-137 の移行係数(土壤の当該放射性物質濃度に対する植物の放射性物質濃度の割合で植物の放射性物質吸収の目安)は 0.1 以下であり低かった(尚、Cs-134 は検出サンプル数が少なく半減期が短いので割愛した)。スギではクローンによる違いが認められ、福島不稔 2 号で平均 0.0115、福島不稔 5 号で平均 0.0045 だった。ヒノキは 1 本だけの計測だが、0.093 と測定した苗の中では比較的高い値を示した。広葉樹では、ポプラよりヤナギで高い移行係数を示し、葉で平均 0.0187、茎で 0.0113 であった。これまで純粋に根からのみの吸収を樹木について報告した例は少なく、更に森林樹木では土地面積あたりで算出した移行係数で表示されている。そこで浅見の換算法(1) (Bq/kg 乾重  $\times$  123 = Bq/m<sup>2</sup>) を参考に、過去の文献値を本法の単位の重量あたりの濃度比へ変換して比較した。泥炭土栽培のヤナギ(*Salix viminalis*) 1 年生の地上部(茎+葉)では、0.96 であり(4)、壤土栽培のヤナギ(*Salix viminalis*) 2 年生では、茎で 0.0084、葉で 0.026 と換算された(7)。壤土での結果は本報の値に近く、泥炭土での結果は既報の水耕栽培(6)に近いインビトロ培養での結果(5)に近かった。このように、移行係数には栽培基質の影響が大きいことが確認された。

#### 2. 放射性セシウム含有苗畑での苗木地上部の乾燥重量と Cs-137 移行係数の関係

苗木の地上部の乾燥重量を横軸に、その Cs-137 移行係数を縦軸にプロットすると、図一 2 に示したように弱い負の相関( $r = -0.59$ , 片対数回帰)が認められた。例えば移行係数が 0.093 と比較的高かったヒノキ苗は乾重 14g と小さいのに対して、0.003 と低かったスギ福島不稔 5 号は 245g と大きかった。この苗畑は深さ 20cm まで耕耘されており、放射性セシウムはその層に均等に分布していると考えられるので、小さい苗の根の方がその層との接触がより多いことになり、移行係数が高くなる傾向があると思われる。同様の現象は、Cs-134 の移行係数においても観察され、苗木地上部の乾燥重

量との相関係数は  $-0.58$  だった。また、ポプラとヤナギはどちらも大苗に育ちながらヤナギの方が移行係数が高かったのは、ヤナギの浅根性との関係が推察される。

#### 3. インビトロ試験との比較

セシウムは、植物の養分とはならないが、カリウムと化学的・生化学的に似た性質があるので、競合するイオンとして吸収するといわれている(2)。樹種によるセシウムの吸収能の違いを、その植物を高濃度の安定セシウム含有培地で組織培養して調べた結果(5)と今回の苗畑試験を比較した。

組織培養実験(5)では、移行係数を培地での安定セシウム濃度分の植物体での吸収安定セシウム濃度で表したが、ヤナギで 0.77、以下ポプラ 0.71、スギ 0.17、ヒノキ 0.16 となった。これらの移行係数の高さは、寒天培地の条件が、セシウムを吸着すると言われている粘土鉱物を含まないの、より植物がセシウムを吸収し易くなった結果と思われた。今回の、土壤での放射性セシウム測定では、土壤中の粘土鉱物へのセシウムの吸着力が強かったために、樹木苗への移行係数が低かったと思われた。インビトロでの値との相関をみると、ヤナギやスギでは有る程度みられたが、ヒノキやポプラではみられなかった。主要森林樹木の汚染苗畑でセシウムの吸収量が極めて低いという結果は、苗木流通やその成長後のバイオマスの利用時での、取扱者の被曝はほとんど無いということを示している。

#### 4. 樹木苗の環境修復への利用の可能性

移行係数を比較すると、これまで実際にチェルノブイリ原発近辺で環境修復に用いられてきた、カラシナ(3)等に比べて、樹木は低い値である。しかし、放射性セシウムの吸収量は、移行係数  $\times$  バイオマス量に正比例するので、例えばバイオマス生産性の高いヤナギ等の中から、ファイトレメディエーションに活用できる系統を選択する可能性はあると思われる。また、1 年生草本類を除染に用いる場合は、作付け、播種、収穫の回数が増え、手間がかかるが、樹木の場合は一度植栽すれば、地上部を伐採後の萌芽性を活用して以後の作業が少なく済む利点があるであろう。チェルノブイリ近郊での放射性セシウムの吸収の例では、土壤の水分量が増えると、樹木での移行係数が増大する(4)。つまり、水耕のように土の無い状態ではよりセシウムの吸収が盛んになるので、放射能汚染水の除染処理に、樹木苗を含めた植物の吸収機能の環境修復への活用の可能性が有ると思われる。実際、ヒマワリ、アシ、ポプ

ラの水耕栽培実験で放射性セシウムの培地からの除去率を比較した例では、栽培16日目で、ポプラが最も高いセシウムの除去率31%を示した(6)。今回実験に用いたヤナギについても水耕栽培での高い吸収率が予想される。

IV おわりに

放射性セシウムの移行係数やバイオマス生産性を考えての、放射性セシウム汚染土壌の環境修復は、土壌共存下での移行係数の全体的な低さから修復には長期間を要することが予想される。そこで、より現実的なのは土壌を含有しない放射能汚染水処理への、ファイトレメディエーションの活用であると推察されるが、一方で樹木は増富性が高く、その扱いや処理が難しいこともあり、樹木苗を用いる得失については、今後検討がさらに必要であろう。

引用文献

(1) 浅見輝男 (2011) 土壌と農作物の放射性核種汚染。アグネ技術センター，東京，127pp.  
 (2) BUTKUS, D. and KONSTANTINOVA, M. (2005) Studies of <sup>137</sup>Cs transfer in soil-fern system. Journal of Environmental Engineering and Landscape

Management :13, pp.97-102  
 (3) DUSHENKOV, S., MIKHEEV, A., PROKHNEVSKY, A., RUCHKO, M. and SOROCHINSKY, B. (1999) Phytoremediation of radiocesium-contaminated soil in the vicinity on Chernobyl, Ukraine. Environmental Science Technology: 33, pp.469-475  
 (4) IAEA (2009) Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments. IAEA, Vienna, pp.616  
 (5) 石井克明・小長谷賢一・高田直樹・谷口亨・木村穰 (2012) 樹木によるセシウムの吸収特性. 関東森林研究 : 63, pp.73-76  
 (6) SOUDEK, P., TYKVA, R. and VANEK, T. (2004) Laboratory analysis of <sup>137</sup>Cs uptake by sunflower, reed and poplar. Chemosphere :55, pp.1081-1087  
 (7) von FIRCKS, Y., ROSEN, K. and SENNERBY-FORSSE, L. (2002) Uptake and distribution of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in *Salix viminalis* plants. Journal of Environmental Radioactivity: 63, pp.1-14

表一1. 1年生栽培苗内放射性セシウム Cs-137 分析結果及び移行係数  
 Table 1 Radiocesium Cs-137 contents in the cultured plants and its transfer factor

試料名	苗Cs-137濃度 Bq/kg乾重	移行係数 ±SE	参考(5) In Vitro 移行係数
スギ福島不稔2号	21.8-25.1	0.0115±0.001	—
スギ福島不稔5号	4.67-8.73	0.0045±0.0006	0.17
ヒノキ	140	0.093	0.16
ポプラ (葉)	4.99	0.003	0.71
ポプラ (茎)	10.8	0.007	0.71
ヤナギ (葉)	17.7-45	0.0187±0.004	0.77
ヤナギ (茎)	ND-33.3	0.0113±0.0056	0.77
土壌	1512	—	—

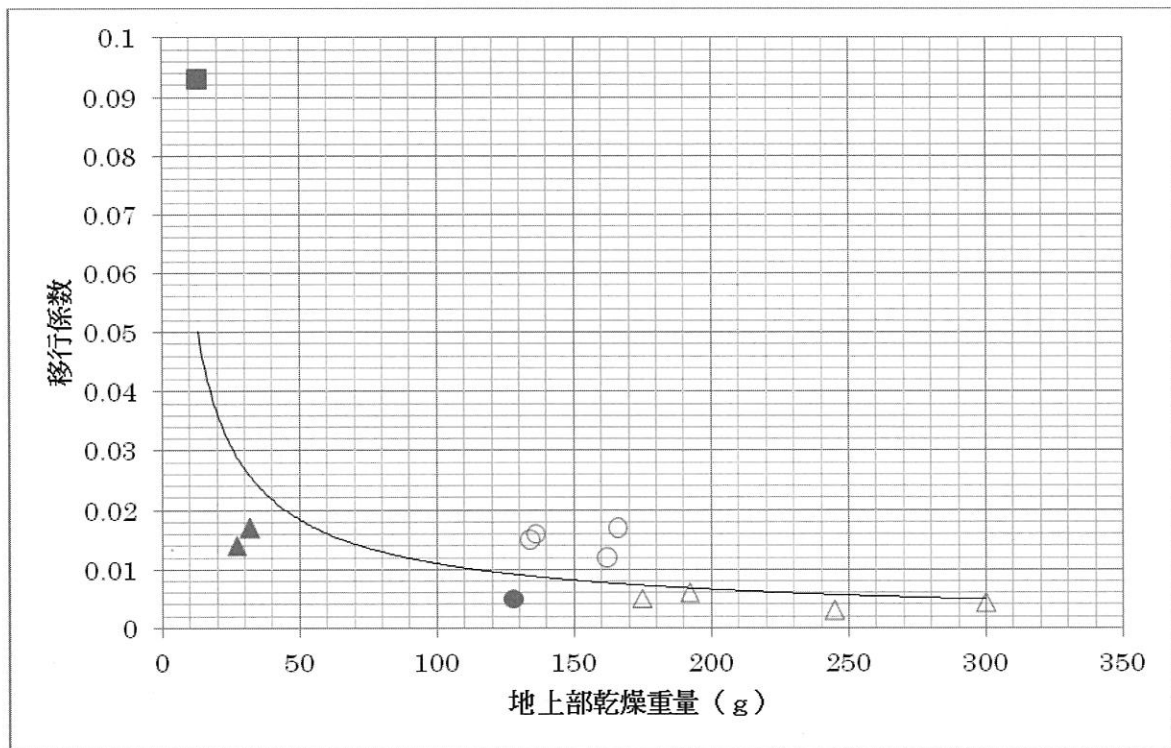
ND: 検出限界 3.98 Bq/k g 乾重以下

A	○	○	△	△	●	▲
B	○	○	△	△	●	▲
C	○	○	△	△	●	▲
D	○	○	△	△	■	▲
E	○	○	△	△	■	▲

○エゾノキヌヤナギ、△スギ福島不稔5号、●ポプラ（セイヨウハコヤナギ）、  
■ヒノキ、▲スギ福島不稔2号

図一1. 苗畑植栽図

Fig. 1 Planting arrangement in a nursery



記号は図一1. と同様。

図一2. 苗木の大きさと放射性セシウム Cs-137 の移行係数の関係

Fig. 2 Correlation between plant size and transfer factor of radioactive cesium Cs-137