

# 樹木苗木によるセシウム吸収量の違い

—環境修復機能性樹木の開発に向けて—

森林バイオ研究センター 石井克明, 谷口亨, 小長谷賢一

## 1 はじめに

福島第一原発事故で放射能汚染された土壌で苗木を栽培した場合の、放射線物質の根から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137セシウムについての苗木での挙動の解明が今後大きな課題と思われる。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、それらの値をインビトロ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。

## 2 放射性セシウム含有苗畑での樹木苗栽培

スギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) (福島不稔2号, 5号), ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc.), ポプラ (イタリアヤマナラシ, *Populus nigra* L. var. *italica* Koehne), ヤナギ (エゾノキヌヤナギ, *Salix pet-susu* Kimura) の1年生苗を福島県郡山市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(図1)。

ポプラは森林総合研究所(つくば市)構内の植栽木の



図1 福島県林業研究センター苗畑に植栽

枝より、ヤナギは森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)貯蔵種子より組織培養して再生し順化させ、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。これらの個体からは放射性セシウムの検出が、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。

## 3 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含有量を測定した。スギおよびヒノキは針葉茎全体を破碎した。80℃で24時間乾燥した後、U-8管にてゲルマニウム測定器でCs134, Cs137を測定した。測定時間はサンプルにより1,800~36,000秒で調節して行った。

なお、放射性セシウムの測定は森林総合研究所企画部の赤間亮夫放射物質影響評価監にお願いした。

## 4 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、Cs134は7サンプルで検出され(2.11~100 Bq/kg), Cs137は16サンプルで検出(4.63~140 Bq/kg)された。

表1に示したように、すべての個体で苗木のCs137の移行係数は0.1以下であり低かった。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。

## 5 放射性セシウム含有苗畑での苗木地上部の乾燥重量とCs137移行係数の関係

苗木の地上部の乾燥重量を横軸に、そのCs137移行係数を縦軸にプロットすると、弱い負の相関(-0.59)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は245gと大きかった。この苗畑が20cmまで耕耘されその層に放射性セシウムが均等に分布しているため、小さい苗の方が根の接触がその層により多いことにより、移行係数が多くなる傾向があると思われた。同様の現象は、Cs134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は-0.58だった。

## 6 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、カリウムと似た性質があるので、間違っって吸収するといわれている<sup>1)</sup>。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検索した結果<sup>4)</sup>と今回の苗畑試験を比較した。

移行係数を、培地でのセシウム濃度分の植物体でのセシウム濃度で表すとすると、ヤナギで0.77、以下ポプラ0.71、カギカズラ0.68、クロマツ0.17、スギ0.17、ヒノキ0.16となった。対照の菜の花は2.47であった。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土を含まないので、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、土壌での測定では、土へのセシウムの吸着力が強く、樹

木苗への移行係数は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。主要森林針葉樹が比較的吸収量が低いのは、環境修復の見地からは、それを利用しにくいということだが、苗木作業や木材の利用等の面では、たとえ吸収されたとしても少量であり、近くでの取扱者の被曝の可能性がほとんど無いという意味で朗報と言える。

移行係数を単純に比較すると、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菜の花<sup>2)</sup>に比べて、樹木は低い値であった。しかし、フィールドでの実際の放射線セシウムの吸収量は、移行係数×バイオマス量に正比例する。そこで、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た。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、地上部を伐採後は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、土壌の水分量が増えると、樹木での移行係数が増大した<sup>3)</sup>ので、水耕のように土の無い状態ではより吸収が盛んになるので、放射能汚染水の処理に使える可能性が有ると思われる。実際、図2のように、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、ポプラが最も高いセシウムの除去率31%を示した報告がある<sup>5)</sup>。

表1. 1年生栽培苗内放射性セシウムCs137分析結果及び移行係数

試料名	苗Cs137濃度 Bq/kg乾重	移行係数 ±SE	参考 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/kg 乾重以下

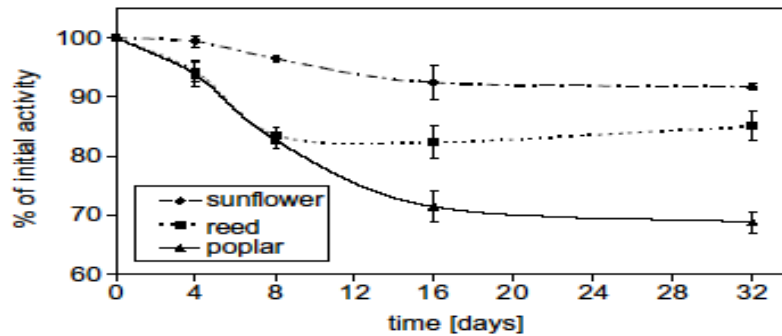


図2 水耕栽培での放射性セシウムの培養日数ごとの培地からの低下の比較  
(16日目ではポプラ、アシ、ヒマワリの順で培地からの除去率が高い)

Petr Soudek, Richard Tykva, Tomas Vanek, *Chemosphere* 55 (2004) 1081-1087

## 7 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ると、放射性セシウム汚染土壌の環境修復には、慎重な樹種選択が望ましいが、土壌共存下の移行係数の低さから修復には長期間を要することが予想される。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た。

なお、試験地の設定については、福島県林業研究センターの小澤創氏に大変お世話になりました。記して御礼申し上げます。

## 8 引用文献

- 1) BUTKUS D, KONSTANTINOVA M: Studies of  $^{137}\text{Cs}$  Transfer in Soil-Fern System, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 13:97-102 (2005)
- 2) DUSHENKOV S, MIKHEEV A, PROKHNEVSKY A, RUCHKO M, SOROCHINSKY B: Phytoremediation of radiocesium-contaminated soil in the vicinity on Chernobyl, Ukraine, *Environmental Science Technology* 33:469-475 (1999)
- 3) IAEA :Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments. IAEA, VIENNA, pp194. (2010)
- 4) 石井克明・小長谷賢一・高田直樹・谷口亨・木村穰：樹木によるセシウムの吸収特性 関東森林研究 63:73-76(2012)
- 5) SOUDEK P, Tykva R, Vanek T: Laboratory analysis of  $^{137}\text{Cs}$  uptake by sunflower, reed and poplar, *Chmosphere* 55:1081-1087(2004)