

樹木によるセシウムの吸収特性

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）・木村穰（森林総合研究所・林木育種センター）

要旨：放射性セシウムの植物を用いた除染のための基礎データを得る目的で、セシウムの樹木での吸収の違いを比較した。安定セシウムを一定量加えた培地にて無菌的にフラスコ内でスギ、ヒノキ、マツ、ポプラ、ヤナギ、カギカズラを培養した。高濃度培地でセシウムを良く吸収する樹種は、その影響からか葉が黄変した。フラスコ内で培養された苗によるセシウム吸収量には、樹種によって違いがあった。早生広葉樹が、針葉樹よりもセシウムの移行係数が大きかった。

キーワード：ファイトレメディエーション、セシウム、*Populus*, *Salix*, *Pinus*

Abstract: We tried to characterize the capacity of the several forest trees on absorbing cesium for the collecting basic data of phytoremediation of the radionuclide polluted area. There are difference of absorbing cesium quantity among in vitro cultured tree species. Fast growing broad-leaved species like *Populus* and *Salix* accumulate more cesium than conifer species.

Key words: Phytoremediation, Cesium, *Populus*, *Salix*, *Pinus*

I はじめに

福島第一原発事故で、土壌の放射線物質除去が必要になっている。特に半減期が30年と長い放射性¹³⁷セシウムの除染が今後大きな課題と思われる。

農地では、ヒマワリ、アマランサス等の植物に放射性物質を吸収させて除去するファイトレメディエーションが実際に行われている。そこで、環境適応性に富んだ樹木の中からファイトレメディエーションに用いることができそうな樹種を選定する目的で、いくつかの樹木のセシウムの吸収量の違いを検定した。また、ウクライナでの森林樹木の放射性セシウムの吸収量のデータと比較した。

II 実験方法

1. 組織培養苗によるセシウムの吸収

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）、カギカズラ（*Uncaria rhynchophylla*

Miq.）クロマツ（*Pinus thunbergii* Parl.）、スギ（*Cryptomeria japonica* D. Don）、ヒノキ（*Chamaecyparis obtuse* Sieb. et Zucc.）そして対照として菜の花（*Brassica rapus* L.）のフラスコ苗をセシウムを塩化セシウム CsCl で 2.5-10mM 含有した 1/2MS 培地（pH5.8）に移植し、培養した。培養は、培地を 100ml 入れた 500ml のマヨネーズ瓶を用い、1 瓶に 1 本の発根苗を移植し、25°C16 時間冷陰極管照明で行った。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、ヤナギは森林総合研究所北海道支所（札幌市）構内の植栽木の枝より（6）、カギカズラは高知県内で採取した苗木の茎節より、スギは雄性不稔個体福島5号の苗木の枝条より（5）、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た（4）。クロマツは森林総合研究所林木育種センター（日立市）貯蔵種子より無菌発芽させた材料を用いた。菜の花はアタリヤ農園産の無菌発芽個体を用いた。

Katsuaki Ishii, Toru Taniguchi (For. And Forest Prod. Res. Inst., Forest Bio-research Center, Ishi 3809-1, Juo, Hitachi, Ibaraki 319-1301), Yuzuru Kimura (For. And Forest Prod. Res. Inst., Tree Breeding Center, 319-1301)

Cesium absorbing capacity of several forest tree species.

2. 樹木中の安定セシウムの分析

1ヶ月培養した植物体の茎と葉を採取し、105°Cで24時間乾燥した。乾燥試料をはかりとり、硫酸を添加して加熱し、炭化した。その後550°Cに設定した電気炉で灰化した。残渣を硝酸で溶解し、定容として供試液とした。その試料についてICP-MS(誘導結合プラズマ質量分析装置)で133セシウムの定量を行った。パーキンエルマー社製ELAN DRC IIの装置で、試料導入量は100 μ L/min、プラズマガス流量は17L/min、補助ガス流量は1.3L/min、RFパワーは1.5kwとした。

III 結果と考察

1. セシウム含有培地での植物体の成長

10mMのセシウム含有培地では、ポプラ、ヤナギ、カギカズラ及び対照の菜の花は枯死したが、スギ、ヒノキ、マツの発根苗は生存した(図-1, 2, 3)。5mMのセシウム含有の培地では、ヤナギとカギカズラが枯死した。2.5mMのセシウム含有の培地では、試みた全ての植物が少なくとも1ヶ月間は生存したが、ヤナギでは葉の先端が黄変するものがあった(図-4)。

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、間違えて吸収するといわれている(4)。今回実験したような比較的高濃度の条件では、生育に阻害的に作用することがあることが判明した。スギ、ヒノキでは培地が高濃度でも枯死しなかったのは、植物への吸収量が少なかったことが原因であろう。このことから、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セシウム含有培地で培養して検索することができると思われた。

2. セシウムの吸収量の樹種による違い

一定期間組織培養した苗木のセシウムの吸収濃度はポプラが最も多く18mg/gであり、以下ヤナギ10mg/g、カギカズラ8.8mg/g、クロマツ8.6mg/g、スギ8.4mg/g、ヒノキ7.9mg/gであった(表-1)。また、放射線汚染土壌から植物への核物質の移動で用いられる移行係数を、今回は、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(表-1, 図-5)。

北大植物園内植栽の600種の植物の葉の安定セシウムの量を計測した報告では、最大の種でも吸収量は0.1mg/g以

下であり、吸収量の大きい方から順位をつけると、ヒノキが465位、スギが555位であり、吸収量は0.005mg/g以下であった(7)(渡部敏裕2011, 私信)。今回の桁外れの濃度の高さは、培地の高濃度の影響と、幼植物体を計測したことが影響したと思われた。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(2)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 \times 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早生樹木の中から、ファイトレメディエーションに活用できる樹種や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(3)ので、加湿な培地での組織培養では移行係数が高く出たと思われた。

IV おわりに

安定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。今後放射性核種汚染地域での除染のための植栽試験を検討したい。

引用文献

- (1) BUTKUS D, KONSTANTINOVA M (2005) Studies of ^{137}Cs Transfer in Soil-Fern System, Journal of Environmental Engineering and Landscape Management 13:97-102
- (2) DUSHENKOV S, MIKHEEV A, PROKHNEVSKY A, RUCHKO M, SOROCHINSKY B (1999) Phytoremediation of radiocesium-contaminated soil in the vicinity on Chernobyl, Ukraine, Environmental Science Technology 33:469-475

- (3) IAEA (2010) Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments. IAEA, VIENNA, pp194.
- (4) ISHII K (1986) In vitro plantlet formation from adventitious buds on juvenile seedlings of Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtuse*), Plant Cell, Tissue and Organ Culture 7: 247-255
- (5) 石井克明・細井佳久・谷口亨・坪村美代子・近藤禎二・壽田智久 (2010) 雄性不稔スギ福島不稔2号及び5号の組織培養 日本森林学会大会学術講演集 121:Pa2-99
- (6) ISHII K, MATSUZAKI T, TOMITA R, YAMASAKI T, SHIMIZU K (2010) Tissue culture of *Salix pet-susu*: A fast-growing biomass resources tree, The International Plant Propagators' Society Combined Proceedings 59: 130-132
- (7) 渡部敏裕 (2011) 植物のセシウム(Cs)とストロンチウム(Sr)集積に関する研究 <http://www.geocities.jp/watanabe1209/Topics/CsSr.htm>

表一1. 培養苗内安定セシウム分析結果及び移行係数

Table 1 Cesium contents in the cultured plants and its transfer coefficient

| 試料名 | 培地Cs濃度(mM) | 苗Cs濃度 $\mu\text{g/g}$ (ppm) | 移行係数 |
|-----------|------------|-----------------------------|------|
| クロマツ北相馬1号 | 10 | 8600 | 0.17 |
| スギ福島5号 | 10 | 8400 | 0.17 |
| ヒノキ | 10 | 7900 | 0.16 |
| ポプラ(イタリー) | 5 | 18000 | 0.71 |
| エゾノキヌヤナギ | 2.5 | 10000 | 0.77 |
| カギカズラ | 2.5 | 8800 | 0.68 |
| 菜の花 | 2.5 | 32000 | 2.47 |



図一1. スギ(左)、ヒノキ(右)の培養 (10mM Cs 含有培地)

Fig.1 *Cryptomeria* (left) and *Chamaecyparis* (right) cultured on 1/2MS medium containing 10 mM cesium



図一2. エゾノキヌヤナギの培養 10mM Cs 含有培地(右) 対照(左)

Fig. 2 *Salix* cultured on 1/2MS medium containing 10 mM Cesium (right) and control (left)

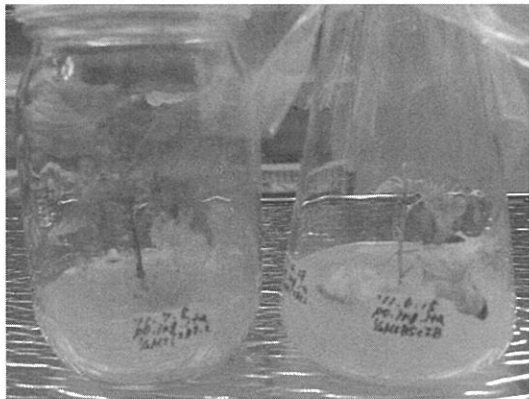


図-3. ポプラの培養
10mM Cs 含有培地 (右), 対照 (左)

Fig. 3 Populus cultured on 1/2MS medium containing
10 mM Cesium (right) and control

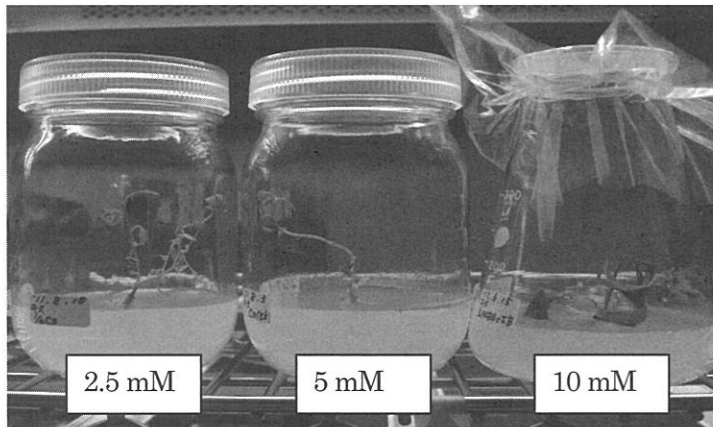


図-4. 異なるセシウム濃度の培地でのエゾノキヌヤナギの生育状況

Fig. 4 Salix cultured on different concentration of cesium

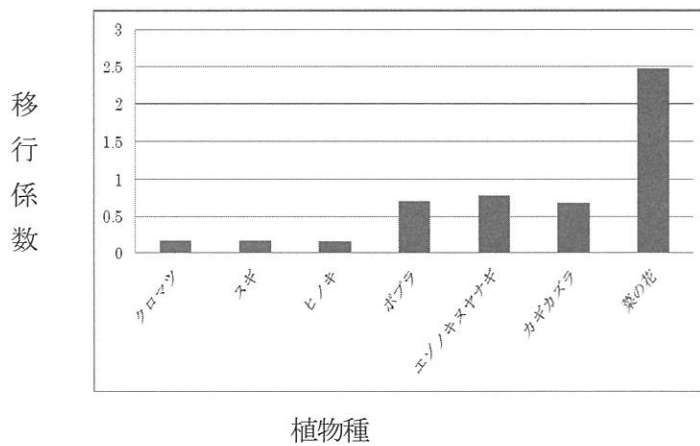


図-5. 培養苗の安定セシウムの移行係数

Fig. 5 Transfer coefficient of cesium in cultured plants