

# 1. 基本情報

区分	森林	担当者名	熊谷博史
タイトル (英文)	Forest and Chernobyl: forest ecosystems after the Chernobyl nuclear power plant accident: 1986 -1994		
タイトル (和文)	森林とチェルノブイリ：チェルノブイリ原子力発電所の事故後の森林の生態系：1986-1994		
キーワード			
著者	V. Ipatyev, I. Bulavik, V. Baginsky, G. Goncharenko, A. Dvornik		
文献	Journal of Environmental Radioactivity 42 (1999) 9-38		

## (1) 対象地域

Different areas of Belarus where every fourth hectare (i.e. some 2 million ha) appeared to be covered with the Chernobyl ash

チェルノブイリの灰に覆われたベラルーシの4ヘクタール毎(約200万ヘクタール)の異なるエリア

## (2) 重要な図表

### 2.1

- ・事故から7年後、堆積した<sup>137</sup>Csの割合は、森林土壌の表層より表層から0-1cmの層の方が明らかに高かった。(Fig. 1)

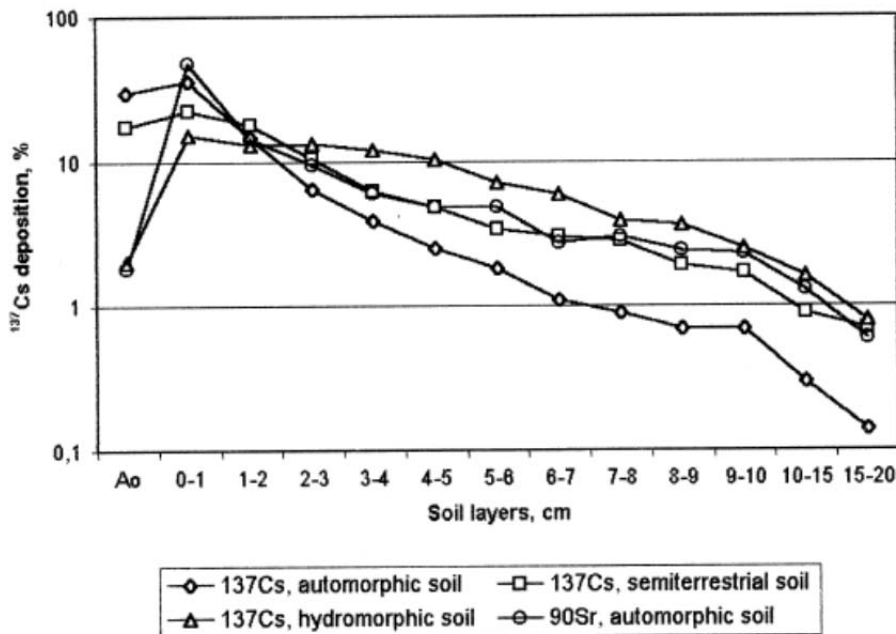


Fig. 1. Distribution of radionuclides through the vertical soil profiles at the experimental plots in 1993 (%).

- ・新芽や若葉に高い放射性核種の吸収がみられた。(Table 1)

・ 137Cs は、若い群衆林の方が成熟した群衆林よりも高かった。(Table 3)

Table 3  
Specific activity of pine wood of different tree age in Bq kg<sup>-1</sup>

Contamination density (Ci km <sup>-2</sup> (kBq m <sup>-1</sup> ))	Tree age (years)	Trunk diameter (cm)	Specific activity of wood (Bq kg <sup>-1</sup> )	Ratio
510.0 (18 870)	18	10-14	41 588	2.39
16.2 (600)	50	20-26	17 375	
	25	14-18	1 627	3.28
	80	40-50	496	

## 2.2

7つのマツ群集林における種子の性質を調査した。平均被爆線量は 0.3-4.0mRh-1 の範囲だった。比較のため、汚染した群集林からかなり離れた 2つの地域から採取した種子の性質も調査した。種子の生産性の分析では Scots Pine (*Pinus sylvestris*) の種子錐は放射能汚染のレベルに従って、減少することが明らかになった。一定の放射線照射を受けた群集林では、種子錐からできた種子の割合は平均で 1.5 倍少なかった。空の種子の割合が多かった。

汚染濃度が 11500kBqm-2 まで増加すると、花粉の長さが 7.8%減少した。致死と亜致死、中等度の放射線障害ゾーンから採取した花粉は、管理された個体群から採取した花粉よりも確実に小さかった。すべての区画の花粉の生存能力は 95.8-99.2%と高かったが、致死と亜致死の放射線障害ゾーンから採取した花粉の 39.2%が正常な成長からはずれていた。

マツの種子の発芽能力の調査では、一定の放射線照射を受けたマツ群集林から採取した種子は、管理された種子より 10-30%低かった。

一定の放射線照射を受けた群集林からのマツの苗木の真菌に対する抵抗力は、下がった。

1993-1996年に作成したコガネムシの調査では、チェルノブイリ NPP から 8 km離れた Masany Wood では、0.55g 以下の異常に小さい個体の割合が大きかった。Masany Wood での 137Cs と 90Sr、プルトニウムの堆積は、7400 と 3300、50kBqm-2 であった。放射線各種の堆積が少なくなると、0.56-0.80g と 0.80g 以上の数が増える。コガネムシの生物量とそこでの放射性各種の量は相関があった。(Table 4)

野生のキイチゴのトランス因子 TF 値はかなり高かった。土壌からキイチゴに吸収される *Vaccinium myrtillus* の 137Cs の TF 値は、*Fragaria vesca* の TF 値よりも 4-5 倍高かった。一方、*Fragaria vesca* の 90Sr は *Vaccinium myrtillus* より 7-8 倍高かった。

水成土壌の 137Cs の垂直的移動は、自形の土壌に比べて明らかに高い。湿った植物共同体の森では、放射性核種の堆積の 30%以上が 30cm の深さで見られ、放射性各種の吸収は、自形の土壌で観察されるよりも 10-15 倍大きいことがわかった。

## 2.3

アイソザイム電気泳動分析は、アイソザイムでアミノ酸置換が原因とされている 40%の突然変異とアイソザイムに影響するすべての突然変異を明らかにすることができる最も正確な方法のひとつである。

マツやトウヒなどの針葉樹は、ヒトや野生哺乳類と同様に電離放射線の効果を受けやすい。さらに、マツとトウヒの種子の半数性大配偶体と 2 倍性胚嚢は、配偶子のレベルでの突然変異生成の研究を可能にする。

実験には、Scot pine(*Pinus sylvestris* L.)と Norway spruce(*Picea abies* (L.) Karst)の群集林から採取した種子を使用した。(Table 7)

Korochkin et al. (1977) and Conkle et al. (1982) の酵素抽出と電気泳動に従って行なった。酵素は、垂直、水平なチェンバー内で 13-14% のでんぷんジェル上で電気泳動を行なった。以下の 3 つのバッファースystemを用いた。

(A) tris-EDTA—borate, pH 8.6 (Goncharenko et al., 1989): stock (900 mM tris: 500 mM boric acid: 20 mM EDTA: 40 mM MgCl), gel (dilute 50 ml of stock buffer to 1 l), anode (dilute 200 ml of stock buffer to 1 l), cathode (dilute 143 ml of stock buffer to 1 l);

(B) tris-HCl, pH 8.0/tris-citrate, pH 6.2: gel (220 mM tris: 500 mM tris-HCl, pH 8.0; dilute 33 ml of buffer to 1 l), electrode (straight stock B);

(C) tris-citrate, pH 6.2: stock(223 mM tris: 86.15 mM citric acid, adjust to pH 6.2 with 1 N NaOH), gel(dilute 35 ml of stock buffer to 1 l), electrode (straight stock).

分析する酵素とその略称、使用したバッファ、遺伝子座数を Table 8 に示した。

管理下のエリアと、放射性各種の影響を受けた異なる地域の両方の針葉樹を分析した。Table 9 に示されるように、15 の突然変異が発見され、そのうちの 5 つはヌル変異だった。

データのリンケージ結果と遺伝子座の突然変異の分析結果から、突然変異は多かれ少なかれ一様に、ゲノム全体で起こっていると推察することができる。

## 2.5

森林は、放射性各種を保持し、再分配し、蓄積することができるが、その効力をなくすことはできない。私たちの意見としては、木々の根からの放射性各種の吸収の調整は、清浄な木を育てる真の方法だと考える。そのための方法を 4 つに分類した。

- ① 水と栄養素を調整し、森を管理する、改良方法
- ② 主となる森林と他の植物共同体との間の放射性各種の再分配を目的とした森の組成と構成要素を調整する、植物的方法
- ③ 特別な化学的試薬や生化学的試薬を用いた方法により、放射性各種を無効な状態にする変容を目的とした、特別目的方法
- ④ 以上の方法を組み合わせた方法

水成土壌の森林で行った根からの放射性各種の最大の吸収量は、水分状況のパラメータに左右されることが分かった。これらのパラメータの変化は、 $^{137}\text{Cs}$  や  $^{90}\text{Sr}$  を著しく減少させた。(Table 14)

農業では、肥料用途は放射性各種の土から作物への吸収を減らすための最も効果的な行動だ。自形の

森林と水性土壌の森林への肥料用途のデータから、カリ質肥料は NPKCa よりずっと効果的であることが分かった。(Fig.4) 水性土壌に適用する肥料の効果は、森林の水分供給によって決まる。もし、水分状況が良好なら、肥料で蓄積された放射性各種のレベルを減らすことができる。

最も広く広がるベラルーシの moss pinery で、クロウメモドキ、ヘーゼル、ラズベリーの異なった放射性各種の堆積をした森林のタイプで調査した。(Table 15) これらのタイプは、放射性各種の再分配の性質と放射性各種の吸収率が本質的に異なっているかもしれない。汚染濃度が  $130-165 \times 10^4 \text{ Bqm}^{-2}$  ( $35-45 \text{ Cikm}^{-2}$ ) において、十分に茂ったクロウメモドキの藪 (underwood) は、木々の他の部分よりも  $^{137}\text{Cs}$  の吸収が 2-10 倍減少した原因である可能性がある。 $^{90}\text{Sr}$  の吸収はこの放射性物質の高い動性のおかげでより減少している。この調査で、クロウメモドキの藪 (underwood) はマツよりも 4-5 倍  $^{137}\text{Cs}$  を吸収していることがわかる。Table 16 は、チェルノブイリ NPP から 30km 以内のゾーンの moss pine の森で得られたリストである。この表から、成長途中の若いクロウメモドキと共に育つマツの放射性各種の蓄積が信頼性のある減少を見せていることがわかる。

## 2. 提言につながる情報

### (1) モニタリングへの活用

### (2) 流出挙動・経路

### (3) 除染の際の留意点

- ・ 新芽や若葉に高い放射性核種の吸収がみられた。
- ・  $^{137}\text{Cs}$  は、若い群衆林の方が成熟した群衆林よりも高かった。
- ・ 水成土壌の森林での放射性各種の吸収量は、水分状況に左右される。
- ・ 水分状況が良好なら、肥料を選択することで蓄積された放射性各種のレベルを減らすことができる。

### (4) 担当者のコメント

(担当者が特に重要と感じた点やコメントなどを記載)

本論文は、チェルノブイリ NPP 直後からの放射性各種の影響を、発生地点からの距離と事故発生から時間を追って記録、分析している。森林への影響、昆虫や種子の発芽から調査した遺伝的影響、突然変異の分析（電気泳動法）、より清浄な植物を育てるための方法などが詳しく実用的に述べられている。