

1.5 樹木の被ばく線量評価法の開発に関する調査研究

Development of Dose Assessment Method for a Conifer

大塚 良仁, 藤井 正典, 綾部 慈子, 植田 真司, 高久 雄一, 久松 俊一
環境影響研究部

Yoshihito OHTSUKA, Masanori FUJII, Yoshiko AYABE, Shinji UEDA,
Yuichi TAKAKU, Shun'ichi HISAMATSU
Department of Radioecology

Abstract

Protection of an ecosystem itself from radiation has become an important theme in the research field of radiation safety. Since conifers are known to be more sensitive than other organisms in the general environment, we planned to establish the radiation dose assessment method for one type of conifer and get its natural background radiation dose rate. After considering that the first commercial spent nuclear fuel reprocessing plant is now under construction in Rokkasho, Japan, we selected a forest of Japanese black pine (*Pinus thunbergii*), about 4 km away from the main stack of the plant, as our target field. In addition, we studied the iodine dynamics in the forest for possible radioiodine release from the plant.

A black pine tree in midrange size in the target field was sampled in July 2017. The whole tree body including below-ground part was collected and classified into trunk, branches, leaves, pinecones, stump and tap roots and horizontal roots. Their dimensions, weights, water contents, and stable element concentrations were measured for deciding shape and elemental composition of the tree phantom for radiation dose evaluation. Their radionuclide concentrations were also determined for evaluating natural background radiation dose rate. Wet weights of the above- and below-ground parts were found to be 468 kg and 94 kg, respectively. We plan to get similar data for two more trees in the coming two fiscal years, and finally get a representative data set for a phantom of the pine tree and its radionuclide concentration. Litter and soil samples collected in 0 – 2 m depths around the sample tree were analyzed for apparent density and stable element concentrations for radiation dose evaluation.

For getting background external dose rate, the vertical distribution of environmental γ -ray dose rates in the forest was measured with electronic dosimeters and it was found that the radiation dose rates at 1.5 – 15 m above the ground were similar to each other with only a slight decrease at higher positions.

To study iodine dynamics in the forest, we measured iodine concentrations in plant, atmospheric and hydrological samples. Mean inventory of stable iodine in the pine tree was evaluated to be $2.9\text{E-}2$ g individual⁻¹. The dry deposition rates of particulate and gaseous iodine were evaluated to be 3.6 m d⁻¹ and 89 m d⁻¹, respectively, from the difference of dry deposition fluxes and particulate and gaseous concentrations in air inside and outside the forest during the non-precipitation period. The mean removal rate of iodine from the forest was estimated to be $2.3\text{E-}6$ g m⁻² mm⁻¹ precipitation based on the difference of wet iodine depositions inside and outside the forest.

1. 目的

本調査では、青森県六ヶ所村に立地する大型再処理施設周辺に広く生育し、放射線感受性が高いとされるクロマツの被ばく線量率を計算する手法を確立し、その手法を用いて、比較対照となる自然被ばく線量率を求めるとともに、大気放出される放射性ヨウ素によるクロマツの被ばく線量評価を可能とすることを目的とする。このため、①クロマツの被ばく線量率を評価する手法を確立すること、②クロマツの自然被ばく線量率を求めると、③大気中ヨウ素のクロマツへの沈着速度及びクロマツ中ヨウ素の降雨等による除去速度を明らかにすることを目標とする。

平成29年度は、平成28年度に設定した当該施設東側に位置する100 m×100 mのクロマツ林調査区に隣接するエリアから根部を含むクロマツ1個体を採取して、クロマツの線量評価用ファントムの作成に必要なデータを取得した。さらに、林内の環境γ線線量率のバックグラウンドレベルを明らかにするために、調査区内の線量率の鉛直分布を測定した。加えて、クロマツ林内外において大気降下物及び大気中粒子態及びガス態ヨウ素の濃度を測定して、大気中ヨウ素のクロマツへの沈着速度及び降雨による洗浄速度を求めた。

2. 方法

2.1 クロマツの被ばく線量評価法の開発

クロマツ林調査区内の平均的な大きさのクロマツ1個体の地上部及び根部を採取して、主幹、側枝、根株、杭根及び水平根を分取した。主幹、根株、杭根及び水平根の1次根について外形及び木質部の直径、並びに師部及び外樹皮の厚さを測定するとともに、側枝において、葉の存在しない部位と存在する部位の位置を計測した。側枝及び根部の詳細な形状や配置に関するデータを得るために、高さ別に採取した4側枝試料の枝、齢別の葉及び球果、並びに杭根及び水平根の形状、分岐及び配置に関するデータを取得した。これらの形状計測後に全ての試料を乾燥させて、部位別乾重量を求めた。さらに、部位別の試料の一部を用いて、含水率、安定元素（H、C

及びN）濃度及び密度を求めた。

クロマツ試験木周辺のリター層及び深さ2 mまでの土壌を採取して、30種類の安定元素濃度の鉛直分布を調査した。

2.2 クロマツの自然被ばく線量率調査

平成29年6月、9月及び10月に、当該調査区域内の3地点において、個人線量計を高さ1.5 m、5 m、10 m及び15 mに48時間設置して、環境γ線線量率の鉛直分布を測定した。

2.1において分取した試料を用いて部位別放射性核種濃度を測定した。

2.3 クロマツ林内におけるヨウ素の挙動調査

当該調査区内外において大気降下物、並びに大気中粒子態及びガス態ヨウ素を月別に採取して、これらの試料中ヨウ素濃度を分析した。さらに、無降水時及び降雨時における調査区内外におけるヨウ素降下量を調査して、大気中ヨウ素のクロマツへの乾性沈着速度及び降雨による洗浄速度を求めた。加えて、2.1で採取した試験木の部位別試料及び当該調査区内のクロマツの葉齢別葉試料中ヨウ素濃度を月別に調査した。

3. 成果の概要

3.1 クロマツの被ばく線量評価法の開発

クロマツ地上部の主幹、樹冠及び無葉部の形状は、いずれも円錐であった。平成28～29年度に採取した5個体の平均的な主幹の高さ及び底面直径はそれぞれ17 m及び29 cm、樹冠の高さ、底面直径及び無葉部の底面直径はそれぞれ7.2 m、6.0 m及び1.7 mであった（Fig. 1）。

主幹直下には直径28 cm及び高さ44 cmの円柱状の根株があり、そこから下方に延びる2本の杭根と地下浅くに延びる9本の水平根があった。2本の杭根の基部直径及び全長の平均はそれぞれ13 cm及び140 cmであった。3本の水平根について形状計測を行った結果を基に、基部直径から長さを求めるアロメトリー式を作成し、9本の水平根の平均基部直径8 cmから推定した水平根の平均長は244 cmとなった（Fig. 1）。

地上部の総湿重量は468 kgであり、主幹、枝、葉

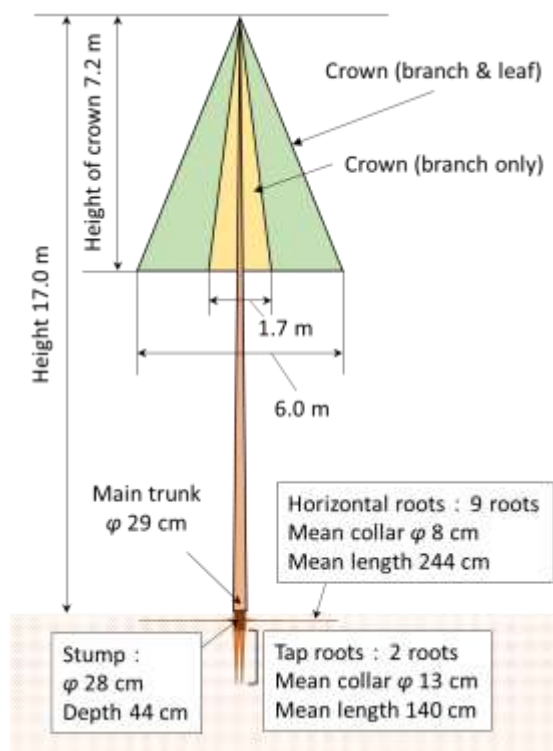


Fig. 1 The external form of Japanese black pine constructed based on the present sample tree and above-ground part of four other trees collected so far in a Rokkasho forest.

及び球果の寄与割合はそれぞれ 87%、8%、4%及び 1%であった。根部の総湿重量は 94 kg であり、根株、杭根及び水平根の寄与割合はそれぞれ 26%、13%及び 61%であった。部位別含水率の変動範囲は 26~68%であった。部位別試料中 H 及び C の乾重量当たりの濃度は、地上部及び根部ともに部位による顕著な濃度差が認められなかった。

リター層及び土壌層の見かけの密度は、それぞれ 0.08 g cm^{-3} 、 $0.54 \sim 1.8 \text{ g cm}^{-3}$ であった。 0.01 g g^{-1} -湿以上の濃度の安定元素は H、C、Na、Al、Si、Ca 及び Fe であり、これらの 7 元素の濃度の合計は、測定した 30 元素の合計濃度の 95% 以上を占めていた。

3.2 クロマツの自然被ばく線量率調査

クロマツ林調査区内の 3 地点において、無積雪時に 3 回測定した高さ 1.5 m における環境 γ 線量率の平均及び標準偏差は $24 \pm 0.5 \text{ nGy h}^{-1}$ であり、測定高さの増加に伴う顕著な線量率の変動は認められなかった。なお、値はガラス線量計を 5 cm 厚の鉛で囲み測定した値を差し引いた値である。

クロマツの葉及び短枝中 ^{40}K 及び ^{87}Rb 濃度は、当年の葉及び短枝が最も高濃度であったが、 ^{210}Pb 、 ^{210}Po 、 ^{232}Th 及び ^{238}U は特に短枝において高濃度であり、かつ古い葉齢の短枝ほど高濃度であった。主幹の師部中 ^{40}K 及び ^{87}Rb は他の部位よりも高濃度であったが、

^{232}Th 及び ^{238}U は外樹皮が最も高濃度であった。杭根及び水平根の木質部中 ^{40}K 及び ^{87}Rb 濃度は、水平根の先端部を除いて、根株からの距離が離れるに従い濃度が増加する傾向が認められたが、杭根及び水平根の師部中濃度に根株からの距離の違いに因る濃度変動は認められなかった。

3.3 クロマツ林内におけるヨウ素の挙動調査

平成 29 年 4~10 月のクロマツ林外のヨウ素の全（湿性+乾性）降下フラックスは林内におけるフラックスに比べて概ね大きい、平成 29 年 11~12 月には顕著な差は認められなかった。林内外における大気中粒子態及びガス態ヨウ素濃度は、ガス態濃度は粒子態濃度に比べて約 10 倍高く、かつ両成分ともに林外の方が概ね高濃度であった。

大気中ヨウ素のクロマツへの乾性沈着速度を求め、無降水期間中の林内外における乾性のヨウ素降下フラックス、並びに大気中粒子態及びガス態ヨウ素濃度を分析して解析した結果、粒子態及びガス態ヨウ素の乾性沈着速度はそれぞれ 3.6 m d^{-1} 及び 89 m d^{-1} となり、ガス態の方が粒子態よりも約 25 倍大きいことが分かった。さらに、7 回の降雨事象におけるクロマツ林内外の湿性降下物フラックスは、いずれの事象においても林内フラックスの方が大きく、単位面積・降水量 1 mm 当たりの洗浄フラックスは平均 $2.3\text{E}-6 \text{ g m}^{-2}$ であった。

クロマツ試験木等の部位別ヨウ素濃度等から推定したクロマツ地上部のヨウ素蓄積量は約 $2.9\text{E}-2 \text{ g 個体}^{-1}$ であり、クロマツ地上部からのヨウ素の見かけの洗浄速度は $3.3\text{E}-3 \text{ d}^{-1}$ となった。