

6. 詳細調査Ⅱ（帰還困難区域等の森林における放射性物質分布調査）

（1）目的

これまでの調査によって、森林に蓄積している放射性セシウムの総量は物理的減衰以上には減少しておらず、森林生態系に沈着した放射性セシウムはその多くが生態系内に留まっていると考えられる。これまでの川内村や大玉村の調査地における森林内の放射性セシウムの分布状況の詳細な調査結果から、ここ数年間、生態系内の各部位の放射性セシウム濃度や分布は大きく変化していないことが明らかになってきた（林野庁 2021；参考文献 1）。しかし、それらの調査地よりも放射性セシウムによる汚染度が高い地域（帰還困難区域等）では、線量が非常に高く、立ち入りが制限され、必ずしも十分な実態把握がされていない。そのため、汚染度の高い森林を今後どのように取り扱うか判断するためには、これまでに得られた知見をそのまま活用できるか否か明らかにする必要がある。そこで、2017 年度より比較的線量の高い地域（帰還困難区域等）のスギ林において放射性セシウム濃度の分布調査を行い、その実態を明らかにしてきた。さらに今年度からは、樹種や植生によって放射性セシウム動態が異なることが予想されることから、福島県において重要な樹種であるアカマツやコナラにも着目し、スギ林に加え、アカマツ林及び広葉樹林（コナラ）においても同様の調査を行うこととした。ここでは 2021 年度の調査結果について報告する。

（2）方法

調査はスギ林 3 地点、アカマツ林 3 地点、広葉樹林 3 地点の合計 9 地点（福島県浪江町 7 地点、南相馬市 1 地点、飯舘村 1 地点）で行った（図 6-1、表 6-2）。調査地点はいずれも磐城森林管理署管内国有林で、スギ林 3 地点は昨年度まで行ってきた地点の中から選定し、アカマツ林及び広葉樹林に関しては今年度から新たに選定した地点である。なお、広葉樹林



図 6-1 調査地点の位置（カッコ内は地点 ID）

として設定した地点のうち 1 地点は施業実施計画図ではアカマツ林であるが、実際は広葉樹が優占していた地点である。2021 年 10 月 13～25 日にかけて、各地点で葉付き枝、樹皮、幹材を採取するとともに、地上高 1m の空間線量率を測定した。採取木の選定にあたり、各調査地点において目測で平均的な大きさの 5 本を選択した。葉付き枝は、採取木 1 本あたり 2 本ずつ採取し、これをまとめて 1 つの試料とした。樹皮はノミを用いて採取木 1 本につき胸高部の約 3 cm×3 cm×4 方向から切り出し、さらにそのうち 2 方向では、成長錐を用いて、幹材を採取した。なお、樹皮に関しては出来るだけ現場で外樹皮と内樹皮に分けて持ち帰った。落葉層、土壌については 2021 年 8 月 25～26 日、10 月 12～13 日、10 月 21～22 日に採取した。落葉層は、調査地内の 4 箇所の方角枠 (25 cm×25 cm) を用いて枠内のすべての堆積有機物を採取した。土壌 (深さ 0-5 cm) は、落葉層の採取跡において採土円筒 (Daiki 製、高さ 5 cm、内径 11 cm) を用いて採取した。深さ 5-20 cm の土壌については、採土器 (藤原製作所製、HS-25S、φ=50 mm) を用いて採取した。

試料は室内に持ち帰り、葉付き枝は葉と枝に分離した後、細片化して測定に供した。樹皮は外樹皮と内樹皮に分け、それぞれ各個体から採取された 4 方向試料を 1 つにまとめ、ハサミで細断し測定に供した。なお、樹皮全体の放射性セシウム濃度は外樹皮と内樹皮の放射性セシウム濃度をそれぞれの乾燥重量で加重平均して求めた。幹材は辺材と心材に分けた後、個体ごとに部位別に 1 つにまとめ、細片化して測定に供した。深部の土壌 (深さ 5-20 cm) については、帰所後いったん冷凍し、その後 3 等分して、深さ 5-10 cm、深さ 10-15 cm、深さ 15-20 cm の土壌試料とした。表層を含めた全ての土壌は、乾燥後、2 mm のふるいを通したものを測定用試料とした。試料調製の結果、表 6-1 に示すような種類と個数の試料が準備された。すべての試料は 100 mL 容量の U-8 容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器を用いてガンマ線スペクトロメトリ法により放射性セシウム (Cs-134 と Cs-137) の濃度を測定した。今年度の測定値は、2021 年 9 月 1 日を基準日として整理した。

ここで、放射性セシウム濃度とは、Cs-134 と Cs-137 の合計を表す。Cs-134 濃度が不検出の場合、2011 年 3 月 15 日時点の Cs-134 濃度と Cs-137 濃度の比を 1 : 1 とし (Buesseler et al., 2011 ; 参考文献 2)、物理学的半減期を用いた減衰に基づく理論的な推定式から計算された Cs-134 濃度と Cs-137 濃度の比を用いて、各年 9 月 1 日時点の Cs-137 濃度から Cs-134 濃度を推定した。

(3) 結果及び考察

9 地点の空間線量率は 1.2～7.0 μSv/h の範囲にあった (表 6-2)。昨年度も同じ地点で調査を行ったスギ林において、昨年度比 93～98%とわずかに低下がみられ、過去の変化割合とほぼ同様であった。

各部位別の放射性セシウム濃度については、地上部の 5 部位 (葉、枝、樹皮、心材、辺材) において、スギでは樹皮が最も高く、アカマツとコナラは葉が最も高く、樹種によって放射性セシウム濃度の高い部位が異なった (図 6-2)。福島県川内村のスギ林、アカマツ

表 6.-1 1 調査地点の各部位の試料数

部位	採取木 1 本あたりの 採取数	1 調査地点あたりの 試料数
葉	2~3 [*]	5
枝	2~3	5
樹皮 (外樹皮)	4	5
樹皮 (内樹皮)	4	5
幹材 (辺材)	2	5
幹材 (心材)	2	5
落葉層	—	4
土壌 (深さ 0-5 cm)	—	4
土壌 (深さ 5-10 cm)	—	4
土壌 (深さ 10-15 cm)	—	4
土壌 (深さ 15-20 cm)	—	4

※葉の採取数は採取した1つの枝から採取した葉全体を1とした。

林、コナラ林で行われた昨年度の調査（詳細調査 I）では、どの樹種も樹皮の放射性セシウム濃度が地上部の部位の中では最も高く、アカマツ及びコナラにおいて本結果とその傾向は異なっていた。これらの結果が立地特性や樹種特性を反映したものであるかは不明であり、これらを明らかにするためには、より多くの地点で継続的に詳細な調査が必要だと考えられる。一方、地下部（落葉層及び土壌層）における放射性セシウム濃度は、スギ林では表層の土壌（0-5cm）が最も高く、アカマツ林では落葉層が最も高く、コナラ林では落葉層が表層の土壌（0-5cm）よりも高いか同程度の濃度であった。この傾向は川内村の昨年度の詳細調査 I の結果とほぼ同様であった。一般にアカマツは乾燥した場所で生育している場合が多く、落葉層の分解が遅くなりやすいため、その結果、アカマツ林の落葉層の放射性セシウム濃度が高く維持されている可能性がある。また、コナラ林ではリターフォールとして落葉層に供給される葉の放射性セシウム濃度が上述の通り高く、このことがコナラ林の落葉層の放射性セシウム濃度を高くしている原因と考えられる。

地下部の放射性セシウム蓄積量と空間線量率の関係をみると（図 6.-3）、空間線量率は地下部の放射性セシウム蓄積量と高い相関が認められた。前年度までの結果から、スギ林において、放射性セシウム蓄積量と空間線量率に有意な正の相関が認められていたが、異なる樹種を含めてもその傾向は同様に認められたことから、空間線量率は樹種によらず調査地点の放射性セシウム蓄積量を推定することの出来る有用な値であると考えられる。

各樹種の心材と辺材の放射性セシウム濃度の関係を図 6.-4 に示す。心材と辺材の放射性セシウム濃度の傾向は樹種によって異なり、スギでは心材の方が辺材より高い傾向が見られたが、アカマツ及びコナラでは辺材の方が心材よりも高い傾向が見られた。この樹種毎の心材/辺材の放射性セシウム濃度比の傾向は福島県川内村のスギ林、アカマツ林、コナラ

林で行われてきた調査とほぼ同様であることから、放射性セシウムの蓄積量に関わらず、樹体内の放射性セシウム動態は樹種特性に強く影響を受けていることが示唆された。

以上のように、放射性セシウムによる汚染度が高い地域の森林においても、心材と辺材の放射性セシウム濃度比のように、詳細調査 I で得られてきた樹種特性の傾向と同様であるものもあったが、地上部の部位別の放射性セシウムの濃度分布など、樹種特性として明瞭に示すことが出来なかったものもあった。今後、より多くの空間線量率の高い地域での継続的な調査が必要であると考えられる。

表 6.-2 調査地点の空間線量率の推移

地点 ID	樹種	空間線量率 (μSv/h)				
		2021	2020	2019	2018	2017
457	スギ	2.19	2.23	2.30	2.83	2.87
500	スギ	1.21	1.30	1.36	1.60	1.68
514	スギ	6.85	7.14	7.12	8.83	9.07
601	アカマツ	3.29	—	—	—	—
602	アカマツ	3.84	—	—	—	—
603	アカマツ	3.18	—	—	—	—
701	コナラ	7.01	—	—	—	—
702	コナラ	4.58	—	—	—	—
703	コナラ	4.06	—	—	—	—

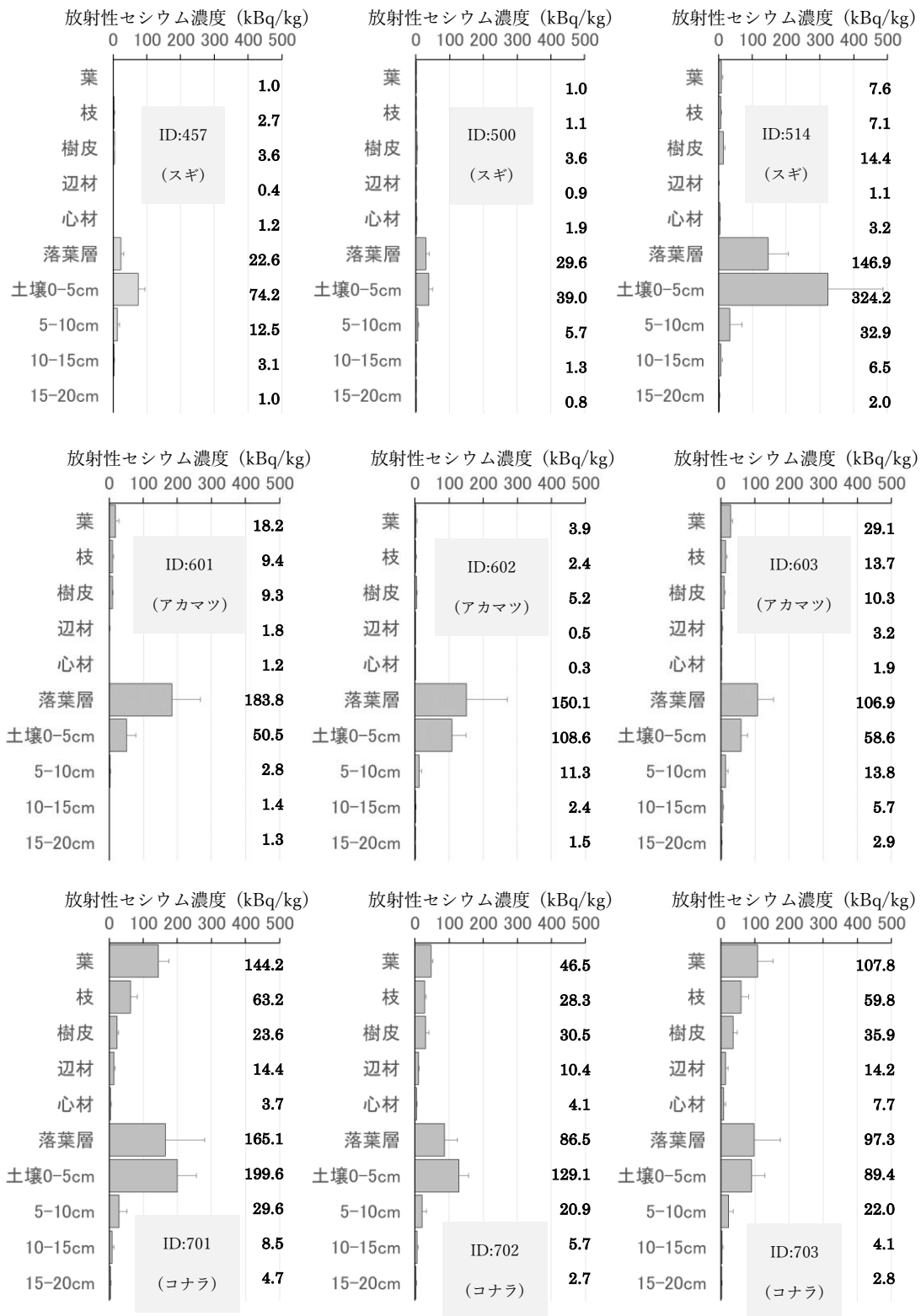


図 6-2 各調査地点の各部位における放射性セシウム濃度

上段はスギ、中段はアカマツ、下段はコナラ。棒グラフ及びエラーバーはそれぞれの各部位の放射性セシウム濃度の平均値及び標準偏差を示す。図中の数値は各部位の放射性セシウム濃度(kBq/kg)の平均値を示す。

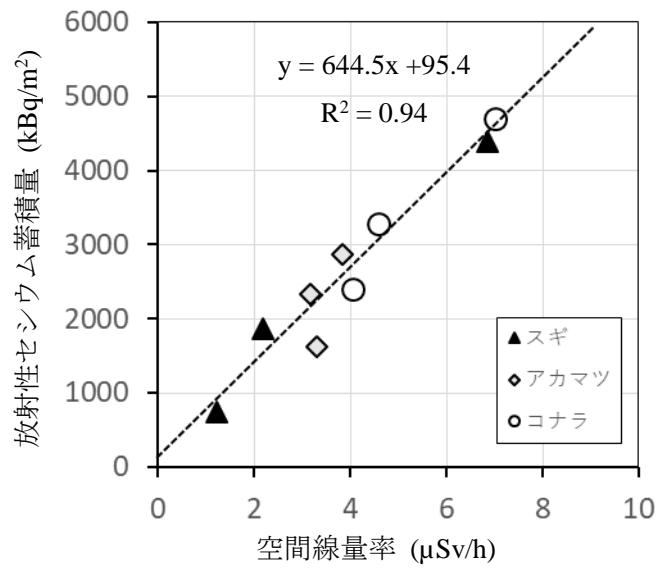


図 6-3 地下部（落葉層+土壌）の放射性セシウム蓄積量と空間線量率
点線は回帰直線を表す。

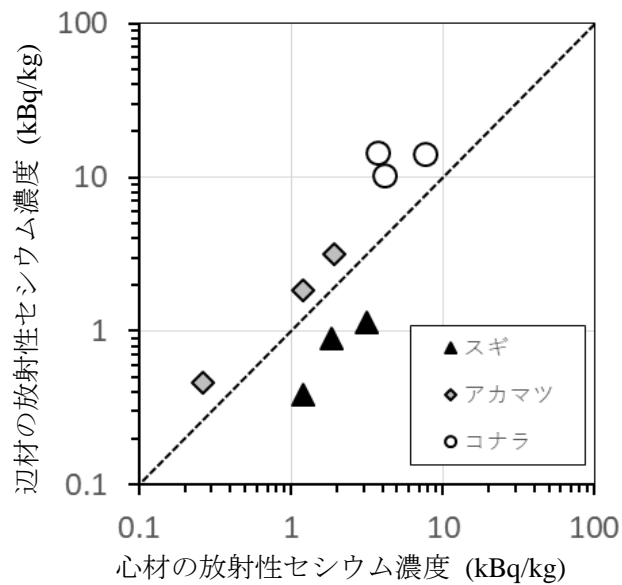


図 6-4 辺材と心材の放射性セシウム濃度の関係 (kBq/kg)
点線は 1:1 の直線を表す。

参考文献

1. 林野庁 (2021) 令和 2 年度 森林内の放射性物質の分布状況調査結果について
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/jyosen/210316.html>
2. Buessler K, Aoyama M, Fukasawa M (2011) Impacts of the Fukushima Nuclear Power Plants on marine radioactivity. Environmental Science & Technology 45 : 9931-9935