

第2章 実施内容

2.1. 学識経験者との意見交換

調査は、学識経験者から技術的な指導・助言を受けて実施した。表 2-1 に指導を頂いた学識経験者 7 名の一覧を、表 2-2 に学識経験者との意見交換の日程等を示す。

表 2-1 学識経験者の一覧(50 音順)

氏名	所属	専門分野
大橋 伸太	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所* 木材加工・特性研究領域 組織材質研究室 主任研究員 (震災復興・放射性物質研究拠点併任)	木材加工・組織材質等
小松 雅史	同(*) きのこ・森林微生物研究領域 きのこ研究室 主任研究員 (震災復興・放射性物質研究拠点併任)	環境放射能・植栽木調査等
重永 英年	同(*) 植物生態研究領域 領域長	植物生態・樹木生理等
篠宮 佳樹	同(*) 震災復興・放射性物質研究拠点 拠点長	放射性物質・森林土壌等
長倉 淳子	同(*) 立地環境研究領域 養分動態研究室 主任研究員	養分環境等
橋本 昌司	同(*) 立地環境研究領域 土壌資源研究室 主任専門員 (国際連携・気候変動研究拠点長併任)	環境動態予測モデル・環境放射能等
三浦 覚	同(*) 震災復興・放射性物質研究拠点 研究専門員	放射性物質・森林土壌等

表 2-2 学識経験者との意見交換

日程		概要
1 回目：事業着手時	令和 4 年 9 月	令和 3 年度事業結果の報告、 現地調査開始前の調査方法等の確認、 候補予定地の提示
2 回目：調査終了後	令和 5 年 3 月	分析結果の確認、解析についての検討、 令和 5 年度以降の計画見直し（検体の放射性セシウム 137 の濃度測定における検出限界値未満の取扱等）

2.2. 植栽木等調査

(1) 調査区の配置等

1) 調査区の選定

① 植栽木調査区

平成30年度～令和2年度の事業で設定した既往調査区を主に、新規調査区を含め、市町村あるいは大字を異にする地域にすることを前提として、種類毎に3調査区（全種計21調査区）を選定し、1調査区当たり3本を試料採取木として選定した（表2-3）。調査地は、斜面上でそれぞれの樹種が分布する典型的な斜面位置や地形を考慮して設定した。

また、既往調査区のないコナラぼう芽更新木については、林野庁及び学識経験者に相談しながら、別事業等の既往調査地や、ふくしま森林再生事業実施箇所等の情報から候補地を選定し、調査区を設定した。

なお、植栽木、天然更新木、ぼう芽更新木の調査区を便宜的に「植栽木調査区」と呼称する。また、「植栽木等調査」は、植栽木調査及び成木調査のことを指す。

表 2-3 植栽木調査の調査区数と試料採取木数

樹種等		調査区数	試料採取木数	
林業用樹種	スギ	植栽木	3	9
	ヒノキ	植栽木	3	9
	アカマツ	天然更新木	3	9
	カラマツ	植栽木	3	9
きのこ原木用樹種	コナラ	植栽木	3	9
		ぼう芽更新木	3	9
	クヌギ	植栽木	3	9
計			21	63

② 成木調査区

選定された植栽木調査区の近傍もしくは周辺にて、植栽木調査区と同樹種の成木調査区を選定し、種類毎に3調査区（全種計21調査区）を選定して、1調査区当たり3本（試料採取木）を選定した。調査地は、斜面上でそれぞれの樹種が分布する主要な斜面位置や地形を考慮して設定した（表2-4）。

また、成木調査区として検討する齢級は、スギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツが6～12齢級程度、コナラ、クヌギが4～8齢級程度を目安とした。

表 2-4 成木調査の調査区数と試料採取木数

樹種等		調査区数	試料採取木数
林業用樹種	スギ	3	9
	ヒノキ	3	9
	アカマツ	3	9
	カラマツ	3	9
きのこ原木用樹種	コナラ ^(注)	6	18
	クヌギ	3	9
計		21	63

(注) コナラ成木調査区数は、コナラ植栽木調査区近傍の3区と、コナラぼう芽更新木調査区近傍の3区とを合わせた6調査区にて実施。

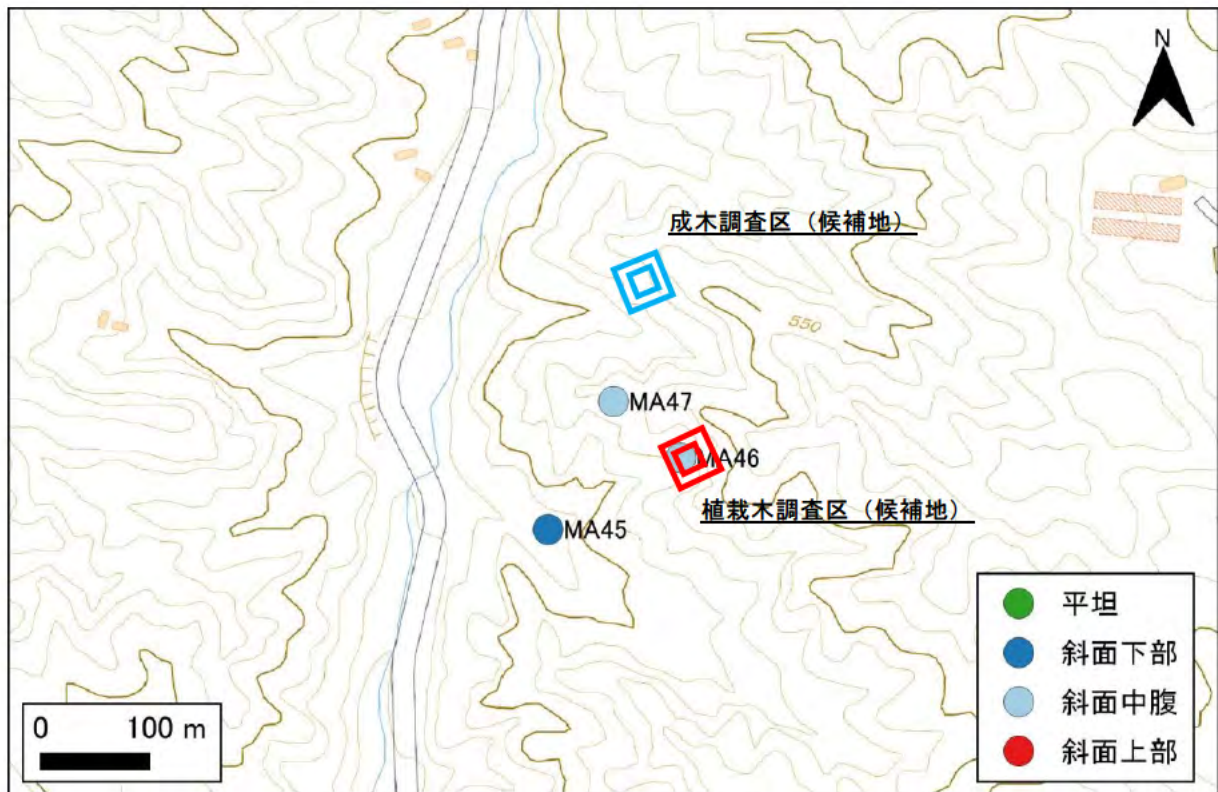


図 2-1 調査地区の選定のイメージ(候補地の案)

葛尾村の国有林（アカマツ天然更新地）における例。MA45～47 は令和 2 年度の植栽木調査地。



スギ植栽木(4年生:檜葉町)SU67



ヒノキ植栽木(11年生:いわき市三和町)HI13



カラマツ植栽木(10年生:いわき市田人町)KA09



アカマツ天然更新木(9年生:飯舘村)MA44



クヌギ植栽木(9年生:いわき市川前町)KN12



コナラぼう芽更新木(6年生:田村市船引町)KO43



コナラ植栽木(7年生:田村市都路町)KO46

写真 2-1
植栽木調査の現地状況(令和4年度)

2) 調査区の明示、写真撮影及び空間線量率の測定

調査区は、植栽木調査区、成木調査区のいずれも水平 20m×20m（斜面の上下・左右方向に水平 20mずつ）とし、中心部にプラスチック L 杭を、方形区の四隅木杭を打設し、区域を明確にします。調査区毎に中心部から上下左右 4 方向の写真撮影し記録した。また、調査区の中心部及び各辺の midpoint 10m 位置にて、高さ 1 m の空間線量率を測定し記録した。

空間線量率の測定には、校正済みの NaI (T1) シンチレーション式サーベイメータ（日立製作所社製、型式：TCS-172B）を用いた。

植栽木調査区、成木調査区の設定のイメージを図 2-2 に示す。

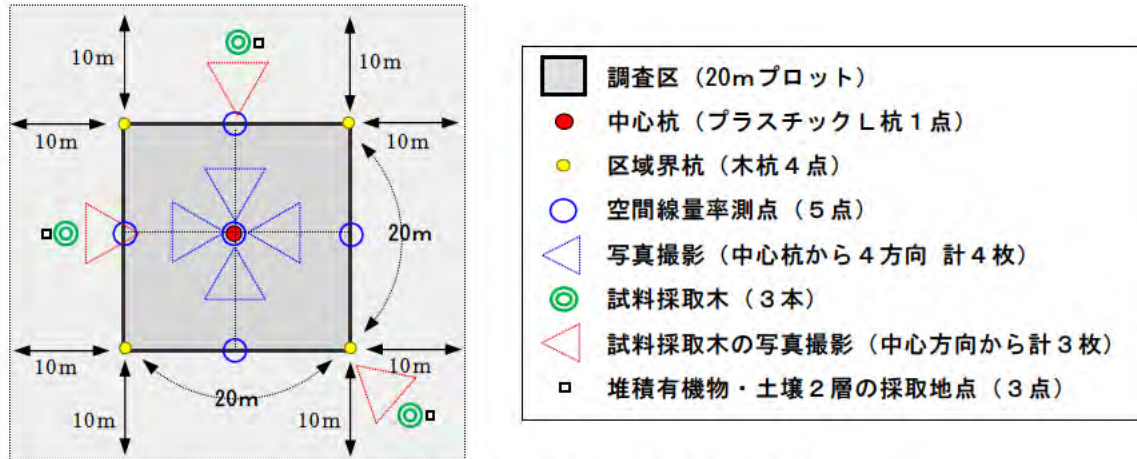


図 2-2 植栽木調査区、成木調査区の設定のイメージ

(2) 調査時期

植栽木調査は、生葉を採取するために、コナラ、クヌギ、カラマツは葉が色づき始める前の 10 月に実施し、スギ、ヒノキ、アカマツは 10 月以降に実施した。成木調査は、植栽木調査と同時期～12 月にかけて実施した。

(3) 調査方法

詳細については、「令和 3 年度避難指示解除区域等における森林施業等実証事業（植栽木等調査）報告書」の調査手法に準じて実施した。

1) 蓄積量調査（植栽木調査区のみ）

① 毎木調査

植栽木調査区を対象に、毎木調査（胸高直径（地上高 120cm）、本数）を実施し、平均的な胸高直径を算出した。

毎木調査の対象木は、胸高直径 5 cm 以上の樹木とし、対象樹種以外の混交樹木も計測対象とした。ただし、植栽木が小さい等、5 cm 以上の対象木が少ない植栽木調査区（スギ：SU67）については、計測対象にする基準の胸高直径を 3 cm にして、ほぼ全ての植栽木が調査対象になるよう調整の上で実施した。

アカマツ及びコナラの調査区では、対象樹種については樹高が胸高まであるものは太さにかかわらず全て計測対象とした。

② 重量測定・試料採取（伐倒）

調査区の周囲幅 10m 程度の範囲から、平均的な胸高直径の 3 個体を選定した。

樹木部位（葉、幹、枝）の面積当りのバイオマス現存量を求めるため、3 本の試料木を伐倒し、部位別に分け、重量測定を行った。植栽木調査区における蓄積量調査の部位別調査数を表 2-5 に示す。また、採取部位の模式図を図 2-3 に示す。

試料木の伐倒時には、伐倒予定位置にブルーシートを敷いて、土壌の付着等の汚染を防いだ。

表 2-5 植栽木調査区における蓄積量調査の部位別調査数

樹種等			部位別重量測定数			
			葉 (全葉)	枝 (全枝)	枯枝	全幹
林業用樹種	スギ	植栽木	9	9	9	9
	ヒノキ	植栽木	9	9	9	9
	アカマツ	天然更新木	9	9	9	9
	カラマツ	植栽木	9	9	9	9
きのこ原木 用樹種	コナラ	植栽木	9	9	9	9
		ぼう芽更新木	9	9	9	9
	クヌギ	植栽木	9	9	9	9
計			63	63	63	63

2) 植栽木の放射性セシウム (Cs-137) 調査

① 試料の採取

地上部については、蓄積量調査で伐倒した試料木から試料を採取した。

地下部は、その伐倒個体の近傍（おおむね 1～2 m 程度）から堆積有機物と表層土壌 2 層（0-5 cm・5-10cm）を採取した。1 調査区内における試料の混合は行わず、1 調査区からは 3 試料を検体として採取した。

採取部位の模式図を図 2-3 に示す。また、採取方法の詳細は以下のとおりである。また植栽木調査における試料採取・処理フローは、図 2-4 のとおりである。

i. 葉、枝等の採取方法（詳細）

伐倒した試料採取木から、「枝葉全量」及び「枯枝」の全量測定を行い、「枯枝」を採取した後に、葉のついた枝を分取し、2つのまとまりに分けた（i 群、ii 群）（写真 2-3）。i 群からは「当年葉」及び「当年枝」を採取した。ii 群からは、当年葉と当年葉以外の葉を合わせた平均的な葉（以下、「全葉」と呼称する）、当年枝と当年枝以外の枝を合わせた平均的な枝（以下、「全枝」と呼称する）を採取した。

試料採取（当年葉、当年枝、全葉、全枝）は、それぞれ 1.5 0 程度を目標に採取した（絶乾後 0.7 0 マリネリ容器相当量）。採取後の生重量を測定し記録した。

ii. 樹皮、材の採取方法（詳細）

蓄積量の測定作業で得られた長さ 5 cm の短幹 2 本と長さ 6 cm の短幹 1 本の合計 3 本を試料として採取した。また、長さ 60cm の試料丸太 2 本は、室内（作業所内）に持ち帰り、長さ 30cm の 4 本の短丸太に切り分け、以下の方法により試料（樹皮と材）を必要量採取した。

樹皮：ノミや皮スキで剥皮し、形成層を含む内樹皮まで採取した。樹皮の採取量は、1個体当たり1.5ℓ程度（絶乾後0.7ℓマリネリ容器相当量）とした。

材：樹皮採取後、チップパーを用いてチップ状態にして分析測定用の試料とした。材のセシウム137濃度は低い事例が多く、検出下限値未満のデータを極力出さないため、大容量の2.0ℓマリネリ容器にてGe分析測定を行うことを基本とし、絶乾時に2.0ℓのマリネリ容器に充填する想定で2.5ℓ程度の試料を作成した。

iii. 堆積有機物及び土壌2層の採取方法等（詳細）

堆積有機物：地表部に設定した方形枠（25cm×25cm）内側の堆積有機物（L・F・H層）を全量採取した。堆積有機物の最下層の採取は、土壌（細土や石礫）が混入しないよう、トンク等を用いて採取した。H層（Humus〔腐植質〕層）やM層（菌糸網層）の採取に当たっては、細土が腐植物の断片や菌糸に絡みついていることが多いことに留意した。

土壌：高さ5cm、直径11cmの採土円筒（475cc）を用いて表層土壌0-5cm、5-10cmを採取した。採土円筒は、斜面に対して平行に置いて採取した。

その他：

- ・採取位置の傾斜の記録
- ・写真撮影（堆積有機物採取前 / 堆積有機物採取後 / 2個の採土円筒試料採取後）
- ・円筒や道具類に付着した土の拭き取りには、アルコールの含まれないウェットティッシュ等を用いた。

② 試料の調整と分析測定及び測定結果の整理

植栽木調査で採取した試料は、幹については樹皮と材の分離、材のチップ化を行った。調整後の試料は、速やかに分析測定機関に送付し、放射性セシウム等の測定を行った。

なお、スギは当年葉と当年枝の分離が困難なため、当年枝葉、全枝（全枝葉）を試料とした。スギ以外の樹種の枝葉は、枝と葉を分離し、当年枝、全枝、当年葉、全葉を試料とした（以降、便宜的にスギ当年枝葉は当年枝として記載する。）。

また、土壌については、pH(H₂O)、交換性カリウム、交換性カルシウム及び交換性マグネシウムの分析測定を実施した。

分析測定の終了後は、後述（5）のとおり、データ整理を行った。

植栽木調査の樹木部位別試料採取数、土壌等部位別試料採取数を表2-6に示す。また、土壌採取の様子（写真2-4）、各樹種の当年枝等（図2-5）を示す。

表 2-6 植栽木調査の樹木や土壌等部位別試料数

樹種等			樹木部位別採取数							土壌等別採取数				
			当年枝	全枝	当年葉	全葉	幹		小丸太		内樹皮	堆積有機物	土壌 0-5cm	土壌 5-10cm
							樹皮	材	樹皮 *3	材 *3				
林業用 樹種	スギ	植栽木	9	9	-*1	-*1	9	9	9	9	9	9	9	
	ヒノキ	植栽木	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	アカマツ	天然更新木	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	カラマツ	植栽木	9	9	9	-*2	9	9	9	9	9	9	9	
きのこ 原木用 樹種	コナラ	植栽木	9	9	9	-*2	9	9	9	9	9	9	9	
		ぼう芽更新木	9	9	9	-*2	9	9	9	9	9	9	9	
	クヌギ	植栽木	9	9	9	-*2	9	9	9	9	9	9	9	
分析試料数			63	63	54	18	63	63	63	63	63	63	63	

- *1 スギは当年葉と当年枝の分離が困難なため、「当年枝葉」と「全枝葉」を試料とする
- *2 カラマツ、クヌギ、コナラは落葉樹のため葉は全て当年葉である
- *3 絶乾重量測定用 (Ge 分析なし)
- *4 小丸太の状態で、国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所「以下、森林総研という。」に送付 (本事業内での Ge 分析対象外)

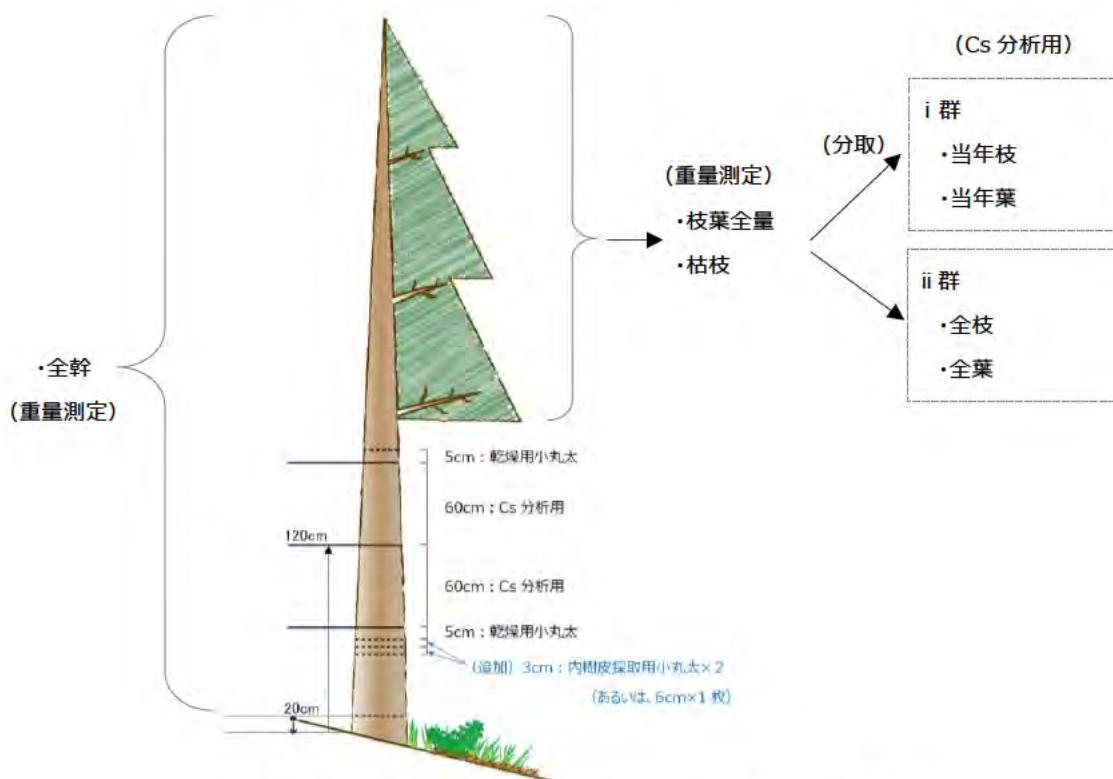


図 2-3 植栽木調査における試料木採取時の分別模式図

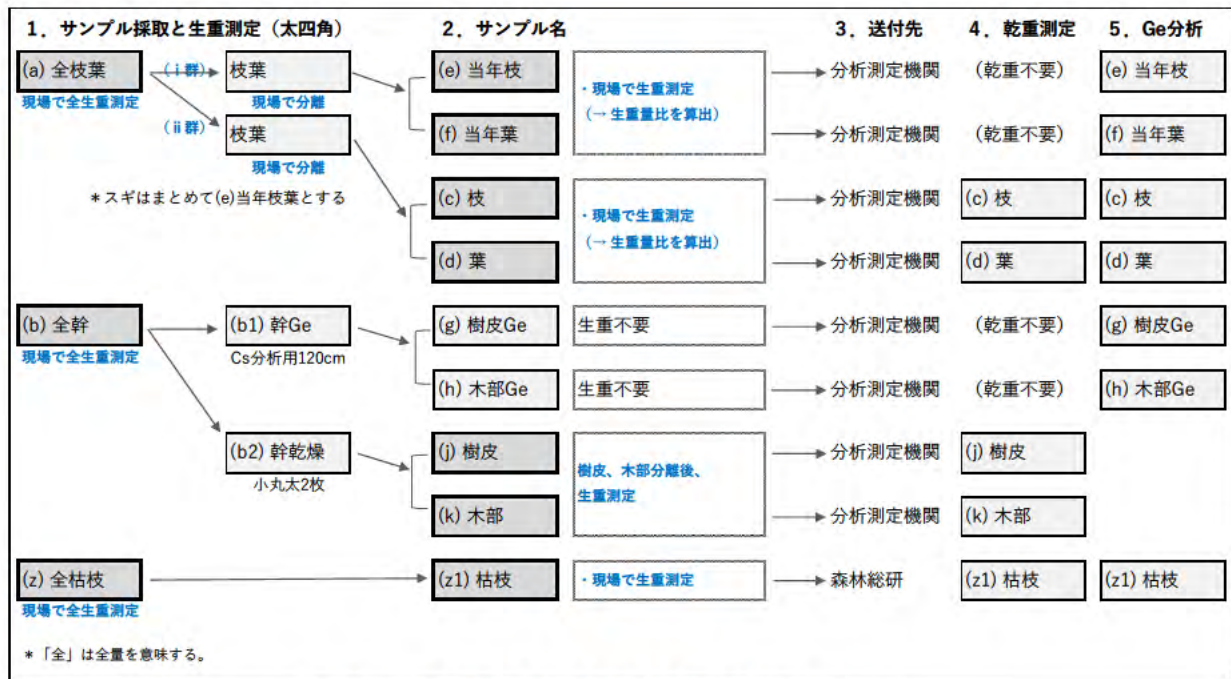


図 2-4 植栽木調査における試料採取・処理フロー



全枝葉（枯枝を除く）の総重量を測定



全幹の測定（切断した状態）

写真 2-2 蓄積量調査の様子

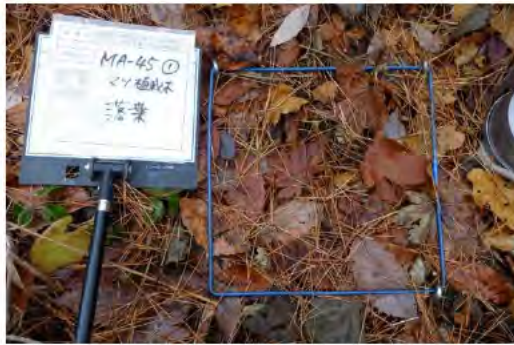


枝葉試料用(i群、ii群)に分取した状態

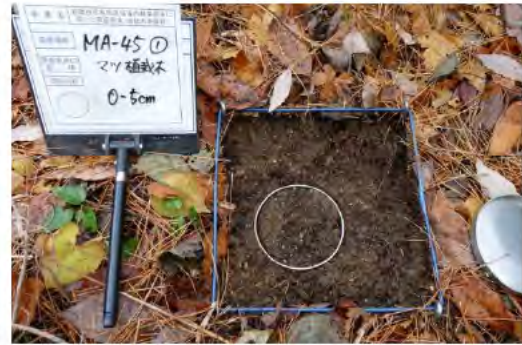


樹皮の採取の様子（室内作業）

写真 2-3 植栽木調査の様子



堆積有機物の採取状況



土壌 0-5cm の採取状況

写真 2-4 土壌採取の様子

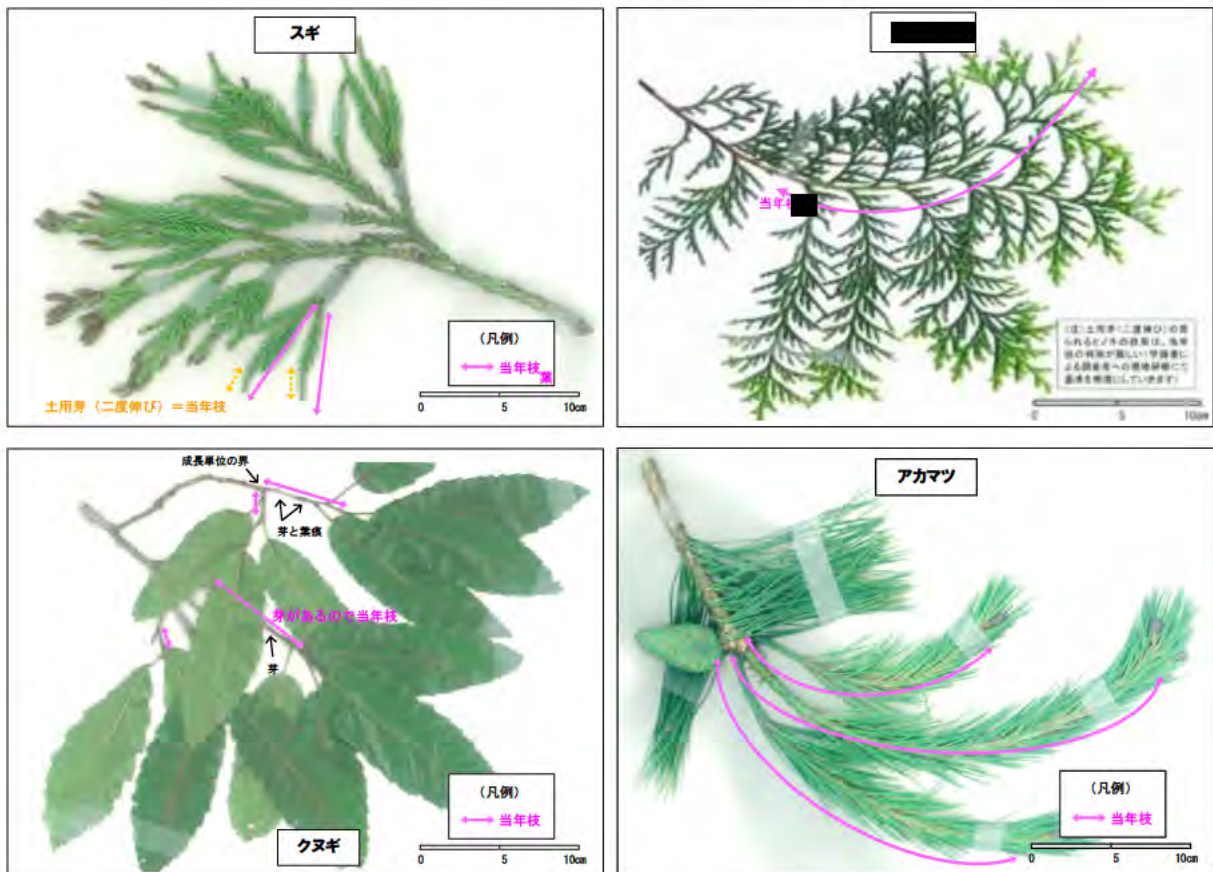


図 2-5 各樹種の当年枝等

葉（全葉）、枝（全枝）の判定は、主軸から枝分かれする部分はすべて枝とした。ただし、スギについては、枝と葉の分離が困難なので、枝と葉を合わせて「枝葉（全枝葉）」、「当年枝葉」として取り扱った。

3) 成木調査

① 試料の採取

樹種毎の1調査区当たりの採取個体数は3個体とし、調査区の周囲幅10m程度の範囲から選定した（p.17 図 2-2 参照）。

成木調査の試料は、地上部は内樹皮と材を、地下部は各個体の近傍から堆積有機物と表層土壌2層（0-5cm・5-10cm）を採取した。

樹皮の試料は、樹木の高さ40~60cmの部分をホールソー（径6.5cm）とノミ等を用いて採取した。材は、内樹皮の採取位置から樹木中心部に向けてドリルビット（径12~15mm程度）を貫入して削り出して採取した。試料採取後は、傷口からの病原菌侵入を防ぐため樹

木用コーティング材を塗布した。

また、落葉堆積物と表層土壌2層の調査は、植栽木等調査と同様に行った。

なお、選定した3個体については、樹高と胸高直径を測定、記録した。

② 試料の調整と分析測定及び測定結果の整理

採取した試料は、3個体混合試料として調整し、1調査区で1検体を作成した。調整後の試料は、速やかに分析測定機関に送付し、放射性セシウム等の測定を行った。

分析測定終了後は、後述(5)のとおり、データ整理を行った。

成木調査の樹木部位別試料採取数や土壌等部位別試料採取数を表2-7、成木調査の様子を写真2-5に示す。

表 2-7 成木調査の樹木部位別試料採取数や土壌等部位別試料採取数

(Ge 分析測定用試料数)

樹種等		樹木部位別				土壌等別					
		内樹皮		材		堆積有機物		土壌 0-5cm		土壌 5-10cm	
		採取数	検体数	採取数	検体数	採取数	検体数	採取数	検体数	採取数	検体数
林業用 樹種	スギ	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3
	ヒノキ	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3
	アカマツ	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3
	カラマツ	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3
きのこ原 木用樹種	コナラ	18	6	18	6	18	6	18	6	18	6
	クヌギ	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3
分析試料数		—	21	—	21	—	21	—	21	—	21



採取位置・ホールソー使用の様子



内樹皮の採取



ドリルビットを使用した材の採取の様子

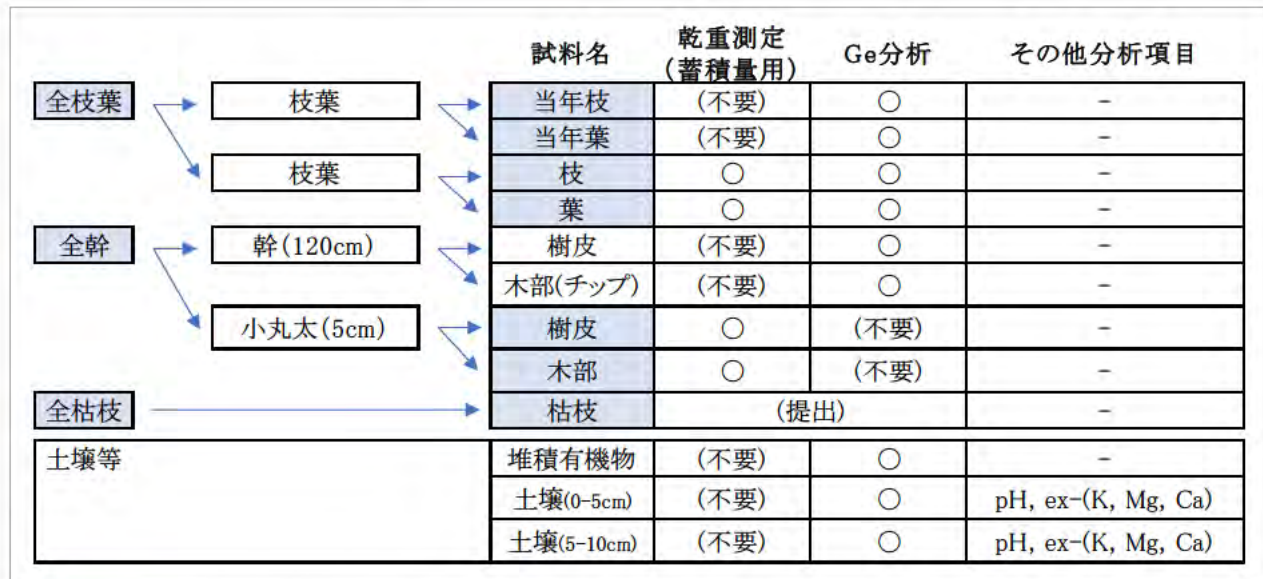


採取面の保護

写真 2-5 成木調査の様子

(4) 分析測定

詳細については、「令和3年度避難指示解除区域等における森林施業等実証事業（植栽木等調査）報告書」の調査手法に準じて実施した。分析までの流れを図 2-6 に示す。



網掛け : 現場等での生重測定あり

図 2-6 採取試料の分析までの処理フロー

1) 分析測定における試料の調整方法

i. 枝や樹木試料（樹皮、内樹皮と材）

- ・ 当年枝及び全枝の試料は、乾燥機（75℃）で48時間以上絶乾
- ・ 樹木試料（樹皮、内樹皮と材）は、乾燥機（75℃）で72時間絶乾
- ・ 樹皮と材の絶乾重量を測定して「樹皮／材絶乾重量比」を算出

ii. 堆積有機物及び土壌2層の試料

- ・ 堆積有機物試料は、乾燥機（75℃）で48時間以上絶乾
- ・ 土壌試料（表層0-5、5-10cm）は、バット等に広げて風乾
- ・ 風乾後の土壌試料は、2mm円孔篩を用いて細土、石礫、根の3種に分別
- ・ 石礫、根は、水洗した後、再び乾燥機（105℃）で24時間以上絶乾
- ・ 細土は、2～3gを分取、風乾重量を計測した上で、乾燥機（105℃）で24時間以上絶乾
→絶乾重量を計測し、風乾重量との水分量との差から乾燥係数を算出
→細土の絶乾重量を算出 ※分取した細土の絶乾重量から、全量の重量に換算
細土の絶乾重量 = {細土の風乾全重量 - (石礫の絶乾重量 + 根の絶乾重量 × 1.1)} × 乾燥係数

2) セシウム137濃度の測定方法

上記の方法で調整・重量測定をした試料は、粉碎器等で4mm以下に粉碎し、ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリ法により放射性セシウム（Cs-137）を定量し、単位重量当たりの放射性セシウム濃度（Bq/kg）を求めた。

Ge分析測定における取り扱い等詳細については下記のとおりとし、試料数ならびに測定に用いた測定容器や測定時間を表 2-8 に整理した。

i. 測定時間と計数誤差の取り扱い

- ・ 植栽木等調査における樹木部位（枝、葉、樹皮、材）ならびに土壌等の放射性セシウムの測定は、測定時間を 1,800 秒以上、計数誤差 10%以下での測定を基本とした。
- ・ 成木調査における樹木試料（内樹皮、材）は、もともと採取量が少ないので U-8 容器（100ml）にて Ge 分析測定を行った。測定時間を 3,600 秒以上、計数誤差 10%以下での測定を基本とした。
- ・ いずれも計数誤差 10%以下の条件で検出下限値未満となった試料については、計数誤差を 20%あるいは 30%以下として取り扱った。

ii. 検出下限値（DL）未満（ND）の取り扱いと再測定について

- ・ セシウム 137 濃度が検出下限値未満となった検体については、以下のとおり測定時間を延長して再測定を行った。

植栽木等調査における樹木部位（枝、葉、樹皮、材）… 最大 7,200 秒

成木調査における内樹皮と材 … 最大 9,000 秒

- ・ 最長測定時間に達しても不検出若しくは既定の計数誤差に到達しなかった検体は、解析用暫定値「 $1/\sqrt{2} \cdot DL$ 」として算出し解析に用いた。

表 2-8 植栽木等調査及び成木調査におけるGe分析測定の試料数と測定容器及び測定時間

部位	調査	試料数	測定容器	測定時間	最大延長 ^(注)
堆積有機物	植栽木等	63	0.7ℓマリネリ容器	1,800 秒	3,600 秒
	成木	21		1,800 秒	3,600 秒
土壌 0-5 cm	植栽木等	63		1,800 秒	3,600 秒
	成木	21		1,800 秒	3,600 秒
土壌 5-10cm	植栽木等	63		1,800 秒	3,600 秒
	成木	21		1,800 秒	3,600 秒
当年枝	植栽木等	63	0.7ℓマリネリ容器	1,800 秒	7,200 秒
全枝	植栽木等	63	0.7ℓマリネリ容器	1,800 秒	7,200 秒
当年葉	植栽木等	54	0.7ℓマリネリ容器	1,800 秒	7,200 秒
全葉	植栽木等	18	0.7ℓマリネリ容器	1,800 秒	7,200 秒
樹皮	植栽木等	63	0.7ℓマリネリ容器	1,800 秒	7,200 秒
内樹皮	成木	21	U-8 容器 (100 ml) 3本混合であるが、内樹皮の採取量が限定されるため、測定時間を延長して精度の向上を図る。	3,600 秒	9,000 秒
材	植栽木等	63	2.0ℓマリネリ容器 Cs-137 濃度が低く測定精度を確保できない可能性があるため、一番大きい容器を使用して測定精度の向上を図る。	1,800 秒	7,200 秒
	成木	21	U-8 容器 (100 ml) 3本混合であるが、材の採取量が限定されるため、測定時間を延長して精度の向上を図る。	3,600 秒	9,000 秒
計		618			

係数誤差 10%以下を達成できなかったサンプルは、森林総研に送付し再測定対象とした。

3) 土壌 2 層の化学性の分析方法

i. pH(H₂O)

調整済みの土壌試料を容器に量り取り、2.5 倍量の蒸留水を添加し、30 分間振盪した後、ガラス電極 pH メーターを用いて pH(H₂O) を測定した。

土壌 0-5 cm、5-10cm それぞれを測定します。2.5 倍量の蒸留水で懸濁水が得られないときは、5 倍量の蒸留水を添加して測定した。

ii. 交換性塩基類 (バッチ法)

交換性塩基類 (交換性カリウム (K)、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)) の分析は、簡易法であるバッチ法を用いた。

試料調整済みの土壌試料をプラスチック製蓋付き遠沈管に採取し、10 倍量の 1 mol 酢酸アンモニウム溶液 (pH7.0) を添加、30 分間振盪した後、一晚静置した。その後、上澄み液を定量用ペーパーフィルターで濾過し、適宜希釈したうえ、原子吸光分析装置や発光分光分析装置等でカリウム、カルシウム、マグネシウムを定量した。

定量値より、10 倍量で抽出していることと、定量時の希釈倍率を考慮して、供試土壌試料中の交換性カリウム、カルシウム、マグネシウム濃度を算出した。

表 2-9 土壌2層の化学性等の分析測定の試料数

項目	調査	試料数	備考
土壌前処理 (根 ^(注1) 、礫、細土分離)	植栽木等	126	63 検体×2層
	成木	42	21 検体×2層
土壌前処理 計		168	—
pH(H ₂ O)	植栽木等	126	63 検体×2層
	成木	42	21 検体×2層
pH(H ₂ O) 計		168	—
交換性塩基類 ^(注2) (Ca、K、Mg の3種)	植栽木等	378	63 検体×2層×3種
	成木	126	21 検体×2層×3種
交換性塩基類 計		504	—

(注1) 土壌の前処理で分離、乾燥した根系は、サンプル毎に袋に詰め、森林総研に送付した。

(注2) 土壌の安定同位体セシウム 133 を別途分析測定する可能性があるため、塩基類の分析用に抽出された試料 (抽出液) は、サンプル毎に容器に詰め替えた後、森林総研に送付した。

なお、分析測定は民間の分析機関にて実施したが、一部の試料については、取り扱いに注意を要し今後解析に用いる可能性があるため、森林総研に送付して分析等を実施し、データ等を共有した。その項目は以下の通りである。

- Ge 分析において検出限界が著しく低く、係数誤差 10%以下を達成できなかったサンプル
- 植栽木の内樹皮採取用小丸太
- 土壌の前処理で分離、乾燥した根系
- 塩基類の分析用に抽出された試料 (抽出液) (安定同位体セシウム (Cs133) 分析用)

(5) 解析用データの作成・整理

1) 解析用データ

以下の項目を整理した。

a 細土含水率 (%) と細土容積重

- ・地下部のセシウム 137 蓄積量や交換性塩基類の蓄積量の算出に必要
- ・細土含水率 (%) : 細土の風乾重量と絶乾重量との差から算出
$$((W - W_{\text{dry}}) / W) * 100 \quad (\text{※風乾後重量 : } W, \text{絶乾重量 : } W_{\text{dry}})$$
- ・細土容積重 : 採土円筒中の細土の絶乾重量を円筒容積 (475ml/円筒) で除して算出

b 細土のセシウム 137 濃度 (Bq/kg)

- ・絶乾ベースとする : 風乾状態の細土で Ge 分析測定した値を、細土容積重を用いて換算

c セシウム 137 濃度不検出データの解析用暫定値 (Bq/kg)

- ・ $1/\sqrt{2} * DL$ (※DL は検出下限値)

d 堆積有機物及び土壌 2 層のセシウム 137 蓄積量 (kBq/m²)

e 交換性カリウム蓄積量 (kg/ha)

f 土壌層位別の当年枝面移行係数 (m²/kg)

$$\text{当年枝面移行係数 (m}^2\text{/kg)} = \frac{\text{当年枝の重量当たりの放射性セシウム濃度 (Bq/kg)}}{\text{土壌の単位面積当たりの放射性セシウム蓄積量 (Bq/m}^2\text{)}}$$

なお、面移行係数は植栽木等調査における当年枝のみならず、全枝や成木調査における内樹皮等においても算出を行い、解析に用いる。

g 交換性塩基類 (Ca、Mg) の蓄積量 (kg/ha)

2) 現地調査データ等

調査区の自然環境条件や社会的条件について、以下の項目を整理した。

- a **植栽木等調査区** : 植栽年、天然更新木の更新年 (樹齢から把握)、ぼう芽更新木の更新年、林齢 (植栽木)、樹齢 (天然更新木)、ぼう芽更新齢 (ぼう芽更新木)、植栽・天然更新・ぼう芽更新面積 (ha)、旧土地利用 (施肥の有無も確認)、植栽時の植栽本数 (本/ha)、植栽木・天然更新木・ぼう芽更新木の本数密度 (本/ha : 蓄積量毎木調査で把握)、平均短木幹材積 (m³ : 蓄積量調査で把握)、毎木調査結果 (平均胸高直径 [cm]、平均樹高 [m]、材積 [m³/ha])、樹木部位別バイオマス蓄積量 (蓄積量調査で把握 : 全葉・全枝・全幹のバイオマス蓄積量 [m³/ha])、試料採取木 3 本の重心位置 (m)、重心位置の直径 (cm)
- b **成木調査区** : 林齢、林分面積 (ha)、本数密度 (調査区内の生育本数 [本/ha])、試料採取木 3 本の平均胸高直径 (cm)、平均樹高 (m)、林分材積 (m³/ha)
- c **植栽木等調査区、成木調査区共通** : 標高 (m : 調査区中心点)、斜面方位、局所地形 (斜面位置)、土壌母材、航空機モニタリングによる空間線量率 (μ Sv/h)、初期沈着量 (kBq/m²)、調査区中心部の位置 (緯度経度)、空間線量率 (μ Sv/h : 1 調査区 5 点平均値)、平均傾斜 (度 : 1 調査区 3 点 [土壌調査地点] 平均値)

(6) データ解析

過年度データも含め、以下の解析等についての図表作成等を行い、林野庁及び学識経験者の指導を得ながら、解析結果について考察を行った。

i. 植栽木等に係る解析

- a 植栽木等の樹種別、部位別のセシウム 137 濃度の経年変動特性
- b 植栽木等の当年枝面移行係数と土壤の交換性カリウム現存量等化学性の関係

ii. 成木等に係る解析

- c 成木の樹種別の内樹皮と材のセシウム 137 濃度の関係
- d 成木の内樹皮面移行係数と土壤の交換性カリウム現存量等化学性の検討

iii. その他

- e 土壤のセシウム 137 蓄積量と樹種別、部位別のセシウム 137 吸収量
- f 成木の内樹皮及び植栽木等の当年枝と材のセシウム 137 濃度の比較
- g その他林野庁及び学識経験者の指導による必要な解析

2.3. カリウムによる放射性物質吸収抑制効果の検証

(1) 調査箇所

調査は、過年度事業で、福島県田村市都路町古道（大久保地区）に設定した試験地で実施した。

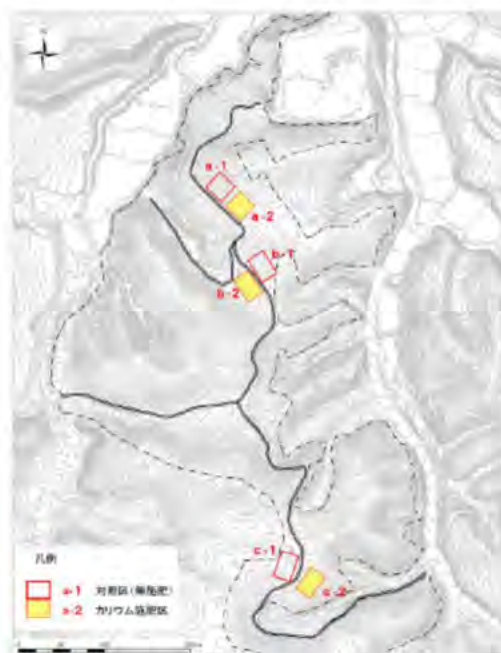


図 2-7 試験地の配置

表 2-10 作業区の概要

作業区	K 施肥	平均斜度・ 斜面方位	面積	空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		Cs-137 平均沈着量**
				2014/11 *	2018/12	
a - 1	-	14° 南西	各 625m ² (25m×25m)	0.31	0.19	110kBq/m ²
a - 2	施肥				0.17	
b - 1	-	10° 南西	各 650 m ² (32.5m×20m)	0.31	0.18	
b - 2	施肥				0.18	
c - 1	-	10° 南東	各 600 m ² (30m×20m)	0.35	0.20	
c - 2	施肥				0.23	

* 植栽時（平成 26(2014)年 11 月測定）の作業区内 5 地点の地上 1m の空間線量率平均値

** 第 3 次航空機モニタリング公表値（平成 23(2011)年 7 月）

作業区の配置状況を図 2-7 に示す。カリウム施肥区と無施肥（対照区）の 2 区画を 1 セットとして、a, b, c の 3 セット、計 6 区画を設定した（写真 2-6、表 2-10）。いずれの区画も平均斜度 10°～14° の緩斜面で、a 及び b が南西、c が南東に面した斜面に位置する。平成 26(2014)年 11 月に測定した空間線量率は、0.31 $\mu\text{Sv/h}$ ～0.35 $\mu\text{Sv/h}$ であった。

林況は 27 年生の落葉広葉樹林で、平成 26(2014)年 1 月～3 月にコナラ、クリ、サクラ、クヌギを上層木として 30%程度残して更新伐を実施し、同年春にサクラ苗木を植栽した複層林である。ここに、苗木の放射性物質吸収量を把握するために、平成 26(2014)年 11 月 18 日に 2 年生コナラ苗木を各作業区に 60 本以上植栽した。



写真 2-6 作業区の状況（過年度）



写真 2-7 作業区の状況(令和4年12月)

(2) カリウム施肥の概要

本試験地で実施したカリウム施肥の概要を表 2-11 に示す。肥料の種類によってカリウムの吸収作用は異なる。カリウムが土壤中で根から吸収されるイメージを図 2-8 に示す。

表 2-11 カリウム施肥の概要

項目	1 回目	2 回目
施肥実施時期	コナラ苗木植栽後 (平成 27(2015)年 1 月)	1 回目の施肥から 2 年後 (平成 29(2017)年 2 月)
使用肥料	ケイ酸カリウム＝緩効性 商品：「けい酸加里プレミア 34」(開発肥料株式会社 製造、JA 全農 供給) カリウム (K ₂ O) 保証成分：20%	塩化カリウム＝水溶性・速効性 商品：「粒状 くみあい 塩化加里」 (JA 全農 輸入・供給) カリウム (K ₂ O) 保証成分：60%
土壤中の交換性カリウム濃度の目標値	酸化カリウム (K ₂ O) 20g/m ² (水稻の慣行カリ施肥の 2 倍量 ¹) → 200kg K ₂ O/ha、166kg K/ha	同左 ※1 回目の施肥分は考慮せず追肥
施肥量	100g/m ² (ha 換算：1 t /ha) (目標値÷カリウム保証成分割合)	33g/m ² (ha 換算：330kg/ha)
備考	作物用に開発されており、根酸（根から分泌される有機酸）や土壤中の酸によりカリウムが溶出し、植物体に利用可能な交換態となるため、水溶性の塩化カリウム等と比較して時間がかかる。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 過剰施与だと濃度障害（塩害）を引き起こす。 ・ 1 回目同様、均一散布とした。

¹ 「水稻の放射線セシウム対策としてのカリ施用」(福島県農林水産部 2012)を参考に、慣行カリ施肥量（スギ、ヒノキに対して最大 10g/m²程度：出典 「林業家必携最新改訂版」林野弘済会 1990）の 2 倍とした。

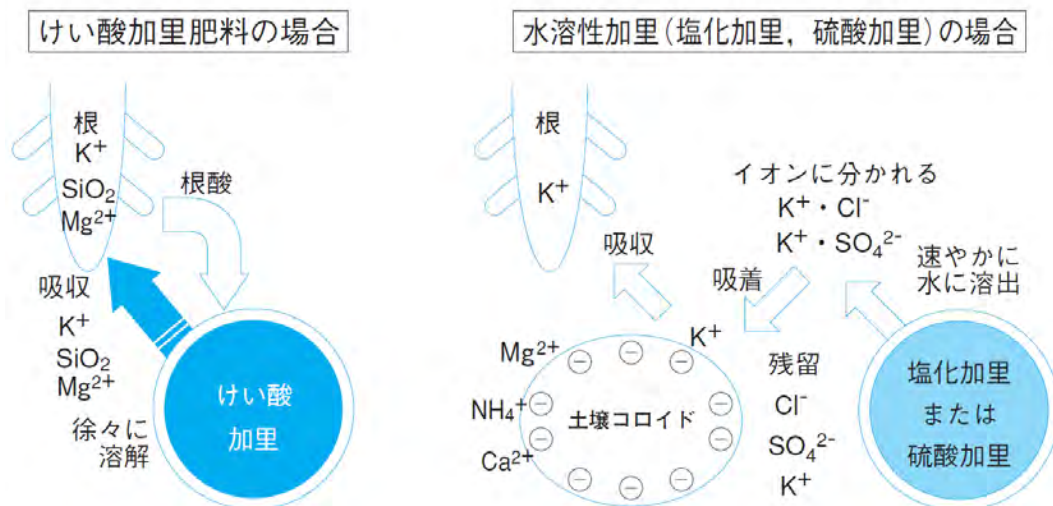


図 2-8 肥料によるカリウムが作物に吸収されるイメージ²(参考)

(3) 試料の採取と放射性セシウム濃度及びカリウム濃度等の測定

1) 植物体試料の採取

コナラ植栽木及びびぼう芽更新木の植物体の採取試料数を表 2-12 に示す。

植物体の試料は、平成 27 (2015) 年度以降は、植物体内の物質転流が止まり各器官の物質濃度が安定する休眠期の採取を基本として落葉後の 12 月後半に採取した。

採取部位は、平成 30 (2018) 年度以降、当年枝のみとした。

2) 土壌等試料の採取

土壌等の採取試料数を表 2-13 に示す。

採取は 12 月に行った。土壌の放射性セシウム (Cs-137) 濃度等試料は、平成 26 (2014) 年度は作業区当り 2 点、平成 27 (2015) 年度は 5 点から採取したが、濃度のばらつきが大きいことから、誤差を小さくするため、平成 28 (2016) 年度より作業区当たり 5 地点から採取している。堆積有機物は 20cm×20cm 方形枠を設置して採取した。土壌層の試料は、直径 50mm、容積 100mL の採土円筒を用いて土壌深度 0-5 cm 及び 5-10cm から採取した。



写真 2-8 土壌等試料採取の概況

² 全国農業協同組合連合会ホームページ：

https://www.zennoh.or.jp/activity/hiryo_sehi/pdf/qa_keisankari.pdf

3) 放射性セシウム濃度及びカリウム濃度の測定

【植物体試料：当年枝採取→複数株混合→計量・乾燥・粉碎→濃度分析】

コナラ植栽木及び、ぼう芽更新木の試料は、現地で当年枝を採取し、複数株を混合して測定試料とした。

【土壌等試料：採取→計量・乾燥→作業区ごとに混合・粉碎→濃度分析】

土壌等の試料は、採取した試料ごとに採取時重量を計量した後に、作業区ごとに混合して、放射性セシウム濃度分析用の検体とした。

測定試料は、計量・乾燥・粉碎を行い、濃度分析用の検体とした。

放射性セシウム濃度は、ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリ法（以下「ガンマ線スペクトロメトリ法」という。）により放射性セシウム（Cs-134 及び Cs-137）を定量し、単位試料重量当たりの放射性セシウム濃度（Bq/kg）を求めた。

植物が利用可能な土壌中の交換性カリウム濃度は、炎光光度計³を用いて測定した。

表 2-12 採取試料木の個体数

採取年度	採取日	区画ごと（施肥3区画、無施肥3区画）								
		植栽木				ぼう芽更新木				
		葉	当年枝	幹・枝	根	幹・枝	当年枝	多年枝		根*1
						φ1cm未満	φ1cm以上			
平成 26 (2014)	2014/11	15 (1)	-	15 ⁺ (1)	15 ⁺ (1)	20 (1)	-	-	-	5 (1)
		(施肥前ポット n=1)				(施肥区 n=3、無施肥区 n=3)				
平成 27 (2015)	2015/12/14 -16	-	-	5 (1)	5 (1)	-	5 (1)	5 (1)	5 (1)	-
		(施肥区 n=3、無施肥区 n=3)								
平成 28 (2016)	2016/12/21 -22	-	-	5 (1)	5 (1)	-	5 (1)	5 (1)	5 (1)	-
		(施肥区 n=3、無施肥区 n=3)								
平成 29 (2017)	2017/12/18	-	3 (1)×2	3 (1)×2	3 (1)×2	-	3 (1)×2	3 (1)×2	3 (1)×2	-
		(施肥区 n=6、無施肥区 n=6)								
平成 30 (2018)	2018/12/17 -20	-	3 (1)×2	-	-	-	3 (1)×2	-	-	-
		(施肥区 n=6、無施肥区 n=6)								
令和元 (2019)	2019/12/18-24	平成 30 年度と同じ								
令和 2 (2020)	2020/12/27									
令和 3 (2021)	2021/12/18-19									
令和 4 (2022)	2022/12/12-15									
平成 30 年度と同じ*2										

試料数の数値下段（ ）は、濃度分析時の混合検体数を示す。

+ 平成 26 (2014) 年度の植栽木試料は、放射性物質測定用として、植栽せずに置いたポット苗から採取。

*1 ぼう芽更新木の根試料は、水平方向に伸びた太根 (>10mm) を長さ 5cm~10cm 程度を採取し、土砂を洗い流した。

*2 令和 4 年度は、植栽木が成長不良のため、当年枝の検体数を 1 区画につき 1 検体（施肥区 n=3、無施肥区 n=3）とした。

³ 土壌環境分析法「第V章 土壌化学 7. 交換性陽イオン・陰イオン A. 交換性陽イオン簡易法・バッチ法-a」P216

表 2-13 田村大久保試験地における土壌等採取試料数

採取年度	採取日	区画ごと（施肥3区画、無施肥3区画）			土壌 (ポット)
		土壌等（地点/区画）			
		堆積有機物 (20 cm×20 cm)	土壌層 0-5 cm (100mL 採土円筒)	土壌層 5-10 cm (100mL 採土円筒)	
平成 26 (2014)	2014/11/16-22	2 (1)	2 (1)	2 (1)	15 (1)
平成 27 (2015)	2015/12/14-15	3 (1)	3 (1)	3 (1)	-
平成 28 (2016)	2016/12/21-23	5 (1)	5 (1)	5 (1)	-
平成 29 (2017)	2017/7/19-21	平成 28 年度と同じ			
	2017/12/13-14				
平成 30 (2018)	2018/7/18-19				
	2018/12/18				
令和元 (2019)	2019/7/9				
	2019/12/24				
令和 2 (2020)	2020/12/15				
令和 3 (2021)	2021/12/16-17				
令和 4 (2022)	2022/12/12				

試料数の数値下段 () は、濃度分析時の混合検体数を示す。繰り返し数は全年度共通で、施肥区 n=3、無施肥区 n=3。

(4) 調査項目

1) 土壌の管理

全ての調査区において、交換性カリウム濃度を測定し、コナラの放射性セシウム濃度等との関係性を調査した。なお、交換性カリウム濃度の測定に当たっては、蛍光光度計を用いた。

2) 植栽木等の放射性物質濃度の測定

成長終了期（12月目途）に各調査区（図2-7、表2-10）のコナラ植栽木から当年枝を、各試験地当たり2個体（1個体あたり1本）を採取し、放射性セシウム濃度を測定した。また、植栽木の採取時に同試験地のコナラ根株から発生しているぼう芽枝の当年枝を、各試験地当たり2株分（1株当たり1本）採取し、ぼう芽枝に含まれる放射性セシウム濃度を測定した。

3) 調査結果の分析・評価

上記の調査結果及び過年度事業における調査結果を踏まえ、コナラ植栽木及びぼう芽更新木の放射性物質濃度の推移について分析するとともに、カリウム施肥による放射性物質吸収抑制効果を検証し、効果的な放射性物質吸収抑制手法等について整理した。また、「ほだ木等原木林の再生手法」の検討のため、カリウム施肥による必要な調査・分析方法等についても整理した。

