

令和 6 年度帰還困難区域内の国有林における
環境放射線モニタリング調査計画策定等事業

報 告 書

令和 7 年 3 月

林 野 庁

目 次

第 1 章 事業の概要

1.1 事業目的	1
1.2 事業概要	2

第 2 章 事業の実施方法

2.1 帰還困難区域内の国有林における空間線量率の測定	3
2.2 帰還困難区域内の国有林におけるモニタリング調査計画の策定	5
2.3 放射性物質の実態把握のための新たな測定手法に関する調査	5

第 3 章 事業の実施結果

3.1 帰還困難区域内の国有林における空間線量率の測定	6
3.1.1 地点選定結果	6
3.1.2 空間線量率の測定結果	8
3.2 帰還困難区域内の国有林におけるモニタリング調査計画の策定	15
3.2.1 帰還困難区域内の国有林における調査計画の検討	15
3.2.2 空間線量率の測定方法の検討	23
3.2.3 立木（樹皮、心材、辺材）及び土壌の放射性物質濃度の測定方法の 検討	23
3.2.4 帰還困難区域内のモニタリング調査に従事するに当たっての放射線 障害防止措置等安全管理に関する留意事項の検討	26
3.2.5 帰還困難区域内の国有林におけるモニタリング調査の仕様書案の作 成	28
3.3 放射性物質の実態把握のための新たな測定手法に関する調査	29
3.3.1 様々な放射線測定モニタリング、放射線測定器、ドローン・4 足歩 行ロボット等に関する情報収集	29
3.3.2 国有林内におけるモニタリング（空間線量率及び土壌セシウム濃度 等）の新たな測定手法の開発、従来手法との比較と検証	36
(1) 空間線量率測定	36
(2) 土壌セシウム濃度測定	37
(3) 立木セシウム濃度測定	44
3.3.3 効率的かつ操作が容易で安全な新たな測定手法の検証、並びにその 測定手法に関する業務手順の検討及びマニュアルの作成	46

第1章 事業の概要

1.1 事業目的

令和5年度は「第2期復興・創生期間」(令和3～7年度)の中間年であることから、政府の復興基本方針である『第2期復興・創生期間』以降における東日本大震災からの復興の基本方針の見直しが行われ、「帰還困難区域を含め森林・林業再生を進めるため、科学的根拠に基づくリスクコミュニケーションを含め、森林における作業の実施や伐採木・樹皮の扱い等に関する関係者との調整など必要な対応を進める」との内容が盛り込まれ、令和6年3月19日に閣議決定された。

これを受け、林野庁として関係者と調整を開始し、帰還困難区域内の森林施業の実現に向けた検討を進める必要があるが、まずは、森林施業を実施する作業者の安全・安心を確保するため、作業実態に応じた被ばく量を推定することが求められ、そのためには帰還困難区域内の空間線量率を把握する必要がある。

しかしながら、帰還困難区域は立入りが制限されており、森林の空間線量率について十分な実態把握がなされていないのが現状である。

また、今後、高線量下における放射性物質の実態把握を実施すべき調査箇所が増加することが予想されるため、ドローンや四足歩行ロボットなどを活用した新たな測定方法の検証及び実証を行い、モニタリングの効率化及び精度向上を図る必要がある。

このため、帰還困難区域内の国有林における空間線量率を安全かつ効率的に調査するため、モニタリング計画の策定を目的として本事業を実施する。

1.2 事業概要

- ①業 務 名：令和 6 年度帰還困難区域内の国有林における環境放射線モニタリング調査計画策定等事業
- ②調査対象：福島県 南相馬市 富岡町 大熊町 双葉町 浪江町 葛尾村 飯舘村
- ③工 期：令和 6 年 7 月 19 日 ～ 令和 7 年 3 月 14 日
- ④発注機関：林野庁 国有林野部業務課（以下「発注者」という。）
- ⑤受 託 者：東京パワーテクノロジー株式会社（以下「受注者」という。）

第2章 事業の実施方法

2.1 帰還困難区域内の国有林における空間線量率の測定

帰還困難区域内の国有林における空間線量率の測定において、航空機モニタリングによる空間線量率の把握及び地元自治体へのヒアリング等により調査地点 5 地点（予備として 1 地点追加）を選定した。

表 2.1 実施数量等

実施内容	数量	単位	備考
航空機モニタリングによる空間線量率の把握	1	式	原子力規制委員会 HP
自治体ヒアリング	7	市町村	南相馬市、富岡町、大熊町、双葉町、浪江町、葛尾村、飯舘村 (福島県庁には事業内容等説明)
調査地点選定	5 (6)	地点	複数候補地点から選定

① 調査方針等

林野庁が森林の状態とその変化の動向を全国統一の手法に基づき把握・評価している森林生態系多様性基礎調査の調査点を基準として設定した 4 km 四方メッシュ及びこのメッシュを基準として設定した 1 km 四方メッシュを調査単位とし、当該調査単位に含まれる帰還困難区域内の国有林をモニタリング調査の対象地とした。

航空機モニタリングによる空間線量率の測定結果、帰還等の促進に向けた整備状況、地域住民の要望等を踏まえ、特定復興再生拠点区域・特定帰還居住区域の周辺森林、比較的線量が低い地域の人工林、比較的線量が高い地域の広葉樹林等モデル的な森林のうち 5 地点（予備として 1 地点追加し、計 6 地点）を選定した。

② 調査方法

【定点測定】

- (ア) 使用する測定機は「放射線測定に関するガイドライン」（文部科学省・日本原子力研究開発機構：平成 23 年 10 月 21 日）に基づき校正済の NaI シンチレーション式サーベイメータを使用した。
- (イ) 林班内の重心点に定点を設定し、測定高は地上高 1.0m、測定の際は山側に向けて測定した。時定数 10 秒で測定開始から 30 秒後の数値を測定値として記録した。
- (ウ) 定点測定に併せて、測定場所・測定時刻・天気・気温・湿度・風速を記録するとともに、土壌水分量を測定した。
- (エ) 周辺林況がわかるように測点を撮影するとともに、周辺林況及び撮影方向について野帳等に記録した。

【歩行測定】

- (ア) NaI シンチレーション式サーベイメータと GNSS 端末を用いて線量測定を行った。
- (イ) 線量計をセットしたバッグを、地上高 1.0m 位置に固定した。
- (ウ) 林班内の重心点に定点を設定し、林班侵入地点から定点までを往復測定した。
- (エ) 測定間隔は 1 回/毎秒とし、歩行箇所は林班内を等高線沿い等急峻な地形を避けて歩行することを基本とした。なお、崖等により危険が伴い歩行が困難な箇所は、安全面を考慮し当該箇所を避けて測定した。

③ 調査範囲

福島県の帰還困難区域における南相馬市、大熊町、浪江町、葛尾村、飯舘村内の国有林

2.2 帰還困難区域内の国有林におけるモニタリング調査計画の策定

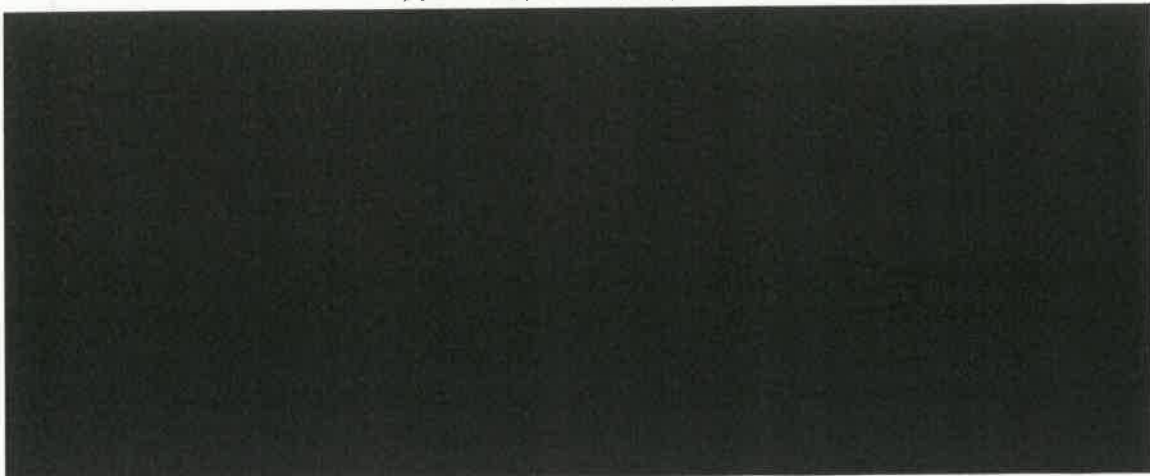
- ① 帰還困難区域内の国有林における森林施業の実現に向けて、空間線量率と放射性物質による立木（樹皮、心材、辺材）及び土壌の汚染等の状況について、効率的に把握できるモニタリング調査箇所と令和12年度までの調査計画の検討を行った。
- ② 空間線量率の測定地点と測定方法の検討を行った。
- ③ 立木（樹皮、心材、辺材）及び土壌の放射性物質濃度の測定地点と測定方法の検討を行った。
- ④ 帰還困難区域内のモニタリング調査に従事するに当たっての放射線障害防止措置等安全管理に関する留意事項の検討を行った。
- ⑤ ①～④のとりまとめ、有識者の意見を聴取し、モニタリング調査計画の策定、計画を踏まえて帰還困難区域内の国有林におけるモニタリング調査の仕様書案の作成及び概算費用の算出を行った。

2.3 放射性物質の実態把握のための新たな測定手法に関する調査

高線量下におけるモニタリング調査に関し、ドローン・4足歩行ロボット等を活用して、安全かつ効率的に国有林内の空間線量率を実態把握できるよう下記①～③を実施した。

- ① 様々な放射線測定モニタリング、放射線測定器、ドローン・4足歩行ロボット等に関する情報収集
 - ② 国有林内におけるモニタリング（空間線量率及び土壌セシウム濃度等）の新たな測定手法の開発、従来手法との比較と検証
 - ③ ②の結果、有識者の意見を聴取し、効率的かつ操作が容易で安全な、新たな測定手法を選択し、その測定手法に関する業務手順の検討及びマニュアルの作成
- なお、2.2⑤と2.3③に関して、選任した有識者は表2.2の通り。

表 2.2 選任した有識者の一覧



第3章 事業の実施結果

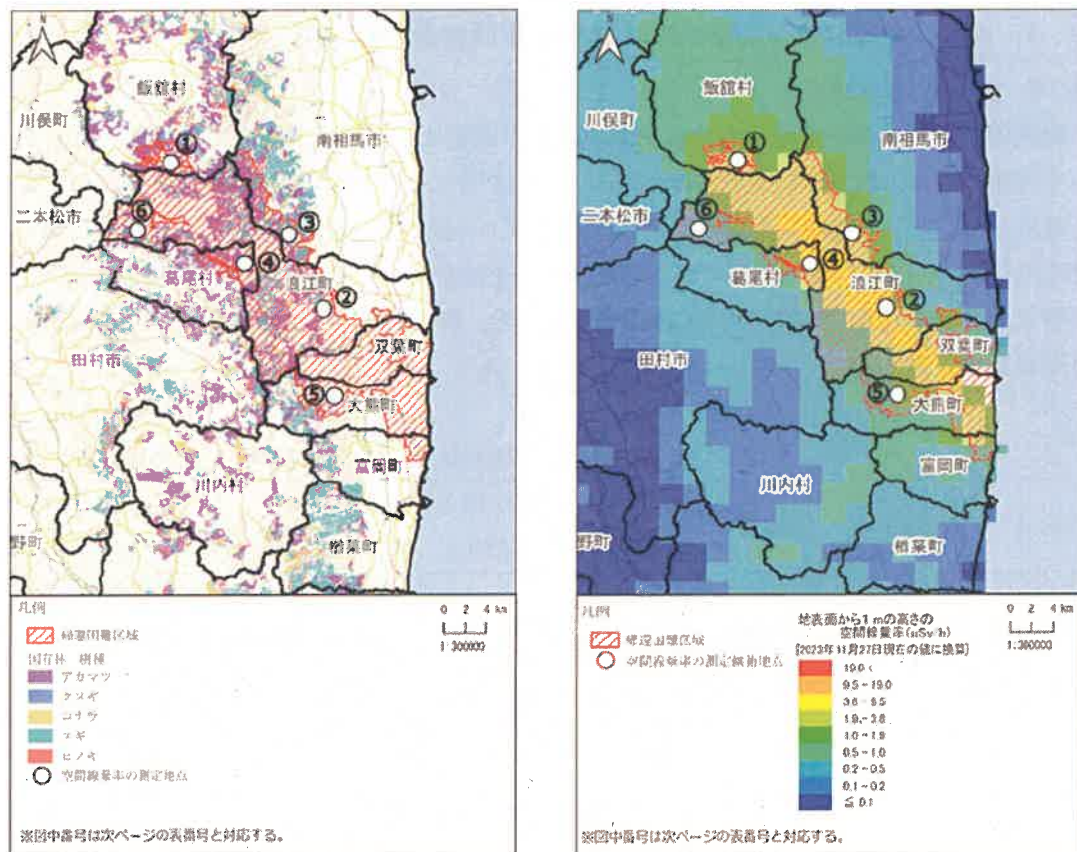
3.1 帰還困難区域内の国有林における空間線量率の測定

3.1.1 地点選定結果

帰還困難区域内の国有林における空間線量率の測定において、航空機モニタリングによる空間線量率の把握及び地元自治体へのヒアリング等により調査地点 5 地点（予備として 1 地点を追加し計 6 地点）を選定した結果は、以下の表 3.1、図 3.1 のとおりである。調査地点の選定にあたっては、地域ごとの特性や課題を総合的に考慮した。特に、放射性物質の影響を受ける森林において、住民の帰還や環境保全、素材生産といった多様な目的に対応する選定基準を設定した。

表 3.1 調査地点選定結果

No	市町村名	林班名	樹種	林小班の面積(ha)	選定の観点
①	飯舘村	2304_林班_れ_1	コナラ	1.39	・将来的な素材生産・木材搬出のための森林整備を目指す。 ・病虫害の拡大防止のための森林整備を優先する。
②	浪江町清水	1201_林班_ほ_4	スギ	2.77	・将来的な素材生産・木材搬出のための森林整備を目指す。
③	南相馬市	2092_林班_に_6	スギ	8.72	・近傍に帰還予定の住民の住居が位置している。 ・将来的な素材生産・木材搬出のための森林整備を目指す。
④	葛尾村	1084_林班_い_1	アカマツ	3.27	・将来的な素材生産・木材搬出のための森林整備を目指す。 ・病虫害の拡大防止のための森林整備を優先する。
⑤	大熊町	516_林班_ぬ	ヒノキ	6.16	・ため池への放射性物質の流出を防ぐための保全措置を実施する。
⑥	浪江町津島	1049_林班_れ_3	アカマツ	0.54	・将来的な素材生産・木材搬出のための森林整備を目指す。 ・病虫害の拡大防止のための森林整備を優先する。 ・住民が帰還する可能性のある地域。



3.1.2 空間線量率の測定結果

各調査地点の空間線量率を測定した結果を表3.2に示す。各調査地点の位置図と林相写真は、図3.2～図3.7に示すとおりであり、各調査地点の歩行測定結果に関しては、図3.8～図3.13のとおりである。定点測定と歩行測定の結果は概ね一致しており、大きな差異は見られなかった。また、航空機モニタリングの結果とも大きな差異がないことが分かった。空間線量率は地域によって大きく異なる結果となった。特に②浪江町清水（スギ）および④葛尾村（アカマツ）では高い値が観測され、定点測定でそれぞれ $4.10 \mu\text{Sv/h}$ 、 $3.45 \mu\text{Sv/h}$ を示した。一方、⑥浪江町津島（アカマツ）では定点測定で最も低い $0.48 \mu\text{Sv/h}$ を記録し、地域間での顕著な差が確認された。

表 3.2 空間線量率の測定結果

No	市町村名	林班名	樹種	中心点の 空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) (定点測定)	中心点の 空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) (歩行測定)	(参考) 航空機 モニタリング ($\mu\text{Sv/h}$)
①	飯舘村	2304_林班_ れ_1	コナラ	1.95	2.23	1.9-3.8
②	浪江町清水	1201_林班_ ほ_4	スギ	4.10	3.93	3.8-9.5
③	南相馬市	2092_林班_ に_6	スギ	1.62	1.61	1.9-3.8
④	葛尾村	1084_林班_ い_1	アカマツ	3.45	3.74	3.8-9.5
⑤	大熊町	516_林班_ぬ	ヒノキ	0.99	1.01	1.0-1.9
⑥	浪江町津島	1049_林班_ れ_3	アカマツ	0.48	0.50	0.2-0.5

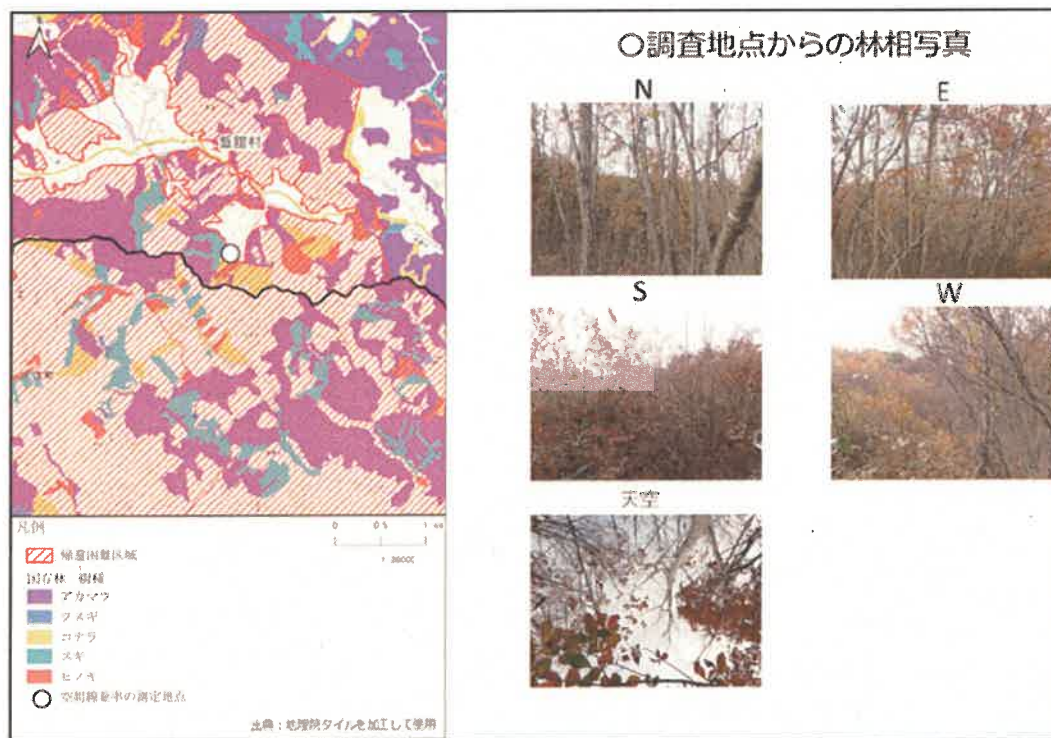


図 3.2 調査地点 No①の位置図と林相写真（東西南北と天空）

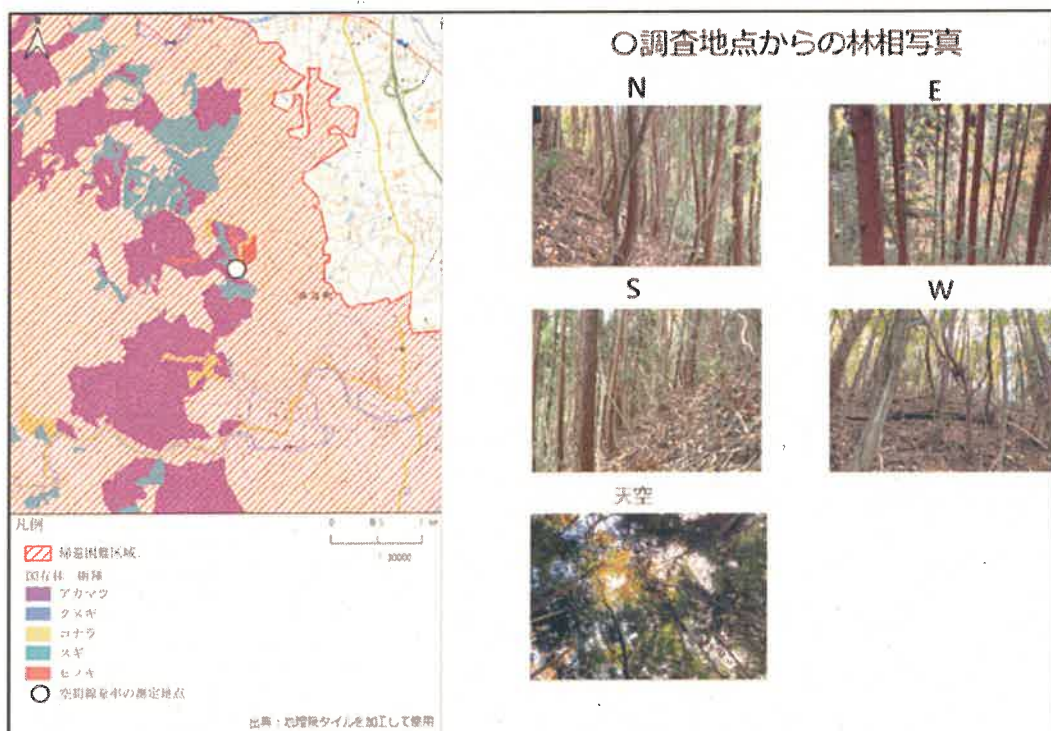


図 3.3 調査地点 No②の位置図と林相写真（東西南北と天空）

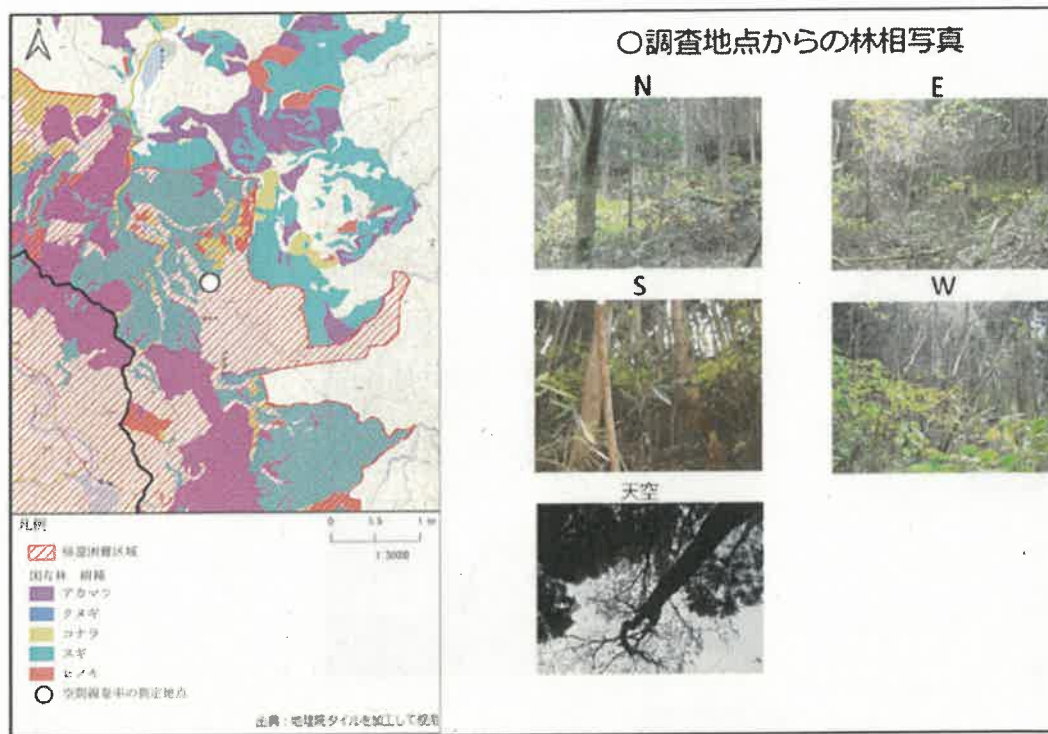


図 3.4 調査地点 No③の位置図と林相写真（東西南北と天空）

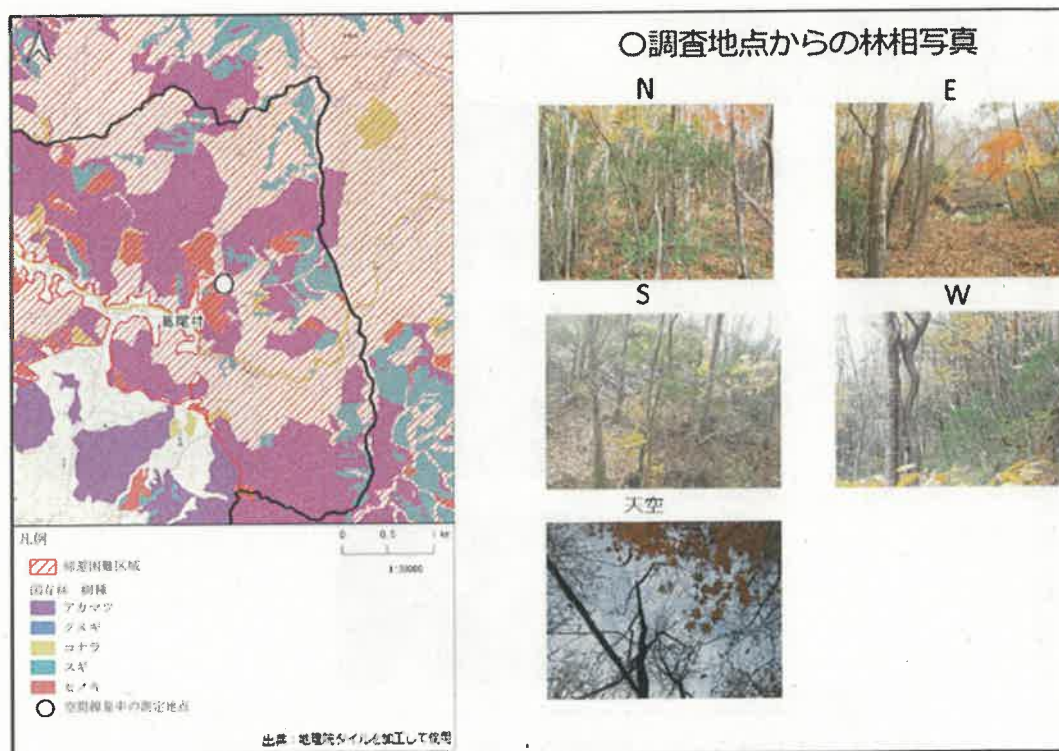
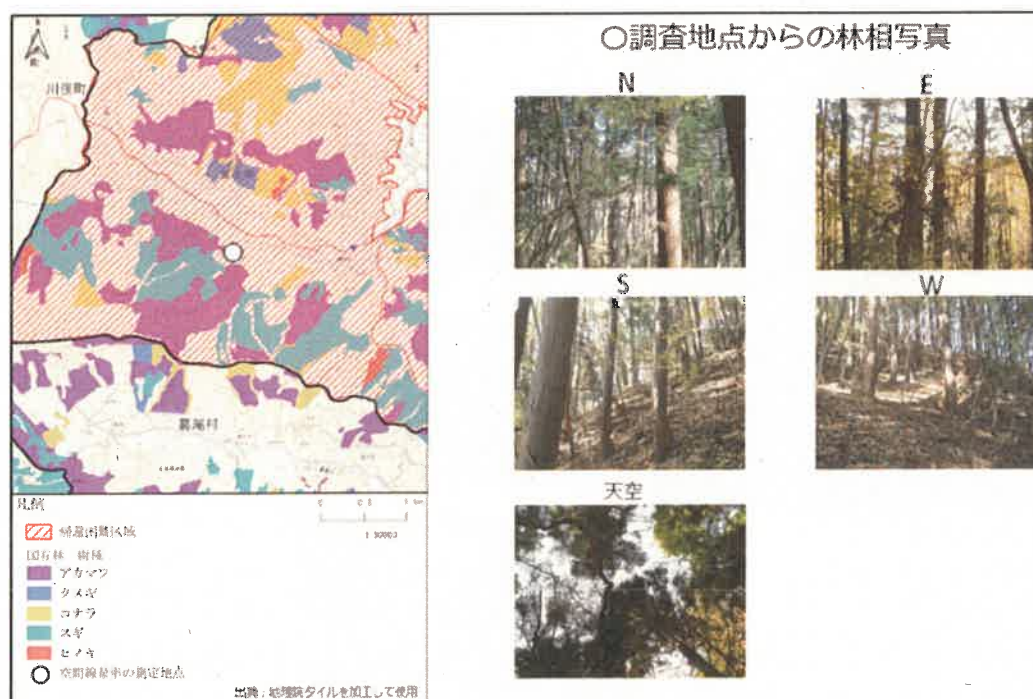
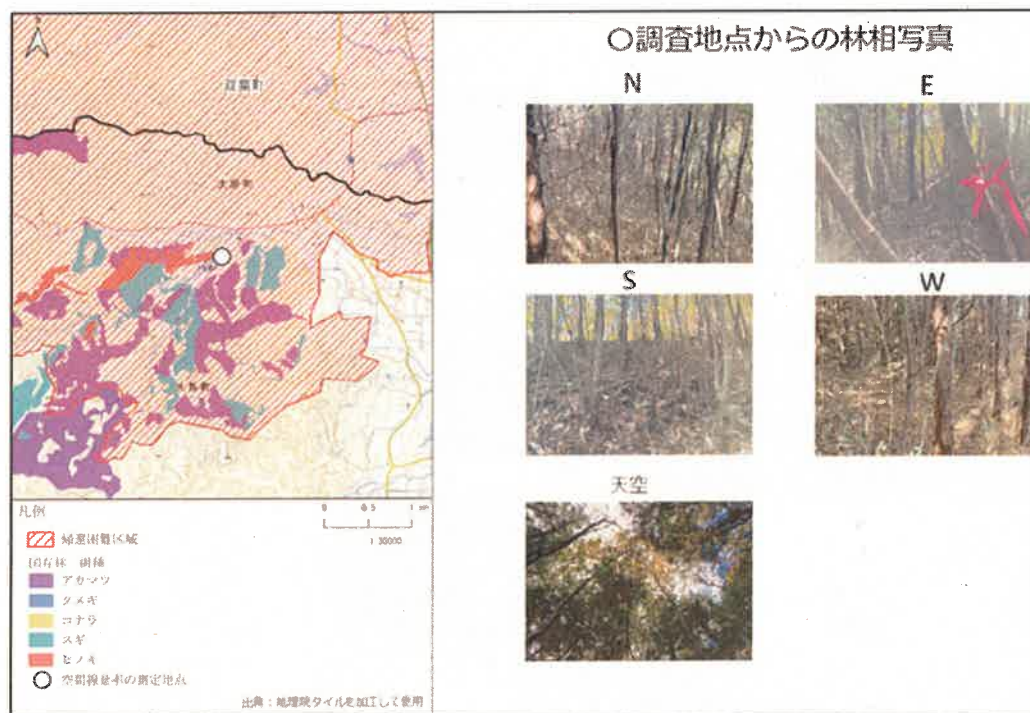


図 3.5 調査地点 No④の位置図と林相写真（東西南北と天空）



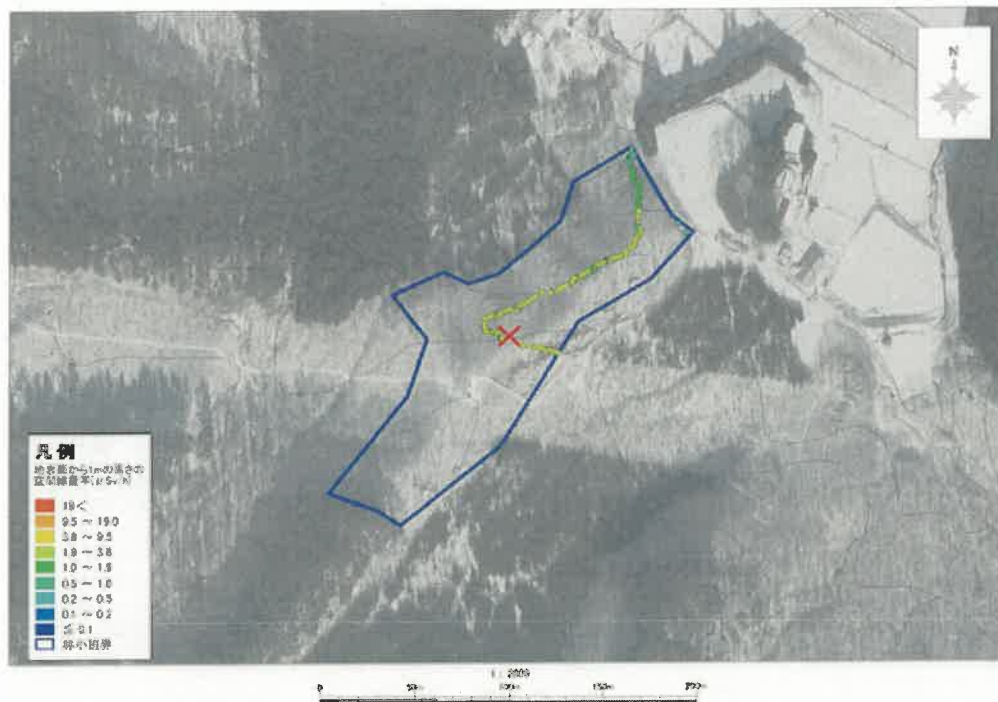


図 3.8 調査地点 No①の歩行測定結果

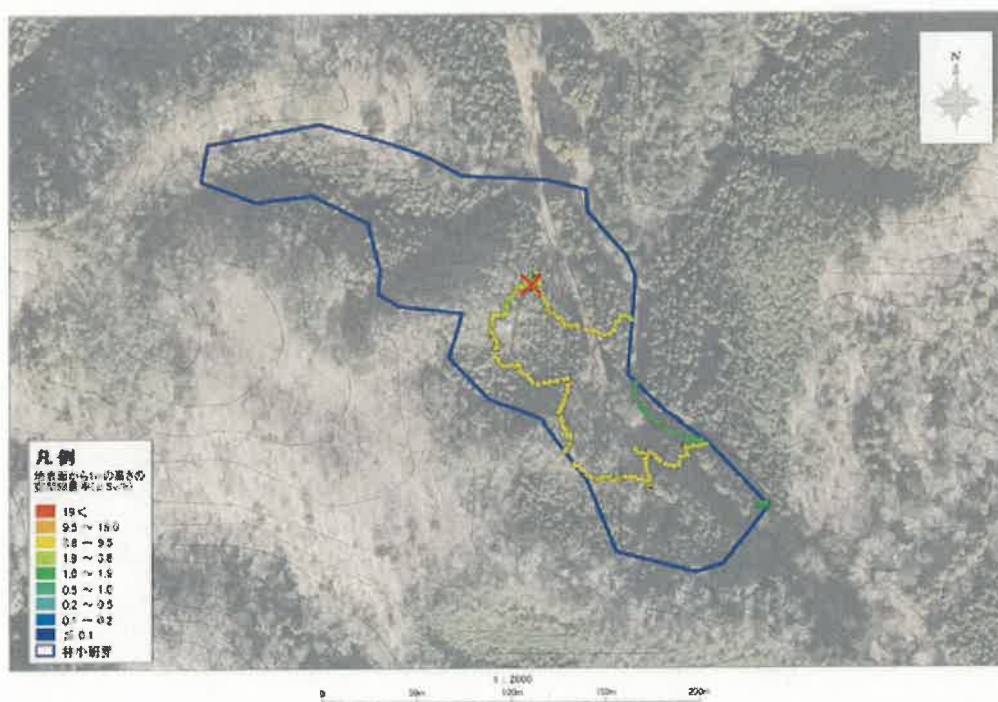


図 3.9 調査地点 No②の歩行測定結果

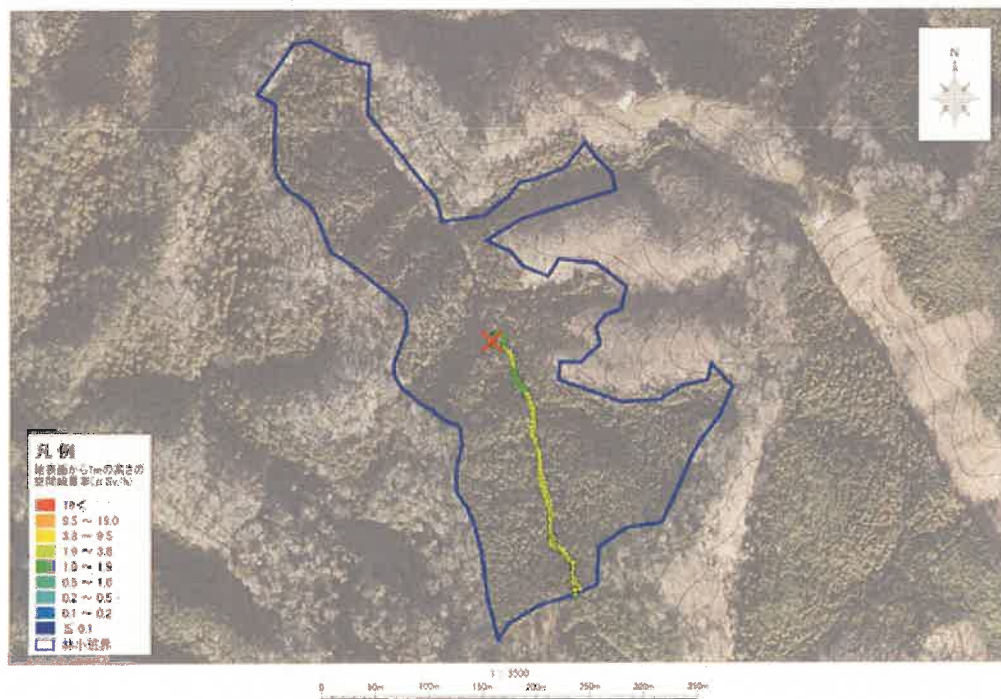


図 3.10 調査地点 No③の歩行測定結果

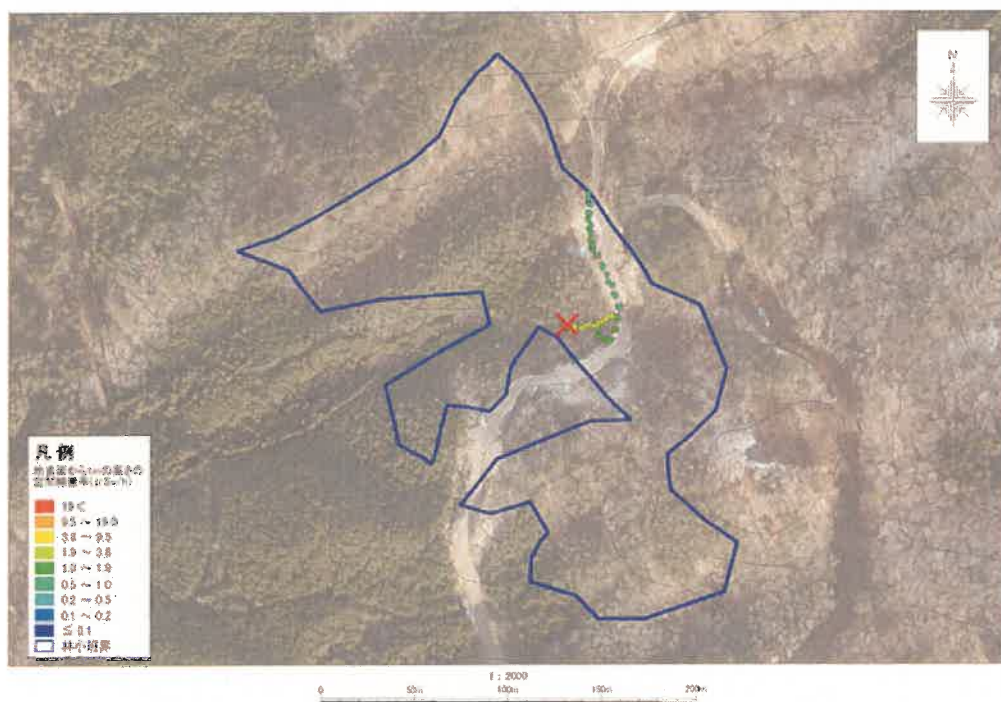


図 3.11 調査地点 No④の歩行測定結果



図 3.12 調査地点 No⑤の歩行測定結果

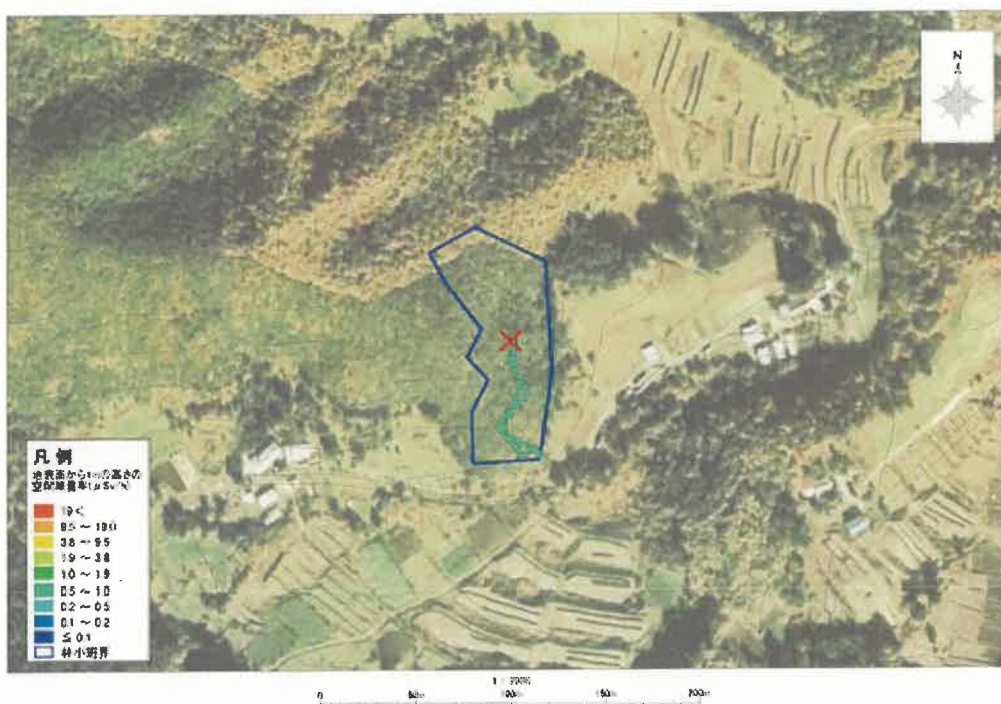


図 3.13 調査地点 No⑥の歩行測定結果

3.2 帰還困難区域内の国有林におけるモニタリング調査計画の策定

3.2.1 帰還困難区域内の国有林における調査計画の検討

帰還困難区域内の国有林における森林施業の実現に向けて、空間線量率と放射性物質による立木（樹皮、心材、辺材）及び土壌の汚染等の状況について、効率的に把握できるモニタリング調査箇所と令和12年度までの調査計画の検討を行った。

（1）空間線量率測定

帰還困難区域におけるモニタリング調査箇所（279箇所）を図3.14に示す。モニタリング調査箇所の一覧表は別紙1のとおりである。この一覧表における座標の座標系はJGD2011とした。旧避難指示区域のモニタリング調査箇所の設定にならって、林野庁が森林の状態とその変化の動向を全国統一の手法に基づき把握・評価している森林生態系多様性基礎調査の調査点を基準として設定した4km四方メッシュ及びこのメッシュを基準として設定した1km四方メッシュに含まれる国有林を調査対象とした。1km四方メッシュに1地点の調査地点を設定することを基本とし、帰還困難区域内の国有林全体における空間線量率の傾向を把握できるよう考慮した。

帰還困難区域における空間線量率測定は上記のモニタリング調査箇所において、令和12年度まで毎年実施する。

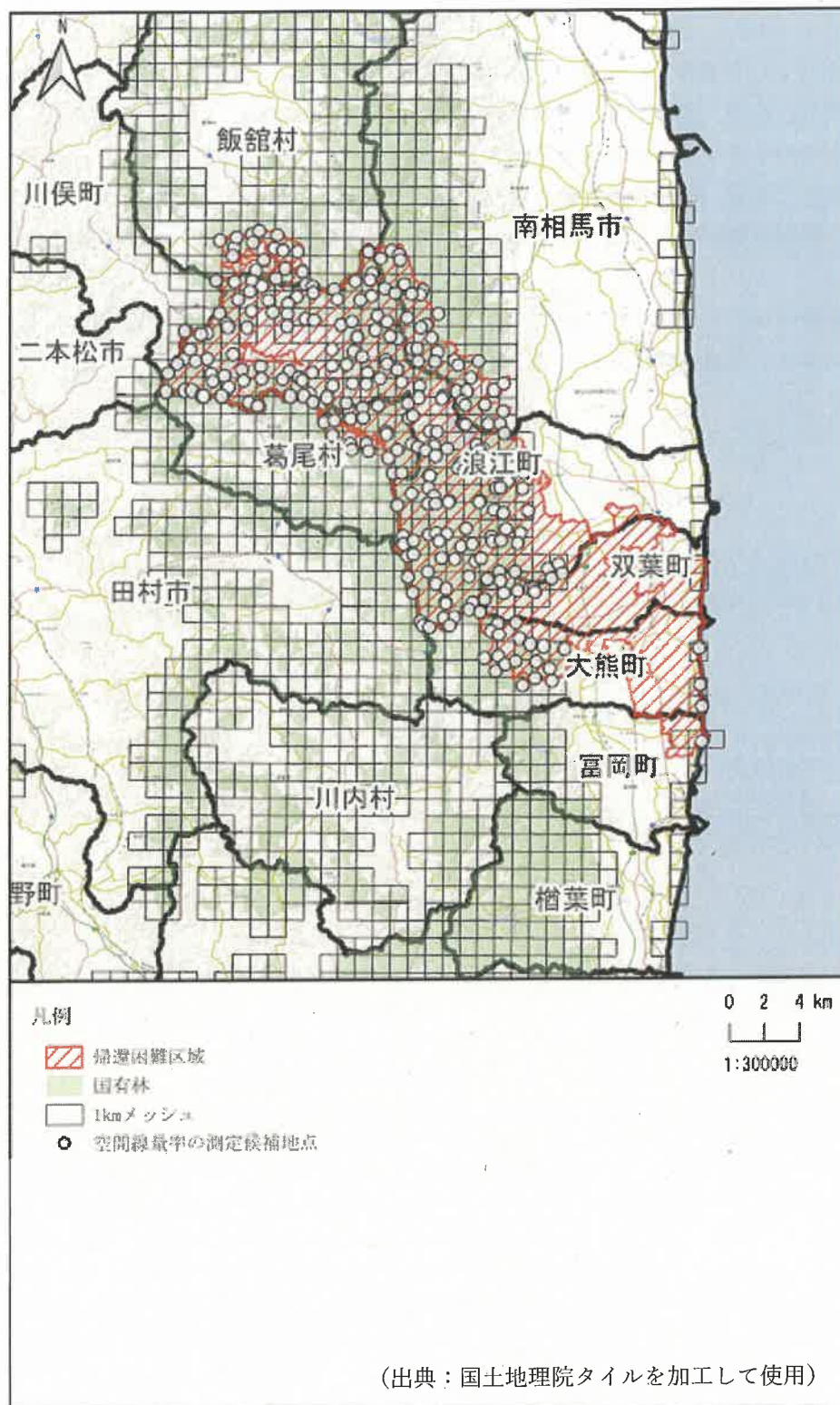


図 3.14 帰還困難区域におけるモニタリング調査箇所（空間線量率）

（２）立木（樹皮、心材、辺材）及び土壌の放射性物質濃度の測定

上記の（１）空間線量率測定において設定したモニタリング調査箇所のうち、19 箇所を立木（樹皮、心材、辺材）及び土壌の放射性物質濃度のモニタリング調査箇所として設定した。このモニタリング調査箇所は図 3.15 に示す。モニタリング調査箇所の一覧表は別紙 1 のとおりである。福島県の主要な樹種であるアカマツ、スギ、ヒノキ、コナラを調査対象とし、帰還困難区域内の国有林全体における傾向を把握できるように調査箇所を設定した。

帰還困難区域における立木（樹皮、心材、辺材）及び土壌の放射性物質濃度の測定は上記のモニタリング調査箇所において、令和 12 年度まで毎年実施する。

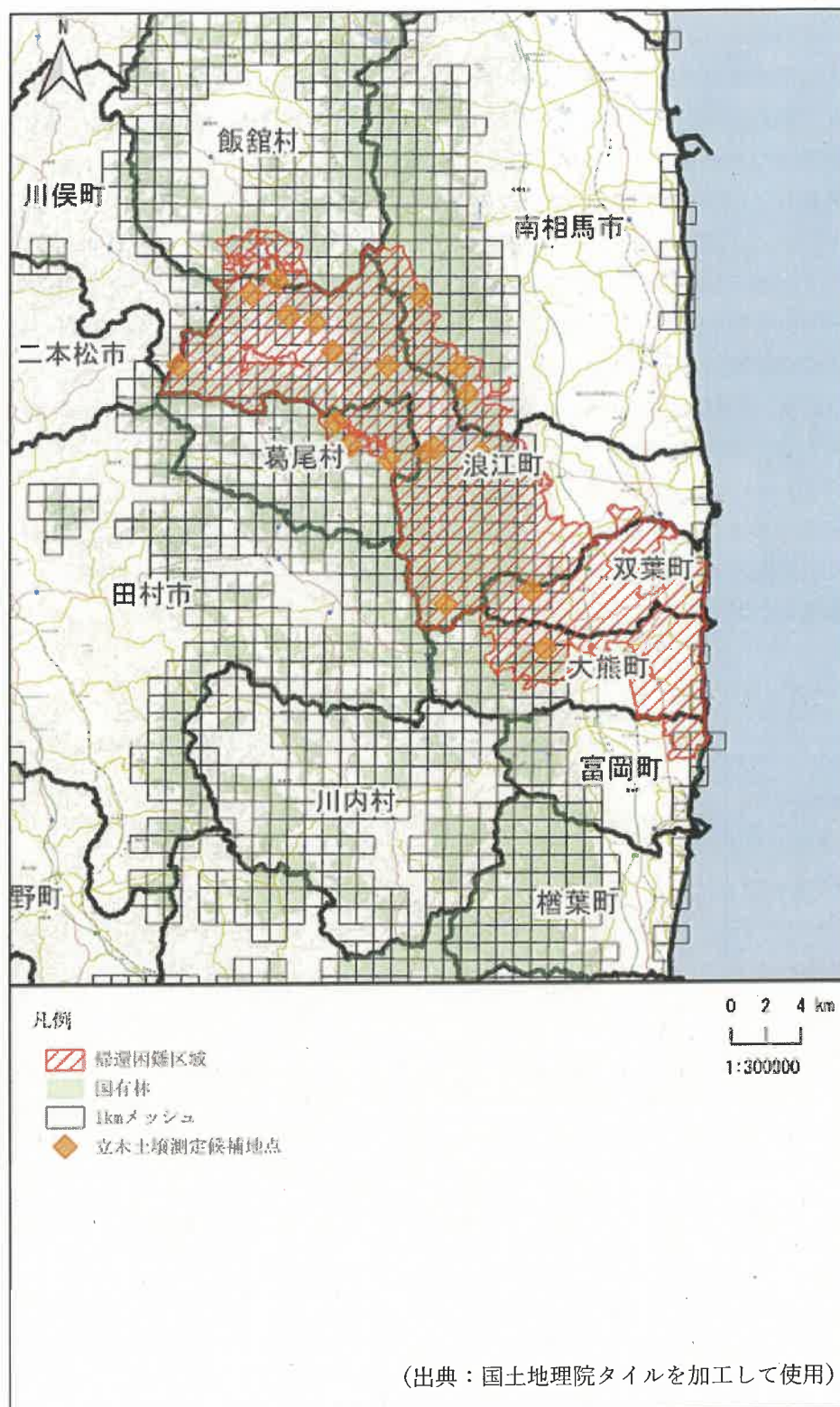


図 3.15 帰還困難区域におけるモニタリング調査箇所
(立木（樹皮、心材、辺材）及び土壌の放射性物質濃度)

(3) 旧避難指示区域における調査計画

これまで旧避難指示区域の国有林において、空間線量率測定に関しては1,431地点のモニタリング調査箇所において毎年実施してきた。10年間の調査結果を踏まえ、旧避難指示区域の傾向がつかめてきたところ、帰還困難区域におけるモニタリング調査に重きを置くことを考慮し、1,431地点のモニタリング調査箇所を2つのグループ（以下、「空間線量グループ①」、「空間線量グループ②」という。）に分けて、表3.3のとおり、1年おきに実施する。図3.16、3.17、3.18に示すとおり、空間線量グループ①：715箇所、空間線量グループ②：716箇所とし、調査エリアに偏りが出ないように考慮した。空間線量グループ①と空間線量グループ②の一覧は別紙2、3に示す。

立木（樹皮、心材、辺材）及び土壌の放射性物質濃度の測定に関しても同様に39地点のモニタリング調査箇所を2つのグループ（以下、「立木土壌グループ①」、「立木土壌グループ②」という。）に分け、表3.3のとおり、1年おきに実施する。図3.16、3.17、3.18に示すとおり、立木土壌グループ①：19箇所、立木土壌グループ②：20箇所とし、調査エリアに偏りが出ないように考慮した。立木土壌グループ①と立木土壌グループ②の一覧は別紙4に示す。

表 3.3 令和12年度までの調査実施予定

	令和7年度	令和8年度	令和9年度	令和10年度	令和11年度	令和12年度
空間線量グループ①	○ (715箇所)	—	○ (715箇所)	—	○ (715箇所)	—
立木土壌グループ①	○ (19箇所)	—	○ (19箇所)	—	○ (19箇所)	—
空間線量グループ②	—	○ (716箇所)	—	○ (716箇所)	—	○ (716箇所)
立木土壌グループ②	—	○ (20箇所)	—	○ (20箇所)	—	○ (20箇所)

※調査実施年度に○

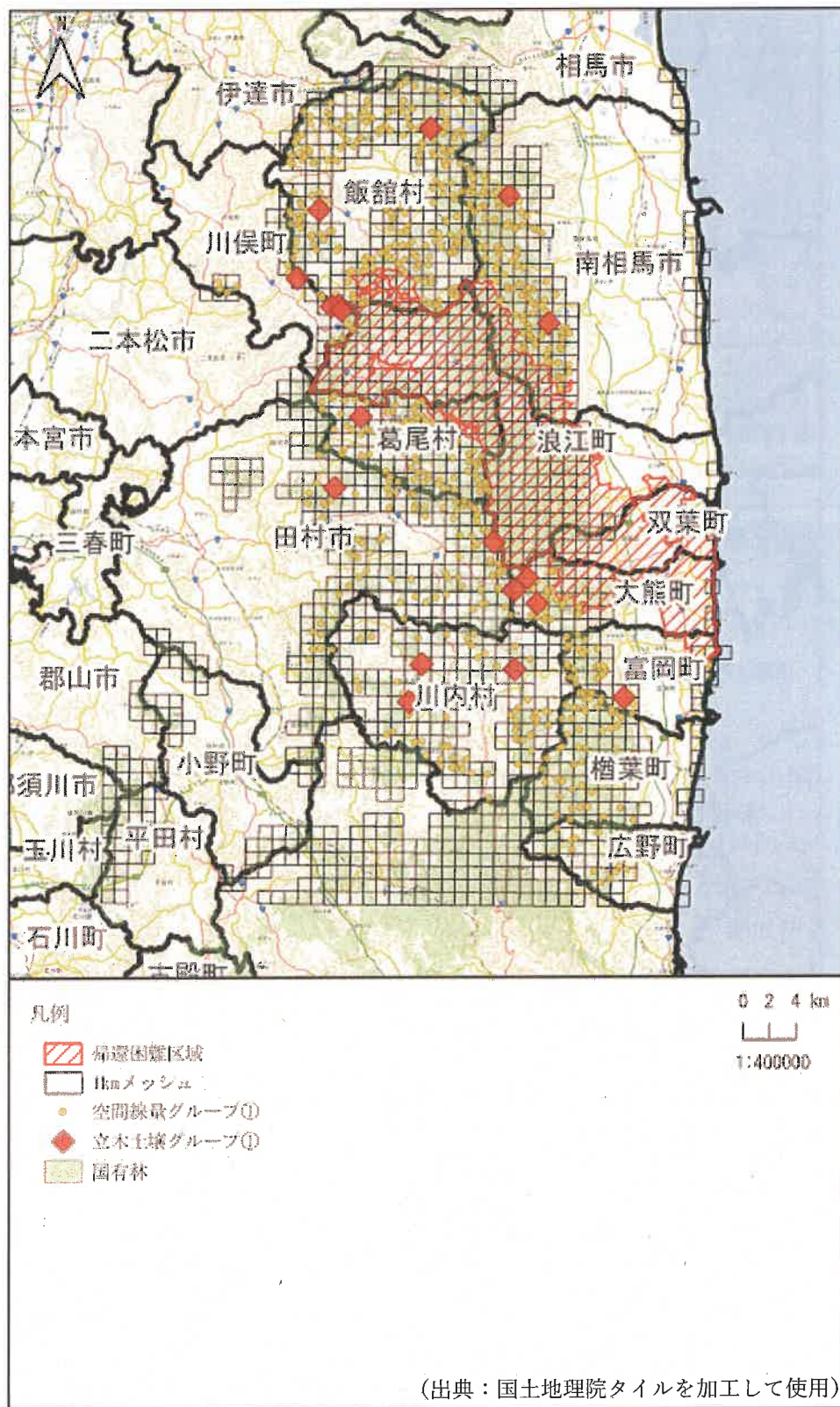
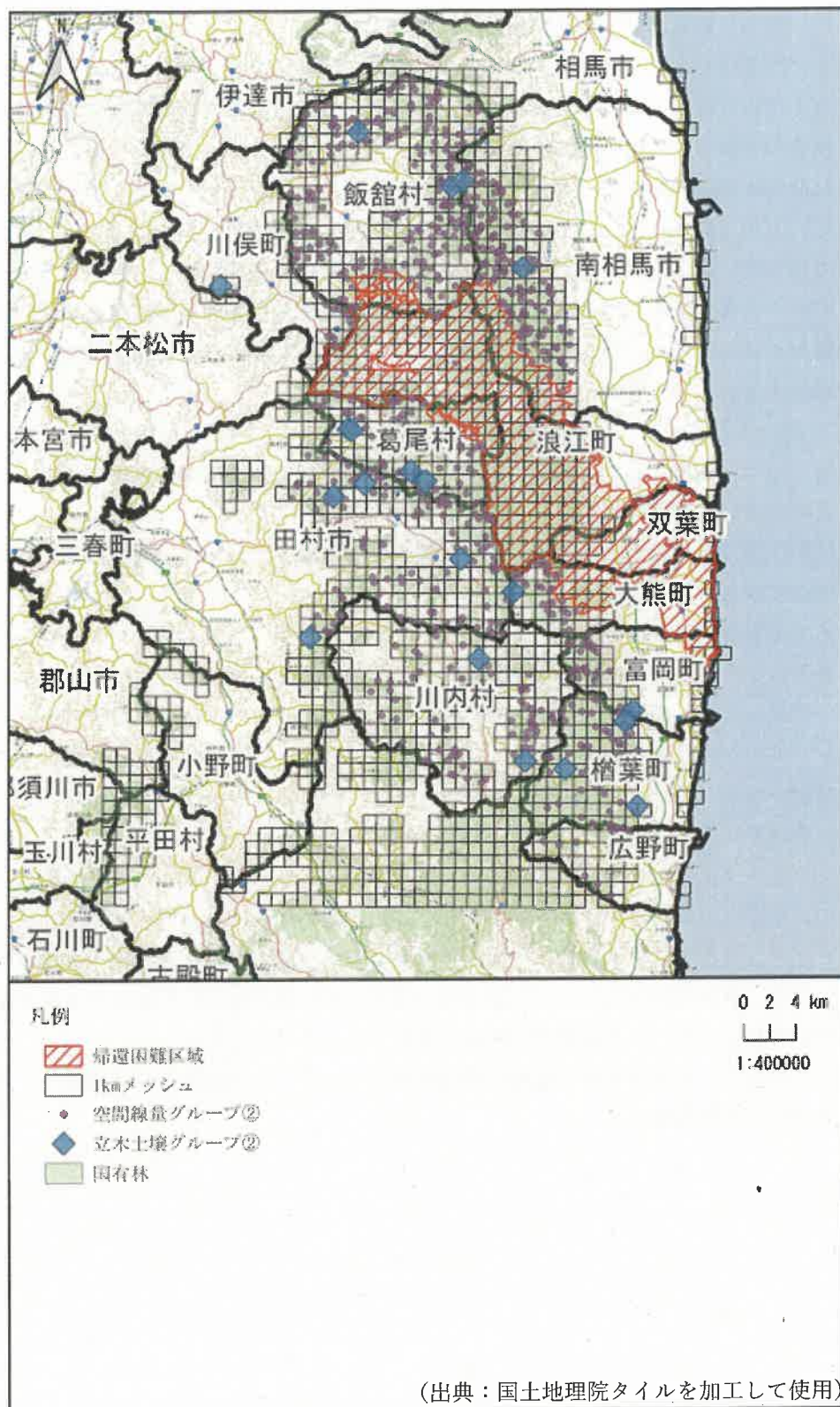


図 3.17 旧避難指示区域におけるモニタリング調査箇所 グループ①



3.2.2 空間線量率の測定方法の検討

これまで旧避難指示区域では、空間線量率の測定に加え、天気、気温、湿度、風速の記録および土壌水分の測定が行われてきた。このうち、空間線量率に影響を与える主要な要因は土壌水分である。現在、放射性セシウムの大部分が土壌に移行していることから、土壌水分は放射線遮蔽効果を持つとともに、気象条件によって変動する重要な要素である。このため、天気（気象状況）と土壌水分（体積含水率）の2項目を記録することとする。

現場で短時間に測定可能な土壌水分は、表層土壌の体積含水率である。この値は、土壌表層に存在する水分量を推測する際に有用である。大雨など偶発的な要因によって空間線量が影響を受けたと考えられる場合、体積含水率とアメダス等の気象情報を基に、その可能性を確認することができる。

3.2.3 立木（樹皮、心材、辺材）及び土壌の放射性物質濃度の測定方法の検討

（1）土壌の放射性物質濃度測定

帰還困難区域では、調査員の被ばく量を可能な限り低減するため、現地での作業時間を短縮する必要がある。

これまで旧避難指示区域では、スクレイパープレートを用いたサンプリング方法が実施されてきた。この方法では、1人の作業者が1ヶ所での作業に3時間以上を要する。スクレイパープレートは、面積450 cm²（15cm×30cm）の土壌サンプルを採取できるが、1ヶ所のサンプリングに時間を要するため、1林班あたり複数サンプルの採取は困難で、バラツキを確認することができなかった。

一方、表3.4に示す森林総合研究所で実施されているサンプリング方法（以下、「森林総研サンプリング法」という。）では、スクレイパープレートと比較して採取面積は小さいものの、迅速なサンプリングが可能である。この方法を用いることで、1林班あたり複数のサンプリングを実施することができ、林班内のバラツキを考慮したデータ収集が可能となる。また、森林総研サンプリング法を用いることで、森林総合研究所による調査結果との比較が容易になり、より有意義な調査が実現できると考えられる。

以上のことから、次年度以降の帰還困難区域内のモニタリング調査は森林総研サンプリング法を採用して実施する。

表 3.4 森林総研サンプリング法

項目	詳細
落葉層採取	方形枠（25 cm×25 cm）を使用し枠内の全ての堆積有機物を採取。落葉層の厚さと傾斜も測定。
土壌（深さ 0-5cm）採取	落葉層採取後、採土円筒を使用して採取（※ 1 参照）。
土壌（深さ 5-20cm）採取	ハンドサンプラー（※ 2 参照）を使用し、深さ 5～20cm の土壌を透明円筒 2 本分採取。
室内処理（土壌 5-20cm）	採取した土壌試料（深さ 5-20cm）を 3 等分し、深さ 5～10cm、10～15cm、15～20cm 単位にわけて試料を調整。
※1	[0～5cm 用採土円筒] 大起理化製 DIK1815-11（直径 110mm×高さ 50mm、SUS 製）。
※2	[5～20cm 用ハンドサンプラー] 藤原製作所 ハンドサンプラー HS-25（直径 50mm×長さ 250mm タイプ）。

なお、有識者によれば、土壌採取面積が増えるほどデータの確度が向上するため、直径 5cm の円筒を用いる場合、1 林班につき少なくとも 5 箇所のサンプリングを行う必要があるとのことである。

放射性セシウム濃度の測定については、ゲルマニウム半導体検出器を用いた測定に加え、比較のため同じ試料を用いて「除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン」別紙 6-1 に記載された「放射能濃度の簡易測定手順」による測定も実施する。

また、有識者の意見に基づき、土壌中放射性セシウムの深さ分布を表すパラメータである重量緩衝深度 β (g/cm²) を、採取した各層の土壌における放射性セシウム濃度から算出し、解析を新たに行う。重量緩衝深度 β (g/cm²) の算出方法に関しては、「放射能測定シリーズ (No.33) ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定法」に記載されている。

(2) 立木（樹皮、心材、辺材）の放射性物質濃度測定

帰還困難区域においては、調査員の被ばく量を可能な限り低減するため、現地での作業時間を短縮することが重要である。これまで旧避難指示区域で実施されてきた立木を伐倒して行うサンプリング方法は、長時間を要する。調査時間を短縮するため成長錘の活用が有効と考えられる。成長錘を用いることで、伐倒せずに立木の心材や辺材をサンプリングすることが可能である。

ただし、成長錘を用いた調査では、採取できるサンプル量が少ないため、濃度が低い場合には測定誤差が大きくなる可能性がある点に留意が必要である（福島県林業研究センター研究報告 第 51 号 2019）。

成長錘を用いたサンプリングでは、東西南北の樹皮表面から線量率を測定し、その中で最も線量率が高い方角を選定した上で、その面から成長錘を用いてサンプリングする。また、樹木が土壌中（リター層を含む）から放射性セシウムを吸収しているかどうかを確認するため、採取可能な高さの葉をサンプリングし、放射性セシウム濃度を測定する。

有識者によれば、木材や樹皮の採取については、1 林班あたり年間に 5～9 本分を採取しなければ、データの傾向が見えなくなる可能性があるとの意見があった。この意見を踏まえ、調査対象とする立木の数を 5 本とした。

3.2.4 帰還困難区域内のモニタリング調査に従事するに当たっての放射線障害防止措置等安全管理に関する留意事項の検討

○調査方法等に関する留意点

- ① 帰還困難区域への一時立ち入り申請は、調査を実施する市町村毎に事前に行うこと。
- ② あらかじめ、地図や GIS 上において、短時間で効率的に調査地点までたどり着けるルートを確認すること。
- ③ 調査時は特に線量の高い土壌に可能な限り手が触れないようにする。なお、森林は急傾斜や段差、草木が密になっている等、土壌や草木、落ち葉との接触が避けられない場合も多くあるため、けがをしないよう安全を第一に行動すること。
- ④ 作業後は空間線量率が低い場所で、GM 管を用いて身体及び車両、搬出物品等のスクリーニングを実施すること。この際、履物についた泥等を落とし、また、使い捨てにする手袋やマスク等も廃棄の際にスクリーニングを実施し、13,000cpm 以下であることを確認すること。13,000cpm を超えた場合は、ウェットティッシュでふき取り、13,000cpm を下回ることを再度確認すること。

○放射線障害防止措置等安全管理に関する留意点

帰還困難区域内でのモニタリング調査を行う際、事業者及び作業者は「東日本大震災により生じた放射性物質により汚染された土壌等を除染するための業務等に係る電離放射線障害防止規則」（以下「除染電離則」という。）に基づいて作業しなければならない。

その際、作業内容が特定汚染土壌等取扱業務か特定線量下業務のいずれに該当するか判断し、それぞれに必要な措置を講じる必要がある。表 3.5 に特定汚染土壌等取扱業務と特定線量下業務における留意事項を示す。

【特定汚染土壌等取扱業務】

土壌等サンプリングなどセシウム 134 及びセシウム 137 の放射性物質濃度の値が 1 万 Bq/kg を超えるおそれがある物を取扱う業務

【特定線量下業務】

空間線量率測定など平均空間線量率が $2.5 \mu\text{Sv/h}$ を超えるおそれがある場所で行う特定汚染土壌等取扱業務以外の業務

なお、放射線障害の防止に関する法令の中で実効線量の線量限度に関して、「定められた 5 年間の平均が 20mSv いかなる 1 年も 50mSv を超えないようにする」（放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 令和 5 年度版より引用）とあることから、 20mSv/年 を超えないように作業者ごとに被ばく線量を管理する必要がある。

表 3.5 特定汚染土壌等取扱業務と特定線量下業務における留意事項

管理項目	特定汚染土壌等取扱業務	特定線量下業務
特別教育の受講	除染等業務特別教育	特定線量下業務特別教育
健康診断の受診	受診内容：一般健康診断及び除染 電離健康診断 受診期間：雇入れ時又は当該業務 に配置換えの際及びその後6月以 内ごとに1回	受診内容：一般健康診断 受診期間：雇入れ時 及びその後 1年 以内ごとに1回
被ばく管理	平均空間線量率が $2.5\mu\text{Sv/h}$ を超 える場所において労働者を従事さ せることが見込まれる場合、個人 線量計による外部被ばく線量測定 ※(及び測定記録の放射線影響協 会への引渡し)	個人線量計による外部被ばく線量 測定※(及び測定記録の放射線影響 協会への引渡し)
放射線保護 具 (高濃度粉 じん作業に 非該当の場 合)	長袖の衣服、ゴム手袋、ゴム長靴 防じんマスク(捕集効率80%以 上)	無し (推奨：長袖の衣服、サージカル マスク、綿手袋)
汚染検査	基準値：13,000cpm 以下 (GM 管 カウント値) 実施時期：帰還困難区域から出る 際又は帰還困難区域内で飲食を行 う際	無し (推奨：手足の汚染検査 13,000cpm 以下)
内部被ばく 検査	突発的に高い濃度の粉じんにはく 露された場合に実施 (推奨：3月以内ごとに一度の内 部被ばく測定)	無し

※モニタリング調査に関しては、帰還困難区域内の様々な場所へ移動するため、個人線量計による外部被ばく線量測定を実施することを推奨

3.2.5 帰還困難区域内の国有林におけるモニタリング調査の仕様書案の作成及び概算費用の算出

計画を踏まえて帰還困難区域内の国有林におけるモニタリング調査の仕様書案の作成及び概算費用の算出を行った。仕様書案と概算費用については、それぞれ別紙5、6に示す。

3.3 放射性物質の実態把握のための新たな測定手法に関する調査

高線量下におけるモニタリング調査に関し、ドローン・4足歩行ロボット等を活用して、安全かつ効率的に国有林内の空間線量率の実態を把握できるよう以下のとおり検討した。

3.3.1 様々な放射線測定モニタリング、放射線測定器、ドローン・4足歩行ロボット等に関する情報収集

放射線測定に関連する学会発表会や展示会などに参加し、最新の情報収集を実施した。

(1) 測定機器関連情報

①四足歩行ロボ SPOT



図 3.19 四足歩行ロボ SPOT

出典：株式会社東北エンタープライズホームページ
<https://spotteco.co.jp/spot-%E6%9D%B1%E5%8C%97%E3%82%A8%E3%83%B3%E3%82%BF%E3%83%BC%E3%83%97%E3%83%A9%E3%82%A4%E3%82%BA/>

(スペック)

- ・ 米国 Boston Dynamics 社製（国内パートナー：株式会社東北エンタープライズ）
- ・ 標準搭載カメラにより周囲の障害物を認識しながら自律走行が可能
- ・ 各種測定器を搭載可能
- ・ 最大行動斜度：30 度
- ・ 稼働時間：90 分

(今後の展開)

- ・ 自己位置推定型サーベイメータとの組合せで、無人で帰還困難区域の森林内高線量下地域の空間線量率の測定並びに GPS 情報と連携させることで、地図上にマッピング可能。

②自己位置推定型サーベイメータ

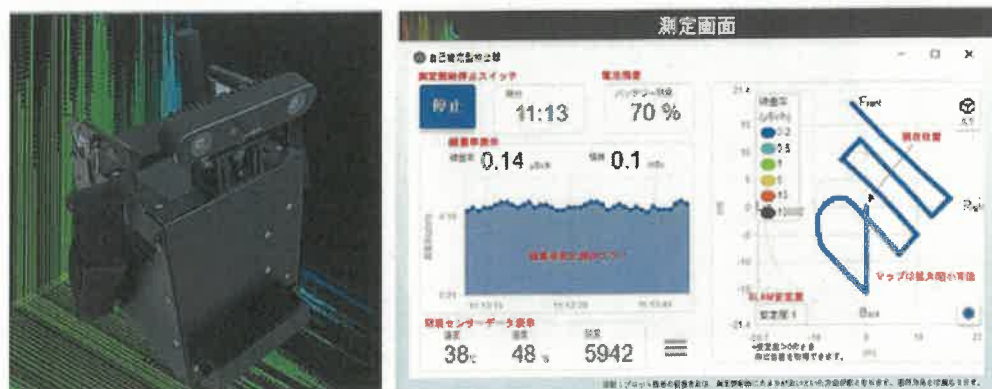


図 3.20 自己位置推定型サーベイメータ本体と取得データ例

出典：JAEA パンフレット

(スペック)

- ・ JAEA 製（検出部：浜松ホトニクス）
- ・ GPS の届かない屋内・森林等での推定データ自動記録可能
- ・ 3D 点群データの同時取得可能
- ・ 軽量（2.6kg）
- ・ 安価（450 万円以下）
- ・ SPOT への搭載可能
- ・ Wi-Fi による相互通信による遠隔操作機能

(今後の展開)

- ・ SPOT との組合せで、無人で帰還困難区域の森林内高線量下地域の空間線量率の測定並びに GPS 情報と連携させることで、地図上にマッピング可能。



図 3.21 自己位置推定型サーベイメータと四足歩行ロボットとのジョイント

出典：JAEA パンフレット

③ドローン型モニタリングポスト



図 3.22 ドローン型モニタリングポストと取得データ例

出典：JAEA パンフレット

(スペック)

- ・ JAEA 製（本体：DJI Matrice300、検出部：アロカ株式会社）
- ・ 安価な市販ドローン仕様
- ・ トレーサビリティに優れた個人線量計を採用
- ・ LTE 通信を利用し、線量率情報、位置情報を自動送信
- ・ データ記録は 10 分間隔で、10 時間以上のデータ伝送が可能

(今後の展開)

- ・ バッテリー容量の大型化を進め稼働時間を延ばし、効率的な広範囲の測定データ取得

④ドローン積載型空間線量率測定器

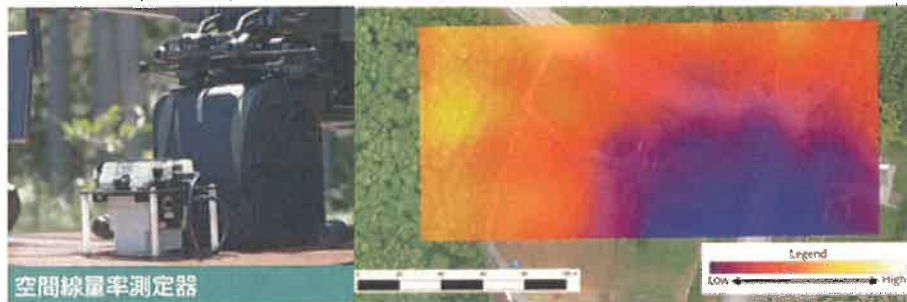


図 3.23 ドローン積載型空間線量率測定器と取得データ例

(出典：株式会社ふたば HP https://www.futasoku.co.jp/wp-content/uploads/2025/01/futaba_panf.pdf)

(スペック)

- ・ ふたば製（本体：DJI 社 Matrice300RTK、検出部：SWR 株式会社）
- ・ 日本大学工学部情報工学科により低高度の UAV 計測に最適化された手法を用いて、高分解能の地上 1m 高の空間線量率を面的に解析
- ・ $0.001-10 \mu\text{Sv/h}$ の範囲を位置情報と共に 1 秒間隔で計測可能
- ・ UAV 計測データから、地上 1m 高の空間線量率を推定可能

(今後の展開)

- ・ 森林線量測定における人員削減や DX 化を推進する技術として、精度と信頼性の向上

(2)情報収集先

①「森林内の空間線量率の実態把握のための非 GPS 環境下における無人放射線モニタリング調査手法に関するデモンストレーション」

日 時：7月3日 13:00～

場 所：福島県双葉郡浪江町高瀬丈六公園周辺の山林（いこいの村なみえ）

主 催：林野庁/JAEA



図 3.24 SPOT デモンストレーション

取得情報：

セッティング：バッテリー接続後のシステム起動は早い。

センサー：カメラや LiDAR、放射線検知器などのセンサーを搭載可能。

自己位置推定：GPS が届かない屋内環境でも、自立走行や位置推定が可能なシステムを装備。

調査ルート：SPOT に調査ルートを覚えさせるために、一度は人が4足歩行ロボットについて行き、ロボットを操作する必要がある。スタート位置は QR コードを読み取らせることで設定可能。

移動速度：移動時の動きは安定しており、測定しながらでも大人の歩行速度位の体感がある。

斜面对応：比較的急斜面（最大 30 度）も踏破可能。ただし、水平移動は SPOT 上にサーベイメータを積載している関係上谷側へ転倒の危険がある。

遠隔操作：危険な場所でも作業員が安全な場所から直接操作が可能。

測定結果確認：Wi-Fi 環境があれば、遠隔からリアルタイムで測定結果を確認可能。

②「四足歩行型ロボットによる無人放射線モニタリングデモ」

日 時：8月7日 13:00～
場 所：福島県双葉郡富岡町大倉山
主 催：富岡町/JAEA



図 3.25 SPOT デモンストレーション

取得情報：

- ・ 林道の多少の段差では走行性能に問題が無く、移動測定が出来ていた。
- ・ AI による障害物判別の精度が高すぎるため、現状では雑草などが障害物認定されてしまい迂回ルートを選択する等の改良点があることを確認した。

③「第13回環境放射能除染学会研究会」

日 時：9月4日 10:00～17:00、9月5日 9:30～16:00
会 場：いわき市立中央公民館
主 催：一般社団法人 環境放射能とその除染・中間貯蔵および環境再生のための学会

取得情報：

a. 「帰還困難区域等における屋外作業者の被ばく線量評価」

個人線量計 DOSEe nano（富士電機社製）は、GPS ロガーを用いることで、個人被ばく線量を位置情報とともに記録することが可能である。約 2 年間、特定復興再生拠点区域で実測したデータを基に、既存の空間線量率と被ばく線量の関係性を評価した結果、航空機モニタリングで得られる空間線量率に対する被ばく線量への換算係数は、約 0.5 であることが分かった。一方で、統合マップの空間線量率に対する被ばく線量への換算係数は約 0.7 となり、地上計測で得られる換算係数 0.7 に近い値であることが確認された。



図 3.26 DOSEe nano(富士電機社製)と GPS ロガー K-18U

b. 「UAV および四足歩行ロボットを用いた放射線計測技術の開発」

面的な異常の有無を短時間でかつ広範囲で検知する方法として、SPOT や UAV を用いて線源を特定することが可能。

比較実験を行った事例から、線源からの距離 2m の範囲において SPOT, UAV は線源特定が可能であり、構造上地表面の線源に対して SPOT は UAV よりも小さい線源を検出可能と考えられた。

c. 「山形県内の環境放射能測定 2024」

山形県内の環境放射能測定において、土壌試料についてライナー採土器を使用してサンプリングしている事例を確認した。

サンプリングは、土壌表面から深さ 0～5cm と 5～10cm の 2 層の土壌採取を行っていた。

④ 「福島廃炉産業ビジネス総合展 2024」

開催日：10 月 30 日

会場：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

福島廃炉安全工学研究所櫛葉遠隔技術開発センター

主催：福島県

表 3.6 出展団体

出展団体			
出展団体		所在地	
会川精工株式会社	いわき市	株式会社東洋科学産業 郡山営業所	郡山市
株式会社アイザック	会津若松市	東京電力ホールディングス株式会社	大郡町
株式会社ITI興業	福島市	東京パワーテクノロジー株式会社	大郡町
株式会社アスム	いわき市	東成イーピー東北株式会社	郡山市
株式会社アライズ	いわき市	東宝みらい製造株式会社	楡葉町
株式会社eロボティクス	南相馬市	東宝みらいテクノロジー株式会社	大郡町
福上商事工業株式会社	いわき市	株式会社ニッチュー	いわき市
インダストリーネットワーク株式会社	福島県南相馬市	株式会社日本通産技研	本宮市
大熊ダイヤモンドデバイス株式会社	大熊町	日本工機株式会社白河製造所	西郷村
株式会社カナLABO	福島市	株式会社東日本計算センター	いわき市
株式会社東野資源社	福島市	福島県農工労働部産業振興課、福島地域市町村	福島市 他
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 福島県伊達市共同研究センター (CLAD6)	富岡町	福島県伊達市・災害対応ロボット研究会	郡山市
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 福島県伊達市共同研究センター (NARREC)	楡葉町	福島県国際研究教育振興 (F-FEI)	楡葉町
サイトセンシング株式会社	東京都千代田区	福島県東部復興推進機構、 福島イノベーション・コースト推進推進機構	福島市
放射線機器開発株式会社 (RFid)	東京都多摩市	株式会社フクシマフロンティア	川俣町
株式会社スペースワン	郡山市	日立GEニュークリア・エナジー株式会社	筑城郡日立市
株式会社東光技研	郡山市	株式会社フジ精工	泉崎村
大同興業株式会社	東京都大田区	フジ・マシニング株式会社	泉崎村
株式会社千代田テクノ	富岡町	株式会社マコメ研究所	福島市
TV Eリファインメタル株式会社	いわき市	丸藤工業株式会社	会津若松市
株式会社Dinow	茨城県水戸市	メルコジャパン株式会社	南相馬市
デジラボ X 東北大学AILE	楡葉町	矢野口自工株式会社	楡葉町
		有限会社ワインディング福島	南相馬市

取得情報：

a. 「四足歩行型ロボットによる無人放射線モニタリングデモ」

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が、SPOT に自立位置推定型サーベイメータ搭載型モデルを使用したデモ展示を行っていた。



図 3.27 SPOT+自立位置推定型サーベイメータ搭載型モデル

b. 自己位置推定型サーベイメータ

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が、SPOT に搭載可能な自己位置推定型サーベイメータの展示を行っていた。



図 3.28 自己位置推定型サーベイメータ

c. ハンディタイプスラム式レーザースキャナー

株式会社草野測器が、森林内等の GNSS 衛星の受信環境が悪い場所での、位置情報の取得可能なハンディタイプの SLAM 技術搭載レーザースキャナーの展示を行っていた。



図 3.29 スラム式レーザーRS10

3.3.2 国有林内におけるモニタリング（空間線量率及び土壌セシウム濃度等）の新たな測定手法の開発、従来手法との比較と検証

空間線量率、土壌・立木セシウム濃度測定について従来手法と新たな手法を比較、検討を行った。

(1) 空間線量率測定

①従来手法

a. 特徴

- ・ 測定者が直接森林内に入り測定。
- ・ 測定器は手持ち式であり、測定場所を人的判断で選定。
- ・ 測定データの取得は測定器の性能に依存。

b. メリット

- ・ 測定者が現場の状況（地形や植生など）を直接把握できる。
- ・ 測定器の種類や測定方法が柔軟に変更可能。

c. デメリット

- ・ 測定者の体力や経験に依存するため、広範囲や危険区域での測定が困難。
- ・ 測定には時間と労力がかかる。
- ・ 測定者の安全確保が課題となる（放射線被ばくリスク、地形リスクなど）。

②新たな手法

「四足歩行ロボット SPOT」＋「自己位置推定型サーベイメータ」の使用

a. 特徴

- ・ 自律移動が可能で、標準搭載カメラにより障害物を認識しながら走行可能。
- ・ 最大行動斜度は 30 度で、稼働時間は最大 90 分。
- ・ GPS の届かない森林内でも自己位置推定が可能。
- ・ 3D 点群データを同時取得できるため、地形や障害物の詳細な情報を取得可能。
- ・ 遠隔操作が可能。

b. メリット

- ・ 測定者が危険区域に入る必要がないため、安全性が向上。
- ・ 自律走行による効率的なデータ取得が可能。
- ・ 測定範囲が広がり、特に人が入りにくい区域でのデータ取得に適している。
- ・ 夜間走行も可能。
- ・ 測定結果に位置情報を付加できるため、データの精度が高い。

c. デメリット

- ・ 草や植生などを障害物と認識し、迂回経路を選択することがあるため、測定が不正確になる可能性。
- ・ 斜面での移動能力が制限される。
- ・ 稼働時間が 90 分と短いため、広範囲の測定には予備バッテリー準備、自動走行のための事前のルート検証が必要。

③従来手法と新たな手法の比較

以下に、従来手法と新たな手法を比較した結果を表にまとめる。

表 3.7 従来手法と新手法比較

項目	従来手法	新たな手法 (SPOT + 自己位置推定型 サーベイメータ)
測定範囲	測定者が歩ける範囲	自律走行可能な範囲
測定の効率性	低い	高い
測定データの精度	測定者の熟練度次第	高精度。位置情報や 3D データの取得が可能
測定者の安全性 (被ばくリスク)	低い	高い
コスト	低い	高い
測定可能な地形・環境	制約あり (人が入れる範囲)	制約あり (斜面や障害物が多い場所では制限される)
稼働時間	長い (6 時間程度)	短い (90 分程度)

④検証結果

a. 検証結果

- ・新たな手法は、従来手法に比べて効率性と安全性の向上が期待できる。
- ・自己位置推定型サーベイメータによる高精度データ取得や、SPOT による自律走行は、夜の測定や人の立ち入りが危険な区域における測定など新たな可能性を提供する。

(2) 土壌セシウム濃度測定

①従来手法

土壌およびリター層の放射性セシウムの移動は非常に遅く、事故後 14 年を経た今日でも、土壌放射性セシウムは深さ 0~5 cm に多くとどまっており、10 cm 以下の層に達しているセシウム量はわずかである。

土壌中の放射性セシウムの動態を把握するためには、土壌表面から深さごとに土層を区分し、各層ごとの空間分布を把握する必要がある。

これまでのモニタリング調査では、1) 各土層における空間分布 (体積当たりのセシウム量)、2) 各土層におけるセシウム濃度 (土壌の重さ当たりのセシウム量)、3) 各土層の土壌および水分量を把握できるように調査が進められてきた。

現状のサンプリング法について特徴は以下のとおり。

- ・従来法 (スクレイパープレート) の特徴

比較的広い面積 450 cm² (15×30) 分のサンプルを採取でき、採取土層の深さ区分も 5 mm きざみで調整できる。しかし、サンプリングに長時間を要し、熟練した作業員でも、1ヶ所あたり 3 時間以上を費やすことになるため、1 地点で複数個所のサンプリングを行ってバラツキを検証することは困難である。

②新たな手法

帰還困難区域では調査員の被ばく量を可能な限り低減するため、現地での作業時間を短縮することを念頭にサンプリング法の検討を行った。検討したサンプリング法の特徴については以下のとおり。

a. ルートプロファイラーによるサンプリング法

ゴルフ場や球技場の芝地で、根系の観察のために使われる道具。礫等のない場所であれば、土の表面から垂直に突き刺すことにより、深さ 15 cm までの土壌サンプルを定量的に採ることができる。

ルートプロファイラーで抜き取られた土壌は、図 3.30 (右) のように一定の厚みをもった長方形をしている。これを、カッターナイフ等で層別に切り出して、深さごとのサンプルを得る。断面の状態が容易に観察できることは、メリットの一つといえる。

樹木の硬い根等がある場合に断面形状を崩さずにサンプリングできるかは、不明である。ルートプロファイラー自体の刃先でカットできない場合は、他の刃物で補助的にカットを行う必要がある。

森林土壌の表層部分は柔らかく堆積しており、力が加わると容易に形状が崩れる。不用意にルートプロファイラーを突き刺すと、表層付近の土層の深さ区分が不正確になる可能性がある。

有識者によれば、この手法による土壌採取はコンタミネーションが発生しやすく、深さごとの採取には適していないとの意見があった。



図 3.30 ルートプロファイラーの形状 (左)、抜き取られた土壌の断面 (右)

出典：モノタロウ HP <https://www.monotaro.com/g/05994529/>

b. 土壌物理測定用コアサンプラーによるサンプリング法

土壌物理性測定用のコアサンプラーは、土壌の形状を崩さず未攪乱の状態に取り出すためのステンレス製円筒容器。容器の大きさは各種あるが、直径 50mm、厚さ 25mm タイプでは、土層厚 25mm ごとに層別のサンプリングが可能であり、当調査に適している。

サンプリングの際は、図 3.31 に示すような補助具を使用して複数のサンプラーを連結させ、深さ 15cm までの土壌を 1 回で採取することができる (25mm 刻みで 6 層分)。採取後、層ごとに切り分けたコア試料は上下からフタを当てて密封することが可能である。



図 3.31 土壌物理測定用コアサンプラー (左)、採取後に切り分けているところ (右)
 出典：株式会社藤原製作所 HP <https://fujiwara-sc.co.jp/product/agricultural-science/soil-sampler/hsc-20/>

一般に森林土壌の表層付近は有機物が多くて軟弱である。また植物根が多く、無造作に円筒容器を打ち込むと土壌構造が変形して、採取深度が不正確になる。したがって、表層 0～50 mm については、ハサミなどの刃物を援用しながら、土壌の変形を抑えるように静かに円筒を沈めていく必要がある。

より面積の広い円筒容器を用意する方法も考えられ、採取面積が広い方がサンプリング方法として優れているといえるが、直径 50mm の円筒でもサンプル数を確保することで採取面積が小さい点を補完することができる。

c. 角型サンプラーによるサンプリング法

円筒型サンプラーは回転させながらねじ込むのに適しているが、刃物で根を切るなどの補助的な作業を要する場合、角型サンプラーの方が刃物の扱いが容易である。

ダニの研究など土壌動物の研究者の間では、角型のサンプラーが使われることが多いので、これを応用することが考えられる。ただし、既製品のサイズは限られているので、当調査の目的に合わせたサイズのものをおらかじめ用意しておく必要がある。



図 3.32 角型サンプラー (土壌サンプリングキューブ)

出典：京都府電子機器工業会 HP <https://www.hoga-kyoto.com/syouthinnphoto/samplingcube.html>

d. 森林総合研究所において採用されているサンプリング法（以下、「森林総研サンプリング法」という。）

この採取方法は森林総合研究所において採用されており、採取方法を統一することで森林総合研究所による調査との比較が容易になり、より有意義な調査結果の活用が可能になる。

森林総合研究所において採用されているという実績を踏まえ、次年度以降における調査においては、森林総研サンプリング法を採用し、0～20 cmを50 mmきざみでサンプリングすることを提案する。

○採取方法

落葉層：調査地内の箇所で方形枠（25 cm×25 cm）を用いて枠内すべての堆積有機物を採取。落葉層の厚さ、傾斜も測定。

土壌（深さ 0～5cm）：落葉層の採取後、採土円筒※¹を用いて採取。

土壌（深さ 5～20cm）：深さ 5～20cmをハンドサンプラー※²を用いて採取。

透明円筒 2 本分を採取。

※¹：土壌 0～5cm 用試料採取に用いる採土円筒は、大起理化製 DIK 1 8 1 5 - 1 1（直径 110mm×高さ 50mm、SUS 製）



図 3.33 表面土壌採土器

出典：Daikiri HP <https://www.daiki.co.jp/products/dik-1815/>

※²：土壌 5～20cm の採取用の装置は、藤原製作所 ハンドサンプラー HS-25（φ 50 mm×L250 mm タイプ）



図 3.34 表面土壌採土器セット

出典：藤原製作所 HP <https://fujiwara-sc.co.jp/product/agricultural-science/soil-sampler/hs-25-30/>

○土壌（深さ 5～20cm）の室内処理：

透明円筒 2 本分の土壌試料（深さ 5～20cm）を、実験室持ち帰り後、深さ 5～10cm、深さ 10～15cm、深さ 15～20cm に 3 等分して試料調整する。

③各方法のメリットとデメリット

これまで旧避難指示区域において、スクレイパープレートを用いて実施されてきたサンプリング方法では、1人の作業者が1ヶ所で3時間以上に及ぶ。スクレイパープレートは、面積450 cm² (15×30) 分のサンプルを採取できるが、1ヶ所のサンプリングに時間がかかるため、1林班について1つのサンプルしか採ることができず、バラツキを確かめることができなかった。

小さめのサンプラー、例えば土壌物理性測定用のコアサンプラーは、面積20 cm²で、スクレイパープレートに比べて採取面積は5%以下である。しかし、その分迅速なサンプリングが可能であり、複数箇所のサンプリングを行うことによって、林班内でのバラツキを考慮したデータ収集が可能となる。

表3.8は、これらのサンプリング方法の特徴・比較を示したものである。

表3.8 各サンプリング方法の特徴・比較

方法	調査時間 (1ヶ所)	サンプル量 (1ヶ所)	サンプルの偏り	備考
スクレイパープレートによるサンプリング法(従来法)	3時間	多い (450 cm ²)	評価不能	長時間を要するので1林班1個のみ
ルートプロファイラーによるサンプリング法	10～30分	少ない (—)	小さい (複数サンプル可能)	断面の観察が容易、形状が崩れやすい
土壌物理測定用コアサンプラーによるサンプリング法	10～30分	少ない (20 cm ²)	小さい (複数サンプル可能)	コア1個はφ50 mm厚さ25 mm
角型サンプラー(ダニ採取用など)によるサンプリング法	10～30分	少ない (100 cm ²)	小さい (複数サンプル可能)	小型生物サンプリング用
森林総研サンプリング法	10～30分	少ない (95 cm ²)	小さい (複数サンプル可能)	森林総合研究所において採用されている方法

④新たな手法の妥当性の検証

以下は、新たな手法を用いるとした場合の有効性について、検討したものである。

a. 現地作業の効率性

1ヶ所のサンプリングに要する時間は、従来法に比べて1/18～1/6と考えられ、作業時間は大幅に短縮される。1林班当たり1人で5ヶ所のサンプリングを行うことを想定しても、作業時間は5/18～5/6と見積もることができる。また、複数人で並行してサンプリングを実施すれば更なる時間短縮も見込まれる。

b. 得られるデータの比較

以下に、従来法による採取結果と、森林総研サンプリング法を想定した場合の放射性セシウムの垂直分布を図3.35～37に示す。

グラフに使用したデータは「令和5年度 旧避難指示区域等内国有林における環境放射線モニタリング調査事業 報告書」による。

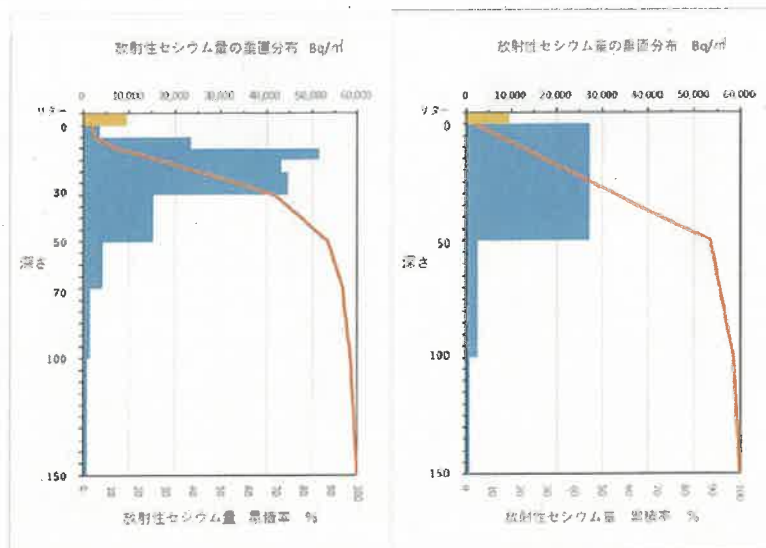


図 3.35 放射性セシウムの垂直分布 左：従来法、右：50 mmきざみ No.9 地点（大熊町）
 横軸は、面積 1 m²、厚さ 5 mm の土層に含有される放射性セシウム量 (Bq/m²) を示す
 リター層は橙色、土壌層は青で示した
 橙線はリター層～深さ 15 cm までの放射性セシウム量の累積曲線

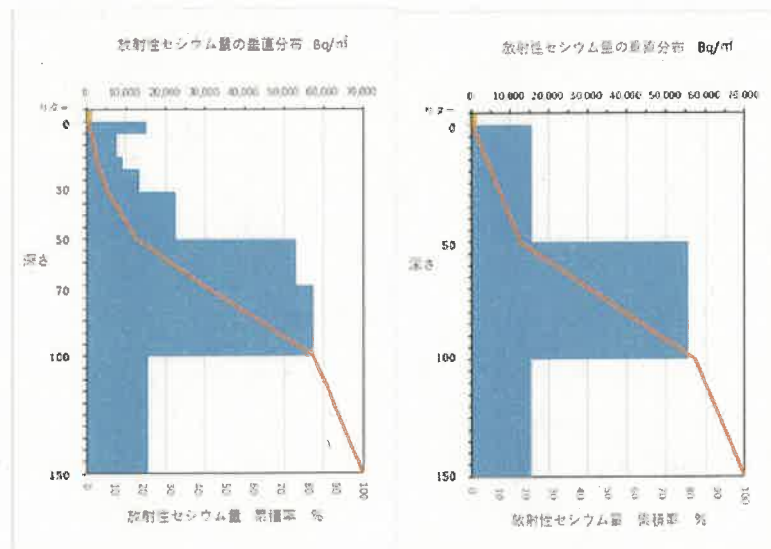


図 3.36 放射性セシウムの垂直分布 左：従来法、右：50 mmきざみ No.21 地点 飯舘村
 表示は図 3.35 に倣う

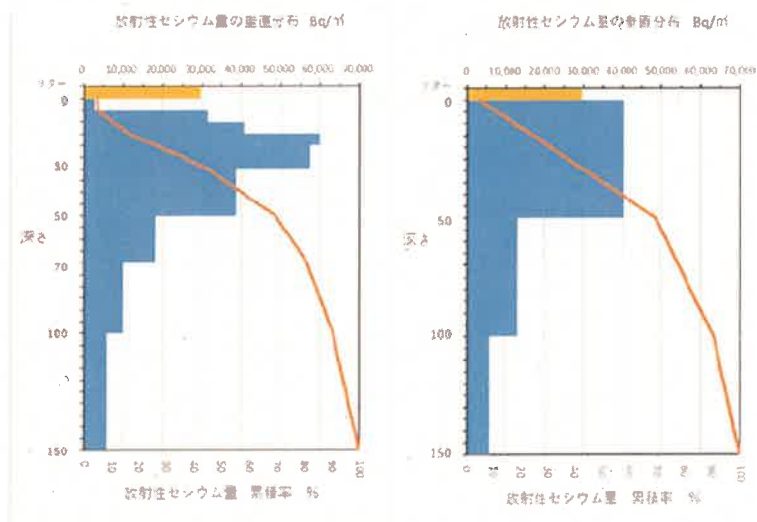


図 3.37 放射性セシウムの垂直分布 左：従来法、右：50 mmきざみ No.20 地点 飯館村
表示は図 3.35 に倣う

2つの方法の違いを量的に評価するために、累積曲線による比較を行った。図 3.38 は、3地点の累積曲線を比較したものである。

3地点とも、累積曲線はほぼ重なっており、セシウムの分布の特徴は、両者に共通している。

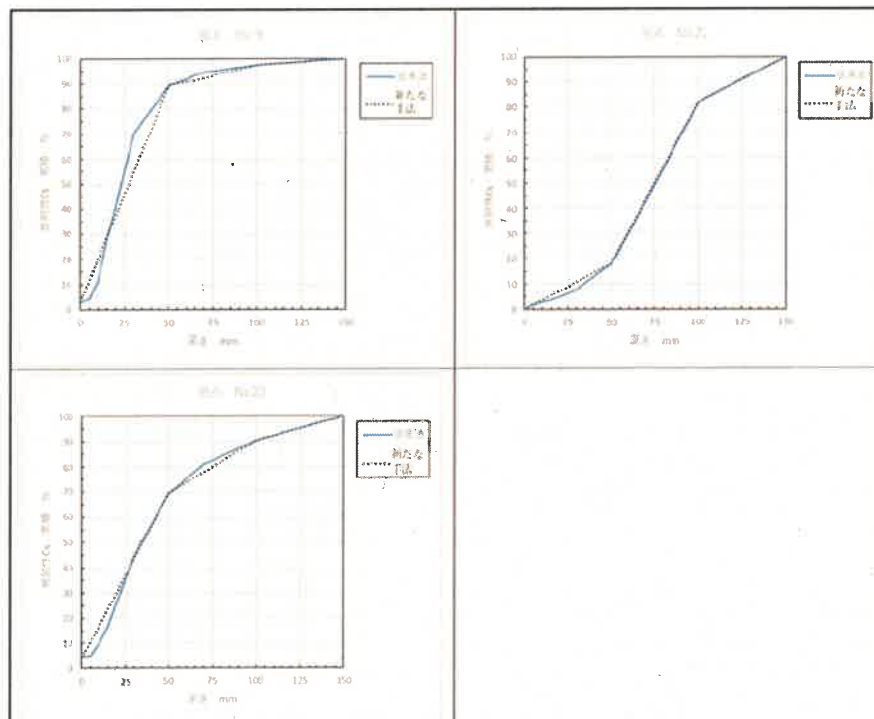


図 3.38 累積曲線の比較

実線：従来法、点線：新たな手法で計算

(3) 立木セシウム濃度測定

①従来手法

a. 特徴

- ・ 対象となる立木を伐倒し、樹幹部（地上高 1m および樹高の 1/2 相当の高さ）のサンプルを採取。
- ・ 採取後、樹皮、心材、辺材に分けて放射性セシウム濃度を測定。

b. メリット

- ・ 伐倒した立木全体を対象とするためサンプル量が豊富であり、データ再現性が高い。
- ・ 樹幹の複数箇所（地上高 1m および樹高の 1/2）からサンプルを取得するため、樹木全体の放射性セシウム濃度分布を詳細に把握可能。

c. デメリット

- ・ 伐倒作業に時間がかかり、広範囲での調査には不向き。
- ・ 作業員の現場滞在時間が長く、被ばくリスクが高まる。
- ・ 調査後に伐倒木の処理が必要であり、環境およびコスト面での負担が大きい。
- ・ 調査対象となった立木は伐倒されるため、森林生態系への影響が懸念される。

②新たな手法（成長錘を用いた調査）

a. 特徴

- ・ 成長錘を用いて立木を伐倒せずに樹幹部（地上高 1m）から心材および辺材のサンプルを採取。
- ・ 表面線量を測定し最も線量率の高い方向から成長錘を挿入してサンプリングを行う。

b. メリット

(a) 作業効率の向上

- ・ 伐倒が不要なため、現地作業時間が大幅に短縮される。
- ・ 帰還困難区域等入手が長期間入らず、迅速な調査が可能。
- ・ 測定範囲が広がり、特に人が入りにくい区域でのデータ取得に適している。

(b) 被ばくリスクの低減

- ・ 作業員の現場滞在時間が短縮される。

(c) 森林生態系への影響の最小化

- ・ 立木を伐倒しないため、森林生態系への影響が最小限に抑えられる。

(d) 現場作業の簡略化

- ・ 軽量の成長錘を使用することで、機材の運搬が容易。

c. デメリット

(a) サンプル量の制限

- ・ 成長錘で得られるコアサンプルの量は伐倒調査と比較して少量。
- ・ 少量のサンプルでは、濃度分布の詳細な分析が困難になる可能性がある。

(b) サンプリング部位の限定

- ・ 地上高 1m の調査のみであり、樹高の 1/2 相当の部位からのデータが取得できない。

(c) サンプルに偏りが生じる可能性

- ・ 表面線量が高い面を選んで成長錘を挿入するため、放射性セシウム濃度が偏ったデータとなる可能性が考えられる。
- ・ ただし、事前に表面線量を測定することで、ある程度数値予想できると考えられる。

③従来手法と新たな手法の比較

以下に、従来手法と新たな手法を比較した結果を表にまとめる。

表 3.9 従来手法と新たな手法の比較

項目	従来手法 (伐倒調査)	新たな手法 (成長錘を用いた調査)
作業効率	低い	高い
被ばくリスク	高い (現場滞在時間が長い)	低い (現場滞在時間が短縮)
森林生態系への影響	高い (立木を伐倒する)	低い (立木を伐倒しない)
サンプル量	多い	少ない
サンプリング部位	地上高 1m および樹高の 1/2	地上高 1m のみ
データ精度	高い (全体的な分布が把握可能)	樹木全体の情報はやや限定的
現地作業時間	長い	短い
機材の運搬や準備	大規模 (伐倒用機材が必要)	簡便 (成長錘のみで対応可能)
環境およびコスト面の負担	高い	低い

④検証結果と今後の課題

a. 検証結果

(a) 安全性と効率性の向上

- ・ 新たな手法 (成長錘を用いた調査) は、作業員の被ばくリスクを低減し、作業効率を大幅に向上させる。
- ・ 特に帰還困難区域など危険区域での調査において有用性が高い。

(b) データ収集の適応性

- ・ 樹木全体の放射性セシウム濃度分布の詳細な把握は従来手法に劣るが、地上高 1m の調査結果が樹木全体の濃度分布を十分に反映していることが確認されているため、実用上大きな問題はないと考えられる。

(c) 生態系への配慮

- ・ 新たな手法では立木を伐倒しないため、森林生態系への影響が軽減される。

3.3.3 効率的かつ操作が容易で安全な新たな測定手法の検証、並びにその測定手法に関する業務手順の検討及びマニュアルの作成

前記「3.3.2」で抽出した新手法を中心に整理し、有識者からのアドバイスを踏まえて立木放射性物質濃度調査および森林土壌放射性物質濃度調査のマニュアルを作成した。

マニュアルは別紙 7、8 を参照のこと。

