

令和4年度  
造林作業の機械化に向けた  
実証調査委託事業  
報告書

令和5（2023）年3月

林野庁

# 目次

第1章 事業の概要	1
1-1. 事業名	1
1-2. 事業目的	1
1-3. 事業内容	1
1-3-1. 事前準備	1
1-3-2. 多目的造林作業機及び人力による地拵えの実証	1
1-3-3. 調査結果の整理及び報告書の作成	2
1-4. 履行期間	2
第2章 実証調査の概要	3
2-1. 調査地の概要	3
2-1-1. 調査地の所在	3
2-1-2. 調査地の施業履歴	4
2-1-3. 調査地の地形・傾斜	5
2-1-4. 調査地の植生	7
2-1-5. 調査地の林床の状況（残置された残材や伐根等）	8
2-2. 調査地のエリア区分	10
2-3. 使用した多目的造林作業機	12
2-4. 調査内容と調査方法	13
2-5. 調査のスケジュール	15
第3章 事前準備	16
3-1. 事前協議	16
3-2. 作業道の整備	17
3-2-1. 作業道の整備の概要	17
3-2-2. 作業道の整備の実施状況	17
3-2-3. 作業道の整備における生産性	22
第4章 多目的造林作業機による造林機械地拵えの実証調査	23
4-1. 造林機械地拵え実証調査の概要	23
4-2. 造林機械地拵えの実施状況	23
4-2-1. 「造林機械地拵え区」における地拵えの実施状況	26
4-2-2. 「造林機械＋人力地拵え区」における地拵えの実施状況	32
4-3. 造林機械地拵えの作業工程	34
4-3-1. ビデオ撮影による工程調査について	34
4-3-2. 工程調査の結果	36
4-4. 多目的造林作業機「山もつとモット」の性能等に関する調査	41

4-4-1.	「山もっとモット」の稼働条件（斜面の傾斜）について.....	41
4-4-2.	「山もっとモット」の稼働条件（傾斜以外の条件）について.....	46
4-4-3.	「山もっとモット」の伐根処理能力について.....	48
4-4-4.	作業員への聞き取り調査.....	50
第5章	人力による地拵えの実証調査.....	52
5-1.	人力地拵え実証調査の概要.....	52
5-2.	人力地拵えの実施状況.....	52
5-3.	人力地拵えの作業工程.....	55
5-3-1.	労務調査票による工程調査について.....	55
5-3-2.	工程調査の結果.....	55
5-4.	枝条の集積状況.....	56
第6章	造林機械地拵えと人力地拵えの比較.....	58
6-1.	作業工程の比較.....	58
6-2.	コストの比較.....	58
6-2-1.	造林機械地拵えのコスト.....	60
6-2-2.	人力地拵えのコスト.....	61
6-2-3.	コスト比較.....	62
6-3.	地拵え作業による地表面への影響の比較.....	63
6-3-1.	作業前後の地表面の状況.....	63
6-3-2.	堆積物の厚さ.....	66
第7章	機械による造林作業に関する事例.....	67
7-1.	多目的造林作業機「山もっとモット」の実証調査を行った事例.....	67
7-1-1.	筑水キャニコム（「山もっとモット」を開発したメーカー）の調査事例.....	67
7-1-2.	その他の実証事例.....	72
第8章	造林作業の機械化に向けて.....	73
8-1.	多目的造林作業機による地拵えの機械化について.....	73
8-1-1.	多目的造林作業機を効率的に稼働できる条件.....	73
8-1-2.	多目的造林作業機による作業の低コスト化.....	75
8-2.	造林作業の機械化に向けた今後の課題と、課題の解決に向けた調査方法の提案..	76
8-2-1.	多目的造林作業機を用いた地拵えについての実証事例の収集.....	76
8-2-2.	下刈りを含めた一連の造林作業の中での運用方法等の検討.....	77
8-2-3.	主伐まで含めた一連の作業システムの中での運用方法等の検討.....	77

地拵えに関する用語について	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・多目的造林作業機による地拵え</li> <li>・造林機械地拵え</li> </ul>	<p>雑草木の刈り払いや伐根の処理、残材の集材といった様々な用途に使用できる「多目的造林作業機」を用いた地拵え</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・人力を主とした地拵え</li> </ul>	<p>チェーンソーや刈り払い機による雑草木の刈り払いや、人力での集材といった、人力による作業を中心とした従来から行われている地拵え</p>

## 第1章 事業の概要

### 1-1. 事業名

令和4年度造林作業の機械化に向けた実証調査委託事業

### 1-2. 事業目的

人工林資源が充実し本格的な利用期を迎える中、森林の公益的機能の発揮と持続可能な林業の発展には主伐後の再造林を着実に進める必要がある。

また、再造林の推進にあたっては、保育等の今後の施業の効率化等を想定しつつ、労働強度が高い造林作業の効率化と軽労化を図ることが重要な課題である。

このため、本事業では機械化による造林作業の効率化に向けて、国有林をフィールドに実証調査を行った。

### 1-3. 事業内容

事業の目的を達成するため、主伐までの施業を想定した上で、今後の作業を踏まえた多目的造林作業機を用いた地拵え作業（伐根や枝条等の破碎）と従来の人力地拵え作業との比較・分析を実施し、造林作業の効率化・軽労化・安全性向上等の観点から機械導入における課題と有効活用に向けた留意点を考察・整理した。なお、下刈りについては多目的造林作業機又は小型遠隔操作草刈り機の使用を想定した。

また、事業の実施にあたっては、昨年度事業で得られた知見等を踏まえた検討を行った。

#### 1-3-1. 事前準備

事業の実施にあたり、関係者間で現地協議を実施し、調査内容や作業手法に関してすり合わせ及び修正等を行った。

また、多目的造林作業機の作業実施エリアへの侵入路を確保するため、実証調査の実施前に作業道の整備を行った。

#### 1-3-2. 多目的造林作業機及び人力による地拵えの実証

伐根や枝条の破碎、集積、草等の刈り払い機能を持つ乗用型の多目的造林作業機を用いた地拵えと、従来行われている人力での作業を主とした地拵えを実施し、作業工程や作業に伴う地表面の攪乱状況等を比較した。

また、多目的造林作業機の性能を把握するため、多目的造林作業機が走行したエリアの傾斜や地形等の検証や伐根の処理能力の調査等を実施した。

なお、今年度の仕様書に基づき、調査地を以下の三つのエリアに区分した。

**(ア) 多目的造林作業機を用いた地拵えを実施するエリア（以下、「造林機械地拵え区」）**

多目的造林作業機による地拵えを主として実施するエリア。ただし、多目的造林作業機の走行の障害となる林地残材等を除去し、多目的造林作業機の走行が難しい急斜面等の灌木を伐採するため、刈り払い機やチェーンソー、バックホウにより作業補助を行った。

なお、今後の植栽作業の際に苗木を植栽できない箇所をできるだけ作らないことを目的として、エリア内の枝条は林地内に集積せず、可能な限り多目的造林作業機により破砕処理を行った。

**(イ) 多目的造林作業機と人力を組み合わせる地拵えを実施するエリア（以下、「造林機械＋人力地拵え区」）**

多目的造林作業機が走行できない急傾斜の斜面等について、灌木の伐採を人力（チェーンソーや刈り払い機を用いた作業）により行い、発生した枝条は作業道に集材して多目的造林作業機により破砕作業を実施するエリア。

(ア)と同様に、今後の植栽作業の際に苗木を植栽できない箇所をできるだけ作らないことを目的として設置した。

**(ウ) 人力を主として地拵えを実施するエリア（以下、「人力地拵え区」）**

多目的造林作業機による地拵えと作業工程等を比較するため、チェーンソーや刈り払い機による灌木の刈り払いや人力での集材といった、人力による作業を中心とした従来から行われている地拵え作業を実施するエリア。

なお、灌木の伐採時に発生した枝条については、林地内や作業道にまとめて集積した。

**1-3-3. 調査結果の整理及び報告書の作成**

上記の調査で得られたデータを整理・分析し、多目的造林作業機による地拵えと人力による地拵えの作業工程や作業に伴う地表面の攪乱状況等を比較した。また、多目的造林作業機を用いて造林作業を機械化することによる効率化、軽労化、安全性の向上効果を評価し、多目的造林作業機のより効果的な活用に向けた課題の整理や今後における調査手法の提案を行い、報告書に取りまとめた。

**1-4. 履行期間**

始期 令和4年10月20日（木）

終期 令和5年3月13日（月）

## 第2章 実証調査の概要

### 2-1. 調査地の概要

#### 2-1-1. 調査地の所在

所在地：栃木県那須郡那珂川町矢又 川戸道国有林5き2林小班

面積：3.73ha（うち調査地の面積は2.49ha）

今年度の調査地は、栃木県那須郡那珂川町の国有林（川戸道5き2）内に設置した。調査地の全景を写真 2-1 に、位置図を図 2-1 に示す。



写真 2-1 調査地の全景（栃木県那須郡那珂川町 川戸道国有林5き2林小班）  
（2023年2月にドローンにより撮影）

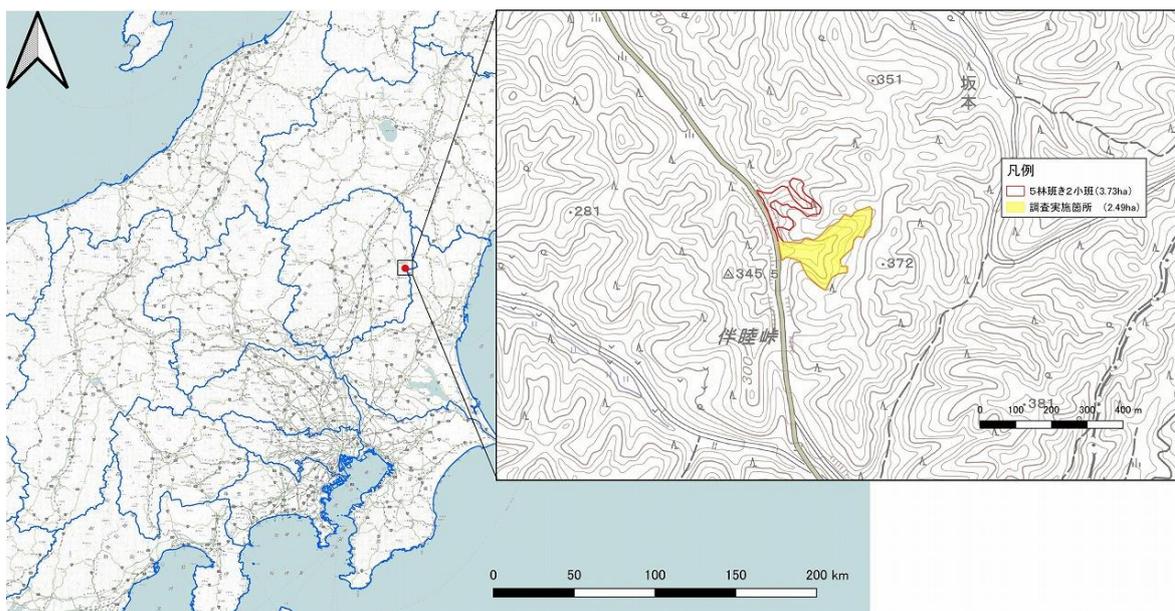


図 2-1 調査地の位置

出典：国土地理院ウェブサイト <https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>  
 (地理院タイルに県名、県境、林小班、調査地を追記して掲載)

### 2-1-2. 調査地の施業履歴

今年度の調査地を管轄する塩那森林管理署への聞き取り等から整理した、調査地の情報（表 2-1）及び施業履歴（表 2-2）を以下に示す。台帳では、昭和 41（1966）年 5 月にスギ及びアカマツを植栽したとされている。植栽の間隔については不明だが、現在残っている伐根の間隔から推定したところ、縦 1.8m×横 1.8～2m 程度だった。

植栽の後、2～4 年生時に下刈り、12 年生時に除伐、14 年生時に本数調整伐（詳細は不明）が実施された。また、28 年生時と 36 年生時に間伐が実施され、平成 28（2016）年 12 月に 51 年生で主伐（皆伐）が実施された。

表 2-1 川戸道国有林 5 歳 2 小班の情報

項目	内容	備考
面積	3.73ha	うち調査地の面積は 2.49ha
前生樹種	スギ	
植栽年度	昭和 41（1966）年度	
伐採年度	平成 28（2016）年度	皆伐
伐採時の林齢	51 年生	植栽年度を 1 年生として計算
保安林指定	なし	
契約状況	分収育林	分収育林契約に基づく分収林

表 2-2 川戸道国有林5き2小班の施業履歴

実施年月	林齢	施業内容	備考
昭和 41 (1966) 年 5 月	1 年生	植え付け	台帳では、スギ 6,900 本 (1.98ha)、アカマツ 8,900 本 (1.98ha) となっている。
昭和 42 (1967) 年 7 月	2 年生	下刈り	
昭和 43 (1968) 年 6 月	3 年生	下刈り	
昭和 44 (1969) 年 6-7 月	4 年生	下刈り	
昭和 46 (1971) 年 9 月	6 年生	つる切り	
昭和 52 (1977) 年 9 月	12 年生	除伐	
昭和 55 (1980) 年 2 月	14 年生	本数調整伐	数量不明
平成 5 (2002) 年	28 年生	間伐	
平成 14 (2002) 年 3 月	36 年生	間伐	
平成 28 (2016) 年 12 月	51 年生	主伐 (皆伐)	

主伐時の林分の立木本数および林分材積等について、主伐の前年に実施された収穫調査の結果を基に表 2-3 に整理した。主伐時におけるスギの立木本数は 3,553 本（ヘクタールあたり約 952.55 本）、林分材積は 2,302.26 m<sup>3</sup>（ヘクタールあたり約 617.22 m<sup>3</sup>）だった。なお、台帳ではスギの他にアカマツも植栽されたことになっているが、主伐時にアカマツは確認されておらず、詳細は不明である。

表 2-3 主伐時の立木本数等

樹種名	材種区分	立木本数	平均胸高直径	平均樹高	林分材積
スギ	一般材	3,356 本	28cm	20m	2,263.35 m <sup>3</sup>
	低質材	197 本	16cm	14m	38.91 m <sup>3</sup>
合計 (スギのみ)		3,553 本	—	—	2302.26 m <sup>3</sup>
広葉樹	低質材	4 本	14cm	14m	0.55 m <sup>3</sup>
合計 (全樹種)		3,557 本	—	—	2302.81 m <sup>3</sup>

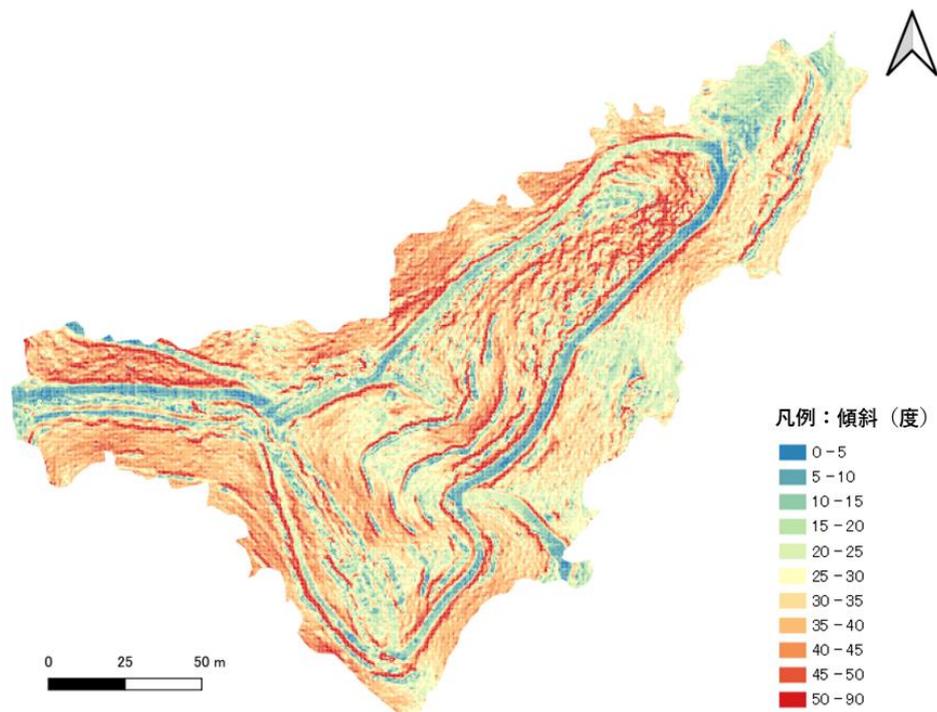
### 2-1-3. 調査地の地形・傾斜

今年度の調査地の傾斜区分図を図 2-2 に、調査地内の傾斜の割合を図 2-3 に示す。

なお、傾斜区分図は人力地拵え作業の期間中に、ドローンで撮影したオルソ画像の数値標高モデル (DSM) データを基に 0.5m メッシュで作成した。そのため、部分的に集積した枝条が図中に現れてしまっている点に留意する必要がある (図中で赤い線となっている部分は、枝条を集積した箇所や作業道の整備時にできた段差を含む)。

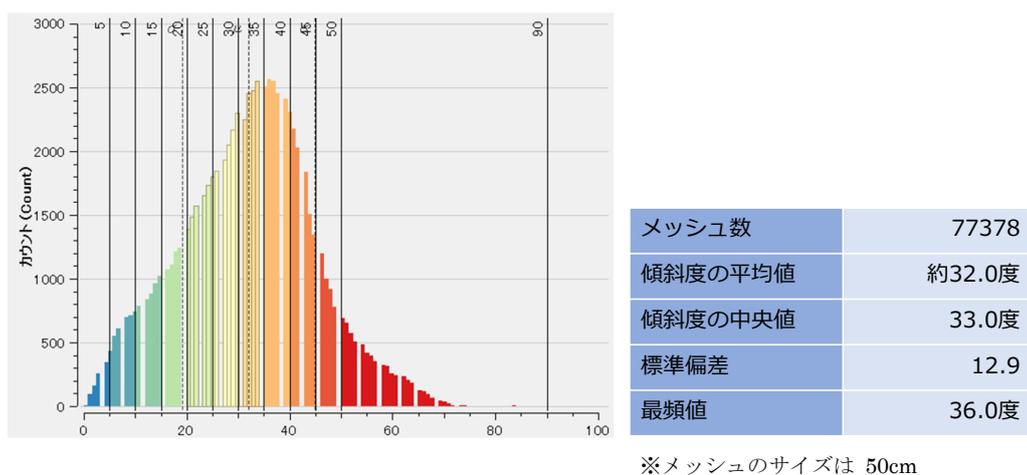
今年度の調査地は斜面の多くが傾斜 30 度を超えており、傾斜 15 度以下の緩傾斜な斜面が少ないなど、林地斜面を林業機械が走行するには非常に困難な地形であることが分かる。

また、調査地の中央に沢が流れており、さらに沢が調査地内で何度も分岐しているなど、地形は複雑に入り組んでいる。



※図中の赤い線は、集積した枝条等を表している

図 2-2 調査地の傾斜区分図 (50cm メッシュ)



※メッシュのサイズは 50cm

※最頻値：エリア内で最も多く出現した値

図 2-3 調査地の傾斜に関するデータ (枝条の集積部等を反映してしまっているため、あくまで参考データであることに留意)

#### 2-1-4. 調査地の植生

今年度の調査地は主伐から約6年が経過しており、灌木が激しく繁茂していた。クマイチゴ等のキイチゴ類、アカメガシワ、カラスザンショウといった先駆種のほか、ムラサキシキブ、ヤブムラサキ、コシアブラといった落葉広葉樹やササ類などが密生しており、またミツバアケビやヤマフジといったつる植物が灌木に絡まっている状況も多く見られた。

なお、斜面の上部に繁茂していた灌木の多くは樹高が3～5m程度だったが（写真 2-2）、斜面の下部や沢沿いに生育していたアカメガシワやカラスザンショウ等はさらに樹高が高く、中には樹高が10～12m程度、胸高直径が20cm程度に達する個体も確認された（写真 2-3）。

以上のことから、本調査地を地拵えするためにはこれらの灌木の伐採が必要であり、伐採後に大量の枝条が発生することが予想された。



写真 2-2 斜面上部の灌木の繁茂状況（2022年11月）

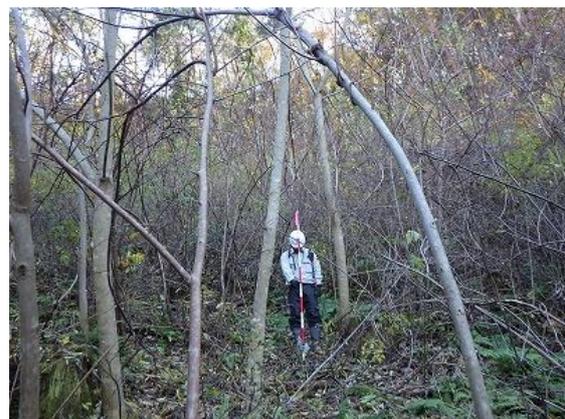


写真 2-3 斜面下部や沢沿いの灌木の繁茂状況（2022年11月）

### 2-1-5. 調査地の林床の状況（残置された残材や伐根等）

林床には、間伐時に切り捨てられた材が残されており、また隣の林小班からの倒木（主にアカマツ）なども所々見られ（写真 2-4）、多目的造林作業機の走行時に障害となることが予想された。

伐根については、主にスギの伐根であり、前述の通り 1.8m×1.8~2m 程度の間隔で残されていた（写真 2-5）。調査地内の伐根のサイズを把握するため、10×10mのプロットを2箇所設置し（写真 2-6）、プロット内の伐根の数とサイズを計測した。結果を表 2-4に示す。

調査した伐根については、どちらの調査プロットにも計 17 本の伐根が含まれた。それらの伐根は、主伐時のものと思われる大きめの伐根（切り口の直径が約 30~50cm）と、間伐時のものと思われる小さめの伐根（切り口の直径が約 10~20cm）の二つに分かれた。また、間伐時のものと思われる伐根は特に腐朽が進んでいた（写真 2-5 右）。



写真 2-4 林地内の倒木の状況（2022 年 11 月）



写真 2-5 伐根の状況（左は主伐時、右は間伐時のものと思われる）



写真 2-6 伐根のサイズに関する調査プロット（左：プロット1、右：プロット2）

表 2-4 調査プロット（10×10m）における伐根の計測結果

調査プロット1（10×10m）				調査プロット2（10×10m）			
伐根 No.	上面の 直径 (cm)	下面の 直径 (cm)	伐根の 高さ (cm)	伐根 No.	上面の 直径 (cm)	下面の 直径 (cm)	伐根の 高さ (cm)
1	18	19	26	1	40	48	42
2	28	29	22	2	32	46	40
3	48	70	45	3	32	41	45
4	34	45	43	4	50	60	40
5	15	15	34	5	23	29	30
6	13	25	40	6	54	67	55
7	15	22	33	7	40	50	38
8	23	33	20	8	38	49	50
9	48	62	35	9	26	33	23
10	19	24	33	10	20	32	25
11	40	75	66	11	43	55	45
12	13	14	30	12	28	35	11
13	20	30	27	13	40	50	43
14	30	45	35	14	13	14	10
15	42	63	32	15	26	40	17
16	27	45	35	16	46	60	47
17	30	45	30	17	36	54	33
平均	27.2	38.9	34.5	平均	34.5	44.9	34.9

## 2-2. 調査地のエリア区分

今年度の実証調査では、調査地を「造林機械地拵え区」「造林機械＋人力地拵え区」「人力地拵え区」の3つに区分し、それぞれ方法を変えて地拵えを行うこととした。調査地を地拵え方法ごとに区分した図を図 2-4に示す。

計画当初は、調査地を多目的造林作業機による地拵えを実施する「造林機械地拵え区」と人力による地拵えを実施する「人力地拵え区」の2つに大きく分け、「造林機械地拵え区」では多目的造林作業機が走行する「走行列」と今後苗木を植栽する「植栽列」を事前に定めて植栽の間隔や機械の走行方向等を検討することを想定していた。

しかし、前述の通り今年度の調査地は急傾斜の斜面が多くを占めており、多目的造林作業機が走行あるいは作業可能なエリアを事前に設定するのは困難であった。そのため、実証調査に先駆けて実施された関係者間の現地協議において、調査地を「造林機械地拵え区」「造林機械＋人力地拵え区」「人力地拵え区」の3つに区分すること、「造林機械地拵え区」及び「造林機械＋人力地拵え区」については事前におおまかなエリアのみ決めておき、期間内に実際に作業した範囲をそれらのエリアとして区分することが決定した。

なお図 2-4については、地拵え作業が完了後にドローン（機体名：DJI MAVIC 2 PRO、写真 2-7）により撮影した。



写真 2-7 使用したドローン (DJI MAVIC 2 PRO)

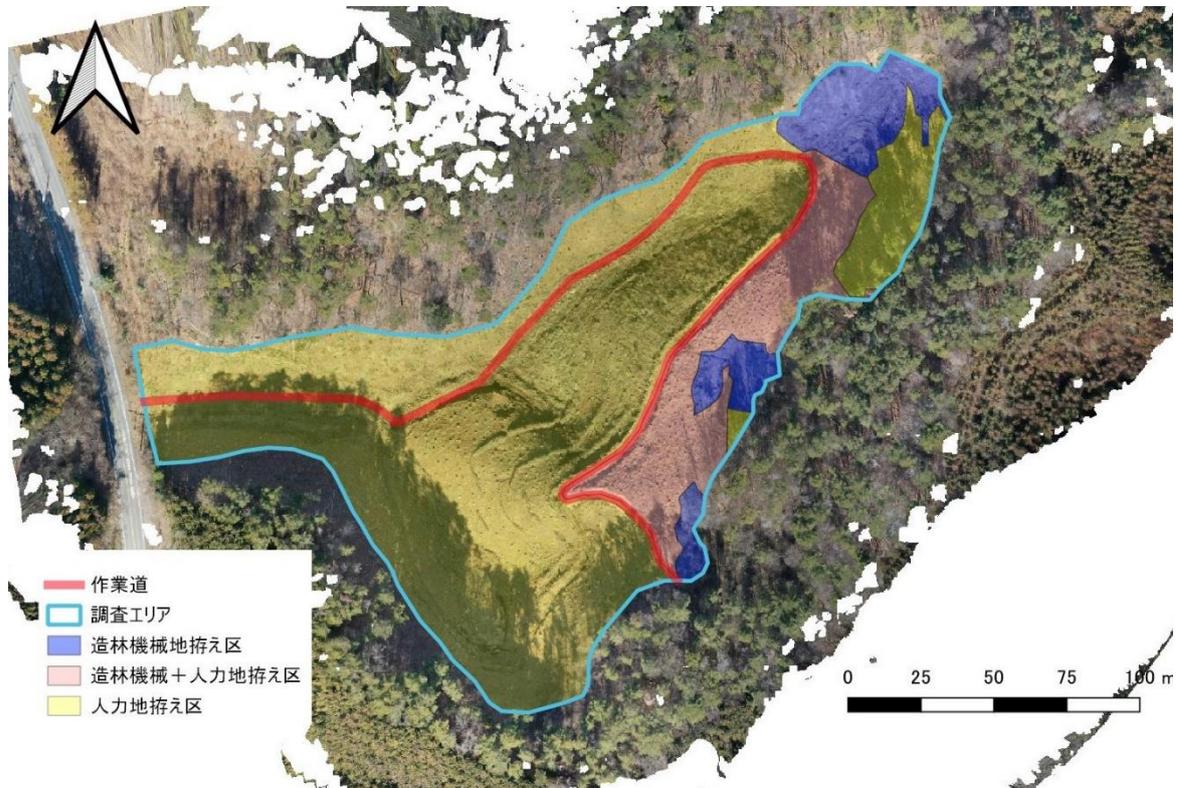


図 2-4 調査エリアの区分図

#### (ア) 造林機械地拵え区

主に多目的造林作業機を使用した地拵えを実施し、多目的造林作業機の走行に支障となる残材や、多目的造林作業機が処理できないサイズの灌木等が生じた場合には、刈り払い機やチェーンソー、グラップルを補助的に使用するエリア。多目的造林作業機が走行可能な比較的緩傾斜な斜面で、かつ作業道からアクセス可能なエリアを中心に設置した。

なお、本事業で使用する多目的造林作業機は、灌木の伐採と破砕を同時に行えるため林地内に枝条が残らない。このことにより、後に苗木が植栽できなくなるエリアが林地内にほとんど発生しないことが従来の地拵え手法との大きな違いである。

#### (イ) 造林機械+人力地拵え区

多目的造林作業機が走行できない急傾斜の斜面のうち、主に作業道の上側斜面に設置したエリア。刈り払い機やチェーンソーで伐採した灌木を人力及びグラップルで作業道上に集積し、多目的造林作業機でそれらの枝条を破砕した。

(ア)と同様、林地内に枝条を残さないことを目的として行った。

### (ウ) 人力地拵え区

多目的造林作業機を用いた地拵えとの作業効率や発生した枝条の集積状況の比較を行うため、(ア)及び(イ)以外のエリアについては、刈り払い機やチェーンソーにより灌木を伐採し、発生した枝条については人力又はグラブplerにより林地内や作業道上に集積するエリアとした。

なお、本エリアについては、作業を委託した事業体に「普段行っているとおりの地拵え」を実施するよう依頼した。

### 2-3. 使用した多目的造林作業機

本事業で使用する多目的造林作業機については、仕様書から「乗用型であること」のほかに「灌木の伐採および破砕が可能であること」「林地残材や伐根の破砕が可能であること」といった多様な機能が求められている。これらの条件を満たす作業機械として、昨年度と同様に(株)筑水キャニコムが開発した「山もつとモット(型式CG510)」及び伐根粉碎・下刈り用アタッチメント「オーロラランプシェーバー」を用いることとした(写真2-8)。

なお、「山もつとモット」のスペックを図2-5に示す。



写真 2-8 多目的造林作業機「山もつとモット」(左)  
及び「オーロラランプシェーバー」(右)

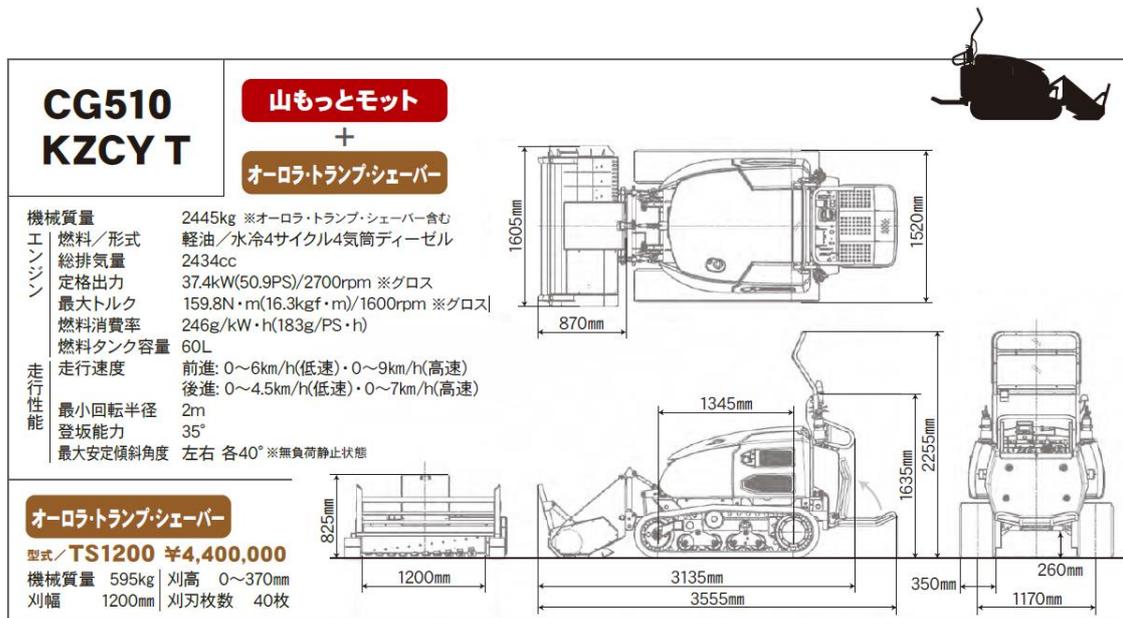


図 2-5 「山もっとモット」と「オーロラトランプシェーバー」のスペック

(出典：(株) 筑水キャニコンのカタログより)

## 2-4. 調査内容と調査方法

本事業における調査内容と具体的な調査方法を以下に整理した。

### (ア) 地拵え作業の工期調査

多目的造林作業機を用いた地拵えと従来の人力による地拵えの作業効率を比較するため、ビデオ撮影あるいは作業日報の作成により地拵え作業に要した時間を計測し、ヘクタール当たりの作業工期やコストを算出した。

### (イ) 地拵え作業による地表面への影響

多目的造林作業機による灌木や伐根の破砕が地表面に与える影響について把握するため、地表面の写真を撮影することにより状況を記録した。また、堆積した破砕物の厚さを計測し、堆積状況を比較した。

### (ウ) 多目的造林作業機「山もっとモット」の性能等に関する調査

#### ① 「山もっとモット」の稼働条件に関する調査

「山もっとモット」がどのような条件であれば稼働可能かについて把握するため、地形、地表面の状況、及び斜面の傾斜度といった条件から検証した。「山もっとモット」が稼働できない箇所が発生した場合に、地形や地表面の状況（局所的な凹凸、障害物の有無等）を観察するこ

とにより要因を特定した。また、「山もつとモット」が実際に稼働したエリアについて、ドローンによるオルソ画像を基に作成した数値標高モデルを用いて、傾斜度との関係を分析した。

#### ②伐根の破砕処理の高さに関する調査

「山もつとモット」が走行するためには、林地内の伐根をどの程度の高さまで破砕処理する必要があるかを把握するため、「山もつとモット」による地拵え作業で破砕処理された伐根の高さを計測した。

#### ③伐根の破砕処理にかかる時間に関する調査

「山もつとモット」が伐根を破砕するためにはどの程度時間を要するかについて把握するため、「山もつとモット」による地拵え作業で伐根を破砕処理する際に要した時間を計測した。

#### ④作業従事者へのヒアリング調査

「山もつとモット」を使用した地拵えにおける課題点や労働強度について情報を収集するため、実証作業の従事者へ聞き取り調査を実施したほか、作業従事者が作成する作業日報へ作業の所感等の記入を依頼し、後日整理した。

#### (エ) 造林作業への機械導入に関する情報の収集

「地拵えから下刈りまでの造林作業の機械化」を見据え、本事業以外での「山もつとモット」の実証事例や、地拵え及び下刈りへの導入が期待される林業機械についての情報を収集・整理した。

#### (オ) 造林作業の機械化による評価や課題の整理

上記（ア）～（エ）の調査により得られたデータを整理・分析し、多目的造林作業機による地拵えの作業工程やコストを分析して評価した。また、造林作業の機械化に向けた課題の整理や今後の調査手法の提案を行った。