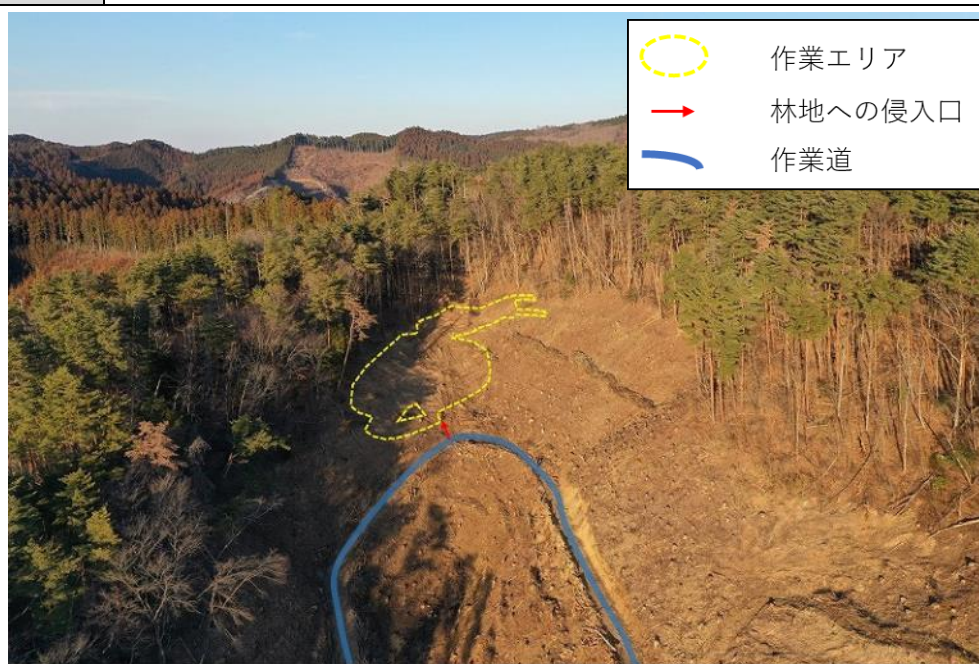


【造林機械地拵えエリア②（12月13日～15日実施）】

12月13日から14日及び15日の午前にかけて多目的造林作業機による地拵えを実施したエリア②は、沢地形となっており比較的傾斜が緩い斜面に設置した。作業道脇の残材をグラップルで除去して侵入口を作り、多目的造林作業機が林地内に侵入した。その後、多目的造林作業機がほぼ単独で作業可能だったため、作業補助のうちチェーンソー、刈り払い機及びグラップルは多目的造林作業機の侵入が不可能と思われる急傾斜地の伐採作業を先行して行うことにした（「造林機械+人力地拵え区」）。

本エリアは灌木のサイズが比較的大きく、ほとんどの灌木が樹高4～6m程度・胸高直径が6～10cm程度であり、さらに大きなサイズの灌木も見られたが、多目的造林作業機での伐倒・破砕作業が可能だった。また、ミツバアケビやヤマフジ等の木質化したつるが灌木に多く巻き付いていたが、つるが巻き付いたままの伐倒・破砕も可能だった。ただし、多目的造林作業機の刃の届く高さには上限があり（カタログ上のスペックでは刈高0～370mm）、つるがその高さ以上に残ってしまうと機体に巻き付いてしまい人力での除去作業が必要となった。また、大きな凹凸があり作業できなかつた箇所がエリア内の一部に発生した。

造林機械地拵えエリア②	
作業日	12月13日・14日・15日午前
作業面積	0.137ha（13日：0.062ha、14日：0.071ha、15日午前：0.003ha）
作業人数	多目的造林作業機：2名（オペレーター、作業指示者） 人力による材の集積等：2名 その他、必要に応じてグラップル等により作業補助
総作業時間	11.885時間（13日：5.169時間、14日：4.890時間、 15日午前：1.825時間）





樹高が6 m程度の灌木であれば、問題なく伐採・破砕作業が可能だった。



本エリアでは、木質化したつる植物が灌木に多く絡まっていた。斜面下部から処理した場合、多目的造林作業機の刈刃部がつるに届かない場合があり、機体につるが被さってしまうことがあった。



作業実施後の状況。傾斜の関係でこれ以上の走行は困難だった。エリア内には、大きめの残材（倒木等）は残っているものの、枝条は全て破砕したため残っていない（写真右）。

写真 4-5 エリア②における造林機械地拵えの実施状況（令和4（2022）年12月13-15日）

【造林機械地拵えエリア③（12月15日午後～16日実施）】

12月15日の午後から16日にかけて多目的造林作業機による地拵えを実施したエリア③は、林地斜面の中で比較的傾斜が緩くなっている箇所に設置した。作業道の上側斜面に位置していたが、作業道と林地斜面との間が段差となっていたため、グラップルにより均された。エリア内はササ類や灌木等が密生して繁茂しており、植生の密度は高かったが樹高は3～4m程度だった。

ササ類や灌木等の伐採・破砕処理は問題なく行えたものの、多目的造林作業機での作業が可能な比較的傾斜の緩い箇所が限られたことや、多目的造林作業機が不調だったため15日に修理作業を行ったことなどの影響により、作業効率は上がらなかった。

造林機械地拵えエリア③	
作業日	12月15日午後・16日
作業面積	0.050ha（15日午後：0.021ha、16日：0.029ha）
作業人数	多目的造林作業機：2名（オペレーター、作業指示者） 人力による材の集積等：2名 その他、必要に応じてグラップル等により作業補助
総作業時間	5.168時間（15日午後：1.462時間、16日：3.706時間）





作業道上側の段になっている箇所をグラップルで均し、多目的造林作業機が斜面に侵入。



灌木やササ類が密生していたが、問題なく伐採処理が可能だった。



作業実施後の状況。林地内に枝条は残っていない。エリア内の一部は凹凸があったため多目的造林作業機は走行できなかった。

写真 4-6 エリア③における造林機械地拵えの実施状況（令和4（2022）年12月15-16日）

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

「造林機械＋人力地拵え区」における地拵え実施状況の詳細を以下に示す。

12月13日から16日にかけて、多目的造林作業機と人力を組み合わせた地拵えを実施した。多目的造林作業機の走行が難しいと思われる急斜面を中心に、チェーンソーや刈り払い機で先行して灌木の破砕を実施し、発生した枝条は人力及びグラップルで作業道に集積して多目的造林作業機で破砕処理した。

なお今回の試みについては、林地内に枝条の集積を残さないことを目的として実施された。林地内に枝条を集積した場合、その部分は将来の植栽が不可能なエリアとなってしまう。また、ノウサギやノネズミ等が生息している地域では、枝条の集積場がそれらの小動物の隠れ家となってしまう、植栽した苗木に被害を与えることも懸念される。今回の林地は伐採した枝条が大量に発生することが予測できたこともあり、本エリアではこのような目的の下で地拵えが実施された。

造林機械＋人力地拵え区	
作業日	12月13日～16日
作業面積	0.348ha
作業人数	多目的造林作業機（作業道上の枝条破砕）：1名（オペレーター） グラップル・チェーンソー・刈り払い機：2名で使い分けつつ作業 その他、必要に応じて人力による作業補助（枝条の集材等）
実作業時間	22.682時間



多目的造林作業機が走行できない急傾斜地や崖の周囲等について、先行してチェーンソーや刈り払い機で灌木を伐採した。



伐採した枝条は、グラップル（又は人力）で作業道上へ集積した。



作業道上へ集積した枝条は、後に多目的造林作業機により破碎処理を行った。

写真 4-7 「造林機械+人力地拵え区における地拵えの実施状況
(令和4(2022)年12月13-16日)

4-3. 造林機械地拵えの作業工程

4-3-1. ビデオ撮影による工程調査について

多目的造林作業機を用いた地拵えの実施期間中、多目的造林作業機及び作業補助者（チェーンソー・刈り払い機による灌木の伐採及び残材の処理、グラップル・人力による枝条や残材の移動等）が従事した全ての作業をビデオで撮影した。さらに後日、撮影した動画を分析して全作業を作業種ごとに分類し、多目的造林作業機及び作業補助者の作業時間を整理した。多目的造林作業機における作業種の分類を表 4-2 に、作業補助者における作業種の分類を表 4-3 に示す。

多目的造林作業機については、作業開始から終了までの全ての作業時間のうち休憩を除いた時間を「総作業時間」、総作業時間から「準備」「打ち合わせ」「中断」を除いた時間を多目的造林作業機が実際に地拵え作業に従事した「実作業時間」として、昨年度に実施した工程分析の結果と比較できるように整理した。

作業補助については、従事した作業者が1日の中で複数の機械を使い分けながら作業を行っていたため、1日の中でチェーンソー等がどれだけ稼働したかといった「実作業時間」について日ごとに整理した。

上記により整理した多目的造林作業機及び作業補助の作業時間について、「造林機械地拵え区」「機械＋人力地拵え区」それぞれの日ごとのヘクタール当たり作業人工を算出し、取りまとめた。

表 4-2 作業種の分類（多目的造林作業機）

作業種	内容
準備・点検	・多目的造林作業機の始業準備や点検に要した時間 ・多目的造林作業機にトラブルがあった際に、点検や修理に要した時間
移動	・多目的造林作業機の移動（作業を伴わない）に要した時間
灌木の伐採	・灌木の伐採及び破碎処理作業に要した時間 ・灌木の伐採とともに残材の処理を同時に行っていた場合は、こちらに計上した
残材等の処理	・作業開始前から林床に残されていた、間伐材や倒木等を破碎処理する作業に要した時間
伐根の破碎	・伐根の破碎処理作業に要した時間
作業道上の枝条破碎	・作業道に集積した枝条を、多目的造林作業機で破碎処理する作業に要した時間
打ち合わせ	・作業補助要員等と、作業方法や作業エリア、走行ルート等の確認のために打ち合わせを行った時間

待機	<ul style="list-style-type: none"> ・多目的造林作業機の走行に邪魔な残材を作業補助要員に除去してもらっている間の待機時間など、他の作業のために多目的造林作業機が待機していた時間 ・オペレーターの交代のため、多目的造林作業機が待機していた時間
トラブル	<ul style="list-style-type: none"> ・エンジンの停止や破砕部への端材の挟まり、伐根への乗り上げ等により多目的造林作業機の作業が中断していた時間

※青色塗りの部分が、作業機が地拵え作業を行った「実作業時間」

表 4-3 作業種の種類（作業補助：刈り払い機、チェーンソー、グラップル）

作業種	内容
灌木の伐採等 (人力)	・多目的造林作業機の走行の障害となる灌木や残材等を、人力で伐採したり集積した作業に要した時間
灌木の伐採等 (刈り払い機)	・刈り払い機による灌木の伐採等の作業に要した時間
灌木の伐採等 (チェーンソー)	・チェーンソーによる灌木の伐採等の作業に要した時間
枝条の集積 (グラップル等)	・伐採した枝条をグラップルや人力で作業道の上に集積した作業に要した時間
整地 (グラップル)	・多目的造林作業機が作業道から林地斜面に侵入できるように、斜面を均したり邪魔な残材を移動したりする作業に要した時間

※青色塗りの部分が、作業機が地拵え作業を行った「実作業時間」

4-3-2. 工期調査の結果

(ア) 造林機械地拵え区における作業時間

「造林機械地拵え区」において多目的造林作業機「山もつとモット」が各作業種ごとに要した時間の割合を図 4-2 に、エリアごとの作業時間を表 4-4 に示す。なお、多目的造林作業機については、オペレーターと作業指示者の2名での運用を基本とした。

エリア①は、実作業時間が総作業時間の5割以下となり、特に打ち合わせに全体の作業時間の約3割を要した。作業初日ということもあり作業手法等の確認を行いながらの作業となったことのほかに、エリアが林縁部に位置していたため隣の林分からの倒木等の障害物が多く、多目的造林作業機の走行ルートを選定に手間取ったことが要因である。このことから、今回の調査地は灌木の繁茂が非常に激しかったため実施できなかったが、作業効率を上げるためには作業の前に稼働エリアを確認しておくことが重要と言える。また、障害物の除去のためにチェーンソー等の作業補助が必要となり、その分も作業効率に影響した。

エリア②及びエリア③については、作業道から侵入口を作るためにグラップルを使用した以外は、グラップル及びチェーンソーはほとんど使用せずに多目的造林作業機がほぼ単独で作業を行った。そのため、打ち合わせや他の作業のために待機する時間は比較的少なくなり、エリア②、エリア③ともに実作業時間が総作業時間の7割近くと比較的効率的に作業を実施できた。なお実作業のうち、灌木の伐採がエリア②で約5割、エリア③で約4割と最も多くなった。今年度の調査地は主伐から6年が経過している特殊な条件下であり、主伐後すぐに地拵えを行えば灌木の伐採作業に要する時間は大きく減少すると考えられる。エリア内の抜根については、多目的造林作業機の走行ルートを確認するために破砕処理することがほとんどだったが、最も割合の高かったエリア③でも10%以下だった。

なお、エリア③の「トラブル」については、機体の不調のために修理を行った時間がほとんどを占めている。このような時間を少なくしていくことも、多目的造林作業機の作業効率を上げるためには必要である。

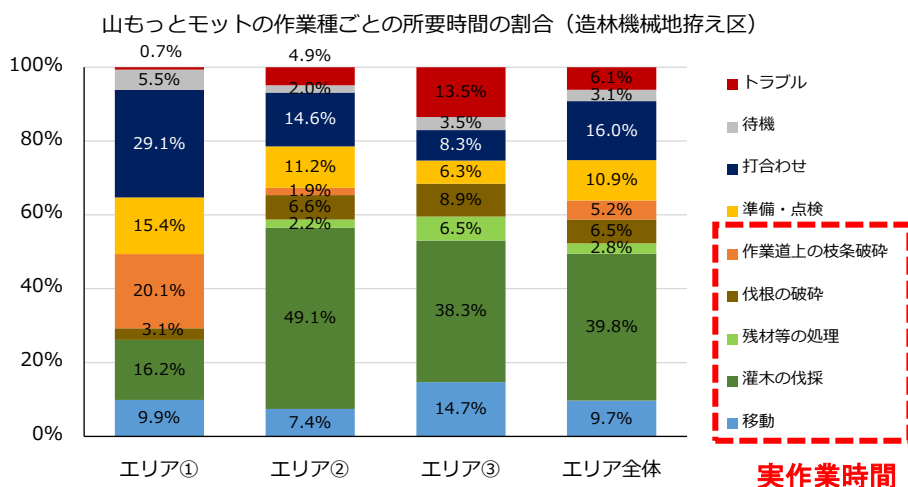


図 4-2 「山もつとモット」の作業種ごとの所要時間割合

表 4-4 「造林機械地拵え区」における5日間の作業時間（分）

	作業種	作業時間（分）			計
		エリア① 12/12 (0.025ha)	エリア② 12/12-15am (0.137ha)	エリア③ 12/15pm-16 (0.050ha)	
多目的造 林作業機	準備・点検	40.4	80.2	19.5	140.0
	移動	26.0	52.8	45.6	124.4
	灌木の伐採	42.7	350.4	118.9	511.9
	残材等の処理	0.0	15.7	20.2	35.9
	伐根の破砕	8.2	47.3	27.6	83.1
	作業道上の枝条破砕	52.8	13.9	0.0	66.6
	打ち合わせ	76.4	103.8	25.7	205.9
	待機	14.5	14.1	10.9	39.6
	トラブル	1.7	34.9	41.8	78.5
	総作業時間（分）	262.5	713.1	310.1	1285.7
	実作業時間（分）	129.6	480.0	212.2	821.8
作業補助	灌木の伐採等 (人力)	14.5	10.7	10.9	36.1
	灌木の伐採等 (チェーンソー)	20.0	0.1	0.1	20.2
	枝条の集積 (グラップル等)	48.0	—	—	48.0
	整地 (グラップル等)	—	26.6	27.1	53.8
	実作業時間（分）	82.5	37.4	38.1	158.0

※青色塗りの部分が、作業機が地拵え作業を行った「実作業時間」

(イ) 造林機械地拵え区における労働生産性

「造林機械地拵え区」における多目的造林作業機の労働生産性（1人・1日あたりの作業面積 ha）について、エリアごとに整理した結果を以下に示す。なお、1日の作業時間は6時間とした。また、多目的造林作業機の作業人数は前述の通り2名として算出した。

エリア①における作業面積は0.025ha、作業人工は総作業時間で2人×0.729日、実作業時間で2人×0.360日となり、労働生産性は総作業時間ベースで0.017ha/人日、実作業時間ベースで0.035ha/人日となった。エリア②における作業面積は0.137ha、作業人工は総作業時間で2人×1.981日、実作業時間で2人×1.333日となり、労働生産性は総作業時間ベースで0.035ha/人日、実作業時間ベースで0.051ha/人日となった。エリア③における作業面積は0.050ha、作業人工は総作業時間で2人×0.861日、実作業時間で2人×0.589日となり、労働生産性は総作業時間ベースで0.029ha/人日、実作業時間ベースで0.042ha/人日となった。また、5日間を通しての作業面積は0.212ha、作業人工は総作業時間で3.571日×2人、実作業時間で2.283日×2人となり、5日間全体での労働生産性は総作業時間ベースで0.030ha/人日、実作業時間ベースで0.046ha/人日となった。

昨年度の結果を見てみると、最も効率の良かった「B 伐根残区（エリア内の伐根は走行に邪魔なもののみ破碎処理）」で0.64ha/人日、最も効率が悪かった「B 全刈り区（エリア内の抜根や残材を全て処理）」でも0.09ha/人日となっており（どちらも総作業時間ベース）、最も効率が悪かった「B 全刈り区」でも今年度のどのエリアよりも生産性は上だった。昨年度の調査地は、地拵えの実証の半年前に主伐が行われたばかりの林地であり、また造林機械地拵えを行ったエリアの大半が平均斜度20度以下の緩傾斜な斜面であった。これらのことから、多目的造林作業機の労働生産性には、造林地の傾斜度や植生の繁茂状況が非常に大きく影響すると考えられる。

表 4-5 「造林機械地拵え区」における多目的造林作業機の労働生産性

		エリア①	エリア②	エリア③	全期間
作業面積		0.025ha	0.137ha	0.050ha	0.212ha
総作業時間	(時間)	4.375	11.885	5.168	21.428
	(日)*	0.729	1.981	0.861	3.571
実作業時間	(時間)	2.159	8.000	3.537	13.697
	(日)*	0.360	1.333	0.589	2.283
労働生産性（総作業時間）		0.017 ha/人日	0.035 ha/人日	0.029 ha/人日	0.030 ha/人日
労働生産性（実作業時間）		0.035 ha/人日	0.051 ha/人日	0.042 ha/人日	0.046 ha/人日

* 1日の作業時間を6時間とした場合

(ウ) 造林機械＋人力地拵え区における作業時間

「造林機械＋人力地拵え区」における作業時間について整理した結果を以下に示す。なお、前述のとおりチェーンソー・刈り払い機・グラップルについては作業者が1日の中で複数の機械を使い分けながら作業を行っていたため、本項目では各作業における「実作業時間」のみを算出した。

各機械が要した作業時間のうち、最も時間を要したのは刈り払い機による作業だった。また、「造林機械＋人力地拵え区(面積約0.348ha)」の刈り払い機及びチェーンソーでの伐採作業に要した時間は合わせて約886.6分(約14.8時間)であり、それらの伐採作業によって発生した枝条は約331.3分(約5.5時間)かけて作業道上に集積され、集積されたそれらの枝条は約128.8分(約2.1時間)かけて多目的造林作業機により破砕された。破砕作業に要した時間は実作業時間全体の1割以下であり、作業道上のように多目的造林作業機が走行しやすい条件では、枝条の破砕作業にあまり時間がかからないことが分かった。

なお、多目的造林作業機のオペレーターへの聞き取りでは、刈刃が届く高さには上限があるため、枝条は一カ所に高く積まずにある程度の高さ(50cm程度)で均等に敷き詰めることと、多目的造林作業機の走行方向に対して平行になるように(縦向きに)枝条を置くことが、効率的に破砕作業を行うために重要であるとのコメントがあった。

表 4-6 「造林機械＋人力地拵え区」における期間中の作業時間

	作業種	作業時間(分)
多目的造林作業機	作業道上の枝条破砕	128.8
その他	灌木の伐採等 (刈り払い機)	627.4
	灌木の伐採等 (チェーンソー)	259.2
	枝条の集積 (グラップル＋人力)	331.3
	整地 (グラップル)	14.3
実作業時間(分)		1360.9

(エ) 造林機械＋人力地拵え区における労働生産性

「造林機械＋人力地拵え区」における労働生産性（1人・1日あたりの作業面積 ha）について以下に示す。なお、1日の作業時間は6時間とした。また作業人数については、実際の作業における実態から、多目的造林作業機による枝条の破砕作業を1名（先導が必要ないため）、刈り払い機・チェーンソーによる灌木の伐採作業を各1名、グラップル及び人力での枝条の集積作業を各1名として、合計5名での作業として試算した。

12月13日から16日までの4日間における作業面積は0.348ha、作業人工は3.780日×5人となった。以上から、「造林機械＋人力地拵え区」における労働生産性は、実作業時間ベースで0.018ha/人日となった。

表 4-7 「造林機械＋人力地拵え区」における労働生産性

項目	単位	全期間
作業面積	(ha)	0.348
作業人数	(人)	5
実作業時間	(時間)	22.682
	(日)*	3.780
労働生産性（実作業時間）		0.018 ha/人日

* 1日の作業時間を6時間とした場合

4-4. 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

今回の実証調査で使用した多目的造林作業機「山もっとモット」について、どのような条件であれば稼働が可能となるか、調査地の傾斜や地表面の状況、灌木の繁茂状況といった面から調査した。また、「山もっとモット」の伐根破碎処理能力等について検証を行い、「山もっとモット」の性能等について整理した。

4-4-1. 「山もっとモット」の稼働条件（斜面の傾斜）について

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傾斜データの分析結果から、「山もっとモット」が実際に走行して地拵え作業を行ったエリア（造林機械地拵えエリア①～③）について、斜面の傾斜度との関係を分析した。結果を表4-8及び図4-3から図4-8に示す。なお、造林機械地拵えエリア①については高木の樹冠が重なったため、図の中央部が空白となっている。

分析の結果、エリア内の平均傾斜度はエリア①で約22.9度、エリア②で約21.6度、エリア③で約23.9度となり、功程調査の結果で最も作業効率が良かったエリア②が、最も傾斜度が小さかった。また、最頻値（各エリアで最も多く出現した値）はエリア①で23度、エリア②で22度、エリア③で約24度となり、こちらもエリア②が最も小さい値となった。

また、「山もっとモット」が稼働できたエリアの傾斜は、どのエリアも30度以下が大半を占めていることが分かった。

参考として「山もっとモット」の取扱説明書から整理したカタログ上の稼働可能範囲の情報を表4-9に示す。「山もっとモット」のスペック上の登坂能力は傾斜35度だが、実際にはそれ以下の傾斜度であっても局所的な凹凸の影響でエンジンが停止する。そのため、実際に「山もっとモット」が作業を行うためには、スペック上の数値（傾斜35度）よりも緩い斜面であることが条件となる。なお、今回の分析結果では35度以上の傾斜度の箇所も確認されているが、回り込むスペースが確保できれば走行は可能なためと考えられる。

表 4-8 斜面傾斜度の分析結果（0.5mメッシュ・造林機械地拵えエリア①～③）

	エリア①	エリア②	エリア③
メッシュ数	278	2670	1182
傾斜度の平均値	22.9	21.6	23.9
標準偏差	5.9	6.7	6.4
傾斜度の中央値	23.0	21.0	24.0
傾斜度の最頻値*	23.0	22.0	24.0

*最頻値とは、最も多く出現した値のこと

(ア) 造林機械地拵えエリア①の傾斜区分

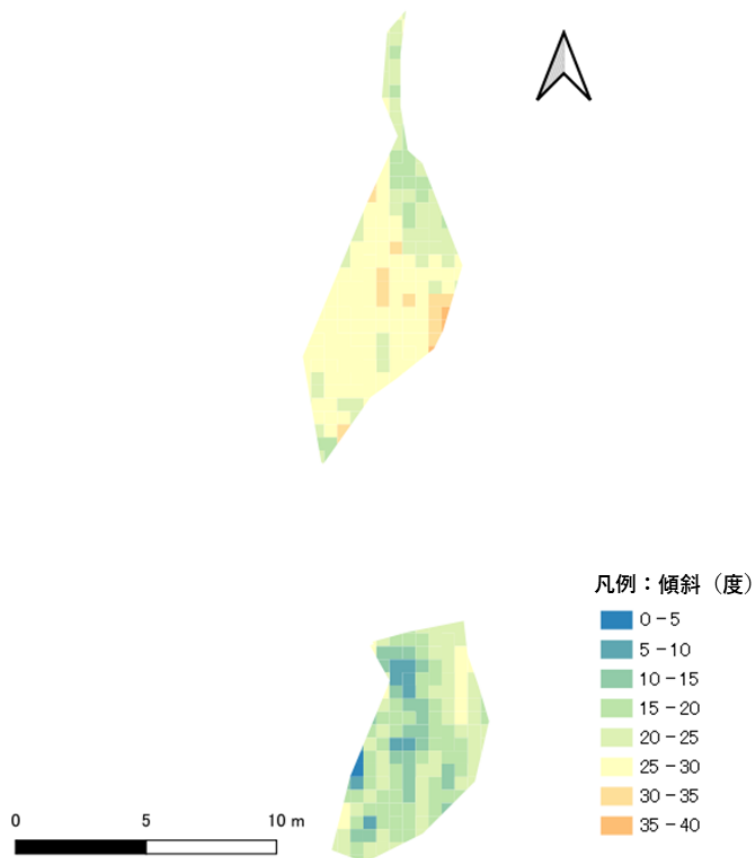


図 4-3 傾斜区分図（造林機械地拵えエリア①）

※中央部は樹冠が重なったため空白となっている

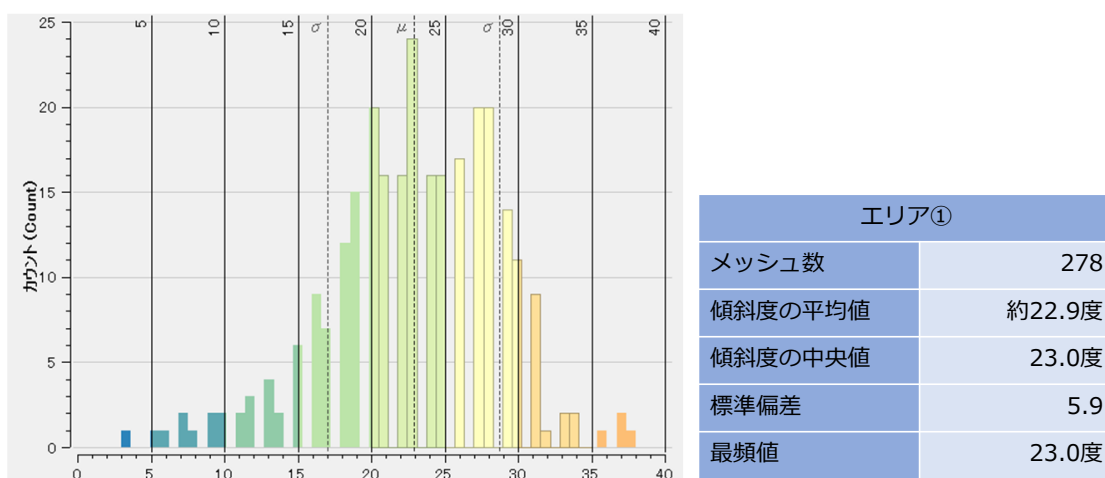


図 4-4 「山もっとモット」の稼働エリアのデータ（造林機械地拵えエリア①）

(イ) 造林機械地拵えエリア②の傾斜区分

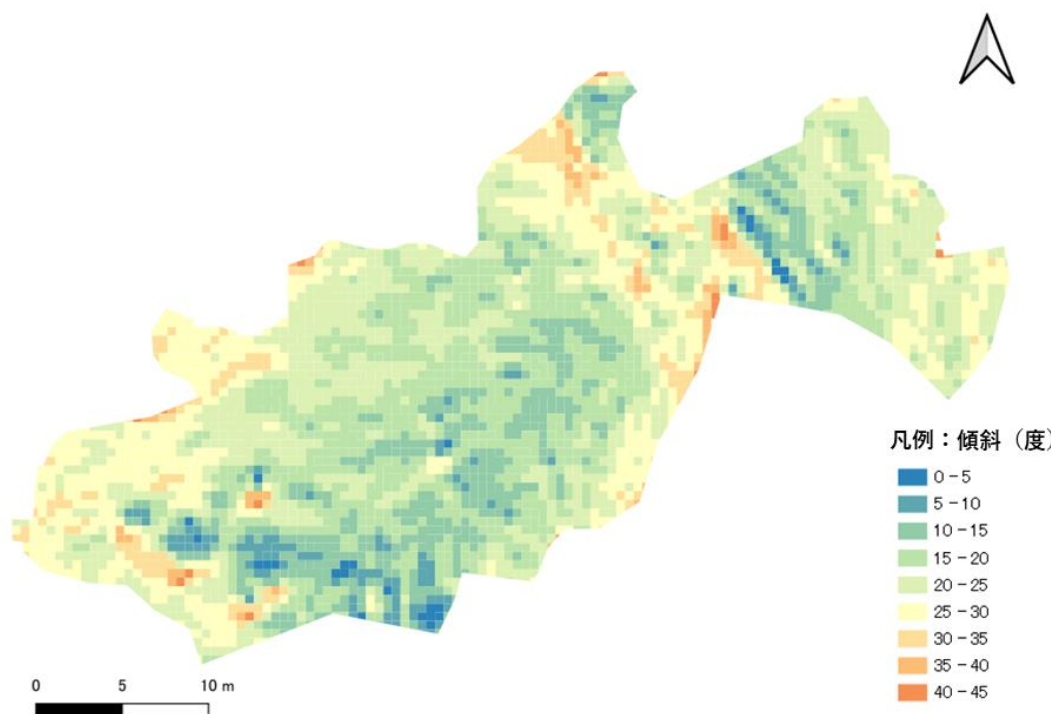


図 4-5 傾斜区分図（造林機械地拵えエリア②）

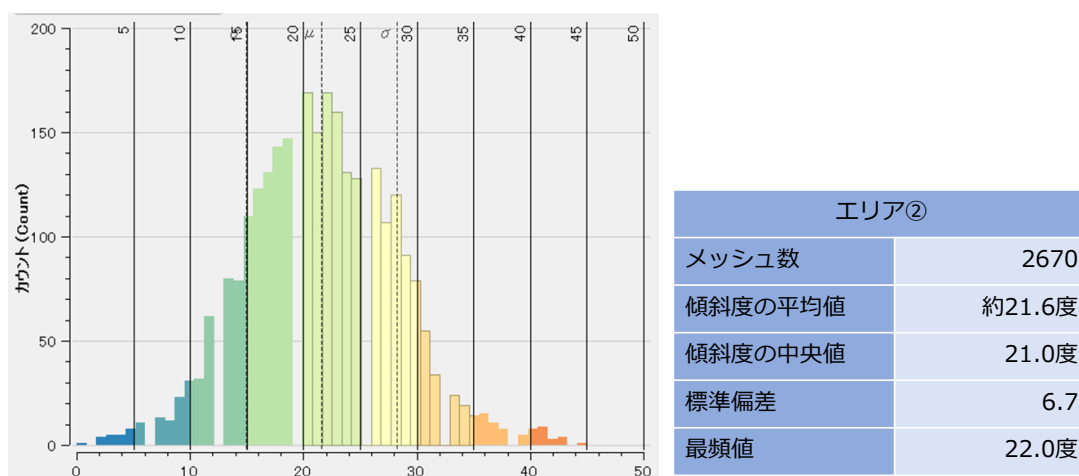


図 4-6 「山もっとモット」の稼働エリアのデータ（造林機械地拵えエリア②）

(ウ) 造林機械地拵えエリア③の傾斜区分

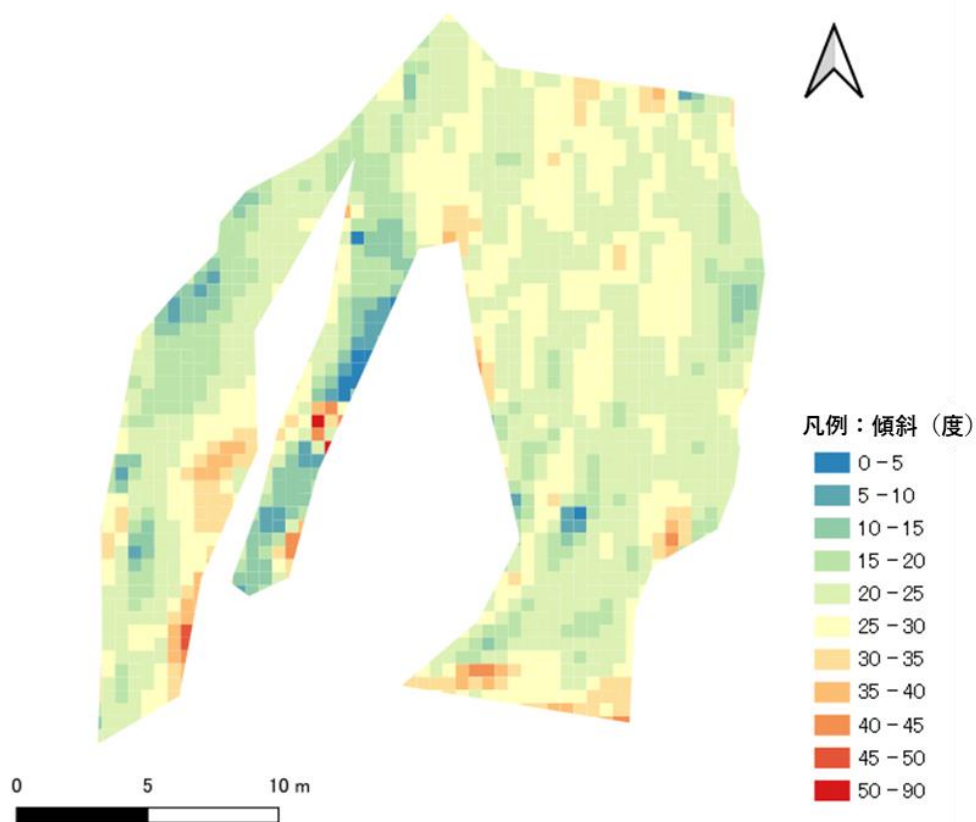


図 4-7 傾斜区分図（造林機械地拵えエリア③）

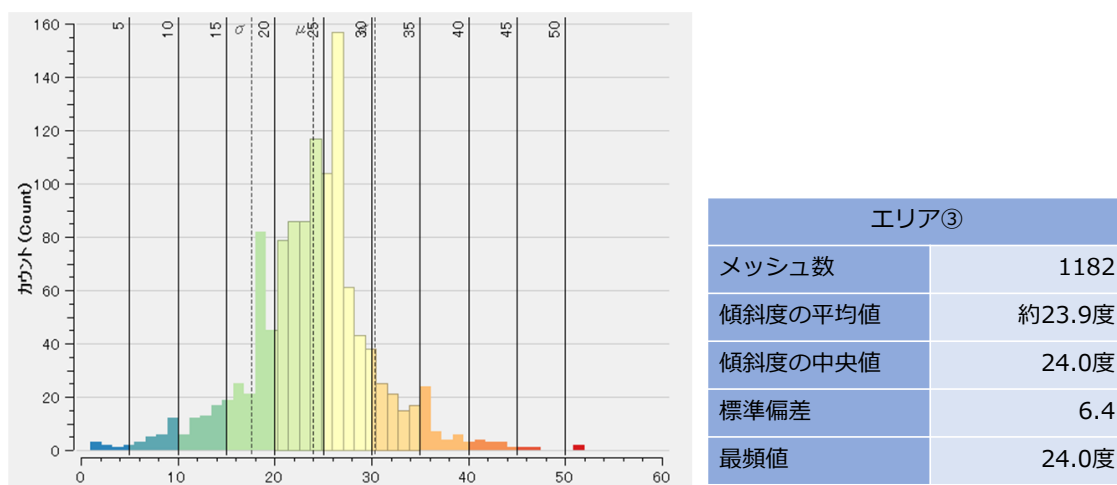


図 4-8 「山もっとモット」の稼働エリアのデータ（造林機械地拵えエリア③）

表 4-9 傾斜に関する「山もっとモット」のスペック（取扱説明書より抜粋）

登坂能力 (カタログより)	35 度
最大安定傾斜角度 (カタログより)	左右方向 各 40 度 (無負荷静止状態)
横転警告ブザーの作動 (取扱説明書より)	前後方向 各 25 度 左右方向 各 25 度
横転警告ブザーの高速作動 (取扱説明書より)	前後方向 各 30 度 左右方向 各 28 度
エンジン停止※	前後方向 35 度以上 左右方向 30 度以上