

6 作業の実施結果

6.1 ビデオによる機械工期分析

1) 作業項目別の所要時間分析

山もつとモットによる地拵え作業について、全作業をビデオで撮影し、撮影内容を表 6.1 の項目に分類した。全作業のビデオ分析を行った結果、調査区別の分類結果をまとめると、表 6.2 に示した内容となった。なお、分類項目別の所要時間の割合は図 6.1 に示した。

表 6.1 撮影内容の分類項目

分類項目	内容	備考	参考画像
下刈り	地表の下層植生や枝条の処理に要した時間		 伐根の間の下層植生を処理
残材処理	地表の（切り捨て）間伐材や枝条等の処理に要した時間		
伐根処理	林地に散在する伐根の処理に要した時間	1 伐根の処理にかかる数往復分を合計して計上	 前進後進を繰り返して伐根を破碎
移動	作業をせずに機械が移動した時間		 A 等高線区の突っ込み線をバックで基線に戻る
打合せ	処理方法や機械の進行方向等について、オペレーターと作業指示者等が意思統一を図ったり確認した時間		
給油	給油に要した時間	調査区間の移動時の給油は、行先の調査区に計上	

分類項目	内容	備考	参考画像
トラブル	破砕部に端材の挟まりや伐根に乗り上げるなどの作業が停止した時間		 端材が挟まったトラブル
その他	始業点検、刈刃調製等に要した時間	刈刃は、正方形の各辺が鋭利な刃となっており、切れ味が悪くなったタイミングにおいて、人力で向きを変えて切削能力を蘇生させる	 刈刃の調整  刈刃（4面のうち使える面に人力で回転させて使用）

表 6.2 調査区別の各分類項目の所要時間

調査区	下刈り	残材処理	伐根処理	移動	打合せ	給油	トラブル	その他	計
A等高線区	0:29:22	0:03:20	0:28:12	0:31:40	0:12:28	0:35:19	0:21:58	0:16:14	2:58:33
A傾斜区	1:00:47	0:01:45	2:10:38	0:41:31	0:03:13	0:38:00	0:32:31	0:02:33	5:10:58
B全刈り区	0:59:33	0:14:40	2:01:15	0:10:33	0:02:01	0:00:00	0:04:04	1:47:39	5:19:45
B伐根残区	1:19:28	0:01:10	0:17:34	0:04:55	0:02:24	0:00:00	0:00:39	0:01:40	1:47:50
C区	1:33:31	0:02:04	2:38:24	0:55:38	0:28:24	0:00:00	0:04:52	0:30:42	6:13:35
D区	0:53:49	0:04:57	1:27:22	0:41:10	0:28:54	0:00:00	0:03:43	0:41:49	4:21:44
計	6:16:30	0:27:56	9:03:25	3:05:27	1:17:24	1:13:19	1:07:47	3:20:37	25:52:25
(%)	24.3%	1.8%	35.0%	11.9%	5.0%	4.7%	4.4%	12.9%	100%

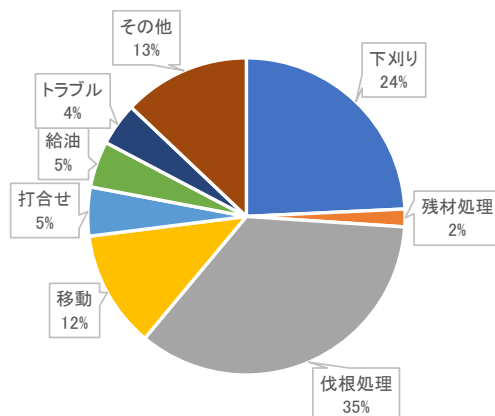


図 6.1 分類項目別の所要時間割合 (全調査区の合計)

本業務では、各調査区において複雑な地拵えを実施する必要があったため、機械オペレーターには打合せの時間が必要であった。また、機械作業では、給油や始動点検、刈刃の調整等の作業は必要不可欠であるが、それぞれの調査区における必然的な要素ではない。さらに、一般的には機械の継続使用に伴い、トラブルの発生率も低く抑制できると考えられる。そこで、ビデオ分析の分類項目のうち、「打合せ」、「給油」、「トラブル」、「その他」を除いた時間で取りまとめていくこととする。

図 6.2 に各調査区別に、分類項目別の所要時間割合を示した。

伐根処理の回数を極力減らした「B 伐根残区」では、伐根処理に掛かった時間割合が 17% しかなかったが、「A 傾斜区」「B 全刈り区」「C 区」「D 区」では、50~60% 程度の時間が伐根処理に掛かっており、伐根処理に要する時間の短縮が今後の効率性向上に不可欠な項目と考えられる。なお、「A 等高線区」は残置している伐根が等高線上に列をなしていたため、機械がその間を進むことで伐根処理の回数が減り、他の調査区よりは低い 30% となった。その代わりに、機械経路の基線から延びる突っ込み線を、バックで戻らなければならなかったため、移動に掛かる時間割合が 34% と最多となった。

以上から、2,000 本/ha 程度の植栽を想定した山もつとモットによる地拵え作業では（伐根密度約 1,500 個/ha）、「下刈り」と「残材処理」が約 30%、伐根処理が約 50%、「移動」が約 20% という時間割合が平均的であると考えられた。

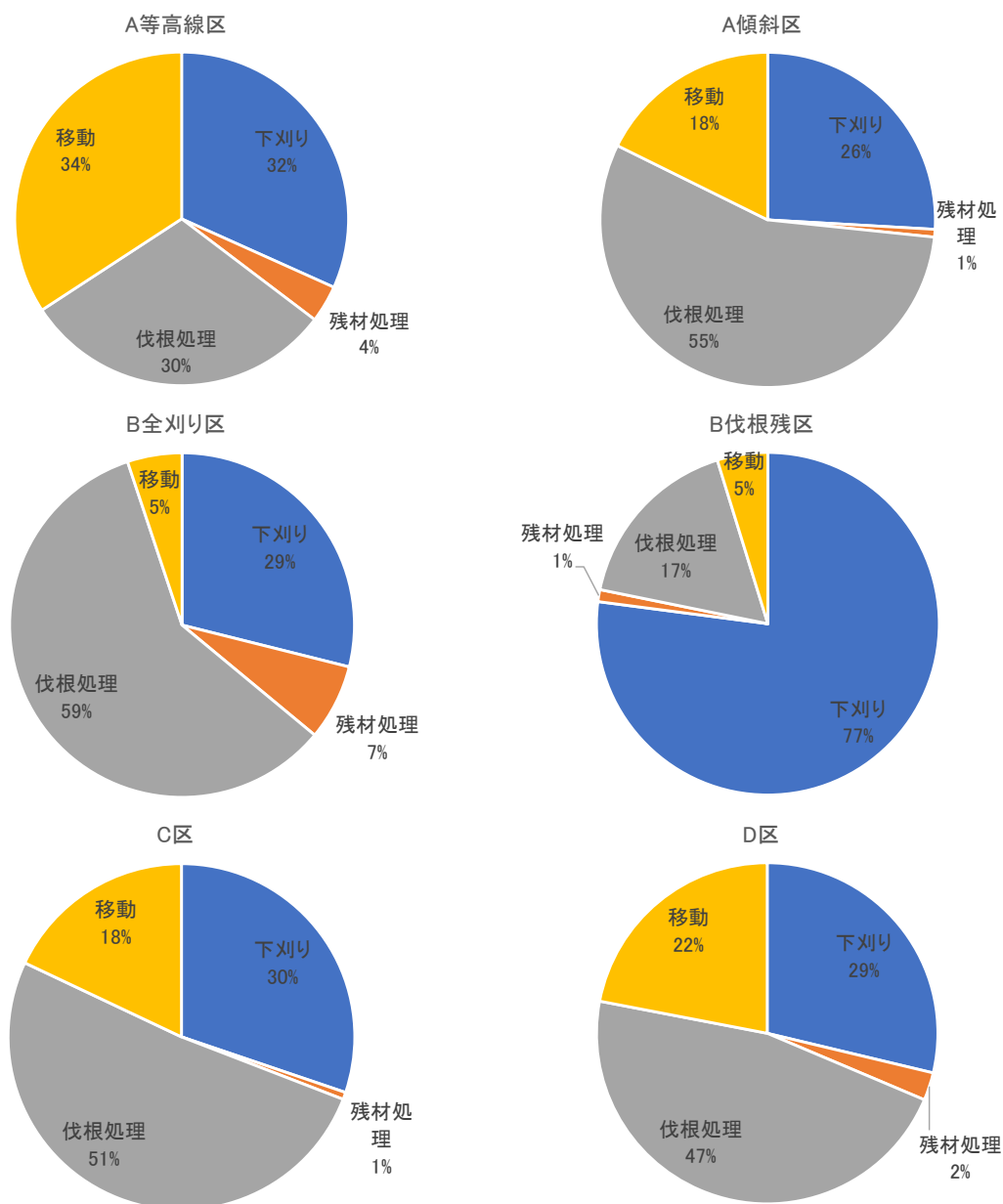


図 6.2 調査区別分類項目別の所要時間割合

2) 調査区別の工期分析

本実証調査の前提条件として、地拵えの多目的造林作業機「山もっとモット」は、オペレーターと作業指示者の2名で運用した。なお、1日の作業時間は最大8時間15分であった。

調査区「A 等高線区」における地拵え作業の結果について、表 6.3 にまとめた。同様に、「A 傾斜区」は表 6.4、「B 全刈り区」は表 6.5、「B 伐根残区」は表 6.6、「C 区」は表 6.7、「D 区」は表 6.8 にそれぞれ示した。

表 6.3 A 等高線区の地拵え作業のまとめ

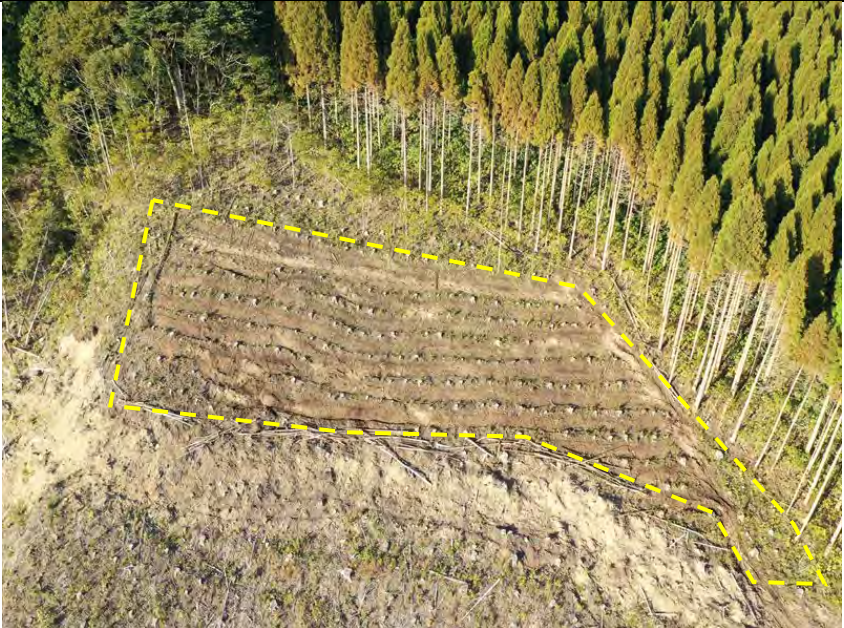
項目	状況・データ等
作業年月日	令和3（2021）年12月14日
対象面積	0.1246（ha）
平均傾斜	21.3（°） ※GIS解析による
作業概要	・等高線に平行に機械地拵えを実施（伐根が等高線に平行に残存し、その間を機械が走行できたが、機械の走行時に障害となる伐根のみ処理）。 ・区域の端の基線から突っ込み線を往復する要領で実施。 ・A 傾斜区との境界付近にあった残材は、人力で寄せる作業を実施（A 傾斜区分と合わせて0.30ha/人日の作業量）。 ・作業中に端材が挟まるトラブルが発生し時間をロス。 ・伐根処理数は、計45本。
総作業時間 / 生産性	0.3607（日）（2:58:33） / 0.17（ha/人日）
うち「下刈り+残材処理+伐根処理+移動」の時間	0.1870（日）（1:32:34） / 0.33（ha/人日）
うち「下刈り+残材処理+移動」の時間 ※伐根処理をしない場合	0.1300（日）（1:04:22） / 0.48（ha/人日）
作業後空撮写真 （宮崎南部森林管理 署 撮影）	

表 6.4 A 傾斜区の地拵え作業のまとめ

項目	状況・データ等
作業年月日	令和3（2021）年12月14～16日
対象面積	0.2485（ha）
平均傾斜	16.2（°） ※GIS解析による
作業概要	・傾斜方向に機械地拵えを実施（局所的に急傾斜地があり、未実施地2が発生）。 ・B全刈り区との隣接部はほぼ平坦地。 ・機械はエリア西側の作業道を横断不可。 ・A等高線区との境界付近にあった残材は、人力で寄せる作業を実施（A傾斜区分と合わせて0.30ha/人日の作業量）。 ・作業中に伐根に乗り上げ動けなくなるトラブルが発生し、時間をロス。 ・伐根処理数は、計139本。
総作業時間 / 生産性	0.6282（日）（5:10:58） / 0.20（ha/人日）
うち「下刈り+残材処理+伐根処理+移動」の時間	0.4741（日）（3:54:41） / 0.26（ha/人日）
うち「下刈り+残材処理+移動」の時間 ※伐根処理をしない場合	0.2102（日）（1:44:03） / 0.59（ha/人日）
作業後空撮写真 （宮崎南部森林管理署 撮影）	

表 6.5 B全刈り区の地拵え作業のまとめ

項目	状況・データ等
作業年月日	令和3（2021）年12月14～15日
対象面積	0.11（ha）
平均傾斜	5.0（°） ※GIS解析による
作業概要	・エリア内の全ての伐根・残材等の処理を実施。 ・伐根処理数は、計146本。
総作業時間 / 生産性	0.6460（日）（5:19:45） / 0.09（ha/人日）
うち「下刈り+残材処理+伐根処理+移動」の時間	0.4162（日）（3:26:01） / 0.13（ha/人日）
うち「下刈り+残材処理+移動」の時間 ※伐根処理をしない場合	0.1712（日）（1:24:46） / 0.32（ha/人日）
作業後空撮写真 （宮崎南部森林管理 署 撮影）	

表 6.6 B 伐根残区の地拵え作業のまとめ

項目	状況・データ等
作業年月日	令和3（2021）年12月16日
対象面積	0.2781（ha）
平均傾斜	12.4（°） ※GIS解析による
作業概要	・エリア内の伐根処理は行わず、下層植生や残材等の処理を実施。 ・伐根は、機械の走行の障害となるもののみ処理。 ・伐根処理数は、計38本。
総作業時間 / 生産性	0.2178（日）（1:43:50） / 0.64（ha/人日）
うち「下刈り+残材処理+伐根処理+移動」の時間	0.2083（日）（1:43:07） / 0.67（ha/人日）
うち「下刈り+残材処理+移動」の時間 ※伐根処理をしない場合	0.1728（日）（1:25:33） / 0.80（ha/人日）
作業前空撮写真 （宮崎南部森林管理 署 撮影）	 ※地拵え作業前の空撮写真であるが、隣接上部のB全刈り区と隣接下部のC区との位置関係を把握するために掲載した。

表 6.7 C 区の地拵え作業のまとめ

項目	状況・データ等
作業年月日	令和3（2021）年12月15日
対象面積	0.3732（ha）
平均傾斜	17.0（°） ※GIS解析による
作業概要	・等高線に平行に機械地拵えを実施。 ・植付け作業や、後の下刈り作業の障害となる伐根は処理。 ・C 区の東側や作業道付近に基線を作設し、そこからの突っ込み線で地拵えを実施。 ・伐根処理数は、計242本。
総作業時間 / 生産性	0.7547（日）（6:13:35） / 0.25（ha/人日）
うち「下刈り+残材処理+伐根処理+移動」の時間	0.6255（日）（5:09:37） / 0.30（ha/人日）
うち「下刈り+残材処理+移動」の時間 ※伐根処理をしない場合	0.3055（日）（2:31:13） / 0.61（ha/人日）
作業後空撮写真 （宮崎南部森林管理 署 撮影）	

表 6.8 D 区の地拵え作業のまとめ

項目	状況・データ等
作業年月日	令和3（2021）年12月15～16日
対象面積	0.1585（ha）
平均傾斜	13.1（°） ※GIS解析による
作業概要	・傾斜方向に機械地拵えを実施（作業道周辺の機械進入困難地（未実施地5）や局所的な急傾斜地（未実施地6）があり、機械作業ができない箇所が発生）。 ・C区との境界付近やD区の南東側に基線を作設し、そこからの突っ込み線で地拵えを実施。 ・伐根処理数は、計106本。
総作業時間 / 生産性	0.5288（日）（4:21:44） / 0.15（ha/人日）
うち「下刈り+残材処理+伐根処理+移動」の時間	0.3784（日）（3:07:18） / 0.21（ha/人日）
うち「下刈り+残材処理+移動」の時間 ※伐根処理をしない場合	0.2019（日）（1:39:56） / 0.39（ha/人日）
作業後空撮写真 （宮崎南部森林管理 署 撮影）	

6.2 人力地拵え作業の功程分析

人力による地拵え作業は、調査区 E の他、調査区 A～D 内の機械による地拵えができなかった範囲でも実施した（前掲図 5.1 の E 区及び未実施地 1～6 が人力地拵え作業範囲）。

人力地拵え作業の実施状況を、表 6.9 に示した。

表 6.9 人力地拵え作業の実施状況

項目	内容	備考
作業人数	3 (人)	
作業機械	刈払機 (1 人 1 台)	
作業内容	・ 林床の下層植生の刈払い ・ 植付け時に障害となる残材や枝条等の細分化、及び整理	
総作業時間	7 時間 (1 月 24 日: 5 時間、1 月 25 日: 2 時間)	
実施作業面積	1.3852 (ha) (E 区: 1.11ha、機械未実施地 0.2752ha)	
労働生産性	0.40ha/人日 (1.3852ha、3 人工、1.167 日)	1 日の労働時間を 6 時間として計算

6.3 コスト試算

機械による地拵え作業は、まだ試行的にしか実施されていない状況であるが、2 業務実施の背景のとおり、再造林を確実に実施し、労働負荷を軽減させるためには、有効な手段と考えられる。

そこで、機械による地拵えと従来の人力による地拵えのコスト試算を行い、両者の比較をとおして、機械地拵えの可能性などを検討していくこととする。

なお、以下の機械地拵えと人力地拵えのコスト試算では、表 6.10 の前提で試算した。

表 6.10 コスト試算時の条件

項目	内容	備考
日額人件費	15,000 円/人日	機械オペレーターも同額で試算
往復車両費・燃料費	計上しない	本来は起点からの移動に係る経費（搬送費等）も計上するが、このコスト試算では現場における作業だけで比較する

1) 機械地拵え

今回の実証地における機械地拵えでは、表 6.11 の条件で実施した。

表 6.11 機械地拵えのコスト試算に当たっての条件整理

項目	内容	備考
作業実施期間	12 月 13～16 日	
山もつとモットのレンタル費用	90,000 円/日	
燃料等の消耗品費	11,000 円/日	燃料、オイル・グリース類、摩耗部品代
替刃代	55,000 円/日	山もつとモットメーカーの特注品。刈刃 1 枚 2 万円×40 枚装着。1 枚 4 面、1 面でスギ伐根 650 本程度処理可能（メーカー私信）。4 日間で伐根約 716 本処理したため、刈刃 11 枚（×2 万円）交換の換算
作業人員	2 名	オペレーターと作業指示者の 2 名
オペレーター保険料	1,000 円/人日	オペレーターと作業指示者は交替するため、両者に保険をかける必要があった

表 6.10 と表 6.11 の条件で、機械地拵えを 1 日実施した際、次の計算により総額 188 千円となった。これを基に各調査区のコストを試算すると、表 6.12 となった。

人件費＋保険料：(15,000 円＋1,000 円) × 2 名＝32,000 円

機械の稼働：90,000 円＋11,000 円＋55,000 円＝156,000 円

合計＝188,000 円/日

表 6.12 調査区別のコスト試算

調査区	全作業時間※1		実作業時間のみ※2		実作業時間 /全作業時間 (ha当たりコスト)
	実面積※3	ha当たり	実面積	ha当たり	
A等高線区	¥ 69,932	¥ 561,253	¥ 36,255	¥ 290,973	51.8%
A傾斜区	¥ 121,795	¥ 490,122	¥ 91,918	¥ 369,890	75.5%
B全刈り区	¥ 125,235	¥ 1,138,504	¥ 80,690	¥ 733,544	64.4%
B伐根残区	¥ 42,235	¥ 151,869	¥ 40,387	¥ 145,226	95.6%
C区	¥ 146,320	¥ 392,069	¥ 121,267	¥ 324,937	82.9%
D区	¥ 102,512	¥ 646,765	¥ 73,359	¥ 462,834	71.6%
総額	¥ 608,030	¥ 3,380,581	¥ 443,876	¥ 2,327,404	68.8%

※1) 全作業時間とは、打合せ、給油、トラブル等の時間も加えた実際の全作業時間を指す

※2) 実作業時間とは、下刈り、残材処理、伐根処理、移動のみの作業時間の合計を指す

※3) 実面積とは、各調査区で実際に機械地拵えを実施した面積を指す（

表 6.3～

表 6.8 に対象面積として表記）

全作業時間を基にコストを試算すると、ヘクタール当たりのコストが最も低かったのは、伐根処理をほとんどしなかった B 伐根残区の約 15 万円/ha であった。次いで、C 区の約 39 万円/ha、A 傾斜区の約 49 万円/ha、A 等高線区の約 56 万円/ha、D 区の 65 万円/ha で、最も高コストだったのが、全ての伐根を処理した B 全刈り区の約 114 万円/ha であった。

全作業時間から「打合せ」、「給油」、「トラブル」、「その他」の時間除き作業要素である「下刈り」、「残材処理」、「伐根処理」、「移動」だけに掛かった時間を実作業時間としてコストを試算すると、ヘクタール当たりのコストが最も低かった B 伐根残区は約 15 万円/ha であった。次いで、A 等高線区の約 29 万円/ha、C 区の約 32 万円/ha、A 傾斜区の約 37 万円/ha、D 区の約 46 万円/ha、最も高コストだったのが B 全刈り区の約 73 万円/ha であった。

全作業時間に対する実作業時間でのヘクタール当たりのコストの割合をみると、トラブルや作業指示がほとんどなかった B 伐根残区では 95.6%と、全作業時間と実作業時間の差はほぼなかったのに対し、A 等高線区では 51.8%とほぼ半減した。A 等高線区では端材が挟まるトラブルや給油の時間があつたためと考えられる。

給油や軽微なトラブルに掛かる時間をゼロにすることは不可能であるが、給油位置を稼働現場の近接箇所に設けたり、トラブルが発生し難い機械構造に改善することで短縮させることは可能である。したがって、実作業時間に含まれる時間を短縮させるよう努めることが、コスト削減に繋がる。

2) 人力地拵え

今回の実証地における人力地拵えでは、表 6.13 の条件で実施した。

表 6.13 人力地拵えのコスト試算に当たっての条件整理

項目	内容	備考
作業実施期間	1 月 24～25 日	24 日は約 5 時間、25 日は約 2 時間の作業 1 日の作業時間を 6 時間とする (7 時間は 1.167 日)
作業人員	3 名/日	24 日、25 日とも 3 名
使用機械及び燃料等の 消耗品費	2,000 円/日	刈払機損料(320 円/日)、燃料・オイル(860 円/日)、刈刃(625 円/日)、研磨(97 円/日)、その他(88 円/日)、合計 2,000 円/日
作業員保険料	1,000 円/人日	機械地拵えオペレーターと同等の保険

表 6.10 と表 6.13 の条件で、人力地拵えを 1 日実施した際、次の計算により総額 54 千円となった。

人件費：(15,000 円+1,000 円) × 3 名 × = 48,000 円/日

刈払機の稼働：2,000 円 × 3 台 = 6,000 円/日

合計 = 54,000 円/日

表 6.9 によれば、実作業面積 (E 区+機械未実施地の計) が 1.3852ha で、実作業日数が 1.167 日であったため、人力地拵えコストは、 $54,000 \times 1.167 = 63,018$ 円となり、**ヘクタール当たりのコストは 45,494 円/ha** となった。

6.4 マルチング効果について

機械地拵えにおいては、下層植生や残材等だけではなく、伐根の破碎処理も行った。そのため、破碎した伐根の破碎物が地表に散布され、その破碎物が、今後の林地にどのような効果や影響を与えるかを推測するために、破碎後の地表を把握することとした。破碎物の効果としては、地表を覆うことによる下層植生の繁茂抑制効果（マルチング効果）が主に期待される。

なお、調査区Bは全刈り区と伐根残区に分割されたが、マルチング効果に関する計測を行ったのは、伐根を破碎処理した全刈り区だけである。

1) 作業前の地表状況

(1) 概況

伐採時における林小班全体の立木密度は、前掲表 4.4 のとおり約 1,500 本/ha と推定された。しかし、調査区レベルでは傾斜の状況や地表の露岩状況などが微妙に異なるため、伐採木の立木密度や生育状況は不均一であったと推測された。

機械地拵えの作業前の状況を写真 6.1 に示した。実証地は、ほぼ全域的に地表植生が疎らで、被度は概ね 20%前後であった。



調査区 A (等高線区)



調査区 B (全刈り区)



調査区 C



調査区 D

写真 6.1 機械地拵え前の地表状況

各調査区の地表に残存する伐根について、地上部の体積を推定するため、伐根の計測を表 6.14 のとおりに行った。

表 6.14 伐根の計測要領

計測等の項目	内容	備考
計測伐根の抽出	調査区ごとに無作為抽出（100 本）	調査区内で分散するよう配慮
伐根の直径	伐採面の長径と短径を計測	長径と短径の平均を直径とした
伐根の高さ	山側と谷側の高さ（地際から伐採面までの鉛直距離）	山側と谷側の高さの平均を高さとした
状況写真	 伐根の直径の計測	 伐根の高さの計測

(2) 伐根の状況

機械地拵えの伐根破碎時に産出される破碎物のポテンシャルを推定するため、計測した伐根サイズから伐根の地表部分の体積を求め、図 6.3 の箱ひげ図に示した。箱ひげ図をみると、各調査区で伐根の体積には差があり、平均値が大きい順にプロット B（27,092cm³）、プロット C（15,743cm³）、プロット D（15,164cm³）、プロット A（14,854cm³）となった。これに各調査区の面積と伐根密度の 1,500 本/ha を乗じると、破碎物の推定量は表 6.15 のとおりとなった。各調査区で破碎物を林床に均等に敷き均す場合、0.2～0.4cm 程度の厚さにしかない。実際には、植栽した苗木の周辺などでマルチングを行うので、数値より堆積物は厚く敷かれると思われる。

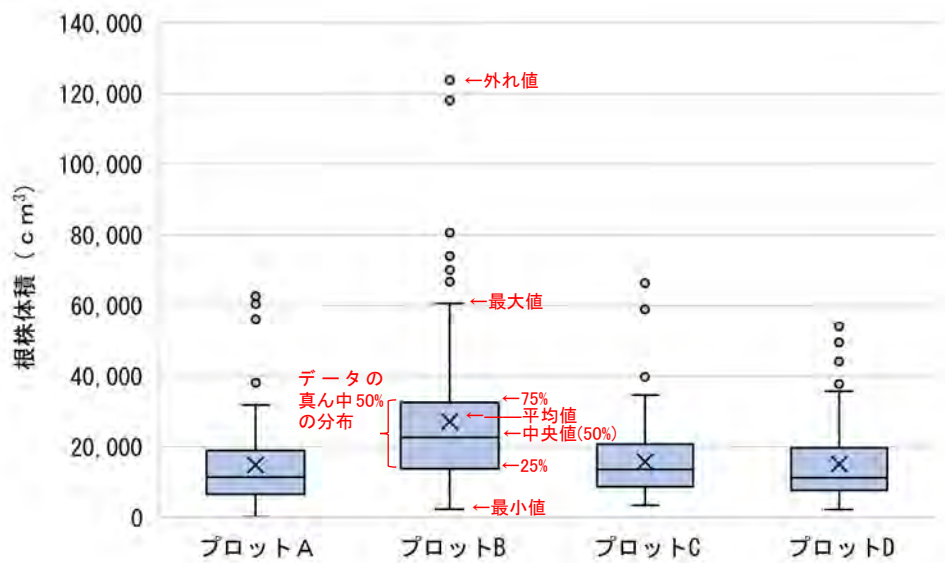


図 6.3 調査区別の伐根1本当たりの体積

表 6.15 各調査区の伐根の推定破砕量

項目	プロットA (等高線区+傾斜区)	プロットB (全刈り区)	プロットC	プロットD
伐根体積(1本あたり)	14,854cm ³	27,093cm ³	15,743cm ³	15,164cm ³
調査区面積(ha)	0.3731	0.11	0.3732	0.1585
伐根密度(本/ha)	1,500	1,500	1,500	1,500
伐根体積(プロット内)	8.31 m ³	4.47 m ³	8.81 m ³	3.61 m ³
プロット内の平均堆積物の 厚さ※	0.22cm	0.41cm	0.24cm	0.23cm

※伐根の破砕物を、プロット内に均等に敷き均すと仮定した場合の厚さ

2) 機械地拵え作業後の地表状況

機械地拵えは、下層植生、残材等、伐根などの破碎処理ができる上、作業深度の調整により表土の耕耘をすることが可能である。これらの破碎物の堆積量が厚ければ、植栽後の雑草木の侵入・更新を抑制するマルチングとして期待できる。

マルチング効果は、ある程度の年月をモニタリングしなければ評価はできないが、機械地拵え作業後の状況について、次のように把握することとした。

各調査区の機械地拵えの実施地において、約2m間隔で破碎物の堆積厚を測定することとし、1調査区当たり100点の堆積厚を測定した。なお、機械地拵えを行っていない残し幅では測定を行わなかった。

調査区毎の破碎物の堆積厚を図6.4に示した。また、機械地拵え作業後の破碎状況を写真6.2に、調査区毎の地表状況を写真6.3にそれぞれ示した。堆積厚の平均値が厚い順にプロットCが9.18cm、プロットA（傾斜区）が9.17cm、プロットB（全刈り区）が8.4cm、プロットDが8.2cm、プロットA（等高線区）が6.6cm、プロットB（伐根残区）が6.4cm、であった。

伐根が等高線に沿って並んでいたプロットA（等高線区）では、機械が伐根列の間を通過できた区間が多く、結果的に伐根の処理数が少なくなったため、堆積厚が少なかったと考えられた。プロットB（伐根残区）も、伐根処理数の少なさから堆積量が少なかった。

機械による地拵え作業直後における破碎物の堆積状況は、ある程度は把握できた。今後は、植栽木の周辺において、下層植生の繁茂状況がどのように推移していくかをモニターしていくことで、マルチング効果が評価できると考えられる。

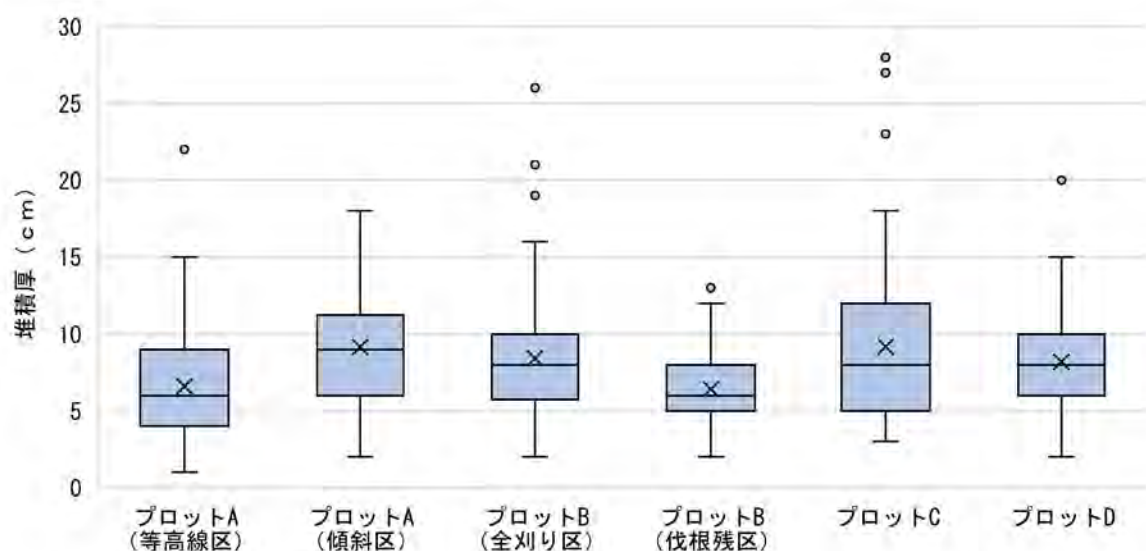


図 6.4 調査区毎の破碎物の堆積厚



堆積厚測定状況



破碎処理後の伐根（プロットD）



伐根破碎物（プロットB全刈り区）



残材の破碎物（プロットB全刈り区）



機械での表層土壌の攪乱
（プロットB全刈り区）



残材破碎物（プロットB伐根残区）

写真 6.2 破碎物などの状況



プロット A (等高線区)



プロット B (全刈り区)



プロット C



プロット D

写真 6.3 各調査区の機械地拵え後の地表状況