

## 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。

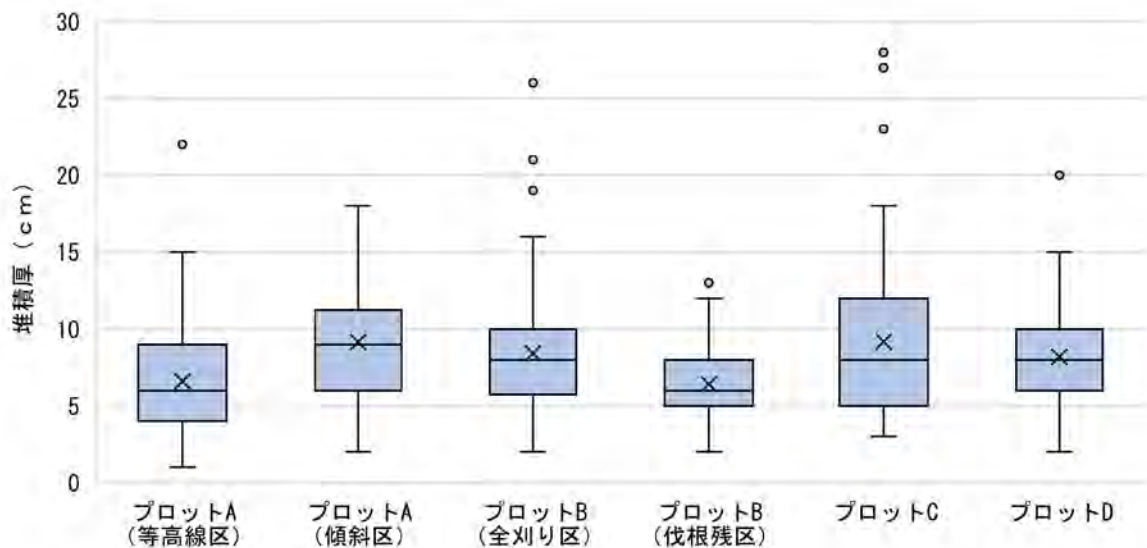


図 6.4 調査区毎の破碎物の堆積厚



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

## 7 考察

### 7.1 実証調査のまとめ

本実証調査においては、伐採後の林地で、次の植栽の準備作業である地拵えを、乗車型多目的造林機械「山もっとモット」を用いて行った。

実証地は地拵え手法や傾斜により細分し、調査区別のコスト比較では表 7.1 のようになった。人力地拵えが 45,494 円/ha なのに対し、機械地拵えはどの調査区も高額となり、全ての作業時間要素を包含した全作業時間では約 15 万円/ha (B 伐根残区) から約 111 万円/ha (B 全刈り区)、実際の作業時間をベースとした実作業時間では約 14 万円/ha (B 伐根残区) から約 71 万円/ha (B 全刈り区) となり、山もっとモットのレンタル費用と替刃のコストが大きく影響する結果であった。

B 全刈り区のように、調査区内の全伐根を処理すると、人力地拵えコストの約 16 倍 (実作業時間) から約 24 倍 (全作業時間) となるが、B 伐根残区のように伐根の処理数が少なく、傾斜も緩やかな林地では、人力地拵えコストの約 3 倍 (全作業時間、実作業時間) の調査区もあった。

現在より再生林面積が増えると共に、林業従事者の不足、高い労働負荷など、造林作業の機械化が注目される中、本事業の結果から明らかになった課題などを通して、望まれる造林作業の機械化などについて検討する。

表 7.1 地拵え作業コストの人力と機械による比較

| 人力地拵え区 | 所要コスト (/ha) | 機械地拵え区 | 全作業時間 <sup>※1</sup> |           | 実作業時間 <sup>※2</sup> |           |
|--------|-------------|--------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
|        |             |        | 所要コスト (/ha)         | 対人力地拵え(倍) | 所要コスト (/ha)         | 対人力地拵え(倍) |
| E区     | ¥ 45,494    | A等高線区  | ¥ 546,326           | 12.0      | ¥ 283,235           | 6.2       |
|        |             | A傾斜区   | ¥ 477,087           | 10.5      | ¥ 360,052           | 7.9       |
|        |             | B全刈り区  | ¥ 1,108,224         | 24.4      | ¥ 714,035           | 15.7      |
|        |             | B伐根残区  | ¥ 147,830           | 3.2       | ¥ 141,364           | 3.1       |
|        |             | C区     | ¥ 381,642           | 8.4       | ¥ 316,295           | 7.0       |
|        |             | D区     | ¥ 629,564           | 13.8      | ¥ 450,524           | 9.9       |

※1) 作業に係る全時間 (実際の作業時間の他、打合せ、給油、トラブル等の時間を含む) で算出

※2) 作業に係る時間のうち、実際の作業時間 (下刈り、残材処理、伐根処理、移動) で算出

## 7.2 造林作業の機械化について

本実証事業では、伐採後に植栽の準備が必要な林地において、乗用型多目的造林機械「山もつとモット」を用いて、後年の機械下刈りも考慮した伐根の破砕処理を含む地拵え作業を実施した。機械地拵え作業の実施に当たって、本実証事業で明らかになった点を整理し、今後の機械の活用に向けて検討する。

### 1) 機械導入コストの低減

機械を導入する際の最大のネックは、機械導入に係るコストである。さらに導入後の維持管理費や、故障等による稼働日数の少なさなど、機械導入後に直接的または間接的にコストが発生する。他方、機械導入による労働負荷の軽減や、破砕物の地表被覆によるマルチング効果など、コストに反映され難いポイントもあるため、導入の際にどのポイントを重視するか判断が必要になる。

#### (1) 損料の低減

機械地拵え作業は、機械のレンタル費用と替刃（消耗品）に燃料等を加えると1日当たり155,000円となった。造林作業を担う機械の市場が小さいため、レンタル費用が高額な状況である。市場の競争原理が働き始めると、今後、当該機械を取り扱う機械レンタル業者の増加や、一台当たりのレンタル費用が低下していくものと推察される。

なお、近年では広く市場で普及している高性能林業機械については、2012年に公表された損料の目安がある<sup>4</sup>。その考え方や計算式を用いて、山もつとモットが普及した際の損料の推定を行った。ベースマシンにアタッチメントを装着したメーカー販売価格が1,400万円であり、年間運転標準時間（または日数）はフォワードの数値の年間650時間（年間130日）を、維持修理比率は、機械の構造や作業の内容的に故障し難いと思われると共に、ユーザーによる機械の十分なデータが蓄積されていないことから、最も値の低いスイングヤーダの20%を、機械の使用を終えて処分される時に残る経済価値はフォワードの12%を、それぞれ準用して計算すると、1日当たりの損料は23,300円となった。この価格には替刃の要素が除外されているため、実質的な損料は上がるが、刈刃の低価格化を実現し、1日当たりの損料が4～5万円程度の価格になれば、レンタル市場での需要が出てくると考えられる。

<sup>4</sup> 一般社団法人森林利用高度化研究会（2012）：高性能林業機械等の機械修理費・機械損料率．機械化林業 No. 703. p25-32.

表 7.2 高性能林業機械の損料と山もつとモットの推定損料（一般社団法人森林利用高度化研究会（2012）の表に加筆）

| 機種      | クラス                | 基礎価格<br>(千円) | 標準使用年数<br>(年) | 年間運転標準時間<br>(時間) | 年間運転標準日数<br>(日) | 維持修理比率 | 年間管理費率 | 残存率 | 運転1時間当たり                    |           | 運転1日当たり                     |           |
|---------|--------------------|--------------|---------------|------------------|-----------------|--------|--------|-----|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
|         |                    |              |               |                  |                 |        |        |     | 損料率<br>( $\times 10^{-6}$ ) | 損料<br>(円) | 損料率<br>( $\times 10^{-6}$ ) | 損料<br>(円) |
| グラップル   | ミニ                 | 6,700        | 8.5           | 1,000            | 200             | 40%    | 9.0%   | 14% | 238                         | 1,600     | 1,191                       | 7,980     |
|         | 0.25m <sup>3</sup> | 8,500        | 8.5           | 1,000            | 200             | 40%    | 9.0%   | 14% | 238                         | 2,030     | 1,191                       | 10,100    |
|         | 0.45m <sup>3</sup> | 13,400       | 8.5           | 1,000            | 200             | 40%    | 9.0%   | 14% | 238                         | 3,190     | 1,191                       | 15,900    |
|         | 0.7m <sup>3</sup>  | 17,000       | 8.5           | 1,000            | 200             | 40%    | 9.0%   | 14% | 238                         | 4,050     | 1,191                       | 20,200    |
| スイングヤーダ | 0.25m <sup>3</sup> | 12,300       | 8.5           | 800              | 160             | 20%    | 9.0%   | 14% | 268                         | 3,300     | 1,342                       | 16,500    |
|         | 0.45m <sup>3</sup> | 15,200       | 8.5           | 800              | 160             | 20%    | 9.0%   | 14% | 268                         | 4,080     | 1,342                       | 20,400    |
| ハーベスタ   | 0.25m <sup>3</sup> | 15,500       | 8.5           | 900              | 180             | 55%    | 9.0%   | 14% | 284                         | 4,410     | 1,422                       | 22,000    |
|         | 0.45m <sup>3</sup> | 19,600       | 8.5           | 900              | 180             | 55%    | 9.0%   | 14% | 284                         | 5,570     | 1,422                       | 27,800    |
|         | 0.7m <sup>3</sup>  | 21,900       | 8.5           | 900              | 180             | 55%    | 9.0%   | 14% | 284                         | 6,230     | 1,422                       | 31,100    |
| フォワーダ   | ローダ有3t             | 6,300        | 8.5           | 650              | 130             | 70%    | 9.0%   | 12% | 421                         | 2,650     | 2,104                       | 13,200    |
|         | ローダ有4t             | 9,200        | 8.5           | 650              | 130             | 70%    | 9.0%   | 12% | 421                         | 3,870     | 2,104                       | 19,300    |
|         | ローダ有6t             | 12,700       | 8.5           | 650              | 130             | 70%    | 9.0%   | 12% | 421                         | 5,340     | 2,104                       | 26,700    |
|         | ローダ無3t             | 4,200        | 8.5           | 650              | 130             | 70%    | 9.0%   | 12% | 421                         | 1,770     | 2,104                       | 8,840     |
|         | ローダ無4t             | 6,500        | 8.5           | 650              | 130             | 70%    | 9.0%   | 12% | 421                         | 2,740     | 2,104                       | 13,600    |
|         | ローダ無6t             | 9,000        | 8.5           | 650              | 130             | 70%    | 9.0%   | 12% | 421                         | 3,790     | 2,104                       | 18,900    |
| プロセッサ   | 0.25m <sup>3</sup> | 11,700       | 8.5           | 850              | 170             | 30%    | 9.0%   | 14% | 266                         | 3,120     | 1,332                       | 15,500    |
|         | 0.45m <sup>3</sup> | 18,300       | 8.5           | 850              | 170             | 30%    | 9.0%   | 14% | 266                         | 4,880     | 1,332                       | 24,300    |
|         | 0.7m <sup>3</sup>  | 20,100       | 8.5           | 850              | 170             | 30%    | 9.0%   | 14% | 266                         | 5,360     | 1,332                       | 26,700    |
| 山もつとモット | —                  | 14,000       | 8.5           | 650              | 130             | 20%    | 9.0%   | 12% | 334                         | 4,680     | 1,670                       | 23,300    |

## (2) 機械の所有と施業地の集約化

グラップルのように木材を取り扱う様々な場面で有用性を発揮する林業機械と異なり、山もつとモットのような造林作業に特化した機械は、現状では使用の機会は限定的であり、一事業体が年間で造林機械を使用する日数(使用時間)を勘案すると、あまり多くないと考えられる。したがって、各林業事業体が個別に所有しても、購入価格に見合った活用機会が少なく、稼働しないことが多くなる可能性が考えられる。

そこで、事業や作業の組み合わせの工夫により稼働機会を増やす工夫をしていくと同時に、地域の林業事業体による共同購入や、購入した代表者から地域の林業事業体への格安なレンタルなど、機械の稼働日数を増やす使用方法を検討していくことも良いと思われる。稼働日数が増え、日々どこかで造林機械が活躍するような地域での利用サイクルが形成されることが、結果的に一林業事業体当たりの造林経費の負担を軽減することに繋がると考えられる。今回選定した「山もつとモット」は、ベースマシンに装着するアタッチメントにより多機能化が図られており、運搬荷台アタッチメントを装着しての苗木やシカ防除資材等の運搬や、下刈りアタッ

チメントを装着して立ち乗りという労働負荷の低い状態で下刈りができることから、機械をフル活用することで、機械の初期投資分を早期に回収する可能性が広がる。さらに、機械の償却期間を終え（概ね購入後5～7年程度）、機械の維持費で運用されるようになれば、レンタル価格は下降し貸借しやすくなると考えられるため、機械を最大限活用することがレンタル費用の抑制には必要である。

また、林業事業者は地域における造林作業の集約化を図り、近隣の複数の施業地で造林機械による作業を稼働させるような計画をすることで、効率的に機械を活用することも必要と考えられる。

### (3) 機械本体及び付属物の価格

ベースマシン（山もつとモット）にオーロラ・トランプ・シェーバー（伐根破碎用アタッチメント）を加えた型式「CG510 KZCY T」によって、実証試験を実施した。メーカー販売価格はベースマシンが1,000万円で、アタッチメントは400万円の計1,400万円である。

今回の実証調査事業では機械レンタルという形をとり、前掲の表 6.11 の条件で機械を稼働させた結果、1日当たり5.5万円の替刃代を含め、山もつとモットの稼働には、1日当たり約15万円のコストがかかり、かなりの高額となる。そのコストの内訳を図 7.1 に示した。

1日当たりのコストで最も大きな要素は機械レンタル費で約50%を占めていた。人件費、保険料、燃料・オイル等の費用は不可欠のため、今後のコスト削減を目指す要素は「機械レンタル費用」と「替刃代」となる。レンタル形式と機械を購入した場合では状況が異なってくるが、特に今回のコストの約30%を占める替刃代については、メーカー自社での受注生産との事で、今後は市販品での代用や、切削工程を別のシステムにするなど、替刃の低価格化が期待される場所である。

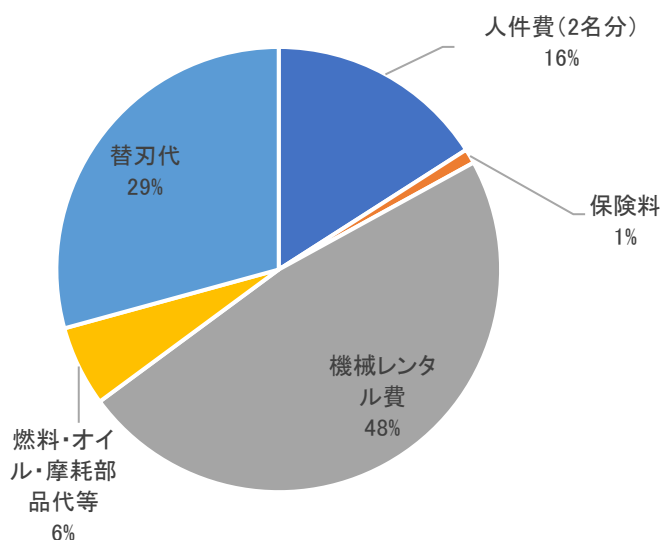


図 7.1 山もつとモットの1日当たりのコスト内訳

## 2) 地拵え作業の実施性能

コストをかけて機械を導入する動機は、機械導入コストに見合った作業の効率化や軽労化等を目指すためである。目的とする機械地拵え作業ができなかった箇所の特徴や、その他の要因等を考察し、今後どういった内容が必要となるかを検討した。

### (1) 機械地拵え作業の未実施地の発生

山もつとモットによる地拵え作業では、機械の傾斜限界（斜面方向に最大 35°、等高線方向の静止無負荷状態で左右最大 40°）や作業効率の関係から、機械による作業が実施できなかった未実施地が発生した。特に、局所的に急傾斜のあった A 傾斜区と、作業道及びその周辺で荒れた土壌が露出したり残材が堆積するなどして、機械地拵え作業が効率的に行えなかった D 区では、未実施地が増えた。A 傾斜区では、一見、斜面方向の傾斜が 30° に満たないようでも、機械が処理のために伐根に乗り上げた際、瞬間的に限界値に達し、傾斜限界を知らせるブザーと共に安全装置が作動し、エンジンが停止することが数回見られた。

斜面においては、造林機械の転覆事故が最も危険であるため、林地で無理をすることは絶対避けなければならない。急傾斜が機械地拵え未実施の要因である場合、人力地拵えとの協働でクリアしていくことが必要である。

### (2) 造林機械のバージョンアップと作業時の効率化

今回使用した造林機械「山もつとモット」は、伐根処理に時間を要したり、作業実施地の制限が多かったりと課題も見出された。今回の実証調査で浮き彫りとなった課題を克服できるよう、造林機械のバージョンアップも必要と考えられる。

具体的には、現行機の伐根処理の方法は、伐根の上を機械本体が何往復もして徐々に削るが、往復回数が少なくて済む方法や、往復しない別の方法なども検討していくことが考えられる。また、現状は乗車型の機械であるため、乗員の安全を最優先に設計されているが、後述する「ラジコン草刈機」のように遠隔操作式にすることにより、より厳しい地形に対応させる工夫や、傾斜により機械が転覆しない発想なども期待される。

また、今回の実証調査では、給油箇所との往復に約 30 分の時間が必要であった（図 7.2 参照、B 全刈り区から給油箇所までの距離は約 320m）。実際の機械地拵え作業では、給油箇所の配置も重要な要素となる。



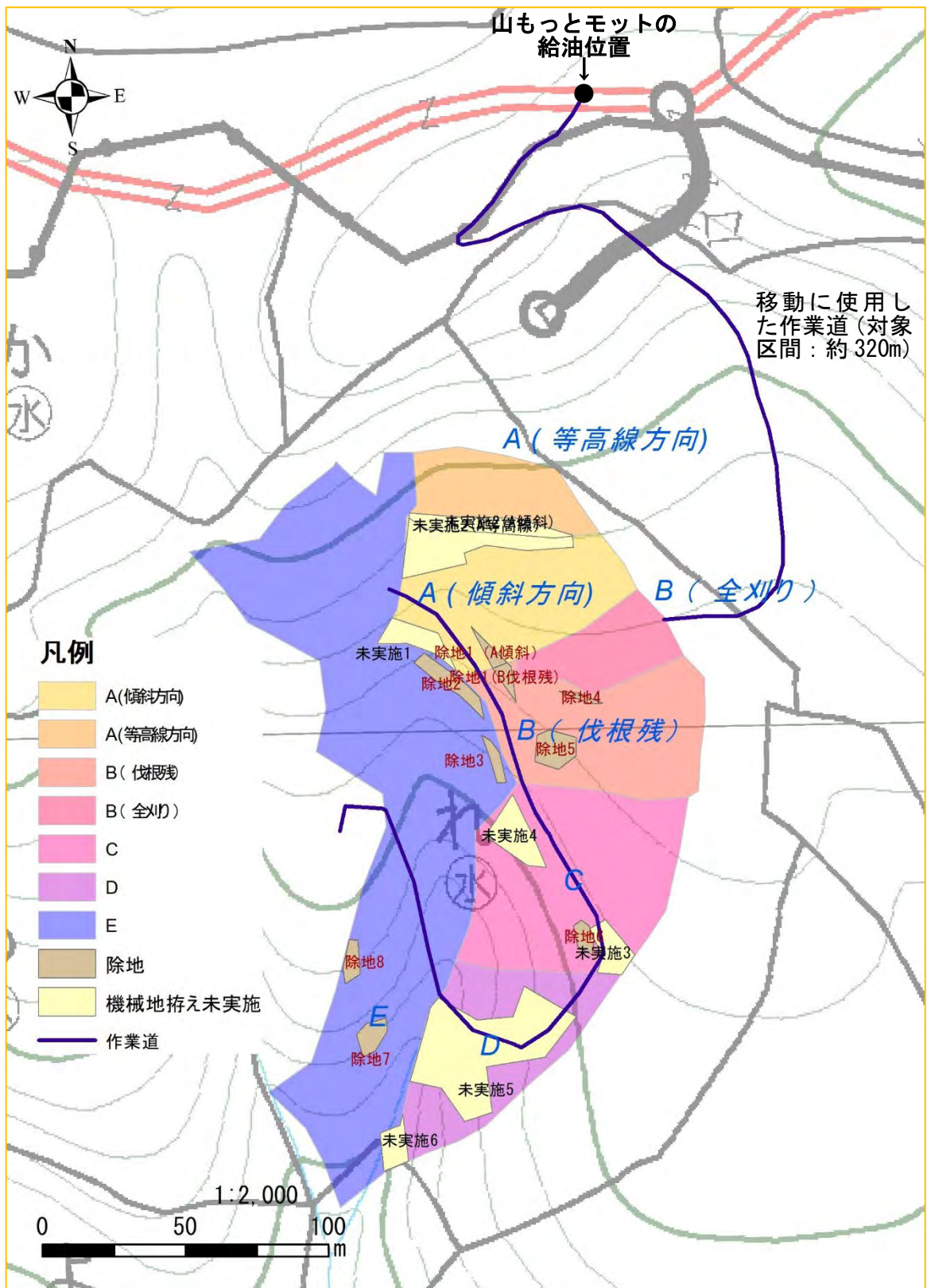


図 7.2 実証地から給油箇所までの経路

### 3) 地拵え作業の軽労化

本実証調査では、機械地拵えと人力地拵えの工期は表 7.3 のようにまとめられる。地拵え作業の工期としては、機械より人力の方が短い時間・人工で広い面積の地拵えが可能という結果となった。これは試行的な機械の動作条件だけでなく、現地のかなり特殊な地表状況が大きく影響していると考えられた。

実証地は伐採時の推定立木密度が 1,500 本/ha と、主伐時には高密度でスギが生育していたため、下層植生が繁茂し難い状況となっていた。さらに写真 7.1 のように、急斜面が広がる調査区 E や機械地拵えの未実施地では、新たに侵入してくる植生も多くはなく、人力地拵え作業が実施しやすい環境であったことから、突出して少ない人工数で人力地拵えが実施できたものである。

その反面、機械地拵えでは林地での地拵えデザイン（機械の走行路となる基線と突っ込み線の作設箇所の検討等）として打合せの時間や、機械のトラブルによる時間等が掛かり増しとなった。

以上の理由から、今回の実証試験の条件下においては、機械地拵えより人力地拵えの工期が良かった結果になったと考えられる。

表 7.3 各調査区における工期のまとめ

| 調査区              | 機械 or 人力 | 総作業時間 <sup>※1</sup><br>(ha/人日) | 実作業時間 <sup>※2</sup><br>(ha/人日) | 備考                                 |
|------------------|----------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| A 等高線区           | 機械       | 0.17                           | 0.33                           | 山もつとモットによる作業<br>(一部、人力による枝条等の事前整理) |
| A 傾斜区            | 機械       | 0.20                           | 0.26                           |                                    |
| B 全刈り区           | 機械       | 0.09                           | 0.13                           |                                    |
| B 伐根残区           | 機械       | 0.64                           | 0.67                           |                                    |
| C 区              | 機械       | 0.25                           | 0.30                           |                                    |
| D 区              | 機械       | 0.15                           | 0.21                           |                                    |
| 平均 <sup>※3</sup> | 機械       | 0.29                           | 0.35                           |                                    |
| E 区              | 人力       | 0.40                           |                                | 刈払機による下層植生の刈払い・残材等の細分化、人力による枝条整理など |

※1 下刈り、残材処理、伐根処理、移動、打合せ、給油、トラブル、その他の全要素を含めた総作業時間で算出

※2 下刈り、残材処理、伐根処理、移動の実作業時間で算出

※3 A~D 区の機械地拵えを行った実作業面積で各区を按分して平均値を算出

しかしながら、人力地拵えの一般的な工期と比較した場合には、機械地拵えによる軽労化には十分な期待が持てるものとする。

過年度の林野庁事業報告書等から、人力地拵えの一般的な工期をまとめると表 7.4 となる。各地域の地形状況や下層植生の生育状況などは異なるため、横並びの評価はできないが、人力地拵えの工期は、概ね 0.10ha/人日以下であることが多いことが分かる。したがって、本実証事業における人力地拵えの工期は、非常に好条件であったと考えられる。

山もつとモットによる機械地拵えが、B全刈り区を除くと、他地域の平均的な人力地拵えの0.10ha/人日を上回る工期であり、特に、伐根を相当数処理したC区の実作業時間での工期0.30ha/人日との結果から、機械地拵えによる軽労化が図られると考えても過言ではないと思われる。



調査区Dの機械地拵えの未実施地  
(下層植生を刈払い)



調査区E  
(緑色の下層植生が急斜面に疎らに生育)

写真 7.1 人力地拵え作業量が少ない現地状況

表 7.4 他地域の人力地拵え工期

| 報告書                   | 地域         | 内容  | 工期        |
|-----------------------|------------|---|-----------|
| H23 作業システム導入支援事業      | 北海道阿寒郡鶴居村  | チェーンソー裁断 0.3ha<br>バックホウ枝条整理 0.3ha<br>刈払機草刈(かん木・ササ類あり) 0.3ha | 0.11ha/人日 |
| H26 低コスト造林技術実証・導入促進事業 | 岡山県岡山市北区   | 全刈筋置(かん木・ササ類あり)   | 0.05ha/人日 |
| H27 低コスト造林技術実証・導入促進事業 | 北海道十勝郡浦幌町  | 火入れ地拵え前に人力地拵え(一部刈払機、グラップルを使用)<br>(かん木疎、ササ類密)                | 0.05ha/人日 |
|                       | 愛知県北設楽郡設楽町 | 壮齡人工林の下層に常緑低木が疎らに生育する林地で完全人力                                | 0.04ha/人日 |
|                       | 山形県西村山郡西川町 | 刈払機で実施(1.67ha)  | 0.05ha/人日 |
|                       | 長野県木曾郡木祖村  | 急傾斜地でササ類と草本が密生。草刈り鎌、刈払機、チェーンソーによる人力で実施                      | 0.06ha/人日 |
| H28 低コスト造林技術実証・導入促進事業 | 高知県吾川郡仁淀川町 | かん木あり(ササ類なし)<br>刈払機による草刈中心                                  | 0.10ha/人日 |
|                       | 高知県安芸郡北川村  | 当初は枝条の人力筋寄せ、途中から苗木の周囲のみの人力坪寄せ                               | 0.21ha/人日 |
|                       | 高知県吾川郡仁淀川町 | かん木あり(部分的にササ類あり)。チェーンソーによる人力地拵え                             | 0.03ha/人日 |
| H29 低コスト造林技術実証・導入促進事業 | 茨城県久慈郡大子町  | かん木あり。<br>チェーンソー及び刈払機による地拵え(一部グラップル使用)                      | 0.06ha/人日 |

#### 4) マルチング効果

機械地拵えでは、伐根に加え、林地残材や下層植生も破碎処理をするが、最も処理時の堆積が大きいのは伐根と考えられる。林地における伐根の残存数がどの程度かによって、破碎物の堆積厚が変わってくるが、本実証地においては、伐採時の推定立木密度が1,500本/ha程度で、一般的な主伐期の立木密度（小・中径材の場合1,000～1,200本/ha、大径材の場合250～500本/ha程度）より伐根の数が多かったため、マルチングに必要な破碎物の堆積厚は、一般的な伐採地より多かったと思われる。また、機械地拵えでは植生の根系を細断するため、下層植生の発生抑制効果も期待される場所である。

今回の実証地における堆積厚は、表7.5のとおり、全体では平均8.0cmの厚さがあった。但し、ミクロ的な伐根密度や局所的な地形などにより破碎物の堆積厚は変化し、一様な厚さが広がってはいない。つまり、写真7.2で示したように、伐根を連続して破碎した箇所付近の堆積物は厚いが、伐根や残材がなかった箇所付近は、ほとんど堆積物がないことが分かる。したがって、定性的な指摘ではあるが、堆積物の厚さが薄い箇所や機械地拵えが行なわれていない残し幅などから植生が回復してくる可能性が考えられる。

今後は、林地の下層植生の回復状況を詳細に確認しながら、下刈りの回数や下刈りを終了する時期を検討していくこととなる。

表 7.5 破碎物の堆積厚の一覧

| 項目         | A 等高線区 | A 傾斜区  | B 全刈り区 | B 伐根残区 | C 区    | D 区   | 平均     |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 堆積厚<br>平均値 | 6.6cm  | 9.17cm | 8.4cm  | 6.4cm  | 9.18cm | 8.2cm | 8.0cm  |
| 堆積厚<br>最大値 | 15cm   | 18cm   | 16cm   | 12cm   | 18cm   | 15cm  | 15.7cm |
| 堆積厚<br>最小値 | 1cm    | 2cm    | 2cm    | 2cm    | 3cm    | 2cm   | 2.0cm  |



写真 7.2 プロットCの機械地拵え後の地表状況

### 7.3 造林作業の機械化に向けて

今回の実証調査では、作業の内容や地形条件によって、造林作業の機械化の有効性が実証された。再造林を着実に実施していくための一つの有効なツールとして造林機械の普及・定着を目指し、多様な地域・林地での稼働データを蓄積・共有し、それぞれの地域での有効な造林機械活用法を見出していくことが重要である。

#### 1) 人力作業との連携

地拵えを造林機械が担うとしても、全ての地拵え作業は機械化できないことが分かった。つまり、造林機械の地拵え作業前に大きな林地残材等を人力で片付ける事前作業の実施や、機械作業の未実施地における人力地拵えなどは、造林機械が現場に導入されるようになって、ある程度は必要だと思われる。

地拵えの機械作業と人力作業の連携が必要である。

#### 2) 地拵え前後の作業との連携など

今回の実証調査では、造林作業のみにフォーカスして作業を実施した。しかし、機械による造林作業を念頭においた伐採・搬出方法や、造林作業後に行う植栽や下刈り作業に配慮した造林方法を検討していくことで、更なる効率性の向上が期待できると考えられる。

##### (1) 伐採作業・搬出作業（地拵え作業前）

造林作業前の伐採・搬出作業については、如何に機械地拵え作業の未実施地を減らすと共に、林地残材等の人力片付け作業も軽減することが、作業の効率化に大きく影響すると考えられる。伐採時に発生する枝条や根株付近の不要材（通称タンコロ）等について、どのように処理すれば造林作業時の邪魔にならずに効率的に作業が可能になるかを考えていく必要がある。

##### A 切り捨て間伐材

前掲の表 4.4 の施業履歴によれば、本実証地では昭和 56 (1981) 年の初回、昭和 61 (1986) 年の第 2 回、そして平成 12 (2000) 年の第 3 回と、計 3 回の伐り捨て間伐を実施してきた。林床に残存していた切り捨て間伐材は、機械地拵えのスムーズな作業実施のため、事前に人力で筋状に整理する必要があった（写真 7.3）。切り捨て間伐時に筋状に伐倒すると、後の人力整理が軽微もしくは不要になる可能性がある。



A 等高線区



A 傾斜区

写真 7.3 切り捨て間伐材の人力整理状況

### B 伐根

通常は主伐の何年も前に実施する間伐では、伐根が腐朽し強度が低いと思われるが、地拵え時の伐根は主伐から1年程度しか経っていないことが多いため、強度が高く破砕処理に時間を要する。

そこで、機械地拵えを想定している場合、伐根の体積を減らすべく、伐採面を少しでも地面に近い位置に変更することで、伐根の破砕処理時間を短縮することが可能となる(写真 7.4 参照)。

但し、地面すれすれにチェーンソーで受け口を作ろうとして、地面にチェーンソーが触れてのキックバックや、伐倒方向がずれてしまうことによるかかり木の発生など、労働災害に繋がる場面を避けることは最重要事項である。



D 区



D 区 (伐採面は地面から約 30cm の高さ)

写真 7.4 伐根の残存状況

### C 作業道の作設など

本実証地では、作業道上に枝条を敷くことで路盤を保護している箇所があった。伐採木を造材するプロセッサや、土場まで材を搬出するフォワーダの通行に作業道は欠かせないが、敷設する枝条の量が過度な箇所(例えば、未実施地3(表 5.14)や未実施地5(表 5.16))では、造林機械が枝条の処理に時間を要するため効率性が落ちる。路盤保護のために、適度な量の枝

条の敷設が望ましい。

また、作業道を作設する際、切土面（法面）が地拵え機械の通行の障害となるため、部分的にスロープのようなものを作り、地拵え機械が迂回せずに作業道に下りて来られる箇所を設置するのも一案である（写真 7.5 参照）。



C区の作業道。枝条が過度に堆積  
(黄線は作業道の幅を示す)



C区の作業道の法面。落差がある箇所を地拵え機械が迂回する必要がある

写真 7.5 機械地拵えを想定した作業道作り

#### D 集材方法

機械地拵えが想定されている林地では、予め枝条が林地残材とならない全木集材を検討することも一案である。枝条が残材として林地に残らなければ、機械地拵えの工期は大きく改善できると考えられる。

但し、全木集材を実施する際は、枝条が集めやすくなるため、木質バイオマスとしての売り先が近郊にある地域が有利であるが、そうでない地域では全木集材のメリットがないため、中々実践し難いと考えられる。

#### (2) 植栽作業・下刈り作業（地拵え作業後）

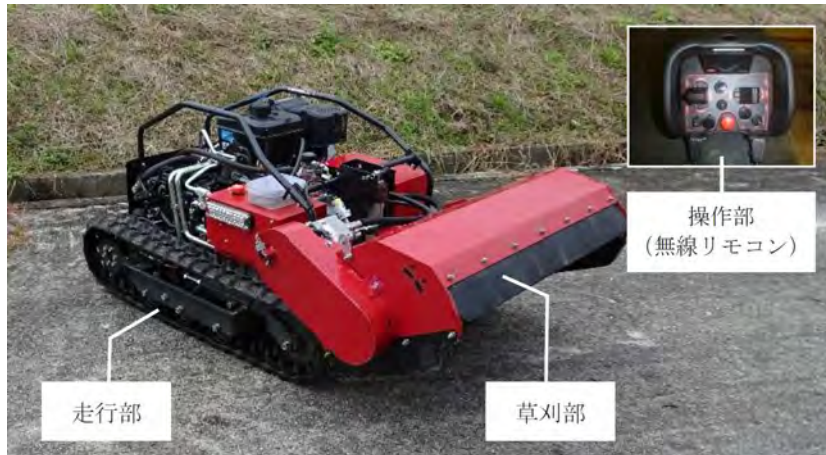
造林作業後の植栽・下刈り作業についても、どのような手法で実施していくかで、機械地拵え作業のやり方も変わってくる。つまり、今回の実証調査では、機械による下刈り作業を念頭に、機械が走行する際の障害となる伐根を処理する地拵え方法を実施したが、下刈りを人力で実施するのであれば、最小限の伐根処理数で良いことになり、B 伐根残区のような効率の良い機械地拵え作業が実施できる可能性も考えられる。

図 7.3 と図 7.4 に下刈り作業の実施可能性のある機械を示す。

図 7.3 は、(株)IHI アグリテックと農研機構と福島県農業総合センターからなるコンソーシアムが開発した草刈機で、林地での使用はまだ想定していないとの事であったが、国産初のリモコン操作とハンマーナイフ式の草刈機である。ラジコン式のためオペレーターは離れた位置から操作可能である上、最大傾斜 45° までの勾配での運転が保証されている。さらに軽トラックの荷台で搬送可能な利便性から、このような機械による林地での下刈りへの使用可能性が出

てくると考えられる。

また図 7.4 は、キャニコム社が今まで生産・販売していた 40° 傾子（型式 AS751RC-C）の後継機「ニューアラフォー傾子（型式 CG271HC）」となり、こちらもラジコン式であり、40° 前後の急傾斜地の草刈りが可能と謳っているのが特徴である（2022 年初夏に発売予定）。



作業の様子



軽トラックへの積載状況

図 7.3 国産初のリモコン式小型ハンマーナイフ草刈機（同コンソーシアム資料より）

ラジコン草刈機  
NEW 『アラフォー傾子』  
CG271HC  
ケイコ  
2022年  
初夏  
発売

急傾斜地(40°前後)を安全に刈取  
ラジコン操作でオペレータの安全を確保  
100m離れて操作可能

図 7.4 NEW アラフォー傾子（キャニコム社製品カタログより）



### (3) その他

山もつとモットは自走するものの、その走行スピードは高速モードでも9km/hである。また公道を走行できないため、搬送用トラックに積載して現地まで運ぶ必要がある。その際、搬送用トラックが通行可能な路網の整備が実施されていることも重要である。搬送用トラックの目安としては、最低4tトラックの積載スペースが必要である（写真7.6）。



写真 7.6 山もつとモットの搬送用トラック

## 7.4 最後に

機械による地拵えによる本格的な実証試験は、今回が初めてと言っても過言ではない。今回は試行的な意味合いもあり、スムーズに進行できなかった部分もある。しかし、今回の実証試験により、機械による地拵えが可能な場所と不可能な場所についての知見が得られた。したがって、今回の実証試験を参考に追加の実証試験をすることで、より効率的でスムーズな実施方法の確立が可能と考えられる。

また、宮崎県日南市の今回の現場のように下層植生が少なかったり、シカの食害がほとんどない地域ばかりではないので、様々な地域で機械地拵えの実証試験を行い、データを蓄積し、それをフィードバックしながら、より良い機械地拵え方法の確立と、地拵え機械の改良を行っていくことが重要である。

最後に、今回の実証試験に全面的に協力頂いた宮崎南部森林管理署、地拵え機械「山もっとモット」の運用や適性把握などに尽力頂いた(株)筑水キャニコム(本文中ではキャニコム)、人力地拵えの実施や地拵え後の植栽の目線からの助言を頂いた南那珂森林組合、以上の方々には事業の実施以上のご指導ご鞭撻を頂き、ここに感謝申し上げます。

令和3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4年3月  
(発行) 林野庁



株式会社三共コンサルタント

代表取締役 宮崎 剛

管理技術者 山口信一

〒095-0014 北海道士別市東4条3丁目2番地

TEL (0165) 22-1360 / FAX (0165) 22-1437

<http://www.sankyou-s.co.jp> Email: [sankyou@sankyou-s.co.jp](mailto:sankyou@sankyou-s.co.jp)