

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

林野庁



□□□□□□□□□ □ 目 次 □□□□□□□□□□

|                   |    |
|-------------------|----|
| 1 事業の概要           | 1  |
| 1.1 事業名           | 1  |
| 1.2 業務位置          | 1  |
| 1.3 履行期間          | 1  |
| 1.4 発注者           | 1  |
| 1.5 受注者           | 2  |
| 1.6 業務工程          | 2  |
| 1.7 事業目的          | 2  |
| 1.8 実施項目          | 3  |
| 2 業務実施の背景         | 4  |
| 2.1 諸要因による再生林の未実施 | 4  |
| 2.2 造林作業の機械化の必要性  | 6  |
| 3 実証試験のデザイン       | 7  |
| 3.1 調査地の区分        | 7  |
| 3.2 使用機械          | 12 |
| 3.3 検証項目          | 14 |
| 4 実証地の状況          | 15 |
| 4.1 自然環境          | 15 |
| 4.2 対象林小班の施業履歴    | 25 |
| 5 作業の実施状況         | 26 |
| 5.1 現地事前打合せの開催    | 26 |
| 5.2 事前作業の実施       | 27 |
| 5.3 機械地拵え作業       | 28 |
| 5.4 人力地拵え作業       | 38 |
| 6 作業の実施結果         | 40 |
| 6.1 ビデオによる機械功程分析  | 40 |
| 6.2 人力地拵え作業の功程分析  | 50 |
| 6.3 コスト試算         | 51 |
| 6.4 マルチング効果について   | 54 |
| 7 考察              | 60 |
| 7.1 実証調査のまとめ      | 60 |
| 7.2 造林作業の機械化について  | 61 |
| 7.3 造林作業の機械化に向けて  | 69 |
| 7.4 最後に           | 74 |



# 1 事業の概要

## 1.1 事業名

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

## 1.2 業務位置

業務は、宮崎県日南市に位置する小松山国有林（宮崎南部森林管理署 55 林班れ小班の一部）（図 1.1）で行った。

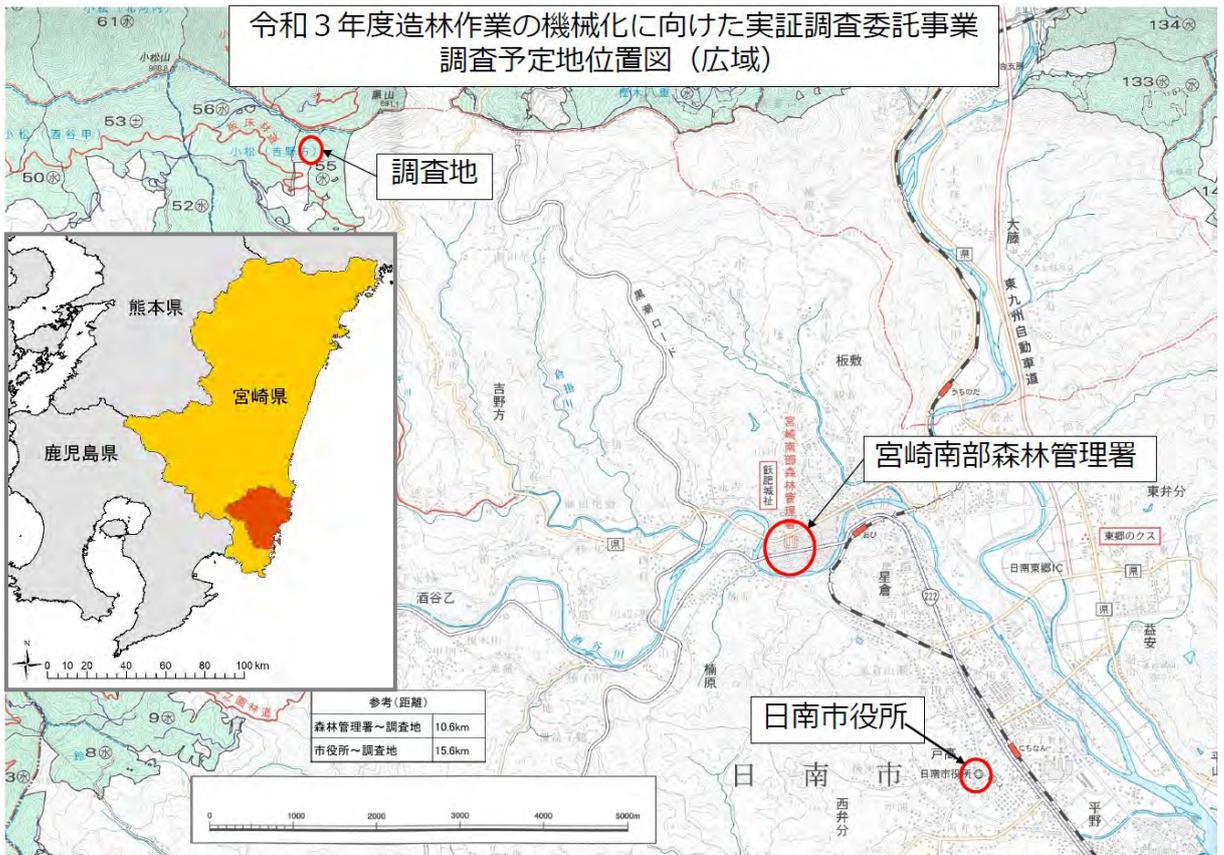


図 1.1 業務位置図

## 1.3 履行期間

始期 令和3年12月 1日

終期 令和4年 3月11日

## 1.4 発注者

支出負担行為担当官 林野庁長官 天羽 隆

（業務担当 林野庁国有林野部業務課）

## 1.5 受注者

株式会社三共コンサルタント 代表取締役 宮崎 剛（北海道士別市東4条3丁目2番地）  
 （業務担当 株式会社三共コンサルタント札幌支店 環境事業部）

表 1.1 業務担当者一覧

| 役割      | 役職           | 氏名    | 主な保有資格                                       |
|---------|--------------|-------|----------------------------------------------|
| 業務運営責任者 | 専務取締役        | 佐々木哲男 | 測量士、RCCM（道路）                                 |
| 管理技術者   | 環境事業部<br>部長  | 山口信一  | 技術士（総合技術監理部門（森林-森林環境）、森林部門（林業、森林土木、森林環境）、測量士 |
| 担当技術者   | 環境事業部<br>技師長 | 佐藤創   | 農学博士（北海道立林業試験場フェロー）                          |
|         | 環境事業部<br>技師  | 一戸雄斗  | 文書情報管理士2級                                    |
|         | 環境事業部<br>技師  | 福島玲依  | 第1種銃猟、わな猟、網猟                                 |
|         | 設計事業部<br>技師長 | 小林孝   | 技術士（建設部門（河川、砂防及び海岸・海洋、施工計画、施工設備及び積算）         |
|         | 環境事業部<br>技師  | 中村さとみ |                                              |

## 1.6 業務工程

業務は、表 1.2 に示す工程で実施した。

表 1.2 業務工程表

| 項目     | 11月 |   |   | 12月 |   |   | 1月 |   |   | 2月 |   |   | 3月 |   |
|--------|-----|---|---|-----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|
|        | 上   | 中 | 下 | 上   | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 | 下 | 上  | 中 |
| 打合せ    |     |   |   | ↔   |   |   | ←  |   | → |    |   |   | ↔  |   |
| 計画準備   |     |   |   | ↔   | → |   |    |   |   |    |   |   |    |   |
| 実証調査   |     |   |   | ↔   | → |   | ↔  | → |   |    |   |   |    |   |
| データの整理 |     |   |   | ↔   | → |   | ↔  | → |   |    |   |   |    |   |
| 分析・評価  |     |   |   |     |   |   | ↔  | → |   |    |   |   |    |   |
| 成果物作成  |     |   |   |     |   |   | ↔  | → |   |    |   |   |    |   |
| 成果物納品  |     |   |   |     |   |   |    |   |   |    |   |   |    | ↔ |

## 1.7 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。

一方、再造林の推進に当たっては、労働強度が高く機械化の進んでいな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、本事業では造林作業の機械化による施業効率化に向けて、国有林をフィールドに実証調査を行い、機械化に資するデータの収集・分析を行うことを目的とする。

## 1.8 実施項目

本事業における主な実施項目は、表 1.3 に示すとおりである。また、事業の実施は図 1.2 のとおり行った。

表 1.3 事業の実施項目

| 実施項目                                                                | 主な実施内容                                                             |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1. 計画準備                                                             | 本業務を遅滞なく効率的に実施するよう計画・準備を行う                                         |
| 2. 調査計画                                                             | 調査目的・調査箇所に合致した調査計画を行う                                              |
| 3. 実証調査（機械地拵えは、④⑤⑥⑦の4プロットに区分し、それぞれ異なる手法で実施。さらに対照地として人力地拵えの⑧プロットも設定） | A) 事前把握：実証地の地形、下層植生、施業履歴等を把握                                       |
|                                                                     | B) 実証地の設定：プロット区画と植栽列の標示                                            |
|                                                                     | C) 機械地拵え：選定機械による機械地拵えの実施、及びデータ収集                                   |
|                                                                     | D) 人力地拵え：地元事業者による人力地拵えの実施                                          |
| 4. 分析・評価                                                            | 作業工程の分析、造林作業の機械化の評価、造林作業前後の作業との連携、造林機械のバージョンアップの方向性、破砕物によるマルチング効果等 |
| 5. 報告書作成                                                            | 上記項目の報告書への取りまとめ                                                    |

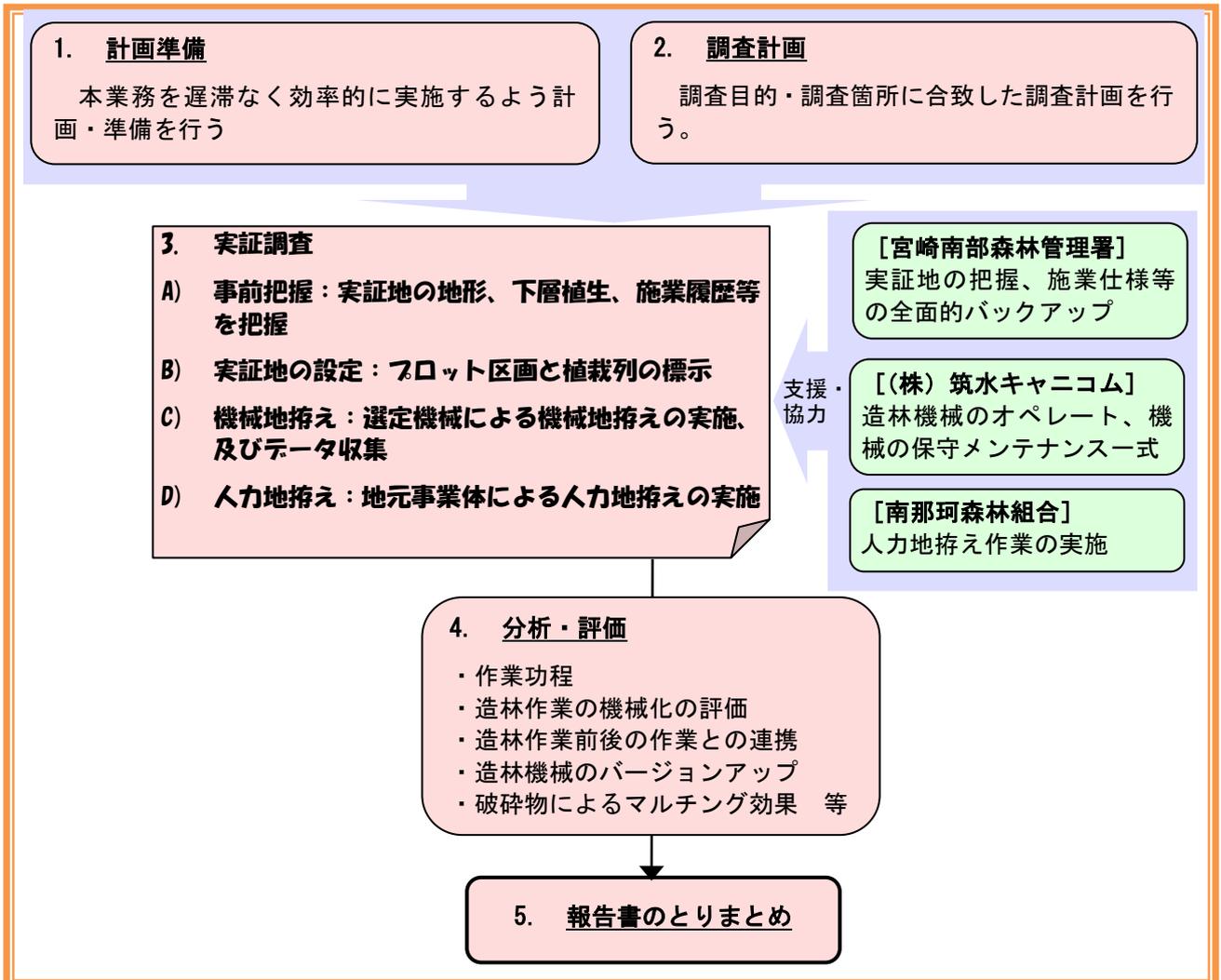


図 1.2 事業の実施フロー

## 2 業務実施の背景

### 2.1 諸要因による再造林の未実施

#### 1) 林業経営における採算性の問題

日本の森林面積の約4割を占める人工林では、一般的な主伐時期である50年生を超える人工林面積が10年前の約2.4倍に増加し（図2.1）、各地の森林で主伐の実施可能面積が増えてきている。

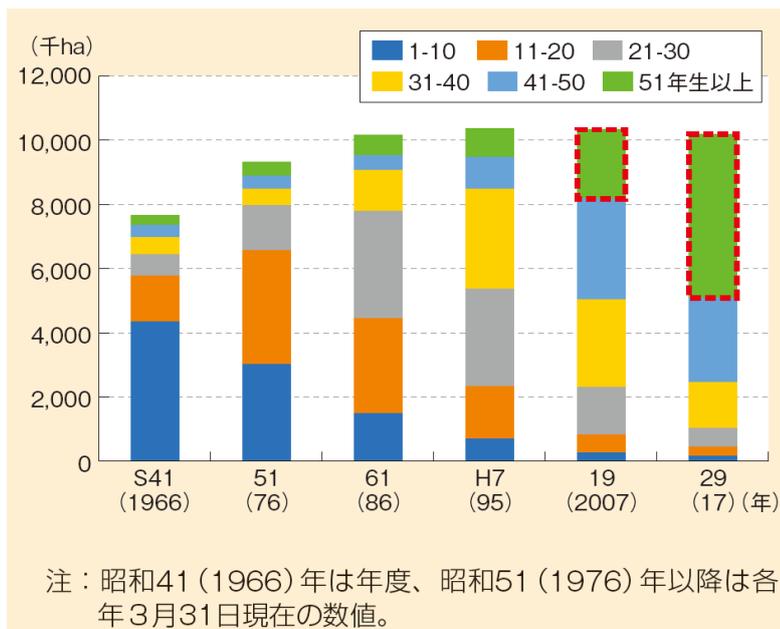
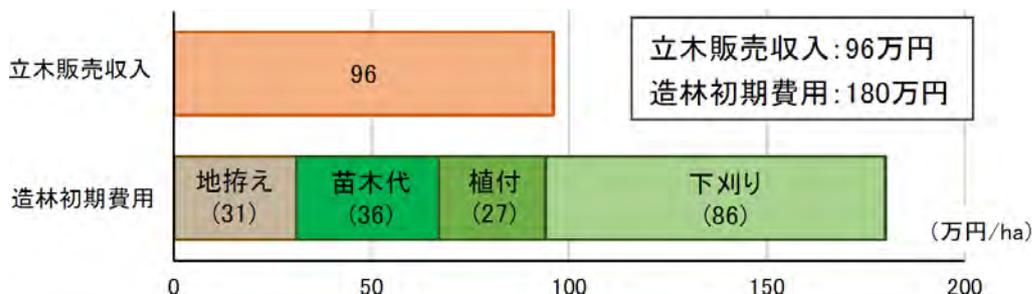


図 2.1 人工林の樹齢別面積の推移（出典：令和2年度 森林・林業白書）

しかし、主伐後にセットで実施されるべき再造林については、主伐面積の3～4割程度しか実施されていないのが実態であり、立木販売による収入に対して再造林に掛かる費用がその2倍近く必要となることなどにより、森林所有者等が積極的な森林経営が行なえていないことが主要因である（図2.2）。



※「立木販売収入」は、スギ山元立木価格にスギ10歳級の平均在席315 m<sup>3</sup>/haを乗じて算出。

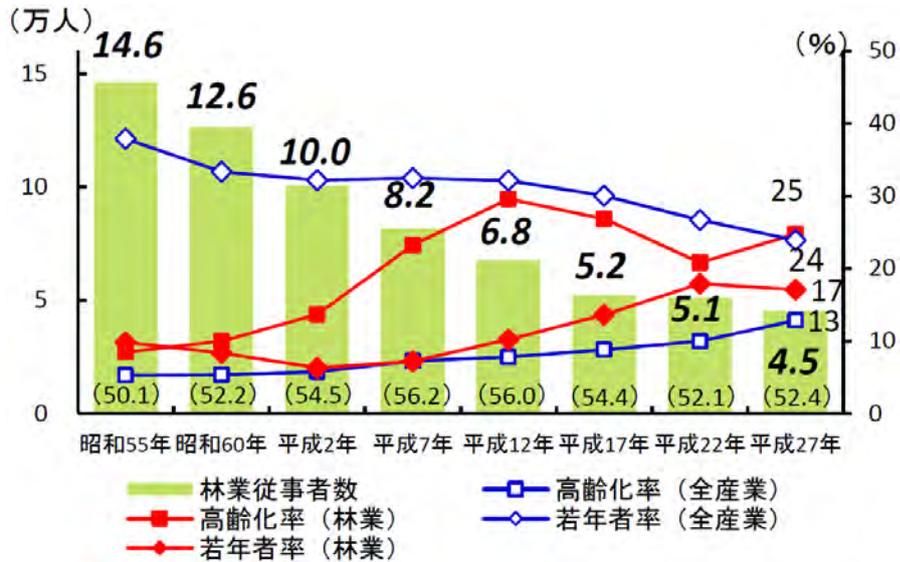
※「造林初期費用」は、令和元年標準単価より作成。諸条件は、スギ3,000本/ha植栽、下刈り5回、除伐2回、保育間伐1回、搬出間伐(50～60 m<sup>3</sup>/ha)1回とした。

図 2.2 立木販売収入と造林初期費用の比較（イメージ）（出典：林野庁業務資料）

## 2) 従事者不足

図 2.3 のとおり、林業従事者数は長期的にみると減少傾向で推移しており、国勢調査（総務省）によると、平成 27 年は約 4 万 5 千人の方が林業に従事していた。内訳は、伐木・造材・集材従事者が約 2 万 1 千人、育林従事者が 1 万 9 千人、その他林業従事者が 5 千人となっていたが、近年、伐木・造材・集材従事者が約 2 万人で推移している一方、育林事業者は 4 万 2 千人から 1 万 9 千人に半減した。

以上から、今後の増加する再造林に対応する労働力が確保できないおそれが指摘されている。



- ※1 出展：総務省「国勢調査」
- ※2 高齢化率とは、総数に占める 65 歳以上の割合
- ※3 若年者率とは、総数に占める 35 歳未満の割合
- ※4 ( ) 内は、林業従事者の平均年齢（平成 7 年以前は林野庁試算）

図 2.3 林業従事者数と高齢化率などの推移

## 3) 高い労働負荷

造林作業の機械化は遅れており、緩傾斜地や林道付近等の限られた林地において、グラブ（一部ではヘッドにレーキを装着した作業事例もある）による機械地拵えが行なわれているもの（写真 2.1）、全体的には人力による作業が主流である（写真 2.2）。人力による地拵え作業では、下層植生の処理には刈払機やチェーンソーが使用されるが、処理木や林地残材の移動には人力で行うしかないのが現状で、足場が悪いところで重量物を取り扱うことは高い労働負荷となっている。

また、前掲図 2.3 によれば、林業の若年者率が平成 2 年以降増加傾向で推移しているものの、全産業の高齢化率が 13% であるのに対し林業の高齢化率は 25% と、2 倍近くの状況となっていることから、労働負荷がさらに高まる上に労働災害の発生率上昇の懸念もある。

したがって、一部に若年者の林業参入の動きが見られるが、依然として高齢作業も多く、急傾斜地や下層植生が繁茂した林地での造林作業は厳しく危険を伴うものである。造林作業の負担軽減を目的としたアシストスーツや無人機械の開発も進んでいるが、実用化にはまだ時間を要する状況である。



写真 2.1 北海道千歳市内の国有林におけるグラップルレーキによる機械地拵え  
(出典：平成 27 年度低コスト造林技術実証・導入促進事業報告書)



宮崎県日南市小松山国有林 55 畝林小班



広島県福山市久賀山国有林 778 へ 1 林小班

写真 2.2 急傾斜地における人力地拵え作業

## 2.2 造林作業の機械化の必要性

2.1 で列挙した諸要因などが、主伐後の再造林が実施されない懸念材料と考えられる。そのような状況の中で、機械による造林作業は、作業の効率化だけでなく軽労化や作業者の安全確保の観点からも従来の人力作業よりも期待が高く、再造林を着実に実施していくためにも、造林作業における機械化は重要な課題と考えられる。

そこで、本事業では素材生産が盛んな宮崎南部森林管理署管内の小松山国有林（宮崎県日南市）において、乗車型造林機械による造林作業工程や必要経費などを明らかにし、造林作業の機械化に資するデータを収集することとした。

### 3 実証試験のデザイン

本実証試験では、緩傾斜地における造林機械による地拵え作業と隣接地における人力地拵え作業との工期比較及び費用比較を行うこととした。また、様々な角度から造林機械の有効性を検証し、機械作業の効果が発揮される条件・環境の整理を目指した。

#### 3.1 調査地の区分

実証調査を行う調査地は、前述の通り、宮崎県日南市の小松山国有林内の宮崎南部森林管理署55林班れ小班の一部とした（写真3.1）。

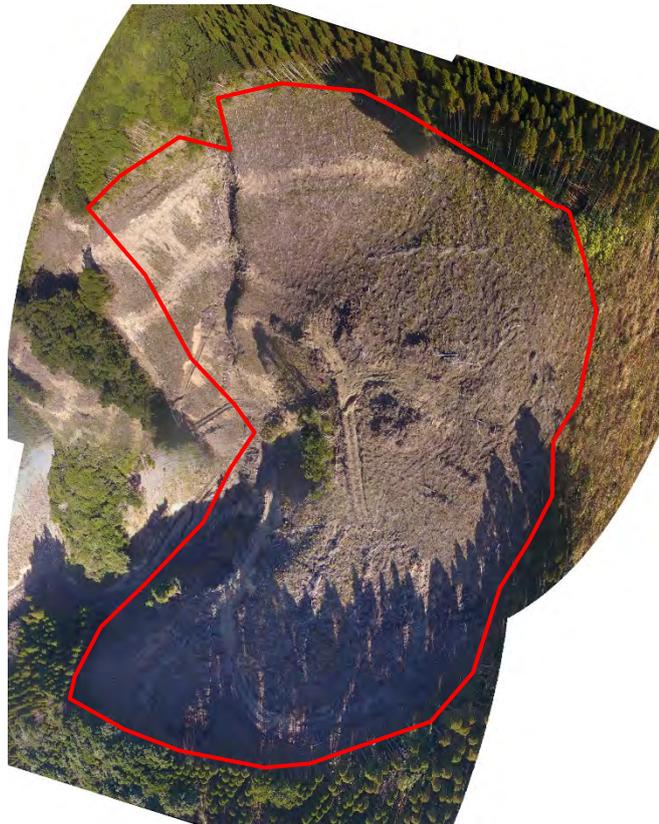


写真 3.1 実証地の空撮写真（地拵え作業前）※ドローン空撮写真数枚を合成

当初計画では、使用する機械は急傾斜地では使用できないことを考慮し、調査地を緩傾斜地区⑧、⑨、中傾斜地区④、⑤、そして機械作業ができないため人力作業を行う急傾斜地区⑩に大別することを想定していたが、実証調査前に行った関係者（委託者、受託者、地元署、機械作業予定者、人力作業予定者）による現地打合せや、実証調査中における関係者間の合意等により、最終的に表3.1の7区分とし位置関係は図3.1のとおりとした。また、各区分における地拵えと植栽に関する考え方は、図3.2に示した。

本実証事業における地拵えでは、植栽列を確保するため地表に散在する伐採時の残材等の整理や下層植生の刈払いだけでなく、実施造林機械の走路確保や、将来的な下刈りを機械で実

施することも想定し、目的に合った伐根処理を各調査区で行った。

表 3.1 調査地区分の内容

| 区分       | 地拵え（本実証事業）                                                                                                                    | 植付方法<br>(2,000本/ha)          | 将来的な<br>下刈方法                                                                                               | 備考                        |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| A<br>等高線 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・機械地拵え</li> <li>・等高線に沿って機械で処理し、植列の障害とならない伐根は存置</li> <li>・機械作業が未実施の箇所は人力で補完</li> </ul>  | 林地傾斜に対し横方向に列間2.5m、苗間2.0mで植栽  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・機械(小型遠隔操作草刈機)による列間のみの筋刈</li> </ul>                                 |                           |
| A<br>傾斜  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・機械地拵え</li> <li>・傾斜方向に沿って機械で処理し、植列の障害とならない伐根は存置</li> <li>・機械作業が未実施の箇所は人力で補完</li> </ul> | 林地傾斜に対し縦方向に列間2.5m、苗間2.0mで植栽  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・下草の繁茂状況により2年目以降の実施を検討</li> </ul>                                   | 急傾斜等により機械作業の未実施エリアが発生     |
| B<br>全刈り | <ul style="list-style-type: none"> <li>・機械地拵え</li> <li>・全ての伐根・林地残材等を破砕</li> </ul>                                             | 林地傾斜に対し縦方向に列間2.5m、苗間2.0mで植栽  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・機械(小型遠隔操作草刈機)により列間と苗間を縦横に全刈り</li> </ul>                            |                           |
| B<br>伐根残 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・機械地拵え</li> <li>・全ての伐根は存置し伐根の間のみ整備</li> <li>・機械の通行上障害となる伐根のみ破砕</li> </ul>              | 林地傾斜に対し縦方向に列間2.5m、苗間2.0mで植栽  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・下草の繁茂状況により2年目以降の実施を検討</li> </ul>                                   |                           |
| C        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・機械地拵え</li> <li>・等高線に沿って機械で処理し、植列の障害とならない伐根は存置</li> <li>・機械作業が未実施の箇所は人力で補完</li> </ul>  | 林地傾斜に対し横方向に列間2.5m、苗間2.0mで植栽  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・機械(小型遠隔操作草刈機)による列間のみの筋刈</li> <li>・下草の繁茂状況により2年目以降の実施を検討</li> </ul> | 今後のスタンダードとしたい手法           |
| D        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・機械地拵え</li> <li>・傾斜方向に沿って機械で処理し、植列の障害とならない伐根は存置</li> <li>・機械作業が未実施の箇所は人力で補完</li> </ul> | 林地傾斜に対し縦方向に列間3.0m、苗間1.67mで植栽 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・機械(小型遠隔操作草刈機)による列間のみの筋刈</li> <li>・下草の繁茂状況により2年目以降の実施を検討</li> </ul> | 急傾斜等により機械作業の未実施エリアが発生     |
| E        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・人力地拵え</li> <li>・刈払機による下草の伐採と、残材等の細分化及び植列方向への整理</li> </ul>                             | 林地傾斜に対し縦方向に列間2.5m、苗間2.0mで植栽  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・人力による刈払機での筋刈</li> </ul>                                            | 埋戻しの作業道や谷沿いの岩石地を含み全域が急傾斜地 |

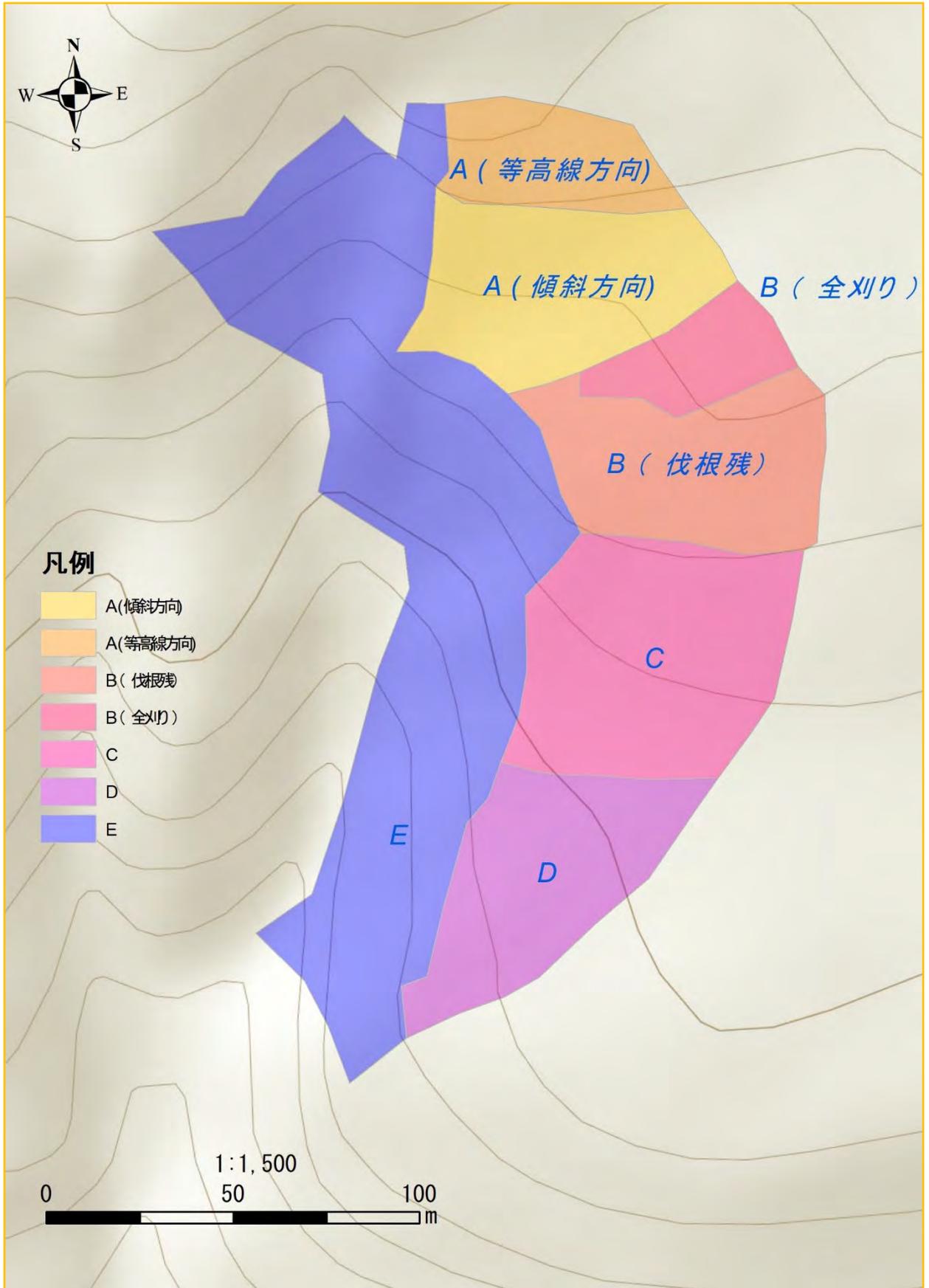
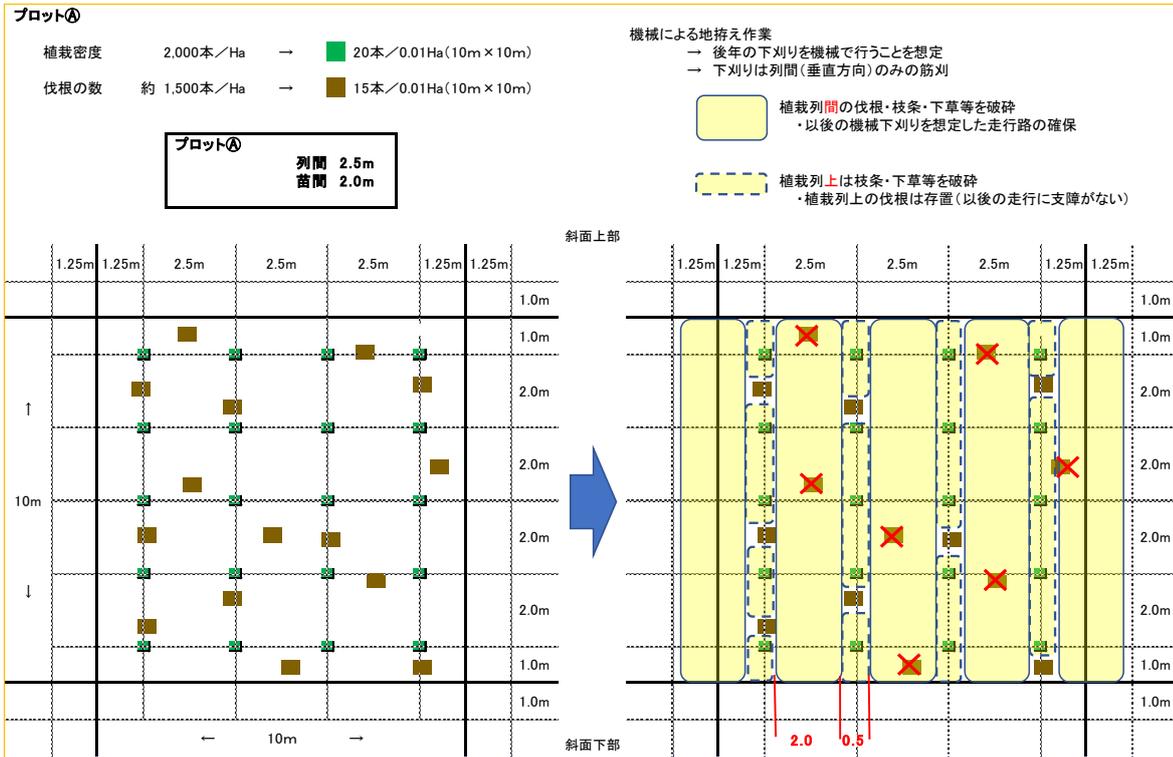


図 3.1 調査地区分 (区分は GNSS 機器の現地データに基づく)



※実際には、現地の伐根の配列状況や植栽列等を考慮し、斜面上方を等高線に沿って水平方向に機械地拵えを行う調査区 (A 等高線区) とした。処理作業の考え方などはプロットCと同様とし、破碎幅の斜面下側に植栽列を想定した。なお、斜面下方は上記のプロット④の考え方とおりとした。

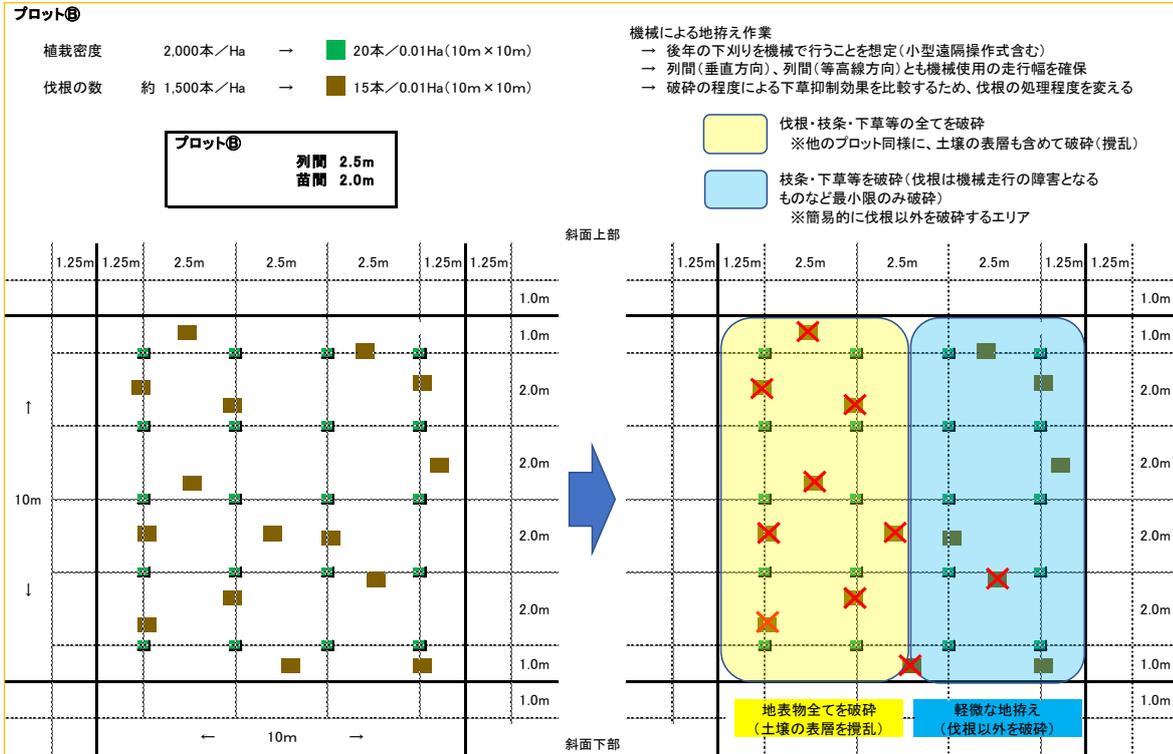


図 3.2 伐根と植列に注目した処理方法の模式図 (上段：プロットA、下段：プロットB)

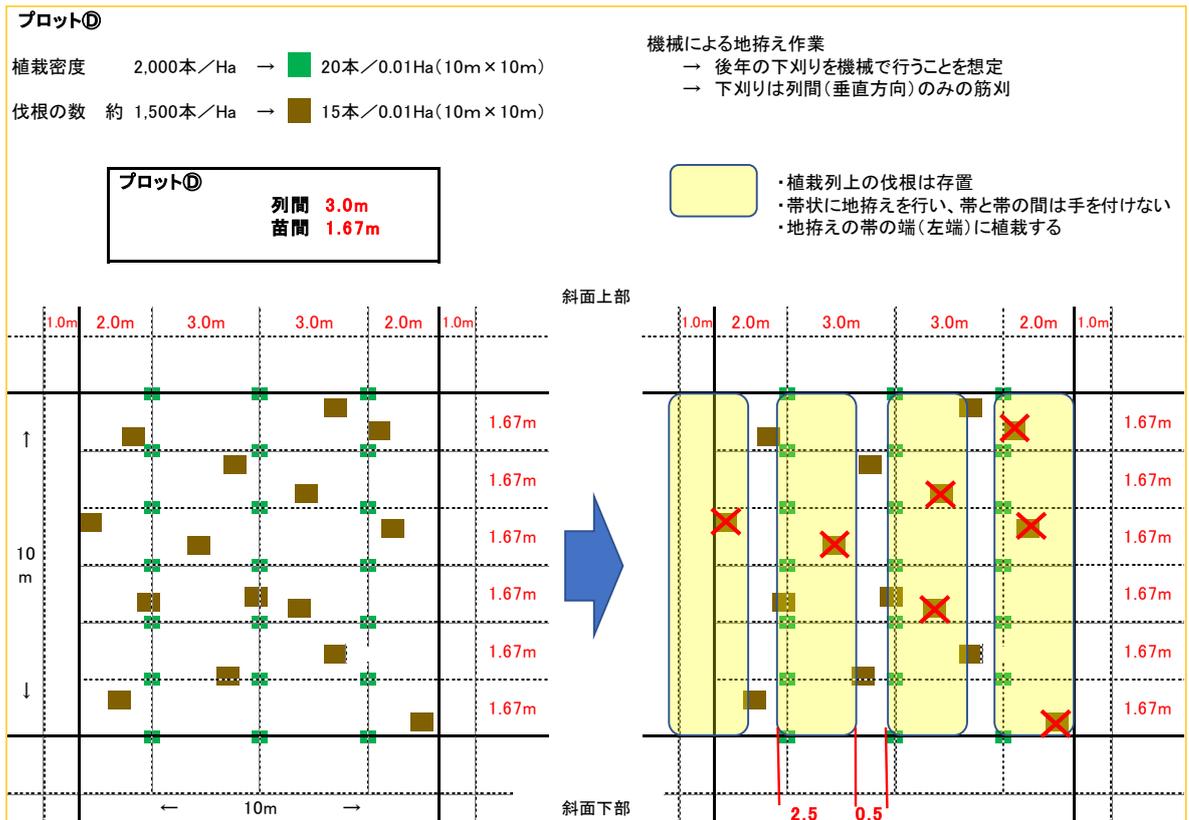
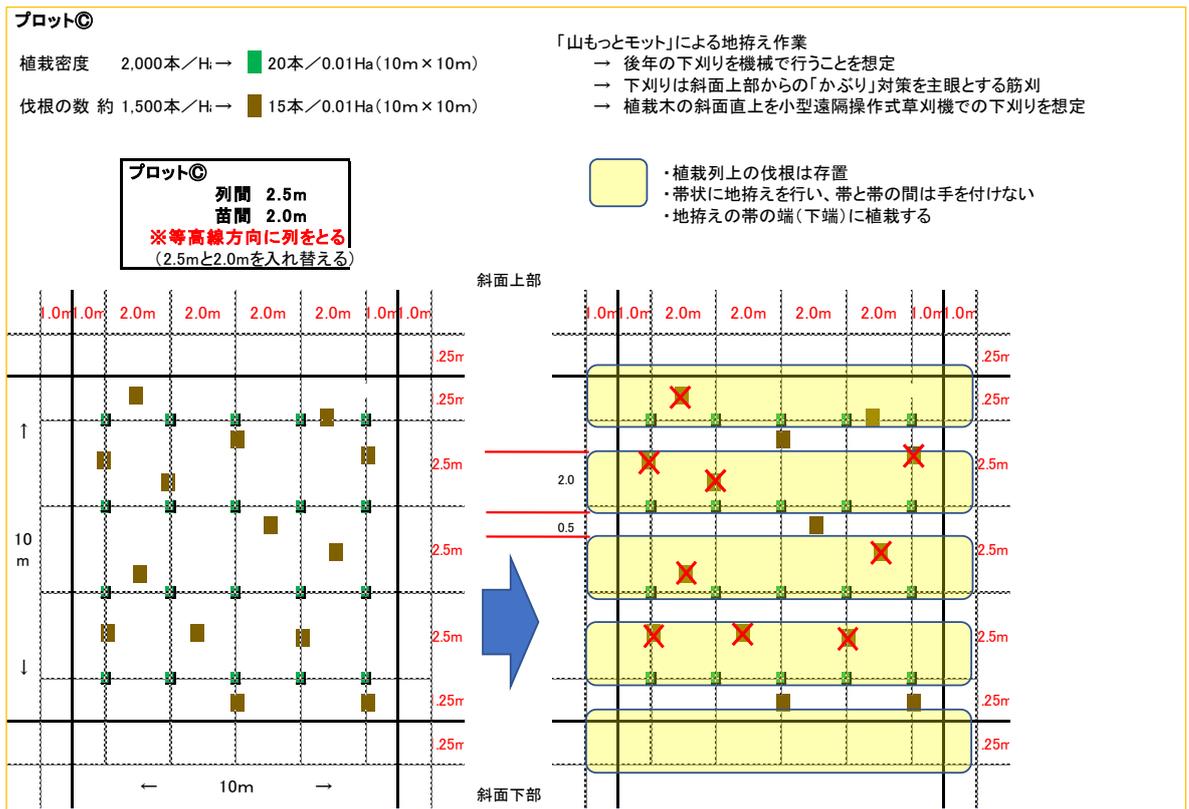


図 3.2 伐根と植列に注目した処理方法の模式図 (上段：プロットC、下段：プロットD)

### 3.2 使用機械

近年、造林作業（主に地拵え作業）を担う機械は、国内外を問わず多様な機種が開発されており、エクスカベータのヘッド装着型、トラクターアタッチメント、立位乗用型などがある（写真 3.2）。本事業の仕様書において、使用する機械に求められる機能・特徴を勘案し、キャニコム社製「山もつとモット（型式 CG510）」を実証用の機械とした。なお、表 3.2 には本事業の仕様書で造林機械に求められる機能・特徴と山もつとモットの対応を示した。また、山もつとモットの諸元を図 3.3 に示した。



エクスカベータのヘッド装着型  
（IWA FUJI 社 HP より）



トラクターアタッチメント（平成 23 年度作業システム導入支援事業報告書より）



立位乗用型「山もつとモット」（伐根破碎用アタッチメント装着型）（キャニコム社 HP より）

写真 3.2 造林作業（地拵え作業）を担う林業機械

表 3.2 本実証調査で求められる機能・特徴と選定機械の対応状況

| 求められる機能・特徴     | 山もつとモットの性能                          | 備考                      |
|----------------|-------------------------------------|-------------------------|
| 伐根や枝条の破碎       | 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）の装着で可能 | ベースマシンに該当アタッチメントの取付けが必要 |
| 伐根や枝条の集積       | 残材集材アタッチメントの装着で可能                   |                         |
| 草等の刈払い         | 下刈りアタッチメントの装着で可能                    |                         |
| 乗用型            | 機械後部に立位で乗車                          |                         |
| 最大傾斜 35° 程度で使用 | 機械の登坂傾斜は 35°、運転席の横方向の最大傾斜は 30° まで可能 |                         |



**型式/ CG510 KZCY T ¥14,000,000**

ベースマシン **山もつとモット** + 伐根粉砕用アタッチメント **オーロラトランプ・シェーバー**



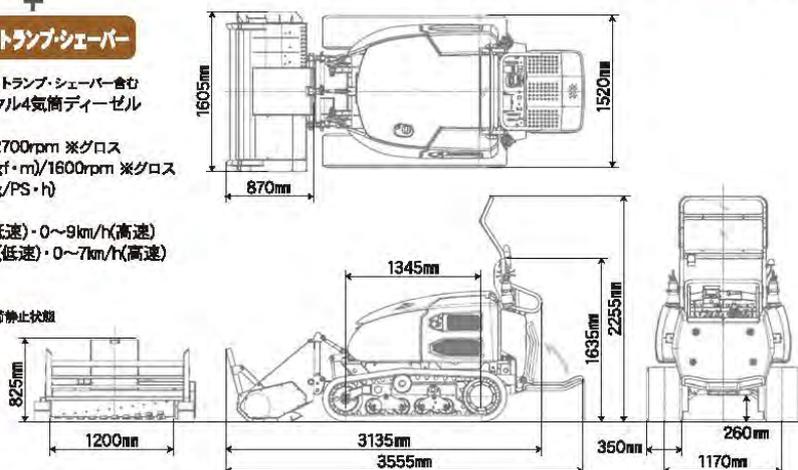
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CG510 KZCY T</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <div style="background-color: #e91e63; color: white; padding: 2px; border-radius: 5px; text-align: center;">山もつとモット</div> <div style="text-align: center;">+</div> <div style="background-color: #e91e63; color: white; padding: 2px; border-radius: 5px; text-align: center;">オーロラトランプ・シェーバー</div> |  |
| <b>機械質量</b> 2445kg ※オーロラ・トランプ・シェーバー含む<br><b>燃料/形式</b> 軽油/水冷4サイクル4気筒ディーゼル<br><b>総排気量</b> 2434cc<br><b>定格出力</b> 37.4kW(50.9PS)/2700rpm ※グロス<br><b>最大トルク</b> 159.8N・m(16.3kgf・m)/1600rpm ※グロス<br><b>燃料消費率</b> 246g/kW・h(183g/PS・h)<br><b>燃料タンク容量</b> 60L<br><b>走行速度</b> 前進: 0~6km/h(低速)・0~9km/h(高速)<br>後進: 0~4.5km/h(低速)・0~7km/h(高速)<br><b>最小回転半径</b> 2m<br><b>登坂能力</b> 35°<br><b>最大安定傾斜角度</b> 左右 各40° ※無負荷静止状態 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |
| <div style="background-color: #e91e63; color: white; padding: 2px; border-radius: 5px; display: inline-block;">オーロラトランプ・シェーバー</div> <p><b>型式/ TS1200 ¥4,000,000</b></p> <p><b>機械質量</b> 595kg 刈高 0~370mm<br/> <b>刈幅</b> 1200mm 刈刃枚数 40枚</p>                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |

図 3.3 山もつとモットの諸元 (出典: キヤニコム社カタログ)

### 3.3 検証項目

本事業の検証項目は、機械による地拵え作業と人力による地拵え作業のそれぞれの実施状況を正確に把握した上で、工期や必要経費などを明らかにすることとした。さらに、実際の機械稼働時に散見されたトラブルや安全性に関する所見なども加えて、作業成果を取りまとめることとする。

また、機械による地拵え作業においては、伐根や林地残材等の破砕物による下草生育抑制効果（マルチング効果）の有無についても把握することとした。

具体的な検証項目は、表 3.3 に示した。

表 3.3 地拵え作業の検証項目

| 項目               | 調査項目                                         | 説明                                                                                           |
|------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 地拵えの<br>工期把握  | A) 作業種ごとの作業時間<br>B) 作業種ごとの必要経費<br>C) 作業の状況把握 | A) 作業種ごとに時間を計測<br>B) 機械経費、消費燃料、人件費等から作業コストを把握<br>C) 傾斜地の機械移動、地表物・伐根の処理等の状況を、効率性、安全性の観点などから評価 |
| 2. 地拵え後<br>の状況把握 | A) 破砕物の堆積厚<br>B) 植付け作業や下刈り作業への影響<br>把握       | A) マルチング効果の把握のため破砕物の厚さを計測<br>B) 地拵え後の各作業の実施を念頭に、効率性・安全性などから評価                                |

## 4 実証地の状況

実証試験を行った小松山国有林 55 林班れ小班（宮崎県日南市）の自然環境や、今まで行われてきた施業の履歴等を整理し、実証地の特徴や背景を整理する。

### 4.1 自然環境

#### 1) 地形・地況

対象となる国有林がある宮崎県日南市の位置を、図 4.1 に示した。日南市は、宮崎県の最南部地域に位置しており、県庁所在地の宮崎市からほぼ南に約 35km の距離に位置する。市の広ぼうは、北端が北緯 36 度 47 分、南端が北緯 31 度 29 分、東端が東経 131 度 28 分、西端が東経 131 度 9 分で、南北 32km、東西 29km、面積が 53,611ha となっている（2020 年農林業センサス）。市の東側は日向灘に面しているが、北側は宮崎市、西側は三股町、都城市、南側は串間市にそれぞれ接している。

調査地である小松山国有林は、日南市の市街地の北西に位置し、二級河川広渡川水系の酒谷川の支流である大平川の集水域となる。標高は約 450～600m に位置している。調査地は、黒山（標高 691m）を背にした南向きの斜面となっているが、調査地西側の沢に向かって急傾斜地のある地形となっている（図 4.2）。



図 4.1 宮崎県日南市の位置（背景は国土地理院地図）



図 4.2 調査地の位置（背景は国土地理院地図）

国土地理院が公開しているオープンデータ「基盤地図情報<sup>1</sup>」を活用し、実証地の傾斜区分図を図 4.3 に示した。これは、対象エリアを5m×5mのメッシュ（小区画）で区切り、各メッシュ内の平均標高を基に斜度を演算したもので、図の中の方形一つは概ね5m×5mのサイズである。

5m×5mのメッシュのプロット別斜度別の割合を示したのが図 4.4 である。実証地全体の平均斜度は21.5°で、傾斜の緩い順にB全刈り（5.0°）<B伐根残（12.4°）<D（13.1°）<A傾斜（16.2°）<C（17.0°）<A等高線（21.3°）<E（31.8°）となっていた。プロットB全刈りの平均斜度が5°とほぼ平坦であるのに対し、プロットEは斜度が30°以上のメッシュを全て占めるといった急傾斜地となっていた。また、プロットA傾斜やプロットDの平均斜度が15°程度となっているが、部分的に地拵え機械の作業が不可能な傾斜があったため、平均斜度の値は微地形を詳細に表現していないことに留意する必要がある。

<sup>1</sup> 基盤地図情報サイト <https://www.gsi.go.jp/kiban/>

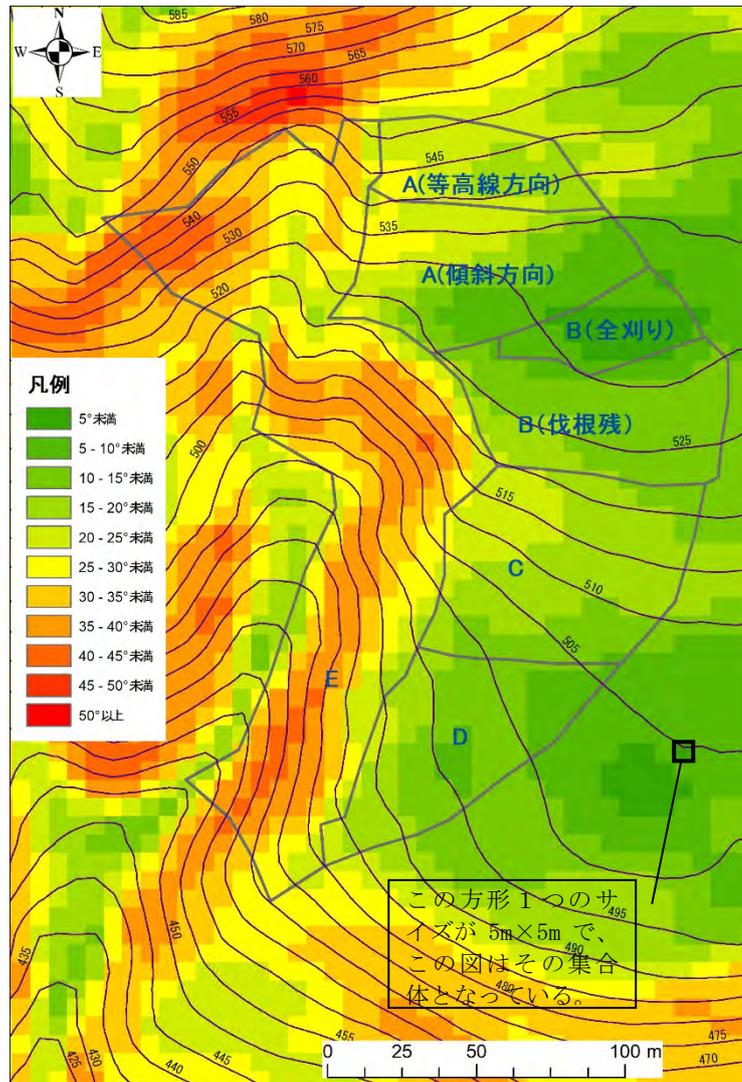


図 4.3 実証地の傾斜区分図

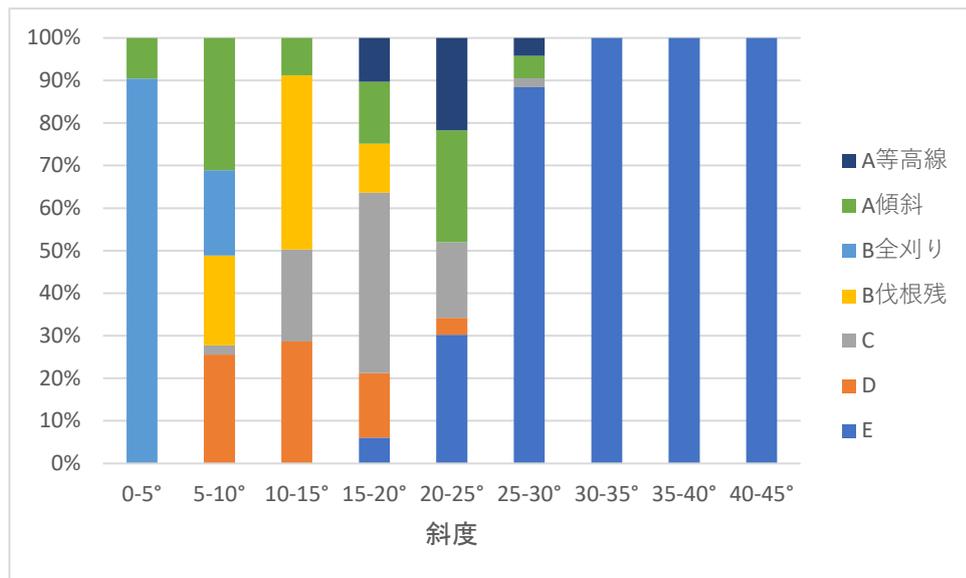


図 4.4 実証地のプロット別傾斜割合 (5m×5mメッシュ)

## 2) 地質・土壌

実証地周辺の地質と土壌は、実証地付近の土地分類基本調査<sup>2</sup>の結果を参照することで調査した。なお、実証地付近の地質・土壌は、図郭名「日向青島」と「飢肥」の両者を活用し調査した。

宮崎県のほぼ全域には、四万十帯と呼ばれる堆積岩類・花崗岩類・火山岩類等の様々な地層が分布している。実証地周辺は、更新世（約1万年前から約258万年前）から前期中新世（概ねトルトーナ期（725万年～1,163万年前））頃の砂岩が基岩となっており、周辺には乱雑層も分布している。

実証地周辺の土壌については、全域に黒ボク土壌が分布しており、その周辺には褐色森林土壌なども分布している。黒ボク土壌は、主として母材が火山灰由来で、保水性や透水性が良く、土の硬さが低いため、他の土壌に比べて物理性が高い（土工が容易）。化学性については、活性アルミニウムを多量に含むことから、土壌の有機物含量が高くなるものの、植物養分として重要なリン酸の吸着力も高い傾向にあることが知られている。

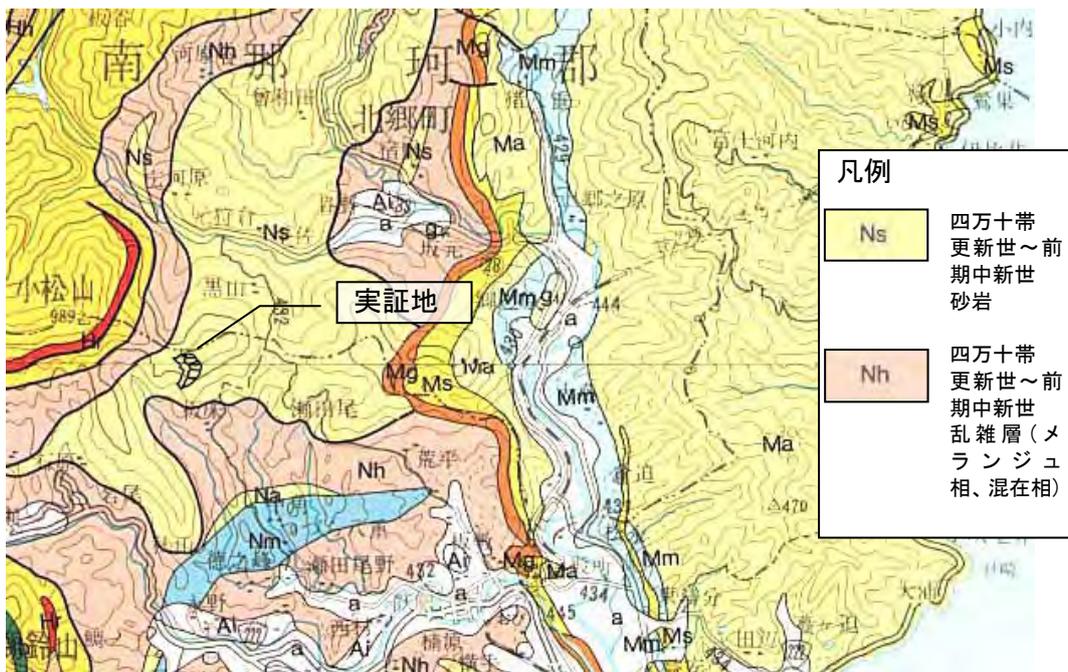


図 4.5 実証地付近の地質図（出典：5万分の1都道府県土地分類基本調査）

<sup>2</sup> 土地分類基本調査：

<https://nlftp.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/index.html>

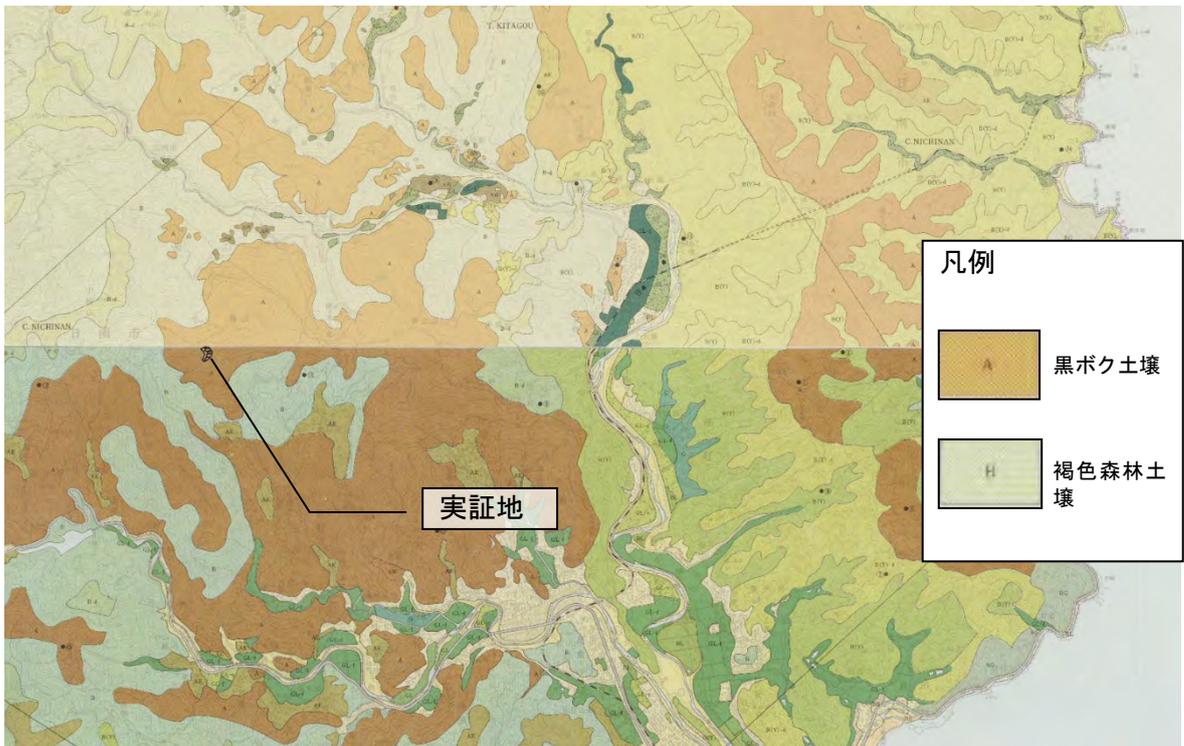


図 4.6 実証地付近の土壌図（出典：5万分の1都道府県土地分類基本調査）

### 3) 気象条件

日南市の気象は、温暖かつ日照の多い気候条件である。平野部では一年の日照時間が平均2,200時間以上と多く、南海型気候区に属する高知県、紀伊半島南部等と共に日本で最も日照に恵まれた地域の一つであり、温暖な地帯に属している。特に冬季の日照時間は大変長く、冬型の気圧配置で山沿いが曇天の場合でも、平野部が晴天というケースが多くみられる。

一方、鰐塚山系を含む本地域は年平均降水量が2,500mmと、四国の太平洋岸、紀伊半島の東部と共に日本の最多雨地帯となっている。

日南市の気象の傾向把握は、市内の海岸線にある油津及び内陸盆地の都城市の気象データを用いた（観測所の諸元は表4.1を参照）。

表 4.1 観測所諸元

| 観測所名 | 区分        | 観測所番号 | 座標値（世界測地系）                | 標高(m) | 実証地からの直線距離(km) |
|------|-----------|-------|---------------------------|-------|----------------|
| 油津   | 気象台・測候所など | 87492 | N31° 34.7'<br>E131° 24.4' | 2.9   | 14.6           |
| 都城   | 気象台・測候所など | 87426 | N31° 43.8'<br>E131° 4.9'  | 153.8 | 21.2           |

※都城より近い観測所として「田野」が約19kmの位置にあるが、観測開始が2017年2月からのため除外した

以下の気象項目データは、2012～2021年の10年間で集計した。データの内訳は、表4.2に示した。

### (1) 気温

年平均気温は、海岸縁の油津で18.4℃、内陸盆地の都城市で16.9℃（以下同順）であり、月平均気温の最高値は共に8月に27.9℃（油津）、26.7℃（都城）、最低値は1月に9.0℃（油津）、6.1℃（都城）で、内陸盆地の方が平均して3℃ほど低温となっている（図4.7参照）。油津と都城の気温変動の傾向に大きな差はなく、過去の最高気温は38.1℃（油津）、39.4℃（都城）、過去の最低気温は-2.8℃（油津）、-7.2℃（都城）で、極値の気温差は都城の方が大きい。

### (2) 降水量

年間降水量は、3,051mm（油津）、2,961mm（都城）で、ほぼ同じ程度である。月別にみると、降水量は6～9月が年間で多くなるが、油津では6月に降水量が増加し、都城では7月に増加する傾向が見られる（図4.7参照）。

### (3) 風速・風向

平均風速は3.3m/s（油津）、2.2m/s（都城）と、海岸縁の油津が年間を通して3m/s以上となる月が多い。都城では年間で2m/s前後であるが、特に冬期間は2m/sを切り、風が弱い傾向が見られる。

風向については、油津は11月から4月にかけては西向きの風が多いが、5月から10月までは南向きに変化する。都城は11月から2月にかけては南向きの風が多いが、その後は東向きの風に変化する。

### (4) 日照時間

年間の日照時間は1,934時間（油津）、1,931時間（都城）と、ほぼ同数である。また月平均日照時間は両地点とも161時間であったが、都城が毎月110時間以上の日照があるのに対し、油津は6月に100時間を切った後、8月には200時間に達しそうな勢いで日照時間が増える特徴がある（図4.8参照）。

表 4.2 油津（日南市）と都城の気象概況

| 要素  | アメダス：油津（標高 2.9m）        |       |      |      |         |          |                  |
|-----|-------------------------|-------|------|------|---------|----------|------------------|
|     | 降水量<br>(mm)             | 気温（℃） |      |      | 風速（m/s） |          | 日照<br>時間<br>(時間) |
|     |                         | 平均    | 最高   | 最低   | 平均      | 最多<br>風向 |                  |
| 1月  | 77.4                    | 9.0   | 21.0 | -2.5 | 3.7     | 西        | 174.4            |
| 2月  | 154.8                   | 10.1  | 24.0 | -2.8 | 3.6     | 西北西      | 146.0            |
| 3月  | 187.7                   | 13.4  | 25.6 | 0.0  | 3.6     | 西        | 167.8            |
| 4月  | 241.0                   | 17.1  | 28.4 | 3.9  | 3.6     | 西南西      | 168.8            |
| 5月  | 258.3                   | 20.6  | 31.0 | 8.8  | 3.2     | 南南西      | 170.1            |
| 6月  | 654.8                   | 23.1  | 33.1 | 14.4 | 2.8     | 南南西      | 97.6             |
| 7月  | 414.4                   | 26.9  | 37.3 | 18.9 | 3.0     | 南西       | 176.2            |
| 8月  | 238.4                   | 27.9  | 38.1 | 20.5 | 3.2     | 南南東      | 199.1            |
| 9月  | 359.5                   | 25.2  | 33.7 | 16.2 | 3.0     | 東南東      | 145.5            |
| 10月 | 241.1                   | 21.2  | 32.5 | 9.6  | 3.3     | 南南東      | 167.6            |
| 11月 | 127.3                   | 15.8  | 27.3 | 2.6  | 3.2     | 西北西      | 157.0            |
| 12月 | 96.4                    | 10.7  | 23.9 | -1.6 | 3.6     | 西        | 163.6            |
| 年   | 3050.9                  | 18.4  | 38.1 | -2.8 | 3.3     | 南西       | 1933.6           |
| 要素  | 気象台・測候所など：都城（標高 153.8m） |       |      |      |         |          |                  |
|     | 降水量<br>(mm)             | 気温（℃） |      |      | 風速（m/s） |          | 日照<br>時間<br>(時間) |
|     |                         | 平均    | 最高   | 最低   | 平均      | 最多<br>風向 |                  |
| 1月  | 73.5                    | 6.1   | 20.8 | -7.2 | 1.7     | 南西       | 168.3            |
| 2月  | 82.0                    | 6.8   | 23.4 | -5.9 | 1.8     | 南南西      | 168.6            |
| 3月  | 145.5                   | 9.3   | 26.5 | -6.9 | 1.9     | 西北西      | 164.1            |
| 4月  | 154.4                   | 13.1  | 28.8 | -1.9 | 2.1     | 南南東      | 170.5            |
| 5月  | 202.3                   | 17.1  | 32.5 | 1.8  | 2.2     | 東南東      | 181.0            |
| 6月  | 364.2                   | 20.9  | 34.0 | 5.9  | 2.1     | 南東       | 149.1            |
| 7月  | 605.1                   | 23.9  | 36.0 | 14.5 | 2.2     | 南南東      | 115.3            |
| 8月  | 470.5                   | 26.7  | 36.9 | 17.3 | 2.2     | 東南東      | 161.4            |
| 9月  | 387.9                   | 26.5  | 39.4 | 15.6 | 2.2     | 東南東      | 165.0            |
| 10月 | 264.4                   | 22.9  | 34.5 | 7.3  | 2.2     | 南東       | 149.7            |
| 11月 | 119.8                   | 17.8  | 32.6 | 0.7  | 2.0     | 南南東      | 180.6            |
| 12月 | 92.1                    | 12.0  | 26.8 | -3.8 | 1.6     | 南南西      | 156.9            |
| 年   | 2961.4                  | 16.9  | 39.4 | -7.2 | 2.0     | 南南東      | 1930.5           |

統計期間：2012～2021年

出典：国土交通省 気象庁 過去の気象データ検索（宮崎県 油津・都城）

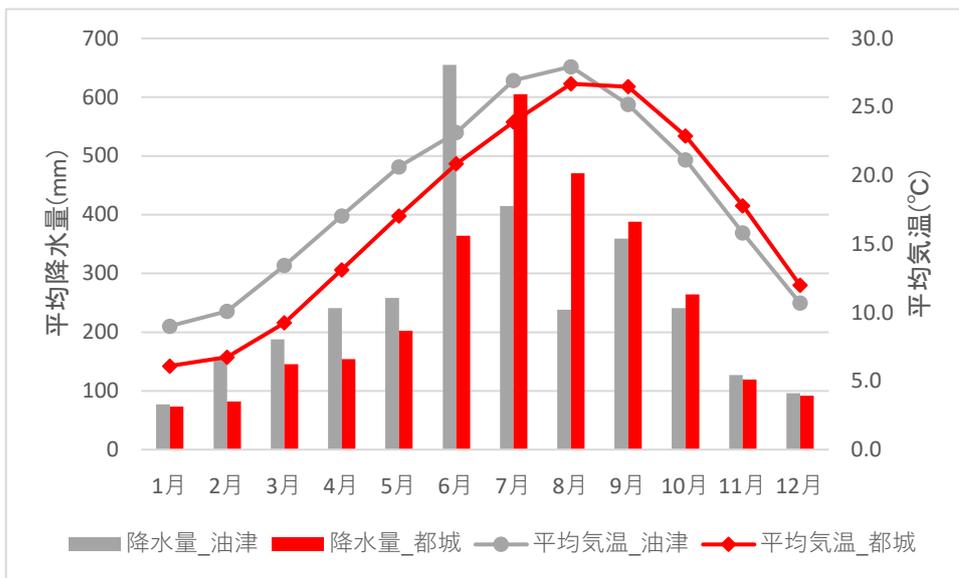


図 4.7 油津（日南市）と都城の月別平均降水量と平均気温

出典：国土交通省 気象庁 過去の気象データ検索（宮崎県 油津、都城）

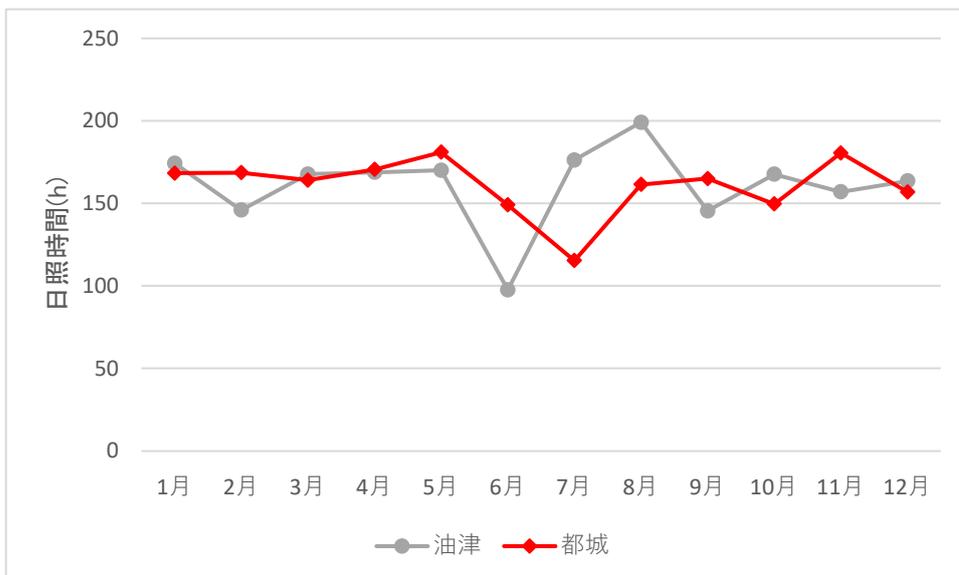


図 4.8 油津（日南市）と都城の月別日照時間

出典：国土交通省 気象庁 過去の気象データ検索（宮崎県 油津、都城）

#### 4) 主な植生等

日南市中央部に位置する実証地は、近傍に小松山（標高 989m）や黒山（標高 691m）があり、スギが植えられていた国有林である（令和3（2021）年6月に伐採）（図 4.1 参照）。周辺の植生図では、本来は常緑広葉樹としてイスノキウラジロガシ群集が優占する森林が広がっていたとされる<sup>3</sup>。

地拵え作業前の12月の実証地では、前生樹の伐根から萌芽した稚幼樹や、風散布種子・埋土種子からの植物が生育し始めていた（写真 4.1）。現地でも下層植生として確認した主な植物種は、木本がカラスザンショウ、アカメガシワ、シロダモ、ソヨゴ、イヌマキ、ヤブニッケイ、アオキ、ムラサキシキブ、サカキの9種であった。草本種は、ススキ等のイネ科植物やキク科植物など数種が生育していた。

伐採時の立木密度が1,500本/ha程度と相対的に高密度であったため、林内で生育していた下層植生が元々少なかったと推察されることや、伐採時から数ヶ月しか経過していなかったことが、下層植生が少なかった要因と考えられる（写真 4.2）。



カラスザンショウ（先駆樹種）



アカメガシワ（先駆樹種）



ソヨゴ（萌芽）



イヌマキ（萌芽）

写真 4.1 伐採後に生育・侵入してきた主な植生

<sup>3</sup> 環境省生物多様性センター：第6・7回自然環境保全基礎調査植生調査（1/25,000縮尺現存植生）。

[http://gis.biodic.go.jp/BiodicWebGIS/Questionnaires?kind=vg67&filename=vg67\\_45.zip](http://gis.biodic.go.jp/BiodicWebGIS/Questionnaires?kind=vg67&filename=vg67_45.zip)



プロットB全刈り区



プロットC

写真 4.2 下層植生の生育状況（令和3年12月7日）

実証地周辺における野生動物の生息状況として、ニホンジカの生息数は今のところ少なく、造林木へのニホンジカによる被害は寡少であるが、今後ニホンジカによる農林作物被害の発生が懸念されるところである。

一方、キュウシュウノウサギ（ニホンノウサギの亜種）の糞が実証地内に散在していたため（写真 4.3）、周辺には相当数の個体が生息していると推察され、造林木への被害状況は注視する必要がある。



（糞の表面状況及び周辺の地表堆積物の状況から比較的最近の糞と推察）

写真 4.3 実証地におけるキュウシュウノウサギの糞

## 4.2 対象林小班の施業履歴

実証地は、小松山国有林 55 林班れ小班の一部に設定された。小松山国有林 55 林班れ小班の施業履歴等の諸情報は、実証地の背景を把握する上で重要である。実証地を管轄する宮崎南部森林管理署への聞き取りや森林調査簿等の情報から、林小班の諸元を表 4.3 に、施業履歴を表 4.4 にそれぞれまとめた。

対象林小班では、昭和 44（1969）年に分収造林契約の下、3,000 本/ha の密度でスギが植栽された（一部にヒノキの混植あり）。植栽当時の様子は不明であるが、伐根の配置状況から列間 1.8m、苗間 1.8m の方形植えであったと思われる。

その後、昭和 56（1981）年、同 61（1986）年、平成 12（2000）年にそれぞれ切り捨て間伐が実施された。そして、令和 3（2021）年 6 月には主伐が実施され、その時の立木密度は約 1,500 本/ha、平均樹高は約 19m、平均胸高直径は約 28cm、林分蓄積は 700 m<sup>3</sup>/ha であった。

なお、主伐時の作業システムは、チェーンソー伐採→グラップル+ワイヤー集材→プロセスサ造材→フォワーダ運材であった。

表 4.3 小松山国有林 55 林班れ林小班の諸元

| 項目    | 内容       | 備考                                                          |
|-------|----------|-------------------------------------------------------------|
| 面積    | 5.76ha   | そのうち約 3 ha が実証地                                             |
| 林齢    | 51 年生    | 令和 3（2021）年時点                                               |
| 保安林指定 | 水源かん養保安林 |                                                             |
| 契約状況  | 分収造林契約   | 宮崎南部森林管理署（国）、日南市、今町・板敷・吉野方部落（以上、民）との 3 者契約<br>分収歩合は、国 3：民 7 |

表 4.4 対象林小班の施業履歴

| 実施年月           | 施業項目 | 内容     | 伐採率    | 想定密度<br>(本/ha)     | 備考                                                                                             |
|----------------|------|--------|--------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 昭和44年（1969年）3月 | 植付け  | （方形植え） |        | 3,000              | 3,000本/haで植付け。<br>（台帳上はスギ、現地では一部にヒノキが混在）<br>植え方は伐根の配置状況から推定（列間1.8m、苗間1.8m）。<br>実施者：今町・板敷・吉野方部落 |
| 昭和56年（1981年）4月 | 保育間伐 | 切り捨て   | 12%    | 2,640              |                                                                                                |
| 昭和61年（1986年）2月 | 保育間伐 | 切り捨て   | 10%    | 2,376              |                                                                                                |
| 平成12年（2000年）5月 | 保育間伐 | 切り捨て   | 15%    | 2,020              |                                                                                                |
| 令和3年（2021年）6月  | 主伐   | 皆伐     | （100%） | （主伐時推定）<br>（1,500） | 伐採時：平均H19m、平均DBH28cm、蓄積700m <sup>3</sup> /ha<br>実施者：（有）黒木木材                                    |

## 5 作業の実施状況

### 5.1 現地事前打合せの開催

実証地での作業実施前に、関係者間における計画内容の擦り合わせや微修正などを目的に現地事前打合せを行った。事前打合せの状況は表 5.1 及び写真 5.1 のとおりである。

表 5.1 現地事前打合せの実施状況

| 項目            | 内容                                                                                                                                                                                | 備考           |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 実施年月日         | 令和3（2021）年12月7日                                                                                                                                                                   |              |
| 参集者           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・林野庁（委託者）</li> <li>・宮崎南部森林管理署（所轄署）</li> <li>・（株）三共コンサルタント（受託者）</li> <li>・（株）筑水キャニコム（機械地拵え実施者）</li> <li>・南那珂森林組合（人力地拵え及び植栽作業実施者）</li> </ul> |              |
| 検討内容1<br>（屋内） | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 本事業の概要説明</li> <li>● 関係者の役割分担の確認</li> </ul>                                                                                               | 森林管理署会議室で実施  |
| 検討内容2<br>（現地） | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 機械による地拵え作業可能範囲の確認</li> <li>● 機械地拵えの実施手法（プロットA～D別）の確認</li> <li>● 機械の進入路の確認</li> <li>● 大まかな作業スケジュールの共有（機械搬入前の境界明示や植栽列標示など）</li> </ul>      | プロットBの細分化を決定 |



屋内での検討状況（署長挨拶）



機械地拵えの実施想定

写真 5.1 現地事前打合せの実施状況

## 5.2 事前作業の実施

実証地における各調査区や植栽列の標示を目的に、事前作業を行った。

実証地の外周などには、予め宮崎南部森林管理署が境界杭を埋設し各調査区のエリアを標示していた。しかし、現地事前打合せの結果などで調査区のエリアが変更になったため、調査区境界は青の標識テープで明示した。また、機械地拵え時に機械がスムーズに作業をするため、植栽する概ねの列の位置に標識テープ（植栽列毎に桃色、橙色、黄色の繰り返し）を設置した（写真 5.2）。



地元署設置の境界杭（黄円）（E区）



植栽列の標示作業（A等高線区）



標識テープの青は調査区界、桃・橙・黄の各色は同一色を結ぶラインが植栽列（A 傾斜区）

写真 5.2 実証地における事前作業

### 5.3 機械地拵え作業

#### 1) 作業時の天候

選定した造林機械「山もつとモット」による作業は、令和3（2021）年12月13日から16日までで実施した。機械による作業の実施状況及び作業の1週間前からの天候状況（油津観測所の観測値）を表5.2にまとめた。

作業前はほとんど降雨がなく、日照時間が長い晴天が続いていたことが分かる。作業中も晴天が多かったが、最終日の12月16日のみ曇天から雨天となったものの、本格的な降雨は作業終了後の夕刻から夜間にかけてであった。したがって、作業中の林地は非常に乾燥しており、山もつとモットの作業が泥濘や降雨の影響を直接受けることはなかった。

表 5.2 山もつとモットによる作業と天候の状況

| 月日     | 作業内容 (h)                                 | 気象状況 |                          |                         |             | 備考 |
|--------|------------------------------------------|------|--------------------------|-------------------------|-------------|----|
|        |                                          | 天候   | 最高気温<br>(°C)             | 降水量<br>(mm)             | 日照時間<br>(h) |    |
| 12月6日  |                                          | 晴    | 17.4                     |                         | 7.7         |    |
| 12月7日  |                                          | 晴    | 18.4                     |                         | 8.6         |    |
| 12月8日  |                                          | 晴    | 18.5                     |                         | 8.6         |    |
| 12月9日  |                                          | 晴    | 17.3                     |                         | 8.6         |    |
| 12月10日 |                                          | 曇    | 17.8                     | 0.5                     | 0.6         |    |
| 12月11日 |                                          | 曇のち晴 | 19.5                     |                         | 5.6         |    |
| 12月12日 |                                          | 晴    | 20.4                     |                         | 7.9         |    |
| 12月13日 | B全刈り区(2.0h)                              | 晴    | 15.5                     |                         | 8.5         |    |
| 12月14日 | B全刈り区(3.4h)<br>A等高線区(3.0h)<br>A斜面区(2.0h) | 晴    | 16.9                     |                         | 8.5         |    |
| 12月15日 | C区(6.2h)<br>D区(0.4h)<br>A斜面区(1.9h)       | 晴    | 16.6                     |                         | 7.6         |    |
| 12月16日 | D区(4.0h)<br>A斜面区(1.4h)<br>B伐根残区(1.8h)    | 曇のち雨 | 19.7<br>(作業中は<br>15.7°C) | 34.0<br>(作業中は<br>2.5mm) | 0.1         |    |

## 2) 機械地拵え作業の実施

機械による地拵え作業は、キャニコム社の「山もっとモット」で実施した。機械による作業範囲に加え、伐採時の残材が堆積するなど機械作業だけでなく植栽も困難な範囲（除地）、機械の進入路が作設できなかつたり急傾斜のため機械作業が実施できなかった範囲（未実施地）については図 5.1 に、各調査区の実施状況は表 5.3 にそれぞれ示した。なお、面積の算出は、GNSS 機器の現地データから GIS ソフトにより求めた。機械による地拵え作業が実施できなかった未実施エリアについては、後述するように人力により地拵えを行った。

山もっとモットの作業は、オペレーターが1名乗車するほか、別の1名が作業箇所の指示をしたり、作業の障害となる残材等を簡単に整理したりするなどのサポートをしながら実施した（写真 5.3）。また、両者は時折交替し、疲労の蓄積を分散するようにした。

また、山もっとモットの作業形態は、B区では林地をランダムに走行し下層植生や伐根の処理を行ったが、他の調査区では、基線となる「機械通路」を確保した後、基線から突っ込み線の作業を行う形態で作業を行った（図 5.1 のA区を参照。一点鎖線が基線、実線が突っ込み線をそれぞれ模式的に表す）。

表 5.3 各調査区の実施状況

| 調査区  | 機械<br>or<br>人力 | 面積          |               |      |             |      |            | 備考             |     |
|------|----------------|-------------|---------------|------|-------------|------|------------|----------------|-----|
|      |                | 全面積<br>(ha) | 地拵え実施<br>(ha) | (%)  | 未実施<br>(ha) | (%)  | 除地<br>(ha) |                | (%) |
| A等高線 | 機械             | 0.15        | 0.1246        | 83.1 | 0.0254      | 16.9 |            | 機械の未実施範囲は人力で実施 |     |
| A傾斜  | 機械             | 0.32        | 0.2485        | 77.7 | 0.0671      | 21.0 | 0.0044     |                | 1.4 |
| B全刈り | 機械             | 0.11        | 0.11          | 100  |             |      |            |                |     |
| B伐根残 | 機械             | 0.3         | 0.2781        | 92.7 |             |      | 0.0219     |                | 7.3 |
| C    | 機械             | 0.42        | 0.3732        | 88.9 | 0.0412      | 9.8  | 0.0056     |                | 1.3 |
| D    | 機械             | 0.3         | 0.1585        | 52.8 | 0.1415      | 47.2 |            |                |     |
| E    | 人力             | 1.11        | 1.0751        | 96.9 |             |      | 0.0349     | 3.1            |     |
| 計    |                | 2.71        | 2.368         | 87.4 | 0.2752      | 10.2 | 0.0668     | 2.5            |     |



伐根処理（A 等高線区）



オペレーターと作業指示者（右端）

写真 5.3 山もっとモットによる作業状況

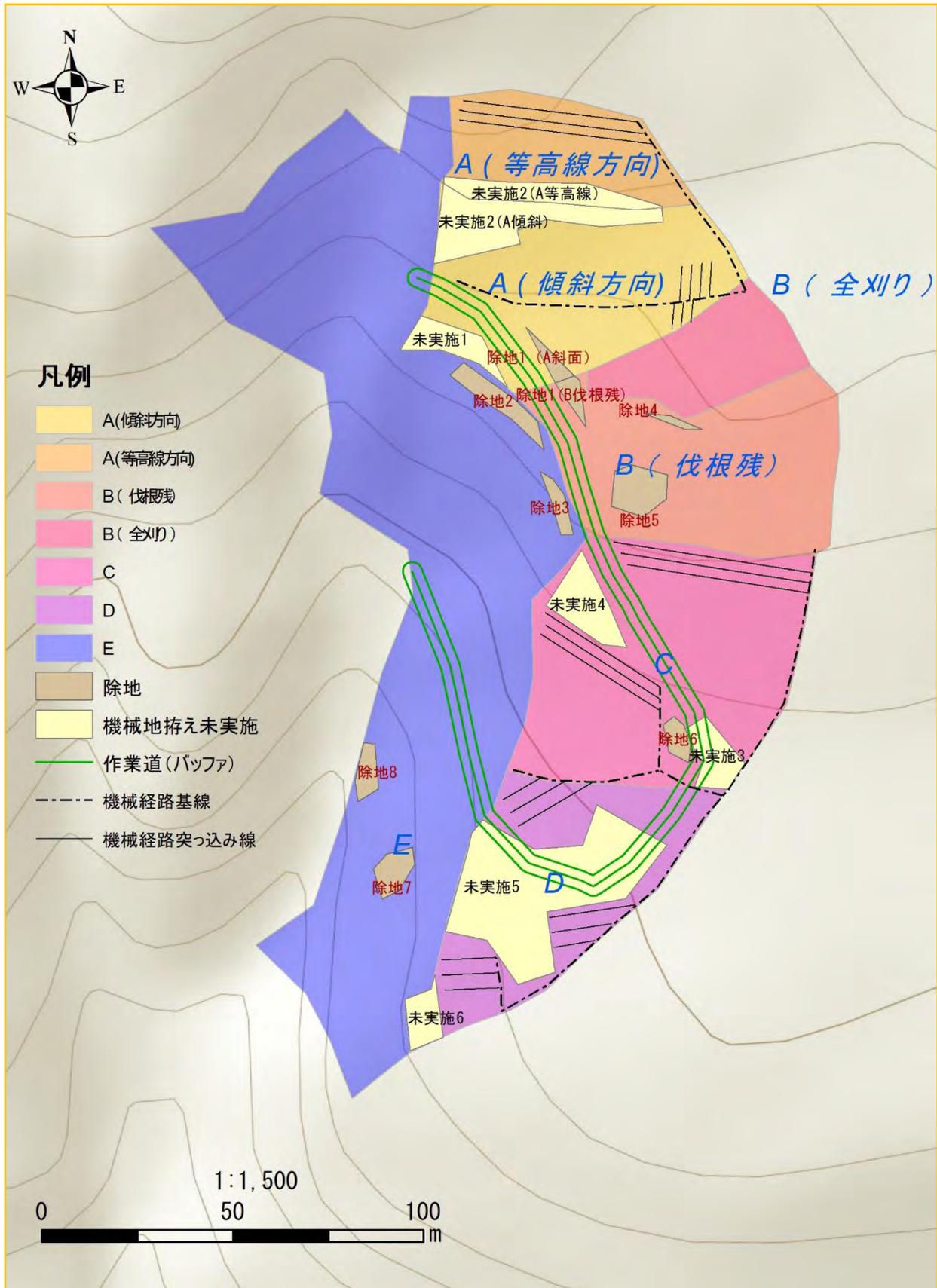


図 5.1 において、実証地内の地拵え作業及び植栽作業が困難な範囲を除地、あるいは除地以外で機械地拵えの実施不可能な範囲を未実施地としたが、それぞれの状況を次にまとめた。

(1) 除地

A 除地 1

除地 1 の状況を表 5.4 に示す。除地 1 は、A 傾斜区と B 伐根残区に跨る範囲にあり、作業道沿いにある伐採時の残材等が堆積している箇所である。

表 5.4 除地 1 の状況

| 項目       | 内容                                                                                                                                                                                                                          | 備考 |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 位置       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ A 傾斜区と B 伐根残区に跨る範囲（緩斜面）</li> <li>・ 作業道沿い</li> </ul>                                                                                                                                |    |
| 除地となった理由 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 伐採時の残材等の堆積地</li> </ul>                                                                                                                                                             |    |
| 状況写真     |  <p>伐採時の枝条等が堆積<br/>(写真右側が作業道)</p>  <p>作業道上から見た除地 1</p> |    |

B 除地 2

除地 2 の状況を表 5.5 に示す。除地 2 は A 区及び B 区内を通る作業道沿いにあり、作業道の直下の斜面の E 区に位置し、伐採時の残材等の堆積地である。

表 5.5 除地 2 の状況

| 項目       | 内容                                                                                                                                                                                                                                         | 備考 |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 位置       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ E 区</li> <li>・ A 区と B 区を通る作業道の直下（斜面）</li> </ul>                                                                                                                                                   |    |
| 除地となった理由 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 伐採時の残材等の堆積地</li> </ul>                                                                                                                                                                            |    |
| 状況写真     |  <p>伐採時の枝条等が堆積<br/>(写真左側が作業道)</p>  <p>伐採時の枝条等が堆積<br/>(写真右側が作業道)</p> |    |

C 除地3

除地3の状況を表5.6に示す。除地3はB区内を通る作業道沿いにあり、作業道の直下の急傾斜地のE区に位置する。急傾斜地のため伐採時に危険が伴うとの事で、生育していた広葉樹はそのまま残存している。また、残存木の地際には、伐採時の残材等も堆積している。

表 5.6 除地3の状況

| 項目       | 内容                                                                                                                                               | 備考                  |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 位置       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・E区</li> <li>・B区を通る作業道の直下（急斜面）</li> <li>・除地2に隣接</li> </ul>                                                | 伐採に危険を伴うと判断され、樹木が残存 |
| 除地となった理由 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・伐採時の残材等の堆積地</li> <li>・急斜面の露岩地</li> </ul>                                                                 |                     |
| 状況写真     |  <p>残存木の地際に伐採時の枝条等が堆積（写真左側が作業道）</p> <p>急傾斜地の一部が露岩し、広葉樹が残存</p> |                     |

D 除地4

除地4の状況を表5.7に示す。除地4は、B全刈り区付近のB伐根残区に位置し、伐採時の残材等の堆積地である。

表 5.7 除地4の状況

| 項目       | 内容                                                                                                                                   | 備考 |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 位置       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・B伐根残区（緩斜面）</li> <li>・除地1に隣接</li> </ul>                                                       |    |
| 除地となった理由 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・伐採時の残材等の堆積地</li> </ul>                                                                       |    |
| 状況写真     |  <p>伐採時の枝条等が堆積（写真左側はB全刈り区）</p> <p>伐採時の枝条等が堆積</p> |    |

E 除地5

除地5の状況を表5.8に示す。除地5は、B伐根残区に位置する伐採時の残材等の堆積地で、残材等のボリュームは実証地内で最大である。

表 5.8 除地5の状況

| 項目       | 内容                                                                                                                    |                                                                                                      | 備考      |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 位置       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・B伐根残区（緩斜面）</li> <li>・作業道に近い</li> </ul>                                        |                                                                                                      |         |
| 除地となった理由 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・伐採時の残材等の堆積地</li> </ul>                                                        |                                                                                                      | 実証地内で最大 |
| 状況写真     |  <p>伐採時の枝条等が堆積<br/>(写真右側に行くと作業道)</p> |  <p>伐採時の枝条等が堆積</p> |         |

F 除地6

除地6の状況を表5.9に示す。除地6は、C区内を通る作業道のカーブ内側に位置する、伐採時の残材等の堆積地である。

表 5.9 除地6の状況

| 項目       | 内容                                                                                                                   |                                                                                                                           | 備考 |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 位置       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・C区（緩斜面）</li> <li>・カーブしている作業道の内側</li> </ul>                                   |                                                                                                                           |    |
| 除地となった理由 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・伐採時の残材等の堆積地</li> </ul>                                                       |                                                                                                                           |    |
| 状況写真     |  <p>伐採時の枝条等が堆積<br/>(写真左側が作業道)</p> |  <p>伐採時の枝条等が堆積<br/>(手前は機械地拵えの実施地)</p> |    |

G 除地7

除地7の状況を表5.10に示す。除地7はE区内の急傾斜地に位置する。急傾斜地のため伐採時に危険が伴うとの事で、生育していたスギを含む樹木はそのまま残存している。また、残存木の地際には、伐採時の残材等も堆積している。

表 5.10 除地7の状況

| 項目       | 内容                                                                                                                    | 備考                                                                                                          |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 位置       | ・E区内の急傾斜地                                                                                                             | 伐採に危険を伴うと判断され、樹木が残存                                                                                         |
| 除地となった理由 | ・伐採時の残材等の堆積地<br>・急斜面の露岩地                                                                                              |                                                                                                             |
| 状況写真     |  <p>残存木の地際に伐採時の枝条等が堆積 (写真左側が作業道)</p> |  <p>急傾斜地の一部が露岩し、樹木が残存</p> |

H 除地8

除地8の状況を表5.11に示す。除地8は、E区の西側を流下する沢沿いに位置する、伐採時の残材等の堆積地で、一部崩落した岩石もある。

表 5.11 除地8の状況

| 項目       | 内容                                                                                                                   | 備考                                                                                                               |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 位置       | ・E区 (沢沿い)                                                                                                            | 沢には表流水がわずかにある                                                                                                    |
| 除地となった理由 | ・伐採時の残材等の堆積地                                                                                                         | 一部に崩落した岩石                                                                                                        |
| 状況写真     |  <p>伐採時の枝条等が堆積 (写真手前に表流水のある沢)</p> |  <p>伐採時の枝条等が堆積 (黄円内は除地7)</p> |

(2) 未実施地

A 未実施地 1

未実施地 1 の状況を表 5.12 に示す。未実施地 1 は、A 傾斜区の最下部に位置し、作業道の直下である。急傾斜地ではないが、山もつとモットが荒れた作業道を横断することが困難なため、未実施地とした。

表 5.12 未実施地 1 の状況

| 項目         | 内容                                                                                  | 備考           |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 位置         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ A 傾斜区の最下部</li> <li>・ 作業道の直下</li> </ul>     |              |
| 未実施地となった理由 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 荒れた作業道の横断が困難</li> </ul>                    |              |
| 状況写真       |  |              |
|            | 写真上側に作業道                                                                            | 未実施地 1 の配置状況 |

B 未実施地 2

未実施地 2 の状況を表 5.13 に示す。未実施地 2 は、A 等高線区と A 傾斜区の間広がる急傾斜地の範囲である。なお、両区の間には作業道跡があったが、埋め戻し済みのため山もつとモットは走行ができない状況であった。

表 5.13 未実施地 2 の状況

| 項目         | 内容                                                                                   | 備考                |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 位置         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ A 等高線区と A 傾斜区間の急傾斜地</li> </ul>              |                   |
| 未実施地となった理由 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 急傾斜地</li> </ul>                             | 一部、残材を横方向に堆積      |
| 状況写真       |  |                   |
|            | 機械の傾斜限界(30°)まで作業を実施 (A 傾斜区)                                                          | 安全レベルを超える傾斜地は未実施地 |

C 未実施地3

未実施地3の状況を表5.14に示す。未実施地3は、C区内の作業道カーブ部に広がっており、地表が攪乱され荒れている上、枝条等が敷かれ、機械による地拵え作業の効率が悪いため未実施地とした。

表 5.14 未実施地3の状況

| 項目         | 内容                                                                                                                   | 備考                                                                                                    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 位置         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・C区の緩傾斜</li> <li>・作業道カーブ部周辺（除地6に隣接）</li> </ul>                                |                                                                                                       |
| 未実施地となった理由 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・枝条を敷いた荒れた作業道上及び周辺部の作業が困難</li> </ul>                                          | 機械地拵え作業は可能だが、効率性が落ちる                                                                                  |
| 状況写真       |  <p>除地6に隣接の未実施地3<br/>(写真手前が作業道)</p> |  <p>作業道上の枝条敷設状況</p> |

D 未実施地4

未実施地4の状況を表5.15に示す。未実施地4は、C区内の作業道直下に位置する局所的な急傾斜地で、機械経路の基線が作設できずに未実施地となった。また、作業道から斜面下部に落とされた残材等も基線作設の障害となった。

表 5.15 未実施地4の状況

| 項目         | 内容                                                                                                                      | 備考                                                                                                          |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 位置         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・C区の作業道直下</li> <li>・局所的急傾斜地</li> </ul>                                           |                                                                                                             |
| 未実施地となった理由 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・急傾斜地</li> </ul>                                                                 | 機械の傾斜限界を超過                                                                                                  |
| 状況写真       |  <p>機械の傾斜限界を超える傾斜<br/>(写真右側に作業道)</p> |  <p>一部、残材等により基線作設不可</p> |

E 未実施地 5

未実施地 5 の状況を表 5.16 に示す。未実施地 5 は、D 区内の作業道カーブ部に広がっており、地表が大きく攪乱され荒れている上、残材等の堆積量が多い部分もあり、機械による地拵え作業の効率が悪いいため未実施地とした。なお、未実施地 5 は、未実施地の中で最大の面積であった。

表 5.16 未実施地 5 の状況

| 項目         | 内容                                                                                                                      | 備考                                                                                                         |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 位置         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ D 区の緩傾斜</li> <li>・ 作業道カーブ部周辺</li> </ul>                                        |                                                                                                            |
| 未実施地となった理由 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 枝条を敷いた荒れた作業道上及び周辺部の作業が困難</li> <li>・ 残材等の堆積量が多い箇所があり、作業が困難</li> </ul>           | 機械地拵え作業は可能だが、効率性が落ちる                                                                                       |
| 状況写真       |  <p>作業道が大きく攪乱（機械を乗り越えさせるための土工が必要）</p> |  <p>一部の残材等の堆積量が多い箇所</p> |

F 未実施地 6

未実施地 6 の状況を表 5.17 に示す。未実施地 6 は、D 区内の最下部に位置し、斜面下方の沢に向かっての急傾斜地であり、残材等の堆積量が多い部分もあったため、機械による地拵え作業の効率が悪いいため未実施とした。

表 5.17 未実施地 6 の状況

| 項目         | 内容                                                                                                       | 備考                                                                                                          |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 位置         | ・ D 区 (E 区に隣接)                                                                                           |                                                                                                             |
| 未実施地となった理由 | ・ 急傾斜地                                                                                                   | 機械の傾斜限界を超過                                                                                                  |
| 状況写真       |  <p>機械の傾斜限界を超える傾斜</p> |  <p>一部の残材等の堆積量が多い箇所</p> |

## 5.4 人力地拵え作業

山もつとモットによる機械地拵え作業の対照として、人力による地拵え作業を調査区Eで行うこととした。作業は、周辺国有林の地拵え作業を広く行っている南那珂森林組合に再委託して実施した。

### 1) 作業時の天候

人力地拵え作業は、令和4（2022）年1月24日と25日で実施した。人力地拵え作業の実施状況及び作業の1週間前からの天候状況（油津観測所の観測値）を表5.18にまとめた。

作業前日にややまとまった降雨があった影響で、1月24日の林地土壌は多少滑りやすい状況であった。1月24日も弱い雨が降ったが、急傾斜地のE区を含め、安全に作業を実施できた。

表 5.18 人力地拵え作業と天候の状況

| 月日    | 作業箇所                                                    | 気象状況  |              |                        |             | 備考                              |
|-------|---------------------------------------------------------|-------|--------------|------------------------|-------------|---------------------------------|
|       |                                                         | 天候    | 最高気温<br>(°C) | 降水量<br>(mm)            | 日照時間<br>(h) |                                 |
| 1月17日 |                                                         | 曇     | 13.0         |                        | 0.6         |                                 |
| 1月18日 |                                                         | 晴のち曇  | 12.3         |                        | 3.2         |                                 |
| 1月19日 |                                                         | 晴     | 14.3         |                        | 8.0         |                                 |
| 1月20日 |                                                         | 晴     | 13.4         |                        | 8.3         |                                 |
| 1月21日 |                                                         | 晴     | 11.3         |                        | 8.2         |                                 |
| 1月22日 |                                                         | 晴のち曇  | 13.3         | 0.0                    | 2.4         |                                 |
| 1月23日 |                                                         | 雨     | 14.6         | 34.0                   | 0.0         |                                 |
| 1月24日 | E区<br>D区(未実施地)<br>C区(未実施地)<br>A斜面区(未実施地)<br>A等高線区(未実施地) | 曇のち雨  | 12.8         | 8.5<br>(作業中は<br>1.0mm) | 0.0         | 3名で実施。<br>8:30から5<br>時間の作<br>業。 |
| 1月25日 | E区                                                      | 小雨(霧) | 12.3         | 0.0                    | 0.3         | 3名で実施。<br>8:30から2<br>時間の作<br>業。 |

※降水量0.0mmとは、0.1mm以下の降水を観測したことを示す

### 2) 人力地拵え作業の実施

地拵え作業は、今後の植付け作業を安全かつスムーズに実施するための作業である。人力による地拵え作業では、3名が1班となり、林床に生育する下層植生を刈払機で処理したり、伐採時に発生した地表の残材等を細分化・移動するなどの作業を行った。

作業実施に関する面積や位置については、前掲の表5.3と図5.1にそれぞれ示した。調査区E区の地拵え実施面積と、機械地拵え作業が未実施の面積を合わせて、計1.3ha程の面積を人力で地拵え作業を行った（写真5.4参照）。



使用した刈払機（背負い型）



人力地拵え作業（D区近傍のE区）



長い支障木は適当な長さに細分化



細分化した支障木は適宜整理



未実施地2（A区）での地拵え作業



未実施地6（D区）での地拵え作業



E区最上部での作業（一部生立木が残存）



地拵え作業による萌芽枝の刈払い

写真 5.4 人力による地拵え作業状況

## 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                             |                        | <br>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 | <br>前進後進を繰り返して伐根を破砕        |
| 移動   | 作業をせずに機械が移動した時間                                 |                        | <br>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 |                                                              |  <p>端材が挟まったトラブル</p>                                                                                                                |
| 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 |  <p>刈刃の調整</p>  <p>刈刃（4面のうち使える面に人力で回転させて使用）</p> |

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        | <b>2:58:33</b>  |
| 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        | <b>5:10:58</b>  |
| 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        | <b>5:19:45</b>  |
| 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        | <b>1:47:50</b>  |
| 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        | <b>6:13:35</b>  |
| 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        | <b>4:21:44</b>  |
| 計     | <b>6:16:30</b> | <b>0:27:56</b> | <b>9:03:25</b> | <b>3:05:27</b> | <b>1:17:24</b> | <b>1:13:19</b> | <b>1:07:47</b> | <b>3:20:37</b> | <b>25:52:25</b> |
| (%)   | 24.3%          | 1.8%           | 35.0%          | 11.9%          | 5.0%           | 4.7%           | 4.4%           | 12.9%          | 100%            |

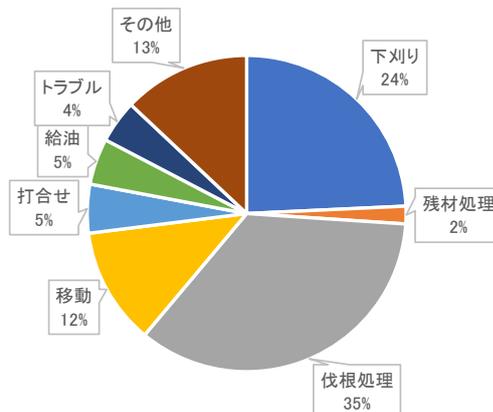


図 6.1 分類項目別の所要時間割合 (全調査区の合計)

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。

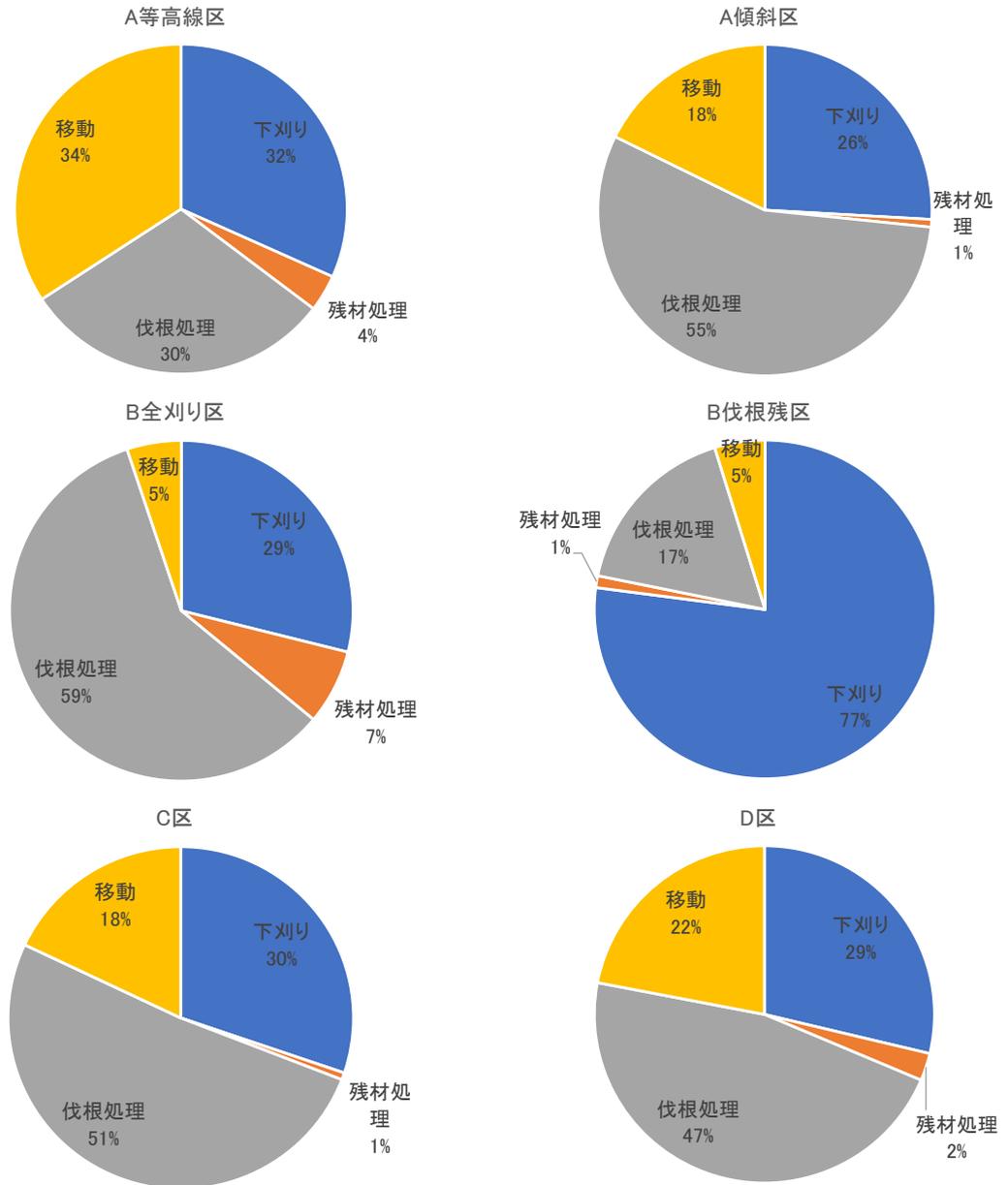


図 6.2 調査区別分類項目別の所要時間割合

## 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「山もつとモット」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                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・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)。</li> <li>・区域の端の基線から突っ込み線を往復する要領で実施。</li> <li>・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)。</li> <li>・作業中に端材が挟まるトラブルが発生し時間をロス。</li> <li>・伐根処理数は、計45本。</li> </ul> |
| 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<br>※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<br>(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                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・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)。</li> <li>・B 全刈り区との隣接部はほぼ平坦地。</li> <li>・機械はエリア西側の作業道を横断不可。</li> <li>・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)。</li> <li>・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。</li> <li>・伐根処理数は、計139本。</li> </ul> |
| 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<br>※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<br>(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                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・エリア内の全ての伐根・残材等の処理を実施。</li> <li>・伐根処理数は、計146本。</li> </ul> |
| 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<br>※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<br>(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                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・伐根は、機械の走行の障害となるもののみ処理。</li> <li>・伐根処理数は、計38本。</li> </ul>          |
| 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<br>※伐根処理をしない場合      | 0.1728（日）（1:25:33） / 0.80（ha/人日）                                                                                                                  |
| <p>作業前空撮写真<br/>（宮崎南部森林管理<br/>署 撮影）</p> |  <p>※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。</p> |

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                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・等高線に平行に機械地拵えを実施。</li> <li>・植付け作業や、後の下刈り作業の障害となる伐根は処理。</li> <li>・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。</li> <li>・伐根処理数は、計242本。</li> </ul> |
| 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<br>※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<br>(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                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・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）。</li> <li>・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。</li> <li>・伐根処理数は、計106本。</li> </ul> |
| 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<br>※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<br>（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   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 林床の下層植生の刈払い</li> <li>・ 植付け時に障害となる残材や枝条等の細分化、及び整理</li> </ul> |                     |
| 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 <sup>※1</sup> |             | 実作業時間のみ <sup>※2</sup> |             | 実作業時間<br>/全作業時間<br>(ha当たりコスト) |
|-------|---------------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------------------------|
|       | 実面積 <sup>※3</sup>   | 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<br>1日の作業時間を6時間とする<br>(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    |  <p>伐根の直径の計測</p> |  <p>伐根の高さの計測</p> |

## (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 (27,092cm<sup>3</sup>)、プロット C (15,743cm<sup>3</sup>)、プロット D (15,164cm<sup>3</sup>)、プロット A (14,854cm<sup>3</sup>) 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らない。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。

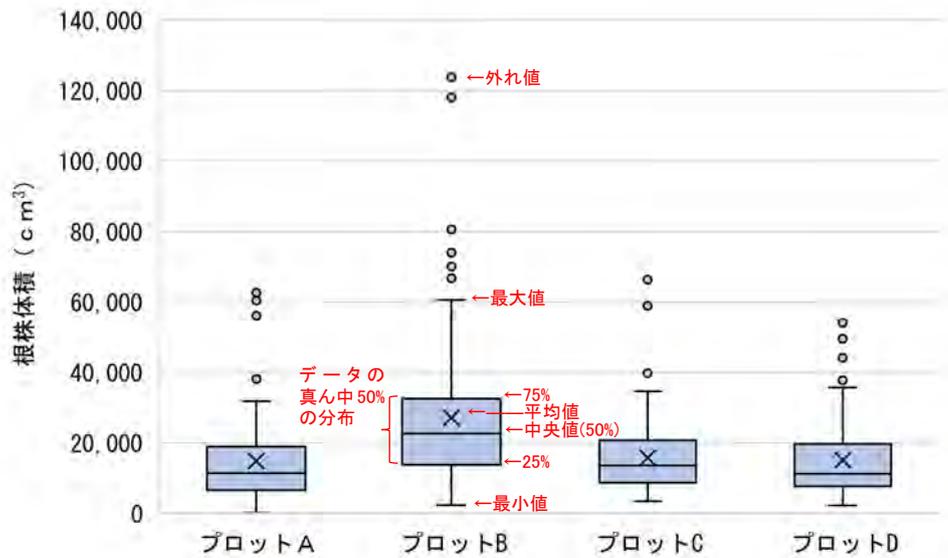


図 6.3 調査区別の伐根1本当たりの体積

表 6.15 各調査区の伐根の推定破砕量

| 項目              | プロットA<br>(等高線区+傾斜区)   | プロットB<br>(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 <sup>3</sup> | 27,093cm <sup>3</sup> | 15,743cm <sup>3</sup> | 15,164cm <sup>3</sup> |
| 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 <sup>3</sup>   | 4.47 m <sup>3</sup>   | 8.81 m <sup>3</sup>   | 3.61 m <sup>3</sup>   |
| 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。

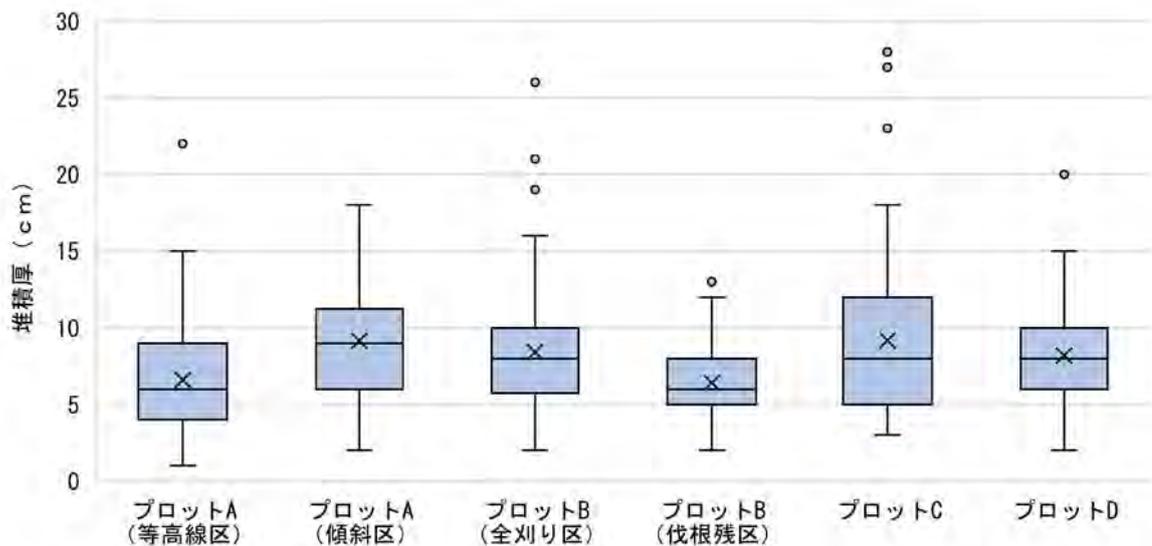


図 6.4 調査区毎の破碎物の堆積厚



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

## 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「山もつとモット」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、山もつ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の判断が必要になる。

#### (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        |
| <b>山もつとモット</b> | <b>—</b>           | <b>14,000</b> | <b>8.5</b>    | <b>650</b>       | <b>130</b>      | <b>20%</b> | <b>9.0%</b> | <b>12%</b> | <b>334</b>                  | <b>4,680</b> | <b>1,670</b>                | <b>23,300</b> |

## (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。

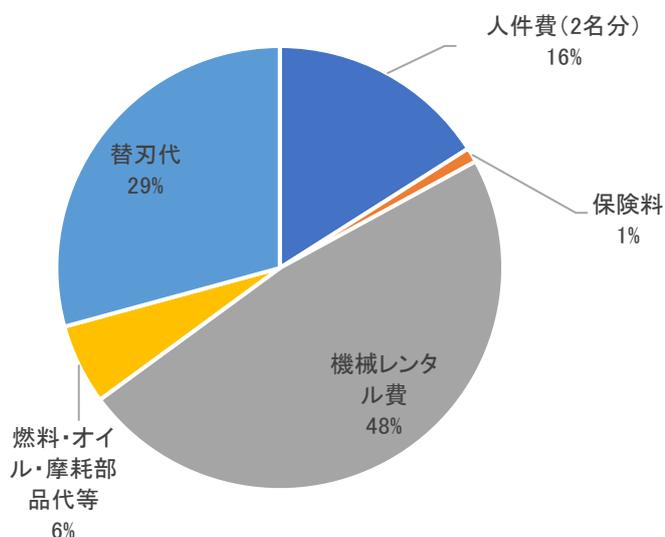


図 7.1 山もつとモットの1日当たりのコスト内訳

## 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 $35^{\circ}$ 、等高線方向の静止無負荷状態で左右最大 $40^{\circ}$ ）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 $30^{\circ}$ 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。

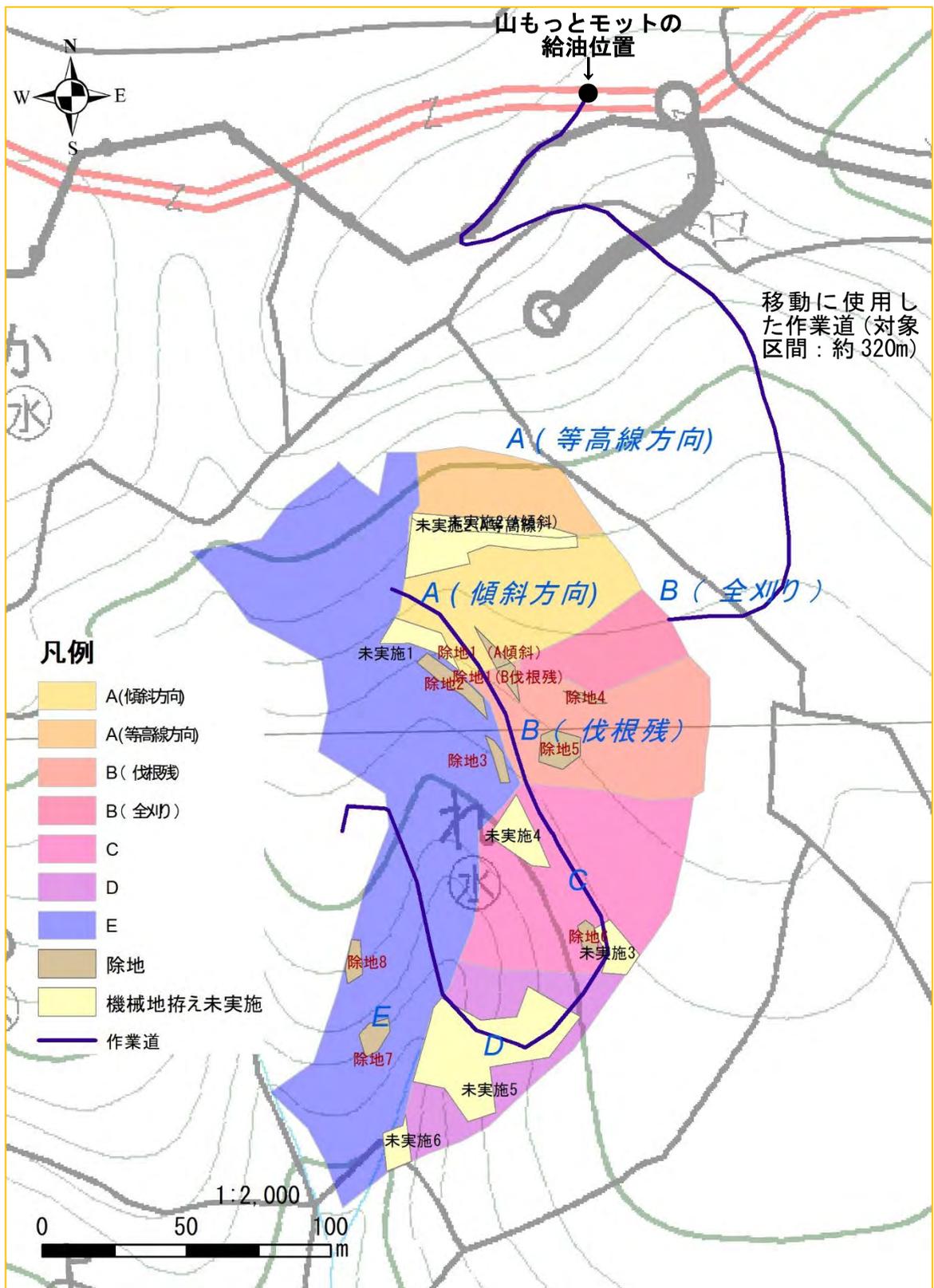


図 7.2 実証地から給油箇所までの経路

### 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 | 壮齢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 回の切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）

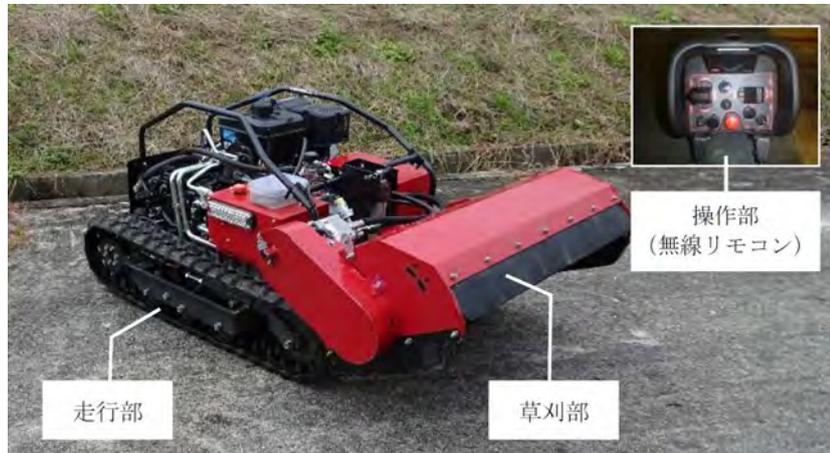
造林作業後の植栽・下刈り作業についても、どのような手法で実施していくかで、機械地拵え作業のやり方も変わってくる。つまり、今回の実証調査では、機械による下刈り作業を念頭に、機械が走行する際の障害となる伐根を処理する地拵え方法を実施したが、下刈りを人力で実施するのであれば、最小限の伐根処理数で良いことになり、B 伐根残区のような効率の良い機械地拵え作業が実施できる可能性も考えられる。

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  
予定

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つた部分もある。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つたり、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「山もつとモット」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)