

### 6-3. 地拵え作業による地表面への影響の比較

「山もつとモット」をはじめとした、枝条や伐根の破砕処理が可能な多目的造林作業機を使用した地拵えでは、地拵え作業後に枝条や伐根の破砕物が林地内の地表面に振り撒かれる。破砕物が地表面に堆積した場合、植栽後の雑草木の繁茂を抑制できる可能性がある。

そこで、これらの破砕物がどの程度地表面に堆積するかを把握するため、多目的造林作業機が灌木及び伐根を破砕した後の地表面について写真を撮影し、また堆積した破砕物の厚さを測定した。

#### 6-3-1. 作業前後の地表面の状況

地拵え作業前の地表面の状況を写真 6-1 に、地拵え作業後の地表面の状況を写真 6-2 に示す。

破砕物の大きさは、伐根の破砕物が最も小さく、灌木や集積した枝条の破砕物は大きさにバラツキが見られた。また、伐根の破砕処理後の地表面は細かい破砕物が隙間なく堆積していた一方で、灌木や集積した枝条の破砕処理後の地表面については、作業道に枝条を集積した後にまとめて破砕した箇所ではほぼ隙間なく破砕物が堆積していたものの、灌木（立木）の伐採・破砕処理を行った箇所についてはほとんど堆積していない部分も多く見られた。人力地拵え後の地表面については、主な堆積物は落ち葉や破砕されていない枝条であり、地拵え作業前と大きく変わらなかった。

ただし、伐根の破砕物が振り撒かれる範囲は、破砕した伐根の周囲に限られた。



写真 6-1 地表面の状況（地拵え作業前）



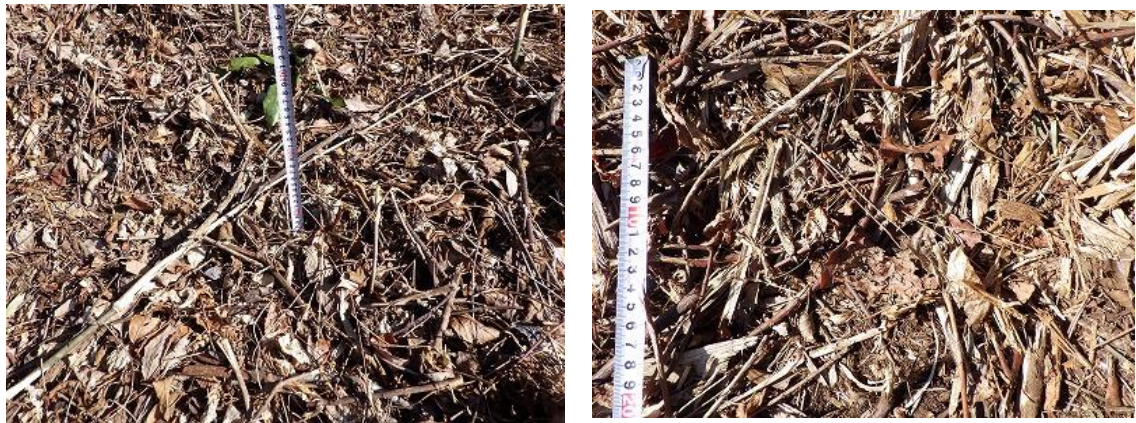
(a) 多目的造林作業機による地拵え（伐根の破碎処理）後の地表面の状況



(b) 多目的造林作業機による地拵え（灌木の破碎処理）後の地表面の状況



(c) 多目的造林作業機による地拵え（作業道上に集積した枝条の破碎処理）後の地表面の状況



(d) 人力による地拵後の地表面の状況

写真 6-2 地表面の状況（地拵え作業後）

また、破碎物の堆積状況以外の違いとして、伐採された後の灌木の違いが挙げられる。多目的造林作業機は比較的地際ぎりぎりまで灌木を破碎処理できるが、刈り払い機やチェーンソーで伐採した灌木については、刃が地面と接触することを避けるため地際ぎりぎりまで伐採することが困難である（写真 6-3）。この違いが、今後の灌木の萌芽再生にどの程度影響を与えるかについては、継続して観察していくことが必要である。



写真 6-3 刈り払い機で伐採した灌木の切り株

### 6-3-2. 堆積物の厚さ

伐根や枝条等の破砕物が地表面にどの程度堆積するかを把握するため、造林機械地拵え区内において、伐根、灌木、作業道上に集積した枝条をそれぞれ破砕処理した後の地表面に堆積していた破砕物の厚さを、それぞれ無作為に 50 地点選んで計測した。結果を図 6-1 に示す。

伐根の破砕物の堆積厚は平均 3.2cm・標準偏差 1.4cm、灌木の破砕物の堆積厚は平均 2.8cm・標準偏差 1.5cm、集積した枝条の破砕物の堆積厚は平均 6.4cm・標準偏差 3.0cm となった。伐根の破砕物と灌木の破砕物の堆積厚がほとんど変わらない結果となった一方、集積した枝条の堆積物は他よりも厚かった。伐根の破砕物の厚さが昨年度の結果よりも小さくなった要因は不明である。

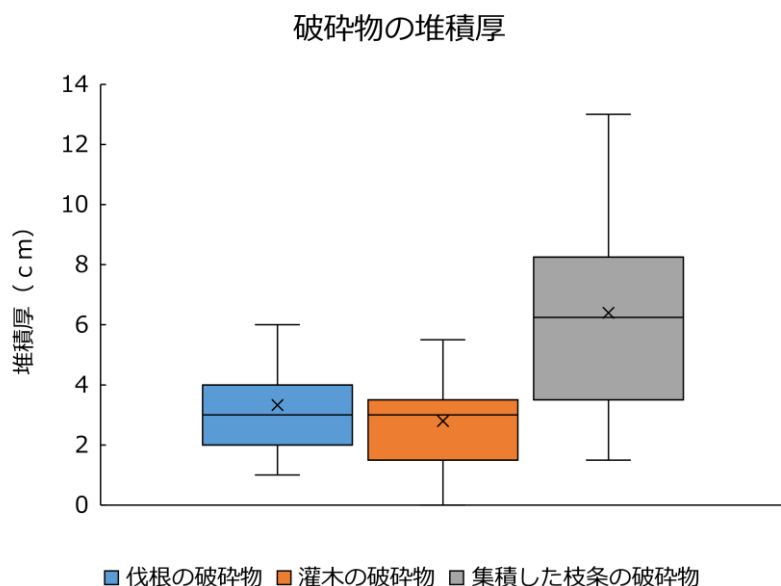


図 6-1 破砕物の堆積厚

以上のことから、破砕物の堆積による雑草木の繁茂抑制効果については、伐根や集積した枝条の周囲では効果がある可能性があるものの、それ以外の箇所については堆積厚が十分得られない可能性があり、雑草木の繁茂抑制効果を林地全体で得るためには伐根や立木の破砕だけでなく、主伐時に発生する枝条等も活用することが必要になると考えられる。

## 第7章 機械による造林作業に関する事例

### 7-1. 多目的造林作業機「山もっとモット」の実証調査を行った事例

本事業における今年度の調査地は、多目的造林作業機の使用にはあまり適さないと考えられる急傾斜の斜面が多くを占めており、多目的造林作業機の稼働範囲や作業効率に大きく影響したと考えられた。一方で、灌木の伐採及び破碎処理については一定の効果が確認されており、多目的造林作業機の導入によって地拵え作業（特に立木の伐採や枝条の集積）の効率化及び省力化が期待できることが分かった。

そこで、より多目的造林作業機での作業に適していると考えられる比較的緩傾斜の条件下で多目的造林作業機「山もっとモット」による地拵えが実施された調査事例として、開発メーカーである「(株) 筑水キャニコム」が長野県で実施した事例と、北海道立総合研究機構林業試験場及び広島県が実施した事例の三つを以下に紹介する。

#### 7-1-1. 筑水キャニコム（「山もっとモット」を開発したメーカー）の調査事例

本事業で使用した多目的造林作業機「山もっとモット」を開発した(株) 筑水キャニコムが、長野県内のカラマツ造林地で実施した実証調査の事例を以下に紹介する。なお、記載した調査データ及び写真は(株) 筑水キャニコムに提供いただいております、無断での転載は禁止することとする。

実証事例①及び実証事例②では、「山もっとモット」による地拵えを実施し、特に主伐時に発生した枝条を林地内に残さないことを目的として枝条の破碎処理を行った。また、今後「山もっとモット」で下刈り作業等を行うことも視野に入れ、走行の障害となる伐根の一部について破碎処理を行った。その結果、労働生産性は実証事例①で0.25ha/日、実証事例②で0.18ha/日となった。なお、どちらも作業は「山もっとモット」のオペレーターと作業補助要員の2名で行われた。実証事例①では枝条は林地内に広く散乱した状態であり、一方で実証事例②では除地扱いとする予定で枝条を集積していた。また、どちらの事例でも、グラップルを併用して「山もっとモット」の走行の障害となる残材を事前に除去しておくことで、「山もっとモット」による作業効率の向上を図ることができた。

実証事例③では、実証事例②と同様に集積された枝条の破碎処理を行った。その結果、労働生産性は0.11ha/日となった。なお、作業は「山もっとモット」のオペレーターの1名で行われたが、積み上がった枝条の高さが50cmを超えると破碎作業の効率が大きく低下するため、事前にグラップルにより集積された枝条を薄く広げる作業が必要となった。

実証事例④では、主伐の際の作業効率や安全性を向上することを目的として、「山もっとモット」で先行して林床に生育している灌木の破碎処理を行った。その結果、労働生産性は0.58ha/日となった。なお、作業は「山もっとモット」のオペレーターの1名で行われた。実証事例④が実施された調査地は60年生のカラマツ人工林で林床が比較的明るく、胸高直径が最大14cm程度の広葉樹も生育していたが、「山もっとモット」による伐倒及び破碎処理が可能だった。

以上の事例から、比較的緩傾斜の条件であれば、主伐前の林床整理や主伐時に発生した枝条の破砕処理に「山もっとモット」が利用できること、比較的太さのある灌木でも伐倒及び破砕処理が可能であることが分かった。また、主伐時に枝条が大量に発生することが見込まれる際には、枝条を1箇所が高く集積するよりも薄く広げた状態のままにしておくこと、また作業の際にグラップルを併用して走行の障害となる残材等を整理しておくことにより、「山もっとモット」による地拵えの効率向上が期待できることが分かった。



#### 実証事例① 造林機械地拵え（伐根及び枝条の処理）

実証調査の概要			
調査の目的・内容	将来の下刈りや除伐まで多目的造林作業機「山もっとモット」で行うことを目指し、機械の走行の障害となる伐根や枝条を地拵えの段階で破砕処理する。		
調査地の所在	長野県 佐久市 上小田切		
調査地の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カラマツ（70年生）の伐採跡地。</li> <li>・直径が約70～100cmの伐根を、計6本破砕処理した。</li> <li>・枝条は調査地内に広く散乱した状況。</li> <li>・傾斜は0～20度。</li> </ul>		
調査面積	732 m <sup>2</sup> （約0.0732ha）	作業機の稼働時間	約122分
調査日	令和3（2021）年5月31日		
実証調査の結果			
作業工期	約0.25ha / 日（オペレーターと補助要員の2名での作業）		
調査結果の詳細	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グラップルを補助的に使用してタンコロ（根元材）や大きめの残材を除去した後に、「山もっとモット」で伐根と枝条を破砕処理した。</li> <li>・グラップルと併用することにより、作業効率が向上した。</li> <li>・斜面の傾斜が20度程度であれば、等高線方向（傾斜に対して水平方向）での破砕作業が可能だった。</li> <li>・破砕した伐根のサイズが大きかったため、伐根の破砕には比較的時間を要した。</li> </ul>		
	<div data-bbox="486 1585 885 1881" data-label="Image"> </div>	<div data-bbox="901 1585 1372 1881" data-label="Image"> </div>	

※作業工期を算出する際には、1日の作業時間を7時間で計算

※データ及び写真は（株）筑水キャニコムより提供のため無断での転載禁止

## 実証事例② 造林機械地拵え（伐根及び枝条の処理）

実証調査の概要			
調査の目的・内容	カラマツ高齢級の主伐現場で発生する大量の枝条を林地内にできるだけ残さず、植栽可能な面積を可能な限り確保することを目的に「山もっとモット」により枝条の破砕を実施した。また、「山もっとモット」による将来の下刈り実施を視野に、伐根の破砕処理も実施した。		
調査地の所在	長野県 南佐久郡 川上村 梓山		
調査地の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カラマツ（70年生）の伐採跡地。</li> <li>・転石等の石礫が、林地内に点在していた。</li> <li>・元々は除地扱いとする予定で、主伐時に発生した枝条は林地内に集積していた。</li> <li>・傾斜は10～20度。</li> </ul>		
調査面積	375 m <sup>2</sup> （約0.0375ha）	作業機の稼働時間	約87分
調査日	令和3（2021）年6月2日		
実証調査の結果			
作業工程	約0.18ha / 日（オペレーターと補助要員の2名での作業）		
調査結果の詳細	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査地内のタンコロ（根元材）や大きめの残材については、あらかじめ除去を行った。</li> <li>・枝条の破砕により、植栽可能な面積の確保とともに枝条の集積にかかる労力が省略できた。</li> <li>・石礫地での作業のため、刃の摩耗に注意が必要だった。</li> <li>・「山もっとモット」導入の費用対効果に関しては、下刈りや除伐まで含めた一連の造林作業での検討が必要である。</li> </ul>		
	作業前	作業後	
			

※作業工程を算出する際には、1日の作業時間を7時間で計算

※データ及び写真は（株）筑水キャニコムより提供のため無断での転載禁止

### 実証事例③ 枝条の処理

実証調査の概要			
調査の目的・内容	棚積では処理しきれないほど大量に発生した主伐時の枝条について、植栽面積を確保することを目的として「山もっとモット」による破碎処理を行った。		
調査地の所在	長野県 佐久市 上小田切		
調査地の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カラマツ（70年生）の伐採跡地。</li> <li>・主伐時に大量の枝条が発生したため、棚積では処理しきれずに除地とする予定で集積していた。</li> <li>・傾斜は0～25度（窪地の立ち上がり箇所）。</li> </ul>		
調査面積	300 m <sup>2</sup> （約 0.03ha）	作業機の稼働時間	約 115 分
調査日	令和3（2021）年5月31日		
実証調査の結果			
作業工程	約 0.11ha / 日 （オペレーター1名での作業）		
調査結果の詳細	<ul style="list-style-type: none"> <li>・集積された枝条の高さが 50cm を超えると、破碎作業の効率が大きく低下する。今回は集積されていた枝条の高さが 1m を超えていたため、あらかじめグラップルにより積み上がった枝条を調査地全面に撒き直した。</li> <li>・主伐時に枝条を集積する際に、一カ所に集めずできるだけ広く薄く集積しておくことで、「山もっとモット」による破碎作業の効率が向上する。また、破碎時に枝条を集めすぎると、破碎物の堆積が厚くなって植栽作業の効率に影響することも考えられた。</li> </ul>		
	<div data-bbox="497 1384 922 1702" data-label="Image"> </div>	<div data-bbox="938 1384 1362 1702" data-label="Image"> </div>	

※作業工程を算出する際には、1日の作業時間を7時間で計算

※データ及び写真は（株）筑水キャニコムより提供のため無断での転載禁止



#### 実証事例④ 主伐前の林床整理（灌木の先行伐採）

実証調査の概要			
調査の目的・内容	主伐時における作業効率向上と安全性の確保のための林床整理（林床の灌木等の伐採）を、「山もっとモット」で先行して実施した。		
調査地の所在	長野県 佐久市 上小田切		
調査地の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・主伐を控えた、カラマツ（60年生）の人工林。</li> <li>・主な下層植生はナラ・クリ等で、胸高直径は6～14cm、樹高は2～12m程度。</li> <li>・傾斜は約5度の平坦地。</li> </ul>		
調査面積	275 m <sup>2</sup> （約 0.0275ha）	作業機の稼働時間	約 20分
調査日	令和3（2021）年6月1日		
実証調査の結果			
作業工期	約 0.58ha / 日（オペレーター1名での作業）		
調査結果の詳細	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通常であればチェーンソーや刈り払い機で伐倒する必要があるが、「山もっとモット」であれば破碎処理が可能のため、主伐の際に伐倒作業者の邪魔とならずに安全な伐倒が可能になる。</li> <li>・また、地拵えの際に処理する枝条の低減にも繋がる。</li> <li>・灌木は太いもので胸高直径 14cm 程度の個体もあったが、「山もっとモット」で伐倒・破碎が可能だった。</li> <li>・平坦地であったことが、作業効率に繋がったと考えられる。</li> </ul>		
	<div data-bbox="502 1339 810 1747" data-label="Image"> <p>作業前</p> </div>	<div data-bbox="837 1339 1385 1747" data-label="Image"> <p>作業後</p> </div>	

※作業工期を算出する際には、1日の作業時間を7時間で計算

※データ及び写真は（株）筑水キャニコムより提供のため無断での転載禁止

### 7-1-2. その他の実証事例

多目的造林作業機「山もつとモット」が開発されてからまだ間もないこともあり、実証調査が行われた事例はまだ多くない。

以下に、北海道立林業試験場と広島県が行った「山もつとモット」（旧名：「山もつとジョージ」）の実証調査の概要を整理した。

文献名	続・小型自走式刈り払い機は林地でどこまで使えるのか？－「山もつとジョージ」の誕生－
著者	渡辺一郎
雑誌名	光珠内季報 No, 194
発行年	2020
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・北海道の林地内で、伐根の破砕性能と下刈り作業工程を調査</li> <li>・カラマツを主伐後にトドマツを植栽して1年経過した林地で、カラマツの伐根（平均直径30cm程度）の破砕について調査したところ、伐根が大きくなるほど破砕に要する時間が増加した。また、破砕した141本の平均的な大きさの伐根を破砕時間は、1本当たり88秒だった。</li> <li>・下刈りの作業効率を肩掛け式の刈り払い機と比較したところ、伐根を破砕しながらの作業では肩掛け式に僅かに作業効率が劣るが、伐根を破砕せずつかわしながらの作業では、肩掛け式の刈り払い機の3倍の効率で実施可能だった。</li> </ul>

文献名	令和3年度低コスト再造林実証業務 報告書
発行者	広島県
発行年	2022
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・広島県の林地内で、植栽地の下刈り作業を機械化するために伐根の処理を実施。</li> <li>・「山もつとモット」の操作は、地元の林業事業者が行った。</li> <li>・「山もつとモット」の走行や作業のためには、幅が2.5m以上必要とした。</li> <li>・既に苗木が植栽されていた（苗間2.6m×列間2.6m）箇所でも、伐根処理作業は可能だった。</li> <li>・伐根の破砕作業を行えたのは主に傾斜15度以下の緩やかな地形だった。一方、作業ができなかった場所は岩が露出していた場所や沢地形となっていた場所であった。</li> </ul>

## 第8章 造林作業の機械化に向けて

### 8-1. 多目的造林作業機による地拵えの機械化について

多目的造林作業機による造林作業の機械化に向けて、本事業における実証調査等で得られた多目的造林作業機による地拵えをより効率的に行うための知見について以下に整理した。

#### 8-1-1. 多目的造林作業機を効率的に稼働できる条件

多目的造林作業機がどのような条件であれば効率的に使用できるかについて、本事業の調査結果を基に整理した。

##### ①傾斜について

多目的造林作業機の稼働状況に最も大きな影響を与える条件の一つが、林地の傾斜度である。本事業では、調査地内の斜面のほとんどが30度を超える急傾斜地で多目的造林作業機「山もつとモット」による地拵えの実証調査を実施したところ、実際に稼働できたエリアの大半が傾斜30度以下を占めていたことが分かった。また、多目的造林作業機が稼働できた3つのエリアの平均傾斜度は21.6度～23.9度となり、エリア内の傾斜度の最頻値（最も多く出現した傾斜度。0.5mメッシュ）は22～24度となった。

本事業で多目的造林作業機が稼働できた3つのエリアのうち、もっとも作業効率が良かったエリア（造林機械地拵えエリア②）は、平均傾斜度・最頻値ともに3つのエリアの中で最も低い値を示した。ただし、最も作業効率が良かった造林機械地拵えエリア②でも多目的造林作業機の走行方向はある程度制限されていたことから、多目的造林作業機の作業効率には傾斜度が影響し、効率的に作業を行える傾斜度は造林機械地拵えエリア②の平均傾斜度よりもさらに低いと考えられた。

また、林地は基本的に平らではなく、細かい凹凸が至る所に存在している。仮に傾斜度が多目的造林作業機の可動範囲内（なお「山もつとモット」は、前後方向25度以上・左右方向25度以上で横転警告ブザーが作動し、前後方向35度以上・左右方向30度以上でエンジンが停止する）であっても、凹凸の上では局所的に「山もつとモット」がより大きく傾き、可動範囲を逸脱してしまう恐れがある。実際に本事業の実証調査でも、「山もつとモット」が稼働可能な傾斜度の斜面で作業を行っていたものの、局所的な凹凸に乗り上げてエンジンが一時的に停止してしまうことが何度もあり、その都度作業は中断していた。また、そのような場合には作業指示者との打ち合わせを頻繁に行っていた。緩傾斜の斜面であれば「山もつとモット」は比較的自由に動けるため、局所的な凹凸をある程度回避しつつ作業ができるが、稼働可能な範囲ぎりぎりの斜面では回避のためのスペースを確保することも難しくなる。

以上より、多目的造林作業機で効率的に作業を行うためには、ある程度の余裕を持った傾斜度の斜面（造林機械地拵えエリア②の平均傾斜度である21.6度よりも平均傾斜度が低い斜面）である必要がある。また、造林機械地拵えエリア①では走行ルート選定のための打ち合

わせ時間を多くとられたことから、事前に作業予定地をよく観察し、走行ルートについて  
程度選定しておくとさらに作業の効率化が図れると思われる。

## ②地表面の状況について

地表面に多目的造林作業機の走行の障害となる物が多いと、それらを除去する作業が必要となるため作業効率が悪くなる。特に地表面に石が多い場合は刈刃が接触して破損する恐れがある。今回の調査地では地表面に石は多くなかったため作業効率への影響は検証できなかったが、「山もつとモット」のオペレーターへ聞き取りを行ったところ、「山もつとモット」の刈刃の消耗は、破碎処理する伐根の数や堅さのほか、地表面に石が多いかどうかでも大きく異なるとのコメントがあった。また、第7章で紹介した事例でも、地面に岩が露出していた箇所では伐根処理作業が行えなかったとされている。以上より、地表面に転石や露出した岩が少ない林地であれば、多目的造林作業機での作業をより効率的に行えると考えられる。

一方、今年度の調査地で作業効率に影響を与えたのは、林地内に残された間伐材や根元材（タンコロ）・また隣の林分からの倒木の存在だった。これらが林地内に残されていると、多目的造林作業機の走行の障害となってしまうため、破碎処理を行うか迂回して走行する必要が生じる。ある程度の大きさであっても多目的造林作業機による破碎処理が可能だが、破碎作業には時間がかかるため作業効率が低下してしまう。そのため、林地内に残材が多い場合は、グラップルやチェーンソーを補助的に導入することも考慮に入れる必要がある。特にグラップルについては、本事業の「造林機械＋人力地拵え区」で実施したように枝条を多目的造林作業機が破碎できるようまとめる作業や、作業道から林地への侵入口を作る作業のほか、多目的造林作業機が障害物等に乗り上げて走行不可になってしまった際の復旧作業等にも活用できる。以上より、グラップルを同時に導入することによって作業効率の向上を図り、より多目的に活用することが可能になると考えられる。

林地内の伐根については、当初は作業効率を上げるためにできるだけ伐根の破碎処理を行わない方針だったが、多目的造林作業機が前後に何度も往復しながら作業を行うため、特に機体の後方にある程度の作業スペースを確保する必要があった。そのため、エリア内の抜根についてもある程度は破碎処理を行う必要性が生じた。林地の傾斜が緩ければ多目的造林作業機はある程度自由に走行できるため、上記のような理由での伐根破碎の必要性は低下すると考えられるが、今後の検証が必要である。なお、多目的造林作業機のオペレーターへの聞き取りでは、腐朽が進んだ間伐時の伐根はもちろんのこと、主伐後6年が経過した程度の伐根であっても、主伐直後の伐根よりは柔らかく破碎作業の時間が短く済んだとのコメントがあった。

## ③植生の繁茂状況について

今年度の調査地は主伐から約6年が経過しており、アカメガシワやカラスザンショウ等の落葉広葉樹等が密生して繁茂していた。このような箇所で従来通りの地拵えを行った場合、

灌木の伐採と枝条の集積という2つの工程が必要となり、主伐直後の林地での地拵えと比較して多くの労力がかかることが分かった。また、大量に発生した枝条を集積する場所が必要となり、植栽ができなくなる箇所の面積が増加してしまうことも懸念された。

一方で多目的造林作業機による地拵えでは、灌木の伐採と枝条の破砕が同時に行われるため、作業に必要となる時間や労力の減少が期待できる。また、発生した枝条を集積する必要がなくなるため、植栽可能な場所の確保にも貢献できると考えられる。

灌木の伐採作業に関しては、今年度の調査地のようなある程度の大きさの灌木が密生している林地でも、多目的造林作業機での伐採・破砕作業が十分可能だった。「山もつとモット」のオペレーターへの聞き取りでは、胸高直径が20cm程度の灌木でも伐採・破砕作業が可能とのことであり、条件によっては多目的造林作業機を下刈りだけでなく除伐等の作業に投入することも考えられた。ただし、そのようなサイズが大きい灌木を処理する場合、手前側に伐倒してしまうと作業者の上に被さってしまうため安全性に問題が生じるほか、地面に倒すことができても枝先が機体の方に向いているため、それらの枝先が機体の底面等に接触して故障の要因となる可能性もある。今年度の調査地のような急傾斜地では、斜面を垂直に登坂する方向での作業を強いられる場面が多く、灌木を奥側（斜面の上側）に伐倒することは難しかった。ただし、緩傾斜の林地であればそのような場面は少なくなると考えられるため、伐倒の方向を工夫することにより作業効率の向上や作業者（特にオペレーター）の安全性も確保できると考えられる。

植生のタイプについては、今年度の実証調査では落葉広葉樹又はササ類が主な伐採対象だったが、樹種によって作業効率に差は見られなかった。一方、作業効率に影響したのは灌木に絡まったつる植物の存在だった。灌木の上部につる植物が絡まっている場合、多目的造林作業機の刈刃が届く高さには上限があるため、多目的造林作業機で処理できるよう伐倒の方向等を工夫する必要があった。ただし、灌木を奥側に伐倒できた時などは、多目的造林作業機はつる植物ごと灌木の伐採破砕処理を行うことができた。伐倒の方向さえうまく工夫できれば、灌木の伐採と同様につる植物の処理も効率的に行えると考えられる。

### 8-1-2. 多目的造林作業機による作業の低コスト化

多目的造林作業機を普及させていくためには、より低コストで稼働させるための工夫が必要である。そこで、多目的造林作業機をより低コストで稼働させるための工夫等について、以下に整理した。

#### ①必要となる人員の整理

今回の実証調査では、「山もつとモット」の稼働はオペレーターと作業指示者（走行ルートの決定等）の2名1組で行ったが、それ以外に障害物の除去要因としてチェーンソーやグラブブル、人力による作業補助を行っており、第6章で行ったコスト試算では計4名での作業として

コストを算出した。その結果、一日当たりの作業に必要なコストは195,000円となり、計6名での作業として試算した人力地拵えのコスト(115,000円)の約1.7倍となった。

ただし、功程調査の結果では、それらの作業補助者が実際に作業を行っていた時間はそれほど大きくなかった。特に、比較的傾斜の緩かった造林機械地拵えエリア②及び③では、「山もつとモット」のオペレーターと作業指示者の2名でほぼ作業が可能だった。作業補助がどの程度必要となるかは造林地の条件により異なるが、グラップル等で必要となる作業をあらかじめ終わらせておく、作業補助者を1名にする、「山もつとモット」の作業指示者がグラップル等の作業補助要員を兼ねる等の工夫により作業人数を減らすことができれば、人件費の圧縮による低コスト化や省力化が期待できる。

また、近年開発が進んでいる小型遠隔操作式の造林作業機であれば、多目的造林作業機の破砕部を見ながら作業ができるため、作業指示者が走行ルート決定以外の作業に従事できる時間が増え、より効率的に作業を実施することも期待できる。

## ②稼働率の確保

多目的造林作業機の運用をより低コストで運用するためには、年間の稼働率を上げることも重要である。今回使用した多目的造林作業機「山もつとモット」には、今回使用した伐根破砕のためのアタッチメント「オーロラランプシェーバー」の他に、林地残材を集積するための「残材集材アタッチメント」や、コンテナ苗や資材等を運搬するための「運搬荷台アタッチメント」がある。また、今回の実証の中でも、刈り払い機等で伐採した枝条を破砕することにより林地に残材を残さない地拵えの試行を行った。このような様々な活用方法を念頭に置いた作業システムを構築することで、多目的造林作業機の稼働率の向上を図ることも重要である。

## 8-2. 造林作業の機械化に向けた今後の課題と、課題の解決に向けた調査方法の提案

### 8-2-1. 多目的造林作業機を用いた地拵えについての実証事例の収集

今回実証試験をおこなった調査地は、多目的造林作業機の稼働限界とも言える傾斜であり、作業効率については良い結果は得られなかった。また、今回の調査地は伐採から6年が経過して樹高3～5mを超える灌木が激しく繁茂しており、従来通りの刈り払い機やチェーンソーを用いた地拵えでは「灌木の伐採」と「枝条の集積」という二つの工程が必要となった。一方で、多目的造林作業機による地拵えでは「灌木の伐採」と「枝条の破砕」を同時並行で行うことが可能であった。多目的造林作業機による地拵えの労働生産性は0.030ha/人日、人力による地拵えの労働生産性は0.024ha/人日とほぼ同程度となったが、人力での集材は急傾斜の方が楽であり、逆に緩傾斜の場合は労力がかかるとの作業従事者の意見もあったことから、急傾斜であることは多目的造林作業機の方により影響を与えていたと考えられるため、今回の調査地のような灌木の繁茂が激しい条件であっても、多目的造林作業機がある程度余裕をもって作業できる傾斜条件であれば、多目的造林作業機の導入によりさらに省力化・軽労化が進むと考えられる。

ただし、多目的造林作業機による地拵えを効率的に実施するためには、その場所で多目的造林作業機がどの程度稼働できるかを見極める必要がある。今回の実証調査は、急傾斜という条件や灌木の繁茂が激しいという条件下における稼働状況の整理に大きく寄与したと考えられるが、このような実証事例（特に、多目的造林作業機が効果的に運用できる条件下での実証）をさらに収集していくことで、より効率的に多目的造林作業機を地拵えに活用できる条件を整理していくことが重要である。また、最近では乗用型の造林作業機のほかに、オペレーターの搭乗を必要としない遠隔操作式の造林作業機や、油圧ショベルの先に装着する形で使用する破碎処理アタッチメント等も開発されてきており、乗用型も含めてこれらのタイプの異なる造林機械の作業効率や稼働できる条件の違い、運用の上での留意点を整理し、より適した条件で効率的に造林機械を運用していくことも求められる。

### 8-2-2. 下刈りを含めた一連の造林作業の中での運用方法等の検討

これまで、本事業では多目的造林作業機による地拵えの実証調査を実施してきたが、多目的造林作業機による造林の機械化で生じるコストの増減や造林作業の省力化等を検証するためには、多目的造林作業機による下刈り（あるいは除伐）まで含めた一連の造林作業の中で、作業効率やコストを検証していく必要がある。特に、造林作業において最も経費が掛かり、かつ労働強度が大きいと言われている下刈り作業については、従事者の急速な減少が懸念されている一方で現在でも機械化があまり進んでいない。機械での下刈り作業を行うためには、機械が走行できる間隔で植栽を行う必要があるなどの前提条件があるため、下刈り作業の機械化については地拵え以上に実証事例が少ない。

以上の課題を解決し、下刈り（あるいは除伐）まで含めた一連の造林作業における多目的造林作業機の有用性を検討するためには、実際に多目的造林作業機を用いて下刈り作業の実証を行い、下刈り作業における多目的造林作業機の効率や課題といったデータを収集し、さらに最低でも地拵えから下刈りまでの作業を一連のものとして作業システムを構築し、造林作業の効率や省力化、コスト削減効果といった様々な視点で検証を行う必要がある。

また、多目的造林作業機による地拵え作業では、従来の地拵えよりも林地内に残る残材や枝条が減少するため、今後の植え付け作業等の効率化も期待できる。そのため、多目的造林作業機を導入することによる地拵え以外の造林作業のコスト削減効果等についても検証する必要がある。

### 8-2-3. 主伐まで含めた一連の作業システムの中での運用方法等の検討

8-2-2. では、下刈り作業を含めた一連の造林作業の中で検討することの必要性について述べた。一方で、最近では主伐と地拵えを同時に行い作業の効率化を図る「一貫作業システム」が各地で導入されており、様々な成果が上がってきている。このような中で、多目的造林作業機の運用についても、造林作業だけでなく間伐や主伐まで含めた一連の作業の中で

検討していく必要がある。実際、今回の事業では林地内の残材や伐根が多目的造林作業機の稼働の障害となることが分かったが、これらの残材や伐根の大半は主に間伐や主伐の際に発生した物であるため、これらの課題を解決するためには、間伐や主伐等を実施する中で解決方法を検討することが重要となる。

間伐については、時期的な問題があるため作業システムの中に組み入れて検討することは難しいが、主伐やそれに係る搬出路（路網）の整備、地拵え、植え付け、下刈りといった一連の作業システムの中で多目的造林作業機を効率的に運用していく（特に下刈りの際に多目的造林作業機を効率的に運用する）ためには、個々の作業の中でどのような点に気を付ければ良いか、あるいはどのような点を工夫できるかといった視点から、多目的造林作業機（あるいは多目的造林作業機を含めた一連の作業）の実証を行うことが求められる。



令和4年度  
造林作業の機械化に向けた実証調査委託事業  
報告書

令和5（2023）年3月  
（発行）林野庁

（作成）一般社団法人 日本森林技術協会  
〒102-0085 東京都千代田区六番町7番地  
TEL (03) 3261-5281（代表）／FAX (03) 3261-5393