

育林用機械の機能・性能試験と今後の可能性

濱津 潤

はじめに

森林作業の機械化のうち、伐出作業については機械の導入が進み、近年は台数的に頭打ちの傾向も見える。これに対し育林作業については、機械自体があまり開発されておらず、従来通り人力に頼っている現状にある。伐出作業の機械化は欧米の機械を導入しシステムを模倣することから始まったが、育林作業は北海道固有の植生条件と地形条件に合わせなければならないため、外国の機械展などで紹介される機械をそのまま導入することは難しい。平成15年1月に改訂された北海道高性能林業機械化基本方針においても、育林作業の機械化推進について言及しており、森林管理コストの低減と林業労働力対策のため、育林作業の機械化は重要な課題の一つとなっている。

当场では平成13年度から5カ年間で、北海道における育林作業の機械化を推進するため道水産林務部林業振興課所管の補助事業として「育林作業システム開発実証調査」を行っている。本調査では独自の機械開発は行っていないが、現在道内の事業者が一般的に購入可能な機種を対象に現地試験を行い、北海道に適した機械化育林作業システムを検討している。これまで5機種の育林用機械について機能・性能を調査したので、結果を整理し、今後の機械化の可能性について検討した。

調査方法

調査の対象とした育林作業は、人工林育成のための地拵え、植付け、下刈りの3区分である。それぞれの作業について機種を選定し現地試験を行う予定であったが、植付け用機械についてはメーカーとの調整がつかず道内での試験ができなかった。このため地拵え用4機種、下刈り用1機種について試験を実施した。なお、植付け用機械については他県での調査結果を参考として示す。

試験では、一定の作業を行って時間を計測し、作業量と所要時間から機種ごとの作業能率（工期）を

表 - 1 供試機種の概要

機種番号	A	B	C	D	E	F
名称(型番)	小型地形対応式 育林機械	TRH-100 ブラッシュカッター	M-85 ロータリークラッシャー	MBH-1300型 ブッシュカッターヘッド	苗木自動植付機	MR-30下刈り機
作業区分	地拵え・下刈り	地拵え	地拵え	地拵え・かき起こし	植付け	下刈り
形式	ベースマシン 専用	エクスカベータ (0.5m ³ クラス)	エクスカベータ (0.5m ³ クラス)	エクスカベータ (0.5m ³ クラス)	専用	専用
作業機	固定	アタッチメント	アタッチメント	アタッチメント	固定	アタッチメント
	(ベース込み)	(アタッチメントのみ)	(アタッチメントのみ)	(アタッチメントのみ)	(ベース込み)	(ベース込み)
長さ(mm)	4900	1560	1465	1560	4600	2550
高さ(mm)	2360	1120	1095	1000	2390	1285
幅(mm)	1660	700	650	760	1400	1300
刈り払い部(mm)	1280	1060	720	1270		1070
重さ(kg)	4300	1000	890	800	4850	1349
排気量/出力	385cc/90ps				3059cc/54ps	952cc/23ps
製造国	国産	カナダ	国産	国産	国産	国産
備考	仕様は試験時のもの 写真-1	ベースマシンは0.8 m ³ クラスが適する。 写真-2a,2b	写真-3a,3b,3c	写真-4a,4b	植え穴掘り及び苗木 植付け 作業機2機 写真-5	非搭乗型、リモコン式 傾斜や不整地に対応す る姿勢制御・段軸機構 を備えている。写真-6b フェラーバンチャヘ ッドと交換可能。 写真-6a,6b

解析した。また、苗木の損傷などについても調査を行った。なお、これらの試験に関しては固定的な試験地を設定しなかったため、その都度一般民有林、道有林に協力をお願いし事業の支障にならない範囲で試験を行わせていただいた。このため、試験地の条件及び試験方法（作業方法）が機種ごとに異なるので、性能の単純な比較を行うことはできない。

各機種の概要は、表-1、写真-1～6bのとおりで、地拵え及び下刈り用機械はいずれも回転軸に複数の厚い刃が取り付けられてある（写真-3c）。農業用機械の流用でもかなりきれいに刈り払うことができるが、林業用の場合はより耐久性が必要で、金属の塊のような刃が使われている。機種Dは、現場からの要望



写真-1 機種A(小型地形対応式育林機械)
試験時のもの。試験後に改良され、現在はキャビン付き。



写真-2a 機種B(TRH-100)



写真-2b 機種Bの作業機



写真-3b 機種Cの作業機



写真-3a 機種C(M-85)



写真-4a 機種D(MBH-1300)



写真-3c 機種Cの刃



写真-4b 機種Dの作業機



写真-5 機種E(苗木自動植付機)



写真-6a 機種F(MR-30)



写真-6b 機種Fの段軸機構
(横の傾斜に対応。)

に応じて機種Aの作業機をアタッチメント化したものである。機種Cは、機種Bと類似の構造で小型化されたものである。植付け用機械（機種E）は、根を薬品で処理して固めた苗木を、車体の後ろに積載しているもので、オペレーターが人力で左右の円筒に苗木を投入すると、車体前方の左右にある作業機が植え穴を掘り、苗木を植付ける。

各機種ごとの試験地及び試験方法は、表-2のとおりである。

現地試験の結果

(1) ベースマシン

各機種のベースマシンには、エクスカベータ（いわゆるバックホウ）と専用のものがある。エクスカベータについては、林内での作業事例も多く広範な林地条件で使われている。また、エクスカベータのアームを用いた作業は自由度も高い。専用のベースマシンはそれぞれ特徴があるが、機種Aは幅が狭いことや車体の構造から横傾斜及び側溝や段差が苦手であったため、起伏の少ない緩斜地での使用に向いていると考えられた。機種Fは縦の傾斜にも横の傾斜にも対応する機構を備えており、現地でも良好に作動していたが、小型であるため障害物には弱かった（写真-6a,6b）。

機種Bでは、0.5m³クラスのエクスカベータをベースマシンとしたが、刈払いの回転数が上がらないことがあり、より大きいベースマシンとの組み合わせが必要なことが分かった。

(2) 機械作業の支障要因

現地試験では、地形と障害物が機械の走行にとって支障要因となった。地形については、全体的な傾斜ばかりでなく局部的な急斜、段差、沢などの微地形によってスムーズな移動が妨げられた。傾斜が急になると等高線沿いの走行は難しくなり、上り下り方向の走行により作業することになる。主伐跡の伐根や残材などの障害物は、作業能率を低下させるだけでなく、小型のベースマシンでは移動が困難となることもあった。

表 - 2 試験地の概要と試験方法

機種番号	A	B	C	D	E	F
作業区分	地拵え・下刈り	地拵え	地拵え	地拵え・かき起こし	植付け	下刈り
場所	月形町	土別市	美深町	美深町	宮城県	月形町
所有区分	道有林	道有林	一般民有林	道有林	-	道有林
林種	未立木地	人工林伐採跡地	未立木地(農廃地)	未立木地	採種圃跡地	人工林
樹種,林齢他						トドマツ3年生,苗高70cm
植栽木 刈り幅/措き幅 列間/苗間						2.0m/1.5m 3.5m/1.14m
地形	平均傾斜9°	平均傾斜14°	平坦	平均傾斜7° 林内に小沢	平坦	平均傾斜15°
下層植生	チシマザサ	クマイザサ	クマイザサ	チシマザサ		クマイザサ,草本,灌木
その他障害物		石(大小,地上) 伐根550個/ha	石 (概ね埋まっていた)	石 (概ね埋まっていた)	なし	(石なし)
試験作業方法	刈払い能力試験 比較：人力刈払い	全刈り地拵え 比較：ブル地拵え	筋刈り地拵え 刈り幅/措き幅 設計 3.0m/3.0m 出来型 3.8m/2.2m	刈払い能力試験	植栽(植え穴掘り 及び植付け) 列間/苗間:2.5m/1.35m 比較：人力植付け 列間/苗間:1.8m/1.8m	下刈り (2回刈りの2回目) 列間の刈払い 比較：人力植付け 苗間人力補正あり 比較：人力筋刈り
実施時期	H13.7.9～20	H14.8.29～9.13	H16.8.25～27	H16.10.13～15	H15.4.16～18	H15.7.9
備考		・残材は事前に搬出した。			・植栽樹種：スギ	・伐根は事前に地際から切り直した。 残材は事前に搬出した。 ・作業後,苗木の損傷はなし。

機種B及びCでは、林地の石が支障要因となった。特に地上に転がっている状態の大きめの石に何度も刃がぶつかると刃が損傷し、交換には1枚当たり30～40分必要とした(機種B)。石は植生に隠れたり苔がついたりしているため発見しづらく、埋まっているものが作業中に浮き上がることもあった。

地拵えにおいては、伐根周りの刈払いは細かい作業になって作業のスピードが落ちた。しかし、伐根を機械で削って除去しようとするとう率が大変悪く、刃の損傷の原因にもなった。また、侵入木の切削処理も作業能率低下の要因であった。

(3) 地拵え作業の試験結果と特徴

*機種A:チシマザサが密生する場所で刈払い能力の試験を行った結果は、実刈払い面積0.462ha/日であった(1日当たり6時間とする。以下同様)。同じ場所での携行式刈払い機による人力作業では、0.144ha/日であった。

*機種B:クマイザサが中程度の密度で生える伐採跡地での全刈り地拵え作業の結果は、0.23ha/日であった。残材は事前に搬出したが、伐根は550個/haあった。隣接地で行ったブル地拵えでは、0.46ha/日であった。

*機種C:クマイザサが密生する農廢地で筋刈り地拵え(設計上の施工率50%)を行ったが、地面近くにササが寝た状態になっていて刈りづらかった。刃の損傷を防ぐため慎重に、また、刈り幅の出来型に注意して手直ししながら作業した。この結果、寝ているササをきれいに刈り取る仕上げ刈りを行わない場合の実刈払い面積は0.276ha/日、地拵え作業の工期(区域面積)は0.433ha/日であったが、仕上げ刈りを含めると実刈払い面積は0.147ha/日、地拵え作業の工期(区域面積)は0.230ha/日となった。

*機種D:天然林内のチシマザサが密生する場所で、出来型よりも刈払い能力を優先して作業した結果、実刈払い面積は0.369ha/日であった。

(4) 植え付け作業の試験結果と特徴

*機種Eの植付け作業については、宮城県林業試験場で行われた試験結果を参考として示す。作業の工期は機械作業が23.4秒/本で、比較した人力作業は44.5秒/本だった。ただし、機械の工期については左右にある2機の作業機を併行して稼働し2条植栽したもので、作業機1機当たりの工期は46.8秒/本だった。作業コストを試算すると、機械作業は機械の減価償却費を含むため人力作業の約1.9倍になった(苗木代は含まない)。要素作業別では、植え穴掘りは人力の方が所要時間は短かった。ビデオ記録によると作業はスムーズに行われており、植え穴掘りと苗木植付けに関する機械の工程も上手く処理されているようである。作業能率の面では改良の余地があるが、メカニズムは適切に作られていると思われる。

(5) 下刈り作業の試験結果と特徴

*機種Fは、走行方向の傾斜24度、横方向の傾斜22度で作業と方向変換が可能であった。

下刈り機の刈り幅(片道)は1.2mで、苗木の周りや苗間を残しそれ以外の列間を往復で全刈り状に刈るため、筋刈り作業としては無駄が多かった。その結果、上り下り往復作業での下刈り工期(区域面積)は0.504ha/日だった。また、機械走行の支障になる伐根の切り直しや残材を移動するために、準備作業として人力7.2人区/haを要した。機械作業後、苗間の人力補正刈りにも0.5人区/haを要した。

人力作業では、苗木をまたいで刈り幅だけを効率よく刈るため、工期は0.736ha/日だった。

育林作業の今後の機械化

(1) 求められる性能

現地試験を踏まえて刈払い機械に要求される性能をまとめると、ササ・草本に加え小径木を切削する能力が林業用として不可欠である。また、連続使用時の刃の耐久性や石に対する耐久性も求められる。

さらに、作業の安全と効率確保のために、ベースマシンには傾斜・不整地での安定性と多少の障害物は乗り越える能力が求められる。さらに、事業への導入に当たっては稼働率を向上させるため機械（特にベースマシン）の汎用性も考慮しなくてはならない。

(2) 作業ごとの機械化の可能性

地拵え作業については、ブルドーザによる機械作業では表土の攪乱が大きいですが、刈払い機械による地拵えは林地への影響が小さく、環境に配慮した森林施業に適していると言える。

全刈り作業では走行に制限が少ないため、林内作業で実績があるエクスカベータをベースとした機械によって安全で効率的な作業が期待できる。

筋刈り作業では直線的な刈り幅に合わせるため、全刈りに比べて不規則な地形が支障になりやすい。また、エクスカベータがベースの場合アームを振りながらの作業であるため、刈り幅を真っ直ぐにかつ一定幅に保つための対策が必要になる。

同じ刈払い作業である下刈りでは、苗木を損傷しないように注意しながら列間を直線的に走行し、列間の幅内で障害物を回避しなければならない。エクスカベータは大きすぎて、多くの既存造林地では列間を走行できない。既存造林地に対応するには車体の小型化が必要であるが、機種Fは姿勢制御を備えた非搭乗型とすることでオペレーターの安全性を保ちながら小型化を実現した。しかし、機種Fのような一定幅を刈り進むタイプにしても、また、エクスカベータに付けるアタッチメント式のタイプにしても、苗木の周りや苗間の刈払いが難しく、人力による補正作業が必要になる。

下刈り作業の機械化には、まず機械走行を可能にするため列間や列方向など植栽方法から検討する必要がある。更に、苗間や苗木周囲を効率的に刈り取る機能や苗木位置の検出技術なども必要になるが、それらは今後の課題である。

植付け作業の機械化については、植え穴掘り及び植付け作業の基本的な機構は目処がついたと思われるが、事業規模での導入にはまだ解決しなければならない課題もある。特に、取り扱う苗木は機械処理に適したものでなければならないが、コストや成長面についても検証が必要である。また、作業効率の向上と地形や障害物への対応などについても今後の改良が望まれる。

(3) 現状で事業に適用可能な機種

北海道の林地は緩傾斜で機械化に適すると言われるが、実際の現場は機械が苦手な地形を含むことも多く、地域によっては車両系機械の利用は難しい場合もある。実際の事業に導入するに当たっては、どこでも使える機械であるかというより、どこまで使えるかを評価し、機械化可能な事業量と稼働率を検討する必要がある。建設用エクスカベータをベースマシンとした機械はコスト面で有利であるとともに、森林の現場で使われてきた実績があり、アタッチメントにより様々な作業が可能であることから、当面はこの方式で機械化を考えることになると思われる。

現地試験の結果から北海道の森林整備の現場で利用が見込める機械は、エクスカベータに刈払い用のアタッチメントを取り付け、これによって全刈り地拵え作業を行うものである。筋刈り地拵えについては、刈り幅の確認などの対策が必要になる。これ以外の機種については、今回の調査で得られた支障となる要因を参考に、それぞれの機械の特徴を生かして条件の良い場所で活用するのが望ましい。

(経営科)