

集材機能付プロセッサの機能と適用条件*

仁多見俊夫**・廿日出崇**・小林洋司**
岩岡正博**・南方 康**

Function and Operational Conditions of the "Processor with Logging Function"*

Toshio NITAMI**, Takashi HATSUKADE**, Hiroshi KOBAYASHI**
Masahiro IWAOKA** and Yasushi MINAMIKATA**

I. はじめに

わが国の素材生産作業の伐木・造材工程は、地形急峻な山岳森林において作業が行われる場合が多いために、作業機を持った自走式車両系機械の導入は難しく、主としてチェーンソーを用いた人力作業が行われている。この工程の中で、枝払い・玉切り作業は、特に多大の時間と労力を要する^{4,5)}うえに事故の発生頻度が高く、労働安全衛生水準の向上が望まれている。すなわち、人力労働の適切な機械化が不可欠であり、そのための方策の一つとして、造材工程を処理する機械であるプロセッサの開発・導入を速やかに行い、安全かつ能率的な作業へと改善することが得策である。さらにわが国の素材生産作業の能率を向上するためには、プロセッサと機動性のある架線系機械などを組み合わせたわが国の地形条件を克服しうる適切な機械化作業システムの確立が不可欠であると思われる。

本研究では、集材機能を有する多機能プロセッサ（「集材機能付きプロセッサ」）を用いて、間伐木を集造材する作業試験を行い、本機の機構と機能について検討して、小型の機械が複数の工程を処理可能とするような多数の機能を具備した場合の有効性について評価するとともに、今後改良すべき点を明らかにし、本機を集造材作業へ用いる際の適切な作業仕組みについて検討を行った。

作業試験は、東京大学農学部附属北海道演習林において昭和 63 年 9 月 28 日から 10 月 4 日にかけて行った。

作業試験に際して、開発検討中の本機械を供試頂いた(社)林業機械化協会に謝意を表す。作業試験の現地設定作業の実行に多大な協力を賜った前東京大学農学部附属北海道演習林長、現演習林研究部長渡邊定元教授、河原漢技官、高橋康夫技官はじめ北海道演習林職員の方々、ならびに直接の作業実行に当たられた菅沢木材株式会社社員の方々に御礼申し上げる。

* 本研究の一部は第 41 回日本林学会関東支部大会で発表した。

** 東京大学農学部林学科

Department of Forestry, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo.

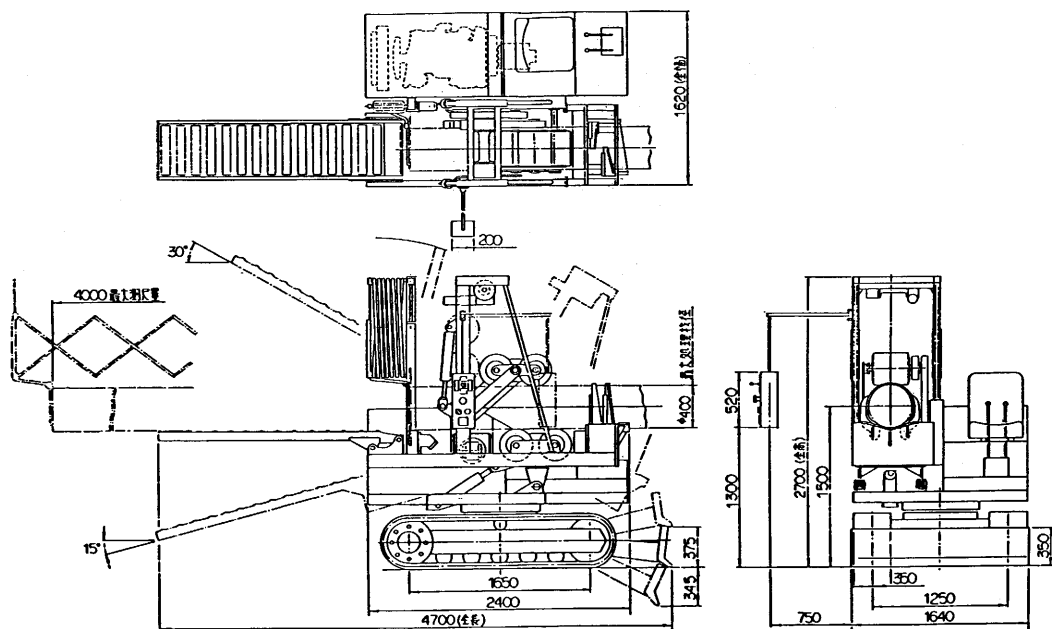


図-1 試験機の概略図

Fig. 1. Study machine.

II. 「集材機能付きプロセッサ」の概要

1. 機構と特徴

「集材機能付きプロセッサ（以下試験機と呼ぶ）」は、クローラ式の走行部に木寄せ用ラジコンウインチ・枝払い装置・材送り装置・測尺装置・玉切り装置の各ユニットを搭載した集材機能を有する小径木用プロセッサで、林野庁の林業機械化推進事業によって昭和62年度に開発されたプロトタイプのものである。図-1に本機の概略図を、表-1に本機の仕様を示す。

本機は排土板を装備しており、それによって木寄せ作業時における本体の安定性を向上させ、また枝払い作業の結果生じる枝条を巻き出して能率的な排除作業を行うことができる。集材作業に用いる各装置は、回転する造材作業用テーブル上のピッチ方向にチルト可能な造材台に装備されている。造材テーブルの回転・チルトならびに枝払い・材送り・測尺・玉切りの各装置は、本体右側面に吊り下げられた操作盤のレバーで制御される。本機に備わる機能は、電気回路によって材長を測る測尺装置以外はすべて油圧によって駆動される。

本機の特徴は、伐倒木の木寄せ・枝払い・玉切りの全作業を、連続して1人の作業員によって行いうることである。集材工程の後に荷外しする場所が造材機構の入り口となっており、集材して荷外した材を造材工程が行われる場所へ移動させる必要がないので、作業効率を上げることが期待できる。

しかし、小型機械に多数の機能を具備させたものであるために、各機能を実現する各装置は専用機械に比して機構的に不十分な点もあり、さらにそれらの機構間の関係作業や機構毎の能力の

表-1 試験機の仕様
Table 1. Specifications of study machine

項目	Item description	諸元 Specification
寸法	Dimensions	
全長	Overall length	4700 mm
全幅	Overall Width	1640 mm
全高	Overall Height	2700 mm
履帯中心距離	Track Gauge	1250 mm
タンブラー中心距離	Center to center of tumblers	1650 mm
履帯幅	Track shoe width	350 mm
総重量	Total weight	Approx. 3700 kg
エンジン	Engine	
型式	Type	4-stroke cycle, water-cooled diesel
定格出力	Rated horsepower	70 ps/2200 rpm
動力伝達方式	Power transmission	
駆動装置	Driving system	Hydrostatic, split power train
油圧ポンプ	Hydraulic pumps	Variable displacement pumps
油圧モータ	Hydraulic motors	Fixed displacement motors, combined with reduction gear
最高速度	Maximum travel speed	2 km/h
登坂能力	Climbing ability	30°
接地圧	Ground pressure	0.29 kg/cm ²
造材テーブル	Processing table	
旋回角	Swinging angle	±360°
チルト角	Tilting angle	+30°~-15°
ウインチ	Winch	
型式	Type	Radio controlled
最大引張速度	Maximum pulling speed	20 m/min
最大引張力	Maximum pulling power	1000 kg
ワイヤー容量	Length of Winch wire	50 m
枝払機能	Delimiting	
装置	Device	3 Cutting blades, 1 fixed and 2 movable
処理材径	Diameter	10~25 cm
材送り機能	Feeding	
装置	Device	4 rubber-coated rollers
材送り速度	Speed	2 m/sec
材送り力	Power	1500 kg
ローラー径	Diameter of roller	30 cm
玉切機能	Bucking	
装置	Device	Chainsaw
最大玉切径	Maximum diameter	40 cm
ガイドバー長	Guide bar length	500~700 cm
測尺機能	Measuring	
装置	Device	electronic controlled digital encoder
プログラム設定材長	Programmable length	1.82m, 3 m, 3.65 m, 4 m

バランスが適切でない場合には、各機構単独の機能が良好である場合でも作業機全体の機能としては不十分な評価しか得られない。すなわち、単独機構の完成度が高いことはもちろん、各機構間の連結性が良好で作業速度が合っていることが必要である。

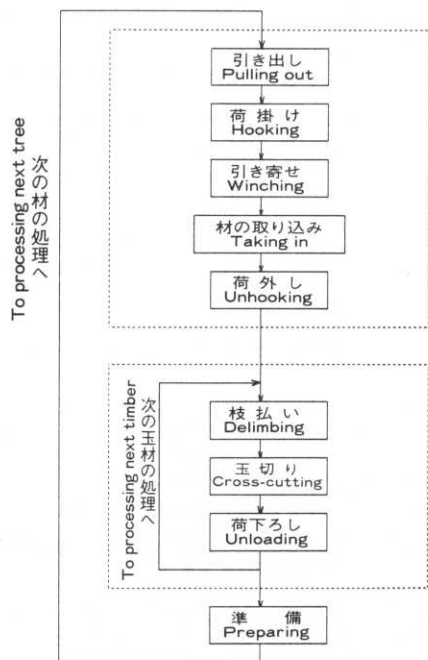


図-2 試験機による要素作業の配列図

Fig. 2. Timber processing sequence of study machine.



図-3 試験機による作業

Fig. 3. Processing with study machine.

2. 作業方法

試験機による集造材作業は図-2 に示すように、以下の手順で行われる。

1) 木寄せ作業を行う

ラジコンウインチを空転状態にしてワイヤーロープを引き出し、材の元口の部分に荷掛けを行い、送信機を操作して木寄せを開始する。オペレータは材と一緒に歩行しながら機械本体の位置へ戻るが、途中で障害物がある場合には、ウインチを停止させ、材を多少人力で動かして障害物を回避した後、木寄せを再開する。本体前部の高い位置に設置されたフェアリードによって、材の元口は上方へ引き上げられる。ただしこの際、材を適切な位置に乗せることができるようにあらかじめ造材テーブルを前傾した状態にチルトしておかなければならない。造材テーブルと材とが平行になるように造材テーブルを旋回・チルトさせて、枝払いナイフの間に入るように造材テーブル上に材を下ろす。以上によって造材部へ材を取り込む。

2) 枝払い作業を行う

図-3 に示すように、全木材を4個のローラーによって送り、枝をナイフで切り落とす。ローラーの表面は、樹皮の損傷を防ぐために硬質ゴムで覆われている。4個のローラーのうち2個は造材テーブルに固定され、油圧で上下するフレームに装着された他の2個の材送りローラーとの間で材をはさんで駆動する。枝払い部は、1個の固定ナイフと開閉する2個の円形クランプ式ナイフから成る。材を送るローラーは正逆転が可能であり、これによって材を前後させて必要な長さに玉切り長を調節する。

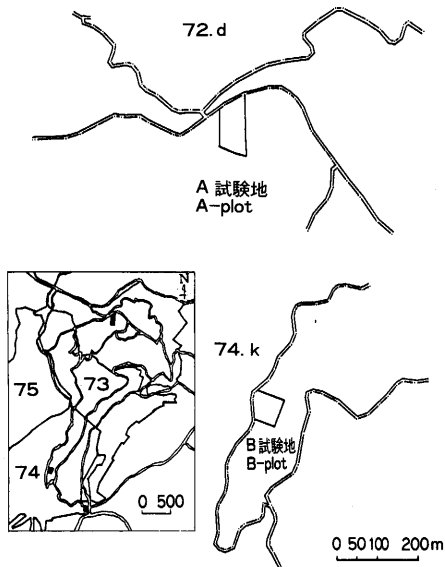


図-4 作業試験地の概要

Fig. 4. Location of the experimental area.

3) 玉切り作業を行う

造材台に固定された油圧駆動チェーンソーによって適切な長さに材を玉切る。操作盤の「チェーンソー切断」を選択すると、玉切り用チェーンソーの駆動とバーの振り下ろしが同時に開始される。バーには、チェーンソーの材への接近を検知する金属製の棒センサーが付いており、材に到達するまでの空転時には振り下し速度が速い。材を鋸断したら、操作盤の「チェーンソー戻り」を選択してバーを元の位置まで戻す。玉切りされた材は、造材テーブルの後部を延長する形で取り付けられた荷下ろし台の上に乗る。荷下ろし台には、直径約5cmの金属ローラーが取り付けられており、滑らかに玉材を移動できるようになっている。しかし、材を自動的に落下させる機構がないために、人力で荷下ろし作業を行う必要がある。

4) 梢端部を排出する

造材テーブル上に残された梢端部を材送りローラーによって排出して、次に処理する材を取り込むのに備える。その際、材送りユニットの上部ローラーを上げ、枝払いナイフを開き、さらに造材テーブルを前傾させる。

III. 作業試験の概要

1. 作業試験地

北海道演習林72林班d小班および74林班k小班内のいずれも林道下側の斜面上に、それぞれ1箇所ずつ試験地（A試験地およびB試験地）を設定した。作業試験地の位置図を図-4に示す。試験地はいずれもカラマツの人工林で、林齢はA試験地が30年、B試験地が33年である。林床の大部分はクマザサによって被覆されていた。

作業試験に先立ち、両試験地の測量ならびに試験地内の立木の胸高直径の測定を行った。伐採方法は間伐とし、A試験地では1伐3残の列状間伐、B試験地では胸高直径26cm以下の立木を伐採する定性間伐を行った。これに基づいて伐採対象木を決定し、位置を測量して対象木の立木

表-2 作業試験地の概要

Table 2. Characteristics of the experimental area

		A 試験地 A-plot	B 試験地 B-plot
平均傾斜 (度)	Average slope inclination (deg.)	10	20
面積 (ha)	Area (ha)	0.87	0.50
立木密度 (本/ha)	Stand density (/ha)	781	772
胸高直径 (cm)	DBH (cm)	21.1	22.3
		8~36	6~40
蓄積 (m ³ /ha)	Stand volume (m ³ /ha)	247	272
伐採本数	Number of felled trees	253	100
伐採木胸高直径 (cm)	DBH of felled trees (cm)	20.5	18.8
		8~30	12~26
伐採材積 (m ³)	Volume of felled trees (m ³ /ha)	74.5	23.9
本数間伐率 (%)	Intensity of thinning in number (%)	24.9	25.9
材積間伐率 (%)	Intensity of thinning in volume (%)	23.2	17.6

位置図を作成した。さらに伐倒作業終了後、伐倒方向の調査を行った。しかし、伐倒方向は指定した集材線方向に揃えられず、まったくランダムな方向を向いたために、作業試験時には材の方向転換に時間がかかり、選木方法の違いの影響は検討できなかった。表-2 に作業試験地の概要を示す。

2. 作業試験方法

本試験機の具備する機能が、適切に発揮されると考えられる以下の3通りの作業方法によって作業試験を行った。

1) 林道上における集造材作業

この作業は、試験機を設計する上で想定された、機械の全機能を適切に活用した本来の作業方法である。すなわち、林道上に停車した試験機1台だけで、集材用ウインチを用いて全木材を地曳き集材し、造材する作業である。

試験機の集材用ウインチは容量が50mと小さいために、試験機本体が林内へ進入せずに林道上に停車する場合には、林道の極めて付近からしか集材することができない。すなわち、本作業方法は高密度に林道が整備された林地においてのみ可能である。

作業はオペレータ1名によって行われた。作業はB試験地において、元口から集材することが可能な方向に伐倒された材を対象として行った。

2) 林内における集造材作業

試験機が直接林内へ進入することによって、集材距離を短くして集材作業工程の向上を期した作業方法である。また、林道・作業道密度が小さく道路間隔が広い場合において試験機を用いて広い作業範囲を得るためには、本機の集材用ウインチ容量が小さいために、この方法によって作業せざるをえない。したがって、緩傾斜で林内を車両が走行できる林地において適用できる作業方法である。

A 試験地において、試験機を直接林内へ進入させて伐倒木の間を移動させながら集造材作業を行った。作業はオペレータ 1 名、材の荷下ろし等を行う補助作業員 1 名の計 2 名で行った^{1,2,3,6)}。

3) トラッククレーンと組み合わせた集造材作業

試験機の集材機能は作業範囲が狭いので、集材作業を専用機械によって分担して、試験機を林道・作業道上に停車したままで、当該道路からの作業範囲を広くすることを期した作業方法であって、試験機は造材作業を行う。

集材作業は、トラッククレーン（森藤製作所製 MCY-1000）のブームウインチを用いて地曳き集材を行った。集材作業が終了し、材が林道端に集積された後に試験機によって造材を行った。集材作業は、トラッククレーンのオペレータ 1 名、ワイヤーロープの引き戻し手 1 名、荷掛け手 1 名の合計 3 名の作業員によって行われた。造材作業は、先行して行われる集材作業が終了した地点において、試験機を用いて 1 名の作業員で行った。

3. 調査方法

前項 2 の 1) から 3) の試験作業を時間観測した。処理された材積は、玉材の材長と末口直径を測定し、末口自乗法によって算出した。1) の作業については作業時の集材経路を、2) の作業では試験機の移動経路および林内における作業位置を、3) の作業では木寄せ距離を測量した。

IV. 作業試験の結果

作業試験は計 7 日間行った。A 試験地において 4 日間作業を行い、B 試験地において 3 日間作業を行った。また、以下において「作業工期」とは 1 日の実働時間を 6 時間とした場合の値を指す。

1. 要素作業

作業試験の結果、試験機を用いて行った集造材作業は III 章に示した 3 とおりの作業方法を通じて、以下のように、木寄せ作業、造材作業、準備作業の「主体」作業と、材の引き込み作業、測尺作業等の「付帯」作業ならびに作業を行わない短い休息などの「余裕」に大別され、それらはさらに要素作業に分類することができた。

1) 主体作業

(1) 木寄せ作業

「林道上における集造材」作業においては、伐倒された全木材を、林内から林道端まで集める作業である。「林内における集造材」作業においては全木材を伐倒されている地点から試験機まで集める作業である。「トラッククレーンと組み合わせた集造材」作業においては、林道端に集積された全木材を試験機まで集める作業である。

この作業は、ワイヤーロープを試験機から木寄せ対象の伐倒木へ引き出す「引き出し」作業、伐倒木へワイヤーロープを掛ける「荷掛け」作業、試験機のウインチで荷掛けした林を引き寄せる「引き寄せ」作業、試験機の間際まで引き寄せた材を造材装置の入口へ載せる「取り込み」作業、材からワイヤーロープを外す「荷外し」作業の 5 つの要素作業からなる。

「引き寄せ」作業においては、林内から伐倒木を集材する際に、材がしばしば地表障害物へ引っかかり、障害物から材を脱出させるために長い作業時間を要した場合があった。また、障害物へ

の引っかかりは、集材距離が長い場合に多く発生する傾向があった。

「荷外し」作業においては、たびたび乱巻きが発生し、その度にワイヤーロープを数 m 程度引き出して徐々に巻き取る修正作業を行った。この乱巻きは、木寄せ用ウインチが「巻き」と「解放」の2つの機能しか備えていないので、材の取り込み作業時に造材テーブル上に材を下ろす際にはウインチを「解放」して落下させて行わざるを得ず、その際にウインドラムが逆方向に余分に回転してドラムに巻いたワイヤーロープをゆるめてしまうため発生する。

(2) 造材作業

材の「取り込み作業時」に材端が材送りローラーに達しない場合にワイヤーを掛け直して再度ワイヤーを引き寄せて材端をローラー位置まで運ぶ「引き込み」作業、木寄せされた材の枝を払う「枝払い」作業、「造材」作業時に装置の不調のために自動的に機械計測することが出来なかった玉材長を人力で測る「測尺」作業、適切な長さに玉切る「玉切り」作業、試験機によって造材できない部分を人力で処理する「チェーンソー」作業、造材後に装置上から自動落下しない玉材を人力で落とす「荷下ろし」作業、の6つの要素作業に分類された。

「材の引き込み」作業は、作業試験における総観測作業サイクルの内の約7割のサイクルで発生し、「造材作業時間」を増大させた。すなわち、試験機は造材テーブル上のバーを介してワイヤーで吊り上げた材をテーブル上へ下ろす機構となっているために、特に傾斜林地内に進入して作業を行う際には、試験機車体がロール方向に傾いた状態で作業を行うこととなり、人力で材の位置を調節しなければならず作業時間がかかった。機構的な不完全さが原因となって発生した時間であって、本来的な機能が発揮されれば削除可能である。

「枝払い」作業においては、材がローラーによって円滑におこりこまれない場合が多かった。すなわち、曲がった材や根張り部分の大きな材は、あらかじめそれらの部分を取り除いておかなければ、ローラーによって材を円滑に送り込むことはできなかった。樹皮が湿っているとしばしば材送りローラーが滑って空転した。造材テーブルおよび枝払いナイフ後部にある段差に、節、材の元口等が引っかかり材が送られず、材長を測定するために材位置の修正作業が必要であった。これらの障害のために材送りローラーの押え圧の調節、枝払いナイフの開閉、造材テーブルの旋回・チルトを繰り返しながらの作業を行ったが、作業が著しく停滞したために、途中で作業を中止した場合もあった。

「測尺」作業は、本来は自動的に機械で行われるものを人力で行わざるを得なかったのであるが、試験機が林道上において集造材作業を行う場合には、材端が試験機に到達しているながらも全幹材のほとんどの部分は傾斜林地内にある状態であるため、クマザサが密生している林内を歩行しつつ行わざるを得ず、迅速に作業を行うことは難しかった。

「玉切り」作業においては、鋸断中に玉切り用チェーンソーが材に挟まれ、途中で動かなくなる事態がしばしば発生した。

2) 付帯作業

付帯作業は、主体作業を遂行するのに伴って発生する補完的な作業の総称である。これは、装置内外および試験機周辺に集積した枝条を排除する「枝条処理」作業、「給油」作業、機械の作業地点を変える「移動」作業および作業道具の持ち変え等の「その他」作業の4つの要素作業に分類された。

3) 余 裕

作業の段取りを検討する時間、短い休息時間等が含まれる。

2. サイクルタイムと作業工期

試験機を用いた集造材作業について、各要素作業時間の平均値および回帰式を、作業方法毎に表-3に示す。ただし、枝払い、玉切り、荷下ろし・桟積み各作業の平均作業時間は、1サイクル中に繰り返し行われた作業の総和時間の平均値である。

1) 林道上における集造材作業

本作業方法においては、「引き出し」作業時間、「引き寄せ」作業時間が、それぞれ引き出し/引き寄せ距離 lm の一次、二次式に回帰できた。また、「玉切り」作業時間は、一本の全木材からの採材玉数 n 、鋸断径の総和 D cm によって表すことができた。他の作業は、距離か処理する材の大きさと明かな相関は示さず、平均値で把握した（表-3）。

すなわち、本方法によって行った作業のサイクルタイム CT_1 秒は、表-3 最下段のように、上記すべての作業時間の和として表すことができた。

試験作業時においては、平均木寄せ距離 l は 23.8 m、鋸断径の総和 D が 51.00 cm、平均採材玉数 n が 4.44 であった。

また、観測された平均サイクルタイムは 832.4 秒であった。さらに、集造材作業 1 サイクル当りの平均材積は 0.249 m^3 （素材材積）であったので、1人作業で行う本方法による作業工期は $6.46 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$ と算出された。

2) 林内における集造材作業

本作業方法における「玉切り」作業時間も、1本の全木材からの採材玉数 n 、鋸断径の総和 D によって表すことができた。他の作業は、距離や処理する材の大きさと明かな相関は示さなかつたので平均値で把握した（表-3）。

本方法による作業のサイクルタイムは、今回試みた三種類の作業方法の中で最も長かった。他の作業方法と比較すると、特に「材の取り込み」作業、「枝払い」作業に時間がかかった。作業のサイクルタイム CT_2 は表-3 最下段に示すように各要素作業時間の和として表すことができた。

本作業では、 D の平均値が 61.00 cm、 n の平均値が 3.67 であった。

観測された作業の平均サイクルタイムは 1153.4 秒であった。また、作業試験時の平均 1 荷当たり材積が 0.362 m^3 であったので、作業工期は $6.78 \text{ m}^3/\text{組} \cdot \text{日}$ と計算された。作業は 2 人 1 組で行われたので、 $3.39 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$ の生産性であった。

本作業方法は、車体を移動できる程度の機能しかない足回り機構によって不整林地内へ進入して作業を行うものであること、さらに、車体が傾斜地において傾いた場合には造材機構による処理作業が適切に行われにくいという不利な点があったと言えよう。その結果作業工期は、今日の北海道地方の平均的な数値を上回るものとならなかつた。また、造材された木が林内に残された状態で作業が終了するので、その後さらに集材作業が行われることを考慮すると、最終的な作業工期は極めて低いものとなることが予想される。すなわち、このような作業方法は、本機の能力を発揮できるものではない。

3) トラッククレーンと組合せた集造材作業

(1) トラッククレーンによる集材作業

表-3 試験機による作業の時間観測結果
Table 3. Results of time study

要素作業 Work elements	林道上での集造材作業 Winching and processing on road		林内での集造材作業 Winching and processing in forest		トラッククレーンにより 集材された材の造材作業 Winched by truck-crane Processing the trees	
	平均作業時間 Average time (sec)	(%)	平均作業時間 Average time (sec)	(%)	平均作業時間 Average time (sec)	(%)
主体作業 Main work						
木寄せ作業 Logging	35.2 (4.2)		20.0 (1.7)		30.9 (4.3)	
引き出し Pulling out	1.51 t^{*1}					
荷掛け Hooking	13.9 (1.7)		11.7 (1.0)		11.8 (1.6)	
引き寄せ Hauling	84.7 (10.2)		36.9 (3.2)		57.8 (8.0)	
	0.113 t^{*1}					
取り込み Premounting	29.0 (3.5)		142.7 (12.4)		43.4 (6.0)	
荷外し Unhooking	15.2 (1.8)		15.9 (1.4)		18.3 (2.5)	
小計 Subtotal	178.0 (21.4)		227.2 (19.7)		162.2 (22.3)	
	0.113 $t^2 + 1.51 t + 58.1$					
造材作業 Processing						
枝払い Delimiting	203.1 (24.4)		535.6 (46.4)		166.0 (22.8)	
玉切り Bucking	84.4 (10.2)		91.0 (7.9)		80.3 (11.0)	
	0.68D + 10.29 n^{*2}		0.74D + 10.94 n^{*3}		0.56D + 11.75 n^{*4}	
引き込み Pulling in	46.2 (5.6)		102.1 (8.9)		28.7 (3.9)	
測尺 Measuring	116.3 (14.0)		39.6 (3.4)		75.1 (10.3)	
チェーンソー作業 Manual work with a chainsaw	11.4 (1.4)		51.4 (4.5)		17.9 (2.5)	
荷下ろし Dismounting	61.0 (7.3)		0.0 (0.0)		120.0 (16.5)	
小計 Subtotal	522.5 (62.8)		819.7 (71.1)		488.0 (67.1)	
	0.68D + 10.29 $n + 438.0$		0.74D + 10.94 $n + 728.7$		0.56D + 11.75 $n + 407.7$	
準備作業 Preparing	30.9 (3.7)		28.8 (2.5)		27.8 (3.8)	
主体作業 合計 Main work total	731.4 (87.9)		1075.7 (93.3)		678.0 (93.3)	

表-3 つづき
Table 3. continued

要素作業 Work elements	林道上での集造材作業		林内での集造材作業		トラッククレーンにより 集材された材の造材作業 Processing the trees winched by truck-crane	
	Winching and processing on road	Winching and processing in forest	Winching and processing in forest	Winching and processing in forest	Winching and processing in forest	Winching and processing in forest
	平均作業時間 Average time (sec)	平均作業時間 Average time (sec)	平均作業時間 Average time (sec)	平均作業時間 Average time (sec)	平均作業時間 Average time (sec)	平均作業時間 Average time (sec)
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
主体作業 合計 Main work total	$0.133 l^2 + 1.51 l$ $+ 0.68 D + 10.29 n + 527.0$	$0.74 D + 10.94 n + 984.7$	$0.56 D + 11.75 n + 597.7$			
付帯作業 Subsidiaries						
枝条処理 Moving branches	7.5 (0.9)	0.9 (0.1)	6.0 (0.8)			
給油 Refuel/Oiling	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	7.6 (1.0)			
移動 Move	19.0 (2.3)	25.7 (2.2)	9.3 (1.3)			
その他 Others	18.4 (2.2)	0.0 (0.0)	6.0 (0.8)			
付帯作業 合計 Subsidiaries total	44.9 (5.4)	26.6 (2.3)	28.9 (4.0)			
余裕 (非作業) Rest	56.1 (6.7)	51.1 (4.4)	20.0 (2.8)			
サイクルタイム Cycle time	832.4 (100.0) $CT_1 = 0.133 l^2 + 1.51 l$ $+ 0.68 D + 10.29 n + 628.0$	1153.4 (100.0) $CT_2 = 0.74 D + 10.94 n + 1062.4$	726.9 (100.0) $CT_3 = 0.56 D + 11.75 n + 646.6$			

*1) l : 集材距離 (m) l : logging distance (m)*2) 1回の玉切り作業時間(秒)は、鋸断径を d (cm) として、 $0.68 d + 10.29$ (相関係数 $r=0.87^{**}$) と回帰することができた。従って、材一本当りの玉切り作業時間は、採材玉数を n 、鋸断径の和を D として、 $0.68 D + 10.29 n$ と表すことができる。One bucking needs $0.68 d + 10.29$ sec. ($r=0.87^{**}$), d is bucking diameter, and bucking for one whole log needs $0.68 D + 10.29 n$ sec, D is sum of bucking diameters, n is number is bucked logs.*3) 1回の玉切り作業時間の回帰式 $0.74 d + 10.94$ (相関係数 $r=0.66^{**}$) より、 $0.74 D + 10.94 D$ と表すことができる。One bucking needs $0.74 d + 10.94$ sec. ($r=0.66^{**}$), and bucking for one whole log needs $0.74 D + 10.94 n$.*4) 1回の玉切り作業時間の回帰式 $0.56 d + 11.75$ (相関係数 $r=0.80^{**}$) より、 $0.56 D + 11.75 n$ と表すことができる。One bucking needs $0.56 d + 11.75$ sec. ($r=0.80^{**}$), and bucking for one whole log needs $0.56 D + 11.75 n$.

** は、1%の有意水準を満たす。

Satisfies one percent significance level.

表-4 トラッククレーンによる集材作業時間観測結果

Table 4. Summary statistics for time study of winching with truck-crane

要素作業 Work elements	A-plot		B-plot	
	Average	Std. dev. (sec)	Average	Std. dev. (sec)
引き出し/荷掛け Pulling out and hooking	84.9	28.2	78.7	22.5
引き寄せ Winching	111.9	58.1	99.8	51.6
荷外し Unhooking	29.9	7.7	14.7	8.4
引き上げ Pulling up	137.9	115.2	100.8	96.8
合計 Total	364.6	139.5	294.0	95.2
	CT ₄ =0.0302 l ² +0.74 l+213.5		0.0543 l ² +0.94 l+150.9	

本作業は、「引き出し・荷掛け」作業、「引き寄せ」作業、「荷外し」作業、「引き上げ」作業の4つの要素作業に分解された。「引き出し・荷掛け」作業は、林道上に駐車しているトラッククレーンから集材する伐倒木までワイヤーロープを引き出し、その伐倒木へワイヤーを掛ける。「引き寄せ」作業は、ワイヤーをトラッククレーンのウインチで巻いて荷掛けした材を林道端まで寄せる。「荷外し」作業は、林道端に引き寄せられた材からワイヤーロープを外す。「引き上げ」作業は、林道端に寄せられた材をトラッククレーンのクレーン先端にあるグラップルによって林道上へ引き上げる。

「引き出し・荷掛け」作業

この作業では、ワイヤーを引き出す作業と材にワイヤーを掛ける作業を明瞭に分離することができなかったので一括して扱うこととしたが、試験地の傾斜の緩急を区別せずに回帰させた一次式の定数項の値 45.7 秒を平均的な「荷掛け」作業時間とみなした。さらに、緩急2つの試験地における「引き出し」作業は引き出し距離の増加にともなう作業時間の増加の仕方に差があった(表-4)。

「引き寄せ」作業

この作業時間は、「集材機能付きプロセッサ」によって行われた場合と同様に、引き寄せ距離 l の二乗に比例して増加する傾向があった。本作業の時間も、緩急2つの試験地において引き寄せ距離の増加にともなう作業時間の増加の仕方に差があった。

「引き上げ」作業

グラップルの形状が細い材を把持するのに適していないために、材を掴み上げるのに時間がかった。

本集材作業の時間観測結果を表-4に示す。また、作業サイクルタイム CT₄ は、各要素作業時間の和として、作業地の傾斜の緩急別に表中の式で表すことができた。平均集材距離は、A 試験地においては 47.4 m、B 試験地においては 36.8 m であった。

観測された作業の平均サイクルタイムが A 試験地 364.6 秒、B 試験地 294.0 秒であり、一荷当りの平均材積(幹材積)が、A 試験地 0.24 m³、B 試験地 0.28 m³ であったので、集材作業工程は

A 試験地において $14.22 \text{ m}^3/\text{組} \cdot \text{日}$ 、B 試験地において $20.57 \text{ m}^3/\text{組} \cdot \text{日}$ と算出された。なお、一組の作業員人数は3人であったので1人1日当たり作業工程は、A 試験地が $4.74 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$ 、B 試験地が $6.86 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$ であった。

(2) 試験機による造材作業

作業試験時の本作業は、互いに作業の邪魔にならないように全木の長さ程離れた試験機とトラッククレーンの間で、材を木寄せした後に造材を行う。その木寄せ距離は約20mで一定していた。作業のサイクルタイム CT_3 は、表-3最下段のように表すことができた。本作業の平均鋸断計合計 D は 57.60 cm 、平均玉切り数 n は 4.18 であった。

観測された作業の平均サイクルタイムは 726.9 秒、一回の作業当たりの平均処理材積は 0.31 m^3 であった。すなわち、オペレータ1人だけで行った作業では、作業工程は $9.21 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$ となった。また、オペレータ以外に1名の補助作業員を加えた2人によって作業を行った場合には、作業工程が $12.34 \text{ m}^3/\text{組} \cdot \text{日}$ ($6.17 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$) となり、機械の能力に対して労働力の投入が過剰であると考えられた。

「荷下ろし」作業の時間が林道上における集造材作業の場合の2倍近い時間を要したが、丁寧に極積みを行ったためであった。

(3) トラッククレーンと組合せた集造材作業

試験機で行った造材作業の工程はトラッククレーンの集材作業工程よりも小さかった。すなわち、試験地は造材工程の機能力に比して集材工程の機械能力が過大であったと言えよう。バランスのとれた作業を行うためには、平均の集材距離が適当に長く、集材作業工程が試験機の造材作業工程と釣り合う作業条件において当作業方法を用いるのが適切であろう。

本作業方法においては、先行して作業を進める集材作業が作業を完遂した後も工程の小さい造材作業が引き続き行われるということを想定することができる。その際の作業工程 P_t は、集材作業工程を P_1 、造材作業工程を P_p として、

$$1/P_t = 1/P_1 + 1/P_p \quad (1)$$

と表すことができ、上記の数値を用いて、A 試験地では $3.13 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$ 、B 試験地では $3.93 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$ と算出された。

V. 試験機の評価

1. 機能

1) 集材機能

試験機の集材用ウインチの牽引力は、小径木の多い作業試験地の間伐木の集材作業を行う際には十分な大きさであった。本作業試験では、一荷当りの集材材積がほとんど 0.4 m^3 以下であったが、その程度の大きさの材を対象とした作業であれば、余裕をもって作業を行えるであろう。ウインチの巻き取り速度も、引き寄せ作業時の林内歩行速度とほぼ等しく、その点では機械力作業と人力作業のバランスが取れていた。

しかし、以下の点において作業実行上問題となることが明かとなり、改善の必要があった。

(1) 材の取り込み機構

集材木を造材テーブル上へ引き上げる際に、材端の元口がテーブルの下に入ることがしばしばあった。また、現在の機構では材送りユニットが材を駆動できる位置まで材を取り込めないの

人力によって材を取り込む必要があった。

これらを改善するためには、フェアリードの機構および取り付け位置、さらに材送りローラーの位置を改良する必要がある。しかし、集材した材を一旦上方のフェアリードまで引き上げてからウインチを解放して造材テーブル上へ下ろすというワイヤーロープを用いて材を取り扱う現在の機構は、適切な操作が難しい上に材の取扱い動作が円滑でなく、作業に長時間かからざるを得ない。将来的には、油圧グラップルで材を把持して材を造材部に取り込む機構とする等の改良を行って、作業時間を極めて短縮することも可能であろう。そのような改良によっては、約10秒で材が造材装置に入ることが、作業時間観測結果から推定される。

2) 造材機能

造材作業は円滑に行いにくく、作業速度も遅く、集材工程の3倍程度の時間がかかった。本機能は、以下の点に問題があった。

(1) 造材可能径

試験機の仕様書においては、最大処理材径が25cmであるにもかかわらず、末口径が13cm以上の材を処理する際には、処理作業時間が長くなり、処理不可能となる場合も多く生じた。鋸断径と鋸断時間（中断のある場合はその時間も含む）との間の関係を見ると、鋸断径が約13cm以上の場合に、玉切り用チェーンソーバーが材に挟まれて作業が中断することが多かった。また、チェーンソー取り付け部に近い位置で材を鋸断すると、バーが挟まれやすいことが作業観測時に確認された。

(2) 材送り機構

材送り時間は、元玉の造材作業に特に長時間を要した。材送りローラーの送り力ならびに押え圧を増強してローラーの滑りをなくすこと、造材テーブル上の段差をなくして材が引っかかるのを防ぐことによって材送り作業は円滑に行われると思われた。

ローラー表面の材質は、材の表面に傷をつけないことを目指した硬質ゴムであるが、滑りが発生しやすいため、不適切であると考えられた。ゴムローラーにチェーンを装着する形式、あるいは金属製のスパイク付きローラー等に変更することは有効であると思われた。

材の表面に造材作業時に傷がつくことは、わが国における木材売買において材の欠点となることとして批判的に考えられている。しかしプロセッサという機械による作業である以上、この現象を完全になくすことは不可能であり、むしろ「製材されれば表面の傷は関係ない」という欧米の考え方に習って、意識改革を行うことも必要であると思われる。この点については、今後とも造材用機械の開発の際には問題になると考えられ、今後の研究を要する点である。また、極端な曲がりのある材は避ける等、オペレータの適切な判断も必要となろう。

(3) 測尺機構

装置不調のために動作せず、本作業はすべて人力で行われた。本来は、枝払い作業と同時に行為られるために、作業時間はかからない。

さらに、「チェーンソー」作業は、機械作業が不可能となった際に人力で対処したものであり、支障なく行われた作業においては本来的にはかからない作業時間である。

同様に、「荷下ろし」作業も、枝払い作業時に材送りローラーで動かされる玉材によって押し出されて造材テーブル上から自動的に落下するのが本来の作業仕組みであるが、造材テーブルのローラーの動作が不調のため人力作業時間がかかったものである。これも、本来的には、作業時

間を必要としない。この作業のために、オペレータが玉切り作業が毎回終了するたびに、機械操作を一時中断して操作盤の位置を離れて人力作業を行わなければならない、補助作業員のいる林内における集造材作業を除き、サイクルタイムの10%前後の時間をこのために費やした。

3) 走行機能

林道上における最大走行速度が2 km/hで、さらに勾配のある路線における走行速度の低下が甚だしいことが問題として指摘された。そのために自走移動する場合に極めて長く時間がかかった。すなわち、作業所から約5.4 km離れた試験地へ作業機を搬入するために、約半日を要した。また、約3.8 km離れて設定された試験地間の移動に2時間以上を必要とした。

林内へ進入して行う作業を想定しないならば、走行部を接地圧の低いクローラタイプから接地圧の高いホイールタイプに変更することは有効である。すなわち、ホイールタイプとすることによって、移動速度が大幅に向上することが予想され、将来の改善による作業工程の向上に際して十分な効果が期待できる。

4) 機能のバランス

「林道上における集造材」作業においては、平均集材距離が23.8 mであって、本機を用いた標準的な作業距離であると考えられたが、作業時間は、集材工程と造材工程の比率が約1:3になっており、造材作業時間が長かった。試験機による単独作業を想定した場合には、作業が「集材」「造材」の2つの工程に分けられるが、「造材」作業工程の処理に極めて長い時間が費やされることによって、他方の「集材」機能が作動しない時間が長くないようにすることが適切である。すなわち、2つの機能が連続して作動して全体の作業が遂行される場合には、全体の作業工程は「トラッククレーンと組み合わせた集造材」作業の場合と同様に式(1)で算出され、例えば、2つの作業の工程が、能率の高い方の作業工程を1として、1:1のバランスのときは、作業全体の能率は0.5であるが、作業のバランスが崩れて1:0.5となった際には、作業全体の能率が0.33となり機能のバランスの良否が作業工程に大きく影響することがわかる。

2. 期待できる作業工程

作業試験の結果、不適当な作業方法であると考えられた「林内での集造材」作業を除き、「林道上における集造材」作業、「トラッククレーンと組み合わせた集造材」作業の2つの作業方法について、作業試験時に不具合があった機能が本来の能力を発揮した場合について検討した。

前節の評価検討を基に、試験機本来の機能が発揮された場合の要素作業時間を表-5に示すように想定した。すなわち、造材工程の「枝払い」、「引き込み」「玉切り」と「準備」作業の時間を、障害の発生が少なく円滑に作業が進行した「トラッククレーンと組み合わせた集造材」作業の場合の166.0秒、 $0.56D + 11.75n$ 秒 (D, n は前出と同じ)、28.7秒、27.8秒とし、「付帯」作業および「余裕」の時間も同作業方法時の時間を用いた。「測尺」「チェーンソー」作業「荷下ろし」作業は発生せずに時間がかからないとした。このような状態は、試験機の集材工程と造材工程のバランスが向上したものである。

集材距離 l 、鋸断径合計 D 、採材玉数 n を、作業試験時の「林道上における集造材」作業と同じくして計算すると、作業のサイクルタイムは、「林道上における集造材」作業において500.2秒、「トラッククレーンと組み合わせた集造材」作業において、集材工程が402.18秒、造材工程が480.93秒となった。これは、作業のサイクルタイムが、「林道上における集造材」作業において

表-5 試験機本来の機能が発揮された場合の要素業時間とサイクルタイム

Table 5. Estimated time for work element and the cycletime with the proper function for study machine

要素作業 Work elements	林道上での集造材作業	トラッククレーンにより 集材された材の造材作業
	Winching and processing on road	Processing the trees winched by truck-crane
	作業時間 time (sec.)	作業時間 time (sec.)
主体作業 Main work		
木寄せ作業 Logging		
引き出し Pulling out	1.51 <i>l</i>	30.9
荷掛け Hooking	13.9	11.8
引き寄せ Hauling	0.113 <i>l</i> ²	57.8
取り込み Premounting	29.0	43.4
荷外し Unhooking	15.2	18.3
小計 Subtotal	0.113 <i>l</i> ² +1.51 <i>l</i> +58.1	162.2
造材作業 Processing		
枝払い Delimiting	166.0	166.0
玉切り Bucking	0.56 <i>D</i> +11.75 <i>n</i>	0.56 <i>D</i> +11.75 <i>n</i>
引き込み Pulling in	28.7	28.7
測尺 Measuring	0	0
チェーンソー作業 Manual work with a chainsaw	0	0
荷下ろし Dismounting	0	0
小計 Subtotal	0.56 <i>D</i> +11.75 <i>n</i> +194.7	0.56 <i>D</i> +11.75 <i>n</i> +194.7
準備作業 Preparing	27.8	27.8
主体作業 合計 Main work total	0.133 <i>l</i> ² +1.51 <i>l</i> +0.56 <i>D</i> +11.75 <i>n</i> +280.6	0.56 <i>D</i> +11.75 <i>n</i> +384.7
付帯作業 Subsidiaries		
枝条処理 Moving branches	6.0	6.0
給油 Refuel/Oiling	7.6	7.6
移動 Move	9.3	9.3
その他 Others	6.0	6.0
付帯作業 合計 Subsidiaries total	28.9	28.9
余裕 (非作業) Rest	20.0	20.0
サイクルタイム Cycle time	0.133 <i>l</i> ² +1.51 <i>l</i> +0.56 <i>D</i> +11.75 <i>n</i> +329.5	0.56 <i>D</i> +11.75 <i>n</i> +433.6

1/1.66 へ、「トラッククレーンと組み合わせた集造材」作業の造材工程において 1/1.51 へ短縮されることを示す。

作業工程は、「林道上における集造材」作業では 10.75 m³/人・日となり、「トラッククレーンと組み合わせた集造材」作業では、式(1)による計算によって、緩傾斜地 (A 試験地相当) において、集材工程、造材工程を合わせた作業工程が 7.38 m³/人・日、急傾斜地 (B 試験地相当) において 7.19 m³/人・日になると算出された。

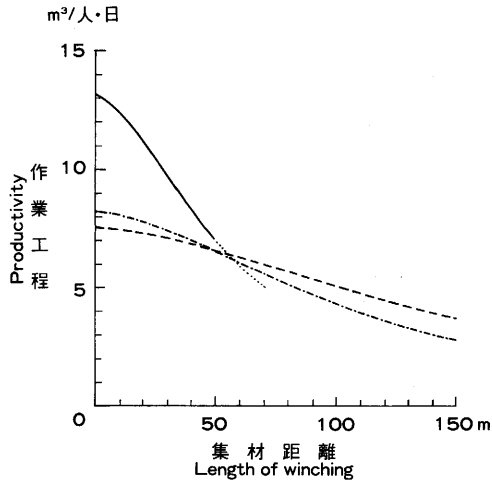


図-5 作業方法と作業工程

Fig. 5. Logging/processing system and the productivity.

— 林道における集造材作業

logging/processing on the forest road

----トラッククレーンと組合せた集造材作業 (緩斜地)

logging/processing with a truck-crane (gentle slope)

- · - · - ·トラッククレーンと組合せた集造材作業 (急斜地)

logging/processing with a truck-crane (steep slope)

VI. 集材機能付プロセッサの適用条件

集材機能付きプロセッサを有効に利用できる作業方法とその適用条件について、とくに集材距離の大小との関係において検討を加えた。

表-5 に示した作業サイクルタイムによって、工程を算出すると図-5 のようになった。ただし、集材一荷当たり材積は昭和 62 年度から試みられていたトラッククレーンによる集材作業試験によって、適切であると考えられる 0.8 m^3 とし、造材作業の一回の処理材積は、今回の作業試験時程度の 0.25 m^3 とした。造材作業における鋸断計合計 D は 51 cm 、平均採材玉数 n は 4.44 とした。トラッククレーンによる集材作業は、作業試験時程度の緩・急傾斜地を想定し、試験から得られたサイクルタイム式 (表-4) を適用した。

同図によると道から約 30 m までの作業においては、試験機による林道における集造作業方法によって、 $10 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$ 以上の工程となることがわかった。また、集材距離が長い場合には、道から約 55 m 以遠の林地を対象とした作業において、トラッククレーンによって集材工程を行う作業方法が、試験機単独で行う集造材作業の工程を上回った。

試験機単独の作業方法とトラッククレーンと組み合わせて行う作業方法は、集材距離 55 m 程度が作業方法選択の分岐点であったが、試験機の集材用ウインチの容量が 50 m であるので、試験機的能力限界までを作業対象範囲とすればよいこととなる。トラッククレーンと組み合わせて行う作業方法は、一度クレーンで集材した材を試験機のワイヤーへ付け変えて、さらにこの 2 つの機械の距離間程度材をウインチで引き寄せる作業を行うために、作業時間がかかり、作業工程が小さくなっていると考えられた。

集材作業を、作業試験時のように単純な地曳き作業によって行うことを想定すると、作業方向は荷上げ作業となり、集材距離は作業上必要な林道の間隔に等しい。すなわち、林道間隔 55 m とし、林道の密度が $181 \text{ m}/\text{ha}$ 以上の場合には、試験機単独による林道上における集造材作業方法が有効である。また、林道密度がそれ以下の場合にはトラッククレーンと組み合わせて集造材作業を行うことが有効である。

さらに、現時点の北海道地方における平均的な素材生産作業工程 $5 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$ 程度を満足するためには、集材作業工程をトラッククレーンで行うとしても、集材距離は約 85 から 100 m 以下でなければならない。この場合は、林道密度が約 100 m/ha に相当する。

VII. お わ り に

本機は、単独で 1 名のオペレータによって作業することが最も有効であった。すなわち、各機構が本来の動作を円滑に行うことによって、集材工程から造材工程への材処理が 1 人作業で可能であり、作業の流れが荷外し・荷掛け作業などによって途切れることがなく連続して行うことができ、ロスタイムが小さいのである。

ウインチによって材を造材装置へ供給する機構であるために、車体が傾斜する傾斜林地においては作業が適切に行いにくい場合が多かった。また、集材工程から造材工程へ材が移る際に、機構が不完全であるために作業が円滑に行われなかった。さらに、機能のバランスが不良であって、集材工程に比して造材工程の作業速度が遅かった。複数の機能を具備した機械においては、各機能のバランスの適切さが重要である。さらに、複数の機能を 1 台の機械上に具備させた場合には、複数機能の同時動作が不可能である場合が普通であるので、それら単独機能の動作頻度は低下し、各機能の充実度はコストの面から制約を受けることとなり、機械の総合的な評価を高くすることは難しい。したがって、本機のような、「集材」「造材」というまったく内容の異なる複数作業を可能とする機能を具備した機械は、処理機構に大きな能力が要求されない近距離からの小径材の集造材作業へ用いることが適切であると考えられ、その点では妥当な大きさの機械であったと言える。

造材作業専用の機械として用いることは本来の機能を発揮させる作業方法ではないが、本機の集材能力が小さいので、林道から遠い伐倒木の集造材作業は集材工程専用の機械と組み合わせて作業することは有効である。そのような場合には、1 本の材への荷掛け作業が、集材時と造材時の 2 回行われるので効率的ではないが、現状の機構においても 100 m 程度までならば現在の北海道地方の平均的な生産性をあげることができる。

適当な作業産性を上げるために必要な林道間隔は約 100 m 以下であって、約 55 m 以上の場合には集材工程を専用の機械で行うことによって $5 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$ の功程をあげることが可能であり、それ以下であれば本機単独で集造材作業を行うことによって、 $10 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$ 程度の高い生産性が期待できる。その際に必要となる林道密度は、前者で約 100 m/ha 、後者で約 180 m/ha である。

要 旨

集材機能を有するプロセッサ（「集材機能付きプロセッサ」）を用いて、間伐木を集造材する作業試験を行った。本機の作業はオペレータ 1 人で本機単独で行う作業が適切であって、集材距離が 50 m 以下の短い場合には $10 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{日}$ 程度の功程が期待できた。集材距離が長い場合には、集材工程をトラッククレーンなどの専用機械を用いて行って、本機で造材工程を処理することによって、100 m 程度までの距離ならば作業範囲とする事が可能であると考えられた。それぞれの場合は、林道の整備程度が 180 m/ha の場合と、 100 m/ha の場合に相当する。

本機による作業の特徴は、集材工程から荷の掛け外し/直し作業なしで、連続して造材工程の処理を行うことができる点であった。本機が具備する複数の作業機能は、現状では、それぞれの

完成度が不十分であるとともに、各機能間の連結性が不良であり、処理能率のバランスも不適當であって、複数機能を具備させる際の問題点が明かとなった。それらを改善することによって、より高い生産性が期待できよう。しかし、単独機械に複数の機能を具備させることの有効性について検討する必要があると思われる。

キーワード： プロセッサ, トラッククレーン, 集材, 造材, 作業工程

引用文献

- 1) 後藤文雄：帯広型モリクレーンの作業実績（前）. 機械化林業 **184**, 32-41, 1969.
- 2) ————：帯広型モリクレーンの作業実績（後）. 機械化林業 **185**, 29-36, 1969.
- 3) 小林洋司・仁多見俊夫・小野正道・南方 康・河原 漢・渡辺定元：林分施業法における搬出システムの構築 (I), 99 回日林論, 675-676, 1988.
- 4) 南方 康：林業における作業機械化の可能性. 森林文化研究 **4** (1), 51-60, 1983.
- 5) ————・仁多見俊夫・酒井秀夫・伊藤幸也：機械化造材作業の時間分析と造材作業機械化の可能性. 東大演報 **76**, 213-237, 1987.
- 6) 仁多見俊夫・小林洋司・小野正道・南方 康・河原 漢・渡辺定元：林分施業法における搬出システムの構築 (II), 99 回日林論, 676-677, 1988.

(1989年10月31日受理)

Summary

Experimental logging/processing work was conducted with a processor with logging function (logging processor) on a thinning operation. The logging processor could be operated efficiently by one man while staying on forest roads, and the productivity could be expected to be about ten m³/man-day when the logging distance was shorter than 50 m. Efficient operation could be rendered by the machine for stands within 100 m of the road, the logging operation utilized a specialized machine for logging such as a truck-crane, and the logging processor was used for processing exclusively. The densities of forest roads needed for one-man operation and for the operation of a truck crane were about 180 m/ha and 100 m/ha, respectively.

The most valuable characteristic of the machine was that it could operate logging and processing continuously without the unhooking/rehooking of logs between separate operations. However, the functions of the machine at present are not well-aligned for continuous operations and are not well-balanced for their abilities. Moreover, they were not designed fully to be suitable to complete their tasks. This made it clear that there likely would be problems when many functions were built into one machine.

The logging processor should achieve a high level of productivity by improving on such defects, but the feasible degree of multi-functions for one machine should be studied according to the work site size; namely, logging/processing tree volume.

Key words: Processor, Truck-crane, Logging, Processing, Productivity