

土場，集材路，林内におけるプロセッサ作業の比較

木幡靖夫*・浅井達弘*・由田茂一*・対馬俊之*

Performance of a processor at the landing , on the skidding road and in the stand・

Yasuo KOHATA* ,Tatsuhiko A SAI* ,Shigeichi
YOSHIDA* and Toshiyuki TSUSHIMA*

要 旨

29年生トドマツ人工林において、プロセッサが土場で作業する土場処理型、集材路上を移動しながら作業する集材路処理型、林内に進入して作業する林内処理型の三通りの方法で、プロセッサによる間伐木の処理（枝払い、玉切り、巻立て）作業を行った。プロセッサの作業工程が最大となったのは土場処理型で、1時間当たりの工程は本数で28.7本、材積では約3.0m³となった。また、集材路処理型では全木材の再集積という副作業が発生したことに加え、狭い集材路上での作業となったためプロセッサの動きは強く制約された。その結果、工程は17.2本、1.5m³となり、林内処理型の27.3本、2.9m³を下回った。各タイプの作業上の特徴として以下のことがわかった。土場処理型はプロセッサの能力を最大に発揮できるが、作業量に応じた広さの土場を確保する必要がある。また、土場で枝条が大量に発生するのでそれらの処理が可能でなければならない。集材路処理型は広い土場を必要とせず枝条を集材路沿いの林内に還元できるが、狭い集材路上を移動しながらの作業となるのでプロセッサの能率が低下する。林内処理型はプロセッサの作業空間が制限されるためその能率は土場処理型に比べて若干低下するが、枝条を処分する手間が省ける。

はじめに

平成5年3月末現在、北海道には163台の高性能林業機械が導入されているが、そのうち9割が平成元年以降のもので、急ピッチで導入が進行してきた。機種別にみると、プロセッサが65台で最も多く、次いでフェラーバンチャで34台となっている。このような導入状況の背景には、労働強度の大きな枝払い作業や危険を伴う伐倒作業を、手持ち式のチェーンソーから高性能林業機械による作業に置き換え、労働強度の軽減や安全性の向上を図り、生産性を改善しようとする姿勢がある。

そこで、本研究では導入台数の最も多いプロセッサを取り上げ、トドマツ人工林において間伐木の処理（枝払い、玉切り、巻立て）作業を行い、作業場所別の工程や作業上の特徴等を明らかにした。

なお、本研究で使用したプロセッサの操作は、当試験場の大箭敏推運転技術員に依頼した。ここに記して感謝の意を表す。

* 北海道立林業試験場 Hokkaido Forestry Research Institute , Bibai , Hokkaido 079 - 01

〔北海道林業試験場研究報告 第31号 平成6年3月, Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute , No . 31 . March , 1994 〕

作業地の概況と使用機械

作業地は、三笠市幌内に位置する北海道有林岩見沢経営区 72 林班 63 小班，林齢 29 年生のトドマツ人工林である。本林分は傾斜 10～15 度の斜面上にあり，間伐前の林況は 1 ha 当たり本数 1,960 本，材積 275m³，平均胸高直径 16cm であった。

プロセッサ作業に先立ち，2 伐 5 残方式の列状間伐を実施した。間伐木はフェラーバンチャで伐倒し，そのまま林内に数本ずつ集積するか，集材路沿いまで引き出すか，土場まで集材するかのいずれかの状態で，プロセッサによる処理作業へ引き渡した。

使用したプロセッサは，コマツの林業専用トラクタにイワフジのプロセッサヘッド G P - 30 を装着したものである（写真 - 1 参照）。林業専用トラクタはクローラタイプで，その仕様は全長 6,890mm，全幅 2,470mm，全高 2,815mm，出力 85 P S，重量約 12t，最大作業半径（リーチ長）は 6,570mm である。また，プロセッサヘッドは枝払い用のナイフ 3 枚（うち，2 枚は可動刃）と玉切り用のチェンソー等から構成されており，太さ 35cm の材まで玉切りするとができる。本機の操作は，プロセッサ作業に習熟したオペレータが行った。



写真 - 1 林内で作業中のプロセッサ（林内処理型）
プロセッサは枝払い・玉切りした材を手前に置きながら作業を進めた。

作業タイプと調査方法

プロセッサによる作業は，土場で作業する土場処理型，集材路上を移動しながら作業する集材路処理型，林内に進入して作業する林内処理型の 3 タイプで実施した。このような作業タイプを比較分析した理由は，デリマを使った枝払いが一般的に行われているカナダで，道路沿いの土場で大量に発生する枝条の処理が問題化しており（MEEK, 1993），その対策の一つとして林内プロセッシングが試みられていることである。こうした問題はわが国でも起こりうると思われる。したがって，プロセッサが土場で作業した場合と集材路や林内で作業した場合とを比較し，各々の特徴や工期，問題点を明らかにしておくことの意義は大きいといえる。

1 土場処理型

プロセッサは，林道沿いの平坦地に作設された広さ約 0.2ha（50m×40m）の土場内に位置し，集積された全木材をつかみ上げて枝払い，玉切り・巻立て作業を行った。ただし，ここではプロセッサの周囲に十分な広さの作業空間を確保できたので，つかみ上げた場所の近くで一気に枝払いを行い，その後反対側に巡回して玉切り・巻立てを行った（図 - 1）。本タイプでは貨木材 67 本を処理した。玉切り時の採材仕様はパルプ材 2.4m と一般材 3.65m の 2 種類で，これらは他の作業タイプでも同じである。

2 集材路処理型

2 箇所の列状間伐卸が含まれる作業区（面積 0.15

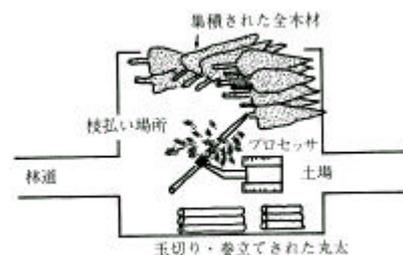


図 - 1 土場処理型における作業概要
プロセッサは土場で全木材を処理した。

ha)を設定した。列状間伐部の間隔は約15mで、それらの一端は集材路に接している。間伐した全木材はフェラーバンチャを用いて集材路の近くに集積した。プロセッサは幅員3mのほぼ平坦な集材路上を移動しながら、全木材をつかみ上げて枝払い・玉切りを行った。玉切りした丸太は、全木材を引き出した場所と反対側の集材路沿いに巻立てた(図-2)。本タイプでは、間伐木96本中の46本を処理した。

3 林内処理型

集材路処理型と同様に2箇所の列状間伐部が含まれる作業区(面積0.16ha)を設定した。作業区内で間伐した全木材は、フェラーバンチャを用いて列状間伐部の両側の林内に集積しておいた。プロセッサは、列状間伐部を移動しながら全木材105本を処理した。その際、プロセッサは谷側から山側に向かって後退で移動し、玉切りして巻立てた材が移動の妨げにならないようにした(図-3)。

4 調査方法

各タイプ別に、作業開始から終了に至るまでの要素作業別の所要時間をハンドヘルドコンピュータを用いて計測した。同時に、作業中のプロセッサの動きをビデオカメラで記録し、時間分析の際の参考とした。また、プロセッサが処理した丸太材積は、学業終了後に丸太の末口径を計って末口二乗により算出した。さらに、土場処理型では枝払いによって発生した枝条の量を測定した。枝条の量は、堆積した枝条の山の2辺(長辺と短辺)と中央部の高さを測って四角錐の体積を求め、層積として推定した。枝条量の調査に用いた全木材の本数は、時間計測の対象とした67本以外にプロセッサが土場で処理した全木材5本を加えた72本である。

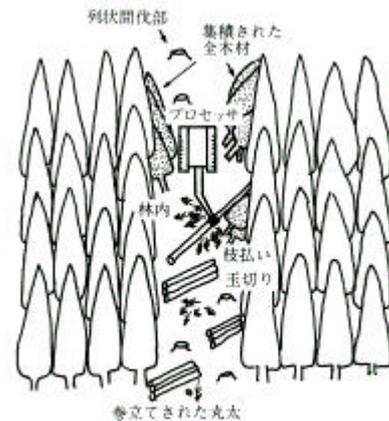


図-3 林内処理型における作業概要
プロセッサは林内を移動しながら、列状間伐部で伐採・集積された全木材を処理した。このような作業を2箇所の列状間伐部について実施した。

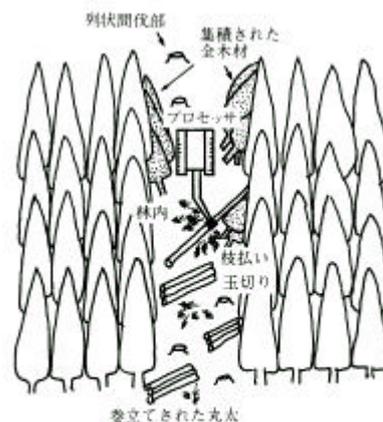


図-3 林内処理型における作業概要
プロセッサは林内を移動しながら、列状間伐部で伐採・集積された全木材を処理した。このような作業を2箇所の列状間伐部について実施した。

結 果

1 土場処理型

プロセッサは全木材67本を8,397秒(約2時間20分)で処理した。1本の全木材が処理される工程、すなわち1サイクルは、集積場所への旋回、材のつかみ上げ、枝払い、玉切り場所への旋回、玉切り・巻立て、枝条整理、小移動、その他の要素作業で構成された。1本当たりの平均処

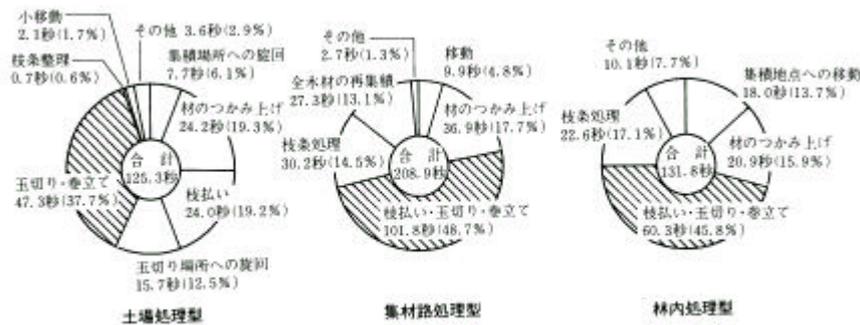


図-4 要素作業別の時間構成
(%)は合計時間に対する割合、斜線部分は最も時間のかかった要素作業。

理時間は125.3秒であった。これを要素作業別にみると、玉切り・巻立てが47.3秒で処理時間全体の37.7%と最も大きな割合を占めていた。材のつかみ上げと枝払いはそれぞれ24.2秒、24.0秒でほぼ等しかった。これら3つの要素作業に玉切り場所への割旋回を加えると、処理時間全体の88.7%となった(図-4の左側)。一方、小移動に要した時間は1本当たり2.1秒と極めて短く、プロセッサがほとんど動かずに作業したことがわかった。なお、要素作業中のその他の内容は、巻立てした桧(はい)の整理である。

図-5に1本当たりの処理時間を30秒単位で求めた頻度分布を示した。これをみると、121~150秒で処理されたものが全体の28.4%で最も多く、次いで61~90秒が25.4%、91~120秒が22.4%で、大部分(全体の76.2%)が61~150秒で処理されていた。

本作業タイプでは、抜払いによって土場に大量の枝条が発生した。そこで、全木材の処理本数10本、20本、40本、72本ごとに発生する枝染の量を調べた(写真-2)。その結果、全木材10本で3.9m³、20本で11.7m³、40本で19.7m³、72本で40.2m³となり、両者の間には正の有意な相関関係が得られた(図-6)。

なお、枝払い中に発生した抜条は、土場内での作業の支障とならない場所に寄せ集めておき、最後にプロセッサのベースマシンに装着された排土板で土場近くの凹地へ押し入れた。この作業に要した時間は142秒であった。

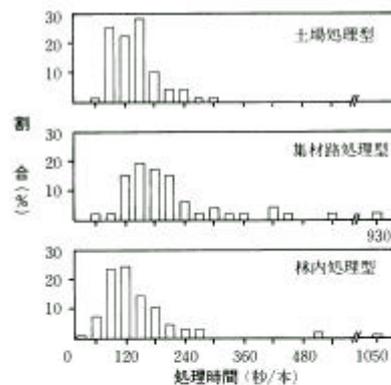


図-5 処理時間の頻度分布

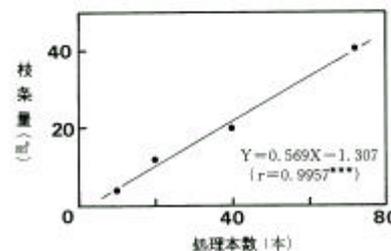


図-6 処理本数と発生する枝染量
枝染量は層積である。

2 集材路処理型

プロセッサは枝払いと玉切りを同時に行ったので、ここでは1サイクルを移動、材のつかみ上げ、枝払い・玉切り・巻立て、枝条整理、全木材の再集積、その他の要素作業に区分できた。全木材の再集積とは、集材路沿いまで引き出された材をつかみやすい位置に置き直す作業である。

46本の全木材を処理するのに要した時間は9,610秒(約2時間40分)で、1本当たりの平均処理時間は208.9秒となり、土場処理型と比べ1.7倍の時間を要した。要素作業別にみると、最も時間を要したのは枝払い・玉切り・巻立ての101.8秒で、これは処理時間全体の48.7%を占めた。また、材のつかみ上げに36.9秒、枝条整理に30.2秒、再集積に27.3秒を要し、これら四つの要素作業で処理時間全体の82.6%に達した(図-4の中央)。集材路上という限られた空間内での作業であったため、土場処理型でみられたような大きな旋回動作は比較的少なかった。プロセッサをグラブとして使い、枝払いによって発生した枝条をこまめに(1~2本処理する度に)近くの林内にもどした。これに要した時間は1本当たり約30秒であった。また、プロセッサは1箇所の列状間伐部での作業を終了すると、約15m離れた次の列状間伐部へと集材路上を移動した。その結果、移動時間は9.9秒/本となり、ほとんど動かなかった土場処理型と比べて4.7倍の時間を要した。

1本当たりの処理時間の頻度分布をみると(図-5の中段)、土場処理型と同様に121~150秒の範囲で処理されたものが最も多い。しかし、それらの全体に占める割合は19.6%で、土場処理型と比べて約9ポイント低下している。さらに、151~180秒で処理されたものが全体の17.4%、同じく181~210秒が15.2%となり、処理時間の長いものの割合が高くなっていた。なお、処理に1,047秒を要したケースが1本みられたが、これは移動と再集積を行ったためである。

3 林内処理型

先行して作業したフェラーバンチャは、列状間伐部沿いの林内の24箇所に間伐木を集積しておいた。1箇所当たりの集積本数は1~14本(平均4.1本)と様々であったが、後でプロセッサが作業する際につかみ出しやすいように集積しておいた。

林内処理型作業の1サイクルは、集積地点への移動、材のつかみ上げ、枝払い・玉切り・巻立て、枝条整理、その他の要素作業で構成された。ここでは105本の材を13,842秒(約3時間50分)で処理した。この結果、1本当たりの平均処理時間は131.8秒で土場処理型に近い値となり、集材路処理型と比べると4割程少ない時間であった。要素作業別にみると、集材路処理型と同様に枝払い・玉切り・巻立てに最も多くの時間を要しており、1本当たり60.3秒で作業時間全体の45.8%を占めていた(図-4の右側)。しかし、この時間は土場処理型の71.3秒(枝払い+玉切り・巻立て)、集材路処理型の101.8秒(枝払い・玉切り・巻立て)よりも短いものであった。また、材のつかみ上げ時間は1本当たり20.9秒で、これも土場処理型の24.2秒、集材路処理型の36.9秒より短かった。枝払いによって発生した枝条は、その場に放置するか、近くの林内へ適宜投げ入れて処理したが、枝条整理は、1本当たり22.6秒と予想外に多くの時間を要した。移動時間は18.0秒/本で、土場処理型の8.6倍、集材路処理型の1.8倍の時間を要した。林内での移動距離220mと総移動時間1,885秒より、平均移動速度



写真-2 土場で発生した間伐木72本分の枝条量
中央部の高さは約1.8mに達した。

は 7.00m / 分 (0.4km / 時間) と推定された。

1 本当たりの処理時間の頻度分布をみると (図 - 5 の下段), ここでは 91 ~ 120 秒で処理されたものが最も多く, 全体の 29.5% を占めた。次に多いのは 61 ~ 90 秒で全体の 23.8% を占めており, 全体的に集材路処理型よりも短い時間で処理されていた。なお, 処理に 928 秒を要したケースが 1 本みられたが, これは移動と再集積を行ったためである。

考 察

土場処理型の最大のメリットは, プロセッサの周囲に作業の障害となる立木がないため, オペレーターは枝払い, 玉切り作業に専念できることである。さらに, 土場に定置しての作業となるため移動時間が極めて少なく, 作業時間のほとんど (ここでは 95%) を主作業の枝払いや玉切りに費やせることも大きな特徴となっている。表 - 1 は, 調査結果に基づいてプロセッサの 1 時間当たりの作業工期を試算したものである。土場処理型は本数で 28.7 本 / 時間, 材積で 2.96m³ / 時間となり, 三つの作業タイプの中では最大の工期を示した。この結果は, 前述のメリットを示すものといえよう。しかし, 一方では作業上の改善点もみいだされた。それは要素作業中のつかみ上げ時間の短縮である。今回は 1 本つかみ上げるのに約 24 秒を要したが, 猪内ら (1993) は機種は異なるが 1 本当たり 6 ~ 7 秒で材をつかめることを示している。この差は, 全木材の集積状況に起因すると考える。本研究では卵本の全木材をすべて集積してからプロセッサ作業を開始したため, プロセッサは上下に折り重なった中から材を取り出すこととなり, 通常の 2 倍以上の時間を必要としたものと推察される。なお, 通常の作業では, プロセッサはスキッドが 1 回に集材する本数 (10 ~ 15 本) を単位として処理することになる。仮りに, つかみ上げに要する時間が 10 秒 / 本で済むとすれば, 今回の土場処理型の工期は 1 時間当たり 32.4 本にアップする。さらに, 枝払いと玉切り・巻立てを 1 回の動作で行えば, 枝払い後の材戻しや旋回などが省略されるので, 工期はより上がるであろう。

ところで, 土場処理型では枝払いに伴って土場内に大量の枝条が発生することがわかった。全木材 72 本から発生した枝条量は層積で 40.2m³ となり, 同じ材料から得られた素材材積 7.48m³ に対して約 5.4 倍もの量となった。このように素材材積を大幅に上回る量の枝条が土場で発生するため, それらを処理する場所の確保が必要となる。その広さを決める際, トドマツの間伐木については, 本研究で得られた回帰式を活用できよう。たとえば, 林況が 2000 本 / ha の場所で本数間伐率 30% の間伐を実施した場合, 間伐木本数 600 本より土場には約 340m³ の枝条が発生すると予想される。それらを 2m の高さで積み上げるとすれば, 少なくとも 170m² の広さの場所が必要なが示される。なお, ここでは枝条を林地に戻すことを優先して考えたが, チップス材料として有効利用することも検討すべきであろう。こうした枝条の処理方法の確立は, 土場処理型における今後の重要な課題と考える。

集材路処理型は, 工期が本数 17.2 本 / 時間, 材積 1.47m³ / 時間となり, 三つの作業タイプの中では最も生産性の低いものとなった。本タイプでは, 池のタイプでみられなかった全木材の再集積が発生したが, こうした副作業はプロセッサの工期を低下させると報告されている (古谷ら 1992)。しかし, 全木材の再集積を省略できたとしても, まだ 181.6

表 -1 タイプ別の作業工期

タイプ	本数 (本)	材積 (m ³)
土場処理型	28.7	2.96
集材路処理型	17.2	1.47
林内処理型	27.3	2.91

本数, 材積とも 1 時間当りの値。
材積は素材材積で示した。

秒/本の時間を要し、土場処理型や林内処理型の約 1.4 倍となる。このように時間を要した最大の原因は作業空間の狭さにあったと考えられる。集材路の幅員は 3 m であったが、集材路の両側からは立木の樹冠が張り出しており、プロセッサの動きは強く制約されていた。この結果、オペレーターの操作は極めて真重なものとなり、木のつかみ上げや枝払い・玉切り・巻立てに比較的多くの時間を要したと考えられる。この問題を解消するための一方法として、集材路上に適当な間隔で、プロセッサ作業に必要な最小限の広さをもつ作業ポイントの設置を提案したい。その幅としては、プロセッサが林道上で効率的な作業を行っているケースがみられることから、5m 程度あればよいと考えられる。

以上のような工程上の難点がある一方、集材路処理型は 1 箇所には大量の枝条が発生しないこと、枝条は集材路沿いの林内に分散して還元できること、土場は植積みに必要な広さがあれば十分なことなどの特長をもっている。したがって、土場で大量に発生する枝条の処理が困難な場所や、広い土場が開設できないような場所では、集材路処理型の活用が十分期待できるものと考えられる。

林内処理型は、作業工程が本数 27.3 本/時間、材積 2.91m³/時間となり、林内での作業にもかかわらず集材路処理型を上回った。この理由としては 2 列の列状伐採によって集材路よりも広い幅約 5 m の作業空間が確保されたこと、伐倒された間伐木の集積状況が良好であったこと、玉切り時の旋回を必要としなかったことなどがあげられる。とりわけ、良好な集積状況は材のつかみ上げ時間の短縮に大きく貢献したと推察される。このことは、プロセッサの生産性が作業条件に敏感で伐倒はチェーンソーを用いるよりもフェラーパンチャで伐倒・集積した方が有利であるという MEEK (1993) の指摘と一致する。また、林内処理型では集積地点への移動、すなわち林内での走行移動が発生したが、今回は 1 本当たり平均 18 秒と比較的短い時間に納まった。本林分内には走行障害物が少なく、伐根もできるだけ低く切られたため、プロセッサの走行は比較的容易であった。しかし、林内走行は地表面の凹凸、倒木や転石の影響を受けやすく、オペレーターの精神的な負担も大きい。したがって、本タイプの適用に際しては対象林分の地形条件や林内にある転石等の走行障害物の出現頻度が十分に考慮されねばならない。なお、枝条の処理に関しては、その場で林地に還元できるので、三つの作業タイプの中では最も容易といえよう。

以上をまとめると、プロセッサの能力を最大に発揮させたい場所では土場処理型が有利であるが、その際、作業量に見合った広さの土場が確保できること、発生した枝条を処分できることが必要条件となる。これに対し、集材路処理型はやや小さい工程となるものの広い土場を必要とせず、枝条を分散して林内に還元できるメリットがある。また、林内処理型は伐倒木の集積状況が良好であれば、プロセッサの工程が大きく低下することはなく、枝条もその場で林地に還元できるが、林内走行を伴うため適用範囲は制限される。

おわりに

本研究では、プロセッサの作業する場所により土場処理型、集材路処理型、林内処理型の三つの作業タイプを取り上げ、それらの比較検討を試みた。これらのうち、土場処理型はプロセッサ作業として最も一般的な作業形態である。これに対して、集材路処理型と林内処理型は大きな土場の作設が困難であったり、枝条を林地に還元する必要がある場合に適用されるものである。集材路処理型は、林内へ機械が進入できない場所において、チェーンソーによる伐倒作業と組み合わせることで活用されよう。もちろん、そこではプロセッサが集材路上から伐倒木をつかみ出せるような高密度の集材路網の形成が必要である。また、林内処理型はプロセッサの生産性を上げるためにフェラーパンチャとの組み合わせが望ましいが、フェラーパンチャとプロセッサの作業はハーベスタ 1 台に置き換えられる。したがって、将来

ハーベスタが普及すれば，林内処理型はハーベスタによる作業へ移行していくであろう。その際，林内処理型で得られた知見はハーベスタ作業の効率化に役立つと考える。

なお，今回はプロセッサによる枝払い・玉切りの工程だけを対象としたが，伐出作業全体の中でプロセッサの生産性を論じるためには，伐倒や集材の工程も含めた分析が必要であろう。このことについては今後の課題としたい。

文 献

古谷士郎・近藤恵市・千石幸男・近藤祐司・岩川治 1992 高性能林業機械による伐出作業システムについて () - 造材作業時のプロセッサの主作業と副作業 - . 静岡大農研報 42 : 25 - 32

MEEK , P . 1 9 9 3 In-stand processing : Forward to profit . Canadian Forest Industries . July / August 2 4 - 2 8

猪内太郎・酒井秀夫 1993 プロセッサ造材作業における待ち時間 . 森利研誌 8 (2) : 7 - 1 6

Summary

A Japanese processor (Iwafuji GP-30) was operated at the landing , on the skidding road and in the stand of todo - fir (*Adies sachaliensis*) plantation .

In the first case,the processor performed 28.7 trees / hour (3.0m³ / hour) on good conditions . In the second , the processor had to operate in the narrow space,so that the productivity of the processor was 17.2trees / hour (1.5m³ / hour). In the third operation , the processor performed 27.3trees / hour (2.9m³ / hour). The productivity in this case was slightly lower than the first case . The processor which operated at the landing had the advantage of high productivity . However ,this system required the suitable (generally large) size of the landing .

The disposal of slash piles from delimiting was very serious problem at the landing . But on the skidding road , slash disposal was comparatively easy , There was no trouble of slashdisposal in the stand processing.