

機械化作業に適合した森林作業法の開発  
 —放射状及び魚骨状列状間伐の作業性と  
 大面積列状間伐作業に関する調査結果—

中島嘉彦, 旦 良則\*, 黒瀬勝雄

Development of silvicultural system for forest mechanization  
 —Survey and analysis of the line thinning in radial  
 and fishbone felling and large scale line thinning.—

Yoshihiko NAKASHIMA, Yoshinori DAN, Katsuo KUROSE

要 旨

中島嘉彦・旦良則・黒瀬勝雄：機械化作業法に適合した森林作業法の開発—放射状及び魚骨状列状間伐の作業性及び大面積列状間伐作業に関する調査結果—, 岡山県林業試験場研究報告第18号：15～23, 2002. 高性能林業機械を用いた列状間伐を放射状及び魚骨状で行った結果, 放射状では材の集中や造材と運材能率のアンバランスによる作業のボトルネックが生じ, 魚骨状では残存木の損傷や, 集材と造材の直列作業により, 能率差に起因する無駄な待ち時間が発生していた。機械的で単純な間伐法とされる列状間伐であるが, 集材線の配置法により能率や残存木の損傷発生が異なり, 効率的な作業には現場条件の十分な検討が必要である。約32haと規模の大きな列状間伐では, スケールメリットを活かして生産性が2.71m<sup>3</sup>/人・日と効率の良い作業であった。  
 キーワード：列状間伐, 作業能率, 高性能林業機械, 放射状, 魚骨状

I はじめに

筆者らは従来の間伐法と列状間伐の作業能率や間伐効果を比較検討し, 列状間伐の得失を明らかにするとともに, これらの結果を元に列状間伐の活用を普及啓発してきた。一方で, 最近の材価の低や間伐に対する補助制度の拡充などにより, 高性能林業機械を有効に活用した低コストで高能率の列状間伐が岡山県内でも事業的な規模で取り組まれるようになってきた。

列状間伐の特性が正しく理解され多くの現場で取り込まれるようになると, 現場の条件は多種多様なので, 伐採列も基本の並行型ばかりでなく多様な現場の地形条件にあった様々なものが試みられるようになった。今回はこのうち「放射状」及び「魚骨状」の列状間伐について調査した。調査にあたっては, 変則的な列状間伐の作業上の問題点を明らかにするため, 筆者らは具体的な作業方法を指示せず, 作業者はこれまでの経験により自主的に作業を行った。このため, 生産材積の正確な把握ができなかったことなど, データ収集には不備も多かったが, 聞き取りや観察により問題点の把握に努めた。

また, 県内では初めてと思われる約32haのまとまった列状間伐の作業能率及び問題点について調査を行った。

なお, この調査研究は大型プロジェクト研究「機械化作業システムに適合した森林作業法の開発, 平成9～13年度」で

実施した調査研究の一部である。

II 調査地の概要と調査結果

1. 放射状列状間伐

1) 調査地の概要

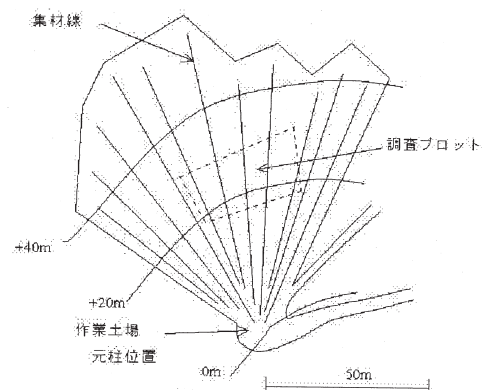


図-1 作業地の概要

試験地は英田郡西栗倉村塩谷地内57林班の0.63haのスギ林である。図-1のとおり中央部が谷状になった扇形で, 土壌

\*元岡山県林業試験場, 現岡山県農林水産部林政課

条件にも恵まれた大変成長の良い林地であった。作業は1999年9月に行われた。

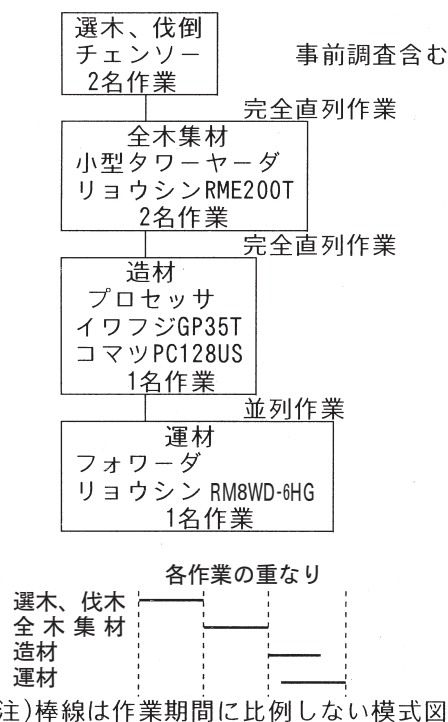
ここでは、事前にプロットを設けて林分状況を調査し、主要作業時にはビデオ撮影による時間観測を行い、作業全体は詳細な作業記録により作業状況の把握を行った。

林分の概要は以下のとおりである。

面積	0.63ha
樹種	スギ
林齢	45年生(伐根による)
立木本数	946本 (1,513本/ha)
平均直径	25.9cm
平均樹高	19.5m
平均立木幹材積	0.44m <sup>3</sup>
立木材積	416m <sup>3</sup> (666m <sup>3</sup> /ha)
間伐本数	288本 (457本/ha)
間伐材積	127m <sup>3</sup> (201m <sup>3</sup> /ha)
本数間伐率	30.4%

なお、材積、密度等は調査地の中央部の調査プロット(694m<sup>2</sup>)のデータによる推定換算値であり生育の良い中央部分のみを評価しているおそれがあるが、作業の都合で毎木調査ができなかったため、この値をもとに全体を推定した。

## 2) 間伐方法



注) 棒線は作業期間に比例しない模式図である

図-2 放射状列状間伐における使用機械及び作業の流れ

図-1のように、土場及びタワーヤーダの設置場所が作業路の屈曲点にしかとれないので放射状の列状間伐を採用することとした。

選木は先柱として利用可能な立木をあらかじめ決め、タワーヤーダの設置位置からこれを見通してどの程度の本数が支障

木として伐採が必要かを見積もり、さらに集材線の付近で間伐の必要な立木を追加し、目標とする間伐率30%に近づける、いわば現場合わせの方法による。

伐倒は人力で行い、タワーヤーダで集材し集積した後、プロセッサで造材し、フォワーダによりトラック積込み土場まで運搬した。

使用機械及び作業の流れは図-2のとおりである。

なお、選木、伐倒から造材までは同時に行わない直列作業であるが造材と運材は同時に行う並列作業であった。

測定時間は作業中の待機、作業打ち合わせ、機械小修理、小休止等含む実総作業時間、能率は1人あたり6時間作業として換算した。材積能率は選木から集材、プロセッサ造材までが立木幹材積、フォワーダ運材が丸太材積である。

## 3) 調査結果

作業種別毎の能率は表-1に示すとおりであった。

表-1 放射状列状間伐作業種別の能率

作業種別	延べ作業時間及び作業熟練度	本数能率	材積能率
総作業時間(運材除く)			
	128時間	13.5	5.95
選木、ライン決め及び伐倒作業	25時間 熟練度 高	69.1	30.5
タワーヤーダ集材作業	69時間 熟練度 高	25.0	11.0
プロセッサ枝払い、造材作業	22時間 熟練度 低	78.5	34.6
作業準備、片づけ等	12時間 熟練度 高	144.0	63.5
フォワーダ運材	43時間 熟練度 高		10.6

注) 本数能率: 本/人・日、材積能率 m<sup>3</sup>/人・日

**選木及び伐倒作業** これまでの調査結果(中島ら 1999a)とおおむね同様の標準的な能率であった。聞き取り調査によると今回の列状間伐は従来の間伐に比べて掛かり木は大変少なかったそうである。

**集材作業** 11本の集材線で下げ荷集材を行い、平均集材線長89m、平均集材距離約40mであった。これまでの調査結果(中島ら 1999a)に比較して本数能率は低い単木材積が大きいので材積能率は逆に高くなっていった。能率低下の原因は放射状に集材線が設置されたため1カ所に材が集中し(図-3)、材の集積、整理に手間取ったためであった。しかし、全ての材を集積してからプロセッサ作業を行うことができたので、能率の低い集材と能率の高い造材のアンバランスによる無駄な待ち時間はなかった。

**造材作業** オペレータは研修は受けているものの本格的なプロセッサ作業は初めてであり、最初は造材した材を溜めず

ぎてプロセッサが立ち往生するなど、作業全体に目を配る余裕のない場面も見られた(図-4)。しかし、このオペレータはフォワーダやタワーヤードの操作については現場経験が長く、チェンソーによる造材経験も豊富なため上達は早かった。

**運材作業** 作業路の一部の箇所が路肩不良でトラックを現場まで入れることができず、フォワーダ運材が必要であった。この運材距離が750mと長いので、プロセッサとの連携が悪く待ち時間が生じることがあり、作業の流れにボトルネックが生じた。



図-3 集材された間伐木



図-4 狭い場所で苦勞するプロセッサ

#### 作業の総合的な能率及び経済性

放射状の列状間伐はこの作業チームにとって全く初めての作業法であり、集材された材を効率よくプロセッサで処理し、スムーズに運び出す手順に改善の余地があった。もし土場付近までトラックが入れば、さらにコストダウンできたことは明らかで、路網の重要性を再認識した。

総合的な能率は、トラック積込み土場までの運材を除いて立木幹材積換算で $5.95 \text{ m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$ であった。

なお、本来は生産された材を調査し材積を求めて能率を評価すべきであるが、作業土場が狭く危険で造材された丸太の測定ができず、また、調査区域外の間伐作業で生産された材と混在して集積されたため調査できなかった。

作業内容に改善の余地はあるものの、伐倒から集材まで少人数で処理しており、小型運材車を用いた従来型の間伐作業

や林内で造材し、小型タワーヤードで集材する間伐に比較すれば高能率の作業であった。

なお、この現場では付近の他作業と機械を兼用していたため、機械稼働時間や燃料・油脂使用量など経済性の検討に必要な因子についてのデータ収集ができず、経済性の検討はできなかった。

#### 4) 放射状列状間伐作業の問題点

##### 残存木の均一な配置について

作業員はこの方式の間伐を経験したことがなく、現場で検討しながら行ったものであり、扇の要部付近には大きな空間ができる一方で、先柱に近い場所では幾分過密になるなど残存木の均一な配置には問題があった。しかし、この点は事前の準備と調査に時間をかけ、経験を積みある程度は解消されると考える。ただし、原理的にこの放射状の列状間伐のみでは均一な残存木の配置を得ることはできないので、作業能率と間伐効果を勘案して判断する必要がある。

##### 材の集中による造材能率の低下

造材開始から溜まった材により作業が中断されるまでプロセッサが連続してスムーズに作業した時の作業能率は約 $12 \text{ m}^3/\text{時間}$ で実働6時間換算では $72 \text{ m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$ (立木幹材積)となった。しかし、溜まった材の処理を含めた作業全体の作業能率は $34.6 \text{ m}^3/\text{人}\cdot\text{日}$ と上記の約半分であり、作業時間の約半分は材の整理やフォワーダによる運材待ちなどとなっており、本来の能率を完全には発揮していなかった。このように、プロセッサ造材は高い能力を発揮していても、フォワーダ運材の処理能力との差による待ち時間があつたり、土場が狭く材がたまとプロセッサが身動きできなくなりその解消のための材の移動、整理などで全体の能率が低下し、ボトルネックとなったのである。

このボトルネックの解決法としては複数台のフォワーダを使用し積込みを作業待ちのプロセッサオペレータが行うことにより能率を上げるか、積載量の大きいフォワーダを使用する、あるいは、待ち時間に材の移動処理能力の大きい小型のグラップルローダで材を整理し、フォワーダに迅速に積み込んだりすることが考えられる。これにより、造材、運材の総作業時間を短縮し、コストダウンが可能であろう。県内の他事業体では能率向上のためグラップルローダを集材場所とトラックへの積み替え場所に複数台配置し作業員の数より機械数を多くして能率を上げている例もあった。

なお、現場作業班はこのボトルネックに作業中から気付いており、翌年はこの現場より奥の作業に当たって関係者と協議し作業路の改修を行って作業を進め、能率を向上させている。このような地道な技術の集積が低コスト化の大きな武器になるのではないかと考える。

## 2. 魚骨状列状間伐

### 1) 調査地の概要

調査地は苫田郡加茂町下津川地内197林班の0.34haのスギ林である。図-5に示すとおり約3.0m幅の作業路下部にあり、谷筋に集材線を1本張りこれに対して魚骨状に伐倒して上げ荷集材した間伐地である。



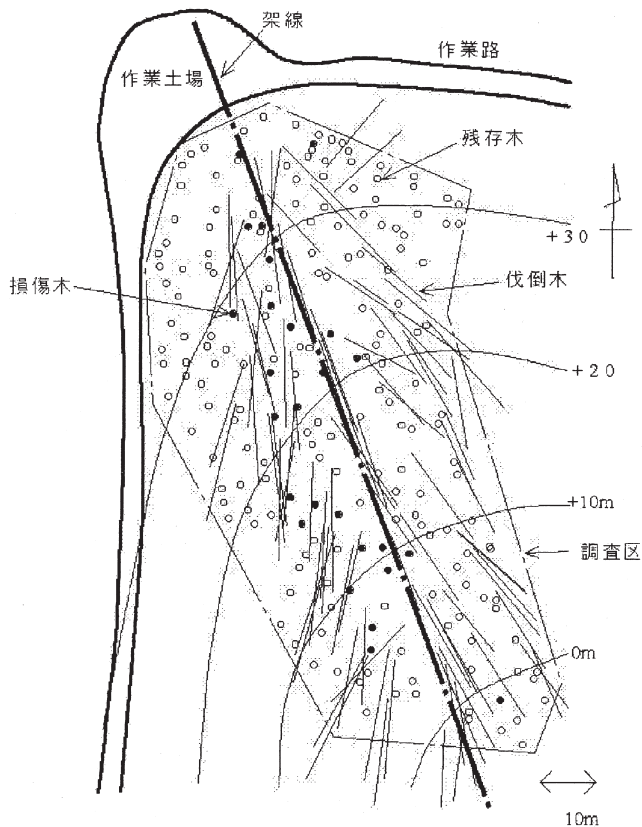


図-5 魚骨状列状間伐地の概要

ここでは主に集材作業と造材作業の能率、作業間の連携や集材方法の改善、残存木の損傷について調査したが、伐採時の作業工期調査や他の現場作業との関係で生産量の正確な確認ができず、総合的な経済性の把握はできなかった。作業は2000年4月に伐倒し、7月まで葉枯らしをして集材、造材を行った。

調査地の概要は次のとおりである。

面積	0.34ha
樹種	スギ
林齢	42年生
立木本数	292本
立木密度	859本/ha
平均直径	27.0cm
平均樹高	17.0m
平均立木幹材積	0.44m <sup>3</sup>
材積	128.5m <sup>3</sup> (377.9m <sup>3</sup> /ha)
間伐本数	91本
間伐材積	40.0m <sup>3</sup>
本数間伐率	31.2%
集材線長	120m
平均集材距離	約60m

## 2) 間伐方法

中央の集材線に対して魚骨状の支線を設け、主線に株元が向くよう列状伐倒した材を自走式搬器の作業索を用いて主線下まで横取りし、上げ荷で土場まで集材した。集材しながら

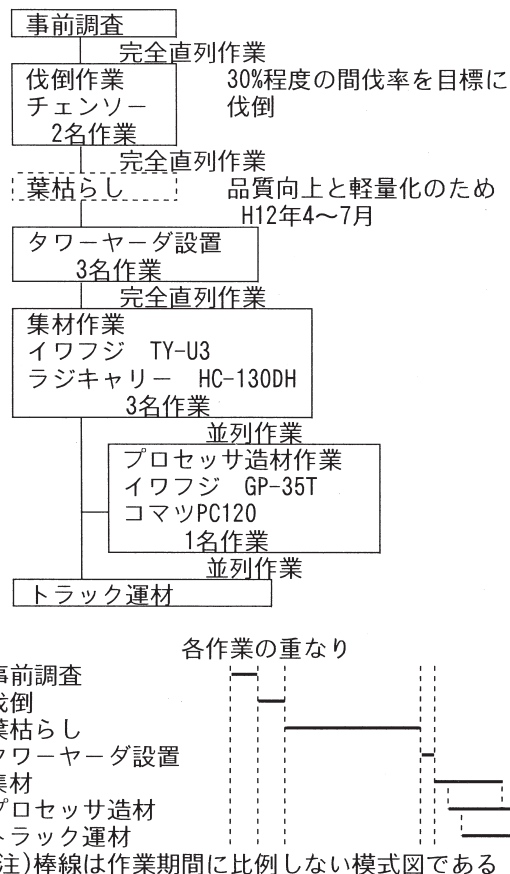


図-6 魚骨状列状間伐における使用機械及び作業の流れ

プロセッサで造材したため、この二つの作業は並列作業となった。この作業の流れを図-6に示す。

## 3) 調査結果

この現場では、事前調査や選木伐倒については調査できなかったが、集材から造材までビデオ撮影による時間観測を行った。また、立木位置図を作成し、伐倒完了後の伐倒木の配置、集材完了後の残存木の損傷について調査した。なお、以下の作業能率は立木幹材積で表したものである。

### 集材作業

集材後まとめて造材すれば造材作業に待ち時間が生じない合理的作業となるが、作業路上を土場にしたのでこの現場以外の作業車両がしばしばここを通行し、その都度走行スペースを確保する必要があり、一か所に集中する大量の材を路面上に溜められなかったため並列作業になったものである。

架設作業は55分、撤去作業は35分で、主索式のタワーヤーダの架設としては標準的な時間であった。

集材は上げ荷で、主索上を走行する自走式搬器を用いて支線部を横取りする方式で行った。主索の高さは最大でも13m程度であり、地引作業となった。ビデオによる観測中は実作業時間266分で、57回、72本を集材した。集材回数は12.9回/hで小型タワーヤーダの作業能率としては標準的なものであった。集材本数では16.2本/hで1.26本/回であった。(0.44m<sup>3</sup>/本×16.2本/h=7.13m<sup>3</sup>/h)、1日6時間換算で42.8m<sup>3</sup>/日の能率であった。総集材本数は91本であるので、上記から

換算すると総集材時間は337分（91本／72本×266分）、架設撤去を含めた総作業時間は427分（337+55+35）となる。

**プロセッサ造材作業**

集材された材を順次造材したため、プロセッサの能率も集材能率と全く同様7.13m<sup>3</sup>/hになった。これは中島ら（1999a）や前述の放射状列状間伐の調査結果と比較して大幅に能率が低くなっている。

この原因は通常集材作業よりもプロセッサ造材の方が能率が高いにもかかわらず集材待ちのため本来の能率を発揮できていないためである。現場ではオペレーターがこの時間を利用して他の作業の補助を行ったり現場整理を行っていたのでこの待ち時間すべてが無駄になったわけではない。

プロセッサ作業は集材と同時作業であるので集材と造材の延べ作業時間は

集材	427分 × 3名 =	1,281分
造材	337分 × 1名 =	337分
計		1,618分（26時間58分）

となった。

**集材による残存立木の損傷**

魚骨状集材は中央部に1本の主索を張り、支線は搬器を固定して横取りを行う方式である。このため支線部での横取り時に立木を損傷することが懸念されたので調査を行った。伐倒終了時に立木位置と伐倒された材の位置を測定し、集材作業終了時に立木の損傷（材に変色や腐朽などが生じるおそれが有るもの）を調査した。各伐採木は中央の集材線に対しての横取角度が東側は約40度、西側は約30度になっていた。この伐倒方向は伐倒者が集材方向と傾斜を勘案して決めたもので、西側（30～35度）が東側（20～30度）に比較して急傾斜になっていたためと思われる。

損傷の発生は残存木201本（図-5の白丸表示）中25本（図-5の黒丸表示）、12.4%であった。樹皮の剥離のみの軽度なものの10本、材部までの損傷15本であった。西側には損傷はほとんど発生しておらず東側に集中していた。この理由は西側は主索に対する角度が小さく材の方向転換が少なく、東側は主索に対する角度が西側より大きく材の方向転換を必要とした上に、地形の関係で一部が等高線と平行に近い角度の集材で材が谷方向にずり落ちる現象が発生したためであった。集材した材も間伐材としては大きく重量もあり損傷の発生を助長したと考えられる。

これらの結果から、魚骨状間伐の場合、損傷を生じさせないためには横取りが上げ荷となるよう架線配置を行うとともに、主線と支線のなす角度をできる限り小さくし、主線下を広く伐開し方向転換時に損傷が発生しないようにする必要がある。

なお、損傷が予想される立木に保護措置（丸太やプラスチックの保護資材を巻くなど）を施したりする方法もあるが相当の労務を必要とし、大幅な能率低下は避けられない。

**4) 魚骨状列状間伐作業改善のための検討**

今回の魚骨状集材は作業班の所有機械の特性を考えると現地に適応した選択であったが、さらに能率向上と立木の損傷防止を図るため、より現場に適した機械を用いた作業方法を検討した。

今回の作業には控え索が必要な主索式のタワーヤードを使用したため、控え索を確保する立木や根株の関係で作業路上に自由に機械を設置することができなかった。そこで、控え索の必要のないスイングヤードを用いることができれば比較的自由に作業路上に作業ポイントを設け、集材された材をまとめてプロセッサ造材できると考え、スイングヤードを使用した場合の作業能率を検討した。

間伐率は実際の間伐と同様とし、伐採帯と残存帯を平行に繰り返し配置する方式の列状間伐を行うと仮定する。伐採幅は間伐対象木が太く、立木密度も859本/haと比較的低いことを勘案して2.5mとし、残存幅は5.5mとした。このような仮定における伐採列配置は様々なものが考えられるが、材の損傷を防ぐためになるべく最大傾斜線方向に伐採帯を配置する方法が適当と考え、次の2種について検討した。

**検討事例1 ……材の損傷を防ぐ配置**

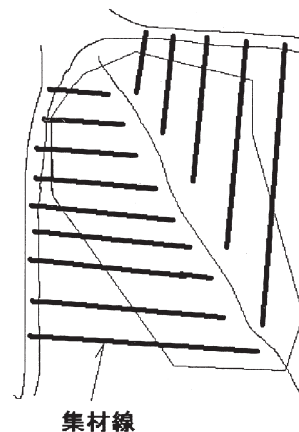


図-7 材の損傷を防ぐ集材線の配置

立木の損傷を防ぐため、伐採帯を中央の谷部の両側ともなるべく最大傾斜線方向にとるよう現地で配置を検討した。伐採帯の配置は東側は5本、西側は9本、合計14本、平均集材距離は29.8mと予想された。（図-7）

架設撤去は藤田ら（1998）の調査結果の作業時間、架設16分、移動、（撤去）9分、合計25分（分以下切り上げ、以下の試算は同様）を用いた。

$$25分/線 \times 14線 = 350分$$

集材作業は1回の集材本数を実作業と同様の1.26本とした。総集材回数は  $96本 / 1.26本/回 = 76.2回$  となる。

スイングヤードの集材能率は藤田ら（1998）の調査結果より23回/時間（平均集材距離30m）として計算すると

$$76.2回 / 23回 / 60分 = 199分$$

合計集材時間 549分（9時間9分）となる。この方式では魚骨状集材の427分（7時間7分）に比較して約2時間2分ほど作業時間が多くかかることになる。しかし、プロセッサ作業は集材完了後連続して行えるのでプロセッサの作業能率を前述の放射状列状間伐の順調な場合と同様の能率と仮定すれば、間伐木を造材するのに

$$40.0m^3 \div 12m^3 / 60分 = 200分$$

となる。このため、延べ作業時間は

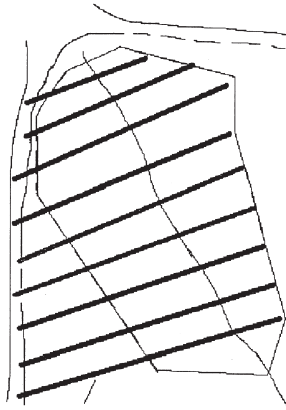
集材	549分×3名=	1,647分
造材	200分×1名=	200分
計		1,847分(30時間47分)

となる。

この場合は集材線数が多いため架設撤去の簡便なスイングヤードでも架設撤去に時間がかかり、魚骨状間伐より4時間ほど作業時間は多くなる。

しかし、損傷木の事後処理などを勘案すると魚骨状間伐もこの方式の列状間伐も能率はほぼ同等ではないかと考える。

検討事例2……作業が容易な配置



集材線

図-8 作業が容易な集材線の配置

伐採帯の方向は作業のしやすい西側の作業路へ集材するものとし、現地で伐採帯の配置を検討したところ9列の伐採帯の配置となり平均集材距離は31.4mと予想された。(図-8) 架設撤去は検討事例1と同様の架設、移動時間とした。

25分/線×9線=225分

集材作業は平均集材距離が検討事例1とほぼ同様でなので同じく199分とすれば、合計集材時間424分(9時間9分)となる。この方式では魚骨状集材の427分(7時間4分)とほぼ同様になる。

そして、プロセッサ作業は集材完了後連続して行えるのでプロセッサの作業能率を前述の放射状列状間伐の順調な場合と同様の能率と仮定すれば、作業時間は同じく200分となる。このため、延べ作業時間は

集材	424分×3名=	1,272分
造材	200分×1名=	200分
計		1,472分(24時間32分)

となり、この集材法は魚骨状や検討事例1に比較して効率の良い作業方法といえる。

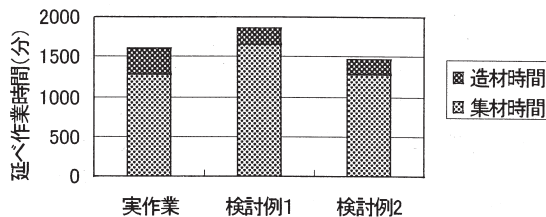


図-9 集材方法別の作業時間

5) 魚骨状列状間伐作業の問題点

この方式の列状間伐では放射状列状間伐と同様に集材された材が一面所に集中することにより、プロセッサが本来の能力を発揮できない問題があった。

しかし、検討事例1のように分散集積しても総生産性はかえって低下する可能性があるなど、合理的な作業法の決定には多くの要因が複雑に関係しており難しい問題があることがわかった。

また、集材時の残存木の損傷は、変色のおそれの大きい材部までの損傷木が残存木の7.5%あったが、これについての評価が現場作業者の間で、「能率良く間伐ができ、良い林分になったのでこの程度の損傷は問題ない」と言う意見と、「これでは所有者が機械化による間伐に疑問を感じ、今後の作業に差し支えるのではないかと」言う意見に分かれていた。

このように、最適な間伐法は簡単には決められず、また、より合理的な間伐法があったとしてもそれに適した機械をいつでも使えるとは限らないなどの技術的以外の要因もあり、列状間伐は「機械的で単純な間伐法」ではないと考える。

3. 大面積列状間伐

前述の魚骨状列状間伐試験地周辺では、約32haの間伐が列状間伐法によって実施された。これだけのまとまった面積で列状間伐を実施するのは県内では最初と思われるのでその概要を調査し報告する。

1) 作業地の概況

事業地は苫田郡加茂町下津川地内、197林班、前田林業(株)の所有林の一部である(図-10)。この所有林は全体で約298haとまとまっておろし杉、ヒノキを中心とした人工林が大半を占めている。これらは1950年代に植栽されたものが多く、伐期を迎えつつある。

しかし、前田林業では一定量の間伐を持続することによって安定的な収入を確保しながら伐期を100年とし大径材の生産を目標とした長伐期施業に取り組んでいる。長伐期施業では林床土壌の保全を図る必要があり、今回の間伐においては

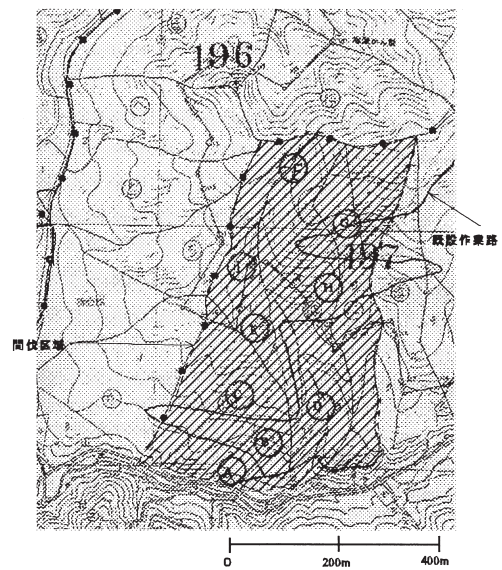


図-10 間伐区域図



十分に下層植生を繁茂させるため林床を明るくする目的もある。

また、この所有林にはこのような施策に対応した林道や作業路が計画的に整備されており、この地域の所有林全体で43 m/haの路網密度となっている。

列状間伐はこのような状況の中、低コストで効率的な間伐法として選択されたもので、林齢や作業路の配置等を考慮して2000年から5年間、毎年平均約25haの計画的な間伐が実施されている。

作業は所有林所属の作業員と加茂町森林組合の高性能林業機械作業班の共同作業で行われた。作業期間は平成12年4月から12月であった。

また、この作業に平行して作業路の開設も計画的に行なわれた。

### 2) 間伐方法

作業区域が約32haと大きく、樹種、林齢も異なっているため、大まかに全体で約30%の間伐率を基準とした列状間伐とし、現地の状況に応じて現場で間伐対象木を決定した。イメージとしては3残1伐に近いが、これにはこだわらず集材のやり易さや立木の配置を考慮しながら柔軟に対応した。

表-2 間伐状況

調査地	間伐前		間伐後	
	本/ha	間伐率%	本/ha	
A	762	29.0	541	
B	725	32.2	492	
C	1438	35.0	934	
D	1291	27.0	942	
E	1069	50.6	529	
F	1254	27.5	910	
G	1229	30.0	860	
H	996	40.7	590	
平均	1096	34.0	725	

注) 調査地は林分の状況がほぼ同様の範囲をひとまとまりとした区域で、各調査地内に162.7㎡の半径7.2mの円形プロット(162.7㎡)をなるべく均等に分散するよう5か所設けて調査したもの。図-10にその配置を示す。

表-2に間伐前後の立木密度調査結果を示す。各調査地によって作業歴が異なるためばらつきが大きいですが、平均では間伐前1,096本/ha、間伐後725本/haで間伐率は34%となった。

なお、このように選木を現場責任者に任せ、実行結果によって次の作業を改善していく方式は、技術的に完全に確立していない作業法を現場に適応するには有効な方法で、作業班の技術向上にも役立っていると感じた。

この点について所有者は「大まかな間伐率、残存木の密度は指示するが細かな本数や均一性にこだわらなはな。今回は作業優先で経験を積んでもらうため、現場作業員に任せた。○残○伐とか○m間隔は目安であり、現在の林分の状況や地形条件等に合わせた作業を行う。はじめから100点を目指すつもりはない。結果を次の施策に生かせば失敗はない。今後1~2回は間伐を考えているのでその時にも対応できる」と話されていた。

作業の流れの基本は、伐倒-集材-造材の順であるが、区域が32haと広いため必要に応じて作業員をいくつかの作業現場に振り分けて同時並行して作業する方式をとった。(図-11)

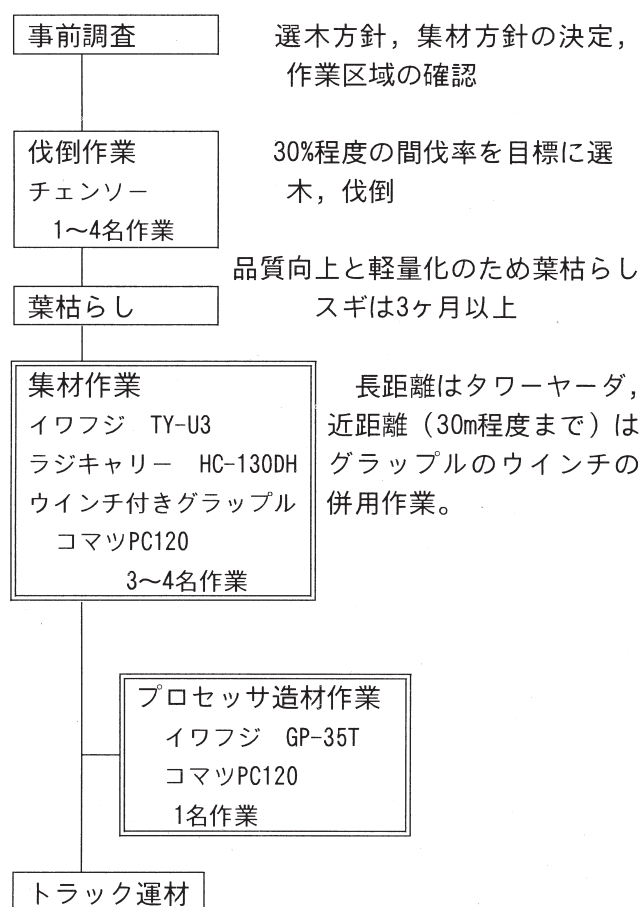


図-11 放射状列状間伐作業の流れ

注) 二重枠の作業は必要に応じて並列作業と直列作業の複合で行われた。

スギの伐倒は葉枯らしを行ったため他の作業に先行して全域で行ったが、ヒノキは葉枯らしを行わないため、集材から造材の作業の進行を見ながら必要な場所を順次伐倒した。

集材は作業路沿いの近距離(30m程度以内)はグラップルのウインチを使用し、長距離の場合はタワーヤードを使用した。

造材は主にプロセッサを集材と同時に作業するやり方で使用したが、一部は作業路沿いの葉枯らし木を単独で処理した。

この場合、先行集材した材をまとめて造材し能率を上げるやり方も考えられるが、前述の魚骨状間伐の作業例のように作業路上を土場に使用するなど様々な事情により集材しながら造材することが多かった。

### 3) 調査結果

各種出荷伝票、労務記録と聞き取り等により、作業路開設関係は含まない間伐作業関連のみの作業結果をまとめると以下のとおりであった。

間伐対象面積	32.24ha
間伐前蓄積	260~380m <sup>3</sup> /ha
間伐による生産量	約2,680m <sup>3</sup>
ha当たり生産量	83.1m <sup>3</sup>
総作業労務数	延べ約990人・日
総生産性	2.71m <sup>3</sup> /人・日

注) 間伐前蓄積はサンプリング調査による推定値

**生産性** 中島ら(1999a)の列状間伐の試験結果である2.62m<sup>3</sup>/人・日に対して、ほぼ同じような作業内容であり生産性もほぼ同様の2.71m<sup>3</sup>/人・日であった。また、林野庁が取りまとめた共同研究の調査結果(1998)では、間伐の平均値で主索式のタワーヤード1.32m<sup>3</sup>/人・日、非主索式のタワーヤード0.72m<sup>3</sup>/人・日であり、これらに比べると効率の良い作業と言える。

**経済性** 一般的に、機械関係費は使用した機械について減価償却費、管理費などの固定費、修理費、燃料費などの変動費、土場作設などの副作業費等を実態に応じて積算する。しかし、今回調査した現場では、葉枯らしや作業路の開削、他事業地の作業など断続的な作業が行われた。そのため、高性能林業機械が現場にあっても使用されなかったり、使用されても短時間であったりすることも多く積算はできなかった。

また、森林組合では機械使用料を材積当たり、あるいは使用時間当たりなどで定め、その金額も補助金や材の市況によって変動させるなどしている例が多い。今回使用した高性能林業機械は森林組合の所属でありその使用料もこのようにして決められていた。聞き取り調査を行っても機械使用にかかる経費の実態を正確に把握できなかったため、比較的正確に把握できた生産性を基にして生産経費のおおまかな推定を試みた。

ここで、賃金は作業を行った森林組合の標準賃金13,200円(平成12年度森林組合統計)とし、社会保険料等付帯人件費を20%と仮定すれば労務費は15,840円/人となる。これを用いて生産性から逆算すれば労務費は5,841円/m<sup>3</sup>となる。大型プロジェクト研究の調査結果(1998)では、タワーヤード系の場合、伐出経費全体のうち労務費の占める割合は平均54.7%となっており、これを用いて試算すると伐出経費(直接費)は1m<sup>3</sup>当たり10,678円となる。

これを同じく大型プロジェクト研究の調査結果(1998)では、直接費で1m<sup>3</sup>当たり主索式の間伐(6,800~31,000円,平均18,600円)、非主索式の間伐(8,000~20,600円,平均14,000円)となっており、これらに比べてコストダウンを達成している。

これは、効率の良い列状間伐法を採用したこと、間伐としては比較的林齢が高く単木材積が大きかったこと、作業路が比較的整備されていたこと、まとまった事業量を計画的に作業したことなど多くの要因により達成されたものといえる。特に作業路が充実していたことが最も重要な要因であり、高性能林業機械の有効利用に大きく貢献していた。

前田林業ではこの点に注目し、次年度からの作業計画に作業路の新規開設を組み込むことにより、一層のコストダウンを目指すこととしている。

#### 4) 大面積作業の利点と問題点

**利点** 大規模な事業地であることから、手の空いた作業員ができる作業を他の作業場所で行うなど、無駄な待ち時間を生じることなく効率的に作業し機械の稼働率を高めるなどスケールメリットを生かした無駄のない作業が行われていた。

**問題点** 前述の魚骨状列状間伐の現場で問題とした能力差のあるタワーヤードとプロセッサの同時作業による能率低下については改善の余地がある。もし、ガイドラインを用いないパワーショベルベースのスイングヤードを用いれば、集積場所を簡単に移動しながら材を分散して集積することができ、プロセッサ作業をさらに能率的に行えたのではないかと考える。

しかし、現在、作業に合わせて自由に作業機械をリースやレンタルできる状況にはなく、各事業体は手持ちの機械をいかに有効に使うかに苦慮している。

今回の現場でも森林組合が所有しているタワーヤードとウインチ付きグラブローダを条件に応じてうまく組み合わせたり使い分けていたが、さらに能率向上を図るには現場に応じた作業機械のリースやレンタル制度の充実が必要である。

### III ま と め

#### 1. 生産性の評価について

今回の調査結果全般について、その生産性をこれまでの調査事例と比較検討したところ、次のような問題点が明らかになった。

タワーヤードによる集材作業では、搬器の積載重量限度内であっても同時に荷かけできる範囲内にある伐倒木が少ないため、荷かけ本数は2~3本程度が限度である。このため間伐対象木の大きさにより同じサイクルタイムでも生産材積に大きな差ができる。特に間伐の場合は集材対象木が散在しているため、この傾向は顕著であった。プロセッサ造材においてもタワーヤードと同様、中島ら(1997)が指摘したように同じサイクルタイムでも扱う材の太さによって同じ作業内容でも生産材積に大きな差ができる。

もちろん、生産性の評価は最終的にはどれだけのものが生産できたかである。しかし、作業機械や作業方法の評価を行う場合に、この材積のみで評価すれば、上記の作業上の制約で作業機械を本当に有効に使用しているかどうか正確に評価したことになる。

また、作業事例を調査して生産量を把握し、これと作業労務数から生産性を求める場合、単純に生産量を労務数で除したのでは問題がある場合がある。通常、機械化作業班は2名から数名のグループで作業するが、この場合、作業内容によってはいつも全員に仕事があるとは限らず、2名でできる作業を3名でしたり、また逆の場合もある。つまり、安定した雇用を考えると作業内容によって簡単に作業員数を増減することはできない。この点を考慮すれば、今回の大面積間伐作業においては、このような労務管理上やむをえない能率低下はあったものの、作業内容を工夫することでこれを解決しようとする現場の努力の結果を含む総合的な生産性のデータであり、有意義なものと考えられる。

今後は、このような能率評価の問題点を明らかにし、その問題点をふまえた上で調査結果を評価し蓄積することが、高



性能林業機械を用いた列状間伐という新しい間伐法を生かすためには必要と考える。

## 2. 今後の課題

変則的な列状間伐や規模の大きい作業の例について調査結果を検討したが、列状間伐はまだ確立した技術ではなく間伐木の選木から合理的作業方法まですべて実行しながら改善してゆく必要があることが改めて確認できた。

このため、列状間伐についてはこれまでの調査研究から得られた成果を取りまとめ、現場で活用できる実用的な技術指針を作成し、その適用結果から問題点を明らかにしてさらに調査研究を進める必要があると考える。

また、間伐効果についても中島ら（1999b, 2000, 2001）の報告のようにある程度の目安は得られていても、最終的な効果の把握は残存木を収穫して販売した時に初めて評価できるものである。このため、列状間伐の最終的な評価には、今後も多くの事例調査を積み重ねる必要がある。

最後にこれらの調査に調査地の提供をはじめ多大なご協力をいただいた前田林業(株)の前田繁治氏及び前田多恵子氏、加茂森林組合の能勢課長及び各作業現場の作業員の方々にお礼申し上げます。

## 引用文献

- 藤田亮・中島嘉彦（1998）：タワーヤードによる集材作業事例－ハイリードによる集材作業－。森林応用研究 7 : 163-164
- 中島嘉彦・藤田亮（1997）：プロセッサの作業特性－造材材積と造材長による能率の評価の比較－。森林応用研究 6 : 209-210
- 中島嘉彦ほか（1999a）：高性能林業機械を用いた列状間伐と定性間伐の比較試験。岡林試研報 15: 1-6
- 中島嘉彦・芦田素廣（1999b）：小型タワーヤードを用いた列状間伐の間伐効果（Ⅰ）－間伐による樹冠占有面積変化－。森林応用研究 8 : 77-80
- 中島嘉彦・且良則（2000）：小型タワーヤードを用いた列状間伐の間伐効果（Ⅱ）－目視による間伐効果の判定－。森林応用研究 9 - 2 : 19-22
- 中島嘉彦ほか（2001）：小型タワーヤードを用いた列状間伐の間伐効果（Ⅰ）－伐採帯の合理的な配置法－。森林応用研究 10- 1 : 101-103
- 岡山県農林水産部組合指導課（2002）：平成12年度森林組合統計。95pp
- 林野庁編（1998）：大型プロジェクト研究成果，地域に適合した高性能林業機械作業システム研究。90pp