

列状間伐の道標

徳島県立農林水産総合技術センター

森林林業研究所

はじめに

近年、森林に対する国民・県民の期待は益々高まる一方であり、掛かる情勢を受けて、昨年「森林・林業基本法」が新たに制定されました。

その理念は二つからなり、

- ①森林の有する多面的機能の発揮
- ②林業の持続的かつ健全な発展

であります。

また、これに呼応して、国の「高性能林業機械化促進基本方針」も改訂されました。

内容は

- ①多面的機能の持続的発揮と環境負荷低減に配慮した高性能林業機械化の促進
- ②間伐等非皆伐施業と地域の作業条件に対応しえる作業システムの構築・導入が大きな柱であります。

そうした中で、最近、列状間伐が全国的に注目を浴びてきています。

この間伐方法には路網密度・地形・機械の導入状況等の環境要件がありますが、検討に値する一つの方法であると思われます。

そこで、この列状間伐の推進・考察等を少しでも容易にするため道標を作成しました。

まだ、完成されたものではありませんが、地域の現場において参考にいただき、逐次改良して行きたいと思えます。

目 次

I. 背 景

- 1) 森林の現況 1
- 2) 間伐の種類 1

II. 間 伐

- 1) 間伐の必要性 1
- 2) 間伐の経営への貢献 1
- 3) 植栽密度を伐期時の密度より高くする理由 2
- 4) 間伐のタイプ 2
- 5) 本県の間伐 3
- 6) 間伐の実施時期 3

III. 列状間伐

- 1) 列状間伐の方法 4
- 2) 列状間伐の長所と短所 5
- 3) 短所の留意点 6
- 4) 伐倒作業 7

IV. 集材作業と造材作業

- 1) タワーヤードを主体とした作業システムの配置 12
- 2) タワーヤードによる集材作業 12
- 3) プロセッサーによる造材作業 15
- 4) タワーヤードとプロセッサーによる関係と配置 16
- 5) 高性能林業機械に対応した路網 17

V. 間伐経費

- 1) 作業工程 18
- 2) 生産経費の基本的な算出の仕方 20

(参考)

- VI. 徳島農林事務所の「列状選木法による間伐」の小冊子 23

列状間伐の道標

I. 背景

1) 森林の現況

徳島県は76%が山林であり、しかも人工林率が全国の平均54%に比べて63%（186千ha）と飛躍的に高い。

しかしながら、木材価格の長期にわたる低迷は林業生産活動を著しく停滞させている。取り分け、間伐対象林分（4～9齢級）は本県人工林の70%強を占めていて、この森林の整備如何が将来の林業活動の成否を握っている。

2) 間伐の種類等

間伐の方法には、従来から定性間伐や定量間伐があったが高性能林業機械が逐次導入されるに従い、この高価な機械の効率的な使用方法が大きなテーマとなってきた。

換言するならば、伐出時に高性能林業機械を使用する事を目標にして保育（間伐）を実施しなければならないと云うことである。

最近、その解決の糸口として、列状間伐がクローズアップされてきたので、それを主体として述べ、これを叩き台にして漸次改良することにより互いの業務の参考にして頂きたい。

II. 間伐

1) 間伐の必要性

ア. 植栽木の生育が進み樹冠が閉鎖すると、それぞれの個体は可能な限り、少しでも光を得たいため、すさまじい生育競争が起こる。

このため各個体は必然的に樹高成長に力を注ぎ、直径生長には手が回らなくなり、いわゆる形状比が高くなる。

すなわち閉鎖した林分の単位面積当たりの総葉量は、ほぼ一定しているので立木一本当たりの葉量が多いほど直径生長量も大きくなる。

形状比＝樹高（H）／胸高直径（D）

（単位：m 70が標準 90以上はもやしの木）

イ. 閉鎖状態が続くと強風や冠雪に対する抵抗力が弱まり、病虫害の被害も受けやすくなる。

ウ. 林内が暗くなり下層植生がなくなり、やがて肥沃な表層土壌が流出してしまう。

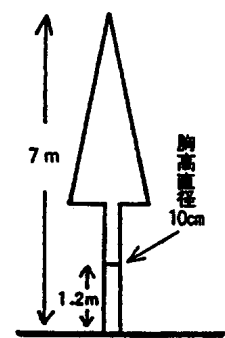


図-1

2) 間伐の経営への貢献

上記1) を裏腹に充当するものであるが更に補足すると次の通りである。

- ア. 林分密度や林分構造を調節する重要な作業は保育技術であり、その上収穫量をも左右する施業である。
- イ. 形質や形状の悪い木・あばれ木等を除き、良質な木材を生産する。
- ウ. 直径成長をある程度抑制し、年輪幅のそろった質の高い材を生産する。
- エ. 主伐までの数回の間伐で、収入が得られる。

3) 植栽密度を伐期時の密度より高くする理由

- ア. 気象条件による活着不良、下刈り時の誤伐、病虫害などによって伐期密度が植栽密度よりも低下する。
- イ. 植栽密度を高くして早く閉鎖させる事によって、競合する雑草木の生育を抑制する。
- ウ. 生育段階で間伐を行うので、植栽時、低密度であると長伐期になるほど林分の閉鎖に時間がかかり、林地の有効利用ができない。(但し最近ではこの説に疑問が抱かれるようになってきている。)
- エ. 林分閉鎖が遅れると枝下の長い完満な材の生産が困難になる。
- オ. 伐期密度と植栽密度が同じであれば、間伐による中途収入の可能性が全く無くなる。
- カ. 間伐の実施により形質・形状的な淘汰が可能である。

4) 間伐のタイプ

間伐の方法(タイプ)は、従来から、大別して下表のようなものを基本として、実施されてきた。すなわち下層間伐(下層木を主体に間伐・普通間伐)、上層間伐(上層木を主体に間伐・ナスビ切り)、機械的間伐(列状間伐もこのタイプ)などに分けられる。

表-1 間伐タイプごとの特徴

方 法	間 伐 対 象 木	間 伐 後 の 林 分 状 況	雪害等の 耐 性	間伐時の 収 益 性	特 徴
下層間伐 (普通間伐)	悪い木	優勢木を中心に 残存する。 残存木の配置が 均等になる。	○	×	間伐後の形状比が低くなり、雪害等に対する耐性が高まる。
上層間伐	優勢木 あばれ木	優勢木でない個 体が多く残る。 残存木の配置は 不均一になる。	×	○	形状比は、下層間伐よりは高くなるが、無間伐で放置するより低くなる。
機械的間伐	列状など	形質に関わりなく 残存する。 残存木の配置は 不均一になる。	△	△	形状比は無間伐林分に比して低くなるが、列の隣の個体は、樹冠に偏奇が生じやすい。

備考 ○：優れている ×：劣っている △：中間

※ 定性間伐 or 定量間伐とは何か？

定性間伐：どのような個体（立木）を伐るべきか、個体の性質を基準にして、その性質より上または下を伐採する。

定量間伐：間伐すべき量を先に定め、その量に見合う分を伐るが、普通は定性間伐のように選木基準を定めこれに該当する個体を伐採する。

5) 本県の間伐

ア. 本県で主に行われてきた間伐方法（杉山式選木育林は除く）は欠陥木・劣性木を主体に伐採する定性的間伐であった。

この方法は間伐対象木が下層木となり、林分内をほぼ満弁に伐採し、上表の「下層間伐」に属することになる。

イ. 問題点

本県の人工造林は前述した通り間伐対象齢級の占める割合が大きい。

従って、この森林の整備すなわち間伐の実施が最重要課題である。

しかし、現状は間伐実施率も間伐率（本数率）も低い。

この原因として、次の事が掲げられる。

- ① 大長期に亘る木材価格の低迷による林業意欲の減退
- ② 労働力の減少と高齢化
- ③ 路網の未整備

6) 間伐の実施時期

ア. 残存木の成長促進という面から見れば、間伐直後に生育となる晩冬から初春が良い。

イ. 晩夏から秋にかけて伐る秋伐りは、剥皮が容易で、カビの発生が少なく、比較的材の色つやが良い。

ウ. ヒノキを春に伐採すると乾燥が早くて材に割れがいている場合がある。

エ. 葉枯らしを行う場合、梅雨を越して置かないこと。穿孔生害虫によって材質が低下する。

Ⅲ. 列状間伐

間伐木の選木は極めて奥の深い技術を要する。

例えば、最終目標とする材木の形態・形質、冬時の積雪、風害および将来の伐出方法等のすべてのファクターを考慮して行わねばならない。

そのため考えすぎて間伐が遅れたり、不実行になったりする。

しかしながらなによりも悪いのは間伐に手を着けないことである。

一方、高性能林業機械が逐次導入されてきている昨今、この機械の効率的な使用方法こそが低コスト化へ繋がるものと思われる。

その例として集材高性能機械タワーヤードがあるが、これの効率的な使用方法として列状間伐が注目

を浴びている。

以下その概略を述べてみたい。

1) 列状間伐の方法

ア. 伐採列の間隔

伐採は時の如く列を伐るのであるが、実際の林分は田んぼのように列状に植栽してある所は殆どない。

そこで一定距離ごとに伐採する「一定間隔方法」と一定の植栽列を伐る（残す）「残列法」とがある。

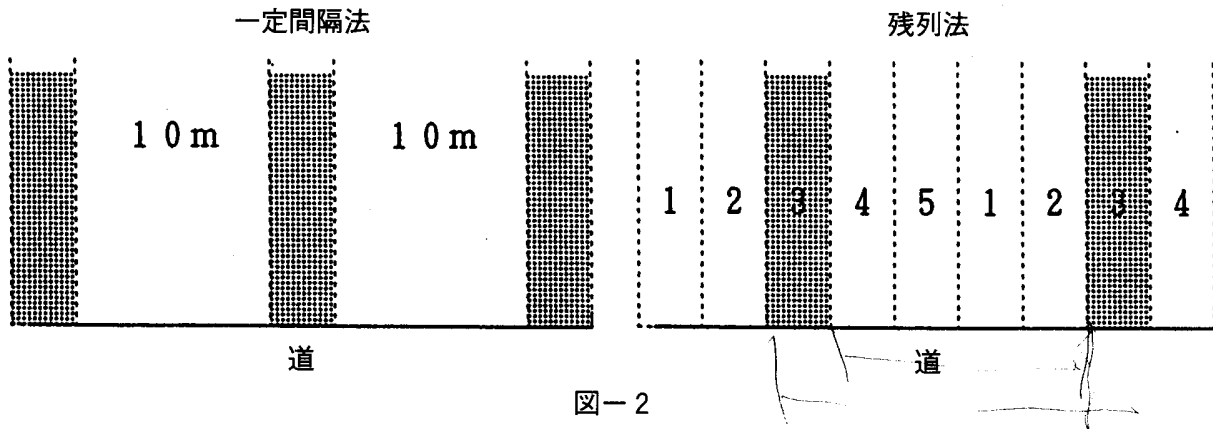


図-2

残す列の間隔（幅）は大きくする（間伐率小）ことも、小さくする（同大）ことも容易に可能であるが、前述した通り林分の環境条件や最終仕立て目標を考慮しなければならない。残と伐の割合の名称とその物質的な距離関係等の目安は下表の通りである。

3,000 本植

1 列が 1.8m

表-2

伐採間隔	間伐率	列間の距離	地 位
7 残 1 伐	12.5%	14.4m 間隔	下 ↑ ↓ 上
6 残 1 伐	14.3%	12.6m 間隔	
5 残 1 伐	17%	10.8m 間隔	
4 残 1 伐	20%	9.0m 間隔	
3 残 1 伐	25%	7.2m 間隔	
2 残 1 伐	33%	5.4m 間隔	

標準

イ. 伐採列の形状

伐採列は可能な限り直線に設定する。曲がっていると集材時にワイヤーロープや集材木の支障となり、結局は傷木として伐採しなければならなくなる。

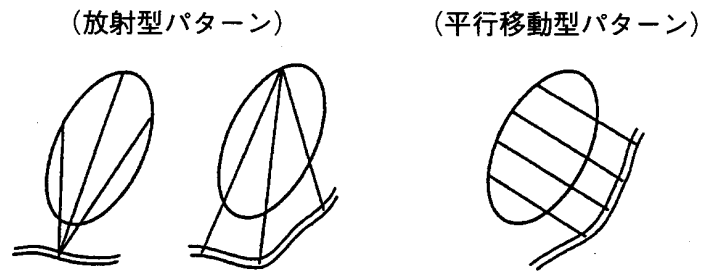


図-3 伐採列（集材）の模式図

ウ. 伐採列の方向

方向は出来るだけ傾斜の方向と一致させる。急傾斜地で傾斜方向と交差するような伐採列を設定すると、集材作業時に集材木の頭が空中に浮いた時点で谷側に滑り、残存木の根ぎわ部を打傷する恐れがある（2点吊りで解決したと云う事例もある）。その結果、材部が腐朽し、そのシミがかなりの範囲で染み渡る。対策としては、列沿線木の切り株を高くして残存木に当たらないようにする方法が一案として出ている。

エ. 伐採列の幅

伐採列の幅は、残列法の場合は植栽木一列とし、一定間隔法の場合は、集材線に対して片側1m程度以上とする。この幅が広いほど作業効率は良いが樹冠閉鎖は遅れる。

その逆もまた成立する。

2) 列状間伐の長所と短所

ア. 長所

- ① 間伐木の選木、材積調査、間伐後の跡地調査（損傷木・掛かり木）などが簡略化されて能率的である。しかし、列幅の決定や列間隔の決定などには技術と経験が必要である。
- ② 周伐木の形質は対象となる林分構成とほぼ等しくなるために、価値の高い優性木等も含まれるので、収益性に期待がもてる。
- ③ 間伐作業が画一的になり、作業が標準化されて能率が向上し、搬出経費軽減の可能性が高まる。
- ④ 伐倒作業において、掛かり木の発生が少なくなる。
- ⑤ 無間伐林分に比較して、形状比が低くなる。

イ. 短所

- ① 樹冠閉鎖が大きく破られ、閉鎖の回復に時間がかかり、生長量の増加が小さくなると考えられているが、その割合がどの程度か不明である。しかしながら重大な影響を期す程のものとは考えられていない。
- ② 残存列帯に不良木などが残り、径級の揃った林分を仕立てにくい。
- ③ 伐採列沿線に面した残存木は、樹冠の偏奇を生じて、冠雪害・風害等を受けやすい恐れが

生じる。

3) 短所の留意点

- ア. 列状伐採を行うとき、残存列帯の不良木を選木して同時に伐採する。
- イ. 地位上の林分であれば通常間伐（定性・定量）と比較して生長は目立った差はない。但し地位下のような条件の悪いところでは、樹冠が開きすぎないように注意する必要がある。この開きと地位との関係は具体的な数式ではまだ表されていない。ちなみに成長量についての試験地（岡山県）の例では、間伐しない場合と対比して単木成長量は 55% 増と云う結果が得られているので、それ程心配する必要はないのではないかとと思われる。
- ウ. 冠雪害の抵抗性は 4～5 齢級では低いが 30 年生以上になれば、さほど心配しなくても良いと云われている。全国の試験研究の報告を調査しても大きな冠雪害が発生したという事例はない（発表を控えているのかどうか不明）。発生防止を図るのであれば肥大成長が始まる 3 月下旬～4 月頃実施すれば良いのであるが、樹液が流動し始めているので伐倒時に残存木に剥皮等が起こる危険性はある。
- エ. 樹冠の偏りは大きい、樹幹に与える影響は少ないと考えられる。

※ エに関しては鹿児島県の調査事例があるので要旨を再掲する。（列状間伐の林分に与える影響について 日林九支研論集 No50-1997 鹿児島県林試 中山富士男）

表-3

作業地	面積	樹種・林齢	伐採年月	伐採間隔	森林及び材質に与える影響
鹿児島県	不明	スギ35年生	S62年10月	不明	<ul style="list-style-type: none"> ・樹冠の偏り成長は大きい。 ・樹幹の偏り成長については、林業的利用に影響は少ない。
		ヒノキ35年生	S60年10月	6 残 1 伐	

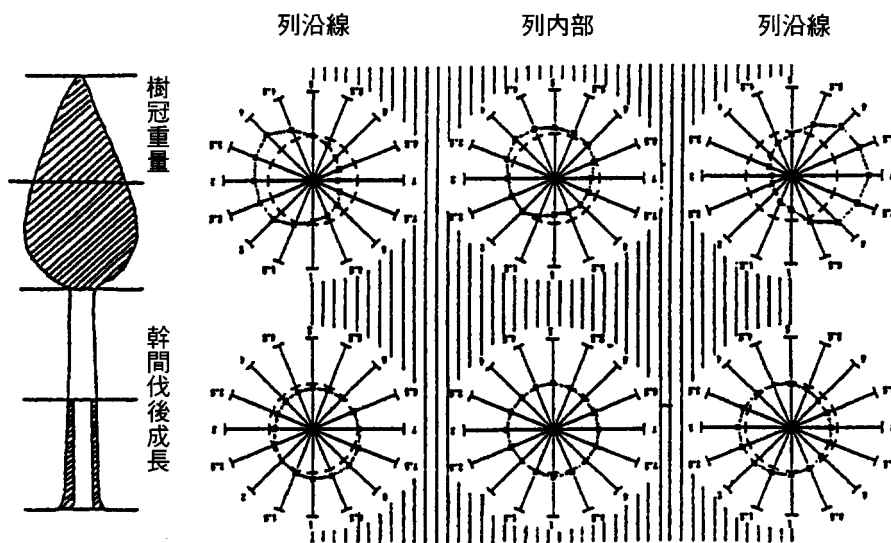


図-4 樹冠及び幹の方向別相対数量

4) 伐倒作業

ア. 伐倒方向

タワーヤード系システムで集材する場合は、元口がヤードに向かうように伐倒するのが原則である。しかし上げ荷集材か下げ荷集材かによって伐倒作業の難易度は大きく異なる。

- ① 上げ荷集材：斜面下方へ伐倒するが重心方向であるので容易である。しかし伐倒木の着床時の加速度が大きいため樹幹上部の損傷が多々ある。
- ② 下げ荷集材：斜面上方へ伐倒するが、重心方向と逆になり、けん引器具などが必要となり技術を要する。急傾斜地では、伐倒後に伐採木が滑落する危険性もある。

※ ①・②とも安衛法の伐倒作業基準では危険が大きいため奨励していない。

イ. 伐倒順序

先柱から元柱へ向かって、順次伐倒する。このことにより掛かり木の発生が少なくなり、伐倒木の一番上にあるものから集材できる。

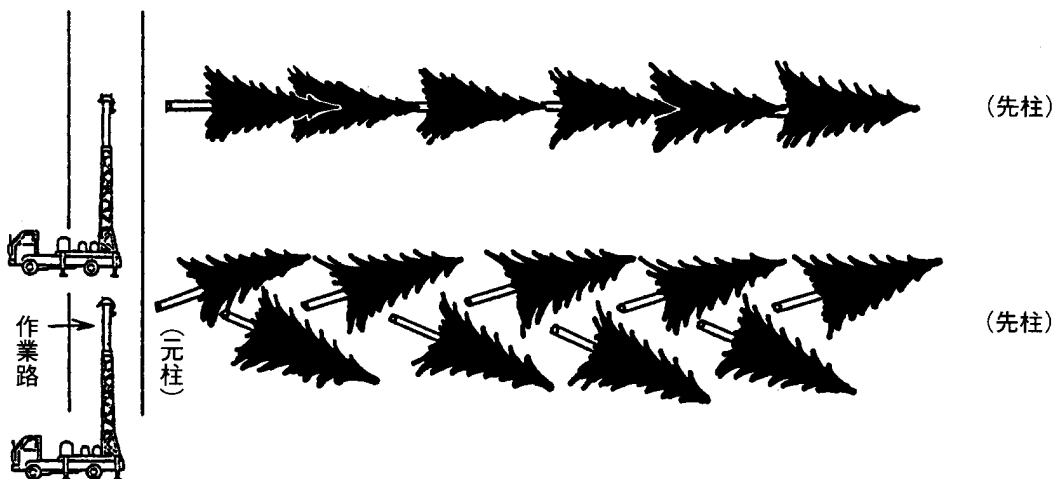


図-5 列状伐採の方向

ウ. 伐倒方法

アでも概略を述べたがさらに付け加えると立木の傾きや重心、風の方向などを見極めながら安全に万全を期して伐倒する。

- ① 上げ荷集材：斜面下方への伐倒となるので、幾分ツルを多めに残して伐倒速度を弱めてやる。木の重心は、比較的谷川に向いていることが多いので矢を使用して伐倒方向が狂わないように注意する。
- ② 下げ荷集材：斜面上方への伐倒、つまり起こし木による伐倒である。立木の重心方向とは逆方向に伐倒するが多いので技術を要する。まず先に追い口を普通程度に切り込みクサビを入れる。次に受け口を作るが、通常の受け口とは異なり上辺が水平な逆三角形とし大きい目にする。その後、再度追い口を少し切ってクサビを打ち、重心が鉛直（通常の木）になるよう起こす。後は基本通り

であるが、ツルの機能を若干弱めるため追い口を通常よりは低めに切り込む。



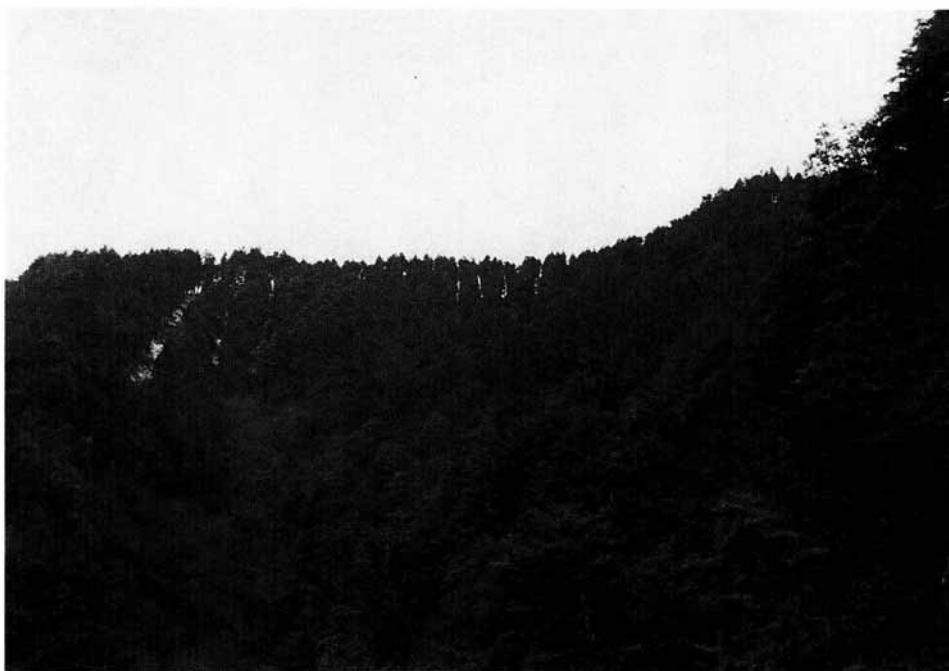
図-6 伐採方法

エ. 伐倒後の注意事項

- ① 材の安定を確認して次の伐倒作業に移ること。
- ② ツルが切れていない場合はツルを切っておくこと。
- ③ このときガイドバーが噛まれ易く、しかも材が動き出すことがあるので注意をすること。

オ. 葉枯らし乾燥のメリット

- ① 重量減少による集・運材コストのダウン。
- ② プロセッサ送材装置での剥皮が減少。
- ③ 事業量の消化を計画的に実施でき、労働力・機械使用の配置を按分できる。但し梅雨時期に林内に放置すると害虫や腐朽菌の被害を受ける恐れが多分にある。



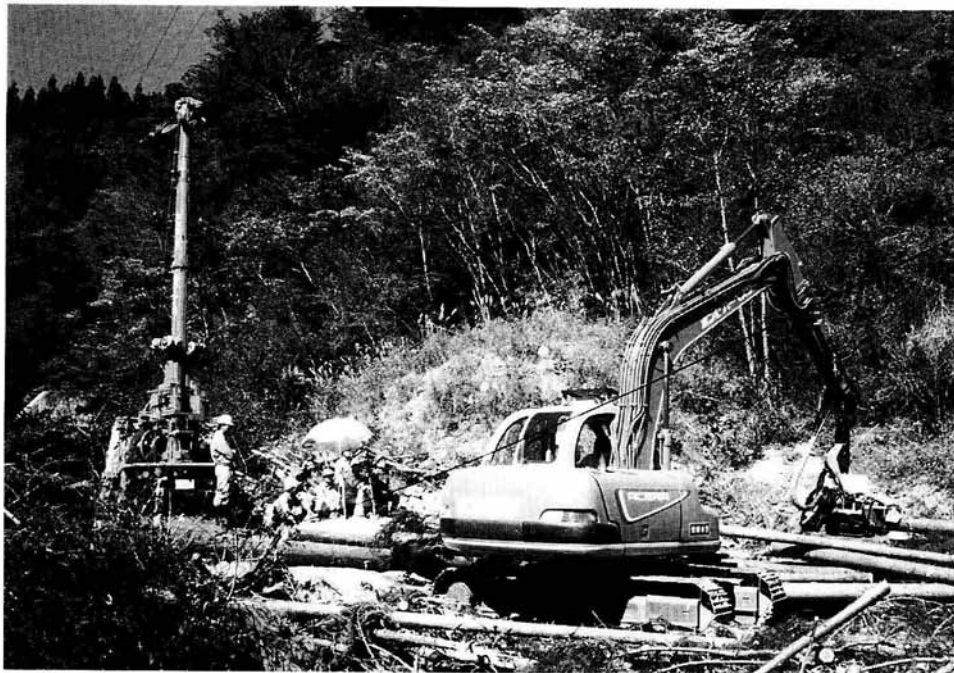
列状間伐の遠景（尾根筋に空間が見える）



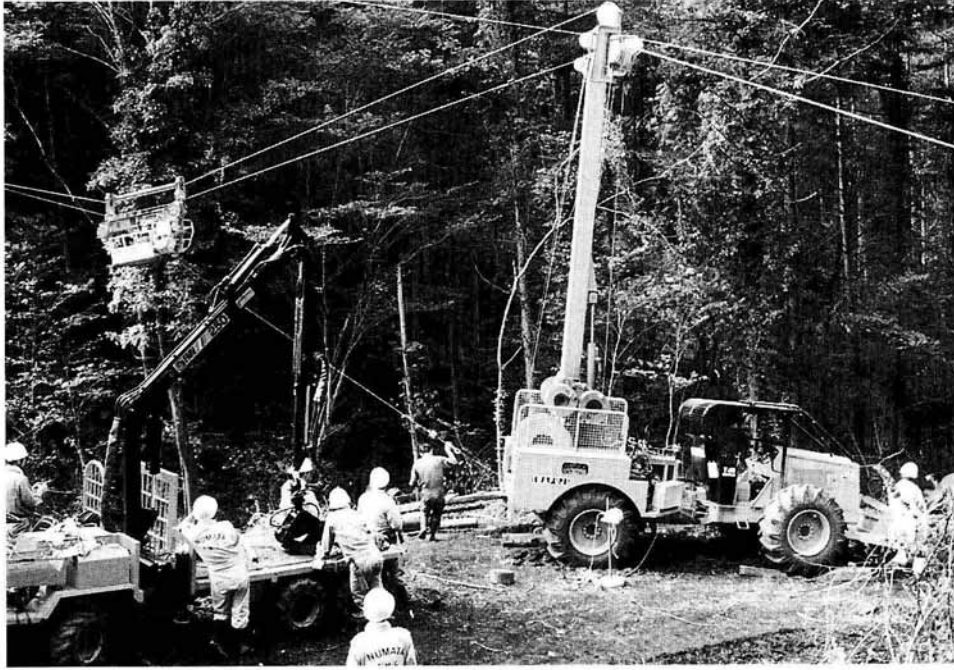
列状間伐の完了風景



列状間伐の近景



タワーヤーダ（左）とハーベスター（右手前）



タワーヤードに繫留した自走式搬器



タワーヤード (中) とハーベスター (右手前) とグラップル (右後方)

VI. 集材作業と造材作業

1) タワーヤードを主体とした作業システムの配置

タワーヤードを主体とした作業システムによる集材・造材作業の標準的な機械装置と人員の配置は、次の表のとおりである。

表-4 タワーヤードを活用した作業システムと人員配置

	伐 木	集 材	造 材
全 木	チェーンソー 1人	タワーヤード 2～3人	プロセッサー 1人

	伐木造材	集 材
短 幹	チェーンソー 1人	タワーヤード横取り・集材 2～3人

ただし、タワーヤードとプロセッサーの同時作業は、作業工程の違いや土場の広さの関係から同時作業は困難な場合が多く、集材後、プロセッサーで造材する方が効率的な場合が多い。また、作業対象面積が狭い場合などは林内で短幹にして集材した方が有利な場合がある。

2) タワーヤードによる集材作業

ア. 特 徴

タワーヤードは移動性を高め、架設・撤去の時間を短縮することによって、伐区（1回の架設による集材）当たりの搬出量が少ない場合でも高い生産性を保つことをねらいとしていて、次のような特徴がある。

- ① 元柱になるタワー（支柱）を架装していて、架設・撤去の時間が短縮できると同時に集材機設置場所の選定がしやすい。
- ② 集材装置一式をトラック、林内作業車、パワーショベル等に搭載していて、集材地まで自走できる。
- ③ 主に短距離集材に使用。大径のワイヤロープを使用しない簡易索張りをする。スパン長100m程度では架設に約30分、撤去は約15分で可能である。
- ④ インターロック機構（2つのドラムの索の巻き取りと送り出しを同調させる機能）を有するものでは、運転操作が容易である。

イ. 集材作業の分類

集材木の状態、集材方向などの作業の方法によって、次のように分類される。

- ① 集材木の状態による分類
 - ・全木集材…伐倒木に枝条がついたままの全木を集材

- ・全幹集材…枝条と梢端部を除去した全幹を集材
- ・普通集材（短幹集材）…枝払い、玉切りして丸太にしたものを集材

全木及び全幹集材では、スリングを元口側に掛けた方が集材しやすい。次工程のプロセッサの造材作業もスムーズにできる。大径木やプロセッサを使用しない普通集材を行う場合は、あらかじめ木寄せをしておき、何本かまとめて集材すると効率的である。

② 集材方向による分類

- ・上げ荷集材…谷側から山側へ材を引き上げる集材
- ・下げ荷集材…山側から谷側へ材を引き下ろす集材

作業の効率や安全面から、上げ荷集材が有利である。ただし、林地傾斜が 35 度を超える林分では急傾斜地で危険を伴うため注意を要する。下げ荷集材では、滑落する材のコントロールが難しく、リフティングライン（荷上索）を斜面上方向に引き出すことになり、荷掛け者の負担が大きく、林地傾斜が 30 度を超えると作業が困難になることが多い。

この理由から路網の開設を計画するときは、タワーヤーダによる集材がしやすく、伐倒も比較的安易な上げ荷集材となるよう、林地斜面の中腹以上に開設することが望ましい。

③ タワーの形式によるタワーヤーダの分類

- ・固定タワー式…集材作業中はタワーを固定するもの
- ・旋回ブーム式…集材作業中に旋回可能なブームを装備するもの

固定タワー式タワーヤーダは、集材作業専用であり、集材は控索を設置する。旋回ブーム式タワーヤーダは土場作業・土工作業にも使用可能であり、汎用性をもつが、土工作業は労働安全衛生法に規定する免許等（車両系建設機械運転技能講習等）の取得者が行うものとする。また、集材作業において控索を設置しないことも可能であることから、架設・撤去が容易であるが、重量の大きい材を扱う場合などは、転倒しないよう控索の設置などに配慮する必要がある。

④ 索張り方式による分類

- ・主索式…主索を設ける方式
- ・非主索式（作業索式）…作業索が主索を兼ねる方式

タワーヤーダ各機種の様式によるが、間伐の場合、架設撤去がより簡単な非主索式が多く、次の図のような索張り式方式用いられることが多い。

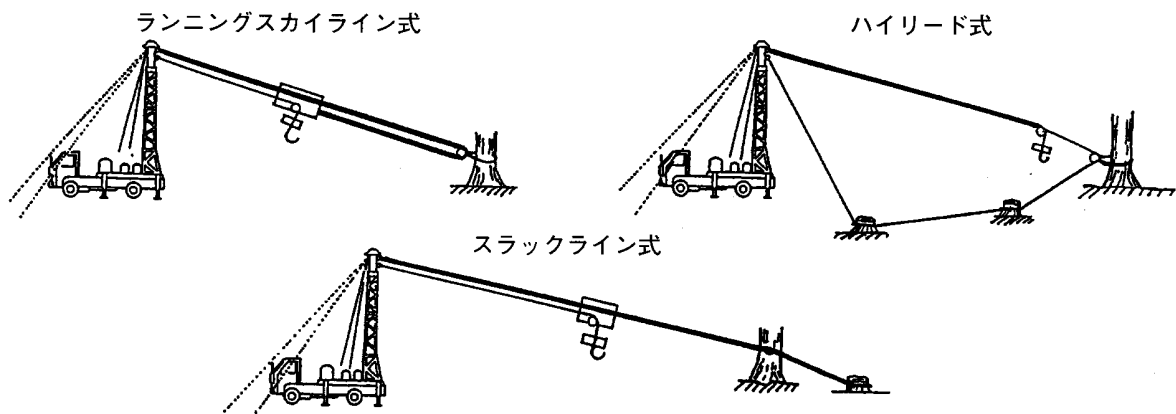


図-7 いろいろな簡易索張り

ウ. 作業手順

架設作業は、スパンが短い場合は2人作業が可能である。スパンが150m程度になるとワイヤロープの引き回しに人数が必要で、この場合、3人作業が効率的である。きわめてスパンが長い場合を除いて、4人以上いても架設時間の大幅な短縮は望めない。

なお、架設・撤去にあたっては、作業員全員が作業の方法・手順をよく理解しておく必要がある。

次に、固定タワー式によるランニングスカイライン式の標準的な作業手順を示す。

① 先柱の選定と作設

- ・ワイヤロープの垂下量（たるみ）を確保できるところが効率的
- ・十分な強度が確保できること
- ・控索を所定の方法によって固定する
- ・高所作業（高さ2m以上）には安全帯を着用する

② 機体の設置

- ・地盤が強固で、水平な場所を選定する
- ・アウトリガーを機能させ、機体の水平を確保する
- ・タワーを伸張し、集材方向に向ける

③ 機体の固定

- ・固定ピン等で固定する
- ・控索を緊張固定する

④ ワイヤロープの引き回し

- ・各ワイヤロープを搬器を通して、引き回し、固定する

⑤ 試運転

- ・搬器を張り上げ、ワイヤのねじれや接触がないか確認する
- ・軽めの材を吊り上げて、控索、アウトリガーなどの状態を確認する
- ・異音、異臭、異常な振動がないか確認する
- ・異常があれば、点検、補修をする

⑥ 集材作業

- ・作業は、荷掛け者とオペレータ（荷下ろし者を兼ねる）に2人作業が基本
- ・1回当たりの搬出量は、搬出能力に近い量にすると効率がよい

⑦ 撤 去

- ・基本的に架設と逆の手順で行う。撤去作業は架設と比較して短時間で作用が可能である。

エ. 作業上の注意

① できるだけ高い架線高の確保

非主索式では、材を引き寄せる力だけでなく、架線を張り上げる力もタワーヤードのウインチの負荷になるので、架線に垂下量（たるみ）をもたせる必要がある。これには、先柱のガイドブックの取り付け位置を高くすることや短めのスリングを使用することが有効である。

② 合図の徹底

オペレータと荷掛け者は事前に合図方法を確認しておき、小型トランシーバー等によって、連絡を密に行う。荷掛け者は搬器の近くで荷掛けを行うなど集材地の状況を把握しているのでオペレーターは荷掛け者の合図に従って、運転操作をする。

③ 荷掛け者の待避場所の確保

傾斜地で作業する荷掛け者は、転倒に注意するとともに、合図は必ず安全な場所に待避してから行う。

3) プロセッサーによる造材作業

ア. 特 徴

プロセッサーは、枝払い、測尺、玉切り作業を連続して行う多工程の処理機であり、次のような特徴がある。

- ① 傾斜地での枝払い玉切りは重労働であり労働災害の発生も多い。プロセッサーを使用することによって、労働強度を緩和するとともに、労働災害の減少が期待できる。
- ② 生産性は、オペレータの習熟度、集材対象木の単木材積、機体設置場所の状況に左右されるが、通常 20m³程度、条件がよければ 40m³以上の処理が可能である。
- ③ グラップルクレーンとして、はい積やトラックへの積み込みにも利用できる。

イ. 作業手順

- ① 集材された全木材の元口部分をつかみ、送材して枝を払う。枝払いの後、採材して玉切りする。ただし、作業ポイント（土場）が狭いときは、枝払いと同時に採材・玉切りを行う。
- ② 作業ポイントが広い場合は、材長別にはいを分けると選別も容易である。

ウ. 作業上の注意事項

- ① プロセッサーによる枝払い・玉切りでは機体の旋回範囲に材長を加えた範囲が危険区域である。この範囲に人間を立ち入らせないようにすることが重要である。
- ② 集材された材の直径や曲がりの状況などを判断し、有利に取引されるよう採材する。材長

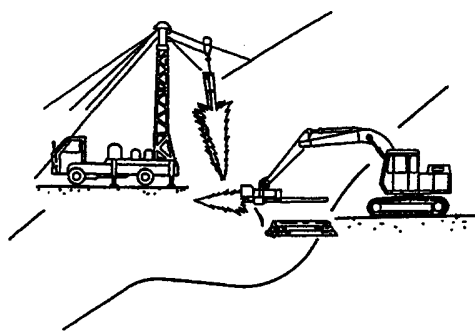
の判定はコンピュータが行うが、曲がり判定、有利な採材についてはオペレータの判断によるので、市場の動向等を考えた採材技術が必要である。曲がり・有利な採材の判断が困難な場合には、安全な場所に補助者を配置する。

- ③ 太い枝や数本の枝を同時に枝払いする場合には、通常の方法では、送材装置が空転して材を傷つける可能性があるため、慣性を利用し、機体を旋回させて払い落とす。
- ④ プロセッサによる処理が困難な場合は、必要に応じ、チェーンソーによる元玉の玉切りや太い枝の枝払いを行う。
- ⑤ 材長はセンサーによって測定するが、ときどき実測を行い、精度を確認する。

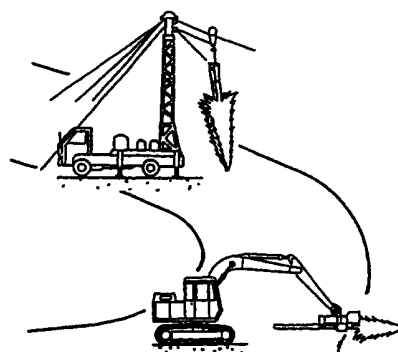
4) タワーヤードとプロセッサの係と配置

タワーヤードとプロセッサを組み合わせた間伐作業では、プロセッサによる造材作業をするとともに、処理した材を集積（はい積）する場所として、作業ポイント（土場）を設けるとよい。作業ポイントを設けない場合は、次の図のように待避所やカーブの拡幅部などを活用するとよい。この場合は、地盤の強固な場所を選定する。盛土部分では崩壊に注意する。

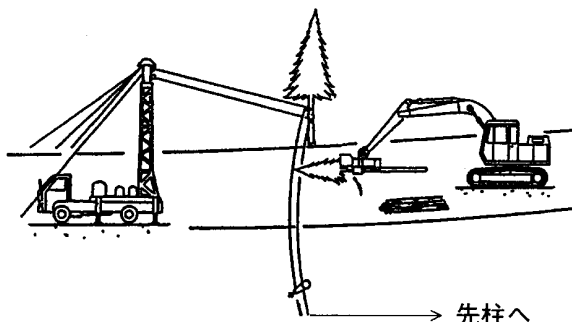
また、作業ポイントが狭い場合などは、前述したようにタワーヤードとプロセッサの同時作業は効率的ではないので注意する。



例1 待避所の活用



例2 カーブ拡幅部の活用



例3 元柱の変更

5) 高性能林業機械に対応した路網

今後開設する林道・作業道については、集材方法等を十分に考慮し、効率的な作業が可能なものとして整備するとともに、既存の作業路を機械稼働に利用できるよう拡幅、改良することも必要である。

ア. 路網密度

最大集材距離によって異なるが、ha 当たり 20~25m の密度が必要といわれている。個々の林分では、道路から最大集材距離の範囲内であれば集材は可能である。

イ. 路線形

基準となる林道は、高性能林業機械の優れた機動性から連絡線形とし、林道から分岐する作業道は等間隔に配置する。また、作業の効率性から上げ荷集材が有効であり、尾根筋から中腹への配置が望ましい。

ウ. 幅員

機械の車体幅は 1.5~2.5m のものが大半であることから、3m 以上の幅員とする（大型トラックが入れば運搬コストも低減できる）。

また、切土及び盛土の法長が長いと全木集材を行う場合、法肩を崩す場合があるため短くすることが好ましい。

エ. 作業ポイント

作業ポイントは、作業場所であるとともに処理した材をはい積みしておく場所でもあることから、列ごとに作業ポイントを配置することが好ましい。広さは伐採列から搬出される生産量によって異なるが、おおむね 50 m²程度確保できれば作業が効率的に行える。今後の路網作設に際しては、周囲の間伐対象林分の状況や集材方法を考慮してカーブの変化点やその集材の土場となりそうな場所については作業ポイントを設置する。



スウイングヤーダによる列状間伐の集材

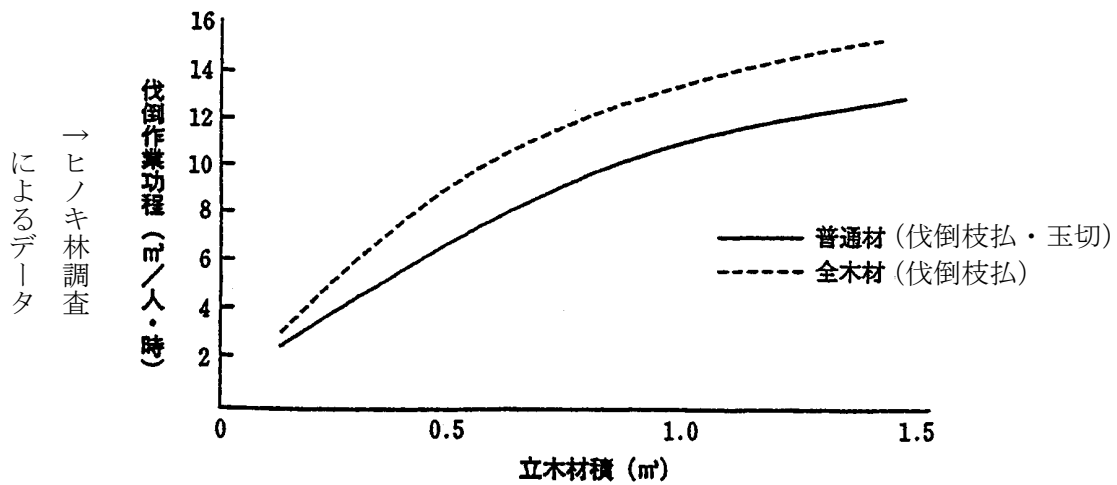
V. 間伐経費

間伐経費は、間伐作業の生産性に大きく左右される。さらにタワーヤードを主体とした作業システムの生産性は対象林分の構成、集材距離などの作業条件によって決定される。1時間当たりの作業工程は次のとおりである。

1) 作業工程

ア. チェーンソーによる伐倒

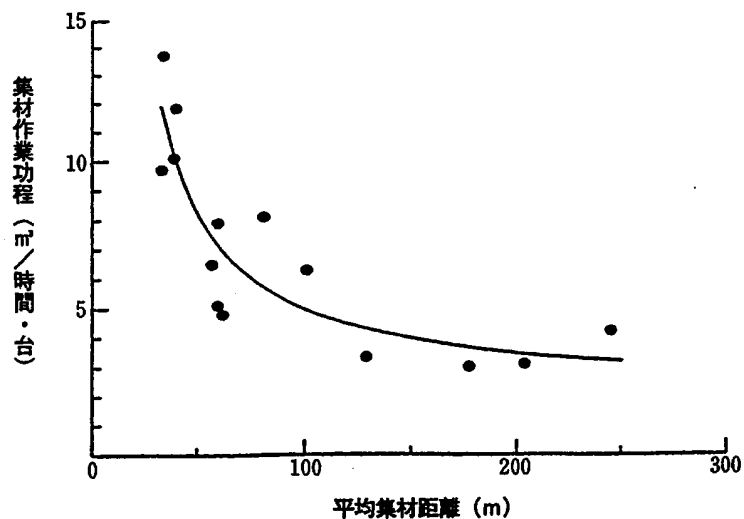
チェーンソーによる伐倒の作業工程は伐倒対象木の立木材積に左右され、次の図の工程になる。なお、この図は皆伐作業の工程であるので、列状間伐では懸木の処理等を考慮して暫定的に、0.75の補正係数を使用することとする。



図一八 伐木作業工程 (林業技術ハンドブック p1247)

イ. タワーヤードによる集材

タワーヤードによる集材作業工程は集材対象木の立木材積や林地の傾斜、さらには集材幅などに左右されるが、集材距離と作業工程の関係は次の図のようになる。

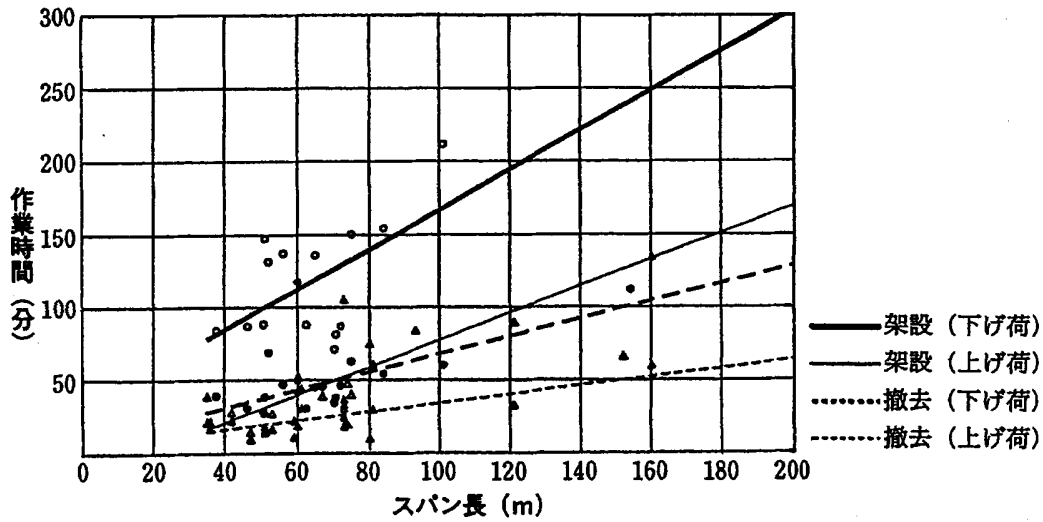


注：X軸はスパン長ではないので注意

図一九 集材作業工程：非皆伐施業 (林業技術ハンドブック p.297調整)

ウ. タワーヤードの架設・撤去

タワーヤードの架設撤去時間は、スパン長、上げ荷・下げ荷、傾斜、作業員の技量等によって左右される。スパン長と作業時間の関係は次の図のようになる。

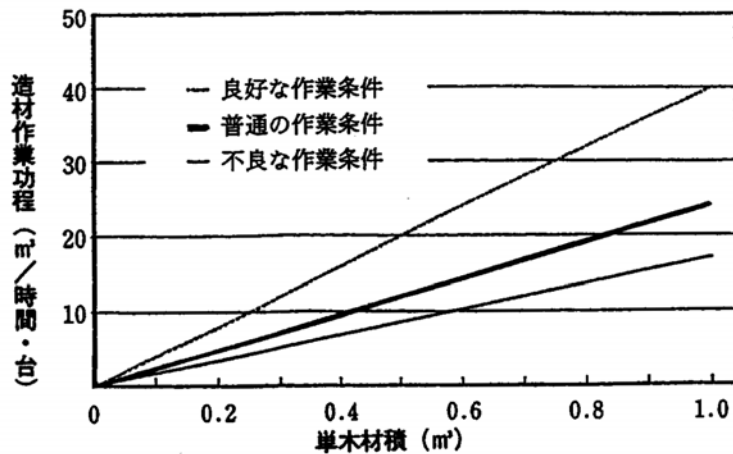


注：作業時間（分）：3人の作業時間計（1人の作業時間＝表数値／3）

図-10 タワーヤード架設撤去時間（林業技術ハンドブック p.297調整）

エ. プロセッサによる造材

プロセッサによる造材作業工程は、造材対象木の直径、材長、枝の状況や作業ポイントの状態・作業員の技量に影響される。対象木の材積と作業工程の関係は次の図のようになる。



注：良好・普通・不良はオペレータの熟練度、作業場の状況、機械的能力等の差

図-11 プロセッサ造材作業工程（機械化林業 No528 p.25）

オ. 生産コストを左右する作業因子

今回は、伐倒と造材については対象木の立木材積（単木材積）、集材は集材距離、架設撤去時間はスパン長によってそれぞれ作業工程を推定したが、この他の要因も生産性を左右する。

表一 5 生産コストを左右する作業因子

	生産コスト下がる	生産コスト上がる
処理材積	多い	少ない
単木材積	大きい	小さい
集材方向	上げ荷	下げ荷
架設撤去等回数	少ない	多い
横取り	少ない	多い
作業スペース	広い	狭い
運搬	自社運搬	運搬業者委託

2) 生産経費の基本的な算出の仕方

先に述べた作業工程と資材価格、労務賃金等をもとにして、次の手順で生産経費を試算できる。

① 積算の条件（賃金等の条件は、地球の実勢によること）

立木材積 (1) m³

搬出材積 (1) × 0.8 = (2) ……………0.8は搬出材率

素材生産量 (2) × 0.6 = (3) ……………0.6は歩止まり率

1日当たり作業時間 6時間

労務賃金単価 12,000円/日

使用機械	燃料消費量 ℓ/日	オイル等消費量 ℓ/日
チェーンソー	3.8 (200円)	1.2 (300円)
タワーヤーダ (集材)	20 (80円)	0.5 (300円)
〃 (架設・撤去)	10 (80円)	0.5 (300円)
プロセッサ	40 (80円)	1.0 (300円)

年間稼働日数 200日 (月16日稼働)

リース料	タワーヤーダ	160,000円/月 (10,000円/日)
	プロセッサ	180,000円/月 (11,250円/日)

② 生産経費の試算方法

伐木工程	単木材積と生産性から	$(4) \times 0.75 \times 6 = (5) \text{ m}^3/\text{人日}$ (1人2時間で交代・間伐であり補正係数を0.75見込む)
集材工程	集材距離と生産性の表から	$(6) \times 6 = (7) \text{ m}^3/\text{台} \cdot \text{日}$ (2人組)
造材工程	単木材積と生産性の表から	$(8) \times 6 = (9) \text{ m}^3/\text{台} \cdot \text{日}$
架設撤去工程	1回当たり架設時間 (3人の組作業として試算)	
	スパン長と作業時間の表から	$(10) \text{ 分} / 3 = (11) \text{ 分} / \text{回}$
	1回当たり撤去時間 (3人の組作業として試算)	
	スパン長と作業時間の表から	$(12) \text{ 分} / 3 = (13) \text{ 分} / \text{回}$
	列数を (14) 列と仮定すると	
		$(11) + (13) \times (14) \text{ 回} / 60 \text{ 分} / 6 \text{ 時間} = (15) \text{ 日}$
		└ 回当りの架設撤去分数
		100m×100mの床地で、5残1伐を仮定すると11列
		現地の形状によって列数は増減する

③ 計算式

直接経費 (労務経費、機械経費、燃料費)		
労務経費	伐木	$(1) \div (5) \times 12,000$ (賃金のみ)
	集材	$(2) \div (7) \times 12,000 \times 2$
	造材	$(2) \div (9) \times 12,000$
	架設撤去	$(15) \times 3 \times 12,000$
機械リース	タワーヤード	$((2) \div (7) + (15)) \times 10,000$
	プロセッサー	$(2) \div (9) \times 11,250$
燃料費	チェーンソー	$1,120 \div (5) \times (1)$ $200 \text{ 円} \times 3.8 \text{ ℓ} + 300 \text{ 円} \times 1.2 \text{ ℓ} = 1,120$
	タワーヤード (集材)	$1,750 \div (7) \times (2)$ $80 \text{ 円} \times 20 \text{ ℓ} + 300 \text{ 円} \times 0.5 = 1,750$
	〃 (架設・撤去)	$950 \times (15)$ $80 \text{ 円} \times 10 \text{ ℓ} + 300 \text{ 円} \times 0.5 = 950$
	プロセッサー	$3,500 \div (9) \times (1)$ $80 \text{ 円} \times 40 \text{ ℓ} + 300 \text{ 円} \times 1 \text{ ℓ} = 3,500$
間接経費 (機械運搬費、労災保険料等、諸経費)		
機械運搬経費	(16)	km数により変動 (片道分を計算) 自社運搬が可能であれば、運搬コスト下がる
労災保険等諸費	労務経費の合計 × (310/1,000)	(労災保険・健康保険・退職金共済等の必要経費)
諸経費	直接経費の20%	
生産経費 = 直接経費 + 間接経費		

参考文献

(社)林業機械化協会：高性能林業機械による間伐作業システム

〃：機械化林業 No-566、567、570 号

日林九支研論集 1997-50 中山富士男：列状間伐の林分に与える影響について

岡山県特技研修：列状間伐について

島根県林業管理課：高性能林業機械による利用間伐

会報 No380-1998-3 長野県 清水・金田 著：列状間伐による地域材安定供給への取り組み

VI. 参 考

列状選木法による間伐

徳島農林事務所

列状選木法で間伐を推進しよう！

徳島農林事務所管内の勝浦町、上勝町、神山町は、古くから林業が盛んで、スギ・ヒノキ人工林が多数育成されています。その面積は、別添のグラフや下表に示したとおりです。

表一 勝浦、上勝、神山 3 町のスギ・ヒノキ人工林の状況

区 分	面 積	比 率	材 積
1～3 齢級 (1～15年生)	873	4	18,921
4～7 齢級 (16～35年生)	6,192	31	1,152,042
8～9 齢級 (36～45年生)	6,418	32	1,818,562
10 齢級以上 (46年生以上)	6,403	32	2,544,666
神山町計	19,886	100	5,534,191

このように、3 町の人工林のほとんどが間伐・主伐期に達した成熟した森林であり、なお、その 6 割以上が緊急に間伐を実施する必要がある齢級に達しています。

また、間伐期に達した森林の蓄積も 300 万立方メートルに達しており、仮に材積間伐率 30% の収入間伐を行い、その収益を立方メートル当たり 1,000 円とすると、実に 9 億円の収入が得られることとなります。

また、間伐による労務収入を地域の GDP としてとらえると、その経済効果はさらに大きなものになります。

しかし、3 町の間伐実績は平成 7 年～11 年の 5 ヶ年平均で、年間 477ha にすぎず、間伐を必要とする林分の面積（4～9 齢級の森林面積）12,610ha のわずか 4 % の水準にすぎません。

このままでは、間伐手遅れ林分がどんどん増加して、優良材の生産が困難になることはもちろん、水資源の確保や、森林土壌の保全など、町民の生活環境を守ってきた、森林の大事な役割すら果たせないこととなります。

しかし、間伐の推進をはばむ大きな原因のひとつに、林業労働力の大幅な減少があります。幸い神山町では、町の積極的な援助により、若手の森林組合作業班が育成されていますが、それでも、間伐の推進には大きな限界があります。どうしても、間伐作業自体の合理化が必要です。

その方法が列状選木法による間伐の推進です。（裏面に続く）

間伐については、お気軽に

徳島県農林事務所林務課（佐々木、早田、加藤）にご相談下さい。

電話 088-652-1151

また、森林組合でも、間伐についてのご相談をお受けしています。

* 選木が簡単になる

従来の間伐では、伐採する木を選木していくため、不良木は、すぐに選木できますが、良くも悪くもない、普通の木の場合、選木時に非常に迷うことがよくありました。

列状選木間伐法では、4列おきまたは、5列おきに列状に伐採列をきめ、基本的にその列にある木を全部伐採していきます。ただし、その列の中に、非常に形質の良い木があった場合は、その木をとばして間伐していきます。また、列外であっても、明らかな不良木（被害木、二股など）は、積極的に伐採していきます。この結果、4列おきならだいたい30%、5列おきなら25%の間伐が行えます。

間伐の目的は、何よりも、優良な木を主伐期へ向けて残していくことです。また、木の生長は、相対的な位置関係よりも ha 当たりの成立本数の影響をよく受けます。このことは、焼山寺のスギ林を見るとよくわかります。

* 伐採の能率が上がる。

従来の単木選木の間伐では、どうしても、かかり木が発生する確立が高くなり、特にヒノキ林では、100%かかり木になってしまう例もありました。

列状選木間伐法では、筋状に伐採を行っていくため、かかり木の発生がほとんどなく、従来の間伐に比べて、工期が2倍近くまであがるともいわれています。また、伐採木から伐採木への移動時間も短くなり、これも、労力の減少と効率のアップに役立っています。

* 間伐材の搬出効率が上がる

従来の間伐では、伐倒方向が一定せず、分散すること、残存木がじゃまをして集材の能率が上がらないこと等により、間伐材の搬出工程をあげ、能率的に間伐材を搬出することがなかなか困難でした。

列状選木間伐法では、基本的に列状に伐採木が整理されているため、木寄せや、タワーヤードによる搬出が効率的に行え、間伐材の搬出工程が大幅にアップし、搬出の経済性が著しく高まります。

* 優良林分、成立本数が少ない林分には、向かない。

この様な特徴を持つ列状選木間伐法ですが、これは、あくまで、間伐が遅れた林分に対する応急措置的な方法だと考えています。丁寧に間伐を行って育て上げた優良な林分は、1本1本の木に個性があり、それをじっくり選んで間伐する必要があります。

100年生の森林の適正な成立本数は、およそ500~700本/haと考えられます。しかし、間伐が遅れた山では、伐期まで残す優良な木をそこから選ぶことは困難です。そこで、列状選木法により、予備選抜を行い、成立本数が1000本を切った時点で、綿密な選木を行って優良木を残すとよいのです。

列状選木法で間伐を実施してみませんか？

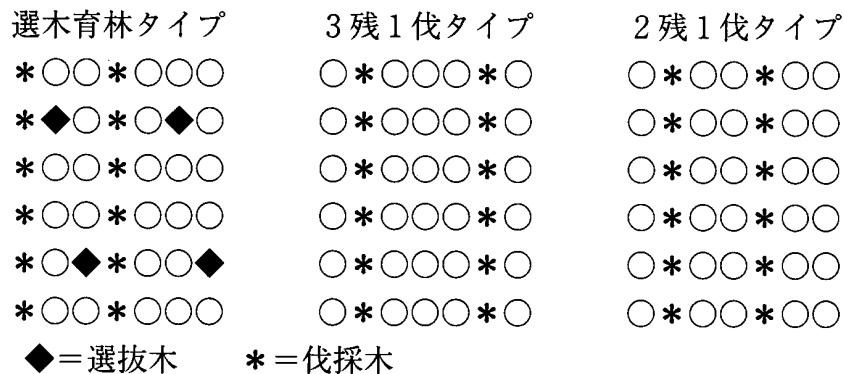
列状間伐のすすめ

* 林業活性化の決め手は間伐

- ◎国産材の不振は量がまとまらないことが最大の原因
 - 外材は安定供給ができるから伸びている
 - 量さえまとまれば、大型工場との相対取引で価格安定も可能
- ◎間伐が山を守り水を守る
 - 下層植生を増やし、浸食から森林土壌を守ることが必要
 - 山がやせて荒れれば元も子もない
- ◎高性能林業機械による効率的な間伐
 - 誰でも使える簡単な機械を使った搬出システム
 - 枝払玉切りが機械化できれば労力は1 / 4以下になる
 - 新しい効率的な搬出方法を考える

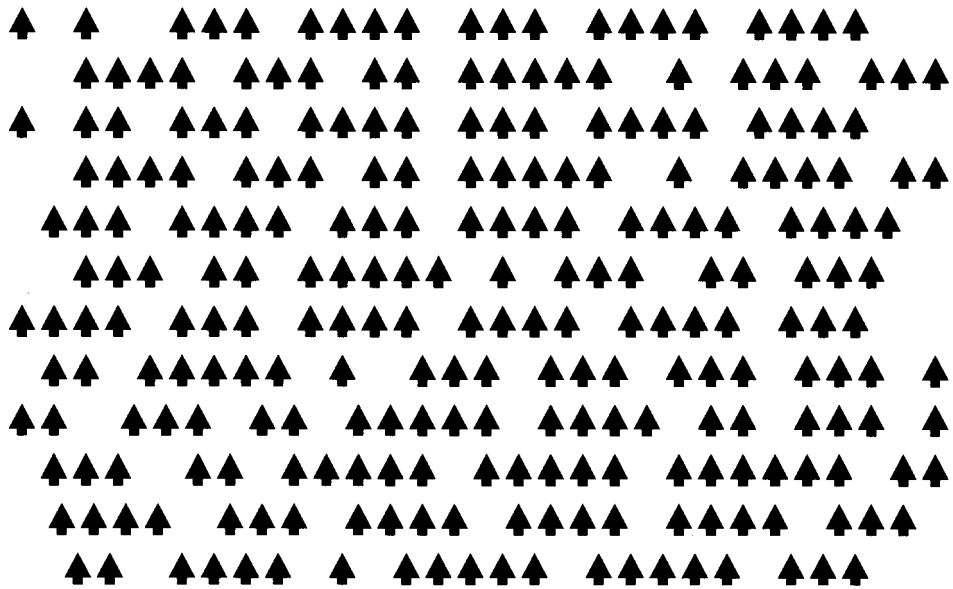
* 列状間伐十除伐の施業提案

- ◎列状間伐により残存木を痛めずに全幹集材ができる
 - プロセッサーによる造材が可能—生産性の大幅アップ
- ◎列状間伐による残存木の形質の悪化はほとんどない
 - 選木育林の印付け木をよけて伐採列をつくる
 - 3列置きに伐採列をつくる
- ◎形状間伐は伐採の工程を大幅に改善する
 - 一列に順番に伐倒していくため、かかり木がほとんどなくなり伐採の工程があがる
 - 伐倒時の残存木の枝等に与える損傷が少なくなる
 - チェーンソーを持っての移動距離が少なくなり、仕事が楽



列状間伐のイメージ

列状間伐前



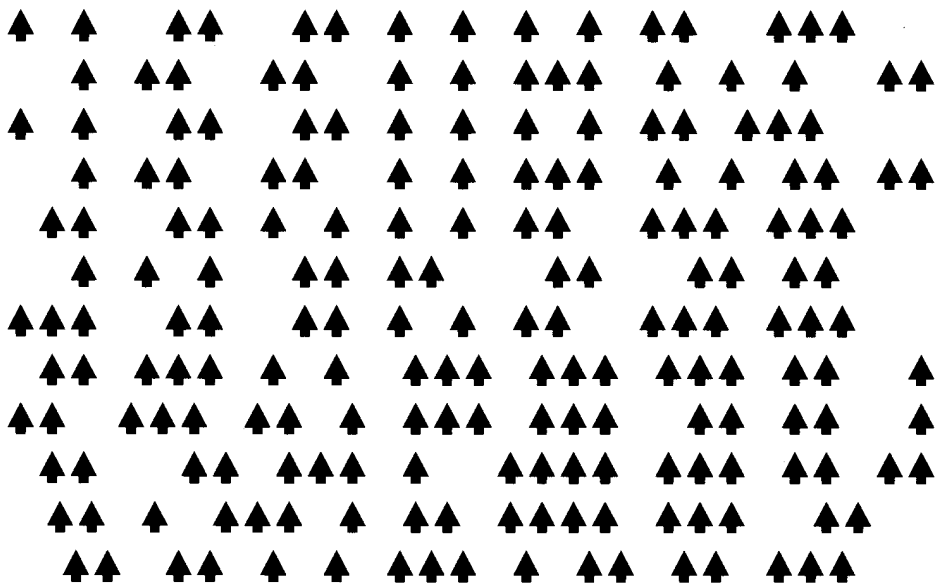
区域面積 0.14ha
当初成立本数 255本 (1821本/ha)

*植栽列が、きちんと通っていることは少ない。

*過去の除間伐で林内には空き地ができている。

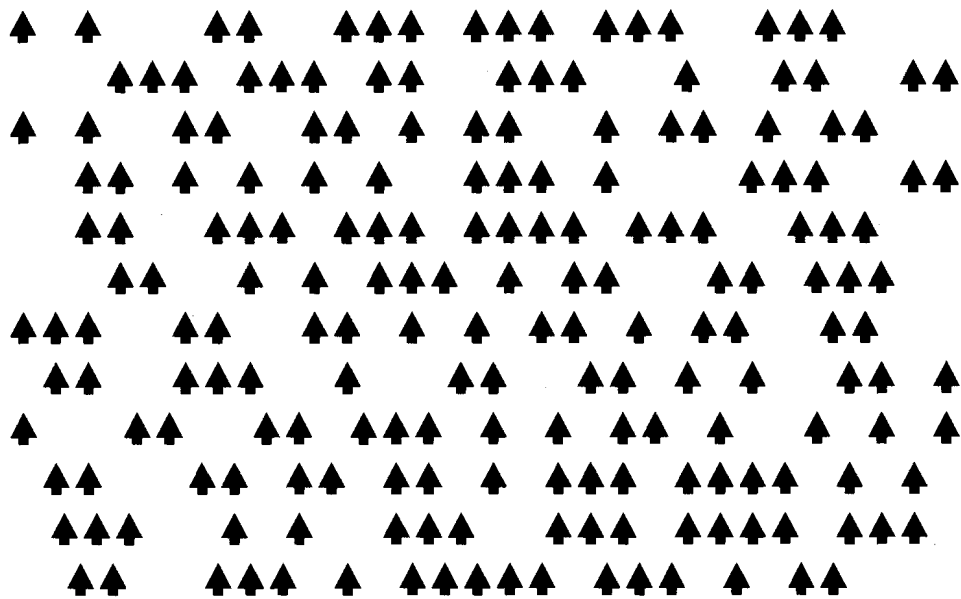
*このため、伐採巾を広げなければ列状に伐採をしても、普通間伐と比べて、林況が大きく変化することは少ない。

列状間伐後 (3残1伐)



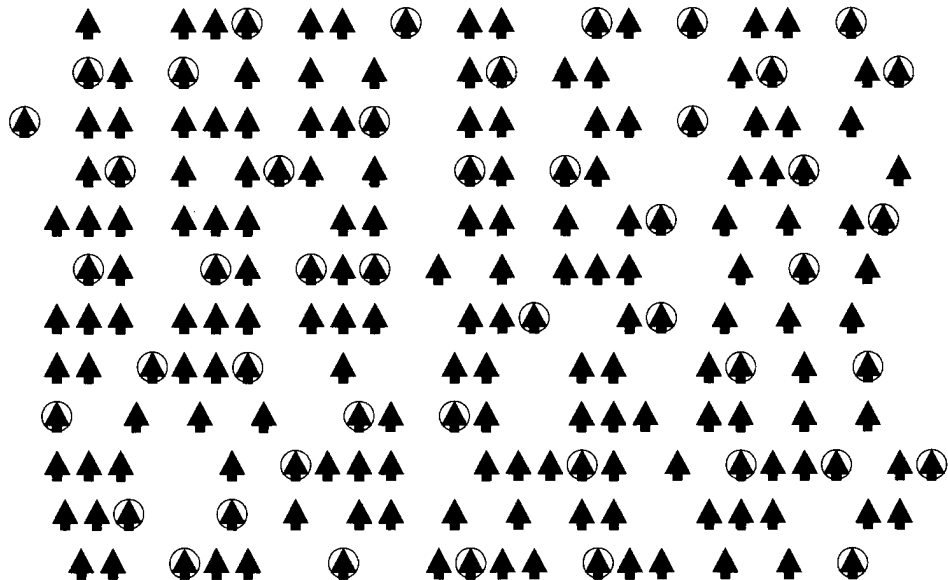
伐採木 55本 (間伐率22%)
間伐後成立本数 200本 (1428本/ha)

列状間伐後（斜め3残1伐）



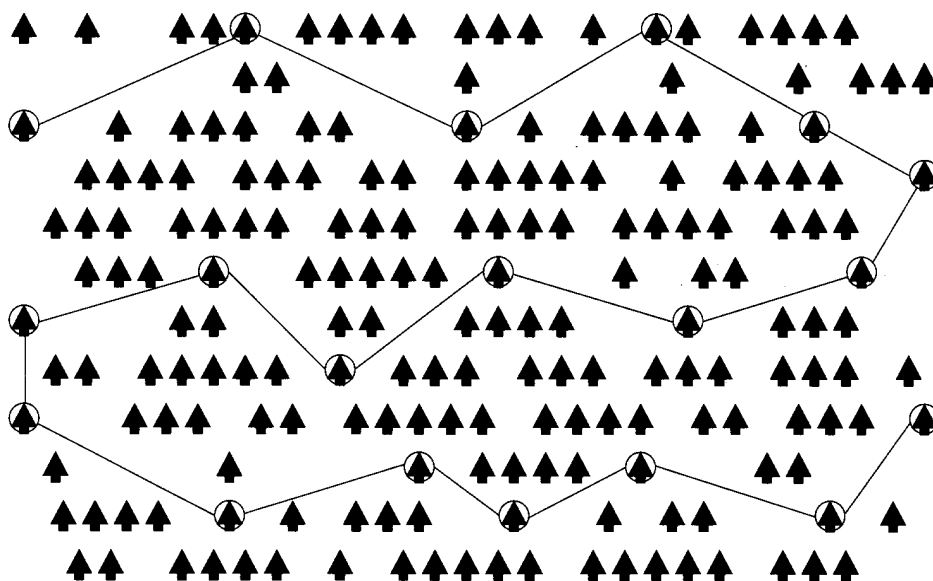
伐採木 60本（間伐率23%）
 間伐後成立本数 195本（1392本/ha）

列状間伐後（3残1伐選木育林併用）



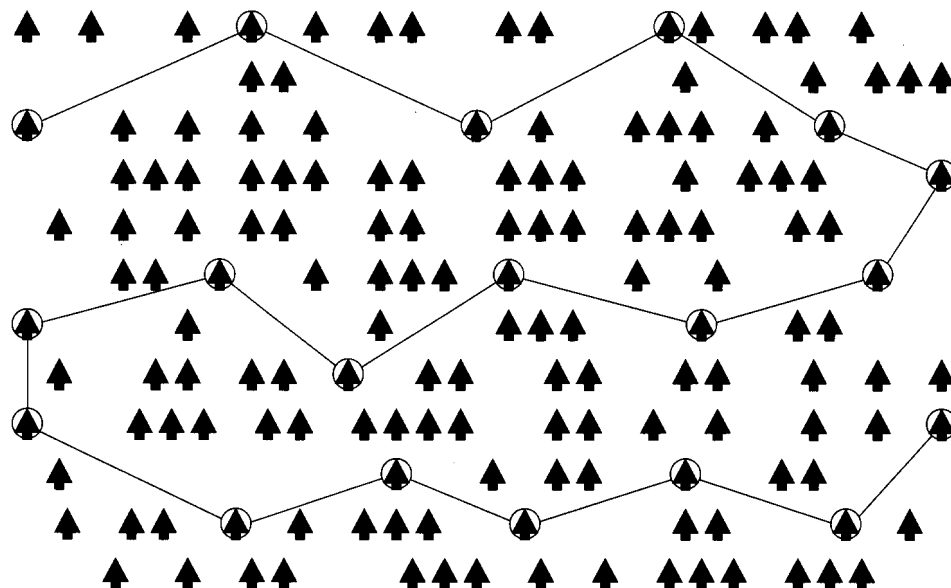
○白ペンキ選抜木 70本（500本/ha）
 伐採木 61本（間伐率23%）
 間伐後成立本数 194本（1385本/ha）

列状間伐後（単線循環架線線下伐採）



○架線支柱木	19本
線下伐採木	57本（間伐率22%）
間伐後成立本数	198本（1414本/ha）

列状間伐後（単線循環+3残1伐）



○架線支柱木	19本
線下伐採木	57本
間伐木	45本
合計伐採木	102本（間伐率40%）
間伐後成立本数	153本（1092本/ha）

列状選木法間伐の実際

1 伐採列の方向を決定する

基本的には、斜面最大傾斜線方向とするが、林況によっては、斜め下方向への列も検討する。

2 伐採率を決定する

現在の成立本数や立木の状況を判断し、3残1伐（4列1列伐採間伐率25%）、2残1伐（3列に1列伐採間伐率33%）等、間伐率を決定する。

3 列状間伐の開始

列の上端または下端から伐採を開始する。伐採は、列に沿って行い、懸かり木や、残存木への損傷がないように実施する。

4 伐採木の性質の確認

列状にある伐採予定木の形質を確認し、非常に形質の良い木であれば、その伐採をやめ、同じ列のその次にある木を伐採する。また、状況によっては、隣の列の木を伐採する。

5 伐採方法の確認

伐採後は、列方向を振り返り、列の状況を確認する。

6 第1列伐採の終了

1列の伐採が終わったら、2列あるいは3列とばして、第2列の伐採にかかる。

7 第2列の伐採

第1列と同様に伐採を行うが、第1列との間の保残帯に特に形質の悪い木（2又、ひどい曲がり、病虫害被害木等）がある場合には、列外であってもそれを伐採する。

注意点

*伐採列は、できるだけ狭くする。

*伐倒方向をできるだけそろえる。