# 高密カラマツ林の間伐に関する研究

島崎洋路
信州大学農学部　附属演習林

目　次

はじめに
第1章　カラマツ林業の概況と研究目的
　第1節　カラマツ造林の経緯
　第2節　カラマツ林の現存量
　第3節　当面のカラマツ林業の位置づけ
　第4節　間伐の必要規模と間伐材の収穫予測
　第5節　主伐材収穫予測
　第6節　カラマツ材の用途
　　1　全国統計値によるカラマツ素材の用途別需給量の推移
　　2　長野県におけるカラマツ材需給の実態　　3　道産カラマツ材の需給動向
　第7節　カラマツ材価の動向
　第8節　研究の目的と研究の経緯
第2章　高密カラマツ林の実態例
　第1節　伊那市手良地区におけるカラマツ林の実態
　　1　森林の概況　　2　調査の方法　　3　結果と考察
　第2節　高密カラマツ林の林分構成
　　1　林分の概要　　2　調査の方法　　3　結果と考察
第3章　高密カラマツ林を対象とした林分密度管理のあり方
　第1節　カラマツ林一般の密度管理指針
　第2節　高密カラマツ林での密度管理のあり方
第4章　高密カラマツ林を対象とした間伐法
　第1節　強度下層間伐法
　　1　対象林分の林分構成　　2　林分の仕立目標の設定
　　3　間伐スケジュールの設計　　4　下層間伐法による間伐計画の具体例
　　5　本法適用に際しての留意事項　　6　小　括
　第2節　1/3列状間伐法
　　1　列間後10年間の経過とその後の対応　　2　1/3列間法の再評価
　第3節　1/2列状間伐法の試行
　第4節　〝保残木マーク法〞の提唱とその適用事例
　　1　保残木マーク法の提唱　　2　保残木マーク法のカラマツ林への適用事例
　第5節　適用間伐法の総括的検討
　　1　各間伐法の特徴と留意点　　2　間伐木の本数・材積および間伐材収穫量の比較

3　間伐法のちがいによる林分構成諸量の推移予測　　4　各間伐法の総合評価
第5章　間伐材搬出手段の検討　――特に急斜林地への適用をふまえて――
第1節　間伐材収穫の意義と課題
第2節　間伐材の搬出手段
1　木材搬出手段の変遷　　2　間伐材の搬出と林道問題
3　地利・地形条件と間伐材の搬出手段
第3節　間伐材伐出体系の検討
第4節　事例研究によるカラマツ間伐材伐出体系の解析とその類型化
1　林道や作業道に近接した林地での伐出体系（事例－1）
2　林道端から200～300mの範囲内に広がる林地での伐出体系（事例－2）
3　林道端から200～300m以上隔たった林地からの伐出体系（事例－3）
第5節　小　　括
第6章　総　　括
謝　　辞
参考文献
Summary

## はじめに

適期に必要な保育作業が施されていない人工林を仮に〝放置人工林〟と呼称するならば，わが国人工林面積の過半はこの放置林に該当しよう。一般に〝要間伐林分〟といわれる森林はこの範疇に属しようが，なかには保育施業の必要を認めていながらこれを実施しようとしない〝施業放棄林分〟が累積してきていることも実感される。

このような事態に対して行政の立場からは，特に間伐の実施が滞っていることについて，①小径材であるため販売価格が安いうえに生産コストが割高になること，②森林所有者の多くが間伐に関する経験に乏しいこと，③林道等の生産基盤の整備が不十分であること，④小径材の新しい利用開発が十分でなく，かつ流通・加工体制の整備が遅れていること，などによると考えられている[1)]。

しかし森林所有者などの側からは

直接的には　①山の手入れに充てる手間がない，②金にならない山仕事より身近に現金収入が得られる他の仕事がある（農業さえ第2種兼業化してきている），③生活費（住宅ローンや子弟の教育費，自動車維持費などもふくまれる）や営農資金の獲得に追われて，限られた労力を山仕事にさけられない，④森林組合などに保育作業を委託したくても自己資金の投入に余裕がない，など

また間接的には　①材価（立木価格もふくめて）が低迷しているうえ，林業の収益性や将来展望が不明瞭で，経営意欲や魅力がそがれている，②保育作業の省力化や機械化にはほとんど見るべきものがなく，いまだに大部分が手作業に依存して苛酷な労働が強いられている，③林業に関する知識や技術に進展はあっても現場の実践に浸透していることが少ない，④必要な作業量に対する労働力や資金の絶対量がいちじるしく不足している，⑤営林の核として期待されている森林組合自体が組織の維持に追われ，収益性に乏しい保育作業が敬遠される

ケースもあり，作業量は山積しているにもかかわらず労務組織の充実がためらわれている，などの諸点が理由として挙げられよう。

なかでも林家の自己所有山林に対する労働投入量や森林組合などの組織労働力の減退が続いた結果，林業に対する絶対所要労働量が昭和30年代半ば頃に擁した35万人程度と比べて半減してきている事実から，今後やむを得ず施業放棄される人工林の増大が憂慮され，森林造りどころか国土保全上の元兇にさえなりかねないと思考される。

たまたま，第2次大戦後の造林拡大期以降カラマツの郷土である長野県下にあって，研究活動を通して主にその育苗や初期段階における造林・保育の在り方にたずさわってきた経緯もあって，昭和40年代に入る頃から戦後初期の造林地の多くが間伐期を迎えはじめるにあたって，カラマツ林の間伐問題についても強い関心を抱いてきた。

折しも昭和30年代中頃から，林分の密度管理理論や密植造林などに関する研究成果が台頭してきた時期とも重なって，当時わが国における間伐問題についての論議は隆盛をきわめていたが，一方巨大化した拡大造林地域では，すでに上記したいくつもの理由が積み重なって，間伐の手おくれによる林分の高密化が顕在化しはじめ，一部にはその弊害も見聞されるようになってきた。

こうした状況をふまえてカラマツ林の間伐問題を研究課題とすることは必然のなりゆきと考え，以来10数年間にわたって，主に間伐の手おくれによる高密林分を対象とした密度管理のあり方，並びにこれと連動した間伐材の収穫手段について継続的な検討を重ね，ここにその実践的研究を通して得られた成果をとりまとめた。

当面の間伐問題は事態が緊迫していることもあって，実効ある研究成果が強く求められていると認識されるが，問題意識としては，より健全なカラマツ林が実現されること，およびその過程で収得される間伐材の少しでも多くが資源化されることを命題とした。課題の性格上なお検討事項も残されているが，今後の研究活動を通して補完していきたい。

## 第1章　カラマツ林業の概要と研究目的

### 第1節　カラマツ造林の経緯

わが国で最も古いカラマツ造林は，徳川三代将軍の時代（寛永年間，1630年頃）長野県佐久地方の天領において罪の償いとして植林が科せられ，柾材として江戸に送られたとの記録[2]があるが，これらはすでに痕跡を止めていない。現存するわが国最古の人工カラマツ林は，長野県浅間山麓の国有林内に嘉永年間（1850年頃）に植えられた林齢130年あまりを数える林分が，学術参考保護林としてわずか1.27ha保存されている。このほかには林齢100年を超える林分は見あたらず，カラマツ造林の先進地である長野県下においても，70～80年生に達した林分は民有林・国有林あわせて300ha前後に過ぎない[3]。

造林面積累年統計など[3)4)5)6)]によると，カラマツ造林が統計的な規模で行われはじめたのは明治20年（1887年）頃からで，その歴史はせいぜい100年に過ぎない。その後長野県下をはじめ東山，北関東，東北などの各地に，また明治20年代後半には北海道や朝鮮にも渡って，これら各地の高寒冷地での造林樹種として定着してきた。しかし第2次大戦前までの造林規模はせいぜい5～8千ha/年程度で，全人工造林面積の4～5％を出ることは少なかった。

ところが戦後の復興造林期並びに昭和30年以降の拡大造林期には，当時のわが国の林業事情を反映して早期育成，短伐期収穫への要請が掲げられたこともあって，ほかに有用な造林樹種をもたない中部山岳以北の高冷地域においてはカラマツ造林の爆発的な拡大が進展し，その面積規模は戦前期の10倍にも達する一方，当時短期多収穫が可能であるとして提唱された〝密植造林〟[7]が陽性であるカラマツ造林の一部にも実施された経緯がある。

このようなカラマツ造林の性向はその後もかなり長期にわたって続けられたが，昭和30年代半ば頃を境に急展開を始めたわが国の経済成長は，次第に農山村から若年層を中心とした労働力の都市集中化がテンポを早め，特に後進性の強いカラマツ造林地域には昭和30年代後半すでにいわゆる〝過疎化現象〟の波がおし寄せ，植林や保育などの造林活動に停滞のきざしがかげり始めてきた。こうしたなかにあっても急増する木材需要を充足していくためには，大量化する外材輸入に依存するほか，なお自給資源培養の必要性が政策的意図の下に強調され，残された農山村地域には過重とも思われる拡大造林の推進が課せられ，昭和40年代を通してその実行がせまられてきた。しかし一般の社会・経済のいちじるしい発展とはうらはらに，林業諸活動をめぐる環境条件は悪化の一途をたどり，特にほかの有用造林樹種と比べて材質や材価などに不利な条件の多いカラマツ林業経営に対してはこれらの影響がよりきびしく作用してきている。因に昭和30年代の造林最盛期と比べて，全造林樹種の造林実績が昭和50年度60%であったのに対しカラマツは30%，また58年度実績ではそれぞれ34%，10%であり，カラマツ造林の低落傾向のいちじるしさを物語っている。

## 第2節　カラマツ林の現存量

以上のような造林の経緯並びに各地で公表されている森林現況[8][9]などを勘案すると，カラマツ林の現存量はおおむね表—1，2のように推測される。

すなわち，カラマツ人工林の面積はすでに100万haあまりに達しており，全人工林面積の10%を超えて，スギ，ヒノキ，アカマツに次ぐわが国主要造林樹種のひとつとして定着してきており，その取扱いが注目される。しかし表—1にみられるように戦前期造林地の大部分はすでに伐採収穫され，齢級別面積の95%あまりは戦後の造林地で占められ，ほかの主要造林樹種と比べて伐期齢級以上の林分はきわめて少ない。また蓄積量も1億$m^3$の大台を超えていると推定されるが，その大部分はいまだ未成熟な戦後造林地での蓄積量で，したがって造林面積が増大したといってもカラマツ林業についての本格的な論議を展開する段階には到達していない。

また表—2のように，カラマツの造林地はその樹種特性によって中部山岳以北の高冷地に

**表—1**　齢級別カラマツ人工林面積　（千ha）

| 区分＼齢級 | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X上 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 全国 | 面積 | 41 | 106 | 213 | 233 | 220 | 157 | 43 | 17 | 10 | 18 | 1,058 |
| | (%) | 4 | 10 | 20 | 22 | 21 | 15 | 4 | 2 | 1 | 2 | 100 |
| 長野県 | 面積 | 6 | 13 | 32 | 49 | 57 | 41 | 17 | 6 | 4 | 11 | 236 |
| | (%) | 3 | 6 | 14 | 21 | 24 | 17 | 7 | 3 | 2 | 5 | 100 |

表—2　地域別カラマツ人工林面積　（万 ha）

| 地域別＼民・国別 | 民有林 | | 国有林 | | 計 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 北海道 | 38 | (76) | 12 | (24) | 50 | (47) |
| 東北 | 11 | (61) | 7 | (39) | 18 | (17) |
| 関東 | 2 | (25) | 6 | (75) | 8 | ( 7) |
| 東山 長野 | 18 | (78) | 5 | (22) | 23 | (22) |
| 東山 ほか | 3 | (75) | 1 | (25) | 4 | ( 4) |
| 東海 その他 | 1 | (33) | 2 | (67) | 3 | ( 3) |
| 計 | 73 | (69) | 33 | (31) | 106 | (100) |

集中しており，北海道に47%，東山に26%（うち長野県に22%），東北に17%と推定され，これらの地域だけで90%を占めてきわめて地域性が強く，しかもカラマツはこれら地域の民有林により多く造林されており，北海道で76%，東山で77%，東北で61%までが民有林であって，いわゆる後進地域の民有林にカラマツ林の多いことが知られる。

### 第3節　当面のカラマツ林業の位置ずけ

昨今わが国における森林や林業に関する状況あるいは問題点については数多くの論議が交されており，カラマツ林業についても同様で，われわれも幾度かこれらのテーマに関与してきた[10)11)12)13)]。

カラマツはスギとはその性格を異にするが，今日わが国の林業経営上いろいろむづかしい課題をかかえている主要造林樹種のひとつであろう。スギは最も古い造林の歴史を持ち，戦前戦後期を通してその造林面積も大きく，永く国産材需給を主導してきたが，大量化する外材輸入の時代を経るなかで代替樹種の圧迫にさらされ，一方古い造林地にひき続いて戦後造林地からの木材供給も増大期を迎えはじめ，造林対象地域が広範にわたっていたこともあって，新旧とりまじった産地間競争もすでに顕在化しはじめ，内外にさまざまな問題が惹起されてその対応が切迫してきている。

スギとは対照的に，主要造林樹種のなかで最も造林の歴史が浅いカラマツは，今日まで国産カラマツ材の需給を果してきた天然林並びに戦前期に植えられた人工林からの原木供給は，すでに資源的な制約のもとで稀少価値的な段階にたち至っており，一方戦後造林地からの生産材供給が本格化するまでにはなお10数年の歳月を必要とする。因に国産カラマツ材の生産量は，表—3にみられるように，国産材への依存度が高かった昭和30年代半ば以降今日までほぼ100±20万 $m^3$/年の範囲で推移してきているが，昭和45年頃から次第に間伐材の占める割合を高めはじめ，最近ではその比率が逆転して過半数を超えてきており，カラマツ造林の先進地である長野県下においてもここ当分の間主伐材がいちじるしく増騰する資源状態にはない。

一方国産カラマツ材の需給にとって関心が持たれるソ連産カラマツ材輸入の動向は，昭和29年に北洋材輸入が始まって以来昭和40年代後半までいちじるしい増加がみられ，昭和48年には800万 $m^3$/年を超えてわが国木材総需要量の10%近くにおよんだが，その後やや減少傾

向に転じ最近では500万 m³/年台の需給量が続いている。これら北洋材のうちソ連カラマツ（ダフリカカラマツ）が占める割合は30%程度と推定され，その量は200万 m³/年前後で推移してきていると見込まれ[10)14)15)16)]，国産カラマツ材の1～1.5倍量に相当している。ソ連カラマツ材は大部分が丸太のまま輸入されており[17)]，その用途は一部丸太のまま利用される杭材や電柱用を除いて製材用が主体であり，製材品は建築用と土木用がふたつの大きな用途となっている。建築用はひき角類が中心であり，特に土台角としての利用が多く柱としての利用は少ない。また土木用では足場板，矢板，バタ角材として利用されていることが多い[17)]。このように国産カラマツ主伐材の資源的制約条件を代替・補完する形で需要量を拡大してきたソ連カラマツ材の需要構造は，スギのようにおびただしい外材ときびしい価格競争の下での競合関係とは異なった性格のもとで展開してきており，近い将来大量に産出されるであろう国産カラマツ主伐材の需要動向を占ううえで重要な鍵を握っているように思われる。特に需要量の減退や代替財の進出によって大きな打撃を受けた土木用仕向けのカラマツ材が，ソ

表－3　カラマツ素材生産量の推移（付　北洋材輸入量）　（千 m³）

| 年　次 | 長　野 | 北海道 | 岩　手 | 群　馬 | その他 | 計 | 北洋材 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 昭・35 | 466 | 296 | 47 | 94 | 161 | 1,064 | 921 |
| 36 | 510 | 456 | 49 | 106 | 174 | 1,295 | 1,315 |
| 37 | 435 | 324 | 55 | 107 | 201 | 1,122 | 1,673 |
| 38 | 451 | 467 | 58 | 119 | 242 | 1,337 | 1,857 |
| 39 | 447 | 465 | 70 | 94 | 203 | 1,279 | 2,397 |
| 40 | 428 | 589 | 72 | 88 | 209 | 1,386 | 2,636 |
| 41 | 397 | 490 | 80 | 78 | 181 | 1,226 | 3,607 |
| 42 | 356 | 426 | 75 | 69 | 180 | 1,106 | 5,073 |
| 43 | 289 | 494 | 68 | 59 | 182 | 1,092 | 5,861 |
| 44 | 265 | 475 | 66 | 64 | 204 | 1,074 | 6,151 |
| 45 | 235 | 507 | 67 | 62 | 144 | 1,015 | 6,647 |
| 46 | 247 | 269 | 67 | 67 | 136 | 786 | 6,882 |
| 47 | 219 | 369 | 60 | 59 | 128 | 835 | 7,336 |
| 48 | 251 | 421 | 67 | 54 | 131 | 924 | 8,109 |
| 49 | 202 | 356 | 58 | 44 | 128 | 788 | 7,705 |
| 50 | 177 | 405 | 54 | 62 | 105 | 803 | 7,340 |
| 51 | 198 | 457 | 63 | 49 | 103 | 870 | 7,994 |
| 52 | 166 | 506 | 50 | 50 | 82 | 854 | 7,663 |
| 53 | 166 | 492 | 65 | 57 | 91 | 871 | 8,295 |
| 54 | 157 | 400 | 70 | 56 | 90 | 733 | 7,423 |
| 55 | 193 | 748 | 90 | 64 | 92 | 1,187 | 6,241 |
| 56 | 155 | 836 | 99 | 53 | 88 | 1,231 | 5,586 |
| 57 | 192 | 957 | 108 | 66 | 106 | 1,429 | 5,591 |
| 58 | 236 | 973 | 109 | 77 | 113 | 1,509 | 5,428 |
| 59 | 275 | 1,253 | 118 | 72 | 107 | 1,825 | 5,341 |

注）文献6），10），14）などによる。

連カラマツ材を先駆として建築部門での利用拡大が期待されてきていることは，育成の途次にある若いカラマツ林造成の在り方にいくつかの示唆を与えていると考えられる。

またカラマツ造林地域を中心に，カラマツ造林木の林齢や生長・育成方法などのちがいによる材質の吟味をはじめ，カラマツ材の欠点を減殺するための脱脂や狂い止めの処理方法，あるいは集成材や合板に対する適性など幅広い検討が，関係者の間で精力的に進められており[18)19)20)21)]，すでに成熟材の強度や加工性についてはほかの樹種に劣らない特性も次第に明らかにされてきており，従来のようにある程度の低価格性に耐えられるような生産態勢が整備されれば，ほかの樹種に伍してカラマツ主伐材の地位を確保していくことは可能であろう。

しかしひるがえってカラマツ林経営の現状をみると，戦後早成樹種の目玉としてもてはやされ急激に拡大してきた新興造林地でのカラマツ材の生産目標は，その育成の途次で高伐期化あるいは大径化志向へと大きな変換が求められてきており，その対応をめぐっていくつかの深刻な問題をかかえてきている。

スギやヒノキ林の造成にはその歴史が永かったこともあって地域性に富み，また生産材の品目も多種多様であるが，カラマツ林の造成は当初から多分に行政主導的な性格が強い樹種であったため，地域性に乏しい画一的な林分が多く，各地で同じような悩みをかかえこんでいる。

間伐などを通じてかなり大量な小中径材の収穫が可能になってきた戦後のカラマツ人工林において，これら小中径材に対する需要はかえって低迷してきており，低位な材価の維持すら望めなくなってきている状況下にあっては，当初期待された短伐期施業は全く否定的で，施業目標の混迷のなかで除間伐による立木密度の調整はいちじるしく立ちおくれ，齢級の進階にともなって相対的に高密化してきている林分の累積が続いている。

カラマツはスギやヒノキと異なって中径木を対象とした柱材仕向けへの用途が乏しく，また若齢時の材質は特有のねじれ狂いや割れ，やにの浸出などの欠点が顕著であるため，脱脂や乾燥などの処理を施さなければ一般建築用材に伍することはむづかしく，丸太のまま，あるいは粗加工で済まされる土木用の仮設材，パルプ・チップ材など，より低位な用途にその多くが振り向けられている。したがって最近ではカラマツ林の仕立て目標を材質の向上が図られる高齢あるいは大径材仕向けとする志向が高まってきているが，資源的に乏しくなってきている戦前期造林木でさえその市場価が２万円/$m^3$前後で低迷している現状を眼のあたりにすると，あまり集約な施業を施すこともためらわれ，ほとんど単作的なカラマツ拡大造林地域での育林生産を魅力のないものにしてきている。しかしカラマツ造林の多くはこれに代る有望な更新樹種を持たない地域に展開してきただけに，かつてのように旺盛な造林拡大はとだえたとしても，既往造林地での育成管理は欠くことのできない課題として残されており，それは森林が保有する公益上の必要は別にしても，地域の産業展開や労働市場の源資として改めて利活用の途を探らなければならない対象に位置づけていく必要があろう。

当面これらの課題の焦点は高密化した林分の密度調整であり，具体的には間伐の実行である。しかもかなり大規模におよぶ事業量である性格上そのあり方によっては大量な間伐材の収得もともない，林分の密度調整が果される一方で，間伐材の売上による金銭的収得も見込まれる。すなわち間伐という行為は，造林初期に施される下刈りやつる切り・除伐などの育林行為あるいは枝打ちと並んで，林木への付加価値を増す行為としての性格を保有するほか

に，間伐材の〝出し〟をともなう場合には中間収穫といわれる金銭収入も得られる機会である。間伐材の伐出事業収支が償なわれる場合には，森林所有者にとっては林分密度調整のための資金が償われることのほかに，立木代としての所得も見込まれ，一方伐出担当者の側にはこの事業費負担が自他であることを問わず，労賃，道具・機械類の償却費，運賃，あるいは組合や市場などの諸手数量，企業利潤（他人資本による場合は金利もふくまれる）などに転化され，その波及効果は地域にとって少なからざるものがある。

したがって当面かなり長期間にわたって対処せざるを得ない高密カラマツ林の間伐の在り方は，

1）できるだけ効率的に高密状態からの脱却が図られるような間伐手段の探索と，

2）間伐事業収支が償われる林分の範囲をできるだけ拡大し得るような間伐材の伐出手段の提示

とのふたつが強く望まれる。

間伐担当労務が絶対的に不足している状況や広範にわたる切捨て間伐に必要な資金調達などに対しては，諸制度や制度資金などの充実に依存せざるを得ない側面も多いが，これらを補充するための技術手段の改善やその普及などの課題については，関係者の果す責にまだ多くの余地が残されているように思われる。また間伐対象面積が多いといっても，100万haにおよぶカラマツ林の40%程度が緊急的な間伐必要林分とすると，これらの林分に対する初期間伐を10年間程度の期間で消化することは絶対的な不可能事とは考えられないし，その半数程度が間伐材の伐出可能な林分としても年々の収穫材積はせいぜい100万$m^3$程度であろうから，これら間伐材の需要開拓もそれぞれの地域における業官界の努力があれば解消し得ない量ではない。

幸い次章で解析するように，カラマツ林の齢級配置や生育の現段階には，全く手の施しようのない程に高密化した林分はまだそれほど多くないし，一方相対的に高密化した間伐対象林分が累積してきているだけに，単位面積当りの間伐材積もより多量であることが見込まれるので，密度調整や伐出手段の難しさはともなうが，林分の高密化を前提あるいは逆用して，一過性的な当面の緊急間伐のあり方を検討していきたい。

樹種を問わず現存の若い人工林での間伐問題はいたるところで同じような悩みをかかえているが，身近に在って問題性の多いカラマツ林を対象として，過去10数年にわたる検討の成果をふまえて，主に間伐にかかわる技術的側面の課題についてとりまとめた。

### 第4節　間伐の必要規模と間伐材の収穫予測

カラマツ林に限ってみても，間伐の必要規模やその収穫予測について適正な値を得ることはむずかしいが，将来におけるカラマツ林あるいはその林業的な全体像を考えていくうえでは，これらの値を概略予見しておく必要があろう。そこで表－1に示した齢級別面積や蓄積推定量，最近の間伐実績などを勘案して，次のような試算を行ってみた。

前提として次のような条件を設定した。

ア）間伐対象齢級をⅤ～Ⅷ齢級とする。

20年生以下の林分においても除間伐による立木密度の調整を必要とするが，現実にこれらの林分では間伐材収穫をほとんど見込まない除伐対象林分が多いし，また上層樹高が12～13

m以下の林分が多いため膨大量におよぶ上記齢級所属林分における間伐の緊急性に対してなお猶予を認めることとした。一方40年生以上の林分については，面積規模が小さいうえ間伐済みの林分が多く，また主伐対象に繰り込まれる段階にあると考え，この両者は除外した。

イ）V～Ⅷ齢級の林分において，密度管理上ほぼ適正な間伐が実施された林分は多くても35%程度であろうと推定した。

初回の除間伐が実施された林分を含めると，間伐済みとされる林分面積はこの推定値をかなり上回ると思われるが，間伐度合が低かったり，間伐後の据置期間が長いため，再び過密化してきている林分は当然間伐対象に組入れることとした。

ウ）同一林分に対する間伐の繰り返し回数は，1代を通じて少なくとも2～3回は必要と考えるが，今後少なくとも10年間程度は据置かれるような間伐方式を採択することとして，当面10年間の期間中は所要面積に対してただ1回の間伐を実施することとした。

エ）間伐材の収穫が可能な林分は，当面の実情から対象面積の40%程度までを限度と考える。

オ）1 ha当りの標準的な間伐材の収穫材積は，実際的な諸数値を用いて次の算式によって試算した。

$v_1$＝V～Ⅵ齢級の標準蓄積×間伐率×利用率＝170m³/ha×0.40×0.60＝40m³/ha

$v_2$＝Ⅶ～Ⅷ齢級の標準蓄積×間伐率×利用率＝230m³/ha×0.40×0.60＝55m³/ha

これらの前提によると

1）当面10年間程度の期間に必要とする間伐面積（A）は，

A＝(V～Ⅵ齢級所属面積＋Ⅶ～Ⅷ齢級所属面積)×(間伐未済率)

＝(43万 ha＋26万 ha)×0.65＝28万 ha＋17万 ha＝45万 ha

と試算され，一部Ⅲ～Ⅳ齢級からの繰入れも見込むと，当面少なくとも年々5万 ha前後の間伐が不可欠であろう。

2）またこの期間中の間伐材総収穫予想量（Σv）は，

Σv＝(V～Ⅵ齢級間伐面積×$v_1$＋Ⅶ～Ⅷ齢級間伐面積×$v_2$)×(収穫可能面積率)

＝(28万 ha×40m³/ha＋17万 ha×55m³/ha)×0.40＝822万 m³

程度と概算され，面積の場合と同様にⅢ～Ⅳ齢級からの収穫量も加算すると，当面のカラマツ間伐材収穫量は年々90～100万 m³前後と推測され，後述する最近のカラマツ間伐素材生産量80万 m³/年と対比して，かなり現実的な値が得られた。

これらの推定値はきわめて概略的ではあるが，今後カラマツ林の維持造成を図っていくうえでの計画・立案に際して，有効な目安であるように思われる。

最近の間伐実績によると，諸推進策によって間伐材の収穫量も当分の間上記試算程度を果していくことは可能と考えられるが，必要面積規模に対する実行量はなお不十分であることが予想される。近年造林・保育作業の委託・請負化が進むなかで，間伐推進の担い手は森林組合を軸とした組織的な事業体への依存度をますます高めてきているが，専業的な林業就業者数の漸減傾向を考えると，必須条件である最低限の除間伐作業については，改めて森林所有者自ら自己所有林の維持造成に参画することの必要性を高唱したい。除間伐に関する技術的手段は既往の成果をもってしても十分と考えられるし，零細所有者が多いだけに対応はそれほどの難事とは思われない。

## 第5節　主伐材収穫予測

わが国における林業生産活動の全般的な動向並びにカラマツ材需要の実態や材価の見通しなどから推して，カラマツ林が現状を上回って拡大増殖される趨勢はきわめてうすく，また，齢級配置，再造林問題，生産材の用途，あるいはカラマツ林所有者の経営意識などを勘案すると，従来カラマツ林に対して想定されてきた40年生前後の主伐期は，今後かなり大幅な延引が必定と判断される。

したがって現在100万haあまりのカラマツ林が存在するとしても，当面10～20年間の主伐対象林分はせいぜい5千～1万ha/年で推移すると考えられるし，それ以降においても1.5～2万ha/年を大きく上回ることはないとみるのが妥当と思われる。

また主伐期におけるカラマツ林の平均的な蓄積量は，既往の収穫表[22]や林分材積表[23]などによると，40年生で200～300m³/ha，50年生で240～340m³/ha，60年生で270～380m³/ha程度の林分が多いとみられる。

これら両者の値をもとに今後の伐期を40～60年に想定すると，当分の間主伐対象林分の立木材積は120～150万m³/年（素材換算70～100万m³/年）程度から漸増を続け，将来の最盛期において500～600万m³/年（同　350～420万m³/年）に達し，再造林を含めて100万ha前後のカラマツ林面積が維持されるとしても，以降やや漸減して400～500万m³/年（同　300～350万m³/年）程度で平衡推移すると予測される。

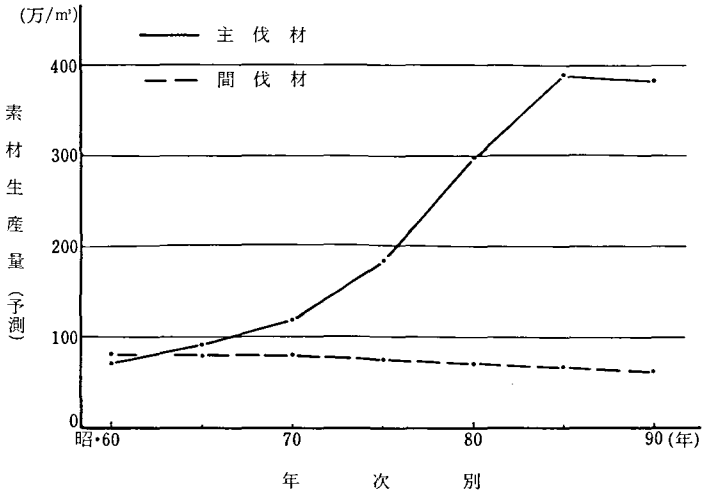
最近長野県が齢級別面積蓄積をてがかりに減反率方式などによって割出した〝中・長期の素材生産見込[24]〟によると，県下カラマツ林からの分期別素材生産見込量は表－4のとおりで，これに対全国比の面積率が22%程度であることや，地域毎の齢級配置のちがいなどを考慮すると，国産カラマツ主伐材生産総量は上記の単純な積算値とほぼ類似した値が得られる。

わが国における国産材需給の長期見通しについては，林業基本法施行以来再三にわたって公表されてきた経緯があるが，その間森林資源の状況，林産物の需給事情，あるいは一般社会・経済情勢などのいちじるしい変貌に遭遇して，その都度かなり大幅な改訂がせまられ，特に現在進行中の貿易摩擦や円高などの問題に事がおよぶに至って，木材需給の将来予測はそのあり方さえ問われる時代を迎えている。カラマツについても度重ねて減反率方式主体の素材生産予測も見受けられるが[15][24]，伐期齢，所有者の伐採性向，単位面積当りの蓄積量などの仮定が変わると予測結果も大幅に変化し，内需・貿易などの先行きがいちじるしく不透明な状況下にあっては，いっそうその見通しはむずかしくなってきている。

表－4　長野県における中・長期のカラマツ素材生産見込　　（千m³/年）

| 区分＼年度 | 昭・60～69 | 70～79 | 80～89 |
|---|---|---|---|
| 民有林 | 306 | 456 | 684 |
| 国有林 | 87 | 111 | 179 |
| 計 | 393 | 567 | 863 |

注）長野県林務部カラマツ対策プロジェクトチーム：中・長期カラマツ対策についての提言，昭・59




図－1　カラマツ主・間伐材の生産予測

しかしほかの樹種と同様にカラマツに関わる林業・林産業においても，将来展望を図っていくためには現時点での一応の目安も必要と考え，ここでは上述のようなおおまかな収穫予測になお次のような前提をつけ加えて，やや大胆に主間伐材それぞれの素材生産予測を図－1に提示した。

ア）平均的なカラマツ林の伐期齢は，材の利用動向，所有者の伐採性向などから，現在40年生前後とされている標準伐期齢から漸次延長され，20～30年後には60年生前後に達すると考えられる。その間において当面いちじるしく不均等な齢級配置はある程度是正が図られよう。

イ）カラマツ素材生産量のピーク時を一応25～30年後頃と見込み，やや増加傾向に転じてきた最近の素材生産量（昭和58年実績151万 m³，うち主伐材70万 m³）がピーク時に至る間の主伐材の漸増性向は，前述の長野県での生産予測に準じて変化するものとした。

ウ）同図に付記した間伐材生産予測は，当面10年間程度は現状の80万 m³/年程度で推移することとし，以降Ⅴ齢級未満での間伐量は齢級所属面積の低下にともなって漸減するとみなした。当面の緊急的な間伐施行後に必要とする2次あるいは3次の間伐林齢はⅥ～Ⅶ齢級以上の段階におよぶ林分が多く，いわゆる〝なすび伐り〟に準じた主伐材との区別もむずかしいので，明確な計上ははばき，適宜主伐あるいは間伐予測値のなかに含まれるものとした。なお間伐収穫材積は，間伐の実行状況，繰り返し回数，搬出可能な面積比率，間伐材の需要動向など不確定な要因の変動によって大幅に変わることが予測されるので，主間伐合計量は図示しなかった。

以上のような生産予測にもとずくカラマツ素材の供給可能量は，主間伐あわせて現在量150万 m³/年程度から次第に増加し，25～30年後頃にはこの3倍量450万 m³/年あまりに達する見通しが得られたが，格別な事態が発生しない限り広大なカラマツ林のなかには林齢60年生以上におよぶ林分もかなり実現する可能性があり，この最大値を大幅に上回ることは稀のように思われる。したがって国産材総量に占めるカラマツ材のウエイトは現状をやや上回る

5～6％程度までで，このような生産量と限界性のなかでの用途を確保していくことが，カラマツ林業並びに関連林産業に課せられた課題と考えられる。

## 第6節　カラマツ材の用途

以上のように増勢が予測されるカラマツ材生産量の動向を背景とすると，今後のカラマツ材需要のあり方が注目されるが，そのためには既往のカラマツ材の需要の実態を探っておく必要があろう。

今までこれらについて調査報告された資料としては，昭和45年頃までのものは全国レベル並びに長野県東信地方での資料を収集された菅原の詳しい報告[15]が，また最近には木材需給報告書による年次別全国統計値[14]をはじめ，菅原，有木等による長野県東信地方を中心とした分析[16][17][25]，あるいは北海道の動向については〝北海道山林史[6]〟のなかに述べられているものなどが挙げられる。

今回これら既往の資料を補足する目的で，北海道，長野県をはじめカラマツ素材生産量が多い岩手，群馬，山梨，岐阜の各県を対象に，用途別の素材需給量並びに製材品出荷量について資料収集を図ったが，残念ながら北海道を除いては統計資料が不備などの理由で十分な情報を得ることはできなかった。

したがってここでは既に報告されている上記のいくつかの資料に一部今回の調査資料を加え，全国的並びに長野県，北海道における最近のカラマツ材需要の実態を概観し，今後の間伐を中心としたカラマツ林施業上の参考資料とした。

**表－5**　全国年次別カラマツ素材需給量の推移　　（千 m³）

| 用途別＼年 | 昭・55 | 56 | 57 | 58 | 59 |
|---|---|---|---|---|---|
| 製材用 | 720 | 743 | 884 | 932 | 1,115 |
| (%) | 61 | 60 | 62 | 62 | 61 |
| 〈%〉 | 3.4 | 3.8 | 4.4 | 4.8 | 5.9 |
| パルプ・チップ用 | 320 | 337 | 576 | 383 | 502 |
| (%) | 27 | 28 | 26 | 25 | 28 |
| 〈%〉 | 3.2 | 3.7 | 6.3 | 4.2 | 6.4 |
| 合板用 | — | — | 2 | — | — |
| (%)〈%〉 | — | — | — | — | — |
| その他用 | 147 | 151 | 167 | 194 | 208 |
| (%) | 12 | 12 | 12 | 13 | 11 |
| 〈%〉 | 1.2 | 12.5 | 14.8 | 18.5 | 20.8 |
| 計 | 1,187 | 1,231 | 1,429 | 1,509 | 1,825 |
| (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 〈%〉 | 3.5 | 3.9 | 4.5 | 4.7 | 5.6 |

注）木材需給報告書[14]
(%) 内　用途別比率
〈%〉内　用途別総需給量に対する比率

## 1　全国統計値によるカラマツ素材の用途別需給量の推移

木材需給報告書による最近の年次別全国カラマツ素材の用途別需給量および構成比は表—5のとおりで，昭和55年以降，製材用が60%あまり，パルプ・チップ用が25～28%（うちパルプ用は6～7%以下），その他用が11～13%で，この間の需給総量は110万 m³/年台から180万 m³/年へと顕著な増勢が見られたにもかかわらず，各用途別の構成比に大幅な変動は認められず，したがってそれぞれの用途部門での需要量が伸びていることが知られる。またわが国の木材需給量あるいは国産材需給量が減退ないし頭打ちの傾向にあるなかで，過半量におよぶ間伐材をふくむカラマツ材が，各用途部門および総需給量に対する構成比ともに着実な伸びを示していることは注目される。これらの事項についてはなお詳細な検討が必要と思われたが，カラマツに限定した全国統計の解析資料は見あたらないので，カラマツ材全生産量の80%あまりを占める長野県および北海道両地域での需要の実態によって類推しておきたい。

## 2　長野県におけるカラマツ材需要の実態

全国カラマツ人工林総面積の1/4を擁し，カラマツ林業の先進地と自認している長野県において，全県的なカラマツ材需要量について統計的な解析が得られていないことは残念であるが，前記した菅原，有木等の資料によって県下における実態を推察した。

これらの諸報告による昭和41年以降数次にわたる資料は調査基準をやや異にするが，要約すると県下におけるカラマツ材の素材並びに製材品の用途別需要構成比の動きは表—6，7のようである。

県下におけるカラマツ素材の年次別生産量は表—3に示したように，昭和30年代後半までは40～50万 m³/年（国内総生産量の30～40%）で推移し，わが国カラマツ材生産の王座を占

表—6　長野県用途別カラマツ素材出荷量の構成比　(%)

| 年次 | 用途別／地域別 | 製材 | 杭丸太 | 坑木 | 足場丸太 | 電柱 | パルプチップ | その他 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 昭・41 | 東　信(主・間) | 62.9 | 31.7 | 1.9 | 2.1 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 100 |
| 44 | 東　信(　〃　) | 27.5 | 41.3 | 4.0 | 3.0 | 5.8 | 16.9 | 1.5 | |
| | 南　信(　〃　) | 50.3 | 11.1 | 2.0 | 0.5 | 0.3 | 35.2 | 0.6 | |
| | 中北信(　〃　) | 66.4 | 5.7 | 0.2 | 2.4 | 11.7 | 11.9 | 1.7 | |
| 49 | 東　信(　〃　) | 57.5 | 15.9 | 0.7 | 1.6 | 13.9 | 1.1 | 9.3 | |
| | 南　信(　〃　) | 73.3 | 8.9 | 0.5 | 10.1 | — | 5.1 | 2.1 | |
| | 中北信(　〃　) | 75.3 | 2.3 | 1.8 | 2.9 | 7.2 | 10.4 | 0.1 | |
| 52 | 南　信(　間　) | 20.9 | 72.3 | — | — | 6.8 | — | — | |
| 56 | 東　信(　主　) | 59.1 | 22.0 | 4.6 | 1.7 | 4.7 | 7.2 | 3.6 | |
| | 東　信(　間　) | 20.8 | 54.3 | 6.2 | 4.4 | 1.1 | 8.4 | 4.8 | |

注）昭・41　カラマツ材の需給構造[15]
44　あたらしいカラマツ林業[10]
49　カラマツ林の施業体系に関する調査研究[17]
56　信州のからまつ[16]

表－7　長野県用途別カラマツ製材品取扱量の構成比　（%）

| 年次 | 地域＼用途 | 建築 | 土木 | 製函梱包 | ドラムパーレット | チップ | その他 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 昭・41 | 東信 | 41.1 | 38.0 | 6.8 | 4.1 | 7.8 | 2.2 | |
| | 東信 | 49.9 | 39.9 | 3.3 | — | — | 6.9 | |
| 44 | 南信 | 71.6 | 26.7 | 1.5 | — | — | 0.2 | |
| | 中北信 | 88.2 | 9.6 | 1.3 | — | — | 0.9 | 100 |
| | 東信 | 55.2 | 34.6 | 6.8 | — | — | 8.5 | |
| 49 | 南信 | 67.4 | 16.4 | 12.6 | — | — | 3.6 | |
| | 中北信 | 84.3 | 11.9 | 3.4 | — | — | 0.4 | |

注）表－6に同じ

めてきたが，その後資源的な制約が影響して，40年代には20万 $m^3$ 台（同20%台）に，また50年代には15～20万 $m^3$（同12～20%）にまで激減し，最近間伐材の生産増にともなって再び20万 $m^3$ 台に回復してきている。

表－6，7はこのような県下におけるカラマツ材生産量の減退期に相当していたことを前提として見ておきたい。

カラマツ素材の用途別需要の動向を通覧すると，製材用は60～70%を占めて県下全体を通してやや安定した値が示されているが，製材用以外の用途別では時代や地域によってかなり大幅な変動がみられる。なかでも杭丸太用は高度経済成長期を通して首都圏を中心とした公共土木事業に多用されたこともあって，一時期素材需給量の30～40%程度におよんだこともあったが，最近は景気の沈静化にともなっていちじるしい減退が伝えられ，量的には最盛期の数分の1にまで低下してきていると思われる。このほかの用途には，坑木用，足場丸太用，電柱用，パルプ・チップ用，果樹・植木の支柱用など多品目少量需要があって，あわせて20%前後で消長してきているが，これら少量的品目はパルプ・チップ用を除いて通直材が評価され，材価も杭丸太並みあるいはそれ以上が期待され，県下ではカラマツの中小径材であっても，できるだけ有利な用途に仕向ける努力が払われている。パルプ・チップ材は低価格であるため単独にパルプ・チップ材のみを目的に生産される事例は少なく，ほかの有利な用途仕向けに不適当な曲がり材や短材が付随して生産されている場合が多い。

一方素材需給量の最大仕向け先である製材品の用途別出荷量は表－7のように建築用および土木用が主体で，特に最近はこの両者で85～90%あまりを占め，長野県下では地域的な特性がやや認められるものの，この両部門への仕向けに大きな期待がかけられている。このうち土木用仕向けは素材の場合と同様に，公共事業の縮少や他樹種との競合，代替財の進出などによって顕著な減退傾向がうかがわれるが，強靭な材質，低価格性などカラマツ材の特性が活かされた有利な用途であるだけに，杭丸太需要とあわせて，集出荷機構の整備や加工技法の改善などを図って，今後とも一定度の地歩を確保していく努力が強く求められる。

またカラマツ製材品の最大需要部門である建築用仕向けは，永く県産カラマツ材総量の30～40%を占めてきたが，当面間伐材が総量の過半におよんできていることや，戦後の国産人工針葉樹材の総量が逐次増大しはじめてきている状況などを考えあわせると，県産カラマツ

材を現在以上に建築用仕向けに拡大利用していくことはかなり容易でない。幸いカラマツは従来から一般に正当な評価が得られていなかった材であるだけに，〝割れたり狂ったりする，釘打ち・加工性が悪い，ヤニの滲出がある，節が多く良材が少ない〟など欠点の指摘に対しては，材質や加工・利用法などの検討が関係者の間で精力的に推められ，ほかの建築用樹種に匹敵する材であることが強調されてきており[21]，生産コストの低減による低価格性の確保，供給力の安定化などが図られることによって需要拡大の余地も残されていると考えられる。

県産カラマツ素材の生産量は再び25～30万 m³/年に回復してきているが，これを上述した構成比などを勘案して用途別素材需給量に換算すると，建築用が40%（すべて製材品），土木用が35%（丸太20%，製材品15%），その他用が25%（丸太20%，製材品５%）程度と想定される。今後土木用仕向けが現状程度に止まるとすると，建築用にかなりの増加を見込んだとしても，供給量の増大分の多くをその他用に振り向けざるを得ない状況が到来すると考えられ，これら少量仕向け部門でのきめ細かな需要拡大あるいは新たな用途開拓を一層助長していく必要があると思われる。

### 3　道産カラマツ材の需給動向

道産カラマツの年次別素材生産量は表－３のとおりで，昭和34年以前は多くても10万 m³ 台であったが，以降30～50万 m³ の期間が長く続き，55年には急増して78万 m³ に，また56年以降90万 m³ 台に達し，すでに100万 m³ の大台の時代を迎えている。生産材の径級は全体林齢が若いことや間伐材の占有比が過半量を超えてきたこともあって20cm 未満のものが70%を占めているが，最近は生産量の増加と径級の進階が着実に進んでいる。

生産材の用途は今回の調査で表－８，９のような最近の資料が得られた。さかのぼると昭和30年代までは石炭産業の隆盛期と結びついて坑木用が過半を占めてきたが，その後この衰退にともなって製材用原木を中心とした一般材およびパルプ・チップ用の増加がいちじるしい。

素材の用途別では，製材用が50年の13万 m³ から56年には37万 m³，59年には52万 m³ にも達し，カラマツ材総量の46%あまりを占め，その地位を確保している。坑木用は36年のピーク時には25万 m³ を数えたが，10年後の46年には5.5万 m³ にまで激減し，その後50年代にな

**表－８**　北海道カラマツ素材の用途別出荷量　（千 m³）

| 年次別（昭） | | 50年　(%) | 56年　(%) | 59年　(%) |
|---|---|---|---|---|
| 用途別 | 製材用 | 132.3　(34) | 370.5　(41) | 519.9　(46) |
| | 土木用 | その他へ | 26.6　( 3) | 33.2　( 3) |
| | 坑木用 | 111.3　(28) | 130.1　(14) | 118.4　(10) |
| | 足場丸太用 | 20.4　( 5) | 7.1　( 1) | 5.9　( 1) |
| | 電柱用 | その他へ | 8.2　( 1) | 2.2　(—) |
| | パルプチップ用 | 99.4　(26) | 340.8　(38) | 435.2　(29) |
| | その他用 | 26.4　( 7) | 13.8　( 2) | 9.2　( 1) |
| 計 | | 389.8 (100) | 905.0 (100) | 1124.0 (100) |
| （うち間伐材比率） | | (—) | (52) | (55) |

注）北海道林務部林産課　カラマツ材の流通調査資料

表－9　北海道カラマツ製材品の用途別出荷量　　（千㎥）

| 年次別（昭） | | 50年 (%) | 56年 (%) | 59年 (%) |
|---|---|---|---|---|
| 用途別 | 建築用 | 30.2 (27) | 19.3 ( 8) | 18.3 ( 5) |
| | 土木用 | 14.6 (13) | 12.1 ( 5) | 13.6 ( 4) |
| | 製函用 | 4.6 ( 4) | 17.7 ( 7) | 47.5 (13) |
| | 梱包用 | 30.7 (28) | 115.0 (46) | 164.4 (45) |
| | ドラム用 | 2.1 ( 2) | 3.9 ( 2) | 4.4 ( 1) |
| | パーレット用 | 9.7 ( 9) | 28.0 (11) | 54.6 (15) |
| | ダンネージ用 | 14.9 (14) | 37.0 (15) | 47.7 (13) |
| | その他用 | 3.5 ( 3) | 15.4 ( 6) | 15.8 ( 4) |
| 計 | | 110.3 (100) | 248.9 (100) | 366.3 (100) |

注）表－8に同じ

って10万 m³ 台に回復してきている。パルプ・チップ用は54年以前は10万 m³ 台以下であったものが，55年31万 m³，56年34万 m³ に急増し，59年には43.5万 m³ にも達し，道産カラマツ材の39%，国産カラマツ材総量の27%（国産カラマツ素材パルプ・チップ用の90%あまり）を占め，内地産材と異なって北海道特有の動きを示し，カラマツ材の重要な用途に位置づけられている。

一方製材品の出荷量は，50年代前半まで10万 m³ 台以下で推移してきたが，54年18万 m³，56年25万 m³，59年37万 m³ と最近顕著な伸びをしめしてきている。なおこの間ソ連カラマツの占める割合は1万 m³台から3千 m³ 前後にまで低下し，カラマツ製材品のわずか1%程度を満たすにすぎず，長野県下で国産カラマツ製材品のほぼ倍量がソ連カラマツ材で充足されているのとはちがって，ほぼ全量が道産カラマツ材で占められている。

製材原木の径級は56年度実績によると，7 cm 以下が8%，8～13cm34%，14～28cm57%，30cm 以上1%で，現段階では中・小径材が大部分で，大径材の利用は未だ未開拓の分野といえよう。当面間伐に代表される施業体系の整備を図って，大径材需給体制への移行が重要な課題と考えられる。

製材品の用途別は，このような資源的制約と並んで低成長期への移行により，建築用，土木用仕向けが伸び悩んでいるが，移輸出用関連資材である製函・梱包用，ドラム・パーレット用，ダンネージ用の3者は，50年度実績でそれぞれ3.5万m³（製材品の32%），1.2万m³（同11%），1.5万 m³（同14%），あわせて製材品の57%から，56年には13万 m³（53%），3.2万 m³（13%），3.7万 m³（15%），あわせて製材品の81%に，また59年には21万 m³（58%），5.9万 m³（16%），4.8万 m³（13%），あわせて製材品の87%にも達し，量的には50年の6.2万 m³ から59年には31.9万 m³ へと5倍量におよぶ伸びを示している。

以上を総合して道産カラマツ材の用途別構成比を59年度実績でみると（製材品は素材換算量による），パルプ・チップ用が39%で最も多く，次いで製函・梱包用が27%（うち梱包用21%）とこの両者の占有比が突出している。このほかでは杭丸太用が11%，ドラム・パーレット用が8%（うちパーレット用が7%），ダンネージ用が6%を占め，土木用および建築用はそれぞれ4.7%，2.3%，あわせてわずか7%にすぎない。このように道産カラマツ材は，

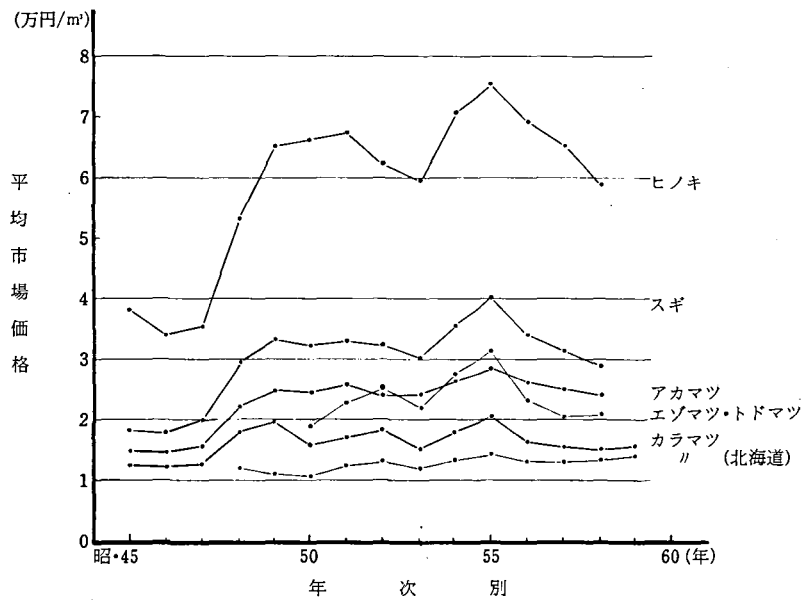
当面国産カラマツ材総量の2/3を占める一方，55%にもおよぶ大量の間伐材をかかえながら，中小径材の有効利用が図られており，また坑木用を除いては生産された成果品の大部分が移出仕向けとされるなどきわめて特徴的で，大量化するカラマツ材の消化に絶大な努力が払われている。

注）なおここで長野県および北海道以外のカラマツ地域，特に東北地方での需要の動向について解説すべきであるが，当初述べたように的確な情報が入手できなかったので，割愛することを断っておく。

### 第7節　カラマツ材価の動向

図—2に昭和45年以降のわが国主要針葉樹中丸太（エゾマツ・トドマツ材のみ大丸太）の年次別平均価格の推移を示した[14]。図にみられるようにわが国における主要造林樹種の材価は，材質や用途による樹種間の格差が歴然としている一方，景気や需要の動向にともなう材価の短期変動はいずれの樹種もほとんど同じ動きで推移してきている，といった特徴が認められる。また昭和48～49年に発生した住宅建設や公共投資のまれにみる増加による木材需給のひっ迫からひきおこされた未曾有の材価高騰期以降は，第1次オイルショック以後の景気の沈静・低成長期に入って，55年を除いて小幅な変動をともないながら材価の低迷が続いている。55年には各樹種ともそれまでの材価の最高水準を記録したが，これは輸入材産地国の丸太輸出規制に端を発した産地価格の上昇に，円高から円安への変化も加わって輸入価格が上昇し，これに連動して国産材価総体もいちじるしい短期高騰をみたものであった。

55年の値を除外した48～49年以降10年間の樹種別材価（中丸太1 m³当り）は，ヒノキはやや変動幅が大きいがほぼ6万円台であり，スギ2.9～3.2万円，アカマツ2.4～2.6万円，カラマツ1.5～1.7万円（うち北海道材は1.2～1.3万円）で，全体に横這いないし最近になって




図—2　全国主要樹種別年次別平均市場価格の推移

表—10　主要造林樹種別主伐期立木価格の試算例　　（50年生/ha）

| 樹種 | 立木材積 | 平均立木単価 | 立木総価格 |
|---|---|---|---|
| カラマツ | 280m³ | 10,000円/m³ | 280万円 |
| アカマツ | 330 | 13,000 | 430 |
| スギ | 400 | 17,000 | 680 |
| ヒノキ | 260 | 28,000 | 730 |

注）昭和60年秋　長野県伊那地方の実績による

下落の傾向がみられる。

この間のカラマツ平均材価を100とした各樹種の価格指数は，北海道産カラマツが78で最も低いが，アカマツ156，スギ191，ヒノキ400程度と計測され，カラマツはこれら主要造林樹種のなかできわめて低い評価しか得られておらず，また樹種間の価格格差が是正されるような兆候も認められない。なお北海道で主要造林樹種とされているエゾマツ・トドマツ（大丸太）材の価格を参考に付したが，価格指数は138程度でカラマツに次いで低価格材に位置ずけられている。

こうした材価の樹種間格差は，カラマツの造林地域がほかの樹種と異なって中部山岳以北の寡雪高冷地域に限られているだけに，そのまま林業展開を図っていくうえでの地域間格差と読み替えられ，カラマツ地域の低位性は歴然としているといわざるを得ない。

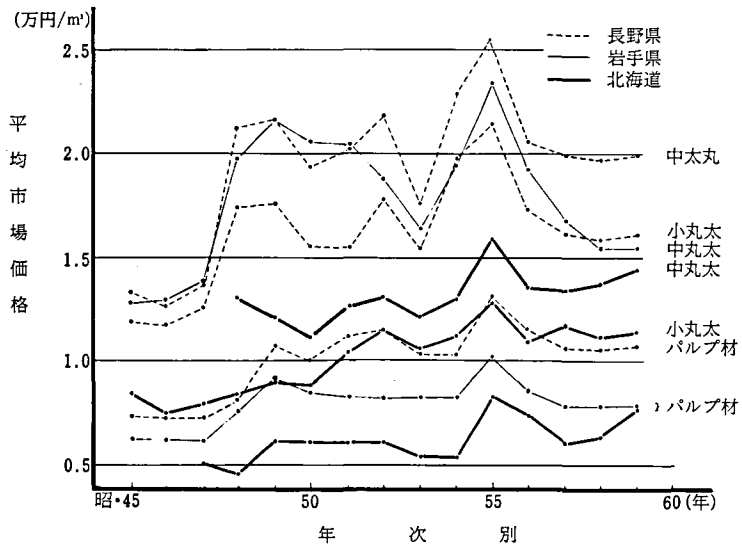
そのうえ表—10に示した試算例のように，カラマツ林からの単位面積当り素材収穫量がヒノキと並んでほかの樹種に劣ることもあって，伐期収穫金額では一層低位性が助長されている。

一方今回得られた関係道県の資料によるカラマツ材価には，これら地域間および各地域内における材種ごとにかなり大幅な格差のあることも認められた。代表例としてカラマツ材生産量の多い北海道，岩手県および長野県三者の資料を示すと図—3のようである。

地域別・材種別ともに年次別の価格推移の傾向は図—2に示した樹種別の場合とほぼ同じで，最近の10年間は55年の高騰期を除いて小幅な変動で横這いの状態が続いてきた。

地域別の材価は，カラマツ材の最終的消費地が長野近県から東北，北海道へと北に寄るほど，地場需要よりも首都圏，東海ベルト地方を中心とした地域に偏っていることもあって，地利的に有利な長野県およびその近県が上位にランクされ，次いで東北地方がこれに追随し，北海道は常に最低位水準で推移してきている。なお地域ごとには，各材種ともこの10年間の価格推移は，長野県がほぼ横這いであるのに対し，東北地方では最近やや下落気味，北海道でやや上昇傾向にあることが読みとられる。

材種別価格では，各地とも小径・短材・曲がり材などがふくまれるパルプ・チップ用材が格段に低位水準にあり，小～中径へと径級の増大にともなって高価格化している。これらを先の例と同じ全国カラマツ中丸太価格を基準として，地域別の中丸太：小丸太：パルプ・チップ材それぞれの価格指数を求めると，長野県125：106：66，岩手県113：80：53（小丸太は推定値），北海道84：72：44程度と概算され，カラマツ材に限っても地域間あるいは材種間に大幅な格差が認められる。特に北海道では伐出条件がほかの地域より恵まれているとはいえ，全体の材価が低いうえパルプ・チップ材の占有比率がきわめて高いこともあって，き




図－3　カラマツ素材の地域別年次別平均市場価格の推移

びしい生産条件下に置かれているといわざるを得ない。

なお大の丸太（末口径30cm 以上）の材価については，出材が稀であるため継続的な統計資料は得られなかったが，長野県下での市売事例によると 2～2.3万円/m³ 程度で推移してきており，2.5万円を超える例はごく稀で 2 万円台を割る場合もしばしば見受けられる。〝カラマツ材の市場性に関して有効なのは通直性と径級であり，価格に関係しているのはただ径級だけなのである〟[17]とはいっても，30～40cm 程度の太さの材では格別な高値を期待できないのが実情と思われる。

以上のように今後とも歴然とした低材価を強いられるであろうカラマツ林の施業にあたっては，改めて造林・初期保育に対する省力化などの検討も必要とするが，当面かなり長期間にわたって対峙しなければならない間伐の実践に際しては，効率的な林分密度調整の手法，並びに間伐材の収穫をともなう場合の伐出手段については，ほかの造林樹種と比べて格段にきびしい低コスト化の追求が強く望まれる。

### 第 8 節　研究の目的と研究の経緯

カラマツはスギ，ヒノキおよびアカマツと並んでわが国主要造林樹種のひとつに数えられるが，これらの樹種とちがって明治中期以降に本格的な造林が始められた歴史の浅い樹種である。その後樹種の特性など次第に明らかにされてきたが，高冷地への適応性や育苗・造林の容易さ，初期生長の良さなど造林上の利点はあっても，材の利用にあたってカラマツ特有の〝トゲ〟の存在や〝ねじれ，そり，材面割れ〟などの欠点が強調され，一般に劣等視されてきた。そのため第 2 次大戦前までは主に中部山岳以北の高冷地での造林樹種としてしか登場せず，年々の造林面積もせいぜい 5～8 千 ha が分散的に植えられ，わが国人工林面積の 5％程度を占めてきたにすぎなかった[3]。

ところが戦後わが国社会・経済の再建復興期を通じて展開してきた拡大造林推進期には，カラマツは早成樹種の旗頭として脚光をあび，後進地域での薪炭林や天然林伐出跡地の造林緑化樹種としてとり入れられ，戦前期の10倍にもおよぶ6～7万ha/年の拡大造林が続けられ，昭和25年以降10数年間の樹種別造林面積比率は15～19%にも達し，特に東山，北海道，東北の各地に限ってみるとその比率は70～80%という高水準で大面積的なカラマツ林が実現してきた。

一方昭和40年以降まで森林資源の短期育成や密植造林思潮などの台頭もあって，当時幼齢に偏っていたカラマツ人工林での除間伐についてはあまり関心が払われず，また柱材など小径良質材への適性も劣ることから，格別な仕立目標を持たない林分の累積が続いてきた。

こうした状況のなかで昭和40年代当初以降の林業をとりまく社会経済の変貌はいちじるしく，農山村からのおびただしい労働力の2・3次産業への流出，解放経済体制への移行にともなって激増しはじめた外材輸入や工業製品による代替財の進出などの現象は，育成の途次にあった多くの幼齢人工林の前途にさまざまな不安材料を投げかけ，それまで農山村社会を背景に成立してきた林業諸活動には次第に衰退の傾向が顕在化しはじめ，特に後進性を強いられるカラマツ造林地域での林業事情はよりきびしい局面に立ち向かわざるを得なくなってきた。

折しも戦後急激に拡大してきたカラマツ林を身近な題材としてとり組んできたわれわれは，昭和40年代半ば頃からこれらのカラマツ林において要間伐林分が多数存在しはじめてきていることを察知し，長野県下各地の間伐現地での見聞を通して

イ）従来（戦前期造林地からのもの）のカラマツ間伐材の主要用途であった杭丸太，足場丸太，坑木などの代替財の進出がはげしく，そのためカラマツ小丸太の需要が減退し間伐材が売れにくくなってきた

ロ）当時のような低密度な林道事情のもとでは，カラマツ林で間伐を行うとどうしても伐出費が多くかかってしまう

ハ）林業労働力が減少してきたので，高所得が期待できないカラマツ林の間伐作業にふりむける余裕がなくなってきた

などの理由によって，うっ閉し密立したまま間伐が実行されていないカラマツ林の多いことを知り得た。また当時すでに除伐やつる切などの手入れ不足によってヤブ化してしまった林分や，中程度の台風禍によって共倒れしてしまった林分さえ現われ始めている事実を知るにおよんで，改めてカラマツ林での間伐の必要性を痛感し，昭和46年秋これらの調査結果と対応の在り方について「信州カラマツ林の間伐計画[26]」をとりまとめ報告した。そこでは，戦後初期に植えられたカラマツ林が次第に間伐期を迎えながら，上記のような理由が原因して，結果として間伐が行われないまま広い面積にわたる林分が放置されはじめていた状況に対して〝これらの間伐問題ととり組むためには，間伐の方法や間伐材の搬出手段あるいは販売方法などを個別の題材としてとりあげるだけでなく，カラマツ林施業全体の流れのなかでどうあることが最適であろうか〟というシステム的な思考の必要性を強調してきた。具体的には，当時カラマツ林業の先進地であった長野県下東信地方で実践されていたいくつかの間伐事例のなかから〝列状間伐〟を体系的にとらえ実地に適用してみることとした。幸い地元森林組合をはじめ県有林関係者の理解・協力を得て，総面積60haあまりにおよぶ高遠町県行造林

地の19～20年生のカラマツ一斉林を対象として，事業的規模の間伐計画を設計し，全体林況の把握，間伐法・間伐率（1/3列状間伐），間伐材の集運材法（ブルトーザーに装着したウインチによる列状集材），作業道の開設（4,550m），導入機械と作業手順，採材基準と見込生産量，販売方法，事業の収支予測などについて事前討議を重ねたうえ，昭和46年8～12月にかけて実面積40haの列状間伐を実施した。

本計画実行の経過並びに成果は「カラマツ林の列状間伐成果[27]」や「あたらしいカラマツ林業[10]」で報告したように，いくつかの反省材料もふくまれたが計画の内容はほぼ十分に実践され，事業収支は作業道の開設経費をふくめて予期を大幅に上回る黒字（予算額100に対して実績138）が計上され，列状間伐体系に対する評価がえられた。因に以降高遠町森林組合では管内5,000haにおよぶカラマツ林の間伐にあたっては列状間伐体系を多用し，この14年間に1,000haにおよぶ間伐事業が果されてきている。この間材価の低迷，労賃・資材費の高騰，労働力の減少などの悪条件が山積するなかにあって，オペレーターの技能の向上，作業仕組の改編，新機種の導入など，事業内容の改善によって間伐の推進が図られてきており，カラマツ林の間伐に対する同組合の指導性や積極性が高く評価されるところである。

昭和56年秋「列状間伐後10年間の経過とその後の対応[28]」によって当初の列状間伐跡の成果を要約したが，当該林分はすでに十分にうっ閉を回復し次回の間伐が急がれる段階にあり，高密カラマツ林における初回の間伐は列状間伐によっても普通間伐法と比べて遜色のないカラマツ林の造成が可能であることを実証し得た。

この間多くの列状間伐に対する評価や批判はあったものの，ひるがえって間伐未済のままあるいは弱度な間伐のみで放置されている高密林分は年々累増の一途をたどっており，このままでは成林の前途さえ危ぶまれるカラマツ林の面積規模は公表値をはるかに上回ると推定され，改めて高密カラマツ林を問題視しその対応にとり組んできた。

高密林分を対象とした間伐のあり方については先に挙げた「間伐計画」に述べた基本的な考え方と変るところはないが，後の2・3章などで述べるように当時間伐対象としてきたIII～IV齢級の造林地の多くが間伐未済のまま今日V～VII齢級に進階してきている事実に接すると，事が一層深刻であることは明らかで，列状間伐もふくめてなお省力的で林相の悪化がくい止められるような間伐法を提示する必要があろう。

一方事態が緊急にせまられていることもあって，林相のたて直しのみを目的とした切捨てによる間伐を広く適用せざるを得ない状況に追いこまれているが，これらの事情と間伐材需要の不振傾向や伐出条件の整備が不十分であることなどとが安易に結びついて，膨大量におよぶ間伐木が無為に林内に放置されている事実についても重大視していく必要があると考えられる。

間伐材の搬出体系については，昭和46～48年にわたる列状間伐地における高密作業路と組み合わせたウインチ集材[10][27]，昭和53～55年に実施したモノレール集運材体系の検討[28][29][30][31][32][33]などをとりまとめ，間伐材の搬出について考察し，その後林道密度が低い急斜林地での間伐材の搬出手法について検討をすすめている。

かつて提唱したように[10]たとえ間伐材の伐出収支が償なわれなくても，理屈の上ではその赤字額が切捨て間伐経費の範囲内であるならばできるだけ収穫間伐（間伐材の収穫がともなう間伐）は採択されるべきと考えられるし，最近のように間伐経費に対する直接的な助成措

置さえ講じられている条件下にあつては，一層間伐材収穫についての考え方はただされるべきではなかろうか。間伐材の需要不振とはいっても出材のほとんどは販路が得られているし，時には供給量不足の事態さえ見受けられ，また需要開拓の努力についてもそれなりに評価されるが，諸物資の激烈な商戦に比べると必ずしも十分でないように見受けられる。現行のかなり大規模な間伐事業の多くがより有利な間伐材の販路確保の努力もふくめて収支償われている事実に接すると，間伐方法や伐出手段の検討にたずさわっている者にとってはかけがえのない道標となっている。

先の第4，5節で述べたように，間伐材の生産可能量はすでに最高水準に接近してきていると判断されるし，大量生産が継続される期間も当面の10年間あまりと考えられ，以降は主伐材主体の生産期を迎え，本格的なカラマツ林業のあり方が問われる時代を目前にひかえている段階と理解される。これら一連の間伐の実行あるいは間伐材の需給態勢がどれだけ果されるかは，カラマツ林業地域の将来の死活問題とかかわって，当面の対応を未曾有の重大事と受けとめている。

以上のような状況あるいは考え方にもとずいて，今後とも低材価を強いられるが故に経済性の劣るカラマツ林業経営であることを前提として，この報告では，カラマツ林業のあるべき姿を正当に位置づけていくことを研究目的とし，当面の間伐にかかわる技術問題を中心課題に据え，第2章では，カラマツ林分における高密化の実態を改めて認識する目的で，最近の調査資料によってその憂慮される状況を例示し，第3章においては，これらの林分を対象とした密度管理のあり方を，在来の密度管理指針と対比しながら考究し，第4章では，そのあり方に対応した具体的な間伐法を，実践活動を通して得られた成果をふまえて提示した。

また，第5章においては，間伐材収得の意義を改めて認識していくことを目的に，大量に林内放置されてきている間伐材の少しでも多くが利活用されることを期待して，より多量に間伐材の収得が見込まれるここでの間伐法に対応した間伐材の伐出手段，特に急斜林地での材の搬出手段について，検討の成果をとりまとめた。

最後に，以上の各章を要約して第6章とし，カラマツ林の造成にかかわる問題性の所在とその対応を述べしめくくりとした。

## 第2章　高密カラマツ林の実態例

当面カラマツ林の間伐問題を検討していくうえで，いわゆる〝要間伐林分〟といわれる高密林分に接する機会が多く，その都度これらの林分の取り扱いに取り組んできたが，改めて高密林分の実態について理解を深めておく必要にせまられてきた。というのは，すでに数多く提示されてきた密度管理指針などといちじるしくかけはなれた林分構成諸量を内蔵している高密林分に対して，〝これらの指標とどのように整合させたらよいか〟を問うよりも，直接的に〝高密林分の取り扱いはどうあるべきか〟を検討することが現実の課題であろうと考えるからである。常に現状を出発点とせざるを得ない林業問題のなかでも，人工一斉林の取り扱いに際しては特にこの現状認識が重要と思われる。

ここでは取り組んできた調査資料のうちから，カラマツ造林率の高い民有林地域におけるカラマツ林の実態[34]，並びに典型的な高密林分の一事例[35][36]を提示し，実践的な高密カラマ

ツ林の取り扱い方を考えていくうえでの基礎資料とした。

## 第1節　伊那市手良地区におけるカラマツ林の実態

### 1　森林の概要

1)　地域の概要

伊那市手良地区は昭和29年7ヶ町村合併以前の旧手良村一円で，伊那市北東部に広がる天竜川東側の河岸段丘上にあり，市の中心部から10km前後隔たる。地区はこの段丘上に緩く西に傾く平坦地と，東～北東部に広がる後背山地とでほぼ2分され，古くは自給農業と養蚕・薪炭などの商品生産を主とする純農村地帯を形成してきたが，昭和30年代後半以降次第に道路交通網並びに水利の整備が進むにつれて，桑園・畑地の水田化と近傍市町村への通勤就労が急速に進み，最近では500戸あまりを数える農家の80%が第2種兼業化し，社会状況は大きく変貌してきている。人口の動態は昭和22年の3,726人をピークに一貫して漸減が続いており，特に若年層の流出によって今日では2,556人まで減少し，伊那市管内では過疎化と老齢化の最右翼にランクされている。

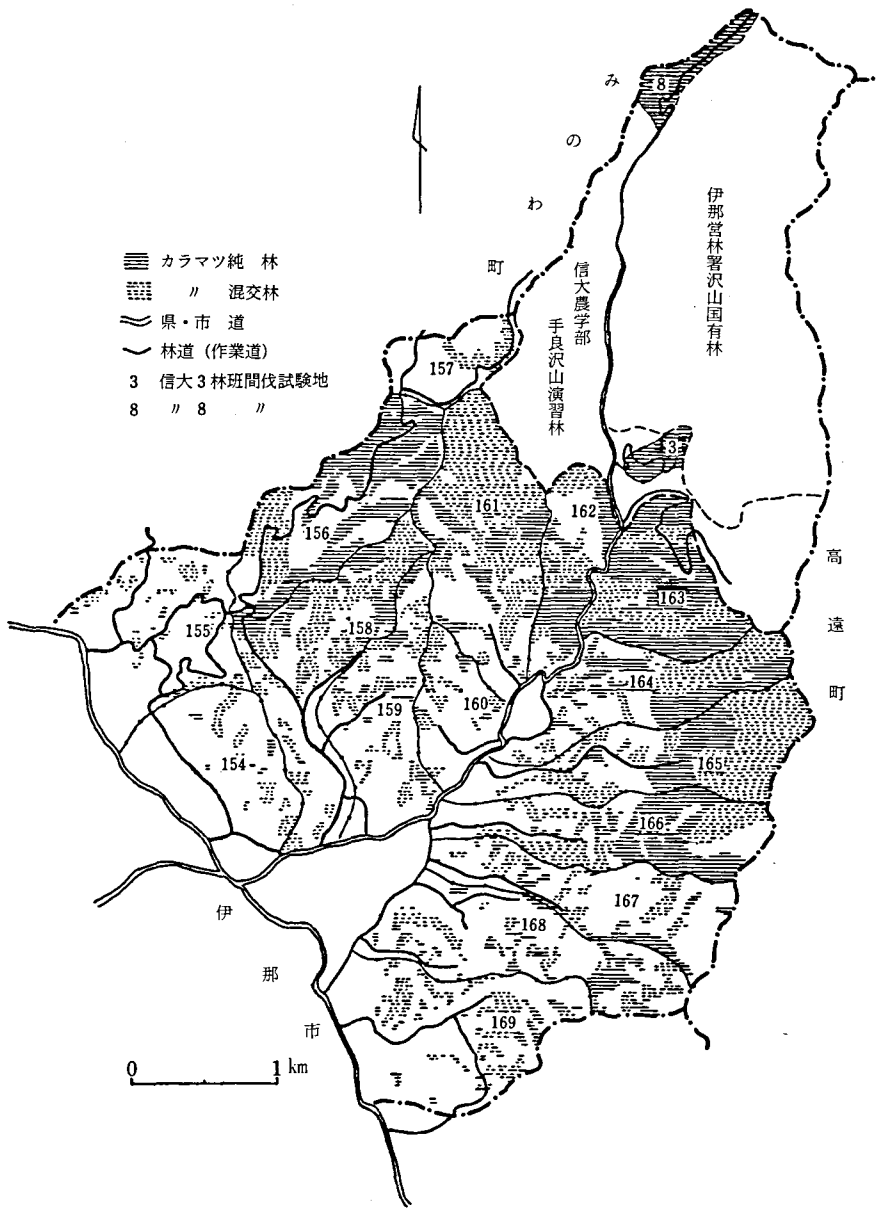
この間後背山地では，旧薪炭林跡地やパルプ材供給跡の拡大造林が地区を挙げて，昭和30年代から40年代前半にかけていちじるしい進展をみたが，以後これら山地への労働投入量は激減し，林産物の生産も皆無に等しい期間が長く続いている。

2)　森林の概況

地況：地区の森林は総面積1,900haのうち，640haあまりの国有林（伊那営林署所管420ha，信大演習林220haあまり）を除いた1,250haが民有林（伊那市森林簿のうち154～169林班）に所属する。天竜川に注ぐ小支流棚沢川の源流一帯を形成し，標高750～1,400mの低山帯に属するが，掌状に分岐する小渓流によって複雑な地形を呈し，山腹は25°～35°の急斜面が多い。地質はほぼ全域が花崗岩地帯に属し，表層は一部に火山灰土壌もみられるが大部分は花崗岩が風化したマサ土で厚く覆われ，深さ80～100cmにもおよぶ。

林道網：林内に通じる林道は，図－4にみられるように最奥部にある国有林に通ずる棚沢線を除いてはすべて作業道に類し，各小渓流に沿って派出し，計数上の林道密度はすでに20m/haあまりに達しているが，その多くは里に近い山脚部に集中し，奥地に広がる大面積の拡大造林地域にはわずか数条の到達林道をみるに過ぎない。しかもこれら林道の中途から末端部分にかけては利用頻度の低さから荒廃している路線がほとんどで，林内各所への出入りはいちじるしく不便である。したがって地区内民有林の地利級区分によると[37]，林道端から50～60mの範囲内にある林地面積はわずか20%，またその範囲を300～400mに拡大してもカバーし得る面積は40%程度に過ぎず，残り60%近くは林道から遠く隔たった地利不便な林地で占められている。しかも山腹の傾斜が30°前後の急斜複雑な地形条件の林地が70%にもおよぶため，今後の森林施業を果たしていくためには，地利級の改善について格段の配慮が望まれる。

林況：森林簿から読みとった林況の概要は表－11，12のとおりで，人工のカラマツ林（41%），アカマツ林（18%），および天然生のアカマツ林（21%）の3者で地区森林の80%を占め，ヒノキやスギの人工林は数%に過ぎず，経済的には低位な森林群が主体である。これらの樹種による人工林率は65%にもおよび，当地区が所属する長野県，上伊那郡および伊那市




**図—4**　伊那市手良地区カラマツ林分布図

それぞれの民有林における人工林率46%，58%および57%と比べていちじるしく高い。またこの人工林の62%までがカラマツ林で占められ，県全体の46%，上伊那郡下の58%よりも高く，里山・低山帯としては特異なカラマツ造林地帯を形成している。そのうえカラマツ林の齢級構成によると95%が戦後造林地で，うちIV～VI齢級に90%が集中し，面積規模はそれほど広くないが，後進性の強いカラマツ団地の典型とみなされる。

表—11　伊那市手良地区森林の樹種別齢級別面積（1980年）

(ha)

| 人天別 | 樹種 | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX上 | その他 | 計 | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 人工林 | カラマツ | 0.15 | 1.31 | 24.16 | 94.84 | 200.53 | 133.85 | 24.88 | 16.02 | 9.33 | | 505.07 | 61.9 |
| | (%) | (-) | (0.3) | (4.8) | (18.8) | (39.7) | (26.5) | (4.8) | (3.2) | (1.9) | | (100) | |
| | アカマツ | 4.80 | 12.79 | 72.76 | 72.89 | 59.14 | 6.90 | 0.42 | | | | 229.70 | 28.2 |
| | (%) | (2.1) | (5.6) | (31.7) | (31.7) | (25.7) | (3.0) | (0.2) | | | | (100) | |
| | ヒノキ | 10.69 | 14.99 | 10.97 | 4.91 | 6.77 | 5.40 | 2.42 | 2.45 | 3.23 | | 61.83 | 7.6 |
| | スギ | 0.39 | 0.98 | 4.29 | 2.29 | 1.92 | 4.04 | 0.61 | 1.09 | 0.97 | | 16.58 | 2.0 |
| | サワラ | | | 0.18 | | 1.28 | 0.25 | 0.25 | 0.02 | 0.38 | | 2.36 | 0.3 |
| | 計 | 16.03 | 30.07 | 112.36 | 174.93 | 269.64 | 150.44 | 28.58 | 19.58 | 13.91 | | 815.54 | 100 |
| | (%) | (2.0) | (3.7) | (13.8) | (21.4) | (3.31) | (18.4) | (3.5) | (2.4) | (1.7) | | (100) | (65.3) |
| 天然林 | アカマツ | | 1.17 | 1.22 | 13.71 | 53.30 | 76.64 | 55.25 | 21.34 | 42.70 | | 265.93 | 61.4 |
| | (%) | | (0.7) | (0.5) | (5.2) | (20.0) | (28.8) | (20.8) | (8.0) | (16.0) | | (100) | |
| | ソノタコウ | 1.32 | 5.52 | 14.88 | 14.93 | 39.31 | 38.28 | 15.66 | 13.91 | 13.40 | | 157.21 | 36.3 |
| | ソノタ | | | | | | | | | | 9.76 | 9.76 | 2.3 |
| | 計 | 1.32 | 7.29 | 16.10 | 28.64 | 92.61 | 114.92 | 70.91 | 35.25 | 56.10 | 9.76 | 432.90 | 100 |
| | (%) | (0.3) | (1.7) | (3.7) | (6.6) | (21.4) | (26.5) | (16.4) | (8.1) | (13.0) | (2.3) | (100) | (34.7) |
| 合計 | | 17.35 | 37.36 | 128.46 | 203.57 | 362.25 | 265.36 | 99.49 | 54.83 | 70.01 | 9.76 | 1,248.44 | |
| (%) | | (1.4) | (3.0) | (10.3) | (16.3) | (29.0) | (21.2) | (8.0) | (4.4) | (5.6) | (0.8) | | (100) |

一方表—12の所有形態別面積にみられるように，カラマツ林面積の90%が個人（37%）および部落有林（7部落計52%）で占められ，後述するようにいずれも造林は拡大したが保育活動がほとんど停滞してしまった状況に接すると，今後これらカラマツ林の取り扱いが地域住民にとって容易ならぬ負担となってきていると考えられる。

なお本稿では直接の課題としなかったが，上の両表にみられるように，当地方の郷土樹種ともゆうべきアカマツ林が，人工・天然生林あわせてこのようなカラマツ林とほぼ同じウェイトで存在しており，林況やその取り扱いあるいは材の用途・価格等が類似する樹種であるだけに，今回の調査を通じて当地区におけるカラマツ問題は，一層困難な局面を迎えていると危惧された。

## 2　調査の方法

先ず該当森林簿により所有形態別，林種別，樹種別，齢級別それぞれの面積区分を行ない（表—11・12），カラマツ林についてはその所在を5,000分の1施業図上に1筆毎に転記し（図—4はその縮図），同図上の500mメッシュ内に所属するカラマツ林の中から1点ずつ，間伐適齢とされる林齢20～35年生相当の林分を選定しプロット調査対象地とした。メッシュ内にカラマツ林を欠く場合やいちじるしい調査困難地数点を除いて，結果として地区内の41点と隣接する本学演習林内に分布する約50haのカラマツ林から抽出したプロット5点を合わせ，計46点において次のような調査を行なった（うち20年生未満の林分2点，36年生以上1点がふくまれた）。

各調査対象林分内に10m×10mの方形プロットを設け，区画内全立木の胸高直径，樹型級（ほぼ寺崎式による）調査，上・中・下層標本木各数本ずつによる樹高，枝下高調査（測高ポール，測高器併用），林齢調査（プロット毎に1本の伐倒調査）による林況調査のほか，地況，土壌（検土杖），植生，林分立ち入りの難易，施業の状況，間伐材搬出の便否等も調査記録した。なお林道等交通関係については，施業図上における机上調査とほぼ全路線にわたる実地走行調査の併用によった。

表—12　伊那市手良地区森林の樹種別所有形態別面積（1980年）　　(ha)

| 人天別 | 樹種 | 個人 | 部落 | 共有 | 団体 | 社有 | 市有 | その他 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 人工林 | カラマツ | 185.50 | 264.36 | 6.45 | 9.52 | 0.83 | 38.41 | | 505.07 |
| | (%) | (37) | (52) | (1) | (2) | (-) | (8) | | (100) |
| | アカマツ | 122.63 | 98.68 | 0.30 | | 0.24 | 7.85 | | 229.70 |
| | ヒノキ | 40.83 | 14.94 | 1.24 | 0.17 | 0.54 | 4.11 | | 61.83 |
| | ソノタシン | 11.60 | 6.96 | | | 0.26 | 0.12 | | 18.94 |
| | 計 | 360.56 | 384.94 | 7.99 | 9.69 | 1.87 | 50.49 | | 815.54 |
| 天然林 | アカマツ | 205.60 | 50.41 | 5.26 | 1.23 | 1.08 | 2.35 | | 265.93 |
| | ソノタ | | | | | | | 9.76 | 9.76 |
| | ソノタコウ | 146.09 | 9.08 | 1.27 | | 0.77 | | | 157.21 |
| | 計 | 351.69 | 59.49 | 6.53 | 1.23 | 1.85 | 2.35 | 9.76 | 432.90 |
| 合計 | | 712.25 | 444.43 | 14.52 | 10.92 | 3.72 | 52.84 | 9.76 | 1,248.44 |
| | (%) | (57) | (36) | (1) | (1) | (-) | (4) | (1) | (100) |

## 3　結果と考察

現地調査野帳から林況にかかわる必要事項を抽出し，林齢の順位に従って整理集計したプロットごとの林分構成諸量は表—13のとおりで，次のようなこれら資料の分析を通して，高密化が進んでいるカラマツ林の実態，並びにこれら林分における施業体系を考えていくうえでの基礎資料が得られた。

1)　林齢と生立本数

調査プロットの林齢を齢級区分によって再掲すると表—14のとおりで，地区内カラマツ林の齢級別所属面積のウエイトをほぼ満足しており，また間伐対象とされるIV～VII齢級の全領域にわたり分布している。

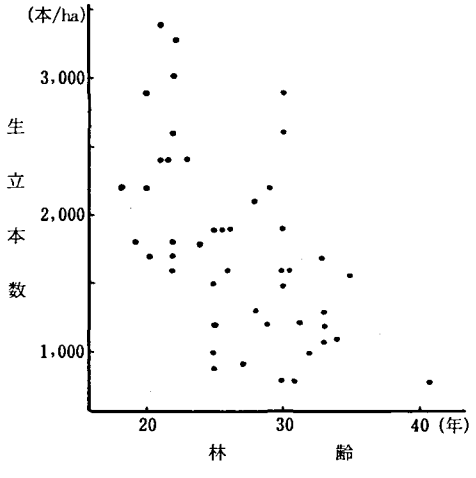
一方プロットごとの生立本数をha当りに換算して500本/haごとの階層別に区分再掲すると表—15のとおりで，1,500本/ha以下，1,500～2,000本/ha，2,000本/ha以上の3区分に所属するプロット数はほぼ3分されるが，現地調査で見取った地域全体における施業不振の状況や，手入れの行き届かない大面積的な奥地部落有林での調査プロット数の不足などを勘案すると，2,000本/ha以上の高密林分が過半におよぶと推定される。また1,000本/ha以下に密度調整されたプロット数は11%を占めたが，これらのプロットに所属する林分はほとんどが小面積的であって，カラマツ林全体に対する面積比率はせいぜい2～3%に過ぎないと思われる。

林齢対生立本数の関係は図—5のようで，自然枯損逓減現象や粗い除伐の痕跡もあって，全体としては高齢階での生立本数がやや少ない傾向は認められるが，各林齢階での生立本数のバラツキ巾が大きく，いちじるしい手入れ不足と施業指針の不在を物語っている。

2)　樹高生長による地位の吟味

今後カラマツ林施業のあり方や指針を求めていくうえでは，大径材生産指向は重要な課題であるが，全体の齢級構成が若齢に偏っている現存林分のすべてをこれに振り向けていくことは現実的でないし，ある程度大巾な伐期の延長を必要とするこれらの施業体系の策定にはなお慎重な配慮が求められる。特に当地区のような一般民有林を対象とする場合には，伐期の上限はせいぜい50～60年生までと考えられ（結果としてはこれ以上の高齢林もかなり実現すると思われるが），こうした限界内でどのような資質を備えた林木に仕立てられるか，その可能性については当面全く滞っている間伐の履行を促していくうえでも重要な検討課題である。

人工針葉樹林を一般用材に仕立てるための林木の資質を規定する最大の要因は，当該林分の樹高生長に最も関心が寄せられる。樹高生長の経過は，ある林分の生産力（地位）の判定や林分管理上の重要な指標として用いられ，林分疎密度の影響を受けることが少ないことから，高密化した林分でもその上層樹高によって地位の




図—5　林齢：生立本数の分布

表—13　手良地区カラマツ林調査集計表

| プロット No. | 林齢 | 生立本数 | 胸高直径 | | 樹高 | | | 断面積 | 材積 | 樹型級 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 平均 | | 平均 | 上層 | | | 1 | a | b | 2 d | d' |
| | 年 | 本/ha | cm | cm | m | m | m | m²/ha | m³/ha | | | | | |
| 1 | 18 | 2,200 | 8～20 | 13.9 | 11～19 | 16.7 | 18 | 33 | 287 | 36 | | | 14 | 23 |
| 2 | 19 | 1,800 | 8～16 | 13.4 | 9～11 | 10.6 | 11 | 26 | 135 | 72 | | 6 | 17 | |
| 3 | 20 | 2,900 | 4～16 | 10.3 | 5～13 | 10.9 | 12 | 24 | 146 | 52 | 7 | 10 | 7 | 3 |
| 4 | 20 | 2,200 | 8～16 | 12.4 | 10～13 | 11.8 | 12 | 27 | 158 | 77 | | | 9 | |
| 5 | 20 | 1,700 | 12～26 | 17.3 | 13～18 | 15.2 | 16 | 40 | 311 | 59 | | | 35 | |
| 6 | 21 | 2,400 | 2～16 | 10.3 | 5～16 | 10.5 | 12 | 20 | 116 | 29 | | | 25 | 4 |
| 7 | 21 | 3,400 | 4～16 | 10.9 | 5～14 | 10.5 | 12 | 32 | 187 | 29 | | 24 | 12 | |
| 8 | 21 | 2,200 | 8～22 | 14.6 | 8～14 | 11.3 | 12 | 37 | 216 | 31 | 14 | 5 | 23 | |
| 9 | 22 | 3,000 | 4～16 | 10.6 | 7～14 | 11.0 | 12 | 26 | 161 | 67 | | 7 | 3 | |
| 10 | 22 | 3,300 | 4～16 | 10.2 | 6～16 | 11.2 | 13 | 27 | 165 | 39 | 12 | 9 | | 6 |
| 11 | 22 | 1,800 | 8～18 | 13.2 | 10～16 | 12.7 | 13 | 25 | 166 | 50 | 6 | | 39 | |
| 12 | 22 | 2,600 | 4～22 | 12.5 | 6～16 | 13.2 | 14 | 32 | 231 | 27 | 4 | 15 | 15 | 4 |
| 13 | 22 | 1,700 | 10～22 | 16.5 | 14～16 | 15.1 | 16 | 36 | 277 | 35 | 6 | 18 | 18 | 18 |
| 14 | 22 | 1,600 | 12～24 | 18.1 | 16～21 | 19.9 | 20 | 41 | 419 | 31 | | | 56 | 13 |
| 15 | 23 | 2,400 | 8～18 | 14.2 | 8～14 | 11.8 | 12 | 35 | 185 | 45 | | 25 | 13 | 4 |
| 16 | 24 | 1,800 | 12～22 | 16.8 | 12～17 | 15.0 | 16 | 40 | 304 | 56 | 11 | 11 | 22 | |
| 17 | 25 | 900 | 10～24 | 17.3 | 11～18 | 16.2 | 17 | 21 | 184 | 33 | 11 | 11 | 33 | |
| 18 | 25 | 1,200 | 10～22 | 16.7 | 11～16 | 14.4 | 15 | 26 | 194 | 58 | | 17 | 8 | |
| 19 | 25 | 1,000 | 8～28 | 18.8 | 7～16 | 13.0 | 14 | 26 | 183 | 50 | 10 | | 10 | 10 |
| 20 | 25 | 1,900 | 10～24 | 17.1 | 10～19 | 15.8 | 17 | 44 | 366 | 58 | 5 | | 16 | |
| 21 | 25 | 1,500 | 8～30 | 19.5 | 6～22 | 15.6 | 19 | 45 | 427 | 7 | | | 7 | 47 |
| 22 | 25 | 1,900 | 12～26 | 16.9 | 16～24 | 22.4 | 23 | 43 | 501 | 58 | | | 37 | |
| 23 | 26 | 1,600 | 6～20 | 13.4 | 9～14 | 12.8 | 14 | 22 | 148 | 19 | | | 31 | |
| 24 | 26 | 1,900 | 10～24 | 16.6 | 10～17 | 13.6 | 15 | 41 | 300 | 42 | | 37 | | 5 |
| 25 | 27 | 900 | 14～26 | 20.0 | 12～21 | 17.0 | 19 | 28 | 259 | 78 | | | | |
| 26 | 28 | 1,300 | 14～22 | 17.2 | 18～21 | 19.3 | 19 | 30 | 295 | 77 | | | 23 | |
| 27 | 28 | 2,100 | 10～22 | 16.6 | 17～25 | 22.3 | 24 | 45 | 544 | 81 | | | | |
| 28 | 29 | 2,200 | 8～22 | 15.4 | 9～15 | 12.7 | 14 | 41 | 277 | 41 | 9 | 14 | 14 | |
| 29 | 29 | 1,200 | 12～26 | 19.6 | 14～22 | 18.5 | 20 | 36 | 355 | 67 | | | 8 | |
| 30 | 30 | 1,600 | 8～20 | 15.7 | 9～15 | 13.6 | 14 | 31 | 220 | 19 | | 13 | 19 | 38 |
| 31 | 30 | 1,600 | 6～22 | 14.7 | 8～20 | 16.8 | 19 | 27 | 255 | 19 | 6 | 13 | 25 | |
| 32 | 30 | 2,600 | 8～20 | 14.3 | 12～17 | 14.5 | 15 | 41 | 314 | 58 | | 19 | 12 | |
| 33 | 30 | 2,900 | 4～20 | 13.1 | 5～19 | 14.1 | 17 | 39 | 321 | 10 | 3 | 10 | 10 | |
| 34 | 30 | 1,900 | 12～24 | 17.7 | 10～18 | 14.2 | 15 | 47 | 347 | 37 | | | 37 | 11 |
| 35 | 30 | 800 | 16～30 | 22.8 | 15～25 | 22.3 | 24 | 33 | 383 | 75 | | | 25 | |
| 36 | 30 | 1,500 | 4～30 | 19.0 | 6～29 | 21.0 | 27 | 42 | 536 | 33 | | 7 | 13 | 7 |
| 37 | 31 | 1,400 | 10～20 | 15.6 | 10～19 | 15.8 | 17 | 27 | 229 | 36 | | 7 | 14 | 14 |
| 38 | 31 | 800 | 10～28 | 21.0 | 11～20 | 17.3 | 18 | 28 | 256 | 75 | | | 13 | |
| 39 | 32 | 1,000 | 12～22 | 17.4 | 18～21 | 19.4 | 20 | 24 | 238 | 30 | | | 30 | 10 |
| 40 | 33 | 1,300 | 8～28 | 18.6 | 12～17 | 15.0 | 16 | 35 | 276 | 46 | 8 | | 23 | |
| 41 | 33 | 1,100 | 12～26 | 19.9 | 16～22 | 19.5 | 20 | 34 | 349 | 36 | | 27 | 27 | |
| 42 | 33 | 1,200 | 16～30 | 23.1 | 14～20 | 17.5 | 18 | 50 | 453 | 83 | | | | |
| 43 | 33 | 1,700 | 14～26 | 21.5 | 14～18 | 16.7 | 17 | 62 | 519 | 82 | 6 | | | |
| 44 | 34 | 1,100 | 12～24 | 20.6 | 12～22 | 19.4 | 21 | 37 | 386 | 82 | | 9 | | |
| 45 | 35 | 1,600 | 10～34 | 22.5 | 13～30 | 23.6 | 26 | 63 | 841 | 50 | 6 | | | 6 |
| 46 | 41 | 800 | 18～28 | 24.4 | 26～31 | 29.1 | 29 | 37 | 577 | 13 | | 13 | 38 | 25 |
| | | | | | | | | | | 46 | 3 | 8 | 16 | 5 |

注）最下段の値はそれぞれの項の平均値

地形欄の区分は　谷；谷筋，中；中腹部，尾；尾根筋

| 区分 (%) e | 3 | 3' | 4 | 5 | 上木率 | 良木率 | 地位指数 | 林分形状比 | 相対幹距比 全林 | 相対幹距比 上木 | 収量比率 | 地形 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | % | % | | | | | | |
| | 9 | 9 | 9 | | 73 | 59 | 29 | 120 | 13 | 14 | 98 | 谷 |
| | | | 6 | | 94 | 94 | 18 | 79 | 22 | 22 | 73 | 尾 |
| | | | 21 | | 79 | 76 | 18 | 106 | 17 | 17 | 90 | 尾 |
| | 14 | | | | 86 | 100 | 18 | 95 | 18 | 19 | 83 | 尾 |
| | 6 | | | | 94 | 100 | 25 | 88 | 16 | 16 | 91 | 尾 |
| | | 13 | 21 | 8 | 58 | 54 | 18 | 102 | 19 | 22 | 87 | 中 |
| | 15 | 3 | 6 | 12 | 65 | 82 | 19 | 96 | 16 | 17 | 96 | 尾 |
| | | 5 | 14 | 9 | 73 | 73 | 19 | 77 | 19 | 20 | 86 | 中 |
| | | | 20 | 3 | 77 | 77 | 18 | 104 | 17 | 17 | 92 | 中 |
| | 9 | 15 | 3 | 6 | 67 | 70 | 19 | 110 | 16 | 16 | 98 | 尾 |
| | | | | 6 | 94 | 94 | 20 | 96 | 19 | 18 | 84 | 谷 |
| | 15 | 8 | 8 | 4 | 65 | 77 | 20 | 106 | 15 | 17 | 94 | 中 |
| | | 6 | | | 94 | 76 | 23 | 92 | 16 | 16 | 91 | 中 |
| | | | | | 100 | 88 | 28 | 110 | 12 | 12 | 95 | 谷 |
| 4 | | | 4 | 4 | 92 | 83 | 18 | 83 | 18 | 18 | 89 | 中 |
| | | | | | 100 | 100 | 22 | 89 | 16 | 15 | 93 | 尾 |
| | 11 | | | | 89 | 100 | 23 | 94 | 21 | 20 | 78 | 尾 |
| | | 8 | 8 | | 83 | 83 | 20 | 86 | 20 | 21 | 78 | 中 |
| | 10 | | | 10 | 80 | 80 | 19 | 69 | 24 | 24 | 71 | 尾 |
| 5 | | | 16 | | 84 | 79 | 23 | 92 | 15 | 15 | 96 | 中 |
| | | | 13 | 27 | 60 | 13 | 25 | 80 | 17 | 18 | 95 | 谷 |
| | | | | 5 | 95 | 95 | 29 | 133 | 10 | 10 | 106 | 谷 |
| | | 6 | 31 | 13 | 50 | 50 | 18 | 96 | 20 | 25 | 80 | 中 |
| | 5 | | 11 | | 84 | 84 | 20 | 82 | 17 | 16 | 92 | 谷 |
| | 11 | | 11 | | 78 | 89 | 24 | 85 | 20 | 20 | 82 | 尾 |
| | 5 | 5 | | | 100 | 100 | 24 | 112 | 14 | 14 | 91 | 谷 |
| | | | 10 | | 81 | 86 | 29 | 134 | 10 | 10 | 109 | 谷 |
| | 9 | 5 | | 9 | 77 | 86 | 17 | 82 | 17 | 17 | 91 | 中 |
| | 17 | 8 | | | 75 | 92 | 24 | 94 | 16 | 17 | 93 | 谷 |
| 6 | | 6 | | | 94 | 50 | 17 | 87 | 18 | 18 | 88 | 谷 |
| | | 6 | 13 | 19 | 63 | 63 | 22 | 114 | 15 | 17 | 97 | 中 |
| | 4 | | 4 | 4 | 88 | 92 | 18 | 101 | 14 | 14 | 98 | 尾 |
| | 7 | 10 | 14 | 34 | 34 | 41 | 20 | 108 | 13 | 19 | 104 | 尾 |
| | 11 | | 5 | | 84 | 84 | 18 | 80 | 16 | 16 | 93 | 尾 |
| | | | | | 100 | 100 | 28 | 98 | 16 | 15 | 91 | 谷 |
| | | 7 | 7 | 27 | 60 | 53 | 30 | 111 | 12 | 12 | 108 | 谷 |
| | | | 29 | | 71 | 57 | 20 | 101 | 17 | 18 | 87 | 中 |
| | | | 13 | | 88 | 88 | 21 | 82 | 21 | 21 | 77 | 中 |
| | 20 | 10 | | | 70 | 80 | 22 | 111 | 16 | 19 | 87 | 谷 |
| | 15 | 8 | | | 77 | 92 | 18 | 81 | 19 | 20 | 81 | 谷 |
| | 9 | | | | 91 | 100 | 22 | 98 | 16 | 15 | 91 | 尾 |
| | 17 | | | | 83 | 100 | 20 | 76 | 17 | 18 | 86 | 谷 |
| | 6 | 6 | | | 88 | 94 | 19 | 78 | 15 | 15 | 93 | 中 |
| | | | 9 | | 91 | 91 | 23 | 94 | 16 | 15 | 93 | 中 |
| | 25 | 6 | | 6 | 63 | 81 | 28 | 105 | 11 | 12 | 109 | 谷 |
| | 13 | | | | 88 | 75 | 29 | 119 | 12 | 13 | 102 | 谷 |
| - | 6 | 4 | 7 | 5 | 78 | 79 | 22 | 97 | 16.4 | 17.0 | 91 | |

判定が可能とされている。したがって林齢が20～30年生にも達した林分では，上層樹高はすでにその林地の自然的な生産力をおおむね表現していると考えられ，当該林分の上層平均樹高の値と林齢が適正に把握できれば，各地で調製されている「樹高生長曲線図」を用いて，その林地の地位の査定あるいは将来の樹高生長予測が可能である。

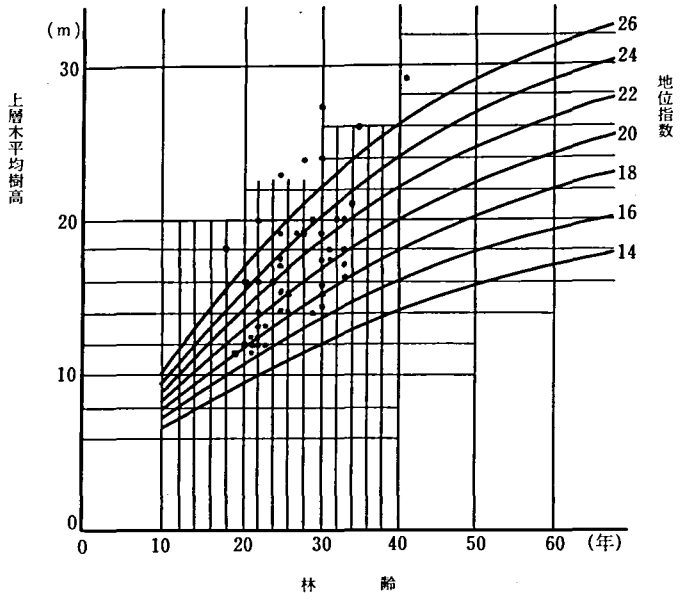
樹高生長曲線図（長野営林局）[38]はまた，「樹高曲線図」（長野県林務部）[30]，あるいは「地位指数曲線図」（本学森林経理学研究室）[39]とも呼称され，各地でそれぞれの樹種について調製されているが，長野県下で上記3者がカラマツ林に適用している樹高生長曲線の性向はほぼ近似しているので，ここでは本学調製の「東信地方カラマツ林地位指数曲線図」図－6を用いた。

**表－14**　齢級別調査プロット数

| 齢級別 | IV | V | VI | VII | VIII | IX | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| プロット数 | 5 | 17 | 14 | 9 | — | 1 | 46 |

**表－15**　ha当り生立本数別プロット数

| 本数区分（本／ha） | 500～ | 1000～ | 1500～ | 2000～ | 2500～ | 3000～ | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| プロット数 | 5 | 10 | 17 | 7 | 4 | 3 | 46 |
| （%） | 11 | 22 | 37 | 15 | 9 | 6 | 100 |




図－6　カラマツ林地位指数曲線図

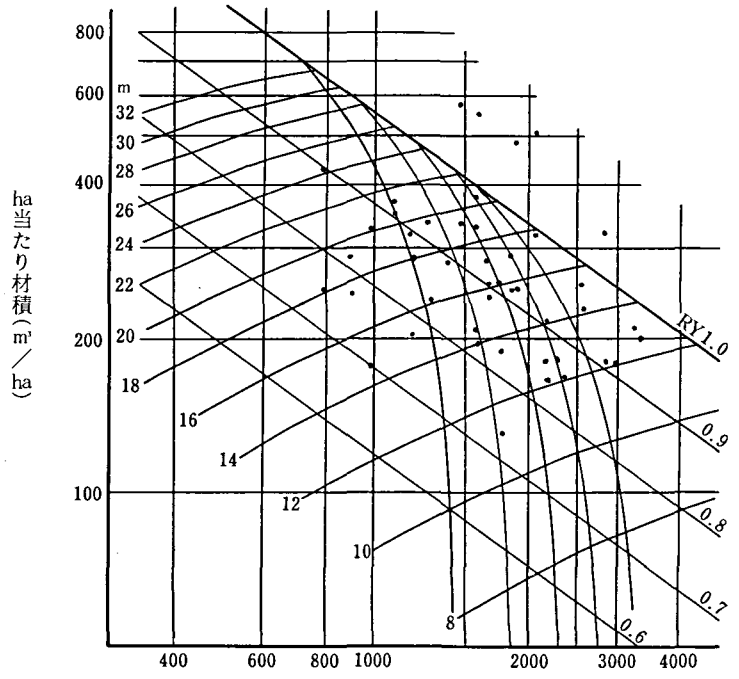
プロット調査で得られた林齢と上層平均樹高の関係を同図上におとし，評定された個々の地位指数を表—13に転記した。各林齢階を通じて樹高のバラツキは5～10mにもおよび林分間に大巾な地位の格差が認められたが，地位指数別のプロット数を再掲すると表—16のとおりで，従来の収穫表などで地位区分（上・中・下あるいはⅠ～Ⅴ等など）中位以上にランクされる地位指数18以上のプロットが大部分を占め，しかもその半数近くは地位指数22以上の

**表—16**　地位並びに地位指数別プロット数

| 地位区分 | V | IV | | | III | | | II | | | I | | | | | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 地位指数区分 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | |
| プロット数 | 0 | 2 | 10 | 5 | 7 | 1 | 4 | 4 | 3 | 2 | 0 | 0 | 3 | 4 | 1 | 46 |
| （%） | (0) | (37) | | | (26) | | | (20) | | | (17) | | | | | (100) |

**表—17**　地形別・地位指数別プロット数

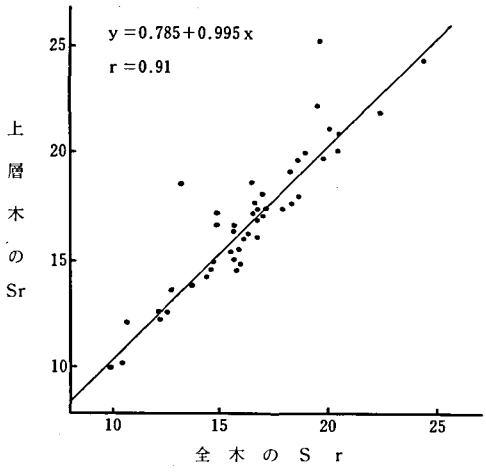
| 地位指数 / 地形 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 計 | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 山脚部 | 1 | 1 | | 3 | | 1 | | 2 | 1 | | | 3 | 4 | 1 | 17 | |
| 中腹 | 1 | 4 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | 16 | 46 |
| 尾根筋 | | 5 | 2 | 1 | | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 13 | |




**図—7**　本州地域カラマツ林分密度管理図

地位上位級に相当し，また地位指数26を超える超上位級のプロットも8点（17%）を数え，当地区のカラマツ林は全体として優れた生長環境下にあると評価される。

なお地形区分による地位指数別のプロット数は表—17のとおりで，風衝地形の少ない地域であることもあって，尾根筋と山腹斜面との生産力にはあまり明らかな差異は認められないが，山脚部のカラマツ林はいずれの沢筋においても優れた生育がみられ，上記した8点はすべて山脚部での資料であった。




図—8　調査プロット毎の全木のSrと上層木のSrとの相関

カラマツはスギやヒノキと異なって柱材仕向けが不適当であるうえ，当初期待された中・小径材の販路も閉されてきているので，主伐目標としてはできるだけ長大材の生産が望ましいが，あまり地位が劣る場合にはその実現も容易でない。幸い当地区は地位の優れた林分に恵まれていると判定されたこともあって，間伐の実行に際しては省力的でより上位の収穫目標が実現しうるような施業の適用が望まれる。

3）林分密度の実態

林分密度の表示は一般に収量比数（RY），相対幹距比（Sr），林分形状比（Fr）によることが多い。

RY法は適用する林分密度管理図によってやや値が異なるが，ここでは最近調製された「本州地域カラマツ林分密度管理図[40]」を採択し，図上に調査プロットごとの上層樹高とha当り本数に応じた交点を求めそれぞれのRY値とした（図—7）。なお最多密度線（RY＝1.0）を超えるプロットが5点を数えた。

Sr法は英国ではじまりわが国では一般化していないが，樹種や林齢・地位に関係なく，また基準とする図表などを必要とせず，ほぼ絶対的な林分疎密度が簡単な計算で求められるなどの利点があって，長野営林局でひろく採用されている[38)41)]。計算式は $Sr=\sqrt{\frac{F}{N}}/H\times 100$（F；単位面積，N；単位面積当り本数，H；樹高，NとHは図—8にみられるように，全林本数：全林平均樹高あるいは上層木本数：上層木平均樹高いずれによっても大差はない。

表—18　林分密度区分別プロット数

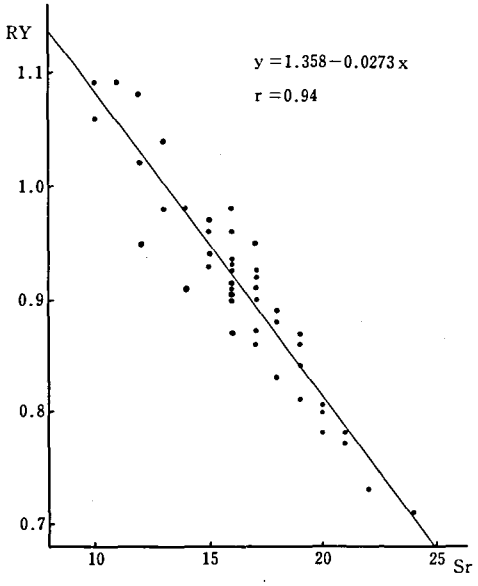
| 区分＼密度 | 低密 | 中密 | 高密 | 過密 | 超過密 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sr | ～ 22 | ～ 19 | ～ 17 | ～ 16 | ～ | |
| RY | ～ 75 | ～ 82 | ～ 88 | ～ 91 | ～ | |
| Fr | ～ 76 | ～ 82 | ～ 87 | ～ 97 | ～ | |
| プロット数 | 2 | 9 | 7 | 9 | 22 | 46 |
| （%） | （4） | （13） | （15） | （20） | （48） | （100） |

ここでは前者によった）により，現地で容易に求められる。

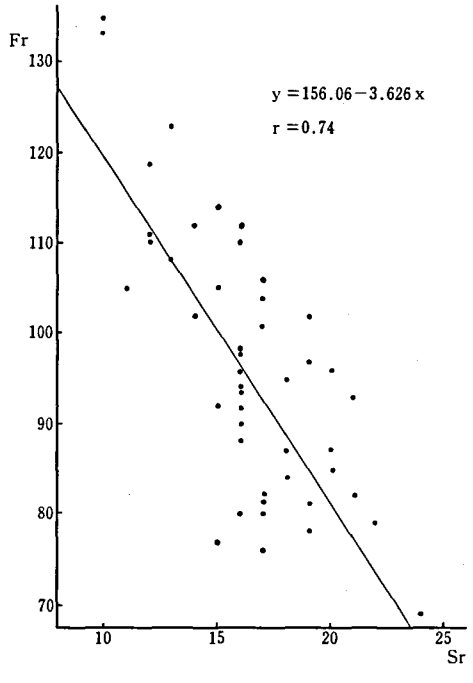
Fr法は計算式　Fr=h/d（d；林分平均直径，h；林分平均樹高，単位はともにcm）で求められる。

以上の3法によって得られたプロットごとの林分密度の値をそれぞれ表—13に付記した。これらの値を原田[41]がSr値にもとずいてランク付けした密度区分を用いて，RY値およびFr値を仕分けると表—18のとおりで，カラマツの一般材生産を図っていくうえで適当とされるSr19以上の管理密度と比較すると，80%あまりのプロットが高密化してきており，なおその過半数のプロットが超過密状態にランクされる。

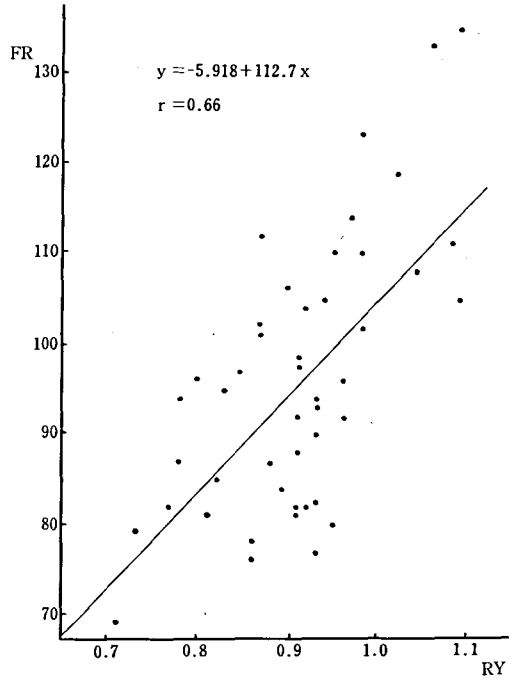
調査時の所見では調査対象以外のほとんどの林分はこれら過密林分に類しており，林地への立入りさえためらわれる除間伐不




図—9　相対幹距比（Sr）と収量比数（RY）との相関




図—10　相対幹距比（Sr）と林分形状比（Fr）との相関




図—11　収量比数（RY）と林分形状比（Fr）との相関

徹底な林分が累積してきている。また数ヶ所で見られた風雪による倒伏林分では跡処理もないまま放置されており，地区全域にわたって当面の施業についてはほとんど無方針のまま放棄されている状況が顕在化してきている。

一方最近の間伐対策事業跡地も散見されたが，いずれも切捨てられているうえ間伐の度合が弱度に過ぎ，せっかくの施業が体系的にとらえられておらず，今後の技術的対応を地域ぐるみで早急に検討する必要性が痛感された。ただ1ヶ所，プロットNo.19が所属する部落有林は，表—13にみられるように最近かなり思いきった間伐が実施された跡地で，残存林木の形質も優れており，当地区における貴重な指標林である。

なお今回の調査資料による上記3様の林分密度相互間の相関は図—9・10・11のとおりで，Fr法は林分の取り扱いによって変動する直径の値が関係するため，RY法やSr法による値との相関がやや劣るが，RY法とSr法両者の間にはきわめて高い相関が示され，またいくつかのプロットを抽出して間伐モデルによって検定した結果では，間伐の前後においても両者の間ではほとんど元の相関々係が成立することも確かめられた。したがって間伐の設計などに際して林分密度を吟味する場合には，3様の密度表現法のうちRY法あるいはSr法のいずれかを採択することがより妥当と判断し，ここでは後述の間伐法の検討に際しては，取り扱いがより簡便なSr法を採用した。

4)　林木の形質についての検討

カラマツの樹幹は一般に通直性が高いといわれ，間伐に際しては樹幹の形質に関心が払われ，また間伐材の品質についても直材の価値が高く評価されるが，間伐の実行現場では曲り木や曲り材の存在に悩まされることが多い。これらの実態を知る目的で各プロットの毎木調査に際して全木の樹型級区分を行ない，その成果を表—13にとりまとめた。

樹型級区分の基準はおおむね寺崎式分類法[42]によったが，次のように樹幹の曲りに留意して，2級木のcを欠き，2級木のdおよび3級木にそれぞれd′および3′を付け加えて一部を変更した。

樹型級区分の基準

優勢木（上層木）上層林冠を組成するもの

1級木　樹幹および樹冠の形態にいちじるしい欠点がないもの

2級木　樹幹あるいは樹冠の形態に何らかの欠点が認められるもの

a　樹冠の発達がいちじるしく隣接木の生育を妨げ，樹幹も太いもの

b　樹冠の発達が貧弱で，樹幹も細いもの

d　樹幹の曲りがやや目立つもの

d′　樹幹の曲りがいちじるしいか分岐しているもの

e　被害木・病木

劣勢木（下層木）下層林冠を組成するもの

3級木　樹冠は下層にあるが上方が開放していて生長の余地があるもの

3′　3級木のうち樹幹の曲りが目立つもの

4級木　樹冠の上方が閉されていて生長の余地がないもの

5級木　ひん死木・倒損木

表—13に示した樹型級区分の実態によると，当地区のカラマツ林については次のようない

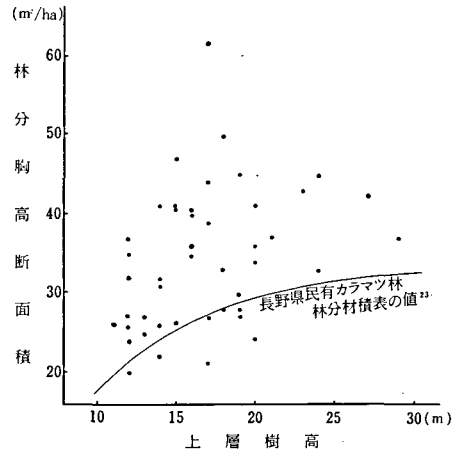
くつかの特性が指摘される。

ア）各プロットの全木および上層木それぞれについて求めたSrの値は表示のとおりで，この両者の関係は図－8に示すようにきわめて相関が高く，したがって全生立木の場合と同様に上層林冠を形成する優勢木相互の競合もいちじるしい林分が多い（上層木のみに限ってもSr19未満のプロット数が76%におよぶ）。

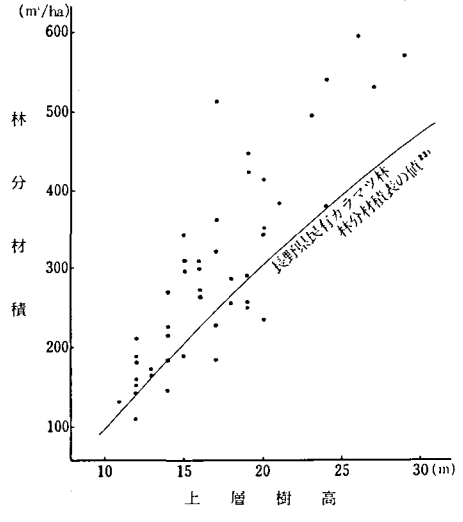
イ）上層木本数の全生立本数に対する比率は，その値が60%に満たない2・3の例外的なプロットをふくめても78%と高く，上層木が80～100を占めるプロット数が過半におよび，全般に高密林分が多いことと考えあわせると，カラマツ林は高密化しても共存性が高く，このまま放置すると上木群が共倒れをひきおこす危険性が大きい。

ウ）樹型級区分の内訳によると，表－13にみられるように全プロットを通じて1級木にランクされる立木の比率が最も高く，全調査本数の46%を占め（1級木が生立本数の50%を超えるプロット数が半数近い），これに樹幹の通直性が優れる2級木のa・b・dをあわせると70%を超え，なお3級木を加えると全体の80%にもおよび，カラマツ林はやはり通直性が評価される樹種といえる。

以上のようなカラマツ林の実態によると，高密林分での間伐に際しては，林分の高密化にほとんど関与していない下層劣勢木の処理だけでは密度調整の効果が劣ることは明らかで，上木群の取り扱いについて改めて留意していく必要がある。高密な林分が多いうえ，通直性に優れた立木比率も高いという条件のもとでは，上木群にかなり強度な間伐を適用しても残存立木の形質がいちじるしく低下するおそれは少なく，間伐材の収穫が伴う場合には収穫量やその品等の向上に資する効果も期待される。したがって高密林分への対応を考え，後述するいくつかの間伐方式の採用にあたっては，当該林分の樹高生長予測や現生立本数と伐期仕




図－12　プロット調査による上層樹高対林分胸高断面積の分布




図－13　プロット調査による上層樹高対林分材積の分布

立て本数との関連などに留意することは当然であるが，あわせて事前における樹型級の実態についても本事例のような概略調査によって理解しておく必要がある。

5）林分材積および胸高断面積について

調査プロットごとの上層樹高に対する林分胸高断面積および林分材積（ともに1 ha当り換算）の分布は図—12・13のとおりで，両者の相関はかなり高い（r＝0.84）こともあってほぼ同じような傾向を示している。それぞれの図に併記した長野県民有カラマツ林林分材積表の値（Sr＝19）と比べて高い値を示すプロット数は80%あまりにおよび，なかにはこの基準値の1.5倍を上回るプロットもいくつかあって，明らかに一般管理された林分と比べて密度の高い林分がいちじるしく多いことを示している。

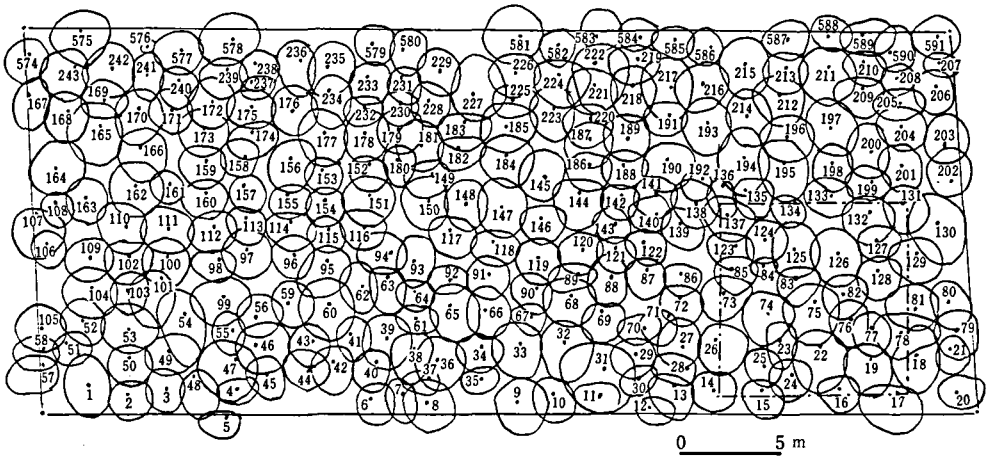
これらの過剰な蓄積や断面積は，適正な林分密度管理あるいは大径材の育成を指向する視点にたつと，明らかにぜい肉部分と位置づけられ，林分の地位がいちじるしく劣るか，格別ひくい伐期を採用して，伐期材積の多量化のみを目的とする場合を除いて，この過剰蓄積の排除（間伐）が実現されない限り，上記のような目標への接近を図ることは全く不可能とみなされる。

幸い手良地区のカラマツ林は全般に地位の優れた若い林分が多いため，やや手おくれ気味ではあるが，できるだけ早い時期に間伐の実行がともなえば，健全で優れた資質の林分造成は十分に期待できると考えられる。

具体的な間伐の手法については後章にゆずるが，蓄積量の現状によると，材積率で40%にもおよぶ間伐率を適用せざるを得ない高密林がカラマツ林面積の過半にもおよぶと判断される。

## 第2節　高密カラマツ林の林分構成

対象林分は前節のプロットNo.12が所属するカラマツ林で，本学手良沢山演習林3林班り小班5.40haのほぼ中央にあり，高密カラマツ林を対象にした各種間伐試験林の一部で，ほとんど無間伐のまま維持されてきた典型的な高密林分の実態例である。その林分構成は既報




図—14　立木位置並びに樹冠投影図（—・—・—内　標準区）

表—19　毎木調査野帳　（No.：立木ナンバー，D：胸高直径(cm)，s.c.：樹型級）

| No. | D | s.c. | No. | D | s.c. | No. | D | s.c. | No. | D | s.c. | No. | D | s.c. | No. | D | s.c. | No. | D | s.c. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 18 | a | 41 | 10 | 4 | 81 | 12 | d | 121 | 10 | b | 161 | 8 | 4 | 201 | 12 | 1 | 241 | 10 | 3 |
| 2 | 12 | 3 | 42 | 12 | 1 | 82 | 12 | d′ | 22 | 14 | 1 | 62 | 14 | d | 02 | 12 | d | 42 | 16 | 1 |
| 3 | 14 | 1 | 43 | 12 | d | 83 | 12 | d | 23 | 14 | d′ | 63 | 12 | 3 | 03 | 10 | 3 | 43 | 16 | 1 |
| 4 | 8 | 4 | 44 | 10 | b | 84 | 12 | b | 24 | 10 | 3′ | 64 | 14 | 1 | 04 | 14 | d | 574 | 10 | 3′ |
| 5 | 12 | 3′ | 45 | 10 | 3 | 85 | 14 | 1 | 25 | 14 | d | 65 | 18 | a | 05 | 12 | 1 | 75 | 18 | a |
| 6 | 10 | 4 | 46 | 18 | a | 86 | 12 | b | 26 | 16 | 1 | 66 | 14 | 1 | 06 | 10 | d′ | 76 | 6 | 5 |
| 7 | 10 | 4 | 47 | 12 | b | 87 | 14 | 1 | 27 | 8 | 4 | 67 | 12 | 3′ | 07 | 6 | 4 | 77 | 10 | 3′ |
| 8 | 18 | a | 48 | 14 | d′ | 88 | 14 | d | 28 | 12 | b | 68 | 14 | 1 | 08 | 8 | 4 | 78 | 16 | 1 |
| 9 | 16 | d | 49 | 14 | 1 | 89 | 12 | b | 29 | 10 | 3 | 69 | 12 | 3′ | 09 | 14 | 1 | 79 | 12 | d |
| 10 | 10 | 4 | 50 | 12 | 3′ | 90 | 10 | b | 30 | 16 | 1 | 70 | 12 | 1 | 10 | 12 | 3 | 80 | 10 | 3 |
| 11 | 12 | 3 | 51 | 10 | 3′ | 91 | 14 | 1 | 31 | 10 | b | 71 | 10 | 3 | 11 | 16 | 1 | 81 | 10 | 3 |
| 12 | 12 | b | 52 | 14 | d | 92 | 10 | 3 | 32 | 14 | 1 | 72 | 12 | b | 12 | 12 | 1 | 82 | 6 | 5 |
| 13 | 12 | d | 53 | 12 | d | 93 | 14 | 1 | 33 | 10 | 3 | 73 | 14 | 1 | 13 | 12 | 1 | 83 | 10 | 3 |
| 14 | 16 | 1 | 54 | 16 | d | 94 | 10 | 3 | 34 | 14 | d | 74 | 12 | 3 | 14 | 12 | 3′ | 84 | 8 | 4 |
| 15 | 12 | b | 55 | 12 | 3′ | 95 | 14 | d′ | 35 | 10 | b | 75 | 16 | 1 | 15 | 16 | 1 | 85 | 10 | 3 |
| 16 | 12 | 3′ | 56 | 12 | 3 | 96 | 18 | 5 | 36 | 16 | d | 76 | 12 | b | 16 | 12 | 1 | 86 | 8 | 3 |
| 17 | 18 | d | 57 | 18 | d | 97 | 14 | 1 | 37 | 10 | b | 77 | 12 | b | 17 | 14 | 1 | 87 | 14 | 1 |
| 18 | 16 | d | 58 | 14 | d | 98 | 10 | 3 | 38 | 10 | 4 | 78 | 12 | b | 18 | 10 | 3′ | 88 | 10 | 3 |
| 19 | 14 | 1 | 59 | 8 | 3 | 99 | 14 | 1 | 39 | 14 | 1 | 79 | 12 | b | 19 | 14 | d | 89 | 12 | d |
| 20 | 12 | 3′ | 60 | 14 | d | 100 | 12 | 3 | 40 | 10 | b | 80 | 10 | b | 20 | 10 | b | 90 | 8 | 3 |
| 21 | 10 | 3 | 61 | 8 | 4 | 01 | 14 | 3′ | 41 | 12 | b | 81 | 14 | 1 | 21 | 14 | 1 | 91 | 14 | 1 |
| 22 | 20 | d | 62 | 10 | 3′ | 02 | 14 | 1 | 42 | 10 | b | 82 | 12 | 3′ | 22 | 16 | 1 | | | |
| 23 | 10 | 3′ | 63 | 12 | 3′ | 03 | 10 | 3 | 43 | 10 | 3 | 83 | 14 | d | 23 | 10 | b | 261本 | | |
| 24 | 12 | d | 64 | 8 | 3′ | 04 | 18 | a | 44 | 12 | 1 | 84 | 16 | 1 | 24 | 10 | 3′ | | | |
| 25 | 12 | 1 | 65 | 16 | 1 | 05 | 12 | d | 45 | 8 | 3 | 85 | 16 | 1 | 25 | 6 | 5 | | | |
| 26 | 14 | d | 66 | 14 | 1 | 06 | 8 | 4 | 46 | 8 | 3 | 86 | 12 | 1 | 26 | 16 | 1 | | | |
| 27 | 14 | d | 67 | 10 | 3 | 07 | 20 | b | 47 | 12 | 1 | 87 | 14 | 1 | 27 | 14 | 1 | | | |
| 28 | 8 | 4 | 68 | 14 | d | 08 | 8 | 4 | 48 | 18 | 1 | 88 | 12 | 1 | 28 | 10 | b | | | |
| 29 | 10 | 3 | 69 | 10 | 3′ | 09 | 10 | 3 | 49 | 10 | 3′ | 89 | 12 | 1 | 29 | 12 | d′ | | | |
| 30 | 8 | 4 | 70 | 10 | 4 | 10 | 18 | 1 | 50 | 16 | d | 90 | 14 | d | 30 | 10 | b | | | |
| 31 | 18 | a | 71 | 10 | 3′ | 11 | 14 | 1 | 51 | 16 | 1 | 91 | 10 | 3′ | 31 | 8 | 4 | | | |
| 32 | 14 | 1 | 72 | 10 | 3 | 12 | 12 | b | 52 | 10 | 4 | 92 | 10 | 3′ | 32 | 10 | 3 | | | |
| 33 | 16 | 1 | 73 | 16 | 1 | 13 | 10 | 4 | 53 | 12 | b | 93 | 14 | 1 | 33 | 14 | 1 | | | |
| 34 | 10 | 3′ | 74 | 14 | 1 | 14 | 12 | b | 54 | 12 | 1 | 94 | 12 | 3 | 34 | 12 | 3′ | | | |
| 35 | 8 | 4 | 75 | 18 | 3′ | 15 | 12 | 1 | 55 | 10 | 4 | 95 | 16 | d | 35 | 18 | 1 | | | |
| 36 | 12 | b | 76 | 10 | 3 | 16 | 10 | 4 | 56 | 18 | a | 96 | 10 | 3 | 36 | 12 | b | | | |
| 37 | 8 | 5 | 77 | 10 | b | 17 | 10 | 3′ | 57 | 14 | d | 97 | 12 | d′ | 37 | 10 | 3 | | | |
| 38 | 14 | 1 | 78 | 14 | d | 18 | 12 | b | 58 | 10 | 4 | 98 | 10 | b | 38 | 12 | 3′ | | | |
| 39 | 12 | d | 79 | 10 | b | 19 | 12 | 1 | 59 | 16 | 1 | 99 | 14 | 1 | 39 | 14 | 1 | | | |
| 40 | 10 | 3′ | 80 | 10 | b | 20 | 14 | 1 | 60 | 14 | 3′ | 200 | 14 | 1 | 40 | 12 | b | | | |

の通りであるが[35)36)]，後述する間伐モデル林としても利用したので，その概要を提示する。

## 1 林分の概要

本林分の生育環境条件は前節の調査対象地とほぼ同じで，標高1,150m，南西に面した35°前後の山腹斜面に設けた0.1ha（50m×20m）の固定プロットである。昭和39年に植えられたカラマツ一斉林の一部で，過去2回の除伐が行われたが，生立する造林木にはおよんでいないため，林内にはコナラ，ヤマグワ，ダンコウバイなどの下木が散生するのみで，結果として高密なカラマツの純林が成立してきている。

## 2 調査の方法

1） 立木位置図および樹冠投影図の作成

全立木にナンバーテープを付した後，プロット内を5mメッシュに区切って立木位置図を作成し，単木ごとに傾斜の上下および左右4方向の樹冠巾を測定し樹冠投影図を画いた（図—14)。

2） 毎木調査

全立木について胸高直径並びに前節3項の4）と同様な樹型級区分を調査した（表—19)。

3） 樹高並びに枝下高の測定

プロット内に10m×10mの標準区を設け，全立木26本について樹高並びに樹幹の谷および山側2側面の生枝下高を測高ポールを用いて測定した。

4） 樹幹解析

プロット内の間伐対象木から，大（No.126，胸高直径d＝15.8cm)，中（No.85，d＝13.1cm)，小（No.21，d＝10.5cm）3本の標本木を選び，常法による樹幹解析並びに樹冠層1m毎の層別枝張長を測定した。

## 3 結果と考察

1） 林齢

植栽年度および樹幹解析により昭和58年秋の調査時の林齢を22年生として計数処理した。当面の間伐対象林分の中心的な林齢に相当し，高密化してきているカラマツ林の施業体系を考えていくうえで，最も関心が持たれる齢級段階にある。

2） 立木配置および生立本数

表—20に示した毎木集計表のように，現生立本数は2,600本/ha前後で，図—14の立木位置図にみられるように植列はほぼ明瞭で，かなり均一な立木配置の林分である。調査の過程で認められた枯損木30本と，植列の間に介在する樹間空間25ヶ所から算定すると，このプロット周辺の当初1 ha当りの植栽本数は3,100本程度と推定された。過去生立本数の人為淘汰がほとんど行われなかった経緯によるとこの間の本数逓減はおおむね自然枯損によると考えられる。したがって植栽後20年間の年平均枯損率Pは$3,100 \cdot 1.0P^{20}=2,600$より−0.88%程度であり，図—7の密度管理図上に画かれている自然枯死線と比べてやや緩やかな性向をたどっている。しかし現生立本数の10〜15%におよぶ4・5級木の存在や，本調査後1年間の自然枯損率が2%あまりであったこと，あるいは現調査中の樹高10m前後の高密林分で自然枯損がみられないことなどを勘案すると，植栽本数3,000本/ha前後のカラマツ一斉林では，上層樹高が10〜12mを超える頃からの枯損低減が急増してきていると考えられ，この時期の初回間伐が特に重要と思われる。

表—20　毎木調査集計表　(0.1ha)

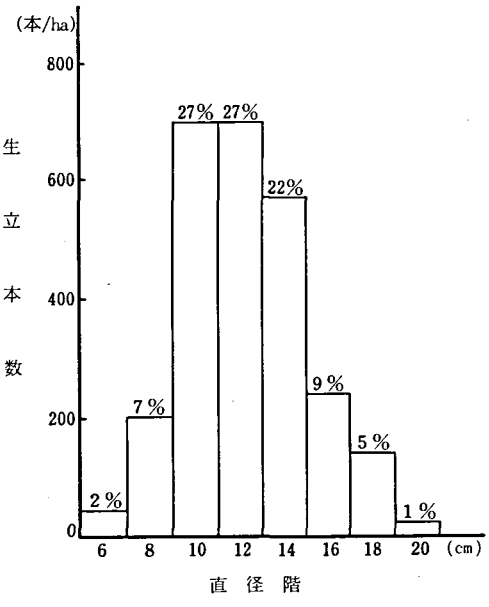
| 直径階 | 樹高 | 本数 | 胸高断面積 | 材積 |
|---|---|---|---|---|
| cm | m | 本 | m² | m³ |
| 6 | 9 | 4 | 0.011 | 0.06 |
| 8 | 11 | 20 | 0.101 | 0.62 |
| 10 | 12 | 70 | 0.550 | 3.57 |
| 12 | 13.5 | 70 | 0.792 | 5.67 |
| 14 | 14 | 57 | 0.877 | 6.50 |
| 16 | 15 | 24 | 0.483 | 3.60 |
| 18 | 15.5 | 14 | 0.356 | 2.59 |
| 20 | 16 | 2 | 0.063 | 0.48 |
| 計 | | 261 | 3.233 | 23.09 |
| ha当り | | 2,610 | 32 | 231 |

| | |
|---|---|
| 平均直径 | 12.5 cm |
| 平均樹高 | 13.2 cm（上層木14.1m） |
| 林分形状比 | 10.5 |
| 収量比数 | 0.92 |
| 相対幹距比 | 14.9 |

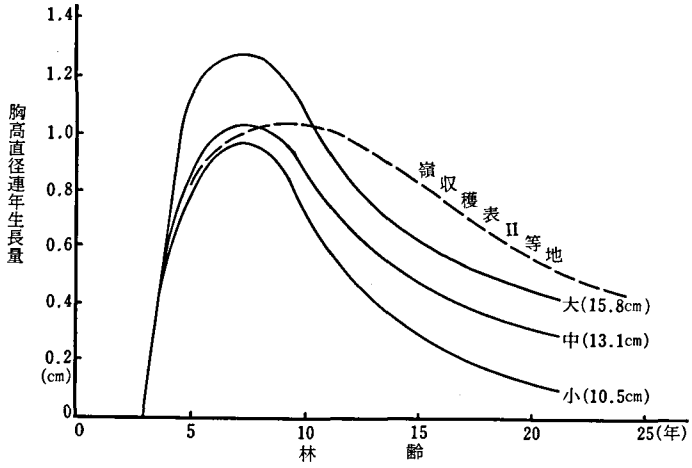
3)　直径階の分布と直径生長

図—15にみられるように直径階分布は6～20cmにわたるが，いちじるしい中高の正規分布型を示し，頻度の高い10～14cm階に属する立木が75%あまり，8～16cmでは90%を超えていて，ほかの造林樹種と比べて直径の分布範囲がせまい〝共存型〟の生育経過をたどる性向が示されている。本林分の谷筋には昭和57年夏の台風10号の影響による共倒れ現象が発生してきており（上層樹高が2～3m高い），このまま放置すると下枝の枯上りが一層進んで風雪害を受けやすい不健全な林に移行する限界と思われる。

一方樹幹解析による胸高断面で測定した直径連年生長の経過は図—16のとおりで，直径階の大小を問わず10年生頃からの生長量がいちじるしく低下する経過が認められ，同図に併記したゆるやかな低下傾向をたどる密度管理のゆきとどいた林分との生長格差は明らかである。しかし生立本数の2/3を占める上層木はなお共存的な生育を続けており，このまま放置するとかんまんで年輪密度の高い立木主体の高密林と化し，風雪などの外圧に対する抵抗力の減退が予




図—15　直径階別生立本数および相対頻度




図—16　標本木胸高直径連年生長曲線

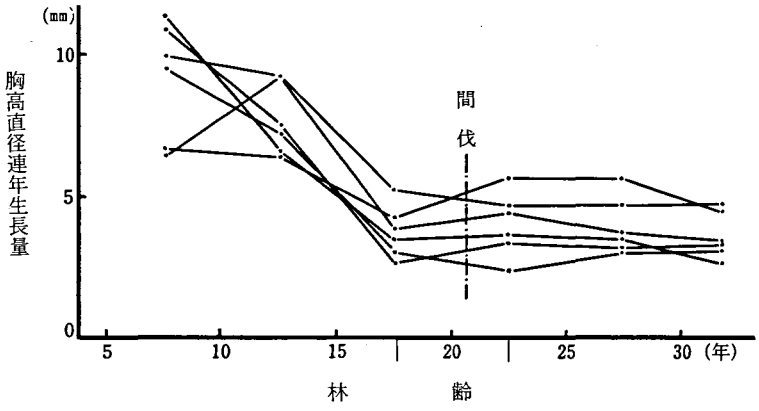
測される。したがってこのような高密林分での密度管理にあたっては，10～15%を占めるにすぎない劣勢な小径木よりも，直径生長の衰えがより少ない中以上の径級をもつ上層木相互の競争緩和が図られるような間伐方式の採択が望まれ，少なくとも残存木の直径生長量を現状程度（3～4 mm/年）で持続させる必要がある。

4)　樹高の分布とその取り扱い

プロット内に設けた標準区の全木から求めた直径階別平均樹高は表—20に併記したとおりで，全林の樹高分布の巾は9～16mにわたるが，その80%あまりは12～15mの範囲にあって，直径階の分布と同じようによくそろった感じの外観を呈している。本林分の22年生時における平均樹高は全林および上層木でそれぞれ13.15mおよび14.10mで，この上層樹高の生長経過を地位指数曲線図（図—6）にあてはめると地位指数は21前後であり，当地方カラマツ林の中位をやや上まわる程度と判定され，この林分が将来40年，50年あるいは60年に達したときの上層樹高は，それぞれ21m，23.5m，25mと推定され，樹高生長がこの林分程度以上の林分では，密度調整のあり方によってかなり大径材の生産に仕向けることも可能であろう。

表—21　高密林分での間伐による林分諸量の変化予測　（地位指数21）

| 林齢 | 間伐率 | 間伐前後 | 平均樹高 | 平均直径 | 生立本数 | 相対幹距比 | 立木材積 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | cm | 本/ha | | ㎥/ha |
| 年 | % | | | | | | |
| 22 | 40 | 前 | 13.2 | 12.5 | 2,600 | 14.1 | 220 |
| | | 後 | 13.8 | 14.2 | 1,560 | 18.3 | |
| 28 | 40 | 前 | 16.0 | 16.0 | 1,500 | 16.1 | 250 |
| | | 後 | 16.4 | 19.0 | 900 | 20.3 | |
| 34 | 30 | 前 | 18.0 | 20.7 | 900 | 18.5 | 260 |
| | | 後 | 18.3 | 22.2 | 650 | 21.4 | |
| 47 | 20 | 前 | 22.0 | 24.5 | 650 | 17.8 | 340 |
| | | 後 | 22.2 | 26.2 | 520 | 19.8 | |
| 60 | | （主伐） | 24.0 | 29.0 | 520 | 18.3 | 390 |




図—17　晴ヶ峰カラマツ林の間伐前後の直径連年生長曲線

5)　林分密度の吟味

当面カラマツ林の管理体系を検討していくうえでは，当該林分の現況を知る必要があり，その結果として期待する管理密度との対比によって現実林分の疎密度が吟味され，必要な施業を適用しなければならない。密度管理の尺度は前節3—3）に述べたとおりで，ここではこれらの値によって調査林分の実態を要約しておく。

i）収量比数（RY）

本林分のRYは0.90～0.92程度であり，一般の適正管理密度と対比すると0.15～0.20ほどの密度調整を必要とする過密林分と判定される。

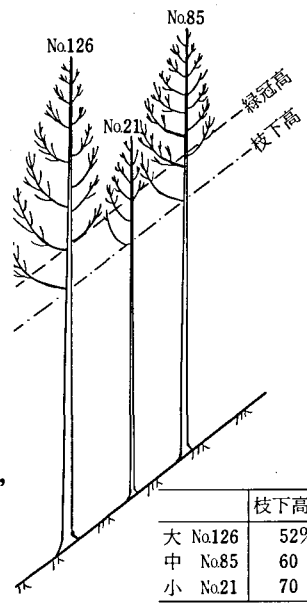
ii）相対幹距比（Sr）

本林分では$Sr=\sqrt{\frac{10000}{2600}}/13.15\times100=14.9$で，超過密林分にランクされる。いったんこのように過密化した林分では，表—21で予測したようにかなりしばしば強度な間伐を繰り返さなければSr値を是正することはむずかしく，特に地位の良好な林分ほど早期からの間伐が重要である。

iii）林分形状比（Fr）

林分形状比はFr=1315/12.49=105であり，大・中・小3本の標本木の単木形状比はそれぞれ105・112・110で，3者の間に大差はない。一般の間伐指針や収穫表などではFr=80程度を望ましいとしているが，これと比べて本林分では20～30も高く，林分の健全度はいちじるしく低下してきている。図—16，17に例示したように，いったん高密化してしまったカラマツ林の直径連年生長量は上層木でも3～4 mmに低下し，かなり強度な間伐を施してもその後の直径生長が現状程度以上に回復することは稀で，樹高生長の伸びを勘案すると形状比の是正もきわめてむずかしい。

iv）枝下高比




| | 枝下高率 | 緑冠高率 |
|---|---|---|
| 大 No.126 | 52% | 61% |
| 中 No.85 | 60 | 71 |
| 小 No.21 | 70 | 82 |

図—18　標本木の縦断模式図

表—22　直径階別・樹型級別生立本数　　（0.1ha）

| 直径階 | 樹型級 | | | | | | | | | （本） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | | | | 3 | 3′ | 4 | 5 | 計 |
| | | a | b | d | d′ | | | | | |
| cm | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | 1 | 3 | 4 |
| 8 | | | | | | 5 | 1 | 12 | 2 | 20 |
| 10 | | | 17 | | 1 | 25 | 16 | 11 | | 70 |
| 12 | 16 | | 20 | 11 | 3 | 8 | 12 | | | 70 |
| 14 | 36 | | | 16 | 3 | | 2 | | | 57 |
| 16 | 18 | | | 6 | | | | | | 24 |
| 18 | 3 | 8 | | 2 | | | 1 | | | 14 |
| 20 | | | | 2 | | | | | | 2 |
| 計 | 73 | 8 | 37 | 37 | 7 | 38 | 32 | 24 | 5 | 261 |
| % | 28 | 3 | 14 | 14 | 3 | 15 | 12 | 9 | 2 | 100 |

注）上層木 162本（62%）
　　下層木　99本（38%）

以上のような指標のほか，樹高と枝下高との比で表わされる枝下高比も林分管理上重要な指標のひとつである。標準区における詳細調査によると，枝下高は図—18の模式図のように樹幹の谷側と山側とでは直径や樹高の大きさと関係なく1.4mほどのちがいが認められ，特に山側の枝下高は林地の斜面と平行的な緑冠の底辺線とほぼ一致しており，傾斜地における枝下高として重視する必要があるように思われた。本林分は傾斜が大きいうえ林分密度も高いので，平均的な枝下高は谷側で60%，山側ではすでに70%を超えており，標準区の立木26本のうち40%あまりは山側の枝下高（緑冠高と仮称）が75%以上におよんでおり，上層林冠での競合の激しさが観察された。なお緑冠高がこの程度以上におよんだ林分では，間伐後の残存木の生長回復が容易でないことはしばしば経験してきたことである。

6）樹型級の実態

前節と同じ樹型級区分を適用した本林分の調査結果は表—22のとおりで，樹幹の通直性が優れる1級木および2級木のa，b，3級木をあわせると60%におよび，これに2級木のdの一部も加えると，本林分のようにつる類や雪圧などの弊害が少なかったカラマツ林では，やはり通直性が評価される樹種といえよう。主伐対象木が多くても400～500本/haで足りるカラマツ林においては，高密林の間伐に際しては，後述するようなかなり強度な間伐法をもっと積極的に採り入れても，良質な主伐対象木を確保していくことは十分可能と考えられる。

## 第3章　高密カラマツ林を対象とした林分密度管理のあり方

間伐の目的は古今東西を問わず「林地・林木の撫育のために行なう伐採[43]」とされてきたが，適度な間伐が実行されることを前提とすると格別林地の保全について考慮する必要は少ないため，改めて「合目的な林木を仕立てるための林分密度の調整手段」であると理解され，

間伐材の利活用がともなう場合には相当量の材積収穫も果される。間伐材の伐出手法や伐出収支については後章にゆずり，ここでは高密化したカラマツ林を対象とした林分密度管理のあり方を考察する。

## 第1節　カラマツ林一般の密度管理指針

カラマツは明治中期以降本格的な造林が始められ，スギやヒノキと比べて造林の歴史は浅いが，明治後期に浅間山麓一帯に展開してきた国有林特別経営時代のカラマツ林内に，わが国初の間伐試験地が設定されて間伐技術確立のための試験が開始され，その後の間伐論議の先鞭となってきた経緯がある[44)45)]。以降カラマツに関しても表—23にみられるように数多い各地方毎の林分収穫表が提出され，最近においても昭和56年に林野庁によってカラマツ林分密度管理図[40)]が改定されたのを機会に，改めて地方毎の人工林収穫予想表が再編され，適正な施業体系にもとずいた管理指針が提示されてきている。

そのひとつとして昭和58年に長野県林務部で調製された民有林のカラマツ施業体系を例示すると表—24[23)]のとおりで，中庸仕立の場合の指針表としているが，後掲の図—19に併記したように，一般の密度管理指針と比べやや疎な密度管理体系によっている。

また長野営林局では昭和52年に新しい間伐実施要領[46)]を制定し，独自の間伐指針を提示している。その骨子は，過去の主伐林分の多くが低密度に過ぎたことを指摘して，すぐれた人工林を育成するためには，林分の健全性をそこなわない範囲内で可能な限り高密度管理が有利であるとして，主伐期の密度をSr18～19となることを目標とし，間伐着手時の密度はSr19前後が妥当であろうとしている。参考までにSr19における樹高階別のha当り本数を長野県民有林の管理指針と対比すると図—19に付記したとおりで，低い樹高段階での生立本数が多く，したがって地位の劣る林分での主伐密度について特に留意し，このような林分での間

表—23　カラマツ林分収穫表

| 調製者 | 調製年度 | 適用地域 | 備考 | 調製者 | 調製年度 | 適用地域 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 年 | | | | 年 | | |
| 寺崎　渡 | 明.40 | 信州地方 | | 青森営林局 | 〃 | 津軽南部地方 | 国有林 |
| 猿谷　嘉吉 | 昭. 1 | 別子地方 | | 〃 | 〃 | 〃 北部地方 | 〃 |
| 杉浦　重昭 | 2 | 長野県諏訪郡地方 | | 〃 | 〃 | 下北地方 | 〃 |
| 斉藤　一通 | 12 | 〃 | | 〃 | 〃 | 上北地方 | 〃 |
| 中島・斉藤 | 5 | 北海道軽川地方 | | 〃 | 〃 | 岩手北部地方 | 〃 |
| 藤原　藤吉郎 | 17 | 北海道地方 | | 〃 | 〃 | 〃 中部地方 | 〃 |
| 吉成　秀夫 | 19 | 長野県地方 | 国有林 | 〃 | 〃 | 三陸地方 | 〃 |
| 嶺　一三 | 30 | 信州地方 | 〃 | 〃 | 〃 | 宮城南部地方 | 〃 |
| 松井　善喜 | 32 | 北海道地方 | | 岩手県林務部 | 〃 | 岩手県南部地方 | 民有林 |
| 信大経理研 | 42 | 長野県東信地方 | 民有林 | 〃 | 〃 | 北上川上流地方 | 〃 |
| 帯広営林局 | — | 道東地方 | 山岳林 | 〃 | 〃 | 〃 中流地方 | 〃 |
| 〃 | 42 | 〃 | 防風林 | 〃 | 〃 | 岩手北部地方 | 〃 |
| 北海道林務部 | 〃 | 北海道地方 | 民有林 | 〃 | 〃 | 下閉伊地方 | 〃 |

注）早尾丑麿：日本主要樹種収穫表　昭和.26　および各地の経営計画書による

表—24　カラマツ施業体系

| 区分 | | 間伐回数（主伐期） 1 | 2 | （主伐Ⅰ）3 | （主伐Ⅱ）4 | （主伐Ⅲ） | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 林齢（年） | 地位級 I | 11 | 16 | 24 | 39 | 58 | 1　建築用材を主な生産目標とした指針表である。<br>2　収量比数 Ry＝0.66を中心とした本数管理であって「中庸仕立」の指針表である。<br>3　大径材（胸高直径38cm、1番玉で心去角10.5cm×10.5cm 4本採材可能）の生産対象地は地位級 I～IIとする。<br>4　現在ある林をこの指針表に適用するには、林の上層樹高、林齢及びha当たり本数を求め、本表の樹高及び林齢に近以する欄の本数と比較し、同じであればそのまま適用し、多ければ間伐を40%以内で本表の数値に近づける。もし、本表の間伐前本数より少なく、間伐後本数より多い場合は、本表に従って間伐を進めて行く。 |
| | 地位級 II | 13 | 19 | 29 | 50 | 87 | |
| | 地位級 III | 15 | 23 | 37 | 76 | — | |
| | 地位級 IV | 19 | 31 | 53 | — | — | |
| 上層樹高（m） | | 10.0 | 14.0 | 19.0 | 26.0 | 31.5 | |
| 胸高直径（cm）前 | | 11.5 | 16.1 | 22.1 | 30.0 | 38.3 | |
| 本数（本／ha）前 | | 1,800 | 1,100 | 670 | 420 | 260 | |
| 間伐本数（本／ha） | | 700 | 430 | 250 | 160 | — | |
| 間伐率（%） | | 39 | 39 | 37 | 38 | — | |
| 形状比（%） | 前 | 87 | 87 | 86 | 87 | 82 | |
| | 後 | 77 | 76 | 76 | 76 | — | |
| 収量比数 | 前 | 0.68 | 0.71 | 0.73 | 0.76 | 0.72 | |
| | 後 | 0.53 | 0.56 | 0.58 | 0.61 | — | |
| 材の主要用途 | | 土木用材等 | 土木用材等 | 土木用材・建築用材 | 建築用材 | 内装材・建築用材 | |

伐度合が過度にわたらないように指示されている。

当面のカラマツ林に対する林分密度の管理体系を検討するうえでは，当該林分の現況を知る必要があり，その結果として期待する管理密度との対比によって林分の疎密度が吟味され，高密林分については〝過密〟あるいは〝間伐手おくれ〟などの判断がなされる。期待される管理密度の基準尺度としては，上記のような多くの林分収穫（予想）表をはじめ，林分密度管理図の収量比数（RY）によるもの，あるいは長野営林局で採用している相対幹距比（Sr）によるものなどきわめて多様である。

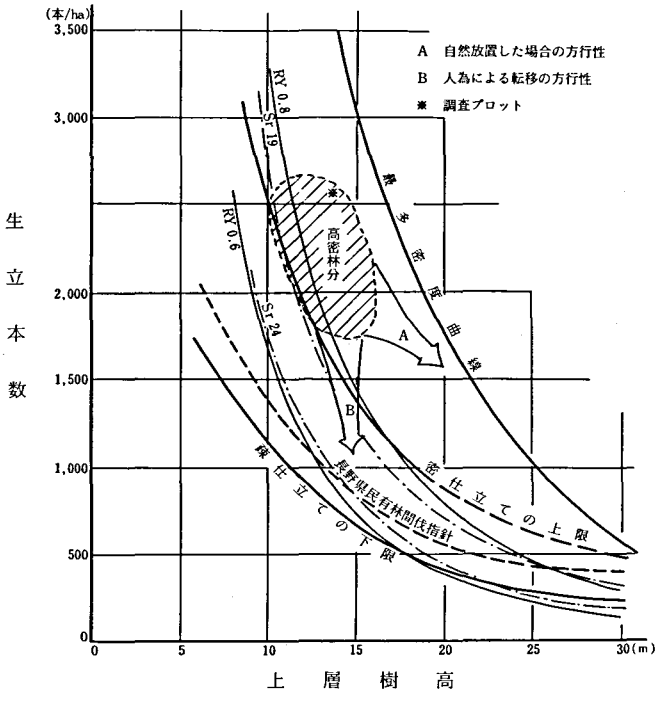
しかしこれら数多くの指標から読みとられる林分上層樹高に対する仕立本数の上下限を総合してみると，図—19に示すように密仕立の上限および疎仕立の下限にはカラマツの場合かなり明らかな限界の範囲があって，これらの限界を超えて管理密度が設定される事例はほとんど見当らない。

一方これらの林分密度管理の指標とは別に，カラマツ材の利活用を通じてカラマツ林の仕立目標には次のような時代的変遷がみられる。

その第1期はおおむね戦前期の人工林に適用されてきたもので，昨今樹齢50～60年以上に達している林分は稀にしか見かけないが，これらの林分での調査によると表—25に示した例のように，樹高が20mを超える林分ではha当りの立木本数が500本前後（Sr20ぐらい）以

下に管理されている場合が多い。また昭和42年に本学が収穫表調製にあたって調査した東信地方の民有カラマツ林では[39]，104プロットのうち戦前期に植えられた林分が70%あまりを占めたが，そのほとんどが1,000本/ha 以下であり，またその半数が600本/ha 以下に密度調整されており，戦後の拡大造林展開以前の民有林ではカラマツは一般に疎な密度で管理されてきたことが伺われる。これは東信地方が古くから高齢な天然カラマツ材の産地であり，材質の吟味は格別されなくても経験的に建築用材などに多用されてきたことから，高冷地でもよく生長するカラマツを長大材に仕立てることを当然と考えてきたためと考えられ，昭和31～32年頃調製された信州地方[29]や北海道[47]におけるカラマツ林分収穫表は，やや疎な密度管理による長大材生産が指向されていたと理解される。結果として表—24のような優良なカラマツ高齢林を見かけるわけであるが，現存のカラマツ林施業にあたってはこれら貴重な資料をも一度素直に見直してみる必要がある。

変遷の第2期は戦後初期の段階で，荒廃国土の緑化，木材資源の培養を旗印とした造林拡大期には，他の造林樹種に伍してカラマツも高冷地域での適用樹種として脚光を浴びるとともに，その初期生長の優れた点が評価され早成樹種としても期待され，その造林面積を拡大した。このように木材資源涸渇の風潮のなかにあった一時期，資源充足の要請や木材利用体系の科学的変換の可能性（原材料指向）などを背景に，密植造林や林分の高密度管理の有利性が推奨され，またわが国の高度経済成長期を通じて杭丸太や坑木，足場丸太，バタ角など，カラマツ小径材に対する旺盛な需要動向に支えられ，密仕立の風潮が流布された[48]。したがって比較的短伐期利用の可能性が高かったこともあって，低い齢級に偏ったカラマツ林での




図—19　樹高に対するカラマツ林の生立本数

将来の伐期の吟味や，いずれ問題視されるであろう建築用材としての検討も明らかにされないまま，齢級の進階が続けられてきた。

その第3期は，昭和40年代当初頃から今日におよび，高度成長期を通じて定着してきた外材支配体制下にあって，国産材資源問題の弛緩，原材料仕向けの低迷，高齢林資源の減少，工業製品や外材によるおびただしい代替財の進出などをはじめ，昭和50年前後以降わが国経済の減速あるいは低成長期にも遭遇し，住宅建築，公共事業等の停滞傾向によって木材需要や価格の低迷期を迎え，より低位な経済財の供給源として位置づけられてきたカラマツ林業は，先ずこれら事態の洗礼を受け，中・小径材や原材料仕向けへの用途がせばめられ，再び〝中・高伐期による大径材の保続生産〟という育林生産の基本に立ち戻らざるを得なくなってきている。

このようにカラマツ林の密度管理指針は，一時期短伐期中・小径材生産指向が介在したものの，その成果をみないまま再び元の長大材生産指向に立ち戻るといった経過をたどってきている。そして先にも述べたように，心持柱材仕向けが不適当であるうえ，その市場性が通直性と径級におかれているという前提では，カラマツ林の仕立目標は次節で述べるようにある程度単純化することが可能であり，したがって間伐による林分密度の調整もそれほど複雑な手法によらなくてもよいと考えている。

## 第2節　高密カラマツ林での密度管理のあり方

以上のようにカラマツ林の密度管理指針はそれほど複雑でないが，問題はこのような指針が示されていながらそれを実現するための除間伐の実行がいちじるしく停滞してきていることにあり，したがって当面の施業技術として提示しなければならないのは，高密化してきている林分での間伐のあり方であろう。

森林所有者個々の森林管理に対する考え方は多様で，現存の高密林分は意図的にそうしている場合もあろうが，大部分はある意図があってもそれが実現できなかったものや，なかには植栽後初期の手入れを施した程度でその後は無目標のまま放置してきた林分も多いように見受けられる。

一方林分ごとの仕立目標も，伐期材積の多量化に重きをおく場合と形質生産を重視する場合とでは，森林の取り扱いはいちじるしくちがってくる。前者では森林の諸被害に対する抵抗性があるレベル以上に維持される程度であることを前提とすると，できるだけ林分密度を高く保つことが得策とされ，また間伐材をすべて収穫した場合には主間伐材積の総量に大差のないことも確かめられてきている。形質生産を重視する場合も，柱材などの小径材生産と大径材生産の場合とではやはりその取り扱いはちがってくる。しかしカラマツの場合には前項で述べたように，形質的にはより大径材であることが重視されるため，通直性が高い樹種であるだけに対応はしやすく，また材積収穫については図—19に示した仕立密度の上下限の範囲内にあるような密度管理であれば，その高低のみによって収穫量の調整を図ることも可能である。

したがって高密カラマツ林の間伐にあたっては，間伐率の高低や間伐方法にあまりこだわらず，図—19に示した斜線部分にほぼ包含される現存の高密林分を〝2つの矢印で示した一方の自然放置した場合の方向性から，もう一方の人為手段による方向性にどのような手法を

もって転移させるか〃という具体的な課題への解が求められていると考えられ，特に初回間伐期においてもこのような意図を明らかにしていくことが重要である。

そして具体的な間伐計画の策定にあたっては，林分ごとに次の2つの事項については十分に理解しておく必要がある。

ア）　地位の吟味

先に述べたように，人工林における地位あるいは地位指数の査定はまだかなり不十分で，特に将来の生産目標を設定していくためには，個々の林分ごとあるいは同一林分内においても部分的に樹高生長の格差が目立つ場合にはその箇所ごとに，上層樹高と林齢の測定によって簡単に求められる地位（指数）の査定が必須と考えられる。

対象林分の地位の良否が判定されれば，伐期の延長にある限界を設定して考えるならば，相対的に地位のひくい林分では図—19に示した管理密度の範囲内で比較的密仕立な取り扱いによって主伐材積のより多量化を指向することが得策であろうし，一方地位がより良好な林分（40～50年生時の上層樹高が少なくとも20mを超える可能性のある林分で，地位指数18程度以上に相当する）では伐期の取り扱いを柔軟に考えて，比較的ひくい伐期を適用せざるを得ない場合には，中程度の密度管理によって間伐収穫とあわせて主伐材の多量化を指向するか，より低密度仕立による本格的な長大材生産を目標として，より強度な間伐法の適用や必要な伐期の延長を図るなど，さまざまに対応が考えられる。

カラマツ林業やカラマツ主伐材需給の将来を洞察すると，短伐期施業や中小径材仕向けに対する展望が否定的であるだけに，ある程度の伐期の延長あるいは長大材生産を指向せざるを得ないが，当面累積してきている高密林分には，考え方によっては林木の質量や生産材の材質コントロールが可能な要素もふくまれているので，地位に見合った間伐体系の設定が望まれ，特に地位の優れた林分の探索とその取り扱いに留意していきたい。

イ）　上層樹高を基準とした林分管理

相対的な林分密度は樹高の関数によってよく表現され，高密林分では樹高の優劣がいちじるしいので上層平均樹高を基準とするのが妥当であろう。

現存カラマツ林の植栽本数は2,500～3,000本/haが一般的で，平均的な植栽間隔は1.8～2.0mである。普通のカラマツ林では樹高が2mを超える頃から林木相互の下枝がふれあうようになり，4～5mでほぼうっ閉状態に入り下枝の枯上がりが始まる。以降造林木におよばないつる切・除伐などの手入れが施されていれば，樹高7～8mの段階までは林木相互の競合はあっても自然枯損が発生することは稀で，生立本数はほぼ元のままで推移する（上層樹高8m段階でのSr値は，3,000本/haで23，2,500本/haで25，若いカラマツ林での調査によると，2,500本/ha植えで12年生段階まで枯損は認められず，樹高8.66mでSrは23，平均枝下高2.36mであった）。

林分をこのまま放置すると，上層樹高が10m前後に達する頃から自然枯死が目立ちはじめ（樹高10mで2,500本/haのときのSrは20），12～13mの頃から自然枯死が増えはじめ，以後カラマツ林分密度管理図（図—7）に示される自然枯死線にほぼ沿って枯損逓減が進行すると考えてよかろう。樹高が14～15mを超えると下枝の枯上がりが樹高の2/3以上にも達して全体的な直径生長の減退も目立ち，風雪などの外力に対する抵抗力が降下して林分全体の健全性は極度に低下する（3,000本/ha植えの場合樹高14m段階での生立本数は2,400本/

haと読みとられSrは14.5，2,500本/ha植えでは樹高15m段階での生立本数2,050本/haでSrは14.7)。

このような樹高生長にともなう相対密度の推移や林分の健全性を吟味するにあたっては，林分ごとの地位の格差を無視することはできないが（地位がより良好な林分ほど林分管理上必要な施業を早めに実施することが要求される)，一応の目安として次のような樹高段階に応じた高密林分の取り扱いについての考え方を提示する。

① 上層樹高が10m前後頃の林分は初回間伐の適期と考えられるが，経営上の都合によってはなお3～5年の施業遅延は許容される。

② 樹高が12～13mを超える頃が高密林分を扱ううえで最も重要な時期に相当し，生立本数が2,000本/haを超えるような林分（Sr17以下）ではいわゆる〝過密〟の状態に入る段階を迎えており，地位が中庸以上であったり，生立本数が多い林分ほど早急な対応が望まれる。林齢がIV～V齢級にまたがり所属面積が多いこともあって，当面の間伐対策上最もむづかしい課題をかかえている森林群で，この段階での対応が滞ると林分の健全性が急速に低下し，成林の前途が危ぶまれる。

一連した高密カラマツ林の取り扱いにかかわる検討の結果から，ここでは生立本数が2,000本/haを超えるような林分において，上層樹高が14m前後に達する段階（Sr16以下）をカラマツ林造成上の限界状態と設定し，改めて高密林分の見直しと，これに対応しうる具体的な間伐手法を次章で提示する。

③ 樹高が15～16m以上に達している林分には，初回の除間伐が施されている場合も多いが，無手入れのまま放置されてきた林分ではすでに風雪などの外力による被害が出はじめてきており，完全な〝間伐手おくれ〟の段階と判断される。自然枯損による本数逓減によって2,000本/haを超えるような林分は稀であるが，なお1,700～1,800本/ha以上にもおよぶ場合（Sr15～16以下）には，応急の技術的対応としては上層間伐的な思考によって上層林冠の疎開を図ることとし，残存上層木の下枝の枯上がりや樹幹形状比をこれ以上悪化させないような処置を施す以外に有効な手だてはない。

**表—25**　カラマツ現実林分諸量の事例

| プロットNo. | 林　齢 | 立木密度 | 樹　高／平　均 | 直　径／平　均 | 材　積 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 年 | 本/ha | m　　m | cm　　cm | m³/ha |
| 1 | 16 | 1,040 | 9～14　11.6 | 12～20　15.7 | 115 |
| 2 | 27 | 700 | 17～21　19.3 | 18～28　23.9 | 291 |
| 3 | 49 | 1,600 | 14～22　15.8 | 12～24　16.7 | 313 |
| 4 | 49 | 525 | 19～26　23.3 | 18～34　26.9 | 360 |
| 5 | 49 | 500 | 14～26　21.2 | 12～40　29.2 | 366 |
| 6 | 50 | 440 | 24～27　25.3 | 24～46　36.4 | 552 |
| 7 | 50 | 340 | 25～29　26.5 | 26～48　36.9 | 460 |
| 8 | 65 | 675 | 18～23　20.7 | 18～34　23.3 | 383 |
| 9 | 70 | 725 | 22～25　23.6 | 20～32　25.2 | 443 |
| 10 | 70 | 260 | 30～33　31.3 | 40～54　46.5 | 639 |
| 11 | 70 | 180 | 24～32　29.5 | 30～62　55.3 | 514 |
| 12 | 120 | 300 | 28～36　31.3 | 32～58　44.7 | 683 |

なお表—25に示した高齢林分の資料や既往の間伐跡の追跡調査などによると，間伐手おくれ林分では60年生頃までに平均直径を30cm以上に育成することはかなりむづかしいとみられ，40年生頃までに生立本数が400～500本/ha程度までに調整されることを前提としても，地位指数20～22級（地位中位）の林分でようやくこの水準に達する程度であろう。60年生で40cm上の立木を仕立てるためには，地位指数24～26級（地位上位）の林分でも300～400本/haにまで密度調整されることが必須条件と考えられる。

## 第4章　高密カラマツ林を対象とした間伐法

ここでいう〝高密カラマツ林〟とは前章までに述べてきたような高密状態におかれている林分を対象とし，そこに適用する〝間伐〟とは少なくとも林分の生理的な健全性が保障されるような密度管理の方式と考え，しかもその内容は現実林分を取り扱っていくうえでの実践形態が備っていることを前提とする。

従前の間伐方法書などはともかく，近年になって数多く提示されてきている林分収穫（予想）表やこれらから導かれた間伐指針などによる間伐方法論は，植栽時から将来にわたる密度管理が意識されて，ある程度適正な施業が行われてきた林分については適用もしやすいが，これらの指標といちじるしくかけ離れて高密化してきている林分への対応はほとんど説かれていない。

しかしくり返し述べてきたように，既存のカラマツ林において初回の間伐期をかなりオーバーしているとみられるいわゆる〝要間伐林分〟がおびただしく累積してきている現状に接すると，これらの林分に対する当面の課題としては，もっと直接的に〝高密林分の間伐はどうあるべきか〟が提示される必要がある。カラマツ林に対する在来の密度管理の在り方を要約すると，その生長特性あるいは生産材の仕立目標にもとずいて，「間伐の実行に当っては，早くから適度の間伐をくり返し行うこと」，あるいは「非常な過密林分での間伐はむづかしいので，このような過密林分を作らないこと」などが挙げられ，結果として現実の高密林分の取り扱いにはふれられていない。一方，保安林での伐採率の制限や，「林分密度管理図上で1回の間伐で動かす収量比数（RY）は0.15以下とする[40]」，あるいは「相対幹距比（Sr）を基準として間伐を実行する場合には，間伐前後の密度差はSr·4以内とする[46]」などの制約条件が強く意識されて，これらの制限内における強度間伐さえもためらわれ，以後の間伐繰り返し期間や伐期までに必要な間伐回数に対する配慮も稀薄である。

したがってここでは現実の高密林分を対象として，初期間伐のあり方を後の仕立目標とあわせて検討し，既存するカラマツ林の少しでも多くが理想とも思われる在来の林分密度管理指針に接近しうるような間伐手法の提示を命題とした。除間伐の〝手おくれ〟によって成立してきた高密林分に対しては，その手おくれに相当する分だけ多少の〝無理〟を強いることなしには，尋常な手段のみによってこれを正常化することはむづかしく，あえてこの無理を正当に評価した間伐体系が〝高密カラマツ林の間伐はどうあるべきか〟に応える筋道と考えている。

幸い前章で整理したように，2,500～3,000本/haの植栽本数から出発したカラマツ林では，上層樹高が10～12mに達する頃（林齢15～20年生）までは，たとえ適期の除間伐が滞ってい

たとしても初回の間伐によって所定の密度調整を図ることはそれほど困難ではないし，一方樹高が16～17mを超えて外力に対する抵抗力がいちじるしく劣ってきている高密林分（林齢30～35年生）もまだそれほど多くないので，当面は所属面積が最も多い樹高13～15m段階にある林分（林齢20～30年生，IV～VI齢級）の取り扱いを重視しなければならない。

ここでは前章第2節で解析した高密林分をモデルとして，実行性を重視した間伐法の比較検討を試みた。適用した間伐法は，

① 強度下層間伐法
② 1/3列状間伐法
③ 1/2列状間伐法
④ 上層間伐法（保残木マーク法）

の4種類で，次のような前提条件を付して，間伐法相互の比較検討の便を図った。

ア） いずれの間伐法によっても，上層樹高20m前後頃の残存生立本数を600本/ha（Sr 20）程度に調整することを当面の仕立目標とした。

イ） 各回に適用する間伐率は，1/2列状間伐法における初回間伐率（50%）を除いて，従来提示されてきた限界値の上限とされる本数間伐率45%，RY値の移動0.15，Sr値の移動4程度を尊重することとし，強度間伐に対する抵抗感を考慮して，実行性を確保した。

なお，いずれの間伐法による場合でも，高密林における間伐の実施にあたっては〝とりあえず初回の間伐を施しておく〟といった程度の意識でなく，少なくとも次のような事項について事前の検討が要求される。

1） 対象林分の密度の判定

林分密度の表現法には前述のようないくつかの方法が挙げられるが，現地での簡単な測定値のみによって求められる相対幹距比（Sr）を活用する。この値は $Sr=\sqrt{\frac{10000}{N}}/H\times100$（N；1 ha当り生立本数，H；平均樹高）で求められ，間伐前後の密度や将来の立木状態などの吟味に使用して便である。

現地で測定が必要な値はNとHであり，Nは小面積の場合には全林の面積と生立本数によるが，面積が広いなどの理由で全林調査が不都合であれば，林内にいくつかのプロット（10m×10m～20m×20m程度）を設け平均的な生立本数を推定する。Hは直径階別に大中小数本ずつの樹高測定（習熟すれば目測でよい）によって樹高曲線図を画き，これに直径階別生立本数のウェイトを乗じて平均樹高を求める。

これらの値によって計算されたSrの値が16～17以下であると，カラマツ林はかなり高密化していると判定され，早急に間伐を施す必要がある。

2） 地位の判定

林分密度の管理上地位の判定が重要であることは前章で述でたとおりで，図－6を用いて林齢（不明の場合には間伐対象木数本の伐倒により年輪数で確かめる）と，1)で画いた樹高曲線図で推定される上層平均樹高とによって対象林分の地位指数を読みとり，地位の優劣と樹高の生長予測によって，林分の仕立目標の設定並びに間伐スケジュールを設計する。高密林分を対象とする場合は，特にこの両者の組み合わせが明らかでないと効率的な間伐の成果が得にくい。

3） 林分仕立目標の設定

間伐スケジュールの設計にあたっては，先ず対象林分の仕立目標が明らかでなければならない。ほとんど無目標のまま維持されてきたとみなされる高密林分を対象とすると，それほど厳密な目標設定を考える必要はないが，概略「将来何年生の頃，ha 当り何本ぐらいの林分に仕立てたい」程度の意志決定はしておかねばならない。

その基準には手持ちの収穫表や間伐指針あるいは林分密度管理図などが参照できる。もっと簡便には「樹高20mぐらいのとき500～600本/ha 程度（Sr20～22）とする」といった目標設定でも当面の目的は十分果されると考えている。この程度の目標での間伐が実施されていれば，中途で伐期の長短やなお密度の調整を図ることは，適正管理がなされてきた林分の取り扱いとほとんど変るところはない。

4)　林木の形質の吟味

仕立目標の設定に際して林分密度や生長予測と並んで林木の形質にも関心が持たれる。高密林の場合には過去の除間伐が滞った結果として，相対的に生長・形質の劣る林木が多く生立するが，問題は良質木の絶対量の存在である。林木個々の形質がそれほど問われないカラマツ林では，格別地位の劣る林分を除いては最終的な仕立本数は多くても600～700本/ha と考えられ，その70～80%にあたる500本/ha 前後が良質木であれば仕立目標は果されよう。したがって現林分中にこの値の倍量程度以上の良質木がふくまれていれば，間伐期における立木配置を考慮に入れても，林分全体の資質を向上させることは可能である。

林木の形質の判定は，事前の全体あるいはプロット調査とあわせてチェックしておく。判定の規準は，主伐期まで残す価値のありそうなものとそうでないものとの概数が把握できればよく，いずれか一方のチェックで十分と考えられる。先の樹型級区分のうち，上層木の d′・e，下層木の3′・4・5級木を〝悪い木〟その他を〝良い木〟と判定しておく程度で目的は果される。

なお以上のような直接的な留意点のほか，1/3列状間伐などに際して関心が寄せられた次の2項を付け加えておく。

5)　カラマツ樹幹の偏心生長について

カラマツのクローネは光に対する反応がきわめて鋭敏で，幼時から1側面が開放されている林縁木はもちろん，生育の中途間伐などによって与えられた開放空間に対しても敏感に反応し，これらの空間に枝葉を拡張する一方，隣接木に接した閉鎖側においては下枝が枯れ上がり，クローネの偏倚はほかの樹種に比べていちじるしい。特に1/3列状間伐では残存2列のクローネの偏倚がきわめて顕著であるため，この現象が樹幹の偏心生長に及ぼす影響について検討した。

調査の結果はすでに報告したように[49)50)]，樹幹の偏心生長が顕著な林分における偏心方向（最長半径の現われた方向）は表—26のとおりで，林縁木，列間地木，林内木いずれも林分ごとにある特定のせまい範囲の一方向に集中しており，特に1/3列間地では残存2列のクローネの偏倚方向が全く正反対であるにもかかわらず，間伐の前後を通じて樹幹の偏心はほぼ同一方向に集中していた。

以上の偏心調査を総合してみると，クローネの偏倚が樹幹の偏心生長に及ぼす影響はほとんど否定され，考えられるいくつかの要因のなかから当面次のような理由で，風圧が樹幹の偏心生長に大きく影響していると推論している。直接各林分ごとに適用できる風向に関する

表—26　カラマツ林における樹幹の偏心調査資料

| 調　査　林　分 | 傾斜方位 | 施業状況 | クローネの偏倚方向 | 樹幹の偏心方向 | 主風の方位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 高遠町入笠県行造林地A | 25°　S | 昭46列間 | 右列　SE<br>左列　SW | NE～　E<br>NE～　E | WSW |
| 〃　B | 20°　SW | 〃 | 右列　S<br>左列　W | NNW～NE<br>N　～NE | WSW |
| 長谷村保科山林 | 33°SSE | 〃56単間 | SE | NNW～NNE | S |
| 高遠町杖突県行造林地 | 30°　S | 〃47列間 | 右列　SE<br>左列　SW | NNW～NE<br>NNE～ENE | S |
| 信大手良沢山演習林 | 30°　SE | 林縁木 | SE | NNE～ENE | SW |
| 〃　構　内　〃 | 4°　E | 〃 | E | NNW～NNE | S |
| 南箕輪村南殿区有林 | 3°　NE | 昭58単間 | 全方位 | NNW～NNE | S |

観測データは持たないが，伊那谷における年間の風配図（信大農学部構内気象観測資料）によると，年間を通じて天竜川沿いに遡る南風の吹く頻度が最も大きく，特に4月から9月にかけて卓越している。この主風の影響を地形要因とも合せて調査した各林分にあてはめてみると，最長半径の現われる方向はいずれも主風方位の風下側に相当しており，カラマツの樹幹にみられる偏心生長の原因は，生育期間中の常風の影響が最も有力な要因と考えられ，クローネの偏倚とはほとんど関係ないことが確かめられた。また林地の傾斜方向は風向を規定する要因であっても，直接偏心生長に及ぼす影響とはみなされなかった。

6)　間伐後の風雪害について

間伐が適正に実行されている場合，間伐後の風雪による被害は一般に問題とされないが，間伐手遅れによる高密林分については風雪害の危険性が危惧される。

カラマツ林に限らず，わが国の人工林で適正な密度管理下におかれた林分に風雪の被害が及ぶ場合は，いわゆる"天災"に類する現象であって，間伐施行の有無とは直接間係しないと考えている。

最近多発している風雪による激害地の事例（北陸・東北地方のスギ林を中心とした56雪害，長野県東信地方のカラマツ林を中心とした57風害等）では，相対的に高密化が進んだ林分での被害が顕著で，そのなかには手遅れ間伐直後の跡地での風雪害も各所で見受けた。しかしこれらの被害の主因は，林分の高密化や一定度の限界を超えた風雪による外圧であって，やや手遅れの間伐であっても，間伐後数年～10年程度の期間内に再び林冠が閉鎖するような密度調整であれば，間伐の実行が直接風雪害を被る原因とは考えられない。

因にわれわれが関与した手遅れ間伐跡地はこの10数年来すでに200haを上回り，間伐の度合がかなり強度であったにもかかわらず列間・単間を問わずいまだ風雪害は発生していないし，以下述べるような現在進行中の高密林分を対象とした各種の強度間伐試験地においても，樹高が14m前後までであるとたやすく風雪害を被るような状況にないことを実感してきている。

第3章の末尾で述べたように，すでに累増しはじめてきている樹高15～16mを超えて生立本数が1,700～1,800本/ha 以上（Sr15～16以下）のような林分では，間伐の実施いかんにかかわらず，風雪害の危険度が高いと判定されたため，これら林分の取り扱いについて特段の留意が必要と考え，従来方法論としては存在したが，実践の事例をほとんど見なかった上層木主体の間伐法について間伐手遅れ林分への適用を試みている。

以上の基礎資料が得られれば，それぞれの間伐法に適合した間伐スケジュールを設計し，体系だった間伐の実行に移る。

## 第1節　強度下層間伐法

下層間伐法はわが国一般の間伐現地で最も普及してきた〝定性〟あるいは〝定量〟といわれる間伐法で，樹幹あるいは樹冠の配置を考慮しながら生長・形質の劣る林木を優先して取り除き，残存林分の資質をできるだけ向上させることを指向してきた。ここでは高密林分を対象とするので，実行性の視点から間伐繰り返し期間の延長を考慮してやや強度な間伐率の適用が命題である。

下層間伐法については実践あるいは実験的な経緯が古くから積み重ねられ，最近では林木の生長や林分密度に関する各種法則性にも裏づけされて，その技術的な方法論はすでに完成の域にまで到達しているといえよう。そこで提示される間伐手法は，林分ごとの仕立目標にあわせて管理密度の上下限が設定され，各回の間伐量とその繰り返し期間の長短が組み合わされて所定の密度管理が実現されることになっている。

しかし実際には必要な除間伐が全く実施されていなかったり，実行されても間伐の度合が弱度に止まり，あるいはその繰り返しが適正に行われていないことなどが積み重なって，多くの林分で高密化が進行してきている。また高密林分での間伐に際しては，前述のような1回の間伐量に対する限定条件に制約されたり，数少ない事例が引用されて〝高密林に対して強度な間伐を行なうと風雪などによる被害を被るおそれがあるので，弱度の間伐をしばしば繰り返す〟とか，〝高密林分での間伐は晩雪のおそれから開放された春先に行ない，その年の残存木の生長を図りたい〟などの指摘もあって，強度な間伐がためらわれたり，間伐必要面積の消化が手おくれとなっているケースを多く見受ける。

間伐によって風雪害を被る危険度が高いような林分では，間伐の実施いかんにかかわらず，すでに外力に対する抵抗性が低下してきている不健全な林分で，間伐の強度が直接影響することは稀であろうし，また大面積的な間伐を担当する者にとっては，通年化してきている間伐材の需要動向もふくめて，間伐季節の限定は受け入れ難い条件ではなかろうか。

これらの諸制約条件は，いずれも在来型の間伐手法の範疇に課せられており，最近実施された緊急間伐対策跡地には，間伐の実施面積はたしかに増えたといっても，必要な〝森林造り〟がどれだけ果されたのか疑問視されるような林分を多く見かける。投入される貴重な労働力・資金を浪費に終わらせないためにも，在来の間伐法をもって高密林分に対処するにあたっては，少なくとも上述した諸制約要因を最大限に拡大解釈するような意識に徹する必要がある。なお下層間伐法を適用する場合には，間伐率の強弱にかかわらず〝1回の間伐量とそれに見合った間伐の繰り返しが厳正に守られること〟が大前提である。

### 1　対象林分の林分構成

表—27　間伐対象林分の構成諸量　　（0.1ha, 林齢22年生）

| 直径階 | 平均樹高 | 樹型級区分（本） | | | | | | | | | 胸高断面積 | 材積 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | | | | 3 | 3′ | 4 | 5 | 計 | | |
| | | | a | b | d | d′ | | | | | | | |
| cm | m | | | | | | | | | | | m² | m³ |
| 6 | | | | | | | | | 1 | 3 | 4 | 0.011 | 0.06 |
| 8 | 11 | | | | | | 5 | 1 | 12 | 2 | 20 | 0.101 | 0.62 |
| 10 | 12 | | | 17 | | 1 | 25 | 16 | 11 | | 70 | 0.550 | 3.57 |
| 12 | 13.5 | 16 | | 20 | 11 | 3 | 8 | 12 | | | 70 | 0.792 | 5.67 |
| 14 | 14 | 36 | | | 16 | 3 | | 2 | | | 57 | 0.877 | 6.50 |
| 16 | 15 | 18 | | | 6 | | | | | | 24 | 0.483 | 3.60 |
| 18 | 15.5 | 3 | 8 | | 2 | | | 1 | | | 14 | 0.356 | 2.59 |
| 20 | 16 | | | | 2 | | | | | | 2 | 0.063 | 0.48 |
| 計 | | 73 | 8 | 37 | 37 | 7 | 38 | 32 | 24 | 5 | 261 | 3.233 | 23.09 |
| 平均 | 12.5 | 13.2 | 28 | 3 | 14 | 14 | 3 | 15 | 12 | 9 | 2 | 100% | |

注）上層木（1，2級木）平均樹高　14.1m

対象林分の構成内容は前章第2節にその概要を述べたが，これを要約すると表—27のとおりで，ここでは後述の各間伐法にも共通資料として採用した。

この林分は，林分密度がやや高密に過ぎるほかは，地位指数は21程度と判定され当地方のほぼ平均的な生育状態を示しており，また林木の形質も格別優れた林分ではないが，樹型級区分による上層木のd′および下層木の3′・4・5級木にランクされる不良木を除いた60～70%に相当する1,500本/haあまりの立木が中程度以上の生長・形質をそなえ，その40%近くが1級木で占められている。

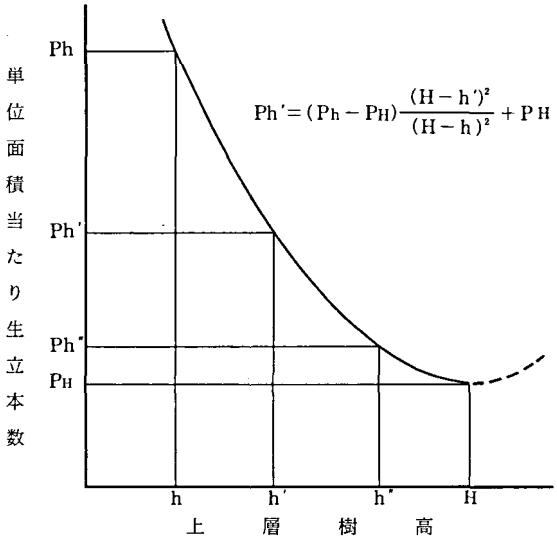
下層間伐法は対象樹種はカラマツに限らないし，また林分の疎密度に関係なく適用されるが，ここでは短伐期施業になじみにくくなってきており，また沒目標的に造成されてきたカラマツ高密林分に対して，在来の下層間伐法を適用した実践的な密度管理のあり方を提示した。

## 2　林分の仕立目標の設定

高密林分の場合には長期的な将来設計よりも，40年生に到達する頃のSrが19～20程度に仕立てられる仮設計で十分であろう。やや密管理のSr19を目標とすると，本林分の地位指数21より40年生時の推定樹高Hは21mであり，そのときの仕立本数を$\rho_H$とすると，Sr式より$\rho_H=10^8/(Sr\times H)^2=10^8/(19\times21)^2=630$本/haと試算される。すなわち仮の仕立目標は林齢40年生の頃（樹高21m前後）の段階で600本/ha程度に密度調整することとする。なお現樹型級区分本数より推定して，将来かなり生長・形質の良好な林分に仕立てられることが期待される。

## 3　間伐スケジュールの設計

以上1，2項の資料が整えば間伐スケジュールを組む。間伐スケジュールは，間伐の度合と繰り返し期間との組み合わせによる林分密度の調整計画である。カラマツ高密林分を対象




図—20　上層樹高を関数とした密度管理曲線

とする場合には，弱度の間伐をしばしば繰り返すことがほとんど不可能な状況下にあっては，やや強度な間伐率を適用し，できるだけ少ない回数で所期の密度調整を果すことが現実の命題である。次節以下の間伐法もこの命題に応えるものであるが，ここでは在来普及してきた下層間伐法による簡便な密度管理方式を提案する。

現在高密林分を対象とした間伐指針が皆無の状態では，すでに提示されている密度管理図を駆使するよりほかに適当な方法はないが，かなり高度な知識を持たないと密度管理体系を組むことがむづかしく，また間伐現地では即応した間伐体系を求められる場合もしばしばある。

しかし高密カラマツ林分に対しては，もともとそれほどきめ細かな管理体系が要求されているわけではないので，簡便な方法で生理的な高密状態からの脱却が図られることを第一義と考え，次のような2・3の資料さえ得られれば，機械的に密度管理指針が得られる手法を求めた。

1)　現在林齢と上層平均樹高から地位指数曲線図（図—6）上で将来40年生頃の樹高を推定する。モデル林分では，22年生時の上層樹高14.1mより，地位指数21程度と読みとられ，したがって40年生時の上層樹高は21m前後と予測され，現樹高との差は約7mである。

2)　当面，40年生で樹高21m頃の生立本数の仕立目標をSr19程度とすれば，前述のように630本/haと試算できる。したがって現生立本数2,610本/haとの差は約2,000本/haで，この値が今後40年生頃までの間伐本数に相当する。

3)　これらの値によって間伐スケジュールを組む。

林分密度を樹高（以下ことわりのない限り上層樹高とする）の関数で表わすと，いずれの間伐法によっても図—20のような曲線で画かれるのが一般的である。この曲線は，現在の樹高hと生立本数$\rho_h$，将来目標時点（林齢）における予想樹高Hとその時の生立期待本数$\rho_H$とがきまれば，これらの値で表わされる（h，$\rho_h$）および（H，$\rho_H$）である2つの座標点

を通る2次函数式で近似的に表わすことが可能である。

ここでは座標（H，$\rho_H$）を原点とし，（－h，$\rho_h$）を通る　$y=kx^2$　なる2次函数式で表わされる曲線が，これらの中間樹高に対応した生立本数の関係をほぼ満足しているとみなして求積式を誘導した。

この座標原点を元の　H＝0m，ρ＝0本/ha，（0，0）に変換すると　$y=kx^2$　式より，この曲線上の2点における生立本数（林分密度）$\rho_h$および$\rho_H$はそれぞれ

$$\rho_h=k(H-h)^2+\rho_H \quad \cdots\cdots(1)$$

$$\rho_H=k(H-H)^2+\rho_H \quad \cdots\cdots(2)$$

であり，またこれらの2点の中間における任意の樹高h′とそのときの生立本数を$\rho_{h'}$とすると

$$\rho_{h'}=k\ (H-h')^2+\rho_H \quad \cdots\cdots(3)$$

であり，(1)，(3)式より

$$k=\frac{(\rho_h-\rho_H)}{(H-h)^2}=\frac{(\rho_{h'}-\rho_H)}{(H-h')^2}$$

$$\therefore\quad \rho_{h'}=(\rho_h-\rho_H)\ \frac{(H-h')^2}{(H-h)^2}+\rho_H \quad \cdots\cdots(4)$$

が導かれ，この曲線上にある任意のh′の値が与えられればこれに対応した$\rho_{h'}$が(4)式によって簡単に求められる（注；ただし上式は　$y=kx^2$　式によって導かれているので，樹高がHmを超える場合には適用できないが，仮目標としたHm段階までの密度調整が果されていれば，以降は一般の林分管理方式によって十分対応が果されよう。なお本式はグラーゼルの立木評価式と発想が全く同じであることを付記しておく）。

この方式によるとhや$\rho_h$およびHや$\rho_H$の値，すなわち現林相やその将来仕立目標は，対象林分の状況に応じて自由に変えることが可能であり，林分の疎密度や地位のちがいにとらわれずいずれの林分にも適用できる。特に格別な仕立目標や間伐指針を持たない高密林分においては，とりあえず40～50年生頃の仮の仕立目標さえ設定されれば，現在からその時点までの密度管理曲線が確定でき，次のような手順によって簡明な間伐計画の策定が可能である。

## 4　下層間伐法による間伐計画の具体例

前項(4)式による間伐計画法は，測定が容易であるうえ林分管理上最も重視される上層樹高の生長量を基準とする方法で，やや機械的な計算手法によるが高密林分の間伐計画に適用して便である。

計画は次の手順による。

i）　先ず初回間伐着手前および将来目標（中間目標でもよい）時点における上層樹高と生立本数を確定する。モデル林分では前述のように，間伐前22年生時の樹高h＝14.1m，生立本数$\rho_h$＝2,610本/ha，40年生時の推定樹高H＝21m，生立期待本数$\rho_H$＝630本/ha（Sr 19.4）である。

ii）　次に目標時点までに実行可能な間伐回数を予定する。ここでは22年生から40年生までの18年間の間伐回数は2～3回までが限度と考えられるが，現生立本数が高密に過ぎるため（Sr＝14.9）3回を予定した（1,800本/ha以下の林分では2回で済まされる）。

iii）　間伐回数が決まればhとHの樹高格差を間伐回数でほぼ等分した樹高段階ごとに間

伐を予定する。モデル林分ではこの格差　H－h＝21－14.1＝6.9(m)を3分した2.3mずつ樹高が生長するごとに間伐を繰り返すこととした（実用上は2～3mの範囲で加減すれば足りる)。したがって初回はh＝14.1m，2回目がh′＝16.4m，3回目はh″＝18.7m頃と予定され，それぞれの時点における林齢は図－6の地位指数曲線上で本林の地位指数21に相当する曲線をたどることによって，22年生・27～28年生・33～34年生頃と読みとられ，繰り返し期間は6年間前後である。

iv)　各回の間伐本数と間伐率は先の(4)式により次のように算定される。

初回の間伐本数は現生立本数$\rho_h$と次回間伐前生立本数$\rho_{h'}$との差とみなして（自然枯損逓減については後述）h′＝16.4mに対応した$\rho_{h'}$の値を求めると

$$\rho_{h'}=(2,610-630)\frac{(21-16.4)^2}{(21-14.1)^2}+630\fallingdotseq 1,500\ (\text{本/ha})$$ であり，

間伐本数，間伐率および間伐直後の林分密度（Sr）は次の各計算により推定される。

初回間伐本数＝2,610－1,500≒1,100（本/ha）

間伐率＝1,100/2,610×100＝42（%）

$Sr=\sqrt{\frac{10000}{1500}}/13.7\times 100=18.8$（13.7は間伐直後の全林平均推定樹高）

この段階での林分の高密状態はいったんいちじるしく改善されるが，このまま5～6年を経過すると，樹高の生長にともなってSrの値は再び16程度まで低下し，次回の間伐が急がれる。

2回目の間伐設計は上と全く同じ手順により，h″＝18.7m段階では

$$\rho_{h''}=(2,610-630)\frac{(21-18.7)^2}{(21-14.1)^2}+630\fallingdotseq 820\ (\text{本/ha})$$

2回目の間伐本数＝1,500－820＝680（本/ha）

間伐率＝680/1,500×100＝45（%）

間伐直後の$Sr=\sqrt{\frac{10000}{820}}/16.1\times 100=21.7$

である。

以上2回の間伐が果されれば，当初生立本数の70%近くが従来の下層間伐法によって取り除かれるため残存林木の形質はいちじるしく向上することが期待され，また林分密度は一般の林分収穫表に示される生立本数に匹敵する状態にまで是正される（長野県民有林カラマツ林分材積表一地位2参照)。

しかしこの段階での林齢が28年前後であることを勘案すると，林分収穫表や密度管理図などから読みとられるように，このまま放置しておくと40年生頃の林分密度はSr17程度以下に低下し，伐期を50～60年に延長しても林分の平均直径はせいぜい22～24cm（直径の分布範囲は20～30cm）にとどまり，期待される大径材生産にはつながらない。

したがって本計画では林齢40年生頃の林分密度がSr19程度以上に誘導されるよう，樹高が19m前後に達する頃（計算上は18.7m)，残存本数の上限を600本/haとして3回目の間伐を予定した。したがって

3回目の　間伐本数＝820－600＝220（本/ha）

間伐率＝220/820×100＝27（%）

間伐直後の$Sr=\sqrt{\frac{10000}{600}}/18.5\times 100=22.1$

と試算され，おおむね所期の目標は果される。

なおこの計画は40年生頃の中間目標を指向してすすめてきたが，3回目の間伐期に際して更に伐期の延長が可能であれば，間伐率を35～40%に引き上げて，中間収穫の増収を図りながらより大径材生産を指向することが得策と考える。

## 5 本法適用に際しての留意事項

高密林を対象とした下層間伐法による林分密度の調整手法は以上のようであるが，本法の適用に際して次の諸点に留意した活用が望まれる。

i） 間伐木の選定規準は，後掲の表—29，付表—1—(1)にみられるように，おおむね寺崎式B種間伐法を採用し，立木配置を考慮しながら生長・形質の劣るものを優先して間伐対象とした。課題は所定の間伐率を確保することである。

ii） 前項の事例計算には全く自然枯損逓減を見込んでいないが，高密林の密度管理上枯損逓減はむしろ歓迎される現象で，格別意識しなくてよいが，必要であれば間伐の都度事前の枯損調査にもとずいて次回の間伐率をやや引き下げることでほぼ所定の密度調整は図られよう（Sr18前後のカラマツ林における枯損逓減は年率1.5～2%程度と見込まれるので，各回の間伐率を2～3%引き下げることによって対応できる）。

iii） 本法によるときは，現林相（特に生立本数と上層樹高）と並んで暫定あるいは最終的な将来の林分仕立目標の設定を欠くことができないので，無目標的に経営されてきた林分に対して，初回の間伐を契機に目的意識が啓発される意義が評価される。

iv） 計画設計のなかでは直径や材積の生長経過については一切ふれなかったが，高密林を対象とする場合には，樹高生長にともなう相対的な林分密度の調整が最も重要な課題で，これが適期に繰り返されることを大前提として論じられることがらである。後掲の表—27には，樹幹解析資料，密度管理図，地位指数曲線図などを参照して，できるだけ実際に近い直径や材積の予測値を計上した。

v） 本法による間伐設計には，地位指数曲線図以外の図表等（密度管理図，収穫表，間伐指針など）は一切不用で，先の(4)式およびSr計算式を理解していれば，現地で即応的に間伐率や残存本数などが簡便に算定できる。今後林分管理上当該林分の将来樹高生長を予知することは必要最低条件と考えるので，地位の判定も兼ねて地位指数曲線図の使用については特に理解を深める必要がある。

## 6 小 括

以上の下層間伐法による間伐の経過と結果を付図—1—(1)，付表—1，および表—28，29にとりまとめた。

これらの成果によると，高密林に対しても下層間伐法によって林分密度の調整は果されるが，その要諦は〝所定の間伐率とそれに見合った間伐の繰り返しが厳正に守られること〟である。ここでは各回に従来いわれてきた許容限度に近い高密な間伐率を適用しても，前後6年間程度の期間をおいて少なくとも3回の間伐が繰り返されて，はじめて最低限の林分密度しか実現し得ないことが読みとれる。

昨今，次回の間伐計画が保証されないまま，間伐手おくれ林分において弱度な初期間伐しか行われていない事例を数多く見かけるが，これらの林分が〝間伐済み〟として長く放置されると再び高密化が進行し，当初よりかえって外力に対する抵抗性が劣る林分と化してしま

表—28　強度下層間伐法による間伐の経過と林分諸量の推移予測　（ha 当り）

| 間伐回数 | 林齢 | 間伐前 本数 | 材積 | 樹高 | 直径 | Sr | 間伐 本数率 | 本数 | 材積 | 間伐後 本数 | 材積 | 樹高 | 直径 | Sr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 年 | 本 | m³ | m | cm | | % | 本 | m³ | 本 | m³ | m | cm | |
| 第1回 | 22 | 2,610 | 231 | 14.1 | 12.5 | 14.9 | 42 | 1,110 | 64 | 1,500 | 167 | 14.2 | 13.9 | 18.8 |
| 第2回 | 28 | 1,500 | 250 | 16.4 | 16.7 | 16.0 | 45 | 680 | 82 | 820 | 168 | 16.9 | 17.9 | 21.7 |
| 第3回 | 34 | 820 | 232 | 18.7 | 20.4 | 18.7 | 27 | 220 | 42 | 600 | 190 | 19.4 | 21.0 | 22.1 |
| 目標期 | 40 | 600 | 240 | 21.5 | 21.8 | 19.0 | | (計) | 188 | | | | | |

表—29　強度下層間伐の経過と樹型級別本数の推移予測　（本/0.1ha）

| 間伐回数＼樹型級 | | 1 | 2 a | 2 b | 2 d | 2 d′ | 3 | 3′ | 4 | 5 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 第1回間伐 | 前 | 73 | 8 | 37 | 37 | 7 | 38 | 32 | 24 | 5 | 261 |
| | (伐) | (0) | (0) | (12) | (4) | (7) | (29) | (30) | (24) | (5) | (111) |
| | 後 | 73 | 8 | 25 | 33 | 0 | 9 | 2 | 0 | 0 | 150 |
| 第2回間伐 | (伐) | (27) | (0) | (17) | (16) | (0) | (6) | (2) | (0) | (0) | (68) |
| | 後 | 46 | 8 | 8 | 17 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 82 |
| 第3回間伐 | (伐) | (6) | (1) | (3) | (10) | (0) | (2) | (0) | (0) | (0) | (22) |
| | 後 | 40 | 7 | 5 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 60 |

う。間伐繰り返しの現状を考慮すると，高密林での初回間伐期における間伐率や将来の間伐計画についてはもっと慎重な配慮が必要である。植栽本数2,500～3,000本/ha で始められた現存の多くのカラマツ林では，40%前後の強度な間伐が少なくとも3回は繰り返されるのでなければ，将来の大径材仕立は果されないことは明らかである。

なお表—27に併記した林分材積の推移予測によると，40年生時の蓄積量は既住の収穫表に劣るものではなく，また高密林に対して強度な間伐率が適用されるため，各回の間伐材積もかなり集中して収穫することが期待される。

## 第2節　1/3列状間伐法

列状間伐（列間と略称）に関する考え方や実践例については度重ねて報告してきており[10)26)27)28)]，カラマツ林を対象とした間伐手法のひとつとしてひろく定着・拡大が図られてきている。

ここでいう1/3列間法は，林内の植栽列あるいは林木の見通し線にそって，およそ3列のうち1列を全く機械的に伐開し，残存2列のいずれか一方に間伐空間を与え，一時的に残存木の下枝の枯上がりを防いでその生育を確保することを第一義とし，間伐材の収穫をともなう場合には，列状伐倒および列状集材体系によるため，伐出の効率化あるいは収支の改善も図られる。

われわれが列間法を強力に推奨してきているのは，単に間伐時における材搬出の容易性，

選木のわずらわしさからの解放，材販売時の収益性大といった直接的な利点ばかりでなく，以降の2次あるいは3次の間伐を期待して，健全で合目的なカラマツ林の造成をトータルとして指向する過程に本法を組み入れてきているのである。

しかし列間法に対する否定的な考え方や疑念を抱く風潮も根強く，その利点に対する理解が得られていない状況も見受けられる。列間法を否定的に考える論として，〝間伐をしないよりはましである〟といった評価はさておいて，林内での不良形質木の残存，列間後の気象害の危険性，間伐跡地の搬出機械などによる林地破壊などに対する危惧も伝えられるが，列間実践の場からこれらが問題化した事例は見聞していない。

また列間法を適用しているような地域では，間伐対象面積が膨大であることなどを理由に，初回の列間体系は支持されても2次以降の密度調整に手がまわらないか全く考慮されていないケースもあって，列間後7～8年以上も経た林分では間伐列の閉鎖が進んで再び高密化してきており，列間法の位置づけが正当に評価されていない。

一方列間跡の列空間に下木植栽し二段林の造成を図ったり，上層のカラマツ林を後継樹種の単なる先駆者と位置づけている事例も見受けられるが，林分の取り扱いに複雑さがともなうこれらの施業には，一貫性のある施業体系の準備とその実行性が確保されていなければならない。われわれの列間体系は，当初からカラマツ林一代を通じての施業法のひとつと位置づけており，特に高密状態を出発点とせざるを得ない当面のカラマツ林の取り扱い手法として積極的に取入れようと意図している。したがって下木を導入するための上木の取り扱いは全く別枠の体系と考えており，ここでは初期間伐に際して列間法を適用し，カラマツ単純林の造成に対する従来の林分密度管理体系への接近を図ろうとするものである。

## 1　列間後10年間の経過とその後の対応

列間法によるカラマツ林の間伐の成果についてはすでに多くの報告があり，われわれもその計画や実績についてやや詳細な報告をしてきた。ここでは第1章第8節で述べた高遠町県行造林地における列間後10年あまりを経た林分諸量の推移について，その概要を報告する。

昭和46年秋，全く機械的な1/3列間を実施した同林地は，その後10数年を経て今日に至っているが，林内に設けた調査プロットでのこの間の林分諸量の変化は表—30のようであった。

この林分は昭和27年に植栽（3,000本/ha植と推定）され，46年（林齢19年生）間伐前の生立本数は2,500本/ha前後で，当時上層樹高10m前後の段階で下枝の枯上がりはすでに樹高の50%に達しており，同町内では5,000haにおよぶ民有カラマツ林をかかえて，先鞭的な初期間伐への対応が緊急にせまられていた。このように膨大なカラマツ林をかかえていたことのほかに，当時カラマツ間伐材に対する土木用材を主とした旺盛な需要が存在したことも

**表—30**　高遠町県行造林地における列状間伐後の林分諸量の推移

| 調査年月日 | 立木密度 | 樹高／平均 | 直径／平均 | 胸高断面積 | 材積 | 生枝下高 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 列内 | 列外 |
| 年　月 | 本／ha | m　m | cm　cm | m²/ha | m³/ha | m | |
| 1972. 6 | 1,650 | 6～11　9.2 | 6～20　13.9 | 25 | 122 | 4.7 | |
| 1981. 9 | 1,650 | 7～14　11.5 | 8～24　15.7 | 32 | 194 | 6.4 | 5.1 |

あって，われわれが提唱した〝信州カラマツ林の間伐計画（1/3列間――高密路網体系による列状ウィンチ集材――直材採取による杭丸太生産　という伐出段階のシステム化を中心課題とした)[26]〟が受け入れられ，40haあまりの対象林分の全面に列間を実施した。

同年9月からの列間によって，本数並びに材積ともほぼ1/3が間伐・収穫（素材746m³）され，残存2列の生立木はいずれか一側方が開放され，また残存列内には30%前後の劣勢木がふくまれていたので，上層林冠の高密状態はかなり緩和された。

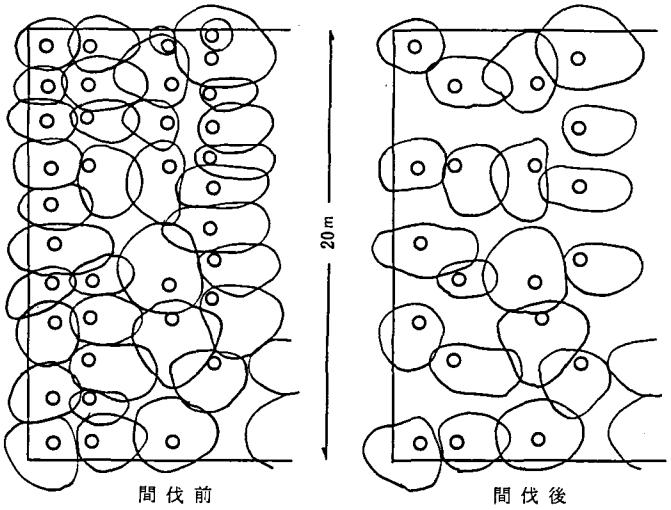
間伐後の視察によると，早い箇所は4～5年目頃から再び間伐列の林冠の閉鎖が始まり，10年後の昭和56年の調査によると，残存2列の内側で平均1.7m，外側（間伐列の側）でも0.5～1mほどの下枝の枯上がりが進み，林冠の競合が高まってきていた。

この間列間後の林分構成には次のようないくつかの変化あるいは効果が認められた。

i）列間によって残存木の優劣の格差は拡大する傾向が認められ，優勢木の生育により大きい効果が認められた。

ii）残存列内の相対的な照度が高まったため，下枝の枯上がり量は樹高生長量と比べて小さく，列内外の枝下高の段差もわずかで，枝下高率は間伐前と同じ50%前後であるが，樹高の伸びを考えると相対的な樹冠量は増大してきており，特に上層木の生産力が向上している。

iii）間伐前主に谷側に偏っていた樹冠の偏倚は，列間によって列空間にも拡張して多様化し，間伐後数年で再びうっ閉している事実によると，列間のみが問題とは考えられない。また樹幹の偏心生長は，列間後10年を経て実施した2回目の間伐木について，1.2mおよび4.2mの高さの円板で調べた結果では，間伐の前後にかかわりなく同一方向に偏っており，当該林地の主風の方向との関係が大きいようで，樹冠の偏倚による影響とは考えられなかった。なおその後8ヶ所のカラマツ林で調べた結果は[49][50]，前述のように林縁木，林内木，列間地残存木のいずれを問わず，樹幹内に最長半径の現われる方向は，樹冠の偏りと関係なく生育期間中の主風方向の風下側であることがほぼ確かめられた。




図—21　列状間伐10年後に行なった第2回目間伐前後の立木配置図
（高遠町県行造林地、1981）

iv）列間によって多少なりかく乱された残存列内外の林床植生は，間伐の翌年には林床や地上空間を覆いはじめ，その後の生育も照度の増加によって旺盛で，林床破壊や通風による弊害は特に認められず，一般の間伐方式と比べて格別問題視することはない。

以上のような経緯によると，当該林分は地位が劣るため（地位指数16程度），この10年間の樹高生長は2～4 mにすぎず，また生立本数が多いため直径生長も2～4 cmにとどまり，平均年輪巾は1～2 mmで，このまま放置すると林分材積はある程度増加（年平均7.2m³/ha）が見込まれても，直径連年生長量を現在以上に期待することは不可能で，単木的な生産効率はいちじるしく劣化し，表—25に示したプロットNo. 3のような林分しか実現し得ないと判断された。

これらの結果にもとずいて2回目の間伐指針を得るため，昭和56年12月に前記の調査プロットに隣接した林分に新たに試験区を設け（列間後の残存生立本数1,800本/ha）第2次の間伐を実行し，両者を対比しながら以降の検討材料とした。

間伐の方法は下層間伐を適用し，また間伐の程度は3回目の間伐期は少なくとも10年以降と予測されるし，場合によってはこのまま主伐期まで据置かれることもあると考え，残存本数が1,000本/ha程度になるように再調整した。したがって間伐率は本数で44%，材積で29%に相当し，かなり強度な間伐を適用した。結果として初回の列間で残された劣勢木はほとんど除去され上層木の一部にもおよんだため，30m³/haあまりの間伐材が得られ，また樹幹や林冠の疎開によって図—21にみられるように，初回列間跡地のイメージは2回目の間伐によってほとんど解消された。

## 2　1/3列間法の再評価

1/3列間法によって間伐が実施されたカラマツ林はすでにかなりの面積におよんでいると考えられるが，本節の当初で述べたようないくつかの理由で，列間体系に対する理解が不十分な点も見受けられるので，本学演習林に設けた高密カラマツ林間伐試験地内に他の間伐法との比較試験を兼ねて，新たに1/3列間調査区を設け，列間法の再評価を試みている。

対象林分は前記した下層間伐法を検討したプロットで，当間伐試験地で1/3列間を適用した区画内の一部0.1haである。したがって間伐前の林分構成諸量は前例と全く同じである。

現地においておおむね植列に沿って2列おきに1列を機械的に組み込み間伐列とした。間伐対象木の径級や樹型級，およびその配置は付表—1および付図—1—(2)のとおりである。特に初回間伐の成果は，ほかの間伐法と対比して第5節の表—38，39に掲げたが，林分の不均一性によって径級あるいは樹型級別の原本数に対する間伐本数の比にはややバラツキがみられるものの，全体としては1/3列間による3：1の比はおおむね満たされているとみなされる。

1/3列間によって生ずる樹冠空間の特性は，間伐列に沿って連続的であること，および樹冠の消失量が林分全体のほぼ1/3に相当すること，などが挙げられるが，間伐前後の樹冠投影面積の測定によると，本林分のように高密化が進んだ林分ではカラマツであっても樹冠相互の重複面積が20%程度におよんでいるので，間伐前のうっ閉度89%に対して間伐後のうっ閉度の低下率は29%にとどまり，前記の強度下層間伐法を適用した場合の25%とそれほど大差はない。本数率で42%におよぶ強度な間伐率を適用した前例と比べて，33%の間伐率によった1/3列間の方がうっ閉率の低下量が大きいのは，前者が生長・形質の劣る立木の

除去が優先されるのに対して，後者は樹冠の優劣にかかわらず全く機械的に間伐木が選ばれるためで，これも列間法の特性に数えられる。

1/3列間では残存立木は必ず樹冠の一側面が開放されるうえ，このようなうっ閉率の低下がともなうので，本数間伐率がひくい割合に林冠が再び閉鎖するまでの期間が強度下層間伐法を適用した場合よりもやや長期間におよびその分だけ間伐の繰り返し期間を延長することが可能であろう。

しかし間伐前の林分が高密であると，列間後の残存生立本数はなおかなり多く，この事例では1,740本/haを数え，Sr値も当初の14.9が18程度に調整されるにとどまり，このまま放置することは許されない。しかも当初設定した林齢40年頃の仕立本数600本/haを目標とすると，なお残存立木本数の2/3，上層木だけに限ってもほぼ1/2に相当する間伐が必要で，これを一挙に密度調整することは林分管理上適切でなく，今後少なくとも2回の間伐繰り返しを図らなくてはならない。

すなわち1/3列間法は高密林分における初回間伐の効率化あるいは次回間伐までの据置期間をある程度延引できる特性をそなえているが，次回以降の間伐も約束されてはじめて体系ずけられるのであって，初回の列間のみをもって完結するものでないことを改めて強調しておきたい。特に1/3列間によるときは初回の間伐率がひくいだけに，2回目以降の間伐に際して下層間伐法を適用する場合にはかなり強度な間伐率を採用することが要求され，表

**表—31**　1/3列間法による間伐の経過と林分諸量の推移予測　（ha当り）

| 間伐 | 林 | 間伐前 | | | | | 間伐 | | | 間伐後 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 回数 | 齢 | 本数 | 材積 | 樹高 | 直径 | Sr | 本数率 | 本数 | 材積 | 本数 | 材積 | 樹高 | 直径 | Sr |
| | 年 | 本 | m³ | m | cm | | % | 本 | m³ | 本 | m³ | m | cm | |
| 第1回 | 22 | 2,610 | 231 | 14.1 | 12.5 | 14.9 | 33 | 870 | 73 | 1,740 | 158 | 14.1 | 12.5 | 17.2 |
| | (枯) | (−140) | | | | | | | | | | | | |
| 第2回 | 30 | 1,600 | 271 | 16.8 | 16.2 | 15.5 | 45 | 720 | 80 | 880 | 190 | 17.0 | 17.1 | 20.4 |
| 第3回 | 38 | 880 | 292 | 19.8 | 19.0 | 17.3 | 32 | 280 | 62 | 600 | 230 | 20.4 | 20.6 | 20.4 |
| 目標期 | 40 | 600 | 250 | 21.5 | 21.5 | 19.0 | | (計) | 215 | | | | | |

**表—32**　1/3列間の経過と樹型級別本数の推移予測　（本/ha）

| 間伐回数＼樹型級 | | 1 | 2 | | | | 3 | 3′ | 4 | 5 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | a | b | d | d′ | | | | | |
| 第1回間伐 | 前 | 73 | 8 | 37 | 37 | 7 | 38 | 32 | 24 | 5 | 261 |
| | (伐) | (21) | (3) | (14) | (10) | (14) | (13) | (10) | (10) | (2) | (87) |
| | 後 | 52 | 5 | 23 | 27 | 3 | 25 | 22 | 14 | 3 | 174 |
| | (枯) | | | (−1) | | | (−2) | (−1) | (−7) | (−3) | (−14) |
| 第2回間伐 | (伐) | (6) | (0) | (10) | (9) | (3) | (16) | (21) | (7) | (0) | (72) |
| | 後 | 46 | 5 | 12 | 18 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 88 |
| 第3回間伐 | (伐) | (9) | (0) | (6) | (7) | (0) | (6) | (0) | (0) | (0) | (28) |
| | 後 | 37 | 5 | 6 | 11 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 60 |

—31に示したここでの間伐設計においても，原林分がいちじるしく高密であったため，間伐繰り返し期間を8年として2回目に45%，3回目に32%におよぶ高い間伐率を適用して所定の林分密度調整を図ることとしている（ただし列間法によるときは残存列内に原林分とほぼ同じ30%あまりの劣勢木がふくまれるので，初回から2回目までの間伐期間中の衰弱・枯損による本数逓減を8%程度見込んであり，また初回間伐以降の林分諸量の生長予測は前例と同じ手法で，それぞれの据置期間相当の試算値を計上した）。

一方初回の間伐に列間法を適用する場合，間伐列にふくまれる良質木の除去あるいは残存列内の劣悪木の存在が危惧されるが，原林分が高密であるほど最終的な保残木の形質は表—32にみられるように他の間伐法と比べてほとんど遜色なく，また付図—1—(2)に示した最終保残木はいちじるしい立木配置の偏りも認められず，前述の高遠町の事例にもみられたように，高密カラマツ林を対象とした間伐手法のひとつとして正当に評価できる。

以上のような林分密度管理上の特性と並んで，列間法には間伐木の選定や伐倒がきわめて容易であるうえ，間伐材の収穫をともなう場合には，当初の考え方で述べたように間伐木の搬出や採材の段階もふくめた作業効率の向上とも連係して，いわゆるシステム化した収穫体系が組立やすい優れた特徴もそなえている。

なお列間林分における2回目以降の間伐手法は，いままで下層間伐法の適用を考えてきたが，高遠町や手良地区のように広大なカラマツ林をかかえている地域では，再三にわたる間伐実行性の確保が懸念されるので，後節で述べる〝保残木マーク法〟の検討を進めてきた過程で，その特性を列間保残列に組み入れることによって，ただ1回の2次間伐をもって最終的な林分密度調整が果される手法の実地適用を計画した。

### 第3節　1/2列状間伐法の試行

以上のように高密林を対象とする場合でも再三にわたる間伐の繰り返しが可能であれば，強度下層間伐法あるいは1/3列間法によっても林分密度の調整は図られるが，広大な間伐対象林分をかかえている地域での度重なる間伐の繰り返しはきわめて困難であることが予想される。現実に前述した手良地区の事例では，20～40年生カラマツ林の過半におよぶ林分が2,000本/haを上まわる過密状態にありながら初回間伐さえ行われていない事実，あるいは高遠町のように1/3列間法を多用していながら，対象面積が膨大であるため2次以降の間

表—33　1/2列間法による間伐の経過と林分諸量の推移予測　（ha当り）

| 間伐林 | | 間伐前 | | | | | 間伐 | | | 間伐後 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 回数 | 齢 | 本数 | 材積 | 樹高 | 直径 | Sr | 本数率 | 本数 | 材積 | 本数 | 材積 | 樹高 | 直径 | Sr |
| | 年 | 本 | m³ | m | cm | | % | 本 | m³ | 本 | m³ | m | cm | |
| 第1回 | 22 | 2,610 | 231 | 14.1 | 12.5 | 14.9 | 55 | 1,310 | 116 | 1,300 | 115 | 14.1 | 12.5 | 20.0 |
| | (枯) | (−150) | | | | | | | | | | | | |
| 第2回 | 34 | 1,150 | 231 | 18.4 | 17.0 | 16.6 | 30 | 350 | 56 | 600 | 175 | 18.5 | 19.0 | 22.1 |
| | | | | | | | | | | +200 | | | | |
| 目標期 | (枯) 40 | (−30) 600 +170 | 235 | 21.5 | 22.0 | 19.0 | | (計) | 172 | | | | | |

注）　＋αは保残副林木本数

表—34　1/2列間の経過と樹型級別本数の推移予測　（本/0.1ha）

| 間伐回数＼樹型級 | | 1 | 2 | | | | 3 | 3′ | 4 | 5 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | a | b | d | d′ | | | | | |
| 第1回間伐 | 前 | 73 | 8 | 37 | 37 | 7 | 38 | 32 | 24 | 5 | 261 |
| | （伐） | (31) | (6) | (18) | (19) | (2) | (22) | (20) | (11) | (2) | (131) |
| | 後 | 42 | 2 | 19 | 18 | 5 | 16 | 12 | 13 | 3 | 130 |
| | （枯） | | | (−1) | | | (−1) | (−2) | (−8) | (−3) | (−15) |
| | （枯） | (6) | (0) | (0) | (6) | (5) | (7) | (8) | (3) | (0) | (35) |
| 第2回間伐 | 後 | 32 | 2 | 12 | 7 | 0 | 6 | 1 | 0 | 0 | 60 |
| | | +4 | | +6 | +5 | | +2 | +1 | +2 | | +20 |
| | （枯） | | | | | | | (−1) | (−2) | | (−3) |

注）　$+\alpha$は保残副林木本数

伐に全く手がまわらない状況などに接すると，事態はきわめて深刻であり，何んらかの対応策が講じられなければ，これら地域でのカラマツ林の成林の前途が危ぶまれる。

こうした状況のなかで間伐に関する技術的対応策として，当間伐試験地では次節で述べる保残木マーク法と並んで，1/2列状間伐法を発想し，1～2回の間伐で応急処置が済まされる密度管理体系の可能性について実験をすすめている。試験地内では別箇所に1/2列間対象区を設けているが，ここでは前記2法と同じプロットに1/2列間法を適用した場合を想定して比較検討した。

1/2列間法の発想は1/3列間法と同じ主旨によるが，林分全体にわたって全く機械的に1列おきの列状伐採を行なって残存列の両側に間伐空間を与える手法で，間伐材の伐出・収穫は1/3列間法と比べて一層効率化が図られるが，間伐率は本数・材積とも50%におよび急激な疎開をともなうので，間伐後の林相の変化や残存林木の資質の吟味などについて検討することが今後の課題である。

本事例における立木配置図上での間伐列は付図—1—(3)のとおりで，一部間伐木の調整によって間伐本数は原生立本数261本/10aの1/2に相当する131本とした。また間伐の経過による林分諸量や樹型級別本数の推移予測は表—33，34に示した。

林分の生立状態が不均一であるため両者の数値にややバラツキはともなうが，列のとり方によってどちらを間伐列としてもよい。最終伐期まで仕立てることが適当と考えられる1級木をはじめ，2級木のa，b，dおよび3級木をそれぞれ合計すると，間伐列で96本，残存列で97本であり，また直径階別本数もおおむね半々にふり分けられたとみられ，原生立木の樹型級や径級分布の性格はほぼ2分されたとみなされる。

1/2列間実施後の残存本数は1,300本/haであり，最終保残目標とした600本/haに対してなお2倍量を上まわるが，1/2列間を実用可能な手法としていくためには，残存列にふくまれる形質良好な林木が占める割合とその立木配置とが問題視される。残存木に占める良質木の割合は間伐前の立木総体の資質に規定され，この資質が劣る場合は1/2列間のような強度で機械的な選木が適用される間伐法は実用をさけなければならない。ここでは上述の

ように残存本数の70%あまりが良質木で占められていたので，これらのうちからできるだけ立木配置が偏らないように最終保残木600本/haを選定してみたところ，付表－1，付図－1－(3)および表－34にみられるように一部劣勢の保残木がふくまれるが，立木配置並びに樹型級ともに下層間伐法や1/3列間法と比べて致命的な格差は認められないと判断され，本事例のような高密林分に対しては1/2列間法の適用も十分に考えられる。

ただし1/2列間法は1/3列間法のような実績が得られていないので，すでに間伐済みの1/2列間区における間伐後の詳細な追跡調査を重ね，高密カラマツ林を対象とした間伐法としての適性を確かめていかねばならない。なお本法は2回の間伐で所期の林分造成が図られることを前提とするので，表－33および付図－1－(3)に併記したように，次回の間伐は次節で解説する保残木マーク方式によることとし，またそれまでの据置期間を最低10年間程度（ここでは12年間により試算した）として実行性を確保し，上述した保残予定木600本/haの生育を期待している。

## 第4節　〝保残木マーク法〟の提唱とその適用事例

### 1　〝保残木マーク法〟の提唱

本法は従来いわれてきた上層間伐法に類する間伐法のひとつと考えられ，高密スギ林分での間伐手法としてすでに2ヶ所での実践例を提示してきた[51)52)53)]。その発想の契機は後述するような〝「立て木」や「未来木」を予定して残す〟といった系統だった間伐手法に基づいたものではなく，密度管理が不十分であったり，あるいは仕立目標の不明確さなどの理由で，結果としていちじるしく高密化してしまった林分の取り扱いにかかわってきた過程で，在来の間伐法でいわれる〝弱度の間伐をしばしば繰り返す〟とか〝やや強度な間伐を5～6年おきに2～3回繰り返す〟といった，いわば正統的な間伐法だけでは対処しにくくなってきている現場の事情，あるいはカラマツ以外の樹種，特に柱材仕向けが可能なスギやヒノキの間伐にはなじみにくい列間法の限界性などの状況に遭遇し，これらの隘路を打開するひとつの手段として提唱してきた方策である。

保残木マーク法は，間伐に先立って当該林分の将来生長予測をとらえたうえで，林齢40～50年頃の暫定目標あるいは最終主伐段階での主林木仕立本数を予定し，立木配置を考慮しながら予め生長・形質の優れた立木を選んで保残候補木としてマークし（ポリテープあるいはカラースプレーによって標示している），その他の立木は保残木の生育に支障をおよぼすおそれのあるものから優先して随時間伐していく方法で，

i）　生産目標が間伐を契機により明確にとらえられること
ii）　保残木の生長阻害が確実に除去されること
iii）　間伐木の選定が容易であること
iv）　市場性の高い間伐材が得やすいこと

などの利点があり，在来の間伐法や間伐率にあまりこだわらなくて実行しやすい。本法の適用にあたっては，劣勢木は保残木の生育に影響することが少ないので立木配置上や林床保全のため副林木として伐期まで適宜残してかまわないし，切捨て間伐の場合には支障木のみの除去によって応急の目的は果される。また間伐材を収穫対象とする場合には，これら支障木のほかにマーク外の良質木も加えて伐出収支の補塡も図られる。

ひるがえって永い間伐の歴史をたどってみると，古くはわが国江戸時代の後期（嘉永年代）吉野地方における「樽丸式間伐法[54]」に，また西欧においてもHeckの創案した「自由間伐法」（Freie Durchforstung,1984年～）[54]あるいはJunackの「赤松の間伐」(Durchforstung der Kiefer,1921年)[55]などによって，本法の要提はすでに系統だった論理にもとづいて提唱・実践された経緯がある[44]。

樽丸式間伐法および自由間伐法はその発想において全く軌を一にする特殊な間伐法とされ，旧来の慣習にもとづく樹型級や選木法にとらわれることなく，主伐木を完全に育成するため林分にとって必要と認めた間伐を行うもので，林分育成の途次早くから将来の主伐木すなわち「立て木」を予定し，その生育を妨げあるいは競争のおそれがある支配木をことごとく伐採する一方において，「立て木」を保護する育ちおくれの木および障害とならないものを残すこととしている。

一方Junackは，間伐の主問題は「未来木」の樹冠撫育にありとし，間伐木の選定にあたってはまっ先に未来木を選定し，この未来木の樹冠をじゃまし制限する隣接木を伐り除くことであると説いている。

その後間伐の手法については経験的あるいは研究的に幾多の検討が続けられ，特に近時いちじるしい発展をみた林分の本数密度を中心にした生長法則の究明によって，経験的に積み重ねられてきた有名林業地などでの間伐手法も，密度法則によるそれぞれの合理性もあとずけされ，間伐の技法は一応完成の域に到達したとさえ考えられる。

しかしこうした成果のなかで優れた業績のいくつかが埋れ，一般の間伐論議のなかから見落されたり無視されている事実をも一度顧みて，ここで提示しようとする「立て木法」あるいは「未来木法」とも称されるべき「保残木マーク法」をはじめ，列間法もそのひとつであるし，寺崎式間伐法に集約されてきた「C種，D種あるいは上層」などと称される強度間伐法なども，現実の困難な間伐を進めていくためには，改めて俎上に載せて再検討してみる必要性が痛感される。

保残木マーク法はその発想の原点がどうであれ，その手法を現実に行きづまった間伐実践の場に活用する意義は大きいように思われる。高密化がいちじるしい林分の間伐に際して，〝どの木を伐りどの木を残したらよいか〟より，〝この木だけは主伐期まで残しておきたい〟ものを選ぶ方が，はるかに明快であることはすでに経験したところであり，もちろん近代的な〝密度管理指針〟についての配慮は当然考えてのことである。また本法は必ずしも高密林の取り扱いのみに限らず，一般林での間伐や列間地における第2次間伐に適用することも可能である。

すでに本法の実用例は，列間法になじまないスギの高密林分（間伐前の生立本数は樹高12～15mの段階で2,400～2,800本/ha）を対象に施行してきたが[51)52)53]，ここでの事例をふくめてカラマツ林への適用を提唱し実践してきた。

## 2　保残木マーク法のカラマツ林への適用事例

本法による間伐例は本学カラマツ間伐試験地内で実施しているが，ここでも前例と同じプロットを対象とした場合を想定して比較検討の資料とした。

いずれの間伐法を採択する場合でも，当該林分の将来像については当然想定されていなければならないが，間伐が手おくれになっているような林分では，高密林の取り扱いについて

の間伐事例や指針などがほとんど見当らないため，とかく〝とりあえずある程度強度な密度調整を図っておこう〟といった意識での間伐が行われ，次回以降の間伐計画や主伐段階での目標設定などについてはあまり明らかにされていない事例を多く見受ける。

本法は在来の間伐法とは逆に，間伐に先立って当該林分の生長予測にもとづいて将来適当と考えられる主林木の単位面積当りの保残本数が先ず決められ，当初から経営や施業の目標が強く意識される。ここでは地位指数が21程度の林分であるためのほかの間伐法を適用した場合と同じように林齢40年生頃を当面の目標として，600本/haを保残マークすることとした。

**表—35**　生立本数対平均幹距早見表

| 生立本数(本/ha) | 3,000 | 2,500 | 2,000 | 1,600 | 1,200 | 1,000 | 800 | 600 | 400 | 300 | 200 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 平均幹距（m） | 2.1 | 2.3 | 2.5 | 2.8 | 3.3 | 3.6 | 4.0 | 4.6 | 5.6 | 6.5 | 8.0 |

**表—36**　保残木マーク法による間伐の経過と林分諸量の推移予測　　（ha当り）

| 間伐回数 | 林齢 | 間伐前 本数 | 材積 | 樹高 | 直径 | Sr | 間伐 本数率 | 本数 | 材積 | 間伐後 本数 | 材積 | 樹高 | 直径 | Sr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 年 | 本 | m³ | m | cm | | % | 本 | m³ | 本 | m³ | m | cm | |
| 第1回 | 22 | 2,610 | 231 | 14.1 | 12.5 | 14.9 | 39 | 1.010 | 97 | 600 | 134 | 14.1 | 12.5 | 29.0 |
| | (枯) | (−220) | | | | | | | | +1,000 | | | | (18.0) |
| 第2回 | 32 | 600 | 254 | 17.8 | 17.0 | 22.9 | 38 | 530 | 74 | 600 | 180 | 18.2 | 19.2 | 22.4 |
| | | +780 | | | | | | | | +250 | | | | |
| 目標期 | (枯) | (−50) | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | 600 | 260 | 21.5 | 23.5 | 19.0 | | (計) | 172 | | | | | |
| | | +200 | | | | | | | | | | | | |

注）　＋$\alpha$は保残副林木本数

**表—37**　保残木マーク法の経過と樹型級の推移予測　　（本/0.1ha）

| 間伐回数＼樹型級 | | 1 | 2 a | 2 b | 2 d | 2 d′ | 3 | 3′ | 4 | 5 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 第1回間伐 | 前 | 73 | 8 | 37 | 37 | 7 | 38 | 32 | 24 | 5 | 261 |
| | (伐) | (32) | (2) | (24) | (21) | (7) | (10) | (4) | (1) | (0) | (101) |
| | 後 | 40 | 6 | 6 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| | | +1 | | +7 | +9 | | +27 | +28 | +23 | +5 | +100 |
| | (枯) | | | (−1) | | | (−2) | (−3) | (−10) | (−5) | (−22) |
| 第2回間伐 | (伐) | (1) | (0) | (6) | (9) | (0) | (25) | (12) | (0) | (0) | (53) |
| | 後 | 40 | 6 | 6 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| | | | | | | | | +13 | +12 | | +25 |
| | (枯) | | | | | | | | (−5) | | (−5) |

注）　＋$\alpha$は保残副林木本数

保残予定本数が決められれば本法による後の作業はきわめて簡単で，間伐は次の手順によって実行する。

1)　先ず間伐前の単位面積当りの生立本数をおよそ調べておく。保残木の選定とは直接関係しないが，今後の管理指針や間伐率算定などの参考資料が得られる。

2)　保残予定本数をマークする。選木方法は在来の間伐木選定の手順と逆であるが，手法はほとんど同じで，次の2通りのどちらかによる。

ⅰ)　対象林分内の数ヶ所に10～20m四方の標準区を設け，面積相当の所定保残本数の立木を指定し，わら縄・ポリテープなどを巻いて標示する。あらかじめ所定本数分のテープを用意し「生長・形質の良い木を立木配置を考えて選木する」という指示だけで試行した結果では，上記面積程度の区画内では大部分の指定木は個人差なく選定することが可能であった。はじめやや少なめに選定し，巻替えをふくめて残りのテープで調整すると効率的である。区画外はほぼこれに準じて実施する。総面積が明らかであるか小さい場合には，当初から所定本数分だけテープを用意すれば，わずかな調整で選木は果される。

ⅱ)　表—35のような生立本数相当の平均幹距 Sd を基準にして，上と同じ指示で選木・表示する。

普通両者の併用が望ましいが，面積規模が大きい場合でも施業図や森林簿上などで区画面積が明らかであれば，面積相当の本数分だけテープを用意すれば，上記ⅱ)のみによっても選木は果される。

3)　以上によって保残木の指定が終われば，この指定木と競合している隣接木を優先して第1次の間伐対象木として除去する。切捨てや応急の間伐ではとりあえずの目的は果されるし，間伐材の多量収穫を図る場合には指定外の残存木のなかから適宜伐り増して収穫材積に充当する。

本間伐事例における保残指定木および第1次間伐対象木の選木結果は，付図—1—(4)，付表—1のとおりで，保残指定木1本当り平均1.25本の間伐（間伐率29%）によって初期の目的は果されるが，間伐率の許容範囲を考えるとなお10%あまりの本数を収穫対象に繰り入れることが得策と考え，伐り増しを計画した。

本法によると初回間伐期に上層林冠の疎開が果されるため，指定保残木に限った林分密度はいちじるしい調整が図られ，暫定目標とした40年生頃を伐期とするならばこのまま据置くことも可能である。しかし将来伐期の延長を考慮する場合にはそのほかの保残立木が多いため，適期を見計らって早めに第2次の間伐を実施し，これら保残立木の密度調整を図っておくことが望ましい。

このような主旨にもとづいて，ここでは初回間伐後10年目頃以降を目処に次回の間伐を計画した。表—36にみられるように，10年経過後の上層密度にはなお猶予も認められるが（Sr 22.9)，林分全体では自然枯損逓減をともないながら過密化が進行しているので，指定保残木以外の立木についてやや強度な密度調整を図ることとした。

また表—37にみられるように，本方式は当初から良質立木の保残育成を目的とするので，最終的な保残立木の形質は下層間伐法によった場合とほとんど変らないうえ，径級や材積生長量の増大も期待される。

なお本法によるときは，目標仕立本数が700～800本/ha を超えると，立木配置上生長形質

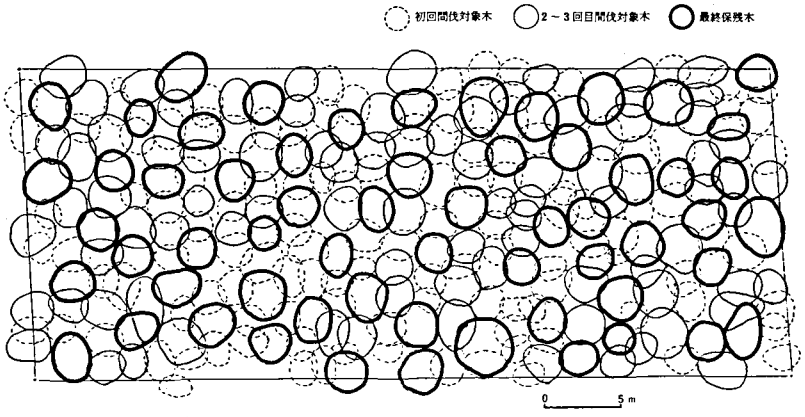
付表－1　間伐法のちがいによる間伐対象木および最終保残木対照表

| No | D | s.c. | I | II | III | IV | No | D | s.c. | I | II | III | IV | No | D | s.c. | I | II | III | IV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 18 | a | ○ | ○ | × | ○ | 45 | 10 | 3 | × | • | × | • | 89 | 12 | b | × | • | • | • |
| 2 | 12 | 3 | • | • | ○ | • | 46 | 18 | a | ○ | ○ | × | ○ | 90 | 10 | b | × | • | × | × |
| 3 | 14 | 1 | • | × | × | × | 47 | 12 | b | • | ○ | ○ | × | 91 | 14 | 1 | • | × | ○ | • |
| 4 | 8 | 4 | × | × | × | • | 48 | 14 | d′ | × | • | • | • | 92 | 10 | 3 | • | • | × | • |
| 5 | 12 | 3′ | × | • | • | • | 49 | 14 | 1 | ○ | × | × | ○ | 93 | 14 | 1 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 6 | 10 | 4 | × | × | × | • | 50 | 12 | 3′ | × | • | • | • | 94 | 10 | 3 | × | × | × | • |
| 7 | 10 | 4 | × | • | • | • | 51 | 10 | 3′ | × | × | × | • | 95 | 14 | d′ | × | • | × | × |
| 8 | 18 | a | ○ | ○ | × | ○ | 52 | 14 | d | • | • | × | × | 96 | 18 | 5 | × | × | • | • |
| 9 | 16 | d | ○ | • | × | ○ | 53 | 12 | d | • | ○ | ○ | × | 97 | 14 | 1 | ○ | ○ | × | ○ |
| 10 | 10 | 4 | × | • | • | • | 54 | 16 | d | • | × | × | × | 98 | 10 | 3 | × | • | • | • |
| 11 | 12 | 3 | × | × | × | • | 55 | 12 | 3′ | × | • | • | • | 99 | 14 | 1 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 12 | 12 | b | × | • | ○ | • | 56 | 12 | 3 | × | • | × | • | 100 | 12 | 3 | ○ | × | × | ○ |
| 13 | 12 | d | • | ○ | × | × | 57 | 18 | d | • | × | • | • | 01 | 14 | 3′ | × | × | × | • |
| 14 | 16 | 1 | ○ | × | ○ | ○ | 58 | 14 | d | × | × | ○ | • | 02 | 14 | 1 | • | • | ○ | × |
| 15 | 12 | b | • | • | × | × | 59 | 8 | 3 | × | × | ○ | • | 03 | 10 | 3 | × | • | • | • |
| 16 | 12 | 3′ | × | × | • | • | 60 | 14 | d | ○ | ○ | × | ○ | 04 | 18 | a | ○ | ○ | × | ○ |
| 17 | 18 | d | • | • | ○ | × | 61 | 8 | 4 | × | • | • | • | 05 | 12 | d | • | × | • | • |
| 18 | 16 | d | ○ | • | • | ○ | 62 | 10 | 3′ | × | • | ○ | • | 06 | 8 | 4 | × | × | • | • |
| 19 | 14 | 1 | ○ | ○ | × | ○ | 63 | 12 | 3′ | × | × | × | • | 07 | 20 | b | • | • | ○ | • |
| 20 | 12 | 3′ | × | × | × | • | 64 | 8 | 3′ | × | • | • | • | 08 | 8 | 4 | × | × | • | • |
| 21 | 10 | 3 | × | × | × | • | 65 | 16 | 1 | ○ | ○ | × | ○ | 09 | 10 | 3 | × | • | × | • |
| 22 | 20 | d | • | ○ | × | • | 66 | 14 | 1 | • | × | ○ | × | 10 | 18 | 1 | ○ | ○ | • | ○ |
| 23 | 10 | 3′ | × | • | • | • | 67 | 10 | 3 | × | • | × | • | 11 | 14 | 1 | • | × | × | × |
| 24 | 12 | d | • | • | ○ | • | 68 | 14 | d | • | • | • | • | 12 | 12 | b | • | ○ | ○ | × |
| 25 | 12 | 1 | ○ | ○ | × | ○ | 69 | 10 | 3′ | × | × | × | • | 13 | 10 | 4 | × | • | × | • |
| 26 | 14 | d | • | × | • | × | 70 | 10 | 4 | × | • | • | • | 14 | 12 | b | • | × | ○ | × |
| 27 | 14 | d | ○ | ○ | × | ○ | 71 | 10 | 3′ | × | • | × | × | 15 | 12 | 1 | ○ | ○ | × | ○ |
| 28 | 8 | 4 | × | • | × | • | 72 | 10 | 3 | × | • | × | × | 16 | 10 | 4 | × | • | • | × |
| 29 | 10 | 3 | × | • | ○ | • | 73 | 16 | 1 | • | × | ○ | × | 17 | 10 | 3′ | × | • | × | • |
| 30 | 8 | 4 | × | • | • | • | 74 | 14 | 1 | ○ | ○ | ○ | ○ | 18 | 12 | b | × | × | • | • |
| 31 | 18 | a | ○ | × | × | ○ | 75 | 18 | 3′ | • | • | × | • | 19 | 12 | 1 | ○ | ○ | × | ○ |
| 32 | 14 | 1 | • | ○ | ○ | × | 76 | 10 | 3 | × | × | ○ | • | 20 | 14 | 1 | • | • | ○ | × |
| 33 | 16 | 1 | ○ | ○ | × | ○ | 77 | 10 | b | • | • | × | × | 21 | 10 | b | × | × | × | × |
| 34 | 10 | 3′ | × | × | • | • | 78 | 14 | d | • | ○ | ○ | × | 22 | 14 | 1 | • | • | ○ | × |
| 35 | 8 | 4 | × | × | • | • | 79 | 10 | b | • | × | × | • | 23 | 14 | d′ | × | × | • | × |
| 36 | 12 | b | • | • | × | × | 80 | 10 | b | • | × | × | • | 24 | 10 | 3′ | × | • | × | • |
| 37 | 8 | 5 | × | • | × | • | 81 | 12 | d | • | • | • | • | 25 | 14 | d | ○ | ○ | × | ○ |
| 38 | 14 | 1 | • | ○ | ○ | × | 82 | 12 | d′ | × | × | • | • | 26 | 16 | 1 | • | × | ○ | × |
| 39 | 12 | d | ○ | × | × | ○ | 83 | 12 | d | • | • | • | • | 27 | 8 | 4 | × | • | × | • |
| 40 | 10 | 3′ | × | × | × | • | 84 | 12 | b | × | • | × | • | 28 | 12 | b | ○ | ○ | × | ○ |
| 41 | 10 | 4 | × | • | • | • | 85 | 14 | 1 | ○ | × | × | ○ | 29 | 10 | 3 | × | ○ | ○ | • |
| 42 | 12 | 1 | ○ | ○ | × | ○ | 86 | 12 | b | × | • | × | • | 30 | 16 | 1 | ○ | × | × | ○ |
| 43 | 12 | d | • | • | • | × | 87 | 14 | 1 | ○ | ○ | • | ○ | 31 | 10 | b | • | • | • | × |
| 44 | 10 | b | • | • | ○ | × | 88 | 14 | d | • | × | × | × | 32 | 14 | 1 | ○ | ○ | × | ○ |

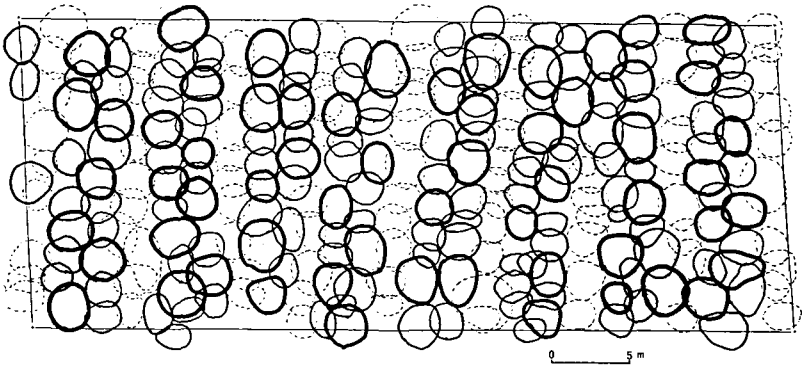
注）　I；強度下層間伐　II；1／3列間　III；1／2列間　IV；保残木マーク
　　○；最終保残木　×；初回間伐木　•；1～2回目間伐木

(No.：立木ナンバー，D：胸高直径（cm），s.c.：樹型級)

| No. | D | s.c. | I | II | III | IV | No. | D | s.c. | I | II | III | IV | No. | D | s.c. | I | II | III | IV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 33 | 10 | 3 | × | × | • | • | 177 | 12 | b | • | ○ | × | × | 221 | 14 | 1 | • | • | • | × |
| 34 | 14 | d | × | • | × | × | 78 | 12 | b | ○ | ○ | ○ | ○ | 22 | 16 | 1 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 35 | 10 | b | • | • | • | • | 79 | 12 | b | • | × | × | × | 23 | 10 | b | • | ○ | × | • |
| 36 | 16 | d | × | × | × | × | 80 | 10 | b | × | × | × | • | 24 | 10 | 3′ | × | • | × | • |
| 37 | 10 | b | ○ | × | ○ | ○ | 81 | 14 | 1 | • | ○ | ○ | • | 25 | 6 | 5 | × | × | • | • |
| 38 | 10 | 4 | × | • | × | • | 82 | 12 | 3′ | × | • | × | • | 26 | 16 | 1 | ○ | × | ○ | ○ |
| 39 | 14 | 1 | ○ | ○ | × | ○ | 83 | 14 | d | • | • | × | • | 27 | 14 | 1 | • | ○ | × | × |
| 40 | 10 | b | • | • | • | • | 84 | 16 | 1 | ○ | × | • | ○ | 28 | 10 | b | ○ | • | • | ○ |
| 41 | 12 | b | • | • | • | × | 85 | 16 | 1 | • | × | ○ | × | 29 | 12 | d′ | × | • | • | • |
| 42 | 10 | b | • | × | × | × | 86 | 12 | 1 | • | • | • | × | 30 | 10 | b | × | × | × | × |
| 43 | 10 | 3 | × | × | × | • | 87 | 14 | 1 | • | ○ | • | × | 31 | 8 | 4 | × | × | × | • |
| 44 | 12 | 1 | ○ | ○ | ○ | ○ | 88 | 12 | 1 | • | × | × | × | 32 | 10 | 3 | × | • | • | • |
| 45 | 8 | 3 | × | • | × | × | 89 | 12 | 1 | ○ | × | × | ○ | 33 | 14 | 1 | • | • | ○ | • |
| 46 | 8 | 3 | × | • | × | • | 90 | 14 | d | • | ○ | ○ | • | 34 | 12 | 3′ | × | • | × | • |
| 47 | 12 | 1 | • | × | ○ | × | 91 | 10 | 3′ | × | • | • | • | 35 | 18 | 1 | ○ | ○ | × | ○ |
| 48 | 18 | 1 | ○ | ○ | × | ○ | 92 | 10 | 3′ | × | • | × | • | 36 | 12 | b | • | × | ○ | × |
| 49 | 10 | 3′ | × | • | • | • | 93 | 14 | 1 | ○ | ○ | × | ○ | 37 | 10 | 3 | × | • | × | • |
| 50 | 16 | d | • | • | ○ | • | 94 | 12 | 3 | • | • | ○ | × | 38 | 12 | 3′ | × | • | × | • |
| 51 | 16 | 1 | ○ | ○ | ○ | ○ | 95 | 16 | d | ○ | ○ | × | ○ | 39 | 14 | 1 | • | • | • | × |
| 52 | 10 | 4 | × | • | • | • | 96 | 10 | 3 | × | • | × | • | 40 | 12 | b | ○ | × | × | ○ |
| 53 | 12 | b | × | • | × | × | 97 | 12 | d′ | × | × | • | × | 41 | 10 | 3 | × | • | • | • |
| 54 | 12 | 1 | • | • | × | × | 98 | 10 | b | ○ | × | ○ | ○ | 42 | 16 | 1 | • | ○ | × | × |
| 55 | 10 | 4 | × | × | • | • | 99 | 14 | 1 | • | • | × | × | 43 | 16 | 1 | ○ | × | • | ○ |
| 56 | 18 | a | ○ | × | ○ | ○ | 200 | 14 | 1 | • | • | × | × | 574 | 10 | 3′ | × | • | × | • |
| 57 | 14 | d | • | ○ | × | • | 01 | 12 | 1 | ○ | ○ | ○ | ○ | 75 | 18 | a | • | × | ○ | × |
| 58 | 10 | 4 | × | • | × | • | 02 | 12 | d | • | × | × | • | 76 | 6 | 5 | × | • | • | • |
| 59 | 16 | 1 | ○ | ○ | ○ | ○ | 03 | 10 | 3 | × | × | × | • | 77 | 10 | 3′ | • | × | × | • |
| 60 | 14 | 3′ | × | • | • | • | 04 | 14 | d | • | • | • | × | 78 | 16 | 1 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 61 | 8 | 4 | × | × | × | • | 05 | 12 | 1 | ○ | • | ○ | ○ | 79 | 12 | d | • | • | • | • |
| 62 | 14 | d | • | • | ○ | × | 06 | 10 | d′ | × | × | × | × | 80 | 10 | 3 | × | × | × | • |
| 63 | 12 | 3 | • | • | × | • | 07 | 6 | 4 | × | × | × | • | 81 | 10 | 3 | • | × | • | • |
| 64 | 14 | 1 | ○ | × | ○ | ○ | 08 | 8 | 4 | × | • | • | • | 82 | 6 | 5 | × | • | × | • |
| 65 | 18 | a | • | ○ | × | × | 09 | 14 | 1 | • | ○ | × | × | 83 | 10 | 3 | × | • | • | • |
| 66 | 14 | 1 | ○ | ○ | • | ○ | 10 | 12 | 3 | • | • | × | • | 84 | 8 | 4 | × | × | × | • |
| 67 | 12 | 3′ | × | • | × | • | 11 | 16 | 1 | ○ | × | ○ | ○ | 85 | 10 | 3 | • | • | • | • |
| 68 | 14 | 1 | • | × | ○ | × | 12 | 12 | 1 | • | ○ | × | × | 86 | 8 | 3 | × | • | × | • |
| 69 | 12 | 3′ | × | • | × | • | 13 | 12 | 1 | • | • | × | × | 87 | 14 | 1 | • | ○ | × | • |
| 70 | 12 | 1 | • | • | ○ | × | 14 | 12 | 3′ | × | • | • | • | 88 | 10 | 3 | × | × | • | • |
| 71 | 10 | 3 | × | × | × | × | 15 | 16 | 1 | ○ | ○ | ○ | ○ | 89 | 12 | d | • | ○ | × | • |
| 72 | 12 | b | × | • | ○ | × | 16 | 12 | 1 | • | • | × | × | 90 | 8 | 3 | × | • | • | • |
| 73 | 14 | 1 | • | • | • | × | 17 | 14 | 1 | ○ | ○ | ○ | ○ | 91 | 14 | 1 | ○ | × | × | ○ |
| 74 | 12 | 3 | • | • | × | • | 18 | 10 | 3′ | × | × | × | • | 261本 | | ○ | 60 | 60 | 60 | 60 |
| 75 | 16 | 1 | ○ | ○ | × | ○ | 19 | 14 | d | • | × | × | × | | | × | 111 | 87 | 131 | 101 |
| 76 | 12 | b | × | × | • | • | 20 | 10 | b | × | • | ○ | × | | | • | 90 | 114 | 70 | 100 |




(1)　強度下層間伐法

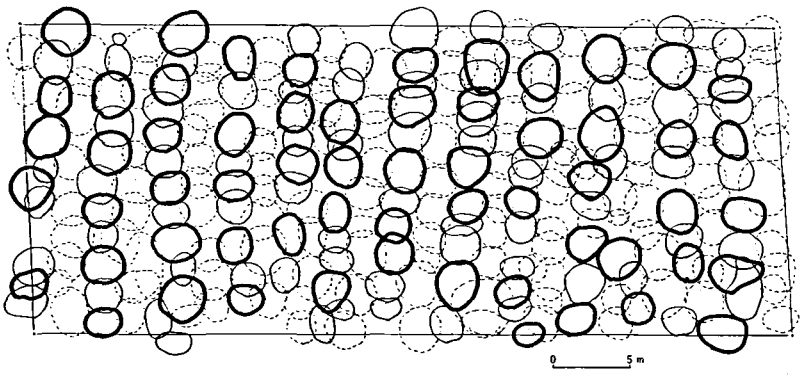



(2)　1/3列状間伐法

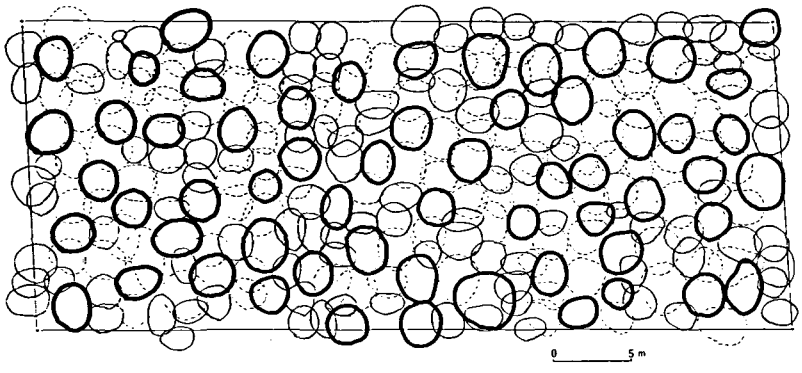
が劣るものを繰り入れざるを得ないうえ，残存木同志の樹冠の重複が多くなって本法の主旨が活かされなくなる。実践的には地位指数19～20以上の林分に対しては，もう少し先の50～60年生頃の適正本数と考えられる400～500本/ha，あるいはこれ以下に仕立本数をしぼって初期の間伐を実施し，中途での密度調整はこれら以外の残存立木によって柔軟に加減することの方が一層本法の主旨が活かされ，伐出作業もしやすい。

### 第5節　適用間伐法の総括的検討

以上高密カラマツ林の取り扱いを主題に在来の下層間伐法もふくめて4種類の間伐法を挙げ，個別に林分密度調整の手法を事例的に解説し，いずれの手法もそれぞれ実践がともなえば，目標とする森林構成を実現させうる間伐体系として採択することが可能であることを述べてきた。




(3)　1/2列状間伐法




(4)　保残木マーク法

**付図—1**　各間伐法における間伐対象木と残存予定木の立木位置図

当面の間伐問題をめぐる林業事情は一層きびしさが増幅される状況下におかれているが，間伐を手抜きして成林が図られるような術を持ちあわせない現状では，社会的な要請にまでなってきている森林造りの必要性を背景に，なお技術手段に依存した対応がせまられている。ここに挙げた4種の間伐法は，過去の間伐技法の積み上げあるいは見直しの域を出るものではないが，実践の拡大が図られることによってその評価が得られることを期待した。なかでも1/2列間法あるいは保残木マーク法は未だ実験の過程にあるとはいっても，単に応急処置としてだけではなく，体系的なひとつの間伐法にまで止揚しうることを実感しながら間伐後の経過を注視しているところである。

これらの間伐法を，一般化していくにあたって，特に留意すべき事項を挙げ本章の総括としておきたい。

**1　各間伐法の特徴と留意点**

1)　下層間伐法は在来の間伐法に類するが，ここでは初回並びに2回目の間伐に際してできるだけ強度な間伐率を適用すること，および間伐の繰り返しが所定の期間内に厳正に実行されること　の2点が特に要求され，このいずれかが果されないと高密林での体系的な密度

管理が滞り，本格的な間伐の手おくれあるいは過密の状態が引続き，以降の林分の取り扱いを一層むづかしくしてしまう。先の事例で述べたように〝間伐スケジュールの遵守〟を前提とする所以で，初回間伐時の目標設定がきわめて重要であることを改めて認識することを要する。

下層間伐法によるときは，すでに初回の間伐が実施されていても，残存生立本数が1,500本/ha程度以上におよぶ林分では，樹高が14～15mを超える段階以降5～6年の期間をおいて少なくとも2回の間伐の繰り返しが必須である。

2)　1/3列間法はすでに各地のカラマツ林で実用されてきているが，間伐率がひくいため以降の間伐が組み合わされてはじめてその成果が得られることを忘れてはならない。この前提が果されれば，高遠町における実践例やここでの事例研究にみられるように，本法は在来の間伐法に劣るものではなく，高密カラマツ林での初回間伐法，あるいは体系的なカラマツ林造成法のひとつとして正当に評価され，広く定着していくものと考える。

次の1/2列間法もふくめて列間法は，高密カラマツ林での初回間伐法として位置づけられる（手良地区では本法を適用せざるを得ないような高密カラマツ林を多く見受けた）が，初回の列間時あるいは次回の間伐時に保残木マーク法が併用されれば，1～2回の間伐によって応急かつ長期的な林分密度調整も果されると考え，またそのほかの残存立木（事例では原生立本数2,600本/haから列間木，保残マーク木，同支障間伐木および自然枯損木を差し引いた300～400本程度）は副林木として保残マーク木と共存させることも可能で，既住の列間地あるいは新たな初回列間地においては両者の併用も一考に値する。

1/3列間法は大面積的な高密カラマツ林における効率的な密度調整手段としても多用が望まれるが，材の伐出をともなう間伐に際してより一層その利点が強調される。林道や作業道に接している林分では，在来の間伐法と比べて20～30%にもおよぶ大巾な伐出費のコストダウンが図られるため[4]，初回の間伐を契機に路網の開設・延長や搬出体系の整備も組み合わせ易い。

3)　1/2列間法はここで採択した4種類の間伐法のうち，本数・材積とも間伐率が50%におよぶ最強度な間伐法で，実験的な成果もほとんど得られていないため，なじみにくく，いまだ一般化しうる段階にはない。

しかし樹高が14～15m以上にも達し，生立本数が2,000本/haを超えるような林分（Sr15～16程度）であること，生立本数の50～60%以上が通直性の高い良質な立木で占められていること　の2つの条件が満たされている場合，あるいは次回以降の間伐の実行性に乏しい林分などには適用の可能性が認められる。

全く機械的かつ強度な間伐率が適用されるため，表—40にみられるように，ほかの間伐法と比べてやや最終的な保残木の形質の低下はまぬがれないが，上述のような実践的な利点を評価し，間伐後の林分の推移によって1/2列間法の森林造成上における利欠点を追跡調査する必要がある。

なお1/2列間法による間伐材の出材量は1/3列間法の1.5倍におよぶため，伐出効率については最も勝れた手法であると評価される。

4)　保残木マーク法は，間伐に先立って当該林分における将来の林木の質量が規定され，また原林分が必ずしも高密林分であることを要しない点でほかの間伐法と区別される。当初

設定する将来の仕立目標本数はそれほど厳密である必要はなく，地位の良否に応じて400～600本/ha程度（地位の劣る林分ほど多めに見積る）であれば，林齢40～60年の範囲で伐期の設定については柔軟な対応が図られよう。また林分管理上の本法の特徴は，1次的な支障木のみの間伐ではなお保残マーク本数と同程度ないし倍量に近いそのほかの立木が存在し，これらは1次間伐の伐り増しや次回の間伐対象木に充てられるほか，立木配置上適宜伐り残すことによって副林木としての役割も果され，劣勢な林木が主体であることもあって同一樹種による複層的な林型を呈し，林地の保全や林分空間の有効活用を図るうえでも好ましい施業法であると考えられる。

## 2　間伐木の本数・材積および間伐材収穫量の比較

### 1)　間伐木の本数・材積

以上4つの間伐事例における各回の間伐木の本数・材積（立木材積）を対比すると表—38のとおりである。

初回間伐量は原林分の構成諸量を基準とした実数を計上したが，次回以降の値については，間伐法のちがいによる直径や樹高の生長予測，枯損逓減の性向を勘案した推測値によった。また初回はそれぞれ所定の間伐法によったが，次回以降は表示の間伐法を適用することとし，保残木マーク法の初回間伐時には本数率で10%余りの伐り増しを計上した。なお同表に付記した最終保残本数は各間伐法とも600本/haを目標値としたが，1次あるいは2次の間伐時に保残木マーク法の適用を予定した1/2列間法および保残木マーク法には，その主旨によって表示のような副林木の保残を計上した。

**表—38**　間伐法のちがいによる間伐材積の比較一覧表　（ha当り）

| 間伐回数 | 実施林齢 | 下層間伐法 | 1／3列間法 | 1／2列間法 | 保残木マーク法 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | s　n　v | s　n　v | s　n　v | s　n　v |
| 第1回 | 年生<br>22 | 本　㎥<br>▼1,110　64<br>(−100) | 本　㎥<br>■　870　73<br>(−140) | 本　㎥<br>■1,310　116<br>(−150) | 本　㎥<br>▲1,010　97<br>(220) |
| 第2回 | 28<br>30<br>32<br>34 | ▼　580　82 | ▼　720　80 | ▲　350　56 | ▲　530　74 |
| 第3回 | 34<br>38 | ▼　220　42 | ▼　280　62 | —　—<br>(−30) | —　—<br>(−50) |
| 計 | | 1,860　188<br>(−100) | 1,870　215<br>(−140) | 1,660　182<br>(−180) | 1,540　171<br>(−270) |
| 保残木本数・材積 | 40 | 600　240 | 600　250 | 600　235<br>(+170) | 600　260<br>(+200) |

注）1　s；適用間伐法の種類　▼下層間伐法，■列状間伐法，▲上層間伐法
　　n；本数，v；材積（立木）
　　2　（　）内は，$(-\alpha)$；枯損本数，$(+\beta)$；保残副林木本数

この事例にみられるように初回の間伐量はそれぞれの間伐法を表徴しており，間伐率の最も高い1/2列間法が間伐材積が最も多く，保残木マーク法がこれに次ぐが，上層間伐主体の後者の方が径級や形質の優れた間伐木の占める割合が高い。1/3列間法および下層間伐法は上の両者と比べ間伐木の量・質ともに一段劣り，特に下層間伐法は間伐本数が多い割合に材積率が最もひくく上層林冠の疎開におよぼす影響力も劣り，次回間伐実行への対応が最も急がれる。

2回目以降の間伐量は，逆に初回間伐量の劣る下層間伐法および1/3列間法がともに多く，しかもかなり高い間伐率の適用であるにもかかわらず少なくとも3回目までの間伐の繰り返しを必要とする。一方1/2列間法および保残木マーク法は2回目の間伐量がやや軽減できるうえ，繰り返し期間も10年間あまりにおよぶことが可能で，2回の間伐によって林分密度の調整がほぼ済まされる。

このように間伐量から判断すると，高密林を対象とした初回間伐時には，たとえ切捨てとする場合でも材積率で40%あまりにおよぶ強度な間伐が実施されなければ実践的な林分密度の調整を果すことはむづかしく，従来一般に材積間伐率がひくかった下層間伐法や1/3列間法を適用する場合にも，初回間伐時に保残木マーク法に準ずるような残存上層木におよぶ伐り増し策を構じることが必要と考えられる。

2)　間伐材収穫量の検討

以上のような林分密度調整を果すための効用と並んで，間伐材の収得も当面の間伐にかかわる重要な課題である。当面の緊急策として間伐面積の過半が切捨てによらざるを得ない状況下にあっても，間伐材の収得を目的とする場合にはその収穫量に関心が寄せられる。

単位面積当りの間伐材収穫量は，間伐対象木の立木材積とその利用率（f＝M/V，V；立木材積，M；Vから得られる丸太材積）の相乗積で求められる。

当面の関心事である初回間伐量で比較すると，ここでは一般の間伐法と比べて強度な間伐率を適用したが，表—38に示した間伐対象木の立木材積によると，間伐法のちがいによってかなり大巾な差異が認められ，初回の材積間伐率のひくい下層間伐法および1/3列間法と間伐率が高い1/2列間法および保残木マーク法との2群に大別され，この差異が次回以降

**表—39**　間伐法のちがいによる初回間伐諸量の対比　　（ha当り）

| 区分＼間伐法 | | 下層 | 1／3列 | 1／2列 | 保残木マーク |
|---|---|---|---|---|---|
| 間伐率 | 本数　% | 42 | 33 | 50 | 39 |
| | 材積　% | 28 | 33 | 50 | 42 |
| 間伐木平均 | 直径　cm | 10.3 | 12.0 | 12.2 | 12.9 |
| | 樹高　m | 12.2 | 13.0 | 13.2 | 13.6 |
| 間伐木 | 材積　m³ | 64 | 73 | 116 | 97 |
| | 指数 | 100 | 114 | 181 | 152 |
| 間伐材 | 利用率% | 0.64 | 0.66 | 0.67 | 0.68 |
| | 材積　m³ | 41 | 48 | 78 | 66 |
| | 指数 | 100 | 117 | 190 | 161 |

の間伐材積あるいは間伐の繰り返し回数の多少に大きく影響している。

一方間伐材の利用率は間伐木の形質のちがいによって変動すると考えられたが，各間伐法での実験値によるとそれぞれ表—39のように，間伐木の平均直径や樹高が大きいほど利用率はやや高い傾向が認められたがその差は小さく，間伐材収穫量については各間伐法とも間伐立木材積に0.65程度の利用率を乗じた概算値で足りよう。したがって間伐材の収得を目的とする場合には，間伐法のちがいによって同表に付した指数程度は収穫量にやや大巾な差異のあることを理解しなければならぬ。

なお試験地における間伐材は間伐法ごとの区別をせず一括して販売に付したため，間伐法

表—40　間伐法のちがいによる初回間伐対象木径級配分の比較　(0.1ha 当り)

| 直型階 | 原林分 | 初回間伐木 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 下層間伐法 | | 1／3列間法 | | 1／2列間法 | | 保残木マーク法 | |
| | 本 | 本 | % | 本 | % | 本 | % | 本 | % |
| 6 | 4 | 4 | (100) | 2 | (50) | 2 | (50) | | |
| 8 | 20 | 20 | (100) | 9 | (45) | 10 | (50) | 1 | (5) |
| 10 | 70 | 54 | (77) | 27 | (39) | 37 | (53) | 18 | (26) |
| 12 | 70 | 25 | (36) | 19 | (27) | 38 | (54) | 34 | (49) |
| 14 | 57 | 7 | (12) | 15 | (26) | 25 | (44) | 36 | (63) |
| 16 | 24 | 1 | (4) | 11 | (46) | 9 | (38) | 8 | (33) |
| 18 | 14 | | | 4 | (29) | 9 | (64) | 4 | (29) |
| 20 | 2 | | | | | 1 | (50) | | |
| 計 | 261 | 111 | (42) | 87 | (33) | 131 | (50) | 101 | (39) |
| 平均径(cm) | 12.5 | 10.3 | | 12.0 | | 12.2 | | 12.9 | |

注）（ ）内の値は直径階別原本数に対する間伐比率

表—41　間伐法のちがいによる初回間伐対象木樹型級配分の比較　(0.1ha 当り)

| 樹型級 | | 原林分 | 初回間伐木 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 下層間伐法 | | 1／3列間法 | | 1／2列間法 | | 保残木マーク法 | |
| | | 本 | 本 | % | 本 | % | 本 | % | 本 | % |
| 優勢木 | 1級木 | 73 | | | 21 | (29) | 31 | (42) | 32 | (40) |
| | 2級木 a | 8 | | | 3 | (38) | 6 | (75) | 2 | (25) |
| | 2級木 b | 37 | 12 | (32) | 14 | (38) | 18 | (49) | 24 | (51) |
| | 2級木 d | 37 | 4 | (11) | 10 | (27) | 19 | (51) | 21 | (38) |
| | 2級木 d′ | 7 | 7 | (100) | 4 | (57) | 2 | (29) | 7 | (71) |
| 劣勢木 | 3級木 | 38 | 29 | (76) | 13 | (34) | 22 | (58) | 10 | (11) |
| | 3′ | 32 | 30 | (94) | 10 | (31) | 20 | (63) | 4 | (3) |
| | 4級木 | 24 | 24 | (100) | 10 | (42) | 11 | (46) | 1 | (4) |
| | 5級木 | 5 | 5 | (100) | 2 | (40) | 2 | (40) | | |
| 計 | | 261 | 111 | (42) | 87 | (33) | 131 | (50) | 101 | (39) |

注）（ ）内の値は樹型級別原本数に対する間伐比率

のちがいによる出材の品等別価格差を求めることはできなかったが，表—40，41にみられるようにそれぞれの間伐法によって対象木の径級および樹型級に明らかな差異が認められることから，販売の段階で 保残木マーク法＞1/3および1/2列間法＞下層間伐法 の品等序列を付することが可能と考えられ，今後の実践過程で検討する必要がある。

また表—38に推定値で示したように次回以降の間伐材積量を加えた間伐材総量では，間伐繰り返し回数の多い下層間伐法や1/3列間法の方が，初回間伐量の多い1/2列間法および保残木マーク法をかなり上回ると試算されたが，残存立木材積を加えるとその差異は僅少であることも推測され，実践段階でいずれの間伐法を選択するかの参考資料になると考えられる。

### 3 間伐法のちがいによる林分構成諸量の推移予測

以上のような一連の間伐が実施された後，林齢40年生頃に形成されるであろう林分構成諸量を，それぞれの間伐法個々の検討資料や既住の1/3列間跡地での追跡調査などにもとづいて試算し，表—28，31，33，36のような推定値を得た。

現実的な林分構成諸量の推移は，今後少なくとも10～15年間程度の間伐試験地での追跡調査によらなければ求められないが，緊急的な当面の間伐事情を考え，これらの推定値によって適用した各間伐法の特性を総括的に推論する。

1) 残存木の樹高生長並びに林分密度

原生立本数の1/3～1/4以下に将来の仕立本数を予定すると，大部分の残存木は生長・形質が優れた林木で占められるため，いずれの間伐法によっても林分の樹高生長はほぼ同じレベルで推移すると予測され，ここでは40年生頃の保残木の平均樹高はいずれも21m水準に達すると推定される。

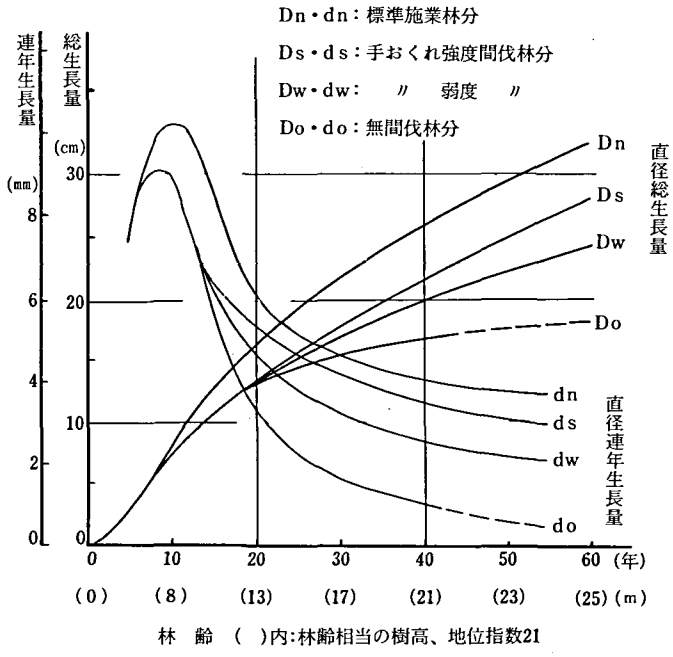
またこの段階での主林木保残本数をいずれも600本/ha水準に調整することを前提としたため，樹高と生立本数の関数で表現される相対的な林分密度はそれぞれの間伐法の間に大差はなく，おおむね当初期待したSr19程度の林分に仕立てることが可能であり，以降の林分密度の取り扱いに対しては柔軟な対応が図られよう。

2) 直径生長量の変化

一般に林分密度のちがいによって直径生長量が大巾に変化することは知られているが，ここでは将来の仕立本数を同一レベルに調整することを前提とする場合でも，その期間中の林分密度調整の在り方によって直径生長量に一定度の変化がもたらされることに留意しなければならない。

図—22は，既住のカラマツ林分収穫表や林分密度管理図を参照して調製した直径生長曲線のモデルで，適正な林分密度管理下におかれた林分Dn（信州地方カラマツ林収穫表・嶺一三・昭和31年・I～II等地相当[29]，および長野県民有カラマツ林林分収穫予想表・長野県林務部・昭和58年・II～III等地相当[30]の両者を参照），および同程度の地位に相当する無間伐林分Do（本州地域カラマツ林分密度管理図・林野庁・昭和56年[40]，および今回のカラマツ林実態調査資料を参照）の2つの直径生長曲線に，ここでの間伐モデルによる代表的な直径生長曲線DsおよびDwを付加した。

DsおよびDw曲線は，無間伐状態で放置されてきた高密林分に対して中途から（ここでは22年生時から）手おくれではあるが間伐が始められたケースで，Dsは当初から上層木に




図—22　施業のちがいによる胸高直径生長量の推移

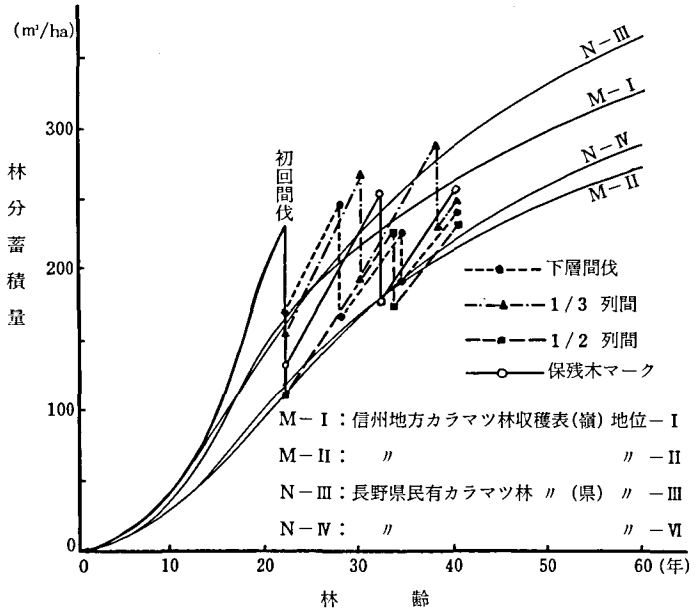
およぶ強度な間伐が施された場合（事例では1/2列間法および保残木マーク法に相当する）であり，Dwは上層木におよぶ密度調整が段階的に進められる間伐法による場合（ここでは下層間伐法および1/3列間法が概当する）を想定して画いた。

図にみられるように，直径連年生長量は間伐の実施あるいはその強弱にかかわらず，10年生頃をピークに当初かなり急激に，後徐々に低下傾向をたどり，間伐が施されても連年生長量が上向くことは稀で，したがって年輪巾も年を経るに従って次第にせばまっていくのが普通の現象で，この低下傾向は林分密度が高いほど強調されるとみなされている。

Do曲線（無間伐）を除いたDnおよびDs，Dwの3つの曲線は，林齢40年生頃の保残生立本数が600本/ha程度（Dnは550本/ha）であるにもかかわらず，直径総生長量あるいは連年生長量にかなり明らかな差異が認められるが，これは中途における除間伐による林分密度調整のちがいの現われで，改めて幼齢期における除間伐の重要性が認識される一方，間伐法の選択によって直径生長量がある程度可変であることも知られる。

現存のカラマツ林に対して長大材生産が望ましいという前提では，いったん立ちおくれた間伐に際しては，以上のような直径生長現象を意識して，いずれの間伐法を適用する場合も当初から将来保残予定木の生育空間が確保されるような上層林冠におよぶかなり思いきった強度な間伐法の適用が望ましく，以降における直径生長量のロスを最小限にとどめるように考慮しなければならぬ。

なお上図は50～60年生時の仕立本数が400本/ha以下に調整されることを予定して画かれているが，先の表—25に掲げた現実林分の資料とも関連づけると，60年生程度の伐期における林分平均直径を30cm台に仕立てることは容易でなく，40～50cm以上におよぶ本格的な大径材仕立を図るためには，70～80年生におよぶ伐期の大巾延長と並んで，50～60年生頃の




図—23　間伐法のちがいによる林分蓄積量の推移予測

生立本数がすでに200～300本/ha 程度に調整されていることが前提条件である。

3)　林分蓄積量の推移予測

間伐法個々の検討経過をもとに試算した林分蓄積量の推移は図—23のように推定され，間伐の繰り返しにともなって各間伐法とも大巾な変動がみられるが，一連の間伐終了後の蓄積量は，保残林木の平均樹高や仕立本数が同一レベルに調整される前提では，間伐法のちがいにともなう直径生長量の変化，各回の間伐量や間伐回数の多少，間伐繰り返し期間の長短などの変動要因が相殺的に作用して，結果的には本事例のような高密林を対象とした場合でも，その差異は40年生時の平均的な推定蓄積量250m³/ha に対して上下５％程度の範囲にとどまり，いずれの間伐法が採択されてもあまり大巾な差異は生じないと予測される。

また同図に併記した長野県下に適用されるカラマツ林収穫表と対比すると，本林分は間伐が手おくれた分だけ密度調整による材積生長量のロスが目立つが，当面の間伐が確実に実行されるならば，将来の林分蓄積量を一定度のレベルで確保できる見通しも読みとられる。反面，このまま間伐の実施が滞ると，見かけ上の蓄積量は当分の間いちじるしく高いレベルで推移するとみられるが，高密化が一層進んで，風雪など外圧に対する抵抗性は急速に低下することが予測される。

したがって高密カラマツ林に対する当面の対応としては，短伐期小径材生産を肯定しない限り，間伐の手おくれによっていちじるしく過剰となってきている林分蓄積量を早急に減量する必要にせまられており，その犠牲のうえにたって林分の健全化を図らざるを得ない事態にたち至っている。そしてこの犠牲分をできるだけ最小限にとどめる手だては，間伐事業に対する各種助成措置もふくめて，生産・消費双方にとって有効であるような間伐材の伐出とその利活用がどれだけ拡大しうるかにかかっていると判断される。

表—42　40年生時における保残木の間伐法別・樹型級別本数の比較　（0.1ha 当り）

| 樹型級 | | 原林分 | | 40年生時 | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 下層間伐法 | | | 1／3列間法 | | | 1／2列間法 | | | 保残木マーク法 | | |
| | | 本 | % | 本 | % | % | 本 | % | % | 本 | % | % | 本 | % | % |
| 優勢木 | 1級木 | 73 | 28 | 40 | 66 | (55) | 37 | 62 | (51) | 32 | 53 | (44) | 40 | 66 | (55) |
| | 2級木 a | 8 | 3 | 6 | 10 | (75) | 5 | 8 | (63) | 2 | 3 | (25) | 6 | 10 | (75) |
| | 2級木 b | 37 | 14 | 6 | 10 | (16) | 6 | 10 | (16) | 12 | 20 | (32) | 6 | 10 | (16) |
| | 2級木 d | 37 | 14 | 7 | 12 | (19) | 11 | 18 | (30) | 7 | 12 | (19) | 7 | 12 | (19) |
| | 2級木 d′ | 7 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| 劣勢木 | 3級木 | 38 | 15 | 1 | 2 | (3) | 1 | 2 | (3) | 6 | 10 | (16) | 1 | 2 | (3) |
| | 3′ | 32 | 12 | | | | | | | 1 | 2 | (3) | | | |
| | 4級木 | 24 | 9 | | | | | | | | | | | | |
| | 5級木 | 5 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 計 | | 261 | 100 | 60 | 100 | | 60 | 100 | | 60 | 100 | | 60 | 100 | |

注）1　原林分の樹型級は将来も変らないものと仮定した。
2　1／2列間法および保残木マーク法における保残副林分は除外した。
3　%の値は、左列は保残総本数に対する比であり、右列（　）内は樹型級別原本数に対する比である。

4）保残林木の樹型級

各間伐法による間伐終了後に予定された保残林木の樹型級区分をとりまとめ，間伐前（22年生時）の樹型級区分と対比すると表—42のように予測される。

間伐前の樹型級が将来も変化しないことを前提とすると，この事例では全く機械的に強度な間伐率（50%）を適用した1／2列間法の場合ほかの3者と比べてやや劣勢な保残木がふくまれるが，各間伐法とも1級木が保残本数の50～60%以上を占めているうえ，2級木のd′あるいは劣勢木の3′，4・5級木にランクされた劣悪木のほとんどすべては，2～3回の間伐の繰り返しによって除去されることが予定され，保残林木の大部分は〝並〟以上の良質木で占められ，いずれの間伐法によっても樹型級の優劣に格別な欠陥は認められない。

そのうえ以降の主伐期までになおこれら保残木の1／3以上が間伐あるいは漸伐などによって本数調整される前提では，最終的な保残林木の樹型級に関してはいずれの間伐法が採択されても優劣は消去されると考えられ，当初の間伐時に保残林木の形質が危惧される1／2列間法については，このほかの高密林分の間伐にかかわる利点を改めて評価し，適用事例の拡大を図らねばならない。

## 4　各間伐法の総合評価

以上述べてきた4種類の間伐法について，高密林を対象とした間伐にかかわる課題を要約し，表—43のような総合評価を試みた。

それぞれの間伐法に長所・短所が認められるが，高密林を対象とすると，強度下層間伐法，1／3列間法および保残木マーク法の3法は，いずれが採択されても林分の維持管理上決定的なちがいはなく，間伐当事者の選択に任されよう。下層間伐法はしばしば繰り返すことが可能であればなじみやすいが，現実的にはかなり難点が多くなってきている。1／3列間法

表—43　間伐諸元に対する各間伐法の総合評価一覧

| 間伐の実践にかかわる諸元 | | 下層間伐法 | 1／3列間法 | 1／2列間法 | 保残木マーク法 |
|---|---|---|---|---|---|
| 間伐設計の難易度 | | △ | ◎ | ◎ | ◎ |
| 間伐作業の難易度 | 選木 | △ | ◎ | ◎ | ◎ |
| | 伐倒・造材 | ○ | ◎ | ◎ | ○ |
| | 集材 | △ | ◎ | ◎ | ○ |
| 間伐材収穫量の多少 | 初回 | ○ | ○ | ◎ | ◎ |
| | 次回以降 | ◎ | ◎ | ○ | ○ |
| 間伐繰り返し　必要回数(回) | | 3 | 2～3 | 2 | 2 |
| 間伐材品等の優劣 | | △ | ○ | ○ | ◎ |
| 将来における林相の優劣 | 立木の品等 | ◎ | ○ | △ | ◎ |
| | 立木配置 | ◎ | ○ | ○ | ◎ |
| 受け入れ態勢の容否 | | ◎ | ◎ | △ | ◎ |

注）　表中の記号は次のような定性的な評価基準によった。

| | 難易度 | 多少 | 優劣 | 容否 |
|---|---|---|---|---|
| ◎ | 容易 | 多い | 優る | なじみやすい |
| ○ | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 |
| △ | やや難 | 少ない | やや劣る | なじみにくい |

は総合的に優れた間伐手法であるが，次回以降の繰り返しが必須で，既住の1／3列間地をふくめて，次回の間伐には保残木マーク法を組入れ，間伐回数の軽減を図りたい。保残木マーク法は林分の疎密にかかわらず優れた間伐法であると評価されるが，上層間伐法に関する理解を改めて望みたい。1／2列間法は，当面受け入れ側が最もなじみにくい手法と考えられるが，上層樹高が12～13mを超えた段階での生立本数が2,000本/ha以上のような高密カラマツ林で，再三にわたる間伐が不可能な場合には，間伐材の多量収穫，作業の容易性などの利点を評価して，積極的に採択したい。

要約すると，ここで提示した間伐法はいずれによっても健全で良質なカラマツ林の造成手段として評価され，体系的な目的意識が明らかであれば，手法の選択は当事者の裁量に任される。要は間伐実行量の確保である。

一方いずれの間伐手法によっても，高密林が対象であるため間伐材積量は相当量におよぶが，この間伐量をどれだけ収穫対象に繰り入れられるかは，今後の伐出能力や間伐材需給総体にかかわる重要課題で，次章で述べるような間伐材の伐出体系と組み合わせて，少しでも多くの間伐材が貴重な資源量として正当に評価されることを望みたい。

## 第5章　間伐材搬出手段の検討

——特に急斜林地への適用をふまえて——

### 第1節　間伐材収穫の意義と課題

人工林の拡大にともなって必然的に間伐対象林分もいちじるしく増加し，各地で間伐をめ

ぐっていろいろな問題が発生してきている。人工林を造成するためにはその1代を通じての林分密度管理が不可欠で，特にわが国のように人工林造成の目標が製材向けの適材生産に最大の関心が注がれている状況のもとでは，除間伐の適否が成林の成果を左右することはいうまでもない。

昨今間伐対象林分の増大にともなって，民・官有林あわせて600～700万 $m^3$/年におよぶ間伐量が見込まれているが，このうち収穫利用された量はわずかその半数に過ぎず，したがって未利用のまま林内放置されたものが過半を占めているといわれる[1]。しかもこれら間伐実施面積が，当面緊急に初回間伐を必要とする森林面積からみていちじるしく不充分な状況下にあっては，前章で述べたような高密林を対象とした間伐手法の浸透とならんで，間伐材の伐出手段の検討も重要視していく必要がある。

しかし間伐対象面積の増大にともなって，これら技術的な課題とは別に特に問題視しておかなければならないことがらとして

① 間伐の実行にあたる担い手問題

② 大量な間伐材の利用問題

の2つが挙げられる。

①の担い手問題は，人工林の造成上間伐は保育の一環としても必ず実行されなければならない作業であるため，間伐材需要の有無にかかわらず最低限の担い手は確保されなければならない。ところが恒常化してきた林業生産全般の担い手不足のなかにあって，特に間伐の担い手不足が目立ち，またその性格も明確にされていない。

膨大な事業量をかかえながら新たな担い手が現われない理由としては，林業労働全般が他産業と比べて過重労働をともなう低質な労働市場であることを第一義とするが，林業内部にもいまだに間伐を森林保育の一過程としてしかとらえない風潮があり，また当面有利な主伐対象林分に乏しい森林所有者にとっては，大規模化した間伐事業に充当するための資金負担が重荷になっていることなども重加して，間伐は魅力のない林業生産事業として位置づけられるようになってきている。

日頃広大な間伐対象地を目前に思うことは，間伐なかんずく間伐材伐出事業のむずかしさである。いくつもの間伐事例を見聞し，体験を積んでも，地利・地況のちがい，林況や社会的環境もちがうと，さてどこから手をつけたらよいか戸惑うことがしばしばある。切捨て間伐とちがって労力とそれにともなう資金だけではどうにもならないし，零細・分散的な林分でならばともかく，事業的規模での収穫間伐はもはや口先だけの指導ではどうにもならず，専業化した〝間伐屋〟の出現がなければ手がつけられないのが現代の間伐ではなかろうか。ナタ・手ノコから脱皮した現代の間伐はもはや造林班の仕事ではあり得ないし，従来の伐出担当者にとっても間伐事業ははなはだ扱いにくい代物で，集材架線を縦横に駆使してきた〝皆伐屋〟では主伐とちがって林分の仕立目標，間伐の程度や方法，間伐量，最もややこしい集運材方法，採材，間伐材の販路・価格など，どれひとつをとっても在来の知識・技術のみでは扱いにくく，また伐出に手間がかかる割合には材価が低いため，すすんで請負に応じる例も少ないのが実情であろう。各地の間伐事例[64]をみても，一部社有林などにおける直営事業を除くと，行政官庁，森林組合，研究機関などの指導技術が優先しないことには間伐はすすまず，計画—伐出—流通—販売　にわたる間伐材生産の全過程が掌握できなければ有利

な間伐事業は成立しておらず，大面積的な間伐を果していくためには，全く新しい観点からいわゆる〝間伐屋〟の出現に期待せざるを得なくなってきている。

間伐が人工林造成のうえで欠くことのできない行為であり，対象面積の累積がなお永く続くこと，あるいは専・兼あわせた林業従事者の逓減傾向が進行している状況下にあっては，やがて到来するであろう主伐担当労務確保の必要性とあわせて，秀でた間伐組織の育成はもはや森林の維持・造成を図っていくうえで不可欠な命題として各地域で採択されなければならない重大事項である（優れた間伐担当者は，優れた主伐担当者たり得る)。

最近森林組合の労務班を間伐の担い手に位置づけ，その育成強化が叫ばれているが，組合の各種受託事業のうち採算性の劣る間伐事業は造林保育事業より低位とみなされ敬遠される事例をしばしば見受ける。事由が明らかであるだけに，このような事態はもっと深刻に受け止め，真の森林造りを果していくための間伐推進策への対応が強く望まれる。

間伐材収穫にかかわる技術的解析を説くまえに特に間伐の担い手を明らかにしておきたいゆえんは，すでに述べてきたように，カラマツ林の間伐についての生物学的あるいは部分技術的な理論や方法論はあっても，あまりにも巨大化してしまった間伐対象林分を前にすると，企業的な内部努力の限界性が明らかであるだけに，担い手の強化策が特に切望されるところである。

②の大量な間伐中小径材の利用問題は，すでにここ10数年来の重要課題であったにとどまらず，今後における間伐の進展，再三にわたる間伐繰り返しの必要性，間伐不十分な積残し林分の存在などの状況によると，間伐材だけに限ってもその収穫量は昨今の水準を上回ることが想定されるうえ，引き続き近い将来に実現してくるであろう主伐対象林分から付随して生産される中小径材収穫量が当面の間伐材収穫量の倍量に近いことも予測され，わが国の林業生産にとってはかなり長期間にわたる恒在的な課題として取り組む必要がある。

したがって中小径材の大量消費がなじみにくくなってきたわが国の木材需給構造にとって，大量な間伐材の利用問題は改めて〝恒久的な中小径材の利活用〟という視点で間伐材の位置づけを正当に評価し，その有効利用の途を探ることが目下の急務と考える。

以上の2項は間伐の実行が推進される大前提であって，特に間伐材の有利な需要開拓は間伐の担い手を確保していくための有力な手がかりであり，また間伐材の伐出にかかわる技術的な検討の意義をも高めていくことができると考えている。

ここでは間伐材の伐出工程のうち最も関心が持たれる搬出工程の技術的検討を中心課題とし，特に拡大造林推進の結果その範囲を広めた急傾斜地における森林施業の傾斜克服の手段について，一部実験の成果も加えて考察する。

## 第2節 間伐材の搬出手段

### 1 木材搬出手段の変遷

林業における木材の生産手段は，他の産業のようにその発展過程において新しい手段が採用されるに従って順次古い時代のものが捨てられ，効率化・近代化が進められるのとちがって，今日においてもなお旧来の手法をそのまま採用しなければならない事例が多く残されている。それどころか，生産対象林地を急激に拡大してきた過程で，一斉大面積な略奪的伐出法や豊富な農山村人口に依存した拡大造林法は一応体系づけられてきたものの，いまだ省力

的な方法論や手段を創出し得ないまま，短期的にいちじるしい人口流出に遭遇し，拡大した林業対象地における施業内容はかえって後退を余儀なくされ，その対応に苦悩している。山岳地の多いわが国においては，生産対象地の拡大は相対的により複雑で急傾斜地の増大をともない，かえって林業生産展開への道を険しくしてきている。ここにとりあげた木材の搬出手段は，各種林業生産手段の中でもこれらのきびしい状況に最も強く影響される部門で，緊急に打開の策が構じられなければ，当初に期待したような健全な森林の造成維持や資源培養に重大なそごを招くことは必条である。

古来わが国の木材生産は永く豊富な天然林材に依存して続けられてきたが，人工造林率が40%にまで達した今日においてもなお国産材生産量の過半は依然として天然林材で占められており，木材搬出手段のほとんどすべても，天然林材伐出の過程で醸成され変遷を遂げてきている[62)]。

木材の搬出過程を伐採現場から消費地に至る全過程としてとらえると，伐出現地における山土場（林道端）までの集運材過程と，そこから消費地までの運輸過程との性格を異にするふたつの過程がある。昨今木材の運輸過程はすべて一般道路並びに林道や作業道までもふくめて，トラック輸送にゆだねられてきているので，その展開過程は省略し，ここでは主題を集運材過程に限って考察する。

運輸過程に先行する木材の伐出過程のうち，伐木・造材はチェンソーの開発によっていちじるしい工程の向上が図られ，オノ・手ノコの時代とは隔世の観があり，地利・地形による工程のちがいもそれほど大きくないだけに，伐出過程総体の効率化に大きく役立ってきた。しかし，いわゆる〝出し〟といわれる集運材過程は，新旧とりまじった機械化や作業仕組の開発は推進されてきているが，林業対象地域の拡大のテンポと比べて林道網整備の立ち遅れが目立ち，相対的には以前よりも有効な林道密度はかえって低下してきている場合さえ見受けられ，過重労働の軽減や省力化にはある程度進展はみられたものの，必ずしも集運材効率の向上が図られてきたとはいえない。特に当面最も重要視されなければならない間伐材の集運材手段は，林道に接近した林地や緩斜面での場合を除いて，未だ決め手となるような効率的な手法は見出せず，その対応に苦慮しているのが現状である。

集運材手段の発展は，当初少量的な自家用や地場消費用の木材の搬出が目的で始められ，その後次第に消費が大型化し流通商品の性格を強めるとともに，運輸手段の進展と組み合わされて技術的な進歩を遂げてきた。しかし農業とちがって地形を改変し得ない林地での物資の運搬作業であるため，個々の搬出手段の発展とは別に，これら新旧とり混ぜた手段・方法の組み合わせにより不便な地利・地形の克服を図らざるを得ない場合も多く，集運材距離や傾斜・複雑地形など未だ人間の力では制御に余る部分も多く残されている。

水運が消滅してしまった現在，集運材とは〝伐倒現地に散在する木材を最寄りの一般道路あるいは林道端まで搬出する工程〟と理解されるが，人工林が林道密度の低い奥地にまで拡大してきた今日においては，林道の延長やその配置についても木材搬出手段の一環として考えざるを得ず，ここでは集運材体系を検討するなかに林道問題もふくめて考察した。

集運材作業は伐採現地に散在する木材（普通玉切られた丸太をさすが，全木あるいは全幹材の場合もある）をいったん一定の箇所に集める「集材工程」と，これを最寄りの林道端まで運び出す「運材工程」とに分けることができる。しかし現実の木材の搬出にあたっては，

いろいろな搬出手段が組み合わされて両者の区別が判然としない場合や，明らかに一方の作業工程を欠く場合などさまざまである。また次に示すように両者の具体的な作業法は，新旧にかかわらず一応の区別はつけられるが，両者に共通的なもの，すでに現実の作業法としては消滅してしまって採用されていないもの，あるいは旧来の作業法であっても捨て去れないものなどが入り混じっている。

1) 集材工程

地方によって 木寄せ，寄木，転材，木直し，平落し，沢下し，藪出し，藪抜き，ボサ抜き，狩出し，山落し などと称され，次のような方法によって散在している木材を一定の箇所に集めてくる。

イ) トビやツルを用い，木材の自重を利用して斜面を転動・滑落させる（比較的大径材の集材に有効）
ロ) 人力により土引きする（時には担ぎ出しも行われる）
ハ) 畜力により土引きする
ニ) ウィンチにより引き寄せる
ホ) モノケーブルによるジグザグ集材（アプローチが急斜地では不適当）
ヘ) モノレールによる集材（同上）
ト) 各種林内作業車両による集材（急斜地では不適当）
チ) 人工シェラによる集材（緩斜地では不適当）
リ) 架空索による横取り集材

などが挙げられ，イ）～ハ）は人畜力にたよるため，またチ）は傾斜を利用した滑路によるため，これらは斜面の引き下げしか適用できないが，そのほかの動力機械によるものは逆勾配であっても集材が可能である。またホ）～リ）はイ）～ニ）などと組み合わされてやや長距離の運材手段となり得る機能も備えている。

これらの集材法は新旧の区別なく，現在もさまざまな地利・地形にあわせて適宜な方法が採用されており，機械力利用の場合は作業班手持の機械が優先する。人畜力による集材法は一般に苛酷な労働を強いられるが，機械類を持たない場合や，小規模集材あるいは機械力でカバーし得ない場合などに，今なおかなり多用されている。

2) 運材工程

林道端に近い伐採現場では上記の集材工程のみで山元における木材の搬出工程を終了することが多いが，林道から遠ざかるに従って，伐採現場内にいったん集められた木材を効率よく林道端まで搬出しようとする行為が必要で，これが運材工程にあたる。

かつて物資運搬のための道路や機械類がなかった時代には，運材は専ら人畜力に依存して続けられ，また修羅や桟手あるいは木馬などの滑路も多用されてきた。

一方これら人畜力による運材手段と平行して，鉄材の利用が可能になるにつれ，明治中期以降鉄線や鋼索を用いた架空運材が次第に台頭し，大正期以降「集材機」の登場によって，架空運材法は多様化しながら機械化と技術改良がいちじるしく進展し，第2次大戦後に展開された奥地林の大面積的開発を背景に，わが国集運材手段の王座を占め，今日に至っている。

また，これと前後して軌道を利用したいわゆる「森林鉄軌道」の開発も急速に進展し，主に国有林の長距離奥地林開発を中心に，昭和30年代半ばまでの「林鉄」時代を形成してきた。

以上のようなわが国の運材方法は，集材方法のように新旧とり混じった多様性とちがって，架空集運材法のいちじるしい展開にともなって，人畜力による運材法のほとんどすべては昭和30年代にその技法とともに担い手をも喪失してしまい，今日では全国各地の森林帯に各種の滑路や木馬道の名残を止めているにすぎない。

また，第2次大戦後の道路や林道網の改良・開発と，いちじるしい自動車化は，トラック運材の優位性を高め，林鉄のトラック道への切り替えが急速に進み，昭和40年代をもって，わが国森林風物詩ともなっていた林鉄運材も完全にその姿を消している。

すなわち，わが国の運材手段は次第に延長が図られてきた林道網によるトラック輸送と，架空索集運材法の組み合わせに単純化され，接地方式によるキメ細かな運材方法はほとんど捨て去られてきているのが現状である。従って大面積一斉的な森林施業を前提として効率化・合理化が図られてきた運材体系への傾斜は，昭和40年代に入る頃から必要にせまられてきた人工林における大面積的な間伐材の搬出作業をかえってむずかしく，各地で間伐材の集運材体系の再開発に新たな問題を投げかけてきている。

## 2　間伐材の搬出手段と林道問題

間伐材の搬出過程で問題になるのは，山土場までの集運材をどのように効率よく行なうかであって，いったん林道端まで搬出された後は林道上を走るトラック輸送にゆだねられ，間伐中・小径材であるハンディは負うものの一般材とさして変わりはない。

ところが間伐材の集運材手段は，主伐時のしかも一斉皆伐方式に単純化された既往の集運材方法を適宜準用しているに過ぎなく，間伐特有の集運材法は，強いて挙げればカラマツ林に適用されている列状間伐に際しての短距離列条ウィンチ集材法ぐらいのもので，ほかに格別有効な方法は見当らない。

また間伐の事業収支は，単位面積当りの収穫量が少ないうえ，残存立木の間に散在する木材を取り扱うため搬出効率が劣り，また材価も特殊な場合を除いて主伐材と比べて低廉であるため，きわめて不利であることを免がれない。

このように格別効率的な集運材法の開発も容易でなく，事業収支の劣る間伐材を少しでも有利に搬出するためには，当面対象林地に林道や作業道を接近させることが最も手っ取り早い手段と考えざるを得ない。

ところが，林業経営にとって基幹施設といわれる林道網の整備水準は極めて低く，わが国の林道密度は未だわずか4～5 m/ha 程度に止まっている。したがって人工造林率が40%にも達した今日では，林道から遠く隔たった人工林の増大を招いて，かえって林業経営をむずかしくしてきているのが現状で，人工林の造成にとって欠くことのできない間伐の実行がいちじるしく停滞してきている原因のなかに，林道整備の手遅れが挙げられている。

林道開発の指標のひとつに〝林道から500m以上隔たった林地〟の存在が問題にされるが，各地の間伐事例をみても集運材距離が400～500m以上にもおよぶ例は少なく，この値は現存の集運材手段を間伐事業に適用するにあたってのほぼ限界を示しているものと思われる。間伐の実行にあたっては林道密度はより高いことを理想とするが，人工林においてさえ林道から500m以上隔たった林地の面積が過半におよぶ地域が多い現状では，せめてこれら林地の存在が解消される程度まで林道や作業道の開設・延長が望まれる。理論的にはその場合の林道密度は，平坦地で20m/ha と計算されるが，山腹の傾斜や地形，カバー面積の重複などを

考慮すると30m/ha程度以上が理想である。

現実には一挙に林道密度を高めることはきわめて困難であるため，かなり大面積の林分において切捨てによる間伐を実行せざるを得ないと判断されるが，充実した人工林の造成がせまられているわが国の林業事情のもとでは，これと平行して林道開設のテンポを格段に高めていくことが当面の急務である。

### 3　地利・地形条件と間伐材の搬出手段

先進的なスギ・ヒノキ林業地域では，集約な施業や木材の伐出手段は，長い歴史を経た再生産の繰り返しによって，複雑な地形や急斜地の活用も技術的に克服されてきている。ところが後進林業地では，薪炭やパルプ原木生産，天然林開発などに際して，粗い技術の適用によって，地利・地形条件が半ば無視されたまま跡地への人工林が拡大し，よりきめの細かさが要求される人工林の施業に対して，地利・地形条件克服の手段が伴わず，その対応に苦慮している。

先進地での事例は，後進地に対するかけがえのない教訓ではあるが，歴史の積み重ねが乏しいため，部分的な改善・改良が行われたとしても全体としての調和が整わず，拡大人工林の成林化が進むに従って施業上の各種制約が数多く目立ち始めている。

〝山造りには道〟といわれ，古くから森林施業と道路の整備は不可欠とされてきたが，拡大造林の過程では大小架空集運材法のいちじるしい普及・発達の機会でもあったため，新しい造林地では林道密度は相対的に低下し，きめの細かい施業どころか施業放棄の増大すら招き，保育管理の停滞が顕在化してきている。

拡大造林地域においても，一般道路や林道端からの地形が緩い場合には施業の対応はしやすいが，わが国のように山岳地形の多い森林地帯への人工造林の拡大は，相対的に複雑で傾斜のきつい地域の増大が伴い，初期の造林・保育などの作業には，現場へのアプローチが作業員の通勤可能な範囲であれば特に問題はないが，間伐など収穫を伴う施業の段階に入ると，林道から現場までの距離や地形要因が伐出の体系や経費の多少に影響してくる。

伐出手段と地利・地形条件との組み合わせを考える場合，

①　林道端から伐出現場へのアプローチの地利（距離），地形（特に傾斜）条件

②　伐採現場における地形，特に傾斜と広がり

のふたつが問題となる。①はその区間の林道開設もふくめた運材手段を，また②は伐採現場での集材手段を，それぞれ支配するからである。

1）　地利・地形条件と運材手段

ここで問題となるのは，アプローチの距離よりも地形要因が主題であろう。これは運材法の選択にあたって，地形はその適用手段を決定づける最大の要因となるからである。

アプローチの距離が短く，傾斜も緩い場合には，手持の運材手段や技術のうちできるだけ効率的な方法を適用すればよく，経費も少なくて済ませることができる。

アプローチの距離が長くなっても地形が緩ければ運材手段の選択は容易で，低価格の林道や作業道の開設をはじめ，簡単な接地式の車両や架空方式の運材装置の適用で足りよう。目的地との間の山腹の傾斜がきつくなったり地形が複雑になると，林道開設や運材手段にはいろいろな工夫を必要とする。

山腹の平均傾斜角$\alpha$と林道延長$x$ mとの関係は，林道の平均勾配を$p$%，目的地までの

直線水平距離を $l$ mとすると，

$$x = \tan\alpha \cdot l / 0.0p$$

で表わされ，わずかな山腹傾斜の増加によっても林道の延長はいちじるしく長くなる。

しかし山腹の傾斜が20°ぐらいまでであると林道や作業道の開設は容易であるため，間伐の実行に際しては将来の施業の便益も考えて，ほかの手段に優先させて，できるだけ作業道などの路網の開設・延長を図っておくことが得策であろう。

これ以上に傾斜がきつくなるに従って林道開設の延長は長くなるし，工法も複雑化して開設経費もかさんでくる。しかし運材距離があまり長くなるといずれの搬出手段を用いても経費がかさむので，両者の見合いや将来の施業の便も考慮して，林道開設をできるだけ選択することが望ましい。

一方地形は，中間が凹形の場合は架空索運材は使いやすいが，凸形であったり複雑な場合には架空式の運材は適用しにくく，林道開設や接地式の運材手段に頼らざるを得ない。

現実には，林道から1,000mを超えるような遠隔の林地であっても，主伐時の一斉皆伐のように出材量が相当にまとまっていれば，大型架空集運材装置の導入によって搬出が行われており，アプローチの長いことだけが伐出事業の制約要素ではない。しかし装置の架設・撤収費や運材費などの直接経費のほか，作業員の往復に要するロスタイムなどの計上によって，伐出単価の増大は免れず，たとえ伐出事業の収益性は保たれたとしても，経費のかかり増しはそれだけ立木価格の低下を招き，林業生産全体のレベルアップにはつながらない。

まして間伐事業においては，表—44の事例にみられるように主伐時と比べて単位面積当りの出材量は多くても30%に満たないうえ，伐出経費がかさみ，材価はより低位であることをまぬがれないため，間伐材搬出手段の地利・地形条件に対する適応性はいちじるしく劣り，また間伐事業収支の事例を集約してみると，図—24に示すように搬出距離の逓加にともなう運材費の増騰によって林道端から300～400m以上も隔たった林地では，立木代どころか伐出費さえ償えないケースが多く，結果として間伐木の切捨てが余儀なくされている。先に述べた手良地区における地利級の検討過程[37]では，林道密度が20m/haを超える里山地帯でありながら，図—25のように将来にわたって低材価を強いられるカラマツとアカマツを主体とした拡大造林地の60%余りが，既設林道端から集材距離300～400m範囲の外に在って，このままでは現有するいかなる伐出手段を構じても，これら林地での間伐事業収支はほとんどすべてが負値であろうと判断された。

小括すると，人工林造成の過程で少しでも多くの間伐材の収得を可能にしていくためには，これと平行して拡大造林地域内のいずれの部分を区切っても，少なくとも20m/ha程度におよぶ林道網の整備が急がれ，その実現がたちおくれると間伐材の切捨て量は今後ますます増大が続くと予想される。

2)　地形条件と集材手段

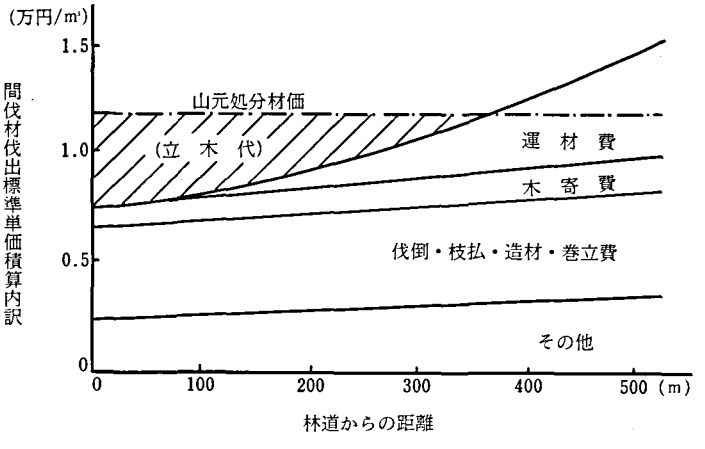
運材工程が整備されているほど集材工程は対応しやすいが，運材工程とちがって残存立木の間に散在する間伐材を取り扱うため，一斉皆伐方式の場合と比べて適用手段はいちじるしく制約を受ける。

地形が緩ければ，最近多様に出回ってきている大小さまざまな林内作業車両とこれに装着されたウィンチやクレーンを駆使して，林内集材はいちじるしく省力化・効率化が図られて

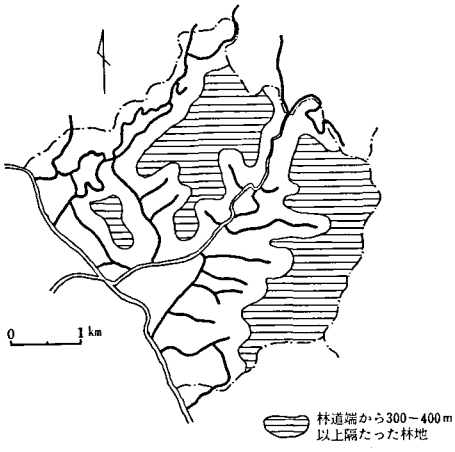
表—44　カラマツ林における主間伐別伐出収支の試算

| 主間伐別 | | | 間伐 | 主伐 |
|---|---|---|---|---|
| 伐出の条件 | 対象林地 | | 林道端200m範囲，面積2ha，市場まで14km | |
| | 林齢 | | 22年生 | 49年生 |
| | 立木の大きさ | | d＝14cm，h＝14m | d＝26cm，h＝23m |
| | 立木材積 | | 210m³／ha | 330m³／ha |
| | 伐採材積率 | | 40%(1／3列間＋α) | 100%(皆伐) |
| | 利用率 | | 65% | 70% |
| | 収穫材積 | | 100m³(50m³／ha) | 450m³(225m³／ha) |
| | 集材方法 | | モノレール体系集材 | 中型集材機集材 |
| 伐出単価 | 人件費 | 歩道開設 | 400m　600円／m³ | — |
| | | 伐倒・枝払 | ┐表—52による | |
| | | 木寄・造材 | │(1.35m³／人)　5,900 〃 | ┐(2.17m³／人)　4,600円／m³ |
| | | 集運材 | ┘ | ┘ |
| | | 集運材装置の架設・撤収 | 1,200 〃 | 600 〃 |
| | | 小計 | 7,700 〃 | 5,200 〃 |
| | 機械償却費 | | 1,000 〃 | 1,500 〃 |
| | 雑費 | | 1,500 〃 | 1,800 〃 |
| | 合計 | | 10,300 〃 | 8,500 〃 |
| 売払単価（山土場渡し） | | | 12,800 〃 | 16,000 〃 |
| 収支差引 | | | 2,500 〃 | 7,500 〃 |

注）昭和60年秋の伊那地方における実績による。




図—24　林道端からの距離と間伐材伐出標準単価




図—25　手良地区における林道端からの集運材距離による地利級区分

きているが，急傾斜地や複雑な地形を呈する林地に対してはその適用範囲は林道や作業道端のごく一部に限られている。

またこのほかの動力付集材装置（小型架線集材機，モノケーブル，モノレールなど）や人工シュラなどは，やや長距離の集材機能を持つが，その集材範囲もそれぞれの路線あるいは架線周辺のごく一部に限られ，人力や小型ウィンチなどによる補助がなければ集材範囲の拡大はむづかしく，集材機能としてよりも運材手段としての性格がより評価される。

したがって急斜複雑な地形に柔軟に対応しうる間伐材の集材手段としては，現在においても人力による土引きや転動集材（木寄せ）あるいは可搬式軽量小型ウィンチの利用に限定されており，林道やその他の運材路線の周辺50～60mまでがその集材範囲で，しかもこれらの作業は従来とほとんど変ることのない生の過重労働に依存して続けられている。

度重ねた体験の過程では，20°～30°を超える傾斜地では人力による全幹土引きあるいは玉切り材の転動集材（すべて引き下げによる）が，小型ウィンチを介在させるよりも手軽で効率的であったが，間伐中小径材であっても集材距離が40～50mを超えたり，径級が15～16 cm（0.1m³/本）以上になると，労働はきつく作業工程の低下は免れない。

結局は，林道あるいはやや長距離運材が可能な手段を，伐出収支の許容範囲内において，できるだけ間伐現地に接近させることを図らざるを得ず，集材可能範囲の拡大策として今後とも山腹斜面に沿った短距離・縦方向集材と等高線方向のやや長距離・横運材手段との有機的な組み合わせによる集材法が検討されなければならない。

なお最近，集運材機械類のリモコン化や山腹に適応した作業ロボットの開発が進められているが，急斜複雑地形への対応や伐出収支を考えると，間伐材収穫事業の最先端を司る木寄せ集材作業については，今後ともなおかなり長期にわたって生の人力労働に依存せざるを得ないと考えられる。図—24からも読みとれるように，集運材費総体に占める集材工程の経費負担は，運材工程とはちがって搬出距離の逓加にともなうかかり増しが微少であるため，せめてチェンソー並に1人作業ができる，安価で軽量なリモコンウィンチなどの開発が切に望まれる。

### 第3節　間伐材伐出体系の検討

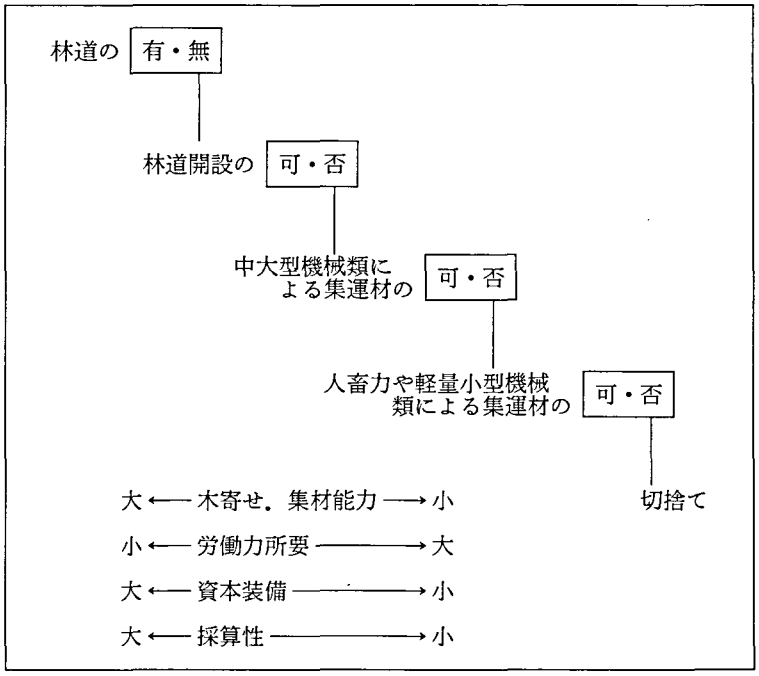
以上のような一般的な間伐材の搬出手段を，最近数多く提示されてきている伐出事例によって整理してみると，林道，機械力，労働力などの存否や能力の組み合わせによって，図—26のような集運材体系を規定する要因が考えられ，間伐材収穫の可否や採算性などが吟味される。

これら規定要因のうち，林道端までの集運材手段は，かつて主流であった人畜力のみによる木寄せ・集運材の可能な範囲はその労働生産性の低さに制約されて広域におよべないため，広域化あるいは遠距離化がともなう現代の間伐現場では，各種機械類に依存した集運材能力の大小にかかわって，間伐材収穫が可能な範囲の規模は規定されてきている。

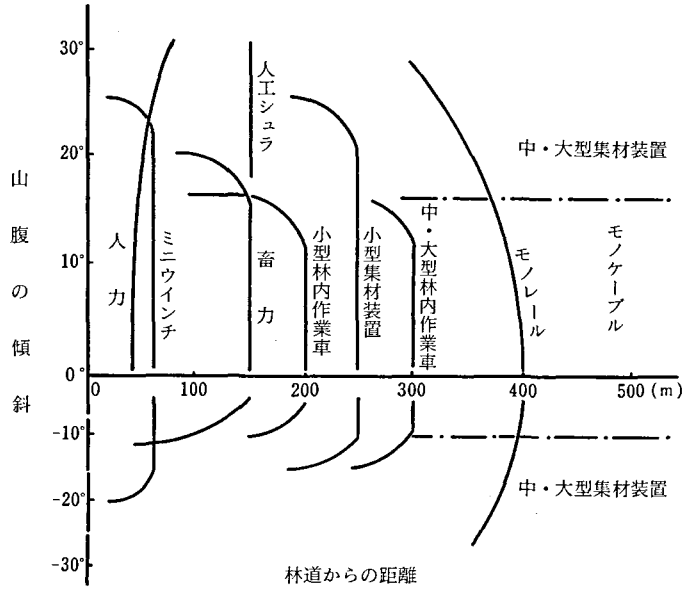
一方林道端からの距離と山腹傾斜とを組み合わせた集運材手段の標準的な適用範囲は各種事例によってとりまとめてみると，概略図—27のような模式図が画かれ，各地の間伐事例ではこれら集運材手段の1～2が組み合わされて間伐材の搬出が行われている。

またカラマツ林の間伐には，従来の単木的な間伐手法と並んで列状間伐が採り入れられてきたこともあって，間伐材の伐出工程を整理すると図—28のような複合的な系統図が画かれる。木寄せ・集材工程は造材工程がこれに先立つか後で行うかによって2つのタイプに分けられる。後者がいわゆる〝全幹集材体系〟で，集運材工程の後に山土場において造材工程が入るケースも多くなってきている。

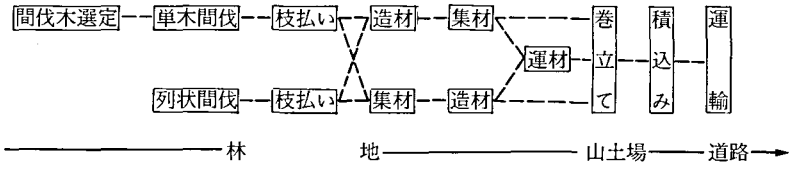
実際の間伐現場では，以上のような規定要因，集運材の手段あるいはその組み合わせ，間伐の方法および間伐率などのちがいに，現地の地況や林況の相違も加わって，間伐材伐出の




図—26　カラマツ林の間伐における集運材体系の規定要因




図—27　林道からの距離並びに山腹の傾斜に対応した集運材手段の適用範囲模式図




図—28　間伐材の伐出工程模式図

表—45　対象林分の位地およびアプローチの地形区分

| 区　分 | 地　　況 | 条　　件 |
|---|---|---|
| A | 短距離 緩斜面 | 50～60m以内，15°～20°以下 |
| B | 長距離 緩斜面 | 100m以上，　15°～20°以下 |
| C | 短距離 急斜面 | 50～60m以内，20°以上 |
| D | 長距離 急斜面 | 100m以上，　20°以上 |

注）A，B型は林道端あるいは高密路網開設が可能な場合
　　C，D型は路網の開設が困難あるいは不可能な場合

手段・工程はまさに千差万別で，主伐時のそれとは比較にならない複雑さを呈している。

ここでは数多い伐出事例をおおまかに整理して，次のように間伐材の伐出体系を類型化してみた。

先ず対象林分の位置・地況を単純化して，表—45のようにA～D 4組に区分した。

CおよびDについては，林地へのアプローチを短縮するため，できるだけ作業道など搬出路の開設延長が望ましいが，ここではこれが否である場合とした。また距離や傾斜度の区分

は一応の目安で，これらの中間的な条件下にある林地の遠近あるいは緩急をいずれに区分するかは，現地の状況に応じて勘案することとする。

このような対象林分の林況に対応しうる，間伐法（単木的間伐法か列間法か），伐出材の長さ（玉切り材集運材法か全幹集運材法か），および集運材手段（図—27に示したうちのいずれか）3つの要因からなる伐出手法をあてはめてみると，表—46にみられるような数多くの組み合わせが考えられ，これらのうちいずれかの組み合わせ（集運材手段については単用のほかに複用されるケースもある）が選択されて，カラマツ林での間伐材収穫は果されている。

伐出手法にかかわる3つの要因それぞれについては，対象林分の林況A～Dに対して次のような対応がなされている。

間伐法；下層間伐法や上層間伐法（保残木マーク法）に適用される単木的間伐法と，カラマツ林のみに適用されてきている列状間伐法（主に1/3列間法とするが，1/2列間法もふくむ）の2つに大別され，この両間伐法はA～Dいずれの林分にも適用が可能で，森林所有者や間伐担当者の意向によって選択される。ただし後述するように，高密カラマツ林を対象とした間伐事例では，次の集運材の方法や手段との組み合わせが適切であると，表—47の標準例に示すように列間法の方が単間法と比べて作業効率を30～40%も向上しうる可能性がある。

搬出材の長さ；一般に多用されている玉切り材集運材法と全幹集運材法とに大別され，前

表—46　間伐材の伐出手段に対応しうる地況区分

| 伐出手段の区分 | | 適用地況区分 | |
|---|---|---|---|
| 間伐法 | 単木的間伐法 | A；B；C；D | |
| | 列状間伐法 | A；B；C；D | |
| 搬出材の長さ | 玉切り集材法 | A；B；C；D | |
| | 全幹集材法 | A；(B)；C；(D) | |
| | | 単用 | 複用 |
| 集運材手段 | 人力 | A ； C | |
| | 畜力 | A；(B)；(C) | |
| | ミニウィンチ | A ； C | |
| | 小型林内作業車 | A；(B) | |
| | 中大型林内作業車 | A； B ； C | B |
| | モノレール | B ； D\| | D |
| | 人工シュラ | C；D | |
| | 小型集材装置 | A； B ； C | |
| | 中大型集材装置 | B ； D\| | |
| | モノケーブル | B ； D\| | |

注）（ ）内はやや不適当
　　＿は下げ荷のみ
　　\| は等高線沿いに緩く敷設

表—47　間伐法のちがいによる伐出作業工程の対比　（ha当り）

| | | 下層間伐 | 1／3列間 |
|---|---|---|---|
| 対象林分 | | 林道端から50～60m範囲の林地<br>林齢22年生，立木密度2,200本／ha<br>d＝13cm，h＝13.2m，v＝200m³／ha | |
| 間伐木 | 本数（率） | 920本（42%） | 720本（33%） |
| | 材積（率） | 67m³（33%） | 67m³（33%） |
| | 平均直径・樹高 | d＝11cm，h＝12.3m | d＝13cm，h＝13.2m |
| | 収穫材積 | 40m³（f＝60%） | 43m³（f＝65%） |
| 集材方法 | | 玉切り材ウィンチ集材 | 全幹列状ウィンチ集材 |
| 作業種目別延所要人数 | | 伐倒・枝払 18.4人／ha<br>造材・木直し 13.1<br>集材・巻立 12.5 | 伐倒・枝払 14.4人／ha<br>集材 8.4<br>造材・巻立 8.4 |
| 計 | | 44.0 | 31.2 |
| 作業工程 | | 0.91m³／人 | 1.38m³／人 |

者はA～Dいずれの林地へも適用が可能であるが，後者は次の集運材手段ともかかわって，主に林道や作業道端に近い短距離集運材が可能なA，CときにBなどの林分に適用され，道路端や山土場での集中造材と組み合わされて，集運材や造材の効率化が図られている。主伐時（皆伐）とちがって大型架線集材方式が単用できないこともあって，Dに類する長距離集運材にはほかの手段との組み合わせを要する。

集運材手段：最近林業用専用機械類のおびただしい開発・改良によって集運材手段は多様化してきているため表—46に示したように多くの類型区分が必要になってきている。それぞれの手段は地形や集運材距離に応じて単独あるいは複合的に組み合せて使い分けされているが，複合的な組み合わせは短距離集運材手段とやや長距離集運材手段との2種類までが大部分で，3種類以上が組み合わされた事例はほとんど見当らない。これは搬出材の中継あるいは積み卸しに要する手間が重複するほど集運材効率がいちじるしく低下するためで，長距離化が強いられる間伐材の伐出にあたっては，特に集運材手段の組み合わせが事業の成否にかかわっていることに留意しなければならない。

効率的な間伐材の伐出体系については樹種がいずれであるかを問わず求められているが，低価格かつ僻遠的な材の取り扱いが多いカラマツ林での間伐に際しては，よりきびしい対応がせまられている。

数多い間伐材の伐出事例は諸報告に負うこととし，ここでは実践してきたいくつかの事例を整序し，以上のような考え方にたって伐出体系の類型化を試みた。

## 第4節　事例研究によるカラマツ間伐材伐出体系の解析とその類型化

間伐材の伐出技術は古くて新しいテーマであり，間伐をめぐる最近の環境条件はその展開をかえってむづかしくしてきている。機械メーカーや研究機関からは新しい林業用機械類の創案・改良が相次ぎ，またこれらを駆使した実験・実用データも数多く報告されているが，これらの資料をとりまとめてみると，1 m³/人・日前後の伐出工程，あるいは1～1.3万円/m³程度の伐出費（山土場あるいは林道端まで）である個別の事例が多く，対象林地の地況や林況などを考慮した体系的な伐出手法の整序はきわめて未成熟な状況におかれている。

ここに提示する実践事例もこうした範疇を出る方式とはいえないが，手持の機械類を駆使して急斜林地に適用してきた間伐材の搬出手法を，対象林地の広狭や林道端からの距離の長短を与件として再編し，基本型と考えられる3つの体系に類型区分し，それぞれの手法について考察した。

### 1　林道や作業道に近接した林地での伐出体系（事例－1）

この事例は第1章の1節で概要を述べた高遠町県行造林地でのカラマツ間伐材の伐出体系を原型とする手法で，同町森林組合では昭和46年以降一貫して，当時われわれが提唱した〝システム間伐〟の考え方を採択し今日におよんでいる。

当初の伐出体系は，3 t級のウィンチ付ブルドーザーの配備があったにもかかわらず，オペレーターが不在であったこともあって，高密路網の開設（専門業者請負，4,550m/40ha）並びに徹底した1/3列間は採用されたが，「伐採現場における造材――人力による引下げ木寄せ――デビルスや馬による土引き集材」という在来型の伐出手法が多用され，計画した「高密路網の開設――1/3列間――ブルドーザーによるウィンチ全幹集運材――山土場における集中造材・仕分」体系の採用は，施行面積40haのごく一部にとどまった。

その後同森組は管内数千haにおよぶカラマツ林をかかえ，逐時間伐面積の拡大を図る過程で作業工程の効率化に意を注ぎ，最近では作業道開設用の中型ブルドーザー並びに集材用のダブルウィンチ付ホイルタイプ・ロギングトラクタ（イワフジT－20）の配備と，この両機のオペレーター（昭和46年当時の班員のなかから育成された）をふくめた4人1組の作業班員とが組み合わされて作業仕組はほぼ完全に改変され，作業道の開設もふくめた伐出作業の全過程が消化され，作業能率のいちじるしい効率化が図られてきている。

当初の作業体系や事業成果の詳細については既往の報告[2)3)4)]によるが，作業仕組の要約を最近のそれと対比すると表－48のとおりで，着実な技術改善の成果が高く評価される。

新しいこの伐出体系は，

1）路網の高密化によって林地の地利級が格段に向上し，中・大型重機類の駆使を容易にし，またウィンチ集材の欠点とされる集材距離（本体から50～60mの範囲が限界）の短縮が図られ，集材にたずさわる労働の質量がいちじるしく軽減される。ただし路網密度は幹線および臨時的作業道をふくめて100～130m/haの開設を要し，その開設費は5～10万円/ha程度と見積られる。

2）列間・全幹集中集材の組み合わせにより，1回当りの集材量は1～1.5m³におよび，10～15m³/人・日程度の集材も可能で，集材効率がいちじるしく向上する。

3）山土場あるいは林道端における集中造材によって，市場の動向や注文生産に対して柔軟に対応しやすく，採材効率や材価の高揚が図られる。

表—48　高遠町森林組合における旧・新カラマツ林間伐作業体系対照表

| 旧　体　系　（昭和46年） | 新　体　系　（昭和59年） |
|---|---|
| 1　間伐並びに作業道の計画設計　（A）<br>2　作業道敷全予定線の伐開（伐倒，枝払，造材，仮除去）　（B）<br>3　作業道開設（4以下に先行し，全線専門業者請負施工）　（C）<br>4　1／3列間（伐倒，枝払，造材）　（B）<br>5　集材（人力木寄せ—デルビス集材，馬力集材，ブルウィンチ集材を混用，全幹集材はブル集材の一部にとどまる）　（B）<br>6　山土場での仕分，巻立<br>7　検知，山土場での公売（全作業終了後一括処分）　（A） | 1　間伐並びに作業道の計画設計　（A）<br>2　数ha単位の伐区ごとに作業道敷の伐開（伐倒，枝払）　（$B_1$）<br>3　既設作業道終点で作業道敷伐倒木の全幹ウィンチ集材—山土場まで全幹土引（ダブルウィンチ付ホイルトラクタ）　（$B_2$）<br>4　引返したトラクタからブルドーザーに乗り替え，作業道開設　（$B_2$）<br>5　山土場での集中造材，仕分，巻立　（$B_3$，$B_4$）<br>6　作業道開設延長100～200m毎に全員で作業道上下50～60m巾の1/3列間（伐倒，枝払）　（$B_1$～$B_4$）<br>7　作業道端までの列状全幹ウィンチ集材—山土場まで全幹土引　（$B_1$，$B_2$）<br>8　5と同じ<br>9　山土場から市場へ運輸（委託販売，ユニック付トラック）　（A） |
| 注）1　4—5—6は数ha単位の伐区ごとに3～4人の作業班全員で繰り返し順次消化<br>2　トラクタのオペレータは専化せず適宜交代 | 注）1　トラクタ，ブルドーザーのオペレータは（$B_2$）に専化，3—4，7を繰り返す<br>2　（$B_1$），（$B_3$），（$B_4$）の空き時間は適宜列間作業に充当 |

注）表中の(A)は森林組合員，(B)は作業班員［新体系では（$B_1$）～（$B_4$）が分業化］，(C)は請負業者

の3点が特徴的で，路網の開設費は伐出工程，労働の生産性および材価の向上などによって十分補塡される林地が多く，開設費がかさむ急傾斜地や岩石地を除いては，できるだけ本体系の採択が望まれる。なお路上からのウィンチによる材の引寄せは，末尾に掲げた模式図（図—30）にみられるように，傾斜の上下，緩急を問わず実行が可能である。

多くの伐出事例のなかには本体系に類した手法はすでに各地で実践されてきており，集運材がウィンチ付中・大型トラクタの単用で済まされることもあって，作業の仕組や機種の選定が適正であれば，表—49の標準工程や所要経費にみられるように，現代の間伐材伐出手法としては最上位にランクされる優れた作業体系といえよう。

最近本体系と作業仕組の基本を同じくする，長野県林務部が実施した〝高能率森林施業システム開発普及事業〟においては，イワフジT—30型トラクタを配備し，「1／3列間——長尺材（8m）搬出体系」の採択によって，表—50のようにカラマツ林の間伐に際して，伐出工程やコストの軽減および処分材価の高揚が図られ，事業収支が大巾に改善された事例も報告されている[57]。

表—49　事例—1における間伐事業経費の試算

| 項目 | | 算出の基礎 | | | 1㎥当り単価 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 工程 | 所要人数 | 総額 | |
| 路網開設費 | | 2,000円／㎥*の約1／3事業費負担 | | | 700円 |
| 人件費 | 伐倒・枝払 | 4㎥／人・日 | 23 人 | 184 千円 | 2,100円 |
| | 全幹集材 | 7 | 13 | 104 | 1,200 |
| | 造材・巻立 | 4 | 23 | 184 | 2,000 |
| | 小計 | | 65 | 472 | 5,300 |
| 機械償却費 | | ホイルタイプ・ロギングトラクタ | | | 1,300 |
| 雑費 | | 燃料、償却資材、保険ほか | | | 1,500 |
| 合計 | | | | | 8,800 |

注）作業道開設；200m，間伐面積；2ha，間伐法；1／3列間
収穫材積；90㎥，材の処分；山土場渡し
＊林道開設費積算内訳　200m×900円／m＝180,000円，18,000円÷90㎥＝2,000円／㎥，
2,000円／㎥×1／3＝700円／㎥

表—50　長野県高能率森林施業システム開発事業における素材1㎥当りの伐出コスト比較

| 搬出材の区分 | | 8m長尺材（1／3列状） | | 2・3・4m普通材（1／3列状） | | 県下15事例の調査平均値（昭．55年） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 供試機種 | 木寄せ専用 | アクヤロープウィンチ | アクヤロープウィンチ | アクヤロープウィンチ | 3.8t クローラトラクタ（小松D—20 S—5） | |
| | 木寄せ・集材 | イワフジT—30 | リモコン集材機 | イワフジT—30 | | |
| ha当り出材量㎥ | | 16.4(73) | 12.6(56) | 16.4(73) | 24.4(109) | 22.4(100) |
| 搬出距離 m | | 200／0～380 | 80／0～150 | 200／0～380 | 180／0～350 | 200／0～500 |
| 林地傾斜 度 | | 18／11～35 | 22／16～31 | 18／11～35 | 18／11～35 | 16／5～35 |
| 作業人員 人 | | (43) 0.43 | (61) 0.61 | (52) 0.52 | (59) 0.59 | (100) 1.0 |
| 伐木造材費 円 | | (89) 3,924 伐木 2,708 造材 1,216 | (81) 3,565 伐木 2,460 造材 1,105 | (107) 4,740 伐木 2,708 造材 2,032 | (103) 4,545 | (100) 4,428 |
| 木寄せ・集材費 円 | | (62) 2,674 | (90) 3,870 | (62) 2,674 | (88) 3,785 | (100) 4,290 |
| 諸経費 円 | | (83) 2,043 | (98) 2,428 | (144) 3,559 | (162) 3,999 | (100) 2,476 |
| 小計 円 | | (77) 8,641 | (88) 9,863 | (98)10,973 | (110)12,329 | (100)11,194 |

（ ）内数字は県下事例の数値を100とした指数

## 2　林道端から200～300mの範囲内に広がる林地での伐出体系（事例－2）

急斜複雑な地形の多いわが国の一般的な拡大造林地域では，林道密度のひくさも手伝って間伐材の伐出手段については未だ効果的な方法が確定せず，また上述したような高密路網体系を一挙に拡大することもさまざまな隘路があって，間伐されても林内放置されているケースが多く，各地で間伐材の搬出には頭を悩ませている。

先の図－27にみられるように間伐材の搬出手段は多様であり，それぞれの手段に適用される機種も数多いが，いずれも一長一短があって，各地の伐出事例では手持の機械類が優先した作業体系によって，一定度の成果に甘んじている。

昭和53年以降モノレールによる間伐材の搬出体系に取り組んできたのは[6)7)8)9)]，こうした多種多様な集運材手段のなかから，林道密度のひくい急斜林地をある程度広範囲にカバーしうる手段を検討の末，次のような2つの理由で跨座式（騎乗式）小型モノレール（カホ林業用モノレール；嘉穂製作所）を選択し，高密路網体系に代わる伐出体系の適用を試みてきた。

モノレールを採用した理由のひとつはその運搬機能によるもので，

① レールが地上設置式で組立て解体が容易であり，敷設・撤去に特殊技術を必要としない。

② 脱線，転覆の危険がない。

③ 無人運転で，レールの組立て解体に必要な資材もモノレールの自走によって運搬できるため，小人数でレールの敷設・撤去や運材が可能である。

④ 10°～15°の傾斜地でも上げ荷が可能である。

⑤ せまい通路で運行できる。

⑥ レールの延長により，林道端からかなり隔たった地点からの運材が可能である。

⑦ 林地・林木や積荷をいためることが少ない。

などの利点をそなえているため，間伐材の運搬手段として十分利用が可能と考えられた。なお当時懸垂式の機種も出回りはじめていたが，これらの小型機のなかで積載能力や上記利点のうち①，③，⑥，⑦などの点が優っていたことにより接地式の本機種を選択した。

試用の段階で本機種の欠点とされた点は

① レール1本（3m）の重量が20kgあまりでやや重い。

② 設備費がかさむ。

③ 耐用年数や償却費が不明。

④ 1回の積載量に限界があり，低速運転のためあまり長距離運転では不利をまぬがれない。

などであったが，

①については，利点③のように敷設済みレールの先端まで必要資材は運搬できるので，敷設あるいは撤去時のレールの持ち運びはせいぜい5～10mの範囲で済まされる。

②，③については，本機1セットで5,000m³の搬出が果されれば1,000円/m³程度の償却費で足り，また過去8年間の補修費は10数万円で済まされてきている。

④については，実験の成果並びに各地の事例[6)]によって，レールの延長が300～400mの範囲であれば，1日平均20往復前後で14～15m³程度の運材が可能で，モノレール体系によった伐出総工程は1.2m³/人・日，9,000～10,000円/m³程度の実績が得られており，ほかの集

運材手段と比べて格別劣ることはない。

モノレールを林業用に採用しようと考えたもうひとつの契機は，かつてわが国に定着していた木馬運材の見直しである。

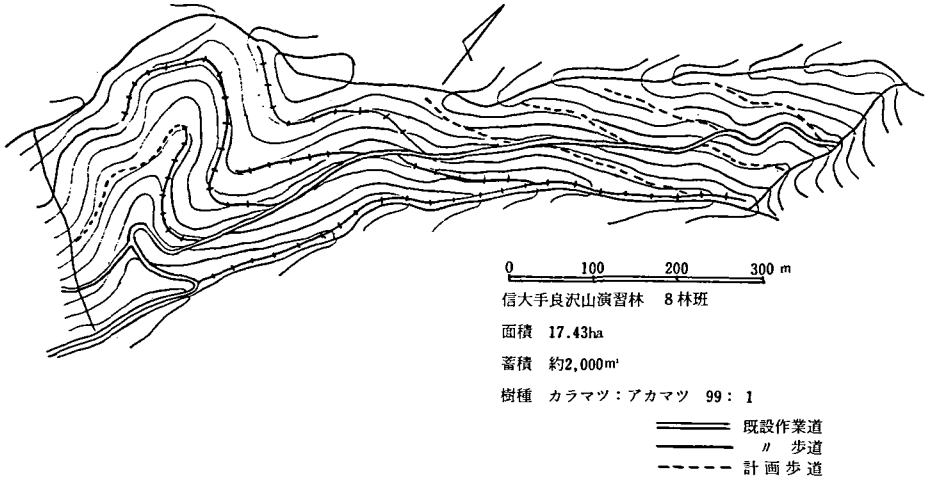
木馬の歴史やその効用についてはここに述べるまでもなく，長くその機能がかわれ，〝木馬引き〟は当時大径材伐出の杣夫と並んで特殊技能者として扱われ，林業労務のなかで高給で処遇されていたことは記憶に残されている。

われわれは今も山歩きの途次各所に木馬道の名残を見出すが，木馬運材は昭和30年代半ばにその姿を消しすでに20年あまりを経た現代，木馬の性格をそなえこれに代わる運材方法は見当らない。モノレールによる集運材体系は，モノレールという運搬手段の林業への実用化を図ることのほかに，傾斜・地形が複雑で低い林道密度の林分に，また歩道さえも十分でない大面積的な人工造林地に，ha当り100mに余る林内管理用の歩道を設け，林分手入れの便を図りながら，この歩道上に敷設したレールを木馬道に，またけん引車ならびにこれに連結した台車を木馬引きや木馬になぞらえて，林業経営にとって欠くことのできない林内小運搬を改めて重要視していきたいとの考えにもとずくものである。

過去の実験の成果はすでに報告してあるので[6)9)]，ここではこれらの実績をふまえて実施してきている，林道端から200～300mの範囲内に広がる林地での間伐材の搬出手段について，モノレール体系によった作業仕組と標準工程を提示する。

1)　作業仕組

図—29は本学手良沢山演習林の最奥部に位置する8林班，全面積17.64haが昭和32～36年にわたって植栽されたカラマツ林で，山腹は25°～38°の急斜面を呈している。昭和52年以降施業上の必要にせまられ，2回に分けて延長約1,000mにおよぶ中腹作業道が開設され，林道密度は50m/haあまりと算定されるが，林内各地点までの歩行到達距離は100～400mにおよび，笹生地が多いこともあって，このままでは間伐材の搬出可能区域は作業道端のごく一部に限られ，間伐木の大部分は切り捨てざるを得ない地利不便な拡大一斉造林地の典型であ




図—29　間伐実験林の概況（1981年現在）

る。

拡大人工林の維持造成とこれにともなう間伐材利活用の拡大を図っていくためには〝いつでも，どこへでも，容易に林内各地点に到達できること〟をモットーとしてきた過程で，ここに提示するモノレールを活用した集運材体系はかなり有効な手段のひとつと考えられる。

この体系による作業仕組の骨子は次のとおりであるが，高密な林内歩道の開設が要諦である。

① 林内各地点を300～400mの範囲でカバーしうる作業道の開設が最低条件である。作業道は間伐材運搬車両の規格によるが，材積み卸しの重複をさけるため，できるだけトラックの運行が可能な規模とし，積み込み後は市場までの直行を図る。なおここでは作業道の高密開設が困難な急斜林地を対象とするが，より緩斜地での適用は一層対応しやすいことはいうまでもない。

② 図—29あるいは後掲の図—32に示すように作業道端から等高線方向に添って10°～15°以下の低勾配で巾員60～70cmの歩道を開設し，順次上下の歩道間隔が斜距離で50～60mになるよう調整しながら歩道網を増設する。歩道の勾配は1路線当りの集材面積あるいはモノレールの積載能力を最大にするためには水平方向とすることが望ましいが，到達距離が長くなること，カーブ設定箇所の制約，立木や根株等の障害をさける，などを考慮し，10°前後の間で適宜調整し，またこの範囲であればアップ・ダウンは運行のさまたげにはならない。歩道上下の間隔は，人力や小型ウィンチ類による木寄せ能力の限界を考慮したが，ほかの集材手段によるときはその能力によって調整する。歩道の開設工程は60m/人・日程度を標準としている。

③ 歩道開設後，これを通路として間伐を実施する。現場や伐区への出入りの時間やわずらわしさは半減されうる。間伐の方法は点状，列間いずれでもかまわないが，次の木寄せ工程を考えると林況が許す限り列間とする。

④ 木寄せは人力や小型ウィンチによって歩道端5～10mの範囲までの全幹集材とし，ここで集中的に造材した後モノレール運材に引き継ぐ。傾斜が25°～30°以上あればかなりの大材も全幹のまま引下しやすい。傾斜が緩やかであまり大材に過ぎる場合には伐倒現場での造材もやむを得ない。歩道下の引き上げ集材が可能な機械類があるときは併用する。

⑤ モノレールの敷設は，組の人数が2～3人の場合は木寄せ・造材の後とするが，人数に余裕があるときは道路端の山土場から順次奥へ向かって集造材とレールの敷設とを併行させて進行する。

レール敷設の手順は，歩道にかかっている支障となる間伐材はレールその他の資材運搬を終えた空台車に積み込んで取り除きながら順次延長していく。この台車には余裕があれば，組立済レールの先端付近に集まっている間伐材も適宜積載して返送し，レールの敷設・延長と運材とを併行させる。

敷設に要する人員配置は，歩道上に支障材がなければ山土場での敷設資材の積み込み（レール2～3本ずつ）1人，敷設済みのレールの先端付近に1～2人，計2～3人を適当とするが，ときには1人でモノレールの往復に同行してすべての敷設工程を司ることも可能である。支障材や歩道端の材を積み込む場合も先端の2人が，材の積み込みとレールの敷設を兼ね，山土場担当者は敷設資材の積み込みと返送されてくる材の卸し作業・仕分・巻立を受け

持つ。人員配置がこれ以上におよぶ場合は，1人がレールの敷設に専念し，その他は支障材や中間に残された間伐材の積み込みを担当する。なお人員に余裕がある場合は④の木寄せ工程を同時進行させる。

⑥ レール全長の敷設が終れば，終点付近からの運材を優先させ，空きレールは積み込み材と併載して運材とレールの撤収作業を兼行させる。

⑦ 山土場担当は普通1人で足りるが，卸し材の巻立やトラックへの積み込みなどが過重な場合は増員する。レールの延長が300～400mまでの範囲では，1日の運行回数は20回程度以上が可能であり，1回当りの積載量0.6～0.7m³を標準とすると，1日当りの搬出材積は14～15m³におよび，せまい山土場では材の仕分や巻立に支障をきたすため，運材当日は市場への輸送トラックを配して土場作業の効率化を図る。

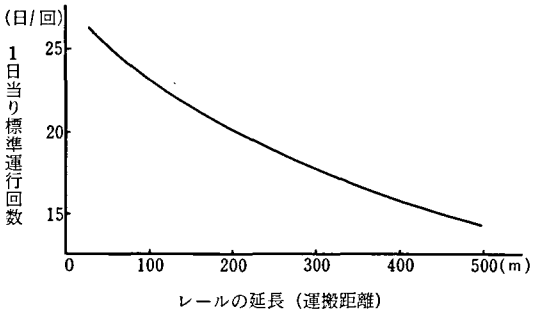
2） 標準工程および所要経費

昭和53，55，60年の実績にもとづいて，本体系によるカラマツ林を対象とした間伐材伐出

表—51　事例—2における間伐事業経費の試算

| 項目 | | 算出の基礎 | | | 1m³当り単価 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 工程 | 所要人数 | 総額 | |
| 人件費 | 歩道開設 | 60 m/人・日 | 7 人 | 56 千円 | 600 円 |
| | 伐倒・枝払 | 3.8m³ 〃 | 48 | 384 | 4,300 |
| | 木寄せ・造材 | 3.8m³ 〃 | | | |
| | レールの敷設 | 45 m 〃 | 9 | 72 | 800 |
| | モノレール運材 | 5 m³ 〃 | 18 | 144 | 1,600 |
| | レールの撤収 | 100 m 〃 | 4 | 32 | 400 |
| | 小計 | | 86 | 688 | 7,700 |
| 機械償却費 | | メーカー資料による | | | 1,100 |
| 雑費 | | 燃料、償却資材、保険ほか | | | 1,500 |
| 合計 | | | | | 10,300 |

注） 歩道開設；400m，間伐法；1／3列間
収穫材積；90m³，モノレールの延長；400m，材の処分；山土場渡し




図—30　モノレール運材の1日当り標準運行回数

事業の標準的な作業工程および所要経費をとりまとめると表—51のとおりである。ただし間伐法は1/3列状間により，レールの総延長400m，集材面積2 ha（延長400m×集材巾50m），収穫材積90m³（45m³/ha×2 ha），日当8,000円/人とする。

山元土場までの伐出単価がこの事例程度で済まされる林地であると，最近のカラマツ間伐材の山元実積価格12,000円/m³前後と対比すれば，モノレールによる集運材体系の採用によっても間伐事業の実行は十分可能と考えられる。

なおモノレール運材による場合，レールの全沿線にわたって集材が可能である場合には，その延長が300～400mの範囲内であると，平均的な運行距離はレール全長のほぼ1/2に相当する150～200mであり，本機種による過去の実績[6]から，100m当り1往復所要時間3.5～4分（往路空車時・2速運行60m/min.，復路積載時・1速運行50m/min.），および運行1回当り材の積み卸し時間8～12分（積み込み5～10分，荷卸し1～3分）により積算した1日実働6時間の標準運行回数は図—31のとおりである。したがって，レールの延長がこの程度の範囲内であると運搬距離の長短による工程の差はわずかであり，1荷0.6～0.7m³の積載量で1日20往復以上，14～15m³の運材が可能で，表—51に示した1人1日当りに換算して5 m³程度の工程を果し得る。

また，レールの末端付近に材が集中して集められる場合には，積み込み時間が2～3分に短縮できるので，運搬距離が300～400mまでであると，上と同じ程度の運材工程は果される。

伐出所要経費全体のうちモノレール運材にかかわる経費の比率は35%程度を占めるが，ほかの運材手段と対比してこの程度の負担額は格別そん色のあるものではない。また歩道開設費はすべて事業費のなかに加算してあるが，支弁不可能な額ではなく，モノレールと組み合せると歩道の存在は高密路網体系の一貫と考えられ，わずかな補修費の投入によって繰り返し利用が可能であり，またかつての木馬道のように森林管理上有効な通路としてその効用は高く評価される。

**3　林道端から200～300m以上隔たった林地からの伐出体系**（事例—3）

林道から間伐対象地までのアプローチが急傾斜かつ長距離化すると，図—27にみられたように間伐材の搬出手段はいちじるしく制約され，事例—1，2のような重機類の利用や単一の機械類でこれを果すことは不可能である。また急斜地に適用しうる長距離用の運材手段としては，架空索を利用した集材装置あるいは索道しか見当らない。実際に林道から200～300m以上も隔たったカラマツ林からの間伐材搬出の事例はごく稀で，間伐木のほとんどが切り捨てられている。

これら間伐木の少しでも多くを収穫対象としていくためには，上のような制約条件のなかで，次のような間伐材搬出体系の整序が求められる。

①　搬出用路網の開設延長が不可能であると，遠隔の間伐対象地では大型重機類の利用は断念せざるを得ない。

②　路網や重機類に代わる間伐材の長距離運材手段としては，中型程度の集材装置しか考えられない（固定索道は積み込み地点が限定されるため間伐事業には不適当と考え除外した）。

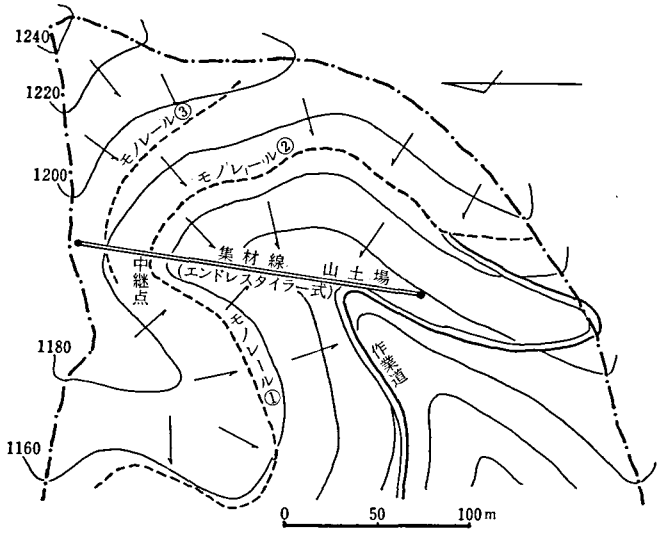
③　間伐材の場合集材装置による横取りはせまい範囲に限定されるため，できるだけ広範囲から横方向の集材が可能なほかの搬出手段との組み合わせを考え，集材装置の搬出効率を

高める工夫が求められる。

④　横方向の集材効率を高めるためには，事例－2で述べたようにできるだけ水平方向，かつある程度の長距離をカバーしうる搬出手段を採り入れる。したがって集材装置は山土場までの山腹急斜面に沿った縦方向の搬出手段を司り，路網や重機類に代わる役割を果させる。

⑤　これらの縦・横両搬出手段の適用をふくめた伐出事業費総額の上限は，山土場での間伐材売り渡し価格12,000～13,000円/m³に出材材積を乗じた額の範囲内とする。ただし助成金や森林所有者からの間伐負担金による事業費の上乗せができるような措置が構じられるならば，間伐材伐出対象地の範囲はなお拡大される余地がある。

要約すると，間伐材の搬出にはあまり大がかりな集材手段は不適当と考えられるので，林道端から400～500m程度までの範囲内にある林地を対象とし，中型程度の集材装置を開設不可能な搬出路の代用として採用し，間伐材の収穫を図ろうとするものである。そのためには当面の技術手段では機械類の重複利用による集材費のかかり増しはさけられないが，間伐材




図—31　手良沢山演習林における間伐材搬出実験林見取図

表—52　手良沢山演習林における間伐材搬出実験の成果
——（事例－3）による第1次分の人件費について——

| 区　　分 | 仕　　様 | 所要人員 | 所要単価 |
|---|---|---|---|
| 集材装置架設 | スパン　135m | 5.4人 | 1,414円/m³ |
| モノレール敷設 | 延　長　139m | 2.4 | 628 |
| 伐倒・木寄せ・造材 | 面積0.42ha | 18.8 | 4.923 |
| 運材　モノレール | 1／2列間 | 10.1 | 2,645 |
| 運材　集材装置 | 出石30.6m³ | 6.1 | 1,597 |
| 計 | | 42.8 | 11,207 |

の伐出経費は事例－1，2のような手法によっても8,000～10,000円/m³を要するので，上記⑤の限定条件を満たすためには，縦方向の集材を司る集材装置による搬出費は2,000～3,000円/m³の範囲内で果されることが求められる。

昨年度本学手良沢山演習林で実施した実験の成果は図—31および表—52のとおりで[56]，以下述べるような集材範囲の拡大や一部作業工程の手直しを図ることによって，集材装置の架設および運材にかかわる所要経費はかなり大巾な引き下げが可能である見通しが得られた。

集材装置にかかわる架設・運材・撤収に要する経費を2,000～3,000円/m³の範囲にとどめるには，少なくとも150m³程度の集材量であることが求められ，1 ha当りの間伐材生産量を40～50m³とすると（実験では1/2列間を適用し60m³/haを収穫した），最低3～4 haの間伐対象面積であることが要件である。

したがって，事例－2から横集材1路線あたりの集材量は最高100m³程度までを限界としているので，少なくとも伐区を移して2路線以上の横集材を図る必要がある。実験の継続を通じて，後掲の図—32に示した模式図のようにいわゆる〝キの字型集材体系〟を採択し，伐区の拡大と集材量の増大を図ることとした。

以上のような考え方と一部実験済みの成果をふまえ，林道から隔たった林地からの間伐材伐出体系について，標準的な集運材手段の架設並びに作業工程を提示する。

1)　間伐区域の確定と伐出計画

本法の適用にあたっては，上記のような伐出収支の限界に適合する間伐対象地であることを確かめた後，間伐方法や搬出手段の種類をはじめ搬出施設の設定箇所を予定する。集材架線装置についてはできるだけ搬出効率の高い架線箇所並びに索張方式を検討して決定する。

2)　集材装置の架設

集材架線の設定箇所は架線の中間支持を要しない谷筋の凹地形沿いとすることが望ましく，山土場や横集材からの中継点についても作業の便を配慮して決定する。索張方式は現地の傾斜やスパンの長さによってできるだけ簡明な方式を採択する（実験では傾斜27°の下げ荷エンドレスタイラー方式を採用）。

1荷の最大荷重を800kg程度までと予定すると中型集材機が適当であり（実験では南星KK—1，容量1 t，8.5ps使用），索の径や種類は索張方式によって選択する。山土場と対象林分との位置関係で，上げ荷・下げ荷いずれも適用が可能である。架設の手法は一般の手法と変わるところはない。

架設の工程は索張方式によって異なるが，スパン400～500mであれば15人前後で足りる。

架設が終れば最初の横集材との中継点に，横集材用の機材を中継担当者の指示に従って順次送りとどけるとともに，出材があれば運材過程に入る。

3)　横集材の集運材法

間伐地域内の伐出体系はほぼ事例—2に準じ，伐区斜面縦方向の短距離集材（50～60m範囲までで，手段は人力あるいは小型ウィンチ等による）と，横方向のやや長距離運材との組み合わせによる。横方向の運材手段はモノレールあるいはモノケーブル方式が適用できるが，ここでは実績が得られている事例—2で示したモノレール方式を採択し，300～400m範囲の運材を図ることとした。

4)　伐出の手順と工程

間伐現地からモノレールの中継点までの伐出手順や工程は，レールの敷設もふくめて事例—2と全く同じで，集材架線下の中継点でモノレールの台車に積載されてきた材を一括してスリングワイヤで束ね，集材装置の搬器に積み替える。中継担当者（1人）は事例—2の山土場担当者に相当し，材の積み替えのほかに，レールの延長（撤収時も同じ）にともなう資材の必要量を敷設担当者並びに集材機のオペレーターと連絡をとりながら（無線交信による）適宜積み替え輸送にあたる。

1日の出材量はモノレールの運材工程に連動して15m³程度であるため，山土場におけるモノレール用資材の送付，材の卸し・巻立作業および集材機の運転は1人のオペレーターによって果される。

モノレール1路線の集運材が終れば，集材架線の左右あるいは上下に伐区を移して同じ手順で伐出を繰り返し，間伐区域の拡大を図る。

モノレール1路線当りの伐区面積を1～2 ha，出材量を50～100m³程度とすると，表—51に示した標準工程の試算により最低2～3路線の伐出が図られれば，先に述べた集材架線装置にかかわる経費負担はおおむね吸収が可能で，出材量が増大するほど負担率の軽減が図られる。

5）標準工程および所要経費

事例—3の伐出総工程は，ほぼ

［事例—2の伐出工程］＋［集材架線装置の運材工程］

とみなされるので，前項は事例—2を準用することとし，ここでは集材架線装置の標準的な

**表—53**　事例—3における間伐事業経費の試算

| 項目 | | 算出の基礎 | | | 1㎥当り単価 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 工程 | 所要人数 | 総額 | |
| 人件費 | 歩道開設 | 60 m/人・日 | 14 人 | 112 千円 | 600 円 |
| | 伐倒・枝払 | 3.6m³ 〃 | 100 | 800 | 4,500 |
| | 木寄せ・造材 | 3.6m³ 〃 | | | |
| | レールの敷設 | 45 m 〃 | 18 | 144 | 800 |
| | モノレール運材 | 5 m³ 〃 | 36 | 288 | 1,600 |
| | レールの徹収 | 100 m 〃 | 8 | 64 | 400 |
| | 集材装置の架設 | 30 m 〃 | 14 | 112 | 600 |
| | 〃 運材 | 8 m³ 〃 | 23 | 184 | 1,100 |
| | 〃 徹収 | 100 m 〃 | 4 | 32 | 200 |
| | 小計 | | 217 | 1,736 | 9,800 |
| 機械償却費 | | モノレールおよび集材装置 | | | 1,700 |
| 雑費 | | 燃料、償却資材、保険ほか | | | 1,500 |
| 合計 | | | | | 13,000 |

注）歩道開設；800m，間伐面積；4ha，間伐法；1／3列間，収穫材積；180m³
モノレールの延長；800m，架線のスパン；400m，材の処分；山土場渡し

運材工程および運材単価を試算した。ただし架線の規模はスパン400～500mとし，出材量180m³（4 ha×45m³/ha），日当8,000円/人とした。

したがってここで求められた伐出単価と事例―2による値を合算すると表―53のように13,000円/m³と試算され，一応出材の売り払い単価とのバランスは保たれる結果が得られた。

しかし現実に間伐の推進あるいは間伐材収穫量の増大を図っていくためには，より高い賃金水準であることが望まれ，そのためにはここに挙げた3つの事例もふくめて，伐出手段や工程の改変あるいは集材材積の多量化などによってコストダウンが図られるような間伐体系の検討がなお強く求められている。

## 第5節　小　括

これらの事例もふくめて昨今実践されているカラマツ間伐材の伐出手法をとりまとめてみると，格別斬新な方法論は見当らず，搬出された間伐材の材価の動向に支配されて，せいぜい1～1.3万円/m³程度の山元価格の上限が意識され，その範囲内の経費で済まされる生産事業が続けられているにすぎない。また各地の間伐材伐出の事例や実験報告などを整理してみると，間伐担当者1人当り山土場までの生産工程は1 m³/日前後の実績である例が多く，伐出経費は8,000～14,000円/m³とかなり大巾にわたっている。伐出の工程や経費は担当者の技量や賃金水準の格差も無視できないが，これらを標準化して考えると，間伐材の伐出体系は前節で述べたように3つの型に大別され，集運材手段が複雑化するほど単位材積当りの工程や経費はかかり増すのが一般的である。

なおいずれの伐出体系によっても，間伐法が単木的であるか列状であるかによって　伐倒―集材工程　の格差は少なくとも20～30%におよぶため，高密化したカラマツ林に対しては伐出工程が優れる　列状間伐―全幹集材体系　をできるだけ採択すべきである。

類型化した3つの伐出体系それぞれの単位材積当り所要経費を再掲すると表―54のとおりで，各体系の事業内容については次のように相対評価される。

Ⅰ型は，路網の存在あるいは開設を前提とした間伐材搬出の基本型ともいうべき集運材体系で，集材材積の多少にかかわらず実践が可能である。集材手段は事業規模が小さい場合には人力（主に引き下げ）のみによっても果され，機械類の使用にかかわる諸経費を欠く分だけ作業工程や経費についてはある程度のかかり増しも容認される。しかし事業規模が大きくなると，人力集材は労働多投型の作業体系であるため，事例―1のような機械化や作業仕組の効率化によって省力化を図ることが望まれ，事業経費がある程度増加しても作業道等路網の開設・延長を図って，できるだけ広範に間伐対象地をカバーし，間伐材収穫量の増大に努めるべきである。

II型は，Ⅰ型の高密路体系により難いやや広範囲な林地での間伐材の搬出を果そうとするもので，路網の不足をやや長距離化が可能な簡易運材手段によって代替した型式とみなされ，山腹斜面横方向への運搬機能をそなえた機械類によって集材可能な面積の拡大が図られる。当面，残存する立木の間を縫って横方向の集運材が可能な機械類としては，モノレールあるいはモノケーブル方式以外は見当らないが，一部の地域を除いてはその普及度は低く，これら機械類の優れた機能が十分活用されていないように見受けられる。

これら機械類を組み込んだ間伐材の集運材方式によるときは，Ⅰ型のように中・大型車両

表—54　事例1～3の間伐事業単価対照一覧表　　（1㎥当り）

| 項目 | | | 事例—1（I型） | 事例—2（II型） | 事例—3（III型） |
|---|---|---|---|---|---|
| 路網開設費 | | | 700　円 | —　円 | —　円 |
| 人件費 | 歩道開設費 | | — | 600 | 600 |
| | 伐倒・枝払集・造材・巻立 | | 5,300 | 4,300 | 4,500 |
| | モノレール | 敷設 | — | 800 | 800 |
| | | 運材 | | 1,600 | 1,600 |
| | | 撤収 | | 400 | 400 |
| | 集材装置 | 架設 | — | — | 600 |
| | | 運材 | | | 1,100 |
| | | 撤収 | | | 200 |
| | 小計 | | 5,300 | 7,700 | 9,800 |
| 機械償却費 | | | 1,300 | 1,100 | 1,700 |
| 雑費 | | | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| 合計 | | | 8,800 | 10,300 | 13,000 |

注）材の処分；山土場渡し

類が対象林地に接近できないため，レールやケーブル端までの集材手段は人力あるいは可搬式小型ウィンチ類に頼らざるを得ず，また集材対象面積がやや広範におよぶための集運材工程のかかり増しなどもさけられないが，I型と比べて，

ア）路網の開設費や路上の運材費が不要であること

イ）車両類の使用に代って簡易運材手段が採用されること

などによって運材経費の相殺部分もかなり見込まれるので，表—55にみられるように，伐出費のかかり増しを20%程度以下にとどめることが可能であり，集材範囲が拡大される利点を再評価して，これら搬出手段の普及拡大が図られることを期待する。

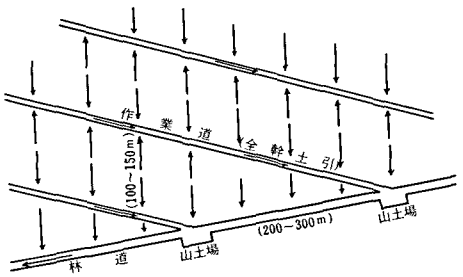
なおモノレールやモノケーブル方式の特徴として，レールやケーブルの延長がある限度内であれば（モノレールは300～400m程度まで，モノケーブルは1,000mを超えることも可能），搬出材積と運材距離や敷（架）設・撤収費などがほぼ正比例するとみなされ，距離の長短による運材の工程や単価の差は軽微な範囲にとどめることが可能である。

III型は，I型あるいはII型によってカバーし得ない遠隔の人工林が2/3あまりにもおよんでいる現状に対して，間伐木の少しでも多くを搬出し，間伐材として資源化していくための伐出様式のひとつとして位置づけている。幸いII型の伐出方式が適性に実施されれば，山元材価との見合いによって許容される伐出経費の上限に対して，なお2,000～3,000円/$m^3$の余裕が残されているので，一応この範囲内の経費で済まされる搬出手段をII型に付加した方式とみなされる（一応としたのは，既述したように切捨て間伐に必要な経費程度は，この許容限界経費に上乗せも可能と考えているからである）。

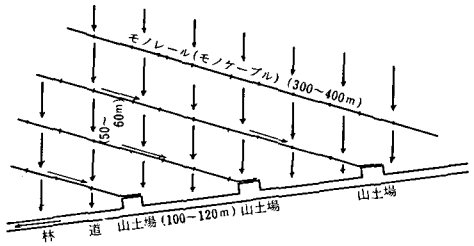
ここでは付加する搬出手段として，架設・撤収費が比較的低経費で済まされ，しかも一般

的な集運材法として定着してきている架線集材装置を採択し，その適応性を検討した。体系的には，この架線集材装置は，開設が不可能な場合とした林道等の路網の機能を代替するもので，表—54に示したこの搬出手段の適用にかかわる諸経費は，上述した許容限界金額の範囲内で済まされる見通しが得られ，またやや大がかりな林道開設が施された場合を想定すると，その施工費と対比してこの体系による伐出経費のかかり増しは容認される範囲内にあると考えられる。

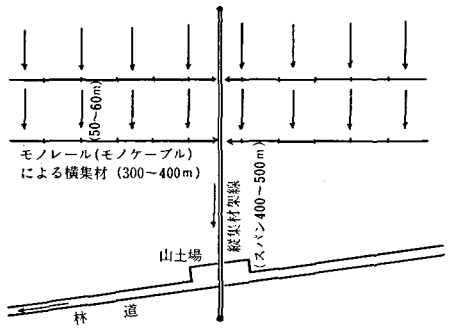
ただし架線集材装置は，モノレールやモノケーブルによる運材手段とちがって，その架設・撤収に要する経費が規模に応じて一定度の固定費を必要とするので，搬出材積の多寡によって単位材積当たりの負担額が変動するため，1架線装置当り最低搬出材積が確保できるような林分を対象とする必要がある。ここではスパン400～500mの架線集材装置1式の架設・




I型　高密路網——トラクターウィンチ全幹集材
体系路網100mにつき1haカバー
伐出費　8,000～10,000円／m³




II型　モノレール（モノケーブル）体系
路網100mにつき1.5～3haカバー
伐出費　10,000～12,000円／m³




III型　モノレール（モノケーブル）＋集材架線
体系1集材装置につき4～15haカバー
伐出費　12,000～13,000円／m³

図—32　間伐材搬出基本体系の模式図

撤収費総額から割出された最低限の搬出材積は140～150m³と見込まれたので，試案では180m³程度の出材を見込んで設計した。したがって延長300～400mのモノレールがカバーしうる間伐対象面積を1.5～2 ha程度とすると，標準的な単位面積当り間伐材収穫量40～50m³/haより，モノレール1路線当りの搬出材積は60～100m³と見込まれ，モノレールと架線集材装置との組み合わせによる場合には，先の事例—3で述べたように少なくともモノレール2～3路線の付け替えが可能な対象林分であることが前提条件であり，面積的には最低限4～5 haを必要とする。反面，架線のスパン400～500mの線下を中心に，左右それぞれ300～400mにおよぶモノレールによる横集材が適用しうる林地であると，そのカバー面積は10数haにおよぶことも可能である。

今後も急傾斜な林地における間伐材の搬出体系は，基本的にはこれら3類型のいずれかによると考えられ，適用される機械類の能力や作業仕組の改善などによってなお効率化の図られることが期待される。林道網の開設・延長が省力的な間伐材の集運材手段として最優先するが，ここに挙げたII型あるいはIII型に類する次善の策も講じて，当面10数年間にわたるであろう間伐最盛期を通じて，人工林の維持造成と並んで少しでも多くの間伐材の利活用が図られていくことを切望する。

## 第6章 総 括

当面わが国人工林の間伐問題は，全体の状況から推し量ると実質的にはようやく緒についた段階で，最先端を司る間伐現場での懸命な努力にもかかわらずその成果は遅々として挙がらず，このままでは広範な林地での成林の前途が懸念される。

巷間での緑談議の高潮さとはうらはらに，材価の低迷や林業生産諸活動に対する将来展望の不透明さなどが引金となって，間伐担い手の絶対量の不足や森林所有者の育林意欲の喪失は想像をはるかに超えて顕在化してきており，これらの状況をひるがえして再生していくことは尋常でないことがひしひしと感じられる。また同じ理由で，林業生産活動を下支えする諸資金の調達も，個々の森林所有者をはじめ，分収育林，緑の基金，水源税問題，あるいは国有林の地盤沈下等々をふくめて，公私を問わずきわめてひっ迫してきている状況が伺われる。

実質的な1次生産切捨て論議のなかにあっても，森林の再生産はいったん人為を加えた以上数10年間はいかようにしても手抜きが許されない対象であるだけに，特に当面10～20年間の人工林に対する育成努力は，関係者にとって絶対にさけて通り得ない重責が科せられていると断じられる。諸事が手おくれたために，急斜・複雑な地形上により多く展開してきた拡大人工林の取り扱いは，以前にも増して難事中の難事と位置づけされ，道無きやぶをかいくぐってようやく作業現場に到達するようでは，生身の労働はすでに限界点を超えて果されているとさえ思われる。因にこの報告でとりあげた伐出事例の積算に用いた賃金水準は，四囲の実績を勘案して一律8,000円/人・日としたが，月所得20万円にも満たない額であり，かといって現在の技術手段をもってしては格段に多額な積算も許されず，不満足な技術・技能水準に対する批判もためらわれる。

こうした状況に対応するため，身近にあって問題性の多いカラマツ林を題材に実践的な研究を重ね，〝間伐や間伐材の搬出について〟をテーマに，以上のようなひと区切りの成果を

とりまとめた。間伐をめぐる四囲の状況は一層きびしさを増幅してきており，かかる技術的な対応のみでは十全でないが，章を追って本稿を要約し一応のしめくくりとする。

この報告は，カラマツ林業の在るべき姿を正当に位置づけることを研究目的とし，当面の間伐問題を中心課題に据え，

第1章では，その問題性の由来を明らかにしたうえで，当面から将来にわたる間伐材並びに主伐材の収穫量を予測し，これら収穫材の用途並びに材価の動向を占い，当面の間伐問題にかかわる必要事項を整序した。

カラマツ林業の現状は，その造林の経緯によって最近100万haの大台を超え，わが国人工林面積のほぼ10%に相当し，蓄積量もすでに1億$m^3$をかなり上回ってきていると推定される。しかし齢級別面積の90%あまりは第2次大戦後の造林地で占められ，しかも北海道，東山，東北などの後進林業地域に90%が分布し，このうち70%程度が民有林で占められている。

また当面10年間程度の期間内に間伐を必要とする面積は約50万haと推定され，年々少なくとも5万ha前後の間伐の実行が不可欠で，その60%あまりが切り捨てられるとしても，この間の間伐材収穫量は現在の80万$m^3$/年をやや上回る90～100万$m^3$/年で推移すると予測される。なお主伐収穫量は現在の70万$m^3$/年から漸増し，10年後頃に100万$m^3$/年の大台を超え，20～30年後の最盛期にはいったん400～500万$m^3$/年に達するが，以降やや漸減して300～400万$m^3$/年程度で移行すると予測される。

最近これら主間伐材を合わせたカラマツ材の用途は，製材用が60%あまり，パルプ・チップ用が25～27%，その他用が12～13%で，昭和55年以来年間需給量は120万$m^3$台から180万$m^3$台へと漸増してきているが，用途別構成比には大巾な変動がみられず，わが国木材総需給量が減退傾向にあるなかで，過半におよんできた間伐材をふくんだカラマツ材が各用途部門で着実な伸びを示していることは注目される。ただし産地別では，将来にわたってカラマツ材の主産地を形成していく北海道とこれに次ぐ長野県を比較すると，長野県では製材された建築材が需給量の30～40%を占めるのに対し，北海道では40%近くがパルプ・チップ用で建築用仕向けはわずか2～3%に過ぎないというように，その他の用途もふくめて産地間にいちじるしい相異がみられる。

一方カラマツ中・小径材の価格は，最近10年間は昭和55年の高騰期を除いて変動巾は小さく横ばいで推移してきているが，全国平均価格1.5万円/$m^3$前後を100とした地域別価格指数では，長野：東北：北海道でそれぞれ110：90：70程度の値を示し，かなり大巾な地域間の格差が明らかである。なお末口30cm以上の大の丸太価格は，最近の長野県の事例でも2～2.3万円/$m^3$程度で推移してきているに過ぎず，30～40cm程度の径級では将来も格別高値は期待できないように思われ，今後とも低材価を強いられるが故に経済性の劣るカラマツ林業経営であることを常に前提として対応すべきである。

第2章は，当面間伐の必要性が叫ばれながら，自他ともにカラマツ林の実態に関する認識がきわめて不十分であることにかんがみ，簡便な実態調査の方法論およびいくつかの調査事例のなかから典型的な高密林分の存在並びにその実態例を改めて提示し，従来全く説かれてこなかった実践的な高密カラマツ林の取り扱いを考えていくうえでの基礎資料とした。

これらの資料によると，従来の収穫表などに示される中程度な地位の林分が最も多いことは推定されるが，長野県伊那地方の民有林には地位中・上位に相当する林分もかなり多いことが確かめられ，また林木の形質も過半数が良質木で占められており，しかも想像以上に高密林が存在することも認められ，改めて間伐実行の緊急性が認識された。この報告の第2章1節で述べた程度の地域的な森林の実態調査は，現在の行政組織によれば十分実行が可能と考えられるだけに，単なる計数整理に過ぎないような森林計画調査と併せて，今後の森林整備に役立てられる現存森林の実態を明らかにし，その状態の深刻さをもっとあらわにしていくことを強く望みたい。特に緊急対策として実施してきている間伐事業については，間伐済みとされる林分での密度管理の不十分さ，あるいは林道等の基盤整備を必要としながら，その利用頻度の低いこと，林道端でさえ間伐未済の林分が多いこと，共倒れしはじめてきている林分の実態等々関係者の対応のあまさが目立つだけに，これらの実態についても改めて再認識する必要を痛感している。

第3章では，これら高密カラマツ林を対象とした間伐指針が全く見当らない状況下にあっては，早急にその対応策を講ずる必要があり，カラマツ林での一般的な密度管理指針と対比しながら，高密林分を対象とした密度管理のあり方を考察した。

第4章においては，現実に高密化してきているカラマツ林を対象として，すでに実践あるいは試行してきている4種類の間伐法を提示し，林分造成に対する目的意識が明らかであれば，いずれの間伐法も採択が可能であることを述べた。

短期間に間伐を繰り返すことがほとんど不可能な実情を前提にすると，当初からある程度強度な間伐率を適用せざるを得ないことは必然で，しかもその密度調整の対象は上層林冠での競合を緩和することが要諦である。

このような考え方にもとづいて，現在試行の段階にある〝保残木マーク法〟や〝1/2列間法〟もふくめて報告したが，10～15年先の適確な成果を待てる状況にはないので，今後とも実践の過程を経ながら必要な調整を付加し，実効ある間伐法として定着させていきたい。これら間伐法の前途に対する危惧や批判はあって当然と考えられるが，各地でこれらに代る独自な間伐法が展開されていくことを期待する。

第5章では，第1章で提示したカラマツ間伐材需給の動向にかんがみ，過半量が伐り捨てられている間伐材の少しでも多くを需給両面で有効活用していくことが必要と考え，間伐材の搬出手段について検討した。ここでは緩斜林地における搬出手段については既存の手法をもって十分対応が図られることとして，特に急斜林地での対応を各種実験の成果をふまえて方法論の類型化を提示した。

間伐材の搬出手段については，格別目新しい方法論は提示し得ず，既成の実践例から多くを出られなかったが，手持の機械類を駆使した伐出体系の整序を試みた。

もともと現代の主伐材伐出手法を非皆伐方式に転換することさえ幾多の難事をかかえているが，材価の劣る間伐材を対象とすると，その困難性は一層大きなハンディーを負っており，単なる機械化や機構の改良だけでは済まされず，〝間伐の必要性〟という全体像のなかでの体系の整備が急がれる。現実に，過半におよぶ間伐木が切り捨てられている事態のなかでの対応であるだけに，林道端からせいぜい400～500m範囲までの間伐材の集運材体系を提示し得たにとどまった。しかし上述した高密林を対象とした間伐法のむづかしさと比べて，間伐

材の伐出手法は各地での事例も多く，また今後展開の余地も残されている分野でもあるので，搬出距離の長短にかかわらず〝非皆伐林地における効率的な伐出手法〟というテーマの一環として，ひき続きの検討を積み重ねたい。

## 謝　辞

この15年程の間，間伐の実践や実験・調査などに力をかしていただいた次の方々に心から感謝の意を表します。

高遠町県行造林地での列状間伐に際して

高遠町森林組合：山本参事，守屋技師，中島班長，ほかの方々

長野県林務部県営林室：故市川室長，登内係長

上伊那地方事務所林務課：吉川課長，故朝倉係長，山下技師

本学森林経理学研究室：菅原教授・高橋講師，荻本・塩川・鈴木・増元専攻生諸君

本学手良沢山演習林，下伊那郡高森町でのモノレールによる間伐材の搬出実験に際して

飯伊森林組合松川支所：松尾技師，北条班長

高森町出原区有林：関係者の方々

本学森林経理学研究室：高橋講師，専攻生の千葉君

〃　演習林研究室：専攻生の松永君

本学手良沢山演習林でのカラマツ林間伐試験地の設定並びに間伐材の伐出実験に際して

演習林職員：林教官，唐木(義)・安積・那須野・清水・唐木(武)技官，城倉(英)・城倉(進)・遠藤・本郷の諸氏

〃 研究室：河合・稲垣・榎吉・河西・細江・安藤・西村・三井・吉川専攻生諸君

また本稿をとりまとめるにあたって，御多忙の中仔細にわたる御指導と御校閲を賜った京都大学農学部教授　佐々木功先生並びに和田茂彦先生に厚く御礼申し上げます。

なお原稿の整理に際して，本学林学科の宮崎事務官に御助力いただいたことを記し謝意を表します。

## 参考文献

1) 林　野　庁：林業白書，日本林業技術協会，1985
2) 島崎　洋路：カラマツ造林の産地形成への過程，林業経済348，1977
3) 長　野　県：信州からまつ造林百年の歩み，長野県，1978
4) 林業経済研究所：明治以降造林面積累年統計，1967
5) 林　野　庁：林業統計要覧，1972～
6) 北海道山林史戦後編編集者会議：北海道山林史戦後編，北海道林業会館，1983
7) 小瀧　武夫：密植造林，日本林業技術協会，1962
8) 森林資源対策協議会：カラマツ資源と間伐予測，1971
9) 長野県林務部：長野県民有林の現況，1985
10) 菅原　聰・島崎　洋路・高橋　祐吉：新しいカラマツ林業，林業経済新聞出版部，1973

11）島崎　洋路：カラマツの現状と問題点，林業経済291，1973
12）　〃　：信州カラマツ林業と間伐，林構情報4，1973
13）　〃　：カラマツ林の取扱について，26回　日林中支講，1978
14）農林省農林経済局統計調査部：木材需給報告書，1972～
15）菅原　聰：カラマツ材の需給構造，日本林業調査会，1971
16）浅田　節夫・菅原　聰：信州のからまつ（有木　純善分担　カラマツ材の流通構造と流通問題）リンケイ新聞出版部，1983
17）菅原　聰：カラマツ主伐材の需要，信州大学農学部林学科特定研究，1980
18）重松　頼生：カラマツ造林木の材質，信州大学農学部林学科特定研究，1980
19）　〃　：カラマツの材質試験　I～XXI，日林中支講，1970～1982
20）長野県林業指導所林産部：カラマツ利用開発試験，1975
21）信州カラマツ対策協議会：カラマツ材利用の手引，1984
22）嶺　一三：信州地方カラマツ林分収穫表，林野弘済会　森林家必携，1969
23）長野県林務部：長野県民有林カラマツ人工林林分材積表・林分収穫予想表，1983
24）長野県カラマツ対策プロジェクトチーム：中・長期カラマツ対策についての提言，1984
25）前　掲 16）：（菅原　聰分担　カラマツ材の建築構造用材としての利用），1983
26）高橋　祐吉・島崎　洋路・菅原　聰・木平　勇吉：信州カラマツ林の間伐計画，信大農紀要8-2，1971
27）島崎　洋路：カラマツ林の列状間伐成果，信大農演報9，1972
28）前　掲 16）：（島崎分担　当面する民有カラマツ林の間伐について），1983
29）島崎　洋路・高橋祐吉・千葉　一郎：モノレールによる間伐材搬出実験の成果，信大農演報16，1979
30）島崎　洋路：間伐材の搬出に関する考案，信州大学農学部林学科特定研究，1980
31）　〃　：拡大造林と間伐材の搬出に関する考察，28回　日林中支構，1980
32）　〃　：モノレール運材に関する考察，29回　日林中支講，1981
33）　〃　：当面する民有林のカラマツ間伐について，長野県林指，技術情報46，1982
34）三井　正人：累積している間伐対象林分の実態，昭和60年度信大農林学科卒論，1986
35）島崎　洋路：高密カラマツ林の林分構成，信大農演報21，1984
36）　〃　：高密カラマツ林の実態例，32回　日林中支構，1985
37）安藤　滋：拡大造林地域における地利級の検討，昭和60年度信大農林学科卒論，1986
38）長野営林局：間伐の手引，1978
39）信大農学部森林経理学研究室：東信地方信州カラマツ林現実林分収穫表調製説明書，研究室資料1967
40）林　野　庁：本州地域カラマツ林分密度管理図，日本林業技術協会，1981
41）前　掲 16）：（原田　文夫分担　カラマツの間伐技術），1983
42）寺崎　渡：実験間伐法要綱，大日本山林会，1928
43）中村　賢太郎：育林学原論，産業図書株式会社，1947
44）日本林業技術協会：林業技術史　第3巻　造林編，1973
45）坂口　勝美原著・安藤　貴ほか：間伐とその考え方（わかりやすい林業研究解説シリーズ No. 5），林業科学技術振興所，1964
46）長野営林局：間伐実施要領，1977

47) 松井　善喜：北海道カラマツ林林分収穫表，林野弘済会　森林家必携，1979
48) 浅田　節夫・佐藤　大七郎：カラマツ造林学，農林出版株式会社，1981
49) 関口　俊雄：カラマツにおけるクローネの偏倚と幹の偏心生長に関する研究，昭和57年度信大農林学科卒論，1983
50) 島崎　洋路・関口　俊雄：カラマツ樹幹の偏心生長について，31回　日林中支構，1983
51) 〃　・林　進：根羽村林業振興と労働環境施設設置計画について，全国林構協，1981
52) 〃：石川県能登地方における高密スギ林分の間伐に関する報告書，石川県農林水産部，1982
53) 〃：高密スギ林分の取扱について，信大農演報21，1983
54) 本多　静六：本多造林学本論ノ五，三浦書店，1910
55) 鏑木　徳二訳：ユナーク氏著　赤松の間伐，大日本山林会報495，1924
56) 吉川　達也：急傾斜地における間伐材の広域搬出体系の検討，昭和60年度信大農林学科卒論，1986
57) 柳沢　清美：高能率伐出作業のシステム化をめざして，長野県林指　技術情報60，1986
58) 坂口　勝美監修：間伐のすべて，日本林業調査会，1980
59) 堤　利夫ほか：新版造林学，朝倉書店，1982
60) 佐藤　敬二編：新造林学，地球社，1973
61) 林政総合協議会編：日本の造林百年史，日本林業調査会，1980
62) 日本林業技術協会編：林業技術史　第4巻　機械・作業編，1973
63) 林業機械化協会：機械化林業，1970～

# Studies on thnning for Overcrowded Japanese Larch Stands

By Yoji SHIMAZAKI
University Forest, Fac. Agric., Shinshu Univ.

## Summary

Afforestation of healthy Japanese larch is today's urgent subject to be studied. The author investigated on a subject of thinning of Japanese larch stands. The items studied and the results obtained were summarized in the following five chapters.

*Chapter 1* : Several problems regarding to the present conditions of Japanese larch stands were pointed out. Based on these points, harvest crops of thinning woods and final cutting were estimated, and some possible utilization and price fluctuations of these harvested woods were riviewed in this chapter.

The total area of Japanese larch land is above one million ha, which corresponds to 10 % of the total area of the man-made-forest in Japan, and the growing stock of Japanese larch is estimated to exceed one hundred million $m^3$. In addition, more than 90 % of the total area of Japanese larch land is occupied with relatively young trees planted after 2nd World War. About 50 % of this Japanese larch land considered to be cut down within the coming 10 years. By this thinning, the estimated wood mass of Japanese larch is to be one million $m^3$ per year. On the other hand, harvest mass of final cutting of Japanese larch is estimated to increase gradually from today's seventy thousand $m^3$/year, and will be one million $m^3$/year after 10 years and reach three to four million $m^3$/year after 20 to 30years. After 1980, the total production of Japanese larch woods has been increasing from 1,200,000$m^3$/year to 1,800,000$m^3$/year, and these woods are distributed into the following utilization purposes, that is, sawing by 60 %, pulptips by 25～27 % and others by 12～13 %. No obvious fluctuations in prices is observed in thinning woods, and the price is still about 15,000yen/$m^3$.

*Chapter 2* : Practical surveys of recent Japanese larch lands were carried out. Two actual instances observed were described in this chapter. The first one is concerned to the present conditions of the typical expansive afforestation of Japanese larch. This sort of expansive afforestation is now in lack of tending. Therefore, facts of overcrowded stand and inferiority of locality class of forest land were ascertained. A second instance is a case of overcrowded stand of Japanese larch. Such Japanese larch stands are going to be ruined if they are left as they are. So thinning of these stands are required to be urgently carried out.

*Chapter 3* : Thinning guides toward such overcrowded stands have not been made. In this

chapter, the author proposed a new thinning guide toward such stands and compared it with existing density of forest trees guide.

*Chapter 4* : In this chapter, the author described the results obtained by the following four thinning methods.

1. Intense low thinning method
2. 1/3 row thinning method
2. 1/2 row thinning method
4. Marking trees-thinning method (Upper story thinning)

Each method damands to keep upper crown of trees mildly strong.

*Chapter 5* : In this chapter, the author described logging means of thinned woods from forest lands so that these woods can be utilized as much as possible. Maintenance of forest roads network and suitable selection and conbination of machines for logging are temporally considered to be a practical and effective method for this purpose, although much still remain to be improved.

## 正　誤　表

（島崎）

| 訂　正　箇　所 | 誤 | 正 |
|---|---|---|
| P.25　表－11　人工林計欄 | (3.31) | (33.1) |
| P.29　表－13　項　目　欄 | 収量比率 | 収量比数 |
| P.45　図－19　図中右肩注書き | 方行性 | 方向性 |
| P.55　図－20　図中の記号 | $P_H, P_h, P_{h'}$ | $\rho_H, \rho_h, \rho_{h'}$ |
| P.56　1・2行目 | 函数 | 関数 |

FORESTS

No. 23

## Contents

Yōji SHIMAZAKI　Studies on Thinning for Overcrowded Japanese Larch Stands ……1

Sumiyoshi ARIKI　The Necessary Socio-Economic Conditions for the Existence of Yakihata-Ringyo in the case of Sanpoku-cho in Niigata Prefecture. ……119

Sumiyoshi ARIKI　Comparative Studies on Agroforestry and Forestland Ownership in Japan, Thailand and Indonesia ……133

Hidenori NAKANO and Retsuya YAMAMURA　Long-term Trends in Stream Regime consequent upon the Forest Cutting and Terracing ……143

Hidenori NAKANO and Retsuya YAMAMURA　Changes in Stream Regime following Reforestation and Erosion Control Works ……165

Katsuji HASHIZUME and Toshitaka MIYAZAKI　Phenomenal Data ……181