

防除法についてはエゾマツの事例^[5]を参考にするとよい。

3) ならたけ病

植栽後まもない幼齡林^[7]から壯齡林，高齢級人工林まで，さまざまな段階の林木に被害が発生する。被害木は，根や地際部が侵されて樹勢が衰え，巻き枯らしを行ったように患部が広がると枯死にいたる。病原菌は，ナラタケ (*Armillaria*) 属菌で，ならたけ病 (*Armillaria root rot*) は針葉樹の衰退・枯死をもたらす病害として世界各国で問題視されている^{[8], [9]}。ストレス状態にある針葉樹造林木に被害が発生しやすく，土壤の滞水・極度の乾燥などといった他の要因が重なると被害木を枯死させる場合がある。枯死木や衰弱木の根や地際部の樹皮を剥ぐと，木部と樹皮との境界に白色の菌糸膜がある。また，地際の樹皮下などに褐色～黒色の細長いひも状または針金状の根状菌糸束が形成される。春～秋に被害木根元や伐根上，周辺の土壤上にきのこが発生する。樹勢が衰えないよう林木を健全に育てることが被害回避につながるが，簡便で効果的な防除法はない。

4) 腐朽病害

生立木の木部が，微生物によって分解される現象で，腐朽病，生立木腐朽，材質腐朽病とも呼ばれる^{[10], [11]}。多くは，木材腐朽菌とよばれる一群の菌類によって引き起こされ，被害木は材の強度や価値が著しく低下する。北海道の天然林では，アカエゾマツおよびエゾマツの30～40%が根株腐朽被害を受けているとされる^[12]。また，アカエゾマツは，エゾシカの角こすり被害を受けると，剥皮部からの樹幹腐朽が著しく進行するので (図3-2)，角こすり被害を防ぐことが重要である (p. 20, 図3-8 参照)。



図3-2 エゾシカの角こすり被害を受けたアカエゾマツ16本の樹幹断面
剥皮により形成層が失われた部分は肥大成長しないので，樹幹の変形が著しく，約半数の個体で，腐朽被害が顕著であった (材のオレンジ色～褐色の部分)

5) ファシディウム^{ゆきぐされ}雪腐病

積雪下で接地しない枝葉も枯死するので、多雪地帯の苗木生産阻害要因となる可能性がある。

6) 葉さび病

当年葉を枯死させるが、周囲に中間宿主（ツツジ、シャクナゲ）が少なければ問題は無い。

7) かさぶた状葉さび病

一年葉が感染し翌年落葉する。アカエゾマツは感受性が低く問題にならないと思われる。

8) 球果^{きゅうか}さび病

球果が感染し種子生産が阻害される。採種園では中間宿主のシウリザクラがあった場合は、伐採した方がよい。

9) アトロペリス^{どうがれ}胴枯病

樹幹が侵され枯死にいたる。いったん罹病すると年々材質低下が進むので注意が必要だが、劣勢木が侵されるようなので健全に育てれば問題は少ない。

(2) 虫害

主な害虫は、穿孔性害虫としてキクイムシ類、食葉性害虫のハバチ類やガの幼虫、吸汁性害虫としては、アブラムシなどが知られている。アカエゾマツの場合、アブラムシによる大きな被害はなく、今後もその可能性は少ない。

1) ヤツバキクイムシ

もっとも危険な害虫はキクイムシ類である(図 3-3, 図 3-4)。アカエゾマツに穿孔するキクイムシ類には、ヤツバキクイムシのほかにかラマツコキクイ、トウヒコキクイなど何種も知られているが、ヤツバキクイムシによる被害が多い。



図 3-3 ヤツバキクイムシの成虫
通常は樹皮下に生息しており、被害がなければ観察は困難



図 3-4 ヤツバキクイムシによる被害木の樹皮下に形成された食痕と幼虫

林地に放置した間伐材への成虫の穿入や増殖率を調べた例では、直径 3 cm 程度の小径丸太にも侵入して増殖することが明らかとなった(図 3-5)^[13]。カラマツヤツバキクイムシが穿入するカラマツの丸太の場合と若干異なっているので注意が必要である^[14]。したがって、中径丸太だけでなく、小径の丸太も林地に残置することは危険である。林地残材や山土場の材に薬剤を散布すれば、ある程度侵入は防げるが、薬剤の効果は3ヶ月程度しかないため、利用できる材は全て搬出するとともに、小径材も林地から持ち出して焼却、粉碎などの処理をすることが望ましい。

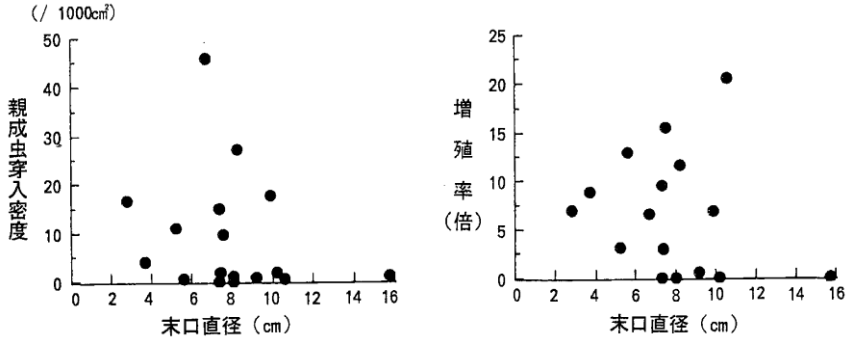


図 3-5 林内に放置されたアカエゾマツ間伐材の末口直径と、ヤツバキクイムシの親成虫穿入密度 (左図), 増殖率 (右図) の関係

2) オオアカズヒラタハバチ

7月から9月にかけて幼虫が発生し葉を食害する。枯死にいたった例があるので注意が必要である。蛹は土の中で越冬する。

3) マルナギナタハバチ

春に新しい芽の中に侵入して芽を食害する。食べられた芽は黒くなり 6~7月に目立つようになる。食害をうけるとシュートが曲がったり、二股になる。局所的に大発生した例があるので注意が必要である。

4) ツガカレハ

秋に発生した幼虫が土の中で越冬し翌春大きな被害を与える。トドマツでは大被害が知られているので注意が必要である。

(3) 獣害

樹木を加害する主要な哺乳類として、野ネズミとエゾシカが挙げられる。このほか、エゾユキウサギやエゾリスなどが樹木の枝を食害することがあるが、被害は少なく、問題になっていない。

1) 野ネズミ

幼齢林を中心に樹皮が剥皮される被害が発生し、幹の全周を剥皮されたものは枯死する(図 3-6)。野ネズミの食痕は、樹皮に幅 2mm 以下の小さな歯の跡が残っていたり、細い枝や枝と幹のすき間にも見られることが多いことから、エゾシカや野ウサギの食痕と区別できる。被害木の周囲には野ネズミの糞が残されていることも多い。

アカエゾマツはカラマツ類に比べて耐そ性が高く^[15]、被害は比較的少ない。

北海道において野ネズミ被害をもたらすのはエゾヤチネズミとムクゲネズミである。エゾヤチネズミは、ユーラシア大陸に広く分布するタイリクヤチネズミの亜種で、日本では北海道だけに生息している。ムクゲネズミは環境省のレッドリストで準絶滅危惧とされるなど、個体数が少なく生息場所が限られており、両者の識別も容易ではないため、野ネズミ発生予察調査では区別せずに「エゾヤチネズミ」として扱っている。



図 3-6 野ネズミ食害を受けたアカエゾマツ

野ネズミ被害を軽減する方法として、下刈りを筋刈りではなく全刈りで行う、枝条を造林地の周囲に堆積しないなど、野ネズミの生息しづらい環境づくりが大切である。アカエゾマツは耐そ性が高いことから通常は筋刈りで良いが、被害が多く発生する場合には全刈りを検討する。

野ネズミ発生予察調査におけるエゾヤチネズミの捕獲数が多い年には、殺そ剤の散布を検討する。殺そ剤としてはリン化亜鉛 1%粒剤が農薬登録されており、5 粒入りの分包を地上で散布する方法と、ヘリコプターを利用して空中散布する方法がある。

2) エゾシカ

エゾシカによるアカエゾマツへの被害の形態には、枝葉の食害、樹皮の食害や角こすりがある（図3-7）。

アカエゾマツやトドマツなどの常緑針葉樹に対する枝葉の食害は、カラマツ類や広葉樹に比べると少ないが^[16]、頂枝が食害を受けると側枝が翌年以降に直立して新たな幹として成長するため、二股など形質不良木となる場合があり、樹高成長も遅れる。

樹皮の食害や角こすりは、胸高直径15cm以下に多く発生する^[17]。幹に傷が付くと変色や腐朽の原因となるため（p.14 図3-2）、被害を受けないよう対策をする必要がある。



枝葉の食害と忌避剤散布

樹皮の食害

角こすり

図3-7 エゾシカ被害

エゾシカによる森林被害に対しては、防護柵や単木的な防除資材による物理的防除、忌避剤による防除がある。

一つの防護柵で広い造林地を囲むと、1箇所からエゾシカの侵入を受けた場合に大きな被害が生じる。そのため、防護柵の損傷はないか、エゾシカの侵入した形跡はないか、など定期的な点検が重要である。また、エゾシカが侵入する場合、柵を跳び越えるよりも、柵の下部のわずかなすき間をくぐる場合が多いので、設置時に注意する。多雪地では、積雪に耐える柵を設置するとともに、被害が冬季に発生する場合は、エゾシカが積雪上で行動することを考慮した高さにする必要がある。

幼齢造林地における食害に対して、忌避剤は防護柵や害防除資材よりも安価に実施可能である。アカエゾマツのニホンジカ被害に適用可能な忌避剤として農薬登録されたものを使用する。

害防除資材には、プラスチック製の筒状あるいはネット状の資材を金属製の支柱で固定するものと、柔軟なネット状の資材をグラスファイバー製支柱で設置するものがある。

これらの資材で保護されている部分はエゾシカの食害を受けることはないが、資材の設置や廃棄のコストがかかるほか、資材内部の温度条件などが通常とは異なる。そのため、樹木の生育に障害が生じることもあり、アカエゾマツでの使用事例は少ない。

また、これらの資材を積雪地で使用するには、積雪に耐える強度が必要になる。グラスファイバー製支柱を用いる資材は、資材が苗木とともに積雪によって倒伏する。春には傾いた資材や苗木の修復が必要である。

樹皮の食害に対しても、忌避剤を適用することができる。薬剤を樹幹に散布または塗布する。しかし、角こすりに対する効果は期待できない。

アカエゾマツは枯れ上がった下枝が自然落枝しにくいのが、枝打ちと同時にその枝条を幹に巻き付けることで、角こすりによる被害を4~5年間程度防除することができる(図3-8)。そのほか、樹皮の食害や角こすりに対しても防護ネットなど各種防除資材が市販されている。



図 3-8 枝条巻き付けによる角こすりの防除
(トドマツ人工林の事例)

(4) 気象害

植栽木の気象害には、寒さによる被害、降雪や積雪により木が損傷する雪害、強風によって木が折損・転倒する風倒害がある。寒さによる被害には、冬期間の寒さによる凍結によって枯死する害（凍害）、生育期間中に凍結によって枯死する害（霜害）および根が凍り、水分の吸収が妨げられるとともに、葉の蒸散が促進されることによる冬の乾燥害（寒乾害）とがある。

1) 凍害・霜害

アカエゾマツは、春先の霜の害（晩霜害）にはエゾマツやトドマツよりも強い樹種であるとされている。これは、アカエゾマツの芽吹きがエゾマツやトドマツよりも遅いため、春先の低温がおそってくる時期にアカエゾマツの新芽がまだ冬芽の中に保護されていて、低温の害からまぬがれていることによる。したがって、アカエゾマツの開葉期（6月中旬頃）に低温がおそくと、アカエゾマツも霜害を受ける。

2) 乾燥害（寒乾害）

積雪の少ない道東地方では、冬期間に土壤凍結により根の吸水が妨げられる。日当たりがよい南西斜面では、葉からの蒸散により水がうばわれ、アカエゾマツ苗木が乾燥のために枯死することがある。被害は枝葉の先端から進行し、地際5cmあたりで止まり、幹の地際と根は枯れない。

生育不良の造林木や活着しないままの秋植えの苗木が被害を受けやすく、植栽後3～4年たつと被害を受けにくくなる。

3) 雪害

最大積雪深が3mを超えるような豪雪地帯では、特に傾斜地、平坦地で積雪の沈降圧によって幹折れ、曲がり、枝抜けなどの雪害が見られる。枝高が1～2m以下では、苗木に柔軟性があるので被害は少なく、また、木が太く抵抗性がつけば折れにくくなる。その中間の大きさ、樹高2～6m、胸高直径10cm以下、樹齢では5～20年生くらいが被害を受けやすい。樹下植栽によって、ある程度被害を避けることができるとされている。

4) 風倒害

アカエゾマツは浅根性のため、樽前山麓のような火山礫の多い未熟土壌に植栽した場合、30年生以上になっても、強風により風倒害（根返り害）が発生しやすいので、植栽に当たっては注意を要する。

同じ樹高ならば幹直径が大きいほど（形状比が小さいほど）、根返り害に強くなる。こ

れは根張りの強さが、幹重（幹直径に関係）とともに大きくなるからである。また同じ幹重でも樹冠が大きく重たいほど根張りが強くなり、根返り害を受けにくくなる。

形状比が小さいこと、および樹冠が大きいことの両方は、林分の本数密度が低いことと関係している。風当たりが強い、土壌が未熟であるなど、風倒害が危惧される立地で造林する場合は、形状比が小さくなるように、植栽本数を減らした森林づくりや間伐による適切な密度管理が重要である。

引用文献（病虫獣・気象害）

[1] 農業生物資源ジーンバンクホームページ 日本植物病名データベース。

https://www.gene.affrc.go.jp/databases-micro_pl_diseases.php (2018年3月6日確認)

[2] 金子 繁・小野義隆・高橋郁雄・山口岳広・山岡裕一(1998)エゾマツ。(岸 國平編, 日本植物病害大事典. 全国農村教育協会, 東京. 1276pp) 1154-1161.

[3] 小口健夫 (1970) トドマツ, エゾマツに激害を与える暗色雪腐病について. 光珠内季報. 6: 2-7.

[4] 坂上大翼 (2017) 暗色雪腐病菌 *Racodium therryanum* が引き起こすエゾマツ類1年生苗木の夏季の立枯症状. 北方森林研究 65: 59-62.

[5] 東京大学・北海道立総合研究機構・森林総合研究所・北海道山林種苗協同組合 (2014) 播種後の病害管理. (「エゾマツ早出し健全苗」プロジェクトグループ 編/発行, エゾマツ早出し健全苗育成のための手引き. 29pp) 8-10.

[6] 農林水産省費安全技術センターホームページ(2017) 農薬登録情報.
<http://www.acis.famic.go.jp/searchF/vtllm000.html> (2018年3月6日確認)

[7] 田中 潔 (1982) アカエゾマツのならたけ病. 森林防疫 367: 表紙.

[8] 太田祐子 (2006) ナラタケ属菌の分類・系統・生態およびならたけ病の防除. 樹木医学研究. 10(1): 3-10.

[9] 長谷川絵里・太田祐子・服部 力・佐橋憲生・菊池泰生 (2013) 日本の針葉樹上に生息するナラタケ属菌. 森林防疫. 694: 4-12.

[10] 阿部恭久 (2003) 樹木の腐朽病害. (鈴木和夫 編著, 樹木医学. 朝倉書店, 東京. 325pp) 228-244.

[11] 阿部恭久 (2014) 腐朽病害の発生生態. (樹木医学会 編, 樹木医学の基礎講座. 海青社, 大津. 348pp) 210-224.

[12] 今関六也 (1965) 林木の材質腐朽病. 日本植物病理学会会報. 31: 248-253.

- [13]東浦康友・原秀穂・水井憲雄・梅木清・小山浩正（1995）放置されたアカエゾマツ間伐材でのヤツバキクイの増殖．林業技術研究発表大会論文集．平成6年度：112-113.
- [14]篠原均（1976）カラマツ除間伐とカラマツヤツバキクイの繁殖について．北方林業．28：152-154.
- [15]中田圭亮（2015）野ネズミの予察調査と防除の手引（第3版）．財団法人北海道森林整備公社.
- [16]明石信廣（2009）幼齡人工林におけるエゾシカ食害の発生状況とエゾシカ生息密度指標との関係．日本森林学会誌．91：178-183
- [17]明石信廣，佐藤俊彦，江川友和（1998）エゾシカによるアカエゾマツ樹皮食害と枝打ちの関係．北方林業．50：77-79

4. 施業体系

(1) 生産目標

第1章(3)に示した通り、主間伐期を迎えた林分の増加とともに出材量が増加している。その用途は径級に応じて、梱包用材、羽柄材、集成材用ラミナ、内装材など多岐にわたる。本手引では生産目標とする平均 DBH の範囲を 20~40cm とし、施業体系を作成することとした。図 2-4 に示したとおり、林齢 60~80 年生のアカエゾマツ人工林の DBH は概ねこの範囲であり、前述の用途に利用可能な径級であるとともに、実現可能な生産目標と判断できる。ただし、アカエゾマツの DBH は林齢だけでなく立木密度によっても大きく異なり(図 2-5)、また、地位の違いは樹高成長、林分成長量に大きく影響する(図 2-1、図 2-3)。そのため、この手引では、2 通りの伐期(60 年、80 年)、3 通りの植栽本数(本/ha:2,000 本、2,500 本、3,000 本)、6 通りの地位(11~21 を 2 刻み)の組み合わせ、合計 36 通りの施業体系を作成し、生育実態を反映した収穫予測を行った(詳細は第 5 章)。なお、これらの施業体系の作成は、Box4 に紹介した収穫予測ソフトによるシミュレーションによって行った。

(2) 収穫予測を行うための考え方

施業体系を作成するにあたり、この手引(第 5 章)では間伐を実施する林齢を 15~50 年の範囲とし、収穫予測のためのシミュレーションを行った。この時期は連年成長量が旺盛であり(図 2-3)、間伐後の林分材積の回復が速やかに進むものと判断した。また、間伐による密度調整をこの時期に行うことで生産目標とする径級への到達可能性が高まるとともに(図 2-5)、形状比を低くする効果も期待でき(図 2-7)、風害のリスク低減(第 3 章(4))に繋がるものと考えた。またそのタイミングは林分の混み合い度と相関が高い上層高を目安として検討することとした(図 2-8)。

上述した生産目標と収穫予測を行う際の考え方を踏まえ、以下の条件設定でシミュレーションを行った。

- 1) 初回間伐の開始時期(目安): 上層高 8m (この手引では林齢 17~29 年)
- 2) 間伐方法: 様々な径級に対して間伐効果が期待できる全層間伐
- 3) 間伐強度: 材積成長量が極端に低下しないと考えられる材積間伐率で概ね 30%程度を上限とし、地位に応じて間伐率 20~33%の間で調節
- 4) その後の間伐: 樹高が 3m 伸長するごとに検討

(3) 枝打ち

下枝が枯れ上がりにくいアカエゾマツの枝打ちには多大な労力を要するが、ピアノの響板など、付加価値の高い材を生産目標とする場合には欠かせない施業である。アカエゾマ

ツでは、強度の枝打ちを実施しても、形質上の問題となる後生枝の発生は起きにくい。また、成長が旺盛な若齢期に強度に施すことで、速やかに節を巻き込み、死節の発生が抑えられることも知られている^{[1],[2]}。そのため、枝打ちの実施時期として、初回の間伐時（樹高が8mに達した段階）を目安としてあげられる^{[1],[2]}。

Box4 アカエゾマツ人工林収穫予測ソフト

本手引を作成するにあたって、全道約700林分の調査結果から、地位指数、樹高成長曲線、 β 型のY-N曲線による収量-密度図の改定を行った。またそこからアカエゾマツ人工林収穫予測ソフトを開発した。本手引の施業体系は、この収穫予測ソフトを使って検討した一例であり、より大径材の生産を目指す、利用間伐の回数を検討する、植栽本数を変えるなど、様々な施業パターン（図4-1）が検討できる。本ソフトは林業試験場ホームページ※から入手できる。

※<http://www.hro.or.jp/list/forest/research/fri/index.html>

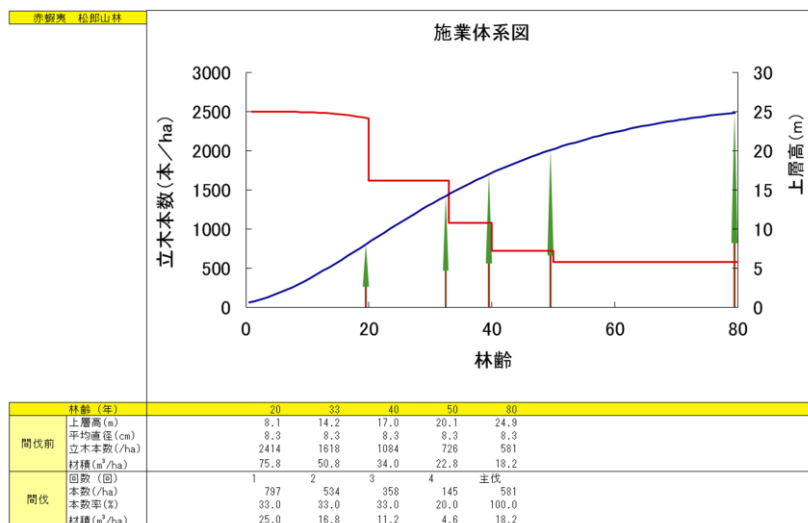


図4-1 施業体系図例

引用文献（施業体系）

- [1]福地稔(1991)アカエゾマツの枝打ち. 光珠内季報. 82 : 1-4.
 [2]小山浩正・浅井達弘(1998)アカエゾマツの早期枝打ちの有効性. 日本森林学会誌. 80 (1) :16-20.

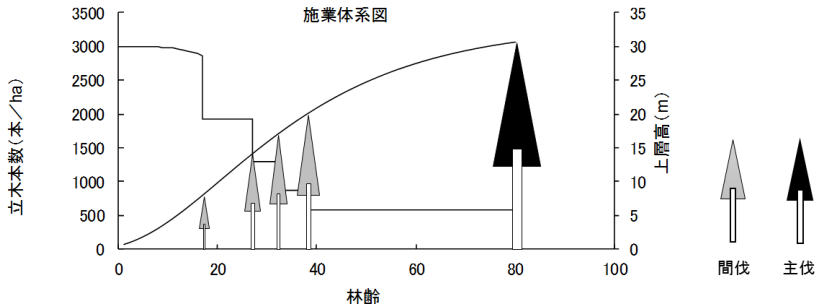
5 施業体系図と収穫予測表（全36通り）

施業体系図、収穫予測表をそれぞれ見開き2ページに示した。左側に施業体系図、胸高直径別立木本数・材積、右側に収穫予測表が記載されている。施業体系を掲載した地位、植栽本数、主伐林齢での収穫予測の概要は下記表の通りである。

施業体系を掲載した地位、植栽本数での収穫予測の概要

地位 指数	植栽本数 (本/ha)	林齢 (年生)	主伐				間伐合計(除伐含む)			掲載 ページ
			上層高 (m)	平均直径 (cm)	立木本数 (本/ha)	幹材積 (m ³ /ha)	幹材積 (m ³ /ha)	回数 (回)		
21	3000	80	31	36	578	769	343	4	28-29	
		60	28	30	863	737	224	3	30-31	
	2500	80	31	34	726	834	257	3	32-33	
		60	28	31	726	679	257	3	34-35	
	2000	80	31	36	586	819	235	3	36-37	
		60	28	34	586	707	188	3	38-39	
19	3000	80	28	30	859	739	234	3	40-41	
		60	25	27	859	599	234	3	42-43	
	2500	80	28	31	723	686	263	3	44-45	
		60	25	29	723	594	211	3	46-47	
	2000	80	28	33	584	669	242	3	48-49	
		60	25	30	653	592	174	3	50-51	
17	3000	80	25	27	864	604	227	3	52-53	
		60	22	24	967	505	201	3	54-55	
	2500	80	25	29	759	604	202	3	56-57	
		60	22	24	1084	561	112	2	58-59	
	2000	80	25	30	656	597	169	3	60-61	
		60	22	26	875	537	99	2	62-63	
15	3000	80	22	26	859	530	158	3	64-65	
		60	20	24	859	418	158	3	66-67	
	2500	80	22	27	809	531	128	3	68-69	
		60	20	23	1079	470	77	2	70-71	
	2000	80	22	25	976	543	81	2	72-73	
		60	20	23	1041	442	69	2	74-75	
13	3000	80	19	21	1231	438	111	3	76-77	
		60	17	19	1289	369	82	2	78-79	
	2500	80	19	22	1132	452	66	2	80-81	
		60	17	19	1294	372	52	2	82-83	
	2000	80	19	21	1169	440	41	2	84-85	
		60	17	19	1247	348	40	2	86-87	
11	3000	80	16	17	1723	356	54	2	88-89	
		60	14	15	1924	300	29	1	90-91	
	2500	80	16	18	1449	335	48	2	92-93	
		60	14	15	1811	285	19	1	94-95	
	2000	80	16	19	1169	308	42	2	96-97	
		60	14	16	1559	261	13	1	98-99	

○地位指数 21・植栽本数 3000 本・伐期 80 年



林齢(年)		17	27	32	38	80
間伐前	上層高(m)	8.1	14.2	17.1	20.1	30.7
	平均直径(cm)	8.2	14.8	18.1	22.3	35.5
	立木本数(/ha)	2869	1922	1288	863	578
	材積(m ³ /ha)	88	278	314	360	769
間伐 (主伐)	回数(回)	1	2	3	4	主伐
	本数(/ha)	947	634	425	285	578
	本数率(%)	33	33	33	33	100
	材積(m ³ /ha)	29	92	104	119	769

林齢(年)		胸高直径別立木本数(/ha)・材積(m ³ /ha) ※径級10cm未満は合計本数・材積に含まれない														合計
林齢(年)		10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	合計	
		cm以上	cm未満	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54		58
17	間伐前本数	832	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	832	
	材積	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	
	間伐後本数	557	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	557	
	材積	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	
27	間伐前本数	444	559	480	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1571	
	材積	32	83	123	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	270	
	間伐後本数	297	375	321	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1052	
	材積	21	56	83	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	181	
32	間伐前本数	189	266	306	274	111	0	0	0	0	0	0	0	0	1146	
	材積	14	40	80	113	64	0	0	0	0	0	0	0	0	311	
	間伐後本数	127	178	205	184	74	0	0	0	0	0	0	0	0	768	
	材積	9	27	54	76	43	0	0	0	0	0	0	0	0	208	
38	間伐前本数	78	115	147	165	159	117	26	0	0	0	0	0	0	806	
	材積	6	17	39	69	98	100	27	0	0	0	0	0	0	356	
	間伐後本数	52	77	98	110	107	78	17	0	0	0	0	0	0	540	
	材積	4	12	26	46	66	67	18	0	0	0	0	0	0	238	
80	主伐前本数	17	26	35	45	54	61	66	68	67	60	47	22	0	566	
	材積	1	4	9	19	33	53	77	102	126	140	131	72	0	766	
	主伐後本数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	材積	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	