

よくわかる 石川の森林・林業技術 No.7

スギの長伐期施業

— 資源の安定と機能の向上を目指して — 改訂版



石川県林業試験場

はじめに

戦後に進められた拡大造林によって、石川県の針葉樹人工林面積は森林全体の約39%を占めるようになりました。現在、これらの多くの人工林は間伐が必要な時期に達しており、中には主伐時期を迎えた林分もみられます。一方、2001年（平成13年）の森林法の改正により、針葉樹人工林をより長期に渡って資源を循環しながら育成するという方針が国から示されました。これは、針葉樹人工林の役割が、長伐期による資源の安定化や高付加価値化だけでなく、環境保全機能の発揮に対しても、これまで以上に期待が高まっているためです。また、地球温暖化防止が緊要の課題となっており、そのための間伐が重要性を増しています。こうした背景から、林業試験場では平成11年から「スギ人工林の長期育成循環施業に対応する森林管理技術の開発に関する調査」を行ってきました。この調査では、長伐期施業に適した立地環境や林分構造を明らかにすると同時に、これまでに調べられた若壮齢林のデータを併せて解析し、高齢林への誘導方法を体系化することを主目的としました。したがって、この解説書では長伐期化を目指した若壮齢林の保育方法に重点を置いた内容を示しております。また、この解説書では、一般大径材だけでなく、優良大径材生産を目指した場合の管理や、過密林分など現状に応じた間伐法についても解説しております。

なお、この冊子はNo.7の改訂版です。今回、最新のデータを基に材積計算を見直すとともに、「長伐期施業に向けた施業体系」という項目を加え、より現状に即した施業体系図を作成しました。

スギ人工林が、一層有効にしかも付加価値の高い森林として活用されるために、この解説書が役立てば幸いです。

1. 長伐期施業とは	1
2. 長伐期施業の環境保全機能	2
3. 長伐期施業の材の高付加価値化	3
4. 石川県での長伐期施業	4
5. 石川県の高齢林の成長	6
6. 長伐期施業に適した立地条件	7
7. 長伐期に向けた枝打ち	9
8. 長伐期に向けた間伐	10
9. 長伐期に向けた施業体系	16
10. 長伐期施業での虫害・獣害	19
11. 長伐期施業での気象害	20
12. 長伐期施業の生産目標	21
付表.	22

1. 長伐期施業とは－全国の事例

長伐期とは、一般に通常の伐期の2倍以上の期間を示し、末口径が30cm以上の大径材を収穫目標とする林業を、長伐期施業と言います。ですから、伐期としてはおおよそ80年以上ということになります。

これまでスギの長伐期施業が行われていた地域としては、吉野・山武・今須などが有名です（表－1）。中には、200～300年の銘木を生産しているところもありますが、70～120年伐期での収穫が多かったようです。大径材生産の用途として以前は樽・桶・船材などもありました。しかしながら、それらの需要が少なくなった現在では建築用材としての用途が主流です。建築用材の内訳として、優良大径材は内装材・化粧板材に、一般大径材は造作材・板材・構造材に使われています。なお、優良大径材の条件は、21ページに示しています。

表－1. 主な林業地で行われた長伐期施業の伐期、主伐方法および材の用途

林業地	県名	伐期(年)	主伐方法	主な材の用途
吉野	奈良	100～120	皆伐	樽材、酒桶板、建築材
山武	千葉	80以上	択伐	建築材、建具材、船材
今須	岐阜	80～120	択伐	樽材、建築材
田根	滋賀	70～100	択伐	建築材
波瀬	三重	80～100	皆伐	樽材、建築材
智頭	鳥取	70～100	皆伐	樽材、建築材
国有林	全国	85～120	皆伐	建築材

※ただし、戦後は国有林と一部の択伐林業地を除けば、40～50年生の短から中伐期を主流とする経営に変わってきている。

2. 長伐期施業の環境保全機能

針葉樹人工林の長伐期化は、環境保全機能上の効果として「**国土保全機能の向上**」と「**生物多様性の回復**」が期待されます（図-1）。図-2に示すとおり、成熟期（40～80年）から高齢期（80年以上）に向かうと、**林冠に間隙**が多くでき、林分からの蒸発散量を抑えたり、林内へ安定した光が入射するようになります。林内へ安定した光が入射するようになります。林内への安定した光の入射は、**下層植生を発達**させ、表土の流亡を抑えます。また、下層植生の発達によって、植物が豊富になり、動物も徐々に増えるため、生物多様性が高まります。これによって、周辺の天然生林に近い生態系が形成されるようになります。

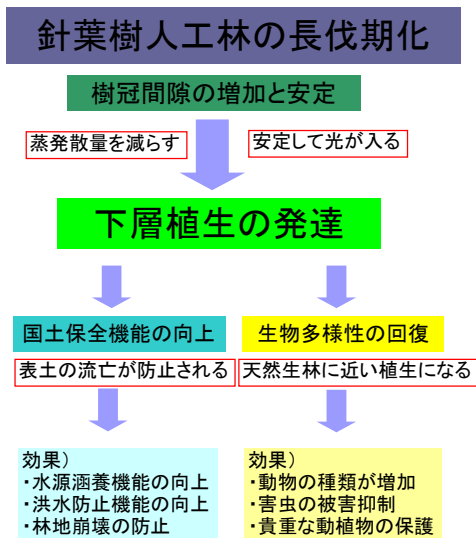


図-1. 長伐期化による環境保全効果

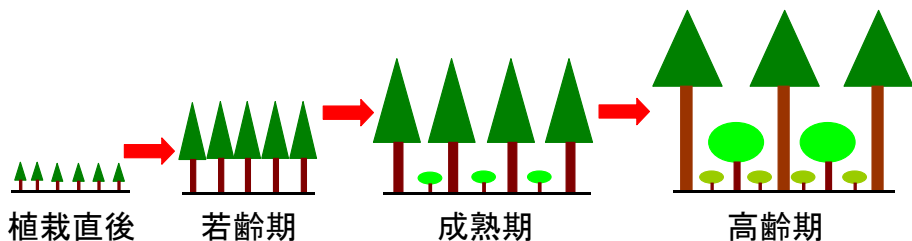


図-2. 人工林の発達段階

3. 長伐期施業の材の高付加価値化

針葉樹人工林の長伐期化は、短伐期による生産システムよりも資源・経営・材質・生産コストなどで有利な面が多く、材の高付加価値化につながります。

- ・資源の蓄積増加が期待され、自給率が向上する。

※立木本数が減少しても林分材積は増加し続ける（図－3）。

- ・成熟材が多くなり、材質の向上が図られる。

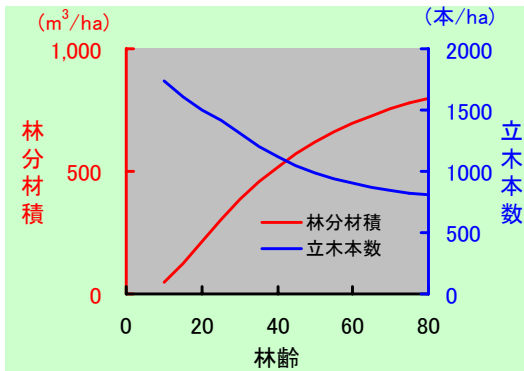
※優良材であればさらに高値が期待される（写真－1）。

- ・生産費を下げ、経営の安定化にもつながる。

新植・育林費の回数が減り収入も継続させることが可能。

- ・製材の経費を安く抑えられる。

同じ材積でも大きい丸太ほど製材の効率がよい。



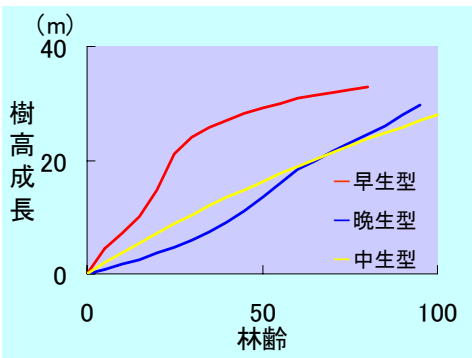
図－3. 林齢と林分材積および立木本数の関係（地位中）

40年生と80年生を比較すると、立木本数が3割減少しても林分材積は5割増加する。

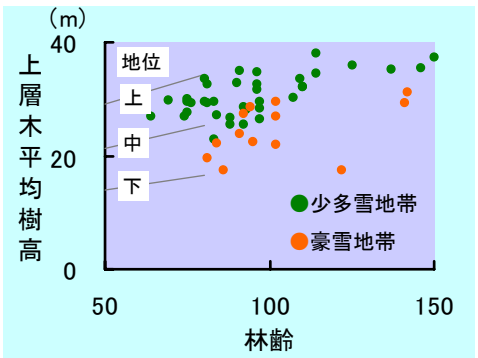
写真－1. 大径材の木口
高齢林ほど成熟材の割合が高くなる。
心材が淡桃色で、年輪の詰まった材は高値がつく。

5. 石川県の高齢林の成長

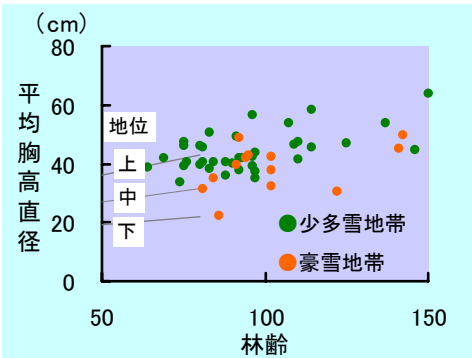
高齢木の樹高成長は、初期成長の違いで早生型・晩生型およびその中生型に分かれます（図－8）。中晩生型は、成長が持続するため長伐期に向けたタイプと考えられます。県内の高齢林を調査したところ、直径や材積成長（図－10, 11）でこれまでの収穫予想表の地位上を超えた林分も多くみられます。豪雪地帯（標高500m以上）では樹高成長は劣るが、直径や材積成長では少多雪地帯と同等な林分が存在します（図－9～11）。



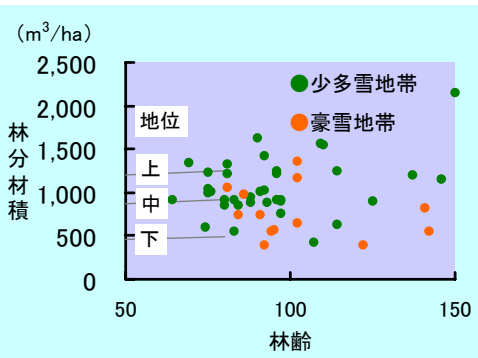
図－8. 県内の高齢木の樹高成長経過



図－9. 高齢林の樹高成長



図－10. 高齢林の胸高直径成長



図－11. 高齢林の材積成長

6. 長伐期施業に適した立地条件

立地条件と成長

スギの人工林の適地は、斜面の中部から下部です。長伐期施業でも、同様な条件のところ適しています。

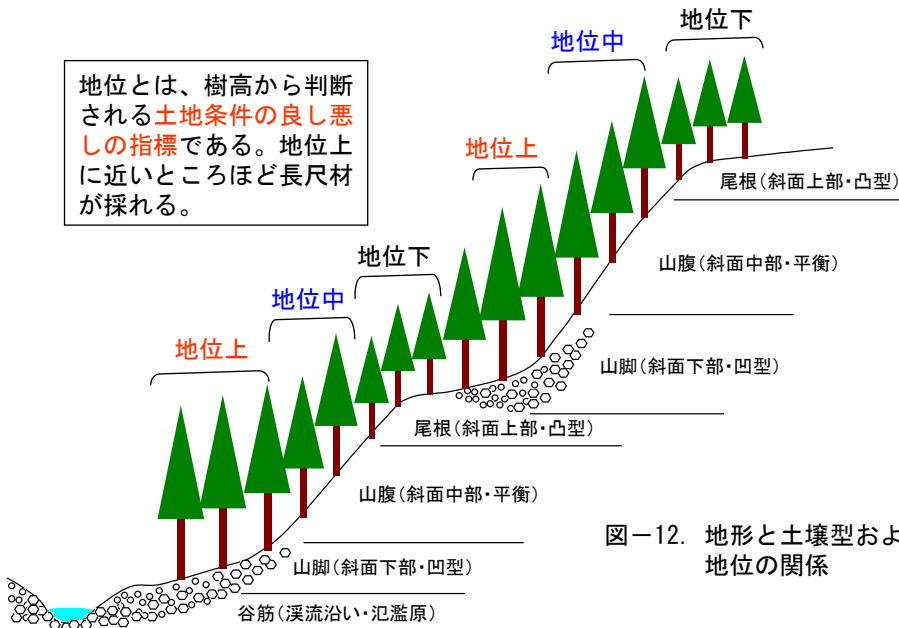


図-12. 地形と土壌型および地位の関係



斜面下部-B_D崩積型：地位上



斜面中部-B_D(d)~B_D型：地位中



斜面上部-B_B型：地位下

写真-6. 土壌型と地位

斜面下部ほど、腐植質の多い黒色部分の厚い土壌が形成され、成長に有利となる。

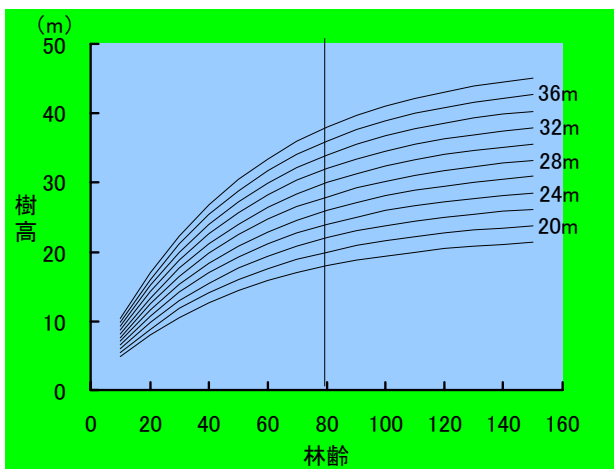
高齢林の樹高および形質の推定

長伐期施業に誘導する場合、その林分の将来の成長や形質を予測しておけば、経営上有利になります。樹高や形質優良木の割合は、標高・地質・土壌条件などによって推定することが可能です。地位の高い場所では、優良材生産が期待できます。

表－ 2. 立地条件からの樹高（80年生）とA級木割合の推定

環境項目	良好な条件	不良な条件
地質	新生代流紋岩質火砕岩	中生代砂岩・頁岩・礫岩
標高	101～200m	600m以上
局所地形	凹型	凸型
方位	西～南	東～北
土壌型	B _D 崩積	B _B ～B _C
土壌のA層厚	30cm以上	10cm以下
土壌の腐植含量	表層25cmまで富む	表層10cm以下が乏しい
土性	埴土	砂壤土
土層の堅さ	表層10cmまで柔らかい	表層10cm以下が堅い
樹高	34～36m	18～20m
A級木割合	80～90%	0～10%

A層：表層の腐植の多い土壌、埴土：粘土に近い土壌、砂壤土：砂の混じった土壌



A級木

A級木とは、枝下8mまで通直で、枯れ枝の付着などの欠点がない形質優良木のことを示し、外見上優良材としての可能性を持っている立木のことである。

図－13. スギの80年時の樹高

32m以上：地位上
24～30m：地位中
22m以下：地位下

7. 長伐期に向けた枝打ち

枝打ち高

枝打ちは、優良材生産には欠かせません。目標に応じて、打ち上げる高さを決定します（図-14, 15）。ただし、優良材生産を目標とした枝打ちは地位の高い場所に限られます。

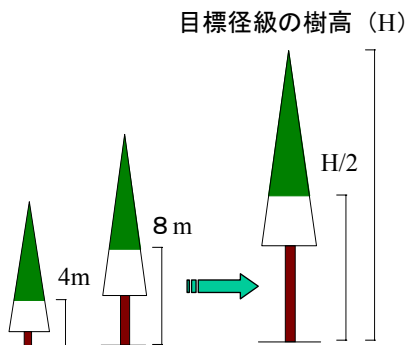


図-14. 枝打ちの目安

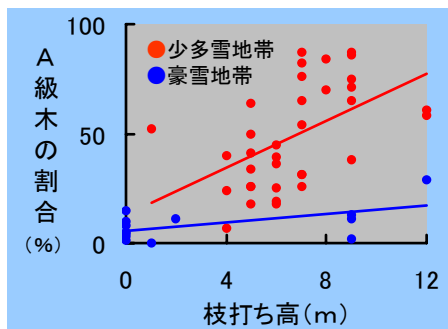


図-15. 枝打ち高とA級木の割合の関係
※少多雪地帯ほど効果が大きい。

大径材は、**4m単位**で採材するので、 $4 \cdot 8 \cdot 12\text{m}$ というように、4mごとの枝打ちが基準となる。最も材価に影響する元玉が採れるように、最低でも4mの枝打ちを心がける。打ち上げの上限は、**目標径級の樹高の半分程度までを目安とする**。ただし、豪雪地帯では根元曲りを考慮して1~1.5m高く打つ。

枝打ちの注意点

- ・ 枝の付け根の直径が3cmを超えないうちに実行する。
- ・ 幹に傷を付けたり、樹皮を剥がさないように注意する。
- ・ 厳冬期を除く**成長休止期**に実行する。
- ・ 枯れ枝は害虫の温床となるので、必ず打ち落とす。
- ・ **枝隆**は残す（図-16）。

枝が太くなると、枝の付け根の部分に**枝隆**と言われる膨らみが出る。この部分を切り落とすと腐朽菌によって変色起きやすく、ボタン材となりやすい。枝が細いときは、枝隆は無いので幹に平滑に打ち落とす。

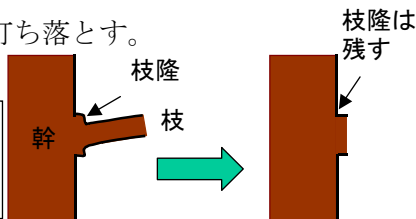


図-16. 枝の打ち方

8. 長伐期に向けた間伐

間伐の必要性

長伐期林へ誘導する場合でも、間伐は重要な施業となります。図-17は、80年生以上の高齢林での間伐回数とA級木割合の関係を示しています。少多雪地帯では、60年生までに**最低3回の間伐で50%以上の優良木**が得られます。

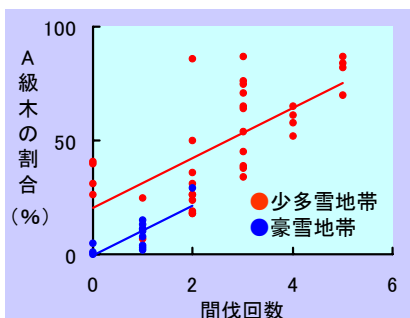


図-17. 間伐回数とA級木の割合の関係



写真-7. 間伐された林分

壮齢林での間伐の進め方

壮齢期には個体の形質が固まってくるので、収穫対象木もある程度決まってきます。しかし、大径材生産を目指すためには、長期間残すことになるので、さらにいくつかの点に注意して間伐を進めて行く必要があります。

- ・若齢時に十分な間伐が行われていない場合は、暴れ木・極端な被圧木・曲がり木・樹冠偏寄木など不良木を取り除き、残す木の収穫目標を立てる。
- ・残した木の樹冠の張りが十分に保たれるように強めの間伐を心がける。
- ・残した木の大きさを揃えるため、優勢木であっても積極的に間伐の対象とする。

間伐方法

1. 樹幹距離法

立木密度と立木の間隔（樹幹距離）の関係を知っておけば、間伐木の選定がスムーズに行えます。例として、樹高の20%の間隔に保った場合の立木密度は表-3に示します。予め長さを決めた竹竿を立木間で当てながら選木すると便利です（図-18）。

表-3. 樹高の20%の樹幹距離と立木密度の関係

樹高 (m)	樹幹距離 (m)	立木密度 (本/ha)
15	3	1,111
20	4	625
25	5	400
30	6	278
35	7	204

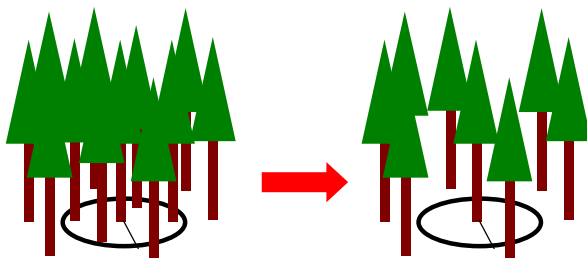


図-18. 長伐期を目指した間伐方法
樹幹距離を半径とする円内を間伐する

2. 保残木マーク法

最終的な収穫本数を決め、決定された本数に基づいて保残木を選木（樹幹にペンキなどでマークする）し、その支障木を間伐します（図-19）。間伐は数回に分けて行ってもよいし、保残木は間伐時に適宜変えることもできます。

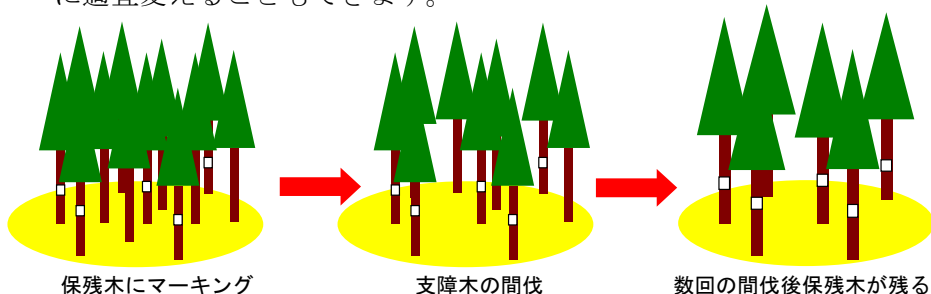


図-19. 保残木マーク法による間伐
最終的な収穫本数と間伐回数を決め方がポイント

現状把握と間伐方法の選択

現状林分の長伐期施業林への誘導方法と有効な間伐方法を表-4に示します。形質が良質で均一な林分には樹幹距離法を、逆に、形質が不均一な場合は不良木を優先的に間伐する定性間伐法を用います。これらの中間的な林分では、形質が良好な立木を残す保残木マーク法が有効です。

表-4. 長伐期施業の生産目標と間伐方法

現状把握	毎木調査結果を基に、樹高や立木密度を把握し、A級木の本数密度を把握する		
形質	良	中	不良
立木密度	粗～中	中～高	高
枯れ枝	少	中	多
生産目標	優良材	一般材+優良材	一般材
有効な間伐方法	樹幹距離法	マーキング法	弱度定性

弱度定性: 不良木を中心に選木し、20%以下の定性間伐。

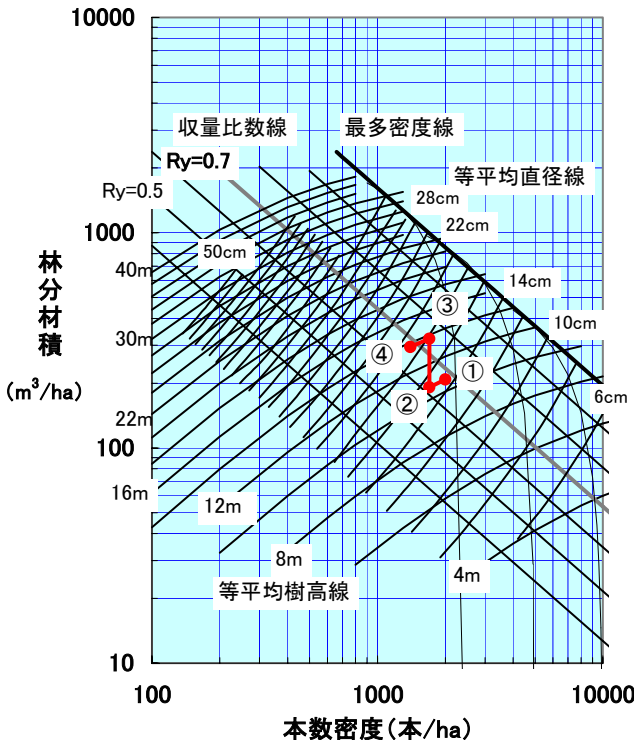
形質は、A級木の本数で良(500本/ha以上)・中(100～500本/ha)・不良(100本/ha未満)を決定する。

ポイント

毎木調査は、20m四方の方形区を林内の代表的な場所に取り、立木密度・平均樹高・平均胸高直径・平均枝下高を把握するとともに、形質の良否判定を行う。とくに重要なのは立木密度と被圧木を除いた平均樹高で、これがわかれば林分の込み合いの程度が把握でき、間伐本数や間伐率を決定するのにも役立つ。

密度管理図の使い方

現時点での林分の込み合い状態を把握したり、間伐計画を立てる時に最近では密度管理図を使うのが一般的です（図-20）。形状比（樹高÷胸高直径×100）や収量比数（本数や材積の割合）を一定の範囲内に納める場合や年輪幅を調節する場合などにも有効です。



密度管理図を使った間伐の手順

現在の本数がha当たり2000本・上層木平均樹高10.6mだったとして、密度管理図に落とすと、材積 $207\text{m}^3/\text{ha}$ ・収量比数 0.68 ・平均胸高直径 14.5cm であった（図中①）。これを、収量比数 0.62 に下げするために300本/ha間伐（15%）して1700本/haにしたところ、材積 $191\text{m}^3/\text{ha}$ ・平均胸高直径 15.5cm となる（図中②）。

数年後、毎木調査したらha当たり本数1700本、上層木平均樹高 13.7m となり、密度管理図に落とすと、材積 $322\text{m}^3/\text{ha}$ ・収量比数 0.73 ・平均胸高直径 18.0cm となる（図中③）。これを、収量比数 0.69 に下げのために300本/ha間伐（17%）して1400本/haにしたところ、材積 $294\text{m}^3/\text{ha}$ ・平均胸高直径 19.2cm となる（図中④）。

※間伐は小径木（劣勢木）を対象に行い、間伐による①から②または③から④への移動は、等平均樹高線に沿う。

図-20. 密度管理図の使い方

最多密度線：これ以上本数密度も林分材積も超えることがないと想定される線。
 収量比数線（ R_y ）：最多密度線に対する材積割合を示す。
 等平均樹高線：同じ平均樹高を持つ、密度の異なる林分を結んだ線。
 等平均直径線：同じ平均胸高直径を持つ、密度の異なる林分を結んだ線。

密度管理図を使った間伐方法

平均的な土壌条件での、スギ人工林の長伐期施業に対応した一般材と優良材生産のための密度管理過程を図-21に示します。一般材は、若壮齢期に優良材よりもやや密度を高くして管理します。

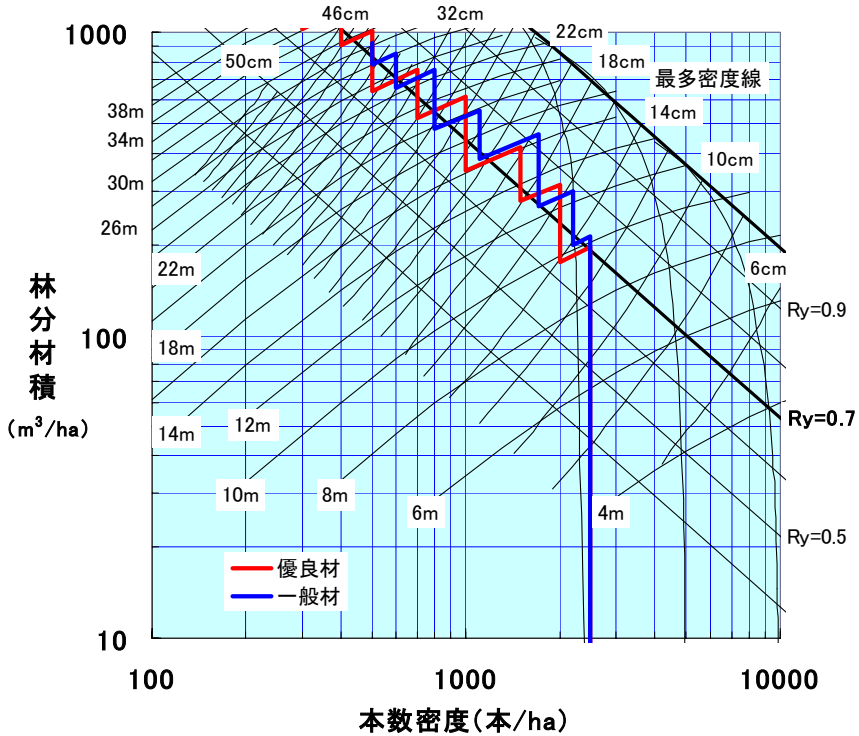


図-21. 密度管理図に基づく間伐方法 (2,500本/ha植栽)

石川県では、冠雪害に強い林分を造るために、収量比数を0.7以下に管理するのが一般的です。収量比数を0.7以下に保てば、形状比はおおよそ70以下に保つことができます。

過密林分および低密度林分の密度管理

県内には、過密林分や豪雪地帯の低密度林分など標準的な密度から大きくはずれた林分が存在します。こうした林分は、徐々に適正な密度に改良する必要があります（図-22）。

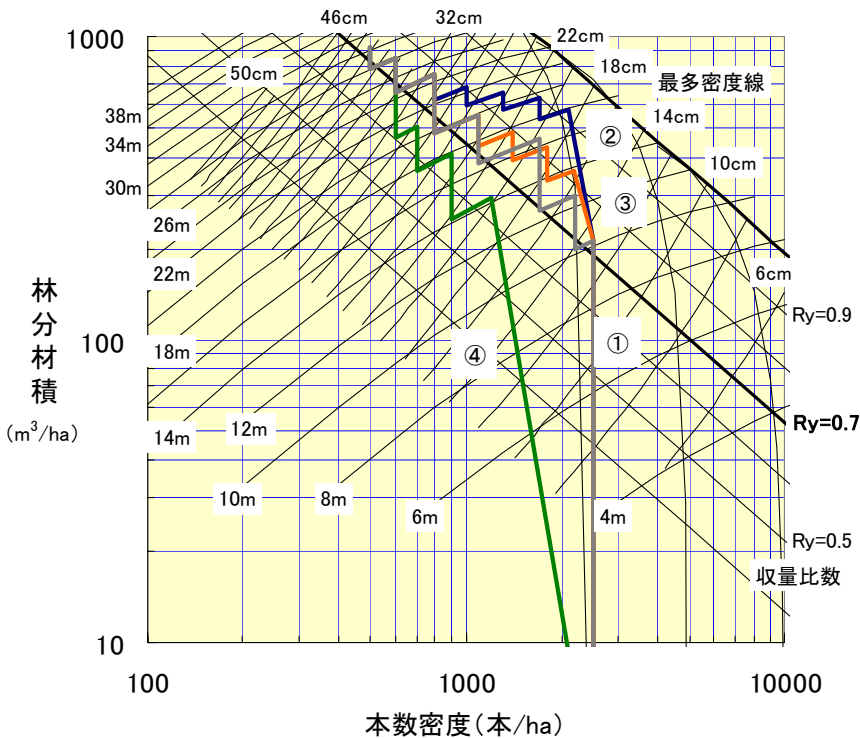


図-22. 現状密度に対応した間伐方法（地位中：2,500本/ha植栽）

①は石川県の標準的な密度管理方法である。②は $Ry=0.9$ 、③は $Ry=0.8$ でいずれも過密林分の場合である。この2つの場合は、弱度の間伐によって徐々に適正な密度に誘導するのがポイントである。④は豪雪地帯の低密度林の場合である。若壮齢期には不良木の除伐に止め、 $Ry=0.6$ を基準として管理し徐々に標準的な密度へ誘導する。

9. 長伐期に向けた施業体系

一般材生産の施業体系

図-21の一般材生産の密度管理に基づく施業体系図は、図-23のとおりです。15年生頃から除伐を行って、40年生までは10年間隔で、それ以降は20年間隔で間伐を行います。

一般材生産の場合は、4.5mを目安として枝打ちを行います。したがって、20年生までに2回程度、枝打ちを実行する必要があります。

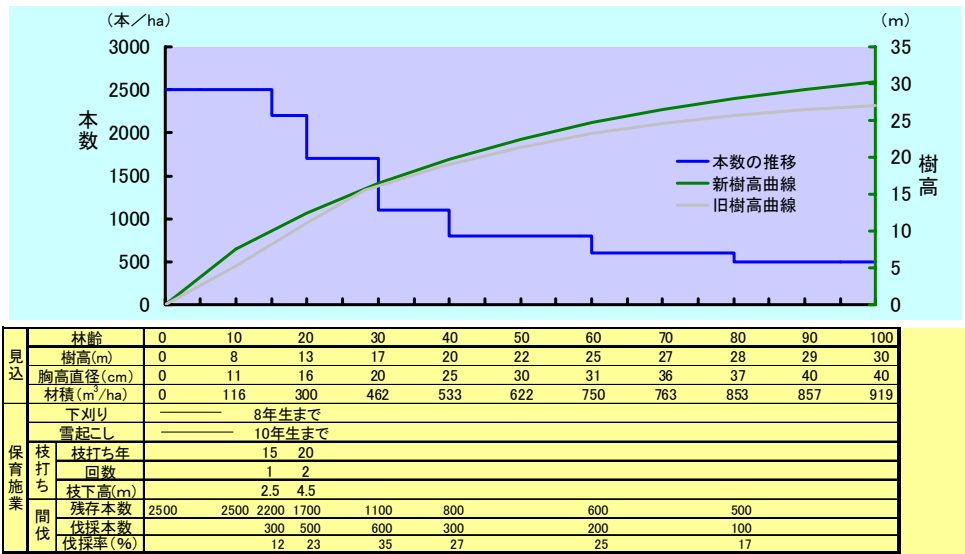


図-23. 長伐期大径材生産に対応した施業体系図（地位中：2,500本/ha植栽）

優良材生産の施業体系

図-21の優良材生産の密度管理に基づく施業体系図は、図-24のとおりです。除間伐のスケジュールは一般材とほぼ同じです。ただし、成長の早い場所が対象となるため、施業の開始時期も早めになることを念頭に置く必要があります。

優良材生産の場合は、13.0mを目安として枝打ちを行います。40年生までに6回程度、枝打ちを実行する必要があります。

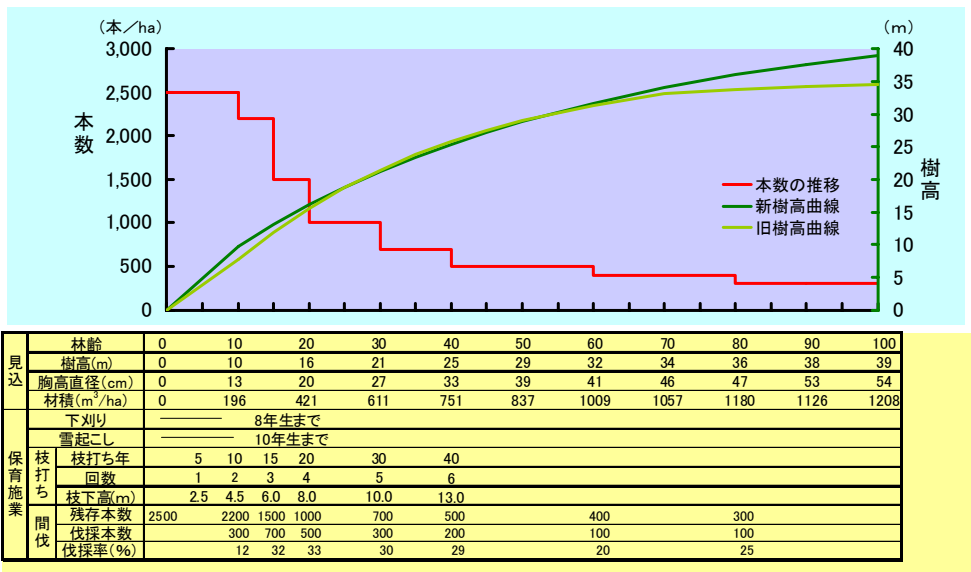


図-24. 長伐期大径材生産に対応した施業体系図（地位上：2,500本/ha植栽）

過密林分および低密度林分の施業体系

図-22で示した密度管理に基づく施業体系は図-25のとおりです。収量比数 $R_y=0.9$ ないし 0.8 の林分は、50年生までに概ね5年ごとに弱度の間伐を繰り返し、徐々に密度を下げます。豪雪地帯の低密度林分は、必要に応じ10年に1度程度の間伐を行い、徐々に標準的な密度に回復させます。50年生以降は、標準的な密度管理に準じます。

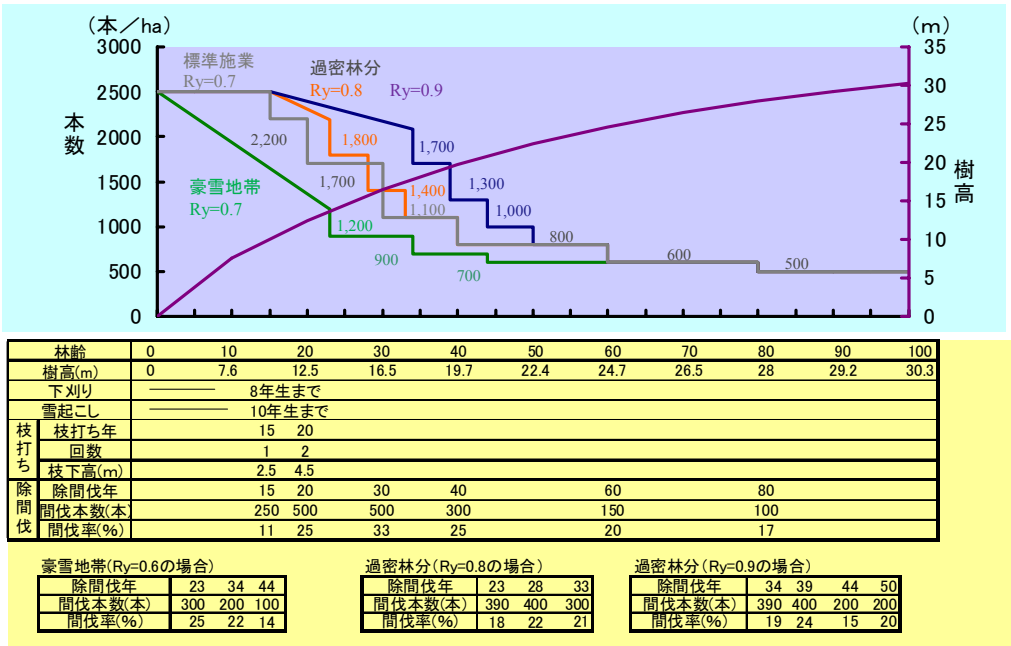


図-25. 現状密度に対応した施業体系図

10. 長伐期施業での虫害・獣害

虫害

全国的には、長伐期施業によって虫害が発生しやすくなる場合が知られています。しかし、石川県では比較的被害が少ないので、**保育のスケジュールに従う**ことで被害を抑えることができます。

表－5. 長伐期施業に関係した主な森林害虫

害虫名	被害	対策
スギノアカネ トラカミキリ	枯れ枝から幹に侵入した幼虫が形成層を食害し、そこに腐朽菌が侵入する。材に「トビグサレ」と呼ばれる腐朽痕を作り、材質を低下させる。	枯れ枝に産卵させないように、間伐枝打ちを励行する。
スギカミキリ	若齢期に幼虫が幹の形成層を食害する。食害が激しい場合は、成長が止まり幹が変形する。	樹皮下に産卵させないように、枝打ち時に幹の粗皮を剥ぎ取る。また、幹に成虫の脱出口や変形がみられる立木は間伐の対象とする。



写真－8. (上) スギノアカネトラカミキリの幼虫による食害

写真－9. (下) スギカミキリの幼虫の食害孔

獣害

長伐期施業に最も影響を与える獣害は、クマハギです。被害後、剥皮部分から徐々に腐朽が進行するため、残しておいても材の価値はありません。予防方法など詳しくは、「よくわかる石川の森林・林業技術 No. 2」を参考にして下さい。

写真－10. クマによる樹皮の剥皮被害（クマハギ）



11. 長伐期施業での気象害

風害

長伐期施業で最も注意が必要な気象被害は暴風害です。以下の点に注意すれば、被害を軽減することができます。とくに、被害履歴のある場所では若齢期からの備えが大切です。

- ・弱度多間伐の繰り返し。
- ・形状比を70以下に保つ。
- ・林縁の発達や防風帯の設置。
- ・択伐林や複層林へ誘導する。

写真－11. 平成3年の台風19号被害
※スギはほとんど幹折れで、材としての利用ができない。



雪害（冠雪害）

冠雪害は、主に里山地域の若齢林（15～30年）に発生します。これは、この時期が成長旺盛で高密度化しやすいことが原因です。最近では、間伐の遅れから高齢林でも発生しやすくなっています。ただし、高齢林では単木的な被害がほとんどです。冠雪害を防ぐには、風害と同様に弱度多間伐を心がけることと、形状比を下げる密度管理を行うことが必要です。



写真－12. 高齢林での冠雪害

12. 長伐期施業の生産目標

優良大径材

優良大径材の生産目標は、主に内装材や化粧板材です。そのためには、以下の条件を満たすことが重要です。

- ・通直・完満・真円である。
- ・無節性が高い。
- ・年輪幅が均一（2～3mm）である。
- ・曲がり・腐れ・割れ・裂けなど

の欠点が無い。

- ・心材色が淡桃色（写真－13）。

一般大径材

一般大径材の生産目標は、構造材や造作材などです（図－26）。大径材の利用率の高さを生かして多くの材を生産することを心がけます。新しいデータでは従来の予測よりも100年で約3m樹高成長の伸びが期待される（P16、図－23）ことから、4番玉まで造作用（末口24cm上）として採材が可能です（図－26）。



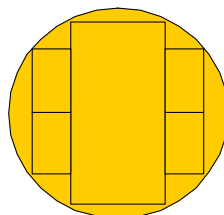
写真－13. 大径材の木口面の比較

※右側の材は、年輪幅が詰まり心材色の赤色度合いが強く、節が出ていないので高値が付く。

図－26. 大径材の木どり（末口27cm）

中央部：梁材（240mm×120mmを1角）

両端：敷居材（100mm×45mmを4角）



樹高30m（27m）

4m採材



末口
36.5cm
(35.0cm)

末口
33.0cm
(31.0cm)

末口
30.0cm
(27.0cm)

末口
27.0cm
(23.0cm)

図－27. 大径材の採材の比較

※（）内は従来の予測

付表. 収穫予想表

図-21の密度管理図および図-23・24の施業体系図に基づいた一般材生産と優良材生産の収穫予想表を示します。

一般材生産						優良材生産					
林齢	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	本数密度 (本/ha)	除間伐率 (%)	林分材積 (m ³ /ha)	林齢	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	本数密度 (本/ha)	除間伐率 (%)	林分材積 (m ³ /ha)
0	0	0	2,500		0	0	0	0	2,500		0
10	8	11	2,500		116	10	10	13	2,500		196
						10	10	14	2,200		184
									300	12	12
15	10	13	2,500		211	15	12	15	2,200		286
15	10	14	2,200		199	15	12	17	1,500		240
									700	32	47
20	12	16	2,200		300	20	16	20	1,500		421
20	12	17	1,700		268	20	16	23	1,000		350
									500	33	72
30	16	20	1,700		462	30	21	27	1,000		611
30	16	23	1,100		384	30	21	30	700		520
									300	30	91
40	20	25	1,100		553	40	25	33	700		751
40	20	28	800		479	40	25	37	500		640
									200	29	111
50	22	30	800		622	50	29	39	500		837
60	25	31	800		750	60	32	41	500		1009
60	25	34	600		660	60	32	44	400		910
									100	20	99
70	26	36	600		763	70	34	46	400		1057
80	28	37	600		853	80	36	47	400		1180
80	28	39	500		785	80	36	51	300		1028
									100	25	152
90	29	40	500		857	90	38	53	300		1126
100	30	40	500		919	100	39	54	300		1208

一般大径材生産：地位中、優良大径材生産：地位上



この普及資料に関する問い合わせは、最寄りの農林総合事務所森林部または林業試験場にお尋ねください。

よくわかる

石川の森林・林業技術 NO.7改訂版

スギの長伐期施業

—資源の安定と機能の向上を目指して—

平成17年3月初版発行

平成22年3月改訂版発行

石川県林業試験場

〒920-2114 白山市三宮町ホ1

tel. 076-272-0673

fax. 076-272-0812

<http://www.pref.ishikawa.jp/ringyo/index.htm>

e-mail. Fes@pref.ishikawa.lg.jp



古紙配合率100%再生紙を使用しています