

高齡林の林型および成立条件に 関する研究会報告書



関東・中部林業試験研究機関連絡協議会
高齡林の林型および成立条件に関する研究会

2015 年 3 月

はじめに

戦後日本のスギ・ヒノキ人工林の施業体系の元となったのは、奈良県の吉野林業であると言われている。

聞くとところによれば、吉野でも最初から長伐期・多間伐施業による大径木生産が指向されていたわけではなく、さまざまな偶然が重なって施業体系が出来上がったらしい。とはいえ、体系的な人工林経営の範となる例が少なかった当時、吉野林業が基本モデルとなったのは半ば必然的なことであっただろう。経営だけではなく技術開発においても、例えば密度管理図の考え方には吉野林業の施業体系が（無意識かもしれないが）色濃く反映されている。

しかし、戦後に造林された人工林は吉野林業の密植の面（疎植ではない面、というべきか）が模倣されたものの、間伐については少間伐、極端な場合には無間伐という現場が散見される。もちろん、標準伐期で皆伐し、量を重視して生産することを前提としていたときは、それでも問題はなかった。だが衆知のとおり、皆伐をおこなっても再造林経費とその後の初期保育の費用もまかなえないという現実的な事情の中で伐期の長期化がみられ、戦後林業は知見の蓄積の少ない未知の領域へと移行しつつある。技術面からのサポートが必須であり、そして急務でもある。

このような背景のもと、関東・中部林業試験研究機関連絡協議会に「高齡林の林型および成立条件に関する研究会」が設置された。この研究会は、関東・中部地方のスギ・ヒノキ等の高齡人工林の情報を集約し、現在行われつつある長伐期施業に資することを目的として関東・中部の11県の林業試験研究機関と（独）森林総合研究所が参加し、平成23～26年度の4年間、活動が行われた。平成23年度は茨城県、24年度は富山県、25年度は岐阜県、26年度は千葉県で開催され、事例報告、情報交換および現地検討会を行なった。本報告書はその成果をまとめたものである。

たいへん限られた時間の中での活動ではあったが、本報告書を読み始めると、その内容に思わず引き込まれていく。高齡林分における個体や林分の成長が従来の予測よりも高いこと、長伐期施業における間伐の行いかたひとつで主伐までの収益に大きな差が出ること、個体の成長を確保するための空間の与え方、高齡林における樹冠長や樹冠長率の実態・・・等、長伐期施業をおこなうためのヒントや智慧が随所に散りばめられている。

本報告書からは、長伐期施業は消極的に行うだけではなく、目標林型を設定して計画的に行えば林分の質的にも量的にも、そして経営面からも、もっと積極的に行なってもよい施業オプションの1つであることがみえてくる。本報告書は、現在の喫緊の課題の解決に貢献するだけではなく、将来の主伐後の再造林の際の意思決定においても大きな指針となることは間違いない。ぜひ積極的に活用されることを願うものである。

最後に、研究会の開催にご尽力いただいた各県のみなさまに深く謝意を申し上げる。

高齡林の林型および成立条件に関する研究会幹事
独立行政法人森林総合研究所 正木 隆

目 次

【研究成果】

[高齡林の成長、樹冠解析ほか]

- ・ 関東中部の高齡林データベースの概要（森林総研） 1
- ・ 茨城県スギ・ヒノキ高齡林分調査について（茨城県） 3
- ・ ヒノキ高齡林における樹冠投影面積と胸高直径成長量の関係（千葉県） 5
- ・ ヒノキ高齡木の個体サイズと胸高直径成長量の関係（千葉県） 7
- ・ ヒノキにおける樹齡と光合成能力の関係（山梨県） 9
- ・ 高齡級人工林における間伐後の直径成長量（長野県） 11
- ・ 高齡・過密ヒノキ林における上層間伐に対する直径成長の反応（岐阜県） 13
- ・ 寡雪地域におけるスギ在来品種の成長特性と生産目標（岐阜県） 15
- ・ 愛知県三河山間地における高齡林の実態（愛知県） 17

[密度管理、収穫表、シミュレーションほか]

- ・ 群馬県内のスギ樹冠調査（群馬県） 19
- ・ 雪圧害履歴のあるスギ人工林のための長期的管理計画の策定方法（新潟県） 21
- ・ タテヤマスギ林の収量比数の近似式（富山県） 23
- ・ 高齡林も対象とした山梨県版システム収穫表の作成（山梨県） 25
- ・ 間伐手法の違いがスギ過密人工林の収穫に与える影響（岐阜県） 27

【行政・現場の取り組み】

- ・ 人工林の高齡化に適応する間伐体系と冊子
「木材生産のための過密林の間伐のしかた」の作成（岐阜県） 29

関東中部の高齢林データベースの概要

森林総合研究所 齊藤哲

1. はじめに

戦後の拡大造林で造成された人工林は資源的にも充実した齢構成を示し、伐採適期を迎えている。しかし、近年の林業の採算性の悪化から伐期を延長する傾向がみられる。それらは、長期的な展望を持った高齢林に誘導するための施業というよりは、単に今コストをかけられないために伐採せずにおいておくというケースが多い（全林協、2006）。しかし、こうした消極的な伐期延長で優良な高齢林に誘導できるか、あるいはどのように誘導するかに関しては不明な点が多く高齢林の取り扱いに関して大きな課題となっている。こうした問題に対処するため関東中部林業試験場連絡協議会ではいくつかの機関で「高齢林の林型および成立条件に関する研究会」を設立した。高齢林の目標林型やそれが成立する条件について議論するためには多くの高齢林のデータを基に考える必要がある。しかし、これまでの人工林の調査データは壮齢林までのものが多く、高齢林に関するデータは十分ではない。高齢林の調査結果はいくつかみられるものの個別の事例報告にとどまっており、成立条件を議論するために十分活用されているとはいえない。本研究会ではそうした成立条件を議論するために高齢林のデータを多く収集し、データベースとしてまとめることをひとつの目的とした。ここではその高齢林データベースの概要について報告する。

2. 対象データおよび調査項目

収集したサイトは各機関で調査されてきた林分データのうち 45 年生以上の林分とした。人工林に限定せず一部天然生林も含んでいる。データベースに掲載したサイトはそれぞれ別の目的で調査されたものであり、測定項目もサイトによって異なる。本データベースでは、まず全てのサイトが掲載すべき必須項目を定めた。全サイトにサイト ID を付し、必須項目はまず基礎情報として、所有形態（国有林、公有林、民有林）、プロットの毎木データの有無と公開の可否、連絡先機関名、林分情報として林分の階層（単層・複層）、上層木の樹種、最新の測定年とそのときの平均胸高直径などとした。ほか、掲載したものは以下の調査項目があるが、全てのサイトにその情報があるわけではない。出来るだけ多数のサイトを収録するため、データの無い調査項目が含まれていてもデータベースに掲載した。データの無い調査項目は空欄となっている。植栽年は可能な限り記載し林齢が判るようにしたが、一部植栽年の不明なサイトもあった。ほかの主な調査項目は位置情報（GPS や林小班名）、斜面方位・斜度、気象条件（平均気温、年降水量など）、最新測定年の立木密度・樹高・枝下高、成長速度、施業履歴の有無などである。比較対象として隣接して設置された調査プロットも別のサイト ID をつけて登録した。

3. データベース概要

2014 年 8 月末時点で収録された全サイト数は 286 であった。上層木の樹種はスギが最も多く 142 サイト、次いでヒノキ 86 サイト、カラマツ 36 サイト、アカマツ 19 サイトの順であった。収録されたサイトが位置する斜面の傾斜は半分以上が 25 度を超えており、比較的急斜面に残されている高齢林が多い（図-1）。林齢は 80~90 年生が最も多く、100 年生以上は 47 サイトであった（図-2）。林分の平均胸高直径（DBH）は図-3 のような頻度分布を示した。最頻は

DBH30~40cm のクラスであったが、DBH50cm 以上のサイトも 30 カ所みられた。全 286 のうち 285 サイトで平均樹高 (H) のデータが掲載されており、最大値 50m、最頻は H25~30m のクラスであった (図-4)。立木密度は 200~400 本/ha のサイトが最も多いが、中には 1,000 本/ha 以上のサイトも見られた (図-5)。また枝下高のデータのあるサイトで樹冠長率を計算したところ、最頻は 0.2~0.3 のクラスで比較的小さい値のサイトが多かった (図-6)。

8 月末時点のデータベースは内部資料として参画機関に配布されたが、これが完成されたものではない。今後も更に高齢林のサイトが追加されると考えられる。データベースの中には民有林の個人情報など内部資料に限られる情報もあるため、今後は一般公開できるデータを精査し、ウェブサイト上で一般公開する予定である。

引用文献 全林協 (編) (2006) 長伐期林を解き明かす。全林協。東京。

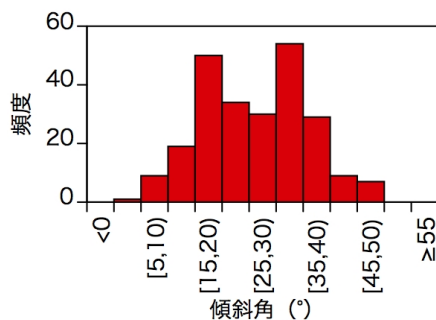


図-1 収録サイトの傾斜角の頻度分布

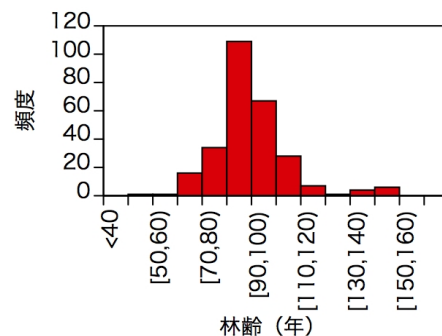


図-2 収録サイトの林齢の頻度分布

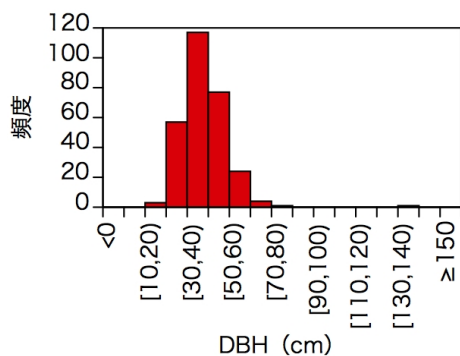


図-3 収録サイトの DBH の頻度分布

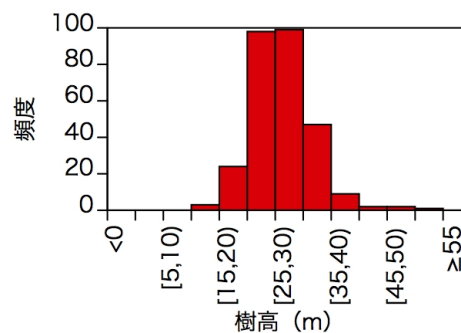


図-4 収録サイトの樹高の頻度分布

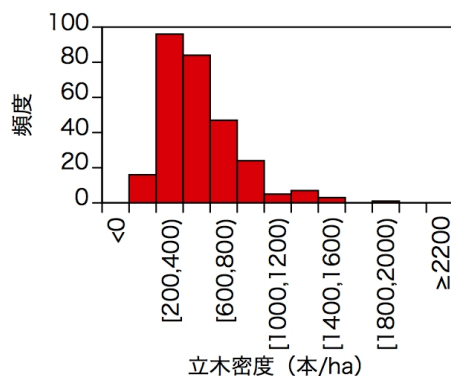


図-5 収録サイトの立木密度の頻度分布

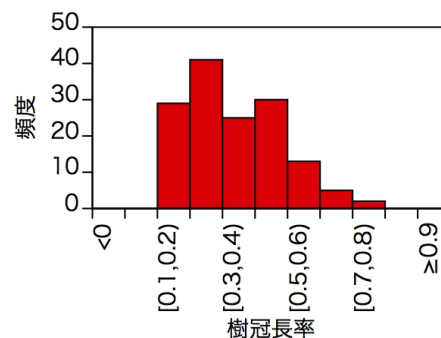


図-6 収録サイトの樹冠長率の頻度分布

【研究成果】

茨城県スギ・ヒノキ高齡林分調査について

茨城県林業技術センター 山田晴彦

1. はじめに

これまで茨城県の林業は、40～50年の短伐期の施業が主体であったが、現在、木材価格の低迷などにより林業の採算性が著しく悪化したため、主伐の年数が延長されている。しかし、これまで林齢70年生以上の林分に関する調査データは非常に少なかった。

そこで、平成11年度から18年度にかけて、県内の林齢70年生以上のスギ・ヒノキ高齡林の調査を実施した。

なお、本調査をもとに茨城県のシステム収穫表が作成され、その概要は当センター資料第31号（2007）で公表されている。

2. 調査方法

（1）林分調査

それぞれの林分で平均的な生育状況を示す箇所に方形プロット（平均で30m×30m）を設定し、林齢、標高、斜面方位、傾斜度、土壌、斜面形、樹高、胸高直径を調査した。

林齢は、伐根、森林簿、聞き取り等により把握した。樹高はVERTEX（ハグロフ社製）またはブルーメライスにより0.1m精度で測定した。胸高直径は、山側の地際より1.2mの位置で輪尺により1cm精度で測定した。材積は、樹高と胸高直径から「立木幹材積表」を用いて単木あたりの材積を求めた。

（2）樹幹解析

調査を行った林分のうち、所有者の協力が得られたスギ20林分、ヒノキ16林分について、樹幹解析用の円板を採材長ごとに採取した。樹幹解析木の選定は、1林分2本以内の場合、平均的な生育を示す個体とした。3本以上の場合、優勢木、平均的な生育を示す木、劣勢木を各1本以上選び樹幹解析を行った。

3. 結果

（1）林分調査

スギは60林分の調査を行い、林齢は62～340年、標高は30～780m、傾斜角度は5～37度、平均樹高は20.1～48.8m、平均胸高直径は28.9～134.1cm、ヘクタールあたりの材積は456.6～1992.6 m³、ヘクタールあたりの立木本数は79～1216本であった。

ヒノキは123林分の調査を行い、林齢は43～125年、標高は10～850m、傾斜角度は3～45度、平均樹高は16.8～30.2m、平均胸高直径は20.1～46.2cm、ヘクタールあたりの材積は285.3～1096.8 m³、ヘクタールあたりの立木本数は314～2050本であった。今回の調査結果および既存の林分調査結果のヘクタールあたりの林分材積を茨城県現実林分材積表の地位上と比較すると、調査林分等の材積が茨城県現実林分材積表を上回る林分が多数を占めた（図-1）。特に林齢40年生以降では、2倍以上の材積を示す林分もあり、高齡林分には、茨城県現実林分材積表はあてはめられないと考えられた。

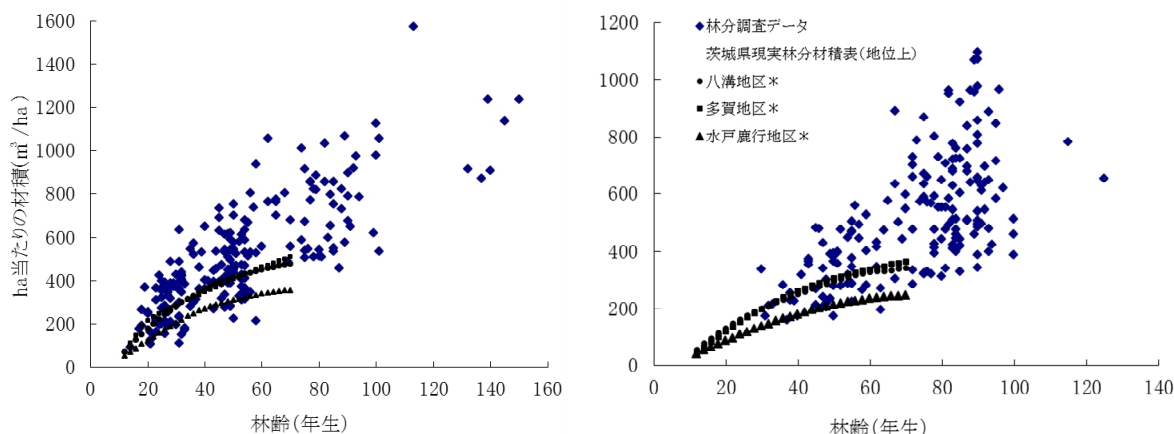


図-1. 調査林分等のヘクタールあたりの材積と、茨城県現実林分材積表*との比較（左：スギ，右：ヒノキ）

（２）樹幹解析

スギ 72 本、ヒノキ 80 本の樹幹解析を行った。解析結果をもとに、連年材積成長量と平均材積成長量を比較した結果、スギ、ヒノキともほとんどの個体は高齢でも平均材積成長量が増加することを確認した（図 - 2）。

スギの劣性木については、一部、平均材積成長量が連年材積成長量より小さい値を示した。ヒノキについては優勢木から劣性木まで、70 年生以降も平均材積成長量が増加する傾向を示した。

以上より、スギに関しては劣性木を除けば林齢約 140 年生まで、ヒノキに関しては 80 ～ 100 年生まで、各個体の成長が期待できると考えられた。

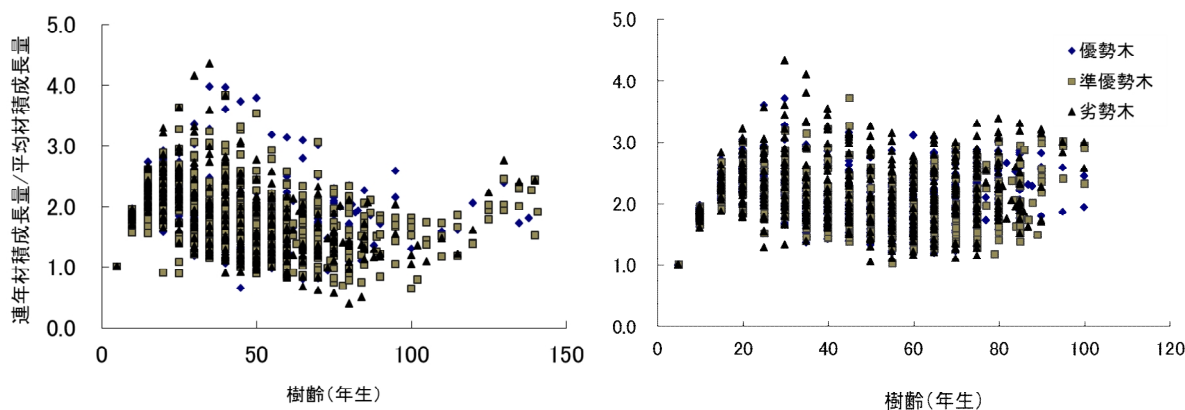


図-2. 各個体の樹幹解析データの連年材積成長量と、平均材積成長量の比較（左：スギ，右：ヒノキ）

引用文献

茨城県林業技術センター（2007）茨城県スギ・ヒノキ高齢林分調査資料集（システム収穫表の調整）。茨城県林業技術センター資料。第 31 号

ヒノキ高齢木における樹冠投影面積と胸高直径成長量の関係

千葉県農林総合研究センター森林研究所 福島成樹

1. はじめに

近年では、木材価格の低迷や、経済的な負担が大きい更新作業を先送りするために伐期の長期化が進んでいる。しかしながら、伐期が長期化した際の施業技術についてはまだまだ不明な点が多く、長伐期化に伴い生産目標を大径材にした場合の管理技術を早急に確立する必要がある。特に、高齢林の管理においては、いつ目標とする径級に達するかという大径材生産のための個体ごとの直径成長の予測が重要である。そこで、今回は、樹冠投影面積が胸高直径成長量の予測に使えるかどうかを明らかにすることを目的に、ヒノキ高齢林において調査を行ったので報告する。

2. 調査地と方法

調査地は、千葉県南部にある嶺岡山県有林内の 1914 年植栽（2014 年時 101 年生）のヒノキ林である。このヒノキ林は、愛宕山（408m）中腹の南東斜面の標高 170～190m に位置しており、120 年を伐期とする大径材生産を目的とした長伐期林として管理されている。試験地の面積は約 0.2ha、下木には 1977 年にスギが植栽され複層林となっている。上木のヒノキについては、1999 年に本数率で 33% の間伐が行われ、立木密度は 178 本/ha である。

試験地内のヒノキ 37 本について、1999 年の間伐後に樹冠投影図を作成し樹冠投影面積を測定した。胸高直径成長量は、間伐後の 2000 年 4 月に成長バンドを設置し、7 年後の 2007 年までは毎年、その後は 12 年後の 2012 年に成長量を測定した。今回は、このうちの間伐から 5 年後までと 12 年後の胸高直径とその成長量について樹冠投影面積との関係を解析した。

3. 結果と考察

調査個体の概要を表 - 1 に示した。樹冠投影面積は平均値が 27.5 m²であったが、最小の個体と最大の個体はそれぞれ 14.8 m²、49.5 m²と個体による差が大きくその差は最大 3.3 倍であった。

間伐直後、間伐から 5 年後、同 12 年後の胸高直径と、樹冠投影面積との関係を図 - 1 に示した。相関係数は、間伐直後が最も大きく（ $r=0.616$ 、 $p<0.01$ ）、5 年後（ $r=0.597$ 、 $p<0.01$ ）、12 年後（ $r=0.578$ 、 $p<0.01$ ）と年数の経過と共にやや低下した。しかし、いずれの年においても有意な相関が認められ、相関はそれほど高くはないものの、12 年後までであれば樹冠投影面積からおおまかな胸高直径の予測は可能と考えられた。

間伐 1 年後から 5 年後までと 12 年後までの胸高直径成長量と、樹冠投影面積との関係を図 - 2 に示した。両者の相関係数は、最大が 0.217（間伐後 4 年）であり、胸高直径の場合と異なりいずれの期間についても有意な相関は認められなかった。樹冠投影面積は光合成生産量を反映すると考えられることから、樹冠投影面積が大きい場合には胸高直径成長量が大きくなることが予想されるが、今回の調査ではそのような関係は認められなかった。このような結果となった原因としては、樹冠の垂直方向の分布や、葉群の密度が個体によって異なることなどが考えられるが、両者の相関の低さから、樹冠投影面積から胸高直径成長量を推定することは難しいと考えられた。

以上のことから、樹冠投影面積は、胸高直径とは比較的相関が高いが、将来の胸高直径成長

量の予測には適していないことが明らかになった。

表 - 1 調査個体の概要

調査本数 (本)	樹高(m)		胸高直径(cm)		枝下高(m)		樹冠投影面積(m ²)	
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD
37	21.5	1.2	43.6	5.6	11.0	1.3	27.5	8.1

注) 1999年～2000年調査

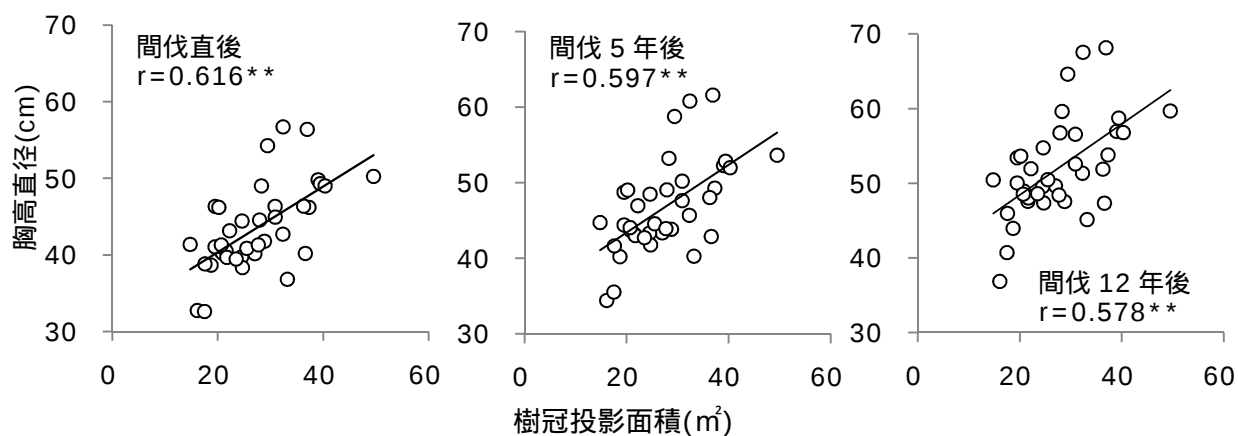


図 - 1 樹冠投影面積と間伐直後、5 年後、12 年後の胸高直径の関係

注) ** は危険率 1 % で有意

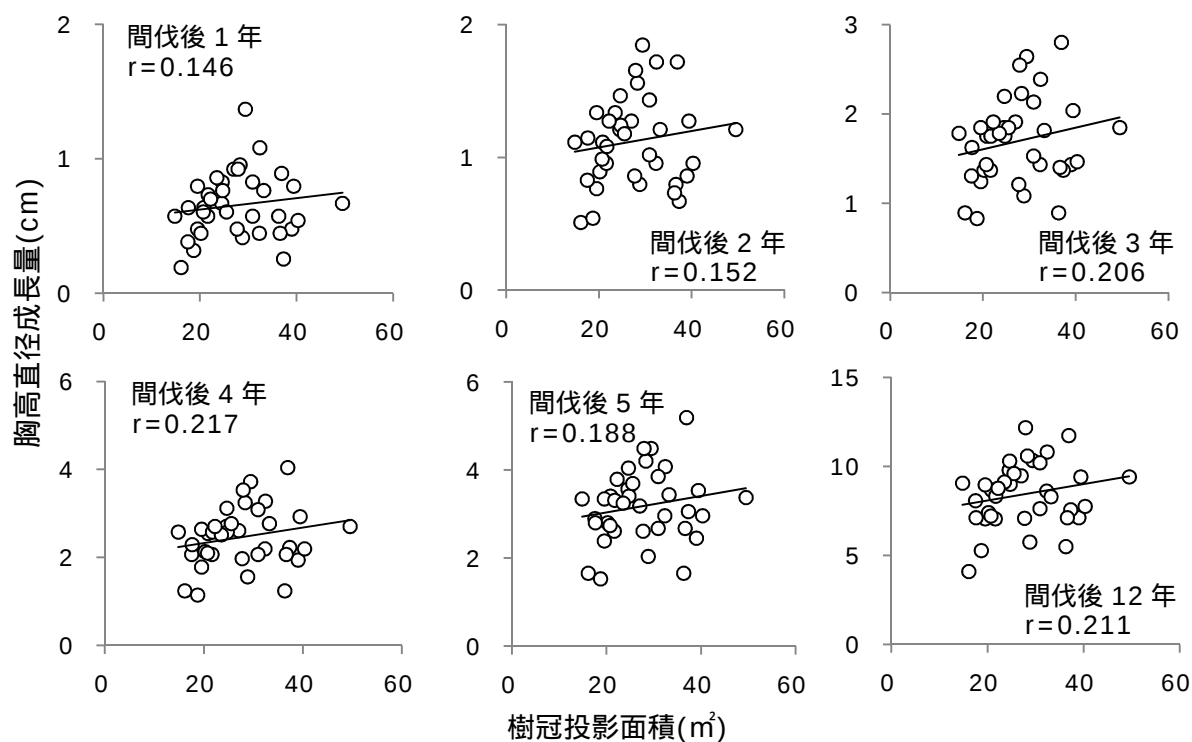


図 - 2 樹冠投影面積と間伐後 1～5 年後と 12 年後までの胸高直径成長量の関係

ヒノキ高齢木の個体サイズと胸高直径成長量の関係

千葉県農林総合研究センター森林研究所 福島成樹

1. はじめに

近年では、木材価格の低迷や、経済的な負担が大きい更新作業を先送りするために伐期の長期化が進んでいる。しかしながら、伐期が長期化した際の施業技術についてはまだまだ不明な点が多く、長伐期化に伴い生産目標を大径材にした場合の管理技術を早急に確立する必要がある。特に、高齢林の管理においては、いつ目標とする径級に達するかという大径材生産のための個体ごとの直径成長の予測が重要である。そこで、高齢林において直径成長の予測に有効な、現地で測定しやすい指標を明らかにすることを目的に、86年生ヒノキ林において期首の個体サイズと11年間の胸高直径成長量との関係を調査し、直径成長の予測に有効な個体サイズについて検討した。

本報告の一部は、(独)森林総合研究所運営費交付金プロジェクト「人工林施業の長伐期化に対応した将来木選定の指針策定」により実施した。

2. 調査地と方法

調査地は、千葉県南部にある嶺岡山県有林内の1914年植栽(2014年時101年生)のヒノキ林である。このヒノキ林は、愛宕山(408m)中腹の南から東向き斜面、標高140~200mに位置しており、120年を伐期とする大径材生産を目的とした長伐期林として管理されている。立木密度は150~250本/haとなっている。

調査は、個体サイズに幅を持たせるため、立地や施業履歴が異なる6林分の計104個体を対象とした(表-1)。個体サイズは、樹高、枝下高、胸高直径を測定し、樹冠長は樹高と枝下高の差、樹冠長率は樹高に対する樹冠長の割合として計算により求めた。樹高と枝下高は2000年5月(87年生時)に測定し、これを期首の個体サイズとした。なお、一部の個体は2001年5月(88年生時)に測定したが、これらの個体の1年間の樹高成長量は14cm程度であることが測定されており、この測定値をそのまま期首の値として用いた。胸高直径は、成長バンドを用いて測定した。成長バンドを設置した2000年4月の胸高直径を期首の値とし、2011年まで11年間の成長量を測定した。

3. 結果と考察

調査個体のサイズ分布を図-1に示した。各サイズの幅(最大/最小)は、樹高が1.5倍、胸高直径が1.8倍、枝下高が4.3倍、樹冠長が3.5倍、樹冠長率が3.3倍であり、枝下高、樹冠長、樹冠長率の幅が大きかった。

2000年~2011年の11年間の年平均胸高直径成長量は、平均が0.63cm(最小0.22cm、最大1.04cm)となり、成長量の幅(最大/最小)は4.7倍と大きかった。

個体サイズと年平均胸高直径成長量との関係を図-2に示した。胸高直径成長量と最も相関が高かったのは樹高($r=0.464$, $p<0.01$)であり、次いで胸高直径($r=0.400$, $p<0.01$)であった。枝下高($r=0.229$, $p<0.05$)は、相関が有意ではあったものの、樹高、胸高直径に比べると相関は低かった。また、樹冠長、樹冠長率については有意な相関が認められなかった。したがって、相関係数はそれほど大きくないものの、今回比較した個体サイズの中では樹高と胸高直径が最も胸高

直径成長量の予測に適しているという結果となった。

最近では、形質の良い大径材を育成するための将来木を選木する際に、個体のバイタリティーの指標として樹冠長や樹冠長率が用いられている。しかしながら、今回の調査結果からは、樹冠長や樹冠長率は将来の胸高直径成長量を予測する指標としては適していない場合があることが明らかになった。このような結果となった原因としては、樹冠長に占める陰樹冠の割合の個体差や、樹冠の水平方向の発達の個体差などが考えられる。

表 - 1 調査個体の概要

本数	樹高(m)		胸高直径(cm)		枝下高(m)		樹冠長(m)		樹冠長率	
(本)	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD
104	20.4	1.2	43.0	5.0	12.4	3.0	8.1	2.5	0.40	0.13

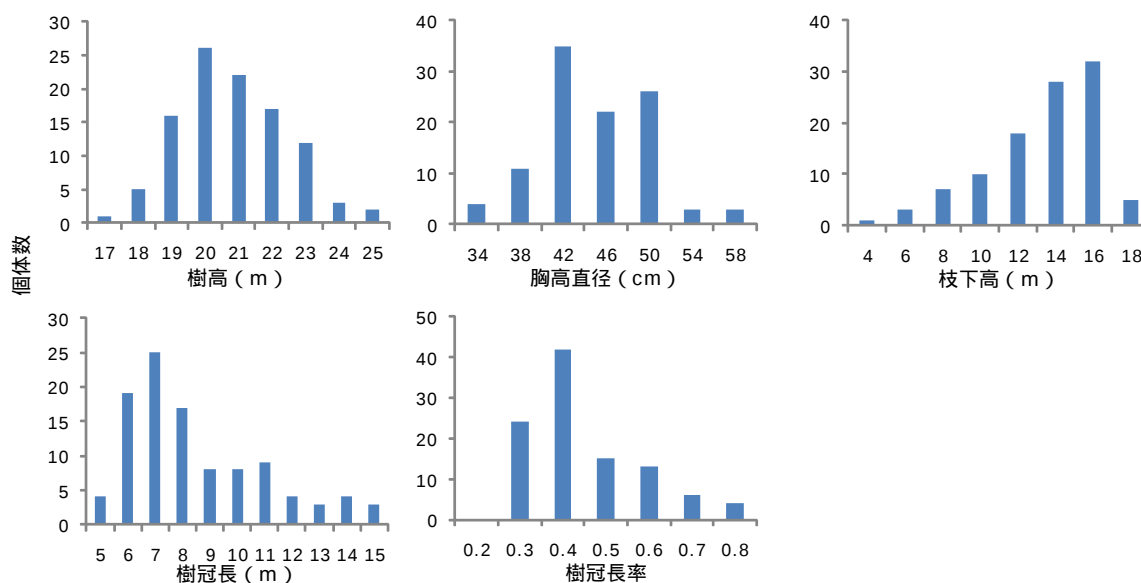


図 - 1 調査個体の樹高，胸高直径，枝下高，樹冠長，樹冠長率の頻度分布

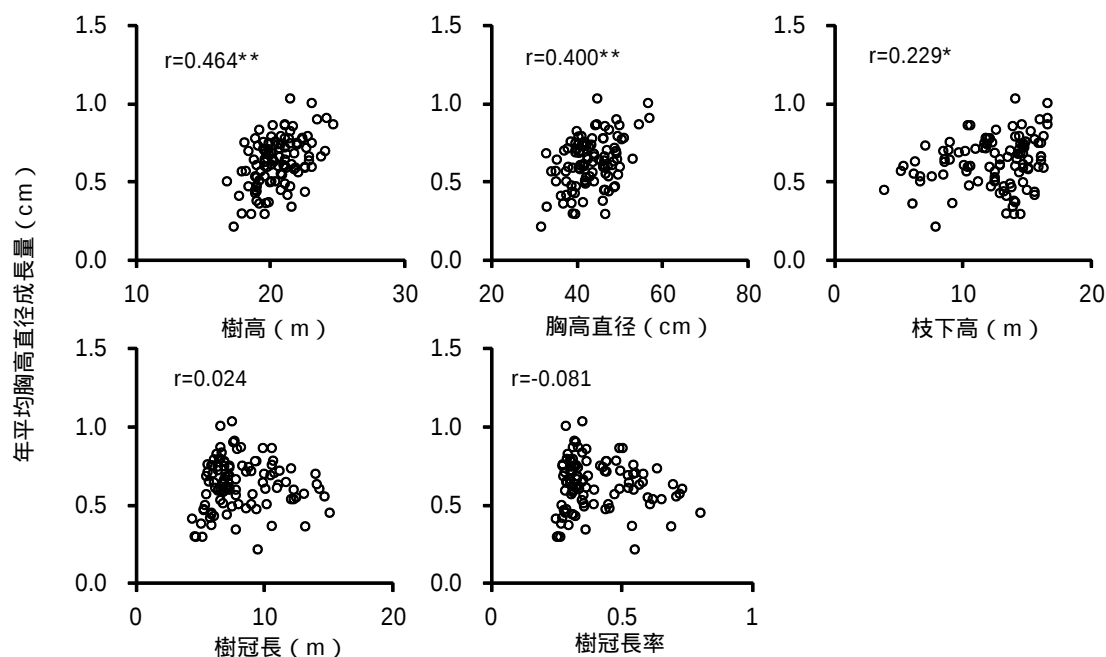


図 - 2 個体サイズと年平均胸高直径成長量の関係

注) ** は危険率 1% で有意、* は危険率 5% で有意

ヒノキにおける樹齢と光合成能力の関係

山梨県森林総合研究所 田中 格

1. はじめに

高齢林になるほど成長が頭打ちになるとされているが、高齢林の調査データを組み込んで作成された樹高曲線が、従来の樹高曲線と比べて、高齢になっても暫増し頭打ちの認められないミッチャーリッヒ式、線型対数式などで近似される曲線を示すという報告がある。（林野庁，2005）そこで、その科学的な裏付けを行うことを目的とし、成長の出発点となる個葉の光合成能力を若齢木、壮齢木、高齢木の樹齢別に測定し、比較・検討を行った。

2. 材料と方法

対象樹種は、山梨県の主要造林樹種の1つであるヒノキとし、材料となる個葉は、山梨県南部に位置する南部町の県有林で採取した。同一林班内で立地環境にほとんど差がない20年生の若齢林、60年生の壮齢林、104年生の高齢林の各林分において、標準的な成長を示す立木を採取木とし、樹冠の上部、中部、下部から枝葉を採取した。ここで、20年生および104年生の採取木では、樹冠上部、中部、下部から6本ずつの計18本、60年生の採取木では、樹冠上部と下部から6本ずつ、中部から5本の計17本の枝葉を採取して水切りをし、実験室に持ち帰った。

実験室において、採取した枝葉の先端部分の当年生個葉について、高濃度の二酸化炭素、最適温度、光飽和の光強度の条件下で、気孔開閉の影響を除去した光合成速度を測定する気相の酸素電極法（Terashima I., 1992）により、葉肉の光合成能力を測定した。測定における二酸化炭素濃度は50,000ppm、温度は、ヒノキの光合成の適性温度と考えられる25℃（根岸・佐々木，1987）、光強度は光飽和の光域である $1,700 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ とし、測定にはハンザテック社製の気相酸素電極測定装置を用いた。

測定した光合成能力（ $02 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ）の平均値、標準偏差を計算し、独立2群の有意差検定、ボンフェローニの多重比較により大小比較を行った。

3. 結果と考察

樹齢と光合成能力の関係を図-1に示す。

樹齢20年生の個葉における光合成能力は樹齢60年生および104年生の光合成能力と比べて統計的に有意な差が認められ、樹齢20年生の個葉の光合成能力は60年生、104年生に比べて大きくなった。しかし、樹齢60年生と104年生では統計的に有意な差が認められなかった。

高齢木の光合成能力は若齢木、壮齢木と比べて大きく低下すると予想していたが、今回の測定結果から、高齢木ヒノキの光合成能力は予想したほど大きく低下することはない、若齢木には劣るが、壮齢木と同等の能力が維持されていることが示唆された。

以上のことから、光合成生産において、高齢木が壮齢木と変わらない能力を維持しているという本研究の結果は、高齢林も組み込んだ樹高曲線において、高齢級で頭打ちが生じないことの科学的な裏付けの1つであると考えられる。

しかし、今回の測定は、気孔開閉の影響を除去した方法であることから、気孔開閉に大きな影響を与える水分環境、温度環境が変動する自然状態での測定ではない。今後、自然状態における個葉の光合成速度の樹齢別比較を行うことが重要と考える。

引用文献

根岸賢一郎・佐々木恵彦（1987）物質生産．（樹木の生長と環境．畑野健一・佐々木恵彦編著，養賢堂）・273-274．

林野庁（2005）長期育成循環施業に対応する森林管理技術の開発．林野庁

Terashima I.（1992）Anatomy of non-uniform leaf photosynthesis．Photosynthesis Research 31：195-212

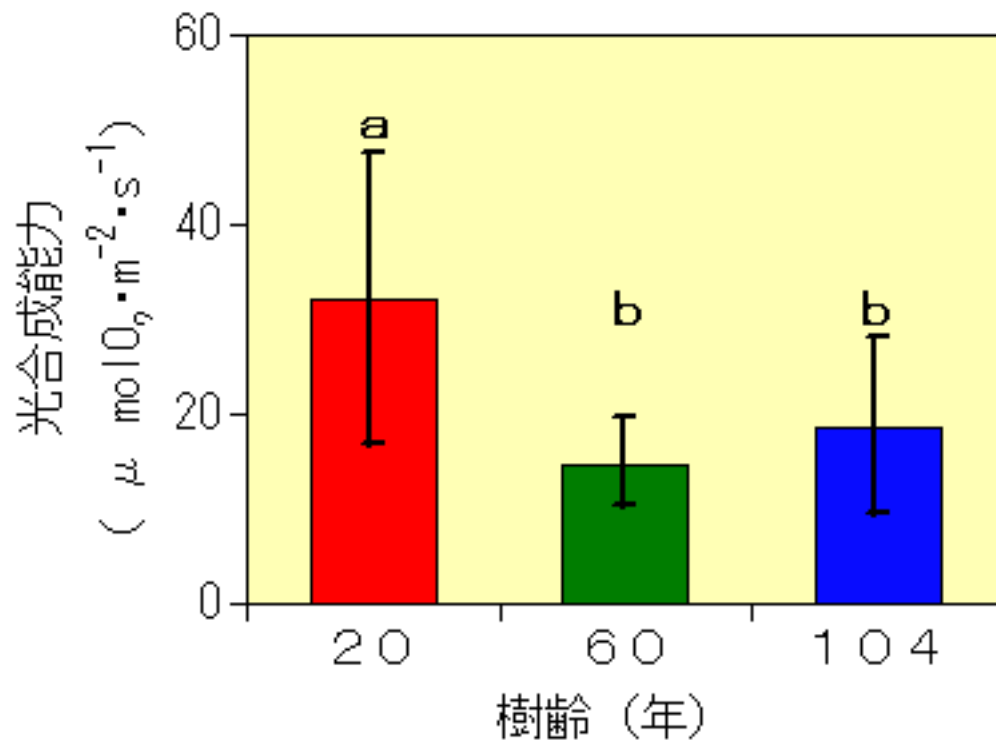


図-1 ヒノキにおける樹齢と光合成能力の関係

（註1）図中のバーは標準偏差

（註2）図中のアルファベットは独立2群の有意差検定およびボンフェローニの多重比較の結果

（註3）異なるアルファベットは5%の危険率で有意差あり

【研究成果】

高齡級人工林における間伐後の直径成長量

長野県林業総合センター 大矢信次郎・近藤道治

1. はじめに

長野県における針葉樹人工林は、2014年現在、11 齢級以上の林分が約 64%の面積を占めており(図 - 1),高齡級の林分が増えつつある(長野県林務部, 2014)。これらの林分は、従来の施業体系では主伐を行う林齢であるが、今後の成長を期待して間伐を実施し、伐期を延長する林分が大半を占めている。しかし、高齡級林分における間伐については、間伐後の成長など未解明な点が多く、高齡林における効果的な間伐のための選木方法や間伐手法等について検討する必要がある。

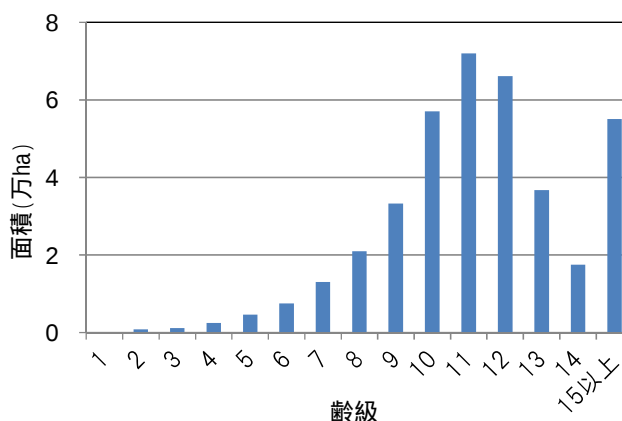


図 - 1 長野県における人工林の齢級構成

そこで本研究では、高齡級針葉樹人工林を健全に管理・育成するための間伐手法を検討した。

2. 研究の方法

高齡級人工林における間伐後の残存木の直径成長促進効果を検証するため、カラマツ・ヒノキ・スギの3樹種について、間伐率が異なる3種の試験区(強度間伐区、普通間伐区、対照区)を設定した(表 - 1)。設定した試験地の所在地と設定時林齢は、松本市波田の62年生カラマツ林、阿智村の65年生ヒノキ林、根羽村の69年生スギ林である。強度間伐区では本数間伐率50%程度、普通間伐区では同33%程度の間伐を行った。なお、間伐は小径木や形質不良木を優先的に選木しつつ、残存木の均等配置も考慮して実施した。これら3林分において胸高周囲長を毎年計測し、連年直径成長量により間伐効果を評価した。

表 各試験地における間伐前後の林況

樹種 (林齢)	試験区	間伐前				間伐後				間伐率	
		成立本数 (本/ha)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	収量比数 (Ry)	成立本数 (本/ha)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	収量比数 (Ry)	本数 (%)	材積 (%)
カラマツ (62年生)	強度間伐	494	23.2	31.7	0.75	259	23.2	37.5	0.55	47.6	31.2
	普通間伐	474	23.3	31.6	0.74	337	23.6	34.3	0.64	28.9	16.9
	無間伐	494	22.6	30.9	0.74	494	22.6	30.9	0.74	-	-
ヒノキ (65年生)	強度間伐	982	16.3	21.5	0.69	436	17.9	24.8	0.50	55.6	44.3
	普通間伐	800	17.5	22.8	0.67	515	18.8	25.9	0.57	35.6	18.1
	無間伐	573	18.4	26.9	0.59	573	18.4	26.9	0.59	-	-
スギ (69年生)	強度間伐	692	23.9	32.0	0.69	369	25.2	35.5	0.51	46.7	33.0
	普通間伐	682	25.1	34.1	0.71	473	26.2	36.9	0.61	30.7	18.0
	無間伐	700	26.0	36.3	0.73	700	26.0	36.3	0.73	-	-

3. 結果と考察

各試験地における、普通間伐区及び強度間伐区の直径成長量を無間伐の対照区と比較した(図 - 2)。その結果、カラマツとスギにおける各間伐区の直径成長量は対照区より有意に高かった(Tukey-Kramerの多重比較検定, $P < 0.05$)。これらは、間伐により胸高直径の小さい個体が淘汰された結果、成長が比較的旺盛な優勢木が残存したためと判断できる。一方、ヒノキの直径成長量は普通間伐区で対照区と差がなく、強度間伐区では有意に低かった。

($P<0.05$)。既往の報告では、ヒノキ林において強度間伐を行うと水ストレスを生じやすい傾向がみられ枯死を引き起こすケースもあることが指摘されている(宮本ら,2012)ことから、本試験地においても強度間伐による成長抑制が起きた可能性が示唆される。

次に、各試験地における間伐前の立木の胸高直径を上位・中位・下位の3等級に本数を等分し、間伐後に残存した個体を間伐前に行った区分に従って比較した。その結果、いずれの樹種においても、各等級内における直径成長量は、対照区と普通間伐・強度間伐の各試験区間に有意差が認められなかった(図-3~5, Tukey-Kramer の多重比較検定, $P>0.05$)。また、同一試験区内における上位・中位・下位の等級間の成長量に有意差が認められた組み合わせは、カラマツ対照区の下位:上位, ヒノキ対照区の下位:上位, ヒノキ普通間伐区の下位:上位に限られ、スギには等級間差が認められなかった。

これらのことから、各樹種とも13 齢級以上の林齢においては、間伐による直径成長量の増加促進効果が現れにくいことが示唆された。しかし、今回の各間伐試験地は、ある程度間伐が行われてきた林分であり、間伐前の収量比数が0.60~0.75 程度であったことから、間伐によってギャップが拡大しても残存木は即座に反応を示さなかった可能性も考えられる。

引用文献

宮本和樹, 奥田史郎, 野口麻穂子, 伊藤武治, 佐藤重穂 (2012) 四国のヒノキ強度間伐林分における残存木の葉の水分特性. 森林総研研報 425:223-231.

長野県林務部 (2014) 長野県民有林の現況. 195pp.

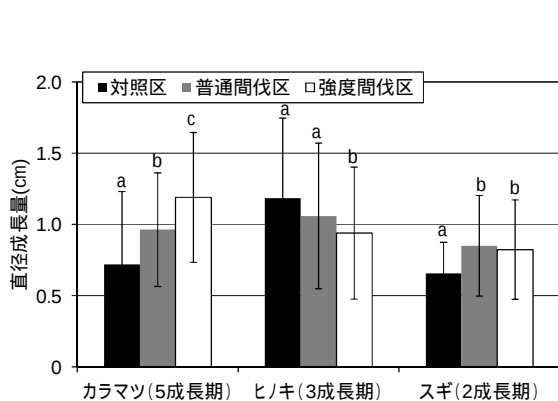


図-2 各試験地における間伐後の直径成長量
異なる符号は有意差があることを示す($P<0.05$)
(一元配置の分散分析, Tukey-Kramer の多重比較検定)

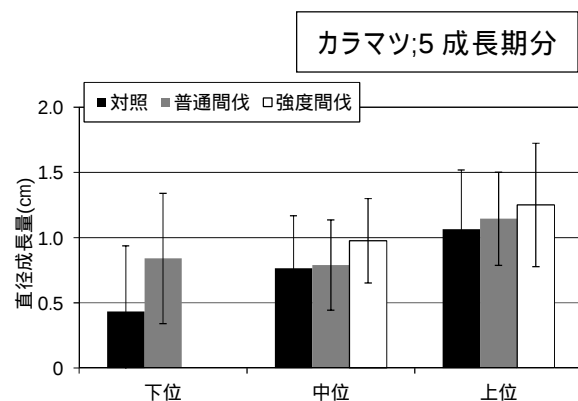


図-3 13 齢級カラマツ林における間伐後の直径成長量
(各等級内における有意差なし)

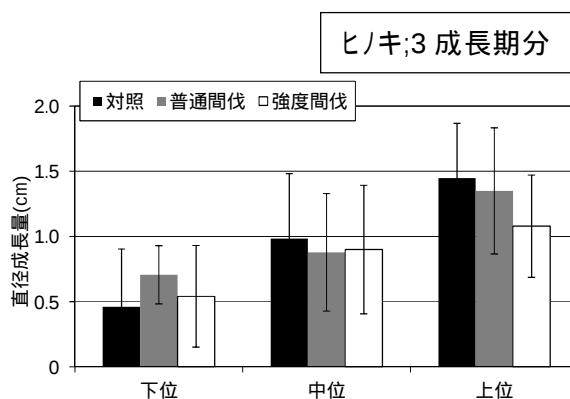


図-4 13 齢級ヒノキ林における間伐後の直径成長量
(各等級内における有意差なし)

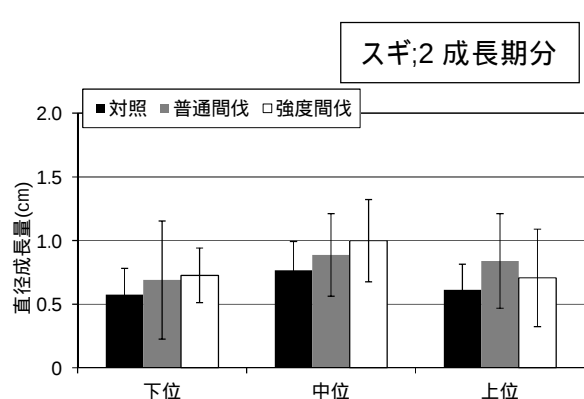


図-5 14 齢級スギ林における間伐後の直径成長量
(各等級内における有意差なし)

高齡・過密ヒノキ林における上層間伐に対する直径成長の反応

岐阜県森林研究所 渡邊仁志・大洞智宏・茂木靖和

1. はじめに

人工林の伐期が延長され高齡級林分が増加する傾向にあるが、これらの林分の合理的な管理技術については不明な点が多い。これまでの研究成果から、初期段階で徹底的な密度管理が行われた林分は、個体あたりの着葉量が確保されているため、高齡級林分に誘導しやすいと考えられている（正木ら 2011）。しかし実際には、間伐が不十分なまま高齡級化し、想定以上の高密度になった林分もある。このような林分を間伐した場合、適切な密度管理がなされてきた林分の傾向が当てはまるのかは不明であり、間伐に対する林分の反応もよく分かっていない。本研究では、長期間、無間伐状態にあった高齡・過密なヒノキ人工林で上層間伐を行い、その後の直径成長を継続調査した。

2. 調査地と方法

調査地は岐阜県東白川村のヒノキ人工林（395m²）で、標高 490m、斜面傾斜 34° の西南西向き斜面・上部に位置し、母材は濃飛流紋岩（溶結凝灰岩）、土壌型は B_D(d)である。植栽密度、施業履歴は不明であるが、樹幹解析（後述）の結果、調査開始時の林齢は 97 年生で、近年 50 年間は間伐が行われていないと考えられた。2006 年 12 月、ヒノキ（胸高直径 > 14cm）の毎木調査後、上層間伐を行った。間伐時、サイズの異なる 5 個体について胸高位置の樹幹解析を行った。間伐から 5 成長期後の 2012 年 4 月、および 8 成長期後の 2014 年 8 月に再調査を行った。調査項目は胸高直径、樹高、枝下高とし、得られた樹高と枝下高の差を樹冠長とした。

3. 結果と考察

林分の概要を表-1 に示す。間伐前の平均樹高は 20.4m であり、この林分の地位級は 3 と 4 の中間（地位中）に相当した。立木密度は 1320 本/ha、収量比数は 0.93 で、林分収獲表における同地位の林分と比較して高密度であった。伐採は優勢木から行われ、本数間伐率 34.6%の上層間伐によって胸高断面積合計が 40.7%減少した。平均胸高直径や胸高断面積合計は、間伐後の値と比べると、間伐後～5 成長期後（前期）から 5 成長期後～8 成長期後（後期）にかけて大きくなり、反対に樹高と樹冠長は前期末、後期末で大きくは変わらなかった（表-1）。

樹幹解析の結果から求めた間伐前 10 年間、および前期、後期の年直径成長量を図-1 に示す。後期の年成長量は、間伐前のそれよりは大きく、前期のそれよりは有意に大きかった（Wilcoxon の符号付順位和検定、 $p < 0.001$ ）。間伐後、前期末、後期末の値を比較すると、樹冠長には有意差が認められなかった（図-2、Steel-Dwass 検定、 $p > 0.05$ ）。前期末の樹冠長と前期の直径成長量、後

表-1 林分の概要

	間伐前	間伐後	前期末	後期末
立木密度 (本・ha ⁻¹)	1320	863 [457]	812	812
胸高断面積合計 (m ² ・ha ⁻¹)	57.5	34.1 [23.4]	36.4	40.3
胸高直径 (cm) [†]	23.1	22.0 [25.4]	23.5	24.7
樹高 (m) [†]	20.4	19.9 [21.4]	21.0	21.0
樹冠長 (m) [†]	6.2	5.9 [6.7]	6.4	6.3
本数間伐率 (%)		34.6		
胸高断面積間伐率 (%)		40.7		

[†] 平均値で示す。[] 内は間伐個体の数値を示す。

期末の樹冠長と後期の成長量にはそれぞれ有意な正の相関が認められた(図-3、それぞれ $p < 0.001$ 、 $p < 0.05$)。

調査林分は、壮齡期から 50 年以上も無間伐で放置されたと推定される林分である。また、収穫表の立木密度との比較、収量比数、間伐前の直径成長量などから過密な状態であるといえる。このような林分においても、高齡級になってから行われた上層間伐によって、直径の成長促進効果がみられる場合があるといえる(図-1)。また成長促進の程度は間伐から間もない時期よりも、間伐から時間が経った時期の方が顕著であった(図-1)。これは、処理直後は間伐の影響が顕在化せず、時間が経ってから直径成長に反映されるという報告(Latham and Tappeiner 2002)と一致する。また、直径成長量は間伐によって樹冠が拡張できた個体ほど大きくなる(福島 2000)。調査林分でも個体レベルでは、樹冠長の大きい個体の直径成長量が大きかった(図-3)。これらのことから、調査林分でも、間伐後、まず樹冠サイズが拡張してから直径成長が応答することを想定したが、調査期間中には樹冠長の伸長はみられなかった(図-2)。

したがって、直径成長が期間後期により促進された理由は不明であるが、図-3 からは、同じ樹冠長であれば直径成長量は前期よりも後期の方が大きかったことが読み取れる。このことから、樹冠長には現れない何らかの変化が樹冠内で起こった可能性が示唆される。考えられることとして、樹冠内の枝の伸長により枝あたりの葉密度が増加し、葉量が変化した可能性がある。また間伐によって個葉あたりの光合成効率に変化があったのかもしれない。調査林分において、期間後期になって直径成長がより大きくなったメカニズムの解明は、今後の研究における検討課題である。

引用文献

- 福島成樹(2000)千葉県安房地方のヒノキ長伐期林における間伐効果. 日林関東支論 52:101-102
- Latham, P. and Tappeiner, J. (2002) Response of old-growth conifers to reduction in stand density in western Oregon forests. Tree Physiol. 22:137-146
- 正木隆・森茂太・梶本卓也・相澤州平・池田重人・八木橋勉・柴田銃江・櫃間岳(2011)高齡・高密度のアカマツ林の間伐は個体の成長を改善するか. 日林誌 93:48-57

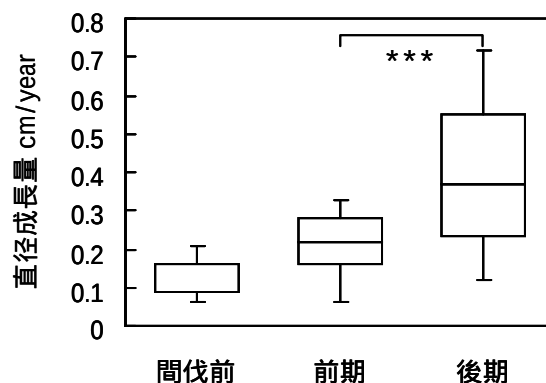


図-1 間伐前後の年直径成長量

***は両期間における数値の有意差($p < 0.001$)を示す。箱は四分位範囲、箱中の横線は中央値、箱から上下に伸びたひげはそれぞれ 95 パーセンタイル、5 パーセンタイルを示す。

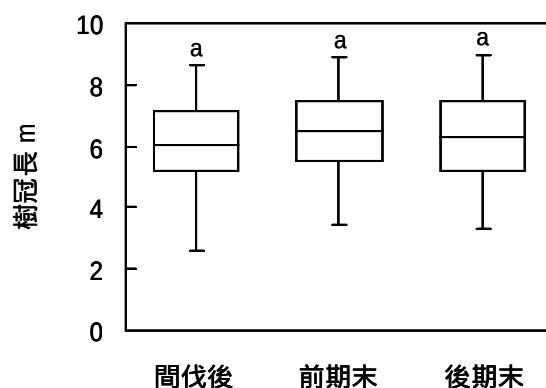


図-2 各期末の樹冠長

添え字は各数値に有意差がないことを示す。箱ひげ図の読み方は図-1 の注釈を参照のこと。

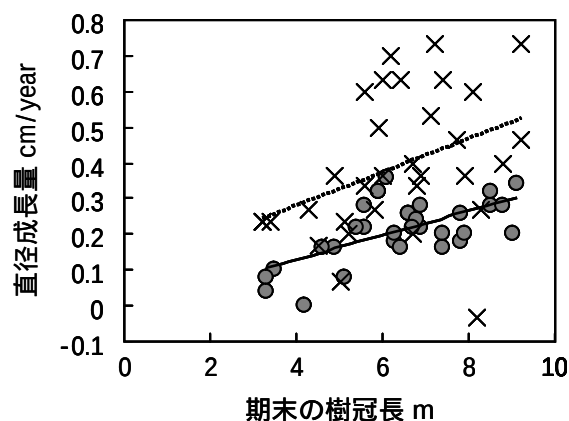


図-3 期末の樹冠長と年直径成長量の関係

●および実線は前期、×および点線は後期の関係を示す。

【研究成果】

寡雪地域におけるスギ在来品種の成長特性と生産目標

岐阜県森林研究所 渡邊仁志・茂木靖和

1. はじめに

スギには地域ごとに多様な品種が存在し、その成長特性は品種によって異なる。長伐期化や初期保育の省力化などへの要請が高まっている今日、目的にあった品種の特性を積極的に利用することが重要である。これまでに各品種で幼・若齢期の成長特性が明らかにされているが、壮齢期の成長は報告が少ない。壮齢期以降の成長特性が示されれば、長伐期を目標として新植する場合の品種選定に有用である。また壮齢期を迎えた林分で今後も高い成長量が期待できるかどうかを判断する基準として、長伐期施業への移行の可否を検討する指標にもなるだろう。本研究では、岐阜県の寡雪地域に設置したスギ品種適地性実験林において、成長段階による品種の成長特性や品種間の順位の変動を明らかにし、それらの結果に基づいて、品種の成長特性に応じた管理方法を検討した（渡邊・茂木 2012）。

2. 調査地と方法

調査地は、岐阜県下呂市小川に設置したスギ品種適地性実験林（46～48年生）で、北向き平衡斜面の下部（標高 400m）にあり、地質は濃飛流紋岩類（溶結凝灰岩）、土壌型は B_D（崩積型）である。調査地には 28 品種（岐阜県産 4 品種、県外産 24 品種）が植栽密度 3000 本/ha で、品種ごとに複数列の列状に植栽されている。この中から生存本数が 5 個体以下の品種を除く 20 品種について、複数回行われている毎木調査データから約 10 年生時（幼齢期）、約 28 年生時（若齢期）、約 46 年生時（壮齢期）のデータを解析した。

3. 結果

10 年生時、28 年生時、46 年生時における樹高の品種間差は、いずれも有意であった（Kruskal-Wallis 検定、 $p < 0.01$ ）。期首の樹高と期末の樹高、または期首の樹高と連年樹高成長量との相関を示す（表-1）。全品種について期首の樹高と期末の樹高を比較した場合の相関は高く、その関係はすべて有意であった（Spearman の順位相関、 $p < 0.01$ ）。10 年生時の樹高、28 年生時の樹高と、28 年生時以降の連年樹高成長量にはそれぞれに有意な負の相関が認められた（同、 $p < 0.01$ ）。品種間における樹高の順位変動を示した（図-1）。ミヨウケンスギが常に上位にあり、クマスギ、ミズミスギ、アヤスギの順位は低かった。また、28 年生時から 46 年生時にかけてはアジマノスギ、マスヤマスギが順位を上げ、ハウライジスギ、クモトオシ、サンブスギは順位を下げた。調査期間中に、ハウライジスギ、クモトオシなどには冠雪害による幹折れが発生した。

4. 考察

各品種の樹高には、これまでに報告のあった幼・若齢期だけでなく、壮齢期においても差が認められた。また、それぞれの成長段階における品種間の順位には変動がみられた（図-1）。幼齢期、若齢期、壮齢期の樹高の順位に対して、期首と期末のそれらの数値の相関は高かった（表-1）。一方、幼・若齢期の樹高と若齢以降の連年樹高成長量には、負の相関が認められた（表-1）。これらのことは、幼・若齢期の順位が上位であった品種は、それまでの旺盛な成長

に起因して壮齡期にも上位である一方、成長量においてはそれまでのアドバンテージが失われ、相対的な順位が低下しつつあることを示す。このように、品種の成長特性が樹齢とともに変化することは、伐期や生産目標と照らし合わせた品種選定が必要であることを示唆している。

本調査地において、クモトオシ、サンプスギ、ハウライジスギは幼・若齡期の樹高成長が良好であった。幼齡期の成長は収穫時の材積には寄与しないが、下刈りの期間を短縮して保育作業の省力化を図ったり、雪害回避を期待したりするのであれば、幼齡期の成長に優れた品種を選択することも考えられる。クモトオシ、サンプスギは早生品種である。品種特性は、若齡期の樹高成長が優れる一方、壮齡期における品種間での樹高の順位が下位に転じている（図-1）という本稿の結果からもうかがうことができる。また、クモトオシは折損しやすく、冠雪害による幹折れの発生率が高いことが報告され、サンプスギも冠雪害や風害に弱いといわれている。早生であることや気象害リスクが高いことを考慮すれば、これらの品種は短伐期での利用が適していると思われる。

本調査地において、壮齡期の樹高成長がよかった品種は、ミョウケンスギ、アジマノスギ、マスヤマスギであった（図-1）。さらに冠雪害への耐性が比較的高いという報告を加味すると、より長い伐期での利用に適した品種であると考えられる。

クマスギ、アヤスギ、ミズミスギは常に下位のグループに属する品種である（図-1）。これらの品種は晩生型であり、クマスギは高齡になっても成長量が低下しないといわれている。本調査地においても、過去の連年樹高成長量と比較しても最近のそれが衰えていなかった。このことから、晩生で成長持続型の傾向がうかがえた。

今後の適切な森林造成・管理のためには、品種特性を理解したうえで、伐期、生産目標に合わせた品種選定が必要とされる。そのためには、生産性の高さだけに注目するのではなく、さらに材質や強度などの点でも目的に適っているか検討することが重要である。

表-1 樹高における期首と期末、または期首と連年成長量との相関関係

増殖形態	変数	樹高		連年樹高成長量	
		28年生	46年生	10～28年生	28～46年生
実生	10年生	0.717 *	0.717 *	-0.017	-0.500
	28年生		0.933 **		-0.750 *
挿し木	10年生	0.827 **	0.664 *	1.000 **	-0.491
	28年生		0.591		-0.727 *
全体	10年生	0.836 **	0.606 **	0.176	-0.592 **
	28年生		0.770 **		-0.725 **

数値はSpearmanの順位相関係数を示す。*は5%水準，**は1%水準で有意であることを示す。

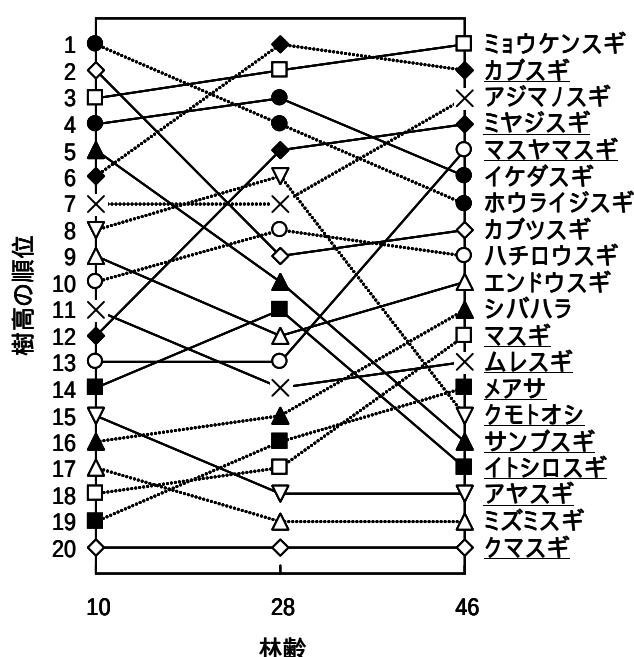


図-1 品種間における樹高の順位変動 図中下線は挿し木品種、それ以外は実生品種を示す

引用文献

渡邊仁志・茂木靖和（2012）岐阜県中部の寡雪地域における壮齡スギ在来品種の成長，林木の育種 244：11-17

【研究成果】

愛知県三河山間地における高齡林の実態

愛知県森林・林業技術センター 石田朗・中西敦史

1. はじめに

全国的に高齡化林分が増加している中、本県の東三河地域でもスギを主とした高齡級林分が多くなっているが、その実態は明らかではなく、施業方法も確立されていない。そこで、本研究では当地域のスギ・ヒノキ高齡林における成長や病虫害等発生状況のデータ収集を行い、高齡化林分の実態を解明することで本地域の立地に適応した施業方法を検討した。

2. 調査地と方法

新城市を中心として三河山間地42～136年生の高齡林においてスギ林10カ所、ヒノキ林12カ所、スギ・ヒノキ混交林5カ所の計27カ所で林分の平均胸高直径のスギ・ヒノキ（標準木）を1本伐倒し、樹幹解析して植栽木の樹高と胸高直径の成長を調査した。また、同じ林分で病虫害の発生状況を調査した。

3. 結果と考察

スギ林の樹高と胸高直径の成長を図-1に、ヒノキ林の樹高と胸高直径の成長を図-2に、スギ・ヒノキ混交林の樹高と胸高直径の成長を図-3に示した。スギ林、ヒノキ林、スギ・ヒノキ混交林ともに、40年生時の成長の良好な調査地では、成長曲線の初期の立ち上がりも早く、単年の成長量が大きい傾向が見られた。一方、40年生時の成長の不良な調査地では、成長曲線の初期の立ち上がりも遅く、単年の成長量が小さいか、あるいは成長が早い時期に鈍化する傾向が見られた。混交林の設楽町（神田1）では、樹高、胸高直径ともに成長曲線の立ち上がりが著しく遅く、単年の成長量が低かったが、これは天然性実生由来の林分であることが理由と考えられた。多くの調査地において、胸高直径成長は20年生以前で大きい傾向が見られた。一般的に針葉樹では、年輪幅が広ければ木材強度が低下し、JAS 構造用製材基準において品質が低く、市場での木材価格が低いとされる。中心の年輪幅が広い東三河の大半の人工林では、今後一層の高齡化により高品質材の生産を図ることは困難と考えられた。

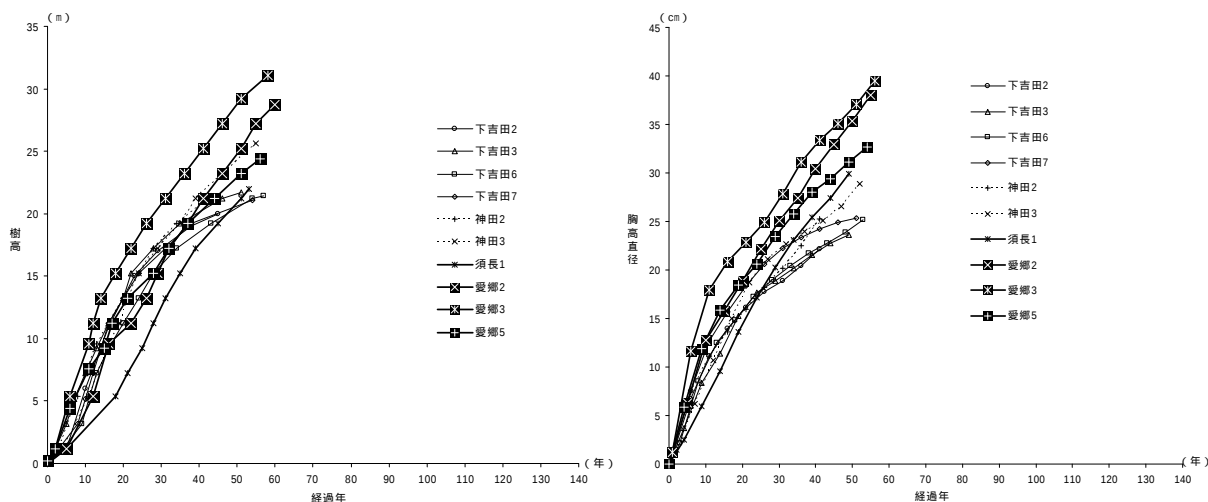


図-1 スギ林の樹高(左)と胸高直径(右)の成長

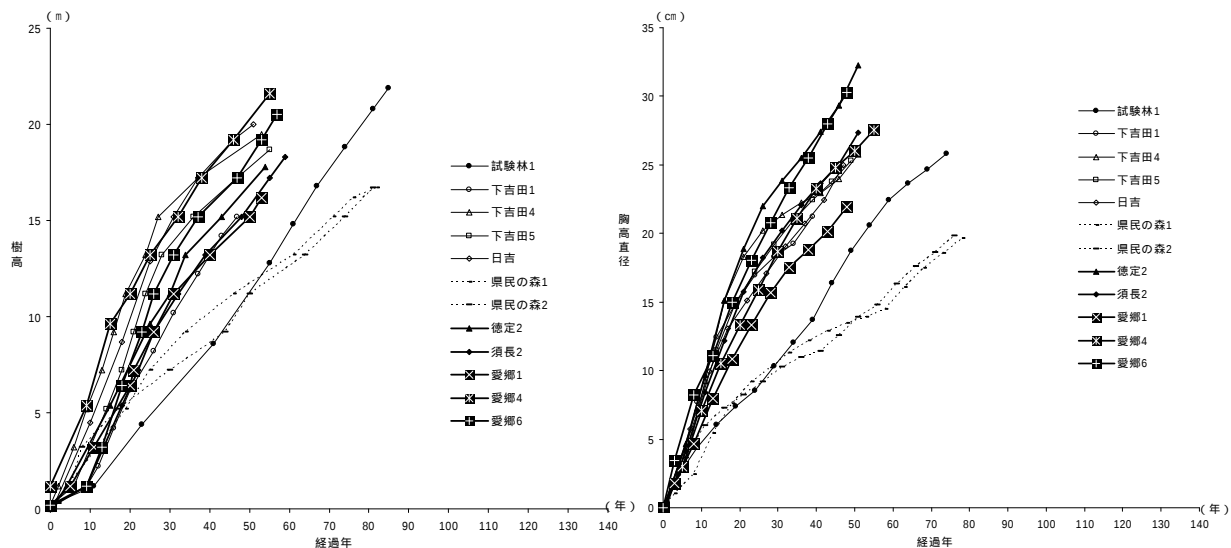


図-2 ヒノキ林の樹高(左)と胸高直径(右)の成長

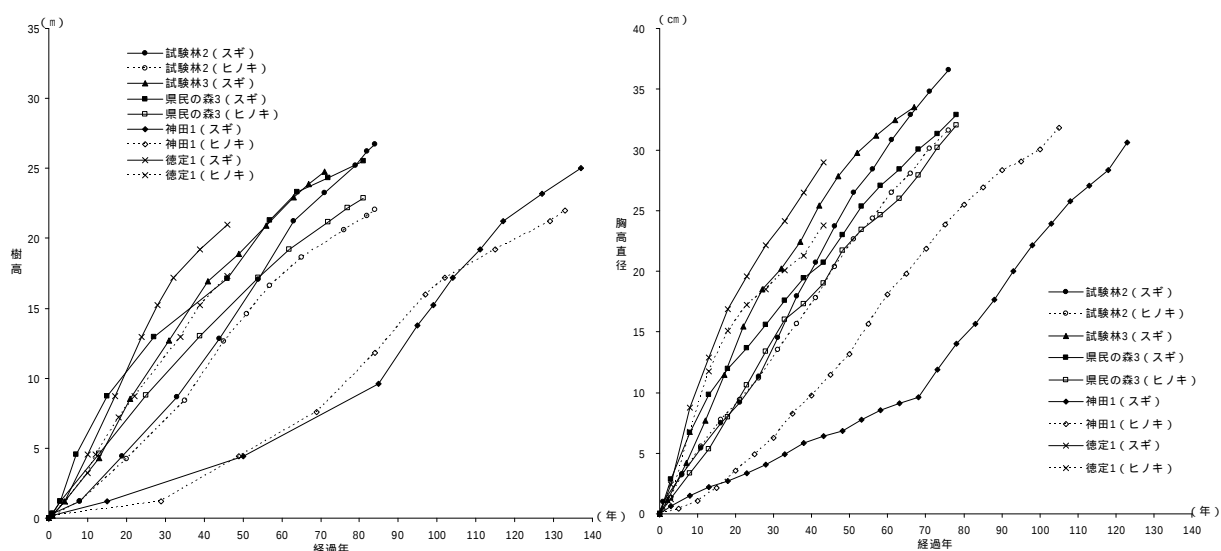


図-3 スギ・ヒノキ混交林の樹高(左)と胸高直径(右)の成長

病虫害の発生状況では、ヒノキが植栽されていた17地点すべてにおいて、とっくり病の症状が確認された。そのうち罹病率が100%の場所は10地点で、特に土壌型が黒色土の4地点すべてが含まれていた。

その他には、林分ごとの伐倒木にスギノアカネトラカミキリの被害が、県民の森3地点と付近の1地点の計4地点で確認された。

これら2つの病虫害が発生している地域では、高齢化に伴う高品質材の生産を図ることは困難と考えられた。



図-4 とっくり病の発生した林分

【研究成果】

群馬県内のスギ樹冠調査

群馬県林業試験場 石田敏之

1. はじめに

群馬県内の人工林は、伐期を迎え柱材等への利用可能な林分が多くなっている。しかし、実際には皆伐再造林が敬遠され、結果的に多くの林分が高齢になりつつある。

短伐期林を大径林生産を目的とした長伐期林に移行させるためには、間伐の実施により樹冠を成長させ、材積成長を確保する必要がある。

そこで、県内スギ人工林で最も面積が多い、スギ 50 年生林分の樹冠と、長伐期林のモデルとなる高齢林分（スギ 100 年生前後の高齢林）の樹冠を調査し、構造を明らかにした。

2. 調査地と方法

調査地は県内のスギ 50 年生林分及び高齢林分とした。調査数は、50 年生が 23 林分、高齢林分が 11 林分である。調査は、平成 25 年度と 26 年度の 2 回に分け、成長停止期に行った。調査項目は林分密度、樹高、胸高直径、枝下高、枝張りとした。樹高と枝下高はバーテックスにより、胸高直径は直径巻尺により、枝張りは巻尺で斜面上下、及びそれと直行する 2 方向の計 4 方向を測定した。50 年生林分の調査では、調査プロットは設けず、植栽時の苗列間を基に 5 列 × 10 本分の面積に相当する区域を測定区とした。高齢林分の調査では、20m × 25m の区域を調査区とした。



写真-1 高齢林調査林分



写真-2 枝張り調査

3. 結果と考察

全調査林分について、平均枝下高、平均樹冠長、平均樹冠長率を、平均枝下高を基準に並び替えた結果を図-1 に示す。高齢林分では、平均枝下高は 8.0m から 16.6m、樹冠長率は 46% から 71% の範囲にあり、11 林分中 2 林分で 50% を下回ったものの、全般に樹冠長率は大きく、大径材生産に適した施業が行われてきたと推測できる。一方、50 年生林分の平均枝下高は 7.6m から 17.2m、樹冠長率は 26% から 68% の範囲にあり林分による差が大きかった。藤森(2005)は、大径の良質材生産の目安は、少なくとも樹冠長率が 50% 以上ほしいと述べている。今回の調査で 50 年生林分は、全体の 2/3 がこの値を満たしていない。これらの林分では、間伐により枝の枯れ上がりを防ぎ、枝下高を維持することにより樹冠長率を大きくする施業が必要となる。

次に樹冠の横方向の大きさである平均枝張り（4方向の平均半径）と胸高直径の関係を図-2に示す。胸高直径は枝張りとは相関関係があり、大径材生産を目的とするのであれば、林分密度を低くし、樹冠面積を大きく確保する必要がある。今回調査した高齢林分中、最大平均胸高直径は、60cmであった。図-2の一次式によれば平均枝張りは3.9mとなり、樹冠投影面積から林分密度を計算すると約200本/haとなる。60cmの径を得るには、このような疎林に仕立てる必要がある。

今回の調査結果を基に、高齢林分に至るまでの樹冠の管理手法を検討したい。

引用文献

藤森隆郎（2005）間伐はなぜ必要か．森林科学 44:4-8

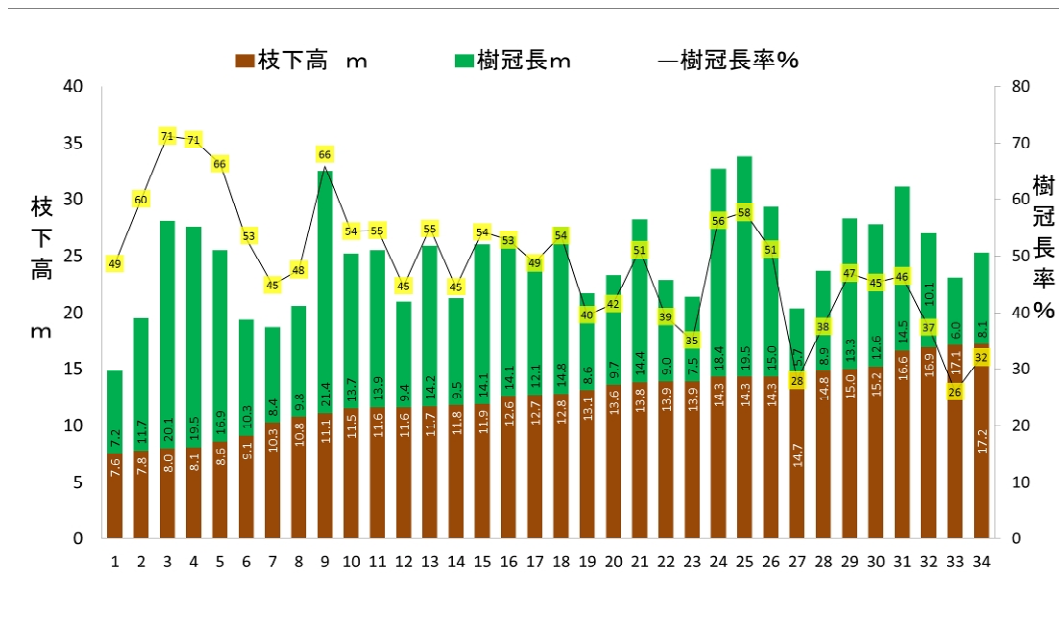


図-1 調査林分の枝下高、樹冠長、樹冠長率

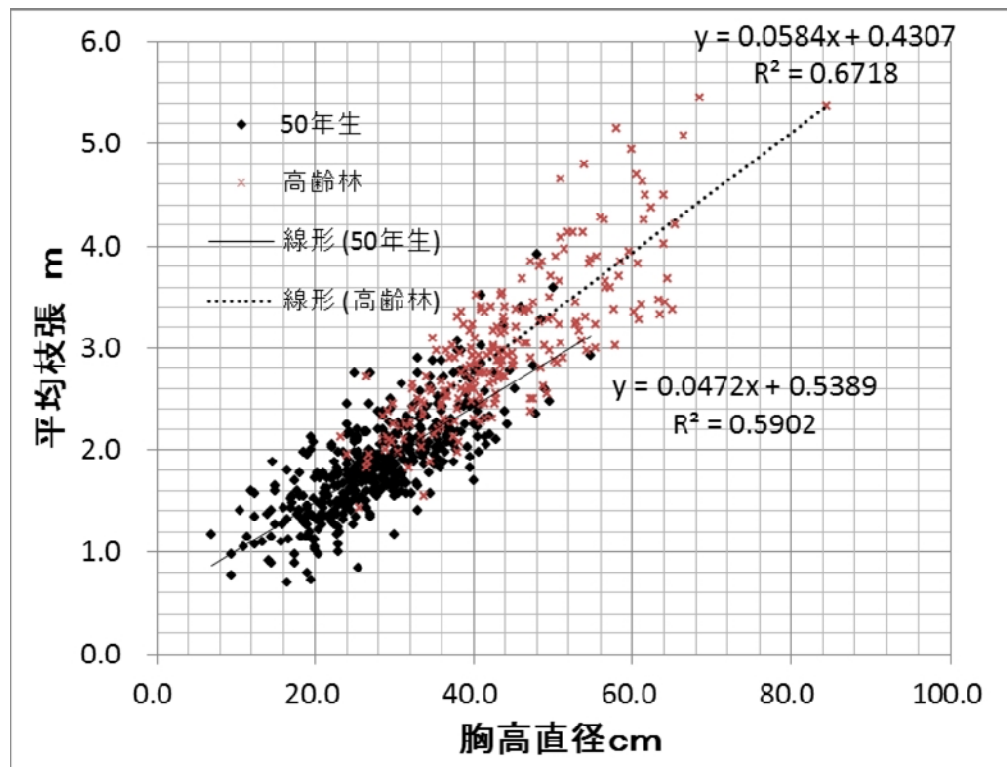


図-2 枝張りとは胸高直径の関係

雪圧害履歴のあるスギ人工林のための長期的管理計画の策定方法

新潟県森林研究所 塚原雅美

1．研究の背景・ねらい

全国的に人工林が成熟段階に入った現在においても、雪圧害の影響が認められるスギ人工林が多雪地には少なくない。雪圧害は幼齢期に発生するが、その影響は成熟期まで残り、林分密度管理図の推定精度などにも影響するとされている。そこで本研究では、多雪地での林分密度管理図の適切な活用を図るため、その推定値の誤差とそれに影響する要因を明らかにすることを目的とした。さらにこの結果をもとに、多雪地のスギ人工林について長期的管理計画を合理的に策定する方法についても検討した。

2．林分密度管理図による推定材積の誤差と補正方法

比較的閉鎖の進んだスギ人工林 35 林分を、新潟県下越地方の最深積雪 100～250 cm の地域から選定し（表 1）、林分密度管理図による推定材積の推定誤差を求めた。

その結果、林分内のすべてのスギ（植栽木）を対象とした場合には、林分密度管理図による推定材積は過小となる傾向（図 1）が認められた。さらに、この推定誤差を大きくする要因は上層木比率の低いこと（表 1）であることが統計的な検討により明らかになった（塚原・紙谷 2013）。そこで対象を樹冠が林冠に達している上層木に限定した結果、誤差率がおおよそ 10%以内に低減された（図 2）。なお、推定材積は林分密度管理図に示されている断面積合計による方法によっても可能である。だが、この上層木に対象を限定する方法は、上層木の混み方の指標が得られる点で、間伐計画の樹立など管理計画策定に有効と考えられる。

3．収穫対象木の抽出方法

さらに長期的管理計画を合理的に策定するために、主な管理対象となる収穫対象木を定量的に選木する方法を検討した。すなわち、地位指数曲線により、任意に定めた想定伐期での到達樹高とその適正密度を定め、これを目標密度として樹高順位がそれ以内の上位木を収穫対象木とする方法である。この方法により、根元曲がりの少ない個体を選定でき（図 3）、林齢と胸高直径との関係もより明瞭となることがわかった（図 4）。なお、ここ定めた到達樹高は、想定伐期を 100 年生に定め、それに対応するために新たに調整した地位指数曲線を用いて求めたものである。想定伐期をより長くするためには、地位指数曲線をさらに延長する必要がある。

5．まとめと留意点

本研究では、多雪地のスギ人工林の特性に応じた資源量把握と管理計画の策定方法を提案した。しかしながら、現行のスギ人工林の対象林齢は 85 年程度で、さらに長期的な予測を行うためには地位指数曲線の延長が必要である。

引用文献

塚原雅美・紙谷智彦（2013）雪圧害が人工林の直径分布に及ぼす影響，日林誌 94. 182-187

表1 調査した35林分の概要

	平均値 ± 標準偏差
林 齢 (年)	67 ± 26
樹 高 (m)	23 ± 6
胸高直径 (cm)	35 ± 9
本数密度 (本/ha)	783 ± 360
胸高断面積合計 (m ² /ha)	74 ± 18
上層木本数率 (%) ¹⁾	64 ± 13.8

プロットサイズは900、1600、2,000 m²で、林分形状にあわせて設定した。

1) 既報による積雪の影響が少ない地域での上層木本数率は81～100%。

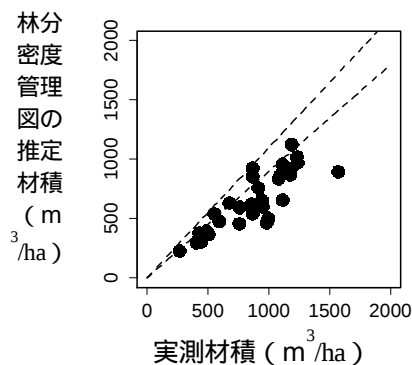


図1 林分内のすべてのスギ(植栽木)を対象とした時の林分密度管理図の推定誤差

実測材積は単木材積の積算値(より実測値に近い理論値)。
点線は誤差率±10%の範囲を示す。

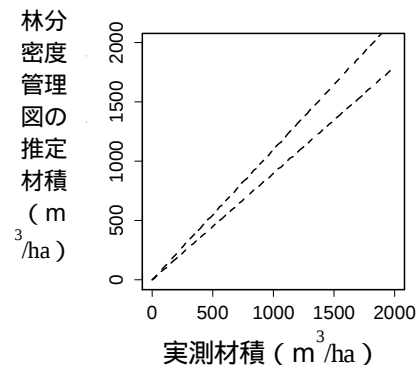


図2 上層木に限定した時の林分密度管理図の推定誤差

実測材積は上層木に限定した単木材積の積算値(より実測に近い理論値)。
点線は誤差率±10%の範囲を示す。

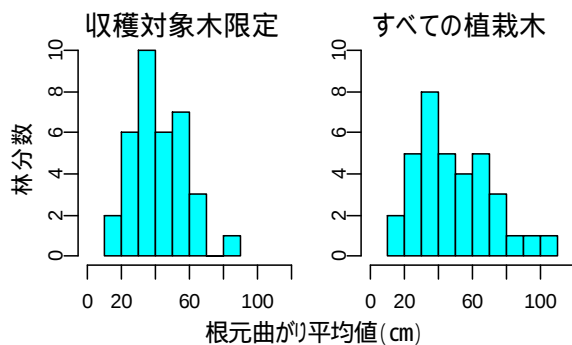


図3 根元曲がりの林分平均値の度数分布

根元曲がりとは地上130 cmでの傾幹幅(根張り含む)。
収穫対象木限定: 想定伐期100年生、目標密度を相対幹距=20とした時の、目標密度以内の樹高順位の立木に限定した値。
すべての植栽木: 林分内に生残している植栽木すべてを対象とした値。

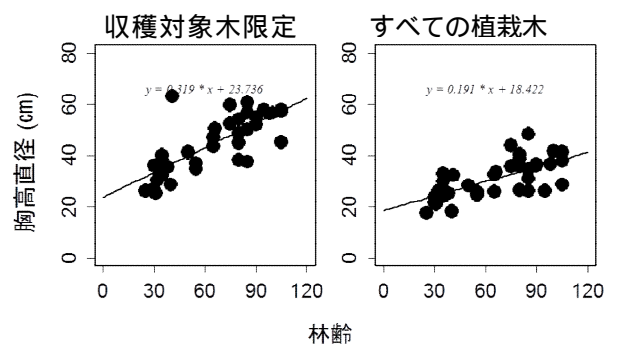


図4 林齢と平均胸高直径の関係

収穫対象木限定: 図3と同様。
すべての植栽木: 図3と同様。

問い合わせ先: 新潟県森林研究所 森林・林業技術課 TEL 0254-72-1172

タテヤマスギ林の収量比数の近似式

富山県農林水産総合技術センター森林研究所 嘉戸昭夫

1. はじめに

林分密度管理図で使用されている収量比数 R_y は林分の混み合い度を示す代表的な指数の一つである。一定の面積上に生育できる立木本数には上層高毎に上限があることが知られており、この上限における立木本数と林分材積の関係を示す曲線が最多密度曲線と呼ばれている。 R_y は、任意の林分の材積 V の上層高が同じ最多密度曲線上の材積 V_{Rf} に対する比率で示されている。したがって、この値が 0 に近いほど疎な林分、1 に近いほど密な林分であると判断される。

しかし、真辺 (1982) は、 $R_y = V / V_{Rf}$ として算出できるのは立木本数 ρ 、 V および H_T の三者の関係が正確に収量密度効果の逆数式 (等平均樹高曲線) で表される場合だけであり、一般的な林分については収量比数を近似的に求めることを提案している。

本報告は高齢林に対応したタテヤマスギ林分密度管理図を調製して得られたパラメータを用いて (嘉戸、2014)、真辺の方法に従って収量比数の近似式を求めたものである。

2. 解析方法

収量比数の近似式を求めるには、林分密度管理図に記載されている収量密度効果の逆数式 (等樹高曲線式) が必要である。これは次式で示されている。

$$V = (b_1 \cdot H_T^{b_2} + b_3 \cdot H_T^{b_4} / \rho)^{-1} \quad \dots \dots (1)$$

ここで、 V は林分材積 (m^3/ha)、 ρ は立木本数 (本/ha) b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 は係数である。また、等収量比数曲線の一般式は次式で表されている (真辺、1982)。

$$V = K_2' \cdot \rho^{(1+K_1)} \quad \dots \dots (2)$$

$$K_1 = b_4 / (b_2 - b_4)$$

$$K_2' = \frac{(1-R_f)}{b_1} \cdot \left[\frac{b_1}{b_3} \cdot \frac{1 - (1-R_f) R_y}{(1-R_f) R_y} \right]^{\frac{b_2}{b_2-b_4}}$$

ここで、 R_f は最小競争比数である。

真辺 (1982) は、収量比数が (2) 式で与えられるものの、この式は直接 R_y について解くことができないので、一般の場合に適用できる収量比数 R_y を次の近似式から求めることを提案している。まず、 R_y と K_2' の関係を使って、範囲 0.5~1.0、間隔 0.01 の R_y について K_2' を求めこれをデータとして次式に当てはめるものである。

$$R_y = (p + q(K_2')^r)^{-1} \quad \dots \dots (3)$$

ここで、 p 、 q 、 r は定数。

3. 結果と考察

収量比数の近似式

タテヤマスギ密度管理図を調製した結果 (嘉戸、2014)、(2) 式の係数は $b_1 = 0.07002$ 、 $b_2 = -1.4263$ 、 $b_3 = 5376.88$ 、 $b_4 = -2.9792$ および $R_f = 0.230$ であった。これらのパラメータを

用いて、真辺の方法に従って、(3)式の定数を最小二乗法により求めた。その結果、(3)式の $p = 0.65617$ 、 $q = 1687.5$ 、 $r = 0.61450$ であった。この(3)式に(2)式を代入することにより、 V と ρ から Ry を推定する次の近似式がえられた。

$$Ry = (0.65617 + 1687.5 V^{-0.61450} \rho^{-0.56436})^{-1} \quad \dots \dots (4)$$

異なる計算方法で求めた収量比数の比較

タテヤマスギ林分密度管理図の再調製に使用した毎木調査資料のうちで上層高が約27mの高齢林(A～E)の Ry 値を、 V / V_{Rf} として計算、(4)式から計算、タテヤマスギ密度管理図(嘉戸、2014)に V と ρ をプロットして目算、の3つの異なる方法によって求めて、表1に比較した。

その結果、との方法で求めた Ry の値はほぼ一致した。

一方、で求めた Ry の値はやで求めた値に比べて、A、BおよびC林分で過大となり、D、E林分では過小となった。この結果から、 Ry は V / V_{Rf} として算出すると、実材積が理論値(上層高27mの等平均樹高曲線)よりも大きい林分では過大に、理論値よりも小さい林分では過小になるといえる。値から値を差し引いた Ry の誤差はB林分で+0.12、E林分では-0.14であった。密度管理図を用いて間伐を行なう場合、一回の間伐で動かす Ry が0.15以下とされていることから(日林協、1982)、これらの誤差は無視できない大きさといえる。

今回、収量比数を算出する近似式をタテヤマスギ林分について求めたが、他のスギ品種や樹種についても必要であろう。というのは、林分密度管理図は樹種ごと、地域ごとに作成されているが、いずれの場合も ρ 、 V および H_T の三者の関係が正確に収量密度効果の逆数式で表される現実林分は極めて少ないと考えられるからである。

4. 引用文献

嘉戸昭夫(2014)高齢林にも対応したタテヤマスギ密度管理図 富山県森林研究レポート7:1-6

真辺 昭(1982)トドマツ人工林の収穫量と収益の予測システムに関する研究、林試研報317:1-65

日本林業技術協会(1999)裏東北・北陸地方スギ林分密度管理図(復刻版)

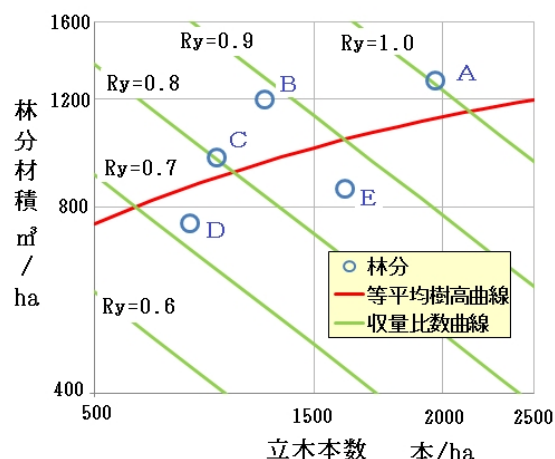


図1 上層高が約27mの林分(A～E)の材積、立木本数および収量比数

表1 異なる方法で求めた収量比数の比較(上層高が約27mの林分)

林分	上層高 m	立木本数 ρ 本/ha	林分材積 V m^3/ha	最多材 積 V_{Rf} m^3/ha	① $Ry = V/V_{Rf}$	② Ry 近 似式	③ Ry を 図1から 目算
A	27.3	1460	1288	1229	1.05	1.00	1.02
B	26.9	853	1202	1201	1.00	0.88	0.88
C	26.5	733	966	1179	0.82	0.80	0.80
D	26.9	675	755	1204	0.63	0.72	0.72
E	26.9	1100	861	1204	0.72	0.86	0.86

高齢林も対象とした山梨県版システム収穫表の作成

山梨県森林総合研究所 田中 格

1. はじめに

長伐期施業については山梨県有林でも導入が開始されていて、県有林等の事業担当者、林業普及指導員等から高齢林の予測も可能な収穫表の作成が要望されている。そこで、長伐期に対応した育林技術指針を提供することを目的として、100 年生を越える高齢林に対応したシステム収穫表の作成を試みた。

2. 方法

システム収穫表作成の対象樹種、スギ、ヒノキ、カラマツである。ここで、システム収穫表 LYCS をベースとした山梨版システム収穫表を作成することとし、以下の調査を行った。

山梨適用版作成のデータ収集として、選定した高齢林(100 年生上)の毎木調査を実施するとともに、山梨県有林が実施した、収穫予定林分の蓄積量調査データを収集した。また、間伐効果のデータとして、県有林の間伐実施林分において、間伐前と直後のデータを収集し、同林分の間伐実施 3～5 年後の追跡調査を行った。

以上の測定、収集データに基づき、林齢－樹高曲線の修正を行い、測定、収集データを組み込んだ山梨県版システム収穫表 (LYCS) を共同研究者で LYCS 開発者の 1 人である東京大学大学院の中島 徹助教に作成いただいた。

3. 結果

樹高曲線については、スギおよびヒノキの樹高曲線は既存の林分収穫予想表の樹高曲線と異なる曲線を示した。ここで、スギ、ヒノキともに高齢でも樹高が暫増するミッチャーリッヒ式で近似されたことから、高齢になっても樹高の成長が頭打ちにはならないことが明らかになった。また、カラマツは、既存の樹高曲線と概ね一致した線型対数式で近似される曲線となったため、既存の林分収穫予想表で採用されている式をそのまま当てはめても問題ないことが明らかになった。修正された樹高曲線を図-1、修正前後の樹高曲線を図-2、図-3 に示す。

以上の修正された樹高曲線式のパラメータおよび測定、収集されたデータを組み込んで LYCS をベースとするシステム収穫表が作成された。

4. システム収穫表の活用（試行）

作成したシステム収穫表は、試行段階ではあるが、山梨県有林の管理、経営の基本方針である、山梨県有林管理計画の立案のツールとして使用されている。また、林業普及指導員による普及対象林分の間伐効果の試算のツールとして使用され、民有林の間伐推進に活用されている。

5. 今後の課題

作成されたシステム収穫表については、実証試験に基づく精度の検証等が行われていない。今後は、県有林等の行政機関と連携して、精度向上のための実証試験を実施する必要がある。

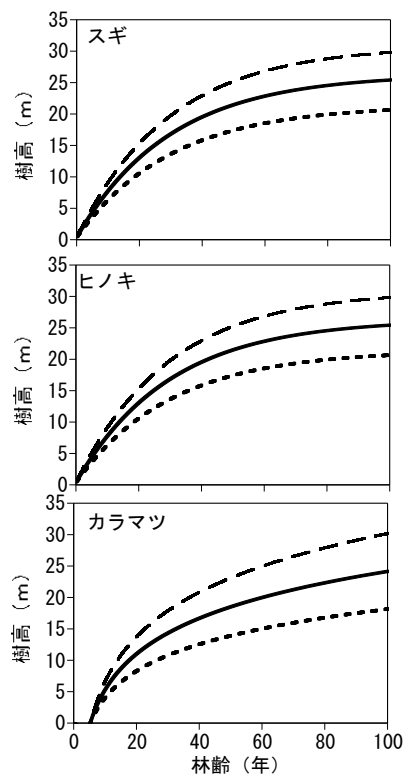


図-1 高齢林データを追加して作成された樹高曲線
 --- 地位上 — 地位中 ... 地位下

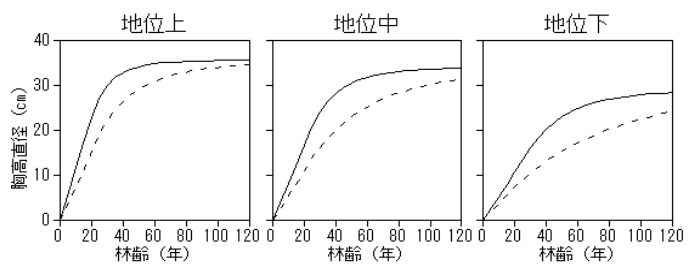


図-2 スギの修正前後における胸高直径と樹高の比較
 ----- 修正前 ———— 修正後

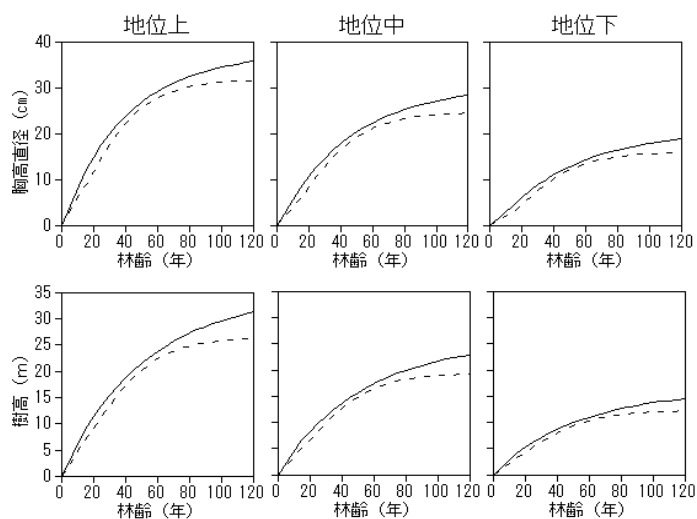


図-3 ヒノキの修正前後における胸高直径と樹高の比較
 ----- 修正前 ———— 修正後

間伐手法の違いがスギ過密人工林の収穫に与える影響

岐阜県森林研究所 臼田寿生・古川邦明

1. はじめに

岐阜県内民有林面積の45%を占める針葉樹人工林では、木材価格の低迷による林業への関心の低下などから、従来の間伐体系に沿った間伐が行われず過密化した林分があり、これらの間伐により解消することが喫緊の課題となっている。しかし、過密化した人工林に適した間伐の方法は確立されておらず、実用的な間伐技術体系の構築が求められている。

そこで本研究では、間伐手法の違いが過密人工林の収穫に与える影響を明らかにするため、県内のスギ過密人工林をモデルとして、下層間伐と列状間伐の収穫量と収支のシミュレーションを行った(臼田・古川 2014)。

2. 方法

収支のシミュレーションには、2010年に郡上市明宝小川浅谷山地内で調査したスギ過密人工林のデータ(表-1)を用いた。

シミュレーションにおける林分成長量は、「シルブの森・岐阜県スギ版(一般地域)(岐阜県森林科学研究所 2006)」により算出し、収支は、鹿又(2012)が開発した「伐出見積もりシステム」により算出した。なお、このシステムにより算出される収入は、搬出した材の売り上げ額であり、支出は、材の販売までに要する人件費、機械経費、市場経費および諸経費などの合計額である。

シミュレーションの起点は、林分調査を行った林齢50年とし、間伐の周期と回数は、10年間隔で3回とした。また、シミュレーションの起点から30年経過後(林齢80年)には皆伐することとし、これをシミュレーションの終点とした。シミュレーションのプランは、すべての間伐を下層間伐で行うプラン(以下、下層間伐プラン)と、すべての間伐を列状間伐で行うプラン(以下、列状間伐プラン)の2種類とし、間伐率はいずれも本数率で33%とした。

林分面積は、国庫補助事業の対象面積を参考に5haとした。路網の整備状況は、伐倒により道路上からグラップルで直接材をつかむことができる程度(路網密度で200m/ha程度)にあらはじめ開設されていることとし、これらの路網開設費用はシミュレーションの支出額に含めないこととした。作業機械は、間伐調査をした現場を参考に、伐倒および造材にチェーンソー、道路までの木寄せおよび運搬車への積み込みにグラップル、土場までの搬出にフォワーダを用いることとした。なお、フォワーダの積載量は4tクラス、土場までの平均運搬距離は500mとした。また、1日あたりの作業時間は6時間とし、労務単価は15,000円/人日、土場から市場までのトラック運材(運搬距離約40km)にかかる費用は3,000円/m³とした。

搬出した材の売り上げを算出するための木材単価は、岐阜県森林組合連合会の岐阜支所林産物共販所における2013年12月3日の木材市況(岐阜県山林協会 2013)を参考に表-2のとおり設定した。なお、計算を単純化させるために、直材率はすべて100%とした。また、シミュレーションの収入額には、補助金などの助成金を加算しないこととした。

3. 結果と考察

間伐および皆伐時における当期の収益は、シミュレーション初期の間伐時において、列状間

伐プランが有利となった(図-1)。これには、列状間伐が下層間伐よりも生産性が高いことに加え、列状間伐では機械的な選木により優勢木を含めた収穫となるため、材の売り上げが下層間伐プランよりも大きかったことが寄与している。しかし、間伐後に残る林分蓄積では下層間伐が有利となることから、シミュレーション後期の間伐および皆伐時における当期の収益は、下層間伐プランが有利となった(図-1)。

シミュレーションの起点から終点までの通算収益は、皆伐時の材の売り上げの差が大きく影響し、下層間伐プランが列状間伐プランよりも有利な結果となった(図-1)。

以上の結果から、スギ過密人工林における列状間伐は、下層間伐と比較して伐倒および材の搬出がしやすく、優勢木も含めて収穫することから、間伐初期における当期の収益では有利となるが、主伐までの通算収益で考えると下層間伐よりも不利になる場合があることがわかった。このため、スギ過密人工林において間伐手法を検討する際には、主伐時までの林分の変化や通算収支を加味した検討を行うことが重要である。

表-1 シミュレーションに用いた林分データの概要

樹種	林齢	傾斜角 (度)	立木密度 (本/ha)	平均胸高 直径 (cm)	平均樹高 (m)
スギ	50年	9	1,700	28.7	26.3

表-2 シミュレーションに用いた木材(スギ)の単価

長さ (m)	径 (cm)	単価 (円/m ³)
3	16 ~ 18	12,300
	16 ~ 18	11,000
	20 ~ 22	12,000
	24 ~ 28	13,000
4	30以上	14,000
6	16 ~ 18	16,000

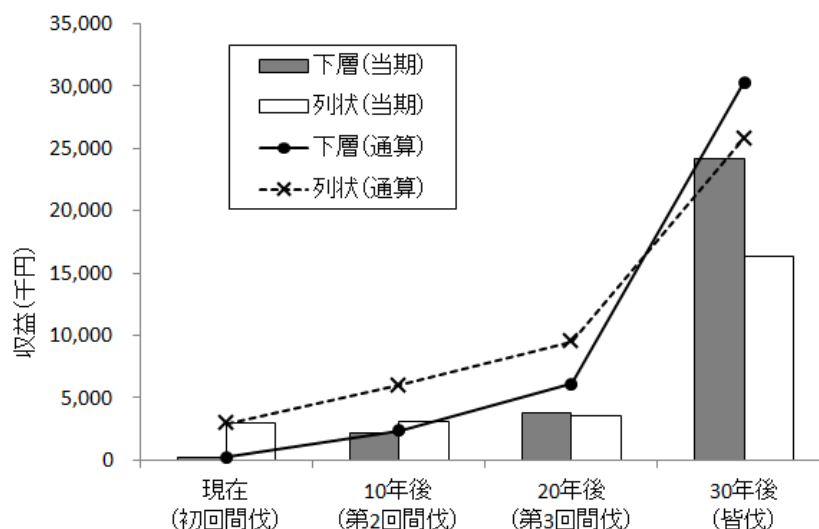


図-1 収支シミュレーションの結果

引用文献

岐阜県山林協会(2013)
木材市況・森林のた
より 724:18

岐阜県森林科学研究所(2006)シルブの森・岐阜県スギ版(一般地域)および操作説明書。岐阜
県森林科学研究所

鹿又秀聡(2012)伐出見積もりシステムの開発 - 搬出間伐の現状と将来のシミュレーション - .
森林技術 840:34-38

臼田寿生・古川邦明(2014)間伐手法の違いがスギ過密人工林の収穫に与える影響。岐阜県森
林研報 43: 29-33

人工林の高齢化に適応する間伐体系と 冊子「木材生産のための過密林の間伐のしかた」の作成

岐阜県森林研究所 渡邊仁志

1. はじめに

近年、主伐期を迎えた針葉樹人工林はその多くで伐期が延長される傾向にある。また、間伐が不十分だったため過密になり、経済的価値や公益的機能の低下が危惧されている林分がある。しかし、従来の施業体系は、短伐期施業かつ適正な管理が行われてきた林分に適応するものであり、前述のような林分を想定していなかった。岐阜県森林研究所では、行政や現場からの要請を受け、過密林を出発点とし、人工林の高齢化、作業の機械化に対応した新しい目標林型と間伐体系（施業指針）の構築に取り組んだ（岐阜県重点研究課題「針葉樹人工林の高齢化に適応する間伐体系の構築」、平成21年～平成25年）。ここでは、その取り組みを紹介する。

2. 成果の概要

(1) 過密林の現状と間伐後の成長

壮齢のスギ、ヒノキ人工林を調査した結果、岐阜県内には林冠が閉鎖し、林齢や樹高の割に成立本数が多い林分（以下、過密林という）が分布していることが分かった。過密林は管理が行き届いた林に比べ、胸高直径が小さく形状比が高い、枝下高が高く樹冠長が短い、林の中に優劣のついた木が混在していてばらつきが大きい、という特徴がみられた（大洞・渡邊2014）。また、間伐後の直径成長は太い個体、樹冠長の大きな個体で大きいことが分かった。これからの結果、すべての過密林イコール「間伐手遅れ林」ではないが、十分な樹冠（葉量）がない個体の場合、間伐をしても十分な成長が得られないことが明らかになった。過密林の成長を持続させるためには、今後の成長が望める個体を残す間伐が必要であると考えられた。

(2) 過密林をモデルとした間伐手法の検討

県内のスギ過密林をモデルに、列状間伐と下層間伐のどちらかを主伐まで繰り返した場合の収支を試算した。その結果、初回～2回間伐までの当期収益は列状間伐の方が、3回目と主伐時の当期収益、および通算収益では下層間伐の方が有利な結果となった（臼田・古川2014；詳細は本誌27ページ参照）。列状間伐は作業効率が高く、初期の間伐における短期的な収益では有利であるが、その一方で林分の質が向上しない（横井2010）ため、長期的な収益まで考えると不利な場合があることが分かった。また、列状間伐など林分構造が急激に変化するような間伐方法を採用する場合、気象害への耐性が一時的に低下する場合があることも明らかになった。

(3) 目標林型の設定や間伐手法の選定を支援するツール

現場で簡単に使え、目標林型の設定や間伐手法の選定を支援するツールを開発・改良した。

- ・岐阜県に対応したシステム収穫表「シルブの森・ヒノキ版、同・スギ版」の調整（渡邊2005）：林分の成長をコンピュータで予測するシステム
- ・相対幹距比早見カード（図-1）：林分の混み具合を判定する携帯型カード
- ・スギ、ヒノキ細り表（大洞2010）：立木の任意の高さの直径を推定するための表
- ・スギ、ヒノキ細り早見カード（渡邊2011）：細りを推定するための携帯型カード
- ・枝下高管理図（図-2）：平均胸高直径と平均樹高、平均枝下高の関係を示した図

- ・間伐手法選定フロー 間伐方法を選択するためのフローチャート

(4) 冊子「木材生産のための過密林の間伐のしかた」の作成

研究成果を取りまとめて、行政機関や現場に向けた普及用の冊子（指針書）を作成した（図-3）。この指針書では過密林を出発点とした目標林型設定の考えかたを示し、

- ・目標林型や林地条件に合わせて間伐手法を選択すること、
- ・林分構造の健全化をめざすため基本的には下層間伐を採用すること、
- ・林分構造が急激に変化するような間伐（強度間伐や列状間伐）をできるだけ避けること、
- ・列状間伐を採用する場合も繰り返し行わないこと、

を過密林の間伐指針（施業指針）とした。

3．成果の普及

冊子は県の普及職員、現場職員を対象にした林業技術者研修（図-4）を通じて関係者に配布しているほか、岐阜県森林研究所の web サイト（<http://www.forest.rd.pref.gifu.jp/>）から入手できる。公表以来、特に現場からの問い合わせを多くいただいている。

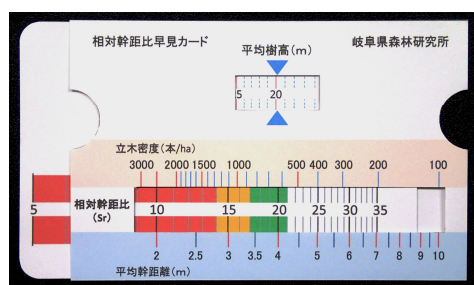


図-1 相対幹距比早見カード

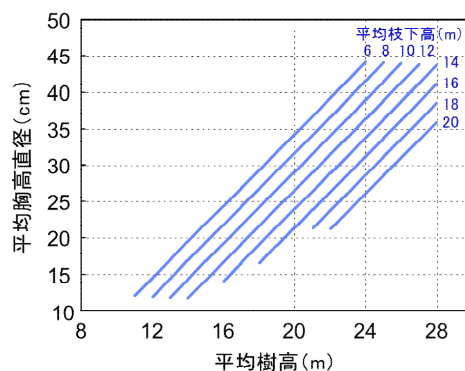


図-2 枝下高管理図



図-3 普及用の冊子（指針書）

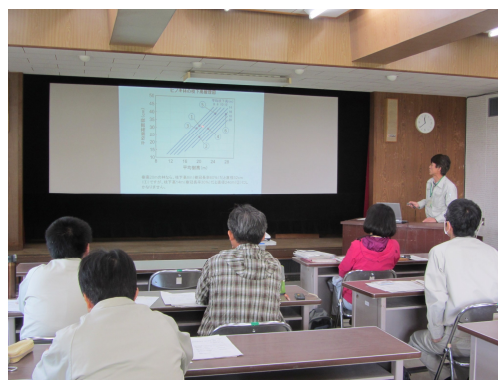


図-4 成果の普及（一例）

引用文献

- 大洞智宏（2010）岐阜県版スギ・ヒノキ細り表の作成．岐阜県森林研報 39：1-18
- 大洞智宏・渡邊仁志（2014）ヒノキ人工林における個体の大きさと直径成長量の関係．日林学術講(CD-ROM) 125：231
- 臼田寿生・古川邦明（2014）間伐手法の違いがスギ過密人工林の収穫に与える影響．岐阜県森林研報 43：29-33
- 渡邊仁志（2005）「シルブの森」で予測するヒノキ林の成長過程．森林技術 764：26-27
- 渡邊仁志（2011）立木のまま末口径を推定！細り早見カード．林業新知識 686：8-9
- 横井秀一（2010）列状間伐を繰り返すことの問題点．（列状間伐を考える．列状間伐研究会編、関東・中部林業試験研究機関連絡協議会）．17-18

高齢林の林型および成立条件に関する研究会

参画機関

(独) 森林総合研究所
茨城県林業技術センター
群馬県林業試験場
埼玉県農林総合研究センター森林・緑化研究所
千葉県農林総合研究センター森林研究所
新潟県森林研究所
富山県農林水産総合技術センター森林研究所
山梨県森林総合研究所
長野県林業総合センター
岐阜県森林研究所
静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター
愛知県森林・林業技術センター

高齢林の林型および成立条件に関する研究会報告書

2015 年 3 月

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会
高齢林の林型および成立条件に関する研究会

【連絡先】 関東・中部林業試験研究機関連絡協議会事務局
(独) 森林総合研究所 企画部 研究管理科
〒305-8687 茨城県つくば市松の里 1
電話 029-873-3211
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/kanchu/>