

強度間伐林分の成長特性 — 列状間伐の場合 —

西山 嘉寛

Growth characteristic in the heavy thinning of Conifer Plantations
(*Cryptomeria japonica* and *Chamecyparis obtusa* forests)
— In the case of line-thinning forests —

Yoshihiro NISHIYAMA

要 旨

西山 嘉寛：強度間伐林分の成長特性—列状間伐の場合 岡山県農林水産総合センター森林研究所研報28：1-10（2012）強度間伐実施後の林木の成長を調査するため、過去8～10年間に列状間伐を実施した県内のスギ、ヒノキ人工林内に11カ所の調査プロットを設定し、残存木の樹冠形を調査した結果、いずれの林分でも伐開方向の樹冠が残り3方向と比べ、特に拡大する傾向は認められなかった。また、列状間伐後の伐開列に隣接する残存個体について、樹幹解析を行った結果、一部で伐開方向の年輪幅が他の3方向より大きい数値を示したが、その差は小さく、材質面への影響はほとんどないと推察された。

キーワード：強度間伐 列状間伐 樹冠形 成長 年輪幅

I はじめに

近年、森林に対する国民のニーズは多様化しており、従来からの木材生産だけでなく、森林の多面的機能の発揮を目的とし、天然更新による広葉樹林化（田内 2011）や針葉樹人工林に広葉樹を導入し、針広混交林とする動きがみられる（「広葉樹林化」研究プロジェクトチーム 2010, 兵庫県 2010, 宮崎ら 2011, 近藤ら 2012）。

その一方で、山村地域における林業担い手不足、木材価格の低迷等により、間伐などの手入れが十分に行き届いていないスギ・ヒノキの過密林分が増加し、森林が持つ水土保持機能等が損なわれることが危惧されている。これに対し、間伐回数を減らすことで、作業コストの軽減を期待できる強度間伐が、近年、実施され始めている（下園 2011）。

強度間伐には、作業コスト削減のみならず、樹木の成長促進、水土保持機能の向上、生物多様性の拡大などの効果も期待される（独立行政法人森林総合研究所四国支

所編 2010）。

岡山県では、京都議定書の第1約束期間である2008～2012年度の5年間に、地球温暖化防止等間伐推進5カ年計画を策定し、合わせて30,000haの間伐を目標として取り組んでいる（岡山県農林水産部林政課・治山課・組合指導課 2010）。ただし、従来よりさらに間伐率の高い、いわゆる強度間伐を導入する動きは、岡山県内でもここ10年間程度と歴史が浅いのが現状である（西山 2010, 西山 2011）。強度間伐に関する研究状況をみても、実際に定性及び列状の間伐施業後の林分状況や材質面に関する調査研究は、全国的にみても一部の地域で行われているのみであり（渡邊 2000, 金子ら 2001, 佐々木ら 2007, 独立行政法人森林総合研究所四国支所編 2010, 澤田 2012）、樹冠形状や年輪幅の大小等、未だ不明な点も多い。

岡山県内においては、強度間伐を含む列状間伐後の残存木の成長特性について調査を行った事例がないことから、当研究所では、2009～2011年の3カ年、単県課題

表-1 列状間伐を実施した調査林分の概要

調査 プロット No	樹種	林齢 (年)	斜面 方位	標高 (m)	列状間伐 実施年 (年)	間伐実施後 の経過年数 (年)	プロット 面積 (m ²)	立木密度 (本/ha)	材積間伐率 (%)	平均樹高 (m)	平均胸高直径 (cm)	平均樹冠直径 (m)	樹冠投影 面積合計 (m ²)	樹冠投影 面積割合 (%)
1	ヒノキ	56	S	650-670	2002	9	529	567 (1,098)	46.5	17.6 ± 0.6	25.3 ± 5.2	2.7 ± 0.5	182.8	34.6
2	ヒノキ	54-56	S	610-630	2002	9	400	725 (1,375)	48.2	17.7 ± 0.6	24.9 ± 4.4	3.0 ± 0.5	208.6	52.2
3	ヒノキ	58-59	SE	630-650	2002	9	300	833 (1,300)	36.7	16.4 ± 1.0	24.6 ± 3.1	2.8 ± 0.3	152.3	50.8
4	スギ	55-59	SW	470-490	2001	10	980	357 (602)	40.0	22.5 ± 1.1	38.3 ± 7.4	2.9 ± 0.4	236.0	24.1
5	スギ	52-54	E	620-640	2001	10	864	300 (648)	41.4	22.6 ± 1.3	32.8 ± 6.7	2.6 ± 0.4	139.6	16.2
6	スギ	53-55	SW	560-580	2003	8	1,095	384 (758)	49.8	21.4 ± 1.0	29.5 ± 4.6	2.4 ± 0.4	197.4	18.0
7	ヒノキ	50-53	E	640-660	2001	10	575	452 (870)	38.9	17.0 ± 0.5	27.7 ± 4.4	2.4 ± 0.7	121.8	21.2
8	ヒノキ	54-58	SW	580-600	2003	8	805	472 (770)	39.2	15.7 ± 0.5	27.0 ± 3.2	2.7 ± 0.5	226.2	28.1
9	ヒノキ	50-53	S	520-540	2001	10	575	365 (748)	50.6	15.7 ± 0.4	25.3 ± 5.2	3.1 ± 0.4	247.4	43.0
10	ヒノキ	54	E	750-770	2002	9	805	609 (981)	36.8	14.4 ± 0.6	23.4 ± 3.6	2.0 ± 0.4	165.7	20.6
11	ヒノキ	47-52	SE	740-760	2002	9	575	400 (817)	50.5	14.0 ± 1.1	22.2 ± 3.6	2.4 ± 0.3	109.6	19.1

注. カッコ内の立木密度本数は列状間伐実施前段階の数値を示す

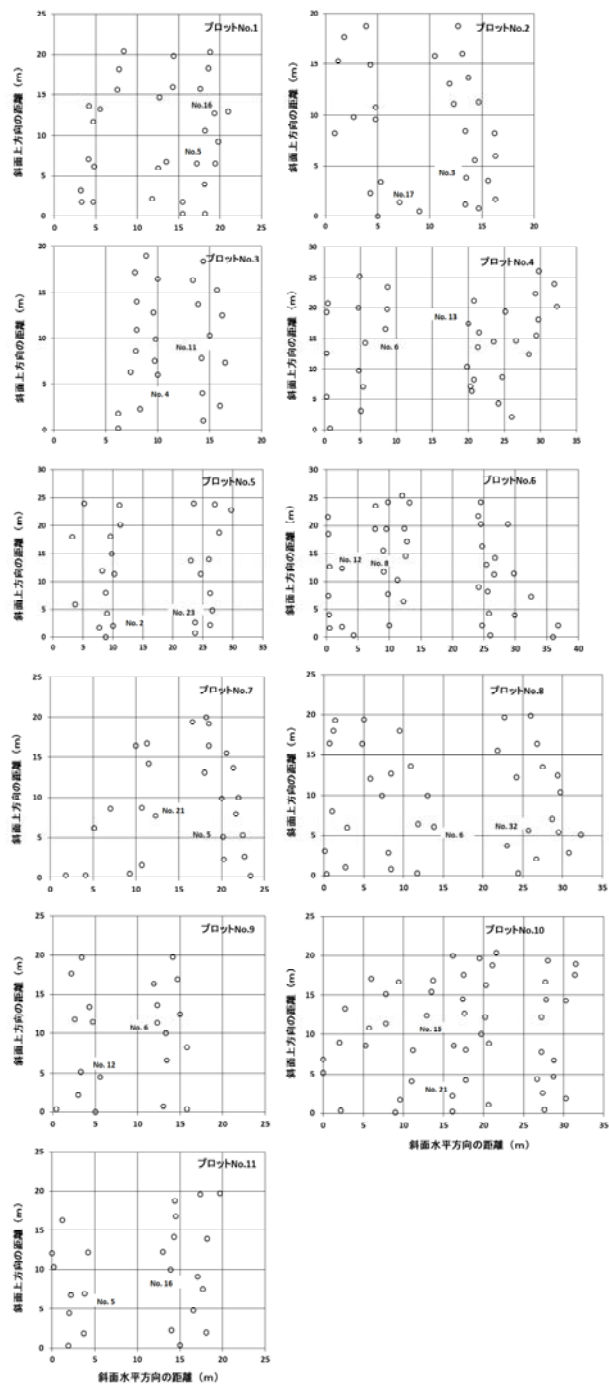


図-1 調査プロット内における立木の位置

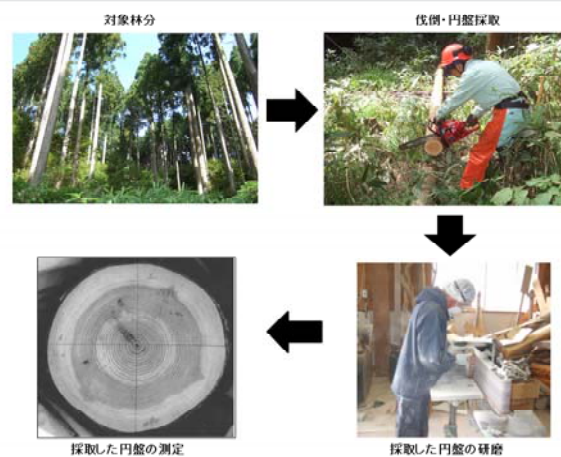


図-2 樹幹解析のフロー

「強度間伐実施後の林木の成長」の中で、特に大規模施行団地が多い列状間伐に焦点を当て、残存木の樹冠形状、生育状況（樹高成長、直径成長、材積成長）や材質への影響（偏倚）について調査及び検討を行ったので報告する。

II 調査方法

1 調査地

列状間伐がその後の残存木に及ぼす影響を把握するため、早くから列状間伐を導入している民間企業が所有する岡山県津山市加茂町下津川地内の11林分（スギ3林分、ヒノキ8林分）を選定した（表-1）。当該林分は、2011年度の時点で、いずれも列状間伐実施後、8～10年が経過している。

2 調査方法

(1) 毎木調査

2011年6～9月、各調査林分に、400～1,100m²の方形プロットをそれぞれ設定した（図-1）。次に、この中の全立木個体について、樹高、胸高直径及び樹冠サイズ

を測定した。樹高は、測高機（ティンバーテック製 VERTEX III TRANSPONDER3）を用いて0.1m単位で測定した。胸高直径は、斜面上側から地上高1.2mの高さを輪尺または直径巻尺（KINGDOM TAPE）で0.1cm単位で測定した。樹冠サイズは、立木個体の中心部から4方向（伐開方向、斜面上方向、伐開と反対方向、斜面下方向）について、2m測棹ポールを用いて樹冠先端部までをそれぞれ0.1m単位で測定し、算出した。

(2) 樹幹解析

調査対象の林分ごとに、伐採列に隣接する2個体を2011年8～10月、伐倒し、地上高0.2mから1m毎に円盤を採取し、持ち帰った。円盤は、年輪を読みやすくするため、表面を研磨し（図-2）、複写機（KONICA MINOLATA bizhub c452）で一度印刷した上で、4方向（伐開方向、斜面上方向、伐開と反対方向、斜面下方向）の年輪幅をデジタルノギス（A&D Company.Limited）で0.1mm単位で測定した。そして、これを元に、個体ごと樹高成長、年輪幅の経時変化、連年胸高直径成長、連年材積成長等について解析を行った。

III 結果と考察

1 樹冠の形状

列状間伐実施後、8～10年経過したスギ人工林において伐開方向と残り3方向（斜面上方向、伐開と反対方向、斜面下方向）の樹冠半径を比較すると、斜面下方向の樹冠幅が残り3方向に比べ、6本中5本において最も大きかったが、5%水準で有意な差は認められなかった（図-3、表-2）。

同様に、ヒノキ人工林についても、伐開方向と残り3方向（斜面上方向、伐開と反対方向、斜面下方向）の樹冠半径を比較すると、斜面下方向の樹冠半径が相対的に大きく、5%水準で有意な差が認められた（図-4、前掲表-2）。逆に伐開方向と反対方向の樹冠半径は残り3方向に比べ、小さかった。

スギ、ヒノキとも、当初、伐開方向の樹冠が残り3方向に比べ拡大することが予想されたが、本調査においては、伐開方向の樹冠だけが拡大していないことが明らかになった。

さらに、4方向における樹冠半径は、林齢52～59年生

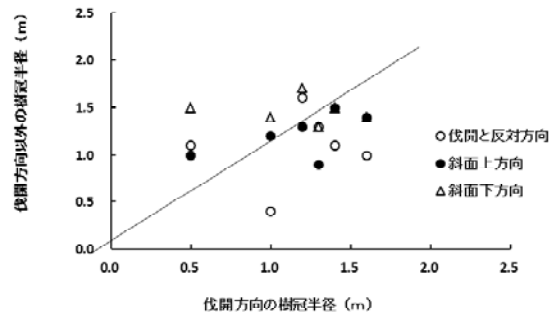


図-3 スギ人工林における伐開方向と残り3方向の樹冠半径の比較

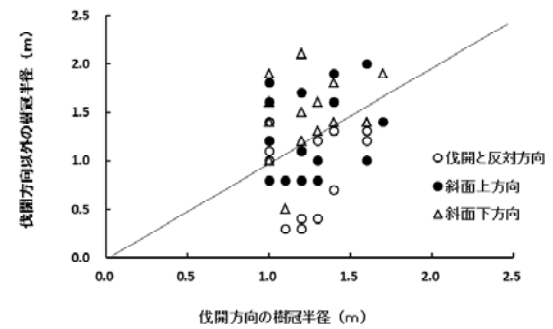


図-4 ヒノキ人工林における伐開方向と残り3方向の樹冠半径の比較

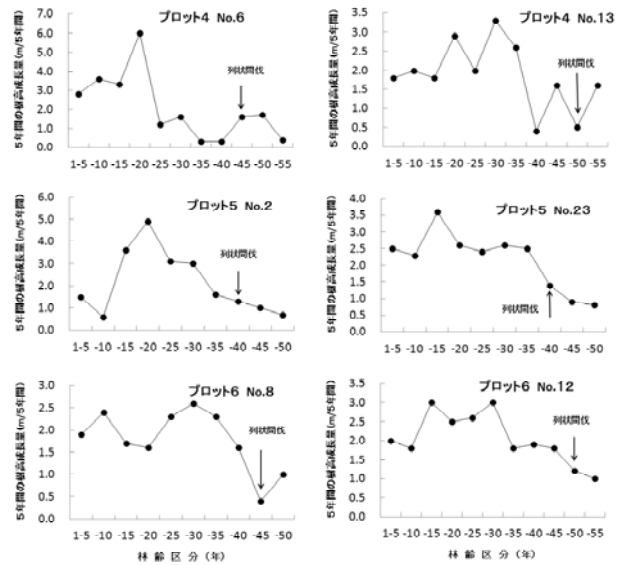


図-5 スギ人工林における林齢区分別樹高成長量の推移

表-2 斜面方向別樹冠半径の比較

樹種	Kruskal-Wallis検定	
	P値	備考
スギ	0.1299	
ヒノキ	0.0114 *	下方向>上方向=伐開方向>伐開と反対方向

注: *は5%水準で有意であることを示す

スギ人工林で立木密度が300～384本/haの場合、最大1.8m、林齢47～59年生ヒノキ人工林で立木密度が365～833本/haの場合、最大2.2m程度に止まっていた。高齢級林分の調査では、林齢75～92年生のスギ人工林で立木密度が305～1,568本/haの場合、平均樹冠直径は2.5m～4.7mであったのに対し、林齢70～92年生のヒノキ林で立木密度が208～1420本/haの場合、2.6～6.2mであったこと

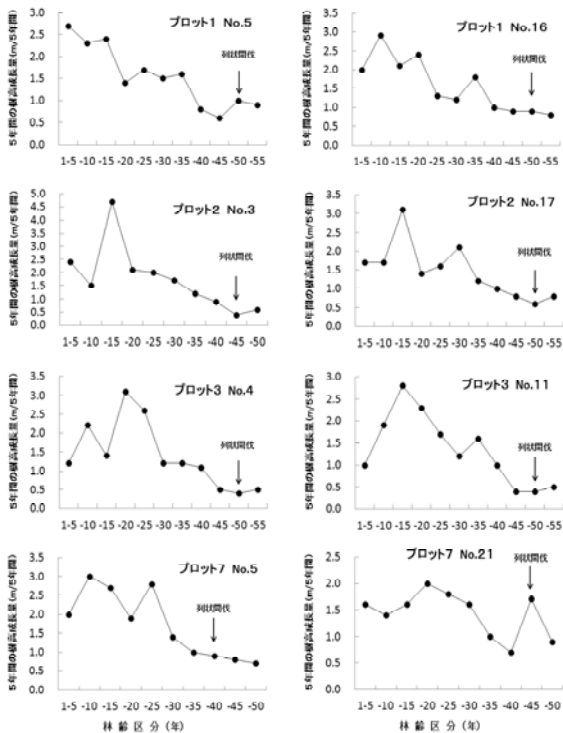


図-6 ヒノキ人工林における林齢区分別樹高成長量の推移(1)

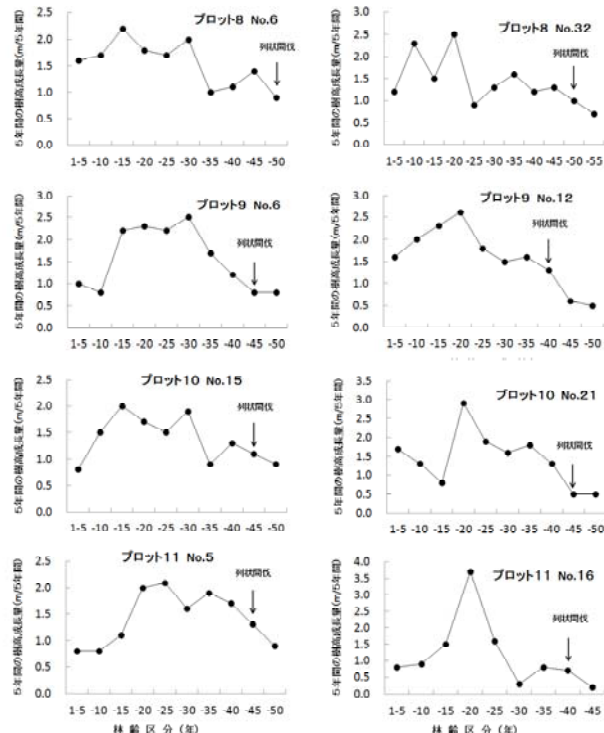


図-7 ヒノキ人工林における林齢区分別樹高成長量の推移(2)

を既に確認している(西山ら 2002)。これを樹冠半径に置き換えれば、高齢級のスギ人工林で1.3~2.4m、高齢級のヒノキ人工林で1.3~3.2mとなる。

本調査結果では、既存の高齢級スギ・ヒノキ人工林における樹冠半径値の範囲内であったが、今後、樹冠サイズはさらに拡大することも予想されることから、さらに調査を実施していく必要があると考えられる。

カラマツ林分における列状間伐による樹冠の影響を調査した報告では、3調査地すべてにおいて樹冠の明らかな偏倚がみられ、その原因は列状間伐により発生した開放方向(伐採跡地方向)への枝の伸長と判断できたとしているが(関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」2010)、今回の調査結果では、必ずしも、伐開方向にのみ、樹冠は偏倚していなかった。この点については、対象樹種の違いも含め、今後、さらに調査していく必要がある。

2 樹高成長量

列状間伐実施後のスギ人工林(調査プロット4~6)及びヒノキ人工林(調査プロット4~6以外)ともに、樹高成長量(5年間)は、列状間伐実施前段階に比べ同程度か漸減傾向にある個体が多く確認された(図-5, -6, -7)。スギ人工林では、樹高成長量のピークは、樹齢15~30年の範囲にみられ、特に樹齢25~30年で3例が確認され、最も多かったのに対し、ヒノキ人工林では、樹齢5~30年の範囲に分散してみられ、特に樹齢15~20

年に6例、樹齢10~15年に5例と、スギより比較的早い段階で現れた。

ヒノキ人工林31~44年生林分を定性間伐した結果では、間伐強度の増加に伴う樹高成長の抑制が顕著化するの材積率が50%を超えた間伐区であり、40%以下の間伐区ではその程度は小さく、この傾向が発現するか否かの境界は材積間伐率40%にあるとの報告がある(深田2010)。これに関連し、樹齢33年生時に強度間伐(定性)を実施後、49年生で樹幹解析したスギ人工林での調査では、強度間伐によって樹高成長は、間伐直後に低下することが示唆されたとの報告がある(荒木ら2010)。河原ら(1989)は、定性間伐後4年間の樹高成長量は、大径木及び中径木間伐区に比べ、無間伐区及び小径木間伐区の方が大きかったとし、樹冠が大きい場合に樹高成長が遅れる傾向にあることを報告している。

今回の調査対象は、列状間伐を実施した林分であり、解析手法に当たっては、材積間伐率よりも伐開幅等を用いる方が適切と考えられた。さらに、列状間伐を実施した時点の樹齢がスギで45~49年生、ヒノキで38~50年生で、一部ヒノキを除き、標準伐期齢に到達しており、樹齢33年生の林分とは異なる。本調査結果では、間伐実施前段階で、既に樹高成長量は低水準で推移しており、間伐実施後も同様に、低い水準にある個体が多く、これまでの報告とは異なる結果であった。間伐時点で、既に伐期を経過した林分か否かによる相違とも考えられ、樹齢が概ね40年生以上のスギ、ヒノキ人工林については、列

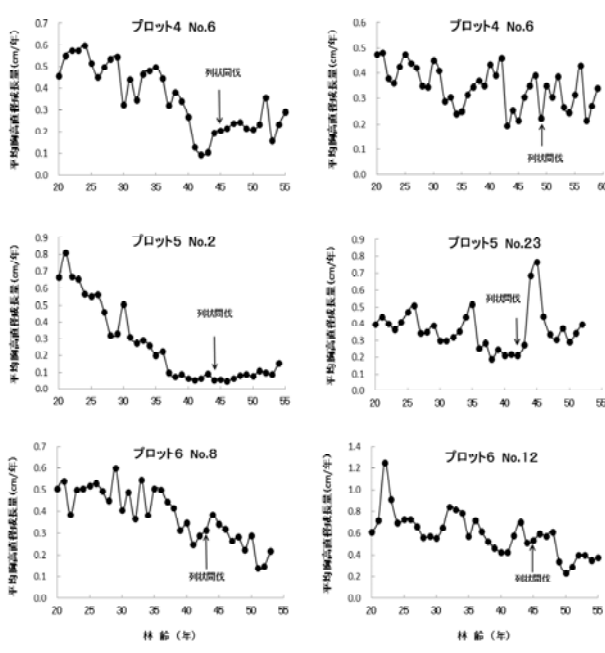


図-8 スギ人工林における平均胸高直径連年成長量の推移

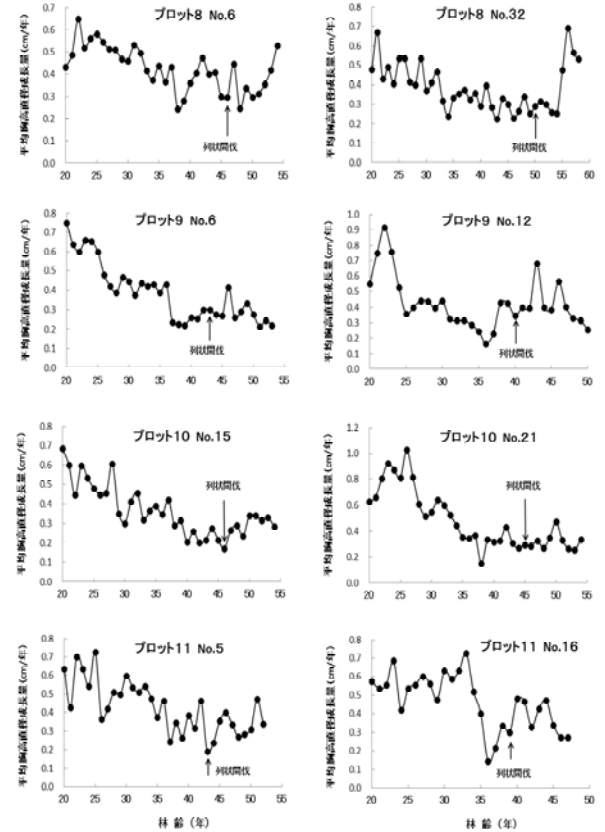


図-9 ヒノキ人工林における平均胸高直径連年成長量の推移(1)

図-10 ヒノキ人工林における平均胸高直径連年成長量の推移(2)

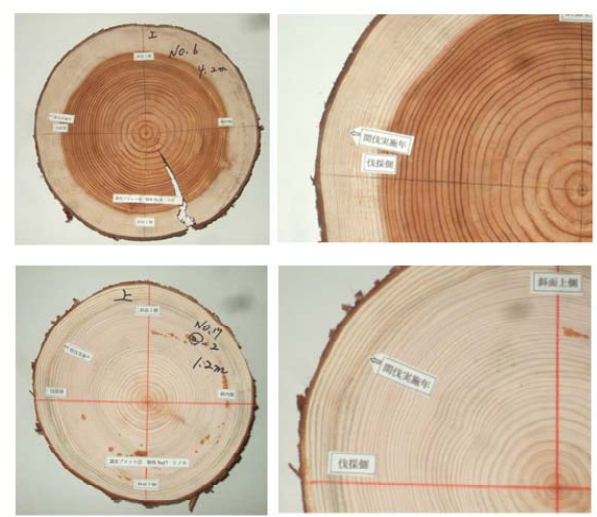


図-11 樹幹解析を行ったスギ・ヒノキの円盤試料

注1. 上段左図: 地上高4.2mの位置のスギ円盤 右図: 同円盤の伐採側年輪
 2. 下段左図: 地上高1.2mの位置のヒノキ円盤 右図: 同円盤の伐採側年輪

状間伐を実施しても、樹高成長はそれまでに比べ、期待できないと推測されるが、今後、この点についてはさらに検討する必要がある。

3 胸高直径連年成長量

スギ人工林における平均胸高直径連年成長量は、列状間伐実施前段階では、プロット5 No. 23の1個体を除き、

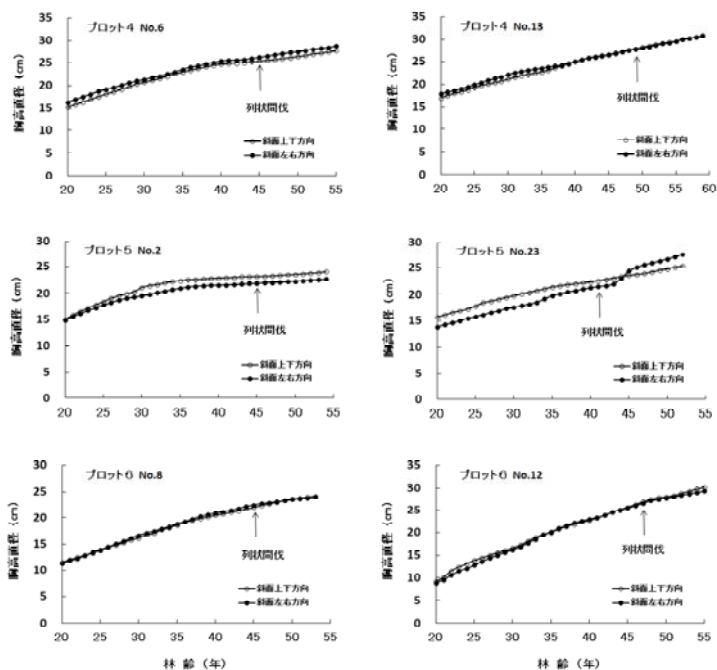


図-12 スギ人工林における斜面上下方向と左右方向の胸高直径比較

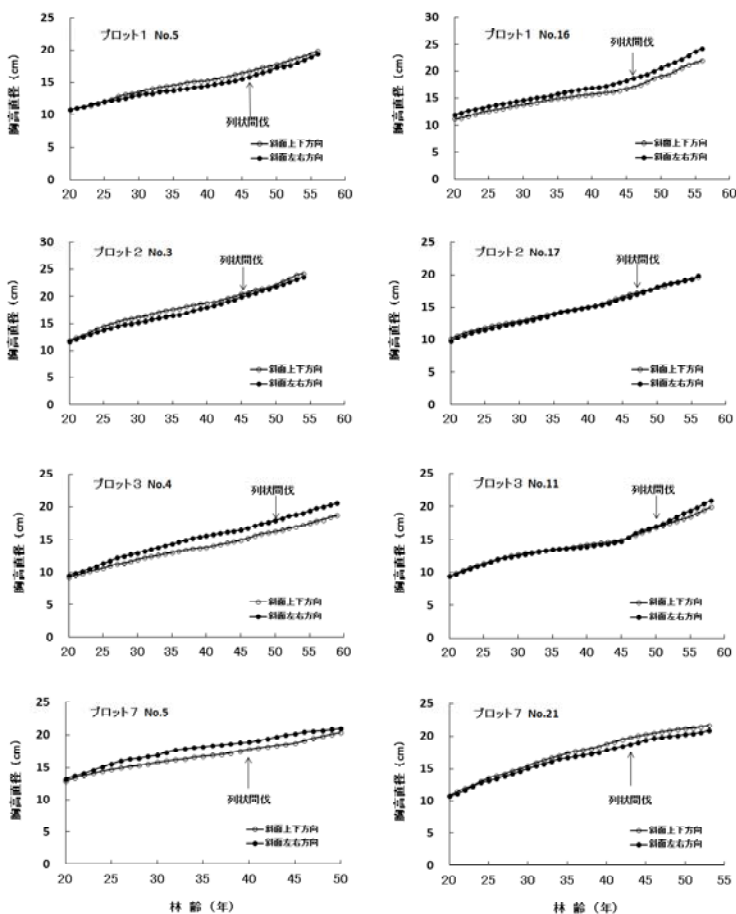


図-13 ヒノキ人工林における斜面上下方向と左右方向の胸高直径比較(1)

年0.2~0.9cmの範囲であったのに対し、列状間伐実施は、0~0.7cmの範囲で低水準で推移している個体が多かった(図-8)。このことについて樹齢23年生のスギ人工林に列状間伐区と無間伐区を設け、定期成長量を比較した結果では、間伐区の期首直径と7年間の定期成長量を回帰直線でみると、間伐区では無間伐区を上回り、間伐により直径成長は促進されたと述べている(関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」2010)。これに関連し、樹齢33年生時に強度間伐(定性)を実施後、樹齢49年生で樹幹解析したスギ人工林での調査結果では、強度間伐区の場合、間伐後すぐに増加を始め、通常間伐区より大きな値を示したとの報告もある(荒木ら2010)。さらに、澤田(2012)は、樹齢30年生時に9残3伐程度の列状間伐が実施されたスギ人工林において、その後、樹幹解析を行い、2列以上の幅で列状間伐が行われた林分では、間伐後5年間の直径成長比で比較すると林縁部ほど明らかな間伐効果が認められたが、直径成長比から判断される間伐効果は林縁部から2m程度の範囲に限られていたと報告している。

ヒノキ人工林における平均胸高直径連年成長量は、列状間伐実施後では、プロット7 No. 21, プロット9 No. 6, プロット11 No. 16のように列状間伐前段階に比べ、減少傾向にある個体と、列状間伐実施前後で、変わらないか、または増加傾向にある個体がみられた(図-9, -10)。全体としては、列状間伐を実施した場合、列状間伐実施前に比べても、平均胸高直径連年成長量は一定量期待できることが推察されたが(図-11)、このことは、既報告(独立行政法人森林総合研究所四国支所編2010)と同様の結果であった。

深田は、ヒノキ人工林31~44年生林分を定性間伐し、間伐の胸高直径成長について調査した結果を基に、ヒノキの葉の寿命は6年前後であり、間伐後5年程度で葉の形態や光合成を行う葉緑素そのものの形態と機能を変化させ、陰樹冠量の比率の高い状態から陽樹冠量の比率の高い状態に変化し、個体の光合成能力が増加し成長が増加すると推測している(深田2010)。

本調査では、列状間伐を実施した時点の

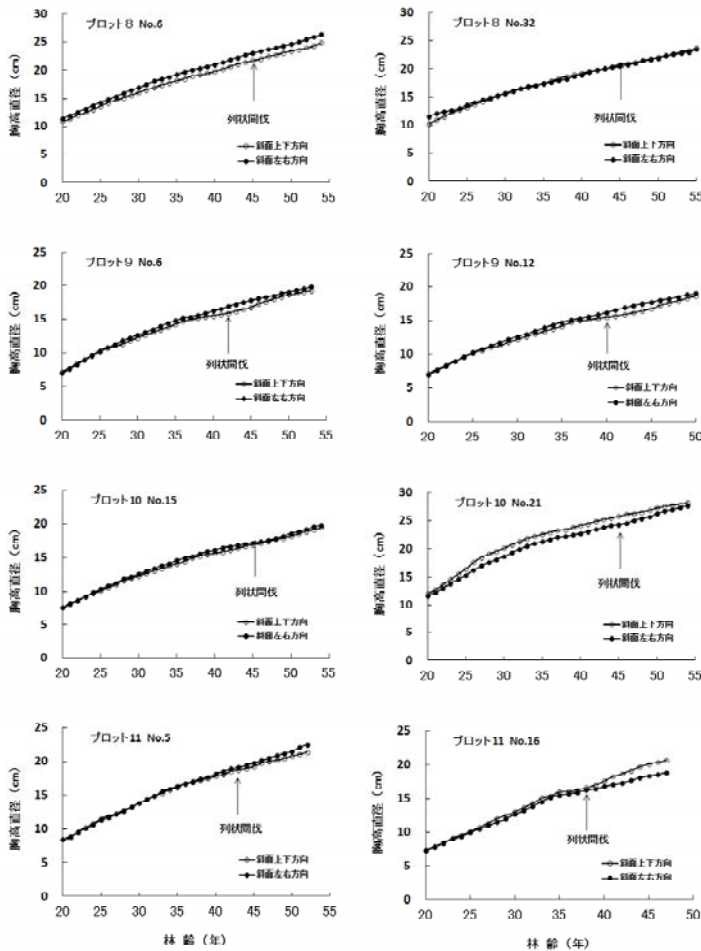


図-14 ヒノキ人工林における斜面上下方向と左右方向の胸高直径比較(2)

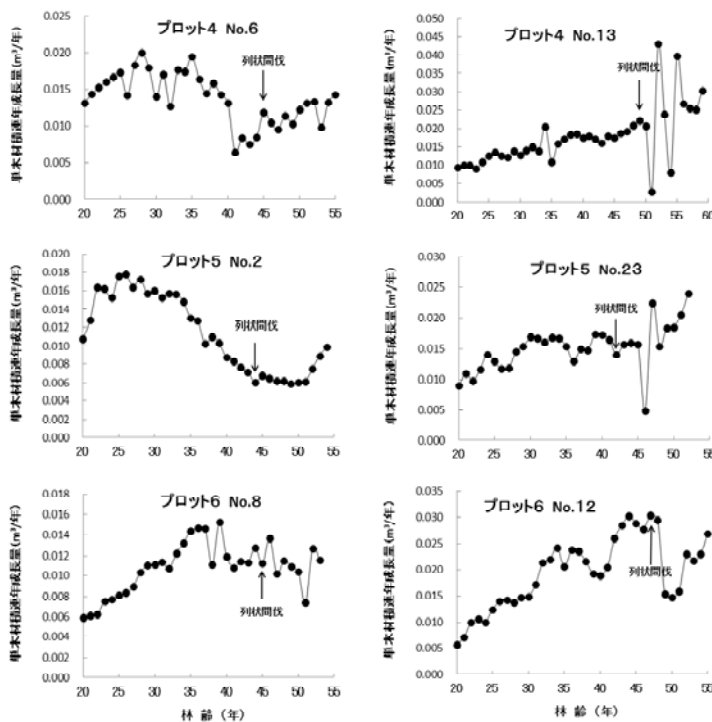


図-15 スギ人工林における単木材積連年成長量の推移

樹齢がスギで45～49年生、ヒノキで38～50年生であり、一部、ヒノキのプロット11No. 16を除き、標準伐期を既に経過した林分である。これと、樹齢31～44年生の個体を対象とした林分では、胸高直径の成長パターンが異なり、伐採方法及び樹齢の相違がその後の胸高直径成長に大きく影響しているものと予想される。

一方、斜面上下方向と左右方向の胸高直径を比較すると、伐採列に隣接するスギ、ヒノキの各個体とも、スギのプロット5 No. 23、ヒノキのプロット3 No. 4、プロット1 No. 16を除き、ほぼ等しく、円形に近いことが判明した(図-12, -13, -14)。このことは、列状間伐後、生産される材については、外見上、材の偏心の問題は別として、それ以外は特に問題とならないことを示すものである。

4 材積連年成長量

列状間伐実施前後で、スギ人工林における単木材積連年成長量は、3プロット6個体とも、特に共通傾向は認められなかった(図-15)。

この点に関連し、鹿児島県の33年生スギ人工林を調査した結果では、強度間伐の方が通常間伐に比べ単木の材積成長は大きく増加するとともに、間伐効果が長く持続し、個々の木の材積は大きくなることが報告されている(独立行政法人森林総合研究所四国支所編 2010)。また樹齢33年生時に強度間伐(定性)を実施後、樹齢49年生で樹幹解析したスギ人工林での調査結果では、材積成長量は強度間伐区でより長い期間増加したことも報告されている(荒木ら 2010)。

ヒノキ人工林における間伐実施後の単木材積連年成長量は、各個体ともに間伐前と同程度か、間伐前より増加する傾向がみられ、また間伐5年目以降の単木材積成長量が特に上昇する例も、プロット1 No. 5、No. 16、プロット8 No. 32の個体等、複数で確認された(図-16, -17)。

これについては、強度間伐をすると樹木は太く成長するという報告(独立行政法人森林総合研究所四国支所編 2010)や、ヒノキ人工林31～44年生林分を定性間伐した結果では、間伐5年目までの単木材積成長

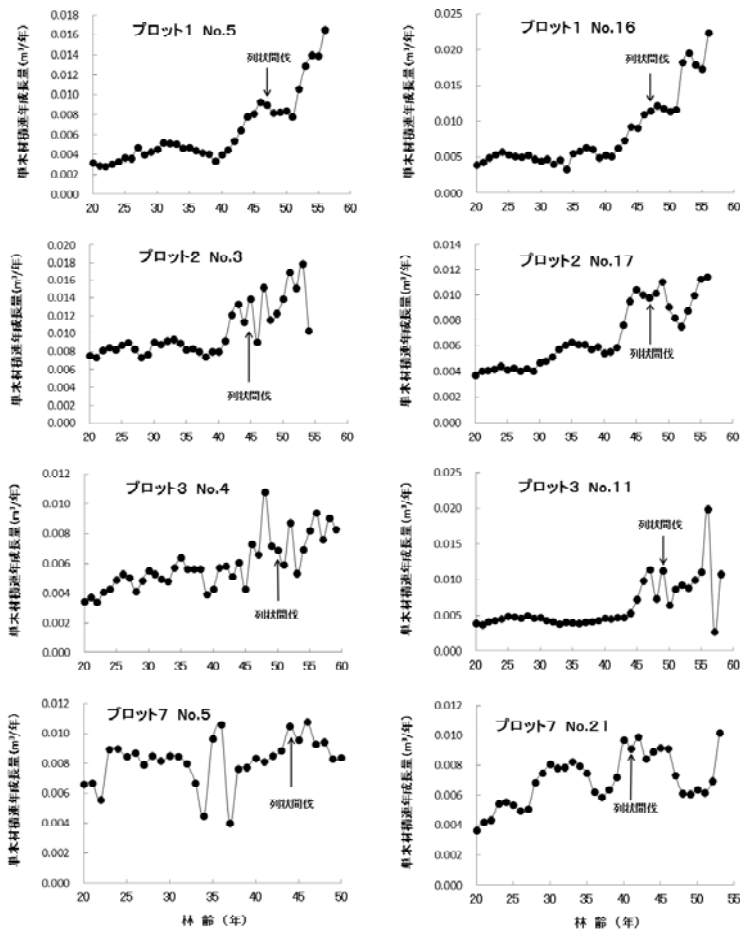


図-16 ヒノキ人工林における単木材積連年成長量の推移(1)

率は相対値100を挟んでばらつき、一方、間伐5年目以降は間伐区の成長率は概ね相対値100以上となり材積間伐率との間に有意な正の相関がみられたとする報告がある(深田 2010)。今回の結果は、上記の報告のような定性間伐を調査したものではなく、列状間伐の場合で、伐開した部分に残存している個体についての調査結果であることから、これらの報告と一概に比較はできないが、列状間伐により、単木材積連年成長量が間伐後、さらには間伐5年目以降、大きく上昇する点については、一部、裏付けられるものとなっていた。

また、今回、新たに判明した点では、標準伐期を経過した林分の列状間伐による材積面での肥大効果は、スギに比べ、ヒノキの方が現れやすいという点である。ただし、この樹種による肥大傾向の違いが何に起因するかは、今後、より詳細な調査を要する。

なお、今回の調査研究では、伐採列に隣接する個体のみを対象としたが、カラマツ林分の調査では、残存列が3列以上の場合(3残1伐等)、中央列の直径成長量が間伐隣接列より劣っていることが報告されている(島崎ら 1984)。同様に、スギ過密林分においても、間伐列に面する個体と面しない個体との直径成長の差は大きく、

間伐列に面しない個体は成長が劣ることがと報告されている(関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」2010)。この点についても、今後、さらに調査をしていく必要があると考えられる。

5 列状間伐後の年輪幅

スギ、ヒノキ個体について、列状間伐後の伐採幅と年輪幅の関係をKruskal-wallis検定による分析を行った結果、一部の個体において伐開方向や斜面上方向の平均年輪幅が相対的に大きくなる傾向が確認された(表-3)。ただし、スギ、ヒノキともに、スギの1例を除けば、年間の年輪幅は最大でも3mm未満であり(図-18、-19)、これまでの市場評価や偏倚の度合いからも、材質面で特に問題とはならないと考えられる。

列状間伐後に残された立木の幹成長は、樹冠偏倚により開放方向に偏心するといわれている(中山 1997, 島崎ら 1984)。そこで、スギ、ヒノキ人工林について、樹冠半径と列状間伐後の平均年輪幅の関係を調べたところ(図-20、-21)、両樹種とも、4方向の樹冠半径と平均年輪幅の間には、いずれも相関は認められなかった。このことは、伐開方向の樹冠半径が他の3方向に比べ有意な差は認められなかったこと、伐開方向の平均年輪幅が相対的に大きかったのは、一部の個体に限定されていたこと等からも裏付けられる。

この点に関連して、カラマツを調査し、幹の長径方向(偏心方向)と常風方向に強い関係がみられたとする報告があるが(関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」2010)、今後、風向と年輪幅との関係については、調査・検討をしていきたい。

この点に関連して、カラマツを調査し、幹の長径方向(偏心方向)と常風方向に強い関係がみられたとする報告があるが(関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」2010)、今後、風向と年輪幅との関係については、調査・検討をしていきたい。

IV おわりに

岡山県は、ヒノキ人工林の比率がスギ人工林に比べ高い特徴を有し(岡山県農林水産部林政課・治山課・組合指導課 2010)、ヒノキの材質が木材業界に及ぼす影響は大きい。当初、列状間伐実施後、材の偏倚が発生するのではないかと当初、懸念されたが、今回の調査結果では伐開方向の年輪幅が大きくなったといった事例が一部確認されたものの、伐開方向の年輪幅が極端に大きくなることは認められなかった。

岡山県内でも、一部の林業事業体では、所有する森林を、10年前から、順次、列状間伐を導入して長伐期林へと誘導するとともに、伐採した立木を市場へ出荷してき

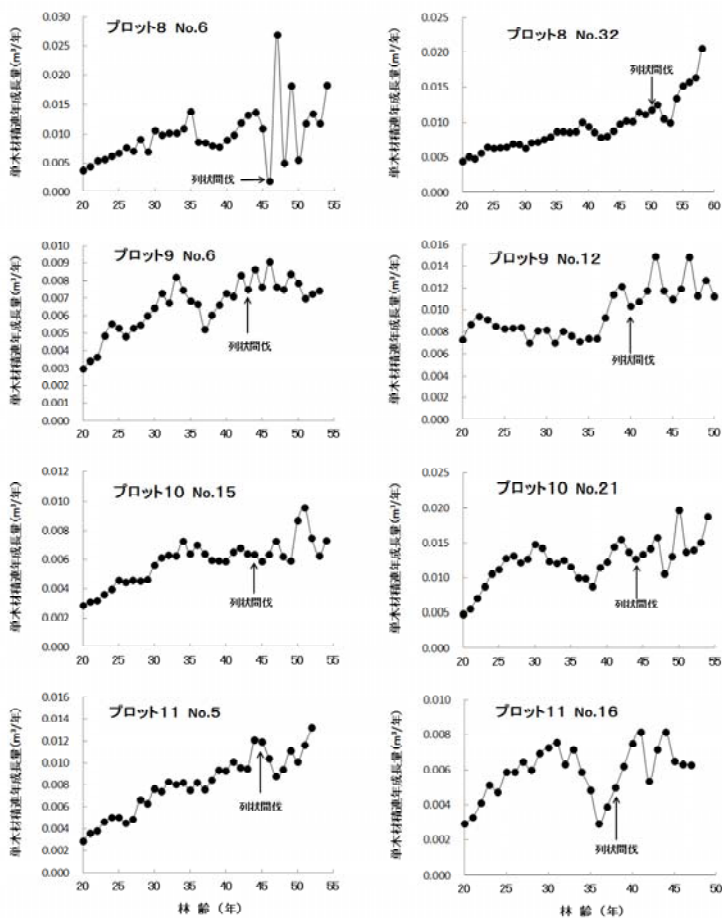


図-17 ヒノキ人工林における単木材積連年成長量の推移(2)

た経緯があるが、市場評価が低下したという報告はない。

渡邊ら(2000)は、ヒノキ林分について列状間伐後の直径階の歪度を調査し、林分の健全性と経済性が両立する間伐方法であると考察している。

さらに、今回の調査結果から、列状間伐による材質面低下は問題とならないと考えられることから、これまで列状間伐の導入を見送っていた林業事業体等に情報提供していく必要がある。

最後に、本調査に関し、調査地情報、調査地の提供及び立木の伐採等について快諾いただいた前田林業株式会社に、心よりお礼を申し上げる。

表-3 個体ごとの斜面方向別年輪幅の比較

調査プロット	個体(No)	樹種	樹齢(年)	Kruskal-Wallis検定	
				P値	備考
①	5	ヒノキ	56	0.7951	
	16	ヒノキ	56	0.4532	
②	3	ヒノキ	54	0.9840	
	17	ヒノキ	56	0.0003	** 伐開方向大
③	4	ヒノキ	58	0.1410	
	11	ヒノキ	58	0.0098	** 伐開方向大
④	6	スギ	55	0.0023	** 上・伐開方向大
	13	スギ	59	0.2227	
⑤	2	スギ	54	0.0001	** 上・伐開方向大
	23	スギ	52	0.0001	** 伐開方向大
⑥	8	スギ	53	0.0046	** 上方向大
	12	スギ	55	0.0216	* 下方向大
⑦	5	ヒノキ	50	0.0234	* 上方向大
	21	ヒノキ	53	0.0084	** 残存列方向大
⑧	6	ヒノキ	54	0.8365	
	32	ヒノキ	58	0.6560	
⑨	6	ヒノキ	53	0.0262	* 上方向大
	12	ヒノキ	50	0.0391	* 下方向大
⑩	15	ヒノキ	54	0.0868	
	21	ヒノキ	54	0.0357	* 伐開・残存列方向大
⑪	5	ヒノキ	52	0.0027	** 伐開方向大
	16	ヒノキ	47	0.0093	** 上方向大

注1. 間伐後の4方向の年輪幅の大きさを比較

注2. **, *はそれぞれ1%, 5%水準で有意であることを示す

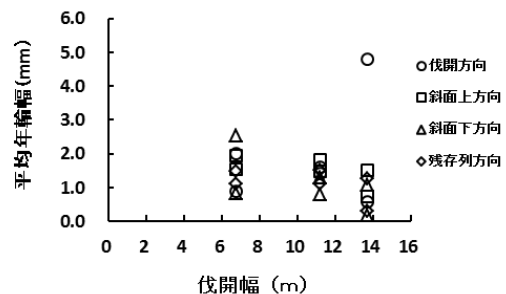


図-18 スギの伐開幅と平均年輪幅の関係

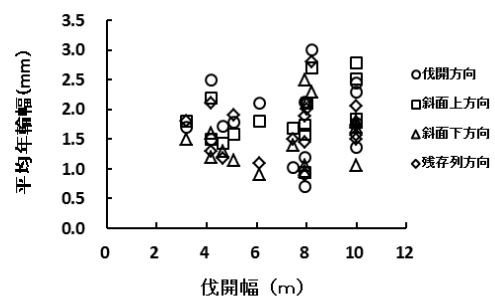


図-19 ヒノキの伐開幅と平均年輪幅の関係

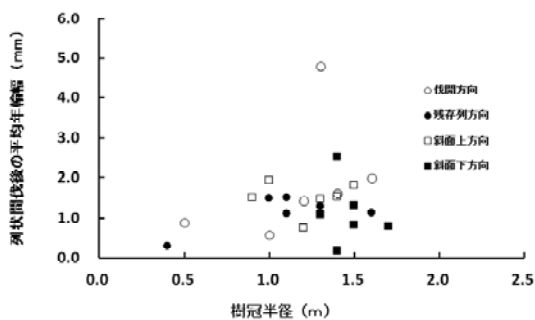


図-20 スギ人工林における樹冠半径と平均年輪幅の関係

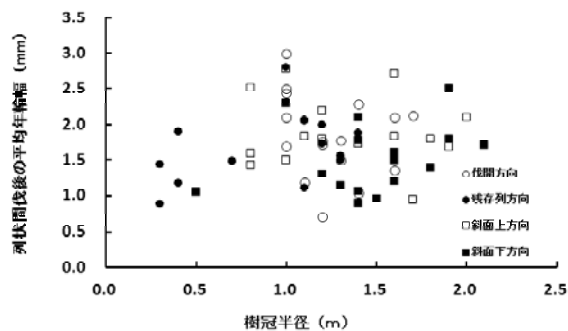


図-21 ヒノキ人工林における樹冠半径と平均年輪幅の関係

参考文献

荒木眞岳・重永英年・奥田史郎 (2010) スギ人工林における強度間伐が残存木の成長に与える影響. 九州森林研究63: 60-63.

独立行政法人森林総合研究所四国支所編 (2010) 間伐遅れの過密林分のための強度間伐施業のポイント. 独立行政法人森林総合研究所四国支所: 20pp.

深田英久 (2010) ヒノキ人工林における間伐施業が残存木の成長等に与える影響. 林業技術シンポジウム43: 28-36.

兵庫県 (2010) 災害に強い森づくり事業検証報告書 2010:87pp.

「広葉樹林化」研究プロジェクトチーム (2010) 「広葉樹林化ハンドブック 2010 - 人工林を広葉樹林へと誘導するために - : 36pp.

金子泰子・渡邊定元 (2001) 列状間伐ヒノキ林分の個体群動態. 日林関東支論33: 113-114.

関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「列状間伐研究会」 (2010) 列状間伐を考える - 研究成果と行政の取り組みに関する事例集 : 36pp.

河原輝彦・加茂皓一・井鷲裕司・清野嘉之 (1989) スギ・ヒノキ若齢林の利用間伐試験. 森林総研研報356: 47-62.

近藤晃・加藤徹 (2012) スギ・ヒノキ人工林の針広混交林化を目的とした抜き伐り後4年間の下層植生の動態. 静岡農林技研研報5: 65-71.

三重県科学技術振興センター編 (2008) 「三重県における針広混交林化施業のポイント」. 三重県科学技術振興センター: 12pp.

宮崎潤二・山上健次・馬場彰 (2011) 異なる伐採幅の列状間伐が下層植生に及ぼす影響. 九州森林研究64: 63-66.

中山富士雄 (1997) 列状間伐が林分に与える影響について. 日林九支研講50: 79-80.

西山嘉寛・阿部剛俊 (2002) 長伐期施業に対応する森林管理技術の研究 - 高齢林内における下層植生の現存量の推定及び林分収穫予想表の作成 -. 岡林試研報18: 33-66.

西山嘉寛 (2010) 機械作業システムにおける労働生産性の予測. 岡森研報26: 1-18.

西山嘉寛 (2011) 列状間伐及び定性間伐が下層植生に及ぼす影響. 岡森研報27: 91-98.

岡山県農林水産部林政課・治山課・組合指導課 (2010) 岡山県の森林・林業: 103pp.

佐々木啓・大久保達弘・逢沢峰昭・渡邊定元・金子泰子 (2007) ヒノキ人工林列状間伐林分の林分構造の時系列変化. 日林学術講118: P2f26.

澤田智志 (2012) スギ人工林における低コスト間伐技術の導入による非皆伐施業体系の確立 - 列状間伐林分の成長特性と列状間伐後の間伐方法の検討. 秋田県森技研報21: 1-16.

島崎洋路・関口俊雄 (1984) カラマツ樹幹の偏心生長について. 日林中支講32: 89-92.

下園寿秋 (2011) スギ林における強度間伐後の下層植生の影響. 鹿児島県森林技術総合研報14: 12-17.

田内裕之 (2011) 広葉樹林化技術開発への取り組み. 日林北支論59: 1-2.

渡邊定元・松浦広康・森山輝久・吉田充志・白石貴子 (2000) 列状間伐林の林分構成. 日林関東支論52: 99-100.