

落葉広葉樹10種の枝打ちによる傷の巻き込みと成長の関係

小谷二郎

要旨 : 落葉広葉樹 10 種で枝打ち後 4 年間の傷口の巻き込み変化を調査した。ケヤキ・カツラ・ミズメ・ナツツバキ・ヤマボウシ (平均巻き込み率が 86%以上) は、トチノキ・ヤマザクラ・シナノキ・イヌエンジュ・ブナ (同 65%以下) より巻き込みが早かった。巻き込み促進に最も関係の深い要因は枝径で、胸高直径との差が大きいものほど巻き込み完了への貢献性が高かった。また、枝打ち前からまたは枝打ち後に樹高や直径成長が遅い樹種ほど巻き込みも遅くなる傾向にあった。樹種にもよるが、2cm 程度までであればほとんどの樹種が枝打ち可能と判断された。

キーワード : 10 種広葉樹、枝打ち、巻き込み、枝径、成長

I はじめに

広葉樹人工林で良質材を生産するためには、枝打ちも重要な施業の 1 つ (近藤、1951) とされている。また、最近では街路樹に植えられた広葉樹も整枝・剪定と称して無造作に太い枝が切除されているのを頻繁に見かける。良質材を得るためにはなるべく若齢時に枝を巻き込ませることが重要 (谷本 1990) であり、また樹形を整えるためだけの枝打ちであっても、傷口からの腐朽の侵入は避けなければならない。しかしながら、広葉樹では枝打ちに対する樹種の反応が大きく異なり、場合によっては材質劣化をもたらすことも指摘されている (近藤、1951)。

広葉樹の中では、これまでにケヤキの枝打ちに関していくつかまとめられている (近藤、1951 ; 柳沢、1981 ; 有岡、1992 ; 橋詰、1994) が、そ

他の樹種では研究例も少ないのが実情である。枝打ちによる材質向上を図り、樹勢を損なわない樹形調整を行うためには打ち落とす枝の大きさと傷口の巻き込み (癒合) に要する年数や癒合促進に寄与する要因を十分に解析する必要がある。

そこで、10 種の落葉広葉樹を対象に枝打ち後 4 年間、枝の切り口の巻き込み変化を調査し、巻き込みと成長の関について考察した。

II 調査地および調査方法

1 調査地

調査地は、石川県林業試験場 (石川県白山市三ノ宮町) の場有林内の 0.18ha の広葉樹集植地である。標高 200m、西向きに緩傾斜地 (5°) である。土壌型は B_D 型である。1997 年 12 月に、ケヤキ・トチノキ・カツラ・ミズメ・ヤマザクラ・

表-1 胸高直径 4cm 以上の立木の本数、平均胸高直径、平均樹高、断面積合計、材積合

樹種	本数	平均 胸高直径 (cm)	平均 樹高 (m)	枝数	試験した枝の高さと直径						平均枝下高 (cm)	割合 (%)
					高さ(cm)			直径(mm)				
					平均	最小	最大	平均	最小	最大		
ケヤキ	20	6.4	6.3	39	139.6	93	201	30.5	10.6	49.5	234.2	39.2
トチノキ	19	8.0	6.1	35	124.5	55	185	26.5	8.7	73.8	245.5	40.5
カツラ	20	8.2	7.6	39	134.2	55	197	20.2	10.3	35.3	206.7	27.4
ミズメ	2	5.9	6.1	3	149.7	126	165	17.8	11.2	26.0	209.0	34.8
ヤマザクラ	18	8.0	7.4	36	149.0	106	180	32.2	7.1	63.0	228.0	31.0
シナノキ	14	5.4	3.7	24	143.6	128	180	18.3	10.7	28.4	202.8	56.3
ナツツバキ	20	6.6	6.2	40	123.0	50	181	26.4	10.7	50.5	203.7	33.7
ヤマボウシ	20	6.4	4.8	40	129.3	44	195	26.6	9.8	47.1	204.8	42.6
イヌエンジュ	19	9.0	7.7	35	158.5	120	194	25.5	10.3	66.5	223.6	29.5
ブナ	19	7.4	5.5	37	136.2	90	183	24.3	9.7	47.2	205.5	37.3

平均枝下高は、枝打ち後の高さや樹高に対する割合を示す。

The relationship between healing of wound and growth by pruning in 10 deciduous broad-leaved trees

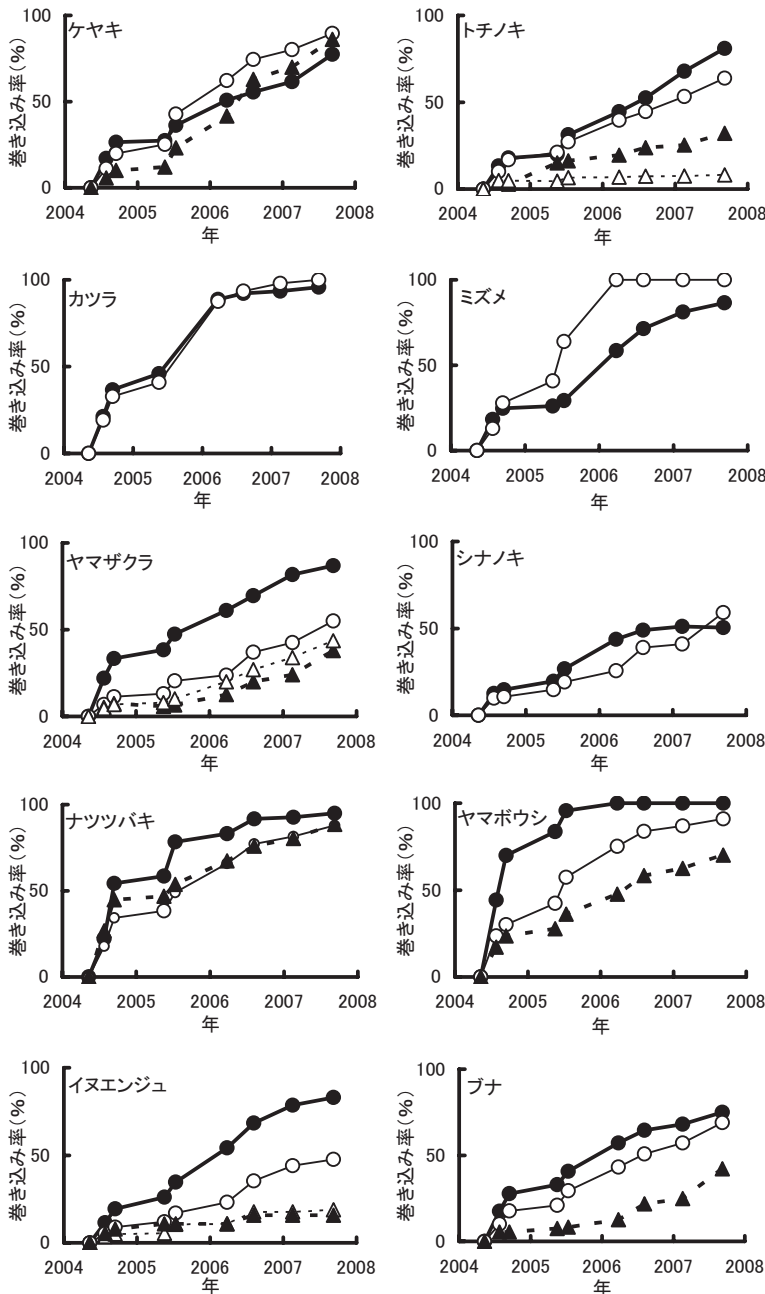


図-1 傷口の巻き込み変化
 ●: 2 cm 未満、○: 2~4 cm 未満、▲: 4~6 cm 未満、△: 6 cm 以上

ヤマグラ・シナノキ・ナツツバキ・ヤマボウシ・イヌエンジュ・ブナの11種の幼木(樹高1~3m)が、約3m間隔で各樹種交互に2回繰り返して10本ずつ列状混植された。なお、ヤマグラはカモシカによる食害と雪害によりすべて消失したため、それを除く10種を今回の調査対象とした。

2004年4月に、手の届く範囲で、手鋸によってすべての木を対象に枝を打ち下ろした(表-1)。打ち上げ高は、ほとんどの樹種が1m未満(樹高の20%未満)で、枝打ち後の枝下高は一部を除き

樹高の30~40%であった。枝打ち方法は、小谷ら(2003)の実施した方法に準じ、枝基部で枝隆を残す方法で行った。

2 調査方法

1本につき2箇所(枝)の傷口を対象に、2004年5月から2007年9月まで、年に2~3回(合計9回)癒合部の短径をデジタルノギスで測定した。供試本数は、基本的に20本を対象としたが、中には手の届く範囲に枝が無いために20本に満たない樹種もあった。また、ミズメやシナノキは消失したものが多く、他に比べて少なかった。したがって、試験した枝数もほとんどが35本以上であるが、シナノキとミズメは他よりも少なかった。対象とした枝径は、7.1~73.8mmと範囲は広いが、10~30mmが3分の2を占めていた。また、1998年(植栽翌年春)、2004年(枝打ち直後の春)、2007年(秋)に、胸高直径・樹高・枝下高を測定した。

3 データ解析

枝打ち直後の傷口の大きさに対する、各測定時期の傷口の直径を未巻き込み直径として、巻き込み率を計算した。枝径階ごとの巻き込み率の差は、1元配置の分散分析とScheffeの多重比較により解析した。また、巻き込み促進に関係した要因を解析するため、巻き込みが完了した枝と未完了の枝を区別して、胸高直径・樹高の成長量や枝径と胸高直径の比など12の要因を説明変数とするロジスティック回帰分析を行った。これらの統計解析には、JMP ver. 5 (SAS Institute, 2002)を用いた。

III 結果

1 枝径ごとの巻き込み率の経年変化

図-1に、樹種ごとの枝径別の巻き込み率の経年変化を示した。また、表-2は最終測定日(2007年9月11日)での枝径階別の平均巻き込み率および巻き込み完了数(率)を示している。全体で

は、4年間で平均巻き込み率 55.6~97.7%、巻き込み完了率 16.7~94.9%であった。4年間での巻き込み状況から、ケヤキ・カツラ・ミズメ・ナツツバキ・ヤマボウシのように平均巻き込み率 86%以上（巻き込み完了率 57%以上）と早いタイプと、トチノキ・ヤマザクラ・シナノキ・イヌエンジュ・ブナのように平均巻き込み率 69%以下（巻き込み完了率 45%以下）と遅いタイプに分けられた。ヤマザクラやイヌエンジュは 2cm 未満とそれ以上で巻き込み率に約 2 倍の差がみられ、ナツツバキやヤマボウシでは 2cm 未満の枝が 2~3 年で巻き込みを完了していた。カツラとミズメは、2年で 4cm 未満の枝も巻き込みを完了した。2007 年の最終調査時点で枝径による巻き込み率に差のみられた樹種は、トチノキ・ヤマザクラ・ヤマボウシ・イヌエンジュの 4 種で、太い枝ほど巻き込みが遅くなる傾向がみられた（1 元配置分散分析、 $p<0.05$ 、scheffe の多重比較、 $p<0.05$ ）。ケヤキ・ナツツバキ・ヤマボウシは 4cm 以上の太い枝の巻き込み率が 65%以上と高かったのに対し、その他の樹種は 50%にも満たなかった。

2 傷の巻き込み促進に関係する要因

ロジスティック回帰分析を用いて、4年間（1部樹種では2年間）での傷の巻き込み有無に関係する要因を解析した（表-3）。10種のうち8種（ケヤキ・シナノキ以外）で、bd または D/bd で関係がみられ、細い枝ほどまた胸高直径との差が大きい枝ほど巻き込みが早い傾向にあった。成長量（率）との関係では、1998

表-2 傷口の巻き込み率と巻き込み完了数

樹種	枝直径階	処理数	巻き込み率 %	巻き込み完了数 (%)
ケヤキ	A: 2cm未満	7	77.4±24.5	3 (42.9)
	B: 2~4cm未満	22	89.5±23.2	16 (72.7)
	C: 4~6cm未満	10	86.2±24.8	5 (50.0)
	D: 6cm以上	-	-	-
	全体	39	86.2±23.6	24 (61.5)
トチノキ	A	15	81.0±27.5	9 (60.0)
	B	15	63.8±39.5	7 (46.7)
	C	3	32.1±30.5	0 (0)
	D	2	8.2±4.7	0 (0)
	全体	35	65.3±37.5	16 (45.7)
カツラ	A	21	95.8±15.4	19 (90.5)
	B	18	100	18 (100)
	C	-	-	-
	D	-	-	-
	全体	39	97.7±11.4	37 (94.9)
ミズメ	A	2	86.6±19.0	1 (50.0)
	B	1	100	1 (100)
	C	-	-	-
	D	-	-	-
	全体	3	91.1±15.5	2 (66.7)
ヤマザクラ	A	10	86.8±24.0	5 (50.0)
	B	18	55.0±22.4	1 (5.6)
	C	6	38.0±16.6	0 (0)
	D	2	43.6±15.7	0 (0)
	全体	36	60.4±27.5	6 (16.7)
シナノキ	A	14	56.8±35.4	4 (28.6)
	B	8	53.8±37.5	3 (33.3)
	C	-	-	-
	D	-	-	-
	全体	22	55.6±35.4	7 (31.8)
ナツツバキ	A	7	95.0±13.2	6 (85.7)
	B	31	87.9±22.4	16 (51.6)
	C	2	92.9±10.1	1 (20.0)
	D	-	-	-
	全体	40	89.4±20.6	23 (57.5)
ヤマボウシ	A	11	100	11 (100)
	B	22	91.0±22.4	15 (68.2)
	C	7	65.9±8.6	1 (14.3)
	D	-	-	-
	全体	40	89.1±18.5	27 (67.5)
イヌエンジュ	A	15	83.0±24.0	9 (60.0)
	B	14	47.6±28.7	2 (14.3)
	C	4	18.9±2.2	0 (0)
	D	1	15.8	0 (0)
	全体	34	60.1±33.8	11 (32.4)
ブナ	A	13	74.9±13.2	8 (61.5)
	B	22	68.9±22.4	7 (31.8)
	C	2	42.2±8.6	0 (0)
	D	-	-	-
	全体	37	69.6±32.8	15 (40.5)

表-3 傷口の巻き込み完了に関係する要因分析（ロジスティック回帰分析）

樹種	'98-'04					'04		'04-'07				
	ΔD	ΔH	ΔH/ΔD	ΔD%	ΔH%	bd	D/bd	ΔD	ΔH	ΔH/ΔD	ΔD%	ΔH%
ケヤキ	◎	◎		◎	◎			x		x-		
トチノキ		○		○	○	○-			x-			x-
カツラ※	◎-		◎	◎-		○-						x
ミズメ						x-	x					
ヤマザクラ						●-	○		○-	○-	○	○-
シナノキ								●				◎-
ナツツバキ			○-	◎-	●-	x-	○					
ヤマボウシ※						●-	●			○		
イヌエンジュ					○	●-	●					○
ブナ							x-					

D: 胸高直径, H: 樹高, BH: 枝下高, bd: 枝径, bh: 枝高, Δ: 成長量, %: 成長率。

※印の樹種は2006年3月27日のデータで解析し、それ以外の樹種は2007年9月11日のデータで解析。

x: 10%、○: 5%、◎: 1%、●: 0.1%で有意な適合性を示す。-: 負の関係を示す。

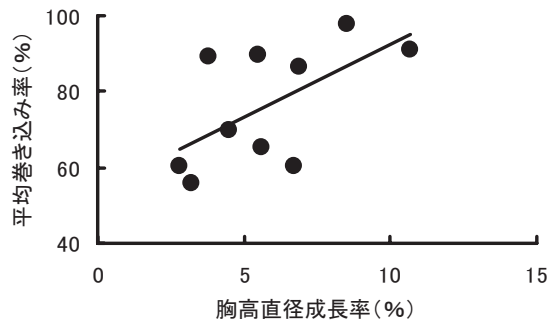


図-2 樹種間での胸高直径成長率('04~'07年)と平均巻き込み率の関係
 $y=3.8432x+54.113$, $r=0.604$, $p<0.05$, $n=10$

～2004年でケヤキ・トチノキ・イヌエンジュが正の、カツラ・ナツツバキ・ヤマボウシが負の関係を示した。 $\Delta H/\Delta D$ は、カツラが正の、ナツツバキが負の関係を示した。また、2004～2007年ではケヤキ・シナノキ(ΔD)・ヤマザクラ($\Delta D\%$)・カツラ・イヌエンジュ($\Delta H\%$)で正の、トチノキ・ヤマザクラ(ΔH と $\Delta H\%$)・シナノキ($\Delta D\%$)で負の関係がみられた。 $\Delta H/\Delta D$ はヤマボウシが正の、ケヤキ・ヤマザクラが負の関係を示した。ブナとミズメは、関係要因が他の樹種に比べて少なかった。

樹種間で、胸高直径の成長率と平均巻き込み率の関係を調べた(図-2)ところ、成長率の高い樹種ほど巻き込み率が高い傾向にあった。また、樹高の成長率でも同様の傾向であった($y=4.0008x+47.754$, $r=0.730$, $p<0.05$, $n=10$)。枝打ち前(1998～2004年)と枝打ち後(2004～2007年)の間での胸高直径および樹高の平均成長率を比較した(表-4)。ヤマボウシを除くほとんどの樹種が、枝打ち後に成長率が下がる傾向にあった。樹高・胸高直径成長率とも枝打ち前後で順位が入れ替わった(Spearmanの順位相関係数、 $n=10$, $p>0.05$)。ミズメ・カツラ(上位)・ヤマボウシ・シナノキ(下位)では順位に変化がなかった。ケヤキ・ヤマザクラ・ナツツバキが枝打ち後に順位が上昇したのに対し、トチノキ・イヌエンジュ・ブナは逆に順位を下げた。

IV 考察

胸高直径5.4～9.0cm、樹高3.7～7.7mの時期で、枝打ちを行った結果、樹種によりタイミングを考慮しながら実施すれば、材の付加価値向上に寄与することが期待された。胸高直径または樹高成長率が高い樹種ほど巻き込み率も高い傾向を示し

表-4 枝打ち前後での胸高直径および樹高成長率の比較

樹種	胸高直径成長率(%)				樹高成長率(%)			
	'98-'04 順位	'04-'07 順位	'98-'04 順位	'04-'07 順位	'98-'04 順位	'04-'07 順位	'98-'04 順位	'04-'07 順位
ケヤキ	13.3	6	6.9	3	11.3	6	8.2	3
トチノキ	14.7	3	5.6	5	13.0	3	7.5	5
カツラ	16.0	2	8.5	2	13.8	2	9.4	2
ミズメ	33.0	1	10.7	1	19.8	1	12.5	1
ヤマザクラ	12.5	7	6.7	4	10.3	7	7.5	5
シナノキ	6.8	10	3.2	9	6.4	9	3.0	9
ナツツバキ	7.4	9	5.5	6	6.4	9	7.9	4
ヤマボウシ	10.6	8	3.8	8	7.2	8	6.7	7
イヌエンジュ	13.8	4	2.8	10	11.7	5	2.6	10
ブナ	13.6	5	4.5	7	11.9	4	6.5	8

(図-2)、ケヤキ・カツラ・ミズメ・ナツツバキ・ヤマボウシは、トチノキ・ヤマザクラ・シナノキ・イヌエンジュ・ブナよりも巻き込みが早い傾向がみられた(表-2)。これは、樹種による成長と枝径の違いが関係していると考えられる。シナノキは枝打ち前後とも成長が最も遅く、トチノキ・イヌエンジュ・ブナは枝打ち後に成長率の順位が下がった(表-4)ことから、これらの巻き込み率の低さは成長減退が原因の1つとして考えられる。4年間での巻き込み完了の有無に対して、10種のうち8種で枝径または胸高直径と枝径の比が関係していた(表-3)ことから、細い枝で胸高直径との差が大きい細い枝を持つ樹種ほど巻き込み速度が早いことを示唆している。トチノキ・ヤマザクラ・イヌエンジュでは、他の樹種よりも胸高直径・樹高ともやや大きく、枝径も6cm以上のものが存在した。大きな枝を落としたことで成長減退が加速し、巻き込みに時間がかかったと考えられる。

ケヤキ・ナツツバキ・ヤマボウシなど、4～5cmの太い枝でも巻き込みが早い樹種も存在した(図-1、表-2)。しかし、ヤマザクラやイヌエンジュのように2cm前後で巻き込みに大きな差がみられる場合や、ナツツバキやヤマボウシのように2cm未満では2～3年で巻き込みを完了していたことなどを考え合わせると、理想的には2cmまでに枝打ちすることが望ましいと考えられる。しかし、カツラやミズメのように4cm未満の枝でも約2年で巻き込みを完了するものや、2～4cm未満でも2cm未満と巻き込み率に差がみられない樹種も存在することから、樹種によっては4cmまで枝打ちが可能と判断される。

ケヤキは、枝径よりも枝打ち前またはその後の成長量(率)の関与度が高かった。前回の試験(小谷ら、2003)では、枝径も関係がみられた点

で多少異なったが、成長の旺盛なものほど巻き込みが早い傾向は同様であった。枝径が 10cm を超えない範囲で可能という報告(柳沢、1981)もあることから、ケヤキは成長が旺盛であればかなりの大きさの枝径まで実施が可能と考えられる。

トチノキは、枝打ち前に樹高成長量(率)または直径成長率と正の関係を示しながら、枝打ち後は樹高成長量(率)と負の関係を示したことから、成長旺盛な個体ほど枝打ちの効果が現れるが、太枝の打ち下ろしは成長減退の原因になることも示唆している。枝径 3 cm 以下であれば 2 年で完全に巻き込むという報告(橋詰、1994)や 1.4~3.4cm の枝が 4~5 年で巻き込みを完了したという結果(小島、1996)もあることから、今回の試験では多少巻き込みが遅く、条件が悪かった可能性がある。

カツラでは、枝打ち前の直径成長が負の、樹高と直径成長の比および枝打ち後の樹高成長率が正の関係を示していたことから、直径よりも樹高成長の旺盛な個体の方が巻き込みに有利であることを示唆した。1.4~2.4cm の枝での試験では、枝隆を残して打ち落とせば、変色もなく 3 年で巻き込みを完了する(小島、1997)という。ヤマボウシやイヌエンジュも直径成長よりも樹高成長の関与度が高いと考えられる。イヌエンジュでの枝打ち試験では、2 cm 以上の枝は巻き込みが遅くほとんどに腐朽が侵入していた(青砥、1990)ことから、2 cm 以下に留めるべきであろう。

ヤマザクラは、枝打ち後の樹高成長量や樹高と直径成長量の比が負の関係を示したのに対し、直径成長率が正の関係を示したことから、巻き込み促進に直径成長が深く関係していることが示唆された。2~4 cm の枝の 3 年間の巻き込み率は 40%以下で、ケヤキやクリなどに比べて遅いという報告(吉野・前田、2000)があることから、やはり 2cm 以下を対象にするべきである。

シナノキも成長率では負の関係となったが、直径成長量を大きくすることで巻き込みが促進されると考えられる。しかしながら、今回の試験ではシナノキは枝打ち前でも成長量(率)が下位に位置した(表-4)ことから、今後さらに検討が必要である。

ナツツバキは、枝打ち前の直径および樹高成長率とも強い負の関係を示した。おそらく、旺盛な成長をもつ個体ほど枝打ちによる成長減退が著し

かったために、巻き込みに遅れが生じたものと考えられる。

ブナとミズメは、巻き込みに関係する要因が他の樹種よりも弱かった(表-3)。ミズメはサンプル数が少なかったのが原因と考えられる。ブナは、これまで枝打ちは難しいとされてきた(近藤、1951)。しかし、自然落枝が起きない場合は枝径が 2~3 cm になる前に打つのが望ましいという見解(谷本、1990)もあることから、2 cm 以下の細い枝を対象にすれば巻き込みは可能と考えられる。カバ類は、1cm 程度の極めて細いもので可能とされている(近藤、1951)が、今回の試験では 4 cm 以下で 86%以上の巻き込みがみられた。今後、サンプル数を増やしてさらに検討したい。

引用文献

- 青砥一郎(1990) イヌエンジュの幼齢林の生育状況. 日林東北支誌 42: 118-119.
- 有岡利幸(1992) ケヤキ林の育成法. 104pp, 大阪営林局森林施業研究会.
- 橋詰隼人(1994) 主要広葉樹林の育成. (堤 利夫編, 造林学, 253pp, 文永堂出版, 東京). 103-179.
- 小谷二郎・片岡久雄・森 吉昭(2003) ケヤキの枝打ちによる枝の巻き込みと成長に与える影響. 石川県林試研報 34: 7-10.
- 小島 正(1997) 育林施業体系化試験(1) — 広葉樹の枝打ち試験(8) —. 平成8年度群馬県林業試験場業務報告: 11-12.
- 近藤 助(1951) 潤葉樹用材林作業. 158pp, 朝倉書店, 東京.
- SAS Institute (2002) JPM ver. 5 (日本語版). SAS Institute, Cary, NC, USA.
- 谷本丈夫(1990) 広葉樹施業の生態学. 245pp, 創文, 東京.
- 柳沢聡雄(1981) 広葉樹林の施業. (林野庁研究普及課監修, 広葉樹林とその施業, 262pp, 地球者, 東京). 117-251.
- 吉野 豊・前田雅量(2000) 広葉樹の枝打ち試験(II) — 数種広葉樹の枝打ち方法別の癒合および材の変色状況の違い —. 兵庫森林技研報 48: 1-4.