

102年生ケヤキ人工林における2回の間伐の効果についての検討

Study on the effect of thinning twice in the 102 year old *Zelkova serrata* plantation

原口竜成^{*1}・大村和也^{*1}・千嶋武^{*1}

Ryusei HARAGUCHI^{*1}, Kazuya OMURA^{*1} and Takeshi CHISHIMA^{*1}

* 1 東京大学秩父演習林

The University of Tokyo Chichibu Forest, Chichibu 368-0034

要旨：東京大学秩父演習林（埼玉県秩父市）には、2度の間伐を行ったケヤキ人工林試験地（1912年植栽）がある。1回目の間伐（初回間伐）は1932年に、2回目の間伐（高齢級間伐）は1999年に行われた。これら2回の間伐について、間伐区と無間伐区の立木密度、平均胸高直径、胸高断面積合計および直径分布の時系列変化を調べ、間伐の効果を考察した。初回間伐は林分の過密状態を改善したが、1954年の間伐区の上位の胸高直径階の本数は無間伐区より少なかったことから間伐の効果は不十分であった。高齢級間伐では間伐区の直径分布で大径木が増加し、間伐の効果が認められた。また、間伐区では、2008年から2013年の期間で上位の胸高直径階に位置する個体の成長率向上が顕著であった。さらに、無間伐区では品質の低いヌカ目材発生の可能性が高いことが示唆されたことから、高齢級間伐は大径木生産と高品質材生産の観点から有効であると考えられた。

キーワード：ケヤキ、人工林、間伐効果

Abstract : A plantation of *Zelkova serrata* was established in the Chichibu Forest at the University of Tokyo (Chichibu, Saitama, Japan) in 1912. In 1932, a thinning plot (TP) and a no-thinning plot (NTP) were marked in the plantation, and in that year, the TP underwent the first thinning (approximately 47% of individual trees were removed). The second thinning (approximately 84% of trees were removed) was carried out in 1999. Tree density, average diameter at breast height (DBH) and its distribution, and total basal area (BA) were calculated for each plot, and the values were analyzed to examine the effect of thinning. The first thinning was ineffective for DBH growth because the number of large tree in 1954 was less in the TP than in the NT, however, it improved dense stand. The second thinning significantly increased the distribution of DBH with large diameter in the TP. The growth rate of large trees was significantly greater in the TP than in the NTP from 2008 to 2013. The low growth of DBH in the NTP indicated low-quality wood. Therefore, it was concluded that the second thinning enhanced the production of large trees and yielded high-quality wood.

Key words : *Zelkova serrata*, plantation, effect of thinning

I はじめに

東京大学秩父演習林（以下、秩父演習林）には、1912年に植栽されたケヤキ人工林があり、人工造林技術に関する様々な研究が行われてきた（3, 4, 5, 6）。

同林分ではこれまで2度の間伐が実施されているが、近年の成長経過およびこれら間伐の効果についての検討は行われていない。そこで、これまでの測定結果から、林分構造と直径分布の時系列変化を調べ、2回の間伐の効果と今後の林分の取り扱いについて考察を行った。

II 方法

1. 試験地の概要 試験地は秩父演習林（埼玉県秩父市）1林班の17小班内（小班面積4.41ha）にあり、2013

年時点での林齢は102年生である。標高765m～990mの南西斜面の中腹にあり、土壤はB_D型、埴質壤土である。

1912年にha当たり4830本の植栽が行われ、1918年と1919年に下刈り、1920年に切りと枝打ち、1923年に枝打ち、1924年と1930年に切りと除伐が行われている（5）。試験地は1932年に設定され、間伐区（0.099ha）と無間伐区（0.077ha）に区分される。1932年に間伐区内において本数率47.1%（胸高断面積率36.6%）の間伐（以下、初回間伐）が行われた。間伐から1954年の調査まで、つる切り以外は行っていない（5）。

その後、1999年に間伐区で本数率83.5%（胸高断面積率74.5%）の間伐（以下、高齢級間伐）が実施された。この間伐は、当時、年輪が詰まりすぎて材質が低下する

ヌカ目の発生が懸念されたため実施したものであり（6），2002年には間伐区内で萌芽枝の枝打ちが行われている。

2. 調査および使用データ 試験地では，通算10回の調査が行われている。調査年は1932年(21年生)，1938年(27年生)，1943年(32年生)，1948年(37年生)，1954年(43年生)，1988年(77年生)，1998年(87年生)，2003年(92年生)，2008年(97年生)，2013年(102年生)である。測定項目は胸高直径と樹高である。このうち，本稿では胸高直径のデータを使用して解析を行った。

なお，試験地内の各立木には1932年に個体番号が付与されたが，1954年から1988年の間に一部の立木の番号が消失した。その後，1988年に再度個体番号を付与したため，個体成長の解析が可能な期間は1932年～1954年と1988年～2013年の2つに分かれている。

III 解析

1. 初回間伐の解析 まず，初回間伐後の林分構造の変化を把握するため，間伐後22年(21年生～43年生)を解析期間としてha当たり立木密度，平均胸高直径，ha当たり胸高断面積合計について5回・22年間の変化を検討した。また，これらの林分構成値(間伐後)と林齢との関係に直線を回帰し，その傾きの差(増加・減少速度)をANCOVAにおけるF検定で調べた。さらに，間伐後の各調査年の平均胸高直径の差をt検定で検定した。

次に，間伐の効果を検討するために以下の解析を行った。菊沢（2）は，間伐効果を間伐により目標径級に達した木を多く生産することと規定し，所定の胸高直径階以上の木の数を比較するのが最も有効な間伐効果の判定法であるとしている。このため，本研究では，21年生と43年生の直径分布(直径階幅5.0cm)について，分布の幅と上位の胸高直径階の本数を間伐区間で比較した。

また，間伐がどの径級の個体の成長に影響を与えたのかを明らかにするため，調査年ごとの個体の成長量と，期首の胸高直径の値との関係に直線を回帰し，間伐区と

表-1. 初回間伐後の林分構造の変化
Table 1 Changes in stand structure after the first thinning

区画	調査年	立木本数 /ha (N/ha)	平均胸高直径 (cm)	胸高断面積合計 (m ² /ha)
間伐区	1932*	3172	8.1	19.0
	1932	1677	8.7	12.0
	1938	1576	10.0	14.9
	1943	1354	11.9	17.2
	1948	1242	13.1	18.8
	1954	1242	13.9	21.0
無間伐区	1932	4157	8.1	24.6
	1938	3963	8.8	28.1
	1943	3380	10.0	30.1
	1948	3082	10.9	32.9
	1954	2784	12.1	36.1

*:間伐前の値

無間伐区の直線の傾きと切片の差をANCOVAにおけるF検定で調べた。その際、剥皮や衰弱により期間成長量がマイナス値を示した個体は除外した。

2. 高齢級間伐の解析 高齢級間伐後の林分構造の変化を把握するため，間伐後15年(87年生～102年生)を解析期間としてha当たり立木密度，平均胸高直径，ha当たり胸高断面積合計について4回・15年間の変化を検討した。また，これらの林分構成値(間伐後)と林齢との関係に直線を回帰し，その傾きの差をANCOVAにおけるF検定により調べた。さらに，間伐後の各調査年の平均胸高直径の差をt検定で検定した。

次に，間伐効果を検討するため，初回間伐の解析と同様に，直径階幅を5.0cmとして87年生と102年生の直径分布について，直径分布の幅と上位の直径階に位置する立木の本数を間伐区と無間伐区との間で比較した。なお，間伐を実施した1999年(88年生)は胸高直径の測定が行われなかったため，本稿では高齢級間伐の解析期間を87年生～102年生としている。

また，間伐がどの径級の個体の成長に影響を与えたのかを明らかにするため，調査年ごとの個体の成長量と，期首の胸高直径の値との関係に直線を回帰し，間伐区と無間伐区の直線の傾きと切片の差をANCOVAにおけるF検定で調べた。その際、剥皮や衰弱により期間成長量がマイナス値を示した個体は除外した。

IV 結果

1. 初回間伐後の林分構造および直径分布の変化 林分構造では(表-1)，立木密度が間伐区で調査期間を通して緩やかな減少傾向を示し，無間伐区では調査期間を通して大きく減少した。また，減少速度は無間伐区が間伐区を上回った($P<0.01$)。

平均胸高直径は，全調査年で間伐区が無間伐区を上回

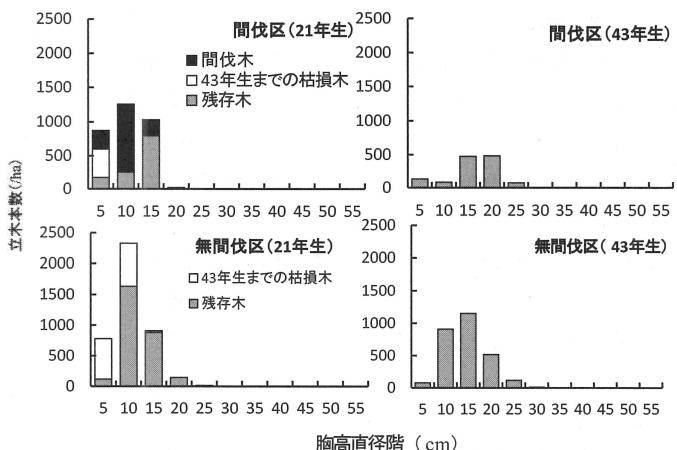
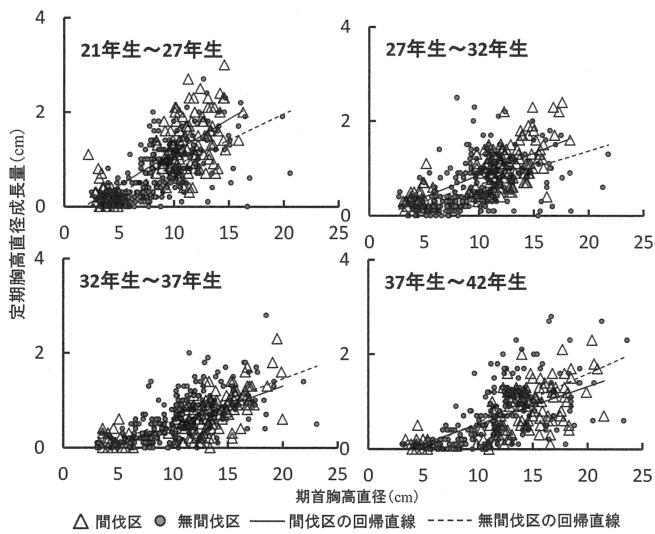


図-1. 初回間伐後の直径分布型の変化
Fig.1 Changes in DBH distribution after the first thinning



図一 2. 初回間伐後の期首胸高直径と定期胸高直径成長量

Fig.2 Relationships between initial DBH and periodic DBH increment after the first thinning

った。また、21年生時点では間伐区間で有意差が認められなかつたが ($P>0.05$)、27年生以降の全ての調査年で有意差が認められた ($P<0.01$)。さらに、増加速度にも間伐区と無間伐区で有意差が認められた ($P<0.05$)。

胸高断面積合計は、無間伐区の値が調査期間を通じて間伐区を上回った。また、いざれの区画でも増加傾向を示し、無間伐区の増加速度が間伐区を上回った ($P<0.01$)。

直径分布型は(図一1)、無間伐区で10cm以下の胸高直径階の枯損木が多くかった。43年生時点の分布の幅は、間伐区が5cm~25cm、無間伐区が5cm~30cmであり、無間伐区の個体が最も上位の胸高直径階に達した。また、43年生時点の上位の胸高直径階(25cm以上)の本数は間伐区が71本/ha、無間伐区が130本/haであり、無間伐区の方が多かった。

期首胸高直径と定期胸高直径成長量の関係では(図一2)、間伐直後の21年生~27年生の期間に間伐区間の回帰直線の傾きに有意差が認められ ($P<0.05$)、27年生~32年生の期間で切片に有意差が認められた ($P<0.01$)。

表一 2. 高齢級間伐後の林分構造の変化

Table 2 Changes in stand structure after

the second thinning

区画	調査年	立木本数/ha	平均胸高直径	胸高断面積合計
		(N/ha)	(cm)	(m ² /ha)
間伐区	1998*	535	24.3	25.9
	1998	91	30.0	6.6
	2003	91	33.0	8.0
	2008	91	36.1	9.7
	2013	91	39.3	11.5
無間伐区	1998	971	20.8	35.7
	2003	919	22.3	38.2
	2008	868	23.9	41.8
	2013	855	24.7	44.3

*:間伐前の値

2. 高齢級間伐後の林分構造および直径分布の変化

林分構造では(表一2)、間伐区の立木密度が横ばいであり、無間伐区では調査期間を通して緩やかな減少を続けた。減少速度は無間伐区が間伐区を上回った ($P<0.05$)。

平均胸高直径は、全ての調査年で間伐区が無間伐区を上回り、有意差が認められた ($P<0.01$)。また、間伐区の増加速度が無間伐区を上回った ($P<0.01$)。

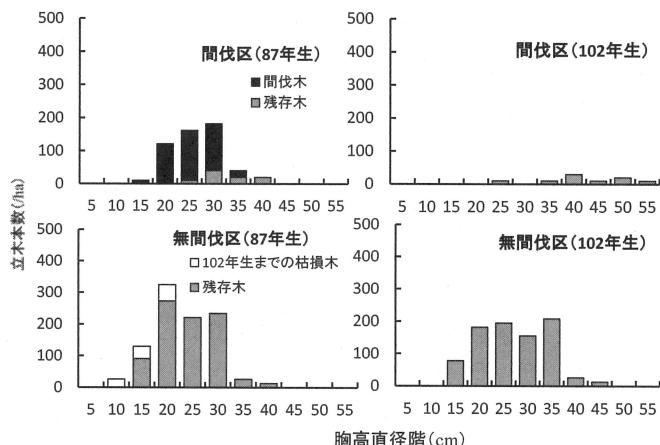
胸高断面積合計は、無間伐区の値が調査期間を通じて間伐区を上回った。また、増加速度についても無間伐区が間伐区を上回った ($P<0.01$)。

直径分布型の変化をみると(図一3)、間伐区では、間伐により30cm以下の胸高直径階の本数が大きく減少した。分布の幅は87生時が15cm~40cmであったのに対し、102年生時には25cm~55cmとなり、胸高直径階40cm以上の大径木が多く(70本/ha)みられるようになった。無間伐区では、分布の幅は87生時で10cm~40cm、102年生時で15cm~45cmと大きな変化がみられず、102年生時の胸高直径階40cm以上の大径木は39本/haと、間伐区より少なかった。

さらに、期首胸高直径と定期胸高直径成長量の関係では(図一4)、87年~92年の期間 ($P<0.01$)および92年生~97年生の期間 ($P<0.05$)で切片に有意差が認められた。また、97年生~102年生の期間では回帰直線の傾きに有意差が認められた ($P<0.05$)。

V 考察

1. 初回間伐の効果 初回間伐後の林分構造は、無間伐区の立木密度は大きく減少したのに対し、間伐区では緩やかに減少していた。また、無間伐区の直径分布型をみると、比較的被圧されやすい小径木が多く枯損しており、無間伐区では過密状態による枯損が多く発生したものと考えられる。間伐区ではこのような傾向は認められ



図一 3. 高齢級間伐後の直径分布型の変化

Fig.3 Changes in DBH distribution after the second thinning

なかつたため、初回間伐は過密状況を改善し健全な密度を維持するという観点からは有効であった。

一方、間伐後 22 年時点では、最上位の胸高直径階に達したのは無間伐区の立木であり、上位の胸高直径階（25cm 以上）の本数は間伐区が無間伐区より少なかつたことから間伐の効果は不十分であった。期首胸高直径と定期胸高直径成長量の関係では、21 年生～32 年生の期間で、回帰直線の傾きもしくは切片に有意差が認められ、かつ、間伐区の回帰直線が無間伐区の回帰直線の上方にあることから、間伐区の個体の成長が促進されたと考えられる。しかし、32 年生以降の期間では、間伐区と無間伐区の回帰直線の傾きと切片には有意差がなく、個体の成長率への影響は少なかつた。

石川県のケヤキ人工林育林体系によると、間伐は 20 年生から 40 年生くらいまでに 10 年に 1 度は必要とされており（1）、本林分でも初回間伐後に複数回の間伐を行えば、間伐効果が期待できたのではないかと推察される。

2. 高齢級間伐の効果 高齢級間伐後、間伐区では胸高直径階上位（40cm 以上）の本数が多くなったことから、間伐の効果が認められた。期首胸高直径と定期胸高直径成長量の関係では、間伐後の 87 年生～97 年生の期間では回帰直線の切片に有意差が認められ、97 年生～102 年生の期間に間伐区間に回帰直線の傾きに有意差が認められたことから、高齢級間伐の効果は 97 年生以降の期間に上位の胸高直径階に位置する個体の成長率向上に顕著に反映されたと考えられる。

一方、澤田らは、同小班での樹幹解析結果から、1998 年～1998 年の 10 年間の成長量が 1.48cm 以下の個体が又カ目となっている可能性が高いと推察した（6）。本研究においても、直近の 10 年間（2003 年～2013 年）の成長量が間伐区の全個体が 1.50cm より大きかったのに対し、無間伐区では 1.50cm 以下の個体が全体の 37.9% を占めており（表-3），又カ目が発生する可能性が高いと推察される。このため、高齢級間伐は、品質の低い又カ目の発生防止と高品質材生産の観点からも有効であった。

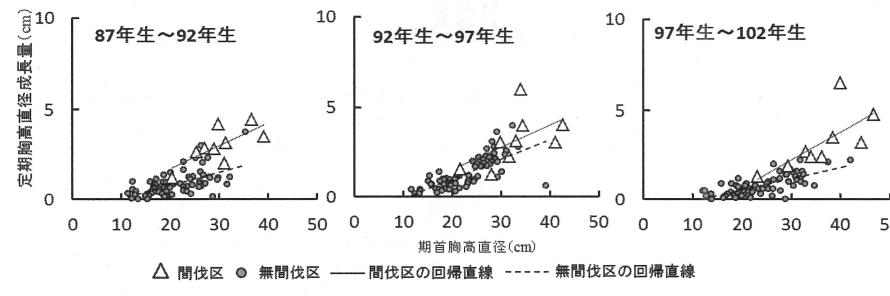


図-4. 高齢級間伐後の期首胸高直径と定期胸高直径成長量

Fig.4 Relationships between initial DBH and periodic DBH increment after the second thinning

3. 今後の取り扱いと課題 高齢級間伐時、本林分では胸高直径 50cm 以上、立木密度は ha 当たり 30 本程度、上層はケヤキ、下層は広葉樹の天然更新木からなる 2 段林へ誘導することを最終目標としていた。

今回明らかにした 102 年生時点の林分の現状は、平均胸高直径 39.3cm、立木密度 91 本/ha であり、この目標を達成するにはまだ時間が必要である。また、本稿では調査していないが、本林分では下層木の成長が乏しい。

このため、今後は、高齢級間伐の効果の持続性を継続的に調査するとともに、択伐による高品質材生産を目指すことが必要である。また、スギの植栽による混交林化や獣害防護柵の設置による下層木の育成が課題である。

最後に、本研究の実施に際し多大なご指導をいただいた秩父演習林の平尾聰秀講師と、適切で建設的なアドバイスをいただいた匿名査読者の方に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- (1) 石川県林業試験場 (2003) よくわかる石川の森林・林業技術 No. 3 ケヤキ人工林の育成技術—優良材生産をめざして—. 石川県林業試験場、石川 : 23pp
- (2) 菊沢喜八郎 (1981) 間伐効果に関する定量的研究 (I) 収量一密度図を用いた分析. 日林誌 63 : 51-59
- (3) 望月峠、三井 鼎三 (1933) 秩父演習林ケヤキ植栽林の構成状態及単木生長に就いて. 東京帝國大學農學部演習林報告 16 : 1-34
- (4) 大村和也、赤岩朋敏、佐々木和男、澤田晴雄、五十嵐勇治 (1989) 76 年生ケヤキ人工林の成長経過. 日林論 100 : 273-274
- (5) 佐藤 大七郎、根岸 賢一郎、扇田 正二 (1959) 林分生長論資料(5)上層間伐をおこなったケヤキ人工林における葉の量と生長量. 東京大学農学部演習林報告 55 : 101-123
- (6) 澤田晴雄・齋藤俊浩・平野和男・西山教雄・大畑茂 (2001) 東京大学秩父演習林 87 年生ケヤキ人工林の最近 10 年の成長状況. 日林関東支論 53 : 101-102

表-3. 無間伐区の直径成長量 (2003 年～2013 年)

Table 3 DBH increment in NTP (2003～2013)

成長量 (cm/10yr.)	本数	%
0.0～1.5	25	37.9
1.5～3.0	24	36.4
3.0～4.5	13	19.7
4.5～6.0	3	4.5
6.0～7.5	1	1.5
合計	66	100.0