— 林内における3年間のコナラ実生の動態 —

Structure and Dynamics of a *Quercus serrata* Stand Near Urban Areas (II)

NISHIMURA, Naoyuki^{*}, SHIRAIISHI, Takako^{**}, YAMAMOTO, Shin-Ichi^{**}
and CHIBA, Kyoza^{**}

下層にヒサカキ等の常緑広葉樹が優占する成熟したコナラ林内に、低木層を除去した区（L 区）と低木層及びリター層を除去した区（C 区）の地床処理区と無処理区（N 区）を設け、コナラ実生の発生、生残を3年間定期的に調査した。林床の相対照度はどの時期も地床処理区で高かった。実生の発生数はC区で最も多かった。無処理区での実生の発生は地床処理区に比べ約1カ月遅かった。どの区も早く発生した実生の初期死亡率は低く、地床処理区では最終調査時のその生残率は遅く発生した実生に比べ高かった。発生当年の実生の生残率は無処理区で有意に低く、翌年の生残率はL区、C区、N区の順で高かった。無処理区では発生後3年間ですべての実生が死亡した。分枝した実生の出現率は地床処理区で高く、分枝個体の生残率は未分枝個体に比べ有意に高かった。本林分では自然状態の地床でのコナラ実生の定着はきわめて困難であるが、低木除去の処理によりコナラ実生の生残に有利な環境が形成されることがわかった。

おり^{7,8,10)}、伐採中止後、長期間放置された林分での研究は行われていない。

本報告では、前報¹¹⁾で報告した都市近郊の成熟したコナラ林内で、地床処理（低木層・リター層の除去）の有無とその処理内容の違いがコナラ実生の定着過程に及ぼす影響の解明を目的として、実生の動態を3年間追跡調査した。

本研究を進めるにあたり、調査に御協力いただいた岡山大学農学部森林保全学研究室の院生、学生諸氏ならびに調査地として津高共有林の使用を快諾していただいた津高森林組合に厚く御礼申し上げる。

なお、本研究の一部には岡山大学学内特定研究の経費を使用した。

2. 調査地および調査方法

調査は岡山市津高、通称半田山北面にある津高共有林で行った。調査地の概要については前報¹¹⁾を参照されたい。調査林分（面積 0.92 ha）はコナラを優占樹種とする落葉広葉樹二次林で、かつて薪炭林として利用されていたものが、伐採中止後、萌芽再生によって成立したものと考えられる。本林分の林冠層は 15~20 m に達しており、林齢は 35~40 年である。胸高直径 5 cm 以上の樹木の相対密度は、コナラ 43.1%、ノグルミ 8.8%、クマノミズキ 7.2%、ヤマザクラ 6.2% と落葉広葉樹が高い値を示し、常緑広葉樹で最も高かったものはナナミノキで 4.7% であった。また、全胸高断面積合計は 16.62 m² で、コナラはこの 71.5% を占めていた。低木層ではヒサカキ、ネズミモチ、カクレミノ等の常緑広葉樹が優占していた。平均傾斜は約 20°、基岩は古成層の塊状砂岩、土壌は褐色森林土である。

当林分内に大きさが 10 m×10 m の、地床が自然状態の無処理区（N 区）と低木層を除去した地床処理区の 2 つの調査区を設けた。さらに地床処理区では一部リター層の除去を行い、一方を低木層のみを除去した区（L 区）、他方を低木層・リター層を除去した区（C 区）とした。地床処理は 1987 年春から夏までに行った。1988 年 4 月下旬に 1 m×1 m のコドラートを、N、L、C 区にそれぞれ 8、8、6 個設置し、6 月上旬まではほぼ 10 日おきに、以後同年 11 月中旬まではほぼ 20 日おきに、コドラート内に発生したコナラ実生すべてにマーキングをして、堅果の状態（埋土、リターに被覆、土壌上あるいはリター上に裸出）を記録し、追跡調査を行った。1989 年には 4 月上旬から前年と同間隔で同年 12 月上旬まで、1988 年生実生と新規に発生した当年生実生について追跡調査を行った。追跡調査時には実生の高さ、葉の発育

段階、分枝数、葉の食害の程度、死亡個体については死亡状態を記録した。1990 年には当年生実生については 4 月上旬から 6 月中旬まではほぼ 10 日おきに、以後 1 ヶ月おきに前年までと同じ調査を行い、1 年生以上の実生については、4 月に生死を、12 月に生死、実生の高さ、分枝数を記録した。ただし、1988 年における C 区の発生数はきわめて多かったので一部の個体のみ追跡調査を行い、それ以外については 1988 年 11 月と、1989 年と 1990 年の 4 月、12 月に生死のみを記録した。

無処理区と地床処理区の光環境の比較とその季節変化を把握するために 1989 年 4 月 3 日、5 月 10 日、8 月 22 日の 3 回、各コドラートの地床と林外裸地の照度を照度計（TOPCON, SPI-71 型）を用いて測定し相対照度を算出した。

3. 結果と考察

3.1 各時期の地床の光環境

無処理区と地床処理区の地床の平均相対照度は、4 月 3 日では 16.0±6.4%（平均値±標準偏差）と 42.5±15.9%、5 月 10 日ではそれぞれ 1.4±0.9% と 2.9±1.7% と地床処理区で有意に高く（それぞれ $P<0.001$, $0.01<P<0.05$ ）、低木層の除去により地床処理区の地床は自然状態に比べ明るくなった。特に、上層のコナラの展葉開始前の 4 月 3 日では無処理区と地床処理区の相対照度の差が大きかった。また、その展葉がほぼ終了した 5 月 10 日の相対照度はどちらの区も 4 月 3 日よりきわめて低く、展葉により地床はかなり暗くなった。さらに、夏季における本調査区の地床の平均相対照度はどちらの区も 1% 未満で、MATSUDA⁸⁾、長池・橋本¹⁰⁾ による報告に比べ低い値であった。本林分ではヒサカキやネズミモチ、カクレミノ等の常緑広葉樹が低木層を優占しているために、低木層の存在が上層のコナラの展葉開始前の地床の光環境に強く影響しているといえる。

3.2 実生の発生数と発生過程

調査を開始した 1988 年の m² あたりの平均発生数は他の年に比べ最も多かった。1989 年の発生数はどの区も 1988 年に比べきわめて少なく、1988 年の発生数の 2% 以下であった（表 1）。1990 年の発生数は 1989 年より多かったが、1988 年の発生数に比べ少なく、N 区での 3.2% から C 区での 16.2% の範囲であった。また、いずれの年も C 区の発生数が最も多かった。コナラは種子生産の豊凶の差が激しく、凶作年の成熟種子数は豊作年の数% から十数% 程度であるとの報告^{4,6)} から、各年の発生数の違いは前年の種子生産数の違いによるもので、1987 年は豊作年、1988 年と 1989 年は凶作年であ

表 1 各年のコナラ実生の平均発生数

調査区	平均発生数±標準偏差 (m ⁻²)		
	1988	1989	1990
N 区	35.4±28.4	0.25±0.67	1.13± 1.22
L 区	32.6±16.7	0.38±0.57	2.38± 1.95
C 区	141.0±75.1	1.83±1.50	22.83±20.60
χ^2	791.6*	16.4*	259.5*

* $P<0.001$ で有意差あり

図 1 1988 年生実生の発生過程

たとえられる。このため以下の結果では 1988 年生実生について述べる。

1988 年の m^2 あたりの発生数は C 区が 141.0 ± 75.1 (平均値±標準偏差) 個体と最も多く、N 区と L 区はそれぞれ 35.4 ± 28.4 個体と 32.6 ± 16.7 個体で大差がなかった。C 区では有意に発生数が多かったが前年の各区ごとの落下種子数を調査していないので、リター層の除去が実生に好適であったかどうかは明らかでない。発生した実生の堅果は N, L 区ではリターに被覆された状態のものが多く、C 区では埋土や裸出した状態のものが多かった。C 区ではリター層の除去により堅果が直接土壌表面に落下するために埋土しやすいものと考えられる。

実生の発生は 4 月下旬以前に始まり 8 月頃まで続いた (図 1)。調査開始時の 4 月下旬に無処理区では全発生数の 26.5% が、地床処理区では約 70% が発生していた。無処理区ではその後徐々に発生数が増加し、上層木の展葉が終了した 5 月下旬になって全発生数の 70% に達し、地床処理区に比べ約 1 カ月発生が遅れた。一般に実生の発生は地床温度や土壌水分の状態に強く影響される²⁾ことから、地床処理区では自然状態の地床に比べ、これらの発生可能な条件が早くから満足され実生の発生が早ま

ったと考えられる。

3.3 実生の死亡と生残率

実生の発生期間を 4 月下旬から 5 月中旬までを前期、5 月下旬から 6 月下旬までを中期、これ以降を後期として 3 つのグループに分け、発生時期が実生の生残と死亡にどのように影響するかについて検討した (図 2)。どの区も前期に発生した実生の発生初期の死亡率は低く、L 区を除き他の発生時期の初期死亡率に比べても低い傾向があった。また、中期に発生した実生の初期死亡率はきわめて高く、発生初期に半数近くが死亡しており、他の発生時期の初期死亡率と比べても最も高かった。後期に発生した実生は、どの区も発生当年より発生翌年の死亡率が高く、N 区と L 区では発生翌年の春期に生残率が急激に低下した。発生当年の生残率はどの区も中期に発生した実生が最も低く、N, L 区では後期に発生したものが、C 区では前期に発生したものが最も高かった。発生翌年の生残率はどの区も前期に発生した実生が最も高く、N, L 区では後期に発生した実生が、C 区では中期に発生したものが最も低かった。N 区ではどの時期に発生した実生も最終調査時の 1990 年 12 月までにすべて死亡したが、L, C 区の最終調査時の生残率は前年の傾向とほぼ同じで、前期に発生した実生の生残率が最も高かった。また、発生時期にかかわらず発生当年は夏期に死亡率が高く、冬期の死亡率は他の季節に比べ低かった。N 区では他区に比べどの時期に発生した実生も発生初期の死亡率が高く、最終調査時までいずれの季節もその生残率は最も低かった。実生の発生時期は生残や死亡にも影響を及ぼすことが報告されており¹⁾、本研究においても実生の発生時期は発生初期の死亡率や最終調査時の生残率に強く影響することが明らかとなり、早く発生した実生はその生残に有利であるといえる。

1988 年生実生の各年の生残率の違いを調査区ごとに検討した (表 2)。発生当年の実生の生残率は地床処理区間ではほぼ等しく、無処理区では有意に低かった。発生翌年の生残率はどの区も前年に比べ低くなり、C 区での生残率は L 区より有意に低くなった。しかし、1990 年は N, L 区で生残率が低下したのに対し、C 区では高くなった。1990 年 3 月までは L 区、C 区、N 区の順で有意に生残率が高く、最終調査時の生残率は L 区、C 区の地床処理区間では L 区でやや高かったが、統計的な有意差はなかった。無処理区では発生後 3 年間ですべての実生が死亡したのに対し、地床処理区では 3 割以上が生残していた。この結果から、地床処理区で発生した実生は無処理区に比べその生残にとってきわめて有利であることがわかった。また、地床処理区間では 1989

図2 1988年実生の発生時期別生残曲線

年の生残率に有意差が認められたが、1988年、1990年には大差なく、最終調査時の生残率にも有意差はなかったことから、リター層の有無は実生の生残に大きな違いをもたらさなかったといえる。

実生の死亡要因は乾燥害、病害、捕食などがあげられるが、本研究においては枯死個体の死亡要因を特定することは困難であった。どの区も死亡要因のはっきりしない立ち枯れが多く、その他にねずみ類による根切りや根部の掘だし、胚軸折れ、昆虫による葉の食害、個体の消失があった。長池・橋本¹⁰⁾はコナラ実生の死亡要因を動物害、生理的障害、行方不明などに区別し、死亡した

個体の約半数が立ち枯れ状態で死亡した生理的障害であり、動物害は昆虫の幼虫による葉の食害と報告していることから、本研究においても立ち枯れは生理的障害によるものであると考えられ、また、本林分でもカレハ類の幼虫による葉の食害が多くみられ、これが直接実生の死亡に関係していたかは明らかではなかったが、重要な死亡要因のひとつであると考えられる。

3.4 分枝個体とその生残率

分枝した実生は発生当年にどの区にも出現したが、その出現率はいずれもわずかで N区 1.1%、L区 2.7%、C区 2.3% であった (表3)。発生翌年に新しく分枝し

表 2 1988 年生実生の各年の生残率と最終調査時の生残率

調査区	各年の生残率(%) ¹			最終調査時の生残率(%)
	1988	1989	1990	
N区	42.1 ^a	8.4 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a
L区	82.0 ^b	72.0 ^b	66.9 ^b	39.5 ^b
C区 ²	80.5 ^b	60.2 ^c	68.8 ^b	33.3 ^b

¹ 1988：1988年4月～1989年3月，1989：1989年4月～1990年3月，1990：1990年4月～12月

² 全発生個体を対象

a-b間，a-c間の数値は $P < 0.001$ で有意差あり

b-c間の数値は $0.001 < P < 0.01$ で有意差あり

同一文字間の数値は有意差なし

表 3 1988 年生実生の各年に分枝した個体数とその出現率

調査区	各年の分枝個体数 ¹		
	1988	1989	1990
N区	3 (1.1 ^a)	8 (6.8 ^a)	0 (0.0 ^a)
L区	7 (2.7 ^a)	59 (28.2 ^b)	15 (14.0 ^b)
C区 ²	10 (2.3 ^a)	65 (19.7 ^c)	19 (14.8 ^b)

¹ N，L区は 8m^{-2} ，C区は 6m^{-2} の個体数

括弧内の数値は各年の4月の生残数に対するその年に分枝した個体の出現率

1988：1988年4月～1989年3月，1989：1989年4月～1990年3月，1990：1990年4月～12月

² サンプルした個体を対象

a-b間，a-c間の数値は $P < 0.001$ で有意差あり

b-c間の数値は $0.01 < P < 0.05$ で有意差あり

同一文字間の数値は有意差なし

表 4 1988 年生実生の分枝個体と未分枝個体の最終調査時の生残率

調査区	最終調査時の生残率 (%)	
	分枝個体	未分枝個体
N区	0.0	0.0
L区	65.4 ^a	27.8 ^b
C区 ¹	57.9 ^a	18.0 ^b

¹ サンプルした個体を対象

a-b間の数値は $P < 0.001$ で有意差あり

た実生の出現率はそれぞれ 6.8%，28.2%，19.7% と前年に比べどの区も高くなった。また，地床処理区では無処理区に比べその出現率が有意に高く，さらに L 区で

は C 区より有意に高かった。1990 年に新しく分枝した個体は N 区ではまったくみられず，L，C 区ではその出現率は前年より低く，地床処理区間で大差なかった。このことは実生の発育にとって地床処理区が好適であったものと考えられる。また，地床処理区間では，1989 年に有意差が認められただけで，はっきりした傾向はみられなかった。実生の発生時期は発育可能な期間の長短をもたらすうえで重要であり¹²⁾，地床処理区では実生の発生が無処理区に比べ早かったことが発育状態に影響した一因であると考えられる。

最終調査時までに分枝した個体を分枝個体，まったく分枝しなかった個体を未分枝個体として，その生残に違いがあるかを検討した（表 4）。無処理区ではどちらの個体も最終調査時にはすべて死亡したが，地床処理区では分枝個体の生残率は未分枝個体に比べ有意に高かった。この結果は MATSUDA⁸⁾ による 5 年間の調査報告と一致し，発育段階が進むことは実生の生残に有利である³⁾ ことから，分枝した個体はその生残にとって有利であるといえる。

4. まとめ

無処理区では発生後 3 年間ですべての実生が死亡したことから，本林分では自然状態の地床でのコナラ実生の定着は，きわめて困難であることがわかった。長池・橋本^{9,10)} の下層に落葉性の低木が優占したコナラ林内でのコナラ実生の調査報告によれば，本研究と同様に発生後 3 年間で大部分の実生が死亡し，コナラ実生の更新は期待できないと述べている。一方，地床処理区ではリター層の有無にかかわらず，無処理区に比べ生残率がきわめて高く，さらに実生の発生時期の早まりや発育状態の良さが実生の生残にとって有利であることがわかった。また，地床処理区間では最終調査時の生残率に大差なく，リター層の有無が実生の生残に及ぼす影響は明らかでなかったが，L 区と C 区における 3 年間の実生の生残過程に違いがないと考えるならば，低木層を除去するだけで若い実生の生残にとって有利な環境が形成されるといえる。低木層が未発達なコナラ林内で調査を行った MATSUDA⁸⁾ の報告では，発生から 5 年後のコナラ実生の生残率は 66.8% と非常に高い値であった。また，低木層が未発達なコナラ二次林における閉鎖林冠下でのコナラ実生の定着は十分可能であるが，低木層が発達するとともに実生の更新は妨げられると述べており，本研究の結果はこの考え方を支持し，低木層を有する成熟したコナラ林内での低木除去の処理はコナラの前生稚樹群の人為的形成に有効なものと考えられる。

引用文献

- 1) CHRISTY, E.J. and MACK, R.N.: Variation in demography of juvenile *Tsuga heterophylla* across the substratum mosaic. *J. Ecol.* **72**: 75-91, 1984.
- 2) HARPER, J.L.: Population biology of plants. 892 pp, Academic Press, London, 1977.
- 3) ——— and WHITE, J.: The demography of plants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **5**: 419-463, 1974.
- 4) 橋詰隼人: コナラ二次林における種子生産, 広葉樹研究 **4**: 19-27, 1987.
- 5) 伊藤秀三・川里弘孝: わが国における二次林の分布, 吉岡邦二博士追悼植物生態論集, 281-284, 1978.
- 6) 甲斐重貴: 暖帯性落葉広葉樹林の特性と施業に関する研究 (VII) —コナラ林の種子生産—, **98** 回日林論, 89-90, 1987.
- 7) MATSUDA, K.: Studies on the early phase of the regeneration of a Konara oak (*Quercus serrata* THUNB.) secondary forest. II. The establishment of current-year seedlings on the forest floor. *Jap. J. Ecol.* **35**: 145-152, 1985.
- 8) ———: Survival and growth of Konara oak (*Quercus serrata* THUNB.) seedlings in an abandoned coppice forest. *Ecol. Res.* **4**: 309-321, 1989.
- 9) 長池卓男・橋本良二: コナラ林の葉群構成—種個体群の生産構造と関係づけて—, 日林東北支誌 **41**: 110-112, 1989.
- 10) ———・————: コナラ林におけるコナラ実生稚樹の発生と消失, 日林東北支誌 **42**: 115-117, 1990.
- 11) 西村尚之・山本進一・千葉喬三: 都市近郊コナラ林の構造と動態 (I) —林分構造とコナラの個体群特性—, 日緑工誌 **16** (1): 8-17, 1990.
- 12) ROSS, M.A. and HARPER, J.L.: Occupation of biological space during seedling establishment. *J. Ecol.* **60**: 77-88, 1972.
- 13) 豊田武司・谷本丈夫・飯田滋生: 都市近郊樹林の更新実態と管理法, 100 回日林講要旨集: 82, 1989.

Summary

NISHIMURA, Naoyuki, SHIRAISHI, Takako, YAMAMOTO, Shin-Ichi and CHIBA Kyozo: Structure and dynamics of a *Quercus serrata* stand near urban areas (II) —Dynamics of *Quercus serrata* seedlings during a 3-year period in the stand—

Emergence and survivorship of *Quercus serrata* seedlings were followed periodically on the forest floors with intact and experimental treatments, for three years (1988-1990), in a mature *Q. serrata* stand with developed understory of evergreen shrubs (e.g. *Eurya japonica*) near urban areas. Treatments were with and without litter layer after the understory cleared. Relative illuminance on the floor was increased by clearing the understory. The greatest number of new seedlings emerged on the floor without litter layer and understory. Seedling emergence on intact floor was delayed about one month. Every early emerged seedlings had a lower initial mortality, and the survivorships were best compared with other later emerged ones. Survival rate of current seedlings was significantly the lowest in the intact floor. Survival rate of one-year seedlings was the highest on the floor with litter layer and without understory, and was the lowest on the intact floor. No seedlings survived on the intact floor at the time after three years following their emergence. More branched seedlings occurred on the floor without understory. Survival rate of branched seedlings was significantly higher than that of unbranched ones. It was concluded that *Q. serrata* seedlings could not establish on the floor with developed understory, but the understory clearing provided favorable conditions for their survival in the *Q. serrata* stand.