

都市域成熟林における林冠層優占種エノキ、ムクノキ、ケヤキ、クスノキ実生の成長特性

Growth Characteristics of Seedlings of *Celtis sinensis*, *Aphananthe aspera*, *Zelkova serrata* and *Cinnamomum camphora*, Dominant Species in the Canopy Layer in a Large-scale Mature Urban Forest.

田端 敬三* 橋本 啓史** 森本 幸裕***

Keizo TABATA Hiroshi HASHIMOTO Yukihiko MORIMOTO

Abstract: To clarify the growth characteristics, recruitment, mortality and relative height growth rates of seedlings of *Celtis sinensis*, *Aphananthe aspera*, *Zelkova serrata* and *Cinnamomum camphora*, dominant species in the canopy layer of Tadasu-No-Mori forest, a large-scale mature urban forest in Kyoto city, we set up 1055 quadrats (1055m²) on the forest floor of this forest. There were differences in the growth characteristics among four species seedlings. Recruitment rates of *A. aspera* seedlings, native and original dominant species of this forest were relatively low. But low mortality and high growth rates were observed in this species. Although there were high recruitment rates in the *C. sinensis* seedlings, mortality rates were high and growth rates were low under the dark condition. It suggested that *C. sinensis* seedlings is more shade-intolerant than other three species. Recruitment rates of *Z. serrata* seedlings, anemochory species were slightly high only at high population densities of mother trees. Recruitment and growth rates of *C. camphora* seedlings were significant higher than other three species at high diffuse site factor more than 13.7%. It indicated that if large canopy gaps are created in this forest and understory light environments are improved, emergences and establishments of *C. camphora*, non-native species of this forest will be promoted.

Keywords: urban forest, seedling, regeneration, growth characteristics

キーワード: 都市林, 実生, 更新, 成長特性

1. はじめに

都市域に存在する森林は、環境改善、防災、生物多様性保全など重要な役割を果たしている¹⁷⁾。しかし経済的価値を最重視する現代の都市では、森林は開発により消失、残存した場合でも規模の縮小が生じている³²⁾。例外的に都市域においても、神社境内には森林が比較的良好な状態で保存される場合がある³⁾。しかし社叢の多くは1ha以下⁵⁾で、大規模なものは殆ど見られない。

こうした中、賀茂御祖神社(通称 下鴨神社)の社叢である糺の森は総面積12.4haと極めて大きな規模を有している。下鴨神社は794年の平安遷都時には既に現在の場所に位置し、以降、京都平野部が市街化される中、下鴨神社境内にのみ成熟林が残存した²⁵⁾。

糺の森は、高野川と賀茂川が合流する扇状地に立地し、両河川の氾濫という攪乱作用を定期的を受けてきた。その結果、常緑広葉樹林化が抑制され、エノキ、ムクノキ、ケヤキが優占する落葉広葉樹林が成立、維持されてきた²⁵⁾。8500~5000年前頃の京都盆地には、エノキ、ムクノキ、ケヤキが中心の落葉広葉樹林が広がっており³⁰⁾、糺の森は古代の山城原野の原植生の面影を残す貴重な森とされる²⁵⁾。また都市域でのエノキ、ムクノキ、ケヤキ優占林は、雰囲気明るく都市住民の好適な憩いの場となる²²⁾、大径木となる落葉樹として多様な都市景観を創出する²²⁾、などの機能を有し、その植生構造の保全は重要な意義を持つ。

しかし、糺の森では、1934年の室戸台風により林冠木の倒伏が大量に発生した。その復旧目的で、自生種ではないクスノキの苗木が多数植栽され²⁵⁾、以後、著しく成長したクスノキが林冠層まで到達し、糺の森の植生構造を変化させつつある^{25,26,27)}。

都市域でのエノキ、ムクノキ、ケヤキ優占林の保全には、これら3樹種の更新の促進が不可欠である。それには、3樹種および競合種クスノキの実生の成長特性の把握が必要となる。これら4樹種の実生の成長特性に関する研究として、Cornelissen et al.²⁾、橋詰⁴⁾、比嘉ら⁶⁾、Higa et al.⁷⁾、池田ら^{9,10)}、國崎¹⁵⁾、守谷ら¹⁶⁾、

Panetta²⁰⁾などがある。しかしいずれも都市郊外の演習林^{4,9,10,15)}や河畔林⁶⁾での調査や圃場実験^{2,7,16,20)}での事例であり、特有の機能と構造が現れるとされる都市林²³⁾で実施されたものではない。また糺の森で行われた坂本ら²¹⁾による研究では、実生の生残に主眼が置かれ、成長、新規加入については検討されていない。そこで本研究は、2012年に実施した林床での実生の定着状況調査²⁸⁾の継続により、エノキ、ムクノキ、ケヤキ、クスノキ実生の枯死、成長、新規加入の状況を総合的に調査し、さらに初期サイズ、光環境、種子の供給ポテンシャルとの関係性を検討した。以上から都市域に位置する成熟林の林冠層構成樹種であるエノキ、ムクノキ、ケヤキ、およびクスノキの更新の過程を明らかにすることを目的とした。

2. 調査地概要

調査地糺の森は京都市左京区に位置し、この地域の年平均気温は15.9℃で、月平均気温の最高は8月の28.2℃、最低は1月の4.6℃である¹⁴⁾。暖かさの指数¹³⁾は130.7、寒さの指数¹³⁾は0.4であり、暖温帯常緑広葉樹林帯に属する。年平均降水量は1491.3mmである(1981-2010年)¹⁴⁾。

本調査地では、これまで胸高直径10cm以上の全樹木対象の全域での毎木調査が1991年、2002年、2010年の3度実施されている^{26,27)}。2010年には59種3635本が確認され、全樹種の胸高断面積合計は43.0 m²/haであった²⁷⁾。樹種ごとの胸高断面積合計は、1991年は、ムクノキにおいて最大であったが²⁶⁾、2002年以降はクスノキが最大で、2010年は全体の22.8%を占めていた²⁷⁾。またクスノキ、ムクノキ、エノキ、ケヤキ4種で71.3%を占めていた²⁷⁾。

3. 調査方法

(1) 調査コドラートの設定

糺の森において2012年に実施した、林冠木の枯死した跡地で

*近畿大学農学部 **名城大学農学部 ***京都学園大学バイオ環境学部

の本木実生の発生定着状況の 88 調査地点²⁸⁾のうち 71 地点を再び選定した。71 地点それぞれに設置した 4m×4m の調査区画をさらに 16 個の 1m×1m のコドラートに分割した。一部コドラートは対象外としたため、本調査で採用したコドラート数は総計で 1055 箇所 (総面積 1055m²) となった。

(2) 対象樹種の実生の生育状況

計 1055 箇所の 1m×1m コドラート内において、2012 年の調査で樹高 50cm 以下であった 4 樹種の実生、エノキ 1117 本、ムクノキ 74 本、ケヤキ 436 本、クスノキ 303 本の計 1930 本を対象として、2013 年に生存あるいは枯死の確認を行った。生存個体については樹高の測定を行った。

また 2013 年に新たに各コドラート内で発生定着が見られた 4 樹種の実生を新規加入個体として樹高を測定した。

残存確認、生存個体の樹高測定、新規加入個体の記録はいずれも 2013 年 9 月から翌年 3 月にかけて実施した。

(3) 光環境評価

1055 箇所の各コドラートについて光量の測定を行った。各コドラートの中央、地上から約 50cm の高さにおいて、フィッシュアイコンバータ (Nikon FC-E8) を装着したデジタルカメラ (Nikon Coolpix 950) を用いて全天写真を撮影した。撮影は 2013 年 6 月から 11 月初旬にかけての曇天日あるいは太陽高度が低くなった夕刻に行った。各全天写真から解析プログラム³⁰⁾によって、天頂方向の明るさを加重³¹⁾した相対散乱光量 (%) を求めた。

4. 解析方法

2012 年に樹高 50cm 以下であった 4 樹種の実生について、翌年に枯死した個体数を、樹種、2012 年での樹高階 (15cm 未満、15cm 以上 50cm 以下) および相対散乱光量階 (1055 コドラート全体での第 1 三分位数未満、第 1 三分位数以上で第 2 三分位数未満、第 2 三分位数以上) ごとにカウントし、枯死率 (%/年) を計算した。また相対樹高成長速度 (cm/cm/年) についても樹種、2012 年樹高階、相対散乱光量階ごとにカウントし、各カテゴリでの平均値を算出した。

新規加入速度については、種子の供給ポテンシャルの影響も検討した。種子供給ポテンシャルの指標として、コドラート周辺に位置する結実個体最小サイズ以上である同種の成木本数を用いた。結実個体最小サイズは、京都市内の再生林での植栽木の調査結果²⁸⁾で得られた結実個体の直径最小値 (エノキ 14cm、ムクノキ 9cm、ケヤキ 18cm、クスノキ 20cm) を採用した。コドラート中心から半径 10m および 20m 圏内に位置する各樹種での結実個体最小サイズ以上の樹木の成木本数を樹種ごとに合計した。樹種ごとに各コドラートの相対散乱光量階別、半径 10m および 20m 圏内に位置する同種の成木本数階 (0, 1~3 本, 4 本以上) 別での新規加入速度

の平均値 (本/100m²/年) を計算した。

相対樹高成長速度、新規加入速度については、同一カテゴリでの異なる樹種間で、Tukey の多重比較を用いて平均値の差の有意性を検定した。枯死率については、樹種間の差異の有意性を Fisher の正確確率検定を用いて検討した。

5. 結果

(1) 光環境

測定を行った全 1055 コドラートでの相対散乱光量 (%) の平均値 (±標準偏差) は、12.6 (±1.9) であった。最小値は 5.7、最大値は 16.6 であった。相対散乱光量 12%以上 14%未満の階級での度数が最も高く、403 コドラートと全体の 38.2%を占めていた (図-1)。全 1055 コドラートでの第 1 三分位数は 11.9、第 2 三分位数は 13.7 となった。

(2) 各樹種実生の成長特性

1) 枯死率

各樹種実生の枯死率を表-1 に示した。全体での枯死率は、エノキが 35.9%/年、クスノキ 29.4%/年と、これら 2 種が高い値を示した。これらに対してムクノキは 20.3%と低い値であり、樹種間で有意な相違が見られた ($p < 0.001$)。

樹高階ごとで見ると、15cm 未満においては、エノキ 39.2%/年、クスノキ 30.7%/年と 2 種が高い値を示し、対してムクノキは 16.0%と低く、樹種間での相違は有意であった ($p < 0.001$)。

また相対散乱光量の階級別では、11.9%未満において、エノキが 48.3%と高い枯死率となり、樹種間で有意な相違を示した ($p < 0.01$)。

樹高、光環境を総合して見ると、樹高 15cm 未満、相対散乱光量 13.7%以上のカテゴリにおいて、エノキの枯死率が 39.2%/年、クスノキが 35.5%/年と高い値が見られ、樹種間で枯死率は有意に異なっていた ($p < 0.01$)。また相対散乱光量 11.9%未満、樹高 15cm 以上 50cm 以下のカテゴリではエノキの枯死率が 41.2%/年と非常に高く、樹種間での有意な相違が見られた ($p < 0.05$)。

2) 樹高成長速度

相対樹高成長速度の各樹種の平均値を表-2 に示す。全体での相対樹高成長速度の平均値は、クスノキが最も高く 0.77cm/cm/年で、他の 3 種との間で有意差が見られた ($p < 0.05$)。

樹高階級別では、15cm 未満においても 0.80 cm/cm/年とクスノキの値が最も高く、低い値を示したエノキ、ケヤキとの間で有意差が見られた ($p < 0.05$)。

樹高と光環境を併せて検討すると、樹高 15cm 未満、相対散乱光量 13.7%以上のカテゴリでクスノキの値が 1.03cm/cm/年と非常に高く、エノキ、ケヤキとの間で差が有意であった ($p <$

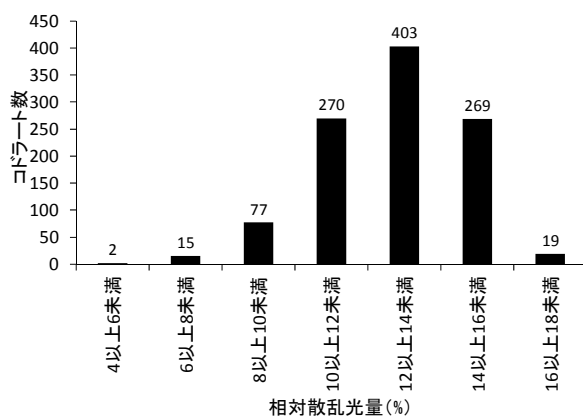


図-1 相対散乱光量度数分布

表-1 樹高階別、相対散乱光量階別での各樹種実生の枯死率

樹高階 (cm)	樹種	相対散乱光量 11.9%未満		相対散乱光量 11.9-13.7%		相対散乱光量 13.7%以上		計	
		本数	枯死率 (%/年)	本数	枯死率 (%/年)	本数	枯死率 (%/年)	本数	枯死率 (%/年)
15未満	エノキ	43	51.2	320	37.5	556	39.2	919	39.2
	ムクノキ	4	25.0	5	40.0	16	6.3	25	16.0
	ケヤキ	21	38.1	138	28.3	254	29.1	413	29.3
	クスノキ	45	26.7	117	27.4	121	35.5	283	30.7
p		ns		ns		**		***	
15以上 50以下	エノキ	17	41.2	54	24.1	127	16.5	198	20.7
	ムクノキ	19	10.5	11	27.3	19	31.6	49	22.4
	ケヤキ	9	0.0	7	14.3	7	0.0	23	4.3
	クスノキ	8	12.5	7	0.0	5	20.0	20	10.0
p		*		ns		ns		ns	
計	エノキ	60	48.3	374	35.6	683	35.0	1117	35.9
	ムクノキ	23	13.0	16	31.3	35	20.0	74	20.3
	ケヤキ	30	26.7	145	27.6	261	28.4	436	28.0
	クスノキ	53	24.5	124	25.8	126	34.9	303	29.4
p		**		ns		ns		***	

(***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, ns: $p \geq 0.05$)

表一 樹高階別、相対散乱光量階別での各樹種実生の相対樹高成長速度

樹高階 (cm)	樹種	相対散乱光量11.9%未満		相対散乱光量11.9-13.7%		相対散乱光量13.7%以上		計	
		本数	相対樹高成長速度 (cm/cm/年) 平均±S.D.	本数	相対樹高成長速度 (cm/cm/年) 平均±S.D.	本数	相対樹高成長速度 (cm/cm/年) 平均±S.D.	本数	相対樹高成長速度 (cm/cm/年) 平均±S.D.
15未満	エノキ	21	0.50±0.41ab	200	0.31±0.24a	338	0.34±0.31a	559	0.34±0.29a
	ムクノキ	3	0.13±0.22a	3	0.64±0.39abc	15	0.78±0.89b	21	0.67±0.80bc
	ケヤキ	13	0.73±0.34b	99	0.51±0.30b	180	0.46±0.36c	292	0.49±0.34c
	クスノキ	33	0.60±0.31ab	85	0.65±0.33c	78	1.03±0.47b	196	0.80±0.43b
15以上50以下	エノキ	10	0.43±0.34ac	41	0.33±0.25	106	0.45±0.29a	157	0.42±0.29
	ムクノキ	17	0.22±0.20ab	8	0.36±0.20	13	0.41±0.19a	38	0.32±0.21
	ケヤキ	9	0.08±0.09b	6	0.37±0.30	7	0.90±0.62b	22	0.42±0.51
	クスノキ	7	0.59±0.21c	7	0.41±0.29	4	0.29±0.25a	18	0.45±0.27
計	エノキ	31	0.48±0.38a	241	0.31±0.24a	444	0.37±0.31a	716	0.35±0.29a
	ムクノキ	20	0.21±0.20b	11	0.44±0.27abc	28	0.61±0.68b	59	0.44±0.53ab
	ケヤキ	22	0.47±0.42ab	105	0.51±0.30b	187	0.47±0.38b	314	0.48±0.36b
	クスノキ	40	0.60±0.29a	92	0.64±0.33c	82	1.00±0.49c	214	0.77±0.43c

アルファベットは、同じカテゴリー(樹高および相対散乱光量が同階級)の異なる樹種間での多重比較結果を示す。異なるアルファベットは有意差を表示 $p < 0.05$

0.05)。また樹高15cm以上50cm以下、相対散乱光量13.7%以上ではケヤキの成長速度が0.90cm/cm/年と最も高く、他3種と有意差が見られた ($p < 0.05$)。

3) 新規加入速度

新規加入速度の平均値の結果を表一3に示した。全体ではエノキでは10.8本/100m²/年、ケヤキは4.8本/100m²/年、ムクノキは1.8本/100m²/年であった。対してクスノキは20.3本/100m²/年と最も高い値を示し、他3種と有意差が見られた ($p < 0.05$)。

相対散乱光量階級別で見ると、11.9%未満のコードラートではいずれの樹種も新規加入速度は低く、樹種間で有意差はなかった。13.7%以上ではクスノキの値が37.6本/100m²/年と高く、他の3種との間で差が有意となった ($p < 0.05$)。

種子の供給ポテンシャルとの関係を見ると、エノキでは半径10m圏内に同種の成木が存在しない場合でも平均22.5本/100m²/年の新規加入が見られ、他3種との間で有意差が見られた ($p <$

0.05)。クスノキでは半径10m圏内に同種の成木が1~3本存在する場合、35.7本/100m²/年と高い新規加入速度を示し、他3種と有意差があった ($p < 0.05$)。同種の成木が4本以上ではケヤキが12.5本/100m²/年と、低い値を示した他種より有意に高い値となっていた ($p < 0.05$)。

半径20m圏域では、同種の成木が存在しない場合、4樹種とも非常に低い新規加入速度を示した。1~3本存在の場合はエノキが11.3本/100m²/年と比較的高い値となり、他3種との差が有意であった ($p < 0.05$)。4本以上の場合、クスノキが37.2本/100m²/年と高く、他の3種との間で有意差が見られた ($p < 0.05$)。

6. 考察と結論

分子系統解析によるAPG分類体系でムクノキ、エノキはアサ科に、ケヤキはニレ科に区分された¹⁹⁾。しかし従来のエングラールの分類体系では3種ともニレ科に属し²⁰⁾、河畔林の林冠層を構成

表一3 圏域内同種成木本数階別、相対散乱光量階別での各樹種実生の新規加入速度

圏域	圏域内同種成木本数	樹種	相対散乱光量11.9%未満		相対散乱光量11.9-13.7%		相対散乱光量13.7%以上		計		
			コードラート数	新規加入速度 (本/100m ² /年) 平均±S.D.	コードラート数	新規加入速度 (本/100m ² /年) 平均±S.D.	コードラート数	新規加入速度 (本/100m ² /年) 平均±S.D.	コードラート数	新規加入速度 (本/100m ² /年) 平均±S.D.	
10m	0	エノキ	78	7.7± 41.9	182	20.3± 67.9a	197	30.5± 94.7a	457	22.5± 77.8a	
		ムクノキ	126	0.0± 0.0	203	0.5± 7.0b	210	1.9± 13.7b	539	0.9± 9.6b	
		ケヤキ	189	4.2± 24.9	292	5.5± 29.4b	249	4.4± 22.5b	730	4.8± 26.0b	
		クスノキ	133	0.8± 8.7	148	1.4± 11.6b	85	4.7± 21.3b	366	1.9± 13.7b	
	1-3	エノキ	186	0.5± 7.3	141	1.4± 11.9a	142	4.9± 24.8a	469	2.1± 15.9a	
		ムクノキ	213	1.4± 15.3	132	0.8± 8.7a	115	7.8± 27.0a	460	2.8± 17.9a	
		ケヤキ	144	0.0± 0.0	63	7.9± 41.4ab	86	8.1± 31.5a	293	4.1± 25.8a	
		クスノキ	163	11.7± 114.1	183	32.8± 114.4b	231	55.0± 196.2b	577	35.7± 153.2b	
	4以上	エノキ	85	1.2± 10.8	32	0.0± 0.0	12	0.0± 0.0	129	0.8± 8.8a	
		ムクノキ	10	0.0± 0.0	20	0.0± 0.0	26	3.8± 19.6	56	1.8± 13.4a	
		ケヤキ	16	0.0± 0.0	0	-	16	25.0± 68.3	32	12.5± 49.2b	
		クスノキ	53	0.0± 0.0	24	0.0± 0.0	35	2.9± 16.9	112	0.9± 9.4a	
	20m	0	エノキ	1	0.0± 0.0	10	0.0± 0.0	37	5.4± 22.9a	48	4.2± 20.2
			ムクノキ	2	0.0± 0.0	22	4.5± 21.3	23	0.0± 0.0ab	47	2.1± 14.6
			ケヤキ	66	1.5± 12.3	116	0.9± 9.3	102	0.0± 0.0b	284	0.7± 8.4
			クスノキ	26	3.8± 19.6	19	0.0± 0.0	11	0.0± 0.0ab	56	1.8± 13.4
1-3		エノキ	106	5.7± 36.1a	209	15.8± 61.9a	126	8.7± 50.6	441	11.3± 53.6a	
		ムクノキ	204	0.0± 0.0b	200	0.5± 7.1b	260	5.0± 21.8	664	2.1± 14.4b	
		ケヤキ	200	0.5± 7.1b	202	6.4± 36.1b	179	7.8± 30.8	581	4.8± 27.7b	
		クスノキ	143	0.0± 0.0b	183	0.0± 0.0b	103	1.0± 9.9	429	0.2± 4.8b	
4以上		エノキ	242	0.8± 9.1	136	4.4± 23.9a	188	28.7± 90.3ab	566	11.0± 55.0a	
		ムクノキ	143	2.1± 18.6	133	0.0± 0.0a	68	1.5± 12.1a	344	1.2± 13.2a	
		ケヤキ	83	7.2± 34.2	37	18.9± 46.2ab	70	11.4± 40.1ab	190	11.1± 39.0a	
		クスノキ	180	10.6± 108.6	153	40.5± 124.3b	237	55.3± 193.8b	570	37.2± 154.2b	
全体		エノキ	349	2.3± 21.3	355	11.0± 50.1ac	351	19.1± 73.7a	1055	10.8± 53.3a	
		ムクノキ	349	0.9± 12.0	355	0.6± 7.5b	351	4.0± 19.6a	1055	1.8± 14.0b	
		ケヤキ	349	2.3± 18.4	355	5.9± 31.8bc	351	6.3± 28.6a	1055	4.8± 26.9ab	
		クスノキ	349	5.7± 78.2	355	17.5± 83.9a	351	37.6± 161.3b	1055	20.3± 114.9c	

アルファベットは、同じカテゴリー(成木本数および相対散乱光量が同階級)の異なる樹種間での多重比較結果を示す。

異なるアルファベットは有意差を表示 $p < 0.05$

する互いに近縁の落葉広葉樹として²²⁾、類似した特性を持つとされてきた。しかし、今回の調査で、3 樹種の実生の枯死、成長、新規加入および環境への反応性は異なっていた。

エノキは、比較的明るい光条件である相対散乱光量 13.7%以上の場合でも高い枯死率が見られた(表-1)。また樹高 15cm 未満の段階での相対樹高成長速度の平均が 0.34cm/cm/年と、他種より有意に低い値を示した(表-2)。以上からエノキ、ムクノキ、ケヤキの 3 樹種の中では、エノキが最も耐陰性が乏しいと考えられた。

新規加入速度は、エノキにおいて高い値が見られ、ムクノキとケヤキは全体的に低い値となっていた(表-3)。ムクノキの種子は一次休眠性を持たないが、エノキの種子は一次休眠性を持ち、休眠解除には一定期間の湿潤状態が必要であるとされる⁶⁾。今回、新規加入への影響要因としては、光量と周囲の母樹密度を採り上げたが、土壌水分についての検討も今後必要であると思われる。また、エノキ、ムクノキでは液果を付け、鳥被食型散布種子であるのに対し^{18,33)}、ケヤキは風散布種子である⁸⁾。これに加えて、エノキ、ムクノキでは連年結実が見られるが^{12,33)}、ケヤキは種子生産量の年変動が大きいとされる³⁴⁾。よって、ケヤキでの低い新規加入速度は、種子供給量および種子散布様式が規定要因のひとつとなっている可能性が考えられる。

クスノキはエノキに次いで高い枯死率を示したが(表-1)、成長速度および新規加入速度は 4 樹種の中で最も高い値となっていた(表-2, 3)。クスノキ稚苗は葉面積の拡大によって被陰環境に順応する能力が優れているとされる¹⁶⁾。また相対照度 33~55% の条件でクスノキの実生の成長は最大となったことが報告されている²⁾。大面積の林冠ギャップの形成によって、林床にエノキ、ムクノキ、ケヤキの実生の成長に適した光環境が創出されても、クスノキの更新がより促進される可能性があることが示唆された。しかしクスノキの種子生産量は、年較差は大きくないが、隔年で変動するとの報告がある⁹⁾。今回は 1 期間を採り上げたが、継続調査によって複数の期間での新規加入の状況を検討する必要があると思われる。

本研究の結論として、都市域成熟林の林冠層構成樹種の実生の成長特性には互いに相違が見られ、本来の優占樹種、ムクノキの新規加入速度は低いが、しかし枯死率は低く、成長速度が比較的高い。またエノキでは新規加入速度は高いが、耐陰性に乏しく、弱光環境下では高い枯死率、低い成長速度を示す。また、ケヤキは全体的に低い新規加入速度だが、周囲の母樹密度が高い場合はやや高い値が見られる。人為的に導入された非自生種のクスノキの実生は、比較的強い光条件下では新規加入速度、成長速度いずれも高い傾向を示す、以上が明らかとなった。

引用文献

- 1) Anderson, M.C. (1971) : Radiation and crop structure : In: Sestak, Z., Catsky, T., Jarvis, P.G. (Eds.), Plant Photosynthetic Production: Manual of Methods. Junk, The Hague, 412-466
- 2) Cornelissen, J. H. C., Werger, M. J. A., Zhangcheng, Z. (1994) : Effects of canopy gaps on the growth of tree seedlings from subtropical broad-leaved evergreen forests of southern China : Vegetatio 110, 43-54
- 3) 藤田直子 (2006) : 都市における緑地としての社叢空間の評価に関する研究 (1) : 東京大学農学部演習林報告 116, 193-251
- 4) 橋詰隼人 (1994) : ケヤキ稚苗の生育と陽光量との関係 : 鳥取大学農学部演習林研究報告 22, 17-24
- 5) 服部 保 (2005) : 照葉樹林 : 福岡 司編「植生管理学」: 朝倉書店, 57-67
- 6) 比嘉基紀・石川慎吾・三宅 尚 (2006) : 河川砂礫堆上の高燥立地への侵入・定着過程にかかわるアキニレ・エノキ・ムクノキの生態学的特性 : 植生学会誌 23, 89-103
- 7) Higa, M., Moriyama, T., Ishikawa, S. (2012) : Effects of complete submergence

- on seedling growth and survival of five riparian tree species in the warm-temperate regions of Japan : Journal of Forest Research 17, 129-136
- 8) 星野義延 (1990) : ケヤキの果実散布における風散布体としての結果枝 : 日本生態学会誌 40, 35-41
- 9) 池田裕行・松下範久・渡邊良広・辻 和明 (1997) : クスノキ林のギャップにおける落下種子数と埋土種子数および発芽稚樹の状態 : 中部森林研究 45, 131-134
- 10) 池田裕行・村瀬一隆・井出雄二 (1995) : 被陰下におけるクスノキ種子の発芽と芽生えの成長 : 日本林学会中部支部研究論文集 43, 87-90
- 11) 池田裕行・塚越剛史・唐鎌 勇・辻 和明・村瀬一隆・土屋福江 (2009) : 房総半島と伊豆半島におけるクスノキ散布種子の経年変化 : 関東森林研究 60, 161-164
- 12) 勝田 征・森 徳典・横山敏孝 (1998) : 日本の樹木種子 広葉樹編 : 林木育種協会, 410pp
- 13) 吉良竜夫 (1948) : 温量指数による垂直的な気候帯のわかちかたについて. 寒地農学 2, 47-77
- 14) 気象統計情報 : 気象庁ホームページ
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_sfc_ym.php?prec_no=61&lock_no=47759&year=&month=&day=&view=>, 2014.9.18 参照
- 15) 岡崎貴嗣 (2012) : 小面積皆伐跡地におけるケヤキ稚樹の 1 年間の生残パターン : 岩手大学農学部演習林報告 43, 17-28
- 16) 守谷栄樹・松井銈一郎・三輪精博・後藤青和 (1996) : ビニルハウスにおける光強度と土壌水分がクスノキ稚苗の成長に及ぼす影響 : 農業施設 26, 187-196
- 17) 夏原由博 (1998) : 都市にどのような森をつくるか : 生活衛生 42 (4), 111-133
- 18) 岡本素治・北島浅子 (1988) : 液果樹種における果実の生長と鳥による消費の過程の観察(予報) : 大阪市立自然史博物館研究報告 42, 1-13
- 19) 大場秀章編 (2009) : 植物分類表 : アボック社, 513 pp
- 20) Panetta, F.D. (2001) : Seedling emergence and seed longevity of the tree weeds *Celtis sinensis* and *Cinnamomum camphora* : Weed Research 41 (1), 83-95
- 21) 坂本圭児・小林達明・池内善一 (1987) : 京都・下鴨神社の社寺林における林分構造について : 造園雑誌 48, 275-280
- 22) 坂本圭児 (1988) : 都市域におけるニレ科樹林および孤立木群の残存形態に関する研究 : 緑化研究別冊 2, 1-129
- 23) 坂本圭児 (1999) : 都市林の保全と管理 : 岡田光正・大沢雅彦・鈴木基之編「環境保全・創出のための生態工学」: 丸善, 32-41
- 24) 佐竹義輔・亙理俊次・原 寛・富成忠夫 (1999) : 日本の野生植物 木本 (1) : 平凡社, 321 pp
- 25) 四手井綱英編 (1993) : 下鴨神社社の森 : ナカニシヤ出版, 296 pp
- 26) 田端敏三・橋本啓史・森本幸裕・前中久行 (2004) : 糸の森におけるクスノキおよびニレ科 3 樹種の成長と動態 : ランドスケープ研究 67, 499-502
- 27) 田端敏三・橋本啓史・森本幸裕 (2013) : 林内におけるツバキ、モチノキ、タラヨウ 3 種の成長に対する周辺競争個体と初期サイズの影響 : ランドスケープ研究 76, 461-464
- 28) 田端敏三・橋本啓史・森本幸裕 (2014) : 糸の森において林冠ギャップ下に定着した木本実生の種組成、サイズ構造とその影響要因 : ランドスケープ研究 77, 579-582
- 29) 田端敏三・森本幸裕 (2012) : 都市内再生林の造成後早期に侵入定着した木本実生の成長特性 : ランドスケープ研究 75, 431-434
- 30) 高原 光 (1998) : 近畿地方の植生史 : 安田喜憲・三好教夫編「図説日本列島植生史」: 朝倉書店, 114-137
- 31) 竹中明夫 (2009) : 全天写真解析プログラム CanopOn2,
<<http://takenaka-akio.cool.ne.jp/etc/canopon2/>>, 2009.3.6 更新, 2014.8.27 参照
- 32) 戸島久和・小池文人・酒井暁子・藤原一繪 (2004) : 都市域孤立林における偏向遷移 : 日本生態学会誌 54, 133-141
- 33) Yoshikawa, T., Masaki, T., Isagi, Y., Kikuzawa, K. (2012) : Interspecific and annual variation in pre-dispersal seed predation by a granivorous bird in two East Asian hackberries, *Celtis biondii* and *Celtis sinensis* : Plant Biology 14, 506-514
- 34) 吉野 豊 (2003) : 15 年間のケヤキ種子生産量の変動と豊凶に関する要因 : 日本林学会誌 85, 199-204