

## 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

Relationship between Growths of Three Subcanopy Species, *Camellia japonica*, *Ilex integra* and *Ilex latifolia* and Two Effect Factors, Initial DBH and Competitive Environments of Object Trees in an Urban Forest

田端 敬三\* 橋本 啓史\*\* 森本 幸裕\*\*\*

Keizo TABATA Hiroshi HASHIMOTO Yukihiko MORIMOTO

**Abstract :** We measured all woody stems with equal to or larger than 10 cm DBH in the whole area of Tadasu-No-Mori forest, a large-scale mature urban forest in Kyoto city in 2002 and 2010. We examined relationship between basal area increments of three main evergreen broadleaved subcanopy species, *Camellia japonica*, *Ilex integra* and *Ilex latifolia*, and two effect factors, initial size and competitive environments of object trees. Although *I. integra* and *I. latifolia* belong to the same genus, these species showed different growth characteristics each other. There was a positive correlation between log-transformed basal area increments of *I. integra* and their initial DBH. The ratio between the height of object tree and those of the neighbors, and horizontal distances to the neighbors had strongly negative effects on the growths of *I. latifolia* and *C. japonica*. *I. latifolia* and *C. japonica* had been affected by competitive trees stood within 8 m and 13 m radius from object ones respectively. The proportion of the DBH of object tree to those of competitors, and distances to the competitors had influence on the growths of *I. integra*. Initial DBH and the best competition index could explain a large proportion of log-transformed basal increments of *I. integra* (54%).

**Keywords:** urban forest, growth model competition index, subcanopy species

**キーワード :** 都市林, 成長モデル, 競争指数, 亜高木種

### 1. はじめに

現代の都市においては経済効率最優先の空間整備が為され、その結果、自然的要素の多くは消失し、環境の荒廃が顕在化している。こうした現状に対し、市街地内にわずかに残存した森林は、都市気象の調節や大気浄化、騒音低減、災害防止<sup>1)2)</sup>などの環境改善や景観向上、都市住民へのレクリエーションの場としての機能を有し、また野生生物の貴重な生息地として都市の生物多様性保全に寄与するなど、重要な役割を果たしている。しかし都市域の残存林は面積が縮小し、互いに分断、孤立しているため、外部の影響を強く受け、分散能力の高い植物種の異常繁茂<sup>3)</sup>や、それに伴う遷移の偏向<sup>4)</sup>によって種多様性の貧困化が生じている。またサイズ分布においても小径木や亜高木性樹種の減少<sup>5)6)</sup>、欠落など、自然林とは異なる単調化した構造が見られるなどの問題が発生している。都市域の森林において、天然林に類似した複雑な階層構造を維持するには、林冠層のみならず、亜高木層を構成する樹種の良好な成長の促進と、そのための植生管理が必要であるが、その実施においては、都市の残存林における亜高木性樹種の成長様式とそれに影響を与える要因の把握が前提となる。しかしこうした亜高木性樹種の成長パターンについての研究例、特に都市域の樹林における例は皆無であり、その生態的な情報は非常に不足している。

そこで本研究は成立から非常に長期間が経過した大規模な都市域に位置する成熟林である京都下鴨神社の境内林、糺の森において、亜高木層における主要な構成樹種であるツバキ科のツバキ *Camellia japonica* およびモチノキ科のモチノキ *Ilex integra*、タラヨウ *Ilex latifolia* の3種を対象として採り上げ、2回の毎木調査の結果から、この期間での各樹種の成長の状況を検討した。さらに周辺の競争個体の状態（直径、樹高、対象個体からの距離）ならびに対象個体の初期サイズが成長量を規定する要因であるとの仮説を立て、その検証を行なった。

### 2. 調査地概要

調査対象地、糺の森は賀茂御祖神社（通称 下鴨神社）の社叢である。樹林面積は 9.08ha で、京都市左京区に位置し、市内を流れる高野川、賀茂川の両河川の合流地点に立地している<sup>7)</sup>。年平均気温は 15.9°C、月平均気温の最高は 28.2°C（8 月）、最低は 4.6°C（1 月）で、暖かさの指数は 130.7°C・months、寒さの指数は -0.4°C・months であり、暖温帯性常緑広葉樹林帯に属している。平均の年降水量は 1491.3mm である（1981 - 2010 年）<sup>8)</sup>。

本調査地では、1991 年、2002 年および 2010 年の 3 回、直径 10cm 以上の全樹木対象の全域での毎木調査が実施され、1991 年は 56 種 3416 本、2002 年は 3433 本の樹木が確認された<sup>9)</sup>。樹高階別の個体密度は、10m 未満では全樹種合計が 116.3 本/ha、樹種別ではアラカシが 33.1 本/ha、ツバキ 13.5 本/ha、イロハモミジ 12.1 本/ha の順であった。樹高 10m 以上 20m 未満は、全樹種で 176.1 本/ha、樹種別はアラカシが 27.5 本/ha、次いでエノキ 19.7 本/ha、ケヤキが 15.9 本/ha となっていた。樹高 20m 以上においては全樹種が 87.9 本/ha で、クスノキが 26.2 本/ha、エノキ 19.1 本/ha、ムクノキ 17.3 本/ha の順となっていた。全樹種での胸高断面面積合計は 1991 年が 37.2 m<sup>2</sup>/ha、2002 年は 40.6 m<sup>2</sup>/ha であった<sup>9)</sup>。樹種別では、1991 年はムクノキが最大であったが、2002 年はクスノキが最大で全体の 22.8%を占めていた<sup>9)</sup>。

### 3. 調査方法

糺の森全域で直径 10cm 以上の全樹木を対象とする毎木調査を 2002 年度<sup>9)</sup> と 2010 年度に行った。個体番号を付け、樹種、生育位置、樹高、地上 1.3m の位置での胸高直径を測定した。調査時期は、2002 年度が同年 7 月、2010 年度は同年 11 月から翌年 3 月にかけてである。

### 4. 解析方法

2002 年から 2010 年を通して生育が見られたツバキ、モチノキ、

\*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

表一 本研究で用いた競争指数

指数	定義	文献番号
距離-非依存的指数		
CI <sub>1</sub>	$n$	
CI <sub>2</sub>	$\sum (d_i/200)^2 \times \pi$	11)
CI <sub>3</sub>	$\sum d_i / d$	12)
CI <sub>4</sub>	$\sum h_i / h$	
距離-依存的指数		
CI <sub>5</sub>	$\sum d_i / (d \times dist_i)$	13)
CI <sub>6</sub>	$\sum h_i / (h \times dist_i)$	14)
CI <sub>7</sub>	$\sum (d_i / d)^2 / (dist_i)$	15)
CI <sub>8</sub>	$\sum (h_i / h)^2 / (dist_i)$	15)
CI <sub>9</sub>	$\sum \arctan(d_i / dist_i)$	16)
CI <sub>10</sub>	$\sum \arctan(h_i / dist_i)$	16)
CI <sub>11</sub>	$\sum (d_i / d) \times \arctan(d_i / dist_i)$	16)
CI <sub>12</sub>	$\sum (h_i / h) \times \arctan(h_i / dist_i)$	16)
CI <sub>13</sub>	$\sum (d_i / d) / \sqrt{(dist_i / R)}$	12)
CI <sub>14</sub>	$\sum (h_i / h) / \sqrt{(dist_i / R)}$	
CI <sub>15</sub>	$\sum (d_i / d) \times [1 / \exp(dist_i)]$	17)
CI <sub>16</sub>	$\sum (h_i / h) \times [1 / \exp(dist_i)]$	

n: 競争個体の本数 d<sub>i</sub>: 競争個体の胸高直径 (cm)  
 d: 対象個体の胸高直径 (cm) h<sub>i</sub>: 競争個体の樹高 (m)  
 h: 対象個体の樹高 (m) dist<sub>i</sub>: 対象個体と競争個体間の水平距離 (m)  
 R: 競争個体の探索圏域 (m)

タラヨウ 3 樹種の各個体のうち、園芸品種や林縁木、施設に隣接した個体でないもの、また期間内に周囲での追加植栽等の人為的干渉がなされていないものを解析対象として、2002 年と 2010 年の調査結果から、この期間での断面積の成長量を算出し、これを 1 年あたりの値 (BAI, cm<sup>2</sup>/年) に換算した。

断面積成長量への影響が考えられる要因として対象個体の初期サイズ、および近隣個体による被圧の程度を検討した。初期サイズは 2002 年の胸高直径 (DBH) を説明変数として採用した。また、BAI の対数変換値は、非線形を示す樹木の成長を反映した最良の変数のうちのひとつとされ<sup>10)</sup>、よって BAI を自然対数変換した ln BAI を目的変数として、式(1)による回帰分析を行った。

$$\ln BAI = b_{DBH} DBH + a_1 \quad (1)$$

また近隣に位置する個体からの被圧の程度を定量的に示す指標として、競争指数 (Competition index, CI) を用いた。様々な競争指数が考案されているが、本研究での目的に対して、どの指数が最適であるかは不明であり、そこで対象個体と競争個体間の距離の値が用いられていない距離-非依存的指数 (CI<sub>1</sub>~CI<sub>4</sub>)、および、用いられている距離-依存的指数 (CI<sub>5</sub>~CI<sub>16</sub>) の計 16 全ての指数<sup>11-17)</sup> (表一) について解析を行い、樹種ごとに最も適切な競争指数を抽出した。また解析対象個体の成長に対する、競争個体の隣接の程度の影響も明確ではないので、対象個体を中心とする半径 5m-15m の範囲での 1m ごとの圏域を設定し、圏域内に位置する全個体を競争個体と定義して、競争個体の樹高 (h<sub>i</sub>)、胸高直径 (d<sub>i</sub>)、対象個体と競争個体との水平距離 (dist<sub>i</sub>) を基に、16 のすべての CI に対して、11 通りの圏域の計 176 の組み合わせについて、式(2)による回帰分析を行った。

$$\ln BAI = b_{CI} CI + a_2 \quad (2)$$

各樹種について最大の決定係数 (R<sup>2</sup>) を示した競争指数および圏域を最適な説明変数として選択した。

さらに選択された圏域での競争指数、および初期直径を説明変数、断面積成長量を目的変数とした式(3)による重回帰分析を行い、各樹種の成長を説明するモデル式を導いた。

$$\ln BAI = b_{DBH} DBH + b_{CI} CI + a_3 \quad (3)$$

(b<sub>DBH</sub>, b<sub>CI</sub> はそれぞれ説明変数 DBH, CI の偏回帰係数, a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> は定数項)

以上の回帰分析には統計ソフト R version 2.14.1 を用いた<sup>18)</sup>。

## 5. 結果

### (1) 初期サイズと成長量の関係

表二 解析対象個体の概要

樹種	本数	2002年胸高直径(cm)				2002年樹高(m)			
		平均	S.D.	最小	最大	平均	S.D.	最小	最大
ツバキ	59	18.2	6.6	10.1	34.7	9.1	2.6	4.0	15.7
モチノキ	39	21.6	8.8	10.5	49.4	11.9	4.1	5.7	23.9
タラヨウ	35	24.5	9.5	11.1	51.3	13.0	3.3	6.2	21.3

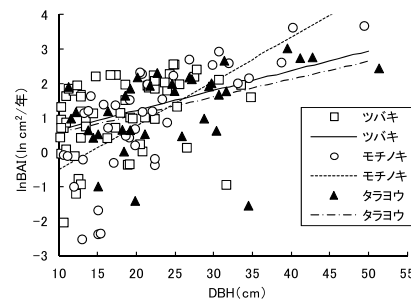
今回の解析対象個体の各樹種の概要を表二に示した。2002 年での DBH と ln BAI の関係を図一に示す。各樹種とも DBH と ln BAI の間には正の相関関係が見られた。DBH の小さな段階ではツバキ、タラヨウにおいて比較的高い成長量が見られた。モチノキでは DBH が增大するにつれて ln BAI は増加したが、タラヨウではそれほど増加は見られなかった。ツバキ、モチノキ、タラヨウ 3 種についての式(1)による回帰分析結果を表三に示す。いずれの樹種においても DBH の偏回帰係数は有意であった (ツバキ  $p < 0.01$ ,モチノキ  $p < 0.001$ , タラヨウ  $p < 0.01$ )。モチノキでの決定係数は 0.512, タラヨウは 0.190, ツバキは 0.131 であり、特にモチノキで高い値が見られた。

### (2) 競争指数と成長量の関係

対象個体を中心とする半径 5m から 15m までの 11 通りの圏域に対しての 16 タイプの競争指数、計 176 の組み合わせをそれぞれ説明変数とする、目的変数 ln BAI への回帰分析での、決定係数 R<sup>2</sup>, および P 値を表四に示した。各樹種とも CI と ln BAI の間には負の相関関係が見られた。ツバキでは圏域の半径が 13m での CI<sub>12</sub> が 0.283,モチノキでは圏域 9m での CI<sub>13</sub> で 0.425, タラヨウでは 8m での CI<sub>12</sub> が 0.340 と最も高い R<sup>2</sup> を示し、いずれの樹種においても CI の偏回帰係数は有意であった ( $p < 0.001$ ) (表五)。各樹種について ln BAI と、その説明に最も有効と判断された圏域での競争指数との関係を図二に示す。ツバキとタラヨウにおいては同じ競争指数 CI<sub>12</sub> が最適な説明変数として選択されたが、偏回帰係数の絶対値はタラヨウが大きく、同程度の CI の値の場合、タラヨウにおいて、より成長量が低下する傾向が見られた。

### (3) 成長量への影響要因の総合的評価

各樹種について最も有効と判断された圏域での競争指数、および初期胸高直径を説明変数、ln BAI を目的変数として重回帰分析を行い、成長量への影響を総合的に検討した (表六)。その結果、ツバキ、タラヨウでは CI が、モチノキでは DBH の偏回帰係数が有意となった。モチノキでの決定係数は 0.544, タラヨウは 0.348, ツバキは 0.290 であり、モチノキで高い値が見られた。



図一 DBH と ln BAI の関係

表三 DBH を説明変数とする ln BAI の回帰分析結果

	Estimate	S.E.	p	R <sup>2</sup>	p
ツバキ					
Intercept	0.070	0.379	0.854	0.131	0.005
DBH	0.058	0.020	0.005		
モチノキ					
Intercept	-1.789	0.480	0.001	0.512	<0.001
DBH	0.128	0.021	<0.001		
タラヨウ					
Intercept	0.059	0.488	0.905	0.190	0.009
DBH	0.052	0.019	0.009		

表-4 各CI を説明変数とする ln BAI の回帰分析での決定係数R<sup>2</sup>

ツバキ	競争個体の探索圏の半径(m)												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	
CI <sub>1</sub>	0.11 **	0.14 **	0.14 **	0.16 **	0.13 **	0.18 ***	0.13 **	0.11 **	0.13 **	0.11 *	0.10 *		
CI <sub>2</sub>	0.02 -	0.06 -	0.08 *	0.09 *	0.08 *	0.14 **	0.08 *	0.07 *	0.14 **	0.12 **	0.08 *		
CI <sub>3</sub>	0.09 *	0.17 **	0.21 ***	0.23 ***	0.24 ***	0.27 ***	0.20 ***	0.21 ***	0.25 ***	0.23 ***	0.22 ***		
CI <sub>4</sub>	0.15 **	0.20 ***	0.23 ***	0.20 ***	0.20 ***	0.24 ***	0.19 ***	0.23 ***	0.26 ***	0.25 ***	0.21 ***		
CI <sub>5</sub>	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -		
CI <sub>6</sub>	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -		
CI <sub>7</sub>	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -		
CI <sub>8</sub>	0.01 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -		
CI <sub>9</sub>	0.11 *	0.14 **	0.14 **	0.15 **	0.13 **	0.17 **	0.13 **	0.12 **	0.14 **	0.12 **	0.10 *		
CI <sub>10</sub>	0.12 **	0.15 **	0.15 **	0.16 **	0.14 **	0.18 ***	0.14 **	0.14 **	0.16 **	0.14 **	0.12 **		
CI <sub>11</sub>	0.09 *	0.16 **	0.20 ***	0.22 ***	0.23 ***	0.26 ***	0.20 ***	0.21 ***	0.25 ***	0.24 ***	0.22 ***		
CI <sub>12</sub>	0.14 **	0.19 ***	0.23 ***	0.20 ***	0.21 ***	0.25 ***	0.21 ***	0.24 ***	0.28 ***	0.28 ***	0.25 ***		
CI <sub>13</sub>	0.02 -	0.04 -	0.06 -	0.07 *	0.09 *	0.12 **	0.10 *	0.11 *	0.13 **	0.14 **	0.13 **		
CI <sub>14</sub>	0.02 -	0.04 -	0.06 -	0.06 -	0.08 *	0.10 *	0.09 *	0.11 *	0.13 **	0.14 **	0.13 **		
CI <sub>15</sub>	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -		
CI <sub>16</sub>	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -		
モチノキ	競争個体の探索圏の半径(m)												
指数	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p		
CI <sub>1</sub>	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.01 -	0.02 -	0.02 -	0.03 -	0.06 -	0.08 -		
CI <sub>2</sub>	0.04 -	0.12 **	0.21 **	0.20 **	0.24 **	0.22 **	0.20 **	0.25 **	0.20 **	0.16 *	0.11 *		
CI <sub>3</sub>	0.17 **	0.27 ***	0.37 ***	0.32 ***	0.41 ***	0.32 ***	0.32 ***	0.32 ***	0.30 ***	0.31 ***	0.31 ***		
CI <sub>4</sub>	0.11 *	0.18 **	0.25 **	0.22 **	0.25 **	0.19 **	0.19 **	0.17 *	0.17 **	0.17 **	0.17 **		
CI <sub>5</sub>	0.19 **	0.27 ***	0.32 ***	0.35 ***	0.38 ***	0.36 ***	0.38 ***	0.38 ***	0.38 ***	0.38 ***	0.38 ***		
CI <sub>6</sub>	0.14 *	0.21 **	0.23 **	0.25 **	0.26 ***	0.24 **	0.25 **	0.24 **	0.24 **	0.25 **	0.24 **		
CI <sub>7</sub>	0.14 *	0.20 **	0.22 **	0.24 **	0.29 ***	0.28 ***	0.31 ***	0.32 ***	0.32 ***	0.33 ***	0.33 ***		
CI <sub>8</sub>	0.12 *	0.19 **	0.21 **	0.21 **	0.22 **	0.21 **	0.23 **	0.22 **	0.22 **	0.23 **	0.23 **		
CI <sub>9</sub>	0.00 -	0.00 -	0.01 -	0.01 -	0.00 -	0.00 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.03 -	0.06 -		
CI <sub>10</sub>	0.00 -	0.00 -	0.01 -	0.01 -	0.01 -	0.00 -	0.00 -	0.01 -	0.01 -	0.02 -	0.04 -		
CI <sub>11</sub>	0.17 **	0.27 ***	0.37 ***	0.33 ***	0.42 ***	0.34 ***	0.34 ***	0.35 ***	0.33 ***	0.33 ***	0.33 ***		
CI <sub>12</sub>	0.11 *	0.18 **	0.25 **	0.23 **	0.25 **	0.21 **	0.21 **	0.19 **	0.19 **	0.20 **	0.20 **		
CI <sub>13</sub>	0.19 **	0.28 ***	0.36 ***	0.35 ***	0.43 ***	0.36 ***	0.36 ***	0.36 ***	0.35 ***	0.35 ***	0.35 ***		
CI <sub>14</sub>	0.13 *	0.20 **	0.25 **	0.23 **	0.26 ***	0.22 **	0.22 **	0.20 **	0.20 **	0.20 **	0.20 **		
CI <sub>15</sub>	0.13 *	0.14 *	0.14 *	0.14 *	0.14 *	0.14 *	0.14 *	0.14 *	0.14 *	0.14 *	0.14 *		
CI <sub>16</sub>	0.08 -	0.09 -	0.09 -	0.09 -	0.09 -	0.09 -	0.09 -	0.09 -	0.09 -	0.09 -	0.09 -		
タラヨウ	競争個体の探索圏の半径(m)												
指数	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p	R <sup>2</sup>	p		
CI <sub>1</sub>	0.21 **	0.32 ***	0.26 **	0.28 **	0.28 **	0.28 **	0.28 **	0.24 **	0.14 *	0.14 *	0.10 -		
CI <sub>2</sub>	0.00 -	0.00 -	0.01 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.03 -	0.03 -	0.01 -	0.03 -	0.02 -		
CI <sub>3</sub>	0.09 -	0.15 *	0.11 *	0.15 *	0.18 *	0.19 **	0.21 **	0.22 **	0.14 *	0.16 *	0.15 *		
CI <sub>4</sub>	0.21 **	0.29 ***	0.28 **	0.34 ***	0.33 ***	0.31 ***	0.31 ***	0.31 ***	0.24 **	0.24 **	0.22 **		
CI <sub>5</sub>	0.01 -	0.01 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -		
CI <sub>6</sub>	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -		
CI <sub>7</sub>	0.01 -	0.01 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -		
CI <sub>8</sub>	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -		
CI <sub>9</sub>	0.20 **	0.30 ***	0.26 **	0.29 ***	0.29 ***	0.30 ***	0.30 ***	0.27 **	0.18 *	0.18 *	0.14 *		
CI <sub>10</sub>	0.20 **	0.30 ***	0.27 **	0.30 ***	0.30 ***	0.29 ***	0.29 ***	0.26 **	0.18 *	0.18 *	0.14 *		
CI <sub>11</sub>	0.09 -	0.13 *	0.11 -	0.14 *	0.17 *	0.19 **	0.21 **	0.22 **	0.14 *	0.16 *	0.16 *		
CI <sub>12</sub>	0.20 **	0.27 **	0.28 ***	0.34 ***	0.33 ***	0.31 ***	0.31 ***	0.32 ***	0.25 **	0.26 **	0.24 **		
CI <sub>13</sub>	0.01 -	0.05 -	0.06 -	0.08 -	0.11 -	0.13 *	0.14 *	0.15 *	0.12 *	0.13 *	0.13 *		
CI <sub>14</sub>	0.07 -	0.16 *	0.19 **	0.25 **	0.27 **	0.27 **	0.28 **	0.28 **	0.24 **	0.24 **	0.23 **		
CI <sub>15</sub>	0.02 -	0.02 -	0.02 -	0.02 -	0.02 -	0.02 -	0.02 -	0.02 -	0.02 -	0.02 -	0.02 -		
CI <sub>16</sub>	0.05 -	0.06 -	0.06 -	0.06 -	0.06 -	0.06 -	0.06 -	0.06 -	0.06 -	0.06 -	0.06 -		

(\*\*\*: p < 0.001, \*\*: p < 0.01, \*: p < 0.05, -: p ≧ 0.05)

6. 考察

本研究で成長への影響を検討した要因のひとつである、初期直径については、各種とも単回帰モデルでは偏回帰係数が有意となった(表-3)。しかし競争指数を含めた重回帰モデルではツバキ、タラヨウでは有意とはならず、これらの樹種では隣接する競争個体からの被圧が、初期サイズよりも、強く成長量に影響していた(表-6)。またツバキ、タラヨウでは共通して、対象個体と競争個体の樹高の比率および、対象個体の基部から競争個体の頂部への仰角を用いた指数である CI<sub>12</sub>が、断面積成長量に対して最も精度の高い予測が可能な説明変数となっていた(表-4, 5, 6)。しかし、競争個体の影響の範囲は両種の間で異なり、タラヨウにおいては、半径8mまで生育する競争個体からの影響を強く受け、より近い位置に存在する競争個体による垂直方向からの被圧の程度が高まると、成長量が低下する傾向が見られた。対してツバキでは13mと、やや離れた範囲まで競争個体からの影響が見られた(表-4, 5, 6)。今回の調査対象地では樹高10m未満の階層の樹木密度は全体の31%であった。対して樹高10m以上の層の合計は69%を占め、またさらにアラカシ、エノキ、ケヤキ、クス

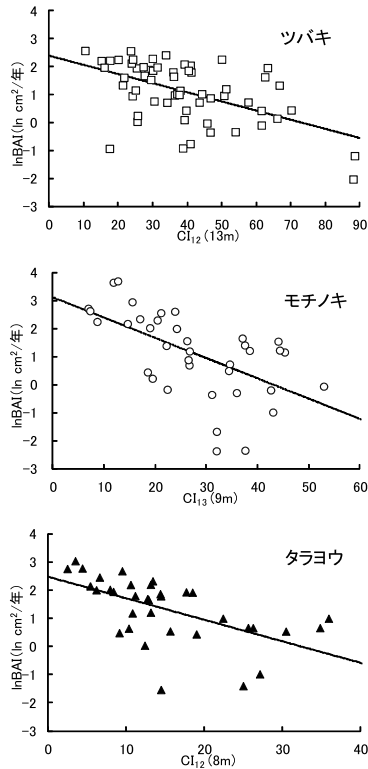
ノキなどの高木性樹種の占有率が高い値となっていた。こうした林分構造がツバキ、タラヨウ2種の成長に対して、近隣の層上層個体からの影響が強く見られた一因であると考えられる。また今回、解析対象としたタラヨウの樹高の平均は13.0m、さらにツバキは9.1mと低い値となっており(表-2)、以上が競争個体からの影響を受ける圏域の2種の間での相違の一要因となっているものと思われる。

モチノキでは、初期直径も含めた重回帰モデルでは有意な変数とはならなかったが(表-6)、競争指数のみを変数とする単回帰モデルでは、対象個体と競争個体との直径の比率および対象個体と競争個体間の距離を用いた指数 CI<sub>13</sub>において最も高い予測精度が見られ、説明力は全体の42.5%を示した(表-4, 5)。またモチノキでは初期サイズが、タラヨウでは周辺の競争個体からの被圧がより強く成長に影響するなど(表-6)、同じモチノキ科モチノキ属の常緑広葉樹であるモチノキとタラヨウにおいて成長特性は異なっていた。これら2種の葉の形態は大きく異なり、モチノキは長さ5cm程度の小型の葉をつけるのに対し、タラヨウでは15cm程度までになる大型の葉をつけ<sup>19)</sup>、受光様式も異なるもの

表一 各樹種について最適と選択された圏域, CI を説明変数とする ln BAI の回帰分析結果

	Estimate	S.E.	$\rho$	$R^2$	$\rho$
<b>ツバキ</b>					
Intercept	2.391	0.293	<0.001	0.283	<0.001
CI <sub>12</sub> (13m)	-0.033	0.007	<0.001		
<b>モチノキ</b>					
Intercept	3.104	0.448	<0.001	0.425	<0.001
CI <sub>13</sub> (9m)	-0.072	0.014	<0.001		
<b>タラヨウ</b>					
Intercept	2.468	0.319	<0.001	0.340	<0.001
CI <sub>12</sub> (8m)	-0.076	0.019	<0.001		

( )内は対象個体を中心とする競争個体の探索圏域の半径



図一 各樹種について最適な変数として選択された圏域, CI と lnBAI の関係

と思われる。これが2種の成長パターンの相違につながった要素のひとつであると考えられる。

今回、採り上げた3種は、いずれも森林の亜高木層を構成する常緑広葉樹という共通点を有しているが、初期サイズおよび近隣の競争個体からの成長に対する影響は、それぞれ違いが見られた。都市域の森林において、これらの亜高木層構成樹種の個体群の保全を図り、全体の階層構造の多様性を維持するためには、以上の点を考慮した育成管理の実施が重要であると思われる。

#### 引用文献

- Escobedo, F.J. and Nowak, D.J. (2009): Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest: Landscape and Urban Planning 90(3-4), 102-110
- McBride, Y.J., Zhou, J. and Sun, Z. (2005): The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction: Urban Forestry and Urban Greening 3(2), 65-78
- 石田弘明・服部保・山戸美智子 (1998): 都市林の生態学的研究II. 三田市フラワータウンにおける緑化樹木の孤立二次林への侵入: 人と自然 9, 27-32

表二 各樹種について最適と選択された圏域, CI および DBH を説明変数とする ln BAI の回帰分析結果

	Estimate	S.E.	$\rho$	$R^2$	$\rho$
<b>ツバキ</b>					
Intercept	1.970	0.639	0.003	0.290	<0.001
DBH	0.016	0.021	0.460		
CI <sub>12</sub> (13m)	-0.029	0.008	0.001		
<b>モチノキ</b>					
Intercept	-0.249	1.085	0.820	0.544	<0.001
DBH	0.095	0.029	0.003		
CI <sub>13</sub> (9m)	-0.038	0.024	0.124		
<b>タラヨウ</b>					
Intercept	1.988	0.822	0.021	0.348	0.001
DBH	0.014	0.022	0.531		
CI <sub>12</sub> (8m)	-0.067	0.024	0.009		

( )内は対象個体を中心とする競争個体の探索圏域の半径

- 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
- 武野真也・石井弘明 (2007): 兵庫県日野神社社叢における27年間の森林群落動態: 人と自然 18, 21-28
- 福嶋司・木村研一 (2001): 自然教育園内植物群落の組成と構造: 自然教育園報告 33, 93-111
- 森本幸裕 (1994): 糸の森の樹木学; 四手井綱英編「下鴨神社の森」: ナカニシヤ出版, 180-215
- 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?pre\\_no=61&block\\_no=47759&year=&month=&day=&view=](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_sfc_ym.php?pre_no=61&block_no=47759&year=&month=&day=&view=)>, 2012. 9. 21 参照
- 田端敬三・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(5), 499-502
- Andreassena, K. and Tomterb, S. M. (2004): Basal area growth models for individual trees of Norway spruce, Scots pine, birch and other broadleaves in Norway: Forest Ecology and Management 180, 11-24
- Steneker G. A. and Jarvis J. M. (1963): A preliminary study to access competition in a white spruce-trembling aspen stand: Forestry Chronicle 39, 334-336
- Lorimer, C.G. (1983): Tests of age-independent competition indices for individual trees in natural hardwood stands: Forest Ecology and Management 6, 343-360
- Hegyi, F. (1974): A simulation model for managing jackpine stands. In: Fries, J. (Ed.), Proceedings of IUFRO meeting S4.01.04 on Growth models for tree and stand simulation, Royal College of Forestry, Stockholm
- Braathe, P. (1980): Height increment of young single trees in relation to height and distance of neighboring trees: Mitt. Forstl. VersAnst. 130, 43-48
- Castagneri, D., Vacchiano, G., Lingua, E. and Motta, R. (2008): Analysis of intraspecific competition in two subalpine Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in Paneveggio (Trento, Italy): Forest Ecology and Management 255, 651-659
- Rouvinen, S. and Kuuluvainen, T. (1997): Structure and asymmetry of tree crowns in relation to local competition in a natural mature Scot pine forest: Canadian Journal of Forest Research 27, 890-902
- Martin, G.L. and Ek, A.R. (1984): A comparison of competition measures and growth models for predicting plantation red pine diameter and height growth: Forest Science 30, 731-743
- R Development Core Team (2008): R: a language and environment for statistical computing: R Foundation for Statistical Computing, Vienna
- 茂木透・勝山輝男・太田和夫・城川四郎・高橋秀男・吉山寛・石井英美・崎尾均・中川重年 (2000): 樹に咲く花 (2): 山と溪谷社, 719pp