シカの食害環境下にあるナラ枯れ被害林分の実生の発生とその要因

長島啓子*¹⁾

1) 京都府立大学大学院生命環境科学研究科

Graduate School of Life and Environmental Science, Kyoto Prefectural University

摘要: 本研究では、シカの食害環境下にある都市近郊のナラ枯れ被害林分の更新の可能性を把握するため、実生の発生とそれを規定する要因を防鹿ネットの有無やプロット位置などとの関係から把握した。防鹿ネットは個体数の増加に寄与していたが、種数や種組成には影響していなかった。種組成はプロットの位置や開空度に影響を受けており、斜面中部から下部に設置した方形区内の開空度が低い上部から中部のプロットでは、ソヨゴなどのマツ枯れ低質林と同様の植生が形成される可能性が示唆された。一方、明るい下部プロットには先駆種とともにコナラの実生が見られ、防鹿ネットを設置することでアベマキやコナラの再生を促進することが期待された。

キーワード: 都市近郊林, 里山再生, コナラ, アベマキ, プロット位置, 開空度

NAGASHIMA, Keiko: **Seedling establishment and its factors in forests damaged by oak-wilt disease and deer browsing.**

Abstract: This study investigated the seedlings establishment tendency and the factors affecting them (ex. deer-proof fencing, plot location) in forests damaged by oak-wilt disease and deer browsing in order to understand the restoration possibility. The deer-proof fence contributed to increase the seedling numbers. The species structure was related to the location and the sky factor. Plots located at the lower side of the slope with high sky factor showed some possibility of *Q. serrata* regeneration. However, plots located at the middle slope with lower sky factor show little possibility and were thought to be covered by shrub species like *Ilex pedunculosa*.

Key words: urban forest, Satoyama restoration, *Quercus serrata*, *Q. variabilis*, plot location, sky factor

1. はじめに

都市近郊に広がるアベマキ(*Quercus variabilis* Blume)・コナラ(*Quercus serrata* Thunb.ex Murray)林は、かつて里山として燃料用の薪炭材供給のために利用されてきた。しかし、燃料革命以後これらの森林は放置され大径化が進んでいる。ナラ類集団枯損(ナラ枯れ)は、このように放棄され大径木化した森林で発生することが多く⁹⁾、林冠木が立ち枯れしているのがしばしば見受けられる。アベマキ・コナラ林における林冠木の枯死は、林内の光環境を改善することで森林の更新を促進すると考えられる²¹⁾。ところが、シカ(*Cervus nippon*)の採食によってナラ枯れ被害林分の更新阻害が生じる可能性が指摘されている^{3, 20)}。都市近郊に広がるアベマキ・コナラ林は、都市域の環境保全林、景観林、レクリエーション利用など都市近郊林として重要な役割を果たしており¹⁹⁾、市民参加による里山の再生の取り組みなども広がっている⁷⁾。これら都市近郊林としての機能を維持していく観点からも、シカの食害環境下のナラ枯れ被害林分が更新をしていくのかを把握することは重要であると言える。しかし、このようなシカの食害環境下にあるナラ枯れ被害林分の更新についての研

究事例は限られており^{3, 20)}、知見が十分蓄積されたとは言いがたい。加えて、里山再生の観点から、ナラ枯れ被害林分のかつての林冠木であるアベマキやコナラなどが再生する可能性についても、十分把握されていない状況である。

このため本研究では、シカの食害環境下にある都市近郊のナラ枯れ被害林分の更新の可能性を把握するため、新規に侵入する実生の個体数や種数を把握するとともに、種組成の違いを規定する要因を防鹿ネットの有無、プロット位置(方形区内斜面上・中・下)、土壌硬度及び開空度との関係から把握した。更に、アベマキ及びコナラの実生発生に影響する要因の把握を行うことによって、都市近郊のアベマキ・コナラ林の再生の可能性を考察した。

2. 方法

2.1 研究対象地

本研究の研究対象地は京都市左京区に位置する宝ヶ池公園の「桜の森」の西向き斜面である(図-1)。宝ヶ池公園は面積約 96.25 ha の丘陵地(以下、宝ヶ池丘陵)にあり、都市近郊林として市民の憩いの場となっている。本地域から約 5 km 南西に位置する京都地方気象台における 1981・2010 年までの

* 連絡先著者 (Corresponding author) : 〒603-8462 京都市左京区下鴨半木町 1-5 E-mail : nagakei@kpu.ac.jp

図-1 研究対象地：宝ヶ池丘陵(白線)，調査区(P)と対照区(Cp).
Fig.1 Study area : Takaragaike hill (White line), Plots with deer-proof fence (P) and without deer-proof fence (Cp).

年平均気温は 15.9 °C，年平均降水量は 1,491.3 mm で⁸⁾，その潜在自然植生は，ヤブツバキクラスのカナメモチ・コジイ群集に属するとされている¹³⁾。宝ヶ池丘陵は 1960 年代後半に都市ガスが整備されるまでは里山として利用され¹¹⁾，燃料のための落ち葉かきが盛んに行われ²⁾，全域にアカマツ (*Pinus densiflora* Sieb. Et Zucc.) が分布していた²⁵⁾。しかし，燃料革命や生活様式の変化に伴い放置され，現存自然植生はヤブツバキクラス域代償植生のアベマキ・コナラ群集となっている⁶⁾。ところが，2004 年に京都市北部でナラ枯れが確認されて以来，京都市市街地及び周辺地域に被害が拡大し，宝ヶ池丘陵のアベマキ・コナラ林もナラ枯れの影響を大きく受けた²⁸⁾。2010 年頃からはシカも頻繁に目撃されるようになり，食害による下層植生の消失が急速に進んだ。研究対象地の桜の森西向き斜面も例外ではなく，ナラ枯れの被害を受けて生残するアベマキ・コナラと枯死木による林冠ギャップによって形成された，宝ヶ池丘陵に広く見られるナラ枯れ被害林分である。桜の森は谷部に広場が形成され，人目にもつきやすいことから，公園としても特にアベマキ・コナラ林の再生が課題となっている。

2.2 現地調査

桜の森の西向き斜面の中部から下部にかけて見られるナラ枯れ被害林分に 35 × 35 m の方形区を設置し，樹高 1.2 m 以上の木本樹種についてその位置を測量するとともに，毎木調査を行い林分状況を把握した。その上で，実生の発生状況を把握するための実生プロットを設置した(図-1)。実生プロットは，2013 年 12 月に林床にたまった落葉樹の葉を除去したのち，シカの食害を防止する防鹿ネットを張った 2 × 2 m の調査区(P)と，防鹿ネットを張らない対照区(Cp)を 5 つずつ，合計 10 プロット設置した。この際，方形区を上部，中部，下部に均等に 3 区分し，調査区(P)及び対照区(Cp)をそれぞれ上部に 2 個ずつ(P1, P2, Cp1, Cp2)，中部に 1 個ずつ(P3, Cp3)，下部に 2 個ずつ(P4, P5, Cp4, Cp5)設置した。なお，防鹿ネッ

トは市販の白の農園芸用寒冷紗(遮光率 22 %)を高さ 20 cm の木製の杭にくくりつけ，地面を覆うように設置し，実生の成長に伴い杭の高さを 40 cm，ネットを 16 mm 角の防獣ネットに変更した。

実生の調査は，2014 年 4 月 8 日から 8 月 25 日までおおむね 2 週間ごとに実施し，新規に芽生えた実生を番号を付与した竹串で識別し，樹種を記載するとともに，個体数を計数した。また林内の光環境を調べるため，プロットを中心，高さ 50 cm において，上木の展葉途中の 2014 年 6 月 17 日と展葉終了後の 7 月 19 日に全天空写真撮影(カメラ: Nikon D3200, 魚眼レンズ: Sigma 10 mm F2.8 EXDC FISHEYE HSM)を行い，全天空写真解析ソフト(CanopOn2)を用いて開空度を算出した²³⁾。更に成長期が概ね終了した 2014 年 10 月に，各実生プロットを中心とプロットを 1/4 に細分した範囲の中心の合計 5 箇所において，山中式土壌硬度計による土壌硬度の測定をした。

2.3 解析方法

2.3.1 林分状況の把握

測量データをもとに立木位置図を地理情報システム(GIS)を用いて作成するとともに，毎木調査データを用いて，樹種別胸高断面積割合を算出し，林分の樹種構成を把握した。

2.3.2 各プロットの実生個体数，種数の推移と種組成の把握

実生調査データをもとに，調査区及び対照区の 2014 年 4 月から 8 月までの実生の個体数，種数の推移をプロット毎にグラフ化し，傾向を把握した。そして，各プロットの種組成の違いを把握するため，推移の安定した調査期間の最終調査日の，調査区及び対照区の樹種別個体数を用いてクラスター分析(Sorensen の類似度指数，群平均法)を行い，プロットを種組成が類似した植生群に分類した。そして，植生群別に樹種別個体数割合を算出し，各植生群の特徴を把握した。

2.3.3 各植生群と個体数，種数，環境要因との関係

植生群間で個体数，種数に違いがあるかを把握するため，個体数，種数の推移をもとに，両者の数が比較的安定した調査日以降のデータを利用し，Kruskal-Wallis 検定と Steel-Dwass による多重比較(有意水準 5 %)を行った。また，植生群間で環境要因(開空度，土壌硬度)に違いがあるかを把握するため，開空度は 6 月 17 日，7 月 19 日の 2 回分のデータを，土壌硬度は各プロット 5 箇所測定したデータをそのまま利用し，一元配置の分散分析と Sheffe の多重比較検定(有意水準 5 %)を行った。さらに，各植生群と樹種及び環境要因との関係を総合的に把握するため，クラスター分析で用いた樹種別個体数データと各プロットの位置(上部，中部，下部)，6 月と 7 月の各プロットの平均開空度，各プロットの 5 箇所の測定データによる平均土壌硬度を用いて正準対応分析(Canonical Correspondence Analysis, CCA)を行った。なお，プロット位置は斜面位置による土壌水分条件を加味し，上部を 1，下部を 3 とする順序変数とした。クラスター分析及び CCA には Pc-ORD ver.5.10 を，Kruskal-Wallis 検定及び一

図-2 樹高 1.2 m 以上の樹木の樹種別胸高断面面積割合

Fig.2 Proportion of basal area by species higher than 1.2 m.

図-3 樹高 1.2 m 以上の主要樹種の樹木の位置

Fig.3 Location of main tree species higher than 1.2 m.

元配置の分散分析にはエクセル統計 ver.2.0 を用いた。

3. 結果

3.1 林分状況の把握

胸高断面面積合計割合(図-2)から、高木層に生残するコナラ(53%)とアベマキ(26%)が、枯死木とともに優占し、低木層にはコバノミツバツツジ(*Rhododendron reticulatum* D. Don ex G. Don), タカノツメ(*Evodiopanax innovans* (Sieb. et Zucc.) Nakai), ネジキ(*Lyonia ovalifolia* (Wall.) Drude var. *elliptica* (Sieb. et Zucc.) Hand.-Mazz.)とともに、シカの不適好性植物であるソヨゴ(*Ilex pedunculosa* Miq.)¹⁾も見られた。コナラやアベマキは方形区全体に分散して分布し、その他の主要樹種は方形区上部から中部にかけて多く分布する傾向が見られた(図-3)。

3.2 各プロットの実生個体数、種数の推移と種組成の把握

各プロットに発生した実生の個体数は、対照区の Cp1 で 8 月に減少傾向を示すものの、双方において概ね 5 月までは増

図-4 各プロットの実生個体数及び種数の推移

Fig.4 Change in number of seedlings and species.

加傾向が見られ、6月13日以降横ばいになる傾向が見られた(図-4)。また、調査区、対照区の双方において方形区の下部に位置するP4、P5及びCp4、Cp5において個体数が最も多く、続いて中部(P3、CP3)と上部のP1、Cp1、そして上部のP2、Cp2という順で個体数が減少した。調査区と対照区を比較すると、下部プロット(P4、P5)と対照区の下部プロット(Cp4、Cp5)はそれぞれ60個体と40個体程度と、防鹿ネットを張った調査区の方が多かった。調査区の個体数が多い傾向は下部ほど大きな差ではないが、中部と上部の調査区・対照区の対応するプロット間でも見られた。なお、方形区内のアセビ(*Pieris japonica* (Thunb.) D. Don)以外の低木層の樹木の多くは、シカによる新芽の採食が確認されたが、調査区及び対照区の実生にはシカによる採食は見られず、調査区の枯損は竹串による個体ベースの追跡により主に虫害や病気と考えられた。またこれに加えて対象区は、竹串が踏み倒されていたことから、シカの踏み荒らしによるものと考えられた。

各プロットの実生の種数も、多少の増減はあるものの個体数と同様の推移を示し(図-4)、調査区では下部のプロットで最も多く上部のプロットで少ない傾向を示した。一方、対照区は下部のCp5が15種、続いて中部のCp3が13種、上部のCp1とCp2が10種、そして、下部のCp4が9種程度で推移しており、下部から上部にかけての減少傾向は、調査区のように明確ではなかった。また、調査区の下部プロットP4、P5は対応する対照区の下部プロットCp4、Cp5より多い傾向が見られた。

推移が安定した期間の最終調査日である8月25日の樹種別個体数を用いてクラスター分析を行い、類似度25%で分類

図-5 クラスタ分析によって得られた樹形図

Fig.5 Dendrogram obtained by the cluster analysis.

したところ、3つの植生群が得られた(図-5)。植生群 I は調査区の P2, 対照区の Cp1, Cp2 の上部に位置するプロットから成り、主にアオハダ(*Ilex macropoda* Miq.), ヒサカキ, ネジキ, タカノツメ, ソヨゴから構成されていた(図-6)。植生群 II は、調査区 P1, P3, P4, 対照区 Cp3, Cp4 から成り(図-5), ソヨゴが個体数の 30 %を占めていた(図-6)。植生群 III は調査区 P5, 対照区 Cp5 の下部に位置するプロットから構成され、ウリカエデ(*Acer crataegifolium* Sieb. et Zucc.), サルトリイバラ(*Smilax china* L.), ソヨゴ, コナラなどが 10 %程度ずつ見られた(図-6)。なお、再生が望まれるアベマキ, コナラは、植生群 I にコナラが合計 4 個体(平均 1.4 個体/プロット), 植生群 II にアベマキが合計 6 個体(平均 1.2 個体/プロット), コナラが合計 3 個体(平均 0.6 個体/プロット), 植生群 III にアベマキが合計 2 個体(平均 1 個体/プロット), コナラが合計 7 個体(平均 3.5 個体/プロット)見られた。

3.3 各植生群と個体数, 種数, 環境要因との関係

個体数, 種数の推移の結果をもとに, 推移が安定した 6 月 13 日以降のデータを利用して植生群間の個体数を比較すると, 植生群 I の中央値は 20 個体, 植生群 II は 36 個体, 植生群 III は 49 個体で有意差が見られ(Kruskal-Wallis 検定, $p < 0.001$), 植生群 I が植生群 II 及び III より有意に少ないことが分かった(図-7a, Steel-Dwass, いずれも $p < 0.001$)。種数では, 植生群 I の中央値が 9.5 種, 植生群 II が 13 種, 植生群 III が 19 種で, 有意な差が見られ(Kruskal-Wallis 検定, $p < 0.001$), 植生群 I から III になるに従い, 種数が増加する傾向が見られた(図-7b, Steel-Dwass, $p < 0.001$)。開空度の平均値は植生群 I が 14.3 %, 植生群 II が 14.9 %, 植生群 III が 34.7 %で, 植生群 III が他の植生群よりも有意に高かった(図-7c, 一元配置分散分析: $p < 0.001$, Scheffe: $p < 0.001$)。一方, 土壌硬度はいずれも平均が 12-13 mm であり, 有意な差はみられなかった(図-7d, 一元配置分散分析: $p = 0.767$)。

CCA の結果, 3つの軸が得られた。3つの軸の累積寄与率は 41.9 %でそれほど高くなかったが, CCA の過程で得られるモンテカルロテストの結果, 軸の有意性が確認された($p = 0.004$)。寄与率が高い Axis 1 (22.0 %) 及び Axis 2 (15.6%)

図-6 8月25日における各植生群の樹種別個体数割合

Fig.6 Proportion of individual numbers by species using the data of 2014-8-25.

図-7 各植生群の個体数, 種数, 開空度, 土壌硬度

異なるアルファベットは多重比較の結果, 5%の有意水準で有意差があったことを示す

Fig.7 The number of individuals and species, sky factor and soil hardness of each vegetation group.

Different letter indicates significant differences were detected by the multiple comparisons.

を用いて, 各プロット及び主要樹種を配置した結果, Axis 1 の値が大きい位置に植生群 I を構成する P2, Cp1, Cp2 が配置され, Axis 2 の値の大きい位置に植生群 III を構成する P5 及び Cp5 が, 値の小さい位置に植生群 II を構成する P1, P2, P3, Cp3, Cp4 が配置された(図-8)。樹種に着目すると, 植生群 I 周辺には, アオハダ, ネジキ, ヒサカキが, 植生群 II の周辺にはソヨゴが, 植生群 III の周辺にはコナラ, サルトリ

図-8 CCAによる各植生群と環境要因との関係

Fig.8 The relationship with environmental factors and vegetation groups: The result of CCA.

イバラ、そして Axis 2 上方にウリカエデが配置され、各植生群の個体数割合の多い樹種が分布する傾向が見られた。各プロットの種組成に影響を与える環境要因は、得られた軸との相関係数から、プロットの位置 (Axis 1: -0.832, Axis 2: 0.421) と開空度 (Axis 1: -0.147 Axis 2: 0.924) が選択され、植生群 I から植生群 III と左上に行くに従い、プロットの位置が上部から下部に移行する傾向が見られた。また、植生群 III を構成する Cp5, P5 プロットほど開空度が高く、植生群 II を構成するプロットほど開空度が低い傾向が示された。再生が望まれるコナラの発生はその配置から開空度が高い場所で、アベマキは下部で発生する傾向が示唆された。

4. 考察

調査区と対照区で位置の対応するプロット間の個体数を比較したところ、調査区の方が多い傾向が見られ、特に下部プロットでその違いは顕著であった。一方、種数については、調査区の下部のプロットの種数が多いものの、上部と中部のプロットでは調査区と対照区に大きな差は見られなかった。このことから、防鹿ネットの設置は個体数の増加に寄与したものの、種数には影響を与えていない可能性が考えられた。ナラ枯れ被害林分では防鹿ネットの有無ではなく、ギャップによる光環境が種数を規定しているという報告^{4,21)}があることから、防鹿ネットの有無よりも光環境による差が種数の違いに影響をしたと考えられた。

クラスター分析の結果、各植生群には調査区、対照区のプロットが混合していたことから、防鹿ネットの有無は種数だけでなく、種組成にも大きな影響を与えていないと考えられ

た。一方、植生群 I に上部のプロットが、植生群 III には下部のプロットが分類されたことから、種組成とプロットの位置に関係があるように思われた。土壌硬度はいずれの植生群も 12-13 mm で大きな違いは見られなかった。一般に土壌硬度が 11-20 mm は根系発達を阻害しないとされていることから¹⁰⁾、土壌硬度により種組成が変化することはなかったと考えられた。一方、開空度は植生群 III が他群より有意に高かった。累積寄与率(41.9 %)がそれほど高くなく他の要因の影響を考慮する必要性を示しつつも、CCAの結果においても、開空度とプロットの位置が種組成を規定する要因として示された。ウリカエデ、サルトリイバラなどの先駆性樹種とともにコナラが見られた植生群 III は、明るい斜面下部に形成される傾向が見られた。また、これらの明るい斜面下部において、個体数や種数が他の植生群より高い傾向が示された。埋土種子の量は土壌移動や重力作用により斜面下の谷部に多いことが知られており²⁷⁾、シカの食害が顕著になる以前に、都市近郊二次林において小面積皆伐を行った研究¹²⁾においても、斜面下部において個体数が多く見られることが報告されている。このため本研究対象地においても、下部に埋土種子が多く、明るい光環境によりウリカエデなどの先駆種が発生し、より多様な種で構成されるようになったと考えられる。

一方、アオハダ、ヒサカキ、ネジキ、タカノツメ、ソヨゴなどから成る植生群 I は開空度が低いプロット上部に、ソヨゴが優占する植生群 II は中部を中心に開空度が低い場所で形成される傾向にあり、個体数も種数も上部に位置する植生群 I が最も少なく、植生群 II は中間的な値を示していた。いずれの樹種も上木として上部から中部にかけて存在する樹種であり(図-2)、上層からの種子供給によって発生したものと思われる。これらの樹種の多くは、マツ枯れ跡地に形成される「マツ枯れ低質林」を構成する樹種であり^{14,24)}、特にソヨゴ、タカノツメ、ネジキを含む植生は残積土から匍行土にかけて見られるとされている¹⁶⁾。また、ソヨゴは常緑広葉樹林においてギャップ更新することが知られているが²⁶⁾、ヒサカキとともに耐陰性は比較的高いと考えられる^{4,5)}。このことから、植生群 I は上部の開空度の低い場所に、植生群 II は中部を中心とした開空度が低い場所に形成されたと考えられた。個体数や種数の違いは、特に調査区で顕著であった上部にいくに従い見られた減少傾向を反映したものであり、上部や中部での表土の流亡により実生の定着が阻害されている可能性も考えられた²⁰⁾。今後これらの実生が成長すると、伊東ら(2009)⁵⁾で示されたように、ソヨゴなどが優占したマツ枯れ低質林と同様の植生が形成される可能性があると言える。

コナラの実生の発生には光環境が、アベマキではプロットの位置が重要であることが、CCAで示された。コナラは耐陰性の低い樹種であり、生育には十分な光環境が必要であるとされており^{17,22)}、本研究でもそれを支持する結果となったと言える。一方、アベマキの実生は光条件が悪くなると実生の葉の乾重割合を増加させるのに対し、水分条件が悪くなると

各器官の乾重割合が大きく減少する傾向があり¹⁹⁾、発生初期段階の成長に水分要求が高い¹⁸⁾と考えられる。このことから、中部から下部の水分条件が比較的良好なプロットの位置が、実生発生に影響を与えたと考えられる。以上のことから、明るい斜面の下部において防鹿ネットを設置することで、アベマキ、コナラの再生の促進が期待される。しかし、アベマキやコナラの発生した実生はわずかであり、同じ斜面下部には先駆性樹種のほか、耐陰性のソヨゴなどが存在することから、生残し林冠を構成する種となるには厳しい状況であるといえる。このため、引き続きモニタリングを実施し、必要に応じて Nakajima and Ishida (2014)¹⁵⁾でも指摘されているように、耐陰性の高い樹種の除去や植栽などの処理が必要と考えられる。また、長期のモニタリングを通し、防鹿ネットの効果も本研究の実生発生段階とは異なる効果が表れるようになると考えられるため、検証をする必要があると言える。

謝辞: 本研究はJSPS科研費(基盤研究C, 課題番号:26450202)の一環として実施したものである。本研究の遂行にあたっては榊原菜々氏および木谷友子氏に現地調査等において多大なご協力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 橋本佳延・藤木大輔 (2014) ニホンジカの採食植物・不嗜好性植物リスト. 人と自然, 25: 133-160.
- 平山貴美子・山田勝俊・西村辰也・河村翔太・高原 光 (2011) 京都市近郊二次林における遷移進行に伴う木本種構成及び種多様性の変化. 日本森林学会誌, 93: 21-28.
- 伊東宏樹 (2015) ナラ枯れ後の広葉樹二次林の動態に及ぼすニホンジカの影響. 日本森林学会誌, 97: 304-308.
- Ito H. (2016) Changes in understory species occurrence of secondary broadleaved forest after mortality of oak trees under deer foraging pressure. PeerJ 4:e2816 DOI 10.7717/peerj.2816.
- 伊東宏樹・五十嵐哲也・衣浦晴生 (2009) 京都市京北地域におけるナラ類集団枯損による林分構造の変化. 日本森林学会誌, 91: 15-20.
- 環境省 (2004) 環境省第6回自然環境保全基礎調査植生調査. http://www.biodic.go.jp/kiso/fnd_list.html (参照: 2014年6月10日).
- 鎌田磨人 (2014) 里山の今とこれから. 日本生態学会編, エコロジー講座 7 里山のこれまでとこれから. 日本生態学会, pp.6-17.
- 気象庁 (2017) 過去の気象データ検索: 平均値 (年・月ごとの値). <http://www.data.jma.go.jp/obd/stas/etrn/index.php> (参照: 2017年3月6日).
- 小林正秀・上田明良 (2005) カシノナガキクイムシとその共生菌が関与するブナ科樹木の萎凋枯死: 被害発生要因の解明を目指して. 日本森林学会誌, 87: 435-450.
- 国土交通省地域整備局 (2009) 植栽基盤整備技術マニュアル. (財)日本緑化センター, 169pp.
- 京都市都市計画局都市景観部風致保全課 (2011) 京都市三山森林景観保全・再生ガイドライン. 京都市, 78pp.
- 牧野亜友美・森本順子・柴田昌三・大澤直哉・中西麻美 (2002) 都市近郊二次林における小面積伐採直後の木本植生の多様性の変化. 日本緑化学会誌, 28(1): 286-289.
- 宮脇 昭 (1984) 日本植生誌: 近畿. 至文堂, 596pp.
- 森下和路・安藤 信 (2002) 京都市市街地北部森林のマツ枯れに伴う林相変化. 森林研究, 74: 35-45.
- Nakajima H. and Ishida, M. (2014) Decline of *Quercus crispula* in abandoned coppice forests caused by secondary succession and Japanese oak wilt disease: Study dynamics over twenty years. Forest Ecology and Management, 334:18-27.
- 中家 葵・長島啓子・田中和博 (2014) 京都市宝ヶ池公園におけるソヨゴ林の立地環境及び分布との関係. 森林計画学会誌, 48(1): 1-12.
- 西村尚之・山本進一・千葉喬三 (1990) 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. 日本緑化学会誌, 16(1): 8-17.
- 西村尚之・大田武志・坂本圭児・千葉喬三 (1994) コナラとアベマキの発生初期段階における生理生態学的特性の比較検討(第25回日本緑化学会研究発表会抄録). 日本緑化学会誌, 20(1): 49.
- 西村尚之・大田武志・坂本圭児・千葉喬三 (1998) コナラとアベマキの成長に及ぼす光と土壌水分の影響. 日本緑化学会誌, 23(4): 220-227.
- 大洞智宏・渡邊仁志・横井秀一 (2013) ナラ枯れ被害跡地での更新に与えるシカ食害の影響. 日本緑化学会誌, 39(2): 260-263.
- Suzuki, M. (2013) Succession of abandoned coppice woodlands weakens tolerance of ground-layer vegetation to ungulate herbivory: A test involving a field experiment. Forest Ecology and Management, 289: 318-324.
- 高原 光 (1986) コナラ属の稚苗の生育に及ぼす被陰の影響. 日本森林学会誌, 68: 289-292.
- 竹中明夫 (2009) 全天写真解析プログラム CanopOn2. <http://takenaka-akio.org/etc/canopon2/manual.html> (参照: 2014年9月29日).
- 呉 初平・安藤 信 (2010) 京都市のマツ枯れ被害林における10年間の林分動態. 日本緑化学会誌, 35(3): 440-447.
- 呉 初平・安藤 信 (2010) マツ枯れ被害林におけるアカマツ実生, 稚樹, 幼樹の分布と立地環境. 日本緑化学会誌, 36(2): 304-310.
- Yamamoto, S. (1994) Gap regeneration in primary evergreen broadleaved forests with or without a major canopy tree, *Distylium racemosum*, southwestern Japan: A comparative analysis. Ecological Research, 9: 295-302.
- 山瀬敬太郎・関岡裕明 (2007) スギ林内の連続斜面における埋土種子の分布. 日本緑化学会誌, 33(1):187-190.
- 吉井 優・小林正秀 (2016) ナラ枯れはどのような場所で最初に発生しやすいのか? 森林応用研究, 25(1): 7-14.

(2017年6月21日受理)