

都市近郊の樹林地におけるセミ類の生息実態およびヒグラシの生息環境について

Factors influencing cicadas distribution and habitat of *Tanna japonensis* in urban forests in suburban area

徳江 義宏* ** 大澤 啓志**

Yoshihiro TOKUE Satoshi OSAWA

Abstract: Cicadas and their songs are deeply rooted in the Japanese culture. In this study, we aimed to investigate the distribution of cicadas in suburban areas, and to analyze the factors influencing the distribution of the evening cicada *Tanna japonensis* (also called higurashi). We used the quadrat method to count the cast-off skins of cicadas in 59 forests. In addition, vegetation structure and soil conditions were recorded in the field and the normalized difference vegetation index was obtained from satellite images (defined as 100–1000-m buffer zones around the quadrat central point). The relationship between the number of cast-off skins of *T. japonensis* and the environmental factors was analyzed using generalized linear models (GLM). The largest number of cast-off skins found was from *Graptopsaltria nigrofuscata* followed, in descending order, by those from *T. japonensis*, *Platypleura kaempferi*, *Meimuna opalifera*, and *Hyalessa maculaticollis*. In planted forests, the dominant species was *G. nigrofuscata*, whereas in evergreen and coniferous forests the dominant species was *T. japonensis*. GLM analysis revealed that the distribution of *T. japonensis* was affected by the percentage of evergreen and coniferous cover, due to differences in canopy layer, soil hardness, and patch size of the forest. For the conservation of *T. japonensis*, it is therefore important to take into account vegetation type and soil conditions.

Keywords: Cicada, *Tanna japonensis*, cast-off skin, forest, sub urban area

キーワード: セミ類, ヒグラシ, 抜け殻, 樹林地, 都市近郊

1. はじめに

日本においては、四季折々の身近な自然との関わりが、人々の固有の精神文化の形成に対して深い影響を与えてきた⁷⁾。今日、生態系サービスの重要性が認識されるようになったが、信仰、慣習・行事、子どもの遊び・レクリエーションなどを通した身近な生物との関わりは文化的サービスに含まれ⁸⁾、その享受による豊かな暮らしを形づくることは、今日的なテーマと考える。

本研究においては、我が国の夏を象徴する昆虫類であるセミ類(林・税所(2011)⁹⁾のセミ科に基づく)を対象とするとともに、特にヒグラシに着目した。セミ類の成虫は鳴き声を発するため目立つ存在であり、またセミ捕りや抜け殻集めなどの子どもの遊びの対象として、日本人にとっては極めて馴染み深い生物であるためである。とりわけ、「かなかなか…」と聞きなされるヒグラシの声は多くの日本人から好まれるとされ¹⁰⁾、本種の存在は人々の季節感や心象風景の形成に関係が深いと考えられる。特に都市化が進んだ近郊域において、ヒグラシをはじめとした多様なセミ類が生息できる環境の維持・創出が、身近な場所で文化的サービスを受用する上で重要となる。

しかし、セミ類の生息環境を実証的に明らかにした既往研究は必ずしも多くはなく、都心域における生息状況¹¹⁾やその規定要因¹²⁾、特定の範囲での樹林地構造と種組成との対応⁹⁾等の研究事例はみられるが、特にヒグラシについては生息の実態や選好する植生構造や周辺の緑被地分布等と生息の関係を定量的に検討した事例は少ない。また、セミ類の出現傾向には同質的環境においても地域的な差異が存在することが指摘される⁹⁾が、そのような地域性を定量的に検証した事例も少ないのが現状である。そこで、本研究では、都市近郊の樹林地を事例にしてセミ類の生息状況の傾向把握と、あわせて特にヒグラシが選好する樹林地の生息環境を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

(1) 研究の対象地

本研究における調査対象地域は、茨城県南部のつくば市および牛久市の周辺とした。この地域は、明治期には台地上に草地、畑地や樹林地を中心とした農村的な景観が広がっていたとされる¹³⁾が、戦後に鉄道沿線の開発や研究機関が進出したことによって市街化が進行してきた。調査対象とした樹林地の選定にあたっては、数十ha以上の大規模な樹林地から、街路樹や街区公園などの1ha以下の規模の樹林地までを網羅するように、対象地域内より任意に設定した。さらに、大規模な樹林地においては植生による差異があると考えられたため、植生タイプを勘案して樹林地内の高木層に優占する植物種や林床植生の発達程度が異なる複数個所に調査地点を任意に配置した。上記の方法により、図-1に示す42個の樹林地パッチにおいて計59地点の調査地点を得た。

(2) 調査の方法

セミ類の生息状況は、抜け殻の調査によって把握した。抜け殻による生息状況の調査は、その場所でセミ類が羽化してから成虫まで発生した確実な証拠となること、また調査による個体への影響が

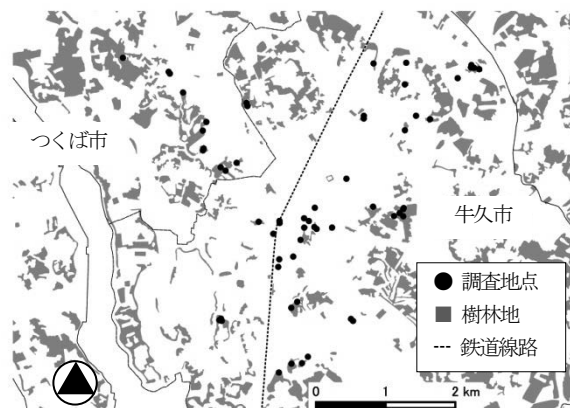


図-1 対象地位置図(自然環境保全基礎調査⁴⁾の樹林地を表示)

*日本工営株式会社 **日本大学大学院生物資源科学研究科 ***日本大学生物資源科学部

無いこと等から、セミ類の生態調査において多く用いられてきた手法である¹⁴⁾。抜け殻の回収は、対象とした樹林地内の調査地点に100㎡のコードラートを設定し、樹木、地面等で確認された抜け殻を可能な限りすべて回収し、計数する方法によった。コードラートは、原則10m×10mの正方形としたが、樹林地の形状が細長い場合や街路樹で植樹等で区切られる場所においては、適宜一辺の大きさを調整、またはコードラートを分割して、合計として同面積が確保されるようにした。対象地域では夏季には6種類のセミ類が普通に確認できる⁴⁾と想定されたため、これら6種類の成虫の発生時期を考慮して、抜け殻の調査は2013年の1回目：7月下旬～8月上旬、2回目：8月中旬～8月下旬、3回目：9月上旬～9月下旬と各地点とも計3回行った。対象とした種は地上1m以下で羽化するものが圧倒的に多い¹⁾とされるが、より高所で羽化する場合もあるため、捕虫網を用いて地上5m程度までの高さにある抜け殻はすべて回収した。

詳細なスケールでセミ類の生息を規定すると想定される樹林地の植生構造等の環境要因については、現地調査により把握した。抜け殻調査のコードラートと同一範囲で、土壌水分、土壌硬度、植生構造を2013年10月に調査した。土壌水分はADR式土壌水分計(前日に降雨が無かった日に計測)、土壌硬度は山中式土壌硬度計を用いてコードラートの四隅および中央の5か所で計測した平均値を求めた。植生構造は高木層(5m以上)、中木層(1.5m～5m)、低木層(1.5m以下)、草本層ごとに目視で植生率、群落高、および優占する植物種を記録し、またリター層の厚さおよび被覆率を記録した。

調査地点周辺の広域スケールでの情報として、空中写真から緑地の分布に関する情報を得た。2013年5月8日撮影の国土地理院発行の電子国土基本図(オルソ画像)の空中写真をもとに、調査地点が含まれる樹林地の樹冠が連続する範囲をPCモニター上で目視で確認しながらトレースし、樹林地のパッチ面積を把握した。また周辺の景観構造として自然環境保全基礎調査の1/25,000の植生図⁴⁾を基にして、樹林地(木本類が優占する群落)、市街地(開放水面含む)の土地被覆の分布状況を把握した。空中写真および植生図の解析や集計にあたっては、QGIS2.4、GRASS GIS 6.4.4¹²⁾を用いた。

(3) 分析の方法

調査地点の植生のタイプごとに各種のセミ類の抜け殻の個数密度の違いを集計した。植生のタイプについては、調査地点の植生調査結果による高木層に優占する植物種をもとに、落葉樹林、針葉樹林、常緑広葉樹林、植栽、街路樹の5区分とした。落葉樹林は主にクヌギ、コナラなどの二次林の構成種が優占、針葉樹林は植栽されたスギやヒノキが優占、常緑広葉樹林はシラカシ、スタジイなどの自然植生構成種が優占、植栽は公園などで主にサクラ類、ケヤキ、クロガネモチ、マテバシイ、イヌシデ等の植栽された樹木が混生、街路樹は道路際に植栽にケヤキ、アキニレ、シラカシ等の樹木が植栽される地点とした。

次に、中庸な出現率を示したヒグラシについて、詳細な選好環境の分析を行った。3回の調査を通しての抜け殻の確認個数を応答変数、現地調査で取得した調査地点の植生や土壌条件、さらに樹林地のパッチ面積、周辺の樹林地、市街地(開放水面含む)の面積割合を説明変数とした、標本分散が標本平均よりも2倍程度あることから、一般化線形モデル(GLM)(負の二項分布、リンク関数はlog)による検討を行った。周辺の景観構造の算出にあたっては、調査地点周辺100m～1,000mまで100m刻みの10段階のバッファサイズごとに樹林地と市街地それぞれの面積割合を把握した上で、説明変数について可能なすべての組み合わせでモデルを構築した上でAIC(赤池情報量基準)を算出し、 ΔAIC が小さいモデルについて検討の対象とした。なお、これらの解析の

表一 1 セミ類の抜け殻の確認総数の季節推移

種名	1回目			総個数	確認 地点数 / 調査 地点数	出現率
	7月下旬	8月中旬	9月上旬			
	8月上旬	8月下旬	9月下旬			
ニイニゼミ	27	3	0	30	6/59	10.2%
アブラゼミ	889	917	285	2,091	45/59	76.3%
ヒグラシ	55	95	36	186	23/59	39.0%
ミンミンゼミ	3	1	0	4	2/59	3.4%
ツクツクボウシ	0	13	13	26	7/59	11.9%

※出現率=確認地点数/調査地点数(59地点)×100

ソフトウェアはR3.1.2¹⁶⁾のパッケージMuMInを用いた。

3. 結果

(1) セミ類の出現状況

確認されたセミ類の抜け殻の総数およびその季節推移を表一1に示す。本調査では、抜け殻は59地点中51地点で確認され(出現率86.4%)、ニイニゼミ(同10.2%)、アブラゼミ(同76.3%)、ヒグラシ(同39.0%)、ミンミンゼミ(同3.4%)、ツクツクボウシ(同11.9%)の5種が確認された。最も抜け殻の数が多かった種はアブラゼミであり、45地点で合計2,091個であった(全体の89.5%)。以下、ヒグラシが23地点で合計186個、ニイニゼミが6地点で合計30個、ツクツクボウシが7地点で合計26個の順であり、最も少なかったミンミンゼミは2地点で合計4個であった。

季節的な推移をみると、ニイニゼミ、ミンミンゼミは1回目の調査で最も多くの個数を確認したが、3回目では全く確認されなかった。アブラゼミ、ヒグラシは3回全ての調査において確認されたが、特に2回目の8月中旬～下旬で最も多く確認された。ツクツクボウシは、1回目の調査では確認されず、2回目以降の確認であった。

(2) 環境別の出現状況の比較

植生タイプ別の種毎の抜け殻の確認状況を図一2～6に示す。なお、それぞれの調査地点数は、落葉樹林8地点、常緑広葉樹林9地点、針葉樹林18地点、植栽19地点、街路樹5地点であった。本調査では、街路樹の植生タイプでは抜け殻が全く確認されなかった。アブラゼミについては、植栽の地点で突出して多く確認され、次いで落葉樹林、常緑広葉樹林、針葉樹林の順に多く、植生タイプ間での有意な差が認められた(Kruskal-Wallis検定, $P<0.01$)。ヒグラシについては、落葉樹林、植栽では確認がない状況であったが、針葉樹林の地点で最も多く、次いで常緑広葉樹林で多く確認され、植生タイプ間で有意な差が認められた(同, $P<0.01$)。また、ニイニゼミは落葉樹林で、ツクツクボウシは植栽でやや多く、ミンミンゼミは植栽のみでの確認であった。ただし、いずれも植生タイプ別の有意差は認められなかった(同, $P>0.01$)。

(3) ヒグラシの生息環境に影響する要因

ヒグラシの生息環境に影響する要因を推定するためGLMによる検討を行った。検討に先立ち、説明変数間での相関係数($r>0.8$)およびモデルのVIF(variance inflation factor)値(>10 以上)をもとに解析に用いる変数の絞込を行った。土壌硬度と土壌水分、リター被覆率との間に高い相関関係が認められることや高木層の落葉樹植生率のVIF値が高くなることから、多重共線性を回避するために、土壌水分、リター、高木層落葉樹植生率の変数は除いて解析した。また地理的に近いコードラートの出現傾向が似てくる可能性があったが、地理座標をもとにした空間的自己相関の指標であるMoran's Iの値($I = -0.04$, $P>0.05$)からは有意な空間的自己相関は認められなかったことから、解析ではコードラートは相互に独立したものと判断して取り扱った。

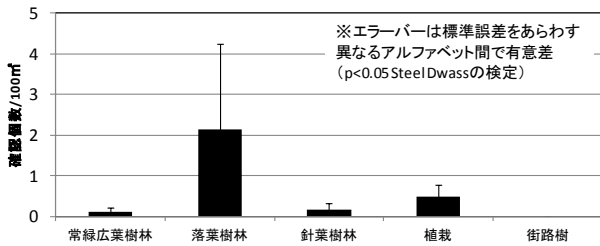


図-2 植生タイプ別のニイニゼミの平均抜け殻確認個数

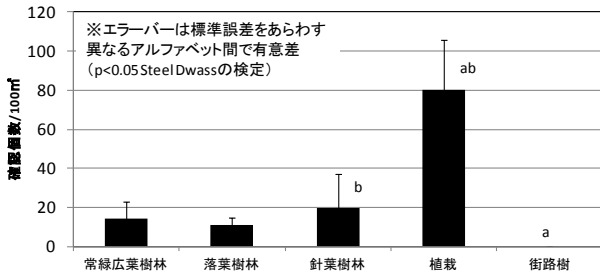


図-3 植生タイプ別のアブラゼミの平均抜け殻確認個数

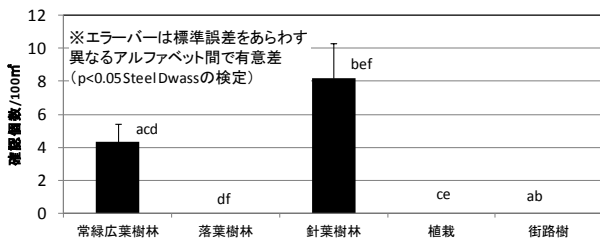


図-4 植生タイプ別のヒグラシの平均抜け殻確認個数

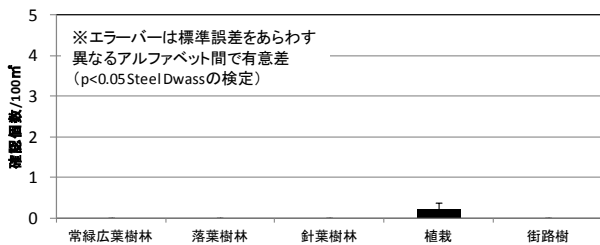


図-5 植生タイプ別のミンミンゼミの平均抜け殻確認個数

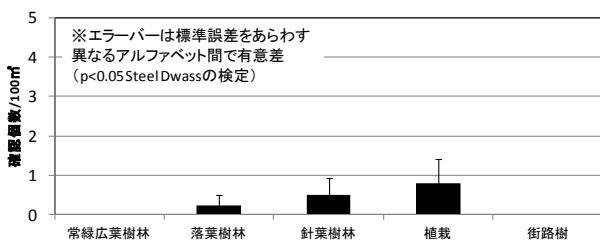


図-6 植生タイプ別のツクツクボウシの平均抜け殻確認個数

GLM による解析の結果として、表-2 に ΔAIC が低いものから上位 5 つのモデル式を示した。いずれのモデル式も常緑広葉樹樹と針葉樹の高木層植被率、樹林地のPATCH面積が統計的に有意なプラスの影響を与えており、標準化偏回帰係数の値も高かった。また土壌硬度は統計的に有意で無い場合 (モデル 3) もあるが、多くのモデルで有意であり、標準化偏回帰係数値は強いマイナスの要因となっていた。一方、周辺 100 または 200m 範囲内の樹林地面積割合は、いずれも統計的に有意ではなかったがマイナスの要因として選択された。他にも草本層植被率 (モデル 2)、樹林地パ

ッチ内の常緑広葉樹割合 (モデル 1・2・4)、針葉樹割合 (モデル 3・5)、落葉広葉樹割合 (モデル 3・5)、が要因として取り込まれることもあったが、統計的には必ずしも有意な変数とはならず、また標準化偏回帰係数値も低い傾向にあった。このように、上位 5 つのモデル式間で ΔAIC の値には大きな差は認められず、全体的な傾向として常緑広葉樹と針葉樹の高木層植被率が強いプラスの影響、土壌硬度が強いマイナスの影響、樹林地PATCHの面積はプラスの影響があることが示された。

4. 考察

(1) 都市近郊におけるセミ類の出現の傾向

本調査地域のセミ類の出現状況についてみると、アブラゼミが圧倒的に多く、次いでヒグラシ、ツクツクボウシ、ニイニゼミ、ミンミンゼミが多い結果となった。東京都心部で同様の調査手法で実施された結果と比較すると¹⁴⁾、アブラゼミが最も優占していること、ツクツクボウシ、ニイニゼミについてはアブラゼミよりも少なくなる傾向はほぼ同様であった。一方、本調査ではミンミンゼミの確認が都内に比べ著しく少なかった点、都心では確認されなかったヒグラシが多く、多くの地点で確認された点が異なっていた。セミ類の抜け殻を全国で網羅的に調査した報告⁵⁾によると、関東地方ではアブラゼミは全域に普通に確認地点が分布しているが、ミンミンゼミは本調査地域が含まれる茨城県南部では確認地点が少なくなる傾向が示されている。このため、ミンミンゼミは地域的な生息量の差が本地区での確認個数の少なさに影響している可能性が強い。一方、ヒグラシは市街化の進む都心部では生息は困難であるが、本対象地域のように比較的樹林地の残る郊外域では、普通に生息していることが示された。

(2) 植生タイプ別のセミ類の出現の傾向

植生タイプによって、一部の種で抜け殻の密度が異なることが明らかとなった。まず、抜け殻の確認が本調査では無かった街路樹では、個々の植枿が小さく分散していること、踏込や除草・剪定等の強度の人為影響下にあることが特徴であり、そのような場所はセミ類の生息には不適であることが示唆された。次にアブラゼミは、植栽における確認個数の多さが特筆された (図-3)。本種は、東京都心部の調査では樹木が点在する開けた環境を嗜好する¹²⁾とされ、今回の公園等の植栽地での多い発生はこれを支持する結果であった。ただし、常緑広葉樹林、落葉樹林、針葉樹林でも他種に比べて抜け殻の個数密度は高く、これらの植生タイプでも本種は一定程度発生することも明らかにされた。一方、ヒグラシは針葉樹林と常緑広葉樹林を嗜好していることが明らかとなった (図-4)。神奈川県高麗山での調査では、本種は常緑広葉樹林で抜け殻の密度が著しく高くなること、スギ林でも他のセミ類に対し相対的に抜け殻の密度が高いことが報告されている⁹⁾。本調査では、針葉樹林での密度が常緑広葉樹林よりも高い点が先の高麗山での報告と異なっていたが、いずれにしろ両植生タイプが本種に嗜好されていることが示唆される。なお、他の種は抜け殻の確認個数が少なく、本調査でははっきりした傾向を見出すことはできなかった。

(3) ヒグラシの生息に影響する環境要因

ヒグラシの生息に影響する要因について、GLM の検討により得た複数のモデル式 (表-2) のうち、まず統計的に有意で標準化偏回帰係数値が強いものについて述べる。上位 5 つのいずれも有意になった変数として、樹林地の高木層には針葉樹、常緑広葉樹の植被率割合が高くなる樹林地が生息に適していることが示された。本種の産卵や幼虫の摂食における樹種の嗜好の程度に関する知見は多くはないが、産卵はスギの樹皮下や枝、広葉樹の枯枝中に行うとされる³⁾。ただし、被子植物の常緑広葉樹と裸子植物である針葉樹では明らかに系統関係、代謝系が異なり、樹種単

表-2 ヒグラシについてのAICが小さい上位5つのモデル

No	切片	土壌 硬度	植被率			樹林地パッチ			周辺の景観構造		バッファ 距離	AIC	説明率
			高木層 常緑 広葉樹	高木層 針葉樹	中木層 低木層 草本層	パッチ 面積	常緑 広葉樹 割合	針葉樹 割合	落葉 広葉樹 割合	樹林地 割合			
1	-0.28	-0.192 ** -1.554	0.043 *** 1.366	0.043 *** 1.670		0.252 * 0.566	-2.033 -0.636		-4.777 -0.801	200	183.7	70.0%	
2	-1.14	-0.160 * -1.295	0.048 *** 1.520	0.047 *** 1.826	0.010 0.284	0.312 ** 0.700	-2.037 -0.637		-5.183 -0.869	200	184.1	71.1%	
3	-2.35	-0.200 -1.619	0.045 *** 1.439	0.043 *** 1.676		0.308 ** 0.691	2.196 * 0.725	1.968 0.724	-5.032 -0.844	200	184.3	71.0%	
4	-0.28	-0.180 * -1.450	0.039 ** 1.223	0.041 *** 1.613		0.236 * 0.530	-1.738		-2.928 -0.729	100	184.3	69.6%	
5	-0.98	-0.179 * -1.445	0.032 ** 1.011	0.035 *** 1.387		0.288 ** 0.647	1.697 0.560		-5.200 -0.872	200	184.4	69.5%	

※斜体の数字は標準化偏回帰係数値を表す。/*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ を表す。/説明率 = (帰無モデルの逸脱度 - モデルの逸脱度) / 帰無モデルの逸脱度 × 100

位では共通する誘因要素を見出すのは困難である。これに対し、低い照度条件で本種の抜け殻個数が著しく高くなるという報告⁶⁾もあり、個々の樹種への選好というよりは常緑広葉樹と針葉樹のいずれも常緑という生活型ともなる林床が薄暗くなる植生タイプを選好していると推察される。本種は、明け方や夕方の暗い状態および日中に曇って暗くなった場合にも鳴くとされており³⁾、これも林床の薄暗い植生の選好が関与している可能性がある。以上より、まず常緑の薄暗い樹林が本種の繁殖環境においては重要な環境であることが示唆された。このような薄暗い樹林を好む理由は現時点では不明であるが、成体は日中には木の低所や根際止まっている³⁾という指摘より、幼虫期における常緑樹林と落葉樹林の土壌中の環境条件の差異よりは成体の環境要求性あるいは環境耐性の閾値が関与している可能性も想定される。

次に、土壌硬度の低い場所を選好する傾向があることが示された。一般的にはセミ類の一齢幼虫は、枝の産卵孔から孵化した後、地面に落ちて土の割れ目や小さな隙間を探して地中に潜るとされる³⁾。このため、強度に土壌が締め固められた状態は本種を含めセミ類の幼虫が地中に潜るのに不適になると考えられる。なお、土壌の状態について本種は湿った場所を好むという指摘もあるが¹⁾、今回の調査では土壌硬度は土壌水分と正の相関関係にあり、むしろ湿った場所を避けている可能性も示唆された。ただし、本解析では土壌硬度と土壌水分の影響が分離できておらず、今後、個別にその選好性について検討すべき課題と考える。

最後に、影響の強い要因ではなかったが、樹林地のパッチ面積はより大きい場所を選好することが示された。一般的には、パッチ面積が大きくなると樹林地内にエッジ効果を受けにくい範囲の面積が大きくなるため、本種のように薄暗い環境を選好する種にとっては、生息に適した条件が成立しているものと推測される。

以上より、本種の生息においては、樹林地のパッチ面積という広域の要因の影響を受けつつも、樹林の高木層の植生タイプや土壌硬度等の詳細なスケールでの環境条件が、より強い制約条件となっていることが明らかにされた。

5. まとめ

都市近郊の樹林地を事例として、抜け殻をもとにしたセミ類の生息状況の把握、特に日本人に好まれるヒグラシの生息環境に影響する環境要因について明らかにした。本対象地におけるセミ類の抜け殻の確認は、アブラゼミが圧倒的に数では優占する傾向にあったが、ヒグラシが半数程度の調査樹林地で確認できたことが特徴的であった。アブラゼミは植栽された環境で多く確認されており、人為的な攪乱の程度が強い場所を選好する種であることが示され、都市化という人間活動の拡大に伴い生息空間を広げた種と言える。ヒグラシについては、針葉樹林および常緑広葉樹林という特定の植生タイプの選好、また土壌硬度が柔らかい場所を選

好しており、植栽地と比べて人為的な攪乱頻度が比較的lowく、パッチ面積の大きな樹林地を選好するものと考えられる。本種の生息のためにはまとまった規模の樹林地の確保と同時に、特定の植生タイプの保全や樹林地内の土壌条件への配慮が必要と考えられた。具体的には、より大きな規模の樹林地において、常緑性の高木樹種を保護育成して林内の照度が低くなる植生タイプとすること、過度な踏圧や林床管理を防ぐことが重要と考えられる。

これらの結果を踏まえ、地域の緑地計画にセミ類の飛翔距離を考慮した適切な樹林配置¹⁰⁾を盛り込むことで、農村域から都市近郊さらにはより都市化の進んだ市街地にヒグラシの鳴き声を呼び込むといった、文化的サービス向上と連動した生物多様性保全の戦略が展開できる可能性がある。今後、都市域における生物多様性保全および再生における目標種としてヒグラシが積極的に設定されることを期待したい。

引用文献

- 1) 浜口哲一(1994)：平塚市博物館資料41 セミのぬけがら調べ：平塚市博物館, 124pp
- 2) 浜口哲一(1994)：指標生物—自然をみるものさし(フィールドガイドシリーズ), 平凡社, 日本自然保護協会, 364pp.
- 3) 林正義・税所康正(2011)：日本産セミ科区鑑：誠堂新光社, 221pp
- 4) 環境省 自然環境局 生物多様性センター：自然環境保全基礎調査 植生調査<<http://www.vegetation.jp/index.html>>, 2014.9.1 更新, 2014.12.09 参照
- 5) 環境庁(1997)：'95 身近な生きもの調査：環境庁 自然保護局 計画課 自然環境調査室, 34 pp
- 6) 増山貴一・藤崎健一郎・勝野武彦(1998)：神奈川県高麗山における植生の違いによるセミ類種構成の差異：ランドスケープ研究 61(5), 535-540
- 7) 松岡正剛(1994) 花鳥風月の科学, 淡交社, 359pp
- 8) Millennium Ecosystem Assessment ed.(2003) Ecosystems and Human Well-being, Island Press, Washington DC
- 9) 森本幸裕・夏原由博 編著(2005)：いのちの森 生物親和都市の理論と実践：京都大学学術出版会, 397pp
- 10) NHK 放送世論調査所(1984)：日本人の好きなもの—データブック：日本放送出版協会, 221pp
- 11) 沼田英治・初宿成彦(2007)：都会にすむセミたち—温暖化の影響?：海游舎, 162pp
- 12) QGIS Development Team(2014)：Q GIS 2.4<<http://www.qgis.org/>>, 2014.8.16 参照
- 13) デイビッド スプレイグ・岩崎 亘典(2009)：迅速測図をはじめとする各種地図のGIS解析による茨城県南部における農村土地利用の時系列変化の研究：ランドスケープ研究 72(5), 623-626
- 14) 徳江義宏・今村史子・大澤啓志(2013)：都市域の樹林地におけるセミ類の生息分布を規定する環境要因：ランドスケープ研究 76(5), 465-468
- 15) 徳江義宏・大澤啓志・今村史子(2011) 都市域のエコロジカルネットワーク計画における動物の移動分散の距離に関する考察, 日本緑化工学会誌 37(1), 203-206.
- 16) R Development Core Team(2014)：R 3.1.1: A language and environment for statistical Computing R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014. 8. 16 参照