

都市近郊の農村域におけるクツワムシの生息実態

Distribution of *Mecopoda nipponensis* in a rural area near large cities

徳江 義宏*** 大澤 啓志***

Yoshihiro TOKUE Satoshi OSAWA

Abstract: The calling songs of cicadas and orthopterans have had a symbolic influence on the Japanese people, and these species are important as they make people understand the value of ecosystem services. In this study, we focused on *Mecopoda nipponensis*, a well-known acoustic insect in Japan, and we aimed to clarify its distribution in rural areas near large cities. The study site was Ushiku and Tsukuba Cities in Ibaraki Prefecture, Japan. By using a method for counting the sound of *M. nipponensis*, we recorded its distribution a few times during the summer of 2012 in large (for 5 km around) and small (for 500m around) areas. In addition, we created vegetation maps by conducting field surveys or by obtaining them from existing government data. In the large-scale analysis, the relationship model between the distribution of *M. nipponensis* and vegetation type from vegetation maps was constructed by using a logistic regression model, and selected best combination of explanatory variables by AIC criterion. Analysis of the large-scale areas revealed that vegetation type such as city, cultivation, and wetland areas around the 600-700m buffer had a statistically negative influence on the *M. nipponensis* distribution. In the small-scale analysis of density of populations, tall grasslands, forests, and forest edges were found to be important habitats. This study shows that *M. nipponensis* is vulnerable to environmental changes and is therefore a good environmental indicator species.

Keywords: *Mecopoda nipponensis*, calling song, suburban area, rural area, logistic regression model, vegetation

キーワード: クツワムシ, 鳴き声, 都市近郊, 農村, ロジスティック回帰分析, 植生

1. はじめに

セミ類や一般に「鳴く虫」と呼ばれる直翅目などの鳴き声を発する昆虫類は、日本人の季節感や心象風景の形成において象徴的な役割を果たしてきた。古来よりこれらの鳴き声を題材に和歌や俳句を詠んだり、「虫聴き」¹⁾と称して野外の鳴き声を楽しむ風習も存在した。今日においても、これらの鳴き声は日本人から好意的に捉えられている²⁾。これら鳴き声を発する昆虫類が生息できる環境条件について、丹念に解明をしていく作業は緑地計画上重要である³⁾。しかし、セミ類⁴⁾⁵⁾、直翅目⁶⁾⁷⁾とも研究報告例は必ずしも多くはなく、生態的な緑地計画に向けた知見の蓄積は非常に乏しいのが現状である。

そこで本研究では、「鳴く虫」の一種であるクツワムシ (*Mecopoda nipponensis*) に着目した。クツワムシは文部科学省の唱歌「虫のこえ」でも知られるように、特徴的な鳴き声を持つ昆虫として古くより日本人には親しまれてきた。しかし、近年は各地で都市化や農村環境の変容による減少が指摘されており⁸⁾⁹⁾、関東地方周辺の多くの都道府県のレッドリストで絶滅危惧種等に指定されている¹⁰⁾¹¹⁾。本種の減少の要因については、都市化⁸⁾、つる植物の減少¹¹⁾などの指摘があるものの、土地利用などの環境条件との関係からその生息条件を定量的に実証した研究は皆無である。以上より、本研究は都市近郊の農村域を対象として、クツワムシの生息状況と生息環境の特徴を把握し、その生息条件を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

本研究の対象地は、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¹²⁾。

研究対象としたクツワムシは、直翅目クツワムシ科の昆虫である。体長は 50 mm 程度で、国内分布は本州・四国・九州、壱岐、対馬である¹³⁾。年 1 化性で、卵で越冬する¹³⁾。一般に、直翅目の鳴き声による生息状況把握は、既往研究より一定の有効性があるとされる¹⁴⁾¹⁵⁾。これは繁殖のために生理的に発する「呼び鳴き (calling song)」を確認するもので、成熟オス個体の生息の有無やおよその生息量の把握に有効と考えられるためである。クツワムシのオスは繁殖期である盛夏～初秋の夜間に盛んに鳴く¹³⁾ため、本研究ではオスの鳴き声を基に、生息分布の調査を行った。

生息分布については、10km 四方程度の広域を対象としてルート上に等間隔に設置した地点における生息分布の調査 (以下「広域調査」と称する) と、予備調査で鳴き声が高頻度で確認された 500m 四方程度の範囲 (広域調査範囲の北西部) を対象として、1 個体ずつ位置を記録する調査 (以下「詳細調査」と称する) を実施した。広域調査では、任意に設定したルート上に約 250m 間隔で調査地点を設定し (計 275 地点)、自転車移動しながら調査地点から半径約 100m 以内程度の範囲 (現地調査時の本種の鳴き声のおよその可聴範囲として設定) における生息の有無を記録した。詳細調査では、鳴き声に基づいて図面上に個体の位置を記録し、また確認した個体数も記録した。いずれの調査も、2012 年の夏季～秋季にかけて、晴天または曇天の日に行い、日没後から遅くとも 23 時頃までの間で調査を実施した。広域調査は、各地点で最も本種が盛んに鳴くと考えられる 8 月後半、9 月前半、9 月後半の計 3 回調査を行い、各回 3～7 日に分けて調査を実施した。詳細調査は、8 月中旬から 10 月中旬までの期間に 10 日程度の間隔で計 7 回実施した。

クツワムシの生息環境については、広域調査の範囲における植生の分布の把握を行った。自然環境保全基礎調査の 1/25,000 の植生図¹⁶⁾をもとにして、植生の分布状況を把握した。詳細調査においては、現地踏査により、優占種にもとづく相観植生図を作成し、

*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

特に本種の個体が確認された植物群落についてはその群落高を記録した。

生息状況と生息環境のデータをもとにして、本種の生息環境について分析を行った。広域調査では、まず既往研究による本種の移動分散能力を調べた事例(100m程度)¹⁸⁾を参考に、生息の有無別で調査地点の周囲100m以内の市街地面積を比較した。次に、3回の調査を通しての確認の有無の状況を応答変数、調査地点の周辺の植生(市街地、緑の多い住宅地、乾性草地、畑地、湿性草地(水田を含む)の5区分)、さらに樹林地に関連する要因として林縁長、周辺の最大規模の樹林地面積、林縁長を樹林地面積で除算した値を各々追加して従属変数としたロジスティック回帰分析を行った。周辺の植生、林縁長、樹林地面積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植生の構成面積および樹林地パッチの周縁部の総延長、バッファ内に位置する最大規模の樹林地面積、樹林地パッチの周縁部の総延長を総樹林地面積で除算した値を把握した上で、すべての変数の総当りでAIC(赤池情報量基準)を算出し、 ΔAIC が2以下となるモデルをすべて求めて、AICが最も小さかったモデルを本種の生息を説明するモデルとして採用した。モデルの予測精度を確認するため、ROC解析から予測における生息の有無のカットオフ値を求め、それをもとにkappa係数、AUCの値を求めた。詳細調査では、植生タイプ別、また生息を確認した草地については群落高別の個体密度を把握した。さらに高木および低木を含む樹林地からの距離に応じて、個体密度の分布を集計した。なお、これらの解析のソフトウェアはQGIS1.8¹⁹⁾、R3.0.2²⁰⁾のパッケージMuMIn、Epiを用いた。

3. 結果

(1) 広域調査結果

広域調査による生息確認の分布状況と植生図を重ねあわせた結果を図-1に示す。計3回の調査で、275地点のうち、98地点(約35%)において本種の生息を確認した。確認地点の分布をみると、台地上の平地の樹林地や畑の周辺における確認が多く、河川沿いの水田等からなる低平地では確認は少ない傾向にあった。また市街地周辺での確認は少なかった。確認の有無別で、周囲100m以内の市街地面積を求めると、生息確認有りが平均 0.42 ± 0.64 ha ($N=98$)、確認無しは平均 0.90 ± 1.06 ha ($N=177$)であり、生息確認有りの地点の方が市街地面積の占める割合が有意に小さかった(t 検定, $p < 0.001$)。

確認地点の地形・植生などの環境要因と生息の有無の関係について、ロジスティック回帰分析から得られた10段階のバッファサイズの違いによるベストモデルのAICの変化は図-3に示すとおりである。100mから500mまでAICが漸減し、600m範囲内の植生面積を従属変数として組み込んだ構築モデルが最もAICが小さくなることが示された。ただし、700mの場合でも ΔAIC は2以下と小さい値を示した。800m以降はAICが漸増し、600m(~700m)をマイナスのピークとする逆一山型の軌跡が得られた。なお、従属変数間では樹林地面積と林縁長に強い相関関係が認められた($r > 0.8$, $p < 0.01$)ことから、多重共線性の影響を回避するために、今回はマント群落等の林縁の重要性が指摘される¹¹⁾林縁長を従属変数として採用した。

次に、表-1に示すとおり、最もAICが小さくなった600m範囲内の植生面積を従属変数として、 ΔAIC が2以下のモデルについて、AIC、従属変数の回帰係数および標準化偏回帰係数、 z 値、 p 値を求めた。最もAICが小さいモデル1では、市街地、緑の多い住宅地、畑地、湿性草地がそれぞれ負の要因として選択された。他のモデルでも全体に負の要因としての要素が選択されており(モデル5のバッファ内の最大規模の樹林地面積を除く)、本研

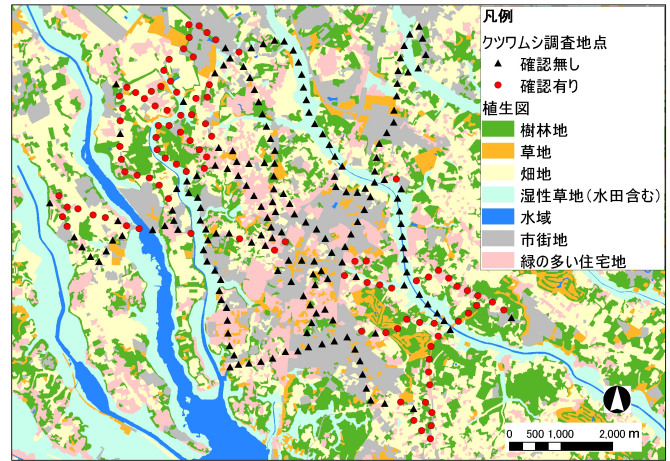


図-1 広域調査における生息確認地点と植生分布状況

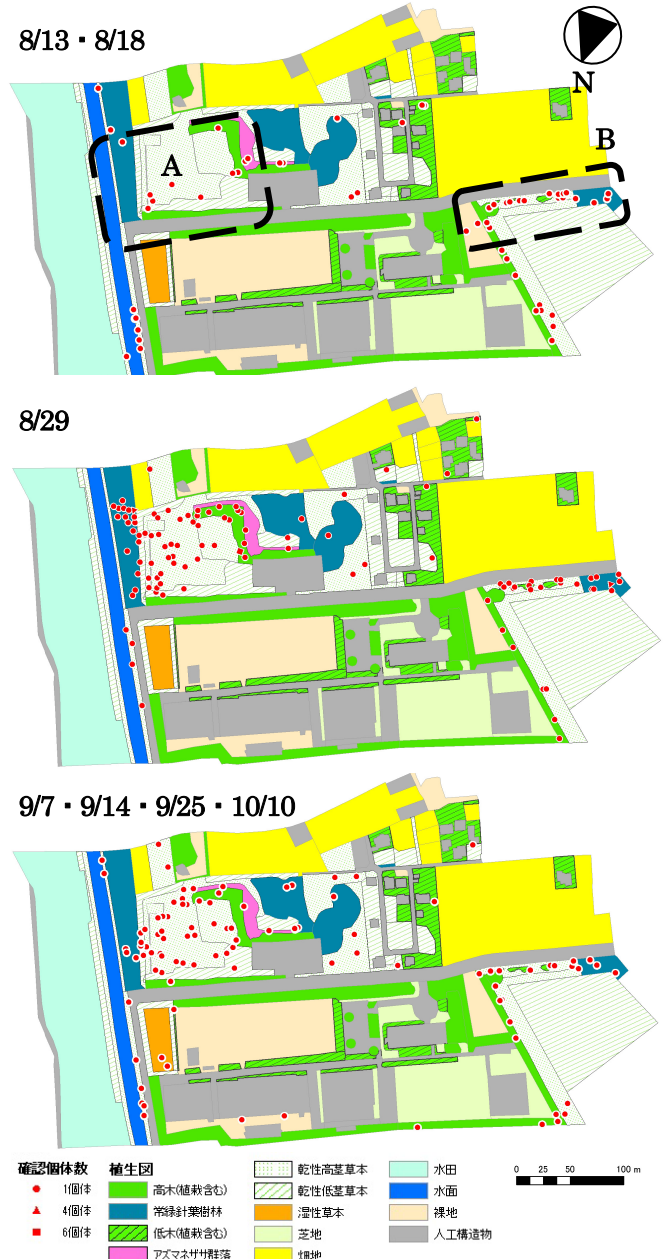


図-2 詳細調査における生息確認地点の分布の変化

究で構築された本種の生息の有無を説明するモデルは減点型のモデルであった。ただし、いずれのモデルでも標準化偏回帰係数を

表-1 ベストモデルおよびΔAICが2以下のモデルの比較

モデル	AIC	ΔAIC	バッファ (m)	切片	市街地 (ha)	緑の多い住宅地 (ha)	畑地 (ha)	乾性草地 (ha)	湿性草地 (ha)	林縁長 (m)	最大規模の 樹林地面積(ha)	林縁長(m) /樹林地面積(ha)
1	229.37	0.00	600	9.475	-0.126	-0.173	-0.060		-0.192			
				5.708	(-2.463)	(-2.303)	(-0.881)		(-2.369)			
2	230.42	1.06	600	10.668	-0.133	-0.182	-0.072	-0.042	-0.208			
				5.032	(-2.596)	(-2.418)	(-1.056)	(-0.217)	(-2.564)			
3	231.12	1.75	600	10.476	-0.136	-0.180	-0.066		-0.200	-0.050		
				3.991	(-2.651)	(-2.392)	(-0.966)		(-2.465)	(-0.582)		
4	231.24	1.87	700	10.138	-0.100	-0.138	-0.045		-0.151			
				5.740	(-2.433)	(-2.275)	(-0.825)		(-2.256)			
5	231.27	1.91	600	9.091	-0.123	-0.169	-0.057		-0.189		0.004	
				4.369	(-2.392)	(-2.250)	(-0.829)		(-2.329)	(0.063)		
6	231.31	1.95	600	9.469	-0.124	-0.170	-0.058		-0.190			-0.449
				5.705	(-2.414)	(-2.257)	(-0.852)		(-2.342)	(-0.065)		
Null	360.2	130.8	-	-0.591								
				2.920								

※カッコ内の数値は標準化偏帰係数,斜体の数字はz値,*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05を表す。

比較すると市街地(-2.414~-2.651), 緑の多い住宅地(-2.250~-2.418), 湿性草地(-2.256~-2.564) がすべてのモデルに変数として取り込まれて強い影響を与えていたのに対して, 畑地(-0.825~-0.966), 乾性草地(-0.217), 林縁長(-0.582), 最大規模の樹林地面積(0.063), 林縁長を樹林地面積で除算した値(-0.065)はその影響は半分以下で弱かった。また, 林縁長, 乾性草地, 最大規模の樹林地面積, 林縁長を樹林地面積で除算した値が変数として取り込まれたのは1通りのモデルに限られた。

モデル1による予測値からROC曲線を描き, 予測における生息の有無のカットオフ値を求めたところ, 0.45の値を得た。このカットオフ値を適用して予測を行ったところ, kappa係数0.64, AUC0.887の値となり, 比較的良好な予測精度をもつモデルが得られた。

(2) 詳細調査結果

計7回の調査で, 延べ279個体が確認された。確認個体数の季節推移を図-4に示す。調査を開始した8月13日から個体数が増え, 8月29日にピークを迎え(120個体), その後10月10日まで徐々に減っていく一山型の推移傾向を示し, 10月19日の調査においては確認されなくなった。

増加期, ピーク時, 減少期の時期別での個体確認位置を図-2に示した。確認地点の分布傾向をみると, 草地がまとまっている範囲(図-2:A)や道路際の草地(同:B)にいずれの時期も集中しており, 調査期間を通して分布傾向に大きな変化は認められなかった。

植生タイプ別の確認個体数を表-2, 草地における確認地点の群落高を図-5に示す。確認個体数の最も多かった植生タイプは乾性高茎草地(延べ132個体)であり, 次いで常緑針葉樹林, 高木植栽の順であった。調査範囲内での植生タイプの面積から生息密度を求めると, 乾性高茎草地(84個体/ha), アズマネザサ群落(77個体/ha), 常緑針葉樹林(70個体/ha)が突出して高い値を示した。また, 個体が記録された草地の群落高は, 100cm以下も散見したが, 150cm程度が最も多かった。なお, 現地の観察では, これら高茎草地の優占種はクズ, ススキ, セイタカアワダチソウ等であった。また, 生息密度の高かった常緑針葉樹林の林床には, ヒカゲイノコズチ, ヤブガラシ等の草丈60cm程度の草本層が形成されていた一方, 高木や低木の樹林地は管理強度が高いため, 林床の草本層がほとんどない場所も多く認められた。なお, 樹林地, 草地を除き, 本種が確認された範囲外では, 本種の食草とされるクズが優占する場所は存在しなかった。

生息の認められた地点の高木および低木を含む樹林地からの距離を図-6に示す。確認個体数は樹林地から0-10mの範囲に最も

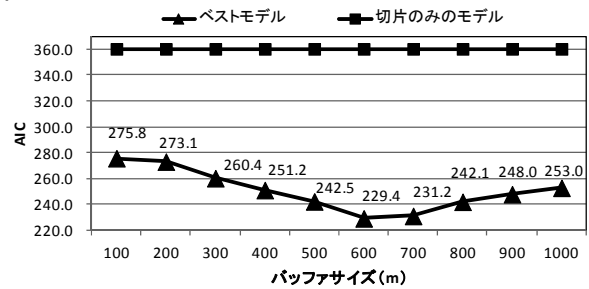


図-3 バッファサイズとAICの推移

多く, 次いで林内が高かったが, 樹林地から離れるにしたがって確認される個体数は減少していく傾向にあった。

4. 考察

本調査により, 本地区のクツムシの成熟雄の発生は, 8月上旬から10月初め頃までであり, 8月末に発生ピークを迎えることが示された(図-4)。他地区の報告(愛媛県¹⁷⁾でも同様の発生時期が示されており, 関東以西の低い標高地での本種の鳴き声による生息確認には, 8月末を含むその前後が適していると考えられる。本広域調査もこの時期が含まれており, 解析に用いた生息の有無データは妥当であると判断される。また, 本種の生活段階における空間利用や移動状況については既往では明らかにされた知見が存在しない。詳細調査で得られた結果はオス成虫の一定時刻の活動場所の情報ではあるが, これが本種の生息空間であるとの仮定のもと, 以後生息環境に関する考察を行う。

広域調査では, まず全体に市街地周辺では生息が少なく, 生息の有無別に地点の周囲100m以内の市街地面積に有意な差があったことから, 市街地が負の影響を与えていることが明らかにされた。一方, 生息モデルを検討した結果, 100m程度の狭い範囲の植生構成よりも, 600~700mというより広範囲における植生構成が本種の生息を規定していることが示された(図-3)。個体の生息状況に影響を及ぼす空間スケールについてはその種の移動分散能力と関連性があると考えられるが, 同じ直翅目のコバネイナゴ, クサキリ, エンマコオロギの事例でも本結果と同様の600~800m程度の範囲における景観要因が影響を与えていたとされる⁷⁾。本種については, 100m程度を移動した事例があるのみ¹⁸⁾, 移動分散能力は低いと指摘されることが多いが, 本結果は数百m規模のより広範囲において本種が個体群維持のために移動分散を行っている可能性を示唆するものである。

複数の生息モデルを得た結果, マイナスの影響が強かったのはいずれも市街地, 緑の多い住宅地, 湿性草地(≒水田)であり, またやや影響の弱い畑地も含め, 管理強度が高い植生であった(表

ー1)。すなわち、これらは宅地あるいは農地であり、人間活動が活発で定期的な草刈り等が入る植生を本種は選好しない傾向が示された。本種は樹林地やクズ群落などを選好することが指摘される⁷⁾が、これは減点型の本モデルで樹林地や乾性草地が変数選択されていない、あるいは標準化偏回帰係数の値が極めて低いことに反映されている。また有意な変数では無い、かつ標準化偏回帰係数の値は低いながらも林縁長、林縁長を樹林地面積で除算した値についてはマイナスの要因、最大規模の樹林地面積がプラスの要因となっており、広域的にみるとまとまった規模で断片化が進んでいない樹林地の重要性が示唆された。詳細調査においても同様の傾向が認められ、人工構造物、畑地、水田での生息はほとんど認められず、樹林地、アズマネザサ、また芝地を除く草地での生息密度が高くなっていた(表-2)。

詳細調査では季節的な推移として確認地点の分布傾向に大きな変化がないことも把握され(図-2)、繁殖期間を通じて特定の立地を好んで利用していることが明らかにされた。それらは、クズ、ススキなどを中心とした高茎草地である。特に、生息確認地点と樹林地からの距離の関係をみると、樹林地内または10m以内で最も多く、樹林地から離れるにつれて漸減した(図-6)。また、草地における確認地点の群落高が150cm程度に集中することも鑑み(図-5)、草地に関しては粗放的な管理の乾性高茎草地、中でも特に林縁付近のものが本種の生息地として重要であることが示された。本種は飼育下ではクズ、ヒカゲイノコズチ、ヤマノイモな

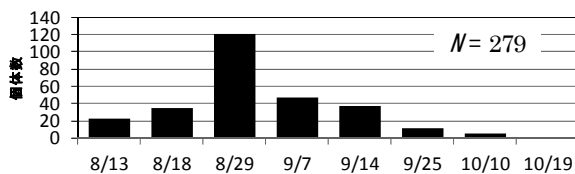


図-4 詳細調査における確認個体数の推移

表-2 詳細調査における植生タイプごとの確認個体数

分類	植生タイプ	面積 (ha)	確認個体数	個体密度(個体/ha)
樹林地	高木(植栽含む)	1.2	41	33
	常緑針葉樹林	0.7	48	69
	低木(植栽含む)	0.7	19	27
ササ	アズマネザサ群落	0.1	9	109
	乾性高茎草本	1.6	135	83
草地	乾性低茎草本	1.7	21	12
	湿性草本	0.1	2	16
	芝地	0.8	0	0
耕作地	畑地	2.2	0	0
	水田	1.4	0	0
水域	水面	0.3	0	0
	裸地	1.2	4	3
その他	人工構造物	3.0	0	0

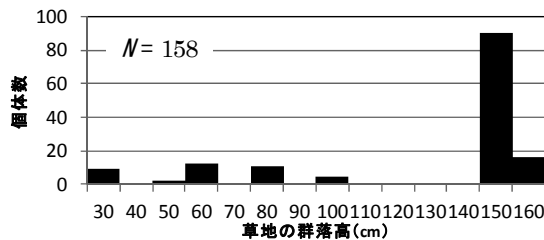


図-5 草地における個体確認地点の群落高

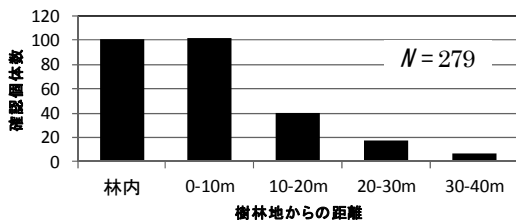


図-6 個体確認地点の樹林地からの距離

どを食草とすることが知られており⁹⁾、対象地の高茎草地では食草であるクズが広範囲に存在したことが、本種が広く確認された要因と考えられる。

一方、樹林地の選好としては、常緑針葉樹林、アズマネザサ群落で生息密度が高かったが、確認地点の分布をみると高茎草本群落が多くみられた範囲(図-2:A)の近傍の樹林地に集中していた。特に常緑針葉樹林については林床に食草とされるヒカゲイノコズチなどの草丈が高い草本が生育しており、林床に隠れ家となる場所や食草が存在することが樹林地における生息状況に影響している可能性が推測される。樹林タイプや林床の状況に対する本種の選好性の検討は今後の課題である。また、先の林縁付近の高茎草地の重要性は、本地域の台地上の樹林地と草地の土地利用モザイクによる林縁長の多さとの対応も説明を迫るものである。詳細調査では林縁の重要性が示されたが、広域のモデルにおいてもより高解像度の植生の分布情報によってモデルを検討した場合には林縁長が重要となってくる可能性も否定できない。今後の詳細な検討が要る。

5. まとめ

都市近郊の農村を対象としてクツワムシの生息実態とオス成虫が鳴いている場所をもとに、選好環境について明らかにした。細かく見ると、近傍100m以内の市街化の状況が関与し、また粗放的な高茎草地を選好していること、特に林内から林縁付近が重要な生息環境であることを明らかにした。一方、生息モデルからは600~700m程度の広い範囲の周辺植生の分布状況、特に人間活動の活発な管理強度の高い植生が本種の生息状況に対して負の影響を与えていることを明らかにした。すなわち、本種は広い範囲における環境の変化を受けやすい種であることが示され、指標生物として優れているといえる。また生きもの文化的にも象徴的な種であり、今後、都市や農村の生物多様性の保全・再生における目標種として、積極的に活用されることが期待される。

補注及び引用文献

- 1) 加藤博嗣 (2011): 鳴く虫文化誌—虫聴き名所と虫売り: エッチエスケー, 155pp
- 2) NHK 放送世論調査所 (1984): 日本人の好きなもの: 日本放送出版協会, 221pp
- 3) 上村昭春 (2009): 地域生態学からのまちづくり—共生環境のマネジメント: 学芸出版社, 151pp
- 4) 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構成の差異: ランドスケープ研究 61(5), 535-540
- 5) 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
- 6) 板川暢一・瀬友博・片桐由希子・大澤啓志・石川幹子 (2012): 東京湾沿岸部理立地における緑被分布とバッタ類の生息分布との関係について: ランドスケープ研究 75(5), 621-624
- 7) 吉尾政信・加藤倫之・宮下直 (2009): 水田環境におけるバッタ目昆虫の分布と個体数を決定する環境要因(佐渡島におけるトキの採餌環境の管理にむけて): 応用生態学 12(2), 99-107
- 8) 内田正吉 (2003): クツワムシはなぜ減ったのか?: 寄せ城記 108, 5-6
- 9) 高田要・河井典子 (2011): クツワムシはどこにいる?—加西市・篠山市の分布調査—: 共生のひろば 6, 33-37
- 10) 茨城県 (2000): 茨城における絶滅のおそれのある野生生物(動物編): 茨城県, 195pp
- 11) 高桑正敏・勝山輝男・木場英久 (編) (2006): 神奈川県レッドデータ生物調査報告書 2006: 神奈川県立生命の星・地球博物館, 442pp
- 12) テイビッド スプレイク・岩崎 亘典 (2009): 迅速測定をはじめる各種地図の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
- 13) 日本直翅類学会 (編) (2006): バッタ・コオロギ・キリギリス大図鑑: 北海道大学出版会, 687pp
- 14) 浜口哲一 (1995): 平塚市における夜鳴く虫の出現季節と環境選好: 神奈川自然誌 資料 15, 1-10
- 15) 永野和之・SHEN Yue・斉藤庸平 (2013): 住宅街における鳴く虫の分布と緑地タイプとの関係: ランドスケープ研究 76(5), 611-614
- 16) 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>>, 2013.1.20 更新, 2013.9.16 参照
- 17) 山本貴仁・小川次郎・今川義康・佐伯英人・水本孝志・磯崎進 (2006): 愛媛県におけるクツワムシとタイワクツワムシ(バッタ目:クツワムシ科)の分布: 愛媛県総合科学博物館研究報告 11, 1-14
- 18) 今井栄浩・桐生尊義・宮下稔・関谷圭史・佐々木剛彦・木下聡・鷲田俊一・佐々木直人 (2005): 長野県天龍村に生息するクツワムシの分布と体色比: 伊那谷自然史論集 6, 135-139
- 19) QGIS Development Team (2013): QGIS <<http://www.qgis.org>>, 2013.9.16 参照
- 20) R Development Core Team (2013): R: A language and environment for statistical Computing R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013.9.16 参照