

原 著

都市緑地におけるヒメボタル幼虫と陸生貝類群集の生息環境要因  
- 名古屋市相生山緑地での5年間の学生野外実習の結果分析 -日野輝明<sup>1\*</sup>・川瀬基弘<sup>2</sup>・古川善嗣<sup>3</sup>・橋本啓史<sup>1</sup>・長谷川泰洋<sup>4</sup>

**要約** 愛知県名古屋市相生山緑地における生物環境科学科2年生の野外実習として、2014年度から2018年度までの5年間、陸生貝類群集とヒメボタル *Luciola parvula* (Kiesenwetter, 1874) 幼虫の分布と個体数を調べ、森林植生と土壌水分との関係を明らかにするための調査を行った。緑地は大きく分けて、散策路等が整備されている北部、近年利用されずに放置されている中央部、住宅地として開発され谷部に樹林地等が残る南部の3区画に分けられた。陸生貝類は5年間で24種が捕獲され、ウスイロシタラ *Parasitala pallida* (Pilsbry, 1902)、イセノナミマイマイ *Euhadra eoa communisiformis* (Kanamaru, 1940)、オカチヨウジ *Allopeas kyotoense* (Pilsbry & Hirase, 1904) の3種が優占種で、それぞれ全体の37%、25%、17%を占めた。全区画で生息地の環境要因との関係について分析の結果、陸生貝類の種数と捕獲個体数、ヒメボタルの捕獲個体数のいずれにおいても土壌水分による正の影響が示された。2016年からの3年間は、北部と中央部の16地点を固定調査地として継続調査を行った。全区画での生息地の環境要因との関係についての分析の結果、陸生貝類の個体数に影響を与える環境要因は示されなかったが、陸生貝類の種数とヒメボタルの個体数については、草本、低木、亜高木の被度による正の影響が示された。正準相関分析の結果、陸生貝類の選好する環境要因は種ごとに異なることが示された。したがって、住宅地の混在する南部を含む緑地全域での分析においては、土壌水分が陸生貝類とヒメボタルの生息環境として重要な要因であったが、北部と中央部の樹林地に限定した分析においては、森林植生の違いが重要な要因であることが明らかになった。

キーワード：都市緑地、ヒメボタル、陸生貝類、土壌水分、学生野外実習

Habitat factors for firefly larvae *Luciola parvula* and land snail assemblages in urban green space  
- Analysis of the results from the student field training in Aioiyama Green Space, Nagoya City, Japan -

Teruaki Hino<sup>1\*</sup>, Motohiro Kawase<sup>2</sup>, Yoshitsugu Furukawa<sup>3</sup>, Hiroshi Hashimoto<sup>1</sup>, Yasuhiro Hasegawa<sup>4</sup>

**Abstract** As field training for second-year students of Department of Environmental Bioscience in the Aioiyama Green Space in Nagoya City, we investigated the distribution and abundance of land snails and the larvae of the firefly *Luciola parvula* for five years from 2014 to 2018, to clarify the relationship between forest vegetation and soil moisture. The green space was divided into three major forest areas: the northern part, where walking paths are maintained, the central area left unused in recent years, and the southern area developed as a residential area, with wooded areas remaining in the valleys. The dominant land snail species were *Parasitala pallida*, *Euhadra eoa communisiformis*, *Allopeas kyotoense*, which accounted for 37%, 25%, and 17%, respectively, of the total abundance. Multiple regression analysis in all areas showed a positive effect of soil moisture on all of species richness and abundance of land snails, and abundance of firefly larva. For three years from 2016, survey was continued in the northern and central parts. In the forested area, any environmental factors affecting the total abundance of land snails were not found but the factors differ from species to species. Both species richness of land snails and abundance of firefly larvae was positively related to the cover of herbs, shrubs, and sub-trees. In the analysis of the entire area, including the southern part with a mix of residential areas, soil moisture was an important habitat factor for land snails and fireflies. However, differences in forest vegetation were found to be an important factor in the analysis limited to the wooded area of the northern and southern parts.

**Key words:** urban forest, *Luciola parvula*, land snail assemblage, soil moisture, student field training

<sup>1</sup> 名城大学農学部 468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1-501  
Faculty of Agriculture, Meijo University, 1-501 Shiogamaguchi,  
Tempaku-ku, Nagoya 468-8502

<sup>2</sup> 愛知県みずほ大学人間科学部 468-0867 愛知県名古屋市瑞穂区春敲  
町 2-13  
Department of Human Sciences, Aichi Mizuho College, 2-13  
Shunko-cho, Mizuho-ku, Nagoya 468-0867, Japan

<sup>3</sup> ラブリーアース Japan 457-0863 愛知県名古屋市南区豊 4-22-10

Lovely Earth Japan, 4-22-10 Yutaka, Minami-ku, Nagoya  
457-0863, Japan

<sup>4</sup> 名古屋産業大学現代ビジネス学部 488-8711 愛知県尾張旭市新  
居町山の田 3255-5

Faculty of Modern Business, Nagoya Sangyo University, 3255-5  
Yamada, Arai-cho, Owari-Asahi 488-8711, Japan

\* E-mail: hino@meijo-u.ac.jp

2023年11月7日受付 2024年1月27日受理

## 緒言

森林はその植生の種類や構造の多様性によって多様な種類の動物が数多く生息する環境である (MacArthur and MacArthur 1961; Hino 1985; Ito et al. 2012). しかしながら、近年の都市化にともなう宅地開発や道路建設の拡大は、都市内および都市近郊の森林の面積縮小と分断化をもたらし、その結果として、多くの動物の多様性や個体数が失われてきている (Fujita et al. 2008; Faeth et al. 2011; Ishikawa et al. 2023). 名古屋市においても緑被地 (樹林地・草地・農耕地・水面) の占める面積は戦後急激に減少しており、2020 年の調査では 21.5% にまで減少したことが報告されている (名古屋市 2021). 名古屋市のように自然の生息地がほとんど残されていない都市化された場所においては、残された都市林などの緑被地の生物多様性を保全し促進することが重要である (Alvey 2006; Lepczyk 2017). そのためには、そのような環境に生息する動物の個体数分布を調べ生息環境要因との関係を明らかにしていく必要がある。

土壤中に生息する生物は、食物連鎖やリター分解を通して森林内の物質循環に重要な役割を果たしている (Decaens et al. 2006; Ruita et al. 2012). 陸生貝類は移動性が低いために生息環境変化の影響を受けやすい土壤動物の 1 グループである。土壤動物の多様性と個体数に影響を及ぼす環境要因として、土壌水分、カルシウム濃度、pH、リター量、植生被度等との関係が国内外で調べられている (Hylander et al. 2004; Martin and Sommer 2004; Chiba 2007; 市川ら 2016; Hettenbergerová et al. 2023). 日本固有の陸生のホタルであるヒメボタル *Luciola parvula* (Kiesenwetter, 1874) は都市開発の影響で国内各地で個体数が減少してきており、名古屋市レッドリストでは準絶滅危惧種に選定されている (名古屋市 2020). これまでの研究では、谷地形を含む森林で成虫の発光個体数が多くなること (栗田・斎藤 2019) や森林内の土壌水分量の多い場所で幼虫の捕獲個体数が多くなること (梯ら 2014). しかしながら、陸生ホタルの生息環境についての研究は、国内・国外にかかわらず非常に限られており、その必要性が指摘されている (Riley et al. 2021). また、陸生ホタルの幼虫は陸生貝類を主要な餌としていることが知られているが、いずれも室内で行われてきており (西嶋ら 2010; Fu and Meyer-Rochow 2013), 生息地での陸生貝類との関係は報告されていない。

名城大学農学部生物環境科学科では、2 年生の野外実習として 2012 年度から陸生貝類群集の分布調査を行ってきており、2014 年度からの 5 年間は名古屋市天白区にある相生山緑地を調査地とした。相生山緑地はヒメボタルの生息地として知られ (長谷川ら 2018), また本種幼虫の主要な餌となるオカチョウジ *Allopeas kyotoense* (Pilsbry & Hirase, 1904) などの陸生貝類が豊富である (川瀬 2013). そこで、相生山緑地での実習では、陸生貝類群集の調査に

加えてヒメボタル幼虫個体数の調査を行い、両生物の生息環境要因として土壌水分と森林植生との関係について分析を行った。本論文では、相生山緑地で行った 5 年間の調査結果について報告する。

## 方法

### 調査地

調査を行ったのは、名古屋市天白区における相生山緑地である。尾張丘陵先端の天白川と扇川に挟まれた場所に位置し、東西に走る標高 3 つの 10 - 60 m の台地と 2 つの谷筋から成り立つ樹林地である (名古屋市 <https://www.city.nagoya.jp/ryokuseidoboku/cmsfiles/contents/0000071/71338/71-02.pdf>). 緑地全体の面積は約 124 ha であり、大きく分けて、樹林地内に散策路等が整備されている北部、かつては農耕地などとして利用されてきたが近年そのほとんどが放置されて雑木林になっている中央部、住宅地として開発され、谷部には樹林地や農地が残る南部の 3 区域に分けられる (図 1). 樹林地の高木層はシイ・カシ林に移行しつつあるコナラ *Quercus serrata* (Murray, 1784) 林で、低木層にはヒサカキ *Eurya japonica* (H.Hara, 1954), ソヨゴ *Ilex pedunculosa* (H.Hara, 1954) などが生育している (長谷川・橋本 2018).

名城大学農学部生物環境科学科における 2 年生の野外実習を、2014 年度から 2018 年度までの 11 月下旬に行った。2014 年度は北部 16 地点で 1 日間、中央部 5 地点と南部 11 地点で 1 日間 (図 1b), 2015 年度は北部 16 地点で 2 日間 (図 1c) 調査を行い、年度間で調査地点を固定しなかった。2016 年度から 2018 年度は北部 10 地点と中央部 6 地点を

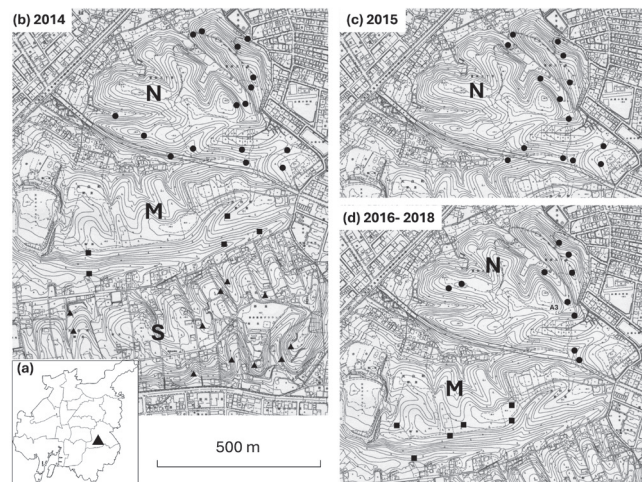


図 1. (a) 調査地である相生山緑地の名古屋市における位置. (b-d) 年度ごとの調査地点の位置. 丸: 北部 (N), 四角: 中央部 (M), 三角: 南部 (S).

Fig. 1. (a) Location of Aioiyama Green Space in Nagoya City. (b-d) Location of the survey sites in different years. Circle: northern part (N), square: central part (M), triangle: southern part (S)

固定調査地として、毎年度2日間3年間で6日間の調査を行った(図1d)。

### 採集調査と種同定・計数

各年度において2クラス各8班(1班あたり6-8名)がそれぞれ2地点を担当し、陸生貝類とヒメボタル幼虫の採集担当に分かれて1地点あたり約40-50分の調査を行った。いずれの年度の実習も、著者の一人である古川が相生山緑地の自然観察と保全活動を主催する団体「水・森・いのちを守るラブリーアースJapan」と「相生山の四季を歩く会」のメンバー(1地点あたり3-4名)による協力のもとに行われた。いずれの年度の実習も前日と当日に降雨はなく、同じ気象条件で採集が行われたと考えられた。また実習時間中は、担当教員(日野)が各班の調査地を巡回し地点間で採集努力が偏らないように注意した。

陸生貝類の採集は、前半の20-25分程度は倒木、石の下、樹木の幹や枝を見て回り、大きめの貝を探し出して容器に採集した。後半の20-25分程度はリター(落葉落枝)の溜まった所などを土と一緒にかき集めて5mmメッシュの洗濯ネットにいれて、お盆(24cm x 36cm)の上で少しずつふるいながら、ルーペや肉眼で小さめの貝を探し出し見つけたら綿棒等で容器に入れ、残った土はビニール袋(400mm x 280mm)の3分の2程度の量を大学に持ち帰った。1週間後実験室において、現地で採集した個体および持ち帰った土から探し出した個体について、実体顕微鏡下で種同定と計数を行った。種同定については、著者の一人である川瀬による指導の下で行い、学生による同定結果の最終的な確認についても合わせて行った。ナメクジ類については、正確な種同定のためには解剖学的検討が必要なため、分析からは除外した。

ヒメボタル幼虫の捕獲は、20mのライン上に20個のベイトトラップを1m間隔に設置した。2014年度には各地点1ラインずつ、2015年度からは各地点に2ラインずつ(ライン間隔2m)設置した(いずれの年度においても合計320個)。トラップは先行研究の方法(松田ほか2010; 陸生ボタル研究会2011; 梯ほか2013)に従って、35mmフィルムケース(内径29.5mm x 高さ50mm)を用いて、蓋に5mm径の穴を3箇所あけて作成し、キッチンペーパー1枚を底に入れた上に約1cm角の生イカを入れた。蓋の部分が地面に平行になる程度に、スコップで穴を掘って地中に埋めた。1週間後に回収し、実験室において計数を行った。

採集から同定・計数までの期間は、陸生貝類については新聞紙等で包みヒメボタルは冷蔵庫で保存するなどして可能な限り死亡させないようにして、同定数日後に現地に返した。

### 環境調査

2014-2018年の土壌水分の調査と2014-2016年の草本被度の調査は、日野が後半クラスの実習の翌日(降雨なし)に全地点で行った。2016-2018年の固定調査地にお

ける低木層・亜高木層・高木層の被度は、橋本・長谷川が2016年の8-11月(落葉なし)に行った。土壌水分と草本被度(0-1.3m)については、ヒメボタル採集トラップを設置した200mライン上10ヶ所において調べた。土壌水分は、土壌水分計(FieldScout TDR300, ソイルマックス, 東京; ロッド長3.8cm)を用いて土壌体積含水率を計測し、草本被度は2m四方の範囲内の被度を10%単位で目測してそれぞれ平均値を求めた。低木層(0-1.3m)、亜高木層(5-10m)、高木層(10m以上)の被度については、2m四方の範囲内の林冠被度を10%単位で目測してそれぞれ平均値を求めた。

### 統計的検定

いずれの分析も、RStudio(バージョン2023.06.1)とR(バージョン4.3.1)を使用した。北部、中央部、南部の各地点で計測された環境要因については、2014年度からの5年間における3区域間と2016年度からの3年間における2区域間でそれぞれ $t$ 検定による比較(3区域間の比較についてBon-ferroni法による有意水準の補正)を行った。各地点で捕獲採集された陸生貝類の種数と全個体数、ヒメボタル個体数を説明する生息環境要因について、パッケージlme4のglmer関数を用いてポアソン分布を仮定した一般化線形モデル(GLMM)を行った。2014年度からの5年間は土壌水分と草本被度を説明変数、調査年度と区域(北部・中央部・南部)の違いをランダム効果、2016年度からの3年間は、土壌水分、草本被度、低木・亜高木層・高木の各層の林冠被度を説明変数、調査年度と16ヶ所の調査地点の違いをランダム効果とし、ヒメボタル個体数については、主要な餌資源である陸生貝類の全個体数を説明変数に加えた。説明変数については標準化(平均値=0, 標準偏差=1)を行い、多重共線性(VIF)は10以下であることを確認した。説明変数の有意性は、フルモデルのWald検定の結果を用いて評価した。

また、2016年度からの3年間において7地点以上で捕獲された陸生貝類の種ごとの生息環境選好性の違いを調べるために、cancor関数を用いて正準相関分析を行った。陸生貝類の合計個体数については対数変換、土壌水分、草本被度、低木層・亜高木層・高木層の林冠被度については逆正弦変換を行った後に標準化した値を用いて分析を行った。

### 結果

2014年度から2018年度までの5年間で24種1,980個体(1調査あたり12.7個体)の陸生貝類が採集された(表1)。北部、中央部、南部の区域間で比較すると、種数は18-20種で区域間の差はなかったが、1調査あたりの個体数は南部で19.4個体と最も多く他の2区域に比べて1.5-1.7倍多かった。種別ではウスイロシタラ *Parasitella pallida* (Pilsbry, 1902)、イセノナミマイマイ *Euhadra eoa communisiformis* (Kanamaru, 1940)、オカチョウジ

*Allopeas clavulinum kyotoense* の3種が優占種で、それぞれ全体の37%, 25%, 17%を占めた。1地点あたりの個体数については、イセノナミマイマイとオカチョウジガイは南部で最も多かったが、ウスイロシタラは北部で最も多かった。それに対して、ヒメボタル幼虫は5年間で264個体が捕獲され、捕獲率は16.5% (総トラップ数1,600)であった。

1調査あたりの捕獲個体数は中央部で2.8個体と最も多くて、南部で0.9個体と最も少なく両区域間で3.1倍の差があった。3区域間で環境要因を比較すると、土壌水分体積含水率は

表1. 2014年度から2018年までの各年度における北部(N), 中央部(M), 南部(S)で採集されたヒメボタルと陸生貝類各種の個体数と全期間における1調査あたりの個体数. 略号は図2中の陸生貝類の種について示されている.

Number of individuals of firefly larvae and land snails collected in the northern (N), central (M), and southern (S) parts from 2014 to 2018 and the number of individuals per survey during the entire period. Marks are of the land snail species indicated in Fig.2

調査年 Survey year	2014			2015			2016			2017			2018			2014-2018			ALL
調査区域 Parts of survey sites in Green Space	N	M	S	N	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M	S				
調査地点数 Number of survey points	16	5	11	14	10	6	10	6	10	6	10	6	60	23	11			94	
調査回数 Total number of surveys	16	5	11	28	20	12	20	12	20	12	20	12	104	41	11			156	
種名 Name of species	略号 Mark	合計採集個体数 Total number of individuals collected												1調査あたり採集個体数 No. of individuals per survey					
ヒメボタル <i>Luciola parvula</i>		16	2	10	23	11	21	13	19	76	73	1.337	2.805	0.909	1.69				
陸生貝類 Land snails																			
ミジンマイマイ <i>Vallonia pulchellula</i>		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.091	0.01				
ナミコギセル <i>Euphaedusa tau</i>	nmg	70	0	1	8	1	8	1	0	5	1	0.817	0.220	0.091	0.61				
トクサオカチョウジ <i>Paropeas achatinaceum</i>		5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0.048	0.000	0.182	0.04				
オカチョウジ <i>Allopeas kyotoense</i>	okc	54	22	44	66	28	23	34	16	41	5	2.144	1.610	4.000	2.13				
ホソオカチョウジ <i>Allopeas pyrgula</i>		0	0	9	1	2	2	0	0	0	0	0.029	0.049	0.818	0.09				
ナタネガイ <i>Punctum ambygonum</i>		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.024	0.000	0.01				
ミジンナタネ <i>Punctum atomus</i>		0	0	0	0	1	2	1	4	1	0	0.029	0.146	0.000	0.06				
カサキビ <i>Trochochlamys crenulata</i>		0	3	1	0	1	0	0	0	1	0	0.019	0.073	0.091	0.04				
ヒメカサキビ <i>Trochochlamys subcrenulata</i>	hmk	6	0	1	9	5	2	5	3	0	1	0.240	0.146	0.091	0.21				
オオウエキビ <i>Trochochlamys fraterna</i>		2	3	9	5	3	1	1	0	2	0	0.125	0.098	0.818	0.17				
ハリマキビ <i>Parakaliella harimensis</i>		1	2	3	1	0	0	0	0	2	0	0.038	0.049	0.273	0.06				
キビガイ <i>Gastrodонтella stenogyra</i>	kgb	8	13	6	4	9	6	2	1	4	3	0.260	0.561	0.545	0.36				
ヤクシマヒメベッコウ <i>Discoconulus yakuensis</i>		4	0	10	2	5	2	0	2	0	0	0.106	0.098	0.909	0.16				
ヒメベッコウ <i>Discoconulus sinapidium</i>		11	4	7	10	0	0	0	0	4	3	0.240	0.171	0.636	0.25				
シロヒメベッコウ類似種 <i>Discoconulus sp.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.000	0.024	0.000	0.01				
コンタカンタラ <i>Coneplectra circumcincta</i>	kts	2	0	5	0	1	2	1	3	1	1	0.048	0.146	0.455	0.10				
ウスイロシタラ <i>Parasitella pallida</i>	uss	15	12	33	33	354	102	28	11	60	39	4.712	4.000	3.000	4.40				
マルシタラガ <i>Parasitella reinhardti</i>	mrs	0	0	0	0	16	2	1	0	9	17	0.250	0.463	0.000	0.29				
オオウラヒメベッコウ <i>Yamatochlamys lampra</i>		1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0.010	0.000	0.727	0.06				
ウラジロベッコウ <i>Urazirochlamys doenitzii</i>	ujb	10	5	8	8	18	4	10	2	4	4	0.481	0.366	0.727	0.47				
ヒメコハク <i>Hawaii minuscula</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.000	0.000	0.000	0.01				
マメマイマイ <i>Aegista commoda</i>		0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.049	0.273	0.03				
ウスカワマイマイ <i>Acusta despecta sieboldiana</i>		2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.019	0.049	0.000	0.03				
イセノナミマイマイ <i>Euhadra eoa communisiformis</i>	inm	58	11	62	65	71	36	40	30	74	39	2.962	2.829	5.636	3.12				
全個体数 Total number of individuals		249	80	213	212	515	192	124	72	209	114	12.6	11.2	19.4	12.7				
全種数 Total number of species		24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24			

表2. 北部, 中央部, 南部における生息環境要因の平均値±標準誤差(SE). 区域間の異なるアルファベットは各要因において有意差(P < 0.05)があることを示す. 括弧内の調査地点数は土壌体積含水率について示している.

Mean ± standard deviation (SD) of habitat factors in the northern, central, and southern parts. Different alphabets between parts indicate significant differences (P < 0.05) for each factor. Number of survey points in parentheses show for moisture.

		北部 (N)	中央部 (M)	南部 (S)
2014-2018				
土壌体積含水率 (%)	Moisture(%)	10.6 ± 0.7 a	12.3 ± 1.3 ab	15.2 ± 1.9 b
草本被度 (%)	Herbaceous cover (%)	12.9 ± 2.5 a	36.5 ± 10.6 b	15.2 ± 6.9 ab
調査地点数	No. of survey points	40 (60)	11 (23)	11
2016-2018				
土壌体積含水率 (%)	Moisture(%)	11.2 ± 1.2 a	10.8 ± 1.6 a	
草本被度 (%)	Herbaceous cover (%)	22.3 ± 7.0 a	56.8 ± 23.2 b	
低木被度 (%)	Shrub-canopy cover (%)	46.6 ± 14.7 a	49.0 ± 20.0 a	
亜高木被度 (%)	Subtree-canopy cover (%)	41.2 ± 13.0 a	46.7 ± 19.1 a	
高木被度 (%)	Tree-canopy cover (%)	58.4 ± 18.5 a	28.5 ± 11.6 b	
調査地点数	No. of survey points	10 (30)	6 (18)	

南部で最も高く、草本被度は中央部で最も高かった。2016年度からの北部と中央部での固定調査地においては、草本被度は中央部で、高木被度は北部で高く、土壌体積含水率、低木被度、亜高木被度については有意な差はなかった(表2)。

2014年度からの南部を含む全域での5年間の結果を用

いた分析では、陸生貝類の種数と個体数、ヒメボタルの個体数のいずれにおいても土壌水分による正の影響が示された(表3)。さらに、陸生貝類とヒメボタルの個体数においては、草本被度による正の影響が示されたのに加えて、ヒメボタルにおいては陸生貝類の個体数による正の影響が示された。2016年から北部と中央部の固定調査地で行っ

表3. 住宅地の混在する南部を含む緑地全域において2014年度から2018年までに採集された陸生貝類の種数と個体数、ヒメボタルの個体数に影響を及ぼす生息環境要因についての一般化線型混合モデルの結果。

Results of a generalized linear mixed model of habitat factors affecting the number of species and individuals of land snails, and abundance of firefly larvae collected in the entire area, including the southern part with a mix of residential areas, from 2014 to 2018.

目的変数 Objective variables	説明変数 Explanatory variables	係数 Coefficient	標準誤差 SE	z	P
陸生貝類 Land snails					
種数 No. of species	切片	Intercept	1.573	0.062	25.415 ***
	土壌体積含水率	Moisture	0.113	0.043	2.606 **
	草本被度	Herbaceous cover	0.085	0.048	1.745
個体数 No. of individuals	切片	Intercept	1.730	0.475	3.646 ***
	土壌体積含水率	Moisture	0.272	0.033	8.299 ***
	草本被度	Herbaceous cover	0.209	0.044	4.750 ***
ヒメボタル <i>Luciola parvula</i>					
個体数 No. of individuals	切片	Intercept	0.571	0.391	1.461
	土壌体積含水率	Moisture	0.396	0.061	6.497 ***
	草本被度	Herbaceous cover	0.242	0.068	3.562 ***
	陸生貝類個体数	Number of land snails	0.298	0.066	4.505 ***

表4. 北部と中央部の樹林地において2016年度から2018年までに採集された陸生貝類の種数と個体数、ヒメボタルの個体数に影響を及ぼす生息環境要因についての一般化線型混合モデルの結果。 \*\* P < 0.001, \* P < 0.01, \*\* P < 0.05

Results of a generalized linear mixed model of habitat factors affecting the number of species and individuals of land snails, and abundance of firefly larvae collected in the wooded area of the northern and southern parts from 2016 to 2018. \*\*\* P < 0.001, \*\* P < 0.01, \* P < 0.05

目的変数 Objective variables	説明変数 Explanatory variables	係数 Coefficient	標準誤差 SE	z	P
陸生貝類 Land snails					
種数 No. of species	切片	Intercept	1.538	0.080	19.191 ***
	土壌体積含水率	Moisture	-0.085	0.083	-1.020
	草本被度	Herbaceous cover	0.202	0.093	2.175 *
	低木被度	Shrub-canopy cover	0.247	0.083	2.969 **
	亜高木被度	Subtree-canopy cover	0.182	0.075	2.427 *
	高木被度	Tree-canopy cover	0.070	0.099	0.711
個体数 No. of individuals	切片	Intercept	2.929	0.345	8.490 ***
	土壌体積含水率	Moisture	0.154	0.187	0.824
	草本被度	Herbaceous cover	0.258	0.203	1.274
	低木被度	Shrub-canopy cover	0.219	0.184	1.189
	亜高木被度	Subtree-canopy cover	0.116	0.172	0.672
	高木被度	Tree-canopy cover	0.047	0.209	0.226
ヒメボタル <i>Luciola parvula</i>					
個体数 No. of individuals	切片	Intercept	0.205	0.495	0.415
	土壌体積含水率	Moisture	0.227	0.272	0.836
	草本被度	Herbaceous cover	1.349	0.336	4.010 ***
	低木被度	Shrub-canopy cover	1.257	0.343	3.666 ***
	亜高木被度	Subtree-canopy cover	0.674	0.255	2.646 **
	高木被度	Tree-canopy cover	0.392	0.347	1.130
	陸生貝類個体数	Number of land snails	-0.276	0.124	-2.232 *

た3年間の結果を用いた分析では、陸生貝類の個体数に影響する環境要因は示されなかったが、陸生貝類の種数とヒメボタルの個体数においては草本被度、低木、亜高木の被度による正の効果が示された(表4)。また、ヒメボタルの個体数においては陸生貝類個体数による負の効果が示された。

正準相関分析の結果、陸生貝類各種(採集地点7ヶ所以上)の採集個体数に影響する環境要因は種ごとに異なることが示された(図2)。ウスイロシタラとイセノナミマイは土壌水分の多い環境を嗜好することが示された。土壌水分の少ない環境を嗜好する種のうちオカチョウジは高木被度の高い環境、マルシタラ *Parasitara reinhardti* (Pilsbry, 1900) は低木被度の高い環境、コシタカシタラ *Coneuplecta circumcincta* (Reinhardt, 1883) は草本被度の高い環境をそれぞれ嗜好することが示された。

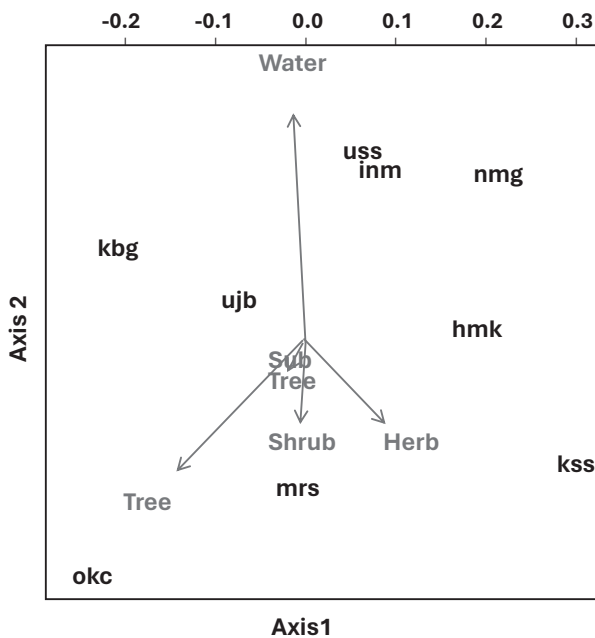


図2. 2016年度から2018年度における固定調査地点16地点のうち7地点以上で捕獲された陸生貝類の種ごとの個体数と生息環境要因との関係についての正準相関分析によって求められた第一軸( $r = 0.995$ )と第二軸( $r = 0.904$ )における散布図。陸生貝類: ナミコギセル(nmg), オカチョウジ(okt), ヒメカサキビ(hmk), キビガイ(kbg), コシタカシタラ(ksg), ウスイロシタラ(usg), マルシタラ(msg), ウラジロベッコウ(ujb), イセノナミマイマイ(inm)。環境要因: 土壌水分(Water), 草本被度(Herb), 低木(Shrub)・亜高木層(SubTree)・高木(Tree)の各層の林冠被度。

Fig. 2. Scatter plots on the first ( $r = 0.995$ ) and second ( $r = 0.904$ ) axes obtained by canonical correlation analysis of the relationship between abundance and habitat factors (soil moisture, herbaceous cover, and canopy covers of shrub, sub-tree, and tall tree layers) for each species of land snails (symbols shown in Table 1) captured at least 7 of 16 fixed survey sites from 2016 to 2018.

## 考察

名古屋市では市内33ヶ所の緑地公園において2012年10月に3日間の陸生貝類の一斉調査が行われている(川瀬2013)。その結果によると、相生山緑地では最も多い19種が確認されていることから、名古屋市において最も多様な陸生貝類が生息可能な環境が整っている緑地であると考えられる。さらに、本実習によって新たに確認された種はナタネガイ *Punctum amblygonum* (Reinhardt, 1877), カサキビ *Trochochlamys crenulate* (Gude, 1900), ハリマキビ *Parakaliella harimensis* (Pilsbry, 1901), ヒメベッコウガイ *Discoconulus sinapidium* (Reinhardt, 1877), ヤクシマヒメベッコウガイ *D. yakuensis* (Pilsbry, 1902), シロヒメベッコウ類似種 *Discoconulus* sp., マルシタラガイ, オオクラヒメベッコウ *Yamatochlamys lampra* (Pilsbry & Hirase, 1904), マメマイマイ *Aegista commode* (A. Adams, 1868) の9種であり、相生山緑地での確認種は28種となった。本実習で採集された陸生貝類のうちヒメカサキビは環境省レッドリストにおいて準絶滅危惧種であり、ミジンマイマイ *Vallonia pulchellula* (Heude, 1822) は国内外来種、トクサオカチョウジ *Paropeas achatinaceum* (Pfeiffer, 1846) とヒメコハク *Hawaiiia minuscula* (Binney, 1840) は国外外来種である。名古屋市全体の一斉調査ではトクサオカチョウジが最優占種であったが、本実習での最優占種であったウスイロシタラの個体数は少なかった。ヒメボタル幼虫の捕獲調査は限られており比較できるデータは少ないが、本実習での捕獲率16.5%(総トラップ数1,600)は、名古屋城外堀の捕獲率7.4%(総トラップ数282; 陸生ボタル生態研究会2011)よりは多く、名古屋大学キャンパスの捕獲率21.2%(総トラップ数330; 松田ら2010)よりは少なかった。これらの先行研究では土壌水分や森林植生の調査が行われていないので単純な比較はできないが、相生山緑地は他の都市緑地と同程度の個体数のヒメボタルが生息する場所であると考えられる。

2014年度からの5年間の全域での調査結果においては、1調査あたりの陸生貝類の個体数は住宅地の含まれる南部で最も多く、また生息環境要因との関係の分析では土壌水分が多いほど増加することが示された。この理由として、南部の住宅地の多くは尾根部に位置するために調査地点を土壌水分の多い谷部に設定したことが関係している可能性がある。零田・斎藤(2019)においても、土壌水分量の多い谷地形で陸生貝類の個体数が増えることが示されている。

1調査あたりのヒメボタルの捕獲個体数は、中央部の人手の入っていない樹林地で最も多かった。生息環境要因との関係の分析では、全域での分析では土壌水分・下層植生被度・陸性貝類個体数による正の影響が示され、北部と中央部のみの分析では草本・低木・亜高木の被度による正の影響が示された一方で、陸生貝類の個体数による負の影響が示された。これらの環境要因との分析結果から、ヒメボ

タル個体数については土壤水分・陸生貝類個体数よりも草本・低木・亜高木が発達した森林植生の影響が大きいと考えられる。中央部では、土壤水分は中程度であったが草本と亜高木の被度が最も高く、ヒメボタルの捕獲個体数が最も多かった。ヒメボタルのオスは飛翔しながら発光するが、メスは低層植生の枝葉に止まった状態で発光することから(大場ら 1987)、草本と低木の存在が生息にとって重要な環境要因であると考えられる。それに対して、上記したように南部では陸生貝類が最も多かったが、ヒメボタルの個体数は最小で中央部の3分の1程度であった。イタリアのトリノ市で行われた陸生のイタリアホタル *Luciola italica* (Linnaeus, 1758) 成体の発光個体数調査では、照度の影響が大きいことが明らかにされている (Picchi et al. 2013)。住宅や街路灯も多く、他の区域に比べて照度が高いことがヒメボタル個体数の少なかった理由と考えられる。梯ら (2013) での調査では、35 m × 50 m の限られた範囲でヒメボタル幼虫個体数と土壤水分との正の関係が示されているが、本研究全体の調査範囲 (約 500 m × 1000 m; 図 1b) とはスケールが異なっている。本研究においても、南部 (約 500 m × 200 m) を含めるかどうかによって、陸生貝類とヒメボタルに及ぼす環境要因が違ったことから、調査範囲のスケールによって結果が変わる可能性があることに注意する必要がある。

本研究では、陸生貝類の環境選好性については、土壤水分の大小と森林植生被度の大小によって個体数の多くなる環境が種ごとに異なることが示された。また、種数は草本、低木、亜高木の被度による正の影響が示されたのに対して、全体の個体数に影響を与える環境要因はなかった。Chiba (2007) が小笠原諸島の父島で行った研究では、陸生貝類各種は土壤水分と落葉落枝量で表される生産力によって正の影響と負の影響をうける2つのグループに分けられ、全体種数は中程度の生産力で最大になることが示されている。本研究では、落葉落枝量は調べていないが、森林植生被度が発達している場所では落葉落枝量が多いことが推測されるため、同様の結果が示された可能性がある。陸生貝類の選好する環境が種によってさまざまに異なることは、国外の研究によっても明らかにされている (Martin and Sommer 2004; Hylander et al. 2004; Hettenbergerová et al. 2013)。国内で比較検討できる先行研究はないが、シタラガイ科のウスイロシタラ、コシタカシタラ、マルシタラの個体数の多くなる環境要因が、それぞれ土壤水分、草本被度、低木被度と違っていたことは興味深い結果である。

本調査は学生実習として行われたため、データの信頼性は通常の学術的調査に比べると高くなく厳密な分析には限界があった。例えば、南部では1年間しか調査を行っていないため、得られた結果が年変化である可能性があり、3年以上の調査が行われた北部と中央部の結果と単純に比較することはできない。しかしながら、同じ調査地の広い範囲において継続的にデータを集めていくことで、都市林におけるさまざまな環境でのデータを得ることができる。そ

の結果として、ヒメボタルと陸生貝類群集の生息場所分布と森林環境要因との関係を明らかにすることができた。これらの成果は国内での先行研究がほとんどない本分野において貴重なデータを提示することができただけでなく、都市緑地における自然生態系の重要性と保全的価値についても明らかにできたと考えられる。

## 謝辞

この調査は名城大学農学部生物環境科学科2年生による生物環境科学実験の一環として2014年度から2018年度まで実施された。各年度の実習において現地での調査を行った2年生全員、調査へのサポートとご協力をいただいた「水・森・いのちを守るラブリーアース Japan」と「相生山の四季を歩く会」のメンバーの皆さん、調査に必要な道具を御貸出いただいたなごや生物多様性センター、調査許可をいただいた天白土木事務所に心より感謝いたします。本実習は、名城大学の「学びのコミュニティ」のプロジェクトによる成果の一部である。

## 引用文献

- Alvey AA (2006) Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. *Urban Forestry & Urban Greening* 5: 195-201.
- Chiba S (2007) Species richness patterns along environmental gradients in island land Molluscan fauna. *Ecology* 88: 1738-1746.
- Decaëns T, Jiménez JJ, Gioia C, Measey GJ, Lavelle P (2006) The values of soil animals for conservation biology. *European Journal of Soil Biology* 42: S23-S38.
- Faeth SH, Bang C, Saari S (2011) Urban biodiversity: patterns and mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences*: 1223: 69-81.
- Fu X, Meyer-Rochow VB (2013) Larvae of the firefly *Pyrocoelia pectoralis* (Coleoptera: Lampyridae) as possible biological agents to control the land snail *Bradybaena ravida*. *Biological Control* 65: 176-183.
- Fujita A, Maeto K, Kagawa Y, Ito N (2008) Effects of forest fragmentation on species richness and composition of ground beetles (Coleoptera: Carabidae and Brachinidae) in urban landscapes. *Entomological Science* 11: 39-48
- 長谷川 泰洋・橋本 啓史 (2018) 名古屋市内都市緑地におけるネザサの開花。なごやの生物多様性 5: 87-92.
- 長谷川 明子・森部 絢嗣・大場 裕一・林 良嗣・加藤 博和 (2018) ヒメボタル発光頭数と「月の満ち欠けの影響」との関係 - 名古屋市天白区相生山緑地の事例。なごやの生物多様性 5: 1-10.
- Hettenbergerová E, Horsák M, Chandran R, Hájek

- M, Zelený D, Dvořáková J. Patterns of lands Snail assemblages along a fine scale moisture gradient source. *Malacologia* 56: 31-42.
- Hino T. (1985) Relationships between bird community and habitat structure in shelterbelts of Hokkaido, Japan. *Oecologia* 65: 442-448.
- Hylander K, Nilsson C, Gothner T (2004) Effects of buffer-strip retention and clearcutting on land snails in boreal riparian forests. *Conservation Biology* 18: 1052-1062.
- Ishikawa S, Kohno H, Mizuno Y, Masuyama R, Kitayama K, Hino T (2023) Influences of weather conditions, natural food abundance, and the spacing of feeders on the feeding-table use by Japanese squirrels *Sciurus lis* in a suburban forest. *Mammal Study* 48: 181-190.
- Ito H, Hino T, Sakuma D (2012) Species abundance in floor vegetation of managed coppice and abandoned forest. *Forest Ecology and Management* 269: 99-105.
- 市川 志野・中島 貴幸・片野田 裕亮・富山 清升・山本 温彦・鈴木 英治 (2016) トカラ列島口之島の陸産貝類相の構成と環境との関係. *日本生物地理学会会報* 71: 53-68.
- 梯 公平・倉西 良一・鎌田 直人 (2014) ヒメボタル幼虫の空間分布と活動性に影響を与える環境要因: 高い土壤水分量による活性化. *保全生態学研究* 18: 45-54.
- 川瀬 基弘 (2013) なごやの生きものの一斉調査2012・陸貝編: なごやで探そう! カタツムリ. なごや生物多様性保全活動協議会, 名古屋.
- Laurance WF, Lovejoy TE, Vasconcelos HL, Bruna EM, Didham RK, Stouffer PC, Gascon C, Bierregaard RO, Laurance SG, Sampaio E (2002) Ecosystem Decay of Amazonian Forest Fragments: a 22-Year Investigation. *Conservation Biology* 16: 605-618.
- Lepczyk CA, Aronson MFJ, Evans KL, Goddard MK, Lerman SB, Macivor JS (2017) Biodiversity in the city: fundamental questions for understanding the ecology of urban green spaces for biodiversity conservation. *BioScience* 7: 799-807.
- MacArthur RH, MacArthur JW (1961) On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.
- Martin K, Sommer M (2004) Relationships between land snail assemblage patterns and soil properties in temperate-humid forest ecosystems. *Journal of Biogeography* 31: 531-545.
- Murcia C (1995) Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.
- 松田 学・大場 由美子・小西 哲郎・大場 裕一 (2010) 名古屋大学構内におけるヒメボタル幼虫の分布調査. *名古屋大学博物館報告* 26: 153-163
- 名古屋市 (2020) 名古屋市版レッドリスト 2020. 環境局環境企画部環境企画課. 名古屋.
- 名古屋市 (2021) なごやの緑-令和2年度緑の現況調査より. 名古屋市緑政土木局緑地部緑地事業課, 名古屋.
- 西嶋 翔・安岡 拓郎・前藤 薫 (2010) 陸貝類, ミミズ類あるいはワラジムシを給餌したヒメボタル幼虫の生存と成長. *昆虫* 13: 41 - 47.
- 大場 信義・後藤 好正・相内 幹浩・渡辺 政人 (1987) ヒメボタルの探雌行動. *横須賀市博物館研究報告* 35: 15-22.
- Picchi MS, Avolio L, Azzani L, Brombin O, Camerini G (2013) Fireflies and land use in an urban landscape: the case of *Luciola italica* L. (Coleoptera: Lampyridae) in the city of Turin. *Insect Conservation* 17:797-805.
- 陸生ホタル研究会 (2011) 名古屋城外堀のヒメボタル幼虫生息調査. *陸生ホタル研究会誌* 31: 1-6.
- Riley WB, Rosa SP, da Silveira LFL (2021) A comprehensive review and call for studies on firefly larvae. *PeerJ* 9:e12121.
- Riutta T, Slade EM, Bebbler DP, Taylor ME, Malhi Y, Riordan P, Macdonald DW, Morecroft MD (2012) Experimental evidence for the interacting effects of forest edge, moisture and soil macrofauna on leaf litter decomposition. *Soil Biology and Biochemistry* 49: 124-131.
- 栗田 享佐・斎藤 昌幸 (2019) 山形県庄内地方におけるヒメボタル (*Luciola parvula*) の生息環境評価. *景観生態学* 24: 61-69.