都市近郊の小規模孤立林における地表性昆虫類の群集構造の経年変化

谷脇 徹¹⁾・久野春子²⁾・細田浩司³⁾

1) 東京農工大学大学院連合農学研究科 United Grad. Sch. of Agric. Sci.,
Tokyo Univ. of Agric. and Tech.

2) 東京都林業試験場 Tokyo Metro. For. Exp. Sta.

3) 茨城県西茨城郡友部町 Tomobe, Nishiibaraki, Ibaraki

摘要: 都市近郊に造成された小規模孤立林において、地表性昆虫類の群集構造の経年変化をピットフォールトラップ法によって調査し、除歪対応分析 (Detrended Correspondence Analysis, DCA) で解析した。その結果、孤立林の林齢の増加に伴って草地生息種は減少し、森林生息種が造成後 10 年頃より出現した。しかし、森林生息種は孤立林間の非森林地帯が移動の障壁となるため、孤立林への移入率が低く、群集構造は単純化すると考えられた。草地や生け垣など孤立林とタイプの異なる緑地においても同時に調査を行った。その結果、人為的な下刈りや落葉掻きといった管理を行う調査区でも群集構造の単純化が考えられ、都市近郊における地表性昆虫類の生息場所として、管理の施されない孤立林の重要性が示唆された。また、多様な地表性昆虫相を形成するには、樹林地や草地などタイプの異なる緑地が隣接することが重要と考えられた。

キーワード: DCA, 小規模孤立林, 都市近郊林, 地表性昆虫類, ピットフォールトラップ

TANIWAKI, Toru, KUNO, Haruko and HOSODA, Hiroshi: **Annual changes of community structure of ground insects at the isolated small stands in suburbs of Tokyo**

Abstract: Annual changes of the community structure of ground insects were investigated using pitfall traps at the isolated small stands in the suburbs of Tokyo and the results were analyzed by detrended correspondence analysis. Grassland species decreased as increasing of stands age and forest species appeared from 10 years after establishment of the stands. However, the community structure was thought to become simple because forest insects could not easily immigrate due to non-forest areas between isolated stands. According to the similar investigations at green lands such as grassland and hedge, the community structure was also thought to become simple at the sites of poor undergrowth and litter due to management. Therefore, not managed isolated stands were thought to be important for ground insects as habitats in the suburbs. Moreover, to make ground insect species diverse, continuous maintenance of green lands such as forest and grassland was considered to be important.

Key words: DCA, isolated small stands, suburban forest, ground insects, pitfall traps

1. はじめに

近年、人間活動によって都市に存在する緑地の多くは細分化され、孤立している^{13,36)}。都市緑地は、大気汚染やヒートアイランド現象などにより悪化した都市環境の改善において、大気浄化、気候緩和作用が期待されるため、小規模でもその存在価値が大きい。このため、都市近郊に小規模孤立林が造成され、植栽後の成長過程、植生や土壌の理化学的性質、微気象特性などの経年変化について研究が行われている^{10,11,21,28,37)}。一方、緑地は保健休養やレクリエーションの場として、また、植物や鳥類、昆虫など生物の生息場所として重要視されている。しかし、孤立林造成後の昆虫相の経年変化を調査した例はみられない。

都市近郊の孤立林では、生物の移入源となる広大な自然林

が周辺に存在しない場合が多いため、移入率の低下や個体群サイズの減少、絶滅確率の増加、種数の減少などが起こると指摘されている³⁶⁾。また、都市域に生息する昆虫類に関する研究は、アリ類³⁰⁾、チョウ類^{2,17)}、アザミウマ類¹⁵⁾、バッタ類³⁴⁾、トビムシ類²⁹⁾、シデムシ類やコガネムシ類^{23,26)}、甲虫類⁹⁾、複数の分類群^{16,24,25)}など多岐にわたり報告されているが、孤立林の観点から行われた研究はアリ類^{3,38)}以外ではほとんどみられない。

本研究では、1930 年頃、1974 年、1989 年に都市近郊に造成された小規模孤立林において、1989 年と 1999 年にピットフォールトラップ法によって地表性昆虫相を調査した。調査時の林齢は、造成直後、10 年、15 年、25 年および約 60 年である。同時に周辺の草地や生け垣などでも同様の調査を行った。これらの調査から、都市近郊の小規模人工林における地

表性昆虫相の経年変化を明らかにし、さらに異なる緑地タイプの地表性昆虫相との比較を行ったので報告する。

2. 材料と方法

2.1 調査地の概要

調査地は図-1に示すように、武蔵野台地にある東京都立川市内の東京都農業試験場（北緯 $35^{\circ}42'$ ，東経 $139^{\circ}25'$ ，海拔高度 70 と 80 m の地点²¹⁾）内であり、敷地は農地や住宅地で囲まれている。この敷地内に調査区を 6ヶ所設けた。森林の調査区は小面積で孤立している。

調査区の概要を表-1に示す。A区（面積 530 m^2 ）とB区（面積 350 m^2 ）は畑地であった場所に、1989年4月にA区ではブナ科 *Fagaceae* のコナラ *Quercus serrata* Thunb. とクヌギ *Q. acutissima* Carruth. 苗木を、B区ではコナラ苗木のみを 1 m 間隔で植栽した。植栽した苗木は 2 年生苗木で、平均樹高は 1.5 m であった。植栽後はそのまま放置され、10 年後には下層植生および A_0 層が発達していた。C区（面積 170 m^2 ）はA、B区同様、畑地を放置した草地で、アレチウリ *Sicyos angulatus* L.，オオブタクサ *Ambrosia trifida* L.，ヤブガラシ *Cayratia japonica* Gagn. などの草本類が高さ 1 m 程度に繁茂する。毎年夏期に 1 回の草刈りを行うが、刈った植物はその場に放置されている。なお、A、B、C区の周囲には幅 3~4 m の草地があり、毎年夏期に 1 回の草刈りを行うが、刈った植物はその場から除去している。D区（面積 260 m^2 ）は畑地であった場所に、1974年4月にコナラ苗木（3 年生苗木、平均樹高 1 m）を 1 m 間隔で植栽した¹¹⁾。その後はA、B区と同様に放置され、15 年後には下層植生および A_0 層が発達していた。E区（面積 320 m^2 ）は 1990 年まで高木のケヤキ *Zelkova serrata* (Thunb.) Makino やムクロジ *Sapindus mukurossi* Gaertn. などが優占した林齢約 60 年の雑木林であり、林内には手入れを行わず、下層植生および A_0 層は発達していた。E'区（面積 320 m^2 ）は前記のE区が 1991 年 3 月に高木を残して伐採され、その後火山灰土（赤

図-1 調査区の位置図

▨は各調査区、■は建物を示す。調査区 A、B、C は立川段丘の下（海拔高度 70 m）、調査区 D、E、E'、F は立川段丘の上（海拔高度 80 m）に位置する。

Fig. 1 The location of investigation area sites. A solid square (▨) shows sites and a closed square (■) shows buildings. Sites A, B and C stand below the Tachikawa terrace scarp (an altitude of 70 m) and site D, E, E' and F stand over the terrace (an altitude of 80 m).

表-1 調査区の概要

Table 1 The survey of sites

Site	Area of site (m^2)	Vegetation type	Dominant species	Foundation	Mowing	Soil group	Abbreviation	
							1989	1999
A	530	Forest island	<i>Quercus serrata</i> <i>Quercus acutissima</i>	1989	—	Gray lowland soils	IA0	IA10
B	350	Forest island	<i>Quercus serrata</i>	1989	—	Gray lowland soils	IB0	IB10
C	170	Grassland	<i>Sicyos angulatus</i> <i>Ambrosia trifida</i>	—	Once a year	Gray lowland soils	GCa	GCb
D	260	Forest island	<i>Quercus serrata</i>	1974	—	Andosols	ID15	ID25
E	320	Forest island	<i>Zelkova serrata</i> <i>Sapindus mukurossi</i>	Almost 1930	—	Andosols	IE60	—
E'	320	Parkland	<i>Aucuba japonica</i> <i>Fatsia japonica</i>	1991	Once a month	Andosols and Red soils	—	PE'
F	190	Hedge	<i>Camellia japonica</i> <i>Camellia sasanqua</i>	1990	Twice a year	Andosols	—	HF

土)を盛土し、アオキ *Aucuba japonica* Thunb., ヤツデ *Fatsia japonica* (Thunb.) などが植栽された耐陰性樹木園である。林内は管理のため、定期的の下刈りや落葉掻きが行われ、下層植生やA₀層は除去された。F区(面積190 m²)は17年間芝地であった場所に、1990年にヤブツバキ *Camellia japonica* L., サザンカ *Camellia sasanqua* Thunb., ウバメガシ *Q. phillyraeoides* A. Gray などの常緑広葉樹が植栽された生け垣であり、長さ23.5 m, 幅0.7 mで、高さは1.5 m程度に刈り込んである。周囲は芝地で、年に2回程度刈り込まれている。F区は1999年のみ調査を行った。A~C区は立川段丘の下(海拔高度70 m), D~F区は立川段丘の上(海拔高度80 m)に位置している²¹⁾。

調査区の林齢が異なるため、表-1に示すように時系列に分かるように整理した。植栽した雑木林について植栽直後の1989年に調査したA, B区を省略記号IA0, IB0で示し、林齢10年に当たる1999年に調査したA, B区をIA10, IB10として、林齢15年の1989年のD区をID15, 林齢25年の1999年のD区をID25, 林齢約60年の1989年のE区をIE60で示した。また、草地の1989年のC区をGCa, 1999年のC区をGCB, 耐陰性樹木園の1999年のE'区をPE', 生け垣の1999年のF区をHFと省略記号で示した。

2.2 調査方法

調査は1989年9月9日~10月2日および1999年9月9日~10月5日に行った。地表性土壤動物の採集にはピットフォールトラップ法を用いた。このトラップは、高さ9 cm, 内径6.5 cmのプラスチック製のコップを、コップの口が地面と同じ高さになるように地中に埋め込んだものである。誘引剤として1%ホルマリン溶液を用いた。設置したトラップ数は、調査区の面積の大小に準ずるようにA区が10個(53 m²/個), B区が8個(44 m²/個), C区は4個(43 m²/個), D区は6個(43 m²/個), E区およびE'区は6個(53 m²/個), F区は4個(48 m²/個)で、各調査区に格子状に設置した。トラップを回収後、地表性昆虫類は70%エタノール溶液に入れ、冷蔵保存した。

同定・分類は、コウチュウ目 Coleoptera は上野ら³²⁾、黒澤ら¹²⁾、林ら⁴⁾、ハチ目アリ科 Hymenoptera: Formicidae は日本蟻類研究会^{18~20)}、バッタ目 Orthoptera は朝比奈ら¹⁾と市川ら⁷⁾、ハサミシ目 Dermaptera, カメムシ目 Hemiptera は朝比奈ら¹⁾に従った。

2.3 統計解析

調査区間の群集構造を比較するため、10種以上が捕獲されたコウチュウ目およびバッタ目、ハチ目アリ科昆虫を用いて、除歪対応分析(Detrended Correspondence Analysis, DCA)による序列化を行った。コウチュウ目、バッタ目については調査年度、調査区で調査期間、トラップ数が異なるため、個体数は10日10トラップあたりに換算して定数1を加え、対数変換して解析に用いた。ハチ目アリ科については、ピットフォール法を用いた場合、トラップとアリの巣との距離、あるいは巣内のアリの個体数によって捕獲される個体数が大きく変動することが考えられたため、捕獲の有無で解析

した。解析にはPC-ORD Ver.4.20 (MjM Software)を用いた。

3. 結果

3.1 昆虫相

捕獲されたコウチュウ目、バッタ目、ハサミシ目、カメムシ目昆虫の種ごとの個体数を表-2に、目ごとの種数および個体数を図-2に示す。個体数は10日10トラップあたりに換算した値で示した。全調査を通じて、コウチュウ目は8科33種、バッタ目は5科10種、ハサミシ目は2科3種、カメムシ目は1科3種が捕獲された。

植栽した孤立林における総種数および総個体数は、IA0が19種394個体、IB0が17種486個体、IA10が13種524個体、IB10が15種593個体、ID15が8種45個体、ID25が9種73個体、IE60が8種33個体であり、林齢の増加に伴って総種数、総個体数は減少する傾向にあった。草地における総種数、総個体数は、GCaが14種148個体、草地GCBが18種695個体であった。目別ではコウチュウ目とバッタ目で種数、個体数の減少傾向がみられたが、ハサミシ目、カメムシ目では、林齢の増加に伴う種数、個体数の減少傾向はみられなかった。

コウチュウ目ではヒメケゴモクムシ *Harpalus jureceki* (Jedlička) やセアカヒラタゴミムシ *Dolichus halensis* (Schaller), ウスアカクロゴモクムシ *H. sinicus* Hope は植栽直後IA0, IB0で優占したが、林齢10年以上ではほとんどみられなかった。林齢の増加に伴う種数、個体数の減少はオサムシ科 Carabidae で顕著であった。ケシキスイ科 Nitidulidae やキクイムシ科 Scolytidae は林齢10年以上になると出現した。マルキマダラケシキスイ *Stelidota multiguttata* Reitter は林齢10年以上で捕獲され、孤立林IE60では優占した。アカマダラケシキスイ *Lasiodactylus pictus* (MacLeay) は孤立林IA10, IB10で優占した。ニホンキクイムシ *Scolytus japonicus* Chapuis は林齢15年以上で捕獲され、孤立林ID15とID25で優占した。GCaでは同年に調査した植栽直後IA0, IB0と同様に、ウスアカクロゴモクムシ、ヒメケゴモクムシ、セアカヒラタゴミムシが多く捕獲された。GCBでは個体数が多く、ニセケゴモクムシ *H. pseudophonoides* Schaubberger やコゴモクムシ *H. tridens* Morawitz が優占した。セアカヒラタゴミムシやオオアトボシアオゴミムシ *Chlaenius micans* (Fabricius) はGCaとGCBで共通して捕獲された。

バッタ目では孤立林IA10, IB10では個体数が多く、コオロギ科 Gryllidae タンボコオロギ *Modicogryllus siamensis* Chopard やハラオカメコオロギ *Loxoblemmus campester* Matsuura が優占した。植栽直後IA0, IB0にみられたコオロギ科ミツカドコオロギ *Lo. Doenitzi* Stein, ヒバリモドキ科 Trigonidiidae マダラスズ *Dianemobius nigrofasciatus* (Matsuura) やヒシバッタ科 Tetrigidae ヒシバッタ *Tetrix japonica* (Bolivar) は、林齢10年以上の調査区ではみられなかった。ツヅレサセコオロギ *Velarifictorus micado* (Saussure) は林齢25年以上ではみられなかった。タンボコオロギは林齢10年以上で優占した。

表-2 ピットフォールトラップによって捕獲されたコウチュウ目, バッタ目, ハサミムシ目, カメムシ目昆虫の個体数

Table 2 Individuals of Coleoptera, Orthoptera, Dermaptera and Hemiptera insects caught by pitfall traps

Order/Family	Species	Forest islands							Other greenlands			
		IA0	IB0	IA10	IB10	ID15	ID25	IE60	GCa	GCb	PE'	HF
Coleoptera/ Cicindelidae	<i>Cicindeda kaleea yedoensis</i>	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carabidae	<i>Carabus insulicola</i>	0	0	0	3	8	0	2	0	0	0	0
	<i>Scarites acutidens</i>	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pterostichus prolongatus</i>	0	0	2	0	0	7	0	0	5	0	0
	<i>Dolichus halensis</i>	54	76	0	0	0	0	0	13	25	0	0
	<i>Synuchus nitidus</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	<i>Synuchus callitheres</i>	0	0	2	3	0	0	0	0	15	0	5
	<i>Synuchus atricolor</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Anisodactylus punctatipennis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	<i>Harpalus jureceki</i>	<u>156</u>	<u>151</u>	0	3	0	0	0	23	0	0	0
	<i>Harpalus eous</i>	8	10	0	0	0	0	0	0	20	0	0
	<i>Harpalus pseudophonoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0
	<i>Harpalus tridens</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	45	0	0
	<i>Harpalus sinicus</i>	15	21	0	0	0	0	0	<u>30</u>	0	0	0
	<i>Harpalus calceatus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chlaenius micans</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	10	3	0
Silphidae	<i>Eusilpha japonica</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Staphylinidae	<i>Anotylus lewisius</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	<i>Stenus alienus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Hypnogyra tenebrosa</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
	<i>Ocypus weisei</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
	<i>Atheta weisei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	5
Scarabaeidae	<i>Geotrupes laevistriatus</i>	0	0	2	8	0	0	3	0	0	0	0
	<i>Onthophagus fodiens</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Onthophagus ater</i>	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Onthophagus nitidus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
Elateridae	<i>Agrypnus binodulus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	10	0	0
	<i>Agrypnus scrofa</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitidulidae	<i>Stelidota multiguttata</i>	0	0	2	0	7	3	10	0	0	0	0
	<i>Lasiodactylus pictus</i>	0	0	12	13	0	0	0	0	0	0	0
Scolytidae	<i>Scolytus japonicus</i>	0	0	0	0	<u>10</u>	<u>23</u>	2	0	0	0	0
	<i>Poecilips cardamomi</i>	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
	<i>Xyleborus atratus</i>	0	0	10	5	0	3	0	0	0	0	0
Orthoptera/ Gryllidae	<i>Modicogryllus siamensis</i>	35	45	<u>386</u>	<u>410</u>	<u>10</u>	10	<u>12</u>	13	<u>205</u>	10	0
	<i>Mitius minor</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	25	0	0
	<i>Loxoblemmus campester</i>	0	0	88	108	0	0	0	0	60	17	0
	<i>Loxoblemmus doenitzi</i>	11	14	0	0	0	0	0	3	0	0	0
	<i>Velarifictorus micado</i>	3	8	2	3	2	0	0	13	20	0	0
	<i>Teleogryllus emma</i>	46	45	8	25	5	0	0	25	70	0	5
Trigonidiidae	<i>Dianemobius nigrofasciatus</i>	45	80	0	0	0	0	0	5	45	<u>37</u>	<u>60</u>
Gryllotalpidae	<i>Gryllotalpa orientalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Tetrigidae	<i>Tetrix japonica</i>	9	18	0	0	0	0	0	8	0	13	0
Rhaphidophoridae	<i>Diestrammena japonica</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Dermaptera/ Anisolabididae	<i>Anisolabis maritima</i>	0	0	0	5	0	0	2	0	40	0	0
	<i>Gonolabis marginalis</i>	1	4	0	0	0	0	2	5	5	0	0
Labiduridae	<i>Labidura riparia japonica</i>	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表-2 (つづき)

Hemiptera/ Cydnidae												
	<i>Adomerus triguttulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
	<i>Geotomus pygmaeus</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	45	0	0
	<i>Macroscytus japonensis</i>	0	0	4	0	0	7	0	0	0	0	0
Total		394	486	524	593	45	73	33	148	695	100	90
Number of species		19	17	13	15	8	9	8	14	18	6	6

個体数は10日、10トラップあたりに換算した。数字下の実線は各調査区の最優占種を示す。省略記号は表-1を参照。

The number of individuals for 10 days and 10 traps were shown. Primary dominant species were shown by under lines. Refer to Table 1 for the abbreviations of sites.

図-2 ピットフォールトラップによって捕獲されたコウチュウ目、バッタ目、ハサミムシ目、カメムシ目の種数および個体数
個体数は10日、10トラップあたりに換算した。省略記号は表-1を参照。

Fig. 2 Number of species and individuals of Coleoptera, Orthoptera, Dermaptera and Hemiptera caught by pitfall traps. Number of individuals for 10 days and 10 traps were shown. Refer to Table 1 for the abbreviations of sites.

バッタ目では種数はGCaとGCbで変わらなかったが、個体数はGCbにおいて、同年に調査したIA10とIB10同様に多かった。GCa, GCbともにタンボコオロギとエンマコオロギ *Teleogryllus emma* (Ohmachi et Matsuura) が優占した。

耐陰性樹木園PE'における総種数、総個体数は6種100個体、生け垣HFでは6種90個体であり、他の調査区より少ない傾向にあった。両調査区ともにバッタ目ヒバリモドキ科のマダラスズが優占した。

ハサミムシ目ハマベハサミムシ科 *Anisolabididae* のハマベハサミムシ *Anisolabis maritima* (Bonelli), ヒゲジロハサミムシ *Gonolabis marginalis* (Dohrn), カメムシ目ツチカメムシ科 *Cydnidae* のヒメツチカメムシ *Geotrupes pygmaeus* (Dallas) は草地GCbで捕獲されたが、これら3種は孤立林IE60でも捕獲された。これらの目は、雑木林ID15, 耐陰性樹木園PE', 生け垣HFでは捕獲されなかった。

捕獲されたハチ目アリ科昆虫を表-3に示す。全調査を通じて10種が捕獲された。植栽された孤立林における総種数は、IA0が5種、IB0が3種、IA10が3種、IB10が3種、ID15が2種、ID25が1種、IE60が2種であり、林齢の増加に伴う顕著な減少傾向はみられなかった。草地GCaでは3種、草地GCbでは1種、耐陰性樹木園PE'では4種、生け垣HFでは3種がみられた。

植栽された孤立林において、植栽直後のみで捕獲されたアリ類は、オオハリアリ *Brachyponera chinensis* Emery, トビイロケアリ *Lasius niger* (Linnaeus), クロヤマアリ *Formica japonica* Motschulsky であった。トビイロケアリは草地GCa, 耐陰性樹木園PE', 生け垣HF, クロヤマアリは草地GCaでも捕獲された。

植栽直後から林齢の進んだ調査区で捕獲されたのは、クロオオアリ *Camponotus japonicus* Mayr (IA0, IA10, IB10), アメイロアリ *Paratrechina flavipes* (Fr. Smith) (IA0, ID15, IE60) であった。クロオオアリは草地GCb, 耐陰性樹木園PE'でも捕獲された。

林齢10年以上の調査区で捕獲されたのは、キイロシリアゲアリ *Crematogaster osakensis* Forel (IA10, IB10, ID25), アズマオオズアリ *Pheidole fervida* Fr. Smith (IA10, IB10, IE60), テラニシシリアゲアリ *Cr. brunnea teranishii* Santschi (ID15) であった。キイロシリアゲアリは耐陰性樹木園PE'と生け垣HF, アズマオオズアリは草地GCaでも捕獲された。

アシナガアリ *Aphaenogaster famelica* (Fr. Smith) は耐陰性樹木園PE'のみ、ヒメアリ *Monomorium intrudens* Fr. Smithは生け垣HFのみで捕獲された。同一の調査区で1989年と1999年に共通して捕獲されたのはA区のクロオオアリのみであった。

3.2 除歪対応分析

コウチュウ目昆虫を用いた除歪対応分析の結果を図-3a, bに示す。固有値は、第1軸が0.892, 第2軸が0.439であった。調査区の座標付けをみると(図-3a), 第1軸の値は植栽直後IA0, IB0および草地GCa, GCbで小さく、孤立林IA10, IB10では中位であり、孤立林ID15, ID25, IE60で大きく、第1軸に植生の時系列変化と群集構造の関係がみられた。定期的の下刈りや落葉掻きの行われる耐陰性樹木園PE', 生け垣HFは第2軸の値が大きく、第2軸には管理の有無と群集

表-3 ピットフォールトラップによって捕獲されたハチ目アリ科昆虫の有無

Table 3 Ants caught by pitfall traps.

Species	Forest islands							Other greenlands			
	IA0	IB0	IA10	IB10	ID15	ID25	IE60	GCa	GCb	PE'	HF
<i>Brachyponera chinensis</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aphaenogaster famelica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Pheidole fervida</i>	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-
<i>Crematogaster osakensis</i>	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+
<i>Crematogaster brunnea teranishii</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Monomorium intrudens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Camponotus japonicus</i>	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
<i>Paratrechina flavipes</i>	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Lasius niger</i>	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+
<i>Formica japonica</i>	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Number of species	5	3	3	3	2	1	2	3	1	4	3

ピットフォールトラップ法ではトラップとコロニーの距離やコロニー内の個体数で捕獲される個体数が変動すると考えられたため、捕獲の有無で表した。+ はその種が捕獲されたことを、- は捕獲されなかったことを示す。省略記号は表-1 を参照。

It was shown that ants were either caught or not, because individuals were thought to differ due to the distance from traps to the colony and the population in the colony. Species caught by pitfall traps were shown by plus (+), and those not caught were shown by minus (-). Refer to Table 1 for the abbreviations of the sites.

図-3 除歪対応分析 (DCA) による調査区 (a, c, e) および種 (b, d, f) の座標付け

(a, b) はコウチュウ目, (c, d) はバッタ目, (e, f) はハチ目アリ科による座標付け。調査区の省略記号の説明は表-1 を参照。

Fig. 3 Ordination of sites (a, c, e) and species (b, d, f) by DCA. Ordination by Coleoptera (a, b), Orthoptera (c, d) and Hymenoptera: Formicidae (e, f) were shown. Refer to Table 1 for the abbreviations of sites.

構造の関係が現れた。

種の座標付けをみると (図-3b), 植栽直後 IA0, IB0, 草地 GCa, GCb で優占したヒメケゴモクムシやウスアカクロゴモクムシ, セアカヒラタゴミムシなどは第 1 軸の値が小さ

く, 孤立林 ID15, ID25, IE60 で優占したニホンキクイムシやマルキマダラケシキスイなどは大きかった。孤立林 IA10, IB10 で優占したアカマダラケシキスイやクワノキクイムシ *Xyleborus atratus* EICHHOFF などは第 1 軸の中位に位置し

た。耐陰性樹木園 PE' と生け垣 HF で捕獲されたズグロアカチビハネカクシ *Atheta weisei* Bernhauer などは第 2 軸の値が大きかった。

バッタ目昆虫を用いた除歪対応分析の結果を図-3c, d に示す。固有値は、第 1 軸が 0.445, 第 2 軸が 0.080 であった。調査区の座標付けをみると (図-3c), 第 1 軸の値は植栽直後 IA0, IB0, 草地 GCa で小さく, 孤立林 IA10, IB10, ID15, 草地 GCb では中位であり, 孤立林 ID25, IE60 では大きく, コウチュウ目同様に, 第 1 軸に植生の時系列変化と群集構造の関係がみられた。耐陰性樹木園 PE', 生け垣 HF は第 1 軸の値が小さかった。第 2 軸は固有値が小さく, 群集構造に関係する要因については言及できない。

種の座標付けをみると (図-3d), 生け垣 HF のみで捕獲されたケラ科 *Gryllotalpidae* ケラ *Gryllotalpa orientalis* Burmeister, 植栽直後 IA0, IB0, 草地 GCa, 耐陰性樹木園 PE', 生け垣 HF で優占したマダラスズなどは第 1 軸の値が小さく, 孤立林 ID25 のみで捕獲されたカマドウマ科 *Rhaphidophoridae* マダラカマドウマ *Diestrammena japonica* Blatchley, 林齢 10 年以上の孤立林と草地 GCb で優占したタンボコオロギは第 1 軸の値が大きかった。

ハチ目アリ科昆虫を用いた除歪対応分析の結果を図-3e, f に示す。固有値は、第 1 軸が 0.733, 第 2 軸が 0.191 であった。調査区の座標付けをみると (図-3e), 第 1 軸の値は、植栽直後 IA0, IB0, 草地 GCa では中位であり, 孤立林 IA10, IB10, 草地 GCb では小さく, 孤立林 ID15, IE60 では大きく, 孤立林 ID25 では小さく, コウチュウ目やバッタ目のような植生の時系列変化と群集構造の関係はみられなかった。耐陰性樹木園 PE', 生け垣 HF は第 1 軸の値が小さかった。第 2 軸については固有値が小さく, 群集構造に関係する要因には言及できない。

種の座標付けをみると (図-3f), 第 1 軸の値は孤立林 IA0, IB0, 草地 GCa で捕獲されたクロヤマアリは中位であり, 孤立林 IA10, IB10, ID25, 耐陰性樹木園 PE', 生け垣 HF で捕獲されたキイロシリアゲアリ, 耐陰性樹木園 PE' で捕獲されたアシナガアリ, 生け垣 HF で捕獲されたヒメアリでは小さく, 孤立林 ID15, IE60 で捕獲されたアメイロアリ, 孤立林 ID15 で捕獲されたテラニシシリアゲアリでは大きかった。

4. 考 察

都市近郊に造成された孤立林では、地表性昆虫類の種数、個体数は林齢の増加に伴って減少する傾向にあることが確認された (図-2)。この結果は、孤立林では移入率の低下や個体群サイズの減少、種数の減少などが起こるという指摘³⁶⁾と一致する。

除歪対応分析による調査区の座標付けにおいて、コウチュウ目、バッタ目の群集構造は植生の時系列変化に伴って変化することが第 1 軸に示された (図-3a, c)。コウチュウ目では、林齢の増加に伴う種数、個体数の減少はオサムシ科において顕著であった。植栽直後 IA0, IB0 で優占し、林齢 10 年以上の調査区でほとんどみられなかったセアカヒラタゴミ

シやヒメケゴモクムシ、ウスアカクロゴモクムシなどは種の座標付けにおいて第 1 軸の値が小さく、水田や河原、草地によく出現することが知られており^{5,8,35)}、本研究でも草地 CGa, CGb で優占した。

種の座標付けにおいて第 1 軸の値が大きかったアオオサムシ *Carabus insulicola* Chaudoir とオオクロツヤヒラタゴミシ *Synuchus nitidus* (Motschulsky) は林齢 15 年以上の調査区のみで捕獲された。これらの調査区ではアオオサムシやオオクロツヤヒラタゴミシの生息場所となる A₀ 層が発達しており、A₀ 層を餌資源あるいは生息環境とする甲虫類やガ、ハエの幼虫、ミミズなど、アオオサムシやオオクロツヤヒラタゴミシの餌となる生物も多く存在するため、本来これら 2 種の生息に適した環境であると推察される。また、これら 2 種は関東地方の雑木林に比較的頻繁に出現する種であった^{6,9)}。しかし、本研究で捕獲された個体数は少なかった。

前藤・横原¹⁴⁾ は、温帯落葉樹林帯における昆虫相は、皆伐後の林齢に伴って変化し、この変化は周囲に残存した自然林や二次林の林分間での昆虫類の移動が前提にあるとしている。孤立林間に存在する畑地や芝地などの非森林地帯は、アオオサムシやオオクロツヤヒラタゴミシなど森林への依存性の高い種にとっては大きな障壁となり、孤立林間の移動が困難になると推察された。

オサムシ科では林齢の増加に伴って種数、個体数が減少傾向にあったのに対して、ケシキスイ科とキクイムシ科では林齢 10 年以上の調査区で出現し、コウチュウ目の中で優占した (表-2)。ケシキスイ科マルキマダラケシキスイやアカマダラケシキスイ、キクイムシ科クリノミキクイムシ *Poecilips cardamomi* (Schaufuss) はコナラなどの落下種子に穿孔し^{4, 31)}、ニホンキクイムシやクワノキクイムシは多くの広葉樹に穿孔する⁴⁾。捕獲されたケシキスイ科とキクイムシ科では森林内に多く存在する落下種子や樹木を重要な生息場所としているため、いずれも森林への依存性が高いと考えられたが、オサムシ科のような種数、個体数の減少傾向はみられなかった。本研究でみられたケシキスイ科、キクイムシ科昆虫は、小規模孤立林において、ある程度の種数、個体数が維持される種群であると推察される。

孤立林 ID15, ID25, IE60 では、林齢に 15~60 年という差があるが群集構造は類似し、座標付けにおける第 1 軸の値は、コウチュウ目では孤立林 ID15, ID25, IE60 (図-3a), バッタ目では孤立林 ID25, IE60 が近い値にあった (図-3c)。都市近郊の孤立林におけるコウチュウ目群には、林齢の増加に伴う草地生息種の減少と、移動の障壁によってオサムシ科などの移入率の低下が起こると考えられた。一方、ケシキスイ科やキクイムシ科などはある程度の種数、個体数が維持されると推察された。このことから、都市近郊の孤立林でみられる地表性のコウチュウ目の群集構造は、林齢の増加に伴ってある種群に偏りが生じ、単純化すると推察された。これらのことから、森林に依存性の高い地表性昆虫類の移入率低下を防ぐため、孤立林を連結する緑の回廊 (green corridor) の重

要性が示唆された。

バッタ目の種数、個体数についても林齢の増加に伴って減少する傾向がみられたが、種によって消失する林齢が異なった(表-2)。植栽直後のみでみられたミツカドコオロギ、マダラスズ、ヒシバッタは草地や管理される調査区でもみられ、明るく乾燥した環境を好むと考えられた。植栽直後から林齢15年までみられたツツレサセコオロギ、エンマコオロギは草地でも多くみられ、明るく乾燥した環境から林齢15年程度の暗く湿った環境まで生息できると考えられた。植栽直後から林齢約60年までみられたタンボコオロギは草地などでもみられており、明るく乾燥した環境から林齢60年程度の暗く湿った環境まで幅広く生息できることが考えられた。バッタ目では種ごとで生息できる環境が異なるため、林齢の増加に伴って種数、個体数は減少したと推察される。

前藤・楨原¹⁴⁾、末吉ら²⁷⁾は、温帯落葉樹林の昆虫群集を調査し、昆虫群によって林齢に対する応答が異なることを指摘している。本研究でも、都市近郊の孤立林においてコウチュウ目オサムシ科、ケシキスイ科とキクイムシ科、バッタ目コオロギ科など昆虫群によって林齢の増加に対する応答が異なると考えられた。

ハチ目アリ科では林齢の増加に伴う種数の減少傾向がみられず(表-3)、除歪対応分析でも調査区の座標付けに明確な傾向はみられなかった(図-3e)。種の座標付けをみると森林生息型のテラニシシリアゲアリやアズマオオズアリ、オオハリアリ^{18,20)}は第1軸の値が比較的大きく、幅広い環境に出現するヒメアリ、キイロシリヤゲアリ、クロオオアリ、トビイロケアリなど^{6,20,30)}は小さかった(図-3f)。第1軸の値が大きかったアメイロアリは幅広い環境に出現するが、落葉層や倒木内などにも営巣することが知られている¹⁹⁾。第1軸の値が小さかったアシナガアリは本来森林生息型であるが²⁰⁾、山火事跡地などにも出現し、環境適応性が比較的高いと考えられている³⁰⁾。このように、アリ類でも種の座標付けにおいて、第1軸に植生と種の生息環境の関係がみられた。

管理の施される耐陰性樹木園PE'と生け垣HFはコウチュウ目の除歪対応分析では第2軸の値が大きく(図-3a)、管理の有無と群集構造の関係が示された。これらの調査区では総種数、総個体数は少なく、草地生息種や幅広い環境に出現する種が大部分を占めた(表-2)。管理によって下層植生や落葉層を除去することで多くの地表性昆虫類の食物や生息環境が減少し、また明るく乾燥した環境に生息できない地表性昆虫類が消失するため、群集構造は単純化すると考えられた。このことから、都市近郊における地表性昆虫類の生息場所としての管理の施されない雑木林の重要性が示唆された。

島田²⁴⁾は都市近郊で多様な昆虫相を形成して保護するには、種によって生息環境が異なるため、樹林地だけでなく草地や水辺地等の様々な環境を保全、創出することが重要であることを指摘している。また、異質の生態系同士が隣接する地帯では種多様性が高まることが知られている²²⁾。1999年にはA、B区は林齢10年の雑木林、C区は草地の状況で隣接しており、またこれらの調査区の周辺は3~4m程度の草地帯

が存在した。このような複雑な環境では草地生息型や森林生息型の昆虫類が同時に生息できるだけでなく、幅広い環境に出現する昆虫類の生息にも有効であり、これら生息圏の異なる昆虫群によって多様な地表性昆虫相が形成されることが示唆された。

土壌動物が土壌の理化学的性質の変化・改良に果たす役割は大きく、その存在が重要視されている³³⁾。地表性昆虫類もまた土壌動物であり、土壌生態系において重要な役割を担っている。本研究では、孤立林の林齢の増加に伴って、地表性昆虫類の種数、個体数は減少し、群集構造は単純化すると考えられた。孤立林のような環境では土壌生態系の単純化が考えられており³⁶⁾、本研究でも同様のことが示唆された。以上のことから、都市近郊孤立林の地表性昆虫相の動態を把握し、今後の孤立林管理の方策を考えることは、都市環境における緑地の機能と保全の観点から重要な課題である。

5. まとめ

都市近郊に造成された孤立林において、地表性昆虫相の経年変化をピットフォールトラップ法によって調査した。地表性昆虫類は、林齢の増加に伴って種数、個体数が減少する傾向にあり、群集構造の単純化が推察された。森林生息種の孤立林への移入率は、孤立林間の非森林地帯が移動の障壁となるために低下すると考えられ、孤立林を連結する緑の回廊(green corridor)の重要性が示唆された。管理によって下層植生や落葉層が除去される調査区でも種数、個体数は少なく、群集構造の単純化が考えられ、地表性昆虫類の生息場所として、管理の施されない雑木林の重要性が示唆された。多様な地表性昆虫相を形成するには、小規模でも樹林地や草地などタイプの異なる緑地が存在し、互いに隣接することが重要と考えられた。

本研究を行うにあたり、東京農工大学応用遺伝生態学研究室の国見裕久教授、昆虫研究会の方々、東京都農業試験場環境部の方々および伊藤四郎氏にご協力を賜りました。また、東京農工大学森林資源管理学研究室の岸 洋一教授には本論文をご校閲頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 朝比奈正二郎・石原 保・安松京三(1965) 原色昆虫大圖鑑(III) 蜻蛉・直翅・半翅・膜翅他篇, 北隆館, 東京, 358 pp.
- 2) 近松美奈子・夏原由博・水谷康子・中村彰宏(2002) 都市林に造成された人工ギャップがチョウ類の種組成に及ぼす影響, 日本緑化学会誌, 28(1): 97-102.
- 3) 橋本佳明・上甫木昭春・服部 保(1994) アリ相を通してみたニュータウン内孤立林の節足動物相の現状と孤立林の保全について, 造園雑誌, 57(5): 223-228.
- 4) 林 匡夫・森本 桂・木元新作(1984) 原色日本甲虫図鑑IV, 保育社, 大阪, 438 pp.
- 5) Hosoda, H. and Kojima, J. (1994) Arthropod faunas on the campus of Itako hydrobiological station, Ibaraki University

- (1) Ground beetles and some aculeates (Insecta: Coleoptera, Hymenoptera). Publ. Itako Hydrobiol. Stn., 7: 1-22.
- 6) 細田浩司・浦山光太郎・米倉竜次・小島純一 (1996) 北関東の萌芽二次林の昆虫相 (1)—ピットフォールトラップ採集による徘徊性甲虫類とアリ類—, New Entomol., 45(1, 2): 1-6.
- 7) 市川顕彦・村井貴史・本田恵理 (2000) 総説・日本のコロギ, ホシザキグリーン財団研究報告, 4: 257-332.
- 8) Ishitani, M., Tsukamoto, T., Ikeda, K., Yamakawa, K. and Yano, K. (1997) Faunal and biological studies of ground beetles (Coleoptera: Carabidae and Brachinidae) (1) Species compositions on the banks of the same river system. Jpn. J. Ent., 65(4): 704-720.
- 9) 伊藤正宏・青木淳一 (1983) 土壤動物群集による横浜市の都市環境の解析 I. バイト・トラップに集まる甲虫類, 横浜国大環境研紀要, 9: 183-196.
- 10) 久野春子・鈴木 創・西澤敦彦・横山 仁・寺門和也・本谷 薫・宮田和恭 (1993) 都市近郊コナラ林の創造に関する研究 (I)—人工コナラ林植栽後の成長過程—, 第24回日本緑化工学会研究発表要旨集, 38-41.
- 11) 久野春子・寺門和也・宮田和恭 (1985) 都市内人工コナラ林と環境への影響, 人間と環境, 11: 31-44.
- 12) 黒澤良彦・久松定成・佐々治寛之編 (1985) 原色日本甲虫図鑑 III, 保育社, 大阪, 500 pp.
- 13) 前迫ゆり (1983) 島嶼植生の研究 I, 第30回日本生態学会講演要旨集, 30.
- 14) 前藤 薫・横原 寛 (1999) 温帯落葉樹林の皆伐後の二次遷移にともなう昆虫相の変化, 昆虫ニューシリーズ, 2(1): 11-16.
- 15) 中尾史郎・松本勝正・中島敦司・養父志乃夫・山田宏之 (2001) 都市部河川敷緑地におけるオギ群落の形状, 構造と総翅目昆虫の多様性保全効果との関係, ランドスケープ研究, 64(5): 601-606.
- 16) 中島敦司・中尾史郎・養父志乃夫・山田宏之 (2000) 人工島の環境保全緑地のもつ昆虫生息場所機能, ランドスケープ研究, 63(5): 509-514.
- 17) 夏原由博 (2000) 都市近郊の環境傾度に沿ったチョウ群集の変化, ランドスケープ研究, 63(5): 515-518.
- 18) 日本蟻類研究会 (1989) 日本産アリ類の検索と解説 (I) ハリアリ亜科, クビレハリアリ亜科, クシフタフシアリ亜科, サスライアリ亜科, ムカシアリ亜科, 日本蟻類研究会, 東京, 42 pp.
- 19) 日本蟻類研究会 (1991) 日本産アリ類の検索と解説 (II) カタアリ亜科, ヤマアリ亜科, 日本蟻類研究会, 東京, 56 pp.
- 20) 日本蟻類研究会 (1992) 日本産アリ類の検索と解説 (III) フタフシアリ亜科, ムカシアリ亜科 (補追), 日本蟻類研究会, 東京, 94 pp.
- 21) 王 寧・磯部 正・馬場和彦・岩島 清・久野春子・鈴木 創 (1993) 都市近郊林の造成に伴う土壌諸性質の変化, 日本緑化工学会誌, 19(4): 256-260.
- 22) 渋谷桂子 (2002) 生態的環境の形成とその保全, 渡辺達三ら編, 緑の環境設計, エヌジーティー, 東京, pp. 123-136.
- 23) 島田正文 (1985) 市街地における公園緑地の昆虫生息に関する研究, 造園雑誌, 48(5): 187-192.
- 24) 島田正文 (1999) 都市における昆虫類の生息と緑化に関する研究, ランドスケープ研究 63(1): 9-16.
- 25) 島田正文・丸田頼一 (1988) 市街地近郊の二次林を主体とした公園緑地における昆虫類の生息に関する研究, 造園雑誌, 51(4): 219-227.
- 26) 島田正文・高橋徹雄・丸田頼一 (1991) 公園緑地における昆虫類の生息環境に関する研究, 造園雑誌, 54(5): 287-292.
- 27) 末吉昌宏・前藤 薫・横原 寛・牧野俊一・祝 輝男 (2003) 皆伐後の温帯落葉樹林の二次遷移に伴う双翅目昆虫群集の変化, 森林総合研究所研究報告, 2(3): 171-191.
- 28) 鈴木 創・久野春子・横山 仁・寺門和也 (1993) 都市近郊コナラ林の創造に関する研究 (II)—人工コナラ林植栽後における稚樹の侵入および成長の過程—, 第24回日本緑化工学会研究発表要旨集, 42-43.
- 29) 富田真平・桜谷保之・杉本 毅 (2000) 大阪湾沿岸の人工緑地におけるトビムシ類の群集構造の決定要因について, 日本生態学会誌, 50: 211-220.
- 30) 頭山昌都・中越信和 (1994) 都市緑地の構造とアリ類の棲息, 日本緑化工学会誌, 20(1): 13-20.
- 31) 上田明良 (1995) ドングリを食べる虫達 (4) 落下後のドングリへの加害虫, 森林総合研究所関西支所研究情報, 36: 4.
- 32) 上野俊一・黒澤良彦・佐藤正孝 (1985) 原色日本甲虫図鑑 II, 保育社, 大阪, 514 pp.
- 33) 渡辺弘之 (2002) 土壤動物の世界, 東海大学出版会, 東京, 160 pp.
- 34) 養父志乃夫・山田宏之・中島敦司・中尾史郎・松本勝正 (2001) 大規模市街地内から郊外地にかけてのバッタ類生息密度の変化について, ランドスケープ研究, 64(5): 595-600.
- 35) Yahiro, K., Fujimoto, T., Tokuda, M. and Yano, K. (1992) Species composition and seasonal abundance of ground beetles (Coleoptera) in paddy fields. Jpn. J. Ent., 60(4): 805-813.
- 36) 山本進一 (1987) 孤立林のダイナミクス, 生物科学, 39(3): 121-127.
- 37) 横山 仁・久野春子 (1993) 都市近郊コナラ林の創造に関する研究 (IV)—人工コナラ林における微気象特性—, 第24回日本緑化工学会研究発表要旨集, 48-49.
- 38) 由井亜右子・夏原由博・村上健太郎・森本幸裕 (2001) 都市孤立林におけるアリの種数に影響する要因, 日本緑化工学会誌, 27(1): 78-83.

(2004.11.5 受理)