

⑦ 自然教育園における地表徘徊性甲虫類の 季節変動と生息環境

竜澤はるか*・倉本 宣*・遠藤拓洋**

Seasonal variations and habitats of the ground beetles in the
Institute for Nature Study, Tokyo

Haruka Tatsuzawa*, Noboru Kuramoto*, Takumi Endo**

はじめに

1. 背景

都市部において、緑地の小面積化や孤立に伴い高次捕食者の絶滅や外来生物の増加など、自然地域の生態系とは異なる特徴を持つ独自の生態系が形成されている（都市緑化技術開発機構，2000）。そのような中、皇居や赤坂御用地などの大規模な都市緑地は良好な自然が残る場所となっている（大和田・武田，2006；大和田・武田，2005）。

東京都港区白金台に位置する国立科学博物館附属自然教育園（以下、自然教育園とする）もそのような場所の一つである。この場所は1949年に「天然記念物及び史跡」に指定され、約20haの隔絶された敷地内に自然状態の常緑広葉樹林が残されている（濱尾ら，2013）。約1,473種の植物、約2,130種の昆虫、約130種の鳥類が記録される（矢野私信；自然教育園HP）など生物相が豊かである。十数年から20年ごとに生物相が記録されており（濱尾ら，2013）、長期的なモニタリングがされている。また、それ以外にもキアシドクガ *Ivela auripes* など一時期異常発生した昆虫に対しての調査も7回にわたって継続的に行われており（矢野・桑原，2013）、短期的な変化に対する調査も行われている。その他に、単発的に行われてきたものとしてピットフォールトラップによる地表徘徊性甲虫類の調査がある。

地表徘徊性甲虫類とは、ゴミムシやオサムシなど、主に地表面を歩き回り摂食して生活している甲虫類の総称である（鈴木・桜谷，2010）。これらは種によって異なるが主に動物食（佐藤ら，2014）、腐肉食（上田，2015）であり、分解者として重要な役割を担っている（環境省自然環境局生物多様性センター・財団法人自然環境センター，2010）。これらの多くは飛翔性を失っているため移動範囲が狭く（環境省自然環境局生物多様性センター・財団法人自然環境センター，2010）、またオサムシ科 *Carabidae* などは各生息場所のわずかな環境変化に応じた群集構造を形成するといわれている（佐藤

*明治大学, Meiji University

**国立科学博物館附属自然教育園, Institute for Nature Study, National Museum of Nature and Science

ら, 2014)。また, 落とし穴式のピットフォールトラップを用いて比較的容易に調査が行えるため(磯野, 2005), 森林および草原を含む森林周辺環境の環境指標生物として注目されており, 特殊な環境である島嶼部から代々木公園のような都市緑地まで, 様々な場所で研究が行われている(島田ら, 2009; 島田, 1985; 島田ら, 1991; 谷脇ら, 2005)。

2. 目的

自然教育園では, 地表徘徊性甲虫類の調査が実習の一環として行われたことがある。しかし, データがまとめられたり発表されたりしたことはない。また, 実習の時期は主に秋季であったため, 秋に行われたことが多く, 通年で量的に行われたことがない。そこで本研究では, 園内で通年ピットフォールトラップ調査を行うことで地表徘徊性甲虫類の季節変化を追うとともに, 園内の生息環境と地表徘徊性甲虫類の関係性を明らかにすることを目的とする。

3. 調査対象地

調査地は東京都港区白金台に位置する国立科学博物館附属自然教育園とした。

コドラートは園内のコナラ林, シイ林, 草原に設置した(図1)。園内のコナラ林は樹高25mにおよぶ発達した高木林で, イイギリが混生し, 組成的には変動が少ない(奥田, 2013)。落葉落枝層は厚い。シイ林は高木層のスダジイの樹勢がやや弱まっているが, 常緑植物が密生しており四季を通じて構成ともに変動が少ない(奥田, 2013)。落葉落枝層は薄い。草原は不定期に一部刈り取りが行われ, 落葉落枝層がほとんどない。コドラートを設置するにあたっては, 過去に行われたピットフォール

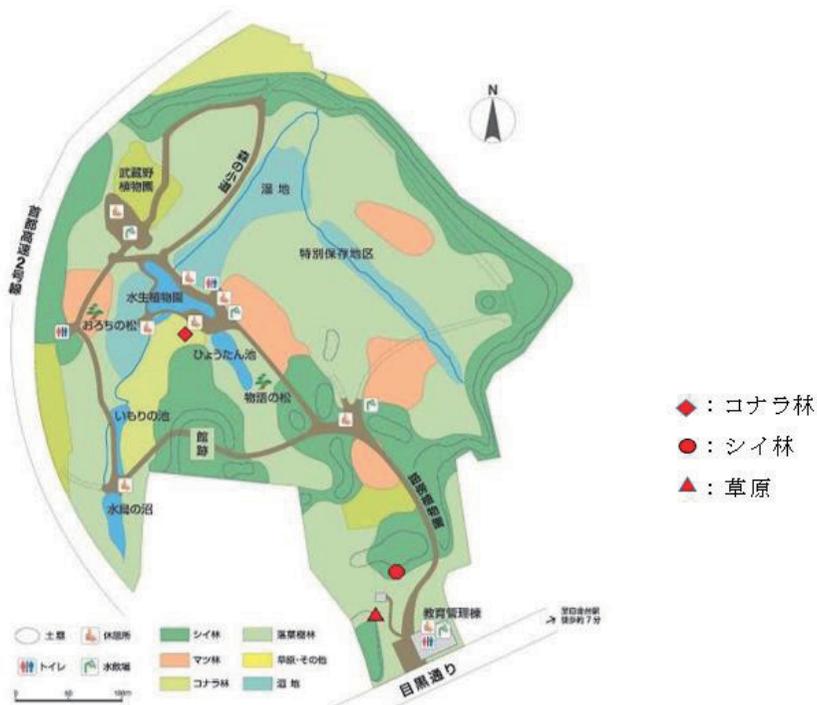


図1 自然教育園内地図 コドラート

ラップ調査で、地表徘徊性甲虫類が多く捕獲された場所を参考にした。

調査区はそれぞれの環境ごとに12m×6mのコドラートを設置した。さらに各コドラート内を1m²ごとに72分割し、奥から順に番号を当て、乱数を用いて5つの番号を選び、その番号に対応した場所5か所を1m×1mのサブコドラートとして設置した(図2)。

6m	1	7	13	19	25	31	37	43	49	55	61	67
	2	8	14	20	26	32	38	44	50	56	62	68
	3	9	15	21	27	33	39	45	51	57	63	69
	4	10	16	22	28	34	40	46	52	58	64	70
	5	11	17	23	29	35	41	47	53	59	65	71
	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
	12m											

図2 サブコドラート設置イメージ

※外枠：コドラート枠 内枠：サブコドラート枠 太枠：乱数で選択されたサブコドラート
内枠内の数字：コドラートの奥から割り当てた数字

地表徘徊性甲虫類の個体数調査

1. 調査方法

コドラート中央部に8mのラインを2m離して2本引き、各ラインに大野式ピットフォールトラップ(図3、以下トラップとする)を5個ずつ、計10個設置した。誘引餌を入れるプラスチックカップには主に230mlの大きさのものを、虫を捕獲するためのプラスチックカップには425mlの大きさのものを使用し、これらを組み合わせてトラップを作成した。それぞれのトラップの間隔は2mとした(図4)。獣害防止のため、また、雨よけのためにコナラ林、草原では杭をつけた木の板を、シイ林では厚い石の板を覆いとして地上から数cm浮くように取り付けた。トラップの中には誘引餌として、約3日間放置して腐らせた豚のこま切れ肉(2014年9月のみ鶏のひき肉)を用いた。

期間は2014年9月～2015年12月(2014年11月～2015年3月を除く)とし、月1回行った。できる限り中旬に行うこととした。なお、シイ林は獣害のため2014年9月は欠測、2015年4月のトラップ数は9個となった。また、草原は2015年5月から調査を行った。

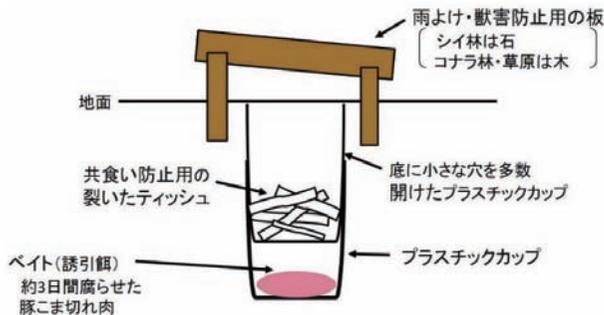


図3 大野式トラップの構造

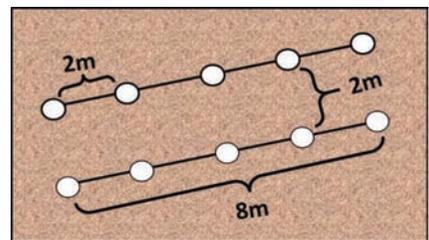


図4 トラップ設置模式図

○：トラップ

2. 調査対象種

調査地は天然記念物に指定されているため、捕獲した地表徘徊性甲虫類の標本を作製することができなかった。そのため、同定は生きたまま目視により目レベルで、コウチュウ目に関しては科レベルまで行った。また、国立科学博物館附属自然教育園の動物目録(2007)を参考に、容易に種が同定できるものは種を記録した。対象はコウチュウ目 *Coleoptera*, オビヤスデ目 *Polydesmida*, ハサミムシ目 *Dermaptera*, ヨコエビ目 *Amphipoda*, ワラジムシ目 *Isopoda* とした。

3. 結果

全ての期間合計でコナラ林では計 1,026 個体, シイ林では計 1,070 個体, 草原では計 598 個体が捕獲

表1 コドラート別の捕獲個体数一覧

目, 科, 種名 / コドラート名	コナラ林	シイ林	草原	総計
オビヤスデ目 <i>Polydesmida</i>	12	17	13	42
シロハダヤスデ科 <i>Cryptodesmidae</i> sp.				
or	12	17	13	42
ハガヤスデ科 <i>Pyrgodesmidae</i> spp.				
コウチュウ目 <i>Coleoptera</i>	512	467	189	1168
エンマムシ科 <i>Histeridae</i> spp.	32	1	1	34
オサムシ科 <i>Carabidae</i>				
アオオサムシ <i>Carabus insulicola</i>		2	2	4
ゴミムシ類 <i>Carabidae</i> spp.	253	198	31	482
コガネムシ科 <i>Scarabaeidae</i>				
エンマコガネ類 <i>Scarabaeidae</i> spp.	38	120	67	225
コメツキムシ科 <i>Elateridae</i> spp.			3	3
シテムシ科 <i>Silphidae</i>				
オオヒラタシテムシ <i>Eusilpha japonica</i>	19	40	47	106
センチコガネ科 <i>Geotrupidae</i>				
センチコガネ <i>Geotrupes laevistriatus</i>	16	1	4	21
タマキノコムシ科 <i>Leiodidae</i> spp.	107	62	21	190
ハネカクシ科 <i>Staphylinidae</i> spp.	47	43	13	103
ハサミムシ目 <i>Dermaptera</i>	166	205	234	605
マルムネハサミムシ科 <i>Anisolabididae</i>				
ヒゲジロハサミムシ <i>Gonolabis marginalis</i>	166	205	234	605
ヨコエビ目 <i>Amphipoda</i>	1	11	41	53
ハマトビムシ科 <i>Talitridae</i>				
ヒメハマトビムシ <i>Platorchestia platensis</i>	1	11	41	53
ワラジムシ目 <i>Isopoda</i>	335	370	121	826
フナムシ科 <i>Ligiidae</i>				
ニホンヒメフナムシ <i>Ligidium japonicum</i>			1	1
ワラジムシ科 <i>Porcellionidae</i> spp.	56	195	31	282
オカダンゴムシ科 <i>Armadillidium</i> spp.	279	175	89	543
総計	1026	1070	598	2694

された。捕獲した地表徘徊性甲虫類の一覧は表1のようになった。

そのうちコウチュウ目は、コナラ林とシイ林では約半数を占めたのに対し、草原では約3割となった(図5)。出現した科は、コナラ林とシイ林ではエンマムシ科、オサムシ科、コガネムシ科、シデムシ科、センチコガネ科、タマキノコムシ科、ハネカクシ科で、特にオサムシ科がコウチュウ目の中で約半数を占めた(図6)。草原では上記に加えコメツキムシ科が捕獲され、コガネムシ科が35%、シデムシ科が25%を占めていた。

また、コナラ林ではエンマムシ科とタマキノコムシ科が他の場所より多く見られ、コガネムシ科は他の場所より少なく見られた。草原ではシデムシ科が他の場所より多く見られた。ハネカクシ科はどのコドラートでも同じような割合で捕獲された。

季節変動について、全ての期間、調査地合計で100匹以上かつ5ヵ月以上にわたって出現したもの

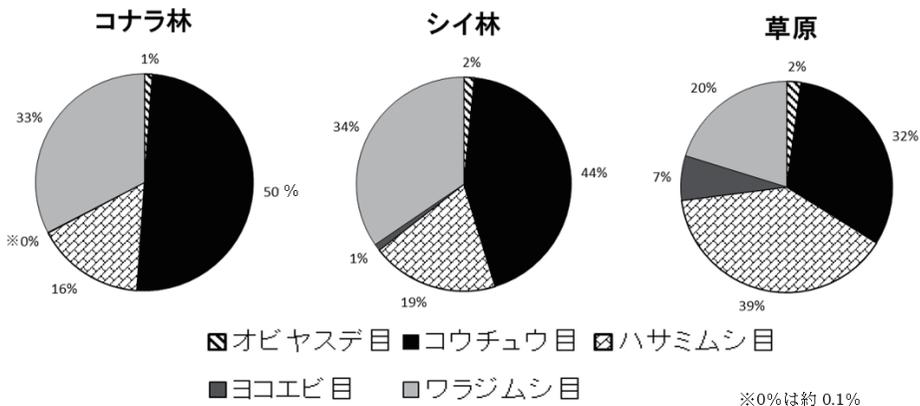


図5 コドラート別の出現した目の割合

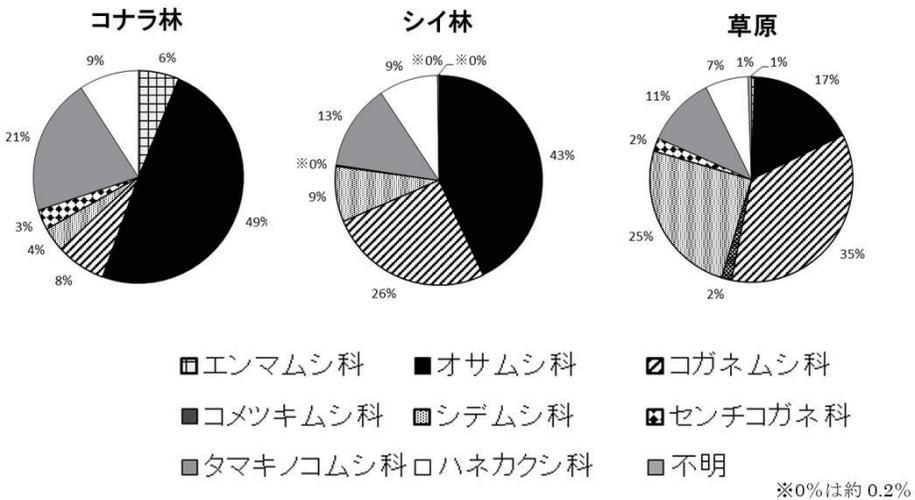


図6 コドラート別の出現したコウチュウ目の科の割合

のみを対象に月ごとの個体数の推移を見たところ、図7のようになった。これより、コウチュウ目についてそれぞれ以下の4つの傾向が見られた。1つ目は、オサムシ科は10月に多く出現することである。2つ目は、コガネムシ科は梅雨から夏にかけて個体数のピークを迎え、盛夏に減少することである。3つ目は、シデムシ科は梅雨と夏の終わりの2回にわたってピークがあることである。4つ目は、ハネカクシ科は夏にピークを迎えることである。さらに、ハサミムシ目は梅雨から個体数が増加して夏に大きなピークを迎え、盛夏は一時的に減少するもののその後少し増加し、秋から冬にかけて緩やかに減少していく傾向が見られた。

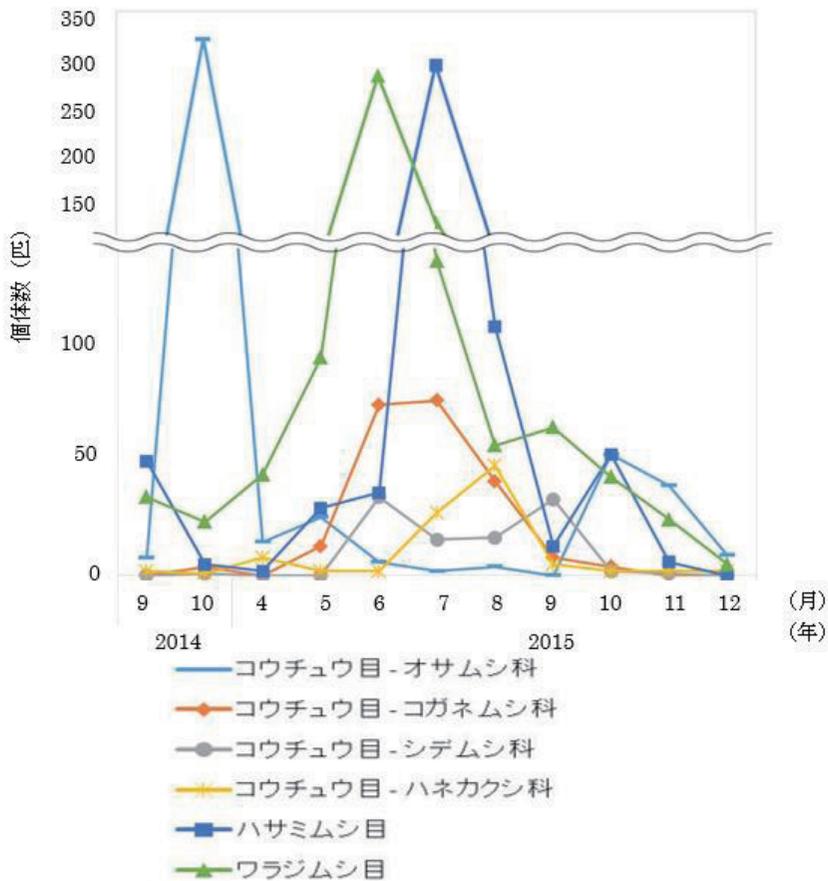


図7 全コドラートにおける月別個体数の推移

場所ごとの季節変動は以下の表2、表3、表4のようになった。このうちコウチュウ目について月ごとの個体数の推移を見たところ、図8のようになった。これより、以下の4つのことがわかった。1つ目は、タマキノコムシ科はどの場所においても春に小さな個体数のピークを迎えた後、秋に大きなピークを迎えることである。2つ目は、コガネムシ科はコナラ林のみ早く個体数が減少してしまうことである。3つ目は、シテムシ科はシイ林においては梅雨～夏頃まで安定的に出現することである。4つ目は、ハネカクシ科はシイ林のみ個体数の増加が春先にも見られることである。

表2 コナラ林における月別捕獲個体数一覧

目 科 種名	/ / / 年 月	コナラ林											
		2014				2015							
		9	10	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
オビヤスデ目	<i>Polydesmida</i>	3	2		2		1		3	1			
	シロハダヤスデ科 <i>Cryptodesmidae</i> sp.												
	or												
	ハガヤスデ科 <i>Pyrgodesmidae</i> spp.	3	2		2		1		3	1			
コウチュウ目	<i>Coleoptera</i>	16	156	15	53	40	14	47	7	19	137	8	
	エンマムシ科 <i>Histeridae</i> spp.	3			28		1						
	オサムシ科 <i>Carabidae</i>												
	ゴミムシ類 <i>Carabidae</i> spp.	8	153	13	18	6					15	33	7
	コガネムシ科 <i>Scarabaeidae</i>												
	エンマコガネ類 <i>Scarabaeidae</i> spp.				2	20	4	8	1	3			
	シテムシ科 <i>Silphidae</i>												
	オオヒラタシテムシ <i>Eusilpha japonica</i>		1			13	2	1	2				
	センチコガネ科 <i>Geotrupidae</i>												
	センチコガネ <i>Geotrupes laevistriatus</i>	3	1				1	9	2				
	タマキノコムシ科 <i>Leiodidae</i> spp.				2	3							102
	ハネカクシ科 <i>Staphylinidae</i> spp.	2	1		2	1	6	29	2	1	2	1	
ハサミムシ目	<i>Dermaptera</i>	51	3	1	13	2	77	9	3	5	2		
	マルムネハサミムシ科 <i>Anisolabidae</i>												
	ヒゲジロハサミムシ <i>Gonolabis marginalis</i>	51	3	1	13	2	77	9	3	5	2		
ヨコエビ目	<i>Amphipoda</i>												1
	ハマトビムシ科 <i>Talitridae</i>												
	ヒメハマトビムシ <i>Platorchestia platensis</i>												1
ワラジムシ目	<i>Isopoda</i>	35	9	14	11	174	44	9	38	1			
	ワラジムシ科 <i>Porcellionidae</i> spp.	6	4	7		25	7	1	6				
	オカダンゴムシ科 <i>Armadillidium</i> spp.	29	5	7	11	149	37	8	32	1			
総計		105	170	30	79	216	136	65	52	26	139	8	

表3 シイ林における月別捕獲個体数一覧

目 / コドラート名 科 / 年 種名 / 月	シイ林												
	2014		2015										
	10	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
オビヤスデ目 <i>Polydesmida</i>		3	4	3	1	2	1	3					
シロハダヤスデ科 <i>Cryptodesmidae</i> sp.													
or		3	4	3	1	2	1	3					
ハガヤスデ科 <i>Pyrgodesmidae</i> spp.													
コウチュウ目 <i>Coleoptera</i>	173	39	12	45	80	52	15	15	34	2			
エンマムシ科 <i>Histeridae</i> spp.								1					
オサムシ科 <i>Carabidae</i>													
アオオサムシ <i>Carabus insulicola</i>			1					1					
ゴミムシ類 <i>Carabidae</i> spp.	169	1	4		2	1		14	6	1			
コガネムシ科 <i>Scarabaeidae</i>													
エンマコガネ類 <i>Scarabaeidae</i> spp.	4		3	33	47	29	4						
シテムシ科 <i>Silphidae</i>													
オオヒラタシテムシ <i>Eusilpha japonica</i>					11	11	8	9	1				
センチコガネ科 <i>Geotrupidae</i>													
センチコガネ <i>Geotrupes laevistriatus</i>													1
タマキノコムシ科 <i>Leiodidae</i> spp.		29	5										28
ハネカクシ科 <i>Staphylinidae</i> spp.		8		1	20	12	2						
ハサミムシ目 <i>Dermaptera</i>	2	1	11	11	80	60	4	34	2				
マルムネハサミムシ科 <i>Anisolabididae</i>													
ヒゲジロハサミムシ <i>Gonolabis marginalis</i>	2	1	11	11	80	60	4	34	2				
ヨコエビ目 <i>Amphipoda</i>		4		1	4		2						
ハマトビムシ科 <i>Talitridae</i>													
ヒメハマトビムシ <i>Platorchestia platensis</i>		4		1	4		2						
ワラジムシ目 <i>Isopoda</i>													
ワラジムシ科 <i>Porcellionidae</i> spp.	1	27	32	50	5	6	7	39	23	5			
オカダンゴムシ科 <i>Armadillidium</i> spp.	14	4	47	45	3	43	18			1			
総計	190	78	106	155	173	163	47	91	60	7			

表4 草原における月別捕獲個体数一覧

目 科 種名	/ コドラート名 / 年 / 月	草原											
		2015											
		5	6	7	8	9	10	11	12				
オビヤスデ目 <i>Polydesmida</i>		3	1	4	5								
シロハダヤスデ科 <i>Cryptodesmidae</i> sp.													
or		3	1	4	5								
ハガヤスデ科 <i>Pyrgodesmidae</i> spp.													
コウチュウ目 <i>Coleoptera</i>		15	36	36	24	27	29	20	2				
エンマムシ科 <i>Histeridae</i> spp.				1									
オサムシ科 <i>Carabidae</i>													
アオオサムシ <i>Carabus insulicola</i>		1			1								
ゴミムシ類 <i>Carabidae</i> spp.		3			1		25	1	1				
コガネムシ科 <i>Scarabaeidae</i>													
エンマコガネ類 <i>Scarabaeidae</i> spp.		8	23	27	5	3	1						
コメツクムシ科 <i>Elateridae</i> spp.			2	1									
シテムシ科 <i>Silphidae</i>													
オオヒラタシテムシ <i>Eusilpha japonica</i>			11	3	8	23	1	1					
センチコガネ科 <i>Geotrupidae</i>													
センチコガネ <i>Geotrupes laevistriatus</i>				2	1		1						
タマキノコムシ科 <i>Leiodidae</i> spp.		3									18		
ハネカクシ科 <i>Staphylinidae</i> spp.				2	8	1	1					1	
ハサミムシ目 <i>Dermoptera</i>		6	24	139	42	6	15	2					
マルムネハサミムシ科 <i>Anisolabididae</i>													
ヒゲジロハサミムシ <i>Gonolabis marginalis</i>		6	24	139	42	6	15	2					
ヨコエビ目 <i>Amphipoda</i>			24				3	11	3				
ハマトビムシ科 <i>Talitridae</i>													
ヒメハマトビムシ <i>Platorchestia platensis</i>			24				3	11	3				
ワラジムシ目 <i>Isopoda</i>		7	17	88			3	4	1	1			
フナムシ科 <i>Ligiidae</i>													
ニホンヒメフナムシ <i>Ligidium japonicum</i>													1
ワラジムシ科 <i>Porcellionidae</i> spp.		5	7	13		1	4	1					
オカダンゴムシ科 <i>Armadillidium</i> spp.		2	10	75		2							
総計		31	102	267	71	39	59	26	3				

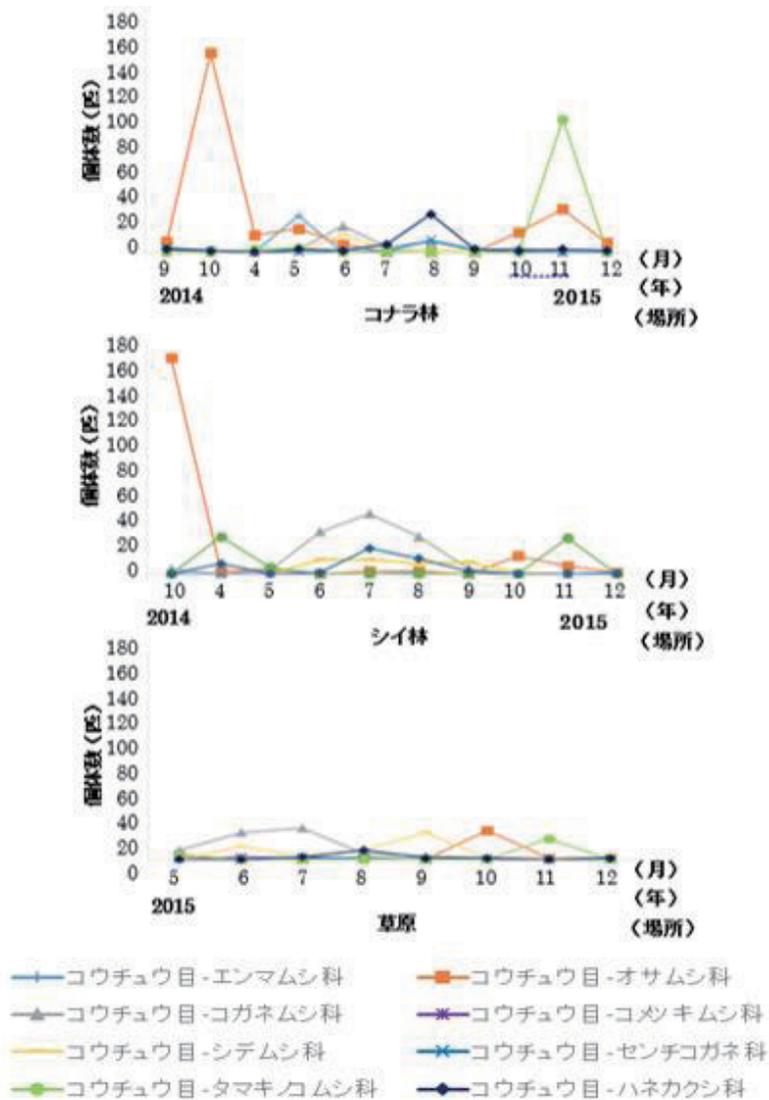


図8 各コドラートにおけるコウチュウ目の月別個体数の推移

4. 考察

島田ら (1991) や島田 (1985) によると、コクロシデムシやコブマルエンマコガネ、ツヤエンマコガネ、ドウガネエンマムシ、ハネカクシ等は各種の環境に対する適応力が比較的強い種類であると考えられている。ハネカクシ科については今回の調査でコドラートの違いに関係なくほぼ同じ割合で捕獲された。このことから、ハネカクシ科は環境の違いを受けにくい科であると考えられる。コクロシデムシは、1980年代の計6回の実習では合計29個体が捕獲されており(矢野私信)、国立科学博物館附属自然教育園動物目録(2007)にも載っていたが、今回は捕獲できなかった。その他の虫が属するエンマコガネ類、エンマムシ科もコドラートによって捕獲割合に大きな差があった。このことから、

コクロシテムシ、エンマコガネ類、エンマムシ科については必ずしも環境に適応する能力が高いとは言えないのではないかと推察する。

季節変動について、久保田（1998）によるとオサムシ科は種によって春繁殖型、秋繁殖型、両繁殖型の混在の3パターンがあると報告され、繁殖期により活動性が高まり盛夏に活動性が低下する種も認められている。また、平松（2000）の報告でも、調査が行われた標高のうち最も低い場所ではゴミムシ類の多くが春と秋に採集数のピークを迎えていた。本研究においては秋に最も大きなピークがあり、春にも小さなピークがあるため、これらの報告と同様の傾向が示された。コガネムシ科については、中村（1972）によるとほぼ周年で出現したと報告されているが、本研究においては夏季をピークに出現していた。これは中村（1972）の調査方法では土を掘り返して個体数をカウントしており、休眠中の個体も含まれたためだと推察される。

環 境 調 査

1. 調査方法

(1) 光環境調査

2015年11月に相対照度、相対光量子束密度、天空率を測定、算出した。

照度はデジタル照度計（51021、横河メータ&インスツルメンツ株式会社製）、光量子束密度はライトメーター（LI-250、ライカー社製）をそれぞれ2台ずつ用い、1台は被陰のない目黒駅前のアトレ屋上（東京都品川区上大崎2-16-9）で、もう1台は現地のサブコドラート内それぞれ4地点で測定した。現地で測定する際は機器を水平かつ地際（地上から約5cm）にした。また、太陽光が直接影響を与えないよう、曇天日の昼から夕方にかけて行った。

天空率は、各コドラートの中央部で魚眼レンズ（Canon製）を用い、地上から約30cmの高さで全天写真を撮影し、全天写真解析プログラムCanopOn2（ver.2.03c）を用いて算出した。写真を選択する際には、最も太陽の光の映り込みが少ないものを利用した。

(2) 土壌環境調査

土壌硬度、土壌含水率、土壌動物の調査を実施した。

土壌硬度は山中式の土壌硬度計（DIK-5552 プッシュコーン、大起理化工業株式会社製）、土壌含水率は土壌水分計（DIK-311C、大起理化工業株式会社製）を用い、2015年11月にサブコドラート内それぞれ5地点で測定した。調査を行う際には雨天日を避けた。

土壌動物調査は2015年12月にツルグレン装置（図9）を用いて行った。各コドラートの中央部と、ピットフォールトラップ設置場所の右側と左側の合計3ヵ所で、100ccずつ採取した土壌から抽出した。土壌を採取する際は、土壌打ち抜き缶（5cm × 5cm ×



図9 ツルグレン装置

4cm) を大きな落ち葉など障害物を軽く取り除いた土壌表面から打ち込んだ。土壌を採取する際は、雨で土壌動物が地面深くまで潜り込んでしまうことを防ぐため、雨天日を避けた。これをその日のうちに採取場所別でツルグレン装置にかけ、下受けピンには約 80% のエタノール溶液を入れた。3 日間電球を点灯させ、集合プレパラート法 (青木, 1973) に基づき、得た資料を場所別に全てプレパラート 1 枚にまとめた。固定の際にはネオシガラール液 (ガム・クロラール系封入剤) を用いた。これを 20 倍の実体顕微鏡を用いて目レベルで分類し、個体数をカウントした。

2. 解析方法

エクセル統計 (ver.1.13) を用い、環境調査のうち相対照度、相対光量子束密度、土壌含水率、土壌硬度の 4 項目でクラスカル・ウォリス検定と多重比較を行った。

3. 結果

各サブコドラートにおける相対照度、相対光量子束密度はサブコドラート内 4 地点の値を、土壌硬度、土壌含水率はサブコドラート内 5 地点の値を平均して算出した (表 5)。また、各コドラートにおける相対照度、相対光量子束密度、土壌硬度、土壌含水率は各サブコドラートの値を平均して算出した (表 6)。これより、相対照度、相対光量子束密度ともに明るい順に草原、コナラ林、シイ林となった。土壌硬度は硬い順に草原、シイ林、コナラ林となった。土壌含水率は値が高い順に草原、シイ林、コナラ林となった。

表 5 各サブコドラートの相対照度、相対光量子束密度、土壌硬度、土壌含水率一覧

サブコドラート名	相対照度 (%)	相対光量子束密度 (%)	土壌硬度 (kg/cm ²)	土壌含水率 (%)
コナラ1	2.68	2.73	0.88	27.04
コナラ2	3.35	3.20	0.86	19.40
コナラ3	2.72	2.46	0.76	18.30
コナラ4	4.05	3.91	1.98	30.34
コナラ5	3.11	2.55	0.60	18.76
シイ1	1.09	1.00	1.09	34.76
シイ2	1.11	1.09	1.35	51.04
シイ3	1.37	1.40	1.10	30.90
シイ4	1.03	0.96	0.99	41.18
シイ5	0.96	0.90	0.81	36.46
草原1	16.82	15.84	1.10	48.52
草原2	11.34	11.75	1.37	57.24
草原3	20.90	16.36	1.94	57.06
草原4	20.73	19.45	2.98	72.90
草原5	32.37	32.08	3.36	65.28

※なお、各サブコドラートの値は、相対光量子束密度では測定した 4 地点の値を、土壌硬度、土壌含水率は測定した 5 地点の値を平均することによって算出した。

表 6 各コドラートの相対照度、相対光量子束密度、土壌硬度、土壌含水率一覧

コドラート名	相対照度 (%)	相対光量子束密度 (%)	土壌硬度 (kg/cm ²)	土壌含水率 (%)
コナラ林	3.18	2.97	1.02	22.77
シイ林	1.11	1.07	1.07	38.87
草原	20.43	19.10	2.15	60.20

※なお、各コドラートの値は表 5 のサブコドラート 5 つの値を平均することによって算出した。

魚眼レンズで撮影した写真は図10となった。この写真をもとに算出した天空率は以下の表7のようになり、相対照度、相対光量子束密度と同じ傾向を示した。

採集した土壤動物は以下の表8のようになった。全調査地で出現した目は主にダニ目 *Acari*、トビムシ目 *Collembola* であった。その他にコナラ林ではカメムシ目 *Hemiptera* が、シイ林ではカマアシムシ目 *Protura* とコウチュウ目が、草原ではヨコエビ目が出現した。

また、各採取地点の土壤動物の個体数からコドラートごとに平均値を算出し、それを1000倍することでコドラートの1m²あたりの土壤動物個体数を算出した(表9)。これより、土壤動物の1m²あたりの個体数では、コナラ林が一番多く、次いでシイ林、草原となった。



図10 魚眼レンズ写真(左から順にコナラ林, シイ林, 草原)

表7 コドラートごとの天空率

場所	天空率(%)
コナラ林	6.9
シイ林	3.9
草原	26.4

表9 コドラートごとの1m²あたりの土壤動物個体数

コドラート名	1m ² あたりの個体数(匹)
コナラ林	690,000
シイ林	560,000
草原	300,000

表8 コドラート別の目ごとの土壤動物個体数

採取地 / 目	カマアシムシ <i>Protura</i>	カメムシ <i>Hemiptera</i>	コウチュウ <i>Coleoptera</i>	ダニ <i>Acari</i>	トビムシ <i>Collembola</i>	ヨコエビ <i>Amphipoda</i>	総計
コナラ林(合計)		1		164	41		206
中央		1		16	13		30
右				95	6		101
左				53	22		75
シイ林(合計)	3		2	149	13		167
中央			1	52	3		56
右	2			49	6		57
左	1		1	48	4		54
草原(合計)				65	27	1	93
中央				3	3		6
右				41	22		63
左				21	2	1	24
総計	3	1	2	378	81	1	466

※なお、採取地の中央はコドラート中央部のことを、右、左はそれぞれピットフォールトラップ設置場所の右側と左側のことを意味する。

さらに、全ての測定値をもとに天空率を除くそれぞれの項目で箱ひげ図を作成した（図 11, 図 12, 図 13, 図 14, 図 15）。なお、これらの図の箱部分は下端が第 1 四分点、上端が第 3 四分点である。箱中の太線は中央値である。箱の 1.5 倍以上離れているものは外れ値とし黒点で示し、ひげ部分は外れ値を除いた最小値と最大値を示している。

これより、相対照度と相対光子束密度はコナラ林とシイ林では比較的均一であり、草原においてはバラつきがあるということがわかった（図 11, 図 12）。また、土壌硬度でも同様の傾向が見られた（図 13）。土壌含水率はどのコドラートでも同様に値がバラついていた（図 14）。土壌動物の個体数はシイ林では比較的均一であり、コナラ林と草原においてはバラつきがあるということがわかった（図 15）。

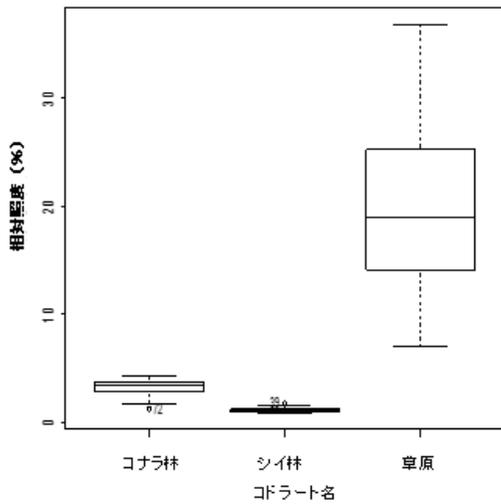


図 11 相対照度のコドラート別の箱ひげ図

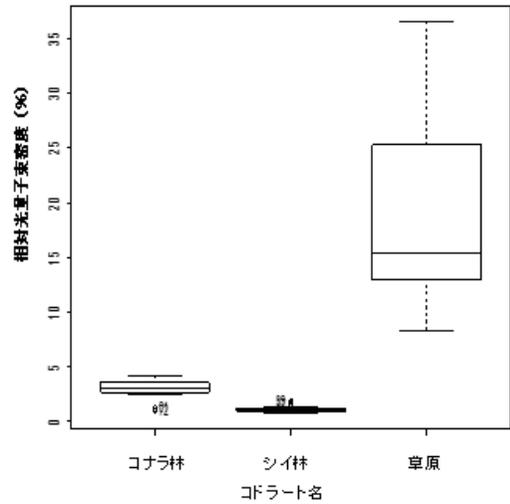


図 12 相対光子束密度のコドラート別の箱ひげ図

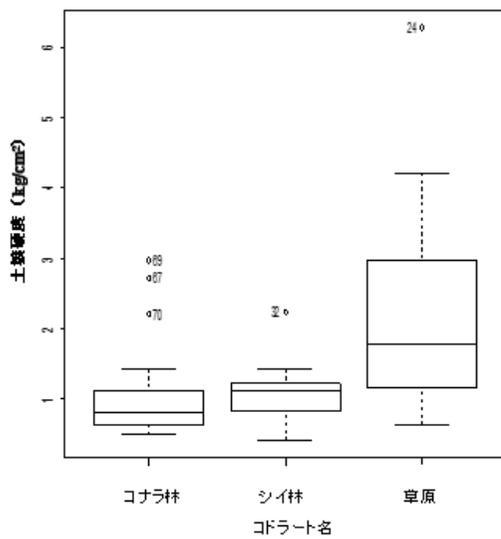


図 13 土壌硬度のコドラート別の箱ひげ図

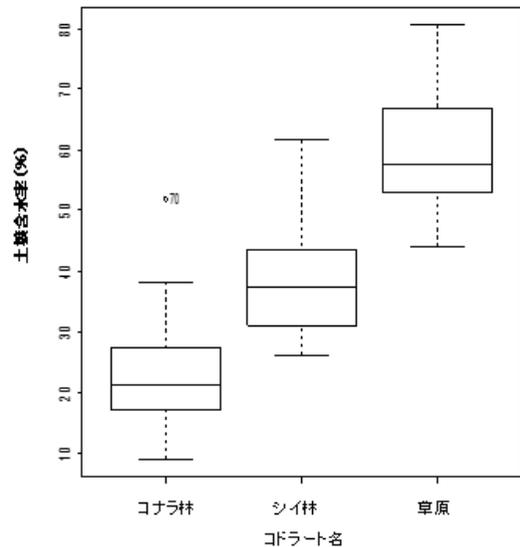


図 14 土壌含水率のコドラート別の箱ひげ図

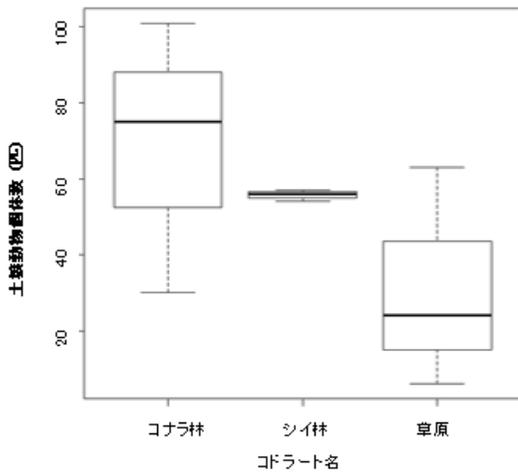


図 15 土壌動物のコドラート別の箱ひげ図

表 10 クラスカル・ウォリ検定と多重比較の結果

解析した対象	多重比較検定	P値	
相対照度	コナラ林-シイ林	p<0.01	**
	コナラ林-草原	p<0.01	**
	シイ林-草原	p<0.01	**
相対光量子束密度	コナラ林-シイ林	p<0.01	**
	コナラ林-草原	p<0.01	**
	シイ林-草原	p<0.01	**
土壌硬度	コナラ林-シイ林	p>0.05	
	コナラ林-草原	p<0.01	**
	シイ林-草原	p<0.01	**
土壌含水率	コナラ林-シイ林	p<0.01	**
	コナラ林-草原	p<0.01	**
	シイ林-草原	p<0.01	**

** : 1%有意

相対照度，相対光量子束密度，土壌含水率，土壌硬度の4項目でノンパラメトリック検定であるクラスカル・ウォリス検定と多重比較を行った結果，以下の表10のようになった。

これより，土壌硬度のコナラ林-シイ林間以外ではそれぞれの場所ごとに1%水準で有意に差があるということがわかった。

4. 考察

コナラ林とシイ林では相対照度，相対光量子束密度，土壌硬度の3項目において似たような値となったが，これは双方ともに高木の林という点で環境が同じであるためだと考えられる。特に統計解析で有意差が出なかった土壌硬度については，双方ともに落ち葉が積もってできた土であることが要因だと推測される。また，これら2地点では値のバラつきが少なくなったが，森林内部であるため気象の影響を受けにくいのだと考えられる。草原はどの調査項目についても値のバラつきが大きくなったが，これは草や樹木などで被陰されている面積に差があるためだと考えられる。

また，草原とコナラ林を比較すると1m²あたりの土壌動物数は約半数であるのに対し，土壌硬度は2倍の値である。澤島ら（2008）によると土壌硬度が高いところでは土壌動物の多様性，個体数ともに低下すると報告されており，本研究においても同様の傾向が示された。

土壌動物の捕獲された目数は非常に少なく，青木（2013）による園内は貧弱な土壌動物相だという報告と同じ傾向を示した。このことから，自然教育園の土壌動物相に大きな変化は起こっていないことが推察される。

土壌動物の捕獲された目数は非常に少なく，青木（2013）による園内は貧弱な土壌動物相だという報告と同じ傾向を示した。このことから，自然教育園の土壌動物相に大きな変化は起こっていないことが推察される。

総 合 考 察

島田ら（1991）や島田（1985）による公園緑地における調査からは，捕獲個体数の多い地点では人為的圧力が少なく，相対照度が低い等の特徴があり，捕獲個体数の少ない地点には，利用や管理人為

的圧力が多く、土壌表面に落葉枝が無いこと等の特徴があると報告されている。本研究においても総捕獲個体数が多いコナラ林・シイ林は相対照度が低く、総捕獲個体数の少ない草原は土壌表面に落葉枝がないことから、同様の傾向が示唆された。また、谷脇ら（2005）によると、ピットフォールトラップ調査における総捕獲個体数と土壌硬度および土壌含水率の間に負の相関があると報告されている。本調査においても土壌硬度、土壌含水率ともに最も高い値である草原が、総個体数が少ない結果となっているため、この2つの値が高い場所は地表徘徊性甲虫類の生息地として適さない可能性が示唆された。しかしながら、草原は出現科数が多く、科別の個体数の割合のバランスが取れていた。これは光環境、土壌環境共にバラつきが多く、生息環境の多様性が生まれたためだと考えられる。

谷脇ら（2005）によるとココロシテムシ以外のシテムシ、センチコガネ、ゴミムシ類等において、土壌表面状況については地表面が落葉枝で被われている状態が優位に働いているとされている。本研究においては、センチコガネ、ゴミムシ類では同様の傾向が示されたが、シテムシ科は落葉枝がほとんどない草原で最も多く捕獲され、異なる傾向が示された。これについて、本研究においてはシテムシ科としてオオヒラタシテムシが捕獲されている。久野（2004）によるとオオヒラタシテムシは個体数と落葉枝量との間に正の相関があるものの、草地のような環境でも多く捕獲されたことが報告されている。このことから、本研究における草原は林縁と近い場所にあるため、オオヒラタシテムシは草原の環境と落葉枝量のある環境を共に利用しているのではないかと推測される。

土壌動物との関係性では、地表徘徊性甲虫類の総捕獲個体数が多いところは土壌動物が多いという結果になった。その中でも特にワラジムシ目、ハネカクシ科、エンマムシ科、タマキノコムシ科、オサムシ科は、土壌動物の個体数が多いコナラ林、シイ林における捕獲個体数が多いため、これらの食性との関係を見た。日高ら（1998）によると、ハサミムシ目、オサムシ科、シテムシ科、ハネカクシ科、コメツキムシ科は肉食のものが存在している。これらのことから、肉食性の目、科は土壌動物の個体数が多いところに生息するとは限らないと推測できる。また、日高ら（1998）によると、ワラジムシ目は主に落ち葉などの植物遺体を食べ、エンマムシ科やタマキノコムシ科は腐植や腐肉などを食べている。これらのことから、土壌動物個体数以外に地表の落葉枝量の影響が大きいと推測できる。

お わ り に

1. まとめ

自然教育園内にピットフォールトラップを仕掛け、通年調査を実施した。これより、園内の地表徘徊性甲虫類の出現時期が分かった。また、それぞれの場所において光と土壌の環境調査を実施した。これらの結果から、他の調査地での結果と同様に、相対照度が低いところでは総捕獲個体数が多くなり、土壌硬度と土壌含水率が高いところでは総捕獲個体数が少ないことが分かった。

2. 今後の課題

本研究により、自然教育園という管理が異なる閉鎖的な緑地でも、他の調査地と同じ傾向が見出せ、同様の法則が成り立つことが分かった。そのため、より各項目との関係性を追求することが必要である。そのうちのひとつとして、土壌動物を大型、中型、小型に分けて調査し、それぞれの地表徘徊性甲虫類との関係性を再度検討すること等が必要である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、国立科学博物館附属自然教育園の矢野亮名誉研究員には、調査全般にわたって全面的に協力していただき、時に身の回りの自然についても楽しい解説をしていただいた。こうして本研究の執筆に取り組むことができたのも、自然教育園の方々の協力のおかげにほかならない。心より御礼申し上げる次第である。

引用文献

- 青木淳一. 1973. 土壤動物学—分類・生態・環境との関係を中心に—. 814pp. 北隆館, 東京都.
- 青木淳一. 2013. 土壤動物全般. 濱尾章二・松浦啓一編. 国立科学博物館叢書⑭ 大都会に息づく照葉樹の森—自然教育園の生物多様性と環境—. 東海大学出版会, 神奈川県.
- 濱尾章二・松浦啓一・萩原信介. 2013. 大都会の緑地：自然教育園の森. 濱尾章二・松浦啓一編. 国立科学博物館叢書⑭ 大都会に息づく照葉樹の森—自然教育園の生物多様性と環境—. 東海大学出版会, 神奈川県.
- 日高敏隆・石井実・大谷剛・常喜豊. 1998. 日本動物大百科 第10巻 昆虫Ⅲ. 187pp. 平凡社, 東京都.
- 平松新一. 2000. 白山における地表性ゴミムシ類の種類層と出現時期. 石川県白山自然保護センター研究報告 27 11-20.
- 池田紘士. 2007. ヒラタシテムシ亜科における食性、飛翔形質、繁殖形質の進化. 東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻博士論文（博農第3140号）1-79.
- 磯野昌弘. 2005. オサムシ科甲虫を効率的に調査するための3つのアプローチ. 昆虫ニューシリーズ 8 (1) 1-13.
- 環境省自然環境局生物多様性センター・財団法人自然環境センター. 2010. モニタリングサイト1000 森林・草原調査 地表徘徊性甲虫調査マニュアル. 12pp.
- 国立科学博物館附属自然教育園. 2007. 自然教育園動物目録. 105pp. 国立科学博物館附属自然教育園, 東京都.
- 国立科学博物館附属自然教育園. 調査研究：：附属自然教育園 Institute for Nature Study. <http://www.ins.kahaku.go.jp/research/index.html>. 最終閲覧日 2016年1月19日.
- 久保田耕平. 1998. 東京大学演習林田無試験地におけるオサムシ科昆虫 (Carabidae) の活動性の季節変動—特に繁殖季節について—. 東京大学農学部演習林報告 100 1-11.
- 久野春子・谷脇徹・新井一司・岸洋一. 2014. 森林の経済面、環境面からの機能評価に関する研究. 東京都林業試験場年報 平成16年度版 21-22.
- 中村好男. 1972. 草地土壤動物相の研究 1. 採草地の大型土壤動物の個体数および現存量の季節的変動. 日本草地学会誌 17 (4) 217-222.
- 奥田重俊. 2013. 自然教育園の植生と植物相. 濱尾章二・松浦啓一編. 国立科学博物館叢書⑭ 大都会に息づく照葉樹の森—自然教育園の生物多様性と環境—. 東海大学出版会, 神奈川県.
- 大和田守・武田正倫. 2006. 皇居の動物相モニタリング調査. 国立科学博物館専報 43 1-4.
- 大和田守・武田正倫. 2005. 赤坂御用地と常盤松御用邸の動物相. 国立科学博物館専報 39 1-5.
- 佐藤里沙・逢沢峰昭・久保田耕平・渋谷園実・大久保達弘. 2014. 北関東における落葉採取林と未採

- 取林のオサムシ科甲虫群集. 日本森林学会誌 96 (3) 141-145.
- 澤島拓夫・清水裕子・伊藤精悟. 2008. プナ林の観光地化に伴う踏圧とウッドチップマルチングが土壌動物相に与える影響. ランドスケープ研究 71 (5) 929-934.
- 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) 187-191.
- 島田正文・高橋徹雄・丸太頼一. 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.
- 島田孝・門脇久志・山内健生. 2009. 隠岐諸島の糞虫相 (甲虫目: コガネムシ上科). 人と自然 20 93-106.
- 鈴木勇祐・桜谷保之. 2010. 近畿大学奈良キャンパスにおける地表性甲虫の群集構造の解析. 近畿大学農学部紀要 43 81-90.
- 谷脇徹・久野春子・岸洋一. 2005. 都市近郊林の林床管理区および短期・長期放置区における地表性甲虫相の比較. 日本緑化工学会誌 31 (2) 260-268.
- 鶴田総一郎. 1950-1955. 国立自然教育園について. 鳥 13 (64) 72-77.
- 鶴田総一郎・坂元正典. 1978. 自然教育園沿革史. 自然教育園報告 8 1-19.
- 上田明良. 2015. 腐肉食性シテムシ科・コガネムシ上科食糞群を指標として用いた森林環境評価手法: 捕獲におけるベイトタイプ, トラップタイプおよびトラップ数の効果. 森林総合研究所報告 14 (1) 1-14.
- 矢野亮・桑原香弥美. 2013. キアシドクガの異常発生とミズキの大量枯死. 濱尾章二・松浦啓一編. 国立科学博物館叢書⑭ 大都会に息づく照葉樹の森—自然教育園の生物多様性と環境—. 東海大学出版会, 神奈川県.
- 財団法人都市緑技術開発機構. 2000. 都市のエコロジカルネットワーク—人と自然が共生する次世代都市づくりガイド—. 207pp. ぎょうせい, 東京.

なお, 学名は主に日高ら (1998) に従い, 科名, 種名は国立科学博物館附属自然教育園 (2007) に従った.