

原著論文

神奈川大学湘南ひらつかキャンパスにおける 地表徘徊性甲虫相と建設以前からの変化

志村映実・櫻井大和・渡辺恭平・中濱直之
奥田真未・岩元明敏・岩崎貴也

Terumi Shimura, Yamato Sakurai, Kyohei Watanabe, Naoyuki Nakahama, Mami Okuda, Akitoshi Iwamoto and Takaya Iwasaki: Ground beetle fauna in the Shonan Hiratsuka campus of the Kanagawa University: a comparison between the current fauna and fauna before campus construction

Abstract. Ground beetles are considered indicators of environmental condition; therefore, the species composition of ground beetles can be used to assess the environmental conditions of their habitats. In 1986, before the construction of the Shonan Hiratsuka campus, Kanagawa University conducted an environmental assessment survey. The campus was constructed with environmental conservations, including the construction of a biotope by restoring the Yato Wetlands. However, the ground beetle fauna had not been surveyed after the construction, and the effects of campus construction and environmental protection efforts on this fauna were unknown. In this study, we surveyed the current ground beetle fauna and compared the results with those of the 1986 survey to elucidate the effects of campus construction. Ground beetles were collected in seven sites by pitfall and baited pitfall trapping. Furthermore, carabid beetles were collected by digging up hibernating individuals; we also surveyed walking individuals. By comparing past and current aerial photographs, we quantified the scale of environmental changes caused by the campus construction. A massive loss of wetland environments (12.0 % to 1.7 %) and an increase in grassland environments (4.1 % to 6.5 %) were detected. Twenty-six species from three families were found in this survey. The overall replacement rate between the 1986 and 2019 surveys was high (94 %). Three harparine species, which prefer grassland, were collected. However, seven carabid species collected in 1986, including wetland-preferring groups, were not found in the 2019 survey. These results suggest that wetland restoration and biotope construction for wetland preservation were not sufficient for the conservation of wetland-preferring carabid beetles. Contrarily, the increase in grassland area might have been conducive for ground beetles, which prefer grasslands. In conclusion, the campus construction has had a significant effect on ground beetle fauna.

緒 言

地表徘徊性甲虫は、主に地表を歩き回るコウチュウ目 Coleoptera に属する昆虫類の総称であり、代表的な分類群としては、オサムシ科 Carabidae, シデムシ科 Silphidae, センチコガネ科 Geotrupidae などが挙げられる。地表徘徊性甲虫は、無翅あるいは飛翔できない種も多いことから、頻繁に飛翔する樹上性甲虫などと比べて移動能力が低い (Kennedy, 1994)。特にオサムシ科は、チョウ目 Lepidoptera の幼虫やミミズ類、植物種子といった多様な餌嗜好性や、湿地や草原、森林などの生育場所に対する環境嗜好性が種によって異なること、後述

するピットフォールトラップ法などの定量的な採集方法が確立されていることなどから、その場所の環境の特徴を示す環境指標生物として注目されている (石谷, 2010; Koivula, 2011)。

地表徘徊性甲虫の種構成の変化を調べることで、その場所で起こった環境変化の影響を推定することができる。例えば、森林内での地剥ぎの影響を調べた調査では、非森林性の地表徘徊性甲虫において種数が地剥ぎ区で増加し、林床植生の有無という環境の違いが地表徘徊性甲虫にとって重要であることが指摘されている (山中ほか, 2016)。加えて、伐採強度を変えたマダケ *Phyllostachys reticulata* (Rupr.) K. Koch 林内でのオサムシ科甲虫群集を

調べた研究では、伐採強度が強い区で草地環境や明るい森林環境を好む種が増加し、マダケの伐採によって多様な地表徘徊性甲虫群集を有する環境を維持できる可能性が指摘されている（籠ほか, 2013）。

本研究で調査地とした神奈川大学湘南ひらつかキャンパス（神奈川県平塚市土屋、校地面積約 31 ha、1989 年に開設）では、新キャンパス建設準備の環境影響予測評価（環境アセスメント）の一部として、1986 年に地表徘徊性甲虫の調査が実施された（神奈川大学編, 1987）。調査は、蜂蜜をベイト（餌）としたベイトピットフォールトラップ法によって 4 月から 9 月の 6 か月間に月 1 回ずつ調査が行われ、オサムシ科 8 種とシデムシ科 3 種が確認された（表 1; 神奈川大学編, 1987）。建設前の環境は、大部分が二次林や湿地などが広がる里山であり、アオオサムシ *Carabus insulicola* Chaudoir, 1869 やマイマイカブリ関東・中部地方亜種（ヒメマイマイカブリ）*Carabus blaptoides oxuroides* (Schaum, 1862)、ミズギワゴミムシ類など、丘陵の林や湿地環境を好むオサムシ科甲虫が得られている。しかし、その後のキャンパス建設に伴う大規模工事（1989 年完了）により、森林や湿地の多くは開発されて消失し断片化した。キャンパス建設時には土地をできるだけ平坦にするため、計画地の端の保全緑地を除いたほぼ全域で大規模な盛り土と切り土が行われた（神奈川大学編, 1987）。その際、谷戸部では軟弱地盤を良質土に置き換えるため、その場所にあった田畑等の表土が全て剥ぎ取られている（神奈川大学編, 1987）。盛り土は高さ 10–15 m の段切りが行われ、切り土面の各小段および盛り土の幅 5 m ごとに U 字溝が設置されたため、キャンパス周囲の緑地のうち、切り土あるいは盛り土がなされた法面には多数の U 字溝がみられる（神奈川大学編, 1987）。また、その造成された法面には多くの樹種が移植された。キャンパス建設後は景観維持のために草地や湿地で不定期に大規模な草刈りが行われており、結果として、建設前から存在し、断片化された森林、建設後に植栽された森林、解放的な草地環境、そして開発によって小規模となった湿地環境が現在は維持されている（図 1）。工事の際には、キャンパス中央にあった谷戸湿地の一部を工事で復元したり、二次林の一部を移植したりするなど、一部では環境保全に配慮した工事がなされた（児島ほか, 1993）。この復元された谷戸湿地についてはキャンパス建設後に大幅に乾燥化が進んだため、2011 年に改めてビオトープとしての整備がなされた。しかし、環境アセスメント以降、環境変化に鋭敏に反応すると思われる地表徘徊性甲虫についての調査は行われておらず、キャンパス建設という大規模な環境変化が地表徘徊性甲虫相に与えた影響はまだ分かっていない。また、キャンパス建設時に起こった環境変化の規模についても、これまで定量的な評価は行われていなかった。

本研究では地表徘徊性甲虫、特にオサムシ科（オサムシ類、ゴミムシ類）に注目してキャンパス内の生息状況を調査し、キャンパス建設前の過去と現在、およびキャンパ

ス内の多様な環境間での種組成を比較することで、環境変化が地表徘徊性甲虫相に与えた影響を明らかにする。

材料と方法

神奈川大学湘南ひらつかキャンパス内において、ピットフォールトラップ法（以後、PT）とベイトピットフォールトラップ法（以後、BPT）による捕獲調査を行った。PT は、プラスチック製の使い捨てコップの口が地表と同一面になるように地中に埋め、歩行中の昆虫がコップ中に落下することで採集を行う調査法で、BPT は PT のコップに誘引のためのベイト（餌）をいれた調査法である。これらの方法は、地表徘徊性甲虫の調査で最も一般的に利用される定量的採集手法である（富樫・杉江, 1994; 磯野, 2005）。調査対象地としては、サイト 1（湿地）、サイト 2（ビオトープ）、サイト 3（雑木林）、サイト 4（森林）サイト 5（森林林縁：森林性が強い林縁）、サイト 6（草地林縁：草地性が強い林縁）、サイト 7（草地）とできるだけ多様な環境を調査地に設定し、それぞれ 1 地点ずつ、計 7 地点の調査地を設定した（図 1）。

調査は、各調査地で春季（2019 年 4–5 月）、秋季（2019 年 9–10 月）の各季節に 1 回ずつ実施した。ただし、サイト 3（雑木林）は春期のみ、サイト 4（森林）とサイト 6（草原林縁）は秋期にのみ実施した。春期調査のうち、サイト 1（湿地）およびサイト 3（雑木林）では「すしのこ（タマノイ酢株式会社製）」を、サイト 6（森林林縁）では「さなぎ粉（マルキュー株式会社製）」を用いた BPT で調査を行った。他の春期調査および、全ての秋期調査では、ベイトを使用せず、PT で調査を行った。

春期調査ではサブプロット式にトラップを設置し、秋期調査では格子状にトラップを設置した。ただし、サイト 1（湿地）は調査地のスペースの都合で、春期と秋期ともに格子状のトラップを設置した。トラップをサブプロット式に設置する際には、環境省自然環境局生物多様性センターによるモニタリングサイト 1000 の地表徘徊性甲虫調査マニュアル（環境省自然環境局生物多様性センター, 2010）に従い、各調査サイト内に 5 m 四方のサブプロットを 3 ケ所設定し、サブプロットの外周に沿ってコップを 8 個（2 カ所）および 4 個（1 ケ所）の計 20 個設置した。格子状のトラップでは、各調査サイト内で 5 m × 5 m のエリアを 1 つ設定し、1 m の間隔を空けて計 20 個のコップを格子状に設置した。トラップ設置の形式に関わらず、雨水対策のためコップには側面に 4 つ穴を開けたものを使用した。

各調査では、基本的に設置後 24、48、72 時間後にコップの中身を確認し、地表徘徊性甲虫（オサムシ科、シデムシ科、センチコガネ科）を回収し、それ以外のものは種類と数を記録して逃がした。24 時間後と 48 時間後の確認時は、捕獲状況に関わらず、コップの中身を空にした。回収した甲虫は酢酸エチルによって処理し、標本を作製した。ただし、後述する大量に捕獲されたオオヒラ

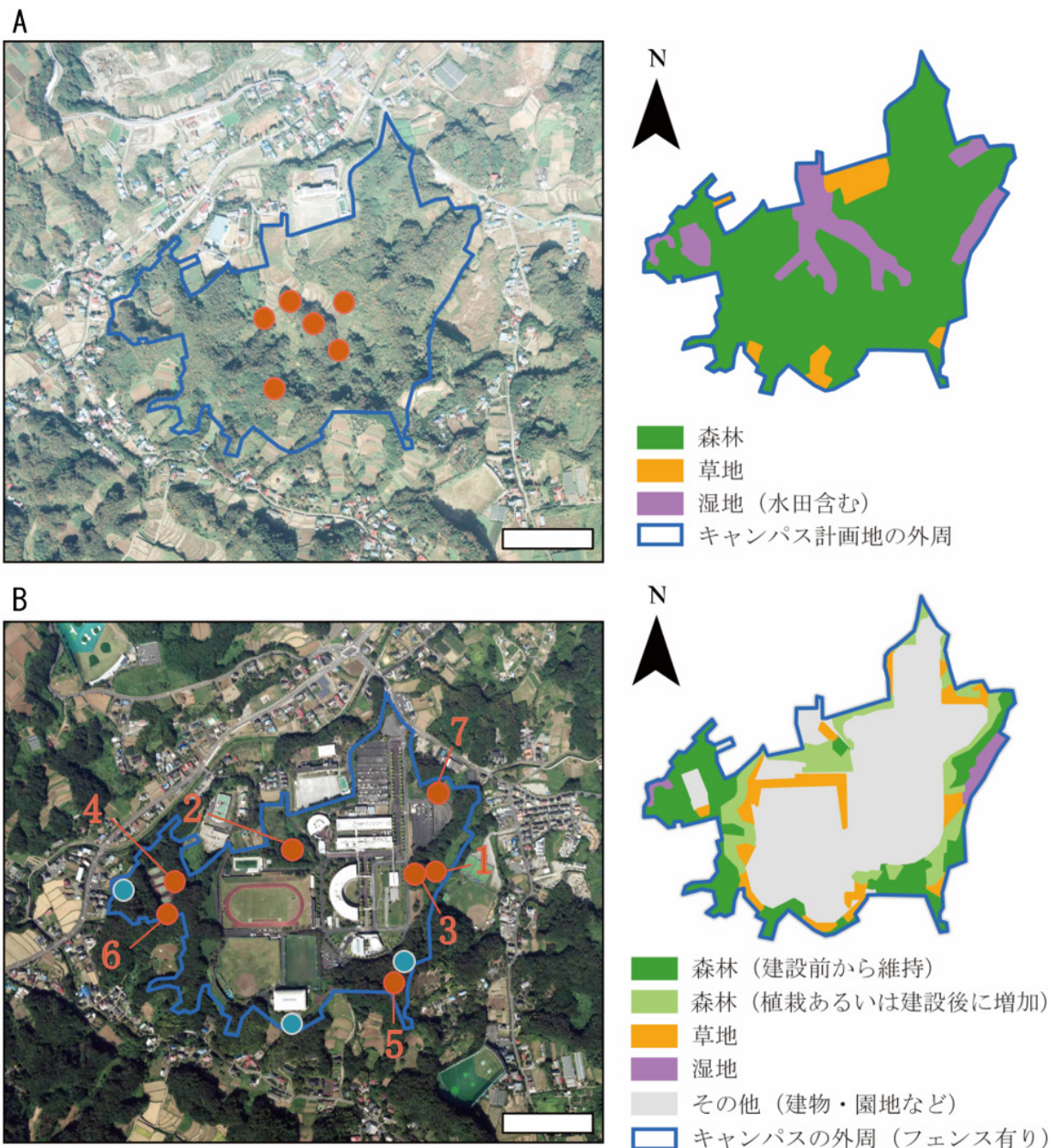


図1. 神奈川大学湘南ひらつかキャンパス周辺の航空写真 (A: キャンパス建設以前の1983年; B: 2019年) と推定された植生図. Aのオレンジ色の丸: 1986年に実施された調査 (神奈川大学, 1987) のBPT設置位置; Bのオレンジ色の丸と数字; 本研究での調査地点 (1: 湿地; 2: ビオトープ; 3: 雑木林; 4: 森林; 5: 森林林縁; 6: 草地林縁; 7: 草地); Bの青色の丸: 崖崩しによる調査地点. スケールバー: 200 m.

タシデムシ *Necrophila japonica* (Motschulsky, 1862) は、一部の個体のみを標本にした。

PT および BPT による調査以外に、崖の中で越冬中の甲虫類を採集する目的で、手鋤による崖崩しを2020年2月24日に実施した (調査場所: 図1)。また、2018年7月から2020年2月の期間にトラップを用いない見つけ採りによる任意調査を複数回実施した。これら任意採集で得られたオサムシ科甲虫についても標本作製し、研究に供した。

得られた甲虫類は上野ほか編 (1985) により志村が

同定し、渡辺が確認した。種名は鈴木 (online) に準じたが、亜属の記述は省略した。証拠標本は神奈川県立生命の星・地球博物館に収蔵した (資料番号 KPM-NK 55107-55263)。

キャンパス建設前と建設後でのキャンパス内での植生変化を定量的に評価するため、国土地理院の空中写真を用いた景観解析を行った。1983年11月14日に撮影された空中写真 (CKT833-C14A-17) をキャンパス建設前、2019年10月1日に撮影された空中写真 (CKT20196-C7-30) を現在とし、国土地理院の地図・空

中写真閲覧サービス（国土地理院，online）から画像をダウンロードした。得られた画像について、ArcGIS Pro ver. 2.5.1 (Esri, Redlands, CA) を用いてジオリファレンスを行うことで位置情報を追加し、地図上での重ね合わせを行った。また、植生変化の参考にするため、キャンパス建設工事中の 1988 年 12 月 11 日に撮影された空中写真 (CKT883-C15-16) についても、同様にダウンロードとジオリファレンスを行った。建設前の空中写真については、建設前の環境影響予測評価書（神奈川大学編，1987）の植生図や地形図を総合的に評価し、森林、草地、湿地（水田含む）の 3 タイプに植生を分類した（図 1A）。その際、過去の植生図でアズマネザサ群落と記録されている部分は、周囲のヨシ群落の分布や雨水の流向などを参考に、計画地北部を湿地（水田含む）、計画地南部を草地に分類した。現在の空中写真についてはまず、実際の現地の状況を参考にして、森林、草地、湿地、その他（建物・園地など）に植生を分類した。さらに、1988 年のキャンパス建設工事中（整地中で植栽前）の写真を参考に、現在みられる森林がキャンパス建設前から維持されてきたものか、それとも建設時に植栽あるいは建設後に増加したものかを推定した（図 1B）。推定したキャンパス建設前と現在の各植生については、ArcGIS Pro ver. 2.5.1 を用いて面積の計算と集計を行った。全ての解析は、日本測地系 2011 (JGD2011) の UTM (Universal Transverse Mercator) 座標系 N54 帯にて行った。

結 果

PT および BPT による調査により、地表徘徊性甲虫 3 科 15 種 165 個体を捕獲した（表 1）。ハネカクシ科 Staphylinidae の甲虫も採集されたが、同定が困難であるため、本研究の解析からは除いた。また、崖崩しによる調査では 2 科 9 種 37 個体、任意調査では 3 科 13 種 25 個体が採集できた。これらの調査結果を、PT および BPT による調査の結果と合わせると、本研究で採集できた地表徘徊性甲虫は合計 3 科 26 種 227 個体であった（表 1）。

1986 年実施の環境影響予測評価の調査（神奈川大学編，1987）で確認された地表徘徊性甲虫 11 種と、本研究の結果を比較すると、キャンパス建設前と現在での共通種はアオオサムシとオオヒラタシデムシの 2 科 2 種のみであった。ペイトの種類の違いに加えて、調査場所や調査頻度などにもかなりの違いがあることが想定されるとはいえ、残りのほとんどの種はどちらかの調査でしか確認されなかった（表 1）。本研究で実施した 2019 年度調査では新たにオサムシ科 23 種、センチコガネ科 1 種を採集することができたが、マイマイカブリ関東・中部地方亜種やヨツボシミズギワゴミムシ *Bembidion morawitzi* Csiki, 1928 など、1986 年に採集されていた 11 種のうちのオサムシ科 7 種、シデムシ科 2 種は再確認できなかった。調査地ごとに捕獲数に偏りがあるものの、2019 年の PT および BPT 調査の全調査地でオサムシ科甲虫が確

認され、1986 年には報告されていない、ゴモクムシ族 Harpalini, スナハラゴミムシ族 Licinini, Sphodrini 族およびマルガタゴミムシ族 Zabrinini も複数確認された。新たに多くの種が確認されたゴモクムシ族とマルガタゴミムシ族は種子摂食性が知られているグループであり（市原，2013; Honek *et al.*, 2003）、サイト 1（湿地）、サイト 2（雑木林）、サイト 4（森林）、サイト 6（草地林縁）、サイト 7（草地）の調査地で確認された（表 2）。次いで多く確認されたマルガタゴミムシ族の *Amara* spp. は、サイト 1（湿地）以外にも、サイト 6 の森林林縁付近の任意調査で 6 個体確認された。一方で、1986 年に確認されている湿地嗜好性ゴミムシ類（主にチビゴミムシ亜科 Trechinae およびヌレチゴミムシ亜科 Patrobininae）は、2019 年度調査では全く再確認できなかった。1986 年と 2019 年の総種数は 36 種であり、共通種が 2 種のみであったことから、1986 年と 2019 年の間での入れ替わり率（変動率）は約 94 % と算出できた。

本研究で設置したトラップ 192 個中 64 個（33.3 %）が動物による引き抜きや掘り出しの被害を受け、機能したトラップは 128 個であった。掘り起こしや抜き取りがされたコップには鋭い咬み跡や周辺に、タヌキ *Nyctereutes procyonoides* の足跡が複数回確認されたこと、掘り返しが小規模であることが多かった。調査地ごとの被害率は、平均 28 %（0–60 %）であった（図 3）。特に、サイト 6（草地林縁）およびサイト 7（森林）では、それぞれ 60%、50 % と高い割合で被害を受けた。

建設前のキャンパス計画地の各植生の面積は、森林が 247,151 m²（83.9 %）、草地が 12,168 m²（4.1 %）、湿地（水田含む）が 35,229 m²（12.0 %）であった（表 3）。建設後では、森林（建設前から維持）が 57,756 m²（19.6 %）、森林（植栽あるいは建設後に増加）が 28,944 m²（9.8 %）、草地が 19,242 m²（6.5 %）、湿地が 5,139 m²（1.7 %）、その他（建物・園地など）が 183,616 m²（62.3 %）であった（表 3）。キャンパス計画地の中央に存在していた谷戸湿地や尾根部は、建設時の大規模な盛り土や切り土によってほぼ完全に消失しており、現在は建物や園地に置き換わっていた（図 1）。建設以前から維持され続けてきた森林は、土屋の杜として保護されているキャンパス西部やキャンパス外周付近にのみ残っていた（図 1）。建設前後で各植生の面積を比較すると、建設前に大部分を占めていた森林は建設時に 4 分の 1 以下に減少し、その後の植栽や面積拡大によって少し回復していた。計画地の中心に位置していた湿地全体が失われたため、湿地の面積の減少は著しく、建設前の 10 分の 1 以下しか残っていない。一方、草地はそこまで広くはないものの、面積は 1.5 倍程度に増加していた。また、空中写真で見ると、キャンパス計画地の外側では大規模な自然環境の改変がほとんど行われておらず、周囲の状況には大きな変化がみられなかった。

表 1. キャンパス内で確認された地表徘徊性甲虫の種リスト

科	亜科	族	和名	学名	1986年 の調査 結果	2019年の調査結果			
						PT・ BPT	崖崩し	任意	合計
オサムシ科									
	オサムシ亜科								
		オサムシ族	マイマイカブリ	<i>Carabus blaptoides</i> Kollar, 1836	○				
			アオオサムシ	<i>Ca. insulicola insulicola</i> Chaudoir, 1869	○	2	6	3	11
	チビゴミムシ亜科								
		ミズギワゴミムシ族	ヨツボシミズギワゴミムシ	<i>Bembidion morawitzi</i> Csiki, 1928	○				
			アトモンミズギワゴミムシ	<i>B. niloticum batesi</i> Putzeys, 1875	○				
	ヌレチゴミムシ亜科								
		ヌレチゴミムシ族	キアシヌレチゴミムシ	<i>Archipatrobus flavipes flavipes</i> (Motschulsky, 1864)	○				
	ホソクビゴミムシ亜科								
		ホソクビゴミムシ族	オオホソクビゴミムシ	<i>Brachinus scotomedes</i> Redtenbacher, 1867			8		8
	ゴモクムシ亜科								
		アオゴミムシ族	キベリアオゴミムシ	<i>Chlaenius circumductus</i> Morawitz, 1862	○				
			アトワアオゴミムシ	<i>Ch. hamifer</i> Chaudoir, 1856		1			1
			ムナビロアトボシアオゴミムシ	<i>Ch. tetragonoderus</i> Chaudoir, 1876			1		1
		スジバネゴミムシ族	クビボソゴミムシ	<i>Galerita orientalis</i> Schmidt-Göbel, 1846			15	1	16
			フタホシスジバネゴミムシ	<i>Planetes puncticeps</i> Andrewes, 1919			1		1
		ゴモクムシ族	ヒメゴミムシ	<i>Anisodactylus tricuspidatus tricuspidatus</i> Morawitz, 1863		1			1
			オオズケゴモクムシ	<i>Harpalus eous Tschitschérine, 1901</i>		2			2
			ニセクロゴモクムシ	<i>H. simplicidens</i> Schaubberger, 1929		2			2
			コゴモクムシ	<i>H. tridens</i> Morawitz, 1862		5			5
			ヒメツヤゴモクムシ	<i>Trichotichnus congruus</i> Motschulsky, 1866		1			1
		スナハラゴミムシ族	オオスナハラゴミムシ	<i>Diplocheila zeelandica</i> (Redtenbacher, 1867)		3		1	4
		ヒラタゴミムシ族	クロモリヒラタゴミムシ	<i>Agonum atricomis</i> (Bates, 1873)			2		2
			オオヒラタゴミムシ	<i>Platynus magnus</i> (Bates, 1873)	○				
			モリヒラタゴミムシの一種					1	1
		ナガゴミムシ族	オオゴミムシ	<i>Lesticus magunus</i> (Motschulsky, 1860)	○				
			アカガネオオゴミムシ	<i>Myas cuprescens cuprescens</i> Motschulsky, 1857				1	1
			コガシラナガゴミムシ	<i>Pterostichus microcephalus</i> (Motschulsky, 1860)		1			1
			ルイスオオゴミムシ	<i>Trigonotoma lewisii</i> Bates, 1873			2		2
		Sphodrini	セアカヒラタゴミムシ	<i>Dolichus halensis</i> (Schaller, 1783)		2		3	5
			マルガタツヤヒラタゴミムシ	<i>Synuchus arcuaticollis</i> (Motschulsky, 1860)		1		1	2
			キアシツヤヒラタゴミムシ	<i>S. callitheres callitheres</i> (Bates, 1873)				1	1
			ヒメクロツヤヒラタゴミムシ	<i>S. congruus</i> (Morawitz, 1862)		1			1
			ヒメツヤヒラタゴミムシ	<i>S. dulcigradus</i> (Bates, 1873)				4	4
		マルガタゴミムシ族	ナガマルガタゴミムシ	<i>Amara macronota</i> Solsky, 1875				1	1
			<i>Amara</i> spp.			1	1	6	8
シデムシ科									
	シデムシ亜科								
			オオヒラタシデムシ	<i>Necrophila japonica</i> (Motschulsky, 1862)	○	140	1	1	142
			オオモモブトシデムシ	<i>Necrodes littoralis</i> (Linnaeus, 1758)	○				
	モンシデムシ亜科								
			コクロシデムシ	<i>Ptomascopus morio</i> Kraatz, 1877	○				
センチコガネ科									
	センチコガネ亜科								
		センチコガネ族	センチコガネ	<i>Phelotrupes laevistriatus</i> (Motschulsky, 1866)		2		1	3
総種数					11	15	9	13	26
総個体数					不明	165	37	25	227

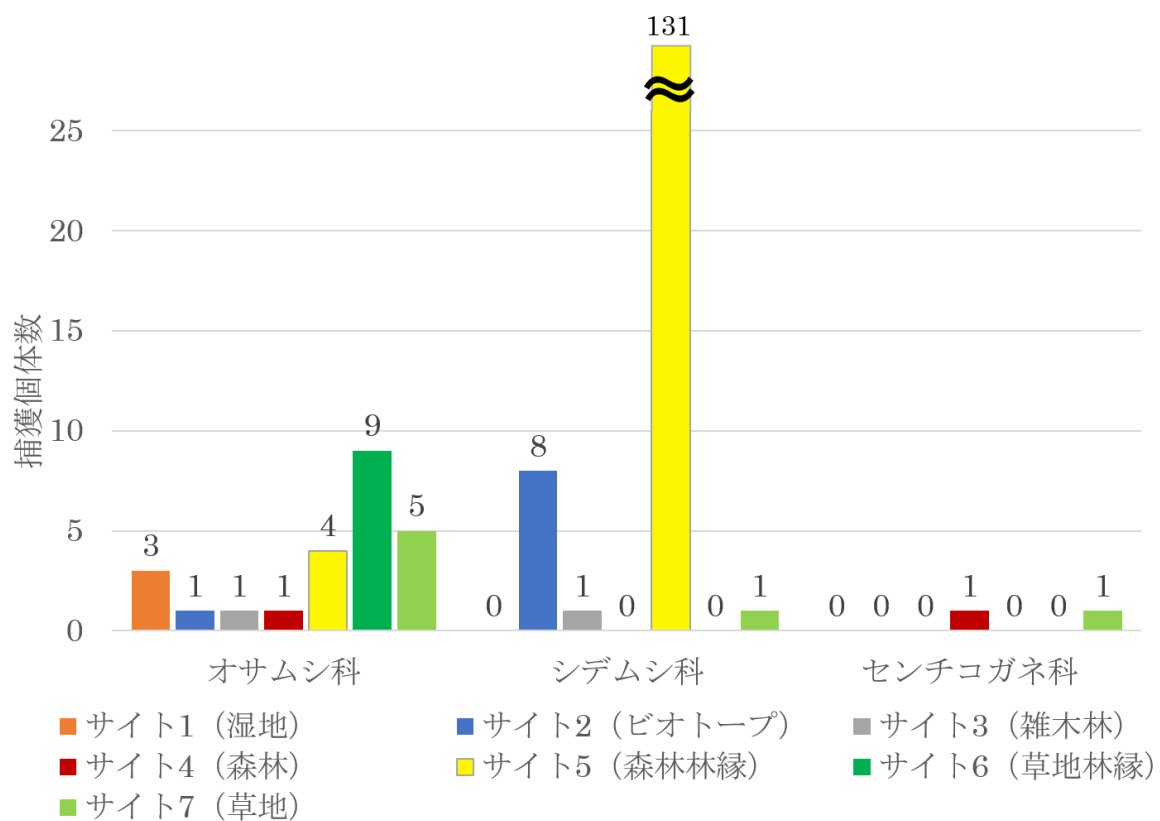


図2. PT および BPT による調査で捕獲された地表徘徊性甲虫の各調査地における科別の個体数.

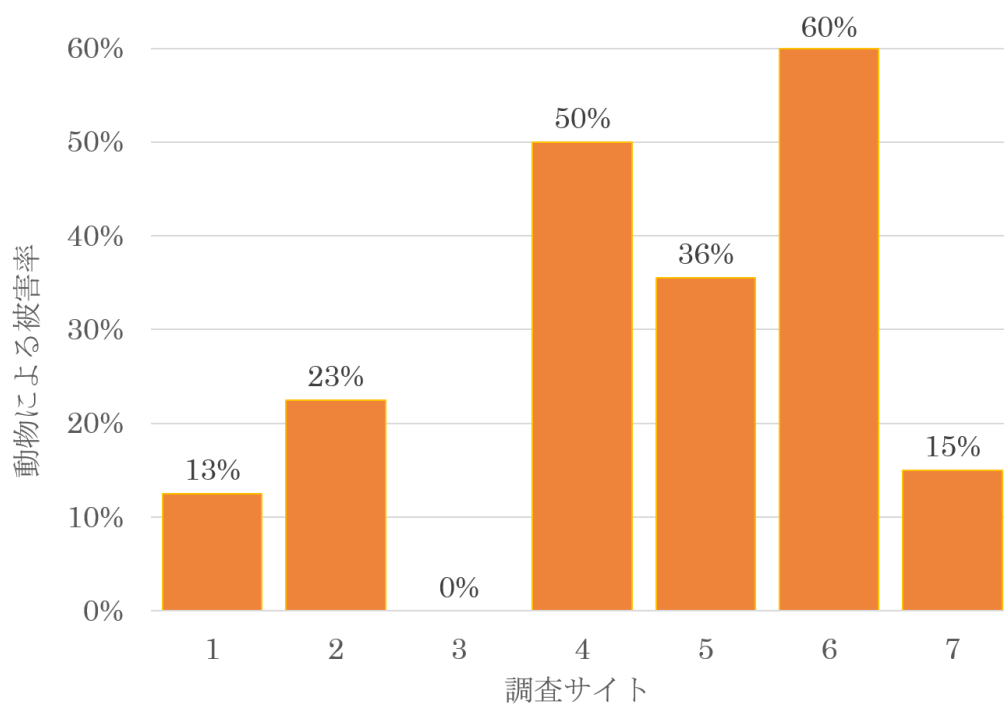


図3. PT および BPT 調査におけるトラップの動物による被害率.

表 2. 本研究の PT および BPT 調査によって各サイトで採集されたオサムシ科甲虫の個体数

亜科／族	和名	調査サイト							合計
		1	2	3	4	5	6	7	
オサムシ亜科									
オサムシ族	アオオサムシ		1			1			2
ゴモクムシ亜科									
アオゴミムシ族	アトワアオゴミムシ					1			1
ゴモクムシ族	ヒメゴミムシ			1					1
	オオズケゴモクムシ							2	2
	ニセクロゴモクムシ				1		1		2
	コゴモクムシ						5		5
	ヒメツヤゴモクムシ	1							1
スナハラゴミムシ族	オオスナハラゴミムシ					1		2	3
ナガゴミムシ族	コガシラナガゴミムシ	1							1
Sphodrini	セアカヒラタゴミムシ						2		2
	ヒメクロツヤヒラタゴミムシ							1	1
	マルガタツヤヒラタゴミムシ						1		1
マルガタゴミムシ族	<i>Amara</i> sp.	1							1
総種数		3	1	1	1	3	4	3	13
総個体数		3	1	1	1	3	9	5	23

考 察

地表徘徊性甲虫相の変化

本研究で行った 2019 年度の調査結果をキャンパス建設前に実施された 1986 年の調査結果と比較すると、地表徘徊性甲虫相は大きく変化していた。特に、建設前に多く確認された湿地嗜好性のゴミムシ類（チビゴミムシ亜科とヌレチゴミムシ亜科）は、本研究では確認されなかった。キャンパス建設前と現在の植生を比較すると、元々あった湿地環境の 9 割近くが大学キャンパス建設時に失われていることから（図 1、表 3）、この湿地嗜好性ゴミムシ類の消失は、湿地の喪失という環境変化を反映したものであると思われる。ただし、本研究では調査した湿地自体が 1 箇所（サイト 1）のみであるため、調査量が不十分で発見できなかった可能性もある。また、緒言で述べたように、本キャンパスでは建設時に谷戸湿地の復元、その後の 2011 年にビオトープとしての湿地の整備が試みられている。しかし、ビオトープ周辺の調査地（サイト 2）で湿地嗜好性のゴミムシ類は確認されず、この試みは湿地環境の保全にはあまり効果的ではなかった、あるいは建設後の乾燥化によって長期間は保全効果が維持されなかった可能性が考えられる。Yamanaka *et al.* (2017) は北海道釧路市の湿地や草原、放置された農地環境においてゴミムシ類群集を調査し、草原嗜好性ゴミムシ類はどの環境にもみられるものの、湿地嗜好性ゴミムシ類のほとんどは湿地と土壤水分量が高い放置された農地環境のみに

で確認された点を報告し、土壤水分量が高い草地環境が湿地嗜好性ゴミムシ類の保全に重要であることを指摘している。本キャンパスにおけるビオトープの造成は池を中心に設計されており、池の周囲は遊歩道として地面が踏み固められているため、土壤水分量が高い草地環境はみられない。そのため、湿地嗜好性ゴミムシ類に対する保全効果が得られなかったのかもしれない。

また、キャンパス建設に伴う大規模工事では計画地のほぼ全域で盛り土と切り土が行われたが（神奈川大学編、1987）、このような土壌の大規模改変は地表で長く生活する地表徘徊性甲虫の生活史全体に大きな影響を与えた可能性が高い。さらにキャンパス中央の谷戸部分では軟弱土壌が良質土に置き換えられ、その上に盛り土がされたために、建設以前の土壌環境からは大きく変化している。湿地嗜好性のオサムシ科甲虫の多くは泥中に排卵することや土壌の乾燥によって卵や幼虫の生存率が低下することが知られており（Sasakawa, 2016）、キャンパス建設の際の土壌改変が地表徘徊性甲虫、特に湿地嗜好性ゴミムシ類に与えた影響も大きいと思われる。上述した湿地環境の消失・減少と、この大規模土壌改変が複合的に働くことで、キャンパスにおける湿地嗜好性ゴミムシ類の消失が引き起こされた可能性が高い。キャンパスの東西の周縁部には、建設以前から現在まで維持されている小規模な湿地環境が存在するが、その外側にはすぐに集落や道路がみられるため、他の湿地環境からの移入も難しかったと思われる。

表 3. キャンパス建設前と現在における植生面積とその割合

植生区分	面積 (m ²)	割合 (%)
(建設前)		
森林	247,151	83.9
草地	12,168	4.1
湿地 (水田含む)	35,229	12.0
(現在)		
森林 (建設前から維持)	57,756	19.6
森林 (植栽あるいは建設後に増加)	28,944	9.8
草地	19,242	6.5
湿地	5,139	1.7
その他 (建物・園地など)	183,616	62.3

一方で、草地嗜好性を示すとされるゴモクムシ族とマルガタゴミムシ族のゴミムシ類が本調査で新たに確認された。ゴモクムシ族の中で最も多く確認されたゴモクムシ属 *Harpalus* は、ゴミムシ類の中でも強い草地環境への選好性を示すとされる (多和田, 2009; 平松, 2004)。同様に、マルガタゴミムシ族の代表的な種であるマルガタゴミムシ *Amara chulcites* Dejean は、草地や耕地などに生息し、湿潤地ではなく、直射日光がよく当たるような乾燥地を好むとされており (井上, 1972)、本キャンパスの解放的な草地で多く確認されたマルガタゴミムシ類 *Amara* spp. についても同じような環境を好むことが予想される。キャンパス建設前に比べて、現在のキャンパス内では不定期かつ大規模な草刈り管理によって、解放的で比較的乾燥した草地環境が多く維持されており、このことがこれらのグループの増加要因であると思われる。また、この2つのグループは飛翔能力が高い種を多く含んでおり (渋谷ほか, 2018)、キャンパス造成後に周囲の環境から新たに移入しやすかったこともこの変化に影響している可能性がある。

キャンパス建設前 (1986 年) と建設後 (2019 年) の間の地表徘徊性甲虫の共通種はわずか 2 種のみであり、入れ替わり率は約 94% と高かった。青森 (2004) は石川県金沢市丸の内の金沢城公園における大規模工事がゴミムシ類に与えた影響を調べ、1999 年と 2000 年の間で 45%、2000 年と 2002 年の間で 46%、2002 年と 2003 年の間で 56% の入れ替わり率を報告している。また、国立科学博物館の附属施設である東京都目黒区の自然教育園で実施された調査でも、2007 年と 2016–2018 年の間での入れ替わり率は約 79% と推定されている (野村ほか, 2019)。これら先行研究の調査結果と比較しても、本研究の入れ替わり率は高い値であった。本研究の場合、33 年という非常に長い時間が経っていること、1986 年の調査が様々な分類群を同時に対象とした環境アセスメント調査の過程で行われたものであり、地表徘徊性甲虫についての調査が網羅的ではなかったと思われることも影響した可

性がある。さらに、1986 年のピットフォールトラップの位置はキャンパス中央の尾根や谷戸部周辺に集中していたが (図 1)、これらはキャンパス建設で完全に消失したエリアであり、本研究の調査場所とは対象エリア自体が大きく異なることも高い入れ替わり率に影響しているかもしれない。また、本研究におけるシデムシ科の甲虫はオオヒラタシデムシしか捕獲されなかったが、シデムシ類は通常、腐肉によるトラップが一般的である (上田, 2015, 2020)。本研究では腐肉を用いていないことから、潜在的に個体数が多いと考えられるオオヒラタシデムシを除き、本来腐肉に誘引されるシデムシが採集されなかったことも考えられる。しかし、上述したように特定の環境を嗜好する多くの地表徘徊性甲虫が実際の環境変化に対応する形で増減していることも考慮すると、キャンパス建設という大規模な環境変化が地表徘徊性甲虫に与えた影響はかなり大きかったと思われる。

採集個体数の極端な少なさ

本研究において捕獲できたオサムシ科甲虫は、計 24 種 83 個体と個体数が少なかった。調査で用いたトラップ数、設置数がともに少ないことは原因の一つとして考えられるが、調査数の少ない先行研究と比較しても、本研究のオサムシ科甲虫の採集数はかなり少ない。例えば、多和田 (2009) による混生林と牧草地でのオサムシ科甲虫調査では、20 個のトラップを 1 列に設置し約 48 時間後に回収した調査を 2 回実施して、27 種 1,110 個体が採集されている。本研究で行った崖崩し調査で得られたオサムシ科甲虫の個体数も少なく (8 種 36 個体)、トラップ設置数や設置回数、ベイトの種類などの調査方法の影響は否定できないものの、オサムシ科甲虫の個体数を減少させる何らかの要因の存在が予想される。ここでは殺虫剤の使用や人工物 (特に側溝) による移動の阻害、哺乳類による捕食圧の影響について検討を行った。

現在のキャンパスの植生で「その他 (建物・園地など)」に分類されている面積は全体の 62.3% を占めており (図 1)、その周辺では年 1 回程度、アブラムシや毛虫などが発生した際に 500 mL 程度の殺虫剤が散布されている (神奈川大学, 私信)。殺虫剤は、アセフェート (オルトラン粒剤)、フェニトロチオン (スミチオン乳剤)、マラチオン (マラソン乳剤) の 3 種類が、年ごとに種類を変えて使用されている。各殺虫剤はオサムシ科甲虫に有害であり、散布を受けると死亡率が高まることが報告されている (Quinn *et al.*, 1991; Walsh *et al.*, 1993; Ito *et al.*, 2010; 河野, 2011)。殺虫剤の散布が行われている建造物周辺や園地はもちろん、そのすぐ近くの森林や草地環境でもオサムシ科甲虫は悪影響を受けて個体数が減少している可能性がある。

草地環境の多くや建設後に植栽あるいは拡大した森林は、盛り土や切り土の上に位置しており、10–15 m × 5 m ごとに覆いのない U 字溝でエリアが格子状に区画化されている。オサムシ亜科甲虫の U 字溝からの脱出能力

を実験的に調べた研究によると、スロープなどの落下した小動物の脱出対策が施されていないU字側溝でのオサムシ亜科甲虫の脱出は困難であることが報告されている(山田ほか, 2013)。したがって、建設後に自然環境が戻ったかのように見える森林や草地環境でも、地表徘徊性甲虫の移動の障壁となる側溝が多数存在しており、見かけほどオサムシ科甲虫にとっての好適な生息地は回復していないのかもしれない

また、本調査で動物の被害を受けたトラップ数は全体の約3分の1を占めており(図3)、被害を受けたコップやトラップ周辺の様子から中型哺乳類の影響が大きいことが示唆された。本キャンパス内でのカメラトラップによる哺乳類調査では、キャンパス全域で多くの中型哺乳類(特にタヌキ)が確認されており(岩崎ほか, 2021)、今回の結果とも一致する。タヌキとハクビシン *Paguma larvata* の糞内容物分析では、アオオサムシなどの地表徘徊性甲虫の一部が見つかっており(松本・浜口, 1990; 酒向ほか, 2008; 吉野・萩原, 2010)、本キャンパスでもオサムシ科甲虫が捕食されている可能性が考えられる。建設前と比べて中型哺乳類による捕食圧が増加したかどうかは不明だが、キャンパス内におけるオサムシ科甲虫が生息可能な自然環境が小規模かつ断片化されたものになっていることと合わせて考えると、小規模化や断片化の著しい一部の場所では大きな影響を及ぼしている可能性がある。

既に述べたように、現在の森林(建設前から維持)や湿地は、キャンパス建設前と比較してかなり狭くなっている。さらに、建物周辺や園地での殺虫剤の使用や、U字溝や中型哺乳類の捕食圧などが複合的に働くことで、キャンパス内はオサムシ科甲虫の長期的な生息地として好適ではない環境となっていることが考えられる。また、キャンパス周辺地域の自然環境は建設前から大きく変化していないが、キャンパス外周に沿って囲むように道路や集落が存在しており、飛翔能力の低い地表徘徊性甲虫がキャンパス内へ侵入することは困難であると思われる。そのため、キャンパス建設時に減少したオサムシ科甲虫の個体数の回復には時間がかかり、上述した複合要因による悪影響もあって、現在も少ないままなのかもしれない。

謝 辞

本研究に際し、アドバイスや調査の補助をしてくださった神奈川大学の丸田恵美子教授と丸田研究室の皆様、泉進教授と泉研究室の皆様、岩元研究室の皆様、日野晶也教授、細谷浩史特任教授、鈴木祥弘准教授、大和田正人博士へ厚く御礼申し上げる。また、原稿を注意深くお読み頂き適切な助言を頂いたことに対して、査読者および編集委員の方々に感謝する。タイトルおよび要旨の英文校正をしてくださった Editage (www.editage.com) にも感謝する。

引用文献

- 青森桂子, 2004. 金沢城公園の大規模工事に伴う環境変動がゴミムシ類に与えた影響. 金沢城公園生態系保全研究会編, 金沢大学 21 世紀 COE プログラム「環日本海域の環境計測と長期・短期変動予測」金沢城公園における樹木伐採等の攪乱が動植物と生態系に及ぼしつつある影響: 研究成果報告書, pp. 51–62. 金沢城公園生態系保全研究会, 金沢.
- 平松新一, 2004. 白山麓の森林、草地および畑地における地表性ゴミムシ類(オサムシ科およびホソクビゴミムシ科) 集団の種構成. 石川県白山自然保護センター研究報告, **31**: 55–65.
- Honek, A., Z. Martinkova & V. Jarosik, 2003. Ground beetles (Carabidae) as seed predators. *European Journal of Entomology*, **100**: 531–544.
- 市原 実, 2013. 農地の繻子食昆虫による雑草埋土種子の低減. *Journal of Weed Science and Technology*, **58**(1): 14–21.
- 井上 寿, 1972. 農耕地におけるマルガタゴミムシの生活史. 北日本病害虫研究会報, (23): 140.
- 石谷正宇, 2010. 地表性甲虫類を指標とした環境影響評価の現状. 環動昆, **21**(2): 73–83.
- 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.
- Ito, M., K. Ito & K. Ito, 2010. Are carabid beetles suitable biotic indicators of insecticide impact in potato fields?. *Applied Entomology and Zoology*, **45**(3): 435–447.
- 岩崎貴也, 奥田真未, 渡部凌我, 斎藤昌幸, 土田彩加, 志村映実, 泉 進, 2021. カメラトラップで確認された神奈川大学湘南ひらつかキャンパスにおける哺乳類相とキャンパス建設前後の変化. 神奈川自然誌資料, (42): 71–75.
- 籠 洋・横川昌史・藤澤貴弘・野間直彦, 2013. 犬上川河辺林におけるタケの伐採が地表性甲虫(オサムシ科)の種多様性と群集構造に与える影響. 昆虫(ニューシリーズ), **16**(2): 87–96.
- 神奈川大学編, 1987. 神奈川大学平塚キャンパス建設計画環境影響予測評価書. 646 pp. 神奈川大学, 横浜.
- 環境省自然環境局生物多様性センター, 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. 12 pp. 環境省, 東京.
- Kennedy, P. J., 1994. The distribution and movement of ground beetles in relation to set-aside arable land. In Desender, K., M. Dufrêne, M. Loreau, & M. L. Luff J.-P. Maelfait (eds.), *Carabid beetles: Ecology and evolution, Series Entomologica*, vol. 51, pp. 439–444. Springer, Dordrecht.
- 河野勝行, 2011. 捕食性天敵オオアトボシアオゴミムシ成虫に対する室内実験での各種殺虫剤撒布の影響. 関西病虫害研究会報, (53): 93–94.
- Koivula, M. J., 2011. Useful model organisms, indicators, or both? Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) reflecting environmental conditions. *ZooKeys*, **100**: 287–317. DOI: 10.3897/zookeys.100.1533www.zookeys.org
- 児島 彰・坂 瑛一郎・小室 弘・鈴木 勉, 1993. 環境保全と再生を目指した湿地谷戸復元へのアプローチ. 土木学会論文集, **480**(VI-21): 23–31.
- 国土地理院, online. 地図・空中写真閲覧サービス. <https://mapps.gsi.go.jp/> (accessed on 2020-December-15).
- 松本文人・浜口哲一, 1990. 藤沢市で発見されたハクビシンのねぐらについて. 神奈川自然誌資料, (11): 71–74.
- 野村周平・松原 豊・山崎裕志・上田衛門・亀澤 洋, 2019. 国立科学博物館附属自然教育園(東京都港区白金)産甲虫類目録. 自然教育園報告, **51**: 37–71.
- Quinn, M. A., R. L. Kepner, D. D. Walgenbach, R. N. Foster, R. A. Bohls, P. D. Pooler, K. C. Reuter & J. L. Swain, 1991. Effect of habitat characteristics and perturbation from insecticides on the community dynamics of ground beetles (Coleoptera:

- Carabidae) on mixed-grass rangeland. *Environmental Entomology*, **20**(5): 1285–1294.
- 酒向貴子・川田伸一郎・手塚牧人・上杉哲郎・明仁, 2008. 皇居におけるタヌキの食性とその季節変動. *Bulletin of the National Science Museum, Series A, Zoology*, **34**(2): 63–75.
- Sasakawa, K., 2016. Life history of two endangered wetland *Pterostichus* (Coleoptera: Carabidae) ground beetle species as revealed by laboratory rearing experiments. *Biogeography*, **18**: 59–62.
- 渋谷園実・桐谷圭治・福田健二, 2018. 地表徘徊性甲虫類(オサムシ科, クビホソゴミムシ科)の後翅一形態と後翅長および各亜科の特徴. *日本生態学会誌*, **68**: 19–41.
- 鈴木 茂, online. 日本列島の甲虫全種目録 2020. <https://japanesebeetles.jimdofree.com/> (accessed on 2020-October-13).
- 多和田潤治, 2009. 森林及び草地におけるオサムシ科甲虫の分布. *那須野が原博物館紀要*, **5**: 13–16.
- 富樫一・杉江良治, 1994. 石川県河内村で無餌ピットフォールトラップにより採集された地表性甲虫類. *環動昆*, **6**(1): 27–30.
- 上田明良, 2015. 腐肉食性シデムシ科・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. *森林総合研究報告*, **14**(1): 1–14.
- 上田明良, 2020. 照葉樹原生林と他の森林環境において腐肉に誘引されたシデムシ・腐肉群集. *森林総合研究所研究報告*, **19**(1): 105–114.
- 上野俊一・黒澤良彦・佐藤正孝 編著, 1985. 原色日本甲虫図鑑(Ⅱ). 514 pp. 保育社, 大阪.
- Walsh, P. J., S. R. Leather & K. R. Day, 1993. The effects of aerial application of fenitrothion on the carabid community of defoliated and non-defoliated lodgepole pine, *Pinus contorta*. *Journal of Applied Entomology*, **115**(1/5): 134–138.
- 山田芳樹・佐々木 功・佐々木均良・原内 裕, 2013. 歩行性オサムシの U 字側溝およびスロープ付 U 字側溝からの脱出能. *野生生物保護*, **14**(1/2): 1–8.
- Yamanaka, S., T. Akasaka, Y. Yabuhara & F. Nakamura, 2017. Influence of farmland abandonment on the species composition of wetland ground beetles in Kushiro, Japan. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **249**: 31–37.
- 山中 聡・佐山勝彦・倉本恵生・飯田滋生・山浦悠一・尾崎研一, 2016. 北方針広混交林における択伐後の小面積樹冠下地はぎがオサムシ類(コウチュウ目: オサムシ科)に及ぼす影響. *日本応用動物昆虫学会誌*, **60**(1): 33–41.
- 吉野 勲・萩原信介, 2010. 自然教育園におけるホンダタヌキとハクビシンの自動撮影記録と糞の分析. *自然教育園報告*, **41**: 79–83.
-
- 志村映実・櫻井大和・奥田真未・岩元明敏・岩崎貴也: 神奈川大学理学部; 渡辺恭平: 神奈川県立生命の星・地球博物館; 中濱直之: 兵庫県立大学自然・環境科学研究所/兵庫県立人と自然の博物館
- (受領 2020 年 10 月 31 日; 受理 2021 年 2 月 15 日)