

関東地方の放棄二次林における林床と竹林の管理が地表性甲虫類の生息数に及ぼす影響

Effects of under-story Sasa removal and bamboo felling on the ground-beetle fauna in secondary forests in Tama Hills, in Japan

大浦 一将* 藤井 響市** 中島 宏昭*** 鈴木 貢次郎****

Kazumasa OURA Kyoichi FUJII Hiroaki NAKAJIMA Kojiro SUZUKI

Abstract: In secondary forests that have been abandoned, clear-cutting bamboo and thinning increase the species diversity of forest floor plants. However, the effects on ground beetles have not been sufficiently studied. In this study, we set up survey traps at four areas: Sasa (*Pleioblastus chino*) mowing area, Sasa standing area, bamboo (*Phyllostachys edulis*) clear-cutting area, and bamboo standing area in Tama hill, Kanagawa Prefecture, Japan. A total of 80 traps were set up to capture ground beetles: 10 traps in each area with two replicates. The number of species was greater in the case of management in the Sasa mowing area and bamboo clear-cutting area than in the case of no management in the Sasa standing area and bamboo standing area. In particular, the number of ground beetles was higher in the Sasa mowing area than in the Sasa standing area, bamboo clear-cutting area, and bamboo standing area. The ground beetles belonging to Pterididae were the most common, and the most common species were *Carabus insulicola*, *Synuchus cycloderu*, and *Pterostichus yoritomus*. In particular, *C. insulicola* comprised over 90% of the total ground beetles collected from the Sasa mowing area, suggesting that this beetle can be used as an indicator of biodiversity in an abandoned secondary forest.

Keywords: ground beetles, *Pleioblastus chino*, bamboo forest, biodiversity, abandoned secondary forest

キーワード: 地表性甲虫類, アズマネザサ, 竹林, 生物多様性, 放棄二次林

1. 研究目的

オサムシ科, ハネカクシ科, シデムシ科, 食糞性コガネムシ類などの地表を徘徊する甲虫類は地表性甲虫類と呼ばれている³⁾。その中でもオサムシ科は, その地域の林床環境を示す指標生物として注目されている^{11,16)}。

高度経済成長以後, 二次林において, 下草刈りや間伐, 落ち葉掻きなどの林床管理が行われなくなったことで, タケ・ササ類が繁茂することがある。これにより, 林床植物の種の多様性は著しく減少している¹⁰⁾。林床に生育するササの刈り取りや上層木の伐採は, 林床植物の種の多様性を高めるために効果的である¹⁰⁾。しかし, 二次林における林床管理が地表性甲虫類の生育個体数や種の多様性の維持のために必ずしも有効ではないともいわれている。例えば, ゴミムシ類の個体数や種数は, 下草刈りを行っていない林床の方が, 下草刈りを行っている林床に比べて多かった^{6,7)}。また, 下草刈りの作業を刈り払い機ではなく, 手作業による刈り取りを行った場合, 地表性甲虫類の種数が多くなったという⁸⁾。放棄二次林の林床管理を再開したとき, 地表性甲虫類の種組成がどのように変化するか十分に検証されていないようである。そこで, 本研究では, 関東地方の放棄二次林と竹林を対象にアズマネザサ(*Pleioblastus chino*)やモウソウチク(*Phyllostachys edulis*)が密生した林内において, 植生管理を再開したときの地表性甲虫類の種数や個体数, および種組成に及ぼす影響とその季節変化について調べた。

2. 方法

(1) 調査対象地, および調査プロット

本研究では, 管理放棄された二次林においてアズマネザサの刈り取りやモウソウチクを伐採することで, 地表性甲虫類の個体数や, 種数, 種組成にどのような影響を及ぼすのかを明らかにするために, 都市近郊の多摩丘陵に位置し, 同一林内にアズマネザサが繁茂したコナラ群落とモウソウチク林がある神奈川県川崎市麻

生区の早野梅ヶ谷特別保全地区を調査対象地とした(図-1)。当調査対象地は, かつて薪炭林として利用されていたが, 約40年に亘って管理放棄されていた二次林である⁹⁾。高木層はコナラ(*Quercus serrata*)やイヌシデ(*Carpinus tschonoskii*)などの落葉樹で構成されていた⁹⁾。低木層にアズマネザサが繁茂したコナラ群落において, 夏期に一度, 剪定バサミや手鎌によって(機械刈りを行わない), 地際近くからアズマネザサの刈り取りを行う「ササ刈り取り区」(約4,429m²)と, 刈り取りを行わない「ササ放置区」(約7,634m²)を設置した。また, 高さ15m前後のモウソウチクが優占するモウソウチク林において, 毎年冬~春季にかけて, 剪定ノコギリを用いて, 全てのモウソウチクやタケノコを伐採する「タケ伐採区」(約648m²)と伐採を一切行わない「タケ放置区」(約12,800m²)を設置した。

管理作業は, 調査のための一部の常緑樹の伐採を除き⁹⁾, アズマネザサやモウソウチクの管理と枯死木の除去とした。刈り取ったアズマネザサは林内の数か所にまとめて置き, 伐採したモウソウチクは林内に粗朶をつくって処理した。これらの管理は, コナラ群落では2010年より, モウソウチク林では2014年より著者らで行ってきた。

(2) 調査方法

ササ刈り取り区, ササ放置区, タケ伐採区, タケ放置区の各調査区に2.5m×10mの調査プロットを設置し, 各調査プロットに, 口径84mm, 深さ約120mmのプラスチック製のカップを用いて, カップの口が地表の高さと同じになるように埋設させるピットフォールトラップ法による調査を行った(図-1)。なお, カップ内には, 餌や保存液は入れなかった。トラップ間は2.5mとし, 各調査プロットにそれぞれ10個ずつトラップを設置した。2017年はササ刈り取り区, ササ放置区, タケ伐採区, タケ放置区のそれぞれに1調査プロットずつ, 計4調査プロット(それぞれ調査プロット①とする), 合計40個のトラップを設置した。2018年にはササ刈り取り区, ササ放置区, タケ伐採区, タケ放置区のそれぞれに2017

*九州林産株式会社 **緑のふるさと協力隊 ***下田市役所 ****東京農業大学地域環境科学部

年に設置した調査区に1か所ずつ調査プロットを追加し(それぞれ調査プロット②とする)、計8調査プロット、合計80個のトラップを設置した。

各調査区の林床状況は表-1に示す通りである。ササ刈り取り区①及び②の草本層はコナラやハリギリ(*Kalopanax septemlobus*)、イヌツゲ(*Ilex crenata*)の実生のほか、タマノカンアオイ(*Asarum tamaense*)、ヤブラン(*Liriope platyphylla*)、ジャノヒゲ(*Ophiopogon japonicus*)、キツタ(*Hedera rhombea*)、キンラン(*Cephalanthera falcata*)、オカトラノオ(*Lysimachia clethroides*)、アズマネザサ、チヂミザサ(*Oplismenus undulatifolius*)、シダ類が生育していた。低木層にはヤブムラサキ(*Callicarpa mollis*)、ムラサキシキブ(*Callicarpa japonica*)、ウグイスカグラ(*Lonicera gracilipes*)が生育していた。ササ密生区①およびササ密生区②では草本層をみることができず、低木層に2~3m前後の稈高のアズマネザサが林床を覆っていた。タケ伐採区①の

草本層はフジ(*Wisteria floribunda*)が生育し、低木層はなかった。タケ伐採区②の草本層はモミジ類の実生とジャノヒゲが生育し、低木層はなかった。タケ放置区①およびタケ放置区②では、草本層はみられず、低木層はヒイラギナンテン(*Berberis japonica*)、ヒサカキ(*Eurya japonica*)が生育していた。調査プロットでは、いずれも落ち葉掻きは行っておらず、表-1に示すようにリターや落枝が堆積したA0層があった。

調査期間は兩年とも5~10月までとし、月1回行った。トラップの設置期間は3日間を基本とし、雨天日はその日数分の調査を延長した。また、雨水や落ち葉がカップ内に溜まるのを防ぐため、竹串を用いて、100mm×100mmに切り抜いたプラダンボールを地中まで刺して固定した(図-2)。採集したサンプルは回収後、すぐに室内に持ち帰り、種を同定した。なお、本研究では、地表性甲虫類(オサムシ科、ハネカクシ科、シデムシ科、食糞性コガネムシ類等)を調査対象とし、昆虫類に該当しない分類群の動物と飛翔能力が高い昆虫類については調査対象から除外した。

調査プロットごとに、各月の個体数、種数を算出した。また、調査プロットごとに調査期間中の種数、個体数、Simpson(SID: 1-λ)とShannon-Weaver(H')の多様度指数を算出した。

(3) 統計解析

調査プロットごとの各種の個体数の差を統計的に明らかにするために、個体数が2頭以上、且つ複数の調査プロットで捕獲された種を対象に、Tukey-Kramerの方法による多重比較を行った。

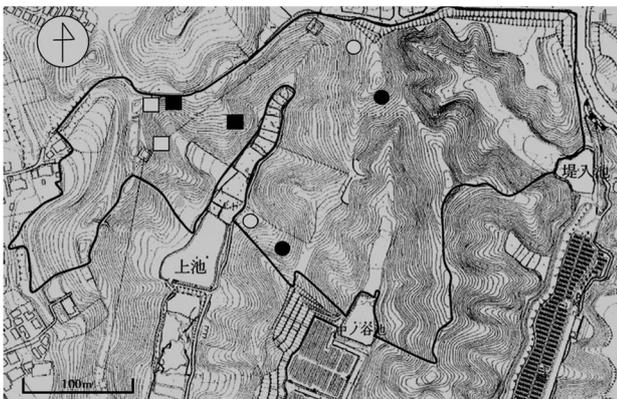
また、管理の有無による林床植生の違いが地表性甲虫類の種数や個体数に及ぼす影響を明らかにするために、2018年の各調査プロットの種数と個体数を応答変数にしたGLM分析を行った。説明変数はいずれも、植生(ササ・タケ)の因子型、草本層被度とその交互作用とした。確率分布はいずれもポアソン分布を仮定し、リンク関数はlogとした。ステップワイズ法を用いて赤池情報基準(AIC)によるモデル選択を行った。

さらに、2018年の各調査プロットの各月の種数および個体数を応答変数、調査プロットをランダム変数としたGLMM分析を行った。説明変数はいずれも、植生(ササ・タケ)の因子型、管理の有無の因子型、調査月の因子型とした。確率分布はいずれもポアソン分布を仮定し、リンク関数はlogとし、総当り法を用いて赤池情報基準(AIC)によるモデル選択を行った。

これらの解析にはR Ver. 3.5.1¹⁷⁾を用いて行った。なおGLMM分析には、パッケージ「glmmML」を用いた。

3. 結果

表-2は調査プロットごとに採集された地表性甲虫類各種の個体数と出現種数、多様度指数(SIDおよびH')である。全地表性甲虫で29種、全327頭を採集した。調査区ごとにみると、ササ刈り



○: ササ刈り取り区, ●: ササ放置区, □: タケ伐採区, ■: タケ放置区を示す。

図-1 調査対象地および調査プロット

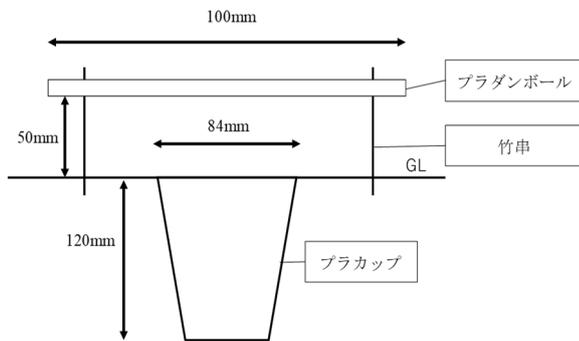


図-2 ピットフォールトラップの横断面模式図

表-1 各調査プロットの状況

調査プロット	面積(m ²)	草本層被度	A0層	草本層	低木層
ササ刈り取り区①	2550	4	落葉樹のリター	(木本)コナラ、ハリギリ、 (草本)タマノカンアオイ、ヤブラン、ジャノヒゲ、アズマネザサ	ヤブムラサキ ムラサキシキブ ウグイスカグラ
ササ刈り取り区②	1879	3	落葉樹のリター	(木本)コナラ、ハリギリ、イヌツゲ、キツタ、 (草本)キンラン、オカトラノオ、ジャノヒゲ、アズマネザサ、チヂミザサ、シダ類	
ササ密生区①	7500	0	アズマネザサおよび落葉樹のリター	-	アズマネザサ
ササ密生区②	134	0	アズマネザサおよび落葉樹のリター	-	
タケ伐採区①	284	1	モウソウチクおよび落葉樹のリター	(木本)フジ	-
タケ伐採区②	364	1	落葉樹によるリター	(木本)モミジ類 (草本)ジャノヒゲ	-
タケ放置区①		0	モウソウチクおよび落葉樹のリター	-	
タケ放置区②	12800	0	モウソウチクおよび落葉樹のリター	-	ヒイラギナンテン ヒサカキ

表一2 各調査プロットにおいて採集した個体数, 種数, 多様度指数

和名/学名	ササ刈り取り区				ササ放置区				タケ伐採区				タケ放置区				全区	
	2017年		2018年		2017年		2018年		2017年		2018年		2017年		2018年		合計値	割合 (%)
	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②				
オサムシ科	Carabidae																	
アオオサムシ	16	20	18		0	0	1		0	0	0		0	0	0		55	
ルイスオオゴミムシ	0	1	0		0	0	0		0	0	0		0	0	0		1	
ヨリトモナガゴミムシ	9	2	18		3	8	0		6	5	3		3	2	1		60	
タカオヒメナガゴミムシ	2	0	0		2	8	0		0	0	0		2	0	0		14	
オオクワツヤヒラタゴミムシ	0	0	0	55.7	0	1	0	77.8	0	0	0		35.7	0	0	0	25.6	1
マルガタツヤヒラタゴミムシ	0	0	0		0	0	0		0	0	1		0	0	0		1	
クロツヤヒラタゴミムシ	0	8	8		2	2	0		0	0	3		1	0	0		24	
ヒメツヤヒラタゴミムシ	0	0	0		1	0	0		0	0	1		0	0	0		2	
マルガタゴミムシ	0	2	0		0	0	0		0	0	1		0	1	0		4	
ゴモクムシ亜科Harpalus属の一種	0	2	1		0	0	0		0	0	0		0	0	1		4	
シデムシ科	Silphidae																	
オオヒラタシデムシ	0	0	0	0.5	0	0	0	0.0	0	0	4	7.1	0	0	0	0.0	4	1.5
ベッコウヒラタシデムシ	0	1	0		0	0	0		0	0	0		0	0	0		1	
ハネカクシ科	Staphylinidae																	
クロサビロハネカクシ	3	3	0	3.6	1	0	0		2	0	0		5.4	0	0	0	2.3	9
ハネカクシ科の一種A	0	0	0		0	0	0		0	0	1		0	1	0		2	4.0
ハネカクシ科の一種B	0	0	1		1	0	0		0	0	0		0	0	0		2	
エンマムシ科	Histeridae																	
コエンマムシ	0	2	0	1.0	0	1	0	2.8	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	3	0.9
コガネムシ科	Scarabaeidae																	
コブマルエンマコガネ	0	3	7		0	0	0		0	0	0		0	1	0		11	
クワマルエンマコガネ	0	0	0	15.1	0	0	0	11.1	0	0	2	17.9	0	0	0	14.0	2	15.0
ツヤエンマコガネ	1	12	5		2	1	0		2	0	5		0	1	4		33	
コカブトムシ	1	0	0		0	0	0		0	0	0		0	0	0		1	
ビロウドコガネ	0	0	0		1	0	0		0	1	0		0	0	0		2	
ケシキスイ科	Nitidulidae																	
マルキマダラケシキスイ	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	2	0	0	4.7	2	0.6
ゴミムシ目シ科	Tenebrionidae																	
キマワリ	0	0	0	0.5	0	0	0	0.0	0	1	0	3.6	0	0	0	0.0	1	0.9
ゴミムシ目シ科Uloma属の一種	0	0	0		0	0	0		0	0	1		0	0	0		1	
スナゴミムシ目シ	1	0	0		0	0	0		0	0	0		0	0	0		1	
センチコガネ科	Geotrupidae																	
センチコガネ	7	16	22	23.4	0	0	1	2.8	1	1	13	26.8	1	9	5	34.9	76	23.2
ゾウムシ科	Curculionidae																	
ゾウムシ科Asphalmus属の一種	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0	0	1.8	8	0	0	18.6	8	2.8
ゾウムシ科Myosides属の一種	0	0	0		0	0	0		0	0	1		0	0	0		1	
ハンミョウ科	Cicindelidae																	
トウキョウヒメハンミョウ	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0	1	0	0	1.8	0	0	0	0.0	1	0.3
種数	8	12	8	16	8	6	2	12	5	4	12	16	6	6	4	11	29	-
個体数	40	72	80	192	13	21	2	36	12	8	36	56	17	15	11	43	327	-
多様度指数 (SID)	4.31	6.17	5.30	-	13.00	3.68	-	-	3.88	2.80	6.24	-	4.12	2.84	3.44	-	-	-
多様度指数 (H')	2.35	2.91	2.53	-	2.87	2.01	1.00	-	1.96	1.55	2.97	-	2.16	1.87	1.68	-	-	-

※割合は小数点第二位を四捨五入した値

表一3 主要種における環境選好性, 各調査プロットの平均出現個体数と標準偏差, 多重比較の結果

種名	環境選好性	ササ刈り取り区	ササ放置区	タケ伐採区	タケ放置区	個体数
センチコガネ	広域性 ^{4)ns1}	15.0 ^a ± 7.55	0.3 ^b ± 0.58	5.0 ^{ab} ± 6.93	5.0 ^{ab} ± 4.00	76
アオオサムシ	広域性 ^{5,7,8,20)}	18.0 ^a ± 2.00	0.3 ^b ± 0.58	0.0 ^b ± 0.00	0.0 ^b ± 0.00	55
コブマルエンマコガネ ^{ns}	広域性 ⁹⁾	3.3 ± 3.51	0.0 ± 0.00	0.0 ± 0.00	0.3 ± 0.58	11
クロサビロハネカクシ ^{ns}	広域性 ^{10)ns1}	2.0 ± 1.73	0.3 ± 0.58	0.7 ± 1.15	0.0 ± 0.00	9
マルガタゴミムシ ^{ns}	広域性 ^{11)ns2}	0.7 ± 1.15	0.0 ± 0.00	0.3 ± 0.58	0.3 ± 0.58	4
コエンマムシ ^{ns}	広域性 ¹²⁾	0.7 ± 1.15	0.3 ± 0.58	0.0 ± 0.00	0.0 ± 0.00	3
ビロウドコガネ ^{ns}	広域性 ^{13,14,21)ns3}	0.0 ± 0.00	0.3 ± 0.58	0.3 ± 0.58	0.0 ± 0.00	2
ヨリトモナガゴミムシ ^{ns}	森林性 ^{1,6,7)}	9.7 ± 8.02	3.7 ± 4.04	4.7 ± 1.53	2.0 ± 1.00	60
ツヤエンマコガネ ^{ns}	森林性 ²³⁾	6.0 ± 5.57	1.0 ± 1.00	2.3 ± 2.52	1.7 ± 2.08	33
クロツヤヒラタゴミムシ ^{ns}	森林性 ³⁾	0.0 ± 0.00	0.0 ± 0.00	0.7 ± 1.15	0.0 ± 0.00	24
タカオヒメナガゴミムシ ^{ns}	森林性 ⁷⁾	0.7 ± 1.15	3.3 ± 4.16	0.0 ± 0.00	0.7 ± 1.15	14
ヒメツヤヒラタゴミムシ ^{ns}	森林性 ¹⁾	0.0 ± 0.00	0.3 ± 0.58	0.3 ± 0.58	0.0 ± 0.00	2

同アルファベットの群間には、多重比較において有意差が認められなかったことを示す。nsはいずれも有意差が認められなかったことを示す。

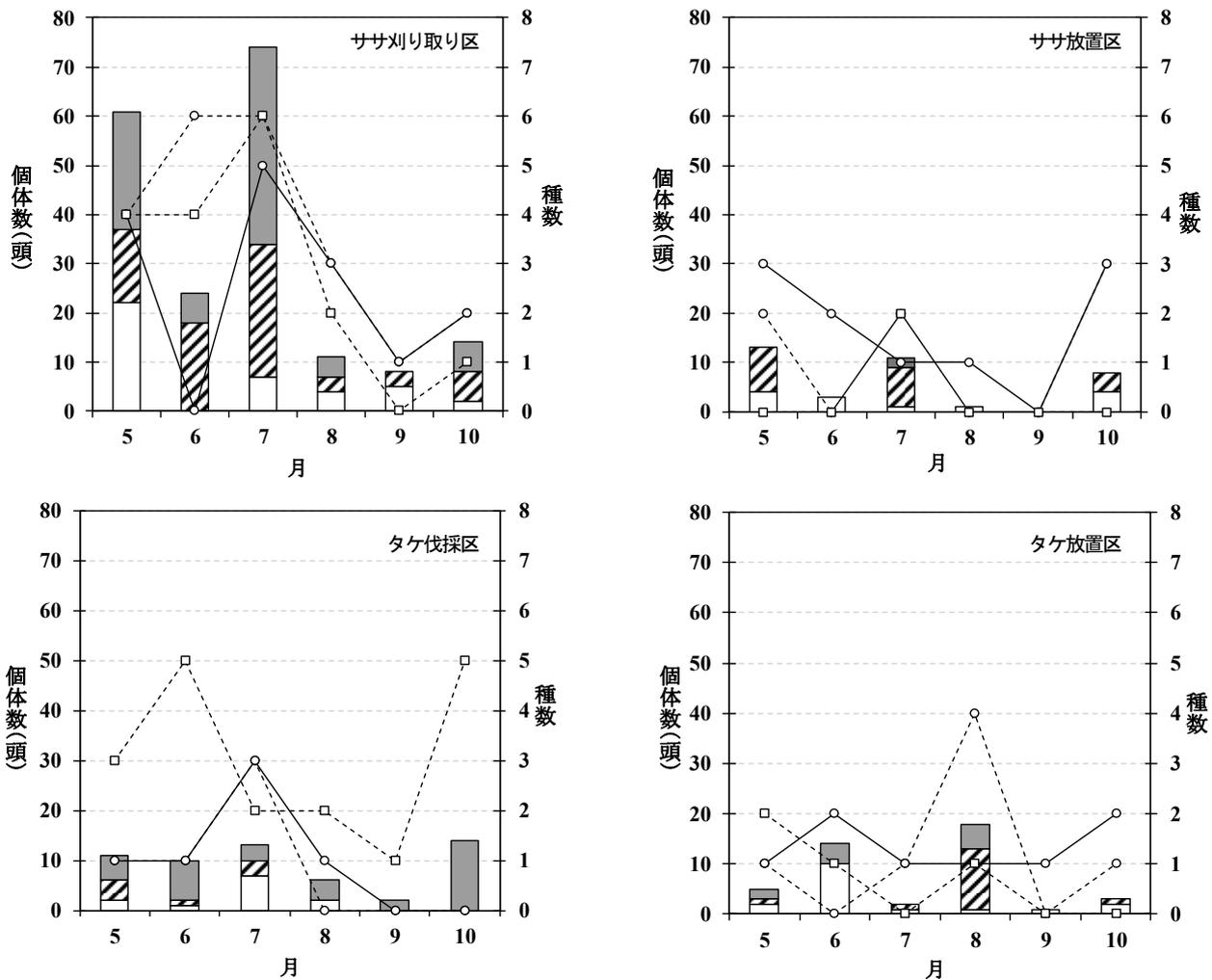
※1: 市街地を除いた広い地域に出現する種 ※2: 自然が比較的良く残った地域には少ない種 ※3 中野 (2012³⁾, 2017¹⁴⁾、鈴木・桜谷 (2010)²¹⁾ の調査結果から判断

取り区では計 16 種 192 頭を採集し、全体の 58.7%を占めた。続いて、タケ伐採区で計 16 種 56 頭、ササ放置区で計 12 種 36 頭、タケ放置区で計 11 種 43 頭採集した。科別にみると、オサムシ科が 10 種 166 頭(50.8%)で最も多く、続いてセンチコガネ科を 1 種 76 頭(23.2%)、コガネムシ科を 5 種 49 頭(15.0%)採集した。種別にみると、センチコガネ(*Phelotrupes laevistriatus*, 76 頭), ヨリ

トモナガゴミムシ(*Pterostichus yoritomus*, 60 頭), アオオサムシ(*Carabus insulicola*, 55 頭), ツヤエンマコガネ(*Onthophagus nitidus*, 33 頭), クロツヤヒラタゴミムシ(*Synuchus cycloderus*, 24 頭)の順に多く採集した。センチコガネはササ刈り取り区で 45 頭、タケ伐採区とタケ放置区でそれぞれ 15 頭ずつ採集したが、ササ放置区では 1 頭のみ採集した。ササ放置区 2018 年②を除いて、全ての調査プロットでヨリトモナガゴミムシを採集した。アオオサムシは、全体の 98.2%をササ刈り取り区で採集した。ササ放置区、タケ放置区でのみ複数個体が採集された種は存在しなかった。個体数は少なかったが、タケ伐採区でのみオオヒラタシデムシ(*Necrophila japonica*, 4 頭), クワマルエンマコガネ(*Onthophagus lenzii*, 2 頭)を採集した。

表一3に主要種(複数個体が捕獲され、且つ2つ以上の調査プロットで捕獲された種)における各調査プロットの平均個体数と多重比較の結果を示す。センチコガネ, アオオサムシ, コブマルエンマコガネ(*Onthophagus atripennis*), クロサビロハネカクシ(*Ocytus lewisius*), マルガタゴミムシ(*Amara chalcites*), コエンマムシ(*Margsrinotus niponiucus*), ビロウドコガネ(*Maladera japonica*)が広域性種に該当した。また、ヨリトモナガゴミムシ, ツヤエンマコガネ, クロツヤエンマコガネ, タカオヒメナガゴミムシ(*Pterostichus takaosanus*), ヒメツヤヒラタゴミムシ(*Synuchus dulcigradus*)が森林性種に該当した。

Tukey-Kramerの多重比較の結果、センチコガネはササ刈り取り区とササ放置区間で有意差が認められた。アオオサムシについて



棒グラフは個体数を示し、□：2017年①、▨：2018年①、■：2018年②を示す。折れ線グラフは種数を示し、実線○：2017年①、破線○：2018年①、破線□：2018年②を示す。

図-3 各調査プロットの地表面性甲虫類の個体数と種数の月別変化

表-4 個体数および種数を応答変数にしたGLM分析の結果

応答変数	説明変数	係数	標準誤差	Z値	P値	AIC
個体数	切片	2.621	0.112	23.500	$P < 0.001$ ***	93.771
	被度	0.469	0.039	11.990	$P < 0.001$ ***	
	切片	2.606	0.124	21.056	$P < 0.001$ ***	
	植生	0.052	0.190	0.277	0.782	
	被度	0.460	0.052	8.760	$P < 0.001$ ***	
	切片	2.620	0.132	19.877	$P < 0.001$ ***	
種数	植生(タケ) × 被度	0.471	0.200	2.351	0.019 *	95.695
	植生(ササ) × 被度	0.470	0.042	11.075	$P < 0.001$ ***	
	切片	1.622	0.193	8.415	$P < 0.001$ ***	
	被度	0.210	0.084	2.511	0.012 *	
	切片	1.720	0.206	8.346	$P < 0.001$ ***	
	植生	-0.397	0.354	-1.121	0.262	
種数	被度	0.284	0.111	2.563	0.010 *	42.084
	切片	1.491	0.235	6.352	$P < 0.001$ ***	
	植生(タケ) × 被度	0.589	0.343	1.716	0.086 .	
	植生(ササ) × 被度	0.233	0.090	2.606	0.009 **	
	切片	1.622	0.193	8.415	$P < 0.001$ ***	
	被度	0.210	0.084	2.511	0.012 *	

***: $P < 0.001$, **: $P < 0.01$, *: $P < 0.05$ 切片は植生(タケ)。ベストモデルとAICの差が2未満のモデルまで示す。

では、ササ刈り取り区はササ放置区、タケ伐採区、タケ放置区間で有意差が認められた。その他の種は有意差が認められなかった。各調査プロットの多様性指数(SID)は、ササ刈り取り区で4.31~

6.17, ササ放置区で3.68~13.0, タケ伐採区で2.80~6.24, タケ放置区で2.84~4.12となった。各調査プロットの多様性指数(H')は、ササ刈り取り区で2.35~2.91, ササ放置区で、1.0~2.87, タケ伐採区で1.55~2.97, タケ放置区で1.68~2.16となった。

図-3に各調査プロットで採集した地表面性甲虫類の個体数と種数の月変化を示す。ササ刈り取り区の個体数は5月に合計で61頭採集された。6月には24頭に減少したが、7月には再び増加し、74頭となり、最も多くなった。8~10月については10頭前後となった。また、種数は、7月にいずれの調査プロットでも最も多くなった。ササ刈り取り区以外の調査区では、個体数、種数の月変化は明確に示されなかった。

表-4に2018年の個体数、種数を応答変数にしたGLM分析を示す。個体数、種数いずれも被度を説明変数にしたものがベストモデルに選択され、正の効果が認められた。

表-5に2018年の各月の個体数、および各月の種数を応答変数にしたGLMM分析の結果を示す。個体数については、調査月と管理の有無を説明変数としたものがベストモデルとして選択された。6, 8, 9, 10月に負の効果、7月および管理の有無(管理有り)に正の効果が認められた。

種数については、調査月と管理の有無がベストモデルとして選択され、9月に負の効果、管理の有無(管理有り)に正の効果が認められた。

表一5 各月の個体数および種数を応答変数にした GLMM 分析の結果

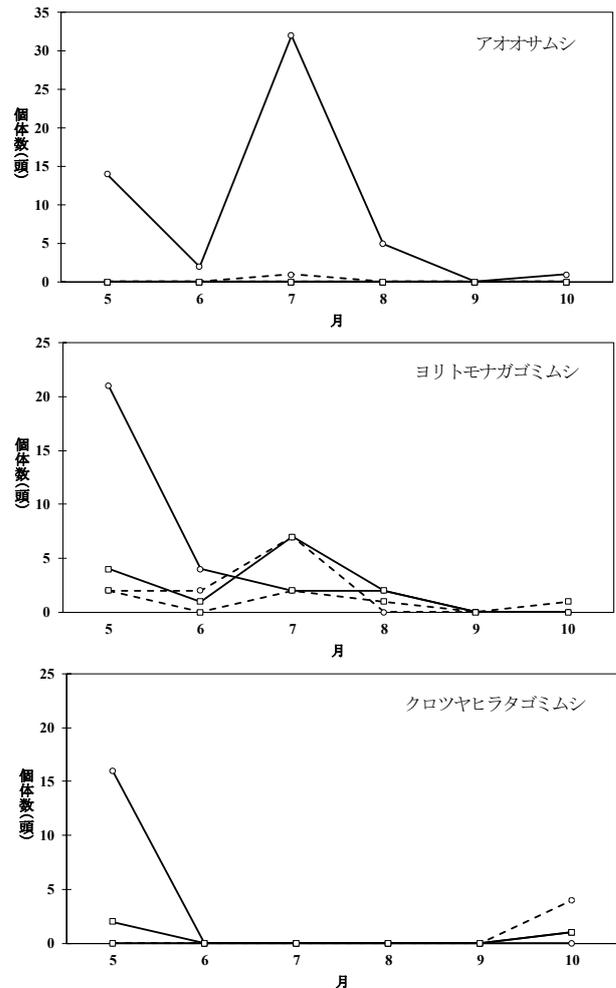
応答変数	説明変数	係数	標準誤差	Z値	P値	AIC
個体数	切片	0.887	0.448	1.981	0.048	*
	6月	-0.483	0.209	-2.313	0.021	*
	7月	0.337	0.169	1.991	0.047	*
	8月	-0.762	0.229	-3.330	$P<0.001$	***
	9月	-2.485	0.466	-5.338	$P<0.001$	***
	10月	-0.660	0.221	-2.985	0.003	**
	管理の有無	1.322	0.594	2.227	0.026	*
	切片	0.6331	0.4785	1.323	0.186	
	6月	-0.483	0.209	-2.313	0.021	*
	7月	0.337	0.169	1.991	0.047	*
	8月	-0.762	0.229	-3.330	$P<0.001$	***
	9月	-2.485	0.466	-5.338	$P<0.001$	***
	10月	-0.660	0.221	-2.985	0.003	**
種数	切片	0.6331	0.4785	1.323	0.186	
	6月	-0.483	0.209	-2.313	0.021	*
	7月	0.337	0.169	1.991	0.047	*
	8月	-0.762	0.229	-3.330	$P<0.001$	***
	9月	-2.485	0.466	-5.338	$P<0.001$	***
	10月	-0.660	0.221	-2.985	0.003	**
	管理の有無	1.289	0.533	2.418	0.016	*
	切片	1.539	0.402	3.825	$P<0.001$	***
	6月	-0.483	0.209	-2.313	0.021	*
	7月	0.337	0.169	1.991	0.047	*
	8月	-0.762	0.229	-3.330	$P<0.001$	***
	9月	-2.485	0.466	-5.338	$P<0.001$	***
	10月	-0.660	0.221	-2.985	0.003	**
切片	-0.009	0.354	-0.025	0.980		
6月	0.000	0.343	0.000	1.000		
7月	0.258	0.323	0.798	0.425		
8月	-0.348	0.377	-0.924	0.356		
9月	-2.140	0.748	-2.863	0.004	**	
10月	-0.348	0.377	-0.924	0.356		
ササ	0.301	0.303	0.994	0.32		
管理の有無	1.114	0.319	3.495	$P<0.001$	***	

***: $P<0.001$, **: $P<0.01$, *: $P<0.05$ 切片は5月, 植生(タケ), 管理無し。
ベストモデルとAICの差が2未満のモデルまで示す。

採集個体数が多かったオサムシ科のアオオサムシ, ヨリトモナゴミムシ, クロツヤヒラタゴミムシの個体数の月変化を図-4に示す。アオオサムシはササ刈り取り区において, 5月(14頭)と7月(32頭)に多く採集された。ヨリトモナゴミムシはササ刈り取り区の5月(21頭)に多く採集された。クロツヤヒラタゴミムシについてもササ刈り取り区の5月(16頭)に多く採集された。9月はいずれの種も採集されなかった。

4. 考察

本研究は, 関東地方の放棄二次林において, アズマネザサの手作業による刈り取り(ササ刈り取り)やモウソウチクの伐採(タケ伐採)を行った時の地表性甲虫類の個体数や種数に及ぼす影響を検証したものである。アズマネザサの刈り取りによって, 地表性甲虫類の個体数, 種数が増加した(表-2,3)。統計的にも, ササ刈り取り区では, 他の調査プロットに比べて草本層の被度が高いほど個体数や種数は多くなること示された(表-4)。特にササ刈り取り区の個体数は全体の半分以上を占め, 他の調査プロットを大きく上回り, 総個体数に影響していた。松本^{6,7)}, 谷脇²³⁾の報告では, 刈り払い機による下草刈りや刈り取りと同時にされる落ち葉掻きによって, 非管理地よりも地表性甲虫類の個体数や種数は少な



実線○: ササ刈り取り区, 破線○: ササ放置区, 実線□: タケ伐採区, 破線□: タケ放置区を示す。

図-4 オサムシ科の採集個体数の月変化

くなる傾向が示されている。但し, 本研究で最も多くの割合を占めたオサムシ科の個体数や多様性は, 落ち葉採取が影響しなかったという¹⁹⁾。本研究では, 地表付近の植生を, 手作業によってある程度安定した状態に維持した。このことが地表性甲虫類の多様性の維持に影響したと考えられる。

また, 地表性甲虫類の個体数および種数はモウソウチクの伐採によっても増加した。これは籾⁵⁾と同様の結果となり, 地表性甲虫類の個体数や種数を増やす上でモウソウチクの伐採が有効であるものと思われる。

多様度指数(SID, H')は, ササ放置区, タケ放置区は, それぞれササ刈り取り区, タケ伐採区と大きな違いはなかった。ササ放置区, タケ放置区の地表性甲虫類の種数が少なさは, 採集された地表性昆虫類の個体数の少なさが影響していると思われる。

オオオサムシ亜属のアオオサムシの 98.2%がササ刈り取り区で採集され, これによって, ササ刈り取り区における個体数が全体の 58.7%を占めた(表-1)。

本研究で採集された地表性甲虫は, 広域性種と森林性種に分類され, 管理された林内において草地性の種がみられることはなかった。中でも広域性種のセンチコガネとアオオサムシについては, 調査プロット間の個体数の差が統計的に示された。これらの種は, 隣接する他の調査プロットで捕獲された個体数が少ないことから, 少なくとも両種については, 隣接する調査プロットへ移動してい

る可能性は低いものと考えられる。

本調査で最も多くみられたセンチコガネは、草地を除けば、非管理地の雑木林でも多く出現していたという^{5,23)}。従って、森林内であれば、管理の有無は大きく影響しないものと思われる。但し、本研究では、ササ刈り取り区とササ放置区は隣接しながらも、ササ放置区で個体数が低かったことから、同一林内であれば、管理された林床を好んでいる可能性が考えられる。

アオオサムシはこれまで、市街地を除いた広い地域に出現する種群として分類され⁴⁾、山地や林地に生息するといわれている¹¹⁾。また、アオオサムシは放置林に比べて管理林で多く採集されている⁸⁾。アオオサムシが属するオオオサムシ亜属は、成虫期には多食性の捕食者であるが、幼虫期はミミズ専食である¹⁵⁾。アオオサムシの幼虫に対する摂食実験を行った結果、ミミズのみを与えたもののみ、成長に正の効果を与えたという²⁾。ササの葉の分解率の低さはミミズの生息場所として不適であり¹⁸⁾、タケやササのリターのある調査プロットにおいて、アオオサムシの生息数の少なさに関わっている可能性がある。今後、リターとの関係を詳細に検証する必要がある。

地表性甲虫類の個体数は、調査月によって大きく変動し、5、7月は他の月に比べて多くなる傾向が示された(表-2)。中でも、5月、7月におけるササ刈り取り区の個体数が多かった(図-3)。これは、ササ刈り取り区で顕著に確認されたアオオサムシの採集個体数が5月と7月に特に多く採集されたことによるものと思われる。アオオサムシは、中学生を対象にした分類作業において、腹部と胸部の色に着眼点をおくことで、60%以上の正答率を示し¹²⁾、識別しやすい。アオオサムシは、従来の自然度が高い地域の指標生物に加えて、落葉広葉樹林の林床環境を示す指標生物として活用できる可能性が高い。

ヨリトモナガゴミムシについては、全ての調査プロットで採集され、優占種として出現していた(表-2, 3)。松本^{7,8)}の報告においても、ヨリトモナガゴミムシは管理林、放置林問わず生育していたことから、森林性の種ではあるが、管理の有無を問わず、生息できるものと思われる。クロツヤヒラタゴミムシについては、調査年や調査プロットの違いによって、採集できていないこともあったことから、ヨリトモナガゴミムシに比べて、出現個体数にそれぞれの年変化や環境の影響を受けやすいと思われる。

谷脇^{ほか}²³⁾は、5月と9月の調査において、毎年冬に下草刈りと落ち葉掻きが継続されてきた林内に比べ、長期間管理放棄された林内の方が科数、種数、個体数は高い値を示したという。一方、9月以降に地表性甲虫類の個体数は減少するという^{11,22)}結果と一致した。またアオオサムシの個体数の季節変化も松本⁸⁾、Shibuya *et. al*¹⁹⁾と概ね一致した。林床管理が地表性甲虫類に及ぼす影響を検証するためには、より長期的に調べることが理想である。

5. 結論

本研究は、関東地方の放棄二次林における手刈りによるアズマネザサの刈り取りやモウソウチク林の管理が地表性甲虫類の個体数に及ぼす影響について検証した。アズマネザサの刈り取りやモウソウチクの伐採によって、地表性甲虫類の個体数や種数が増加した。特に、アズマネザサの刈り取りは個体数を顕著に増加させた。中でも、アオオサムシはアズマネザサを刈り取った林床での出現が顕著であり、放棄二次林における林床管理の状況を示す指標生物として利用できる可能性が示唆された。

謝辞

地表性甲虫類の種の同定について、株式会社地域環境計画ちいのかんの難倉正人氏、東京農業大学の石川忠教授に御指導いただいた。また、本研究は「かわさき多摩丘陵グリーン・コンソーシアム」

に基づく成果であり、調査場所に関して、川崎市建設緑政局緑政部のご協力を得た。厚く御礼を申し上げます。

補注及び引用文献

- 1) 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 (1), 39-48
- 2) 古谷梨紗・笹川幸治(2017) : ミミズ食オオオサムシはミミズ以外の餌も利用するか?—アオオサムシを用いた飼育実験— : 千葉大学教育学部研究紀要 66 (1), 385-389
- 3) 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
- 4) 伊藤正宏・青木淳一(1983) : 土壌動物群集による横浜市都市環境の解析 I. ペイト・トラップに集まる甲虫類 : 横浜国立大学環境科学研究センター紀要 9, 183-196
- 5) 籠洋・横山昌史・藤澤貴弘・野間直彦(2013) : 大川河辺林におけるタケの伐採が地表性甲虫(オオオサムシ科)の種多様性と群集構造に与える影響 : 昆蟲. ニューシリーズ 16 (2), 87-96
- 6) 松本和馬(2005) : 森林総合研究所多摩試験地および東京都立桜ヶ丘公園のゴミムシ類群集と林床植生の管理 : 環動昆 16 (1), 31-38
- 7) 松本和馬(2009) : 東京農工大学 Field Museum 多摩丘陵および東京都立七生公園のゴミムシ類群集と林床植生の管理 : 環動昆 20 (3), 115-125
- 8) 松本和馬(2012) : 東京都八王子市戸吹北緑地保全地域における林床植生の管理とゴミムシ類群集 : 環動昆 23 (1), 9-17
- 9) Nakajima H., Kojima H., Tachikawa K., Suzuki K., Rotherham I. D. (2018) : Ecological and growth characteristics of trees after resumption of management in abandoned substitution forest in Japan. : Landscape and ecological engineering 14 (1), 175-185
- 10) 中島宏昭・鈴木真次郎・亀山慶晃(2016) : アズマネザサの刈り取りが放棄二次林の林床植生に与える影響 : 保全生態学研究 21 (1), 51-60
- 11) 中村雅彦・古寺誠・西川純(2005) : 指標生物としてのオオオサムシ科昆虫とその教材化の検討 I. 指標生物に適した種— : 上越教育大学研究紀要 25 (1), 135-140
- 12) 中村雅彦・古寺誠・西川純(2006) : 指標生物としてのオオオサムシ科昆虫とその教材化の検討 II. 教材としてのオオオサムシ科昆虫 : 上越教育大学研究紀要 25 (2), 381-386
- 13) 中野敬一(2012) : 東京都港区の路上で確認された昆虫について—7年間の観察結果— : 環動昆 23 (4), 199-205
- 14) 中野敬一(2017) : 東京都港区の路上と公開空地 3 か所 で 2012~2016 年に確認された昆虫について : 環動昆 28 (4), 189-195
- 15) 奥崎穰・高見泰興・曾田貞滋(2012) : 同所的オオオサムシ亜属種間の体サイズ差の意味 : 資源分割よりも必要とされる生殖隔離 : 日本生態学会誌 62, 275-285
- 16) Rainio J., Niemelä J. (2003) : Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. : Biodiversity & Conservation 12 (3), 487-506
- 17) R Core Team (2018) : R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>
- 18) 關義和・小金澤正昭(2010) : 栃木県日光地域防衛柵外におけるミミズ類の増加要因—シカによる植生改変の影響— : 日本森林学会誌 92, 241-246
- 19) Shibuya S., Kubota K., Kikvdze Z., Ohsawa M. (2008) : Differential sensitivity of ground beetles, *Eusilpha japonica* and Carabidae, to vegetation disturbance in an abandoned coppice forest in central Japan. : Eurasian Journal of Forest Research 11 (2), 61-72
- 20) 巢瀬司(2001) : 里山の歩行虫類の年次変化 (特集・里山の昆虫) : 昆虫と自然 36 (12) : ニュー・サイエンス社, 2-5
- 21) 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
- 22) 滝澤はるか・倉本宣・遠藤裕洋(2016) : 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 : 自然教育園報告 47, 79-96
- 23) 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

(2019.9.28受付, 2020.3.30受理)