

## 宇都宮大学船生演習林のオサムシ科甲虫群集の多様性

### Diversity of carabid beetle assemblages in Utsunomiya University Forest at Funyu

鷺見 勇貴<sup>1</sup>・逢沢 峰昭<sup>1</sup>・久保田耕平<sup>2</sup>・渋谷 園実<sup>3</sup>・大久保達弘<sup>1</sup>

Yûki WASHIMI<sup>1</sup>, Mineaki AIZAWA<sup>1</sup>, Kôhei KUBOTA<sup>2</sup>,  
Sonomi SHIBUYA<sup>3</sup>, Tatsuhiro OHKUBO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 宇都宮大学農学部森林科学科 〒 321-8505 宇都宮市峰町 350  
Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Utsunomiya University,  
350 Mine-machi, Utsunomiya, Tochigi, 321-8505, Japan

<sup>2</sup> 東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻 〒 113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1  
Department of Forest Science, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo,  
1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8657, Japan

<sup>3</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻 〒 277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5  
Department of Natural Environmental Sciences, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo,  
5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba, 277-8563, Japan

#### 要旨

栃木県北部の宇都宮大学船生演習林において、オサムシ科甲虫群集の多様性の林相による違いを明らかにするため、前年に皆伐されたヒノキ人工林（以下、皆伐地）、ヒノキ人工林、スギ人工林、落葉広葉樹二次林に各 1 プロット、計 4 プロットを設置し 5～11 月の月 1 回、各プロットに 15 個のピットフォールトラップを 3 日間設置してオサムシ科甲虫を捕獲した。また、飛翔性のオサムシ科甲虫の侵入を調べるため、各プロットに 2 個の衝突板トラップを 10 日間設置した。さらに、各プロットの環境要因（草本量、開空度など）を測定した。調査の結果 27 種 566 頭が捕獲され、最優占種はクロオサムシであった。種数や多様度指数は皆伐地で高かった。飛翔性のオサムシ科甲虫の侵入はほとんどみられなかった。主座標分析の結果、皆伐地の種組成はほかの林と顕著に異なっていた。これは皆伐地で森林性のクロオサムシが減少する一方で、草地性のゴモクムシ亜科が増加したためと考えられた。このように、皆伐は群集組成を大きく変化させ、多様性を高めることが示唆された。また、林相によって環境が異なり、それぞれの環境要因によって群集組成が変化することが示唆された。

キーワード：オサムシ科甲虫、針葉樹人工林、皆伐、林相

#### ABSTRACT

We assessed the species diversity and composition of carabid beetle assemblages in Utsunomiya University Forest at Funyu, northern Tochigi Prefecture. We captured carabid beetles once a month between May and November in 2013 using 15 pitfall traps set at 4 plots located in the hinoki cypress plantation, Japanese cedar plantation, secondary deciduous broad-leaved forest, and hinoki plantation clear-cut in the previous year. Additionally, we set two flight interception traps at each plot for 10 days to investigate the invasion by flying carabid beetles. Forest environmental factors such as dominance of herb layer and mean canopy openness were also measured at each plot. The total number of carabid beetles captured was 566 (27 species), of which, *Carabus albrecthi tsukubanus* was most dominant. Invasion by flying carabid beetles occurred rarely. The number of species and diversity indices were high in the clear cutting forest. Principal coordinate analysis results showed that species composition in the clear cutting forest was clearly different from that in the other forest types. High species diversity in the clear cutting forest might have resulted from the increased number of carabid beetles in the grass-type habitat, such as the Harpalina species, and the reduced number of species in the forest-type habitat, such as *Carabus albrecthi tsukubanus*. Furthermore, clear differences in species composition were observed among the different forest types, which corresponded to the differences in the forest environment.

Key words: Carabid beetle, conifer plantation, clear cutting, forest type

## はじめに

オサムシ科甲虫 Carabidae とは、甲虫目 Coleoptera オサムシ亜目 Adephaga に属する昆虫である。一般的にオサムシ科甲虫の多くは飛翔性に乏しい上、個体数や種数が豊富であることから、ピットフォールトラップ法によって定性的・定量的に調査することができる。また環境の変化に敏感に反応することから、生育環境に応じて群集組成に違いがみられることが多く、環境指標生物として多くの研究が行われている<sup>5,8,17)</sup>。

森林において、オサムシ科甲虫の群集組成を変化させる人為的な要因としては、森林の伐採、下刈り、落葉採集および林相の転換などがある<sup>24,26)</sup>。樹木の伐採に関しては、成熟した自然林に特化した種群は皆伐で消失する<sup>16,32)</sup>という報告がある一方で、伐採はオサムシ科甲虫の多様性を高める重要な要素とする報告<sup>7)</sup>もある。しかし、国内では針葉樹人工林において伐採がオサムシ科甲虫群集に与える影響を評価した例はほとんどみられない。

また、針葉樹林と広葉樹林におけるオサムシ科甲虫の多様性については、アカマツ二次林とオオバヤシャブシ二次林およびその他の様々な環境での比較<sup>9)</sup>や、スギ林、コナラ林およびブナ林における出現種の類型化<sup>7)</sup>が行われているものの、針葉樹人工林を中心とした様々な林相間で比較した研究は未だ少ない。

また、オサムシ科甲虫の中には飛翔する種もあり、特にゴモクムシ亜科などはライトトラップでよく捕獲される<sup>11,29)</sup>。さらに、ゴモクムシ亜科は草地環境を好むとされており<sup>4,5,9,15)</sup>、このような種が飛翔によって皆伐後のオープンな環境に侵入する可能性がある。しかし、樹木伐採などの攪乱後のオサムシ科甲虫について侵入方法に着目した研究は行われていない。

よって本研究では、歩行および飛翔するオサムシ科甲虫に着目してオサムシ科甲虫群集の種組成および多様性の、皆伐直後の人工林、ヒノキ・スギ人工林および落葉広葉樹二次林による違いを明らかにすることを目的とした。

## 調査地および方法

## 1. 調査地および調査プロット

## 調査地概要

宇都宮大学農学部附属船生演習林(以下、船生演習林)は、栃木県塩谷郡塩谷町に位置し(N36°46'、E139°49')、高原山(標高 1,795m) 山麓の丘陵地帯にある。塩谷町は太平洋型気候を示し、過去 30 年(1984 ~ 2013 年)の観測値によれば、年平均気温 12.1℃、年平均降水量 1,642mm である<sup>12)</sup>。暖かさの指数は 94.6℃、寒さの指数は -8.9℃である。船生演習林の植生は、スギ、ヒノキ、アカマツなどの針葉樹人工林が 70% (397.13ha) を占めている。一方、20% は自然植生で占められており、コナラ、フモトミズナラを中心とした二次林や、ツツジ型の林床をともなったアカマツ林などでおおわれている<sup>30)</sup>。

## 調査プロット

調査プロットは、船生演習林内の 2012 年 10 月に皆伐された 4 林班う小班 (1.92ha) (元林齢 61 年のヒノキ人工林; 以下、皆伐地)、4 林班た小班 (3.56ha) の林齢 40 年のヒノキ人工林 (以下、ヒノキ林)、4 林班ら小班 (2.85ha) の林齢 52 年のスギ人工林 (以下、スギ林) および 6 林班を小班 (6.11ha) の林齢 46 年の落葉広葉樹二次林 (以下、広葉樹林) の合計 4 プロットである(図-1)。各調査プロットの概要を表-1 および図-2 に示した。

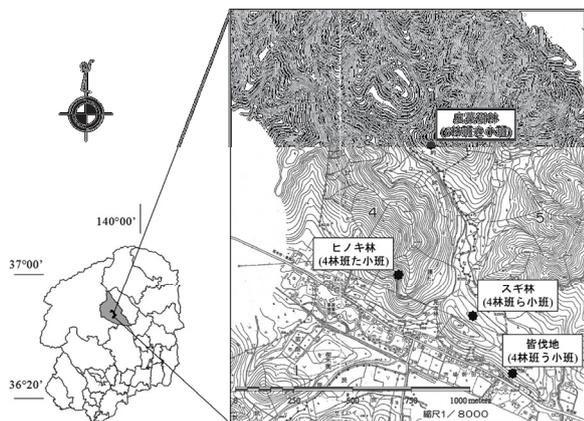


図-1 調査プロット位置

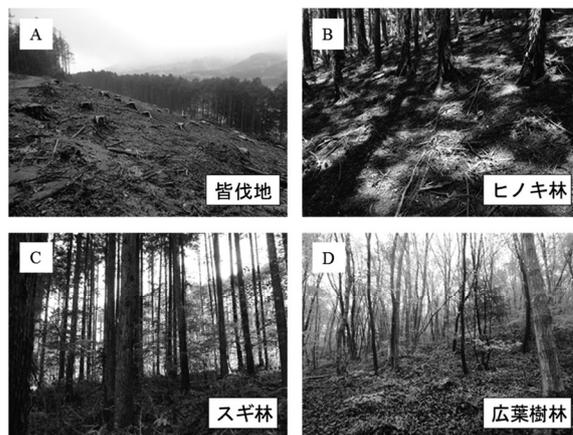


図-2 調査プロット概況 (2013年4月24日 鷲見撮影)

表-1 調査プロット概要

プロット名	subplot	林齢	斜面方位	最大傾斜 (°)	草本被度 (%)	平均群落高 (cm)	草層優占種			中低木層優占種	高木層優占種
皆伐地 4林班う小班	1	0	S41°W	21°	60	58.0	ヒルガオ	アカメガシワ	イヌワラビ	—	—
	2	0	S8°W	21°	40	56.0	アカメガシワ	シソ	アメリカセンダングサ	—	—
	3	0	S30°W	17°	40	50.2	アカメガシワ	コシアブラ	タケニグサ	—	—
ヒノキ林 4林班た小班	1	40	N80°W	22°	20	31.4	コアジサイ	ヤマツツジ	コバギボウシ	—	ヒノキ
	2	40	N84°W	29°	10	14.4	ガマズミ	フモトスミレ	ミツバアケビ	—	ヒノキ
	3	40	S82°W	34°	20	14.2	ヤブムラサキ	タチドコロ	カヤ	スギ	ヒノキ
スギ林 4林班ら小班	1	52	S89°E	11°	60	45.0	ツルニガクサ	ミツバアケビ	ツタウルシ	クサギ・サンショウ	スギ
	2	52	S60°E	10°	60	47.0	クロモジ	リョウブ	ツタウルシ	サンショウ	スギ
	3	52	N44°E	9°	80	32.0	コアジサイ	ハエドクソウ	リョウブ	コアジサイ	スギ
広葉樹林 6林班を小班	1	46	S84°W	20°	60	68.8	コアジサイ	ヤマツツジ	コシアブラ	—	コナラ・アカシデ
	2	46	S35°W	24°	20	25.0	ヤマツツジ	アズマネザサ	ヤマザクラ	—	アカシデ
	3	46	S52°W	25°	20	19.0	ヤマツツジ	アズマネザサ	チヂミザサ	—	アカシデ

## 2. 調査方法

### 地表徘徊性オサムシ科甲虫

オサムシ科甲虫の捕獲にはピットフォールトラップ法を用いた。トラップは環境省自然環境局生物多様性センター(2010)を参考に、各プロットにサブプロットを15~20m間隔で3地点選定し、その中心点に1個、およびその中心点から四方向に2m離れた地点に4個、合計5個のトラップを設置した。すなわち、各プロットに15個のトラップを設置した。捕獲容器にはプラスチックカップ(口径9cm、高さ14cm)を使用し、誘引用餌・保存液などは用いなかった。調査は2013年の5月~11月の各月1回行った。設置期間は3日間とし、毎回、設置と撤収を行った。3日後に落下したオサムシ科甲虫すべてを回収して研究室に持ち帰り、酢酸エチルを用いて殺虫後、同定を行った。

### 飛翔性オサムシ科甲虫

飛翔性オサムシ科甲虫の捕獲には自作の衝突板トラップを用いた。衝突板トラップは、市販のポリプロピレン製のゴミ箱(口径17cm、高さ23cm)、塩化ビニル製の透明なアクリル板(幅22.5cm、高さ30cm)2枚を十字に交差させたものおよびポリプロピレン製の鉢受け皿(口径21cm、高さ5.5cm)を組み合わせ、紐で固定して使用した(図-3)。衝突板トラップは各プロットのサブプロット間に1個ずつ(各プロットに2個ずつ)、合計8個設置した。トラップの中に中性洗剤を添加した水を入れ、地上から1mの高さに設置した。調査は2013年の5~11月の各月1回行った。設置期間は10日間とし、毎回、設置と撤収を行った。撤収時にトラップ内の昆虫をすべて回収して研究室に持ち帰り、オサムシ科甲虫のみを選別し、同定を行った。



図-3 各プロットにおける衝突板トラップの設置状況  
(2013年4月24日 磯辺撮影)

## 3. 環境要因調査

2013年8月に環境要因調査を行った。植生調査として、サブプロットの中心点から四方向に設置されたトラップを四隅とした方形区内の植物の平均群落高(m)と被度(%)を測定し、これらの積を100で割った値を下層植生体積量(m<sup>3</sup>)とした。光環境に

ついては、各サブプロットにおいてデジタルカメラ(COOLPIX995, Nikon)と魚眼レンズ(FC-E8, Nikon)を用いて地上高30cmで全天空写真を撮影し、全天空写真解析ソフトCanopOn 2.03<sup>28)</sup>を用いて平均開空度(%)を算出した。A<sub>0</sub>(リター)層厚については各プロットのトラップを設置した15点付近のA<sub>0</sub>層厚をメジャーで測定した。また、同15地点付近において、A<sub>0</sub>層を除去し、長さ60mmのプローブ(ThetaProbe ML2x, Delta-T device Ltd.)を装着した土壌水分計(HH2 Moisture Meter, Delta-T device Ltd.)を用いてA層表面から深さ6cmの土壌水分率(体積含水率;%)を測定した。

## 4. データ解析

### オサムシ科甲虫の種多様性

オサムシ科甲虫群集の多様性は、個体数、種数および、プロットごとに全トラップ、全調査日でプールし、次式によって求めたShannonの多様度指数 $H^{25)}$ とSimpsonの多様度指数<sup>27)</sup>で評価した。

$$\text{Shannonの多様度指数 } H' = -\sum_{i=1}^n (p_i \ln p_i)$$

$$\text{Simpsonの多様度指数} = 1 - \sum_{i=1}^n p_i^2$$

ここで $p_i$ は全種合計個体数に対する種 $i$ の個体数の割合である。

また、個体数順位に対し、個体数の常用対数をプロットする個体数-順位曲線を描いて、その傾きを比較することでプロット間の種多様性のパターンを比較した。個体数-順位曲線では、多くの種の個体数が均衡している場合、すなわち種多様度が高い場合に傾きが緩やかになり、個体数が均衡していない場合は傾きが急になる<sup>9)</sup>。

### オサムシ科甲虫の多様性および環境要因の差異

各プロットにおけるオサムシ科甲虫の総個体数、総種数、Shannonの多様度指数 $H'$ 、Simpsonの多様度指数、開空度、下層植生の体積、A<sub>0</sub>層厚および土壌水分率の8つの指標について、プロット間で違いがあるかどうかをブートストラップ法によるリサンプリングを1,000回繰り返したときの平均値および95%信頼区間で評価した。この際、籠ほか<sup>3,9)</sup>に従い、比較する当該林相間の信頼区間が重ならない場合に有意な違いがあると判断した。計算には、フリーソフトウェアのR ver.3.0.2<sup>21)</sup>を用いた。

### オサムシ科甲虫の出現種の差異

捕獲したオサムシ科甲虫の種ごとの個体数について、プロット間の違いを、籠ほか<sup>9)</sup>に基づき、10個体以上捕獲されたオサムシ科甲虫優占上位6種について、一般化線形モデル(Generalized liner model; GLM)と赤池情報量基準(Akaike's Information Criterion; AIC)によるモデル選択を用いて評価した。この際、4つのプロットの15通りの組み合わせ(A/BCD、AB/CD、AB/C/D、... ABCD; 斜線をはさんで異なる組み合わせであることを示す)を説明変数(文字列)、オサムシ科甲虫の個体数を応答変数とした。応答変数の従う確率分布は負の

二項分布およびポアソン分布の 2 通りとし、AIC のより低いモデルを選択した。また、リンク関数は log とした。GLM の解析には R ver.3.0.2 の glm 関数および MASS パッケージ<sup>31)</sup>中の glm.nb 関数を用いた。

### オサムシ科甲虫の群集組成の差異

プロット間のオサムシ科甲虫群集の種組成の差異を評価するため、捕獲されたオサムシ科甲虫の個体数を基に各プロット間の Bray-Curtis の非類似度を計算し、主座標分析 (Principal Coordinate Analysis: PCO) を行った。また、各種の環境に対する反応を評価するため、種間の非類似度を基にした主座標分析も行った。解析には R ver.3.0.2 の vegan パッケージ<sup>20)</sup>中の vegdist 関数および labdsv パッケージ<sup>23)</sup>中の PCO 関数を用いた。

## 結果

### 1. オサムシ科甲虫の多様性

ピットフォールトラップ法により捕獲されたオサムシ科甲虫の総種数は 27 種、総個体数は 566 頭 (同定の不可能であった破損個体や幼虫を除く)であった (表-2)。各プロットにおける捕獲種数、捕獲個体数は皆伐地で 18 種 62 頭、ヒノキ林で 8 種 92 頭、スギ林で 9 種 263 頭、広葉樹林で 16 種 149 頭であった。全プロットにおける優占上位 6 種は、優占順にクロオサムシ *Carabus albrectii tsukubanus* が 403 頭、クロツヤヒ

ラタゴミムシ *Synuchus cycloderus* が 35 頭、ヨリトモナゴミムシ *Pterostichus yoritomus* が 24 頭、コクロツヤヒラタゴミムシ *S. melantho* が 16 頭、ヒメゴミムシ *Anisodactylus tricuspoidatus* が 15 頭、アオオサムシ *C. insulicola* が 14 頭であった。また、優占上位 6 種に対する GLM 解析の結果、出現個体数がプロット間で異なる種がみられた (表-2)。クロオサムシはスギ林で多く、皆伐地で少なかった。また、クロツヤヒラタゴミムシは皆伐地とスギ林で多く、ヒノキ林ではみられなかった。ヨリトモナゴミムシはヒノキ林と広葉樹林で多く、皆伐地ではみられなかった。コクロツヤヒラタゴミムシは広葉樹林でのみ多かった。ヒメゴミムシはスギ林で多く、ヒノキ林と広葉樹林ではみられなかった。アオオサムシはスギ林と広葉樹林で多く、皆伐地とヒノキ林で少なかった。

オサムシ科甲虫の月別の捕獲個体数を図-4 に示した。全プロットの合計個体数は 5 月と 7 月で多く、その後緩やかに減少していった。ヒノキ林、スギ林では全プロットの合計個体数と同様に推移していたが、皆伐地と広葉樹林では 9 月に個体数がやや増加していた。また、オサムシ科甲虫の月別の捕獲種数を図-5 に示した。皆伐地では 8 月から急激に増加を始め、9 月にピークを迎えた後、急激に減少した。またヒノキ林、スギ林では 7 月にピークを迎えた後緩やかに減少

表-2 各プロットにおけるオサムシ科甲虫の総捕獲個体数

種名	学名	略号	皆伐地	ヒノキ林	スギ林	広葉樹林	総計
クロオサムシ	<i>Carabus albrectii tsukubanus</i> Takami&Ishikawa	Ca	12 <sup>a</sup>	76 <sup>b</sup>	223 <sup>c</sup>	92 <sup>b</sup>	403
クロツヤヒラタゴミムシ	<i>Synuchus cycloderus</i> (Bates)	Sc	13 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	15 <sup>a</sup>	7 <sup>c</sup>	35
ヨリトモナゴミムシ	<i>Pterostichus yoritomus</i> Bates	Py	0 <sup>a</sup>	8 <sup>b</sup>	4 <sup>c</sup>	12 <sup>b</sup>	24
コクロツヤヒラタゴミムシ	<i>Synuchus melantho</i> (Bates)	Sm	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	12 <sup>b</sup>	16
ヒメゴミムシ	<i>Anisodactylus tricuspoidatus</i> Morawitz	At	3 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	12 <sup>c</sup>	0 <sup>b</sup>	15
アオオサムシ	<i>Carabus insulicola</i> Chaudoir	Ci	2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	4 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>	14
コガシラナゴミムシ	<i>Pterostichus microcephalus</i> (Motschulsky)	Pm	2	1	1	3	7
アトボシアオゴミムシ	<i>Chlaenius naeviger</i> Morawitz	Cn	4	2	0	1	7
ヒメケゴモクムシ	<i>Harpalus jureceki</i> (Jedlicka)	Hj	6	0	0	0	6
キタクロナガオサムシ	<i>Leptocarabus arboreus parexilis</i> (Nakane)	La	2	0	1	1	4
アカガネオオゴミムシ	<i>Trigonognatha cuprecens</i> Motschulsky	Tc	0	0	0	4	4
タカオヒメナゴミムシ	<i>Pterostichus takaosanus</i> Bates	Pt	0	1	0	3	4
ニッコウヒメナゴミムシ	<i>Pterostichus polygenus</i> Bates	Pp	0	0	0	3	3
オオクロツヤヒラタゴミムシ	<i>Synuchus nitidus</i> (Motschulsky)	Sn	2	0	0	1	3
ケウスゴモクムシ	<i>Harpalus griseus</i> (Panzer)	Hg	3	0	0	0	3
アキタクロナガオサムシ	<i>Apotomopterus porrecticollis</i> (Bates)	Ap	0	0	2	0	2
クロナガオサムシ	<i>Leptocarabus procerulus</i> (Chaudoir)	Lp	2	0	0	0	2
ゴミムシ	<i>Anisodactylus signatus</i> (Panzer)	As	2	0	0	0	2
ニセケゴモクムシ	<i>Harpalus pseudophonoides</i> Schaubberger	Hp	1	0	0	1	2
コゴモクムシ	<i>Harpalus tridens</i> Morawitz	Ht	2	0	0	0	2
キボシアオゴミムシ	<i>Chlaenius posticalis</i> Motschulsky	Cp	2	0	0	0	2
ホソヒラタゴミムシ	<i>Pristosia aeneola</i> (Bates)	Pa	0	0	0	1	1
セアカヒラタゴミムシ	<i>Dolichus halensis</i> (Schaller)	Dh	1	0	0	0	1
ヒメツヤヒラタゴミムシ	<i>Synuchus dulcigradus</i> (Bates)	Sd	0	0	0	1	1
マルガタツヤヒラタゴミムシ	<i>Synuchus arcuaticollis</i> (Motschulsky)	Sa	0	0	0	1	1
スジアオゴミムシ	<i>Macrochlaenites costiger</i> (Chaudoir)	Mc	0	1	0	0	1
オオアトボシアオゴミムシ	<i>Chlaenius micans</i> (Fabricius)	Cm	1	0	0	0	1
総種数			18	8	9	16	27
総個体数			62	92	263	149	566
Shannonの多様度指数H'			2.54	0.73	0.68	1.54	1.37
Simpsonの多様度指数			0.89	0.31	0.28	0.60	0.48

ピットフォールトラップの結果のみを表す。優占上位 6 種における数値左肩のアルファベットは GLM の結果を示す。各種においてプロット間のアルファベットが異なる場合、プロット間の個体数に違いがあることを示す。

する傾向がみられた。全プロットの合計種数、広葉樹林では7月と9月の2回低いピークがみられた。

個体数-順位曲線を図-6に示した。皆伐地では種数が多く、それぞれの個体数が比較的均衡していたため、傾きは最も緩やかであった。一方で、1種が優占したヒノキ林やスギ林では傾きが急であった。

## 2. オサムシ科甲虫の多様性および環境要因

ブートストラップ法による1,000回のリサンプリング

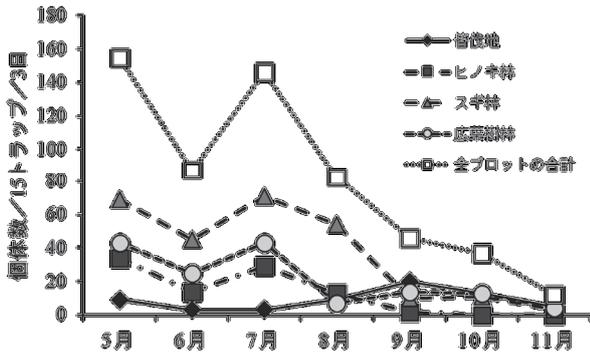


図-4 各プロットにおける月別のオサムシ科甲虫の捕獲個体数解析にはピットフォールトラップの結果のみを用いた

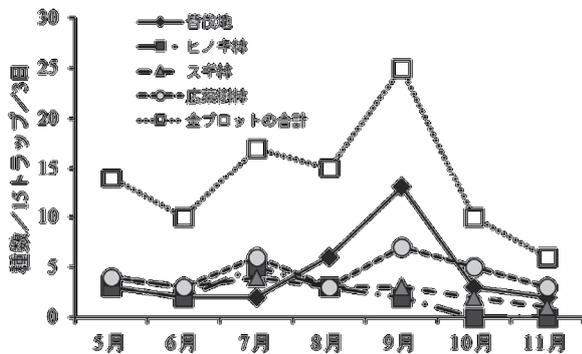


図-5 各プロットにおける月別のオサムシ科甲虫の捕獲種数解析にはピットフォールトラップの結果のみを用いた

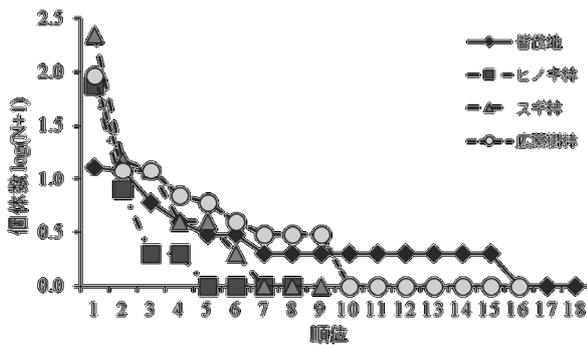


図-6 各プロットにおけるオサムシ科甲虫の個体数-順位曲線解析にはピットフォールトラップの結果のみを用いた

グの結果を図-7に示した。総種数および Shannon の多様度指数に関して、皆伐地とヒノキ林およびスギ林間では信頼区間が重ならず有意な差がみられたが、皆伐地と広葉樹林間では信頼区間が重なり有意な差はみられなかった。しかし、総個体数および Simpson の多様度指数ではトラップ間での個体数のばらつきが大きく、全てのプロットで有意な差はみられなかった。下層植生の体積は広葉樹林でデータのばらつきが大きく他のプロットと信頼区間が重なっていたが、ヒノキ林では皆伐地およびスギ林より下層植生が有意に少なかった。また、開空度では皆伐地が、 $A_0$ 層厚では広葉樹林が、土壌水分率ではスギ林がそれぞれ他の3つのプロットと重ならず、有意な差を示した。

## 3. プロット間のオサムシ科甲虫の群集組成の違い

主座標分析の結果、第1軸の寄与率は67.80%、第2軸は27.14%であり、群集組成の成分の多くを1軸によって説明可能であった。また、プロット間をみるとヒノキ林と広葉樹林間の距離が最も近く、皆伐地は1軸の正の方向に、スギ林は2軸の負の方向にそれぞれ大きく離れていた(図-8A)。続いて種間の

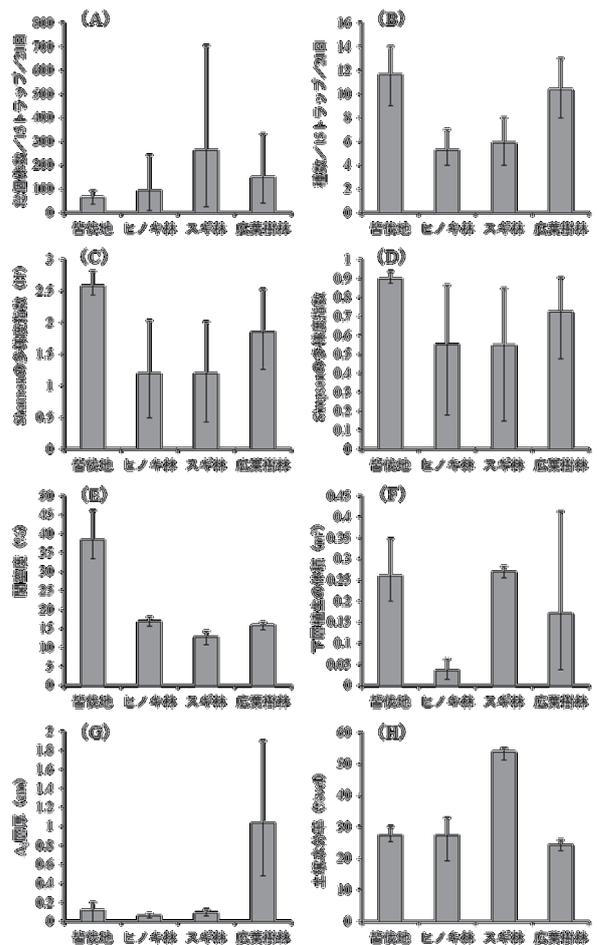


図-7 ブートストラップ法を用いて指定した各プロットにおけるオサムシ科甲虫の総個体数、種数、多様度指数および環境要因の平均値および95%信頼区間(バー)  
(A) 総個体数、(B) 総種数、(C) Shannon の多様度指数、(D) Simpson の多様度指数、(E) 開空度、(F) 下層植生の体積、(G)  $A_0$ 層厚、(H) 土壌水分率  
解析にはピットフォールトラップの結果のみを用いた。

関係を見ると、軸の寄与率は第 1 軸で 39.69%、第 2 軸で 22.41% であった。各種についてみると、ヒメケゴモクムシ *Harpalus jureceki* (Hj) やケウスゴモクムシ *H. griseus* (Hg) など皆伐地で優占した種群、アカガネオオゴミムシ *Trigonognatha cuprecens* (Tc) やタカオヒメナガゴミムシ *P. takaosanus* (Pt) など広葉樹林で優占した種群およびクロオサムシ (Ca) やクロツヤヒラタゴミムシ (Sc) などヒノキ林・スギ林で優占した種群の 3 つのグループに分けられた (図-8B)。

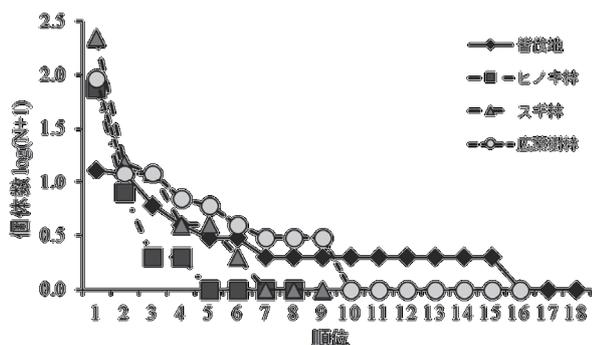


図-8 各プロット (A) および各種 (B) の種組成データに基づいた主座標分析の結果  
解析にはピットフォールトラップの結果のみを用いた。各軸の括弧内の数値は各軸における寄与率を表す。(B) における種の略号は表-2に示した。

#### 4. 飛翔性オサムシ科甲虫

衝突板トラップにより捕獲されたオサムシ科甲虫の総種数は 4 種、総個体数は 4 頭であった。ヒノキ林で *Platynus sp.* が 1 頭、スギ林でオオイクビツヤゴモクムシ *Trichotichnus nipponicus*、ヒメケゴモクムシが各 1 頭、広葉樹林でフタホシアトキリゴミムシ *Lebia bifenestrata* が 1 頭捕獲された。皆伐地では 1 頭も捕獲できなかった。

#### 考察

##### 1. 皆伐がオサムシ科甲虫群集の多様性および群集組成に与える影響

本研究において、皆伐にともなう環境の変化によってオサムシ科甲虫群集の組成に大きな変化が生じていた (図-8A)。皆伐地で捕獲された個体数は 4 プロット中で最も少なかったが、種数が最も多く、多様度も最も高かった (表-2、図-6、図-7A、B、C、D)。ヒメケゴモクムシ (Hj)、ケウスゴモクムシ (Hg)、コゴモクムシ *H. tridens* (Ht)、ゴミムシ *A. signatus* (As)、クロナガオサムシ *Leptocarabus procerulus* (Lp)、セアカヒラタゴミムシ *Dolichus halensis* (Dh)、キボシアオゴミムシ *Chlaenius posticalis* (Cp)、オオアトボシアオゴミムシ *C. micans* (Cm) の 8 種は皆伐地でのみ捕獲され、これらの種が皆伐地の群集組成を特徴づけた (図-8B)。また、これらの種の半数の 4 種がゴモクムシ亜科であった。ゴモクムシ亜科は小型の昆虫類を捕食するほか、イネ科の種子を食べる雑食性で耕地などの草地環境を好むとされる<sup>4,5,9,16</sup>。さらに、アオゴミムシ亜科も草地性種<sup>19</sup>が多く<sup>17</sup>、中でもオオアトボシアオゴミムシは強い攪乱にさらされた遷移初期草地

に一時的に出現する種とされる<sup>9,22</sup>。このように、皆伐地でのみ捕獲された種の多くは草地性種であった。皆伐地である 4 林班う小班は道路に面しており、その道路を挟んだ向かい側には水田や畑のようなオープンな環境が存在していたため (図-1)、このような草地性種にとって侵入が比較的容易であった可能性が考えられる。

皆伐地は開空度が高く (図-7E)、その光環境の良さから下層植生が繁茂していた。甲虫の多様性は林床植物の種数より、その構造の影響を受ける<sup>1,26</sup>とされる。また、林床植物は捕食者からのシェルターとなるばかりか、エサ資源としての植食性昆虫を提供する場となっている<sup>26</sup>。このため皆伐地では、下層植生の増加に伴って草地性種が侵入したと考えられる。皆伐地で最も優占したクロツヤヒラタゴミムシは、下層植生の多いプロットでより多く出現する傾向を示した (表-2、図-7F)。クロツヤヒラタゴミムシは、樹木伐採直後の植生攪乱初期に多く、下刈り管理下では出現数は少ない<sup>26</sup>ことから、本種は皆伐後の下層植生の多いオープンな環境を選好・侵入したものと考えられる。

一方、本研究において最も優占した森林性種と考えられるクロオサムシ<sup>17</sup>は、皆伐地では他のプロットと比較して個体数は著しく少なかった。森林性種が減少する原因としては、間伐などによるギャップの乾燥化が挙げられているが<sup>9,13</sup>、土壌水分率において皆伐地とヒノキ林との間に有意な差はみられなかったため (図-7H)、乾燥によって森林性種が減少したとは考えにくい。しかし、本研究では調査した環境要因の中から森林性種が減少した原因を特定することはできなかった。

これまでの研究によって、間伐や火災などで森林にギャップが形成されると、その場所にオープンな環境を選好する移動能力のある種がすみやかに侵入するが、森林性種もある程度残存するため、種数が上昇する<sup>9,13,14,18</sup>ことが知られている。本研究の皆伐地においても、森林性種が減少または消失したものの、草地性種などが侵入したことによってオサムシ科甲虫の種数、多様性が高まったと考えられる。

##### 2. 林相ごとの環境要因とオサムシ科甲虫群集の関係

ヒノキ林とスギ林の群集組成は、クロオサムシが 8 割以上を占める点は共通するものの、異なっていた (図-8A)。この原因として、土壌水分率や下層植生の量の違いが考えられる (図-7F、H)。スギ林ではクロオサムシの個体数が 200 を超え (表-2)、他のプロットと比較して顕著に多かった。これはクロオサムシがスギ林のような土壌水分率の高い森林を選好するためと考えられる。また、スギ林では、クロツヤヒラタゴミムシが優占していたが、この種は既に述べたように、下層植生の多い環境を選好するため、皆伐地とともに、スギ林でも多く出現したと考えられる。

ヒノキ林と広葉樹林の群集組成は類似しており (図-8A)、これは、クロオサムシの個体数が同程度で、ヨリトモナガゴミムシが比較的多く出現したためと考えられる (表-2)。ヨリトモナガゴミムシは樹木を

伐採せず下刈り管理を行っている場所で優占する<sup>26)</sup>とされる。ヒノキ林では下層植生の発達が悪く(図-7F)、また、広葉樹林のサブプロット2および3の下層植生が少なかった(表-1)ことから、ヨリトモナガゴミムシはこれらの森林下で比較的多くみられたと考えられる。

広葉樹林ではヨリトモナガゴミムシと並んでコクログツヤヒラタゴミムシが優占していた。コクログツヤヒラタゴミムシはA<sub>0</sub>層の厚い広葉樹林で多く出現した(表-2、図-7G)。コクログツヤヒラタゴミムシは佐藤ほか<sup>24)</sup>においても、落葉採集無しのプロットで多く捕獲されたことから、A<sub>0</sub>層の発達した森林を選好する可能性が考えられる。

### 3. 飛翔性のオサムシ科甲虫

衝突板トラップによって捕獲された *Platynus* 属、ゴモクムシ亜科およびアトキリゴミムシ亜科は飛翔能力を有すると考えられる。本研究では、ヒメケゴモクムシは、スギ林の衝突板トラップおよび皆伐地のピットフォールトラップでいずれも8月の調査で捕獲された。スギ林は皆伐地から最も近いため、ヒメケゴモクムシが草地的環境を探して飛翔する中でスギ林に侵入した可能性も考えられる。しかし、本研究では皆伐地の衝突板トラップでは捕獲されなかったため、これらのオサムシ科甲虫が飛翔によって皆伐地へ侵入する機会は稀と考えられる。

### 結論

宇都宮大学船生演習林では、林相によってオサムシ科甲虫のハビタットの環境が異なり、それによって群集組成が変化することが示唆された。とりわけ針葉樹人工林の皆伐はオサムシ科甲虫群集の種組成を大きく変化させ、歩行性の草地性種の侵入によって多様性が高まると考えられた。

### 謝辞

本研究を行うにあたり、宇都宮大学附属演習林の教職員の方々より調査に際して温かいご対応をいただいた。日本森林技術協会の佐藤里沙氏より調査方法や同定作業を指導いただいた。2名の査読者の方より大変有益なコメントをいただいた。森林生態学・育林学研究室の皆様には現地調査の際にお手伝いいただいた。以上の方々には心よりお礼申し上げます。

### 引用文献

- 1) Brose, U. : Bottom-up control of carabid beetle communities in early successional wetlands: mediated by vegetation structure or plant diversity? *Oecologia*, 135, p407-413 (2003)
- 2) Butterfield, J., Luff, M.L., Baines, M. & Eyre, M.D. : Carabid beetle communities as indicators of conservation potential in upland forests, *For Ecol Manag*, 79, p63-77 (1995)
- 3) Crawly, M.J. : "Statistics :An introduction using R", John Wiley & Sons, London (2005)

- 4) 井上 寿 : 北海道産ゴミムシ Harpalini の草食性, *新昆虫*, p5-42 (1952)
- 5) 石谷正宇 : 環境指標としてのゴミムシ類 (甲虫目: オサムシ科、ホソクビゴミムシ科) に関する生態学的研究, *比和科学博物館研究報告*, 34, p1-110 (1996)
- 6) 石谷正宇 : 地表性甲虫の生物学ことはじめ, *昆虫と自然*, 43, p2-5 (2008)
- 7) 平松新一 : 白山麓の樹林における地表性ゴミムシ類の分布, *石川県白山自然保護センター研究報告*, 30, p17-24 (2003)
- 8) 香川理威・伊藤 昇・前藤 薫 : 小スケールのモザイク植生で構成される農地景観における歩行虫類の種構成, *昆虫*, 11, p75-84 (2008)
- 9) 籠 洋・横川昌史・藤澤貴弘・野間直彦 : 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*, 16, p87-96 (2013)
- 10) 環境省自然環境局生物多様性センター : 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, 環境省重要生態系監視地域モニタリング推進事業 (2010)
- 11) Yahiro, K. & Yano, K. : Ground beetle (Coleoptera, Carabidae) caught by a light trap during ten years, *Esakia*, 37, p57-69 (1997)
- 12) 気象庁 (URL <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)
- 13) Koivula, M. : Alternative harvesting methods and boreal carabid beetles (Coleoptera, Carabidae), *For Ecol Manag*, 167, p103-121 (2002)
- 14) Koivula, M. & Spence, J.R. : Effects of post-fire salvage logging on boreal mixed-wood ground beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae), *For Ecol Manag*, 236, p102-112 (2006)
- 15) Lund, R.D. & Turpin, F.T. : Carabid damage to weed seeds found in Indiana cornfields, *Environmental Entomology*, 6, p695-698 (1977)
- 16) 前藤 薫 : 生物指標としての森林昆虫, *全国森林病虫獣害防除協会, 森林をまもる*, p391-397(2002)
- 17) 松本和馬 : 里山林の管理とゴミムシ群集の多様性, *昆虫と自然*, 43, p20-26 (2008)
- 18) Niemelä, J., Langor, D. & Spence, J.R. : Effect of clear-cut harvesting on boreal ground-beetle assemblages (Coleoptera:Carabidae) in western Canada, *Conservation Biology*, 7, p551-561 (1993)
- 19) Niemelä, J., Kotze, D.J., Venn, S., Penev, L., Stoyanov, I., Spence, J., Hartley, D. & de Oca, E.M. : Carabid beetle assemblages (Coleoptera,Carabidae) across urban-rural gradients : an international comparison, *Landscape Ecology*, 17, p387-401 (2002)
- 20) Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H. & Wagner, H. : *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-10. (URL <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>) (2011)
- 21) R Core Team : *R: A language and environment for*

- statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (URL <http://www.R-project.org/>) (2012)
- 22) 李 哲敏・石井 実：南大阪の都市緑地における地表性甲虫類の種多様性, 日本環境動物昆虫学会誌, 20, p47-58 (2009)
- 23) Roberts, D.W. : Ordination and multivariate analysis for ecology. R package version 1.6-1. (URL <http://CRAN.R-project.org/package=labdsv>) (2013)
- 24) 佐藤里沙・逢沢峰昭・久保田耕平・渋谷園実・大久保達弘：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, 日森林誌, 96, p141-145 (2014)
- 25) Shannon, C.E. : A mathematical theory of communication, Bell System Technical Journal, 27, p379-423 (1948)
- 26) 渋谷園実：地表徘徊性甲虫の群集構造に与える二次林の植生管理の影響, 東京大学大学院新領域創成科学科自然科学専攻博士論文 (2008)
- 27) Simpson, E.H. : Measurement of diversity, Nature, 163, p688 (1949)
- 28) 竹中明夫：<http://takenaka-akio.org/etc/canopon2/index.html> (2009)
- 29) 豊島真吾・石島 力・佐藤安志：誘蛾灯を利用した茶園のゴミムシ類の種多様性評価とその有効性, 茶業研究報告, 113, p27-34 (2012)
- 30) 薄井 宏：人工造林地の植物社会学的研究 —1. 宇都宮大学船生演習林の植生図示と造林学的意義一, 宇大演報, 4, p25-58 (1966)
- 31) Venables, W.N. & Ripley, B.D. : Modern applied statistics with S (Fourth Edition), Springer, New York (2002)
- 32) 由井正敏：北上高地のイヌワシ *Aquila chrysaetos* と林業, 日本鳥学会誌, 56, p1-8 (2007)