

皆伐萌芽更新による薪炭林施業がもたらすオサムシ科甲虫 (Coleoptera : Carabidae) の種多様性

近藤慶一¹⁾・松本和馬^{2)*}・日野輝明¹⁾

1) 名城大学農学部生物環境科学科環境動物学研究室 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口一丁目501

2) 森林総合研究所東北支所 〒020-0123 岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷92-25

(受領 2012年6月4日 ; 受理 2012年9月1日)

Species diversity of ground beetles (Coleoptera : Carabidae) produced by coppicing management of a fuelwood forest. Keiichi KONDO¹⁾, Kazuma MATSUMOTO²⁾ and Teruaki HINO¹⁾. ¹⁾ Laboratory of Environmental Zoology, Faculty of Agriculture, Meijo University, Shiogamaguchi 1-501, Tempaku Ward, Nagoya, Aichi Prefecture 468-8502, Japan. ²⁾ Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, 92-25 Nabeyashiki, Shimokuriyagawa, Morioka, Iwate Prefecture 020-0123, Japan.

Abstract

The biodiversity of coppice forests that used to be managed with short rotation periods is believed to be very high, but has seldom been studied. We compared the species diversity of ground beetles (Carabidae) in a coppice forest of deciduous oaks managed by clear-cutting at 10-year intervals, an unmanaged old-growth oak forest (former coppice forest abandoned for over 30 years) and an old-growth pine forest (abandoned for over 40 years) in Inagawa, Hyogo Prefecture, Japan, from 2007–2010. In total, 1427 individuals of 26 species were collected by pitfall trapping at six plots in each of the three forest types. Abundance (individuals per plot), species richness (number of sampled species per plot and rarefaction curves), and species diversity (Simpson index) of ground beetles were higher in the managed coppice forest than in the abandoned coppice and pine forests. Analysis using a generalized linear model indicated that abundance and species richness were both affected by forest type and year. Ordination by detrended correspondence analysis indicated that the composition of species was different between the managed coppice forest and the other two habitats, but there was no clear difference between the abandoned coppice forest and abandoned pine forests. In the managed coppice forest, beetle abundance and species richness were high in younger forests, became highest at around 3 years after cutting, and then decreased as the forest aged. This trend reflected increases and decreases of the species found mostly in the managed coppice forest but that were seldom found in the abandoned forests. Most of the species that were abundant only in the managed coppice forest are supposedly edge-preferring species (or edge specialists). The species commonly found in all forest types did not show any forest-age related trends in abundance and species richness in the managed coppice forest, and are supposed to be either habitat generalists or forest generalists. No specialist species unique to the old-growth forest was found.

Key words : biodiversity, coppice forest, ground beetles, pitfall trap, forest management

皆伐萌芽更新によって維持管理されたかつての薪炭林の生物多様性は高かったと信じられているが、皆伐萌芽更新を伴う短伐期施業のもとで生物多様性を調査した研究例は少なく、オサムシ科甲虫を対象とした例はこれまでない。兵庫県猪名川町において輪伐期10年の皆伐萌芽更新による施業が行われている薪炭林と管理が30年以上停止している放置薪炭林および40年生以上の放置アカマツ林で、2007年から2010年まで3タイプの森林に6地点ずつ調査地点を設置し、(放置薪炭林では2007年のみ3地点)ピットフォールトラップにより採集されたオサムシ科甲虫の個体数、種数、種多様度を比較した。調査地全体で26種1427個体のオサムシ科甲虫が採集された。調査地点あたり採集種数、および

*Corresponding author : kazuma@fpri.affrc.go.jp

rarefaction 曲線による解析結果は毎年管理薪炭林の種数が放置薪炭林と放置アカマツ林を上回ることを示したが、放置薪炭林と放置アカマツ林の違いは不明瞭であった。Simpson の多様度指数は毎年管理薪炭林が最高値で、次いで放置アカマツ林、放置薪炭林の順であった。個体数および種数を応答変数とした一般化線形モデルによる解析では、森林タイプと年次はともに個体数と種数に対して有意な効果を持つことが認められた。除歪対応分析による調査地点の座標付けでは、放置薪炭林と放置アカマツ林の調査地点の位置づけられた範囲は大きく重なり両タイプの森林の違いは不明瞭であったが、管理薪炭林の調査地点はやや離れて位置づけられることが多く、群集構造の違いが示唆された。森林タイプ間で出現種の構成を比較すると、ヤコンオサムシとアトボシアオゴミムシは管理薪炭林でのみ多数が採集され、オオイクビツヤゴモクムシ、コガシラナガゴミムシ、オオクロナガオサムシ、ホソキバナガゴミムシ、アトワアオゴミムシ、トゲアトキリゴミムシは少数（4 個体以下）であるが管理薪炭林のみで採集された。アキタクロナガオサムシ、マイマイカブリ、ヒメゴミムシ、クビボソゴミムシ、フタホシスジバネゴミムシは大部分が管理薪炭林で採集され、他の森林タイプではごく少なかった。放置薪炭林のみで採集された種はなく、放置アカマツ林のみで採集された種はオオホソクビゴミムシ 1 種 1 個体のみであった。マルガタツヤヒラタゴミムシは放置薪炭林と放置アカマツ林で合計 6 個体が採集されたが、管理薪炭林では全く得られなかった。マヤサンオサムシ、クロナガオサムシ、アカガネオオゴミムシ、ニッコウヒメナガゴミムシ、オオクロツヤヒラタゴミムシ、クロツヤヒラタゴミムシ、ヒメツヤヒラタゴミムシ、クビナガゴモクムシ、スジアオゴミムシは 3 タイプの森林全てで比較的多く採集された。管理薪炭林のオサムシ科甲虫の個体数および種数は林齢を説明変数とした多項式回帰により 3 次曲線に当てはめた場合ともに有意で、3 年生前後で高い値を示し、5 年生以降は緩やかに減少した。この林齢に伴う変化は主に「管理薪炭林に特徴的な種」のみに 3 次の多項式回帰を当てはめた場合にも再現され、一方全ての森林タイプに共通して多い種は薪炭林の林齢に対して個体数、種数とも有意な変化を示さなかった。管理薪炭林に特徴的な種は好林縁種あるいは林縁性スペシャリストに相当し、3 タイプの森林に共通して多い種は生息場所ジェネラリストか森林性ジェネラリストではないかと考えられた。高齢林のスペシャリストと見なせる種は発見されなかった。

緒 言

人の手があまり入っていない奥山に対して、農村の周囲にある薪炭林や水田、畑のように人の手が頻繁に入った二次的な自然は里山といわれており、その中でも主に皆伐萌芽更新による短伐期施業で維持されて来た薪炭林は里山林とも呼ばれている。1960 年代から 1970 年代の高度経済成長期以降、薪炭の需要低下のためにこのような管理のある林（管理林）が減少し、放置された林（放置林）が増大した結果、里山林に特有の生物相の消失と生物多様性の低下が危惧されている（広井，2001；石井，2005；年中，2004）。

里山林の管理が生物多様性に及ぼす影響についての研究は、大きく分けて皆伐を伴うかどうかで 2 つのタイプに分けられる。皆伐を伴わない里山林の管理が植物の種多様性に及ぼす影響を調査した研究では、低木層の刈り払いや落ち葉掻きなどの林床の植生管理が林床に生育する草本類の多様性を高めることが報告されている（山崎ら，2000；加藤ら，2003；山瀬ら，2005；島田ら，2008）。しかし、地表徘徊性甲虫に対しては、谷脇ら（2005）と松本（2005, 2008a, 2009）が下層植生の刈取り等の植生管理が行われた森林では地表徘徊性甲虫の種多様性が低下することを報告している。一方、皆伐による管理が種多様性に与える影響については、林床植物では定期的に伐採を行う管理林で下層植物の種数が多いこと（伊東ら，2010；Ito *et al.*, 2012）、チョウ類では皆伐後の若い林齢の林で草原性種や若い林を好む種を中心に

種数が多いことなどが報告されている（Inoue, 2003；西中ら，2009）。マレーストラップにより昆虫相を調査した前藤ら（1999）や双翅目昆虫群集の調査を行なった末吉ら（2003）は、昆虫の食性によって種多様性に皆伐の影響を受ける種と受けられない種が存在することを報告している。一方 Yoshimura（2009）によるアリ類の調査では皆伐が行われた林齢の若い林と放置され高齢となった林では種類相が異なるが、多様性レベルでははっきりした差がないという。これらの先行研究から、里山林管理の生物多様性に対する影響は分類群によって一様ではなく、すべての生物の種多様性を高めるわけではないと考えられる。

オサムシ科甲虫は食性が多様で、ミミズ、鱗翅目の幼虫、カタツムリ、小型節足動物等に特化した捕食者や広食性の捕食者、種子食者、雑食者などを含み（土生・貞永，1961, 1963, 1965, 1969；石谷，1996；曾田 2000；Toft and Bilde, 2002）、環境の変化に敏感に反応すること、ピットフォールトラップによる定量的な調査が可能であること、他の昆虫と比較して分類が進んでいることなどから環境指標性の高い昆虫分類群あると考えられている（石谷，1996；堀 2006）。

皆伐を伴う森林施業がオサムシ科甲虫群集に与える影響に関する研究として、Heliöla *et al.*（2001）は北欧のトウヒの多い森林において、伐採が行なわれている森林ではオサムシ科甲虫の種数が多いことを報告し、Niemelä *et al.*（1993）は北米におけるマツとトウヒの多い森林でオサムシ科甲虫群集の調査を行ない、その種数は伐採後 1～2 年の森林で高く、伐採後約 27 年の比

較的年数が経過した森林で低いことを示している。薪炭林として利用されている里山林は、短伐期の管理施業によって若い林齢の林が維持されるのでオサムシ科甲虫の種数が多いことが期待される。また、林齢の若い林は林相や林内植生の変化が大きいので、様々な遷移段階の林床を伴う樹高の異なる林がモザイク状に混在し、異なる生息環境を要求する種の共存を可能にするため、オサムシ科甲虫類の種多様性を高く維持するとも予想される(松本, 2008b, 2010)。しかし、里山林の管理施業がオサムシ科甲虫群集に与える影響に関しては、上記の谷脇ら(2005)、松本(2005, 2008a, 2009, 2010)による高齢林の林床植生の管理に関する研究があるものの、皆伐萌芽更新を伴う短伐期施業のもとで調査を行い、皆伐直後や初期の遷移段階における群集構造を明らかにした研究例はこれまでない。

兵庫県猪名川町の里山林は、クヌギを炭材とする池田炭の産地として知られており、約500年前から薪炭の供給を目的とした皆伐萌芽更新による短伐期施業が行われている。そのため、林齢の異なる林分が存在するほか、管理が停止している放置林も存在している。本研究では、この里山林を調査地に選定して、次の3点を明らかにすることを目的に行った：(1)皆伐による管理が行われている薪炭林と管理が停止している放置林との間でオサムシ科甲虫の群集組成の違いを明らかにする；(2)皆伐による里山林の管理とその後の林齢の経過に伴う林相の変

化がオサムシ科甲虫の種多様性に与える影響を明らかにする；(3)オサムシ科甲虫各種の生息地の選好性を明らかにする。

材料および方法

1. 調査地

調査は2007年から2010年の4月～12月に兵庫県猪名川町(34°55'5.15"N, 135°21'52.37"E)の里山で行なった。標高は、およそ200～300mである。本調査地では、現在でも皆伐による管理施業が行なわれている森林(管理薪炭林)のほか、現在では管理が停止し放置されている薪炭林(放置薪炭林)および放置されているアカマツ(*Pinus densiflora* Sieb. Et Zucc.)林(放置アカマツ林)が存在する。本研究では、管理薪炭林(MC)、放置薪炭林(AC)、放置アカマツ林(AP)に6地点ずつ50m以上の間隔を空けて調査地点を設置した(Fig. 1)。調査地点の地形、植生の概略は以下の通りである(林齢は慣例に従い更新後1年間を1年生とする数え年で表す)：

(1) 管理薪炭林

管理薪炭林は輪伐期10年で皆伐が行なわれている(管理者の今西 勝氏, 私信)。異なる3つの斜面に2007年時点で1年生、3年生、7年生の3つの林分にそれぞれ2箇所ずつの調査地点を設置した(MP1～6; Fig. 1)。

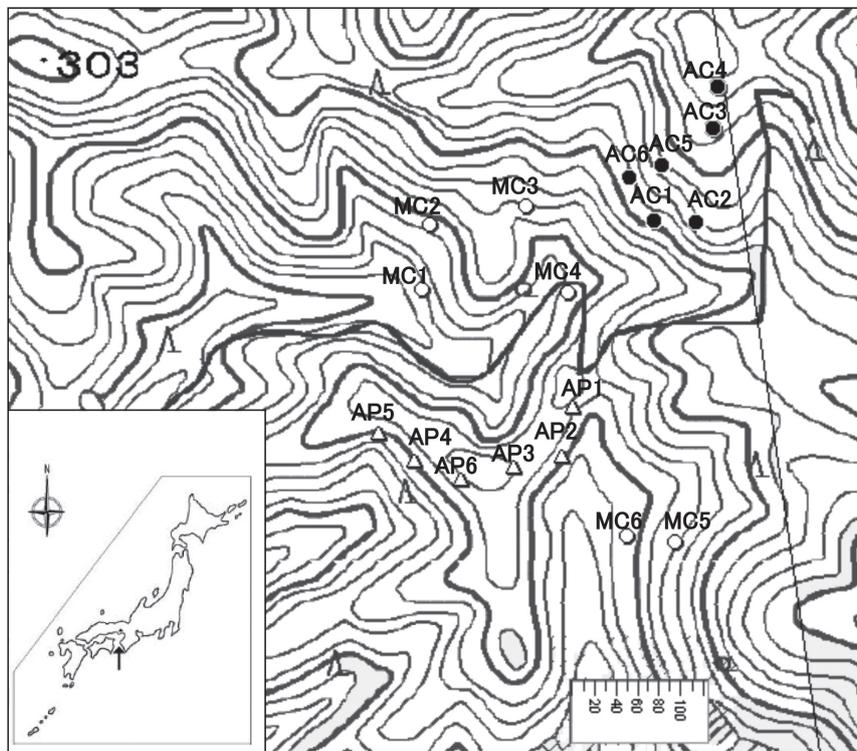


Fig. 1 Sketch map of the study area, showing sampling plots in the managed coppice (MC1-6), abandoned coppice (AC1-6), and abandoned pine (AP1-6) forests.

したがって、2007年から2010年までの調査期間中に、これらの3つの林分は1~4年生、3~6年生、7~10年生に相当することになる。設置年の10月に行った各調査地点の植生調査（伊東ら、2010）では、樹木の胸高断面積合計の平均値は、1年生で0.34 m³/ha、3年生で3.7 m³/ha、7年生で12.0 m³/haであった。構成樹種は胸高断面積合計比で、炭材となるクヌギ (*Quercus acutissima* Carruthes) が72%と最も大きな割合を占め、次いでコナラ (*Quercus serrata* Thumb et Murray) が22%を占めた。1年生林分にはクヌギとコナラ以外の樹木はヤブムラサキのみが出現したが（最大高約3 m）、3年生林分にはヌルデ、ヤマウルシ、タラノキ等が出現して全体で17種の樹木が確認された（最大高約5 m）。しかし、7年生林分では2005年に低木の除伐が行われており（今西氏、私信）、クヌギとコナラ（最大高約11 m）以外に低木2種（ヤブムラサキとムラサキシキブ）が出現しているだけであった。林床植生は、1年生、3年生、7年生の林分で、それぞれ103種、116種、88種の維管束植物が確認された。

(2) 放置薪炭林

放置薪炭林の調査林分は、現地に見られた伐根から少なくとも30年前から伐採が行われていないと推測される（伊東ら、2010）。2007年に3箇所の調査地点（AC1-3）を設置し、2008年にさらに3箇所の調査地点（AC4-6）を追加設置した（Fig. 1）。伊東ら（2010）の調査では樹木は全体で17種が確認され（最大高約21 m）、胸高断面積合計の平均値は、34.9 (± 8.0, n=4) m³/haであった。構成樹種は胸高断面積合計比で、コナラが51%と最も大きな割合を占めており、次いでクヌギが16%を占めた。林床植生は、全体で63種の維管束植物が確認された。

(3) 放置アカマツ林

放置アカマツ林の調査林分は、少なくとも1974年には成林していたことが確認されている（伊東ら、2010）。2007年に6箇所の調査地点を設置した（AP1-6; Fig. 1）。伊東ら（2010）の調査では樹木は全体で18種が確認され（最大樹高約15 m）、胸高断面積合計の平均値は、36.0 (± 6.0, n=6) m³/haであった。構成樹種は胸高断面積合計比で、リョウブ (*Clethra barbinervis* Sieb. et Zucc.) が38%と最も大きな割合を占めており、次いでソヨゴ (*Ilex pedunculosa* Miq.) が17%を占めていた。アカマツはマツ枯損病の影響で全体の16%を占めるに過ぎなかった。林床植生は、全体で68種の維管束植物が確認された。

2. 採集法

オサムシ科甲虫の採集には、ピットフォールトラップを使用した。350 mlの飲料用缶（口径56 mm × 高さ120 mm）の口を缶切りでくり抜き、底に径1 mm程度の水抜き穴を開けたものを、口を地表面と一致させるよ

うに埋めてトラップとした。植物の残骸や雨水が入るのを防ぐため、120 mm四方のプラスチックの板を割り箸で通したものを傘とした。缶の中に薬品及びベイト等は入れなかった。トラップは各調査地点に1 m間隔で2 × 5個（計10個）配置し、各月の中旬に設置して2日後に回収した。採集されたオサムシ科甲虫を乾燥標本にし、種までの同定を行った。標本は名城大学研究実験棟の標本室に保管されている。幼虫やオサムシ科以外の昆虫が採集された場合は今回の解析から除外した。

3. 解析法

森林タイプ（管理薪炭林、放置薪炭林、放置アカマツ林）ごとに採集されたオサムシ科甲虫の個体数、種数、種多様度を比較した。種多様度にはSimpsonの多様度指数（逆数型）を用いた。次に個体数と種数の決定に森林タイプの違いが寄与しているか否かを検討するため、一般化線形モデル（GLM）による解析を行なった。ただし、個体数と種数は森林タイプの違いによる差のほか、年次変動もあり得ると考えられたので、森林タイプと年次（2007年、2008年、2009年、2010年）を説明変数（ともに名義変数）に指定し、個体数又は種数を応答変数に指定して、解析を行った。応答変数の分布はポアソン分布に従うと仮定した。さらに、3つの森林タイプの調査地点が6箇所ずつである2008年、2009年、2010年に限って同様のGLMの解析を行い、森林タイプと年次の交互作用の検出も試みた。

また、年次ごとに管理薪炭林、放置薪炭林、アカマツ放置林で採集されたオサムシ科甲虫それぞれ6地点分（2007年は3地点）ずつをプールし、サンプルサイズを10個体ずつ増加させた個体数ベースのrarefaction曲線を描き、種数を森林タイプ間で比較した。

各地点で採集されたオサムシ科甲虫の種構成の比較、およびオサムシ科甲虫各種の生息地選好性の解析を年次別に除歪対応分析（DCA）を適用して行なった。DCAによって得られた調査地点の座標付けでは、採集されたオサムシ科甲虫の種構成が似ているほど座標上の近い位置に位置付けられ、オサムシ科甲虫の各種の座標付けの結果は、各地点に特徴的な種ほどその地点の近くに位置付けられる。なお、種の座標付けでは、1個体のみ採集された種は省いた。

管理薪炭林の林齢に伴うオサムシ科甲虫の種数と個体数の変化パターンを把握するため、林齢に対する各地点の年間採集総個体数と年間採集総種数をプロットし、1次（直線）、2次および3次の多項式曲線への回帰による当てはめを行い、有意であり、決定係数が最大の結果を近似曲線として採用した。

Rarefactionの計算には、Rarefaction Calculator (Brzustowski)を使用した。DCAの解析にはPC-ORD ver. 5 (McCune, B. and M.J. Mefford, 2002)を使用した。その他の解析にはJMP ver. 7 (SAS Institute Japan)を使用した。

結 果

1. 採集結果

調査地全体で4年間に26種1427個体のオサムシ科甲虫が採集された。最も多くの個体数が採集されたのはオオクロツヤヒラタゴミムシで398個体、2番目に多く採集された種はクロツヤヒラタゴミムシで296個体、3番目に多く採集された種はマヤサンオサムシで115個体であった (Table 1)。

森林タイプごとに4年間で採集された種数と個体数は、管理薪炭林で24種654個体、放置薪炭林で15種438個体、放置アカマツ林で15種355個体であった (Table 1)。調査地点あたり平均個体数は、2007年は放置薪炭林で最も多く、次いで管理薪炭林、放置アカマツ林の順であったが、他の3年は管理薪炭林 > 放置薪炭林 > 放置アカマツ林の順であった。調査地点あたり平均種数は毎年管理薪炭林が放置薪炭林と放置アカマツ林を上回った。放置薪炭林と放置アカマツ林の比較では2007年は放置薪炭林がアカマツ林を上回ったが、2008年以降は放置アカマツ林が放置薪炭林を上回った。Simpsonの多様度指数は毎年管理薪炭林 > 放置アカマツ林 > 放置薪炭林の順であった (Table 2)。

個体数を応答変数としたGLMによる解析の結果、森林タイプ (df=2, $\chi^2=112.513$, $p<0.0001$) と年次 (df=3,

$\chi^2=38.429$, $p<0.0001$) はともに個体数に対して有意な効果を持つことが認められた。種数を応答変数としたGLMによる解析でも、森林タイプ (df=2, $\chi^2=42.897$, $p<0.0001$) と年次 (df=3, $\chi^2=9.765$, $p=0.021$) はともに種数に対して有意な効果を持つことが認められた。2007年を除いた3年分のデータによるGLMでも個体数に対する森林タイプ (df=2, $\chi^2=66.886$, $p<0.0001$) と年次 (df=2, $\chi^2=27.745$, $p<0.0001$) の効果は有意であり、種数に対する森林タイプ (df=2, $\chi^2=32.616$, $p<0.0001$) と年次 (df=2, $\chi^2=7.242$, $p=0.268$) の効果も有意であったが、森林タイプと年次の交互作用は個体数に対しても (df=4, $\chi^2=5.477$, $p=0.242$) 種数に対しても (df=4, $\chi^2=1.3223$, $p=0.858$) 認められなかった。

各森林タイプのrarefaction曲線を年次別に比較すると、全ての年で管理薪炭林の種数が他を明瞭に上回り、放置薪炭林に対しては、2007年は10個体、他の年には20個体以上のサンプルサイズで95%信頼区間が重ならず、放置アカマツ林に対しては2007年と2010年は30個体、2008年は20個体、2009年は40個体以上のサンプルサイズで95%信頼区間が重ならなかった。放置薪炭林と放置アカマツ林の比較では2009年は後者の種数が前者の種数を明らかに上回ったが、他の年は違いが不明瞭で、とくに2008年は両タイプの森林間でほとんど差がなかった (Fig. 2)。

Table 1 Total number of individuals of each carabid species collected in the managed coppice wood, abandoned coppice wood and abandoned pine wood, respectively, during 2007 – 2010. Abbreviation of the species name (given only for the species represented by more than one individual) corresponds to those in Fig.4.

Species	Abbreviation	Managed coppice	Abandoned coppice	Abandoned pine	Total
ヤコンオサムシ <i>Carabus yaconinus</i> Bates	CARYAC	101	0	0	101
マヤサンオサムシ <i>Carabus maiyasanus</i> Bates	CARMAI	29	11	75	115
アキタクロナガオサムシ <i>Carabus porrecticollis</i> (Bates)	CARPOR	8	1	1	10
クロナガオサムシ <i>Carabus procerulus</i> Chaudoir	CARPRO	15	4	8	27
オオクロナガオサムシ <i>Carabus kumagaii</i> Komiya et Kimura		1	0	0	1
マイマイカブリ <i>Carabus blaptoides</i> Kollar	CARBLA	15	0	2	17
アカガネオオゴミムシ <i>Myas cuprescens</i> Motschulsky	MYACUP	17	8	5	30
オオゴミムシ <i>Lesticus magnus</i> (Motschulsky)	LESMAG	6	1	11	18
ホンキバナガゴミムシ <i>Stomis japonicus</i> Straneo		1	0	0	1
ヨリトモナガゴミムシ <i>Pterostichus yoritomus</i> Bates	PTEYOR	8	1	0	9
コガシラナガゴミムシ <i>Pterostichus microcephalus</i> (Motschulsky)	PTEMIC	2	0	0	2
ニッコウヒメナガゴミムシ <i>Pterostichus polygenus</i> Bates	PTEPOL	26	27	22	75
オオクロツヤヒラタゴミムシ <i>Synuchus nitidus</i> (Motschulsky)	SYNNIT	188	152	58	398
クロツヤヒラタゴミムシ <i>Synuchus cycloderus</i> (Bates)	SYNCYC	56	150	90	296
ヒメツヤヒラタゴミムシ <i>Synuchus dulcigradus</i> (Bates)	SYNDUL	34	46	17	97
マルガタツヤヒラタゴミムシ <i>Synuchus arcuaticollis</i> (Motschulsky)	SYNARC	0	4	2	6
ヒメゴミムシ <i>Anisodactylus tricuspoidatus</i> Morawitz	ANITRI	27	1	0	28
クビナガゴモクムシ <i>Oxycentrus argutoroides</i> (Bates)	OXYARG	12	8	2	22
オオイクビツヤゴモクムシ <i>Trichotichnus nipponicus</i> Habu	TRINIP	4	0	0	4
スジアオゴミムシ <i>Haplochlaenius costiger</i> (Chaudoir)	HAPCOS	29	20	40	89
アトワアオゴミムシ <i>Chlaenius virgulifer</i> Chaudoir		1	0	0	1
アトボシアオゴミムシ <i>Chlaenius naviger</i> Morawitz	CHLNAV	52	0	0	52
トゲアトキリゴミムシ <i>Aepheids adeloides</i> (MacLeay)		1	0	0	1
クビボソゴミムシ <i>Galerita orientalis</i> (Bates)	GALORI	7	0	1	8
フタホシスジバネゴミムシ <i>Planetes pucticeps</i> Andrewes	PLAPUN	14	4	0	18
オオホソクビゴミムシ <i>Brachinus scotomedes</i> Redtenbacher		0	0	1	1
Total		654	438	335	1427

2. 種構成の比較

森林タイプ間で出現種の構成を比較すると、ヤコンオサムシとアトボシアオゴミムシは管理薪炭林でのみ多くの個体数が採集され、オオイクビツヤゴモクムシは4個体、コガシラナガゴミムシは2個体、オオクロナガオサムシ、ホソキバナガゴミムシ、アトワアオゴミムシ、トゲアトキリゴミムシはそれぞれ1個体のみであるが管理薪炭林のみで採集された。これに対し、放置薪炭林のみで採集された種はなく、放置アカマツ林のみで採集された種はオオホソクビゴミムシ1種1個体のみであった。マルガタツヤヒラタゴミムシは放置薪炭林と放置アカマツ林で合計6個体が採集されたが、管理薪炭林では全く得られなかった。マヤサンオサムシ、アキタクロナガオサムシ、クロナガオサムシ、アカガネオオゴミムシ、ニッコウヒメナガゴミムシ、オオクロツヤヒラタゴミムシ、クロツヤヒラタゴミムシ、ヒメツヤヒラタゴミムシ、クビナガゴモクムシ、スジアオゴミムシは3タイプの森林全てで採集された (Table 1)。

ただし、アキタクロナガオサムシは管理薪炭林で8個体 (80.0%) が採集され、放置薪炭林と放置アカマツ林で採集されたのは各1個体のみである。同様に採集個体数が管理薪炭林に顕著に偏って多かった種として、マイマイカブリは管理薪炭林で15個体 (88.2%) に対し放置アカマツ林で2個体、ヒメゴミムシは管理薪炭林で27個体 (96.4%) に対して放置薪炭林で1個体、クビボソゴミムシは管理薪炭林で7個体 (87.5%) に対し放置アカマツ林で1個体、フタホシスジバネゴミムシは管理薪炭林で14個体 (77.8%) に対し放置アカマツ林で1個体が得られている (Table 1)。これらは上述の管理薪炭林

のみで採集された種とともに、調査地では管理薪炭林に集中的に分布する種であり、以下の解析では「管理薪炭林に特徴的な種」として区別して扱う。

DCAによる座標付けは年次ごとに行ったので、軸の持つ意味や尺度は年次により一定しない。実際、調査地点の座標付けの結果は年次ごとに異なったが、毎年管理薪炭林は第1軸に沿って右寄りに、放置薪炭林と放置アカマツ林は左寄りに位置付けられるというおおよその傾向が見られた。第2軸に沿っては放置薪炭林と放置アカマツ林の散点範囲は管理薪炭林に比べて大きく散らばり、また相互に重なった (Fig 3)。以上の結果から判断すれば、管理薪炭林は放置薪炭林および放置アカマツ林とは生息するオサムシ科甲虫の種組成が比較的明瞭に異なること、放置薪炭林と放置アカマツ林ではオサムシ科甲虫の種組成が調査地点ごとに多様であるものの、両森林タイプ間には明瞭な違いがないことが示唆される。

DCAによるオサムシ科甲虫各種の座標付けの結果、管理薪炭林で多く採集されたヤコンオサムシ、マイマイカブリ、ヒメゴミムシ、オオイクビツヤゴモクムシ、アキタクロナガオサムシ、アトボシアオゴミムシ、クビボソゴミムシ、フタホシスジバネゴミムシの8種は第1軸に沿って右寄りに位置付けられることが多く、管理薪炭林以外でも多数が採集されたマヤサンオサムシ、クロナガオサムシ、アカガネオオゴミムシ、ニッコウヒメナガゴミムシ、オオクロツヤヒラタゴミムシ、クロツヤヒラタゴミムシ、ヒメツヤヒラタゴミムシ、クビナガゴモクムシ、スジアオゴミムシの9種は左寄りに位置付けられた (Fig. 4)。

Table 2 Number of individuals per plot \pm SD, number of species per plot \pm SD, total number of species, and Simpson index of diversity for carabid beetles collected in managed coppice wood, abandoned coppice wood and abandoned pine wood in each year.

Managed coppice				
	2007	2008	2009	2010
Number of individuals per plot	29.0 \pm 25.01	41.3 \pm 15.49	27.2 \pm 13.76	26.5 \pm 9.61
Number of species per plot	8.8 \pm 3.49	10.7 \pm 2.25	8.3 \pm 4.23	6.2 \pm 2.32
Total number of species	20	19	20	16
Index of diversity	6.669	6.437	6.161	8.721
Abandoned coppice				
	2007	2008	2009	2010
Number of individuals per plot	32.3 \pm 42.16	25.5 \pm 32.61	22.8 \pm 36.28	17 \pm 8.8
Number of species per plot	5.7 \pm 1.15	4.5 \pm 2.88	3.3 \pm 2.66	3.5 \pm 1.22
Total number of species	9	12	10	9
Index of diversity	2.019	2.654	3.063	6.100
Abandoned pine				
	2007	2008	2009	2010
Number of individuals per plot	11.3 \pm 7.58	21.8 \pm 21.09	15.0 \pm 15.00	16.8 \pm 8.80
Number of species per plot	4.3 \pm 1.51	5.7 \pm 1.51	5.2 \pm 5.17	3.8 \pm 1.17
Total number of species	10	12	11	11
Index of diversity	4.458	4.360	6.587	6.429

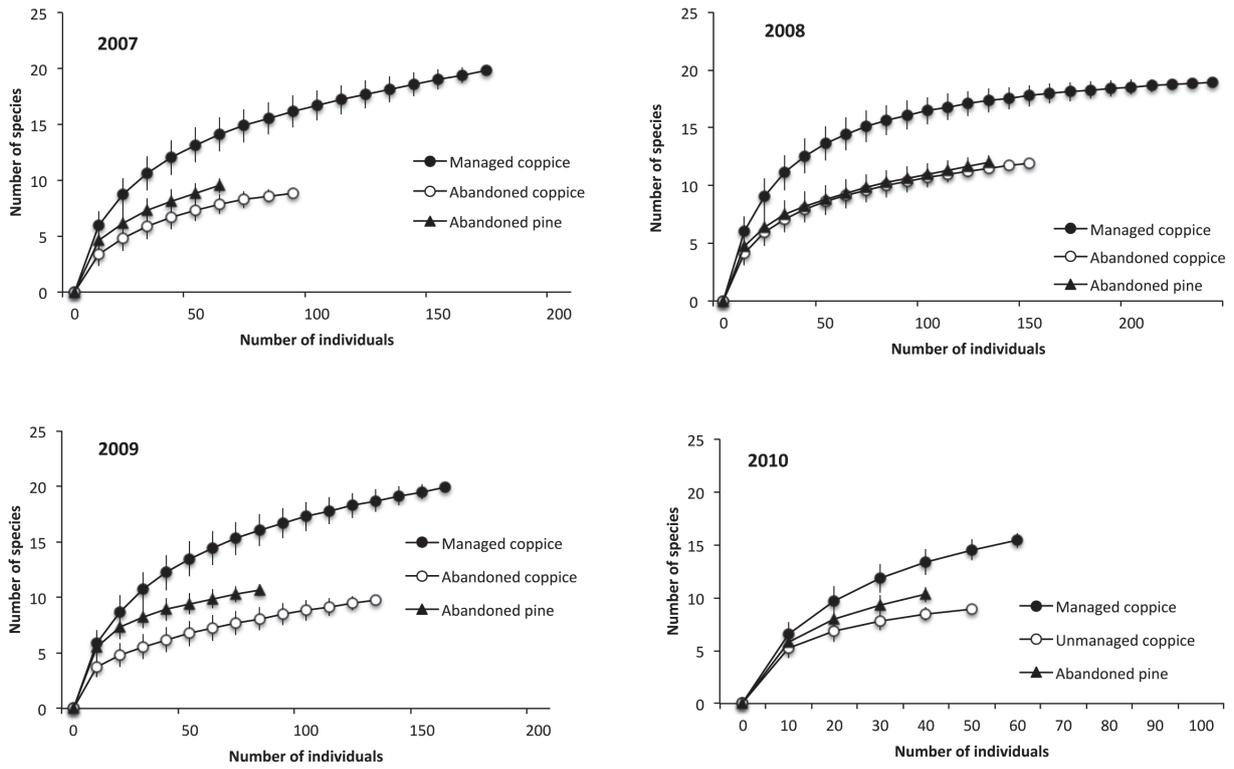


Fig. 2 Individual-based rarefaction curves for ground beetles collected in the managed coppice, abandoned coppice, and abandoned pine forests in 2007–2010.

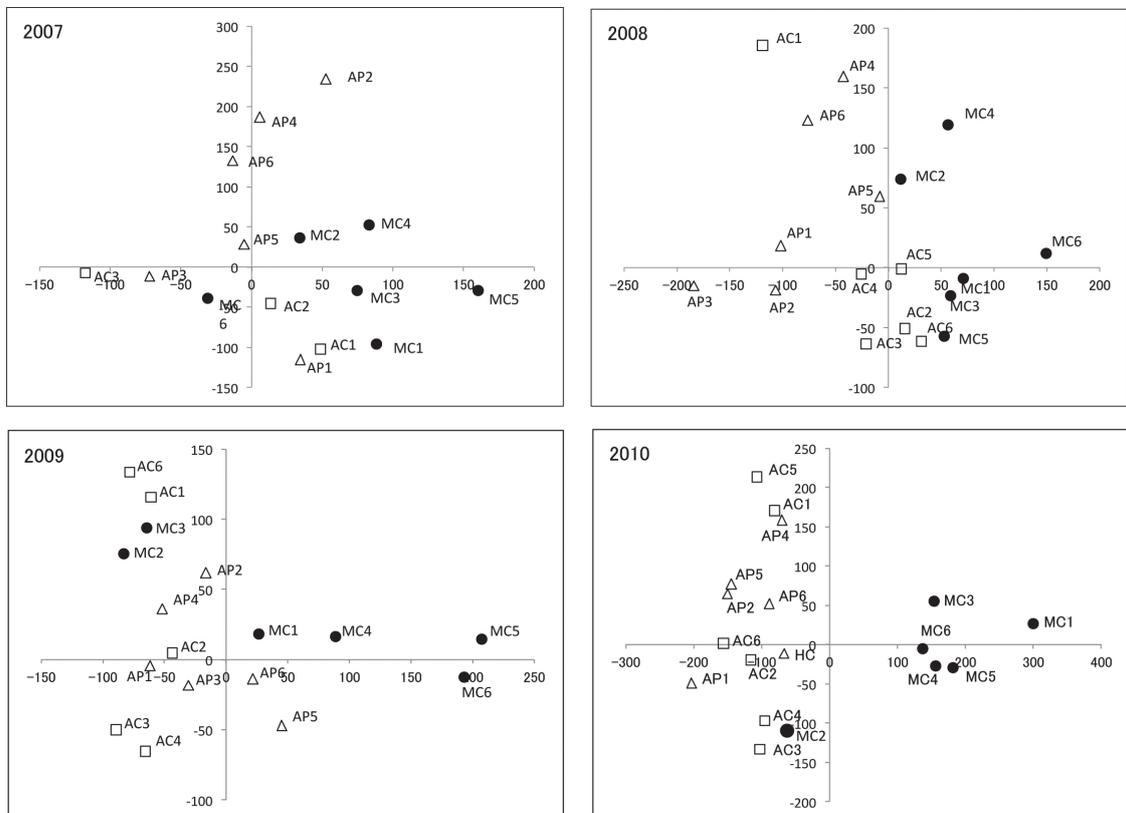


Fig. 3 DCA ordination of sampling plots in the managed coppice (solid circle), abandoned coppice (open quadrangle), and abandoned pine (open triangle) forests in 2007–2009.

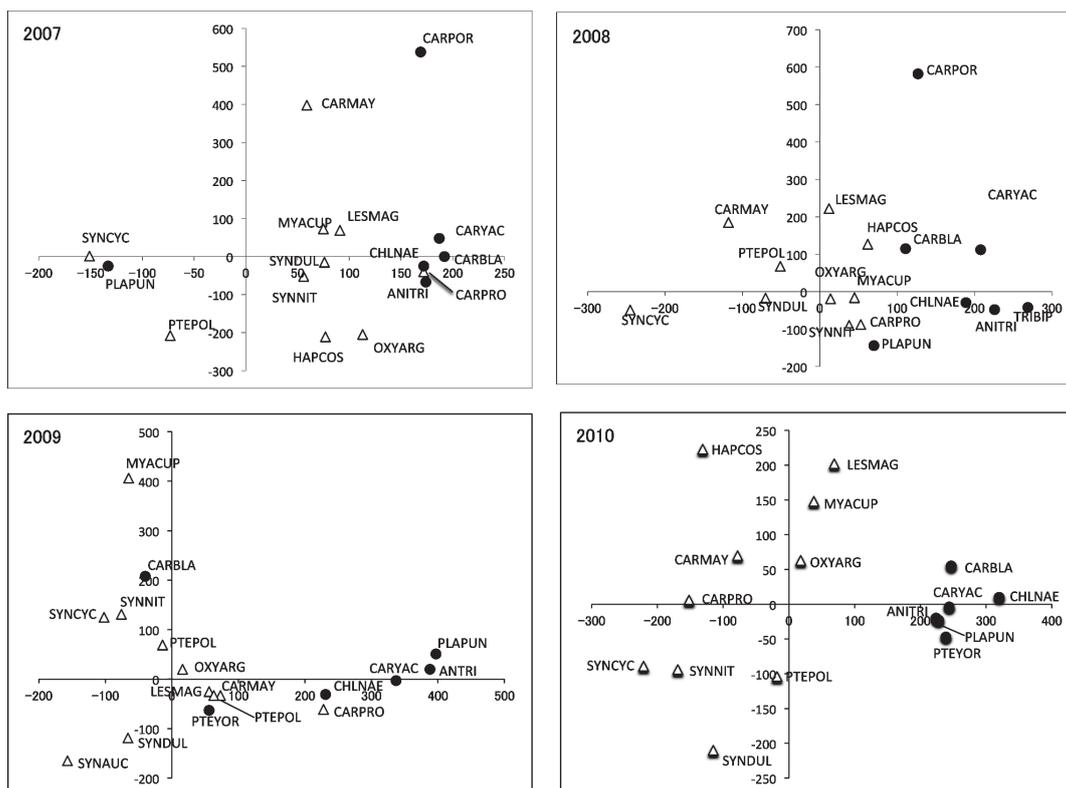


Fig. 4 DCA ordination of carabid species exclusively or almost exclusively found in the managed coppice (solid circle) and the other habitats (open triangle) in 2007–2009. Abbreviations of species names correspond to those in Table 1.

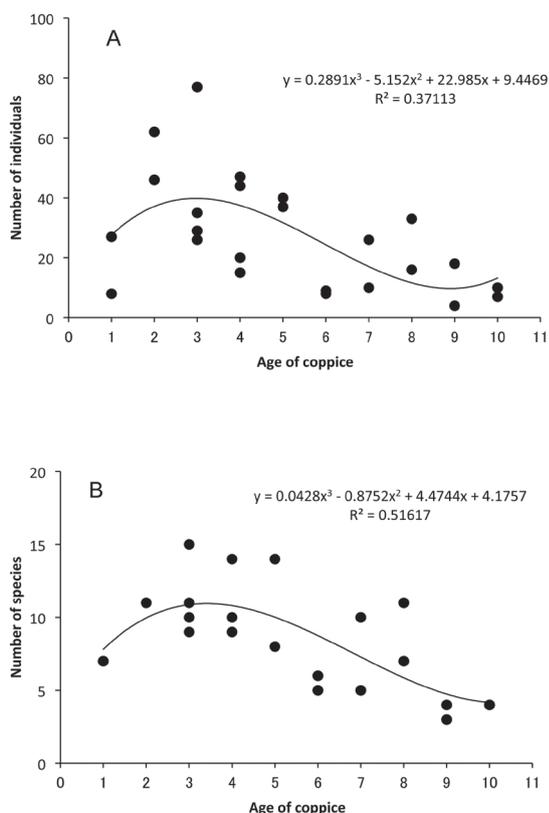


Fig. 5 Number of individuals per sampling plot (above) and number of species per sampling plot (below) plotted against age of the managed coppice forest. A curve fitted by cubic polynomial regression is also shown.

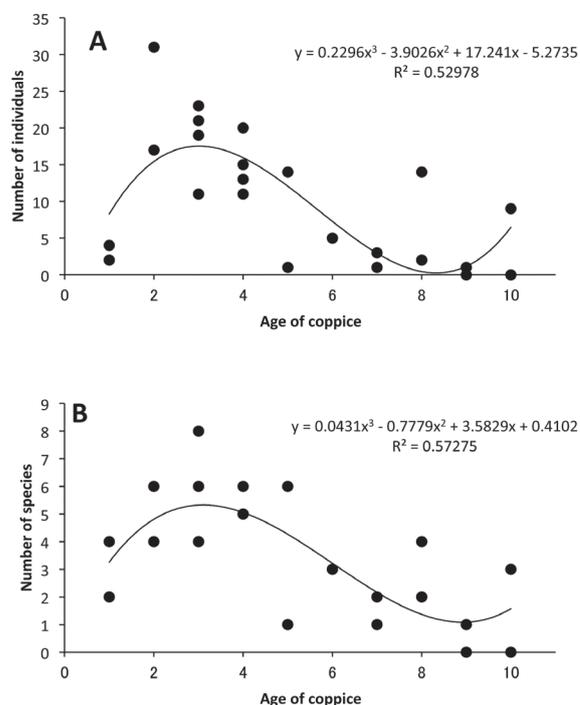


Fig. 6 Number of individuals per sampling plot (above) and number of species per sampling plot (below) for carabid species exclusively or almost exclusively found in the managed coppice forest plotted against the number of years since the last cutting. A curve fitted by cubic polynomial regression is also shown.

3. 個体数および種数の林齢に伴う変化

林齢 (x) に対して調査地点あたり個体数および種数をプロットしたところ、ともに皆伐直後 (1年生) は少なく、その後急激に増加して3年生前後で高い値を示し、5年生以降は緩やかに減少した (Fig 5)。個体数、種数ともに1次 (右下がりの直線)、2次および3次 (1~10年生の範囲では上に凸の曲線) の多項式回帰がすべて有意であった ($p < 0.05$)。そこで、決定係数が最大となる3次曲線に当てはめた場合、個体数 (y_n) および種数 (y_s) の近似式、決定係数、危険率は以下の通りであった:

$$y_n = 0.2891x^3 - 5.152x^2 + 22.985x + 9.447 \quad (r^2 = 0.371, p = 0.023)$$

$$y_s = 0.0428x^3 - 0.8752x^2 + 4.4744x + 4.176 \quad (r^2 = 0.516, p = 0.002)$$

上式より、個体数の最大値を与える林齢は3.0年生、種数の最大値を与える林齢は3.4年生であった。

このような林齢に伴うオサムシ科甲虫の遷移パターンは、管理薪炭林に特徴的な種の遷移パターンを反映しているのではないかと考えられたので、管理薪炭林に特徴的な種とそれ以外の種 (どの森林タイプにも出現する種) に分けて同様の解析を行った。その結果、管理薪炭林に特徴的な種では個体数、種数ともに1次から3次までの

多項式回帰は全て有意で、最も当てはまりの良い3次の近似式、決定係数、危険率は以下の通りであった (Fig. 6):

$$y_n = 0.2296x^3 - 3.9026x^2 + 17.241x - 5.2735 \quad (r^2 = 0.530, p = 0.002)$$

$$y_s = 0.0431x^3 - 0.7779x^2 + 3.5829x + 0.4102 \quad (r^2 = 0.573, p = 0.001)$$

上式より、管理薪炭林に特徴的な種の個体数の最大値を与える林齢は3.0年生、種数の最大値を与える林齢は3.1年生で、近似曲線の多項式は定数項が小さくなる点以外は、全種を対象とした場合とよく一致した。一方、その他の種では林齢が高いと個体数、種数とも減少する傾向はあったが、有意な近似曲線は得られなかった ($p > 0.05$; Fig. 7)。

考 察

1. 種数、多様度指数及び個体数

GLMによる解析の結果、個体数と種数には森林タイプと年次がともに影響していることが示された。個体数は2008年、2009年2010年は管理薪炭林で最も多く、2007年は放置薪炭林で最も多かったが、アカマツ放置林は毎年最も少なかった。ただし、2007年の放置薪炭林では3地点の調査しか行っていないので、同年の放置薪炭林の調査地点あたり個体数は代表値としては重視できない。種数は管理薪炭林で放置薪炭林と放置アカマツ林より高い値を示し、rarefaction曲線の比較からも管理薪炭林が他の2タイプの放置林を明らかに上回ることが示された。多様度指数も毎年管理薪炭林が最も高かった。以上を総合的に判断すれば、短伐期の管理施業のある薪炭林は放置林に比べて、種数が多く、多様度指数も高く、個体数も比較的多いと判断できる。

個体数の年次変動は個々の種の個体群動態の総和であり、年次変動をもたらす要因は、植生構造の変化、資源量の変動、気候要因、天敵などが考えられ、本調査で得られたデータだけでは十分な解析は困難である。管理薪炭林は更新直後の無立木状態から藪状 (ないし高茎草原状) の2~4年生や森林らしくなる5~6年生の時期を経て、収穫伐まで年々の植生変化が大きいので、このような更新後の植生遷移は個体数や種数の年次変動に影響する要因の一つである可能性が考えられる。また2009年には台風により放置アカマツ林で多くの倒木が発生したことも植生構造の変化とみなせる。この点を別にすれば、放置林は植生環境の年次変動が小さいが、それでもオサムシ科甲虫の個体数には年次変動があり、3タイプの森林とも2008年に比較的多く2010年には少なかった。

森林タイプに関わらず全体にやや同調的に個体数が増減したことは気候の影響を伺わせる。個体数が少ない年には低密度で生息する種が採集されないことも考えられ、本調査の結果でも検出種数がやや少なくなる傾向が

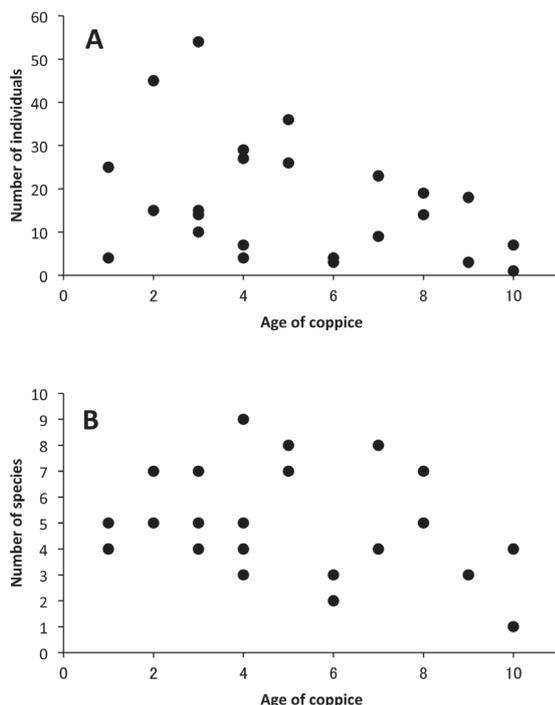


Fig. 7 Number of individuals per sampling plot (above) and number of species per sampling plot (below) for the species commonly found in all forest types plotted against the number of years since the last cutting of the managed coppice forest.

あったことから (Table 2), 環境評価を行う際に単年度のデータによるモニタリングの危険性も指摘できる。

林齢に伴うオサムシ科甲虫の遷移については、ヨーロッパ、北アメリカの針葉樹林や落葉広葉樹林、オーストラリアのユーカリ林などで研究例が蓄積されており、森林火災や伐採の後数年の若い森林においてオサムシ科甲虫の種数が多いとする報告や多様性指数が高いという報告が多い (Niemelä, 1993; Michaels and McQuilan, 1995; Butterfield, 1997; Heliölä *et al.*, 2001; Koivula *et al.*, 2002; Paquin, 2008)。本研究における管理薪炭林は更新から10年生までの若い林であり、放置薪炭林と放置アカマツ林はそれぞれ30年生以上と40年生以上の高林齢の林であるので、管理薪炭林で、種数、多様性指数が高かったことは海外の先行研究と一致する結果だといえる。オサムシ科甲虫の多様性に影響を与える要因として、地表部の草本類の被覆や物理的な構造の複雑さの増加に伴い、オサムシ科甲虫の多様性が増加するという報告がある (Brose, 2003)。本調査地の管理薪炭林では1年生時には低木や草本類が繁茂していなかったが、2年生や3年生では萌芽した樹木や他の低木、草本類が繁茂し藪のような状態となっていたこと。また、管理薪炭林内でも7年生では、草本類や低木は繁茂せず、林内は開放的であったことから、オサムシ科甲虫の種多様性に与える要因として Brose (2003) が指摘した、林床部の物理的な構造の複雑な条件で種多様性が高まるという指摘を支持する結果が得られたと考えられる。

本研究ではオサムシ科甲虫の個体数は皆伐後急激に増加し、3年生前後で最も多く、その後減少した。しかし海外での研究例を見ると、林齢に伴う個体数の変動には必ずしも一定の傾向は見られない。たとえば、Ings and Hartley (1999) はスコットランドのマツとカンバの林でゴミムシ類を調査し、木が生長して被陰が強まると多様度は低下したが個体数は増加したと報告しているのに対し、Koivula *et al.* (2002) は伐採後およそ5年の初期の林齢において個体数が多くなることを報告し、明るい林内で個体数が多く、木が生長して林内が暗くなると個体数が減少したとしている。

松本 (2008b, 2010) は、薪炭林のような短伐期で維持される里山林のゴミムシ類の遷移パターンを、更新後に侵入して若い林齢で多く林齢の増加とともに減って行く草原性種、常時存在するジェネラリスト (森林性ジェネラリストと生息場所ジェネラリスト) に分けて説明し、さらに、このような攪乱頻度の高い短伐期施業下では生息し得ない成熟林をこのむ森林性スペシャリストは、放置林において少しずつ蓄積されると予想した。若い林齢でピークを持つ管理薪炭林に特異的な種と、林齢に伴う個体数、種数の変化が不明瞭なその他の種 (常在種) の存在は本研究で確かめられた。また、短伐期で維持される薪炭林のゴミムシ類の遷移パターンは松本 (2008b, 2010) の予想した若い林齢にピークを持つ一群と常時存

在する一群の重層構造を持つことを支持する結果が得られた。しかし、本研究における管理薪炭林に特徴的な種が松本 (2008b, 2010) の言うように草原性種であるか否かは検討の余地がある。

2. オサムシ科甲虫各種の生息地選好性

日本国内におけるオサムシ科甲虫各種の生息地の選好性について、石谷 (1996) は広島市で、森林、河川敷、農地、市街地の様々な環境でオサムシ科甲虫を採集し、採集された種を「森林性」、「平地性」に分類し、採集地の攪乱の度合いから、各種を「攪乱回避型」、「攪乱侵入型」の種と定義しており、Ishitani *et al.* (2003) は採集された種を「森林性スペシャリスト」、「生息地ジェネラリスト」に分類し、都市から郊外に存在する森林でそれぞれの個体数及び体サイズが異なることを示した。また、巢瀬 (2001)、八尋ら (2011)、松本 (2005, 2008b, 2009, 2012)、Fujita *et al.* (2008)、李・石井 (2009) もオサムシ科甲虫の生息地選好性を検討している。しかし、オサムシ科甲虫にはその生息地選好性が判明していない種も多い。

本研究で管理薪炭林に特徴的な種としたヤコンオサムシ、マイマイカブリ、ヒメゴミムシ、オオイクビツヤゴモクムシ、アキタクロナガオサムシ、アトボシアオゴミムシ、クビボソゴミムシ、フタホシスジバネゴミムシの8種はDCAによる解析の結果、座標上の管理薪炭林が位置付けられた第1軸右寄りに位置付けられることが多かった。

石谷 (1996) はヤコンオサムシをニッチの幅が広い種と考察し、Ishitani *et al.* (2003) は、本種を生息地ジェネラリストと分類した。八尋ら (2001) も本種は河川敷や耕地のような環境から二次林まで様々な環境に生息すると述べている。一方、白山麓の森林、草地、畑地で調査を行なった平松 (2004) はヤコンオサムシを畑地でのみ採集し、森林では記録していない。しかし、ヤコンオサムシは断片化した都市林では森林サイズが縮小すると生息しなくなるとの指摘 (Fujita *et al.*, 2008) もあることから、基本的には森林に依存する種であると考えられる。異なる土地利用が行なわれている環境で調査を行なった香川ら (2008) はヤコンオサムシを落葉広葉樹林や孤立林で多数採集し、隣接している果樹園や牧草地においてもこの種を比較的多く採集している。さらにKagawa and Maeto (2009) は、本種が林内を繁殖の場とし、ミミズを餌とする幼虫は林内にのみ見られ、メス成虫も産卵時には林内に入るが、成虫はむしろ林縁に多く、また林外の農地等にも進出して昆虫を捕食することを明らかにした。今回の採集結果ではヤコンオサムシは管理薪炭林のみで多数採集され、放置薪炭林とアカマツ放置林どちらの放置林においても採集されなかった。若い管理薪炭林は林内が藪状となり林縁と似た状態の植生なので、成虫が林縁を好むというKagawa and Maeto

(2009)の報告と基本的に矛盾しない。また、本種の個体数が多かったことから、管理薪炭林の林内は幼虫の餌となるミミズも豊富なのではないかと予想できる。

マイマイカブリは生息場所タイプの特定が難しい種である(松本, 2012)。Fujita *et al.* (2008)はマイマイカブリを森林性種としており、たしかに森林で記録されることが多い種であるが(Yahiro *et al.*, 1990; 平松, 2003, 2004; 李・石井, 2009; 松本, 2005), 通常は採集される個体数が少なく、休耕田(巢瀬, 1992), イチジク畑(石谷, 1996), 草地(鈴木・桜谷, 2010)等の開放的な環境で記録されることもある。八尋ら(2001)は河川敷, 自然林, 自然林に近い林, 乾いた二次林など様々な環境で採集されると述べている。また, 低地から亜高山帯までの広い標高範囲に生息していることも確かめられており(上村ら, 1962; Martin, 1992; Sota, 1996; 平松, 1999; 八尋ら, 2001; Suttiprapan *et al.*, 2006), 本種も生息場所範囲の広い種だと考えられる。

アキタクロナガオサムシは八尋ら(2001)が自然林, 自然林に近い林, 乾いた二次林を生息環境に挙げ, 平松(2004)は森林と草地で記録している。生息場所範囲が広い種か, 森林性で開放環境にも進出する種かもしれない。ヤコンオサムシのように成虫が林縁や開放的な森林を好み, 放置林のような閉鎖的な森林を好まない種である可能性もあるが, この点を判断するには情報が乏しい。アトボシアオゴミムシは森林性種とする見解(石谷, 1996; 松本, 2008b, 2009; 李・石井, 2009)と生息場所ジェネラリストとする見解(Ishitani *et al.*, 2003)がある。本種は長期間の放置によりササの繁茂した林で多産し, ササを刈った林ではほとんど見られないこと(松本, 2005, 2008a, 2009), および常緑低木が多く草本層の発達が悪い放置林内では比較的少ないこと(松本, 2012)が報告されているので, 地表付近を含め植生が繁茂する環境がアトボシアオゴミムシの生息に好適なのではないかと考えられる。田中(1991)は本種が林縁に多いと述べているが, これも同様の理由によるものであろう。管理薪炭林では2年生から4年生にかけてこのような環境になるので, 本種が管理薪炭林に多いことはこのように考えるのと理解しやすい。今回調査した放置薪炭林は下層植生が乏しく, 放置アカマツ林も常緑低木はあるが地表付近の植生が発達しないので, 本種が採集されなかったのであろう。

ヒメゴミムシはゴモクムシ亜科に属する種であり, 松本(2008b)はこの亜科には草原性の種が多いことを指摘している。しかし, 本種は石谷(1996)により「森林環境の種」とされている。本種は通常記録される個体数が少なく, 森林環境で記録される例(Yahiro *et al.*, 1990; 巢瀬, 1992; Suttiprapan *et al.*, 2006; 松本, 2005)も非森林環境で記録される例(巢瀬, 1992; 李・石井, 2009, 2010; 細田ら, 1996)もあり, 松本(2005, 2008a)は草本の繁茂の多い疎林的環境の樹木園で記録している

ので, 選好する生息場所タイプを特定しにくい。今回の調査では比較的多くの個体が管理薪炭林で記録され, とくに1~3年生の林分で多く採集されたことから森林に近い草原ないしは開放的な森林を好む種であることが考えられる。

オオイクビツヤゴモクムシもゴモクムシ亜科に属すが, 生態情報の乏しい種である。富樫ら(1992)は畑で採集しているので草原性種であるかもしれない。

クビボソゴミムシは森林(Yahiro *et al.*, 1990; 谷脇ら, 2005; 李・石井, 2009a), 水田(Yahiro *et al.*, 1992; 李ら, 2008; 李・石井, 2009a), 河川敷(Ishii *et al.*, 1996; 李・石井, 2010), 草地(鈴木・桜谷, 2010)と様々な環境で記録されているので, 生息場所範囲の広い種であろうと考えられる。

フタホシスジバネゴミムシは石谷(1996)と松本(2008b)が森林性種としている。しかし富樫ら(1992)と平松(2004)は畑, 李ら(2008)は水田で記録しているので, 本種も生息場所範囲の広い種であるかもしれない。

管理薪炭林で1~2個体のみ採集された種も多くは環境選考性が明らかではないが, アトワアオゴミムシは石谷(1996)が「平地性種」(草原性種とほぼ同義)としている。

このように見てくると, 管理薪炭林に特徴的な種は草原性種よりも, 意外に生息場所範囲の広い種ではないかと推測された種が多い。しかし生息場所範囲が広いといっても, 放置薪炭林や放置アカマツ林には少ないか生息しないことから, 生息場所ジェネラリストではないようである。これらの種が個体数においても種数においてもピークとなる時期は3年生前後であり, 林内植生は藪状に密生している。藪状の植生が発達する生息場所としては遷移の初期段階のほか林縁部が考えられ, これらの種は好林縁種(edge-preferring species; Magura, 2002)あるいは林縁性スペシャリスト(edge specialist; Heliölä *et al.*, 2001)に相当し, ヤコンオサムシの例のように林地に近い草原的環境にも進出する種が多いため, 記録される環境の幅が広がるのではないだろうか。

なお, 管理薪炭林ではアトワアオゴミムシ以外に明らかな草原性種が採集されなかったが, この結果は, 調査地付近には草原性種の供給源(source)となる畑や草地が近くにないためかもしれない。管理薪炭林でも立地条件によっては皆伐更新直後に草原性種が侵入する可能性はある。

一方, 3タイプの森林に共通しているその他の種は生息場所ジェネラリストか森林性ジェネラリストが多いのではないかと考えられる。マヤサンオサムシは平松(2004)が森林から畑まで広い範囲で採集しているので生息場所ジェネラリストであるか, 特に森林環境で多く採集しているので森林性ジェネラリストではないかと考えられる。

放置薪炭林とアカマツ放置林では, オオクロツヤヒラ

タゴミムシ、クロツヤヒラタゴミムシの2種が優占する地点が多い (Table 1)。この2種は先行研究では森林で多く採集され、森林性種とされ (Ishitani *et al.* 2003, 香川ら 2008)、石谷 (1996) は森林性ジェネラリストと考えている。従って、森林で一般的に採集される種であると考えられる。マルガタツヤヒラタゴミムシも森林性ジェネラリストと考えられているが (Ishitani *et al.* 2003)、本調査では放置薪炭林と放置アカマツ林で少数個体が採集されたものの、管理薪炭林では採集されなかった。これは本種が下層植生が繁茂した状態を好まないためなのか、この地域では本種の生息密度が低いためたまたま生じた結果なのかは明らかではない。

Fujita *et al.* (2008) はオオゴミムシを森林性種としているが、Ishitani *et al.* (2003) は本種を生息場所ジェネラリストと分類し、松本 (2012) は本種が河川敷や耕作地で記録される個体数が多く (石谷, 1996; Yano *et al.*, 1989; Yahiro *et al.*, 1992; 李・石井, 2009, 2010)、雑木林のような立木密度の高い森林環境で記録される個体数は通常多くないこと (Yahiro *et al.*, 1990; 石谷, 1996; 谷脇ら, 2005; 松本, 2005, 2008a) を理由に、草原性種であるが森林にもよく侵入する種ではないかと推測している。今回の調査では、本種はすべての調査区で採集されていることから、幅広い環境で生息が可能な種であることがうかがえる。アカマツ放置林でとくに多く採集されているのは、攪乱度の低い環境を好むためかもしれない。

すべての調査区で採集され、その個体数に明確な違いが見られないニッコウヒメナガゴミムシ、スジアオゴミムシの2種に関して、松本 (2009) はニッコウヒメナガゴミムシを「攪乱に強い森林性の種」と考察し、石谷 (1996) はスジアオゴミムシを河川敷から森林まで幅広い環境で採集されると報告している。このような性格を持つこの2種は皆伐による管理の影響を受けにくい種であると考えられる。

3. 里山林の管理とオサムシ科甲虫の保全

皆伐を行う管理薪炭林ではオサムシ科甲虫の種数が多いことが示され、管理薪炭林でのみ採集される種や管理薪炭林で特に多く採集される種が存在していることから、皆伐による管理はオサムシ科甲虫の種多様性を高め、放置林には生息しない管理薪炭林に特徴的な種の生息を可能にすることが明らかとなった。逆に放置林にのみ生息していて管理薪炭林に生息していない種はごく少ないことから、放置林におけるオサムシ科甲虫相は管理薪炭林に比べて貧弱であるといえるが、放置林がすべての生物の衰退を招いているとはいえない。実際、本研究では、アカマツ放置林はマヤサンオサムシ、オオゴミムシの2種にとって好適な生息環境である可能性が示唆され、放置林であってもその環境が生息に好適である種が存在することが考えられる。松本 (2009) は、東京都多摩地区

の雑木林の調査に基づき、放置林に見られるルイスオオゴミムシ *Trigonotoma lewisii* Bates とタカオヒメナガゴミムシ *Pterostichus takaosanus* Habu は高齢林のスペシャリストではないかと推測している。本調査では放置林にこのような種は発見されなかったが、調査地域には分布していないのであろう。

Butterfield (1997) はイギリスのトウヒ林等でオサムシ科甲虫を調査し、森林性ジェネラリストは伐採があっても生息し続けるが森林性スペシャリストはいなくなると指摘している。Paquin (2008) は火災後のカナダのトウヒ林の様々な林齢でオサムシ科甲虫を調査し、種数は若い林齢で多く、火災後約 200 年までは減少するが、その後はとくに高林齢の森林のスペシャリストが生息するため増加に転じることを明らかにした。国内の低標高地では農地化や里山施業のような人為攪乱が作用し、原生林はほとんど無くなったため、成熟林のスペシャリストは稀少であるか生息していない地域が多いのではないかと考えられる。現在このような成熟林のスペシャリストが生息する放置林で皆伐を行う管理が行われた場合、これらの種がその生息地から絶滅する可能性がある。Prendergast *et al.* (1993) はこのような保全の危険性を指摘している。

Werner and Raffa (2000) は様々な森林環境が存在することで地表徘徊性甲虫の多様性が維持されていることを指摘して、一面的な植生管理は適切ではないことを示唆している。里山林がある低標高地でも成熟林のスペシャリストが生き残っている可能性はあるので、どの種がそれにあたるのかを特定し、適切な保全の方法を考えることも必要であろう。

謝 辞

本研究を行なうにあたり、今西 勝氏には薪炭林での調査をお許しいただいた。名城大学農学部環境動物学研究室の有田 豊教授、新妻靖章教授からは研究方針について助言をいただいた。同研究室の専攻生、卒業生の方々に調査に協力いただき、たびたび有益な意見もいただいた。これらの方々に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- Butterfield, J. (1997) Carabid community succession during the forestry cycle in conifer plantations. *Ecography* 20 : 614 – 625.
- Brose, U. (2003) Bottom-up control of carabid beetle communities in early successional wetlands : mediated by vegetation structure or plant diversity? *Oecologia* 11 : 1269 – 1288.
- Brzustowski, J. Rarefaction Calculator. Available from <http://www2.biology.ualberta.ca/jbrzusto/rarefact>.

- php [accessed January 2012].
- Fujita, A., K. Maeto, Y. Kagawa and N. Ito (2008) Effects of forest fragmentation on species richness and composition of ground beetles (Coleoptera : Carabidae and Brachinidae) in urban landscapes. *Ent. Sci.* 11 : 39 - 48.
- 土生昶申・貞永仁恵 (1961) 畑や水田付近に見られるゴミムシ類 (オサムシ科) の幼虫の同定手引き (I) 農業技術研究所報告 C 13 : 207 - 248.
- 土生昶申・貞永仁恵 (1963) 畑や水田付近に見られるゴミムシ類 (オサムシ科) の幼虫の同定手引き (II) 農業技術研究所報告 C 16 : 151 - 179.
- 土生昶申・貞永仁恵 (1965) 畑や水田付近に見られるゴミムシ類 (オサムシ科) の幼虫の同定手引き (III) 農業技術研究所報告 C 19 : 81 - 216.
- 土生昶申・貞永仁恵 (1969) 畑や水田付近に見られるゴミムシ類 (オサムシ科) の幼虫の同定手引き (補遺 I) 農業技術研究所報告 C 23 : 113 - 144.
- Heliölä J., M. Koivula, J. Niemelä (2001) Distribution of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) across a boreal forest-clearcut ecotone. *Conserv. Biol.* 15 (2) : 370 - 377.
- 広井敏男 (2001) 雑木林へようこそ! 一里山の自然を守る. 新日本出版社, 東京
- 平松新一・富樫一次・富沢章 (1999) 白山におけるオサムシ亜族の垂直分布. 日本生物地理学会会報 54 : 1 - 7.
- 平松新一 (2003) 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) : 17 - 24.
- 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.
- 堀 繁久 (2006) オサムシの眼を通して自然環境を見る. 「森と水辺の昆虫誌」
- 丸山宗利編著, pp. 48 - 63, 東海大学出版会, 東京.
- 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 - 6.
- Ings, T. and Hartley, S.E. (1999) The effect of habitat structure on carabid communities during the regeneration of a native Scottish forest. *For. Ecol. Manage.* 119 : 123 - 136.
- Inoue, T. (2003) Chronosequential change in a butterfly community after clear-cutting of deciduous forests in a cool temperate region of central Japan. *Ent. Sci.* 6 : 151 - 163.
- 石井 実 (2005) 生態学からみた里やまの自然と保護. 講談社, 東京.
- Ishii, M., Y. Hirowatari, T. Yasuda and H. Miyake (1996) Species diversity of ground beetles in the riverbed of the Yamato River. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 8 : 1 - 12.
- 石谷正宇 (1996) 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 : 1 - 110.
- Ishitani M., D.J. Kotze, J. Niemela (2003) Changes in carabid beetle assemblages across an urban-rural gradient in Japan. *Ecography* 26 : 481 - 489.
- 伊東宏樹・日野輝明・佐久間大輔 (2010) 兵庫県猪名川町の二次林の林分構造および林床植生. 森林総合研究所研究報告 9 : 47 - 62.
- Ito H., T. Hino and D. Sakuma (2012) Species abundance in floor vegetation of managed coppice and abandoned forest. *For. Ecol. Manage.* 269 : 99 - 105.
- Kagawa, Y. Maeto, K. (2009) Spatial population structure of the predatory ground beetle *Carabus yaconinus* (Coleoptera : Carabidae) in the mixed farmland-woodland satoyama landscape of Japan. *Eur. J. Entomol.* 106 : 385 - 391.
- 香川理威・伊藤 昇・前藤 薫 (2008) 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の種構成. 昆虫 (ニューシリーズ) 11 : 75 - 84.
- 上村 清・中根猛彦・小山長雄 (1962) 日本アルプス常念岳における歩行虫の分布 (高山の昆虫の研究 II). 京都府立大学学術報告 (理学および家政学) 3 (4) A : 197 - 210.
- 加藤和弘・谷地麻衣子 (2003) 里山林の植生管理と植物の種多様性および土壌の化学性の関係. ランドスケープ研究 66 : 521 - 524.
- 小林四郎 (1995) 生物群集の多変量解析. 蒼樹書房, 東京.
- Koivula M, J. Kukkonen, J. Niemelä (2002) Boreal carabid-beetle (Coleoptera, Carabidae) assemblages along the clear-cut originated succession gradient. *Biodiv. Conserv.* 11 : 1269 - 1288.
- 李 哲敏・石井 実 (2009) 南大阪の都市緑地における地表性甲虫類の種多様性. 環動昆 20 : 47 - 58.
- 李 哲敏・石井 実 (2010) 大和川の河川敷における地表性甲虫類群集の種多様性. 環動昆 21 : 15 - 28.
- 李 哲敏・長井良浩・広渡俊哉・石谷正宇・石井 実 (2008) 圃場整備による水田畦畔のゴミムシ類群集の変化. 昆虫と自然 43 (11) : 6 - 10.
- 前藤 薫・榎原 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 - 26.
- Magura, T. (2002) Carabids and forest edge: spatial

- pattern and edge effect. *Forest Ecology and Management* 157 : 23 – 37.
- 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.
- 松本和馬 (2008a) 森林総合研究所赤沼試験地のゴミムシ類. *森林野生動物研究会誌* 33 : 25 – 33.
- 松本和馬 (2008b) 里山林の管理とゴミムシ群集の多様性. *昆虫と自然* 43 (11) : 20 – 26.
- 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.
- 松本和馬 (2010) 里山林の管理がゴミムシ類とチョウ類の群集構造に及ぼす影響. 「日本の昆虫の衰亡と保護」石井 実監修, pp. 93 – 103, 北隆館, 東京.
- 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 : 9 – 17.
- Martin, S.J. (1992) Seasonal and altitudinal distribution of ground beetles (Coleoptera) in the Southern Alps of Japan. *Jpn. J. Ent.* 60 : 26 – 38.
- Michaels, K.F. and P.B. McQuillan (1995) Impact of commercial forest management on geophilous carabid beetles (Coleoptera : Carabidae) in tall, wet *Eucalyptus oblique* forest in southern Tasmania. *Austral. J. Ecology* 20 : 316 – 323.
- McCune, B. and M.J. Mefford (2006) PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 5. MjM software, Gleneden Beach, Oregon.
- Niemelä J, D. Langor, J.R. Spence (1993). Effects of clear-cut harvesting on boreal ground-beetle assemblages (Coleoptera : Carabidae) in western Canada. *Conserv. Biol.* 7 (3) : 551 – 561.
- 西中康明・松本和馬・日野輝明・石井 実 (2010) 伝統的施業により維持されている薪炭林におけるチョウ類群集の構造と種多様性. *蝶と蛾* 61 : 176 – 190.
- Paquin, P. (2008) Carabid beetle (Coleoptera : Carabidae) diversity in the black spruce succession of eastern Canada. *Biol. Conserv.* 141 : 261 – 275.
- Prendergast, J.R., R.M. Quinn, J.H. Lawton, B.C. Eversham and D.W. Gibbons (1993) Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature* 365 (23) : 335 – 337.
- 島田和則・勝木俊雄・岩本宏二郎・齊藤 修 (2008) 東京都多摩地方南西部におけるコナラ・クヌギ二次林の群落構造および種数の管理携帯による差異. *植生学会誌* 25 : 1 – 12.
- Sota, T. (1996) Altitudinal variation in life cycles of carabid beetles : life-cycle strategy and colonization in alpine zones. *Arctic and alpine Research* 28 : 441 – 447.
- 曾田貞滋 (2000) オサムシの春夏秋冬. 京都大学学術出版会, 京都.
- 末吉昌宏・前藤 薫・榎原 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.
- 巢瀬 司 (1992) 地表性甲虫から見た見沼たんぼの自然環境. *昆虫と自然* 27 (2) : 13 – 15.
- 巢瀬 司 (2001) 里山の歩行虫類の年次変化. *昆虫と自然* 36 (11) : 2 – 5.
- Suttiaprapan, P., S. Yamamoto and H. Nakamura (2006) Species composition and the vertical niche breadth of ground beetles (Carabidae, Brachinidae) in the Southern Japan Alps. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 17 : 143 – 152.
- 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.
- 田中康司 (1991) ピットフォールトラップ法による歩行虫 (Ground Beetles) の生態観察. *昆虫と自然* 26 (5) : 27 – 33.
- 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 : 260 – 268.
- Toft, S. and T. Bilde, (2002) Carabid diets and food value. pp. 81 – 110. Holland, J. M. (ed.) *The Agroecology of Carabid Beetles*. Intercept, Andover, UK.
- 富樫一次・高 順一郎・中田勝之 (1992) 焼畑の節足動物相 (第3報) —地表性ゴミムシ類について—. *New Entomol.* 41 : 59 – 62.
- 年中川重 (2004) 森づくりテキストブッカー—市民による里山林・人工林管理マニュアル. 山と溪谷社, 東京.
- Werner, S.M. and K.F. Raffa (2000) Effects of forest management practices on the diversity of ground-occurring beetles in mixed northern hardwood forests of the Great Lakes Region. *For. Ecol. Manage.* 139 : 135 – 155.
- Yahiro, K. T. Hirashima and K. Yano (1990) Species composition and seasonal abundance of ground beetles (Coleoptera) in a forest adjoining agroecosystems. *Trans. Shikoku ent. Soc.* 19 : 127 – 133.
- Yahiro, K., T. Fujimoto, M. Tokuda and K. Yano (1992) Species composition and seasonal abundance of ground beetles (Coleoptera) in paddy fields. *Jpn. J. Ent.* 60 : 805 – 813.

- 八尋克郎・藤本勝行・武田 滋・柴栄康雄・遠藤眞樹・
中川 優・杉野由佳 (2001) 滋賀県におけるオサム
シ族 (甲虫目: オサムシ科) の地理的分布. 日本生
物地理学会会報 56: 1 - 14.
- Yano, K., K. Yahiro, M. Uwada and T. Hirashima (1989)
Species composition and seasonal abundance of
ground beetles (Coleoptera) in a vineyard. Bull.
Fac. Agric. Yamaguchi Univ. 37: 1 - 12.
- 山崎 寛・青木京子・服部 保・武田義明 (2000) 里山の
植生管理による種多様性の増加. ランドスケープ研
究 63: 481 - 484.
- 山瀬 敬太郎・服部 保・三上幸三・田中 明 (2005) 兵庫
方式による里山林の植生管理がその後の種多様性と
種組成に及ぼす効果. ランドスケープ研究 68: 655
- 658.
- Yoshimura M. (2009) Impact of secondary forest
management on ant assemblage composition in the
temperate region in Japan. *J. Insect Conserv.* 13 (5):
563 - 568.