育成天然林施業がやんばるの森の腐朽木に生息する捕食性 アブ類 (双翅目) 群集に与える影響

末吉昌宏^{*1}・佐藤大樹²

沖縄本島北部の森林の除伐が腐朽木に生息する捕食性アブ類群集に与える影響を明らかにするため、国頭村西銘岳周辺において、林床に存在するさまざまなサイズ・腐朽度合いの腐朽木の体積、および、それらから発生する捕食性アブ類の個体数を調査した。未除伐林とその後の経過年数が異なる除伐林が入り混じる森林では、さまざまなサイズと腐朽度からなる腐朽木が不均一に分布しており、それによってそれぞれの林分で生息する捕食性アブ類の個体数が異なった。また、捕食性アブ類の科構成は除伐後1年経過した林分と除伐後7年以上経過した林分で異なった。羽化トラップで得られた捕食性アブ類は腐朽木の体積に対応して増減し、アシナガバエ科の個体数も同様に増減した。特に、除伐による、腐朽度合いが軽度の腐朽木の大量発生は、キクイムシ類を介して、キマワリアシナガバエ属 *Medetera* の個体数に対する間接的なボトムアップ効果があると考えた。沖縄本島北部では、林内の腐朽木の体積が大きく変動することなく、かつ、異なるサイズと腐朽度合いの腐朽木が存在するような森林管理が捕食性アブ類の多様性を維持すると考えた。

キーワード：亜熱帯林、羽化トラップ、除伐、捕食者

Masahiro Sueyoshi^{*1} and Hiroki Sato² (2010) Effects of the Improvement Cutting of Natural Forests on Predacious Flies (Diptera) in the Yambaru, a Subtropical Forest of Japan. J. Jpn. For. Soc. 92: 255-260. To investigate effects on the abundance and community structures of Orthorrhapha (predacious flies) inhabiting coarse wood debris (CWD) by the improvement cutting of natural forests, we report here abundances of predacious flies emerged from CWD on the forest floor of the Yambaru. The volume, size and degree of wood decay were recorded and the emergence traps containing CWD were installed for collecting flies. Distribution of these CWD in the forests affected abundances of flies in each operated and non-operated stand. It caused different fly assemblages among the one year-old operated stands and seven year-old and older operated stands. Abundance of predacious flies, especially dolichopodid flies, was positively correlated with the volume of CWD. Increasing the volume of CWD of the early stage of decay by cutting has indirect bottom-up effect on abundance of the dolichopodid genus *Medetera* via changes in abundance of bark beetles. We conclude that predacious fly diversity may best be maintained in the Yambaru through forest management practices that do not influent amount of CWD and make various sizes and degrees of wood decay present in a forest.

Key words: cutting, emergence trap, predator, subtropical forest

I. は じ め に

沖縄島北部 (以下、やんばる) の森林には、そこでしかみられない生物種が多くみられ、この地域と生物相の学術的な重要性和保護の必要性が指摘されている。しかし、やんばるで行われている森林施業が生物の個体数・種構成・繁殖に与える影響が危惧されている (伊藤, 1995)。特に、やんばるの北部に位置する西銘岳周辺は 2007 年から木材拠点産地に指定されており、それに伴う森林施業が周辺地域に生息する生物へ与える影響評価が必要である。現在、やんばるの森では、有用樹種の育成を目的として除伐を行う育成天然林施業が主要な森林施業の一つとして行われている (沖縄県農林水産部, 1995)。除伐に伴う下層植生の除去が森林に棲息する飛翔性昆虫群集、アリ類群集、ササラダニ群集の多様度を低下させることが知られている (Azuma *et al.*, 1997; Ito *et al.*, 1998; Ito and Aoki, 1999)。しかし、これらの研究では除伐によって生じる伐倒木に関係

する昆虫類に与える影響は評価されていなかった。

育成天然林施業の過程で除伐された樹木はそのまま林床に放置される。そのため、除伐直後にさまざまなサイズの伐倒木が林内に大量に発生する。これらは多種多様な菌類・昆虫類によって分解されるため、除伐後の林にはその経過時間に伴ってさまざまな腐朽度合いの腐朽木が蓄積される。したがって、除伐とその後の経過に伴い、腐朽木を直接にあるいは間接に利用する昆虫群集は変化すると考えられる。しかし、どのような昆虫にその影響があるのか、まだ十分に分かっていない。

森林に生息する昆虫の代表として双翅目 (ハエ, アブ類) を挙げることができる (Stork, 1991; Symstad *et al.*, 2000; Frouz, 1997, 1999)。腐朽木と関係する双翅目は、幼虫が木材腐朽菌類や腐植物を摂食する腐食者であるか、あるいは腐朽木に棲息する昆虫など小動物の捕食者である。幼虫が腐植物あるいは菌類を摂食すると考えられているクチキバエ科は、やんばるでは、直径 5~15 cm の比較的腐朽度

* 連絡先著者 (Corresponding author) E-mail: msuey@ffpri.affrc.go.jp

¹ 森林総合研究所九州支所森林動物研究グループ 〒860-0862 熊本市黒髪 4-11-16 (Forest Zoology Group, Kyushu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), 4-11-16 Kurokami, Kumamoto 860-0862, Japan)

² 森林総合研究所九州支所チーム長 (南西諸島保全担当) 〒860-0862 熊本市黒髪 4-11-16 (Team Leader (Island Ecosystem Conservation), Kyushu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), 4-11-16 Kurokami, Kumamoto 860-0862, Japan) (2009 年 9 月 2 日受付; 2010 年 8 月 3 日受理)

合いが強い腐朽木から多く羽化し、腐朽度合いによって羽化する種の構成が異なる (Sueyoshi *et al.*, 2009)。しかし、捕食者の個体数や群集組成が腐朽木のサイズと腐朽度合いによってどのように変化するのか、まだ十分にわかっていない。

一般に、双翅目は成虫が頻繁に飛翔するため、林内空間を生息場所とする捕食性の節足動物や脊椎動物などの餌資源となっている。造網性クモ類はその餌を土壌から羽化する腐食性の双翅目に依存している (Shimazaki and Miyashita, 2005)。したがって、林床の腐朽木から羽化する双翅目は腐食連鎖から生食連鎖へのエネルギー供給を担っていると考えられる。また、造網性クモ類が餌とする植食者・腐食者・捕食者のうち、捕食者の生物量は腐食者あるいは植食者よりも少ないことが知られている (Miyashita *et al.*, 2003)。しかし、捕食者は植食者あるいは腐食者よりも窒素含有率が高く (Martinson *et al.*, 2008)、生態化学量的に優れていると考えられる。したがって、腐植物由来の捕食者は、生物量としては腐食者や植食者よりも少ないかもしれないが、地中あるいは地表から林内への重要な窒素供給源となっていると考えられる。

本研究では、育成天然林施業による除伐が腐朽木を利用する捕食性双翅目であるアブ類群集に影響を与えているかを明らかにする。すなわち、除伐の有無あるいは除伐後の経過年数が異なる林分の間でサイズと腐朽度合いの異なる腐朽木の体積を比較し、その違いが捕食性アブ類群集を変化させるかを明らかにする。アブ類は双翅目短角亜目直線群に属する昆虫の一群で、世界から 20 余りの科が知られている (Woodley, 1989)。双翅目の他の上位分類群 (糸角亜目すなわちカ・ガガンボ類、短角亜目環縫群すなわちハエ類) の幼虫が植食者や腐食者を少なからず含むのに対し、いくつかの例外を除いてアブ類の幼虫は土壌や腐敗物、排泄物などに生息する小動物の捕食者または捕食寄生者である (寫, 1993; 永富, 1997)。

II. 研究 方 法

調査は、沖縄県国頭郡国頭村西銘岳周辺の、国頭村村有林および沖縄県営林内の育成天然林施業を目的とした除伐が行われた林分 (除伐林) 13 カ所 (A01~A13) を実験区として、除伐の記録がない林分 (未除伐林) 3 カ所 (B01~B03) を対照区として行われた。これらの植生はスダジイ、イスノキ、イジュが優占する亜熱帯照葉樹林である。調査した育成天然林は除伐後 1 年から 22 年まで経過した林分であった (表-1)。また、未除伐林の林齢を、沖縄県の民有林の森林簿データを用いて、47, 72, 76 年 (満年齢) と算出した。

各調査地に 10 m 四方のコドラートの一つを設定し、羽化トラップを設置した。コドラード内から直径 30 mm 以上、長さ 1 m 以上の腐朽木をすべて回収し、腐朽度合い (重度、ナイフが 10 mm 以上刺さる; 軽度、刺さらない) と、太さ (大径、直径 150 mm 以上; 中径、50~149 mm; 小径、直径

30~49 mm) の組み合わせで、六つのカテゴリーに分類した。羽化トラップは網袋 (網目 1 mm, 長さ 2 m, 幅 1 m) とその上部に取り付けた 500 mL のプラスチックボトルの捕虫器から成る。捕虫器に約 200 mL の 99% プロピレングリコールを注入して、試料の保存液とした。回収した腐朽木すべてをカテゴリー別にトラップに入れ、羽化した昆虫を採集した。コドラートごとの羽化トラップの数は腐朽木量の違いにより、3~14 基であり、全体で 103 基となった。羽化トラップは、2006 年 2 月 17 日から 2007 年 2 月 6 日までの間 11 林分 (A03~10, A12, A13, B03) に、2007 年 2 月 1 日から 2008 年 2 月 11 日までの間 5 林分 (A01, A02, A11, B01, B02) に設置された。これらの羽化トラップに捕殺された昆虫類を、2 カ月に一度回収した。回収された昆虫類から、捕食性アブ類 (以下、単にアブ類と呼ぶ) を抜き出して、科または属を単位として個体数を記録した。各コドラート内の同じ腐朽木のカテゴリーごとにアブ類個体数を集計した。オドリバエ科 Empididae, セダカオドリバエ科 Hybotidae, およびアシナガバエ科 Dolichopodidae の分類を Sinclair and Cumming (2006) に、和名を三枝 (2008a, b) によった。その他のアブ類の科分類と和名を屋富祖 (2002) によった。標本は 70% アルコール液浸標本として森林総合研究所九州支所に保管されている。

除伐の有無と除伐後の年数の経過に伴う腐朽木量の変化がアブ類の個体数に与える影響を明らかにするため、腐朽木量と個体数の間の相関を Kendall の順位相関係数 (τ) によって調べた。また、サイズと腐朽度合いが異なる腐朽木からのアブ類の羽化個体数の違いを明らかにするため、六つのカテゴリー間で Kruskal-Wallis 検定 (KW 検定) を行い、同時に、任意の二つのカテゴリー間の多重比較を行った。検定と多重比較で用いるデータの分散を等しくするため、調査地 (コドラート) ごとの各カテゴリーの腐朽木体積の単位体積 (1 m^3) あたりの個体数 (個体数密度) に定数 1 を加え、自然対数に変換した。さらに、除伐の有無、および除伐後の経過年数がアブ類群集の構造に及ぼす影響を明らかにするため、コドラートごとの科構成を対象にして多変量解析を行った。長谷川 (2006) に従い、まず、除歪対応分析 (Detrended Correspondence Analysis) による上位の軸の lengths of gradient を算出した。除歪対応分析による、第 1, 2, 3 軸それぞれの lengths of gradient は 1.27, 1.13, 0.84 であった。これらの値が 4 より小さかったため、主成分分析 (Principal Component Analysis: PCA) を行った。各科の調査地ごとの、自然対数に変換した値を使って解析を行った。スケーリングでは調査地に焦点を当て、スコアの標準化と中心移動では、科のスコアの中心移動のみを行った。また、調査地は調査を行った時期が異なる二つのグループ (2006 年 2 月から 2007 年 2 月までの間、と 2007 年 2 月から 2008 年 2 月までの間) に分割されたため、調査時期の違いを共変数とした解析 (Partial PCA) を行った。順位相関と KW 検定の計算を R ver.2.11.0 (R Development Core Team, 2005) で、除歪対応分析と主成

分分析を CANOCO ver. 4.5 (ter Braak and Šmilauer, 2002) で行った。多重比較には青木繁伸氏が作成した関数 (青木, 2009) を利用した。順位相関, KW 検定, 多重比較の有意水準を 5% とした。

III. 結果と考察

琉球列島から記録されている, 森林の土壌または腐朽木と関係する幼虫を含むアブ類は, ムシヒキアブ科 Asilidae, アシナガバエ科, オドリバエ科, セダカオドリバエ科, ムシヒキアブモドキ科 Mydidae, クシツノアブ科 Rachiceridae, シギアブ科 Rhagionidae, ミズアブ科 Stratiomyidae, ツルギアブ科 Therevidae である (屋富祖, 2002)。調査の結果, ムシヒキアブモドキ科とツルギアブ科を除く 7 科群が得られたが, 得られたミズアブ科はすべて腐食性と考えられる種であった。したがって, 本研究では, アシナガバエ科, オドリバエ科, クシツノアブ科, シギアブ科, セダカオドリバエ科, ムシヒキアブ科のアブ類 6 科を対象とした (表-1)。

1. 腐朽木体積とアブ類の個体数

除伐後 1 年経過した林分の腐朽木体積 ($0.26 \sim 0.78 \text{ m}^3$) は, 除伐後 4 年以上経過した林分と未除伐林の腐朽木体積 ($0.03 \sim 0.25 \text{ m}^3$) よりも大きかった。除伐後 4 年から 13 年まで経過した林分の腐朽木体積 ($0.03 \sim 0.22 \text{ m}^3$) は経過年数が大きくなるほど小さい傾向があった。除伐後 18 年から 22 年まで経過した林分の腐朽木体積 ($0.04 \sim 0.14 \text{ m}^3$) は除伐後 13 年経過した林分よりも多かったが, 未除伐林の腐朽木体積 ($0.13 \sim 0.25 \text{ m}^3$) よりも小さいことがあった (表-1, 図-1)。これらの林分それぞれの腐朽木体積と発生したアブ類の総個体数の間には有意な正の相関があった

($\tau = 0.48, p < 0.01$)。また, アブ類各科の個体数との間には, アシナガバエ科では有意な正の相関 ($\tau = 0.47, p < 0.05$) があり, ムシヒキアブ科でも有意に近い正の相関 ($\tau = 0.34, p = 0.07$) があった。しかし, その他 4 科では有意な相関はなかった (表-1)。

したがって, 除伐によって多くの腐朽木が発生すると, また, 除伐が行われた林分の腐朽木体積が腐朽の進行によって少なくなると, それに対応してアブ類の総個体数とアシナガバエ科の個体数は増減すると考えられる。ムシヒキアブ科でも同様の可能性が考えられる。しかし, その他の 4 科のアブ類を増減させる要因は腐朽木体積とは別にあると考えられる。

2. 腐朽木のサイズ・腐朽度とアブ類の個体数

腐朽木のカテゴリーごとの体積の多少は, 除伐の有無と除伐後の経過年数の違いによって, それぞれの林分で異なっていた (図-1)。すなわち, 大径の腐朽木は, 未除伐林では調査した 3 林分すべてでみられたが, 除伐林では調査した 13 林分中の 4 林分 (除伐後 1 年の 3 林分: A01, A04, A05, および 18 年の 1 林分: A11) でしかみられなかった ($0.01 \sim 0.26 \text{ m}^3$)。腐朽が重度の小中径木は除伐林と未除伐林のどちらでも普遍的にみられた ($0.02 \sim 0.33 \text{ m}^3$)。腐朽が軽度の腐朽木は, 除伐後 1 年の 5 林分で多くみられた ($0.01 \sim 0.29 \text{ m}^3$) が, 除伐後 4 年以上の 8 林分や未除伐林 3 林分ではほとんどみられなかった ($0.00 \sim 0.07 \text{ m}^3$)。

アシナガバエ科は除伐の有無や除伐後の経過年数に関わらず普遍的に発生していたが, 除伐後 1 年の林分で非常に多かった (表-1)。オドリバエ科とセダカオドリバエ科は, それらの発生がみられない林分がそれぞれ二つずつあったが, 除伐の有無に関わらず分布していた。ムシヒキアブ科

表-1. 調査地の履歴と捕獲された捕食性アブ類の個体数

調査地点 ¹⁾	腐朽木体積 (m^3)	除伐後の年数	オドリバエ科	セダカ オドリバエ科	アシナガバエ科 ²⁾	ムシヒキアブ科	クシツノアブ科	シギアブ科
A01	0.26	1	11	15	34 (16)	5	0	10
A02	0.48	1	12	20	130 (115)	3	0	0
A03	0.33	1	8	16	155 (146)	0	1	4
A04	0.78	1	4	11	251 (234)	1	1	33
A05	0.57	1	7	6	46 (44)	2	0	2
A06	0.22	4	4	12	36 (15)	6	0	22
A07	0.17	7	0	4	36 (18)	1	0	3
A08	0.08	7	1	27	20 (17)	1	0	0
A09	0.06	12	0	0	3 (1)	0	0	4
A10	0.03	13	15	0	31 (7)	0	0	0
A11	0.14	18	25	12	24 (12)	0	0	2
A12	0.14	22	7	5	15 (11)	0	1	0
A13	0.04	22	10	6	26 (8)	0	0	6
B01	0.25	—	1	3	22 (10)	0	1	7
B02	0.19	—	14	15	48 (20)	0	4	38
B03	0.13	—	9	20	30 (12)	1	1	8
合計								
Total			128	172	907 (686)	20	9	139
順位相関係数 ³⁾ τ			-0.045	0.189	0.465*	0.336	0.214	0.200
p 値			0.808	0.307	0.012	0.069	0.248	0.280

A, 除伐された林; B, 除伐の記録がない林。¹⁾ 各林の調査期間は, A01, A02, A11, B01, B02 が 2007 年 2 月 1 日から 2008 年 2 月 11 日まで, A03~10, A12, A13, B03 が 2006 年 2 月 17 日~2007 年 2 月 6 日までである。²⁾ キマワリアシナガバエ属 *Medetera* の個体数をカッコ内に内数で示した。³⁾ 腐朽木体積と各科個体数の Kendall の順位相関係数 (τ) ($p < 0.05$)。

図-1. 調査地の腐朽木体積

L, 大径木; M, 中径木; S, 小径木。O, 腐朽度合いが重度の腐朽木; N, 腐朽度合いが軽度の腐朽木。

表-2. 捕食性アブ類の個体数の Kruskal-Wallis 検定

	χ^2	p
オドリバエ科 Empididae	3.422	0.635
セダカオドリバエ科 Hybotidae	1.550	0.907
アシナガバエ科 Dolichopodidae	7.615	0.179
ムシヒキアブ科 Asilidae	6.144	0.293
クシツノアブ科 Rachiceridae	17.963	0.003*
シギアブ科 Rhagionidae	9.484	0.091

* $p < 0.05$.

は除伐後1年から7年まで経過した林分と、未除伐林1カ所で得られた。クシツノアブ科は未除伐林3カ所と除伐後1年および22年経過した林分3カ所からのみ得られ、シギアブ科の個体数の多少は除伐後の年数や林齢と関係なく、不規則であった。

腐朽木から羽化したオドリバエ科、セダカオドリバエ科、アシナガバエ科、ムシヒキアブ科、シギアブ科の1 m³あたりの個体数(個体数密度)は、カテゴリー間で有意な差はなかった(表-2)が、アシナガバエ科では、腐朽が重度の腐朽木から羽化した個体数は腐朽木のサイズが小さくなるほど、個体数密度が高くなる傾向がみられた(図-2)。クシツノアブ科は腐朽度合いが重度の中径木でのみみられ(図-2)、その個体数密度は腐朽木のカテゴリー間に有意な違いがみられた(表-2)。

以上のことから、未除伐林とその後の経過年数が異なる除伐林が入り混じる森林では、さまざまなサイズと腐朽度からなる腐朽木が不均一に分布しており、それによってそれぞれの林分で生息するアブ類の個体数が異なると考えられる。大径の腐朽木は未除伐林では普遍的に存在し、除伐林では限定的に存在すると考えられる。腐朽が重度の小中径木は普遍的に存在するが、腐朽が軽度の中小径木は除伐後1~4年経過した林分でのみ存在すると考えられる。この違いが除伐後1年経過した林分では未除伐林よりもアシナガバエ科の個体数が増える原因と考えられる。また、腐朽が重度の小中径木しかみられない除伐後7年以上経過した林分や未除伐林では、サイズの小さい腐朽木の体積の多少がアシナガバエ科の個体数に大きく影響する可能性が

図-2. 腐朽木のカテゴリーごとの100 m³当たりの捕食性アブ類個体数

A, オドリバエ科; B, セダカオドリバエ科; C, アシナガバエ科; D, ムシヒキアブ科; E, クシツノアブ科; F, シギアブ科。同じ文字 (a, b) を付したカテゴリーの個体数密度の中央値の間に有意差なし(多重比較, $p > 0.05$)。腐朽木のカテゴリーと略字の説明は本文および図-1を参照。

ある。その他5科は除伐後4年経過した後、みられなくなる時期があると考えられる。クシツノアブ科は腐朽が重度の中径木の存在が分布の制限要因になっていると考えられる。しかし、除伐による腐朽木のサイズと腐朽度の変化からその他4科の分布を説明することはできない。

3. 除伐によるアブ類群集の科構成の変化

共変数を使った主成分分析による、第1, 2, 3軸それぞれの固有値(eigenvalue)は0.381, 0.260, 0.143であった。固有値の高かった第1, 2軸による座標面(図-3)上では、オドリバエ科、セダカオドリバエ科、アシナガバエ科、ムシヒキアブ科の固有ベクトルが右下に向き、その方向に除伐後1年経過した林分(A02, A03, A05)と未除伐林(B03)が集まった。シギアブ科とクシツノアブ科の固有ベクトルは右上を向き、その方向に未除伐林(B02)と除伐後1, 4年経過した林分(A01, A04, A06)が集まった。除伐後7~22年経過した林分(A7~12)と未除伐林(B01)は原点より左側に集まり、その方向に固有ベクトルをもつ科はなかった。除伐後22年経過した林分(A13)は原点に近く配置された。

アブ類の科構成は除伐後1年経過した林分と除伐後7年以上経過した林分の間で異なると考えられる。除伐後1年経過した林分ではオドリバエ科、セダカオドリバエ科、アシナガバエ科の個体数が多く、特にアシナガバエ科でそれが顕著である。除伐後7年以上経過した林分ではアブ類の個体数は少ない。未除伐林のアブ類群集を強く特徴づけるアブ類はいない。

4. 除伐がアブ類群集に与える影響

除伐の有無と除伐後の経過年数によって、腐朽木の体積、腐朽木のサイズと腐朽度が異なること、また、それらによってアブ類の個体数が異なることがわかった。これらのことから、除伐がアブ類群集の科構成に影響していると考えられる。特に、除伐によって腐朽が軽度の腐朽木が供給され

図-3. 調査時期の違いを共変数とした主成分分析による捕食性アブ類と調査地の座標付け

Asilidae, ムシヒキアブ科; Dolichopodidae, アシナガバエ科; Empididae, オドリバエ科; Hybotidae, セダカオドリバエ科; Rachiceridae, クシツノアブ科; Rhagionidae, シギアブ科。調査地の記号の説明と各調査地の調査時期は本文および表-1を参照。▲, 1年経過した除伐林; ●, 4年以上経過した除伐林; ■, 未除伐林。

ると、やんばるの森で普遍的に分布しているアシナガバエ科の個体数の増加が著しく、アブ類群集の構造に変化をもたらすと考えられる。

羽化トラップで捕獲されたアシナガバエ科のうち、76%の個体はキマワリアシナガバエ属 *Medetera* に属するものであった(表-1)。特に、アシナガバエ科全体に対するキマワリアシナガバエ属の個体が占める割合は、除伐後1年目の林分では93%, その他の除伐林では20%, 除伐の行われていない林分で42%であった。キマワリアシナガバエ属の幼虫は材あるいは菌類を摂食するキクイムシ類(鞘翅目)の捕食者あるいは死体食者であると考えられている(Kishi, 1969)。キクイムシ類は倒木、枯死木、伐採木などに生息することが知られている(野淵, 1993)。この調査でアブ類と同時に得られたキクイムシ類の個体数は伐採木の体積が多い除伐直後の林分で著しく多かった(環境省, 2007)。したがって、育成天然林施業の除伐による腐朽度合いの強くない腐朽木の大量発生は、キクイムシ類を介して、キマワリアシナガバエ属の個体数に対する間接的なボトムアップ効果があると考えられる。また、除伐林および除伐の行われていない林分の腐朽木の体積はアシナガバエ科全体の個体数と正の相関があった。これらのことから、除伐による腐朽木の大量発生はアシナガバエ科全体の個体数に対しても、キクイムシ類をはじめとする餌となる小動物を介した間接的な効果があると考えられる。

カナダのマツ林のマツ腐朽木に生息する菌食者昆虫(鞘翅目と双翅目の4科を含む)の個体数はマツ腐朽木の体積(7~77 m³/ha)と相関する(Vanderwel *et al.*, 2006)。オーストラリアの低地林の腐朽木に生息する鞘翅目昆虫の個体

数は腐朽木体積(26~78 m³/ha)と相関する(Grove, 2002)。カナダの広葉樹が優占する森林では、腐朽木の体積が多い(43 m³/ha以上)林分はより少ない林分よりもオサムシ科昆虫4種の個体数が多い(Work *et al.*, 2004)。また、カナダのマツ林のマツ腐朽木には腐朽度合いが軽度あるいは重度の腐朽木にそれぞれ異なる機能群の昆虫が存在する(Vanderwel *et al.*, 2006)。これらのことからVanderwel *et al.* (2006)は、腐朽木に生息する昆虫相は腐朽木の体積が減ることによって負の影響を受け、異なる腐朽度合いで指標的な機能群が出現するため、腐朽木の体積が減少せず、腐朽の度合いがさまざまな腐朽木が存在するような森林管理が腐朽木に生息する昆虫の生物多様性と生態系機能が維持されると考えた。やんばるの森では除伐によって一時的に腐朽木の体積が増加し、その後の年数の経過によって腐朽木の体積が減少する。除伐から1~4年経過した林分では腐朽が軽度の腐朽木がみられるが、それ以後の年数ではそれらではなく、腐朽が重度の腐朽木の体積も減少する。これらの違いがアブ類の個体数や群集構成に影響している。そのため、沖縄本島北部でも、この地域全体にある腐朽木の体積が大きく変動することのないような、かつ、異なるサイズと腐朽度合いの腐朽木が存在するような森林管理がこれら捕食性アブ類の多様性を維持すると考えられる。

小高信彦氏、後藤秀章氏(森林総合研究所九州支所)、服部 力氏(森林総合研究所関西支所)には調査デザインの考案と腐朽木計測に協力していただいた。齋藤和彦氏(森林総合研究所関西支所)には調査地の履歴を調べていただいた。国頭村役場経済課と沖縄県北部農林水産振興センターから、それぞれ村有林と県営林で調査を行う許可をいただいた。後藤秀章氏、七里浩志氏(やんばる野生生物保護センター)と南木大祐氏(琉球大学農学部)には試料の回収に協力していただいた。ここに厚く感謝する。本研究は環境省の地球環境保全等試験研究費「沖縄ヤンバルの森林の生物多様性に及ぼす人為の影響の評価とその緩和手法の開発」による補助を得て行った。

引用文献

- 青木繁伸 (2009) クラスカル・ウォリス検定 (plus 多重比較). <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/kruskal-wallis.html>, 2010年6月23日取得。
- Azuma, S., Sasaki, T., and Ito, Y. (1997) Effects of undergrowth removal on the species diversity of insects in natural forests of Okinawa Honto. *Pac. Conserv. Biol.* 3: 150-160.
- ter Braak, C.J.F. and Šmilauer, P. (2002) CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power.
- Frouz, J. (1997) Changes in communities of soil dwelling dipteran larvae during secondary succession in abandoned fields. *Eur. J. Soil Biol.* 33: 57-65.
- Frouz, J. (1999) Use of soil dwelling Diptera (Insecta, Diptera) as bioindicators: a review of ecological requirements and response to disturbance. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74: 167-186.
- Grove, S.J. (2002) Tree basal area and dead wood as surrogate indicators of saproxylic insect fauna integrity: a case study from the Australian lowland tropic. *Ecol. Indic.* 171-188.
- 長谷川元洋 (2006) 土壌動物群集の研究における座標付け手法の活用. *Edaphologia* 80: 35-64.
- 伊藤嘉昭 (1995) 沖縄やんばるの森—世界的な自然をなぜ守れないのか—. 187 pp, 岩波書店.
- Ito, Y. and Aoki, J. (1999) Species diversity of soil-inhabiting oribatid

- miters in Yanbaru, the northern part of Okinawa Honto, and the effects of undergrowth removal on it. *Pedobiologia* 43: 110–119.
- Ito, Y., Takamine, H., and Yamauchi, K. (1998) Abundance and species diversity of ants in forests of Yanbaru, the northern part of Okinawa Honto with special reference to effects of undergrowth removal. *Entomol. Sci.* 1: 347–355.
- 環境省 (2007) 平成 18 年度環境保全研究成果 CD-ROM 版, 環境省.
- Kishi, Y. (1969) A study on the ability of *Medetera* sp. (Diptera: Dolichopodidae) to prey upon the bark and wood boring Coleoptera. *Appl. Entomol. Zool.* 4: 17–184.
- Martinson, H., Schneider, K., Gilbert, J., Hines, J.E., Hambäck, P.A., and Fagan, W.F. (2008) Detritivory: stoichiometry of a neglected trophic level. *Ecol. Res.* 23: 487–491.
- Miyashita, T., Takada, M., and Shimazaki, A. (2003) Experimental evidence that aboveground predators are sustained by under-ground detritivores. *Oikos* 103: 31–36.
- 永富 昭 (1997) アブ類. (日本動物大百科, 9, 昆虫 II. 日高敏隆監修, 平凡社). 128–130.
- 野淵 輝 (1993) キクイムシ類. (森林昆虫—総論・各論—. 小林富士雄・竹谷昭彦編, 養賢堂). 32–34.
- 沖縄県農林水産部 (1995) 育成天然林施業指針, 7 pp, 沖縄県.
- R Development Core Team (2005) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- 三枝豊平 (2008a) オドリバエ科. (新訂原色昆虫大図鑑 III. 平嶋義宏・森本 桂監修, 北隆館). 405–434.
- 三枝豊平 (2008b) アシナガバエ科. (新訂原色昆虫大図鑑 III. 平嶋義宏・森本 桂監修, 北隆館). 434–449.
- 嵐 洪 (1993) 寄生性の双翅類. *昆虫と自然* 28(7): 9–14.
- Shimazaki, A. and Miyashita, T. (2005) Variable dependence on detrital and grazing food webs by generalist predators: aerial insects and web spiders. *Ecography* 28: 485–494.
- Sinclair, B.J. and Cumming, J.M. (2006) The morphology, higher-level phylogeny and classification of the Empidoidea (Diptera). *Zootaxa* 1180: 1–172.
- Stork, N.E. (1991) The composition of the arthropod fauna of Bornean lowland rain forest trees. *J. Trop. Ecol.* 7: 161–180.
- Sueyoshi, M., Goto, H., Sato, H., Hattori, T., Kotaka, N., and Saito, K. (2009) Clusiidae (Diptera) from log emergence traps in the Yanbaru, a subtropical forest of Japan. *Entomol. Sci.* 12: 93–101.
- Symstad, A.J., Siemann, E., and Haarstad, J. (2000) An experimental test of the effect of plant functional group diversity on arthropod diversity. *Oikos* 89: 243–253.
- Vanderwel, M.C., Malcolm, J.R., Smith, S.M., and Islam, N. (2006) Insect community composition and trophic guild structure in decaying logs from eastern Canadian pine-dominated forests. *For. Ecol. Manage.* 225: 190–199.
- Woodley, N.E. (1989) Phylogeny and classification of the “Orthorrhaphous” Brachycera. *In* Manual of Nearctic Diptera, 3. McAlpine, J.F., *et al.* (eds.), Research Branch, Agriculture Canada Monograph 32, Canadian Government Publishing Center, 1371–1395.
- Work, T.T., Shorthouse, D.P., Spence, J. R., Volney, W.J.A., and Langor, D. (2004) Stand composition and structure of the boreal mixedwood and epigaic arthropods of the ecosystem management emulating natural disturbance (EMEND) landscape in northwestern Alberta. *Canadian J. For. Res.* 34: 417–430.
- 屋富祖昌子 (2002) ハエ目. (琉球列島産昆虫目録増補改訂版. 東 清二監修, 沖縄生物学会). 343–390.