

北海道の落葉広葉樹林に生息する昆虫群集の多様性と林分状況との関係

石濱宣夫*・原 秀穂**

The relationship between diversity of insect assemblages and stand condition in deciduous broad-leaved forests in Hokkaido, northern Japan

Nobuo ISHIHAMA* and Hideho HARA**

要 旨

北海道の壮齢から老齢の落葉広葉樹林において昆虫類の多様性と林分状況との関係を調べた。調査は2002～2003年に道内8林分（道北、道東、道央、道南で各2地点）で行った。誘引性衝突板トラップ（ベンジルアセテート使用）を5月下旬～9月上旬に設置し、昆虫類を捕獲した。捕獲個体数が多かったカミキリムシ類、ナガクチキムシ科、オサムシ科、チョウ類の個体数、種数、種多様度（ H' ）と林分状況（全立木、衰弱立木、枯死立木、上層木、中下層木の本数と胸高断面積合計、全立木と上位40本の平均胸高直径、立木の樹種数、立木の種多様度、倒木や落枝の本数と断面積合計）との関係を解析した。

カミキリムシ類は43種1762個体捕獲された。カミキリムシ類は主に枯死木・枯枝を食べるが、その個体数、種数、種多様度いずれも枯死立木の本数と胸高断面積合計、倒木や落枝の本数、断面積合計との間に相関が認められなかった。一方、カミキリムシ類の種数と衰弱木の胸高断面積合計との間に負の相関が、種多様度と中下層木の胸高断面積合計との間に正の相関が認められた。

主に枯死木・枯枝を食べるナガクチキムシ科は18種160個体捕獲された。その個体数と種数はともに腐朽の進んでいない倒木や落枝の本数との間に正の相関が、立木の平均胸高直径との間で負の相関が認められた。また、ナガクチキムシ科の種多様度と枯死立木の胸高断面積合計との間に負の相関が認められた。

捕食性昆虫であるオサムシ科は22種285個体捕獲された。オサムシ科の種数と上位40本の平均胸高直径、および中下層の胸高断面積合計との間に正の相関が、腐朽の進んでいない倒木や落枝の本数との間に負の相関が認められた。また、オサムシ科の個体数と中下層の胸高断面積合計との間、種多様度と立木の種多様度との間に正の相関が認められた。

主に生きた植物を食べるチョウ類は22種159個体捕獲された。チョウ類の種多様度と衰弱木の胸高断面積合計との間に正の相関が認められた。また、その個体数と樹種数との間に負の相関が認められた。

キーワード：生物多様性，森林昆虫，林分状況，落葉広葉樹林，衝突板トラップ

* 北海道立林業試験場道東支場 Hokkaido Forestry Research Institute Doto Branch Station, Shintoku, Hokkaido 081-0038

** 北海道立林業試験場 Hokkaido Forestry Research Institute, Bibai, Hokkaido 079-0198

〔北海道立林業試験場研究報告 第43号 平成18年3月, Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute, No.43, March 2006〕

はじめに

近年、生物多様性や生活環境保全等の森林が有する多面的機能に強い関心が持たれるようになった。そして、森林の多様な役割と機能を維持しつつ、その保全と利用の両立を図り、持続可能な森林経営を推進していくことが国際的な課題となっている（林野庁、2002）。また、森林は多種多様な動植物種の生息場所であり、遺伝資源の保存、種の存続のためにその保全、保護を必要とする。一方で、森林に対する社会的ニーズは多様であり、かつての里山林のように人間生活との関わりを重視した利用形態を望む人々も多い（石井ら、1993）。特に、今後、公益的機能を重視した森林管理を進めていく上で、生物多様性の客観的な評価手法を確立しておくことは非常に重要である。

昆虫類は地球上に約95万種以上いるとされ、全生物種数の約60%、全動物種数の約75%を占めており（三橋、2003）、最も種類が多いうえに、種ごとに食性などの生活様式や生息環境が異なっている。そのため、自然環境を正確に反映する指標種として利用可能であり、国内でもこれまでに多くの分類群が環境評価の対象として研究されてきた。チョウ類では食性や生息環境、分類、分布についての知見の集積が豊富であり、大型で目視による同定が可能なことから、主にトランセクト法（日本ではルートセンサス法とも呼ばれる）による研究が行われてきた（森下、1967；稲泉、1975；日浦、1976；山本、1988；田中、1988；石井、1993、1996；広渡、1996；矢田、1996；Natuhara *et al.*, 1996；本田、1997；日本環境動物昆虫学会、1998；高橋、2000；Inoue、2003；尾崎ら、2004；井上、2004）。地表徘徊性のオサムシ科はピットホールトラップによる定量化が容易であり、種数、個体数が多く生息環境が広いことから植生環境の改変を示す指標生物として研究されてきた（古田、1983；Ishii *et al.*, 1996；石谷、1996a, 1996b, 1998, 1999a, 1999b, 2003；堀、2001, 2003；磯野、2005）。木材質に依存するカミキリムシ類はチョウ類に次いで生物学的情報が豊富であり、トラップによる捕獲調査や種の同定が容易なことから、主にマレーズトラップ、衝突板トラップ（カイロモン使用）を用いて研究されてきた（Shibata *et al.*, 1996；前藤・楨原、1999；前藤ら、2000；楨原ら、2001；佐藤・前藤、2001；前藤・佐藤、2002；Maeto *et al.*, 2002；江崎、2003, 2004；江崎・野平、2003；Ohsawa、2004）。この他に、ガ類（Yoshida、1980, 1981；山家、1991）、アリ類（Ito *et al.*, 1998；Touyama *et al.*, 1998）、双翅類（末吉ら、2003）、土壌性甲虫群集（野村、1995；加藤、2000）、訪花性甲虫群集（大橋ら、1992；大橋・野平、1994；溝田・今坂、1997）等について研究がなされてきた。しかし、これらの研究の多くは特定の分類群を対象にしたものであり、膨大な種数を含む昆虫類を対象にして、簡便かつ明確な生物多様性の調査・評価手法を確立するためには、さらに多くの知見の集積が必要である。

本研究では、生物多様性の評価手法の確立を目指した基礎調査の一環として、昆虫類の多様性と林分状況の関係を検討し、併せて方法上の問題点についても検討することを目的とした。具体的には、北海道の落葉広葉樹林において、衝突板トラップを用いて捕獲された昆虫類について、森林環境を示す諸要因と各昆虫類の多様性との関係を調べた。本報告では、捕獲された昆虫類のうち、材食者で典型的な森林性昆虫であるカミキリムシ類に加えて、ナガクチキムシ科（朽木、枯木を生息場所とし、カミキリムシ類と同様に森林性）、オサムシ科（樹上活動性の種を含み、食葉性昆虫の捕食者として重要）、チョウ類（飛翔性が強く、訪花性の種が多い）について検討を行った。これらの昆虫類は種の同定が比較的容易であり、捕獲個体数も多く、また、森林生態系の中で各々異なる生息要求性を持つと考えられることから材料として選ばれた。一般的に、森林の食物連鎖の上で、カミキリムシ類、ナガクチキムシ科は枯死した木材の分解者、チョウ類は生きた植物を食べる植食者、オサムシ科は他の昆虫や小動物を食べる一次、二次捕食者としての役割を果たしている。

本研究は林野庁林業普及情報システム化特定情報調査（林業試験研究情報調査）「昆虫を指標とした里山広葉樹林の評価手法及び管理手法に関する調査（平成14～15年度）」によって行われた。なお、本報告の一部は石濱・原（2004）で報告した。

材料と方法

調査地

調査は、北海道の代表的な地域を包含するように、道南地域（ニセコ町2ヶ所）、道央地域（三笠市、美唄市）、道東地域（音更町2ヶ所）、道北地域（紋別市、興部町）の合計8林分で行った（図-1）。調査地点の概況を表-1に示した。各地域において、二次林と天然林がセットとなるように調査地点を設定したが、道東地域のみ、適当な天然林の調査地がなかったため、林齢が異なる二次林を調査対象とした。

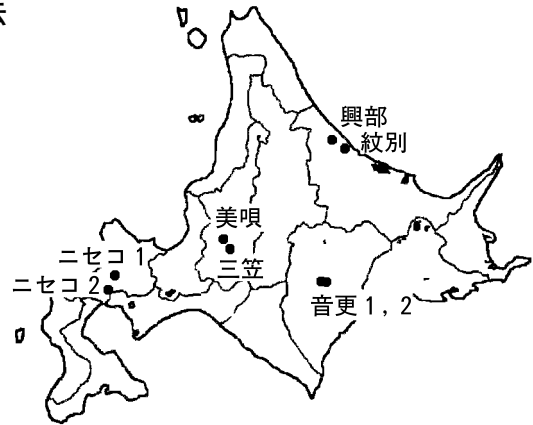


図-1 調査林分

表-1 調査した落葉広葉樹林の概況

調査林分	標高 (m)	林齢 (年)	森林タイプ	主要樹種 (上層木胸高断面積合計%)
ニセコ1	330	114	天然林	ダケカンバ(34), ミズナラ(26), イタヤカエデ(18)
ニセコ2	420	不明	二次林	ミズナラ(42), ダケカンバ(15), オノエヤナギ(14)
三笠	250	108	天然林	オオハコダイジュ(36), イタヤカエデ(16), ミズギ(11)
美唄	140	不明	二次林	ミズナラ(29), シラカンバ(26), イタヤカエデ(25)
音更1	100	61	二次林	カシワ(76), イタヤカエデ(9), ミズナラ(7)
音更2	100	37	二次林	カシワ(39), ヤマナラシ(31), シラカンバ(20)
紋別	270	約70	天然林	カツラ(41), オヒョウ(9), イタヤカエデ(9)
興部	300	約90	二次林	ウダイカンバ(41), ダケカンバ(40), ミズナラ(10)

調査林分に0.1~0.2haの方形区をもうけ、樹高が2.0m以上の全立木（枯死木を含む）を対象に樹種、生死、胸高直径を記録した。生立木のうち葉量60%以下の木と幹折れ木は衰弱木とした。階層構造の区分については、上に木のない木を上層木、上に木がある木を中下層木として区分した。また、ライントランセクト法（ラインの長さ50m、間隔25m以上で等高線方向に4本設定）により倒木、落枝の本数、直径を調べた。測定は倒木、落枝がラインにかかった部位で行った。倒木、落枝の腐朽度については、樹皮があり材が堅いものを「新しい」、樹皮がないか材が軟らかいものを「古い」とした。種多様度にはShannon-Wiener指数 (H') を用いた ($H' = -\sum p_i \log_2 p_i$; ここで、 p_i は i 番目の種の胸高断面積合計を用いた相対優占度である)。

各調査林分の林況は以下の通りである（表-1、2および図-2を参照）。

ニセコ1：ニセコ町羊蹄山麓（標高330m）に位置し、林齢は114年である。樹種数19、種多様度 (H') 2.80。優占樹種は上層がダケカンバ (*Betula ermanii*) (34 (胸高断面積合計%; 以下同様)), ミズナラ (*Quercus crispula*) (26), イタヤカエデ (*Acer mono*) (18), 中下層がイタヤカエデ (69), ミズナラ (13), ハウチワカエデ (*Acer japonicum*) (7) である。広葉樹を主体とした天然林だが、わずかにトドマツ (*Abies sachalinensis*) も混生する（胸高断面積合計にして全体の約3%）。この林分では立木平均胸高直径（全体、上位40本）、立木胸高断面積合計（全体、上層、中下層）が極めて大きいことが特徴である。一方、倒木・落枝の本数（全体、古い、新しい）は少なく、倒木・落枝の断面積合計（全体、古い、新しい）も小さい。

ニセコ2：ニセコ町昆布岳山麓（標高420m）に位置し、林齢は不明である。樹種数20、種多様度 (H') 2.70。優占樹種は上層がミズナラ (42), ダケカンバ (15), オノエヤナギ (*Salix sachalinensis*) (14), 中下層がダケカンバ (35), トドマツ (19), ミズナラ (14) である。広葉樹を主体とした二次林だが、わずかにトドマツも混生する（胸高断面積合計にして全体の約9%）。立木密度（全体）は中庸、立木平均

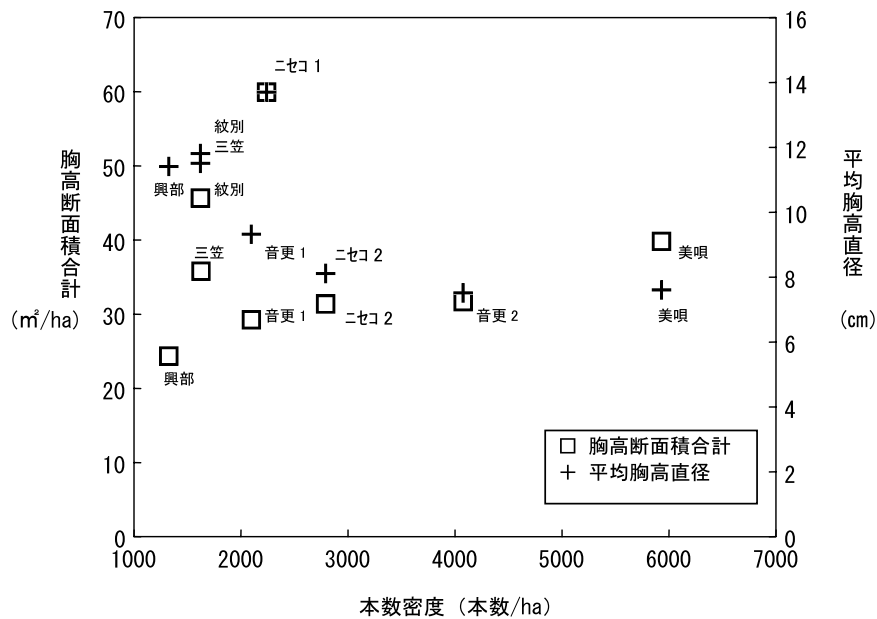


図-2 調査林分の立木の本数密度、胸高断面積合計、平均胸高直径の関係

表-2 調査林分の状況

林分状況を示す変数		ニセコ1	ニセコ2	三笠	美唄	音更1	音更2	紋別	興部
立木樹種数		19	20	16	25	15	17	21	12
立木種多様度 H'		2.80	2.70	3.31	2.86	1.57	2.32	3.29	2.40
立木密度 本数/ha	全体	2242*	2793*	1627*	5936	2101	4080	1625	1327
	衰弱	152	384	87	360	141	260	335	53
	枯死	136	197	73	928	162	580	250	127
	上層	551	646	253	1560	495	1210	305	227
	中下層	1556	1949	1300	3448	1444	2290	1070	973
立木胸高断面積合計 m^2/ha	全体	59.93	31.37	35.72	39.81	29.22	31.63*	45.62*	24.35
	衰弱	3.36	1.02	1.69	0.81	3.13	2.01	16.96	0.67
	枯死	3.27	0.83	0.63	2.85	1.73	2.94	2.13	4.41
	上層	43.06	23.71	26.51	28.17	23.80	25.59	37.26	13.48
	中下層	13.60	6.83	8.58	8.79	3.69	3.11	6.24	6.46
立木平均胸高直径 cm	全体	13.7	8.1	11.5	7.6	9.3	7.5	11.8	11.4
	上位40本	41.2	34.8	35.1	21.3	26.0	21.2	41.0	27.7
倒木・落枝 本数	全体	82	73	107	179	133	104	128	91
	古い	61	60	86	92	89	66	103	58
	新しい	21	13	21	87	44	38	25	33
倒木・落枝 平均直径 cm	全体	3.5	3.8	4.8	2.9	3.8	3.1	5.2	5.4
	古い	3.9	4.1	5.0	3.2	4.4	3.5	5.7	6.0
	新しい	2.4	2.5	4.3	2.6	2.6	2.3	3.4	4.4
倒木・落枝 断面積合計 m^2	全体	0.125	0.142*	0.370*	0.143	0.229	0.106	0.543	0.357*
	古い	0.115	0.132	0.296	0.086	0.202	0.087	0.511	0.265
	新しい	0.010	0.009	0.073	0.057	0.027	0.019	0.032	0.093

*立木密度、立木胸高断面積合計では(全体)=(枯死)+(上層)+(中下層)、倒木・落枝の断面積合計では(全体)=(古い)+(新しい)となるが、有効数字の次の桁を四捨五入しているため、その合計値が一致しない。

胸高直径(全体)は小さく、立木胸高断面積合計(全体)は中位の下方に位置する。この他、衰弱木の木数密度が高い、枯死立木の胸高断面積合計が小さい、倒木・落枝の本数(全体、古い、新しい)が少ないといった特徴がある。

三笠：三笠市唐松(標高250m)に位置する。当試験場の研究林となっており、林齢は108年である。樹種数16、種多様度(H')3.31。優占樹種は上層がオオバボダイジュ(*Tilia maximowicziana*) (36)、イタヤカエデ(16)、ミズキ(*Cornus controversa*) (11)、中下層がシウリザクラ(*Prunus ssiori*) (21)、ハウチワカエデ(16)、シナノキ(*Tilia japonica*) (11)である。広葉樹の天然林で、林分内に針葉樹は生育していない。立木密度(全体)は低いが、立木平均胸高直径(全体)は大きく、立木胸高断面積合計

(全体)は中庸である。この他、立木に関しては、衰弱木、枯死木、上層木の本数密度が低い、枯死木の胸高断面積合計が小さい、中下層の胸高断面積合計が大きいといった特徴がある。倒木・落枝については、全体の本数は中庸だが、他の調査地点と比べて古いものが多く新しいものは少ない。また、倒木・落枝の平均直径・断面積合計(全体, 古い, 新しい)はいずれも大きかった。

美唄：美唄市光珠内(標高140m)に位置する。当試験場の試験地(グリーンプール)となっており、林齢は不明。樹種数25, 種多様度(H') 2.86。優占樹種は上層がミズナラ(29), シラカンバ(*Betula platyphylla*) (26), イタヤカエデ(25), 中下層がイタヤカエデ(52), ハウチワカエデ(14), ハリギリ(*Kalopanax pictus*) (5)である。広葉樹の二次林で、林分内に針葉樹は生育していない。立木密度(全体)が極めて高く、立木平均胸高直径(全体, 上位40本)は小さいが、立木胸高断面積合計(全体)は中庸である。この他、立木に関しては、衰弱木、枯死木、上層木、中下層木ともに本数密度が高く、衰弱木の胸高断面積合計が小さい、中下層の胸高断面積合計が大きいといった特徴がある。倒木・落枝については、本数(全体, 古い, 新しい)が非常に多く、特に新しい倒木・落枝が際だって多いこと、平均直径(全体, 古い, 新しい)が小さいこと、古い倒木・落枝の断面積合計が小さいこと等が特徴である。

音更1：音更町十勝川温泉付近(標高100m)に位置し、林齢は61年である。樹種数15, 種多様度(H') 1.57。優占樹種は上層がカシワ(*Quercus dentata*) (76), イタヤカエデ(9), ミズナラ(7), 中下層がイタヤカエデ(48), カシワ(18), エゾヤマザクラ(*Prunus sargentii*) (12)である。広葉樹の二次林で、林分内に針葉樹は生育していない。立木密度(全体)は中庸、立木平均胸高直径(全体)はやや小さく、立木胸高断面積合計(全体)も小さい。この他、中下層の胸高断面積合計が小さい、倒木・落枝の本数(全体, 古い, 新しい)が多い等が特徴である。

音更2：音更町十勝川温泉付近(標高100m)に位置し、林齢は37年である。樹種数17, 種多様度(H') 2.32。優占樹種は上層がカシワ(39), ヤマナラシ(*Populus sieboldii*) (31), シラカンバ(20), 中下層がイタヤカエデ(44), カシワ(17), ヤマナラシ(9)である。広葉樹の二次林で、林分内に針葉樹は生育していない。立木密度(全体)は高く、立木平均胸高直径(全体, 上位40本)は小さく、立木胸高断面積合計(全体)は中位の下方に位置する。この他、立木に関しては、枯死立木、上層木、中下層木の本数密度が高く、中下層の胸高断面積合計が小さいといった特徴がある。倒木・落枝については、本数(全体)は中庸だが、平均直径、断面積合計(全体, 古い, 新しい)が小さいことが特徴である。

紋別：紋別市大山中腹(標高270m)に位置し、林齢は約70年である。樹種数21, 種多様度(H') 3.29。優占樹種は上層がカツラ(*Cercidiphyllum japonicum*) (41), オヒョウ(*Ulmus laciniata*) (9), イタヤカエデ(9), 中下層がオヒョウ(30), イタヤカエデ(15), シウリザクラ(11)である。広葉樹を主体とした天然林だが、トドマツ(胸高断面積合計にして全体の約2%), エゾマツ(*Picea jezoensis*) (胸高断面積合計にして全体の約6%)もわずかに混生する。立木密度(全体)は低く、立木平均胸高直径(全体, 上位40本), 立木胸高断面積合計(全体)はともに大きい。この他、立木に関しては、衰弱木の本数密度が高く、上層木、中下層木の本数密度が低い、衰弱木の胸高断面積合計が極めて大きく、上層木の胸高断面積合計も大きいといった特徴がある。倒木・落枝については、全体に本数が多く、特に古いものが多く、平均直径、断面積合計(全体, 古い)が大きいことが特徴である。

興部：興部町豊畑(標高300m)に位置し、林齢約90年の広葉樹二次林で、ウダイカンバ(*Betula maximowicziana*)の衰退林分である(寺澤ら, 2001)。樹種数12, 種多様度(H') 2.40。優占樹種は上層がウダイカンバ(41), ダケカンバ(40), ミズナラ(10), 中下層がホオノキ(*Magnolia obovata*) (39), ハウチワカエデ(14), シナノキ(13)である。立木密度(全体)は極めて低く、立木平均胸高直径(全体)は大きい、上位40本の平均胸高直径は比較的小さい。また、立木胸高断面積合計(全体)は極めて小さい。この他、立木に関しては、衰弱木、枯死木、上層木、中下層木ともに本数密度が低い、衰

弱木および上層木の胸高断面積合計は小さいが、枯死木の胸高断面積合計は大きいといった特徴がある。倒木・落枝については、全体に本数が少なく、特に古いものが少ないこと、平均直径、断面積合計（全体、古い、新しい）が大きいことが特徴である。

調査・解析方法

昆虫類の捕獲には吊り下げ式の白色の衝突板トラップ（サンケイ化学(株)製）を使用し（写真-1）、ベンジルアセテートを誘引剤として用いた（池田，1992；岩田・楨原，1994）。トラップ内には界面活性剤と防腐剤（ソルビン酸）を少量加えた水を入れた。トラップは高さ約1.5mに設置し、各調査林分に3基ずつ直線上に20～30m間隔で配置した。この際、やや陽のあたる場所を選び、周囲の下草を約1m幅で除去した。設置期間は2002～2003年の5月下旬～9月上旬までの約3ヶ月間であり、ほぼ2週間に一回の間隔で捕獲昆虫を回収した。昆虫類の種多様度にはShannon-Wiener指数（ H' ）を用いた（ $H' = -\sum pi \log_2 pi$ ；ここで、 pi は*i*番目の種の個体数の総個体数に対する割合である）。



写真-1 衝突板トラップ

林分状況との関係を解析するために、各調査地点で得られた試料の2年間の合計を算出した。昆虫類の種数、個体数、種多様度（ H' ）と林分状況を示す個々のデータからスピアマンの順位相関係数を算出した。カミキリムシ類の同定、学名・和名は大林ら（1992）に従った。ナガクチキムシ科の同定は佐々治（1985）に、学名・和名は平嶋（1989）にそれぞれ従った。オサムシ科の同定は石川ら（1985）に、学名・和名は木元・保田（1995）にそれぞれ従った。チョウ類の同定、学名・和名は主に猪又（1990）に従った。

結果と考察

調査林分の状況

調査林分の状況を表-2に示した。地域的にみると、立木の種数が道南、道央で多く、道北、道東で少なかった。立木の種多様度（ H' ）も類似の傾向があったが、道北・紋別の天然林では高い値を示した。天然林と二次林との間で比較すると、胸高直径が天然林で大きく、二次林で小さかった。

林分状況を示す変数間の相関関係を表-3、4に示した。樹種数と枯死木または衰弱木の立木本数密度との間に有意な正の相関が認められた。立木本数密度では枯死木と衰弱木の間で有意な正の相関が認められた。また、上層木の本数密度と枯死木および衰弱木の立木本数密度との間に有意な正の相関が認められた。立木の本数密度は全般に倒木・落枝の平均直径または断面積合計と有意な負の相関を示す場合が多かった。

表-3 林分状況を示す変数間の相関（1）

	変数No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
立木樹種数	1		0.50	0.55	0.88**	0.71*	0.64	0.55	0.69	0.19	-0.14	0.60	0.36	-0.10	0.12
立木種多様度	2			-0.14	0.14	-0.12	-0.17	-0.14	0.67	0.10	-0.33	0.60	0.60	0.48	0.57
立木密度	全体	3			0.67	0.69	0.98**	1.0**	0.24	-0.12	-0.05	0.19	0.17	-0.67	-0.50
	衰弱	4				0.79*	0.76*	0.67	0.36	0.10	-0.24	0.24	0.10	-0.38	-0.10
	枯死	5					0.81*	0.69	0.24	0.07	0.10	0.21	-0.24	-0.62	-0.52
	上層	6						0.98**	0.29	-0.02	0.02	0.24	0.10	-0.64	-0.48
	中下層	7							0.24	-0.12	-0.05	0.19	0.17	-0.67	-0.50
立木胸高	全体	8								0.57	0.02	0.98**	0.52	0.45	0.52
断面積	衰弱	9									-0.12	0.64	-0.19	0.50	0.48
合計	枯死	10										0.05	0.02	0.05	-0.12
	上層	11											0.45	0.48	0.48
	中下層	12												0.40	0.50
立木平均	全体	13													0.93**
胸高直径	上位40本	14													

** $P < 0.01$ * $0.01 < P < 0.05$ (スピアマンの順位相関係数)

表-4 林分状況を示す変数間の相関 (2)

林分状況	倒木・落枝の本数			倒木・落枝の平均直径			倒木・落枝の断面積合計		
	全体	古い	新しい	全体	古い	新しい	全体	古い	新しい
立木樹種数	0.19	0.50	-0.02	-0.43	-0.52	-0.26	-0.12	-0.33	-0.33
立木種多様度	0.14	0.38	-0.37	0.19	0.12	0.43	0.50	0.33	0.31
立木密度	0.10	0.12	0.26	-0.93**	-0.98**	-0.71*	-0.76*	-0.90**	-0.52
衰弱木	0.00	0.29	-0.07	-0.45	-0.57	-0.48	-0.33	-0.43	-0.60
枯死木	0.38	0.48	0.50	-0.62	-0.64	-0.45	-0.36	-0.57	-0.31
上層	0.12	0.19	0.30	-0.90**	-0.95**	-0.74*	-0.74*	-0.88**	-0.57
中下層	0.10	0.12	0.26	-0.93**	-0.98**	-0.71*	-0.76*	-0.90**	-0.52
立木胸高	0.12	0.48	-0.18	-0.33	-0.36	-0.24	-0.05	-0.12	-0.21
断面積合	0.10	0.48	-0.16	-0.05	0.02	-0.38	0.05	0.26	-0.43
計	-0.19	-0.36	0.31	-0.10	-0.07	-0.10	-0.33	-0.33	0.12
上層	0.26	0.57	-0.04	-0.36	-0.33	-0.21	0.00	-0.10	-0.14
中下層	-0.17	-0.12	-0.34	-0.17	-0.24	0.12	-0.05	-0.21	0.02
立木平均	-0.19	0.02	-0.50	0.52	0.55	0.33	0.48	0.62	0.12
胸高直径	-0.38	-0.05	-0.74*	0.48	0.43	0.19	0.36	0.55	-0.12
倒木・落		0.86**	0.78*	-0.26	-0.12	0.29	0.40	0.00	0.48
枝の本数			0.46	-0.24	-0.14	0.10	0.40	0.12	0.17
古い				-0.44	-0.30	0.04	-0.04	-0.38	0.37
新しい									
倒木・落					0.98**	0.71*	0.74*	0.90**	0.43
枝の平均							0.79*	0.93**	0.50
直径							0.88**	0.67	0.88**
新しい									
倒木・落								0.86**	0.69
枝の断面									
積合計									0.40
新しい									

**P<0.01 *0.01<P<0.05 (スピアマンの順位相関係数)

た。上位40本の平均胸高直径と新しい倒木・落枝の本数との間で有意な負の相関が認められた。その他に、同質変数の全体と部分の間、または部分間でしばしば有意な正の相関が示された。

カミキリムシ類の多様性と林分状況の関係

1. 捕獲結果

カミキリムシ類 (ホソカミキリムシ科, カミキリムシ科) は全体で43種1762個体捕獲された (表-5)。特に個体数が多かった種はキタセスジヒメハナカミキリ (553個体, 31.4%) とヨツスジハナカミキリ (690個体, 39.2%) の2種で全捕獲個体数の70.5%を占めていた。なお, 美唄で捕獲されたヒナルリハナカミキリは北海道ではこれまで道南で1例のみ記録されているだけである (佐々木, 2004)。林分でみると個体数が最も多かったのは音更2 (351個体) で, 最も少なかったのはニセコ2 (153個体) であった。種数が最も多かったのは美唄 (20種) で, 最も少なかったのは音更1 (11種) であった。種多様度 (H') が最も高かったのはニセコ2 (3.10) で, 最も低かったのは紋別 (1.68) であった。天然林 (ニセコ1, 三笠, 紋別) と二次林 (ニセコ2, 美唄, 興部) との間では個体数, 種数, 種多様度 (H') に明瞭な違いはなかった。

2. 個体数, 種数, 種多様度 (H') の地域的差異

カミキリムシ類の個体数は道北・道東で多く, 種数および種多様度 (H') は逆に道南・道央地域で相対的に高い傾向があった (表-5)。これまでの北海道のカミキリムシ相に関する知見 (佐々木ら, 1993; 佐々木, 2004) から, 北海道内におけるカミキリムシの種数は南西部で多く, 北東部で減少する傾向が認められる。本調査で得られた各種の分布域について佐々木 (2004) を基に検討すると, 分布地域に大きな偏りがある種はヒナルリハナカミキリ (道南), ニンフハナカミキリ (道南~道央), トゲヒゲトラカミキリ (道南~道央) の3種だけであった。これらが種数に及ぼす影響は, 全捕獲種数が43種であることから, 小さいと考えられる。ただし, トゲヒゲトラカミキリの捕獲個体数はかなり多く, 上記の林分状況と個体数や種多様度 (H') との解析に影響を及ぼした可能性がある。これまでの研究から, トゲヒゲトラカミキリはベンジルアセテートに強く誘引されることが知られている (大橋ら, 1992; Ikeda *et al.*, 1993; 大橋・野平, 1994; Shibata *et al.*, 1996; 溝田・今坂, 1997; Sakakibara *et al.*, 1997; 楨原ら, 2001; 江崎・野平, 2003; 江崎, 2004)。

表-5 衝突板トラップで捕獲されたカミキリムシ類

種名	調査地点(個体数)								合計
	ニセコ1	ニセコ2	三笠	美唄	音更1	音更2	紋別	興部	
Disteniidae ホソカミキリ科									
<i>Distenia gracilis</i> ホソカミキリ		1	1			1	2		5
Cerambycidae カミキリムシ科									
Prioninae ノコギリカミキリ亜科									(6)
<i>Prionus insularis</i> ノコギリカミキリ		1		4				1	6
Lepturinae ハナカミキリ亜科									(1587)
<i>Stenocorus caeruleipennis</i> フタコブドリハナカミキリ			1						1
<i>Encyclops olivacea</i> テツイロハナカミキリ	10		1					9	20
<i>Gaurotes doris</i> カラカネハナカミキリ				4			11	4	19
<i>Dinoptera minuta</i> ヒナドリハナカミキリ				1					1
<i>Pidonia amantata kurosawai</i> キタセシジメハナカミキリ	39	43	69	45	34	158	152	13	553
<i>Alosterna chalybeella</i> チビハナカミキリ	6	5						1	12
<i>Alosterna tabacicolor</i> ホクチチビハナカミキリ	2	6	1	2	1	6		2	20
<i>Pachytodes cometes</i> マルガタハナカミキリ	1		1	1				9	12
<i>Anastrangalia scotodes</i> ツヤケシハナカミキリ		1					2	2	5
<i>Corymbia succedanea</i> アカハナカミキリ			1		2	3		2	8
<i>Paranaspia anaspidoidea</i> ベニハナカミキリ	1								1
<i>Leptura aetiops</i> クロハナカミキリ		6	8	7	31	22	2	21	97
<i>Leptura mimica</i> ヤツボシハナカミキリ		2	2	3	8	7	1	27	50
<i>Leptura ochraceofasciata</i> ヨツスジハナカミキリ	47	40	71	67	87	140	60	178	690
<i>Leptura latipennis</i> ハネビロハナカミキリ								2	2
<i>Nakanea vicaria</i> フタスジハナカミキリ	41	13	16				3		73
<i>Oedecnema gebleri</i> モモブトハナカミキリ						1			1
<i>Parastrangalis nymphula</i> ニンフハナカミキリ	9	13							22
Cerambycinae かり亜科									(74)
<i>Purpuricenus spectabilis</i> ヘリグロベニカミキリ				1					1
<i>Phymatodes maaki</i> アカネカミキリ				1					1
<i>Cyrtoclytus caproides</i> キスシトラカミキリ					1	3			4
<i>Clytus melaenus</i> シラケトラカミキリ						1			1
<i>Clytus auripilis</i> キンケトラカミキリ								1	1
<i>Chlorophorus japonicus</i> エグリトラカミキリ			1					4	5
<i>Rhaphuma xenisca</i> ホソトラカミキリ	1			1	1	3	1		7
<i>Demonax transilis</i> トゲヒゲトラカミキリ	43	6							49
<i>Paraclytus excultus</i> シロトラカミキリ			3	1			1		5
Lamiinae フトカミキリ亜科									(90)
<i>Asaperda agapanthina</i> シナノクロフカミキリ	1	1		1					3
<i>Agapanthia daurica</i> ケマダラカミキリ							1		1
<i>Monochamus subfasciatus</i> ヒメヒゲナガカミキリ		1							1
<i>Acalolepta luxuriosa</i> センノキカミキリ				1					1
<i>Acalolepta sejuncta</i> ニセビロウトカミキリ				1					1
<i>Rhopaloscelis maculatus</i> フタモンアラゲカミキリ		1							1
<i>Pogonocherus seminiveus</i> ネジロカミキリ	1								1
<i>Leiopus stillatus</i> コマダラモモブトカミキリ					1				1
<i>Exocentrus testudineus</i> キッコウモンケシカミキリ		1							1
<i>Eutetrappa chrysochloris</i> ハンノアオカミキリ		1	3	4	1	2	2	5	18
<i>Menesia sulphurata</i> キモンカミキリ	5	10	1	18				2	36
<i>Paramenesia theaphia</i> シュウニキボシカミキリ			1						1
<i>Glenea relicta</i> シラホシカミキリ	1	1	1	3	2	4	5	2	19
<i>Niponostenostola niponensis konoii</i> コウニセリンコカミキリ	1		2	2					5
個体数	209	153	184	168	169	351	243	285	1762
種数	16	19	18	20	11	13	13	18	43
H' (bit)	2.86	3.10	2.31	2.72	1.99	1.88	1.68	2.20	

3. 林分状況との関係

カミキリムシ類および各亜科の種数、個体数、種多様度 (H') と林分状況との関係についてはすでに報告したが(石濱・原, 2004), 後の考察のためにカミキリムシ類全体に関してのみ簡単に記す。種数と衰弱木の胸高断面積合計との間に有意な負の相関があった(表-6)。種多様度 (H') と中下層の胸高断面積合計との間に有意な正の相関があった。カミキリムシ類の種数、個体数、種多様度 (H') と枯死立木、衰弱立木、倒木・落枝の本数や断面積合計との間に有意な相関は認められなかった。

カミキリムシ類の種多様化については樹木の多様化と関連する(Shibata *et al.*, 1996; 江崎, 2004), 成熟途中の古い二次林で多い(前藤・楨原, 1999), 老木・枯死木・倒木の存在と関連する(Maeto *et al.*, 2002) など様々な報告がある。本研究の結果(表-6)のうち地域性の影響が少ないと考えられる種数についてみると、種数は樹木の種数や種多様度 (H') と有意ではないものの正の相関を示したが、

表-6 昆虫各グループの種数、個体数、種多様度 (H') と林分構造との相関

林分構造	カミキリムシ類			ナガクチキムシ科			オサムシ科			チョウ類		
	種数	個体数	H'	種数	個体数	H'	種数	個体数	H'	種数	個体数	H'
立木種数	0.37	-0.38	0.21	-0.10	0.04	-0.31	0.20	0.04	0.43	-0.43	-0.76*	-0.17
立木種多様度	0.43	-0.17	0.17	-0.34	-0.34	0.00	0.70	0.29	0.71*	-0.19	-0.40	-0.21
立木密度 全体	0.30	-0.38	0.38	0.45	0.30	0.00	-0.10	-0.13	0.14	-0.04	-0.14	-0.14
衰弱	0.31	-0.48	0.26	-0.01	0.07	-0.17	0.00	-0.08	0.33	-0.48	-0.62	-0.29
枯死	0.05	-0.10	-0.19	0.41	0.60	-0.29	-0.49	-0.42	-0.19	-0.28	-0.43	-0.02
上層	0.23	-0.33	0.29	0.39	0.34	-0.14	-0.18	-0.17	0.07	-0.10	-0.26	-0.07
中下層	0.30	-0.38	0.38	0.45	0.30	0.00	-0.10	-0.13	0.14	-0.04	-0.14	-0.14
立木胸 全体	0.04	0.00	0.10	-0.41	-0.34	-0.52	0.48	0.18	0.55	0.18	-0.40	0.38
高断面 衰弱	-0.75*	0.21	-0.40	-0.48	-0.44	-0.43	-0.04	-0.34	0.21	0.48	0.05	0.71*
積合計 枯死	-0.06	0.62	-0.12	-0.05	0.32	-0.74*	-0.17	0.38	-0.62	0.20	-0.05	0.52
上層	-0.11	0.05	-0.02	-0.33	-0.28	-0.50	0.36	0.06	0.43	0.27	-0.33	0.48
中下層	0.67	-0.45	0.79*	-0.30	-0.42	-0.05	0.81*	0.75*	0.55	-0.23	-0.48	-0.24
立木平均 全体	-0.20	0.14	0.02	-0.80*	-0.73*	-0.31	0.56	0.43	0.33	0.18	-0.14	0.38
胸高直径 上位40本	-0.02	-0.05	0.24	-0.92**	-0.87**	-0.29	0.74*	0.53	0.60	0.05	-0.26	0.21
倒木・落 全体	-0.17	-0.12	-0.48	0.64	0.57	0.26	-0.50	-0.66	-0.29	-0.14	-0.17	-0.07
枝の本数 古い	-0.27	-0.14	-0.48	0.27	0.25	0.05	-0.29	-0.65	0.07	-0.10	-0.31	0.07
新しい	-0.19	0.13	-0.46	0.82*	0.87**	0.04	-0.78*	-0.55	-0.74*	-0.04	-0.01	0.08
倒木・落 全体	-0.08	0.24	-0.24	-0.48	-0.32	0.10	0.18	0.20	0.00	-0.18	0.05	-0.12
枝の平均 古い	-0.23	0.29	-0.36	-0.40	-0.26	0.12	0.06	0.08	-0.12	-0.10	0.12	-0.12
直径 新しい	0.27	0.02	-0.17	0.02	0.10	0.33	0.14	0.14	-0.10	-0.41	-0.17	-0.40
倒木・落 全体	-0.05	0.00	-0.38	-0.13	-0.07	0.29	0.06	-0.13	0.05	-0.33	-0.19	-0.24
枝の断面 古い	-0.30	0.19	-0.40	-0.46	-0.40	0.17	0.15	-0.07	0.14	-0.04	0.10	0.00
積合計 新しい	0.18	0.26	-0.33	0.34	0.41	0.26	-0.06	-0.01	-0.31	-0.14	0.05	-0.21

** $P < 0.01$ * $P < 0.05$ (ピアソンの順位相関係数)

倒木・落枝の量（本数や断面積合計）との相関係数は極めて小さかった。これには、調査林分が小さい（0.1ha）ことに起因する近接林分からの飛来個体の加入、利用可能な資源（繁殖に好適な枯れ枝・倒木など）の偏在などの影響がでた可能性がある。本研究ではカミキリムシ類種数と衰弱木の胸高断面積合計の間に負の相関が認められた（表-6）。これは、本数密度・胸高断面積合計がともに中庸な林分でカミキリムシ類種数が最も多くなることを示し（石濱・原，2004），成熟途中の林分で種数が多いことを反映していると考えられる。また、カミキリムシ類の種多様度 (H') と中下層の胸高断面積合計との間に正の相関が認められたことから、中下層の発達した林分でカミキリムシ類の多様性が高まる傾向が示唆された。

ナガクチキムシ科の多様性と林分状況の関係

1. 捕獲結果

18種160個体が捕獲された（表-7）。最も個体数が多かった種はクロホソナガクチキ（51個体，31.9%）で、次いでアヤモンニセハナノミ（27個体，16.9%）が多かった。林分でみると個体数が最も多かったのは美唄（61個体）で、最も少なかったのはニセコ1（5個体）であった。種数が最も多かったのは美唄（11種）で、最も少なかったのはニセコ1（3種）であった。種多様度 (H') が最も高かったのは三笠（2.72）で、最も低かったのはニセコ1（1.37）であった。天然林（ニセコ1，三笠，紋別）と二次林（ニセコ2，美唄，興部）の間では個体数，種数，種多様度 (H') に明瞭な違いはなかった。

2. 個体数，種数，種多様度 (H') の地域的差異

ナガクチキムシ科では北海道内での分布についての情報が乏しいため（鈴木，1988；豊嶋ら，1991a，1991b）各種の分布域についての詳細な検討はできないが、今回の捕獲状況をみる限り個体数，種数，種多様度 (H') に地域性は認められなかった。

3. 林分状況との関係

林分状況との関係についてみると，種数，個体数と平均胸高直径（全体，上位40本）との間に有意な負の相関が，種多様度 (H') と枯死木の胸高断面積合計との間に有意な負の相関があった（表-6）。種数，個体数と新しい倒木・落枝の本数との間に有意な正の相関があった。

カミキリムシ類と同様に材食者であるナガクチキムシ科は，種数，個体数ともに平均胸高直径と強い負の相関があり（表-6），細い木が多い林分ほど増加することが分かった。また，新しい倒木・落枝の本

表-7 衝突板トラップで捕獲されたナガクチキムシ科

種名	調査地点(個体数)								合計
	ニセコ1	ニセコ2	三笠	美唄	音更1	音更2	紋別	興部	
Melandryidae ナガクチキムシ科									
<i>Holostrophus diversefasciatus</i> カトウヒメナガクチキ			1						1
<i>Holostrophus lewisi</i> ヨツボシヒメナガクチキ	1				2	1		1	5
<i>Orchesia diversenotata</i> マルモンニセハナミ		1	2	8	2				13
<i>Orchesia elegantula</i> アヤモンニセハナミ	3	3	2	1	2	3	6	7	27
<i>Orchesia imitans</i> アカオビニセハナミ		2			1		2	1	6
<i>Orchesia ocularis</i> カバイロニセハナミ				5		1		4	10
<i>Dircaea dentatamaculata</i> ハガタホソナガクチキ				2					2
<i>Dircaea erotyloides</i> フタオビホソナガクチキ				1				3	4
<i>Enchodes crepusculus</i> コメツキカタナガクチキ			1		1		1		3
<i>Melandrya gloriosa</i> アオハナガクチキ	1	1		1					3
<i>Melandrya modesta</i> ミヅバネナガクチキ				1					1
<i>Melandrya shimoyamai</i> ルリナガクチキ						1			1
<i>Phloeotrya bellicosa</i> オオクロホソナガクチキ		2			1	1	2		6
<i>Phloeotrya flavitarsis</i> キオビホソナガクチキ			1						1
<i>Phloeotrya obscura</i> ヒロウトホソナガクチキ			2	12		4			18
<i>Phloeotrya rugicollis</i> クロホソナガクチキ		1		28	7	15			51
<i>Serropalpus filiformis</i> ヒメホソナガクチキ			1	1	1	2		1	6
<i>Symphora miyakei</i> ミヤケヒメナガクチキ				1				1	2
個体数	5	10	10	61	17	28	11	18	160
種数	3	6	7	11	8	8	4	7	18
H' (bit)	1.37	2.45	2.72	2.40	2.58	2.19	1.69	2.37	

数と正の相関を示した。平均胸高直径と新しい倒木・落枝の本数との間には負の相関があることから(表-4), 細い木が多い林分ほど新しい倒木・落枝の本数が多く, ナガクチキムシ科の種数, 個体数が増加する傾向があると考えられる。したがって, ナガクチキムシ科は全般に成熟途中の過密な林分で多様性が高いと考えられる。また, 種数, 個体数と枯死木の本数密度, 胸高断面積合計との間には有意な相関が認められなかったことから(表-6), ナガクチキムシ科は林内の枯死立木よりも, 林床近くに存在する新しく枯死した倒木・落枝を成虫の生息場所や幼虫の食餌の対象としている種が多いと考えられる。

オサムシ科の多様性と林分状況の関係

1. 捕獲結果

22種285個体が捕獲された(表-8)。最も個体数が多かった種はコハラアカモリヒラタゴミムシ(111個体, 38.9%)で, 次いでホソアトキリゴミムシ(61個体, 21.4%)が多かった。林分で見ると個体数が最も多かったのはニセコ1(78個体)で, 最も少なかったのは音更1(3個体)であった。種数が最も多かったのはニセコ1, 三笠(各々10種)で, 最も少なかったのは音更1(3種)であった。種多様度(H')が最も高かったのは三笠(2.87)で, 最も低かったのは興部(1.14)であった。天然林(ニセコ1, 三笠, 紋別)と二次林(ニセコ2, 美唄, 興部)の間では個体数, 種数, 種多様度(H')に明瞭な違いはなかった。

2. 個体数, 種数, 種多様度(H')の地域的差異

オサムシ科の個体数は道東で極端に少なく, 種数および種多様度(H')は道南・道央地域で, 道東・道北地域よりも相対的に高い傾向があった(表-8)。道内におけるオサムシ科各種の分布については木元・保田(1995)による支庁別分布一覧表があるが, 未だ暫定的なリストであり, 調査の進んでいるカミキリムシ類やチョウ類と較べると, 調査精度による誤差が大きいと考えられる。このような調査精度の問題と, 本調査で捕獲された種類が全て本州以南にも分布している種類であることから, 木元・保田(1995)のリストのうち, 上川あるいは十勝付近まで記録のある種類については, 今後さらなる調査により全道的に産する可能性があると見なし得る。そう考えると, 捕獲された種類のうち, 地域的に偏った分布を示すと考えられる種は, 道南(桧山支庁, 後志支庁), 道央(石狩支庁, 空知支庁)から記録されて

表-8 衝突板トラップで捕獲されたオサムシ科

種名	調査地点(個体数)								合計
	ニセコ1	ニセコ2	三笠	美唄	音更1	音更2	紋別	興部	
Carabidae 甲虫科									
<i>Colpodes aequatus</i> ウスグロモリヒラタゴミムシ	2	5	5	2			1	1	16
<i>Colpodes atricomis</i> クロモリヒラタゴミムシ	2	2	3	7	1	1	8		24
<i>Colpodes limodromoides</i> サトモリヒラタゴミムシ	1		2						3
<i>Colpodes japonicus</i> ハラアカモリヒラタゴミムシ		2				1			3
<i>Colpodes lampros</i> Bates コハラアカモリヒラタゴミムシ	14	14	9	11	1		2	60	111
<i>Colpodes modestior</i> イクビモリヒラタゴミムシ			1	1					2
<i>Dicranoncus femoralis</i> ルリヒラタゴミムシ			2						2
<i>Amara chalcites</i> マルガトゴミムシ			1						1
<i>Anisodactylus signatus</i> ホシホシゴミムシ				2					2
<i>Trichotichnus lucidus</i> ハネグロツヤゴモクムシ		1					1		2
<i>Trichotichnus nipponicus</i> オオイクビツヤゴモクムシ			1						1
<i>Trichotichnus congruus</i> ヒメツヤゴモクムシ								1	1
<i>Trichotichnus longitarsis</i> クビアカツヤゴモクムシ							2		2
<i>Stenolophus connotatus</i> セグロマメゴモクムシ		1						1	2
<i>Pentagonica angulosa</i> カトツブゴミムシ							1		1
<i>Lebidia octoguttata</i> ヤホシゴミムシ						1			1
<i>Lebia fusca</i> エゾハネビロアトキリゴミムシ	10	16				1	3	2	32
<i>Lebia sylvvarum</i> ミヤマシジュウシアトキリゴミムシ	2								2
<i>Lebia retrofasciata</i> シュウシアトキリゴミムシ	3	2	1						6
<i>Lebia bifenestrata</i> フタホシアトキリゴミムシ	5								5
<i>Dromius prolixus</i> ホソアトキリゴミムシ	36	8	2	3	1			11	61
<i>Dromius bates</i> ベーツホソアトキリゴミムシ	3			1				1	5
個体数	78	51	27	27	3	4	18	77	285
種数	10	9	10	7	3	4	7	7	22
H' (bit)	2.44	2.56	2.87	2.29	1.58	2.00	2.35	1.14	

いるミヤマシジュウシアトキリゴミムシのみとなる。オサムシ科の全捕獲種数が22種であることから、これが種数に及ぼす影響は小さいと考えられる。一方、個体数が道東（音更1，音更2）で極端に少なかった点については、調査地点の林相（カシワが優占樹種；表-1）が影響しているかもしれないが、この点に関しては今後さらなる検討が必要である。

3. 林分状況との関係

林分状況との関係についてみると、種数と平均胸高直径（上位40本）、中下層の胸高断面積合計との間、および個体数と中下層の胸高断面積合計との間、種多様度（ H' ）と立木の種多様度（ H' ）との間に有意な正の相関があった（表-6）。種数、種多様度（ H' ）と新しい倒木・落枝の本数との間に有意な負の相関があった。

オサムシ科では平均胸高直径（上位40本）、中下層の胸高断面積合計が大きい林分ほど、種数が増加した（表-6）。すなわち、種数は上層木が太く、中下層の発達した林分ほど増加する傾向があった。また、種多様度（ H' ）は立木の種多様度（ H' ）の増加につれて高くなった（表-6）。したがって、オサムシ科では上層木が太く、中下層が良く発達し、樹種多様性が高い林分で、その多様性が高くなることが示唆された。この結果から、森林の遷移段階との対応関係を類推すると、オサムシ科の多様性は二次遷移の進行につれて増加し、遷移後期の老齢林で最も高くなると予想される。したがって、オサムシ科の多様性は成熟・安定した森林の指標となる可能性がある。一方、新しい倒木・落枝の本数が多い林分ほど、オサムシ科の種数、種多様度（ H' ）は減少した（表-6）。新しい倒木・落枝の本数と平均胸高直径（上位40本）との間には有意な負の相関があるので、新しい倒木・落枝の本数が多い林分ほど上層木が細くなり、それともなって種数が減少したと考えられる。また、オサムシ科の種数と種多様度（ H' ）の間には有意な正の相関があるので（ $r=0.81$, $0.01 < P < 0.05$ ）、種数の減少が直接、種多様度（ H' ）の低下をもたらしたと解釈できる。よって、種数、種多様度（ H' ）の減少は一義的には上層木の直径の減少によると考えられる。今回の調査方法では地表徘徊性（飛翔力あり）の種に加えて、樹上性の種（アトキリゴミムシ類等で全捕獲種数の約1/3）も多く得られたことから、林床付近のみならず、垂直的な階層性も含めた林分

内の微環境の差異がオサムシ科の多様性に間接的に反映していると考えられる。オサムシ科の多くの種は捕食性であり、地表徘徊性の種では林床や土壌表面に生息する昆虫類等の小動物を主な餌としているが、樹上性の種では鱗翅目幼虫等の食葉性昆虫類を捕食し、餌を種特異的に限定していることも多い（石谷，1996；八尋，1998）。したがって、林床付近の餌資源の豊富さのみならず、樹上に生息する食葉性昆虫（主として鱗翅目幼虫）の豊富さがオサムシ科群集の多様性に大きく関わっていると推測される。本研究のように飛翔性のある昆虫だけを目的としたトラップでは、地表徘徊性の種に比して樹上性の種の捕獲割合が相対的に高くなっていると考えられるので、今回の結果は、この点に留意して解釈される必要がある。また、材食者で森林性のカミキリムシ類やナガクチキムシ科とは異なり、捕食者（一部植食者を含む）であるオサムシ科では裸地や草原などの非森林性のハビタットを有する種も多い。したがって、今後は、森林性種を特定し、森林環境の構成要因との関係について、より詳細な検討を行う必要がある。

チョウ類の多様性と林分状況の関係

1. 捕獲結果

22種159個体が捕獲された（表-9）。最も個体数が多かった種はヒメウスバシロチョウ（47個体，29.6%）で、次いでコチャバネセセリ（37個体，23.3%）が多かった。林分で見ると個体数が最も多かったのは音更2（52個体）で、最も少なかったのは美唄（5個体）であった（図-3）。種数が最も多かったのは音更2（11種）で、最も少なかったのはニセコ2，美唄（各々4種）であった。種多様度（ H' ）が最も高かったのはニセコ1（2.90）で、最も低かったのはニセコ2（1.49）であった。天然林（ニセコ1，三笠，紋別）と二次林との間では個体数，種数，種多様度（ H' ）に明瞭な違いはなかった。

表-9 衝突板トラップで捕獲されたチョウ類

種名	調査地点(個体数)								合計
	ニセコ1	ニセコ2	三笠	美唄	音更1	音更2	紋別	興部	
Papilionidae アゲハチョウ科									(57)
<i>Parnassius stubbendorffii hoenei</i> ヒメウスバシロチョウ			19		8	20			47
<i>Papilio machaon hippocrates</i> キアゲハ					1			1	2
<i>Papilio macilentus</i> オナガアゲハ	1								1
<i>Papilio bianor dehaanii</i> カラスアゲハ	1			1					2
<i>Papilio maackii</i> ミヤマカラスアゲハ	1		1			1		2	5
Pieridae シロチョウ科									(16)
<i>Aporia crataegi adherbal</i> エゾシロチョウ	1								1
<i>Artogeia napi pseudonapi</i> エゾスジグロシロチョウ			3			1			4
<i>Pieris brassicae</i> オオモンシロチョウ	1	1		1	2	5	1		11
Lycaenidae シジミチョウ科									(2)
<i>Fixsenia w-album fentoni</i> カラスシジミ			2						2
Nymphalidae タテハチョウ科									(12)
<i>Brenthis daphne iwatensis</i> ヒョウモンチョウ			1						1
<i>Argyronome ruslana</i> オオウラギンスシヒョウモン				1	2	1			4
<i>Argynnis paphia tsushimana</i> ミドリヒョウモン	1						1	3	5
<i>Speyeria aglaja basalis</i> キンボシヒョウモン								1	1
<i>Araschnia burejana</i> サカハチチョウ							1		1
Satyridae ジャノメチョウ科									(30)
<i>Erebia nipponica scoparia</i> ヘニヒカゲ							1		1
<i>Minois dryas bipunctata</i> シヤノメチョウ						1			1
<i>Lethe diana</i> クロヒカゲ		1			2	4	1		8
<i>Zophoessa callipteris</i> ヒメキマダラヒカゲ	3	2	2	2				1	10
<i>Neope nipponica</i> ヤマキマダラヒカゲ					4	5	1		10
Hesperiidae セリチョウ科									(42)
<i>Bibasis aquilina chrysaeglia</i> キバネセセリ	1		2			1			4
<i>Thoressa varia</i> コチャバネセセリ	4	7	2		5	12		7	37
<i>Ochlodes venatus</i> コキマダラセセリ						1			1
個体数	14	11	32	5	24	52	6	15	159
種数	9	4	8	4	7	11	6	6	22
H' (bit)	2.90	1.49	2.08	1.92	2.52	2.61	2.58	2.15	

2. 個体数, 種数, 種多様度 (H') の地域的差異

今回の捕獲結果からは, 地域間で個体数, 種数, 種多様度 (H') に明瞭な違いは認められなかった。道内におけるチョウ類各種の分布状況については良く調べられており (永盛ほか, 1986), それに基づけば, 捕獲された種類のうち, 地域的に偏った分布を示す種類はヒメウスバシロチョウ, オナガアゲハ, ヒョウモンチョウ, ベニヒカゲの4種だけであった。他の種はすべて全道的に広く分布し, 個体数も多い優占的な種であった。このうち, ヒメウスバシロチョウ

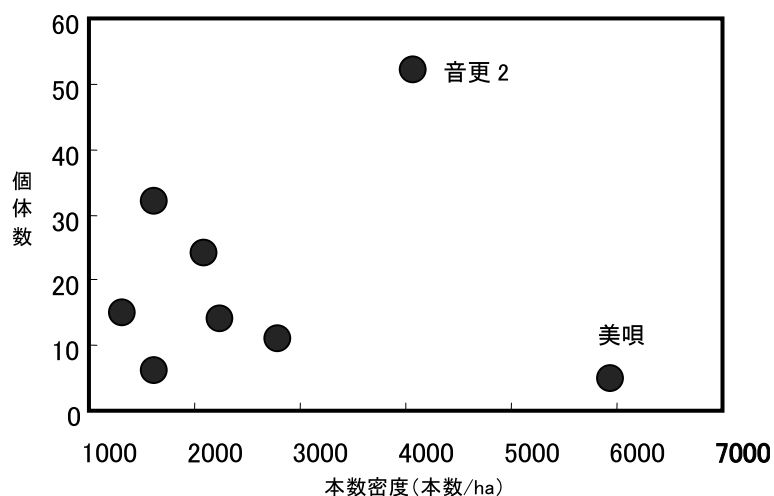


図-3 各林分のチョウ類の個体数と本数密度との関係

ウは渡島半島の南部, 胆振地方, 根室・釧路地方の一部を除いて道内に広く分布しており, 今回の調査地点はいずれも分布圏内に含まれることから, 地域的な差異とは無関係である。オナガアゲハは渡島半島, 日高地方を主たる分布域としているため, 地域的な影響を考慮する必要がある。ヒョウモンチョウは道内に広く分布しているが, 局所的に産しない場所があり, 調査地点の中ではニセコ1, ニセコ2が分布圏外となる。が, それにも拘わらず, ニセコ1では種数, 種多様度 (H') と他地域と比べて高い値を示している (表-9)。また, 同一地域でありながらニセコ1とニセコ2では, 種数・種多様度 (H') が極端に違う値を示している。このことは, 地域間の種数の差異よりも, むしろ林分状況等の他の要因が地点間の種数, 種多様度 (H') に強く関わっていることを示唆している。ベニヒカゲは道内に広く分布しており, 南西部や南東部では分布が山地に偏る傾向があるが, 地理的分布では全調査地点とも分布域内にあった。捕獲された全種数が22種であり, 地域的な差異を考慮すべき種が1~3種 (オナガアゲハ, ヒョウモンチョウ, ベニヒカゲ) なので, これらが種数に及ぼす影響は小さいと考えられる。

3. 林分状況との関係

林分状況との関係についてみると, 種多様度 (H') と衰弱木の胸高断面積合計との間に有意な正の相関が, 個体数と樹種数との間に有意な負の相関があった (表-6)。一方, 林分の階層性 (上層・中下層) や倒木・落枝と関わる変数との間には有意な相関は認められなかった。

チョウ類の種多様度 (H') と衰弱木の胸高断面積合計との間に有意な正の相関があった (表-6)。これは, カミキリムシ類全体の種数と衰弱木の胸高断面積合計との関係とは逆の関係を示している (表-6)。衰弱木の胸高断面積合計は太い木が疎に生えている林分と細い木が密に生えている林分で最大となる傾向があった (石濱・原, 2004)。したがって, チョウ類の種多様度 (H') も同様な傾向を示すと思われる。しかし, 実際には細い木が密に生えている林分で種多様度 (H') が高かった地点は音更2 (種多様度 2.61, 本数密度 (本数/ha) 4080) のみであった (表-2, 9)。この地点では閉鎖的な森林の環境の周辺に開放的な草原的環境が配置していたために, チョウ類の多様性が局所的に高くなったと考えられる。複数の環境のモザイクである里山では, 農耕地のようなオープンランドと雑木林とが接する林縁部で, チョウ類群集の多様性が高くなることが報告されている (広渡, 1996; 石井, 1996; 矢田, 1996)。したがって, 林縁環境による影響を強く受けたと考えられる音更2の地点を除外すると, 種多様度 (H') は太い木が疎に生えている林分で最大になると推察される。チョウ類の個体数と樹種数の間には有意な負の相関があった (表-6)。が, これらの間に生態的な因果関係の存在は考えにくい。そこで, チョウ類の個体

数と各調査林分の本数密度との関係（図-3）をみると、本数密度の高い音更2で個体数が突出しているのを除けば、全体として本数密度が低い林分で個体数が多い傾向があった。前述したように音更2は林縁環境による影響を強く受けていると考えられ、その結果、他地点よりも特に顕著に個体数が多かった可能性がある。したがって、音更2の影響を除いて考察すると、チョウ類の個体数は本数密度が低いほど多い傾向があると考えられる。チョウ類の種数と林分状況との間には、有意な相関は認められなかった（表-6）。また、種数、個体数、種多様度とも倒木・落枝の状況を示す変数とは有意な相関を示さなかった（表-6）。以上の結果から、チョウ類では太い木が疎に生えている林分で種多様度（ H' ）が高くなり、本数密度の低い林分で個体数が増加する傾向があることが示唆された。これは、捕獲されたチョウ類成虫の活動性と関係があると思われる。たとえば、太い木が疎に生えている林分では適度なギャップが存在し、鬱閉した林内を好む種よりも、より光条件の良いオープンランドを好む種が多く出現すると予想される。また、これらのギャップはより小規模な林縁環境を形成し、チョウ類の多様性を高めていると考えられる。チョウ類には森林性の種のみならず、オープンランドを好む草原性の種も多く存在するため、今後は各種の生息環境の特性に留意する必要がある（田中，1988；尾崎ら，2004）。また、チョウ類は一般に飛翔活動性が強く行動圏も広いと考えられるので、本研究のように小面積の林分との関係を調査するにはあまり適していないと思われる。音更2においてはトラップ設置地点外の周辺環境の影響を強く受けていると考えられることから、チョウ類の多様性を調査するに際しては、狭い林分単位での調査よりも、むしろ、より広い地理的環境との対応関係を問題にすべきかもしれない。

昆虫類の多様性からみた森林管理

遷移中期の二次林で多様性が高まる傾向はカミキリムシ類（前籐・楨原，1999）、クチキバエ類（末吉，2003）で報告されており、今回の研究でもカミキリムシ類、ナガクチキムシ科で示された。一般に老齢林よりも二次林であるグループの生物群集の多様性が高くなるが、これは遷移途中の環境やギャップを生息の基盤とする種類の存在から説明され得る（鷲谷・矢原，1996）。一方、腐朽材食者であるクワガタムシ科は種数、個体数ともに老齢自然林で最も豊富と報告されている（前籐・楨原，1999）。本研究ではオサムシ科で同様な傾向が示された。また、チョウ類では二次遷移の初期段階（林分成立初期～若齢二次林）で、あるいはオープンランドと森林が接する林縁環境で多様性が高くなることが報告されているが（広渡，1996；石井，1996；矢田，1996；Inoue，2003），本研究では太い木が疎に生えている林分で多様性が高まる傾向が示された。このように、林分状況と昆虫の多様性との関係は昆虫のグループにより様々であると考えられる。昆虫のグループによって多様性が高い森林が異なる（表-10）ことから、昆虫の多様性を高めるには異なる遷移段階の森林を組み合わせる管理が必要と思われる。また、同じく材食者であり、典型的な森林性昆虫とされるカミキリムシ類とナガクチキムシ科では、ともに遷移中期の森林で多様性が高くなる傾向があったが、生息に好適な林分状況は異なっていた。すなわち、ナガクチキムシ科では新しい倒木・落枝が多く生じる過密な林分で多様性が高まる傾向があった。このことから、倒木・落枝の存在等、森林内の構造的複雑さを増加させることもまた、森林に生息する昆虫の多様性を高める上で重要であろう。

ここで、森林の木材質と最も直接的な関係を持つと思われる、材食性昆虫の多様性を高める森林管理について考

表-10 森林植生の遷移過程と各昆虫類の多様性

	遷移初期	遷移中期	遷移後期
カミキリムシ類		高い	
ナガクチキムシ科		高い	
オサムシ科			高い
チョウ類	高い*		高い**

*チョウ類には草原性の種が多くいることや、草原性種・森林性種ともに林分成立初期～若齢林で種数が多くなることが知られている。

**森林内にギャップが多く生じている老齢林など。

えてみたい。材食性の昆虫が依存する立枯木や倒木・落枝などの粗大有機物は森林生態系において非常に重要な役割を果たしている (McComb and Lindenmayer, 1999)。枯死木は鳥類や小型哺乳類、地衣類、菌類、無脊椎動物等の生息場所として重要であるばかりでなく、栄養素や炭素の循環、天然更新の際の基質等の機能的役割も果たしており、その質や存在量が森林生態系の機能や生物多様性を反映する重要な森林の構造的指標と成り得る (Ferris and Humphrey, 1999)。材食性の昆虫は、広義には材食性昆虫 (wood-feeding insects) と呼ばれるが、より腐朽の進んだ材や菌類を食するものは腐朽材食性昆虫 (saproxylic insects) として区別されることが多い。そして、それらが種により選好する材の質、腐朽の程度は様々である (Hanula, 1996; Martikainen *et al.*, 1999, 2000; Ranius *et al.*, 2000; Sverdrup-Thygeson, A. 2001; 久保田・久保田, 2004)。したがって、これらの昆虫類は森林内の粗大有機物の質や量と関係して、森林管理の違いを鋭敏に反映すると考えられる (前藤, 2002)。材食性甲虫類の多様性を高めるためには、これらの質的に異なる粗大有機物をバランス良く一定量、林分内に保持することが必要である。Siitonen *et al.* (2000) は成熟林分に既に存在している老齢林の特徴 (大径の生立木、倒木、枯死木等) を残すことが、経営林において構造的な多様性や老齢林の持つ特性を増加させるために、最も効果的な短期的施業戦略であると述べている。また、Martikainen *et al.* (2000) は老齢林に依存する腐朽材食性甲虫類を保全する上で、経営林における長伐期施業の価値について論じ、単純に伐期延長によって過熟林の比率を高めても老齢林依存種の保全には限界があり、前生林から存在している構造的複雑さ (粗大有機物等) を保持する必要があると述べている。また、除間伐を実施する際にも、伐採によって生じた材をすべて搬出せず、一部林内に残置しておく (Maeto *et al.*, 2002) ことが、これら材食性甲虫類 (木材の分解者) の生息環境を維持し、森林の持続的な機能を発揮する上でより好ましいと考えられる。Kaila *et al.* (1997) は皆伐後に残された枯死木が森林の攪乱に適応した腐朽材食性甲虫 (絶滅危惧種を含む) の宿主として役立つことを示した。

以上のように、森林内に様々な状態で存在する粗大有機物は、材食性昆虫類を含む多くの生物の生息にとって必要不可欠な環境要因であり、生物多様性を考慮した森林管理を行う上で、粗大有機物の質と量を考慮した持続的な維持管理を検討していく必要がある。また、材食性以外の昆虫類についても森林管理に反映できるよう、依存する環境要因の解明を進める必要がある。

おわりに

以下に、本研究で明らかになった調査方法上の問題点ならびに考えられる改善点を挙げておく。

(1) 昆虫類の捕獲方法：誘引剤 (ベンジルアセテート) と衝突板トラップ (白色) の組み合わせにより、訪花性昆虫が主として誘引されたため、材食性の昆虫類のうち、訪花性を示さないものはあまり捕獲されなかった。この結果、今回の調査では材食者であるカミキリムシ類と枯死立木、倒木・落枝との有意な関係は示されなかったが、さらに他の手法 (マレーズトラップ、羽化トラップ等) を組み合わせて検討する必要がある。

(2) 対象とする分類群の選択：本研究では捕獲個体数が多く、種の同定が比較的容易で、異なる生息要求性を持つと考えられるグループを選んだ。しかし、チョウ類などでは飛翔性が強く、小面積でのトラップ調査は不適であり、林分状況との関係が不明瞭であった。したがって、小面積の林分状況を調査対象とする場合には、より効果的に林分状況を反映するような分類群を選択する必要がある。また、カミキリムシ類とナガクチキムシ科でみられたように、食性が類似し、同じく森林への依存度が強いとされる昆虫であっても、その生息に好適な林分状況は異なっていた。したがって、食物連鎖において同じ栄養段階に属する昆虫であっても、分類群ごとに詳細な検討を行うことが必要であろう。

(3) 調査地点の設定：本研究では調査地点を地理的に広い範囲に設定したため、林分状況以外の要因に

よる影響を完全に排除できなかった。また、調査地設定に際して、各林分の遷移段階は考慮されていない。したがって、今後、より狭い地域で遷移段階を考慮した調査を行うことによって、本研究の結果を検証する必要がある。

(4) 昆虫類の多様性を示す尺度としての指数：種数と種多様度 (H') を用いたが、誘引剤に強く誘引される種が存在したため、特に、種多様度 (H') の値に強く影響した。種多様度 (H') の計算は、これら誘引性の強い種を排除して行うことも考慮すべきかもしれない。また、サンプリングに際して比較的バイアスが少なくと考えられる非誘引性のトラップ (マレーズトラップ等) の使用も有効と考えられる。

(5) 個々の種の環境指標性についての検討：本研究では各昆虫の多様性と林分状況との関係について、大まかな分類群ごとに群集単位での検討を試みた。しかし、同じ分類群に属していても、個々の種によって環境に対する嗜好性は厳密には異なっているであろう。また、オサムシ科やチョウ類では非森林的環境に生息する種も多い。したがって、さらに個々の種について林分状況との関係を検討し、森林環境を示す諸因子の指標となる種を抽出する必要がある。

謝 辞

本調査にあたり、調査地の設定、林分調査、トラップの設置および試料の回収に際して、網走西部、十勝、後志の各森づくりセンター関係職員各位には多大なる御協力をいただいた。また、北海道大学大学院農学研究科昆虫体系学教室の神戸 崇氏には文献収集に際して大変お世話になった。ここに、記して深く感謝の意を表する。

引用文献

- 江崎功二郎 (2003) 広葉樹二次林におけるミズナラ集団枯損被害がカミキリムシ類群集に及ぼす影響—2001年の捕獲結果について—。中森研 51: 25-28.
- 江崎功二郎 (2004) アカマツ林およびアカガシ林のカミキリムシ群集。中森研 52: 103-106.
- 江崎功二郎・野平照雄 (2003) 刈安山における甲虫類の捕獲消長およびトラップによる捕獲種の違い I—カミキリムシ類およびゾウムシ類の2001年の結果—。石川県林試研報 34: 17~26.
- Ferris, R. and Humphrey, J.W.(1999) A review of potential biodiversity indicators for application in British forests. *Forestry* 72(4): 313-328.
- 古田公人 (1983) 石狩地方のオサムシ類の群集構造と林相との関係。森林文化研究 4 (1): 61-68.
- Hanula, J. L.(1996) Relationship of wood-feeding insects and coarse woody debris. (McMinn, J. W. and Crossley Jr., D. A. eds. *Biodiversity and Coarse Woody Debris in Southern Forests*, Proceedings of the Workshop on Coarse Woody Debris in Southern Forests: Effects on Biodiversity, Athens, GA, October 18-20, 1993. Gen. Tech. Rep. SE-94. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, Asheville, NC, 146pp.): 55-81.
- 平嶋義宏監修・九州大学農学部昆虫学教室・日本野生生物研究センター共編 (1989) 日本産昆虫総目録 I. 540pp. 九州大学農学部昆虫学教室, 福岡
- 広渡俊哉 (1996) 大阪府「三草山ゼフィルスの森」の蝶類群集。田中 蕃・有田 豊編「日本産蝶類の衰亡と保護第4集」. pp.31-37, 日本鱗翅学会・日本自然保護協会
- 日浦 勇 (1976) 大阪・奈良地方低地における蝶相とその人為による変貌。自然史研究 1 (10): 95-110.
- 本田悦義 (1997) 大阪府和泉地方の自然環境の異なる3地域のチョウ類群集。環動昆 8 (3): 129-138.
- 堀 繁久 (2001) オサムシ科甲虫群集からみた森林のエッジ効果。北海道開拓記念館研究紀要 (29): 51-58.

- 堀 繁久 (2003) 孤立林のオサムシ科甲虫群集の特性. 北海道開拓記念館研究紀要 (31): 15-28.
- 池田俊弥 (1992) 森林害虫の防除—誘引物質の役割—. 山林 1294: 28-35.
- Ikeda, T., Ohya, E., Makihara, H., Nakashima, T., Saitoh, A., Tate, K. and Kojima, K. (1993) Olfactory responses of *Anaglyptus subfasciatus* Pic and *Demonax transilis* Bates (Coleoptera: Cerambycidae) to flower scents. J. Jpn. For. Soc. 75(2): 108-112.
- 稲泉三丸 (1975) 蝶類による自然度の判定—栃木県蝶類定点調査結果から—. 栃木県の蝶編纂委員会・昆虫愛好会編「栃木県の蝶」. pp.148-160. 宇都宮
- 猪又敏男 (1990) 原色蝶類検索図鑑. 223pp. 北隆館, 東京
- Inoue, T. (2003) Chronosequential change in a butterfly community after clear-cutting of deciduous forests in a cool temperate region of central Japan. Entomol. Sci. 6(3): 151-163.
- 井上大成 (2004) 森林総合研究所構内のチョウ類相. 森林総合研究所研究報告 3(3): 221-247.
- 石濱宣夫・原 秀穂 (2004) 北海道の広葉樹林に生息するカミキリムシ群集の多様性と林分状況との関係. 日林北支論 52: 121-123.
- 石井 実・植田邦彦・重松敏則 (1993) 里山の自然をまもる. 171pp. 築地書館, 東京
- 石井 実 (1993) チョウ類のトランセクト調査. 矢田 脩・上田恭一郎編「日本産蝶類の衰亡と保護第2集」. pp.91-101, 日本鱗翅学会・日本自然保護協会
- 石井 実 (1996) ささまざまな森林環境における蝶類群集の多様性. 田中 蕃・有田 豊編「日本産蝶類の衰亡と保護第4集」. pp.63-75, 日本鱗翅学会・日本自然保護協会
- Ishii, M., Hirowatari, T., Yasuda, T. and Miyake, H. (1996) Species diversity of ground beetles in the riverbed of the Yamato River. Jpn. J. Environ. Entomol. Zool. 8 (1): 1-12.
- 石川良輔・笠原須磨生・森田誠司・大倉正文・田中和夫・上野俊一 (1985) オサムシ科. 上野俊一・黒澤良彦・佐藤正孝編「原色日本甲虫図鑑 (II)」. pp.14-179. 保育社, 大阪
- 石谷正字 (1996a) 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.
- 石谷正字 (1996b) 環境指標としての地表徘徊性ゴミムシ類. 昆虫と自然31(12): 2-7.
- 石谷正字 (1998) ゴミムシ相およびその生物学的研究(2) コナラ林とその周辺環境における種多様性. 中国昆虫 (12): 25-30.
- 石谷正字 (1999a) ゴミムシ相およびその生物学的研究(3) 異なる樹林タイプにおける種多様性. 中国昆虫 (13): 35-40.
- 石谷正字 (1999b) 環境指標としてのゴミムシ. インセクタリウム 36(12): 18-24.
- 石谷正字 (2003) 地表性甲虫類による生物環境評価技術. 佐藤正孝・新里達也編「野生生物保全技術」. pp.171-185, 海游舎, 東京
- 磯野昌弘 (2005) オサムシ科甲虫を効率的に調査するための3つのアプローチ. Jpn. J. Ent. (N.S.) 8(1): 1-13.
- 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(3): 347-355.
- 岩田隆太郎・楨原 寛 (1994) 林業害虫用市販昆虫誘引器・誘引剤による昆虫採集法. 月刊むし281: 18-23.
- Kaila, L., Martikainen, P. and Punttila P. (1997) Dead trees left in clear-cuts benefit saproxylic Coleoptera adapted to natural disturbances in boreal forest. Biodiv. Conserv. 6: 1-18.
- 加藤 徹 (2000) 集落近郊の各種森林環境における土壌甲虫相について. 中森研 48: 171-174.

- 木元新作・保田信紀（1995）北海道の地表性歩行虫類 その生物環境学的アプローチ. 315pp. 東海大学出版会, 東京
- 久保田耕平・久保田典子（2004）ヤナギ類 (*Salix spp.*) の枯死部に穿孔する *Dorcus* 属 (コウチュウ目クワガタムシ科). 樹木医学研究 8(1): 17-22.
- 前藤 薫（2002）生物指標としての森林昆虫. 全国森林病虫獣害防除協会編「森林をまもる—森林防疫研究50年の成果と今後の展望—」. pp.391-397, 東京
- 前藤 薫・楨原 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. Jpn. J. Ent. (N.S.), 2(1): 11-26.
- 前藤 薫・佐藤重穂・宮田弘明（2000）昆虫多様性に対する森林利用の影響—四万十川流域のカミキリムシ相について—. 日林講111: 616.
- 前藤 薫・佐藤重穂（2002）森林管理が昆虫相におよぼす影響—中間温帯のカミキリムシ類とアリ類の場合—. 日林講113: 691.
- Maeto, K., Sato, S. and Miyata, H. (2002) Species diversity of longicorn beetles in humid warm-temperate forests: the impact of forest management practices on old-growth forest species in southwestern Japan. Biodiv. Conserv., 11: 1919-1937.
- 楨原 寛・後藤秀章・前藤 薫・北島 博（2001）里山における環境指標カミキリムシの探索研究(1)—低山地天然林に生息するカミキリムシ類と調査に有効なトラップの種類—. ホシザキグリーン財団研究報告 5: 1-16.
- Martikainen, P., Siitonen, J., Kaila, L., Punnttila, P. and Rauh, J. (1999) Bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) and associated beetle species in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. For. Ecol. Manage. 116: 233-245.
- Martikainen, P., Siitonen, J., Punnttila, P., Kaila, L. and Rauh, J. (2000) Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. Biol. Conserv., 94: 199-209.
- McComb, W. C., and Lindenmayer, D. B. (1999) Dying, dead, and down trees. (Hunter, M. L. ed, Maintaining biodiversity in forest ecosystems. Cambridge University Press. 698pp.): 335-372.
- 三橋 淳（2003）昆虫学大事典. 1200pp. 朝倉書店, 東京
- 溝田浩二・今坂正一（1997）紀伊半島南部における訪花性甲虫群集の自然林・人工林間の比較—ベンジリアセテートトラップの利用—. 北大演研報 54(2): 299-326.
- 森下正明（1967）京都近郊における蝶の季節分布. 森下正明・吉良竜夫編「自然—生態学的研究—」. pp. 95-132, 中央公論社, 東京
- 永盛拓行・永盛俊行・坪内 純・辻 規男（1986）北海道の蝶. 301pp. 北海道新聞社, 札幌
- Natuhara, Y., Imai, C., Ishii, M., Sakuratani, Y. and Tanaka, S. (1996) Reliability of transect-count method for monitoring butterfly communities 1. Repeated counts in an urban park. Jpn. J. Environ. Entomol. Zool. 8(1): 13-22.
- 日本環境動物昆虫学会編（今井長兵衛・石井 実監修）（1998）チョウの調べ方. 280pp. 文教出版, 大阪
- 野村周平（1995）土壌甲虫群集から見た宮崎東諸県地域. 平嶋義宏編「宮崎東諸県の生物—その分類学・生態学的新知見—」. pp.17-30. 宮崎
- 大林延夫・佐藤正孝・小島圭三編（1992）日本産カミキリムシ検索図説. 696pp. 東海大学出版会, 東京
- 大橋章博・野平照雄（1994）訪花性誘引剤で捕獲された昆虫類（Ⅱ）—ブナ林およびミズナラ林における

鞘翅目群集一岐阜県林セ研報 22 : 11-50.

- 大橋章博・野平照雄・渡辺公夫 (1992) 訪花性誘引剤で捕獲された昆虫類. 岐阜県林セ研報 20 : 15-48.
- Ohsawa, M. (2004) Species richness of Cerambycidae in larch plantations and natural broad-leaved forests of the central mountainous region of Japan. *For. Ecol. Manage.* 189: 375-385.
- 尾崎研一・福山研二・佐山勝彦・加藤哲哉・下村通誉・伊藤哲也・吉田尚生 (2004) 北海道中央部における森林とオープンランドの蝶類群集の比較にもとづく蝶類各種の生息環境分類. *日林誌* 86(3) : 251-257.
- Ranius, T. and Jansson, N. (2000) The influence of forest regrowth, original canopy cover and tree size on saproxylic beetles associated with old oaks. *Biol. Conserv.* 95: 85-94.
- 林野庁 (2002) 平成13年度 森林・林業白書 (森林及び林業の動向に関する年次報告). 286pp. 日本林業協会, 東京
- Sakakibara, Y., Iwata, R. and Yamane, A. (1997) Performance of traps with attracting chemicals in faunal monitoring of longicorn beetles (Coleoptera: Disteniidae and Cerambycidae) in a broad-leaved deciduous forest. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 8(3): 154-163.
- 佐々治寛之 (1985) ナガクチキムシ科. 黒澤良彦・久松定成・佐々治寛之編「原色日本甲虫図鑑 (Ⅲ)」. pp.358-374. 保育社, 大阪
- 佐々木恵一 (2004) 北海道のカミキリムシ科の分布について (第2報). *jezoensis* 30 : 91-111.
- 佐々木恵一・長尾 康・鈴木敏晴 (1993) 北海道のカミキリムシ科の分布について. *jezoensis* 20:49-162.
- 佐藤重穂・前藤 薫 (2001) 人為影響の異なる森林タイプ間での鳥相及び昆虫相の比較. *日林講* 112 : 438.
- Shibata, E., Sato, S., Sakuratani, Y., Sugimoto, T., Kimura F. and Ito, F. (1996) Cerambycid beetles (Coleoptera) lured to chemicals in forests of Nara Prefecture, Central Japan. *Ann. Ent. Soc. Am.* 89(6): 835-842.
- Siitonen, J., Martikainen, P., Punttila, P. and Rauh, J. (2000) Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland. *For. Ecol. Manage.* 128: 211-225.
- 末吉昌宏・前藤 薫・楨原 寛・牧野俊一・祝 輝雄 (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.
- 鈴木 茂 (1988) 北海道のナガクチキムシ (第1報). *jezoensis* 15 : 105-110.
- Sverdrup-Thygeson, A. (2001) Can 'continuity indicator species' predict species richness or red-listed species of saproxylic beetles?. *Biodiv. Conserv.* 10: 815-832.
- 高橋 滋 (2000) 蝶類定点調査24年間のまとめ. 新・栃木県の蝶編集委員会・昆虫愛好会編「新・栃木県の蝶」. pp.248-255. 宇都宮
- 田中 蕃 (1988) 蝶による環境評価の一方法. 「蝶類学の最近の進歩」日本鱗翅学会特別報告 6 : 527-566.
- 寺澤和彦・小山浩正・渡辺一郎・江良武雄・本阿彌俊治・野村具弘 (2001) 興部地方の広葉樹二次林における樹冠の部分枯損の実態. *日林北支論* 49 : 69-72.
- Touyama, Y., Yamamoto, T. and Nakagoshi, N. (1998) Myrmecofaunal change with bamboo invasion into broadleaf forests. *J. For. Res.* 3 (3) : 155-159.
- 豊嶋亮司・石川 豊・水野弘造 (1991a) 北海道のナガクチキムシ (上). *月刊むし* (243) : 27-31.
- 豊嶋亮司・石川 豊・水野弘造 (1991b) 北海道のナガクチキムシ (下). *月刊むし* (245) : 14-19.

- 鷺谷いづみ・矢原徹一 (1996) 保全生態学入門—遺伝子から景観まで. 271pp. 文一総合出版, 東京
- 矢田 脩 (1996) 北九州市山田緑地の照葉樹林の蝶群集. 田中 蕃・有田 豊編「日本産蝶類の衰亡と保護第4集」. pp.49-56, 日本鱗翅学会・日本自然保護協会
- 八尋克郎 (1998) オサムシ類. 日高敏隆監修, 石井 実・大谷 剛・常喜 豊編「日本動物大百科10 昆虫Ⅲ」. pp.92-94. 平凡社, 東京
- 山本道也 (1988) 蝶類群集の研究法. 「蝶類学の最近の進歩」日本鱗翅学会特別報告 6: 191-210.
- 山家敏雄 (1991) 冷温帯地域の都市近郊樹林における昆虫相の実態解析 (VI) —ライトトラップによる各調査地の蛾類について—. 日林東北支誌 43: 143-145.
- Yoshida, K. (1980) Seasonal fluctuation of moth community in Tomakomai Experiment Forest of Hokkaido University. Res. Bull. Coll. Exp. For. Hokkaido Univ. 37(3) : 675-685.
- Yoshida, K. (1981) Faunal make-up of moths in Tomakomai Experiment Forest, Hokkaido University. Res. Bull. Coll. Exp. For. Hokkaido Univ. 38(2): 181-218.

Summary

The relationship between diversity of insect assemblages and stand condition was investigated in middle-aged and old-aged deciduous broad-leaved forests in Hokkaido, northern Japan. Eight 0.1-ha sample plots (two plots at each stand in northern, eastern, central and southern part of Hokkaido) were selected for investigation of stand condition and insect assemblages using collision traps baited with benzyl acetate. Samples were collected from the end of May to the beginning of September in 2002 and 2003. We selected the following insects in our analyses: (1) *longicorn beetle* (Coleoptera: Disteniidae, Cerambycidae), (2) *false darkling beetle* (Coleoptera: Melandryidae), (3) *ground beetle* (Coleoptera: Carabidae), (4) *butterfly* (Lepidoptera: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, Lycaenidae, Hesperidae). We analyzed the relationship between each insect variables (number of species, number of individuals, species diversity (H')) and selected stand variables (basal area density (m^2/ha) and stem density (trees/ha) of total, weakened, standing dead, overstory, midstory and understory trees; mean diameter at breast height (DBH) of total, high-ranking forty trees; number of woody plant species, species diversity (H') of woody plant; number and total diameter of fallen dead trees and branches using transect method (50m \times 4 routes per one plot)).

(1) *Longicorn beetle*: A total of 1762 individuals belonging to 43 species were caught. Most of them generally depend on dead or dying wood; nevertheless, species richness, abundance, species diversity were not correlated with basal area and stem density of standing dead trees, number and total diameter of fallen dead trees and branches. Whereas species richness had a significant negative correlation with basal area density of weakened trees, and species diversity had a significant positive correlation with basal area density of midstory and understory trees.

(2) *False darkling beetle*: A total of 160 individuals belonging to 18 species were caught. Most of them generally depend on dead or dying wood. Species richness and abundance had a significant positive correlation with number of freshly fallen dead trees and branches, and had a significant negative correlation with mean DBH. Species diversity had a significant negative correlation with basal area density of standing dead trees.

(3) *Ground beetle*: A total of 285 individuals belonging to 22 species were caught. Most of

them are very important predators of other arthropods, invertebrates and small creatures. Species richness had a significant positive correlation with mean DBH of high-ranking forty trees, basal area density of midstory and understory trees, and had a significant negative correlation with number of freshly fallen dead trees and branches. Abundance had a significant positive correlation with basal area density of midstory and understory trees. Species diversity had a significant positive correlation with species diversity of woody plant.

(4) *Butterfly*: A total of 159 individuals belonging to 22 species were caught. Most of them are herbivores of living plants. Abundance had a significant negative correlation with number of woody plant species. Species diversity had a significant positive correlation with basal area density of weakened trees.

Key words: biodiversity, forest insect, stand condition, deciduous broad-leaved forest, collision trap