

蝶と蛾 *Trans. lepid. Soc. Japan* **61** (2): 176–190, July 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

西中康明<sup>1)\*</sup>・松本和馬<sup>2)</sup>・日野輝明<sup>3)</sup>・石井 実<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>599-8531 大阪府堺市中区学園町 1-1 大阪府立大学大学院 生命環境科学研究科

<sup>2)</sup>305-8687 茨城県つくば市松の里 1 森林総合研究所 森林昆虫研究領域

<sup>3)</sup>612-0855 京都府京都市伏見区桃山町永井久太郎 68 森林総合研究所 関西支所

### Assemblage structure and species diversity of butterflies in a traditional coppice

Yasuaki NISHINAKA<sup>1)\*</sup>, Kazuma MATSUMOTO<sup>2)</sup>, Teruaki HINO<sup>3)</sup> and Minoru ISHII<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University, Gakuen-cho 1-1, Naka-ku, Sakai, Osaka 599-8531, Japan

<sup>2)</sup>Department of Forest Entomology, Forestry and Forest Products Research Institute, Matsunosato 1, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan

<sup>3)</sup>Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Nagaikyutaro 68, Momoyama, Kyoto 612-0855, Japan

**Abstract** We conducted transect and quadrat surveys of butterflies in a *Satoyama* woodland on Mt. Amamori, Inagawa cho, Hyogo Prefecture, central Japan from April to October in 2006, to elucidate differences in assemblage structure and species diversity of butterflies in coppices managed at different levels. In the transect survey, 204 individuals of butterflies belonging to 41 species were recorded in the whole transect, and both species richness and density were highest in the section where young *Quercus acutissima* trees dominated, whereas they were lowest in the section with an abandoned pine forest. In the quadrat survey, a total of 37 individuals belonging to 13 species were recorded, although most of them were recorded from 4 quadrats in coppices dominated by *Q. acutissima*, and few individuals were observed in quadrats in an abandoned coppice and a pine forest. In coppices, both species richness and density were higher in 2-year coppice quadrats than in 6-year ones. Our results demonstrate that both assemblage structure and species diversity of butterflies are affected by seral stages of vegetation, and traditional coppice management is effective for the conservation of species diversity of butterflies in *Satoyama* woodlands.

**Key words** Coppice, *Satoyama* woodlands, Butterfly assemblage, Species diversity, Seral rank (SR).

## 緒 言

薪炭林ではかつて、燃料としての炭や薪などを得るために、定期的な伐採が行われていた(武内ら, 2001). 毎年異なる林分を伐採する, いわゆる「輪伐」という手法による森林利用は, さまざまな樹高の林分よりなる里山林を創出してきた. しかし, 1960年代の高度経済成長期以降, 石油やプロパンガス, 化学肥料などの普及に伴い, このような森林の経済的価値は低下した(守山, 1988; 石井ら, 1993など). 利用価値の低下した森林の多くは, 住宅地やゴルフ場などの開発の対象となったほか(石井ら, 1993; 田端編, 1997; 田端, 1998; 恒川, 2001; 石井, 2005など), 拡大造林政策により, スギ *Cryptomeria japonica* やヒノキ *Chamaecyparis obtusa* の植林に置き換えられた(中川, 2001). さらには, 残された森林でも, 利用の放棄に伴って植生遷移が進行し, 高木林化や林床におけるササ類の繁茂が生じているところも少なくない(石井ら, 1993; 服部ら, 1995; 石井, 2005など).

\*Present address: Kankyosekkei Co. Ltd., Kyutaro-machi 1-4-2, Chuo-ku, Osaka 541-0056, Japan

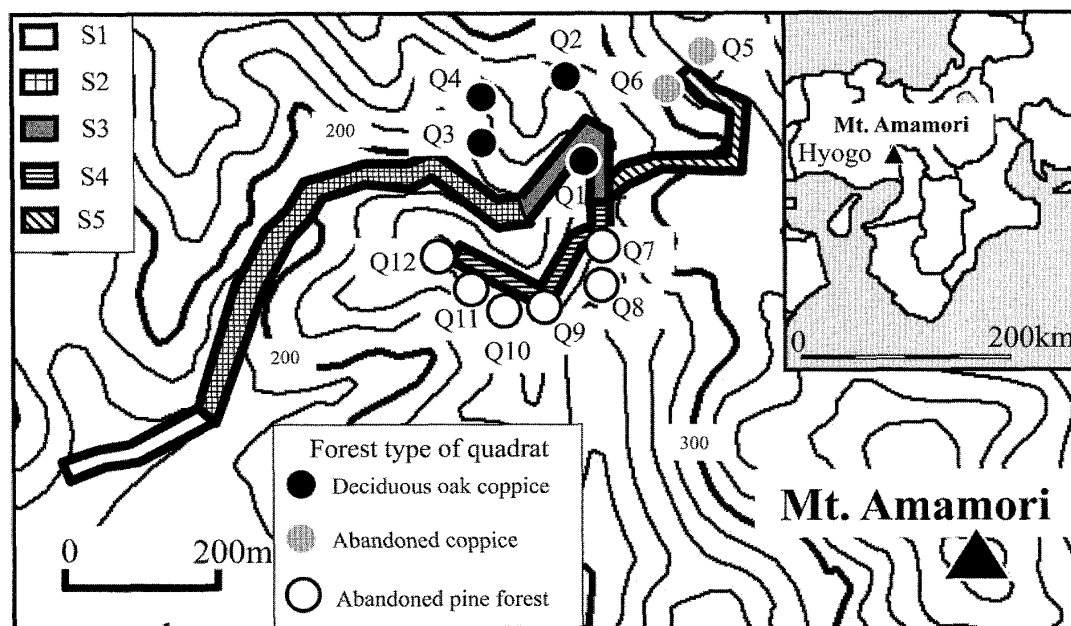


Fig. 1. Location of the study site, transect route consisting of 5 sections, and quadrats established in Mt. Amamori, Inagawa-cho, Hyogo Prefecture, central Japan.

そのような中、近年になって、薪炭林や農用林などの「里山林」における生物多様性の低下が懸念されるようになってきた(守山, 1988; 石井ら, 1993; 石井, 2001a, bなど). チョウ類についても、オオムラサキ *Sasakia charonda* やギフチョウ *Luehdorfia japonica* など、落葉広葉樹林を主体とした里山林に依存する種が環境省や地方自治体のレッドリストに掲載されるなど、その衰亡が懸念されている。里山林には皆伐直後から高木林までの、樹高や林齢、光条件等が異なるさまざまな林分がモザイク状に配置されているため、そこに生息するチョウ類の保全を検討するには、植生遷移の影響を視野に入れた管理が不可欠である(Nishinaka and Ishii, 2007). これまで、森林におけるチョウ類の群集構造や種多様性に関する研究は数多く行われてきたが(石井ら, 1995, 2003; 石井, 1996; 北原, 1999; Kitahara, 1999; Natuhara *et al.*, 1999; 北原・渡辺, 2001; 竹中ら, 2004; Inoue, 2003; Ohwaki *et al.*, 2007; Nishinaka and Ishii, 2006, 2007; 西中ら, 2007; 松本, 2008), 本研究では、兵庫県にある、今なお薪炭林として利用されている里山林を調査地として、薪炭利用林と放棄林におけるチョウ類の群集構造と種多様性の比較調査を行った。

## 材料と方法

### 調査地

調査は雨森山(兵庫県川辺郡猪名川町)北西部にある、クヌギ *Quercus acutissima* を主体とした薪炭林を含む里山林(標高約160~320 m)において行った(Fig. 1). 雨森山を含む北摂地方一帯は、かつてクヌギを原料とした「池田炭(菊炭)」の産地として有名であった(道下・西中, 2004). 池田炭は主に茶の湯に使われていたが、炭材となるクヌギは萌芽更新後7~8年しか経過していないものが利用されていた(道下・西中, 2004). そのため、かつての北摂地方には、比較的丈の低いクヌギ萌芽林が広がっていたものと考えられる。今日では池田炭の生産は大幅に縮小し、そのようなクヌギ萌芽林も少なくなったが、調査地として選んだ雨森山には今なお薪炭利用が行われているクヌギ林が残されており、萌芽更新直後のものから伐採直前のクヌギ林、管理が放棄されて植生遷移が進行しつつある森林など、さまざまな林分がみられる。

### 方 法

調査は2006年4~10月に、原則として晴天無風もしくは微風の日を選び、月1回の割合で行った。本研

Table 1. Mean annual counts (individuals per 1 km transect) of each butterfly species observed in 5 sections, S1-5, and whole transect from April to October in 2006. Annual counts of each species are shown in parentheses.

Species name	SR*	Voltnism**	Section					Whole transect
			S1	S2	S3	S4	S5	
<b>Papilionidae</b> アゲハチ ヨウ科								
<i>Graphium sarpedon</i> アオスジアゲハ	8	M	0.68 (1)	—	—	—	—	0.10 (1)
<i>Papilio xuthus</i> アゲハ	5	M	0.68 (1)	—	0.68 (1)	—	—	0.19 (2)
<i>P. helenus</i> モンキアゲハ	6	M	0.68 (1)	—	—	—	—	0.10 (1)
<i>P. protenor</i> クロアゲハ	5	M	0.68 (1)	0.24 (1)	0.68 (1)	1.02 (1)	—	0.67 (7)
<i>P. macilentus</i> オナガアゲハ	5	M	0.68 (1)	0.24 (1)	—	—	—	0.19 (2)
<i>P. dehaanii</i> カラスアゲハ	6	M	—	0.24 (1)	—	—	—	0.19 (2)
<b>Pieridae</b> シロチヨウ科								
<i>Anthocharis scolymus</i> ツマキチヨウ	3	U	—	0.24 (1)	2.72 (4)	—	—	0.58 (6)
<i>Pieris rapae</i> モンシロチヨウ	1	M	—	—	1.36 (2)	—	—	0.19 (2)
<i>P. melete</i> スジグロシロチヨウ	3	M	7.48 (11)	0.97 (4)	15.65 (23)	—	—	4.14 (43)
<i>Eurema mandarina</i> キタキチヨウ	4	M	4.76 (7)	0.48 (2)	6.12 (9)	1.02 (1)	—	2.12 (22)
<b>Lycaenidae</b> シジミチヨウ科								
<i>Curetis acuta</i> ウラギンシジミ	4	M	0.68 (1)	—	—	—	—	0.10 (1)
<i>Narathura japonica</i> ムラサキシジミ	7	M	—	—	0.68 (1)	—	—	0.67 (7)
<i>N. bazalus</i> ムラサキツバメ	8	M	—	—	—	—	—	0.10 (1)
<i>Japonica saepesiriata</i> ウラナミアカシジミ	6	U	—	—	0.68 (1)	—	—	0.10 (1)
<i>Antigius atilia</i> ミズイロオナガシジミ	6	U	—	—	0.68 (1)	—	—	0.19 (2)
<i>Callophrys ferrea</i> コツバメ	7	U	—	—	0.68 (1)	—	—	0.19 (2)
<i>Rapala arata</i> トラフシジミ	5	M	—	—	2.72 (4)	—	—	0.58 (6)
<i>Zizeeria maha</i> ヤマトシジミ	1	M	1.36 (2)	—	—	—	—	0.19 (2)
<i>Everes argiades</i> ツバメシジミ	3	M	0.68 (1)	—	—	—	—	0.10 (1)
<i>Celasirina argiolus</i> レリシジミ	6	M	—	—	0.68 (1)	—	—	0.19 (2)
<b>Nymphalidae</b> タテハチヨウ科								
<i>Libythea lepita</i> テンゲチヨウ	6	M	0.68 (1)	—	4.08 (6)	—	—	1.06 (11)
<i>Polytonia c-aureum</i> キタテハ	2	M	—	—	0.68 (1)	—	—	0.10 (1)
<i>Nymphalis xanthomelas</i> ヒオドリチヨウ	6	U	—	—	0.68 (1)	—	—	0.10 (1)
<i>Nephargynnis anachymene</i> クモガタヒヨウモン	5	U	—	—	0.68 (1)	—	—	0.10 (1)
<i>Damora sagana</i> メスグロヒヨウモン	5	U	—	—	0.68 (1)	—	—	0.10 (1)
<i>Argynnis paphia</i> ミドリヒヨウモン	5	U	—	—	4.76 (7)	—	—	0.67 (7)
<i>Nepitis sappho</i> コミスジ	5	M	0.68 (1)	0.48 (2)	4.08 (6)	—	—	1.15 (12)

<i>Ladoga camilla</i> イチモンジチョウ	5	M	-	0.24 (1)	2.72 (4)	-	1.71 (4)	0.87 (9)
<i>L. glorifica</i> アサマイチョモンジ	5	M	2.72 (4)	-	2.04 (3)	-	-	0.67 (7)
<i>Ypthima argus</i> ヒメウラナミジャノメ	3	M	2.72 (4)	0.24 (1)	6.12 (9)	-	3.41 (8)	2.12 (22)
<i>Mycalasis gotama</i> ヒメジャノメ	3	M	-	-	-	-	0.43 (1)	0.10 (1)
<i>Minois dryas</i> ジャノメチョウ	4	U	-	-	0.68 (1)	-	-	0.10 (1)
<i>Lethe diana</i> クロヒカゲ	6	M	-	-	-	-	0.43 (1)	0.10 (1)
<i>L. sicelis</i> ヒカゲチョウ	6	M	0.68 (1)	0.24 (1)	-	-	-	0.19 (2)
<i>Neope goschkevitschii</i> サトキマダラヒカゲ	6	M	0.68 (1)	0.24 (1)	-	-	-	0.19 (2)
Hesperiidae セセリチョウ科								
<i>Daimio tethys</i> ダイミヨウセセリ	5	M	-	0.24 (1)	-	-	-	0.10 (1)
<i>Erynnis montanus</i> ミヤマセセリ	6	U	-	-	-	-	2.99 (7)	0.67 (7)
<i>Isoteinon lamprospilus</i> ホソバセセリ	4	U	-	-	-	-	0.43 (1)	0.10 (1)
<i>Thoressa varia</i> コチャバネセセリ	5	M	0.68 (1)	-	-	-	-	0.10 (1)
<i>Potanihus flavum</i> キマダラセセリ	4	M	-	-	0.68 (1)	-	-	0.10 (1)
<i>Pelopidas mathias</i> チャバネセセリ	3	M	-	-	0.68 (1)	-	-	0.10 (1)
Species richness			17	12	25	2	19	41
Annual count			40	17	91	2	54	204
Annual count / km			27.2	4.1	61.9	2.0	23.0	19.6
$H'$			3.43	3.38	3.84	1.00	3.85	4.30
$J'$			0.84	0.94	0.83	1.00	0.91	0.80

\* SR: Seral rank (Nishinaka and Ishii, 2007).

\*\* Voltinism: U, Univoltine; M, Multivoltine.

究では、チョウ類群集調査で一般的に用いられている手法であるトランセクト法 (Pollard, 1977, 1982, 1984; Thomas, 1983; Pollard and Yates, 1993; 山本, 1988; 石井, 1993など) による調査を実施した。加えて、各林分にコドラートを設定し、コドラート法による調査も行った。トランセクト調査については、調査に先立って、調査地の主要な植生景観を通過するルート (約 1,485 m) を設定し、それらを 5 つの調査区間に分けた (Fig. 1)。そして、一定のペースでルートを歩きながら、区間ごとに、調査者の左右上および前方約 5 m の範囲にみられたチョウ類の種と個体数を記録した。なお、各区間の植生の概要は以下の通りである。

・ S1 (約 210 m): ルートの片側が開けている、明るい林縁区間。樹高 5~15 m 程度のクリ *Castanea crenata* やコナラ *Quercus serrata*, アラカシ *Q. glauca* などの高木のほか、ソヨゴ *Ilex pedunculosa* やモチツツジ *Rhododendron macrosepalum*, ネザサ *Pleioblastus chino* var. *viridis* などの低木、また、開けた場所にはヘクソカズラ *Paederia scandens* やサルトリイバラ *Smilax china*, クズ *Pueraria lobata* などの藤本類、ススキ *Miscanthus sinensis* やヨメナ *Aster yomena*, オオバコ *Plantago asiatica*, イヌタデ *Persicaria longiseta*, シロツメクサ *Trifolium repens* などの草本類がみられた。

・ S2 (約 590 m): 樹高 15 m 以上のスギもしくはヒノキの植林が優占する区間で、ところどころにクヌギやコナラなどの落葉樹も混じり、また、一部ギャップも含まれていた。針葉樹植林の林齢は不明であるが、胸高直径は 20~30 cm 程度のものが多く、また、枝打ちはほとんどされておらず、区間内の平均的な照度は他と比べて低かった。植林地内の林床にはヒサカキ *Eurya japonica* やヤブムラサキ *Callicarpa mollis*, ナワシログミ *Elaeagnus pungens* などの低木、イタドリ *Reynoutria japonica* やチカラシバ *Penisetum alopecuroides*, スゲ類 *Carex* spp. などの草本類もみられたが、それらの被度は低かった。

・ S3 (約 210 m): 伐採後 2 年目の、樹高が 5 m 程度のクヌギ萌芽林が優占する区間。ところどころにコナラやナラガシワ *Quercus aliena* の低木も混じっており、高木は樹高約 20 m のキリ *Paulownia tomentosa* がわずかにみられるのみであった。林床にはウツギ *Deutzia crenata* やナガバモミジイチゴ *Rubus palmatus* var. *palmatus*, イヌザンショウ *Zanthoxylum schinifolium*, ヤブムラサキ, コバノガマズミ *Viburnum erosum* var. *punctatum*, ノイバラ *Rosa multiflora*, タラノキ *Aralia elata* などの低木, サルトリイバラ, フジ *Wisteria floribunda* などの藤本類, ススキ, チカラシバ, スゲ類, コウヤボウキ *Pertya scandens*, セイタカアワダチソウ *Solidago altissima* などの草本類がみられた。

・ S4 (約 140 m): 樹高 15 m 程度の、管理が放棄されたアカマツ・コナラ林が優占する区間。アカマツ林は 1974 年に撮影された航空写真からも確認されており、また、調査時の本林分における植生状況を併せて考えると、おそらく 30 年程度は下層の刈り払いも間伐もない放置状態であったものと思われる。高木層以下の植生については、亜高木層にはリョウブ *Clethra barvinervis* やソヨゴ, ネジキ *Lyonia ovalifolia* var. *elliptica* などがみられ、低木層にはアセビ *Pieris japonica* やコバノミツバツツジ *Rhododendron reticulatum*, ヒサカキ, ヤブツバキ *Camellia japonica* などがみられたが、草本類はほとんどみられなかった。

・ S5 (約 335 m): 樹高が 10~15 m 程度の落葉広葉樹が優占する区間。かつて薪炭林として利用されていた森林が放棄された林分で、少なくとも 30 年程度は伐採は行われていない。高木層にはクヌギやコナラ, ヤマザクラ *Prunus jamasakura*, アワブキ *Meliosma myriantha* などの落葉広葉樹が多かったが、常緑樹であるアラカシもところどころにみられた。低木層にはナワシログミやクサギ *Clerodendron trichotomum*, タラノキ, ナガバモミジイチゴなどが、草本層にはススキやスゲ類, イタドリなどがみられたが、それらの被度は S3 ほど高くなかった。

また、里山林の林齢や植生構造とチョウ類の種多様性との関係を明らかにするために、コドラート法 (近松ら, 2002; 西中ら, 2007) による調査も行った。クヌギ薪炭林・クヌギ放棄林およびアカマツ放棄林に、各 4, 2, 6 個, 計 12 個の 10 m 四方のコドラートを設定した (Fig. 1)。そして、1 コドラートにつき 5 分間、チョウ類の定点観測を行い、通過する種と個体数を記録した。各コドラートの概要は以下の通りである。

・ クヌギ薪炭林 (Q1~Q4): 今日でも薪炭林として利用されている、クヌギを主体とした林分。Q1 と Q2 は、皆伐後 2 年目のクヌギ薪炭林 (S3 と同じ林分) で、樹高は 5 m 未満と低く、林床にはタチツボスミレ *Viola grypoceras* やススキなどの草本類のほか、タラノキやナガバモミジイチゴなどの低木が繁茂していた。Q3 と 4 は皆伐後 6 年目のクヌギ薪炭林で樹高は 5~10 m 程度、林床にはチヂミザサ *Oplismenus undulatifolius* やニシノホンモンジスゲ *Carex stenostachys*, コウヤボウキなどの草本類や、サルトリイ

バラ, ヤマノイモ *Dioscorea japonica*, フジなどのツル植物のほか, ムラサキシキブ *Callicarpa japonica* やヤブムラサキなどの低木がみられたが, 低木・草本層の植被率は Q1, 2 と比べると低かった。

・クヌギ放棄林 (Q5, Q6): S5 と同じ林分で, かつてはクヌギ薪炭林として利用されていたが, 今日では既に放棄されてしまった林分。林床の刈り払いが放棄された時期については不明だが, 伐採については少なくとも 30 年間も行われていない。樹高 18 m 程度のコナラやアベマキ *Quercus variabilis* などが優占し, 林床にはコウヤボウキやサルトリイバラなどの草本類や藤本類のほか, モチツツジやヒサカキなどの低木もみられたが, 低木・草本層の植被率はクヌギ薪炭林と比べて低かった。

・アカマツ放棄林 (Q7~12): トランセクト調査の区間 S4 と同じ林分。高木層には樹高 15 m 程度のアカマツ *Pinus densiflora* やコナラが多く, 亜高木層にはリョウブやソヨゴ, ネジキなど, 低木層にはアセビやコバノミツバツツジ, ヒサカキなどがみられたが, 草本類はほとんどみられなかった。

## 解析

解析は, 4~10 月までのデータを用いて, 各コドラートおよび各調査区間のチョウ類の種数や密度, 種多様度指数および均衡性指数を算出した。種多様度指数は  $H'$  (bit) (Shannon and Weaver, 1949) を, 均衡性指数は  $J'$  (Pielou, 1969) を用いた。なお,  $H'$  (bit) は 0 以上の値をとり, 種数が多くて個体数が均一の時に高い値となる。 $J'$  は 0 以上の値をとり, 全ての種の個体数が等しい時に最大値 1 となる。これらの指数は下記の式に基づいて算出した。

$$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

$$J' = -\sum \frac{n_i}{N} \log_s \frac{n_i}{N}$$

ただし,  $n_i$  は  $i$  番目の種の個体数,  $N$  は全種の合計個体数,  $S$  は総種数を示す。

また, 各調査区間の群集構造を比較するために, まず, 重複度指数  $\alpha$  (Pianka, 1973) を算出し, その値に基づき, クラスタ分析 (非加重群平均法) を行った。さらに, 各調査区間の遷移の程度とチョウ類の群集構造との関係を解析するために, 遷移ランク SR (Nishinaka and Ishii, 2007; 西中, 2010) を算出した。なお,  $\alpha$  は 0~1 までの値をとり, 群集構造の類似性が高いほど高い値となる。SR は 1~9 までの値をとり, 利用する寄主植物の出現する遷移段階が後期のものほど高い値となる。 $\alpha$  と SR は次式に基づき算出した。

$$\alpha = \frac{\sum p_{1i} \cdot p_{2i}}{\sqrt{\sum (p_{1i})^2} \sqrt{\sum (p_{2i})^2}}, \quad p_{1i} = \frac{n_{1i}}{N_1}, \quad p_{2i} = \frac{n_{2i}}{N_2}$$

ただし,  $N_1, N_2$  は地域 1, 2 それぞれの総個体数,  $n_{1i}, n_{2i}$  は地域 1, 2 それぞれの種  $i$  の個体数を示す。

$$SR = \frac{2\sum St_i}{n} - 1$$

ただし, この解析では遷移段階 ( $St_i$ ) を低茎草原 (St1), 高茎草原 (St2), 若齢林 (St3), 落葉広葉樹林 (St4), 常緑広葉樹林 (St5) の 5 段階に分けており,  $i$  には 1~5 までの遷移段階が,  $n$  はチョウ類が利用する寄主植物の出現する遷移段階の数を示している (Nishinaka and Ishii, 2007; 西中, 2010 参照)。

## 結 果

### 1. 調査地のチョウ類群集の特徴

トランセクト調査の結果, 合計 5 科 41 種 204 個体 (19.6 個体/km) のチョウ類が確認された (Table 1)。最優占種はスジグロシロチョウ *Pieris melete* (43 個体) で, 以下, キタキチョウ *Eurema mandarina* (22), ヒメウラナミジャノメ *Ypthima argus* (22), コミスジ *Neptis sappho* (12), テングチョウ *Libythea lepita* (11) の順となった (Table 2)。これら上位種はいずれも多化性・花蜜食者で, テングチョウ以外は高茎草原~若齢林に出現する植物を寄主とする種であった。

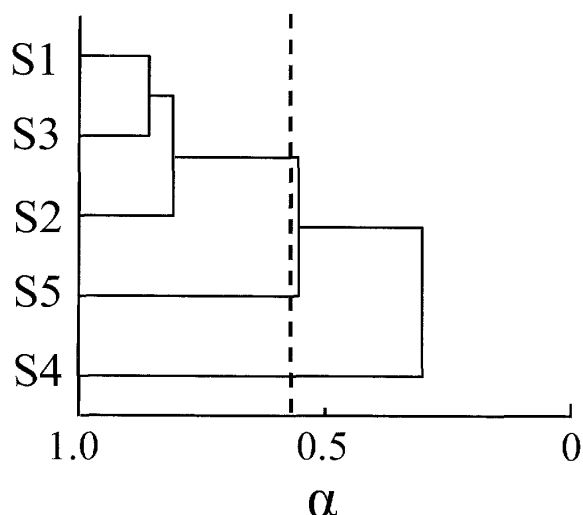


Fig. 2. A dendrogram constructed by results of UPGMA cluster analysis based on the overlap of butterfly assemblages using Pianka's  $\alpha$  among five sections in the study site.

調査区間別にみると、種数は S3 で 25 種と最も多く、S5 や S1 でそれぞれ 19, 17 種であったが、S2 では 12 種とやや少なく、S4 では 2 種しか確認されなかった (Table 1). 密度もやはり S3 で最も高く (61.9 個体/km), 次いで S1 (27.2), S5 (23.0) の順となり、S2 (4.1) や S4 (2.0) では低かった (Table 1). 種多様度指数  $H'$  は S3 (3.84) と S5 (3.85) で高く、S1 (3.43) と S2 (3.38) はやや低い値となり、S4 で 1.00 と最も低かった。一方、均衡度指数  $J'$  は S2 (0.94) や S4 (1.00), S5 (0.91) で高く、S1 (0.84) や S3 (0.83) では低かった。

種数や密度、 $H'$  値の大きかった S3 では、最優占種のスジグロシロチョウの密度が 1 km あたり 15.65 個体と顕著に高かったほか、森林性スミレ類を寄主とするミドリヒョウモン *Argynnis paphia* も上位種に含まれていた (Table 2). 一方、S5 では上位種にミヤマセセリ *Erynnis montanus* やムラサキシジミ *Narathura japonica* のような、それぞれナラ・カシ類に依存する種が含まれるという特徴がみられた (Table 2).  $J'$  値が高かった S2, S4, S5 では、特にスジグロシロチョウの密度が S1, S3 よりも低いのが特徴的であった (Tables 1, 2).

重複度指数  $\alpha$  に基づくクラスター分析の結果をもとに各調査区間の群集構造を比較すると、 $\alpha$  値が約 0.56 で大きく 3 つのクラスターに分けられた (Fig. 2). スジグロシロチョウが最優占種だった S1, S2, S3 は同じクラスターに含まれたが、ナラ・カシ類依存種が上位種に含まれる S5 と、チョウ類がわずか 2 種しか確認されなかった S4 は、それぞれ独立のクラスターを形成した。

化性に基づいてみると、年 1 化性の種は全体で 11 種確認されたが、そのうち S3 では 9 種と最も多く、特に 3 種の森林性スミレ依存種のヒョウモン類、クモガタヒョウモン *Nephargynnis anadyomene*, メスグロヒョウモン *Damora sagana*, ミドリヒョウモンはこの区間のみで確認されたユニーク種であった (Table 1). 一方、S5 では 1 化性の種は 5 種と、S3 に次いで多く確認されたが、そのうちミヤマセセリとホソバセセリ *Isoteinon lamprospilus* は、この区間のみで確認された。密度はいずれの区間でも多化性の種のほうが高かったが、S3 では 1 化性種が 1 km あたり 12.2 個体と、他と比べて高かった。

遷移ランク SR についてみると、全体では、若齢林に出現する寄主に依存する、SR5 の種が 12 種、落葉広葉樹林に依存する SR6 の種が 11 種と特に多く、高茎草原に依存する SR3, SR4 の種もそれぞれ 6 種、5 種であったが、低茎草原に依存する SR1, SR2 の種はそれぞれ 2 種、1 種、常緑広葉樹林に依存する SR7, SR8 の種は各 2 種ずつと少なかった (Fig. 4). 一方、密度は、スジグロシロチョウを含む SR3 (7.1 個体/km) や、ヒョウモンチョウ類を含む SR5 (5.4) の種で特に高く、SR1 (0.4) や SR2 (0.1), SR7 (0.9), SR8 (0.2) の種では低かった (Fig. 4). 調査区間別にみると、種数は SR5 の種が S1 (6 種) や S3 (9) で特に多かったのに対し、SR6 の種は S5 (6) で最も多かった。密度は SR3 の種が S1 (10.9 個体/km), S3 (25.2) で特に高かった。S3 ではまた、SR5 の種の密度も 19.0 個体/km と高かった。一方、SR6 の種については、S3 で 6.8 個体/km と最大になり、落葉中・高木が優占する S5 では 6.4 個体/km と、S3 よりもわずかに低かった。

Table 2. The top 5 dominant butterfly species in each landscape component in the study site with the density (count/km) and annual count (in parentheses) of each species. The seral rank (SR) of each butterfly is also shown in parentheses (see Nishimaka and Ishii, 2007, for exact criteria).

Order	Section					Whole transect
	S1	S2	S3	S4	S5	
1	<i>Pieris melete</i> (SR3) 7.48 (11)	<i>P. melete</i> 0.97 (4)	<i>P. melete</i> 15.65 (23)	<i>Papilio protenor</i> (SR5) 0.51 (2)	<i>Y. argus</i> 3.41 (8)	<i>P. melete</i> 3.22 (43)
2	<i>Eurema mandarina</i> (SR4) 4.76 (7)	<i>E. mandarina</i> <i>Neptis sappho</i> (SR5) 0.48 (2)	<i>E. mandarina</i> <i>Y. argus</i> 6.12 (9)	<i>E. mandarina</i> 0.26 (1)	<i>Erynnis montanus</i> (SR6) 2.99 (7)	<i>E. mandarina</i> <i>Y. argus</i> 1.65 (22)
3	<i>Ladoga glorifica</i> (SR5) <i>Ypthima argus</i> (SR3) 2.72 (4)	<i>Other nine species</i> 0.24 (1)			<i>Narathura japonica</i> (SR7) 2.56 (6)	
4			<i>Argynnis paphia</i> (SR5) 4.76 (7)		<i>P. melete</i> 2.13 (5)	<i>N. sappho</i> 0.90 (12)
5	<i>Zizeeria maha</i> (SR1) 1.36 (2)		<i>Libythea lepita</i> (SR6) <i>N. sappho</i> 4.08 (6)		<i>L. lepita</i> <i>L. camilla</i> 1.71 (4)	<i>L. lepita</i> 0.82 (11)



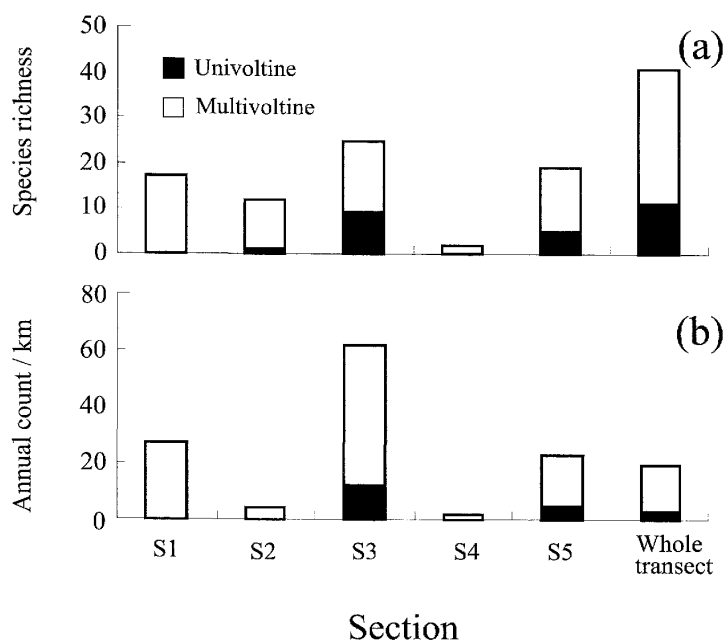


Fig. 3. Species richness (a) and density (count / km) (b) of univoltine and multivoltine butterflies in five sections and throughout the whole transect.

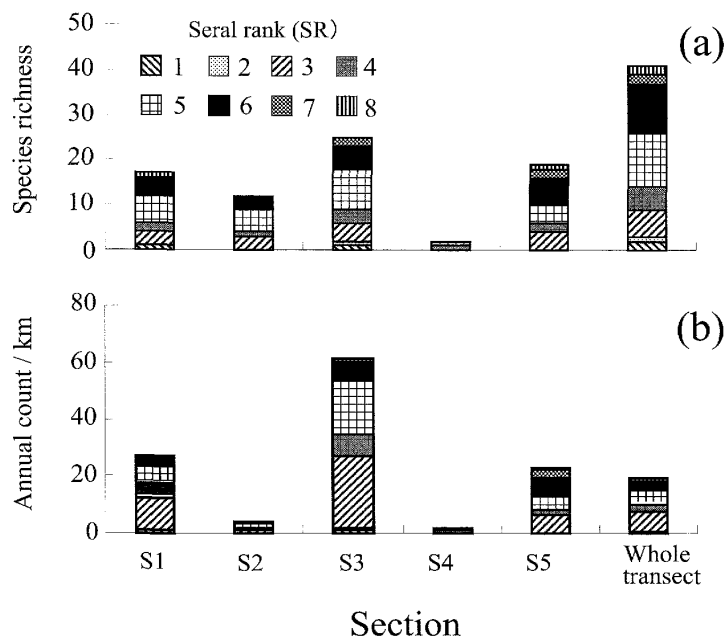


Fig. 4. Species richness (a) and density (count / km) (b) of butterflies belonging to each seral rank in five sections and throughout the whole transect.

## 2. 林分とチョウ類の種多様性との関係

コドラート調査の結果, 合計5科13種37個体のチョウ類が確認された (Table 3). ただし, その大部分はクヌギ薪炭林に設定した Q1~Q4での記録で, クヌギ放棄林 (Q5, Q6) やアカマツ放棄林 (Q7~Q12) ではチョウ類はほとんどみられなかった. クヌギ薪炭林についてみると, 種数や個体数は伐採後2年目の若齢林コドラート (Q1, Q2) で多く (計12種23個体), そのうちホソバセセリ, クロアゲハ *Papilio*

Table 3. Annual count of each butterfly species observed in each quadrat in the study area from April to October in 2006.

	SR*	Voltinism**	Quadrat name												All quadrat			
			Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12				
Papilionidae アゲハチョウ科																		
<i>Papilio protenor</i> クロアゲハ	5	M	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Pieridae シロチョウ科																		
<i>Anthocharis scolymus</i> ツマキチョウ	3	U	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Pieris melete</i> スジグロシロチョウ	3	M	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4
Lycaenidae シジミチョウ科																		
<i>Narathura japonica</i> ムラサキシジミ	7	M	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Japonica saepestriata</i> ウラナミアカシジミ	6	U	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Anitigius attilia</i> ミズイロオナガシジミ	6	U	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Rapala arata</i> トラフシジミ	5	M	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Celastrina argiolus</i> ルリシジミ	6	M	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Nymphalidae タテハチョウ科																		
<i>Argynnis paphia</i> ミドリヒョウモン	5	U	1	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Nepis sappho</i> コミスジ	5	M	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
<i>Yphima argus</i> ヒメウラナミジャノメ	3	M	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Hesperiidae セセリチョウ科																		
<i>Erynnis montanus</i> ミヤマセセリ	6	U	-	2	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
<i>Isothemis lamprospilus</i> ホノハセセリ	4	U	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Species richness			6	10	4	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13
Annual count			8	15	8	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	37

\* SR: Seral rank (see Nishinaka and Ishii, 2007).

\*\* Voltinism: U, Univoltine; M, Multivoltine.

*protenor*, ツマキチョウ *Anthocharis scolymus*, ムラサキシジミ, トラフシジミ *Rapala arata*, ルリシジミ *Celastrina argiolus*, コミスジの7種がユニーク種であった。一方, 伐採後6年目の Q3, Q4 では合計5種11個体が確認され, そのうちウラナミアカシジミ *Japonica saepestriata* 1種のみがユニーク種であった。クヌギ放棄林では, Q6 でミドリヒョウモンが1個体, アカマツ放棄林については Q12 でスジグロシロチョウが1個体確認されたのみであった。

## 考 察

### 調査地のチョウ類群集の特徴

本研究の結果, 調査地には低茎草原から常緑広葉樹林までの, さまざまな遷移段階の植生に依存するチョウ類が生息しているが, 種数・密度ともに, 遷移ランクが3~6までの, 高茎草原~落葉広葉樹林に依存する種が多いことが明らかになった (Tables 1, 2, Fig. 4)。また, チョウ類の群集構造や種多様性には調査区間で違いがみられたことから (Figs. 2, 3, 4, Tables 1, 2), 森林の植生構造や環境要素の違いにチョウ類が敏感に反応することが示された。

森林のチョウ類の密度や種多様性に影響する環境要素のひとつとして, 光条件の重要性がこれまでに指摘されているが (Greatorex-Davies *et al.*, 1993; 近松ら, 2002; 西中ら, 2007), 本研究の結果は, より明るい調査区間もしくはコドラートでチョウ類の種数や密度が大きい傾向を示し, 光条件が群集構造に影響しているものと思われた (Table 1)。ただし, 林縁に位置する S1 よりも, クヌギの若齢林を主体とした調査区間である S3 のほうが, SR5 や SR6 など, 若齢林~落葉広葉樹林に出現する植物に依存する種の種数, 密度ともに大きく (Fig. 4), また, 年1化性のチョウ類の種数・密度ともに大きかった。つまり, チョウ類の群集構造には単に光条件だけでなく, 植生の遷移状態も影響しているといえる。

チョウ類群集と遷移との関係については, これまで多くの研究が行われている。たとえば Sanford (2002) は, アメリカ中西部の放棄された耕作地において, 植生遷移とチョウ類群集との関係について調査を行っているが, それによると, 遷移に伴う種構成の変化が認められている。また, Nishinaka and Ishii (2007) は, 大阪府能勢町にある三草山周辺の里山のチョウ類の群集構造が, 景観や植生の違いを反映したものとなっていることを示している。本研究の結果も, チョウ類の群集構造が, 単に成虫の環境選好性だけでなく, 寄主植物の生育する遷移段階の影響も強く受けていることを反映していると考えられる。

本研究では, トランセクト調査に加え, コドラート調査も実施したが, その結果の概要はトランセクト調査のものと類似していた (Table 3)。ただし, この調査では, 全体でもわずか13種37個体しか確認されず, 調査地のチョウ類の群集構造を把握するには不十分であった。チョウ類群集の調査手法としては, 日本ではトランセクト法が主流であるが, 本研究の結果も, コドラート法では十分なサンプルが得られず, トランセクト法のほうが群集構造の把握に適していると考えられた。一方, 西中ら (2007) が行ったチョウ類のコドラート調査では, 合計39種1,609個体と十分なサンプルが得られている。西中ら (2007) と本研究では, 調査頻度やコドラートサイズ, 地点数などに違いはあるが, 最も大きく異なるのは, ササ類依存種の密度である。彼らの調査地では, コドラートによる密度の違いはあるものの, 全体的にササ類依存種であるヒカゲチョウ類の密度が高かった。本手法は, チョウ類の密度が顕著に高いような場所では適しているかもしれないが, 今回のような場合は, トランセクト調査のデータの補足的なものとして捉えるのが妥当である。

以上のことから, 本調査地には高茎草原から落葉広葉樹林に依存するチョウ類が多いが, 特に若齢のクヌギ林において, 1化性の種や落葉広葉樹依存種も含めて種数・密度ともに大きく, 萌芽更新がチョウ類の保全において重要であることが示された。

### チョウ類の保全を目指した里山林管理方針の検討

本研究の結果は, 薪炭林としての里山林利用による植生の攪乱がチョウ類の種多様性の維持に有利に働くことを示すものとなった。田下 (2009) は, 中程度攪乱仮説 (Connell, 1978) が里山林のチョウ類においても当てはまることを指摘しており, 人為の適度な干渉のもとで種多様性が高くなることを示している。ただし, この研究では, どのような攪乱が適切なのかについては触れられていない。本研究の結果は, 少なくともチョウ類については, 薪炭林としての森林利用が種多様性を高めるのに適当な攪

乱であることを示すものとなった。

ただし、本調査地から直線距離で5 km 程度のところにある里山林である三草山(石井ら, 1995, 2003; Nishinaka and Ishii, 2006, 2007; 西中ら, 2007) と比べると、特にササ類依存種のヒカゲチョウ類の密度が低く、薪炭林利用がこれらの種の生息には不利に働くものとも考えられる。近年、日本各地の里山林では、管理の放棄に伴うササ類の繁茂が問題となっており、チョウ類の群集構造にも影響していることが報告されている(Nishinaka and Ishii, 2006, 2007; 松本, 2008)。本調査地は北摂地方でかつて広く行われていた薪炭林利用が今日まで継続的に行われてきた場所であるが、このような管理によってササ類の繁茂が周辺の里山林よりも抑えられ、ササ類依存のチョウ類の密度を抑える要因になっているものと思われる。ササ類の繁茂は林床植生の多様性を低下させかねないため(Iida and Nakashizuka, 1995)、必ずしも好ましいことではない。ただし、ササ類依存種を含むヒカゲチョウ亜科のチョウ類は市街化に弱い傾向にあり(今井ら, 1996)、里山林のチョウ類の保全を検討する場合、こういった種の生息環境を維持することも必要であり、ある程度の量のササ類を残すような管理も考慮すべきである。

里山林を取り巻く環境は薪炭林としての利用があった時代と比べると大きく変化しており、多くの場所では市街化や開発等による消失・孤立化が進んでいる。そのため、現在残された里山林においてチョウ類の保全法を検討する場合、かつてと同じような植生管理が必ずしも効果的であるとは限らない。Smallidge and Leopold (1997)は、チョウ類の保全における順応的管理の重要性を指摘している。すなわち、植生管理とモニタリングを交互に行い、より効果的な管理法を検討していくことが、チョウ類の保全において重要であるとしている。本調査地では、クヌギ薪炭林においてチョウ類の種多様性が高く、また、群集構造が林齢によって異なる結果となった。一方、アカマツ放棄林や針葉樹植林はチョウ類の種多様性が低かった。そのため、特にクヌギを主体とした森林におけるさまざまな林齢の植生モザイクを維持することが、チョウ類の保全において重要であると考えられる。ただし、森林のモザイク化は、連続した森林の面積を減少させることとなり、種によってはそれが衰退要因となる可能性もある。たとえば Natuhara *et al.* (1999) は、1 化性で木本類を寄主とするチョウ類が、森林のモザイク化に伴って減少する可能性を指摘している。そのため、たとえば SR 指数や1 化性の種に注目したチョウ類群集の構造解析結果に基づいて植生管理法を検討していくことが、今後必要である。また、チョウ類によっては里山林だけでなく、周囲の農村景観も利用するような種もいるため(Nishinaka and Ishii, 2007; 西中, 2010)、「広義の里山」(石井, 2001a) を視野に入れたモニタリングおよび植生管理を検討する必要があるだろう。

## 摘 要

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の群集構造と種多様性を明らかにするために、2006年4~10月に、今なお薪炭林利用が行われている林分を含む雨森山(兵庫県猪名川町)の里山林において、トランセクト調査およびコドラート調査を行った。トランセクト調査では、調査地の主要な植生を含むルートを設定し、植生や景観に基づき5つの調査区間(S1~S5)に分けた。コドラート調査は、調査地内にある伐採後2年目および6年目のクヌギ薪炭林、クヌギ放棄林およびアカマツ放棄林に、各2, 2, 2, 6個、計12個の10 m四方のコドラートを設定して行った。

調査の結果、合計5科41種のチョウ類が確認された。トランセクト調査では、合計41種204個体が確認され、多化性・花蜜依存性のスジグロシロチョウ(43個体)、キタキチョウ(22)、ヒメウラナミジャノメ(22)、コミスジ(12)、テングチョウ(11)の5種が上位種だった。調査区間別にみると、種数や密度はクヌギ若齢林が優占するS3で最も大きく(25種61.9個体/km)、アカマツ放棄林が優占するS4で最も小さかった(2種2.0個体/km)。またS3では、1化性のチョウ類が9種と最も多く確認され、そのうち3種は森林性スミレ依存種であるクモガタヒヨウモン、メスグロヒヨウモン、ミドリヒヨウモンであり、この区間のみで確認された。一方、落葉広葉樹の中・高木が優占するS5でも1化性の種が5種と多く確認されたが、そのうち落葉性コナラ属依存種であるミヤマセセリと草本性のイネ科依存種であるホソバセセリの2種がこの区間のみで確認された。寄主植物の出現する遷移段階に基づいたSR指数(Nishinaka and Ishii, 2007)を用いて分析すると、調査地全体では若齢林および落葉広葉樹林に出現する寄主に依存するチョウ類(SR5, 6)の種数が多かったが、低茎草原(SR1, 2)や常緑広葉樹林(SR7, 8)に依存する種は少なかった。密度は高茎草原(SR3, 4)および若齢林(SR5)に依存するチョウ類で高く、低茎草原や常緑広葉樹林に依存する種は低かった。調査区間別にみると、若齢林に依存する種の数には林縁部の区間であるS1(6種)や、若齢林を主体としたS3(9種)で多かったのに対し、落葉広葉樹林に依

存する種はS5 (6種) で最も多かった。一方で、落葉広葉樹林に依存する種の密度については、S3 (6.8 個体/km) で最大となり、S5 でやや少なかった (6.4 個体/km)。コドラート調査では合計 13 種 37 個体が確認されたが、そのほとんどはクヌギ薪炭林に設定した 4 つのコドラートでの記録で、クヌギ放棄林やアカマツ放棄林のコドラートではチョウ類はほとんどみられなかった。クヌギ薪炭林についてみると、伐採後 2 年目の 2 つのコドラート (Q1, Q2) で合計 12 種 23 個体と多く、伐採後 6 年目の 2 つのコドラート (Q3, Q4) では合計 5 種 11 個体と少なかった。本調査の結果から、チョウ類の群集構造や種多様性が植生の遷移段階に敏感に反応し、伝統的な森林利用が里山林のチョウ類の保全において有効であることが示された。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、森林総合研究所の伊東宏樹、吉村真由美の両氏には大変お世話になった。また、大阪府立大学大学院生命環境科学研究科昆虫学研究室の広渡俊哉准教授、平井規央助教をはじめとする諸氏から多くのご教示を頂いた。厚くお礼を申し上げる。

## 引用文献

- 近松美奈子・夏原由博・水谷康子・中村彰宏, 2002. 都市林に造成された人工ギャップがチョウ類の種組成に及ぼす影響. *日緑工誌* **28**: 97-102.
- Connell, J. H., 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science* **199**: 1302-1310.
- Greatorex-Davies, J. N., T. H. Sparks, M. L. Hall and R. H. Marrs, 1993. The influence of shade on butterflies in rides of coniferised lowland woods in Southern England and implications for conservation management. *Biol. Conserv.* **63**: 31-41.
- 服部 保・赤松弘治・武田義明・小舘誓治・上甫木昭春・山崎 寛, 1995. 里山の現状と里山管理. *人と自然* **6**: 1-32.
- Iida, S. and T. Nakashizuka, 1995. Forest fragmentation and its effect on species diversity in sub-urban coppice forests in Japan. *For. Ecol. Manage.* **73**: 197-210.
- 今井長兵衛・夏原由博, 1996. 大阪市とその周辺の緑地のチョウ相の比較と島の生物地理学の適用. *環動昆* **8**: 23-34.
- 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, 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 (大阪)・日本自然保護協会 (東京).
- 石井 実, 1996. 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, 大阪.
- 石井 実, 2001a. 広義の里山の昆虫とその生息場所に関する一連の研究. *環動昆* **12**: 187-193.
- 石井 実, 2001b. 森林文化とチョウ相の成り立ち-大阪での考察-. 「照葉樹林文化論の現代的展開」金子 務・山口裕文編, pp. 351-372, 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- 石井 実監修, 2005. 生態学からみた里やまの自然と保護 (日本自然保護協会編). 講談社, 東京.
- 石井 実・植田邦彦・重松敏則, 1993. 里山の自然を守る. 築地書館, 東京.
- 石井 実・広渡俊哉・藤原新也, 1995. 「三草山ゼフィルス」のチョウ類群集の多様性. *環動昆* **7**: 134-146.
- 石井 実・石井敬任・広渡俊哉, 2003. ゼフィルスの森づくりと里山の管理. *関西自然保護機構会誌* **24**: 75-85.
- 北原正彦, 1999. 富士山北麓の様々な森林環境におけるチョウ類群集の種多様性. *環動昆* **10**: 11-29.
- Kitahara, M., 1999. Structure and organization of butterfly communities in a variety of woodlands at the northern foot of Mt Fuji, central Japan. *Trans. lepid. Soc. Japan* **50**: 145-161.
- 北原正彦・渡辺 牧, 2001. 富士山北麓青木ヶ原樹海周辺におけるチョウ類群集の多様性と植生種数の関係. *環動昆* **12**: 131-145.
- 松本和馬, 2008. 東京都多摩市の森林総合研究所多摩試験地および都立桜ヶ丘公園のチョウ類群集と森林環境の評価. *環動昆* **19**: 1-16.
- 道下雄大・西中康明, 2004. 三草山における里山植生と人との関わり. *都市と自然* **336**: 8-11.

- 守山 弘, 1988. 自然を守るとはどういうことか. 農山漁村文化協会, 東京.
- 中川重年, 2001. 里山保全の全国的パートナーシップ. 「里山の環境学」 武内和彦・鷺谷いづみ・恒川篤史編, pp. 125–135, 東京大学出版会, 東京.
- Natuhara, Y., C. Imai and M. Takahashi, 1999. Pattern of land mosaics affecting butterfly assemblage at Mt Ikoma, Osaka, Japan. *Ecol. Res.* **14**: 105–118.
- 西中康明 (2010) 遷移ランクSRに基づくチョウ類群集の構造解析. 昆虫と自然 **45**: 21–24.
- Nishinaka, Y. and M. Ishii, 2006. Effects of experimental mowing on species diversity and assemblage structure of butterflies in a coppice on Mt Mikusa, northern Osaka, central Japan. *Trans. lepid. Soc. Japan* **57**: 202–216.
- Nishinaka, Y. and M. Ishii, 2007. Mosaic of various seral stages of vegetation in the Satoyama, the traditional rural landscape of Japan as an important habitat for butterflies. *Trans. lepid. Soc. Japan* **58**: 69–90.
- 西中康明・石井 実・道下雄大, 2007. チョウ類の種多様性の保全のための里山植生の管理方法の検討. 関西自然保護機構会誌 **28**: 93–116.
- Ohwaki, A., K. Nakamura and S. Tanabe, 2007. Butterfly assemblages in a traditional agricultural landscape: importance of secondary forests for conserving diversity, life history specialists and endemics. *Biodivers. Conserv.* **16**: 1521–1539.
- Pianka, E. R., 1973. The structure of lizard communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **4**: 53–74.
- Pielou, E. C., 1969. An Introduction to Mathematical Ecology. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Pollard, E., 1977. A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biol. Conserv.* **12**: 116–134.
- Pollard, E., 1982. Monitoring butterfly abundance in relation to the management of a nature reserve. *Biol. Conserv.* **24**: 317–328.
- Pollard, E., 1984. Synoptic studies of butterfly abundance. In Vane-Wright, R. I. and P. R. Ackery (eds.), The biology of butterflies, pp. 59–61, Academic Press, London.
- Pollard, E. and T. J. Yates, 1993. Monitoring butterflies for ecology and conservation. Chapman and Hall, London.
- Sanford, M. P., 2002. Effects of successional old fields on butterfly richness and abundance in agricultural landscapes. *Gt Lakes Ent.* **35**: 193–207.
- Shannon, C. E. and W. Weaver, 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Chicago.
- Smallidge, P. J. and D. J. Leopold, 1997. Vegetation management for the maintenance and conservation of butterfly habitats in temperate human-dominated landscapes. *Landsc. Urban Plan.* **38**: 259–280.
- 田端英雄編, 1997. 里山の自然. 保育社, 大阪.
- 田端英雄, 1998. 里山を守るとはどういうことか. 科学 **68**: 609.
- 竹中 健・野津晃司・吉田宗弘, 2004. チョウ類群集を指標に用いた神戸市内保養地の里山環境の評価. 環動昆 **15**: 119–130.
- 武内和彦・鷺谷いづみ・恒川篤史, 2001. 里山の環境学. 東京大学出版会, 東京.
- 田下昌志, 2009. 里山の管理とチョウ群集の多様性. 蝶と蛾 **60**: 52–62.
- Thomas, J. A., 1983. A quick method for estimating butterfly numbers during surveys. *Biol. Conserv.* **27**: 195–211.
- 恒川篤史, 2001. 日本における里山の変遷. 「里山の環境学」 武内和彦・鷺谷いづみ・恒川篤史編, pp. 39–50, 東京大学出版会, 東京.
- 山本道也, 1988. 蝶類群集の研究法. 「蝶類学の最近の進歩」 三枝豊平・矢田 脩・上田恭一郎編, pp. 191–210, 日本鱗翅学会, 大阪.

## Summary

We conducted transect and quadrat surveys of butterflies in a *Satoyama* woodland including traditionally managed and abandoned coppices on Mt. Amamori, Inagawa cho, Hyogo Prefecture, central Japan, from April to October, 2006, to elucidate differences in assemblage structure and species diversity of butterflies among coppices managed at different levels. In the transect survey, we established a census route through main types of vegetation in the study site and divided it into 5 sections (S1 to S5) according to vegetation and landscape. In the quadrat survey, 2, 2, 2 and 6 quadrats (10 m by 10 m) were established in coppices dominated by *Quercus acutissima* 2 and 6 years after coppicing, in an abandoned coppice and in a pine forest, respectively. As a result,

a total of 41 species of butterflies belonging to 5 families were recorded. In the transect survey, 204 individuals of butterflies belonging to 41 species from 5 families were recorded in the whole transect and 5 multivoltine and nectar-feeding species, *Pieris melete* (43 individuals), *Eurema mandarina* (22), *Ypthima argus* (22), *Neptis sappho* (12) and *Libythea lepita* (11) dominated. Both species richness and density (count / km) were highest in S3 (25 and 61.9 respectively) where young *Q. acutissima* trees dominated, whereas they were lowest in S4 (2 and 2.0 respectively) in an abandoned pine forest. In S3, species richness of univoltine species was also highest (9 species) and three univoltine forest-violet feeding fritillaries, *Nephargynnis anadyomene*, *Damora sagana* and *Argynnis paphia*, were unique to this section. Species richness of univoltine species was second highest in S5 (5 species), which was dominated by medium and tall deciduous broadleaved trees, and a deciduous oak feeding skipper, *Erynnis montanus*, and a grass feeder, *Isoetes lamprospilus*, were unique to this section. According to the analysis of assemblage structure based on the SR index (Nishinaka and Ishii, 2007), species richness of butterflies dependent on young and deciduous broadleaved forests was high, whereas that of butterflies dependent on short grassland and evergreen broadleaved forest was low. In addition, densities of species dependent on tall grassland and young forest were high, whereas those of butterflies dependent on short grassland and evergreen broadleaved forest were low in the whole transect. Species richness of butterflies dependent on young forest was high in S1 (forest edge section; 6 species) and S3 (9), and that of deciduous broadleaved forest dependent species was highest in S5 (6). On the other hand, density of deciduous broadleaved forest dependent species was higher in S3 (6.8 individuals / km) than in S5 (6.4). In the quadrat survey, a total of 37 individuals belonging to 13 species was recorded, although most of them were observed in 4 quadrats in coppices dominated by *Q. acutissima*, and few individuals were observed in quadrats in an abandoned coppice and a pine forest. In coppices, both species richness and density were higher in 2-year coppice quadrats (total: 12 species and 23 individuals) than in 6-year ones (5 and 11 respectively). Our results demonstrate that both assemblage structure and species diversity of butterflies are affected by seral stages of vegetation, and traditional coppice management is effective for conservation of species diversity of butterflies in *Satoyama* woodlands.

(Received November 16, 2009. Accepted March 30, 2010)