

《論 文》

龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 2005年

——環境選好性——

山 本 道 也

Community Structure of Butterflies Observed in and near Ryugasaki,
2005, Based upon Their Habitat Preference
MICHIIYA YAMAMOTO

キーワード

チョウ群集 (butterfly assemblages), 環境選好性 (habitat preference), 群分析 (cluster analysis), 都市化 (urbanization)

は じ め に

1982年開始の調査ルートを固定してのチョウ成虫帯状センサスは、景観変化の安定した2012年をもって終了とした(1993年は調査せず)。調査地は、大規模工業団地誘致に付随するニュータウン建設の計画域の中にあつて、当初の関東平野外縁部に広がる谷津を特徴とする農村景観から、30年余をかけて、郊外型市街景観へと大きく変貌した。1985年の一部の雑木林の伐採、造成工事の開始を手始めに、造成域は南から北へ断続的に拡大され、調査ルートを挟む形で最寄りのJR駅に向かう2本の大型道路建設が進むのと並行して、1992年には調査ルートの南半部の居住区(=南街区)で住宅建設が始まり、居住人口の増加とともに、1994年にはJR駅を結んで路線バスも運行され始めた。さらに、市街化計画は調査ルートの北半部にも及び(1997年～)、幹線道路の新設を手始めに、2000～2007年にかけて総合病院、市の総合体育館、陸上競技場などの大型施設が相次いで建設、竣工され、隣接して北街区が出現、大型道路沿いでは複数の商業施設も営業を始めた。そして、2012年の大型ホームセンターの開設をもって、当調査地を含む周辺域を対象とした郊外型市街化計画(龍が岡ニュータウンと呼称)の概観は整った。居住区では、造成地の2/3は

どに建物が建てられ、空き地は家庭菜園として利用されたり、そのまま放置されたりして荒地化している所もあるが、総合病院、総合運動公園、郊外型商業施設も整い、調査地そのものが新興住宅街へと様変わりし、往時の景観を残すのは谷津沿いに残った斜面林のみとなった。調査ルートとして使用していた農道も当初のままのものは全体の1/10ほどで、旧ルートをなぞる形で新設された道路で代替してセンサスを続行して来た。この間、チョウ相は、自然変動(種内・種間競争、気候変化によるもの)に加えて、景観変化による影響を被ることになった(山本, 1989, 1991a, 1991b, 1993, 1994, 1995, 1997, 1999, 2001, 2003, 2005, 2010, 2012, 2013, 2014, 2016a, 2017, 2018, 2019a, b, 2020a, c, 2021)。

本報告ではその住宅建設期中期の段階(山本, 2007, 2016b参照)に当たる2005年におけるチョウ相の変化を環境選好性の観点から報告、論議する。解析の手順は従来の報告を踏襲している。以下にその主要点を列挙する。

1. 3～11月まで1旬につき2回の帯状センサスの結果を19の調査小区ごとにまとめ、得られた種ごとの調査小区別個体数を等距離補正し、それを基礎データとして解析する。

2. この調査小区別補正個体数分布の結果に、主成分分析と群分析を併用し、チョウ下群集とその生息環境の類型化を行う。

3. 上述の方法で細分化された下群集について、生息環境ごとに種数、個体数、多様性、優占種の違い、及びそれらの経年変化に言及し、景観変化との関連性を考察する。

調査地および調査方法

龍ヶ崎市郊外の、谷津田を挟んで南北二つから成る段丘（海拔20～25m）を縫う幅3.5m、全長約2.5Kmの農道を带状センサスのためのルートとして利用した。調査初期、南側段丘には斜面林に囲まれて点在する人家を抜けて、竹林、畑地帯が広がり、次の斜面林を降りると谷津田があり、ルートは谷津田を抜けて、北側段丘に至る。なだらかな斜面林を上った北側段丘には、わずかな畑、落葉広葉樹主体の雑木林、

杉・松の比較的若い植林地、アズマネザサが優占する荒地が続き、更に古い杉植林地を抜けて、小学校敷地外縁と二つの民家で終わっていた。センサスルートは、おおよその景観の違いによって19の小区に分けられ（南からA区=A₁～A₄小区、B区=B₁～B₄小区、C区=C₁～C₄小区、D区=D₁～D₃小区、表1、2。1986年報告までは15の調査小区であったが、1987年からは、A区での造成工事による景観変化を考慮して、A₂、A₄小区をそれぞれ二分し、A_{2a}、A_{2b}、A_{4a}、A_{4b}小区とし、さらに、1990年からは新設道路の工事で二分されたC₃をC_{3a}、C_{3b}、同様のD₂をD_{2a}、D_{2b}とした）、小区ごとに目撃されたチョウの種類と個体数が記録された（山本、1983、1989参照）。

調査ルートの南半部（=A区）で多くを占め

表1 1982～2002年の各調査小区別景観変化と林地率^{*}、環境指数^{**}

調査 小区	距離 (m)	1982年	1983～1991年の変化	1992～2002年の変化
A ₁	260	(4) 人家、竹林、照葉・落葉樹の混交低木林	変化なし	側溝新設工事（1996年）
2a	140	(1) 畑地（ジャガイモ、ナスなど）	ルート右側造成後荒地化（1986年）	道路拡幅工事（1994年）、新築家屋（1995年）
2b	120	(3.5) 左：竹林、右：造園用地	右側10mを残して造成（1987年）	右側再造成（1997年）後荒地化
3	160	(1) 畑地（ジャガイモ、キャベツ、ナスなど）	変化なし	コイン洗車場開業（1999年）
4a	220	(1) 畑地（ジャガイモ）	工事用道路建設（1984年）	住宅街、バス運行開始（1994年）
4b	150	(1) 畑地（ジャガイモ、ナス、キャベツ）	荒地化後（1987年）、造成・道路建設（1989年）	住宅建設（1993～1999年）
B ₁	90	(4) 照葉樹を低・中層木とする杉林	間伐（1989年）	側溝新設工事（1996年）
2	90	(1) 水田、沼沢地	アシ・ガマ湿地化後埋め土（1991年）	河川改修工事（1993～1998年）、テニスコート（1999年）
3	140	(4) 照葉・落葉樹の混交林とササ藪	伐採（1985年）、造成（1986年）後荒地化	再整地（1996年）、総合体育館建設開始（2001年～）
4	100	(2.5) 左：畑地（ピーナッツ）、右：ササ藪	造成（1986年）後荒地化	大型道路建設工事完了（1996年）、総合体育館オープン（2002年）
C ₁	130	(4) コナラが優占する雑木林	南側10mを残し皆伐（1985年）、残存林皆伐（1987年）	シバ吹付工事（1997年）
2	190	(4) 赤松の多い雑木林で林床はササ	伐採（1990年）、造成（1991年）	荒地化
3a	130	(2.5) 左：ササ藪、右：荒地（ススキなど）	伐採（1990年）、造成（1991年）	荒地化
3b	90	(3) 左：ササ藪、右：シンジュの林	左側道路建設工事（1989年）	ササ藪皆伐後造成・道路建設工事（1999～2001年）
4	100	(2.5) 左：ササ林床の杉林、右：ピーナッツ畑	1988年以降畑荒地化	病院建設開始（2000年）、病院駐車場完成（2001年）
D ₁	100	(4) 林床植物の豊富な杉林	変化なし	杉林皆伐、造成後（1999年）病院建設開始（2000年）、2001年開業
2a	20	(3) ササ藪	大型道路工事開始（1985年）、供用開始（1989年）	ササ藪、杉林、保存林として整備（2000年）
2b	160	(2) 左：小学校用地、右：ササ藪	右側伐採（1990年）後シンジュ低木林形成（1991年）	皆伐（1994年）造成後1棟新築（1997年）
3	80	(4) 左：ササ藪、右：杉とササ藪	左側伐採（1990年）後シンジュ低木林形成（1991年）	皆伐、造成後アパート（1998年）、サッカー部合宿所（2000年）
林地率（%）		49.4	49.4～27.1	23.1～14.2
環境指数平均		2.68	2.68～1.81	1.75～1.48
都市化			ニュータウン建設工事開始（伐採、造成、荒地化）	南街区完成、都市化の北進

* 林地率：環境指数3、4の調査ルート全体に占める割合

** 環境指数：カッコ内の数値＝0：裸地、1：耕作地、2：荒地、3：低木林、4：高木林、調査ルートの左右で平均化）

ていた耕作地は1985年以降一旦造成された後の荒地化が進行し、特に、A₄小区ではセイタカアワダチソウの広い群落が形成されていたが、1989年以降、再整地が行われ、下水道を主とした土工事も始まり、居住区建設が本格化した。1992年には生活用道路工事も本格化し、1993～1994年にかけて住宅建設が一斉に進み、当初計画予定の南街区が出現、1994年秋には最寄りのJR駅を結んでバスの運行も始まった。街区から少し外れていた調査ルート（= A₂～A₃小区）左右の畑地にも新築棟が目立つようになってきた。

B₁小区は谷津田のB₂小区に下る斜面林の中のルートで、調査初期にはD_{2b}小区にある小学校への通学路としても利用されていたが、1985

年のB₃小区（谷津田北側斜面林内ルート）での斜面林伐採で始まった大規模土地改良工事の開始に伴い、ほぼ廃道化され、1999年にはA₄小区側にフェンスがめぐられ、通行不能となった。迂回して調査はB₂小区側から続行されたが、これに伴い、ルート両側の斜面林も林床のササが背丈を越えて茂るに任され、斜面林を構成する種々の木々の成長もあり、2000年あたりからはルート内通路は木漏れ日も届かないほどに鬱閉された状態となった。

谷津田（B₂小区）では1991年に埋め立て工事が始まり、安定化のために数年寝かせた後、1997年の河川の付け替え工事を手始めに、自然公園化工事が動き出し、1999年には2面のテニスコートと駐車ロットが設けられ、残された南

表2 2005年の各調査小区別景観変化と林地率、環境指数

調査 小区	距離 (m)	2005年の景観	環境指数
A ₁	260	人家（1軒は空き家となり、周辺は荒地化）、斜面林（左斜面：竹林、右斜面：竹林、照葉・落葉樹の混交中木林、次小区境を間伐—マント群落形成）	(4)
2a	140	左：畑地（荒地化、草刈りがなく高茎化）、右：3棟+新築1棟（8/31～）、周辺は雑草群落（イネ科草本に混じってキツネノマゴなど）	(1)
2b	120	左：竹林、右：中学校完成（グラウンドと調査道路の間は造成地、秋にかけてヤハズソウとイネ科草本群落形成）	(2)
3	160	左：畑地（ジャガイモ、キャベツ、ナスなど）、北側造成地にコイン洗車場 右：4棟	(1)
4a	220	左：2棟+農地、荒地、家庭菜園 右：農地、荒地（イネ科草本群落）+2棟	(1)
4b	150	左：1棟+新築4棟（9/17～）、荒地、家庭菜園 右：斜面林近接	(1)
B ₁	90	照葉樹を低・中層木とする杉林、林床にアズマネザサが成長（2m余）し、鬱閉度が高まる	(4)
2	90	テニスコートと駐車場が整備（周辺はイネ科の雑草群落に混じってヒメジョオンやクローバーが目立つ）	(1)
3	140	総合体育館（南側に斜面林残存+サザンカ植栽+法面斜面にクローバー、イネ科草本群落）	(1)
4	100	左：陸上競技場建設工事開始（10/20～）、右：C ₁ 大型道路併設の歩道（サツキとカナメモチの生垣）	(0.5)
C ₁	130	左：クローバーとの混交芝地、右：大型道路を隔てて北街区増築工事中	(0.5)
2	190	荒地化（ササ+クズ+タデ類などの雑草群落が繁茂）	(2)
3a	130	荒地化（ヨシ+ササ+クズ+タデ類などの雑草群落が繁茂し、高茎化）	(2.5)
3b	90	歩道（サツキ植栽）つき大型道路完成	(0.5)
4	100	総合病院沿いの大型舗装道路の歩道（サクラ、サツキ植栽）	(0.5)
D ₁	100	総合病院、左：大型舗装道路、右：杉、コナラ混交残存林	(1.5)
2a	20	D ₁ から続く一部杉林の残存+斜面造成+林床は整備され遊歩道新設、林床を複数回草刈り	(2)
2b	160	左：小学校用地+周辺空き地には家庭菜園を含む荒地、右：新築1棟+農地	(1)
3	80	左：大学サッカー部第一合宿所+駐車場、右：アパート3棟+大学サッカー部第二合宿所建設中+荒地、回転寿司店	(0.5)
林地率 (%)			14.2
環境指数平均			1.58
都市化		B ₄ 小区での総合運動公園工事（新たに陸上競技場建設開始）、北街区建設中	

北両斜面林に沿って散策路も整備されて、公園緑地が完成した。最初の森林伐採、造成工事から10年余を経過したB₃、B₄小区は再整地後放置され、ササ、タデ、クズ群落が背丈を越えるほどに目立ってきていたが、1996年以降は、B₃小区で5年後完成予定の総合体育館付随の屋外プール建設のための大規模改良土工事が始まり、工事車の出入りが頻繁になった。1997年末からはB₂小区とB₄小区をつなぐ迂回路が造られ、法面造成工事も進み、調査は迂回を余儀なくされ、1998年には、B₃小区は旧ルートに近接した斜面林沿いの調査小区で代替することになった。翌年には旧ルートに復帰したが、B₃小区の迂回路は舗装され、斜面上部の屋外プールに向かって傾斜の緩やかな法面（シバ、クローバーなどの短茎雑草群落とカシ植栽）が広がった。B₄小区は大型舗装道路に沿って歩道と生垣（サツキとカナメモチ）が作られ、屋外プールに続く総合体育館の建設も始まり、2002年のオープンをもってB₂～B₄小区での谷津、斜面林を改良しての市街化工事は完了した。

一方、北半部でも1995年に南伸してきた大型道路工事がC₄→B₄小区沿いにまで進み、1996年には共用開始、その北東側の谷津地形造成後の広大な荒地では再造成後の宅地化が進み、北街区としての家屋建設が始まった。また1990年以降、C₂、C₃、D₃小区でも本格的に伐採、造成が進行し、林地はA₁、B₁、C₄の一部とD₁、D_{2a}小区を残すのみとなっていた。更に1999年にはC₄、D₁小区でも伐採、造成が行われ、翌年には総合病院建設が始まり、2001年、開業に至った。そのためC₃小区の北半分からC₄小区とD₁小区の一部にかけては新設の舗装道路沿いの歩道（道路沿いにサツキ植栽、反対側法面にはシバ貼り付け）がセンサスルートとなった。D₃小区では当初の杉、ササ藪が皆伐され（1991年）、その後新たにシンジュの低木林が形成されていたが、1997年には改めて伐採、造成が進み、1998年にはアパート1棟、2000年には大学サッカー部合宿所が開設され、道路も拡幅舗装された。このため、調査地全体の林地率も当初

の49.4%から2001年以降、14.2%に減少した（山本、2007）。2005年には、B₄、C₁小区の造成後荒地で10月下旬以降、陸上競技場建設が始まり、調査ルート沿いに工事用フェンスが張られ、更に、D₃小区の民間アパート隣りの空き地でも大学サッカー部第二合宿所の建設工事が始まった。調査後20年余を経て調査地も含めた周辺域は当初の近郊農村的景観から新興住宅街的景観へ大きく変貌した。

上記調査地での帯状センサスを2005年3月上旬～11月下旬まで、1旬につき2回（3月2、8、12、18、27、31日、4月1、6、10、15、21、28日、5月3、5、10、16、21、26日、6月5、6、12、17、20、27日、7月1、5、10、15、21、28日、8月1、6、11、15、21、30日、9月1、8、13、17、22、26日、10月2、7、13、20、23、28日、11月4、8、13、18、24、28日）、計54回行い、記録された種類と個体数を小区ごとにまとめ、以後の解析に処した。センサス開始時刻は10:00を予定としたが、低温期（4、5、11月）では10:15～10:30とした（その他の方法の詳細については、山本、1983を参照）。

結果および考察

目撃されたチョウは、5科40種3,865個体であった。個体数（=実数）は各種ごとに調査小区別にまとめられた（図1では過去との比較のため15小区で処理、山本、1989、1991b、1993、1994、1995、1997、1999、2001、2003、2005、2010、2012、2013、2014、2016a、2017、2018、2019a、b、2020a、c、2021参考）。以下、過去22年間の調査と比較しながら、それぞれの種について調査地での環境選好性の概要を述べる（種名の後のカッコ内に目撃総個体数（=実数）を1982年/1983/1984/1985/1986/1987/1988/1989/1990/1991/1992/?=1993（調査なし）/1994/1995/1996/1997/1998/1999/2000/2001/2002/2003/2004/2005年のかたちで示す）。

1. ジャコウアゲハ（12/16/7/3/11/6/15/7/

2/0/0/?/6/1/0/4/4/6/12/9/4/11/2/1) : 前 9 年間を通して, 特に, 耕作地とその周辺域である A_2 小区に目撃個体が集中していたが, 1994 年以降は D_1 , D_{2a} , b 小区に目撃が集中するようになった。木陰などに隣接したオープンな立地を好む。1985 年に目撃総個体数は大きく減少した。その後一時的に回復したものの再び減少傾向を示し, 一時期目撃されない年もあったが, 1997 年以降, D_{2a} 小区で一桁ながら連続して目撃されるようになり, 二桁目撃の年も出てきた。当年は B_2 小区での 1 個体目撃で過去 22 年間の平均を下回った。

2. アオスジアゲハ (37/94/75/32/103/88/80/128/79/104/136/?/52/99/42/22/75/79/83/61/80/90/48/146) : 23 年間を通し, 林地の A_1 小区, それに近接した A_{2a} 小区に目撃が集中する傾向は変わっていないが, 移動力が大きいので, 他の小区で目撃される個体も多かった。ほぼ 3 年間隔で増減しながらも増加傾向にあり, 1992 年にはそれまでの最高となった。その後は減少傾向にあり, 1997 年には過去 23 年間の最低となった。翌年以降は A_1 小区を中心に前年を除いてそれまでの平均を上回るまでに回復し, 当年は更に三桁に増加, 過去 23 年間の最高となり, 実数上の優占種 (その年の平均個体数を上回った種) の一つとなった。

3. キアゲハ (24/16/33/14/9/15/22/13/17/17/12/?/19/?/23/10/14/51/38/36/24/45/35/52/62) : 当初は $A_1 < A_2$ 小区の日当たりの良い立地での目撃が安定していたが, 次第に他の小区, 特に耕作地とその周辺域である A_4 , D_{2b} 小区などに広がる傾向がみられた。目撃総個体数は増減を繰り返し, 1986 年には一桁目撃となり, 過去 23 年間の最低となった。その後二桁目撃に復帰, 増減を繰り返し, 1998 年には A_3 , A_{4b} 小区で急増, それまでの最高の目撃となった。その後はわずかに減少したものの, 前年, 当年は B_2 小区で大幅に増加し, 当年は過去 23 年間の最高となった。

4. アゲハ (41/56/43/55/136/108/80/53/71/140/119/?/77/101/76/70/109/132/214/188/

215/177/104/223) : ほとんどの小区で万遍なく目撃された。その中でも林地の A_1 , 林縁環境の A_{4b} , D_{2a} 小区では安定して多かった。1986 年の目撃総個体数の急増以降, 減少傾向にあったが, 1990 年から増加に転じ, 翌年にはそれまでの最高の目撃となった。その後は再び減少傾向を示したが, 1998 年, 1999 年と増加に転じ, 優占種として安定, 2000 年, 2002 年と更に増加して最高目撃数を更新した。ルート復帰した B_3 小区, 2000 年に伐採, 造成地化された C_4 , D_1 小区では減少したが, 食樹のカラタチ生垣のある D_{2b} 小区で大幅に増加した。その後は三桁を維持したものの, D_{2b} 小区での減少で過去平均まで減少していたが, 当年は同小区で倍増し, 過去 23 年間の最高の目撃となった。

5. モンキアゲハ (0/0/1/0/1/0/0/0/2/0/2/?/0/0/0/0/1/0/0/0/0/0/0) : 目撃は稀。1984, 1986 年に 1 個体ずつ, 1990, 1992 年は 2 個体ずつが A 区で, 1999 年は B_4 小区で移動中の個体が目撃された。近隣の生息地 (茨城県東部) からの移動個体の可能性が高い。当年の目撃はなかった。

6. クロアゲハ (10/29/18/9/15/9/25/35/16/20/21/?/22/24/12/13/24/27/29/23/36/46/18/34) : 木陰を好み, 林地の A_1 小区, カラタチ生垣のある D_{2b} 小区で多く目撃された。目撃総個体数は 1985 年に過去 23 年間の最低となり, 以後, 二桁目撃で増減を繰り返し, 前々年には過去 23 年間の最高となった。前年は一桁 D_{2b} 小区で急減したが, 当年は過去 22 年間の平均を上回っての回復となった。

7. オナガアゲハ (0/0/1/0/0/0/1/0/0/0/2/?/0/0/1/0/3/0/2/0/0/0/0/0) : 目撃なしの年が多いが, 目撃されても 1, 2 個体が普通。1998 年には 3 個体が目撃され, 過去 23 年間の最高となった。 A_1 , A_{2a} , B_1 , D_1 小区と, いずれも林地およびその周辺での目撃であった。後年 5 年間は目撃なし。

8. カラスアゲハ (9/25/39/16/17/12/20/9/12/23/6/?/7/13/6/3/17/8/9/6/2/6/4/3) : 当初は林地の $C_1 > A_1 > D_1 > B_1$ 小区などで目撃の安

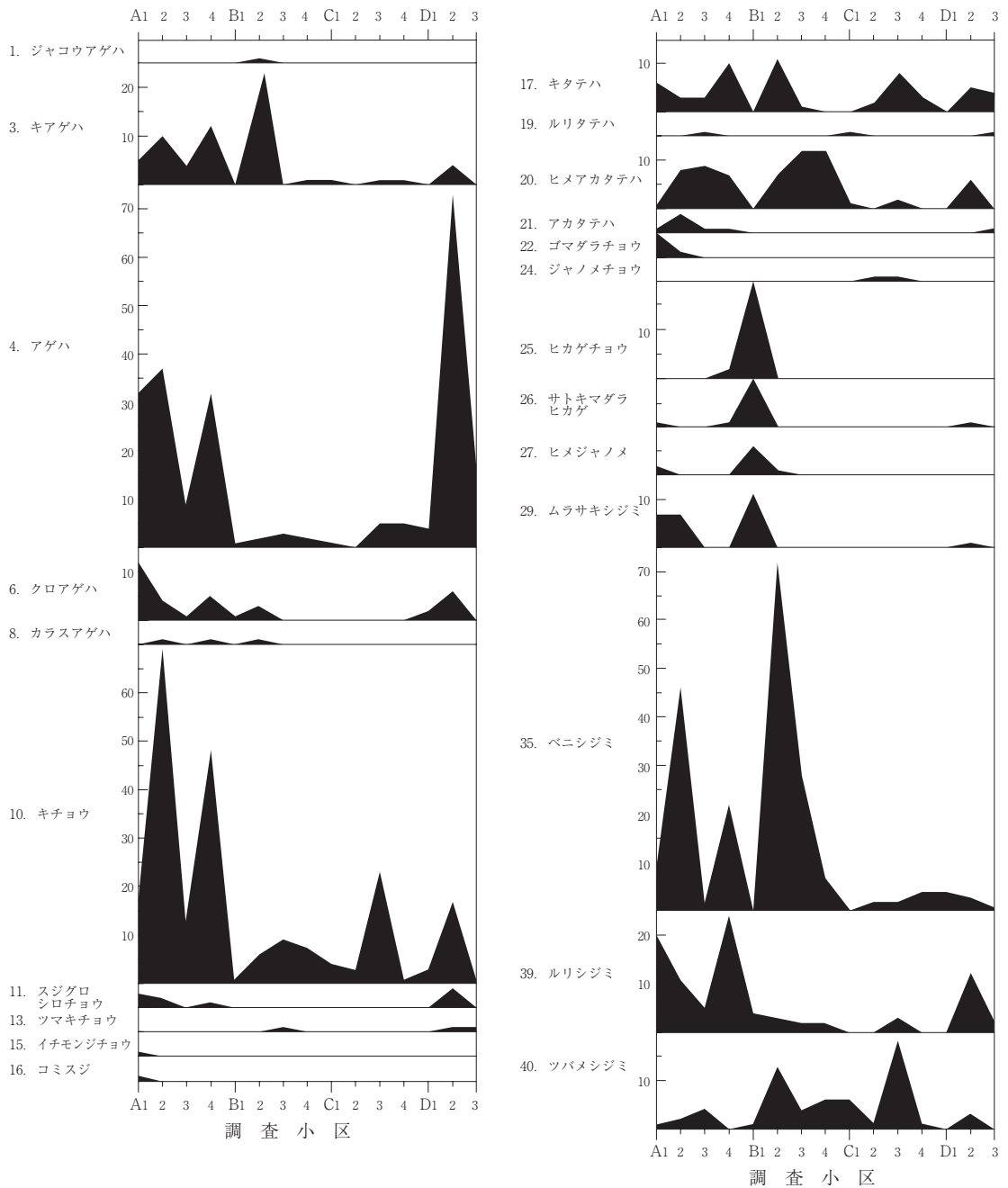
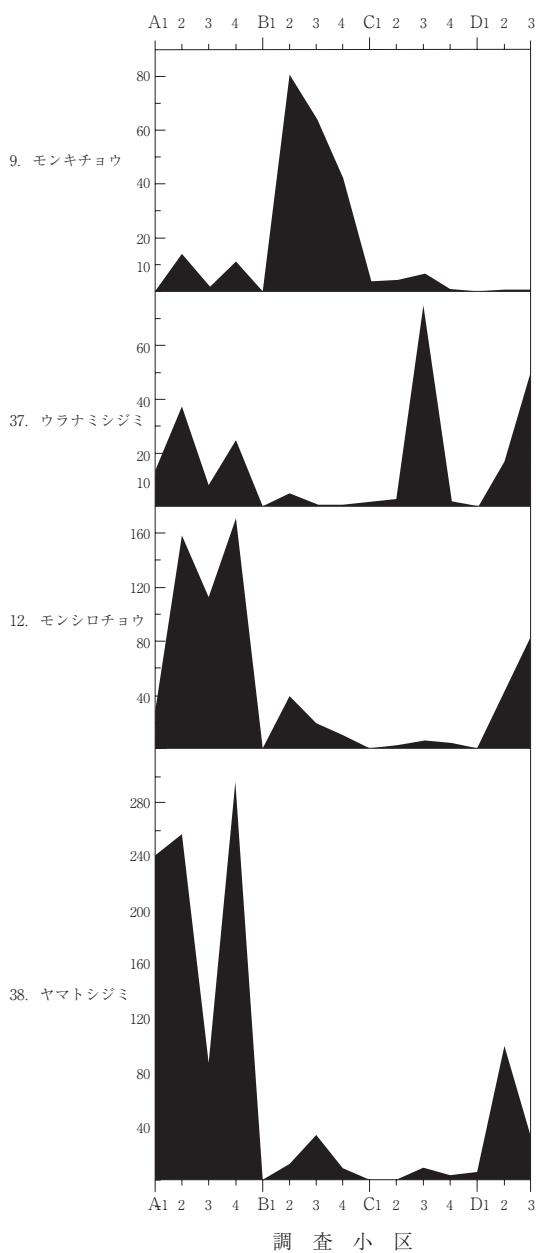
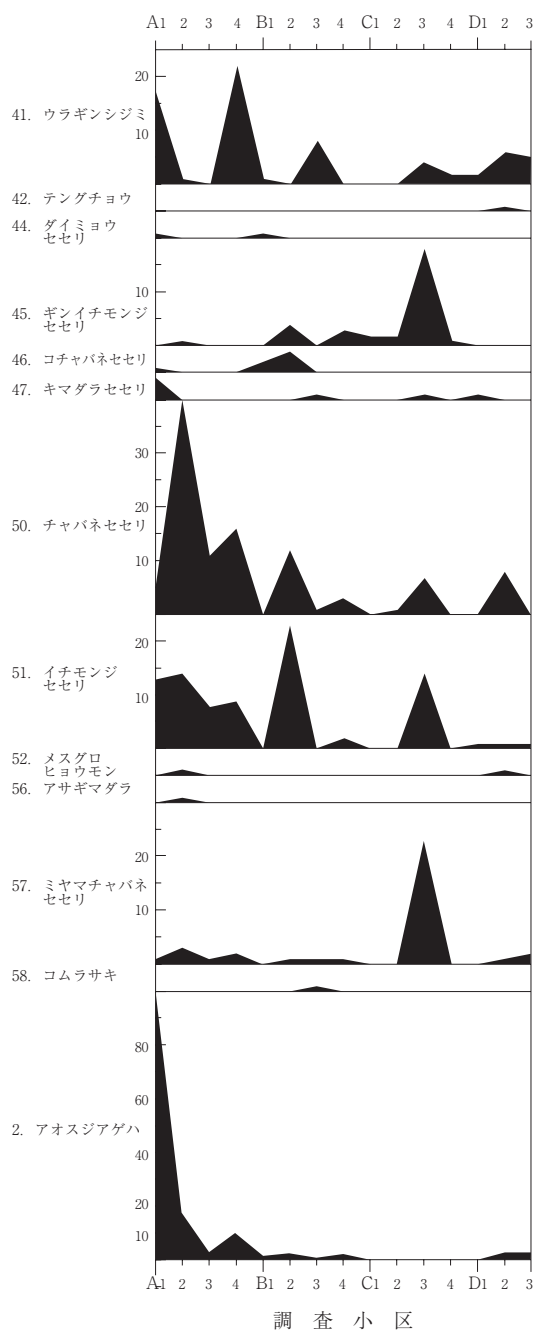


図 1 目撃種40種の個体数の空間分布 (アオスジアゲハ, モンキチョウ,



ウラナミシジミ, モンシロチョウ, ヤマトシジミは目盛りを合わせるため後出)。

定していた森林性種。1987年のC₁小区での伐採、造成により、同小区での目撃はなくなった。1984年までは増加傾向にあり、同年には過去23年間の最高の目撃となった。その後、緩やかな減少傾向を示し、一桁目撃の年も出始め、特に後7年は一桁目撃が連続し、2002年には過去23年間の最低となった。以降の増加も低調で、当年の目撃も過去22年間の平均を下回った。A₁小区で減少し、D₁小区は2000年以降、総合病院建設地となり、周辺にわずかの林地が残されたが、生息地としては不適となった。

9. モンキチョウ (7/4/7/10/1/18/17/41/33/16/22/?/87/40/10/137/263/120/138/91/246/242/205/237) : 林地を除く全ての小区で目撃された。当初の一桁目撃から1987年を境に増加傾向を示し、その後もA₁小区、B区を中心に増加傾向が続き、1994年は、A₂、A₃、B₂、C₃小区でそれまでの目撃レベルをはるかに上回って急増した。その後一端減少したが、1997年から再び急増し、調査開始後初めて三桁を超え、優占種として安定し、翌年はさらに倍増して過去23年間の最高となった。その後は減少し、2001年は再び二桁となったが、翌年以降は1998年のレベルまで回復し、当年も過去22年間の平均を大幅に上回った。1997年急増のC₁、C₂小区では減少したが、シバ、クローバーで覆われたB₂小区を筆頭にB₃、B₄小区でも多数が目撃されるようになった。

10. キチョウ (69/140/116/87/181/145/161/179/212/286/192/?/409/953/182/301/1,052/769/481/240/485/387/192/236) : 個体数が多く目撃小区もすべてに及んだ。特に、A₂、A₄、C₃、D₂小区の林縁や草丈の高い荒地で目撃個体が多かった。1986年に目撃総個体数が急増、以後、高水準が続き、1994年には荒地化後、植生が回復した、B₂、B₃小区で大幅に増加、さらに1995年にはそれまでのレベルをはるかに上回る目撃数となった。翌年の前2小区での公園緑地化工事の始まりでの一転急減を経て、再び増加し、1998年には初めての4桁目撃で最優占種となり、過去23年間の最高となった。放置化が進

んだ荒地でヤハズソウ群落が形成されたA_{2b}小区、ハギ類が成長したA_{4b}、C_{3b}、D_{2a}小区などで大幅に増加した。以後優占種として三桁台を維持しながらも減少傾向を示し、前年、当年はC_{3b}小区で大幅に減少して、いずれも過去平均を下回っての目撃となった。

11. スジグロシロチョウ (39/38/43/5/16/35/47/82/57/24/31/?/95/8/5/3/13/26/17/13/3/4/12/11) : 目撃小区は多く、特に林地のA₁、D₁小区、林地に近接したA₂小区では複数個体が目撃された。最初の3年間の目撃総個体数はあまり変わりがなく、1985年になって一桁に急減した。以後は増加傾向を示し、1994年にはA₁、A_{2a}、b、D_{2b}小区で急増、過去23年間の最高目撃となり、2度目の優占種への仲間入りとなった。翌年は一転してそれらの小区で急減し、一桁目撃となり、1997年は更に減少して、過去23年間の最低となった。その後しばらくは二桁目撃に復帰したが、一桁目撃の年もあり、回復は低調で、当年も二桁は維持したものの、過去22年間の平均を下回った。

12. モンシロチョウ (212/371/421/455/306/331/342/299/440/303/382/?/477/665/323/533/364/507/506/539/448/488/628/685) : 耕作地とその周辺域からなるA₂~A₄小区で多くが目撃され、優占種の筆頭となることもしばしばであった。前4年間を通じて増加傾向が著しかったが、1986年には減少、以後は緩やかな増減を繰り返し、1995年にはA₃、A_{4b}小区で急増し、それまでの最高の目撃となった。その後は増減しながらも過去平均を上回る年が多く続き、前年からはA₂~A₄小区で大幅に増加し、さらに前年はB₂小区、当年はD_{2b}、D₃小区での目撃増も加わって、当年には1995年の最高目撃数を更新した。

13. ツマキチョウ (23/9/16/21/6/6/17/7/7/7/1/?/12/11/4/2/4/2/11/4/3/0/1/3) : 林地に近接した耕作地周辺域などで目撃される。A₂、B₃小区などで多く目撃されていたが、後小区ではオープン化の影響を受けて目撃が途絶えた。その後、A_{2a}小区や新たにD_{2b}小区など

で目撃されるようになった。目撃総個体数は二桁目撃と一桁目撃の間で増減を繰り返しながら減少傾向にあって、1992年には1個体目撃となった。1994, 1995年にはA, D区で複数個体が目撃され、二桁目撃へと復帰したが、その後4年は再び一桁目撃となった。2000年には再びA区での増加で二桁目撃となったが、2001年からは再び一桁目撃へと減少し、前々年は初めて目撃なしに終わった。前年は1個体、当年は複数個体が目撃されたが、年1化性種ということもあって以後の動向が注目された。

14. ミドリヒョウモン (0/0/2/0/1/2/1/1/0/0/1/?/6/5/2/0/4/2/1/0/2/3/1/0) : 1984年以降ほぼ連続して目撃されるようになり、1994年には一桁ながらも林地のD₁, その林縁部からなるD_{2a}小区を中心に過去23年間の最高となった。その後は減少傾向にあり、当年同様、再び目撃なしの年も出始めた。

15. イチモンジチョウ (27/50/56/33/39/32/34/21/16/6/6/?/12/5/10/3/20/6/4/2/0/5/2/1) : 1985年以前は林地のB₃, C₁, C₂小区に目撃が集中しており、そこでの増減が目撃総個体数の年変動の原因と思われたが、1986年以後には伐採後のB₃小区での目撃がなくなり、C₁~C₃小区でも伐採や工事車両の通行の影響を受けて目撃数が急減した。後年は残された林地のA₁, B₁小区やその隣接小区で目撃された。目撃総個体数は1982, 1983, 1984年と増加したが、その後減少傾向にあり、1991年には一桁台となった。その後二桁目撃の年もあったが、1998年を最後に一桁台に減少し、2002年には調査開始後初めての目撃なしとなった。前々年、前年はA_{2a}小区周辺や林地のB₁小区で目撃されたが、当年はA₁小区での1個体目撃に終わった。

16. コミスジ (76/105/101/44/57/81/83/63/56/20/68/?/37/98/34/7/36/16/10/2/3/9/1/1) : 1985年までは、林地のB₁, B₃, C₁, D₃小区に目撃個体が集中する分布パターンで三桁目撃の優占種入りの年もあったが、1986年にはB₃小区が伐採で生息不能となり、後背林地も大幅に縮小したため、以後B₁小区への移動増となっ

て現れた。その後、1991年のC区での伐採による目撃減で、目撃小区は林地のB₁ > A₁ > C₄ > D₁小区などに限られた。1999年には、さらにC₄, D₁小区が伐採、造成地化され、B₁ > A₁小区及びその周辺に限られての目撃となった。増減を繰り返しながらも減少傾向がうかがえ、1995年の急増を境にその減少に拍車がかかり、1997年は調査開始後初めての二桁目撃で、それまでの最低となった。その後二桁目撃に復帰したが、減少傾向は否めず、2001年以降は一桁目撃の年が連続し、前年、当年は初めて1個体目撃に終わった。

17. キタテハ (56/62/47/63/178/119/114/65/95/87/60/?/46/107/62/98/69/115/176/36/83/96/56/56) : 耕作地とその周辺域からなるA₂, A₄小区に集中して目撃され、さらに、1985年以降、C₃, D₂, D₃小区も加わった。特に、A区では土地買収の結果耕作地が荒地化し、セイタカアワダチソウが優勢となり、秋期には本種成虫がしばしば吸蜜に訪れ、1986年には前4年間のレベルをはるかにしのぎ、過去23年間の最高の目撃となった。それらの小区が、1989年には造成、裸地化され、その後の目撃数の減少を招き、1994年にはそれまでの最低の目撃となった。以後回復傾向がみられ、植生の回復とともに再びそれらの小区、特にC_{3a}, b, D_{2b}小区で増加し、優占種に名を連ね、2000年には更に増加して、過去最高に迫るまでになったが、翌年に行われたC_{3b}小区での病院建設に伴う道路改修工事の影響を受けて、一転急減、過去23年間の最低となった。その後、工事終了後2年間はC_{3a}, D_{2b}小区で倍増して、過去22年間の平均を上回って目撃され、優占種にも復帰したが、前年、当年は同小区で半減し、過去22年間の平均を下回った。

18. ヒオドシチョウ (0/0/0/0/0/1/0/0/0/0/0/?/0/1/1/0/0/0/0/1/1/0/0/0) : 1987年に林地のB₁小区、かなりの間をおいて、1995年、1996年と続いて1個体ずつが荒地のC₁小区で目撃された。その後4年連続で目撃されず、2001年になって林地のD_{2a}小区で、翌年にはA₁小区で

それぞれ1個体ずつが目撃された。その後、当年も含めて目撃されず、周囲からの侵入個体の可能性が高いと思われた。

19. ルリタテハ (4/4/0/3/3/6/0/4/2/2/3/?/5/0/0/2/3/3/3/1/6/2/2/3) : 目撃数が少なく、目撃小区も一定していないが、ほぼ毎年目撃されていて、生息の可能性が高い。林地に近接したオープンな立地での縄張り行動がよく見られた。2002年は一桁ながら過去23年間で2回目の最高目撃となったが、その後は減少し、当年は過去22年間の平均とほぼ同数の目撃となった。

20. ヒメアカタテハ (4/1/4/3/6/19/5/17/10/5/29/?/75/44/8/68/80/87/94/52/121/84/73/65) : 耕作地とその周辺域の荒地からなるA₄小区で多数が目撃されていた。1987年に急増、その後しばらく増減を繰り返し、1992年から再び同小区で急増、1994年には、調査開始後初めて優占種に仲間入りした。1996年は急減、一桁目撃となったが、翌年には回復、B₂、C_{3b}小区でも大幅に増加し、以後3年連続で最高目撃数を更新した。2001年は減少したものの、翌年にはA区、B₂小区で倍増、調査開始後初めての三桁目撃となった。その後はC_{3b}小区で減少し、二桁目撃となったものの、調査初期に比べ、高いレベルで推移し、当年も過去22年間の平均を大幅に上回った。

21. アカタテハ (0/1/3/4/3/6/6/6/4/3/4/?/6/8/5/2/8/3/8/1/3/4/3/8) : 前種とほぼ同じ環境選好性を示すが、B～C区での目撃は少なく、やや林縁性が強い。一桁ながら、増減幅が大きく、2000年の過去23年間で3度目の最高目撃を機に減少傾向にあったが、当年は4度目の最高目撃の年となった。

22. ゴマダラチョウ (6/14/7/4/33/3/6/9/3/1/11/?/1/9/15/3/0/2/5/1/0/9/1/6) : エノキ成木のあるA₁小区での目撃が安定していた。1986年に急増して過去23年間の最高となったが、翌1987年には一転して急減、その後一桁台の目撃にとどまったまま、1991、1994年は1個体目撃に終わった。1996年には増加して、二桁目撃となったが、以後一桁目撃止まりで、2002

年は過去23年間で2度目の目撃なしとなった。翌年は一転、過去22年間の平均を上回る目撃があったが、前年は再び1個体目撃となった。当年は一桁ながら過去22年間の平均とほぼ同数まで増加した。

23. ヒメウラナミジャノメ (190/212/290/105/88/97/101/140/67/12/32/?/8/4/2/7/17/1/0/0/3/0/1/0) : 林地やその林縁で目撃された。調査開始3年間は優占種として、A₁、B₁、B₃、C₁、C₂小区、D区で万遍なく増加傾向にあり、1984年には過去23年間の最高を記録した。特に目撃数の多かったB₃、C₁小区で1985年に始まった伐採で以後急減したが、1987年からはD区を中心に増加傾向を示した。1990年以降はそのD_{2b}、D₃小区で伐採が行われたため減少、1991年には優占種からもはずれ、1994年には調査開始後初めて一桁台の目撃となった。その後、1998年を除いて、一桁目撃の年が続き、更に、当年も含めて目撃なしの年も目立って来た。1998年の増加はルート変更されたB₃小区での目撃によるものであり(山本, 2017)、当該種の生息域がいまだ周辺域に確保されていることを示唆していた。

24. ジャノメチョウ (7/0/2/1/0/4/5/1/0/0/0/?/0/1/2/2/1/0/0/1/1/2/1/2) : 草丈の高い荒地を好み、1986年以前では1小区のみに目撃が集中する傾向があった。1987年になって複数の小区で目撃され、特に、B～C区の造成後の荒地などで散発的に目撃されていたが、1990年以降は目撃が途絶えていた。1995年になって数年ぶりに1個体がD₃小区で目撃され、以後の連続目撃で、当種の移動能力の低さを考えると、少数ながら定着を続けていた可能性が高いと思われた。その後2年間は目撃なしが続いたが、2001年以降、少ないながらも連続して目撃され、当年はC₂、C_{3a}小区でそれぞれ1個体が目撃された。

25. ヒカゲチョウ (134/242/172/46/176/124/83/47/62/32/52/?/27/46/15/22/42/17/8/10/14/19/6/22) : 調査開始4年間は、林地のC₁>B₃>B₁小区に目撃のピークをもつ分布パターン

ンで一致していたが, 1983年の著しい増加後は減少し, 1985年の伐採開始で二桁台への減少となった。翌年以後は, B₃, C₁小区が造成で生息不能となり, 残ったB₁小区で増加して三桁目撃に復帰した。以後そのB₁小区でも目撃数が減り, 減少傾向は明らかで, 優占種からも外れ, 1988年以降は目撃も二桁台に落ち, 1996年にはそれまでの最低となった。その後多少の回復はあったものの, 2000年には調査開始後初めて一桁目撃となり, その後は二桁目撃に復帰したが, 前年は再び一桁目撃となり, 過去23年間の最低となった。当年はB₁小区で急増し, 二桁目撃となったが, 過去22年間の平均は大きく下回った。

26. サトキマダラヒカゲ (40/217/190/36/100/198/235/72/26/46/91/?/9/79/39/30/70/12/11/12/44/97/8/13): 1985年までは目撃個体の分布パターンはいずれも林地のA₁, B₁, B₃, C₁小区にピークをもっていたが, 1986年以後はB₃小区で, 1988年以後はC₁小区で伐採, 造成地化が進んだ結果, そこでの目撃はゼロに近づき, 残されたA₁, B₁小区での増減が全体の増減を左右するようになった。目撃総個体数は, 調査初期には三桁目撃で優占種の年も多かったが, 1985年にいったん大きく減少した後増加, 1988年にはC₁小区での伐採にもかかわらずA₁小区で急増し, 過去23年間の最高となった。翌年は急減し, 以後二桁目撃に落ち, 優占種からも外れることも多くなり, 1994年には調査開始後初めての一桁目撃となった。翌年には急増し, 二桁目撃に戻ったが, 以前ほどの回復は見られずにいた。しかし, 2002年に大幅に増加し, 翌年は更に増加して, 過去22年間の平均を上回り, 1992年以來の優占種への復帰となった。A₁, B₁小区に加え, B₁斜面林に近接するA_{4b}小区でも大幅に増加した。一転, 前年はそれらの小区で急減, 調査開始以来2度目の一桁目撃となり, 過去23年間の最低となった。当年は二桁目撃へ増加したものの, 過去22年間の平均を大幅に下回った。

27. ヒメジャノメ (50/64/79/18/25/18/14/

15/23/7/43/?/12/30/15/11/19/30/18/9/15/16/2/9): 調査開始3年間は, いずれも林地のA₁, B₁, B₃小区に目撃が集中し, 目撃総個体数は増加傾向にあったが, B₃小区での1985年に行われた伐採と, 引き続いて起こった翌年の同小区の非生息地化で目撃集中小区は二つに減った。その後は増減を繰り返しながらも減少傾向を示し, 1991年には調査開始後初めての一桁目撃となった。翌年の急増の後には二桁は維持したが, 過去平均を下回る年が続き, 前年, 当年は一桁目撃となり, 前年は過去23年間の最低の目撃となっていた。

28. コジャノメ (6/18/16/9/7/3/14/11/9/6/11/?/5/15/6/8/11/11/12/11/8/8/1/0): 目撃数は少なく, 分布パターンは前種とよく似ているが, 局地性が強く, 林地のB₁>A₁小区に目撃が限られる傾向にあった。目撃総個体数は1983年にピークをもち, その後減少傾向を示し, 1987年の一桁目撃を底に, 以後は10個体前後で増減を繰り返していたが, 前年は1個体目撃へと大きく減少し, 当年は目撃なしとなった。

29. ムラサキシジミ (10/45/5/14/3/29/39/29/10/6/14/?/19/24/3/9/21/17/11/4/25/25/20/26): 林地性のチョウであるが, 林地に近接したオープンな立地でも吸蜜や日光浴行動がよく見られ, 従来からA₁, A₂, B₁小区での目撃が多かった。目撃総個体数は増減を繰り返し, 1983年に過去23年間の最高, 3年後には最低の一桁目撃となった。以後3年間は増加傾向にあったものの, 1991年には再び一桁目撃となった。その後再度増加傾向の二桁目撃が続いたが, 1996年に一桁目撃へと急減, 1986年と同じ最低レベルとなった。その後は1998年の二桁目撃への復帰以降, 再び減少傾向を示し, 2001年の一桁目撃を底に, 後4年間はA₁, B₁小区で急増, 二桁目撃に復帰し, 当年も含めて, いずれも過去22年間の平均を上回った。

30. ウラゴマダラシジミ (6/9/0/2/0/2/0/0/0/0/1/?/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0): 個体数が少ないため, 目撃されない年もあった。林地のC₁小区での目撃が比較的安定していたが, 伐

採により、1986年以降同小区では目撃されなくなり、1987年の林地のB₁小区での目撃を最後に連続4年間目撃されていなかった。その後1992年になって同小区で1個体が目撃されたが、以後は当年を含めて目撃されていない。

31. ウラナミアカシジミ (0/0/0/1/1/0/0/0/0/0/0/?/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0) : 1985, 1986年に各1個体が林地のC₁小区で目撃されたが、同小区での伐採により以後の目撃が途絶えた。

32. ミズイロオナガシジミ (1/2/0/0/2/0/0/0/0/0/0/?/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0) : 林地のC₁, D₁, D₂小区で目撃されたことがあるが、1987年以後の目撃はない。

33. オオミドリシジミ (1/4/1/0/0/0/1/1/1/0/0/?/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0) : 個体数は少ないものの、C区などの雑木林で目撃が期待できた。1985年以降、3年間続けて目撃されず、その後、3年間続けて目撃されたが、1991年以後の目撃はない。

34. トラフシジミ (2/2/1/2/2/4/5/9/2/1/1/?/2/0/1/0/0/1/0/0/0/0/0/0) : 林地に近接したオープンな立地のA₂, C₄小区などで目撃されることがあった。1989年は一桁ながら過去23年間の最高となり、目撃小区も複数に広がったが、その後減少、調査後半は目撃されない年も出始めた。1999年の1個体目撃以降、当年も含めて目撃されていない。

35. ベニシジミ (6/10/38/32/48/26/16/28/61/26/36/?/22/22/26/29/30/55/52/73/98/128/162/202) : 当初、目撃はA区に集中していた。1986年以降減少傾向にあったが、1990年には急増し、それまでの最高となった。以後は半減状態が続いていたが、1999年の倍増を機に増加傾向が顕著になり、2001年以降、毎年最高目撃数を更新し、前々年には三桁目撃となり、優占種としても安定、当年は更に増加して、過去23年間の最高となった。A₂, A₄小区ばかりでなく、B₂小区を筆頭に造成直後の小区で広範囲に渡って目撃されるようになった。本種の生息域が畑地周辺域であることを考えると、長年の荒地化

による植被の過剰な回復は本種にとって不適であり、むしろ造成直後やB₂小区のような定期的に刈り入れされた後の植生の疎らな環境を好むようであった。

36. ゴイシシジミ (5/0/0/36/115/44/9/1/4/5/5/?/0/0/0/2/5/2/0/0/0/0/0/0) : 1985年になって目撃総個体数が急増、翌年更に三桁まで増加し、過去23年間の最高となり、この年の優占種の一つとなった。1985年の目撃個体は林地のB₃小区に集中し、1986年にはそれが林地のC₁小区に移った。B₃小区での伐採により、残された数少ない好適環境であるC₁小区への移入がそこでの一時的個体数の急増をもたらした例と思われた(山本, 1994, 1995参照)。以後は急減し、さらに、C₁小区の造成地化で調査初期の少ない水準に戻った。1994年から3年連続で目撃されなかったが、その後3年間は一桁目撃となり、2000年からは当年も含めて再び目撃なしとなった。

37. ウラナミシジミ (13/7/9/13/9/42/1/35/29/4/10/?/28/37/11/52/26/181/307/243/357/3/318/241) : 例年は、A区、特に耕作地とその周辺域からなるA₂, A₄小区での目撃が安定し、他の小区では散発的であったが、1987年には目撃個体が急増、目撃小区もC₃, D₂小区などが加わった。翌年は急減、1個体目撃となったがすぐに回復、その後増減を繰り返し、1999年に調査開始後初めての三桁目撃へと急増、優占種の仲間入りをした。その後も三桁目撃の年が続く、2002年には過去23年間の最高となった。A_{2a}, C_{3a}小区で急増した。前小区ではアズキやインゲンなど、後小区ではクズへの依存度が高かった。前々年は一転、一桁目撃へと急減した。従来から目撃が集中していた小区での植生に大きな変化はなく、夏季の長期の低温の影響が示唆された(山本, 2020b)。前年、当年は夏季の暑さも例年並みに戻り、前2小区を中心に三桁目撃に復帰、過去平均を大幅に上回るレベルまでに回復した。

38. ヤマトシジミ (419/446/394/483/275/344/278/339/523/181/384/?/332/266/258/438/

576/832/895/1,084/991/700/1,068/1,075) : 当調査地での安定した優占種で毎年上位3位以内を占める目撃があり, 特に1999年以降は最優占種として安定した。幼虫の食草であるカタバミとの結びつきが強い。A区に特に多く, そこでの増減が全体の増減の主因となっていた。調査開始時に多かったB区では伐採以降目撃数が大きく減少した。1994年以降, A₃, A₄小区で住宅の新設が進み, 疎らながら家が建ち始め, 周辺の造成地は家庭菜園として利用され, 雑草群落が形成されて, A_{2a}, A_{4a,b}, D_{2b}小区を除いては食草のカタバミが押され気味となっていた。1997年以降はこれら4小区で急増した。目撃総個体数は三桁を維持しながらも増減を繰り返し, 1990年には急増してそれまでの最高となったが, 翌年は一転急減し, 過去23年間の最低となった。次の年にはほぼ倍増したが, その後は減少気味で推移していた。1997年に再び大幅に増加, 以降年を追って過去最高を更新し, 2001年にはA_{4b}小区で更に急増し, 1998年のキチョウ以来2種目の四桁目撃種となり, 過去23年間で最高の目撃となった。翌2年間はそのA_{4b}小区で減少し, 四桁は切ったが, 前年はA_{2a}小区, 当年はA_{4b}小区で急増し, 再び四桁目撃となり, 増加の勢いは止まっていない。

39. ルリシジミ (108/65/90/63/93/159/73/45/56/66/57/?/40/23/25/48/43/17/36/28/79/124/29/88) : 調査開始の4年間は林地やその近接地のA₁, A₂, B₃, C区などに目撃が集中していたが, 1986年以後, 伐採の行われたB₃, C₁小区で大幅に目撃個体が減る一方で, A₁, A₂, B₁, C₃, D₂小区では安定して目撃されていた。目撃総個体数は1987年までは優占種として三桁と二桁の間で増減を繰り返し, 1987年には過去23年間の最高となった。以降は減少傾向が顕著で1992年を最後に優占種からも外れ, 1999年には二桁目撃は維持したものの, 過去23年間の最低となった。その後は回復傾向にあり, 2002年に倍増し, 翌年, B₁小区を除く目撃安定小区の全てで更に増加して, 過去23年間で3回目の三桁目撃となり, 1992年以来の優占種

への仲間入りとなった。前年は一転, A₁, D_{2a}小区での減少で, 過去平均を下回るまで急減したが, 当年は前小区での回復とA_{4b}小区での増加が加って, 再び過去22年間の平均を上回る目撃となった。

40. ツバメシジミ (100/45/84/46/54/116/105/104/140/46/157/?/150/397/164/155/85/187/220/134/166/158/145/60) : ほとんどの年で優占種。従来はC₃>A₂小区にある荒地に目撃のピークをもち, 加えて1985年の伐採以降は, B₂小区で目撃個体が増加した。その後も増減を繰り返しながら, 1991年のB₂小区での埋め立て工事終了後, 食草のヤハズソウの混じった雑草群落が年を追って勢いを増し, それとともに目撃個体が大幅に増加し, 特に1992年以降は増加傾向が顕著となり, 1995年にピークを迎え, 過去23年間の最高となった。翌年, そのB₂小区で再整地工事が始まり, 目撃集中心区はC₄>B₃>A₄小区となり, 目撃総個体数は半減し, 1998年には二桁台の目撃となった。翌年, 造成工事が始められたC₄小区でも大幅に減少, 一方, 代わってC_{3a}小区と公園化工事の終了で雑草群落が回復したB₂小区, 加えて従来からのA_{2b}小区がその後の増減の中心となり, 1999年には倍増, 三桁台を回復し, 以降, 前年まで, 過去22年間の平均を上回って目撃されていた。一転, 当年はC_{3a}小区での急減が原因で過去22年間の平均を大幅に下回る目撃となった。

41. ウラギンシジミ (48/46/53/33/32/73/56/21/59/17/19/?/16/39/26/28/12/17/34/46/77/27/66/68) : 1985年までは飛翔範囲が広いためほとんどの小区で万遍なく目撃されるパターンを保っていたが, 1986年以降, 伐採, 造成地化の影響でB₃, B₄, C₁小区では減少, もしくは目撃が途絶えることが多くなっていた。1987年にはそれまでの最高を記録したが, その後は増減を繰り返しながら他小区でも減少傾向にあり, 1998年は過去23年間の最低となった。2000年からは斜面林に沿うA_{4b}小区で急増し, 更に2002年には改修工事が終了して一部に斜面林が残されたB₃小区での目撃増が加わって, 過去

23年間の最高となった。翌年はそれらの小区で急減したが、前年、当年は再びA_{4b}小区で増加、いずれも過去22年間の平均を上回った。

42. テングチョウ (0/0/0/0/1/1/1/3/1/1/2/?/1/1/0/0/0/0/0/0/0/1/1) : 1986年になって初めて1個体がA₂小区で目撃されて以降、目撃小区は異なるものの、1995年まで連続して目撃され、この間は定着していたと考えてよいだろう。1996年以降は長期に渡って目撃されずにいたが、前年はA_{2a}小区で、当年はD_{2a}小区で新生虫1個体ずつが目撃された。

43. ミヤマセセリ (10/4/2/1/7/12/2/5/4/0/0/?/1/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0) : 目撃総個体数は1985年まで減少、その後増加に転じ、1987年には林地のC₁小区での急増により、過去23年間の最高となった。しかし、秋にはC₁小区が皆伐され、翌年は大幅に減少、それまでの増減傾向がC₁小区での増減に依存していた上、隣区のC₂小区でも伐採、造成が進み、1995年以降の目撃なしは予想された結果であった。

44. ダイミョウセセリ (10/14/10/5/15/25/17/18/13/14/11/?/14/22/21/21/20/9/9/0/2/6/1/2) : 林地のA₁, B₁, C₄, D₁小区で複数個体が目撃されていた。1985年に目撃総個体数は半減し、一桁目撃となったが、翌年からは再び二桁目撃に復帰し、1987年にはB₁, C₁小区で増加、過去23年間の最高となった。その後は減少気味に推移したが、1995年から再び増加して、過去の平均を上回って目撃されていた。その後、1999年のC₄, D₁小区での伐採、造成が響いて急減し、以降、一桁目撃となり、2001年は調査開始後初めての目撃なしに終わった。翌年以降は目撃されたものの、一桁目撃に終始し、過去22年間の平均を大幅に下回った状態が続いた。

45. ギンイチモンジセセリ (1/0/1/0/1/1/7/3/5/1/0/?/0/0/3/8/1/1/4/9/5/47/49/31) : 1988年、B₂小区で一桁ながら急増し、その後は長らく減少傾向にあった。前半の増加はB₂小区での水田放棄後の荒地化で植生が変化したことがプラスに作用した例と思われた。そのB₂

小区では1991年に全面埋め立て工事が始まり、1997年の水路付け替え工事を経て、1999年にはテニスコート1面と広い駐車ロットが整備され、同小区での長期に渡った自然公園化工事が終了した。その間、A₂, A₄などのイネ科草本の目立つ荒地や、改修工事下でも植生の回復したB₂小区の荒地で複数個体が維持され、1997年に再び急増、一桁ながらそれまでの最高の目撃となった。翌2年間は整備が進んだB₂小区での目撃がなくなり、1個体目撃に終わって、同種の調査地での絶滅も間近と思われた。しかし、2000年には、伐採、造成地化後、ヨシ群落が形成されたC_{3a}小区で複数個体が目撃され、2001年は更に同小区を中心に他のC小区にも目撃が広がり、前々年、前年にはC_{3a}小区で急増、一気に二桁目撃となり、最高目撃数を更新した。当年はそのC_{3a}小区でササの高茎化がヨシ群落を圧倒し、増加が緩和されたものの、過去22年間の平均を大幅に上回る年となった。

46. コチャバナセセリ (85/125/161/3/82/199/54/173/164/17/77/?/39/16/33/11/26/13/4/0/0/2/1/7) : 1985年には一桁目撃へと急減したが、調査初期には三桁目撃で優占種になった年も多く、1987年には過去23年間の最高を記録した。その後は増減を繰り返し、増加時は林地のC₃小区での目撃増が特に顕著であったが、1991年には、前年7月に行われた同小区の伐採の影響を受けて急減、以降、二桁目撃が常態となり、優占種からも外れ、翌年の林地のC₄小区での急増を最後に減少傾向が顕著となった。1999年、このC₄小区が伐採、造成地化され、二桁を切るまでに減少、2001年、2002年はいかに目撃0となった。当年はB₂小区での吸水個体を中心に複数個体が目撃されたが、過去22年間の平均を大幅に下回った状態に変わりはない。

47. キマダラセセリ (5/3/1/3/1/3/3/5/13/13/16/?/1/11/5/17/30/27/39/30/57/33/11/7) : 調査開始後8年間は安定して目撃されていたものの、個体数は一桁止まりであった。1990年になって、A₁, A_{2a}小区の林縁を中心に倍増

し、3年連続で二桁目撃となっていたが、1994年は一転して急減、1個体目撃となった。翌年には回復し、1997年以降は過去平均を上回る二桁目撃が常態となった。2002年にはA₁小区の林縁で集中的に目撃され、過去23間の最高目撃となった。以後同小区で減少、当年は一桁目撃になり、過去22年間の平均を下回った。

48. ホソバセセリ (1/0/0/0/0/0/0/0/0/0/?/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0) : 1982年に林地のC₂小区で1個体が目撃されたが、その後はまったく目撃されなくなり、本種の環境選好性の狭さを考えると、当調査地では姿を消したと結論づけてよいだろう。

49. オオチャバネセセリ (345/399/338/327/668/445/422/280/156/72/223/?/77/118/106/132/54/14/10/7/2/0/1/0) : 1985年以前では、A₁, B₁, B₃, C₁, C₂, C₃, D₁小区などの林縁で多く目撃され、1986年にC₁, C₂小区で急増、前4年のレベルを大幅に上回り、同じく優占種のヤマトシジミ、モンシロチョウを抜いて第一位、過去23年間の最高目撃となった。以後は三桁目撃を維持しながらも減少傾向となった。その間、B₃, C₁小区での伐採、その後の造成の影響によるB₂~C₃小区での急減と、以後の植生の回復に伴うB₃小区での一時的増加や、雑木林で時々行われる下草刈りの影響なども目撃個体数の増減に影響していた可能性があった。1991年には調査開始後初めての二桁目撃に減少、以後は増加のみられた年もあったが、いずれも以前のレベルには届かず、1997年の三桁目撃を最後に優占種からも外れ、翌年からは二桁目の過去最低を更新し続けた。続いて森林環境小区のC₄, D₁小区での1999年の伐採、オープン化により、B₁小区の林縁が唯一本種が安定して目撃される小区となった。2001年からはそのB₁小区でも目撃がなく、調査開始後初めての二桁目撃となり、更に、前々年、当年は目撃されなくなり、後年は稀少な存在となってしまった。B₁小区での減少は、当小区での森林の成熟により、鬱閉度が高まり、当種が好む開放的森林とそれに続く林縁的環境が消失したことが原

因と考えている。

50. チャバネセセリ (0/0/0/0/0/2/0/1/8/8/14/?/10/32/14/39/36/139/161/97/166/75/105/105) : 1987年になり初めてA_{2a}, C₃小区で目撃されて以降、一桁ながら1990年に急増、1992年以降は更に増加し二桁目撃となり、1999年には、D_{2b}小区の荒地で大幅に増加して三桁目撃に突入、初めて優占種となり、2002年には更に増加して、過去23年間の最高となった。翌年は二桁へと減少したものの、前年、当年は再び三桁目撃に復帰し、いずれも過去22年間の平均を大幅に上回った。A区、D_{2b}小区を中心に、B₂, C_{3a}小区などの植生が疎らなオープンな立地で安定して目撃されるようになってきた。

51. イチモンジセセリ (155/202/58/189/164/124/267/71/156/68/92/?/44/55/93/129/104/36/45/75/135/132/181/86) : オオチャバネセセリと環境選好で重複するが、よりオープンな立地を好むようである。多くの年で三桁目撃の優占種となったが、目撃総個体数は年による増減が大きい。1984年に急減、二桁目撃まで減少したが、翌年には回復した。1985年までは、A₂, B₃, C₃小区の林縁に目撃が集中していたが、B₃, C₃小区でのその後の伐採、造成で減少、その後の植生の回復を受けて増加と、激しく増減し、1988年には過去23年間の最高となった。その後はA区で減少し、二桁目撃の年が続いたが、1994年を底に増加に転じ、1997, 1998年とA₄, C₄, D_{2b}小区で大幅に増加し、優占種にも復帰した。翌年はC₄小区での皆伐、造成地化を受けて再び急減、二桁目撃は維持したものの過去23年間の最低となり、優占種からも外れた。以後はA区を中心に増加傾向を示し、2002年以降、三桁目撃まで回復、優占種にも復帰した。一方、当年はA区で大幅に減少、二桁目撃となり、過去22年間の平均も下回った。

52. メスグロヒョウモン (0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/1/?/1/4/1/2/5/1/1/0/2/3/2/2) : 1992年になって初めて林地のD₃小区で1個体が目撃されたのを機に、連続して目撃されるようになった。1995年には複数個体が目撃され、1998年も

一桁ながら目撃小区も複数に広がり、過去23年間の最高の目撃となり、定着の可能性が大きくなっていた。一方、1998年から始まった同小区での再造成、アパート建設、2000年の大学サッカー部合宿所建設を受けて減少、翌年は目撃なしに終わった。以後の生息が危ぶまれたものの、2002年から再び他の小区で複数個体が目撃され、当年も過去22年間の平均を上回る目撃があって、定着が続いていると考えられた。

53. クロコノマチョウ (0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/?/0/0/1/0/0/0/0/0/0/0/0/0) : 1995年に初めて1雌が林地のB₁小区で目撃された。本種はそれまで茨城県には定着していなかったが、1994年に茨城県南部で秋個体の目撃情報が相次ぎ、越冬も確認、以後の動向が注目されることになった。その後、周辺域では定着した所もあったが、当調査地では目撃されない年が続いた。

54. コツバメ (0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/?/0/0/1/0/0/0/0/0/0/0/0/0) : 1996年、C_{3b}小区シンジュ林で新鮮1個体を目撃した。筑波山では生息が確認されており (Kitahara and Fujii, 1994)、飛翔力も大きいので、1995年侵入、翌年羽化の可能性が高い。以後の目撃はなかった。

55. ウスイロコノマチョウ (0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/?/0/0/0/0/1/0/0/0/0/0/0/0/0) : クロコノマチョウと同時期に茨城県南部の各地で目撃情報があり、1997年、調査地のD₁小区の林床で目撃されたが、その後の目撃はなかった。

56. アサギマダラ (0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/?/0/0/0/0/0/1/0/0/0/0/0/0/1) : 1999年にA₁小区で目撃。他の年ではあるが、調査地周辺域での目撃例があり、当年はA_{2a}小区で1個体が目撃された。いずれも生息地である筑波山からの分散個体と思われた。

57. ミヤマチャバネセセリ (0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/?/0/0/0/0/0/0/0/0/7/9/16/35/36) : 2001年になってC_{3b}小区で初めて目撃。同小区での道路新設の掘り下げ工事に伴い、法面に芝が張られ、幼虫の食草となるイネ科草本なども

混入したことで、成虫の侵入も考えられるが、卵、幼生などが紛れ混んでの侵入、定着の可能性もある。いずれにしても、当種の好む日当たりの良い荒地環境が多くなり、次第に増加、翌年には他の小区でも目撃され、二桁へと増加、前年、当年は更に増加して、当年は過去23年間の最高となった。

58. コムラサキ (0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/0/?/0/0/0/0/0/0/0/0/1/0/0/0/1) : 2002年8月、D_{2a}小区で伐り残されたネム中木周辺を飛翔する雄を目撃。当年は6月にB₃小区で1雌が目撃された。

以上のうち目撃40種からなる龍ヶ崎市周辺域のチョウ群集について、その群集構造を環境選好性に基づいて解析し、その構造下での種数、個体数、多様性、優占種について報告し、以前の継続調査と比較、論議する。以後、各調査小区の距離を100mとして個体数補正したものを基礎データとして解析を進める (総補正個体数は3,241、小数点以下は切り上げ、整数値を扱う)。

1. 群集構造

補正総個体数3以上の33種の19調査小区に対する個体数分布マトリックスから、群分析 (= C_{λ}' , C_{δ}' , 小林, 1995参考) と主成分分析 (= PCA) とを併用して、四つの生息環境 (H-I, II, III, IV) と四つの下群集 (A-I, I', II, III, III', IV) とを区別した。

生息環境 (図2) : 前述33種の19調査小区に対する個体数分布から、調査小区間の類似度 (C_{λ}' ——重なり度指数, 森下, 1979; Kobayashi, 1981, 1987) を算出し、それを群分析するとともに、個体数分布の主成分分析を行い、妥当なクラスターを抽出した。主成分分析の第1軸は、因子負荷量の大きな要素が、+はイチモンジセセリ>ベニシジミ>キアゲハ>カラスアゲハ>キタテハ>モンキチョウ>チャバネセセリ ($r \geq 0.7$)、ツバメシジミ>スジグロシロチョウ>コチャバネセセリ>モンシロチョウ>ヒメアカタテハ ($0.7 > r \geq 0.5$) であったことから、

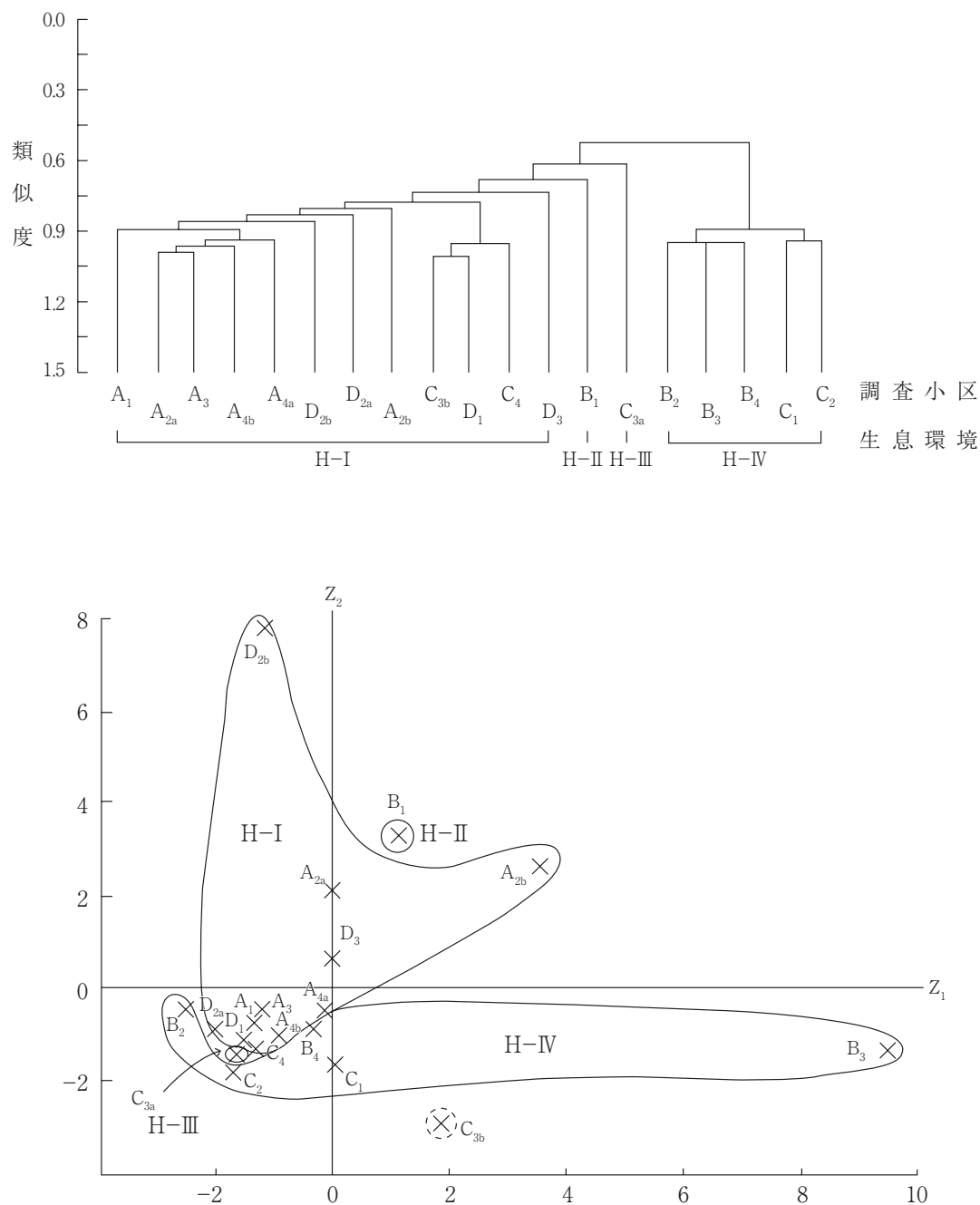


図2 チョウ相（補正総個体数3以上の33種）からみた調査環境の類似性。上段：群分析（ C_k ）。下段と対応させて四つの生息環境（H-I～IV）に分類。下段：上段と対応した各調査小区の主成分得点の分布。

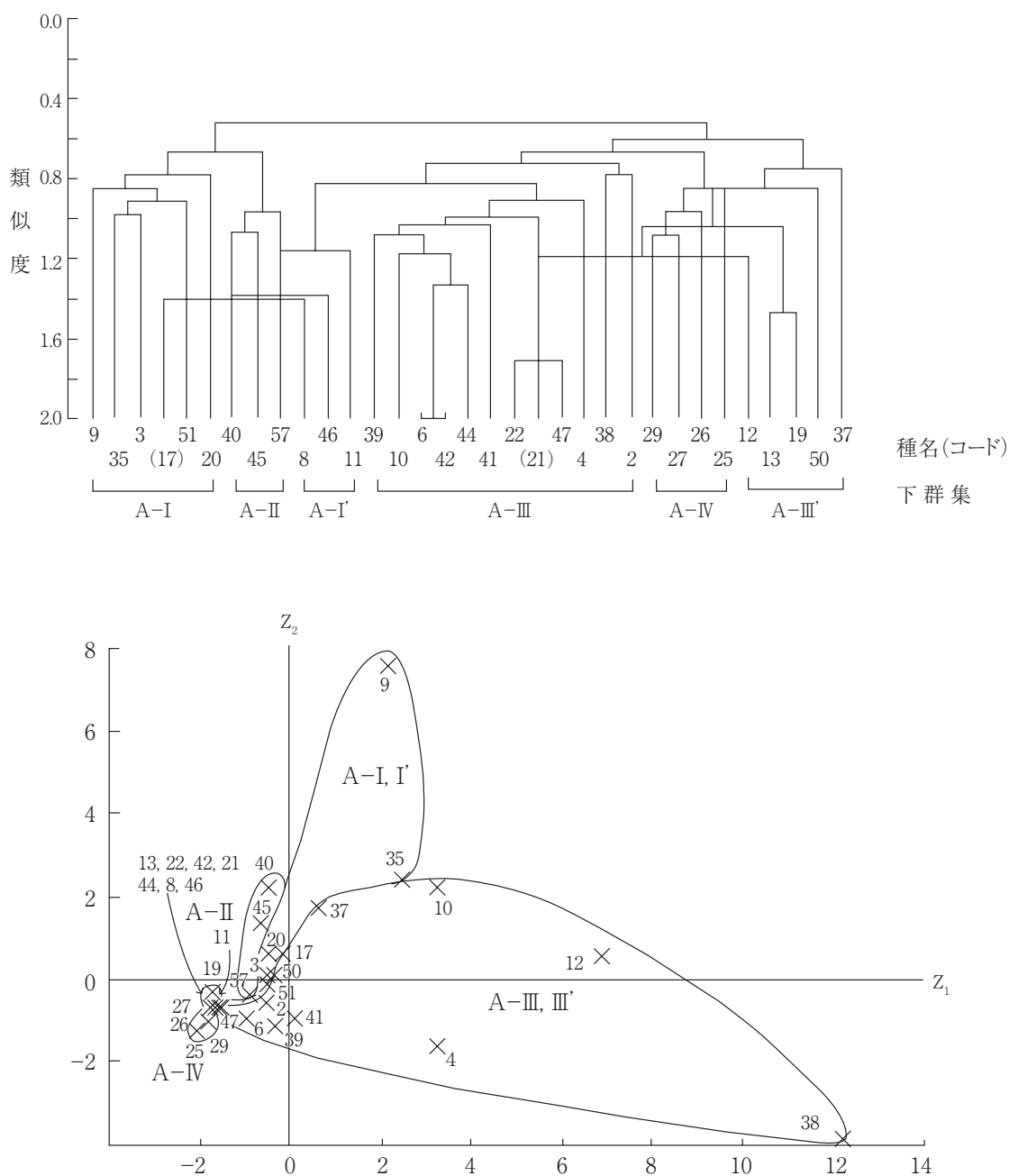


図3 補正総個体数3以上の33種についての環境選好性の類似性. 上段: 群分析 (C_δ'). 下段と対応させて四つの下群集 (A-I ~ IV) に分類. 種名コードは図1と対応. 下段: 33種の主成分得点の分布.

表 3 チョウ下群集と生息環境 (太線枠) との対応 (太数字 = 優占種)

下群集	コード	種 名	生息環境	H - I												H - II		H - III		H - IV						合計	増減
				A ₁	A _{2a}	A ₃	A _{3a}	A _{4a}	A _{5a}	D _{2a}	D _{2b}	A _{2b}	C _{2b}	D ₁	C ₄	D ₃	B ₁	C _{3a}	B ₂	B ₃	B ₄	C ₁	C ₂				
A - I	9	モンキチョウ	9モンキチョウ 35ベニシジミ 3キアゲハ 51イチモンジセリ 20ヒメアカタテハ (1ジャコウアゲハ) (58コムラサキ)	1	6	2	7	1	1	5	2	2	1	2			5	90	47	43	4	3	220	↗			
	4	30		2	8	5	1	10	4	2	4	4			1	80	20	7	1	2	184	↑					
	2	5		3	6	2	3	3	2	1					55	26							↑				
	5	10		5	3	3	1	2	2	1					70	26		2					↘				
	1	5		6	4	1	4	1	2						55	8	9	12	1				↘				
															2	2		1					↘				
															1								↘				
															57	15	3	6	5	1			↘				
															30	5	3	2	2					↗			
															35	16	2	1	1					↗			
A - II	1	3														14	13	5	3	6	5	1	57	↘			
	1	2	1	1	1	1	1	1	4			3				16	2	2	1	1		2	30	↗			
	3	2	2	2	4	3	5	1				3	5			7	13	1				2	53	↘			
	1	1	1														2	2					4	↘			
	2	2	1														5						9	↘			
	2	2	1														2						10	↘			
	8	7	4	16		2	50	2	2				3			5	4	2	2				109	↗			
	7	26	9	29	3	5	45	28	4	3	1	2				2	16	13	10	12	4	2	221	↗			
	5	3	1	4		2	15	1		2						2	4						39	↑			
	1							5								2							5	↗			
A - III	7	1	14	1	2	20	3	2	2	7						2			6			3	3	69	↗		
	2	1														2								3	↘		
	13	21	6	20	2	39	60	7	3	4	5	22				1		1					5	↘			
	93	170	55	177	15	42	115	16	12	5	4	37				2	3	3	3	2	1		216	↗			
	39	12	2	6	1	2	2					4				3	14	25	9				789	↗			
		1				1											4	1	2		1		79	↑			
	1																					2	2	↗			
	1																					1	1	↓			
																							1	1	↗		
																							1	↗			
A - IV	29	ムラサキシジミ	29ムラサキシジミ 27ヒメヤノメ 26サトキマダラヒカゲ 25ヒカゲチョウ	3	4			1	2							13	2						23	↗			
	27	ヒメヤノメ		1					5								7						10	↘			
A - III'	26	サトキマダラヒカゲ	21アカタテハ 12モンシロチョウ 13ツマキチョウ 19ルリタテハ 50チャバネセリ 37ウラナミシジミ	1													12							19	↘		
	25	ヒカゲチョウ															23							25	↘		
	21	アカタテハ		1	3	1	1																	8	↗		
	12	モンシロチョウ		12	100	71	94	15	25	15	17	4	5	105			4	45	14	10		2		538	↑		
	13	ツマキチョウ							1					2				1						4	↗		
	19	ルリタテハ																			1			4	↗		
	50	チャバネセリ		3	29	7	4	5	5									6	14	1	3	1	1	78	↗		
	37	ウラナミシジミ	6	28	5	12	4	11		2	2	2	63			57	6	1	1	2	2		202	↗			
	合計	227	470	186	413	63	157	345	93	49	22	30	261			78	159	385	147	116	21	19	3,241	↗			

↑ : 目撃総個体数が2005年に過去23年間の最高となった種

→ : 2005年の目撃総個体数が過去22年間の平均とほぼ同じだった種

↓ : 目撃総個体数が2005年に過去23年間の最低となった種

↗ : 2005年の目撃総個体数が過去22年間の平均を上回った種

↘ : 2005年の目撃総個体数が過去22年間の平均を下回った種

表4 1982～2005年の目撃総種数、総目撃個体数、群集全体の多様性 (H'), 均等性 (J'), 優占種の優占率

調査年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
目撃総種数	43	40	42	41	44	45	43	44	43	39	43	—	41
総目撃個体数	1,722	2,160	2,013	1,531	2,048	2,307	2,134	1,906	2,325	1,552	2,089	—	2,018
多様性 (H')	4.31	4.31	4.29	4.06	4.23	4.49	4.40	4.48	4.35	4.20	4.38	—	4.10
均等性 (J')	0.796	0.810	0.796	0.757	0.774	0.818	0.811	0.821	0.801	0.795	0.806	—	0.765
優占種の優占率 (%)	78.9	77.4	76.9	76.6	86.5	85.2	81.5	79.5	82.2	74.9	83.0	—	76.0

調査年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2004年までの平均
目撃総種数	41	42	41	41	43	39	37	40	38	42	40	41.5
総目撃個体数	3,012	1,454	2,162	3,090	2,978	3,069	2,637	3,313	2,886	2,870	3,241	2,331
多様性 (H')	3.74	4.20	4.00	3.75	3.76	3.97	3.71	3.93	4.03	3.70	3.83	4.11
均等性 (J')	0.699	0.780	0.747	0.700	0.693	0.750	0.713	0.739	0.768	0.686	0.720	0.765
優占種の優占率	77.1	79.6	81.0	71.7	84.2	82.7	81.0	86.7	85.2	84.7	76.5	80.6

環境のオープン化または明るさに関係しているとみなされた。第2軸は、+がクロアゲハ>リシジミ>アゲハ>ウラギンシジミ>ヤマトシジミ>テングチョウ ($r \geq 0.7$), キチョウ ($0.7 > r \geq 0.5$) で、環境の森林化に関係していると考えられた。第3軸は+がヒメジャノメ>ヒカゲチョウ>ダイミョウセセリ>サトキマダラヒカゲ ($r \geq 0.7$), コチャバナセセリ ($0.7 > r \geq 0.5$), 第4軸は+がアカタテハ>ムラサキシジミ>ツマキチョウ>キマダラセセリ ($r \geq 0.7$), 第5軸は+がゴマダラチョウ>アオスジアゲハ, -がギンイチモンジセセリ ($0.7 > r \geq 0.5$) (累積寄与率=75.1%) と関係が深く, それらを考慮した上で, 前2軸 (累積寄与率=40.7%) への主成分得点の分布 (図2下) と群分析の結果 (図2上) を照合して19の調査小区を大きく四つに分けた。

H-I: 耕作地 (A_3) がその代表であり, 人家周辺域 ($A_1, A_{2a}, A_{2b}, D_{2b}$), 造成後荒地と耕作地との混在域 (A_{4a}, A_{4b}), 新設された道路端の荒地 (C_{3b}, C_4), 新設建物周辺域 (D_1, D_3), 調査ルート の両側が新たに保全林として整備された調査小区 (D_{2a}) など人為的影響が強いオープンな環境 (= 村落周辺域; 従来は人家周辺域で表現してきたが, 前々年の市街環境の出現で区別が必要になってきたために名称を改めた)。

H-II: 唯一残された斜面林の中の調査小区 (B_1) (= 林地)。

H-III: 造成後の放置地で高茎の雑草群落

(セイタカアワダチソウ, タデ類, ヨシ他イネ科草本など) がクズに覆われている調査小区 (C_{3a}) (= 造成後荒地)。

H-IV: 公園緑地 (B_2) と新設道路端やその周辺の空き地 (B_3, B_4, C_1, C_2) で芝その他のイネ科草本とタンポポ, ヒメジョオン, ニワゼキショウなどの種々の帰化植物が混在し, 定期的に草刈りが行われる調査小区 (= 市街空地)。

前年は, 目撃総数の減少のため独立した生息環境としては成立できず, 村落周辺域の中の1小区の扱いとなっていた B_1 小区が当年は再び林地として独立した。また, 前年までは独立して扱われていた市街緑地と市街荒地を新環境の市街空地として融合し, 同様の村落荒地と林縁は当年は村落周辺域に吸収された。

チョウ下群集 (図3): 前述33種の各調査小区への個体数分布から得られたチョウ各種の環境選好性の類似度 (C_d' ——重なり度指数, 森下, 1979) を群分析し, 主成分分析の結果と照らし合わせて妥当なクラスターを抽出した。主成分分析の第1軸は, 因子負荷量がほとんどの調査小区で+でかつ大きなことから ($r \geq 0.5$), 目撃個体数の多さに関係しているとみなされた。一方, 第2軸は, 因子負荷量が+で大きな値が $C_{3a} > C_1 > B_3 > C_2$ ($r \geq 0.7$), B_4 ($0.7 > r \geq 0.5$) で得られていることから, オープンで人為的影響の強い環境への選好性を示す軸とみなされた。これら2軸 (累積寄与率=63.0%) への主成分得点の散布図 (図3下) と群分析の結果 (図3上) を照合し, 四つの下群集を区別

した。

A - I, I' : 市街空地 (H - IV) を中心に広く村落周辺域 (H - I) にも対応する下群集 (= 市街空地群集と仮称)。

A - II : 造成後荒地 (H - III) を中心に市街空地にも対応する下群集 (= 荒地群集と仮称)。

A - III, III' : 村落周辺域 (H - I) に対応する下群集 (= 村落周辺群集と仮称)。

A - IV : 林地 (H - II) に対応する下群集 (= 森林群集と仮称)。

前年までの 2 下群集, 市街緑地群集と市街荒地群集は当年の生息環境の融合処理により, 市街空地群集として統合され, 村落荒地群集は村落周辺群集と統合, 更に, 林縁群集のほとんどの種が村落周辺群集に吸収, 一部が森林群集として復活した。

これら四つの生息環境 (村落周辺域, 林地, 造成後荒地, 市街空地) に四つのチョウ下群集 (市街空地群集, 荒地群集, 村落周辺群集, 森林群集) を対応させ, さらに目撃 2 個体以下の 7 種 (カッコ内) をそれぞれの分布中心に応じて追加し, 全構成種 40 種についての環境選好性の全体像を示したのが表 3 である。市街空地を中心に広く村落周辺域にはモンキチョウ > ベニシジミを優占種 (平均個体数 = 81.0 を上回った種) とする 11 種 663 個体から成る市街空地群集が成立していた。造成後荒地を中心に市街空地に渡って優占種を欠く 4 種 124 個体から成る荒地群集が成立していた。村落周辺域にはヤマトシジミ > モンシロチョウ > キチョウ > アゲハ > ウラナミシジミ > ルリシジミを優占種とする 21 種 2,377 個体から成る当調査地最大の村落周辺

表 5 四つの下群集の各環境に占める割合 (種数)

	H - I		H - II		H - III		H - IV		全体	
	種数	割合 (%)	種数	割合 (%)	種数	割合 (%)	種数	割合 (%)	種数	割合 (%)
A - I	9	24.3	1	7.7	5	29.4	11	37.9	11	27.5
A - II	3	8.1	1	7.7	4	23.5	4	13.8	4	10.0
A - III	21	56.8	7	53.8	8	47.1	13	44.8	21	52.5
A - IV	4	10.8	4	30.8	0	0	1	3.5	4	10.0
全 体	37	100.0	13	100.0	17	100.0	29	100.0	40	100.0

表 6 四つの下群集の各環境に占める割合 (個体数)

	H - I		H - II		H - III		H - IV		全体	
	個体数	割合 (%)	個体数	割合 (%)	個体数	割合 (%)	個体数	割合 (%)	個体数	割合 (%)
A - I	226	9.8	3	3.8	24	15.1	410	59.6	663	20.5
A - II	31	1.3	2	2.6	44	27.7	47	6.8	124	3.8
A - III	2,039	88.0	18	23.1	91	57.2	229	33.3	2,377	73.3
A - IV	20	0.9	55	70.5	0	0	2	0.3	77	2.4
全 体	2,316	100.0	78	100.0	159	100.0	688	100.0	3,241	100.0

表 7 四つの下群集の各環境における多様性 (H') と均等性 (J')

	H - I		H - II		H - III		H - IV		全体	
	H'	J'	H'	J'	H'	J'	H'	J'	H'	J'
A - I	2.662	0.840	0	0	1.898	0.818	2.223	0.673	2.530	0.701
A - II	1.462	0.922	0	0	1.700	0.850	1.337	0.669	1.622	0.811
A - III	2.783	0.634	2.705	0.964	1.796	0.599	2.825	0.764	2.866	0.653
A - IV	1.578	0.789	1.876	0.938	0	0	0	0	1.928	0.964
全 体	3.375	0.648	3.107	0.840	3.171	0.776	3.619	0.744	3.832	0.720

群集が成立していた。林地には優占種を欠く4種77個体から成る森林群集が前年の消滅から小規模ながらも復活した。

前々年までは、オープンランド群集と森林群集とを対立軸として当該調査地での群集変化を解析してきた。しかし、後年は森林群集の縮小が加速し、前年には初めて独立した下群集としては成立しない状態となった。一方、従来からのオープンランド群集は当年は村落周辺群集と市街空地群集の二つに分岐して表現された。そのため、前編からは従来のオープンランド群集－森林群集を対立軸とした分析も踏襲しながら、オープンランド群集が分岐したそれぞれの新下群集にも焦点を当てて、今後の本格的市街化の進展に伴うチョウ群集の変化に対応することにした。更にチョウの生育に不適当な環境として複数の調査小区が含まれてくる可能性も2001年来から言及しているが、その妥当性についても以後の解析を待ちたい。

2. 種数

当年の目撃総種数40種は過去22年間の平均(=41.5)を下回り(表4)、2001年から続いている減少傾向に変わりはなかった($r = -0.523$, $p < 0.05$)。生息環境別では最も多くの種が村落周辺域(H-I)で目撃され、次いで市街空地(H-IV)となり、造成後荒地(H-III)ではほぼ半減、林地(H-II)で最低となった(表5)。下群集別では村落周辺群集が最も構成種数が多く、市街空地群集ではほぼ半減、前者は特に村落周辺域で、後者は特に市街空地で最も多く目撃された。一方、荒地群集、森林群集での所属種数は一桁と少なく、前者は市街空地で、後者は村落周辺域でも同数が目撃された。前年の村落荒地群集の全てと林縁群集の多くの種が村落周辺群集に吸収された結果となった。

村落周辺群集と市街空地群集を合わせたオープンランド群集の32種は村落周辺域や市街空地で目撃され、過去22年間の平均を大きく上回り(18/1982年, 20/1983, 16/1984, 5/1985, 18/1986, 17/1987, 20/1988, 8/1989,

11/1990, 16/1991, 22/1992, 9/1994, 7/1995, 7/1996, 16/1997, 7/1998, 10/1999, 9/2000, 10/2001, 6/2002, 11/2003, 23/2004年), 前々年までの減少傾向を打ち消してしまった($r = -0.044$, $p > 0.05$)。

調査小区別では全ての小区でオープンランド群集>他の下群集となり(図4A)、1991年以来続いていた当該調査地における森林群集の衰退とオープンランド群集などの台頭という従来からの図式から、今後はオープンランド群集の分岐という新しい図式に変わって行く可能性が示唆された。

3. 個体数

総目撃個体数は過去22年間の平均を大きく上回り(表4)、23年間で増加傾向を示した($r = 0.736$, $p < 0.001$)。1985年を除いて、調査開始から1990年までは増加傾向にあったが、A区での道路工事、B₂小区での全面土工事、C₁～C_{3a}小区での造成地化が開始された1991年は急落した。以後、植生の回復とともにオープンランド群集や森林、モザイク群集の一部が侵入、定着し、D_{2a}>B₃小区を筆頭に総目撃個体数が急増、一方、1996年には、特にB₄、C₁～C_{3a}小区での市街化の進展の影響を受けて、総目撃個体数が再び急減した。以後、当年を含む後8年間は2002年の過去最高を筆頭に全ての年で過去平均を上回る増加となった。生息環境別では村落周辺域に多くが集中し、市街空地>造成後荒地>林地と続いた(表6)。下群集別では全体の7割強が村落周辺群集、2割が市街空地群集に属し、合わせてのオープンランド群集で9割を占めたことになり、特に、1997年以降、オープンランド群集が顕著に増加して、当年に至ったことになる(702/1982年, 832/1983, 662/1984, 270/1985, 579/1986, 686/1987, 1,058/1988, 556/1989, 893/1990, 810/1991, 1,421/1992, 705/1994, 777/1995, 443/1996, 1,499/1997, 876/1998, 1,072/1999, 1,510/2000, 944/2001, 967/2002, 1,553/2003, 2,266/2004, 3,040/2005年, $r = 0.669$, $p < 0.001$)。一方、

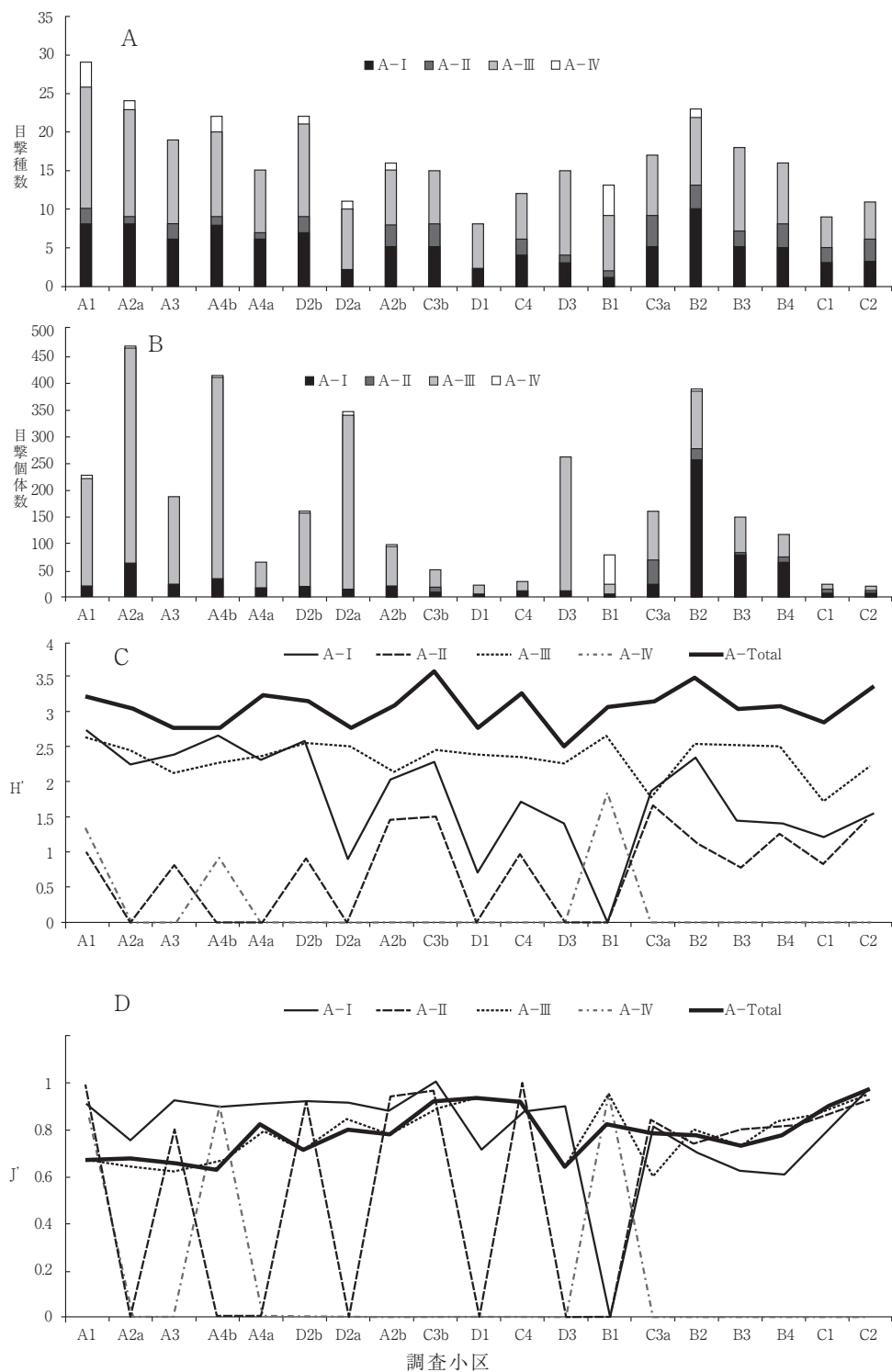


図4 種数 (A), 個体数 (B), 多様性 (C), 均等性 (D) の下群集別にみた調査小区における違い.

森林群集は前年の消滅からは復活したもの大きく後退したことを印象づける年となり、調査小別でも、B₁小区を除く全ての小区でオープンランド群集が優越し（図4B）、以後の興味はオープンランド群集の分岐状態に移って行くことが予想された。

4. 多様性

群集全体の多様性（=H', Kobayashi, 1981 参考）は、1987～89年をピークに1995年に大きく落ち込み、1997年以降は当年も含めて過去22年間の平均を下回り、全体として低下傾向となった（表4, $r = -0.764$, $p < 0.001$ ）。目撃種数（ $r = 0.559$, $p < 0.01$ ）及び均等性（ $r = 0.981$, $p < 0.001$ ）との相関が高かったが、目撃種数の減少と均等性の低下との相関はうかがえなかった（ $r = 0.387$, $p > 0.05$ ）。生息環境別では市街空地で最も高く、村落周辺域＞造成後荒地＞林地と続き、均等性値から判断して、村落周辺域では寡占化、その他の生息環境では目撃総種数の減少を反映していたことが分かる（表7）。下群集別では村落周辺群集＞市街空地群集＞森林群集＞荒地群集となり所属種数の多さの順となっていた。

2下群集をまとめたオープンランド群集では $H' = 3.550$, $J' = 0.710$ となり、均等性値が低く、優占種による寡占化が進んでいることが示唆される一方で、構成種数が前年、当年と大幅に増えたため、両値とも過去22年間の平均を上回った。また、その経年変化に直線的関係を見出せなかったが（2.99/1982年, 2.78/1983, 2.54/1984, 0.78/1985, 2.76/1986, 2.73/1987, 3.24/1988, 2.01/1989, 2.20/1990, 2.73/1991, 3.54/1992, 2.05/1994, 1.68/1995, 1.55/1996, 2.86/1997, 2.18/1998, 1.78/1999, 2.34/2000, 1.18/2001, 1.78/2002, 2.60/2003, 2.98/2004年, $r = -0.067$ ）、目撃種数（ $r = 0.865$, $p < 0.001$ ）及び均等性（ $r = 0.785$, $p < 0.001$ ）との相関は高かった。

調査小別変化では、その多様性値はB₁小区を除く全ての小区でA-I, III>II, IVとなり、オープンランド群集の優勢を示した（図

4C）。群集全体の多様性値変化は種数変化（ $r = 0.216$, $p > 0.05$ ）とも、均等性値変化（ $r = 0.416$, $p > 0.05$ ）とも相関が認められなかった。一方、下群集の多様性値変化は村落周辺群集を除く3群集では種数変化（ $p < 0.001$ ）及び均等性値変化（ $p < 0.01$ ）との相関が高く（図4D）、村落周辺群集では種数変化と均等性値変化に負の相関が見出された（ $r = -0.762$, $p < 0.001$ ）。

5. 優占種

優占種（平均個体数=81.0を越えた種）は、ヤマトシジミ＞モンシロチョウ＞キチョウ＞モンキチョウ＞アゲハ＞ウラナミシジミ＞ベニシジミ＞ルリシジミの8種で、これらで総目撃個体数の76.5%（=2,479/3,241）を占め、この優占種による優占率は過去22年間の平均を下回り（表4）、1982年からの経年傾向も見いだせなかった（ $r = 0.205$ ）。内訳は、村落周辺群集で6種、市街空地群集で2種となり、全てオープンランド群集所属となった。更に、このオープンランド群集では優占種の優占率が9割近くの状態が1999年以降連続し、これら優占種による寡占化も後年程目立って来ていた（ $r = 0.562$, $p < 0.01$ ）。中でも、ヤマトシジミの優占率が後年程高くなり（ $r = 0.635$, $p < 0.01$ ）、後年群集の大きな特徴になって来た。一方、森林群集では調査期前半には長期に渡って優占種であったオオチャバネセセリやサトキマダラヒカゲ、ヒカゲチョウ、ヒメウラナミジャノメ、コムスジ、コチャバネセセリなどは後半には優占種からはずれ、目撃総数を大きく減らす趨勢の中で、後年になると優占種が存在しない年も出始め、前年には初めて下群集さえ維持ができない状態になった。一方、後年にはウラナミシジミとチャバネセセリが優占種に加わるようになり、従来のチョウ群集への市街化による影響とともに、温暖化に伴う分布北上種の生息域の拡大、定着という問題も考慮する必要が出てきた。

表 8 調査年ごとの目撃総個体数（補正值）の増加種・減少種数

(W = 森林群集, O = オープンランド群集)

調査年	増加種数	全群集 減少種数	不変種数	下群集での増 (↗) 減 (↘)		
				W	O	独立性 (χ^2)
1983	24	9	7	↗ **	↗	
1984	17	16	9	→	→	
1985	12	26	3	↘	↗	
1986	23	19	2	↗	↘	
1987	31	14	0	↗ *	↗	
1988	28	12	3	↗	↗ **	
1989	20	20	4	↘	↗	
1990	24	16	3	↗	↗ *	*
1991	9	25	5	↘	↘ *	
1992	18	20	5	↘	↗	
1993	—	—	—			
1994	17	20	4	↘ *	↗	*
1995	24	14	3	↗	↗	
1996	14	27	1	↘	→	
1997	18	21	2	↘	↗	*
1998	23	16	2	↗	↗	
1999	20	21	2	↘	→	
2000	21	13	5	↘ *	↗ **	**
2001	18	16	3	→	↘	
2002	24	12	4	↘	↗ *	
2003	23	12	3	↘	↗	**
2004	15	23	4	—	→	
2005	20	16	4	↘	↗	

* : 0.05 > p > 0.01, ** : p < 0.01 (カイ二乗検定)

6. 23年間の変化 (=市街化の影響)

目撃された40種の目撃総個体数のそれぞれについて過去22年間と比較し、その増減について5段階に分けて表3右欄矢印にまとめた。2005年に目撃総個体数の最高値を示した種が7種(A-I群集=2, A-II群集=1, A-III群集=4), 過去22年間の平均を上回って目撃された種が13種(A-I群集=3, A-II群集=1, A-III群集=8, A-IV群集=1), 平均とほぼ同じだった種が4種(A-II群集=1, A-III群集=3), 平均を下回って目撃された種が15種((A-I群集=6, A-II群集=1, A-III群集=5, A-IV群集=3), 2005年に最低値を示した種が1種(A-III群集)となった。前二者を増加種(=20), 後二者を減少種(=16)とし、同様の処理を遡って1983~2004年まで行

い、表8左欄が得られた。更に、下群集の森林群集(W)とオープンランド群集(O)でも同様の処理を行い、その増減種傾向を表8右欄に示した。1985年の森林群集の劣化後、1986年から3年間、両下群集で増加種優勢傾向が続く、当該群集は以前の状態を凌ぐまでに回復した。その後、1989年を境に回復に歯止めがかかり、1991年以降、1995年と1998年を除いて、減少種数>増加種数という逆転現象が明確になった。その後、2000年からは再び増加種数>減少種数状態が前年を除いて、当年まで続いた。一方、下群集では森林群集は1991年以降1995年と1998年を除いて減少種優勢状態が当年まで続き、前年には下群集自体が消滅してしまった。オープンランド群集では逆の増加種数≧減少種数状態が2001年を除いて当年まで継続し、特

に、2000年以降の全群集での増加種優勢状態はオープンランド群集の影響が強かったことを示唆していた。更に、次第に優占種もオープンランド群集所属の種に偏るようになった上に、それらの個体数の増加による寡占化が進んだ。結果として全群集の多様性値が減少傾向を示し、総目撃個体数は増えたものの全体として多様性値を指標にした群集劣化が顕在化してきたといえる。

関東平野外縁に広がる谷津地形での開発・市街化は、森林伐採→大規模造成→土壌の安定化に伴う数年の荒地化→再度の造成、整地→各種土工事→住宅地での建物建設と緑化（＝市街化）と長期に渡って進行し、チョウ群集は生息地のオープン化とそれに続く数年の回復期を何回か経ることになる。1996年は総目撃個体数が過去23年間の調査の中で最低の年となり、進度を増した市街化工事の影響を大きく受けての結果と思われた。特に造成工事開始直後は大型重機による造成作業を手始めに、対象地区の植生は大きく損なわれる。そのような調査ルートで目撃されるチョウは多くが移動中のものか周辺域からの侵入個体とならざるを得ない。一方、造成工事終了後、土地は安定化のためしばらくは寝かされ、主として根性植物（当調査地ではアズマネザサやクズ）や周辺地域からの侵入植物により部分的には植生が回復し、荒地化が進行する（＝造成後荒地）。その後、最終的な市街化工事が始まると、舗装道路が新設され、多くの建築物が出現、植生も道路法面にシバが貼られ、各種生垣（当調査地ではサツキやツツジなど）や並木（当調査地ではハナミズキ、サクラなど）とともに道路端には多くの帰化植物（当調査地では各種イネ科草本、オオキンケイギク、クスマツメクサなど）が定着する（前々年調査では市街荒地として総称）。1995年や1998年はその一時的回復の例であったが、1999年からは、調査初期からの林地ルートは斜面林のため開発を免れたB₁小区とA₁小区の一部のみとなり、他小区の多くでは市街化工事が終盤にさしかかってきたことを考えると、今後

も続く本調査の中で森林群集の再びの回復という局面は出現しそうもない。実際、過去23年間で目撃された58種のチョウのうち、調査初期には目撃されたが、その後、調査後半になって、10年連続で目撃されていないチョウはウラナミアカシジミ、ミズイロオナガシジミ、オオミドリシジミ、ホソバセセリ、5年連続で目撃されていないチョウはウラゴマダラシジミ、ミヤマセセリ、クロコノマチョウ、コツバメ、ウスイロコノマチョウであり、後3種の非定着種を含め、いずれも森林選好の種であった。逆に、チャバネセセリ、ミヤマチャバネセセリは調査前半には確認されず、後半になって侵入、定着したチョウであり、更なる7年では温暖化による北上種のツマグロヒョウモンとナガサキアゲハが加わることになるが（山本、2016b参照）、いずれも人家周辺域を好むチョウである。以後の7年は、2000年から進んで来た最終的な市街化域の拡大と温暖化の影響も加えて、従来からの村落周辺群集を中心に、当該地の市街荒地や市街緑地への侵入植物や市街人家周辺域での生垣や庭木などに依存する種も加わったチョウ相への最終的変化を促すものとなるだろう。

摘 要

茨城県龍ヶ崎市郊外で、1982年から1993年の中断を経て30年間連続で行われた2.5Km-チョウ成虫帯状センサス調査の中の2005年の環境選好性に基づくチョウ相変化の報告である。同年、3～11月にかけて1旬につき2回の調査で5科40種3,865個体が目撃され、距離補正の上（総補正個体数＝3,241）、群集構造、種数、個体数、多様性、優占種についての生息環境による違いが報告された。以下はその結果である。

1. 目撃補正総個体数3以上のチョウ33種の19の調査小区への個体数分布マトリックスより、群分析と主成分分析を併用して、四つの生息環境（村落周辺域、林地、造成後荒地、市街空地）と四つの下群集（市街空地群集、荒地群集、村落周辺群集、森林群集）を区別した。

2. 村落周辺域にはヤマトシジミ>モンシロチョウ>キチョウ>アゲハ>ウラナシジミ>ルリシジミを優占種とする当調査地最大の村落周辺群集が成立していた。

3. 市街空地を中心に広く村落周辺域にはモンキチョウ>ベニシジミを優占種とする中規模の市街空地群集が成立していた。

4. 造成後荒地を中心に市街空地に渡って優占種を欠く荒地群集が成立していた。

5. 林地では優占種を欠く森林群集が前年の消滅から小規模ながらも復活した。

6. 調査開始前半では当群集を代表する下群集であった森林群集は徐々に勢力を弱め、前年には消滅した可能性が示唆された。替わってオープンランド群集が勢力を拡大し、当年では村落周辺群集>市街空地群集へと二分された。

7. 総目撃個体数は過去22年間の平均を上回ったが、目撃総種数、多様性、均等性は過去22年間の平均を下回り、特に調査地北部で進む市街化の影響で、森林群集は消滅寸前の一方、オープンランド群集内では優占種による寡占化が加速し、今後も調査地群集の劣化が進むものと思われた。

引用文献

- Kitahara, M. and K.Fujii (1994) Biodiversity and community structure of temperate butterfly species within a gradient of human disturbance: an analysis based on the concept generalist vs. specialist strategies. *Res. Popul. Ecol.* **36**(2): 187-199.
- Kobayashi, S. (1981) Diversity indices: Relations to sample size and spatial distribution. *Jap. J. Ecol.*, **31**: 231-236.
- (1987) Heterogeneity ratio: A measure of beta-diversity and its use in community classification. *Ecol. Res.*, **2**: 101-111.
- 小林四郎 (1995) 「生物群集の多変量解析」194pp., 蒼樹書房, 東京.
- 森下正明 (1979) 「森下正明生態学論集」第二巻. ii+585pp., 思索社, 東京.
- 山本道也 (1983) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相」流通経済大学論集. **18**(1): 28-51.
- (1989) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相——環境選好性」同上. **24**(1): 32-45.

- (1991a) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1982年——環境選好性」同上. **26**(1): 1-10.
- (1991b) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1983年——環境選好性」同上. **26**(2): 41-53.
- (1993) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1984年——環境選好性」同上. **27**(3): 34-47.
- (1994) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1985年——環境選好性」同上. **29**(2): 94-115.
- (1995) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1986年——環境選好性」同上. **29**(4): 1-20.
- (1997) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1987年——環境選好性」同上. **32**(2): 38-53.
- (1999) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1988年——環境選好性」同上. **34**(2): 23-38.
- (2001) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1989年——環境選好性」同上. **36**(2): 1-19.
- (2003) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1990年——環境選好性」同上. **38**(1): 1-16.
- (2005) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1991年——環境選好性」同上. **40**(1): 1-16.
- (2007) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 20年間の変化」同上. **41**(4): 33-67.
- (2010) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1992年——環境選好性」同上. **44**(4): 1-17.
- (2012) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1994年——環境選好性」同上. **46**(4): 13-30.
- (2013) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1995年——環境選好性」同上. **48**(2): 1-19.
- (2014) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1996年——環境選好性」同上. **49**(1): 11-30.
- (2016a) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1997年——環境選好性」同上. **51**(1): 1-20.
- (2016b) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相——30年間の変化」流通経済大学創立50周年記念論文集(創立50周年記念論文集編集委員会編), 717-782. 流通経済大学出版社.
- (2017) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1998年——環境選好性」同上. **52**(1): 1-21.
- (2018) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 1999年——環境選好性」同上. **53**(1): 1-21.
- (2019a) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 2000年——環境選好性」同上. **53**(3): 27-48.
- (2019b) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 2001年——環境選好性」同上. **54**(1): 93-115.
- (2020a) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 2002年——環境選好性」同上. **54**(3): 133-157.
- (2020b) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 2003年——季節消長」同上. **54**(4): 1-22.
- (2020c) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 2003年——環境選好性」同上. **55**(1): 31-57.
- (2021) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 2004年

——環境選好性」同上. 55(3): 1-28.

Synopsis

Yamamoto, Michiya, 2021. Community structure of butterflies observed in and near Ryugasaki, 2005, based upon their habitat preference. Ryutsu-keizai Daigaku Ronshu (The Journal of Ryutsu-keizai University), Vol. 56, No.1:9-36.

A butterfly community in Ryugasaki, Ibaraki Pref., was composed of four subcommunities (village area subcommunity, town's open space one, wasteland one, woodland one) in four different habitats (cultivated areas and human habitats, green spaces and roadsides in urban areas, wastelands developed after clearing, forests).

A village area subcommunity, the most prosperous one in all the subcommunities, including six predominants, *Pseudaescheria maha*, *Pieris rapae crucivora*, *Eurema hecabe mandarina*, *Papilio xuthus*, *Lampides boeticus* and *Celastris argiolus*, and other 15 species, was formed in and near cultivated areas and human habitats. A town's open space subcommunity, including two predominants, *Colias erate* and *Lycaena phlaeas*, and other nine species, was formed in green

spaces and roadsides in urban areas. A wasteland subcommunity, including four species without predominant species, was formed in wastelands developed after clearing. A woodland subcommunity, including four species without predominant species, was formed in forests. The woodland subcommunity had nearly disappeared in that year, on the other hand, the openland subcommunity classified in the previous papers had grown huge and diverged into two, the village area subcommunity and the town's open space one.

Although the total individual number observed in 2005's survey had been more than the average number of the preceding 22 years, the total species number, the community diversity index and the community equitability index showed less value than the average level in the preceding 22 years, caused by two factors; an oligopolistic state by a few predominant species in the old openland subcommunity had been accelerated, while the woodland subcommunity had gradually declined with a narrow survival in that year, as open habitats had enlarged with the final progress of urbanization in and around the survey route.