

《論 文》

龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 2004年

——環境選好性——

山 本 道 也

Community Structure of Butterflies Observed in and near Ryugasaki,
2004, 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って、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ほどに建物が建

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, 2019b, 2020a, 2020c)。

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2004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、谷津田を挟む海拔20～25mの南北二つから成る段丘を縫う幅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、斜面林を降りると谷津田があり、更になだらかな次の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や古い杉植林地が連続し、小学

校敷地と二つの民家で終わっていた。センサスルートは、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

表1 1982～2002年の各調査小区別景観変化と林地率、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）

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）	河川改修工事（1993～1998年）、テニスコート（1999年）
2	90	(1) 水田、沼沢地	アシ・ガマ湿地化後埋め土（1991年）	再整地（1996年）、総合体育館建設開始（2001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	大型道路建設工事了（1996年）、総合体育館オープン（2002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	
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）	皆伐後造成・道路工事（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、造成後1棟新築（1997年）
3	80	(4) 左：ササ藪、右：杉とササ藪	右側伐採（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

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され、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 2004年の各調査小区別景観変化と林地率、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）

調査 小区	距離 (m)	2004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）	(4)
2a	140	左：畑地（荒地化、草刈りがなく高茎化）、右：3棟、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＋農地、荒地、家庭菜園 右：斜面林近接	(1.5)
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	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：40～50棟からなる北街区建設工事および大型道路建設工事中	(2)
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)
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：大学サッカー部合宿所＋駐車場、右：アパート3棟＋荒地、回転寿司店開業	(0.5)
林地率 (%)			14.2
環境指数平均			1.65
都市化		総合運動公園工事、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年後完成予定の屋外プール付きの総合体育館建設を中心とする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小区には舗装道路が新設され、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が、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）、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）。

上記調査地での帯状センサスを2004年3月上旬～11月下旬まで、1旬につき2回（3月5、9、13、19、21、27日、4月1、6、10、16、20、26日、5月1、7、11、15、27、31日、6月3、11、15、19、22、27日、7月1、6、12、15、21、26日、8月2、6、11、16、20、25日、9月1、9、13、17、20、28日、10月1、7、15、17、22、28日、11月4、6、9、16、22、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42種3,619個体であった。個体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、2019b、2020a、c参考）。以下、過去21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）：前9年間を通して、特に、耕作地とその周辺域であるA₂小区に目撃個体が集中していたが、1994年以降はD₁、D₂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_2 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。当年は一桁目撃で過去21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) : 22年間を通し, 林地の A_1 小区, それに近接した A_2 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年には過去22年間の最高となった。その後は減少傾向にあり, 1997年には過去22年間の最低となった。翌年以降は A_1 小区を中心に過去21年間の平均を上回るまでに回復したが, 当年はその A_1 小区で減少, 過去21年間の平均を下回った。

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) : 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_2 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22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 A_4 小区で急増, それまでの最高の目撃となった。その後は減少したものの, わずかで, 当年は B_2 小区で大幅に増加し, 過去22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) : 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_4 , 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, 前々年には更に増加して過去22年間の最高となった。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。前年, 当年と減少し, 当年

は三桁を維持したものの D_2 小区で減少, 過去21年間の平均とほぼ同数の目撃となった。

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) : 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) : 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22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, 前年になって大幅に増加し, 前年は過去22年間の最高となった。当年は一転 D_{2b} 小区で急減し, 過去21年間の平均を下回った。

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) : 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22年間の最高となった。 A_1 , A_2 , 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。当年も含めて4年連続で目撃されなかった。

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) : 当初は林地の $C_1 > A_1 > D_1 > B_1$ 小区などで目撃の安定していた森林性種。1987年の C_1 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22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6年は一桁目撃が連続し, 前々年は過去22年間の最低となった。前年, 当年は増加したものの, 過去21年間の平均を下回った。 A_1 小区で減少し, D_1 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) : 林地を除く全ての小区で目撃され

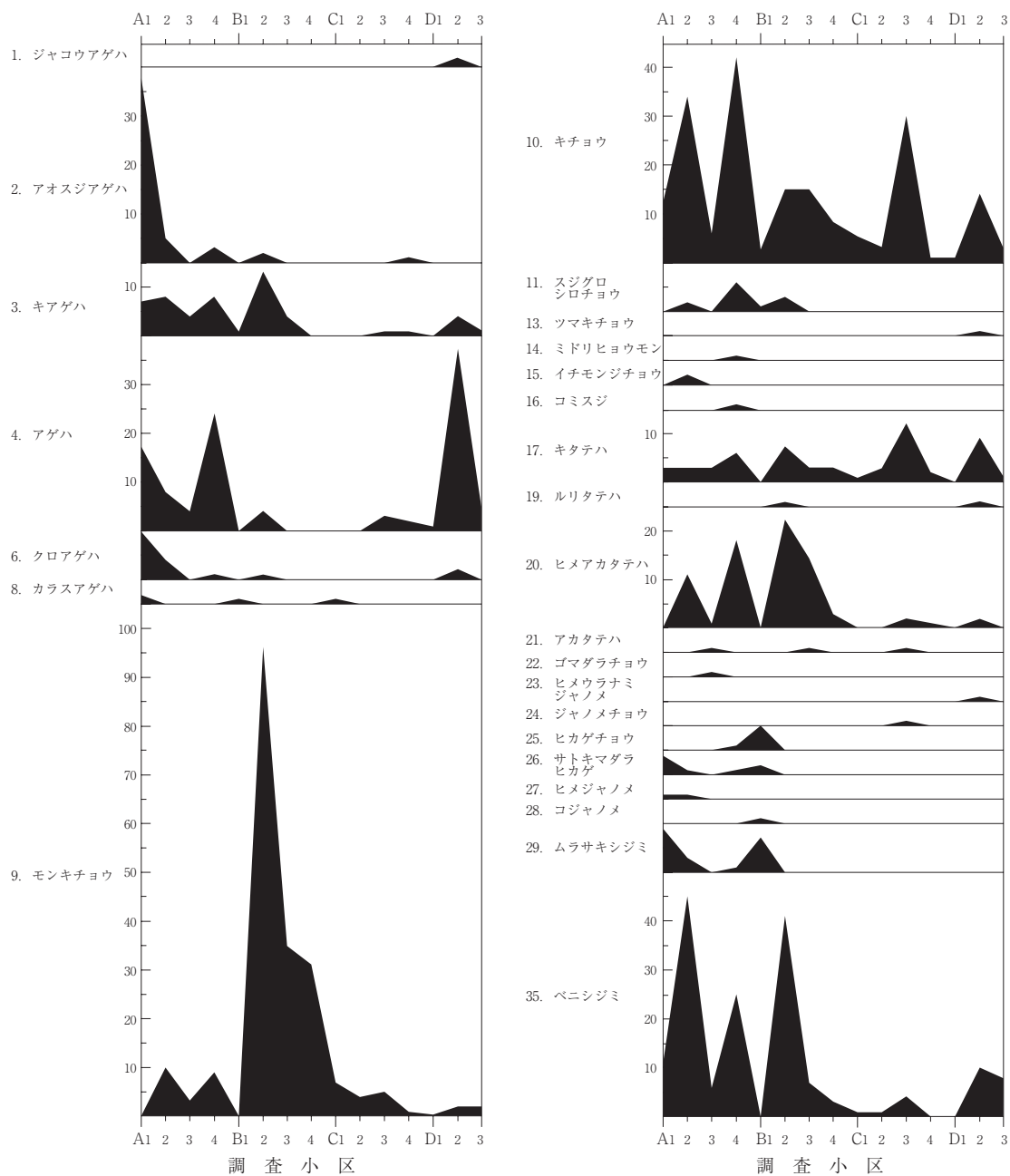
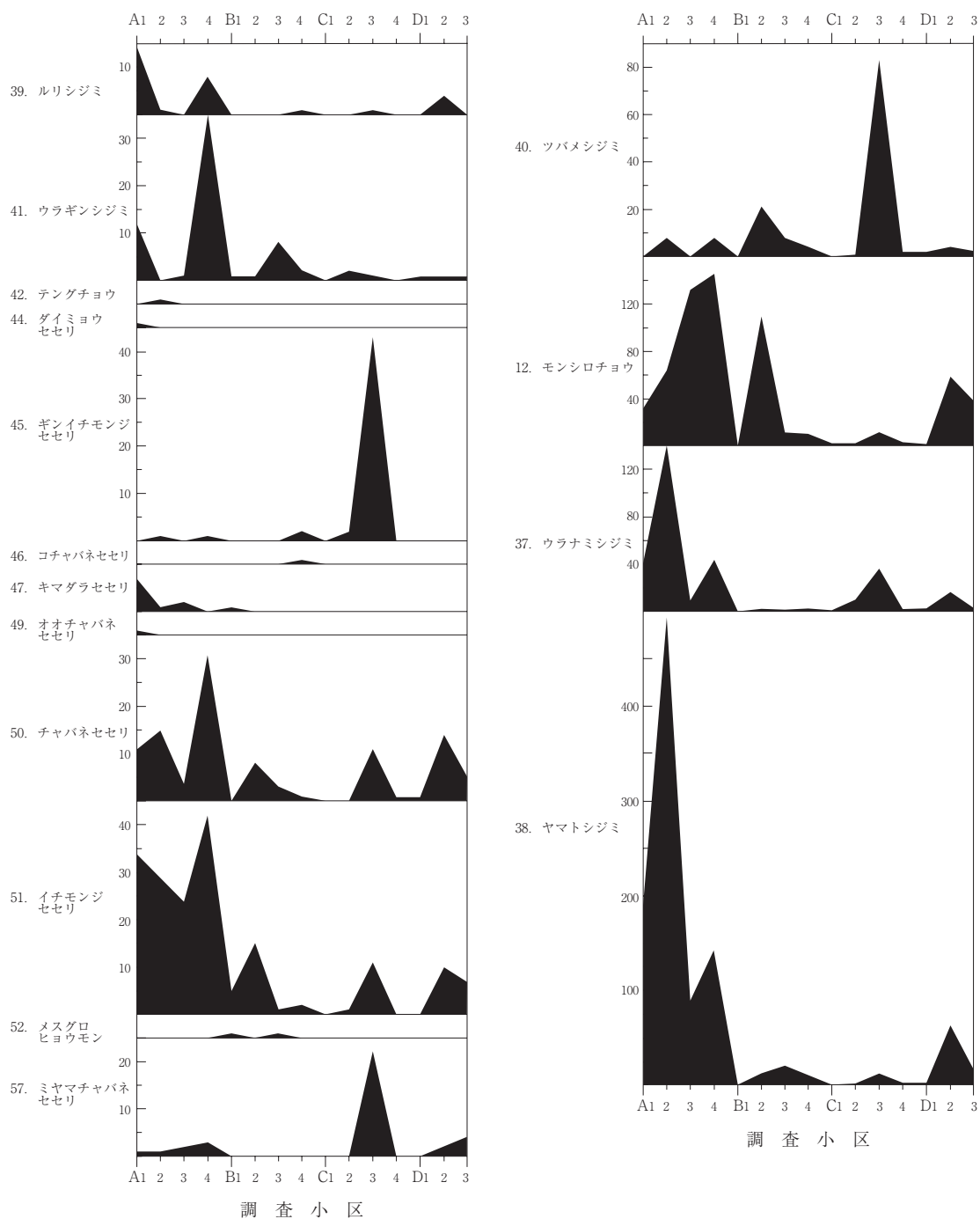


図1 目撃種42種の個体数の空間分布（ツバメシジミ、モンシロチョウ、



ウラナミシジミ, ヤマトシジミは目盛りを合わせるため後出).

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A₄小区、B区を中心に増加傾向が続く。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22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、前々年、前年は1998年のレベルまで回復し、当年も過去21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>>B₃、B₄小区で多数が目撃されるようになった。

10. キチヨウ (69/140/116/87/181/145/161/179/212/286/192/?/409/953/182/301/1,052/769/481/240/485/387/192) : 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、高水準が続く。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22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}、C₃、D₂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、当年はC₃小区で大幅に減少し過去21年間の平均を下回った。

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) : 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、A₂、D_{2a}小区で急増、過去22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、一桁目撃となった。1997年は更に減少して、過去22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、回復は低調で、当年も二桁は維持したものの、過去21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) : 耕作地とその周辺域からなるA₂~A₄小区で多く、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、A₄小区で急増し、過去22年間の最高となった。その後増減しながらも過去平均を上回る年が多く続き、当年も過去21年間の平均を大幅に上回った。A₂~A₄小区で大幅に増加し、さらにB₂、D_{2b}小区での目撃増も目立った。

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) : 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、A₂小区や新たにD₂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、前年は初めて目撃なしに終わった。林地に近接した耕作地周辺域などで目撃されることが多かったが、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) : 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22年間の最高となった。その後は減少傾向にあり、再び目撃なしの年も出始めた。当年はA₄小区での1個体目撃となっ

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) : 1985年以前は林地のB₃, C₁, C₂小区に個体数が集中しており, 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, 前々年は調査開始後初めての目撃なしとなった。前年, 当年はA₂小区周辺や林地のB₁小区で目撃されたが, 過去21年間の平均を大幅に下回った。

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) : 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一致していたが, 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。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, 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) : 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22年間の最高の目撃となった。それらの小区が, 1992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C₃, D₂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C₃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22年間の最低となった。一方, 工事終了後の前々年, 前年はそれらの小区で倍増して, 過去21年間の平均を上回って目撃され, 優占種にも復帰した。当年は同小区で半減し, 過去21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) : 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。前年, 当年は目撃されず, 周囲からの侵入個体の可能性が高かった。

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) : 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。前々年は一桁ながら過去22年間の最高の目撃となったが, 前年, 当年は減少し, 過去21年間の平均を下回った。

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) : 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、 B_2 、 C_3 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、前々年にはA区、 B_2 小区で倍増、調査開始後初めての三桁目撃となった。前年、当年は C_3 小区で減少したが、過去21年間の平均を大幅に上回った。

21. アカタテハ (0/1/3/4/3/6/6/4/3/4/?/6/8/5/2/8/3/8/1/3/4/3)：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。数は少ないものの増加傾向にあり、一桁ながら、2000年には過去22年間で3度目の最高目撃となった。翌年は1個体目撃へと減少したが、後3年は過去21年間の平均とほぼ同数が目撃された。

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)：エノキ成木のある A_1 小区での目撃が安定していた。1986年に急増して過去22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年は増加して、二桁目撃となったが、以後一桁目撃止まりで、前々年は過去22年間で2度目の目撃なしとなった。前年は一転、過去21年間の平均を上回る目撃があったが、当年は再び1個体目撃となった。

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)：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、 A_1 、 B_1 、 B_3 、 C_1 、 C_2 小区、D区で万遍なく増加傾向にあり、1984年には過去22年間の最高を記録した。特に目撃数の多かった B_3 、 C_1 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区中心に増加傾向を示した。1990年以降はその D_2 、 D_3 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。1998年には二桁台に戻ったが、翌年には1個体目撃へと減少、以降2年間は目撃なしの年が続いた。前々年は複数個体が B_1 小区を中心に目撃されたが、当年は1個体目撃となった。1998年の増加はルート変

更された B_3 小区での目撃によるものであり、当該種の生息域が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)：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 D_3 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る。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 C_3 小区で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)：調査開始4年間は、林地の $C_1 > B_3 > B_1$ 小区に目撃のピークをもつ分布パター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、 B_3 、 C_1 小区が造成で生息不能となり、残った B_1 小区で増加して三桁目撃に復帰した。以後その B_1 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年以降に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、当年は再び一桁目撃となり、過去22年間の最低となった。

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)：1985年までは目撃個体の分布パターンはいずれも林地の A_1 、 B_1 、 B_3 、 C_1 小区にピークをもっていたが、1986年以後は B_3 小区で、1988年以後は C_1 小区で伐採、造成地化が進んだ結果、目撃はゼロに近づき、残された A_1 、 B_1 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22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、前々年に大幅に増加し、前年は更に増加して、過去21年間の平均を上回り、1992年以来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A₄小区でも大幅に増加した。一転、当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22年間の最低となった。

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) : 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、当年は2個体の目撃で、過去22年間の最低となった。

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) : 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年の一桁目撃を境に、以後は10個体前後で増減を繰り返していたが、当年は1個体目撃へと大きく減少し、過去22年間の最低となった。

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) : 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つ

た。目撃総個体数は増減を繰り返し、1983年に過去22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3年間はA₁、B₁小区で急増、当年は過去21年間の平均を上回った。

30. ウラゴマダラシジミ (6/9/0/2/0/2/0/0/0/0/0/1/?/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に安定していたが、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11年連続で目撃されていない。

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) : 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 (1/4/1/0/0/0/1/1/0/0/?/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) : 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22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。当年も含めて、5年連続で目撃なし。

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) : 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年のそれまでの倍増を機に増加傾向が顕著になり, 2001年以降, 3年連続で最高数を更新し, 前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22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) : 1985年になって目撃総个体数が急増, 翌年さらに三桁まで増加し, 優占種として過去22年間の最高となった。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年からは再び目撃なしが続いた。

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) : 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

き, 前々年は過去22年間の最高となった。A₂, 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)。当年は夏季の暑さも例年並みに戻り, 目撃個体数は前々年のレベルまで急増した。

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) : 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った。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, A₂, A₄, 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3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22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A₄小区で更に急増し, 1998年のキチヨウ以来2種目の四桁目撃種となり, 過去22年間の最高となった。前々年, 前年はそのA₄小区で減少し, 四桁は切ったが, 当年はA₂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) : 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, A_1 , A_2 , B_1 , C_3 , D_2 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22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22年間の最低となった。その後は回復傾向にあり, 前々年には倍増し, 前年は B_1 小区を除く目撃安定小区の全てで更に増加して, 過去22年間で3回目の三桁目撃となり, 1992年以降の優占種への仲間入りとなった。当年は A_1 , D_2 小区で急減, 二桁は維持したが, 過去21年間の平均を大幅に下回った。

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) : ほとんどの年で優占種。従来は $C_3 > A_2$ 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, B_2 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 B_2 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を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22年間の最高となった。翌年, その B_2 小区で再整地工事が始まり, 目撃集中小区は $C_4 > B_3 > A_4$ 小区となり, 目撃総個体数は半減し, 1998年はさらに造成工事が始められた C_4 小区でも大幅に減少, 二桁台の目撃となった。一方, 代わって C_3 小区と公園化工事の終了で雑草群落が回復した B_2 小区, 加えて従来からの A_2 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, 当年も C_3 小区を中心に, 過去21年間の平均を上回って目撃された。

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) : 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 B_3 , B_4 , C_1 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減少傾向にあり, 1998年は過去22年間の最低となった。2000年からは斜面林に沿う A_4 小区で急増し, 更に前々年は改修工事が終了して一部に斜面林が残された B_3 小区での目撃増が加わって, 過去22年間の最高となった。前年はそれらの小区で急減したが, 当年は再び A_4 小区で増加, 過去21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/?/1/1/0/0/0/0/0/0/0/0/1) : 1986年になって初めて1個体が A_2 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, 当年になって新生虫1個体が目撃された。

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 C_1 小区での急増により, 過去22年間の最高となった。しかし, 秋には C_1 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 C_1 小区での増減に依存していた上, 隣区の C_2 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) : 林地の A_1 , B_1 , C_4 , D_1 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 B_1 , C_1 小区で増加, 過去22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 C_4 , D_1 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

21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) : 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改良工事が終了した。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C₃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, 一桁ではあったがそれまでの最高となった。更に前年はC_{3a}小区で急増, 一気に二桁目撃となり, 当年は更に増えて, 過去22年間の最高となった。

46. コチャバネセセリ (85/125/161/3/82/199/54/173/164/17/77/?/39/16/33/11/26/13/4/0/0/2/1) : 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22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年はついに目撃0となった。当年はかろうじて1個体が目撃された。

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) : 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, A₂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。前々年にはA₁小区の林縁で集中的に目撃され, 過去22年間の最高の目撃となった。以後同小区で減少し, 当年も過去21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) : 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) : 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22年間の最高の目撃となった。以後, 三桁目撃は維持しながらも減少傾向を示した。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, 前年は目撃がなく, 当年はA₁

小区での 1 個体目撃に終わった。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) : 1987年になり初めて A₂, 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台となり、1999年には、D₂小区の荒地で大幅に増加して三桁台に突入、初めて優占種となった。前々年は更に増加して、2000年の最高記録を更新した。前年は二桁へと減少したものの、当年は再び三桁目撃に復帰し、過去21年間の平均を大幅に上回った。A区、D₂小区を中心に、C₃小区など伐採、造成後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) : 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、二桁台まで減少したが、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22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_{2a}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22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、前々年以降、三桁目撃まで回復、当年も含めて過去21年間の平均を上回り、優占種にも復帰した。

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) : 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22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った。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、前々年から再び他の小区で複数個体が目撃され、当年も過去21年間の平均を上回る目撃があつて、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/?/0/1/0/0/0/0/0/0/0/0/0) : 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) : 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), 飛翔力も大きいため、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) : 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) : 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、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。以後の目撃はなかった。

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) : C_{3b}小区での道路新設の掘り下げ工事に伴い、2001

年、芝が張られ、イネ科草本なども混入した法面が整備され、卵、幼生などが紛れた可能性がある。いずれにしても、当種の好む日当たりの良い荒地環境は多くなり、次第に増加、前年は他の小区でも目撃され、二桁へと増加、当年は更に増加して、過去22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/?/0/0/0/0/0/0/0/1/0/0)：前々年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。

以上のうち目撃42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2,870、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5以上の27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_d' 、 C_d' 、小林、1995参考）と主成分分析（＝PCA）とを併用して、五つの生息環境（H-I、II、III、IV、V）と五つの下群集（A-I、II、III、IV、V）とを区別した。

生息環境（図2）：前述27種の19調査小区に対する個体数分布から、調査の類似度（ C_d' ——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、+はキアゲハ>ベニシジミ>ヒメアカタテハ>モンシロチョウ>イチモンジセセリ>チャバネセセリ>スズグロシロチョウ（ $r \geq 0.7$ ）、モンキチョウ>キタテハ>クロアゲハ（ $0.7 > r \geq 0.5$ ）であったことから、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、+がサトキマダラヒカゲ>ムラサキシジミ>カラスアゲ

ハ>キマダラセセリ（ $r \geq 0.7$ ）、ヒカゲチョウ>アオスジアゲハ（ $0.7 > r \geq 0.5$ ）で、環境の森林化に関係していると考えられた。第3軸は+がジャコウアゲハ>ヒメウラナミジャノメ>アゲハ>ルリシジミ>キチョウ（ $r \geq 0.7$ ）、第4軸は+がギンイチモンジセセリ>ミヤマチャバネセセリ（ $r \geq 0.7$ ）、ツバメシジミ（ $0.7 > r \geq 0.5$ ）、第5軸は+がヤマトシジミ>ウラナミシジミ、-がヒカゲチョウ（ $0.7 > r \geq 0.5$ ）（累積寄与率=81.7%）と関係が深く、それらを考慮した上で、前2軸（累積寄与率=44.2%）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五つに分けた。1999年から前年まで森林群集の唯一の生息環境であった斜面林の中の調査小区B₁が、本編で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小区の扱いとなった。

H-I：斜面林に沿う人家周辺域（A₁）、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}）（＝林縁）。

H-II：耕作地（A₃）がその代表であり、人家周辺域（A_{2b}、D_{2b}）造成後荒地と耕作地との混在域（A_{4a}、A_{4b}）、新設された道路端荒地（C₂、C_{3b}、C₄）、新設建物周辺域（D₁、D₃）など人為的影響が強いオープンな環境、及び唯一残された斜面林の中の調査小区（B₁）（＝村落周辺域；従来は人家周辺域で表現してきたが、前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-III：公園緑地（B₂）と新設道路端やその周辺の空き地（B₃、B₄、C₁）で芝その他のイネ科草本とタンポポ、ヒメジヨウ、ニワセ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（＝市街緑地）。

H-IV：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-V：畑地が放棄され、ところどころで短茎雑草群落（キツネノマゴ、カタバミ、イネ科

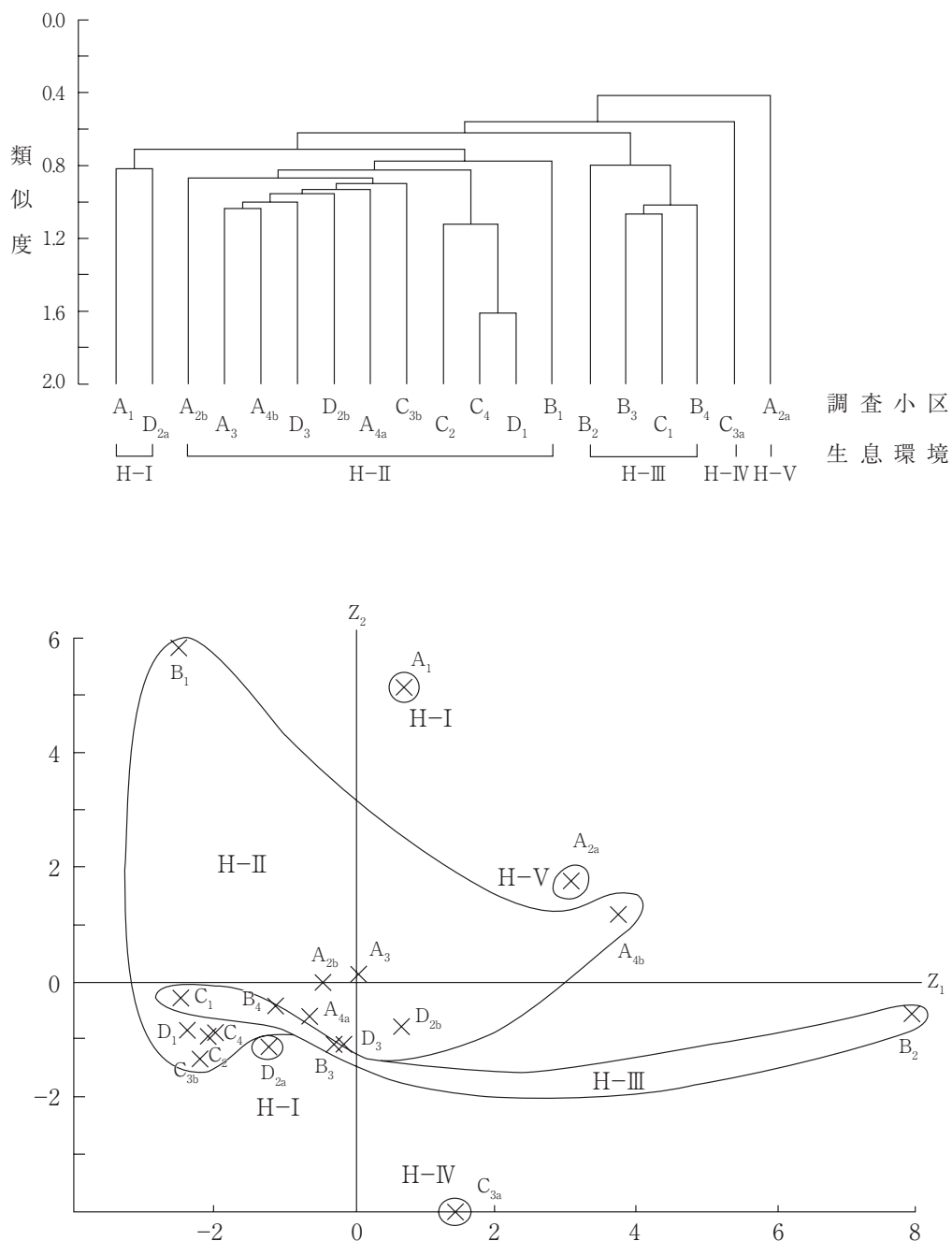


図2 チョウ相（補正総個体数5以上の27種）からみた調査環境の類似性。上段：群分析（ C_{λ} ）。下段と対応させて五つの生息環境（H-I～V）に分類。下段：上段と対応した各調査小区の主成分得点の分布。

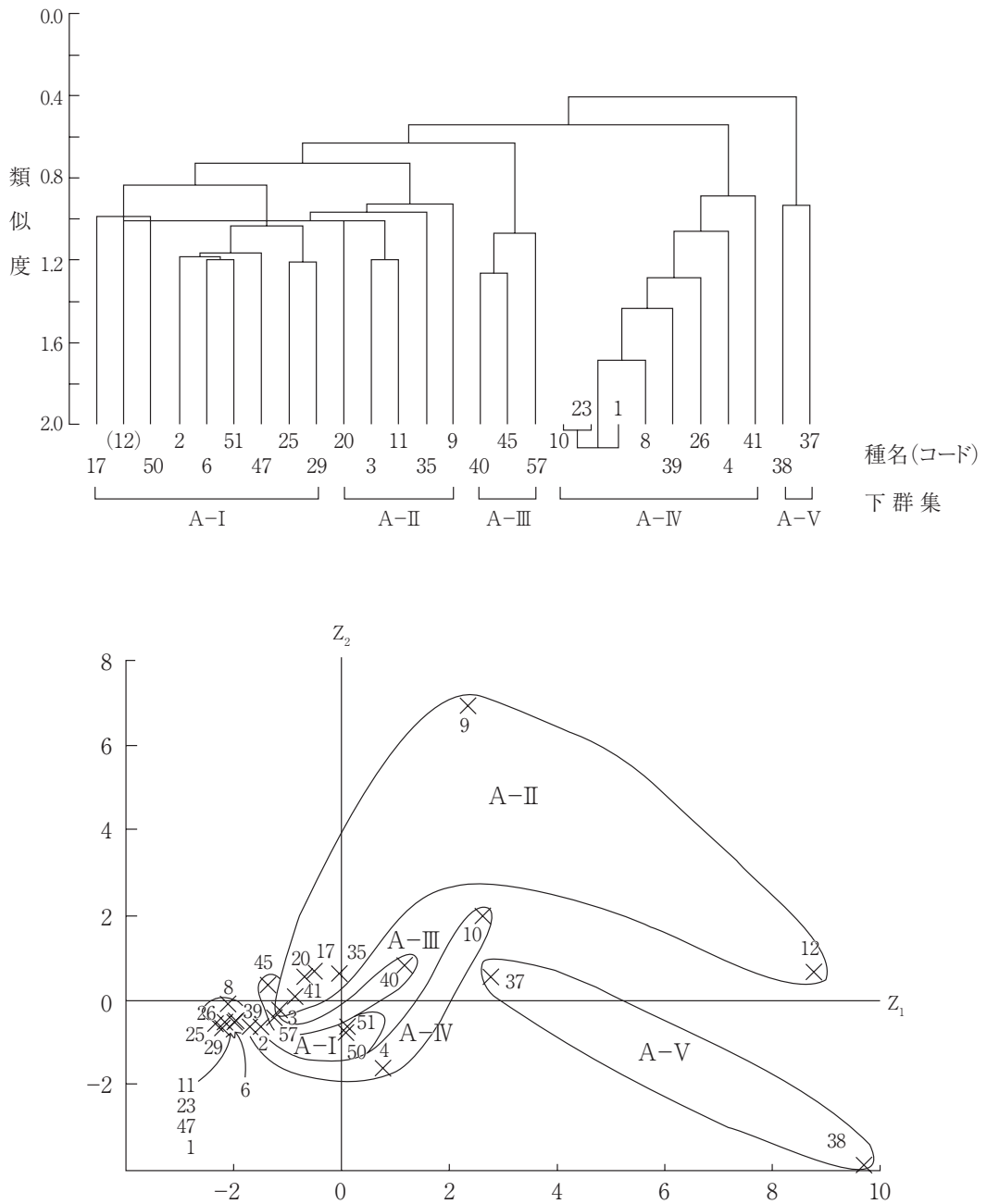


図3 補正総個体数5以上の27種についての環境選好性の類似性. 上段: 群分析 (C_δ'). 下段と対応させて五つの下群集 (A-I ~ V) に分類. 種名コードは図1と対応. 下段: 27種の主成分得点の分布.

表4 1982～2004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
目撃総種数	43	40	42	41	44	45	43	44	43	39	43	—
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	—
多様性 (H')	4.31	4.31	4.29	4.06	4.23	4.49	4.40	4.48	3.65	4.20	4.38	—
均等性 (J')	0.796	0.810	0.796	0.757	0.774	0.818	0.811	0.821	0.676	0.795	0.806	—
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	—

調査年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005までの平均
目撃総種数	41	41	42	41	41	43	39	37	40	38	42	41.4
総目撃個体数	2,018	3,012	1,454	2,162	3,090	2,978	3,069	2,637	3,313	2,886	2,870	2,305
多様性 (H')	4.10	3.74	4.20	4.00	3.75	3.76	3.97	3.71	3.93	4.03	3.70	4.09
均等性 (J')	0.765	0.699	0.780	0.747	0.700	0.693	0.750	0.713	0.739	0.768	0.686	0.763
優占種の優占率	76.0	77.1	79.6	81.0	71.7	84.2	82.7	81.0	86.7	85.2	84.7	80.4

草本など) が形成された荒地が点在する調査小区 (A_{2a}) (= 村落荒地)。

チョウ下群集 (図3) : 前述27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_s : 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 B_1 , C_1 , C_2 , C_{3a} を除く全ての調査小区で+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 $C_1 > B_4$ ($r \geq 0.7$), $B_2 > B_3$ ($0.7 > r \geq 0.5$) 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。更に C_{3a} は第3, 4軸 ($0.7 > r \geq 0.5$) と, B_1 は第5軸 ($r \geq 0.7$) と, C_2 は第6軸 ($0.7 > r \geq 0.5$) との関係が認められ, 第3軸以降も考慮した上で (累積寄与率=92.6%), 前2軸 (累積寄与率=65.0%) 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, 五つの下群集を区別した。

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

A-II : 市街緑地 (H-III) に対応する下群集 (= 市街緑地群集と仮称)。

A-III : 造成後荒地 (H-IV) に対応する下群集 (= 荒地群集と仮称)。

A-IV : 林縁 (H-I) や村落周辺域 (H-II) に対応する下群集 (= 林縁群集と仮称)。

A-V : 村落荒地 (H-V) に対応する下群集 (= 村落荒地群集と仮称)。

これら五つの生息環境 (林縁, 村落周辺域, 市街緑地, 造成後荒地, 村落荒地) に五つのチョウ下群集 (村落周辺群集, 市街緑地群集, 荒地群集, 林縁群集, 村落荒地群集) を対応させ, さらに目撃5個体以下の15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42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。村落周辺群集には, イチモンジセセリ>チャバネセセリを優占種 (平均個体数=68.3を上回った種) とする15種342個体, 市街緑地群集にはモンシロチョウ>モンキチョウ>ベニシジミを優占種とする6種948個体, 荒地群集にはツバメシジミを優占種とする4種201個体, 林縁群集にはキチョウ>アゲハを優占種とする15種403個体, 村落荒地群集にはヤマトシジミ>ウラナミシジミを優占種とする2種976個体が属した。前年までは, 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が, 当年は森林群集は独立した下群集としては成立せず, 一方, オープンランド群集は村落周辺群集, 市街緑地群集, 村落荒地群集の三つに分岐して表現された。これまで森林群集に属していた種も村落周辺群集や林縁群集に所属が分かれた。今後の森林群集の復活も林地の B_1 小区での目撃個体数の減少を考えると難しいと思われる, 当年は, 今後の調査次第では森林群集の消滅した年として判断される可能性もある。

以下、本編で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を踏襲して前述 3 下群集をまとめてオープンランド群集として扱った上で、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 42 種は過去 21 年間の平均 (=41.4) を上回ったが (表 4), 2001 年から続いている減少傾向に変わりはない (r = -0.508, p < 0.05)。生息環境別では最も多くの種が村落周辺域 (H-II) で目撃され、林縁

(H-I), 市街緑地 (H-III), 村落荒地 (H-V) が続き, 造成後荒地 (H-IV) ではほぼ半減した (表 5)。

オープンランド群集 (村落周辺群集+市街緑地群集+村落荒地群集) の 23 種は村落周辺域や市街緑地, 村落荒地で目撃され, 過去 21 年間の平均を大きく上回り (18/1982 年, 20/1983 年, 16/1984 年, 5/1985 年, 18/1986 年, 17/1987 年, 20/1988 年, 8/1989 年, 11/1990 年, 16/1991 年, 22/1992 年, 9/1994 年, 7/1995 年, 7/1996 年, 16/1997 年, 7/1998 年, 10/1999 年, 9/2000 年, 10/2001 年, 6/2002 年, 11/2003 年), 前年までの減少傾向を打ち消してしまった (r = -0.322, p > 0.05)。

村落周辺群集と林縁群集はともに構成種数が多く, 前者は特に村落周辺域で, 後者は特に林

表 5 五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		H-V		全体	
	種数	割合 (%)	種数	割合 (%)	種数	割合 (%)	種数	割合 (%)	種数	割合 (%)	種数	割合 (%)
A-I	7	28.0	14	41.2	7	29.2	4	21.1	7	29.2	15	35.7
A-II	3	12.0	6	17.6	6	25.0	5	26.2	6	25.0	6	14.3
A-III	2	8.0	3	8.8	2	8.3	4	21.1	3	12.5	4	9.5
A-IV	11	44.0	9	26.5	7	29.2	4	21.1	6	25.0	15	35.7
A-V	2	8.0	2	5.9	2	8.3	2	10.5	2	8.3	2	4.8
全 体	25	100.0	34	100.0	24	100.0	19	100.0	24	100.0	42	100.0

表 6 五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		H-V		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 (%)	個体数	割合 (%)
A-I	57	15.1	166	15.3	55	8.7	29	13.9	35	6.2	342	11.9
A-II	33	8.7	399	36.7	425	67.7	18	8.6	73	12.9	948	33.0
A-III	2	0.5	52	4.8	36	5.7	107	51.2	4	0.7	201	7.0
A-IV	129	34.0	173	15.9	60	9.6	24	11.5	17	3.0	403	14.1
A-V	158	41.7	297	27.3	52	8.3	31	14.8	438	77.2	976	34.0
全 体	379	100.0	1,087	100.0	628	100.0	209	100.0	567	100.0	2,870	100.0

表 7 五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		H-V		全体	
	H'	J'	H'	J'	H'	J'	H'	J'	H'	J'	H'	J'
A-I	2.271	0.809	2.539	0.667	2.147	0.765	1.745	0.872	2.129	0.759	2.554	0.654
A-II	1.274	0.804	1.459	0.564	2.002	0.775	2.078	0.895	1.742	0.674	1.926	0.745
A-III	1	1	1.340	0.846	0.310	0.310	1.436	0.718	1.500	0.946	1.346	0.673
A-IV	2.391	0.691	2.062	0.651	1.578	0.562	0.900	0.450	1.993	0.771	2.258	0.578
A-V	0.493	0.493	0.770	0.770	0.706	0.706	0.555	0.555	0.763	0.763	0.766	0.766
全 体	3.29	0.708	3.614	0.71	3.317	0.723	3.303	0.778	2.134	0.465	3.702	0.686

縁で最も多く目撃された。一方、市街緑地群集や荒地群集、村落荒地群集での所属種数は少なかったが、市街緑地群集と村落荒地群集の二者は優占種群集の特徴を持ち、その特性がこれまでは同じオープンランド群集としてまとめられていた村落周辺群集との区別点となっている。今後これら旧オープンランド群集が分岐した3下群集の関係がどのように変わって行くのか興味のある所である。

荒地群集は4種で構成され、造成後荒地(H-IV)で全種が目撃され、林縁群集の15種は林縁(H-V)を特徴とするも、村落周辺域でも多くが目撃された。

調査小区別のほとんど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は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21年間の平均を上回り(表4)、22年間で増加傾向を示した($r = 0.702$, $p < 0.001$)。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}小区での造成地化の開始で、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。以後は増加傾向が顕著で、当年を含む7年間は前々年の過去最高を筆頭に過去平均を上回る目撃となった。生息環境別では村落周辺域に多くが集中し、市街緑地>村落荒地>林縁>造成後荒地と続いた(表6)。

村落周辺群集、市街緑地群集、村落荒地群集を合わせたオープンランド群集は、当調査地での総目撃個体数の4/5に上り、調査小区別のほ

とんどの小区でオープンランド群集>他の下群集となり(図4B)、当年は更に勢力を拡大し、前述の三つの下群集に分岐したことになる。村落周辺群集は村落周辺域で、市街緑地群集は市街緑地、特にB₂小区で、村落荒地群集は村落荒地で目撃個体数が最も多く、オープンランド群集としては過去21年間の平均を大幅に上回り、22年間で増加傾向を示した(702/1982年、832/1983年、662/1984年、270/1985年、579/1986年、686/1987年、1,058/1988年、556/1989年、893/1990年、810/1991年、1,421/1992年、705/1994年、777/1995年、443/1996年、1,499/1997年、876/1998年、1,072/1999年、1,510/2000年、944/2001年、967/2002年、1,553/2003年、 $r = 0.637$, $p < 0.01$)。中でも優占種が多くを占める村落荒地群集と市街緑地群集の目撃個体数が多く、オープンランド群集と従来はほぼ重複していた村落周辺群集は三つの中では最小となった。

一方、森林群集は、後年は林地よりも村落周辺域での目撃個体が多くなるなど徐々に縮小し、総目撃個体数は、1982年以降、1985年を除いて続いていた増加が止まって、1988年以降は減少傾向が顕著となり、1991年以後は1995年と1998年を除いてさらにその減少傾向に拍車がかかり(1,020/1982年、1,328/1983年、1,351/1984年、609/1985年、1,469/1986年、1,621/1987年、1,076/1988年、883/1989年、813/1990年、742/1991年、668/1992年、333/1994年、1,714/1995年、530/1996年、633/1997年、2,214/1998年、290/1999年、137/2000年、845/2001年、117/2002年、180/2003年)、当年はついに下群集として消滅した扱いになった($r = -0.513$, $p < 0.05$)。特に、1999年以降は、更なる林地ルート縮小工事を受けて、林地は斜面林のB₁小区とA₁小区の一部のみとなり、更に前者でも林の孤立化と成熟化(鬱閉度の上昇)の影響を受けて総目撃個体数が激減し、前々年からは当調査地の最も小さな下群集となって当年に至ったことになる。この状態が以後も続けば、オープンランド群集の3下群集を

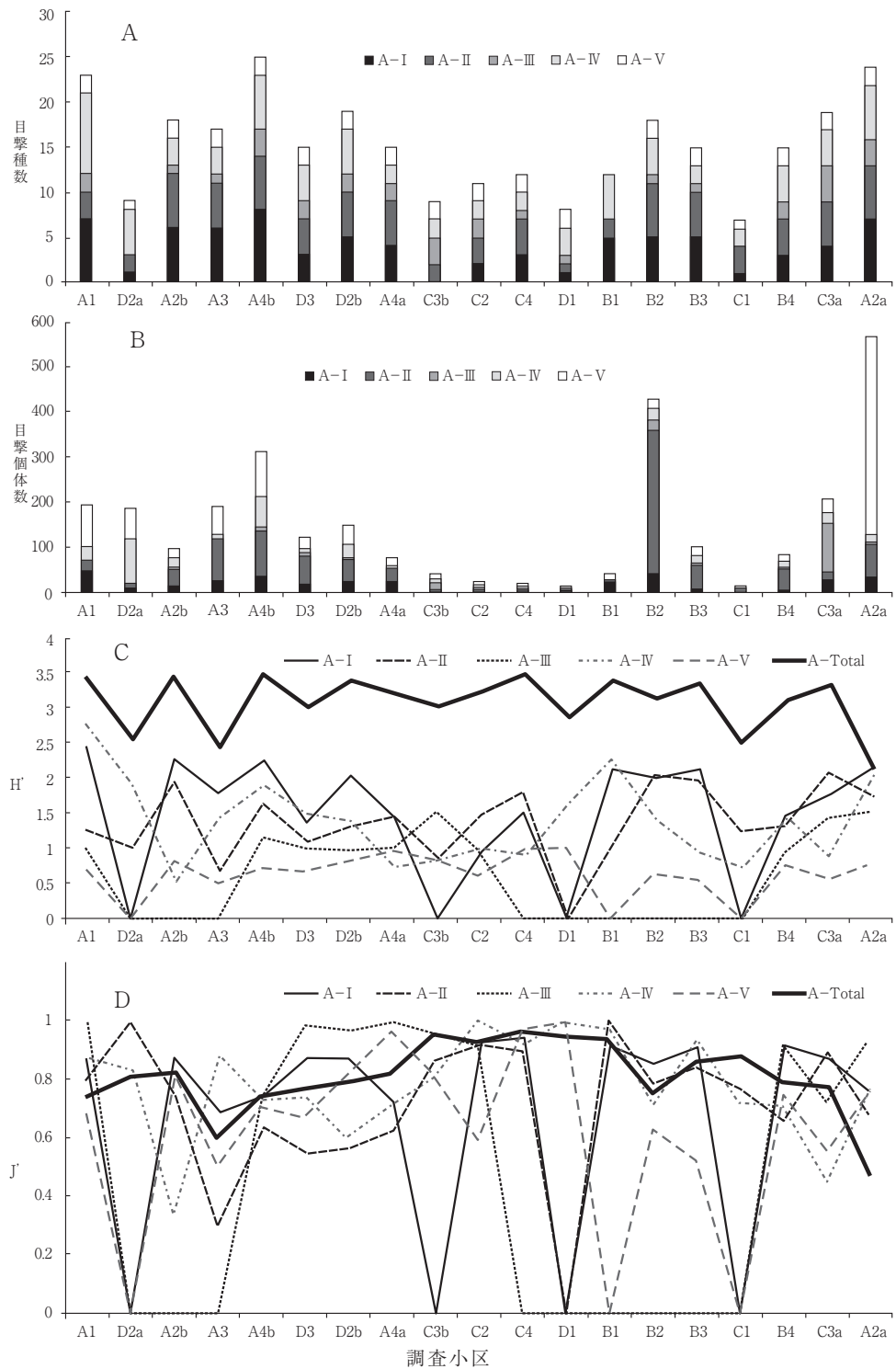


図4 種数 (A), 個体数 (B), 多様性 (C), 均等性 (D) の下群集別にみた調査小区における違い.

軸に今までは対立軸の外にあった造成後荒地に目撃が集中する荒地群集や林縁、特にD_{2a}小区と村落周辺域で目撃個体の多い林縁群集などの新下群集を加えた分析とそれぞれの新下群集の今後に焦点が移って行くことになる。

4. 多様性

群集全体の多様性 (= H' , Kobayashi, 1981 参考) は村落周辺域>市街緑地>造成後荒地>林縁>村落荒地の順で高かったが、均等性値から判断して、村落荒地では寡占化、造成後荒地では当該生息環境での総目撃個体数の減少を反映していたことが分かる(表7)。1987~89年をピークに1990年と1995年に大きく落ち込み、1997年以降は当年も含めて過去の平均を下回り、全体として低下傾向となり(表4, $r = -0.666$, $p < 0.001$)、目撃種数($r = 0.479$, $p < 0.05$)及び均等性($r = 0.981$, $p < 0.001$)との相関が高く、目撃種数の減少と均等性の低下($r = 0.613$, $p < 0.01$)の相乗作用がうかがえた。

3下群集をまとめたオープンランド群集では $H' = 2.982$, $J' = 0.659$ 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3年間と比べて大幅に増えたため、当年は過去21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年, 2.54/1984年, 0.78/1985年, 2.76/1986年, 2.73/1987年, 3.24/1988年, 2.01/1989年, 2.20/1990年, 2.73/1991年, 3.54/1992年, 2.05/1994年, 1.68/1995年, 1.55/1996年, 2.86/1997年, 2.18/1998年, 1.78/1999年, 2.34/2000年, 1.18/2001年, 1.78/2002年, 2.60/2003年, $r = -0.217$)、目撃種数($r = 0.866$, $p < 0.001$)と均等性($r = 0.801$, $p < 0.001$)との相関は高かった。新下群集では村落周辺群集>林縁群集>市街緑地群集>荒地群集>村落荒地群集となり所属種数の多さの順となっていた。

調査小区別変化では、群集全体の多様性は種数との相関が認められない($r = 0.187$, $p > 0.05$)

一方、均等性との相関は認められた($r = 0.504$, $p < 0.05$)。五つの新下群集の多様性値全てが種数との相関が高く($p < 0.001$)、林縁群集を除く四つの下群集では均等性値との相関も高かった($p < 0.01$)(図4C, D)。

5. 優占種

優占種(平均個体数=68.3を越えた種)は、ヤマトシジミ>モンシロチョウ>ウラナミシジミ>モンキチョウ>キチョウ>ベニシジミ>イチモンジセセリ>ツバメシジミ>アゲハ>チャバネセセリの10種で、これらで総目撃個体数の84.7%(=2,432/2,870)を占め、経年傾向は見いだせなかったが($r = 0.302$)、過去21年間の平均を上回った(表4)。内訳は、オープンランド群集で7種、荒地群集で1種、林縁群集で2種となった。森林群集では後年になると優占種が存在しない年も出始めていたが、一方、オープンランド群集では優占種の下群集総目撃個体数に占める割合が9割近くの状態が1999年以降連続し、優占種による寡占化が後年程目立ち($r = 0.678$, $p < 0.01$)、それが当年のオープンランド群集の優占種を中心にした分岐へと帰結したことになる。一方、調査期前半には森林群集の中で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、コミスジ、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、当年は下群集さえ維持ができない状態になったことになる。また、前年のルリシジミとサトキマダラヒカゲの久しぶりの優占種への復帰は一過性に終わり、当年はウラナミシジミとチャバネセセリが再び優占種に加わり、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。

6. 22年間の変化(=市街化の影響)

目撃された42種の目撃総個体数(=実数, 山本, 2020d 参考)のそれぞれについて過去21年

表 8 調査年ごとの目撃総個体数の増加種・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	26	8	6	↗ **	↗	
1984	21	16	5	→	↗	
1985	14	25	2	↘	↗ *	*
1986	24	20	0	↗	→	
1987	29	16	0	↗ *	→	
1988	26	13	4	↗	↗ *	
1989	20	21	3	↘	→	*
1990	19	18	6	→	↗ *	**
1991	8	27	4	↘	↘ **	
1992	19	21	3	↘	↗	
1993	—	—	—			
1994	15	24	2	↘ **	↗	**
1995	23	16	2	→	→	
1996	12	29	1	↘	→	
1997	16	23	2	↘ **	↗	**
1998	21	19	1	→	↗	
1999	17	20	6	↘ *	↗	**
2000	21	15	3	↘ *	↗ **	**
2001	17	18	2	↘	→	
2002	24	14	2	↘	↗ *	
2003	25	12	1	↘	↗	*
2004	16	24	2	—	→	

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

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。2004 年に目撃総個体数の最高値を示した種が 5 種 (A - II 群集 = 2, A - III 群集 = 3), 過去 21 年間の平均を上回って目撃された種が 11 種 (A - I 群集 = 5, A - II 群集 = 3, A - IV 群集 = 1, A - V 群集 = 2), 平均とほぼ同じだった種が 2 種 (A - I 群集 = 1, A - IV 群集 = 1), 平均を下回って目撃された種が 19 種 (A - I 群集 = 7, A - II 群集 = 1, A - III 群集 = 1, A - IV 群集 = 10), 2004 年に最低値を示した種が 5 種 (A - I 群集 = 2, A - IV 群集 = 3) となった。前二者を増加種 (= 16), 後二者を減少種 (= 24) とし, 同様の処理を遡って 1983~2003 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き, 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。更に, 2000 年以降, 再び増加種数 > 減少種数状態の復活が前年まで続き, 当年, 再度減少種優勢状態となった。一方, 下群集では森林群集は 1991 年以降一貫して減少種優勢状態が前年まで続き, 当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。また、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22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工事を手始めに、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、オオキンケイソウ、コゴメツメクサなど）が定着する（前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2小区のみとなり、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、今後と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ないように思われた。実際、過去22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、テングチョウ、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った。後3種の侵入種を含め、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8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8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、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チョウ相への最終的な変化を促すものとなろう。

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2004年における生息環境に基づくチョウ相変化についての報告である。同年、3～11月にかけて1旬につき2回の調査で5科42種3,619個体が目撃され、距離補正の上（総補正個体数＝2,870）、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5以上のチョウ27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、五つの生息環境（林縁、村落周辺域、市街緑地、造成後荒地、村落荒地）と五つの下群集（村落周辺群集、市街緑地群集、荒地群集、林縁群集、村落荒地群集）を区別した。

2. 村落周辺域にはイチモンジセセリ>チャバネセセリを優占種とする15種342個体の旧オープンランド群集と重なる村落周辺群集が成

立していた。

3. 市街緑地にはモンシロチョウ>モンキチョウ>ベニシジミを優占種とする6種948個体が属する市街緑地群集が成立していた。

4. 造成後荒地にはツバメシジミを優占種とする4種201個体が属する荒地群集が成立していた。

5. 林縁にはキチョウ>アゲハを優占種とする15種403個体の林縁群集が成立していた。

6. 村落荒地にはヤマトシジミ>ウラナミシジミを優占種とする2種976個体が属する村落荒地群集が成立していた。

7. 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、当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、当年では村落荒地群集>市街緑地群集>村落周辺群集へと三分された。

6. 総目撃個体数と目撃総種数は過去21年間の平均を上回ったが、多様性、均等性は過去21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、森林群集は消滅する一方、他の群集内では優占種による寡占化が加速し、今後と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.

—— (2020d) 「龍ヶ崎市周辺のチョウ相, 2004年
——季節消長」同上. 55(2) : 15-37.

Synopsis

Yamamoto, Michiya, 2021. Community structure of butterflies observed in and near Ryugasaki, 2004, based upon their habitat preference. Ryutsu-keizai Daigaku Ronshu (The Journal of Ryutsu-keizai University), Vol. 55, No.3: 1-28.

A butterfly community in Ryugasaki, Ibaraki Pref., was composed of five subcommunities (village area subcommunity, town's green space one, wasteland one, forest edge one and village wasteland one) in five different habitats (cultivated areas and human habitats, green spaces in urban areas, wastelands developed after clearing, forest edges, and wastelands in and around cultivated areas and human habitats).

A village area subcommunity, including two predominants, *Parnara guttata* and *Pelopidas mathias*, and other 13 species, was formed in and near cultivated areas and human habitats. A town's green space subcommunity, including three predominants, *Pieris rapae crucivora*, *Colias erate*, *Lycaena phlaeas*, and other three species, was formed in green spaces in urban areas. A wasteland subcommunity, including one predominant, *Everes argiades*, and other three

species, was formed in wastelands developed after clearing. A forest edge subcommunity, including two predominants, *Eurema hecabe mandarina* and *Papilio xuthus*, and other 13 species, was formed around forest edges. A village wasteland subcommunity, including two predominants, *Pseudozeuzeria maha* and *Lampides boeticus*, was formed in wastelands in and around cultivated areas and human habitats. The woodland subcommunity classified in the previous papers had disappeared in this year, on the other hand, the openland subcommunity in the previous papers had diverged into three, the village area subcommunity, the town's green space one and the village wasteland one.

Although the total individual number and the total species number observed in 2004's survey had been more than the average number of the preceding 21 years, the community diversity index and the community equitability index showed less value than the average level in the preceding 21 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, and then it had disappeared in this year, as open habitats had enlarged with the final progress of urbanization in and around the survey route.