

大泉川流域のチョウ類群集のトランセクト調査による 里山環境の評価

有本実・中村寛志

信州大学農学部応用昆虫学研究室

Evaluation of the Satoyama Environment by Transect Counts of the Butterfly Community
at the Basin of the River Ohizumi

Minoru ARIMOTO and Hiroshi NAKAMURA

Entomological Laboratory, Faculty of Agriculture, Shinshu University

Abstract Seasonal change of the butterfly community at the basin of the River Ohizumi in Nagano Prefecture was investigated and its environment was evaluated by structural analysis of the butterfly community. Thirteen investigations were done along the road on the River Ohizumi of about 4.2 km using transect counts in the period from April 27 to October 12 in 2001. Sixty-seven species of 8 families and 1420 individuals could be confirmed in these investigations and the mean individuals per one investigation was 109.2. Butterflies inhabiting in the coppice (Satoyama) accounted for 44.8% and dominant species were *Colias erate*, *Pieris melete* and *Argynnis paphia*. The average value of Simpson's diversity index was 8.66 ranging from 3.73 to 17.40. It became clear by analyzing the structure of the butterfly community using existence ratio of environmental stage (ER) that the environment was classified into afforested stage. It was indicated by the grouping RI index method that the diversities of species living in the heights, the coppice and the river side were nearly same values at the basin of the River Ohizumi.

Key word : Butterfly community, Transect counts, Satoyama, The River Ohizumi, RI-index

チョウ類群集, トランセクト調査, 里山, 大泉川, RI 指数

緒 言

里山は日本において森林と農山村における人々の生活上の必要性との折り合いの下で形成・維持されてきた。採草地は牛馬の飼料や茅葺屋根の材料に使われ、また雑木林は 20 ~ 30 年に一度、部分的に伐採して薪や炭にされ、下草や落葉は堆肥として利用された。しかし 1960 年代の高度経済成長期以降、化石燃料と化学肥料の普及、農業の機械化により里山本来の存在価値は失われた。近年、各地で里山の放置、宅地開発、

農地整備が進行した結果、そこに生息していた我々にとって身近な動植物の衰退が顕著になっている（日本林業技術協会, 2000）。中でも馴染みの深いメダカやゲンゴロウ、秋の七草に数えられているキキョウやフジバカマ等が環境省のレッドリストに記載されるに至った。最近では、特に自然に対する理解や共感を得る場としての環境教育の観点から里山の見直しが進んでおり、全国的に身近な自然環境の再生や保全が重要な課題になってきている（広木・石原, 2002）。

里山保全の適切な方策を講じるには、まずその環境

の状況や構造とその自然度を正確に把握すること、いわゆる環境評価が必要不可欠である。近年昆虫相のデータを用いた環境評価が盛んに行われているが、とりわけチョウ類は種の同定が容易であり、また多くの愛好家がいる、他の生物と比較して生態的な知見が豊富である。そのため、種ごとに生息分布度や環境指標値を設定することが可能であり、最近では環境評価を目的とするさまざまなデータ解析法が提案され（山本、1988；田中、1988；巢瀬、1993；中村、1994；田下・市村、1997）、また実際に環境評価や環境アセスメントに積極的に利用されている（桜谷・藤山、1991；中村・豊嶋、1995；吉田、1997）。

本研究では、伊那谷を流れる天竜川水系の一つである大泉川の里山流域部のチョウ類群集を調査し、その季節変動を明らかにするとともに、チョウ類群集の構成や多様性について解析し、里山環境の評価を行うことを目的とした。併せて、長野県における里山の環境を評価する上で指標になると考えられるチョウ類の選定を試みた。

材料と方法

1. 調査地域

調査地とした大泉川は、木曾山脈大泉山に源を発して長野県上伊那郡南箕輪村大泉新田、大泉などの集落をうるおし、南殿集落の南において天竜川に注ぐ流路距離約 8 km の支流である。調査は、標高約 860 m の吹上地区から大泉ダムを経て、林道の終点の標高 1130m 付近までの約 4.2km の地域で行った（図 1）。ダムサイトより下流側の吹上地区では水田が広がっており、所々にキャベツ畑やトウモロコシ畑も見られた。ダムサイトより上流側の林道にはミズナラやコナラ、



図1 トランセクト調査を行った大泉川流域

クリなど落葉広葉樹が主体の雑木林が広がり、一部カラマツが植林されている所もあった。

2. 調査方法

調査はトランセクト法を用い、設定したルートを歩き、左右、前方、上方約 5m の範囲内で目撃したチョウの種と個体数を、同一個体の重複を避けて記録した。目視で同定できない種のみネットで捕獲して確認した。調査中に種の確認ができなかったものについては、捕獲できたものについては持ち帰り同定し、捕獲できなかったものは記録に入れなかった。ただし、本調査ではスジグロシロチョウ *Pieris melete* とエゾスジグロシロチョウ *Pieris napi* は同一種としてカウントした。

調査は 2001 年 4 月 27 日から 10 月 12 日の期間に、晴天微風の日を選び午前 10 時から 12 時の間で 2 週間に 1 回、合計 13 回行った。

3. 解析方法

本調査で収集したデータを解析する方法として、種数、個体数および Simpson (1949) の多様度指数 λ 、巢瀬 (1993) の EI 指数、田中 (1988) の環境階級存在比 (ER)、中村 (1994) の RI 指数を使用した。

Simpson の多様度指数 λ この指数は、確率論に基づく平均多様度指数で、種数と種ごとの個体数の均一性を表現する指数で、以下の式で求められる。

$$\lambda = \sum n_i(n_i - 1) / N(N - 1)$$

N : 総個体数, n_i : i 番目の種の個体数

群集に 1 種しかいないときは $\lambda = 1$ となる。したがって本研究では、多様度の尺度として $1/\lambda$ を用いた。 $1/\lambda$ は種数が多く均一性が高くなるほど大きな値となり、その群集の多様性が大きいことを示す。

EI 指数 この指数は、日本産チョウ類各種に環境の評価値を与え、確認された全種の合計値により環境を評価するものである。数値が大きいほどチョウにとっての自然環境が良好であることを示す。以下の式で求められる。

$$EI = \sum X_i$$

X_i : i 番目の種の環境指数

環境階級存在比 (ER) ER は、チョウ類のトランセクト調査から、その地域の環境や自然度を判断する方法である。これは日本産チョウ類に与えられた生息分布度と指標値をベースに、種数と個体数データから 4 つの環境段階の ER (X) をそれぞれ次の式で求め、その構成割合から環境を評価するものである。

$$ER(X) = (\sum X_i \cdot T_i \cdot L_i) / (\sum T_i \cdot L_i)$$

X_i ; i 番目の種の環境段階の生息分布度 (X ; α

原始段階, β 非定住利用段階, γ 農村人里段階, δ 都市段階), T_i ; i 番目の種の年間補正総個体数, L_i ; i 番目の種の指標値.

良好な環境ほど原始段階の比率が高くなり, 都市段階の比率が小さくなる. 本研究では, T_i として年間総個体数を調査ルート 1km あたりに換算した値を使用した.

RI指数 この指数は個体数をランク値(順位)に置き換えて求めるもので, 0 から 1 までの値をとり, 1 に近いほど種数, 個体数ともに多いことを示す. 種の個体数の多少を順位変数でランクづけすることにより, ラフなデータであっても取り扱うことができる利点がある.

$$RI = \sum R_i / \{S(M - 1)\}$$

S; 調査対象種数, M; ランクの数, R_i ; i 番目の種のランク.

本研究では, チョウ類の個体数ランクを次の 5 段階に決めた. ランク 0: 個体数 0, ランク 1: 個体数 1 ~ 2, ランク 2: 個体数 3 ~ 9, ランク 3: 個体数 10 ~ 29, ランク 4: 30 個体以上.

結 果

1. 種数と個体数

本調査では 8 科 67 種 1420 個体が確認され, 1 回の調査あたりの目撃個体数は, 109.2 個体であった. 確認したチョウの科別ごとの種数とその割合を, 浜ら (1996) の「信州の蝶」による長野県産全種の科別種数とあわせて表 1 に示した. これより大泉川の調査地は長野県産種数と比較してタテハチョウ科の割合が高く, シジミチョウ科の割合が低いことが分かり, 本調査地の南西約 9.5km に位置する天竜川水系小黒川中流域(以下小黒川)におけるチョウ類の科別種数(中村・田中, 2001)と同様の傾向が見られた.

2. 種構成

表 2 は, 浜ら (1996) が分類した長野県産チョウ類の生息区分を用いて確認種をグループ分けしたものである. これによると, 大泉川は里山性と高原性のチョウ類で約 75 % を占め, 中でも里山性の種が 44.8 % と高い割合を示し, 中心種であった. 一方, 高山チョウは 1 種も確認されなかった. また, 本調査では環境庁 2000 年度版レッドリスト種の準絶滅種に分類されているチョウとして高原性のヒメシジミ *Plebejus argus*, 里山性のオオムラサキ *Sasakia charonda* とキマダラモドキ *Kirinia fentoni* の 3 種が確認された.

表1 大泉川と長野県産チョウの科別種数の比較

科名	大泉川		長野県*	
	種数	%	種数	%
セセリチョウ科	5	7.5	20	13.4
アゲハチョウ科	5	7.5	12	8.1
シロチョウ科	6	9.0	13	8.7
シジミチョウ科	15	22.4	45	30.2
マダラチョウ科	1	1.5	1	0.7
テングチョウ科	1	1.5	1	0.7
タテハチョウ科	24	35.8	37	24.8
ジャノメチョウ科	10	14.9	20	13.4
合計	67	100	149	100

* 浜ら (1996) による.

表2 確認種の生息区分

生息区分	大泉川		長野県*	
	種数	%	種数	%
高山	0	0.0	10	6.7
高原	20	29.9	52	34.9
里山	30	44.8	58	38.9
河畔・郊外	12	17.9	22	14.8
市街地	5	7.5	7	4.7
合計	67	100	149	100

* 浜ら (1996) による.

表3 大泉川における優占上位10種

種名	生息区分	個体数
モンキチョウ	河畔・郊外	243
スジグロシロチョウ	河畔・郊外	129
ミドリヒョウモン	里山	121
キチョウ	河畔・郊外	80
コチャバネセセリ	高原	77
ウスバシロチョウ	里山	71
モンシロチョウ	市街地	66
ベニシジミ	河畔・郊外	49
ツバメシジミ	河畔・郊外	44
コムスジ	河畔・郊外	44

表 3 に上位優占 10 種の出現個体数と生息区分を示した. 上位 10 種中 6 種までが河畔・郊外性の種で占められる結果となった. これら上位種のうち, 丘陵地や山地の明るい場所によく見られるミドリヒョウモン *Argynnis paphia* やウスバシロチョウ *Parnassius*

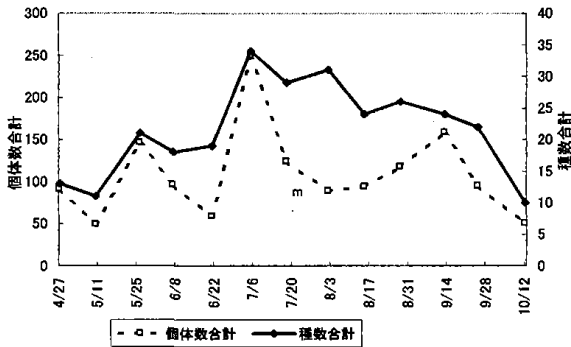


図2 大泉川におけるチョウの種数と個体数の季節変動

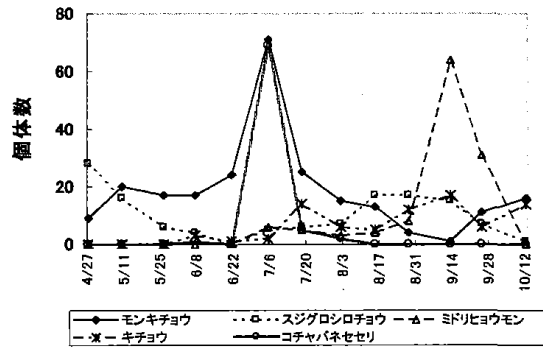


図3 大泉川における優占5種の季節変動

glacialis, ササ類の多い林床に生息するコチャバネセリ *Thoressa varia*, 日当たりの良い林縁で活動するコムシジ *Neptis sappho*などは里山城の本調査地の特徴をよく反映した種である。

3. 季節変動

種数、個体数の季節変動を図2に、また上位優占5種の季節変動を図3に示した。種数、個体数ともに出現ピークは7月上旬にあった。また個体数については、9月中旬に第2のピーク、5月下旬に第3のピークがみられた。これらのピークは図3から、第1のピークがモンキチョウ *Colias erate*とコチャバネセリのピークと、また第2のピークが夏眠明けで個体数が増加してきたミドリヒョウモンのピークと重なっていることがわかる。図には示されていないが、第3のピークはウスバシロチョウのピークと重なっていた。モンキチョウ、スジグロシロチョウは1年を通して確認され、キチョウ *Eurema hecabe*は6月上旬に出現してから調査終了時まで見られた。寒冷地では普通年1化性であるコチャバネセリの出現は、7月上旬から8月上旬に限定されていた。

多様度の季節変動をSimpsonの多様度指数 $1/\lambda$ を用いて、図4に示した。本調査地における多様度指数の値は3.73から17.40の間で変化し、13回の調査の平均は8.66、また全データを込みにして求めた多様度は15.97であった。7月中旬より多様度が上昇し、最も高い値を示した8月2日は、31種89個体のうち個体数が多かった種でモンキチョウが15個体、モンシロチョウ *Pieris rapae*が9個体と際だって出現した種がいなかったため多様度が高くなった。一方、最も低い値を示した5月10日は、11種49個体確認されたうち、モンキチョウが20個体、スジグロシロチョウが16個体で、この2種で全個体数の7割以上を占めていた。

4. 大泉ダムの上流側と下流側におけるチョウ類群集の比較

調査ルートを、環境の大きく異なる大泉ダム上流側と下流側に分けてそれぞれ全確認種数、個体数、多様度指数を算出してまとめたものが表4である。水田や畑として利用されている大泉ダム下流側と比較して、雑木林が広がる上流側では個体数は下流側よりも少なかったが、種数は5種多い54種が確認された。大泉ダム上流側でのみ確認されたチョウは高原性のキベリタテハ *Nymphalis antiopa* やゴイシシジミ *Taraka hamada*, 里山性のスミナガシ *Dichorragia nesimachus* やアカシジミ *Japonica lutea* など計18

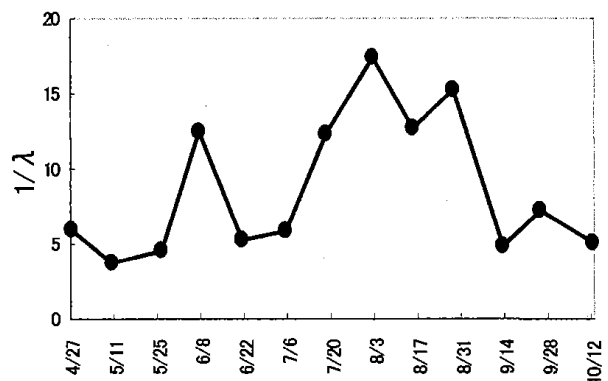


図4 大泉川における多様度指数(1/λ)の季節変動

表4 大泉ダム上流側・下流側の比較

	大泉ダム上流	大泉ダム下流
調査距離	2.2km	2.0km
標高	970～1130m	860～970m
種数・個体数	54種 551個体	49種 869個体
1/λ	15.948	9.697
RI	0.265	0.213
EI	120	102

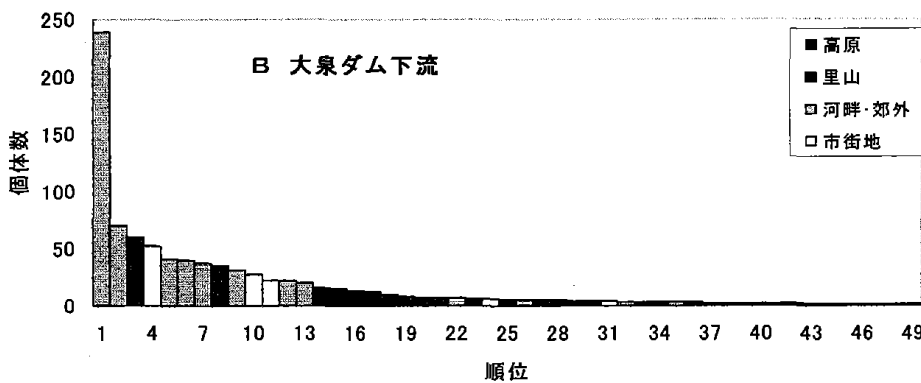
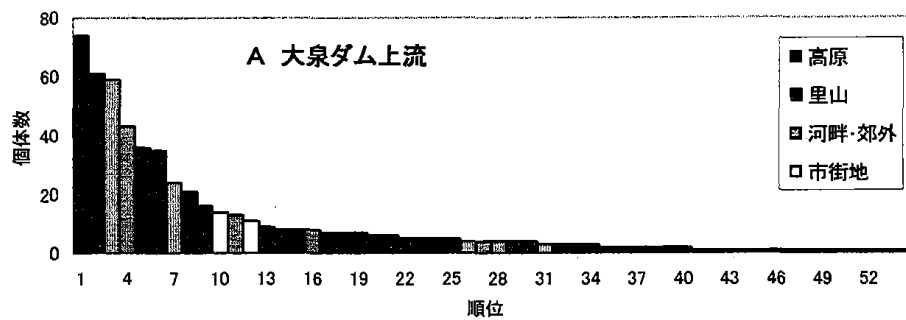


図5 大泉川における優占順位と個体数および生息区分の関係。
A: 大泉ダムより上流のチョウ類個体群,
B: 大泉ダムより下流の個体群。

種であり、一方下流側でのみ確認された種は高原性のヒメシジミや里山性のジャノメチョウ *Minois dryas*, 河畔・郊外性のクロアゲハ *Papilio protenor*, 市街地性のヤマトシジミ *Zizeeria maha* など計 13 種であった。

多様度指数は $1/\lambda$, RI, EI とともに、ルート上に雑木林の林縁部が続く大泉ダム上流側のほうが高い値となり、下流側よりもチョウ類の多様性が高いことが示された。一般にチョウ類の種多様性は、適度な攪乱が働き餌資源が豊富な林縁的環境で最も高くなると言われており(石井, 1995; 田下・市村, 1997; 本田, 1997; 関谷, 1998), 今回の調査においても既存の報告と一致する結果となった。

図 5 は大泉ダム上流側(A)と下流側(B)におけるチョウ類の個体数・順位・生息区分の関係を示したものである。上流側は上位種が概ね高原性や里山性の種で占められているのに対し(図 5A), 下流側では上位種の大部分が河畔・郊外性の種からなり、また上位種の個体数が際立って多く(図 5B), 大泉ダム上流側と下流側ではチョウ類の群集構造が大きく異なっていることが分かった。

5. 環境評価

EI指数 巢瀬(1993)は、EI 指数 0~9 は都市中央部, 10~39 は住宅地, 40~99 は農村・人里, 100

~ 149 は良好な林や草原, 150 以上は極めて良好な林や草原を示すとしている。今回得られた EI 指数をこの分類基準にあてはめると、EI 値 120 の大泉ダム上流側が良好な林や草原, EI 値 102 の下流側が林・草原から農村・人里的環境に変貌しつつある地域である、と判定され、現況とよく一致した(表 4)。また

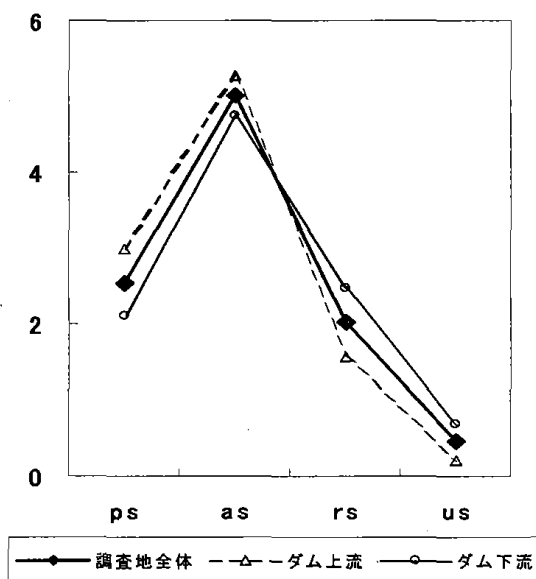


図6 大泉川における環境階級図

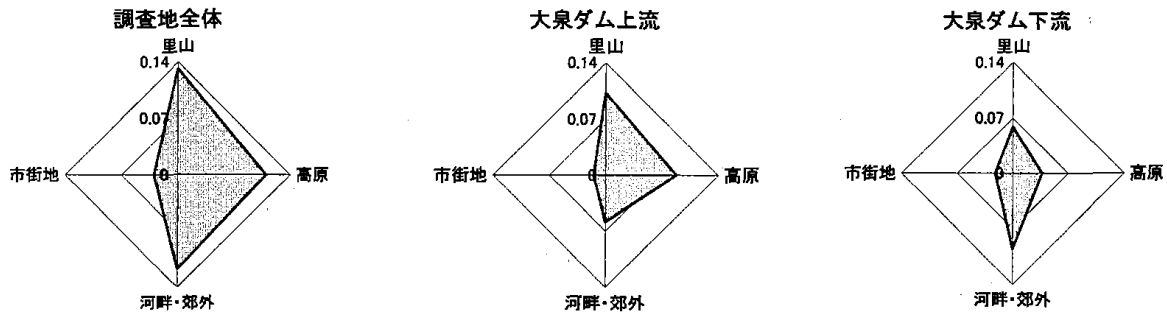


図7 大泉川におけるグループ別RI指数のレーダーチャート(2001年7月5日)

調査地全体で算出したところ EI 指数は 146 となり、本調査地は良好な自然環境の残された地域であることが示された。

環境階級存在比(ER) 環境階級存在比を用いて、調査地域の環境評価を行った結果を図 6 に示した。図中の ps (primitive stage) は天然更新林や極相林といった環境の原始段階、as (afforested stage) は植栽林や里山といった環境の 2 次段階、rs (rural stage) は採草地や農村といった環境の 3 次段階、us (urban stage) は公園緑地や住宅といった環境の 4 次段階を示している。

図 6 を見ると、調査地全体では as がピークで rs と us の値がともに低いグラフとなり、この調査地域は多少の人的攪乱が加わった二次的な自然環境であると判断できる。また大泉ダム上流側では ps, as の値がより高くなり、それに対して下流側では rs, us がそれぞれ高い値を示した。これは大泉ダム上流側、下流側の調査ルートにおける環境の違いを的確に反映したものであるといえる。

グループ別 RI 指数 表 4 に RI 指数を示したが、全種を込みにした RI 指数のみでは種構成を識別できないため、チョウの生息区分別にグループ分けして求めた RI 指数をレーダーチャートにして図 7 に示した。これにより本調査地全体のチョウ類は、市街地性の種以外は全てバランスよく多様性に富んだ群集である、ということが視覚的に把握できる。

また大泉ダム下流側は河畔・郊外性のチョウ類が多く、一方上流側は主に里山性、高原性の種で構成されており、図 5 で示された群集構造の違いをより明確に認識することができた。

考 察

1. 本調査地におけるチョウ類群集の特徴

本調査において合計 67 種 1420 個体のチョウ類が確認された。この調査結果を中村ら (2001) が調査した小黒川のチョウ類、および有本 (2001) が調査した信州大学農学部構内 (以下農学部構内) のチョウ類と比較すると、種数、一回の調査あたりの確認個体数、多様性指数 $1/\lambda$ の全てにおいて本調査地が際立って高い値を示した。人家や農耕地が見られず、カラマツ林と落葉広葉樹が混在している小黒川の調査地は、上位種に高原性のコチャバネセセリやヤマキマダラヒカゲ *Neope nipponica* がランクされ、大泉ダム上流のチョウ相と似通った傾向が見られた。また、畑地や牧草地、グラウンド等に利用されている農学部構内のチョウ類は、河畔・郊外性のモンキチョウや市街地性のモンシロチョウが多く確認され、大泉ダム下流のチョウ類に比較的類似した種構成であった。

本調査地の特徴として、大泉ダム上流側は雑木林、下流側は農耕地が広がり、同じ調査ルート上に連続して二つの大きく異なった景観が存在していることが挙げられる。その違いがチョウ類の群集構造にも反映し (図 5, 6, 7), これらのチョウ類群集が複合された結果、高原性から市街地性のチョウ類が幅広く確認されたため、多様性が高くなったものと考えられる。

2. チョウ類群集を用いた環境評価手法について

EI 指数、環境階級存在比 (ER)、グループ別 RI 指数のそれぞれを用いて本調査地の環境評価を行った結果、全ての指数において大泉ダム上流側と下流側における環境の相違が識別され、また上流側のほうが若干高く評価された。

EI 指数を用いて環境評価を行ったところ大泉ダム上流側が良好な林や草原、下流側が良好な林・草原から農村・人里的環境に変貌しつつある地域となり、それぞれ現地の環境とよく一致した妥当な評価結果となった (表 4)。EI 法は身近な自然を対象にした指数であり、チョウの生息に不適な気象条件の厳しい高山・

亜高山帯や原生林のチョウ相には適用できないが(巢瀬, 1996), 都市部から里山にいたるまでの環境評価を行うには簡便で有効な方法だと考えられる。

環境階級存在比による環境評価では, 調査地全体, 大泉ダム上流, 下流ともに as をピークとしたグラフが描かれ, 本調査地は二次的な自然で構成された里山的な環境であると判断することができた(図 6)。中でも大泉ダム上流の様に as に極めて高いピークを持ち, rs で内側に強く屈折しているグラフは, 小黒川でも似通ったグラフが描かれており(中村・田中, 2001), 里山において薪炭林の役割を果たす雑木林の指標となるグラフであるといえる。同様に, 大泉ダム下流の様に as にピークを持つが次に rs の値が高いグラフは, 里山の中でも田畑や採草地として利用されている田園地帯の指標となるグラフであると考えられる。

グループ別 RI 指数のレーダーチャートより, 大泉ダムの上流側と下流側ではチョウ類の群集構造が大きく異なり, また上流側のほうがチャートの幅が広く多様性が高いことが示された(図 7)。また本調査地全体のレーダーチャートは, 大泉ダムの上流側と下流側におけるそれぞれのチョウ類群集が複合された形状を示した。従ってこのレーダーチャートは, 長野県における農耕地から雑木林までを含めた典型的な里山環境のチョウ類群集の構造であると考えられる。

3. 長野県における典型的な里山性チョウ類

本研究では, トランセクト法によって得られた定量データからチョウ類の群集構造を解析することにより調査地の環境を評価したが, 環境評価のもう一つの手法として, 種の環境指標性を利用して種名目録など種構成を主体に環境を評価する方法が挙げられる。そこで, 長野県に生息する里山性のチョウ類 58 種のうち適度な人的攪乱の介入により維持されている里山環境に特に強く依存している種を, 長野県における里山の指標種として以下に選定した。

①長野県の里山で普通に見られる代表種 10 種:

ギフチョウ・ヒメギフチョウ・スジボソヤマキチョウ・ミズイロオナガシジミ・クモガタヒョウモン・メスグロヒョウモン・アサマイチモンジ・オオムラサキ・ダイミョウセセリ・ミヤマセセリ

これらの種は, 本調査結果, 小黒川(中村・田中, 2000), 農学部構内(四方, 2000), 天竜川水系四徳川中流域(有本, 未発表), における調査結果を参考に, 二次的環境への依存性を考慮して環境階級存在比における生息分布度 β の値が 5 以上であり且つ狭食

性・定住性の種を選定した。

②長野県の里山で見られなくなっている衰亡種 10 種:

ヒメシロチョウ・オオルリシジミ・ウラナミアカシジミ・ムモンアカシジミ・クロミドリシジミ・キマダラモドキ・クロヒカゲモドキ・オオヒカゲ・チャマダラセセリ・キマダラセセリ

これらの種は, 長野県産チョウ類動態図鑑(田下ら, 1999), 信州の蝶(浜ら, 1996), 伊那市のチョウ相の変遷(本藤・森本, 1998)を参考に, 近年長野県で著しい減少傾向が見られるチョウ類の中で, 里山の荒廃, 喪失が主な衰亡要因になっていると思われる種を選定した。

ここに挙げたチョウ類を長期的な視野に立ったモニタリングの指標や保全目標として取り上げることで, 里山の保全そのものに貢献するところが大きいと考えられる。

本研究では, トランセクト法によるチョウ類群集の解析により, 里山域である調査地の自然環境を評価することができた。また, 本調査地におけるチョウ類群集の高い多様性は, 農耕地と雑木林という二つの異なる環境が多様なチョウ類を包容することによって生じていることが分かった。今後は里山環境の中でも農耕地と雑木林のみならず, 民家周辺や鎮守の森, 小川や湿地・溜池といった水域等様々な環境で生物群集のモニタリングを行い, また集落の発展段階までを視野に入れた多面的な環境評価を試み, 里山環境の保全, 維持管理活動に還元していく必要があると考えられる。

引用文献

- 浜 栄一・栗田貞多男・田下昌志(1996) 信州の蝶。信濃毎日新聞社, 長野市。
- 広木昭三・石原紀彦(2002) 里山の保全に向けて。広木昭三編「里山の生態学」pp. 223-293. 名古屋大学出版会, 名古屋市。
- 本田悦義(1997) 大阪府和泉地方の自然環境の異なる 3 地域のチョウ類群集。環動昆 8 (3): 129-138.
- 本藤 勝・森本尚武(1998) 伊那市のチョウ相の変遷— 1970 年代と 1990 年代の比較—。New Entomol., 47(3,4): 56-61.
- 石井 実(1993) 里山があぶない。石井実・植田邦彦・重松敏則著「里山の自然を守る」pp. 2-23.

- 築地書館, 東京.
- 石井 実 (1995) 「三草山ゼフィルス」のチョウ類群集の多様性. 環動昆 7 (3) : 134-146.
- 石井 実 (2001) 広義の里山の昆虫とその生息場所に関する一連の研究. 環動昆 12 (4) : 187-193.
- 中村寛志 (1994) RI 指数による環境評価 (1) RI 指数の性質と分布, 瀬戸内短期大学紀要 24 : 37-41.
- 中村寛志・豊嶋 弘 (1995) チョウの分布からみた環境評価— RI 指数を利用した香川県の例について—. 環動昆 7 : 1-12.
- 中村寛志・田中綾子 (2001) 小黒川流域のチョウ類群集の季節変動とトランセクト調査による環境評価の試み. 信州大学環境科学年報 23 : 107-113.
- 日本林業技術協会編 (2000) 里山を考える 101 のヒント. pp. 92-175. 東京書籍, 北区.
- 桜谷保之・藤山静雄 (1991) 道路建設とチョウ類群集. 環動昆 3 : 15-23.
- 関谷善行 (1998) 神戸市神出山田自転車道沿道のチョウ類群集の多様性. 環動昆 9 (2) : 39-46.
- 四方圭一郎 (2000) 里山の環境モザイクがチョウの多様性を育む—伊那谷平地林のチョウ類相を調べてみて—「チョウとガの魅力—神さまが創った紋様—」 pp. 50 ~ 53. 飯田市美術館.
- Simpson E.H. (1949) Measurement of diversity. Nature 163 : 688
- 巢瀬 司 (1993) 蝶類群集研究の一方法. 日本産蝶類の衰亡と保護 第 2 集 pp. 83-90. 日本鱗翅学会・日本自然保護協会, 大阪.
- 巢瀬 司 (1996) トランセクト調査による環境評価. 昆虫と自然 31 (14) 9-12.
- 田中 蕃 (1988) 蝶による環境評価の一方法. 「蝶類学の最近の進歩」日本鱗翅学会特別報告 第 6 号 : 527-566.
- 田下昌志・市村敏文 (1997) 標高の変化とチョウ群集による環境評価. 環動昆 8 : 73-88.
- 山本道也 (1988) 蝶類群集の研究法. 「蝶類学の最近の進歩」日本鱗翅学会特別報告 第 6 号 : 191-210.
- 吉田宗弘 (1997) チョウ類群集による大阪市近郊住宅地の環境評価. 環動昆 8 : 198 ~ 207.