

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

中村寛志・田中綾子
信州大学農学部応用昆虫学研究室

Seasonal change of the butterfly community and environmental evaluation by transect counts
at the basin of the River Oguro

Hiroshi NAKAMURA and Ayako TANAKA
Entomological Laboratory, Faculty of Agriculture, Shinshu University

Abstract Seasonal change of the butterfly community at the basin of the River Oguro in Nagano Prefecture was investigated and its environment was evaluated by structural analysis of the butterfly community. Twenty investigations were done along the road on the River Oguro of about 2.8 km using transect counts in the period from May 2nd to October 5th in 2000. Fifty-eight species of 9 family and 1316 individuals could be confirmed in this investigation and the mean individuals per one investigation was 65.8. Butterflies inhabiting in the coppice accounted for 44.8% and dominant species were *Pieris melete*, *Argynnis paphia* and *Parnassius glacialis*. The average value of Simpson's diversity index was 7.06 ranging from 3.08 to 12.24. 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. The grouping RI index method indicated that the species living in the heights and the coppice were still remained at the basin of the River Oguro.

Key word : Butterfly community, Transect counts, Environmental evaluation, The River Oguro, RI-index
チョウ類群集, トランセクト調査, 環境評価, 小黒川, RI 指数

緒 言

昆虫相の調査データをもとに環境評価をおこなう試みは、近年さまざまな手法を使ってなされている。その手法の一つとして、まずレッドデータブックなどにリストされた絶滅危惧種や貴重種・重要種、あるいは特定の指標生物（日本自然保護協会,1994）を調査することによって環境を評価する方法があげられる。一方、最近では特定種に限らず、調査した環境に生息する生物群集を解析して環境評価をおこなうことの重要性が述べられている（森本,1989）。

これらの生物群集を解析する方法として、種多様度

を表す Shannon 関数(H') (Margalef,1958) や種の重複度を表す Kimoto(1967)の C_r 指数や Pianka (1973)の α 指数、また種数のみで重複度を表現する C_s 係数 (Sørensen,1949) や NSC (野村,1941; Simpson,1960) などが用いられている。さらにラフな調査データでも取り扱うことが可能な RI 指数 (中村,1994) などが考案されている。

チョウ類は昆虫の中では比較的生態的知見が豊富であるため、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る。従って、チョウ類群集の調査データは、環境アセスメントや環境評価に有効的に利用されている (桜谷・藤山,1991; 中村・豊嶋,1995)。

近年では、特定の指標種的なチョウを対象にするのではなく、定量的なトランセクト調査によって得られたチョウ類群集を解析することによって環境評価を行う研究が盛んになってきた（吉田,1997；田下・市村,1997）。

本研究は、天竜川水系の一つである小黒川流域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、その構造解析から流域の環境評価を試みたものである。

材料と方法

1. 調査地域

調査地とした小黒川は、木曽山脈の将基頭山の標高2727m 付近から発し、伊那市西春近を流れ天竜川に注ぐ11.5kmの支流である。調査ルートは、伊那市内の萱にある小黒川キャンプ場から信州大学農学部附属西駒演習林桂木場宿舎の上流にある砂防ダム工事現場付近まで、約2.8kmの小黒川沿いの道路とした（図1）。さらにこの調査ルートを約200mごとに12の小区間に分けた。

2. 調査方法

調査はトランセクト法を用い、定められたルートをゆっくり歩き、左右と上5mの範囲内を通過したチョウの種名と個体数をカウントし、小区間ごとに調査データを記録した。ビーティングやスウィーピングはおこなわず、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個体は、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2000年5月2日から10月5日の期間に、できるだけ晴天の午前10時から12時の間で計20回行った。

3. 解析方法

チョウ類群集の季節変動を解析する方法として、種数、個体数および Simpson(1949)の多様度指数を使った。また田中(1988)の環境階級存在比(ER)を使ってチョウ類群集の構造を解析し、流域の環境評価を試みた。さらに12の小区間ごとのチョウ類群集の構造を比較するため、2種類の類似度指数と中村(2000)のグループ別 RI 指数を使った。

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

たった1種で構成されている群集だと、 $\lambda = 1$ となり、逆に種構成が複雑で多様性が増加すると λ は小さな値になる。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。

環境階級存在比(ER) ER 指数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。

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

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

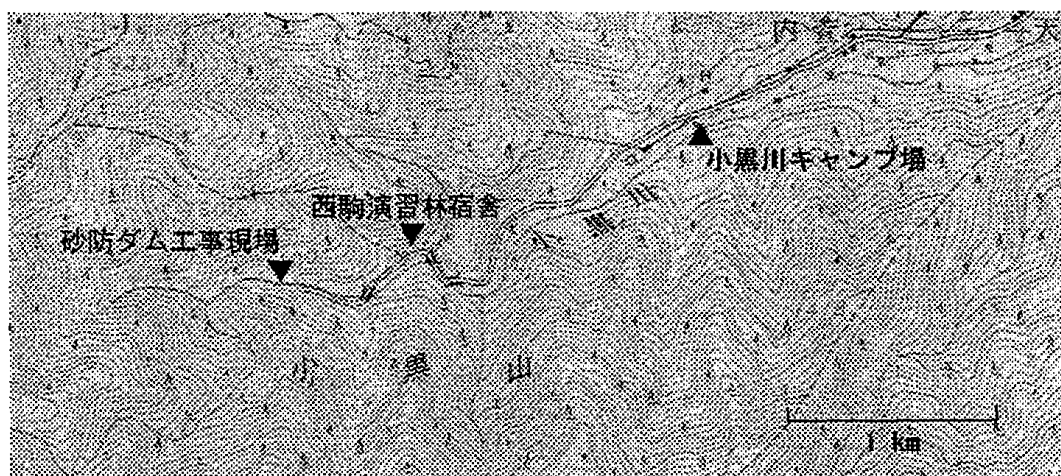


図1 トランセクト調査を行った小黒川流域

階, δ 都市段階), T_i ; i 番目の種の年間補正総
個体数, I_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 の補正は行わな
かった。

類似度指数 本研究では 2 地域の群集構成の類似
性を見るため, 次の式で与えられる Morisita(1959)
の C_s 指数と Pianka(1973)の類似度指数 α を用いた。

$$C_s = 2 \sum n_{ii} \cdot n_{ii} / (\lambda_1 + \lambda_2) \cdot N_1 \cdot N_2$$

$$\lambda_1 = \sum n_{ii}(n_{ii} - 1) / N_1(N_1 - 1)$$

$$\lambda_2 = \sum n_{ii}(n_{ii} - 1) / N_2(N_2 - 1)$$

$$\alpha = \sum p_{1i} \cdot p_{2i} / \sqrt{\sum (p_{1i})^2 \cdot \sum (p_{2i})^2}$$

$$p_{1i} = n_{1i} / N_1, p_{2i} = n_{2i} / N_2$$

ここで N_1 と N_2 は群集 1 と群集 2 の総個体数, n_{1i} と
 n_{2i} は群集 1 と群集 2 における i 番目の種の個体数で
ある。 C_s と α は 2 つの群集が全く異なるときに 0,
等しいときには α は 1, C_s は 1 またはそれ以上にな
る。

RI 指数 この指数は個体数をランク値 (順位) に置
き換えて, 次の式で与えられる (中村, 1994)。

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

S ; 調査対象種数, M ; ランクの数, Ri ; i 番
目の種のランク。

RI 指数は 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ものである。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。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; 個体数 30 以上。

結 果

1. 種数と個体数

本調査で確認できた種は 8 科 58 種, 総個体数は
1316 個体で, 1 回の調査あたりの目撃個体数は平均
65.8 個体であった。本調査における科別種数と比較
のため浜ら(1996)の「信州の蝶」より長野県産全種
の科別種数を表 1 に示した。これより小黒川流域で
はシジミチョウ科の割合が低く, タテハチョウ科の割
合が高いことがわかった。

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

表1 小黒川と長野県産チョウの科別種数の比較

	小黒川		長野県*	
	種数	%	種数	%
セセリチョウ科	7	12.1	20	13.4
アゲハチョウ科	6	10.3	12	8.1
シロチョウ科	6	10.3	13	8.7
シジミチョウ科	12	20.7	45	30.2
マダラチョウ科	1	1.7	1	0.7
テングチョウ科	1	1.7	1	0.7
タテハチョウ科	18	31.0	37	24.8
ジャノメチョウ科	7	12.1	20	13.4
合計	58	100	149	100

* 長野県産チョウの種数は, 浜ら(1996)による。

表2 生息区分別のチョウの割合

生息区分	小黒川		長野県*	
	種数	%	種数	%
高山	0	0.0	10	6.7
高原	17	29.3	52	34.9
里山	26	44.8	58	38.9
河畔・郊外	11	19.0	22	14.8
市街地	4	6.9	7	4.7
合計	58	100	149	100

* 長野県産チョウの生息区分の分類は, 浜ら(1996)による。

表3 小黒川における優占上位12種

種名	個体数	%
スズグロシロチョウ	304	23.1
ミドリヒョウモン	110	8.4
ウスバシロチョウ	109	8.3
コムラサキ	86	6.5
モンキチョウ	85	6.5
ヤマキマダラヒカゲ	58	4.4
コチャバネセセリ	41	3.1
キチョウ	40	3.0
スジボソヤマキチョウ	34	2.6
イチモンジセセリ	32	2.4
ベニシジミ	31	2.4
モンシロチョウ	30	2.3
全個体数	1316	100

ある。これによると, 高原性のチョウは 17 種確認さ
れたが, 中心は里山性の種で 44.8 %を占めていた。
また高山チョウは 1 種も確認されなかった。

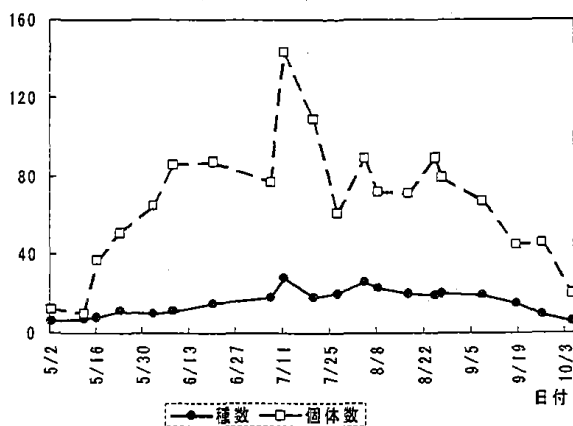


図2 トランセクト調査により確認されたチョウの種数と個体数の季節変動

目撃種を細かくみると、高原性のチョウ類では、クジャクチョウ *Inachis io*, キベリタテハ *Nymphalis antiopa*, サカハチチョウ *Araschnia burejana*, スギタニルリシジミ *Celastrina sugitanii* など 17 種、里山性のチョウ類が、ツマキチョウ *Anthocharis scolymus* やテングチョウ *Libythea celtis* など 26 種、河畔・郊外性のチョウ類がコムラサキ *Apatura metia* など 11 種であった。また市街地性のチョウとして、イチモンジセセリ *Parnara guttata*, モンシロチョウ *Pieris rapae*, ヤマトシジミ *Zizeeria maha*, ウラナシジミ *Lampides boetius* が確認された。

表 3 に上位 12 種の出現個体数とその割合を示した。個体数の多かった種のうち小黒川流域の特徴を反映しているチョウとしては、高原性のヤマキマダラヒカゲ *Neope nipponica*, コチャバネセセリ *Thoressa varia*, 里山性のミドリヒョウモン *Argynnis paphia*, ウスバシロチョウ *Parnassius glacialis*, スジボソヤマキチョウ *Gonepteryx aspasia* また河畔性のコムラサキなどがあげられる。

3. 個体数の季節変動

種数と個体数の季節変動を図 2 に、また上位優先 5 種の季節変動を図 3 に示した。個体数と種数ともに出現ピークは 7 月上旬にあった。このピークは図 3 から、スジグロシロチョウとコムラサキのピークと重なっていることがわかる。また、長野県は地方によってコムラサキが年 3 回出現するところもあるが、図 3 よりコムラサキの出現がこの時期に限定されているため、小黒川上・中流域では年 1 化性であるとみられる。

5 月下旬から 6 月にかけ種数にそれほど変化はみら

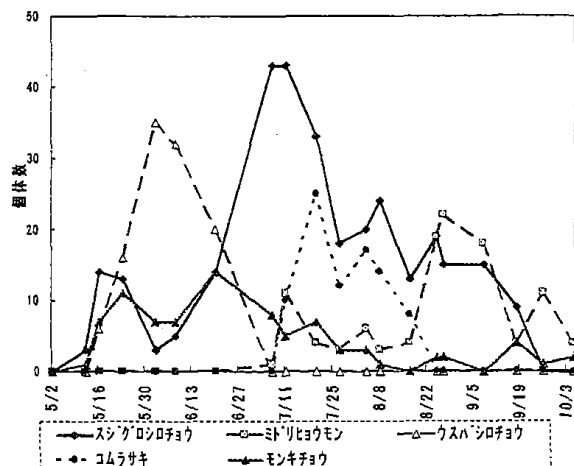


図3 上位優先5種の個体数の季節変動

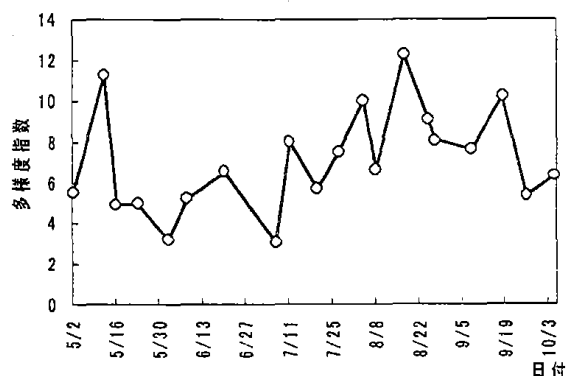


図4 チョウ類群集の多様度 (Simpson の多様度指数 $1/\lambda$) の季節変動

れないが、個体数が急に増加している。これは、クジャクチョウの越冬成虫やスギタニルリシジミに代わり、ツマキチョウやヤマキマダラヒカゲが出現し始めたことと、ウスバシロチョウのピークがこの時期にみられたためである (図 3)。スジグロシロチョウとモンキチョウ *Colias erate* は 1 年を通じて確認され、ミドリヒョウモンは 7 月から出現し、調査終了時まで多数目撃された。

4. 多様性の季節変動

図 4 に Simpson の多様度指数の季節変動を示した。本調査期間を通じ多様度指数の値は、3.08 から 12.24 の間で変化し、20 回の調査の平均は 7.06、また全データを込みにして求めた多様度は 11.86 であった。

最も高い値を示した 8 月 17 日は、20 種 71 個体と他の調査日とほぼ同じような種数と総個体数であったが、種別個体数ではスジグロシロチョウが 13 個体、

コムラサキが 8 個体と特に多く目撃され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 7 月 7 日は、18 種 77 個体確認されたうち、43 個体をスジグロシロチョウが占めていた。

5. 環境階級存在比による評価

チョウ類群集の環境階級存在比(ER)を用いて、小黒川流域の環境評価を行った結果を図 5 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二次段階、rs(rural stage)は採草地や農村といった環境の三次段階、us(urban stage)は公園緑地や住宅といった環境の四次段階を示している。

図 5 をみると、as がピークとなり、rs と us の値が低いグラフが描かれており、小黒川流域は、自然が比較的残されている里山的環境の地域であると判断できた。

6. 調査小区間の比較

チョウ類の群集構造と環境との複雑な関係をより詳細に解析し、環境を評価するため 2.8km の調査ルートを約 200m ごとに 12 の小区間に分けてデータを記録した。

表 4 にこの小区間ごとの目撃チョウ類の類似度を C_s指数と α 指数を用いて示した。表中のキャンプ、15, 14, ..., 5 は、200m ごとの小区間名で、キャンプは小黒川キャンプ場を指し、区間名が 15, 14 と番号が小さくなるほど順番にキャンプ場より上流に遡った調査区間になる。この区間は、砂防ダム工事用の大型ミキサー車が、無線で互いに行き違い場所を確認する

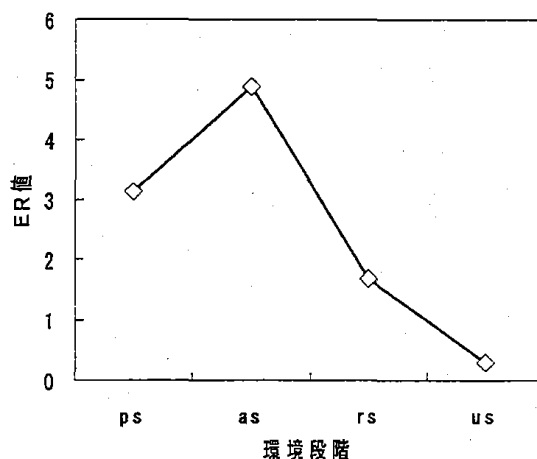


図5 小黒川調査地域の環境階級図
(詳細は本文参照)

ために道路沿いに設けられた標識番号を利用して設定した。

これをみるとキャンプ場で目撃されたチョウ類は、すぐ隣の区間 15 とは、 α 指数で 0.902 と高い類似性を示していたが、上流の区間 10 から 5 とでは $\alpha < 0.75$ で類似性が低く、同じ小黒川沿いの調査ルート内でもチョウ類群集の構造が均一でないことがわかる。さらに区間 7 はすべての他の小区間に対して類似度が低く、この区間で目撃されたチョウ類の種構成が、他とは異なっていたことがわかった。

12 の小区間ごとのチョウ類群集の構造を詳しく分析するため、チョウの生息区分別にグループ分けして求めた RI 指数を図 6 に示した。RI 指数は順位データをベースにしているにもかかわらず、全多様度を表

表4 調査小区間の類似度行列(右上:森下のC_s, 左下:Piankaの指数 α)

小区間名	キャンプ	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
キャンプ		0.934	0.820	0.804	0.685	0.859	0.674	0.745	0.763	0.628	0.645	0.804
15	0.902		0.812	0.860	0.586	0.885	0.699	0.625	0.638	0.545	0.659	0.704
14	0.787	0.761		1.016	0.810	0.926	0.946	0.879	0.979	0.772	0.963	0.872
13	0.750	0.787	0.912		0.762	0.970	0.958	0.846	0.894	0.746	1.009	0.858
12	0.648	0.550	0.772	0.694		0.736	0.875	0.834	0.728	0.765	0.795	0.649
11	0.814	0.828	0.866	0.878	0.671		0.835	0.832	0.779	0.690	0.827	0.756
10	0.620	0.633	0.849	0.837	0.781	0.744		0.844	0.855	0.722	1.086	0.837
9	0.700	0.584	0.832	0.766	0.744	0.754	0.749		0.904	0.753	0.903	0.894
8	0.747	0.609	0.891	0.815	0.714	0.745	0.782	0.879		0.755	0.944	0.937
7	0.606	0.518	0.727	0.684	0.715	0.645	0.654	0.700	0.724		0.762	0.653
6	0.577	0.579	0.834	0.855	0.693	0.717	0.911	0.782	0.831	0.670		0.917
5	0.732	0.632	0.777	0.743	0.572	0.667	0.716	0.783	0.851	0.586	0.763	

現する指数である。したがってキャンプ場や区間 7,11,15 で RI 指数の値の高かったのは、この区間では種数、個体数ともにチョウが多く目撃されたことを示している。またキャンプ場では河畔性生息区分の RI 指数が、他よりも高かった。これはこの区間でコムサキが多数確認されたためである。

キャンプ場と区間 7 の群集構造を比較するため、図 7 にレーダーチャートを用いて生息区分のグループ別 RI 指数を表現した。これよりキャンプ場では河畔・郊外性と市街地性の種が多く、区間 7 では高原性の種で群集が構成されていたことが視覚的に把握することができる。

考 察

本調査で確認されたチョウを、本藤ら(1998)が調査した伊那谷のチョウ相、および浜ら(1996)の「信州の蝶」による長野県産 149 種と比較すると、シジミチョウ科の割合が低くタテハチョウ科の種が多かった(表 1)。本調査でシジミチョウ科が少なかったのは、ミドリシジミ類が記録されなかったためである。本藤ら(1998)の報告によるとこの地域のミドリシジミ類は、メスアカミドリシジミ *Chrysozephyrus smaragdinus* をはじめ 7 種が記録されている。

ミドリシジミ類は活動時間帯や、活動場所が特異的であるため(田中,1980)、本調査で設定したトランセクト調査では発見されにくい種群であるために、シジミチョウ科の割合が低くなったといえる。一方、本調査ルートのような溪流沿いの道路は、タテハチョウ類の占有行動の場所であるため見落としなく記録できたものと考えられる。

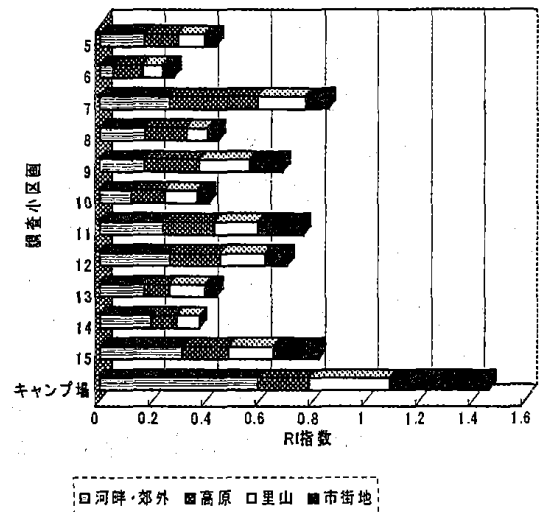


図6 小調査区画ごとにチョウの生息区分別にグループ分けして求めたRI指数

環境階級存在比(ER)を用いて、小黒川流域の環境評価を行った結果、自然が比較的残されている里山の環境の地域であると判断できた(図 5)。しかし、そのなかで市街地性のチョウとして、イチモンジセセリ、モンシロチョウの個体数が多く、またモンキチョウ、ベニシジミなど人的環境に近い種も上位 12 種の中に含まれていた。特にキャンプ場は人工的にアウトドアレジャー用にオープンランド化され、タンポポとツメクサが一面に繁っている環境であるため、図 7 のような生息区分のレーダーチャートとなったといえる。

一方、区画 7 は、桂木場演習林宿舍付近のオープンランドと支流の合流地点の河原を含む区間である。この地点では、コチャバネセセリ、サカハチチョウ、

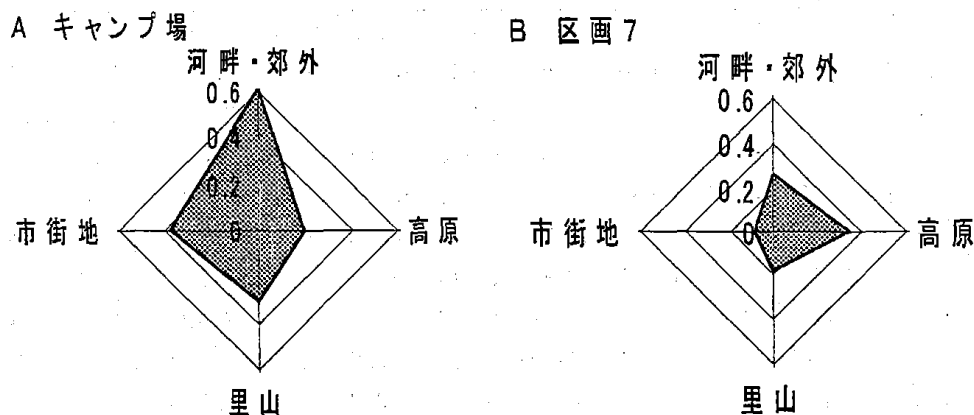


図7 小調査区画別に求めたグループ別RI指数のレーダーチャート

キベリタテハなど高原性の種が多く確認されており、図 7 に示したようにキャンプ場と明らかに異なったレーダーチャートとなった。この高原性種を含む区間 7 のチョウ相は、長野県特有の里山的チョウ類群集の典型的な構造であると考えられる。したがって本調査ルートは、長期的な視野に立ったチョウ類群集のモニタリング地域として重要な地点であると考えられる。

本研究では、トランセクト調査によるチョウ類群集の解析から、小黒川流域の自然環境を評価することができた。また、小区画別の解析によって、チョウ類の種構成は植物相の作り出す環境によって変化しており、多様性や種構成の違いなどにも表れていることが示された。しかし、本研究では流域の植物相について詳しく調査できなかった。今後これらの調査も含んだチョウ類群集の調査を継続的に続けていくことで、小黒川流域の自然環境を評価し、植物相の多様な環境とチョウ類群集の構造との関連をとらえ、総合的な環境評価を試みる研究が必要であると考えられる。

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。
- 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 Entomologist 47:56-61.
- Kimoto, S. (1967) Some quantitative analysis on the Chrysomelid fauna of the Ryukyu Archipelago. Esakia 6:27-54.
- 森本尚武 (1989) 生物群集による自然環境の評価。環境科学年報-信州大学- 11:1-4.
- Morisita, M (1959) Measuring of interspecific association and similarity between communities, Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E. (Biol.) 3:65-80.
- Margalef, D.R. (1958) Information theory in ecology, Gen. Syst. 3:36-71.
- 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 (2000) チョウ類群集の構造解析による環境評価に関する研究。環動昆 11:109-123.
- 日本自然保護協会編 (1994) 指標生物 自然をみるものさし。平凡社、東京。
- 野村健一 (1940) 昆虫相比較の方法、特に相關法の提唱について。九州帝国大学農学部学芸雑誌。9:235-262.
- Pianka, E.R. (1973) The structure of lizard community, Ann. Rev. Ecol. Syst. 4:53-74.
- 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.
- Simpson E.H. (1949) Measurement of diversity. Nature. 163:688.
- Simpson, G. G. (1960) Notes on the measurement of faunal resemblance. Am. J. Sci. 258A:300-311.
- Sørensen, T. (1948) A method of establishing group of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Biol. Skar. (K. danske vidensk. Selsk. N.S.) 5:1-34 (Southwood, 1966 より)。
- 田中蕃 (1980) 森の蝶・ゼフィルス。築地書館、東京。
- 田中蕃 (1988) 蝶による環境評価の一方法。「蝶類学の最近の進歩」日本鱗翅学会特別報告。6:527-566.
- 田下昌志・市村敏文 (1997) 標高の変化とチョウ群種による環境評価。環動昆 8:73-88.
- 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.