

天竜川支流小黒川におけるヒラタカゲロウ科幼虫の流程分布と季節変動

扇谷正樹・中村寛志

信州大学農学部アルプス圏フィールド科学教育研究センター昆虫生態学研究室

Distribution and Seasonal Population Change of Heptageniidae Nymph in the Oguro River (The Branch of Tenryu River)

M. Ogitani & H. Nakamura

Laboratory of Insect Ecology AFC, Faculty of Agriculture, Shinshu University

キーワード：ヒラタカゲロウ科，流程分布，季節変動，すみわけ

Keywords: Heptageniidae, Distribution, Seasonal population change, Life zone arrangement

I. 緒言

わが国の河川は中部山岳地帯に代表されるような急峻な山々を源流にもち、土砂生産量が多い。また、島国であるという特性上、大変短い距離で河口に至り急流であるという特徴をもつ。このような河川の特徴から、わが国は土砂災害が多く、河川改修は生活上なくてはならないものである。近年、自然環境保全の意識の高まりから、自然環境との調和がとれた河川改修が課題となってきている。このような背景から、河川生態系の保全が重要視され、生物、化学、物理環境の変化が生物群集に及ぼす影響を評価していくことが求められている(足立・高橋, 1996)。しかし、河川生態系の大部分を構築するカゲロウ、トビケラ、カワゲラといった水生昆虫は個々の種や属では分布、生態など不明な点が多い。したがって、自然環境との調和がとれた河川改修を実施する上で、水生昆虫の生態的特徴の解明と知見の蓄積は重要である。

水生昆虫は各種、分類群ごとにさまざまな環境要素を利用して生活しており、それらの生物の生活を成立させるには水質のほか、溪畔林、岸辺の植生、流木、落葉、河道の瀬・淵構造、露出した岩盤、堆積した土砂など多彩な環境要素が必要となる(竹門, 2003)。さまざまな環境要素を利用した水生昆虫は、上流から下流への環境条件の変化により、これに応じてそれぞれ特定の分布をし、無機環境条件に支配された分布のちがいがあがる(津田, 1983)。環境条件のちがいが生じる近似種のすみわけについて、今西(1938, 1941)は京都、北アルプス、北海道の調査からヒラタカゲロウ科の流程分布を植物の垂直分布に照応して考察し、可児(1978)は河床形態の変化に注目し、河床形態ごとの環境条件、生物分布を調査し、多種の水生昆虫の生活場のちがいを分析している。近年ではモンカゲ

ロウ類 *Ephemera* 属の3種について流程に沿って分布が異なること(桑田, 1955, 1958; 久居・新井, 1973, 1974; 黒田ら, 1984; 渡辺, 1985; 竹門, 1989)やユスリカ4属 *Cricotopus*, *Polypedilum*, *Rheotanytarsus*, *Tanytarsus* の標高、河川形態、電気伝導度によるすみわけ(Kawai *et al.*, 1998)といった流域的なすみわけについて論じられている。

水生昆虫は種類が整理されてきている一方で、生態的特徴が不明な種が多い。旧来より増加した近年の知見のもと、水生昆虫について流程分布や季節変動に注目した研究は少ない。本研究で調査したカゲロウ類をはじめとする水生昆虫は、日本各地に広く分布し、狭い面積に多数の種・個体数が見られ、種多様性を評価しやすい。さらに、移動性は小さく、物理環境や微細な生息場の影響を受けやすく、その場の健全性を評価しやすいといった特徴をもつ(波多野ら, 2005)。このことから、さまざまな環境要因で流程分布が異なる水生昆虫にとって河川改修によりその生息地の環境が改変されることが予想される。河川改修のあり方がさかんに議論されるようになってきている今日、水生昆虫の流程分布と季節変動に注目することは、よりよい河川生態系と生物多様性の保全と河川改修を考える上でも大切なことであると思われる。

本調査ではヒラタカゲロウ科について天竜川支流の小黒川において季節変動と流程分布を調査し、種構成や多様性について解析を行った。また、その結果から流程分布と季節変動の原因となる要因を探り、ヒラタカゲロウ科の山地河川の指標性、河川改修による河川生態系への影響を検討した。

II. 材料と方法

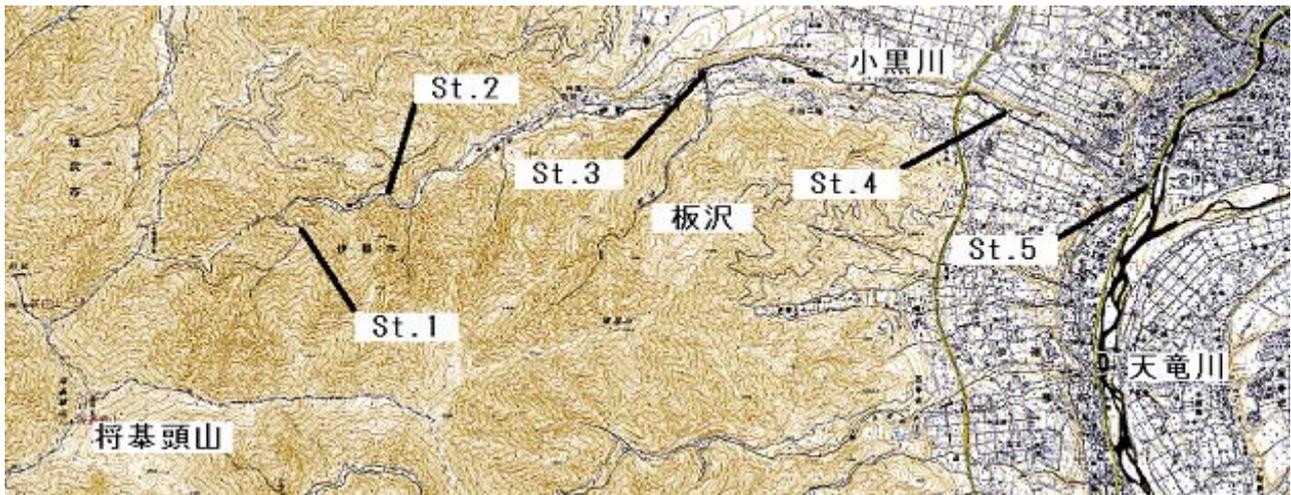


図1. 調査地の地図

1. 調査地概要および調査地点

本調査で調査地とした小黒川は、木曾山脈(中央アルプス)の北端に位置する将基頭山(2,730m)を源頭とし、伊那市小黒で天竜川と合流する流程距離がおよそ13kmの一級河川である。天竜川合流部は住宅・商店・工場が密集し、中流部は溪畔林が河道に沿って広がっているが、河道を覆うほどではない。また、周辺には田畑と若干の集落がある。上流部は溪畔林が河道を所々覆うようになり、内ノ萱地区の集落より上流では河床勾配が急になり、瀬・淵が交互するステップ・プール構造が連続する。小黒川の標高約1,500mの地点から下流に5つの調査地点設けた。調査地の地図を図1に示し、以下に各調査地点の概要を示す。

最上流部(St. 1) 標高約1,500m。周辺に人家は全くない。舗装された道路が途中でなくなり、人の往来も僅かな登山客、釣り人を除いてほとんどない。河原は開けており、比較的日当たりがよく、将基頭山への登山道が川に沿って通っている。下流にはスリット式砂防堰堤が存在する。

桂小場(St. 2) 標高約1,235m。周辺に人家はなく、信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センターの宿泊施設が近くにあり、上流に中部電力の発電用取水施設、上伊那農業高校の施設、下流にキャンプ場が存在するのみで、周辺はカラマツを中心とした山林である。抽水植物はなく、河道を多様な樹木が覆う。道路が川沿いに通っており、登山、釣り、キャンプなどのレジャーによる人の往来は比較的多い。冬季はキャンプ場より上流は積雪のため、通行止めとなる。

板沢合流点(St. 3) 標高約835m。小黒川で最大の支流の板沢が合流する。周辺に人家はごく僅かに存在するのみで、山林が中心である。河道に沿って道路が通っているが、交通量は少ない。河道内には一部ブロックが埋め込まれている。

小黒川大橋下(St. 4) 標高約680m。周辺に人家は僅かに存在するのみで、水田、山林が中心である。幹線道路は河川から離れたところを通っているため、自動車、人々の往来は少ない。周辺には水田が広がり、河原にはアシを中心とする抽水植物とススキなどの雑草が繁茂する。

天竜川合流点(St. 5) 標高約630m。周辺には人家、工場、商店が多数存在し、国道153号線が通り、自動車を中心に人々の往来が盛んである。JR飯田線の高架下と国道153号線橋梁下に砂防堰堤が存在し、河原はアシを中心とした抽水植物とススキ、クズを中心とした多種の雑草に覆われている。

2. 調査方法

調査は各地点を流速、目視により、早瀬、平瀬、淵、岸際の4種類の河川地形に分け、それぞれの箇所について底生生物の定量採集を行った。50cm四方の方形枠(以下、コドラートとする。)を各箇所、無作為に3個設置し、目合46メッシュの玉網をコドラートの下流側に置き、水流により、木片、葉片等のゴミごと玉網の中に流し込んだ。同時に、コドラート内の礫にも付着しているすべての底生生物を採集するため、コドラート内の礫はすべて洗面器に取った。採集した底生生物のうち、ヒラタカゲロウ科幼虫を選別し、80%エタノールで固定した。採集したヒラタカゲロウ科幼虫は日本産水生昆虫(石綿・竹門, 2005)、および原色川虫図鑑(丸山・高井, 2003)を用いて同定した。種までの判別が困難なものについては属レベルまでの同定とした。

調査期間は2007年の3月27日から11月28日まで月1回行った。各調査地点において、水温、水深、礫の大きさの計測を行った。水温はデータ・ロガー(StowAway TidbiT, Onset Computer Corporation)により2007年5月13日より測定を開始した。水温は毎日1時間に1回、自動的に計測されるように設定した。

表1. 各地点の河川地形ごとの礫・流速・水深の平均値

| 調査地 | 河川地形 | 礫の大きさ (cm) | | | 流速 (cm/sec) | 水深 (cm) |
|------|------|------------|------------|-----------|--------------|-------------|
| | | 長径(縦) | 短径(横) | 中径(高さ) | | |
| St.1 | 早瀬 | 15.0 ± 4.3 | 10.9 ± 3.3 | 8.0 ± 2.9 | 146.8 ± 30.0 | 28.6 ± 5.2 |
| | 平瀬 | 12.1 ± 4.1 | 8.4 ± 2.1 | 6.9 ± 2.6 | 73.1 ± 26.4 | 20.4 ± 7.8 |
| | 淵 | 11.3 ± 4.0 | 8.8 ± 3.0 | 5.3 ± 1.9 | 22.6 ± 16.5 | 38.4 ± 11.0 |
| | 岸際 | 11.1 ± 3.4 | 7.9 ± 2.1 | 5.7 ± 2.1 | 30.3 ± 17.8 | 10.5 ± 5.2 |
| St.2 | 早瀬 | 12.3 ± 3.0 | 9.3 ± 3.0 | 6.3 ± 2.0 | 124.3 ± 34.6 | 22.7 ± 7.7 |
| | 平瀬 | 11.8 ± 3.7 | 8.3 ± 2.2 | 5.6 ± 1.9 | 67.3 ± 19.3 | 19.4 ± 5.7 |
| | 淵 | 9.9 ± 3.4 | 7.5 ± 2.1 | 5.0 ± 1.8 | 17.8 ± 9.5 | 32.7 ± 12.9 |
| | 岸際 | 10.4 ± 2.7 | 7.7 ± 1.8 | 5.4 ± 1.4 | 30.7 ± 20.7 | 14.3 ± 11.9 |
| St.3 | 早瀬 | 13.2 ± 2.8 | 9.9 ± 2.0 | 6.8 ± 1.9 | 127.9 ± 33.4 | 28.1 ± 7.4 |
| | 平瀬 | 11.8 ± 3.4 | 8.8 ± 2.5 | 6.4 ± 2.0 | 81.9 ± 38.6 | 19.7 ± 6.5 |
| | 淵 | 11.1 ± 3.8 | 8.6 ± 3.2 | 5.5 ± 1.9 | 25.1 ± 22.2 | 37.2 ± 10.1 |
| | 岸際 | 11.1 ± 2.8 | 8.3 ± 2.9 | 5.2 ± 1.9 | 34.7 ± 25.5 | 10.6 ± 4.5 |
| St.4 | 早瀬 | 15.0 ± 3.8 | 11.9 ± 3.0 | 7.6 ± 2.8 | 145.2 ± 29.3 | 26.6 ± 7.3 |
| | 平瀬 | 13.7 ± 3.9 | 9.6 ± 2.5 | 6.5 ± 2.1 | 72.4 ± 20.9 | 16.8 ± 5.3 |
| | 淵 | 7.9 ± 5.5 | 5.7 ± 3.8 | 3.6 ± 2.3 | 24.8 ± 13.6 | 42.0 ± 11.6 |
| | 岸際 | 12.9 ± 3.9 | 9.5 ± 2.6 | 6.8 ± 2.4 | 25.7 ± 14.3 | 12.8 ± 5.0 |
| St.5 | 早瀬 | 14.3 ± 5.5 | 10.9 ± 3.2 | 7.3 ± 3.7 | 130.1 ± 21.6 | 23.3 ± 5.5 |
| | 平瀬 | 14.6 ± 3.1 | 10.9 ± 2.4 | 6.8 ± 2.2 | 64.9 ± 18.6 | 22.4 ± 7.5 |
| | 淵 | 11.2 ± 4.9 | 8.4 ± 3.8 | 6.2 ± 3.4 | 22.2 ± 17.9 | 42.6 ± 10.0 |
| | 岸際 | 12.5 ± 3.3 | 9.4 ± 2.3 | 6.3 ± 2.3 | 33.2 ± 23.3 | 10.9 ± 5.4 |

全9回の調査で設置したコドラート内の平均値±標準偏差を示す。各河川地形で3箇所のコドラートを設置。

水深はコドラート内の中心の水深を計測し、礫の大きさは定量採集時に採取した礫のうち、目視により最も大きさが平均的なものについて長径(縦)、短径(横)、中径(高さ)を計測した。流速はコドラート内の中心で水面からの水深が全水深のおよそ60%のところにプロペラ式流速計(CR-7型流速計、コスモ理研)の計測部位がくるようにして計測した。

本調査で収集したデータは、Shannon-Wiener 関数 (H' 平均多様度)、群集間の類似度の尺度は Pianka の群集類似度 α (木元, 1976) を用いて分析した。

III. 結果

1. 調査環境の差異

礫の長径、短径、中径と水深、流速の平均値を表1に示した。礫の大きさについては各調査地点で多少平均値の前後があるものの、早瀬・平瀬・岸際・淵の順に大きな礫が計測された。水深は各調査地点で淵・早瀬・平瀬・岸際の順に、流速は早瀬・平瀬・岸際・淵の順となった。

毎日の水温の平均値を図2に示した。5月25日の

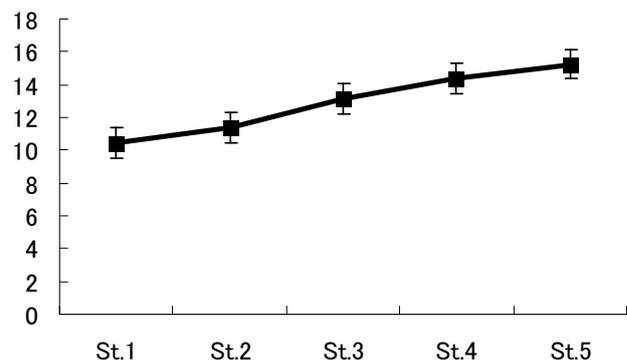


図2. 水温の平均値

降雨で St. 2 と St. 3 のデータ・ロガーが流出してしまい、5月分のデータは欠落しており、6月11日より再び測定を開始した。St. 1 の8・9月、St. 2 の10・11月、St. 3 の6・7月については水量の減少により、データ・ロガーが干上がり、一部適切な水温が計測されなかった。それらのデータについては削除し、平均値を出した。水温のデータは、標高の高い上流ほど水温が低く、調査地の標高が水温は上昇した。調査中の最高水温は St. 5 の8月25日14時の37.7°C、最低水

表2. 各地点のヒラタカゲロウ科個体数・種数・多様度指数H' 一覧

| 種名 | St.1 | | | | St.2 | | | | St.3 | | | | St.4 | | | | St.5 | | | | 計 | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 早瀬 | 平瀬 | 淵 | 岸際 | | | | | | |
| エルモンヒラタカゲロウ <i>Epeorus latifolium</i> | 2 | 23 | 28 | 48 | 101 | 11 | 38 | 98 | 43 | 190 | 15 | 54 | 97 | 53 | 219 | 13 | 67 | 61 | 115 | 256 | 85 | 360 | 231 | 202 | 878 | 126 | 542 | 515 | 461 | 1644 |
| キイロヒラタカゲロウ <i>Epeorus aesculus</i> | 306 | 224 | 150 | 88 | 768 | 499 | 310 | 98 | 130 | 1037 | 235 | 143 | 18 | 22 | 418 | 70 | 45 | 0 | 41 | 156 | 86 | 39 | 4 | 8 | 137 | 1196 | 761 | 270 | 289 | 2516 |
| ウエノヒラタカゲロウ <i>Epeorus curvatulus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 18 | 0 | 2 | 30 | 238 | 76 | 4 | 10 | 328 | 152 | 34 | 1 | 12 | 199 | 162 | 73 | 5 | 9 | 249 | 562 | 201 | 10 | 33 | 806 |
| オナカヒラタカゲロウ <i>Epeorus hiemalis</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| ユモモンヒラタカゲロウ <i>Epeorus nipponicus</i> | 20 | 11 | 3 | 4 | 38 | 17 | 17 | 1 | 3 | 38 | 13 | 4 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 51 | 32 | 4 | 7 | 94 |
| <i>Epeorus.sp</i> | 33 | 50 | 54 | 48 | 185 | 37 | 64 | 64 | 137 | 302 | 10 | 11 | 4 | 7 | 32 | 1 | 11 | 0 | 1 | 13 | 11 | 1 | 1 | 0 | 13 | 92 | 137 | 123 | 193 | 545 |
| ヒメヒラタカゲロウ <i>Rhithrogena japonica</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 3 | 1 | 9 | 76 | 74 | 16 | 12 | 178 | 197 | 229 | 96 | 73 | 595 | 606 | 403 | 274 | 291 | 1574 | 883 | 707 | 389 | 377 | 2356 |
| サツキヒメヒラタカゲロウ <i>Rhithrogena tetrapunctigera</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 | 7 | 18 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 3 | 1 | 5 | 0 | 3 | 13 | 9 | 25 |
| <i>Rhithrogena.sp</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 1 | 8 | 3 | 2 | 3 | 1 | 9 |
| シロタニガワカゲロウ <i>Ecdyonurus yoshidae</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 10 | 205 | 47 | 262 | 0 | 1 | 10 | 32 | 43 | 2 | 6 | 42 | 20 | 70 | 2 | 17 | 258 | 102 | 379 |
| ミヤマタニガワカゲロウ属 <i>Cinygmula.sp</i> | 100 | 231 | 228 | 247 | 806 | 160 | 332 | 345 | 474 | 1311 | 17 | 46 | 39 | 36 | 138 | 0 | 3 | 4 | 6 | 13 | 2 | 1 | 1 | 6 | 10 | 279 | 613 | 617 | 769 | 2278 |
| 計 | 462 | 539 | 464 | 435 | 1900 | 740 | 780 | 609 | 793 | 2922 | 605 | 419 | 393 | 194 | 1611 | 434 | 391 | 172 | 281 | 1278 | 957 | 886 | 564 | 538 | 2945 | 3198 | 3015 | 2202 | 2241 | 10656 |
| 種数 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 8 | 7 | 6 | 8 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 | 10 | 6 | 8 | 5 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 |
| H' | 1.39 | 1.68 | 1.70 | 1.69 | 1.73 | 1.44 | 1.82 | 1.71 | 1.63 | 1.84 | 1.94 | 2.50 | 1.98 | 2.63 | 2.71 | 1.66 | 1.80 | 1.41 | 2.17 | 2.09 | 1.61 | 1.64 | 1.54 | 1.48 | 1.74 | 2.25 | 2.50 | 2.52 | 2.47 | 2.63 |

温は St. 1 の 11 月 22 日 2 時の 0.36°C であった。

2. 種数と個体数

地点ごとの年間の種数, 個体数の一覧を表 2 に示した。河川の凍結などにより St. 1 の 11 月の正確なデータが取れなかったため, St. 1 の 11 月分については含まれていない。

本調査を通じて 4 属 11 種 10,656 個体を採集した。採集された 4 属はヒラタカゲロウ属 *Epeorus*, ヒメヒラタカゲロウ属 *Rhithrogena*, タニガワカゲロウ属 *Ecdyonurus*, ミヤマタニガワカゲロウ属 *Cinygmula* である。ヒラタカゲロウ属, ヒメヒラタカゲロウ属には極めて小型で同定が困難であった個体, 損傷が激しかった個体が含まれており, それらの個体は *Epeorus.sp* および *Rhithrogena.sp* とした。ミヤマタニガワカゲロウ属は成虫の同定が比較的容易であるが, 幼虫は一部を除き困難である (石綿・竹門, 2005) ことから, 採集された本属のすべての幼虫については, *Cinygmula.sp* とし, ミヤマタニガワカゲロウ属と表記した。また, エルモンヒラタカゲロウは葉状鰓に赤紫褐色の斑点が多数あり, 酷似した別種にタニヒラタカゲロウ *Epeorus napaesus* Imanishi が存在し, 形態だけでの同定が困難である。さらにエルモンヒラタカゲロウと混同されている別種にマツムラヒラタカゲロウ *Epeorus l-nigrus* Matsumura がある。これらの 3 種について調査の段階で分類するのは困難であり, エルモンヒラタカゲロウとして扱った。

表 2 より, 個体数は St. 2 と St. 5 で多く採集され 3,000 個体近く採集された。種数は St. 1 で最も少なく, 多様度指数 H' は St. 3 で最も大きかった。St. 1 と St. 2 ではキイロヒラタカゲロウとミヤマタニガワカゲロウ属が, St. 4 と St. 5 ではヒメヒラタカゲロウが特に大きな値をとり, St. 1, St. 2, St. 5 では上位優占 3 種で各地点の総採集数の 90% を超えた。一方で St. 3 では, 突出して優占する個体はなかった。

3. 地点間の群集構造

地点間の群集類似度の結果を表 3 に示した。これにより, St. 1 と St. 2 の間, St. 4 と St. 5 の間で群集構造が類似することが明らかになった。一方, 中間にある St. 3 では, どの地点と比較しても極端には類似

表3. 地点間のヒラタカゲロウ科の群集類似度 α

| | St.2 | St.3 | St.4 | St.5 |
|------|------|------|------|------|
| St.1 | 0.99 | 0.61 | 0.20 | 0.10 |
| St.2 | | 0.59 | 0.20 | 0.11 |
| St.3 | | | 0.65 | 0.51 |
| St.4 | | | | 0.97 |

表4. 河川地形間のヒラタカゲロウ科の群集類似度 α

| | 平瀬 | 岸際 | 淵 |
|----|------|------|------|
| 早瀬 | 0.87 | 0.59 | 0.58 |
| 平瀬 | | 0.89 | 0.88 |
| 岸際 | | | 0.97 |

しなかった。河川地形ごとの群集類似度を表 4 に示した。早瀬は平瀬との群集類似度の値が高く, 平瀬は淵, 岸際と, 岸際は淵との類似度が高いことから, 早瀬, 平瀬, 岸際, 淵と漸進的に群集構造が変化することを示された。

4. 地点別の種構成

表 2 からエルモンヒラタカゲロウ *Epeorus latifolium*, ミヤマタニガワカゲロウ属は流れが早瀬より遅いところで多く採集された。キイロヒラタカゲロウ *Epeorus aesculus*, ウエノヒラタカゲロウ *Epeorus curvatulus*, ヒメヒラタカゲロウ *Rhithrogena japonica* は早瀬を中心に流れの速いところで, シロタニガワカゲロウ *Ecdyonurus yoshidae* は淵, 岸際の流れが遅いところで多く採集された。

各属の地点別変化を図 3 に示した。ミヤマタニガワカゲロウ属は上流, ヒメヒラタカゲロウ属は下流ほど多く, タニガワカゲロウ属は中流から下流で多くなった。ヒラタカゲロウ属はほぼ均等な割合で見られたが, St. 3 で最も割合が大きくなった。ヒメヒラタカゲロウ属ではヒメヒラタカゲロウが下流ほど多く, サツキヒメヒラタカゲロウ *Rhithrogena tetrapunctigera* は中流部で多く見られた。図 4 にヒラタカゲロウ属各種の分布変化を示した。キイロヒラタカゲロウ, ユモモンヒラタカゲロウ *Epeorus nipponicus*, *Epeorus.sp* が上流で多く見られ, ウエノヒラタカゲロウは支流の合流点から下流で多くみられた。

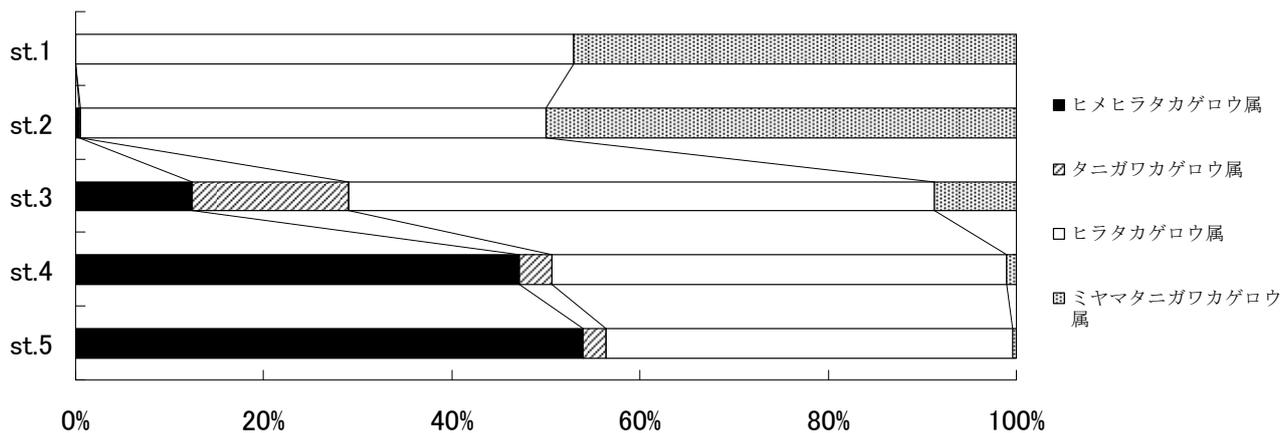


図3. ヒラタカゲロウ科各属の地点別変化

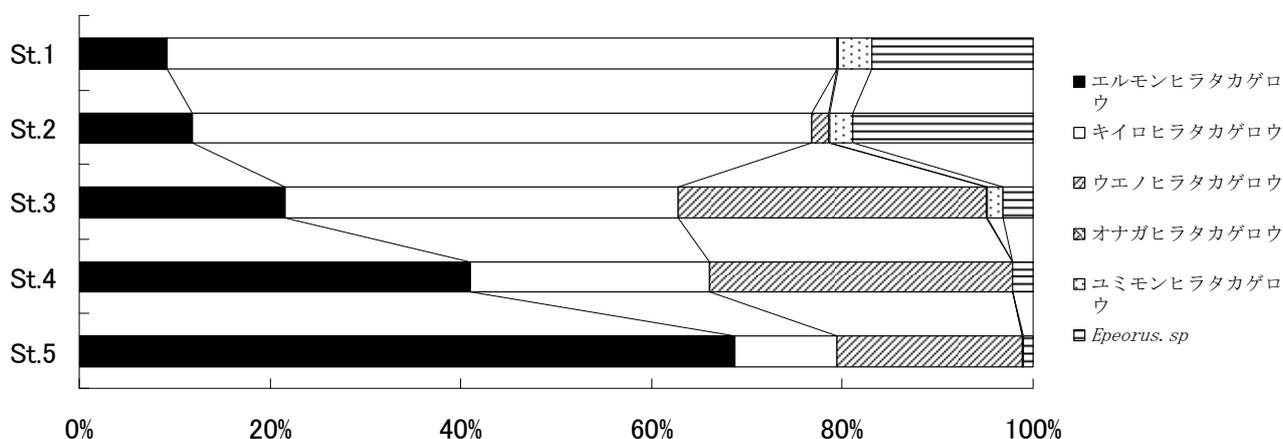


図4. ヒラタカゲロウ属各種の地点別変化

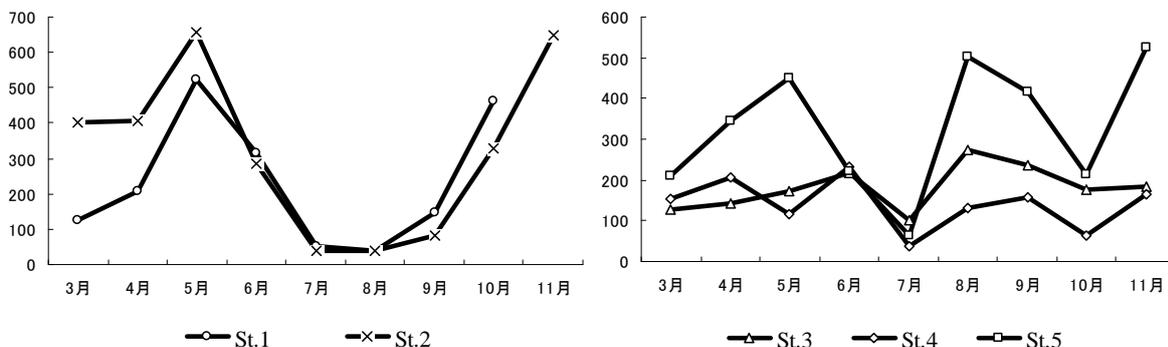


図5. 各地点の総個体数の変移
(左：上流2地点 右：下流3地点)

5. 季節変動

各地点における総個体数の変移を図5に示した。上流2地点(St.1, St.2)と下流3地点(St.3, St.4, St.5)で特徴のある結果となった。本調査期間内では下流3地点では個体数のピークが3回、上流2地点では2回のピークが見られた。下流3地点では7月、上流2地点では8月に最も採集個体数が少なかった。多様度指数H'の季節変動を示した図6では、下流

3地点では7月に、上流2地点では8月に最高値を記録した。

地点別の優占上位3種の発生消長を図7に示した。St.1とSt.2では春季にキイロヒラタカゲロウのピークが、秋季にミヤマタニガワカゲロウのピークが見られた。St.3ではキイロヒラタカゲロウが春季に、シロタニガワカゲロウが夏季に、ウエノヒラタカゲ

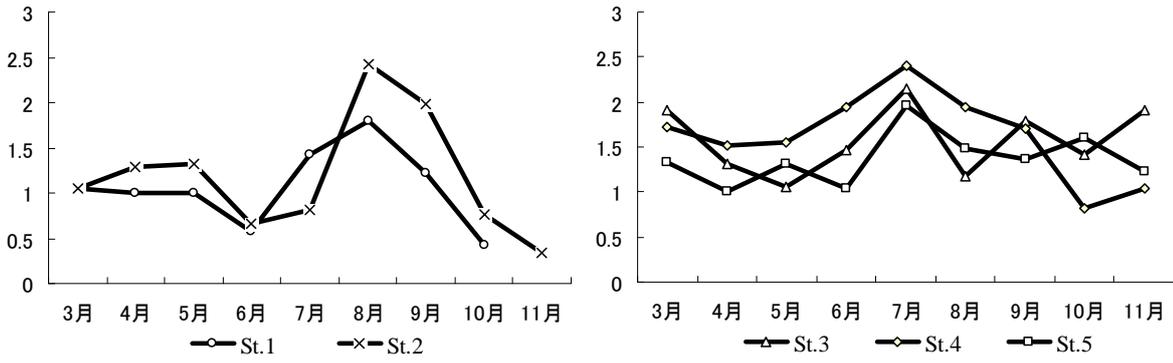


図6. 各地点の多様度指数H'の推移
(左：上流2地点 右：下流3地点)

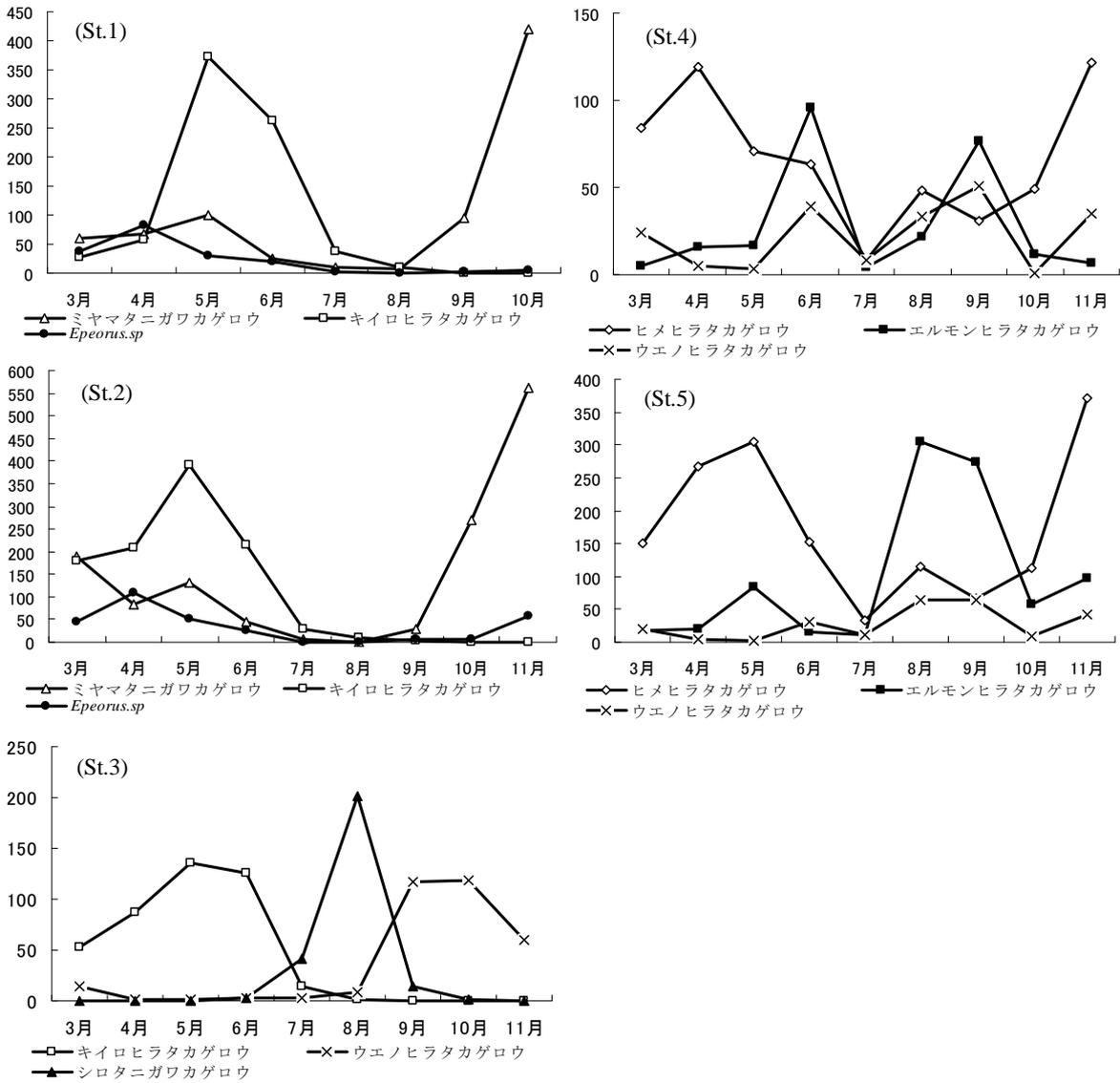


図7. 各地点の優占上位3種の発生消長

ロウが秋季にピークをそれぞれ 1 回形成した。ミヤマタニガワカゲロウ属は、春季にも小さなピークがあった。キイロヒラタカゲロウのピークが春季に 1 度だけ見られることが各調査地点で共通して見られた特徴であった。St. 4 と St. 5 ではヒメヒラタカゲロウのピークは 3 回あり、夏季のピークは小さかった。エルモンヒラタカゲロウのピークは 2 回あり、夏季に大きなピークがみられ、ウエノヒラタカゲロウでも同様の傾向が見られた。

IV. 考察

1. 各地点の群集構造

調査地点間では水温により、地点内では流速により種の分布や構成が異なり、群集構造にも変化みられた。ヒメヒラタカゲロウは山地溪流上部から河川中流域、エルモンヒラタカゲロウは山地溪流上部から河川下流域、ウエノヒラタカゲロウは山地溪流上部から河川中流域、シロタニガワカゲロウは河川中・下流部、キイロヒラタカゲロウは河川上流域にみられることが報告されているが(石綿・竹門, 2005 ; 丸山・高井, 2003), これは本調査においてもほぼ一致した結果が得られた。標高や流程のちがいで種の分布が異なることは Fujitani (2002) や Breitenmoser-Würsten and Sartori (1995) の研究で示されており、群集構造は種が流速、水温で変化していることで変化することを支持している。

表 2, 表 3 より St. 3 は、多様性と群集構造について他の 4 地点とは明確に異なる特徴を示したのは支流の板沢の流入が影響したためと考えられる。他の 4 地点に支流の合流点付近ではなく、特に板沢より下流の地点では目立った支流は見られない。本谷が荒れやすい溪流では水生昆虫の種数や密度は枝谷のほうが多く、枝谷から本谷へ流下する個体が多く存在する(竹門, 2001)ほか、出水によって荒廃しやすい本流の河床に支流からの水生昆虫が新たに供給されている(大串, 1994)指摘がある。また、貯水ダムにより底生生物群集に変異が生じても支流が合流することにより、貯水ダムの影響が緩和される報告がある(渡邊ら, 2006)。実際、今回の調査でも、St. 3 の群集類似度は他の地点とは高い相関を示さず、多様性指数は地点間、採集環境間で比較してもどの地点よりも大きかった。さらに、採集された種は上流に多い種、下流に多い種もほぼ均等な割合で見られている。したがって、各種の割合が均衡したのは、支流からの流入が大きく、支流が本流の群集構造の多様性に影響していることが考えられる。特にウエノヒラタカゲロウやシロタニガワカゲロウがこの地

点より下流で多いのは、支流からの流入が大きいかも考えられないと考えられるがこの点は今後、支流を調査することによって明らかになるといえる。

2. 地点間のすみわけとその要因

ヒラタカゲロウ科において、上流から下流にかけての種、属の分布には標高のちがいによる水温の変化が最も大きく影響していることが考えられた。水温と標高による分布について、Kawai *et al.* (1998) は河川性ユスリカ数属のすみわけについて、標高のほか、河川形態、電気伝導度によって属間で要求が異なることを示している。しかし、今西 (2002) は、京都、日本アルプス、北海道、樺太の調査結果からヒラタカゲロウ科の水平分布と垂直分布から、ヒラタカゲロウ科が水温によって分布が異なることを示している。水温は水生生物の分布や生息に最も強い影響を及ぼす外部環境要因の一つであり(北野ら, 1995 ; 棟方・大浪, 2006), 今西 (1958) は、植物の垂直分布とカゲロウ幼虫の垂直的なすみわけを対比したとき、キイロヒラタカゲロウは亜高山的、ウエノヒラタカゲロウは山地的とみられることは、水平分布の見解から矛盾するものではないとしている。また、昆野 (2004) より、上高地・梓川の優占上位 3 位がシロハラコカゲロウ *Baetis thermicus*、ミヤマタニガワカゲロウ属、キイロヒラタカゲロウであること、丸山・高井 (2003) からキイロヒラタカゲロウは標高 2,000m を超えるところからもみられるとしている。石綿 (1989) はマダラカゲロウ属について標高による流程分布を示している。

本調査で標高による水温の変化により上流ほど多い種、中流部が最も多い種、下流に向かうほど多い種がみられた。同一河川内では上流ほど多く見られたキイロヒラタカゲロウ、ミヤマタニガワカゲロウは山地性が強い上流の種といえるのかもしれない。しかし水平分布に注目した場合、本調査で上流に多く見られた種が標高の低い下流域でみられることが考えられることから、さまざまな地域の分布のデータが必要である。pH、溶存酸素量などのその他の水の化学的性質は川の上下によって変わっているが、それらは水温ほど重要性を持っていないと思われる(可児, 1978)。このことから、ヒラタカゲロウ科では、水温が生活空間である水中の環境の変化を直接とらえたものであり、継続的に水温を計測した結果、上流から下流に向かうにつれて水温は上昇しているので種の分布には標高のちがいによる水温の変化が最も大きく影響していると考えられる。

3. 地点内のすみわけとその要因

今回の調査から、ヒラタカゲロウ科は流速により形態を変化させ、種の配列にちがいがあることが考えられた。流速の速いところから遅いところにかけて、

St. 1 と St. 2 では
キイロヒラタカゲロウーミヤマタニガワカゲロウ、エルモンヒラタカゲロウ

St. 3 では、
キイロヒラタカゲロウ、ウエノヒラタカゲロウーヒメヒラタカゲロウーエルモンヒラタカゲロウーシロタニガワカゲロウ

St. 4 と St. 5 では、
ヒメヒラタカゲロウ、ウエノヒラタカゲロウーエルモンヒラタカゲロウーシロタニガワカゲロウ
という配列がみられた。

各種の幼虫の生息場所の特性としてエルモンヒラタカゲロウは早瀬、平瀬、淵の緩流域、ウエノヒラタカゲロウは早瀬の急流部、シロタニガワカゲロウは緩流域ならびに湖沼やダム湖の沿岸帯、ヒメヒラタカゲロウは早瀬や平瀬、キイロヒラタカゲロウは河川上流域の流れの速いところに生息する(石綿・竹門, 2005; 丸山・高井, 2003)。流速のはやいところにみられたウエノヒラタカゲロウ、キイロヒラタカゲロウ、ヒメヒラタカゲロウに共通する特徴は、第一腹節の葉状鰓が左右ともに大きく、腹面で接することであり、これは急流に対する適応で、体の下面で鰓葉が重なり合って吸盤状になり、一種の吸着器官の役目をするとしていると考えられている(今西, 1958; 可児, 1978; 大串, 2004)。また、ヒラタカゲロウ科では、流速がはやいところに生息するものほどがっちりした体構造で、遅いところに生息するものほど体が軟らかいと指摘している(可児, 1978)。コカゲロウ属 *Baetis* においても、流速によって体形のちがいや腿節後縁の刺毛列の長さや数に変化が見られる(小林, 1989)ことが報告されており、種によって流速に応じて形態に変化が出るのはヒラタカゲロウ科だけ例外的に見られることではないと思われる。

今回の結果から各地点では種構成にちがいはあるが、この3種が流速の速いところを中心に採集され、鰓の大きくない他種が、流速が遅くなるにつれて増加したことから、各種は流速によって多少重なりながらも生息場を分けているとみられる。

4. ヒラタカゲロウ科の時間的・空間的すみわけ

ヒラタカゲロウ科は種によって地点間では水温によって流程分布が異なり、同一地点内では流速ですみわけ、さらに発生時期をずらして生息環境の類似した種の生息場

の重なりを防いでいることが示唆された。キイロヒラタカゲロウは3月から7月に、ウエノヒラタカゲロウは6月と8~9月に、ヒメヒラタカゲロウは4~5月、10月以降に、エルモンヒラタカゲロウは5~6月、8~9月に、シロタニガワカゲロウは6月以降にピークがみられ、種によって発生時期にちがいがあった。同一群の発生時期、空間占有からの観点について、可児(1978)はウエノヒラタカゲロウ、キイロヒラタカゲロウ、オナガヒラタカゲロウ *Epeorus hiemalis*、ユミモンヒラタカゲロウ、ナミヒラタカゲロウ *Epeorus curvatulus cumulus*、エルモンヒラタカゲロウ、タニヒラタカゲロウの鰓の形状、体の強度で分けられたグループについて、同時に同一空間を占有できないため、同一群の種類同士で空間的、時間的にすみわけるとしている。今回採集されたヒラタカゲロウ各種でも種間で若干の重なりがあるものの、発生時期のちがいによっても St. 3 では流速によってすみわけた各種が、発生時期も異なり、生息環境の利用が重ならないようになっていることが示唆された。また可児(1978)は、タニガワカゲロウ属とオビカゲロウ属 *Bleptus* を加え、滑らかな石面をめぐっては、オビカゲロウ属、タニガワカゲロウ属、ヒラタカゲロウ属がすみわけの主調で、ヒメヒラタカゲロウ属はヒラタカゲロウ属の、ミヤマタニガワカゲロウ属はタニガワカゲロウ属の占有部分に挿入された低調な属であるとしている。しかし、St. 1 と St. 2 ではミヤマタニガワカゲロウ属が、St. 4 と St. 5 ではヒメヒラタカゲロウが大きく優占しており、低調な属という印象は受けられなかった。したがって、各種が都合よく占有できる空間を流速、発生時期のちがいにより確保する過程で、空間ごとに適した種が入るために、場所によっては時期的に種の優占度合が変わり、低調な属とされるヒメヒラタカゲロウ属やミヤマタニガワカゲロウ属でも上位に優占するのではないかと思われる。本調査は12月、1月、2月の冬季の採集を実施しておらず、毎年継続的な調査ではないため、発生時期のちがいの確認には継続的に調査をする必要がある。

5. ヒラタカゲロウ科からみた河川改修で考えられる河川生態系への影響

河川改修はヒラタカゲロウ科をはじめとする水生昆虫の流程分布に影響し、河川生態系に大きな変化をもたらすことが考えられる。下流にダムが建設された場合、ダムでは冷水化現象がみられ、水温に特性が見られる(大野 1980; 大野・榊原, 1995; 大野・大野, 1999)。貯えられた水が下流に放水されると下流域の水温が低下し、水温によって分布が異なるヒラタカゲロウでは、上流に多く生息する種がより下流域で生息するようになり、上流

の生態系が下流で見出されるようになる可能性がある。逆に急峻な上流に砂防堰堤が多数建設されると、河床勾配の低下により、下流に多く分布していた種が進入しやすくなり、上流の群集構造に多くの下流の種が混ざることが考えられる。さらに、砂防堰堤の影響は水質の変化も懸念されている。仲川(2000)は堰堤が堆砂し堰堤上に湿地状地形が形成されることで山地溪流水の水質が変化し、遷移の進行の重要な要因になることを指摘している。河川の水質判定に利用される(津田ら, 1960; 竺, 1980; 小田ら, 1992)など、水質の変化に鋭敏に反応する水生昆虫にとって、水質の面からも影響を与えられると考えられる。中村(2001)はV字状溪谷に砂防ダムが設置された場合、溪畔林に覆われた溪谷がU字状の開けた溪谷に変化し、河床勾配は部分的に著しく緩和され、礫が細粒化し、河床の礫の移動の量・機会が激減し、水温が上昇することで、河川上流部の中流化がすると述べている。したがって、河川改修は上流から下流で流程分布が異なるヒラタカゲロウ科やその他の水生昆虫におおきく影響し、生物群集に大きな影響を与えることが予想される。また、ヒラタカゲロウ科をはじめとする水生昆虫は水温、流速などの環境要因のほか、瀬・淵に存在する大きな石、砂礫、岩盤など多彩で微細な生息環境を利用し、上流から下流に広く分布する。ダムや堰堤は個体数の減少や生息場所の破壊などのマイナスの側面を持ちながらも、水生昆虫の生息場所構造の維持というプラスの側面を持つ増水による攪乱を抑制する(竹門, 1997)。河川生態系の保全には流域で変化する生物の流程分布と河川の環境構造の変化を念頭に入れた河川改修が必要であると考えられる。今回の結果生態的知見のもとからはこのような河川改修の影響を考察したが、実際にどのような変化が見られるかを検証するためには、改修中の河川で確認する必要がある。

引用文献

- 足立敏之・高橋和也(1996) ダム運用に伴う下流河川の河床状態及び底生生物群集への影響と環境影響評価の課題. 環境システム研究, 24: 336-342.
- Christine, B-W., and Michel, S. (1995) Distribution, diversity, life cycle and growth of a mayfly community in a prealpine stream system (Insecta, Ephemeroptera). *Hydrobiologia*, 308: 85-101.
- Fujitani, T. (2002) Species composition and distribution patterns of baetid nymphs (Baetidae: Ephemeroptera) in Japanese stream. *Hydrobiologia*, 485: 111-121.
- 波多野圭亮・竹門康弘・池淵周一(2005) 貯水ダム下流の環境変化と底生動物群集の様式. 京都大学防災研究所年報, 48(B):919-933.
- 久居宣夫・新井二郎(1973) 砂泥底における水生昆虫群集の分布と構造. 東京都高尾自然科学博物館研究報告, 5: 29-46.
- 久居宣夫・新井二郎(1974) 掘潜型水生昆虫(モンカゲロウ属・サナエトンボ科)群集の分布様式. 東京都高尾自然科学博物館研究報告, 6: 17-26.
- Imanishi, K (1938) Mayflies from Japanese torrents IX Life forms and life zones of mayfly nymphs I. Introduction. *Annot. Zool. Japon*, 17: 23-36.
- Imanishi, K (1941) Mayflies from Japanese torrents X Life forms and life zones of mayfly nymphs II. Ecological structure illustrated by life zone arrangement. *Memories of the College of Science, Kyoto Imperial University*, (B) 16: 1-36.
- 今西錦司(1958) 第II章 新しき出発. pp.51-114. 生物社会の論理. 陸水社, 東京.
- 今西錦司(2002) 溪流のヒラタカゲロウ. pp.189-259. 生物の世界ほか. 中央公論新社, 東京.
- 石綿進一(1989) マダラカゲロウ一系統的分化と小生息場所の分割利用. 谷田一三・柴谷篤弘(編), pp.42-52. 日本の水生昆虫一種分化とすみわけをめぐる. 東海大学出版会, 東京.
- 石綿進一・竹門康弘(2005) カゲロウ目. 河合禎次・谷田一三(編), pp31-128. 日本産水生昆虫 科・属・種への検索. 東海大学出版会, 東京.
- 竺文彦(1981) 生物指標を用いた福井市内河川の水質評価. 福井工業大学紀要, 11: 79-87.
- 可児藤吉(1978) 溪流棲昆虫の生態. pp.3-91. 普及版可児藤吉全集 全一卷. 思索社, 東京.
- Kawai, K., E. Inoue and H. Imabayashi (1998) Intrageneric habitat segregations among chironomid species of several genera in river environments. *Med. Entomol. Zool*, 49(1): 41-50.
- 木元新作(1976) 生態学研究法講座 14 動物群集研究法 I -多様性と種類組成-. 共立出版, 東京.
- 北野文明・中野繁・前川光司・小野有五(1995) 河川型オショロコマの流程分布に対する水温の影響および地球温暖化による生息空間の縮小予測. 野生生物保護, 1(1): 1-11.
- 小林紀雄(1989) コカゲロウ一分類学的種群と生態分布. 谷田一三・柴谷篤弘(編), pp.53-67. 日本の水生昆虫一種分化とすみわけをめぐる. 東海大学出版会, 東

- 京.
- 昆野安彦(2004) 上高地梓川の流水性水生昆虫. 陸水学雑誌, 65: 21-26.
- 黒田珠美・藤本薫子・渡辺直(1984) 葛谷川(香川県)におけるモンカゲロウ(*Ephemera*)属 3種の分布と生活環. 香川生物, 12: 15-21.
- 桑田一男(1955) 石手川水系における*Ephemera*モンカゲロウ属の分布第1報. あげは, 2: 22-27.
- 桑田一男(1958) 石手川水系における*Ephemera*モンカゲロウ属の分布第2報. あげは, 6: 16-19.
- 丸山博紀・高井幹夫(2003) カゲロウ. 谷田一三監修. pp. 8-56. 原色川虫図鑑. 第4刷. 全国農村教育協会, 東京.
- 棟方有宗・大浪達郎(2006) 広瀬川中流部における水温の日周・季節変動～水温変化が魚類の分布・生息に及ぼす影響～. 宮城教育大学紀要, 41: 53-62.
- 仲川泰則(2000) 砂防堰堤上に形成された湿地状地形による山地溪流水の水質変化. 日林誌, 82(2): 163-170.
- 中村俊六(2001) 砂防についての基礎的考察. 太田猛彦・高橋剛一郎(編), pp. 151-161. 溪流生態砂防学. 第3刷. 東京大学出版会, 東京.
- 小田泰史・杉村継治・久保清(1992) 特定の指標生物を用いた河川の水質評価—熊本県内河川について—. 用水と廃水, 34(2): 112-119.
- 大串龍一(1994) 流水の昆虫学 その2 新たな発展. pp. 138-150. 水生昆虫の世界—流水の生態. 第5刷. 東海大学出版会, 東京.
- 大串龍一(2004) 第三章 流水の昆虫学 その一 すみわけ理論をめぐって. pp. 71-110. 水生昆虫の世界—淡水と陸上をつなぐ生命. 東海大学出版会, 東京.
- 大野俊夫(1980) ダム貯水池の水温に関する研究. 水処理技術, 21(5): 419-426.
- 大野俊夫・榊原幸雄(1995) 矢作ダム貯水池の水温特性—貯水池管理のために—. 土木技術, 50(12): 101-109.
- 大野俊夫・大野美枝子(1999) ダム貯水池の水温予測に関する研究. 水処理技術, 40(4): 157-165.
- 竹門康弘(1989) モンカゲロウ属の羽化・繁殖様式と流程分布. 谷田一三・柴谷篤弘(編), pp. 29-41. 日本の水生昆虫—種分化とすみわけをめぐって. 東海大学出版会, 東京.
- 竹門康弘(1997) 溪流における水生昆虫の棲み場所保全. 砂防学会誌, 50(1): 52-60.
- 竹門康弘(2001) 水生昆虫の生活と溪流環境. 太田猛彦・高橋剛一郎(編), pp. 65-89. 溪流生態砂防学. 第3刷. 東京大学出版会, 東京.
- 津田松苗・赤木郁恵・渡辺仁治(1960) 肉眼的底生動物の種類数をもととする水質の生物指標. 日本生態学会誌, 10(5): 198-201.
- 津田松苗(1983) 総論. 津田松苗(編), pp. 228. 水生昆虫学. 第7版. 北隆館, 東京.
- 渡辺直(1985) 香川県内河川におけるモンカゲロウ属 3種の分布—とくに標高・勾配との関係について—. 香川生物, 13: 1-7.
- 渡邊智紀・細田大三郎・三宅洋(2006) 貯水ダムが底生生物に与える影響の支流流入による緩和. 工学ジャーナル, 5: 163-172.

(原稿受付 2008.2.28)