

# 豊田市内の矢作川における水生昆虫相と その環境要因について

The fauna of the aquatic insects in the riffles of the Yahagi River and  
the effects of the environmental factors.

白金晶子

Akiko SHIRAGANE

## 1. はじめに

底生動物は河川における食物連鎖の主要な役割を担うため、底生動物相を調べることは群集構造を把握する以外に河川の健全度を診ることにつながる。底生動物を調査する時、その採集物中でかなりの割合を占めているのが昆虫の幼虫であり、特に山間の溪流では90%以上が昆虫の幼虫で占められることが多い(水野・御勢, 1993)。河川の水生昆虫相は、自然的あるいは人工的な要因に基づく物理的・時間的変化により左右される(Allan, 1995)。この観点から著者は河川の環境変化、とくに流程、季節、河川工事、流量にともなう水生昆虫相の推移を調査した。河川の状況は降水量によって著しく変動し、またダムの多い河川では放流水量の多寡によって自然環境の要因とは関連しない変化が見られる。従って「平年的」とみなせる結果を得るには、月日を重ねての調査が大切である。これまで多くの河川底生動物の調査は、単発的な結果を報告することに留まっており真に現実の姿を反映しているかどうか疑問がある。矢作川でも同じ状況であったため(広, 1963; 八田, 1980)、著者は豊田市内の矢作川の瀬において、1995年夏から1997年夏の2年以上にわたる調査を基礎にした研究結果について述べる。

## 2. 方法

### 1) 調査場所

本調査は矢作川の中一下流域にあたる河口から54.0 km地点の豊田市富田町を最上流として、家下川合流点(河口から27.0 km地点)までの27.0 kmの区間に10ヶ所の調査地点(Sta. 1—Sta. 10)を設けた(図1)。調査地点の河川形態を可児(1944)の区分法により概観すると、Sta. 1の富田町から明治用水頭首工バックウォーター上流の瀬(Sta. 7)までBb型、Sta. 8の明治用水頭首工下流から最下流の調査地点Sta. 10の家下川合流点まではBb-Bc移行型である。しかし、限定された範囲ではこれに該当しない場所もある。

Sta. 1: 富田町(右岸)(河口から54.0 km)。阿摺ダムより約2 km下流の地点に位置し、中流域ではあるが都市部に入る前の比較的まだ汚濁の少ない、良好な水質を保っている。

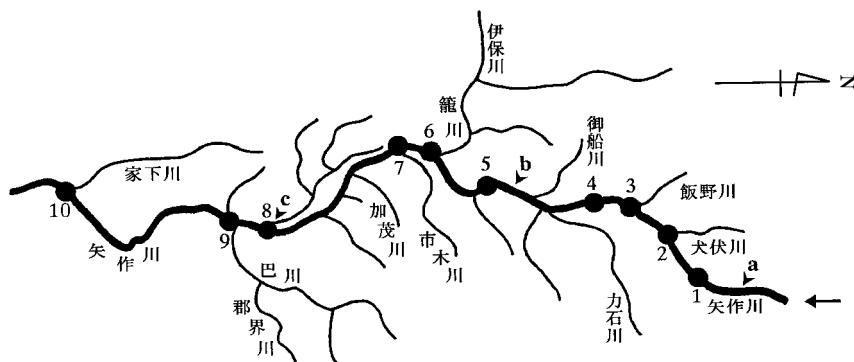


図1 調査地点とダムの位置

a : 阿摺ダム b : 越戸ダム c : 明治用水頭首工

Sta. 2 : 犬伏川合流点(右岸) (河口から 52.4 km). 支流の犬伏川が合流する直前の地点で、ほぼ Sta. 1 と同様の環境であるが、護岸のための水制工の設置や駐車場の造成など人の手が加わった場所である。

Sta. 3 : 飯野川合流点(右岸) (河口から 50.8 km). 支流飯野川が合流した直後の地点で、飯野川沿いに近年宅地が造成されたため、この支流の汚濁が懸念されている。また、この支流からの土砂の堆積により沈み石が多い地点である。

Sta. 4 : 大曲下流(中州) (河口から 49.8 km). この調査地点は、その名が示すように川が大きく曲がりくねったためにできた広面積な砂州の直後に位置しており、越戸ダムのバックウォーターに入る前の最後の瀬である。中州の広さは上流から下流にかけて 130 m, 左岸から右岸にかけて 70 m 程の大きさであり、調査はその中州の左岸側で行った。

Sta. 5 : 古岸水辺公園(左岸) (河口から 44.1 km). 越戸ダムの下流約 2 km 地点で、上流に砂利投入実験区が設けられたため、1997 年冬より約 500 m 下流の貯木場前(右岸)に地点を変更した。

Sta. 6 : 籠川合流点(右岸) (河口から 41.4 km). 大きな支流である籠川の合流により形成された砂州の直後の瀬で、この地点は 1996 年冬には中州を撤去するため、1997 年冬には取水工を設置するための工事が行われた。

Sta. 7 : 高橋下流(右岸) (河口から 40.4 km). 豊田市の中心部に近いこの地点は、明治用水頭首工の上流約 6 km に位置する。明治用水頭首工ダムのバックウォーターの影響を受けているためか、有機物や砂が多く、沈み石の多い環境となっている。

Sta. 8 : 明治用水頭首工下流(左岸) (河口から 34.4 km). 明治用水頭首工の直下に位置し、このダムからの放流量により著しく環境が変化する場所である。また先にも述べたように、頭首工より下流は Bb-Bc 移行型の河川形態となるが、この地点はまだそれほど高水敷も広くなく、ダムにより堰止められた水は大部分農業用水として使われるため、水量も少ない。

Sta. 9 : 巴川合流点(左岸) (河口から 33.1 km). 大支流の巴川が合流するため、水量が増し砂利の堆積が著しく、多分にこの支流の影響を受けている地点である。

Sta. 10 : 家下川合流点(左岸) (河口から 27.0 km). 最下流のこの調査地点は、高水敷が広く、粗砂の多い下流特有の河川形態となっている。

## 2) 調査方法

1995年の夏から1997年の夏にかけて、四季毎(春は4-6月, 夏は8-9月, 秋は10-11月, 冬は1-2月)にSta. 1からSta. 10の各地点において底生動物を調査した。瀬の部分においてコドラート(50 cm×50 cm)を川底に置き, その下流側にサーバネットを受けて, コドラート内の底生動物を採集した。同様な環境下において4回, 合計1 m<sup>2</sup>の採集面積とした。この時, 調査地点の天候, 気温, 水温, 水深, および流速も記録した。調査の時点で水位が著しく変化するので, 当日の状況に応じて可能な限り, 平常は覆水している場所を選定するようにした。

採集された底生動物は現地でソーティングを行い5%のホルマリンで固定した。この後, 室内において湿重量を測定し, 同定を行った。水生昆虫の同定は川合(1985)を参照して種レベルまで行ったが, 種の同定が困難な個体については属または科のレベルまでとした。また, 学名についても川合(1985)を参照したが, 近年, 整理された種についてはその学名を用いた(石綿, 1987; 柴田・谷田, 1989)。

上記の同定結果をもとに, 各地点, 季節毎の優占種を抽出し, Simpsonの多様度指数とその最優占種との比較を行った。優占種もしくは優占度は, 重量比による基準ではなく個体数によって示した。また, 各地点の水生昆虫相を遊泳型, 匍匐型, 固着型, 掘潜型, 造網型, および携巢型の6生活形に分け, 各生活形の割合を比較した。さらに, Kimoto(1967)によるMorishita(1959)の修正式(1)を使用し, 地点間の重複度を調べた。

$$C_{\lambda} = \frac{2 \sum_{i=1}^s n_{1i} \cdot n_{2i}}{(\sum \pi_1^2 + \sum \pi_2^2) N_1 \cdot N_2} \quad 0 \leq C_{\lambda} \leq 1 (\pm) \quad (1)$$

$$\sum \pi_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^s (n_{1i})^2}{N_1^2}, \quad \sum \pi_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^s (n_{2i})^2}{N_2^2}$$

ただし  $N_1$  は群集1におけるサンプル総数,  $N_2$  は群集2におけるサンプル総数,  $n_{1i}$  は群集1における種  $i$  の個体数,  $n_{2i}$  は群集2における種  $i$  の個体数である。

各地点の生物学的水質評価をするため Beck-Tsuda  $\alpha$  法(津田, 1964)を使用した。これは瀬の石礫底の底生動物を汚濁に耐えない種類 intolerant species と, 汚濁に耐える種類 tolerant species とに分けて前者を A, 後者を B とする時,  $2A+B$  をもって汚濁の生物指数(biotic index)とする調査法である。intolerant species に相当するのが汚水生物系列の貧腐水性(oligosaprobic)の種であり, tolerant species に相当するのが上記以外の  $\beta$ -中腐水性( $\beta$ -mesosaprobic),  $\alpha$ -中腐水性( $\alpha$ -mesosaprobic), 強腐水性(polysaprobic)の種である。水質判定基準は生物指数が20以上で清冽(貧腐水性域), 15以上20未満でやや汚染( $\beta$ -中腐水性域), 10以上15未満でかなり汚染( $\alpha$ -中腐水性域), 10未満で極めて汚染(強腐水性域)とされている。

最後に, 人為的環境要因として放流水量の多寡, 工事による河床改変やダムの位置と水生昆虫相との比較を行った。

### 3. 結果

本調査において 20 目 59 科 92 属 138 種の底生動物が採集されたが、水生昆虫以外の底生動物は本研究の対象外のためリスト (附表) から除外した。附表に収められた水生昆虫は 8 目 44 科 77 属 120 種であり、それらは和名と学名を併記したが、本文中中では最初は和名と学名を併記し、その後は和名のみを用いた。

#### 1) 流程および季節変化における水生昆虫相の変動と生物学的水質

各調査地点で採集された個体数を図 2 に示した。流程による推移では Sta. 1 と 2 で平均値は 603 と 642 という似通った値を示したが、Sta. 3 においてその数は 1/2 以下に低下した。Sta. 4 から Sta. 6 までは 400 から 500 の間で変動し、Sta. 7 でまたその約 1/2 の値となった。そして Sta. 8 で上昇した後、Sta. 10 に向かって減少した。各調査地点の調査時期による変動をみると、相対的に個体数の多い Sta. 2 と 5 で激しい変動があり、逆に常時個体数の少ない Sta. 9 と 10 で変動幅も少なかった。

各調査地点の水生昆虫群集の概要を把握するため、優占種を上位 3 種まで抽出し表 1 に示した。

Sta. 1, 2, 3, 5, および 8 の 5 地点において上位 3 位までの優占度合計が 50% 以上であった。その他の地点においては 2 地点 (Sta. 4 と 6) で 4 位までの種を合わせると優占度は 50% 以上となり、残る 3 地点 (Sta. 7, 9, および 10) では 4 位までの種を合わせても 35-45% を満たすに過ぎなかった。

各地点の優占種を見ると、8 地点において  $\beta$ -中腐水性の代表種であるオオシマトビケラ *Macrostemum radiatum* が最優占であった。その優占度は Sta. 1, 2, 3, および 5 の 4 地点では 30% を超えた。最優位を占めない他の地点においても、オオシマトビケラの優占度は高かった。しかし、Sta. 9 ではオオシマトビケラの優占度は 5% にも満たなかった。

Sta. 1 ではナカハラシマトビケラ *Hydropsyche setensis* が 17% 近くの優占度で第 2 位となり、特異的な結果を示した。Sta. 2, 3, 5, および 6 では、ウルマーシマトビケラ *Hydropsyche orientalis* がオオシマトビケラに続いて第 2 位の優占種となり 11-15% の優占度を示した。Sta. 4 ではヒゲナガカワトビケラ *Stenopsyche marmorata* が 13% を超える比較的高い優占度となったが、他地点ではこの種は 8% をわずかに超える優占度を最高に、全般に低い値で推移した。Sta. 6 から下流では上位 3 位までの優占種中にコガタシマトビケラ *Cheumatopsyche brevilineatus* が出現し始め、Sta. 9 では最高の 30% の優占度に達し、この地点での最優占種となった。

また、すべての調査地点においてオオシマトビケラを含むシマトビケラ科 Hydropsychidae やヒゲナガカワトビケラ科 Stenopsychidae の造網型トビケラが優占していた。しかし、造網型トビケラの優占度も下流では減少し、Sta. 7 では 36%、Sta. 10 では 29% となった。その減少を補うように Sta. 7 ではシロタニガワカゲロウ *Ecdyonurus yoshidae* が、Sta. 8 ではアカマダラカゲロウ *Uracanthella rufa* が、Sta. 9 ではヤマトアミメカワゲラモドキ *Stavosolus japonicus* 等の匍匐型の種が増加した。そして Sta. 9 ではウスバガガンボ属の 1 種

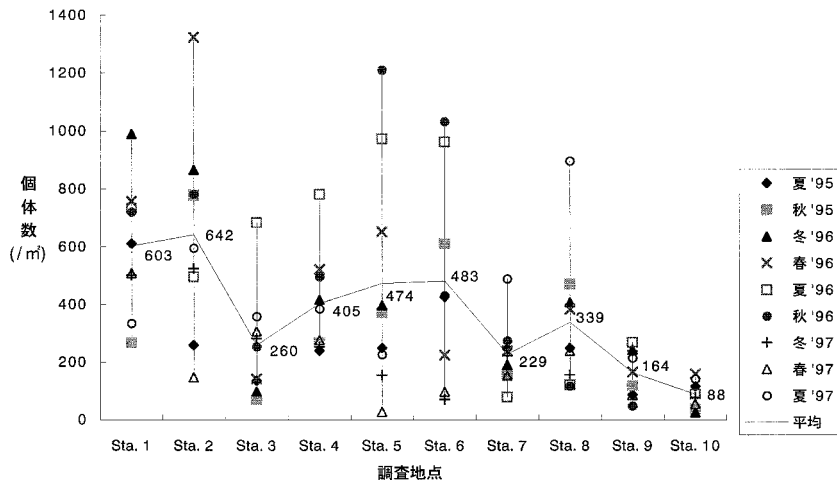


図2 各調査地点の水生昆虫の総個体数

表1 流程における優占種の推移

| 地点      | 種名            | 優占度   |
|---------|---------------|-------|
| Sta. 1  | オオシマトビケラ      | 35.89 |
|         | ナカハラシマトビケラ    | 16.71 |
|         | ウルマ-シマトビケラ    | 3.59  |
| Sta. 2  | オオシマトビケラ      | 33.56 |
|         | ウルマ-シマトビケラ    | 11.75 |
|         | ヒゲナガカワトビケラ    | 8.11  |
| Sta. 3  | オオシマトビケラ      | 30.39 |
|         | ウルマ-シマトビケラ    | 13.18 |
|         | ヒゲナガカワトビケラ    | 6.81  |
| Sta. 4  | オオシマトビケラ      | 20.33 |
|         | ヒゲナガカワトビケラ    | 13.67 |
|         | アカマダラカゲロウ     | 13.00 |
| Sta. 5  | オオシマトビケラ      | 33.15 |
|         | ウルマ-シマトビケラ    | 14.41 |
|         | ナカハラシマトビケラ    | 5.53  |
| Sta. 6  | オオシマトビケラ      | 21.52 |
|         | ウルマ-シマトビケラ    | 14.09 |
|         | コガタシマトビケラ     | 13.35 |
| Sta. 7  | シロタニガワカゲロウ    | 13.11 |
|         | オオシマトビケラ      | 11.99 |
|         | エチゴシマトビケラ     | 8.16  |
| Sta. 8  | オオシマトビケラ      | 22.61 |
|         | コガタシマトビケラ     | 15.43 |
|         | アカマダラカゲロウ     | 15.00 |
| Sta. 9  | コガタシマトビケラ     | 30.12 |
|         | ヤマトアミメカワゲラモドキ | 5.42  |
|         | ウスバガガンボ属の1種   | 5.09  |
| Sta. 10 | オオシマトビケラ      | 13.77 |
|         | コガタシマトビケラ     | 9.45  |
|         | ヒメトビイロカゲロウ    | 8.10  |

*Antocha* sp. が, Sta. 10 ではヒメトビイロカゲロウ *Choroterpes trifurcata* などの掘潜型の種が上位3種の優占種に加わった。しかし, これらの種は造網型の種のように, 30%を超えるような高い優占度を示すことはなかった。Sta. 10 ではユスリカ類 Chironomidae gen. spp. などの掘潜型の比率増加が目立った。

季節的に優占種が占める割合には一定の傾向が見られた(表2)。春, 夏, 秋では, 最優占種が優占度40%を超えることもしばしばあったが, 冬の調査ではすべての調査地点で30%以下に減少した。オオシマトビケラの優占度は春には7地点で最高となり, 2地点で3位になったが, Sta. 6では2%以下と低くなった。夏にはオオシマトビケラはSta. 1から6までにおいて最優占種となり, Sta. 7から10までは2位であった。秋には6地点で最優占種となり, 1地点で3位となった。冬の結果では2地点で最優占種であり, 3地点で2位に, 1地点で3位となった。すべての季節においてオオシマトビケラは優占種であったが, 冬にはその優占度の低下が顕著であった。

シロタニガワカゲロウは春にSta. 4と7で, 夏にSta. 7と8で優占していたが, 秋と冬の調査では優占の地位を失った。Sta. 9では夏, 秋, 冬の調査ではコガタシマトビケラが最優占種となり各々44.9, 47.9, 20.3%という極めて高い優占度となった。しかし, 春には3.6%の優占度にとどまり, それにかわってヒラタドロムシ *Mataeopsephus japonicus japonicus* が10.3%の最優占度を示した。ただし, この値はどの地点の, どの季節の最優占種の優占度よりも低かった。

次に, 水生昆虫各種の生活形の変化を流程に沿って比較し図3に示した。先の優占種の結果からも容易に判断できるように造網型の生活形を持つ個体が多く地点で優占し, Sta. 1, 2, および3では造網型の比率が64, 66, 61%と高かった。その中でもSta. 1では匍匐型の比率が他地点に比べ最も少ない18%であった。Sta. 4は造網型と匍匐型の割合が近似しており, 越戸ダムより上流の地点の中では特異的な生活形の割合となった。Sta. 5と6は造網型が67%と最も高い比率となり, さらに他の生活形の比率もすべて同一となった。これら2地点の生活形の構成比率はSta. 2ともほぼ同様であった。Sta. 7では匍匐型の比率が半分には届かなかったものの, 47%と高い比率を示した。このため造網型の割合が34%と, Sta. 5や6に比べ約半分減った。また, Sta. 7では遊泳型の割合がSta. 1-6の2-3%に比べると2倍以上の6%に増加した。明治用水ダム直下のSta. 8では, Sta. 7とは逆に造網型が47%であるのに対し, 匍匐型が37%の割合となり造網型が再び優占となった。Sta. 9でも未だ造網型が優占であったが, 匍匐型と並び掘潜型の比率が23%と高くなった。さらに遊泳型や固着型の比率がそれぞれ6, 7%となり, 上流の各地点に比べ水生昆虫の生活形の割合が均一化する傾向が見られた。Sta. 10では掘潜型の比率が最も高く37%, 続いて匍匐型と造網型が共に26%, そして遊泳型が10%となった。掘潜型と遊泳型の両方がSta. 10で他地点と比較して著しく高い割合を示し, Sta. 9以上に各生活形が共存する現象が見られた。

以上に述べてきた生活形の流程に伴う変化を造網型の優占度(造網型係数)を用いて図4に示した。図1に示すダムの位置とこの係数の中央値を比較すると, 阿摺ダムから約2km下流のSta. 1で係数が最高の70, その後下流に向かって64, 54, 46と係数は減少した。そして越戸ダムを挟んで下流のSta. 5では再び係数は61と上昇した。同様に越戸ダムから明治用水頭首工に向かって係数は減少し, さらに水源頭首工直下のSta. 8で係数は上昇し, Sta.

表2 季節別の優占種

| 地点      | 春     |             |       | 夏            |       |              | 秋     |               |       | 冬           |       |               | 優占度   |
|---------|-------|-------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|---------------|-------|-------------|-------|---------------|-------|
|         | 優占度   | 種           | 優占度   | 種            | 優占度   | 種            | 優占度   | 種             | 優占度   | 種           | 優占度   | 種             |       |
| Sta. 1  | 40.83 | オオシマトビケラ    | 44.82 | オオシマトビケラ     | 45.20 | ナカハラシマトビケラ   | 27.28 | ナカハラシマトビケラ    | 15.57 | オオシマトビケラ    | 15.48 | オオシマトビケラ      | 27.28 |
|         | 8.61  | ナカハラシマトビケラ  | 14.11 | ナカハラシマトビケラ   | 14.11 | ナカハラシマトビケラ   | 15.48 | オオシマトビケラ      | 7.18  | タシタナガレトビケラ  | 2.75  | タシタナガレトビケラ    | 2.75  |
|         | 6.00  | ムナグロナガレトビケラ | 4.52  | ウスバガガンボ属の1種  | 39.69 | オオシマトビケラ     | 34.86 | オオシマトビケラ      | 23.99 | オオシマトビケラ    | 23.99 | オオシマトビケラ      | 23.99 |
| Sta. 2  | 35.60 | オオシマトビケラ    | 13.38 | ウルマーシマトビケラ   | 13.56 | ウルマーシマトビケラ   | 11.49 | ウルマーシマトビケラ    | 10.87 | ウルマーシマトビケラ  | 8.12  | ヒゲナガカワトビケラ    | 8.12  |
|         | 10.87 | ウルマーシマトビケラ  | 7.10  | ヒゲナガカワトビケラ   | 7.10  | ヒゲナガカワトビケラ   | 17.32 | ヒゲナガカワトビケラ    | 9.31  | ムナグロナガレトビケラ | 17.32 | ヒゲナガカワトビケラ    | 17.32 |
|         | 9.31  | ムナグロナガレトビケラ | 43.14 | ヒゲナガカワトビケラ   | 43.14 | ヒゲナガカワトビケラ   | 17.32 | ヒゲナガカワトビケラ    | 29.62 | オオシマトビケラ    | 10.76 | ウルマーシマトビケラ    | 10.76 |
| Sta. 3  | 8.69  | ウルマーシマトビケラ  | 16.86 | エチゴシマトビケラ    | 16.86 | エチゴシマトビケラ    | 10.76 | ウルマーシマトビケラ    | 8.69  | ウルマーシマトビケラ  | 8.92  | オオシマトビケラ      | 8.92  |
|         | 7.35  | ヒゲナガカワトビケラ  | 10.25 | フタツメカワゲラ属の1種 | 10.25 | フタツメカワゲラ属の1種 | 13.19 | ヤマトアミメカワゲラモドキ | 7.35  | ナカハラシマトビケラ  | 13.19 | ヤマトアミメカワゲラモドキ | 13.19 |
|         | 15.02 | オオシマトビケラ    | 28.38 | オオシマトビケラ     | 28.38 | オオシマトビケラ     | 19.32 | ヒゲナガカワトビケラ    | 15.02 | オオシマトビケラ    | 16.87 | ヒゲナガカワトビケラ    | 16.87 |
| Sta. 4  | 11.39 | アカマダラカゲロウ   | 14.62 | ヒゲナガカワトビケラ   | 14.62 | ヒゲナガカワトビケラ   | 18.93 | オオシマトビケラ      | 11.39 | アカマダラカゲロウ   | 15.67 | オオシマトビケラ      | 15.67 |
|         | 11.01 | ヒゲナガカワトビケラ  | 11.64 | エチゴシマトビケラ    | 11.64 | エチゴシマトビケラ    | 10.44 | アカマダラカゲロウ     | 11.01 | ヒゲナガカワトビケラ  | 13.13 | オオシマトビケラ      | 13.13 |
|         | 37.00 | オオシマトビケラ    | 38.53 | オオシマトビケラ     | 38.53 | オオシマトビケラ     | 30.37 | オオシマトビケラ      | 37.00 | オオシマトビケラ    | 22.24 | オオシマトビケラ      | 22.24 |
| Sta. 5  | 14.54 | ウルマーシマトビケラ  | 9.17  | ウルマーシマトビケラ   | 9.17  | ウルマーシマトビケラ   | 8.68  | ウルマーシマトビケラ    | 14.54 | ウルマーシマトビケラ  | 8.68  | ウルマーシマトビケラ    | 8.68  |
|         | 12.48 | ヒゲナガカワトビケラ  | 5.86  | ナカハラシマトビケラ   | 5.86  | ナカハラシマトビケラ   | 7.05  | ヤマトアミメカワゲラモドキ | 12.48 | ヒゲナガカワトビケラ  | 7.05  | ヤマトアミメカワゲラモドキ | 7.05  |
|         | 24.77 | ヒゲナガカワトビケラ  | 28.14 | オオシマトビケラ     | 28.14 | オオシマトビケラ     | 17.77 | ウルマーシマトビケラ    | 24.77 | ヒゲナガカワトビケラ  | 12.68 | ウルマーシマトビケラ    | 12.68 |
| Sta. 6  | 8.98  | ムナグロナガレトビケラ | 13.77 | ウルマーシマトビケラ   | 13.77 | ウルマーシマトビケラ   | 5.63  | ムナグロナガレトビケラ   | 8.98  | ムナグロナガレトビケラ | 5.63  | ムナグロナガレトビケラ   | 5.63  |
|         | 5.57  | シロタニガワカゲロウ  | 13.55 | コガタシマトビケラ    | 13.55 | コガタシマトビケラ    | 4.23  | オオヤマカワゲラ      | 5.57  | シロタニガワカゲロウ  | 4.23  | オオヤマカワゲラ      | 4.23  |
|         | 14.72 | オオシマトビケラ    | 18.97 | フタツメカワゲラ属の1種 | 18.97 | フタツメカワゲラ属の1種 | 16.63 | エチゴシマトビケラ     | 14.72 | オオシマトビケラ    | 16.63 | エチゴシマトビケラ     | 16.63 |
| Sta. 7  | 8.12  | シロタニガワカゲロウ  | 13.34 | コガタシマトビケラ    | 13.34 | コガタシマトビケラ    | 8.43  | アカマダラカゲロウ     | 8.12  | シロタニガワカゲロウ  | 8.43  | アカマダラカゲロウ     | 8.43  |
|         | 6.60  | ムナグロナガレトビケラ | 12.00 | オオシマトビケラ     | 12.00 | オオシマトビケラ     | 8.19  | エラブタマダラカゲロウ   | 6.60  | ムナグロナガレトビケラ | 8.19  | エラブタマダラカゲロウ   | 8.19  |
|         | 22.44 | オオシマトビケラ    | 23.96 | オオシマトビケラ     | 23.96 | オオシマトビケラ     | 23.4  | コガタシマトビケラ     | 22.44 | オオシマトビケラ    | 23.4  | コガタシマトビケラ     | 23.4  |
| Sta. 8  | 12.66 | コガタシマトビケラ   | 20.65 | コガタシマトビケラ    | 20.65 | コガタシマトビケラ    | 16.67 | アカマダラカゲロウ     | 12.66 | コガタシマトビケラ   | 16.67 | アカマダラカゲロウ     | 16.67 |
|         | 8.65  | アカマダラカゲロウ   | 6.70  | ヒラタドロムシ      | 6.70  | ヒラタドロムシ      | 14.89 | オオシマトビケラ      | 8.65  | アカマダラカゲロウ   | 14.89 | オオシマトビケラ      | 14.89 |
|         | 10.32 | ヒラタドロムシ     | 44.93 | シマトビケラ属の1種   | 44.93 | シマトビケラ属の1種   | 20.29 | コガタシマトビケラ     | 10.32 | ヒラタドロムシ     | 20.29 | コガタシマトビケラ     | 20.29 |
| Sta. 9  | 7.54  | ムナグロナガレトビケラ | 8.39  | エチゴシマトビケラ    | 8.39  | エチゴシマトビケラ    | 16.56 | ヤマトアミメカワゲラモドキ | 7.54  | ムナグロナガレトビケラ | 16.56 | ヤマトアミメカワゲラモドキ | 16.56 |
|         | 4.76  | コオナガミズスマシ   | 4.37  | フタツメカワゲラ属の1種 | 4.37  | フタツメカワゲラ属の1種 | 12.01 | ウスバガガンボ属の1種   | 4.76  | コオナガミズスマシ   | 12.01 | ウスバガガンボ属の1種   | 12.01 |
|         | 4.76  | オオシマトビケラ    | 17.24 | フタツメカワゲラ属の1種 | 17.24 | フタツメカワゲラ属の1種 | 23.08 | オオシマトビケラ      | 4.76  | オオシマトビケラ    | 23.08 | オオシマトビケラ      | 23.08 |
| Sta. 10 | 13.95 | オオシマトビケラ    | 13.22 | コガタシマトビケラ    | 13.22 | コガタシマトビケラ    | 9.62  | ヤマトアミメカワゲラモドキ | 13.95 | オオシマトビケラ    | 9.62  | ヤマトアミメカワゲラモドキ | 9.62  |
|         | 6.98  | ガガンボ科の1種    | 12.07 | サホココカゲロウ     | 12.07 | サホココカゲロウ     | 5.77  | ユスリカ科の1種      | 6.98  | ガガンボ科の1種    | 5.77  | ユスリカ科の1種      | 5.77  |
|         | 2.30  | ヒメドロムシ科の1種  |       |              |       |              |       |               | 2.30  | ヒメドロムシ科の1種  |       |               |       |

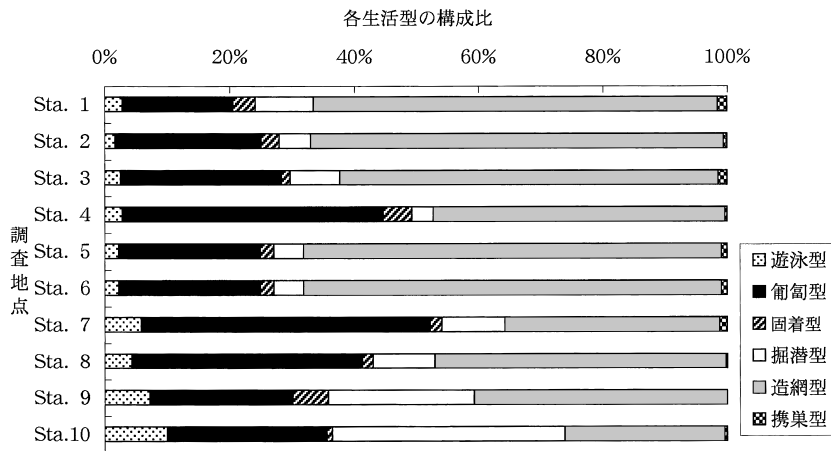


図3 流程による生活形の推移

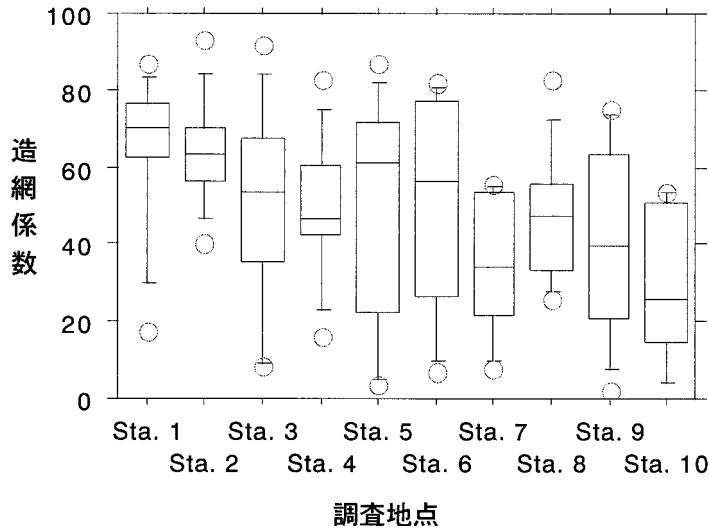


図4 流程による造網型係数の推移

9, 10 と係数は減少した。造網型係数は各ダムを頂点に、上流ほど係数は大きく、下流ほど小さいという顕著な傾向が見られた。

本調査で設けた10地点の間にはダム、支流の流入などにより水生昆虫相にも変化が見られると推測される。それを明らかにするため各地点の種数とその個体数を持ち、地点間の重複度を算出した(表3)。

この結果、隣接地点間で重複度は高く、地点間距離が離れるほど低くなる傾向が見られた。また下流の地点ほど他地点との重複度が低くなる傾向を表した。最も高い重複度を示したのはSta. 1と2で0.843, 続いてSta. 2と5で0.700, Sta. 2と4で0.696であった。Sta. 9と10では他地点との重複度が多くの場合0.2—0.4という低い値となる傾向が見られた。

流程変化による生物学的水質を調べるため Beck-Tsuda $\alpha$ 法を用いて検討した(図5)。各



表3 各地点間の重複度

|         | Sta. 1 | Sta. 2 | Sta. 3 | Sta. 4 | Sta. 5 | Sta. 6 | Sta. 7 | Sta. 8 | Sta. 9 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Sta. 2  | 0.843  |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Sta. 3  | 0.529  | 0.615  |        |        |        |        |        |        |        |
| Sta. 4  | 0.511  | 0.696  | 0.600  |        |        |        |        |        |        |
| Sta. 5  | 0.676  | 0.700  | 0.381  | 0.510  |        |        |        |        |        |
| Sta. 6  | 0.609  | 0.622  | 0.461  | 0.472  | 0.661  |        |        |        |        |
| Sta. 7  | 0.425  | 0.488  | 0.529  | 0.562  | 0.452  | 0.613  |        |        |        |
| Sta. 8  | 0.496  | 0.535  | 0.348  | 0.490  | 0.527  | 0.567  | 0.544  |        |        |
| Sta. 9  | 0.212  | 0.231  | 0.337  | 0.245  | 0.274  | 0.519  | 0.417  | 0.550  |        |
| Sta. 10 | 0.329  | 0.362  | 0.333  | 0.278  | 0.224  | 0.353  | 0.362  | 0.399  | 0.466  |

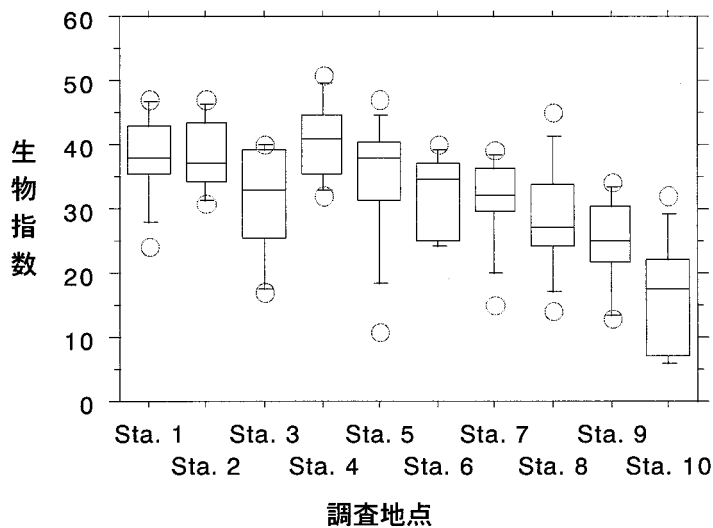


図5 Beck-Tsuda  $\alpha$  法による各調査地点の生物学的水質

地点の中央値より生物学的水質を評価すると、Sta. 1-9が「清冽」、Sta. 10が「やや汚染」という結果を示した。Sta. 1と2は調査地点も近いことから両地点はほぼ同様な値を示した。しかし、飯野川合流点下流のSta. 3では値が下りSta. 7に近い値となった。Sta. 4で値は最大となり、Sta. 5からは下流に行くにつれ値も緩やかに下がっていった。最下流のSta. 10では値が急激に下がり、水質が「やや汚染」という値を示した。

## 2) 人為による水生昆虫の生息状況変化

Sta. 6は箆川合流点下流で、この調査期間内に水辺環境整備および取水口設置のため二度の工事が行われた。1996年冬の一度目の工事では既存の中州を撤去し、その際取り出した砂を既設水制工（テトラポッド）に覆土し、川辺散策路を整備した。このため調査地点周辺は一旦堰止められ、ポンプによりすべての水が仮設流路に汲み上げられ、排水された。従って、大多数の水生昆虫は吸い上げられて調査地点より下流に流されたか、乾燥した河床で死滅した可能性が高い。

工事後の1996年春の調査では、個体数は工事前の約1/3に減っているが、すでに回復の兆

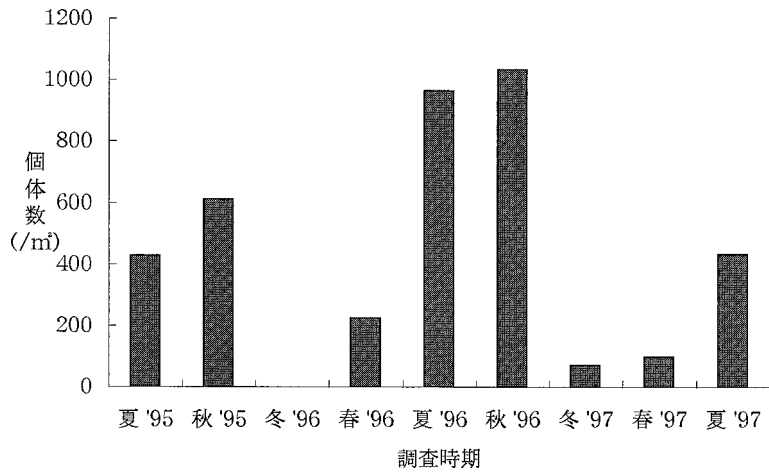


図6 Sta. 6における個体数の変動

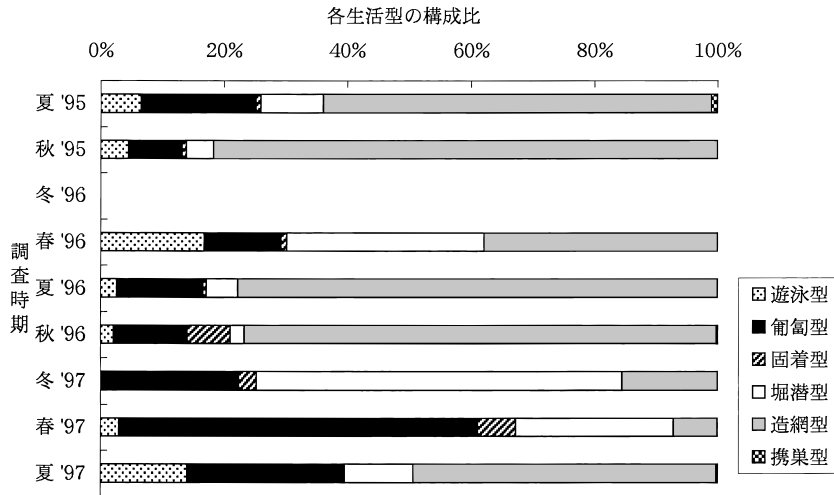


図7 Sta. 6の生活形構成比の変化

しが見え始めている(図6)。生活形別の水生昆虫の流下構成比は流下の容易な順に掘潜型>遊泳型>固着型>携巢型>匍匐型>造網型という報告がある(水野・御勢, 1993)。Sta. 6では工事以前の1995年秋の調査では生活形別の構成比は造網型が80%以上の高い値を示していたが、工事以後の1996年春の調査では造網型が38%になった(図7)。ここまで数値が下がっても未だ最優占ではあったが、掘潜型が33%、遊泳型が17%と流下の容易な生活形の個体数と拮抗する程度となった。その後の夏、秋の調査では個体数が工事以前の夏、秋の調査と比較すると約2倍の1,000個体前後に増えた。生活形の構成比を比較しても、造網型が80%近くを占めており工事以前とほぼ同様の構成比となった。

二度目の工事は新しく造られた公園内の人工河川に水を引くため、この地点に取水口を造成するものであった。このため一旦川を堰止め、ポンプで水を送りながら河床を掘り下げた。

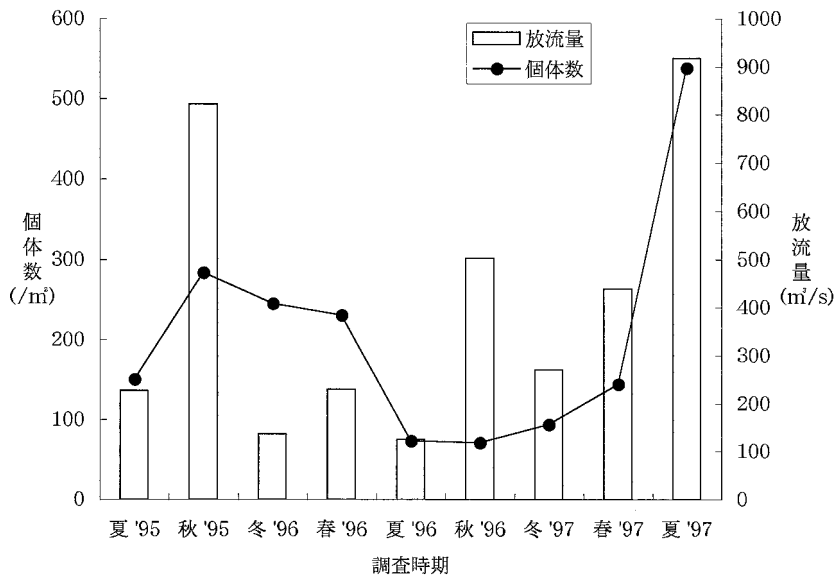


図8 明治用水頭首工からの放流量と Sta. 8 の瀬における水生昆虫個体数の変動

工事中であった1997年冬の調査では、上に述べた流下の最も容易な生活形である掘潜型の種、特にユスリカ類が優占しており、造網型は20%未満であった。この後の春の調査では匍匐型が58%で優占していたが、これはムナグロナガレトビケラ *Rhyacophila impar* の増加が主要因であった。夏の調査では造網型の種が回復し、50%の優占度となり、採集数も前年夏よりはかなり少かったが400個体を超えていた。

次に、ダムの放流量の変化による水生昆虫相の影響を明らかにするため、明治用水頭首工の直下に位置する Sta. 8 の水生昆虫個体数と、調査日前20日間の合計放流量(愛知県農地開発事務所, 1996; 1997) との関係を図8に示した。この結果、放流量が増加すると水生昆虫の個体数が増え、減少すると個体数も減るという明確な正の相関( $r=0.684, p<0.05$ )が見られた。

夏期調査における水生昆虫の変遷をみると、マダラカゲロウ科のエラブタマダラカゲロウ *Torleya japonica* においては放流量の少ない1995年と1996年の個体数がそれぞれ0および1個体であったのに対し、1997年の調査では33個体採集された。アカマダラカゲロウは1995年と1996年の調査ではそれぞれ20および9個体であったが、1997年には275個体が採集された。

またシマトビケラ科では、コガタシマトビケラ、ウルマーシマトビケラ、オオシマトビケラ等すべての種で1997年の調査において多数の個体を採集した。特にナカハラシマトビケラの個体数は1995、1996年にそれぞれ4および1個体であったのに対し、1997年に55個体が採集されたのは最も顕著な例である。

## 4. 考 察

### 1) 豊田市内の矢作川の水生昆虫相と生物学的水質

各調査地点ごとに  $\beta$ -中腐水性の代表種であるオオシマトビケラの優占度と水生昆虫群集の多様性との関係を調べた結果、明治用水頭首工より上流では、オオシマトビケラの優占度と Simpson の多様性指数の間には強い負の相関があった ( $r = -0.503$ ,  $p < 0.0001$ )。これは個体数の卓越するオオシマトビケラの動態がその地点の多様性を決定し、さらには水生昆虫相をも左右するためと推測される。また明治用水頭首工より下流の Sta. 8, 9 および 10 ではオオシマトビケラに替わって同じく  $\beta$ -中腐水性のコガタシマトビケラが同じような動態を示し、森下 (1978) では同列に並ぶこの 2 種が矢作川においては上流から下流に向かってオオシマトビケラ→コガタシマトビケラの関係が成り立つと推測された。

Sta. 1 におけるナカハラシマトビケラの優占は 2 つの理由が考えられる。第一は、森下 (1978) によるとナカハラシマトビケラはシマトビケラ科の他種に比べ水質汚濁に耐性がないため、最も上流に分布するとしている。この説によれば最上流の調査地点である Sta. 1 に優占したことが裏付けとなる。これに対して、ナカハラシマトビケラは 2 群に分かれると見られているシマトビケラ属の 1 群の中で、最も下流に生息する種と位置付けている説 (柴谷・谷田, 1989) からすれば、この実態は説明できない。しかし、一方でナカハラシマトビケラは発電害虫として発電所の導水路に造網することが知られている (森下, 1978)。Sta. 1 は阿摺ダム発電放水口の下流約 2 km の地点に位置するため、このダムの導水路の影響でナカハラシマトビケラが優占しやすいとの推測も成り立つ。森下の最上流分布説と発電害虫説の双方を採用すれば、Sta. 1 におけるナカハラシマトビケラ優占の現状は十分に説明され得る。

以上のように豊田市内の矢作川流域においては上流から下流に向かってナカハラシマトビケラ→オオシマトビケラ→コガタシマトビケラという造網型トビケラによる優占種の推移の傾向が見られた (図 9)。これは単に河床の形態変化以外に、水質の汚濁に附随した現象と考えられる。

本調査では多数のエラブタマダラカゲロウとアカマダラカゲロウが確認されたが、これは矢作川中流域の瀬がこれらのマダラカゲロウの好む流速の弱い、沈み石が優占する河床となっているためであろう。この河床の構造はダムにより流量が安定化された河川の特徴であるため、エラブタマダラカゲロウやアカマダラカゲロウの優占はこの現象を明確に裏付けている。

次に、各調査地点間の重複度ではいずれの隣接調査地点間においても高い値を示したが、上中流の地点間では Sta. 4 と 5, Sta. 7 と 8 では比較的低い値を示した。これは、この地点間にはダムが存在するため、距離は近くとも環境が変化するためと考えられた。また Sta. 9 および 10 では隣接地点間を除く地点との類似度が著しく低くなる傾向が見られた。このことは、これらの地点が下流域特有の河川環境、すなわち礫が少なく、砂利または粗砂の割合が高い河床のため、生息する昆虫相が他地点とは変容してきているためと推測される。

生物学的水質調査法は化学的な水質調査法のように今現在の水質が分かるだけでなく、過

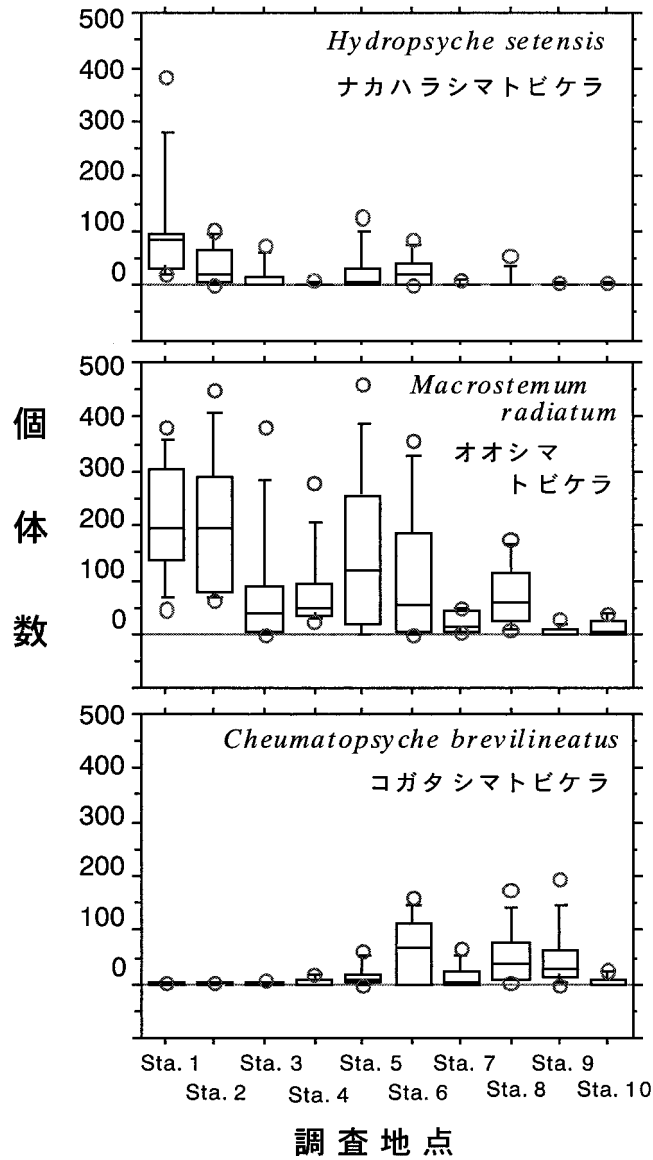


図9 流程による優占種の個体数変動

去から現在までの水質の変遷をも知ることができるためにとても有用な方法である (Hauer and Lamberti, 1996).

上流から順次、各地点の生物指数を比較していくと、Sta. 1 と 2 の値はほぼ同様であった。先にも述べたように、この 2 地点間は位置も近く、人口密度の高い集落を流れる大きな支流の流入もないため生物指数は類似していたのであろう。

Sta. 3 の水質が約 10km 下流の Sta. 7 とほぼ同様であるという結果を示した。これは飯野川からの土砂の流下堆積による沈み石の増加に加え、この支流の水質が必ずしも良くないことも原因と考えられる。沈み石の増加は、礫と礫の間に砂利や砂で巣を造る造網型のトビケ

ラや、礫の石面裏側で生活する匍匐型のカゲロウやカワゲラの生息場所を消滅させる。このことが種数を減らし、ひいては生物指数を下げたと推測される。

これに対して、すぐ下流の Sta. 4 では生物指数が最高値となった。この地点は上流に広面積の砂州と砂底の淵があり、砂利の供給が極めて多く流れの早い瀬のために、礫間に砂が堆積しにくいという特異な環境のためと考えられる。

Sta. 5 からは生物指数が緩やかに下がり始めた。これは汚濁した支流の流入、ダムの影響、さらには河床の単純化による種数の減少などが原因と考えられる。最下流の Sta. 10 では Sta. 9 との間に大きな支流もなく、また豊田市環境部 (1997) の水質分析によると Sta. 10 から約 3 km 上流の地点と Sta. 9 との水質の差はあまり見られなかった。しかし生物指数は急激に下がり 16 の「やや汚染」であったのは、河床の礫の減少や粗砂の優占などが生息環境の単純化に拍車をかけ、種数の減少につながったと推測される。

上記のことから、矢作川では一概に水質の悪化のみがこの生物指数を低下させたとは思えない地点が数多くあった。先にも述べたように、この 10 地点の間では BOD 値から見た水質はそれほど急激に悪化していないが、河床の変化は著しい。また、この生物指数は種数と非常に高い正の相関 ( $r=0.941$ ,  $p<0.0001$ ) を示す。上・中流の河床材料が変化に富み、浮石の多い地点では種数も多くなることから、生物指数も高い値を表わすことが容易に推測できる。これらのことより、水生昆虫相を決定する重要な要因となる物理的環境を取り入れた生物学的な水質判定法を考案することが急務だと思われる。

## 2) ダム、河床改変、放流水量の多寡による水生昆虫相の変異

造網型のトビケラは石面に固着性巣室を作り、かつ定置性捕獲網を作るために、それらの構築物により石面の場所を長期間にわたり占領する。この構築物により変形された環境は他の底生動物によって破壊することはできない。このため瀬のある部分において、造網型トビケラの利用可能な場所が最大限かれらによって占められた時、そのような群集は一応の極相であるという説がある (津田, 1962)。これによると豊田市内の矢作川の瀬のほとんどは極相に近い状態すなわち安定した状態にあると言える。さらに、この造網係数はダムと連動しており、ダム直下で最も高い値を示し下流にいくに従って、値は低下することから、河床の安定化の最大の原因はダムによる流量の調節であることが容易に推測される。

次に、工事が単に河床を掘り起こす程度のものであれば、本調査の結果からも分かるように、二季を経てほとんど原状の個体数、生活形の比に回復した。一度は破壊的な打撃を受けると予測される水生昆虫群集も、生活史に組み込まれている流下や遡上などの河川氾濫への対応力を駆使するのであろう。さらに、河床改変が本来の目的ではないにしても、河床を浮き石状態に変えることがあるため、水生昆虫の生息場所を拡大し、多様性、個体数ともに増加させる場合が多いと推測される。

Sta. 8 はダム直下の地点であるため、ダムからの放流水量の多寡による水生昆虫の多様性およびその個体数への多大な影響があるのではと推測された。調査の結果、流量の増減による影響が明確に示された。このことは河川流量の減少が水生昆虫に致命的な影響を及ぼすということに留まらず、水生昆虫が主要な役割を占める河川の生態系にも破壊的な影響を与えることが示唆される。

河川流量の減少・安定化による土砂流量の減少や沈み石の増加は、本来多様である河床構造を単一化し、空間を減少させる。このため特定種の大発生や緩流もしくは淵に生息する種の生息域の拡大などが起こり、水生昆虫の多様性も失われる。このようなことを防ぐためにも河川水が農業・工業・上水道用水を確保するための資源としてとらえるのではなく、河川に生息する生物が多様性を保ち、安定した個体数を維持するための必須条件として、河川流量の維持をはからねばならない。

## 5. 摘要

河川内で現存量・種数ともに多い瀬において水生昆虫相に影響を与えるであろう様々な環境要因、例えば流程、季節、河床、流量、工事などを取り上げ、水生昆虫相が主にどのような環境要因に左右され、どのように変化するかを調べた。

豊田市内の矢作川流域において本流の矢作川より10地点を選び、1995年の夏から1997年の夏にかけて四季毎に瀬において底生動物を定量調査した。

本調査において8目44科77属120種の水生昆虫が同定された。流程による水生昆虫相を優占種法で分析した結果、8地点においてオオシマトビケラが最優占種となった。しかし、傾向としては上流から下流にかけてナカハラシマトビケラ→オオシマトビケラ→コガタシマトビケラという優占種の推移が見られた。四季における優占種を比較しても、やはりオオシマトビケラが最優占となったが、冬は他の季節に比べ優占度が低くなる傾向があった。生活形の流程分布においては上流で造網型が優占し、中流部で造網型と匍匐型が拮抗しており、下流部で造網型、匍匐型、遊泳型、掘潜型が共存していた。また、造網型係数はダムと連動して増減する傾向が見られ、各ダムを頂点に上流ほど係数は大きく、下流ほど係数は小さくなった。生物学的水質評価ではSta. 1から9までが「清冽」、Sta. 10は「やや汚染」という結果であった。工事による河床改変の影響としては、工事中・直後には個体数の減少はあるものの、工事が単に河床を掘り起こす程度であれば速やかに個体数は回復した。さらに、河床を浮き石状態に変えるため、水生昆虫の生息場所が拡大し、個体数、多様性ともに増大すると推測された。流量の多寡は水生昆虫相に多大な影響を与えることが明確となった。この結果より、河川に生息する生物が安定した個体数を保ち、多様性を維持するための河川流量を確保することが重要であると結論された。

## 6. 謝辞

本研究をすすめるにあたり名城大学動物学研究室の有田豊教授、そして豊田市矢作川研究所主任研究員の田中蕃氏から有用な助言また本論文の校閲など懇切丁寧な御指導を賜った。また、名城大学動物学研究室研究員の橋本里志博士には水生昆虫の同定をして頂いた。矢作川漁業協同組合、豊田市矢作川研究所、豊田市河川課および名城大学動物学研究室の方々には調査の手伝い、資料の提供、論文の校閲など多大な御協力をいただいた。これらの方々には

心より厚く御礼申し上げます。

## Summary

A variety of environmental factors, including a longitudinal profile, seasons, substrates, a water flow, river improvements, influences the fauna of aquatic insects in the riffles where it appears in large biomass and diversity. How these factors influenced on the fauna and how the fauna was changed were investigated.

Selecting 10 stations from the part of the main stream of the Yahagi River within Toyota city, Aichi pref., macrobenthos was examined quantitatively in the riffles seasonally from the summer of 1995 through that of 1997.

In this study, the fauna of aquatic insects, covering 8 orders, 44 families, 77 genera, 120 species, were identified. Using the method of specifying dominant species, *Macrostemum radiatum* was the most dominant species at the 8 stations. However, there was the tendency that the dominant species shifted from *Hydropshyche setensis*, *M. radiatum*, to *Cheumatopsyche echigoensis*, going down the river. Among their life forms, a net-spinning group was the most dominant in the upper reaches of the river, and the net-spinning and a creeping groups competed with each other in the middle reaches, and the net-spinning, the creeping, a swimming, and a borrowing groups coexisted in the lower reaches. The coefficient of the net-spinning group was tended to fluctuate with the locations from the dams. The coefficient was the highest just below the dams and decreasing with going down from the dams. The biological evaluation of water quality indicated that the Stations from 1 up to 9 were evaluated as “non-polluted” and the Station 10 was evaluated as “slightly polluted”. The impact of riverbed improvements was a decrease in the number of individuals immediately after the improvement. However, if it was just digging up the riverbeds, the number recovered in a short period. Moreover, changing the riverbeds into a floating state as a result of the improvement, the habitats of the aquatic insects were expanded. Water flow had a big influence on the fauna. According to the result, it is concluded that ensuring the sufficient water flow is important to maintain the stable number and the diversity of aquatic organisms.

## 文 献

- 愛知県岡崎農地開発事務所 (1996). 矢作川利水総合管理年報 (平成7年), 177 pp. 愛知県岡崎農地開発事務所.
- 愛知県岡崎農地開発事務所 (1997). 矢作川利水総合管理年報 (平成8年), 172 pp. 愛知県岡崎農地開発事務所.
- Allan, J. D. (1995). Stream Ecology. Structure and function of running water. 388pp. Chapman & Hall.



London.

広正義編 (1963). 矢作川の自然. 287 pp. 名古屋女学院短期大学生活科学研究所. 名古屋.

八田耕吉 (1980). 指標生物による矢作川の水質判定 (I, II). 名古屋女子大学紀要, 26 : 123-134, 135-149.

Hauer, F. R. and G. A. Lamberti (eds.) (1996). Methods in stream ecology. 674pp. Academic Press, Inc. New York.

石綿進一 (1987). マダラカゲロウ科の形態および検索(1), 属の形態および検索. 神奈川県の水生生物, 9 : 27-34.

可児藤吉 (1944). 溪流昆虫の生態. 日本生物誌. 昆虫(上) (古川春男編), 研究社. 東京. (1978 : 再録—可児藤吉全集. 427 pp. 思索社. 東京.)

川合禎次編 (1985). 日本産水生昆虫検索図説. 409 pp. 東海大学出版会. 東京.

Kimoto, S. (1967). Some quantitative analysis on the Chrysomelid fauna of the Ryukyu Archipelago. Esakia, 6 : 27-54.

水野信彦・御勢久右衛門 (1993). 河川の生態学. 247 pp. 築地書館. 東京.

森下郁子 (1978). 生物からみた日本の河川. 193 pp. 山海堂. 東京.

Morishita, M. (1959). Measuring of interspecific association and similarity between communities. Mem. Fac. Sci. Kyusyu univ., ser. E (Biol.), 3 : 65-80.

柴田篤弘・谷田一三編 (1989). 日本の水生昆虫. 184 pp. 東海大学出版会. 東京.

豊田市都市環境部 (1997). とよた環境白書 (資料編). 平成 8 年版. 178 pp. 豊田市都市環境部.

津田松苗 (1962). 水生昆虫学. 269 pp. 図鑑の北隆館. 東京.

津田松苗 (1964). 汚水生物学. 北隆館. 東京.

付表 豊田市内の矢作川の水生昆虫リスト

| 目 (科)    | 種 名   | 出現調査地点              |
|----------|---|---------------------|
| カゲロウ     |   |                     |
| フタオカゲロウ  | オオフタオカゲロウ <i>Siphonurus binotatus</i>         | ③                   |
|          | オオフタオカゲロウ属の1種 <i>Siphonurus</i> sp.           | ④                   |
| コカゲロウ    | フタバコカゲロウ <i>Baetiella japonica</i>            | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|          | ミジカオフタバコカゲロウ <i>Baetiella nosegawaensis</i>   | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑧ ⑨ ⑩   |
|          | フタバコカゲロウ属の1種 <i>Baetiella</i> sp.             | ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨       |
|          | サホコカゲロウ <i>Baetis sahoensis</i>               | ⑦ ⑩                 |
|          | コカゲロウ属の1種 <i>Baetis</i> sp.                   | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|          | コカゲロウ属類 <i>Baetis</i> spp.                    | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
| チラカゲロウ   | チラカゲロウ <i>Isonychia japonica</i>              | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑨     |
| ヒラタカゲロウ  | ミヤマタニガワカゲロウ属の1種 <i>Cinygma</i> sp.            | ⑨                   |
|          | クロタニガワカゲロウ <i>Ecdyonurus tobiironis</i>       | ⑩                   |
|          | シロタニガワカゲロウ <i>Ecdyonurus yoshidae</i>         | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|          | ユミモンヒラタカゲロウ <i>Epeorus curvatulus</i>         | ⑥                   |
|          | ナミヒラタカゲロウ <i>Epeorus ikanonis</i>             | ① ② ③ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩     |
|          | エルモンヒラタカゲロウ <i>Epeorus latifolium</i>         | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|          | ウエノヒラタカゲロウ <i>Epeorus uenoi</i>               | ⑥                   |
|          | キョウトキハダヒラタカゲロウ <i>Heptagenia kyotoensis</i>   | ④                   |
|          | キハダヒラタカゲロウ <i>Heptagenia kihada</i>           | ①                   |
|          | サツキヒメヒラタカゲロウ <i>Rhithrogena satsuki</i>       | ① ② ⑥ ⑨ ⑩           |
|          | ヒメヒラタカゲロウ属の1種 <i>Rhithrogena</i> sp.          | ①                   |
| トビイロカゲロウ | ヒメトビイロカゲロウ <i>Choroterpes trifurcata</i>      | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|          | ウエストントビイロカゲロウ <i>Paraleptophlebia westoni</i> | ④                   |
| ヒメカゲロウ   | ヒメカゲロウ属の1種 <i>Caenis</i> sp.                  | ⑦ ⑧ ⑨ ⑩             |
| カワカゲロウ   | キイロカワカゲロウ <i>Potamanthodes kamonis</i>        | ① ② ③ ④ ⑤ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩   |
| シロイロカゲロウ | オオシロカゲロウ <i>Ephoron shigae</i>                | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |

|         |   |                     |
|---------|---|---------------------|
| モンカゲロウ  | フタスジモンカゲロウ <i>Ephemera japonica</i>               | ① ③ ④               |
|         | トウヨウモンカゲロウ <i>Ephemera orientalis</i>             | ② ③ ④ ⑦ ⑧           |
|         | モンカゲロウ <i>Ephemera strigata</i>                   | ② ③ ④ ⑦             |
| マダラカゲロウ | シリナガマダラカゲロウ <i>Acerella longicaudata</i>          | ③ ⑦ ⑨               |
|         | オオクママダラカゲロウ <i>Cincticostella okumai</i>          | ① ② ④ ⑤ ⑦ ⑧ ⑨       |
|         | トウヨウマダラカゲロウ <i>Cincticostella orientalis</i>      | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑨ ⑩     |
|         | オオマダラカゲロウ <i>Drunella basalis</i>                 | ① ② ③ ④ ⑤ ⑦ ⑨       |
|         | ヨシノマダラカゲロウ <i>Drunella cryptomeria</i>            | ① ④ ⑨               |
|         | イシワタマダラカゲロウ <i>Ephemerella ishiwatai</i>          | ①                   |
|         | マキシママダラカゲロウ <i>Ephemerella maxima</i>             | ③                   |
|         | クシゲマダラカゲロウ <i>Ephemerella setigera</i>            | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥         |
|         | エラブタマダラカゲロウ <i>Torleya japonica</i>               | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|         | アカマダラカゲロウ <i>Uracanthella rufa</i>                | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|         | マダラカゲロウ科の1種 <i>Ephemerellidae</i> gen. sp.        | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑩   |
| トンボ     |   |                     |
| カワトンボ   | ミヤマカワトンボ <i>Calopteryx cornelia</i>               | ⑤                   |
| サナエトンボ  | アオサナエ <i>Nihonogomphus viridis</i>                | ② ③                 |
|         | オナガサナエ <i>Onychogomphus viridicosta</i>           | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑧ ⑨ ⑩   |
|         | コオニヤンマ <i>Sieboldius albardae</i>                 | ① ④ ⑤               |
| カワゲラ    |   |                     |
| オナシカワゲラ | フサオナシカワゲラ属の1種 <i>Amphinemura</i> sp.              | ③ ⑦                 |
| クロカワゲラ  | クロカワゲラ科の1種 <i>Capniidae</i> gen. sp.              | ① ③                 |
| アミメカワゲラ | ミドリカワゲラモドキ属の1種 <i>Isoperla</i> sp.                | ① ③ ⑤ ⑨             |
|         | ヤマトアミメカワゲラモドキ <i>Stavsolus japonicus</i>          | ① ② ③ ④ ⑤ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩   |
|         | アミメカワゲラ科の1種 <i>Perlodidae</i> gen. sp.            | ③ ④ ⑥ ⑧             |
| カワゲラ    | コガタフタツメカワゲラ属の1種 <i>Gibosia</i> sp.                | ③                   |
|         | カミムラカワゲラ <i>Kamimuria tibialis</i>                | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|         | カワゲラ属の1種 <i>Kamimuria</i> sp.                     | ⑤ ⑧ ⑨               |
|         | フタツメカワゲラ属の1種 <i>Neoperla</i> sp.                  | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|         | オオヤマカワゲラ <i>Oyamia gibba</i>                      | ② ③ ④ ⑥ ⑦ ⑧         |
|         | ヒメオオヤマカワゲラ <i>Oyamia seminigra</i>                | ④ ⑦ ⑩               |
|         | スズキクラカケカワゲラ <i>Paragnetina suzukii</i>            | ① ②                 |
|         | オオクラカケカワゲラ <i>Paragnetina tinctipennis</i>        | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨   |
|         | トウゴウカワゲラ属の1種 <i>Togoperla</i> sp.                 | ①                   |
| ミドリカワゲラ | ミドリカワゲラ科の1種 <i>Chloperlidae</i> gen. sp.          | ④                   |
| アミメカゲロウ |   |                     |
| ヘビトンボ   | ヘビトンボ <i>Protohermes grandis</i>                  | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑧       |
| センブリ    | センブリ属の1種 <i>Siaris</i> sp.                        | ⑧                   |
| ミズカゲロウ  | ミズカゲロウ <i>Sisyra nikkoana</i>                     | ① ⑤ ⑥ ⑧             |
| コウチュウ   |   |                     |
| ミズマシ    | コオナガミズマシ <i>Orectochilus punctipennis</i>         | ① ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩       |
| ガムシ     | ガムシ科の1種 <i>Hydrophilidae</i> gen. sp.             | ⑥ ⑨                 |
| ヒラタドロムシ | マルヒラタドロムシ属の1種 <i>Eubrianax</i> sp.                | ⑤                   |
|         | ヒラタドロムシ <i>Mataeocephalus japonicus japonicus</i> | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨   |
|         | マスダチビヒラタドロムシ <i>Psephenoides japonicus</i>        | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨   |
| ヒメドロムシ  | ヨコミゾドロムシ <i>Leptelmis gracilis</i>                | ① ⑤ ⑦               |
|         | ミヤモトアシナガミゾドロムシ <i>Stenelmis miyamotoi</i>         | ⑦                   |
|         | アシナガミゾドロムシ <i>Stenelmis vulgaris</i>              | ① ② ③ ⑤ ⑨ ⑩         |
|         | ツヤドロムシ <i>Zaitzevia nitida</i>                    | ④                   |
|         | ツヤドロムシ属の1種 <i>Zaitzevia</i> sp.                   | ⑥ ⑨                 |
|         | ヒメドロムシ科の1種 <i>Elmidae</i> gen. sp.                | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
| ハエ      |   |                     |
| ガガンボ    | ウスバガガンボ属の1種 <i>Antocha</i> sp.                    | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|         | ガガンボ属の1種 <i>Tipula</i> sp.                        | ⑩                   |
|         | ガガンボ科の1種 <i>Tipulidae</i> gen. sp.                | ① ② ③ ④ ⑤ ⑨ ⑩       |
| ブユ      | アシマダラブユ属の1種 <i>Simulium</i> sp.                   | ① ② ③ ⑤ ⑥ ⑧ ⑨ ⑩     |

|            |  |                     |
|------------|--|---------------------|
| ヌカカ        | ヌカカ科の1種 <i>Ceratopogonidae</i> gen. sp.        | ④                   |
| ユスリカ       | ユスリカ科の1種 <i>Chironomidae</i> gen. sp.          | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|            | ユスリカ科類 <i>Chironomidae</i> gen. spp.           | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
| ミズアブ       | オキシシケラ属の1種 <i>Oxycera</i> sp.                  | ⑨                   |
|            | ミズアブ科の1種 <i>Stratiomyidae</i> gen. sp.         | ⑤                   |
| ナガレアブ      | サツマモンナガレアブ <i>Suragina satsumana</i>           | ⑨                   |
| トビケラ       |  |                     |
| ヤマトビケラ     | ヤマトビケラ属の1種 <i>Glossosoma</i> sp.               | ① ② ③ ⑤ ⑥           |
| ヒゲナガカワトビケラ | ヒゲナガカワトビケラ <i>Stenopsyche marmorata</i>        | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|            | チャバネヒゲナガカワトビケラ <i>Stenopsyche sauteri</i>      | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑨       |
| カワトビケラ     | カワトビケラ属の1種 <i>Dolophilodes</i> sp.             | ①                   |
| イワトビケラ     | ニクチオフィラックス属の1種 <i>Nyctiophylax</i> sp.         | ② ⑧                 |
|            | イワトビケラ属の1種 <i>Plectrocnemia</i> sp.            | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑨ ⑩   |
| クダトビケラ     | クダトビケラ科の1種 <i>Psychomyiidae</i> gen. sp.       | ① ⑥ ⑦               |
| シマトビケラ     | コガタシマトビケラ <i>Cheumatopsyche brevilineatus</i>  | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|            | エチゴシマトビケラ <i>Cheumatopsyche echigoensis</i>    | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|            | ミヤマシマトビケラ属の1種 <i>Diplectrona albomarginata</i> | ①                   |
|            | シロズシマトビケラ <i>Hydropsyche albicephala</i>       | ① ③ ④ ⑤             |
|            | ギフシマトビケラ <i>Hydropsyche gifuana</i>            | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧     |
|            | ナカハラシマトビケラ <i>Hydropsyche setensis</i>         | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|            | ウルマーシマトビケラ <i>Hydropsyche orientalis</i>       | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|            | シマトビケラ属の1種 <i>Hydropsyche</i> sp.              | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|            | シマトビケラ属類 <i>Hydropsyche</i> spp.               | ① ② ④ ⑤ ⑥ ⑧         |
|            | オオシマトビケラ <i>Macrostemum radiatum</i>           | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|            | シマトビケラ科の1種 <i>Hydropsychidae</i> gen. sp.      | ⑩                   |
| ナガレトビケラ    | タシタナガレトビケラ <i>Ryacophila impar</i>             | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑧ ⑨     |
|            | ムナグロナガレトビケラ <i>Ryacophila nigrocephala</i>     | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|            | ナガレトビケラ属の1種 <i>Ryacophila</i> sp.              | ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ |
|            | ナガレトビケラ属類 <i>Ryacophila</i> spp.               | ① ⑤                 |
| ヒメトビケラ     | ヒメトビケラ属の1種 <i>Hydroptila</i> sp.               | ① ② ⑤ ⑥ ⑦ ⑩         |
| エグリトビケラ    | ニンギョウトビケラ <i>Goera japonica</i>                | ② ③                 |
|            | ニンギョウトビケラ属の1種 <i>Goera</i> sp.                 | ①                   |
|            | ホタルトビケラ <i>Nothopsyche ruficollis</i>          | ⑦                   |
|            | エグリトビケラ科の1種 <i>Limnephilidae</i> gen. sp.      | ① ④                 |
| カクツツトビケラ   | カクツツトビケラ科の1種 <i>Lepidostomatidae</i> gen. sp.  | ⑧                   |
| ケトビケラ      | グマガトビケラ <i>Gumaga okinawensis</i>              | ① ② ⑤ ⑦ ⑧           |
| ヒゲナガトビケラ   | ケラクレア属の1種 <i>Ceraclea</i> sp.                  | ① ② ③ ④ ⑤ ⑦ ⑧       |
|            | アオヒゲナガトビケラ属の1種 <i>Mystacides</i> sp.           | ⑤                   |
|            | クサツミトビケラ属の1種 <i>Oecetis</i> sp.                | ①                   |
|            | セトトビケラ属の1種 <i>Setodes</i> sp.                  | ① ② ③ ④ ⑤ ⑦         |
|            | ヒゲナガトビケラ科の1種 <i>Leptoceridae</i> gen. sp.      | ② ③ ④               |
| カクスイトビケラ   | カクスイトビケラ属の1種 <i>Brachycentrus</i> sp.          | ⑤                   |
|            | マルツツトビケラ <i>Micrasema quadriloba</i>           | ①                   |
|            | マルツツトビケラ属の1種 <i>Micrasema</i> sp.              | ⑥                   |
| チョウ        |  |                     |
| メイガ        | キオビミズメイガ <i>Potamomusa midas</i>               | ③ ⑤ ⑧               |