

多摩川中流部の再生に関する研究 (その4)

—多摩川中流部の底生動物の生息実態—

和波一夫 嶋津暉之

要 旨

多摩川中流部の15地点について底生動物の生息実態を調査した。その結果、次のことが明らかになった。

- ① 排水量が多い下水処理場の直下流に位置する地点では底生動物の種類数は少なく、特にカゲロウ目・トビケラ目はほとんど出現しなかった。
- ② 下水処理場排水が流入した後の地点 (St.4~St.15)の第1優占種は、 α -中腐水性 (汚れた水) の指標生物のミズムシであることが多かった。
- ③ 下水処理場排水が流入する前後 (St.3~St.4) で出現種類構成が大きく違った。これは、底生動物の流程分布や生息場所の違いによるものではなく、下水処理場排水の流入による影響と判断された。

キーワード：多摩川、底生動物、カゲロウ、トビケラ、ミズムシ、下水処理場

Study on Revival of Tamagawa Middle Reach Parts (IV) — State of Benthic Animal Habitation in the Tamagawa River —

Kazuo Wanami and Teruyuki Simazu

Summary

A state of benthic animal habitation in the middle region of the Tamagawa river was investigated and the following results were obtained :

In the station which situated down stream of a large sewage disposal plant, the number of benthic animal species was small. In particular, the numbers of Ephemeroptera and Trichoptera were very small. In the stations which were immediately below the treated sewage water, the species which were dominant were *Asellus hilgendorffii* which indicated α -mesosaprobic water. Benthic animals in the Tamagawa river were greatly influenced by treated sewage water.

Keywords : Tamagawa river, benthic animal, Ephemeroptera, Trichoptera, *Asellus*, sewage disposal plant.

1 はじめに

多摩川中流部の流域には下水処理場が9か所あり、下水道の普及が進んだ現在、これらの下水処理場排水が多摩川の水環境に及ぼす影響は大きなものとなっている。多摩川流域の下水道普及率は1996年度末83%であり、下

水処理場排水の河川流量に占める割合 (全下水処理場の日平均排水量を田園調布堰の日平均流量で割って算出) は、48%であった¹⁾。既報²⁾の研究では、多摩川中流部のNH₄-Nの流入負荷量のうち、下水処理場排水負荷量の割合は約80%であると推定された。これらの割合から

判断すると、下水処理場排水は多摩川中流部の水生生物の生息に、かなりの影響を及ぼしているものと考えられる。

東京都水環境保全計画³⁾では、多摩川中流部の環境基準を早期に達成し、より上位のB類型の環境基準（水道3級、BOD 3 mg/l以下）をめざして施策を展開することとなっている。また、東京都水環境保全計画⁴⁾では、多摩川中流部の目標生物として、魚類ではアユ、ウグイ、ギバチを掲げ、水生昆虫ではヒラタカゲロウ類、トビケラ類、ヒラタドロムシ類を掲げている。これらの目標生物のうち、水生昆虫の幼虫を主とする底生動物の多摩川中流部での生息実態を明らかにし、下水処理場排水の底生動物への影響を把握することを目的とした調査を実施したので、その結果を報告する。

2 調査方法

(1) 調査対象地点

多摩川中流部の15か所を調査対象地点とした。図1に調査地点、主要支川、多摩川に流入する下水処理場排水口の位置を示す。調査地点のSt.1、St.2およびSt.3は下水処理場排水の流入影響がない比較地点として選定した。なお、St.14の二子橋では、1997年12月から橋脚

補強工事にもなう河川流路の変更が行われ、河床の状態に大きな変化があった。

(2) 調査期間

調査は、6月期、9月期、12月期、3月期の計4回実施した。第1回は1997年6月5日～6月18日、第2回は9月2日～9月8日、第3回は11月27日～12月11日、第4回は1998年2月24日～3月11日に行った。

(3) 試料採取方法

各調査地点とも平瀬または早瀬である所を選び、直径10cm以上の石礫がある河床で試料採取を行った。水深20～40cm程度、流速は1 m/秒程度の場所で、30cm角コドラート付きサーバーネットを設置し、コドラート内にある石礫の付着物をサーバーネット内に流し入れた。さらに河床を移植ゴテで掘り下げて砂礫、落ち葉なども含めて付着物をサーバーネット内に収穫した。これらの収穫物を500mlのポリビンに移し、容量比10%程度になるように市販ホルマリンを加えて固定した。以上の操作を1地点あたり3回実施し、合計3試料を採取した。

(4) 計測方法

採取した3試料は実験室内で合わせて1検体として、砂礫、落ち葉を取り除いた後、実体顕微鏡下で底生動物の分類同定を行い、個体数を計測した。ソーティングの

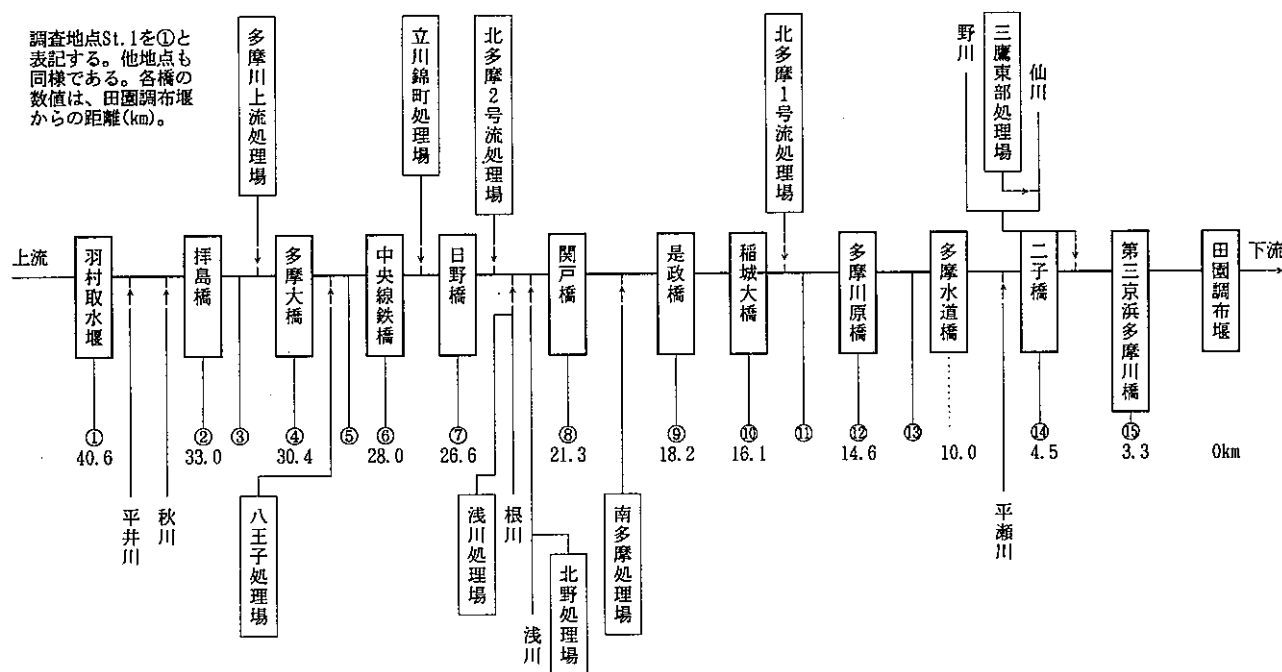


図1 多摩川の底生動物調査地点、下水処理場位置図

際、個体数が多い場合は、大型の個体を取り出した後、適宜分割して計測を行った。なお、この作業は外部委託して実施した。分類同定は野元正隆氏が担当した。

3 結果及び考察

(1) 出現種類

調査期別の底生動物の分析結果を表1～4に示す。調査期別の総出現種類数は、6月期91種類、9月期89種類、12月期89種類、3月期98種類であり、3月期が他の時期に比べやや多かった。地点別の出現種類数は、13～61種類の範囲にあった。

図2に、各地点ごとの全種類数の平均値を示す。あわせて水生昆虫の代表的な種類であるカゲロウ目・カワゲラ目・トビケラ目（以下カゲロウ類等と表記する）の種類数の平均値を示す。地点St.1、St.2およびSt.3の種類数は他の地点に比べ多かった。一方、下水処理場排水の流入地点の直下流に位置するSt.4、St.11の種類数は少なかった。St.1～St.15の全種類数の変化をみると、St.1～St.3までは、40種類以上が出現したが、St.4で半減し、その後St.5からは30種類程度まで増えるもののSt.11で再び半減した。St.12から下流では、やや増えて20種類以上となったが30種類を超える地点はなかった。カゲロウ類等の種類数の変化も全種類数の変化と同様な傾向を示したが、St.3～St.4の変化は特に著しく、この間で種類数は1/5に減少した。一般に川の上流・中流部に多数生息し、貧腐水性（きれいな水）の指標生物とされているヒゲナガカワトビケラは、上流からの流下と考えられるSt.5の1個体出現を除けば、St.1～St.3までにしか出現しなかった。また、貧腐水性のカワゲラ目が4回の調査とも出現したのはSt.1とSt.

2だけであった。

松本⁹⁾による1959年から1981年間の多摩川水系の調査では、ヒゲナガカワトビケラ類の分布下限は多摩大橋付近、カワゲラ類の分布下限は拝島橋、日野橋周辺としている。今回の調査では、これらの地点より上流の位置が分布下限であった。野崎⁶⁾による神奈川県内河川に生息するとヒゲナガカワトビケラの1979年から1986年までの分布知見の整理からは、相模川では中流域まで、酒匂川では下流域まで分布している。内田⁷⁾による1983年から1986年の多摩川水系のカワゲラの分布に関する詳細な調査では、カワゲラの分布限界は多摩川上流処理場の上流側である。内田は、多摩川の河床は二子橋付近までカワゲラ目の生息に適した礫底が続いており、本来はその付近までカワゲラ目が豊富に生息しているものと推測し、多摩川水系におけるカワゲラ目の分布下限は、現在のところ水質の有機汚濁によってきまっているとされている。以上の研究報告から推定すると多摩川が清冽であった時代には、ヒゲナガカワトビケラやカワゲラ目は多摩川中流部の広い範囲に生息していたと考えられる。

(2) 個体数

図2の種類数は1個体しか出現していなくても1種類の出現と数える表示方法である。各地点の底生動物の構成を把握するには、種類数だけでなく個体数も合わせて評価することが必要である。図3に、各地点ごとのカゲロウ目・トビケラ目の個体数の平均値を示す。あわせてコガタシマトビケラ属の個体数の平均値を示す。図2の種類数の変化と同様に、下水処理場排水の流入地点の直下流に位置するSt.4およびSt.11はカゲロウ目・トビケラ目の個体数は極めて少なかったが、St.6～St.10では増加傾向がみられた。

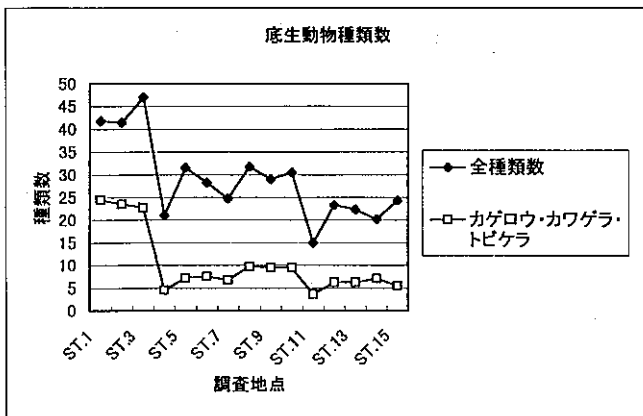


図2 多摩川中流部の底生動物種類数

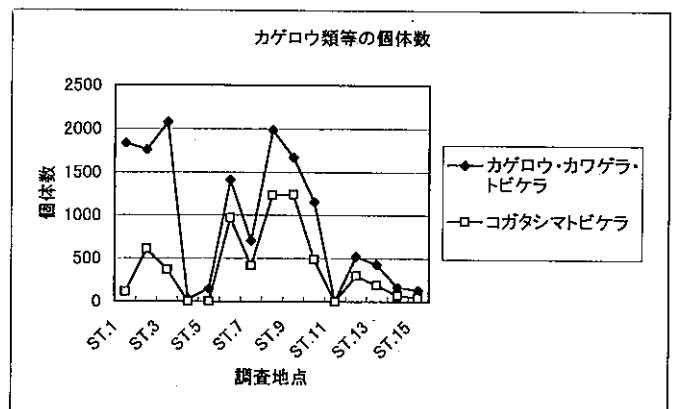


図3 多摩川中流部のカゲロウ類等の個体数

表4 底生動物分析結果 (多摩川中流部 平成10年3月)

Table with columns: No., 門 (Phylum), 綱 (Class), 目 (Order), 科 (Family), 学名 (Scientific Name), 和名 (Japanese Name), and 16 sampling stations (St.1 to St.16). The table lists various aquatic organisms like Eohydrotia, Dugesia, Nematodes, and Insects across different stations.

注1) 表中 + は群體性のため個体数計数困難な種の出現を示す。

St.4~St.15 のカゲロウ目・トビケラ目の個体数の変化とコガタシマトビケラ属の個体数の変化がほぼ一致していることから、St.4~St.15のカゲロウ目・トビケラ目の増減の主因はコガタシマトビケラ属の増減によるものである。カゲロウ目・トビケラ目のほとんどは貧腐水性指標生物であるが、コガタシマトビケラ属はβ-中腐水性（やや汚れた水）の指標生物とされている。それを反映してSt.4より下流では、コガタシマトビケラ属以外のトビケラ目の個体数は比較的少ない。

(3) 優占種

各地点の個体数の多い上位3種類を表5に示す。下水処理場排水が流入した後の地点St.4~St.15の第1優占種はα-中腐水性（汚れた水）の指標生物であるミズムシ、β-中腐水性指標生物のコガタシマトビケラ属であることが多かった。これらの種類が第1優占種である地点は、St.4~St.15の総調査地点数48のうちミズムシが22、コガタシマトビケラが12であった。また、出現率（種類別個体数×100/総個体数）が50%を超えてい

る種類の多くはミズムシであった。松本⁵⁾による調査でもミズムシは多摩川の中下流に分布がたよっており、水質汚濁との関係が考えられている。

(4) 生物学的水質判定

Pantle-Buck 法による各地点の水質汚濁指数 (PI) および判定結果を前出の表1~4に示す。

算定式

$$PI = \frac{\sum (s \cdot h)}{\sum h}$$

- ただし、h：出現頻度 1：10個体以下
 2：11~100 個体
 3：101 個体以上
- s：汚濁階級指数 1：貧腐水性 (os)
 2：β-中腐水性 (β-ms)
 3：α-中腐水性 (α-ms)
 4：強腐水性 (ps)

表5 優占種 (上位3種類)

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10	St. 11	St. 12	St. 13	St. 14	St. 15	
6月	第1優占種 出現率(%)	カサネガサ 属 19.5	カマシマト 属 31.6	カガタシマト 属 27.8	ミズムシ 73.5	ミズムシ科 32.8	ミズムシ 64.5	コガタシマト 属 33.7	ミズムシ 43.8	ミズムシ 33.7	ミズムシ 29.2	ミズムシ科 35.5	ミズムシ 37.3	ミズムシ 86.0	ミズムシ 22.5	ミズムシ 40.9
	第2優占種 出現率(%)	ヒナガサ 属 16.5	カガタシマト 属 11.6	カガタシマト 属 11.2	カガタシマト 属 10.9	ミズムシ 15.7	カガタシマト 属 12.9	ミズムシ 31.5	コガタシマト 属 14.2	コガタシマト 属 23.6	Hコガタシ 12.3	コガタシ 34.2	ミズムシ 17.5	ミズムシ 2.2	Hコガタシ 9.9	カガタシ 22.7
	第3優占種 出現率(%)	シロカサ 属 14.5	ヒナガサ 属 9.6	Jコガタシ 9.7	ユリカサ 科(蟻) 3.3	カガタシ 14.1	カガタシ 6.6	カガタシ 6.2	カガタシ 11.6	Hコガタシ 7.5	カガタシ 10.3	ユリカサ 科(蟻) 13.3	カガタシ 8.6	カガタシ 2.2	カガタシ 8.0	カガタシ 7.6
9月	第1優占種 出現率(%)	カサネガサ 属 30.8	コガタシマト 属 25.3	カガタシマト 属 49.1	ミズムシ 34.2	カガタシマト 属 19.3	コガタシマト 属 32.3	コガタシマト 属 46.5	コガタシマト 属 35.8	コガタシマト 属 58.2	コガタシマト 属 28.5	ミズムシ科 55.3	Hコガタシ 25.2	ミズムシ 43.2	ミズムシ 40.0	コガタシマト 属 18.5
	第2優占種 出現率(%)	シロカサ 属 19.9	カガタシマト 属 13.8	Hコガタシ 9.0	カガタシマト 属 15.7	Hコガタシ 12.2	Hコガタシ 29.4	カガタシ 11.6	Hコガタシ 29.9	Hコガタシ 19.0	Hコガタシ 23.8	ユリカサ 12.9	コガタシ 23.0	カガタシ 20.4	コガタシ 23.7	Hコガタシ 14.9
	第3優占種 出現率(%)	カガタシ 属 9.3	カガタシ 属 9.6	カガタシ 7.3	カガタシ 属 15.2	ミズムシ 11.4	ミズムシ 14.0	Hコガタシ 9.3	ミズムシ 8.8	ミズムシ 4.0	カガタシ 属 17.1	カガタシ 属 5.9	ミズムシ 22.1	Hコガタシ 17.5	カガタシ 5.5	ユリカサ 科(蟻) 13.7
12月	第1優占種 出現率(%)	カサネガサ 属 20.4	コガタシマト 属 39.7	カガタシマト 属 32.4	ミズムシ 33.7	ユリカサ 科 20.8	ミズムシ 44.3	コガタシマト 属 20.7	コガタシマト 属 41.0	コガタシマト 属 69.6	ミズムシ 45.1	ミズムシ科 31.3	ミズムシ 43.1	ミズムシ 48.7	ミズムシ 66.2	ミズムシ科 20.4
	第2優占種 出現率(%)	シロカサ 属 13.5	カガタシマト 属 16.5	カガタシマト 属 15.0	カガタシ 属 17.2	ユリカサ 属 17.1	コガタシ 属 33.8	カガタシ 属 12.9	ミズムシ 32.1	カガタシ 属 4.9	カガタシ 属 20.2	ユリカサ 属 18.6	コガタシ 属 22.1	コガタシ 属 29.9	コガタシ 属 6.1	カガタシ 属 15.7
	第3優占種 出現率(%)	カガタシ 属 13.1	カガタシ 属 4.6	ヒナガサ 属 9.1	カサネガサ 属 10.5	カガタシ 属 10.9	6.0	ユリカサ 科(蟻) 11.9	カガタシ 属 7.5	ミズムシ科 4.1	カガタシ 属 4.8	カガタシ 属 12.7	カガタシ 属 11.9	カガタシ 属 3.3	カガタシ 属 6.0	カガタシ 属 14.8
3月	第1優占種 出現率(%)	カサネガサ 属 17.8	ユリカサ 属 14.9	ミズムシ科 39.5	ミズムシ 33.5	ミズムシ科 30.2	ミズムシ 47.2	ユリカサ 属 79.3	ミズムシ科 41.4	コガタシ 属 33.0	コガタシ 属 18.8	ミズムシ 35.4	ミズムシ 52.5	ミズムシ 24.3	ミズムシ科 26.5	ユリカサ 属 18.5
	第2優占種 出現率(%)	ユリカサ 属 8.6	コガタシ 属 11.5	コガタシ 属 21.6	カガタシ 属 33.1	ユリカサ 属 21.9	コガタシ 属 22.8	ユリカサ 科(蟻) 5.5	ユリカサ 属 16.8	ユリカサ 属 16.1	ミズムシ 17.6	ミズムシ科 27.3	コガタシ 属 20.1	コガタシ 属 17.1	Hコガタシ 16.2	カガタシ 属 9.5
	第3優占種 出現率(%)	カサネガサ 属 8.1	ユリカサ 科(蟻) 9.1	ミズムシ 11.2	ユリカサ 科(蟻) 7.8	ミズムシ 14.3	7.5	ユリカサ 科 4.0	ミズムシ 9.0	ユリカサ 科(蟻) 11.7	ユリカサ 属 14.9	ユリカサ 属 9.4	ミズムシ科 7.6	Hコガタシ 15.7	ユリカサ 属 14.7	ユリカサ 属 8.2

- 判定基準 PI=1.0 ~1.5 : 貧腐水性 (os)
 PI=1.6 ~2.5 : β - 中腐水性 (β -ms)
 PI=2.6 ~3.5 : α - 中腐水性 (α -ms)
 PI=3.6 ~4.0 : 強腐水性 (ps)

貧腐水性の指標生物種 (s=1) のみが出現すれば、PIは1となり、強腐水性 (大変汚れた水) の指標生物種 (s=4) のみが出現すればPIは4となる。本調査で出現した底生動物の汚濁階級指数は、水生生物調査結果報告書⁹⁾の指数に基づいた。各地点のPI値は、最上流地点のSt.1が最も小さく4回調査のうち3回が貧腐水性と判定された。

4回調査の平均PI値を図4に示す。PI値は多摩川上流処理場排水が流入した後のSt.4から上昇し、北多摩一号処理場の直下流地点のSt.11で最も大きなPI値を示した。平均PI値に基づいた水質階級判定結果からは、St.11 ~St.15が α -中腐水性となった。PI値の地点変化は、図2で示した種類数の変化とほぼ線対称的な関係にあった。

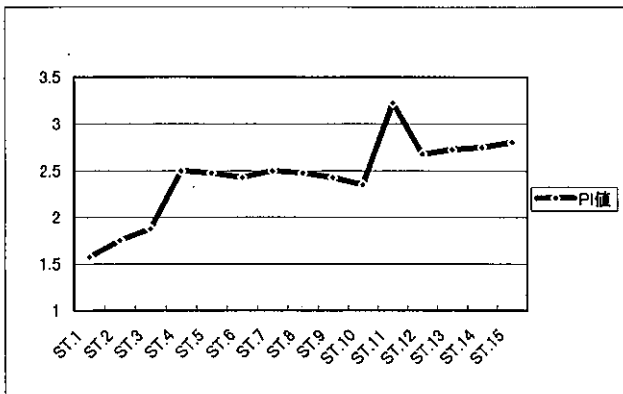


図4 多摩川中流部の水質汚濁指数

(5) 底生動物の分布を規定する要因について

河川にすむ多種多様な底生動物は、人為影響のない河川であっても流程のうちのある範囲にしか生息しないことや、同一場所であっても瀬や淵などの生息場所によって生物相が異なることが知られている。すなわち、河川の生物相は単に水質汚濁の程度だけでなく、底質、水深、流速、水温、日照、流量変化、周辺陸上環境などの多くの環境要因によって影響され、また、生物自体にも、羽化、産卵、孵化などの生活史、溯上、流下などの移動、すみ分けなどによって生活の場が変わる⁵⁾。

上記のことを考慮して、今回の調査結果の出現種、出

現種類数、個体数が大きく変化したSt.3とSt.4地点間の環境の違いを比較する。St.3からSt.4の距離は、直線にして約700mであり標高差も2.5m程度と大きな違いがない。採取場所は2地点とも瀬の部分で、河床は石礫である。流速、水深はほぼ同じで周辺陸上環境は変わらない。調査の季節が異なっても、結果にあまり違いはない。これらからSt.3とSt.4の出現種類等の大きな違いは、流程分布や生息場所の違いによるものではなく、St.3とSt.4の間に流入する多摩川上流処理場排水の流入による影響と判断された。影響要因としては下水処理場排水の流入による水温および水質の変化が考えられる。

下水処理場排水の水温は河川水に比べ高く、特に冬季は温度差が大きい。1998年1月22日に実施した水温の縦断調査では、St.1 (標高120m) の4.9℃、St.3 (標高90m) の6.1℃に対し、多摩川上流処理場排水の水温は17.1℃であり、下水処理場直下流のSt.4は13.7℃であった。さらに下流のSt.5は9.4℃であり、下水処理場排水による河川水温の上昇がみられた。同様に1月29日では、St.3の4.4℃に対し、多摩川上流処理場排水は17.5℃、St.5は9.8℃であった。このように冬季に多摩川中流部では、自然河川ではみられないような急激な水温上昇があり、これは底生動物になんらかの影響を及ぼしているものと推定される。なお、冷水温による多摩川のカワゲラの分布変化の研究⁹⁾や標高と河川規模を軸とした多摩川のカワゲラ類の流程分布に関する研究¹⁰⁾はされているものの、多摩川中流部での水生昆虫と水温の関係はまだよくわかっていない。

底生動物の生息に影響を与える水質要因としてはアンモニア、有機物質、様々な化学物質が考えられる。図5に是政橋 (St.9) から田園調布堰 (St.15の下流) の水質の縦断変化を示す。全窒素 (T-N) は北多摩一号処理場の下流地点の多摩川原橋 (St.12) が他の地点に比べ高い値を示した。CODやTOCもほぼ同様な傾向であった。一方、C-BODやアンモニア性窒素 (NH₄-N) はあまり変化がみられなかった。なお、公共用水域の水質測定結果¹¹⁾では、拝島橋 (St.2) まではNH₄-Nが低く、次の下流側の測定地点である日野橋 (St.7) からNH₄-Nが高い傾向を示している。多摩川では下水処理場排水の河川水質への影響が大きいことから、底生動物への影響も大きいと推測されるが、水質と底生動物の生息との具体的な因果関係は未解明である。

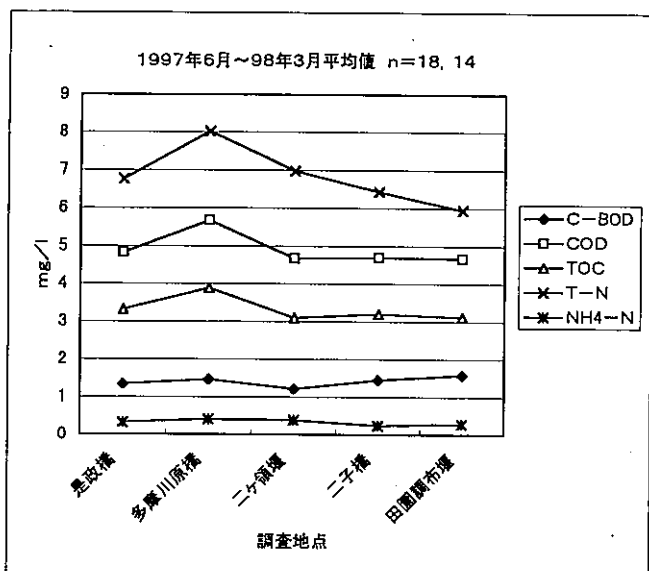


図5 水質の縦断変化

多摩川中流部の底生動物の生息環境を多摩川本来の状態にするためには、底生動物の生息を制限している要因を検討していくこと、特に下水処理場排水の影響要因を明らかにしていくことが必要である。

4 おわりに

以上の調査の結果、次のことが明らかになった。

- ① 排水量が多い下水処理場の直下流に位置する地点では底生動物の種類数は少なく、特に水生昆虫の代表的な種類であるカゲロウ目・トビケラ目はほとんど出現しなかった。
- ② 下水処理場排水が流入した後の地点St.4~St.15の第1優占種は、 α -中腐水性(汚れた水)の指標生物のミズムシであることが多かった。
- ③ Pantle-Buck 法による生物学的水質判定法の水質汚濁指数 (PI) は、最上流の地点のSt.1が最も小さく、北多摩一号処理場の排水が流入した地点のSt.11 が最も大きな値を示した。平均PI値に基づいた水質階級判定では、St.11~St.15 が α -中腐水性となった。
- ④ 地点間の出現種類構成を比較すると、下水処理場排水が流入する前後、すなわちSt.3とSt.4の間に大きな違いがみられた。これは、底生動物の流程分布や生息場所の違いによるものではなく、下水処理場排水の流入による影響と判断された。

謝辞

本調査を進めるにあたり、底生動物の採取にご協力くださった埼玉工業大学の岡伸也氏、秦王裕氏に謝意を表します。

引用文献

- 1) 平成8年度公共用水域の水質測定結果(総括編) 408pp, 東京都環境保全局水質保全部, 1998.
- 2) 和波一夫ら: 多摩川中流部の再生に関する研究、多摩川のアンモニア性窒素等の排出負荷量と削減対策について, 東京都環境科学研究所年報1997, p. 228~236.
- 3) 東京都水環境保全計画, 220pp, 東京都環境保全局水質保全部, 1998.
- 4) 東京都水辺環境保全計画, 177pp, 東京都環境保全局水質保全部, 1993.
- 5) 松本浩一: 多摩川水系の大型底生無脊椎動物相, 293pp, とうきゅう環境浄化財団, 1980.
- 6) 野崎隆夫: 神奈川県内河川に生息するトビケラ
1. ヒゲナガカワトビケラ科, 神奈川県の水生物第8報, 神奈川県公害センター, 1986, p.65~70.
- 7) 内田臣一: 多摩川水系におけるカワゲラの分布. 石川良輔ほか: 多摩川水系およびその流域における低移動性動物群の分布解析, とうきゅう環境浄化財団, 1986, p.21~78.
- 8) 平成8年度水生生物調査結果報告書, 579pp, 東京都環境保全局水質保全部, 1998.
- 9) 内田臣一: カワゲラの分布と水温, インセクタリウム, 28, 1991, p.20~25.
- 10) 加賀谷隆: 多摩川の水生昆虫. トビケラ類の流程分布, 海洋と生物 107, 1996, p.447~452.
- 11) 平成9年度公共用水域及び地下水の水質測定結果, 436pp, 東京都環境保全局水質保全部, 1998.