

砂利投入による河床構造回復の試みとその効果 II

The results of an attempted experiment to restate the Yahagigawa River by addition of gravel [PART II]

田 中 蕃

Ban TANAKA

1. はじめに

高度に水利用が進んでいる矢作川の本体は、瀕死の状態に達しているといって過言ではない、との危機感を多くの人々が持っている。流域の地質を反映して矢作川は有名な砂利河川であったが、最近では砂利の堆積により河床が高くなるべき本来の姿とは逆に、河床が削られて低くなってきている状態を目の当たりにすることができる。こうした状況は多くのダム河川において、最近の共通現象といえるであろう。しかし矢作川においてはその程度があまりにも顕著であり、風土が培ったこの川の特性を今まさに喪失しようという深刻な状態に陥っている。

もともとの河川にはその風土に見合った量の水が流れ、その水とともに砂利や落葉落枝などが入り交じった状態で流れているのが自然の姿であった。したがって、ダムの存在を意識の外におくべく、一定量の水だけは絶やさず流そうとしても、砂利等が共に流下しなければ自然の状態を著しく変更しているのである。ダムがある河川の姿を、人々の意識の中に「自然の河川とはそういうもの」として根を下ろさせるには、それなりのインパクトを与える科学的事実が必要であろう。とりあえずは治水による人命財産の保護、利水による現代的な生活の保証、食料生産の効率的運営の方が訴えるところが大きいのは事実である。

しかしバランスを欠いた川の姿を見て、多くの人達は、心の安らぎとして川は川らしく自然のままであってほしいと願う純粋な動機を、潜在的に持っていることに気づき始めた。透明度を欠く水が申訳け程度の量で流れ、以前には見られなかった緑藻カワシオグサに河床が覆われ、河原には足元を和らげる砂もなく、ときには魚の通路であるべき魚道に水が流れない。およそ川とは名ばかりの存在になっている現実なのである。

豊田市矢作川研究所が実施している砂利不足の現在の矢作川への砂利投入実験は、病める河川健康回復の一手段として、こういう方法が有効か否かを研究するためである。その1年目の結果はすでに本誌 No. 1 に報告した(田中, 1997)。本報はその後継続して実施された2年目の結果である。室内実験でなく、規模は小さいが通常実験の困難なフィールドで実施された生の結果であることに、当研究所としては大きな意義を見出させるものと確信している。その後も引き続き同様の実験を地点を増やしつつ行っているが、それらについては次回以降に逐次報告の予定である。

2. 実験

2-1 投入砂利の産出地、産出状況

矢作川の同一水系で採取された砂利を使用した。今回（平成8年度）の採取地点は東加茂郡旭町時瀬1か所であり、その産出状態は支流明智川との合流点付近で河原に堆積したものである。

2-2 粒度分布測定

粒度は表1に示した篩6種類を用い、水中で分別して7種のグレードで分布比率を求めた。分別後シャーレに粒度ごとに採取し、これを一定量になるまで室内乾燥した。分布比率は重量百分率とした。

表1 砂利粒度分布測定用篩の性能と粒度グレード

篩の mesh	採取可能粒径	採取堆積岩の種類	粒度グレード
3.5	5.6mm<	礫層	a
5.5	3.35 mm<	礫層	b
8.6	2.0mm<	礫層	c
16	1.0mm<	砂層	d
36	0.425mm<	砂層	e
100	0.125mm<	砂層	f
(透過粒子) (沈殿物)	0.124mm>	砂層+泥層	g

2-3 投入地点および投入方法

投入地点：東加茂郡足助町大字大河原字辻畑 118, 119 地先。阿摺ダム下流左岸（図1）。

投入方法：産地より投入地点の岸辺までダンプカーで搬送し、一定量に達するまで積み置き、これを定められた時期にキャタピラー付きの搬送車もしくはブルドーザーで川の中に押し入れた。前年の投入地点に水面から1m以上の高さに積み上げる形で、3回とも流れの中に島状に置いた。

2-4 投入時期および投入量

アユの放流、釣り解禁等に支障を生じないように配慮をした上で、次の3回に分けて投入を実施した。

- 1 回目……平成8（1996）年6月10日，500 m³
- 2 回目……平成8（1996）年9月24日，500 m³ （平成8（1996）年度）
- 3 回目……平成9（1997）年2月19日，500 m³ 計3回 1,500 m³



2-5 投入砂利追跡および生物調査定点 (図1)

投入砂利追跡定点……図1に示したように投入点をP-0とし、ここから流下する砂利を追う形で左岸側5地点(P-4まで)を定点とした。前年の実験結果から、右岸側では投入砂利の流下堆積が見られなかったことから、右岸には定点を設けなかった。また左岸でもP-4までの間で流下の実態のみが正確に把握でき、それより下流では支流からの流入砂利の影響が大きく、投入砂利効果の正しい判断にはいたらないとの結論に達したので、左岸の定点は前年8地点から今回は投入点から250m以内の5地点に減らした。図1中、(+10m)は投入点から10mの距離であることを示し、他も同様である。

生物調査定点……図1に示した2地点(いずれも立ち込み可能な瀬)を定点とした。水生生物が調査対象になるため、水位の増減に応じて定めた場所付近で多少移動せざるを得ないこともあり、定点に対してステーションを意味するst.を用いた。砂利追跡とは逆に、下流から上流に向かって遡る形で番号を付した。前年は5地点で採集調査を行ったが、上記砂利流下の実態に見合った水生昆虫群集構造の差が明確に現れる経験的事実を重視し、今回は投入地点の下流と上流各1地点を定点とし、前年と同じ番号を付した。

2-6 サンプリング

1) 砂利

投入砂利原体……同一産地の砂利であっても、常に均質であるとは限らない。そのため投入砂利のサンプリングは、積み置き部分の中から毎回投入が確実である部分5点をランダムに約11採取し、それを均一に混合したもので標準サンプルとした。

河床堆積砂利……測量に用いる20cm間隔の赤白目盛りの表示されたポールを、針金で作成した垂直に柄の付いた輪に通し、まずポールを河床の砂利堆積場所に強く挿入し、次いで輪を河床まで軽く押し下げたのち、ポールと針金を固定して同時に引上げ、ポール先端と輪の位置の差を砂利堆積厚として記録した。これを1か所につき5回行い、その平均値をその地点における砂利堆積厚として採用した。

砂利堆積厚測定後、その地点において500mlのプラスチック製広口瓶を水中に攪み入れ、これに手で砂利を一杯に押し込み、引き上げて粒度分布測定用サンプルとした。

2) 水生生物

付着藻類……各調査地点の瀬において、概略掌大以上の石4個を取り、その表面から1個につき50×50mmの範囲に付着している藻類をブラシでそぎ落とし、4個で合計100cm²の藻類を採取した。現存量は乾燥重量で全付着物量を、強熱減量で全有機物量(実質的な全藻類量とする)を測定、また藻類活性の目安としてクロロフィルa量とその活性を失ったフェオフィチン量を測定した。また種の同定はホルマリン液による固定後に顕微鏡下に行った。また目視的に大型糸状藻類を採取し、カワシオグサの確認に努めた。

底生動物……瀬の部分で50×50cmのコドラートを川底におき、その下流側にサーバーネットを受けて、コドラート内の石を静かにネットの中に移してこれに付いている底生生物を流し落とし、またコドラート内の砂底も掻き回して浮き出た底生生物は流れの力でネットに入り込むようにした。こうして得られた粗採取物の中から、肉眼可視の底生動物を選別採取し、ホルマリンで固定して定量採集サンプルとした。このサンプルは全個体の総湿重量を測定後、種ごとの個体数を計測した。

なお、定性的な調査も実施したが、本報の基礎データとして用いなかった。

3. 結果

3-1 砂利堆積厚の分布

前述の3回の砂利投入に対して、投入当日直後とその追跡調査を次のように実施した。

平成8年7月4日……第1回目投入後24日

平成8年8月31日……第1回目投入後82日

平成8年11月25日……第2回目投入後62日

平成8年12月26日……第2回目投入後93日

平成9年3月25日……第3回目投入後35日



写真1 第1回目、島状に川に投入した砂利, 1996年6月10日.



写真2 投入後28日目の残存砂利. 工事車両の轍がそのまま残っている. 1996年7月4日.



写真3 投入後28日目, P-2地点の水量と石裏にたまった流下砂利. 1996年7月4日.



写真4 第2回目投入後62日目の投入地点. 第1回目と同じ状況が見られる. 1996年11月25日.



写真5 最大の砂利堆積量を記録した投入後62日目のP-1地点. 1996年11月25日.



写真6 ようやく薄く冠した投入後93日目の第2回目砂利投入地点. 大きな礫だけがのこる. 1996年12月26日.



写真7 第3回目投入前の投入地点. 水位が下がり, 過去の投入砂利中の大礫が残って露出している様子が分かる. 1997年2月19日.



写真8 第3回目投入日のP-2付近. 写真3と同じ場所の石が見えるが, 水位が下がり露出状態になり, 砂利堆積もわずかである. 1997年2月19日.

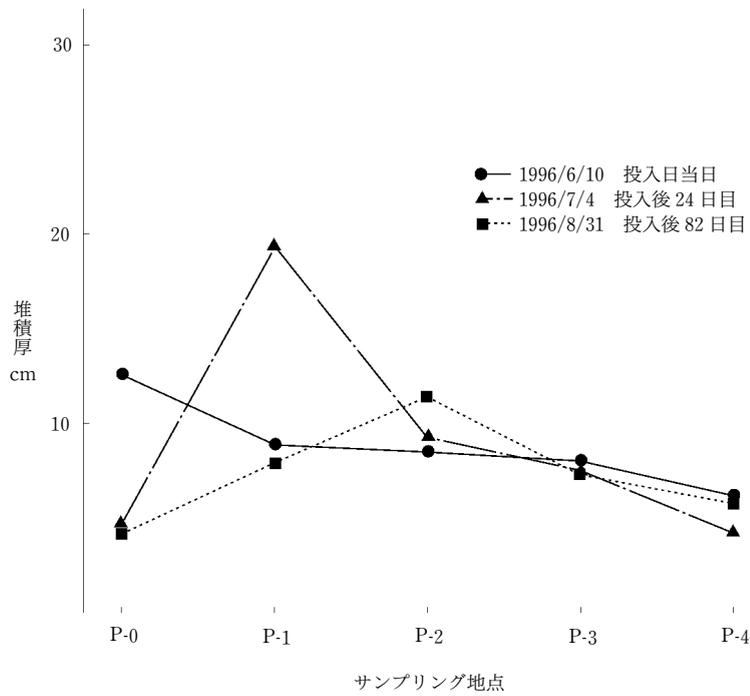


図2 投入砂利追跡調査 (1996年度第1回目)

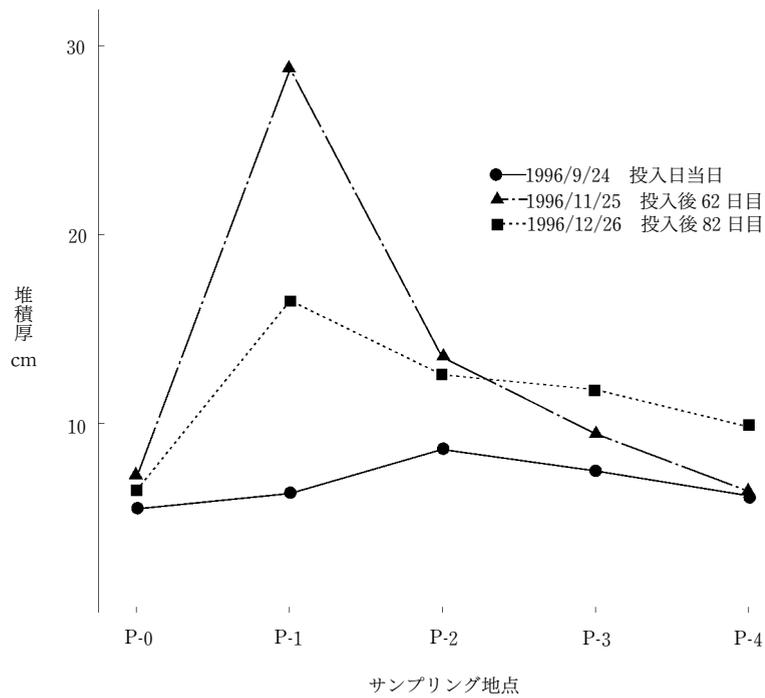


図3 投入砂利流下追跡調査 (1996年度第2回目)

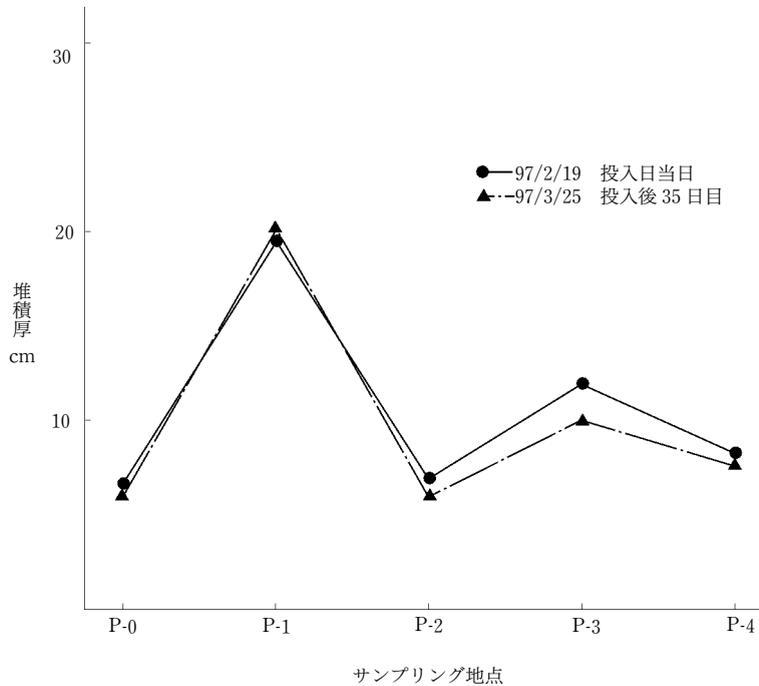


図4 投入砂利流下追跡調査 (1996年度第3回目)

結果は図2～4に示したように、各定点における堆積厚は、調査日にかかわらず同一傾向であることが明らかであった。ただしこの傾向は前年とは一致していない。まず全体的に見た場合、日数経過につれて堆積厚最多の地点は下流側に移動する。しかも堆積量はP-1では日数経過の浅い間は前年のP-4に匹敵する値に達し、日数が深まるにつれて漸減する。ただしP-1, 2および3でもピークでない時点での堆積量が前年の2～3倍に達している。またどの投入機会においても、それより上流での堆積厚の変動にかかわらず、その後常にP-4に達するまでに堆積厚は徐々に減少し、前年のようにP-4で著しく増加する現象は見られなかった。

3-2 粒度分布

1) 投入砂利原体

第1回から第3回までの投入砂利原体につき、その粒度分布を測定した結果は、図7右下に示した通りである。いずれも同一産地の砂利であるが、粒度分布は安定していない。これは堆積状態が必ずしも均一分布していないことと、採取後の利用を目的として粒度選別していない生のままの原体であることによるものである。

2) 投入後堆積した砂利の粒度分布

投入当日のほかに、3-1に記した日時に堆積厚を測定した後にサンプルを採取し、砂利の流下状態を追跡するための粒度分布を調べた。結果は図5～7にグラフで示した通りである。

概要：本調査において得られた結果でも、前報で述べたのと同様に投入直後の水没した場所(P-0)で既に大粒度のもの(a～bグレード)は残り、小粒度(f～gグレード)のものが素早く流亡したことを示す結果となっている。その時点で中粒度のもの(c～eグレード)

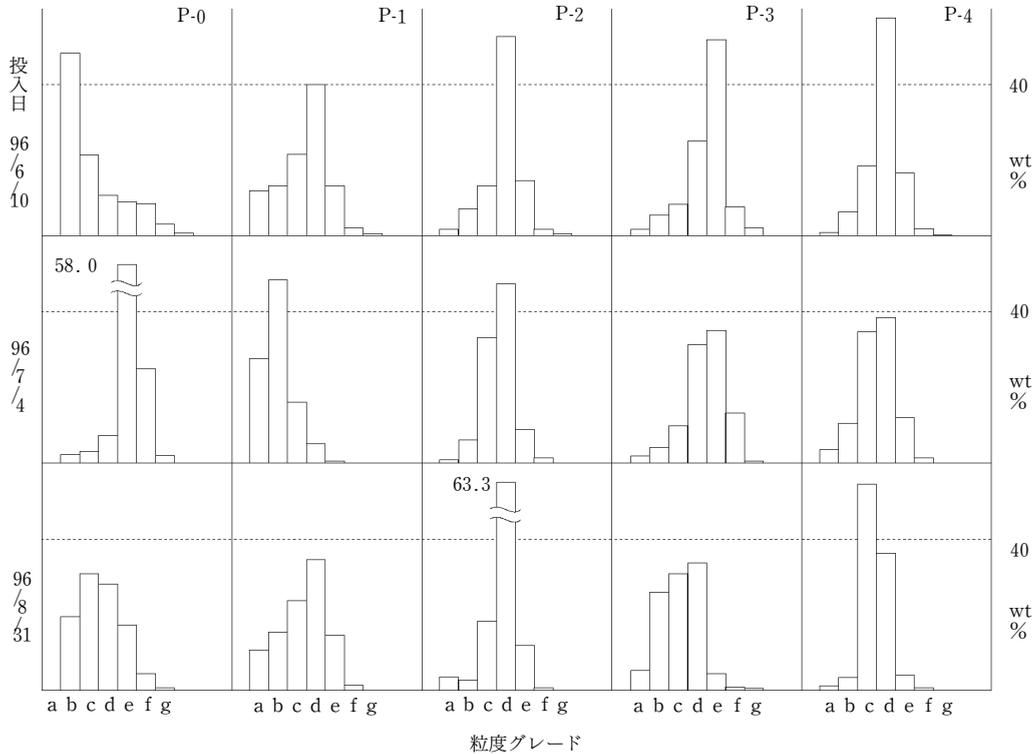


図5 1996年度投入砂利の経時粒度分布 (第1回目)

は P-1~P-4 に高密度に分布しており、流下の実態は小粒度のものほど速く流下して行くという傾向はまったく同じであったが、d~e グレードが蓄積されたまま止まり、砂利原体に含有量の多い粒度のものが、下流側の河床表面を覆っているのではないかと推定される結果となっている。3-1 において述べた通り、大河原川の合流する P-4 に砂利の堆積が少ないことの反映であろうか、d グレードの最も多量に堆積していたのは P-4 であったが、P-2 と類似の粒度分布である。この時点で P-4 での粒度分布の状態は未投入時の本来のものと考えられ、投入砂利の流下はまだ P-4 に達していないのではないかと推測された。

第1回目投入砂利(図5)：投入日の流下状況は、上記概要の通りである。その後の経過であるが、追跡結果は以下に述べるようになった。

(投入後 24 日目) P-0 では d グレードの粒子が多量にとどまり、粒度の粗い a, b グレードが少ない。P-1 では P-0 で期待された現象が移行したように大粒がほとんどとなり、中粒は P-2 から P-3 へ次第に粒度を下げながら分布の主体が移っていく。P-2 は d グレードが P-3 は e グレードが最多であり、この粒度分布は投入日の状況と同じである。また P-4 のグラフは P-2 のそれに類似している。この現象もまた投入日のものと同じである。

(投入後 82 日目) P-0 において 24 日目に比べ d, e グレードの消失が著しく、相対的に大粒度の比率が高まった。d, e グレードは、P-1 から P-2 へと移行しているが、この両地点で d グレードがピークを占めるものの、原体の中で最多の e グレードはもはや主成分ではなく、流亡しつつあることが暗示された。代わって c グレードが相対的に増え、第2位を占めた。この粒度の砂は時間を掛けて徐々に流れ下っている感がある。P-4 におけるグラフは、

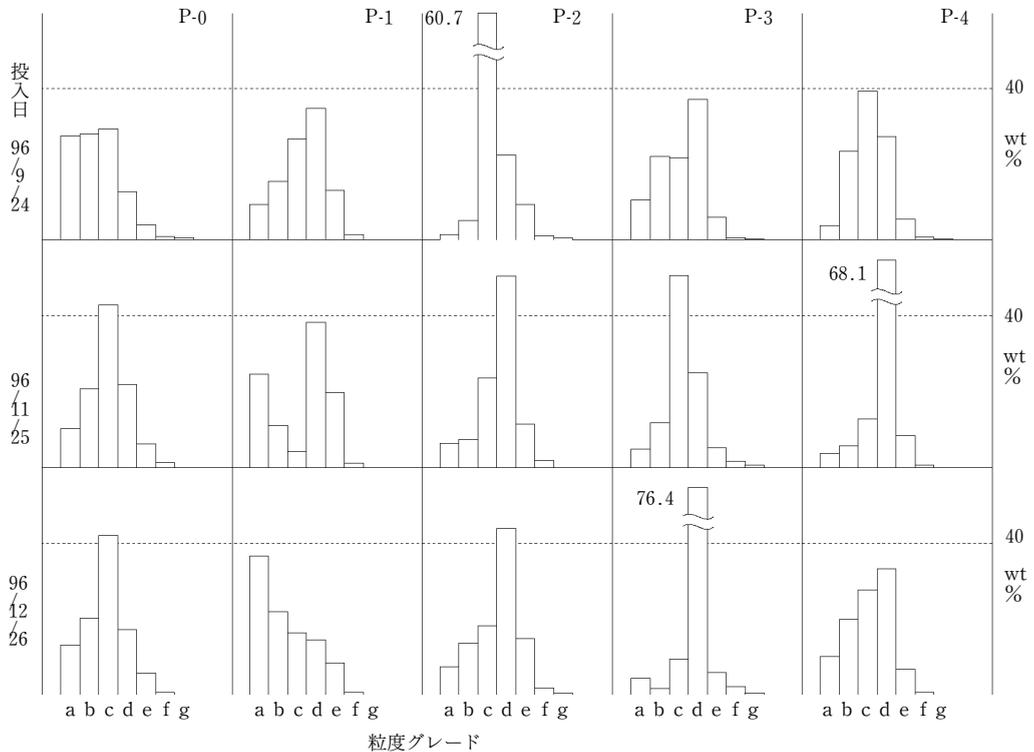


図6 1996年度投入砂利の経時粒度分布 (第2回目)

この時間経過の中でP-4との類似性を失っていて、cグレードが最多になった。eとdグレードの流下中の堆積量逆転現象が注目される。

第2回目投入砂利(図6)：投入日の流下状況は、上記概要の通りであるが、第1回目がeグレード最多に対し、第2回目ではdグレードが多い構成になっているのを反映し、この粒度の分布と、c、dグレードの流下中の堆積量が、原体とはP-2で大きく入れ替ることと、さらにP-4はここでもP-2と似た構成になることが注目される。

(投入後62日目) 投入後の日数経過が長いので、大きな変化はないものと見ていたが、原体中の最多成分dグレードはP-1, 2で多量にとどまる。そして投入日のグラフにおいてP-2で最多であったcグレードは、そのグラフを移し変える形で62日後のP-3に出現している。またこの日の追跡調査でも相変わらずP-2とP-4は同じ粒度をピークとする類似のグラフ図形となった。a、bのような大きな粒度は、多く残存することはこれまでの実験からわかっていたが、P-1におけるdグレードを多く残したままのb、cグレードの減少は初めて現れた現象である。

(投入後93日目) さらに31日を経過した場合の地点の粒度分布は、投入地点P-0ではcグレードを最多とする山型で、62日目からまったく変りがない。P-1では明らかに小粒度の部分が流亡し、右下がりの、砂利供給の途絶えた場合の予想されうるグラフ図形となった。P-2~P-4はいずれもdグレードを最多成分とする点では同じであるが、その含有量は差があり、とくにP-3は76.5%と突出し、他粒度の含有量は極めて低い。すなわち粒度均一性が高い現象を示している。P-2とP-4のdグレード含有量はそれぞれ43.8%と33.5%で、第2

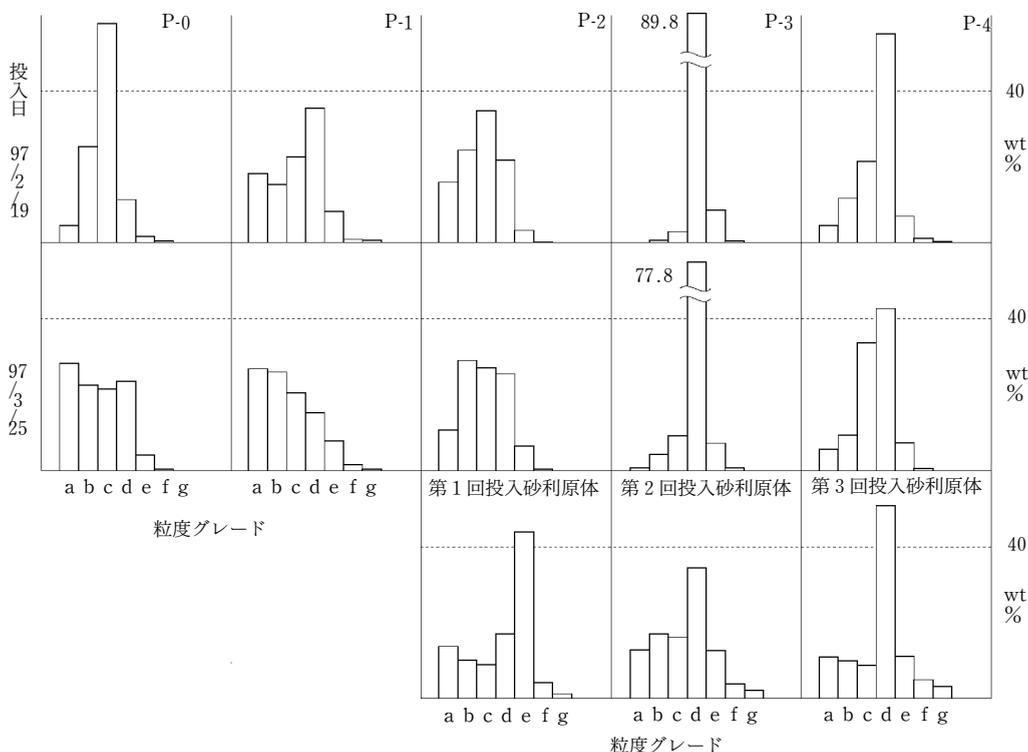


図7 1996年度投入砂利の経時粒度分布(第3回目)
および投入砂利原体の粒度分布

位のcグレードの含有量がP-4でわずか5.3%差まで接近していることで若干グラフに変化があると見られるが、基本的にはやはり類似の分布を示すことにおいて傾向を維持している。

第3回投入砂利(図7)：dグレードが50%を占める原体であるが、投入直後からすでに小粒度のグレードは早々と流れ、cグレードが57.6%となる。このときf、gグレードは痕跡をとどめる程度になっている。P-1ではP-0で第3位に激減した原体の半分を占めたdグレードが最も多く、cグレードもかなり流れて第2位である。小粒度のものほど早く流れていることを示すものであろう。P-1の1、2位はP-2で逆転するのが第1回目からの安定した傾向であったが、ここでも同様にcグレードが34.7%で最多であった。P-3でもP-2の1、2位がしばしば逆転するが、ここではdグレードが実に89.8%の高率で突出するのが目立ち、同時にaグレードを欠き、bグレードも痕跡程度になった現象も無視し得ない。P-3には中小粒度の安定できる河床状態があるものと推察される。P-4もdグレードが55.1%となった。

(投入後35日目) 投入点P-0においては大粒度の残留が目立つが、原体の最多グレードdもまだa~cと同程度に残っており、左に高く右に低い予測的な状態への移行段階にある。これがP-1では先に移行して常態にまで進んでおり、投入点での投入砂利の量的な支配が消えるには、それなりに相当日数を要することがうかがえる。P-2ではP-1の組成が最大粒度のaグレードのみを残してそっくり下流に移動した姿になっている。移動に際しては攪乱流による乱れを生じていない。P-3では投入時とまったく同じdグレード突出の状態が再現さ

れており、やはり河床を攪乱するほどの流れのなかったことを裏付ける。この傾向は P-4 においても同様で、第 3 回目の砂利投入日以降は、投入砂利の積み上げ部分の崩落があるのみで、非常に安定した河床であったといえよう。

3-3 付着藻類に見られる変化

底生動物とともにこの項目に関する詳細なデータ（確認種リスト、種別現存量など）は、豊田市矢作川研究所と環境科学株式会社の共同研究報告書（1997）に記されているので、これから必要部分を抽出使用した。

調査は予備段階を含め平成 6 年（1994 年）10 月から開始しているが、本報では前報での平成 8 年 2 月までのデータは参考とし、それ以降平成 9 年 3 月までに実施した調査結果を主体として報告する。

1) 乾燥重量、強熱減量および有機物量

表 2 に示したのが調査結果である。調査は砂利投入という川への人為的なインパクトが加わるので、人為のない自然河川における一般現象ととらえられるデータにはなりえないが、乾燥重量は季節的には高温期に少なく、低温期に多い傾向が見られた。また砂利投入による影響は、明らかに投入直後に乾燥重量は増加するが、第 2 回目投入の例で見ると約 50 日の経過で正常値に復帰するようである。

強熱減量は逆に高温期に多く、低温期に少ない。この測定項目は、実質的に燃焼気化しやすい有機物が乾燥重量に占める割合を示すものであり、具体的に現存付着藻類量としての有機物量を計算により求めた。

有機物量は第 1 回目を除き、投入後のほうが減少する傾向がある。投入点より上流の st. 5 では大差がなく、単に季節的消長として低温期に増加する傾向が認められるにすぎなかった。

表 2 付着藻類の現存量と活性度項目分析値

分析項目（単位）	調査地点	第 1 回		第 2 回		第 3 回	
		投入前 6 月	投入後 7 月	投入前 9 月	投入後 11 月	投入前 1 月	投入後 3 月
乾燥重量 (mg/cm ²)	st. 4	1.25	1.48	5.45	1.32	29.06	8.33
	st. 5	1.94	1.63	10.61	12.45	25.59	44.90
強熱減量 (%)	st. 4	44.5	45.7	44.8	45.8	32.2	32.8
	st. 5	43.3	46.2	54.9	45.6	28.8	38.6
有機物量 (mg/cm ²)	st. 4	0.56	0.68	2.44	0.60	9.36	2.73
	st. 5	0.84	0.75	5.82	5.68	7.37	17.33
クロロフィル a 量 (μg/cm ²)	st. 4	1.13	1.53	8.80	3.32	6.16	1.91
	st. 5	3.50	1.88	19.30	35.20	6.25	9.50
フェオフィチン量 (μg/cm ²)	st. 4	0.36	0.58	2.92	0.72	3.91	2.35
	st. 5	1.90	0.52	11.00	0.76	3.43	4.27
フェオフィチン率 (%)	st. 4	24.2	27.5	24.9	17.8	38.8	66.4
	st. 5	35.2	21.7	36.3	2.1	35.4	31.0

st. 4 の砂利投入による有機物量の減少は、砂利投入が場合によっては藻類生産量の低下をきたすこともありうる事例として重要である。

2) クロロフィル a 量, フェオフィチン量およびフェオフィチン率

これらは付着藻類の活性を見るために測定されたもので、1) と同じく表 2 に示した。クロロフィル a 量は明らかに砂利投入後に減少傾向が見られた。一方、投入点上流 (st. 5) においては一定の傾向は見られず、また前年度の量的推移 (高温期に少なく、低温期に多い) にも合致しなかった。st. 5 の 11 月と 9 月の値は異常に高い値となった。

フェオフィチン量は、投入点の下流側では 6, 7 月での差は僅かであるが、9, 11 月および 1, 3 月では投入後のほうが有意に少ない。上流側では 9 月に非常に高い値となったがその他の時期は平常値であった。

上記 2 項目を基に算出したフェオフィチン率 [フェオフィチン量 / (フェオフィチン量 + クロロフィル a 量) × 100] は、st. 4 では第 3 回目投入後の値が 66.4% と異常に高く、藻類の活性が低くなっていることが分かった。また砂利投入による影響を受けないはずの st. 5 ではこのとき平常値であり、砂利投入は藻類活性を失う方向に働いた結果となった。さらに st. 5 の 11 月の値は異常に低く、突出して多いクロロフィル量のほとんどがそっくり活性を維持していることが分かった。

3) 確認種と藻類群集構造

砂利投入地点の上下に当たる st. 5 および st. 4 について毎回の調査で確認された種数を表 3 にまとめた。またそのうちの優占種数について示したのが表 4 である。

表 3 によれば、確認種数の増加は高温期 (8 月) と低温期 (1~2 月) の 2 回あるとされた前年度の結果は、今回そのまま当てはまらない。とくに目立つのは総種数の増加で、い

表 3 付着藻類の確認種数 (st. 4 および st. 5 ; 下欄は今回、上欄は前年度)

調査月	95/5		95/6		95/7		95/8		95/10		95/11		95/12		96/1		96/2	
調査地点	st. 4	st. 5																
藻類(綱)																		
藍藻	3	2	2	2	6	3	4	4	3	3	2	2	2	4	1	3	1	3
紅藻	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
珪藻	26	29	19	10	29	25	40	37	14	17	25	24	22	27	27	35	25	31
緑藻	3	1	0	0	1	1	0	0	1	2	6	3	6	6	6	4	3	5
合計	32	33	21	12	37	29	45	43	18	22	34	30	33	38	35	43	30	40

調査月	96/6		96/7		96/9		96/11		97/1		97/3			
調査地点	st. 4	st. 5												
藻類(綱)														
藍藻			6	5	5	5	5	7			3	6	2	2
紅藻			1	1	1	0	1	1			0	1	0	1
珪藻			49	46	37	44	50	57			43	47	46	40
渦鞭毛藻			0	0	1	0	1	0			0	0	0	0
緑藻			1	1	3	4	4	5			4	4	8	8
合計			57	52	47	53	61	70			50	58	56	51

表4 付着藻類の優占種数 (st. 4およびst. 5) 出現頻度+++ (普通) 以上のもの

調査月	95/5		95/6		95/7		95/8		95/10		95/11		95/12		96/1		96/2	
調査地点	st. 4	st. 5																
藻類(綱)																		
藍藻	1	2	1	2	1	1	3	1	3	3	1	2	0	1	0	0	0	1
紅藻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
珪藻	5	4	1	1	1	1	1	1	0	1	2	4	4	4	8	7	4	6
緑藻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	2	2
合計	6	6	2	3	2	2	4	2	3	4	4	8	5	7	9	8	6	10

調査月			96/6		96/7		96/9				96/11				97/1		97/3	
調査地点	st. 4	st. 5																
藍藻			1	0	1	3	3	3			0	2			1	0	0	0
紅藻			0	1	0	0	0	1			0	0			0	1	0	1
珪藻			2	2	1	1	1	2			3	0			8	3	6	9
渦鞭毛藻			0	0	0	0	1	0			0	0			0	0	0	0
緑藻			0	0	0	0	0	0			0	0			1	0	0	0
合計			3	3	2	4	5	6			3	2			10	4	6	10

れの時期においても前年度を下回る種数の地点は皆無である。6月の調査ではst. 4で2.7倍, st. 5で4.3倍に達している。種数増加に寄与しているのは珪藻類で, 砂利投入地点の上・下流ともに同じ傾向にあるが, なぜこれほどまでに増えたのか原因は不明である。藍藻と緑藻は常時存在し, 両者とも平均的に見れば前年度よりも増加している。紅藻類は出現したりしなかったりで前年度同様だが, 新たに渦鞭毛藻類が低頻度に現れるようになった。

表4に見る優占種の中身は, 種数増加の原因となった珪藻類から前年度を上回る優占種数は現れておらず, 低温期に優占種数が多くなる傾向まで同じである。ということは種数は増加したが珪藻類の個体数は少なく, むしろ群集の多様性を高めるのに大いに寄与していることになる。緑藻類が優占種として登場する機会も希になった。またこの調査では, カワシオグサの検出は皆無であった。

各調査地点の最も代表的な種を表5に一覧した。この表には前年度同期のデータも比較のため併記してある。

表5から, まず基本的な認識として前年度の季節的な優占種の変遷傾向を略記すると, 次のようになる。

5月: 藍藻が極めて優勢な時期。ただしst. 4では *Homoeothrix janthina* でなく, *Phormidium* sp. が最優占になることで, st. 5との相違が明確であった。

6~8月: 藍藻の *Homoeothrix janthina* と珪藻の *Achnanthes japonica* の2種が高温期の3か月にわたって優占共存する強固な関係が見られた。

10月: 藍藻の *Homoeothrix janthina* のみが優占した。ただしst. 5の平瀬には, 優占種に該当するものがなかった。

11月: 砂利投入点下流のst. 4で珪藻と緑藻が, st. 5ではこれに紅藻が加わる複雑な藻類相が形成された。

表5 付着藻類優占

調査日		95/5	95/6	95/7	95/8
st. 4	早瀬	<i>Phormidium</i> sp. <i>Achnanthes japonica</i>	<i>Homoeothrix janthina</i>	<i>Homoeothrix janthina</i> <i>Achnanthes japonica</i>	<i>Homoeothrix janthina</i> <i>Achnanthes japonica</i>
	平瀬	<i>Phormidium</i> sp. <i>Cymbella minuta</i>	<i>Homoeothrix janthina</i> <i>Achnanthes japonica</i>	<i>Homoeothrix janthina</i> <i>Achnanthes japonica</i>	<i>Homoeothrix janthina</i> <i>Achnanthes japonica</i>
st. 5	早瀬	<i>Homoeothrix janthina</i> <i>Phormidium</i> sp.	<i>Homoeothrix janthina</i> <i>Achnanthes japonica</i>	<i>Homoeothrix janthina</i> <i>Achnanthes japonica</i>	<i>Homoeothrix janthina</i> <i>Achnanthes japonica</i>
	平瀬	<i>Homoeothrix janthina</i> <i>Achnanthes japonica</i>	<i>Homoeothrix janthina</i> <i>Achnanthes japonica</i>	<i>Homoeothrix janthina</i> <i>Achnanthes japonica</i>	<i>Homoeothrix janthina</i> <i>Achnanthes japonica</i>
調査日			95/6	96/7	
st. 4	早瀬		<i>Homoeothrix janthina</i> <i>Achnanthes japonica</i>	<i>Achnanthes japonica</i> <i>Homoeothrix janthina</i>	
	平瀬		<i>Achnanthes japonica</i>	<i>Achnanthes japonica</i>	
st. 5	早瀬		<i>Achnanthes japonica</i>	<i>Achnanthes japonica</i>	
	平瀬		<i>Achnanthes japonica</i>	<i>Entophysalis lemanie</i> <i>Homoeothrix janthina</i>	

上位種の変遷

95/10	95/11	95/12	96/1	96/2
<i>Homoeothrix janthina</i>	<i>Cymbella turgidula</i> <i>Spirogyra</i> sp.	<i>Melosira varians</i>	<i>Synedra inaequalis</i> <i>Achnanthes japonica</i>	<i>Synedra inaequalis</i> <i>Cymbella tumida</i>
<i>Homoeothrix janthina</i>	<i>Melosira varians</i> <i>Spirogyra</i> sp.	<i>Melosira varians</i>	<i>Synedra inaequalis</i>	<i>Synedra inaequalis</i> <i>Cymbella tumida</i>
<i>Homoeothrix janthina</i>	<i>Batrachospermum</i> sp. <i>Spirogyra</i> sp.	<i>Batrachospermum</i> sp. <i>Synedra inaequalis</i>	<i>Synedra inaequalis</i>	<i>Batrachospermum</i> sp. <i>Synedra inaequalis</i> <i>Urothrix zonata</i>
	<i>Melosira varians</i>	<i>Cymbella tumida</i>	<i>Synedra inaequalis</i>	<i>Synedra inaequalis</i> <i>Chanaesiphon</i> sp. <i>Batrachospermum</i> sp. <i>Achnanthes japonica</i>
96/9	96/11		97/1	97/3
<i>Carootherix</i> sp.	<i>Achnanthes japonica</i>		<i>Achnanthes japonica</i> <i>Cymbella turgidula</i> v. <i>nipponica</i> <i>Gomphonema olivaceum</i>	<i>Achnanthes japonica</i>
<i>Carootherix</i> sp.	<i>Melosira varians</i> <i>Achnanthes japonica</i> <i>A. minutissima</i>		<i>Achnanthes japonica</i>	<i>Fragilaria capucina</i> v. <i>vaucheriae</i> <i>Synedra inaequalis</i> <i>Synedra rumpens</i> v. <i>familialis</i> <i>Achnanthes japonica</i>
<i>Achnanthes japonica</i>	<i>Phormidium</i> sp.		<i>Melosira varians</i>	<i>Fragilaria capucina</i> v. <i>vaucheriae</i>
<i>Homoeothrix janthina</i>	<i>Phormidium</i> sp.		<i>Melosira varians</i> <i>Achnanthes japonica</i>	<i>Fragilaria capucina</i> v. <i>vaucheriae</i> <i>Synedra inaequalis</i> <i>Synedra rumpens</i> v. <i>familialis</i> <i>Achnanthes japonica</i>

12月：st. 4では珪藻 *Melosira varians* のみ，st. 5では異なった珪藻と紅藻が優占する群集になった。

1月：st. 4, 5ともに *Synedra inaequalis* を優占種とする珪藻発達期である。

2月：st. 4では1月に引き続き珪藻として，*Cymbella tumida* が加わった珪藻優占，st. 5では藍藻，紅藻，緑藻が混生する群集で，st. 4とは別の群集構造になった。

これに対してその翌年に当たる今回(1996年度)の調査結果は，前年の同時期に比較して，次のような異同が見られた。

6月：前年とまったく同じ種であるが，藍藻 *Homoeothrix janthina* の発達は珪藻 *Achnanthes japonica* に及ばず，順位は逆転した。

7月：藍藻，珪藻の発達期であることは前年と同様であるが，st. 4では後者のほうが優占度が高く，またst. 5では藍藻のみが優占し，*Entophysalis lemanie* が新顔として登場した。

9月：前年の調査はこの月に行われておらず，前年8月もしくは10月との比較になる。今回はst. 5の早瀬が珪藻 *Achnanthes japonica* に優占されていた以外は藍藻が優占し，st. 4では前年とは異なって藍藻は *Carothrix* sp. が入れ代わって登場した。

11月：前年とは様相がまったく異なり，st. 4で早瀬で1種，平瀬で3種の珪藻のみの優占種群集となった。st. 5では早瀬，平瀬ともに藍藻 *Phormidium* sp. 1種が優占した。

1月：前年と同じく珪藻優占期であるが，前年がst. 4, 5でわずか2種であったのに対し4種であり，珪藻類の多様性が高まっている。しかも *Cymbella*, *Gomphonema* の2属はst. 5に出現せず，また *Melosira* 属はst. 4には現れていない。砂利投入点の上流と下流で，非常に明確な種構成の相違が現れているのは注目される。

3月：この月は前年に調査されていないので，前年2月の結果と比較する。st. 4の早瀬では珪藻 *Achnanthes japonica* 1種が優占するが，前年優占の珪藻2種にこの種は含まれていない。また平瀬でも珪藻のみ3属4種が優占し，多様性が高まっているが，st. 4の地点に限定すれば珪藻類が単独優占しているという点は前年と変わらない。st. 5では早瀬でst. 4の早瀬とは別の珪藻の1種 *Fragilaria capucina* v. *vaucheriae* が優占，平瀬ではst. 4とまったく同じ4種の珪藻が優占した。前年st. 5は，早瀬，平瀬ともに藍藻，紅藻，珪藻，緑藻の混生が特徴的であったが，今回(1996年度)は珪藻類のみでその種組成が多様になったのが大きな相違点である。

以上の結果を見れば，平成8年(1996年)度は珪藻と藍藻が非常に発達して，紅藻や緑藻はまったく優占種の地位を与えられなかったことになる。また低温期に多様性が高まることは同一傾向であるが，前年のように綱という高位レベルでの群集構成でなく，同一綱のなかでの種レベルで群集構成が複雑化した。とくに珪藻類の種数増加の目覚ましさがこの事実の底辺にあることがうかがえる。

3-4 底生動物に見られる変化

1) 現存量の変化

底生動物の現存量を総湿重量として表したのが図8および9のグラフである。st. 4とst. 5について前年(1995年)度と今回(1996年度)を比較してある。

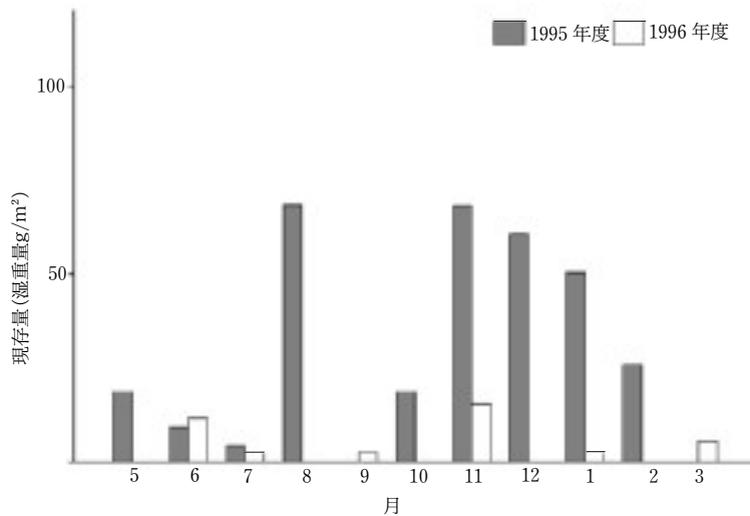


図8 st. 4の底生動物現存量

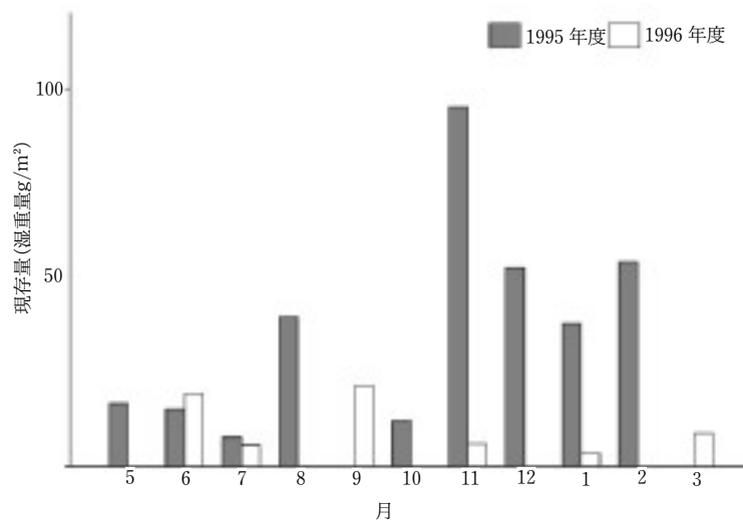


図9 st. 5の底生動物現存量

一見して明らかなのは、st. 4, 5ともに前年度に比べ現存量がきわめて少ないことである。季節的には6, 7月ごろまでは比較的前年に匹敵する現存量であるが、9月以降極度の低レベルで推移する。年間2山型の現存量推移もそれらしい傾向は見られるが、断定できるほどに明瞭ではない。

砂利投入後の経過は、投入地点上流のst. 5に比較してみると経過はほぼ似た図形で示されており、少なくとも砂利投入によるマイナス面の影響は出ていない。

2) 群集構造の変化

表6は確認種数と個体数の集計結果である。表6によれば、種数、個体数ともに1996年度は前年度に比べ非常に少ない。これが上記の現存量変化の現実に対応している事実である。6, 7月までは前年と同レベルであるが、それ以降種数減少は著しく、かつ個体数は桁違い

に少なく前年の 1/38 になっているケースもある。

砂利投入の影響という観点では、投入点の上、下流に関係なく同一現象が見られ、とくに砂利投入が種数、個体数減少の原因となっている結果は出ていない。

優占順位 5 位までの変化についての実態は表 7 で明らかなように、夏季から秋季にかけてオオシマトビケラが最上位を占め、冬季にはすべてエリユスリカ類がこれに替わる地位を占めた。st. 5 の 7 月にただ 1 回だけヒメトビイロカゲロウが最優占種となる。前年度の最優占種がオオシマトビケラ、ナカハラシマトビケラ、ウルマーシマトビケラ、ヒゲナガカワトビケラなどの造網性トビケラ類で占められていたのに比べればかなりの様変わりである。

表 6 水生昆虫類の確認種数および個体数

(st. 4 および st. 5 ; 下欄は今回, 上欄は前年度)

調査月	95/5	95/6	95/7	95/8	95/10	95/11	95/12	96/1	96/2
調査地点	st. 4 st. 5								
種数	32 33	33 39	29 20	31 29	37 33	41 44	46 38	40 38	41 39
個体数	474 516	409 752	195 184	4028 3922	680 303	4676 8385	6326 5700	4368 3808	2984 4592

調査月	96/6	96/7	96/9	96/11	97/1	97/3
調査地点	st. 4 st. 5					
種数	35 34	24 34	22 26	22 17	28 25	24 31
個体数	522 491	114 302	247 1231	121 242	439 276	271 599

表 7 底生動物定量採集による優占順位上位 5 種・前年度との比較

(個体数の多い順に上から下へ列記、類としたものは単一種でなく群集を示す)

調査月	95/5	95/6	95/7	95/8	95/10	95/11	95/12	96/1	96/2	
st. 4	オオシマトビケラ エリユスリカ類 アカマダラカゲロウ コガタシマトビケラ フタバコカゲロウの1種	ウルマーシマトビケラ ヒゲナガカワトビケラ ヒメトビイロカゲロウ オオシマトビケラ エリユスリカ類	ウルマーシマトビケラ ヒゲナガカワトビケラ アカマダラカゲロウ アミメカワダラ エラブタマダラカゲロウ ナカハラシマトビケラ	オオシマトビケラ ウルマーシマトビケラ ナカハラシマトビケラ アカマダラカゲロウ フタバコカゲロウの1種 ナカハラシマトビケラ	オオシマトビケラ セトビケラの1種 ニスリカ類 ウルマーシマトビケラ コガタシマトビケラ	ナカハラシマトビケラ オオシマトビケラ ウルマーシマトビケラ アカマダラカゲロウ コガタシマトビケラ	ナカハラシマトビケラ アカマダラカゲロウ オオシマトビケラ ウルマーシマトビケラ フタバコカゲロウの1種	オオシマトビケラ ナカハラシマトビケラ ウルマーシマトビケラ アカマダラカゲロウ フタバコカゲロウの1種	オオシマトビケラ フタバコカゲロウの1種 エリユスリカ類	ナカハラシマトビケラ フタバコカゲロウの1種 オオシマトビケラ アカマダラカゲロウ フタバコカゲロウの1種 エリユスリカ類
st. 5	オオシマトビケラ フタバコカゲロウの1種 エリユスリカ類 アカマダラカゲロウ ユスリカ類	ヒゲナガカワトビケラ ウルマーシマトビケラ ヒメトビイロカゲロウ チャバネヒゲナガ カワトビケラ	ヒゲナガカワトビケラ エルモンヒラタカゲロウ アカマダラカゲロウ クシダマダラカゲロウ ウルマーシマトビケラ	オオシマトビケラ ウルマーシマトビケラ ナカハラシマトビケラ アカマダラカゲロウ フタバコカゲロウの1種 ガマゴトビケラ	オオシマトビケラ ニスリカ類 マシジミ コカゲロウの1種 マダラカゲロウ	ナカハラシマトビケラ ウルマーシマトビケラ オオシマトビケラ アカマダラカゲロウ エリユスリカ類	ウルマーシマトビケラ ナカハラシマトビケラ アカマダラカゲロウ オオシマトビケラ フタバコカゲロウの1種	ナカハラシマトビケラ ウルマーシマトビケラ オオシマトビケラ アカマダラカゲロウ フタバコカゲロウの1種	ナカハラシマトビケラ ウルマーシマトビケラ オオシマトビケラ アシマダラブユ類 オオアマダラカゲロウ	

調査月	96/6	96/7	96/8	96/11	97/1	97/3	
st. 4	オオシマトビケラ フタバコカゲロウの1種 ヒメトビイロカゲロウ ヒゲナガカワトビケラ セトビケラの1種	オオシマトビケラ ナカハラシマトビケラ エラブタマダラカゲロウ ヒメトビイロカゲロウ ヒゲナガカワトビケラ	オオシマトビケラ セトビケラの1種 エラブタマダラカゲロウ アカマダラカゲロウ エチゴシマトビケラ	オオシマトビケラ アカマダラカゲロウ フタバコカゲロウの1種 ムナグロナガレトビケラ マダラドムシの1種	エリユスリカ類 オオシマトビケラ フタバコカゲロウ ナカハラシマトビケラ ウスヒメガガの1種	エリユスリカ類 オオシマトビケラ ウスヒメガガの1種 ナカハラシマトビケラ	エリユスリカ類 オオシマトビケラ ウスヒメガガの1種 ナカハラシマトビケラ
st. 5	オオシマトビケラ アカマダラカゲロウ ヒゲナガカワトビケラ フタバコカゲロウの1種 ウルマーシマトビケラ ナカハラシマトビケラ	ヒメトビイロカゲロウ ヒゲナガカワトビケラ オオシマトビケラ アカマダラカゲロウ コカゲロウの1種	オオシマトビケラ ナカハラシマトビケラ ウルマーシマトビケラ アカマダラカゲロウ コカゲロウの1種	オオシマトビケラ アカマダラカゲロウ フタバコカゲロウの1種 ムナグロナガレトビケラ マダラドムシの1種	エリユスリカ類 オオシマトビケラ ナカハラシマトビケラ アカマダラカゲロウ ウルマーシマトビケラ	エリユスリカ類 フタバコカゲロウの1種 オオシマトビケラ アカマダラカゲロウ ナカハラシマトビケラ	エリユスリカ類 フタバコカゲロウの1種 オオシマトビケラ アカマダラカゲロウ ナカハラシマトビケラ

最上位種以外の優占種構成を見ると、総体的にヒゲナガカワトビケラの地位が低下していること、シマトビケラ属 *Hydropsyche* も著しく地位を下げていること、粗面匍匐性のマダラカゲロウ類が *Hydropsyche* と対等かそれ以上に地位を上げつつあること、秋季 11 月にはムナグロナガレトビケラのような流水歩行性のトビケラに混じってコウチュウ目のドロムシ類が 4 位で出現していることなどが目立つ。

砂利投入点の上下の比較では、優占上位 5 種の構成は量的に入れ替わることによる順位変動はあっても、本質的にはおおむね同じと見られる。したがって、投入による効果の有無を判断しうる事実は把握できなかった。

4. 考 察

以上の実験結果に基づき、砂利の投入により砂利の流下する方向と堆積厚の変化、堆積した砂利の粒度分布、そのことにより生ずる効果の検証として付着藻類と底生動物に見られた影響について考察してみた。

4-1 砂利堆積厚について

1) 前年度から適当な時期間隔を開けて砂利を継続的に投入している。しかし前回の投入部分が全体的に除去される状況ではないようで、投入回数とともに一部は蓄積されて行き、次第に水深は浅く、川に立ち込みやすくなっている。

ただし本来現場規模の河川であれば、1 回 500 m³ 程度の投入砂利ならばすぐに流亡すると思うのが普通であろう。今回 (1996 年度) は第 1 回目の投入から 24 日を経ても、川中に島状に置かれた砂利は投入時の原形をとどめたままで、かつ作業用車両の轍がそのまま認められるほどであった(写真参照)。このような状態が保たれるのは、河川流量が少なく冠水しないことを意味するにほかならない。

そこで参考資料として現場のすぐ上にある阿摺ダムでの観測データから、月旬別に集計した旬間河川流量(日平均流量 m³/S の旬間合計値、以下河川流量と略す)および旬間降水量(日降水量 mm の旬間合計値、以下降水量と略す)をグラフ化してみた(図 10, 11)。前年度の投入砂利はかなり早い時期に水没した経緯があり、それとの比較を意図してグラフには 1995 年度と 1996 年度を示してある。まずこのグラフでは降水量と河川流量との関係はないとはいわないまでも、きわめて稀薄であろうことが分かる。これは雨水によって増加した渓流水がまずダムに貯留され、それが利用目的と需要量に応じてどのように配分使用され、放水されるかという管理体系の中で左右されるからと考えられる。

今回の第 1 回目砂利投入日の 1 か月前は、河川流量は前年の 1/2 以下に過ぎず、投入時点の流量は冬季の低水位に近かった。前年 7 月は 950 m³/S 以上の河川流量が 2 回あったが、今回は 7 月上旬の 510 m³ 程度が 1 回で、それもこの年度の最多河川流量である。投入 24 日目の 7 月 4 日の砂利堆積厚調査とサンプリング(以下「追跡調査」という)を実施したが未だ冠水しておらず、この時期の降水で徐々に河川流量が増加し、旬の後半からようやく浅く冠水する状態になったのを確認した。以後 82 日目の追跡調査を経て 9 月 24 日の

第2回目砂利投入までの間は旬間150~330 m³/Sの比較的高水準の安定流量を維持している。しかしこの河川流量も、前年の250~300 m³/sに比べれば変動は少ないが、平均的にはいくらか低水準である。24日目追跡調査の際はP-1にピークを持つ堆積厚であったが、82日目にはピークはP-2に移動した。しかしそのピークは投入時および24日目追跡調査時より若干多めになる程度の高さであった。これはその後の河川流量の推移を反映し、砂利が次第に下流へ押し流され分散していく様を表しているものと考えられる(図2)。

第2回目投入以降第3回目までの間は、前年度に比し河川流量が多めに維持されている。投入日から62日後、さらにそれから31日後(投入後93日目)の追跡調査の間でそれぞれに河川流量が250~300 m³/Sに達する機会が2旬あり、前者ではP-1に29cmの深い堆積厚になった。このときP-2では投入日より約5cm、P-3では約2cm深い堆積厚で下流に

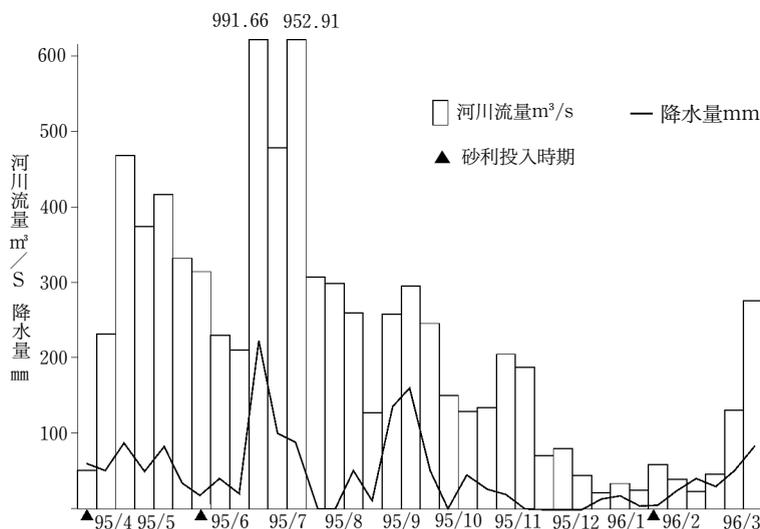


図10 1995年度旬間河川流量(阿摺ダム)および旬間降水量(岩倉)

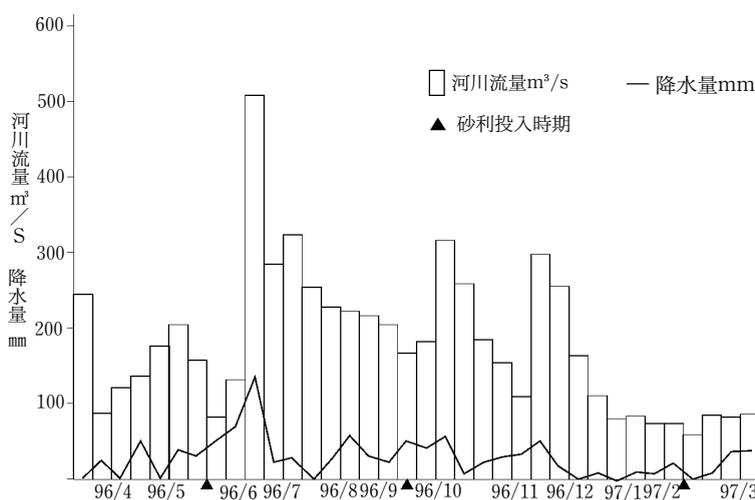


図11 1996年度旬間河川流量(阿摺ダム)および旬間降水量(岩倉)

向って漸減し、P-4 では投入時と同じになっている。これはこの程度の河川流量では下流遠くまで押し流す圧力に欠けているであろうことを物語る。93 日目には未だピークが P-1 にあるが堆積厚は 16.6 cm まで減少し、P-2 では 62 日目の値と接近し、P-4 では 3.5 cm 深くなっていて、流下が徐々に進行しつつ平均化していく様子がはっきりと現れている（図 3）。

第 3 回目投入は最も河川流量の少ない時期で、投入時も、35 日後の追跡調査時も、各地点でほとんど誤差範囲に入る程度の相似したグラフになっている。前年よりは平均的に流量が多いが、旬間 100 m³/S を切る程度の河川流量は投入砂利を押し流す効果はほとんどないといえるであろう。もっとも同一地点に繰り返す砂利投入で、周辺の水深が浅くなり、流速が低下するという相乗作用もこの傾向に拍車を掛けていることは疑いない（図 4）。

- 2) 注目すべきは、支流大河原川の流入点 P-4 の堆積厚の、前年度に比べての著しい減少である。前年度は支流からの流入砂利量が莫大で、この地点を境に確度の高いデータの収集を諦めざるを得ないほどの堆積厚増加があった。今回はそれが一転して安定しており、支流からの砂利供給が水量低下もしくはその他の理由によりほとんどなくなったか、あるいは測定点まで砂利を押し出す大河原川の流勢がなく左岸のごく近くにとどまったためと考えられる。自然河川の変化の実態把握は、この 1 点を取っても並大抵でないことが分かる。
- 3) 1 回 500 m³ 程度の砂利投入は、河川規模に比べあまりにも少ないとの感触を当初抱いていたが、1 地点への繰り返し連続投入は、現状の河川流量ではこれを完全に押し流せない。むしろ水深低下を招き、低流速の浅瀬を創出する傾向があり、以後洪水のような荒れ方を期待できないときは、そのまま安定した河床になる可能性がある。しかし一方では砂利を入れて置きさえすれば、いつ起きるか分からない高水の際、一気に河床の構造を覆す可能性が、その対極にあるのも事実であり、短期に結果は出ないであろう。

4-2 砂利の粒度分布について（図 5～7）

- 1) 前年度同様、投入後の粒度分布は、粒度の小さなものほど早く流れ去り、中粒度のものは徐々に移動する姿が明確に現れている。さらに次回投入との間の期間に、流れにくい大きな粒度の礫で河床が覆われるようになり安定するものと推測される。この河床の動態は、河川流量が砂利を流下させるに足るレベルで維持された場合の、ごく一般的な姿と考えることができる。
- 2) ただし今回の粒度分布調査では、堆積厚調査の項で記したように、同一地点への継続的砂利投入による河床のかさ上げで水深が下がり、流れが緩やかになって砂利を投入地点に長く滞留させること、河川流量が前年度のように異常高水にならなかったことが滞留に拍車をかけることになった、そして大河原川から供給されると考えられた砂利の堆積がみられなかったなどの予測できなかった事情で、平年とは異なった粒度分布になっていると考えられる。
- 3) 小粒度成分（f～g グレード）は投入砂利原体にも少なく、かなり流れが緩くとも、深く埋もれていなければ、より大きな粒度成分の隙間から吸い上げられるように表面に出て流亡するらしい。早期に痕跡的堆積量になるのはそのためと思われる。
- 4) 今回のように砂利の流下があまり動的ではなく、広範囲に及ばないときに、最も目立つ

のは中粒度成分 (c～e グレード) の動態である。それも前回流入砂利の凄まじさを見せ付けた支流大河原川の合流点 (P-4) で、前年度のような劇的変化が見られない状況なので、今回は流量の少ない河川状況下での中粒度成分の動きをじっくり観察できる良い機会となった。この中粒度を中心にして、流下途中に現れる特徴的現象はグラフ図形で見ると以下ようになるが、考察を加えて列記する。

- ① 特定粒度グレードの突出した大量堆積は P-3 に現れることが多い。サンプリングの場所選定に、このような箇所を意識的に選んだわけではないが、堆積厚測定が安定的に可能な箇所には、一定の粒度が集まりやすい条件があるのかもしれない。
 - ② P-2 における最多成分は、P-3 では P-2 の第 2 位成分と置き換わっている傾向が極めて強い。その場合 P-3 での最多成分は P-2 のそれより 1 ランク小さな粒度なので、小粒度が先に流れるという状況を現実を示しているものと考ええる。
 - ③ P-2 の粒度分布図形は、P-4 のそれに相似する。その理由は⑤に述べることと関連するものと考えられる。
 - ④ 原体の最多グレードは P-1 でも最多になる。ただしこの現象が守られるのは d グレードまでで、e グレード以下ではより大きな粒度に置き換わる。
 - ⑤ 砂利投入もしくは支流からの砂利供給がなかった場合の河床堆積砂利の粒度分布は、左に高く右に低い図形となって安定すると考えられるが、P-4 までの距離の間でそれが実現していない。P-4 での大河原川からの影響が大きくなかったと考えられる今回の条件下で、P-4 の粒度分布図形は、P-2 のそれを再現するという遡った地点に相似する。これは必ずしも大河原川の影響が皆無でなく、例えば過去の堆積砂利の上に、今回の投入砂利が上乘せされたと考えられなくもない。むしろそう考えるのが自然であろう。
- 3) 粒度分布の調査結果は重量比で示したが、これはあくまでも相対比である。したがって特定粒度成分が多くなれば、他は少なく表現される。となると、下流側で中粒度のグレードが大部分を占める現象は、古くからあった河床の上に、投入後流速によって振り分けられた中粒度の砂利が重層的に堆積したと考えて良いであろう。この場合でも相対的に小さな粒度のものが遠距離に達する原理が生きており、経時的に上流側に見られた粒度分布は徐々に下流側に移り、ピークが低くおしなべて平均化する傾向が認められる。

4-3 付着藻類の現存量について

- 1) 前報 (田中, 1997) において単年データが通則的であるか否か言及できないとしながら、季節的に変動があるとすれば、現存量 (乾燥重量) は高温期に少なく低温期に多いことを指摘した。今回の調査においても同一の傾向が見られ、これはごく普通に見られる現象と思われる。さらにまた強熱減量はその逆で、高温期に多く低温期に少ない。これもまた前年度と同様である。前報ではこうした事実の説明として次のような推測が可能であったしたが、今回もそれ以上の原因究明に至っていない。すなわち、そのまま転記すれば、
 - ① 付着藻類の場合は世代の回転が速い。すなわち成長の速さに対する消費の速さが回転率を決めるので、現存量は両者の差し引きの結果と見る。消費としての概念の中には死亡、被食が入る。夏期のいわゆるアカ腐れ (死亡) が増水によって更新されることを期待するのは、アユ釣人の常であり、アカ付き (生長) の速さはそれぞれ身をもって知っ

ているそのことである。

- ② 付着藻類の大量摂食者の存在。その代表者はアユであり、これにオイカワ、タカハヤ、ウグイが加わる。また食藻性の底生動物の存在も大きく、摂食活動の大きな時期にあれば消費を速めることになる。しかし後者では後述の通り夏期の底生動物現存量が少ないことを考えるとつじつまが合わない。したがって、主として食藻性もしくは雑食性の魚類の摂食活動によるところが大きいと考える。

要はこの問題を考察する上で忘れてならないのは、単に生産量の多寡のみでなく、日照、水温、流速等の条件下に増殖する付着藻類の成長、死亡、被食など生活史とその回転効率のすべてが考慮されねばならない。

- 2) 乾燥重量に対する有機物量の比率を図 12, 13 でみると、砂利投入地点下流の st. 4 のほうが、上流の st. 5 よりも小さい。このことはやはり砂利投入によって幾分砂泥を被っている可能性を示すものである。これに関し前報で述べた 1994 年 11 月に阿摺ダムのゲート開放で流出し、ダムより下流に堆積した多量のヘドロ除去に 1995 年 4 月の大量放水が極めて高い効果を上げた事実を照らし、河川流量の適量確保の必要性が強く感じられた。
- 3) 乾燥重量と強熱減量から算出される有機物量が実質上の付着藻類量を示すとすれば、砂利投入地点の上・下流で有意とされうる差が認められる。追跡調査においては砂利投入による生産力向上効果は認められず、かつ投入点の上・下流では後者の有機物量が少なく、この傾向は高温期には目立たぬが、低温期になるほど顕著な差が現れてくる。投入点より上流での季節的な推移は、低温期に顕著に多い。これが砂利流下の見られない河川の付着藻類生産量の一般的推移と考えられるが、投入砂利の影響を受ける下流側では、低温期の増加はあまり目立たない。有機物量の少なさは、無機物量の多さを示すものであるが、強熱減量の値では少ない傾向は認められても大差ではない。したがって、付着物そのものの採取量の絶対値が小さいことに、重要な意味があろうと考える。この実態については現在指摘できる原因がないが、砂利によって礫表面に付着した藻類量が少なくなっていることは考えられる。

4-4 付着藻類の確認種数と群集構造について

- 1) 表 3 に st. 4 と st. 5 の付着藻類の確認種数を前年度と比較して示してある。まず目に行くのは前年度に比べ著しい種数の増加である。この現象は、季節、場所、砂利投入点の上・下流に関係なく認められる。ということは、上記の付着藻類生産量が同レベルであっても多様性が一段と増したことを意味する。種数増加は、珪藻類の極端な種数増加の結果であるが、その原因は分からない。砂利投入点の上下ともに同じ種数増加があることは、砂利投入効果を支持する理由にならない。摂食者の減少が考えられるが、これが仮に底生動物であるとしてみた場合、確かに現存量が、とくに 9 月以降に著しい減少を来しているの、そこに何らかの関連があるかもしれない。大量摂食者の魚類については、これを検討する関連資料がないので考察できない。藍藻、緑藻はもともと種数の多いものではないが、前年に比し高温期から種数が若干多めに出現している。
- 2) 内容をさらに詰めて検討するため、表 4 に優占種を抽出して示した。全種数の中で圧倒的多数を占める珪藻類は高温期に優占種となることが少ない。むしろ少数派である藍藻か

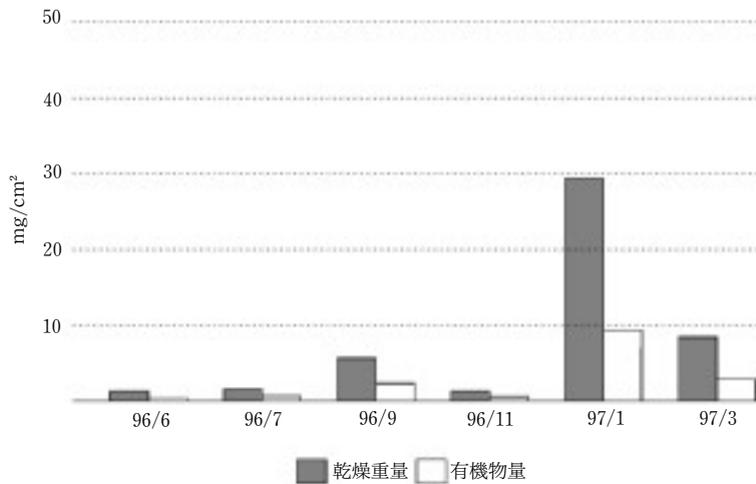


図 12 st. 4 の付着藻類現存量

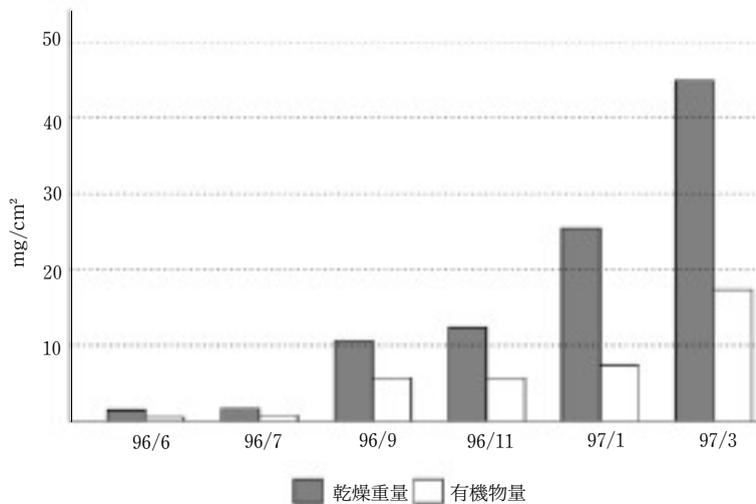


図 13 st. 5 の付着藻類現存量

ら優占種が出ており、藍藻と種数の接近している緑藻からまったく出ていないが、これらは前年度も同様である。低温期に入ると珪藻類が優占種のほとんどを占めるのも前年度と変わらない。したがって、綱レベルの種数に拘って検討しても、1996年度の付着藻類の群集構造を象徴的にとらえることは困難である。まして砂利投入地点の上・下流で差を見出すのは不可能である。

- 3) 砂利投入点の上・下流2地点の主要種名を抜き書きした表5を見ると、3-3 3)で記したように秋以降の群集構成がかなり明瞭に異っており、下流st.4では9月に1種の藍藻 *Carothrix* sp. のみで代表されていたのが、11月以降は見事に珪藻類だけで代表される藻類群集に様替わりしている。そしてst.5よりも2月の平瀬を除いては異なった種構成になっている。砂利投入点の上流st.5では、9月は藍藻、珪藻が共存、11月にst.4の9月とは

別種の藍藻 *Phormidium* sp. のみの時期を経て、1, 3月の珪藻類優占期に入る。ただ代表的珪藻の種数はst. 4のほうが多く、3月両地点の平瀬のみが同じ種構成になっている。これを見る限り、低温期の代表藻類は砂利投入点の上・下流で異質であり、この事実についてどのような投入効果の判断ができるかである。筆者は現在は判断しうる根拠を持ち合わせていない。9月に一度藍藻優占期をもつが、それを除けばst. 4の珪藻類主体の群集は季節が合えば定性的にアユの食性を満たす環境であるとの見解は前報と同じである。

4-5 クロロフィルaとフェオフィチンから推定される藻類の生産量

- 1) 河川の石礫に付着する藻類では、生産量が直ちに現存量を示すとはかぎらない。これは上に記したように藻類の種や個体の生存日数(寿命)が一様でなく、世代の回転が重複して進行していることによる。したがって時間断面において採集されたサンプルには、成長と消費の両面の現状が残されているはずである(被食も消費の要素であるが、直接的にサンプルの分析で確認されることはない)。クロロフィルaとフェオフィチンは、それぞれ成長と消費(活性期と減耗期)の段階を示す項目として分析され、図14および15に示したフェオフィチン率は藻類の活性度を知る尺度となる(数値の低いほうが活性が高い)。投入地点の上流のst. 5は11月に異常に低いフェオフィチン率を示すが、それ以外は波はあっても安定的と見ることができよう。これに対しst. 4では高温期の安定性はst. 5に優るが、11月を境に一転してフェオフィチン率が上昇し、3月には異常に藻類活性が低下する。両地点に見られるこれらの異常現象について、明確に原因を推測指摘することは不可能である。ただサンプリング時期の時間断面が藻類の活性最大および最小の時期にタイミング良く合っているならば、このような現象が見られるのかもしれない。サンプリングの頻度を上げての動向調査が必要であろう。st. 4に関していえば、河川流量の減少と砂利投入で流速が低下し、無機物の滞留沈積があり、これが藻類の死亡もしくは活性低下に結びついている可能性は高い。
- 2) 藻類生産量の低温期増大傾向を説明可能な根拠は二つある。一つには低温期には世代の回転が鈍っていることが考えられる。すなわち個体の生存日数が延長している可能性が高い。しかしそれであっても時期後れで消費は生じているはずなので、通常のバランスは保たれていなければならない。その意味で砂利投入点の下流st. 4では前年度の低温期の回転バランスは優れていたのが、今回は大きく崩れているように思われる。その原因として、st. 4では砂利投入と河川流量不足の複合した影響で、多種の藻類が群集構成に参加するようになったとはいえ、世代回転の活性化を抑制しかつ死亡個体の洗い流しを促進しない環境になったといえそうである。二つ目として藻食性動物現存量の減少がある。とくに底生動物量の極端な減少は低温期に顕著なのが有力な論拠である。しかしながら前年度ではもっと多くの定点での藻類群集を見ており、その中には下流側にありながら砂利投入の影響を受けていない定点があったにかかわらず、上流側のst. 5だけが異質の藻類群集が形成されていたことの意味づけが、ここでは相変わらず非常に重要なことと思われる。

4-6 底生動物の現存量に見られる変化

- 1) 現存量の年次変化をみると3-41)に記したように、今回(1996年度)は前年度に比し著

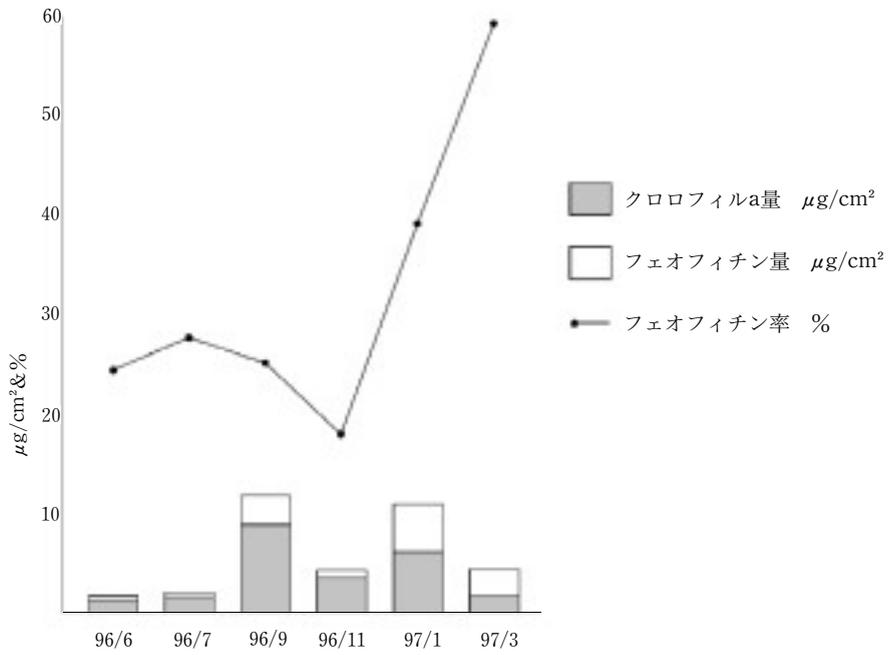


図 14 付着藻類中のクロロフィルaおよびフェオフィチン量 (st. 4)

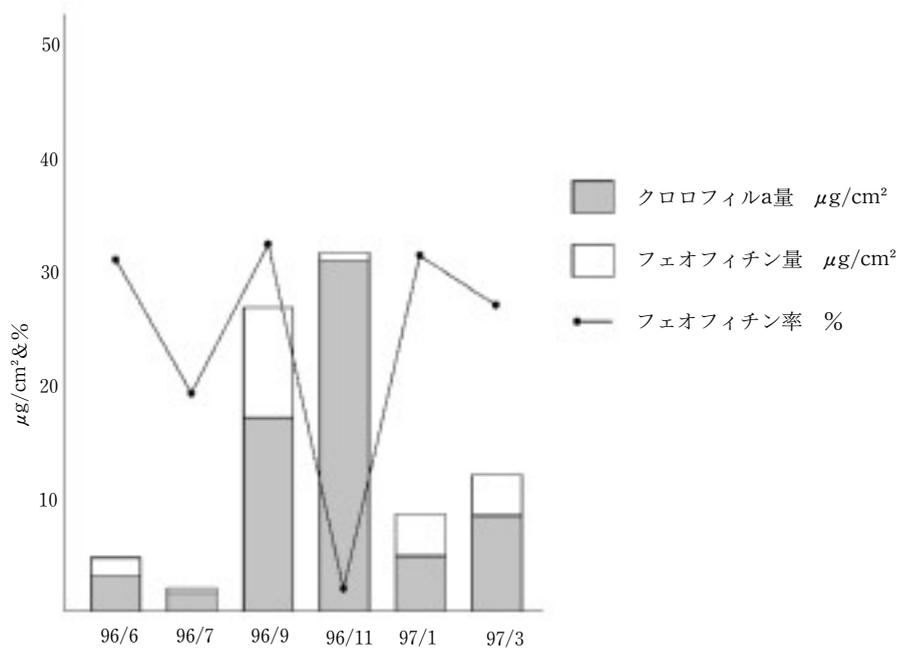


図 15 付着藻類中のクロロフィルaおよびフェオフィチン量 (st. 5)

しい種数、個体数の減少である。この原因は定かではない。砂利投入の逆効果であれば、少なくとも投入点の上流側 st. 5 における減少はないはずであるが、上下流にかかわらず同一傾向の現象であるから、これを原因とするには難がある。前年と異なった要因としては、河川流量の相違がある。今回は前年度に比し総流量で決して劣っているわけではないが、高低水差に乏しく、それだけ安定的かつ平均的に流れていたことになる。とくに前年度は、そのさらに前年（1994 年）阿摺ダム堰修理に際して放出されたヘドロを除去するため、第 1 回目砂利投入直後に大量のダム湖水の放流があった。その上、図 10 に見られるように 7 月に $900 \text{ m}^3/\text{S}$ を超える河川流量の時期が 2 回ある。こうした河床に大きく変化を与える河況は今回なかった。これだけが評価してみる価値のある要因である。

- 2) 前年度、現存量は低温期に多い傾向が見られた。この傾向は水生昆虫の生活史にも合致し、他の河川データでも同様である。しかし今回（1996 年度）はこの点で顕著な現象が見られなかったばかりか、むしろ低温期になって種、個体数ともにかえて減少する傾向が明らかであった。高温期に河床の攪乱がないままに低温期の低流量段階に突入すると、そのまま底生動物の回復と増加につながらない可能性があることを示している。底生動物の種、個体数減少は食物連鎖の上で、付着藻類の種数増加とは表裏の関係であるように思われるが、因果関係はさらに深く追求してみる必要がある。

4-7 底生動物の群集構造に見る変化

- 1) 群集構造の変化を優占種の構成に限定して考察すれば、すでに 4-3 2) に結果として述べたように、ほとんどをオオシマトビケラが最優占の地位を占め、冬季にエリュスリカ類にその座を譲るにすぎない（1 回だけヒメトビイロカゲロウ最優占の時がある）。これは明らかに河床の安定を示すもので、本来浮き石を造り出す目的が、礫間に砂利が埋積して空隙が少なくなり、ちょうど中間的な大きさの網巣をつくるオオシマトビケラの絶好の生息場所を提供することになった。底生動物の現存量（総湿重量）を決めるのは多くの河川で造網性のヒゲナガカワトビケラ科とシマトビケラ科の量であることが知られている。しかし今回の調査で、前者は前年のように最優占位に達することはなかった。これは明らかに大きな空隙が消滅しつつあることを意味する。オオシマトビケラよりもっと小型のシマトビケラ類も相対的に地位を下げているように思われる。水流が緩やかになり小さな礫間も砂泥が除去されることなく埋められているのであろう。これは砂利の粒度分布からも裏付けられる。こうした場所に潜掘してすみつき、藻類やデトリタスを食物として繁殖したのがエリュスリカ類である。したがって、今回は河川流量に変化が少なく極度に河床が安定し、決して底生動物に対して好環境が創出されていないと見ることができる。
- 2) 優占順位上位 5 種の構成種が前年度ほどの纏まりを欠くが、大まかには限定されている事実は、結果の項ですでに述べた通りである。また砂利投入が底生動物相に変化をもたらす証拠も得られなかった。前報で考察して記したことが、そのまま群集構造を見ての結論になりそうで「底生動物群集の極相は、造網型幼虫が優占種となる群集であることが一般に知られている。これらの幼虫は体が大きく、その体を隠す巣の形も大きい。したがって、個体数の多い場合には、河床の構造に変化をもたらすことになり、他の底生動物の生活に影響を与えることもありうる。それは滑らかな石面を匍匐するヒラタカゲロウ類などの自

由な移動の障害となる一方で、ユスリカ類やマダラカゲロウ類には絶好の隠れ家を提供する。このように造網性トビケラ類の造り出す河床環境は強力で、他の小型の底生動物の破壊できない環境であり、その意味で極相環境といって良い。アカマダラカゲロウの高位優占はこうした極相での繁栄を示すものである」を再記しておく。

- 3) 河床に構築して独自の環境に改変する力は、巢の大きさと強度においてヒゲナガカワトビケラ科に勝るものはない。しかし洪水のような大規模の環境改変の際には、小型のシマトビケラ科のほうがわずかな隙間などに逃れ、回復が速いといわれる。シマトビケラ科によってつくられた河床環境の中に、水質などが問題なければヒゲナガカワトビケラ科が徐々に復活する。したがってシマトビケラ科が優占する段階を亜極相とし、ヒゲナガカワトビケラ科が優占するようになってはじめて極相に達したとすることもできる。というのが底生動物相の遷移の定説である。砂利投入地点付近では洪水のような大規模出水はなく、単に砂利投入で砂の不足した川に砂を補充しただけで、出水がなければ遷移の図式に乗らない変化が生じているにすぎない。こうした視点で見ると、通常の自然河川とはいえない流れの中で、自然の遷移とは別の姿での河床構造改良を、自然河川と同様のダイナミズムを期待して行っているように思われる。この実状を強く意識しての結果であるが、調査地点付近では亜極相の遷移段階にあると考えざるを得ない。前年より遷移を逆行した環境が出来上がっているが、砂利投入とは無関係に変質しているためとするのが妥当であろう。ここではやはり砂利よりも河川流量が重要である。
- 4) 今回の砂利投入地点付近は、シマトビケラ科の優占下につくられた河床でアカマダラカゲロウが頻度高く優占するかなり安定度のある亜極相である。この状況は細部の群集構造が異なっても、優占種構成を見れば大局的に前年とあまり変わらないことを意味する。前年度との差は、ダイナミックな流況が見られず、そのために引き起こされた小変化である。このような状況下に、砂利の投入が強く貢献する場面は期待できない。

5. 今後の研究方針

河床環境の復元を目指して、自然供給されなくなっている砂利を人為的に供給すればどうなるのか。その実験に着手してわずか2年目であるから、早々に結果が得られるとは思えない。また自然条件下であることから屋内実験のような一定条件の設定は望めず、暗中模索の状態はしばらくは続くように思われる。したがって短兵急な成否の判断を望んでいるのではないが、さりとてただならぬ方向に同じ事を繰り返すわけにはいかない。当面は、得られた研究成果の中から、明確な方向付けを今後の実験に対してどれだけ与えられるかということになる。その観点から方針決定の基礎となる考えの幾つかは、前報の中で既にかなり述べてある。しかしいまだにそれら多くが未着手のままである。前報記述と重複する部分があるが、新知見も加えながら今一度纏めておきたい。

- 1) 砂利投入後の流下は、水量に大きく支配され、多い場合はきわめて短期間に流亡してしまうが、少ない場合は投入地点に止まる。砂利はある程度早く流れなければ、投入量に対する関連データは取りにくい。したがって、砂利は早めに調達しておき、投入時期につい

ては降水の期待できる状況か否かなどを判断しつつ、随時濃やかな対応が必要である。

- 2) 1回当たりの砂利投入量は約 500 m³ に設定したが、その根拠は科学的検討の結果ではない。高水、平水、濁水期など流量に応じ、早期に冠水する投入量をそのつど決定することが、データに信頼性を持たせるのに重要であるが、追跡調査の頻度は上がる。
- 3) 前報指摘の通り、投入砂利は投入地点から広角的に分散することはないようで、水中生物に砂利投入という状況に万遍なく直面させるために、川を横断する形で投入して現実的な結果を得るようにすべきである [1997 年度は対岸 (右岸) に投入し、2 年掛かりで横断する形になっている]。
- 4) 支流からの供給砂利が前年度は多く、今回は少なかった。天候のゆえではあるが、これが現実である。今後この地域での砂利投入の継続で、河床構造改良の見極めが可能かどうか疑問なしとしないが、実験データとしては短期不定期的な砂利投入そのものの効果と、長期継続的供給の支流排出砂利の効果を比較検討できるような計画に基づくものにする必要がある。しかし当面は投入砂利の効果追跡が最優先課題である。
- 5) 投入効果を生物学的に追跡するにあたり、付着藻類と底生動物の 2 項目で調査した。これに魚類を追加することが、検討データ補強のためどうしても欠かせないと考える。これら 3 者は食物連鎖関係にあり、生産と消費の定量的データにより、砂利投入で新しく創出された環境下ではどのように推移するのか、そうしたダイナミックな結果が今後求められると考えられるからである。
- 6) 砂利投入が短期的にせよ新しい河床環境の創出を期待するのであれば、投入直後から付着藻類と底生動物の遷移の過程を調査間隔を詰めて調べることを最低 1 サイクル (1 投入に対する砂利消滅までの追跡調査) は実施してみる必要があろう。
- 7) 生物学的追跡は、河川に生息する生物の回復状況把握に重要である。しかし河床の構造がどの様変わったかの具体的な姿を見ようとする要求に対しては、本実験は間接的手段であって、やはり河床変化の様相を実際に肉眼で見て確かめ、考察を深める必要がある。現実には 1996 年度は河川流量不足で、砂利は河床表面を撫でている程度と予測される。
- 8) 本調査の目的にない一種のアクシデントであったが、前年の阿摺ダムからのヘドロを除去するための平常の 5~6 倍の放水の結果は、水量が多いことの威力をまざまざと見せてくれた。逆に今回 (1996 年度) の低流量は、砂利があっても効果の追跡が雨散霧消してしまう程度にしかならないことを知らしめた。やはり河川流量確保が先決である。
- 9) 砂利投入実験の企画の端緒のひとつでもあった大型糸状緑藻のカワシオグサの発生は、実験開始以降まったく確認されていない。平戸橋下流では常時発生している。砂利投入の効果があったともなかったともいえず、この問題に対する結論は先送りせざるを得ない。早く結論を得るには、カワシオグサ発生の盛期に、常時発生している場所で投入実験を試みることであろう (1997 年度から平戸橋下流の古鼠水辺公園付近に投入を始めた)。

6. 要 約

- 1) ダム群によって高度に水利用が計られたため、近年矢作川では流水量が低位安定し、ま

た砂利の流下が停止した。そのため河床は石礫で覆われ、その間隙にシルトなどが固着して沈み石現象が生じている。この異常な河床形態改善を計るため、人為的な砂利の投入実験を1995年度から試みているが、本報では1996年度の結果について報告した。

- 2) 砂利は同一水系上流の旭町時瀬から合計1,500 m³が供給され、これを平成8(1996)年6月、9月および平成9(1997)年2月の3回に等分割して、阿摺ダム下流の左岸、足助町大河原の河岸から投入した。
- 3) 投入砂利の分散は、河床における堆積厚の分布によって追跡した。堆積厚は投入地点から250 m下流までの5地点で調査したが、1995年度のように支流の合流点を境に再び多くなる現象は見られず、1996年度は支流からの砂利供給が極度に減少していることが分かった。
- 4) 堆積砂利の粒度分布は、投入後直ちに小粒度のものが流亡し、粒度が大となるにつれて遅く流れるという原理は前年通りのであったが、中粒度が長期にわたって徐々に移動する姿を浮き彫りにした。河川流量の少なさが、その原因である。
- 5) 砂利投入による河床構造の復元が進むかどうかを、付着藻類および底生動物の現存量、生産量、群集構造を、投入点の上・下流2地点で比較調査し間接的に追跡した。
- 6) 砂利投入点付近での付着藻類は、前年に比べ種数を著しく増やしたが、その主体は珪藻類であった。しかし砂利投入点の上・下流で差はなかった。優占種構成は前年とかなり異なったものになった。主として珪藻類ついで藍藻類がよく発達し、前年のような藍藻、紅藻、緑藻、珪藻を混在する優占種群は形成されなかった。藻類の活性を見るフェオフィチン率は、冬季下流側で異常に大きく、活性の低下する結果が得られた。藻類群集の多様性は上がったが、生産量の増加はなく、活性に関する砂利投入効果は判断できなかった。なお当初駆除対象になっていたカワシオグサは、今回も確認されなかった。
- 7) 底生動物は、春～秋季にシマトビケラ科のオオシマトビケラ、冬季にユスリカ科のエリユスリカ類が最優占の地位を分け合い、これにマダラカゲロウ科とシマトビケラ科の*Hydropsyche*属からなる群集が安定的に見られた。幾らか前年より単純化しているが、詳細に検討した結果、シマトビケラ群集を主体とした亜極相の段階にあり、種数、個体数ともに減少していることから多様性の低下が懸念された。
- 8) したがって生物学的な研究成果としては、砂利の投入効果の有無を正確に評価するに至らなかった。その原因としてこの年度は河川流量が少なく、砂利の供給下で河床の攪乱を出発点とする生態系の更新を伴わないことに原因があると考えた。砂利も必要であるが、河川である以上水流量が十分でない状態では実験は成立しないのである。
- 9) この実験は、2年目になるが自然条件は常に同じとはならず、思わぬアクシデントに遭遇する。それらのアクシデントの発生による障害を回避しつつ、目的に添った方向へ実験の焦点を絞り込む必要がある。それらを今後の方針として取纏め提議した。

7. 謝 辞

2年目に入った砂利投入実験は、豊田市矢作川研究所の基本姿勢と存在価値を問う重要な

事業であり、永遠の課題を担った実験と位置づけられる。このことに深いご理解をいただき、ご承認とご支援の英断を下され、かつ砂利の供給に便を計っていただいた愛知県河川課、愛知県豊田土木事務所、同足助支所、および日常的に河川の動向に心を砕いて助言された豊田市河川課、また本事業を前向きに理解され実験推進をバックアップしていただいた矢作川漁業協同組合、枝下土地改良区、また河川流量や降水量データをご提供くださった中部電力株式会社、足助町建設課の各位に対し深甚の謝意を表するものである。

さらに砂利の追跡調査、サンプル採取、粒度分布分析は、宮田昌和、田口美恵子、白金晶子の各氏の労により完遂できた。生物学的調査については、名城大学農学部動物学研究室の有田豊教授に随時ご指導を受け、その成果は、調査を担当され、本誌別稿に一文をお寄せいただいている内田朝子氏と環境科学株式会社から提供された膨大な基礎データの解析によりもたらされたものである。以上の各位に厚くお礼を申し上げる。

Summary

- 1) As a result of high water usage by damming in Yahagigawa River, the amount of water flow has become stable at low-level and the transportation of gravel has stopped in recent years. The riverbed is covered by pebbles of various sizes, which are firmly fixed together by silt and causes sunk stone phenomena. In order to improve the riverbed condition, an artificial experiment by throwing gravel into the river has been performed since 1995. In this report, the result of the year 1996 was reported.
- 2) Gravel, a total amount of 1,500 m³, was supplied from Tokise, Asahi-Town, of the upper reach of the same river system and were thrown into the left river bank at Ogawara in Asuke-Cho, which is located downstream from the Azuri Dam, on three separate occasions : in June and September of 1996 and in February of 1997.
- 3) The dispersion of the thrown gravel was examined by looking at the distribution of gravel's piles along the riverbed. The piling thickness was investigated at the five points from the throwing spot to the point of 250 m downstream. However, the phenomena that piling increases at junctions with tributaries, as seen in 1995, did not appeared, and it was found out that in 1996, the supply of the gravel from tributaries had extremely decreased.
- 4) As for the particle size distribution of the piling gravel, the principle that the smaller the gravel is, the faster it flows and that the bigger the gravel is, the slower it flows was almost the same as that shown in the previous year. However, the mid-sized gravel moves gradually throughout the long period. This is due to the little amount of the river flow.
- 5) To know the improvement of the restoration of the riverbed structure by throwing in gravel, the biological conditions of the riverbed, such as biomass, production and community structure of attached algae and zoobenthos, were investigated and compared at two points of upper and down stream of the throwing spot and follow-up survey

was conducted indirectly.

- 6) The attached algae at the gravel throwing point has remarkably increased in number of species, compared with the year before and it was mainly composed of Bacillariophyceae. However, there was no difference between the upper and the downstream of the gravel throwing spot. The dominant structure became very different from that of the previous year. The Diatomaceae, mainly, and Cyanophyceae, secondarily, have improved well, and the dominant group composed of Cyanophyceae, Florideophyceae, Chlorophyceae and Bacillariophyceae had not been formed, unlike the previous year. It was found out that the pheophytin rate, which shows the activity of the alga, was extremely big and the activity reduced in the downstream in winter. Though diversity of different species of algae increased, the production did not increase and throwing gravel effect relating to activity could not be decided. *Cladophora glomerata*, which had been to be terminated at first, could not be confirmed again this time.
- 7) As for Zoobenthos, *Macronema lacustris* in Hydropsychidae, from spring to fall and Orthocladinae in Chironomidae, in winter, were the most dominant species of the observed fauna. A community formed by Ephemerellidae and *Hydropsyche* in Hydropsychidae was observed stably. Comparing with the previous year in detail, the fauna is the sub-climax stage consisting of Hydropsychidae. As a result of the decline in the number of species and individuals, the decline of the diversity was concerned.
- 8) It was concluded from the biological investigation that the artificial experiment of throwing gravel could not be evaluated correctly. It could be due to the less river flow of this year and the lack of the renewal of the ecosystem which is caused by the disturbance of riverbed. No effective result would be obtained unless there is satisfactory flow.
- 9) This experiment was conducted for the second time, and the natural condition was not always the same and unexpected accidents could occur. We need to focalize the experiment toward the direction complying with the purpose, with preventing the obstacles due to the accidents. We put them together as our future policy to make a proposal.

引用文献

- 田中 蕃 (1997) 砂利投入による河床構造回復の試みとその効果, 矢作川研究 No.1 : 175-202.
 豊田市矢作川研究所・環境科学株式会社 (1997) 豊田市矢作川自然環境調査報告書. 101 pp.
 内田朝子 (1997) 矢作川における付着藻類と底生動物の基礎調査報告, 矢作川研究 No.1 : 59-80.

豊田市矢作川研究所主任研究員：〒 471-8501 豊田市西町 3-60 豊田市役所河川課内
 名城大学農学部動物学研究室研究員

— お 詫 び —

前号第1号 p. 188 の表4, 表5 および P. 193 の表7 に誤りがありました。お詫び申し上げます。

表4, 表5, 表7 に記入された調査月の年は1年ずつ前送りして下さい。例えば, 96/5 は誤りで 95/5 が正しいものです。