砂利投入による河床構造回復の試みとその効果

The results of an attempted experiment to restorate the Yahagigawa River by addition of gravel

田　中　　蕃
Ban TANAKA

1　はじめに

大規模ダムを持たない川は希といって良いほど，全国的に河川の水は堰き止められ，治水の名目で管理され，また利水と称して多目的に用いられてきている．そのことによる障害は，近年様々な場面で話題となってきているが，河川により障害の様相は特徴的な面と，一般的現象として認められる面がある．

矢作川も例外ではない，というよりもむしろ異常なほど高度に水利用が進み，流域に水の恵みを施した代償として，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．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．にもかかわらずダムによって水のみでなく，水とともに流れ下るべき砂礫も堰き止められ，理論的に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ようになった．明らかな砂利不足の現況である．これは最近，多くの河川において共通の状況にあるものと思われる．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失うという深刻な状態に陥っている．

いかに余剰の水などないといっても，通常川には水を流すことを考えるべきであって，砂利を流すなど以ての外というのが，管理する立場の基本的考えである．もともとの河川水は水とともに砂利や落葉落枝などがいりまじった状態で流れていた．したがって，水だけを流すこと自体自然の状態を著しく変更しているのであるが，それが人々の意識の中に「自然とはそういうもの」として根を下ろすには，それなりのインパクトを与えう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．

こうした河川水の制圧と利用は，文字通り水を自然界から切り離して人類の生活のためだけに使用するという，物質文明の方向に沿ったものである．しかしもともと自然界の一員であるヒト自体が，文明の心地好さに飽き，自らの営みに疲労を感じ，自然回帰を願望する時代がきた．そこには強烈な意識はなかったとしても，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がある．透明度を欠く水がもうしわけ程度に流れ，巨大な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に誰もが気づくのは時間の問題である．

豊田市矢作川研究所が実施した砂利不足の川への砂利投入実験は，病める河川の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，その１年目の結果をここに

報告する．規模は小さいが，室内実験でなく，壮大な自然状態でのなま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だせるものと確信している．

これを契機として，多方面からの知恵，情報，さらなる復元方法などの提案が寄せられることを期待してやまない．

2　実験

2-1　投入砂利の産出地，産出状況および粒度

矢作川の同一水系上流で採取された砂利のみを使用した．採取地点は3か所でありそれぞれについてその産出状態を記す．因みに砂利とは表1に示した堆積岩を指すものとする．

① 百月ダム（ダム湖底堆積砂利の選別残滓……通称ジャミ）
② 阿摺ダム（月原（わちはら）付近の浚渫砂利）
③ 旭町時瀬（河原堆積砂利）

2-2　粒度分布測定

粒度は表2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　主な堆積岩

堆積岩		未固結堆積岩	固結堆積岩
砕屑物（岩石・鉱物の破片）	粗粒のもの（直径2mm 以上）	礫層	レキ岩（角張った破片からできているものを角レキ岩と呼ぶ）
	中粒のもの（直径2～1/16mm）	砂層	砂岩
	細粗のもの（直径1/16mm 未満）	泥層（シルト層 粘土層）	泥岩
溶解物質が化学的に沈殿したもの		石灰岩…$CaCO_3$ を主成分とする 苦灰岩…$CaMg(CO_2)$ を主成分とする チャート…SiO_2 を主成分とする 岩塩…NaCl を主成分とする	
生物の殻など生物起源のもの		石灰岩…フズリナ石灰岩・サンゴ石灰岩 貝殻石灰岩など チャート…放散虫チャートなど	
火山放出物		火山砕屑岩（岩片の大きなもの…凝灰角レキ岩 岩片の小さなもの…凝灰岩）	

[　　] 内は本報における「砂利」を示す．

表2　砂利粒度分布測定用篩の性能とグレード

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	5.6　mm＜	礫層	a
5.5	3.35 mm＜	礫層	b
8.6	2.0　mm＜	礫層	c
16	1.0　mm＜	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 2）．

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いれた（写真 1～5）．下記 3 回の投入で，1 回目は流水部分の幅の約半分の地点まで，冠水しやすいように低く半島状に張出す形で投入．2 回目は 1 回目投入部分の上に山積みに置き，3 回目は岸辺から川に押し出すのみにして長期持続的に流れるのを意図した投入を行った．

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 7 年 4 月 6 日，556 m^3

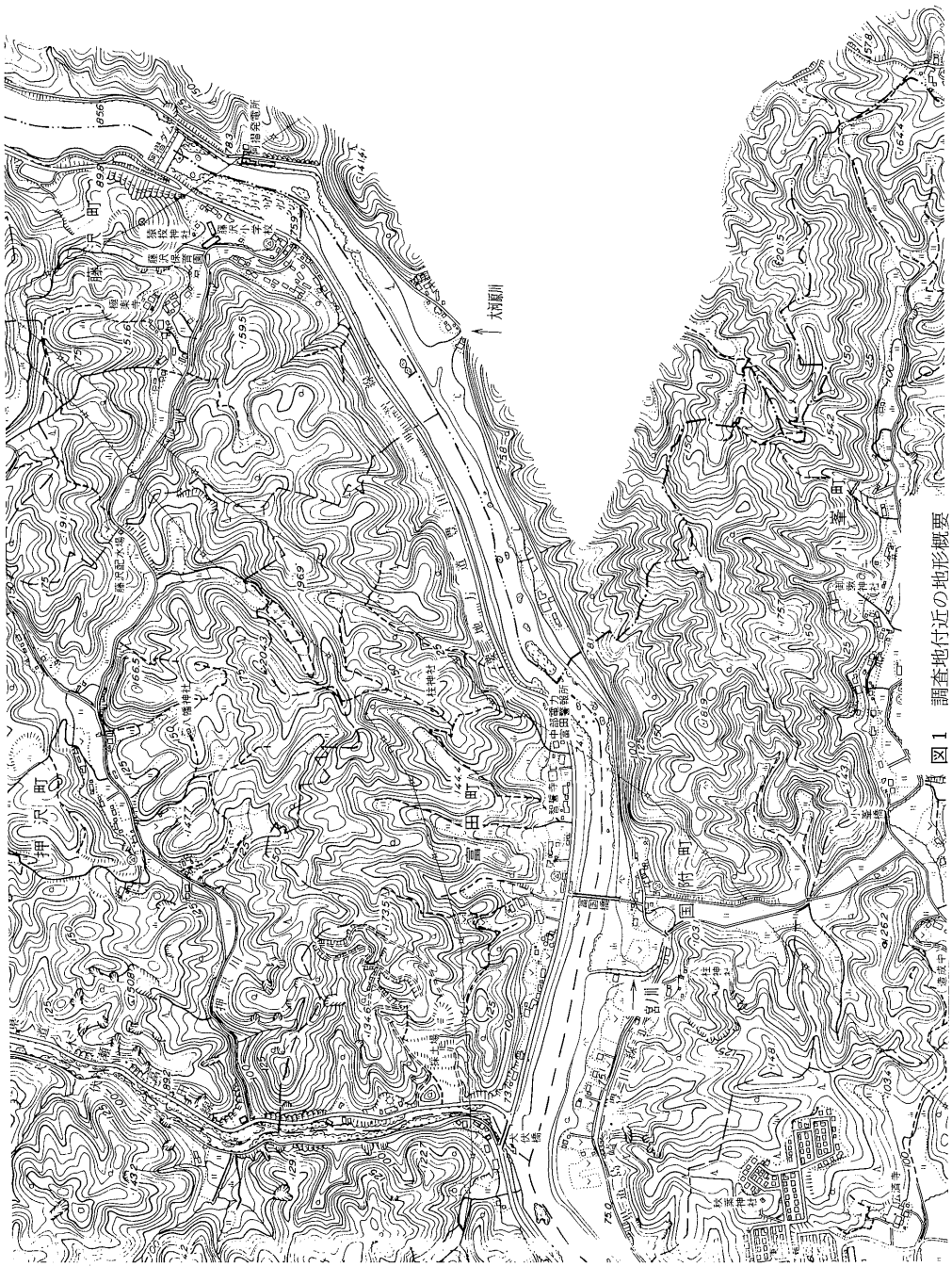
2 回目……平成 7 年 6 月 6 日，500 m^3　　（平成 7 年度）

3 回目……平成 8 年 2 月 3 日，500 m^3　　計 3 回　　1,556 m^3

2-5　投入砂利追跡および生物調査定点

投入砂利追跡定点……図 2 の上半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 8 地点（P-0 を含む），右岸側 4 地点を定点とした．定点は，最初の投入後に川船を流して，上から川底の状態を観察するとともに，岸からのアプローチの難易を考慮して決定した．右岸側の測定地点が少ないのは，地形的に岸からの接近が不可能なこと，水深があって立ち込みサンプリングが不可能なことにより，設定を諦めた結果である．図 2 中，右岸側定点には数字に′を付した．また（+10 m）は投入点から 10 m 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 2 の下半に示した 5 地点（いずれも立ち込み可能な瀬）を定点とし


大河原川
押沢町
阿武隈川
阿武隈川
八幡神社
福島市役所
福島市役所
福島市役所

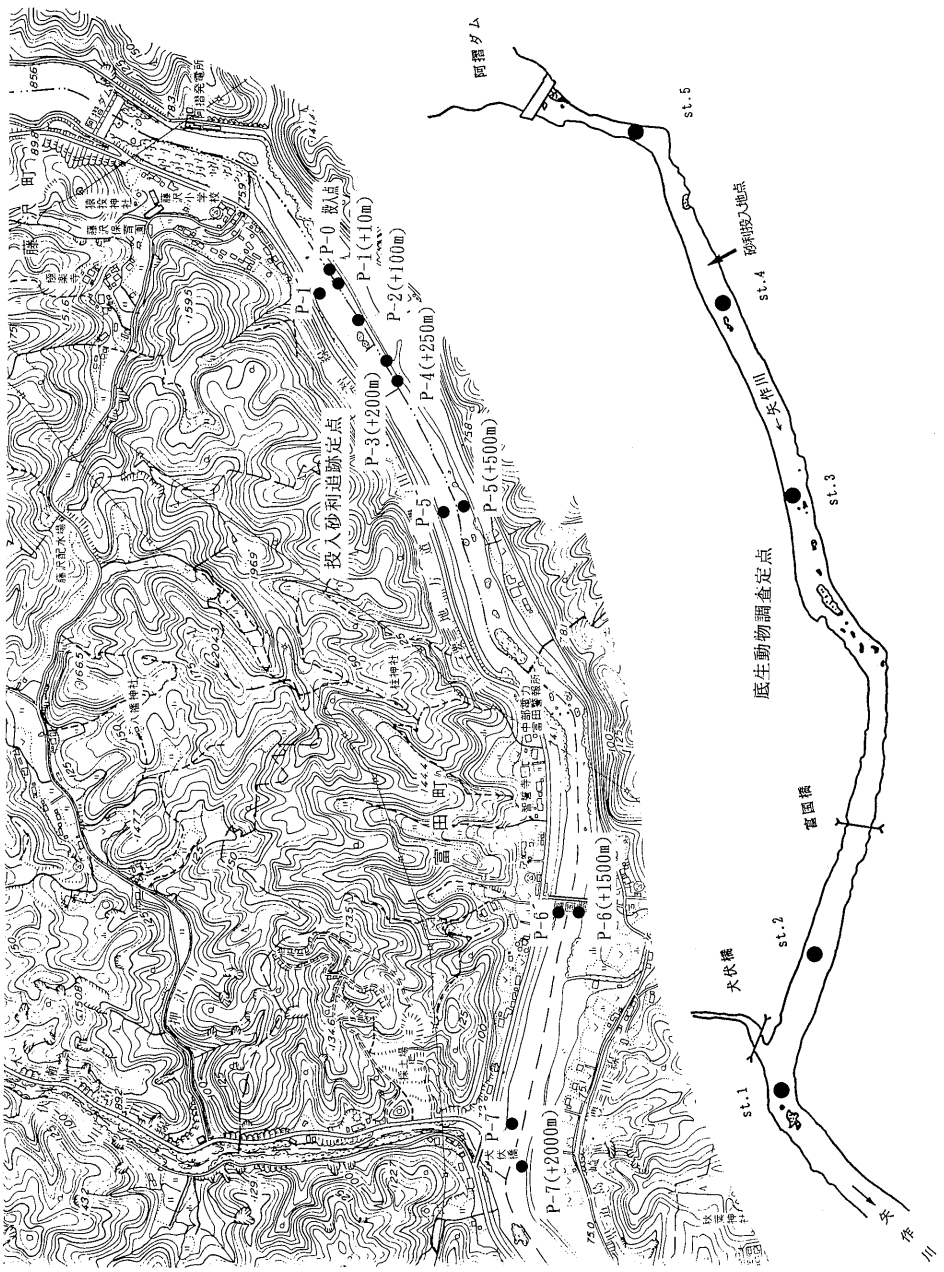


図2　投入砂利追跡および付着藻類・底生動物調査定点

た．水生生物が調査対象になるため，水位の増減に応じて採集のしやすい瀬を求め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，砂利追跡よりも幅広さをもつ定点を意味する st.（ステーション）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．

2-6　サンプリング

1）砂利

投入砂利原体……毎回同一産地の砂利のみを他の産地と混合せずに投入したわけでない．また同一産地であっても，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1l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10 cm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．（写真6〜8）

砂利堆積厚測定後，その地点において500 mlのプラスチック製広口瓶を水中に摑み入れ，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5×5 cm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100 cm^2の藻類を採取した．現存量は乾燥重量と強熱減量およびクロロフィルa量とその活性を失ったフェオフィチン量により測定した．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．

底生動物……瀬の部分で50×50 cm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動物を流し落とし，またコドラート内の砂底もかき回して浮き出た底生動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数した．

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．

写真 1　投入地点の河岸に積み置かれた砂利と投入前の瀬の状況（1995-4-5）

写真 2　投入地点の瀬へ，平たく半島状に押し出す作業（1995-4-10）

写真 3　半島状に突き出た投入地点とその下流。砂利で川の色が異なってみえる（1995-4-10）

写真 4　阿摺発電所からの放水で，投入砂利が流亡する直前（1995-4-12 午前中）

写真 5　投入砂利のほぼ流れ去った後の投入点（1995-4-13 午後）

写真 6　砂利堆積厚の測定　ポールを突き立てているところ（1996-6-10）

写真 7　砂利堆積厚の測定　ポールと輪の間隔から堆積厚の測定（1996-6-10）

写真 8　堆積砂利の採取　手でかき集めて瓶に入れているところ（1996-6-10）

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その追跡調査を次のように実施した．

平成7年5月23日……第1回目投入後47日

平成7年6月6日……第1回目投入後61日，第2回目投入当日

平成7年7月10日……第2回目投入後31日

平成7年10月5日……第2回目投入後120日

平成7年11月6日……第2回目投入後151日

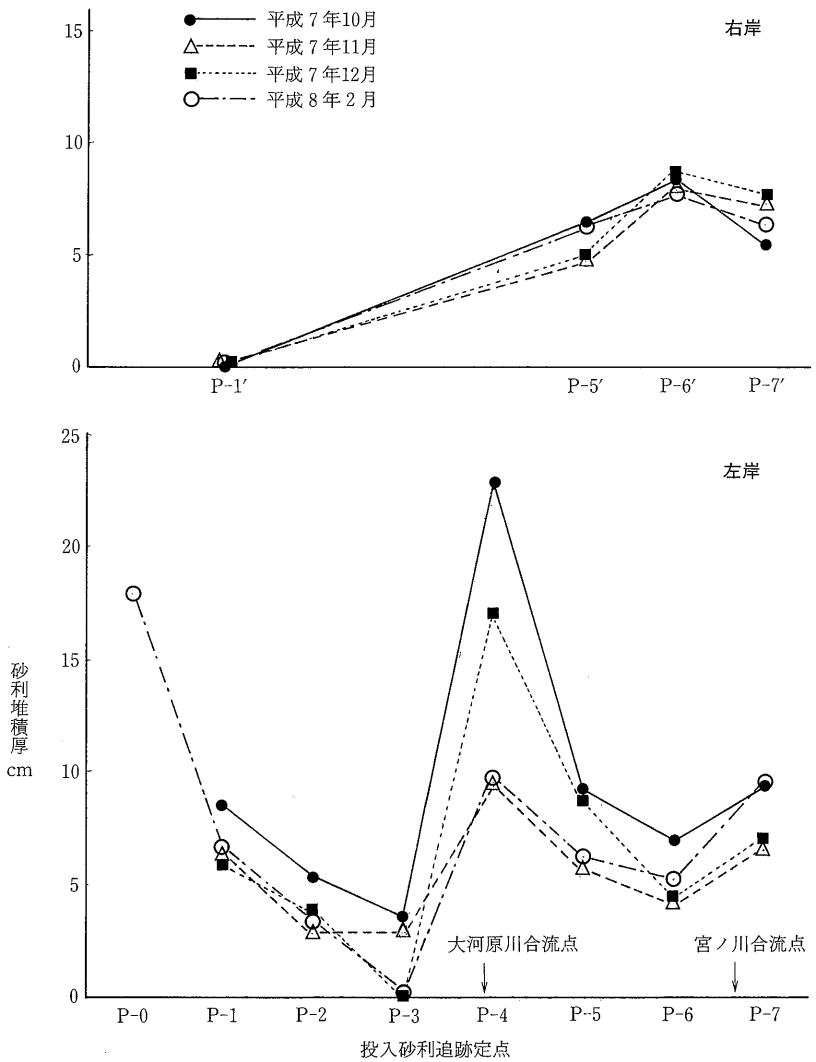


図3　砂利堆積厚変化（平成7年度）

平成7年12月20日……第2回目投入後201日

平成8年2月14日……第3回目投入後11日

なお，平成7年5，6，7月の時点では調査手法が確立されておらず，10月以降になって堆積厚と粒度分布を測定した．

結果は図3に左岸側と右岸側に分けて示した．これは投入地点が左岸側にあり，目視追跡では投入砂利の分散はその対岸に及ばぬことはもちろん，流下の痕跡も左岸に止まっている可能性が高かったことによる．図3に見られる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．すなわち左岸では，投入地点からP-3まで堆積厚は減少するが，P-4で急に増加に転じ，以後P-6まで減少し，P-7で再び増加する．また右岸では，投入点直下の対岸P-1′でまったく砂利の堆積がなく，下流のP-5′以降左岸と同程度に堆積している．

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4に示した通りである．第1回目と第3回目はきわめてよく似た粒度分布で，砂泥にあたるgグレードの粒子をかなり含んでいたが，第2回目だけは細粒の少ない礫に富んだ砂利であった．

2）投入後堆積した砂利の粒度分布

河床堆積砂利は4回採取した．その測定結果は表3の通りである．ただし，平成7年10，11，12月の3回は投入後の経過日数がたちすぎているので追跡調査の目的にそぐわない面

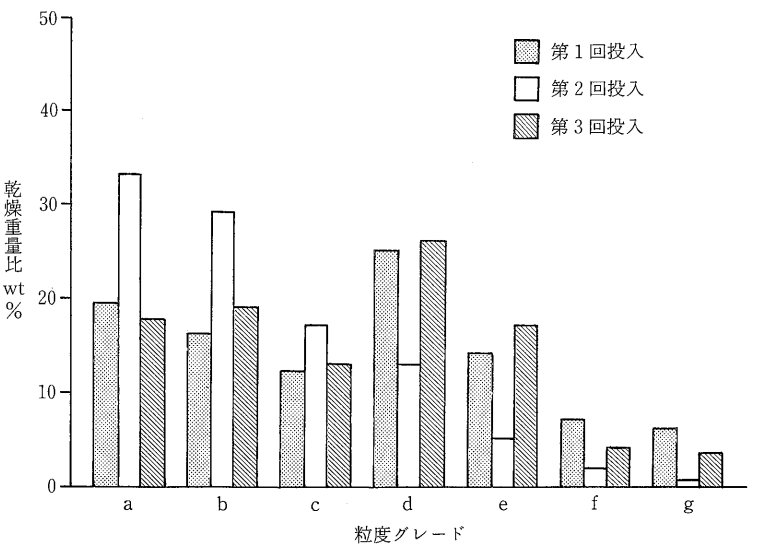


図4　投入砂利原体の粒度分布

表 3　河床堆積砂利の粒度分布（乾燥重量比%）

［—はサンプル未採取欠測］

サンプル採取日	定点＼粒度グレード	a	b	c	d	e	f	g
95/10/5	P-0	—	—	—	—	—	—	—
	P-1	8.6	17.3	28.5	31.4	11.2	2.1	0.9
	P-2	8.6	35.0	40.6	14.8	1.0	0	0
	P-3	—	—	—	—	—	—	—
	P-4	15.5	20.7	16.0	19.4	17.8	10.1	0.5
	P-5	9.0	16.0	18.1	23.9	14.1	9.4	9.5
	P-6	29.2	40.3	19.6	8.0	0.9	1.7	0.2
	P-7	2.7	9.1	14.1	47.9	23.1	2.6	0.3
	P-1′	8.3	13.8	32.7	32.3	11.0	1.5	0.4
	P-5′	17.2	26.8	17.4	19.4	12.3	6.6	0.4
	P-6′	9.4	30.3	30.2	18.3	9.1	2.3	0.3
	P-7′	22.1	29.3	23.9	18.2	5.1	1.1	0.3
95/11/6	P-0	—	—	—	—	—	—	—
	P-1	17.8	42.5	24.4	12.6	2.2	0.3	0.3
	P-2	26.5	23.2	29.2	16.9	1.9	0.2	0.1
	P-3	47.9	11.2	14.0	15.0	7.0	4.3	0.5
	P-4	26.1	21.7	13.5	14.8	16.5	7.0	0.5
	P-5	0	0	0.5	13.4	75.6	9.7	0.7
	P-6	21.0	28.2	23.1	17.1	6.4	3.9	0.3
	P-7	11.3	24.3	25.8	28.3	9.2	0.9	0.1
	P-1′	76.7	5.8	5.6	8.2	3.1	0.3	0.3
	P-5′	27.2	28.1	21.3	16.0	5.3	1.7	0.4
	P-6′	9.2	30.5	29.7	15.3	10.7	3.5	1.0
	P-7′	20.6	14.1	27.6	29.0	6.5	1.7	0.3
95/12/20	P-0	—	—	—	—	—	—	—
	P-1	24.0	19.7	17.7	23.9	12.3	2.0	0.4
	P-2	12.1	23.2	29.4	26.9	7.6	0.5	0.3
	P-3	41.2	17.7	13.6	14.5	7.3	4.8	0.9
	P-4	14.9	25.7	17.2	16.1	16.6	9.0	0.5
	P-5	0	0	2.6	55.0	35.3	6.8	0.3
	P-6	45.5	24.3	15.0	10.3	2.8	1.8	0.3
	P-7	11.1	23.8	24.9	27.0	11.7	1.4	0.1
	P-1′	13.4	18.6	22.1	29.4	14.3	1.9	0.3
	P-5′	26.7	18.8	22.7	22.0	6.9	2.6	0.3
	P-6′	9.9	29.3	25.4	14.9	6.9	3.3	0.2
	P-7′	5.6	20.6	34.1	30.8	7.3	1.2	0.4
96/2/14	P-0	38.2	27.9	16.8	11.3	4.2	1.1	0.5
	P-1	1.8	21.5	27.3	30.1	14.2	4.3	0.8
	P-2	6.9	11.8	29.8	41.3	9.4	0.7	0.1
	P-3	28.0	17.5	18.9	19.3	9.4	6.0	0.8
	P-4	35.4	33.5	14.4	8.7	5.0	2.8	0.3
	P-5	0	1.6	5.8	29.0	45.8	16.2	1.6
	P-6	28.3	26.0	18.3	17.0	5.3	4.0	1.0
	P-7	7.2	27.0	28.2	23.2	12.4	1.7	0.3
	P-1′	27.5	17.3	17.8	23.7	11.6	1.9	0.2
	P-5′	21.4	32.5	21.6	15.4	5.1	3.5	0.5
	P-6′	15.8	36.0	23.5	11.8	7.7	4.9	0.3
	P-7′	3.5	16.4	35.4	33.3	7.9	3.1	0.4

があり，投入後11日目に当たる平成8年2月14日のデータについてのみ，図5に実情を推定しうる結果としてグラフ化した．

その結果，投入直後水没した場所ですでに大粒度のもの（aグレード）は残り，小粒度のものが激しく流亡したことを示す結果が出ている（P-0）．その時点で中粒度のもの（b～eグレード）はP-1，P-2に高密度に分布しており，流下の実態は小粒度ものほど速く流下して行くという予測通りの結果であった．P-3では再びaグレードが増加するが，P-4ではその粒度分布がP-0に近い状態になり，P-5で中粒度の増加となる．P-6で再びP-0に似た分布状態になった後P-7において中粒度が増える．この経過はある一定距離の範囲で粒度分布サイクルが存在することを示している．

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，本誌に内田により報告されているので極力重複を避けるようにしたが，基礎データの一部は重複使用せざるを得なかった．

調査は事実上予備段階を含め平成6年（1994年）10月から開始しており，平成8年2月までの結果で報告する．

1）乾燥重量および強熱減量

図6に示したのが調査結果である．記入のないのは欠測である．調査が周年毎月実施されておらず，川への人為的なインパクトが加わるので，一般現象ととらえられるかどうか不明であるが，季節的には高温期に現存量が少なく，低温期に多い傾向が見られた．平成6年12月に異常データが現れている．これは11月に阿摺ダムのゲート補修のためにダム湖の水を完全放水し，湖底に堆積していた大量のヘドロが放出され，下流各所に分散堆積した影響による．したがって，同年10月のデータは通常値である．

平成7年5月になって現存量は激減したが，それ以前の4月6日に第1回目の砂利投入が行われ，引き続き4月12，13日の各半日，下流の河床に堆積したヘドロを荒い流す目的で，40㌧/秒（平水値7㌧/秒）の放水が行われた．このとき投入砂利は一挙に流されたが，投入地点より上流のst. 5でも下流と同様の現存量減少が見られるので，ヘドロの除去には投入砂利よりも大量放水の効果があった結果となっている．

強熱減量は，やはり平成6年12月の値が高いが，対乾燥重量比で著しく低い．またst. 4の平成8年2月における対乾燥重量比も低い傾向がある．

2）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について調査月別の確認種数を表4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5である．

表4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回あることが明らかである．この原因は基本的に常に最大種数を擁する珪藻類の種数消長に支配されており，これに低温期では緑藻類の増加が関与するが，緑藻類は高温期の種数増加にまったく無

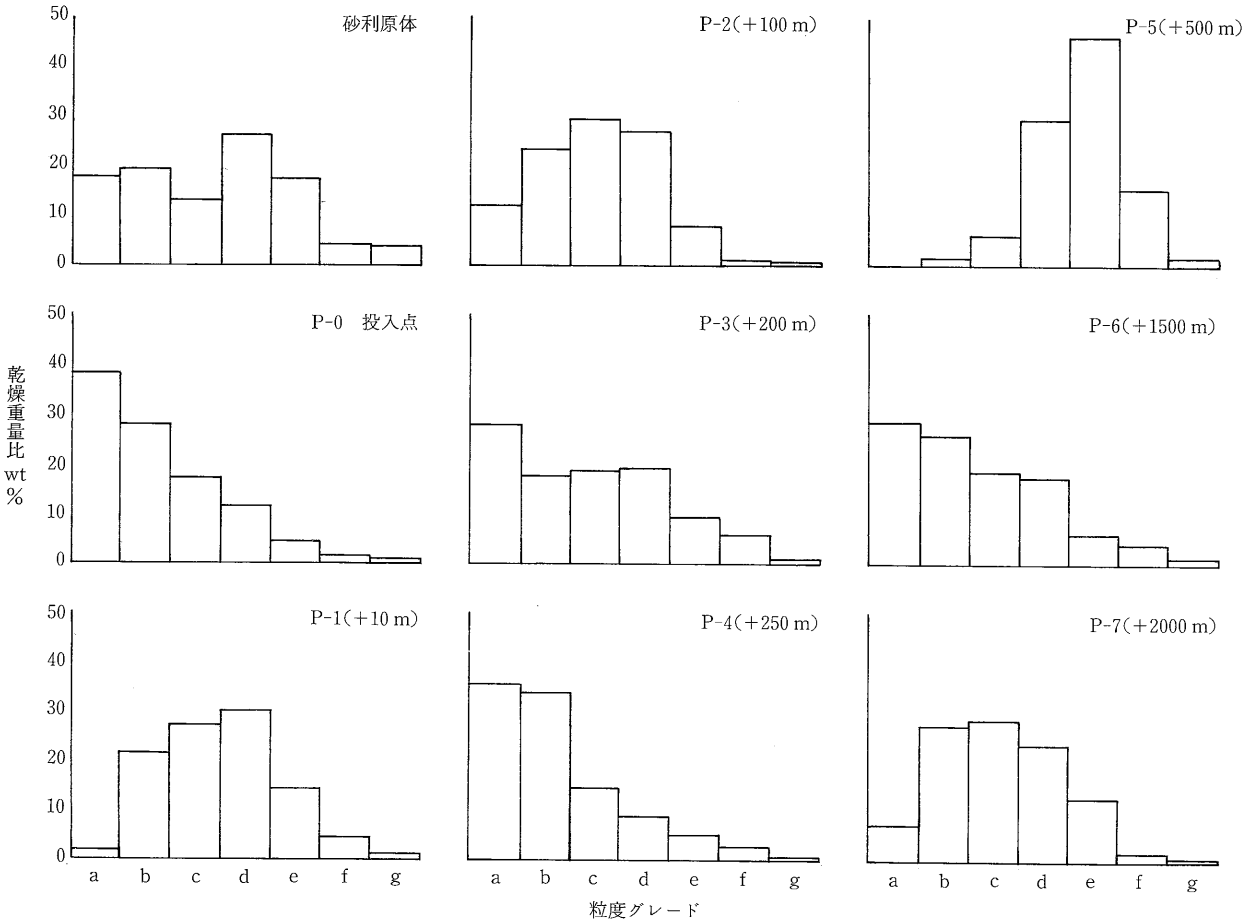


図5　投入砂利粒度分布（投入日：平成8年2月3日
資料採取日：平成8年2月14日）

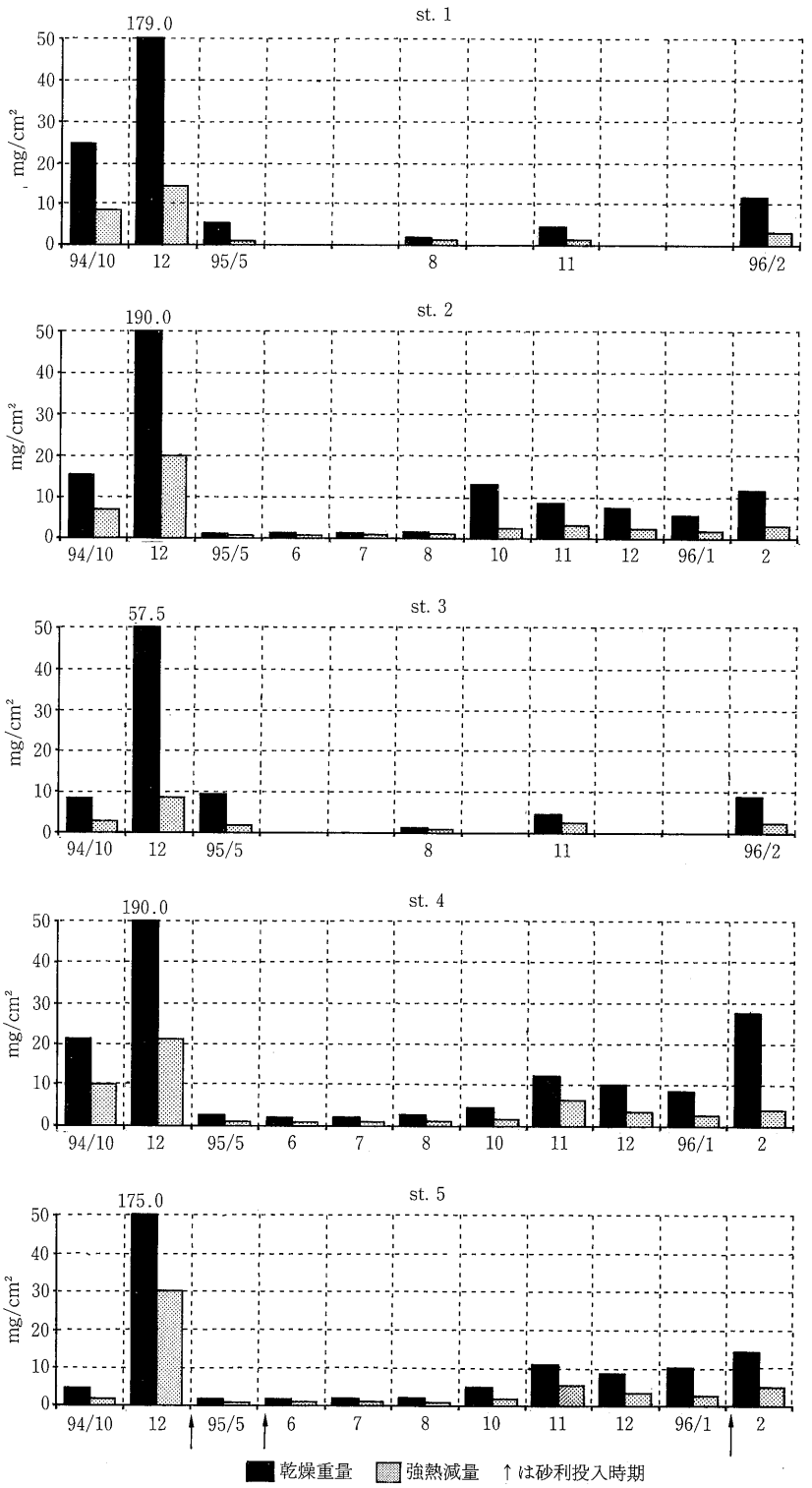


図6　各調査地点における乾燥重量及び強熱減量

表4　月別付着藻類の確認種数（st. 4および st. 5）

調査月	96/5		96/6		96/7		96/8		96/10		96/11		96/12		97/1		97/2	
調査地点	st. 4	st. 5	st. 4	st. 5	st. 4	st. 5	st. 4	st. 5	st. 4	st.5	st. 4	st. 5	st. 4	st. 5	st. 4	st. 5	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

表5　月別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	96/5		96/6		96/7		96/8		96/10		96/11		96/12		97/1		97/2	
調査地点	st. 4	st. 5	st. 4	st. 5	st. 4	st. 5	st. 4	st. 5	st. 4	st.5	st. 4	st. 5	st. 4	st. 5	st. 4	st. 5	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

関係である．藍藻類は常に出現するが，概して投入点より上流の st. 5 の方で安定している．紅藻類は種数としては極めて少なく，低温期に出現しやすい．

表5に示した優占種数は，前記の現存量に比例的で，高温期に少なく低温期に多くなる傾向が現れている．目立った現象は，高温期においては藍藻類が優占し，珪藻類の優占種は少ない．珪藻類は低温期に多く優占し，これに緑藻類が加わってくる．

各調査地点の最も代表的な種を表6に一覧した．これには季節的消長としてだけの結果とは思われぬ変化が砂利投入地点上下に見られた．すなわち，全調査期を通じて常連として確認されている *Homoeothrix janthina, Acnanthes japonica* の普遍的優占の中で，st. 4 と st. 5 では 11 月以降他定点とは異なった種構成になっている．st. 4 では *Cymbella turgidula, C. tumida, Melosira varians, Synedra inaequalis* といった珪藻類が主体で，これに緑藻の *Spirogyra* sp. が混じるにすぎない．これに対して st. 5 では，珪藻と対等以上に紅藻の *Batrachospermum* sp.，緑藻の *Ulothrix zonata, Spirogyra* sp.，藍藻の *Chamaesiphon* sp. の混生した複雑な構成が見られる．

3）クロロフィルaおよびフェオフィチンに見る生産機能と死亡除去

上述のように st. 4 と st. 5 では，とくに 11 月以降付着藻類の群集構造に著しい変化があり，前者が珪藻類主体であるのに対し，後者は紅藻，緑藻，藍藻に富む構成になっていることが明らかである．

図7は各調査地点で採取した付着藻類のクロロフィルa量およびフェオフィチン量を示し

表6　付着藻類の主要種

地点/月		1995年/5月	6月	7月	8月	10月	11月	12月	1996年/1月	2月
st. 1	早瀬	*Achnanthes japonica* *Cymbella minuta*			*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*		*Synedra acus* *Achnanthes japonica* *Cymbella turgidula*			*Synedra inaequalis*
	平瀬	*Phormidium* sp.			*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*		*Phormidium* sp.			*Synedra inaequalis* *Cymbella turgidula*
st. 2	早瀬	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Phormidium* sp.	*Phormidium* sp. *Spirogyra* sp.	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Synedra inaequalis* *Achnanthes japonica* *Ulothrix zonata*
	平瀬	*Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Calothrix* sp. *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Phormidium* sp.	*Homoeothrix janthina* *Cymbella turgidula* *Spirogyra* sp.	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Synedra inaequalis* *Achnanthes japonica*	*Synedra inaequalis* *Achnanthes japonica*
st. 3	早瀬	*Phormidium* sp. *Cymbella minuta*			*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*		*Spirogyra* sp.			*Synedra inaequalis* *Achnanthes japonica*
	平瀬	*Cymbella minuta*			*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*					*Synedra inaequalis* *Achnanthes japonica*
st. 4	早瀬	*Phormidium* sp. *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina*	*Cymbella turgidula* *Spirogyra* sp.	*Melosira varians*	*Synedra inaequalis* *Achnanthes japonica*	*Synedra inaequalis* *Cymbella tumida*
	平瀬	*Phormidium* sp. *Cymbella minuta*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina*	*Melosira varians* *Spirogyra* sp.	*Melosira varians*	*Synedra inaequalis*	*Synedra inaequalis* *Cymbella tumida*
st. 5	早瀬	*Homoeothrix janthina* *Phormidium* sp.	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina*	*Batrachospermum* sp. *Spirogyra* sp.	*Batrachospermum* sp. *Synedra inaequalis*	*Synedra inaequalis*	*Batrachospermum* sp. *Synedra inaequalis* *Ulothrix zonata*
	平瀬	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*	*Homoeothrix janthina* *Achnanthes japonica*		*Melosira varians*	*Cymbella tumida*	*Synedra inaequalis*	*Synedra inaequalis* *Chamaesiphon* sp. *Batrachospermum* sp. *Achnanthes japonica*

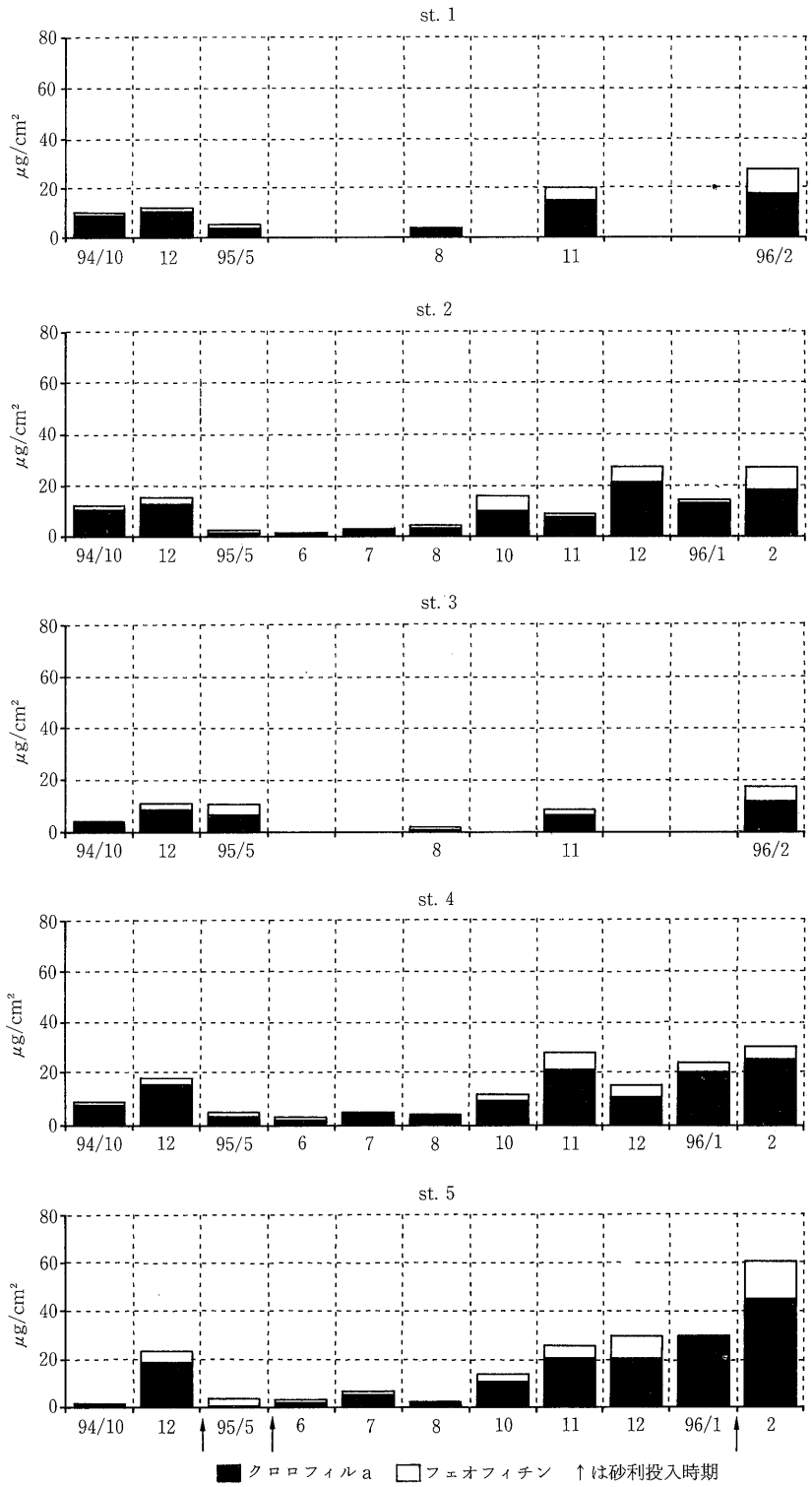


図7　各調査地点におけるクロロフィルa量及びフェオフィチン量

たものであるが，現存量と同じく高温期に少なく，低温期に多い傾向が出ている．ただしこの項目分析では，現存量と異なりヘドロ放出の影響を感受できていないのが興味深い．

このグラフで見ると，砂利投入点下流のst. 4では調査期間全体を通じて凹凸が小さく，クロロフィルa量としては安定的に生産され，その活性を失ったフェオフィチンもまたそれに応じてバランスよく除去されていることがうかがわれる．これに対しst. 5では凹凸が大きく，クロロフィルaとフェオフィチンの量的バランスにも乱れが生じている．

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のグラフである．st. 1とst. 3は欠測があるので，この2点は参考資料として扱う．

平成6年の阿摺ダムからのヘドロ放出による影響は，平成7年の同時期（12月）と比較して付着藻類ほど大きなダメージになっていない．

季節的消長に関しては，全定点で同様とは即断できないが，付着藻類と同じく，概して高温期に現存量が少なく低温期に多い傾向が見られる．ただし高温期の中で8月に低いピークがあり，年間2山型の現存量推移を暗示している．

砂利投入時期をst. 4（投入地点の下流）のグラフに矢印で示した．95/5，95/6，96/2の調査日は，それぞれ砂利投入後34，16，24日を経過している．投入地点上流のst. 5に比較してみると，初回投入後の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．細部を見れば8月のピークはst. 4で他よりも高く，低温期のそれと対等になる．st. 5の8月のピークは若干目立つ程度である．またst. 4では11月から2月にかけ漸減の傾向にあるのに対し，st. 5では逆に増加している．この2月増加はst. 2できわめて大きい．

2）群集構造の変化

詳細な基礎データは内田にゆずって，ここでは優占順位上位5種の変化について実態を調べるに止めた．

表7で明らかなように，時期，地点にかかわらず構成種の主体はシマトビケラ科3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），マダラカゲロウ科のアカマダラカゲロウの計4種で，これにヒゲナガカワトビケラが高頻度で加わり，フタバコカゲロウの1種，コカゲロウの1種，ユスリカ類，エリユスリカ類などが変化要素として加わっているにすぎない．

変化を見る試みとして表7に記された計9回の調査で，欠測のないst. 2，st. 4，st. 5の3定点における最上位優占種の出現回数を調べたのが表8である．

表8を見ると，数少ない優占種の構成も定点によって微妙に相違することが分かり，河床の状態もしくは砂利投入の影響を推測するに足るデータとなることが予想された．

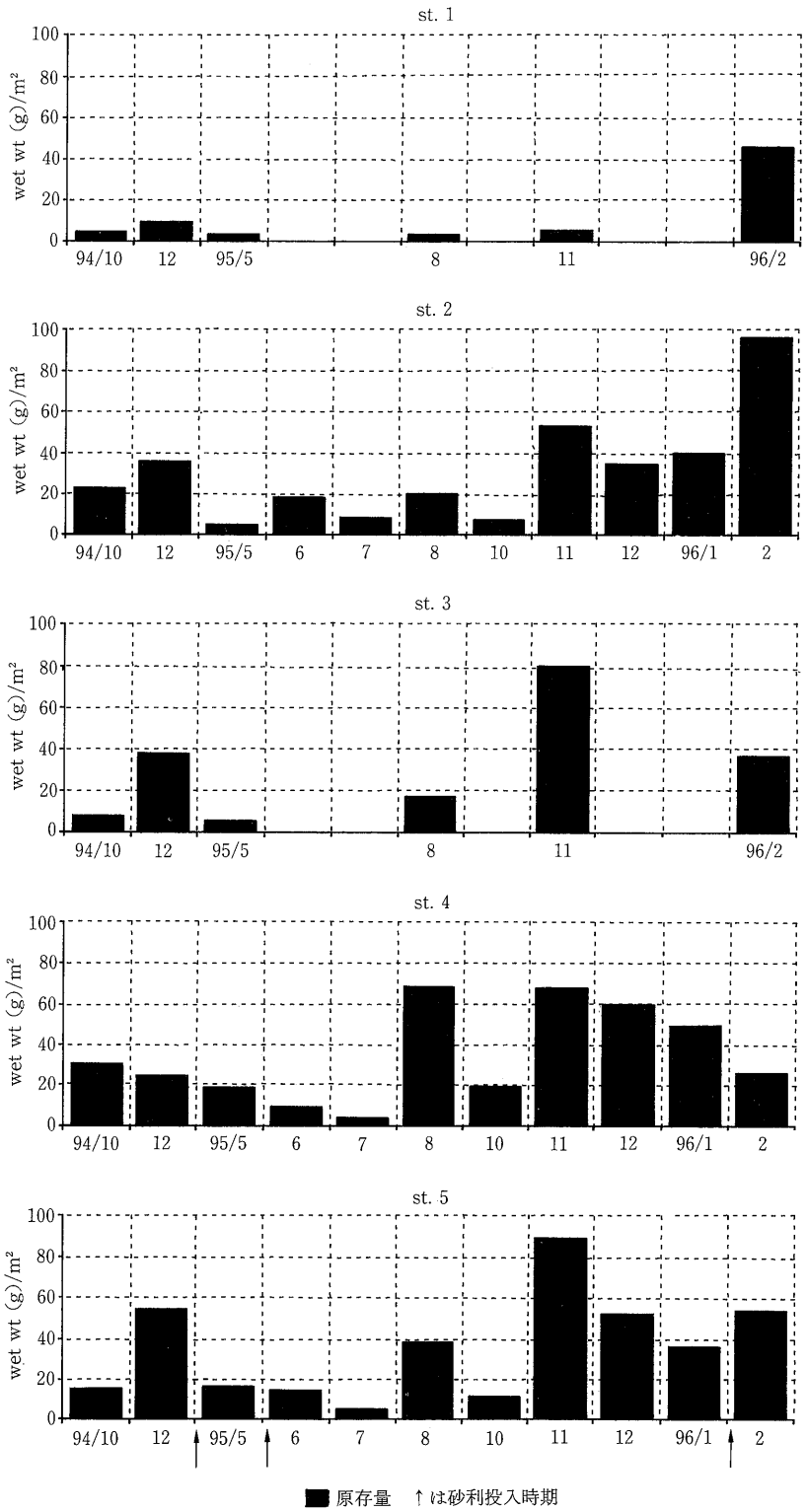


図8　各調査地点における底生動物の現存量（総湿重量）

表7　底生動物定量採集による優占順位上位5種

（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）

	96/5	96/6	96/7	96/8	96/10	96/11	96/12	97/1	97/2
st. 1	オオシマトビケラ エルモンヒラタカゲロウ アカマダラカゲロウ オオフタオカゲロウの1種 フタバコカゲロウの1種			コカゲロウの1種 フタバコカゲロウの1種 エラブタマダラカゲロウ ウルマーシマトビケラ オオシマトビケラ		オオシマトビケラ ウルマーシマトビケラ エチゴシマトビケラ ヒメドロムシ亜科の1種 ヒゲナガカワトビケラ			アカマダラカゲロウ ミズミミズの1種 ウルマーシマトビケラ オオシマトビケラ エリユスリカ類
st. 2	アカマダラカゲロウ オオシマトビケラ セトトビケラの1種 エリユスリカ類 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 ヒメトビイロカゲロウ オオシマトビケラ セトトビケラの1種	アミメカゲロウ イトミミズの1種 ウルマーシマトビケラ 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 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	オオシマトビケラ コカゲロウの1種 ウルマーシマトビケラ セトトビケラの1種 エチゴシマトビケラ	ウルマーシマトビケラ ナカハラシマトビケラ 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	アカマダラカゲロウ ウルマーシマトビケラ ナカハラシマトビケラ オオシマトビケラ エリユスリカ類	アカマダラカゲロウ ウルマーシマトビケラ オオシマトビケラ ナカハラシマトビケラ ウスバヒメガガンボの1種	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 ナカハラシマトビケラ ナミヒラタカゲロウ
st. 3	オオシマトビケラ セトトビケラの1種 アカマダラカゲロウ シマトビケラの1種 エラブタマダラカゲロウ			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		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 ウスバヒメガガンボの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 ヒメトビケラ類 エラブタマダラカゲロウ
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 アミメカワゲラ 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	オオシマトビケラ セトトビケラの1種 ユスリカ類 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	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 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 オオシマトビケラ	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 クシゲマダラカゲロウ 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	オオシマトビケラ ユスリカ類 マシジミ コカゲロウの1種 クマガトビケラ	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 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 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 アシマダラブユ類 オオクママダラカゲロウ

表8　最上位優占種の出現回数

定点 / (科)および種	st. 2	st. 4	st. 5
(マダラカゲロウ)			
アカマダラカゲロウ	4		
(アミメカゲロウ)			
アミメカゲロウ	1		
(シマトビケラ)			
オオシマトビケラ	2	4	3
ウルマーシマトビケラ	2	2	1
ナカハラシマトビケラ		3	3
(ヒゲナガカワトビケラ)			
ヒゲナガカワトビケラ			2

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）投入砂利はいつの時点でもその対岸（向かい側右岸）に堆積することはない．これは合流後も川を横断する圧力を持つ支流の場合と著しい差であった．したがって，全面に広がる形で投入しなければ，砂利投入効果の測定は狭い範囲においてのみ有効となり，全体にらみの真の効果は疑わしくなる．

2）砂利堆積厚の変化は，左岸側で検討に値する変化が見られた．投入砂利の堆積は，投入点からわずか200 mの間で激減し，支流の合流点ごとに増加するというサイクルがあった．このことは，投入砂利程度の規模では遠距離に及ぶ影響を調査する必要はなく，投入点の上下の近距離内で効果の検証をすれば良いことを意味する．すなわち，支流合流点以降は支流から流入する大量の砂利に吸収され，その効果は明瞭に現れないことが確実だからである．

3）支流から押し出される砂利は，若干下流寄りであるが対岸に達する．そのため右岸の堆積厚は，合流以降左岸に匹敵，部分的には左岸より大きいこともある．したがって，支流合流のあることを前提条件とした比較実験には，右岸からも投入して横断した形での投入による結果を見る必要がある．

4-2　砂利の粒度分布について

1）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．さらに供給の持続しない場所では，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，支流合流点以降でも同様と考えられるグラフが出ており，ごく一般的な姿と見ることができる．

4-3　付着藻類の現存量について

1）単年データが通則的であるか否か言及できないが，季節的に変動があるとすれば，現存量は高温期に少なく低温期に多い．藻類の光合成が，高温で太陽光の強い春から夏に活発になるであろうことは容易に想像される．したがって，高温期に多いと考えがちであるが，現実には逆であった．この事実の説明として次のような推測が可能である．

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．

2）乾燥重量に対する強熱減量の比率を図6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．これに関し先に述べたヘドロ除去に放水が極めて高い効果を上げた事実に照らし，水流量の確保の必要性が強く感じられた．

3）強熱減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差は認められず，砂利投入による顕著な生産力向上効果は認められない．

4-4　付着藻類の確認種数と群集構造について

1）表4にst. 4とst. 5の付着藻類の確認種数が比較して示されているが，8月と1～2月に種数増加のあることが認められた．またその内容も珪藻類の種数を基本にして，これに緑藻と藍藻の種数がからみ，決して単純でないものであることが判明した．4-3　3）に現存量（相対量）は砂利投入地点の上下流で有意差が認められないとしたが，種数においてはかなり内容が異なっているようである．高温期においてはst. 4のほうが種数大で，低温期では逆にst. 5のほうが勝る．それを決定づけているのは珪藻の種数である．この相違が砂利投入によって引き起こされたものであるかどうかは，投入以前のデータがないのでここで結論づけることはできない．

2）内容をさらに詰めて検討するため，表5に出現頻度「普通」以上の優占種数を抽出して示したが，全種数の中で圧倒的多数を占める珪藻類は高温期の優占種となることがない．

むしろ少数派である藍藻から優占種が出ており，藍藻とほぼ同種数の緑藻からまったく出ていないのが印象的である．藍藻と緑藻は，時期を変えて優占度を分け合うのか，緑藻は低温期に優占種が現れる．珪藻は低温期に多くの優占種を生産し，それらが総合した結果として，出現頻度「普通」以上の優占種は低温期に多くなる．この比較でも砂利投入地点の上下流で有意差を見出だすのは困難であった．

3）そこで全調査定点の全サンプルから主要種名を抜き書きした表6を見ると，結果の項で記したように砂利投入点上下流で低温期の群集構成が異なっており，下流 st. 4 では珪藻類主体の藻類群集に様替わりしているのに対し，上流 st. 5 では藍藻，紅藻，緑藻，珪藻からなる複雑な藻類群集になっている．普遍種で構成されている他定点と異質であることにおいては同じであるが，その内容がまったく似ていない点をどう見るか，現在では判断がつかない．ただ st. 4 の珪藻類主体の群集は季節が合えばアユの好む藻類に満ちた環境であるといえそうである．

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，生産量と現存量の間に大きな開きがあるのが普通である．これは上に記したように藻類個体の生存日数が短く，世代の回転がきわめて早いことによる．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，サンプルとして採取されない）．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の段階を示す項目として分析された．高温期のクロロフィルaおよびフェオフィチン量の少なさは現存量のそれに比例的であるが，その原因として世代回転の早さを考慮すれば現象としては納得される．もちろん被食（魚類，底生動物など）は現存量を重視する場合には検討の対象になろう．

2）1）の考え方に立てば，藻類群集の構造に変化がない限り，低温期には世代の回転が鈍っていることを示すことになる．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 では低温期の回転バランスは優れており，上流側 st. 5 は崩れているように思われる．その原因が藻類群集構造の変化にあるとすれば，st. 4 では好ましい方向に変化したのであり，st. 5 では多くの藻類が群集構成に参加したとはいえ，生存日数のまったく異なる，世代回転の活性化に寄与しない藻類相になったと言えそうである．しかしながら全定点の藻類群集を見て，砂利投入の影響を受けない定点があるにかかわらず，st. 5 だけが異質の藻類群集を形成したことの意味づけは，ここでは考究できないが，かなり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）現存量は低温期に多い傾向に疑いないが，この時期の多さには定点によって月ごとに変動があるように思われる．底生動物にはかなり移動するものが多く，そうした結果が不一致になった原因であろう．矢作川の調査定点付近の移動と定着の関係は不明である．

2）st. 2では不明確であるものの，st. 4，st. 5には明らかに8月にも現存量の多いピークが現れている．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．結果の項で明らかにしたように調査定点ではいずれの時期にもシマトビケラ科は優占しており，その生態的推移が現存量を左右する．この科は地域によって異なるが，羽化期は春と夏の2回あることが成虫の灯火採集経験などから推測される．羽化して陸上に生活する時期は，水中の幼生期の少ない時期に相当する．8月のピークは，第2回目蛹化直前の成熟した幼虫の多い時期に相当するものであろう．

3）砂利投入地点の上下流の現存量比較で，投入がプラスであったことを積極的に支持するデータは得られていないが，現存量変動の幅が小さく安定化している傾向が見られる．これについては，単年データを採用するに若干ためらいがある．ただし，投入がマイナスに働いた事実はまったくない．

4-7　底生動物の群集構造に見る変化

1）優占順位上位5種の構成種がほとんど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．その意味ではどの調査定点も大局的に同一と見て良いであろう．ただそういう結論の中でなお微細な相違を定点間にもとめると，次の事実に気がつく．それは優占種の主要構成種になっているアカマダラカゲロウの最上位を占める割合である．これは下流部のst. 2に多い（st. 1は欠測が多いので検討から除外）．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．

2）底生動物群集の極相が，造網性幼虫の優占する群集であるとしても，造網性種によって生活の姿は一定ではない．河床に構築して独自の環境に改変する力は，巣の大きさと強度においてヒゲナガワ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．こうした視点で見ると，調査定点のすべてで完全に極相に達したところはなく，亜極相から極相への遷移段階にあるように思われる．

3）表8に示した最上位優占種の出現回数は，2）の遷移段階を判断するのにきわめて示唆

的である．すなわち最下流のst. 2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．砂利投入地点直下のst. 4は，シマトビケラ科のみが最上位を独占し，亜極相の初期段階を幾度も更新しているものと思われる．この状態の維持に砂利の投入が貢献しているのであろう．小型のシマトビケラ科の繁殖できる小さな礫間が多いことの間接的証明である．砂利の影響をまったく受けない最上流のst. 5ではヒゲナガカワトビケラ科が最上位を占める回数が2度あり，その他はすべてシマトビケラ科である．かなり極相に近い状態になっているように思われる．

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，その実験に着手したわけだが，初年度ということもあり，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，暗中模索の研究となった．したがって短兵急な成否の判断は下せない．その中から得られる研究の成果としては，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を，以下に記しておきたい．

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，少ない場合は長く投入地点に止まる．それゆえに投入後の一定時間経過に重点をおいて試料採取の日程目安としていては，投入量に対する関連データは取りにくい．したがって，砂利の投入方法について，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 m^3に設定したがその根拠は科学的検討の結果ではない．水量に応じ，早期に冠水する量をそのつど決定することが，データの信頼性を持たせるのに重要であろう．

3）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，左岸投入したものは左岸側だけで追跡可能であった．要するに縦長の河床復元を試みた結果となった．しかし砂利投入という状況を水中生物に万遍なく直面させるためには，川を横断する形で投入するほうが現実的な結果を得るように思われる．

4）支流からの供給砂利が本実験で遠距離流下の効果を見る機会を失わせるほど多いのは予想外であった．しかしこれが現実である．今後この地域での砂利投入を継続しなければ，河床構造改良の見極めは不可能だが，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．

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が，砂利投入によって新しく創出された環境下で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）砂利投入が新しい河床環境の創出という視点であれば，投入直後から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，次回投入までの1サイクルでも良いから実施してみる必要があろう．

7）生物学的追跡は，最終目的が河川に生息する生物の回復である以上重要である．しかし河床の構造がどの様に変わったかの具体的な姿を見ようとする段階ではこれは間接的手段であって，やはり同一調査者の目で，河床変化の様相を実際に肉眼で見て確かめる必要があろう．

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の放出と，それ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．かなり強固にへばりついたヘドロであったが，これを見事に洗い流す様子は，砂利不足の川で同様のことを繰り返せば，河床の砂利は供給のない分だけ流亡してしまう恐れを抱かせた．

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，平成6年は異常渇水のためか認められなかった．平成7年は初夏まで高水位低水温でそれ以降再び渇水という平常にない激変があったためか，夏に犬伏川合流点でわずかな藻体しか見出だされていないが，平戸橋下流では常時発生していた．平年とは異なる気候条件のもとでは，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．

6　要約

1）近年矢作川ではダム群によって高度に水利用が計られたため，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．これは河床に砂利が供給されなくなったことも一つの原因となっているものと考え，河床形態復元を計るため，人為的な砂利の投入実験を試みた．

2）砂利は同一水系上流から合計1,556 m^3 が供給され，これを平成7（1995）年4月，6月および平成8（1996）年2月の3回に分割して，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．堆積厚は投入地点の100 m下流までにほぼ平常値に近くなり，支流の合流点を境に再び多くなった．これは小支流といえどもそこからの継続的砂利供給のほうが，瞬間的砂利投入よりも重要であることを示唆している．

4）堆積砂利の粒度分布は，水没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，予測通りの結果となった．

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，群集構造を調査することで，間接的に追跡した．

6）砂利投入点での付着藻類は，高温期を通じこの調査地域に普遍的に常時分布する種で優占され，固定的な群集と見られていたが，低温期になって投入点付近だけに特徴的な現象が現れた．すなわち投入点直下で他の定点に見られない珪藻類優占の群集構造が形成された．これに対し投入点のすぐ上流側では，藍藻，紅藻，緑藻，珪藻を混在する優占種群が形成されていた．上流側の特徴ある群集形成要因は不明だが，下流側では砂利投入による不安定な河床の状態で，世代の回転の早い藻類群集が優占したものと推察した．

7）底生動物は，全調査定点でシマトビケラ科のオオシマトビケラ属とシマトビケラ属が最優占の地位を競い，これにマダラカゲロウ科とヒゲナガカワトビケラ科の混生する群集が安定的に見られた．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～ヒゲナガカワトビケラ科を頂点とする極相の移行段階にあり，砂利投入点直下は最も安定度を欠く構造になっており，また上流側は極相に近い群集構造であることが分かった．

8）したがって生物学的な研究成果としては，砂利の投入が河床の状態を不安定にし，生物群集構造を遷移の初期段階に戻して再編成させようとする効果があるものと判断した．それでも実験規模の砂利投入では亜極相が限界になっており，それ以上に遷移を逆行させることにつながっていないものと思われる．

9）この実験は，いきなり屋外の自然条件下での実施で，思わぬアクシデントも多く，実験方法の確立を模索つつ進められた．それだけに今後の研究に対する基本的考えを学ぶ機会でもあった．その経験から，幾つかの問題点を指摘した．

7　謝辞

この自然河川を舞台にした砂利投入実験は，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，実験でもあった．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，村山志郎，高橋啓太，田口美恵子，白金晶子の各氏の労により完遂できた．生物学的調査の成果は，調査を担当され，本誌別項に寄稿いただいた内田朝子氏から提供された基礎データの解析によりもたらされたものである．これら各氏に厚くお礼を申し上げる．

Summary

1) As a result of high water usage and damming of the Yahagigawa River in recent years, the amount of water flow has become stable at a low-level and the flow of gravel has stopped. As a result, the riverbed is covered by pebbles of barious sizes, which are firmly fixed together by silt. It was hypothesized that the situation in which the riverbed is cut off from the supply of gravel is one of the causes of this phenomena. So an experiment of throwing gravel in to the river was performed, in order to improve the riverbed condition.

2) A total amount of 1,566 m^3 of gravel was thrown into the upper stream of the Yahagigawa River on three separate occasions : in April and June of 1995 and in February of 1996, gravel was thrown from the left river bank at Ogawara in Asuke-Cho, which is located down river from the Azuri Dam.

3) The dispersion of the thrown gravel was examined by looking at the distribution of gravels piles along the riverbed. The pilling condition approached a normal value before the grabel got 100 m down stream from the throwing spot and piling increased again at junctions with branches. Given the narrowness of the branches, a continuous supply of gravel appears to be much more effective than an instantenuous supply.

4) As was expected, shortly after the grabel was thrown into the river, the smaller grains flowed out more quickly than the bigger grains. Flow rate was directly proportional to gravel grain size.

5) Improvement of the biological conditions of the riverbed as a result of throwing in grabvel was investigated indirectly by examining biomass, the amout of production and community structure of attached algae and zoobenthos.

6) Since the attached algae at the throwing spot was dominated by species which are ordinally present at the investigated area during periods of high temperature, such species were considered to be the "fixed" community. However, during periods of low temperature, a characteristic feature was observed near the throwing spot, i. e., the community structure was dominated by Bacillariophyceae, which were not found at any other investigated points, and which formed just at the throwing spot. On the other hand, a community dominated by Cyanophyceae, Florideophyceae, Chlorophyceae and Bacillariophyceae formed just above the throwing point. The primary factors responsible for the formation of the latter community are not exactly clear, but it can be inferred that, in conditions where the thrown gravel brings about constant change, the different species of algae quickly alternate by turns.

7) In point of Zoobenthos, *Macronema* and *Hydropsyche* in Hydropsychidae wre the most predominant species of fauna observed at each investigated point. A community of Ephemerellidae and Stenopsychidae, living together, was also observed. Looking in

detail, the biological structure at the throwing point appears to be in a process of transition from a semi-peak of Hydropsychidae to the peak of Stenopsychidae. This indicated an instability of structure at the throwing point. At the stream above the throwing point, the coummunity structure is close to the peak.

8) It was concluded from the biological investigation that thrwoing gravel causes instability in the riverbed and this instability brings about beneficial reorganization of the biological community resembling initial conditions. however, with the small amount of grabel used in this investigation, only semi-peak conditions were brought about and further improvement was not achieved.

9) Since the investigation was outdoors, under natural condition, unexpeted accidents occured. As the experiment proceeds, efforts are being mode to improve methodology, thus providing a good opportunity to discover basic ideas for future research. From our experience, sevepal points at issue were raised.

（豊田市矢作川研究所主任研究員：〒471　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）