

事例紹介

群馬県・瀬と淵を取り戻す実験工事サイト(神流川)における水生昆虫と付着珪藻類の群集推移について その2

掛川 優子^{*}、神田 菜希^{**}、大井田 朋子^{**}、青井 透^{**}、中島 啓治^{***}

編集部注 本報告は多自然研究115号『神流川「瀬と淵を取り戻す実験工事」における水生昆虫、付着珪藻の生育調査』の続報です。先月号では工事概要と調査内容を掲載しました。本号では調査結果を掲載します。

4. 調査結果

1) 水質調査

測定結果を表1に示す。各調査地点の測定値に大きな差は見られなかった。全体としてみると、実験場所の神流川水質は、流域が石灰岩地帯であるので、pHはアルカリ側にシフトしている。

特徴として窒素濃度（殆んどが硝酸態窒素）

が上流域の清流としては異例に高い値を示した。無機態窒素平均濃度 0.94mg/l、PO₄-P濃度平均値 0.02mg/l値であった。これは一般的な河川上流の清流地点としては、非常に高い濃度である。一般的に無機態窒素平均濃度 ≥ 0.15mg/l、PO₄-P濃度平均値 ≥ 0.02mg/lの場合は富栄養と判断されるから富栄養の状態にあるといえる。

この傾向は西上州の河川（鐮川・烏川）で観察される現象と共通しており、この由来は首都圏から夏期に大気汚染物質として輸送される窒

表1 神流川瀬と淵実験場所水質平均値季節変化

採水日	TW	EC	pH	Cl ⁻	NH ₄ -N	NO ₂ -N	No _x -N	無機態N	PO ₄ -P	T-N	T-P
2004/5/13	10.0	17.3	7.87	8.0	0.04	0.007	1.28	1.32	0.02	1.35	0.03
2004/6/16	17.3	13.6	8.05	9.4	0.02	0.003	1.20	1.23	0.02	1.28	0.03
2004/7/7	24.8	16.9	8.38	9.6	0.02	0.002	0.96	0.98	0.02	1.03	0.03
2004/8/4	23.5	16.7	7.71	8.8	0.04	0.005	1.32	1.37	0.02	1.49	0.03
2004/9/9	18.5	13.9	7.50	5.3	0.06	0.002	1.23	1.29	0.03	1.21	0.02
2004/10/14	13.5	12.0	7.71	2.4	0.01	0.003	1.09	1.10	0.03	1.43	0.07
2004/11/11	—	15.2	7.57	6.8	0.02	0.002	0.90	0.92	0.03	0.94	0.03
2004/12/15	—	15.6	7.86	8.0	0.02	0.001	0.85	0.88	0.01	0.84	0.01
2005/3/25	5.3	16.8	8.45	7.0	0.01	0.004	0.91	0.93	0.01	0.97	0.03
2005/4/23	12.4	15.5	8.55	9.8	0.03	0.005	0.82	0.85	0.02	1.01	0.04
2005/5/26	17.8	19.8	8.01	14.0	0.03	0.006	0.83	0.85	0.02	0.84	0.02
2005/6/21	22.9	21.3	8.15	12.8	0.04	0.002	0.61	0.65	0.02	0.66	0.02
2005/7/25	16.7	16.7	8.07	7.0	0.03	0.002	0.64	0.66	0.02	0.77	0.02
2005/8/15	13.2	13.2	7.97	4.0	0.02	0.002	0.77	0.80	0.02	0.83	0.03
2005/9/13	13.3	13.3	8.00	3.6	0.03	0.002	0.73	0.76	0.02	0.84	0.03
2005/10/13	14.5	14.5	8.47	4.8	0.02	0.004	0.96	0.97	0.02	0.97	0.02
2005/11/21	5.9	17.5	8.00	10.2	0.01	0.000	0.61	0.62	0.01	0.81	0.05
2005/12/20	0.8	20.9	7.80	16.0	0.01	0.004	0.66	0.67	0.00	0.73	0.00
平均値		16.1	8.01	8.19	0.03	0.003	0.91	0.94	0.02	1.00	0.03

単位は TW(°C)、EC(mS/m)、pH を除く他の指標は全て mg/1TW:水温、BOD:生物化学的酸素要求量、pH:水素イオン濃度、EC:電気伝導度、Cl⁻:塩素イオン濃度、NH₄-N:アンモニア態窒素、NO₂-N:硝酸態窒素、No_x-N: NO₂-N+NO₃-N=亜硝酸態窒素+硝酸態窒素、PO₄-P:リン酸態リン、T-N:全窒素、T-P:全リン

- 1 青井透、森邦広、平野太郎(2004)首都圏から飛来する大気汚染物質(窒素化合物)と越後山脈周辺の雨水及び沢水中窒素濃度との関係、土木学会環境工学研究論文集、Vol.41,pp97-104
- 2 青井透、池田正芳、安部聡(2002)首都圏と群馬県での大気中窒素化合物の広域移動と降雨中アンモニア態窒素への自動車排気ガスの関与、土木学会39回環境工学研究フォーラム講演集、p.92 - 94

※カワゲラの会、※※群馬工業高等専門学校環境都市工学科、※※※ぐんま珪藻研究会

素化合物の降下によるもの影響が一因と考えられる¹²。

2) 水生昆虫生息調査

水生昆虫の種類ごとの分布、分布量の差、季節・時期での差を把握することで、実験工事の効果の検証を行うことを目的として行った。

・水生昆虫群集の大きさの比較 実験工事前後の水生昆虫群集の大きさの比較を、図8に示した。実験工事着工前の調査は2003年10月7日、11月4日（以後、工事前調査）に行っている。この結果と2年後の同月2005年10月13日、11月21日調査（以後、工事後調査）との平均値で比較した。結果は、St.2 - St.5の4調査地点総数で、個体数で3.1倍、湿重量で5.5倍となっていた。優占種を個体数から見ると工事前調査はユスリカ科80個体で、次いでミドリカワゲラ科68個体、ヒメヒラタカゲロウ属43個体、湿重量から見るとガガンボ科0.366gで、ヒゲナガカワトビケラ科0.128 g、モンカワゲラ科0.113 gであった。工事後調査では、個体数でシマトビケラ科122個体で、ヒメガガンボ科99個体、ミドリ

カワゲラ科87.5個体、湿重量から見ると、ヒメガガンボ科1.65 gで、サナエトンボ科1.211 g、ヒゲナガカワトビケラ科0.459 gであった。

対照区のSt.1では、個体数で1.0倍、湿重量で0.6倍であった。

St.1は当初設定した調査地点が工事施工区間内になったため2003年12月1日調査から現地地点に移動したので、2003年12月1日と2005年12月20日の調査（以後、工事前調査と工事後調査）で比較した。

優占種は、工事前調査では個体数でミドリカワゲラ科51個体、次いでガガンボ科37個体、ヒメヒラタカゲロウ属17個体、湿重量でガガンボ科1.824 g、トゲマダラカゲロウ属0.105 g、ミドリカワゲラ科0.099 gであった。工事後調査では、個体数でミドリカワゲラ科25個体、ヒメガガンボ科18個体、ヒメヒラタカゲロウ属17個体、湿重量でヒメガガンボ科0.659 g、カミムラカワゲラ属0.415 g、ヒメヒラタカゲロウ属0.073 gであった。工事前後調査で、個体数から見た優占種は変わらなかったが、湿重量から見た優占

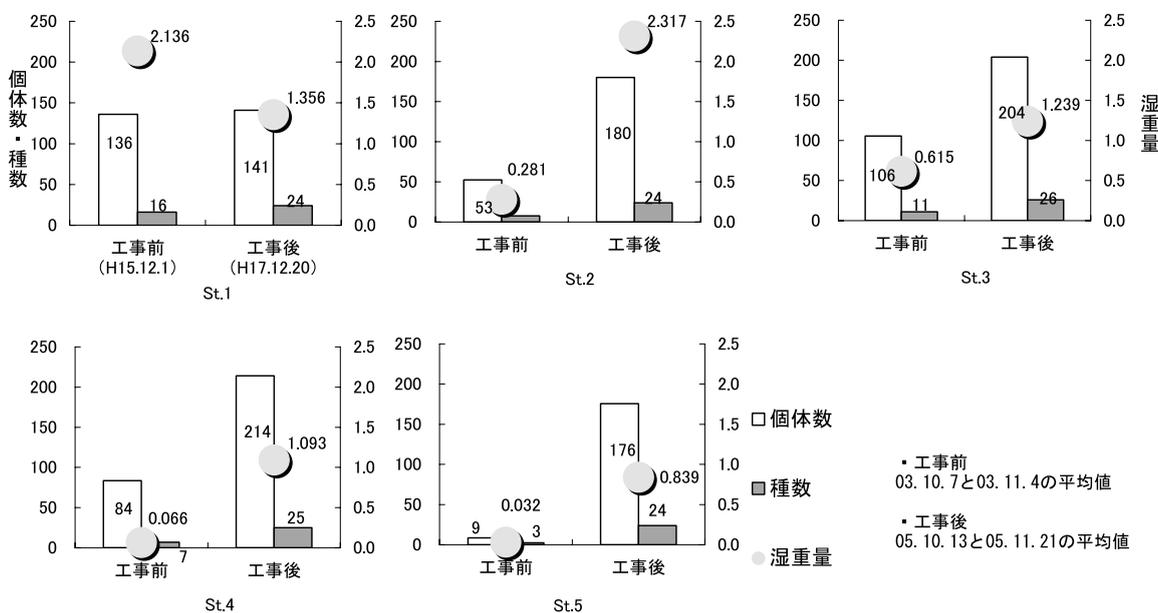


図8 実験工事前と施工約2年後の水生昆虫群集の個体数・湿重量・種数の比較

種がガガンボ科からヒメガガンボ科に変わったため、個体数は微増しているが、湿重量は減少している。

・群集推移 1期工事完了後、St.2～St.4では水生昆虫の回復は速やかであった。平成16年4月15日調査では工事区間上流のSt.1よりもSt.2の群集が大きくなっている(図9)。その後5、6月をピークとして群集が減少しているのは、水生昆虫の生活史が、年1世代で春に羽化するものが多いための季節変化と考えられる。

また、大きな増水を図中に示した。2004年は10月21日台風23号、2005年は7月4日集中豪雨、7月26日台風7号、8月25日台風11号によるものがあり、そのつど水生昆虫群集は大きく

減少しているが、秋には新しい世代が育って回復していく様子がうかがえる。

なお、実験工事が施工された2003年には、着工前8月15日に大雨による増水があった。

・2期工事中の淵の働き 2期工事が05年3月～8月に右岸側の護岸のために行われた(図10)。2期工事中の4月調査時、下流に位置するSt5の淵が浅くなり、その右岸中州側に瀬が広がる様子が見られた(図11)。流量は多くはなかった。St.2～St.4では河床に堆砂は見られず、瀬は埋まっていなかった。この河床変化は、工事により生産された土砂が流水によって移動し、途中の瀬には堆積せず、下流の淵に堆積したもので、瀬の存在を助ける淵の機能の一つであるとおも

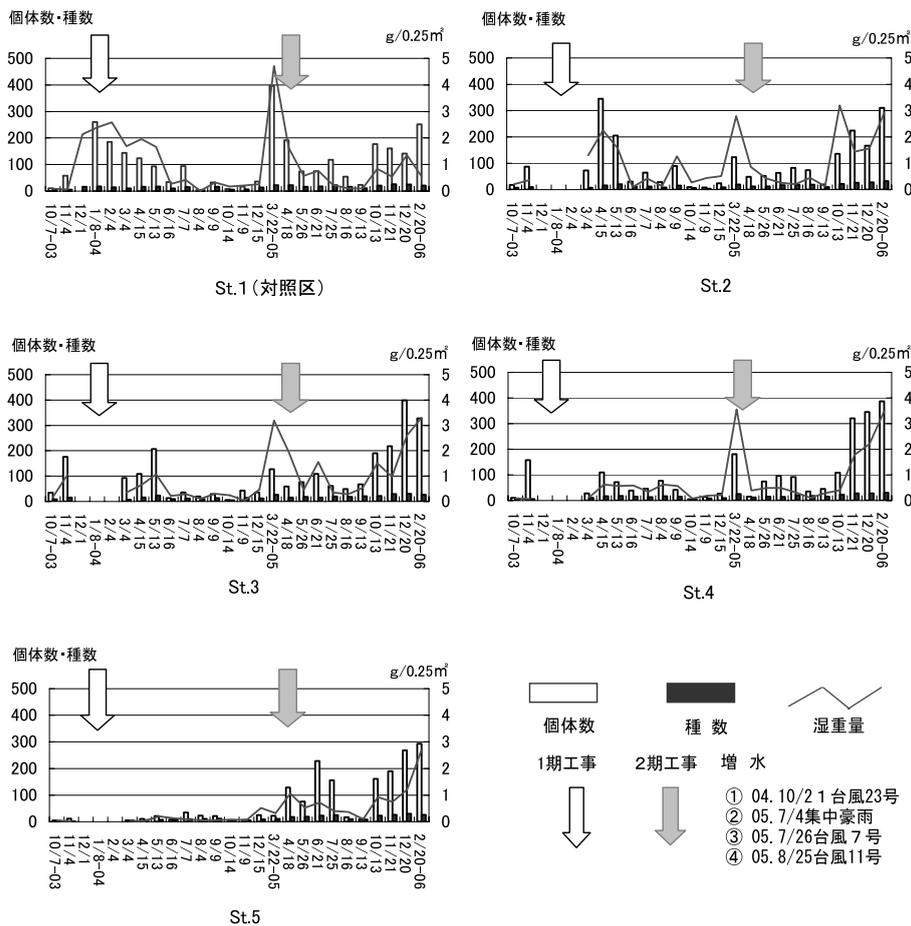


図9 実験工事施工後約2年間の個体数・湿重量・種数から見た水生昆虫群集の推移

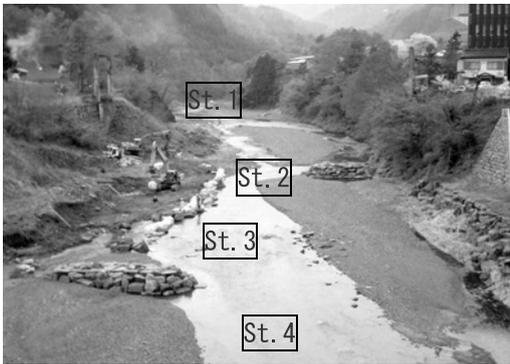


図10 2期工事の様子と調査地点
(古鉄橋から上に向かって撮影05.4.18)

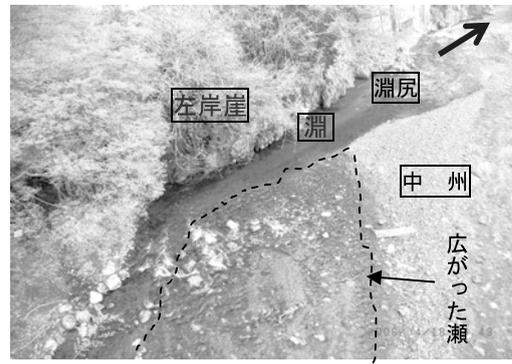


図11 St.5で中州に瀬が広がっている様子
(古鉄橋から下に向かって撮影05.4.18)

えた。

このとき水生昆虫群集を見ると、St.5では群集が急増していた(図12)。また逆に、St.2～St.4では群集は減少していた。前述したようにSt.5は淵であったから、それまで群集は非常に小さいものであったので、工事影響で上流の群集が新たにできたSt.5の環境に移動してきた可能性が考えられる。優占種はトビイロカゲロウ科で、次いでミドリカワゲラ科、マダラカゲロウ科であった。トビイロカゲロウ科は3月調査ではSt.4における優占種であったが、翌4月調査ではSt.4には出現せず、St.5に出現していたのであった(図13)。トビイロカゲロウ科はその殆

んどが3月と4月に羽化するが³⁾、対照区のSt.1では3月調査31個体、4月調査78個体、5月調査出現なしで4月がピークであったから、St.4に出現したトビイロカゲロウ科群集が3月にすべて羽化してしまっただけではなく、工事を避けSt.5に移動していった可能性があると思える。

なお図7を見ると、対照区のSt.1でも2期工事時に群集が減少しているが、これはSt.1では優占種がミドリカワゲラ科(前述)で、その羽化時期が3月をピークとしていたための季節変化が大きい。

・工事終了直後の群集組成 工事完了直後の群集組成を見ると、対照区のSt.1ではミドリカワ

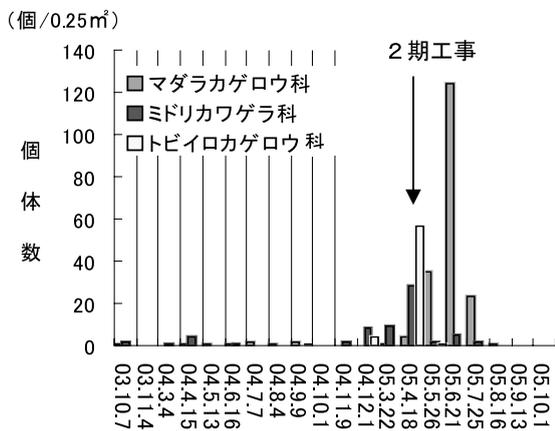


図12 St.5での2期工事中における優占3種の群集推移(個体数)

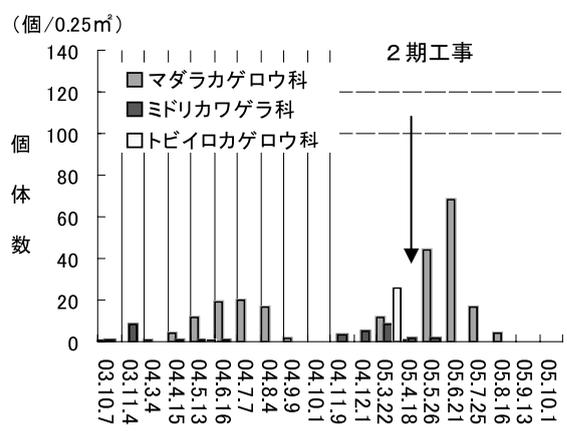


図13 St.4におけるst5と同一3種の群集推移(個体数)

3 沖野外輝夫・河川生態学術研究会千曲川研究グループ(2006)洪水がつくる川の自然、信濃毎日新聞社、pp94-95

ゲラ科が優占種で、工事前調査と大きな変化はなかった。St.2、St.3、St.4の3地点では工事終了約2週間後の3月4日調査で、植物食のコカゲロウ属が優占種であった。翌4月15日調査では、動物食のアミメカワゲラ科が増え、植物食優占の群集から動物食優占の群集へ組成が変化した。この月から落ち葉を餌として利用するカクツトビケラ属も多く出現した。St.3ではアミメカワゲラ科が優占種となり、このアミメカワゲラ科は、St.2、St.4でも前月に比べ群集は増大した。このことから本調査地点では、工事による攪乱後、食物連鎖に基づく多様性回復の過程が見られたと考える。まず河川生態系の基礎生産者である珪藻が回復し³、それを餌とするほとんどが珪藻食とされるカゲロウ群集が形成され、次に主に水生昆虫を餌とする動物食のカワゲラ群集が回復し、次第に多様性が増していく様子が見られた⁴。

カゲロウ群集の中で、初めにコカゲロウ属が優占したのは、その流下率が高い⁵ためであると考えられる。

・生活型から見た河床の変化 水生昆虫の生活型から本調査地点の環境の変化を推定すると、工事以前は砂礫床で穏やかな流れの平瀬であったが、工事後は礫床の早瀬や淵などが構成され、生息場所が多様化した様子がうかがえた。

生活型はその移動方法などから幾つかに分けられる。谷田(2000)を参照し分類すると次のようである。

- 1) 固着型：石表面に吸着し、あまり移動しない (アミカ科やヒメガガンボ科など)
- 2) 造網型：糸を用いて石同士や石と岩盤との間に網を張る (ヒゲナガカワトビケラ科やシマトビケラ科など)
- 3) ほふく型：石の上をのしのしといった感じで歩く (カワゲラ目、ナガレトビケラ科、ヘビトンボ科など)

- 4) 滑走型：体は扁平で、石の表面をすべるように移動する (ヒラタカゲロウ属など)
- 5) 携巢型：砂粒や植物片で巣を作る (カクツトビケラ科やエグリトビケラ科など)
- 6) 遊泳型：主に遊泳して移動する (コカゲロウ科やチラカゲロウ科など)
- 7) 掘潜型：水底の砂や泥に潜っている (モンカゲロウ科、サナエトンボ科、ガガンボ科、ユスリカ科など)

なおユスリカ科には多くの種類があるが、便宜上、津田(1962)を参考にして掘潜型とし、ヒメガガンボ科はウスバガガンボ属が主体であったので固着型がとした。

一般的な傾向として、瀬など流れの速い場所では滑走型、流れがやや早い場所や穏やかな場所ではほふく型や造網型、流れが穏やかな場所の砂の中などには掘潜型が見られる。瀬の代表種は滑走型のヒラタカゲロウ属や造網型のシマトビケラ科などで、淵の代表種は掘潜型のモンカゲロウ科やサナエトンボ科などである。

生活型から見た河床の変化を見るために、個体数から見た生活型の工事前調査と工事後調査の群集変化を図8に示した。

水制工が設置されたSt.2 - St.4は、工事前調査では掘潜型、ほふく型、遊泳型のユスリカ科、ミドリカワゲラ科、ヒメヒラタカゲロウ属が主な群集であったことから、工事以前は川床に堆砂があり、穏やかな流れの平瀬であった様子がうかがえる。工事後調査では礫を利用する固着型や造網型、瀬に多い滑走型群集が増大している。ヒメガガンボ科、シマトビケラ科、ヒラタカゲロウ属などである。また掘潜型群集に工事前調査では出現しなかったモンカゲロウ科が見られるなどのことから、実験工事後には、礫床で流れの速い早瀬や淵などが加わり、生息場所が多様化した様子がうかがえる。

なおユスリカ科は、便宜上、津田(1962)を参

4 掛川優子・青井透・中島啓治(2006) 河川近自然化工法実施サイトにおける水生昆虫と付着珪藻の季節変化,p.72-80,用水と排水48-3

5 水野信彦・御勢久右衛門(1995.5.2)河川の生態学.築地書館、p221

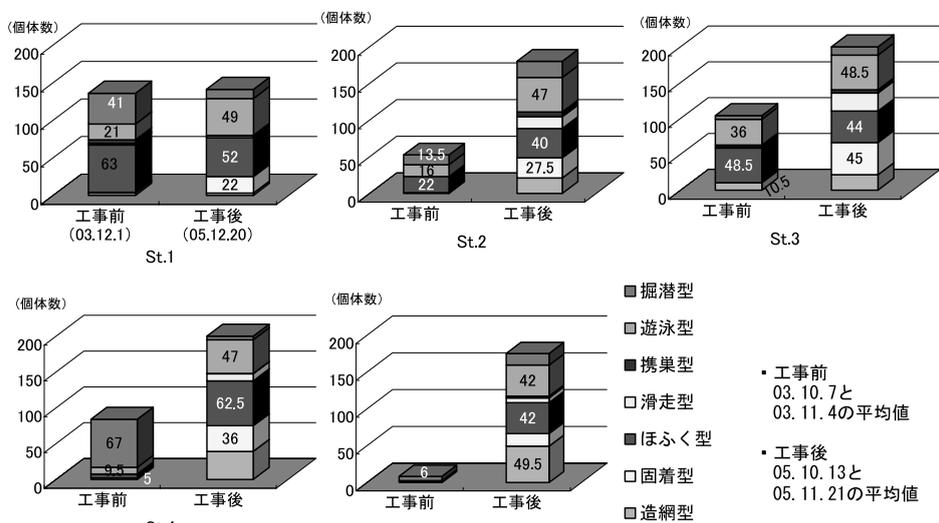


図14 実験工事前と施工後約2年の個体数から見た生活型群集の比較

考にして掘潜型とし、ヒメガガンボ科はウスバガガンボ属が主体であったので固着型とした。

3) 附着藻類調査

本調査地点では、附着藻類は珪藻が年間を通して主体となっていたので、主に附着珪藻類について分析した。

3) -1 珪藻類組成調査・出現頻度調査

本調査で出現した附着珪藻類は15属に属する45分類（未同定1）であった。

主な分類群について2000倍に作製した写真でプレートを作成した (Plate 1,2, p11,12)。

2005年3月から翌2006年2月間、主に出現した附着珪藻類は *Achnanthes convergens* (41%)、*Nitzschia palea* (41%)、*Cocconeis placentula* (4%)、*Synedra inaequalis* (4%)、*Cymbella turgidula* (4%) で、その出現頻度の

平均を括弧内に百分率で示した。

優占種には季節変化がみられ (図15.16)、春と冬 (4.5月、11月～翌年2月) では *Achnanthes convergens* が (図17)、初夏から秋 (6月～10月) には *Nitzschia palea* が優占した (図18)。前者は本邦の河川に最も普通に出現し、きれいな水を好む、好流水性の着生種とされ、後者は春夏秋型種、広温種、pHの変動に強い、汚水の指標種、窒素必須種⁶とされている。

3) -2 附着藻類バイオマス調査

2004年と2005年の結果を図19.20に示した。

この図から2004年調査ではSt.2のバイオマスが5調査地点の中で最大であった7が、2005年度調査では最小に変化している。このことは、珪藻は淵の主な河床材料である砂礫には附着しづらいためである。St.2は瀬から淵へ推移して

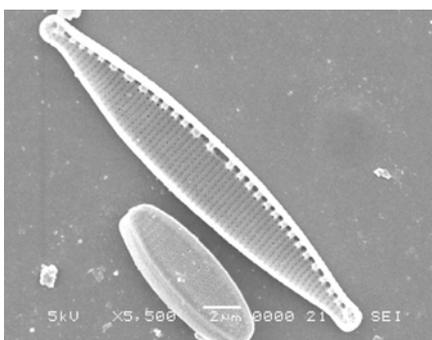


図15 季節変化した珪藻優占種2種
上 *Nitzschia palea* 下 *Achnanthes convergens*

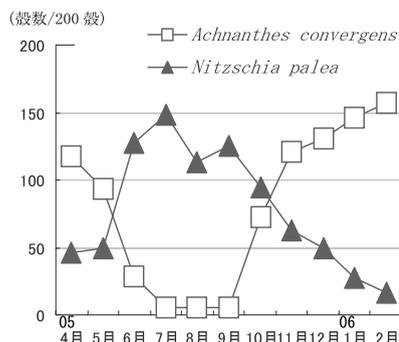


図16 附着珪藻類優占種2種の季節変化

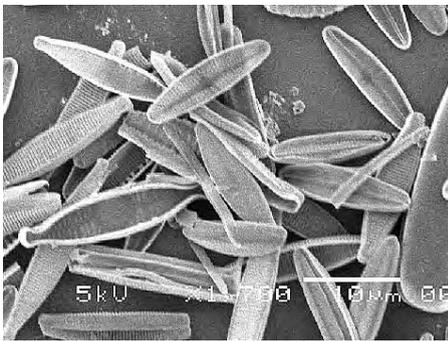


図17 06年1月28日採集の珪藻電顕写真 (Achnanthes convergensが優占している様子)

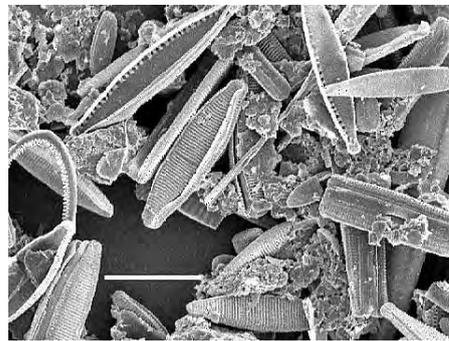


図18 05年8月16日採集の珪藻電顕写真 (Nitzschia paleaが優占している様子)

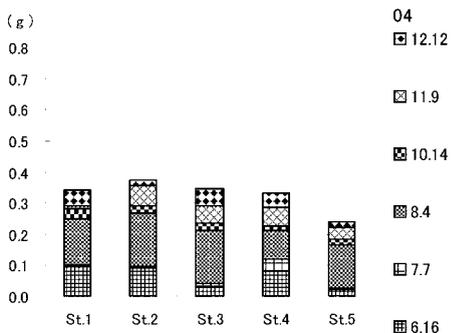


図19 2004年の5調査地点付着藻類バイオマスの比較

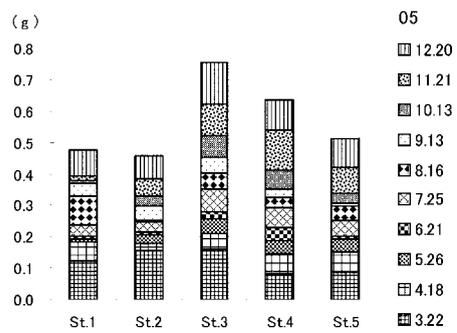


図20 2005年の5調査地点付着藻類バイオマスの比較

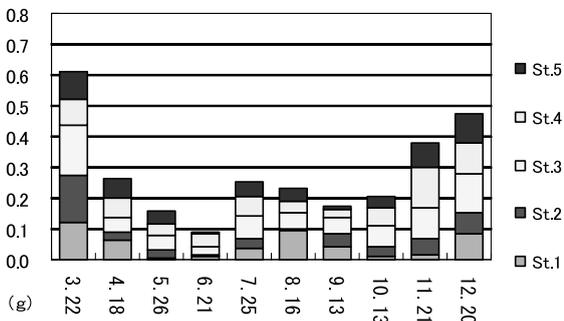


図21 05年の付着珪藻類バイオマスの月変化

いる。

図21で5調査地点毎の総量の月変化を示した。本調査地点では付着藻類が秋から冬にかけて増加し、春から夏に向かって減少している。水生昆虫の季節変化とも同様の傾向が見られた。

6. まとめ

群馬県神流町古鉄橋直上流の神流川において2003年10月から行われた瀬と淵を取り戻す実験

工事の効果の検証調査を行った。その調査のうち、筆者らが行った水質調査、水生昆虫生息調査、付着珪藻類調査について報告する。

水生昆虫生息調査から、堆砂のある平瀬であった河床が、礫床の早瀬や淵へと次第に推移していった様子が伺えた。また工事終了後の水生昆虫群集の回復は速やかであった。食物連鎖に基づき流下しながら多様性が回復していくと思われる現象が見られた。落葉を餌資源として利用するカクツツトビケラ属も初期から出現した。

水質調査からは、東京の大気汚染物質由来と思われる上流域としては異常に高い窒素が検出され、水生生物への影響を与える可能性が懸念された。

珪藻調査からは、夏期にニッチアパレアが優占種となる季節変化が見られた。この種は汚濁の指標種として有名であるが、窒素必須種との記載もあることから、東京の大気汚染物質が群馬の河川生態系に影響を及ぼしている可能性が

示唆される。

7. おわりに

上中流域の清澄な河川の基礎生産力は、落葉落枝や河床付着藻類が基本であり、水生昆虫から魚類へ河川生態系が形成されている。本調査において、溪流では水や土砂そして生物が「流動しながら食物連鎖に基づく生態系を形作る」過程を見ることができた。流れをさえぎらない工法が「河川が本来有している生物に良好な生育環境」の維持のためには必要であり、そのことが本実験工事において生物の復元が図られた理由であると考えられる。

またそのためには、構造物の工法のみではなく、水質や河川の基礎生産力を重視する水系全体の環境づくりが大切であることが、水質調査と付着藻類調査によってわかった。

川底をのぞき込み問いかける筆者らに、そこに住む小さな生き物たちが応えてくれたように思う。

今後も調査を継続することにより、さらに基礎となる資料を積み重ね、本研究が群馬県の川づくりに生かされ、豊かな生態系が蘇ることに役立ちたいと願うものである。

謝 辞

この報告をまとめるにあたり、調査内容についてご指導、検討いただいた瀬と淵を取り戻す検討委員会の小葉竹委員長をはじめ委員の皆様ならびに水生昆虫談話会の皆様、資料の提供をいただいた水資源機構下久保ダム管理所金山明広さん、現地調査に同行いただいた群馬県新政策課金谷道行さんならびに放送大学生物研究会松田君子さん、そして毎月の調査に同行し協力いただいた県河川課の皆様に、心から感謝申し上げます。

参考文献

小林 弘 1964 荒川産珪藻類 (2) .65 - 78. 秩父自然科学博物館研究報告 (12)

川合禎次 (1985) 日本産水生昆虫検索図説, pp1-409, 東海大学出版会

川合禎次・谷田一三 (2005) 日本産水生昆虫, p44, 東海大学出版会

高橋剛一郎 (1999) 溪流環境の実態. 溪流生態砂防学. 東京大学出版会

谷田一三 (2000) 原色川虫図鑑, 全国農村教育協会

津田松苗 (1962) 水生昆虫学, 北隆館

中島啓治・田中宏之 (1981) 奥多野地域の珪藻類, p.84-98, 群馬県自然環境調査会 (編), 奥多野地域学術調査報告 (1), 群馬県自然環境調査会, 群馬県

水野信彦・御勢久右衛門 (1995) 河川の生態学, 築地書館

Kramer, K. & Lange - Bertalot, H.

1986 Bacillariophyceae 1. Naviculaceae. 876pp. In: Ettl, H. Gerloff, J. Heyning, H. & Mollenhauer, D. (eds.) . Susswasser - flora von Mitteleuropa. 2/1. Gustav Fisher, Stuttgart.

1987 Bacillariophyceae 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. 596pp. In: Ettl, H. Gerloff, J. Heyning, H. & Mollenhauer, D. (eds.) . Susswasserflora von Mitteleuropa. 2/2. Gustav Fisher, Stuttgart. Kramer, K. & Lange - Bertalot, H.

1991a Bacillariophyceae 3. Centorales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. 576pp. In: Ettl, H. Gerloff, J. Heyning, H. & Mollenhauer, D. (eds.) . Susswasserflora von Mitteleuropa. 2/3. Gustav Fisher, Stuttgart.

1991b Bacillariophyceae 4. Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. 437pp. In: Ettl, H. Gerloff, J. Heyning, H. & Mollenhauer, D. (eds.) . Susswasserflora von Mitteleuropa. 2/4. Gustav Fisher, Stuttgart.

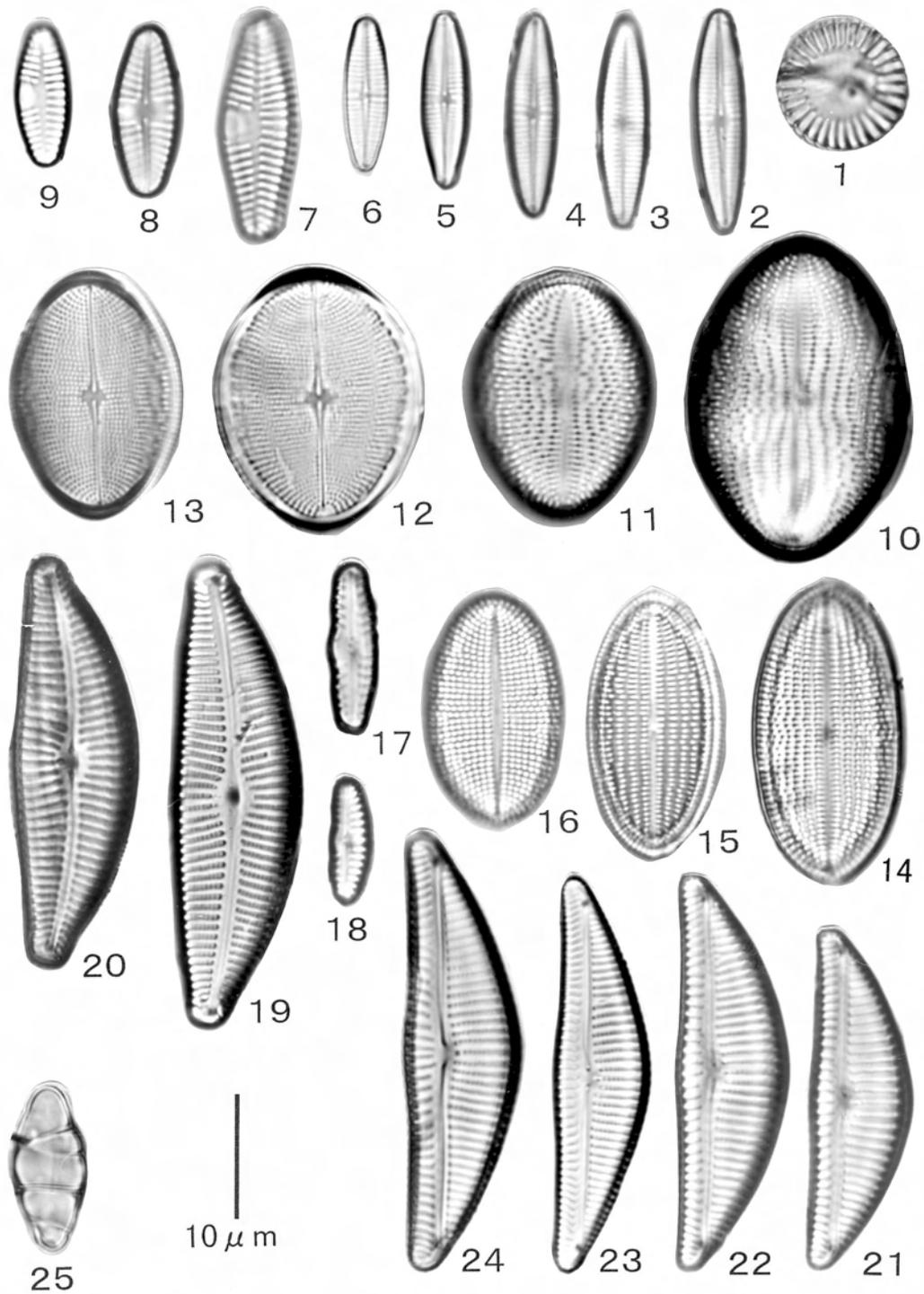


Plate 1. Fig.1 . *Cyclotella meneghiniana*. Figs.2-6 . *Achnanthes convergens*. Figs.7-9 *Achnanthes lanceolata*. Figs.10-13 . *Cocconeis pediculus*. Figs.14-16 . *Cocconeis placentula* var. *pseudolineata*. Figs.17-18 . *Cymbella sinuatap*. Figs.19-20 . *Cymbella turgidula*. Figs.21-24 . *Cymbella ventricosa*. Fig.25 . *Diatoma hiemale* var. *mesodon*.

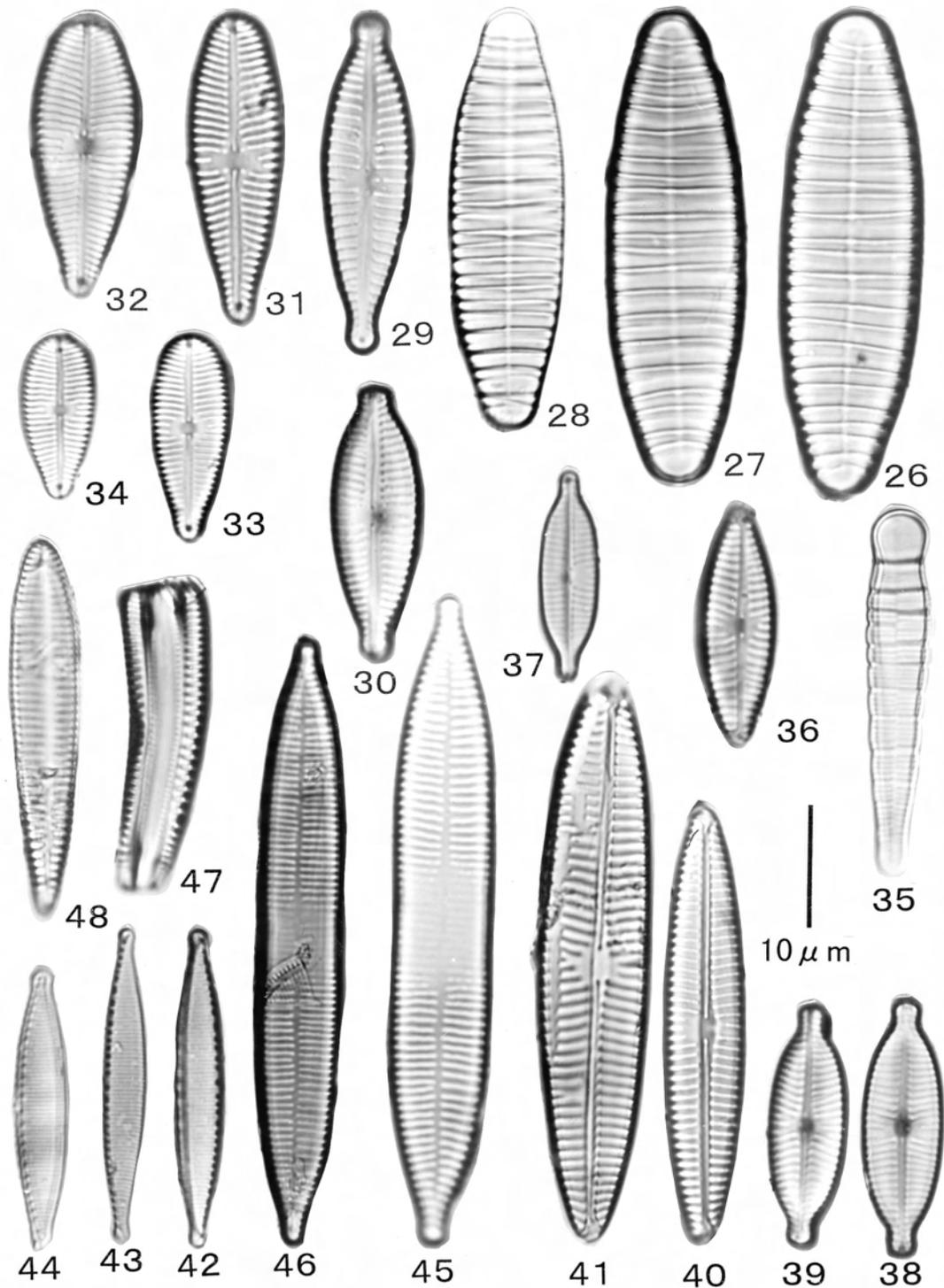


Plate 2. Figs.26-28. *Diatoma vulgare*. Figs.29,30. *Gomphonema angustatum* var.*productum*. Figs.31-34. *Gomphonema olivaceum* var. *quadripunctatum*. Fig.35. *Merdion circulare* var. *circulare*. Fig.36. *Navicula cyptocephala* var. *exilis*. Fig.37. *Navicula cyptocephala* var. *intermedia*. Figs.38,39. *Navicula decussis*. Figs.40,41. *Navicula viridula* var. *rostellata*. Figs.42-44. *Nitzschia palea*. Figs.45,46. *Synedra inaequalis*. Figs.47,48. *Rhoicospheemea curvata*