

(13) 徳島県勝浦川におけるダム下流の珪藻群集の特徴とその形成過程

Characteristics and colonizing processes of periphytic diatom communities downstream of dam sites along the Katsuura River, Tokushima Prefecture

白鳥実*, 上月康則*, 倉田健悟**, 長谷田真千*, 小藤美樹***, 村上仁士*

Minoru SHIRATORI*, Yasunori KOZUKI*, Kengo KURATA**, Machi HASEDA*,

Miki KOFUJI***, Hitoshi MURAKAMI*

ABSTRACT ; Effects of dams on periphytic diatom communities along the Katsuura River were investigated to understand the relationship between the environmental factors and the characteristics of diatom communities. The prostrate type diatoms were found to dominate upstream of the upper Masaki dam site, while downstream of the dam sites, the filamentous and motile types appeared with lesser number of prostrate types. The component ratios of these life forms measured at a total number of eight locations were classified according to the distances from the dam sites. The differences in each location appear to be correlated with the grain size distribution in the river bed rather than fluctuations in river discharge. The study revealed that the river bed in the locations nearby the dam sites which is devoid of much sand seems to favor colonization of the vertical type of diatoms.

KEYWORDS ; Dams, periphytic diatom communities, life form, grain size distribution, discharge fluctuation

1. 結論

ダム建設に伴う河川環境への影響については古くから指摘されており、代表的なものに、上流からの供給土砂の扞止によるダム下流の河床表層の粗粒化¹⁾、河床の更新頻度の減少による瀬、淵構造の平坦化²⁾、流量が減少した減水区間の発生²⁾などがある。しかし、生物群集に与えるダムの影響はいまだ十分に明らかにされていない³⁾。

特に藻類は水環境の変化を評価する指標生物として優れているといわれているが^{4) 5) 6) 7)}、水生昆虫や魚類^{8) 9) 10)}に比べて、その検討例は墨田ら¹¹⁾やCrowns¹²⁾のものがみあたる程度である。墨田らはダム建設前後での付着珪藻の種組成を検討した結果、大きな変化は見られなかったと報告しており、Crownsは浮遊性の珪藻種がダムの河床礫上に多い傾向があったと述べている。このように研究事例が少なく、かつそれらの結果の傾向が一致していないことからさらに詳細な検討が必要と思われる。

そこで河川環境に及ぼすダム建設の影響を明らかにするために、本研究では河床礫上の付着珪藻群集に着目し、ダム上下流での物理的な河川環境、珪藻の種組成、その形成過程の比較検討を行なった。

2. 調査、野外実験の概要

2.1 対象河川および調査地点

図1に調査対象とした勝浦川を示す。勝浦川は、四国山地の雲早山を源流とし、徳島県内を流れ紀伊水道に注ぐ幹線流路延長49.6km、流域面積224km²、流域人口約2万6千人の2級河川である。河口から31.7km

*徳島大学大学院 工学研究科 エコシステム工学専攻 (Graduate School of Engineering, The University of Tokushima)

**島根大学 汽水域研究センター (Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University)

***株式会社四電技術コンサルタント 環境部 (Yonden Consultant Company, Incorporated, Tokushima)

地点に多目的ダムの正木ダム（有効貯水量 1190 万 m^3 ）が設置されており、ここで取水された水は発電用水として約 8km 下流の棚野ダム（勝浦発電所）までバイパスされている。そのため、正木ダムから棚野ダムまでの間は流量の少ない減水区間となっている。減水区間には藤川と立川の 2 本の主要な支川があり、このうち立川ではその途中で発電用水を取水し、先の棚野ダムまで導水しているため、平水時の合流流量はきわめて少ない。また、2001 年度からは減水区間の維持流量を確保するために、正木ダム貯水池から維持放流 ($0.3\text{m}^3\cdot\text{sec}^{-1}$) が行われている。なお棚野ダムは逆調整池であるために、洪水時以外は減水区間とともに棚野ダム下流の流量の時間変動が生じないように操作されている。

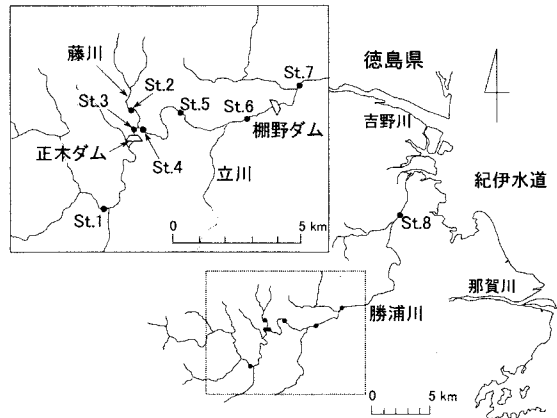


図 1 調査地点

調査は、St.1 から St.8 の計 8 地点で行なった（図 1）。St.1 は正木ダムの上流に位置し、St.2 は集落を流れ正木ダムの下流で合流する藤川に位置するため、この 2 地点はダムの影響を受けない。St.3 は正木ダムの下流かつ藤川の合流地点前に位置し、St.4 は藤川の合流地点から約 0.1m 下流に位置する。St.5, 6 は正木ダムからそれぞれ約 4.2 km, 6.9km 下流に位置する地点である。St.7, 8 は、棚野ダムからそれぞれ約 0.8km, 14km 下流に位置する。このように調査地点は、ダムの影響を受けない St.1, 2, 減水区間に含まれる St.3, 4, 5, 6, 棚野ダム下流に位置する St.7, 8 の 3 つに区分される。

2.2 調査および野外実験方法

(1) 調査方法

日平均流量データは、正木ダム管理所の管理月報をもとにした。

水質測定は、2002 年 8 月 9 日、9 月 21 日、10 月 28 日に行なった。現地で水質チェッカー（HORIBA WATER CHECK U-10）を用いて pH、電気伝導度（E.C.）を測定した。また、採水容器に河川水を入れて持ち帰り、実験室で SS（ADVANTEC 社 GS25 のろ紙を使用）、BOD（希釈法）、Chl.a（アセトン抽出法）、Pheo.a（アセトン抽出法）、 NH_4^+ （1-ナフトール法）、 NO_2^- （スルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン法）、 NO_3^- （ブルシン・スルファニル酸法）、 PO_4^{3-} （モリブデン青法）を上水試験法^{13) 14)}に従って測定した。

付着珪藻と河床材料の調査は、2002 年 9 月 20 日に行なった。付着珪藻の採取は、各地点の平瀬で容易に転石しない巨礫（直径 1m 程度）を選び、 1cm^2 のコドラート内の付着物を透明パイプとブラシを用いて全て剥ぎ取る作業を 1 つの礫で 3 回行なった。なお、転石すると珪藻群集が変化する¹⁵⁾といわれていることと、礫の転石の履歴の把握が困難なために、地点間の環境比較には容易に転石をしない、または転石の確認ができる 1m を越える礫上の付着珪藻を採取した。また、付着珪藻の付着基盤である礫上の平均流速と水深の測定も採取時に行なった。河床材料調査は、ダム建設に伴って生じるといわれている粗粒化の傾向を把握するために、平瀬を横断しながら 0.5~1m 間隔で河床（ $25\times 25\text{cm}$ ）の様子を撮影し、粒径別（2cm 以下、2~5cm, 5~10cm, 10cm 以上）の被度を求めた。

(2) 野外実験方法

付着珪藻群集の形成過程を観察するために、野外実験を 2002 年 9 月 10 日から 11 月 1 日にダムの上流の St.1, 2 と減水区間の St.4, 5 において行なった。まず、平瀬で直径約 1m の巨礫表面の付着物を全てブラシで除去し、その作業後、2~4 日ごとに試験礫上の付着物を上記の方法で試料として採取した。

採取した付着珪藻は、ブリーチ法¹⁶⁾に従って処理し、Krammer & Lange Bertalot¹⁷⁾、環境微生物図鑑¹⁸⁾に従って種を同定した。

2.3 付着珪藻の生活型

地点間での礫上の付着珪藻群集の特徴を比較するために、珪藻各種を図2に示す5つの生活型に整理し、考察した。なお、珪藻種の生活型による分類は、文献^{19) 20) 21) 22) 23)}および観察によって行なった。ここで平面付着型は、平面的な付着タイプであり、洪水や付着基盤の転がりなどの攪乱に対して耐性を持つ種が報告されている^{15) 24)}。柄付着型は、多糖類の柄を分泌し基盤に付着するタイプである¹⁹⁾。糸状、带状付着型は、糸状、带状の群体を形成するタイプであり、風波などによる攪乱を受けない地点で多く生育することが報告されている²⁵⁾。移動型は、付着機能を持つが礫上を移動しながら生活し、シルトなどの堆積作用に対して耐性を持つといわれている^{26) 27)}。浮遊型は、付着機能を持たず本来は植物プランクトンとして水中に出現する種であるが、ダムや堰などの貯水機能を持つ構造物から流下し沈降することで礫上でも観察されることが報告されている¹²⁾。

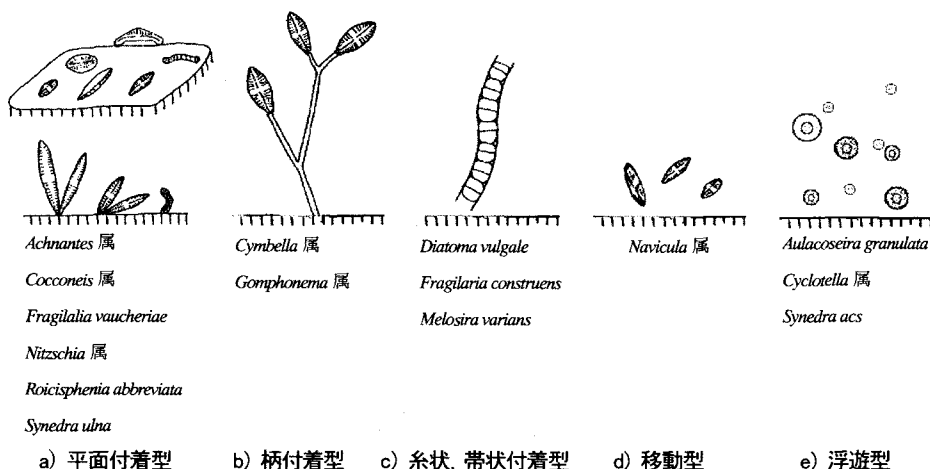


図2 珪藻の生活型²⁰⁾

3. 結果

3.1 流量と水質

図3に正木ダム上流、減水区間、棚野ダム下流における2002年の日平均流量の変動を示す。正木ダム上流では流量調整がなされないため、降雨の影響を直接受け、変動が大きい。また逆調整池である棚野ダムの下流の流量も変動は大きいものの、平常時にはゲートによって時間的な変動はないように操作されている。減水区間の流量はSt.2のある藤川などの支流からの流量と正木ダムからの維持放流量に限られており、その量は上流の約1/4程度で、かつ変動も小さい。

表1に2002年8月9日、9月21日、10月28日の3回行なった水質調査結果を最小値、最大値、平均値で示す。なお、ND(定量限界以下)の結果を含む地点の平均値は算出不可とした。有機汚濁の傾向は全地点を通して見られず、BODとSSともに環境基準A類型に相当する値であり、 PO_4^{3-} については全地点で定量限界以下(0.2mg/L以下)であった。pHの平均値は地点間に大きな差は見られなかった。E.C.や栄養塩濃度も全体に低い値を示すものの、地点間を比較すると集落の中を流れる支流にあるSt.2でE.C.、 NO_3^- が高かった。また NH_4^+ はSt.5で最も高い値が測定されたが、これはこの地点の周辺の養豚場の排水の影響を受けたものと考えられるが、特定はできていない。Chl.aとPheo.aは、正木、棚野ダムの下流に位置する

St.3, 7 で高い値を示したものの、流下するにしたがって減少する傾向が見られた。これはダム湖で増殖した植物プランクトンが供給され、徐々に河床に沈降したためと思われる。ダム湖で植物プランクトンが増殖し、その湖水の影響を下流の河川が受けていることは、ダムからの距離が近い St.3, 7 の NO_3^- の値が低くなっていることからわかる。

3.2 河床材料

図4に、観察対象の河床全体を100%とし粒径2cm以下の砂粒子から順にその被度を累積した、河床材料の粒径加積被度を示す。ダムの影響を受けない地点にある St.1, 2 の河床材料の構成は似ており、10cm以上の礫の被度がそれぞれ47.9, 42.4%であり、2cm以下の砂粒子の被度がそれぞれ38.6, 43.1%であった。減水区間で正木ダムに近い St.4 では、粒径が10cm以上の礫が89.7%を占め、2cm以下の砂粒子は1.8%とダムの影響を受けない St.1, 2 と比較して河床の粗粒化が生じていることがわかる。減水区間にあっても St.5 では礫が67.5%を占めるものの、砂粒子の被度は26.9%と St.4 と比べると多くなっていた。さらに下流の St.6 になると砂粒子の占める割合は増加し、ダム上流の St.1, 2 と同程度の被度であった。棚野ダムの下流付近に位置する St.7 では、礫の被度は44.3%と St.1, 2, 6 と同程度であったが、砂粒子の被度は30.5%と減水区間の St.5 に次いで少ない被度であった。調査地点中で最下流に位置し、棚野ダムからの距離も遠い St.8 では砂粒子の被度は43.4%と全地点中で最も多く、河床の90.8%が10cmの礫よりも小さい粒子で構成されていた。こ

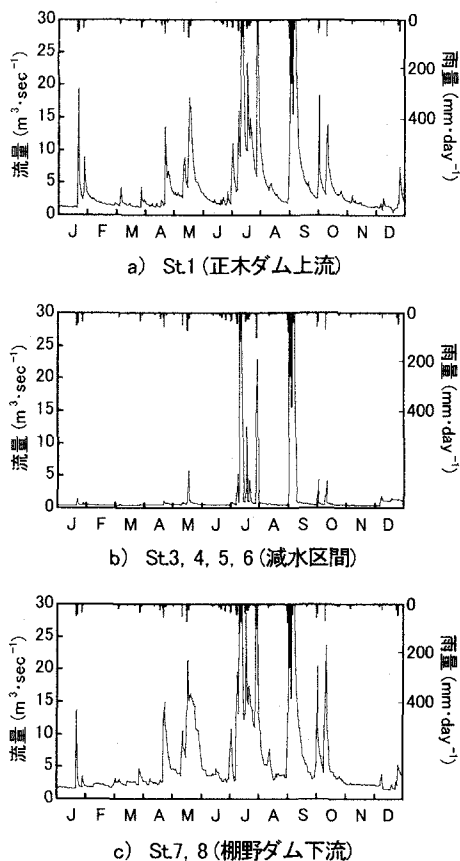


図3 2002年の日平均流量の変動

表1 水質調査結果(平均値, (最小値-最大値) n=3)

地点	BOD ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	SS ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	PO_4^{3-} ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	pH	E.C. ($\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$)	NH_4^+ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	NO_2^- ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	NO_3^- ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	Chl.a ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Pheo.a ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
St.1	1.2 (0.6-1.8)	0.6 (0.2-0.9)	- (ND-ND)	8.2 (7.8-8.6)	9.7 (8.8-11.0)	- (ND-ND)	- (ND-ND)	0.3 (0.2-0.4)	1.3 (0.9-1.8)	1.2 (0.3-2.9)
St.2	1.0 (0.6-1.5)	0.6 (0.5-0.8)	- (ND-ND)	8.1 (7.7-8.3)	12.7 (11.7-14.2)	0.03 (0.02-0.03)	0.007 (0.006-0.008)	0.9 (0.9-1.0)	2.1 (1.7-2.7)	2.3 (2.0-2.5)
St.3	1.5 (1.2-1.7)	1.6 (1.0-1.9)	- (ND-ND)	8.2 (7.8-8.9)	9.4 (8.3-11.7)	- (ND-0.03)	0.002 (0.002-0.004)	0.3 (0.2-0.3)	7.7 (4.6-11.5)	2.9 (2.1-3.4)
St.4	0.9 (0.5-1.6)	1.3 (0.8-1.9)	- (ND-ND)	7.9 (7.3-8.8)	10.7 (9.6-12.5)	- (ND-0.02)	0.003 (0.003-0.003)	0.6 (0.4-0.7)	3.6 (2.8-4.2)	2.0 (0.9-3.2)
St.5	1.3 (1.2-1.4)	1.2 (0.8-1.6)	- (ND-ND)	8.4 (8.1-8.9)	11.3 (10.2-13.2)	- (ND-0.05)	0.003 (0.002-0.004)	0.5 (0.4-0.5)	2.6 (1.3-4.0)	1.9 (0.2-2.8)
St.6	1.4 (1.0-1.9)	0.6 (0.2-0.9)	- (ND-ND)	8.3 (7.9-8.8)	11.0 (10.1-12.4)	- (ND-0.03)	- (ND-0.003)	0.6 (0.5-0.8)	2.8 (1.0-4.1)	1.7 (0.5-4.1)
St.7	1.1 (0.8-1.4)	1.6 (0.5-2.7)	- (ND-ND)	8.0 (7.7-8.2)	9.4 (8.6-10.4)	- (ND-0.02)	0.003 (0.001-0.005)	0.3 (0.2-0.3)	6.7 (2.5-11.9)	2.3 (1.2-3.8)
St.8	1.2 (0.8-1.5)	0.7 (0.4-0.9)	- (ND-ND)	7.1 (6.9-7.4)	11.6 (10.8-12.3)	- (ND-0.03)	- (ND-0.003)	0.6 (0.4-0.7)	2.3 (1.1-4.2)	1.4 (0.5-2.5)

これらの河床材料の中で粒径 2cm 以下の砂粒子の被度とダムとの位置との関係を図 5 にまとめたが、これからもダムからの距離が近いほど砂粒子も少なくなる傾向が見られた。

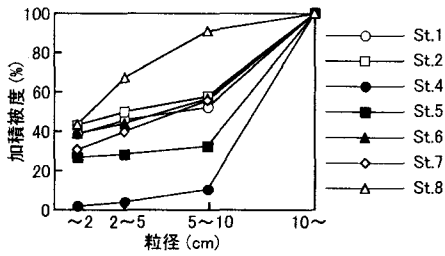
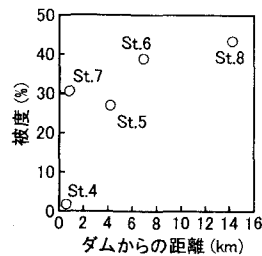


図 4 河床における粒径加積被度



* ダム上流の St.1, 支流の St.2 の値は、それぞれ 38.6, 43.1%

図 5 ダムからの距離と砂粒子の被度との関係

3.3 珪藻群集の種組成

図 6 に各地点の礫上の珪藻密度を示す。正木ダム直下の St.3 で珪藻密度は最も高く、流下するにしたがって減少した。これは正木ダム湖から珪藻が供給され、沈降した結果と思われる。また正木ダム上流の St.1 で比較的高密度であったことと、St.3 と同様にダム下流にあるにも関わらず St.7 では珪藻密度が低かったが、その理由については現段階では明らかにされていない。

種数は全地点で 56 種類出現した。表 2 に各地点における付着珪藻の優占種の相対頻度を示し、この結果をもとに各地点をクラスタリング(平方ユークリッド距離, Ward 法)した結果を図 7 に示す。ダム付近の地点であるグループ I (St.3, 4, 7), その下流に位置するグループ II (St.5, 6), ダムの上流およびダムからの距離が遠い地点であるグループ III, IV (St.1, 2, 8) の 4 つのグループが認められた。グループ I はダムに近い地点 (St.3, 4, 7) で構成されており、浮遊型の *Cyclotella* spp. が全

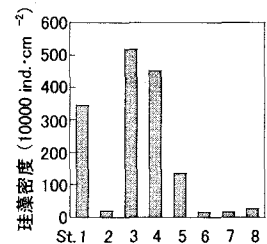


図 6 各地点の礫上の珪藻密度

表 2 各地点の付着珪藻群集の優占種

a) St.1		b) St.2	
taxa	%	taxa	%
<i>Nit.inconspicua</i>	62.2	<i>Ach.convergens</i>	72.9
<i>Ach.convergens</i>	11.9	<i>Cym.turgidula</i>	5.9
<i>Nit.palea</i>	6.5	<i>Nit.palea</i>	3.6
<i>Gom.parvulum</i>	3.5	<i>Nit.fonticola</i>	3.2
c) St.3		d) St.4	
taxa	%	taxa	%
<i>Cyc.spp.</i>	33.9	<i>Cyc.spp.</i>	21.2
<i>Cym.turgidula</i>	13.2	<i>Nav.cryptocephala</i>	19.0
<i>Nit.palea</i>	11.3	<i>Nit.palea</i>	15.1
<i>Ach.minutissima</i> var. <i>minutissima</i>	10.7	<i>Cym.turgidula</i>	11.4
e) St.5		f) St.6	
taxa	%	taxa	%
<i>Nit.palea</i>	24.3	<i>Nit.palea</i>	33.5
<i>Ach.subhudsonis</i> var. <i>kraeuselii</i>	14.9	<i>Ach.convergens</i>	13.5
<i>Cym.turgidula</i>	14.0	<i>Cym.turgidula</i>	6.7
<i>Nav.cryptocephala</i>	13.3	<i>Syn.ulna</i>	5.8
g) St.7		h) St.8	
taxa	%	taxa	%
<i>Cyc.spp.</i>	36.8	<i>Nit.inconspicua</i>	60.5
<i>Cym.turgidula</i>	12.5	<i>Ach.convergens</i>	28.5
<i>Nit.palea</i>	12.2	<i>Nit.palea</i>	1.5
<i>Ach.convergens</i>	6.5	<i>Amp.pediculus</i>	1.3

個体の 21.2~36.8%で優占し、平面付着型の *Nitzschia palea* (11.3~15.1%) や柄付着型の *Cymbella trugidula* (11.4~13.2%) も比較的多い群集であった。グループⅡは減水区間の中下流 (St.5, 6) にある地点で、*Nit.palea* が優占 (24.3, 33.5%) し、次いで小型で平面付着型の *Achnanthes subhudsonis* var. *kraeuselii* が St.5 で 14.9%、同様の特徴を持つ *Achnanthes convergens* が St.6 で 13.5% の出現率であった。グループⅢはダムの影響を受けない (St.1, 2)、もしくは距離が遠く離れた地点 (St.8) で構成されており、小型で平面付着型の *Nitzschia inconspicua* が 62.5, 60.5% と優占し、次いで同様の特徴を持つ *Achnanthes convergens* が 11.9, 28.5% と優占した群集であった。グループⅣ (St.2) は、*Achnanthes convergens* が 72.9% で優占した群集であった。

3.4 生活型による分類

図 8 に同定結果を生活型で整理しその構成比を示す。ダムの影響を受けない、またはダムからの距離が遠い St.1, 2, 8 では平面付着型が優占し、その他の生活型の構成比は少なかった。ダムからの距離が比較的近い St.3, 4, 7 では浮遊型が出現し、平面付着型は少なかった。減水区間に位置する St.5, 6 では、浮遊型はほとんど見られず平面付着型の構成比がダム付近の St.3, 4 に比べて多かった。St.3 から下流に向かうに従って平面付着型が増加していたものの、St.3 から St.7 まで柄付着型や糸状、帯状付着型、移動型が比較的多く出現する傾向が見られた。なお、これをクラスタリング (平方ユークリッド距離, Ward 法) した結果は種組成と同様に、ダムからの距離と関係するようにグルーピングされた (図 9)。

次に、表 3 に生活型構成比とその地点の環境要因との関係を (1) 式で算出した Spearman の順位相関係数 (r_s) で示す。

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n^3 - n} \quad d_i^2 = (r_{xi} - r_{yi})^2 \quad \dots (1)$$

r_{xi} : 変量 x の順位 r_{yi} : 変量 y の順位 n : データ数

生活型の構成比との間に有意な相関関係 ($p < 0.05$) が見られた物理的環境要因としては、ダムからの距離、河床材料の粒径別被度が挙げられる。平面付着型の珪藻はダムからの距離が遠く河床に 2cm 以下の砂粒子が多いほど多く出現する傾向があった。これに対して、柄付着型、糸状、帯状付着型、移動型の珪藻の構成比は、河床に粒径 2cm 以下の砂粒子や 2~5cm の比較的小さな礫が減少した環境で多く出現した。浮遊型の珪藻の構成比は、河床材料との相関関係はなかったもののダムとの位置関係と関連し、ダムからの距離が近いほど多かった。

次に、生活型の構成比との間に有意な相関関係 ($p < 0.05$) が見られた水質項目として、水中の Chl.a 濃度と pH がある。水中の Chl.a 濃度は平面付着型や浮遊型の珪藻の構成比との間に相関が見られていたが、特に Chl.a と浮遊型珪藻の構成比との関係についてはダム湖から供給される珪藻の大半は浮遊型と思われることから、それらが沈降堆積した結果と思われる。また pH は一般に一次生産の活性に影響を受けるが、Chl.a と pH との相関が低い ($r_s = 0.19$) ことから水中の珪藻ではなく、付着珪藻の活性を反映した結果と推察され

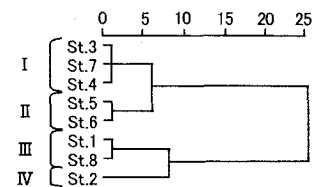


図 7 種組成による地点の分類

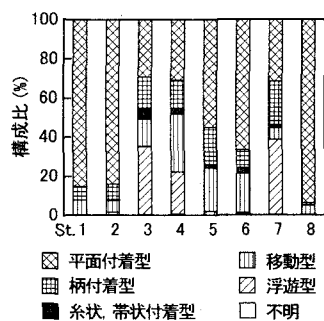


図 8 各地点の生活型構成比

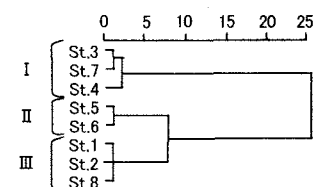


図 9 生活型構成比による地点の分類 (Ward 法による)

る。なお礫上の付着珪藻群集の生活型構成比は礫上の流速や水深、栄養塩濃度などの水質項目との間に有意な相関 ($p<0.05$) は見られなかった。特に栄養塩との関係がみられなかったことについては、全体的に濃度が低かったこととも考えられるが、珪藻の生活型の分布には水質よりも河床材料で表される物理的な要因の方が強く影響していると思われる。

表 3 生活型構成比と物理化学的環境との相関 (* : $p<0.05$)

生活型	平面付着型	柄付着型	糸状、帯状付着型	移動型	浮遊型
流速	0.52	-0.19	-0.46	-0.50	-0.29
水深	0.14	-0.21	0.13	0.71	-0.32
ダムからの距離	1.00 *	-0.54	-0.77	-0.37	-0.83 *
河床材料の 粒径別被度					
10cm<	-0.71	0.57	0.58	0.82 *	0.43
10~5cm	0.25	-0.21	-0.23	-0.75	0.00
5~2cm	0.57	-0.46	-0.76 *	-0.93 *	-0.32
2cm>	0.86 *	-0.75 *	-0.67	-0.75	-0.64
水温	-0.26	0.26	0.42	0.52	0.19
pH	-0.62	0.48	0.73 *	0.88 *	0.29
DO	-0.17	0.12	0.28	0.43	0.07
E.C.	0.54	-0.32	-0.32	0.21	-0.50
SS	-0.51	0.61	0.20	-0.10	0.59
水質					
Chl. <i>a</i>	-0.81 *	0.67	0.60	0.05	0.93 *
Pheo. <i>a</i>	-0.37	0.13	0.27	-0.28	0.51
BOD	-0.23	0.32	0.36	0.04	0.18
NH ⁴⁺	-0.23	0.33	0.42	0.27	0.20
NO ²⁻	-0.47	0.37	0.42	0.35	0.54
NO ³⁻	0.52	-0.48	-0.32	-0.19	-0.36

3.5 珪藻群集の形成過程

図 10 に現地実験期間中の日平均流量の経時変化を示す。実験期間中に、降雨による流量の増加 (▼) が 2 度見られ、正木ダムから減水区間への放流も行なわれた。これらの流量は 2002 年の日平均流量を大きい順に並び替えると 20 番目程度の規模であった。図 11 に珪藻密度の経時変化を示す。出水時に珪藻密度が減少する傾向が見られたが、流量が安定した期間にも減少する場合があった。図 12 に生活型構成比の経時変化を示す。ダムの影響を受けない St.1, 2 は、実験期間を通して平面付着型が優占しており、他の生活型の構成比が高くなることはなかった。一方、減水区間の St.4, 5 では、平面付着型は実験開始時から比較的少なく、他の生活型が多く出現し、実験開始 16 日後から糸状、帯状付着型の珪藻が増加した。さらに、移動型の珪藻についても、St.4 では実験開始から増加傾向を示し、St.5 では実験開始 28 日後から増加傾向を示した。また、全ての実験地点に共通して、出水前後で生活型構成比に一定の変化は見られなかった。

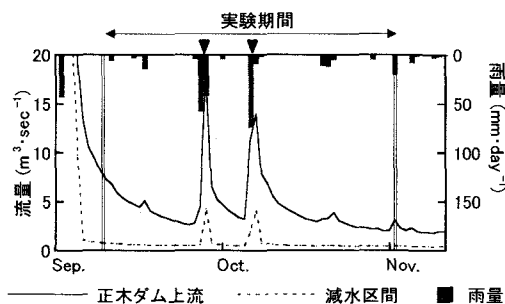


図 10 実験期間中の日平均流量の変化

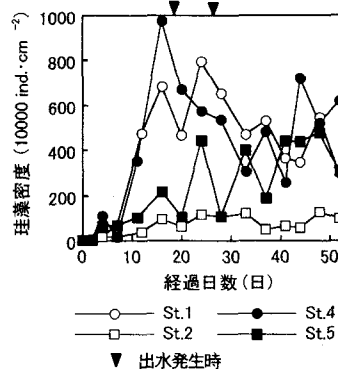


図 11 珪藻密度の経時変化

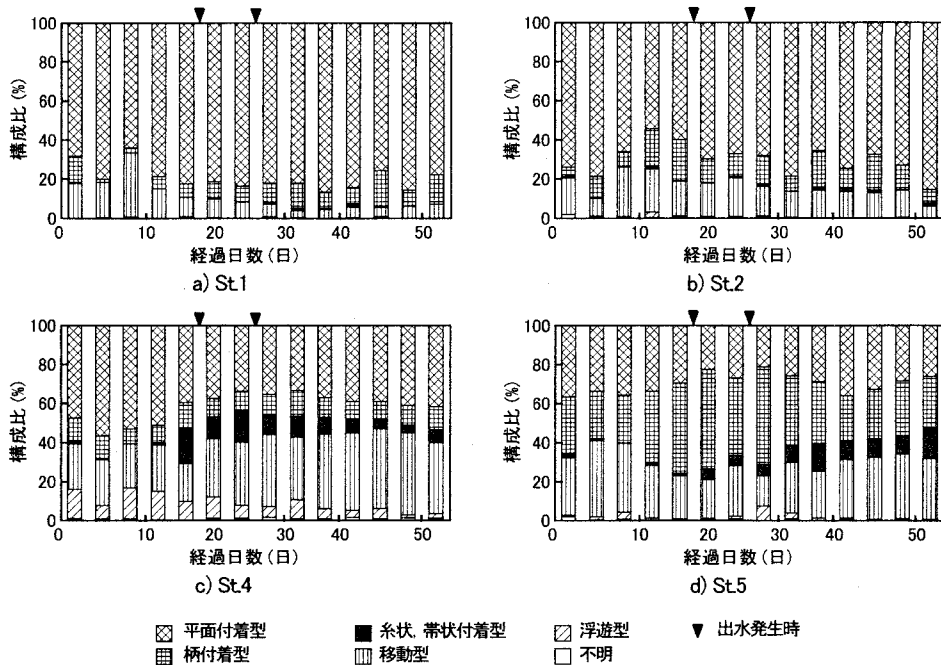


図 12 生活型構成比の経時変化

4. 考察

一般に、ダムが建設されるとその下流の河床への砂粒子の供給は減少し、礫が卓越するようになる。このような粗粒化はダムに近い所から生じるが¹⁾、本研究結果でもダムから近い地点の河床は 2cm 以下の砂粒子の被度は減少していた (図 4, 5)。ダムとの位置関係と珪藻の関係については、珪藻の生活型に見られ、ダムの上流およびダムからの距離が遠く 2cm 以下の砂粒子の被度が多い地点では平面付着型の珪藻が多い傾向にあり、ダムからの距離が近く砂粒子が減少した地点では平面付着型の珪藻は少なく、代わって柄付着型、糸状、帯状付着型、移動型の珪藻が比較的多く出現した (図 8)。

珪藻群集の遷移は陸上植物の遷移と類似し、遷移が進行するにつれて大型の端付着型や柄付着型、糸状、帯状付着型などが増加し垂直方向に群集構造が発達するといわれており^{21) 22)}、本研究でも糸状、帯状付着型がダムの影響を受けた地点で、他の生活型の珪藻より 16 日程度遅れて発達することが観察された (図 12)。また、この生活型の種は物理的な攪乱に弱いと考えられている²⁵⁾。ダムの下流で糸状、帯状付着型の発達が見られた原因として流量が制御されたことが影響すると思われる、流量変動との関係について検討したが、出水前後の種組成や生活型構成比に大きな変化は見られず、群集全体の個体密度が減少するのみであった (図 11, 12)。

一方、平面付着型の *Cocconeis* と *Achnanthes* は物理的な攪乱に対して耐性を持ち、洪水や基質の転がりなどの攪乱後に優占すると報告されているが^{15) 24)}、本研究ではそのような傾向は見られなかった。この理由として、Blenkinsopp ら²⁴⁾ は河床堆積物を混ぜた水を流し水路内で人工的な洪水を起こしているため砂粒子が水中に多く含まれ、それらが付着藻類を擦り落とすように作用したと思われるのに対し、本研究で対象とした河川では上流から供給された砂粒子がダム湖で沈降するため、ダムからの放流水には付着藻類を擦り落とす作用を持つ砂粒子が少なかったことが考えられる。実際に河床を直接観察すると、砂粒子が絶えず河床上を転がりながら流されており、これが礫面の付着物を擦り洗うように作用していると思われる。

以上のことを総合すると、河床に砂粒子が多く、礫上を擦り落とす作用に強い地点では平面付着型が優占し、ダムによって砂の供給が少なく、粗粒化し、砂粒子による礫上を洗う作用が小さくなった地点では、糸状、帯状付着型の珪藻が遷移開始から 16 日程度から現われると考えられる。

移動型の珪藻も糸状、帯状付着型の珪藻とともに増加していた。糸状、帯状付着型の珪藻が増殖すると、付着珪藻の群集は垂直方向に発達するが、このような群集内では光条件や栄養塩の摂取に有利な場は日々変化し、かつ限られる。移動能力に優れた移動型の種は、他の生活型の種に比較して、常に群集内の生息環境に適した場所を確保し、増殖することができる。このため糸状、帯状付着型の珪藻と同時に移動型珪藻も増加したと推察できる。なお、Fore ら²⁰も移動型の珪藻は他の種に比較して、懸濁物の堆積するような環境に強いと述べているが、これも環境条件の変化に応じて能動的に移動できるためと思われる。

5. 結論

本研究は、ダム建設によって生じた減水区間での礫上の付着珪藻群集の特性およびその形成過程と物理化学的環境との関係を明らかにすることを目的として、調査、野外実験を行なった。以下に、本研究で得られた結果を要約して述べる。

- (1) ダムの上流およびダムからの距離が遠く、その影響を受けない地点では、平面付着型の珪藻が優占した群集を形成するのにに対し、減水区間やダムからの距離が近い地点では、糸状、帯状付着型や移動型が比較的多く出現し、垂直方向に発達した群集構造が形成されていた。これらの群集構造と水質や物理条件との対応を検討したところ、特に河床材料との関連性が高く、粗粒化した地点ほど垂直的な付着構造を持つ種が多く出現していた。
- (2) 現地実験では、減水区間のみで、糸状、帯状付着型の珪藻が他のものよりも 16 日程度遅れて発達し、珪藻群集が垂直方向に発達していく様子が確認された。また、実験期間中に生じた流量増加に対しては、個体密度が減少したものの、その後も種組成や生活型構成比に一定の変化は見られず、実験期間中に起きた規模の出水では群集構造に影響を与える要因ではないことが示された。
- (3) 河床表層の砂利が礫面を洗う作用が珪藻群集に影響を及ぼし、ダムによって砂粒子の供給が抑制されると、その下流では垂直方向に発達した珪藻群集が形成されやすいことが示唆された。

謝辞

本研究の一部は、河川環境管理財団の河川整備基金助成（13-1-Ⅱ-2-3 号、代表 村上仁士）の援助を受けて行なわれた。また、徳島県が（社）土木学会に対し委託した勝浦川における「河川環境調査（1998-2003 年）」の一環として実施された。

参考文献

- 1) 辻本哲郎（1999）；ダムが河川の物理的環境に与える影響—河川工学及び水理学的視点から—，応用生態工学 2（2），pp.103-112
- 2) 広瀬利雄（1997）；応用生態工学 序説，pp.64-65
- 3) 中村太士（1999）；ダム影響評価の背景と課題—特集を編集するにあたって—，応用生態工学 2（2），pp.101-102
- 4) 福島悟（1995）；付着藻類の水質指標性，水環境学会誌 18（12），pp.938-941
- 5) 渡辺仁治，浅井一視（1990）；陸水有機汚濁の生物学的数量判定，関西外語大学研究論文集 52，pp.99-139
- 6) 真山茂樹（1993）；珪藻の話（7），水，51（7），pp.20-33
- 7) M.G.Kelly（1998）；Use of the trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers，Wat.Res.，32(1)，pp.236-242

- 8) 谷田一三, 竹門康弘 (1999) ; ダムが河川の底生動物へ与える影響, 応用生態工学 2 (2), pp.153-164
- 9) 佐藤陽一, 岡部健士 (2000) ; ダム設置河川における魚類相と環境特性ー徳島県勝浦川における調査からー, 環境システム研究論文集, vol.28, pp.321-330
- 10) 森誠一 (1999) ; ダム構造物と魚類の生活, 応用生態工学 2 (2), pp.165-177
- 11) 墨田勉彰, 渡辺仁治 (1985) ; 石川県梯川における赤瀬ダム建設にともなう河床付着珪藻の変化, Jpn.J.Limnol.46(1), pp.41-49
- 12) Ivor Grown (1999) ; Is genus or species identification of periphytic diatom required to determine the impacts of river regulation?, Journal of Applied Phycology 11, pp.273-283
- 13) 日本水道協会 (1978) ; 上水試験方法 1978 年度
- 14) 日本水道協会 (1993) ; 上水試験方法 1993 年度
- 15) C.T.Robinson, S.R.Rushforth (1987) ; Effects of physical disturbance and canopy cover on attached diatom community structure in an Idaho stream, Hydrobiologia 154, pp.49-59
- 16) 南雲保 (1995) ; 簡単で安全な珪藻被殻の洗浄法, Diatom 10, p.88
- 17) K.Krammer, H.Lange-Bertalot(1991) ; Süßwasserflora von Mitteleuropa
- 18) 小島貞男, 須藤隆一, 千原光雄 (1996) ; 環境微生物図鑑, 講談社
- 19) Akihiro Tuji (2000) ; Observation of developmental processes in loosely attached diatom (Bacillariophyceae) communities, Phycological Research 48, pp.75-84
- 20) 墨田勉彰 (1990) ; 北陸河川の有機汚濁に対する付着珪藻群集の種組成分析による考察 (1), Diatom 5, pp.91-109
- 21) K. D. Hoagland, S. C. Roemer, J. R. Rosowski (1982) ; Colonization and community structure of two periphyton assemblages, with emphasis on the diatoms (bacillariophyceae), Amer. J. Bot. 69(2), pp.188-213
- 22) A. Kusakabe (1988) ; Ecological study on epiphytic algae in Lake Biwa, Lake Biwa Research Institute, Otsu, Lake Biwa Study monographs 4, pp.1-61
- 23) 水野壽彦 (1993) ; 日本淡水プランクトン図鑑, 保育社
- 24) S.A.Blenkinsopp, M.A.Lock (1994) ; The impact of storm-flow on river biofilm architecture, J.Phycol. 30, pp.807-818
- 25) M.R.Luttenton, R.G.Rada (1986) ; Effects of disturbance on epiphytic community architecture, J. Phycol. 22, pp.320-326
- 26) J. L. Greenwood, T. A. Clason, R. L. Lowe and S. E. Belanger (1999) ; Examination of endopelagic and epilithic algal community structure employing scanning microscopy, Freshwater Biology 41, pp.821-828
- 27) Leska S. Fore and Cynthia Grafe(2002) ; Using diatoms to assess the biological condition of large rivers in Idaho (U.S.A.), Freshwater Biology 47, pp.2015-2037