

流量変動が生物に及ぼす影響に関する実験的検討

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE INFLUENCE TO RIVER LIFE BY FLOW VARIATION

皆川朋子¹・清水高男²・島谷幸宏³

Tomoko MINAGAWA, Takao SHIMIZU, and Yukihiro SHIMATANI

¹正会員 工修 建設省土木研究所 環境部 河川環境研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

²農博 同上 (〒501-6021 岐阜県羽島郡川島町笠田町官有地無番地 自然共生研究センター)

³正会員 博(工学) 建設省土木研究所 環境部 河川環境研究室 室長

Flow variation and floods play an important part in maintain the river ecosystem. In this study, the following things are studied in order to obtain basic informations to realize river flow management considering flood for the habitat and riverlife.

- 1) Collection and comprehension of the past informations on the relation among flood, habitat and river life, and flushing from a dam implemented recently and its effect
- 2) Survey on the flushing operation in Kyuragi Dam and the experimental rivers of Aqua Restoration Research Center (ARRC) to find the flow volume and influence on periphyton and benthos. The experimental flushing in Kyuragi Dam, stream flow was increased from 0.8m³/s to 10.7m³/s and kept 2 hours, had no influence on Chl.a of periphyton and biomass, taxa richness, index diversity of benthos. In experimental river of ARRC, stream flow was increased from 0.1m³/s to 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0m³/s and kept 20 minutes, the result showed the significant decrease of Chl.a of periphyton by floods over 1.0m³/s.

Key Words: Flow variation, flow management, periphyton, benthos, Kyuragi Dam, Aqua Restoration Research Center

1. はじめに

河川における流量変動, すなわち季節的な流量変化や小・中・大規模出水は, 生物のハビタットや自浄作用を維持し, また, 河川生物はこれに適応・進化した生活史をもっている等, 河川生態系に大きく関与している。しかし現在, ダムや堰等により流量は制御され, 出水規模・頻度の減少, 流況の安定化, さらに下流への供給土砂量の減少が生じる等, 生物及び生態系へ影響を及ぼしていることが指摘されている^{1)~3)}。

これまで河川流量管理については, 河川における流水の正常な機能を維持するために必要な流量=正常流量という考え方にに基づき, 渇水時に維持すべき流量が定められてきたが, 近年, 渇水時のみでなく1年365日を通じた流量の変動にも配慮する必要性が認識されるようになってきた⁴⁾。しかし, 河川生態系の保全を考慮した流量管理を行っていくためには, どの季節の, どのくらいの規模・継続時間・頻度の出水が, ハビタットの形成・維持や河川生物の生活史等に寄与しているのか, さらに, 流量-ハビタット-生物の関係等, 膨大な知見の集積が必要とされる。

これらを解明するための一つの試みとして, ダム下流の流量安定化に対する改善を目的とし, ダムから平常時より大きい規模の流量を一時的に放流する(以下, フラッシュ放流とする)試みが実施され, 放流の規模とハビタット, 生物, 水質等への影響が検証されている⁵⁾。このようなフラッシュ放流は, 近年, 仮説検証の中から管理方法を導き出すという順応的管理の必要性が指摘されてきている⁶⁾ことから注目されている。また, 平成10年には, 流量や出水規模とハビタット, 生物, 生態系と

の関係の解明等を目的とした実験施設である建設省自然共生研究センターが設置される等, 少しずつではあるが, それらに関する知見が集積されつつある。しかしながら, これらは個別に議論がなされており, さらに流量管理へフィードバックしていくためには, これらの情報を整理し, 新たな知見を集積するなどして定量化を図っていくことが必要となる。

本研究では, 今後の変動を加味した河川流量管理に資することを目的に, まず, これまで得られている出水が果たしているハビタット及び生物等への役割に関する知見を整理する。次に, 出水規模と生物への影響について定量化を図ることを目指し, 河床材料の移動を伴わないレベルの出水に着目し, 厳木ダムで行われたフラッシュ放流, 自然共生研究センター実験河川における人工出水を対象に, 付着藻類及び底生動物へ及ぼした影響を明らかにすることを目的とする。

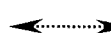
2. 出水がハビタット, 生物に果たしている役割

表-1は, 出水とハビタット, 生物に関する既往研究を収集し, 季節的な出水と生物の生活史と関連した役割や機能, 出水規模や攪乱の程度に関連したハビタット, 生物への役割や機能について整理したものである。なお, 後述する本研究で行った調査も表に含めた。

季節的な出水は, 主に春出水について, 魚類の遡上・産卵行動のトリガーとなり, また, 増水によって本川とワンドとの連続性が高まったり, 高水敷が冠水することで, 魚類がそこへ侵入し産卵する⁷⁾等, ある種の魚類の生活史にとって重要な役割を果たしている。また, 融雪出水で形成された裸地はヤナギ類の種子定着地となることが指摘されている⁸⁾。しかし, その他, 季節的な出水

表-1 出水がハビタット、生物に果たす役割

	出水時期又は出水の規模・攪乱の程度	役割・機能	文献及び研究・調査事例
季節的な出水と生物	春期	・春出水は、魚類の遡上、産卵のトリガーとなる。 ・融雪出水による裸地の形成はその後のヤナギ類の種子の定着地となる。 ・増水時にワンドや高水敷の草地などが冠水あるいは増水することにより本川と連続し、ワンドやタマリで生活史の一部として利用する生物の存続を維持	・河川下流域の魚の多くは、6月の梅雨期に増水した川の河川数の草地や湿地帯へ侵入して産卵する習性を身につけた⁹⁾ ・春出水による流量増加は、Coregoninae (コゴ 双属魚類) の孵化と流下の開始に対して最初のきっかけを与えた²⁾ ・ヤナギ類は、融雪出水の減水期に種子を分散し、融雪出水によって形成された裸地にいち早く侵入する⁸⁾ ・千曲川における1999年5月のワンド調査において、出水による本川の増水に伴い、本川とつながっているワンドに魚類が侵入し、ワンド内の魚類は増加した²⁾
	様々	・出水による種子散布、及び攪乱による種子の再分散 ⁸⁾	
出水規模とハビタット・生物	小	平常時の数倍以上の河床堆積物が掃流（フラッシュ効果）する程度の出水 →比較的軽い河床付着物や堆積物の掃流、付着藻類の剥離 →付着藻類の活性化、魚類・底生動物の餌資源としての質の向上、自濁作用の防止 →自浄作用の向上	※1 自然共生研究センター実験河川における人工出水実験（平常時流量 0.1m³/s を 0.5、1.0、1.5、2.0、3.0m³/s に増加、ピーク継続時間 20 分、出水による付着藻類剥離を把握） ※2 松浦川水系蔵木ダムにおけるフラッシュ放流（蔵木川流量 0.8m³/s→10.7m³/s に増加、ピーク継続時間 2 時間、付着藻類、底生動物への影響を把握）
	水域の攪乱	① ※1 ※2 ② ③	①木曽川水系比奈知ダム試験湛水後のフラッシュ放流（1998.3～4）ダム放流量 0.5m³/s→11m³/s に増加（約 1 ヶ月間継続）。一試験湛水時の流量減少によりが 目目は激減し、イミズ 目は増加していたが、フラッシュ放流によってその分布は試験湛水前に回復する兆候がみられた。これを、数値シミュレーションにより、流量減少によるウォッシュロードの堆積とフラッシュ放流によるそれらの除去と関連づけた ⁹⁾ ②利根川水系五十里ダムにおけるフラッシュ放流（出水期 4～7 月に 1 回/月、調査 ⁹⁾ 対象放流は 1997.5）ダム放流量 1.0m³/s→100m³/s に増加（ピーク流量継続時間：20 分）。→河床材料の移動（最大粒径約 23cm）、付着藻類は Chl-a で 1/3 に減少（緑藻・珪藻類は大きく減少、藍藻類網は残存率高い）、底生動物は早瀬・平瀬でが 目目やビ 目目が減少、深い淵では増加傾向）底質の炭素・窒素含有率が約 1/3 に低下、放流前後の水質では Chl-a 及び大腸菌群数の低下が確認された ⁹⁾ ③実験により河床材料が移動した時に顕著に、水生昆虫が流出することが把握された ¹³⁾ ・流量が安定すると極相として造網型が優占するが、出水による攪乱・流出後は、まず、遊泳型、匍匐型が回復し、その後造網型が回復し、優占種は変更する。伊勢湾台風後の大規模攪乱後の調査結果によると、台風前の状況に回復するのに 7 年を要した ²⁰⁾ ・平常時流量の 7～10 倍の出水後の南浅川における回復過程では優占無き群集→匍匐・造網型優先群集に遷移し、1 年後には洪水前の組成の群に回復 ²⁰⁾
	河床材料の移動を伴う出水	・河床材料の移動に伴う付着藻類の剥離、底生動物の変化 →優占種の変化、群集構造の変化	
	一般に、無次元掃流力 $\tau_* > 0.06$	・河床堆積物が動くことによる河床内間隙水域（河川水が河床内に浸透した水域）の溶存酸素を含んだ浸透水の維持 →河床内間隙水域生物のハビタットが維持	・水生昆虫にとって重要な河床内間隙水域を維持するために溶存酸素を含んだ浸透水の存在が必要になり、このような生息場所条件は増等の攪乱時に堆積物が動くことが必要 ¹³⁾
	大	・河床材料の移動に伴う底生動物の流出 →優占種の変化、群集構造の変化	
	2～3年に一度の規模の出水	・瀬や淵等、川の形を形成	・河道の平面形態は低水路満杯流量（平均年最大流量＝2～3年に1回の出水）くらいで規定される ¹⁴⁾
	5年に一度の規模の出水	・階段状河床型の淵の形成	・千代川上流域における階段状河床形態の淵は、約5年確率の洪水に対する階段状形態とよく対応している ¹⁵⁾
	水際域から陸域の攪乱	・冠水領域の拡大 →本川とワンドやタマリの連続性が高まり、ワンドやタマリを生活史の一部(産卵等)として利用する生物の存続を維持 ・冠水頻度 →地被状況に大きく関与	③ ・本流が増水し場合には、その周囲が冠水し、本流やワンドに住むフナ類やナマズ、ドジョウなどが冠水した場所で産卵 ¹⁷⁾ ・雫石川では冠水頻度が1～5日/年を越える場所に裸地が多い ²⁰⁾ ③コロラド川グレン・キャニオンダムにおけるフラッシュ放流(1996.3)ダム放流量 200m³/s→1,270m³/s に増加、継続時間 8 日→直径 75cm 程度の 10 個の河床材料は全て流下(平均 230m)、砂浜の形成：100ヶ所の砂浜の大きさは、10%が減少、50%が増加、40%は影響を受けない、半年後は大量の砂が川に戻されたが面積は放流前よりも広がった、河畔植生への影響：草本植物、特に一年草に有意な減少、外来植生のタマリスクの発芽の若干の抑制、魚類への影響：在来種は流れの緩やかなところに逃避、移入魚種(帰化魚)も流失せず ⁷²⁾
	水際域の浸食・堆積	・水際域の浸食・堆積による砂州の形成 ・水辺植生の保全 ¹⁸⁾ （植生遷移が進まない）	
	流路の変更及び砂州の移動	・砂州の移動に伴う植生帯が破壊 →裸地河原の再生 →河原に依存して生育生息する生物の保全	・千曲川においては、1999年8月に生じた観測史上最大規模の出水により、砂州の移動、木本類を含む植物帯の破壊・流出し、大規模な裸地河原が再生した ²⁰⁾ ・ケシヨウヤナギの種子は、流路変化などによる攪乱によって生じた砂礫裸地に先駆的に侵入することにより存続を可能にする ²⁰⁾
	数年～10数年に一度の出水	→生物多様性の維持 ¹⁹⁾	

注) 図中  は、角フラッシュ放流における影響範囲を示した。

※1、※2は、本研究で実施した調査を示した。

と生物の関係に関する具体的な知見は少ない。

出水規模とハビタット、生物へ果たす役割については、出水規模が大きくなるに従い、攪乱範囲が水域→水際域→陸域へと拡大することから、水域の攪乱及び水際から陸域の攪乱に区分して示す。

①水域の攪乱

平常時の数倍以上の比較的規模が小さい出水では、河床や水際に溜まった微細なデトリタス等が流出し、付着藻類を含む河床付着物が剥離・掃流する。これにより、付着藻類は活性化し、魚類、底生動物の餌資源としての質が向上する¹⁰⁾¹¹⁾。また、付着藻類はある一定の現存量に達すると自然に剥離・流下し、下流への自濁作用の要因になるため、出水による付着藻類の剥離は、水質の維持にも寄与している。

掃流力が $\tau_* > 0.06$ になる流量以上の出水は、河床材料の移動を伴う（河床材料が均一粒径の場合）。清水らが人工水路で行った掃流力の増加と水生昆虫の流失量に関する実験¹²⁾によると、河床材料の移動が生じると顕著な水生昆虫の流出が観測されたことにより、河床材料の移動が水生昆虫の流出に必要な条件として捉えられている。また、河床堆積物が動くことにより、溶存酸素を含んだ浸透水が供給され、水生昆虫にとって重要な河床内間隙水域が維持されることが指摘されている¹³⁾。

2年～3年に1度の規模の出水（平均年最大流量）は、河道の平面形態を規定する流量とされ¹⁴⁾、瀬や淵等の川の形をつくる流量であると考えられる。また、藤田らは千代川上流域の階段型河床形態型の淵は、5年に1度の確率の出水に対する階段型河床形態とよく対応していることを示している¹⁵⁾。

②水際域～陸域の攪乱

流量の増加に伴い冠水する領域は拡大し、平常時の本川とワンドやタマリとの連続性は高まる。傳田らは千曲川中流域に分布するワンドの冠水状況を予測し、ワンド周辺の地形的な特徴や出水の規模により冠水頻度が異なることを示している¹⁶⁾。魚介類はこの機会に侵入し、フナ類やナマズ、ドジョウは産卵するとされる¹⁸⁾。また、水際域の定期的な冠水や出水時の侵食・堆積、攪乱は、植生遷移を進ませず、水辺植生を維持し¹⁷⁾、河川の生物多様性を維持する役割をもつ¹⁹⁾。例えば、扇状地河川における砂州の移動を伴う攪乱は、植物帯を破壊し、裸地河原を再生し、本来、河原に依存して生育・生息する生物の存続に寄与している。千曲川においては、1999年8月に30年に1度の大規模出水が生じ、中流域の河口から96km-98km区間では、河道に占める裸地面積の割合が2.3%から15.2%の約7倍に増加し裸地河原が再生した²⁰⁾。

以上のように、出水規模とハビタット、生物への役割は部分的定性的にはある程度把握されているが、それらを流量管理に反映できるほど十分に定量化はなされていない。

次に、これまで実施されたダムからのフラッシュ放流でモニタリングが行われた比奈知ダム及び五十里ダム、

また、海外におけるフラッシュ放流の代表的事例であるコロラド川のグレン・キャニオンダムにおける放流が、ハビタット、生物に果たした役割について考察してみる。比奈知ダムでは、1998年（平成10年）3月～4月に、試験湛水時に減少していた流量 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ を $11\text{m}^3/\text{s}$ に増加させ約1ヶ月継続させた後、ダム建設前の平常時流量の $4\text{m}^3/\text{s}$ に戻した。辻本らは、試験湛水期間中の流量が少ない時期に微細な土砂が堆積し、フラッシュ放流によってそれらが掃流したことを数値シミュレーションで示し、底生動物の分布状況と重ね合わせハビタットが改善されたことを示した⁹⁾。五十里ダムでは、1971年より出水期の4～7月に月1回の頻度のフラッシュ放流が実施されている。角らは、1997年（平成9年）5月に実施された平常時流量 $1\text{m}^3/\text{s}$ からピーク流量 $100\text{m}^3/\text{s}$ まで増加させ約10分間継続させたフラッシュ放流についてモニタリングを行い、河床材料の移動、放流前後でChl-aや大腸菌群数が減少し水質改善効果が見られたこと、付着藻類の減少、底生動物の流出を明らかにした⁹⁾。また、グレン・キャニオンダムにおいて1996年3月に実施された放流は、平常時約 $200\text{m}^3/\text{s}$ の流量を約 $1,300\text{m}^3/\text{s}$ に増加し8日間継続させた。直径75cmの河床材料の流下、細粒土砂の移動による水際域への堆積による砂浜の形成、後背湿地等の植物への影響がモニタリングされた²¹⁾。

これらは、調査河川の河道特性や調査地点の状況、放流前の状況、放流量や継続時間、また、モニタリング項目は異なるため、放流の効果を比較することは難しい。しかし、放流の影響は、比奈知ダム及び五十里ダムは、主に水域の攪乱であったのに対し、グレン・キャニオンダムは水際域までの攪乱であったことが大きく異なっている。また、水域における攪乱のうち、五十里ダムは、河床の主材料の移動を伴う規模の放流であったのに対し、比奈知ダムでは、微細土砂は流出したが主材料の移動は伴わない放流であった。河床材料が動くかどうかは、水域の攪乱におけるハビタット、生物へ与える影響を大きく支配することが予想される。そこで、本研究では、河床の主材料の移動を伴わないレベルの出水に着目する。このレベルの出水は、今後、多くのダムにおいてフラッシュ放流ができる可能性が高いことが推測されることから、出水規模とフラッシュ効果の定量的把握の必要性は高いと考えられる。

以下に、厳木ダムで実施されたフラッシュ放流及び建設省自然共生研究センター実験河川における人工出水を対象に、付着藻類、底生動物への影響に関する調査結果を示す。

3. 厳木ダムフラッシュ放流における付着藻類及び底生動物への影響

（1）厳木ダム及びフラッシュ放流の概要

厳木川は松浦川に合流する流域面積 94km^2 、流路延長 23.7km の1級河川である。厳木ダムは、洪水調節を主目

的とした多目的ダムで、1975 年着工し 1987 年（昭和 62 年）に完成した。集水面積は 33.7km²（厳木川のダム率 35.9%）である。フラッシュ放流は 1998.11.30 に実施され、平常時放流量 0.11m³/s を約 40 分かけて 9.92m³/s（過去 10 ヶ年平均の年間上位 12 日目（Q₁₂）の流量に相当、平常時の約 90 倍）に増加させ約 2 時間継続させた後、平常時流量に戻した。なお、ダム直下の九州電力逆調整ダムからは約 0.7m³/s の放流が行われているため、実際の厳木川へ流下量はこれらを加え平常時 0.8m³/s、ピーク時 10.7m³/s となる。なお、フラッシュ放流の 3 日前から放流当日において降雨が記録されたが、放流当日の降雨量及び水位観測及び水質結果から、観測中の降雨による河川流量や汚濁付加への放流量に比して小さいものと考えられたため、降雨による影響は無視した。

(2) 調査方法

調査地点は河床勾配、掃流力が異なる St.1～St.3 を選定した（図-1）。各地点は厳木ダムからそれぞれ約 0.5, 2.1, 10.9km 下流地点に位置し、河床勾配は 1/35, 1/85, 1/179 である。表-2 には各地点における流量、掃流力（ $\tau = \rho g R I$, R:径深, I:エネルギー勾配であるが、ここでは R を水深, I を河床勾配で代用し求めた）の変化を示した。流量は平常時の約 13 倍（支川の流入量は無視した）、掃流力はそれぞれ、4.8, 3.7, 2.7 倍となる。

a) 付着藻類

St.1～3 の瀬において 25cm×25cm のコドラートを設置し、その中の石を全て取り出し、石の表面の付着物をブラシを用いて剥離採取した。サンプル数は各地点 3 サンプルとした。分析項目は、種、個体数、乾燥重量、クロロフィル a、強熱減量で、調査日は放流前日、放流直後、3 日後、7 日後、17 日後である。

b) 底生動物

St.2, 3 の瀬において、方形枠（25cm×25cm）付きのサーバーネット(0.25mm メッシュ)を置き、枠内の浮石を全て取り出し、その後河床を攪乱し、底生動物を小石やゴミと共にネットに流下させた。取り出した石は、表面の底生動物を歯ブラシ等を用いて剥離採取した。ネット内に流下したものは、ピンセット、バット、ふるい(0.25mm メッシュ)等を用いて底生動物をゴミや小石等と選別した。サンプル数は各地点 7 サンプルとした。分析項目は、種、個体数、種類ごとの湿重量で、調査日は付着藻類と同様である。

(3) 調査結果

a) 付着藻類への影響

図-2 に放流前後の Chl-a の平均値及び標準偏差を示す。サンプルのばらつきはかなり大きい、各地点とも放流前後による現存量の減少はみいだせない。また、細胞数、種構成においても明らかな差異は見られなかった。この理由として、放流前日の付着藻類の現存量が、放流後 10 日後、17 日後と比較してもかなり小さいこと（図-3）、また、サンプル数が少なく、かつ、ばらつきが大きいため放流の影響をみいだすには十分ではなかったことがあ

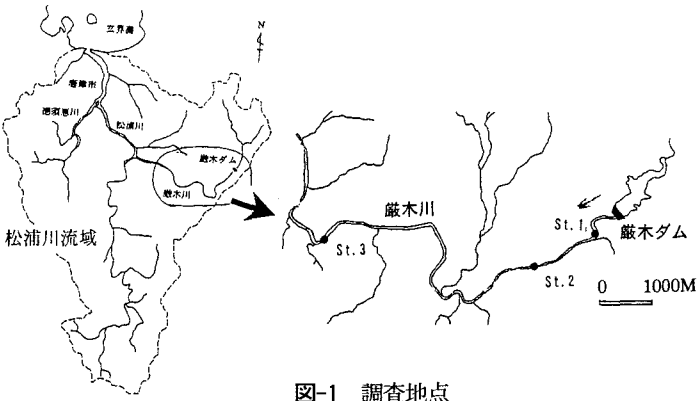


図-1 調査地点

表-2 各調査地点への影響

地点	流量の変化	河床勾配	掃流力の変化
St.1	0.8→10.7m ³ /s	1/35	47.6→226.8 N/m ² (4.8倍)
St.2	(13倍) (支川の流入は無視)	1/85	23.1→85.3 N/m ² (3.7倍)
St.3		1/179	15.9→42.2 N/m ² (2.7倍)

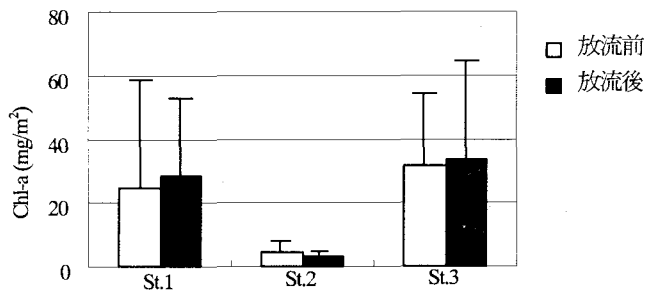


図-2 放流前後の Chl-a

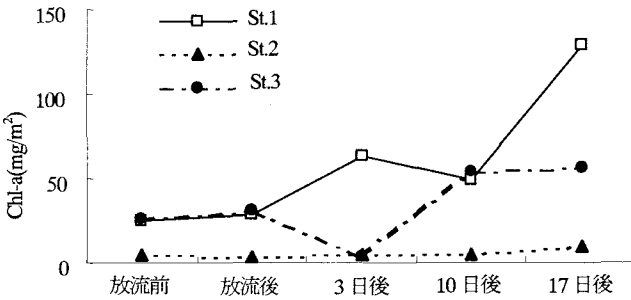


図-3 放流前日から放流 17 日後までの Chl-a の変化

げられる。

b) 底生動物への影響

放流出水前後の生物個体数の変化を図-4 に示す。全体的に通じた傾向は、放流 3 日後には出水前の群集と変化がないこと、放流直後に採集したサンプルにばらつきが大きくなる傾向があることの 2 点であった。総個体数は放流前後に大きな変化は見られないが、St.3 では放流後に若干の増加がみられた。特に顕著な増加はエリユスリカ類で観察されたが、その個体数を引いても増加の傾向は変わらず、ミズミズ類、ウスバヒメガガンボ属などにも同様に出水後に個体数が増加する傾向が現れていた。なお、現存量では放流前後にほとんど変化が見られなかった。ただし St.3 では個体数の変化と同様に、出水後に増加している傾向が見られた。St.2 では出水直後の現存

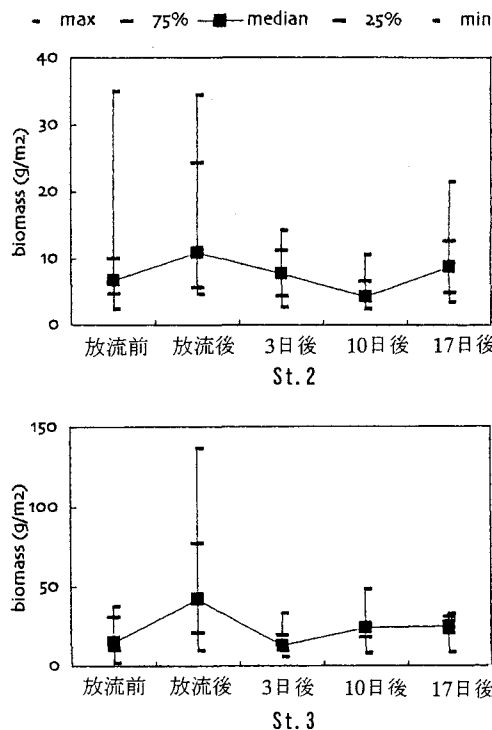


図-4 放流前日から17日後までの生物個体数の変化
底生生物個体数：サンプルの1コドラートから算出した1m²当たりの個体数。それぞれは最大・最少値、75%・25%信頼値、中央値を示す。

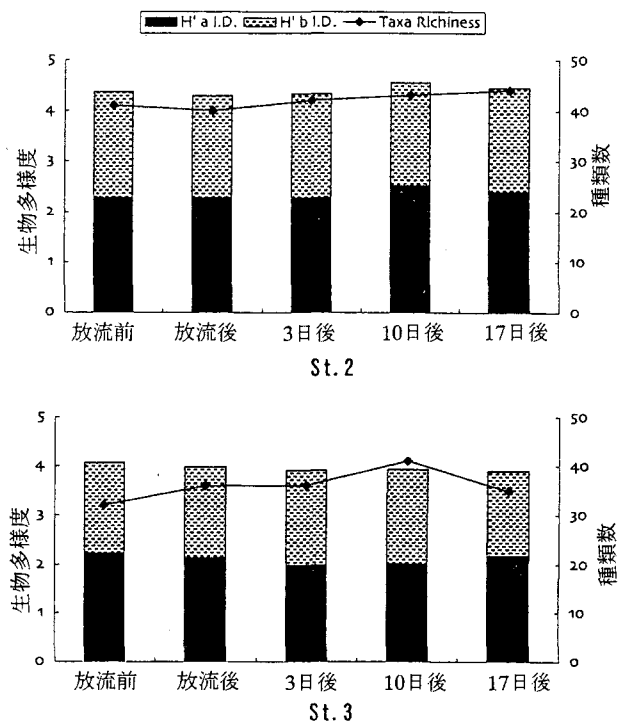


図-5 フラッシュ放流前後の生物多様性と種類数の変化
サンプル全体の種類数と個体数から算出したShannon-Wienerの生物多様度 (H': α 多様性 α -Index of Diversity; β 多様性; γ 多様性 = α 多様性 + β 多様性) を示す。

量が前後に比べ増加する傾向を示しているが、個体数の変化とは一致していなかった。

図-5にフラッシュ放流前後の生物多様性と種類数の変化を示す。出現種類数および多様度には調査期間中を通して大きな変化は見られない。全体の群集としては、ほとんど影響を受けず、出水直後にも群集多様性 (β 多様性) の値も変化していない。

以上より、今回の放流量、放流時間では底生生物の群集に影響を与える結果を伴わなかったと考えられる。清水らの水生昆虫の流失量に関する実験¹²⁾では、底質材料の移動が、水生昆虫のフラッシュに必要な条件として捉えられた。これらから、今回の厳木川のフラッシュ流量よりも流量を増加させるか、放流時間を増加させなければ底生動物群集への直接的な影響はないことが予想される。しかし、放流中において、St.3の地点でカワナ類が岸よりに移動し集中しているところが観察され、増水に対する応答と考えられた。カワナ類のような比較的移動力に優れたグループは増水と同時に活発に移動することが予想された。

(4) まとめ

厳木ダムにおけるフラッシュ放流は、付着藻類の現存量や底生動物の個体数・現存量・群集構造に変化を及ぼすものではなかったが、比較的移動性の高い底生動物の行動には影響を及ぼしたと判断される。なお、掃流力の違いによる影響の差異は見いだすことができなかった。

4. 自然共生研究センター実験河川における出水と付着藻類の剥離の関係

(1) 調査方法

自然共生研究センターには延長800m、底幅2.5m、上幅約7mの実験河川が3河川あり、うち2本(B河川、C河川と呼ぶ)は同様の形状であり、瀬・淵や蛇行区間をもつ。調査はB河川、C河川において実施した5回の人工出水実験を対象とし、出水前後で付着藻類現存量を比較することによって出水規模と付着藻類の剥離の関係を明らかにすることを目的とした。出水は平常時流量0.1m³/sを、それぞれ最大0.5~3.0m³/s(出水①~出水⑤)まで増加させ、ピーク流量継続時間はそれぞれ20分とした(表-3)。なお、ピーク時の掃流力はそれぞれ平常時の3.6倍~4.9倍の11.1~27.4N/m²である。サンプリングは、河床勾配1/200~1/400の瀬を対象に、30cm×30cmのコドラートを設置し、その中の石を全て取り出し、河床付着物をブラシを用いて剥離採取した。サンプル数は各河川5サンプルとした。

(2) 調査結果

図-6に出水前後のChl-aを示す。ピーク流量1.0m³/s(出水①)のB河川、1.5m³/s(出水②)のB、C河川、及び2.0m³/s(出水③)のB、C河川においては出水前後で有意水準1%もしくは5%で有意差が認められ、出水による付着藻類の減少が確認できた。しかし、ピーク流量0.5m³/s(出水⑤)及び3m³/s(出水④)では、有意な減少は認められなかった。その要因としては、出水④及び出水⑤の出水前のChl-a量が出水①、出水②、出水③と比較して低い値であったことが考えられる。

次に、出水時のピーク流量の規模とChl-a量の減少との関係を、有意差が認められたケースを対象にみている。

と、出水後のChl-a量は、1.0m³/s（出水①）、1.5m³/s（出水②）、2.0m³/s（出水③）で、どれもほぼ同様な値（約40～60mg/m²）まで減少しており、この範囲の流量規模による付着藻類の剥離への効果の違いはみられなかった。なお、細胞数、有機物量についても検討したが、出水による影響はChl-a量とほぼ同様な結果を示した。種構成については出水前後で大きな変化はみられなかった。

(3) まとめ

今回の結果からは、ピーク流量1.0m³/s以上（平常時流量の10倍）で付着藻類の現存量（Chl-a量）は、有意に減少することが確認された。しかし、出水前の付着藻類の現存量がそれぞれの出水実験で異なるため、出水前の現存量が少ない場合は検討が難しいことが示唆された。今後、ピーク流量1.0m³/s以下でも付着藻類が剥離するかどうか検討を行う予定である。

5. まとめ

本研究は、出水とハビタット、生物の関係に関する既往知見を整理し、次に、厳木ダムにおけるフラッシュ放流及び自然共生研究センター実験河川における人工出水による付着藻類及び底生動物へ影響について調査し以下の結果を得た。厳木ダムフラッシュ放流（平常時の13.4倍の流量）では、放流による付着藻類及び底生動物への影響をみた。その結果、付着藻類の剥離及び底生動物の群集への影響は認められなかった。また、自然共生研究センター実験河川では、瀬において、出水規模と付着藻類の剥離の関係について検討した。その結果、流量では平常時0.1m³/sの約10倍、掃流力では5倍にあたる1m³/s以上の出水で有意な付着藻類の減少が認められた。それ以下の出水規模における検討は今後の課題である。

そもそも付着藻類や底生動物は、その場の流速や水質、底質の状況に対応した種が生育・生育している。付着藻類の場合、種により付着の仕方が異なり、また同一種においても流速が小さい時は糸状を形成し形態を変え流速に対応する種もあるなど、平常時の流速等によって存在形態は異なる。そのため様々な条件で、実験的検討を積み重ねることによって、出水と生物との関係が明瞭になっていくものと考えられる。

参考文献

- 1) 足立敏之・高橋和也：ダム運用に伴う下流河川の河床状態及び底生動物群集への影響と環境影響評価の課題，環境システム研究 Vol.24, pp.336-342, 1997.
- 2) 江村敏・玉井信行・松崎浩憲：生態的フラッシュ放流に関する考察と貯水池の連結操作による流況の改善について，環境システム研究 Vol.25, pp.415-420, 1997.
- 3) 安田実・清水康生・竹本隆之：流量変動が河川環境の維持形成に果たす役割に関する研究，環境システム研究，Vol.26, pp.77-84, 1998.
- 4) 建設省河川局河川環境課：正常流量の手引き（案），1999.
- 5) 角哲也・塚原千明・柏井条介：ダムによる河川流況の変化とフラッシュ放流に関する考察，ダム技術 No.143, pp.40-51, 1998.
- 6) 辻本哲郎・増田健一・寺本敦子・田代 喬：試験放水時のダム下流河道の生息環境の変質とその復元のためのフラッシュ流量，河川技術に関する論文集，第5巻，pp.81-86, 1999.

表-3 各出水のピーク流量（平常時：流量0.1m³/s，掃流力3.1N/m²）

出水名	出水日	ピーク流量	流量比	ピーク時掃流力	掃流力比
出水①	99.2.3	1.0m ³ /s	10倍	15.5N/m ²	4.9倍
出水②	99.2.24	1.5m ³ /s	15倍	17.4N/m ²	5.6倍
出水③	99.3.17	2.0m ³ /s	20倍	20.0N/m ²	6.4倍
出水④	99.7.21	3.0m ³ /s	30倍	27.4N/m ²	8.9倍
出水⑤	99.8.19	0.5m ³ /s	5倍	11.1N/m ²	3.6倍

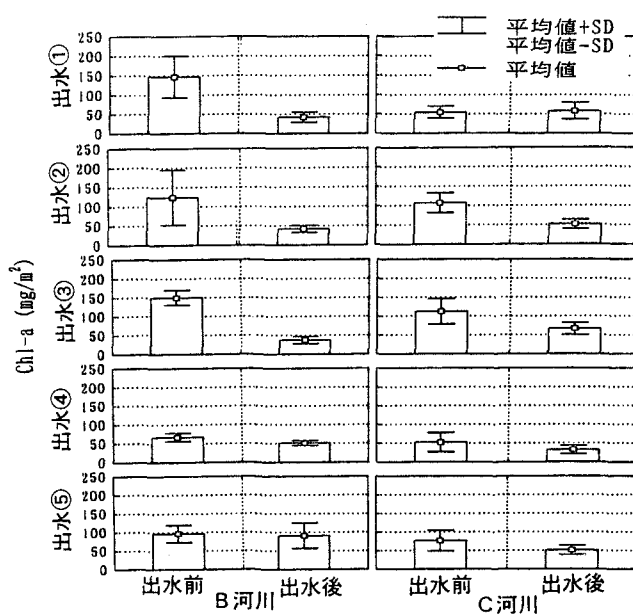


図-6 出水前後のChl-aの変化

- 7) 鷲谷いづみ：生態系管理における順応的管理，保全生態学研究 Vol.3, pp.145-166, 1998.
- 8) 中村太士：水辺林の更新動態に与えるダムの影響，応用生態工学 2(2), pp.125-139, 1999.
- 9) 片野修：新動物生態学入門，中央公論社，1995.
- 10) 全国内水面漁業共同組合連合会：魚を育む豊かな流れ～河川生物資源保全流量調査報告書～，1988.
- 11) 村上恭祥：広島県とアユ③，広報ないすいめん No.8, 全国内水面漁業連合会，1997.
- 12) 清水高男・皆川朋子・島谷幸宏：底生動物の掃流に関する基礎研究：実験水路における流量の増加と底生動物の流失量の関係，第2回応用生態工学研究会，pp.65-68, 1998.
- 13) 竹門康弘：溪流における水生昆虫の棲み場所保全，砂防学会誌，Vol.50, No.1 (210), 1997.
- 14) 山本晃一：沖積河川学，山海堂，1994.
- 15) 藤田正治・道上正規：千代川の淵の構造と魚類の生息，鳥取大学工学部報告 Vol.26, No.1, pp.181-193, 1995.
- 16) 傳田正利・萱場祐一・島谷幸宏：千曲川における後背水域の冠水頻度推定方法，応用生態工学 2(1), pp.63-72, 1999.
- 17) 片野修：ナマズはどこで卵を産むのか，創樹社，1998.
- 18) 奥田重俊・佐々木寧：河川環境と水辺植生，ソフトサイエンス社，1996.
- 19) 鷲谷いづみ：生物保全の生態学，共立出版株式会社，1999.
- 20) 建設省土木研究所河川環境研究室：多摩川，千曲川地被状況判読調査報告書，2000.
- 21) Collier M., Webb R.H. and Andrews E.D.: Experimental flooding in Grand Canyon, Scientific American, January, pp.82-89, 1997.
- 22) Naesje T, Jonsson B, and Skurdal J: Spring flood: a primary cue for hatching of river spawnig Coregoninae. Can. J. Fish. Aquat. Sci., Vol.52, No.10, pp.2190-2196, 1995.
- 23) 建設省土木研究所河川環境研究室：千曲川後背水域における魚類生態調査報告書，2000.
- 24) 津田松苗・森下郁子：河川生態系の復元力に関する調査報告書，水中環境の変化と生物相—その破壊と回復，1972.
- 25) 小倉紀雄：洪水による南浅川上流域の水生昆虫群集の破壊と現存量の遷移，洪水による南浅川上流域の水生昆虫群集の破壊と現存量の遷移，昭和60年，1985.
- 26) 萱場祐一：雫石川におけるハビタットの冠水頻度との関連について，環境システム研究 Vol.28（投稿中），2000.
- 27) 建設省北陸地方建設局松本砂防工事事務所：上高地梓川河畔林保全に関する基礎調査，1995.
- 28) 島谷幸宏：清流の維持に果たす出水の役割，清流ワークショップ講演概要集，1998.

(2000. 4. 17受付)