

◆ 特集：自然共生センターにおける研究 ◆

流量変動が河川環境に果たす役割と実験的検討 — 流量増加に伴う河床付着物の掃流と魚類の遡上について —

皆川朋子* 河口洋一** 萱場祐一*** 尾澤卓思****

1. はじめに

本研究は、今後の河川流量管理に資するため、流量コントロールが可能な実験河川を用いて、流量と河川生物や物質動態との関係を明らかにすることを目的としている。本報では、出水とハビタット及び生物との関係を示すとともに、自然共生研究センターで実施している検討の一部を報告するものである。

2. 流量とハビタット、生物との関係

河川の流量変動は河川生物の生活史やハビタットの維持に重要な役割を果たしている。出水に着目した場合、考慮すべき項目として、出水規模・継続時間・頻度、出水の時期(季節的な出水)、出水前後の流量増加の割合等があげられる。表-1は季節的な出水、出水の規模と生物、ハビタットとの関係について既往研究等を収集・整理したものである。

①季節的な出水

季節的な出水は、河川生物の生活史と大きく関連している。主に春の出水は、魚類の移動や産卵等のための遡上のきっかけとなり¹⁾、また、増水時にワンドや湿地に侵入し産卵する等²⁾、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。実験河川の取水河川である新境川(木曾川支川)では、2002年4月17日に生じた出水後の18~19日に、成熟したサイズのコイが群れをなし木曾川から新境川へ遡上し、水際及びクリークで産卵する様子が観察され、出水と産卵行動との密接な係わりがみられた。また、出水は植物にとっても、種子の分散³⁾や遷移の抑制をもたらす等、重要な役割を果たしている。例えば、融雪出水により裸地が形成され、そこがヤナギ類の種子定着地となる³⁾等、出水を戦略的に利用した生活史をもつ種もある。これらは河川を主たる生育地とした河川に依存した種である。

②出水の規模

出水規模により攪乱の程度は異なる。まず、水



写真-1 人為的に付着物や堆積物を除去した部分に集中し産卵行動をとるオイカワ

域内部への影響についてみる。

平常時の流量の数倍程度の比較的規模が小さい出水においては、付着藻類を含む河床付着物の一部が剝離・掃流によって、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^{4),5)}。また、河床間隙に溜まったシルトや砂等の微細な土砂等が流出し、浮石が維持される等、良好な底質環境が保たれる。実験河川では、河床の一部からシルトや有機物などの細粒分や河床材料の付着物を人為的に除去したところ、オイカワがその部分を産卵場として選択的に選定し産卵する様子が観察された(写真-1)。その他、出水は自浄作用にも寄与している。

河床材料が動く規模の出水においては、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⁶⁾。

2~3年に1度の規模の出水(平均年最大流量)は、河道形態を規定する流量とされ⁷⁾、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⁸⁾。

次に、水際域から陸域への影響についてみる。流量が増加すると、本川からワンドへの流入形態が変化し、堆積した泥の流出⁹⁾、水交換等によりワンド内の環境は維持される。さらに規模が大きい出水時には、砂州の移動等によりワンドは消失したり新たなワンドが創出されたりする⁹⁾。また、

The Ecological Function of Flow Regime and Experimental Studies on the Detachment of Periphyton and Ascension of Fishes with the increase of Flow

表-1 出水と生物、ハビタットの関係

要素	役割	具体的事例	
季節的な出水	魚類	・魚類の行動(産卵、移動等)のトリガーとなる	・春出水による流量増加は、 <i>Coregoninae</i> (コレゴヌス属魚類)の孵化と流下の開始に対して最初のきっかけを与えた ¹⁾ ・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敷の草地や湿地帯へ侵入して産卵する習性を身につけた ²⁾ ・木曽川の支川の新境川では、4月中旬に生じた出水の翌日、多くのコイが遡上し、水際及びクリークで産卵する様子がみられた
		・ワンドとの連続性・種の存続	・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
	植生	・種子分散	・出水による種子散布、及び攪乱による種子の再分散 ³⁾
		・裸地の形成と種子の定着	・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 ³⁾
小 水域 ↑	河床に堆積したデトリタスや細粒土砂及び河床付着物などの掃流	・付着藻類の活性化	・付着藻類の層が厚くなると付着膜内部への光の透過が制限され、光合成速度が低下する ¹⁵⁾
		・魚類・底生動物の餌資源としての質の向上	・魚類の餌資源としての質を評価する場合、強熱減量が乾燥重量に比べて低いほど、付着物にシルトや砂などの無機物がより多く含まれていることを意味し、質は悪いとされる ⁴⁾ ・アユにとって良質の餌(藻類)を利用し得る流速の下限は瀬で20cm/s、強熱減量は50%とされている ⁵⁾
		⇔ 付着藻類の死滅	・細粒土砂が200mg/m ² になると付着藻類は死滅する ¹⁴⁾ ・細粒土砂堆積を阻止するためには、少なくとも5cm/s以上の摩擦速度が必要である ¹⁴⁾
		・浮石の維持	・間隙に堆積した細粒土砂の掃流により浮石が維持される
		⇔ サクラマス卵生存率の低下	・細粒土砂含有率の増加により透水係数が低下するとサクラマス卵の生存率が低下する、含有率20%を超えるとサクラマス卵の生存率が急激に低下し60%ですべて死滅 ¹⁴⁾
		・自浄作用の向上・自濁作用の防止	・付着藻類の現存量が最大値に達すると、剥離が生じ、これにより下流のBODやクロロフィルaが増加し自濁作用が働く
		・細粒土砂の掃流に伴う底生動物の群集構造の変化	・試験湛水時の流量減少によるウォッシュロードの堆積によりカゲロウ目は激減し、イトミミズ目は増加していたが、放流によってそれらは除去され、底生動物の布は試験湛水前に回復する兆候がみられた ¹⁹⁾
	河床材料の移動($\tau_* > 0.06$)	・河床内間隙水域の維持	・水生昆虫にとって重要な河床内間隙水域(河川水が河床内に浸透した水域)を維持するためには、溶存酸素を含んだ浸透水の存在が必要であり、このような生息場所条件は出水等の攪乱時に河床材料が動くことが必要 ⁶⁾
		・河床材料の移動に伴う底生動物の流出と群集構造の変化	・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 ²¹⁾
		⇔ 河床材料の固着	・流量が安定し造網型が優占すると、河床材料同士を固着させるため、河床材料が動きにくくなる
出水の規模	2~3年に一度の規模の出水	・瀬や淵等、河道内微地形の形成 ・河道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 ⁷⁾	
	5年に一度の規模の出水	・階段状河床形態の形成 ・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 ⁸⁾	
大 ↓ 水際域 陸域	水際域の攪乱	・水際域の浸食・堆積による砂州の形成	・1996年6月のコロラド川グレン・キャニオンダムにおけるフラッシュ放流(放流量200m ³ /s→1,270m ³ /sに増加、継続時間8日)では、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 ²²⁾
		・河岸植生の抑制	・自然共生研究センター実験河川では、流量変動あり・なしの河川で水際植物を比較したところ、流量変動がある河川は出水により植物が抑制されていた
		・水辺植生の保全 ¹⁸⁾	・河川の植生は出水による攪乱により破壊と再生が繰り返されることにより維持されている
	冠水領域・冠水頻度の増大	・本川とワンドやタマリの連続性と底質・水質等の改善	・出水時にワンドがフラッシュされ、底質の泥が割合が減少した ⁹⁾
		・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	・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 ²³⁾ ・ワンド等に生息するイタセンバラは、イシガイなどの二枚貝に産卵し、また、それらの二枚貝の幼生はヨシノボリなどの魚のひれに付着寄生し育つ
		・裸地の維持	・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 ²⁴⁾
流路の変更、砂州の移動に伴う植物の破壊	・砂州の移動に伴う植生帯の破壊による裸地河原の再生(扇状地河川)	・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が破壊・流出し、大規模な裸地河原が再生した ¹²⁾	
	⇔ 樹木の侵入と増加	・河道や流量の安定化(攪乱の減少)すると一年生草本⇒多年草草本⇒低木⇒高木へと遷移が進行する	
	・河原に依存する生物の保全	・ケショウヤナギの種子は、流路変更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 ²⁵⁾ ・カラノギクは、川の氾濫により植被や土壌を剥がれた礫質の河原に種子が供給されると、新たな個体群の発達が始まる ²⁶⁾	
	⇔ 外来種の侵入	・冠水頻度の低下や河原全体の富栄養化などが競争力の大きい外来種の侵入・繁茂をもたらし、氾濫原植物の生育状況を悪化させる ²⁷⁾	

水際域の冠水や出水による侵食等により、水辺の植物は維持・保全される¹⁰⁾。例えば、扇状地河川においては、出水による攪乱により裸地河原が再生され、本来、河原に依存して生育・生息する生物やそれらのハビタットは維持される¹¹⁾。千曲川では、1999年8月に30年に1度の大規模出水が生じ、河口から96km-98km区間においては、河道に占める裸地の割合が2.3%から15.2%の約7倍に増加し、裸地河原が再生した¹²⁾。

以上のように、出水とハビタット、生物との関係は断片的には把握されてはいるが、流量管理に反映していくためには、さらに体系的・定量的な知見の蓄積が必要とされる。

3. 河床付着物の掃流に関する実験

3.1 流量の安定化に伴う問題

河川生態系の一次生産者としての役割をもつ付着藻類と流量との関係で顕著化している問題として、平常時流量の減少、流量の安定化、攪乱の減少に起因する糸状緑藻の繁茂¹³⁾、微細な有機物や細粒土砂の堆積とこれに伴う生物への影響があげられる。

糸状緑藻の繁茂は、基礎生産、物質代謝過程、他の生物の生息場所を大きく変えると考えられている¹³⁾。特に、珪藻・藍藻で形成された付着藻類群落を主食とするアユは、これらが付着する基質(礫)に糸状緑藻が覆い尽くされることにより、餌場が狭められる等の被害が生じる¹³⁾。

また、微細な土砂の堆積は、付着藻類に届く光量を低下させ、光合成活性は低下する¹⁴⁾。さらに、細粒土砂の堆積が200g/m²を上回ると付着藻類は完全に死滅する、細粒土砂含有率の増加に伴い透水係数は低下し、サクラマス卵は死滅するという報告もある¹⁴⁾。

また、付着物の層が薄い場合、付着物の中の付着藻類は河川水中の豊富な栄養塩類を利用して高い生産速度を示すが、流量が安定化すると層は厚くなり、内部への光の透過も制限され、平均光合成速度は低下し¹⁵⁾、基礎生産は減少する。そして、付着物はある程度厚くなると、光合成や代謝によって発生した酸素の気泡の浮力により剥離し¹⁶⁾、下流への流下により自濁作用をもたらす要因にもなる。

これらの対策のうち、糸状緑藻の除去に対して北村らは、砂利の投入によるカワシオグサ *Chadophora glomerata* 除去の有効性を実験的に示している¹⁷⁾。また、河床表面から全て剥ぎ

とすることは困難であるため、定着しないような流量管理、すなわち、糸状藻類は付着藻類群落の形成過程において最後に定着するため、遷移を生じないような攪乱を与えることも、今後検討すべき課題としてあげられる¹⁷⁾。

微細土砂の堆積に対しては、山田はこれを阻止するためには、少なくとも5cm/s以上の摩擦速度が必要であるとしている¹⁴⁾。

河床材料の付着物の剥離・掃流については、付着藻類の遷移段階や群落の構造、粘性質物の分泌による付着藻類の基質への固着状況、粘性質物による細粒土砂の結合¹⁸⁾や捕捉¹⁴⁾、堆積している細粒土砂の粒径等、付着物の違いにより必要な条件(摩擦速度、継続時間等)は異なるものと考えられる。そこで、自然共生研究センターでは、様々な河床付着物の状態を対象に、その掃流に必要な出水規模、継続時間について検討を行っている。以下に、細粒土砂を多く含んだ河床付着物を対象とした掃流に関する実験について報告する。

3.2 方法

流量を段階的に増加させ、摩擦速度及び継続時間と付着物の掃流の関係を明らかにする。表-2に実験条件を示す。対象とした付着物は、河床勾配約1/500の平瀬において、長期間、低流量(0.05m³/s)を一定に流下させた際の礫上(粒径15cm程度)のもので、砂やシルトなどの細粒土砂を多く含んでいた。流量は、0.05m³/sを0.1⇒0.25⇒0.5m³/s(摩擦速度($u_*\sqrt{g\cdot h\cdot I}$, g :重力加速度、 h :水深、 I :水面勾配)はそれぞれ5.3、6.3、7.1cm/s)に段階的に増加させ、それぞれ24時間継続させた。付着物は、各流量段階において、増加開始から3、6、24時間後に、それぞれ10個の礫を河床から取り上げ、5×5cm²の範囲からブラシを用いて採取し、乾燥重量、クロロフィルa(付着藻類の現存量を示す値として用いられる)、強熱減量、フェオフィチン(死んでいる藻類を示す)を測定した。なお、流量増加前の優占種は、珪藻の *Achnanthes subhudsonis* (マガリケイソウ)、*Melosira varians* (タルケイソウ)、*Navicula minima* (フネケイソウ)、藍藻の *Chamaesiphon* sp. (カマエシフォン)であった。

3.3 結果

図-1に各流量における増加開始から3、6、24時間後の乾燥重量、無機物量(土砂等)、有機物量、クロロフィルa、フェオフィチンを平均値と標準偏差で示す。なお、図は便宜的に、24時間後の値を次の流量増加前の値として示した。また、

図中の*、**は、一元配置分散分析において、a、b、c間にP<0.05、P<0.01で有意な差があることを示している。

0.1m³/s時(摩擦速度5.3cm/s)においては、乾燥重量及び無機物量は増減し、明瞭な減少はみられず、河床付着物は掃流していない。0.25m³/s時(摩擦速度6.3cm/s)では、3時間後に減少を示すが、この減少分は、0.1m³/s時に堆積したものと考えられる。その後は24時間後においても減少していなかった。0.5m³/s時(摩擦速度7.1cm/s)では、時間の経過とともに乾燥重量、無機物量、クロロフィルaが減少する傾向を示し、24時間後以降さらに減少する可能性が示唆された。以上から、今回対象とした付着物を掃流させるためには、0.5m³/s時、すなわち摩擦速度7.1cm/s以上を要することがわかった。しかし、実験終了後も付着物は多く残存していた。また、フェオフィチンの減少がみられなかったことから、今回の流量増加によって付着物の表層の微細な土砂や付着藻類は掃流したが、フェオフィチン(死んだ付着藻類)を多く含むと考えられる層の内部の部分は掃流されていないことが想像された。そのため、さらに出水規模を大きくする、あるいは継続時間を長くする等の検討が必要であると考えられた。現在、より効果的・効率的な河床付着物の掃流のための出水の規模・継続時間について、様々な条件の下で実験を実施している。結果は次の機会に報告したい。

4. 流量増加と魚類の行動に関する実験

2で示したように季節的な出水などの流量増加は、河川生物の生活史、例えば、産卵のための遡上行動等と密接に関係しており、今後の流量管理において、考慮すべき重要な要素であると考えられる。そこで、流量増加と魚類の遡上行動との関係に着目し、これを明らかにするための検討を行った。

表-2 実験条件

流量 (m ³ /s)	0.05	0.1	0.25	0.5
水深 (cm)	6	14.3	20.4	25.9
流速 (6割水深)(cm/s)	12.7	32.4	48.8	73.9
摩擦速度 (cm/s)	3.4	5.3	6.3	7.1
摩擦力 (N)	0.0012	0.0028	0.0040	0.0051
累積流量 (m ³)	3時間	—	1,080	2,700
	6時間	—	2,160	5,400
	24時間	—	8,640	21,600

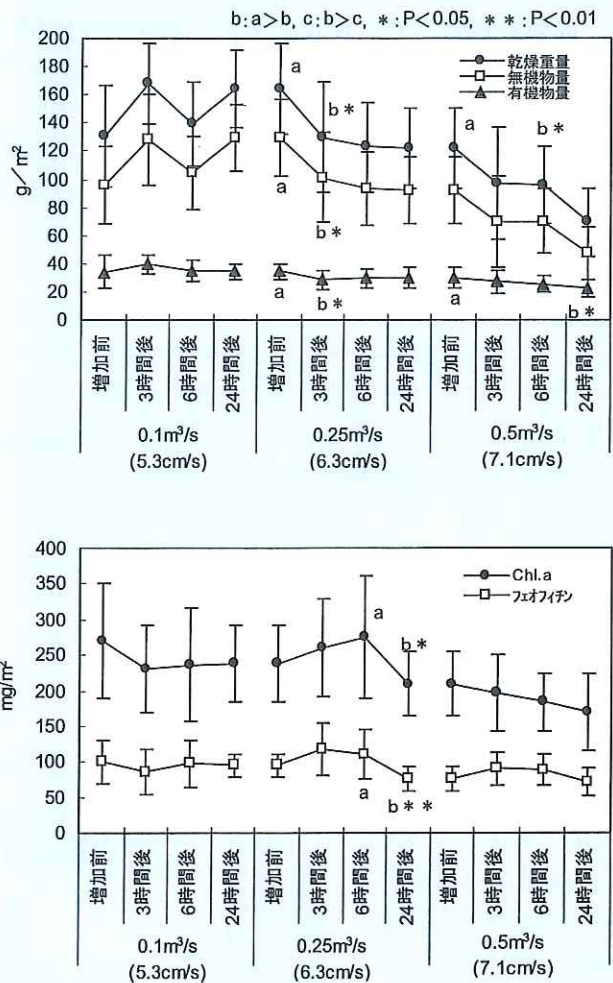


図-1 分析結果

4.1 方法

同じ形状を持つ実験河川 B 及び C において、一方を段階的に流量を増加させ (以下、流量増加河川とする)、他方は流量一定 (以下、対照河川とする) とし、終末池から実験河川に遡上する魚類を比較した。

実験は 2002 年 4 月 16~26 日に行った。流量増加河川においては 0.05m³/s を 0.1、⇒ 0.25 ⇒ 0.5m³/s に段階的に増加させ、それぞれ 24 時間継続させた。一方、対照河川には一定流量 0.05m³/s を流下させた。遡上個体の採捕は、各実験河川下流端に定置網を設置し、午前 6 時から午後 6 時まで 2 時間間隔でこれを取り上げ、個体の同定、標準体長、湿重量を測定した。また、成熟度 (精子、卵を有しているかどうか) の判別が可能なものについてはこれを行った。以上の実験を、流量増加河川と対照河川を実験河川 B と C とで入れ替え、繰り返し行った (ケース I 及びケース II)。

4.2 結果

表-3 に各実験ケースで採捕された種数、個体数、成熟が確認された種数を示す。それぞれ魚類は13~16種、甲殻類は2種が確認された。流量増加河川、対照河川における採捕個体数及び成熟種数(精子や卵を有していた種数)は、流量増加河川が対照河川を上回っていた。図-2 に優占種とそれぞれの採捕個体数を示す。優占種はシマドジョウ類、タモロコ、ヨシノボリ類であり、シマドジョウ類が最も多くそれぞれ54~75%を占めていた。これらの多くは成熟した個体であり、特にタモロコ、ヨシノボリ類はほぼ全数が成熟し、産卵期を迎えていた。図-3 にケースIにおける流量と採捕された魚類の個体数(合計)を示した。また、図-4には、ケースIで採捕されたシマドジョウ類及びタモロコの個体数(合計)を示した。流量増加河川においては、流量増加とともにシマドジョウ類及びタモロコの個体数が増加する傾向がみられた。

以上のように、流量増加河川の遡上個体数は、一定流量の河川を上回り、さらに、流量増加に伴い遡上量が増加する傾向がみられたことから、出水と産卵等のための遡上行動との関連が示唆された。しかしケースIIでは必ずしも同様な傾向が読み取れない場合もあった。魚類等生物の行動には、天候、水温、流量増加時の濁水の状態、微妙な環境条件の違い等が大きく関与していることが要因として考えられた。

5. おわりに

自然共生研究センターでは、上記の他に、流量変動と水質、物質動態、底生動物、植物等の関係についても検討している。これらについては次の機会に報告したい。

アメリカにおいては、Flow Regimeが流量の大きさ、洪水の頻度、洪水の時間などを総合的に表す言葉として用いられているが、日本においてこれらを総合的に示す言葉はなく、流量レジームと訳して使用される場合が多い。今後、これらの

表-3 採捕された種数、個体数及び成熟種数

		出現種数		個体数合計 (魚類)	成熟種数
		魚類	甲殻類		
ケースI	流量増加(B)	14	2	845	11
	4/16-20 対照(C)	13	2	725	8
ケースII	流量増加(C)	14	2	301	12
	4/21-26 対照(B)	16	2	250	8

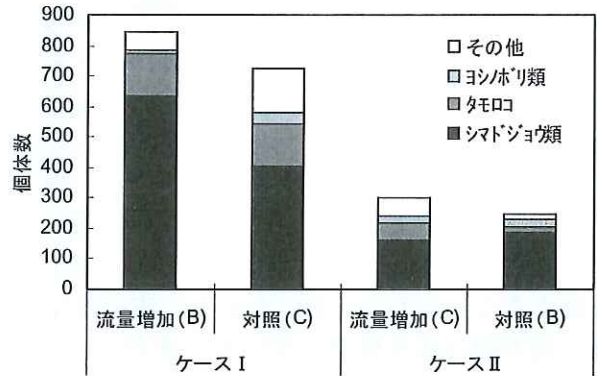


図-2 魚種構成

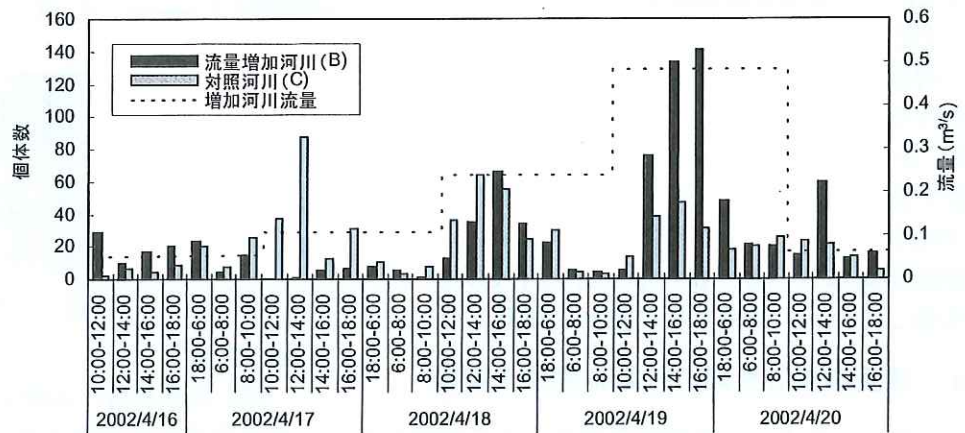


図-3 ケースIにおける流量増加と採捕個体数

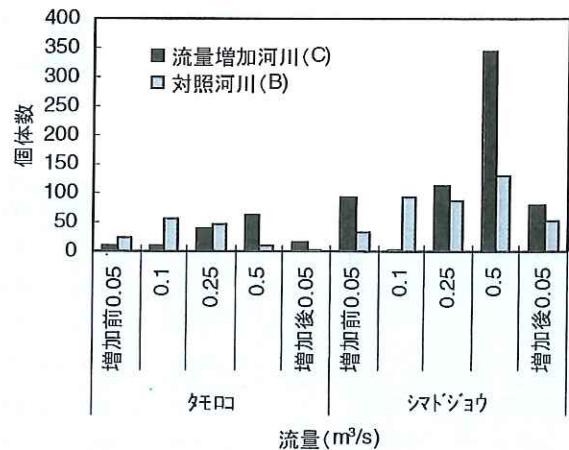


図-4 タモロコ及びシマドジョウ類の個体数

流量の要素と空間、生物等との関係について明らかにし、流量管理に反映させるための情報を得ていきたい。さらに、流量のみでなく土砂に関しても実験的検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 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, No10, pp.2190-2196, 1995.
- 2) 片野修:新動物生態学入門, 中央公論社, 1995.
- 3) 中村太士:水辺林の更新動態と与えるダムの影響、応用生態工学 2(2), pp.125-139, 1999.
- 4) ダム水源地環境整備センター:水辺の環境調査, p.359, 技報堂, 1994.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 山本晃一:沖積河川学, 山海堂, 1994.
- 8) 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.
- 9) 傳田正利:洪水のワンドへの影響と魚類群集の応答, 千曲川の総合研究, pp.666-675, 河川生態学術研究会千曲川グループ, 2001.
- 10) 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.
- 11) 皆川朋子、島谷幸宏:扇状地河川における河川の自然環境保全・復元目標の指標化に関する研究-多摩川永田地区を例に-, 環境システム研究-全文審査部門論文-, Vol.27, pp.237-246, 1999.
- 12) 皆川朋子、島谷幸宏:多摩川永田地区及び千曲川嵐橋地区における河原率にみる洪水による破壊・再生, 第4回応用生態工学研究会講演集, pp.13-16, 2000.
- 13) 野崎健太郎、内田朝子:河川における糸状緑藻の大発生, 矢作川研究所, No.4, pp.159-168, 2000.
- 14) 山田浩之:細粒土砂堆積による河床構造及び河川生物相の変化機構に関する研究, 学位論文, 2002.
- 15) 相崎守弘:富栄養河川における付着微生物群集の発達にともなう現存量及び光合成量の変化, Limnol, 41, 4 pp.225-234, 1980.
- 16) 大橋昌良、原田秀樹、桃井清至:平板上に形成される窒処理生物膜の成長過程、衛生工学研究論文集, 27, pp.45-54.1991.
- 17) 北村忠紀・加藤万貴、田代喬、辻本哲郎:砂利投入による付着藻類カワシオグサの剥離除去に関する実験研究, 河川技術に関する論文集, No.6, pp.125-130, 2000.
- 18) Graham, A. A.: Siltation of stone-surface periphyton in rivers by clay-sized particles from low concentration in suspension, Hydrobiologia, 199, pp.107-115, 1990.
- 19) 辻本哲郎、増田健一、寺本敦子、田代喬:試験淡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.
- 20) 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.
- 21) 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, とうきゅう環境浄化財団研究助成, No.77, 1985.
- 22) 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.
- 23) 片野修:ナマズはどこで卵を産むのか, 創樹社, 1998.
- 24) 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, 2000.
- 25) 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.
- 26) 鷲谷いづみ:保全生態学入門、共立出版株式会社, 1999.
- 27) 鷲谷いづみ:生物保全の生態学、共生出版株式会社, 1999.
- 28) 皆川朋子、清水高男、島谷幸宏:流量変動が生物に及ぼす影響に関する実験的検討, 河川技術に関する論文集, No.6, pp.191-196, 2000.

皆川朋子*



独立行政法人土木研究所
水循環研究グループ
河川生態チーム研究員
Tomoko MINAGAWA

河口洋一**

同 河川生態チーム科学
技術特別研究員, 学術博
Dr.Yoichi KAWAGUCHI

萱場祐一***

同 河川生態チーム
主任研究員
Yuichi KAYABA

尾澤卓思****

同 河川生態チーム
上席研究員
Takashi OZAWA