ISSN 0386-5878
土木研究所資料 第3873号



2001

平成13年度 自然共生研究センター 研究報告書

Annual Report of Aqua Restoration Research Center 2001

平成14年10月

独立行政法人土木研究所

自然共生研究センター
AQUA RESTORATION RESEARCH CENTER

土 木 研 究 所 資 料
第 3873 号 2002 年 10 月

平成 13 年度
自然共生研究センター　研究報告書

水循環研究グループ　河川生態チーム*
中部地方整備局中部技術事務所　環境共生課*

要　旨

自然共生研究センターは、自然環境と人間との共生に関する研究とその結果の普及を目的として平成 10 年 11 月に設立された。本報告書は、平成 13 年度に自然共生研究センター実験河川を用いて実施した研究課題、「流量変動の有無が及ぼす水質・生物への影響」、「河道水理と植生について」、「外来植物が及ぼす河原植物への影響」、「河川環境をテーマにした地域への学習支援」「実験河川の特性」等の成果をとりまとめたものである。

キーワード：河川環境、流量、水質、自浄作用、付着藻類、底生動物、魚類、植生、水理、外来種、河原植物、寄生虫、環境教育

*執筆者は巻末に一覧を記載した。



自然共生研究センター　全景



空から見た自然共生研究センターとその周辺


実験河川　下流部

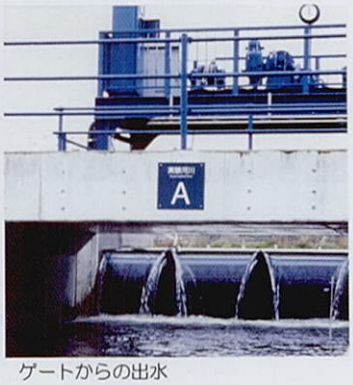

実験池


水生昆虫の調査


外から見ただけでは分からない
川の中をパネルで分かり易く説明



実験河川見学ルート



ゲートからの出水


付着藻類の調査



研究棟室内



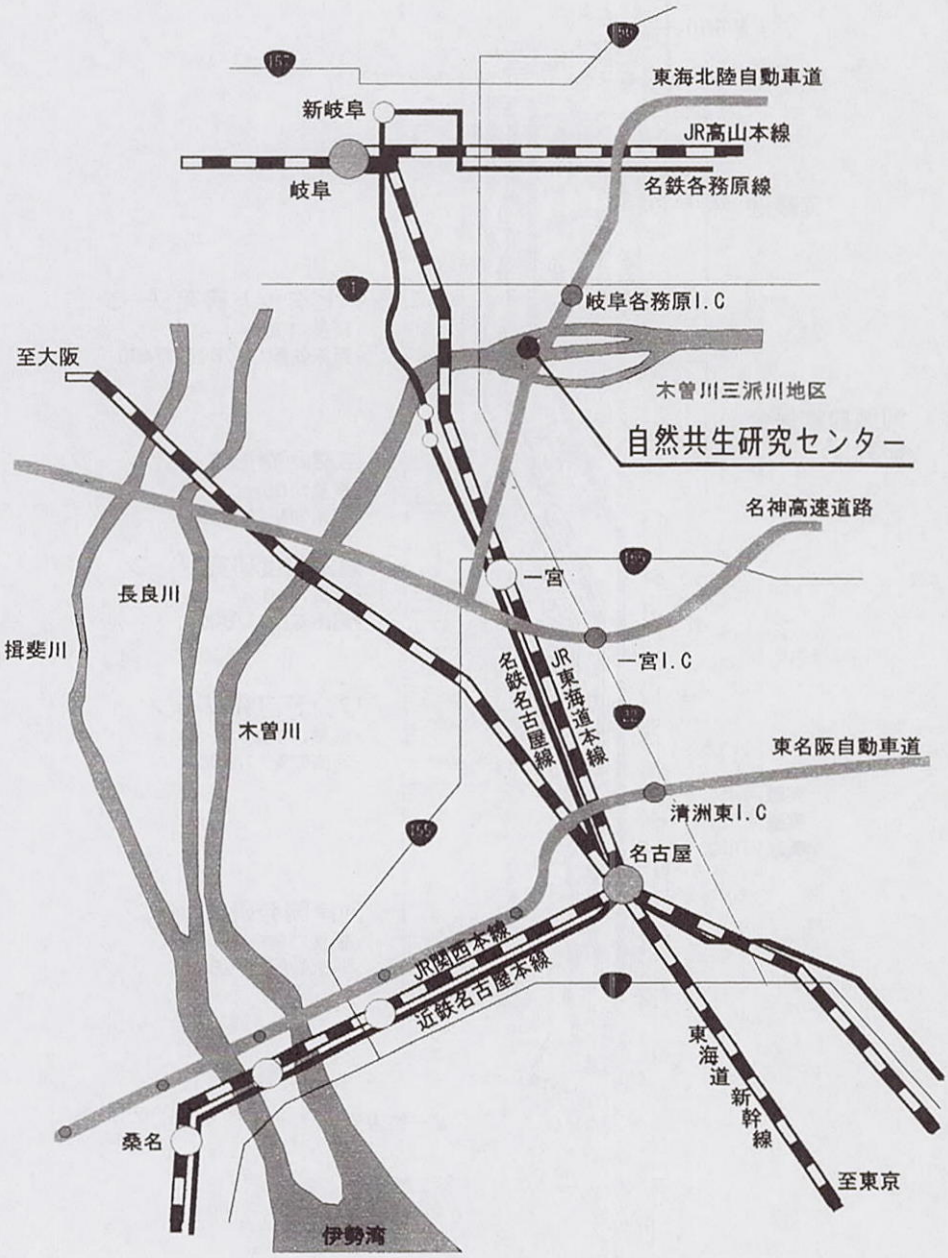
寄生虫の研究


夏の恒例行事　親子教室

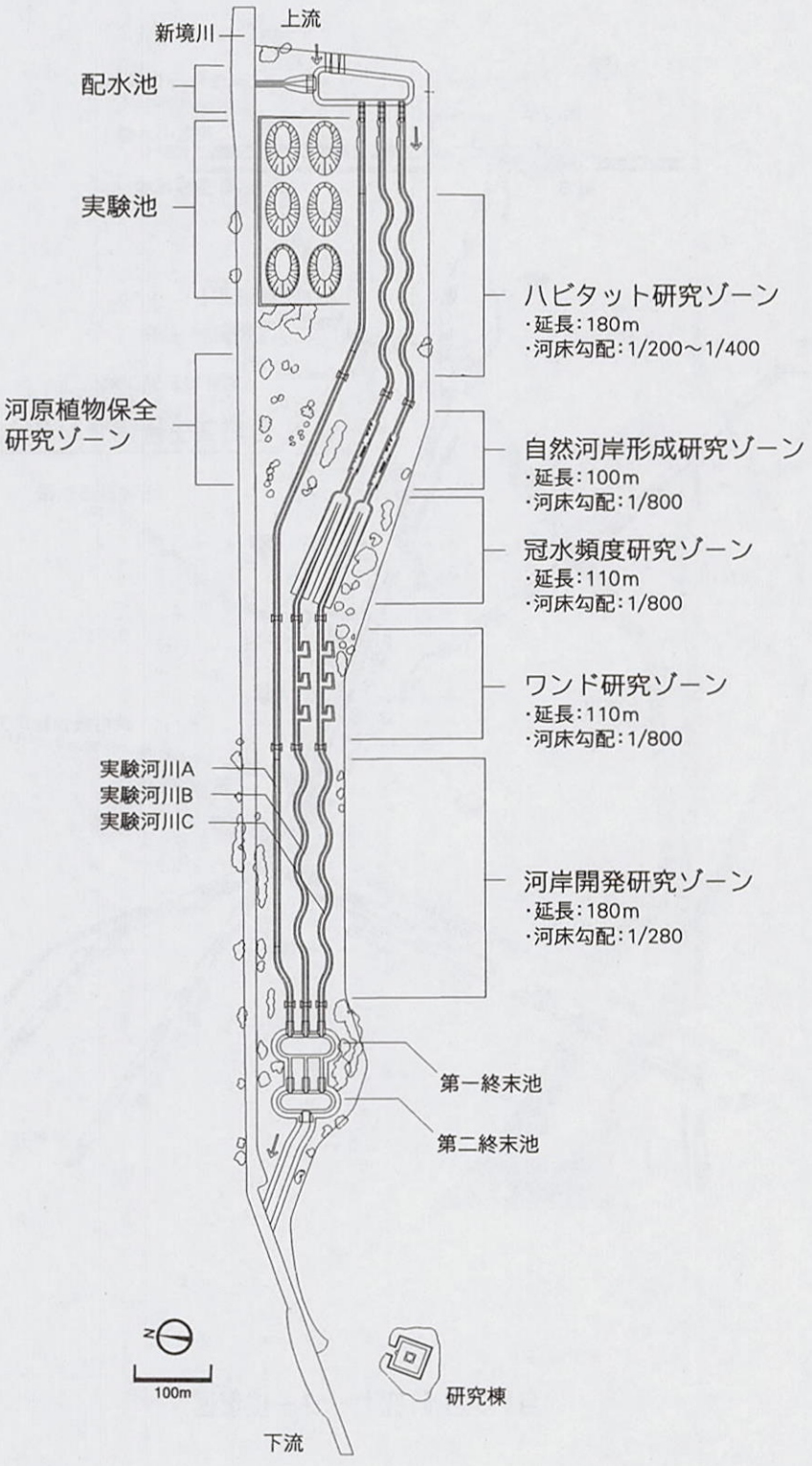


ワンド内の魚類調査

独立行政法人 土木研究所
自然共生研究センター
AQUA RESTORATION RESEARCH CENTER
Independent Administrative Institution Public Works Research Institute



自然共生研究センター位置図


新境川
上流
配水池
実験池
河原植物保全
研究ゾーン
ハビタット研究ゾーン
・延長：180m
・河床勾配：1/200～1/400
自然河岸形成研究ゾーン
・延長：100m
・河床勾配：1/800
冠水頻度研究ゾーン
・延長：110m
・河床勾配：1/800
ワンド研究ゾーン
・延長：110m
・河床勾配：1/800
実験河川A
実験河川B
実験河川C
河岸開発研究ゾーン
・延長：180m
・河床勾配：1/280
第一終末池
第二終末池
N
100m
研究棟
下流

実験施設の平面図

平成１３年度　自然共生研究センター　研究報告書

目次

第Ⅰ部　自然共生研究センター報告

１．　はじめに……1
２．　本年度の研究課題……2
３．　実験概要……4
４．　ハビタットと魚類の生息について……7
４．１　ワンドと魚類の生息状況について……7
４．２　水際域と魚類の生息状況について……15
４．３　寄生虫を指標とした魚類の移動調査……21
５．　流量変動の有無が及ぼす水質・生物への影響……26
５．１　水質への影響……31
５．２　河床付着物への影響……74
５．３　植物への影響……99
５．４　底生動物への影響……110
５．５　魚類への影響……142
５．６　まとめ……162
６．　河道の水理と植生……164
７．　外来植物が及ぼす河原植物への影響……171
８．　河川環境教育を目的とした地域への学習支援……175
９．　実験池のポテンシャル調査結果……182
１０．　実験河川の特性に関して……197
１０．１　概要……197
１０．２　実験河川の河床材料と掃流力の特性について……198
１０．３　実験河川における魚類寄生虫相とその特色……206

第Ⅱ部　活用研究者報告

Ｋ１１－１．　自浄作用の定量的評価及びメカニズムの解明……219
Ｋ１１－２．　水位変動が河床内間隔と流路周辺部の生息環境と生物群集に及ぼす影響……223
Ｋ１１－３．　わんど研究ゾーンにおける出水実験時の水交換機構に関する研究……240
Ｋ１２－１．　連接蛇かご工法による周辺植生と昆虫の誘致……246
Ｋ１２－２．　淡水域昆虫に対する多孔質コンクリートのハビタット形成と洪水後のハビタットの回復性に関する研究……250
Ｋ１２－３．　PHABSIM の評価精度に関する実証的研究……261

第Ⅰ部　自然共生研究センター報告

１．はじめに

自然共生研究センターは、河川に生息・生育する生物と河川管理のあり方とを研究する施設として平成８年度に計画、平成９年度に建設の着手、平成１０年度に開所の運びとなった。本格的な研究は平成１１年度より開始し、現在３年目となっている。

この間、河川法に河川環境の保全が明確に位置づけられただけでなく、来年度からは河川の自然再生事業も始まり、今まで失われてきた豊かな自然環境を取り戻す新しい枠組や仕組みが徐々に整備されてきている。今後、自然共生研究センターにおける研究が果たさなければならない役割もより大きくならなければならない。

個別の研究課題を通じて得られた成果も大きかったと思うが、今までの様々な調査・研究を通じて実験河川の生態的な理解が進んだことも大きな収穫であった。川幅が小さく植物の影響が過度に現れ水質現象や実験河川内の生物相を規定していること、また、河床材料の粒度分布と掃流力との関係が大河川と比べると異なり出水時の地形形成過程が支配されていること、また、実験河川は８００ｍの延長を有しているにも関わらず木曽川との間で魚類が頻繁に行き来していること、等まだまだ断片的な理解に留まっているが、様々な生態的な特性が実験河川の川幅、河床材料、セグメントの長さといった工学的な尺度との関連の中で整理されてきた。また、このような川の理解を専門家だけでなく小中学生を含む一般の方々に理解していただく研究も実施し、今後様々な人々と一緒になりながら川を考えるための技術についてもある程度の成果が得られたと考えている。

本資料は、平成１３年度に実施した研究を取りまとめ報告書としてまとめたものである。内容は平成１２年度に実施した研究を継続している部分が多いが、新たな試みとして徐々に理解できつつある実験河川の特性についての内容を試みとして取り上げた。今後各河川の個性を理解した上で河川管理を行うための技術的な発展に少しでも寄与できれば、と考えている。

このような様々な成果も、この施設に関わった研究者の熱意とアドバイザー委員会をはじめとした様々な方々の適切な助言によるところが大きい。センターに関わって頂いた皆様に深い謝意を表したい。

平成１４年１０月

（自然共生研究センター長）

萱場祐一

２．本年度の研究課題

平成１２年度は実験河川Ｂ及び実験河川Ｃを用い「流量変動の有無が及ぼす水質・生物に及ぼす影響」を研究の中心とし実験河川Ｂで一定流量を実験河川Ｃで定期的な出水を与えてきた。しかしながら、平成１２年９月の東海豪雨に伴う新境川溢水流の実験河川への流入、そして同年１２月から始まった新境川の流量減少による実験河川の冬季断水など十分な検討が行えなかった経緯がある。

平成１３年度はこのような状況を踏まえて、実験河川Ｂで定期的な出水を、実験河川Ｃで一定流量を与えて、流量変動の有無による影響を実験河川の位置を変えて再度把握することを主要な目的として実験を行った。また、このような実験条件の中で「ハビタットと魚類の生息状況との関係」に関する研究として、ワンドと魚類相との関係について検討を行った。また、実験河川Ａでは、主として植生の倒伏状況と粗度との関係について検討を行った。以下に、平成１３年度に実施した研究を基礎研究、応用研究、活用研究に分類して示す。ここで活用研究は平成１１年度と平成１３年度に公募し採択した８課題を指す。

研究計画当初5カ年					
番号	研究テーマ	サブテーマ	H13研究課題	本報告書での該当箇所	備考
基礎1	ハビタットと生物の生息に関する研究	水域及び水際域におけるハビタットと魚類の生息に関する研究(瀬・淵構造、水際植生)	実験河川内ﾊﾋﾞﾀｯﾄと魚類の生息状況との関係把握	4章2節	4章3節に「寄生虫を指標とした魚類の移動調査」をハビタットと魚類相との関係の理解を進める研究として追加した。
		氾濫原におけるハビタットと魚類の生息に関する研究(ワンドやたまり)	実験河川内のワンドにおける魚類の生息状況基礎調査	4章1節	
基礎2	数値シュミレーションモデルの向上	河道形状の変化や植生を考慮した水理モデルの構築	出水時の植生の倒伏を加味した水理計算手法の検討	6章	
基礎3	変動を加味した流量変動に関する基礎調査	流水域、水際域における影響の把握	出水が水際植生、水質、底生動物、魚類に与える影響の把握	5章水質(1節)、河床付着物(2節)、植物(3節)、底生動物(4節)、魚類(5節)	出水が流水域、水際域の沈水植物、付着藻類、底生動物、魚類に与える影響の把握 平15年に本調査を開始する。今年度の調査結果は4章2節で取り扱っている。
		氾濫原における影響の把握		―	
		土砂供給を考慮した実験		―	平15に予備実験開始
基礎4	河原植物の保全	外来種の影響	外来種の河原植物生育へ与える影響把握	7章	
基礎5	実験池における研究	沈水植物の復元手法と機能評価に関する研究	予備実験	9章	本年度は予備調査結果
応用1	水中テレメトリーの開発	魚類の行動把握テレメの開発		―	他フィールドでの研究
応用2	浸食・堆積作用を利用した復元技術の確立	自然作用を用いた復元技術	適用後の生物相及び水理量の把握	復元技術の効果に関する取りまとめ	実河川における適用と評価
応用3	新素材・新工法を用いた河岸処理技術の開発	新素材の環境機能把握	―	―	―
応用4	魚道技術の確立	魚道の性能評価手法の確立			
		＊参考魚道内の魚類の遡上行動の定量化(土研)	ﾊﾞｰﾁｶﾙｽﾛｯﾛ(水平方向の流況変化)と魚類の遊泳行動との関係把握	同左取りまとめ	取りまとめ
応用5	ｴｺﾛｼﾞｶﾙ展示に関する研究	河川関連施設の展示研究		8章	
活用1	活用研究	第1次活用研究			
活用2		第2次活用研究			

注1)「自浄作用」、「出水と魚類」、「フラッシュ効果による水質」、「冠水頻度等と植生」は基礎3「流量変動の機能」で一括して取り扱う。
注2)「ワンド等」は、基礎的な研究として、基礎1で取り扱うこととした。当面はワンドの基礎的な機能の把握を行う。
注3)「魚道技術」では参考のため土研内での研究内容を記載した。

3．実験概要

3．1　通水の状況

今年度の実験は、実験河川の改修工事終了後の平成13年5月10日より通水を開始した。5月中は、工事等の影響で実験河川の河床に堆積した細粒土砂を掃流するため、実験河川A,B,Cともに予備出水を起こし、実験河川の本格運用は平成13年6月1日からとした。基底流量は3河川とも同一で、春～秋季は100L/S、冬期（12月11日～）は50L/Sとした。

今年度の出水実験は、実験河川A及びBを対象として実施した。実験河川Aについては、水理特性と植生との関係を明らかにすることを目的として、月に1回を目安として、1㎥/sの出水を起こす当初計画とした。実験河川Bについては、出水によるインパクトを明確にすることを目的として、規模（流量及び継続時間）の大きな出水を回数を絞って与えることとした。規模の大きな出水を与えるためには、配水池に貯留してある水量だけに頼った出水では流量が不足するため、新境川増水時の流入量を見込んだ出水にする必用がある。そのため、過去の降雨データ等を元にして、実験開始当初に実験河川Bにおける出水時期や流量規模、継続時間を表3.1.1のように設定した。

表 3.1.1　実験河川Bにおける出水実験の当初設定

時期	規模	
	流量規模	継続時間
7月11日～19日	3 m³/s	24時間
8月29日～9月10日	3 m³/s	未定（7月の出水実験の結果を見て設定）
10月	2 m³/s	

この計画に基づき、平成13年度には通水期間中に出水実験を実験河川Aでは5回、実験河川Bでは4回、合計9回行った（予備出水を除く）。実験河川Bにおいては、表3.1.1に示した当初設定規模の出水を起こせなかった。その理由としては、流量規模については、河道に植生が繁茂して水位上昇が著しく橋桁に水面が到達する等の危険性があったためであり、継続時間については、出水実験の実施期間として設定した時期に新境川の水位が上昇する程度の降雨が生じなかったためである。出水実験実施日、ピーク時間、ピーク流量の一覧を表3.1.2に示す。

表 3.1.2　平成 13 年度出水実験一覧

	実施日	実験河川A		実験河川B	
		ピーク時間 (分)	ピーク流量 (m^3/s)	ピーク時間 (分)	ピーク流量 (m^3/s)
	平成 13 年 06 月 28 日	90	1.0	−	−
	平成 13 年 07 月 13 日	−	−	50*	2.5
	平成 13 年 07 月 31 日	90	1.0	−	−
	平成 13 年 08 月 23 日	90 90	0.5 1.0	−	−
	平成 13 年 08 月 24 日	90	1.5	−	−
	平成 13 年 09 月 04 日	−	−	180	2.0
	平成 13 年 09 月 28 日	−	−	180	2.0
	平成 13 年 10 月 03 日	90	1.0	−	−
	平成 13 年 12 月 05 日	−	−	10	1.5
	平成 13 年 12 月 11 日	20	1.0	−	−

*：ピーク時間を 120 分の予定としていたが、新境川から配水池への流入量が見込みより少なかったため、ピーク時間 50 分、そこからなだらかに減少する変則的な波形となった。

3．2　調査の実施状況

調査は物理調査、生物調査、水質調査、その他の調査が行われており、生物調査には植生・付着藻類・底生動物・魚類調査が含まれる。また、その他の調査としては、ラジヘリを用いた写真撮影等が行われている。今年度実施された調査カレンダーを表 3.2.1 に示す。なお、実験河川 B 第 1 回出水実験前には流下能力をあげることを目的として実験河川 B 及び C の図 3.2.1 に示す一部区間を除いて草刈を実施している。

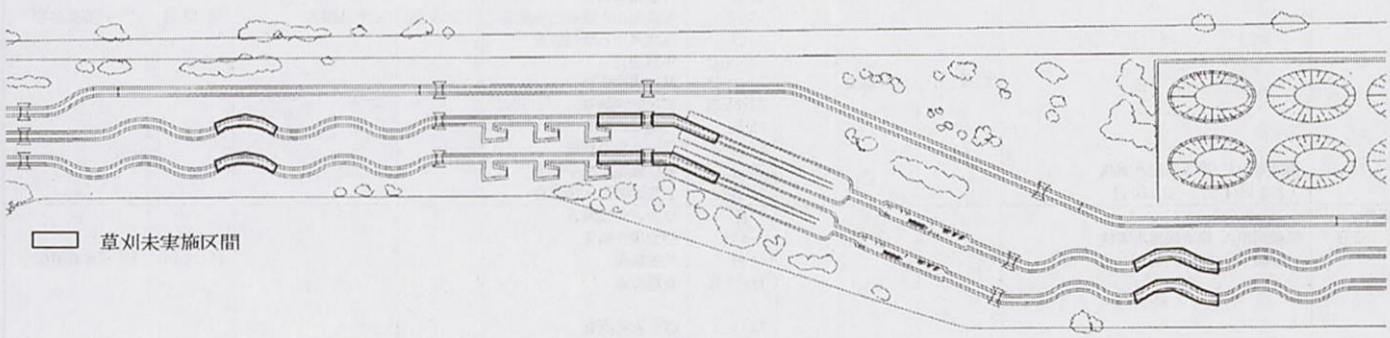


図 3.2.1　草刈未実施区間

表 3.2.1　平成 13 年度調査カレンダー

日付	出水実験等のイベント	調査項目及び時期							
		物理調査		生物調査		水質調査		その他調査等	
平成 13 年								8-9 日	ﾗｼﾞﾍﾘ写真撮影
5 月 10 日	通水開始（平常流量 0.1m³/s）								
17 日	実験河川Ｂ予備出水 2.0m³/s、ﾋﾟｰｸ 51 分								
18 日	実験河川Ｃ予備出水 2.0m³/s、ﾋﾟｰｸ 51 分								
21 日	実験河川Ａ予備出水 2.0m³/s、ﾋﾟｰｸ 51 分								
22 日	実験河川Ｂ予備出水 2.0m³/s、ﾋﾟｰｸ 51 分								
23 日	実験河川Ｃ予備出水 2.0m³/s、ﾋﾟｰｸ 51 分								
24 日	実験河川Ｂ予備出水 3.0m³/s、ﾋﾟｰｸ 30 分								
25 日	実験河川Ｃ予備出水 3.0m³/s、ﾋﾟｰｸ 30 分								
29 日	実験河川Ｃ予備出水（2ﾋﾟｰｸ）1.5m³/s、ﾋﾟｰｸ 90 分、1.5m³/s、ﾋﾟｰｸ 15 分								
30 日	実験河川Ａ予備出水 1.0m³/s、ﾋﾟｰｸ 90 分								
31 日	実験河川Ｂ予備出水（2ﾋﾟｰｸ）1.5m³/s、ﾋﾟｰｸ 90 分、1.5m³/s、ﾋﾟｰｸ 15 分								
6 月									
1 日	本格運用開始							4-5、8 日	ﾗｼﾞﾍﾘ写真撮影
28 日	実験河川Ａ 第１回出水実験								
	・1.0m³/s、ピーク 90 分							29 日	実験河川草刈
7 月				3 日	付着藻類調査	4-5 日	出水前調査	2-10 日	実験河川草刈
				9 日	底生動物調査				
				10 日	ワンド魚類調査				
					付着藻類調査				
13 日	実験河川Ｂ 第１回出水実験			13 日	底生動物調査				
	・2.5m³/s、ピーク 50 分			14 日	付着藻類調査				
				15 日	底生動物調査			16-17 日	ﾗｼﾞﾍﾘ写真撮影
				17 日	付着藻類調査	19-20 日	出水後調査	21 日	夏休み親子教室
		23 日	実験河川Ｂ河床変動量測量	24 日	ワンド魚類調査				
					付着藻類調査				
				26 日	実験河川Ａ底生動物調査	26-27 日	出水後調査		
				27 日	実験河川Ａ魚類調査				
				30-31 日	植生調査				
31 日	実験河川Ａ 第２回出水実験			31 日	付着藻類調査				
	・1.0m³/s、ピーク 90 分								
8 月				13-16 日	底生動物調査				
				14 日	付着藻類調査				
				16 日	実験河川Ａ魚類調査				
23 日	実験河川Ａ 第３回出水実験（2 ピーク）			23-27 日	植生調査	24-25 日	出水前調査		
	・0.5m³/s、ピーク 90 分、1.0m³/s、ピーク 90 分			27 日	底生動物調査				
				28 日	付着藻類調査				
24 日	実験河川Ａ 第４回出水実験			29 日	ワンド魚類調査				
	・1.5m³/s、ピーク 90 分								
9 月									
4 日	実験河川Ｂ 第２回出水実験			4 日	底生動物調査	4 日	出水調査		
	・2.0 m³/s、ピーク 180 分			4-5 日	植生調査				
				5 日	底生動物調査				
					付着藻類調査				
				6 日	ワンド魚類調査				
				7 日	底生動物調査				
				11 日	付着藻類調査				
				13 日	実験河川Ａ底生動物調査	12-13 日	出水後調査	13-14 日	ﾗｼﾞﾍﾘ写真撮影
				14 日	実験河川Ａ魚類調査				
				18-19 日	魚類調査				
		21-22 日	河床調査	19-21 日	植物実生調査				
				24-25 日	底生動物調査				
				25 日	付着藻類調査				
				27 日	ワンド魚類調査				
28 日	実験河川Ｂ 第３回出水実験			28 日	底生動物出水中調査				
	・2.0 m³/s、ピーク 180 分			30 日	底生動物出水後調査				
10 月				1 日	ワンド魚類調査				
3 日	実験河川Ａ 第５回出水実験			2-4 日	植物実生調査				
	・1.0m³/s、ピーク 90 分			14 日	植生調査			15-16 日	ﾗｼﾞﾍﾘ写真撮影
				18-19 日	魚類調査				
				24 日	底生動物調査				
		26 日	河床・水深測量	25 日	付着藻類調査				
11 月				6 日	植生調査	1 日	流下時間調査		
				9 日	植生調査				
				12-16 日	底生動物調査				
				28-29 日	魚類調査				
12 月									
5 日	実験河川Ｂ 第４回出水実験			4-6 日	底生動物調査	5 日	ワンド水質調査		
	・1.5 m³/s、ピーク 10 分			7 日	ワンド魚類調査				
11 日	実験河川Ａ 第６回出水実験								
	・1.0m³/s、ピーク 20 分							17-18 日	ﾗｼﾞﾍﾘ写真撮影
	平常流量 0.1m³/s → 0.05m³/s					21 日	ワンド水質調査		
				25-26 日	魚類調査				
平成 14 年						9 日	ワンド水質調査		
1 月						21 日	ワンド水質調査		
				24-25 日	魚類調査				
2 月									

※物理、生物、水質調査欄で特記なき場合は実験河川Ｂ、Ｃが対象

4．　ハビタットと魚類の生息について

4．1　ワンドと魚類の生息状況について

(1)　研究目的

ワンド・タマリとは、河道内の湾状あるいは池状の水域で、砂州や澪筋の移動などの自然要因で形成されるもの、水制や砂利採取など人為的要因で形成されるものがある[1)]。ワンド・タマリの定義は諸説あるが、河道内に存在する止水域のうち、平水時において流水域に開口部を有するものをワンド、平水時において流水域に開口部のないものをタマリと呼ぶ[2)]のが一般的である。本研究においては、本流から独立して池になっているものでもワンドと呼ぶ場合があるため、本川との接続状況に関わりなくワンドと呼ぶ。

ワンドの機能としては、以下のようなものが考えられる。流れの速い本流には棲めない生物たちの生息場や、産卵・繁殖の場になる[3)]とともに、仔稚魚の生育場としての機能がある。また、水質汚濁時や洪水時の避難場所としての機能もある[4)]と言われている。本川とは異なる環境は生物多様性に寄与している[5)6)]。このように、ワンドの機能は広く認知され、その役割の重要性からワンドの保全・復元等の事業が全国において多く行われている。しかし、ワンドの物理環境と生物の関係に関する知見はまだ十分得られてはいない。

本研究では、ワンド研究ゾーンを使用し、流量変動や本川との接続状況の違いが、魚類の生息にどのように影響を及ぼすのかを把握することを目的とする。

(2)　研究の方法

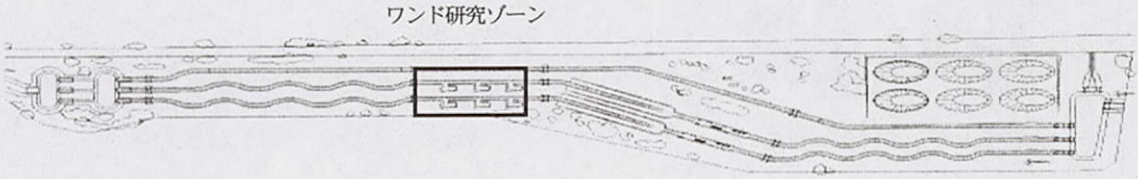


図 4.1.1　全体平面図

調査は自然共生研究センター内実験河川 B, C とワンド研究ゾーンの、大きさ・形状の同じ 6 個のワンドを使用して行った。図 4.1.1 に実験河川全体平面図およびワンド研究ゾーンの位置を示す。

図 4.1.2 にワンドの配置図を示す。それぞれのワンドの名称は、上流から下流に向かって実験河川 B のワンドは、B 上・B 中・B 下、実験河川 C は、C 上、C 中、C 下とした。本川との接続状況を変化させる目的で、B 中、C 中については、平水時は本川と接続しない構造とした。図 4.1.3 にワンド開口部の横断図を示す。開口部に河床から 30ｃｍ盛土する改修工事を、実験河川通水開始前の 4 月に実施した。残りのワンドについては、開口部の高さを本川河床と同一とした。加えて、実験河川 B に合計 4 回の流量変動を与え、実験河川 C は一定流量とした（出水実験・平常時流量の詳細については、第 3 章参照）。　以上の条件についての概略を、表 4.1.2 ワンドの概要に示す。魚類生息量調査は、出水実験前後に 6 個のワンドのみで行う出水前後調査と実験河川全体で毎月行う定期調査の 2 系統で実施した。定期調査は 9 月から約 1 ヶ月

間隔で実施した。調査区間の上下流をブロックネット（目合5mm）で仕切った後に、電気ショッカーで下流から上流に向かって行った。電気ショッカーのオペレータは1名、たも網による採捕者は3名である。1区間の採捕回数は3回であり、1回当たりの採捕時間は幅2.5m、延長15mの標準的な区間で60秒を基本とし、調査区間面積に比例して変化させた。ワンドについては、水深を考慮し1回当たり180秒とし、電気ショッカーによる3回の採捕が終了した後、ワンドの周囲から魚を追い込み投網を打つという方法を3回繰り返し、採捕した。採捕した魚類はその場で種の同定、体長及び湿重量の測定を行い、3回の採捕が終了した後に当該区間に再度放流した。ワンドの出水前後調査も同様に実施したが、投網による採捕は、第2回出水実験時調査から行った。

表4.1.2　ワンドの概要

河川名	ワンド名	流量変動		本川との接続状況	
		有り	なし	接続型	孤立型
実験河川B	ワンドB下	○	－	○	－
	ワンドB中	○	－	－	○※
	ワンドB上	○	－	○	－
実験河川C	ワンドC下	－	○	○	－
	ワンドC中	－	○	－	○
	ワンドC上	－	○	○	－

※　流量変動時のみ本川と接続

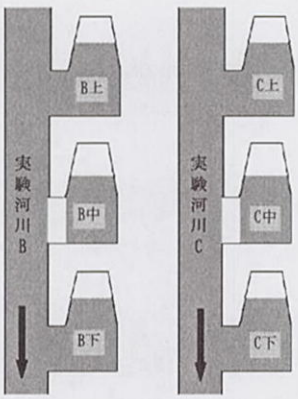


図4.1.2 ワンド配置図

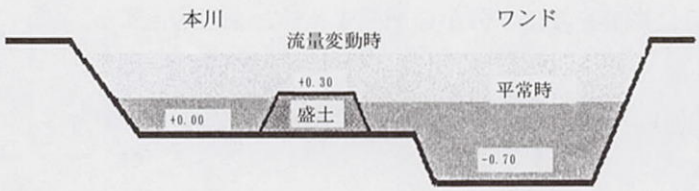


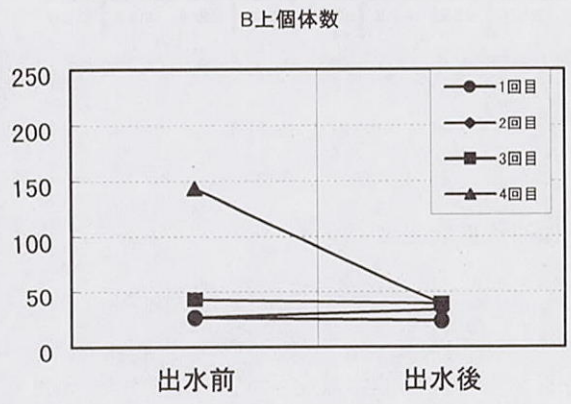
図4.1.3 ワンド開口部横断図

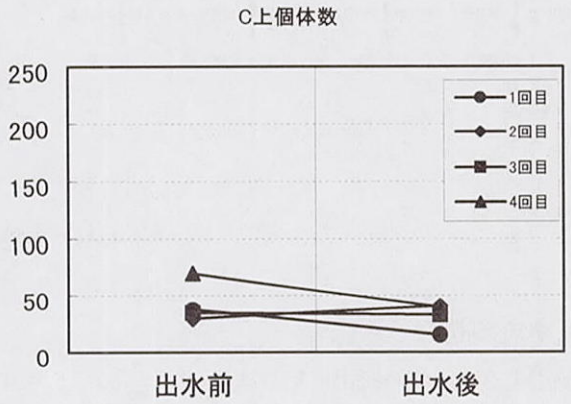
(3)　結果および、考察

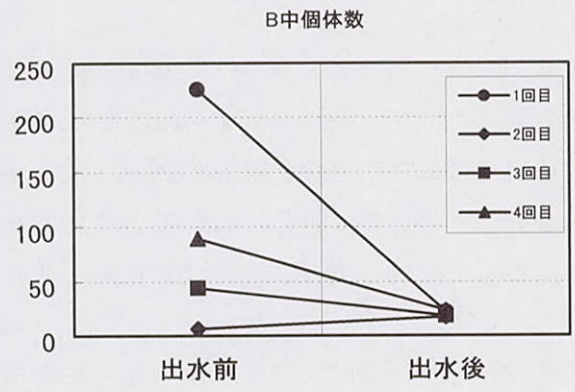
①出水前後調査

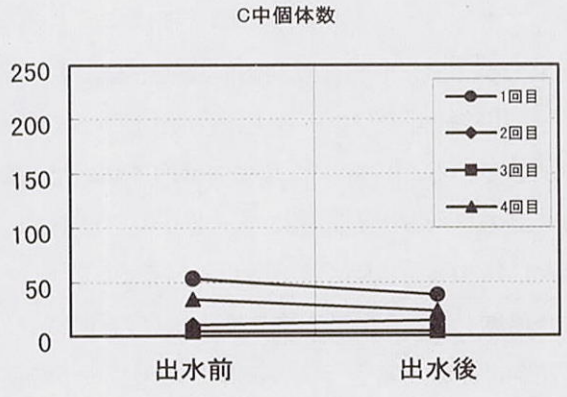
常時接続型ワンドであるB上、B下に着目すると、出水実験4回目を除き出水前後において個体数に大きな変化は認められなかった。出水実験4回目でも、流量変動の無いC下の個体数がB上、B下と同様に大きく減少していることから流量変動によるものとは考え難い。出水時のみ本川と接続するワンドについて見てみると、出水実験1回目の前後で個体数が大きく減少していることから、ワンド内に生息していた大部分の個体が出水実験中に本川へ移動したものと考えられる。出水実験前後の採捕魚種数変化を図4.1.5に示す。ワンドB上では、1回目の出水前後で魚種数は同じ。2回目と3回目の出水前後で僅かに増加したが、4回目には減少した。ワンドB下では、1回目は同数。2回目は増加し3回目は減少。4回目は同数となった。出水前後で特徴的な変化はなかった。出水時のみ本川と接続するB中では、1回目と2回目は同数、2回目、3回目は増加した。孤立型ワンドのC中では、1回目と4回目は減少、2回目は同数、

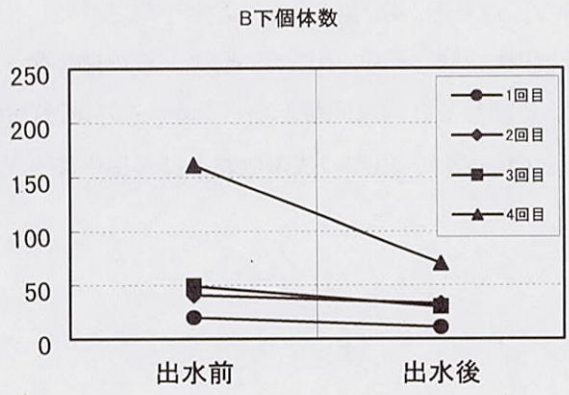
3 回目は増加したが、いずれの回も少ない種数であった。ワンドは魚類にとって、洪水時の避難場所としての機能もあると言われることから、出水実験後に個体数、または魚種数が増加する結果を予測していたが、今回の出水前後調査の結果からは、出水時にワンドが魚類の避難場所となっているという明確な結果は得られなかった。これは、出水実験時の流量、流速および継続時間が短時間だったため、出水の影響が明確に現れなかったからだと考えられる。











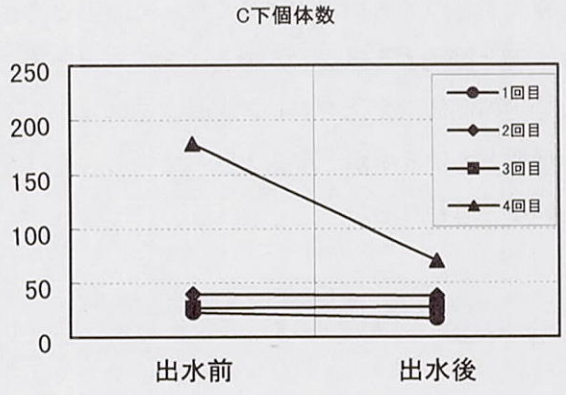


図 4.1.4-(a)　　図 4.1.4-(b)

図 4.1.4 出水実験前後採捕個体数変化

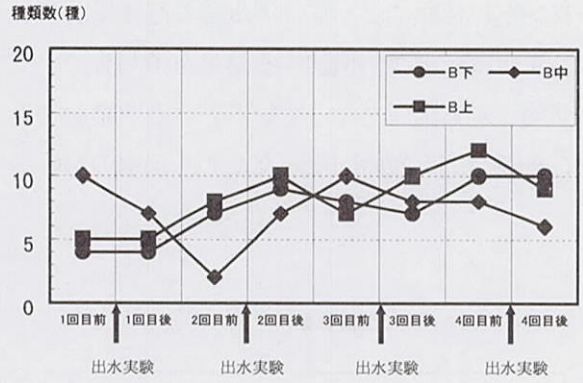


図4.1.5-(a)

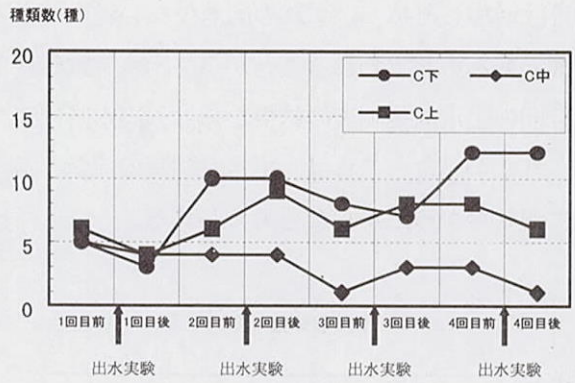


図4.1.5-(b)

図4.1.5出水実験前後採捕魚種数変化

②定期魚類調査

表4.1.2に定期魚類調査の結果概要として、本川と各ワンドの採捕個体数を示す。本川では、5目8科24種が確認された。ワンドにおいては3目5科20種が確認された。全体では5目8科26種が確認されており、アブラハヤ、ヤリタナゴの2種はワンドのみで確認された。

図4.1.6にワンド調査月別個体数変化を示す。実験河川B側のワンドでは、全ての月で閉鎖型のワンドB中を本川接続型のワンドB上、B下が上回っている。季節別の変化では、B上、B下は冬季に向かって徐々に増加している。B中は11月までは増加傾向だったが、12月には減少し、1月に若干増加している。実験河川C側のワンドでも同様にワンドC中をC上、C下が上回っている。季節別変化では、C上は12月までは徐々に増加し、1月には倍増している。C下も11月まで急激に増加し、12月に一度減少するが、1月にはまた倍増した。C中はあまり変化は見られなかった。

河川別に比較すると、実験河川B側のワンドの個体数が、実験河川C側を上回る月が多い。その理由としては、ワンド以外の部分も含めた実験河川Bの採捕個体数が、実験河川Cを上回っているため、ワンドに移入する魚類も相対的に多くなったものと考えられる。最も差が明確になることが予想された、出水時に本川と接続するワンドB中と、全く本川と接続しない孤立型ワンドC中について、月別の個体数・魚種数変化の個体数変化を表したグラフを図4.1.7に示す。魚種数で9月は同数となったが、その後は個体数・魚種数ともにB中がC中を上回っている。やはり本川との接続は、魚類の個体数および多様性にも寄与していると思われる。

表4.1.2　定期魚類調査結果概要

目名	科名	種名	本川	ワンド合計	ワンド						全体計（尾）
					B下	B中	B上	C下	C中	C上	
ウナギ	ウナギ	ウナギ	1								1
コイ	コイ	オイカワ	2321	1544	497	15	490	331		211	3865
		アブラハヤ		1						1	1
		ウグイ	2	3				2		1	5
		タモロコ	821	42	7	17	4	7	1	6	863
		モツゴ	148	127	26	24	35	20	1	21	275
		カワヒガイ	2								2
		カマツカ	395	18	8		5	5			413
		カワムツ	7	1						1	8
		ツチフキ	82	68	12	1	20	23	1	11	150
		ゼゼラ	10	2	1		1				12
		ニゴイ	259	40	13		18	5		4	299
		スゴモロコ類	25	2			2				27
		コイ	133	71	14	18	10	19	1	9	204
		フナ類	1101	558	61	116	43	155	67	116	1659
		カネヒラ	6								6
		ヤリタナゴ		6				6			6
	ドジョウ	ドジョウ	126	11		2	5	2	2		137
		シマドジョウ類	743	18	7		5	3		3	761
ナマズ	ナマズ	ナマズ	18								18
サケ	キュウリウオ	アユ	4								4
スズキ	サンフィッシュ	ブルーギル	78	219	27	12	29	60	8	83	297
		オオクチバス	18	29	2	1	5	10		11	47
	ハゼ	ヨシノボリ類	660	1		1					661
		ウキゴリ	30	4			3	1			34
	タイワンドジョウ	カムルチー	23								23
合計（尾）			7013	2765	675	207	675	649	81	478	9778
魚種数合計（種）			24	20	12	10	15	15	7	13	26

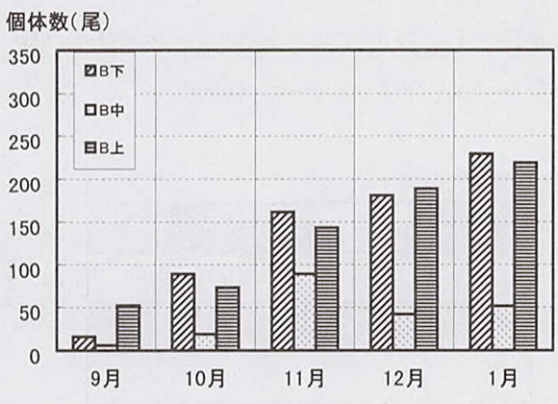


図4.1.6-(a)

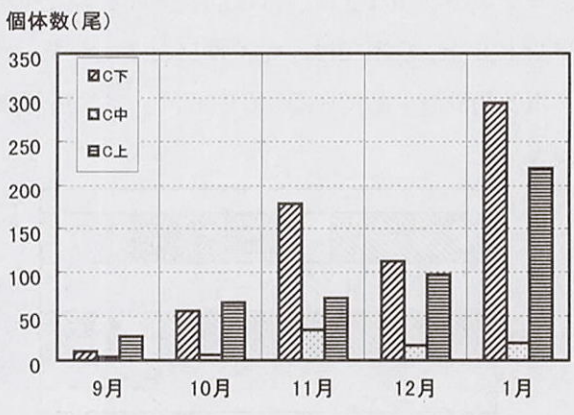


図4.1.6-(b)

図4.1.6調査月別ワンド採捕個体数変化

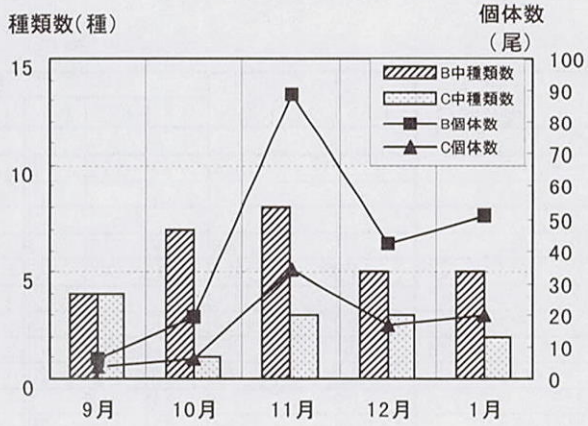


図4.1.7月別採捕個体数・魚種数変化（B中・C中）

調査期間中の採捕個体数が多い上位5種とその他に、特徴的であったブルーギルを加えた魚種構成割合のグラフを図4.1.8に示す。河川別に比較すると、実験河川Bでは、本川ではオイカワが優先するものの、フナ類、タモロコ、シマドジョウ類、ヨシノボリ類などもある程度の割合で生息している。ワンドB上、B下では、オイカワの割合が本川に比べ非常に多く、70%以上となっている。フナ類、タモロコ、シマドジョウ類、ヨシノボリ類などは本川に比べ少ない。ブルーギルは本川に比べ多い。B中では、フナ類が最も優先し、オイカワは本川に比べても非常に少ない。タモロコはB上、B下に比べ多い。ブルーギルは他のワンドと同様に割合が多い。実験河川Cでは、オイカワとフナ類が優先する。タモロコ、シマドジョウ類、ヨシノボリ類などは、ほぼ同程度の割合で生息している。

ワンドC上、C下では、オイカワとブルーギルの割合が増加し、反対にタモロコ、シマドジョウ類、ヨシノボリ類は減少している。C中では、フナ類が80%以上を占め、次にブルーギルと続く。

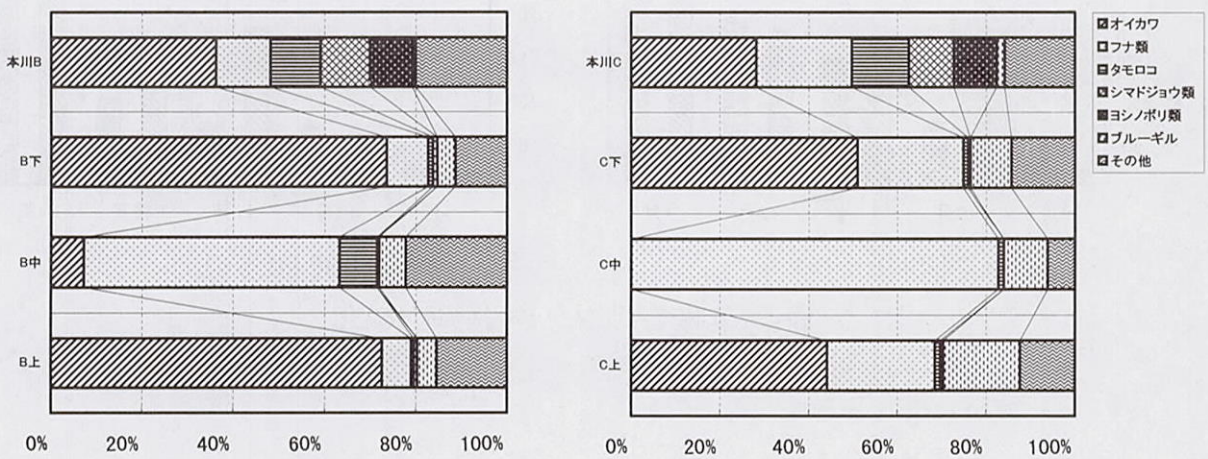


図4.1.8-(a)　図4.1.8-(b)

図4.1.8魚種構成割合図

ワンドと本川の接続状況により、個体数・魚種数はことなり、本川接続型ワンド、一時的に本川と接続するワンド、孤立型ワンドの順に多いという結果となった。魚種構成割合から、ワンドは、本川とは異なる魚種構成であるという結果となった。また、孤立型ワンドは本川、本川接続型ワンド、一時的に本川と接続するワンドに比べ、魚類相が単調になるという結果となった。

本川およびワンドの個体数と実験河川中流部の水温を月別に表したグラフを図4.1.9に示す。本川部では、水温の低下とともに個体数が減少している。一方、ワンドでは本川とは反対に、水温の低下とともに個体数が増加するという結果となった。一般に魚類は、冬季に淵などの水深の大きい場所に多く生息していることが知られている。今回の結果からも、魚類は水温の低下する冬季の生息場として、本川に比べ流速が小さく、水深の大きいワンドを利用することが示された。

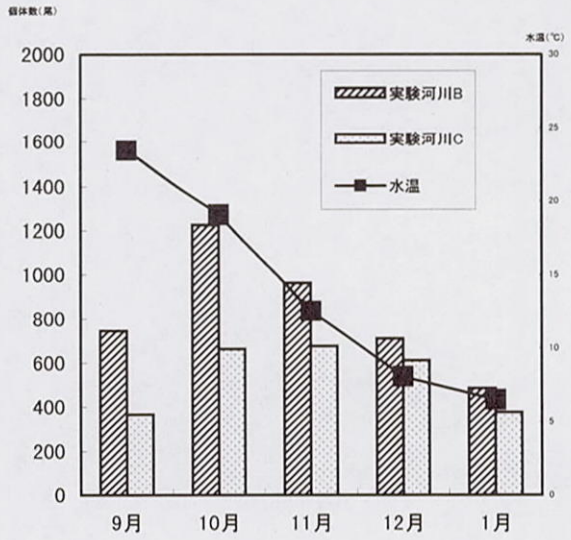


図4.1.5-(a) 本川

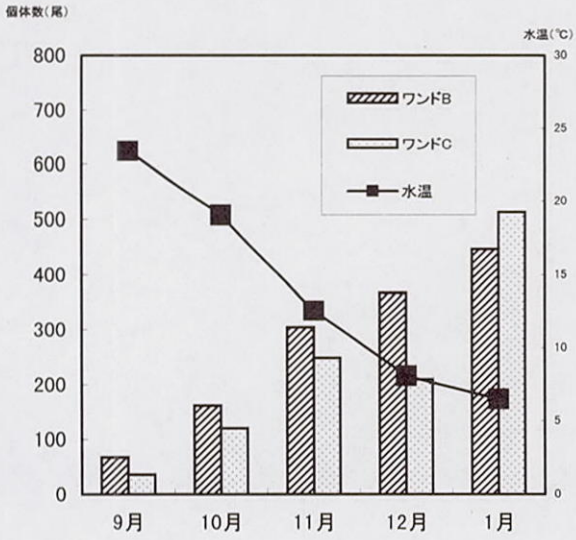


図4.1.5-(b)ワンド

図4.1.9月別採捕個体数・水温変化

(4) 結論

本研究で得られた結果を以下に示す。

1. 今回の調査では、本川接続型ワンド、一時的に本川と接続するワンド、孤立型ワンドの順に、魚類の個体数・種類数が多くなる。
2. ワンドの魚種構成は本川と異なるとともに、本川との接続状況によっても、ワンドのタイプごとにも異なり、長期にわたって孤立するワンドは、その他のワンドや本川に比べ魚類相が単調である。
3. 魚類は、水温の低下とともに本川からワンドに移入し、冬季の生息場として機能している。

＜参考文献＞
1) 傳田正利：ワンド・タマリの分布とその成因、千曲川の総合研究―鼠橋地区を中心として―、
河川生態学術研究会　千曲川グループ（平成 13 年 12 月）
2) （財）河川環境管理財団　大阪研究所：わんどの機能と保全・創造～豊かな河川環境を目指して～、
（平成 11 年 3 月）
3) 山根哲郎：平成のワンドづくり、多自然型川づくりシンポジウム講演論文集、(1991 年 11 月 21 日)
4) 島谷幸宏：河川環境の保全と復元、鹿島出版（2000 年）p. 15-29
5) 山根哲郎：平成のワンドづくり、建設月報、(1992 年 3 月)
6) 建設省近畿地方建設局淀川工事事務所河川環境課：平成のワンドづくり、
人と自然にやさしい川づくりセミナー論文集（1992 年 12 月 1 日）

４．２　水際域と魚類の生息状況について

４．２．１　研究目的

直線的な形態の実験河川Ａにおいて、異なる３種類の護岸（護岸のすべてがコンクリート（以下全コンクリートと記す）護岸の一部がコンクリート（以下半コンクリートと記す）、護岸の全てが植生（以下植生と記す）において、異なる護岸状況の違いによる魚類の生息状況の違いについて調査することを目的とした。

４．２．２　調査方法

実験河川Ａにおいて以下の調査方法で合計７回（平成 13 年７月～平成 14 年１月まで各月に１回）実施した。　調査区間は 15mとし、表 4.2-1 に示す各護岸で２カ所づつ計６区間で調査を行った。

魚類の調査は、調査区間の上下流端を網で仕切った後、調査区間内を電気ショッカーとタモ網を用いて魚介類を採捕した。　電気ショッカーは下流側から上流側へ向かって１調査区間内を１分間実施し、電気ショッカーの直下でタモ網を用いて魚介類を採捕し、これを３回繰り返した。　電気ショッカーによる採捕はオペレーター（電気ショッカー）１人、タモ網による採捕２名で実施した。
その後５分間、タモ網（２名）のみで魚介類を採捕した後、下流側の網を回収し、網の中の魚介類を採捕した。

表 4.2-1 調査実施区間

護岸性状	区間（実験河川 A 内での距離）
全コンクリート	280～295m、295～310m
半コンクリート	200～215m、215～230m
植生	420～435m、435～450m (7～9 月) 490～505m、505～520m (10 月～)

４．２．３　結果

① 出現種一覧

魚介類出現種一覧を表 4.2-2 に示す。

平成 13 年７月～平成 14 年１月までの調査を通して採集された魚介類は、魚類 19 種類、甲殻類４種類、爬虫類１種類の計 24 種類であった。護岸タイプ（全コンクリート、半コンクリート、植生）別に平成 14 年１月までに出現した魚介類の全種類数をみると、全コンクリートでは 16 種類、半コンクリートでは 15 種類、植生では 20 種類であり植生で多かった。調査月別にみると調査開始後２ヶ月間（平成 13 年７月及び８月）は各護岸とも大きな違いはみられなかったが、それ以降（９月以降）は全コンクリート、半コンクリートでは各調査時で 5～10 種類、植生では 11～15 種類と植生で多かった。

いずれの護岸タイプでも確認された種類は、魚類ではオイカワ、カマツカ、シマドジョウ類、タモロコ等の計 10 種類が共通してみられた。各護岸タイプのみに特異的に出現した種類は、全コンクリートでは、カマツカ、半コンクリートではオオクチバス、植生ではアブラハヤ、カワムツ、コイ、ニゴイであり、植

生で特異的に出現する種類がやや多かった。また、魚食性の強いカムルチー、ナマズが植生で全コンクリート、半コンクリートよりも出現回数が多かった。

7～8月の結果では、護岸タイプによる出現魚類に大きな違いはみられなかったものの、9月以降は全コンクリートおよび半コンクリートに比べて、植生で魚類の種類数が多かった。

② 出現種別の個体数と湿重量

魚介類の出現状況と環境条件を図4.2-1に示す。

・魚介類の出現状況について

採捕した魚介類の全個体数は、調査開始から3カ月間（平成13年7月～9月）は、護岸タイプ間で差はなく、その後は種類数でみられた傾向と共通して植生が他の護岸タイプより最も多くなっていた。

種別に個体数をみると、全コンクリートおよび半コンクリートではカマツカ、シマドジョウ類、タモロコ、ヨシノボリ類が全個体数の大半を占める魚類相であったのに対し、植生ではそれら3種類に加えて、コイ、ドジョウ、フナ類、アメリカザリガニなどが多く、より多様な魚類相がみられた。特にコイやフナ類は半コンクリートや全コンクリートではほとんど採捕されていないのに対し、植生では多くみられており、植生で特徴的にみられる種としてあげられる。アメリカザリガニについても、植生で半コンクリート、全コンクリートよりも多くみられており、護岸の違いが影響しているものと考えられる。

魚介類の全湿重量は、いずれの調査月でも半コンクリートおよび全コンクリートに比べて植生で多くなっており、特に10月はその傾向が目立った。これは半コンクリートおよび全コンクリートではみられない体長15～20ｃｍのコイ、7～12cmのフナ類など、実験河川Ａに生息している魚種の中では比較的大型の部類に入る魚種が多くみられたことによるものである。

・環境条件について

水温は7月および8月に最も高く、その後は1月まで低下し、各護岸タイプによる違いはなかった。

水深は7月から9月に増加し、その後は1月まで低下し、各護岸ともにほとんど違いはなかった。水深は全コンクリートおよび半コンクリートに比べて植生で深くなっており、季節的には9月の植生で36cmと最も深くなっていた。このような護岸による水深の相違は、護岸に繁茂している植物が河道を塞ぎ、河道幅を狭めたことが影響しているものと考えられる。護岸の植物が副次的に作り出す環境は、そこに生息する魚介類に影響を与えている可能性が考えられる。

表．4.2-2 魚介類出現種一覧

番号	分類群	護岸性状 / 和名／調査月	全コンクリート 7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1	甲殻類	ｱﾒﾘｶｻﾞﾘｶﾞﾆ		○	○	○	○	○	○		
2		ｽｼﾞｴﾋﾞ						○			
3		ﾓｸｽﾞｶﾞﾆ				○					
4	魚類	ｳｷｺﾞﾘ		○	○	○	○	○			
5		ｳｷｺﾞﾘ類	○								
6		ｵｲｶﾜ	○								
7		ｶﾏﾂｶ	○	○	○	○	○	○	○		
8		ｼﾏﾄﾞｼﾞｮｳ類	○	○	○	○	○	○	○		
9		ﾀﾓﾛｺ	○	○				○			
10		ﾂﾁﾌｷ		○	○	○			○		
11		ﾄﾞｼﾞｮｳ	○					○			
12		ﾅﾏｽﾞ	○						○		
13		ﾌﾅ類		○							
14		ﾓﾂｺﾞ				○	○				
15		ﾖｼﾉﾎﾞﾘ類	○	○	○	○	○	○	○		
16	爬虫類	ｽｯﾎﾟﾝ				○					
		出現種類数	8	8	6	9	6	8	6	0	0

番号	分類群	護岸性状 / 和名／調査月	半コンクリート 7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1	甲殻類	ｱﾒﾘｶｻﾞﾘｶﾞﾆ			○	○	○				
2		ﾓｸｽﾞｶﾞﾆ	○								
3	魚類	ｳｷｺﾞﾘ				○					
4		ｵｲｶﾜ	○	○							
5		ｵｵｸﾁﾊﾞｽ		○							
6		ｶﾏﾂｶ			○	○	○	○	○		
7		ｶﾑﾙﾁｰ				○					
8		ｼﾏﾄﾞｼﾞｮｳ類	○	○	○	○	○	○	○		
9		ﾀﾓﾛｺ	○	○	○	○	○	○	○		
10		ﾂﾁﾌｷ				○	○				
11		ﾄﾞｼﾞｮｳ	○		○	○		○	○		
12		ﾅﾏｽﾞ	○	○							
13		ﾌﾞﾙｰｷﾞﾙ		○	○						
14		ﾖｼﾉﾎﾞﾘ類	○	○	○	○	○	○	○		
15	爬虫類	ｽｯﾎﾟﾝ	○	○		○					
		出現種類数	8	8	7	10	6	5	5	0	0

番号	分類群	護岸性状 / 和名／調査月	植生 7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1	甲殻類	ｱﾒﾘｶｻﾞﾘｶﾞﾆ	○	○	○	○	○	○	○		
2		ｴﾋﾞ類				○	○				
3		ｽｼﾞｴﾋﾞ				○	○		○		
4		ﾓｸｽﾞｶﾞﾆ	○			○					
5	魚類	ｱﾌﾞﾗﾊﾔ							○		
6		ｵｲｶﾜ	○		○				○		
7		ｶﾏﾂｶ				○	○	○	○		
8		ｶﾑﾙﾁｰ				○	○	○	○		
9		ｶﾜﾑﾂ							○		
10		ｺｲ	○		○	○	○	○	○		
11		ｼﾏﾄﾞｼﾞｮｳ類	○	○	○	○	○	○	○		
12		ﾀﾓﾛｺ	○	○	○	○	○	○	○		
13		ﾂﾁﾌｷ			○			○			
14		ﾄﾞｼﾞｮｳ	○	○	○	○	○	○	○		
15		ﾅﾏｽﾞ		○	○	○		○	○		
16		ﾆｺﾞｲ				○	○				
17		ﾌﾅ類	○	○	○	○	○	○	○		
18		ﾌﾞﾙｰｷﾞﾙ		○	○						
19		ﾓﾂｺﾞ		○		○	○	○	○		
20		ﾖｼﾉﾎﾞﾘ類	○	○	○	○	○	○	○		
		出現種類数	9	9	11	15	13	12	15	0	0

注）「○」は出現したことを示す。

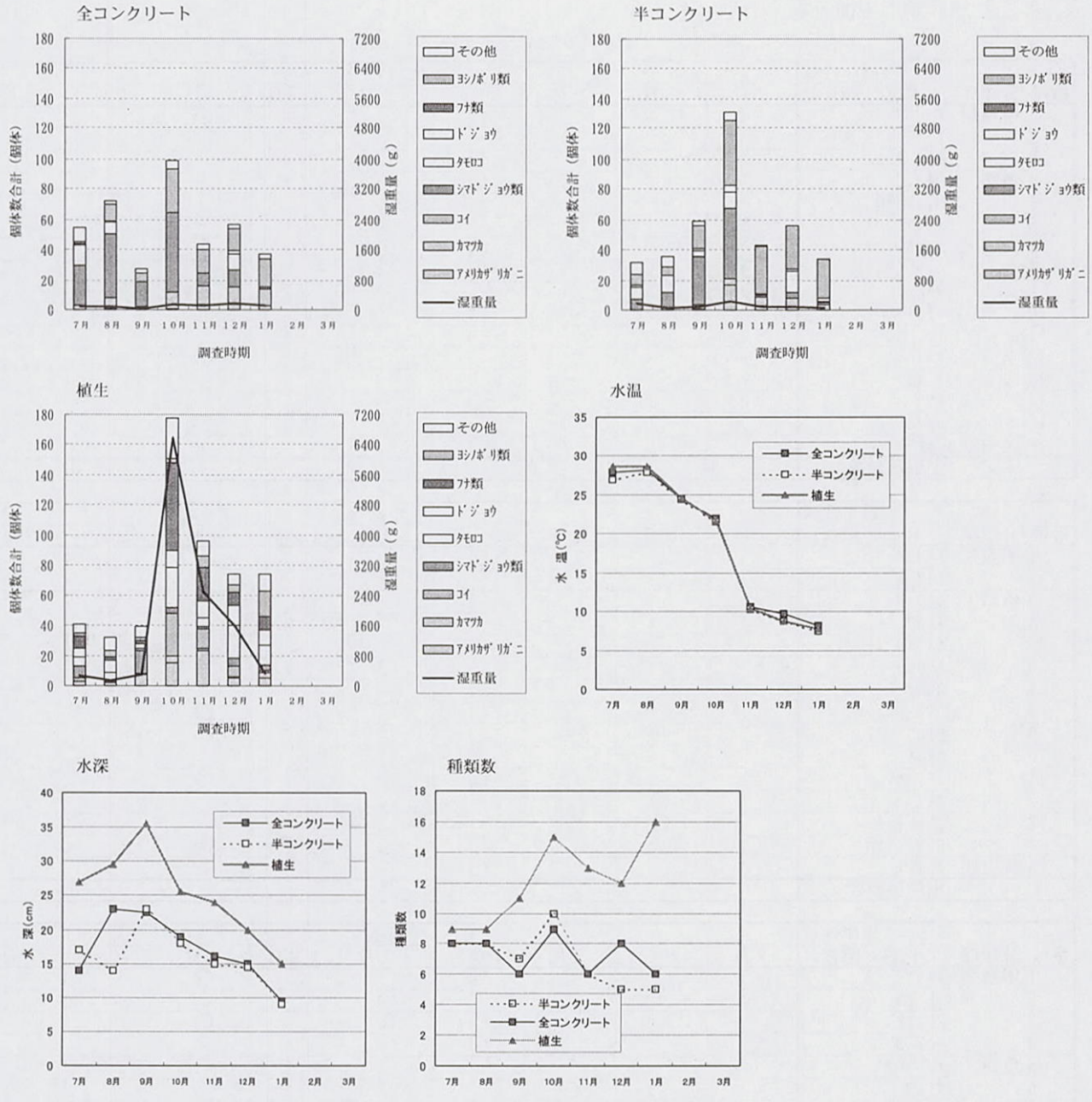


図 4.2 -1　魚介類の出現状況と環境条件

③ 体長分布

全出現個体数の上位３種（シマドジョウ類、タモロコ、ヨシノボリ類）の体長分布を図 4.2-2 に示す。

シマドジョウ類は 18～83mmの体長範囲で確認され、中央値は約 30～40mmと各調査ともに似通っていたものの、全コンクリートでは８月に最大 69mm、10 月に最大 83㎜ と他の護岸に比べて大型の個体がみられた。

タモロコは 30～69mmの体長範囲で確認され、中央値は 7、8 月は 40～45mm、それ以降は 50～60㎜と季節によってやや違いがみられるものの各護岸で大きな違いはなかった。なお、個体数の最大をみると植生で 10 月に 69㎜、1 月に 66㎜ と他の護岸に比べてやや大型の個体が確認された。

ヨシノボリ類は 13～52mmの体長範囲で確認され、中央値では全コンクリートの７月に 13㎜ とやや小さかった他は、調査月ごとにばらつきはあるものの 20～40mmで護岸による大きな違いはみられなかった。

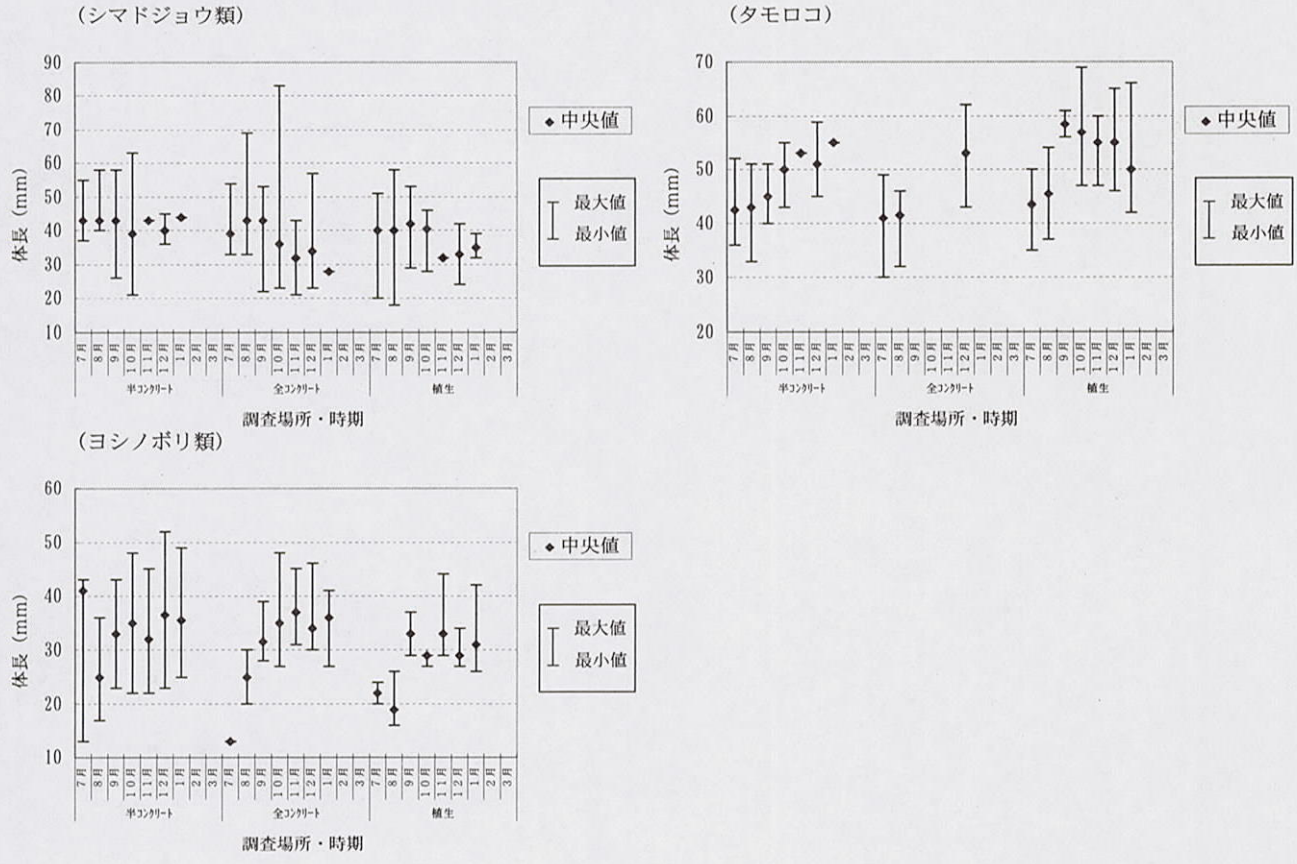


図 4.2-2　個体数上位３種の体長分布

⑷ まとめ

全コンクリート、半コンクリートに比べて植生で魚類の出現種類数、個体数、湿重量が多い理由としては、①護岸に多くの植物が繁茂することで隠れ場所を提供していること、②護岸の植物が繁茂することにより、河道が狭くなり水深が深くなるため、フナ類やコイ等の大型の魚種が生息しやすいこと、つまり護岸の植物がより多様な環境を提供していること等が主要因として考えられる。また、コイやフナ類、シマドジョウ類、ナマズは産卵場所として水草上や河岸植生の根などに産着する種類であり、これまで調査が行われていない春季（4～6 月頃）にはさらに植生護岸の場所が魚類の繁殖場所として重要になるものと推測される。他に注目すべき点としては、食物連鎖の中でより高次である魚食性の強いカムルチー、ナマズが植生で全コンクリート、半コンクリートよりも出現回数が多かったことがあげられる。

このように、植生護岸の場所は他の護岸性状に比べて多様な魚類相がみられ、コンクリート護岸に比べて魚類が生息しやすい環境と思われる。

４．３　寄生虫を指標とした魚類の移動調査

４．３．１　はじめに

寄生性蠕虫（扁形動物･線形動物･鉤頭動物など）の多くは、一生のうちに複数の宿主を必要とする複雑な生活環を持つ。次段階の宿主への移動、すなわち宿主転換は、宿主間の食物連鎖や生息場所の共有を利用して行われる。従って、ある寄生虫の存在から、宿主の食性や移動範囲について情報を得ることができる（橋本、2000）。寄生虫を用いた生物タグは、人為操作が不要であり、動物に負担をかけず、検査が比較的簡単な点で、器具や化学物質によるタグよりも利点をもつ。

自然共生研究センター実験河川の魚類寄生虫調査の際に、魚類に寄生する前段階の宿主が木曽川にしか生息せず、木曽川の指標として使用できる寄生虫が数種類存在することが発見された。そこで、これらの寄生虫を生物タグとして利用し、2001 年夏から、実験河川と木曽川本川間の魚類の移動について予備的研究を行った。

４．３．２　指標寄生虫

魚類寄生虫のうち、前段階の宿主が木曽川のみに生息する生物である種を指標寄生虫とし、その寄生虫を保有している魚は木曽川本川からの遡上個体であると見なした。指標とした寄生虫は、実験河川・新境川のいずれにも生息が確認されていないカワニナ類を第一中間宿主とする吸虫類のメタセルカリア幼生、およびドブガイのグロキディウム幼生である（平成１１年度研究報告）。指標寄生虫の種名と生活環は以下のとおりである。宮田吸虫 *Metagonimus miyatai*（第一中間宿主：カワニナ類、第２中間宿主：アユ・カワムツなど、終宿主：鳥類・哺乳類）、高橋吸虫 *M. takahashii*（第１中間宿主：カワニナ類、第２中間宿主：フナなど、終宿主：鳥類・哺乳類）、*Centrocestus armatus*（第１中間宿主：カワニナ類、第２中間宿主：オイカワなど、終宿主：鳥類）、*C. formosanus*（第１中間宿主：カワニナ類、第２中間宿主：カネヒラなど、終宿主：鳥類）、*Pseudexorchis major*（第１中間宿主：カワニナ類、第２中間宿主：フナなど、終宿主：ナマズ）、*Echinochasmus milvi*（第１中間宿主：カワニナ類、第２中間宿主：カネヒラなど、終宿主：鳥類）、ドブガイ *Anodonta woodiana* のグロキディウム幼生（宿主・ヨシノボリなど）。メタセルカリアは基本的に一度魚に寄生すると脱落することはないが、グロキディウムは水温 20℃前後の場合、１０日程度で宿主を離れ、底生生活に移行する（福原ら、1990）。

４．３．３　材料と方法

2001 年度、実験河川は５月１０日から通水が開始されたため、実験河川内で採捕された１歳以上の成魚はすべて新境川からの移入個体であり、すでに寄生虫に感染している可能性が高い。そこで、実験河川内で孵化したと推定される幼魚を対象として、実験河川と木曽川本川間の分散の程度を調査した。材料として、体サイズで当歳魚と成魚の区別が可能なフナ類 *Carassius* spp.（ギンブナ *C. auratus*、ゲンゴロウブナ *C. cuvieri* を含む）とタモロコ *Gnathopogon elongatus* の２分類群を選定した。

７月から１２月にかけて、実験河川で当歳の幼魚を採集し、解剖して指標寄生虫の有無を検査した。なお、

本年度の調査は予備的なものであり、実験河川内での採取は生息魚類調査に影響を与えない範囲に止められた。

魚類が新境川から実験河川へ移入する場合、実験河川の下流端・上流端のどちらからも移入がみられることが判明している（平成１１年度研究報告）。木曽川本川から実験河川までの距離は、下流側から移入する場合には約700m、上流側から移入する場合には約3.2kmである（図4.3.1）。

４．３．４　結果

フナ類：６　７月、標準体長 10-50mm程度の稚魚からは、指標寄生虫は全く検出されなかった。８月下旬から１０月初旬にかけて感染魚が多くみられるようになり、１１月下旬から１２月初旬にはすべての幼魚が感染していた（図4.3.2）。

タモロコ：A河川では、７月３日に感染幼魚（最小体長29.7mm）が確認された。この個体には眼点の残存した、変態を完了していない *Centrocestus armatus* メタセルカリアが寄生しており、同属吸虫（*Stamnosoma* (=*Centrocestus*) *nycticoracis*）の変態に要する日数（黒川、1939）から、木曽川本川から実験河川まで約４日以内に到達したと推定される。

同時期のB河川では感染幼魚が発見されていないが、これは稚魚の採集場所が中央の孤立型わんどであり、５月３１日の最終予備出水以降、７月１３日まで実験河川と分断されていたためである。夏から秋にかけてはフナ同様に指標寄生虫の感染率が増加し、１１月下旬から１２月初旬には、71％の幼魚に感染が見られた（図4.3.3）。これは、2001年１月および１０月に新境川で採集されたタモロコ当歳魚の感染率と有意差がなかった（実験河川：感染:非感染=47:19、新境川：感染:非感染=4:6。 Fisher’s exact test, p=0.072）。なお、１１月下旬から１２月初旬の時期に限定してA-C河川間で感染率の比較を行ったが、有意差は見られなかった（G-test, p=0.565）。

４．３．５　考察

淡水魚は、産卵期に活発な移動を示し、水田や支川などの一時的水域に入り込むことはよく知られている（斉藤他、1988）。実験河川でも５　６月の産卵期に、ナマズ･タモロコ･フナなどが産卵のために入り込み、木曽川の魚にとって一時水域的な役割を果たしていると考えられる（平成１２年度研究報告）。ナマズの場合、幼魚は５月に出現し、７　８月ごろには個体数が減少するので、この時期になると実験河川から出ていくものと推測されている（同上）。一方、フナの幼魚は１０月ごろ、タモロコの幼魚は１２月まで実験河川で個体数を維持している（同上）。本調査により、一見定住しているように見えるフナ・タモロコの幼魚も700m以上の距離を越えて活発に移動しており、激しく入れ替わっていることが明らかとなった。フナでは、夏の終わりから秋にかけて、実験河川内に留まっている幼魚は存在せず、すべてが木曽川本川からの遡上個体で占められるようになった。このことから、幼魚も含めて、実験河川のフナ類とタモロコは実験河川内に定住しているのではなく、木曽川本川を含む広い範囲を移動しながら生活していることが証明された。

また、フナ･タモロコとも、１１月下旬から１２月上旬のころには、実験河川内での感染率は飽和に達したとみられ、A-C 河川の間で差はなかった。本年度の調査では、感染率が急激に増加していく７月から９月

にかけての検査魚数が少なく、その時期の河川間の差異については未解明である。しかし、遅くとも１１月下旬までには、実験河川の幼魚群は３河川とも、木曽川および新境川の幼魚群と均質と見なせるほど移動を行っていることが確認された。

なお、上記の指標寄生虫類は、他にもオイカワ、モツゴ、コウライモロコ等で高い感染率を示した。これらの魚種は、サイズでの齢推定が困難なことや、採捕個体数が少ないことなどの理由により、本年はデータを解析するまでには至らなかった。しかし、鱗の成長線による齢査定の併用などにより、これらの魚種でもフナ･タモロコと同様に、寄生虫を指標として幼魚の移動調査が可能であると思われ、今後さらに異なる魚種間で実験河川の利用形態を比較することが可能になるであろう。

引用文献

福原　修一・中井　一郎・長田　芳和(1990)　淡水二枚貝ドブガイ *Anodonta woodiana* の魚体寄生時における発生経過。Venus（貝雑）49: 54-62.

橋本　健一(2000)　*Pseudozoogonoides ugui* Shimazu, 1974 (Digenea, Zoogonidae)を指標としたウグイ *Tribolodon hakonensis* の河川型と降海型の比較。寄生虫分類形態談話会会報　18: 1-4.

黒川　帝文(1939)　スタムノゾーマ屬吸蟲の研究、特に *Stamnosoma nyctycoracis* Izumi (1935)の第一中間宿主の決定並に其の發育史に就て。東京医事新誌　3166: 3153-3161.

斉藤　憲治・片野　修・小泉　顕雄(1988)　淡水魚の水田周辺における一時的水域への侵入と産卵。日本生態学会誌　38: 35-47.

Urawa, S. and Nagasawa, K. 1995. Prevalence of *Myxobolus arcticus* (Myxozoa: Myxosporea) in five species of pasific salmon in the North Pacific Ocean and Bering Sea. 北海道さけ・ますふ化場研究報告　49: 11-19.

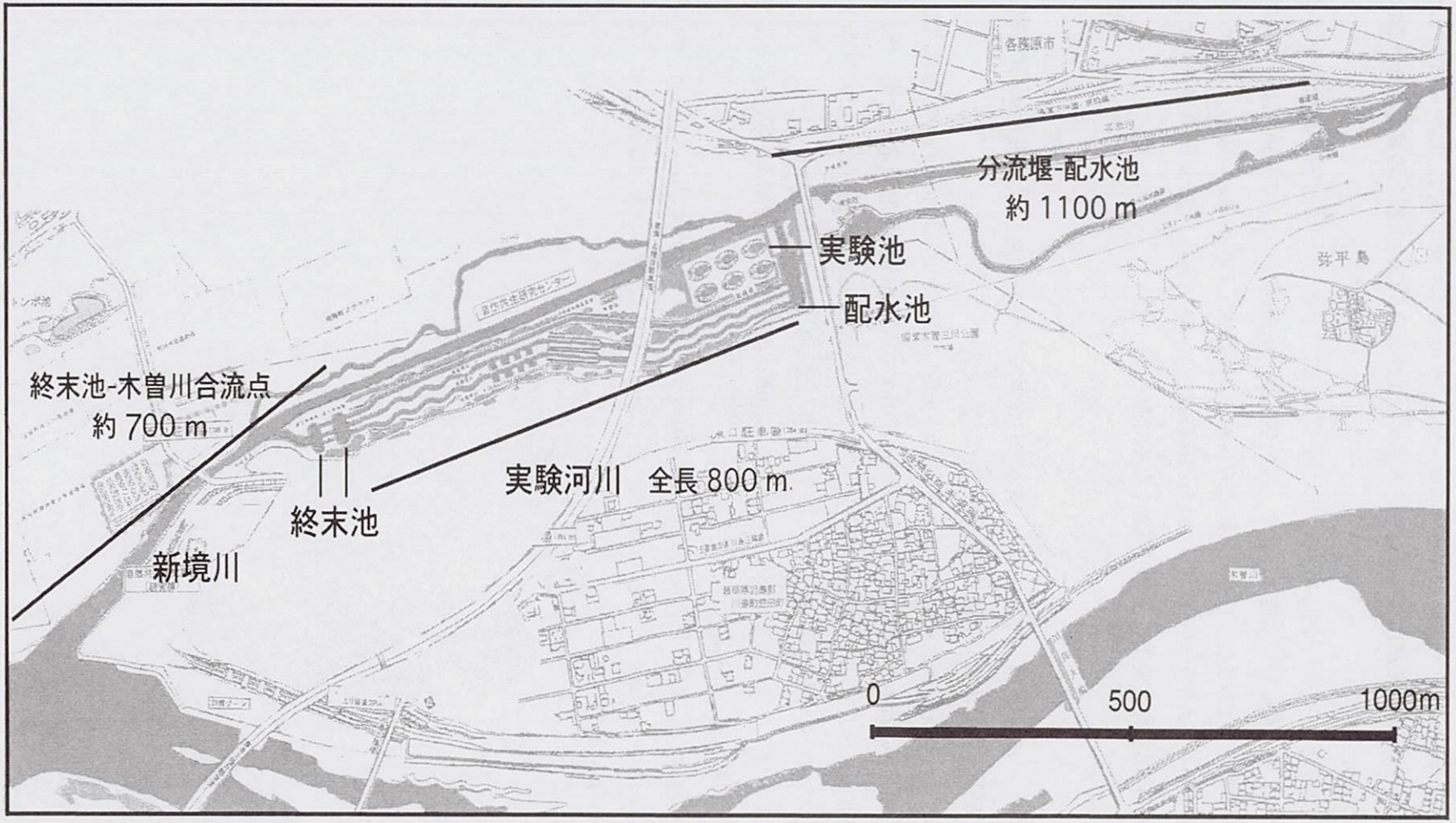


図4.3.1　実験河川とその周辺水域。

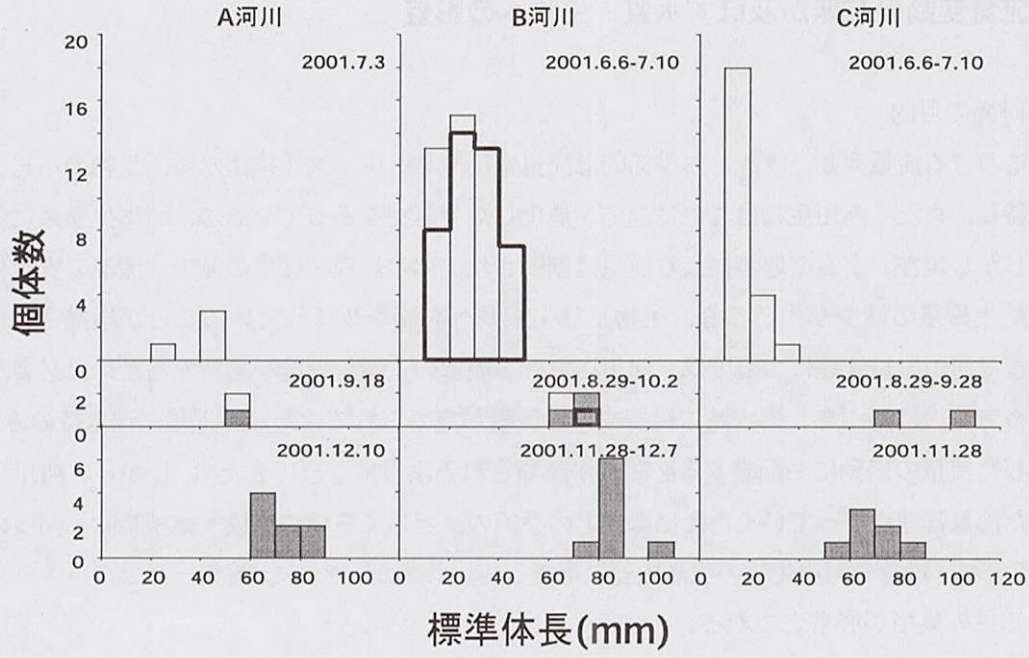


図4.3.2　実験河川におけるフナ類当歳魚の木曽川指標寄生虫感染状況。白抜き：非感染、灰：感染。太線で囲まれた棒は孤立型わんどで採集された個体を示す。

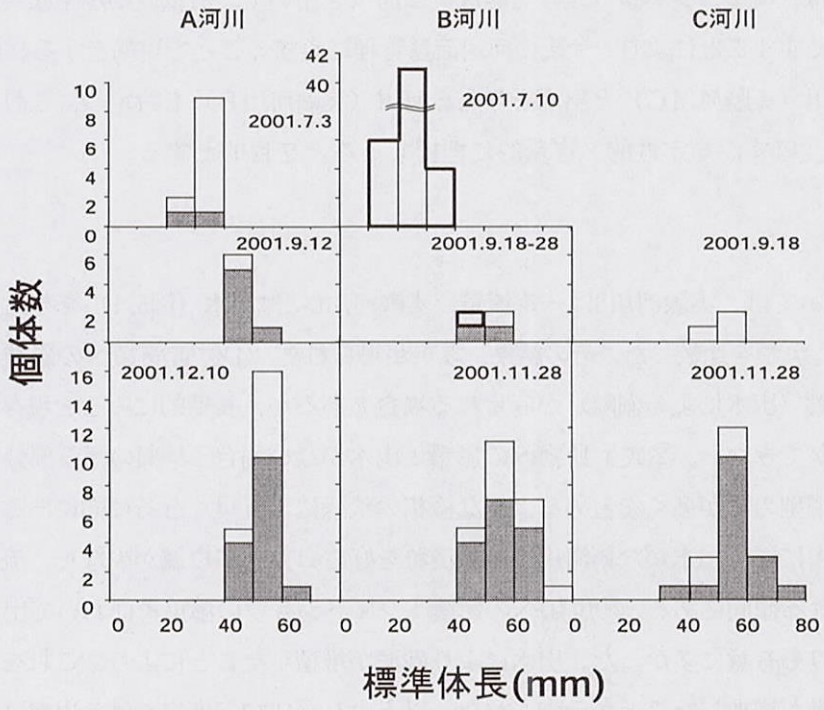


図4.3.3.　実験河川におけるタモロコ当歳魚の木曽川指標寄生虫感染状況。白抜き：非感染、灰：感染。太線で囲まれた棒は孤立型わんどで採集された個体を示す。

5．　流量変動の有無が及ぼす水質・生物への影響

（1）研究の目的

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)等]。

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。

流量安定化の改善に対する取り組みとして国土交通省では、平成9年より、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試み（ダムの弾力的管理）を実施しており、平成9年度から11年度までに7ダム、12年度は14ダム、平成13年度においては19ダムで予定、放流によるハビタット、生物、水質等への影響が検証されている[5)6)]．このような放流は、近年、仮説検証の中から管理方法を導きだすという順応的管理の必要性が指摘されてきている[7)8)]。しかし、実際の河川において放流の影響を定量的に把握することは難しい。

そこで本研究では、流量コントロールの可能な実験河川を用いて、流量変動が生態系に果たしている役割を定量的に明らかにすることにより、今後の河川流量管理に資することを目的とする。13年度は、常に流量を一定に与える河川（実験河川C）と出水を与える河川（実験河川B）を設定し、これらの違いが、水質、生物にどう影響を及ぼすかを定性的・定量的に把握することを目的とする。

（2）方法

平成12年度においては、実験河川Bは一定流量、実験河川Cには出水（図5.1）を与え、両者の水質、河床付着物、底生動物、魚類を比較した。その結果、以下が得られた。①付着藻類への影響：出水前後においては、出水による影響（出水による剥離）がみられる場合もあるが、長期的にみると現存量、質への明確な差異は見いだすことができない。②底生動物への影響：出水がない場合、早瀬の浮石部分ではコガタシマトビケラ属のような造網型の種が多くを占めるような極相の状態により早くなる傾向にある。また、出水がある河川の淀みの砂泥中には、出水がない河川よりも流れを好むコカゲロウ属が少なく、流れを特に好まないミズミミズ科が多くなる傾向にある。③魚類への影響：シマドジョウの湿重量において出水がある河川の方が出水のない河川よりも有意に多かった。出水により砂泥が堆積したことにより、これをハビタットとするシマドジョウの現存量が増加したことが示唆された。以上より平成12年度における出水は、出水規模及び継続時間（60～120min）が小さかったため生物への影響は明瞭でなく、さらにフラッシュ効果よりむしろ河床材

料の堆積が卓越し、これによって生じた生物への影響が観察された。また、出水頻度が多く、そこで生じた現象を把握することが困難であった。また、1年間の調査において生物への影響把握は難しいことが考えられた。

そこで平成13年度においては出水ピーク流量、継続時間ともに可能な限り（継続時間は最大24時間を予定）大きくすることを重点に置き、取水河川である新境川の出水時に合わせ出水を生じさせるため、過去の雨量データから出水日を予測し、出水実験予定期間（1週間程度）を決定した。設定した出水実験は7月から10月までに3回を予定し、第1回出水実験においてはピーク流量3m^3/S、継続時間を24時間とした。また、研究上の必要性から12月に出水実験を設定した。なお、実験の継続は２年間を予定している。

実験は平成12年6月1日より開始した。実際に生じさせた出水を表5.2、図5.2～5.6に示す。新境川の増水を2日から3日前に予測することが困難で、最も増水している時間に出水実験を起こすことができなかったこと、河岸植生や沈水植物により河積阻害が生じ、9月以降の出水のピーク流量は2.0m^3/sまでしか与えられなかったことから、平成12年度よりもピーク流量が大きい出水を与えることはできたものの、継続時間は最大でも3時間に留まった。なお、実験河川ＢおよびＣの基底流量は、通水を開始した2001年6月1日から2001年12月11日までは0.1m^3/S、これ以降は0.05m^3/Sである（表5.3）。

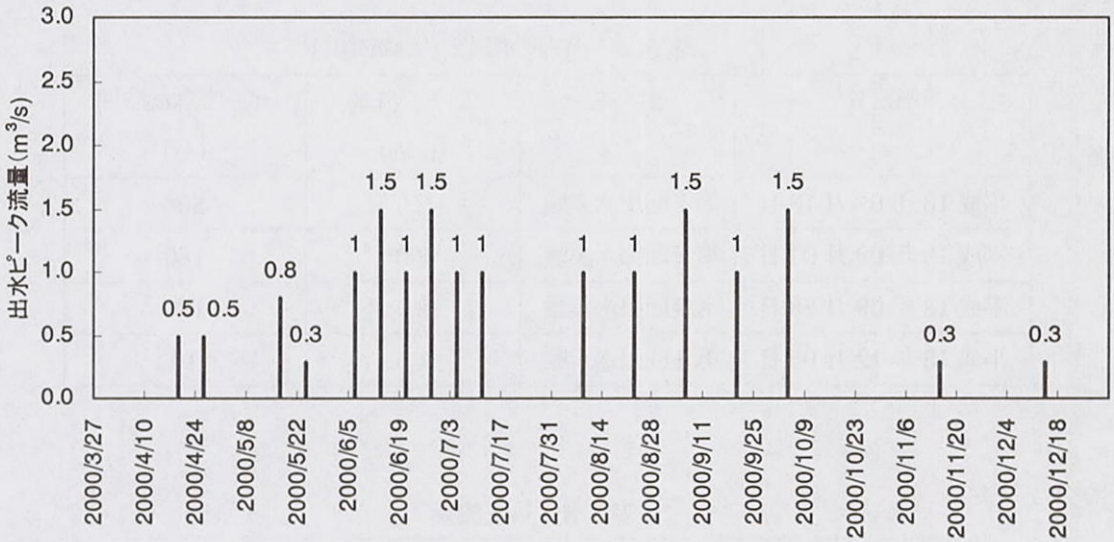


図5.1　平成12年度　出水パターン（実験河川C）

表 5.1　実験河川における流量設定計画（当初）

	実験河川Ｂ （流量変動あり）	実験河川Ｃ （流量変動なし）
出水流量	第１回（予定期間 H13.7.11～19） ﾋﾟｰｸ流量 3m^3/s　、継続時間 24 時間	なし
	第２回（予定期間 H13.8.29～9/10） ﾋﾟｰｸ流量 3m^3/s	なし
	第３回（予定期間 H13.10.8） ﾋﾟｰｸ流量２m^3/s～3 m^3/s	なし

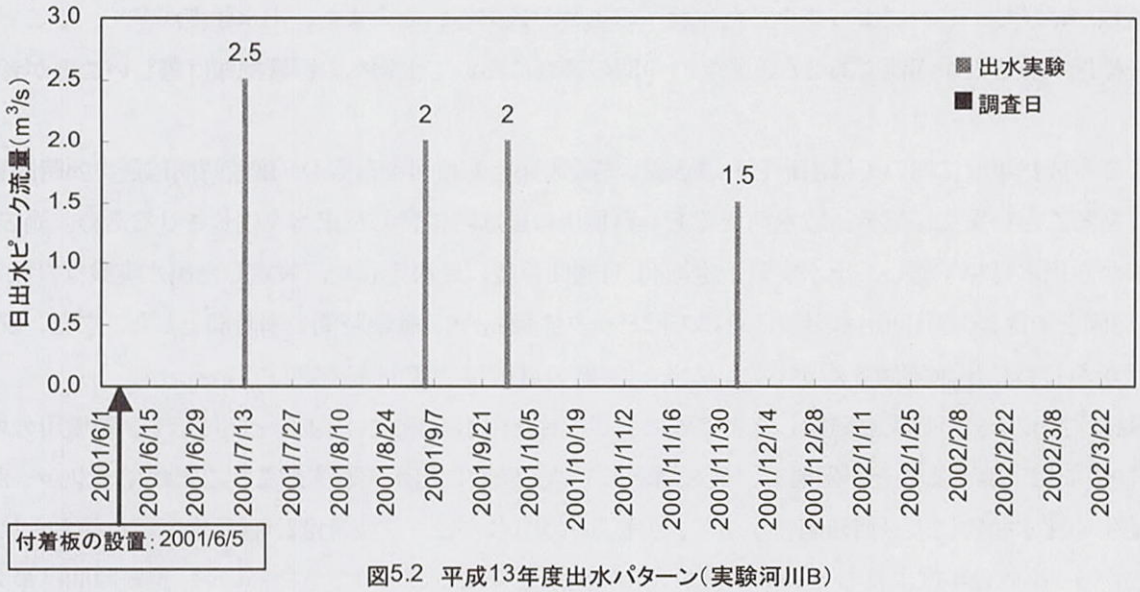


図5.2 平成13年度出水パターン(実験河川B)

表5.3 出水の概要(実験河川B)

出水日	出水名	ピーク流量 (m^3/s)	ピーク継続時間 (分)
平成13年07月13日	第1回出水実験	2.5	50*
平成13年09月04日	第2回出水実験	2.0	180
平成13年09月28日	第3回出水実験	2.0	180
平成13年12月05日	第4回出水実験	1.5	10

表5.3 基底流量

	基底流量	
実験河川B及びC	2001/6/1～2001/12/11	$0.1m^3/s$
	2001/12/11～継続中	$0.05m^3/s$

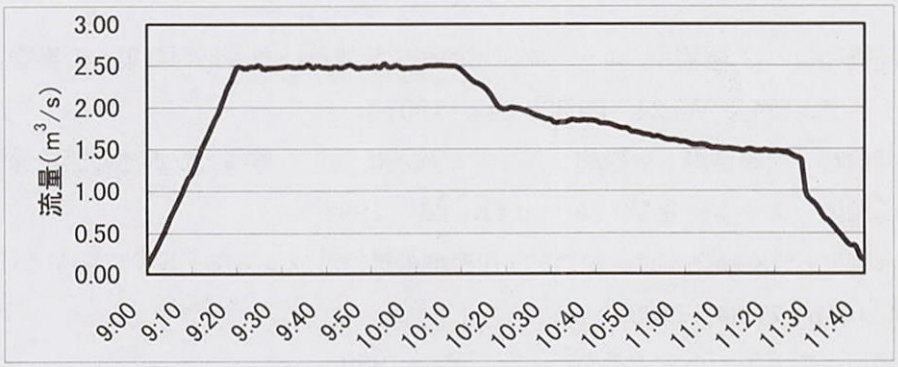


図5.3　7月13日出水実験の流量波形

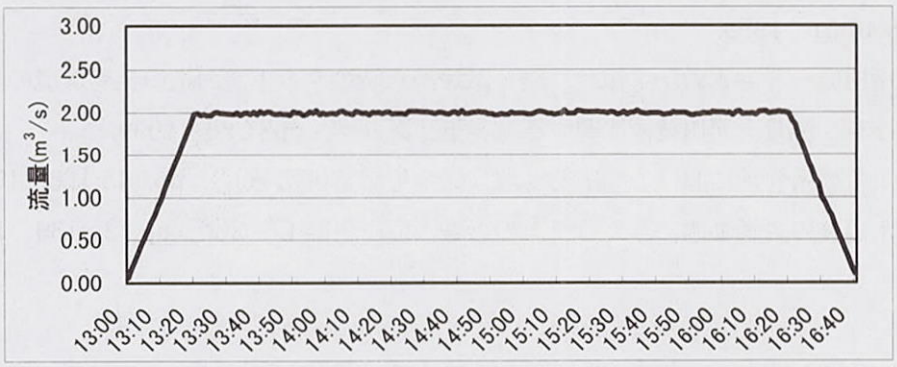


図5.4　9月4日出水実験の流量波形

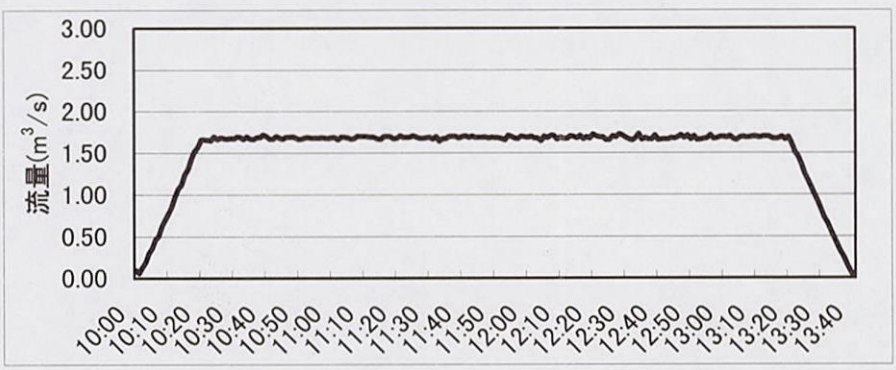


図5.5　9月28日出水実験の流量波形

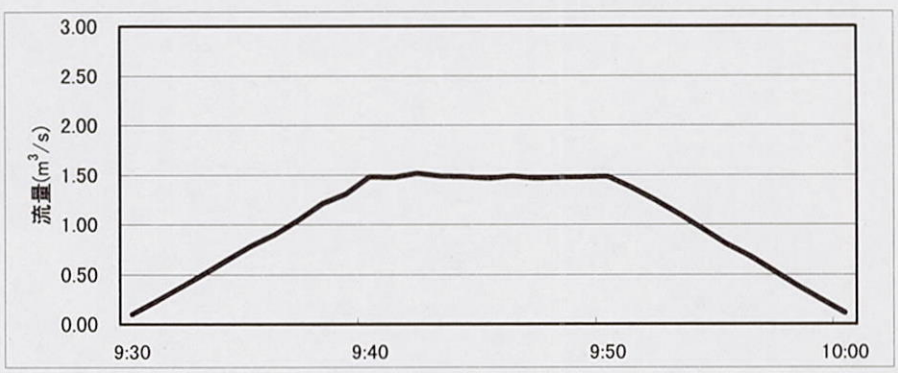


図5.6　12月5日出水実験の流量波形

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) 江村歓・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、pp81-86、1999.
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.

５．１　水質への影響

５．１．１　目的

同一形状を有する実験河川 B、C における流況の差が水質に与える影響を把握する。具体的には、実験河川Ｂに定期的に出水を与え、実験河川Ｃに一定流量を与えることにより両河川における水質を調査し、水質の差やその要因について検討する。

５．１．２　方法

（１）調査概要

実施した調査は①通日調査（２７時間調査)、②出水時調査、③流下時間の測定である。

図５．１．１に各調査の調査スケジュールを示す。①通日調査は出水が水質に及ぼす影響を実験河川Ｂ及びＣにおいて時系列的に把握するため、出水前及び後に１週間程度の時間間隔で実施した。②出水時調査は出水時における物質の出入りを把握することを目的として実験河川Ｂで実施し、水質調査及び出水時に流下する沈水植物等の固形物の採取と分析を行った。③流下時間の測定は、水質の縦断的な変化が植生の繁茂に伴う流水の流下時間に影響を受けていると考えられたことから、実験河川Ｂ及びＣで実施し、両河川の上下流間における流下時間を測定したものである。

月	日	調査名	対象河川	出水実験等
7月	4-5	第１回通日調査	Ｂ、Ｃ	草刈り(2-10日)
	13	第１回出水時調査（出水時水質調査）	Ｂ	第1回出水実験
	19-20	第２回通日調査	Ｂ、Ｃ	
	26-27	第３回通日調査	Ｂ、Ｃ	
8月				
	24-25	第４回通日調査	Ｂ、Ｃ	
9月	4	第２回出水時調査（出水時水質調査、固形物調査）	Ｂ	第2回出水実験
	12-13	第５回通日調査	Ｂ、Ｃ	
	28			第3回出水実験
10月				
11月	9	流下時間測定調査	Ｂ、Ｃ	

注) 実験河川Ｂでは５月 31 日に予備出水実験を実施している。７月 31 日に実施した第１回出水実験は予備出水実験後に始めて実施した出水実験である。

図 5.1.1　平成１３年各調査の調査スケジュール

（2）調査地点

調査地点を図5.1.2に示した。実験河川に橋梁のある地点で行い、上流から順番にナンバリングを行った。尚、調査地点のナンバリングは、通日調査、出水時調査、流下時間測定調査のいずれにおいても同一である。

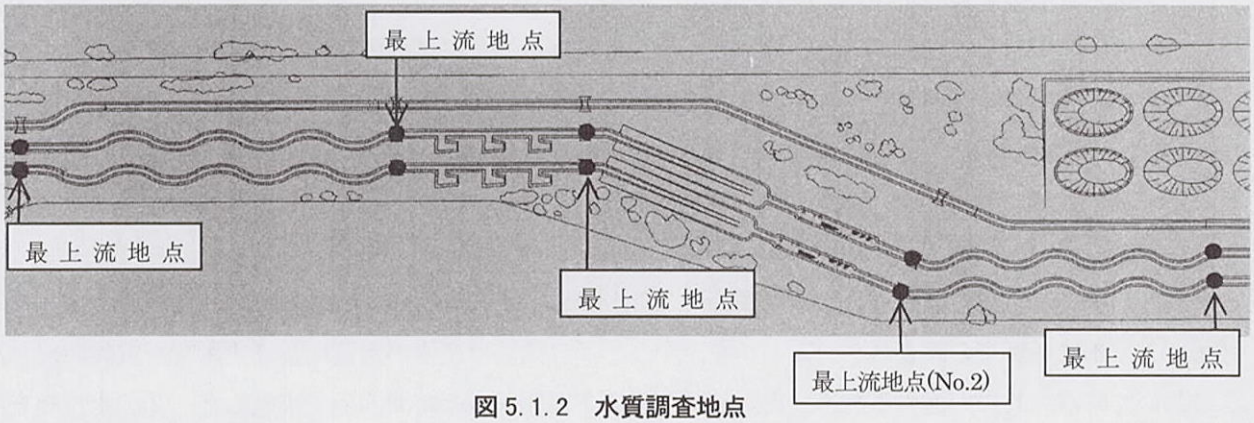


図5.1.2　水質調査地点

（3）調査時間と調査項目

①通日調査

表5.1.1に調査日、調査時間、調査地点を示す。調査時間帯はいずれの調査日においても18時から翌日の21時までの27時間である。採水は各調査時間時に各調査地点の流心で行い、採水した試料は無処理で冷暗保存し速やかに室内に持ち込み分析を行った。

現地調査項目は以下のとおりである。

現地測定項目：天候、気温、水位、水温、流速、

水質分析項目：DO、pH、導電率、濁度、TOC、T-N、NO_3-N、NO_2-N　NH_4-N、T-P、PO_4-P

表5.1.1　調査日、調査時間帯、調査地点一覧

通日調査名	河川名	調査日	調査地点
第1回	B,C	平成13年7月4～5日	最上流地点(No.1) 最下流地点(No.5)
第2回	B,C	平成13年7月19～20日	最上流地点(No.1) 最下流地点(No.5)
第3回　※	B,C	平成13年7月26～27日	最上流地点(No.1) 上中流地点(No.2) 中流地点(No.3) 中下流地点(No.4) 最下流地点(No.5)
第4回	B,C	平成13年8月24～25日	最上流地点(No.1) 最下流地点(No.5)
第5回	B,C	平成13年9月12～13日	最上流地点(No.1) 上中流地点(No.2) 中流地点(No.3) 中下流地点(No.4) 最下流地点(No.5)

No.2～No.4ではDOのみ調査

調査項目と調査地点との関係を表 5.1.2 に示す

表 5.1.2　調査項目と調査地点との関係

通日調査名	採水地点	DO	pH,導電率,濁度,TOC, T-N,NO_3-N,NO_2-N,NH_4-N, T-P,PO_4-P
第１回	最上流地点(No.1)	１時間間隔	３時間間隔
	最下流地点(No.5)	１時間間隔	３時間間隔
第２回	最上流地点(No.1)	１時間間隔	３時間間隔
	最下流地点(No.5)	１時間間隔	３時間間隔
第３回	最上流地点(No.1)	１時間間隔	３時間間隔
	上中流地点(No.2)	１時間間隔	－
	中流地点　(No.3)	１時間間隔	－
	中下流地点(No.4)	１時間間隔	－
	最下流地点(No.5)	１時間間隔	３時間間隔
第４回	最上流地点(No.1)	１時間間隔	３時間間隔
	最下流地点(No.5)	１時間間隔	３時間間隔
第５回	最上流地点(No.1)	１時間間隔	３時間間隔
	上中流地点(No.2)	１時間間隔	３時間間隔
	中流地点　(No.3)	１時間間隔	３時間間隔
	中下流地点(No.4)	１時間間隔	３時間間隔
	最下流地点(No.5)	１時間間隔	３時間間隔

②出水時調査

1)出水時水質調査

出水時調査は実験河川Bの出水時に実施した。調査日、調査時間帯、調査地点を表 5.1.3 に、調査地点を図 4.12 に示す。採水は、水質が大きく変化する増水時からピーク時前半にかけては3分間隔で、水質変化が小さいピーク時後半から減水時にかけては１０～３０分間隔で実施した。採水は流心、表層で行い、試料は冷暗保存し速やかに室内に持ち込み分析した。現地調査項目は、天候、水位、気温、水温、水質分析項目は、濁度、TOC、T-N, T-P、ｸﾛﾛﾌｨﾙ a、ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ a である。

表 5.1.3　出水時水質調査の調査日、採水地点、採水方法

通日調査名	採水地点	採水時間帯	採水間隔
第１回出水時調査	最上流地点(No.1)	増水時	↕ 3 分間隔
	最下流地点(No.5)		
第２回出水字調査	最上流地点(No.1)	ピーク時前半	↕ 3 分間隔
	上中流地点(No.2)	ピーク時後半	↕ 10～30 分間隔
	中下流地点(No.4)		
	最下流地点(No.5)	減衰時	↕ 10～30 分間隔

2)流下固形物調査

第２回出水時調査において、剥離・流下してくる水生植物・付着藻類等を最上流地点（No.１）、最下流地点（No.5）で採取し、流下固形物の湿重量・乾重量、TOC、T-N、T-P を測定・分析した。流下固形物は、10cm×10cm 網目のナイロン製網を張り捕集し、網に捕集した流下固形物は、調査員が実験河川に入り回収した。湿重量は水分をきった後、現地で電子式重量計にて計量した。乾重量は風乾後、110℃で 24 時間乾燥し測定した。乾燥試料はメノウ乳鉢で粉末にし、TOC、T-N、T-P を分析した。

3)流下時間の測定

トレーサーとして使用した試薬は塩化リチウムである。塩化リチウムはあらかじめ室内にて蒸留水５１に塩化リチウム500gを溶解し、塩化リチウム（10W/V%）溶液を作成した。トレーサーの投入は、実験河川Ｂ及びＣの最上流地点（No1）から溶液２１を同時に、かつ一気に投入することにより行った。投入時刻は12:00である。トレーサーの投入後、各河川の橋梁部において表5.1.4に示す時間にて採水した。採水時間及び採水時間間隔は各調査地点の流速から流下時間を試算し決定した。採水時間の間隔は、初期は２分間隔とし、順次５分間隔（上中流地点（No2）は４分間隔）、10分間隔と長くしていった。

各地点における採水開始時刻はトレーサー投入から以下のとおりである。

・ 上中流地点（No.2）は、４分後
・ 中流地点(No.3)は、２０分後
・ 中下流地点（No.4）は、３０分後
・ 最下流地点（No.5）は、４０分後

採水は各地点の流心、表層とし、100～250mlの採水ビンで一気に採水した。

表5.1.4　採水時間帯及び採水時間

最上流地点の投入時刻		12:00	
区分 ＼ 採水地点	採水時間間隔と採水時間帯の関係		
	2分間隔	5分間隔	10分間隔
上中流地点(No.2)	12:04-12:52	*12:52-13:00	13:00-13:40
中流地点(No.3)	12:20-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
中下流地点(No.4)	12:30-13:00	13:00-14:30	14:30-15:30
最下流地点(No.5)	12:40-13:00	13:00-15:00	15:00-16:00

*この地点での採水時間間隔は4分

５．１．３　結果

（１）通日調査結果

１）実験河川Ｂ及びＣにおける最上流・最下流地点での水質の比較

第１回～第５回の通日調査結果から両河川における上下流間の水質の比較を行い、実験河川Ｂ及びＣにおいてどのような差が見られるかを検討する。１）で示したように上流からの流入水質が季節的、時間的に変動するため、ここでは上流に対する下流の測定値の増加率を用いて両河川の比較を行うこととする。増加率は以下のように定義される。

増加率=100×（最下流地点の水質―最上流地点の水質）／最上流地点の水質

図 5.1.3(1)～(4)に各通日調査における増加率の時間変化を両河川について示した。尚、章末に各通日調査における実測データを示した。ここで、各頁の右側には出水を実施した時期が矢印で明示してある。**DO、pH、導電率**はいずれの調査時期においてもほぼ同様の時間変化を示しているが、実験河川Ｂ及びＣで明確な差は見られない。特に、出水後調査に当たる第５回調査では両河川における水質の時間変化がほとんど同一である。濁度は第１回、第２回通日調査では差が明瞭でないが、第３回以降は実験河川Ｃでほぼマイナスとなり、かつ、実験河川Ｂより低い値を示している。**TOC** は第１回調査において全体的にプラスで推移しているが、調査回が進む、すなわち、調査時期が経過するにつれて若干ではあるが全体的にマイナスに変化しているように見える。ただし、両河川における差は見られない。この傾向は**T-N** にも見られる。すなわち、両河川において第１回調査ではおおむね-10％～0%で推移していた増加率が第４回、５回の調査では-10%~-20%で推移するようになっている。**NO_3-N** については、第２回調査以降は全体的にマイナスで推移するが両河川における明瞭な差は見られない。**NO_2-N** は第４回までの調査はゼロを中心に変動しながら推移し時間的な傾向、両河川における差は見られないが、第５回調査では著しいマイナスで推移し、かつ、実験河川Ｃにおいて相対的に増加率が低く推移する。**NH_4-N** は全水質測定項目の中で最も増加率がマイナスで推移する項目であり、調査回に関わらずおおむね-40～-50(%)程度を中心に変動測定値が変動している。しかし、両河川における明瞭な差は見られない。**T-Ｐ**及び**PO_4-P** は各調査における時間変動、調査回の経過に伴う時間変化が比較的似通っている。まず、いずれの調査においても全体としてマイナスで推移するが、日中の 12 時～15 時周辺でプラスに転じるピークを有する。このピークは第３回調査で最も大きい。また、若干ではあるが調査回が経過するにつれて増加率が全体的にマイナス方向へ移行しているように見える。

このように、各水質項目の同一調査回における時間変動と、これの各調査回の経過に伴う変化には一定の傾向が見られる。次に、通日調査から得られた特徴を４つの観点について取りまとめた。

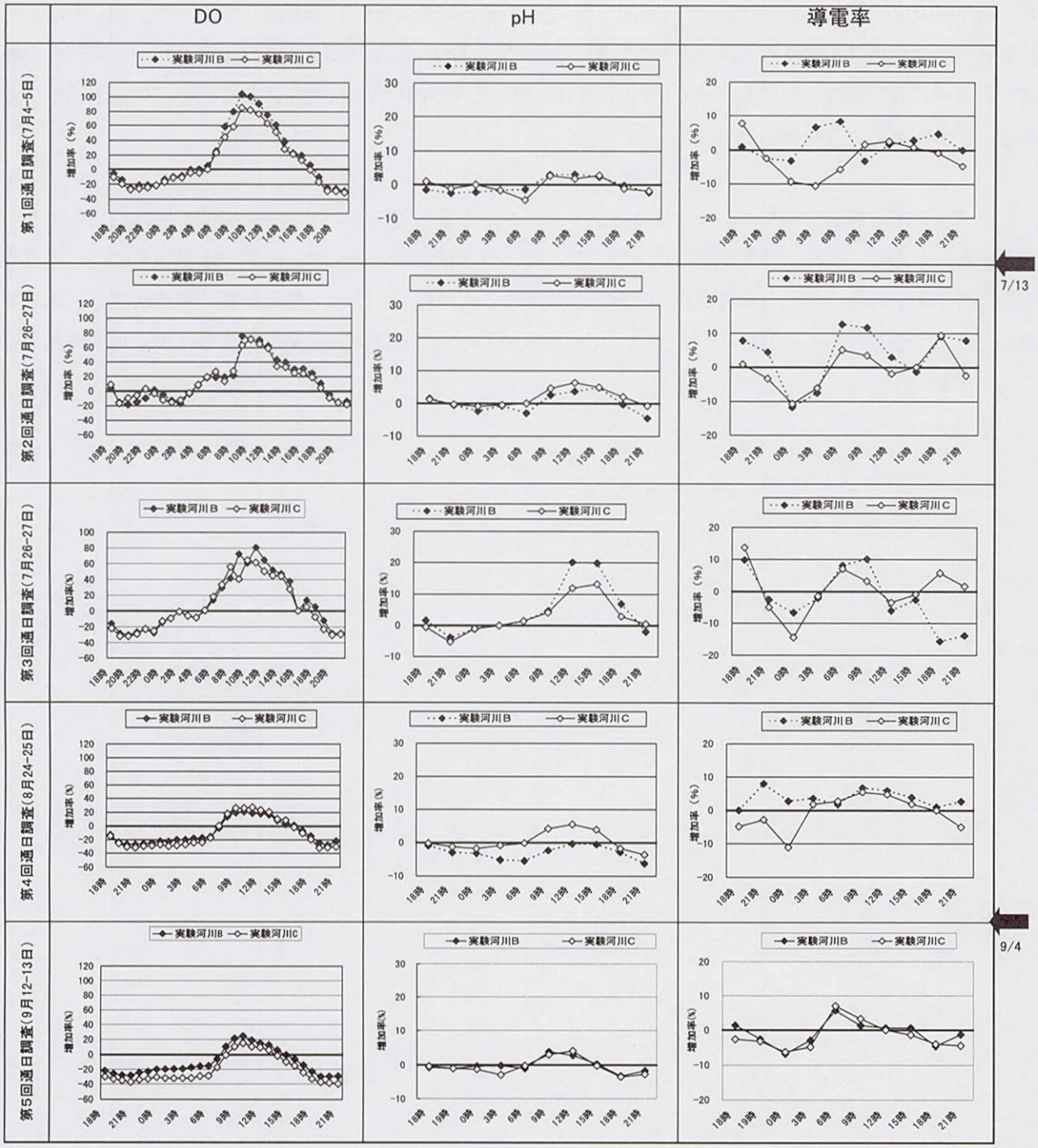
1)　時間変動については、**DO**、**pH**、**導電率**、**T-Ｐ**、**PO_4-P** に特徴が見られた。

2)　調査回の経過に伴う変化については、**TOC**、**T-N**、**濁度**、**T-Ｐ**、**PO_4-P** に特徴が見られた。

3)　調査回に関わらず全体的にマイナスで推移する項目として、すなわち上流から下流に除去作用が見られた項目としては**T-N**、**NH_4-N**、**PO_4-P** が挙げられ、逆に調査回に関わらずプラスで推移する項目は認められなかった。

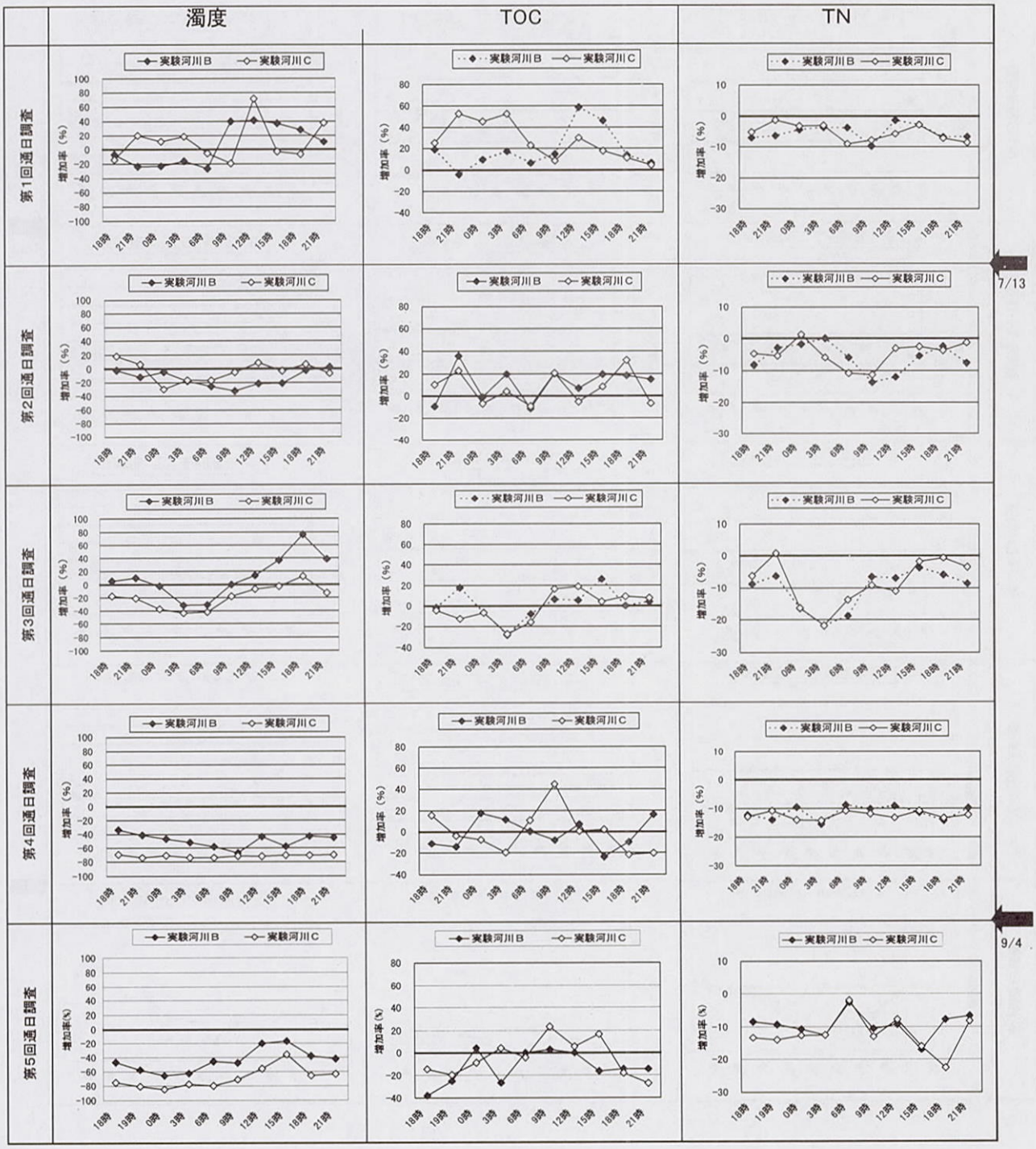
4) 両河川の比較という点では、一方の河川の測定値が通日調査の全時間帯を通じて上回る、もしくは、下回るといった現象はあまり見られなかった。第５回調査の DO、第４回調査の pH、第３回～５回調査の濁度、第４回と５回調査における T-P、第３回調査における PO_4-P は全時間を通じて他の河川を上回る、もしくは、下回るという特徴が見られた。

このように通日調査の結果からは、出水というイベントと各水質項目の増加率との関連性は明らかにならなかった。しかし、明確な時間変動と調査回の経過に伴う季節変動、そして、特定の水質項目については除去作用が認められた。これらの特徴は両実験河川における付着藻類、沈水・抽水植物の繁茂状況と大きな関連があると予想されるが、これについては、出水実験結果と流下時間測定結果を報告した後に再度検討することとする。



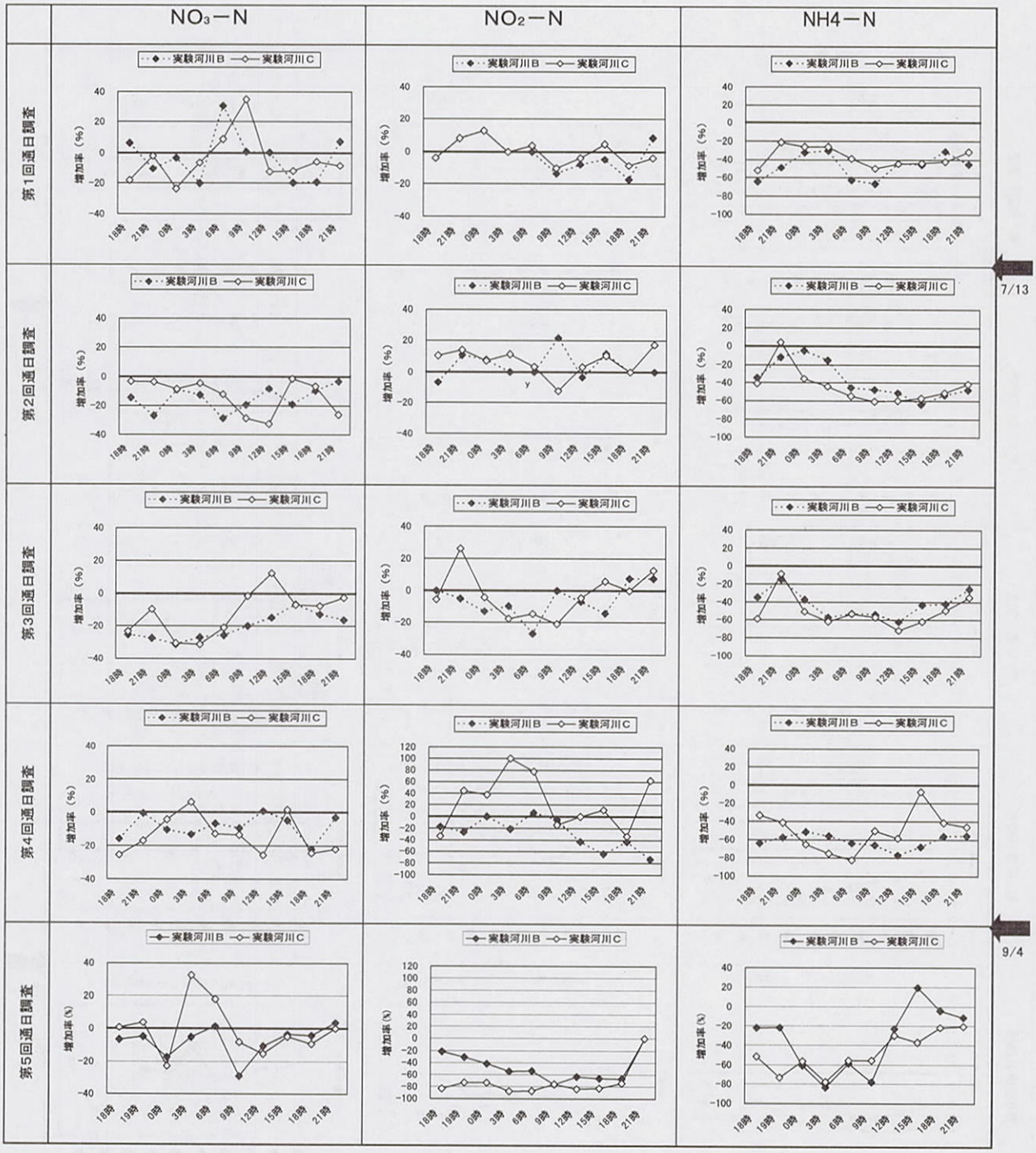
は出水実験を意味する。

図 5.1.3(1)　通日調査結果増加率



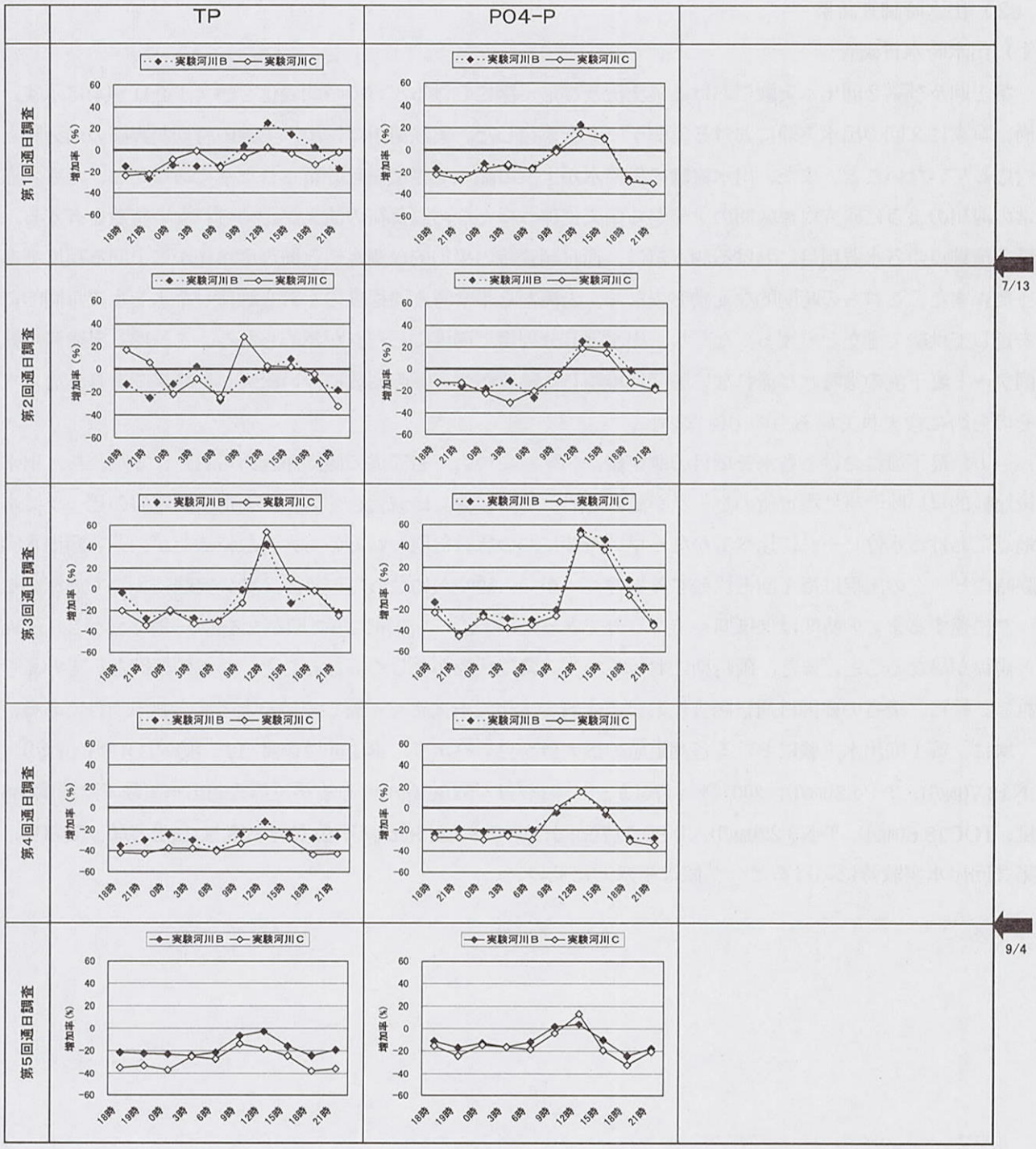
は出水実験を意味する。

図 5.1.3(2)　通日調査結果増加率



は出水実験を意味する。

図 5.1.3(3)　通日調査結果増加率



は出水実験を意味する。

図 5.1.3(4)　通日調査結果増加率

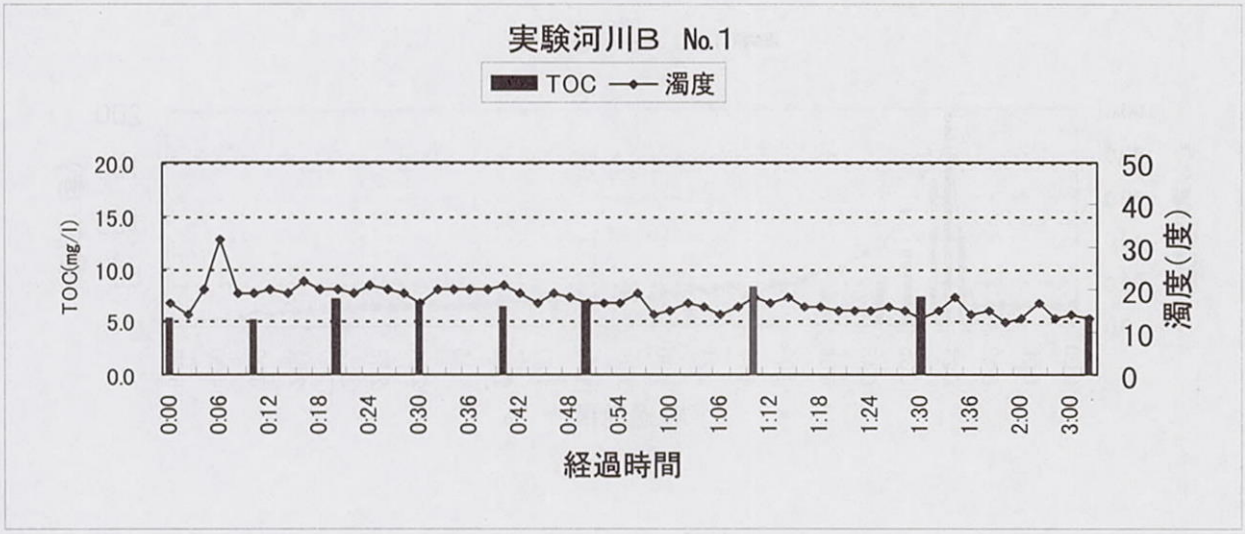
（2）出水時調査結果

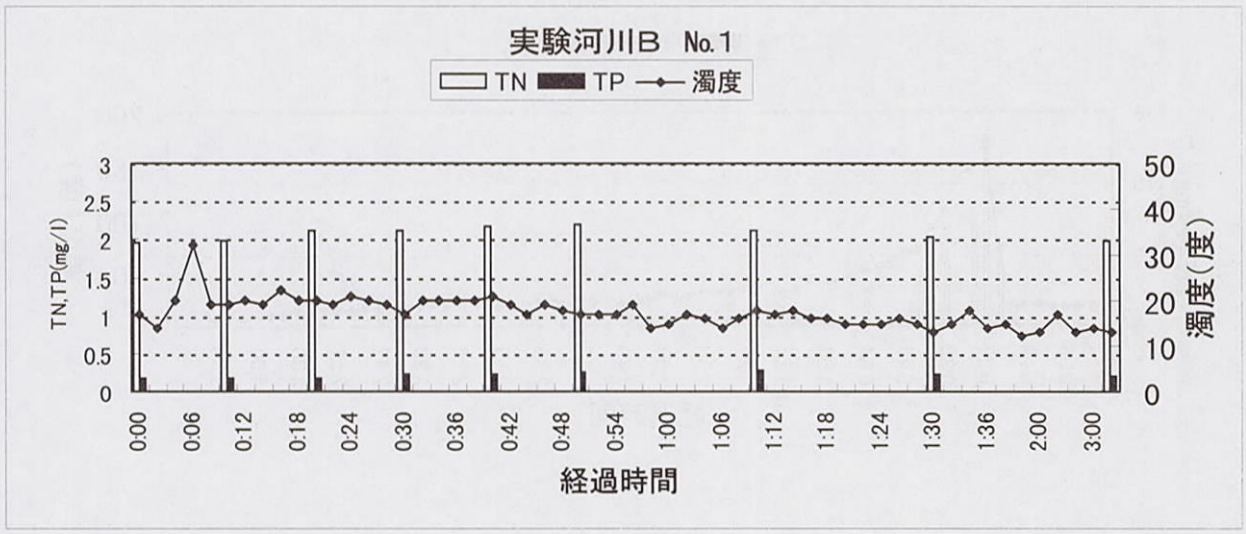
1）出水時水質調査

第1回及び第2回出水実験における最上流及び最下流における水質の時間変化を図 4.1.4(1)～(4)に示す。尚、章末に2回の出水実験における実測データを添付した。実験河川では出水実験の時期が実際の雨天時と対応していないこと、また、出水実験の供給水が上流の配水池等に一旦貯留された水であること、から、通常の河川のように研究対象区間の上流から雨天に伴う様々な汚濁負荷の流入が認められない特徴を有する。最上流地点の各水質項目における測定値は、通日調査時の平均的な測定値と同程度か僅かに上回る程度であった。また、これらの時間的な変動も少なく、上流から平常時と同程度の水質を維持した水を水質時間的に安定して供給できたと言える。ただし、出水後5分程度で濁度にピークが認められる。これは、実験河川転倒ゲート直下流の常時水が流れない区間に堆積した物質がゲートの開放に伴い流失した結果であり、流入水そのものに含まれているものではない。

一方、最下流における各水質項目の測定値はいずれについても同様の傾向が認められた。すなわち、出水後比較的早い時間帯に測定値のピークが認められ、その後徐々に減衰していく。また、測定値のピークは本地点における水位ピークに比べてかなり早い時間にかつ急激に現われるのも大きな特徴だが、第2回出水実験時のピークの出現は第1回と比較すると遅く、かつ、緩やかになっている。2つの実験において放流がピークに達するまでの時間はほぼ同一で20分であったが、ピーク流量は第1回が 2.5m³/s、第2回が 2.0 m³/s と規模が異なること、また、両時期における植生の繁茂状態が著しく異なること、がこの要因として考えられる。特に、後者の要因は通日調査における水質の変化にも大きく影響していると考えられる項目である。

次に、第1回出水実験における各測定値の最大値を見てみよう。第1回は濁度 175 度、TOC98.4(mg/l)、-N12.7(mg/l)、T-P4.2(mg/l)、ｸﾛﾛﾌｨﾙ a475(μg/l)、ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ 515(μg/l)であるが、第2回出水実験では濁度 38 度、TOC18.6(mg/l)、T-N3.22(mg/l)、T-P0.517(mg/l)、ｸﾛﾛﾌｨﾙ a24.9(μg/l)、ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ 58.5(μg/l)となっており、第2回出水実験時におけるピーク値は相対的に低い。





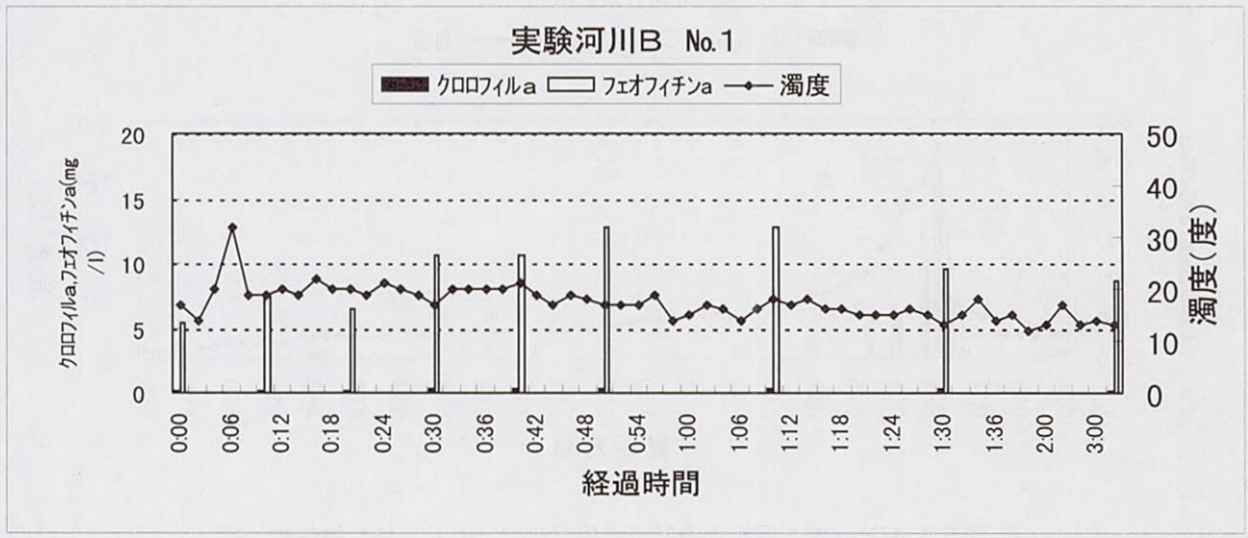


図 5.1.4(1)　第 1 回出水時調査結果グラフ（H13.7.13）最上流

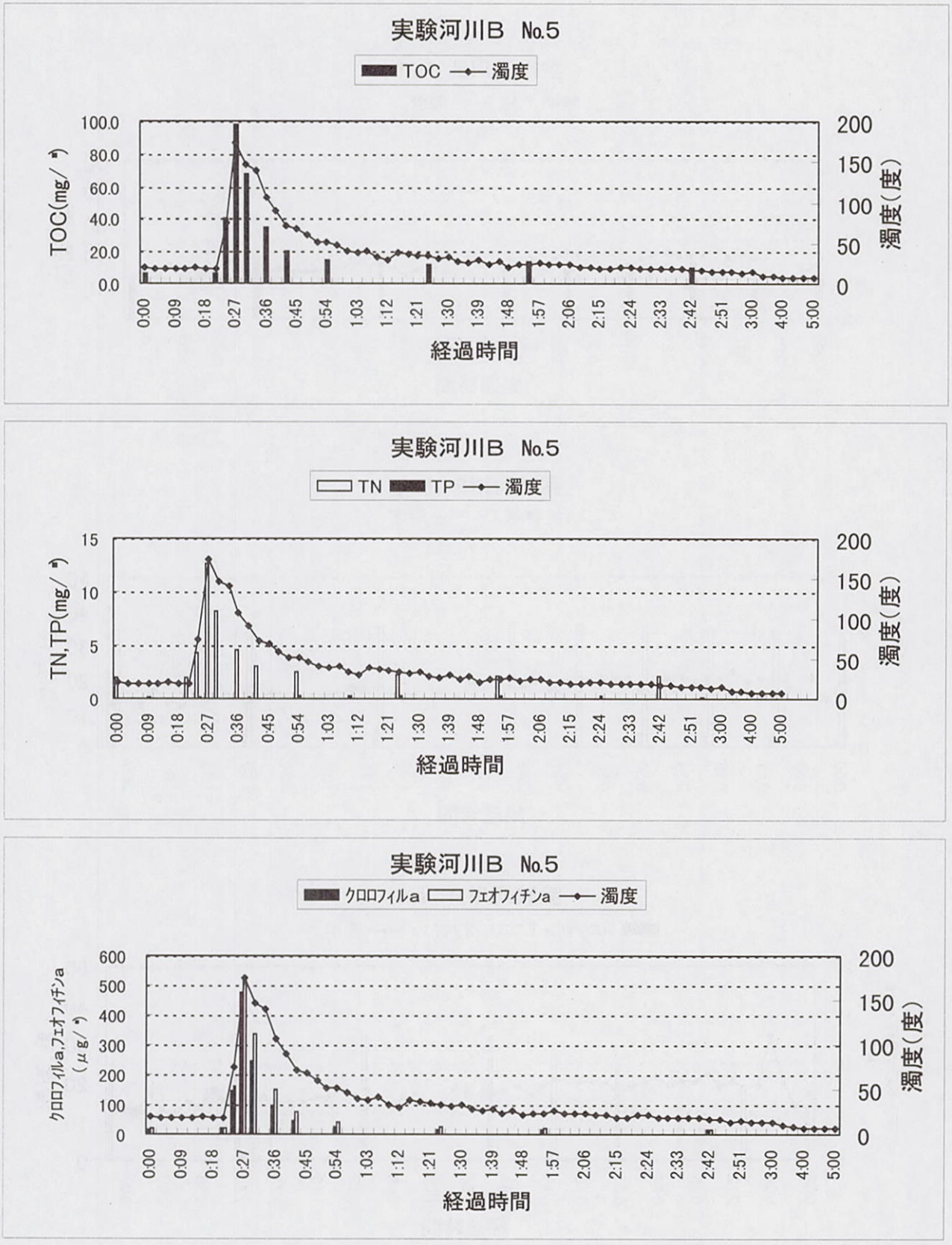


図 5.1.4(2)　第１回出水時調査結果グラフ（H13.7.13）最下流

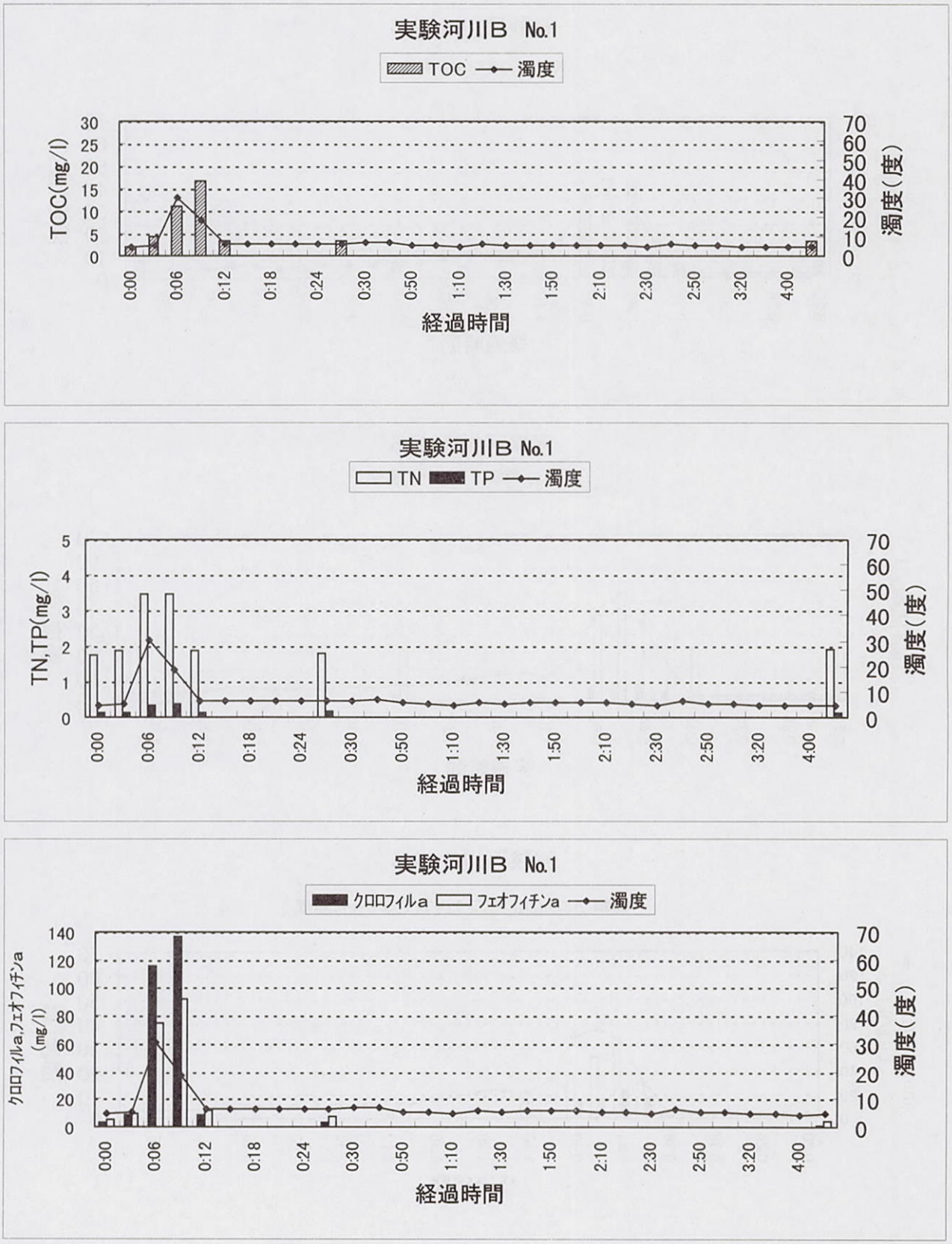


図 5.1.4(3)　第２回出水時調査結果グラフ（H13.9.4）最下流

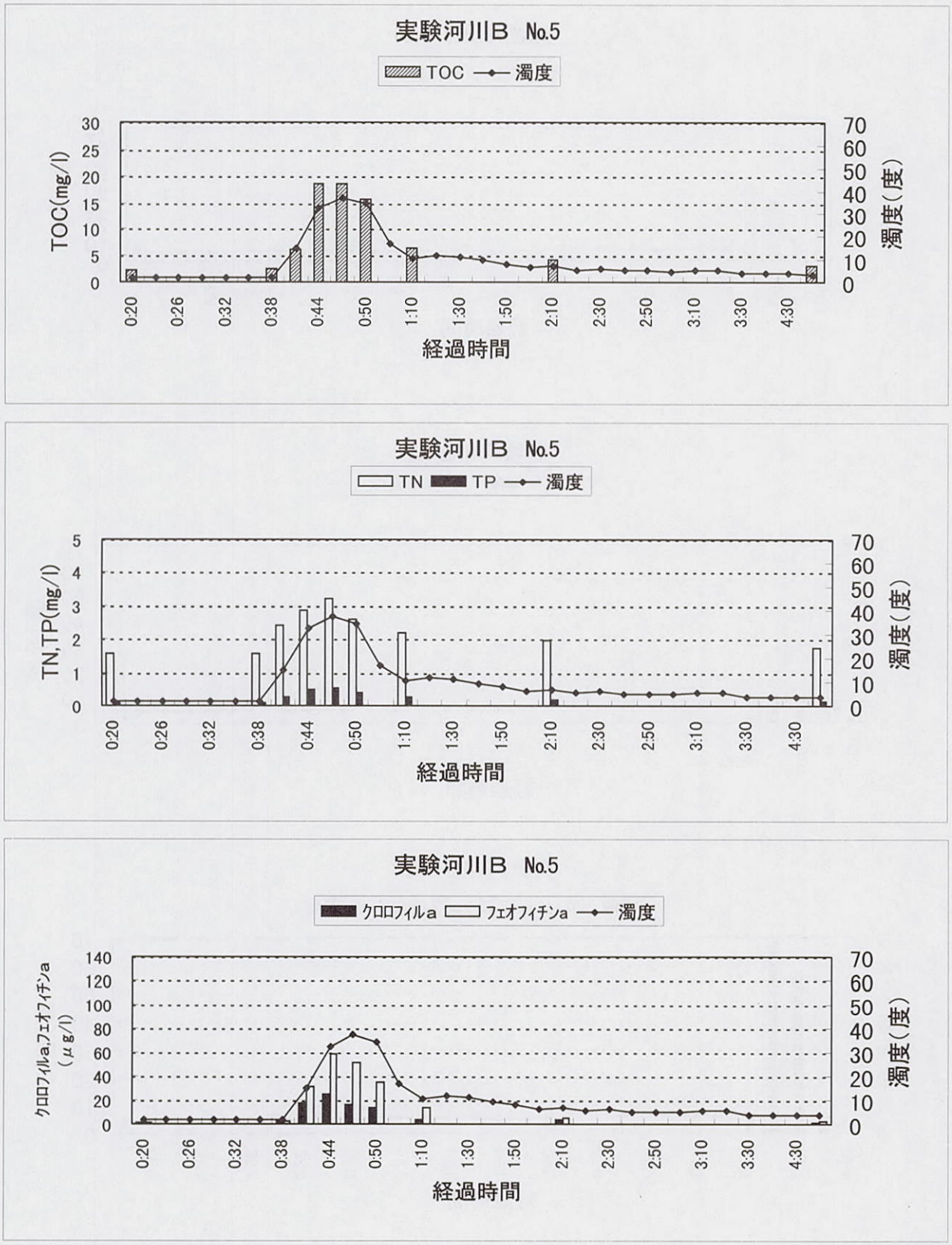


図 5.1.4(4)　第２回出水時調査結果グラフ（H13.9.4）最下流

2）出水時流下固形物調査

流下固形物調査では、時間的な変化の把握は行わなかったため、第２回出水実験時に採集された固形物の湿重量、乾重量及び含有されていた C,N,P 重量の総量を最上流(NO.1)と最下流（NO.5）について示す。表 4.1.5 に結果を示す。ここで、固形物の採集は、両地点で出水により剥離、流下する付着藻類や沈水植物が認められる前に開始し、認められなくなるまで実施し、採集時間の長さもこの判断に基づき決定されている。

表 5.1.5　採集固形物分析結果

	採集時間	湿重量(kg)	乾重量(kg)	C(kg)	N(kg)	P(kg)
最上流地点 (NO.1)	1時間 45 分	46.9	5.43	2.09	0.18	0.010
最下流地点 (NO.5)	3時間 40 分	217.1	27.1	10.2	1.25	0.138
上下流差		170.2	21.7	8.1	1.1	0.13

また、参考のために平成１２年度に行った固形物分析調査結果を表 4..1.6 に示す。本調査は平成 12 年 8 月 9 日に実施したものでありﾋﾟｰｸ時間とﾋﾟｰｸ流量は異なる。本表から平成 13 年に実施した実験河川 B における結果が他の結果と比較して大きくなっているが、ﾋﾟｰｸ時間とﾋﾟｰｸ流量が平成 12 年の実験と比較して長くて大きいこと、ﾋﾟｰｸ時間が長く、ﾋﾟｰｸ流量が多くなれば出水時に流出する固形物量が増加すると推定されること、を考慮すると、平成 12 年と 13 年の結果には理論的に矛盾がない。また、本表に示した C,N,P 量と出水特性との関係は実験河川における出水時の物質の流出を検討する際の一つの目安になることと言えるだろう。尚、本結果の解釈については考察において行うこととする。

表 5.1.6　平成 12 年及び平成 13 年における流下固形物調査結果の比較

区分	C(kg)	N(kg)	P(kg)	ﾋﾟｰｸ時間（分）	ﾋﾟｰｸ流量(m^3/s)
実験河川 B	10.2	1.25	0.138	180	2.0
実験河川 A	6.4	0.66	0.080	90	1.0
実験河川 C	4.7	0.46	0.006	90	1.0

（3）流下時間測定結果

両河川におけるリチウム濃度の時間変化を図 5.1.5 に、また、流下時間をトレーサー投入から各地点におけるリチウム濃度が最大となる時間とした場合の両河川における流下時間を表 5.1.7 に示す。実験河川Ｂでは各地点において実験河川Ｃと比較してLi濃度のﾋﾟｰｸ時間が早く現われ、また、Li濃度は大きかった。全流下時間（No.1～No.5）を見ると実験河川Ｂの１時間 30 分に対して、実験河川Ｃでは２時間 25 分とおよそ１時間程度の差が生じ、実験河川Ｃでは植物の繁茂が抵抗となり流速の減少と流下時間の増加を引き起こしていることが想像できる。このような現象が実験河川内のどの区間で卓越しているかを明らかにするため、各測定地点間における流下時間と流下速度を算定してみよう。表 5.1.8 に結果を示した。いずれの区間においても流下速度は実験河川Ｃで実験河川Ｂを下回り、特に No.2→No.3 では流下速度に２倍以上の差が生じている。この区間は勾配が 1/800 の区間で冠水頻度研究ゾーンが本区間の下流に位置し、川幅が広く設定されているだけでなく低水路沿いに設置した高水敷には植物の繁茂が著しい。このような要因が流下速度の低下に影響を与えていると推定される。尚、流下時間に影響を与える植物が、平成１３年７月に実施した第１回出水実験前の植物の刈り取りを初期条件として季節的に成長していること、流下時間の測定が平成１２年の植物の成長が概ね終了した平成１３年１１月に実施していること、を考えると、植物刈り取り時の流下時間には両河川において大きな変化はなく、その後植物の成長に伴い徐々に流下時間が増大したものと考えられる。

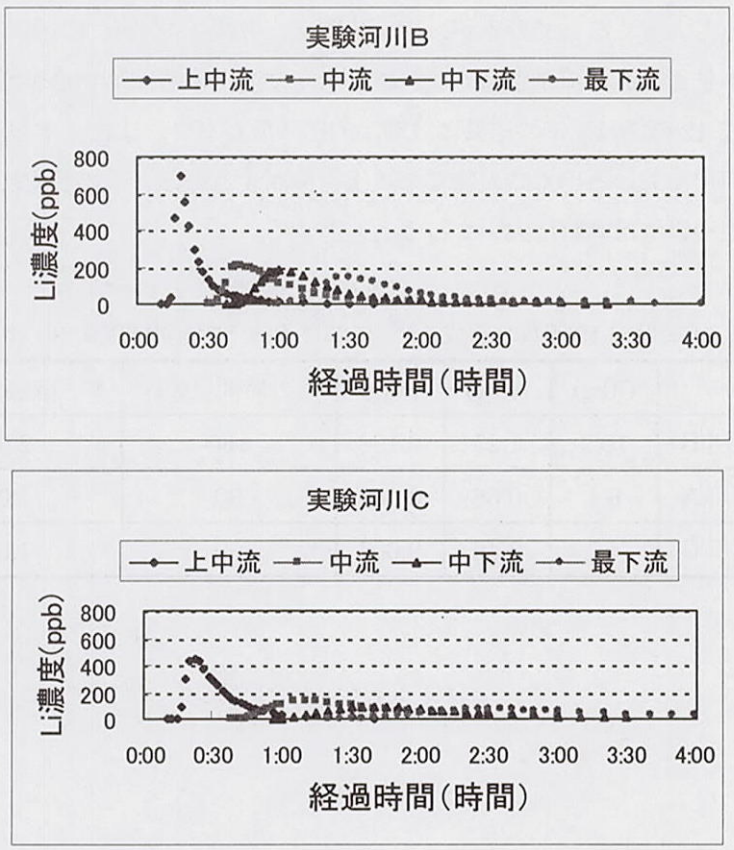


図 5.1.5　各地点における Li 濃度の時間変化（上：実験河川 B、下：実験河川 C）

表 5. 1. 7　各地点における流下時間とリチウム濃度最大値

区分 / 地点	実験河川 B		実験河川 C	
	流下時間	ﾋﾟｰｸ時の Li 濃度 (ppb)	流下時間	ﾋﾟｰｸ時の Li 濃度 (ppb)
上中流地点(No.2)	18 分	697	22 分	442
中流地点(No.3)	44 分	203	1 時間 10 分	131
中下流地点(No.4)	1 時間	174	1 時間 40 分	91
最下流地点 (No.5)	1 時間 30 分	144	2 時間 25 分	70

表 5.1.8　地点間における流下時間及び流下速度

区分 / 地点		地点間の距離(m)	流下時間(分)		地点間の流下時間(分)		流下速度(m/s)	
			実験河川 B	実験河川 C	実験河川 B	実験河川 C	実験河川 B	実験河川 C
上中流地点 (No.2)	(No.1)→(No.2)	180	18	22	18	22	0.17	0.14
中流地点 (No.3)	(No.2)→(No.3)	210	44	80	26	58	0.14	0.06
中下流地点 (No.4)	(No.3)→(No.4)	110	60	100	16	20	0.12	0.09
最下流地点 (No.5)	(No.4)→(No.5)	240	90	145	30	45	0.13	0.08

５．１．４　考察

（１）　実験河川Ｂ及びＣにおける水質の比較と出水の影響

平成 13 年度は出水が水質に与える影響の把握を目的として、実験河川Ｂに定期的に出水を与え両河川における水質の比較を行った。しかし、7 月上旬に実施した草狩り後、両岸から植物が繁茂し盛夏には両河川において両岸を覆うほどの状況となったため、通日調査と出水時調査は出水による一時的なインパクトとそこからの回復、そして、成長に伴い時間的に増大する植物の影響の２つが重なりあった水質現象になったものと推定される。植物の成長に伴う影響は平常時と出水時の双方に関連し、平常時においては植物自体が粗度となり流下時間を遅らせるだけでなく、水と接する表面積を増加させて物理的な沈降・吸着により自浄作用を高めるだろう。また、成長に伴う栄養塩類の吸収による自浄作用も期待できる。一方、出水時には植物自体が粗度として作用すること、また、出水時に倒伏して河床を被服することにより、出水時に河床に働く掃流力を低下させて河床付着物の流失を抑制するものと考えられる。図 4.1.5　は、これを概念的に示した。植物の繁茂により出水による潜在的な水質への影響力は減少し、代わって植物の成長自体に伴う水質への影響力が増加する。ここで水質への影響とは、通日調査結果で定義した増加率や浄化率で測定できるものであり、ここでは例として自浄能力を挙げている。実際の自浄能力は、植物が繁茂しない状態の河川特性を初期状態とし、ここに植物が繁茂したことによる自浄作用の増大、そして、出水による自浄作用の一時的な増大を付加したものと表すことができるだろう。

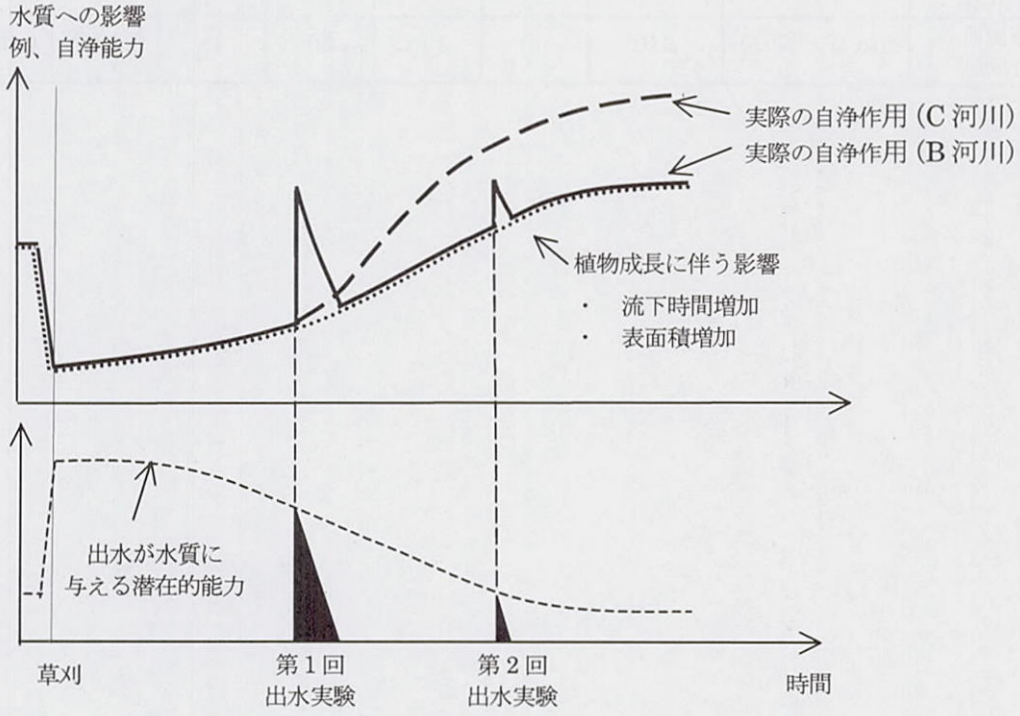


図 5.1.5　　植物の繁茂と出水が水質に及ぼす影響に関する概念図

ところで、流下時間の測定結果に示したように実験河川Cは B に比較して植物の繁茂が活発であり、結果として流下時間が増加したことが判っている。これは実験河川 C における植物の影響が実験河川 B と比較するとより大きいことを示すものであり、概念的には図中の点線で表すことができる。

さて、本概念図から、第１回目の出水実験の影響把握を目的とした第１回通日調査（出水前）と第２回通日調査(出水後)における調査結果は、第２回出水時調査と第５回通日調査（出水後）の結果と比較して、出水の水質に及ぼす影響が大きいと考えられる。また、後者は両実験河川における植物の繁茂状態の差が大きいと推定されるため、植物繁茂の水質に及ぼす影響が大きいと考えられる。

まず、第２回通日調査における両河川の増加率を再度見直してみよう。いずれの水質項目においても両河川において明瞭な差は見られない。本調査は出水後１週間が経過しているため出水による影響が減衰している可能性がある。一方、第１回及び第２回出水実験時の出水時水質調査結果及び流下固形物調査結果を見ると、第１回調査時の方が各測定項目の濃度及び重量が大きいことが解る。このことから出水に伴うインパクトは第１回の方が第２回と比較して大きかったが、その影響は非常に短期的であり１週間後の通日調査にはこれが十分減衰したものと考えられる。尚、実験河川 B では第１回出水実験前の５月 30 日に予備出水を行っている。従って、予備出水実験と第１回出水実験の間隔と第１回と第２回出水実験の間隔は概ね同じと考えてよい。これは、平常時の流入水質は実験河川内での物質代謝に大きな変化がないと仮定すれば、両実験河川に平常時に蓄積された物質量は同程度であることを意味し、これが出水実験時の水質等を比較する上での前提条件となっている。

（2）出水による物質の流出と蓄積量との比較

出水実験が実験河川内における物質収支にどの程度寄与しているかを明らかにするため、第１回出水実験と第２回出水実験との間に実験河川内に蓄積された物質量、そして、出水時に実験河川から流出した物質量を推定し、蓄積量と流出した物質量の比較を行う。推定は、1)平常時における付加量収支の算定、2)平常時における蓄積量の算定、3)出水時の流出量の算定、の３つのステップについて行い、最終的2)と3)を比較することにより、出水の物質収支に対する役割を明らかにする。

１）各ステップにおける算定方法

1)平常時の付加量収支の算定方法

平常時の負荷量収支は、通日調査における１日当たりの変化量を算出し比較した

①１日当たりの負荷量収支(kg)＝（流出量－流入量）

a. 流入量＝最上流地点の３時間毎の濃度×流量（３時間）

・最上流地点の３時間毎の濃度：通日調査における21時から翌日の21時までの平均濃度。

・例）最上流地点の３時間毎の濃度（21時～24時）

＝（21時の濃度＋24時の濃度）／２×（21時～24時の総流量）

・流量は最上流地点の実測値

b. 流出量＝最下流地点の３時間毎の濃度×流量（３時間）

・最上流地点の３時間毎の濃度：通日調査における21時から翌日の21時までの平均濃度

・例）最上流地点の３時間毎の濃度（21時～24時）

＝（21時の濃度＋24時の濃度）／２×（21時～24時の総流量）

・流量は最下流地点の実測値

2)平常時の蓄積量の算定

①１日あたりの平均負荷量は、５回の通日調査結果の平均値とした。

②１日あたりの平均負荷量に、第１回出水時調査から第２回出水時調査の間の日数53日を乗じて蓄積量とする。

③蓄積期間において、各物質は実験河川内で分解または生成はないと仮定した。

④蓄積期間において、各物質は実験河川内でとどまると仮定した。

3)出水時の流出量の算定

出水時の流出量は、出水時水質調査結果及び固形物調査におけるSS（濁度より算定）、TOC、T-N、T-P、ｸﾛﾛﾌｨﾙa、ﾌｪｵﾌｨﾁﾝaについて行った。各項目における算定方法は以下のとおりである。

① 出水実験における負荷量収支=(流出量－流入量)

a. 流入量＝Σ（最上流地点の濃度×流量）＋固形物調査における総流入量

b. 流出量＝Σ（最下流地点の濃度×流量）＋固形物調査における総流出量

ここで、Σは出水実験開始後最上流地点及び最下流地点でデータの収集を開始してから終了するまでの時間の積分値を示す。実際には等間隔でない離散データを対象としているため、ある採水時間における濃度と流量の積に前後する採水間隔の1/2を乗じて全時間で積分している。

2）結果

1）平常時の負荷量収支

平常時の1日当たりの上流から流入する負荷量に対する実験河川内での負荷量収支の割合（１日当たりの負荷量収支割合）を図4.1.6に示す。ここで１日当たりの負荷量収支割合とは次式で定義された変量であり、１日間で負荷量のどの程度が実験河川内に蓄積されたかを示す指標である。

１日当たりの負荷量収支割合（%）＝（流出量－流入量）／（流入量）×１００

注１）濁度からＳＳへの換算は、平成12年度測定結果のＳＳと濁度の一次相関から求めた回帰式により行った。

注２）Ｐ－ＴＮは次式により求めた。

$$(P\text{-}T\text{-}N) = T\text{-}N - [(NO_3\text{-}N) + (NO_2\text{-}N) + (NH_4\text{-}N)]$$

注３）Ｐ－ＴＰは次式により求めた。

$$(P\text{-}T\text{-}P) = T\text{-}P - (PO_4\text{-}P)$$

ほとんどの水質項目において同様の傾向が見られる。すなわち、第１回～第３回までは収支割合が徐々に増加し、第４回から第５回では減少している。また、多くの水質項目において、第１回～第３回までは実験河川Bで、その後は実験河川Cでより小さい収支割合になっている。これがどのようなメカニズムによるかは不明な点が多いが、第１回通日調査時は草刈の時期と重なっており、両河川には相当の植物が残存していたものと考えられる。第２回通日調査では植物が刈り取られたため負荷量収支割合が増加し、更に、第３回通日調査では自濁作用が加わって収支の割合が更に増加している可能性がある。負荷量収支の割合からも、第１回出水実験の水質への影響を判別することはできない。第４回通日調査以降は植物が再び繁茂し、収支割合も再び減少したものと推定される。

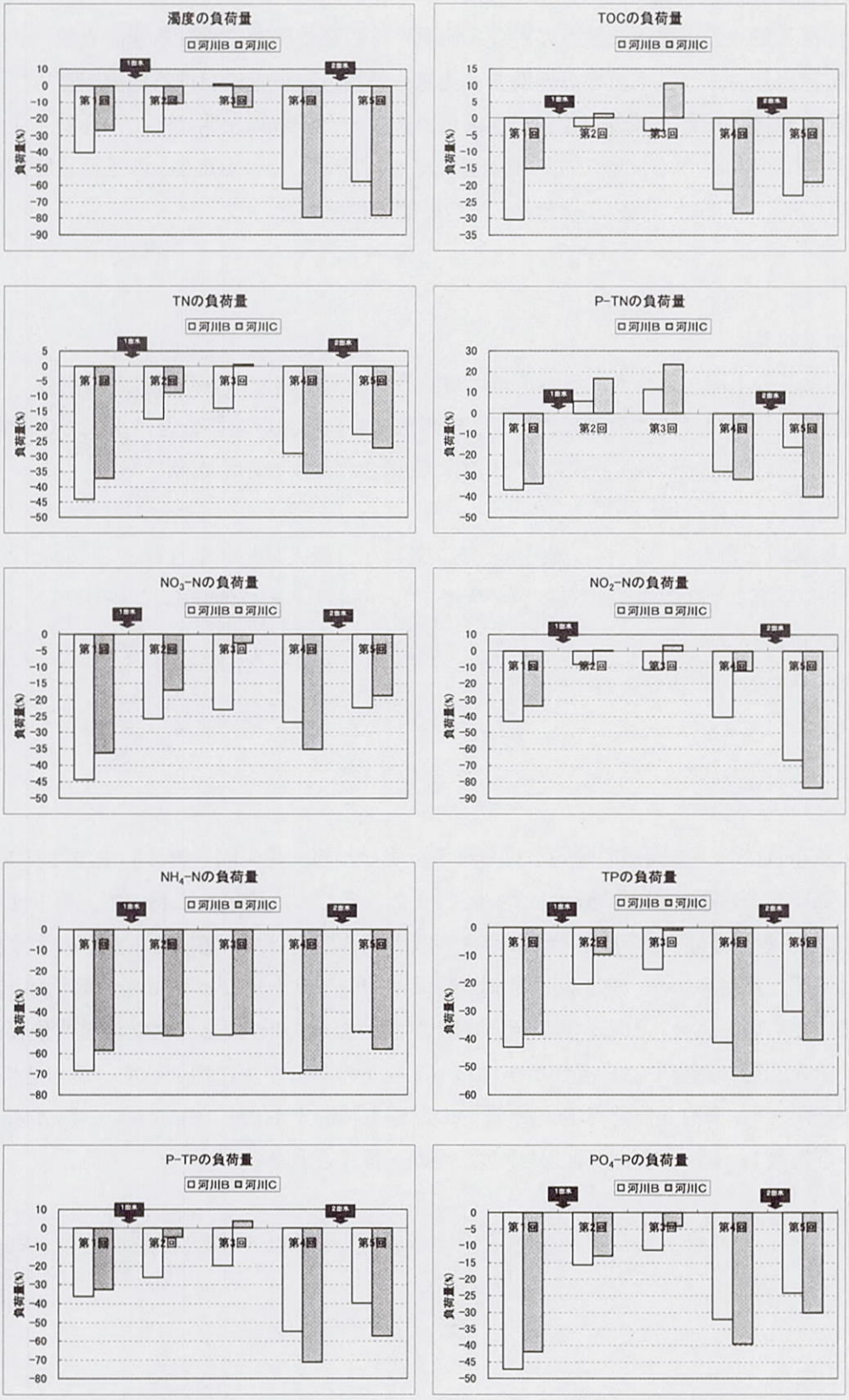


図5.1.6　平常時1日当たりの負荷量収支

2) 出水時の負荷量収支

出水時の負荷量を表4.1.8に示す。第１回目の流出量は第２回目に比べ、SS、ｸﾛﾛﾌｨﾙaが約10倍であった。一方TOCは３倍、T-Pは２倍、T-Nは１倍となっていた。特に、T-Nは各出水時で同量が流出していた。これは、粒子状（P-T-N）の他に、河川水中に溶存した状態（NO_3-N、NO_2-N、NH_4-N）で流出しているためと考えられる。

表 5.1.8　出水時の負荷量収支の状況

第１回 出水調査	経過時間帯の負荷量収支					
	換算SS (kg)	ＴＯＣ (kg)	ＴＮ (kg)	ＴＰ (kg)	ｸﾛﾛﾌｨﾙa (kg)	ﾌｪｵﾌｨﾁﾝa (kg)
流入	1,688	114	36.1	4.08	0.18	0.34
流出　A	3,936	239	41.5	5.77	0.44	0.59
流出－流入	2,248	124	5.34	1.69	0.26	0.25

第２回 出水調査	経過時間帯の負荷量収支					
	換算SS (kg)	ＴＯＣ (kg)	ＴＮ (kg)	ＴＰ (kg)	ｸﾛﾛﾌｨﾙa (kg)	ﾌｪｵﾌｨﾁﾝa (kg)
流入	180	71.8	42.9	3.21	0.03	0.11
流出　B	293	84.2	41.4	3.32	0.04	0.10
流出－流入	113	12.3	-1.51	0.10	0.01	0.00

区分	流出量の比較					
A/B	13	3	1	2	10	6

3) 平常時の物質蓄積量と出水時の実験河川からの流出量の比較

平常時の物質蓄積量と出水時の実験河川からの流出量を表4.1.9に示す。本表から、蓄積量に対する流出量は10%未満であり、第２回出水実験が物質収支に寄与した割合は大きいとはいえない状況であった。特に、窒素、ﾘﾝについては出水がほとんど収支に寄与していないことが判る。ただし、出水により剥離・流下した植物や河床付着物は河道内にトラップされ最下流まで達していない場合もあり、今後出水時間を長くする等してより明確なレスポンスが得られるような実験が必要である。尚、河道内に蓄積された窒素、ﾘﾝは植物の成長に伴い吸収されている可能性があり、今後は生物間の収支と脱窒に伴う窒素の離脱等物質代謝も加味した検討が必要となるだろう。

表5.1.9　　平常時の物質蓄積量と出水時の実験河川からの流出量

区　分	SS (kg)	TOC (kg)	TN (kg)	TP (kg)
出水時までの実験河川への蓄積量 A	1,927	232	267	18.9
出水時の実験河川からの流出量 B	113	12.3	-1.51	0.10
出水時の固形物(沈水植物)による流出量 C	0	8.08	1.07	0.13
出水時の流出量 D=B+C	113	20.4	-0.44	0.23
流出量/蓄積量(%) D/A×100	5.9	8.8	-0.2	1.2

５．１．５　まとめ

水質調査結果から平成13年度に実施した出水実験は水質現象に寄与していないことが判った。これは、出水前後の通日調査結果及び平常時と出水時における物質収支の状況の双方から裏付けられる。このような現象は実験河川における植物が平常時と出水時において水質現象を支配しているためで、出水実験に伴うインパクト、すなわち掃流力の増加は、植物により弱められ効果が小さくなっていることが解った。

平成13年度　第1回通日調査結果一覧表(H13.7.4～5)

上流:最上流地点(No1)、下流:最下流地点(No5)

実験河川B

採水時刻	照度	天候		気温		水温		水位		透視度		流速						pH		導電率		濁度		TOC		TN		NO_3-N		NO_2-N		NH_4-N		TP		PO_4-P	
	上流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流 量水標なし	上流	下流	上流 左岸	上流 中央	上流 右岸	下流 左岸	下流 中央	下流 右岸	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流
	(lux)			(℃)	(℃)	(℃)	(℃)			(度)	(度)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)			(mS/m)	(mS/m)	(度)	(度)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
18:00	7,600	20%	20%	34.8	34.5	30.0	28.4	13.78	－	58	50	0.22	0.26	0.20	0.23	0.22	0.16	7.58	7.47	11.3	11.4	5.6	5.2	3.2	3.8	1.56	1.45	0.922	0.981	0.025	0.024	0.147	0.052	0.136	0.116	0.091	0.076
21:00	0.15	20%	10%	28.0	30.5	30.0	27.9	13.78	－	78	>100	0.25	0.28	0.24	0.23	0.20	0.16	7.59	7.41	11.8	11.5	5.1	3.9	3.8	3.6	1.57	1.47	1.08	0.965	0.025	0.027	0.143	0.073	0.154	0.113	0.103	0.075
0:00	0.08	20%	0%	24.7	24.5	28.7	27.6	13.78	－	>100	>100	0.24	0.27	0.23	0.23	0.21	0.17	7.54	7.38	12.4	12.0	3.9	3.0	2.9	3.2	1.60	1.53	0.934	0.902	0.024	0.027	0.162	0.110	0.139	0.120	0.091	0.080
3:00	0	20%	0%	24.1	23.5	27.6	26.7	13.78	－	89	>100	0.21	0.28	0.24	0.22	0.19	0.17	7.52	7.40	12.4	13.2	3.7	3.1	2.9	3.4	1.65	1.59	0.920	0.735	0.026	0.026	0.170	0.119	0.122	0.104	0.080	0.068
6:00	9,740	15%	0%	24.6	26.5	26.7	26.0	13.78	－	82	96	0.23	0.27	0.22	0.25	0.22	0.14	7.52	7.42	12.2	13.2	4.5	3.3	2.8	3.0	1.60	1.54	0.674	0.882	0.025	0.025	0.219	0.081	0.112	0.096	0.075	0.063
9:00	81,600	5%	0%	33.1	31.8	26.5	29.0	13.78	－	57	85	0.24	0.25	0.23	0.28	0.26	0.19	7.37	7.58	12.2	11.8	2.0	2.8	2.4	2.7	1.62	1.46	0.762	0.768	0.029	0.025	0.181	0.060	0.127	0.132	0.067	0.068
12:00	110,700	5%	10%	37.6	37.2	27.0	31.0	13.78	－	58	69	0.25	0.26	0.26	0.27	0.23	0.16	7.46	7.68	11.5	11.7	2.4	3.4	2.0	3.1	1.51	1.49	0.761	0.764	0.025	0.023	0.140	0.078	0.115	0.144	0.065	0.080
15:00	77,900	20%	20%	37.8	36.7	29.0	30.8	13.78	－	47	66	0.28	0.25	0.25	0.27	0.24	0.18	7.51	7.68	10.8	11.1	2.7	3.7	2.2	3.3	1.47	1.43	0.816	0.655	0.021	0.020	0.149	0.081	0.132	0.151	0.073	0.081
18:00	51,500	75%	50%	34.5	31.3	30.0	28.8	13.78	－	46	72	0.33	0.26	0.23	0.27	0.26	0.20	7.51	7.50	10.9	11.4	2.5	3.2	2.7	3.0	1.63	1.52	0.885	0.714	0.023	0.019	0.134	0.093	0.153	0.157	0.092	0.068
21:00	0.11	100%	100%	29.2	28.0	31.0	28.0	13.78	－	>100	76	0.22	0.27	0.21	0.26	0.28	0.18	7.58	7.42	11.8	11.8	2.8	3.1	2.7	2.9	1.64	1.53	0.829	0.890	0.024	0.026	0.161	0.088	0.166	0.138	0.104	0.072
最小値	0	5%	0%	24.1	23.5	26.5	26.0	13.78	－	46	50	0.21	0.25	0.20	0.22	0.19	0.14	7.37	7.38	10.8	11.1	2.0	2.8	2.0	2.7	1.47	1.43	0.674	0.655	0.021	0.019	0.134	0.052	0.112	0.096	0.065	0.063
最大値	110700	100%	100%	37.8	37.2	31.0	31.0	13.78	－	>100	>100	0.33	0.28	0.26	0.28	0.28	0.20	7.59	7.68	12.4	13.2	5.6	5.2	3.8	3.8	1.65	1.59	1.08	0.981	0.029	0.027	0.219	0.119	0.166	0.157	0.104	0.081
平均値	33904	30%	21%	30.8	30.5	28.7	28.4	13.78	－	－	－	0.24	0.27	0.23	0.25	0.23	0.17	7.52	7.49	11.7	11.9	3.5	3.5	2.7	3.2	1.59	1.50	0.858	0.826	0.025	0.024	0.161	0.084	0.136	0.127	0.084	0.073

実験河川C

採水時刻	照度	天候		気温		水温		水位		透視度		流速						pH		導電率		濁度		TOC		TN		NO_3-N		NO_2-N		NH_4-N		TP		PO_4-P	
	上流 ※	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流 左岸	上流 中央	上流 右岸	下流 左岸	下流 中央	下流 右岸	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流
	(lux)			(℃)	(℃)	(℃)	(℃)			(度)	(度)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)			(mS/m)	(mS/m)	(度)	(度)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
18:15	7,600	20%	20%	34.8	34.5	30.0	28.1	13.72	11.94	58	59	0.24	0.32	0.27	0.10	0.23	0.16	7.42	7.49	10.5	11.3	5.6	4.8	2.6	3.3	1.56	1.48	1.06	0.866	0.026	0.025	0.109	0.052	0.139	0.106	0.094	0.073
21:15	0.15	20%	10%	28.0	30.5	29.2	27.9	13.72	11.94	74	96	0.34	0.38	0.31	0.09	0.23	0.18	7.47	7.39	12.2	11.9	5.0	6.0	2.8	4.2	1.61	1.59	0.969	0.950	0.025	0.027	0.109	0.086	0.155	0.121	0.108	0.079
0:15	0.08	20%	0%	23.2	24.5	28.2	27.6	13.72	11.94	100	92	0.26	0.38	0.31	0.09	0.23	0.19	7.50	7.50	13.9	12.6	3.6	4.0	2.4	3.6	1.62	1.57	0.858	0.655	0.024	0.027	0.120	0.089	0.130	0.119	0.094	0.078
3:15	0	20%	0%	23.3	23.5	27.0	26.8	13.72	11.94	71	75	0.38	0.40	0.30	0.10	0.24	0.19	7.62	7.50	14.2	12.7	3.8	4.5	2.5	3.7	1.69	1.64	0.766	0.716	0.025	0.025	0.139	0.103	0.121	0.120	0.078	0.068
6:15	9,740	15%	0%	27.0	26.5	26.4	26.2	13.72	11.94	80	85	0.39	0.37	0.31	0.10	0.22	0.20	7.56	7.23	13.7	12.9	3.7	3.5	2.4	3.0	1.66	1.51	0.731	0.796	0.026	0.027	0.145	0.089	0.115	0.097	0.075	0.062
9:15	81,600	5%	0%	33.4	32.9	26.2	28.7	13.72	11.94	50	81	0.34	0.37	0.25	0.08	0.22	0.17	7.38	7.57	12.2	12.4	3.1	2.5	2.4	2.6	1.65	1.52	0.641	0.865	0.029	0.026	0.160	0.080	0.127	0.119	0.067	0.066
12:15	110,700	5%	10%	37.2	37.7	27.0	30.6	13.72	11.94	54	71	0.33	0.35	0.26	0.10	0.26	0.18	7.47	7.60	11.8	12.1	2.1	3.6	2.4	3.1	1.57	1.48	0.844	0.738	0.026	0.025	0.135	0.075	0.119	0.122	0.062	0.071
15:15	77,900	20%	20%	37.7	36.6	28.9	30.5	13.72	11.94	56	74	0.33	0.36	0.26	0.10	0.27	0.20	7.52	7.72	11.4	11.5	3.1	3.0	2.5	2.9	1.45	1.41	0.801	0.704	0.021	0.022	0.126	0.071	0.138	0.134	0.071	0.078
18:15	51,500	80%	50%	34.0	31.1	30.0	28.5	13.72	11.94	44	78	0.36	0.38	0.26	0.11	0.39	0.30	7.64	7.56	11.8	11.7	3.0	2.8	2.0	2.2	1.52	1.41	0.719	0.677	0.023	0.021	0.140	0.081	0.154	0.134	0.098	0.070
21:15	0.11	100%	100%	29.9	28.0	30.8	28.2	13.72	11.94	>100	68	0.36	0.35	0.28	0.10	0.29	0.21	7.60	7.47	12.3	11.7	2.9	4.0	2.5	2.6	1.63	1.49	0.960	0.878	0.026	0.025	0.158	0.109	0.152	0.149	0.105	0.073
最小値	0	5%	0%	23.2	23.5	26.2	26.2	13.72	11.94	44	59	0.24	0.32	0.25	0.08	0.22	0.16	7.38	7.23	10.5	11.3	2.1	2.5	2.0	2.2	1.45	1.41	0.641	0.655	0.021	0.021	0.109	0.052	0.115	0.097	0.062	0.062
最大値	110700	100%	100%	37.7	37.7	30.8	30.6	13.72	11.94	>100	96	0.39	0.40	0.31	0.11	0.39	0.30	7.64	7.72	14.2	12.9	5.6	6.0	2.8	4.2	1.69	1.64	1.06	0.950	0.029	0.027	0.160	0.109	0.155	0.149	0.108	0.079
平均値	33904	31%	21%	30.9	30.6	28.4	28.3	13.72	11.94	－	78	0.33	0.37	0.28	0.10	0.26	0.20	7.52	7.50	12.4	12.1	3.6	3.9	2.4	3.1	1.60	1.51	0.835	0.785	0.025	0.025	0.134	0.084	0.135	0.122	0.085	0.072

※河川Bの値を記載

実験河川B

採水時刻	DO			
	上流	下流	下－上	増加率
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(%)
18:00	9.55	8.97	−0.58	−6.1
19:00	9.09	7.76	−1.33	−14.6
20:00	8.79	6.58	−2.21	−25.1
21:00	8.33	6.53	−1.80	−21.6
22:00	8.29	6.51	−1.78	−21.5
23:00	7.89	6.17	−1.72	−21.8
0:00	7.08	6.09	−0.99	−14.0
1:00	6.57	5.89	−0.68	−10.4
2:00	6.13	5.58	−0.55	−9.0
3:00	5.57	5.54	−0.03	−0.5
4:00	5.49	5.51	0.02	0.4
5:00	5.21	5.47	0.26	5.0
6:00	5.11	6.43	1.32	25.8
7:00	5.30	8.38	3.08	58.1
8:00	5.37	9.67	4.30	80.1
9:00	5.58	11.4	5.82	104
10:00	6.05	12.2	6.10	101
11:00	6.41	12.3	5.84	91.1
12:00	7.10	12.5	5.35	75.4
13:00	7.71	12.4	4.69	60.8
14:00	8.30	11.5	3.20	38.6
15:00	8.75	10.8	2.05	23.4
16:00	8.94	10.7	1.76	19.7
17:00	9.18	9.76	0.58	6.3
18:00	9.40	8.43	−0.97	−10.3
19:00	9.25	6.94	−2.31	−25.0
20:00	8.99	6.61	−2.38	−26.5
21:00	8.76	6.21	−2.55	−29.1
最小値	5.11	5.47	−2.55	−29.1
最大値	9.55	12.5	6.10	104
平均値	7.44	8.31	0.87	16.2

実験河川C

時間帯	DO			
	上流	下流	下－上	増加率
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(%)
18:15	9.21	8.20	−1.01	−11.0
19:15	8.81	7.07	−1.74	−19.8
20:15	8.69	6.34	−2.35	−27.0
21:15	8.24	6.10	−2.14	−26.0
22:15	8.01	6.04	−1.97	−24.6
23:15	7.52	5.90	−1.62	−21.5
0:15	6.92	5.75	−1.17	−16.9
1:15	6.31	5.58	−0.73	−11.6
2:15	5.97	5.29	−0.68	−11.4
3:15	5.52	5.25	−0.27	−4.9
4:15	5.44	5.17	−0.27	−5.0
5:15	5.24	5.23	−0.01	−0.2
6:15	5.22	6.46	1.24	23.8
7:15	5.58	8.06	2.48	44.4
8:15	5.68	8.99	3.31	58.3
9:15	5.76	10.7	4.94	85.8
10:15	6.22	11.4	5.13	82.5
11:15	6.62	11.7	5.08	76.7
12:15	7.24	11.8	4.56	63.0
13:15	7.80	11.8	4.00	51.3
14:15	8.38	10.8	2.42	28.9
15:15	8.75	10.7	1.90	21.7
16:15	9.02	10.2	1.18	13.1
17:15	9.14	9.09	−0.05	−0.5
18:15	9.11	7.57	−1.54	−16.9
19:15	9.30	6.61	−2.69	−28.9
20:15	9.00	6.40	−2.60	−28.9
21:15	8.80	6.08	−2.72	−30.9
最小値	5.22	5.17	−2.72	−30.9
最大値	9.30	11.8	5.13	85.8
平均値	7.41	7.86	0.45	9.4

平成13年度　第2回通日調査結果一覧表(H13.7.19～20)

上流:最上流地点(No.1)、下流:最下流地点(No.5)

実験河川B

採水時刻	照度	天候(雲量)		気温		水温		水位		透視度		流速						pH		導電率		濁度		TOC		TN		NO_3-N		NO_3-N		NH_4-N		TP		PO_4-P	
												上流			下流																				
	上流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	左岸	中央	右岸	左岸	中央	右岸	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流
	(lux)			(℃)	(℃)	(℃)	(℃)		量水標なし	(度)	(度)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)			(mS/m)	(mS/m)	(度)	(度)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
18:00	9,290	70%	70%	29.8	30.0	28.3	27.5	13.78	－	60	56	0.33	0.25	0.26	0.40	0.45	0.32	7.33	7.44	10.3	11.1	4.7	4.6	3.1	2.8	1.69	1.55	0.880	0.752	0.029	0.027	0.160	0.105	0.120	0.104	0.063	0.055
21:00	0.16	40%	80%	26.5	25.4	28.0	27.8	13.77	－	50	83	0.30	0.22	0.23	0.42	0.47	0.39	7.23	7.19	11.2	11.7	4.2	3.7	2.8	3.8	1.70	1.65	1.02	0.748	0.028	0.031	0.115	0.101	0.119	0.089	0.062	0.052
0:00	0.1	40%	80%	25.3	25.0	27.1	27.2	13.77	－	55	40	0.30	0.26	0.24	0.40	0.45	0.31	7.27	7.10	12.8	11.3	4.6	4.4	3.0	3.0	1.63	1.60	0.930	0.844	0.026	0.028	0.119	0.113	0.116	0.101	0.061	0.050
3:00	0.07	80%	90%	24.8	24.6	26.5	26.7	13.77	－	45	86	0.30	0.26	0.27	0.47	0.37	0.44	7.20	7.15	13.4	12.4	5.6	4.6	2.9	3.5	1.65	1.65	0.824	0.720	0.026	0.026	0.131	0.111	0.094	0.096	0.055	0.049
6:00	9,690	90%	80%	26.0	26.7	25.6	26.5	13.77	－	41	58	0.33	0.25	0.27	0.40	0.47	0.35	7.37	7.15	11.1	12.5	6.2	4.6	3.4	3.0	1.66	1.56	0.890	0.636	0.029	0.029	0.191	0.104	0.121	0.088	0.061	0.045
9:00	81,600	20%	40%	30.8	34.9	25.3	28.2	13.77	－	38	56	0.32	0.26	0.27	0.44	0.46	0.38	7.33	7.52	10.3	11.5	6.5	4.4	2.6	3.2	1.75	1.51	0.921	0.742	0.023	0.028	0.197	0.103	0.105	0.096	0.057	0.054
12:00	107,800	20%	20%	35.1	36.0	26.2	31.6	13.77	－	37	44	0.33	0.30	0.26	0.46	0.45	0.42	7.62	7.90	9.9	10.2	6.5	5.1	3.5	3.8	1.75	1.54	0.885	0.811	0.029	0.028	0.219	0.107	0.105	0.105	0.059	0.074
15:00	86,300	25%	40%	34.8	38.1	27.9	30.9	13.77	－	46	52	0.32	0.24	0.26	0.47	0.44	0.42	7.60	7.97	9.9	9.8	6.1	4.8	2.7	3.2	1.64	1.55	0.962	0.779	0.026	0.029	0.229	0.083	0.112	0.122	0.062	0.076
18:00	12,550	15%	5%	31.2	30.1	28.9	29.8	13.77	－	47	60	0.34	0.26	0.28	0.45	0.48	0.46	7.62	7.60	9.2	10.0	5.0	4.9	2.7	3.2	1.64	1.60	0.947	0.855	0.029	0.029	0.183	0.085	0.104	0.094	0.063	0.062
21:00	0.1	5%	5%	28.0	26.9	28.9	28.4	13.77	－	38	62	0.29	0.27	0.28	0.45	0.43	0.43	7.61	7.27	9.6	10.4	4.7	4.8	2.8	3.2	1.70	1.57	0.803	0.776	0.030	0.030	0.191	0.099	0.114	0.093	0.067	0.056
最小値	0.07	5%	5%	24.8	24.6	25.3	26.5	13.77	－	37	40	0.29	0.22	0.23	0.40	0.37	0.31	7.20	7.10	9.2	9.8	4.2	3.7	2.6	2.8	1.63	1.51	0.803	0.636	0.023	0.026	0.115	0.083	0.094	0.088	0.055	0.045
最大値	107,800	90%	90%	35.1	38.1	28.9	31.6	13.78	－	60	86	0.34	0.30	0.28	0.47	0.48	0.46	7.62	7.97	13.4	12.5	6.5	5.1	3.5	3.8	1.75	1.65	1.02	0.855	0.030	0.031	0.229	0.113	0.121	0.122	0.067	0.076
平均値	30,723	41%	51%	29.2	29.8	27.3	28.5	13.77	－	46	60	0.32	0.26	0.26	0.44	0.45	0.39	7.42	7.43	10.8	11.1	5.4	4.6	2.9	3.3	1.68	1.58	0.906	0.766	0.028	0.029	0.174	0.101	0.111	0.099	0.061	0.057

実験河川C

採水時刻	照度	天候(雲量)		気温		水温		水位		透視度		流速						pH		導電率		濁度		TOC		TN		NO_3-N		NO_3-N		NH_4-N		TP		PO_4-P	
												上流			下流																				
	上流※	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	左岸	中央	右岸	左岸	中央	右岸	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流
	(lux)			(℃)	(℃)	(℃)	(℃)			(度)	(度)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)			(mS/m)	(mS/m)	(度)	(度)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
18:15	9,290	70%	60%	29.6	29.5	28.0	28.5	13.73	11.91	66	58	0.36	0.31	0.19	0.30	0.26	0.30	7.14	7.23	11.2	11.3	5.5	6.5	2.2	2.4	1.68	1.60	0.940	0.909	0.029	0.032	0.127	0.075	0.094	0.110	0.063	0.055
21:15	0.16	40%	80%	26.5	25.9	28.0	27.7	13.73	11.91	49	48	0.39	0.28	0.15	0.39	0.29	0.29	7.13	7.11	12.0	11.6	4.8	5.1	2.1	2.6	1.67	1.58	0.934	0.899	0.029	0.033	0.123	0.128	0.104	0.110	0.063	0.055
0:15	0.1	40%	70%	25.3	24.8	27.0	27.5	13.73	11.91	48	45	0.31	0.32	0.14	0.30	0.29	0.31	7.08	7.02	13.1	11.7	5.0	3.5	2.4	2.2	1.69	1.71	1.02	0.933	0.028	0.030	0.124	0.080	0.105	0.082	0.062	0.048
3:15	0.07	80%	90%	24.7	24.6	26.4	26.5	13.73	11.91	42	65	0.36	0.29	0.16	0.36	0.33	0.29	7.10	7.07	13.2	12.4	5.5	4.6	2.0	2.1	1.68	1.58	0.892	0.851	0.027	0.030	0.161	0.090	0.105	0.096	0.062	0.043
6:15	9,690	90%	80%	26.0	26.0	25.6	26.5	13.73	11.91	47	58	0.35	0.35	0.15	0.33	0.34	0.29	7.07	7.07	11.5	12.1	6.0	5.0	2.1	1.9	1.76	1.57	0.972	0.853	0.029	0.030	0.205	0.093	0.116	0.087	0.059	0.047
9:15	81,600	20%	40%	30.8	34.6	25.3	28.5	13.73	11.91	67	47	0.39	0.36	0.16	0.36	0.39	0.31	7.10	7.43	11.4	11.8	6.2	5.9	1.8	2.2	1.68	1.49	0.887	0.634	0.032	0.028	0.178	0.070	0.094	0.121	0.059	0.056
12:15	107,800	20%	20%	35.3	36.3	26.3	31.4	13.73	11.91	45	38	0.36	0.32	0.14	0.36	0.31	0.36	7.13	7.58	10.7	10.5	6.1	6.6	2.3	2.2	1.64	1.59	0.863	0.584	0.031	0.032	0.191	0.077	0.113	0.116	0.059	0.070
15:15	86,300	15%	35%	34.0	38.8	28.0	30.9	13.74	11.91	39	52	0.36	0.33	0.14	0.38	0.35	0.33	7.22	7.58	10.0	10.0	6.2	6.0	1.9	2.1	1.61	1.57	0.792	0.781	0.029	0.032	0.172	0.074	0.110	0.112	0.061	0.070
18:15	12,550	15%	5%	31.1	30.0	28.9	29.8	13.73	11.91	41	57	0.37	0.31	0.16	0.41	0.39	0.38	7.26	7.41	9.2	10.1	4.9	5.2	1.9	2.5	1.62	1.56	0.865	0.808	0.030	0.030	0.155	0.076	0.110	0.105	0.063	0.055
21:15	0.1	0%	5%	27.6	26.8	28.8	28.4	13.73	11.91	54	61	0.34	0.31	0.17	0.39	0.35	0.36	7.28	7.23	9.9	9.7	4.6	4.3	2.1	2.0	1.62	1.60	0.981	0.726	0.029	0.034	0.159	0.093	0.118	0.080	0.068	0.055
最小値	0.07	0%	5%	24.7	24.6	25.3	26.5	13.73	11.91	39	38	0.31	0.28	0.14	0.30	0.26	0.29	7.07	7.02	9.2	9.7	4.6	3.5	1.8	1.9	1.61	1.49	0.792	0.584	0.027	0.028	0.123	0.070	0.094	0.080	0.059	0.043
最大値	107,800	90%	90%	35.3	38.8	28.9	31.4	13.74	11.91	67	65	0.39	0.36	0.19	0.41	0.39	0.38	7.28	7.58	13.2	12.4	6.2	6.6	2.4	2.6	1.76	1.71	1.02	0.933	0.032	0.034	0.205	0.128	0.118	0.121	0.068	0.070
平均値	30,723	39%	49%	29.1	29.7	27.2	28.6	13.73	11.91	50	53	0.36	0.32	0.15	0.36	0.33	0.32	7.15	7.27	11.2	11.1	5.5	5.3	2.1	2.2	1.67	1.59	0.915	0.798	0.029	0.031	0.160	0.086	0.107	0.102	0.062	0.055

※河川Bの値を記載

実験河川B

採水時刻	DO			
	上流	下流	下－上	増加率
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(%)
18:00	8.19	8.51	0.32	3.9
19:00	7.99	6.74	-1.25	-15.6
20:00	7.71	6.28	-1.43	-18.5
21:00	7.46	6.33	-1.13	-15.1
22:00	6.82	6.16	-0.66	-9.7
23:00	6.60	6.69	0.09	1.4
0:00	7.03	6.67	-0.36	-5.1
1:00	6.77	5.90	-0.87	-12.9
2:00	6.90	5.75	-1.15	-16.7
3:00	6.54	6.30	-0.24	-3.7
4:00	5.82	6.29	0.47	8.1
5:00	5.67	6.72	1.05	18.5
6:00	6.17	7.34	1.17	19.0
7:00	6.24	7.43	1.19	19.1
8:00	6.75	8.21	1.46	21.6
9:00	6.51	11.4	4.92	75.6
10:00	6.82	11.7	4.87	71.4
11:00	6.89	11.7	4.82	70.0
12:00	7.26	11.8	4.52	62.3
13:00	8.14	11.6	3.50	43.0
14:00	7.93	11.1	3.15	39.7
15:00	8.21	10.7	2.48	30.2
16:00	7.95	10.4	2.46	30.9
17:00	7.87	9.81	1.94	24.7
18:00	7.73	8.55	0.82	10.6
19:00	7.56	7.22	-0.34	-4.5
20:00	7.48	6.37	-1.11	-14.8
21:00	7.25	6.26	-0.99	-13.7
最小値	5.67	5.75	-1.43	-18.5
最大値	8.21	11.8	4.92	75.6
平均値	7.15	8.21	1.06	15.0

実験河川C

採水時刻	DO			
	上流	下流	下－上	増加率
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(%)
18:15	7.62	8.28	0.66	8.7
19:15	7.98	6.66	-1.32	-16.5
20:15	7.66	6.93	-0.73	-9.5
21:15	6.98	6.57	-0.41	-5.9
22:15	6.58	6.79	0.21	3.2
23:15	6.38	6.17	-0.21	-3.3
0:15	6.96	6.14	-0.82	-11.8
1:15	6.81	5.77	-1.04	-15.3
2:15	6.58	5.78	-0.80	-12.2
3:15	6.51	6.34	-0.17	-2.6
4:15	5.64	6.14	0.50	8.9
5:15	5.68	6.78	1.10	19.4
6:15	5.95	7.54	1.59	26.7
7:15	6.53	7.42	0.89	13.6
8:15	6.53	8.33	1.80	27.6
9:15	6.63	10.8	4.18	63.0
10:15	6.72	11.5	4.78	71.1
11:15	7.04	11.6	4.56	64.8
12:15	7.18	11.4	4.24	59.1
13:15	8.14	10.9	2.77	34.0
14:15	7.76	10.3	2.56	33.0
15:15	7.89	9.87	1.98	25.1
16:15	7.89	9.78	1.89	24.0
17:15	7.85	9.33	1.48	18.9
18:15	7.65	8.01	0.36	4.7
19:15	7.58	6.89	-0.69	-9.1
20:15	7.44	6.28	-1.16	-15.6
21:15	7.31	6.02	-1.29	-17.6
最小値	5.64	5.77	-1.32	-17.6
最大値	8.14	11.6	4.78	71.1
平均値	7.05	8.01	0.96	13.8

平成13年度　第3回通日調査結果一覧表(H13.7.26～27)

上流:最上流地点(No.1)、下流:最下流地点(No.5)
上中流地点(No.2)、中流地点(No.3)、中下流地点(No.4)

実験河川B

採水時刻	照度	天候(雲量)		気温		水温		水位		透視度		流速						pH		導電率		濁度		TOC		TN		NO_3−N		NO_3-N		NH_4-N		TP		PO_4-P	
	上流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流量水標なし	上流	下流	上流 左岸	上流 中央	上流 右岸	下流 左岸	下流 中央	下流 右岸	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流
	(lux)			(℃)	(℃)	(℃)	(℃)			(度)	(度)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)			(mS/m)	(mS/m)	(度)	(度)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
18:00	1,520	90%	100%	30.4	30.4	29.7	28.5	13.76	−	43	54	0.21	0.18	0.20	0.35	0.42	0.42	7.90	8.02	10.2	11.2	3.9	4.1	2.6	2.6	1.26	1.15	0.718	0.536	0.015	0.015	0.133	0.087	0.111	0.107	0.076	0.066
21:00	※2	100%	100%	26.2	25.3	29.5	28.2	13.76	−	※2	54	※2	※2	※2	0.34	0.35	0.44	7.95	7.65	11.6	11.3	4.1	4.5	2.2	2.6	1.44	1.35	0.794	0.576	0.020	0.019	0.155	0.132	0.142	0.103	0.094	0.053
0:00	0.13	100%	100%	25.0	24.8	28.8	28.2	13.76	−	40	50	0.31	0.25	0.24	0.36	0.38	0.27	7.74	7.65	13.5	12.6	4.1	4.0	2.6	2.4	1.64	1.37	0.880	0.607	0.023	0.020	0.152	0.096	0.138	0.109	0.083	0.063
3:00	0.09	80%	100%	24.6	24.5	27.5	27.2	13.76	−	37	56	0.30	0.25	0.26	0.42	0.38	0.41	7.58	7.58	14.0	13.7	4.7	3.2	3.6	2.6	1.97	1.54	1.01	0.738	0.031	0.028	0.249	0.106	0.136	0.099	0.082	0.059
6:00	5,260	90%	70%	25.3	25.5	26.9	26.8	13.76	−	48	74	0.22	0.20	0.22	0.39	0.36	0.43	7.47	7.57	12.3	13.3	5.8	4.0	3.7	3.4	2.23	1.81	1.05	0.780	0.048	0.035	0.366	0.173	0.140	0.098	0.082	0.058
9:00	16,820	100%	100%	27.5	27.6	26.4	27.0	13.76	−	47	76	0.29	0.23	0.23	0.39	0.40	0.39	7.43	7.77	11.9	13.1	4.6	4.6	3.3	3.5	2.15	2.01	1.03	0.823	0.048	0.048	0.364	0.168	0.105	0.104	0.069	0.055
12:00	106,600	25%	20%	31.5	31.6	27.0	31.5	13.76	−	57	55	0.25	0.22	0.25	0.36	0.41	0.43	7.51	9.02	11.7	11.0	4.4	5.0	3.1	3.2	1.88	1.75	0.910	0.775	0.044	0.041	0.286	0.108	0.095	0.135	0.059	0.091
15:00	41,500	30%	20%	32.5	32.8	29.0	31.5	13.76	−	67	46	0.36	0.20	0.24	0.45	0.40	0.47	7.71	9.24	11.3	11.0	3.6	4.9	2.7	3.3	1.62	1.56	0.761	0.711	0.035	0.030	0.190	0.108	0.144	0.125	0.059	0.086
18:00	7,880	30%	60%	30.3	29.4	29.2	28.6	13.76	−	79	39	0.30	0.23	0.26	0.47	0.47	0.56	7.75	8.28	12.9	10.9	2.9	5.1	2.6	2.6	1.53	1.44	0.764	0.666	0.027	0.029	0.124	0.072	0.116	0.114	0.063	0.068
21:00	0.34	95%	100%	27.1	27.0	29.1	27.8	13.76	−	82	74	0.35	0.26	0.22	0.41	0.40	0.30	7.78	7.63	13.9	12.0	2.9	4.0	2.5	2.6	1.52	1.39	0.751	0.629	0.027	0.029	0.118	0.088	0.141	0.110	0.073	0.049
最小値	0.09	25%	20%	24.6	24.5	26.4	26.8	13.76	−	37	39	0.21	0.18	0.20	0.34	0.35	0.27	7.43	7.57	10.2	10.9	2.9	3.2	2.2	2.4	1.26	1.15	0.718	0.536	0.015	0.015	0.118	0.072	0.095	0.098	0.059	0.049
最大値	106,600	100%	100%	32.5	32.8	29.7	31.5	13.76	−	82	76	0.36	0.26	0.26	0.47	0.47	0.56	7.95	9.24	14.0	13.7	5.8	5.1	3.7	3.5	2.23	2.01	1.05	0.823	0.048	0.048	0.366	0.173	0.144	0.135	0.094	0.091
平均値	19953.4	74%	77%	28.0	27.9	28.3	28.5	13.76	−	55	58	0.29	0.22	0.24	0.39	0.40	0.41	7.68	8.04	12.3	12.0	4.1	4.3	2.9	2.9	1.72	1.54	0.867	0.684	0.032	0.029	0.214	0.114	0.127	0.110	0.074	0.065

実験河川C

採水時刻	照度	天候(雲量)		気温		水温		水位		透視度		流速						pH		導電率		濁度		TOC		TN		NO_3−N		NO_3-N		NH_4-N		TP		PO_4-P	
	上流※	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流 左岸	上流 中央	上流 右岸	下流 左岸	下流 中央	下流 右岸	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流
	(lux)			(℃)	(℃)	(℃)	(℃)			(度)	(度)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)			(mS/m)	(mS/m)	(度)	(度)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
18:15	1,520	100%	100%	30.2	30.6	29.7	28.5	13.72	11.89	40	42	0.24	0.23	0.16	0.30	0.42	0.33	7.87	7.83	10.2	11.6	4.0	3.3	2.1	2.0	1.13	1.06	0.662	0.507	0.018	0.017	0.124	0.051	0.124	0.099	0.075	0.058
21:15	※2	100%	100%	26.0	25.2	29.4	28.3	13.72	11.89	※2	50	※2	※2	※2	※2	※2	※2	7.91	7.50	12.1	11.5	3.8	3.0	2.5	2.1	1.29	1.30	0.670	0.605	0.019	0.024	0.149	0.136	0.147	0.097	0.091	0.050
0:15	0.13	100%	100%	25.0	24.8	28.8	28.0	13.72	11.89	47	38	0.30	0.24	0.20	0.36	0.41	0.33	7.62	7.54	14.0	12.0	4.0	2.5	2.3	2.2	1.48	1.24	0.869	0.605	0.024	0.023	0.170	0.084	0.128	0.103	0.079	0.058
3:15	0.09	80%	100%	24.6	24.5	27.5	27.4	13.72	11.89	44	44	0.29	0.25	0.11	0.21	0.41	0.35	7.48	7.48	13.8	13.6	4.8	2.7	2.9	2.1	1.83	1.43	0.977	0.674	0.034	0.028	0.247	0.094	0.130	0.088	0.083	0.052
6:15	5,260	80%	60%	25.3	25.6	27.0	26.9	13.72	11.89	47	65	0.22	0.22	0.17	0.30	0.41	0.35	7.38	7.48	12.8	13.7	5.9	3.4	3.4	2.9	2.12	1.83	1.08	0.852	0.048	0.041	0.368	0.172	0.131	0.091	0.079	0.052
9:15	16,820	100%	100%	28.6	27.3	26.5	28.1	13.72	11.89	53	68	0.24	0.23	0.11	0.25	0.43	0.33	7.37	7.67	12.2	12.6	5.0	4.1	3.2	3.7	2.07	1.88	0.887	0.874	0.057	0.045	0.342	0.147	0.115	0.100	0.070	0.052
12:15	106,600	30%	10%	31.5	32.2	27.0	31.7	13.73	11.89	62	74	0.30	0.25	0.15	0.44	0.40	0.39	7.44	8.33	11.5	11.1	4.2	3.9	2.7	3.2	1.82	1.62	0.704	0.791	0.044	0.042	0.263	0.074	0.084	0.129	0.059	0.089
15:15	41,500	30%	20%	32.5	33.0	28.7	31.5	13.74	11.89	70	45	0.30	0.28	0.14	0.33	0.54	0.36	7.59	8.59	11.3	11.2	3.5	3.4	2.7	2.8	1.62	1.59	0.739	0.688	0.035	0.037	0.181	0.069	0.110	0.121	0.060	0.082
18:15	7,880	30%	65%	29.8	28.9	29.2	28.4	13.73	11.90	82	50	0.31	0.28	0.17	0.35	0.34	0.32	7.68	7.90	10.4	11.0	3.3	3.7	2.5	2.8	1.48	1.47	0.731	0.676	0.028	0.028	0.118	0.060	0.116	0.114	0.063	0.059
21:15	0.34	100%	100%	27.0	26.8	29.0	27.8	13.73	11.90	81	95	0.27	0.26	0.17	0.38	0.39	0.34	7.68	7.72	11.7	11.9	3.1	2.7	2.2	2.4	1.44	1.39	0.703	0.686	0.024	0.027	0.127	0.083	0.134	0.101	0.072	0.047
最小値	0.09	30%	10%	24.6	24.5	26.5	26.9	13.72	11.89	40	38	0.22	0.22	0.11	0.21	0.34	0.32	7.37	7.48	10.2	11.0	3.1	2.5	2.1	2.0	1.13	1.06	0.662	0.507	0.018	0.017	0.118	0.051	0.084	0.088	0.059	0.047
最大値	106,600	100%	100%	32.5	33.0	29.7	31.7	13.74	11.90	82	95	0.31	0.28	0.20	0.44	0.54	0.39	7.91	8.59	14.0	13.7	5.9	4.1	3.4	3.7	2.12	1.88	1.08	0.874	0.057	0.045	0.368	0.172	0.147	0.129	0.091	0.089
平均値	19953.4	75%	76%	28.1	27.9	28.3	28.7	13.72	11.89	58	57	0.27	0.25	0.15	0.32	0.42	0.34	7.60	7.80	12.0	12.0	4.2	3.3	2.6	2.6	1.63	1.48	0.802	0.696	0.033	0.031	0.209	0.097	0.122	0.104	0.073	0.060

※河川Bの値を記載
※2 雨のため測定中止

平成13年度　第3回通日調査結果一覧表DO(H13.7.26～27)

最上流地点(No.1)、上中流地点(No.2)、中流地点(No.3)、中下流地点(No.4)、最下流地点(No.5)

B河川　　単位mg/l

時刻	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
18:00	8.91		7.59		7.48
18:30		7.82		7.33	
19:00	8.92		7.96		6.41
19:30		7.48		7.73	
20:00	8.61		7.89		6.03
20:30		7.41		7.34	
21:00	8.38		6.54		6.16
21:30		欠測		欠測	
22:00	7.94		6.46		6.09
22:30		7.04		6.07	
23:00	7.73		6.69		5.61
23:30		6.49		6.25	
0:00	6.58		6.44		5.62
0:30		5.74		6.32	
1:00	5.97		5.74		5.45
1:30		5.25		5.22	
2:00	5.50		5.37		5.44
2:30		4.86		5.35	
3:00	5.27		5.81		4.93
3:30		4.63		5.58	
4:00	5.35		5.22		4.89
4:30		4.67		5.18	
5:00	4.79		4.92		4.80
5:30		4.72		5.56	
6:00	4.74		5.37		5.40
6:30		6.48		5.68	
7:00	4.88		7.18		6.33
7:30		7.09		7.51	
8:00	5.31		8.06		7.53
8:30		7.91		8.72	
9:00	5.84		9.14		10.08
9:30		8.70		10.34	
10:00	6.30		11.24		10.14
10:30		10.92		11.40	
11:00	6.15		12.55		11.14
11:30		11.58		11.60	
12:00	7.02		13.24		11.58
12:30		12.29		12.69	
13:00	7.56		13.02		11.48
13:30		12.26		12.71	
14:00	7.74		12.38		11.41
14:30		11.95		12.25	
15:00	8.45		12.39		11.66
15:30		11.19		11.73	
16:00	8.79		11.98		10.84
16:30		10.78		11.11	
17:00	8.95		10.89		10.20
17:30		9.74		10.33	
18:00	8.67		9.14		9.14
18:30		8.04		8.06	
19:00	8.39		7.00		7.37
19:30		7.71		6.93	
20:00	8.35		6.21		6.00
20:30		7.12		6.13	
21:00	7.99		6.24		5.79
21:30		6.65		6.35	
最小	4.74	4.63	4.92	5.18	4.80
最大	8.95	12.29	13.24	12.71	11.66
平均	7.11	8.02	8.31	8.20	7.68

C河川　　単位mg/l

時刻	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
18:15	8.88		6.86		6.95
18:45		7.47		6.40	
19:15	8.83		6.79		6.05
19:45		7.38		6.15	
20:15	8.38		6.60		5.72
20:45		7.04		5.99	
21:15	8.16		欠測		5.82
21:45		欠測		欠測	
22:15	7.59		6.05		5.87
22:45		6.82		5.63	
23:15	7.29		6.19		5.47
23:45		6.30		5.65	
0:15	6.23		5.69		5.43
0:45		5.52		5.20	
1:15	5.78		5.12		5.23
1:45		5.13		4.81	
2:15	5.35		4.85		5.30
2:45		5.00		4.58	
3:15	5.18		4.57		4.87
3:45		4.67		4.48	
4:15	5.18		4.62		4.75
4:45		4.58		4.54	
5:15	4.67		4.40		4.72
5:45		4.54		4.43	
6:15	4.64		4.84		5.50
6:45		5.65		5.58	
7:15	4.79		5.99		6.42
7:45		6.23		6.83	
8:15	4.81		6.89		7.51
8:45		8.89		9.65	
9:15	5.98		9.61		8.43
9:45		9.86		10.66	
10:15	6.04		11.38		9.94
10:45		11.01		11.76	
11:15	6.73		11.46		10.88
11:45		12.03		11.48	
12:15	7.21		12.17		10.86
12:45		11.11		11.44	
13:15	7.38		11.84		10.73
13:45		10.29		11.57	
14:15	7.32		12.08		10.60
14:45		10.99		10.97	
15:15	8.39		11.14		10.75
15:45		10.35		10.51	
16:15	8.40		11.32		10.14
16:45		9.61		10.50	
17:15	8.74		10.24		9.21
17:45		8.78		8.77	
18:15	8.75		9.46		8.08
18:45		8.00		7.22	
19:15	8.50		6.72		6.58
19:45		7.26		6.28	
20:15	8.27		6.28		5.80
20:45		7.05		5.81	
21:15	7.88		6.30		5.59
21:45		6.97		6.40	
最小	4.64	4.54	4.40	4.43	4.72
最大	8.88	12.03	12.17	11.76	10.88
平均	6.98	7.72	7.76	7.53	7.26

平成13年度　第4回通日調査結果一覧表（H13. 08. 24～H13. 08. 25）

上流：最上流地点(No.1)、下流：最下流地点(No.5)

実験河川B

時間帯	照度	天候(雲量)		気温		水温		水位		透視度		流速						pH		導電率		濁度		TOC		TN		NO_3-N		NO_2-N		NH_4-N		TP		PO_4-P	
												上流			下流																					
	上流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	左岸	中央	右岸	左岸	中央	右岸	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流
	(lux)			(℃)	(℃)	(℃)	(℃)		量水標なし	(度)	(度)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)			(mS/m)	(mS/m)	(度)	(度)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
18:00	4,340	15%	30%	29.9	30.8	27.7	27.1	13.78	－	52	>100	0.38	0.32	0.33	0.35	0.33	0.28	7.30	7.23	10.2	10.2	4.5	3.0	2.1	1.9	2.04	1.79	1.58	1.33	0.017	0.014	0.092	0.033	0.108	0.070	0.059	0.045
21:00	0.13	15%	15%	26.4	25.0	27.6	26.2	13.78	－	51	>100	0.35	0.30	0.31	0.38	0.24	0.18	7.28	7.06	10.0	10.8	4.6	2.7	2.4	2.1	2.14	1.84	1.49	1.48	0.019	0.014	0.080	0.034	0.104	0.073	0.057	0.046
0:00	0.06	30%	40%	24.4	23.2	28.0	25.1	13.78	－	49	>100	0.44	0.25	0.30	0.33	0.34	0.20	7.28	7.04	10.9	11.2	4.3	2.3	2.1	2.4	2.09	1.89	1.72	1.54	0.017	0.017	0.105	0.051	0.097	0.073	0.060	0.047
3:00	0.08	70%	70%	23.9	23.5	29.7	24.8	13.78	－	43	>100	0.28	0.35	0.32	0.34	0.34	0.30	7.43	7.04	11.3	11.7	4.8	2.3	1.9	2.2	2.26	1.91	1.74	1.51	0.019	0.015	0.093	0.041	0.097	0.068	0.060	0.046
6:00	7,670	60%	30%	24.2	23.0	29.1	24.2	13.78	－	58	>100	0.42	0.33	0.32	0.30	0.33	0.26	7.48	7.07	11.1	11.3	5.5	2.3	2.3	2.3	2.14	1.95	1.65	1.54	0.016	0.017	0.116	0.042	0.102	0.062	0.055	0.044
9:00	95,200	30%	30%	30.6	27.2	25.4	25.5	13.78	－	48	>100	0.46	0.32	0.33	0.32	0.31	0.25	7.50	7.32	10.3	11.0	5.5	1.8	2.4	2.2	2.05	1.84	1.69	1.53	0.018	0.017	0.100	0.034	0.090	0.068	0.049	0.047
12:00	119,100	40%	30%	33.7	33.8	25.3	28.9	13.78	－	60	>100	0.45	0.39	0.35	0.36	0.32	0.26	7.50	7.47	10.1	10.7	4.6	2.6	2.0	2.2	1.96	1.78	1.56	1.57	0.014	0.008	0.092	0.021	0.085	0.074	0.044	0.051
15:00	79,900	40%	40%	33.8	30.8	27.2	27.6	13.78	－	55	>100	0.46	0.38	0.36	0.35	0.28	0.24	7.51	7.47	10.2	10.6	5.2	2.2	2.6	2.0	2.00	1.77	1.47	1.40	0.014	0.005	0.081	0.026	0.089	0.067	0.052	0.049
18:00	3,230	60%	70%	28.8	28.0	28.2	26.9	13.78	－	57	>100	0.42	0.30	0.25	0.40	0.42	0.35	7.43	7.21	10.9	11.0	4.2	2.4	1.9	1.7	2.03	1.74	1.66	1.29	0.014	0.008	0.075	0.033	0.089	0.064	0.061	0.044
21:00	0.19	80%	10%	26.4	25.0	28.0	27.1	13.78	－	40	>100	0.33	0.29	0.26	0.44	0.43	0.26	7.50	7.03	11.3	11.6	3.8	2.1	2.2	2.6	2.02	1.82	1.67	1.62	0.015	0.004	0.065	0.029	0.088	0.065	0.062	0.045
最小値	0.06	15%	10%	23.9	23.0	25.3	24.2	13.78	－	40	>100	0.28	0.25	0.25	0.30	0.24	0.18	7.28	7.03	10.2	10.2	3.8	1.8	1.9	1.7	1.96	1.74	1.47	1.29	0.014	0.004	0.065	0.021	0.085	0.062	0.044	0.044
最大値	119,100	80%	70%	33.8	33.8	29.7	28.9	13.78	－	60	>100	0.46	0.39	0.36	0.44	0.43	0.35	7.51	7.47	11.3	11.7	5.5	3.0	2.6	2.6	2.26	1.95	1.74	1.62	0.019	0.017	0.116	0.051	0.108	0.074	0.062	0.051
平均値	30,944	44%	37%	28.2	27.0	27.6	26.3	13.78	－	51	>100	0.40	0.32	0.31	0.36	0.33	0.26	7.42	7.19	10.6	11.0	4.7	2.4	2.2	2.1	2.07	1.83	1.62	1.48	0.016	0.012	0.090	0.034	0.095	0.068	0.056	0.046

実験河川C

時間帯	照度	天候(雲量)		気温		水温		水位		透視度		流速						pH		導電率		濁度		TOC		TN		NO_3-N		NO_2-N		NH_4-N		TP		PO_4-P	
												上流			下流																					
	上流※	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	左岸	中央	右岸	左岸	中央	右岸	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流	上流	下流
	(lux)			(℃)	(℃)	(℃)	(℃)			(度)	(度)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)			(mS/m)	(mS/m)	(度)	(度)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
18:15	4,340	15%	30%	29.7	29.8	27.8	27.0	13.75	11.95	51	>100	0.32	0.35	0.18	0.30	0.30	0.20	7.24	7.23	10.4	9.90	4.6	1.4	1.7	1.9	2.01	1.75	1.79	1.33	0.012	0.008	0.057	0.038	0.105	0.061	0.059	0.043
21:15	0.13	15%	15%	26.4	24.2	27.7	25.9	13.75	11.95	45	>100	0.36	0.31	0.18	0.29	0.33	0.13	7.16	7.07	10.8	10.5	5.0	1.3	1.6	1.6	2.03	1.81	1.58	1.31	0.009	0.013	0.070	0.041	0.107	0.061	0.059	0.043
0:15	0.06	30%	20%	24.0	23.2	28.1	25.6	13.75	11.95	45	>100	0.34	0.32	0.18	0.29	0.25	0.23	7.18	7.05	11.7	10.4	3.8	1.1	2.1	1.9	2.13	1.83	1.61	1.54	0.008	0.011	0.066	0.023	0.096	0.060	0.058	0.041
3:15	0.08	70%	70%	23.9	23.0	29.3	25.0	13.75	11.95	54	>100	0.32	0.33	0.19	0.15	0.30	0.12	7.13	7.07	11.4	11.6	4.2	1.1	2.3	1.9	2.18	1.87	1.47	1.56	0.007	0.014	0.089	0.022	0.095	0.059	0.055	0.041
6:15	7,670	40%	40%	27.9	23.0	29.1	24.4	13.75	11.95	57	>100	0.42	0.31	0.20	0.28	0.25	0.20	7.13	7.12	11.0	11.3	5.0	1.3	1.6	1.8	2.11	1.88	1.57	1.37	0.009	0.016	0.104	0.018	0.094	0.056	0.055	0.039
9:15	95,200	30%	20%	30.9	29.4	24.8	25.8	13.75	11.95	48	>100	0.43	0.34	0.21	0.32	0.35	0.11	7.13	7.43	11.0	11.6	5.3	1.5	1.5	2.1	2.09	1.84	1.42	1.23	0.014	0.012	0.067	0.033	0.090	0.060	0.044	0.044
12:15	119,100	30%	20%	34.4	34.6	25.5	28.9	13.75	11.95	53	>100	0.42	0.34	0.23	0.31	0.33	0.12	7.20	7.60	10.5	11.0	5.0	1.4	1.7	1.7	2.04	1.77	1.67	1.24	0.012	0.012	0.060	0.025	0.088	0.065	0.045	0.052
15:15	79,900	40%	40%	33.8	30.8	27.8	27.6	13.75	11.95	50	>100	0.41	0.35	0.20	0.40	0.33	0.14	7.30	7.59	10.7	10.9	4.4	1.3	2.0	2.1	1.94	1.73	1.26	1.28	0.009	0.010	0.055	0.051	0.088	0.063	0.051	0.050
18:15	3,230	60%	70%	28.3	27.4	28.3	26.8	13.76	11.95	39	>100	0.35	0.27	0.20	0.34	0.36	0.16	7.43	7.30	11.3	11.3	4.1	1.2	2.3	1.8	2.02	1.75	1.55	1.17	0.015	0.010	0.058	0.034	0.096	0.054	0.059	0.041
21:15	0.19	80%	40%	26.2	25.4	27.9	26.9	13.76	11.95	30	>100	0.32	0.24	0.21	0.36	0.39	0.16	7.43	7.16	12.1	11.5	3.7	1.1	1.9	1.5	2.03	1.78	1.76	1.37	0.008	0.013	0.061	0.033	0.093	0.053	0.061	0.040
最小値	0.06	15%	15%	23.9	23.0	24.8	24.4	13.75	11.95	30	>100	0.32	0.24	0.18	0.15	0.25	0.11	7.13	7.05	10.4	9.9	3.7	1.1	1.5	1.5	1.94	1.73	1.26	1.17	0.007	0.008	0.055	0.018	0.088	0.053	0.044	0.039
最大値	119,100	80%	70%	34.4	34.6	29.3	28.9	13.76	11.95	57	>100	0.43	0.35	0.23	0.40	0.39	0.23	7.43	7.60	12.1	11.6	5.3	1.5	2.3	2.1	2.18	1.88	1.79	1.56	0.015	0.016	0.104	0.051	0.107	0.065	0.061	0.052
平均値	30,944	41%	37%	28.6	27.1	27.6	26.4	13.75	11.95	47	>100	0.37	0.32	0.20	0.30	0.32	0.16	7.23	7.26	11.1	11.0	4.5	1.3	1.9	1.8	2.06	1.80	1.57	1.34	0.010	0.012	0.069	0.032	0.095	0.059	0.055	0.043

※河川Bの値を記載

実験河川B

採水時刻	DO			
	上流	下流	下－上	増加率
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(%)
18:00	8.39	7.31	-1.08	-12.9
19:00	8.15	6.22	-1.93	-23.7
20:00	7.83	5.73	-2.10	-26.8
21:00	7.59	5.51	-2.08	-27.4
22:00	7.34	5.43	-1.90	-26.0
23:00	7.17	5.39	-1.77	-24.7
0:00	6.95	5.39	-1.56	-22.4
1:00	6.89	5.33	-1.56	-22.7
2:00	6.78	5.42	-1.36	-20.0
3:00	6.74	5.38	-1.36	-20.1
4:00	6.73	5.52	-1.21	-18.0
5:00	6.75	5.58	-1.17	-17.4
6:00	6.79	5.74	-1.05	-15.4
7:00	6.90	6.71	-0.20	-2.8
8:00	7.00	7.96	0.96	13.6
9:00	7.31	8.75	1.44	19.7
10:00	7.64	9.25	1.61	21.1
11:00	7.85	9.32	1.47	18.7
12:00	8.05	9.52	1.47	18.3
13:00	8.17	9.53	1.36	16.7
14:00	8.41	9.13	0.71	8.5
15:00	8.56	8.79	0.23	2.7
16:00	8.52	8.60	0.08	0.9
17:00	8.46	7.89	-0.58	-6.8
18:00	8.29	7.09	-1.20	-14.5
19:00	8.22	6.18	-2.04	-24.8
20:00	7.92	5.72	-2.20	-27.8
21:00	7.77	6.07	-1.70	-21.9
最小値	6.73	5.33	-2.20	-27.8
最大値	8.56	9.53	1.61	21.1
平均値	7.61	6.94	-0.67	-9.1

実験河川C

採水時刻	DO			
	上流	下流	下－上	増加率
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(%)
18:15	8.22	7.04	-1.18	-14.3
19:15	8.03	6.01	-2.02	-25.2
20:15	7.60	5.27	-2.33	-30.6
21:15	7.45	5.09	-2.36	-31.7
22:15	7.04	4.95	-2.09	-29.7
23:15	6.91	4.92	-1.99	-28.8
0:15	6.74	4.92	-1.82	-27.0
1:15	6.82	4.83	-2.00	-29.3
2:15	6.77	4.85	-1.92	-28.4
3:15	6.73	4.92	-1.81	-26.9
4:15	6.61	5.01	-1.60	-24.2
5:15	6.71	5.10	-1.61	-24.0
6:15	6.70	5.55	-1.15	-17.1
7:15	6.93	6.97	0.04	0.6
8:15	7.08	8.36	1.28	18.2
9:15	7.41	9.34	1.93	26.0
10:15	7.66	9.67	2.01	26.2
11:15	7.78	9.91	2.13	27.4
12:15	8.06	9.94	1.88	23.4
13:15	8.12	9.80	1.68	20.6
14:15	8.36	9.21	0.85	10.2
15:15	8.46	9.20	0.74	8.8
16:15	8.50	8.36	-0.14	-1.6
17:15	8.47	7.60	-0.87	-10.2
18:15	8.38	6.78	-1.61	-19.2
19:15	8.72	5.90	-2.82	-32.3
20:15	7.78	5.33	-2.45	-31.4
21:15	8.11	5.66	-2.46	-30.3
最小値	6.61	4.83	-2.82	-32.3
最大値	8.72	9.94	2.13	27.4
平均値	7.58	6.80	-0.77	-10.7

平成13年度　第５回通日調査結果比較（H13.09.12～H13.09.13）

＜調査地点No.１地点＞

実験河川Ｂ

採水時刻	照度 (lux)	天候	気温 (℃)	水温 (℃)	水位	透視度 (度)	流速 左岸 (m/s)	流速 中央 (m/s)	流速 右岸 (m/s)	ｐＨ	導電率 (mS/m)	濁度 (度)	TOC (mg/l)	ＴＮ (mg/l)	NO3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	ＴＰ (mg/l)	PO4-P (mg/l)
18:00	266	50%	25.4	25.8	13.76	37	0.31	0.31	0.34	7.34	14.6	2.8	3.5	1.79	1.51	0.014	0.063	0.102	0.063
21:00	0.07	40%	22.3	25.2	13.76	23	0.31	0.31	0.36	7.25	15.5	4.2	3.2	1.73	1.23	0.023	0.104	0.107	0.064
0:00	0.07	50%	21.7	24.3	13.75	25	0.32	0.33	0.35	7.23	16.3	5.5	2.1	1.87	1.51	0.029	0.079	0.109	0.061
3:00	0.09	90%	21.4	23.9	13.76	28	0.31	0.35	0.35	7.22	17.0	5.3	3.0	2.00	1.16	0.048	0.049	0.103	0.061
6:00	1,313	80%	21.3	23.0	13.76	34	0.32	0.35	0.35	7.11	15.6	3.3	2.3	1.87	1.47	0.060	0.041	0.093	0.058
9:00	77,100	60%	29.4	23.6	13.76	64	0.32	0.34	0.36	7.00	15.1	2.1	2.0	2.09	1.63	0.097	0.059	0.074	0.051
12:00	98,400	50%	31.0	24.6	13.76	>100	0.35	0.31	0.32	7.18	14.5	1.5	1.9	1.84	1.33	0.049	0.039	0.071	0.050
15:00	29,900	60%	31.8	25.7	13.76	>100	0.35	0.36	0.35	7.32	14.5	1.8	2.0	1.94	1.14	0.038	0.041	0.087	0.058
18:00	312	70%	27.6	26.0	13.76	45	0.34	0.37	0.37	7.32	15.3	2.1	2.3	1.95	1.17	0.036	0.051	0.099	0.066
21:00	0.06	90%	25.5	25.8	13.76	40	0.35	0.36	0.34	7.13	15.6	2.4	2.1	1.97	1.10	0.007	0.027	0.104	0.062
最小	0.06	40%	21.3	23.0	13.75	23	0.31	0.31	0.32	7.00	14.5	1.5	1.9	1.73	1.10	0.007	0.027	0.071	0.050
最大	98,400	90%	31.8	26.0	13.76	>100	0.35	0.37	0.37	7.34	17.0	5.5	3.5	2.09	1.63	0.097	0.104	0.109	0.066
平均	20,729	64%	25.7	24.8	13.76	37	0.33	0.34	0.35	7.21	15.4	3.1	2.5	1.91	1.33	0.040	0.055	0.095	0.059

実験河川Ｃ

採水時刻	照度 (lux)	天候	気温 (℃)	水温 (℃)	水位	透視度 (度)	流速 左岸 (m/s)	流速 中央 (m/s)	流速 右岸 (m/s)	ｐＨ	導電率 (mS/m)	濁度 (度)	TOC (mg/l)	ＴＮ (mg/l)	NO3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	ＴＰ (mg/l)	PO4-P (mg/l)
18:15	－	50%	25.0	26.0	13.79	27	0.29	0.34	0.22	7.23	15.1	2.8	2.1	1.80	1.46	0.018	0.076	0.104	0.064
21:15	－	40%	22.0	25.2	13.78	25	0.27	0.35	0.22	7.23	15.4	3.6	3.1	1.72	1.33	0.026	0.115	0.104	0.066
0:15	－	50%	21.8	24.5	13.78	22	0.26	0.33	0.22	7.23	16.2	5.2	2.3	1.90	1.50	0.030	0.073	0.112	0.061
3:15	－	90%	21.3	23.8	13.78	23	0.26	0.33	0.21	7.30	16.7	4.4	2.4	1.92	1.10	0.049	0.036	0.099	0.060
6:15	－	80%	21.7	23.1	13.78	35	0.26	0.35	0.22	7.02	15.5	3.9	2.3	1.96	1.27	0.063	0.029	0.092	0.059
9:15	－	60%	29.4	24.0	13.78	70	0.29	0.34	0.23	7.01	14.9	2.4	1.7	2.00	1.48	0.041	0.058	0.072	0.048
12:15	－	50%	31.1	25.2	13.78	>100	0.29	0.34	0.21	7.08	14.7	1.8	1.8	1.82	1.26	0.031	0.040	0.077	0.045
15:15	－	70%	32.0	25.7	13.78	>100	0.25	0.34	0.24	7.27	14.8	1.4	1.8	1.88	1.20	0.034	0.054	0.082	0.057
18:15	－	70%	27.2	26.2	13.78	55	0.22	0.33	0.22	7.26	15.2	2.3	2.2	2.04	1.19	0.023	0.055	0.104	0.066
21:15	－	90%	25.2	25.8	13.78	50	0.21	0.36	0.24	7.17	15.7	1.9	2.2	1.95	1.10	0.009	0.029	0.107	0.063
最小	－	40%	21.3	23.1	13.78	22	0.21	0.33	0.21	7.01	14.7	1.4	1.7	1.72	1.10	0.009	0.029	0.072	0.045
最大	－	90%	32.0	26.2	13.79	>100	0.29	0.36	0.24	7.30	16.7	5.2	3.1	2.04	1.50	0.063	0.115	0.112	0.066
平均	－	65%	25.7	25.0	13.78	38	0.26	0.34	0.22	7.18	15.4	3.0	2.2	1.90	1.29	0.032	0.057	0.095	0.059

平成13年度　第５回通日調査結果比較（H13.09.12～H13.09.13）

＜調査地点№２地点＞

実験河川Ｂ

採水時刻	天候	気温 (℃)	水温 (℃)	水位	透視度 (度)	流速 左岸 (m/s)	流速 中央 (m/s)	流速 右岸 (m/s)	ｐＨ	導電率 (mS/m)	濁度 (度)	TOC (mg/l)	ＴＮ (mg/l)	NO3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	ＴＰ (mg/l)	PO4-P (mg/l)
18:30	50%	24.2	25.7	－	－	0.34	0.19	0.04	7.32	14.9	2.3	2.4	1.68	1.50	0.018	0.055	0.105	0.060
21:30	60%	21.8	25.1	－	－	0.33	0.18	0.05	7.18	15.4	3.4	2.5	1.81	1.43	0.028	0.090	0.098	0.063
0:30	60%	20.7	24.4	－	－	0.34	0.17	0.06	7.28	16.5	4.2	2.4	1.86	1.31	0.029	0.069	0.101	0.059
3:30	90%	20.8	23.8	－	－	0.34	0.16	0.07	7.23	16.7	4.6	2.4	1.90	1.21	0.040	0.046	0.099	0.058
6:30	70%	22.0	23.2	－	－	0.31	0.16	0.05	7.13	15.5	2.8	2.3	1.88	1.40	0.048	0.041	0.087	0.056
9:30	50%	29.2	24.0	－	－	0.34	0.18	0.07	7.08	15.2	1.9	2.0	1.84	1.40	0.035	0.022	0.076	0.050
12:30	50%	32.2	25.2	－	－	0.33	0.16	0.08	7.18	14.5	1.5	1.9	1.79	1.29	0.031	0.049	0.067	0.045
15:30	80%	30.1	25.9	－	－	0.35	0.18	0.07	7.16	14.7	2.5	2.0	1.79	1.14	0.017	0.031	0.090	0.052
18:30	90%	26.0	26.2	－	－	0.33	0.22	0.06	7.10	15.3	2.5	1.7	1.99	1.22	0.014	0.041	0.100	0.057
21:30	90%	24.0	26.1	－	－	0.33	0.18	0.07	7.01	15.7	3.3	2.6	1.96	1.01	0.008	0.023	0.121	0.058
最小	50%	20.7	23.2	－	－	0.31	0.16	0.04	7.01	14.5	1.5	1.7	1.68	1.01	0.008	0.022	0.067	0.045
最大	90%	32.2	26.2	－	－	0.35	0.22	0.08	7.32	16.7	4.6	2.6	1.99	1.50	0.048	0.090	0.121	0.063
平均	69%	25.1	25.0	－	－	0.33	0.18	0.06	7.17	15.4	2.9	2.2	1.85	1.29	0.027	0.047	0.094	0.056

実験河川Ｃ

採水時刻	天候	気温 (℃)	水温 (℃)	水位	透視度 (度)	流速 左岸 (m/s)	流速 中央 (m/s)	流速 右岸 (m/s)	ｐＨ	導電率 (mS/m)	濁度 (度)	TOC (mg/l)	ＴＮ (mg/l)	NO3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	ＴＰ (mg/l)	PO4-P (mg/l)
18:45	50%	24.7	25.8	－	－	0.12	0.07	0.24	7.15	15.5	2.7	2.3	2.09	1.47	0.020	0.051	0.093	0.063
21:45	60%	21.6	25.2	－	－	0.14	0.08	0.23	7.18	15.5	2.6	2.2	1.75	1.32	0.023	0.080	0.103	0.064
0:45	60%	20.5	24.2	－	－	0.14	0.12	0.28	7.20	16.2	3.6	1.9	1.97	1.28	0.031	0.025	0.104	0.061
3:45	90%	20.7	23.8	－	－	0.12	0.09	0.28	7.12	16.8	2.8	2.2	1.99	1.55	0.045	0.019	0.088	0.057
6:45	70%	22.5	23.2	－	－	0.12	0.13	0.25	7.07	16.2	2.0	1.8	1.85	1.75	0.049	0.026	0.080	0.056
9:45	50%	29.8	24.1	－	－	0.14	0.13	0.29	7.08	14.9	1.6	2.2	1.96	1.20	0.036	0.020	0.076	0.054
12:45	50%	32.2	25.4	－	－	0.12	0.09	0.29	7.22	14.6	1.7	1.6	1.81	1.30	0.041	0.022	0.075	0.055
15:45	80%	30.8	25.6	－	－	0.14	0.14	0.28	7.13	14.7	1.1	1.7	1.95	1.07	0.024	0.040	0.078	0.056
18:45	70%	25.0	26.3	－	－	0.14	0.10	0.28	7.08	15.2	1.5	2.0	1.86	1.31	0.027	0.054	0.091	0.062
21:45	90%	23.7	26.1	－	－	0.16	0.13	0.30	7.03	15.6	1.6	2.0	1.87	1.10	0.012	0.028	0.101	0.061
最小	50%	20.5	23.2	－	－	0.12	0.07	0.23	7.03	14.6	1.1	1.6	1.75	1.07	0.012	0.019	0.075	0.054
最大	90%	32.2	26.3	－	－	0.16	0.14	0.30	7.22	16.8	3.6	2.3	2.09	1.75	0.049	0.080	0.104	0.064
平均	67%	25.2	25.0	－	－	0.13	0.11	0.27	7.13	15.5	2.1	2.0	1.91	1.34	0.031	0.037	0.089	0.059

平成13年度　第５回通日調査結果比較（H13.09.12～H13.09.13）

＜調査地点No.３地点＞

実験河川Ｂ

採水時刻	天候	気温 (℃)	水温 (℃)	水位	透視度 (度)	流速 左岸 (m/s)	流速 中央 (m/s)	流速 右岸 (m/s)	ｐＨ	導電率 (mS/m)	濁度 (度)	TOC (mg/l)	ＴＮ (mg/l)	NO3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	ＴＰ (mg/l)	PO4-P (mg/l)
18:00	70%	24.5	25.6	－	－	0.23	0.32	0.17	7.30	14.9	1.8	2.1	1.63	1.35	0.016	0.059	0.089	0.061
21:00	10%	21.2	26.3	－	－	0.21	0.23	0.29	7.14	15.5	2.4	2.5	1.70	1.50	0.019	0.078	0.095	0.060
0:00	80%	21.0	26.2	－	－	0.23	0.21	0.31	7.23	15.8	2.4	2.4	1.78	1.29	0.025	0.032	0.093	0.057
3:00	90%	20.5	28.7	－	－	0.23	0.23	0.31	7.15	16.9	2.1	2.1	1.88	1.15	0.030	0.038	0.084	0.054
6:00	90%	20.6	28.1	－	－	0.22	0.24	0.30	7.06	16.1	2.0	2.2	1.84	1.27	0.033	0.020	0.077	0.054
9:00	70%	30.8	26.3	－	－	0.26	0.28	0.30	7.12	15.2	1.5	2.1	1.76	1.22	0.024	0.016	0.070	0.048
12:00	40%	33.8	25.6	－	－	0.22	0.30	0.29	7.18	14.5	1.2	1.6	1.70	1.11	0.022	0.029	0.060	0.047
15:00	60%	30.3	26.4	－	－	0.23	0.28	0.29	7.20	14.5	1.2	1.7	1.81	1.07	0.015	0.024	0.073	0.050
18:00	50%	26.3	26.5	－	－	0.22	0.28	0.30	7.02	14.8	1.3	1.8	1.70	1.11	0.015	0.035	0.080	0.052
21:00	60%	24.0	26.5	－	－	0.22	0.25	0.31	6.97	15.9	1.6	2.0	1.91	1.13	0.009	0.021	0.094	0.055
最小	10%	20.5	25.6	－	－	0.21	0.21	0.17	6.97	14.5	1.2	1.6	1.63	1.07	0.009	0.016	0.060	0.047
最大	90%	33.8	28.7	－	－	0.26	0.32	0.31	7.30	16.9	2.4	2.5	1.91	1.50	0.033	0.078	0.095	0.061
平均	62%	25.3	26.6	－	－	0.23	0.26	0.29	7.14	15.4	1.8	2.1	1.77	1.22	0.021	0.035	0.082	0.054

実験河川Ｃ

採水時刻	天候	気温 (℃)	水温 (℃)	水位	透視度 (度)	流速 左岸 (m/s)	流速 中央 (m/s)	流速 右岸 (m/s)	ｐＨ	導電率 (mS/m)	濁度 (度)	TOC (mg/l)	ＴＮ (mg/l)	NO3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	ＴＰ (mg/l)	PO4-P (mg/l)
18:15	70%	24.5	25.6	－	－	0.08	0.09	0.04	7.20	14.9	1.0	1.9	1.60	1.47	0.010	0.043	0.082	0.062
21:15	10%	21.2	26.2	－	－	0.07	0.19	0.15	7.12	15.2	1.1	2.5	1.60	1.44	0.012	0.073	0.084	0.059
0:15	80%	21.0	26.8	－	－	0.07	0.16	0.11	7.14	15.4	1.3	2.1	1.78	1.19	0.013	0.027	0.085	0.060
3:15	90%	20.5	28.8	－	－	0.08	0.14	0.16	7.08	16.6	1.5	1.9	1.83	1.34	0.018	0.022	0.082	0.057
6:15	80%	20.6	28.6	－	－	0.07	0.24	0.15	7.00	16.3	1.6	2.3	1.86	1.65	0.021	0.013	0.076	0.055
9:15	70%	30.8	25.1	－	－	0.07	0.27	0.15	7.06	15.3	1.3	2.4	1.76	1.42	0.013	0.012	0.071	0.051
12:15	40%	33.8	25.6	－	－	0.06	0.25	0.14	7.17	14.5	1.0	1.7	1.81	1.22	0.013	0.025	0.067	0.051
15:15	60%	30.3	26.2	－	－	0.06	0.25	0.14	7.10	14.5	0.9	2.0	1.61	1.19	0.007	0.042	0.071	0.051
18:15	50%	26.3	26.4	－	－	0.08	0.25	0.13	7.02	14.5	1.3	1.8	1.82	1.20	0.007	0.047	0.080	0.055
21:15	80%	24.0	26.8	－	－	0.07	0.26	0.14	6.97	15.4	0.8	1.9	1.92	1.11	0.012	0.023	0.088	0.059
最小	10%	20.5	25.1	－	－	0.06	0.09	0.04	6.97	14.5	0.8	1.7	1.60	1.11	0.007	0.012	0.067	0.051
最大	90%	33.8	28.8	－	－	0.08	0.27	0.16	7.20	16.6	1.6	2.5	1.92	1.65	0.021	0.073	0.088	0.062
平均	63%	25.3	26.6	－	－	0.07	0.21	0.13	7.09	15.3	1.2	2.1	1.76	1.32	0.013	0.033	0.079	0.056

平成13年度　第５回通日調査結果比較（H13.09.12～H13.09.13）

＜調査地点No.４地点＞

実験河川Ｂ

採水時刻	天候	気温 (℃)	水温 (℃)	水位	透視度 (度)	流速 左岸 (m/s)	流速 中央 (m/s)	流速 右岸 (m/s)	ｐＨ	導電率 (mS/m)	濁度 (度)	TOC (mg/l)	ＴＮ (mg/l)	NO3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	ＴＰ (mg/l)	PO4-P (mg/l)
18:30	70%	26.3	25.7	－	－	0.29	0.33	0.22	7.32	14.8	1.5	1.9	1.63	1.44	0.013	0.052	0.084	0.059
21:30	30%	22.4	26.2	－	－	0.33	0.34	0.21	7.17	15.3	2.0	2.6	1.67	1.58	0.019	0.093	0.087	0.057
0:30	70%	22.8	26.6	－	－	0.28	0.35	0.22	7.23	15.7	2.2	2.3	1.73	1.33	0.023	0.034	0.088	0.056
3:30	90%	21.0	29.0	－	－	0.24	0.31	0.21	7.12	16.8	2.3	1.9	1.85	1.12	0.025	0.034	0.080	0.052
6:30	80%	25.6	30.1	－	－	0.33	0.36	0.22	7.03	16.5	1.9	2.0	1.77	1.43	0.031	0.026	0.073	0.052
9:30	70%	28.8	25.1	－	－	0.32	0.35	0.22	7.23	15.2	1.5	2.2	1.83	1.41	0.022	0.014	0.072	0.051
12:30	50%	34.7	26.5	－	－	0.33	0.37	0.22	7.30	14.6	1.0	1.9	1.70	1.20	0.017	0.026	0.071	0.052
15:30	60%	30.5	26.5	－	－	0.32	0.36	0.22	7.23	14.6	1.2	1.7	1.71	1.14	0.015	0.019	0.074	0.052
18:30	70%	26.0	26.5	－	－	0.33	0.32	0.22	7.03	14.9	1.4	2.0	1.74	1.11	0.014	0.049	0.080	0.055
21:30	80%	24.1	26.7	－	－	0.33	0.35	0.22	6.98	15.9	1.4	1.9	1.88	1.20	0.006	0.017	0.091	0.057
最小	30%	21.0	25.1	－	－	0.24	0.31	0.21	6.98	14.6	1.0	1.7	1.63	1.11	0.006	0.014	0.071	0.051
最大	90%	34.7	30.1	－	－	0.33	0.37	0.22	7.32	16.8	2.3	2.6	1.88	1.58	0.031	0.093	0.091	0.059
平均	67%	26.2	26.9	－	－	0.31	0.34	0.22	7.16	15.4	1.6	2.0	1.75	1.30	0.019	0.036	0.080	0.054

実験河川Ｃ

採水時刻	天候	気温 (℃)	水温 (℃)	水位	透視度 (度)	流速 左岸 (m/s)	流速 中央 (m/s)	流速 右岸 (m/s)	ｐＨ	導電率 (mS/m)	濁度 (度)	TOC (mg/l)	ＴＮ (mg/l)	NO3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	ＴＰ (mg/l)	PO4-P (mg/l)
18:45	70%	23.6	25.6	－	－	0.10	0.13	0.15	7.17	14.8	0.9	1.9	1.57	1.49	0.006	0.033	0.080	0.060
21:45	0%	22.4	26.1	－	－	0.13	0.14	0.15	7.10	15.2	1.3	1.9	1.61	1.35	0.008	0.046	0.086	0.056
0:45	70%	22.8	26.7	－	－	0.14	0.14	0.15	7.14	15.4	1.3	2.3	1.73	1.28	0.010	0.029	0.081	0.057
3:45	100%	21.0	28.7	－	－	0.13	0.14	0.15	7.13	16.6	1.4	2.3	1.75	1.43	0.015	0.008	0.078	0.055
6:45	70%	25.6	29.8	－	－	0.13	0.12	0.15	7.00	16.2	1.3	2.0	1.80	1.50	0.015	0.012	0.072	0.053
9:45	70%	28.8	25.3	－	－	0.13	0.15	0.15	7.07	15.3	1.0	2.4	1.86	1.27	0.009	0.036	0.068	0.049
12:45	50%	34.7	26.0	－	－	0.13	0.14	0.15	7.12	14.8	1.0	1.9	1.69	1.05	0.009	0.034	0.066	0.051
15:45	60%	30.5	26.5	－	－	0.13	0.14	0.15	7.12	14.6	1.0	2.3	1.62	1.25	0.010	0.039	0.068	0.052
18:45	70%	26.0	26.3	－	－	0.13	0.14	0.15	7.00	14.8	1.0	1.7	1.68	1.17	0.009	0.046	0.075	0.055
21:45	80%	24.1	26.7	－	－	0.13	0.13	0.15	6.93	15.3	0.9	1.6	1.80	1.13	0.012	0.024	0.084	0.055
最小	0%	21.0	25.3	－	－	0.10	0.12	0.15	6.93	14.6	0.9	1.6	1.57	1.05	0.006	0.008	0.066	0.049
最大	100%	34.7	29.8	－	－	0.14	0.15	0.15	7.17	16.6	1.4	2.4	1.86	1.50	0.015	0.046	0.086	0.060
平均	64%	26.0	26.8	－	－	0.13	0.14	0.15	7.08	15.3	1.1	2.0	1.71	1.29	0.010	0.031	0.076	0.054

平成13年度　第５回通日調査結果比較（H13.09.12～H13.09.13）

＜調査地点No.５地点＞
実験河川Ｂ

採水時刻	天候	気温 (℃)	水温 (℃)	水位	透視度 (度)	流速 左岸 (m/s)	流速 中央 (m/s)	流速 右岸 (m/s)	ｐＨ	導電率 (mS/m)	濁度 (度)	TOC (mg/l)	ＴＮ (mg/l)	NO3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	ＴＰ (mg/l)	PO4-P (mg/l)
18:00	50%	25.4	25.2	－	>100	0.25	0.30	0.15	7.28	14.8	1.5	2.2	1.64	1.41	0.011	0.049	0.080	0.056
21:00	30%	22.4	24.9	－	>100	0.25	0.30	0.20	7.17	15.1	1.8	2.4	1.57	1.17	0.016	0.081	0.083	0.053
0:00	50%	21.5	24.8	－	>100	0.23	0.32	0.17	7.20	15.2	1.9	2.2	1.67	1.25	0.017	0.031	0.084	0.053
3:00	90%	20.9	24.2	－	>100	0.25	0.30	0.20	7.20	16.5	2.0	2.2	1.75	1.10	0.022	0.008	0.078	0.051
6:00	90%	20.8	23.2	－	>100	0.25	0.33	0.15	7.03	16.5	1.8	2.3	1.82	1.49	0.028	0.017	0.073	0.051
9:00	70%	30.4	24.9	－	>100	0.27	0.25	0.18	7.27	15.3	1.1	2.1	1.87	1.16	0.023	0.013	0.069	0.052
12:00	20%	29.2	25.9	－	>100	0.28	0.30	0.20	7.38	14.6	1.2	1.9	1.67	1.19	0.018	0.030	0.069	0.052
15:00	60%	30.0	26.5	－	>100	0.27	0.24	0.13	7.34	14.6	1.5	1.7	1.61	1.10	0.013	0.049	0.073	0.052
18:00	40%	24.6	25.9	－	>100	0.28	0.28	0.24	7.08	14.6	1.3	2.0	1.80	1.12	0.012	0.049	0.075	0.050
21:00	70%	24.0	26.0	－	>100	0.25	0.25	0.16	7.00	15.4	1.4	1.8	1.84	1.14	0.007	0.024	0.084	0.051
最小	20%	20.8	23.2	－	>100	0.23	0.24	0.13	7.00	14.6	1.1	1.7	1.57	1.10	0.007	0.008	0.069	0.050
最大	90%	30.4	26.5	－	>100	0.28	0.33	0.24	7.38	16.5	2.0	2.4	1.87	1.49	0.028	0.081	0.084	0.056
平均	57%	24.9	25.2	－	>100	0.26	0.29	0.18	7.20	15.3	1.6	2.1	1.72	1.21	0.017	0.035	0.077	0.052

実験河川Ｃ

採水時刻	天候	気温 (℃)	水温 (℃)	水位	透視度 (度)	流速 左岸 (m/s)	流速 中央 (m/s)	流速 右岸 (m/s)	ｐＨ	導電率 (mS/m)	濁度 (度)	TOC (mg/l)	ＴＮ (mg/l)	NO3-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	ＴＰ (mg/l)	PO4-P (mg/l)
18:15	60%	24.9	24.9	11.99	>100	0.12	0.23	0.13	7.20	14.7	0.7	1.8	1.56	1.47	0.003	0.037	0.068	0.054
21:15	30%	22.5	24.9	11.99	>100	0.15	0.20	0.15	7.15	14.9	0.7	2.5	1.48	1.38	0.007	0.031	0.070	0.050
0:15	50%	21.5	24.9	11.99	>100	0.15	0.21	0.16	7.13	15.2	0.8	2.1	1.66	1.16	0.008	0.032	0.071	0.052
3:15	90%	20.9	24.3	11.99	>100	0.12	0.20	0.15	7.08	15.9	1.0	2.5	1.68	1.46	0.006	0.008	0.074	0.050
6:15	90%	20.8	23.3	11.99	>100	0.15	0.22	0.12	7.00	16.6	0.8	2.2	1.92	1.50	0.008	0.013	0.067	0.048
9:15	70%	30.3	24.6	11.99	>100	0.15	0.17	0.20	7.22	15.4	0.7	2.1	1.74	1.36	0.010	0.026	0.062	0.046
12:15	20%	29.1	25.5	11.99	>100	0.15	0.19	0.27	7.37	14.7	0.8	1.9	1.68	1.07	0.005	0.028	0.063	0.051
15:15	50%	29.6	26.2	11.99	>100	0.15	0.15	0.18	7.25	14.6	0.9	2.1	1.58	1.14	0.006	0.034	0.062	0.046
18:15	40%	25.2	25.7	11.99	>100	0.20	0.28	0.16	7.00	14.6	0.8	1.8	1.58	1.08	0.006	0.043	0.065	0.045
21:15	90%	24.0	25.7	11.99	>100	0.16	0.16	0.16	6.97	15.0	0.7	1.6	1.79	1.10	0.009	0.023	0.069	0.050
最小	20%	20.8	23.3	11.99	>100	0.12	0.15	0.12	6.97	14.6	0.7	1.6	1.48	1.07	0.003	0.008	0.062	0.045
最大	90%	30.3	26.2	11.99	>100	0.20	0.28	0.27	7.37	16.6	1.0	2.5	1.92	1.50	0.010	0.043	0.074	0.054
平均	59%	24.9	25.0	11.99	>100	0.15	0.20	0.17	7.14	15.2	0.8	2.1	1.67	1.27	0.007	0.028	0.067	0.049

平成13年度　第５回通日調査結果一覧表DO（H13. 9. 12～13）

最上流地点(No.1)、上中流地点(No.2)、中流地点(No.3)、中下流地点(No.4)、最下流地点(No.5)

実験河川B

採水時刻	DO				
	No.1 (mg/l)	No.2 (mg/l)	No.3 (mg/l)	No.4 (mg/l)	No.5 (mg/l)
18:00	8.65		7.02		6.78
18:30		7.64		6.64	
19:00	8.43		6.43		6.26
19:30		7.44		6.05	
20:00	8.11		6.28		5.84
20:30		7.12		5.81	
21:00	7.95		6.09		5.71
21:30		6.97		5.67	
22:00	7.45		6.02		5.66
22:30		6.79		5.56	
23:00	7.17		5.73		5.53
23:30		6.51		5.55	
0:00	6.88		5.74		5.52
0:30		6.35		5.28	
1:00	6.74		5.52		5.42
1:30		6.23		5.25	
2:00	6.64		5.55		5.36
2:30		6.20		5.15	
3:00	6.56		5.46		5.31
3:30		6.63		5.21	
4:00	6.53		5.44		5.41
4:30		6.55		5.36	
5:00	6.52		5.50		5.51
5:30		6.66		5.25	
6:00	6.55		5.57		5.56
6:30		6.37		5.57	
7:00	6.62		6.37		6.24
7:30		7.21		6.67	
8:00	6.75		7.49		7.45
8:30		7.60		7.77	
9:00	6.90		8.01		8.38
9:30		7.76		8.37	
10:00	7.33		8.37		9.14
10:30		8.22		8.72	
11:00	7.61		8.65		9.05
11:30		8.32		8.81	
12:00	8.01		8.85		9.21
12:30		8.65		9.27	
13:00	8.35		8.97		9.40
13:30		8.72		9.04	
14:00	8.71		8.86		9.21
14:30		8.79		8.83	
15:00	8.99		8.67		8.94
15:30		8.73		8.59	
16:00	9.10		8.64		8.55
16:30		8.53		8.34	
17:00	9.12		8.09		7.85
17:30		8.09		7.30	
18:00	8.89		7.08		6.88
18:30		7.79		6.49	
19:00	8.79		6.47		6.19
19:30		7.75		6.20	
20:00	8.38		6.62		5.91
20:30		7.44		6.02	
21:00	8.20		6.39		5.80
21:30		7.26		6.05	
最小	6.52	6.20	5.44	5.15	5.31
最大	9.12	8.79	8.97	9.27	9.40
平均	7.71	7.44	6.92	6.74	6.86

実験河川C

採水時刻	DO				
	No.1 (mg/l)	No.2 (mg/l)	No.3 (mg/l)	No.4 (mg/l)	No.5 (mg/l)
18:15	8.59		6.09		6.03
18:45		7.09		5.78	
19:15	8.28		5.53		5.54
19:45		7.03		5.29	
20:15	7.82		5.34		5.09
20:45		6.52		4.94	
21:15	7.77		5.23		4.88
21:45		6.39		4.88	
22:15	7.19		5.03		4.75
22:45		6.13		4.75	
23:15	6.92		4.99		4.63
23:45		5.95		4.68	
0:15	6.64		4.75		4.61
0:45		5.77		4.47	
1:15	6.68		4.74		4.56
1:45		5.68		4.36	
2:15	6.64		4.65		4.51
2:45		5.64		4.35	
3:15	6.61		4.48		4.50
3:45		6.04		4.41	
4:15	6.56		4.57		4.48
4:45		6.15		4.30	
5:15	6.51		4.56		4.61
5:45		6.11		4.47	
6:15	6.55		4.60		4.67
6:45		5.83		4.77	
7:15	6.72		5.25		5.58
7:45		6.48		5.30	
8:15	6.82		6.14		6.78
8:45		6.95		6.24	
9:15	7.03		6.92		7.79
9:45		7.46		7.00	
10:15	7.37		7.52		8.49
10:45		7.74		7.49	
11:15	7.76		7.66		8.58
11:45		7.97		7.70	
12:15	7.95		7.89		8.72
12:45		8.22		7.69	
13:15	8.29		8.00		8.81
13:45		8.28		7.76	
14:15	8.66		7.88		8.54
14:45		8.19		7.69	
15:15	8.89		7.68		8.03
15:45		8.07		7.45	
16:15	9.02		7.60		7.70
16:45		8.08		7.01	
17:15	8.98		7.06		6.81
17:45		7.57		6.41	
18:15	8.98		6.17		6.04
18:45		7.37		5.66	
19:15	8.70		5.88		5.47
19:45		7.24		5.44	
20:15	8.32		5.71		5.16
20:45		6.92		5.18	
21:15	8.18		5.70		4.96
21:45		6.70		5.30	
最小	6.51	5.64	4.48	4.30	4.48
最大	9.02	8.28	8.00	7.76	8.81
平均	7.66	6.91	5.99	5.74	6.08

平成13年度　第1回出水時調査結果(H13.7.13)

実験河川B
最上流地点(No.1)

経過時間	採水時刻	気温 ℃	水温 ℃	水位	透視度 度	濁度 度	TOC mg/l	TN mg/l	TP mg/l	ｸﾛﾛﾌｨﾙa μg/l	ﾌｪｵﾌｨﾁﾝa μg/l
0:00	9:00	30.8	26.9	13.80	21	17	5.2	1.95	0.170	5.3	13.9
0:02						14					
0:04						20					
0:06	9:06	31.3	26.9	13.91	15	32					
0:08						19					
0:10						19	5.0	1.99	0.175	7.5	20.9
0:12	9:12	30.4	26.7	14.02	20	20					
0:14						19					
0:16						22					
0:18	9:18	30.8	26.8	14.11	19	20					
0:20						20	7.1	2.10	0.191	6.4	18.2
0:22						19					
0:24	9:24	31.0	26.8	14.14	18	21					
0:26						20					
0:28						19					
0:30	9:30	30.8	26.9	14.16	18	17	6.7	2.12	0.238	10.6	20.7
0:32						20					
0:34						20					
0:36	9:36	31.0	26.9	14.17	18	20					
0:38						20					
0:40						21	6.4	2.16	0.238	10.6	20.7
0:42	9:42	30.8	27.0	14.18	18	19					
0:44						17					
0:46						19					
0:48	9:48	30.8	26.9	14.17	18	18					
0:50						17	7.0	2.18	0.267	12.8	20.0
0:52						17					
0:54	9:54	30.4	26.8	14.17	18	17					
0:56						19					
0:58						14					
1:00	10:00	31.2	26.9	14.17	15	15					
1:02						17					
1:04						16					
1:06	10:06	31.2	27.0	14.17	18	14					
1:08						16					
1:10						18	8.3	2.11	0.291	12.8	22.3
1:12	10:12	33.0	27.0	14.18	19	17					
1:14						18					
1:16						16					
1:18	10:18	33.0	26.8	14.12	23	16					
1:20						15					
1:22						15					
1:24	10:24	32.0	27.0	14.12	20	15					
1:26						16					
1:28						15					
1:30	10:30	31.9	27.0	14.10	18	13	7.3	2.04	0.246	9.61	23.2
1:32						15					
1:34						18					
1:36	10:36	31.4	27.0	14.11	20	14					
1:38						15					
1:40						12					
2:00	11:00	33.2	27.5	14.08	20	13					
2:20	11:20	33.2	27.4	14.07	22	17					
2:40	11:40	33.8	27.9	13.88	23	13					
3:00	12:00	34.0	28.5	13.77	20	14					
3:20	12:20	34.2	27.8	13.77	22	13	5.4	1.97	0.199	8.54	16.8

平成13年度　第1回出水調査結果(H13.7.13)

実験河川B
最下流地点(No.5)

経過時間	採水時刻	気温 ℃	水温 ℃	水位 ※	透視度 度	濁度 度	ＴＯＣ mg/ｌ	ＴＮ mg/ｌ	ＴＰ mg/ｌ	ｸﾛﾛﾌｨﾙa μg/ｌ	ﾌｪｵﾌｨﾁﾝa μg/ｌ
0:00	9:00	32.2	29.0	－	27	20	6.7	1.88	0.186	12.8	20.8
0:03						18					
0:06	9:06	32.0	29.0	－	27	18					
0:09						18					
0:12	9:12	32.2	29.0	1.74	26	19					
0:15						20					
0:18	9:18	32.4	29.0	－	27	18					
0:21						19	6.4	1.93	0.205	18.1	20.7
0:24	9:24	32.8	28.8	－	10	75	40.6	4.28	1.00	144	158
0:27				1.65		175	98.4	12.7	4.24	475	515
0:30	9:30	33.4	28.3	1.45	6	147	68.3	8.13	2.91	245	333
0:33						140					
0:36	9:36	33.4	27.2	1.36	6	107	35.3	4.52	0.927	96.1	150
0:39						90					
0:42	9:42	33.4	27.1	－	9	72	20.0	3.04	0.509	42.7	75.0
0:45						68					
0:48	9:48	33.2	27.2	1.32	9	60					
0:51						52					
0:54	9:54	32.5	27.2	－	10	52	14.6	2.56	0.343	24.9	42.3
0:57						47					
1:00	10:00	32.0	27.2	1.30	12	40					
1:03						39					
1:06	10:06	32.0	27.2	1.30	11	41					
1:09				1.30		33					
1:12	10:12	33.6	27.8		13	30					
1:15				1.29		39					
1:18	10:18	34.4	27.9	－	14	37					
1:21						35					
1:24	10:24	34.4	27.8	1.29	14	34	11.6	2.27	0.287	17.3	24.6
1:27						31					
1:30	10:30	34.4	27.4	1.30	16	33					
1:33						28					
1:36	10:36	34.4	27.7	1.30	16	26					
1:39				1.30		29					
1:42	10:42	34.3	27.5	－	18	24					
1:45						27					
1:48	10:48	33.8	27.4	1.34	18	21					
1:51						24					
1:54	10:54	33.8	27.2	1.33	16	24	13.6	2.07	0.252	17.0	21.7
1:57						26					
2:00	11:00	34.5	27.6	1.34	18	23					
2:03						24					
2:06	11:06	35.8	27.8	1.35	21	24					
2:09						21					
2:12	11:12	35.5	27.8	1.37	21	21					
2:15						19					
2:18	11:18	36.7	28.0	1.36	21	19					
2:21						21					
2:24	11:24	36.7	28.3	1.37	23	21					
2:27						19					
2:30	11:30	36.7	28.2	1.38	23	19					
2:33						19					
2:36	11:36	36.1	28.1	－	24	19					
2:39						18					
2:42	11:42	36.6	28.8	1.42	24	16	9.8	2.02	0.210	13.8	17.5
2:45						17					
2:48	11:48	36.2	28.9	1.46	26	14					
2:51						15					
2:54	11:54	37.6	29.0	1.50	28	14					
2:57						13					
3:00	12:00	37.0	29.0	1.54	29	14					
3:20	12:20	36.1	29.3	1.68	32	9.6					
3:40	12:40	37.7	30.2	1.74	43	8.6					
4:00	13:00	37.6	31.7	1.74	51	7.2					
4:20	13:20	36.8	31.9	1.74	51	6.6					
4:40	13:40	38.0	31.7	1.74	51	7.2					
5:00	14:00	36.4	31.0	1.73	42	7.2					

※橋からの下がり水位

平成13年度　第2回出水時調査結果(H13.9.4)

実験河川B
最上流地点(No.1)

経過時間	採水時刻	水温 (℃)	水位	増加水深	透視度 (度)	濁度 (度)	ＴＯＣ (mg/ｌ)	ＴＮ (mg/ｌ)	ＴＰ (mg/ｌ)	ｸﾛﾛﾌｨﾙa (μg/l)	ﾌｪｵﾌｨﾁﾝa (μg/l)
0:00	13:00	24.2	13.75	0.00	53	5	2.14	1.77	0.113	3.20	5.39
0:03	13:03					5	4.34	1.89	0.135	8.54	9.77
0:06	13:06					31	11.1	3.47	0.327	115	74.9
0:09	13:09	24.1	14.03	0.28	15	19	16.7	3.46	0.378	137	91.4
0:12	13:12					7	3.47	1.89	0.131	9.07	12.2
0:15	13:15					6					
0:18	13:18	23.8	14.21	0.46	37	6					
0:21	13:21					7					
0:24	13:24					7					
0:27	13:27	24.2	14.29	0.54	46	6	3.30	1.78	0.146	3.20	7.26
0:30	13:30					7					
0:40	13:40					7					
0:50	13:50	25.0	14.34	0.59	45	6					
1:00	14:00					5					
1:10	14:10					5					
1:20	14:20	25.4	14.37	0.62	45	6					
1:30	14:30					6					
1:40	14:40					6					
1:50	14:50	25.8	14.37	0.62	51	6					
2:00	15:00					6					
2:10	15:10					6					
2:20	15:20	26.1	14.37	0.62	51	5					
2:30	15:30					5					
2:40	15:40					6					
2:50	15:50	26.4	14.37	0.62	48	5					
3:00	16:00					6					
3:20	16:20					5					
3:40	16:40	26.5	14.02	0.27	47	5					
4:00	17:00					4					
4:30	17:30	26.5	13.76	0.01	63	5	3.18	1.92	0.143	1.06	4.53

平成13年度　第2回出水時調査結果(H13.9.4)

実験河川B
上中流地点(No.2)

経過時間	採水時刻	水温 (℃)	水位 ※	透視度 (度)	濁度 (度)	ＴＯＣ (mg/ｌ)	ＴＮ (mg/ｌ)	ＴＰ (mg/ｌ)	ｸﾛﾛﾌｨﾙa (μg/l)	ﾌｪｵﾌｨﾁﾝa (μg/l)
0:10	13:10	23.7	1.54	21	6	3.58	1.79	0.174	2.13	9.82
0:13	13:13				38	19.0	3.44	0.604	29.3	65.9
0:16	13:16				56	20.0	4.21	1.15	45.3	85.4
0:19	13:19	23.7	1.22	13	39	16.2	3.11	0.525	32.0	65.1
0:22	13:22				21	15.1	2.52	0.332	19.5	38.9
0:25	13:25				15					
0:28	13:28	23.7	1.02	24	18					
0:31	13:31				13	5.22	1.98	0.212	5.34	16.3
0:34	13:34				8					
0:37	13:37	24.1	0.92	34	9					
0:40	13:40				7					
0:50	13:50				6					
1:00	14:00	25.0	0.81	36	7	3.08	1.81	0.161	2.67	7.04
1:10	14:10				6					
1:20	14:20				6					
1:30	14:30	25.3	0.77	48	5					
1:40	14:40				6					
1:50	14:50				5					
2:00	15:00	25.8	0.77	>50	5					
2:10	15:10				6					
2:20	15:20				5					
2:30	15:30	26.1	0.77	>50	6					
2:40	15:40				6					
2:50	15:50				5					
3:00	16:00	26.2	0.77	>50	6					
3:10	16:10				5					
3:30	16:30				5					
3:50	16:50	26.3	1.08	>50	4					
4:10	17:10				4					
4:30	17:30	26.1	1.45	>50	4	3.62	1.73	0.130	1.06	3.41

※橋からの下がり水位

平成13年度　第2回出水時調査結果(H13.9.4)

実験河川B
中下流地点(No.4)

経過時間	採水時刻	水温 (℃)	水位 ※	透視度 (度)	濁度 (度)	ＴＯＣ (mg/ｌ)	ＴＮ (mg/ｌ)	ＴＰ (mg/ｌ)	ｸﾛﾛﾌｨﾙa (μg/l)	ﾌｪｵﾌｨﾁﾝa (μg/l)
0:20	13:20	25.6	1.81	>50	2	2.28	1.50	0.095	0.53	2.45
0:23	13:23				2					
0:26	13:26				3	2.34	1.51	0.092	0.1	3.36
0:29	13:29	25.5	1.74	36	10	4.08	1.79	0.169	2.13	12.0
0:32	13:32				45	21.4	3.49	0.583	10.6	69.6
0:35	13:35				56	17.5	2.99	0.524	8.01	59.2
0:38	13:38	25.0	1.36	15	60	20.7	3.57	0.668	21.3	75.8
0:41	13:41				31	17.7	2.47	0.408	13.3	35.2
0:44	13:44				30					
0:48	13:48	24.8	1.24	17	24	11.9	2.38	0.342	7.12	24.0
0:50	13:50				19					
1:00	14:00				14					
1:10	14:10	25.2	1.13	31	11					
1:20	14:20				8	4.70	1.90	0.182	2.67	9.01
1:30	14:30				7					
1:40	14:40	25.5	1.09	40	7					
1:50	14:50				7					
2:00	15:00				6					
2:10	15:10	26.2	1.09	>50	6					
2:20	15:20				5					
2:30	15:30				5					
2:40	15:40	26.2	1.10	>50	5					
2:50	15:50				4					
3:00	16:00				4					
3:10	16:10	26.8	1.10	>50	5					
3:30	16:30				5					
3:50	16:50				4					
4:10	17:10	26.5	1.49	>50	4					
4:30	17:30				4	3.18	1.90	0.135	1.60	2.50
5:00	18:00	26.4	1.73	>50	5					

※橋からの下がり水位

平成13年度　第2回出水時調査結果(H13.9.4)

実験河川B
最下流地点(No.5)

経過時間	採水時刻	気温 (℃)	水温 (℃)	水位 ※	増加水深	透視度 (度)	濁度 (度)	TOC (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)	ｸﾛﾛﾌｨﾙa (μg/l)	ﾌｪｵﾌｨﾁﾝa (μg/l)
0:20	13:20	32.6	25.6	1.73	0.00	>100	2	2.11	1.57	0.097	1.06	1.54
0:23	13:23						2					
0:26	13:26						2					
0:29	13:29	29.4	25.5	1.73	0.00	>100	2					
0:32	13:32						2					
0:35	13:35						2					
0:38	13:38	30.2	26.0	1.65	0.08	86	2	2.56	1.56	0.093	2.13	2.72
0:41	13:41						15	6.28	2.40	0.285	17.0	30.7
0:44	13:44						33	18.4	2.86	0.489	24.9	58.5
0:47	13:47	32.6	24.9	1.47	0.26	<10	38	18.6	3.22	0.517	16.0	51.2
0:50	13:50						35	15.8	2.60	0.394	13.3	35.2
1:00	14:00						17					
1:10	14:10	31.1	25.0	1.16	0.57	16	10	6.34	2.19	0.248	3.56	13.2
1:20	14:20						12					
1:30	14:30						11					
1:40	14:40	28.8	25.3	1.14	0.59	26	10					
1:50	14:50						8					
2:00	15:00						7					
2:10	15:10	29.4	25.5	1.13	0.60	33	7	4.30	1.96	0.165	3.20	4.62
2:20	15:20						5					
2:30	15:30						6					
2:40	15:40	29.4	26.1	1.14	0.59	32	5					
2:50	15:50						5					
3:00	16:00						5					
3:10	16:10	28.7	26.2	1.15	0.58	35	5					
3:20	16:20						5					
3:30	16:30						4					
3:50	16:50	26.4	26.3	1.33	0.40	65	4					
4:30	17:30						4					
5:00	18:00	26.0	26.3	1.66	0.07	66	4	3.08	1.76	0.127	1.06	3.04

※橋からの下がり水位

5．2　河床付着物への影響

5．2．1　はじめに

川底の石の表面に生育する珪藻、藍藻、緑藻などの藻類（付着藻類）は、河川生態系における一次生産者として重要な役割を担っている。これらは、出水により剥離し、更新されることによって、基礎生産や魚類などの餌資源としての質が維持されているものと考えられている。しかし近年、流量の平滑化、攪乱の減少により、糸状緑藻の繁茂[1]、微細な有機物や細粒土砂の堆積とこれに伴う付着藻類やその他の生物への影響[2]が指摘されている。付着藻類への影響については、細粒土砂の堆積によって付着藻類に届く光量が低下するため、光合成活性が低下し[1]、これを餌資源とする魚類の成長の阻害が生じることが指摘されている[3][4][5]。また、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[6]、下流への流下により自濁作用をもたらす要因にもなる。

そこで、本節では出水の有無と一次生産者である付着藻類の現存量や質の関係を明らかにするため、一定流量の実験河川Cと出水のある実験河川Bを比較し、これを定量的に評価することを目的とする。

5．2．2　方法

実験河川B及びCのハビタット研究ゾーンにおける早瀬及び平瀬、冠水頻度研究ゾーンにおける平瀬に付着板を設置し、付着藻類の現存量や質の動向を把握する。

2001年6月5日に河床付着物を採集するための付着板を設置した。付着板の主成分はAl_2O_3 99％、SiO_7 0.6%であり、多孔質であることから、自然石の代用として用いることが可能であると考えた。付着板の大きささは75mm×75mm×10mmのタイル上のものであり、アルミ製のカートリッジに5枚を装着させ、調査地点の河床に設置した（写真5.2.1）。なお、付着板における藻類生息状況を実際の河川における自然石と比較するため、表面付着物をあらかじめ取り除いた自然石をハビタット研究ゾーンの早瀬及び平瀬に併せて設置した（写真5.2.1）。調査は設置３日後から、7月13日及び9月4日に生じさせた出水を経て、9月25日まで行った（一部は10月25日まで）。調査日を表5.2.1、図5.2.2に示す。

河床付着物の採取は、各地点において付着板5枚をランダムに取り出し、ブラシを用いて採集し試料とした。併せて、採取地点の水深、流速の測定、及び実験河川の上下流の水質（pH、EC、濁度、DO）、水温を携帯型水質計を用いて測定した（調査時間：午前9～10時）。また、採水を行い、PO_4-Pを測定した。採集した試料は、乾燥重量、Chl.a、強熱減量、フェオフィチンについて分析した。さらに、付着藻類の綱別細胞数の計数及び優占種（3位まで）の細胞数の計数を行った。

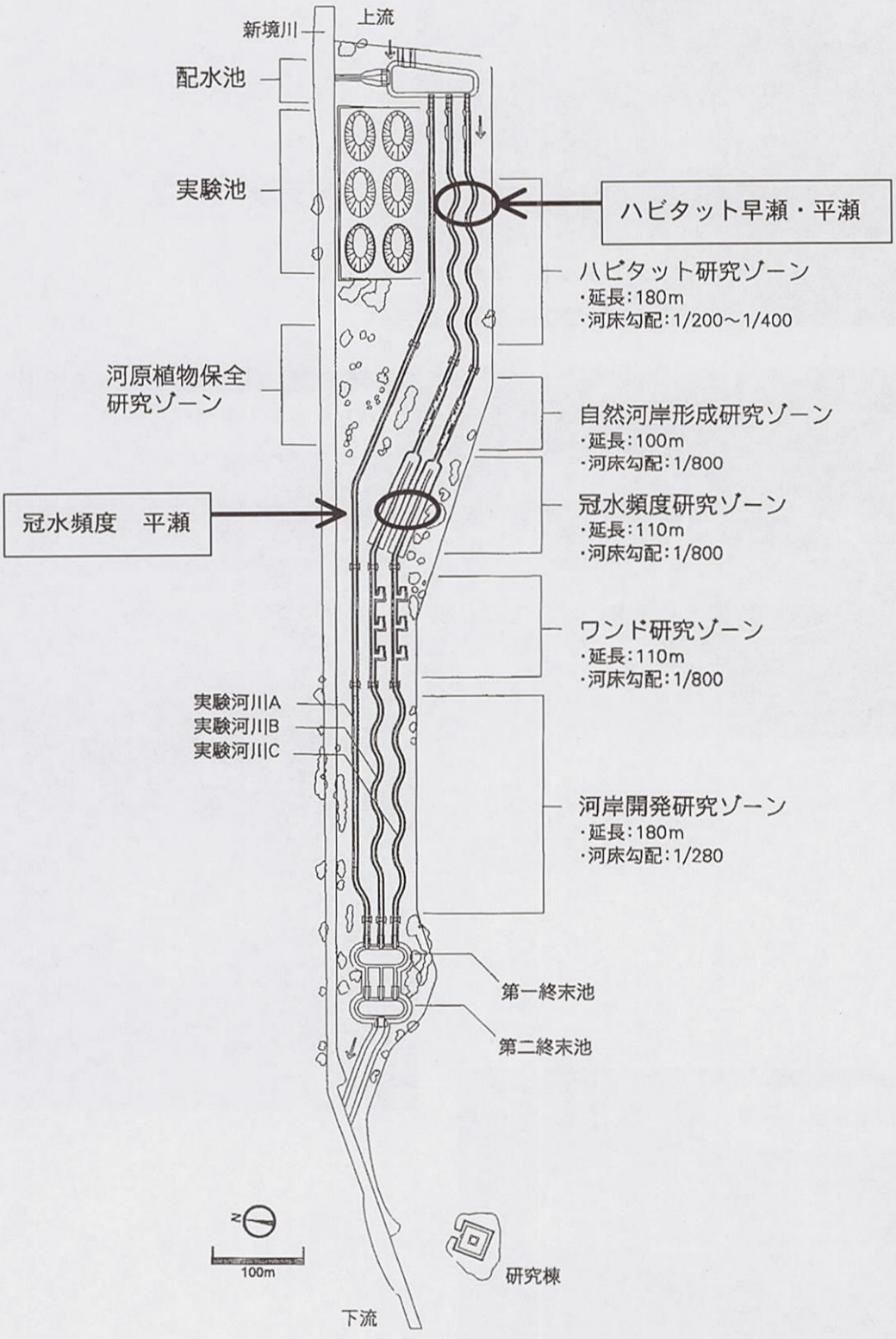

新境川
上流
配水池
実験池
ハビタット早瀬・平瀬
ハビタット研究ゾーン
・延長:180m
・河床勾配:1/200～1/400
河原植物保全
研究ゾーン
自然河岸形成研究ゾーン
・延長:100m
・河床勾配:1/800
冠水頻度　平瀬
冠水頻度研究ゾーン
・延長:110m
・河床勾配:1/800
ワンド研究ゾーン
・延長:110m
・河床勾配:1/800
実験河川A
実験河川B
実験河川C
河岸開発研究ゾーン
・延長:180m
・河床勾配:1/280
第一終末池
第二終末池
N
100m
研究棟
下流

図5.2.1　調査地点

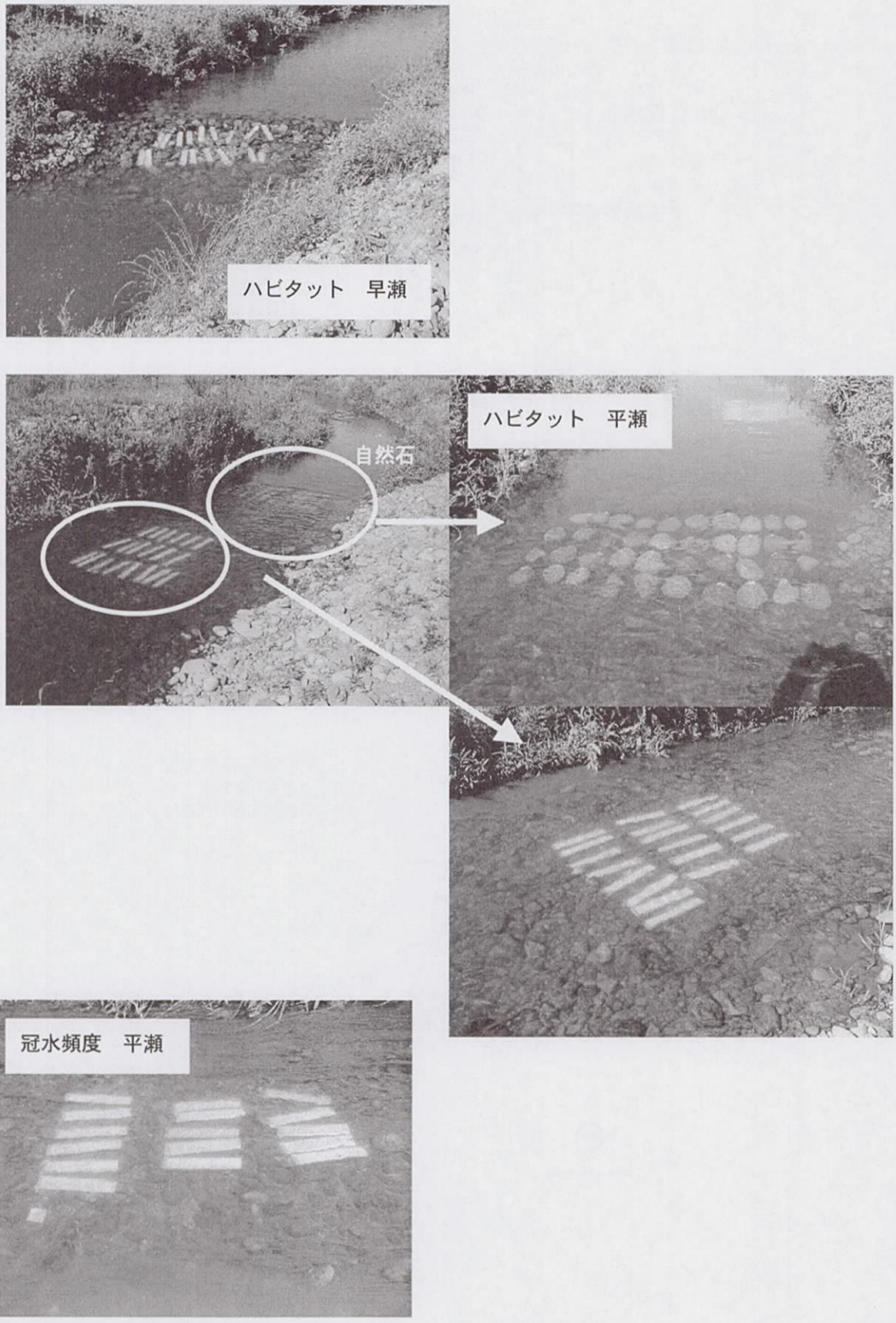


写真 5.2.1　付着板及び自然石の設置状況

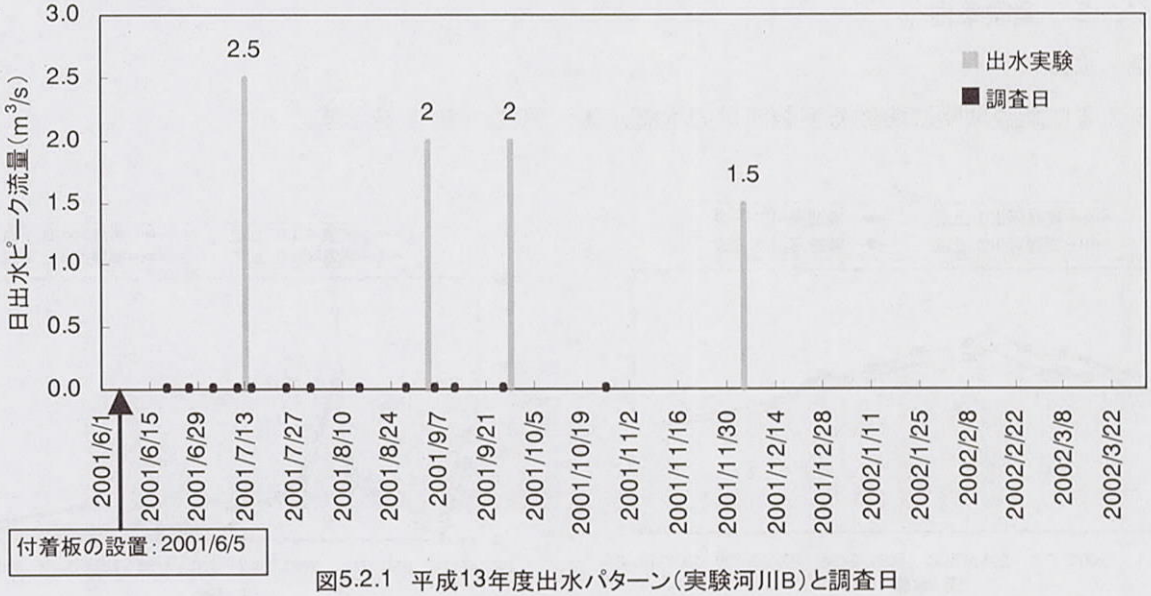


図5.2.1　平成13年度出水パターン(実験河川B)と調査日

表5.2.1　調査実施内容

調査日	経過日数	ハビタットゾーン		冠水頻度ゾーン
		早瀬	平瀬	平瀬
2001.6.12	5	○	○	△
2001.6.19	14	△	△	△
2001.6.26	21	○	○	△
2001.7.3	28	△	△	△
2001.7.10	35	○	○	△
2001.7.14	39	○	○	△
2001.7.24	49	○	○	△
2001.7.31	56	△	△	△
2001.8.14	70	△	△	△
2001.8.28	84	○	○	△
2001.9.5	92	○	○	△
2001.9.11	98	△	△	△
2001.9.25	112	○	○	△
2001.10.25	142	△	△	△

○:付着版及び自然石で実施、△:付着版のみで実施
サンプル数は付着版、自然石　各5サンプル

5．2．3　実験条件

①水温・水質

図 5.2.3 に調査期間における実験河川の水温、DO、濁度、PO_4-P を示す。

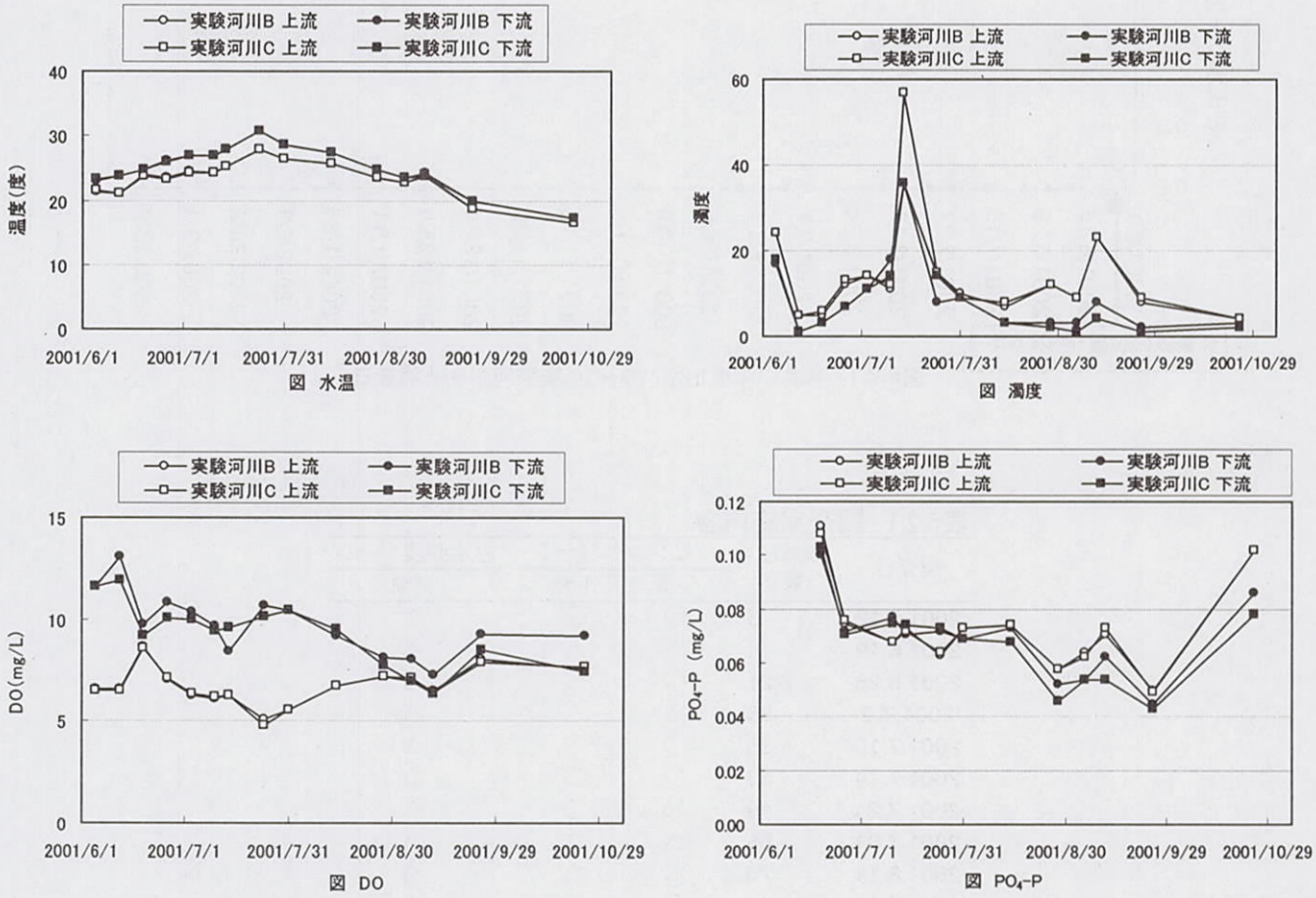


図 水温　図 濁度　図 DO　図 PO_4-P

図 5.2.3　　調査期間における実験河川の水温及び水質の状況

6 月中旬及び 10 月下旬において、実験河川に流入する PO_4-P は 0.1mg/L 以上の高い値を示している。前者は水田のしろかきの時期にあたり、新境川に流入する各務原用水の水質はこの影響を受けているものと考えられる。後者は、各務原用水の流入が中止したため（2001 年 10 月 4 日～）、新境川の流量が大幅に減少したためと考えられる。

②水深・流速

各調査地点における水深及び流速分布を図 5.2.4～6 に示す。特に実験河川 C のハビタット研究ゾーン平瀬においては 9 月以降、冠水頻度ゾーン平瀬においては 8 月以降、河岸植生の繁茂による水位の上昇がみられる。特に冠水頻度研究ゾーン平瀬における水位の上昇は著しく、9 月においては、実験河川 C は B の約 2 の水深となるなど、大きくハビタットが変化している。

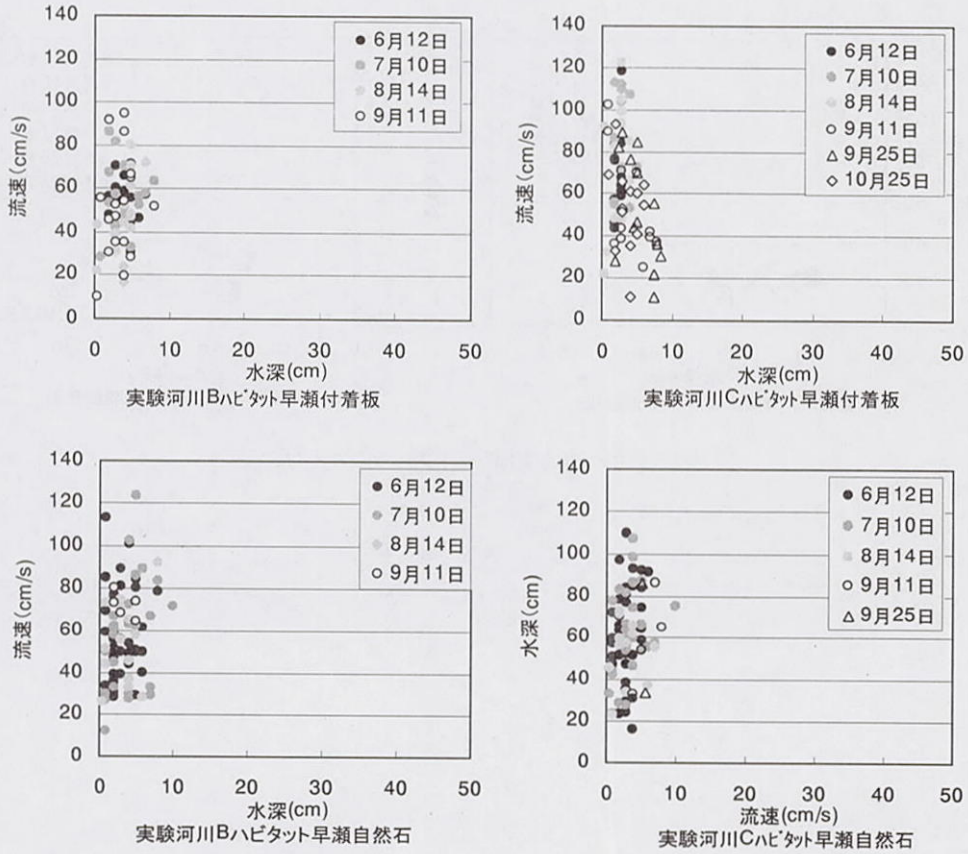


図 5.2.4　ハビタット早瀬　水深及び流速

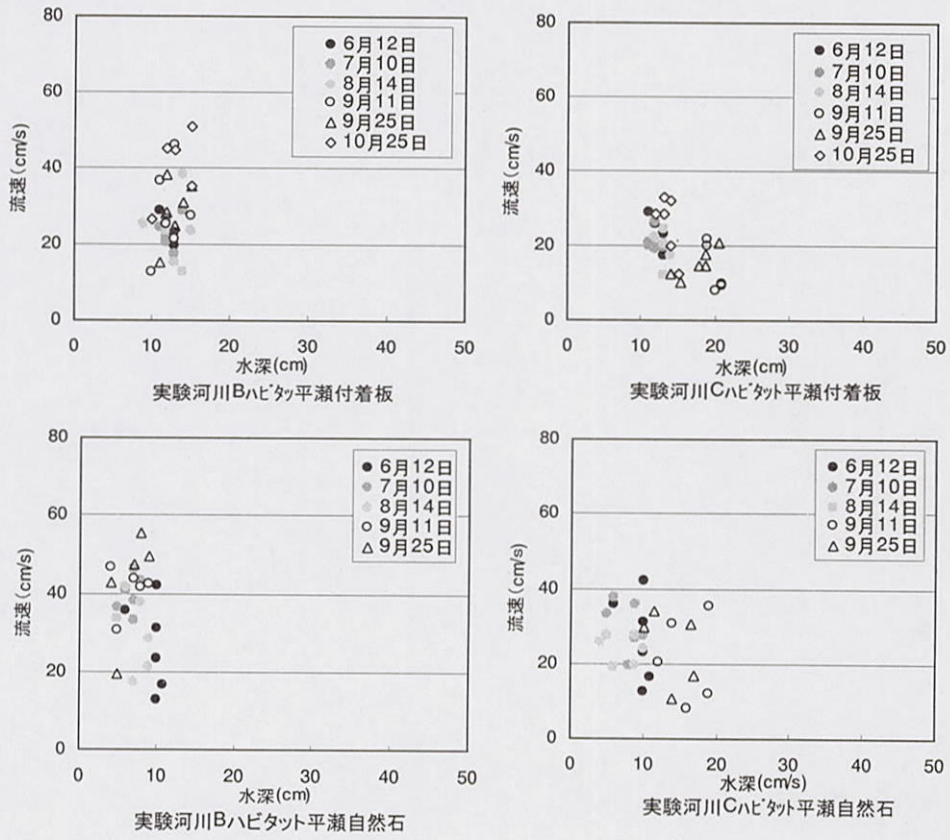


図 5.2.5　ハビタット平瀬　水深及び流速

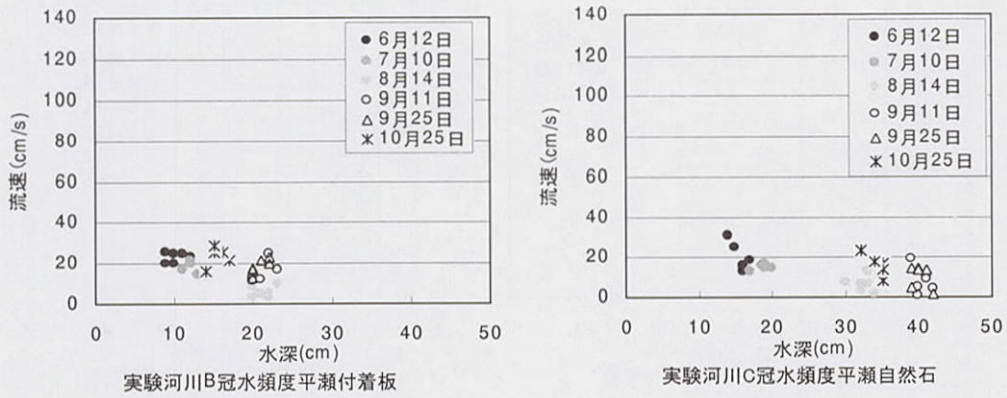


図 5.2.6　冠水頻度　平瀬　水深及び流速

③摩擦速度及び掃流力

出水による河床付着物の掃流については、河床に働く力が重要となる。表 5.2.2 には、調査地点における平常時及び出水時における摩擦速度と代表粒径 dr=38mm に対する無次元掃流力を示す。なお、無次元掃流力の算出においては、出水時におけるピーク時（定常流状態）の水面高さの実測値を用い、1 次元水理モデルにて各測点の水位、水面勾配、流速を求め、摩擦速度及び代表粒径 d_r38mm に対する無次元掃流力を求めたものである（9 章参照）。無次元掃流力は一様粒径である場合、0.06 以上であると河床材料が動きだすが、今回の出水はいずれも 0.06 以下であり、代表粒径以上の河床材料は動いていない。特に 9 月の出水においては植生の繁茂により、無次元掃流力は大きく低下している。

表 5.2.2　平常時及び出水時の摩擦速度と代表粒径（38mm）に対する無次元掃流力

		流量 (m^3/s)	ﾊﾋﾞﾀｯﾄ早瀬 (818m)	ﾊﾋﾞﾀｯﾄ平瀬 (805m)	冠水頻度平瀬 (445m)
平常時		0.1	0.06m/s	0.05m/s	0.04m/s
出水時	2001.7.13	2.5	0.15m/s	0.12m/s	0.13m/s
			0.038	0.025	0.026
	2001.9.4	2.0	0.1m/s	0.08m/s	0.07m/s
			0.015	0.010	0.008
	2001.9.28	2.0	0.1m/s	0.08m/s	0.07m/s
			0.015	0.010	0.008

上段:摩擦速度
下段:無次元掃流力

5．2．4　結果

（1）基質（付着板と自然石）による比較

図 5.2.7～9 にハビタットゾーンの早瀬及び平瀬における付着板と自然石の Chl.a、強熱減量、フェオフィチン率を示す。なお、乾燥重量、無機物量、有機物量ついてはクロロフィルａと正の相関関係があったため、ここでは扱わなかった。

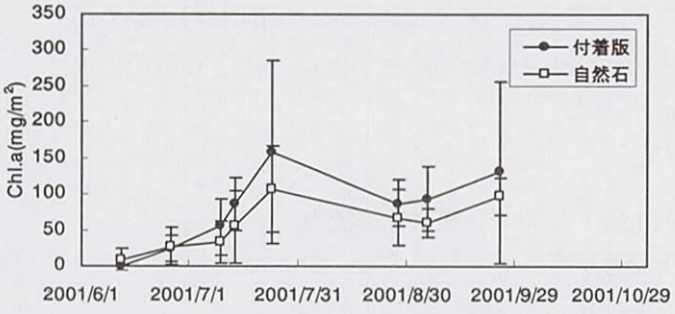


図　実験河川Bハビタット早瀬における付着版と自然石におけるChl.a

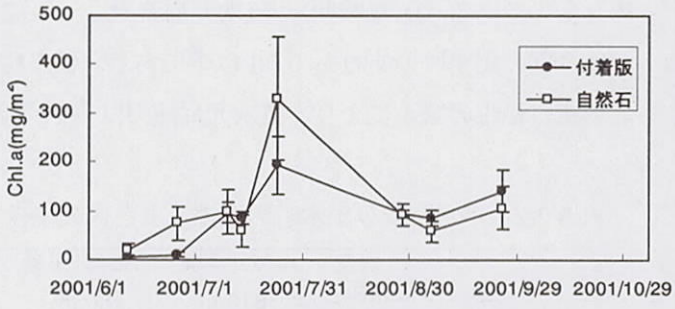


図　実験河川Bハビタット平瀬における付着版と自然石のChl.a

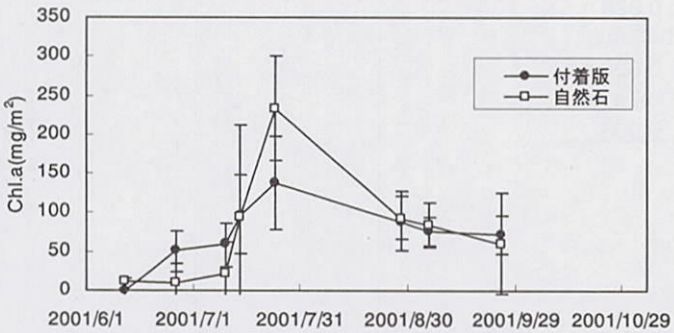


図　実験河川Cハビタット早瀬における付着版と自然石におけるChl.a

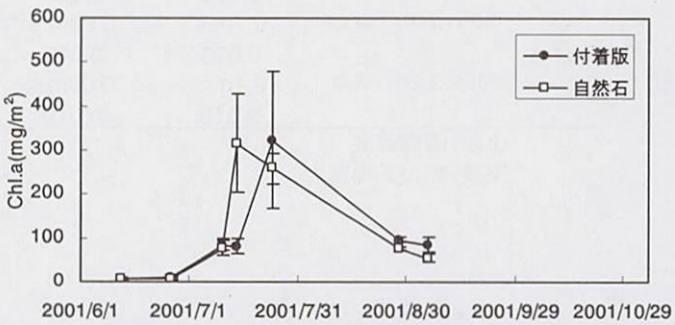


図　実験河川Cハビタット平瀬における付着版と自然石のChl.a

図 5.2.7　付着板と自然石における Chl.a の比較

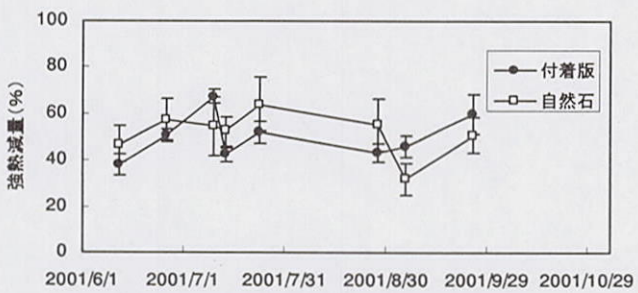


図　実験河川Bハビタット早瀬における付着板と自然石の強熱減量

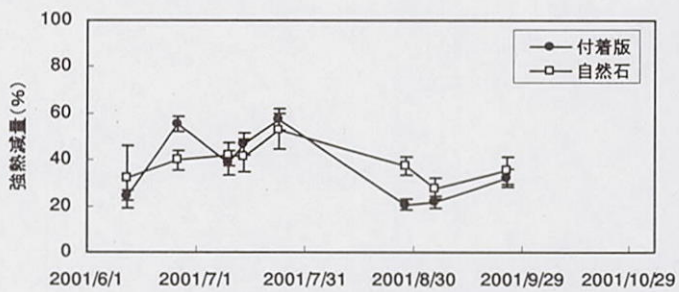


図　実験河川Bハビタット平瀬における付着板と自然石における強熱減量

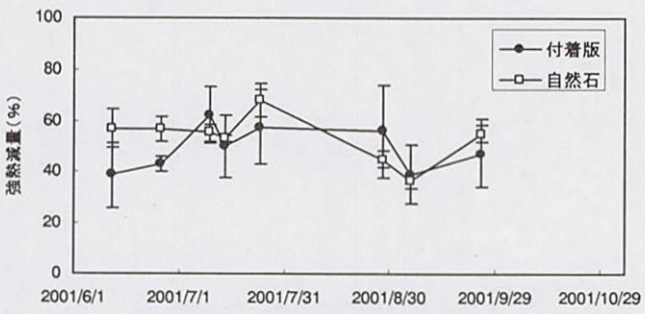


図　実験河川Cハビタット早瀬における付着板と自然石の強熱減量

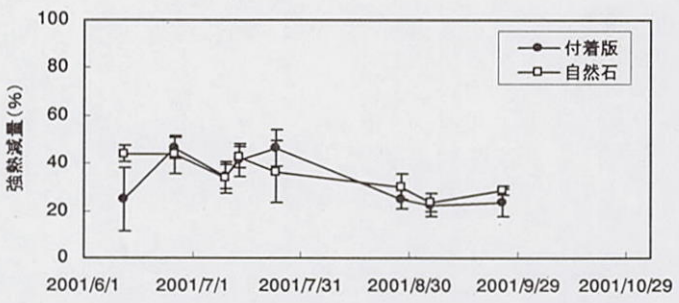


図　実験河川Cハビタット平瀬における付着板と自然石における強熱減量

図 5.2.8　付着板と自然石における強熱減量の比較

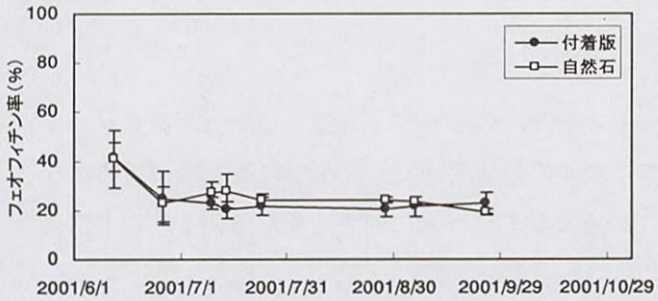


図　実験河川Bハビタット早瀬における付着版と自然石のフェオフィチン率

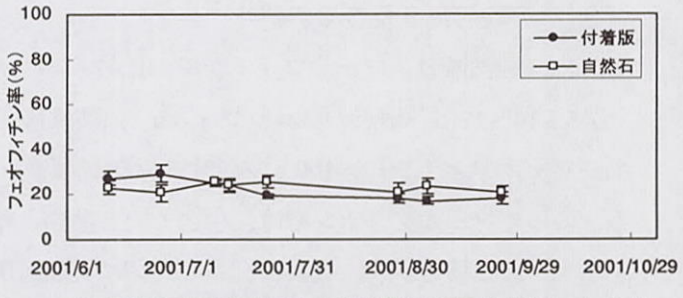


図　実験河川Bハビタット平瀬における付着版と自然石におけるフェオフィチン率

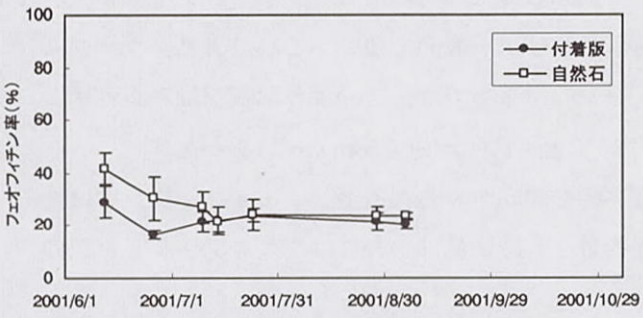


図　実験河川Cハビタット早瀬における付着版と自然石のフェオフィチン率

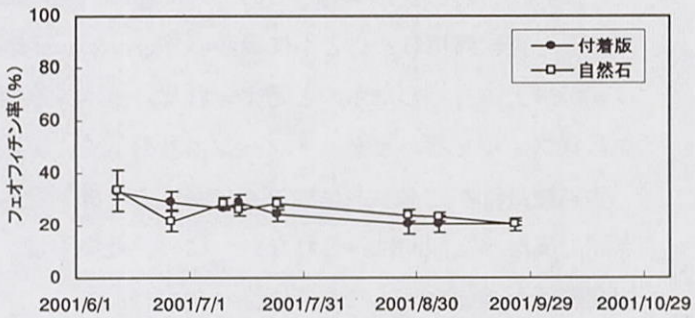


図　実験河川Cハビタット平瀬における付着版と自然石におけるフェオフィチン率

図 5.2.9　付着板と自然石におけるフェオフィチン率の比較

各地点について、基質（付着板、自然石）と調査日を要因とする二元配置分散分析を行った結果を表 5.2.3 に示す。実験河川 C ハビタット早瀬フェオフィチン率において、付着板と自然石で有意差が認められたが、交互作用が認められたため、河川と調査日の組み合わせによる多重比較検定（sheffe's test）を行った。その結果、有意差は認められなかった。その他、交互作用が求められたケースについても多重比較検定（sheffe's test）を行ったが、いずれも基物間に有意差は認められなかった。以上より、付着板及び自然石における Chl.a、強熱減量、フェオフィチン率にはそれぞれ有意差は認められなかったことから、これらを評価する上において自然石の代用として付着板を用いることに大きな問題はないと判断される。なお、出現種については②で検討する。

表5.2.3　付着基盤（自然石・付着板）、調査日を要因とする二配置分散分析結果

ゾーン	要素	Chl.a			強熱減量			フェオフィチン率		
		df	*F*	*P*	*df*	*F*	*P*	*df*	*F*	*P*
実験河川B	基質	1	3.31	0.074	1	1.88	0.17	1	1.10	0.75
ハビタット	調査日	7	6.00	<0.0001	7	14.25	<0.0001	7	6.42	<0.0001
早瀬	基質×調査日	7	0.31	0.94	7	1.13	0.36	7	0.95	0.47
実験河川C	基質	1	0.10	0.74	1	2.20	0.14	1	29.20	<0.0001
ハビタット	調査日	7	6.42	<0.0001	7	4.07	0.0010	7	8.80	<0.0001
早瀬	基質×調査日	7	0.9	0.48	7	1.9	0.078	7	3.32	0.005
実験河川B	基質	1	3.21	0.078	1	1.37	0.25	1	1.45	0.23
ハビタット	調査日	7	30.51	<0.0001	7	35.01	<0.0001	7	8.70	<0.0001
平瀬	基質×調査日	7	4.45	0.0004	7	7.38	<0.0001	7	8.91	<0.0001
実験河川C	基質	1	1.29	0.26	1	1.80	0.18	1	0.30	0.58
ハビタット	調査日	7	26.78	<0.0001	7	10.99	<0.0001	7	15.63	<0.0001
平瀬	基質×調査日	7	3.70	0.002	7	2.93	0.010	7	3.50	0.003

（2） 実験河川Ｂ及びＣの違い

①Chl.a、強熱減量、フェオフィチン率の比較

図5.2.10～12に各地点のクロロフィルa、強熱減量、フェオフィチン率（%=フェオフィチン／（クロロフィルa+フェオフィチン）×100：フェオフィチンはクロロフィルａの分解産物で、死んでいる藻類の指標になる、よってフェオフィチン率は、生きている藻類と死んでいる藻類の現存量に対する死んでいる藻類の割合を示す）の推移を示す。なお、図中の矢印は実験河川Bにおける出水を示している。

ハビタットゾーン早瀬及び平瀬における付着板及び自然石のクロロフィルａは設置から約50日が経過した7月24日に最大値（平均値約100～300mg/m^2）を示した。写真5.2.2はこの時のハビタットゾーン平瀬の状況である。実験河川Ｂ、Ｃともに緑藻の*Stigeoclonium* sp.が付着版及び玉石表面を覆い、これによりクロロフィルａが最大値を示したものと考えられた。冠水頻度研究ゾーンの付着板では、このような状況はみられず、クロロフィルａはハビタットゾーンよりも低く、実験河川B、Ｃともに平均値で50mg/m^{2}であった。

強熱減量はハビタット早瀬＞ハビタット平瀬＞冠水頻度平瀬の傾向がみられるが、フェオフィチン率は地点間で異なった傾向はみられない。なお、乾燥重量、無機物量、有機物量についてはクロロフィルａと正の相関関係があったため、ここでは扱わなかった。

実験河川Bにおける出水による短期的な河床付着物の減少について、出水日近傍の調査日におけるChl.a、強熱減量、フェオフィチン率を比較すると、減少の傾向はみられなかった。しかし、調査日が出水の直前・直後ではないため、出水による剥離については明白ではない。

次に、調査期間中の長期的な実験河川BとCの比較を行うため、実験河川と調査日を要因とする二元配置分散分析を行った。結果を表5.2.4に示す。河川間ではハビタット研究ゾーン平瀬付着板における強熱減量及びフェオフィチン率、同自然石フェオフィチン率、冠水頻度研究ゾーン平瀬付着板における強熱減量において有意差が認められたが、いずれも交互作用が認められたため、河川と調査日の組み合わせによる多重比較検定（sheffe's test）を行った。その結果、ハビタット研究ゾーン平瀬付着板の7月14日におけるChl.a、ハビタット研究ゾーン平瀬自然石6月12日におけるフェオフィチン率にのみ有意差が認められ（表5.2.5）、それぞれ実験河川C＜実験河川Bであった。このことから、出水を与えた実験河川Bと一定流量の実験河川Cの比較において、ごく一部に有意な差が認められたが、その他多くは認められず、今年度与えた出水は、2つの河川のChl.a、強熱減量、フェオフィチン率に明瞭な差異を与えるものではなかったと判断される。

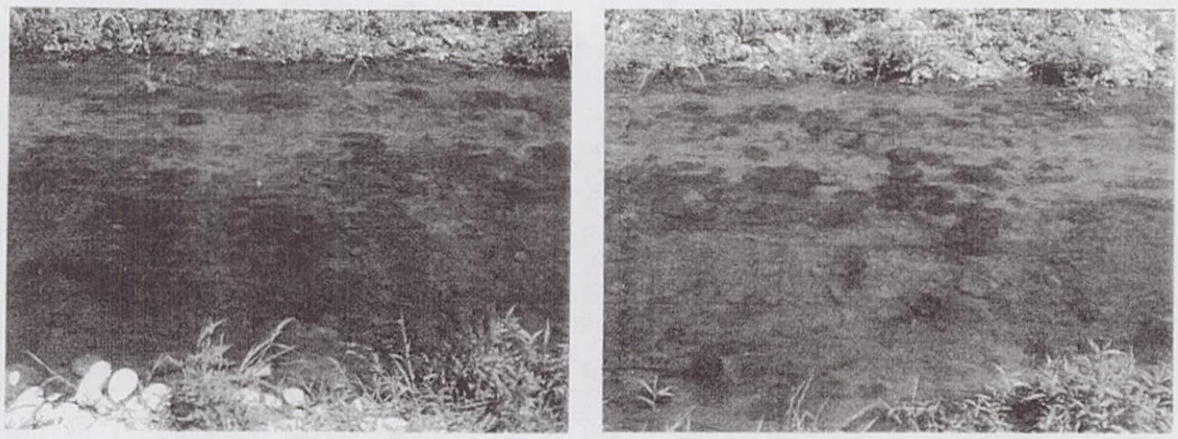
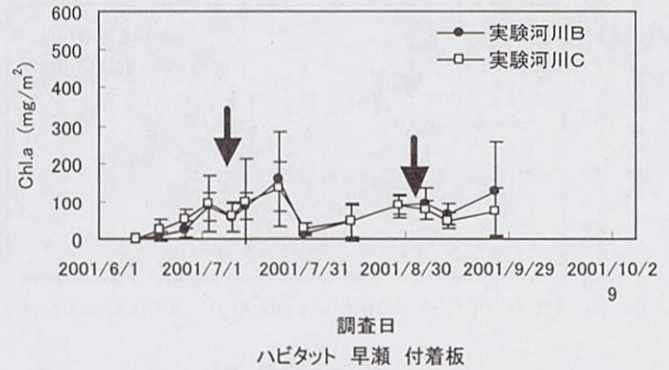
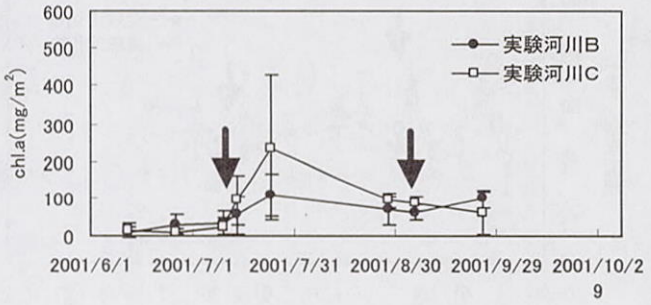
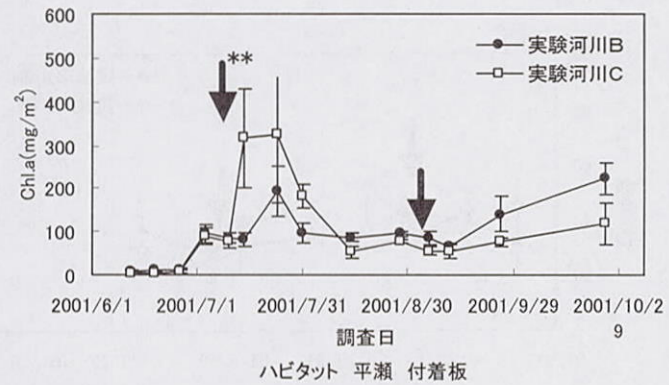


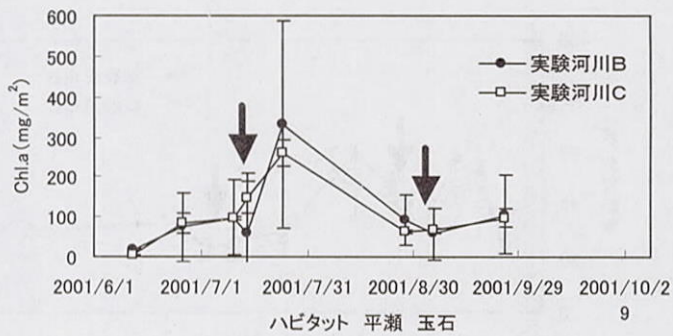
写真 5.2.2　2001//7/24 実験河川Ｂハビタットゾーン平瀬付着版（左）・玉石（右）の状況

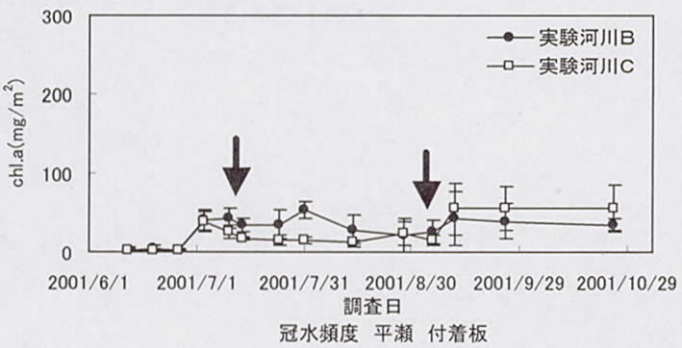








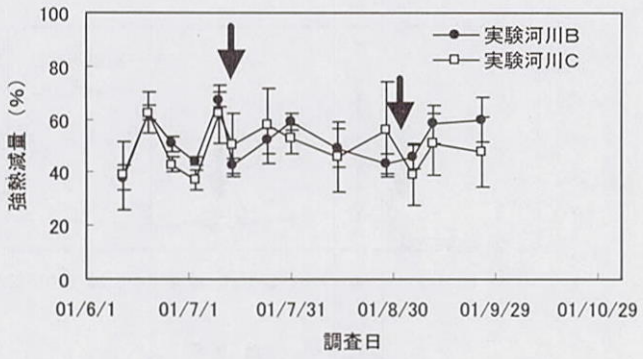


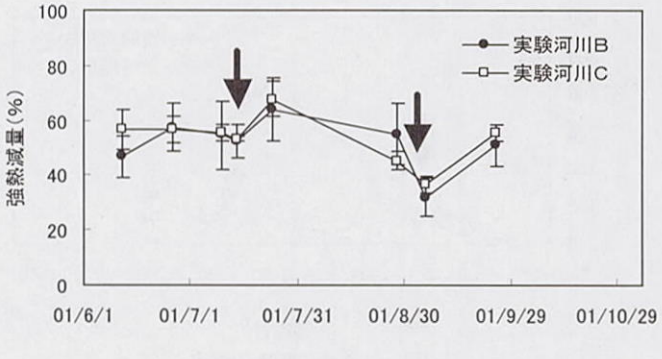


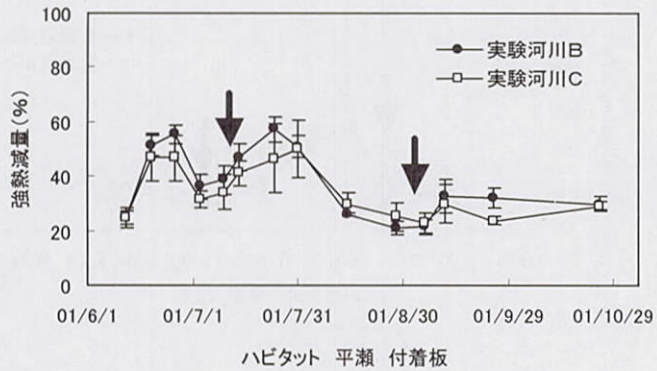
＊P<0.05、＊＊：P<0.001
(川間有意差 sheffe's test)

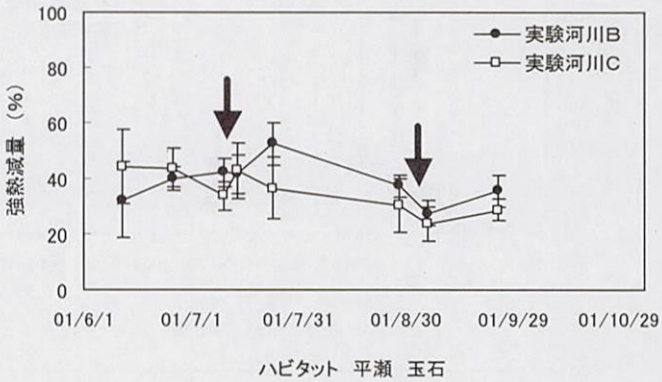
図 5.2.10　実験河川 B 及び C の chl.a の比較











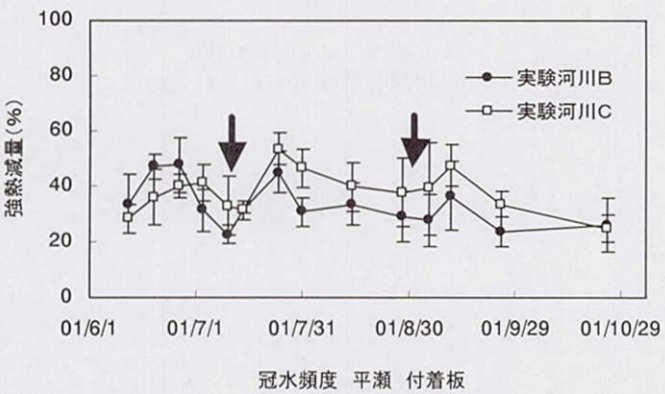
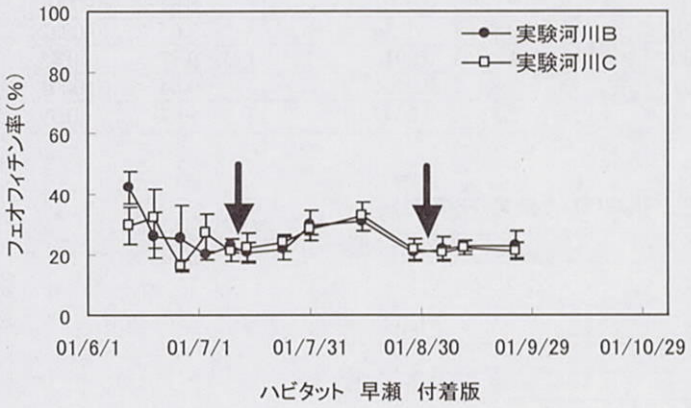
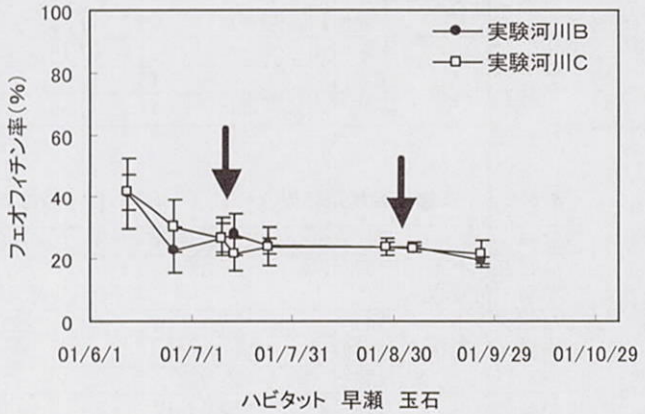
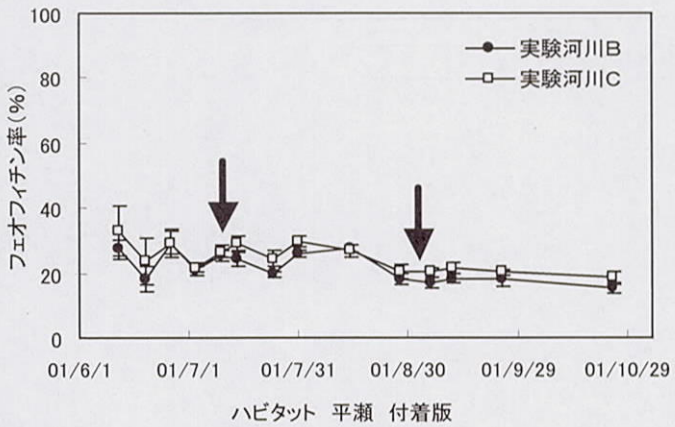


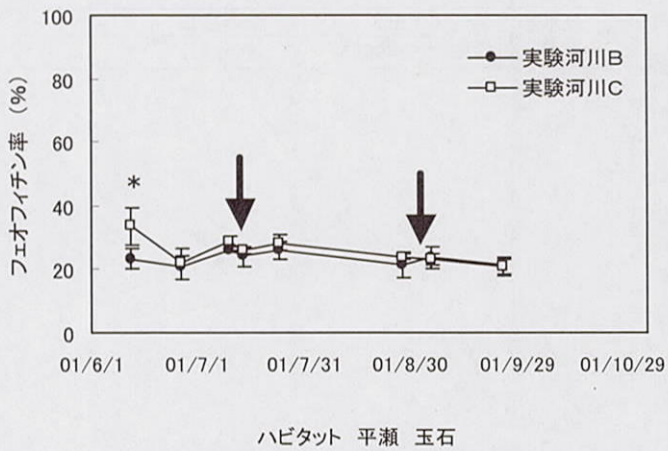
図 5.2.11　実験河川 B 及び C の強熱減量の比較

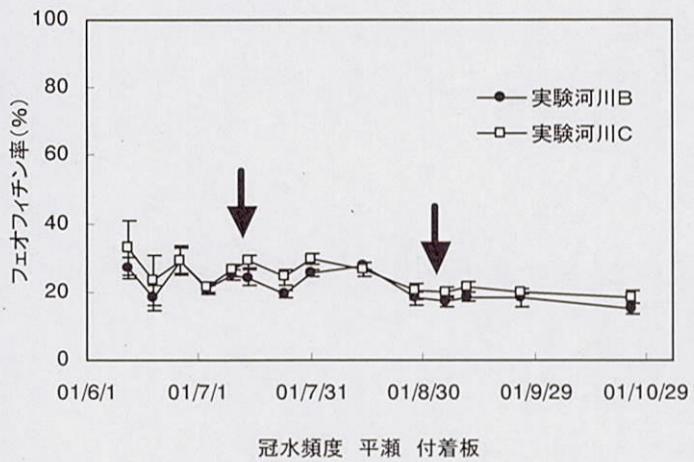












＊P<0.05、＊＊：P<0.001
（川間有意差 sheffe's test）

図 5.2.12　実験河川 B 及び C のフェオフィチン率の比較

表5.2.4　各ゾーンにおける河川、調査日を要因とする二元配置分散分析結果

ゾーン	要素	Chl.a			強熱減量			フェオフィチン率		
		Df	*F*	*P*	*df*	*F*	*P*	*df*	*F*	*P*
ハビタット 早瀬・付着板	実験河川	1	0.11	0.74	1	1.39	0.24	1	1.24	0.27
	調査日	12	5.63	<0.0001	12	5.12	<0.0001	12	10.78	<0.0001
	実験河川×調査日	12	0.39	0.96	12	1.06	0.40	12	2.66	0.0039
ハビタット 早瀬・自然石	実験河川	1	2.28	0.14	1	0.47	0.49	1	0.37	0.55
	調査日	7	7.29	<0.0001	7	8.23	<0.0001	7	12.08	<0.0001
	実験河川×調査日	7	1.58	00.16	7	0.86	0.54	7	1.14	0.35
ハビタット 平瀬・付着板	実験河川	1	2.77	0.099	1	10.64	0.0015	1	30.69	<0.0001
	調査日	13	30.46	<0.0001	13	41.97	<0.0001	13	23.13	<0.0001
	実験河川×調査日	13	10.25	<0.0001	13	1.73	0.065	13	1.30	0.23
ハビタット 平瀬・自然石	実験河川	1	2.28	0.14	1	0.47	0.49	1	13.94	0.004
	調査日	7	7.29	0.0001	7	8.23	<0.0001	7	8.84	<0.0001
	実験河川×調査日	7	1.58	0.16	7	0.86	0.54	7	3.03	0.0082
冠水頻度 平瀬・付着板	実験河川	1	3.13	0.080	1	11.40	0.0010	1	0.57	0.45
	調査日	13	10.31	<0.0001	13	6.85	<0.0001	13	9.64	<0.0001
	実験河川×調査日	13	2.58	0.0037	13	2.51	0.0047	13	1.07	0.39

表5.2.5　多重比較検定結果（sheffe’s test）（値は有意差が認められた結果のみ記載）

ゾーン	項目	調査日	*M1-M2*	*μ*	*P*
ハビタット・ 早瀬・付着板	ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ率	該当なし	−	−	−
ハビタット・ 平瀬・付着板	Chl.a	2001.7.14	235.18	174.87	＜0.001
	強熱減量	該当なし	−	−	−
	ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ率	該当なし	−	−	−
ハビタット・ 平瀬・自然石	ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ率	2001.6.12	10.20	10.19	0.048
冠水頻度・ 平瀬・付着板	Chl.a	該当なし	−	−	−
	強熱減量	該当なし	−	−	−

②網別細胞数の比較

図5.2.13、14に各ゾーンにおける網別細胞数を示す（値は5サンプルの平均値を示している）。なお、緑藻の細胞数の計数において大型の群体を形成している場合、計数が困難であったため、緑藻の細胞数は参考程度に留めることとする。ハビタットゾーン早瀬では調査期間を通して藍藻の割合が多い。ハビタットゾーン平瀬及び冠水頻度ゾーン平瀬においても藍藻の割合が多いが、9月以降になると珪藻の割合が増加した。河川間の差異については明瞭な違いは見いだせない。

表5.2.6に優占種を示す。河川間で優占種はほぼ共通しており、明瞭な違いは見いだせない。なお、優占種の特徴は以下のとおりである。①藍藻のｶﾏｴｼﾌｫﾝ *Chamaesiphon* sp.、ﾎﾓｴｵｽﾘｯｸｽ *Homoeothrix janthinas*、緑藻のｽﾁｹﾞｵｸﾛﾆｳﾑ *Stigeoclonium* sp.は、各調査地点において期間を通し優占してみられた。②6月～7月には緑藻のｾﾈﾃﾞｽﾑｽ *Scenedesmus* spp.、ｱｵﾐﾄﾞﾛ *Spirogyra sp.*、ｻﾔﾐﾄﾞﾛ *Oedogonium* sp. が、7月～9月にはハビタット研究ゾーン平瀬や冠水頻度研究ゾーン平瀬において、珪藻のﾏｶﾞﾘｹｲｿｳ *Achnanthes subhudsonis*、ﾀﾙｹｲｿｳ *Melosira varians*、ﾌﾈｹｲｿｳ *Navicula minima*、ﾊﾘｹｲｿｳ *Nitzschia frustulum* var. *perpusilla*のように季節的に出現する種がみられた。6月における糸状緑藻の実験河川内の大量繁茂の様子を写真5.2.2に示す。一般に、珪藻は四季を通じていつでもみられるが、夏よりも秋からは春にかけての寒い期間に多く[7]、また、夏には、ｽﾁｹﾞｵｸﾛﾆｳﾑ *Stigeocloum*（緑藻）、ｱｵﾐﾄﾞﾛ *Spirogyra*、ﾎﾙﾐｼﾞｳﾑ *Phormidiun*(藍藻)、ﾋﾞﾛｳﾄﾞﾗﾝｿｳ *Homoeothrix janthina*(藍藻)などの糸状藻が増加する[7]ことが知られており、実験河川においても同様な傾向がみられたと考えられる。

付着板と自然石における細胞数の違いについては、付着板に比べ自然石の方が細胞数が少ない傾向がある。また、優占種においても両者で異なる場合がみられ、自然石に特徴的に優占する種としてﾌﾈｹｲｿｳ*Navicula atomus*があげられる。基質により出現種が異なるかどうかについては、設置後、基質表面に粘着物質や細菌、菌類等に被われた後は、基質による差異が無くなる[7]と考えられているが、今回用いた付着板においては、細胞数や優占種について議論する場合、自然石と異なる場合があることを考慮する必要があることが確認された。

以上のように、おおまかではあるが、網別細胞数及び優占種において、河川間には明瞭な違いはみられなかった。しかし、付着板と自然石ではそれらの傾向が異なる場合があることが示唆された。

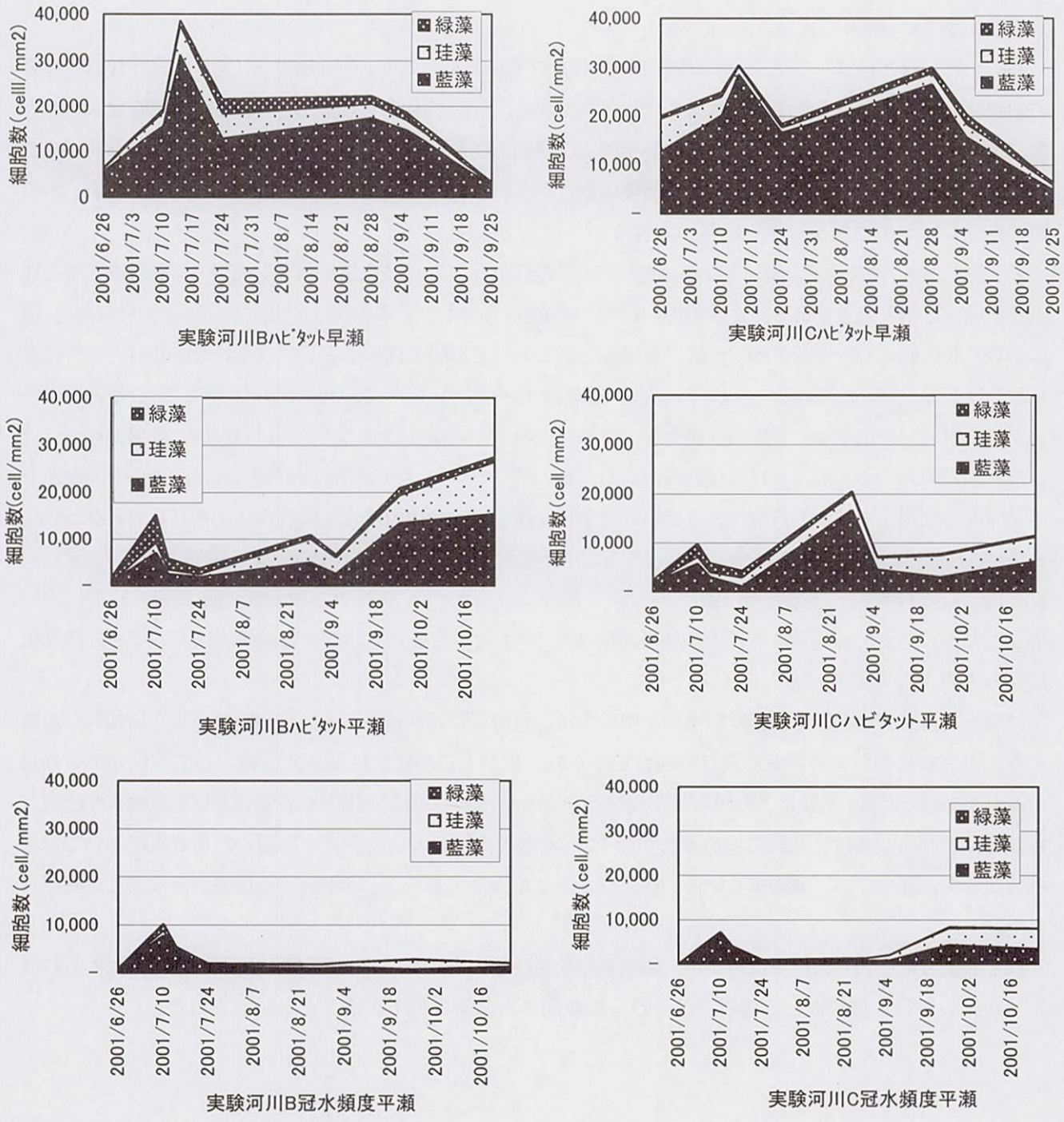


図5.2.13 付着板における綱別細胞数の変化

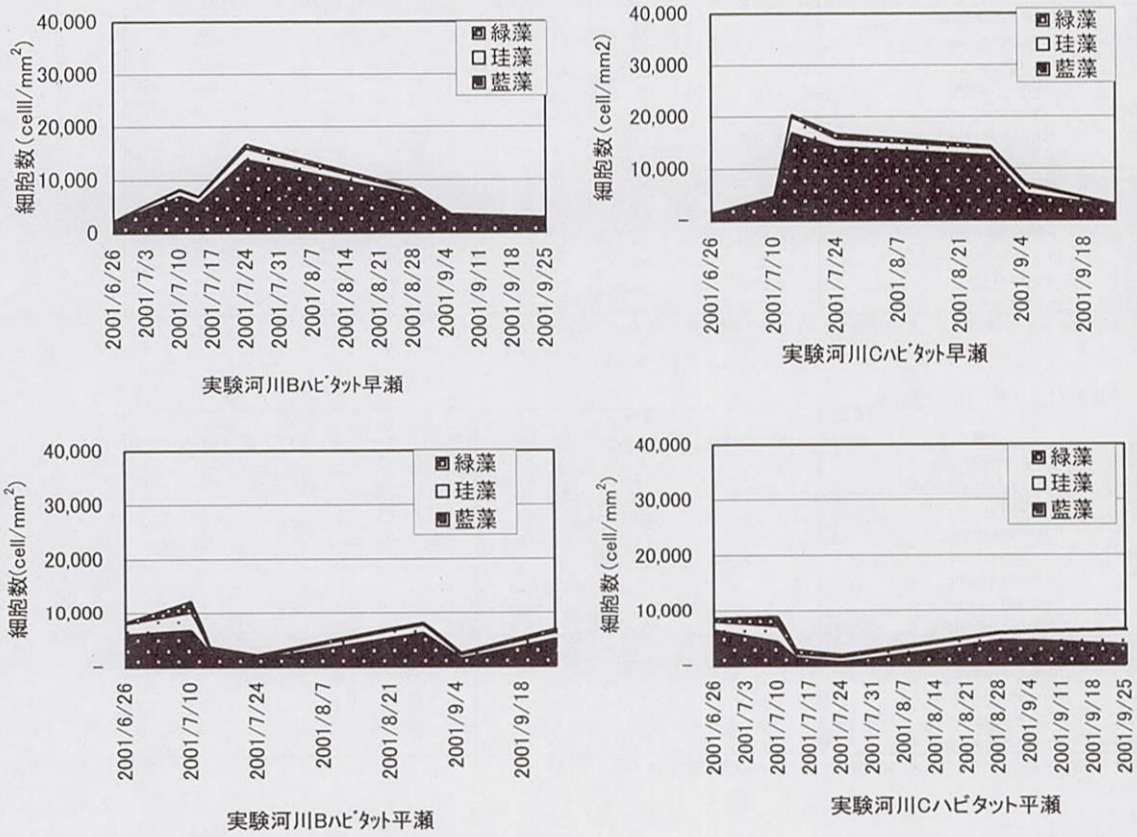


図5.2.14　自然石における綱別細胞数の変化

表5.2.1.6 優占種(第3位まで)

実験河川B ハビタット 早瀬における優占種

綱	属	種名 ／ 付着基盤 調査日	付着板 6月26日	7月10日	7月14日	8月28日	9月5日	9月25日	自然石 6月26日	7月10日	7月14日	8月28日	9月5日	9月25日
藍藻	ｶﾏｴｼﾌｫﾝ	*Chamaesiphon sp.*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ﾈﾓｴｵｽﾘｯｸｽ	*Homoeothrix janthina*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ﾘﾝｸﾞﾋﾞｱ	*Lyngbya sp.*											○	
珪藻	ﾀﾙｹｲｿｳ	*Melosira varians*					○						○	○
	ｸｻﾋﾞｹｲｿｳ	*Gomphonema parvulum*	○											
	ﾌﾈｹｲｿｳ	*Navicula atomus*							○	○				
		Navicula goeppertiana												
		Navicula saprophila												
	ﾊﾘｹｲｿｳ	*Nitzschia palea*	○	○	○	○	○			○	○	○		○
緑藻	ｻﾔﾐﾄﾞﾛ	*Oedogonium sp.*			◎									
	ｾﾈﾃﾞｽﾑｽ	*Scenedesmus spp.*								○	○	○		
	ｱｵﾐﾄﾞﾛ	*Spirogyra sp.*						◎						
	ｽﾃｹﾞｵｸﾛﾆｳﾑ	*Stigeoclonium sp.*	○	○		○	◎	○	○	○	○	○	○	○

注)「◎」は優占３種になると思われるが、大型の群体を形成しており定量不能だったもの。

実験河川C ハビタット 早瀬における優占種

綱	属	種名 ／ 付着基盤 調査日	付着板 6月26日	7月10日	7月14日	8月28日	9月5日	9月25日	自然石 6月26日	7月10日	7月14日	8月28日	9月5日	9月25日
藍藻	ｶﾏｴｼﾌｫﾝ	*Chamaesiphon sp.*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ﾈﾓｴｵｽﾘｯｸｽ	*Homoeothrix janthina*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ﾘﾝｸﾞﾋﾞｱ	*Lyngbya sp.*												
珪藻	ﾀﾙｹｲｿｳ	*Melosira varians*						○						
	ｸｻﾋﾞｹｲｿｳ	*Gomphonema parvulum*							○					
	ﾌﾈｹｲｿｳ	*Navicula atomus*												
		Navicula goeppertiana						○						
		Navicula saprophila	○		○									
	ﾊﾘｹｲｿｳ	*Nitzschia palea*	○	○	○	○	○			○	○	○	○	
緑藻	ｻﾔﾐﾄﾞﾛ	*Oedogonium sp.*		◎	◎									
	ｾﾈﾃﾞｽﾑｽ	*Scenedesmus spp.*												
	ｱｵﾐﾄﾞﾛ	*Spirogyra sp.*												
	ｽﾃｹﾞｵｸﾛﾆｳﾑ	*Stigeoclonium sp.*		○		◎	○	○	○	○	○		○	○

注)「◎」は優占３種になると思われるが、大型の群体を形成しており定量不能だったもの。

実験河川B ハビタット 平瀬における優占種

綱	属	種名 ／ 付着基盤 調査日	付着板 6月26日	7月10日	7月14日	7月24日	8月28日	9月5日	9月25日	10月25日	自然石 6月26日	7月10日	7月14日	7月24日	8月28日	9月5日	9月25日
藍藻	ｶﾏｴｼﾌｫﾝ	*Chamaesiphon sp.*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ﾈﾓｴｵｽﾘｯｸｽ	*Homoeothrix janthina*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ﾘﾝｸﾞﾋﾞｱ	*Lyngbya sp.*													○		
珪藻	ﾏｶﾞﾘｹｲｿｳ	*Achnanthes subhudsonis*								○						○	○
	ﾀﾙｹｲｿｳ	*Melosira varians*						○	○					○		○	
	ｺﾊﾞﾝｹｲｿｳ	*Cocconeis placentula*															
	ｸｻﾋﾞｹｲｿｳ	*Gomphonema clevei*															
	ﾆｾｸｻﾋﾞﾙｹｲｿｳ	*Amphora sp.*															
	ﾌﾈｹｲｿｳ	*Navicula atomus*									○	○	○				
		Navicula goeppertiana					○	○	○								
		Navicula minima															
		Navicula subminuscula									○						
	ﾊﾘｹｲｿｳ	*Nitzschia frustulum var. perpusilla*															
		Nitzschia palea					○				○	○	○	○	○		
		Nitzschia paleacea					○										
緑藻	ｻﾔﾐﾄﾞﾛ	*Oedogonium sp.*															
	ｾﾈﾃﾞｽﾑｽ	*Scenedesmus spp.*			○	○	○					○	○	○			○
	ｱｵﾐﾄﾞﾛ	*Spirogyra sp.*				◎								◎			
	ｽﾃｹﾞｵｸﾛﾆｳﾑ	*Stigeoclonium sp.*	○	○	○	○			○			○	○	○	○	○	○

実験河川C ハビタット 平瀬における優占種

綱	属	種名 ／ 付着基盤 調査日	付着板 6月26日	7月10日	7月14日	7月24日	8月28日	9月5日	9月25日	10月25日	石 6月26日	7月10日	7月14日	7月24日	8月28日	9月5日	9月25日
藍藻	ｶﾏｴｼﾌｫﾝ	*Chamaesiphon sp.*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ﾈﾓｴｵｽﾘｯｸｽ	*Homoeothrix janthina*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ﾘﾝｸﾞﾋﾞｱ	*Lyngbya sp.*															○
珪藻	ﾏｶﾞﾘｹｲｿｳ	*Achnanthes subhudsonis*					○	○	○	○					○	○	○
	ﾀﾙｹｲｿｳ	*Melosira varians*				○			○	○				○	○		
	ｺﾊﾞﾝｹｲｿｳ	*Cocconeis placentula*															
	ｸｻﾋﾞｹｲｿｳ	*Gomphonema clevei*															
	ﾆｾｸｻﾋﾞﾙｹｲｿｳ	*Amphora sp.*															
	ﾌﾈｹｲｿｳ	*Navicula atomus*									○	○					
		Navicula goeppertiana															
		Navicula minima						○							○		
		Navicula subminuscula									○						
	ﾊﾘｹｲｿｳ	*Nitzschia frustulum var. perpusilla*															
		Nitzschia palea				○								○			
		Nitzschia paleacea					○		○						○		
緑藻	ｻﾔﾐﾄﾞﾛ	*Oedogonium sp.*															
	ｾﾈﾃﾞｽﾑｽ	*Scenedesmus spp.*		○		○						○	○	○			
	ｱｵﾐﾄﾞﾛ	*Spirogyra sp.*			◎	◎								◎			
	ｽﾃｹﾞｵｸﾛﾆｳﾑ	*Stigeoclonium sp.*	○	○	○	○					○		○	○			

実験河川B　冠水頻度　平瀬における優占種

綱	属	種名 ／ 調査日	付着基盤	付着板							
			6月26日	7月10日	7月14日	7月24日	8月28日	9月5日	9月25日	10月25日
藍藻	ｶﾏｴｼﾌｫﾝ	*Chamaesiphon sp.*	○	○	○	○	○	○	○	○
	ﾎﾓｴｵｽﾘｯｸｽ	*Homoeothrix janthina*		○	○	○	○	○		○
	ﾘﾝｸﾞﾋﾞｱ	*Lyngbya sp.*								
珪藻	ﾏｶﾞﾘｹｲｿｳ	*Achnanthes subhudsonis*						○	○	○
	ﾀﾙｹｲｿｳ	*Melosira varians*								
	ｺﾊﾞﾝｹｲｿｳ	*Cocconeis placentula*								
	ｸｻﾋﾞｹｲｿｳ	*Gomphonema clevei*								
	ﾆｾｸｻﾋﾞﾙｹｲｿｳ	*Amphora sp.*								○
	ﾌﾈｹｲｿｳ	*Navicula atomus*								
		Navicula goeppertiana							○	
		Navicula minima					○	○	○	
		Navicula subminuscula								
	ﾊﾘｹｲｿｳ	*Nitzschia frustulum var. perpusilla*					○	○	○	
		Nitzschia palea								
		Nitzschia paleacea								
緑藻	ｻﾔﾐﾄﾞﾛ	*Oedogonium sp.*								
	ｾﾈﾃﾞｽﾑｽ	*Scenedesmus spp.*		○	○				○	
	ｱｵﾐﾄﾞﾛ	*Spirogyra sp.*								○
	ｽﾃｺﾞｵｸﾛﾆｳﾑ	*Stigeoclonium sp.*	○	○	○	○	○			

実験河川C　冠水頻度　平瀬における優占種

綱	属	種名 ／ 調査日	付着基盤	付着板							
			6月26日	7月10日	7月14日	7月24日	8月28日	9月5日	9月25日	10月25日
藍藻	ｶﾏｴｼﾌｫﾝ	*Chamaesiphon sp.*	○	○	○	○	○	○	○	○
	ﾎﾓｴｵｽﾘｯｸｽ	*Homoeothrix janthina*		○	○	○	○	○	○	
	ﾘﾝｸﾞﾋﾞｱ	*Lyngbya sp.*								
珪藻	ﾏｶﾞﾘｹｲｿｳ	*Achnanthes subhudsonis*							○	○
	ﾀﾙｹｲｿｳ	*Melosira varians*				○				
	ｺﾊﾞﾝｹｲｿｳ	*Cocconeis placentula*			○					
	ｸｻﾋﾞｹｲｿｳ	*Gomphonema clevei*							○	
	ﾆｾｸｻﾋﾞﾙｹｲｿｳ	*Amphora sp.*								
	ﾌﾈｹｲｿｳ	*Navicula atomus*								
		Navicula goeppertiana								○
		Navicula minima					○	○	○	
		Navicula subminuscula								
	ﾊﾘｹｲｿｳ	*Nitzschia frustulum var. perpusilla*					○	○	○	○
		Nitzschia palea								
		Nitzschia paleacea								
緑藻	ｻﾔﾐﾄﾞﾛ	*Oedogonium sp.*	○							
	ｾﾈﾃﾞｽﾑｽ	*Scenedesmus spp.*		○	○					
	ｱｵﾐﾄﾞﾛ	*Spirogyra sp.*								
	ｽﾃｺﾞｵｸﾛﾆｳﾑ	*Stigeoclonium sp.*	○		○	○		○		

（3） 流量安定化が及ぼす河床付着物への影響

（2）で示したように、今年度与えた出水は、2つの河川の現存量などに明瞭な差異を与えるものではなかったと判断された。すなわち、両河川は流量が安定した河川としてみなせるものと考えられた。そこで、両河川を流量が安定した河川としてみた場合の時間経過に伴うクロロフィルａ等の動向をみてみる。ここでは、平常時において摩擦速度が比較的小さく、流量安定化に伴う影響がより顕著にあらわれると想像される平瀬（ハビタット平瀬、冠水頻度平瀬）について検討する。

図5.2.15～18に各調査地点のクロロフィルa、フェオフィチン、乾燥重量、無機物量、有機物量、強熱減量、フェオフィチン率の動向を示す。なお、クロロフィルa、フェオフィチン、乾燥重量、無機物量は平均値と標準偏差、強熱減量、フェオフィチン率は、すべてのサンプルをプロットした。なお、表5.2.7に経過日数とそれぞれの項目との相関係数及び相関関係の有意性の検定結果（ピアソンの相関係数の検定）を示す。いずれの地点においても、経過日数と乾燥重量及び無機量はP＜0.01で相関関係にあり、時間の経過に伴いこれらは増加する傾向がある。また、強熱減量とフェオフィチン率については、表5.2.8にはクロロフィルａと乾燥重量、無機物量、有機物量、フェオフィチンとは相関関係及び相関関係の有意性の検定結果（ピアソンの相関係数の検定）を示す。いずれの地点もクロロフィルａとそれぞれの変数においてP＜0.01で高い相関関係がみられた。

ここでは、特に河床付着物の魚類等の餌資源としての質を示す指標として強熱減量とフェオフィチン率に着目する。ハビタット平瀬において、強熱減量は、経過日数と負の相関があり、経過日数が増加するほど減少する傾向がみられる。また、経過日数60日前後で傾向は異なり、60日までの強熱減量の平均値は45.1％であるのに対し、それ以降は27.2％となり、60日を越えると大きく減少していることがわかる。フェオフィチン率（死んだ藻類の割合）は、経過日数が増加するほど、減少する傾向を示した。

表 5.2.7　経過日数との相関係数及びピアソンの相関係数の検定結果

	ハビタット　平瀬				冠水頻度　平瀬			
	実験河川B		実験河川C		実験河川B		実験河川C	
変数	相関係数	P	相関係数	P	相関係数	P	相関係数	P
経過日数　ｸﾛﾛﾌｨﾙa	0.68	＜0.01	0.07	0.58	0.33	＜0.01	0.61	＜0.01
経過日数　ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ	0.50	＜0.01	-0.04	0.75	0.35	＜0.01	0.59	＜0.01
経過日数　乾燥重量	0.81	＜0.01	0.28	＜0.05	0.31	＜0.05	0.38	＜0.05
経過日数　強熱減量	-0.40	＜0.01	-0.39	＜0.01	-0.38	＜0.01	-0.07	0.59
経過日数　無機物	0.81	＜0.01	0.42	＜0.01	0.32	＜0.01	0.38	＜0.01
経過日数　有機物量	0.59	＜0.01	0.07	0.57	0.20	0.94	0.31	＜0.05
経過日数　ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ量	0.57	＜0.01	-0.58	＜0.01	-0.17	0.14	-0.57	＜0.01

表 5.2.8　ｸﾛﾛﾌｨﾙａと乾燥重量、無機物、有機物、ﾌｪｵﾌｨﾁﾝとの相関係数及びピアソンの相関係数の検定結果

	ハビタット　平瀬				冠水頻度　平瀬			
	実験河川B		実験河川C		実験河川B		実験河川C	
変数	相関係数	P	相関係数	P	相関係数	P	相関係数	P
ｸﾛﾛﾌｨﾙa,乾燥重量	0.80	＜0.01	0.73	＜0.01	0.82	＜0.01	0.82	＜0.01
ｸﾛﾛﾌｨﾙa,無機物	0.68	＜0.01	0.65	＜0.01	0.79	＜0.01	0.76	＜0.01
ｸﾛﾛﾌｨﾙa,有機物　量	0.86	＜0.01	0.68	＜0.01	0.84	＜0.01	0.87	＜0.01
ｸﾛﾛﾌｨﾙa,ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ	0.98	＜0.01	0.90	＜0.01	0.92	＜0.01	0.97	＜0.01

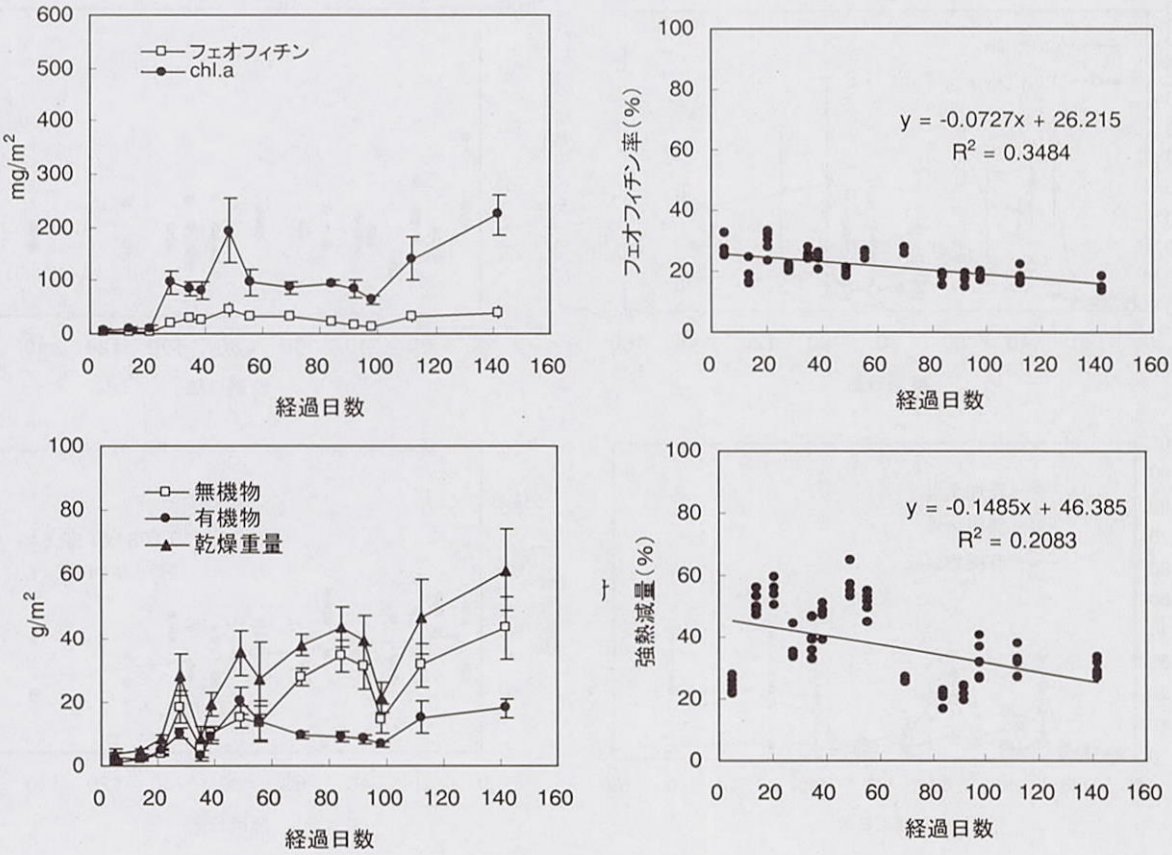


図 5.2.15　実験河川 B における動向（ハビタット平瀬付着版）

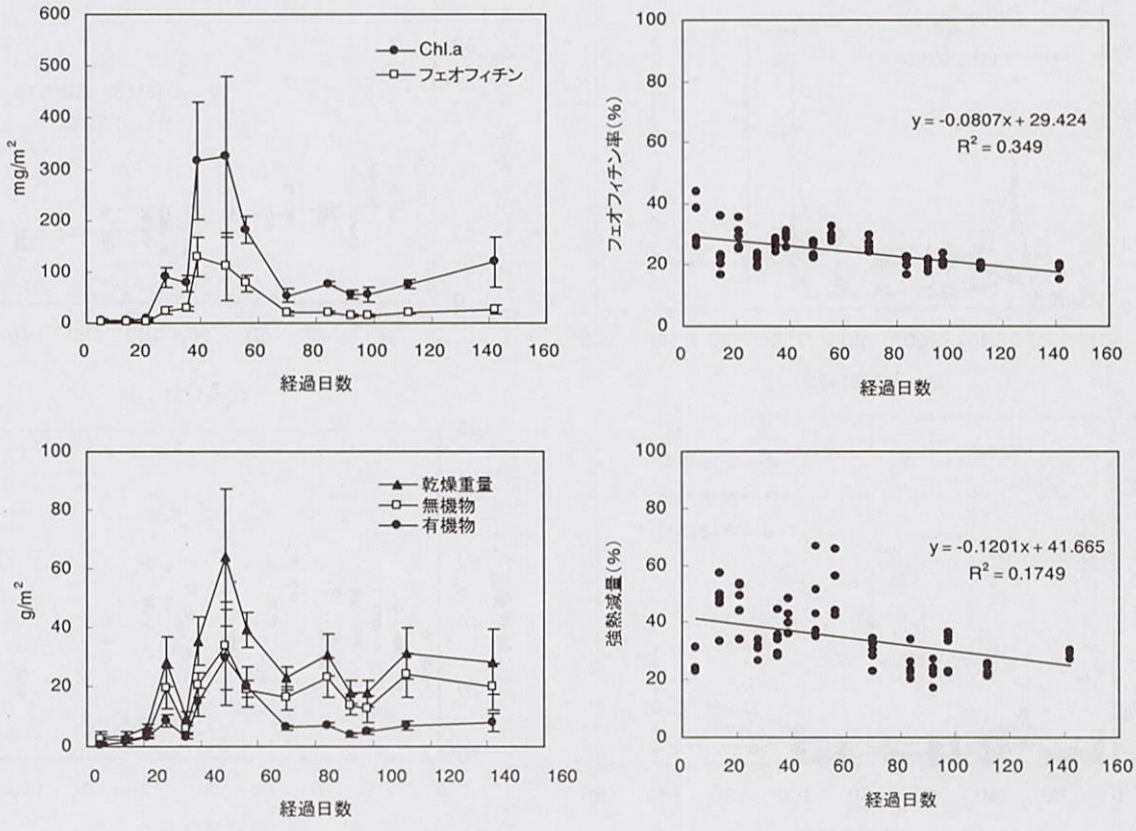


図 5.2.16　実験河川 C における動向（ハビタット平瀬付着版）

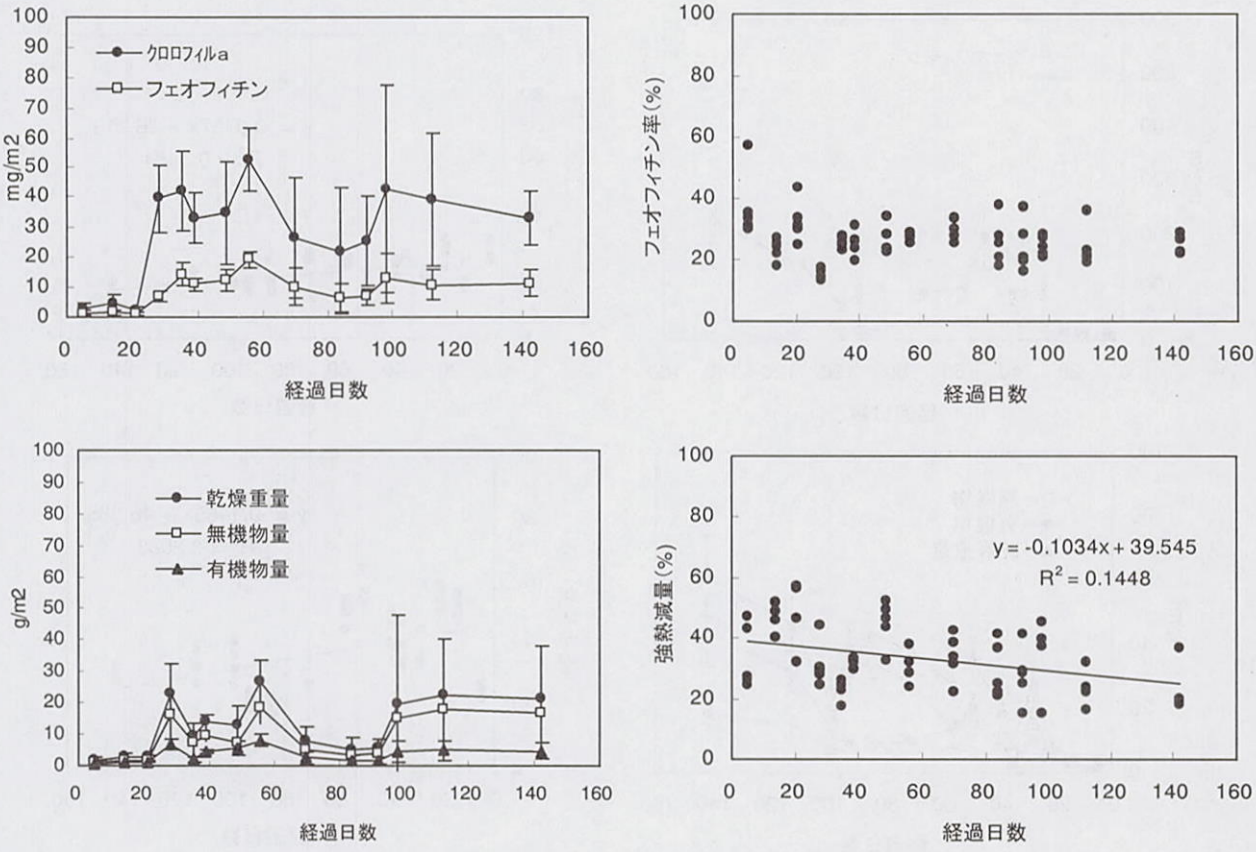


図 5.2.17　実験河川 B における動向（冠水頻度平瀬付着版）

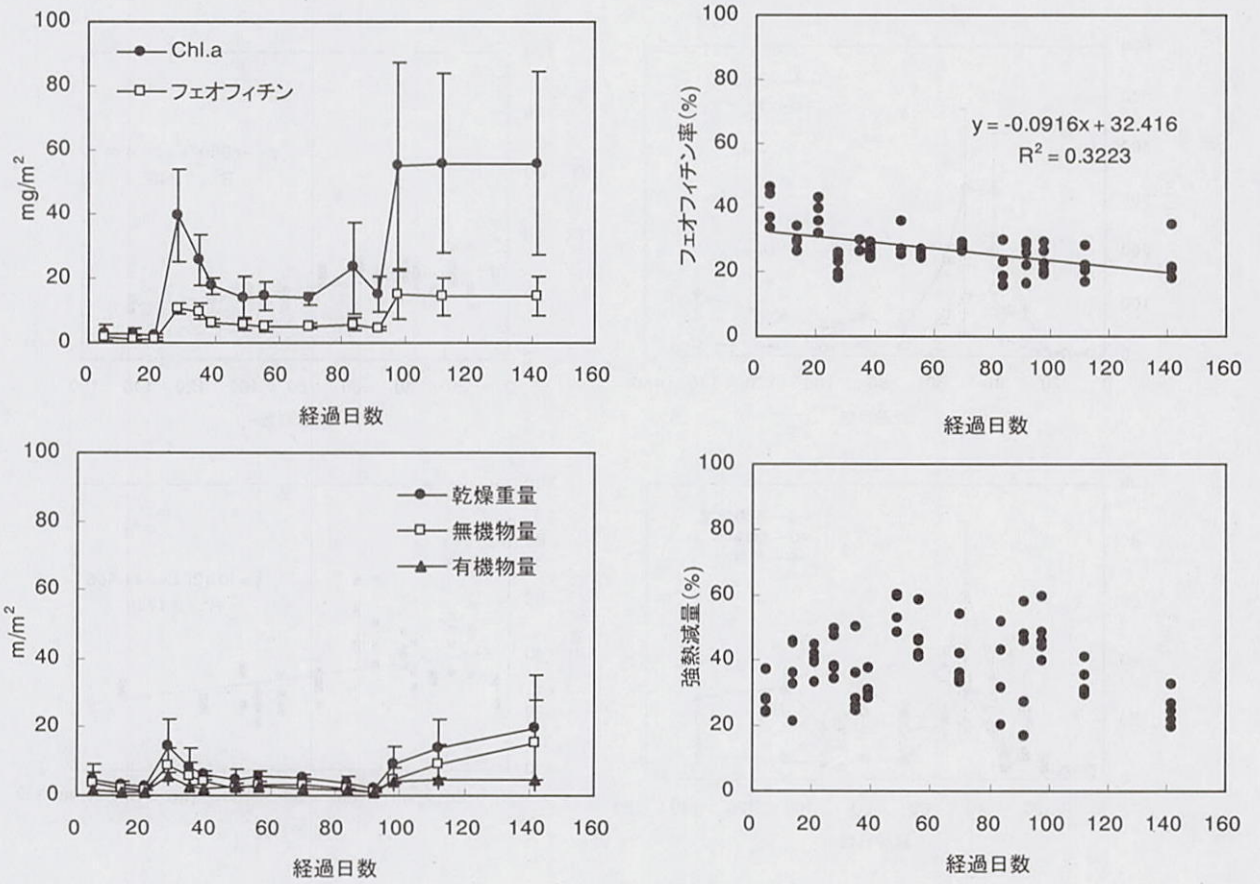


図 5.2.18　実験河川 C における動向（冠水頻度平瀬付着版）

冠水頻度ゾーン平瀬においては、強熱減量は、B河川では経過日数と負の相関があり、経過日数が増加するほど減少する傾向がみられる。C河川では、相関はないが、経過日数60日前後で傾向は異なり、60日を越えると減少する傾向はみられた。フェオフィチン率は、経過日数が増加するほど、フェオフィチン率（死んだ藻類の割合）は減少する傾向を示した。

以上より、実験河川においては一定流量0.1m³/sを流下させた場合、60日を経過すると強熱減量が減少する傾向がみられた。強熱減量の減少は、付着藻類を捕食する魚類等にも影響を及ぼすものと考えられることから、60日に1度、出水により河床に攪乱を与え、改善を図ることが望ましいことが考えられた。強熱減量減少の要因として、時間経過に伴う細粒土砂の河床表面への堆積による無機物量の増加が考えられるが、無機物量と強熱減量との相関は認められなかった。どのようなメカニズムによって強熱減量が減少するのかは不明である。また、フェオフィチン率の減少についても要因は不明である。さらに生物的なメカニズムでの解明が必要とされる。今後の課題としたい。

5.2.5 考察及びまとめ

本研究では、自然共生研究センター実験河川を用い、6月～9月までの期間において、一定流量0.05m³/s～0.1m³/sを流下させる河川と、2.0～2.5m³/s（継続時間2～3時間）を与えた河川の河床付着物の比較を行った。その結果、Chl.a、強熱減量、フェオフィチン率において、両河川に有意な差はほとんど認められなかった。

そこで、両河川を流量が安定した河川とみなし、経過日数と強熱減量、フェオフィチン率との関係をみたところ、実験河川において一定流量0.1m³/sを流下させた場合、60日を経過すると強熱減量が減少する傾向がみられ、河床に攪乱を与える一つの目安になるものと考えられた。

付着板の使用については、自然石と比較すると現存量には差がみられなかったことから、自然石の代用として用いて差し支えないと考えられた。しかし、優占種及び細胞数において若干の違いがみられたことから、群集構造への影響を把握する場合においては、これを考慮する必要があることが示唆された。

5.2.6 今後の課題

今回与えた出水は、流量変動の有無による河床付着物の違いを明瞭にするものではなかった。実験河川の条件をいかにコントロールし、大きな攪乱を与えられるかが今後の課題である。

出水が及ぼす群集構造への影響については、当初、綱別にバイオマスで比較しようと試みたが、細胞数の計数に留まってしまった。今後はより評価が適切であると考えられるバイオマスの測定方法について検討する予定である。

引用・参考文献

1) 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、pp159-168、2000.
2) 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.
3) 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.
4) 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.

5) 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、pp81-86、1999.
6) 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,pp225-234、1980.
7) 秋山優　他：藻類の生態、内田老鶴圃、1986.
8) 建設省土木研究所:平成11年度　自然共生研究センター研究報告書、土木研究所資料　第3747号、2000.

5．3　植物への影響

5．3．1　目的

河川における洪水などの流量変動は、成立している植生に対する撹乱、種子の分散、栄養分の供給などを通して水辺の植生に影響する[1]。現在、わが国の多くの河川や湖沼では流量が安定するように管理されているため、水際まで樹林化しやすくなるなどの植生の変化[2]や、自然の水位変動に適応した生活史形質を持つ植物の衰退[3]が進行している。そのため、適切な規模とタイミングで出水を起こすなどの管理が必要であることが指摘されている[2]。管理を行うためには流量変動と植生の関係の解明が必要となる。

本研究では、小規模河川における流量変動と水辺植生の関係を明らかにするために、出水が生じる実験河川と流量が安定した実験河川の植生を比較した。

5．3．2　調査方法

流量管理および河岸基質の操作

2000年には実験河川Bでのみ人工洪水を起こし、実験河川Cでは通水期間を通して一定の流量を維持した。2001年には逆に実験河川Cでのみ人工洪水を起こし、実験河川Cでは通水期間を通して一定の流量を維持した。本研究では、2000年と2001年における実験河川の河岸植生を比較することにより、出水（人工洪水）の有無が植生に及ぼす影響を検討した。

実験河川の河岸に成立する植生に対しては、その年の流量レジームだけでなく、前年の植生も土壌中の蓄積種子の違いや地下茎などの植物体の存在による違いも影響する。そのため、これらの影響をなくすために、2001年２月に、実験河川BおよびCそれぞれについて以下の場所で基質の表層を相互に混合し、再配分する処理を行った。

実験河川B・C間で基質の混合・再配分を実施した箇所（これらを以下「重点調査区」と総称）：

・ハビタット研究ゾーンの蛇行部堆積側の河岸（以下「蛇行河岸」）
・ワンド脇の直線部の河岸（以下「直線河岸」）
・ワンドの緩傾斜斜面（以下「ワンド岸」）

河岸植生の調査

2000年には、実験河川全域を対象に植物が生育している範囲を地図化した。2001年には、上記の重点調査区を対象に、夏季（6月27～28日）と秋季（10月14日）に植生調査を行い、優占種に基づく区分による植生図を作成した。2000年と2001年の両年に植生調査を実施した区域を対象に、植被面積を算出して比較した。

植物相調査

実験河川の特徴を明らかにする基礎調査として、実験河川周辺の植物相調査を行った。調査は6月7日、7月8日、10月3～4日に行った。10月3～4日の調査では、実験河川周辺全体を対象とした調査に加えて、ハビタット研究ゾーン、ワンド研究ゾーン、ワンド脇の直線部（それぞれ重点調査区を含む範囲）の各ゾーンに区別して調査を行った。

5．3．3　結果

流量変動と植生

人工洪水を起こした実験河川と起こさなかった実験河川では、河岸に成立する植生が明瞭に異なっており、流量が安定している実験河川（2000年における実験河川Cおよび2001年における実験河川B）では、人工洪水を起こした実験河川（2000年における実験河川Bおよび2001年における実験河川C）よりも植被面積が大きかった（表5. 3. 1）。この傾向は「直線河岸」で特に顕著であり、流量が安定している実験河川では水路の一部を覆うような植生の発達が認められたのに対して、人工洪水を起こした実験河川では、植生は通常の定常流量では冠水しない河岸にのみ成立し、水路上にはほとんど被っていなかった（図5. 3. 1，表5. 3. 1）。

図２に2001年における人工洪水が開始される以前にあたる6月と、数回の人工洪水を起こしたあとに当たる10月における植生図を示した。

「蛇行河岸」では、6月には実験河川の水路上には植被がほとんどなかったものの、10月には人工洪水を起こさなかった実験河川Cにおいてヌカキビやコガマが水路上に繁茂するようになった。実験河川Bではそのような水路上の植生の繁茂は認められなかった。

「直線河岸」では、6月には実験河川B, Cともに、アメリカセンダングサなどが一部の水際を覆っているものの、河道を塞ぐような繁茂は認められなかった。10月には、実験河川Cではヤナギタデ、オオイヌタデ、ヌカキビが優占する群落が水路上に繁茂していた。実験河川Bではそのような繁茂は認められなかった（図5. 3. 2）。

「ワンド岸」では実験河川B, C間での顕著な違いは認められなかった（図5. 3. 2）。

植物相

2001年に行った植物相の調査の結果、53科137属220種類の植物が確認された（表5. 3. 2）。外来植物は62種で全体の28. 2%だった。

ゾーン別に行った植物相調査の結果を表２にあわせて示す。実験河川Bと実験河川Cの植物相の間には明瞭な違いは認められなかった。しかしゾーン間には植物相の顕著な相違が認められた。各ゾーンの植物相の特徴は以下のとおりである。

ハビタット研究ゾーン：土壌は円礫の多い砂礫質土壌である。主な植物は低茎の一年草と多年草であった。水

辺から離れた乾燥気味の地点には、カワラサイコ、ハタガヤ、オオフタバムグラなどが分布していた。水際にはセリ、タネツケバナ、ヒレタゴボウが多く分布していた。

ワンド研究ゾーン：土壌は円礫が混じった砂質が基本だが、常に冠水している高さの場所には泥質土が堆積している。この地点を特徴づけているのは、低茎の一年草であるコナギ、ウシクグ、タマガヤツリ、ヒデリコ、ヒナガヤツリ、ヒメクグなど水田雑草ともなる植物である。また、ヒレタゴボウの繁茂が他の地点より顕著である。

ワンド脇の直線部：土壌は円礫が混じった砂質を基本とし、腐植質が混じっている。主な植物は高茎になる多年草と低茎の一年草である。比較的乾いた法面上部にはススキ、ヨモギ、イタドリ、チガヤ、セイタカアワダチソウなどの高茎の多年草が分布し、低茎の一年草としてはチドメグサ、ハハコグサ、ツユクサ、クルマバザクロソウなどが分布していた。水際にはアゼナルコ、ボントクタデ、メリケンガヤツリなどが分布していた。

５．３．４　考察

本研究により、実験河川で生じた程度の規模の出水でも河川に成立する植生に大きな影響を与えることがわかった。それは出水がある河川では、河道内あるいは水際の植被が減少するというものだった。出水の時には多くの植物体が水によって押し流されることが観察されており、このような物理的な作用が植被率の相違をもたらしていたと考えられる。本研究で対象とした調査地のうちで「直線河岸」においてそのような影響が最も顕著だったのは、この場所が最も掃流力が強く働く場所であるためと考えられる。逆にワンドでは、出水の有無による植生の相違は明瞭には認められなかった。

現在の小規模河川では、流量が極めて安定している場合も多く、そのような河川では河道上に植物が著しく繁茂する場合がある。本研究の結果は、稀な出水があるだけで、そのような繁茂を抑制することができることを示唆している。

本研究では、場所による植生の相違も明瞭に示された。たとえばワンドとその脇の直線部は、位置的には隣り合っているにも関わらず、植生には明瞭な違いが認められた。特に、ワンドの水際あるいは浅水域に成立していたコナギやキシュウスズメノヒエが優占する群落は、直線部では認められず、直線部の水際あるいは浅水域に成立していたヤナギタデ、オオイヌタデ、ヌカキビが優占する群落は、ワンド内では認められなかった。これらは植物種間の、水流に対する耐性の相違や、種子散布に関わる特徴の相違に起因すると考えられるが、明瞭な答えには今後の研究が必要である。

引用文献

1) Middleton, B. : Wetland Restoration, Flood Pulsing and Disturbance Dynamics. John Wiley & Sons, 1999.

2) 中村太：水辺林の更新動態に与えるダムの影響，応用生態工学，2: pp. 125-139, 1999.

3) 西廣淳：湖水位のダイナミクスの喪失と植物への影響，科学，72: pp. 84-85, 2002.

表5.3.1　各重点調査区の植被面積

調査年月	調査区	河川	出水	植被面積 (m^2)	植被率 (%)	植被面積増加量 (m^2) [1]	調査範囲の総面積 (m^2) [2]
2000年8月	蛇行河岸	B	なし	1218	86		1410
		C	あり	1204	84		1428
	直線河岸	B	なし	696	92		757
		C	あり	620	83		745
	ワンド岸	B	なし	442	79		559
		C	あり	375	69		545
2001年6月	蛇行河岸	B	あり	703	50		1410
		C	なし	765	54		1428
	直線河岸	B	あり	503	66		757
		C	なし	515	69		745
	ワンド岸	B	あり	279	50		559
		C	なし	315	58		545
2001年10月	蛇行河岸	B	あり	725	51	22	1410
		C	なし	955	67	191	1428
	直線河岸	B	あり	528	70	25	757
		C	なし	599	80	84	745
	ワンド岸	B	あり	328	59	49	559
		C	なし	320	59	5	545

[1] 2001年6月から10月の植被面積増加量
[2] 水面の面積を含む

表5.3.2　2001年度における実験河川とその周辺の植物相.
フロラの調査は6月と10月に行った。10月に行ったゾーン別の調査結果もあわせて示す。外来種に網掛けをした。

科名	和名	学名	実験河川B			実験河川C		
			蛇行	直線	ワンド	蛇行	直線	ワンド
トクサ	スギナ	Equisetum arvense L.	○	○	○	○	○	○
	イヌドクサ	Equisetum ramosissimum Desf.						
ガマ	ヒメガマ	Typha angustifolia L.	○			○		
	ガマ	Typha latifolia L.	○	○		○		
ミクリ	ミクリ	Sparganium erectum L.						
ヒルムシロ	イトモ	Potamogeton pusillus L.	○	○		○	○	
トチカガミ	コカナダモ	Elodea nuttallii (Planch.) St. John						
イネ	コヌカグサ	Agrostis gigantea Roth						
	メカラスキ	Aira capillaris Host						
	ハナヌカススキ	Aira elegans Willd.						
	スズメノテッポウ	Alopecurus aequalis Sobol. var amulensis (Kom.) Ohwi						
	メリケンカルカヤ	Andropogon virginicus L.	○			○		
	コブナグサ	Arthraxon hispidus (Thunb.) Makino		○				
	トダシバ	Arundinella hirta (Thunb.) C. Tanaka	○	○	○	○		○
	カズノコグサ	Beckmannia syzigachne (Steud.) Fern.						
	ヒメコバンソウ	Briza minor L.						
	スズメノチャヒキ	Bromus japonicus Thunb.						
	メヒシバ	Digitaria ciliaris (Retz.) Koeler	○	○	○	○	○	○
	アキメヒシバ	Digitaria violascens Link.	○	○	○		○	○
	イヌビエ	Echinochloa crus-galli (L.) P. Beauv.	○	○	○	○	○	○
	ケイヌビエ	Echinochloa crus-galli (L.) P. Beauv. var. echinata (Willd.) Honda	○	○		○	○	○
	アオカモジグサ	Elymus racemifera (Steud.) Tzvelev						
	カモジグサ	Elymus tsukushiensis Honda var. transiens (Hack.) Osada						
	シナダレスズメガヤ	Eragrostis curvula (Schrad.) Nees						
	コスズメガヤ	Eragrostis minor Host	○	○		○	○	
	ニワホコリ	Eragrostis multicaulis Steud.						
	オオニワホコリ	Eragrostis pilosa P. Beauv.		○	○			
	チガヤ	Imperata cylindrica (L.) P. Beauv.	○	○		○	○	
	フシゲチガヤ	Imperata cylindrica (L.) P. Beauv. var. koenigii Dur. et Schinz.						
	ホソムギ	Lolium perenne L.						
	ネズミホソムギ	Lolium x hybridum Hausskn.						
	オギ	Miscanthus sacchariflorus (Maxim.) Benth.	○	○		○	○	○
	ススキ	Miscanthus sinensis Andersson		○			○	
	ヌカキビ	Panicum bisulcatum Thunb.	○	○	○	○	○	○
	オオクサキビ	Panicum dichotomiflorum Michx.	○	○	○	○		○
	シマスズメノヒエ	Paspalum dilatatum Poir.						
	キシュウススメノヒエ	Paspalum distichum L.	○	○	○			○
	ツルヨシ	Phragmites japonica Steud.	○			○		
	スズメノカタビラ	Poa annua L.						
	ヒエガエリ	Polypogon fugax Nees ex Steud.						
	アキノエノコログサ	Setaria faberi R. A. W. Herrm.	○	○		○	○	○
	エノコログサ	Setaria viridis (L.) P. Beauv.						
	ムラサキエノコロ	Setaria viridis (L.) P. Beauv. f. misera Honda	○	○		○		○
	セイバンモロコシ	Sorghum halepense (L.) Pers.	○	○		○		
	ナギナタガヤ	Vulpia myuros (L.) C. C. Gmel.						
	ムラサキナギナタガヤ	Vulpia octoflora (Walt.) Rydb.						
	シバ	Zoysia japonica Steud.		○			○	
タケ	マダケ	Phyllostachys bambusoides Siebold et Zucc.						
	ネザサ	Pleioblastus chino (Franch. & Sav.) Makino var. viridis (Makino) Sad. Suzuki						
カヤツリグサ	ハタガヤ	Bulbostylis barbata (Rottb.) Kunth	○			○	○	
	アゼナルコ	Carex dimorpholepis Steud.						
	マスクサ	Carex gibba Wahlenb.						
	アオスゲ	Carex leucochlora Bunge						
	ヤガミスゲ	Carex maackii Maxim.	○			○		
	ゴウソ	Carex maximowiczii Miq.						
	アゼスゲ	Carex thunbergii Steud.				○		
	ヤワラスゲ	Carex transversa Boott						
	チャガヤツリ	Cyperus amuricus Maxim.	○		○	○	○	
	ヒメクグ	Cyperus brevifolius (Rottb.) Hassk. var. leiolepis (Franch. et Sav.)			○	○		○
	クグガヤツリ	Cyperus compressus L.						○
	タマガヤツリ	Cyperus difformis L.						○
	メリケンガヤツリ	Cyperus eragrostis Lam.	○	○	○	○	○	○
	ヒナガヤツリ	Cyperus flaccidus R. Br.			○			○
	アゼガヤツリ	Cyperus globosus All.			○	○		○
	コゴメガヤツリ	Cyperus iria L.			○	○	○	
	カヤツリグサ	Cyperus microiria Steud.	○		○	○	○	○
	ウシクグ	Cyperus orthostachyus Franch. et Sav.			○			○
	カワラスガナ	Cyperus sanguinolentus Vahl. f. nipponicus (Ohwi) T. Koyama						○
	テンツキ	Fimbristylis dichotoma (L.) Vahl var. tentsuki T. Koyama	○		○	○		○
	ヒデリコ	Fimbristylis milliacea (L.) Vahl.			○			
	ヒンジガヤツリ	Lipocarpha microcephala (R. Br.) Kunth						
	アブラガヤ	Scirpus wichurae Boeckl. f. concolor (Maxim.) T. Koyama				○		
ウキクサ	アオウキクサ	Lemna aoukikusa Beppu et Murata				○		
	ウキクサ	Spirodela polyrhiza (L.) Schleid.						
ツユクサ	ツユクサ	Commelina communis L.						
	ケツユクサ	Commelina communis L. f. hebespatha Sugim.						
	イボクサ	Murdannia keisak (Hassk.) Hand.-Mazz.	○		○			
ミズアオイ	コナギ	Monochoria vaginalis Presl. var. plantaginea Solms-Laub.						
イグサ	イ	Juncus effusus L. var. decipiens Buchen.	○	○		○	○	
	コウガイゼキショウ	Juncus leschenaultii Gay						
	ホソイ	Juncus setchuensis Buchen. var. effusoides Buchen.	○			○		
	クサイ	Juncus tenuis Willd.						
	イグサ属の一種（コウガイゼキショウ）	Juncus sp.						
ヤマノイモ	ヤマノイモ	Dioscorea japonica Thunb.						
アヤメ	ニワゼキショウ	Sisyrinchium atlanticum Bicknell						
ラン	ネジバナ	Spiranthes sinensis (Pers.) Ames var. amoena (M. Bieb.) H. Hara						
ドクダミ	ドクダミ	Houttuynia cordata Thunb.						
ヤナギ	アカメヤナギ	Salix chaenomeloides Kimura	○	○	○	○	○	
	ジャヤナギ	Salix eriocarpa Franch. et Sav.						
	カワヤナギ	Salix gilgiana Seemen		○			○	
	イヌコリヤナギ	Salix integra Thunb. ex Murray						
	コゴメヤナギ	Salix serissaefolia Kimura	○			○		
	タチヤナギ	Salix subfragilis Anders.					○	
ニレ	ムクノキ	Aphananthe aspera (Thunb.) Planch.				○		
	エノキ	Celtis sinensis Pers. var. japonica (Planch.) Nakai						
アサ	カナムグラ	Humulus japonicus Siebold et Zucc.					○	
イラクサ	ヤブマオ	Boehmeria japonica (L. fil.) Miq. var. longispica (Steud.) Yahara						
	カラムシ	Boehmeria nipononivea Koidz.					○	

科名	和名	学名	実験河川B 蛇行	実験河川B 直線	実験河川B ワンド	実験河川C 蛇行	実験河川C 直線	実験河川C ワンド
	ナガバヤブマオ	Boehmeria sieboldiana Bl.						
ビャクダン	カナビキソウ	Thesium chinense Turcz.	○					
タデ	ヤナギタデ	Persicaria hydropiper (L.) Spach	○	○	○	○	○	○
	オオイヌタデ	Persicaria lapathifolia (L.) S.F.Gray	○	○	○	○	○	○
	イシミカワ	Persicaria perfoliata (L.) H.Gross	○					
	ボントクタデ	Persicaria pubescens (Blume) H.Hara		○			○	
	サナエタデ	Persicaria scabra (Moench) Mold.						
	アキノウナギツカミ	Persicaria sieboldii (Meisn.) Ohki	○	○		○	○	
	イタドリ	Reynoutria japonica Houtt.	○	○		○	○	
	スイバ	Rumex acetosa L.						
	ギシギシ	Rumex japonicus Houtt.	○	○	○	○	○	
	ナガバギシギシ	Rumex crispus L.						
アカザ	シロザ	Chenopodium album L.		○			○	
	ケアリタソウ	Chenopodium ambrosioides L. var. pubescens Makino						
ヤマゴボウ	ヨウシュヤマゴボウ	Phytolacca americana L.						
ザクロソウ	ザクロソウ	Mollugo pentaphylla L.		○			○	
	クルマバザクロソウ	Mollugo verticillata L.		○			○	
ナデシコ	ノミノツヅリ	Arenaria serpyllifolia L. var. tenuior Mert. et Koch						
	オランダミミナグサ	Cerastium glomeratum Thuill.						
	カワラナデシコ[1]	Dianthus superbus L. var. longicalycinus (Maxim.) Williams						
	ムシトリナデシコ	Silene armeria L.						
	フシグロ	Silene firma Siebold et Zucc.						
	ノミノフスマ	Stellaria alsine Grimm. var. undulata (Thunb.) Ohwi						
	ウシハコベ	Stellaria aquatica (L.) Scop.						
	コハコベ	Stellaria media (L.) Vill.						
キンポウゲ	ケキツネノボタン	Ranunculus cantoniensis DC.						
ツヅラフジ	アオツヅラフジ	Cocculus trilobus (Thunb.) DC.				○		
ケシ	タケニグサ	Macleaya cordata (Willd.) R. Br.						
アブラナ	タネツケバナ	Cardamine flexuosa With.	○	○	○	○	○	○
	マメグンバイナズナ	Lepidium virginicum L.						
	イヌガラシ	Rorippa indica (L.) Hieron.						
	スカシタゴボウ	Rorippa islandica (Oed.) Borb.	○	○	○	○	○	○
ベンケイソウ	コモチマンネングサ	Sedum bulbiferum Makino		○				
バラ	ヘビイチゴ	Duchesnea chrysantha (Zoll. et Morr) Miq.						
	カワラサイコ	Potentilla chinensis Seringe	○				○	
	オヘビイチゴ	Potentilla sundaica (Bl.) O. Kuntze var. robusta (Franch. et Sav.) Kitag.	○	○		○	○	○
	ノイバラ	Rosa multiflora Thunb.	○	○		○		
	ナワシロイチゴ	Rubus parvifolius L.		○		○		
マメ	ネムノキ	Albizia julibrissin Durazz.	○	○	○	○		
	カワラケツメイ	Cassia mimosoides L. var. nomame (Siebold) Makino	○	○	○	○	○	○
	アレチヌスビトハギ	Desmodium paniculatum (L.) DC.					○	
	ツルマメ	Glycine soja Siebold et Zucc.	○		○	○		○
	コマツナギ	Indigofera pseudo-tinctoria Matsum.						
	マルバヤハズソウ	Kummerowia stipulacea (Maxim.) Makino	○	○	○	○	○	○
	ヤハズソウ	Kummerowia striata (Thunb.) Schindl.	○	○	○	○	○	○
	ヤマハギ	Lespedeza bicolor Turcz.	○					
	メドハギ	Lespedeza cuneata (Du Mont. d. Cours.) G. Don	○	○	○	○	○	○
	ミヤコグサ	Lotus corniculatus L. var. japonicus Regel						
	クズ	Pueraria lobata (Willd.) Ohwi	○	○	○	○	○	○
マメ	ハリエンジュ	Robinia pseudo-acacia L.	○			○		
	クララ	Sophora flavescens Aiton var. angustifolia (Siebold et Zucc.) Kitag.						
	コメツブツメクサ	Trifolium dubium Sibth.						
	シロツメクサ	Trifolium repens L.						
	ヤハズエンドウ	Vicia angustifolia L. var. segetalis (Thuill.) Koch.						
	カスマグサ	Vicia tetrasperma (L.) Schreb.						
	フジ	Wisteria floribunda (Willd.) DC.						
フウロソウ	アメリカフウロ	Geranium carolinianum L.						
カタバミ	カタバミ	Oxalis corniculata L.	○	○	○	○	○	○
	ウスアカカタバミ	Oxalis corniculata L. f. tropaeoroides (Schlacht.) R. Knuth						
	オッタチカタバミ	Oxalis stricta L.						
ニガキ	シンジュ	Ailanthus altissima Swingle					○	
トウダイグサ	ニシキソウ	Euphorbia maculata L.	○	○				
	オオニシキソウ	Euphorbia nutans Lag.	○		○	○		
ウルシ	ヌルデ	Rhus javanica L. var. roxburghii (DC.) Rehd. et Wils.	○			○	○	
ニシキギ	ツルウメモドキ	Celastrus orbiculatus Thunb.						
ブドウ	ノブドウ	Ampelopsis brevipedunculata (Maxim.) Trautv. var. heterophylla H.Hara						
	ヤブガラシ	Cayratia japonica (Thunb.) Gagnep.						
	エビヅル	Vitis thunbergii Siebold et Zucc.	○			○		○
アカバナ	ヒレタゴボウ	Ludwigia decurrens Walt.	○	○	○	○	○	○
	メマツヨイグサ	Oenothera biennis L.	○	○	○	○	○	○
	コマツヨイグサ	Oenothera laciniata Hill						
セリ	チドメグサ	Hydrocotyle sibthorpioides Lam.					○	
	ノチドメ	Hydrocotyle maritima Honda						
	セリ	Oenanthe javanica (Bl.) DC.				○		
	オヤブジラミ	Torilis scabra (Thunb.) DC.						
ガガイモ	ガガイモ	Metaplexis japonica (Thunb.) Makino		○		○	○	
ヒルガオ	コヒルガオ	Calystegia hederacea Wall.						
	アメリカネナシカズラ	Cuscuta campestris Yunck.	○			○		
	マメアサガオ	Ipomoea lacunosa L.				○		
ムラサキ	キュウリグサ	Trigonotis peduncularis (Trevis) Benth. ex Hemsl.						
クマツヅラ	アレチハナガサ	Verbena brasiliensis Vell.	○	○	○	○	○	○
シソ	イヌコウジュ	Mosla scabra (Thunb.) C.Y.Wu & H.W.Li	○		○	○	○	○
ゴマノハグサ	マツバウンラン	Linaria canadensis (L.) Dum.Cours.						
	スズメノトウガラシ	Lindernia antipoda (L.) Alston						
	アゼトウガラシ	Lindernia micrantha D.Don					○	
	アゼトウガラシ属の一種	Lindernia sp.						
	ムラサキサギゴケ	Mazus miquelii Makino					○	
	トキワハゼ	Mazus pumilus (Burm.f.) Steenis	○	○	○		○	
	タチイヌノフグリ	Veronica arvensis L.						
	ムシクサ	Veronica peregrina L.						
	オオイヌノフグリ	Veronica persica Poir.						
	カワジシャ	Veronica undulata Wall.						
オオバコ	ツボミオオバコ	Plantago virginica L.						
アカネ	ヤエムグラ	Galium spurium L. var. echinospermum (Wallr.) Hayek						
	カワラマツバ	Galium verum L. var. asiaticum Nakai f. nikkoense Ohwi						
	オオフタバムグラ	Diodia teres Walt.	○		○	○		○
	フタバムグラ	Hedyotis diffusa Willd.		○				
スイカズラ	スイカズラ	Lonicera japonica Thunb.						
キキョウ	キキョウソウ	Specularia perfoliata (L.) A. DC.						
キク	ブタクサ	Ambrosia artemisiifolia L.				○	○	
	カワラヨモギ	Artemisia capillaris Thunb.						
	ヨモギ	Artemisia indica Willd. var. maximoviczii (Nakai) H.Hara	○	○	○	○	○	○

科名	和名	学名	実験河川B			実験河川C		
			蛇行	直線	ワンド	蛇行	直線	ワンド
	ユウガギク	Aster iinumae Kitam. ex H.Hara						
	キダチコンギク	Aster pilosus Willd.	○	○	○	○	○	○
	ホウキギク	Aster subulatus Michx. var. obtusifolius Fern.	○		○		○	
	ヨメナ	Aster yomena (Kitam.) Honda						
	アメリカセンダングサ	Bidens frondosa L.	○	○	○	○	○	○
	トキンソウ	Centipeda minima (L.) A.Braun et Aschers.						
	オオアレチノギク	Conyza sumatrensis (Retz.) Walker	○					
	オオキンケイギク	Coreopsis lanceolata L.	○			○		
	タカサブロウ	Eclipta prostrata (L.) L.	○		○	○	○	
	ヒメジョオン	Erigeron annuus (L.) Pers.	○			○		
	ヒメムカシヨモギ	Erigeron canadensis L.	○	○	○	○	○	○
	ハハコグサ	Gnaphalium affine D.Don						
	タチチチコグサ	Gnaphalium calviceps Fern.						
	チチコグサモドキ	Gnaphalium pensylvanicum Willd.						
	ウスベニチチコグサ	Gnaphalium purpureum L.						
	ウラジロチチコグサ	Gnaphalium spicatum L.						
	オオジシバリ	Ixeris debilis A.Gray		○				
	アキノノゲシ	Lactuca indica L.						
	コウゾリナ	Picris hieracioides L. ssp. japonica (Thunb.) Krylov.						
	セイタカアワダチソウ	Solidago altissima L.	○	○	○	○	○	○

") カワラナデシコは園芸種だったので、移入種に含めた。

2000年
実験河川B（出水なし）



実験河川C（出水あり）



2001年
実験河川B（出水あり）



実験河川C（出水なし）



図5.3.1 実験河川における植物の状況.

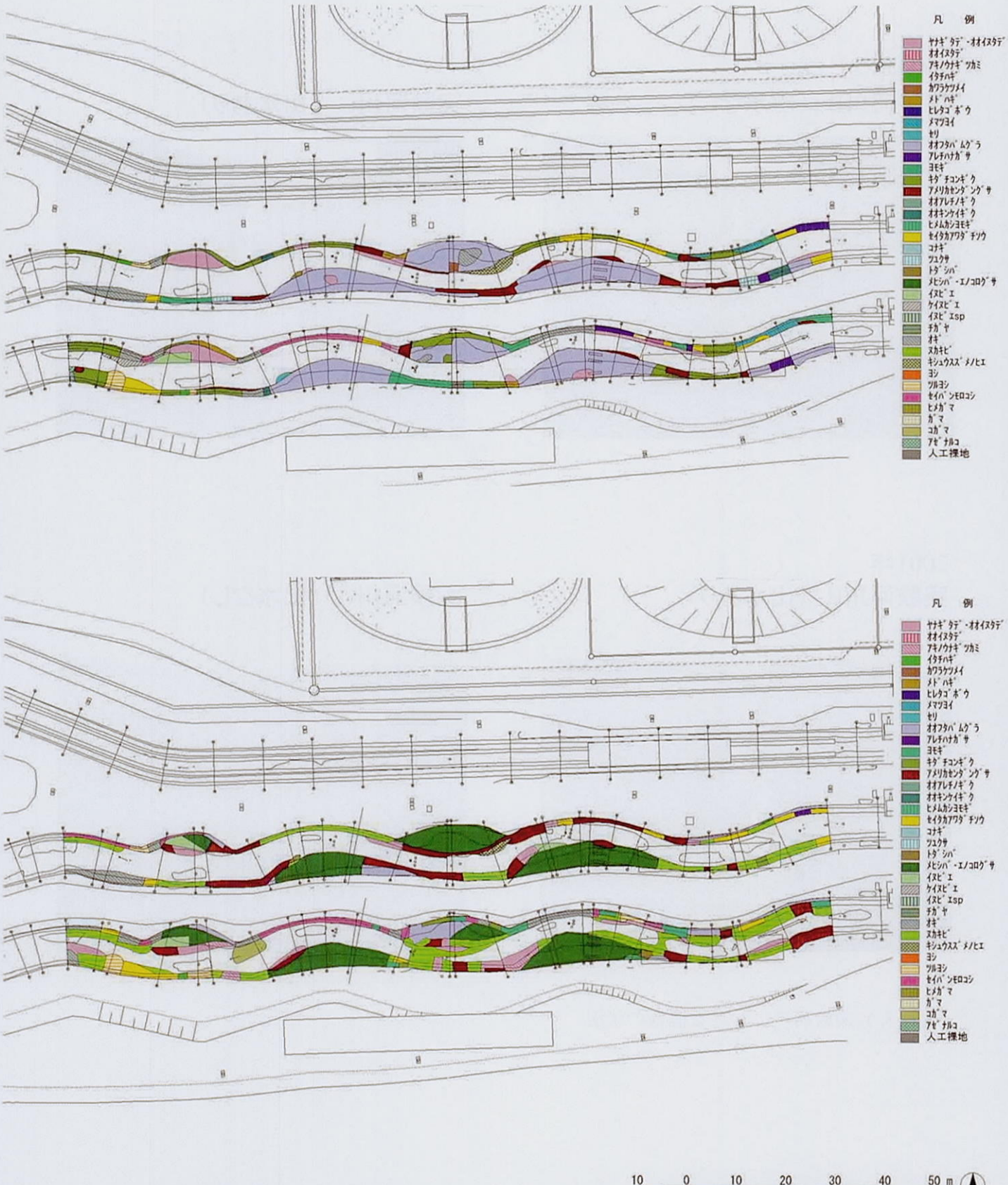


図5.3.2. 蛇行河岸における植生図.
2001年6月（上段）と10月（下段）についての優占種に基づく植生図を示す。（図　続く）

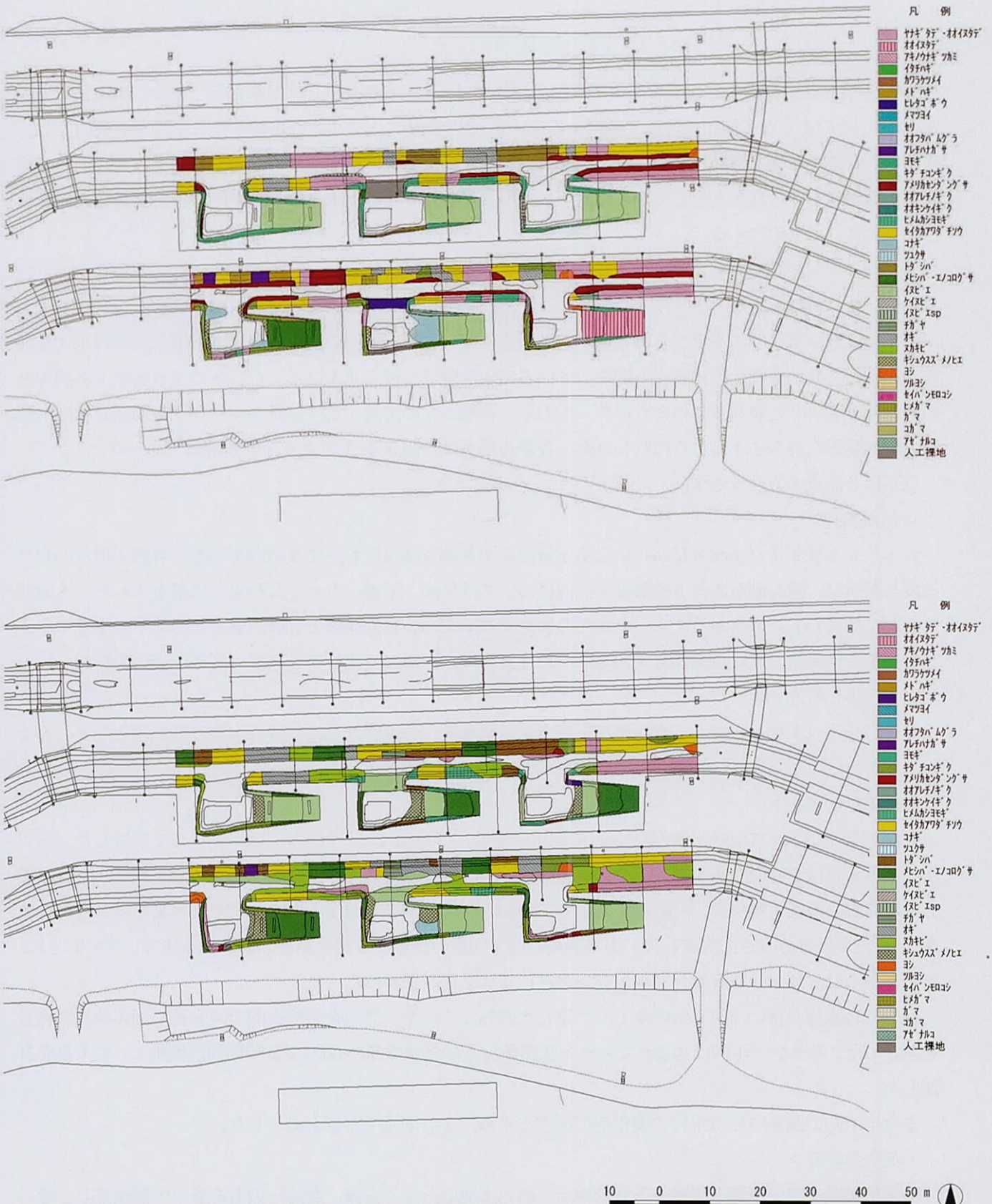


図5.3.2（つづき）．直線河岸およびワンド岸の植生．
2001年6月（上段）と10月（下段）についての優占種に基づく植生図を示す。

５．４　底生動物への影響

５．４．１　目的

2001年度５月より出水を起こす河川は実験河川Ｂだけとし、実験河川Ｃは出水を起こさない河川として設定された。そのような各河川の流動変動による違いが、底生動物にどのような影響を及ぼすのかを検討した。昨年度も同様の目的で季節ごとの定量、定性調査を行なった結果、早瀬や水中植物を利用する種について違いがある傾向がえられた。そこで今年度は出水中の調査を増やし、出水による短期的な影響と長期的影響との関係について明確にする。

５．４．２　材料と方法

今年度は昨年度までの季節ごとの定量、定性調査に加えて、出水中の流下動向調査と出水前後の流失量調査を行った。今年度底生動物調査と関係している出水実験は、表5.4-1に示した。その出水実験と各調査との関係は表5.4-2と表5.4-3のようになっており、季節ごとの定量・定性採集をおこなう定期調査は出水時期とは無関係に表5.4-4のように行われた。各調査地点は、図5.4-1のような位置関係であった。

以下に各調査の方法を示す。

＜定期調査＞

コドラート採集法（15cm×15cm）による定量調査を各調査地点において５地点行った。各調査地点における採集箇所は、瀬や淵がある上流部と下流部においては早瀬、平瀬、トロを含むように選定された。上流部においては広いトロ部があるため、トロ部の砂泥を15×15×5cmの体積で５箇所選定しその中に生息する底生動物を定量採集した。定量採集をおこなった地点では、同時に河床材料もコア（直径15cm深さ10cm）を用いて採集し粒度分析を行った。

サーバーネットを用いてキック採集法を行う定性採集を、各調査地点における水際や抽水植物のところで行った。

＜流下動向調査＞

各調査場所にポンプ（吐出量900L/min程度のもの）の口径15cmを河床に付くかたちで設置した。河川水の汲み上量は１回につき100Lとし、約20秒で汲み上げるようにポンプ調節を行なった。その河川水100L中に含まれる底生動物を、平常時は１回目の採集から11回目までは２分おきに、16回目までは３分おき、20回目までは５分おきに採集した。出水実験時は１回目の採集から水位がピークになるまでは２分おきに、ピークからは３分おきに５サンプル、５分おきに４サンプル採集した。

採水した水は目合い334μmのネットで濾したのち、このサンプルを実験室内で同定後、個体数、湿重量を測定した。各サンプル内に含まれている糸状藻類などの藻類は60～80℃で２時間程度乾燥し、乾重量を計測した。

また出水時の調査中には水位の変化を把握するため、１分間隔で水位を測定した。

＜流失量調査＞

石単位調査を用い早瀬と平瀬の各調査地点において流心と岸（右岸、左岸）の石を各10個選定し、その

表5.4-1　出水実験記録

出水No.	出水日	ピーク流量(m^3/s)	立ち上がり時間(min)	ピーク時間(min)
1	H13.7.13	2.5	20	50
2	H13.9.4	2.0	20	180
3	H13.9.28	2.0	20	180
4	H13.12.5	1.5	10	10

表5.4-2　流下動向調査

調査No.	調査日	調査時状態	調査場所	出水No.
1	H13.7.12	平常時	実験河川B410m橋	
	H13.7.13	出水中	実験河川B410m橋	1
2	H13.9.28	平常時	実験河川B850m橋	
	H13.9.28	平常時	実験河川B410m橋	
	H13.9.28	出水中	実験河川B850m橋	3
	H13.9.28	出水中	実験河川B410m橋	3
3	H13.12.4	平常時	実験河川B850m橋	
	H13.12.4	平常時	実験河川B410m橋	
	H13.12.5	出水中	実験河川B850m橋	4
	H13.12.5	出水中	実験河川B410m橋	4

※出水No.は表5.4-1参照

表5.4-3　流失量調査

調査No.	調査日	調査時状態	調査場所
1	H13.7.12	出水前日	実験河川B　95m早瀬(流心・岸)
			実験河川B470m平瀬(流心・岸)
	H13.7.13	出水直後	実験河川B　95m早瀬(流心・岸)
			実験河川B470m平瀬(流心・岸)
	H13.7.15	出水2日後	実験河川B　95m早瀬(流心・岸)
			実験河川B470m平瀬(流心・岸)
2	H13.8.27	出水前日	実験河川B　95m早瀬(流心・岸)
			実験河川B470m平瀬(流心・岸)
	H13.9.5	出水直後	実験河川B　95m早瀬(流心・岸)
			実験河川B470m平瀬(流心・岸)
	H13.9.7	出水2日後	実験河川B　95m早瀬(流心・岸)
			実験河川B470m平瀬(流心・岸)
3	H13.9.25	出水前日	実験河川B　95m早瀬(流心・岸)
			実験河川B470m平瀬(流心・岸)
	H13.9.28	出水直後	実験河川B　95m早瀬(流心・岸)
			実験河川B470m平瀬(流心・岸)
	H13.9.30	出水2日後	実験河川B　95m早瀬(流心・岸)
			実験河川B470m平瀬(流心・岸)

※出水No.は表5.4-1参照

表5.4-4　定期調査(定量・定性調査)

調査時季	調査期間
春季	H13.6.25-29
夏季	H13.8.13-16
秋季	H13.11.12-15
冬季	H14.1.15-18

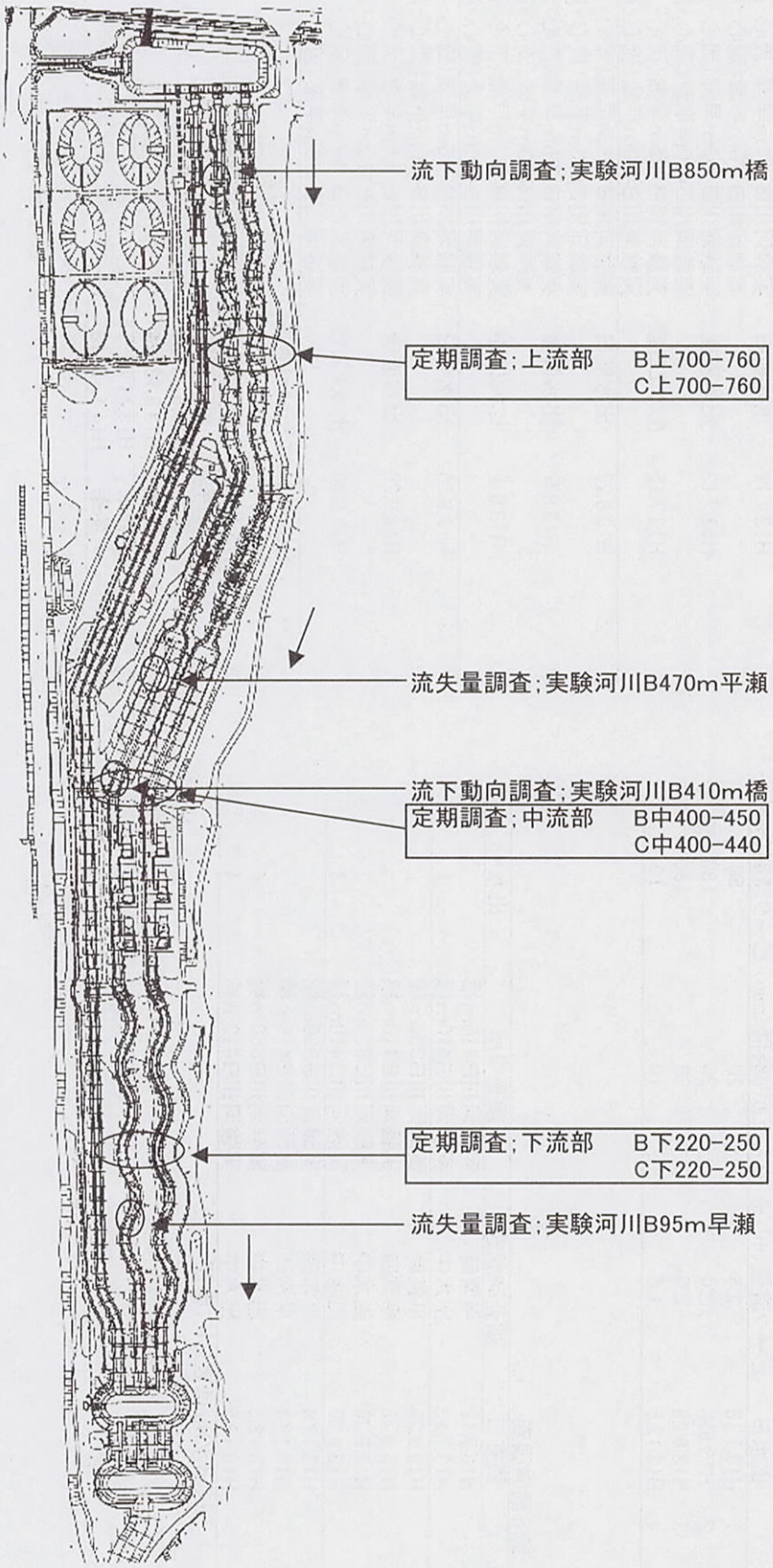

流下動向調査；実験河川B850m橋
定期調査；上流部　B上700−760
C上700−760
流失量調査；実験河川B470m平瀬
流下動向調査；実験河川B410m橋
定期調査；中流部　B中400−450
C中400−440
定期調査；下流部　B下220−250
C下220−250
流失量調査；実験河川B95m早瀬

図5.4-1　　調査地点

表面に付着している底生動物について採集した。各石については長径、短径、幅を測定しておき表面積の換算に用いた[1]。調査時の状況として、水温、水深、流速について計測した。

採集は出水前日（５日間以内）、出水直後（出水実験当日）、出水２日後を１セットとし、同じ石を取り上げないようにこの期間内に選定した石は陸上にあげておき、調査期間終了時に河川内に戻した。

採集されたサンプルは実験室内で同定後、個体数、湿重量を測定した。その値は、石の表面積を400cm^2に換算した値にし、比較検討に用いた。

５．４．３　結果

＜定期調査＞

今年度の定量、定性調査では、20目33科65分類群が確認された。今年度からユスリカ科を属まで同定したことで分類群数が多くなっているが、昨年度までとの大きな変化はなかった。各採集方法でどのような種がどのような割合で採集されたかは、昨年度と変わりないため今回は省略する。

定性採集による各河川の分類群数を各月で比較したところ、有意な差は認められなかった（図5.4-2）。しかし、年間をとおして出水河川である実験河川Bのほうに分類群数が多い傾向が得られた。

定量採集による総合の個体数、湿重量、分類群数を出水河川（以下実験河川Bとする）と出水なし河川（以下実験河川Cとする）で比較したところ図5.4-3のようになった。個体数では、中流部の11月に実験河川Bのほうが実験河川Cよりも有意に多くなっており、その他の時期でも実験河川Bが多い傾向がみられる。湿重量では有意ではないが、中流部や砂泥中では実験河川Bのほうが全体に高い値になっている。分類群数では、有意な差や傾向はみられない。

次に全調査地点において確認され、一年通して出現頻度が高い種について河川間の比較をした。なお、各種についてまとめることで比較がしやすいものは目や科の状態で比較を行った。

マシジミの個体数比較では、中流部において実験河川Bのほうが多い傾向にあり、１月には有意な差がみられた（図5.4-4）。

イトミミズ科の個体数比較では比較的類似した変化をしているが、湿重量のほうでは実験河川Bのみ11月に高くなっていた（図5.4-5,6）。

ミズミミズ科では個体数、湿重量、分類群数ともに河川間に有意な差はなく、類似した変化をしていた（図5.4-7,8,9）。個体数、湿重量については１月に著しく高くなっており、主にウチワミズミミズ属によるものであった。

カゲロウ目の個体数比較では、上流部、中流部、下流部とも実験河川Bのほうが多い傾向にはあるが有意ではなかった（図5.4-10）。上流部、下流部においては６月から８月にかけて実験河川Bでは増加しているのに、実験河川Cでは減少していた。なおカゲロウ目で優占していたのはサホコカゲロウとHコカゲロウであり、６月ではサホコカゲロウのほうが多いが、８月から11月にかけてはHコカゲロウのほうが多くなり、１月には殆どHコカゲロウであった。

トビケラ目の個体数比較では、中流部と上流部において実験河川Bのほうが多い傾向にあり、特に中流部では実験河川Cが減少傾向にある一方実験河川Bは増加傾向にあり１月には実験河川Bのほうが有意に多くなっていた（図5.4-11）。上流部では、６月から８月にかけて実験河川Bでは増加し、実験河川Cでは減少していた。湿重量でも個体数とおなじ傾向がみられるが、有意な差はみとめられなかった（図5.4-12）。トビケラ目のうち出現頻度が高いヒメトビケラ属とコガタシマトビケラについても個体数比較をおこなった。ヒメトビケラ属では、中流部の11月と１月において実験河川Bが実験河川Cよりも有意に多いことがみとめられた（図5.4-13）。コガタシマトビケラでは有意な差はみとめられないが、トビケラ目全体で比較した場合と同じ傾向がみられた（図5.4-14）。

ユスリカ科の個体数、湿重量、分類群数比較ではいずれも有意な差がなく、傾向もみとめられなかった（図

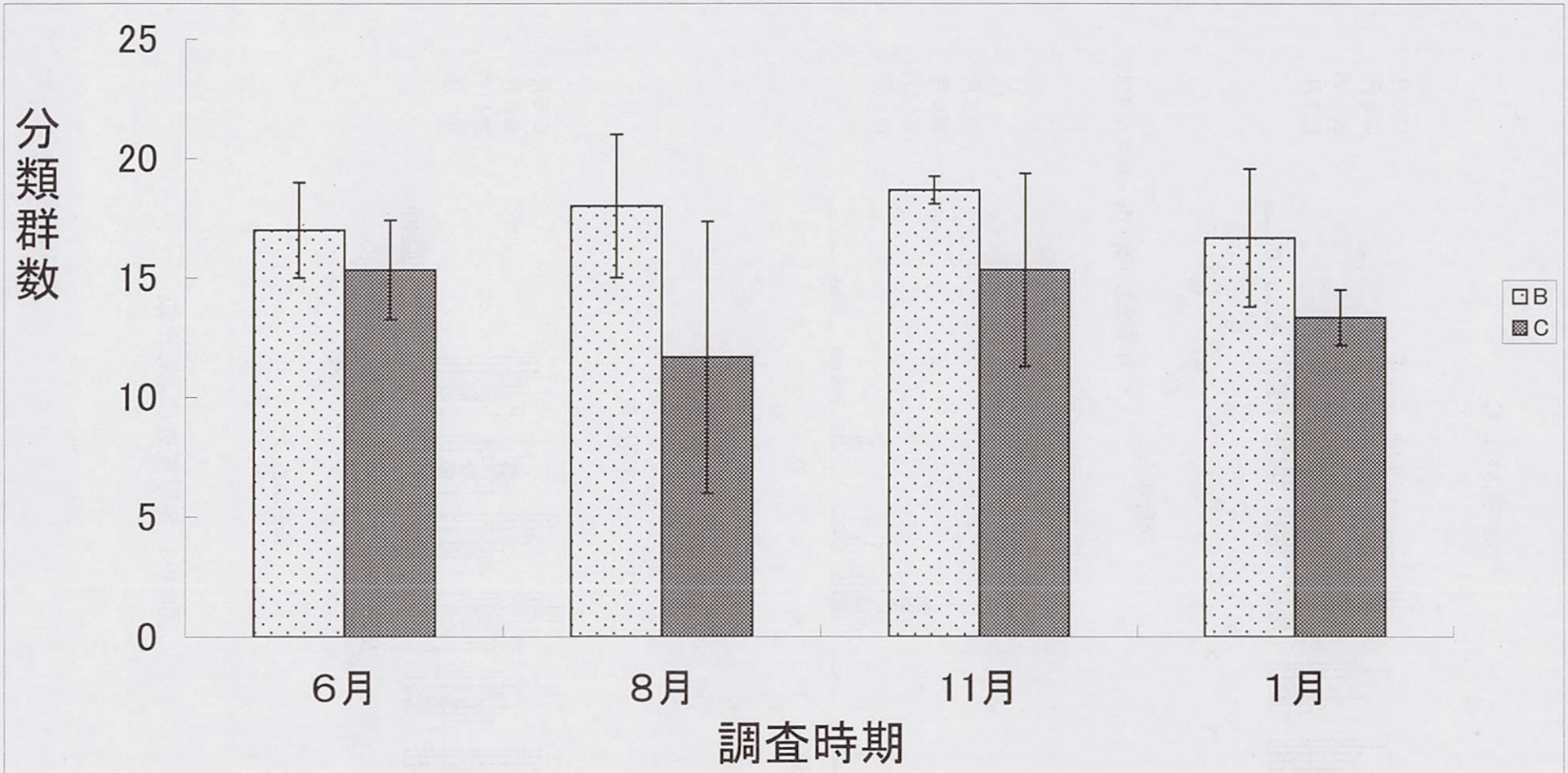


図5.4-2　定性調査による分類群数比較

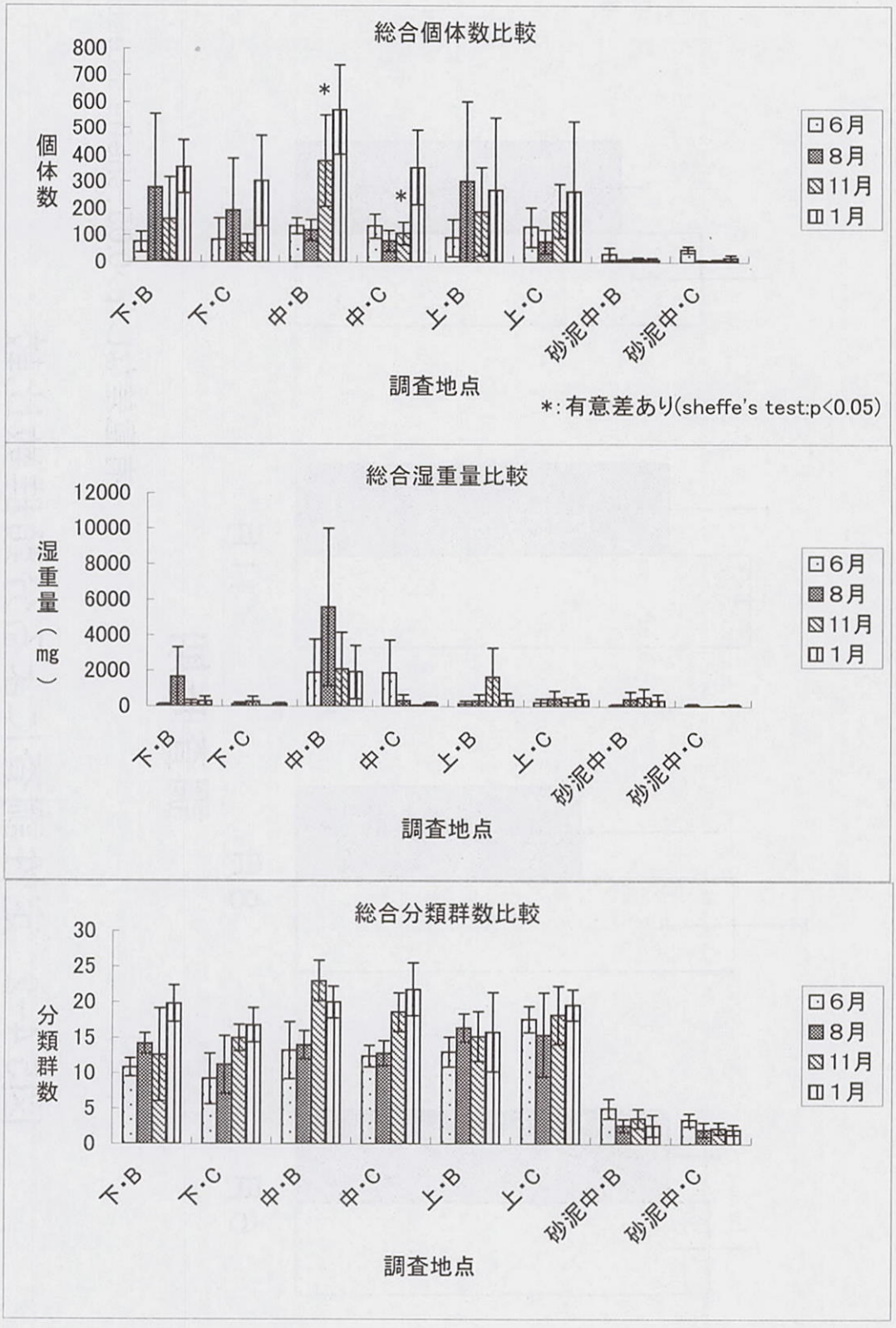


図5.4-3　定期調査による比較

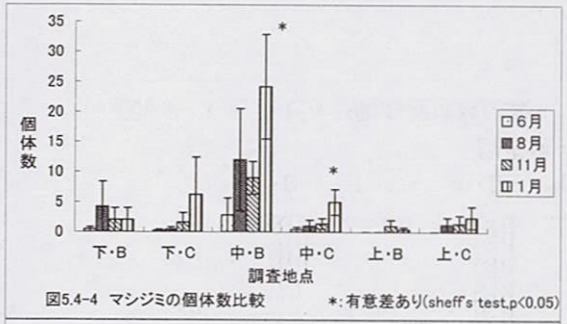


図5.4-4 マシジミの個体数比較　　*:有意差あり(sheff's test,p<0.05)

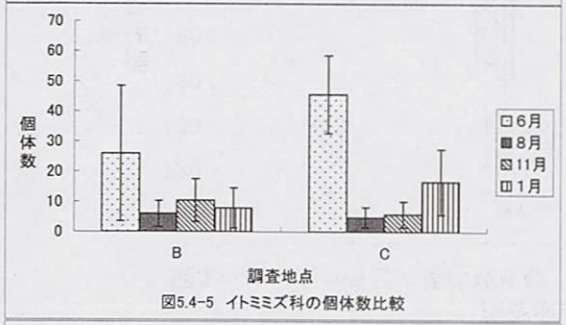


図5.4-5 イトミミズ科の個体数比較

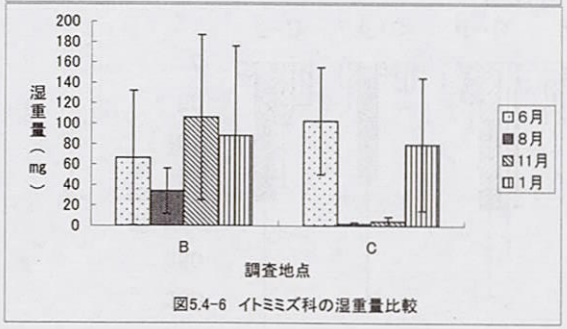


図5.4-6 イトミミズ科の湿重量比較

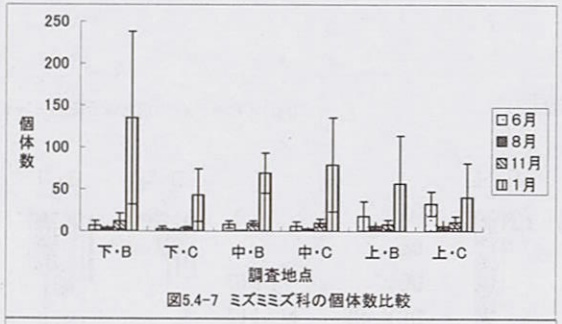


図5.4-7 ミズミミズ科の個体数比較

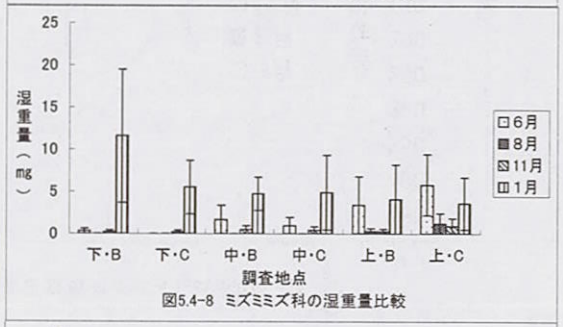


図5.4-8 ミズミミズ科の湿重量比較

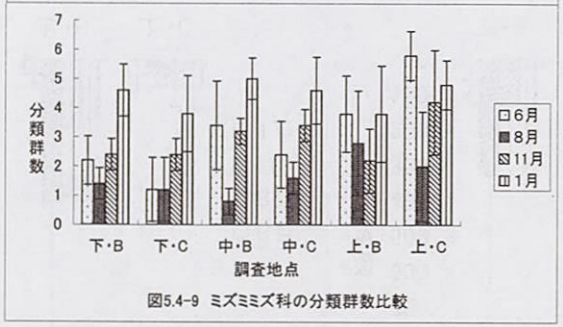


図5.4-9 ミズミミズ科の分類群数比較

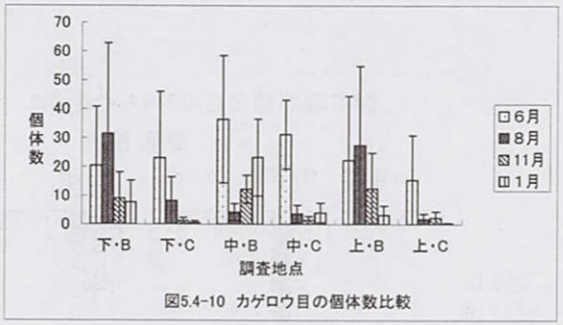


図5.4-10 カゲロウ目の個体数比較

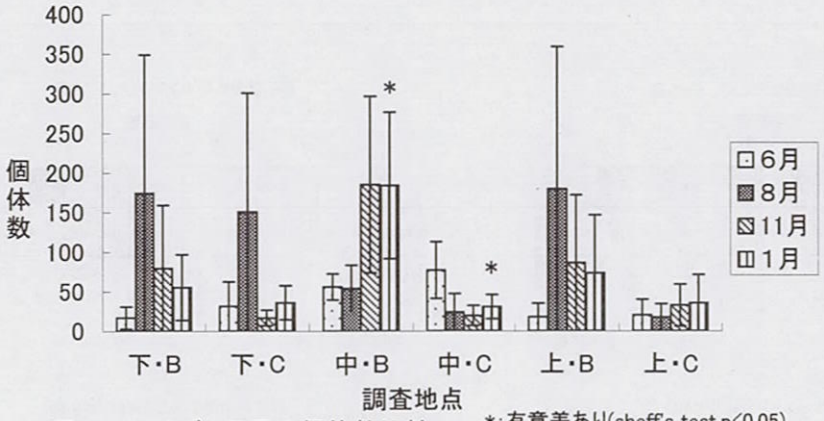


図5.4-11 トビケラ目の個体数比較

*：有意差あり(sheff's test,p<0.05)

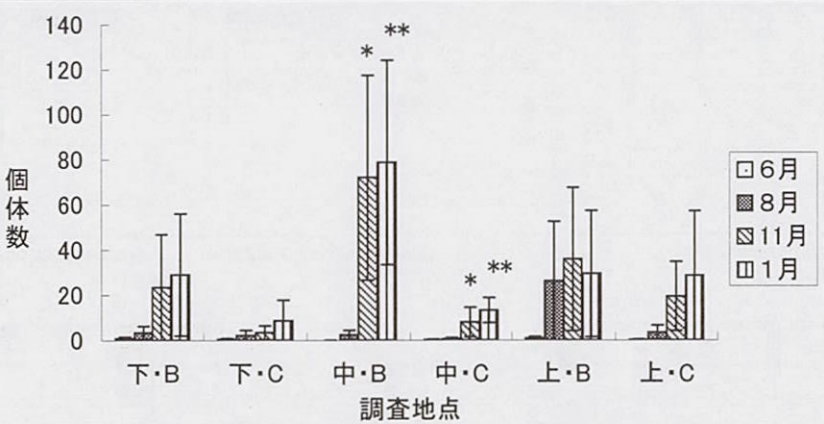


図5.4-13 ヒメトビケラ属の個体数比較

*、**：有意差あり(sheff's test,p<0.05)

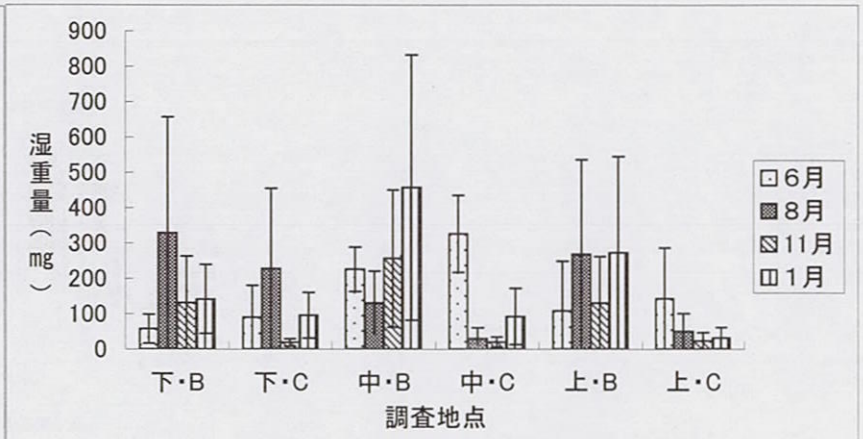


図5.4-14 トビケラ目の湿重量比較

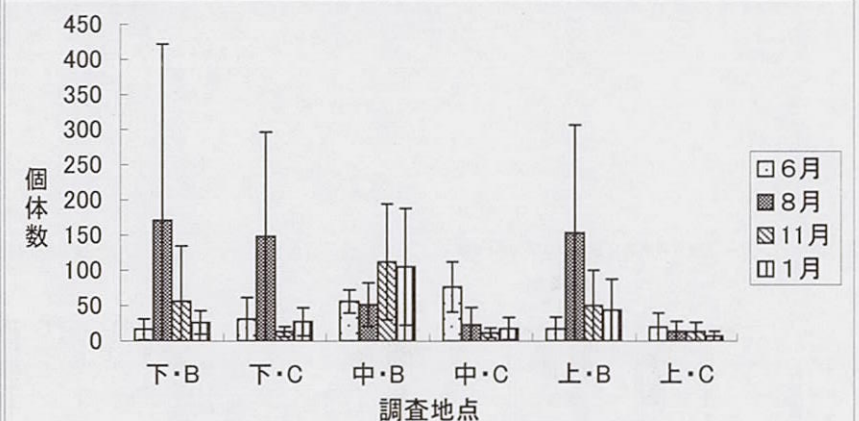


図5.4-14 コガタシマトビケラの個体数比較

5.4-15,16,17)。次にエリユスリカ亜科だけで個体数、湿重量、分類群数比較を行ったところ、個体数比較では有意な差はなく、湿重量比較において中流部の１月に実験河川 C のほうが有意に高くなっていた（図 5.4-18,19)。分類群数では、下流部の６月に実験河川 B のほうが有意に多いことがわかった（図 5.4-20)。ユスリカ亜科だけで個体数、湿重量、分類群数を比較したところ、いずれも有意な差がなく、傾向もみとめられなかった（図 5.4-21,22,23)。なお、エリユスリカ亜科ではツヤユスリカ属、ユスリカ亜科ではハモンユスリカ属とナガレユスリカ属の出現頻度が高くなっていた。

次に各時期、各調査地点において出現頻度の最も高い種を表 5.4-5 に示す。なお、個体数割合とは各種の個体数を全個体数で割り求めたものである。その結果、砂泥中は１年をとおしてイトミミズ科が優占しており河川間に違いはない。その他の地点では実験河川 B において６月から 11 月にいたるまでコガタシマトビケラが優占していたのに対し、実験河川 C では上流部の６月や８月にハモンユスリカ属やナガレユスリカ属が優占し 11 月にはすべての地点でユスリカ科の種が優占していることが分かる。１月にはどちらの河川ともナガレユスリカ属が多くなっている。

個体数割合を比較したところ、砂泥中では圧倒的にイトミミズ科の割合が高く河川間にちがいはなかった（図 5.4-24)。その他の地点では、６月の時点ではユスリカ科、トビケラ目、カゲロウ目の割合が高いが８月や 11 月になるにつれ、カゲロウ目の割合は低くなり、実験河川 B ではトビケラ目、実験河川 C ではユスリカ科の割合が高くなっていた。１月にはミズミミズ科の割合が高くなり、実験河川 C ではユスリカ科の割合が多く占めるようになっていた。

次に一般に出水による影響は早瀬に出やすいとうこと[5]や昨年度の調査より出水による影響が早瀬にみられる傾向があったため、早瀬における採集結果だけを河川間で比較した。分類群数は類似しているが、個体数や湿重量比較では８月から１月にかけて実験河川 B のほうが高い傾向にあり、特に６月から８月にかけては実験河川 B でのみ著しく増加していた（図 5.4-25)。出現頻度の高い種について個体数の比較をおこなってみたところ、トビケラ目とカゲロウ目で６月から８月にかけて実験河川 B のみで著しく増加していることがわかった（図 5.4-26)。コガタシマトビケラがトビケラ目全体で見た場合とまったく同じ変化をしており、ヒメトビケラ属でも実験河川 B のほうが多いがコガタシマトビケラと異なり 11 月にもっとも多くなった。カゲロウ目では実験河川 B が８月に増加する一方で実験河川 C では著しく減少しており、８月では有意な差が認められた。

次に各調査地点における河床材料の粒度組成調査の結果から、底質指数を算出し検討を行った。算出方法は、底質を六段階にわけ１～６までのスコアをつけ（１）式によって求めた[6]。

底質指数＝被度第１位の底質スコア*３+被度第２位の底質スコア*２+被度第３位の底質スコア　　（１）

その指数の変化をみたところ上流部、中流部、下流部において河川間に違いはなく、トロの砂泥採集の結果のみ 11 月と１月に実験河川 B のほうが高くなることがわかった（図 5.4-27)。早瀬の底質のみに着目したところ、上流部下流部のどちらの早瀬でも６月では実験河川 C のほうが高いが、その後その差はなくなっていることが分かった。

次にこの底質指数と個体数、湿重量、分類群数、トビケラ目、カゲロウ目、ユスリカ科との相関関係をみたところ、８月における個体数との相関のみが両河川でみられた（図 5.4-28)。

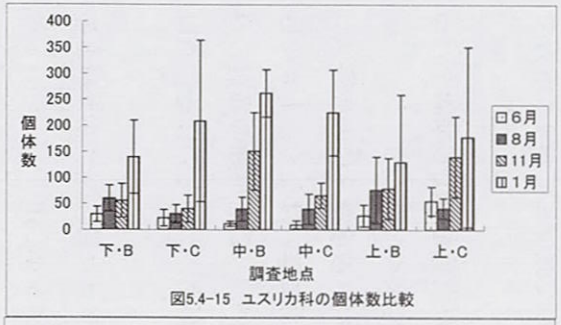


図5.4-15 ユスリカ科の個体数比較

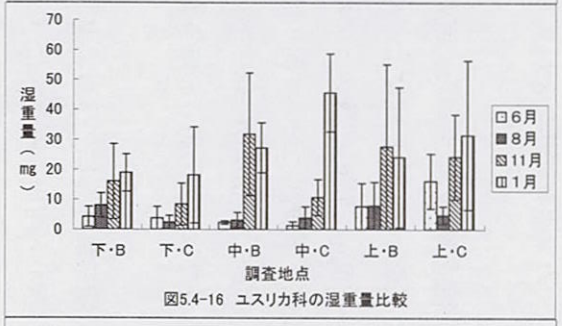


図5.4-16 ユスリカ科の湿重量比較

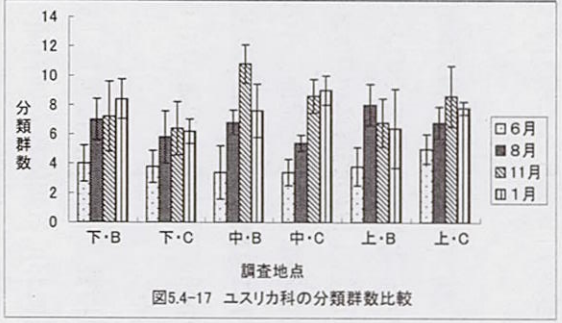


図5.4-17 ユスリカ科の分類群数比較

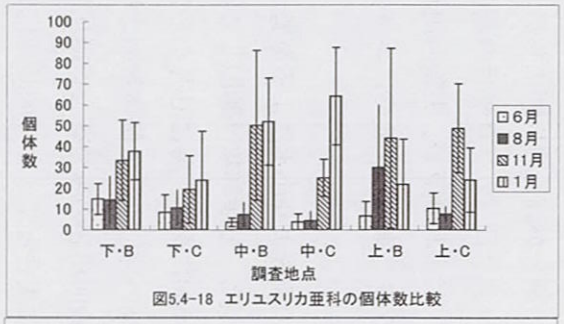


図5.4-18 エリユスリカ亜科の個体数比較

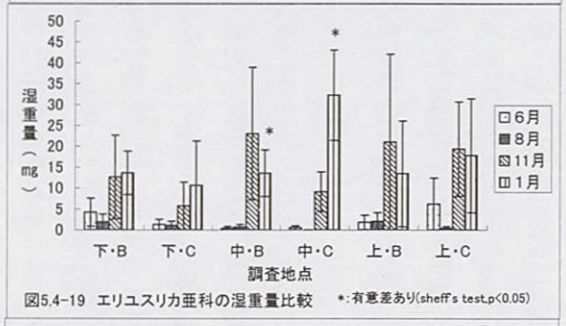


図5.4-19 エリユスリカ亜科の湿重量比較 *:有意差あり(sheff's test,p<0.05)

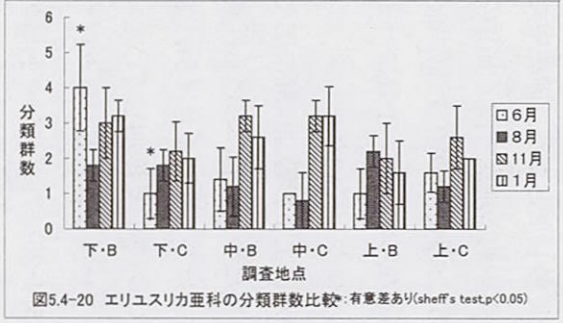


図5.4-20 エリユスリカ亜科の分類群数比較 *:有意差あり(sheff's test,p<0.05)

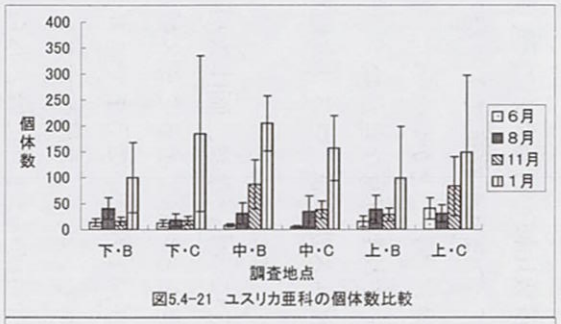


図5.4-21 ユスリカ亜科の個体数比較

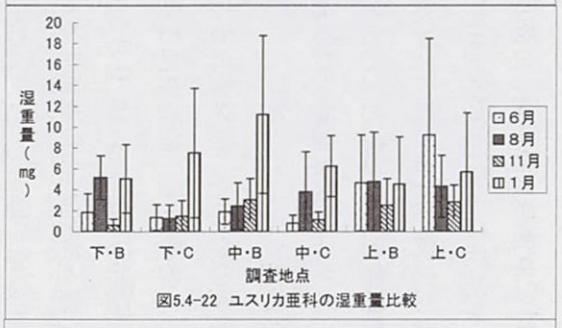


図5.4-22 ユスリカ亜科の湿重量比較

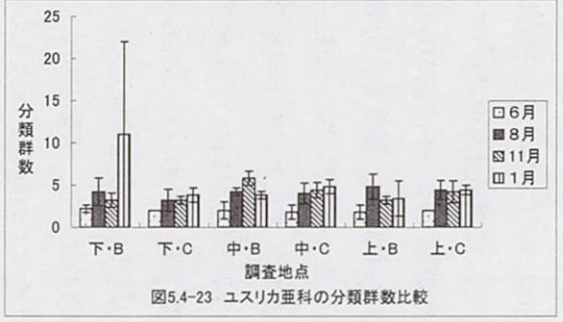


図5.4-23 ユスリカ亜科の分類群数比較

表5.4-5　　定期調査による出現頻度の高い分類群比較

調査時期	調査場所	調査河川	分類群	個体数割合（%）
6月	下流部	B	コガタシマトビケラ	21.83
		C	コガタシマトビケラ	37.47
	中流部	B	コガタシマトビケラ	41.67
		C	コガタシマトビケラ	57.16
	上流部	B	コガタシマトビケラ	18.63
		C	ハモンユスリカ属	27.7
	砂泥中	B	イトミミズ科	78.88
		C	イトミミズ科	94.51
8月	下流部	B	コガタシマトビケラ	61.51
		C	コガタシマトビケラ	75.92
	中流部	B	コガタシマトビケラ	43.65
		C	コガタシマトビケラ	29.26
	上流部	B	コガタシマトビケラ	50.83
		C	ナガレユスリカ属	19.84
	砂泥中	B	イトミミズ科	64.71
		C	イトミミズ科	62.96
11月	下流部	B	コガタシマトビケラ	34.66
		C	ツヤユスリカ属	19.31
	中流部	B	コガタシマトビケラ	29.48
		C	ナガレユスリカ属	24.67
	上流部	B	コガタシマトビケラ	26.39
		C	ナガレユスリカ属	35.54
	砂泥中	B	イトミミズ科	56.25
		C	イトミミズ科	76.47
1月	下流部	B	ウチワミズミミズ属	20.51
		C	ナガレユスリカ属	39.97
	中流部	B	ナガレユスリカ属	25.03
		C	ナガレユスリカ属	26.89
	上流部	B	ナガレユスリカ属	19.7
		C	ナガレユスリカ属	32.93
	砂泥中	B	イトミミズ科	70.45
		C	イトミミズ科	92.94

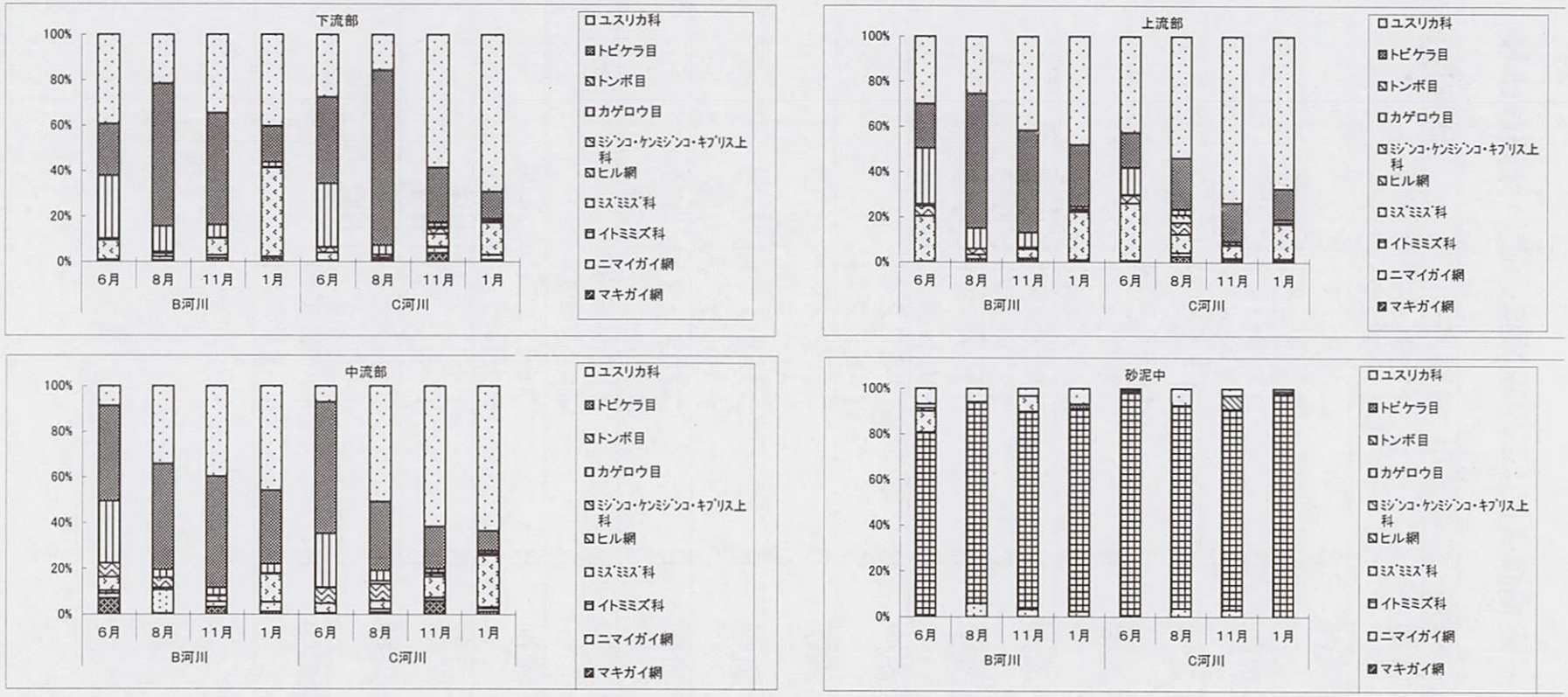
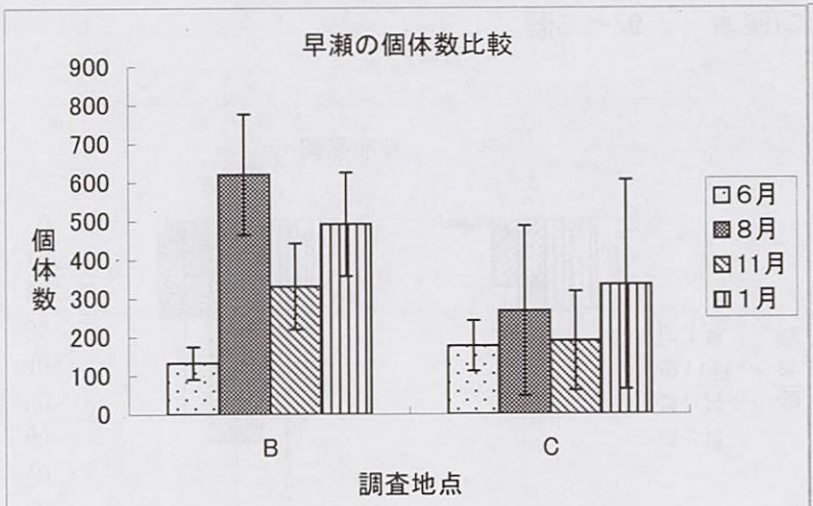
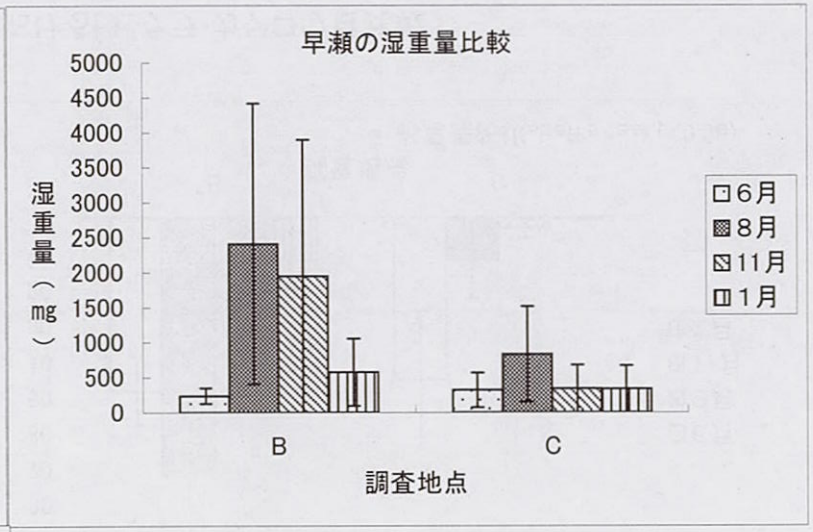


図5.4-24　定期調査における個体数割合





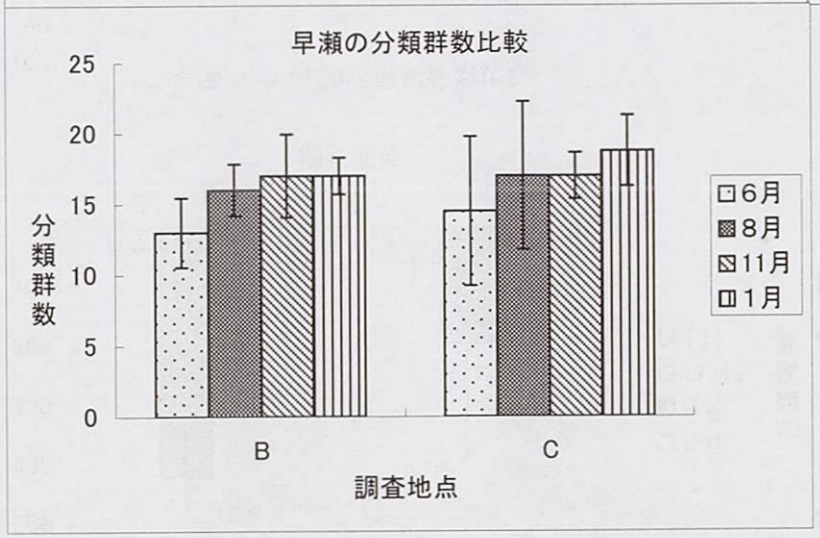


図5.4-25　　早瀬における全体比較

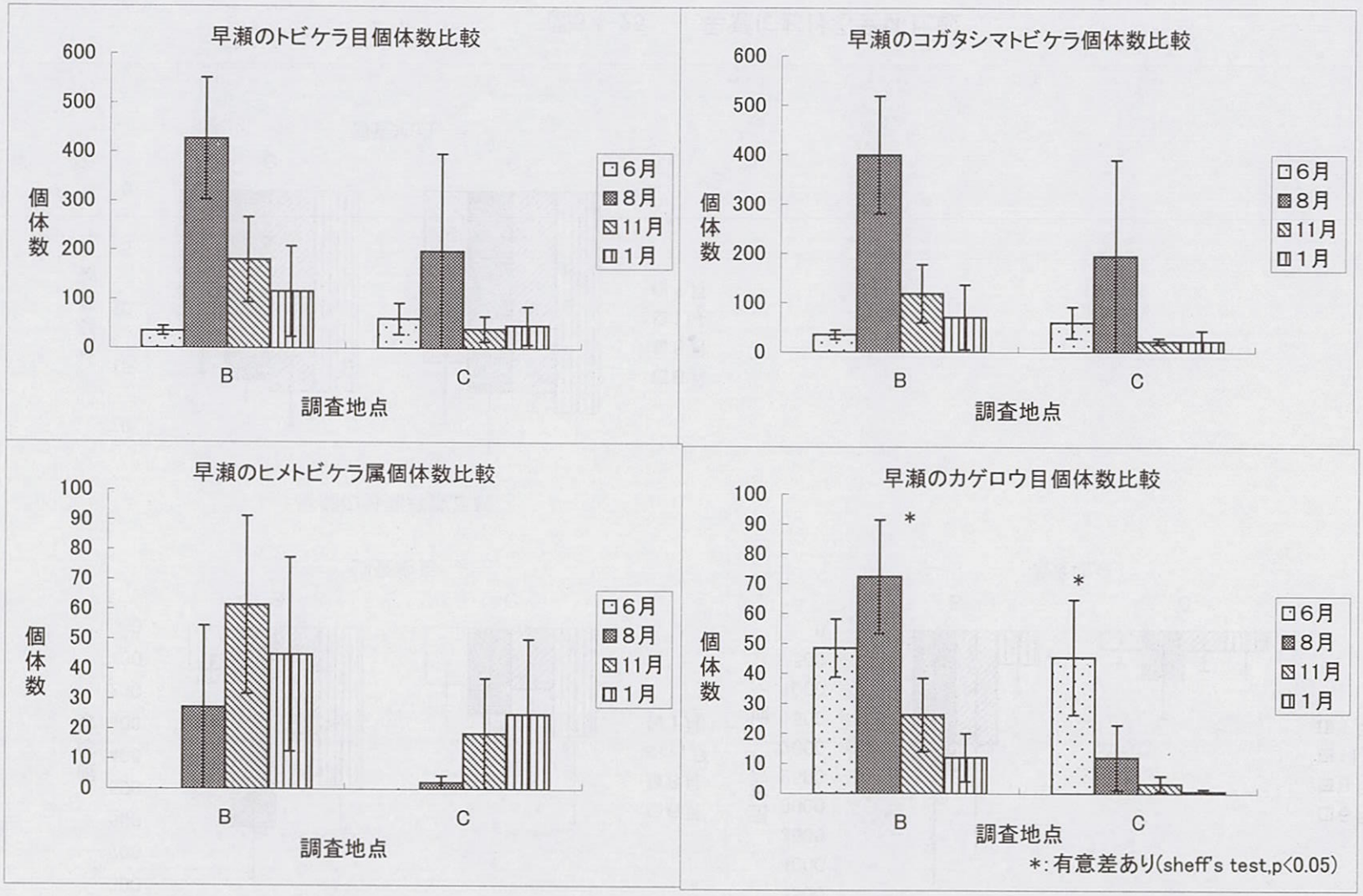


図5.4-26　　早瀬におけるトビケラ・カゲロウ目比較

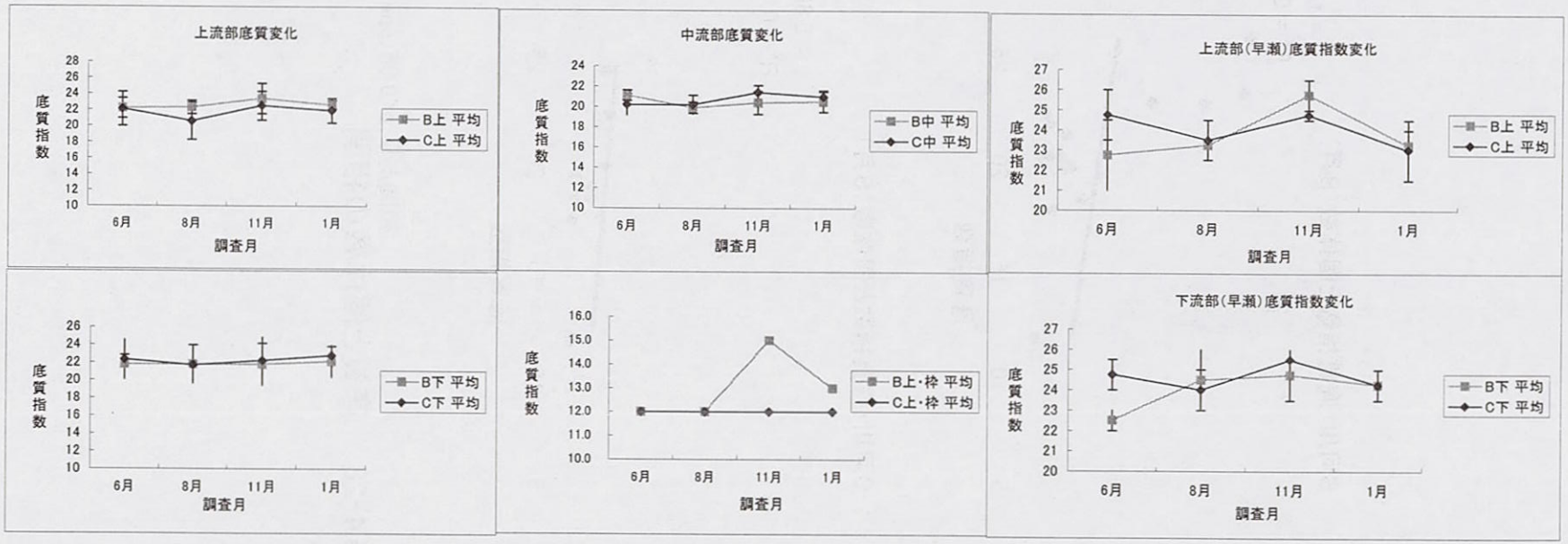
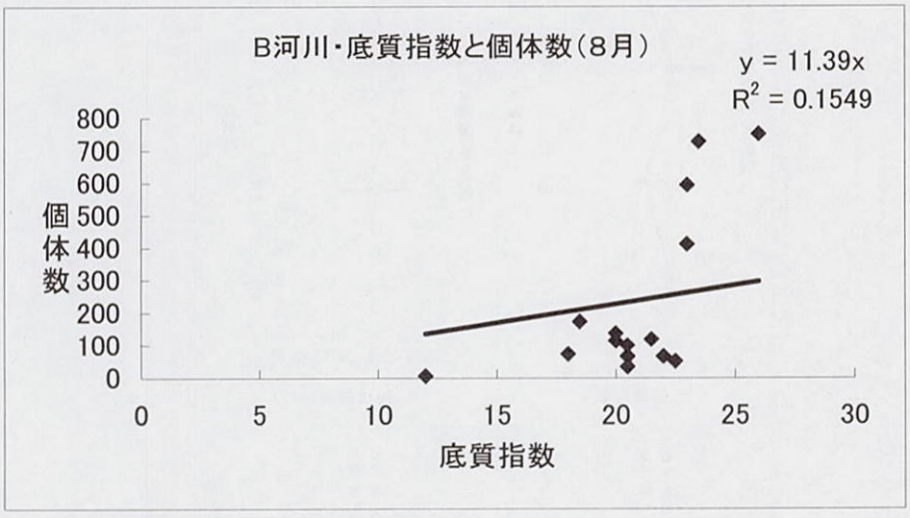
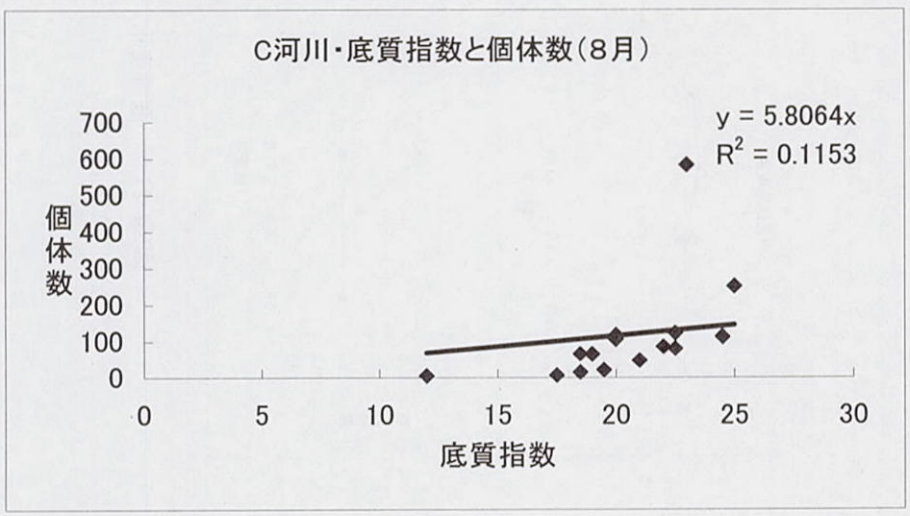

上流部底質変化
底質指数
調査月
6月
8月
11月
1月
B上 平均
C上 平均
中流部底質変化
B中 平均
C中 平均
上流部(早瀬)底質指数変化
B下 平均
C下 平均
B上・枠 平均
C上・枠 平均
下流部(早瀬)底質指数変化

図5.4-27　　底質変化





相関あり；$p<0.05$（spearman's test）

図5.4-28　底質と個体数の相関

＜流下動向調査＞

全分類群数、個体数、湿重量について、平常時と出水中の比較、同じ状況下の各調査地点の比較をおこなったところ図5.4-29のようになった。分類群数、個体数、湿重量ともに出水中のほうが有意に多い。湿重量については9月28日の調査では有意な差はみられない。平常時調査の比較では分類群数、個体数ともに7月12日の中流部が有意に多く、出水中の比較では9月と12月の上流部で有意に少ない結果が得られる。

分類群を大まかに分けてその割合を比較した短期の遷移は、図5.4-30のようになった。その各分類内で出現頻度の高かったものを表5.4-6に示した。平常時と出水中に流されている分類群の割合には殆ど変わりなく、主にハエ目とミミズ網が多い。その他の分類群も、多少ではあるが平常時から流されていることが分かる。さらに細かい分類でみてみても出現頻度の高い種に変化はなく、平常時から流されている種が出水中にさらに流されることが分かる。出水中には、イシビル科、カワコザラガイ、ヒメトビケラ属といった石表面等への付着力の強いものや、トンボ目やコガタシマトビケラなどといった比較的大型の種も流されることか分かる。

出水中の水位の上昇と、藻類の量、底生動物全体の個体数との関係は図5.4-31のようになる。どの時期、調査地点でも水位の上昇と共に藻類の量は上昇し、水位のピークよりも早い時間で藻類の量はピークに達しその後減少することが分かる。その藻類の量と同じ変化が底生動物の個体数でもみられる。それらの傾向は最上流部（850m橋）よりも中流部（410m橋）のほうで明らかである。一方、藻類量は上流部のほうが多く、底生動物の個体数は中流部のほうが多い傾向がある。なお、流されてきた藻類の殆どは緑藻であり本誌の付着藻類の報告より表5.4.-7に示した種であることが推察される。

＜流失量調査＞

各調査時期、調査地点の水温、水深、流速は図5.4-32のようになり、水深は早瀬より平瀬のほうが明らかに深く、流速は早瀬のほうが明らかに速いことが分かる。流心と岸では、水深の違いは殆どないが流速は流心のほうが速いことが分かる。以上の確認を踏まえて、早瀬と平瀬、流心と岸に分けて結果をまとめた。

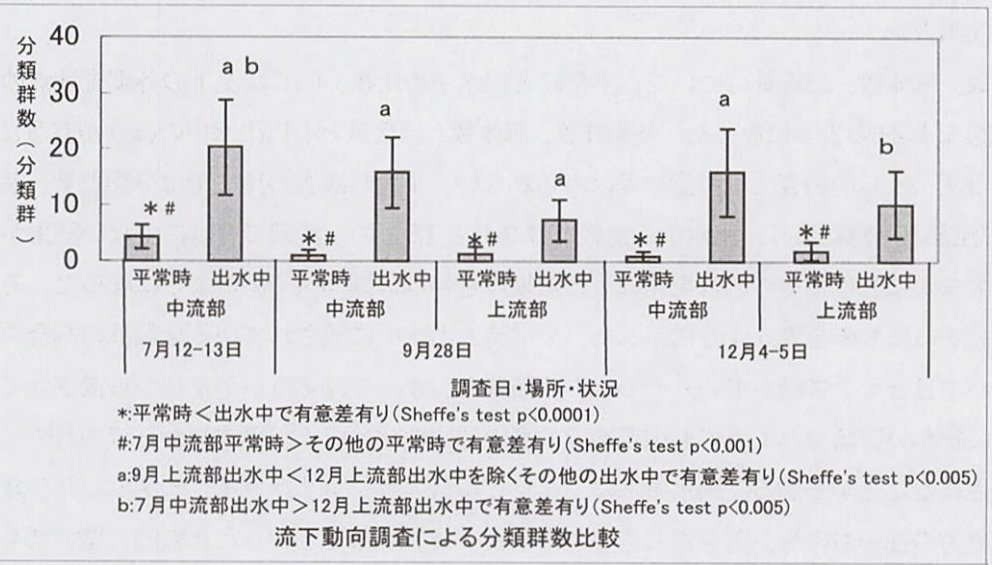
全分類群数の変化は図5.4-33のようになり、早瀬では殆ど変化はない。平瀬では7月13日と9月5日の出水により、岸で直後に有意に減少しており2日後には戻る傾向にある。9月28日の出水では流心で出水前より直後に減少した後、直後から2日後にかけて有意に増加している。

全個体数の変化は図5.4-34のようになり、9月5日の出水では有意な変化はない。7月13日の出水では早瀬の流心で直後から2日後にかけて有意に増加し、平瀬では出水前から直後や2日後にかけて有意に減少している。9月28日の出水では出水前から出水直後にかけて有意に減少した後、直後から2日後にかけて有意に増加することが分かる。

全湿重量の変化は図5.4-35のようになったが、どの調査時期、調査地点でも有意な変化は得られない。

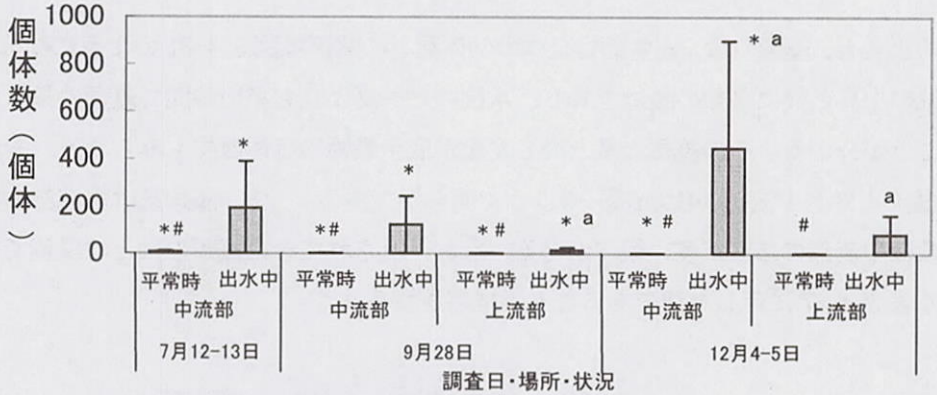
上述のような変化をさらに詳しくみるために、出現頻度の高いミミズ網、カゲロウ目、トビケラ目、ユスリカ科の個体数と湿重量（ミミズ網は比較不可能）の変化を検討した。

ミミズ網の個体数は、どの時期でも平瀬の岸において出水前から直後もしくは2日後にかけて有意に減少



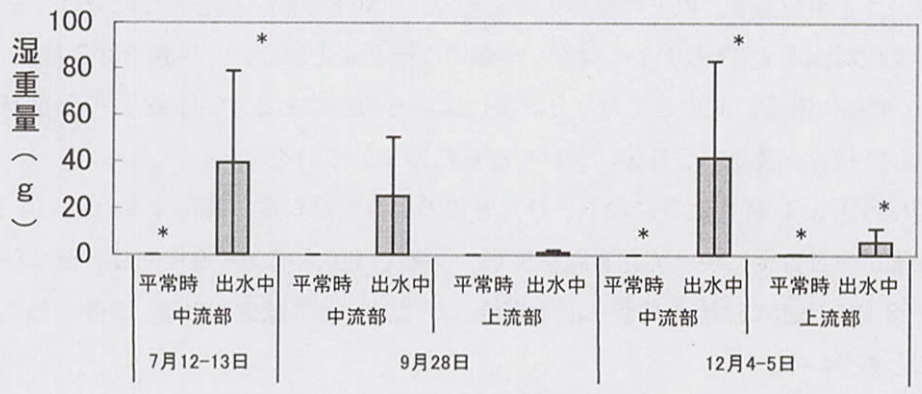
＊:平常時＜出水中で有意差有り(Sheffe's test p<0.0001)
#:7月中流部平常時＞その他の平常時で有意差有り(Sheffe's test p<0.001)
a:9月上流部出水中＜12月上流部出水中を除くその他の出水中で有意差有り(Sheffe's test p<0.005)
b:7月中流部出水中＞12月上流部出水中で有意差有り(Sheffe's test p<0.005)

流下動向調査による分類群数比較



＊:平常時＜出水中で有意差有り(Sheffe's test p<0.0001)
#:7月中流部平常時＞その他の平常時で有意差有り(Sheffe's test p<0.001)
a:9月12月上流部出水中＜12月中流部出水中で有意差有り(Sheffe's test p<0.005)

流下動向調査による個体数比較



＊:平常時＜出水中で有意差有り(Sheffe's test p<0.0001)

流下動向調査による湿重量比較

図5.4-29　流下動向調査による分類群数・個体数・湿重量比較

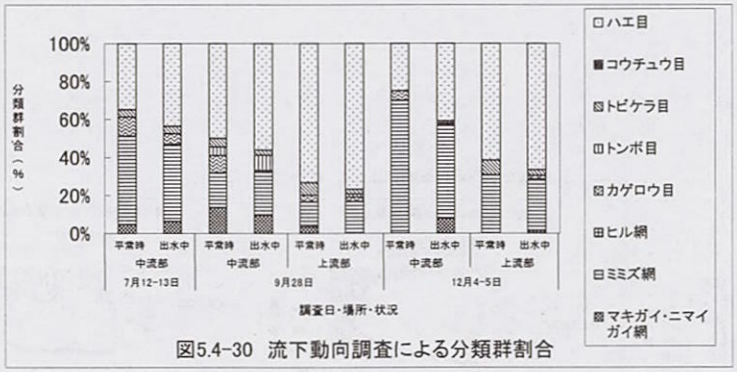


図5.4-30 流下動向調査による分類群割合

表5.4-6 流下動向調査による分類群比較

網・目	分類群名（全個体数に対する個体数割合%）									
	7月12-13日 410橋（中流部）		9月28日 410橋（中流部）		850橋（上流部）		12月4-5日 410橋（中流部）		850橋（上流部）	
	平常時	出水時	平常時	出水時	平常時	出水時	平常時	出水時	平常時	出水時
マキガイ・ニマイガイ網	マシジミ(3.08)	マシジミ(4.07)	カワコザラガイ(9.09)	カワコザラガイ(7.21)	カワコザラガイ(3.33)	—	—	マシジミ(6.50)	—	カワコザラガイ(0.92)
ミミズ網	ミズミミズ属(28.46)	ウチワミズミミズ属(12.18)	テングミズミミズ属(18.18)	テングミズミミズ属(18.11)	ﾐｽﾞﾐﾐｽﾞ属・ﾌﾀｻﾞﾐｽﾞﾐﾐｽﾞ属(各6.67)	ヨコレミズミミズ属(5.79)	テングミズミミズ属(35.00)	テングミズミミズ属(15.26)	ﾐｽﾞﾐﾐｽﾞ属・ﾌﾀｻﾞﾐｽﾞﾐﾐｽﾞ属(各11.54)	ミズミミズ属(9.59)
ヒル網	—	イシビル科(0.55)	—	イシビル科(0.08)	—	—	—	イシビル科(0.03)	—	イシビル科(0.49)
カゲロウ目	コカゲロウ属(7.69)	コカゲロウ属(3.70)	ｻﾎｺｶｹﾞﾛｳ・ｺｶｹﾞﾛｳ属(各4.55)	フタバカゲロウ属(0.27)	コカゲロウ属(3.33)	ﾐｼﾞｶｵﾌﾀﾊﾞｺｶｹﾞﾛｳ属(1.61)	コカゲロウ属(5.00)	Hコカゲロウ(0.24)	—	Hコカゲロウ(1.71)
トンボ目	—	トンボ科(0.12)	イトトンボ科(4.55)	イトトンボ科(7.48)	—	イトトンボ科(1.29)	—	イトトンボ科(0.33)	—	サナエトンボ科(0.06)
トビケラ目	ヒメトビケラ属(3.08)	ヒメトビケラ属(2.18)	コガタシマトビケラ(4.55)	コガタシマトビケラ(1.61)	ｺｶﾞﾀｼﾏﾄﾋﾞｹﾗ・ﾋﾒﾄﾋﾞｹﾗ属(各3.33)	ヒメトビケラ属(2.25)	—	ヒメトビケラ属(0.89)	ｺｶﾞﾀｼﾏﾄﾋﾞｹﾗ・ﾋﾒﾄﾋﾞｹﾗ属(各3.85)	ヒメトビケラ属(2.32)
コウチュウ目	—	ガムシ科(0.02)	—	—	—	—	—	—	—	—
ハエ目	ハモンユスリカ属(13.85)	ハモンユスリカ属(11.91)	ﾊﾓﾝﾕｽﾘｶ属・ﾕｽﾘｶ亜科(各13.64)	ナガレユスリカ属(22.14)	エリユスリカ亜科(33.33)	ハモンユスリカ属(17.68)	エリユスリカ亜科(15.00)	ナガレユスリカ属(26.41)	エリユスリカ亜科(19.23)	ヒゲユスリカ属(40.99)

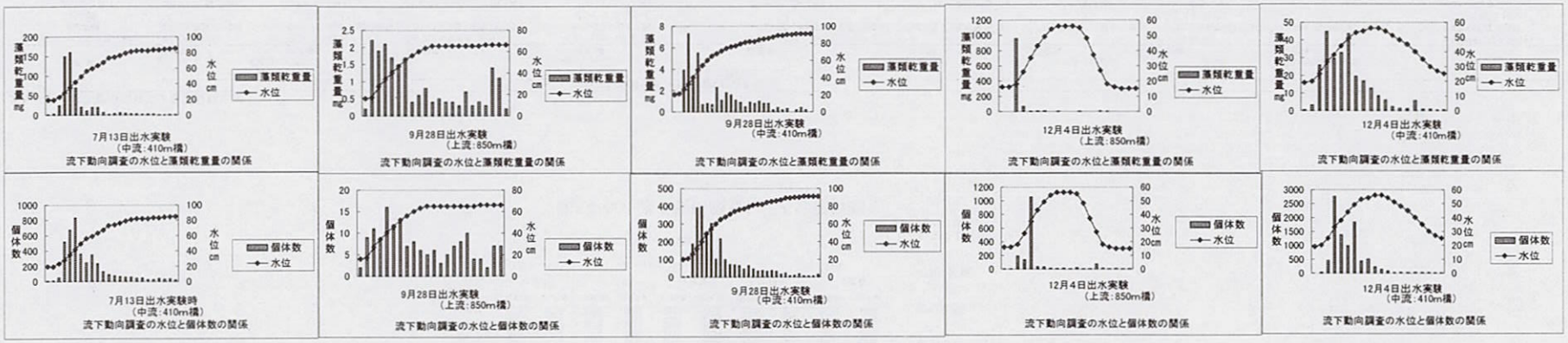
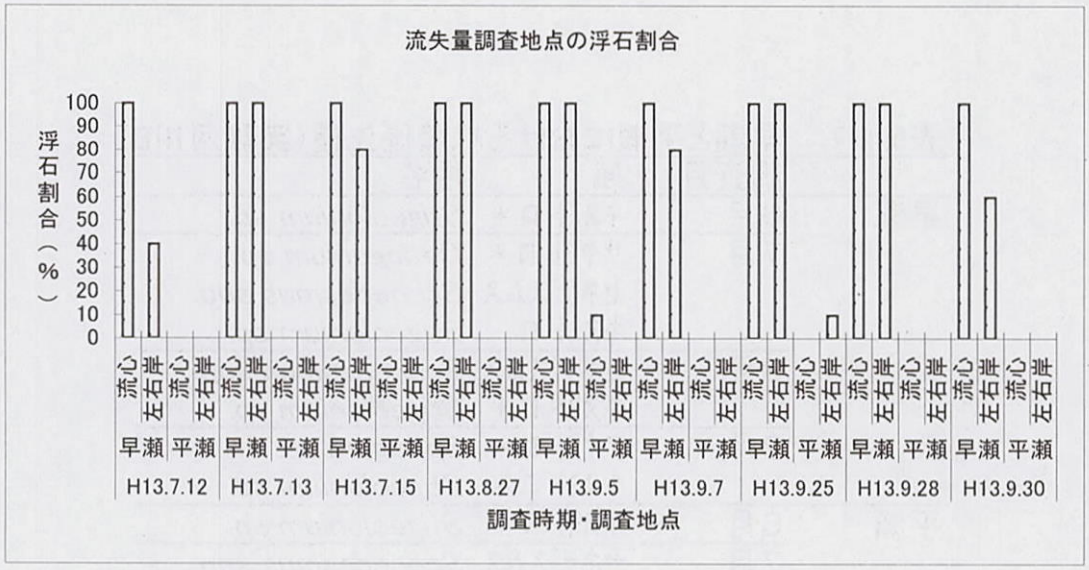


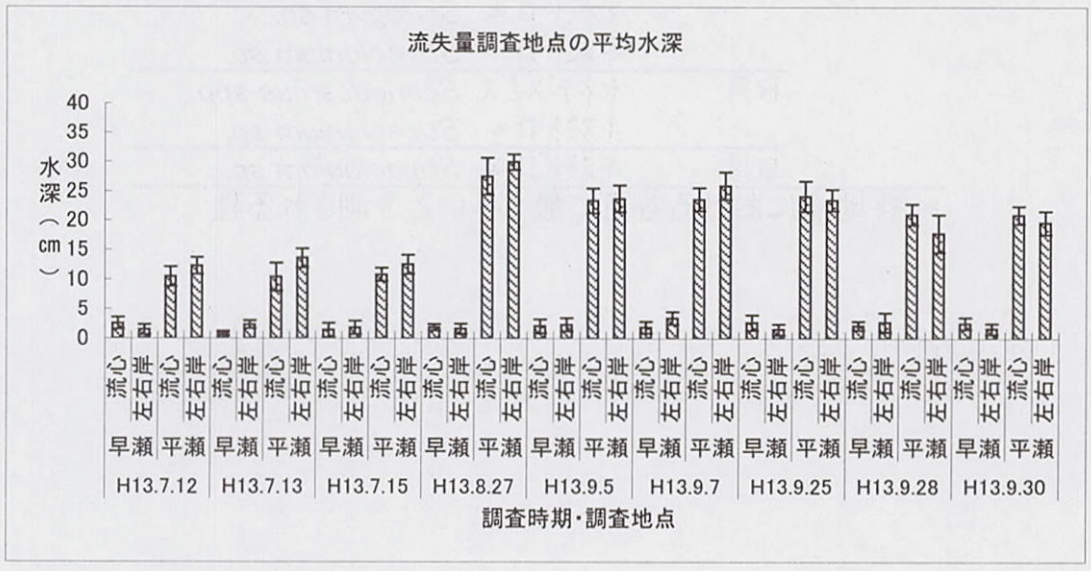
図5.4-31 流下動向調査の水位との関係

表5.4-7　早瀬と平瀬における緑藻優先種（実験河川B）

	調査月	属	種名
早瀬	6月	ｷﾇﾐﾄﾞﾛ＊	*Stigeolonium sp.*
	7月	ｻﾔﾐﾄﾞﾛ＊	*Oedogonium sp.*
		ｾﾈﾃﾞｽﾑｽ	*Scenedesmus spp.*
		ｷﾇﾐﾄﾞﾛ	*Stigeolonium sp.*
	8月	ｾﾈﾃﾞｽﾑｽ	*Scenedesmus spp.*
		ｷﾇﾐﾄﾞﾛ＊	*Stigeolonium sp.*
	9月	ｱｵﾐﾄﾞﾛ＊	*Spirogyra sp.*
		ｷﾇﾐﾄﾞﾛ＊	*Stigeolonium sp.*
平瀬	6月	ｷﾇﾐﾄﾞﾛ＊	*Stigeolonium sp.*
	7月	ｾﾈﾃﾞｽﾑｽ	*Scenedesmus spp.*
		ｱｵﾐﾄﾞﾛ＊	*Spirogyra sp.*
		ｷﾇﾐﾄﾞﾛ	*Stigeolonium sp.*
	8月	ｾﾈﾃﾞｽﾑｽ	*Scenedesmus spp.*
		ｷﾇﾐﾄﾞﾛ＊	*Stigeolonium sp.*
	9月	ｷﾇﾐﾄﾞﾛ＊	*Stigeolonium sp.*

＊；各地点における各月で最も多いと予測される種





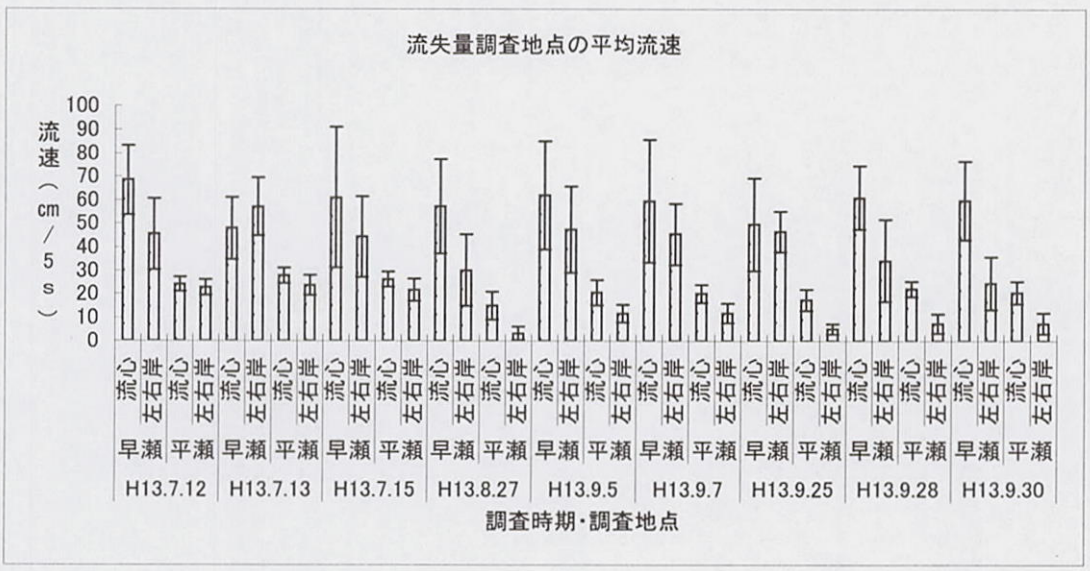
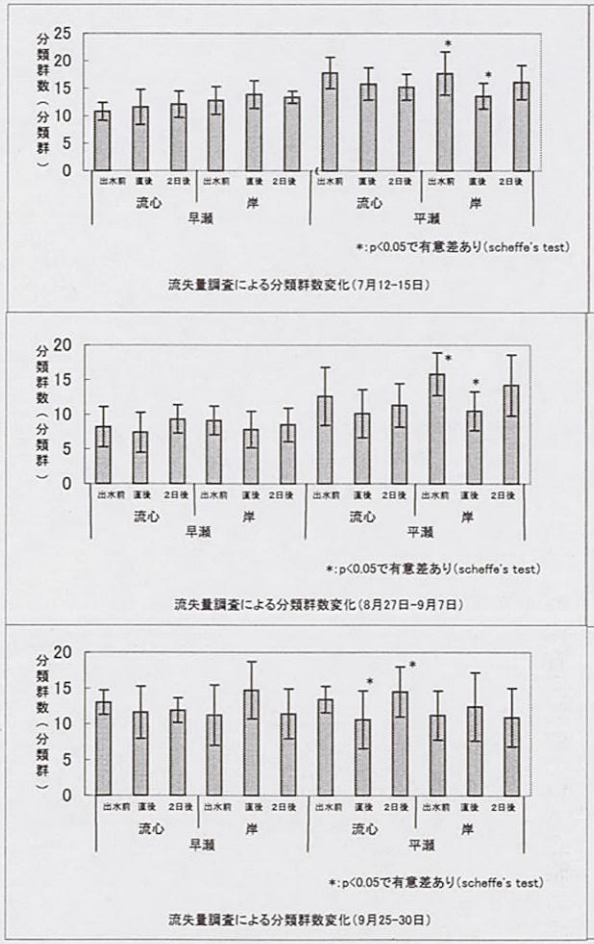
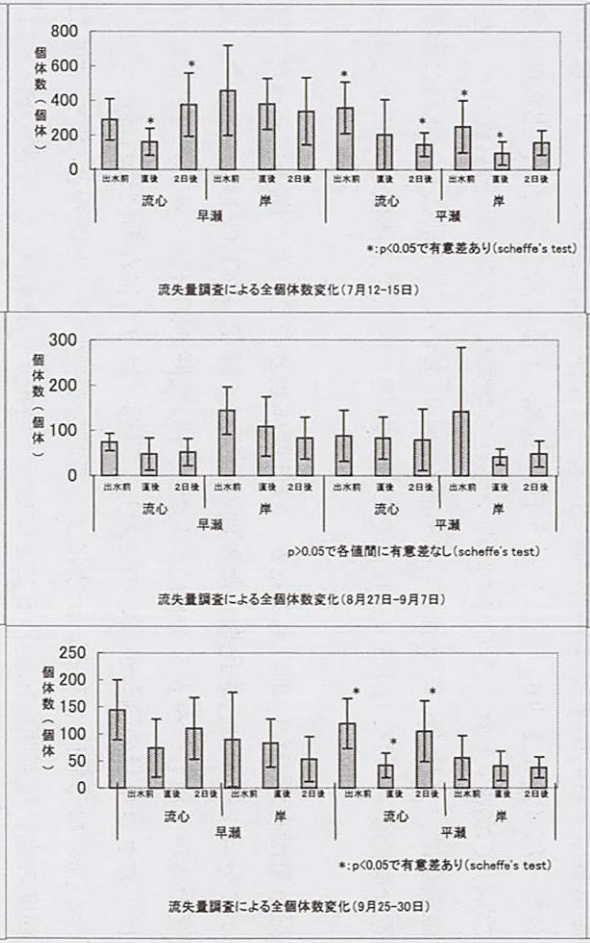


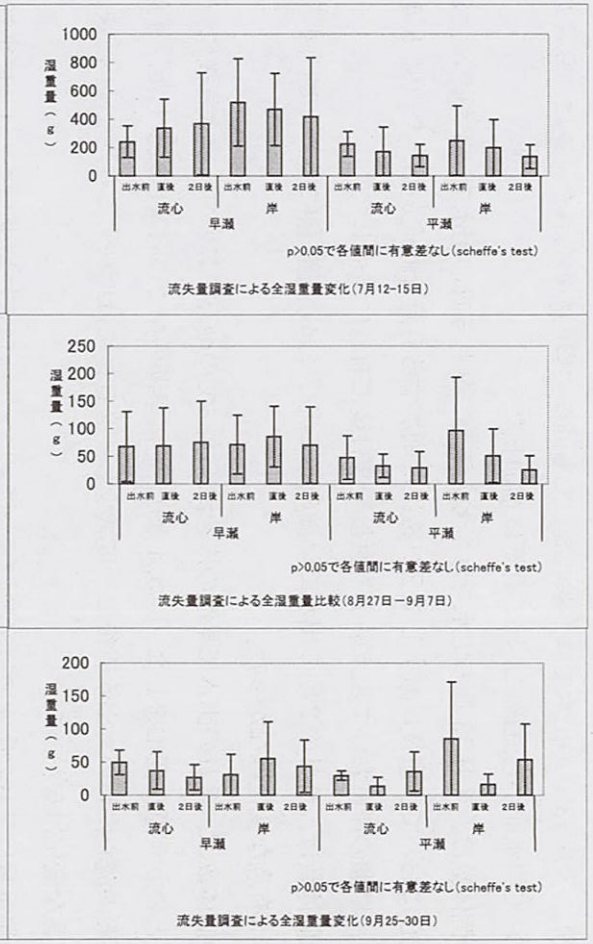
図5.4-32　　流失量調査地点の位置付け



流失量調査による分類群数変化(7月12-15日)



流失量調査による全個体数変化(7月12-15日)



流失量調査による全湿重量変化(7月12-15日)

流失量調査による分類群数変化(8月27日-9月7日)

流失量調査による全個体数変化(8月27日-9月7日)

流失量調査による全湿重量比較(8月27日ー9月7日)

流失量調査による分類群数変化(9月25-30日)

流失量調査による全個体数変化(9月25-30日)

流失量調査による全湿重量変化(9月25-30日)

図5.4-33　流失量調査による分類群数変化

図5.4-34　流失量調査による個体数変化

図5.4-35　流失量調査による湿重量変化

した（図 5.4-36）。7月 13 日の出水では平瀬の流心でも同様の傾向が得られた。逆に、9月 28 日の出水では早瀬の岸において出水前から直後にかけて有意に増加した。

カゲロウ目の個体数は、7月 13 日の出水では早瀬の流心、9月5日の出水では平瀬の岸、9月 28 日の出水では早瀬の流心において、直後に減少して2日後には増加する有意な傾向があった（図 5.4-37）。9月の2回の出水では、早瀬の岸において出水前より直後や2日後に有意に減少した。

トビケラ目の個体数は、9月の2回の出水で早瀬の特に流心において有意に減少した（図 5.4-38）。7月の出水によっては有意な変化はなかった。

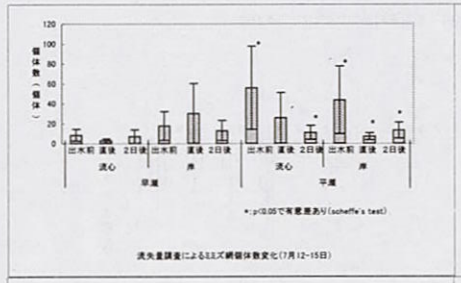
ユスリカ科の個体数は、7月の出水で早瀬の岸を除くすべての地点において、出水直後に一度減少し2日後には増加するという有意な変化をした（図 5.4-39）。逆に早瀬の岸では有意に減少した。9月 28 日の出水では、早瀬と平瀬の流心において出水直後に一度減少し、2日後には増加する有意な傾向があった。9月5日の出水では有意な変化はなかった。

カゲロウ目の湿重量は7月の出水では早瀬の流心において出水直後に減少して2日後に増加し、個体数と同じ有意な傾向があった（図 5.4-40）。逆に9月5日の出水による早瀬の岸では、出水前から直後にかけて増加し、2日後にかけては減少した。その他の時期や地点で個体数との関係は得られなかった。

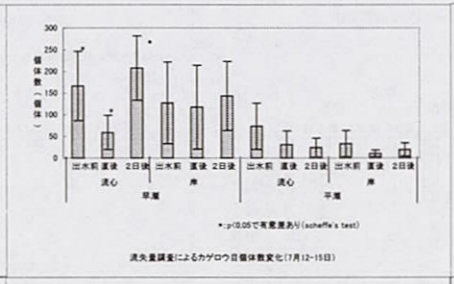
トビケラ目の湿重量は、9月 28 日の出水では早瀬の流心において出水前より出水後に減少するという、個体数と同じ有意な傾向があった（図 5.4-41）。その他の時期や地点で個体数との関係は得られていなかった。

ユスリカ科の湿重量は有意でない地点もあるが、ほぼ個体数と同じ有意な関係があった（図 5.4-42）。

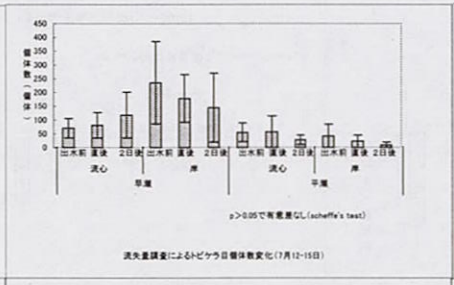
分類群を大まかに分けてその割合を比較した短期の遷移は、図 5.4-43 のようになった。また、その各分類群内で出現頻度の高かったものを表 5.4-8 に示した。各分類群の割合は7月から9月にかけて早瀬ではハエ目、トビケラ目、カゲロウ目の割合が高いのに対し、平瀬では9月になるにつれ流心ではハエ目が、岸ではミミズ網の割合が高くなる傾向がある。出水によって割合が変わることは殆どない。さらに細かい分類群でみても、出現頻度の高い種が明白に変わることはなく、時期別の比較では、平瀬の流心においてのみ出現頻度の高い種が入れ替わっている傾向がある。



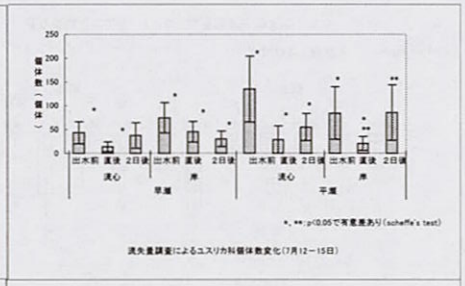
流失量調査によるミミズ網個体数変化(7月12-15日)



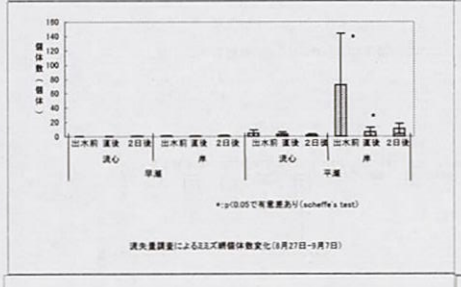
流失量調査によるカゲロウ目個体数変化(7月12-15日)



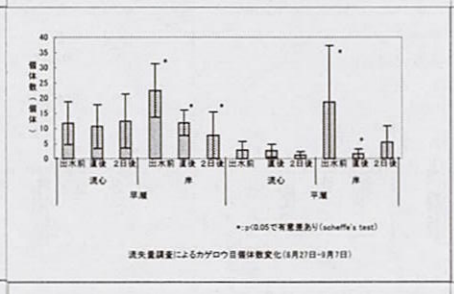
流失量調査によるトビケラ目個体数変化(7月12-15日)



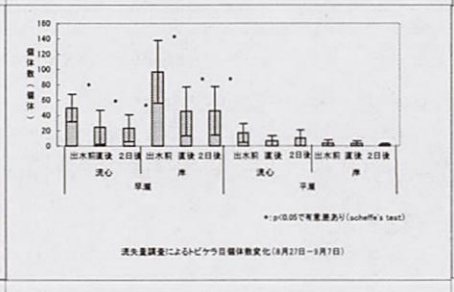
流失量調査によるユスリカ科個体数変化(7月12-15日)



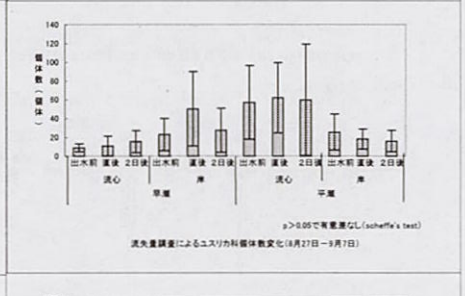
流失量調査によるミミズ網個体数変化(8月27日-9月7日)



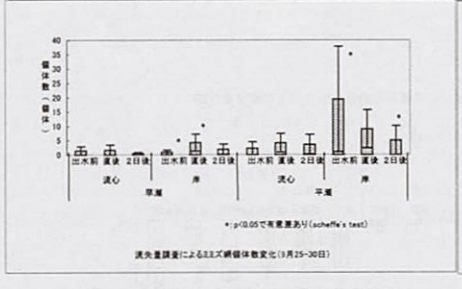
流失量調査によるカゲロウ目個体数変化(8月27日-9月7日)



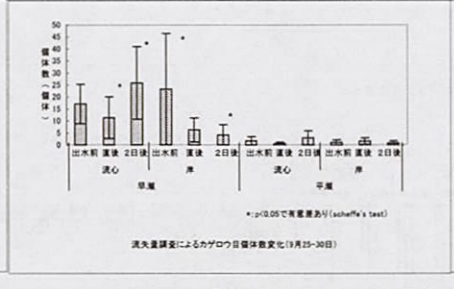
流失量調査によるトビケラ目個体数変化(8月27日-9月7日)



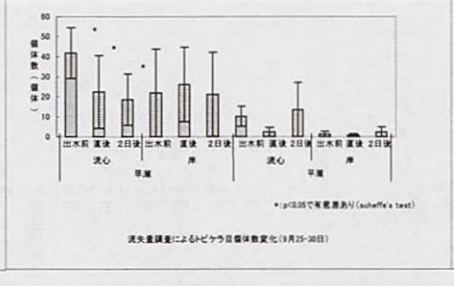
流失量調査によるユスリカ科個体数変化(8月27日-9月7日)



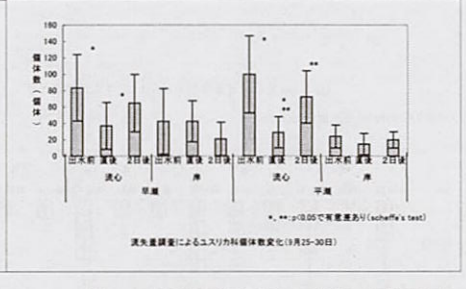
流失量調査によるミミズ網個体数変化(9月25-30日)



流失量調査によるカゲロウ目個体数変化(9月25-30日)



流失量調査によるトビケラ目個体数変化(9月25-30日)



流失量調査によるユスリカ科個体数変化(9月25-30日)

図5.4-36 流失調査によるミミズ網の個体数変化

図5.4-37 流失量調査によるカゲロウ目の個体数変化

図5.4-38 流失量調査によるトビケラ目の個体数変化

図5.4-39 流失量調査によるユスリカ科の個体数変化

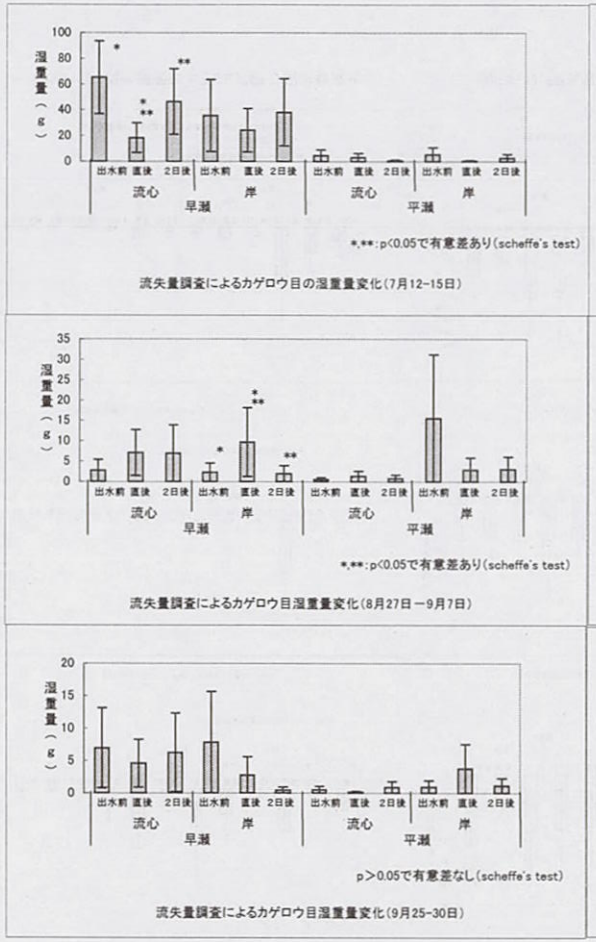


図5.4-40 流失量調査によるカゲロウ目湿重量変化

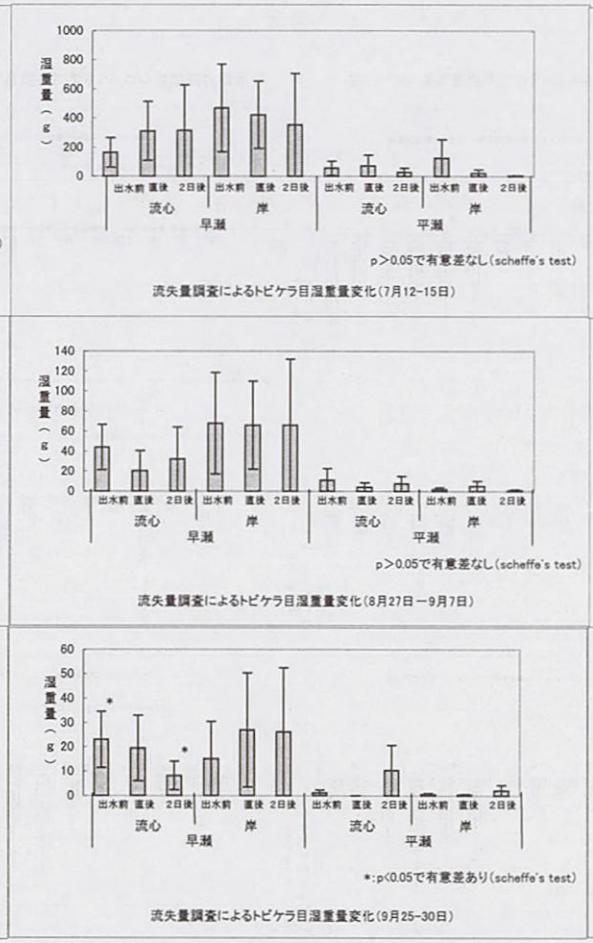


図5.4-41 流失量調査によるトビケラ目の湿重量変化

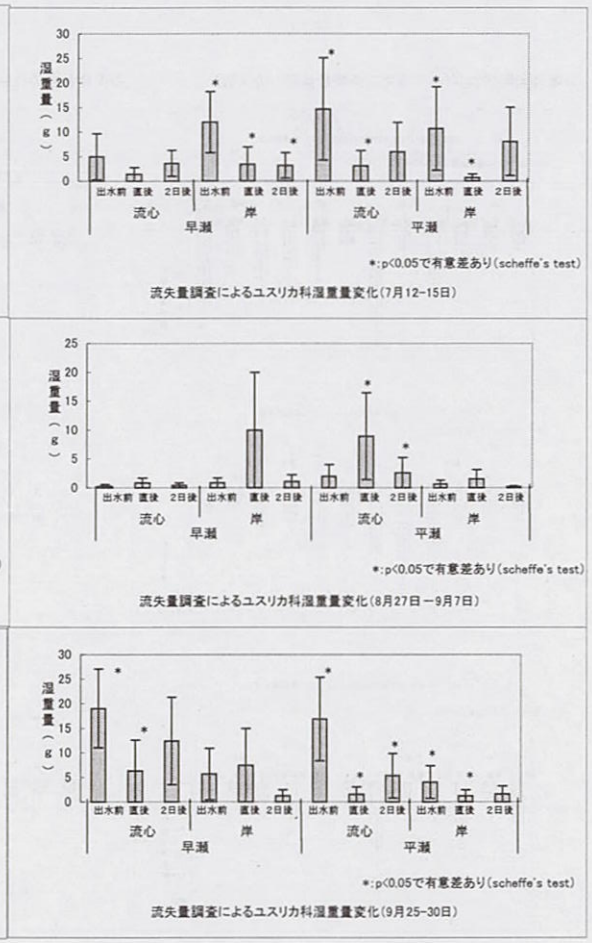
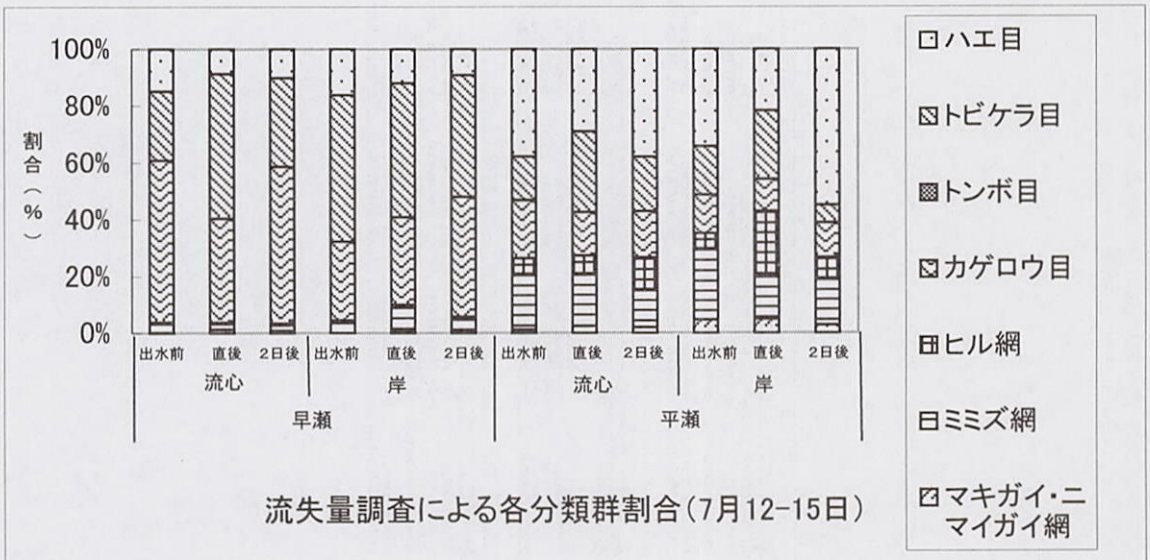
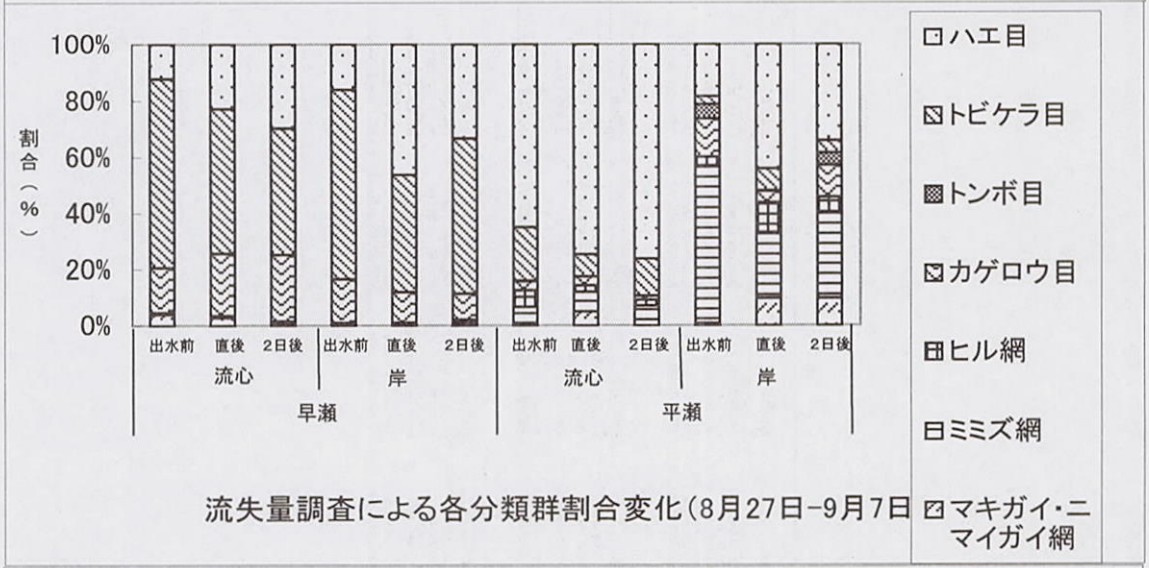


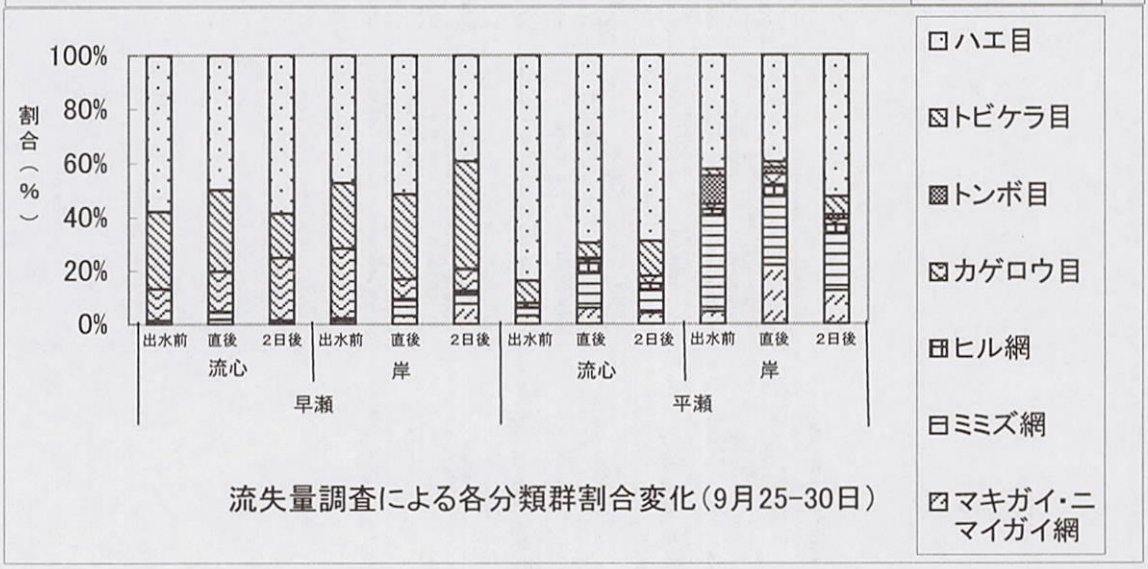
図5.4-42 流失量調査によるユスリカ科の湿重量変化



流失量調査による各分類群割合（7月12-15日）



流失量調査による各分類群割合変化（8月27日-9月7日）



流失量調査による各分類群割合変化（9月25-30日）

図5.4-43　流失量調査による分類群割合

表5.4-8　流失量調査による出現頻度の高い分類群比較

網・目	7月12-15日											
	早瀬						平瀬					
	出水前	出水直後	出水2日後	出水前	出水直後	出水2日後	出水前	出水直後	出水2日後	出水前	出水直後	出水2日後
	流心	流心	流心	岸	岸	岸	流心	流心	流心	岸	岸	岸
マキガイ・ニマイガイ綱	マシジミ(0.1)	マシジミ(0.61)	カワコザラガイ(0.39)	マシジミ(0.05)	マシジミ(0.58)	マシジミ(0.96)	マシジミ(0.71)	マシジミ(1.98)	マシジミ(1.35)	マシジミ(1.50)	マシジミ(1.89)	マシジミ(1.56)
ミミズ綱	ミズミミズ属(2.63)	ミズミミズ属(1.64)	ミズミミズ属(1.61)	ミズミミズ属(3.61)	ミズミミズ属(0.58)	ミズミミズ属(3.51)	ミズミミズ属(10.30)	ミズミミズ属(7.04)	イトミミズ科(5.19)	イトミミズ科(7.18)	イトミミズ科(7.72)	イトミミズ科(7.17)
ヒル綱	イシビル科(0.55)	イシビル科(0.33)	イシビル科(0.54)	イシビル科(0.39)	イシビル科(0.58)	イシビル科(0.57)	イシビル科(5.13)	イシビル科(5.91)	イシビル科(10.63)	イシビル科(4.93)	イシビル科(15.58)	イシビル科(7.17)
カゲロウ目	Hコカゲロウ(36.50)	Hコカゲロウ(18.06)	コカゲロウ属(24.76)	Hコカゲロウ(14.06)	Hコカゲロウ(12.96)	Hコカゲロウ(18.10)	コカゲロウ属(17.79)	コカゲロウ属(9.08)	コカゲロウ属(12.21)	コカゲロウ属(6.45)	コカゲロウ属(5.73)	コカゲロウ属(6.58)
トンボ目	—	—	—	—	アオモンイトトンボ属(0.02)	—	クロイトトンボ属(0.06)	-	—	—	—	—
トビケラ目	コガタシマトビケラ(23.87)	コガタシマトビケラ(49.00)	コガタシマトビケラ(30.38)	コガタシマトビケラ(51.05)	コガタシマトビケラ(45.58)	コガタシマトビケラ(42.14)	ヒメトビケラ属(8.43)	コガタシマトビケラ(16.55)	ヒメトビケラ属(13.30)	コガタシマトビケラ(11.74)	ヒメトビケラ属(12.60)	ヒメトビケラ属(4.63)
ハエ目	ハモンユスリカ属(7.49)	ハモンユスリカ属(4.21)	エリユスリカ亜科(4.19)	エリユスリカ亜科(7.47)	ハモンユスリカ属(5.01)	ハモンユスリカ属(3.60)	ハモンユスリカ属(11.66)	ハモンユスリカ属(14.97)	ハモンユスリカ属(14.19)	ユスリカ亜科(14.04)	ハモンユスリカ属(12.06)	ハモンユスリカ属(28.31)
	数字:全個体数にたいする各分類群の個体数割合(%)											

網・目	9月27日-9月7日											
	早瀬						平瀬					
	出水前	出水直後	出水2日後	出水前	出水直後	出水2日後	出水前	出水直後	出水2日後	出水前	出水直後	出水2日後
	流心	流心	流心	岸	岸	岸	流心	流心	流心	岸	岸	岸
マキガイ・ニマイガイ綱	カワコザラガイ(4.09)	カワコザラガイ(2.86)	カワコザラガイ(0.31)	カワコザラガイ(0.49)	カワコザラガイ(0.62)	カワコザラガイ(0.55)	マシジミ(0.45)	カワコザラガイ(3.16)	マシジミ(1.49)	マシジミ(0.51)	カワコザラガイ(5.98)	カワコザラガイ(5.32)
ミミズ綱	ミズミミズ属(0.30)	ﾐﾅﾐﾐﾐｽﾞ属+ﾅｶｸﾞﾐﾐﾐｽﾞ属(各0.19)	ミズミミズ属(1.04)	ミズミミズ属(0.35)	ミズミミズ属(0.26)	ミズミミズ属(0.60)	テングミズミミズ属(3.29)	イトミミズ科(2.90)	イトミミズ科(2.37)	テングミズミミズ属(48.73)	テングミズミミズ属(10.95)	テングミズミミズ属(18.65)
ヒル綱	イシビル科(0.30)	イシビル科(0.19)	イシビル科(0.17)	—	—	ハバヒロビル(0.23)	イシビル科(5.56)	イシビル科(2.05)	イシビル科(1.93)	イシビル科(2.55)	イシビル科(8.67)	イシビル科(4.72)
カゲロウ目	Hコカゲロウ(12.10)	Hコカゲロウ(12.77)	Hコカゲロウ(13.01)	コカゲロウ属(8.71)	Hコカゲロウ(8.33)	Hコカゲロウ(5.17)	Hコカゲロウ(1.92)	Hコカゲロウ(1.84)	Hコカゲロウ(0.71)	フタバカゲロウ属(9.73)	Hコカゲロウ(3.00)	コカゲロウ属(1.92)
トンボ目	—	—	—	—	—	—	イトトンボ科(0.19)	—	—	イトトンボ科(3.53)	イトトンボ科(0.29)	イトトンボ科(2.27)
トビケラ目	コガタシマトビケラ(67.12)	コガタシマトビケラ(50.04)	コガタシマトビケラ(43.50)	コガタシマトビケラ(66.63)	コガタシマトビケラ(40.58)	コガタシマトビケラ(53.60)	コガタシマトビケラ(13.32)	コガタシマトビケラ(6.39)	ヒメトビケラ属(7.14)	ヒメトビケラ属(1.73)	コガタシマトビケラ(6.72)	コガタシマトビケラ(3.05)
ハエ目	ハモンユスリカ属(4.01)	ハモンユスリカ属(13.00)	ハモンユスリカ属(8.54)	ユスリカ亜科(9.95)	ナガレユスリカ属(23.77)	ユスリカ亜科(11.46)	ナガレユスリカ属(25.95)	ナガレユスリカ属(52.89)	ナガレユスリカ属(28.56)	ナガレユスリカ属(9.65)	ナガレユスリカ属(25.52)	ナガレユスリカ属(9.18)
	数字:全個体数にたいする各分類群の個体数割合(%)											

網・目	9月25-30日											
	早瀬						平瀬					
	出水前	出水直後	出水2日後	出水前	出水直後	出水2日後	出水前	出水直後	出水2日後	出水前	出水直後	出水2日後
	流心	流心	流心	岸	岸	岸	流心	流心	流心	岸	岸	岸
マキガイ・ニマイガイ綱	カワコザラガイ(0.34)	カワコザラガイ(1.60)	カワコザラガイ(0.84)	カワコザラガイ(1.16)	カワコザラガイ(2.02)	カワコザラガイ(6.32)	カワコザラガイ(1.89)	カワコザラガイ(2.89)	カワコザラガイ(2.51)	カワコザラガイ(3.61)	カワコザラガイ(17.64)	カワコザラガイ(10.78)
ミミズ綱	ミズミミズ属(0.92)	ミズミミズ属(1.37)	ミズミミズ属(0.26)	ミズミミズ属(0.87)	ミズミミズ属(3.00)	ミズミミズ属(2.16)	テングミズミミズ属(1.26)	テングミズミミズ属(8.14)	イトミミズ科(5.41)	テングミズミミズ属(32.02)	テングミズミミズ属(18.52)	テングミズミミズ属(9.96)
ヒル綱	—	イシビル科(0.18)	—	イシビル科(0.07)	イシビル科(0.59)	イシビル科(1.03)	イシビル科(0.30)	イシビル科(3.21)	イシビル科(2.12)	イシビル科(1.86)	イシビル科(3.24)	イシビル科(3.00)
カゲロウ目	コカゲロウ属(6.58)	コカゲロウ属(5.89)	ミジカオフタバコカゲロウ属(12.36)	コカゲロウ属(14.86)	コカゲロウ属(4.04)	ミジカオフタバコカゲロウ属(3.23)	コカゲロウ属(0.61)	ｻﾎｺｶｹﾞﾛｳ+Hコｶｹﾞﾛｳ(各0.71)	ミジカオフタバコカゲロウ属(1.15)	フタバカゲロウ属(1.26)	フタバカゲロウ属(1.69)	フタバカゲロウ属(1.62)
トンボ目	—	—	—	—	—	イトトンボ科(0.15)	イトトンボ科(0.28)	イトトンボ科(0.39)	—	イトトンボ科(9.87)	イトトンボ科(1.69)	イトトンボ科(0.80)
トビケラ目	コガタシマトビケラ(16.19)	コガタシマトビケラ(16.86)	コガタシマトビケラ(12.73)	コガタシマトビケラ(15.55)	コガタシマトビケラ(24.63)	コガタシマトビケラ(38.65)	ヒメトビケラ属(7.79)	ヒメトビケラ属(5.54)	コガタシマトビケラ(6.57)	ヒメトビケラ属(2.12)	コガタシマトビケラ(1.84)	コガタシマトビケラ(5.50)
ハエ目	ハモンユスリカ属(18.05)	ハモンユスリカ属(15.43)	エリユスリカ亜科(21.55)	ハモンユスリカ属(12.66)	ハモンユスリカ属(14.62)	エリユスリカ亜科(14.09)	エダゲヒゲユスリカ属(28.57)	エダゲヒゲユスリカ属(15.83)	エダゲヒゲユスリカ属(26.77)	ハモンユスリカ属(13.14)	ハモンユスリカ属(8.56)	ハモンユスリカ属(16.82)
	数字:全個体数にたいする各分類群の個体数割合(%)											

５．４．４　考察

＜定期調査＞

定性採集で実験河川Ｂのほうに分類群数が多いという傾向がでたのは、実験河川Ｂにだけ違った種が生息していたというわけではない。つまり、実験河川Ｂの水際ではその他の生息場所でもみられる種が採集されたということになる。したがって、出水がない河川では生物が生息場所を移動する機会がなく、出水がある河川では出水によって生息場所が広げられているという可能性が考えられる。

全体の比較と、出現頻度の高い種ごとの比較を総合してみると、全体の比較で得られる結果は明らかにマシジミ、カゲロウ目（コカゲロウ属）、トビケラ目（コガタシマトビケラ、ヒメトビケラ属）、によるものであることが分かる。これらの種はいずれも出水のない河川では減少傾向にあったのに、出水河川のほうでは増加傾向にあり、最終的にマシジミやトビケラ目では有意な個体数の差が生じている。一方、石の空間を利用するコガタシマトビケラや石表面の流れにのって生息するコカゲロウ属は、早瀬のある上流部や下流部で河川間の違いがはっきりしている。また、河床に潜って生息するマシジミや石のくぼみなどにも巣をつくる小型のヒメトビケラ属などは、平瀬しかない中流部で河川間の違いがはっきりしている。このことは早瀬だけの結果からも伺われる。したがって、出水と底生動物の生活型とは密接に関係しており、出水のない河川では早瀬や平瀬の底生動物にとっての生活空間がなくなっていると推測される。

実験河川に優占している種のなかで唯一ちがった変化をしているが、ユスリカ科である。個体数に有意な結果はなかったが、出現頻度の高い種や個体数割合の比較から出水のない河川ではその生息割合が増加していることが分かる。ユスリカ科はその種が多いことからその繁殖力や生活型の幅は広く、ある程度の環境には柔軟性があると思われる。したがって出水がないことで石の隙間や河床空間がなくなったとしても、その他植物の空間等を利用できる種が繁殖したと思われる。

底生動物と生息空間の関係を裏付けるため河床材料について検討してみたが、はっきりとした関係をみつけることは出来なかった。その原因としては、底質指数の位置付けを実験河川の環境にあわせて設定しなおしたほうが良いのではないかということと、今回の粒度組成調査では把握し得ないもっと細かい浮遊物などが関係しているのではないかという２つの可能性が考えられる。

以上、定期調査により出水の有無は長期的に底生動物の生息空間へ何らかの影響を与えており、その空間を利用する出現頻度の高い種に対する影響にもつながることが確認されたと思われる。

＜流下動向調査＞

この調査より出水によって流される底生動物が多いことや、その種類について特定することができたと思われる。個体数にみられた有意な変化が湿重量の変化には見られなかったことは、流された個体が小型のものであったと考えられる。

７月の平常時に流されている個体数が多いことは、この時期に底生動物が活発で孵化幼虫も比較的多い[2]ことが流されやすい要因になっていると思われる。

９月と 12 月の最上流における調査による底生動物の個体数が、中流部の調査による個体数より有意に少なかったことより、出水によって流された底生動物の多くは実験河川内に生息していたものであると思われ

る。

流されていた分類群と藻類の関係をみると明らかに藻類と個体数は比例関係にあり、昨年度の調査より明らかになったハエ目やミミズ網が藻類を生息場としていることと矛盾していなかった[3]。したがって、実験河川において流下する底生動物は藻類の流下による影響を強く受けており、藻類と伴に流下するものとが考えられる。また出水中には石表面に生息するトビケラ目やカゲロウ目が流下するが、これも藻類が根本から流失した時に小型のものは巻き込まれるかたちで流されたのではないかと思われる。

藻類の量は中流部が最上流部よりも少ないにも関らず、底生動物の個体数は中流部のほうが多かったことから、配水池からの藻類に生息している底生動物は少ないものと思われる。その配水地からの藻類が実験河川内の藻類や底生動物を巻き込むかたちで流下することにより、中流部では底生動物の個体数が増加したのだと思われる。一方藻類の量が中流部で増加していないのは、流下途中で水際植物や抽水植物等により河道内に残留しているものと考えられる。

出水において流される底生動物の多くは出水のピークがくるよりも前の時点で流下しており、その後出水がどれだけ流されても、底生動物に対してはそれほど影響を与えないと考えられる。

＜流失量調査＞

分類群数における変化が有意でなかったことは、今回の出水が特定の種が生息できなくなるほど強い影響を与えるものではなかったものと思われる。また全分類群数や全個体数の結果で得られた有意な変化は、ユスリカ科とミミズ網の変化と一致している。したがって、「流下動向」調査で得られたように藻類を生息場としている種が影響をうけていることがこの調査からも確認された。

分類群別でみた結果より、ミミズ網は平瀬でのみ個体数が復元することなく２日後まで減りつづけている。これは、平瀬の流れが緩いことで早瀬よりも藻類の繁茂を多くしており、そこに生息するミミズ網を多くする。また、早瀬よりも平瀬のほうが藻類の影響を強く受けることでミミズ網の損失も大きなものになったのだと考えられる。その他、平瀬については早瀬にはないような遷移の変化や出現頻度の高い種の入れ替わりなどが見られることから、藻類の繁茂による流失の繰り返しが平瀬の底生動物相に影響を与えていると考えられる。

ユスリカ科の分類群数や個体数が全体の合計にも影響を及ぼすのは、ユスリカ科が実験河川において種数や個体数が最も多い種であることが影響していると考えられる。またミミズ網と同じように藻類に多く生息しているにも関わらずミミズ網が減少し続ける箇所で２日後には復元する理由として、ユスリカ科の実験河川内における現存量が膨大であることや、柔軟性ある生活型をもつこと、繁殖力が強いこと等が上げられると思われる[4]。

カゲロウ目については減少をしている箇所もあったが、殆どの箇所で２日後には復元していることから、一時的に流されても、移動能力が高いことで再び生息しやすい箇所へ移動するのではないかと考えられる。

トビケラ目については９月の出水により、特に早瀬で影響が出ている。これは、トビケラ目が早瀬を好む種であり個体群密度が高いことや、９月には個体数が多く安定期に入っていたことが影響していると思われる。その影響は２日後になっても復元することなく、出水後減少し続けている。これは、先述までの３分類

群にくらべてトビケラ目が石の隙間に巣をつくるなど生息空間との関係が密接であることから復元しにくいのではないかと思われる。

＜まとめと今後の課題＞

以上３つの調査より、今年度の出水の影響は短期的よりも長期的に確認された。これは今年度の出水の規模が直接底生動物を流失したり、生息場所を著しく壊すほどのものではなく、河川内のまだ明確にできていないところに影響を与え、それが結果として底生動物へ間接的に影響を与える規模であったことが考えられる。また長期的な調査と短期的な調査の関係をみると、短期的に影響を受けた種は長期的には影響をうけることなく、長期的に影響をうけた種は短期的には影響をうけにくい傾向がある。このことについては、移動性の高い種は、出水中の流れの緩やかな水際などに一度移動するがその後戻ることができることや、石の空間や河床に潜れるものはそれらを崩壊するほどの出水規模ではない限りその場で潜りこめるなどの推察ができる。また、出水中流されやすい種は柔軟性が高い種であることも把握できた。しかし、この復元についてはもう１度新たな方法で確認したいと考えている。

今回の報告では不明確な部分があり、裏づけとなる結果も示せていない部分もある。しかし、H13 年度から H14 年度の出水に関する調査は２年間という今までにない期間で行われることから、今回得られた結果のうち傾向のみに留まっていた結果も明確なものになる可能性があると思われる。また、さらに大きな出水があることを期待し今年度と同じ調査を H14 年度も継続し、２年間の総括として出水との底生動物の関係を明確にしたいと考えている。一方、環境要因として今回にはない視点で把握するため河床材料にくわえ、浮遊物等の調査行う予定である。

引用文献

１）A.A.Graham,D.J.WcCaughan and F.S.McKee:Measurement of surface area of stones.Hydrobiologia 157:85-87,1988

２）津田松苗：水生昆虫学，北隆館，1983

３）自然共生研究センター：平成 12 年度研究報告書，土木研究所資料 Vol.3835，2001

４）森谷清樹：ユスリカ類概説，Vol.25，No.3，1983

５）K.Tanida and Y.Takemon:Micro-habitaltat Structures and Benthic Animal Assemblages in Different Stream Orders of Natural Mountain Stream in Japan,Ecoset Proceeding Vol.1,95-100,1995

６）水源地森林機能研究会：水源地森林機能に関する研究,23-24,2000

5．5　魚類への影響

(1) 研究目的

魚類調査の目的は以下のとおりである。

・実験河川における魚類の生息状況を昨年度に引き続きモニタリングする。

・流量変動の有無が魚類の生息に与える影響を把握する。

(2) 調査方法

実験河川における魚類相、現存量を把握し、これらの季節変化を明らかにするため、生息魚類調査を平成13年9月から平成14年3月まで、月一度実施した。表5.5.1に調査日程を示す。調査区間は、各ゾーン間の比較及び、各ゾーン内のハビタットの比較ができるよう、昨年度の調査区間を考慮して実験河川 B・C に19区間ずつ設定した。1区間当たりの延長は原則15mであり、ハビタット研究ゾーン及び河岸開発ゾーンについては、蛇行部の淵・瀬・平瀬のセットを6m・4m・10mの長さで区切った。図5.5.1に調査区間の図を示す。

表5.5.1　生息魚類調査日程

調査時期	調査日	備考
5月		15日　平常流量0.1m^3/s
7月		13日　出水実験実施
8月		
9月	平成13年9月18－19	4、28日　出水実験実施
10月	平成13年10月18－19	
11月	平成13年11月28－29	
12月	平成13年12月25－26	5日　出水実験実施
		11日　平常流量0.05m3/sに調整
1月	平成14年1月24-25	
2月	平成14年2月20-21	
3月	平成14年3月25-26	

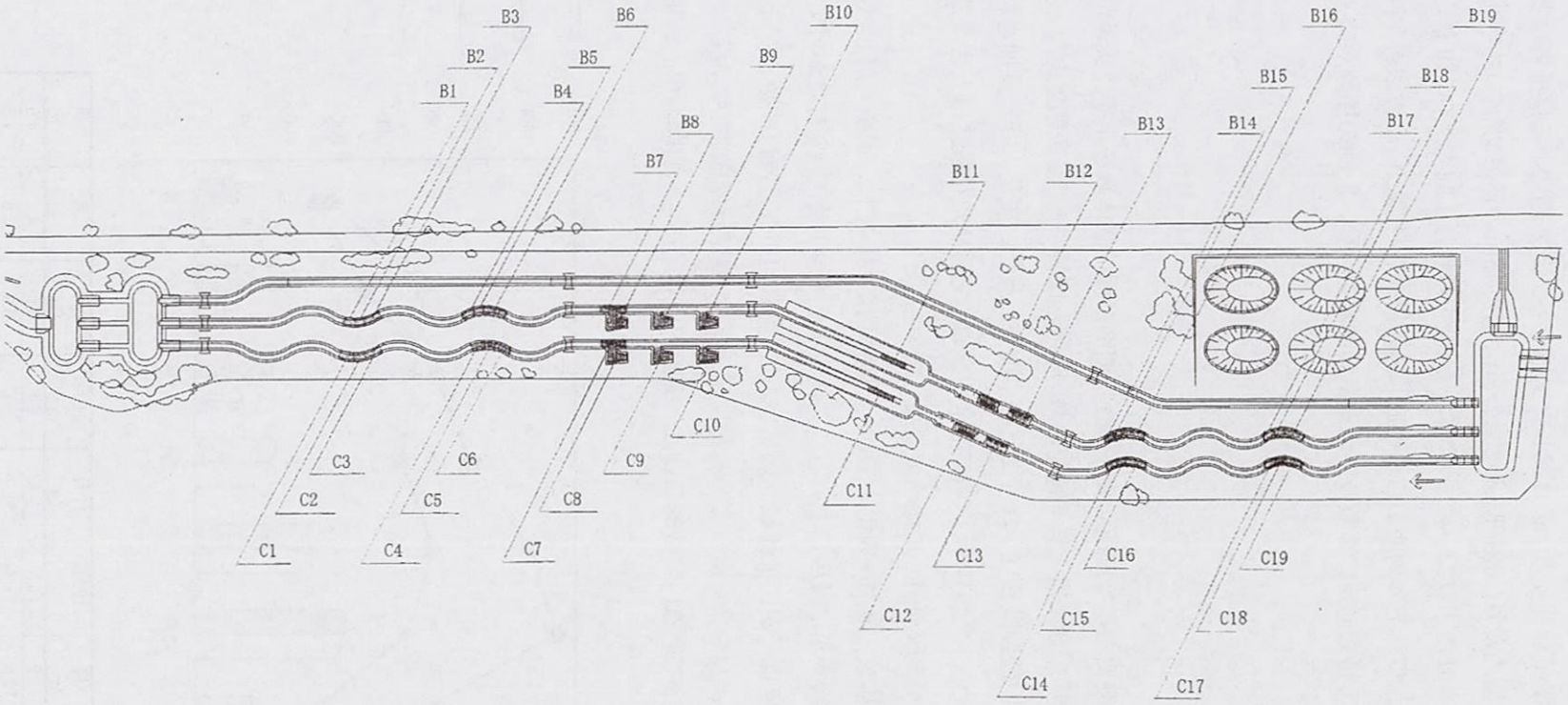


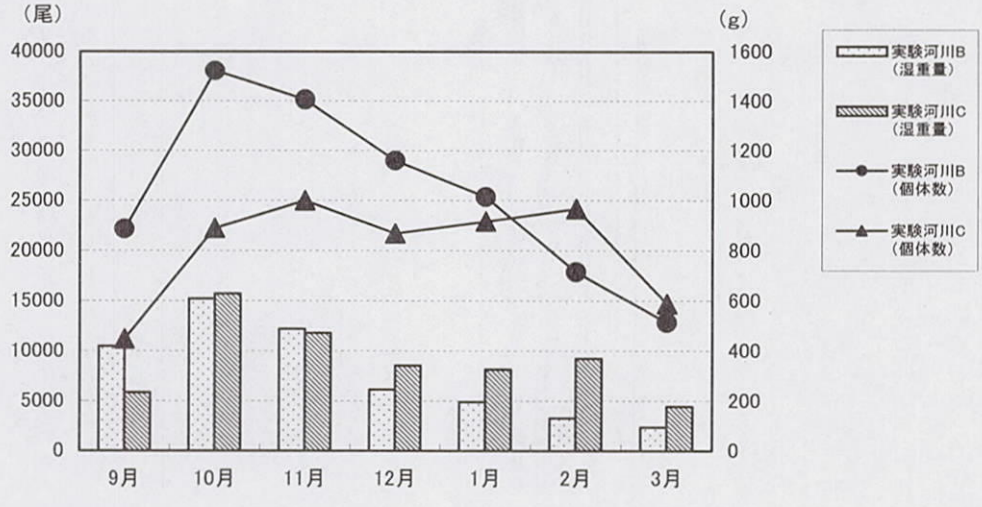
図 5. 5. 1　生息魚類調査　調査区間位置図

採捕は、まず調査区間の上下流をブロックネット（目合 5mm）で仕切った後に、電気ショッカーで下流から上流に向かって行った。電気ショッカーのオペレータは１名、たも網による採捕者は３名である。１区間の採捕回数は３回であり、1回当たりの採捕時間は幅 2.5m、延長 15mの標準的な区間で 60 秒を基本とし、調査区間面積に比例して変化させた。ワンドについては、水深を考慮し１回当たり 180 秒とし、電気ショッカーによる採捕が終了した後、ワンドの周囲から魚を追い込み投網を打つという方法を３回繰り返し、採捕した。採捕した魚類はその場で種の同定、体長及び湿重量の測定を行い、３ 回の採捕が終了した後に当該区間に再度放流した。

(3) 結果

表 5.5.2 に生息魚類調査の概要として魚種別及び調査時期別の採捕個体数を示す。実験河川で採捕された魚介類は魚類６目９科 27 種、甲殻類１目４科４種であり、昨年と比較すると、魚類はカワヒガイ、メダカ（ヒメダカ）が新たに発見され、甲殻類はミゾレヌマエビの１種であった。また、昨年採捕されたヤリタナゴ、ドンコは現在のところ確認できていない。河川別では全期を通して確認魚種数には大きな差はないが、採捕個体数では、実験河川Ｂの方が実験河川Ｃに比べ多くなっている。

図 5.5.2 は河川別の採捕個体数・湿重量変化を示した。個体数においては、実験河川Ｂは９月から 10 月にかけて大きく増加し、その後緩やかに減少している。実験河川Ｃも９月から 10 月にかけて大きく増加し 11 月まで増加を続ける。その後ほぼ一定に推移し、３月になって実験河川Ｂとほぼ同数となる。湿重量では、９月は実験河川Ｂで実験河川Ｃよりも多くなっているが、10 月、11 月はほぼ横並びになり、12 月以降は、実験河川Ｃの湿重量がＢを上回っている。特徴的な点は、実験河川Ｂにくらべ実験河川Ｃの平均湿重量が大きいことである。



平均湿重量

実験河川	9月 (g)	10月 (g)	11月 (g)	12月 (g)	1月 (g)	2月 (g)	3月 (g)
B	11.8	10.0	8.6	5.3	4.8	4.5	4.5
C	13.0	17.6	11.7	9.8	8.9	9.5	7.5

図 5.5.2　河川別採捕個体数・湿重量変化

表 5.5.2　生息魚類調査結果概要

目名	科名	種名	学名	実験河川B								実験河川C								総計
				9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計	
ウナギ	ウナギ	ウナギ	*Anguilla japonica Temminck et Schlegel*											1					1	1
コイ	コイ	オイカワ	*Zacco platypus*	190	500	730	523	598	223	129	2893	72	175	309	371	397	492	146	1962	4855
		アブラハヤ	*Phoxinus lagowskii steindachneri Sauvage*													1	1		2	2
		ウグイ	*Tribolodon hakonensis*			1	1			1	3					3	3		6	9
		タモロコ	*Gnathopogon elongatus elongatus*	80	150	124	92	46	59	73	624	59	99	106	63	44	29	67	467	1091
		モツゴ	*Pseudorasbora parva*	16	30	43	46	22	55	12	224	15	9	26	39	29	34	17	169	393
		カワヒガイ	*Sarcocheilichthys variegatus variegatus*									2							2	2
		カマツカ	*Pseudogobio esocinus esocinus*	48	57	86	46	31	27	16	311	9	29	58	29	20	23	19	187	498
		カワムツ	*Zacco temminckii*									2	2	1	2	1			8	8
		ツチフキ	*Abbottina rivularis*	25	24	16	7	4	10	10	96	7	14	17	17	19	13	9	96	192
		ゼゼラ	*Biwia zezera*	1	3	1	2	1			8			1	2	1			4	12
		ニゴイ	*Hemibarbus barbus*	48	85	64	23	11	3		234	13	17	22	11	5	4	4	76	310
		スゴモロコ類	*Squalidus sp.*	16	2	7	1	1			27									27
		コイ	*Cyprinus carpio Linnaeus*	39	46	33	17	9	9	2	155	4	17	15	13	11	7	2	69	224
		フナ類	*Carassius sp.*	134	257	149	100	88	98	36	862	90	210	249	175	207	164	132	1227	2089
		カネヒラ	*Acheilognathus rhombeus*	4	1						5		1				1		2	7
		イチモンジタナゴ	*Acheilognathus cyanostigma Jordan et Fowler*						2		2			2		4	2		8	10
	ドジョウ	ドジョウ	*Misgurnus anguillicaudatus*	10	14	12	37	25	29	28	155	3	8	13	6	9	20	23	82	237
		シマドジョウ類	*Cobitis sp.*	83	115	37	148	91	79	88	641	42	84	35	52	74	58	64	409	1050
ナマズ	ナマズ	ナマズ	*Silurus asotus Linnaeus*		2	1	3			1	7	1	1	6	1	3		3	15	22
サケ	キュウリウオ	アユ	*Plecoglossus altivelis altivelis Temminck et Schlegel*		1						1	3							3	4
ダツ	メダカ	メダカ(ヒメダカ)	*Oryzias latipes*															1	1	1
スズキ	サンフィッシュ	ブルーギル	*Lepomis macrochirus Rafinesque*	20	27	31	12	6	8	3	107	20	40	65	36	40	24	17	242	349
		オオクチバス	*Micropterus salmoides*	12	5	3	1	1			22	3	9	7	4	2	1		26	48
	ハゼ	ヨシノボリ類	*Rhinogobius sp.*	113	118	41	70	52	83	80	557	63	95	41	31	37	66	63	396	953
		ウキゴリ	*Chaenogobius urotaenia*	6	5	4	3	3	2	1	24	5	3	2	2	1	4		17	41
	タイワンドジョウ	カムルチー	*Channa argus*		4	2	3	3	2	2	16		4	1	4	2	2	2	15	31
エビ	テナガエビ	スジエビ	*Palaemon paucidens*	3	4	1	6	1			15				1			1	2	17
	アメリカザリガニ	アメリカザリガニ	*Procambarus clarkii*	34	63	17	12	17	24	30	197	32	64	23	9	6	19	18	171	368
	ヌマエビ	ミゾレヌマエビ	*Caridina leucosticta*		2	1	3	2	1	1	10		2	1					3	13
	イワガニ	モクズガニ	*Eriocheir japonicus*	4	6	1	3	3			17	3	7				1		11	28
出現魚種数				20	24	23	23	21	17	17	26	20	21	22	20	22	21	17	30	31
総計				886	1521	1405	1159	1015	714	513	7213	448	890	1001	868	916	968	588	5679	12892

個体数の多い上位5種とその他の種による魚種構成割合のグラフを図5.5.3に示す。これによると、実験河川B,Cともにオイカワが最も大きな割合を占め、特に実験河川Bにおいては11月に50%を超えている。タモロコ、ヨシノボリの占める割合は両河川ともに同程度であるが、フナ類は実験河川Cで比率が高く、各月で20%程度採捕されている。ヨシノボリ類、シマドジョウ類のような底生魚の割合は、ほぼ同程度であった。

図5.5.4に個体数の多い上位5種とその他の種にブルーギルを加えた調査区間別魚種構成割合のグラフを示す。ワンド研究ゾーンでは、他のゾーンに比べタモロコ、ヨシノボリ類、シマドジョウ類の割合が少ない。それとは逆に、ブルーギルの割合がその他の区間に比べ多くなっている。実験河川Bのワンド研究ゾーンでは、オイカワの割合が50%を超えている。

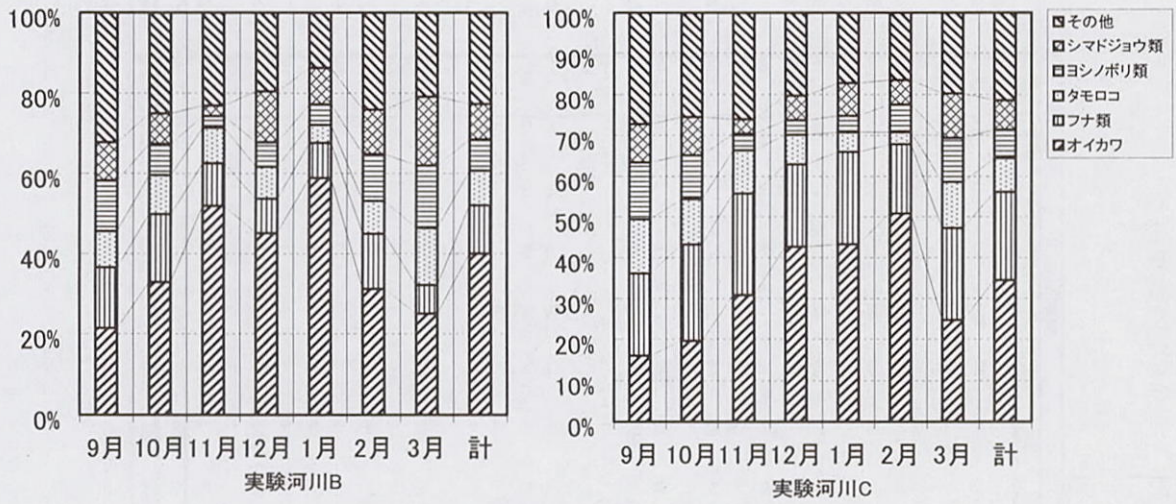


図5.5.3　調査時期別種構成　（上位5種）

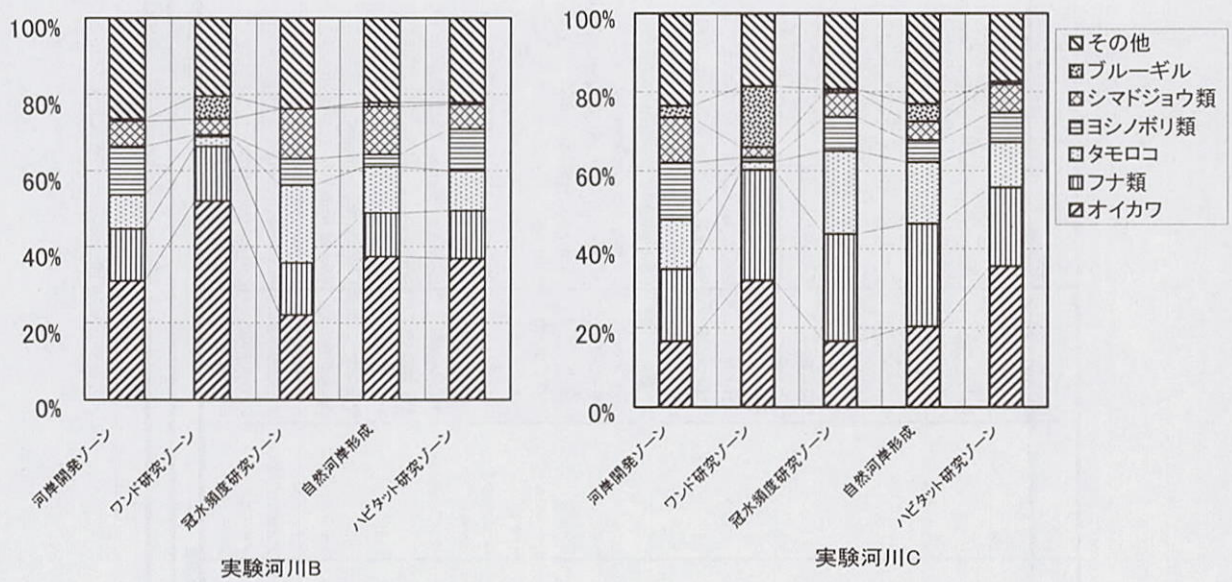


図5.5.4　調査区間別種構成（上位6種）

調査区間別に単位面積当たり魚類の湿重量で表したグラフを図 5.5.5 に示す。9 月から 10 月にかけては、淵やワンドなど深みのある部分の湿重量がやや多いがその他の部分も 20 g/m² 程度と魚類は実験河川全体に分布している。しかし、11 月になると淵やワンドに集中し始め、最上流部の淵である B17 で 214.51 g/m²、C17 で 162.13 g/m²と非常に大きな値を示している。12 月以降はその他の部分ではほとんど 0 に近い値となり、大部分が水深の深い場所へ集中する。河川間の差異は順番が入れ替わっている部分も多くこの結果から判断するのは困難である。

採捕個体数の多い上位 5 種の体長ヒストグラムを図 5.5.6 に示す。各魚種ごとの体長ヒストグラムの季節変化では、上位 5 種ともに実験河川内で成長している様な傾向は見られない。河川間の差異は、オイカワでは実験河川 B に比べ実験河川 C の方が、やや大きい結果となっている。フナ類、タモロコの体長分布は実験河川間で差は見られなかった。ヨシノボリ類、シマドジョウ類についても同様に差は見られなかった。

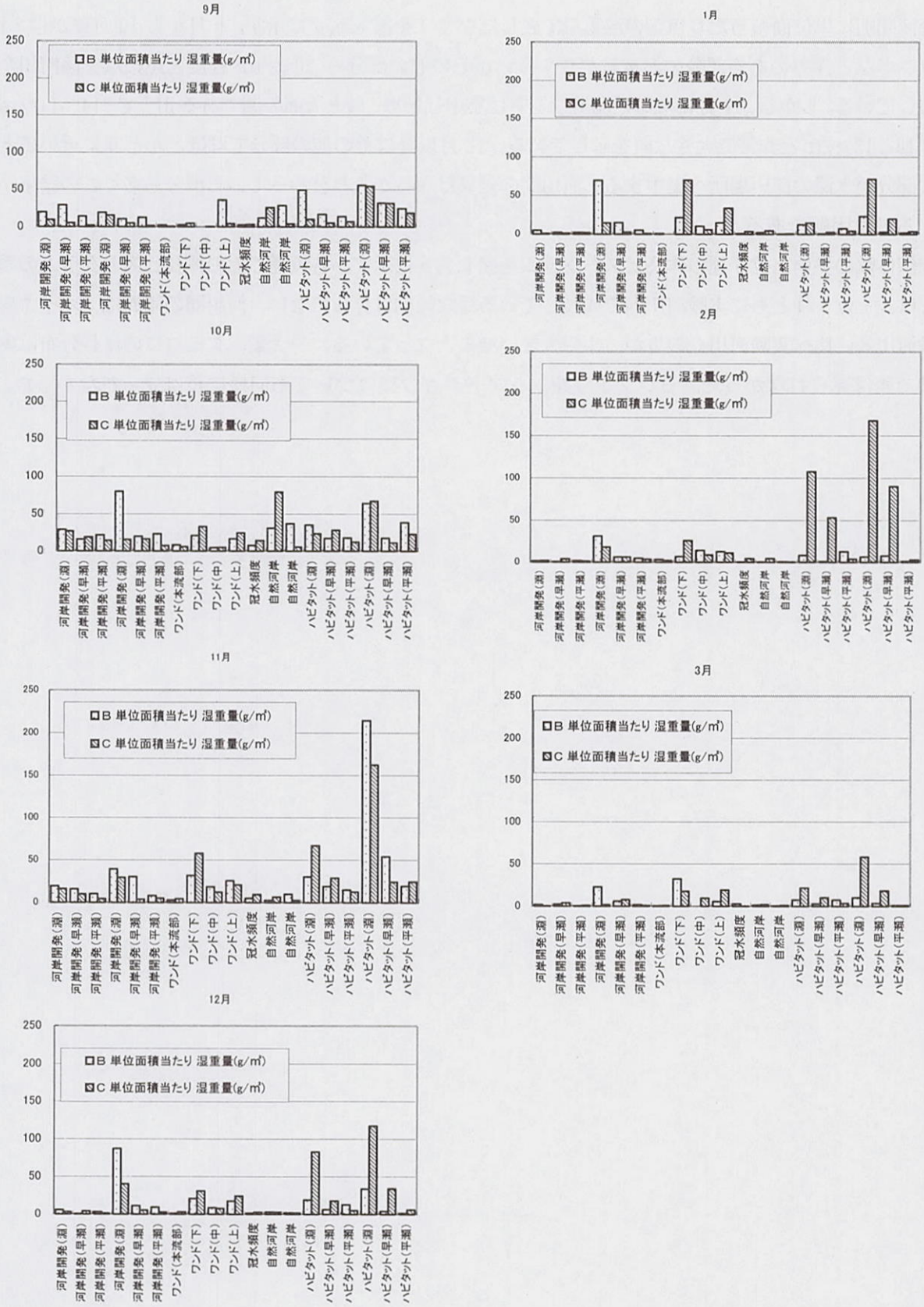


図 5.5.5　調査区間別単位面積当たり湿重量

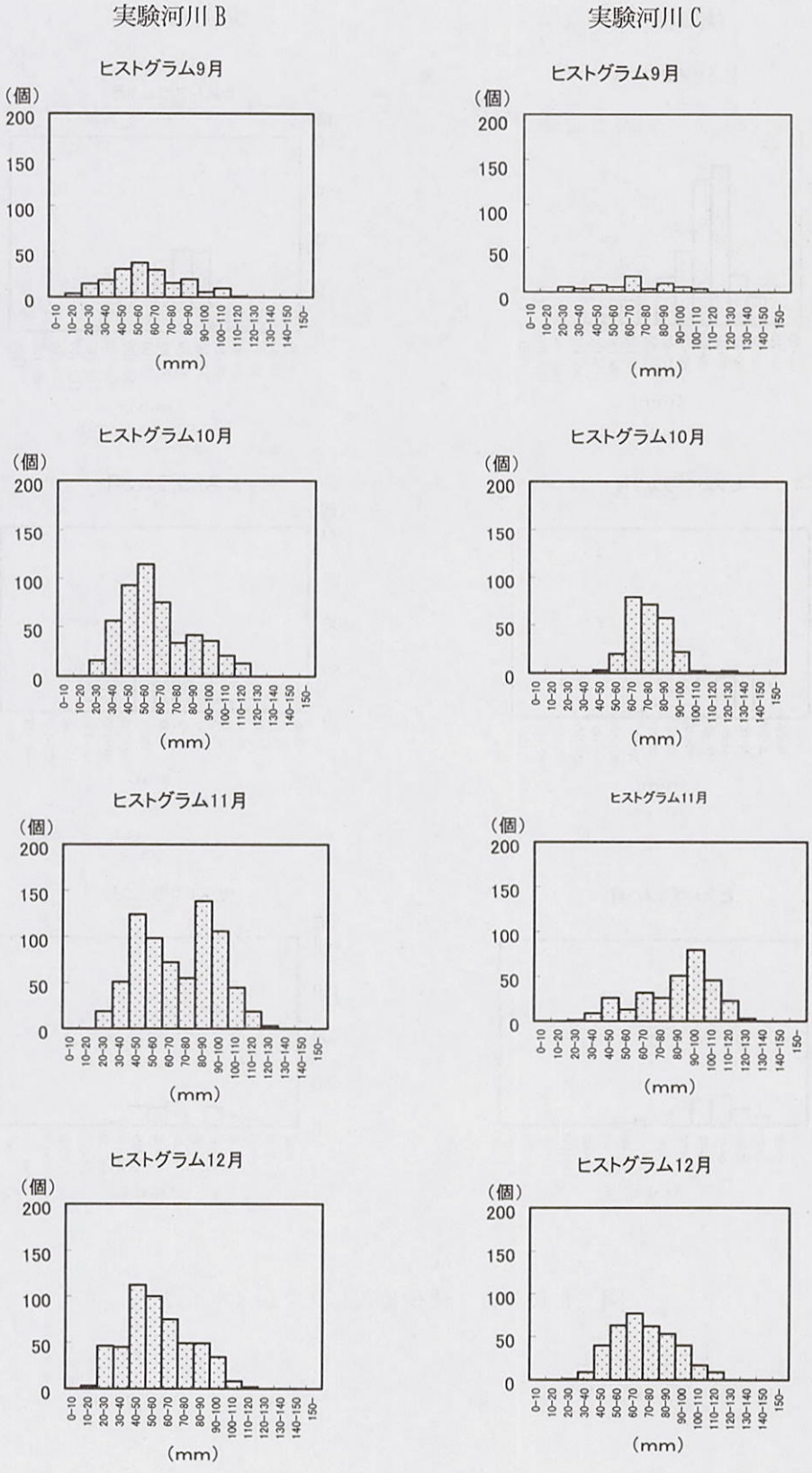
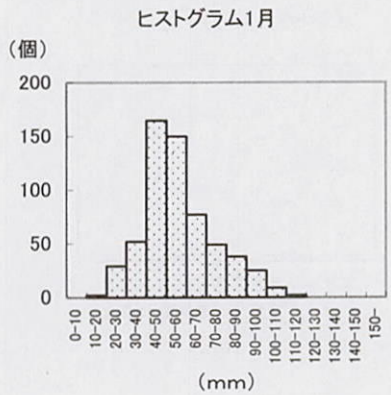
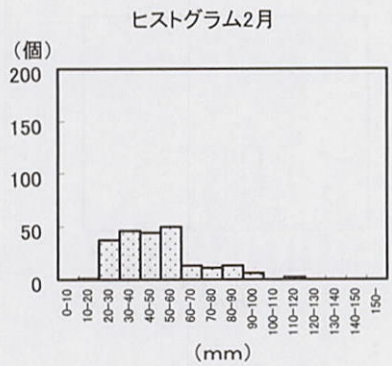
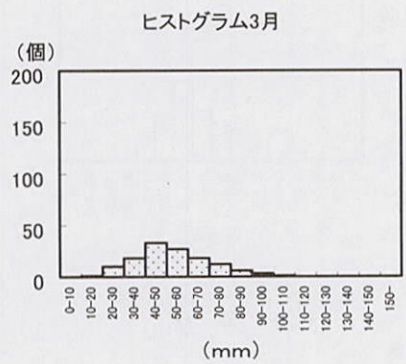


図 5.5.6.1(a)　体長ヒストグラム（オイカワ）

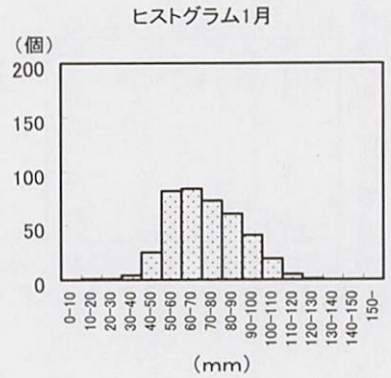
実験河川 B

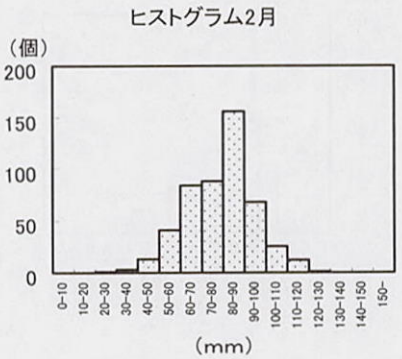






実験河川 C





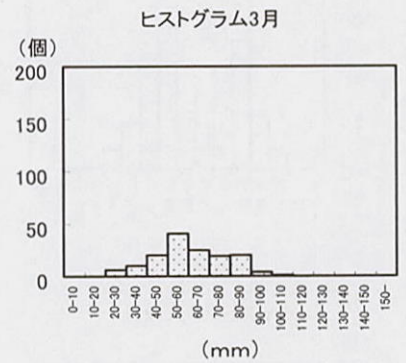


図 5. 5. 6. 1 (b)　体長ヒストグラム（オイカワ）

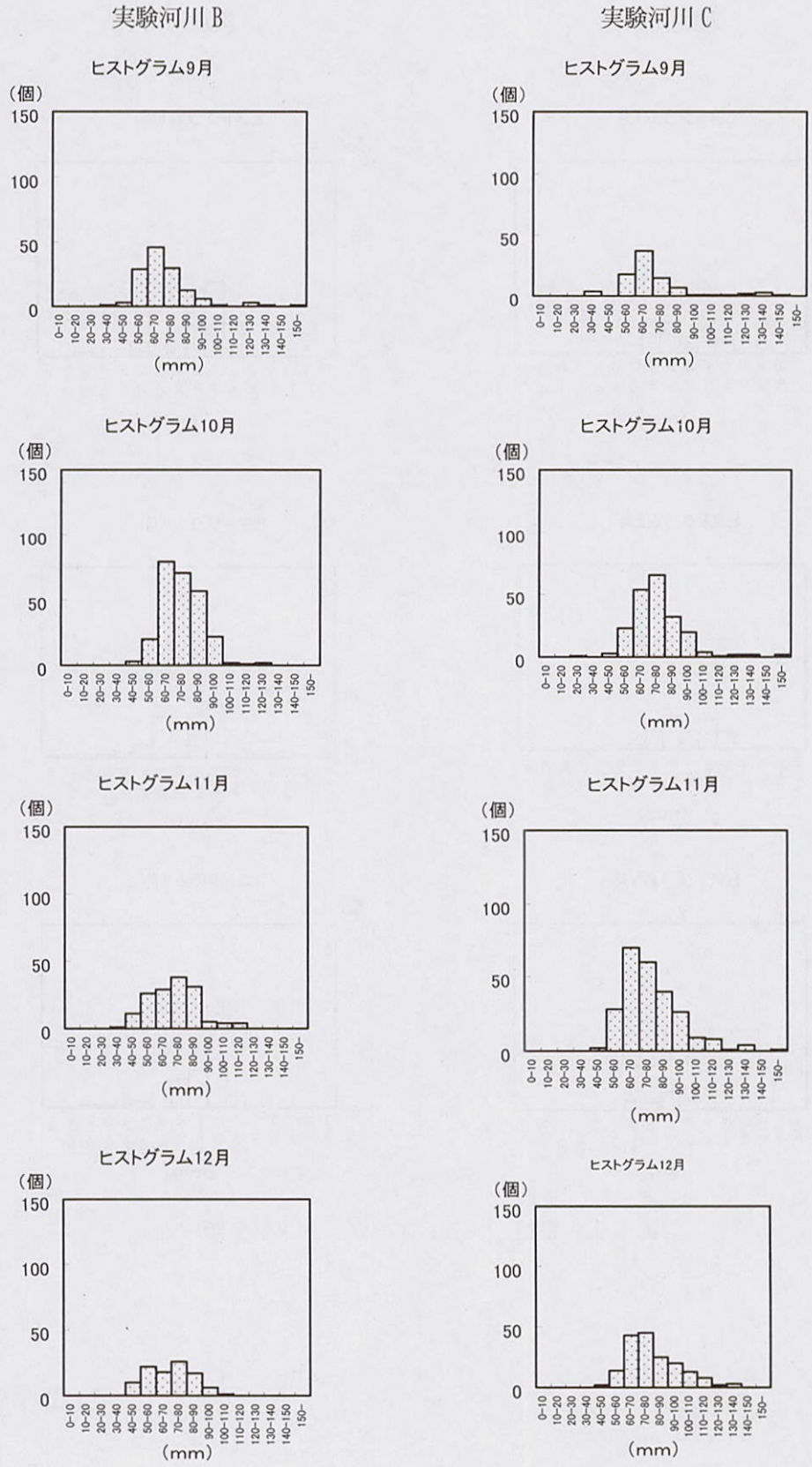
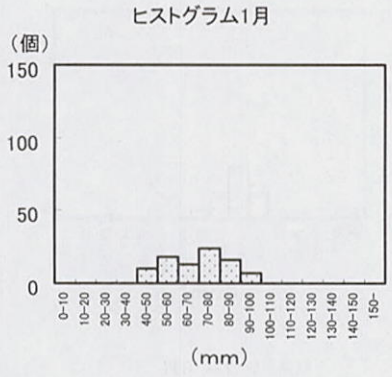
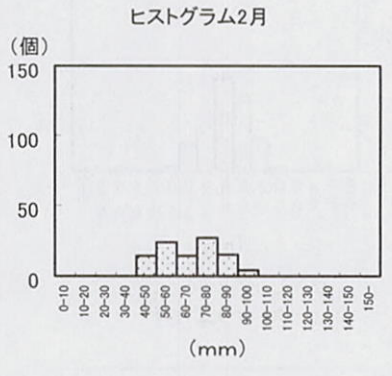
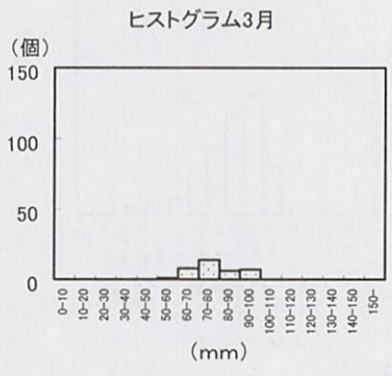


図 5.5.6.2(a)　体長ヒストグラム（フナ類）

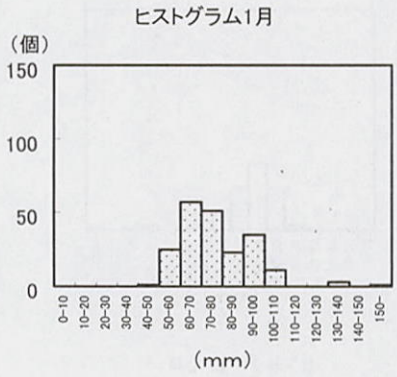
実験河川 B

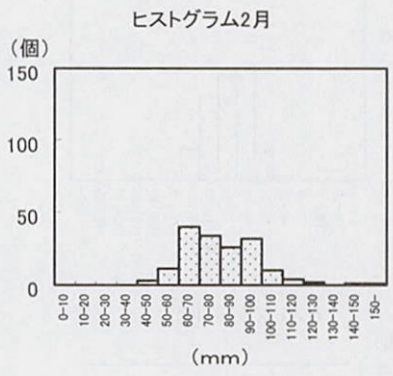






実験河川 C





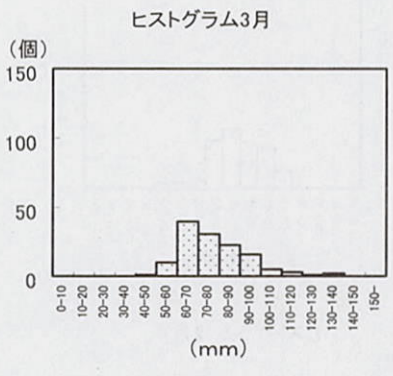
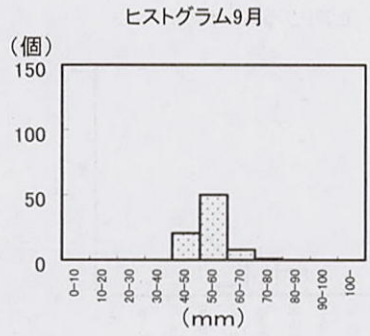
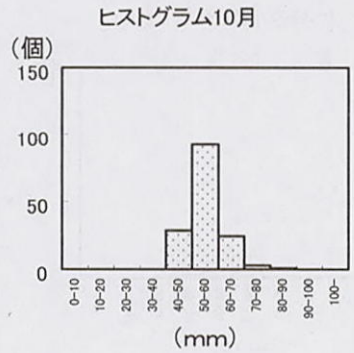
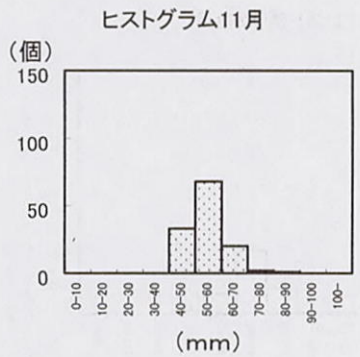


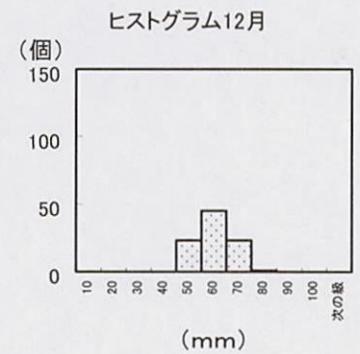
図 5.5.6.2(b)　体長ヒストグラム（フナ類）

実験河川 B

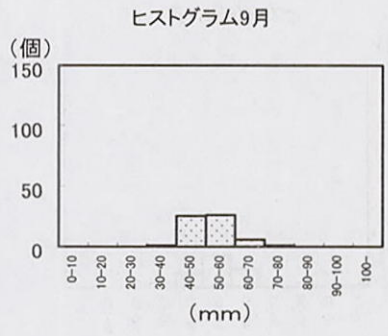


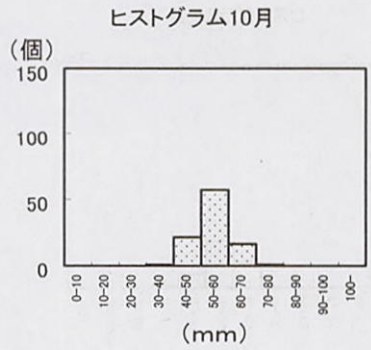


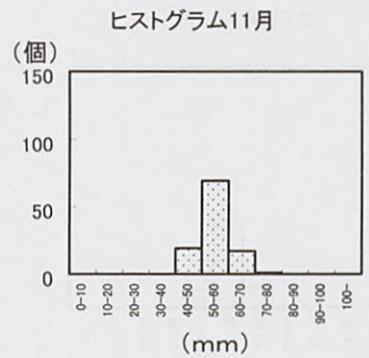




実験河川 C







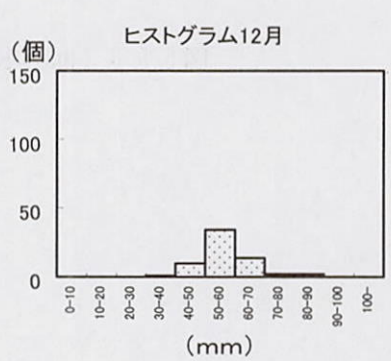


図 5. 5. 6. 3 (a) 体長ヒストグラム（タモロコ）

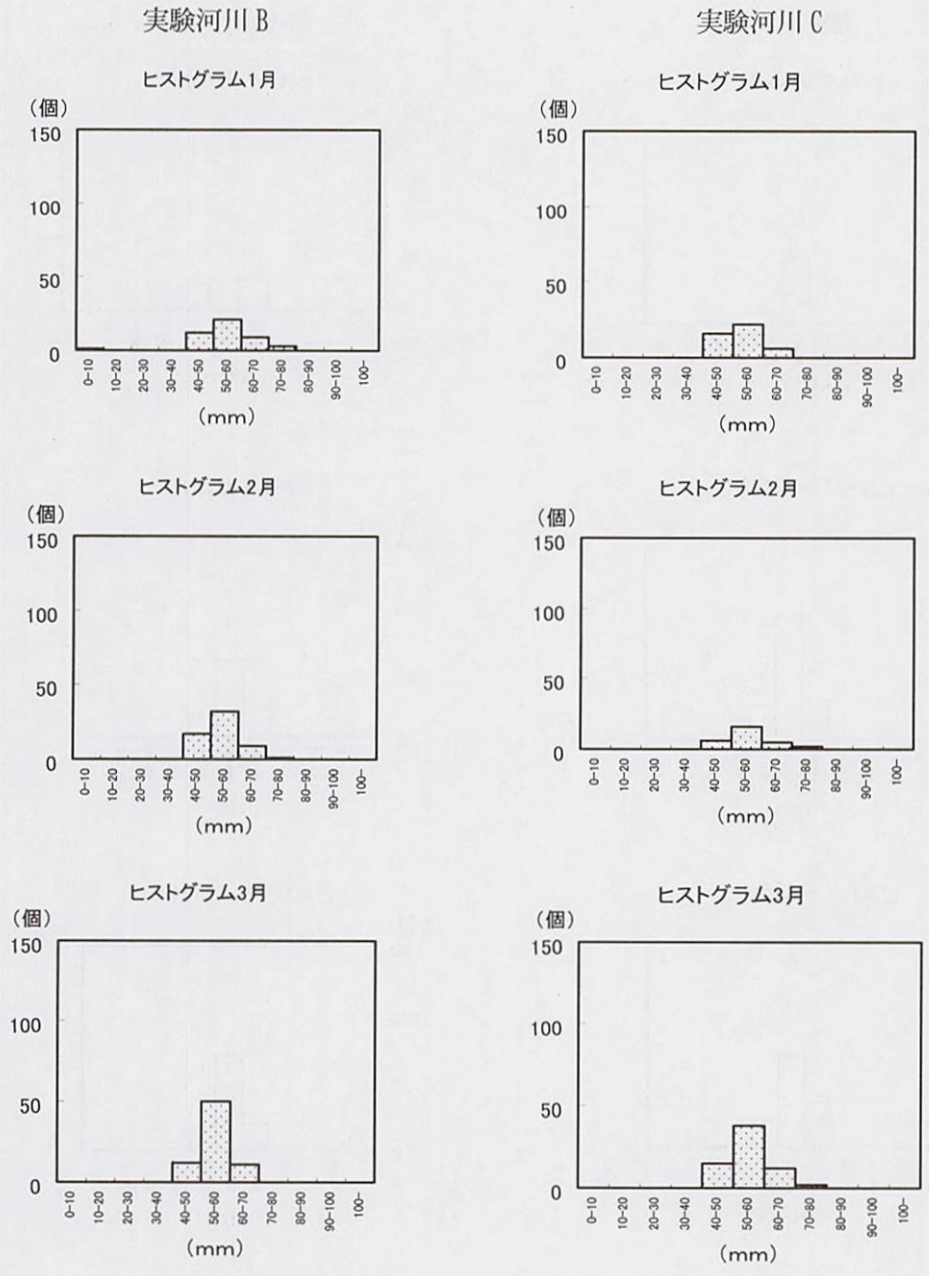
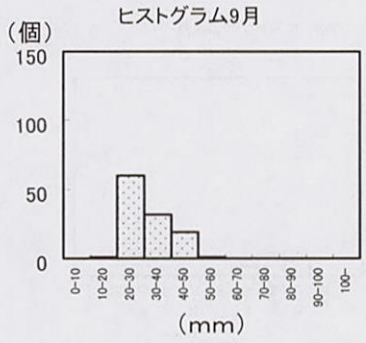
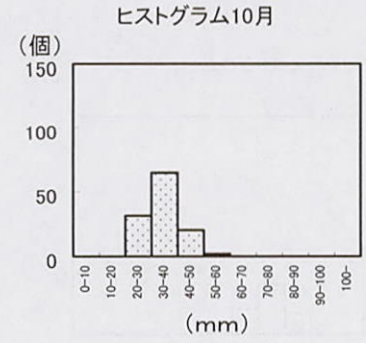
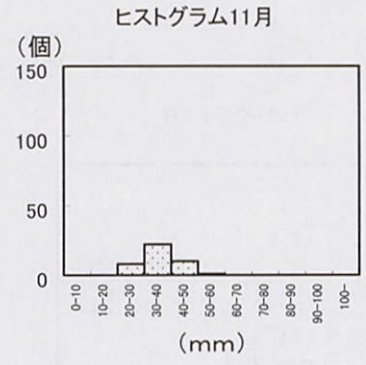


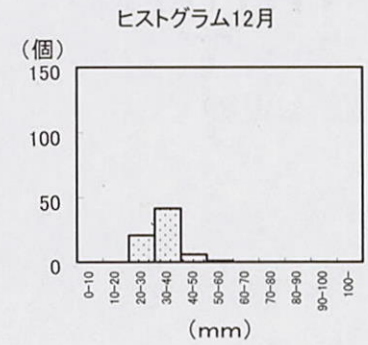
図 5.5.6.3(b) 体長ヒストグラム（タモロコ）

実験河川 B

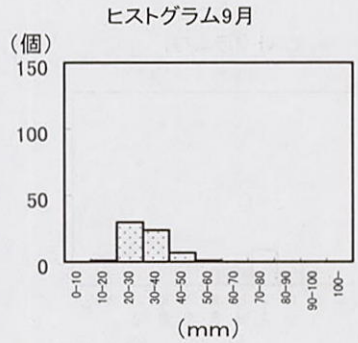


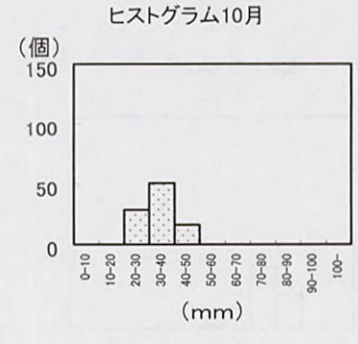


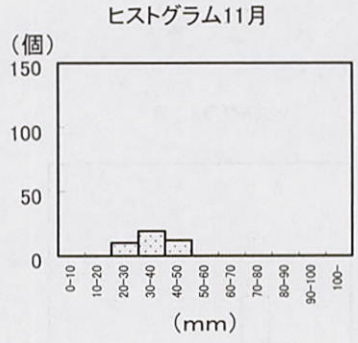




実験河川 C







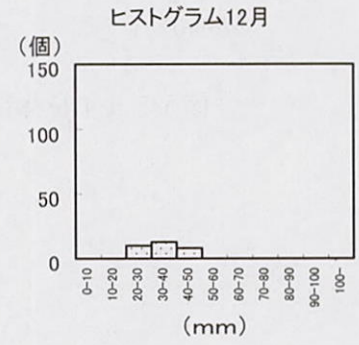
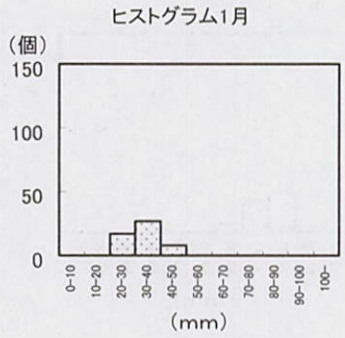
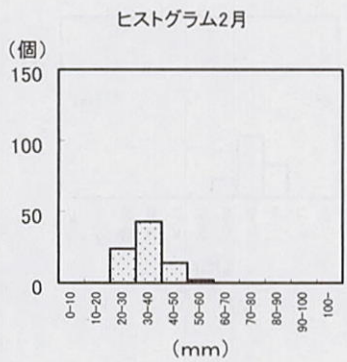
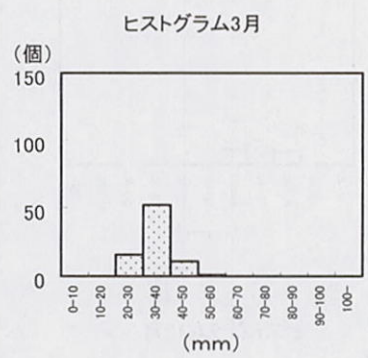


図 5. 5. 6. 4 (a) 体長ヒストグラム（ヨシノボリ類）

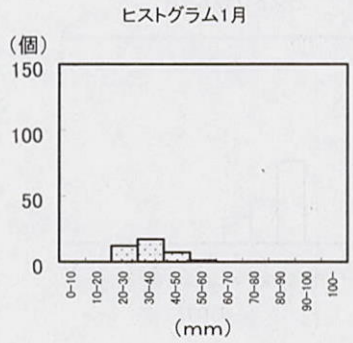
実験河川 B

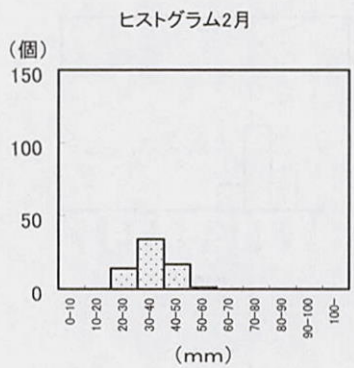






実験河川 C





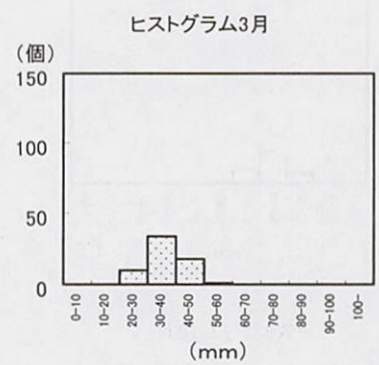


図 5.5.6.4(b) 体長ヒストグラム（ヨシノボリ類）

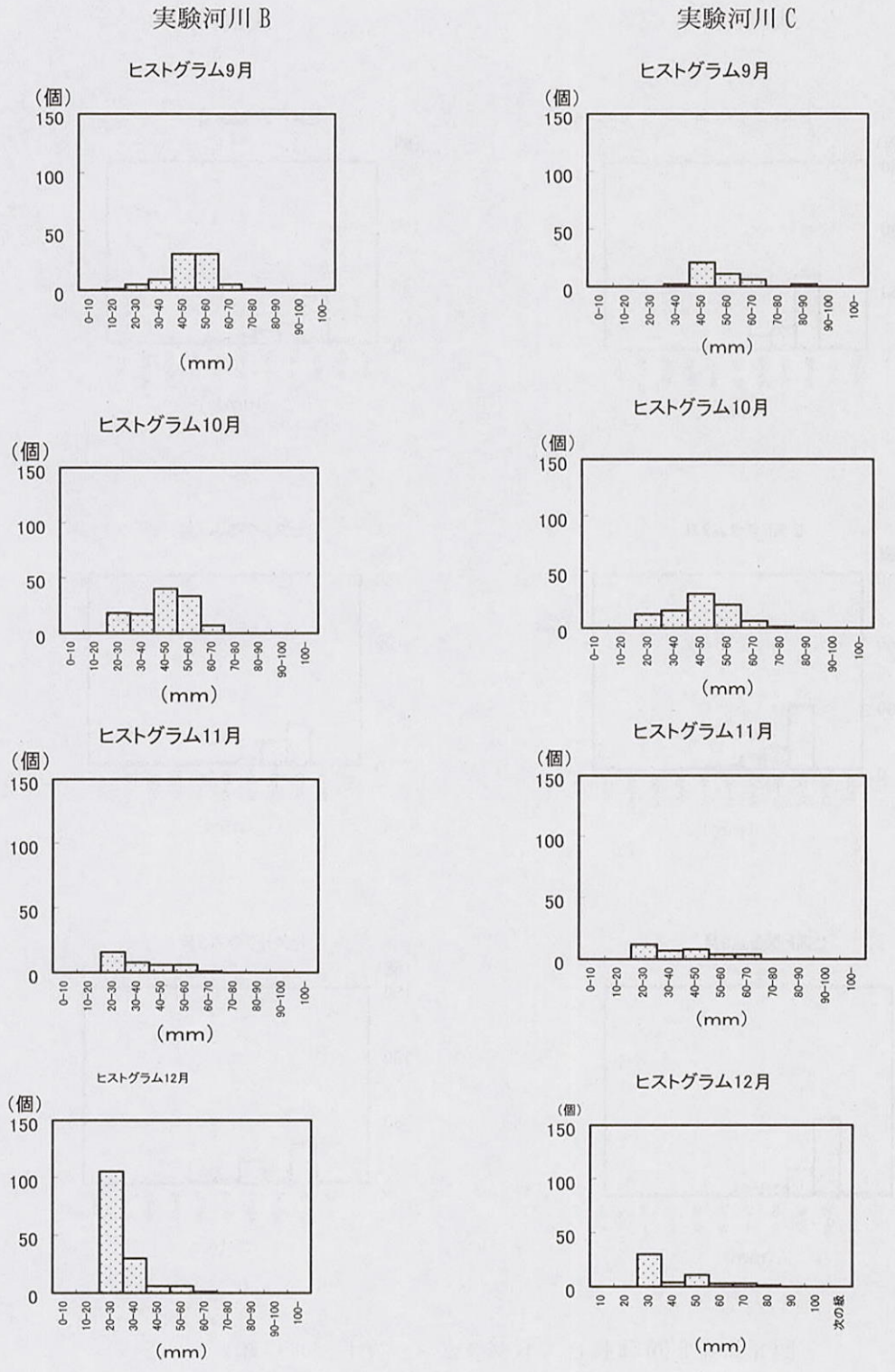
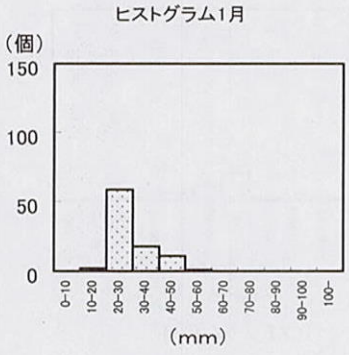
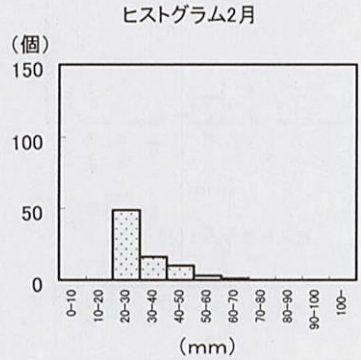
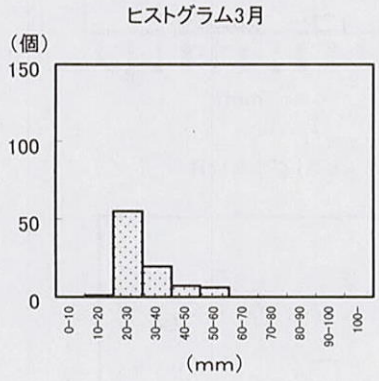


図 5.5.6.5(a) 体長ヒストグラム（シマドジョウ類）

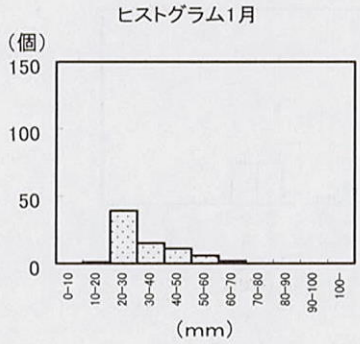
実験河川 B

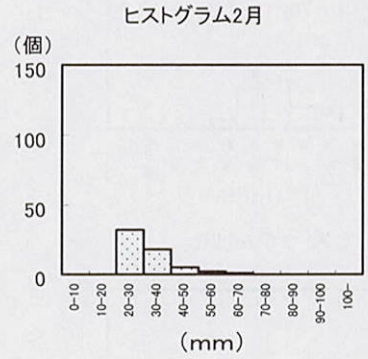






実験河川 C





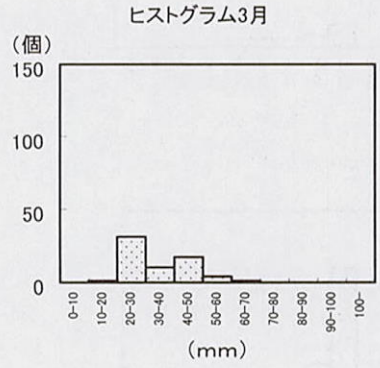


図 5.5.6.5(b) 体長ヒストグラム（シマドジョウ類）

(4) 考察

① 実験河川の魚類の生息状況について

今年度の魚類調査では、基本的に昨年度の調査方法を踏襲し調査を行った。調査区間については、河岸開発ゾーンに瀬・淵を新たに設置するとともに、ワンドと本川の接続状況を変更する工事等を行ったため、調査開始前に見直しを行った。調査時期については、第1回目（7/13）と2回目（9/4）の出水実験の間に、水質調査を行ったため9月以降からの調査となった。

今年度、実験河川に通水を開始したのは5月15日であった。目視による観察では、通水の翌日には実験河川に魚類が移入しているのが確認できた。また、ナマズが産卵行動をとる様子も観察できた。このことより、実験河川に通水を開始した場合、その直後から魚類の移入が始まると推測される。

河川別採捕個体数の結果から、流量変動のある実験河川Bが流量変動のない実験河川Cに比べ採捕個体数が多いという結果となった。しかし、湿重量の比較では、ほぼ同じ値となっている。これは、実験河川Bは、比較的小型の魚類が数多く生息し、反対に実験河川Cでは比較的大型の魚類が生息しているからだと推測される。その要因として、実験河川間の水深の違いが考えられる。実験河川の水位と河床高を測定したグラフを図5.5.7に示す。グラフより、河床高に差異は殆どないが、水位については実験河川CがBに比べ高くなっている。流下時間の測定結果でも、上流から下流までの到達時間が、実験河川Cで2時間25分に対し、実験河川Bでは1時間30分であった。これは、流量変動のある実験河川Bでは、河床に繁茂していた水草が、出水によって流されることにより水みちが出来たのに対し、実験河川Cでは河床の水草が繁茂し続け、水みちが出来なかったことにより、流速が低下し、堰上げ効果によって水深の上昇につながったものと考えられる。調査区間別の魚種構成によると、実験河川Cでは全ての区間においてフナ類の割合が実験河川Bを上回っている。水深の上昇と流速の低下によって、比較的大型の魚類が移入できるようになるとともに、流速の遅い場所を生息場とするフナ類が多く移入したため、実験河川Cでは、採捕個体数に比べ湿重量が大きいという結果となったと推測される。

単位面積当たり湿重量の結果によれば、湿重量はハビタット研究ゾーンの淵で特に多く、その他比較的多いのは、河岸開発ゾーンの淵、自然河岸形成ゾーン及びワンド研究ゾーンとなっている。いずれも淵など水深の大きな区間であり、実験河川においてもこの様な場所で生息密度が多くなっている。

魚種構成によると、実験河川Bではオイカワが全体の40％弱を占めるのに対し、実験河川Cではオイカワが30％程度、フナ類が20％程度となる。また、調査区間別の魚種構成では、実験河川B、Cともにワンド研究ゾーンにおいて、他の区間に比べブルーギルの割合が多くなっている。ブルーギルは元々湖沼や河川の流れの緩やかな場所に生息する種であるが、実験河川においても流速が遅いワンドなどに集中したものと推測される。

体長分布からは、河川間における目立った差異は見られないが、各月とも体長がほぼ同等の個体が採捕されている。これは、新境川から実験河川に移入してくる個体は、河川間でほぼ同じ大きさ

であり、ある程度の大きさになると実験河川の外へ移動するためだと思われる。実験河川内で成長する個体は少ないものと考えられる。

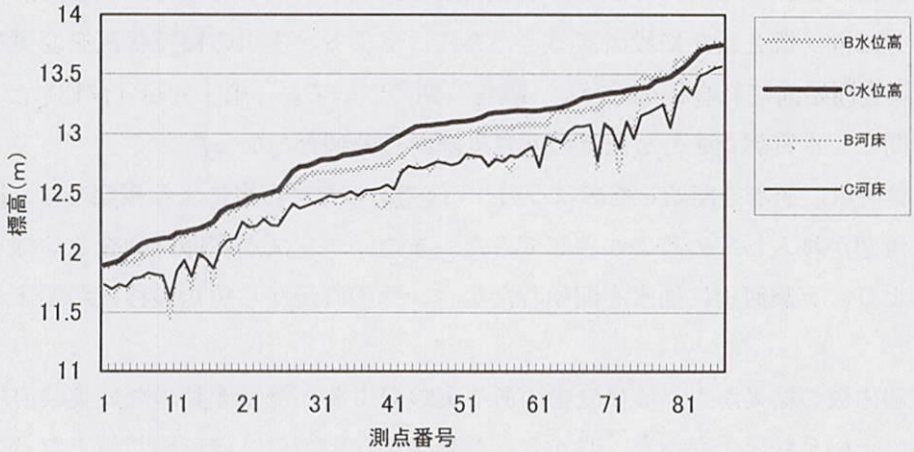


図 5.5.7　水位・河床高グラフ

② 実験河川の生息量の推定

過去 3 年間の調査結果から得られた単位面積当たりの湿重量から、河川ごとの総湿重量を推定し、これをもとに実験河川間の比較を行う。推定における仮定として、各ゾーンのハビタットの特性は同質であるとし、単位面積当たり湿重量がそのゾーン内の調査区間における値と等しいものとする。河岸開発ゾーンとハビタット研究ゾーンは淵・早瀬・平瀬に分類し、ワンド研究ゾーンはワンド部と本流部に分類し、各ゾーン内の調査区間の単位面積当たり湿重量とゾーン面積を掛け合わせてその合計をそれぞれの実験河川の推定総湿重量とした。

推定結果を図 5.5.8 に示す。平成 13 年度 8 月のデータは 9 月のものを流用した。本年度は各月ともに実験河川 B が実験河川 C を上回っている。実験河川 B, C ともに昨年度と同様に、10 月の湿重量が最も多くなっている。しかし、いずれも流量変動による影響かどうかは不明である。

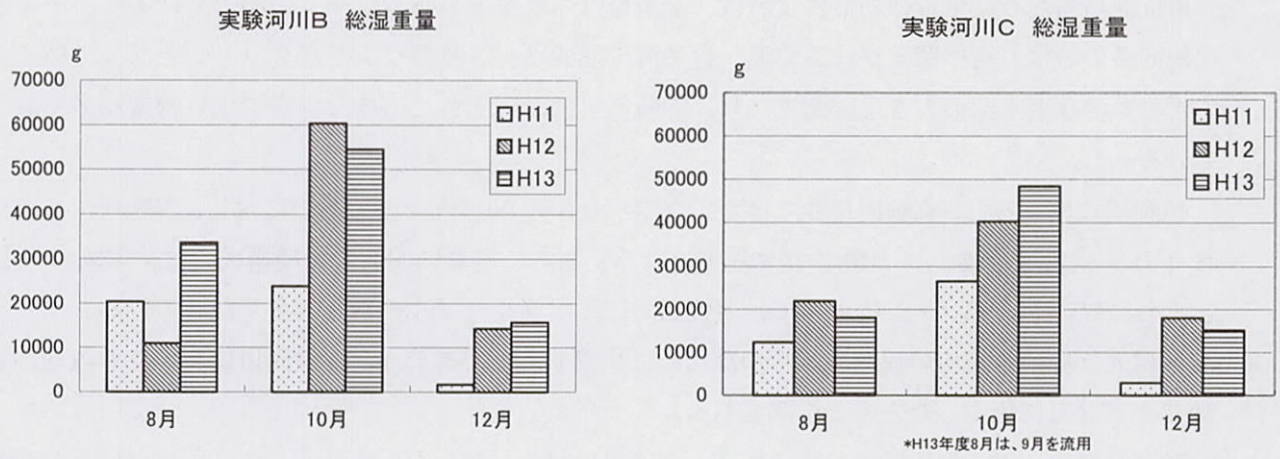


図 5.5.8　総湿重量推定結果

(5) まとめ

流量変動の有無が魚介類に与える影響としては、以下の様なものが考えられる。出水がある場合は河床・礫間に堆積した土砂がフラッシュされるが、出水のない場合はその作用がないため河床には砂泥が堆積し礫間は目詰まりした状態になる。これらは、魚介類の直接的な生息場所の差異になるとともに、付着藻類の現存量にも影響を及ぼし魚介類の分布にも影響を及ぼすと考えられる。また、出水により水草は切れて流され、それが下流で定着し結果的に河川全体で分布を拡大する。水位変動が起こるとワンドの様な一時的水域と本流部との間で水や物質の交換が行われ、魚も避難場所としてワンドを利用する。出水自体が呼び水となり魚類の遡上を促すことも考えられる。本年度の結果からは、これらの作用によって魚介類の生息数や湿重量への影響を明確に出来る結果は得られなかった。今回の調査では、流量変動を与えた実験河川 B では、河床・水際の水生植物が一部流されたのに対し、流量変動のない実験河川 C では、水生植物が河床や水際に繁茂したことにより、流速が減少し水深の上昇などが起こった。その結果、実験河川 B に比べ大型の魚類が移入してきたため、湿重量や魚種構成に差異が出たものと考えられる。

来年度は、流量変動による影響が明確に結果に表れるようにするため、ある程度ポイントを絞り、その他の要因を出来るだけ排除する必要があると思われる。また、水生植物の繁茂状況により採捕量が増減する可能性も否定できない。調査方法についても見直す必要がある。

５．６　まとめ

以上の結果より、出水を与えた実験河川Ｂと常に一定流量の実験河川Ｃにおける水質、植物、付着藻類、底生動物、魚類への影響を整理すると以下のようになる。

①水質

出水による直接的な影響は見られなかった。植物の繁茂状態が実験河川Ｂ及びＣで異なり、河道内まで植物が繁茂した実験河川Ｃでは相対的に流下時間が長いことが解った。植物の繁茂は７月に実施した草刈り後時期が推移するにつれて増加したことから、流下時間もこれと対応して増加することが予想された。また、流下時間の増加に応じて自浄作用も大きくなることが考えられるが、水質測定結果もこれを裏付けるものとなった。

②河床付着物

河床付着物の出水前後調査は植物を刈り取った直後に実施した出水実験を対象としたため河床に働く掃流力は比較的大きかったと考えられる。しかし、平成１３年の夏期に実施した調査では出水による影響は量、質とも見られなかった。過去の実験結果を見ると出水後に残存する河床付着物の chl-a 量は出水規模に寄らず概ね 50～100mg/㎡であるが、夏期の出水前の chl-a 量はせいぜい 100mg/㎡程度であった（冬季はこの値より大きくなるケースが見られた）。つまり、今年度夏期に実施した実験では、出水前後の現存量の差が小さく結果として明確な差が見られなかったと考えられる。尚、出水の有無による量、質的な影響は長期的にも見られなかった。

③植物

出水のあった実験河川Ｂでは、河道内における植物の繁茂が抑制され、水際及び水域における植被が減少した。また、この結果河道の中央にみお筋が形成され流速の大きい流水域が維持された。この傾向は、河道法線が直線である「直線河岸」で顕著であったことから、直線河道では相対的に掃流力が大きく、これに伴う植生の倒伏や流失がこのような現象を引き起こしたものと考えられる。本結果は稀な出水があるたけでこのような植物の繁茂を抑制できることを示唆するものである。

④底生魚類

河床付着物の流失と共に流下する底生動物が確認された。しかし、この影響は短期的で比較的早い時期に底生動物相はこの影響から回復することが解った。ただし、トビケラ目のみは短期的には十分な回復が見られなかった。これは、トビケラ目における流失後の供給量が他の流失した底生動物と比較すると相対的に少ないことが一つの要因と考えられる。

⑤魚類

出水のあった実験河川Ｂでは実験河川Ｃと比較して総個体数が多かった。しかし、両河川で総湿重量には大きな変化がないことから、実験河川Ｃでは相対的に大型の個体が生息していたものと考えられた。この現象がどのような要因により引き起こされたかは明らかでないが、実験河川Ｃの水深が相対的に大きかったことから大型の個体に適した生息場になった可能性が考えられた。

以上まとめると、平成１３年度における出水の影響は比較的小さかったと言える。出水前後もしくは出水中に測定を実施した水質、河床付着物の結果からは出水に伴う直接的な影響が見られなかったし、底生動物の結果からは影響が見られたが非常に短期的なものであった。これは、両河川において水際と河床に繁茂する植物が著しいこと、また、川幅が小さいこと、により、植物の影響が強調されて出水に伴い河床に働く掃流力が著しく低下したことに起因していると考えられる。図５．６．１は平成１３年度における出水時に測定した水理量を元に、水際の植物の有無による河床に働く掃流力の違いを比較したものである。本図から、平成１３年の植物の繁茂状態をベースとした河床に働く掃流力は $20(cm/s)^2$ であり、無い場合に比較して著しく低いことが解る。また、本図には河床材料が移動する限界値が実線で与えられているが、この敷居値と比較した場合河床に働く掃流力が如何に小さいものであるかを理解することができる。また、この値は沈水植物の繁茂を考慮していないことから、実際に河床に働く掃流力は更に小さくなるものと考えられる。このように実験河川においては、川幅に対する植物の高さが相対的に大きいことが出水の河床に与える影響を規定する大きな要素になっている。

以上の基本認識に基づき、再度出水に伴う影響を考えて見よう。実験河川Ｂは実験河川Ｃと比較して出水により植物の繁茂状況に差が生じていた。実験河川Ｃでは水際から河道の中央方向に植物がより繁茂したためこれが流水の阻害となり、水深の増加、流速の減少が生じた。これが出水の有無による一次的な影響とこれに伴う二次的な影響と捉えることができよう。ただし、二次的な影響の程度は川幅と密接な関係があり、出水時の掃流力の低下だけでなく、平常時における水深の増加と流速の低下も実験河川という狭小な川幅を有する河川の特性と無関係ではない。両河川における水質の自浄能力、魚類の生息状況は、二次的な影響により発生した三次的な影響と捉えることができる。これを出水の有無を含む流量変動が及ぼす生態系への影響と位置づけるかどうかは今後の課題であるが、川幅が小さい河川においては比較的普遍的な現象なのかもしれない。

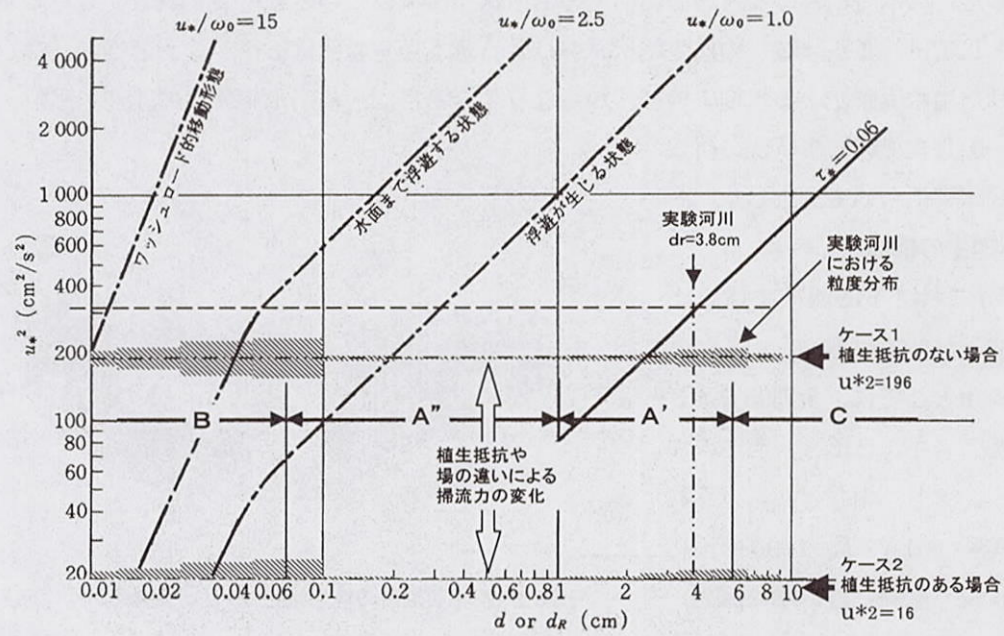


図 5.6.1　実験河川における植生の有無と河床に働く掃流力について

6. 河道の水理と植生　　河道法面植生（草本類）の倒伏と水理特性

6．1　はじめに

小河川の河道断面内において繁茂する草本植生は、洪水流下の妨げになるため、適宜除草を行うなど、主に治水上の側面から植生管理が重要である。しかし、河道内に生息する魚類等に対しては、除草によって採餌場所や休息場所を失い、鳥類による捕食圧が高まるなど、生息環境の悪化となる場合が多い。

多自然型川づくりの観点からも、治水上支障とならない程度に、河道内植生をある程度残すことが必要であるが、実験河川規模の小河川の場合、河道断面に占める植生の割合が大きいため、植生の繁茂による洪水時の堰上げを考慮し、すべてを除草する植生管理が行われている。しかし、水際部の植生は洪水流の力が強くなると倒伏現象を起こすため、必ずしも治水上排除すべき阻害要因とはならない場合があり、特に中小河川においては、より治水と環境とのバランスの取れた植生管理が必要となってくる。



写真 6.1　河岸植生の倒伏現象（2 m³/s 流下後）

本報告では、洪水流の力により植生が倒伏する現象に関しての水理特性について明らかにし、植生の倒伏現象を考慮した河岸植生の管理方法を検討するための基礎的資料としてまとめている。

6．2　調査概要

本調査は、「河道形状の変化や植生を考慮した水理モデルの構築」（H11～15）の一環として、昨年度までに、ポテンシャル調査及び水理解析・シミュレーションモデル構築（実験河川平常時及び、出水実験時の流量把握、各河川の物理環境の相違についての把握）がおこなわれており、平成 13 年度は「植生の倒伏現象と水理」として、洪水時における河岸法面植生の倒伏状態が流れに与える影響を調査するものである。

実験内容としては、1）陸域での植生倒伏試験による草本植生の倒伏モーメントの推定、2）植生を人工的に倒伏させた出水実験による粗度の検証、からなり調査項目は、各出水実験時の流速・水位・地下水位の観測、5 月～9 月までの植生状況の観察および植生倒伏率について測定した。

6．3　法面植生の構成

出水実験時における法面植生は以下のような構成となっている。

代表的な植生としては、全期間を通じて確認されたススキ、ヨモギ、セイタカアワダチソウ、メドハギなどがあげられる。以下に実験河川Ａ　No. 4+90 断面における植生状況（水際に近い順に羅列）

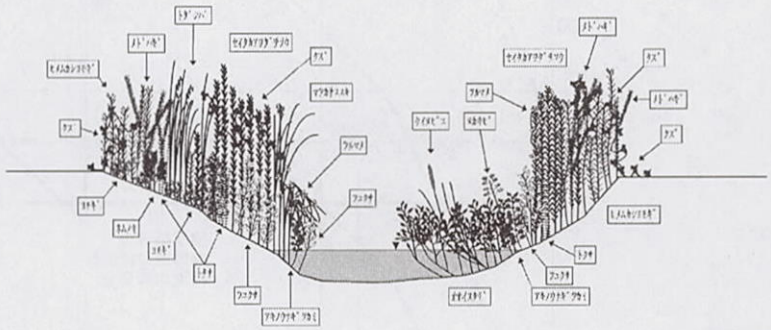


図 6.1　出水実験時の植生状況（9 月：実験河川Ａ　NO.4+90）

5 月：ﾂﾕｸｻ･ﾏﾂｶｻｽｽｷ･ｸｻﾖｼ･ﾖﾓｷﾞ･ｾｲﾀｶｱﾜﾀﾞﾁｿｳ･ｲﾁｺﾞﾂﾅｷﾞ･ﾒﾄﾞﾊｷﾞ･ｵｵｷﾝｹｲｷﾞｸ　6 月：ﾂﾕｸｻ･ﾏﾂｶｻｽｽｷ･ｸｻﾖｼ･ｾｲﾀｶｱﾜﾀﾞﾁｿｳ･ﾖﾓｷﾞ･ｲﾁｺﾞﾂﾅｷﾞ･ﾒﾄﾞﾊｷﾞ･ﾋﾒﾑｶｼﾖﾓｷﾞ･ｵｵｷﾝｹｲｷﾞｸ･ｸｽﾞ

7 月：ﾂﾕｸｻ・ﾏﾂｶｻｽｽｷ・ｱｷﾉｳﾅｷﾞﾂｶﾐ・ｾｲﾀｶｱﾜﾀﾞﾁｿｳ・ﾄｸｻ・ｸｽﾞ・ﾖﾓｷﾞ・ﾒﾄﾞﾊｷﾞ・ﾄﾀﾞｼﾊﾞ・ﾋﾒﾑｶｼﾖﾓｷﾞ　8 月：ｹｲﾇﾋﾞｴ・ﾂﾕｸｻ・ｱｷﾉｳﾅｷﾞﾂｶﾐ・ﾏﾂｶｻｽｽｷ・ｾｲﾀｶｱﾜﾀﾞﾁｿｳ・ﾄｸｻ・ｸｽﾞ・ﾖﾓｷﾞ・ﾈﾑﾉｷ・ﾒﾄﾞﾊｷﾞ・ﾄﾀﾞｼﾊﾞ・ﾋﾒﾑｶｼﾖﾓｷﾞ　9 月：ｵｵｲﾇﾀﾃﾞ・ｹｲﾇﾋﾞｴ・ﾂﾕｸｻ・ﾇｶｷﾋﾞ・ｱｷﾉｳﾅｷﾞﾂｶﾐ・ﾏﾂｶｻｽｽｷ・ｾｲﾀｶｱﾜﾀﾞﾁｿｳ・ﾂﾙﾏﾒ・ﾄｸｻ・ｸｽﾞ・ﾖﾓｷﾞ・ﾈﾑﾉｷ・ﾒﾄﾞﾊｷﾞ・ﾄﾀﾞｼﾊﾞ・ﾋﾒﾑｶｼﾖﾓｷﾞ　12 月：法面植生をすべて除草。

６．４　植生倒伏試験

草本植生が洪水流の圧力を群体として受けると仮定し、写真 6.2（図 6.2）のような現場測定装置を製作し、実験河川周辺の植生を対象に強制的な倒伏試験（引き倒し試験）を実施した。（写真 6.3）測定装置による倒伏状態における外力は、植生を抑える支圧網板（市販の網板）の自重Ｗｏと横方向への強制的な引張力ｆであり、試験装置のヒンジ部を支点とする倒伏モーメントＭｃとして計算した。

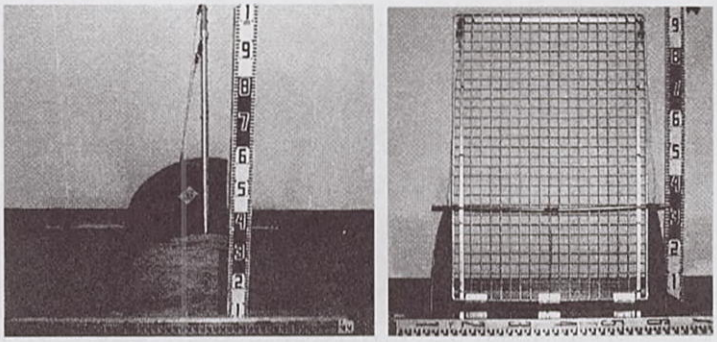


写真 6.2　植生倒伏測定装置

$$Mc = Wo \cdot \frac{1}{2} \cdot L \cdot \sin\theta + f \cdot \cos\theta \qquad (6.\ 1)$$

Wo：金網(600×900mm 網目 30mm□)の重量＝2.11kg　L＝0.9m

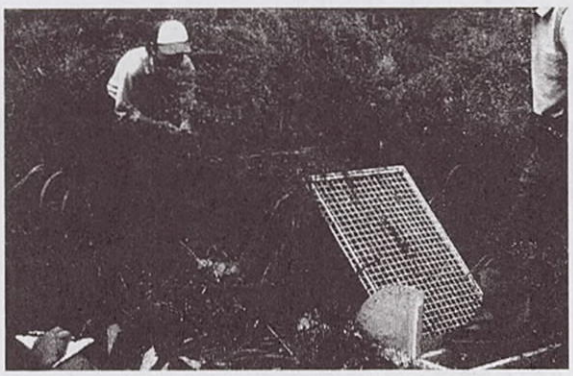


写真 6.3　倒伏試験実施状況

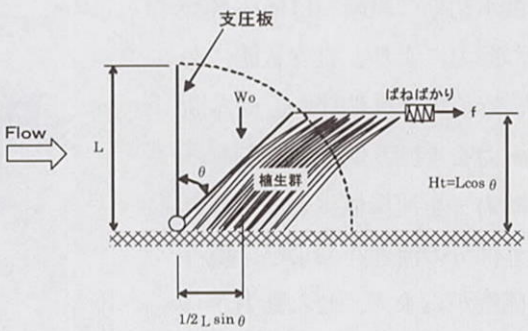


図 6.2　倒伏試験装置概念図（図示）

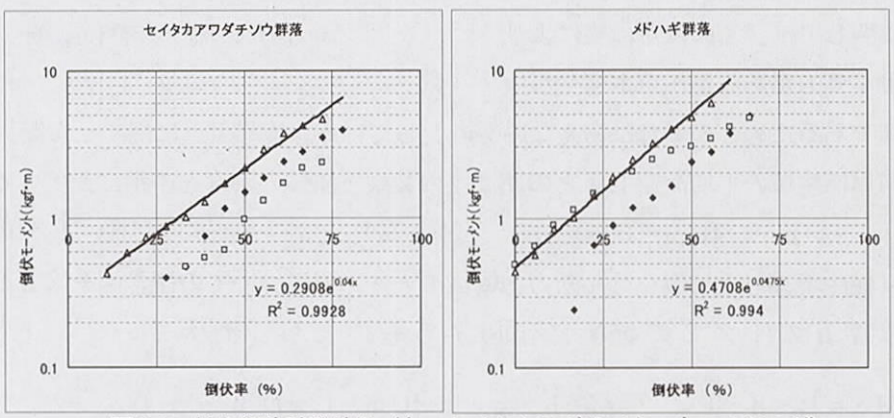


図 6.3　植生倒伏試験結果（左：セイタカワダチソウ、右：メドハギ）

調査を実施した H13.10.4 時点での代表群落としてセイタカアワダチソウ群落とメドハギ群落を対象に、

試験対象となる植生群落の周辺を、試験装置が設置可能な状態になるよう周辺の刈り取りをおこなったのち装置を設置。ばねばかりをセット後、人力にて支圧板を引っ張り、任意の倒れ込み角度におけるばねばかりの張力 f (kg)を測定した。

試験結果（図 6.3）は、それぞれ実験河川内 3 箇所での測定結果をグラフに表したものである。図中それぞれの結果の違いは植生の密生度の違いによるものと想定されるが、今回の調査では密生度を定義せず、目視で密生状態にあると判断される群落を選び出し試験をおこなっている。植生群落が密生している場合、完全倒伏と想定しても植生そのものの容積があるため、倒伏度が 100%となることは無く、セイタカアワダチソウ群落では最大 75%までに、メドハギ群落では 70%にも満たない。試験における採用値はそれぞれ安全側（より抵抗度が高い値）を見込み、実線を採用値とする。

これにより、70%の倒伏率を得ようとする場合に、セイタカアワダチソウ群落では 4.8kgf・m、メドハギ群落では 13.1 kgf・m の応力に対応するような出水時の外力が必要となることがわかる。

6．5　洪水時の倒伏モーメントの算定

出水時、河岸付近に繁茂する植生域内の流速は、周辺の流速に比べて非常に遅いために、両流体間で運動量交換が生じ、植生との境界面にせん断力が働く。植生は外力に対し、洪水初期の段階では植生自身のもつ耐力により、直立状態にあるが、水位の上昇に伴い、せん断力が耐力を上回り倒伏を起こす。せん断力 τ を河岸植生と洪水流との境界部分の流速差および、境界混合係数から求め、せん断力から植生に働く流水による外力モーメントを倒伏モーメントＭｃと置き換えて算出する。なお、植生倒伏に関しては、このほかに風により働く外力があるが、草本植生が主体であるためこの場合は考えないものとしている。境界付近に働くせん断力 τ は、主流部の平均流速 Um と河岸植生域の平均流速 Uw との速度差の２乗と流体の密度との積に比例することから次式[1] により求める。

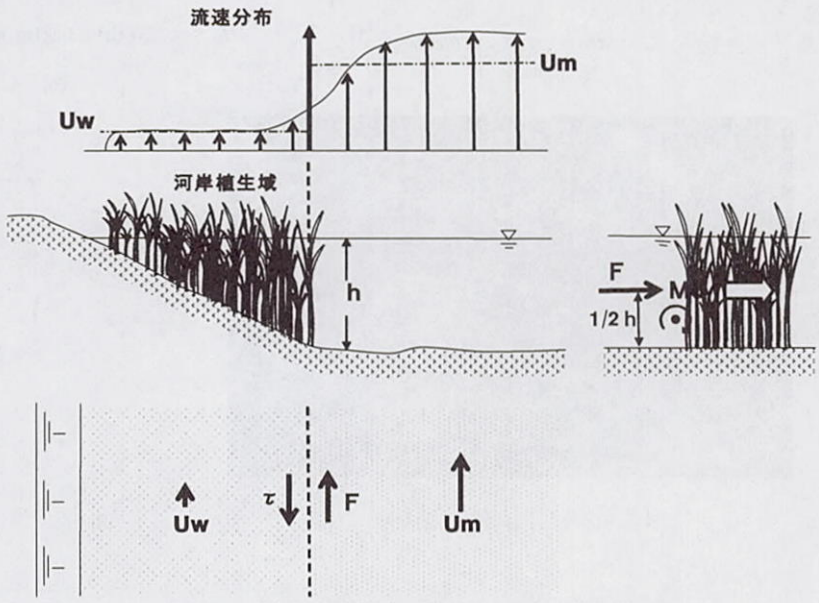


図 6.4　植生境界付近に働く τ、Ｍｃ（図示）

$$\tau = \rho \cdot f \cdot (Um - Uw)^2 \qquad (6．2)$$

ρ：水の密度、f：境界混合係数

植生境界付近に働くせん断力、倒伏モーメントについての概念図を図 6.4 に示す。せん断力の合力Ｆが、水深ｈの１／２の位置に作用するものとし、倒伏モーメントＭｃを次式により求める。

$$Mc = \frac{1}{2} \cdot h \cdot F = \frac{1}{2} \cdot h \cdot \rho \cdot f \cdot (Um - Uw)^2 \cdot h \qquad (6．3)$$

倒伏モーメントの算定は、実験河川Ｂにおける、７月 13 日（以下、ケース１）及び９月４日（以下、ケ

ース２）の出水実験時のデータのうち最下流部の断面（河道諸元：河床幅　b＝2.5m,法面勾配　1：2,河床勾配Ib＝1/300）での流量観測データのうち、平常状態（毎秒100ℓ通水）から出水ピーク流量到達（ケース１：2.3m^3/s、ケース２：2.0m^3/s）までの値を使用して算定した。

図6.5はQとUm、Uwの関係を表したものであるが、主流部流速Um（破線）は流量の増加に比例して流速が増加していくのに比べ、Uw（実線）はわずかな増加傾向にはあるものの、ほぼゼロに近い値で推移していくのがわかる。

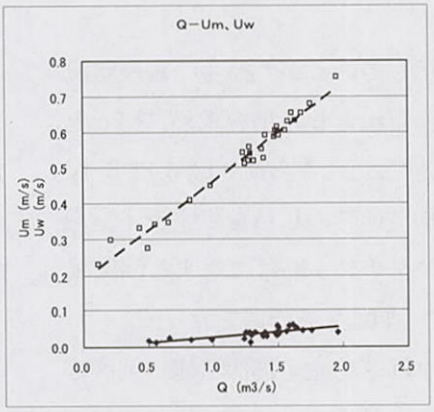


図6.5　Q－Um、Uwの関係(ケース２)

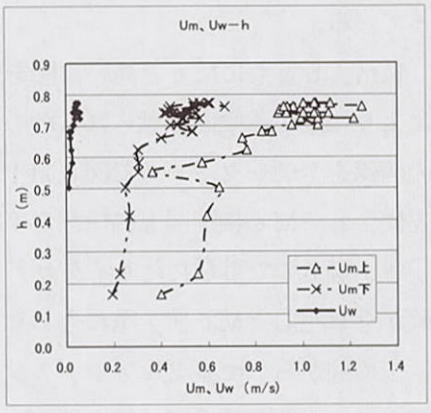


図6.6　Um、Uw－hの関係(ケース２)

図6.6はUm、Uwとhの関係図で、図中右から、Um上（表層：２割水深値）、Um下（下層：８割水深値）、Uw（６割水深値）を表しており、hは全水深である。Um上とUm下とでは流速差が非常に大きく、0.2～0.4m/s程度の速度差が生じている。Um上において水深0.5～0.6m付近で流速の急激な低下がみられるのは、植生の倒伏による通水断面の急激な拡大が主原因と考えられるが、残念ながら出水実験時の観察では倒伏した水位を確認できていない。

なお、τ算定のためのUmはUm上とUm下の平均値を使用している。

境界混合係数fは、実測から平均流速法により逆算した値は、ケース１でf＝0.0195、ケース２でf＝0.0255となったが、一般的な値である「河岸に接している樹木群と主流部との混合状態における値f＝0.03」[2]と余り変わらないため、両ケースとも一律にf＝0.03として統一している。なお、fとb／B（底面幅／全河道幅）との関係を、福岡・藤田[3]が表した関係図にプロットしたのが図6.7である。本来複断面での関係図であるが、実験河川のような単断面＋植生という状況でもシリーズB（低水路と高水敷の粗度が　ほぼ同じ場合）の範囲内に該当している。

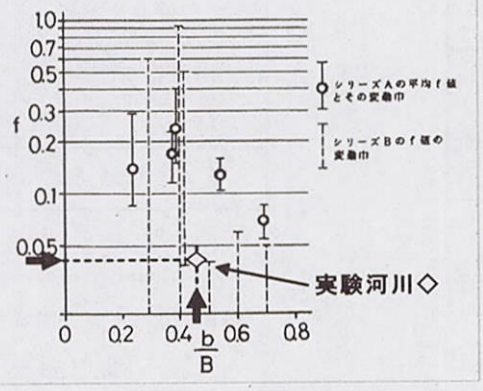


図6.7　fとb／Bの関係

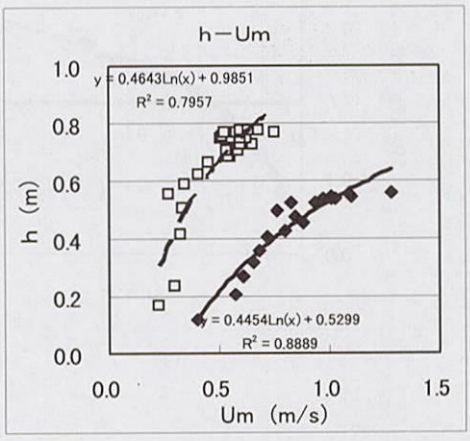


図6.8　h－Um相関図

以上により、算定した倒伏モーメントについて、ケース１（実線）

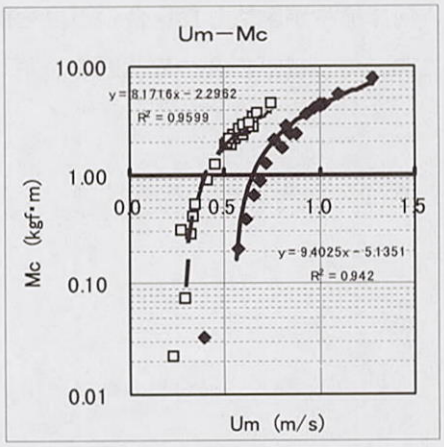


図6.9　Um－Mc相関

とケース２（破線）について検証をおこなう。図6.8はｈとUmの相関を表しているが、各ケース間で植生の繁茂状況の違いによる差が現れている。次に、UmとMcおよび、ｈとMcとの相関をそれぞれ図6.9および図6.10に表す。両ケースとも、同じＭｃを得ようとした場合に、Ｕｍ－Ｍｃではケース１の方がより速い流速を必要としているが、ｈ－Ｍｃではケース２の方がより深い水深を必要とするなど相反する関係になっている。

Ｕｍ、ｈともにＭｃと高い相関を示しているが、植生の繁茂状況により相反する傾向が見られるため、Ｕｍとｈの積を求め、Ｍｃとの関係を全データベースで図6.11に表した。さらに、図6.11をもとに、ｈ－Ｍｃ相関図上に任意の平均流速時のＵｍを表すラインを引き、図6.3で得られたセイタカアワダチソウ群落に対する倒伏試験から算定したＭｃ値を重ね合わせ、図6.12を作成した。

この図から、セイタカアワダチソウ群落を完全倒伏状態（倒伏率75%）とするためのＭｃ値5.8kgf・ｍを得るためには、植生境界部において、Ｕｍ＝1.0m/s時にｈ≒0.62m程度の水深を確保すればよいことになる。

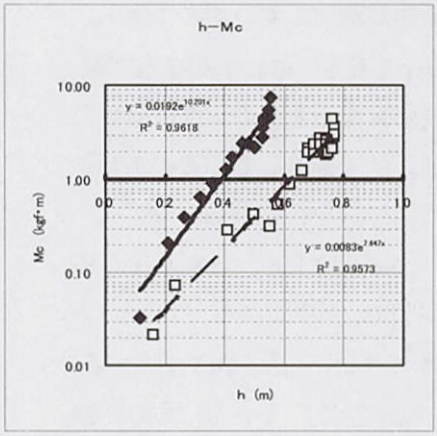
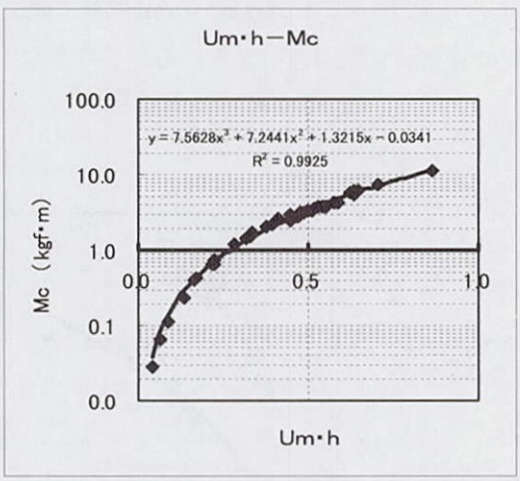


図6.10　h－Mc相関



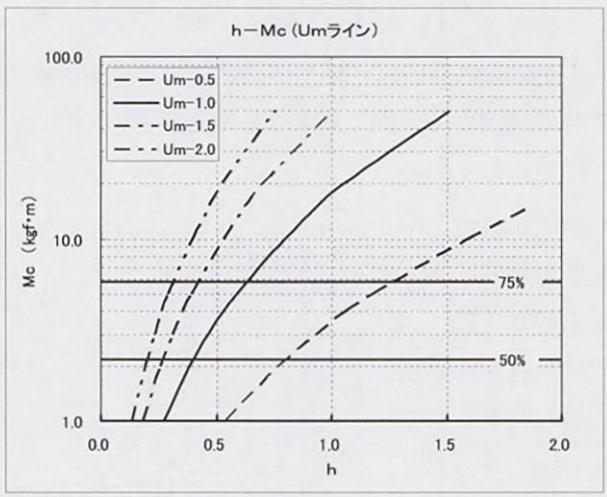


図6.12　セイタカアワダチソウ倒伏
ｈ－Mc（Umライン）

６．６　倒伏する河岸植生の粗度

河岸植生が倒伏した場合の粗度を推定するため、実験河川Ａの中流部（No.4+80～No.5+30の150m区間）において、以下の３つの状態を想定した試験区間を設け、人工出水実験により粗度の検証を行った。



写真 6.4　植生状態（左から、倒伏無し、半倒伏、完全倒伏）

試験区間は、完全倒伏区間（実倒伏率 75～65%）、半倒伏区間(実倒伏率 65～45%)、倒伏無し区間の 3 区間を設定し、人工的な再現実験のため、重機（バックホウ）による強制的な倒伏により再現し水位及び流速分布を計測した。　※　ここに、倒伏率(%)＝植生の鉛直方向に対する倒れこみ角度／90（鉛直角）×100

図 6.13 は 6 月～11 月の出水実験時水位から逆算した河岸（法面）の粗度係数値である。

粗度係数の算出においては、植生がない状態において推定された河床における粗度係数値（n＝0.02～0.038、※区間により変化あり）で固定したのち、植生域と主流域で断面分割し、マニング式から法面粗度を逆算している。倒伏率とｎの関係では、ばらつきが多く相関もあまりよくないが、倒伏無し→半倒伏→全倒伏と、植生が深く倒れこんでいくように変化していくにしたがい、粗度が低くなっていく状況は現れており、特に完全倒伏（75%値）の場合、倒伏無しに比べて 6 割程度の粗度となることが解った。

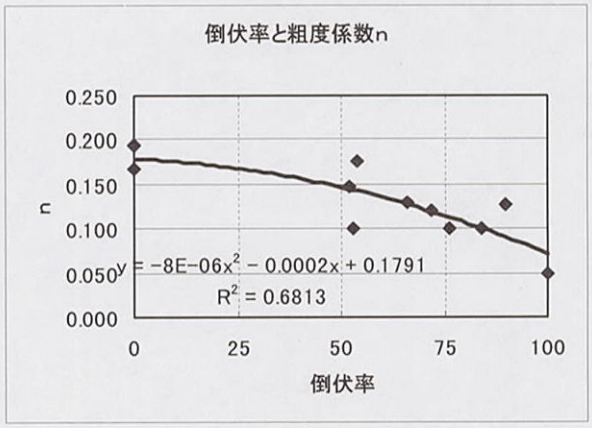


図 6.13　倒伏率（%）と粗度係数ｎ

なお、粗度係数値は、倒伏無し状態でｎ＝0.179、完全倒伏（75%値）で 0.119、と非常に高い値を示しているが、１次元不定流計算モデルの性格上、植生の形状抵抗等のパラメータがすべて粗度に評価されている結果であり、２次元計算において使用するには注意を要する。

６.７　まとめ

植生の倒伏に関しては、植生の繁茂状況に関係なく、主流部の平均流速と水深の積から、植生との境界面に作用する倒伏モーメントを推定することが可能となった。これにより、洪水時に植生境界付近の水深が 70cm（股下）程度となる河川があるとした場合、河岸に繁茂する植生群落を倒伏させるためには、植生境界部付近で少なくとも流速 1.0m/s 程度の平均流速が必要であるということが想定できる。なお、この想定の場合の粗度係数は図 6.13 より n≒0.12 と想定される。中小河川で洪水による植生倒伏を、ある程度見込んだ植生管理を行おうとする場合において、目安のひとつとなりえる数値といえる。

今回植生倒伏試験により、特定種（セイタカアワダチソウ・メドハギ）の群落についての倒伏に必要なモーメントを算定したが、植生の生育状態や密生度の違いに対するデータや、他の植生のデータが収集できて

いないため、今後データの収集に努め、より精度の高い検証を行う必要がある。また、植生境界付近だけでなく、横断的な倒伏範囲の想定についても今後検討する必要がある。

参考文献

1）福岡捷二、辻本哲郎：応用生態工学研究会　河川水理学基礎講座　講義集 1998.10　p4

2）リバーフロント整備センター編集：河川における樹木管理の手引き　p106

3）福岡捷二、藤田光一：複断面河道の抵抗予測と河道計画への応用　土木学会論文集　第 411 号/Ⅱ-12　1989.11　p68 図-11

7．外来植物が及ぼす河原植物への影響

7．1　はじめに

大河川の扇状地などにしばしば発達する砂礫質の河原は、カワラノギク、カワラヨモギ、カワラニガナなど河原以外ではほとんど生育しない植物から構成される特有の生態系が発達する場所である。しかし近年これらの植物は次第に衰退しており、絶滅危惧種としてレッドデータブックに掲載される種も増加している。その主要な原因としては、河川地形や河原の構成材料の変化とともに、外来種の侵入の影響が挙げられる[1)2)3)]。そのため、河原固有の植物を保全し、河原本来の景観を取り戻すためには、外来種の侵入を食い止めるとともに、すでに河原に侵入してしまった外来種を駆除する必要があることが指摘されている[4)]。河原の外来種を駆除する取り組みは、すでに多摩川や鬼怒川で開始あるいは計画されているが、このような事業を広く展開する上では、外来種を駆除することによる効果を予測し、駆除管理の必要性を裏付ける必要がある。

本研究では、河原を生育場所とする在来種の種子をあらかじめ播種した場所で、外来種の駆除を行う場所と行わない場所を設け、成立する植生を比較し、外来種駆除の効果を評価した。

7．2　材料と方法

実験場所　自然共生研究センター内の「河原植物保全研究ゾーン」で実施した。河原植物保全研究ゾーンは周囲よりも約１m低い窪地にある。実験前年にあたる1999年の冬に重機によって整地された。調査期間中には、2000年の東海地方における集中豪雨の際に短時間の冠水が一度だけ生じた以外には、実験操作以外の撹乱は生じなかった。

播種　2000年3月15日に、カワラサイコ、カワラヨモギ、カワラナデシコ、カワラマツバ、カワラハハコ（以下これらを総称して「河原植物」という）の種子を播種した。これらの種子は1999年に自然共生研究センター付近の木曽川の河原で採取した（カワラマツバとカワラナデシコのみ1998年に採取）。各コドラートあたりの播種量は、カワラヨモギは0.3g（約6000粒）、カワラサイコは2.9g（約5000粒）、カワラマツバは3g（約6000粒）、カワラハハコは0.3g（約8000粒）、カワラナデシコは0.2g（約300粒）とした。これらの量は各種の4m^{2}の群落における種子生産量を想定して決めた。

外来植物の除去　20個のコドラートのうち10個では月に一度コドラート内の帰化植物をすべて抜き取る処理を行った。この除草処理は2000年には4月から8月まで月に一度、2001年には6月6日、7月8日、9月14日に行った。これらのコドラートを「除去区」と呼ぶ。残りの10個では除草を行わず、「対照区」とした。

植生の調査　コドラート内の植物種の組成を大まかに把握するために、「格子点法」による植生調査を2000年11月10日、2001年6月7日、10月14日に行った。この調査では、全てのコドラート内に20cm間隔の格子を設け、その格子の交点（コドラートあたり100点）と重なる位置にあたる植物種をすべて記録し、記録された頻度を植物種毎に集計した。

7．3　結果

除去した帰化植物　コドラート内で発生し、除去区で抜いた外来植物は21種となった（表７．１）。これらのうち、春から初夏（４～６月）にはオオキンケイギクとメマツヨイグサが多く、夏（７～８月）にはオオフタバムグラが多かった。

植生　格子点法による調査の結果、2000年秋には外来植物であるオオフタバムグラが最も優占する植生となった（表７．２）。一方、除草区ではメヒシバとともにカワラヨモギの出現頻度が高かった。2001年秋には草本植生に明瞭な二層構造が成立したためこれらを区別して調査した。H1層（上層：高さ１m程度）では対照区、除去区ともに主にカワラヨモギによって占められていたが、カワラヨモギの出現頻度は除草区のほうが高かった（表７．３）。対照区におけるH2層（下層：高さ20cm程度）ではオオフタバムグラとオオキンケイギクが優占していた（表７．３）。それに対して、除去区のH2層ではシバやカワラマツバが多かったものの、全体に植物が少なかった（表７．３）。

７．４　考察

自然共生研究センター内やその周辺には、多くの外来種が生育しており、大きな種子供給源となっていると考えられる（５．３節参照）。本研究の結果、このような状況下では在来種の種子を播種によって補ったとしても、特別な管理を行わない限り外来種が優占する植生となることが示された。外来種の蔓延は全国の河川で生じており[5]、同様の事態は実際の河川でも生じると考えられる。この結果は、砂礫質河原の自然植生を維持するためには、外来植物を除去する管理が必要であることを示唆している。

侵入してしまった外来植物の除去方法としては、抜き取り・刈り取りによる除草のほかに、生物的防除[6]や化学的防除[7]が検討されている。しかしこれらの方法は、駆除対象としていない生物への影響を通して生態系に不可逆な影響を及ぼす可能性があるため[8]、重機を用いて外来種を含む区域の表層を除去するなど、物理的方法がより適切であると考えられる。本研究の結果はそのような方法による外来種除去の有効性を支持するものである。

引用文献

1) 梅原徹：河川の植物「河川環境と水辺植物－植生の保全と管理」（奥田重俊・佐々木寧編），ソフトサイエンス社，1996.

2) 鷲谷いづみ：外来植物の管理，保全生態学研究，5：pp. 181-186，2000.

3) 村中孝司・鷲谷いづみ：鬼怒川砂礫質河原の植生と外来植物の侵入，応用生態工学，4：pp. 121-132，2001.

4) 村中孝司・鷲谷いづみ：鬼怒川砂礫質河原における外来牧草シナダレスズメガヤの侵入と河原固有植物の急激な減少・緊急対策の必要性，保全生態学研究，6：pp. 111-122，2001.

5) 鷲谷いづみ：不可逆的に生態系が変化した時代・外来植物の侵入，科学，72：pp. 77-83，2002.

6) Shireman, J.V. and Maceina, M.J.: The utilization of grass carp, *Ctenophyaryngodon idella* Val., for hydrilla control in Lake Baldwin, Florida. Journal of Fishery and Biology, 19: pp.629-636, 1981.

7) Newbold, C.: Herbicides in aquatic ecosystems, Biological Conservation, 7: pp.97-118, 1975.

8) Clout, M.N. and Lowe, S.J.: Invasive species and environmental changes in New Zealand, *In* Mooney and Hobbs (eds) Invasive Species in a Changing World, Island Press, 2000.

表7.1 調査区で発生し除草した外来植物

和名		科名
アメリカセンダングサ	*Bidens frondosa*	キク科
オオアレチノギク	*Erigeron sumatrensis*	キク科
オオオナモミ	*Xanthium occidentale*	キク科
オオキンケイギク	*Coreopsis lanceolata*	キク科
セイタカアワダチソウ	*Solidago altissima*	キク科
チチコグサモドキ	*Gnaphalium pensylvanicum*	キク科
ヒメジョオン	*Stenactis annuus*	キク科
ヒメムカシヨモギ	*Erigeron canadensis*	キク科
ブタクサ	*Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior*	キク科
キキョウソウ	*Specularia perfoliata*	キキョウ科
オオフタバムグラ	*Diodia teres*	アカネ科
ツボミオオバコ	*Plantago virginica*	オオバコ科
マツバウンラン	*Linaria canadensis*	ゴマノハグサ科
コマツヨイグサ	*Oenothera laciniata*	アカバナ科
ヒレタゴボウ	*Ludwigia decurrens*	アカバナ科
メマツヨイグサ	*Oenothera biennis*	アカバナ科
ムシトリナデシコ	*Silene armeria*	ナデシコ科
メリケンガヤツリ	*Cyperus eragrostis*	カヤツリグサ科
シナダレスズメガヤ	*Eragrostis curvula*	イネ科
スズメノチャヒキ	*Bromus japonicus*	イネ科
ネズミムギ	*Lolium multiflorum*	イネ科

表7.2　2000年１０月における植物の出現頻度.
格子点法による出現頻度のコドラートあたりの平均と標準偏差を示す。除去区・対照区のそれぞれについて平均出現頻度が大きい順に並べた。外来種に網掛けをした。

処理	種名	学名	出現頻度 平均	標準偏差
除去	メヒシバ	*Digitaria ciliaris*	38.8	25.1
	カワラヨモギ	*Artemisia capillaris*	19.2	11.4
	ハタガヤ	*Bulbostylis barbata*	10.8	7.3
	エノコログサ	*Setaria viridis*	7.0	5.7
	チガヤ	*Imperata cylindrica*	7.0	0.0
	シナダレスズメガヤ	*Eragrostis curvula*	3.8	3.0
	ツユクサ	*Commelina communis*	2.7	1.7
	ヨモギ	*Artemisia princeps*	2.5	0.5
	カヤツリグサ	*Cyperus microiria*	2.2	1.2
	シバ	*Zoysia japonica*	2.0	0.0
	オオニワホコリ	*Eragrostis pilosa*	1.7	0.5
	カワラマツバ	*Galium verum* var. *asiatica* f. *nikkoe*	1.2	0.4
	カワラサイコ	*Potentilla chinensis*	1.0	0.0
	チャガヤツリ	*Cyperus amuricus*	1.0	0.0
	メドハギ	*Lespedeza juncea* var. *subsessilis*	1.0	0.0
対照	オオフタバムグラ	*Diodia teres*	55.0	17.0
	メヒシバ	*Digitaria ciliaris*	21.0	14.3
	オオキンケイギク	*Coreopsis lanceolata*	10.4	10.6
	カワラヨモギ	*Artemisia capillaris*	8.3	10.5
	シナダレスズメガヤ	*Eragrostis curvula*	6.3	3.3
	ススキ	*Miscanthus sinensis*	4.0	0.0
	エノコログサ	*Setaria viridis*	3.8	3.2
	ハタガヤ	*Bulbostylis barbata*	2.3	0.5
	カヤツリグサ	*Cyperus microiria*	1.5	0.5
	メマツヨイグサ	*Oenothera biennis*	1.3	0.5
	シバ	*Zoysia japonica*	1.0	0.0
	ツユクサ	*Commelina communis*	1.0	0.0
	メドハギ	*Lespedeza juncea* var. *subsessilis*	1.0	0.0

表7.3　2001年１０月における植物の出現頻度.
格子点法による出現頻度のコドラートあたりの平均と標準偏差を示す。除去区・対照区のそれぞれについて平均出現頻度が大きい順に並べた。外来種に網掛けをした。

群落高	処理	種名	学名	出現頻度 平均	標準偏差
H1	除去	カワラヨモギ	*Artemisia capillaris*	58.1	26.8
		メドハギ	*Lespedeza juncea* var. *subsessilis*	5.5	11.8
		カワラマツバ	*Galium verum* var. *asiatica* f. *nikkoense*	2.3	4.2
		チガヤ	*Imperata cylindrica*	1.6	3.4
		ヨモギ	*Artemisia princeps*	0.7	1.3
		トダシバ	*Arundinella hirta*	0.2	0.4
		カワラナデシコ	*Dianthus superbus* var. *longicalycinus*	0.1	0.3
		シバ	*Zoysia japonica*	0.1	0.3
	対照	カワラヨモギ	*Artemisia capillaris*	43.4	31.7
		メドハギ	*Lespedeza juncea* var. *subsessilis*	4.9	7.8
		シナダレスズメガヤ	*Eragrostis curvula*	4.1	5.3
		オオキンケイギク	*Coreopsis lanceolata*	1.4	2.6
		チガヤ	*Imperata cylindrica*	1.4	4.4
		カワラマツバ	*Galium verum* var. *asiatica* f. *nikkoense*	0.3	0.7
		キダチコンギク	*Aster pilosus*	0.2	0.4
		コマツナギ	*Indigofera psuedo-tinctoria*	0.2	0.4
		オオフタバムグラ	*Diodia teres*	0.1	0.3
		ムラサキエノコロ	*Setaria viridis* subsp. *minor* f. *misera*	0.1	0.3
		メヒシバ	*Digitaria ciliaris*	0.1	0.3
H2	除去	シバ	*Zoysia japonica*	8.3	7.9
		カワラマツバ	*Galium verum* var. *asiatica* f. *nikkoense*	8.1	9.4
		ハタガヤ	*Bulbostylis barbata*	7.7	11.8
		カワラヨモギ	*Artemisia capillaris*	3.6	2.7
		カワラサイコ	*Potentilla chinensis*	1.2	1.1
		ムラサキエノコロ	*Setaria viridis* subsp. *minor* f. *misera*	1.2	1.8
		メドハギ	*Lespedeza juncea* var. *subsessilis*	0.9	1.2
		イネsp.	-	0.3	0.7
		メヒシバ	*Digitaria ciliaris*	0.3	0.5
		双子葉実生	-	0.3	0.5
		カヤツリグサ	*Cyperus microiria*	0.2	0.4
		ヨモギ	*Artemisia princeps*	0.2	0.4
		オオフタバムグラ	*Diodia teres*	0.1	0.3
		キツネノマゴ	*Justicia procumbens*	0.1	0.3
		シナダレスズメガヤ	*Eragrostis curvula*	0.1	0.3
		チガヤ	*Imperata cylindrica*	0.1	0.3
		ツユクサ	*Commelina communis*	0.1	0.3
		ナワシロイチゴ	*Rubus parvifolius*	0.1	0.3
		ヒメムカシヨモギ	*Erigeron canadensis*	0.1	0.3
	対照	オオフタバムグラ	*Diodia teres*	70.2	12.2
		オオキンケイギク	*Coreopsis lanceolata*	11.1	11.2
		カワラヨモギ	*Artemisia capillaris*	3.0	3.3
		シバ	*Zoysia japonica*	2.8	2.3
		シナダレスズメガヤ	*Eragrostis curvula*	2.0	2.6
		カワラマツバ	*Galium verum* var. *asiatica* f. *nikkoense*	1.8	1.8
		ハタガヤ	*Bulbostylis barbata*	1.6	3.4
		メドハギ	*Lespedeza juncea* var. *subsessilis*	1.0	1.8
		双子葉実生	-	0.9	2.0
		カワラサイコ	*Potentilla chinensis*	0.8	0.9
		イネsp.	-	0.2	0.4
		ムラサキエノコロ	*Setaria viridis* subsp. *minor* f. *misera*	0.2	0.4
		メヒシバ	*Digitaria ciliaris*	0.2	0.4
		コマツナギ	*Indigofera psuedo-tinctoria*	0.1	0.3

8．河川環境教育を目的とした地域への学習支援

8．1　はじめに

環境保全の取り組みは様々な形で進められているが、人々が自然環境に対する認識を深め、知識や情報を共有した上で活動が展開されることが理想とされる。わが国においても、多くの関連分野において環境教育に積極的に関わっていくことが重要視されており、ここ数年、自然科学に関する教育普及の機会は飛躍的に拡大している。多くの人々が自然環境への関心を高め理解を深めることは、環境問題の解決へ向けての第一の糸口であり、環境保全活動の基礎をつくる重要な取り組みであるといえる。特に長期的視野で検討すべき多くの課題を有する当該分野の教育においては、次世代を対象とした取り組みが必要とされる。

自然共生研究センター（以下、センター）では、河川環境の保全・復元に関する調査・研究を進めるとともに、その成果を広く社会に発信していくことも重要な課題としている。これまでセンターの見学施設としての環境を整備するため、実験河川に見学者を円滑に案内・誘導するためのサインの基本整備、また、昨年度は研究成果や関連情報についてわかりやすく解説するための展示パネルの開発を行ってきた。

今年度は施設外部への情報発信の第一歩として、地域の教育現場を対象とし、河川環境教育を目的に情報提供や実験施設の公開による学習支援の方法について検討した。本稿では、地域の小学校と実施した環境学習カリキュラムの構築プロセスを順に追って考察するとともに、その中で、センター側、小学校側が担った役割を整理し、連携した学習活動を行う上での今後の課題について言及する。

8．2　河川環境教育における自然体験と情報提供の重要性

学校教育の現場において、環境教育は教科にとらわれない横断的かつ総合的な課題であり、国際理解、情報、福祉、健康などとともに、平成１４年度から本格的に導入される新しい学習指導要領「総合的な学習の時間」の中でとりあげられつつある。河川は地域に密着した身近な題材であり、科学的観点からはもちろん、その地域の文化、社会的な側面においても深く人々の生活に根ざしているため、学習の発展性が高い題材と考えられ、環境教育においても河川に焦点を当てる学校が多い。

河川を題材とした教育においては、最新の知見を含めた専門的な知識や情報の提供が不可欠である。河川は多くの事象が複雑に連関し合い、それらが変動しながら成立している。関連する多くの分野の詳細な情報に加え、未解明な事物・事象に関する新たな知見についても網羅的に把握し、それらの情報を児童の要望に応じて提供できる環境を整えて教育に取り組む必要がある。そのような観点から有効な情報提供手段の一つに、デジタル教材があげられる。映像や写真でしか捉えにくい、スケールの大きい空間的な情報や長期的な環境の変化、目に見えないミクロな物質や生物等の表現が可能である。また、現場では臨場の機会が得られにくい情報も常時提供でき、何度も繰り返し調べ学習を行うことも出来るなどの利点もある。さらに、インターネット上では、最新の情報へとリンクをはって情報収集網を拡大させることも可能である。

また、河川に関する学習においては、実際の現場でしか得られない情報を扱うことも多く、自然の実

体験が重要となる。河川は画一的なものではなく、それぞれの河川ごとに特徴があるため、実際の現場を観察・調査することが、現場の正しい理解の促進につながる。しかしながら、今日、子供達の自然体験は希薄であると言われており、教育現場における自然体験の機会の提供がますます重要となってきている。

8．3　取り組みの進め方と体制

本研究では、児童主体の学習展開を基本とし、センターが教育現場に対しどのように学習支援できるのかを検討するため、河川の実体験の場とデジタル教材の提供を行いながら、河川環境の保全への意識を高めることを目標にした環境学習カリキュラムの構築を行った。カリキュラムの開発においては、最初に河川に対する児童の興味・関心を把握するための意識調査を小学校中学年以上の児童に対して実施し、その結果に基づいて学習展開を想定した。そして、想定した学習展開を基に実践を行い、学習段階ごとに児童の興味・関心を把握するための意識調査を実施し、その結果に基づいて学習展開に修正を加えながらカリキュラムを構築した。

本研究は、センターと岐阜県羽島郡川島町立川島小学校との連携により行われた。川島小学校は木曽川の中州に位置し、地理的な特徴からも河川との関わりが深く、これまでの授業の題材としても、河川がとりあげられている。また、国内のコンピューターを活用した教育の先進校であり、デジタル教材等を用いた授業の実績がある。

8．4　学習展開の想定

（1）事前調査

児童が主体となった学習展開を想定するにあたっては、まず扱う情報に対する児童の意識について理解しておく必要がある。本研究では学習展開を想定するために、児童の河川生態系に対する意識を知るための質問紙調査を行った。対象とする地域の小学生の河川に対する興味・関心の全体的な傾向の把握を目的とし、川島小学校 4～6 年生、254 名を被験者に設定し調査を実施した。

調査は、河川生態系の基本構成要素を、空間（河岸、川底の傾き、川の幅等）、水（水の深さ、流れの速さ、水の汚れ等）、生物（魚類、昆虫、河原の植物等）のグループに分け、各グループの中から興味・関心のある要素を選択する形式にて行った。また、「空間」、「水」、「生物」、「人」の相互の関係性にも着目し、これら項目のどのような関係に興味・関心があるのかについても調査した。

調査の結果、各グループ中の興味・関心の高い項目の順は以下の通りであった。

［空間］：川底の石や砂（42％）、川底の傾き（23％）、河岸（19％）、川の幅（16％）

［水］：水の汚れ（32％）、流れの速さ（23％）、水の深さ（20％）、水の温度（15％）、水の量（10％）

［生物］：魚類（21％）、鳥類（16％）、哺乳類（16％）、水草（11％）、昆虫（10％）、爬虫類（8％）、河原の植物（8％）、藻（5％）、両生類（5％）

以上のように、「空間」のグループでは、「川底の石や砂」、「水」のグループでは、「水の汚れ」、「生物」のグループでは「魚類」に最も興味・関心が集まった。つまり、児童の興味・関心は河川生態系の構成要素の中でも、目にとまりやすくイメージしやすいものが上位にあり、視覚的に捉えにくくイメージし

にくいものが下位になる傾向がみられた。

「水」、「空間」、「生物」、「人」の関係性については、「生物」と「水」の関係に興味をもった児童の割合が最も高く、46％であった。以下、「水」と「人」（24％）、「人」と「生物」（13％）、「水」と「空間」（6％）、「空間」と「人」（6％）、「空間」と「生物」（5％）の順に興味・関心の度合いが高かった。

以上の結果から、「生物」のグループと「水」のグループ、それぞれ最も興味・関心の高い「魚類」と「水の汚れ」の関係が着目され、これらの関係に沿って児童の意識が変化し、学びが展開されていく可能性が示唆された。

（2）想定された学習フロー

意識調査の結果をふまえ、児童の意識の発展を予想し、学習展開を想定した。河川を学習のテーマに設定した際、児童の興味・関心はまず「魚類」に集中し、その後、魚類調査の実践を通じて、魚が暮らす水環境の汚染へと移り、環境調査を実践することで身近な環境の保全へと意識が向かうという学習展開である。授業展開の中では、段階的に河川をフィールドとした体験とデジタル教材による学習の機会を提供することで全体的な流れの方向づけを行うこととした。これらの自然体験や教材の実施・提供方法については、実践の各段階で行う意識調査の結果を反映し、教師と研究者とで協議しながら決定することとした。デジタル教材のコンテンツは動画又は静止画と解説文で構成し、それらをＷｅｂページにて公開し、教室内のコンピュータを用いて閲覧できるようにした。

８．５　実践

実践された実際の学習フローを図８　１に示す。以下、段階ごとに詳細を示す。

調査１「意識調査」（河川の生態系に対する興味・関心を知る）

川島小学校４年生の１クラス、36 名を被験者に設定し調査を実施した（以下の実践におけるすべての被験者も同じ）。調査は、前述の事前調査と同様の項目を用い、まず、「空間」、「水」、「生物」のグループの中でもっとも興味をもったグループを問い、次に選択したグループの中から興味・関心のある要素を選択する形式にて行った（グループと各構成要素は事前調査参照）。

調査の結果を図３に示す。３つのグループで最も児童の興味・関心が高かったのは「生物」（47％）であった。また、「生物」を選んだ児童の中で、最も興味・関心の集まった項目は、事前調査と同様、魚類（35％）であった。よって、学習は魚類をテーマに始めることとした。

実践１

デジタル教材の提供

意識調査後の授業の中で、児童から「魚の調査をしたい」という意見が出された。そこで、魚類調査の準備や方法に関するデジタル・コンテンツを用意した。具体的には魚捕りのための道具、調査方法、扱い方等に関する情報を提供した。

フィールド体験学習（河川での魚の採捕と観察）

自然共生研究センターの実験河川をフィールドとし、研究員と一緒に魚を採捕する体験プログラムを実施した。自然共生研究センターの研究員がタモ網を用いた魚の捕り方を実演し、その様子を見学した後、児童が実際に採捕を行った。児童が捕った魚は水槽に移し替え、スケッチをしながら観察した。

調査２「意識調査」（フィールド体験後の興味・関心の変化を知る）

調査当日、教室に戻り、魚のどのようなことに興味を持ったか、アンケートにより調査した。結果を図 4 に示す。多くの児童が鱗（うろこ）や目、鰓（えら）等、魚の体の特徴的な部位に興味を持っていることがわかった。鱗が最も多く 15 名、以下、目（9 名）、鰓（7 名）、鰭（ひれ）（3 名）、側線（2 名）の順に多かった。他にも、魚の体の色や動きに興味をもつ児童もみられた。

実践２

デジタル教材の提供

児童が興味をもった魚類の代表的な組織・器官についての情報をデジタル・コンテンツとして加工し追加した。鱗の隆起線（成長線）と環境との関係、魚眼の視野、鰓による呼吸機能や採餌機能、遊泳における鰭の役割のなど、魚類の基本的な生理機能に関する情報を追加した。

調査３「意識調査」（デジタル教材を用いた学習後の意識変化）

デジタル教材に掲載した魚の体の各部位の機能の解説を閲覧し、魚の組織・器官が水環境と密接に関わっていることを理解し、環境へと関心が移ったことが記述式の質問紙調査によって示された。鰓、鱗に関心を持った児童（22 名）は水の汚れに、側線、鰭（5 名）は流れや水温に、目などその他の項目に興味を持った児童（9 名）は、川の形状などに関心が移っていることがわかり、フィールドでの調査を実施することがこれにより決定された。

実践３

デジタル教材の提供

環境調査（水質、流速、水深、水温の測定）に必要な道具、調査方法に関する情報をデジタル・コンテンツに追加した。

フィールド体験学習（環境調査、周辺の河川の見学）

自然共生研究センターの研究員が実際の調査を実施し、その様子を見学した後、児童が簡略化した方法で各項目についての調査を行った。水質調査では市販の簡易水質測定キット（パックテスト：井戸水検査セット、型式 AZ-2W）を使用した。また、流速についてはピンポン玉を橋の上から落とし、一秒間に動いた距離を読みとる方法で行った。水深は通常の測定で用いるスケールを使用し、水温は児童が持参した棒温度計を用いて測定した。また、自然共生研究センターの周辺にも出かけ、実河川の様子も見学した。

調査４「意識調査」

教室での行われた意見交換の授業を観察した。児童らにより水質を中心とした測定結果が発表され、それらの結果やフィールド体験の感想等についての意見交換がなされた。水環境に関する認識が深まったとともに、「川を汚さない」、「ゴミを捨てない」、「ゴミをリサイクルする」など、問題解決へ向けての具体的な提言がなされ、河川環境を保全するための意識が芽生えたことが確認された。

８．６　考察

実践の全体的な流れとしてはほぼ想定した学習展開の通りであった。これは河川生態系の構成要素をグループに分け、詳細な項目をあげて行った意識調査に基づいて学習モデルを構築したため、関連要素の明確な展開が予想できたためと思われる。しかし、段階的にみると、デジタル・コンテンツ提供の機会は予定より一回多くなり、魚の組織・器官の機能的な情報の提供が必要となった。魚捕り調査の体験後、採捕した魚を観察する時間を設けたため、児童の意識はすぐに環境へと移るのではなく、魚に特徴的な微小な部位に興味・関心が集中したためである。このような生理学的な情報を知ることは、魚の生命活動、生活現象を理解する上で必須であるとともに、環境の問題を知る上でも必要であり、生物との環境との関わりを考えるにあたり、環境保全に向けて生態学的に筋道を立て学習を進めていく上で有効な視点であることが見出された。また、魚から発展した意識は、想定していた通り「水の汚れ」へと発展したが、それだけではなく、他にも「水の流れ」や「深さ」等、水環境の様々な項目に広がることが確認された。このような意識の発展は多くの環境的要素と関連した魚の生理学的情報を提供したことによるものと考えられるが、他にも実際のフィールドでの魚捕りの体験において、生物だけでなく、魚を採捕した場所の水や空間等の環境的な要素も体験したことで印象づけられたことにも起因するのかもしれない。このような視点から言及するためには現場体験が児童にもたらす影響のさらなる詳細な調査が必要とされよう。調査方法に関するデジタル・コンテンツの提供は、フィールドでの実践における学習意欲の向上に役立っていることが児童の行動や発言から確認された。今後、このような実体験と疑似体験を組み合わせた効果や役割について明らかにしていくことも必要であろう。また、本研究では児童主体の学習展開として、児童の興味・関心の上位に基づいて学習を展開させていったが、多数の児童とは異なる意識変化が生じた児童も少数認められた。このような児童は「学び方を学ぶ」学習を行ったと考えることができるが、今後このような児童の認識の変容や学習効果を明らかにし、複数の意識の発展パターンに対応できるような多様な学習カリキュラムの構築や、学習支援方法についてもさらに検討していく必要があると思われる。

８．７　まとめ　双方の組織が担った役割と今後の活動における課題

今回の実践において、河川をテーマにした思考の発展は、視覚的に捉えやすく動きのある魚類から始まり、ミクロな視点から生態的な関連性に沿って環境へ向かった。このように、興味・関心を抱いた事項を関連事項によって繋げて方向づけ、多様化・拡大し、総合的に捉え直すといった学習展開は、地域の自然や社会の現実に触れる環境学習において有効である。自然科学では、多様で複雑かつ変動的な事

事物・事象を扱うため、教育活動においては情報を専門的視点により秩序立てて体系的に方向づけることが重要となる。今回は、研究機関側が専門的視点による調整を行い、生態学的視点による意識調査案の作成、生物の専門知識の提供、フィールドでの調査方法の提案等の役割を担った。一方、環境教育においては学習内容のレベルを児童に合わせて段階的に考慮しなければならない。そのような観点からは、今回、小学校側が児童の意識の確認や方向づけを行いながら、学習活動でとりあげる情報のレベルの調整を担当した。

以上のように、環境学習カリキュラムの構築や実践においては、環境に関する分野の専門的視点、教育現場の教育的視点双方による企画段階からの調整が重要になることが示された。今回の取り組みでは、小学校の教員と研究機関の研究員との議論の場を積極的に設け、双方の意図やねらいを確認した上で、フィールド体験の具体的な方法や、教材で扱う情報の専門性、学習内容としての適正等についてのすり合わせを行った。その結果、お互いの作業分担が明確にされ、センターとして担うべき役割が示された。

近年、教育の枠組みが生涯学習体系へと大きく変化し、横断的・総合的な課題が学習のテーマにとりあげられるようになり、ますます教育現場と社会、いわゆる学社連携の必要性が高まっている。しかし、わが国では双方のコンタクトが希薄であり、まだ相互に連携した環境が整っているとは言い難い状況にある。今後、河川の分野においては、関連施設が開かれた場となり、地域の学校と緊密に関わっていくことが急務とされる。特に本稿で示されたように、連携した取り組みにおいては企画段階からの参画による調整が重要とされる。連携体制を構築し環境教育機能を拡大するためは、関連施設は、地域・学校と協力体制を整えながら多面的に参画型の情報提供、活用の取り組みを推進することが求められるだろう。





図8-1. 学習活動のフロー

9．実験池のポテンシャル調査結果

9．1　調査概要

9．1．1　目的

実験池は長径 50m、短径 30mの池が６つあり、２つは池岸をコンクリートで覆い、４つは土からなっている。湖岸植生帯が水質に及ぼす影響等の基礎研究や、水質浄化手法等の応用研究を行うことを目的として造られたものであり、流入量や湖岸形状等をコントロールすることができ、実際の湖沼の現象をある程度再現できる規模である。

平成 13 年度は、実験池における本格的な研究を実施する際の前提条件を明らかにすることを目的として、流入・流出・漏出量や水質等のポテンシャルを調査したものである。

9．1．2　調査の実施状況

実験池のポテンシャル調査として、平成 13 年度は流入・流出・漏出量調査、水質調査、魚類調査を実施した。調査カレンダーを表 9.1.1 に示す。

表 9.1.1　調査カレンダー

日付	調査・作業	実験池の状況
平成 13 年 5～6 月	改良工事・草刈等	
7 月 3 日 6 日 下旬	通水開始 流入・流出・漏出量調査開始	実験池Ａ、Ｂでクロモ繁茂
8 月 3 日 8 日 中旬 20 日 22 日	通水停止 簡易水質調査 簡易水質調査 水位減少のため水補充	実験池Ｃで糸状藻類が大発生
9 月 25 日	流入・流出・漏出量調査終了	
10 月 1 日 1～2 日 3～5 日 9 日	排水 魚類開掘調査 実験池Ｂ水草取り 再通水開始	
11 月 14 日 11 月 26 日	水質調査	実験池Ｂ２で糸状藻類が大発生
12 月 21 日	水質調査	
平成 14 年 1 月 21 日	水質調査	
2 月 18 日	水質調査	
3 月 8 日	水質調査	

９．２　実験池の諸元等

実験池の基本諸元は表 9.2.1 の通りである。実験池への水の供給は、実験河川と同様に配水池からのものであり、給水バルブによりある程度コントロールすることができる。

表 9.2.1　実験池の諸元等

	実験池Ａ１	実験池Ａ２	実験池Ｂ１	実験池Ｂ２	実験池Ｃ１	実験池Ｃ２
池岸材質	土				コンクリート	
平面形状	長辺 50m×短辺 30mの楕円形					
水深（満水時）	1.0m					
池容量（満水時）	559m^3					
湛水面積（満水時）	823.5m^2					
法面勾配	平均１：５、上流側１：２、下流側１：１０					
給水	φ250 及びφ75 の給水管より給水					
排水	直角三角せきからの越流排水					

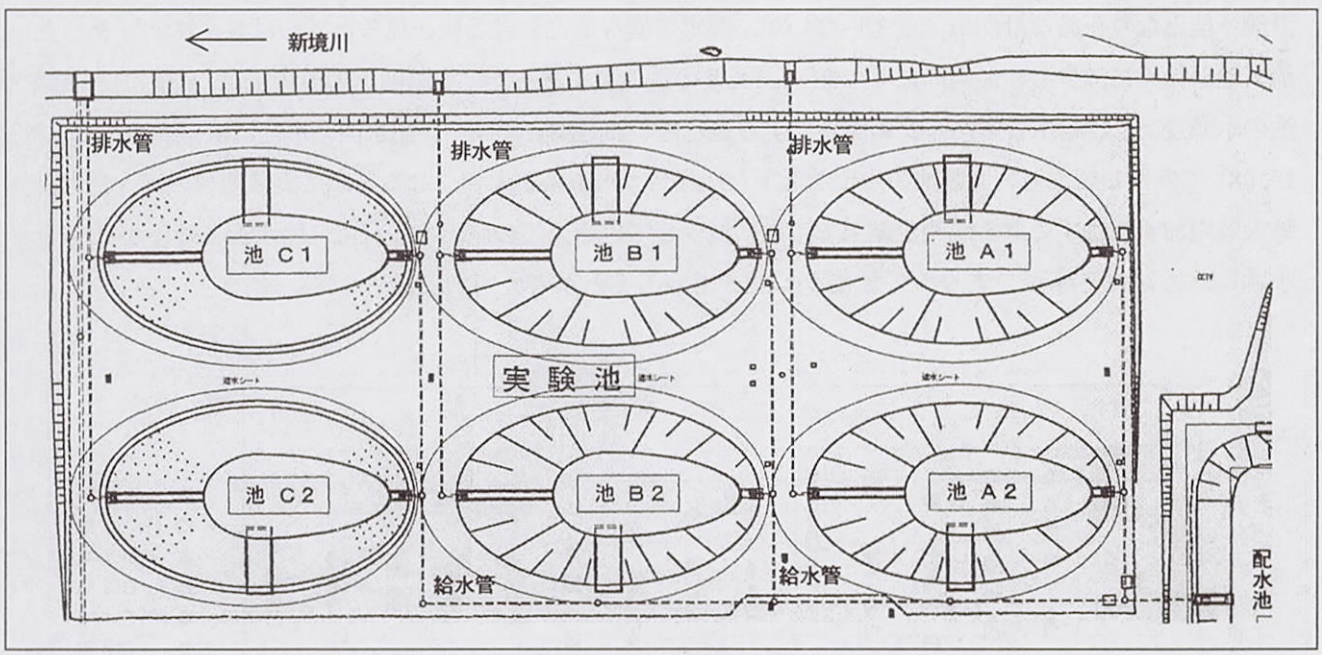


図 9.2.1　実験池の形状等

9．3　流入・流出・漏出量調査

各実験池における水収支の特性を把握するために、流入・流出・漏出量に関する調査を行った。調査方法は以下の通りである。

- 流入量：電磁式流量計により自動計測
- 流出量：直角三角せきの流量公式（JIS B 8302）より算出
- 漏出量：ある観測間隔において、下記の式により算出

漏出量＝（総流入量）－（総流出量）＋（実験池容量の減少量）

調査は全ての池が満水となり安定しだした７月６日より行った。また、８月３日からは流入量をゼロにして、その後の水位・漏出量の変化を調査した。

＜7/6～8/2（流入あり）＞

池の水位については、図 9.3.1 に示すとおり計測開始当初は各池ともに徐々に低下してきていたが、各池で 91～93ｃｍ程度の水位でほぼ安定した。流入量については、流量計の故障によりＡ２、Ｂ１、Ｃ２で計測不能となり正確な計測はできていないが、測定可能な池における値を見ると当初は５～12m³/h あった流入量が徐々に減少し、最終的には 2.0～3.5m³/h の流入量であった。実験池への流入量は、配水池と実験池の水頭差、及び給水管のバルブの開度により規定される。調査期間中、配水池の水位はほぼ満水位（T.P 15.0m）で安定しており、実験池の水位が低下した場合、水頭差が大きくなるために実験池への流入量は計算上は増加するはずであるが測定結果では逆に減少している。この原因としては、給水管の管径がφ75 と小さいためにゴミ等がつまり流入しにくくなっていることが考えられる。

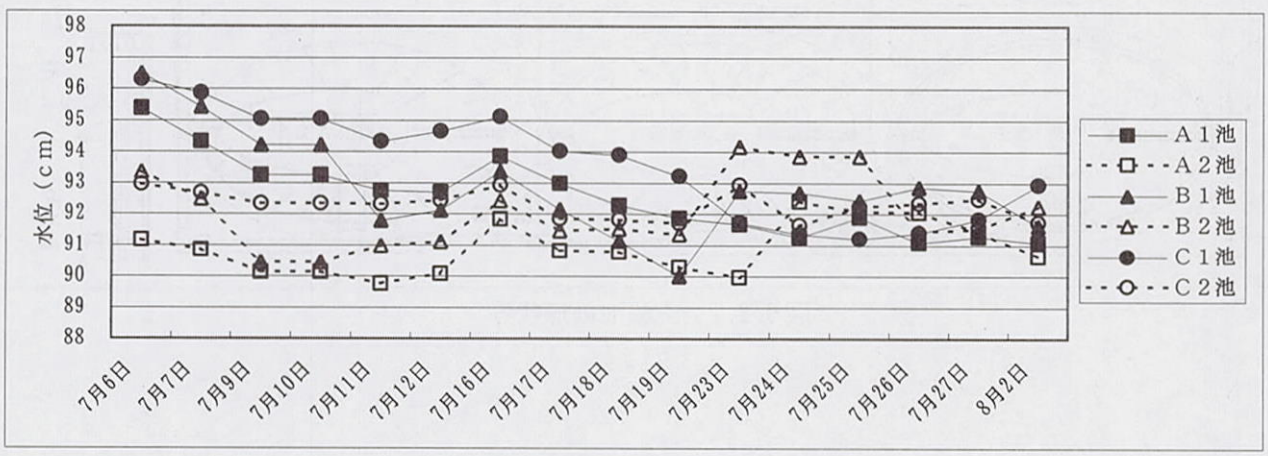


図 9.3.1　実験池の水位変動（流入あり）

＜8/3～9/25（流入なし）＞

流入量をゼロにした以降の実験池では、水位が徐々に減少し、流入がない状態では漏出が少ない池であっても水位を保つことはできないことが分かった（図９.３.２ 参照）。この調査結果を用いて、各池の漏出量を算出した結果を図 9.3.3 に示す。なお、漏出量の算出に際しては、降雨日及び降雨の翌日のデータは除外している。漏出量の平均値を表 9.3.1 に示す。漏出が最も多い池は、実験池Ｂ１であり単位面積あたり 9.26×10^{-4}㎥/h、すなわち満水位時に池全体で 0.76 ㎥/h の漏出量であった。それに対して、最も少ない池は実験池Ｃ１であり単位面積あたり 4.12×10^{-4}㎥/h、すなわち満水位時に池全体で 0.34 ㎥/h の漏出量であった。漏出量の大きな池と小さな池で約 2.2 倍の差があるが、オーダーが異なるほどではなく、実験に支障が生じる差ではないものと考えられる。

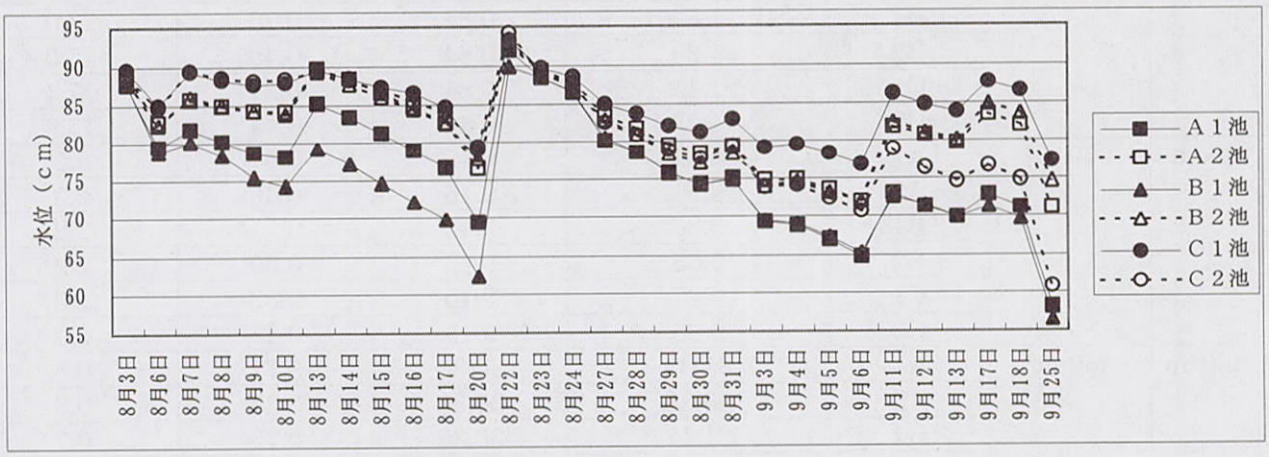


図 9.3.2　実験池の水位変動

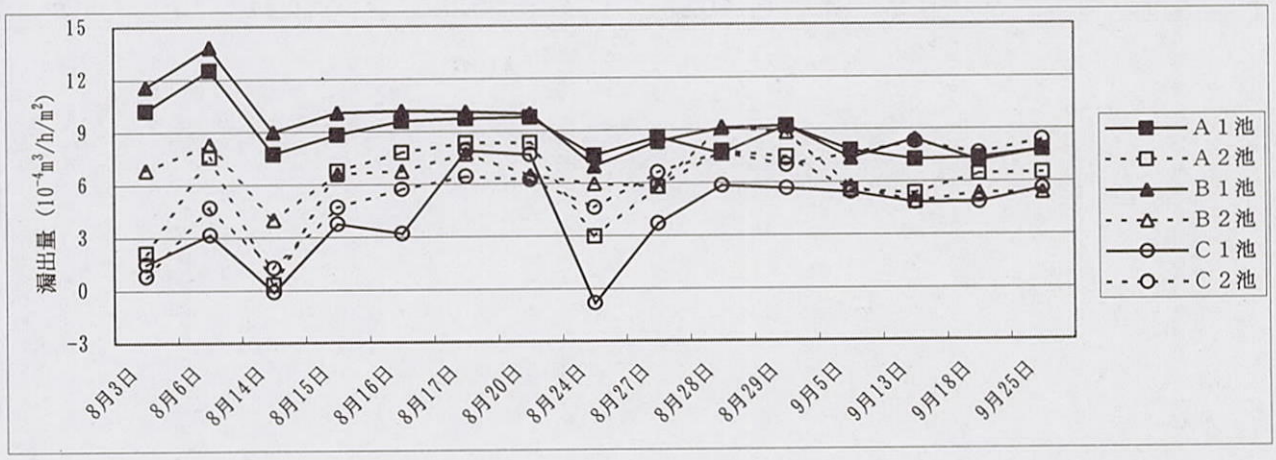


図 9.3.3　実験池の漏出量の変化

表 9.3.1　実験池の漏出量の平均

単位：10^{-4} ㎥/h/㎡

	A１	A２	B１	B２	C１	C２
漏出量	8.77	5.93	9.26	6.51	4.12	5.83

流出量及び漏出量は実験池の水位により決まるため、実験池で水位を安定させて実験を行う際には流入量を調整すればよく、水位 90cm、95cm、100cm の時の実験条件は表 9.3.4 のようになる。滞留時間は水位 90cm の時に 13.0～17.4 日、95cm の時に 2.2～2.3 日、水位 100cm の時に 0.7～0.8 日となる。各池の滞留時間の差は流入量が大きくなるほど軽減される。

表 9.3.4　実験池の水位安定時の実験条件

水位	貯留容積	池名	流入量 (m^3/h)	流出量 (m^3/h)	漏出量 (m^3/h)	滞留時間 (日)
90cm	480 m^3	A1	1.50	0.84	0.66	13.3
		A2	1.29	0.84	0.45	15.5
		B1	1.54	0.84	0.70	13.0
		B2	1.33	0.84	0.49	15.0
		C1	1.15	0.84	0.31	17.4
		C2	1.28	0.84	0.44	15.6
95cm	520 m^3	A1	9.82	9.15	0.67	2.2
		A2	9.61	9.15	0.46	2.3
		B1	9.86	9.15	0.71	2.2
		B2	9.65	9.15	0.50	2.2
		C1	9.47	9.15	0.32	2.3
		C2	9.60	9.15	0.45	2.3
100cm	560 m^3	A1	31.09	30.38	0.71	0.8
		A2	30.86	30.38	0.48	0.8
		B1	31.12	30.38	0.75	0.7
		B2	30.90	30.38	0.52	0.8
		C1	30.71	30.38	0.33	0.8
		C2	30.85	30.38	0.47	0.8

9．4　水質

9．4．1　調査概要

実験池における水質調査は、8月に水質測定機器を用いた簡易水質調査と11月以降に実施した室内分析による定期水質調査を実施している。

調査地点、調査時期、調査項目等を表9.4.1に示す。

表9.4.1　水質調査の調査概要

簡易水質調査	調査地点	各実験池中央の表層、中層、底層
	調査時期	H13.8.10（2～3時間毎に測定）
	調査項目	PH、導電率、濁度、DO、水温
	池の状況	実験池A、B：クロモ繁茂 実験池C：糸状藻類が発生、沈水植物なし
定期水質調査	調査地点	配水池呑口、各実験池中央表層
	調査時期	H13.11～H14.3、各月1回
	調査項目	透視度、pH、導電率、濁度、SS、VSS、DO、COD、T-N、NH_4-N、NO_3-N、T-P、PO_4-P、ｸﾛﾛﾌｨﾙa、ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ
	池の状況	実験池A：クロモが底層に生育 実験池B：クロモ除去 実験池C：沈水植物なし

9．4．2　調査結果

（1）簡易水質調査結果

簡易水質調査結果を表9.4.2及び図9.4.1に示す。

表9.4.1に示したとおり、調査時の実験池の状況はA、Bではクロモが水面付近まで繁茂した状態であり、光は底層までは届きにくい状況であった。そのため、実験池A、Bでは日中、クロモにより表層付近で活発に光合成が行われ、底層では光が届かないために光合成は活発には行われていないものと考えられる。それに対して実験池Cでは池岸がコンクリートのためクロモは繁茂しておらず、光合成は主に植物プランクトンによるものであり、光も底層まで到達ができる。このような池の状況の違いを反映して、簡易水質調査結果では実験池A、Bと実験池Cでは明らかに異なる調査結果となった。表層のDOについて見ると実験池A、Bでは測定開始からクロモの光合成により急激に増加しているのに対し、実験池CではA、Bと比較すると増加量は少ない。しかし、底層では、実験池A、Bは光が届きにくいため光合成が活発ではなくDOの増加量が少ないが、実験池Cでは表層とほぼ同じ結果となっている。水温については表層では実験池A、B、Cで大きな差は見られないが、底層では実験池Cでほぼ表層と同じ結果が見られるのに対して、実験池A、Bでは低い値となっている。これは、実験池A、Bではクロモの繁茂により光が届きにくくなっていることに加え、水が循環しにくいことも影響しているものと考えられる。

以上をまとめると、簡易水質調査結果からはクロモの繁茂による差が大きく現われており、実験池A、Bではクロモの光合成により表層はDO等の水質が大きく変動し、底層では変動は小さい。実験池Cではクロモが繁茂していないためDO等の水質の変動は実験池A、Bと比較して小さく、表層と底層の差も小さい。

（2）定期水質調査結果

実験池の水質調査結果を表9.4.2(1)～(2)に示す。

実験池の COD は、11 月には 4.5～5.4mg/L と配水池と比較して低い値を示していたが、12 月以降は配水池が比較的安定した値を示していたのに対して全ての実験池で増加傾向を示した。COD が増加した要因の一つとしては植物プランクトンの増殖が考えられる。しかし、クロロフィル a の結果を見ると、１月以降の調査時に実験池 A1 及び B1 においてアオコが発生したため非常に高い値を示しているが、それ以外の実験池では値は低く、植物プランクトン以外にも COD の増加要因があるものと考えられる。植物プランクトン以外で COD を増加させる要因として推測されるものは、底泥からの有機物の溶出、植物の腐敗、生物の代謝などが考えられる。

また、栄養塩について見ると、T-N、T-P は配水池と比較して低い値を示しており、実験池では T-N、T-P が常に浄化されている。実験池では NO_3-N、PO_4-P が明らかに消費されており、これらの栄養塩の消費が T-N、T-P の浄化につながっているものと考えられる。先述したとおり実験池のクロロフィル a は比較的低いため、NO_3-N、PO_4-P の消費は水底のアオミドロや堆積物に付着する珪藻類等によるものと推測される。

本調査結果を見ると、ほとんどの調査項目について調査結果の変動幅が大きく、実験池Ａ、Ｂ、Ｃといった池岸による差異、あるいは実験池１、２といった位置条件による差異が明確に現われた項目は少なかった。特に濁度、ＳＳ、ＶＳＳ、クロロフィル a、フェオフィチンについては、アオコの発生により１月以降は実験池 A1 及び B1 で非常に高い値を示している。9.3 で示したとおり、実験池 A1 及び B1 は他の実験池と比較すると若干漏出量が多くなっており、その結果、他の実験池よりもアオコが発生しやすくなっている可能性がある。

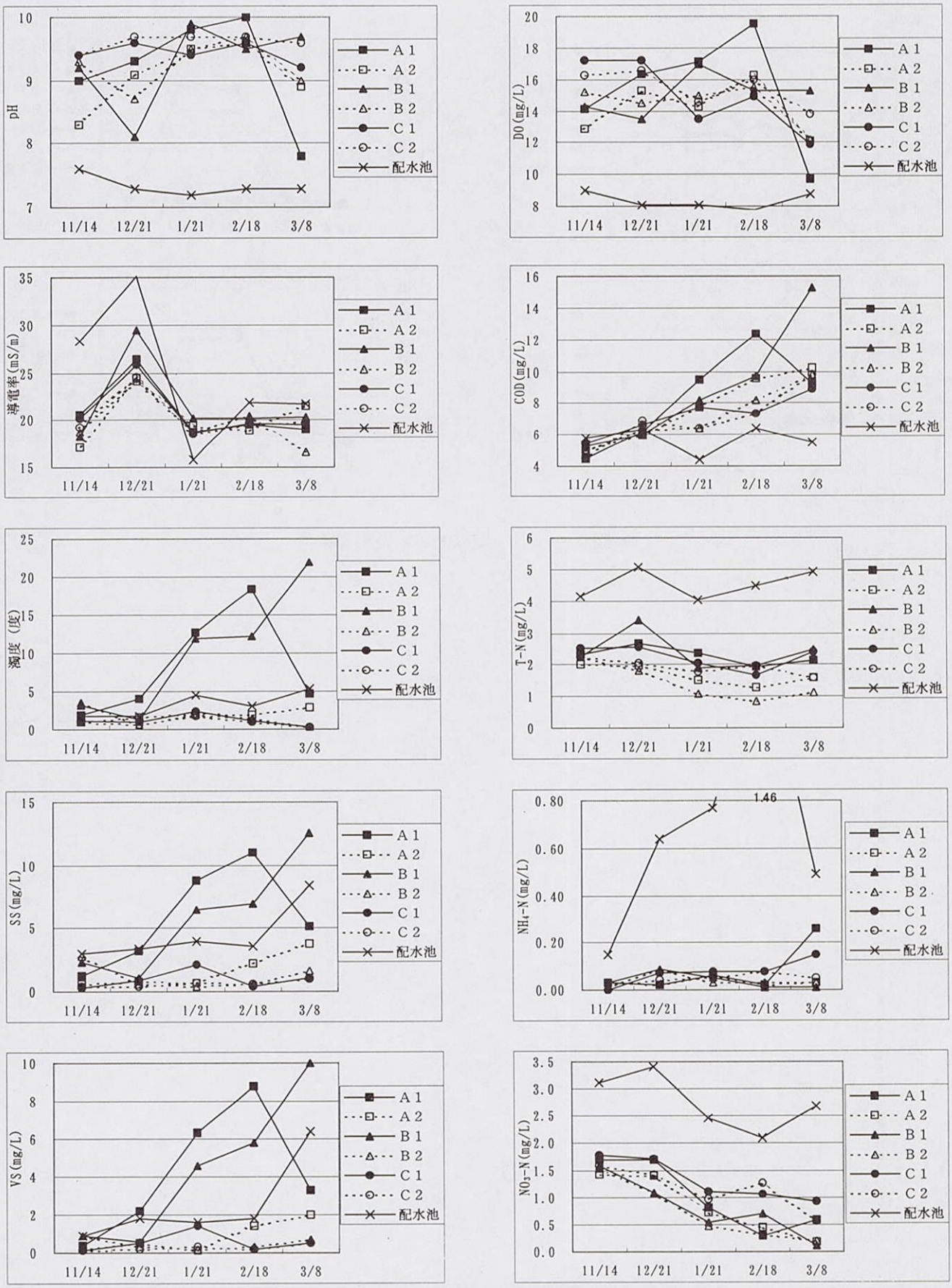


図 9.4.2(1)　実験池の水質調査結果

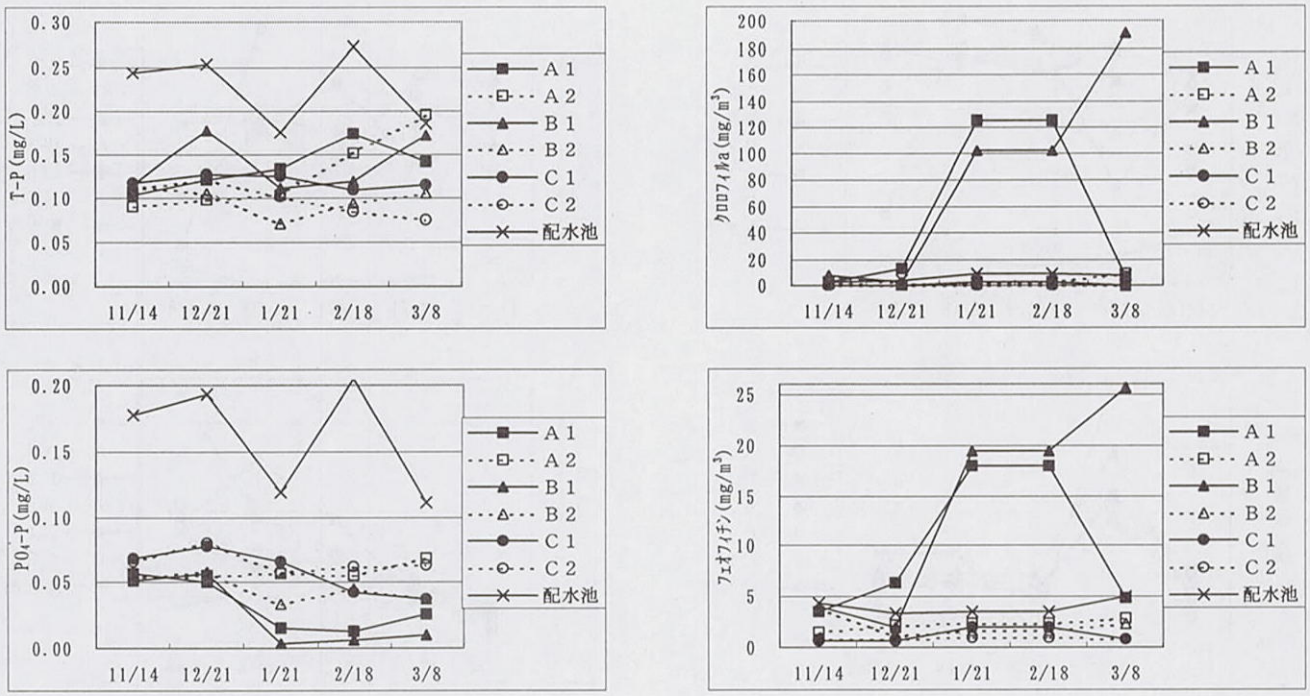


図9.4.2(2)　実験池の水質調査結果

9．5　魚類の侵入状況調査

実験池における魚類の侵入状況調査は、池の水を全て排水した後に実験池に残った魚類をタモ網により採捕する手法とした。なお、実験池への魚類の侵入は、給水管を通っての侵入のみである。

調 査 日：１０月１～２日
調査方法：開掘調査（タモ網による採捕）
調査項目：種類、個体数

調査結果を表 9.5.1 に示す。最も多く確認されたのはブルーギルであり、特に配水池に一番近い実験池Ａ２で多かった。全個体数についても実験池Ａ２で最も多く、配水池から距離が近いために最も魚が侵入しやすいものと考えられる。ただし、大型のコイについては実験池Ｃ１で多く確認されている。これは給水管の敷設状況が関係しているものと考えられ、給水管に入った大型のコイが管路に沿って泳ぎ、最終的に行き止まりとなる実験池Ｃ１に入り込むものと考えられる。

以上のように、実験池への魚類の侵入傾向は、配水池に最も近い実験池Ａ２が多く入りやすく、大型の個体は実験池Ｃ１に多く入りやすいものと推定される。

表 9.5.1　魚類の侵入状況調査結果

目名	科名	標準和名	A1	A2	B1	B2	C1	C2
コイ	コイ	コイ	3	5	0	4	12	3
		フナ類	2	26	9	9	2	6
		オイカワ	4	5	0	1	0	1
		モツゴ	1	2	0	0	0	1
		タモロコ	1	3	1	0	0	0
		コウライモロコ	7	8	4	1	0	0
		カマツカ	1	2	2	0	0	0
	ドジョウ	ドジョウ	0	0	0	0	0	2
スズキ	サンフィッシュ	ブルーギル	38	123	4	7	6	59
	ハゼ	ヨシノボリ類	1	8	2	0	4	6
		合計	58	182	22	22	24	78

９．６　まとめ

今年度実施した、実験池のポテンシャル調査により流入・流出・漏出量、水質、魚類の侵入状況について以下のような事項が明らかになった。

① 流入・流出・漏出量については、各池で漏出量に差があるが、オーダーが異なるほどではなく実験に支障が生じるほどではないものと考えられる。滞留時間は水位 90cm の時に 13.0～17.4 日、95cm の時に 2.2～2.3 日、水位 100cm の時に 0.7～0.8 日となる。

② 簡易水質調査結果では、実験池Ａ、Ｂではクロモの光合成により表層は DO 等の水質が大きく変動し、底層では変動は小さい。実験池Ｃではクロモが繁茂していないため DO 等の水質の変動は実験池Ａ、Ｂと比較して小さく、表層と底層の差も小さい。

③ 定期水質調査結果では、調査結果の変動が大きく池岸による差異、位置条件による差異は明確には現われなかった。COD は配水池と比較して高い傾向にあり、COD の増加要因としては底泥からの有機物の溶出、植物の腐敗、生物の代謝などが考えられたる。また、栄養塩については配水池よりも低い値を示しており、水底のアオミドロや堆積物に付着する珪藻類等により NO_3-N、PO_4-P が消費されていることが要因と推測される。

④ 実験池への魚類の侵入傾向は、配水池に最も近い実験池Ａ２が多く入りやすく、大型の個体は実験池Ｃ１に多く入りやすいものと推定される。

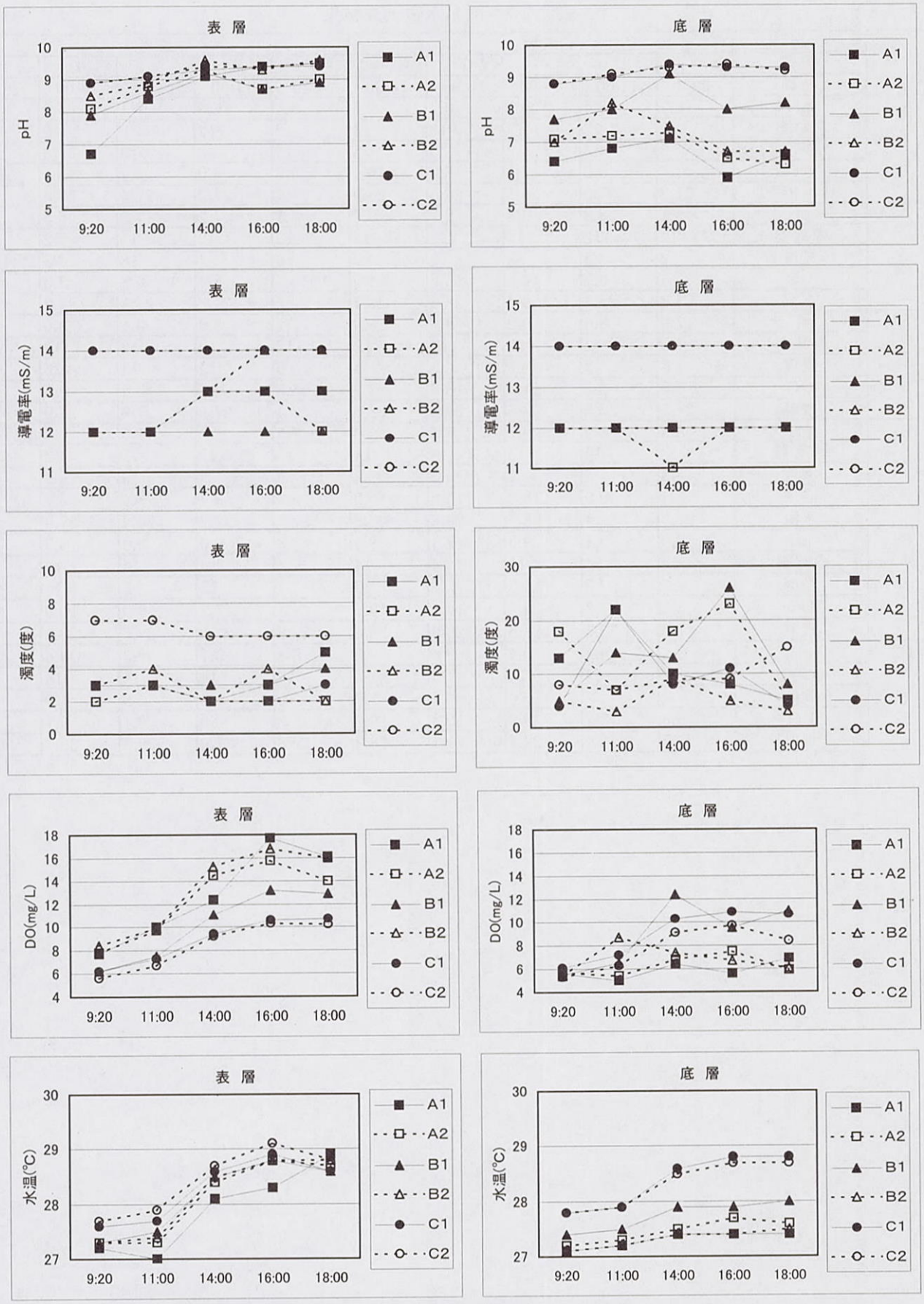


図9. 4. 1　実験池の簡易水質調査結果

表9. 4. 2　簡易水質調査結果

	層	表層					底層				
	天気	くもり　雨	くもり	くもり	くもり	くもり	くもり　雨	くもり	くもり	くもり	くもり
	時刻	9:20	11:00	14:00	16:00	18:00	9:20	11:00	14:00	16:00	18:00
A 1	pH	6.7	8.4	9.1	9.4	9.5	6.4	6.8	7.1	5.9	6.6
	導電率	12	12	13	13	13	12	12	12	12	12
	濁度	3	3	2	3	5	13	22	10	8	5
	DO	7.7	10.0	12.4	17.7	16.1	5.6	5.0	6.4	5.6	6.9
	水温	27.2	27.0	28.1	28.3	28.9	27.1	27.2	27.4	27.4	27.4
A2	pH	8.1	8.8	9.3	8.7	9.0	7.1	7.2	7.3	6.5	6.3
	導電率	12	12	13	13	12	12	12	11	12	12
	濁度	2	3	2	2	2	18	7	18	23	5
	DO	7.8	9.7	14.5	15.8	14.0	5.7	5.4	6.8	7.5	5.9
	水温	27.3	27.3	28.4	28.8	28.7	27.2	27.3	27.5	27.7	27.6
B1	pH	7.9	8.6	9.2	8.7	8.9	7.7	8.0	9.1	8.0	8.2
	導電率	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	濁度	3	3	3	3	4	5	14	13	26	8
	DO	6.2	7.5	11.1	13.2	12.9	5.5	6.5	12.4	9.5	11.0
	水温	27.3	27.5	28.5	28.8	28.6	27.4	27.5	27.9	27.9	28.0
B2	pH	8.5	8.9	9.6	9.3	9.6	7.0	8.2	7.5	6.7	6.7
	導電率	12	12	13	14	14	12	12	12	12	12
	濁度	3	4	2	4	2	5	3	9	5	3
	DO	8.4	9.9	15.3	16.8	16.0	5.4	8.7	7.4	6.7	6.1
	水温	27.3	27.4	28.5	28.8	28.8	27.1	27.2	27.4	27.4	27.5
C1	pH	8.9	9.1	9.3	9.4	9.4	8.8	9.0	9.4	9.3	9.3
	導電率	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	濁度	3	3	2	2	3	4	22	8	11	4
	DO	6.2	7.3	9.4	10.6	10.7	6.1	7.2	10.3	10.9	10.7
	水温	27.6	27.7	28.6	28.9	28.6	27.8	27.9	28.6	28.8	28.8
C2	pH	8.9	9.1	9.4	9.4	9.5	8.8	9.1	9.3	9.4	9.2
	導電率	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	濁度	7	7	6	6	6	8	7	9	9	15
	DO	5.6	6.7	9.2	10.3	10.2	5.3	6.3	9.1	9.7	8.4
	水温	27.7	27.9	28.7	29.1	28.8	27.8	27.9	28.5	28.7	28.7

表9.4.3（1）　実験池の水質調査結果

実験池Ａ１

項目	単位	11月14日	12月21日	1月21日	2月18日	3月8日	平均値	標準偏差
採水時刻	時：分	10:19	10:20	10:09	10:00	10:00	－	－
天候	－	晴	雨	雨	晴	晴	－	－
全水深	m	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	－	－
気温	℃	15.0	3.2	9.7	9.6	9.4	－	－
水温	℃	14.0	5.4	7.4	7.8	8.8	－	－
透視度	cm	>100	>100	40	31	85	－	－
ｐＨ	－	9.0	9.3	9.8	10.0	7.8	9.2	0.9
導電率	mS/m	20.5	26.4	18.7	19.5	19.0	20.8	3.2
濁度	度	1.9	4.0	12.8	18.4	4.6	8.3	7.0
ＳＳ	mg/L	1.3	3.2	8.8	11.0	5.1	5.9	4.0
ＶＳＳ	mg/L	0.4	2.2	6.3	8.8	3.3	4.2	3.3
ＤＯ	mg/L	14.1	16.4	17.1	19.5	9.7	15.4	3.7
ＤＯ飽和度	%	141	133	146	179	87	137	33
ＣＯＤ	mg/L	4.5	6.2	9.5	12.4	9.3	8.4	3.1
Ｔ－Ｎ	mg/L	2.34	2.66	2.38	1.95	2.13	2.29	0.27
NH_4－Ｎ	mg/L	0.03	0.02	0.06	0.02	0.26	0.08	0.10
NO_3－Ｎ	mg/L	1.70	1.70	0.81	0.30	0.58	1.02	0.65
Ｔ－Ｐ	mg/L	0.105	0.121	0.133	0.174	0.141	0.135	0.026
PO_4－Ｐ	mg/L	0.057	0.050	0.015	0.013	0.026	0.032	0.020
ｸﾛﾛﾌｨﾙa	mg/m^3	2.0	12.3	125.0	125.0	6.9	54.2	64.7
ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ	mg/m^3	3.6	6.4	18.0	18.0	4.8	10.2	7.2

実験池Ａ２

項目	単位	11月14日	12月21日	1月21日	2月18日	3月8日	平均値	標準偏差
採水時刻	時：分	10:35	10:30	10:17	10:14	10:09	－	－
天候	－	晴	雨	雨	晴	晴	－	－
全水深	m	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	－	－
気温	℃	15.0	3.2	9.7	9.6	934.0	－	－
水温	℃	14.2	5.8	7.4	7.9	9.0	－	－
透視度	cm	>100	>100	>100	>100	77	－	－
ｐＨ	－	8.3	9.1	9.5	9.6	8.9	9.1	0.5
導電率	mS/m	17.1	24.4	19.4	18.9	21.5	20.3	2.8
濁度	度	1.0	1.6	2.1	2.0	2.9	1.9	0.7
ＳＳ	mg/L	0.6	0.8	0.7	2.2	3.8	1.6	1.4
ＶＳＳ	mg/L	0.2	0.5	0.1	1.4	2.0	0.8	0.8
ＤＯ	mg/L	12.9	15.3	14.3	16.3	12.1	14.2	1.7
ＤＯ飽和度	%	129	127	122	149	108	127	15
ＣＯＤ	mg/L	5.0	5.9	7.7	9.6	10.2	7.7	2.3
Ｔ－Ｎ	mg/L	2.00	1.96	1.50	1.28	1.57	1.66	0.31
NH_4－Ｎ	mg/L	0.03	0.02	0.06	0.02	0.03	0.03	0.02
NO_3－Ｎ	mg/L	1.42	1.39	0.72	0.45	0.17	0.83	0.56
Ｔ－Ｐ	mg/L	0.091	0.098	0.105	0.150	0.196	0.128	0.044
PO_4－Ｐ	mg/L	0.053	0.056	0.057	0.056	0.069	0.058	0.006
ｸﾛﾛﾌｨﾙa	mg/m^3	1.3	0.3	2.0	2.0	9.1	2.9	3.5
ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ	mg/m^3	1.5	2.2	2.3	2.3	2.9	2.2	0.5

実験池Ｂ１

項目	単位	11月14日	12月21日	1月21日	2月18日	3月8日	平均値	標準偏差
採水時刻	時：分	10:47	10:41	10:25	10:27	10:18	－	－
天候	－	晴	雨	雨	晴	晴	－	－
全水深	m	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	－	－
気温	℃	15.2	3.0	10.4	9.7	9.5	－	－
水温	℃	14.3	6.0	7.6	8.3	9.5	－	－
透視度	cm	>100	>100	39	49	28	－	－
ｐＨ	－	9.2	8.1	9.9	9.5	9.7	9.3	0.7
導電率	mS/m	18.2	29.4	20.2	20.2	20.3	21.7	4.4
濁度	度	3.3	1.3	11.9	12.2	22.0	10.1	8.3
ＳＳ	mg/L	2.3	1.1	6.5	7.0	12.6	5.9	4.5
ＶＳＳ	mg/L	0.9	0.6	4.6	5.8	10.0	4.4	3.9
ＤＯ	mg/L	14.3	13.5	17.0	15.3	15.3	15.1	1.3
ＤＯ飽和度	%	143	112	148	140	140	137	14
ＣＯＤ	mg/L	5.2	6.0	8.2	9.7	15.3	8.9	4.0
Ｔ－Ｎ	mg/L	2.25	3.42	1.88	1.96	2.48	2.40	0.62
NH_4－Ｎ	mg/L	0.03	0.09	0.05	0.01	0.01	0.04	0.03
NO_3－Ｎ	mg/L	1.58	1.09	0.55	0.70	0.11	0.81	0.56
Ｔ－Ｐ	mg/L	0.116	0.178	0.112	0.120	0.173	0.140	0.033
PO_4－Ｐ	mg/L	0.052	0.057	0.004	0.006	0.010	0.026	0.026
ｸﾛﾛﾌｨﾙa	mg/m^3	7.6	3.2	102.0	102.0	191.0	81.2	78.1
ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ	mg/m^3	4.0	2.0	19.5	19.5	25.6	14.1	10.5

実験池Ｂ２

項目	単位	11月14日	12月21日	1月21日	2月18日	3月8日	平均値	標準偏差
採水時刻	時：分	10:52	10:52	10:36	10:33	10:26	－	－
天候	－	晴	雨	雨	晴	晴	－	－
全水深	m	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	－	－
気温	℃	15.2	3.0	10.4	9.7	9.5	－	－
水温	℃	14.4	5.8	7.5	8.4	9.2	－	－
透視度	cm	>100	>100	>100	>100	>100	－	－
ｐＨ	－	9.3	8.7	9.5	9.7	9.0	9.2	0.4
導電率	mS/m	18.8	24.1	18.7	20.4	16.6	19.7	2.8
濁度	度	3.5	0.7	1.9	1.5	0.3	1.6	1.2
ＳＳ	mg/L	2.8	0.6	0.4	0.6	1.6	1.2	1.0
ＶＳＳ	mg/L	0.9	0.3	0.2	0.3	0.7	0.5	0.3
ＤＯ	mg/L	15.2	14.5	15.0	15.5	12.2	14.5	1.3
ＤＯ飽和度	%	152	120	131	142	109	131	17
ＣＯＤ	mg/L	4.9	6.3	6.4	8.2	9.8	7.1	1.9
Ｔ－Ｎ	mg/L	2.25	1.82	1.10	0.87	1.12	1.43	0.58
NH_4－Ｎ	mg/L	0.01	0.09	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
NO_3－Ｎ	mg/L	1.54	1.08	0.48	0.31	0.21	0.72	0.57
Ｔ－Ｐ	mg/L	0.115	0.106	0.071	0.094	0.107	0.099	0.017
PO_4－Ｐ	mg/L	0.054	0.058	0.034	0.045	0.037	0.046	0.010
ｸﾛﾛﾌｨﾙa	mg/m^3	7.1	0.7	1.2	1.2	0.4	2.1	2.8
ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ	mg/m^3	3.9	1.2	1.6	1.6	2.4	2.1	1.1

表9.4.3（1）　実験池の水質調査結果

実験池Ｃ１

項目	単位	11月14日	12月21日	1月21日	2月18日	3月8日	平均値	標準偏差
採水時刻	時：分	11:03	11:00	10:46	10:47	10:35	－	－
天候	－	晴	雨	雨	晴	晴	－	－
全水深	m	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	－	－
気温	℃	16.0	3.0	10.8	9.8	9.8	－	－
水温	℃	14.5	6.0	7.7	8.6	9.5	－	－
透視度	cm	>100	>100	>100	>100	>100	－	－
ｐＨ	－	9.4	9.6	9.4	9.6	9.2	9.4	0.2
導電率	mS/m	20.2	25.8	18.6	19.7	19.5	20.8	2.9
濁度	度	1.2	0.9	2.4	1.2	0.3	1.2	0.8
ＳＳ	mg/L	0.3	0.9	2.1	0.4	1.1	1.0	0.7
ＶＳＳ	mg/L	0.1	0.5	1.4	0.2	0.5	0.5	0.5
ＤＯ	mg/L	17.2	17.2	13.5	14.9	11.9	14.9	2.3
ＤＯ飽和度	%	176	143	118	136	109	136	26
ＣＯＤ	mg/L	5.4	6.6	7.7	7.3	8.9	7.2	1.3
Ｔ－Ｎ	mg/L	2.50	2.57	2.04	1.68	2.39	2.24	0.37
NH_4－Ｎ	mg/L	<0.01	0.07	0.08	0.08	0.15	0.10	0.04
NO_3－Ｎ	mg/L	1.78	1.71	1.11	1.07	0.92	1.32	0.40
Ｔ－Ｐ	mg/L	0.119	0.128	0.125	0.110	0.116	0.120	0.007
PO_4－Ｐ	mg/L	0.069	0.077	0.066	0.043	0.037	0.058	0.017
ｸﾛﾛﾌｨﾙａ	mg/m^3	0.3	0.3	3.2	3.2	0.1	1.4	1.6
ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ	mg/m^3	0.6	0.7	2.0	2.0	0.9	1.2	0.7

配水池

項目	単位	11月14日	12月21日	1月21日	2月18日	3月8日	平均値	標準偏差
採水時刻	時：分	10:04	11:23	11:14	11:26	10:55	－	－
天候	－	晴	雨	雨	晴	晴	－	－
全水深	m	1.6	1.8	1.9	1.7	1.8	－	－
気温	℃	15.0	3.2	10.8	9.8	9.8	－	－
水温	℃	13.0	6.0	8.4	7.7	8.3	－	－
透視度	cm	>100	>100	>100	>100	65	－	－
ｐＨ	－	7.6	7.3	7.2	7.3	7.3	7.3	0.2
導電率	mS/m	28.3	35.1	15.8	21.9	21.7	24.6	7.4
濁度	度	1.8	1.7	4.5	3.1	5.3	3.3	1.6
ＳＳ	mg/L	3.0	3.4	4.0	3.6	8.4	4.5	2.2
ＶＳＳ	mg/L	0.9	1.8	1.6	1.8	6.4	2.5	2.2
ＤＯ	mg/L	9.0	8.1	8.1	7.8	8.8	8.4	0.5
ＤＯ飽和度	%	88	67	71	71	77	75	8
ＣＯＤ	mg/L	5.8	6.3	4.4	6.4	5.5	5.7	0.8
Ｔ－Ｎ	mg/L	4.13	5.06	4.03	4.50	4.91	4.53	0.46
NH_4－Ｎ	mg/L	0.15	0.64	0.77	1.46	0.49	0.70	0.48
NO_3－Ｎ	mg/L	3.11	3.41	2.47	2.11	2.69	2.76	0.51
Ｔ－Ｐ	mg/L	0.243	0.254	0.176	0.273	0.185	0.226	0.043
PO_4－Ｐ	mg/L	0.178	0.193	0.119	0.205	0.111	0.161	0.043
ｸﾛﾛﾌｨﾙａ	mg/m^3	2.3	4.2	9.2	9.2	7.8	6.5	3.1
ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ	mg/m^3	4.4	3.4	3.6	3.6	5.0	4.0	0.7

実験池Ｃ２

項目	単位	11月14日	12月21日	1月21日	2月18日	3月8日	平均値	標準偏差
採水時刻	時：分	11:13	11:13	11:00	10:55	10:42	－	－
天候	－	晴	雨	雨	晴	晴	－	－
全水深	m	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	－	－
気温	℃	16.5	3.0	10.8	9.8	9.8	－	－
水温	℃	14.8	5.9	7.7	8.7	9.5	－	－
透視度	cm	>100	>100	>100	>100	>100	－	－
ｐＨ	－	9.4	9.7	9.7	9.7	9.6	9.6	0.1
導電率	mS/m	19.2	24.5	18.5	19.5	19.8	20.3	2.4
濁度	度	1.0	0.7	1.8	0.9	0.3	0.9	0.6
ＳＳ	mg/L	0.4	0.4	0.7	0.6	1.0	0.6	0.2
ＶＳＳ	mg/L	0.1	0.2	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2
ＤＯ	mg/L	16.3	16.6	14.6	16.0	13.8	15.5	1.2
ＤＯ飽和度	%	167	138	127	147	126	141	17
ＣＯＤ	mg/L	4.5	6.9	6.4	7.3	9.8	7.0	1.9
Ｔ－Ｎ	mg/L	2.24	2.07	1.77	1.98	1.59	1.93	0.25
NH_4－Ｎ	mg/L	0.02	0.04	0.05	0.08	0.05	0.05	0.02
NO_3－Ｎ	mg/L	1.57	1.43	0.97	1.26	0.57	1.16	0.40
Ｔ－Ｐ	mg/L	0.113	0.122	0.102	0.085	0.075	0.099	0.019
PO_4－Ｐ	mg/L	0.066	0.080	0.058	0.062	0.063	0.066	0.008
ｸﾛﾛﾌｨﾙａ	mg/m^3	0.5	0.2	0.5	0.5	0.3	0.4	0.1
ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ	mg/m^3	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.1

１０．実験河川の特性に関して

１０．１　概要

ここでは、実験河川で実施している様々な研究を通じて把握できた実験河川の特性について報告する。本報告書で取り上げたのは、河床材料の粒度組成と掃流力に関する特性と寄生虫から見た実験河川の特性についての２項目である。

前者の特性は、実験河川における底質そのものの状況だけでなく、掃流砂、浮遊砂の移動特性を支配し、出水に伴う地形形成のプロセス、生態遷移のスピード、自浄作用の回復の程度等河川管理に関連する様々な項目に関係すると考えられる。日本の中小河川においては、河床材料の粒度組成と掃流力に関する特性のデータが少なく、現状では上記の項目を十分に検討することができない。今後岐阜県内の中小河川をはじめとしたデータを収集し、実験河川におけるデータとの比較検討を実施していく必要があるだろう。

後者の特性は、実験河川における生態的特性をより明確に知る上で有益なものである。元来実験河川全体は木曽川の北派川に位置し、実験河川全体が本川の氾濫原的環境であると認識していた。春季にナマズ等が実験河川に遡上し産卵することはこれを裏付けているだろう。実験河川内に造成したワンドはこのような「既に氾濫原的環境である実験河川に造成したミニ氾濫原」である。寄生虫から見た魚類の特色では、実験河川内のワンドには実験河川本川及び木曽川のワンドとは異なる特色を有しており、これが池状の止水域的環境を示していることが明らかになっている。実験河川という氾濫原的性質を有する水域においてもワンドが相応の機能を有していることが理解できた意義は大きい。

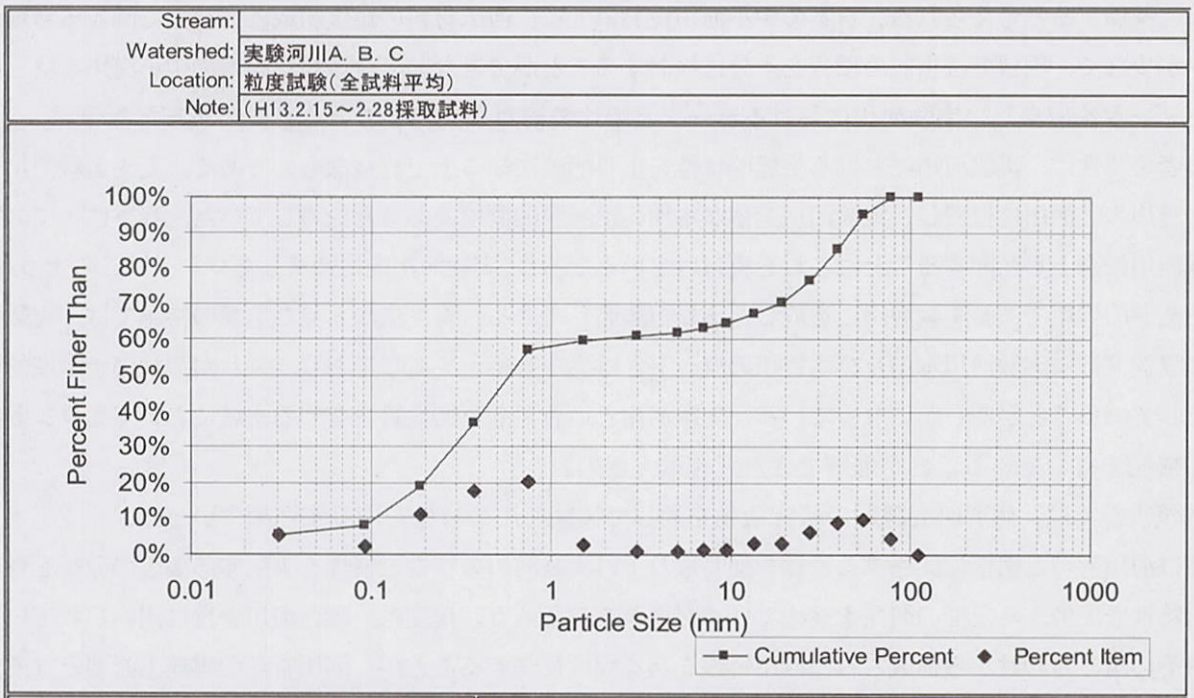
本報告書では、個別研究課題の研究活動を通して実験河川の特性を取りまとめていった。
今後は河川管理と密接に関係する特性を随時取り上げ実験河川の特性と特性を支配する要因の分析を行い、川の特性を比較する尺度の開発を進めていく必要があるだろう。尺度は、現在河川管理に用いられている変数やその組み合わせから構成され、河川特性をある程度反映することが、河川管理の実務上必要となるだろう。今後、流量、水質、河床材料の粒度分布、縦断勾配、川幅、水深といった変数と様々な河川特性との関係性を明らかにする努力を継続していきたい。

１０．２　実験河川の河床材料と掃流力の特性について

１０．２．１　実験河川河床の粒度特性

実験河川における河床表層材料の底質状況の把握のため、平成13年3月（第2ステージ終了後）に通水を停止したドライ状態の河床において任意のポイント（A河川：上下流2点、B・C河川：上中下流2点、全１６試料）における50cm角コドラート内の全試料採取分析（粒度試験）を行った。

図10.2.1は平成13年3月に採取した試料による粒度分布図（全試料平均）である。



Size percent less than (mm)				Percent by substrate type					
D16	D50	D60	D84	silt/clay	sand	gravel	cobble	boulder	bedrock
0.155	0.59	1.70	36.6	6%	54%	35%	5%	0%	0%

図10.2.1　実験河川　粒度分布（第2ステージ終了後）

なお、図10.2.1におけるデータは、土の粒度試験（JISA1204）により分析された結果を、主として河川工学で使われる分類基準[1)]にあわせて再分類したものを使っている。

全試料ベースでの60%粒径（D60）は1.7mmであり、分類基準では極粗砂に分類されるが、分布曲線を見ると、D50～D60の間で、一様な曲線ではなく大きく折れ曲がっている。

D60値を中心に分布状況を見ると、D60／D16は10.96であるのに比べ、D84／D60は21.53とほぼ2倍の開きがあり、また、粒径分布に二つの山があるなど、粒度分布としてはあまりよくないのがわかる。

すなわち、粒径0.25mm～１mm（分類では「極粗砂」～「中砂」）に第１のピークがあり、16mm以上（分類では「中礫（coarse gravel）」）に第２のピークがきて、二つのピークの間になる2mm～11mm付近（分類では「細礫～中礫（medium gravel）」）がほとんど存在しない。

この分布傾向を、図 10.2.2 の全国の河川の典型的粒度分布[2)]でみると、長良川 38km 付近の粒度分布とほぼ同じであり、「扇状地から緩勾配の中間地（自然堤防帯）への勾配変化点直下流では、砂分が多くなり、砂利分が急減する」という特徴とおなじ傾向がある。

実験河川の位置する木曽川 44km 付近は、上流 58km 付近から始まる犬山扇状地と、その下流に広がる濃尾平野の自然堤防地域との境目に位置しており[10)]、同じ木曽三川として同一流域内にある長良川 38km 地点と同様にこの付近周辺河岸の粒度分布特性がそのまま現れており、実験河川河床から採取した試料において「細礫～中礫（medium gravel）」がほとんど存在しないのは、出水実験により流出したのではなく、もともと存在していないと判断してよいものと考えられる。

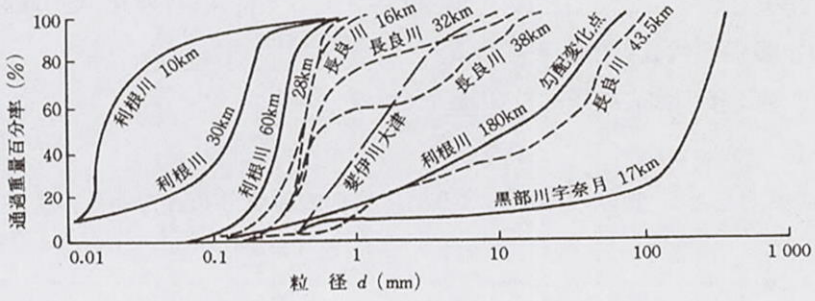


図 10.2.2　全国の河川の典型的粒度分布

実験河川の河床は、構造上も木曽川北派川の河床材料をそのまま使用して河道を造成しているが、平成 10 年 11 月から今回採取試料（平成 13 年 3 月採取）までの間の出水実験では、実験河川河床の粒度分布特性が変わるほどのインパクトが不足していることがわかる。

１０．２．２　粒径集団の区分と代表粒径の選定

実験河川の粒度分布特性から粒径集団に区分を行い、代表粒径を選定する。なお、粒径集団の区分に当たっては、扇状地河川の場合の方法[3)]に従い行うものとする。

図 10.2.1 を粒径集団に区分したのが図 10.2.3 である。

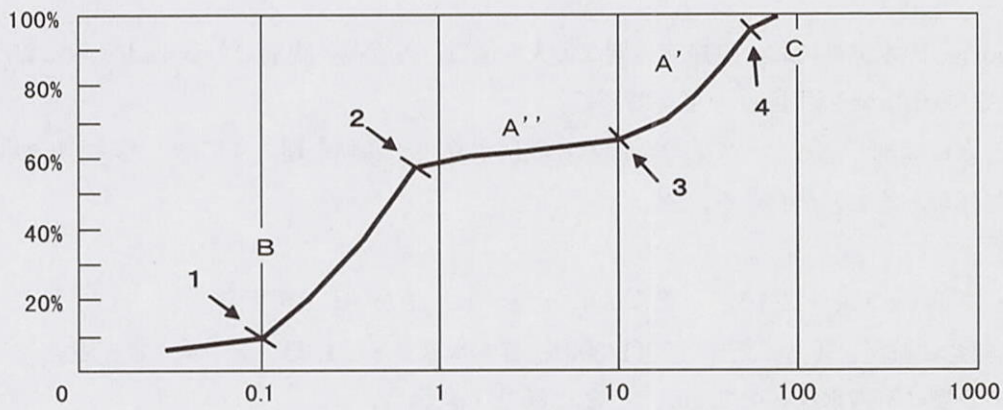


図 10.2.3　粒度集団区分図

① 図１の粒度分布曲線から、勾配の急変点を抽出し、それぞれの粒径をグラフより読み取る。

② 砂成分をＢ集団とする。区分粒径は勾配急変点２（0.7mm）とする。なお、勾配急変点１（0.1mm）以下の部分については、Ｂ集団に含めるものとした。

③ チャンネル・ラグ・デポジットであるＣ集団の区分粒径は勾配急変点４（55mm）とする。

④ A’ 集団とA’’ 集団との区分粒径が勾配急変点３(10mm)でよいか判断する。この場合、A’ とＣ集団との区分粒径（勾配急変点４：55mm）の８分の１程度が目安となるが、ほぼ近い値なので、そのまま区分粒径として採用する。

⑤ A’’ 集団以下の材料の割合が65%となり、40%以上になったので、河床の動きやすさ、河床変動に与える指標として、Ｃ集団とA’ 集団のみからなる河床材料の粒度分布図を作成する。

⑥ その集団のD60値を代表粒径d_rと定める。
これにより、補正後の代表粒径d_rは38mmとなった。

図10.2.4に、Ｃ集団とA’ 集団のみからなる河床材料の粒度分布図をあらわす。

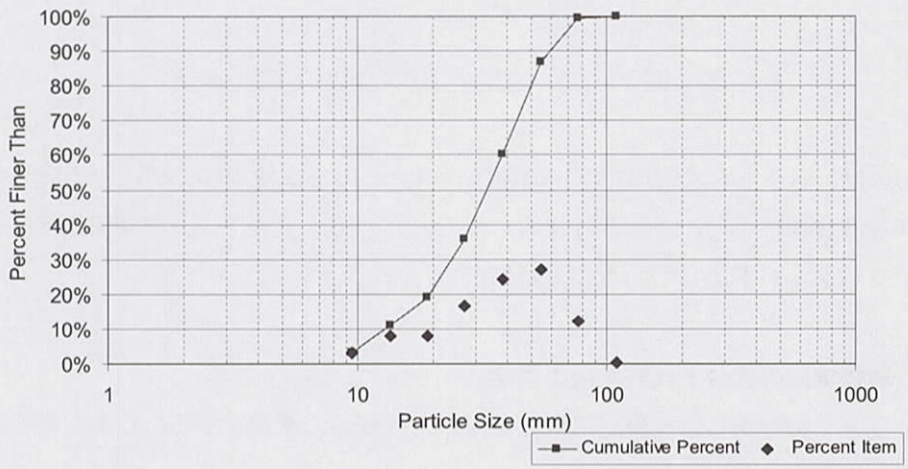


図10.2.4　粒度分布（修正後）

実験河川における出水実験において掃流可能な最大粒径は、河道満杯流量である４m3/s時における最大粒径ｄｉmaxで下記の計算から約40mmと推定できる。

この値は、d_rとほぼ同じ値となっており、出水実験により河床変動を起こすには、実験河川の能力を最大限に発揮する必要があることがわかる。

$\tau_* = u_*^2 /$（ｓ・ｇ・ｄｉ）　　また、$u_*^2 =$ ｇ・ｈ・Ｉb　として計算。

ｄｉ：任意の粒径、Ｉｂ：河床勾配(1/300)、ｈ：水深、ｓ：1.65、ｇ：重力加速度

ここで、満杯時の水深ｈを1.2m、τ_*を0.06とした場合、

１０．２．３　代表流量の設定

一般河川の場合は、平均年最大流量を代表流量とするが、実験河川の場合は適用できないため、実験河川Ｂにおける出水実験において、最も支配的であった流量を代表流量とする。

表 10.2.1 実験河川Ｂ　出水履歴

実施日	出水規模 Q(m^3/s)	ピーク継続時間 T(分)	Q＊T	備考
5/17	2.0	51	102.0	予備1
5/22	2.0	51	102.0	予備2
5/24	3.0	51	153.0	予備3
5/31	1.5	105	157.5	予備4
7/13	2.5	50	125.0	実験1
9/4	2.0	180	360.0	実験2
9/28	2.0	180	360.0	実験3
12/5	1.5	10	15.0	実験4
集計	$1.5m^3/s$	172.5	$2.5m^3/s$	125.0
	$2.0m^3/s$	924.0	$3.0m^3/s$	153.0

表 10.2.1 は実験河川Ｂの出水履歴に基づき、出水規模とピーク流量継続時間の積から、出水総量を算出したものである。（ピーク流量前後は省略して計算している）

この結果から、出水規模 $2.0m^3/s$ がもっとも支配的であると判断し、代表流量として選定する。

１０．２．４　摩擦速度u_*の算定

出水実験における実測の水位、水面勾配より河床底面の摩擦速度u_*を次式により求める。

$$u_*=\sqrt{g\cdot h\cdot I} \qquad (4.\ 1)$$

g：重力加速度、h：実測水深、I：実測水面勾配、V_m：平均流速

表 10.2.2　摩擦速度u_*（7/13・9/4 出水実測）

7/13(ｹｰｽ1)	NO.6+40	NO.4+10	NO0+20
h	79.0	62.3	56.7
V_m	79.1	100.9	115.9
I	0.001	0.003	0.003
u_*	8.8	13.5	12.9

9/4(ｹｰｽ2)	NO.6+40	NO.4+10	NO0+20
h	107.0	84.3	76.3
V_m	38.8	53.4	63.8
I	0.001	0.003	0.003
u_*	9.2	15.7	15.0

表 10.2.2 は、平成 13 年 7 月 13 日（以下　ケース 1）および 9 月 4 日（以下　ケース 2）出水実験時に実施した、NO.6+40・NO.4+10・NO0+20 の 3 地点において実測した値から算定したu_*である。

ケース２のu_*は水位の上昇に伴い増加しているが、V_mを比べるとケース１に比べ１／２程度に低下している。

植生の繁茂が著しいケース２においては、植生の抵抗に伴いV_mが低下したものと思われ、表10.2.2で算定したu_*についての妥当性に疑問がある

そこで、いくつかの手法を用いて次項でu_*の値の妥当性について、流速係数 ϕ から検証を行った。

1）ケース１の ϕ から逆算する方法

比較的植生の影響が少ないケース１における ϕ を算出し、その値を固定してケース２のV_mを除してu_*を求める。

流速係数　$\phi = V_m / u_*$　から　$u_* = V_m / \phi$　(4．2)

表10.2.3　ケース１の ϕ から逆算したu_*

9/4(ケース2)	NO.6+40	NO.4+10	NO0+20
u_*	4.3	7.2	7.1

2）河床材料の粒径から求める方法

①　山本の方法[4)]

流速係数　$\phi = V_m / u_* = 6.0 + 5.75 log(h/k_s)$　(4．3)

上式において相当粗度k_sの値を$2.5d_r$として与える方法。

実験河川のd_r＝38mmから

表10.2.4　山本の方法により算出したu_*

9/4(ケース2)	NO.6+40	NO.4+10	NO0+20
φ	12.0	11.5	11.2
u_*	3.2	4.7	5.7

②　Hey の方法[11)]

礫河川において使用されるHeyの式により摩擦係数fを求め ϕ を算出する方法。

$$1/\sqrt{f} = 2.03 log(aR/3.5D_{84}) \quad (4．4)$$

$$\phi = \sqrt{8/f} \quad (4．5)$$

a：河道形状による係数、R：径深、

実験河川におけるD_{84}値＝52mmから

表10.2.5　Heyの方法により算出したu_*

9/4(ケース2)	NO.6+40	NO.4+10	NO0+20
ϕ	9.6	9.1	8.9
u_*	4.0	5.8	7.2

この結果、植生の抵抗を見込んだu_*は、３つの方法ともほぼ似通った数値となったことから、ここでは、３つの方法での中間的な値となったHeyの方法による値を採用することとし、同じ方法によって求めたケース１におけるu_*と合わせて、実験河川でのu_*として表６に整理した。

表10.2.6　実験河川でのu_*

u_*	NO.6+40	NO.4+10	NO0+20
7/13(ケース1)	8.8	11.9	14.0
9/4(ケース2)	4.0	5.8	7.2

１０．２．５　無次元掃流力τ_{*R}の算定

前節２）②でもとめたu_*から代表粒径d_rにおける無時限掃流力τ_{*R}を算出する。

$$\tau_{*R}=u_*^2/(s\cdot g\cdot d_r) \qquad (4.6)$$

g：重力加速度、u_*：表６、s：1.65、d_r：38mm

表10.2.7　代表粒径d_rにおける無時限掃流力τ_{*R}

u_*^2	NO.6+40	NO.4+10	NO0+20
7/13(ケース1)	77.4	141.5	196.1
9/4(ケース2)	16.2	34.2	51.2
τ_{*R}	NO.6+40	NO.4+10	NO0+20
7/13(ケース1)	0.013	0.023	0.032
9/4(ケース2)	0.003	0.007	0.010

τ_{*R}は、実験河川内の場の違いや植生の抵抗により、最大10倍もの差が生じていることがわかる。

以上求めた値を全国の沖積地河川での値と比べると次の図のようになる。

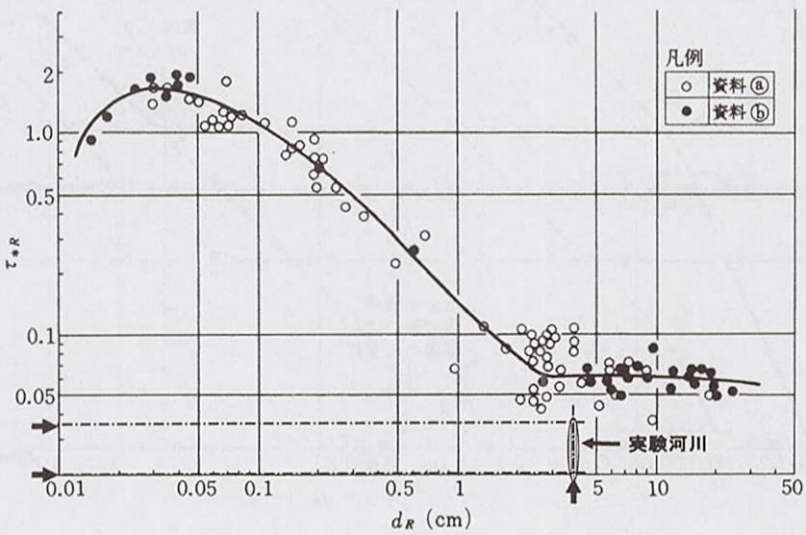


図10.2.5　日本の沖積地河川のτ_{*R}とd_rの関係[7]

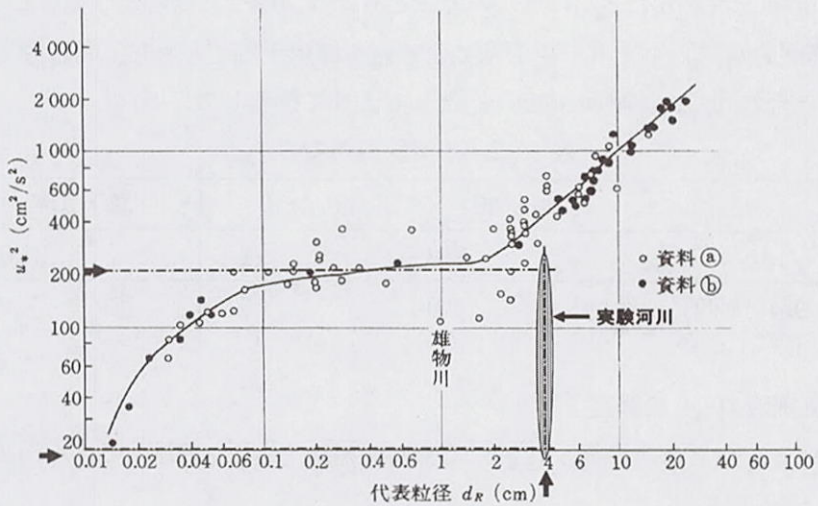


図 10.2.6　日本の沖積地河川のu_*^2とd_rの関係[8)]

１０．２．６　土砂の移動特性

流砂形態（掃流砂・浮遊砂・washload）から実験河川内の土砂の移動特性を明らかにする。

図 10.2.7 はu_*^2と粒径 d の関係図上に、u_*/ω_0（摩擦速度／沈降速度）が 1、2.5 および 15 の条件に相当する条件を一点差線で示し、実験河川の粒径集団と、粒度分布（粒度分類毎の通過割合を線の太さで表示）および表 10.2.7 の３地点におけるu_*^2を示したものである。

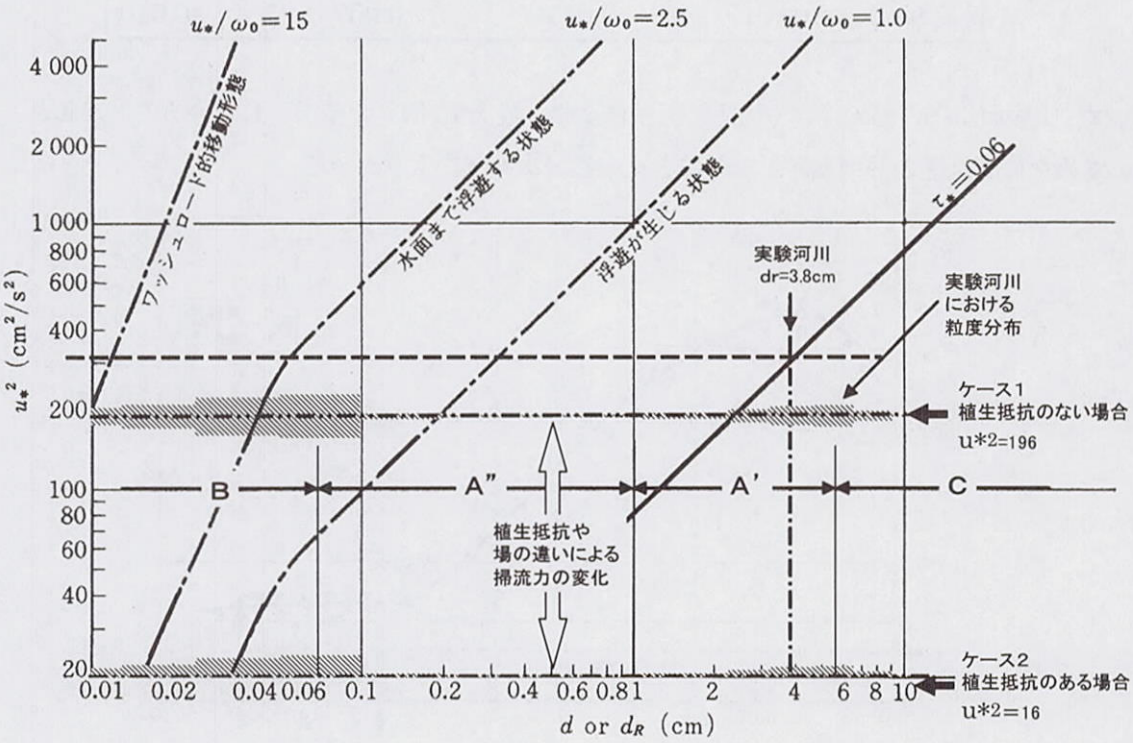


図 10.2.7　実験河川における粒度組成と掃流力との関係[9)]

植生抵抗のないケース１（7/13、NO.0+20）の場合、Ｂ集団はすべて浮遊し、0.4mm以下の砂は水面近くまで浮遊しているものと想定されるが、主モードであるＡ’集団では、30mm以下の礫がようやく動き出す程度の掃流力しか働いていない。

一方、植生の抵抗があるケース２（9/4、NO.6+40）では、Ｂ集団でもほとんどの粒径に動きが発生していないと想定される。

１０．２．７　まとめ

実験河川では、植生の抵抗や場の違いなどによりu_*^2に大きな変化が生じるが、いずれの場合もＢ集団の砂分が浮遊するのみで、代表粒径d_rを含む主モードであるＡ’集団およびＣ集団は移動限界τ_*＝0.06のラインを超えることは無く、現状の河道状態での洪水実験では、河床底面に十分なインパクトが与えられていないことがわかった。

Ａ’集団を移動させるには、図10.2.7（破線）からu_*^2＝300以上（u_*＝17cm/s以上）の値が必要となり、流速係数φ＝9～10程度である実験河川では、出水実験時に平均流速V_m＝150～170cm/s程度の流速を確保することが条件となり、そのためには、法面植生を排除し粗度を低く抑えるなどの方策を検討する必要がある。

また、実験河川における河床材料の代表粒径について検討したが、今後堆積作用を活用した研究を行うため、実際に土砂を河川に投入する土砂供給実験を行う場合には、実験目的に応じた代表粒径を別途選定し、他の実験へ与える影響についても考慮した、適正な配合計画を検討する必要がある。

参考文献

１）　山本晃一　：沖積河川学，　山海堂1994，pp11　表1.2.

２）　同　pp21　図2.4.

３）　同　pp7-10.

４）　同　pp59-75

５）　同　pp38-40.

６）　同　pp42.

７）　同　pp36　図3.1に重ねあわせた.

８）　同　pp36　図3.2に重ねあわせた.

９）　同　pp79　図5.2を基に加工した.

１０）　建設省土木研究所　環境部河川環境研究室　：自然共生研究施設整備に関する報告書，　土木研究所資料第3600号，pp11-12.

１１）　Richard　D.Hey:FlowResistance in Gravel-BedRiveras, JORNAL　OF　THE　HYDRAULICS　DIVISION, 1979, pp365-379.

１０．３　実験河川における魚類寄生虫相とその特色

１０．３．１　はじめに

寄生性蠕虫類は、複数の宿主種を必要とする複雑な生活環を持っているため、生態系の状態を表す鋭敏な生物指標であると考えられている（Bush et al 1995. MacKenzie et al. 1995; D'Amelio & Gerasi 1997）。寄生虫は独自の宿主生物の組み合わせの生物指標として、宿主間の被食—捕食関係や分散の研究に使用されているが（４．３参照）、さらに富栄養化や化学物質による汚染などの一般的な環境要因を指標する可能性も探索されている (Esch, 1971; Siddal et al, 1993; MacKenzie et al, 1995; Valtonen et al, 1997)。

日本では、古くより疫学的な理由から人畜寄生虫の分布や感染率の調査が行われ（e.g. 影井・木畑　1973; Sugiyama et al, 1985）、また、養殖魚など経済上重要な動物における寄生生物群集の研究も少なくない（e.g. Ogawa & Yokoyama, 1998）。しかし、人間活動に対して問題性のない寄生虫種に関する生態的な研究は少なく、地域的に寄生虫相が研究されている場所はきわめて限られている。そこで、本研究では実験河川および近傍の木曽川本川における魚類寄生虫相の調査を行い、本流・支流・止水域などの各水域環境における各種寄生虫の生態分布を明らかにするとともに、他の地域における既報との比較により、木曽川下流域の寄生虫相の特性を記述することを目的とした。

１０．３．２　材料と方法

２００１年１月から１２月にかけて、実験河川・実験池・新境川・木曽川本川のそれぞれにおいて、不定期に魚類の採取を行った。新境川では、木曽川との合流地点から実験河川の放水口までの約 500m 間で採集を行い、木曽川では右岸・左岸のわんど部を中心に採集を行った（図 10.3.1）。魚類は生鮮状態で標準体長を測定し、ひれ·えら・内臓の各部位を、ガラス板で圧平しながら実体顕微鏡下で検鏡した。９月以降は側線鱗も検査対象とし、約１０枚程度をはぎ取って実体顕微鏡下で検鏡した。

魚類寄生虫の生活史を推定するため、魚類以外の生物も、検体が入手できたときに随時剖検して寄生虫の検査を行った。検査したのはミズミミズ類・イトミミズ類・貝類（カワニナ・チリメンカワニナ・モノアラガイ·サカマキガイ）・甲殻類（アメリカザリガニ・モクズガニ）・哺乳類（タヌキ）・鳥類（アオサギ）である。

得られた寄生虫は、単生類·吸虫・条虫・鉤頭虫については圧平して AFA 固定し、ハイデンハインの鉄ヘマトキシリン染色を施し、脱水・透徹ののちにバルサム封入した。線虫・軟体動物・甲殻類は 75%エタノールで固定した。これらの標本は福岡教育大学に保存されている。条虫の一部はチェコ科学アカデミー寄生虫学研究所の Tomas Scholz 博士に送付された。原虫は標本を制作しなかった。

同定は、原虫類・単生類・甲殻類に関しては上位分類群までとした。線虫も、成体以外では種の決定が不可能なため、幼虫の場合には上位分類群までの同定とした。

１０．３．３　結果

検査を行った魚類は7科31種1040個体である。表1に、実験河川および周辺水域で得られた魚類寄生虫とその採集場所を示した。以下に、各種の分布と感染経路を要約する。

I. 粘液胞子虫門　Myxozoa　主として魚のえら・ひれ等に外部寄生するが、体腔内からも検出されている。ミミズ類を交互宿主とし、その体内では放線胞子虫と呼ばれる生活型をとる。

1）Myxozoa spp. 単一種かどうかは不明である。宿主は多種にわたり、実験河川・実験池・新境川・木曽川のすべての水域に分布する。

2）*Myxobolus koi*　Myxozoa 類の一種で、コイのえらに感染して類張れ病を引き起こす。　夏季（7月10日）に実験河川B孤立型わんど内のコイの幼魚で高い感染率（75%：6/8）を示し、それ以外の時期・魚種では全く検出されなかった。

II. 繊毛虫門　Ciliophora　えらの粘膜等に外部寄生する。主に分裂による増殖を行い、水平感染をする。

3）Trichodinidae sp. ウグイ・ヨシノボリ・カマツカから少数検出された。

4）Ciliophora sp. カマツカから少数が検出された。

III. 扁形動物門　Platyhelminthes

III-I.　単生綱　Monogenea　えら・ひれ等に外部寄生する。自由生活期の幼生（オンコミラシジウム）を介して水平感染を行うほか、魚同士の接触による成体での感染もありうる。

5）Monopisthocotylea spp.　主としてひれに寄生する *Gyrodactylus* spp., えらに寄生する *Dactylogyrus* spp. 等が検出されている。宿主は多種にわたり、実験河川・実験池・新境川・木曽川のすべての水域に分布する。

6）*Diplozoon* sp.（フタゴムシ）木曽川および新境川からのみ採取された。これは、主要な宿主であるウグイ・アブラハヤが実験河川に少ないことの反映であると思われる。

III-II.　吸虫綱　Trematoda　通常、第一中間宿主（軟体動物）、第二中間宿主、終宿主（脊椎動物）の3宿主を必要とする。魚から魚への水平感染はせず、第一中間宿主から游出した自由幼生（セルカリア）との接触か、被嚢幼生（メタセルカリア）を含む第二中間宿主の摂食によって感染が成立する。

7）*Apharyngostrigea* sp.（無咽吸虫）実験河川周辺のアオサギの腸から同属の成虫と思われるものが多数検出されている。第一中間宿主は有肺類と推定されるが、実験河川周辺では未発見である。フナ類の体腔からメタセルカリアが検出され、密度は感染宿主当り1　4個であるが、実験池　A2 では 37 個検出の例があった。

8）Diplostomatidae sp. 第一中間宿主は有肺類、終宿主は鳥類と推定されるが、実験河川周辺ではいずれも未発見である。主として新境川・木曽川のウキゴリ・ヨシノボリの体腔から検出され、密度は感染宿主当り1　6個であった。実験河川のヤリタナゴからも検出されているが、同種かどうかは不明である。

9）*Sanguinicola* sp.　木曽川のニゴイ幼魚から検出された。第一中間宿主は、木曽川のみに生息するカワニナ類であり、第二中間宿主はない。なお、この科の吸虫成虫は、日本では琵琶湖産シロヒレタビラからの未成熟虫の簡単な報告以外に正式な記録がなく、未発表データを含めて、ニゴイからの

報告は初記録である(嶋津（長野県短大)、私信)。

１０） *Echinochasmus milvi*　第一中間宿主は、木曽川本川のみに生息するカワニナ類であり、木曽川本川の指標寄生虫である。成虫はアオサギから検出されている。魚類は第二中間宿主であり、実験河川及び新境川から検出されている。

１１） Echinostomatidae spp.　（棘口吸虫類）複数種が含まれている可能性がある。第一中間宿主は有肺類、終宿主は鳥類または哺乳類であると推測されるが、いずれも未発見である。

秋季のアユ成魚のえらにはきわめて高密度の感染が見られた（感染宿主当り数百 千以上)。また、カマツカやフナなどいくつかの魚種で、側線孔に寄生が見られた。実験河川･新境川・木曽川から検出されている。

１２） *Neoplagioporus zacconis*　同属種の研究から、第一中間宿主はカワニナ類、第二中間宿主はユスリカなどの水生昆虫であると推定される（浦部、未発表）が、実験河川周辺では未検出である。新境川・木曽川のオイカワから少数発見されている。

１３） *Metagonimus* spp.　実験河川周辺のタヌキ及びアオサギの腸から、*Metagonimus miyatai*（宮田吸虫）および *M. takahashii*（高橋吸虫）の２種が発見されており、それぞれに相当するセルカリアが木曽川のカワニナ類から検出されている。この２種のメタセルカリアはその形態および第二中間宿主の魚種・感染部位に違いがあるが、脱嚢処理をせずに両者を判別するのは困難であるため、まとめて扱った。木曽川の指標寄生虫である。もっとも感染率の高い宿主はフナ類で、新境川での検出数が多いが、実験河川でも普通に検出される。

１４） *Centrocestus* spp.　染色標本の観察の結果、大部分は *Centrocestus armatus*　であるが、ごくまれに *Centrocestus formosanus*　が含まれていた。両種とも第一中間宿主はカワニナ類、終宿主は鳥類（*Centrocestus armatus* はアオサギの腸から検出）であり、木曽川の指標寄生虫である。宿主は多種にわたり、すべての採集地から広く検出された。

１５） *Pseudexorchis major*　実験河川で採捕されたナマズから成虫が、実験河川･新境川･木曽川で採集されたコイ科魚類およびウキゴリからメタセルカリアが検出された。第一中間宿主はカワニナ類で、木曽川の指標寄生虫である。

III-III　条虫綱 Cestoda　１種または２種の中間宿主を必要とする。魚は感染中間宿主もしくは虫卵を摂食することによって感染し、水平感染はしない。

III-III-I　Caryophyllidea 目　中間宿主は主としてミミズ類である。2001 年６月には、終末池のイトミミズ類から同目に属する条虫の幼虫が高率で（6.7%）発見されており、実験河川内で生活環が成立していることが推測される。なお、この目の同定にはチェコ科学アカデミー寄生虫学研究所の T. Scholz 博士の御協力を賜った。

１６）*Khawia japonicum*　実験河川のコイから採集された。中間宿主はイトミミズ類である。

１７）*Atractolytocestus sagittatus*　実験池および終末池のコイから採集された。中間宿主はユリミミズ類である。

１８）*Archeigetes sieboldi*　実験河川のタモロコおよび終末池のニゴイから採集された。中間宿主はミミ

ズ類で、日本ではユリミミズ類とイトミミズ類から報告されている。淡水魚の腸内で直接発生する場合や、中間宿主内で成熟する場合もある。

１９）*Paraglaridacris limnodrili*　終末池のカマツカから採集された。生活史は不明である。

２０）*Breviscolex orientalis*　実験河川および新境川のニゴイ、および実験河川のフナから採集された。生活史は不明である。

III-III-II　Pseudophyllidea 目

２１）*Bothriocephalus acheilognathi*（カネヒラ吸頭条虫）中間宿主はケンミジンコ類である。実験河川Ｂ孤立型わんど・実験池（以上、宿主コイ）・実験河川河道部・開放型わんど（以上、宿主ニゴイ）から採集された。特に夏季の孤立型わんど（Ｂ中）では、コイ幼魚の感染率が 63%　(5/8) にも達し、同時にフナ・ヨシノボリでの感染が各一例、タモロコから死虫と思われるもの一例が検出された。

２２）*Bothriocephalus japonicum*　実験河川Ａで採捕されたウナギから採集された。生活史は不明である。

III-III-III　Proteocephalidea 目

２３）*Gangesia parasiluri*（ナマズ四盤条虫）実験河川で採捕されたナマズから成虫が、実験河川･新境川・木曽川で得られたコイ科稚魚･フナ幼魚とヨシノボリからプレロセルコイド幼生が検出された。第一中間宿主はケンミジンコ類である。木曽川本川のヨシノボリで比較的感染率が高かったが（2001 年１月に 8%：5/62)、実験河川の体長 11.9mm のコイ科稚魚や 20.7mm のフナ稚魚からもプレロセルコイドが検出されており、実験河川内で生活環が完結していることは確実である。

III-III-IV　Cyclophyllidea 目

２４）Cyclophyllidea spp.　終宿主は鳥獣類である。実験河川周辺では、アオサギから *Neogryporhynchus cheilancristrotus* および *Parvitaenia nycticoracis* の２種の成虫が得られている。それらのシストセルコイド幼生と推定されるものがオイカワ･タモロコから検出されている。採集場所は木曽川本川・実験河川Ｂ孤立型わんど・終末池である。

IV.　鉤頭動物門 Acanthocephala　主として甲殻類を中間宿主とし、脊椎動物を終宿主とする。水平感染はしない。

２５）鉤頭虫のシスタカンス幼生　第一中間宿主は甲殻類、終宿主は魚食動物（おそらく鳥類）と推定され、魚類は待機宿主である。実験河川周辺のアオサギから成虫が得られているが、標本の破損のため種の同定に至らなかった。新境川及び実験河川Ａで採集された。

V.　線形動物門 Nematoda　生活環は種によってさまざまである。

２６）*Pseudocapillaria tomentosa* 中間宿主はミミズ類とされるが、必須ではなく条件寄生である。実験河川のミミズ類からは検出されていない。６月に体長 12.1mm のコイ科稚魚の消化管から、ミミズ類の表皮とともに本種成虫の残骸と虫卵が検出されており、ミミズは交互宿主である可能性もある。実験河川および新境川から採集された。タモロコで感染率が高く、１１月　１２月には実験河川内で 58% (38/66) であった。

２７）*Contracaecum sp.*　魚類を中間宿主とし、終宿主は鳥類である。魚類に寄生している段階では幼虫であり、種の同定には至らなかった。アオサギから未同定の成虫を得ている。宿主となる魚種は多種に

わたり、どのような場所からも採集されている。

２８）*Pingis sinensis*　実験河川のカムルチーの幽門垂から得られており、日本での報告は Shimazu et al.（2000）に次いで２例目となる。生活環は不明である。

２９）*Eustrongylides* sp. 新境川のナマズとヨシノボリの体腔から幼虫が得られている。魚は第２中間宿主で、第一中間宿主はミミズ類、終宿主は鳥類と推測されるが、いずれも未発見である。

３０）*Anguicolla crassus*（尖鰾線虫）実験河川で 2000 年１１月に採捕され、2001 年３月まで飼育されていたウナギの鰾から検出された。中間宿主はケンミジンコ類である。

VI.　軟体動物門　Mollusca　二枚貝綱イシガイ科 Unioidae が、幼生期に淡水魚のえらに寄生する。

３１）*Anodonta woodiana*（ドブガイ）グロキディウム幼生が、オイカワ・アブラハヤ・ヨシノボリのえらから検出された。採集場所は終末池･新境川・木曽川である。ドブガイ成体は実験河川および新境川には生息してないので、木曽川の指標寄生虫である。

VII.　節足動物門　Arthropoda　甲殻綱カイアシ目 Copepoda の中に、淡水魚に外部寄生する多くの種が含まれる。いずれも自由生活のコペポディド幼生期に分散し、魚から魚へと水平感染する。

３２）Ergasilidae sp. 実験河川でのみ見られ、特にわんどや終末池でよくみられる。コイ科魚類のひれの基部などに外部寄生する。

３３）*Lamproglena chinensis* 実験河川のカムルチーのえらから検出された。

３４）*Lernaea* sp.（イカリムシ）実験河川でのみ見られた。

１０．３．４　考察

I. 実験河川に特徴的な魚類寄生虫の生活史

４．３で示したように、実験河川の魚類は木曽川との往来が頻繁であるため、実験河川と新境川および木曽川では、ほとんど寄生虫相に差がないと予測された。それにもかかわらず、実験河川および実験池内でのみ検出された寄生虫が何種類か存在した。

原生動物の *Myxobolus koi* の宿主はコイ幼魚で、夏季に孤立型わんど内で蔓延が見られた。条虫綱の *Bothriocephalus acheilognathi* も、夏季の孤立型わんどでコイ幼魚の感染率が高く、フナ・ヨシノボリでの各１例の感染例は、孤立型わんどの内部でコイから伝染したものと推定される。宿主がニゴイの場合には河道や開放型わんどから採集された。同じく条虫綱の Caryophillidea 目も実験河川から採集された例が多く、コイを宿主とする *Khawia japonicum* は実験河川（河道・わんど）から、同じくコイを宿主とする *Atractolytocestus sagittatus*　は実験池および終末池から、タモロコおよびニゴイを宿主とする *Archeigetes sieboldi* は実験河川河道および終末池から、カマツカを宿主とする *Paraglaridacris limnodrili* は終末池から採集された。甲殻類の Ergasilidae sp. は開放型わんどで比較的よく見られ、フナからもっとも多く発見された。イカリムシも実験河川のみで発見されたが、発見虫体数は少なかった。

これらはいずれも魚類を終宿主とし、コイ・フナなど止水域を好む魚が感染の中心となっていた。*Myxobolus koi*、*Bothriocephalus acheilognathi*、イカリムシは養殖コイの魚病として著名であり、いずれも増殖

速度が速く、魚間での感染力が強い種であると考えられる。

Myxobolus koi と甲殻類寄生虫は中間宿主を必要としない。条虫類は、いずれも小型無脊椎動物（ミミズ類およびケンミジンコ類）を単一の中間宿主としていた。ミミズ類は実験河川のベントスの優占種であり（平成１１年度研究報告）、ケンミジンコも止水域を中心として広範に分布すると推定される。したがって、わんどなどの閉鎖的な水域に感染魚が入り込むと、その内部ですみやかに生活環が回転し、周辺の魚に伝染が広がると考えられる。

以上をまとめると、実験河川に特異的な寄生虫は、止水域を好む魚を終宿主とし、中間宿主はないか、実験河川内に大量に生息する小型無脊椎動物１種類だけで、生活環が比較的単純であるという特徴を持っていた。このことから、これらの寄生虫は基本的に止水棲で、生物相が不安定または貧弱な水域に適応した種類であると総括される。これらの寄生虫がわんどや終末池でしばしば高い感染率を示すことはその裏付けであると考えられる。

II. 他水域の魚類寄生虫相との比較

魚類寄生虫は、その生活史によって autogenic species（魚を終宿主とし、生活環が水中だけで完結するもの）と allogenic species（陸生脊椎動物を終宿主とし、陸域を通じて分散が可能なもの）とに分類される。富栄養の水域では後者の比率が高くなることがいくつかの研究で示されており、その理由として、富栄養水域は生産性が高く、その生態系では魚食鳥獣類が主要な高次捕食者であることなどが考えられている(Esch, 1971)。

本研究で最も細かく分類された吸虫類では、本水域から autogenic 3 種、allogenis 8 種が得られた。琵琶湖産魚類からは autogenic 13 種、allogenis 3 種が、奈良県の吉野川上流域の魚類からは autogenic 4 種、allogenis 3 種が、皇居の堀の魚類からは autogenic 0 種、allogenic 3 種が報告されている（Shimazu et al, 2000; 中村ら、2000；琵琶湖博物館、unpublished data）。すなわち、autogenic species の比率を比較すると、本水域は琵琶湖や吉野川上流部より小さく、皇居の堀より大きいという特色を持つ。琵琶湖で普通にみられる *Genarchopsis goppo*、*Urorchis acheilognathus*, *Neoplagioporus elongatus* などの魚類吸虫は、生活環に必要な宿主は本水域にすべて生息しているにも関わらず、全く検出されなかった。Autogenic species は水中で生活環が完結するため分散力が低いと考えられるが、濃尾平野と琵琶湖･淀川水系には共通する魚種が多い点などから、地理的隔離が原因で木曽川に生息しないとは考えにくい。水質汚染などによって、宿主は生存できても寄生虫が生存できない状況にあるか、または寄生虫の生活環に必要な宿主間の生態的関係が成立しないかのいずれかが原因である可能性が高く、今後さらに比較対象となる水域を増やして検討する必要性がある。

謝辞

チェコ科学アカデミー寄生虫学研究所の T. Scholz 博士は、本調査で得られた条虫の種同定を快諾して下さった。同博士に心から謝意を表する。

参考文献

Bush, A. O., Caira, J. N., Minchella, D. J.,Nadler, S. A., and Seed, J. R. (1995) Parasitology year 2000. J. Parasitol. 81: 835-842.

D'Amelio, S. and Gerasi, L. (1997) Evaluation of environmental deterioration by analysing fish parasite biodiversity and community structure. Parassitologia 39: 234-241.

Esch, G. W. (1971) Impact of ecological succession on the parasite fauna in Centrarchids from oligotrophic and eutrophic ecosystems. Am. Midl. Natur. 68: 160-168.

影井昇・木畑美知江（1973）横川吸虫症の疫学的研究。アユにおけるメタセルカリア感染と人における本症流行の相関。寄生虫学雑誌、22: 218-221.

MacKenzie, K., Williams, H. H., Williams, B., McVicar, A. H. and Sidall, R. (1995) Parasites as indicators of water quality and the potential use of helminth transmission in marine pollution studies. Advances in Parasitology 35: 85-144

中村志濃・浦部美佐子・名越誠(2000)　魚類寄生虫における感染率の季節変化および宿主個体群内における分布様式。陸水生物学報　15: 12-19.

Ogawa, K. and Yokoyama, H, (1998) Parasitic diseases of cultured marine fish in Japan. Fish Pathol. 33: 303-309.

Scholz, T., Shimazu, T., Olson, P. D. and Nagasawa, K. (2001) Caryophyllidean tapeworms (Platyhelminthes: Eucestoda) from freshwater fishes in Japan. Folia Parasitologica 48: 275-288.

Shimazu, T., Kuramochi, T., Araki, J. and Machida, M. (2000). Digenean, cestode, and nematode parasites of freshwater fishes of the Imperial Palace, Tokyo. Mem. Natn. Sci. Mus., Tokyo, 35: 211-231.

Siddall, R., Pike, A. W., and McVicar, A. H. (1993) Parasites of *Buccinum undatum* (Mollusca: Prosobranchia) as biological indicators of sewage-sludge dispersal. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 73: 931-948.

Sugiyama H., Matsumoto M., Tomimura T. and Nishida H. (1985) Geographical distribution of the lung fluke, *Paragonimus miyazakii* Kamo et al., 1961, in the southern prefectures of the Kinki District, Japan: observations on the incidence of encysted larvae of *P. miyazakii* in *Geothelphusa dehaani* in the central part of Wakayama Prefecture. Jap. J. Vet. 47: 617-25

Valtonen, E. T., Holmes, J. C. and Koskivaara, M. (1997) Eutrophication, pollution and fragmentation: effects on the parasitic communities in roach and perch in four lakes in Central Finland. Parassitologia 39: 233-236

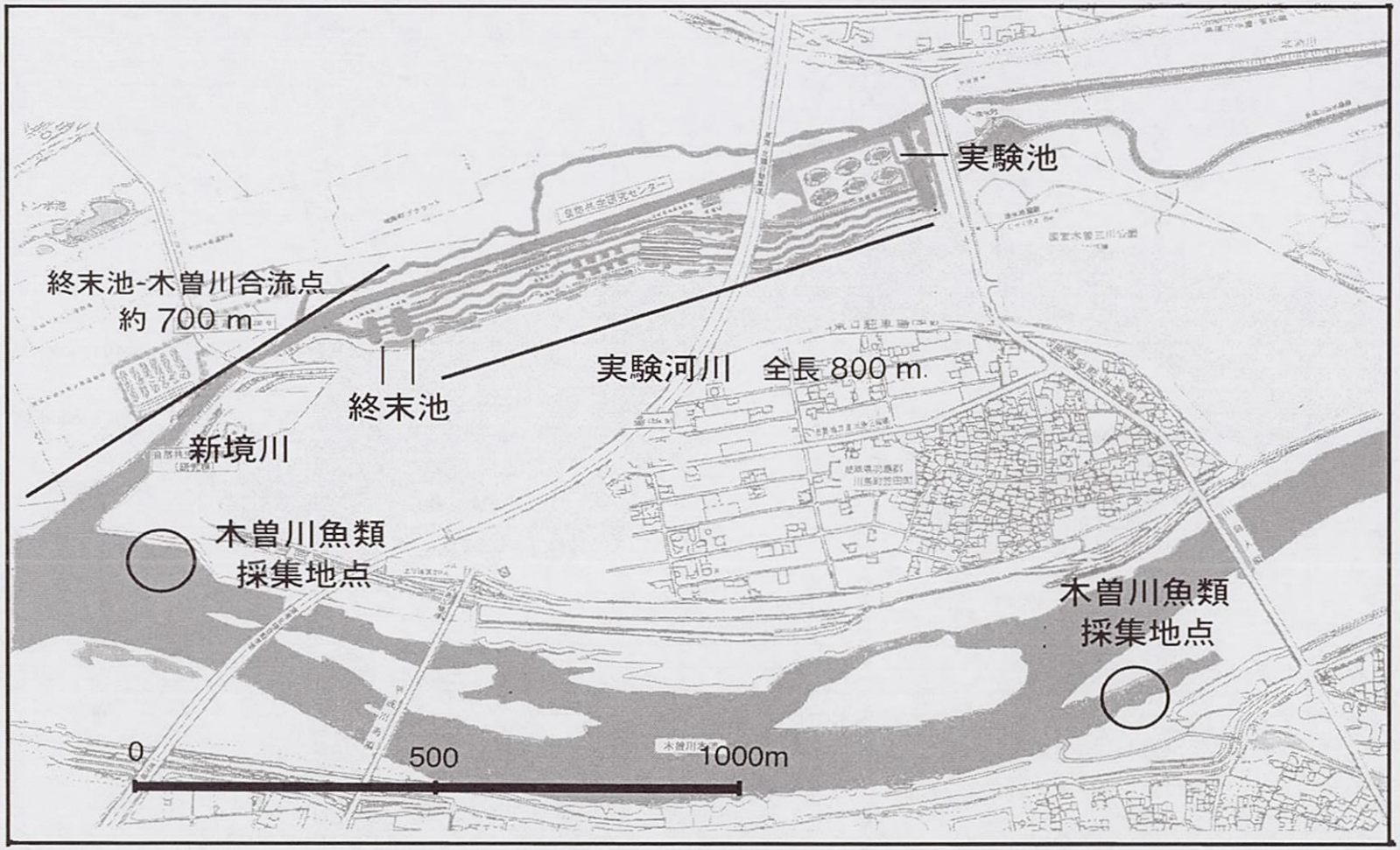


図10・３・１．魚類採集を行った実験河川およびその周辺水域。

表10・3・2(1)。実験河川から得られた魚類寄生虫の一覧。魚類以外の生物は、実験河川近辺のその生物から同種と推測される虫体が得られていることを示す。括弧内は文献による推定宿主。●:木曽川本川の指標寄生虫。

上位分類群	種名	終宿主	第二中間宿主	第一中間宿主	採集地						
					実験河川(詳細不明)	実験河川A	実験河川B・C	わんど・終末池	実験池	新境川	木曽川
粘液胞子虫門Myxozoa	Myxozoa sp.	ウナギ	–	–	○	○					
		アユ								○	
		オイカワ			○	○		○		○	○
		ウグイ								○	
		タモロコ			○	○	○				
		カマツカ			○						
		ツチフキ									○
		ニゴイ						○		○	○
		コイ			○	○		○	○	○	
		フナ			○			○	○	○	
		ヤリタナゴ			○						
		タイリクバラタナゴ								○	
		ドジョウ			○				○		
		ナマズ			○	○		○			
		オオクチバス			○						
		ブルーギル			○						
		ヨシノボリ				○			○	○	○
	Myxobolus koi	コイ						○			
繊毛虫門Ciliophora	Trichodinidae sp.	ウグイ	–	–							○
		カマツカ								○	
		ヨシノボリ				○				○	○
	Ciliophora sp.	カマツカ				○					
扁形動物門Platyhelminthes											
単生綱Monogenea	Monopisthocotylea spp.	オイカワ	–	–	○	○		○		○	○
		ウグイ								○	
		タモロコ			○	○	○	○		○	
		モツゴ								○	
		カマツカ			○						
		ツチフキ				○				○	
		コウライモロコ						○		○	
		ニゴイ			○			○		○	○
		コイ			○	○			○	○	
		フナ			○	○		○		○	
		カネヒラ						○			
		ドジョウ			○	○					
		シマドジョウ				○				○	
		ナマズ			○	○		○		○	
		オオクチバス			○						
		ブルーギル			○						
		ヨシノボリ									○
		ウキゴリ						○			
	Diplozoon sp.	ウグイ	–	–							○
		アブラハヤ								○	
		フナ								○	

表10・3・2(2)

上位分類群		種名	終宿主	第二中間宿主	第一中間宿主	採集地						
						実験河川(詳細不明)	実験河川A	実験河川B・C	わんど・終末池	実験池	新境川	木曽川
吸虫綱Trematoda												
	Strigeidida	*Apharyngostrigea* sp.	アオサギ	フナ	(有肺類)	○	○	○		○	○	
		Diplostomatidae sp.	(鳥類)	ヤリタナゴ	(有肺類)	○						
				ヨシノボリ							○	
				ウキゴリ							○	○
		Sanguinicola sp.●	ニゴイ	-	カワニナ、チリメンカワニナ							○
	Echinostomida	*Echinochasmus milvi*●	アオサギ	タモロコ	カワニナ、チリメンカワニナ		○	○			○	
				モツゴ			○					
				コウライモロコ							○	
				カネヒラ							○	
		Echinostomatidae sp.	(鳥類・哺乳類)	アユ	(有肺類)				○		○	○
				タモロコ				○				
				モツゴ			○				○	○
				カワヒガイ		○						
				カマツカ				○			○	
				ツチフキ							○	○
				コイ					○			
				フナ		○			○			
				カネヒラ					○			
	Plagiorchiida	*Neoplagioporus zacconis*	オイカワ	(水生昆虫)	(カワニナ類)						○	○
	Opisthorchiida	*Metagonimus takahashii*●	タヌキ、アオサギ	アユ	カワニナ、チリメンカワニナ						○	○
				オイカワ							○	○
		Metagonimus miyatai●	アオサギ	タモロコ	カワニナ、チリメンカワニ	○	○				○	
				モツゴ			○				○	
				カマツカ					○		○	○
				ニゴイ				○				
				コイ					○			
				フナ		○	○	○	○		○	
				カネヒラ							○	
				ドジョウ			○					
				ブルーギル							○	
				ヨシノボリ							○	
				ヌマチチブ							○	

表10・3・2(3)

上位分類群		種名	終宿主	第二中間宿主	第一中間宿主	採集地						
						実験河川(詳細不明)	実験河川A	実験河川B・C	わんど・終末池	実験池	新境川	木曽川
		Centrocestus armatus●	アオサギ	カワムツ	カワニナ、チリメンカワニ	○						
				オイカワ		○	○	○	○		○	○
				ウグイ							○	○
				アブラハヤ		○					○	
				タモロコ		○	○	○	○		○	
				モツゴ		○	○		○		○	○
				カマツカ		○			○			
				ツチフキ			○				○	○
				コウライモロコ					○		○	
				フナ							○	
				ヤリタナゴ		○						
				タイリクバラタナゴ							○	
				カネヒラ		○			○		○	
				ドジョウ						○		
		Centrocestus formosanus●	(鳥類)	アブラハヤ	(カワニナ類)	○						
				カネヒラ		○						
		Pseudexorchis major●	ナマズ		カワニナ、チリメンカワニナ		○					
				オイカワ					○			
				ウグイ								○
				アブラハヤ							○	
				タモロコ				○				
				モツゴ							○	○
				カマツカ					○			○
				ツチフキ							○	
				イチモンジタナゴ					○			
				カネヒラ					○			
				ウキゴリ							○	
	条虫綱Cestoda											
	Caryphyllidea	*Khawia japonicum*	コイ	–		○	○		○			
		Atractolytocestus sagittatus	コイ	–					○	○		
		Archigetes sieboldi	タモロコ	–				○				
			ニゴイ		イトミミズ・ユリミミズ類				○			
		Paraglaridacris limnodrili	カマツカ	–					○			
		Breviscolex orientalis	ニゴイ	–		○		○			○	
			フナ						○			
	Pseudophyllidea	*Bothriocephalus acheilognathi*	ニゴイ	–	(ケンミジンコ)			○	○			
			コイ						○	○		
			フナ						○			
			ヨシノボリ						○			
		Bothriocephalus japonicum	ウナギ				○					
		Bothriocephalus sp.	オイカワ						○			
			ヨシノボリ			○						○

表10・3・2(4)

上位分類群	種名	終宿主	第二中間宿主	第一中間宿主	採集地						
					実験河川(詳細不明)	実験河川A	実験河川B・C	わんど・終末池	実験池	新境川	木曽川
Proteocephalidea	*Gangesia parasiluri*	ナマズ		(ケンミジンコ)		○				○	
			ヨシノボリ								○
			フナ		○						
			コイ科稚魚				○				
Cyclophyllidea	*Neogryporhynchus cheilancristrot*	アオサギ	オイカワ					○			○
	Parvitaenia nycticoracis	アオサギ	タモロコ					○			
Cestoda sp.			モツゴ		○						
			ツチフキ				○				
			ニゴイ		○						
			コイ						○		
			ナマズ			○		○			
			ヨシノボリ						○	○	○
			ウキゴリ							○	
鉤頭動物門Acanthocephala	Acanthocephala sp.		ウグイ							○	
	Cystacanth		タモロコ		○	○				○	
			コウライモロコ							○	
			フナ							○	
線形動物門Nematoda											
双器綱Adenophorea											
	Pseudocapillaria tomentosa	オイカワ	–	(ミミズ類)	○		○	○			
		タモロコ			○	○	○	○		○	
		モツゴ						○			
		コイ						○			
		フナ								○	
		カネヒラ			○						
		コイ科稚魚					○				
双腺綱Secernentea											
	Contracaecum sp.	アオサギ	–	オイカワ	○		○	○		○	○
				タモロコ	○	○	○	○			
				モツゴ				○			
				カマツカ	○	○				○	
				ツチフキ	○	○		○		○	○
				ゼゼラ						○	○
				コウライモロコ				○			
				ニゴイ			○				
				フナ		○	○	○			
				カネヒラ	○						
				ドジョウ	○				○		
				ブルーギル	○						
				ヨシノボリ					○	○	○
				ヌマチチブ						○	
				ウキゴリ						○	○
						○		○			

表10・3・2(5)

上位分類群	種名	終宿主	第二中間宿主	第一中間宿主	採集地						
					実験河川（詳細不明）	実験河川A	実験河川B・C	わんど・終末池	実験池	新境川	木曽川
	Pingis sinensis	カムルチー			○						
	Philometra sp.	ナマズ		（ケンミジンコ）						○	
			ヨシノボリ							○	
	Anguillicola crassus	ウナギ		（ケンミジンコ）	○						
軟体動物門Mollusca											
斧足綱Bivalvia											
イシガイ科Unioidae											
	Anodonta woodiana●	（自由生活）	−	オイカワ				○		○	
				アブラハヤ						○	
				ヨシノボリ							○
節足動物門Arthropoda											
甲殻綱Crustacea											
	Ergasilidae sp.	オイカワ	−	−	○						
		カマツカ					○				
		ニゴイ						○			
		コイ						○			
		フナ			○	○		○			
		カネヒラ						○			
	Lamproglena chinensis	カムルチー	−	−	○						
	Lernaea sp.	タモロコ			○						
		コイ				○					
		フナ			○						
	Copepoda sp.	ナマズ	−	−						○	

第Ⅱ部　活用研究者報告

	番号	研究テーマ	研究代表者
11年度採択	K11-1	自浄作用の定量的評価及びメカニズムの解明	東京工業大学大学院 農学研究科教授　小倉紀雄
	K11-2	水位変動が河床内間隔と流路周辺部の生息環境と生物群集に及ぼす影響	大阪府立大学総合科学部 自然環境科学科教授 谷田一三
	K11-3	わんど研究ゾーンにおける出水実験時の水交換機構に関する研究	名古屋工業大学工学部 社会開発工学科教授 冨永晃弘
12年度採択	K12-1	連接蛇かご工法による周辺植生と昆虫の誘致	日本植生㈱U.P.Eプロジェクト 駒走裕之
	K12-2	淡水域昆虫に対する多孔質コンクリートのハビタット形成と洪水後のハビタットの回復性に関する研究	共和コンクリート工業㈱ 技術研究所　山中　誠
	K12-3	PHABSIMの評価精度に関する実証的研究	㈱フジタ　技術センター 環境研究部　須藤達美

K11-1　自浄作用の定量的評価及びメカニズムの解明

東京農工大学大学院農学研究科　小倉紀雄
（共同研究者：桃沢晃、東京農工大学農学研究科）

1. はじめに

近年、環境問題に対する意識の高まりなどから、単なる排水路と化したコンクリ　ト３面張りの河川を様々な生物との共存をはかる多自然型河川へ改修する工事が行われるようになってきた。多自然型河川には多様な生態系を保全する役割と共に、生態系を利用した持続可能な水質改善法としての役割も求められている。自然河川における自浄作用に関する研究は当研究室を始め数多く行われてきたが、伏流や途中流入などの妨害要素が多く、河川そのものが持つ自浄作用能力を定量的に考察することには限界があった。しかし、自然共生研究センターでは人工的に流量をコントロールすることができ、遮水シートにより、800m の区間中で途中流入がなく各河川が独立しているため河川本来の自浄作用能力について比較することができる。そこで、本研究では実験河川における自浄作用能力の評価を試みた。

2. 方法＆測定項目

調査は 2000 年 8 月から 2001 年 12 月まで計 7 回、自然共生研究センター内実験河川 A、B、C において行った。サンプリング地点は各河川ともに上端及び下端の２地点で上端、下端それぞれの開始時間を１時間ずらして 30 分おきに３時間の連続測定を行った。これは、一時的に高濃度な負荷を与えた場合に下流ではピークの極大値は流下距離に従って小さくなり、逆にそのピーク幅は時間に対して幅広いピークとなるため（Cazelles ら、1991）、その測定対象時間は上流、下流共に長めにとることが望ましいためである。

また、実験河川 A は一部コンクリ　ト護岸の河川、実験河川B、C は多自然型河川である。実験河川 A は 2000、2001 年の両年とも流量変動を行った河川であるため、比較対象となる河川も流量変動を行った河川でなくてはならない。多自然型河川の方は流量変動を与えた河川が 2000 年は実験河川 C、2001 年は実験河川 B と変わっているので、比較対象河川もそれぞれの年で対応させた。

測定項目は、気温、水温、pH、EC、DO、全炭酸物質、SS、有機炭素、リン、主要イオン成分、付着物（現存量、リン含有量）、堆積物（堆積量、C/N 比）である。

3. 結果＆考察

3-1　物質収支

各河川の上流・下流での負荷量から水質比を算出し、各物質の負荷量が流下に伴いどの程度変化するのかを定量的に表現した。ここで、水質比は次式、負荷量=∫（濃度・流量）(t) dt によって負荷量を算出し、水質比＝1　（下流の負荷量）／（上流の負荷量）として求めた。この水質比はその値が大きいほど浄化能が高いことを表す。

まず、河川形態の違いにおいて有機炭素に関しては多自然型、コンクリ　ト護岸河川で大きな差は認められなかった（Fig 1、Fig 2）。しかし、リンに関しては多自然型河川の方が高くなった（Fig 3、fig 4）。これは両河川間の

生物量の違いによるものであるとも考えられるが、滞留時間の違いによる影響が大きいのではないかと考えられる。

次に流量変動の有無についてであるが有機炭素、リン共に増水をおこさない河川で浄化能が高くなっていた（Fig. 4～Fig. 8）。これは増水の有無が河川形態へと影響を与え、その結果増水をおこさない河川の方が滞留時間が長くなったためであると考えられる。また、堆積物の掃流による懸濁物質の浄化能の向上は約二週間程度と比較的短期間でその影響が消滅した（Fig. 9）。

最後に日照条件による違いであるが夜間ではリンの浄化能が高くなっていた（Fig. 10）。これは夜間に藻類のリンの取り込みが活発になるためである（久納誠他、1997）。

3-2 物質代謝

リンの除去への付着藻類の寄与をみるため、付着板による取り込み実験を行った。その結果、負荷量から求めたリンの除去量はA河川76.4gP/day、B河川213gP/day、C河川366gP/dayであるのに対し、付着板により得たリンの取り込み速度はそれぞれ1600gP/day、1920gP/day、2310gP/dayとなった。これは河床全体に付着藻類が生息していると仮定した為であり実際にはこのような事は考え難く、付着藻類がリンの取り込みに果たす役割が大きい事が示された。

次にSSを用いて沈殿量の推定を行った。この結果、負荷量から求めた懸濁態の有機炭素の減少量はA河川-0.31kg/day、B河川1.54kg/day、C河川3.32kg/dayであるのに対し、推定される炭素量は全河川とも約0.5kg/dayであった。これにより有機炭素の除去に沈殿の寄与が大きいことが示された。

4. まとめ

リンの除去に関して多自然型河川の方がコンクリート河川よりも浄化能が高いことが認められた。流量変動が水質に与える影響は長期的には河川形態の変化による滞留時間の変化、短期的には河床堆積物の掃流による巻き上げ等の減少等が考えられる。また夜間では日中よりもリンの浄化能が高かった。多自然型河川ではリンにおいて浄化能が高いことが示されたが、これは水域からの除去を示すわけではなく河川水から生物体へと吸収され体内で滞留されているだけである。しかし水生生物を適切に管理することにより水域からの除去を行うことも可能である。このことから多自然型河川において水質改善効果を活かす為にはその後の維持管理が重要であることがわかる。つまり、多自然型河川への改修は土木的な改修だけではなく管理手法の改良も必要なのである。

5. 参考文献

Cazelles B., D. F. D and N. P. Chau(1991). Self purification in a lotic ecosystem: a model of dissolved organic carbon and benthic microorganisms dynamics. *Ecological Modelling*,58(1-4),91-117.

久納誠他（1997）. 糸状藻類のリンおよび窒素吸収能の日周期性に関する実験的研究. *水環境学会誌*,20,5,338-346.

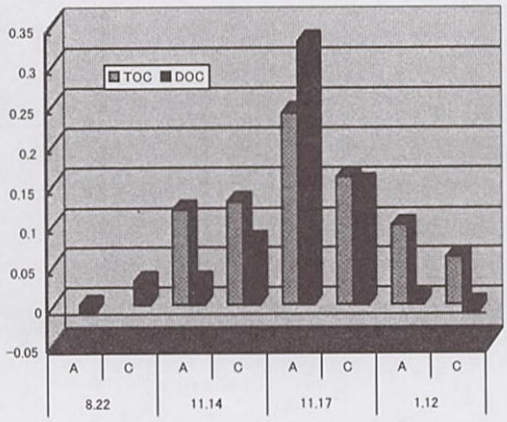


Fig. 1　2000 年度における有機態炭素の水質比

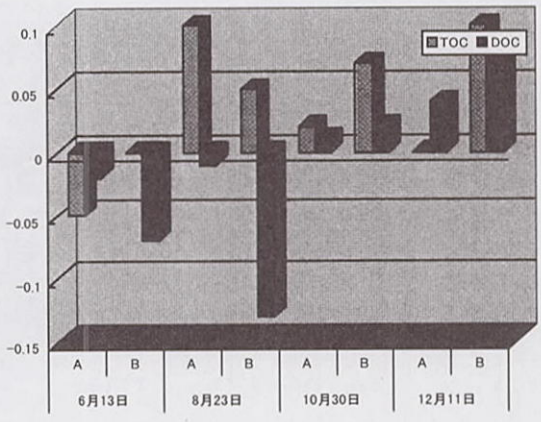


Fig. 2　2001 年度における有機態炭素の水質比

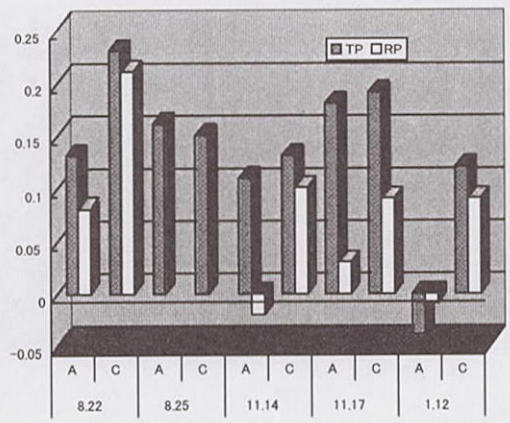


Fig. 3　2000 年度におけるリンの水質比

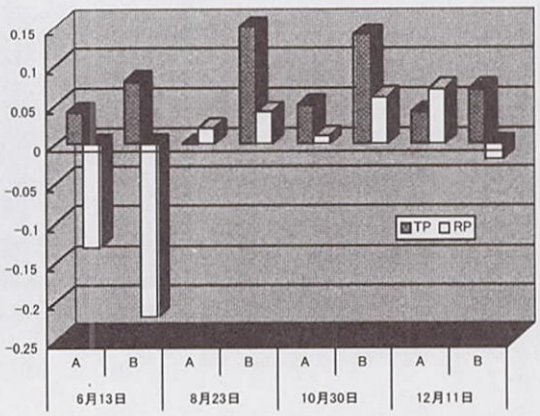


Fig. 4　2001 年度におけるリンの水質比

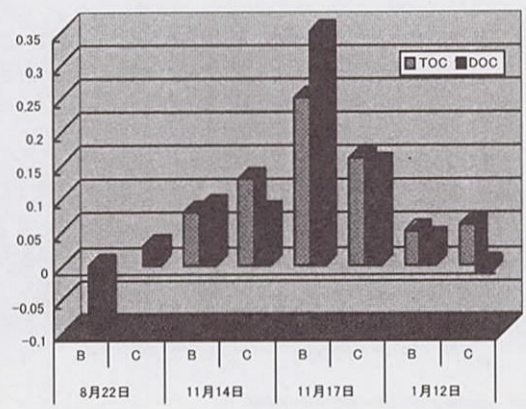


Fig. 5　2000 年度における有機態炭素の水質比

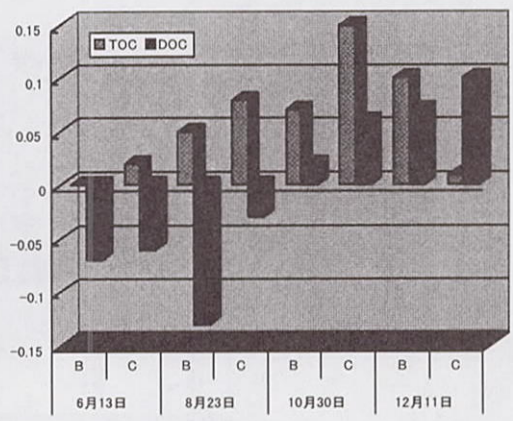


Fig. 6　2001 年度における有機態炭素の水質比

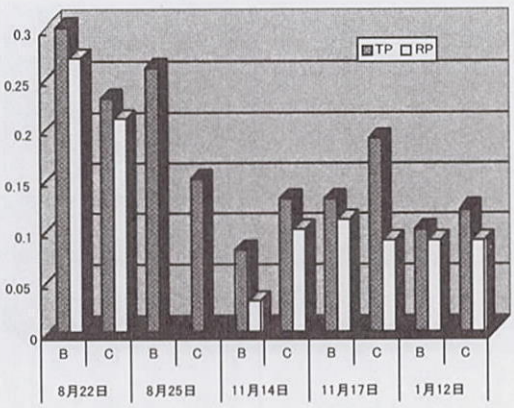


Fig. 7　2000 年度におけるリンの水質比

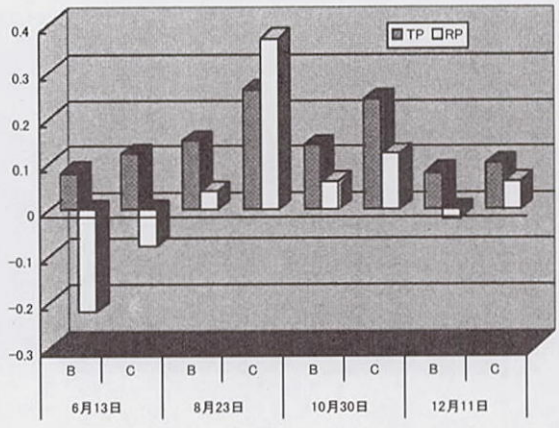


Fig. 8　2001 年度におけるリンの水質比

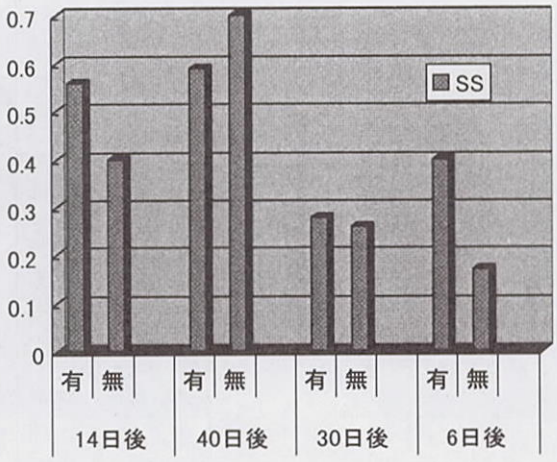
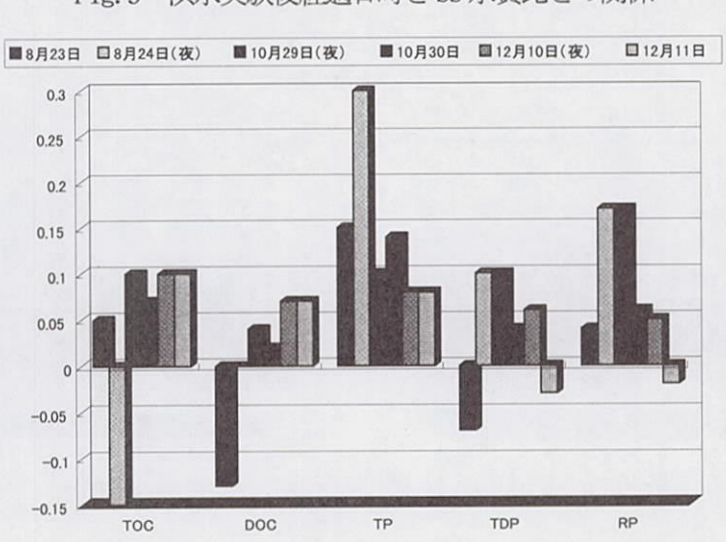


Fig. 9　洪水実験後経過日時と SS 水質比との関係



2001 年度　日照条件による水質比（B 河川）

K11-2.　水位変動が河床内間隔と流路周辺部の生息環境と生物群集に及ぼす影響

大阪府立大学総合科学部　谷田一三
大阪府立大学理学系研究科　望月聖子

＜目的＞

規模と速度の異なった流況変動への、生息場所環境や生物群集の応答を明らかにする。すなわち、フッラッシュといった急激な水位変動とそれよりは緩慢な水位変動に伴う、環境と生物群集の動態を比較することで、生物群集の多様性の保全に必要な、水位コントロール手法の基本資料とする。

＜材料と方法＞

今年度は実験河川Bにおいて表１のように４回の出水が行われた。本研究はその出水に合わせて実施され、河床内水温計の設置調査と伏流水調査が行われた。各調査地点は図１のようになる。なお、対象区として出水のない実験河川Cについても各調査を行った。

・ 水温調査

H13年６月に実験河川BとCの河床内（深さ約15-20ｃｍ）に１箇所水温の連続記録装置を設置し、H14年１月に回収後各出水実施日にあわせてデータを集計した。同時に、自然共生研究センターより提供された表面水の水温との比較検討を行った。

・ 伏流水調査

H13年６月に実験河川BとCの上流部に各３サイトの調査地点を設置し河床間隔採水用の簡易パイプ(河床からの深さ20ｃｍから30ｃｍ）を各サイト３本埋設設置した。

採水は６月中旬（春季)、９月初め（夏季)、９月終わり（秋季)、12月初め（冬季）の３回とし、出水による短期的な影響もみるために出水に合わせて実施された。採水時には、pH、COND（導電率)、YURB（濁度)、水温、TDS（全溶存固形物量）を水質計にて測定した。採水したサンプルは実験室内において分析し、アンモニア性窒素、硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、オルトリン酸、ss、POMを求めた。

＜結果と考察＞

・ 水温調査

水温計より回収されたデータのうち、表１の各出水日とその前日・後日の結果について図２から５に示す。なお、各図の１段目が表面水、２段目が出水河川の伏流水、３段目が出水なし河川の伏流水の水温変化を示しており、各図内の矢印は出水開始と出水停止時の水温を指している。

７月13日出水では、出水中の表面水温に見られるような水温変化はどちらの河川の伏流水温にもみられない（図２)。その理由としては、この期間中の表面水と伏流水の平均水温差がほとんどないことが考えられる。

９月４日の出水では、出水中の表面水において水温が著しく上昇すると共に出水河川の伏流水温も上

表　1　　出水実験実施記録

実施日	出水開始時刻	出水終了時刻	出水時間(min)	出水規模(m3/s)	平均表面水温(℃)	平均伏流水温(℃)	水温調査	伏流水調査
H13.7.13	AM9:00	AM11:40	50	2.5	27.16	27.46	○	
H13.9.4	PM13:00	PM16:40	180	2.0	24.05	25.15	○	○
H13.9.28	AM10:00	PM13:40	180	2.0	21.79	23.13	○	○
H13.12.5	AM9:30	AM10:00	30	1.5	11.76	14.34	○	○

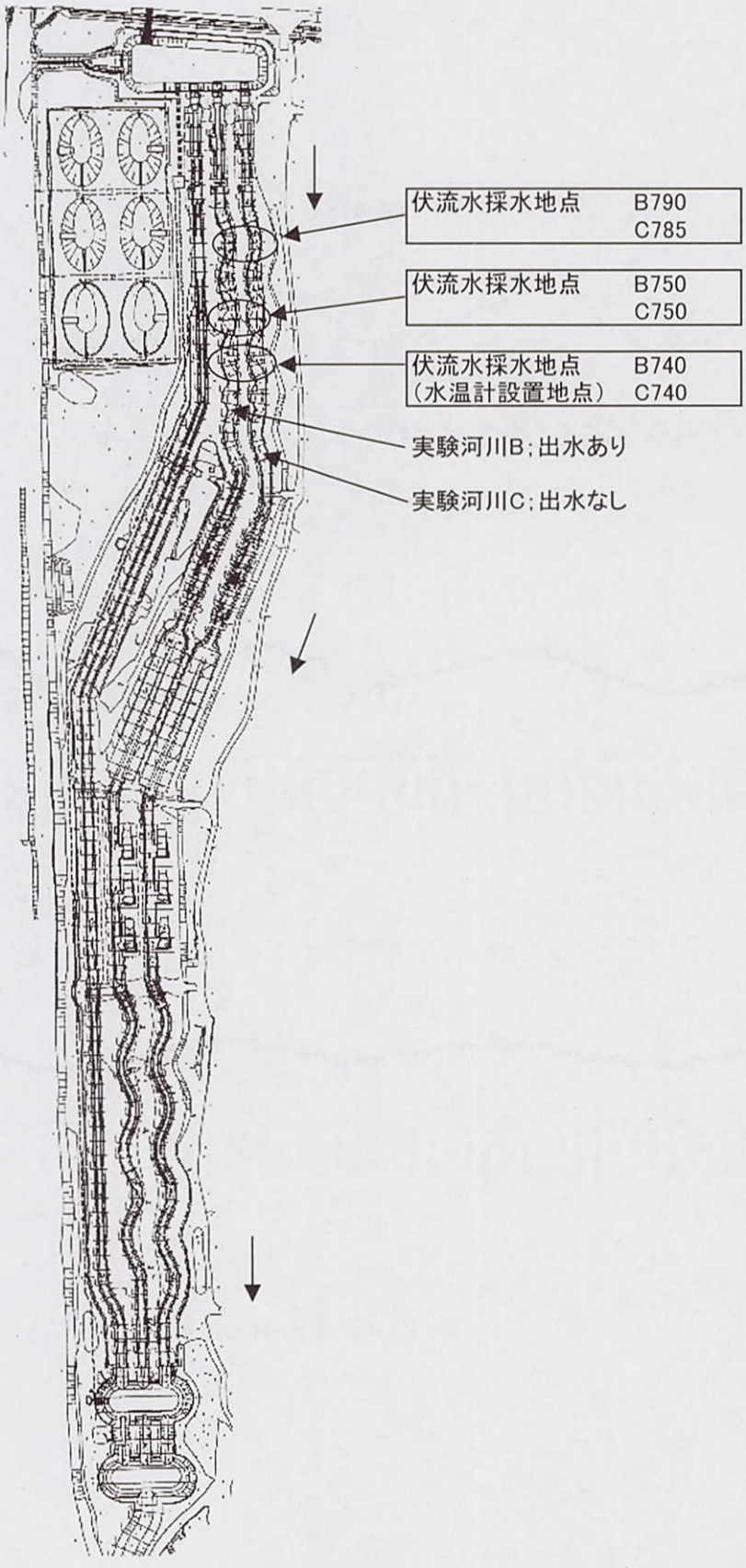

伏流水採水地点　B790
C785
伏流水採水地点　B750
C750
伏流水採水地点　B740
（水温計設置地点）　C740
実験河川B；出水あり
実験河川C；出水なし

図　1　　調査地点

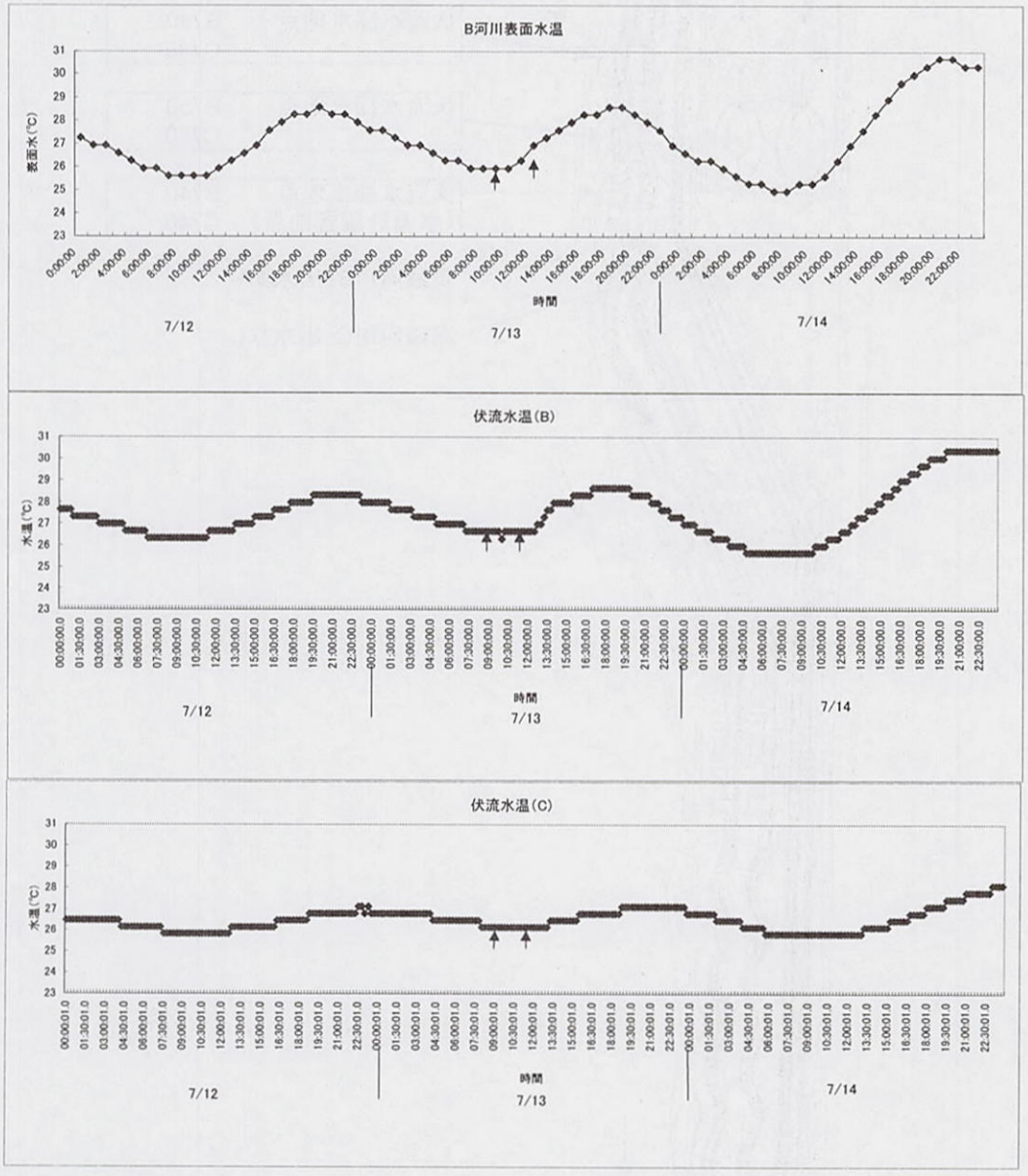


図　2　H13.7.13 出水時水温変化

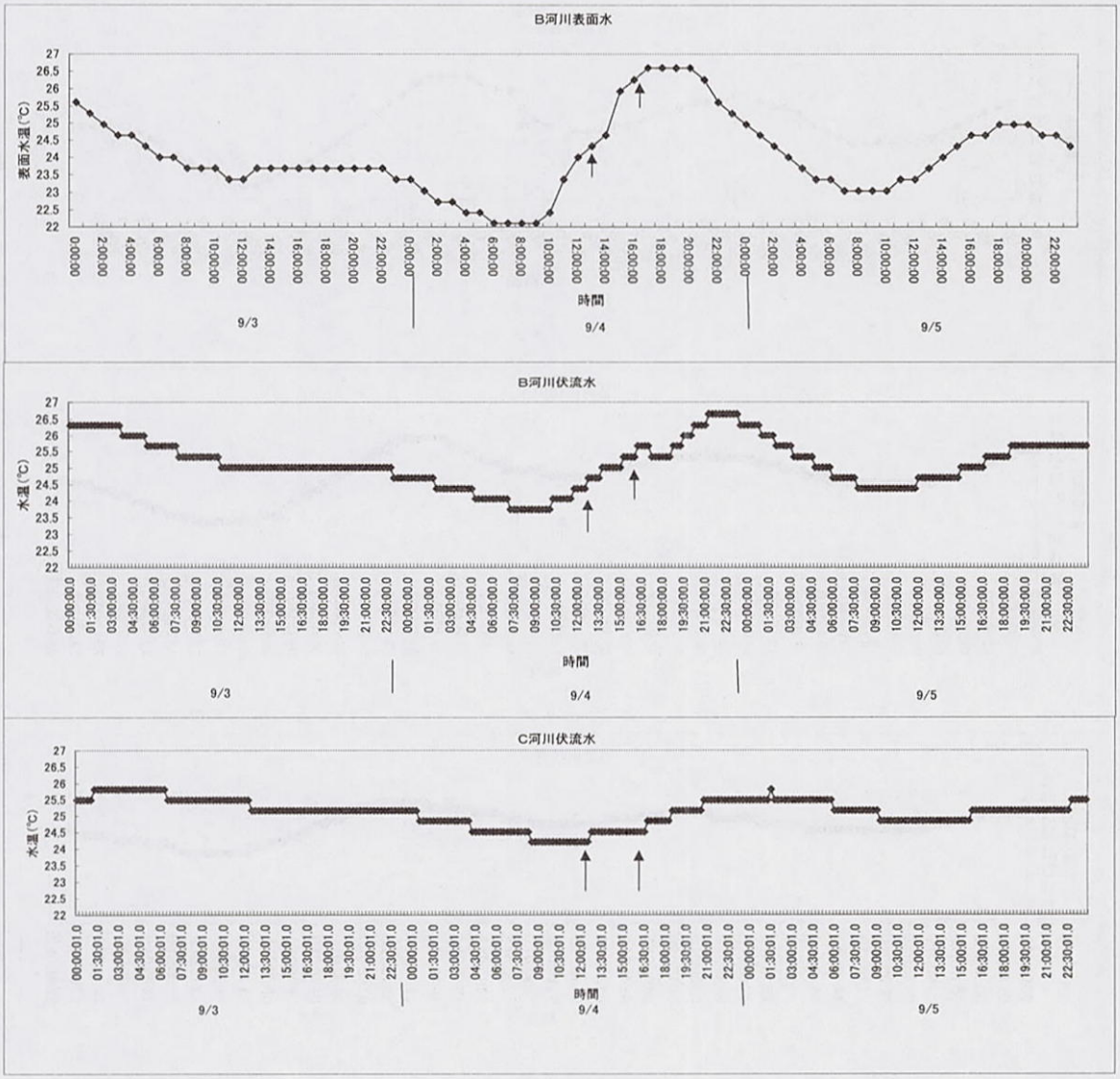


図　3　H13.9.4出水時水温変化

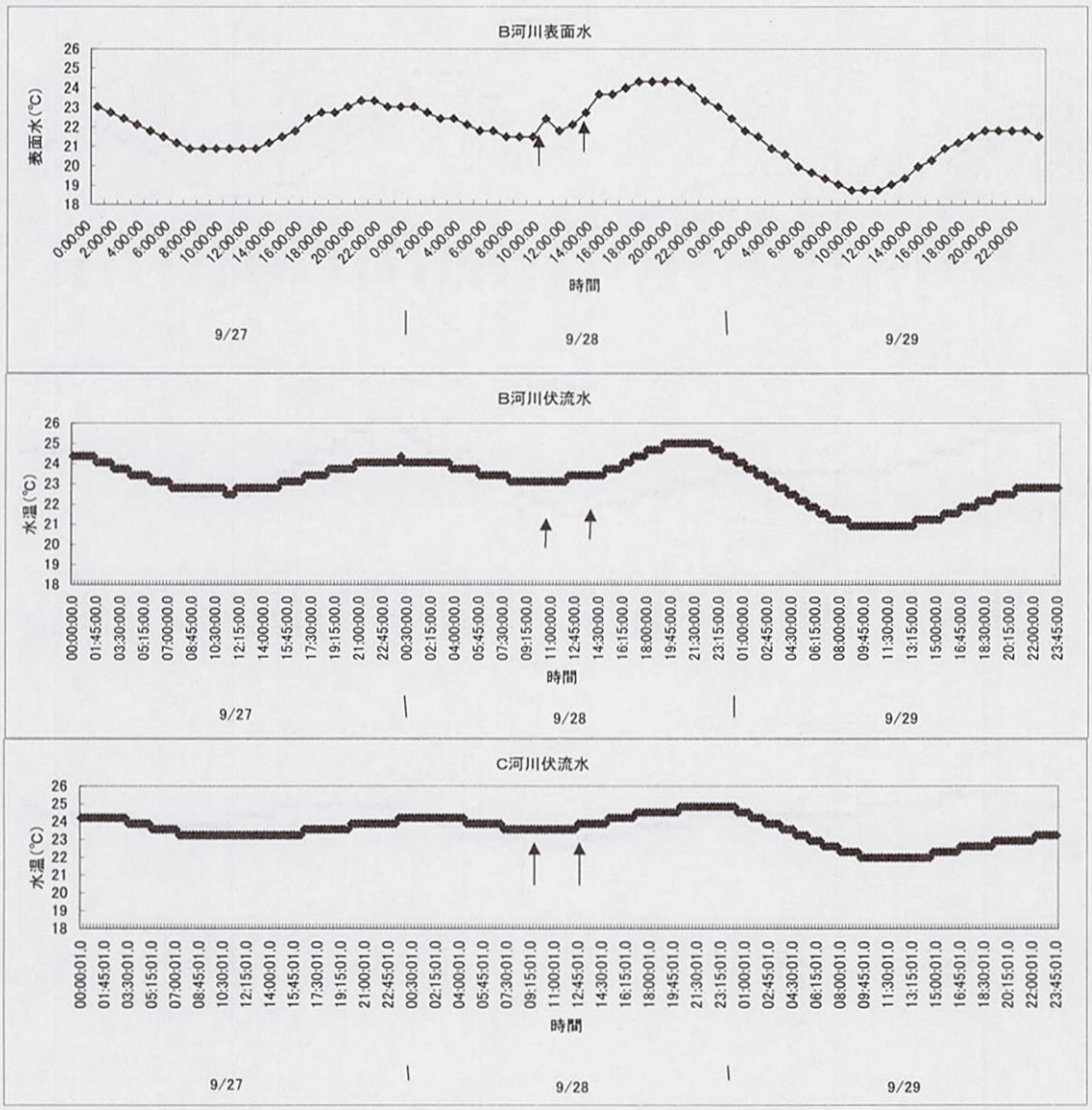


図　4　H13.9.28出水時水温変化

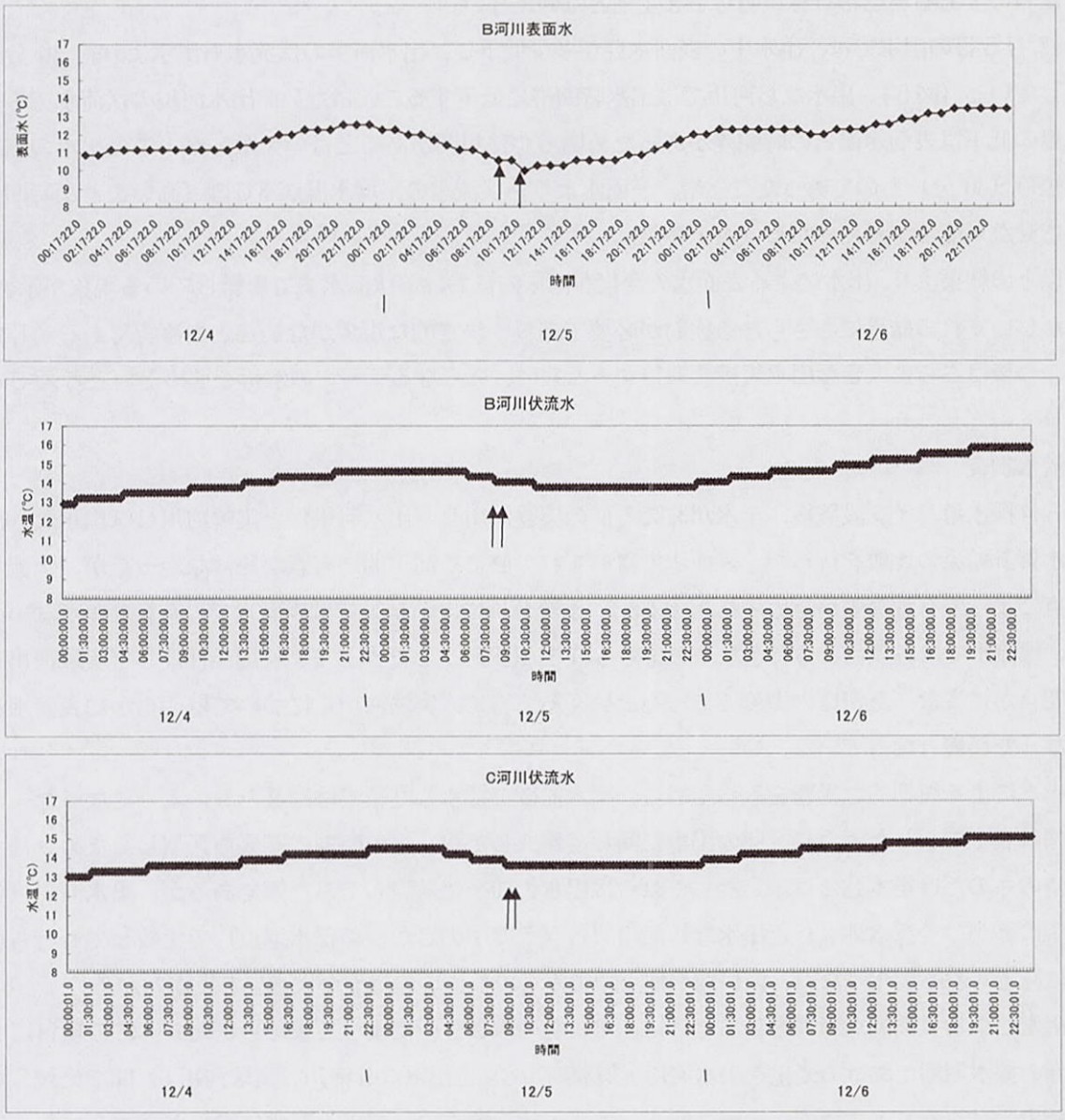


図 5　H13.12.5出水時水温変化

昇しており、出水なし河川のほうではその間の上昇は見られない（図３）。出水河川の著しい伏流水温上昇は、出水中の表面水が伏流したことによるものであると思われる。

９月 28 日の出水では、出水中の表面水温の上昇に伴い出水河川の伏流水温は一度上がっているが、出水なし河川ではその間の上昇はない（図４）。出水河川で見られた水温の上昇は、出水中の表面水が伏流したものであると思われるが明らかな変化とはいえない。

12 月５日の出水では、出水中の表面水温が多少低下し、出水河川の伏流水も出水より約 20 分後に低下している（図５）。出水なし河川では出水時間帯に低下することはない。出水河川の伏流水でみられた水温の低下は表面水温との時間差があるため明らかに相関があるとはいえないが、この出水の出水時間が短い（30 分）ものであったことや、表面水よりも伏流水の平均水温が 3℃ほど高いことが時間差を生じさせた可能性が考えられる（表１参照）。

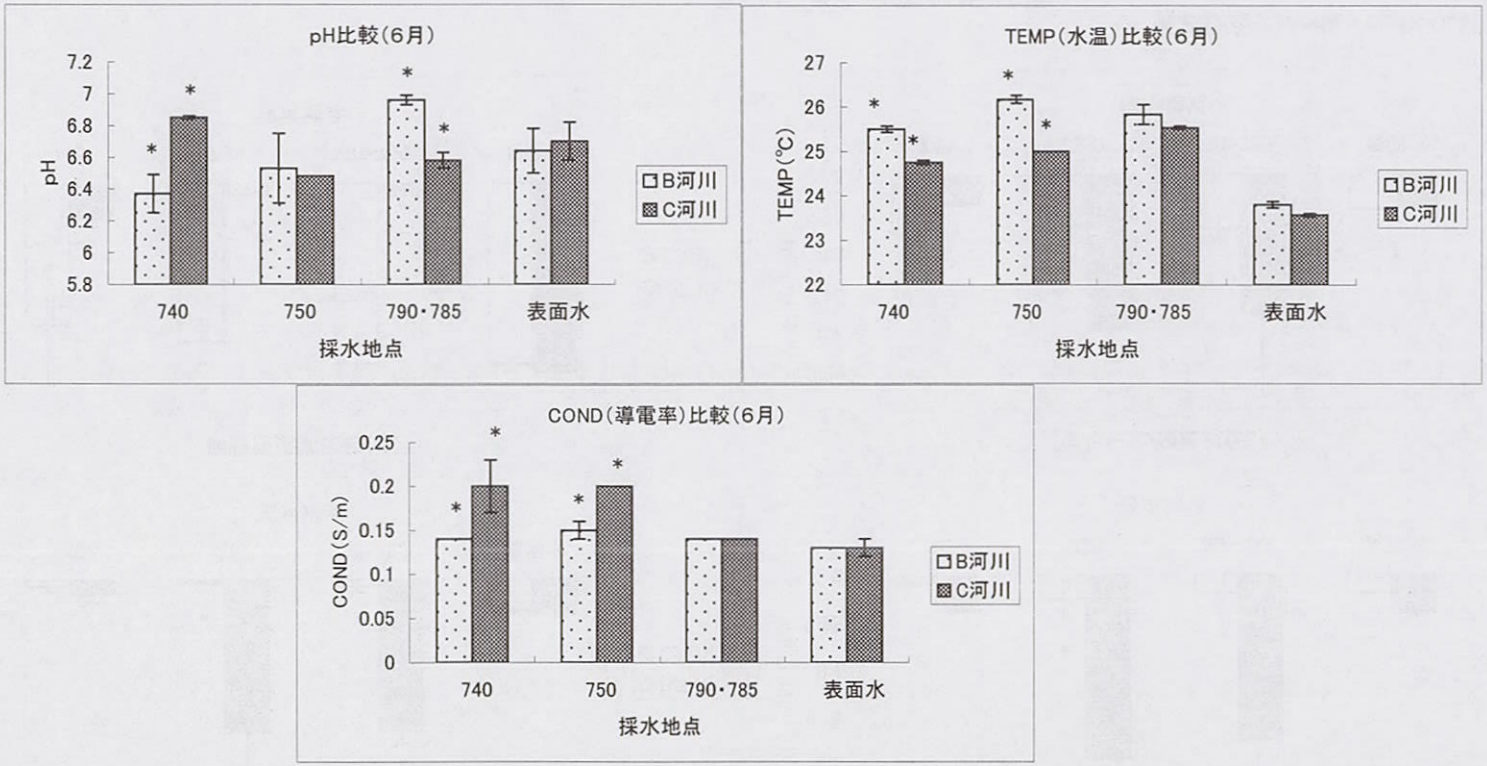
以上の結果より、出水による表面水の変化が河床内における伏流水まで影響している現象が示された。しかしいずれの結果にもさらなる検討が必要であり、決定的な現象がないことも事実である。したがって、今後はさらに大きな出水規模を期待すると共に、さらなるデータの解析を進めたいと考えている。

・ 伏流水調査

６月採水用パイプ設置後、出水がおこる前の実験河川Ｂ（出水河川）と実験河川Ｃ（出水なし河川）の水質計結果の比較を行った。表面水ではいずれの値にも河川間に有意な差はなかったが、伏流水では地点によって有意な差が認められた（図６）。水質分析による結果では表面水での有意な差がないのに対し、伏流水では各項目とも有意な差が認められた（図７）。したがって、初期条件として実験河川ＢとＣは明らかに異なった河床内環境であったといえる。特に、実験河川Ｃについては明らかに表面水とはことなった環境となっている。

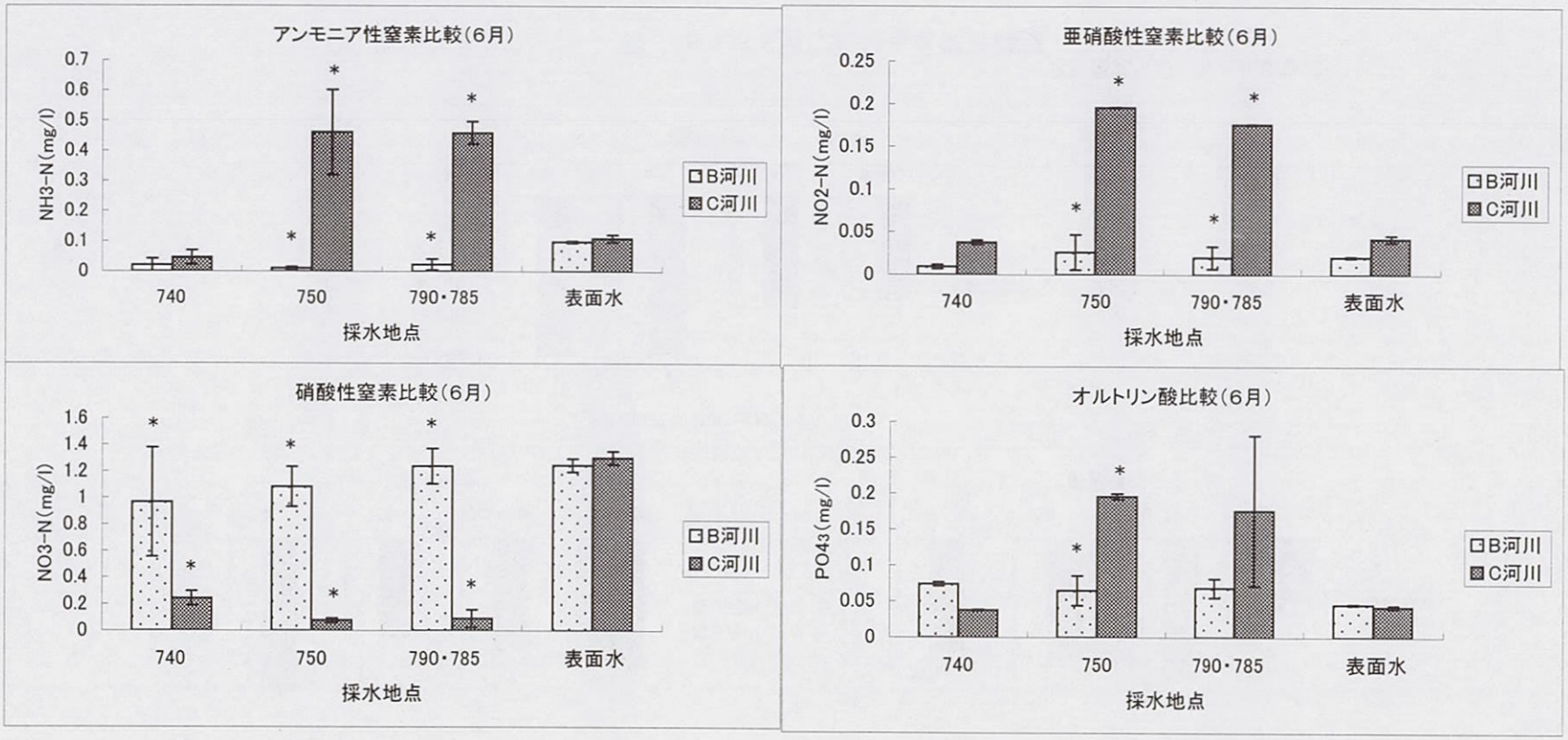
出水による短期的な影響をみるために、出水前後で採水した結果は図８と９のようになった。これらの図は表１で示したように３回の出水に関して作成したが、どの時期の結果も類似したため９月４日出水時のものだけを本誌には示した。これらは出水の前後に着目してみた図であるが、出水河川（各グラフ中のＢがつく採水地点）と出水なし河川（各グラフ中のＣがつく採水地点）で比較してもどちらかだけに認められる変化はなく、河川間や地点間にみられる違いのほうが大きいことがわかる。

出水による長期的な影響をみるために、水質計や水質分析によって求められたすべての項目について今回の採水期間における変化を出水河川（実験河川 B）と出水なし河川（実験河川 C）間で比較した。その結果、アンモニア性窒素、硝酸性窒素、オルトリン酸についてのみ変化に違いが認められた。アンモニア性窒素は表面水においては変化に違いはないが、伏流水においてはほとんど変化のない出水河川 (B) に対し出水なし河川 (C) では大きく変化している（図 10）。また、初期にアンモニア性窒素が低かった 740 地点と 750 地点では増加しているのに、初期にアンモニア性窒素が高かった最上流の 789 地点では減少している。これは河床内の生物タンパク質の分解と共に増加しことや、初期から高かった地点は硝化バクテリアの吸収によって減少したなどの可能性は考えられるが、地点によって変化が異なること等を踏まえると更なる検討が必要であると思われる。硝酸性窒素は初期より出水河川 (B) のほうで多く、



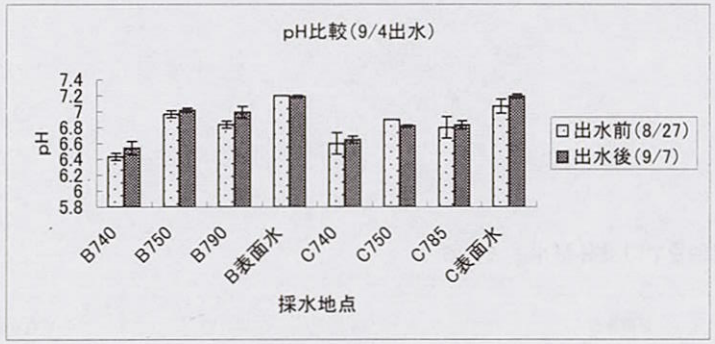
(*:有意差あり,sheff's test p<0.05)

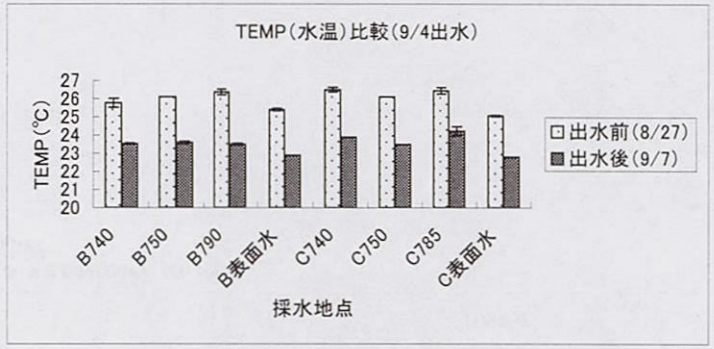
図　6　　6月における水質計結果

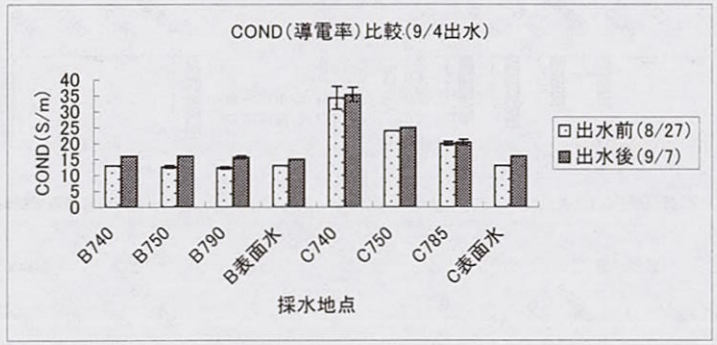


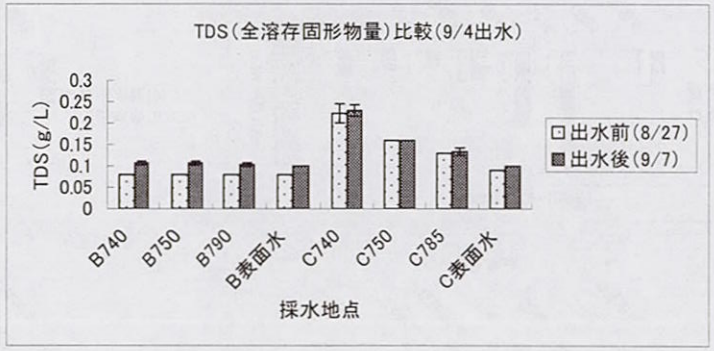
(*:有意差あり,sheffe's test $p<0.05$)

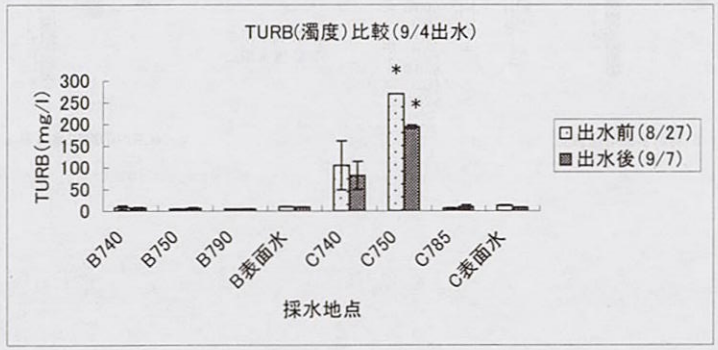
図　7　6月における水質分析結果





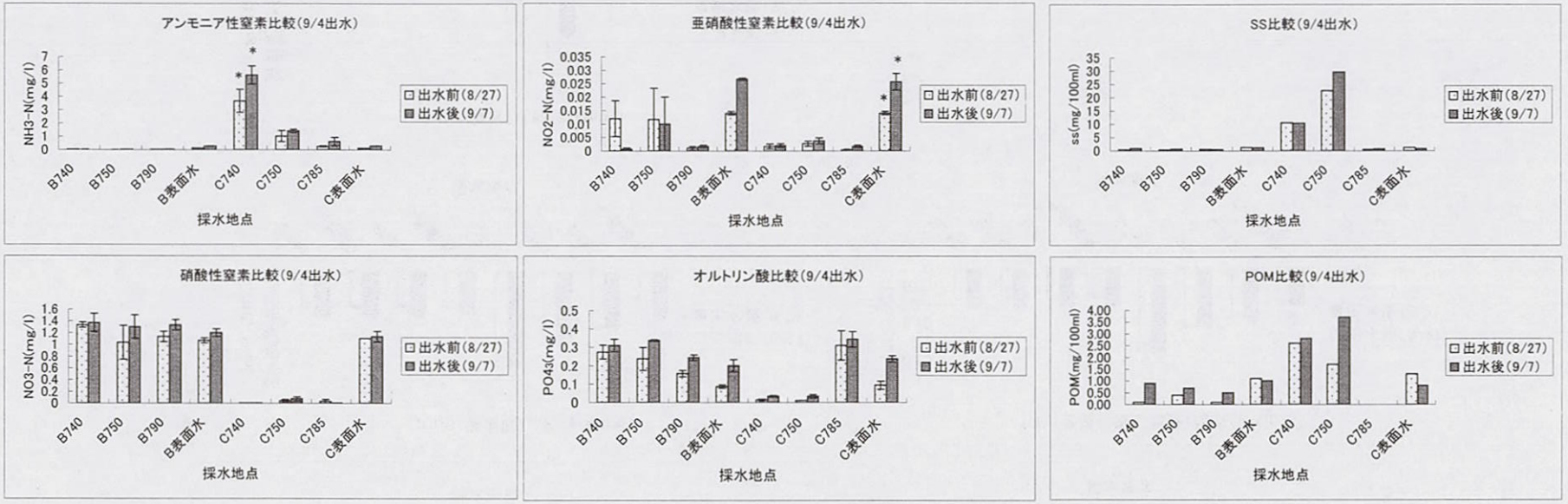






(*: 有意差あり,sheffe's test $p<0.05$)

図 8　水質計による結果比較



(*:有意差あり.sheffe's test p<0.05)

図 9　水質分析による結果比較

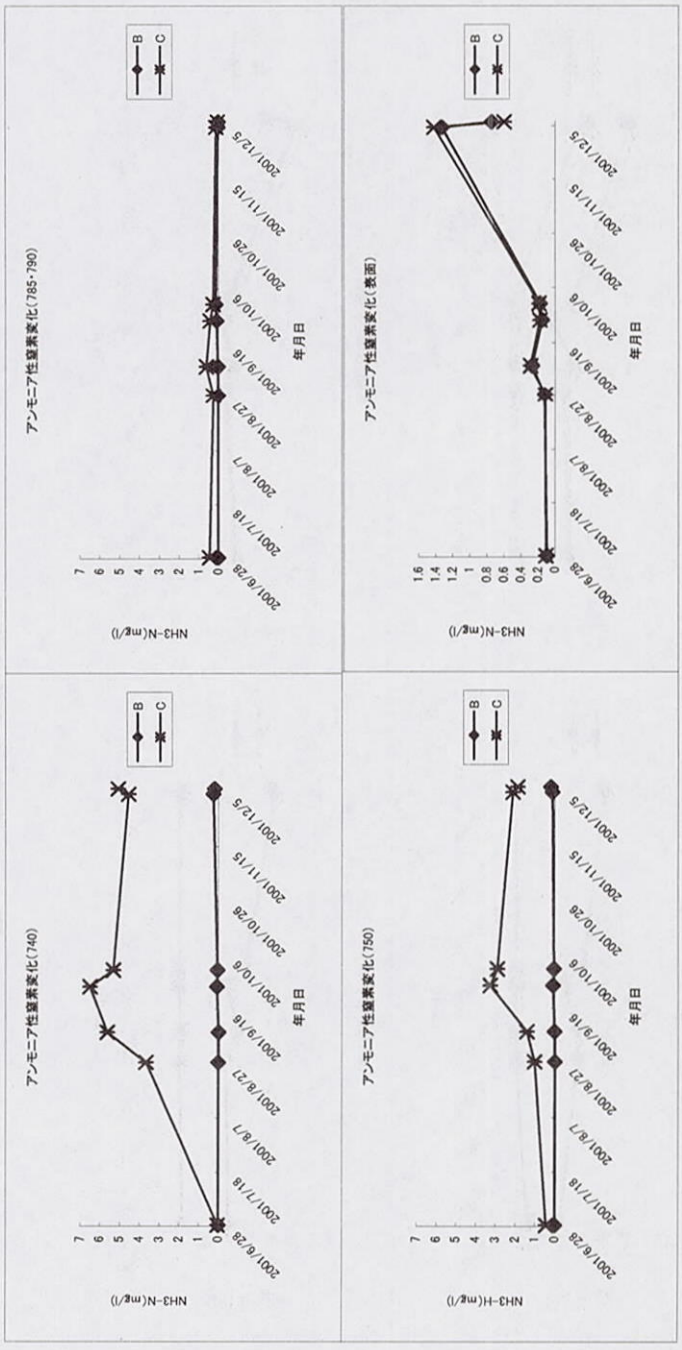


図 10　アンモニア性窒素の変化

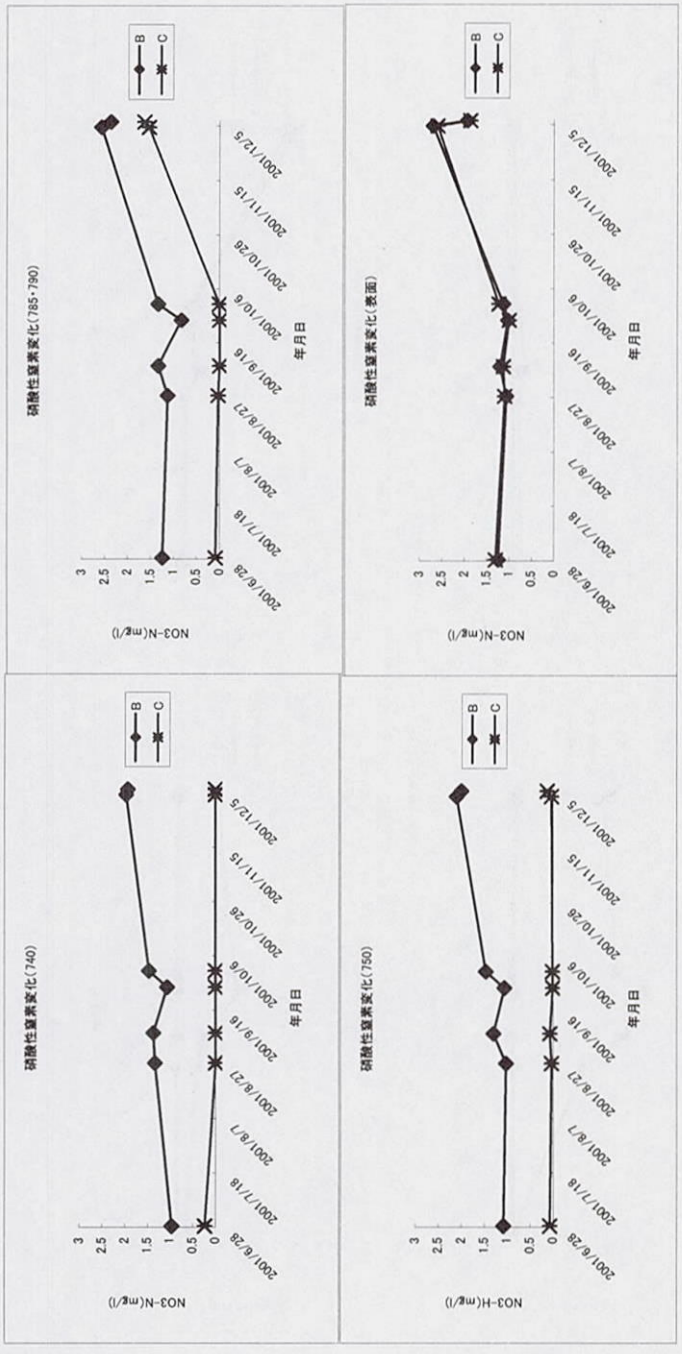


図 11　硝酸性窒素の変化

表面水の増加と共に増加しているのに対し、出水なし河川（C）の740と750地点では殆ど変化がない（図11）。しかし、最上流の789地点では表面水に近い変化が認められる。オルトリン酸は出水河川（B）では表面水と同様の変化がみられるが、出水なし河川（C）では逆変化あるいは殆ど変化がないことが認められる（図12）。出水なし河川（C）では、初期の段階で高かった地点も次第に減少し12月の地点では低くなっている。亜硝酸性窒素では出水なし河川（C）で殆ど変動がなかったのに対し、出水河川（B）では大きく変動している（図13）。その動向は各地点でばらばらになっており、傾向等を把握することは出来ないと思われる。

以上のことから、出水河川（B）にくらべて出水なし河川（C）が貧栄養の状態にあり、生物タンパク質の分解量が多いことが考えられる。しかし、地点によってちがうことや他の項目では違いが示されないことなど不明な点が多く、さらなる調査の継続と検討が必要である。

＜今後の課題＞

・今年度の調査では可能性や傾向がみられたが明白ではなかった。これらの調査はさらに大規模な出水の影響や、２年間通水を続けるということによる変化をみるためH14年度も継続して行う。それらの結果を踏まえて、さらなる解析を行いあらゆる視点からの比較検討と行っていきたいと思う。

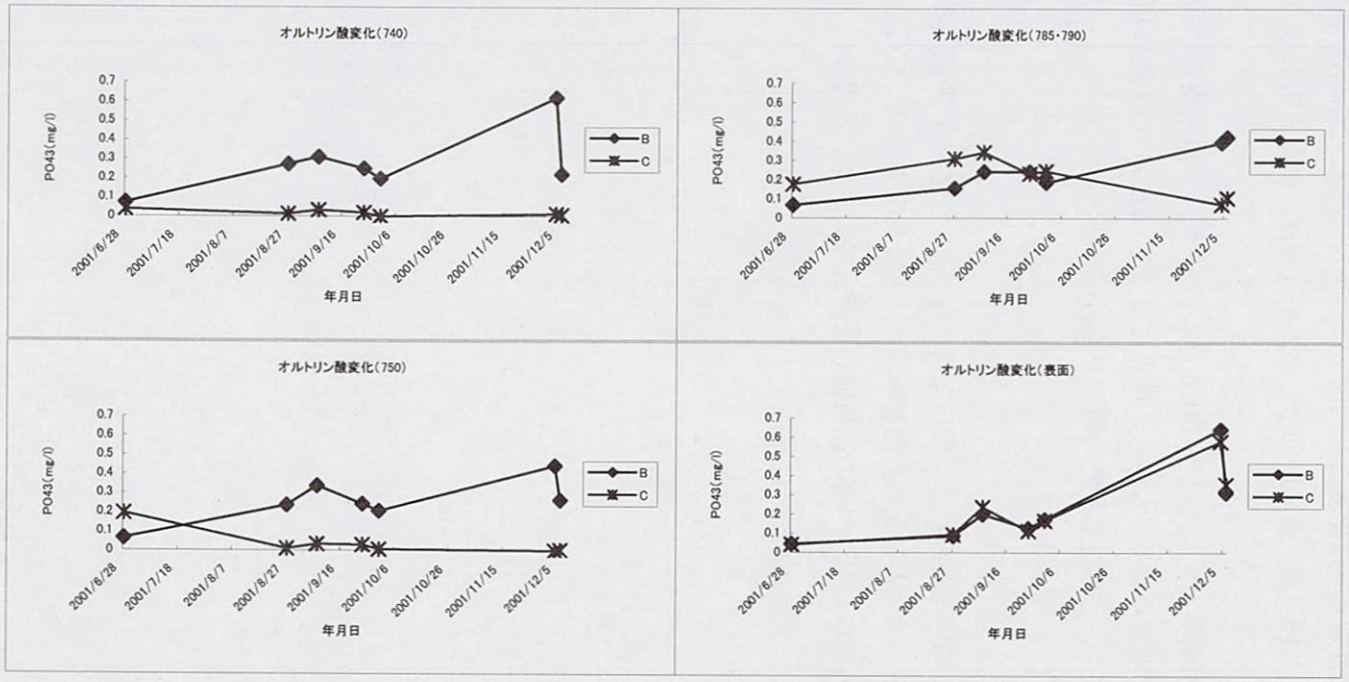


図 12　オルトリン酸変化

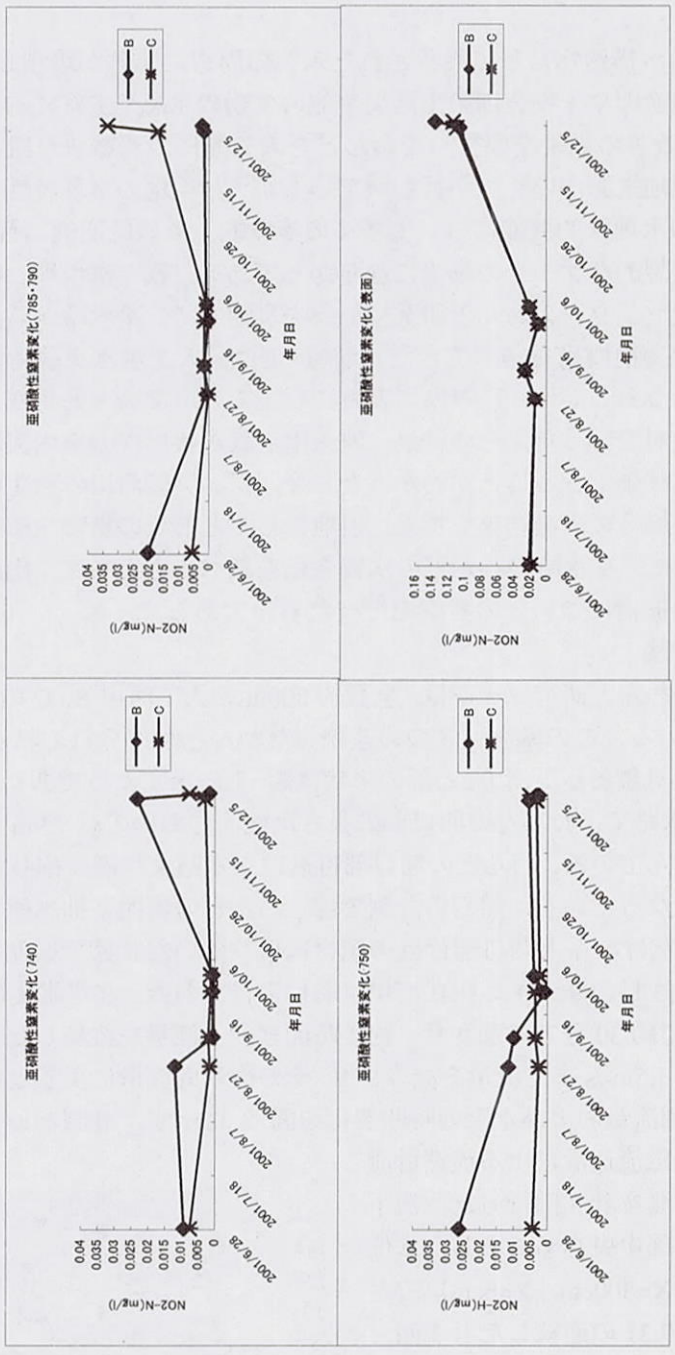


図 13 亜硝酸性窒素変化

K11-3 わんど研究ゾーンにおける出水実験時の水交換機構に関する研究

名古屋工業大学工学部社会開発工学科　冨永晃宏
名古屋工業大学大学院工学研究科　久田陽史

1．はじめに

明治時代に護岸目的の治水構造物として設置された水制の周辺に土砂が堆積して形成された止水域，すなわち「わんど」が魚類の産卵や子稚魚期の生活場や他の生物の生息・生育に的した環境空間であるとして注目され[1]，生態環境改善の効果を期待してわんどを人工的につくる取り組みが行われている．生態系と物理環境に関する現地観測がいくつか行われているが[2),3)]，現地の水理特性の把握には困難が多い．実験室レベルでもわんどの水理学的機能について多くの実験的，数値的研究が行われているが[4)]，わんど形状が実際とは程遠い理想的なケースの議論になりがちである．我々は現地と実験室の両方のアプローチを備えた自然共生研究センターのわんど研究ゾーンを利用して，平水時から洪水時に至る非定常な流況下におけるわんどの水交換機構を調べてきた．前報[5)]では，人工洪水実験時のわんど内の水質変化および流れ構造の計測を行うとともに，室内模型実験において非定常流を発生させた場合のわんど内の流れ構造を計測して比較検討を行った．その結果，理想化された状態での室内実験や数値計算によっても現地の流れ挙動を良好に評価できることがわかった．今回は，実験河川の植生の影響が少ない状況で出水実験の流量が増加した場合の計測結果を加え，現地のわんど形状の影響や植生の影響を考慮した数値計算と比較検討した．また，平水時のわんどの水質変化を調べるとともに，出水実験時の流れの目視観測からわんどの水質交換機構についての考察を行ったものである．

2．現地実験および観測方法

自然共生研究センターのわんど研究ゾーンは，全長約 800m の人工河川 B，C の上流端より 450m から 560m の区間に設けられている．この区間に 3 つの連続したわんどが作られており，そのうちの B 河川の最上流部のわんどを研究対象とした．わんど部の形状は図-1 に示すようである．主水路は底面幅 2.4m，側壁傾斜 1：2 の台形断面水路で，わんどの開口部の長さは底面において約 7.9m である．わんど部は開口部から上流へ深く入り込んでいる．わんどの開口部付近は主水路より深く掘り下げられ，約 1/10 の勾配で上流側へ向かって浅くなっている．前回の計測では，わんどの周囲に抽水植物がびっしりと繁茂していたが[5)]，今回はできるだけわんど開口部付近の植物は取り除いた状態で観測を行った．

現地実験は 2001 年 7 月 13 日の 9：00 より B 河川において行われた．非定常実験は，基底流量 0.1m^3/s からピーク流量 2.5m^3/s まで約 30 分で増加させ，約 1 時間ピーク流量を維持した後，上流配水池の水量不足により約 1 時間かけて 1.5m^3/s まで流量を減少させ，その後基底流量に戻すという方法で行われた．実験河川 B 中流部での実測流量および水深の時間変化を図-2 に示す．計測としては，わんど開口部の計測断面において三次元電磁流速計による流速計測を行った．水位上昇期は計測を計 3 回行った．流下方向の計測点はわんど開口部中央を x=0 とし，水位上昇期には開口部下流端（X=300cm，Z=8cm）で定点観測を行い，9:17，9:24，9:31 の連続した計 3 回，サンプリング周波数 20Hz，サンプリング数 8200 で 420 秒間計測した．ピーク流量期には，開口部の縦断方向に X=-300，-240，-180，-120，-60，0，60，120，180，240，300 の 11 点を河床から鉛直上向きに Z=10，60 の 22 点計測を行い，サンプリング周波

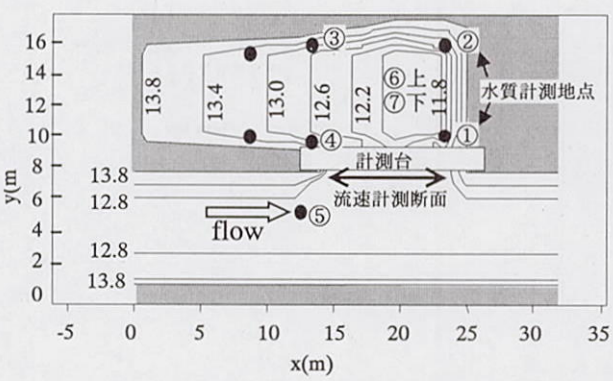


図-1　わんど研究ゾーンのわんど形状と計測点

数 50Hz で 82 秒間計測した.

水質については,主に平水時のわんど内の水質を調べる目的で，2001年8月9日14：00から10日14:00にかけて24時間計測を行った.図-1の①から⑦の7カ所において水質チェッカー（東亜電波製）を用いて DO，pH，濁度および水温を1時間おきに計測した.

2002年7月31日にもピーク流量2.0m^3/s の出水実験が行われた.このときには系統的流速計測は行わずに,流況の目視観測と水中ビデオ撮影を行うとともにわんど開口部下流側の植生の影響について検討した.

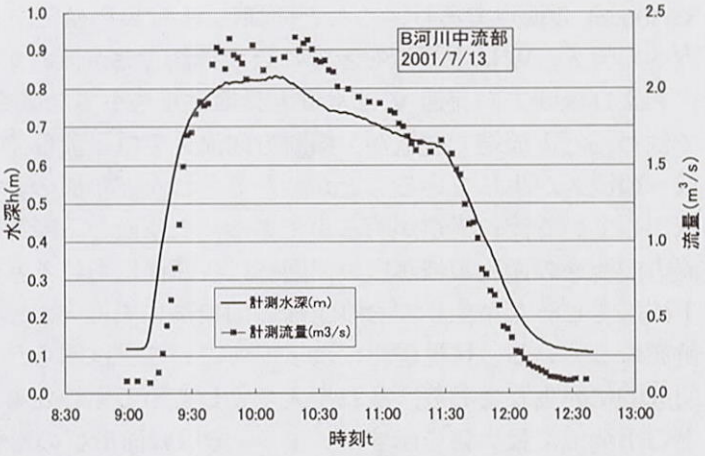


図-2　実験河川 B 中流部の水深・流量時間変化

3．数値計算方法

本研究で用いた植生の抵抗を考慮した 2 次元非定常流の基礎方程式は次のようである[6].

$$\frac{\partial U}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(UU)+\frac{\partial}{\partial y}(VU)=-g\frac{\partial H}{\partial x}-\frac{gn^2}{h^{4/3}}U\sqrt{U^2+V^2}+\frac{\partial}{\partial x}\nu_t\left(\frac{\partial U}{\partial x}+\frac{\partial U}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\nu_t\left(\frac{\partial U}{\partial y}+\frac{\partial V}{\partial x}\right)-\frac{C_D\beta_x}{2}U\sqrt{U^2+V^2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(UV)+\frac{\partial}{\partial y}(VV)=-g\frac{\partial H}{\partial y}-\frac{gn^2}{h^{4/3}}V\sqrt{U^2+V^2}+\frac{\partial}{\partial x}\nu_t\left(\frac{\partial U}{\partial y}+\frac{\partial U}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\nu_t\left(\frac{\partial U}{\partial y}+\frac{\partial V}{\partial y}\right)-\frac{C_D\beta_y}{2}V\sqrt{U^2+V^2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial hU}{\partial x}+\frac{\partial hV}{\partial y}=0 \quad (3)$$

ここに，U，Vは流下方向および横断方向水深平均流速，h は水深，n はマニングの粗度係数，ν_t は水深平均の渦動粘性係数である．C_D は植生の抵抗係数，β_x,β_y は x，y 方向の植生の密度パラメータである．渦動粘性係数は，$\nu_t=\varepsilon_0\times h\times U_*$ とし ε_0 =0.14とした.植生の抵抗パラメータとしては$C_D\beta_x, C_D\beta_y$=5.0を与えた．式(1)，(2)は，スタッガード格子で有限体積法によって離散化され，移流速度はハイブリッド法，時間項は完全陰解法を用いて解かれた．水深は SIMPLE 法に基づき水位補正式から計算される.

4．流速に関する現地観測結果

図-3に水位上昇期の x=300cm，z=8cm の地点における瞬間流速 u，v，w の時系列を示す．わんど開口部の下流側が最もわんど内への流入が活発であることが目視観測により認められたことから，この計測点を選定したものである．ここで時間 t=0s はわんど領域において水位変化が生じ始めた時間である．水位変化以前は，わんど下流端の計測点では流れは非常に小さいことがわかる．9:17から100秒経過後から流速の変化が顕著に現れる．横断方向流速の変化は敏感であり，わんどへの流入方向である正の値を大きくとるようになる．最大値は約300秒後の9:22付近に現れ，流入流速は約30cm/s に達する．この値は後に示すピーク流量で定常流状態の横断方向流速よりも大きな値である．主流方向流速は，t=100s から200s にかけて乱れ成分の振幅は大きくなるが平均流速にはそれほど大きな変化は確認できない．しかし，約250秒経過後からは逆流を意味する負の値が生じている.この地点では下流方向から上流に向かってわんど内に流入が生じていることがわかる．また，鉛直方向流速 w は若干の上昇流を示している.

次に，ピーク流量時の河床からの高さが Z=10cm，60cm の断面での時間平均流速の縦断分布を図-4に示す．先の瞬間流速の計測点は

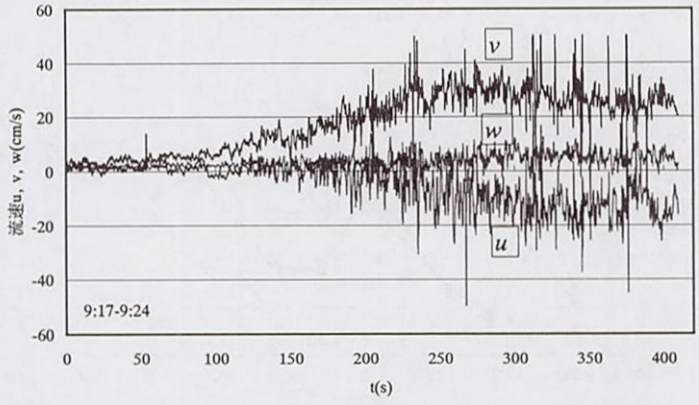


図-3　瞬間流速 u，v，w の経時変化（x=300cm, z=8cm）

X=300cm の地点であり，これと同様に U は負の値であり，流下方向に逆流を示しており，V はわんど内への流入，W は上昇流を示すことが確認でき，流れが維持されていることがわかる．ただし，主流速 U および横断方向流速 V は水位上昇期よりも小さな値を示している．開口部全体として，主流方向流速ではわんど下流端で逆流が，横断方向流速では上流部でわんどから主流域への流出が，下流部でわんど域への流入が生じていることがわかる．わんど下流の非常に狭い範囲から流入し，上流の広い範囲から流出している流れ構造が明らかである．上断面と下断面ではほぼ同様の傾向を示すが，下断面の方が主流方向流速の逆流領域が広い．図-5に各断面における乱れ強度の縦断分布を示す．上断面では，わんど下流端でピークが生じており上流の開口部中央に向かって単調に減少し，これより上流側ではほぼ一定値を取っている．目視観測によってもこのことは明らかであり，わんど開口部下流側では激しい流入が間欠的に発生しており，乱れを大きくしているものと考えられる．下断面では，上断面と同様に，わんどの下流部で最大値を示すが，u'，v'では底面形状の影響を反映してか，わんど上流部，中央部で大きな値を示している．

上断面の代表的計測位置における瞬間流速の任意の80秒間の時系列を図-6に示す．まず，最もわんど内への流入が激しい x=300cm では，約20秒の周期で u が正から負に急激に変化し，u が負の時には v は流入速度が増大することを示している．x=180cm では，基本的に約30秒周期で流出が発生しているが，これに加えて周期の非常に長い（100秒以上の）大きな乱れの存在が認められ，大きな流入が間欠的に発生する．わんど開口部中央の x=0cm では，周期10秒から12秒程度の比較的規則的な変動が見られる．u と v の位相は90°程度ずれており，わんどからの流出が大きく発生した後主流速が加速し，流出が小さくなった後主流速は減速していることがわかる．わんどのセイシュの固有周期は約3～4秒程度と推測されるのに対してあまりにも周期が長いため，水面振動とは異なる現象と考えられる．この中央位置をはさんで x=±60cm では，x=180cm の位置と x=0cm の位置の周期特性が合成されたような変化を示して

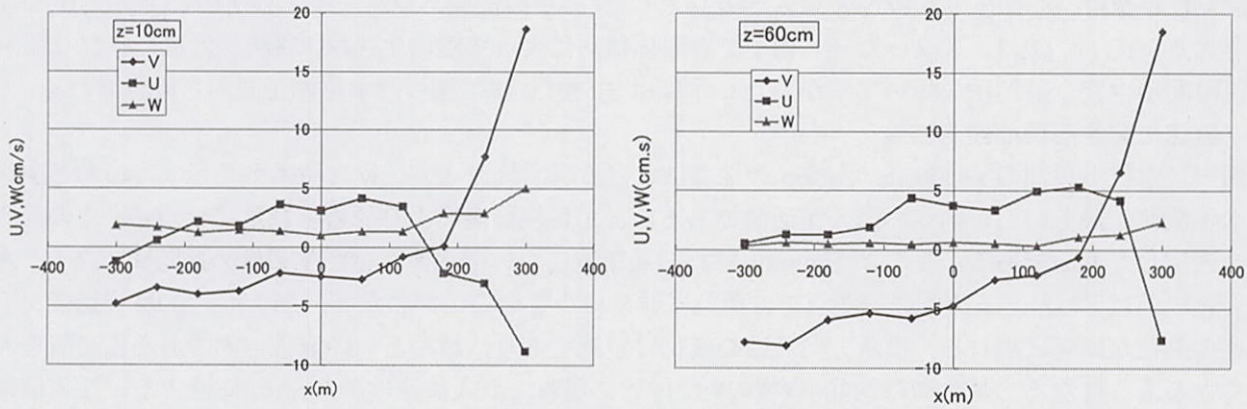


図-4　時間平均流速の縦断分布（わんど開口部）

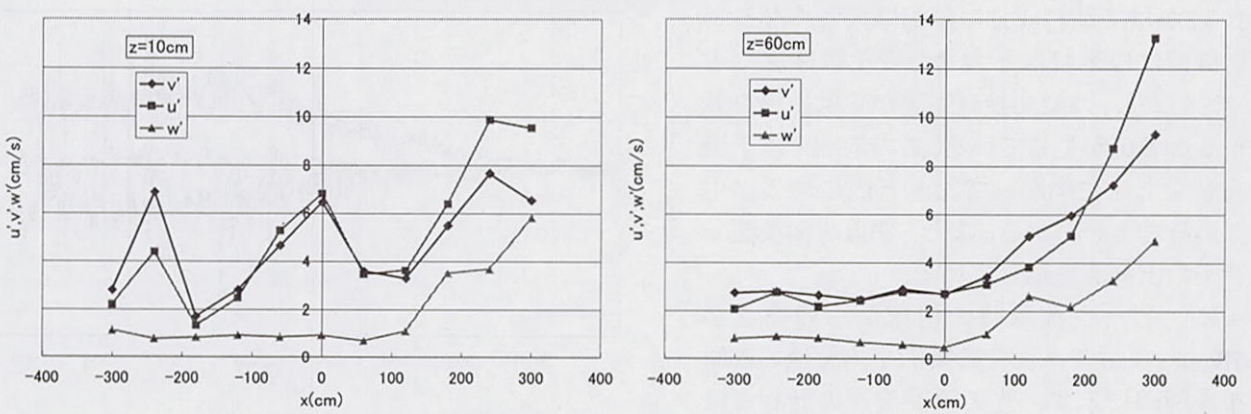


図-5　乱れ強度の縦断分布（わんど開口部）

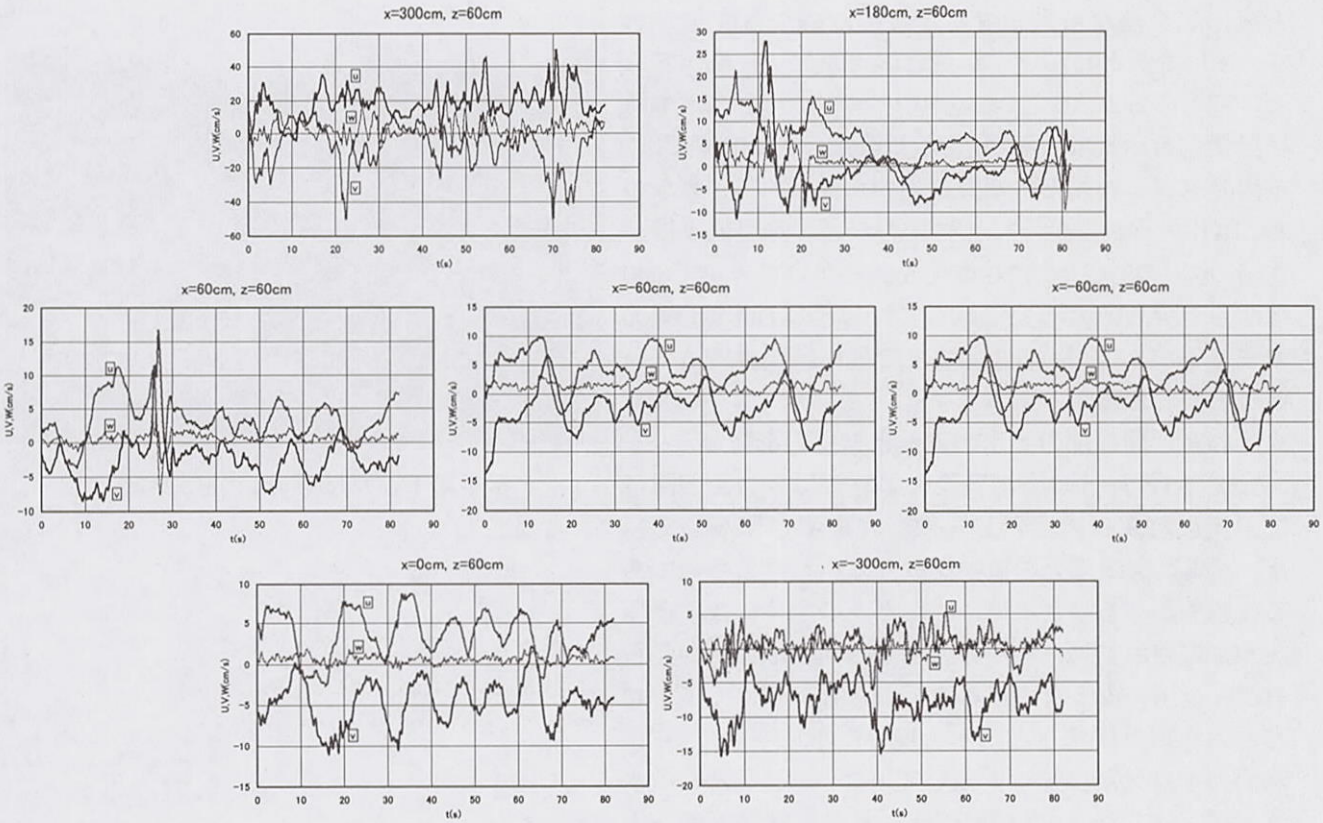


図-6　わんど開口部の代表的測定位置における瞬間流速時系列

いる．開口部上流のx=-180cmおよびx=-300cmでは，中央で見られた10秒程度の周期変化にさらに高周波の変動が重なったものと考えられる．この高周波成分はせん断不安定に起因する渦の発生を示しているものと考えられる．以上のように，わんど開口部付近の流れは周期的な変動を示し，また様々な周期の変動成分が含まれており，複雑な渦運動に支配されていることがわかる．また目視観測により激しいボイル現象が頻繁に発生していることも確認されており，複雑な周期特性は3次元的な渦運動にも起因していると考えられる．

5．平水時水質観測結果

図-7に2001年8月9日から10日にかけて行われた水質24時間計測における水温とDOの結果を示す．①から⑦の番号は図-1に示した位置に対応している．9日17:00頃と21:00頃に一時的な降雨があり計測が中断したが全体への影響は小さいと判断した．水温，DOともに16:00頃から減少し始め，朝の6:00頃最小値となる．その後日射により7:00頃から急激に増大し始め，昼の12:00～13:00頃にピークに達する．実験河川の本川の水は境川の水をいったん蓄えた

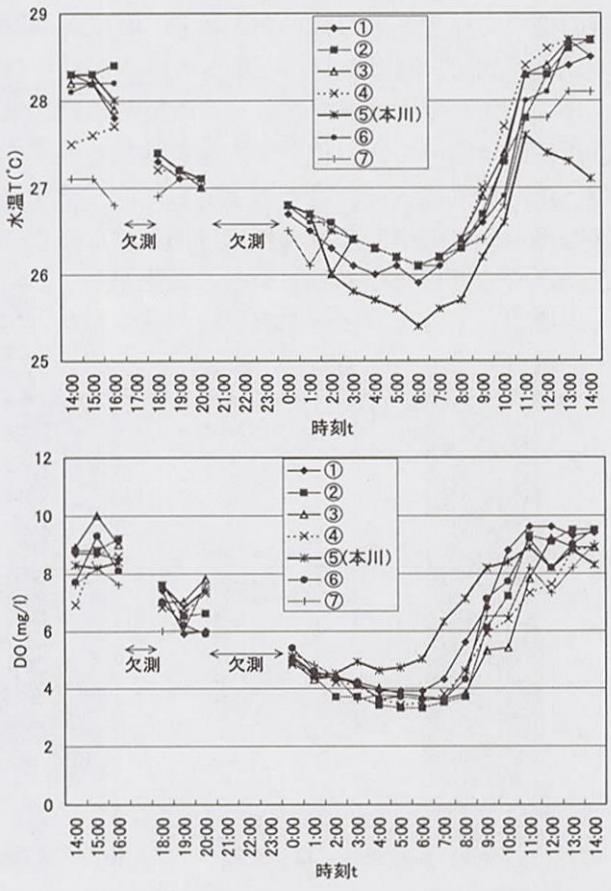


図-7　平水時におけるわんど内水質の時間変化

上流の配水池から供給されるため敏感な日変化を示す．本川水質とわんどの水質との比較として検討すると，夜中の2:00頃までは，本川の水もわんどの水も同様な変化を示しているが，これ以降朝の9:00頃までは，本川の水質とわんどの水質に違いが見られる．すなわち，本川の水温の低下に比べてわんどの水温低下は小さい．本川の DO 値は2:00から6:00にかけて一定で6:00頃から上昇し始めるのに対してわんどの DO 値は4:00頃まで下がりつづけ，8:00頃まで最小値が継続していることがわかる．



写真-1　わんど開口部の植生状況

6．わんど開口部の出水時流況と植生の影響

2002年7月31日の出水実験においては，わんど開口部下流に**写真-1**の図示した部分に植物が繁茂していた．写真は図示部分の植物を取り除いた後のものである．植生がある場合には，わんど内の全体に及ぶ循環流が形成されずに，わんどの中央へ向かう流れが見られた．本川の濁った水はわんど内全体に広がらず，わんど入口付近に濁水と清水の境界が形成されていた．水面の水は見た目では変化していないが，わんどの水位は増えているわけであるから本川の水は下層へと侵入しているものと推測される．そこで，ピーク流量時の途中で植生を取り除いたところ，明確な循環流が形成され始め，濁水のわんど奥への浸入が見られるようになった．植生除去前のピーク流量時水質と植生除去後30分経過後の水質を比較したのが**図-8**である．計測位置は**図-1**の②の位置で水面近傍と水面下50cm の位置の2点で計測した．DO は若干下の方が小さかったが植生除去後両者とも上昇して同じ値となった．水温は水面近くが高く水中が低かったが，植生除去後は両者の中間の水温にほぼ同じになった．このことは植生除去によって形成された循環流がわんど内水質の混合を促進していることを示しているものと解釈される．そこで，数値計算によってこのことを検討してみた．ピーク流量時の植生がない場合とある場合の流速ベクトルの比較を**図-9**に示す．図

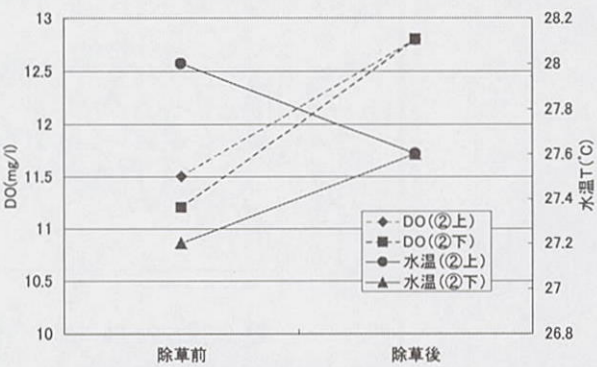
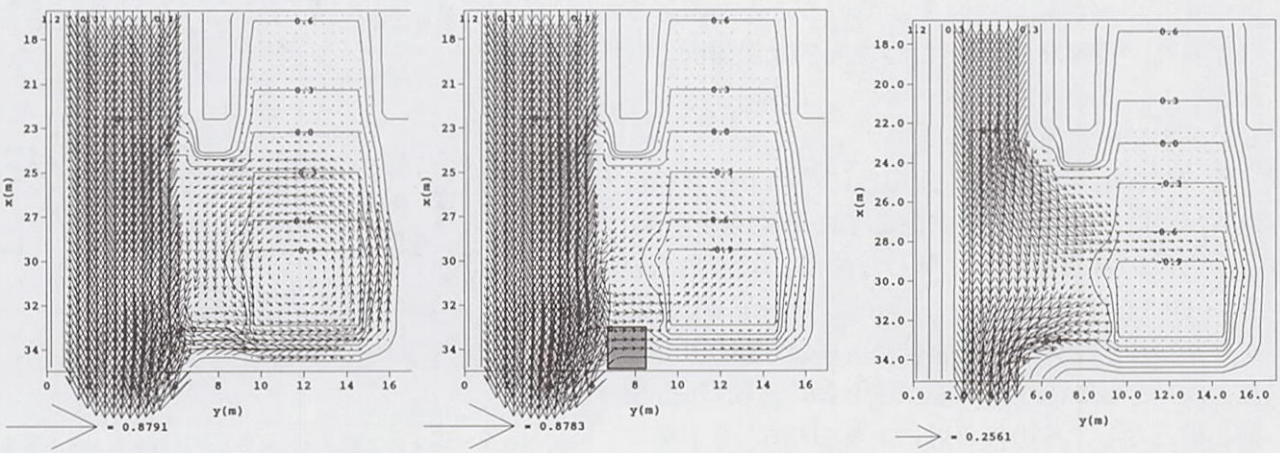


図-8　開口部植生の除去前後のわんど水質の比較



(a) 流量 Q=2.0m³/s　植生なし　　(b) 流量 Q=2.0m³/s　植生あり　　(c) 流量 Q=0.1m³/s　植生なし

図-9　数値計算による流速ベクトルの比較

には平水時の計算結果も示している．ピーク時の下流端水深は70cm，平水時は20cm としている．また，河床形状は自然共生研究センターの水路設計図に基づき与えている．植生なしの場合はわんど開口部下流から強い流入があり，わんど全体に及ぶ循環流が形成されているのに対し，植生ありの場合は，植生にさえぎられる形で流入する流れが弱められてわんど中央部へと向かうのが見て取れる．わんど下流部奥では通常とは逆の循環流が形成されているが，これは目視観測で認められたものである．わんど開口部の横断方向流速の実測地と計算値を比較したのが図-10である．実測値は植生がない場合のみである．植生なしの場合の計算値は実測値とよく一致しており，下流の2m の狭い範囲で流入していることがわかる．この流入が最も強くなる位置に植生が繁茂した場合，計算値は流入流速が弱められ上流側へずれることを示している．

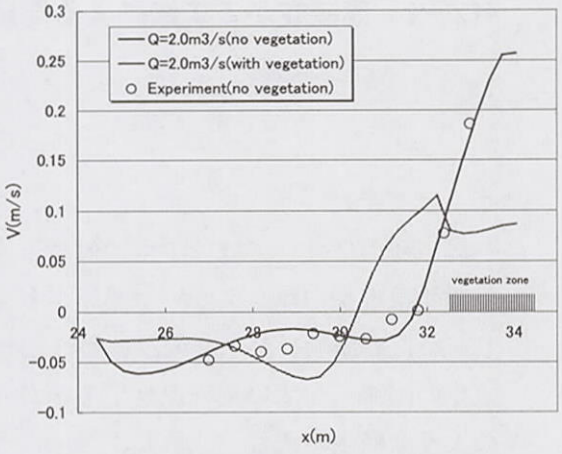


図-10　わんど開口部の横断方向流速分布の計算結果と実測値の比較

このような出水時流況はわんど内への土砂等の輸送に関係する．この実験河川では土砂供給量が少ないため，わんど内土砂堆積量の変化を検討するのは困難であった．わんど入口の x=300cm 付近の底面近くに本川側へ向けてセットした水中ビデオ撮影では，土砂や植物くずの激しい流入が観測されるとともに，フナがこの付近に集まっていることが確認された．

参考に示した平水時の計算結果の流速ベクトルを見ると，わんど上流側で流入し，下流側で流出する流れとなっており，これに伴うわんど内の循環流は非常に弱いことがわかる．このような流況パターンは，前報で示した水草の湾曲パターンとよく一致している．このように平水時にはわんど内全体に及ぶ循環流よる水交換は期待されないが，わんどの深い部分への本川水の供給があり，弱い循環流と分子拡散や風による鉛直混合などが加わって，緩やかに水交換が行われるものと思われる．このような水交換の速度については物質拡散に関する実験[7]や数値計算を行うことが有効であると思われる．

7．おわりに

実験河川の植生の影響が少ない条件下で比較的流量の大きな出水実験の計測結果を加え，わんど開口部の流速分布および乱れの特性について詳細に検討した．このようなわんど形状では洪水時にわんど開口部の下流側から集中的に流入が発生することが示され，実際のわんど形状を取り入れた数値計算によって，時間平均の流れ構造は良好に再現された．また，開口部の流速は周期的な変化を示し，多重のスケールの渦運動を含んでいることが確認された．さらに，開口部に存在する植生の影響が大きいことが観測および数値計算によって明らかにされた．平水時のわんどの流れ構造と水交換機構は数値計算結果からある程度推測されるが，さらに移流拡散方程式による解析を行って検討したい．

謝辞：現地計測にあたっては自然共生センター関係諸氏の協力を得ました．ここに記して謝意を表します．

参考文献

1) 河川環境管理財団大阪研究所編：わんどの機能と保全・創造～豊かな河川環境を目指して～，1999.
2) 木村ら：平成12年度河川懇談会共同研究　ワンドの水理特性と河川環境　研究成果報告書，2001.
3) 大水・中谷・綾：城北ワンド群の水理環境に関する研究，河川技術論文集，第7巻，pp.345-350，2001.
4) 禰津・鬼束・池谷・高橋：わんど形状が河川に及ぼす影響に関する水理学的研究，応用力学論文集，vol.3, 813-820, 2000.
5) 冨永・谷川：非定常流における人工わんどの水交換について，平成12年度自然共生研究センター研究報告書，209-212，2001.
6) 冨永・長尾：河道内樹木群流れの横断混合に及ぼす高水敷高さの影響，水工学論文集，第42巻，pp.415-420，1998.
7) 冨永・谷川・久田：人工わんどの水交換機構とその制御に関する研究，水工学論文集，第46巻，571-576，2002

K12－1　連接蛇かご工法による周辺植生と昆虫の誘致

日本植生株式会社 環境開発事業部　駒走裕之
営業開発本部　植木　忠

1．はじめに

河川整備においては，洪水に対する護岸保護能力や維持管理の低減を過度に追求した治水機能重視型のコンクリート護岸が多く採用されてきた。そのため，河川の水辺が本来有していた動植物の生息環境は奪われ，日本古来の自然環境は損なわれつつあった。近年は，植生の回復しやすい環境保全型工法が河川整備において採用され始めているが，実際にどのような植生が遷移・成立し，どのような生き物が利用するのかよく分かっていない。このため，実際の施工地においてこれらの工法がどのように植物，昆虫等のために役立っているかを研究することは，河川における生態系を保全する上で重要と思われる。

そこで，本研究では，環境保全型工法（連接蛇かご工法：工法名ビオレーゼ工法）を施工し，植生や生息する昆虫相がどのように利用するのか把握する。

2．実験方法

（1） 試験体：連接蛇かごの作成，設置

今回，研究対象工法である連接蛇かご工法は，河川・湖沼・調整池などの提体のり面及び水辺への被覆保護や緑化を目的としている。ジオテキスタイルで直径 20cm の円筒を 8 列並べたような袋を作り，その袋に現地土と砕石を充填するものである。規格は 2m×5m である（図 1）。

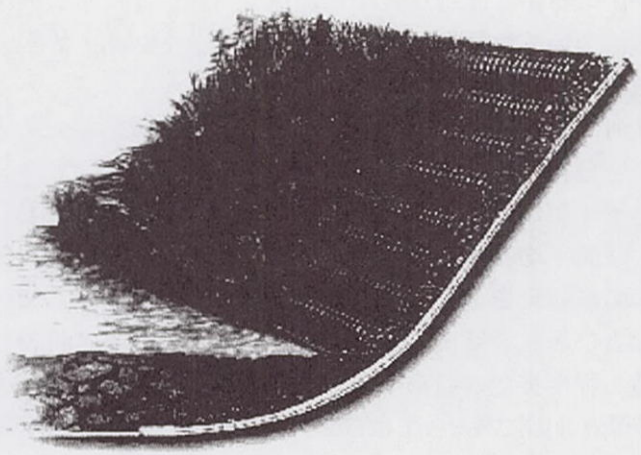


図 1　連接蛇かごのイラスト

試験体の製造にあたり，平成 13 年 6 月 19 日に自然共生研究センター内で充填材料である現地表層土を採取した。また，採取地の植生調査を行った。今回，現地表層土を使用するのは早期の植生回復を目指すものである。これを 6 月 22 日に岡山県津山市の日本植生株式会社の敷地内で購入した砕石と混ぜた後，充填機により 2 枚のマットに充填した。今回，現地表層土に対しての対象区を設けるために購入した真砂土と砕石を混ぜたものを充填したマット 1 枚を作成した。また，マット半分の 4 列に試験区Ａと同様に購入した真砂土と砕石を混ぜたものを充填し，残りのマット半分の 4 列に砕石のみを充填したものも作成した。作成状況を写真 1 に示す。作成したマットを 6 月 27 日に自然共生センター内の実験河川Ａに設置した（図 2）。設置状況を

写真２に示す。

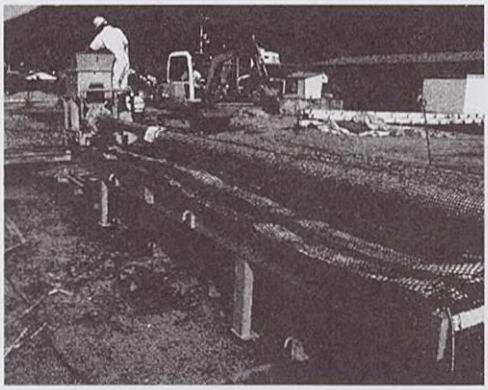


写真１　充填状況

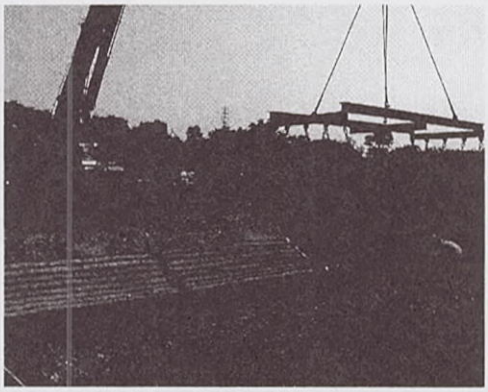
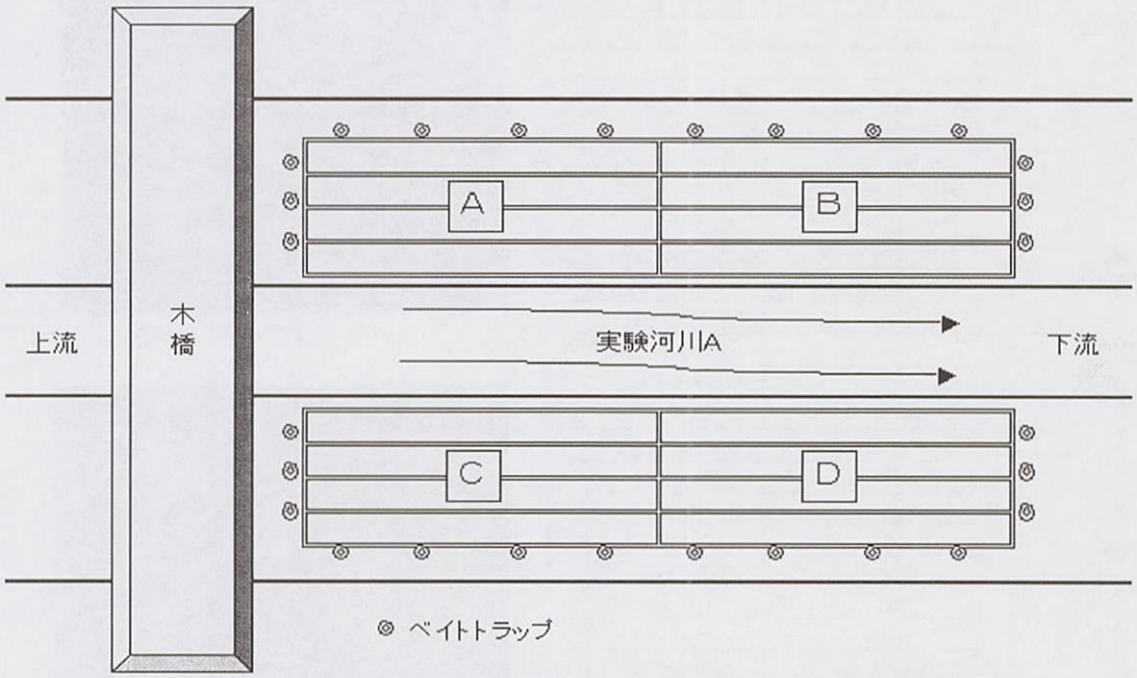


写真２　設置状況



Aに上4本が砕石と真砂土で下4本は砕石のみのマットを設置。
BとCは砕石と現地土のマット，Dには砕石と真砂土のマットを設置。

図２　試験区のイラスト

（２）植生調査，昆虫調査

植生調査については，全出現種を把握し，被度・群度を記録した。昆虫調査については，①ルッキング（目についた昆虫を補虫網や手づかみなどで、直接採集），②スウィーピング（補虫網を左右に振って植生をスウィープして採集），③ピットホールベイトトラップ（スチロールコップを地面すれすれに埋めて、中にすしのこを餌として入れて、一日程度放置してから回収する。）方法をとった。ベイトトラップを上図のイラスト内に記入の位置に設置した。

3．結果及び考察

第１回の植生および昆虫相の調査を平成 13 年 11 月 8 日に行った。試験区ごとの植物の出現種を表１に，昆虫の出現種を表２に示す。

表１　試験区ごとの出現種（植生）

試験区	科名	種名
A	キク	アメリカセンダングサ
	キク	ヨモギ
	イネ	ライグラス類
	ミズハコベ	ミズハコベ
	ツユクサ	ツユクサ
B	キク	オオキンケイギク
	アカバナ	ヒレタゴボウ
	カタバミ	イモカタバミ
	マメ	メドハギ
	マメ	クズ
	マメ	ヤハズソウ
	アブラナ	イヌガラシ
	ナデシコ	ムシトリナデシコ
	カヤツリグサ	コゴメガヤツリ
	カヤツリグサ	タマガヤツリ
	カヤツリグサ	ミツカドコオロギ
	カヤツリグサ	カヤツリグサ科sp.
	イネ	ライグラス類
C	キク	タンポポ
	キク	オオキンケイギク
	キク	タカサブロウ
	アカネ	ホソバノヨツバムグラ
	アカバナ	ヒレタゴボウ
	マメ	オジギソウ
	マメ	メドハギ
	マメ	イモカタバミ
	マメ	ヤハズソウ
	アブラナ	イヌガラシ
	アカザ	コアカザ
	タデ	スイバ
	タデ	ママコノシリヌグイ
	カヤツリグサ	アゼガヤツリ
	イネ	ヨシ
	イネ	ギョウギシバ
	イネ	ライグラス類
	イネ	エノコログサ
D	キク	タカサブロウ
	セリ	チドメグサ
	アカバナ	ヒレタゴボウ
	アブラナ	イヌガラシ
	トクサ	スギナ
	カヤツリグサ	コゴメガヤツリ
	カヤツリグサ	ヒデリコ
	イネ	オヒシバ
	イネ	シナダレスズメガヤ



写真３　試験区Ａの状況



写真４　試験区Ｂの状況

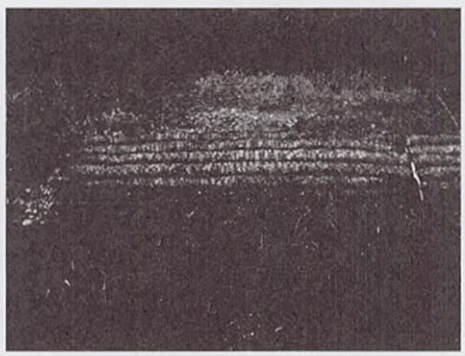


写真５　試験区Ｃの状況

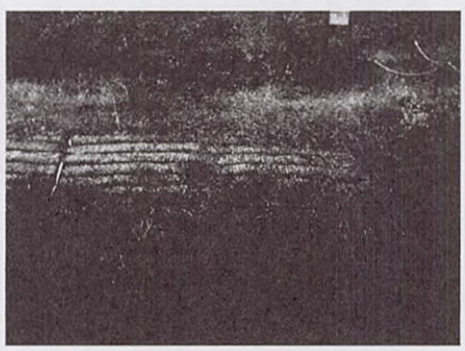


写真６　試験区Ｄの状況

表2　試験区ごとの出現種（昆虫）

試験区	目名	科名	種名	個体数
A	コウチュウ	ゴミムシ	コアオマルガタゴミムシ	11
	バッタ	バッタ	オンブバッタ	1
B	カメムシ	オオヨコバイ	オオヨコバイ	2
	カメムシ	カスミカメムシ	ムモンミドリカスミカメ	1
	コウチュウ	ゴミムシ	ヒメケゴモクムシ	1
	コウチュウ	テントウムシ	ナナホシテントウ	1
	コウチュウ	ハムシ	ホタルハムシ	1
	チョウ	メイガ	＊メイガ科sp.	1
	ハエ	キノコバエ	キノコバエ科sp.	1
	ハエ	ユスリカ	ユスリカ科sp.	1
	バッタ	コオロギ	ミツカドコオロギ	1
	バッタ	バッタ	クルマバッタモドキ	1
	バッタ	バッタ	ヒナバッタ	2
	バッタ	バッタ	オンブバッタ	1
C	カメムシ	オオヨコバイ	オオヨコバイ	1
	カマキリ	カマキリ	オオカマキリ	1
	バッタ	コオロギ	ミツカドコオロギ	1
	コウチュウ	ゴミムシ	ウスアカクロゴモクムシ	7
	コウチュウ	ゴミムシ	キアシヌレチゴミムシ	2
	コウチュウ	ゴミムシ	コアオマルガタゴミムシ	2
	コウチュウ	ゴミムシ	コアオマルガタゴミムシ	20
	コウチュウ	ゴミムシ	コマルガタゴミムシ	1
	コウチュウ	ゴミムシ	セアカヒラタゴミムシ	2
	コウチュウ	ゴミムシ	ナガマルガタゴミムシ	1
	コウチュウ	ゴミムシ	ヒメゴミムシ	3
	コウチュウ	ゴミムシ	ヒラタゴモクムシ	3
	バッタ	バッタ	オンブバッタ	4
	バッタ	ヒシバッタ	ハネナガヒシバッタ	1
D	コウチュウ	ゴミムシ	コマルガタゴミムシ	1
	コウチュウ	ゴミムシ	コアオマルガタゴミムシ	6
	ゴキブリ	ゴキブリ	キスジゴキブリ幼虫	1
	ハチ	アリ	クロヤマアリ	1
	バッタ	コオロギ	コオロギ科sp.幼虫	1
	バッタ	コオロギ	タンボコオロギ幼虫	1
	バッタ	バッタ	オンブバッタ	3

植物出現種数，昆虫出現種数とも早期植生回復を目的とし現地土を使用した試験区Ｃが最も多く植物 18 種，昆虫 14 種であった。同じ現地土を使用した試験区Ｂもほぼ同様であった。次に全面に真砂土を使用した試験区Ｄが植物，昆虫とも半分の出現数であった。上 4 本が砕石と真砂土，下 4 本が砕石のみの試験区Ａは植物 5 種，昆虫 2 種と少なかった。

本年は試験開始年度でありデータも少ないため，十分な結果を得ることが出来なかった。平成 14 年度，15 年度も引き続き調査予定であり，データを蓄積する。

謝辞：本研究の昆虫調査にあたっては，むさしの自然研究所の須田真一氏，須田研司氏に研究方法のアドバイス等協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

K１２－２　淡水域昆虫に対する多孔質コンクリートのハビタット形成と洪水後のハビタットの回復性に関する研究

共和コンクリート工業株式会社　技術研究所
所長　山中 誠

１．はじめに

平成２年の 11 月に「多自然型川づくり」実施要領が通達されて以来、多自然型川づくりが全国各地で数多く実施されている。また、平成９年度には、河川法の目的に「河川環境の整備と保全」が加えられ、自然環境及び河川と人との係わりにおける生活環境などに配慮した川づくりを行なうこととしている。さらに、同じく平成９年度には環境影響評価法が制定されている。また、平成９年度を初年度とする第９次治水事業七箇年計画においては、「自然を活かした川」を目指すことが明示され、「コンクリートを使わない」「コンクリートの見えない」川づくりの方針が打ち出されている。平成 10 年には、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」[1] が策定され、災害復旧においても河川環境に配慮した川づくりが実施されている。その中で護岸の設計に際しては、河道特性に応じた工種の選定が示され、工法の一つとして「環境保全型ブロック工法」や「ポーラスコンクリート工法」が位置づけられている。これらの工法は、従来のコンクリートの利点、強度・耐久性・経済性等に環境特性を付加したものであるが、その有効性等についてはモニタリング調査により検証された例は少なく知見が十分蓄積されていない。そこで本研究では、「環境保全型ブロック」や「ポーラスコンクリート」を使用した護岸の環境特性を確認することを目的に、平成 13 年度～14 年度の２ヶ年の予定で２．研究の概要に示す２つのテーマについて自然共生研究センター実験河川 A において実施している。平成 13 年度は事前調査と護岸設置工事を実施しその内容について報告する。

２．研究の概要

研究テーマの概要を以下に示す。

① 淡水域昆虫に対する多孔質コンクリートのハビタット形成と洪水後のハビタットの回復性に関する研究：

連続空隙を有しているポーラスコンクリートは、植生護岸製品の素材として注目され各地での施工実績も増えてきている。著者は、水生昆虫の棲息空間[2] としてポーラスコンクリートに着目し 研究を継続して行ってきた[3][4][5][6]。生機能を有するポーラスコンクリートの研究は数多く行なわれているが、水生昆虫の棲息空間として着目した研究事例はあまり多くない。本研究は、ポーラスコンクリートにおける淡水域昆虫のハビタット形成について研究するとともに、洪水後の淡水域昆虫のハビタットの回復性[7] について研究するものである。

② 従来型コンクリート護岸と水際域に変化を持たせたコンクリート護岸の魚類の生息状況に関する研究：

これまで、護岸ブロックは、剛性や耐久性に富み、設計・施工が容易なことから広く用いられ普及してきた。ここ数年、その耐久性や剛性といった強度を有し、かつ、環境へ配慮した環境保全型ブロック工法が用いられるようになってきている。この工法は、これまでの護岸の強度に加え、環境への影響負荷を少しでも軽減しようというものであるが、植物・魚類等の単一生物に配慮するといったもので、河床・水際部・河岸といった一連のシ

ステムを十分に考慮し、ハビタット機能の保全・復元を検討している事例はほとんどなく、その工法の環境特性・使用目的について明確にされていない。そこで、「ブロックを用いた護岸・護床」と「自然河岸・河床（護岸工事前）」の物理環境（流速・水深、河床材料・植生状況について調査[8) 9) 10) 11)]を実施）にどのような相違があるのか調査し、合わせて底生動物（特に水生昆虫類）の生息[2) 12)]や魚類の誘致[13) 14)]への影響を出水[15)]・植生カバー[16)]等に着目し把握する。その調査結果を踏まえて、護岸・護床ブロックの構造を提案すると共に、その効果について確認を行う。

3．実験河川Ａの出水実施日、調査項目、出水状況及び目的

実験河川Ａの出水実施日、調査項目、出水状況及び目的を表－１に示す。

表－１　出水実施日、調査項目、出水状況及び目

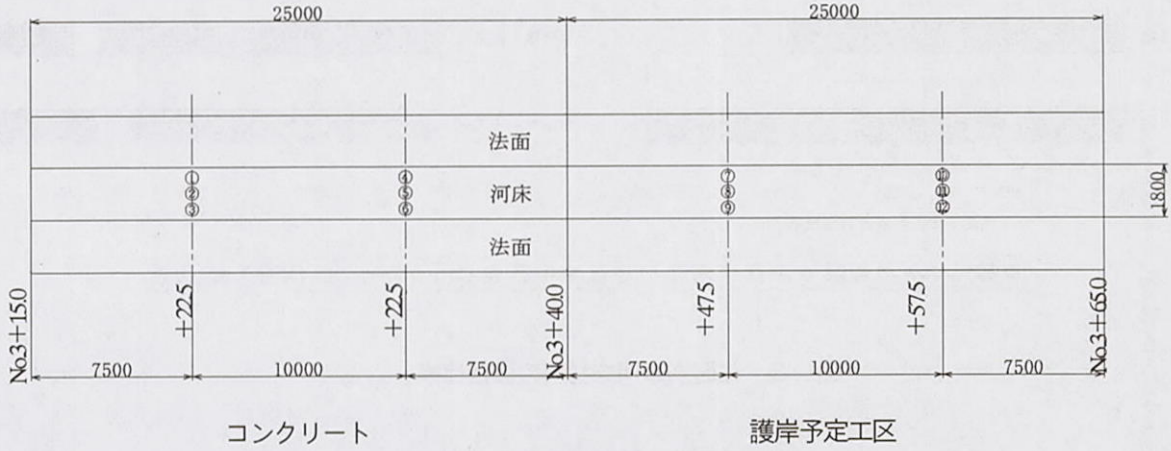
実施項目	実施年月日	調査項目	出水状況・調査の目的
出水Ａ	2001年8月23・24日		1.0t／sec出水
①調査	2001年8月26・27日	物理環境・魚類・底生動物	出水によるインパクト直後の調査
②調査	2001年9月27・28日	魚類・底生動物	出水によるインパクト直前の調査（8月末出水後、回復状況把握調査を兼ねる）
出水Ｂ	2001年10月3・5日		0.5t／sec、1.0t／sec、1.3t／sec出水
③調査	2001年10月9・10日	魚類・底生動物	出水によるインパクト直後の調査
④調査	2002年3月1日	魚類	出水なしの冬季調査
⑤調査	2002年3月19・20日	物理環境・魚類・底生動物	出水なしの冬季調査

＊5月～11月までの通常流量；0.2t／sec、12月～3月までの通常流量；0.1t／sec

4．物理環境調査

4－1　調査方法・調査地点

工事前物理環境調査は、図―1に示すコンクリート工区（NO.3＋15、NO.3＋22.5、NO.3＋32.5の3横断）と護岸設置予定工区（NO.3＋47.5、NO.3＋57.5、NO.3＋65の3横断）の流速・水深・河床材料の計測・判読を行った。流速・水深については、横断方向50ｃｍピッチを基本に計測した。河床材料は横断方向50cmセルにて目視判読を行った。調査は、第一回目8月下旬、二回目3月下旬の計2回行った。参考までに、調査前後の外的条件（出水状況、法面部の水面への植生カバーの状況）の把握を行った。



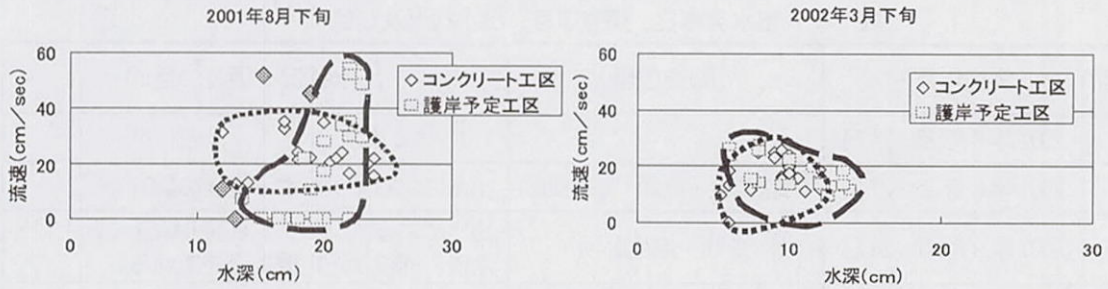
図－１　調査工区・地点位置図

４－２ 調査結果

４－２－１　流速・水深の調査結果

工事前物理環境調査の流速・水深の計測結果を図―2に示す。コンクリート工区と護岸設置予定工区の25m区間（NO.3+40を除く）の流速・水深を比較すると、8月下旬では、護岸予定工区の流速・水深は分布範囲が広く、河岸寄りの植生カバー部に流速0（m/sec）となる空間が見られた。カバー内の照度は5000（Lux）程度であった。一方、コンクリート工区では、ガマが一部の範囲で生育しており、そのデータ（菱形塗潰しのデータ）を除けば、分布範囲が狭く横断的にも流速の変化が少なかった。照度は98000（Lux）程度と高かった。

次に3月下旬では、護岸予定工区並びに、コンクリート工区の流速・水深の分布は8月下旬の範囲と比較するといずれの工区も狭く集中していた。護岸予定工区の法面部植生は枯化しておりカバーは見られなかった。

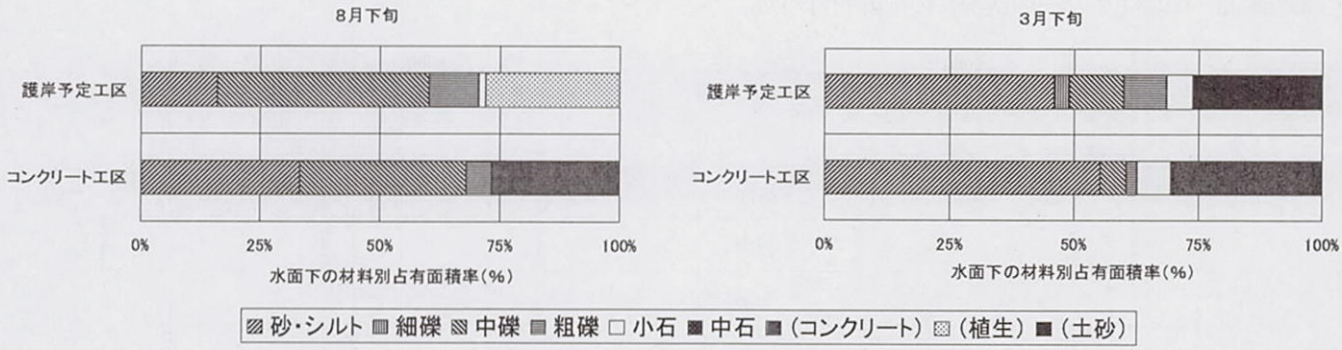


図－２　工区別の流速・水深の比較

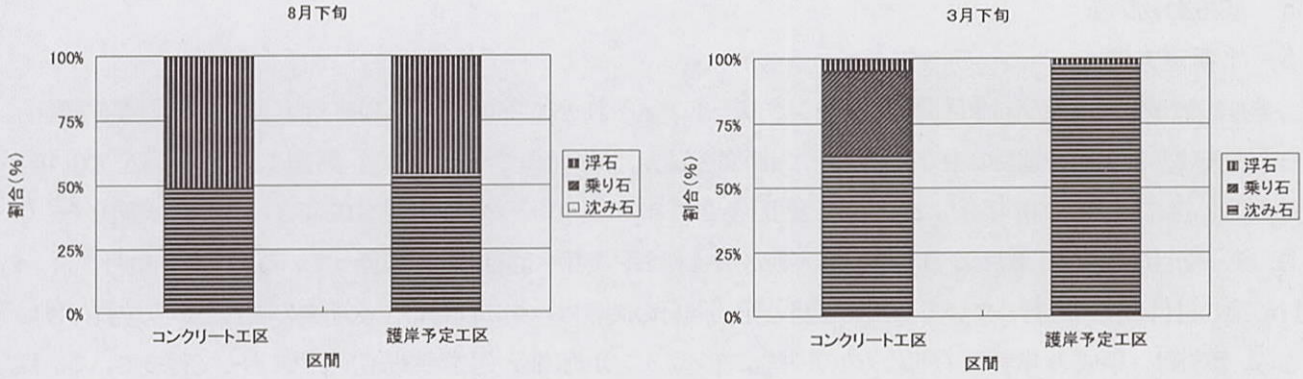
４－２－２　河床材料の調査結果

工事前河床材料調査の結果を図―3、図―4に示す。河岸法面部は「コンクリート」、「土砂」、「植生」と大別し整理した。

まず、8月下旬の護岸予定工区とコンクリート工区の河床材料の面積比率を比較する。いずれの工区も砂と中礫の割合が60%以上を占め、浮石状態が50%程度を占めていた。コンクリート工区と護岸予定工区の法面部はそれぞれ、コンクリート面が露出、植生により被覆されている状態であった。次に、3月下旬の結果を比較する。いずれの工区も砂の割合が50%程度を占め、8月に確認された浮石状態はほとんど確認されなかった。コンクリート工区の法面部はコンクリート面が露出、護岸予定工区の法面部は植生が枯化し、土砂が露出していた。



図－３　工区別の河床材料の面積比率



図－４　工区別の浮石・沈み石の面積比率

４－２－３　出水状況と植生状況

護岸予定工区の各調査前の植生状況を以下に示す。（①～⑤は３．章の表－１の実施調査に同じ。）

① 8月末：法面部植生の水面へ張出し長は両岸合わせて2.0m程度

② 9月末：法面部植生の水面への張出し長は両岸合わせて2.0m程度

③10月上：植生倒伏状態で植生カバー無し

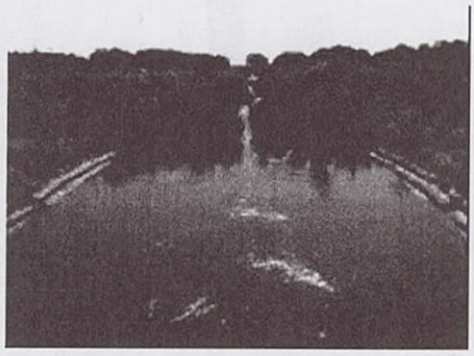
④ 3月上：法面部植生は枯化しており植生カバー無し

⑤ 3月末：法面部植生は枯化しており植生カバー無し

出水Ａでは1.0ｔ／sec、出水Ｂでも同様に1.0ｔ／secの出水を起こした（写真－1、2）。それぞれのピーク時の水位差は約30ｃｍ（写真判読）生じていた。

この水位差の要因は、6月から9月末にかけて法面部の植生が法尻から河床中央へ遷移し、8月末の出水では水面を全て多い尽くすまでとなり植生の繁茂が通水断面を阻害したことによる。このことから、実験河川Ａでは、出水流量 1.5ｔ／sec を流下させることが出来なくなり、植生倒伏作業を②9 月末の調査後行った。その倒伏作業後、出水Ｂを実施した結果、流下能力は上がったことがわかる。

その一方で、コンクリート工区と同様、植生によるカバー状態は見られなくなった。



写真－１　出水Ａピーク時（倒伏前）



写真－２　出水Ｂピーク時（倒伏後）

5．底生動物調査

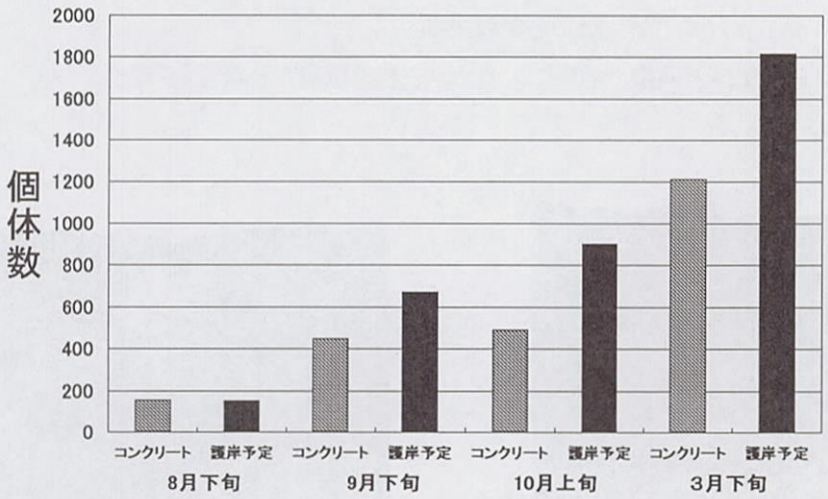
5－1 調査方法

護岸設置予定工区及び対象区間であるコンクリート工区それぞれ 25mの延長において、底生動物調査を実施した。調査は、各 25mの延長の中で 2断面ずつ各断面 3個所、計 6箇所づつ実施した。調査は、第一回目を 2001 年 8 月 26 日、第二回目を 2001 年 9 月 27 日、第三回目を 2001 年 10 月 9 日、第四回目を 2002 年 3 月 20 日に実施した。なお、第一回目の調査後、8 月 23 日、24 日に実験水路 A において第一回目の出水を行っている。また、10 月 3 日、5 日に第二日目の出水を行っている。第二回目と第三回目の調査は、第二回目の出水前後の調査という位置付けになる。調査は、平成 9 年度版「河川水辺の国勢調査マニュアル河川版（生物調査編）」[10]に沿って行っている。採集は、サーバーネット（25cm × 25cm、目合い 0.5mm）を使用して行い、採集後同定・測定を行った。

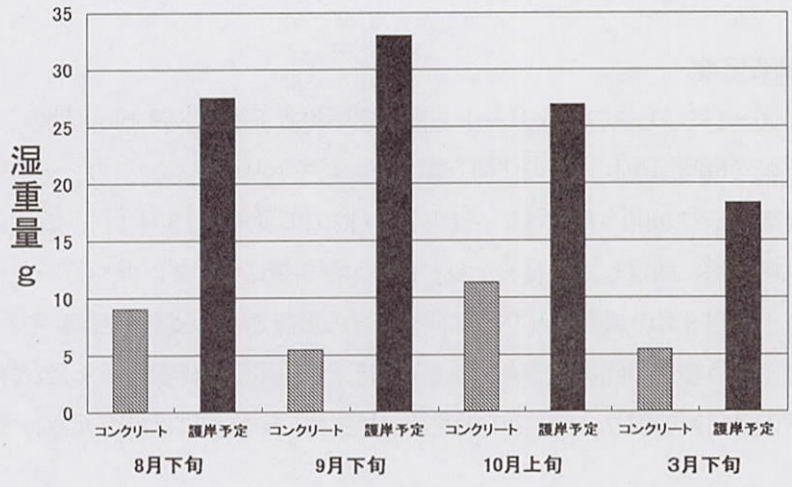
底生動物の調査地点は、図－1 に示すようにコンクリート工区、護岸設置予定工区共に上下流端より 7.5m の位置の河床部分において、3 個所づつ調査を行った。

5－2 調査結果

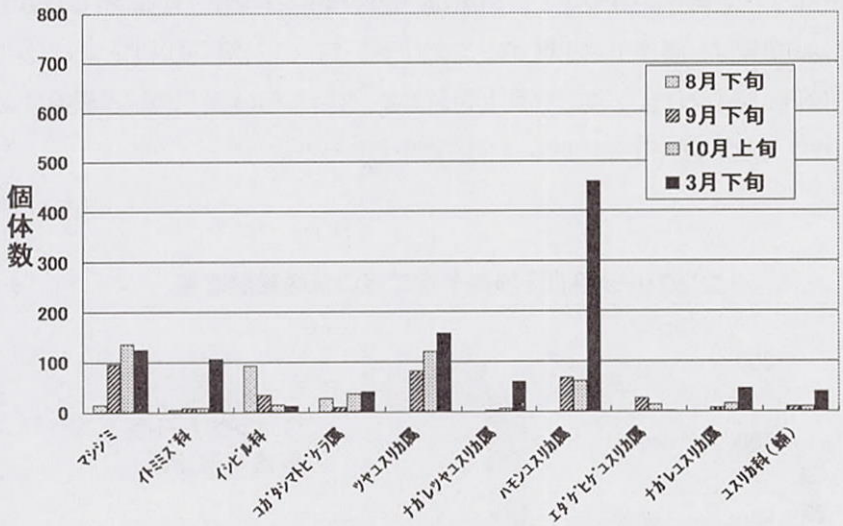
調査結果は、調査地点ごとに個体数、湿重量、種名の整理を行った。 第一回目（2001 年 8 月 26 日）の調査においては、コンクリート工区、護岸設置予定工区においてそれぞれ 6 目 7 科 10 種、8 目 8 科 14 種の水生昆虫が確認された。第二回目（2001 年 9 月 27 日）の調査では、それぞれ 11 目 14 科 28 種、11 目 13 科 29 種 、第三回目（2001 年 10 月 9 日）の調査では、それぞれ、11 目 15 科 30 種、9 目 12 科 26 種、第四回目（2002 年 3 月 20 日）の調査では、それぞれ 5 目 5 科 10 種、10 目 14 科 27 種の底生動物が確認されている。図－5 はコンクリート工区と護岸設置予定工区の個体数を比較したものである。また、図－6 は湿重量を比較したものである。いずれの場合もコンクリート工区より護岸設置予定工区の調査結果の方が大きい結果となっている。図－7、8 は、出現頻度が多いもの上位 10 分類について調査日ごとの個体数を示したものである。



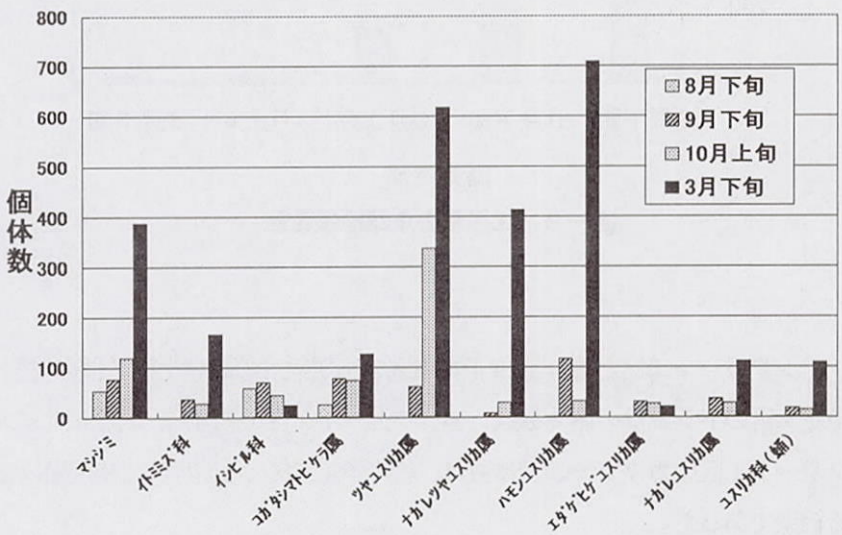
図－5 コンクリート工区と護岸予定工区の個体数の比較



図－６ コンクリート工区と護岸予定工区の湿重量の比較



図－７ コンクリート工区の代表的な分類の個体数



図－８ 護岸予定工区の代表的な分類の個体数

６．魚類調査

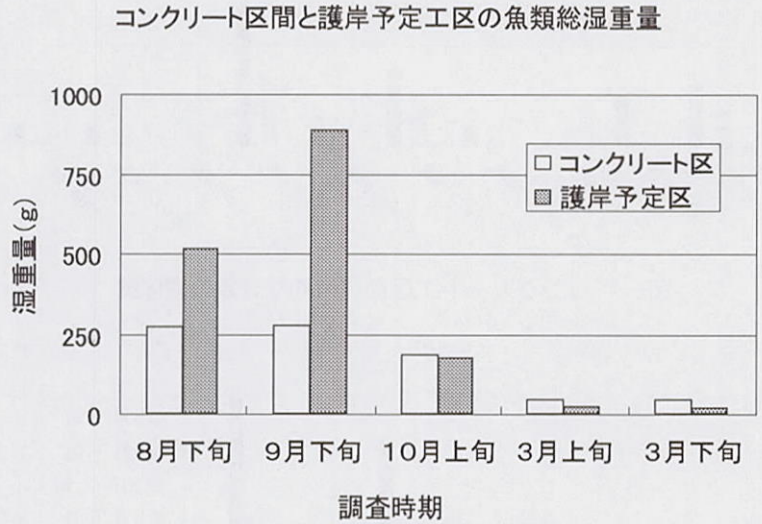
６－１ 調査方法・調査区間

工事前魚類調査は、図―1に示したコンクリート工区と護岸設置予定工区の25m区間の２箇所を対象とした。調査は、上下流に仕切り網を同時に張り、その仕切り網内をエレキトリックショッカー・タモ網により採捕した。調査は、第一回目８月27日、二回目９月28日、三回目10月10日、四回目３月１日、五回目３月20日の計５回行った。魚類は採捕後、区間毎に同定し、体長・全長・体高・湿重量について計測を行った。

なお、植生が繁茂した一回目８月の調査、及び、二回目９月の調査では、水際域でエレキトリックショッカーを用いての採捕が容易となるよう植生の倒伏作業を行った。８月末の植生倒伏作業後一ヶ月が経過した９月末調査前日には、植生のカバー状況は目視の限り、８月末の調査前の植生カバー状況にほぼ復元されていた。

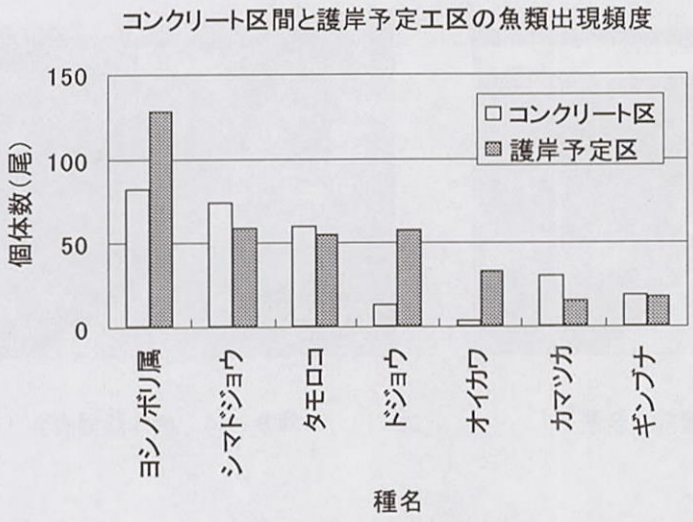
６－２ 調査結果

図―9はコンクリート工区と護岸設置予定工区の魚類の総湿潤重量を調査日別に示したものである。８月下旬および、９月下旬の総湿潤重量は、護岸予定工区がコンクリート工区の２倍程度以上となった。10月上旬では総湿潤重量が両工区ともほぼ同一となった。一方、３月上旬および、３月下旬の20日の総湿潤重量は、両工区とも少ないが、僅かにコンクリート工区が護岸予定工区を上回る結果となった。



図－９　工区別の魚類総湿重量

次に、図―10は、コンクリート工区と護岸設置予定工区の出現頻度の高い上位７種の総個体数を比較したものである。護岸設置予定工区のドジョウの個体数は、コンクリート工区の約４倍、同様にオイカワについて８倍となった。一方、コンクリート工区のカマツカの個体数は、護岸予定工区の２倍程度で出現順位は常にコンクリート工区の個体数が上回る結果であった。



図－10　工区別の魚類出現頻度

7．護岸の施工

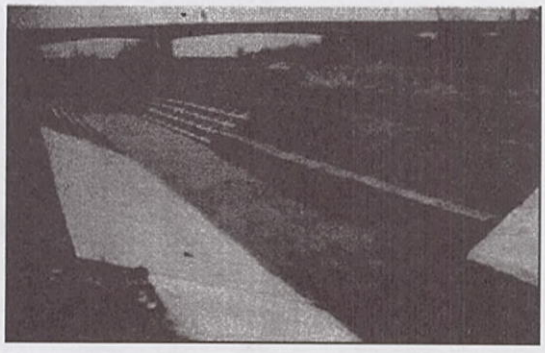
7－1　護岸構造

平成 14 年 3 月に自然共生研究センターの実験水路 A において、本研究のための護岸工事を実施した。工事の概要を示す。工事延長は、図－11 に示すように全延長は 25m である。護岸工事区間の上流側は未改修工事区間、下流側は護岸に現場打ちのコンクリートを施している。工事区間の上流側 15m は、左右両岸に法長 2.5m、法勾配 2 割の植生ブロックを布設した（図－11、12）。ブロック上部に客土を保持する空間を有している。材料は、普通コンクリート、ソイルミックス、ポーラスコンクリートの 3 種類についてそれぞれ延長 5m づつ施工を行った。また、右岸護岸前面河床部には、水生昆虫の調査用に 3 種類の配合のポーラスコンクリート平板（幅 1000mm×長さ 500mm）を設置した。平板 A は骨材粒形 13～20mm を使用し、目標圧縮強度 21N／mm^2、目標連続空隙率 20%で作製した。平板 B は骨材粒形 13～20mm、目標圧縮強度 17N／mm^2、目標連続空隙率 25%である。平板 C は骨材粒形 20～40mm、目標圧縮強度 15N／mm^2、目標連続空隙率 25%である。比較を行うため普通コンクリート平板も合せて設置した。配列を図－14 に示す。

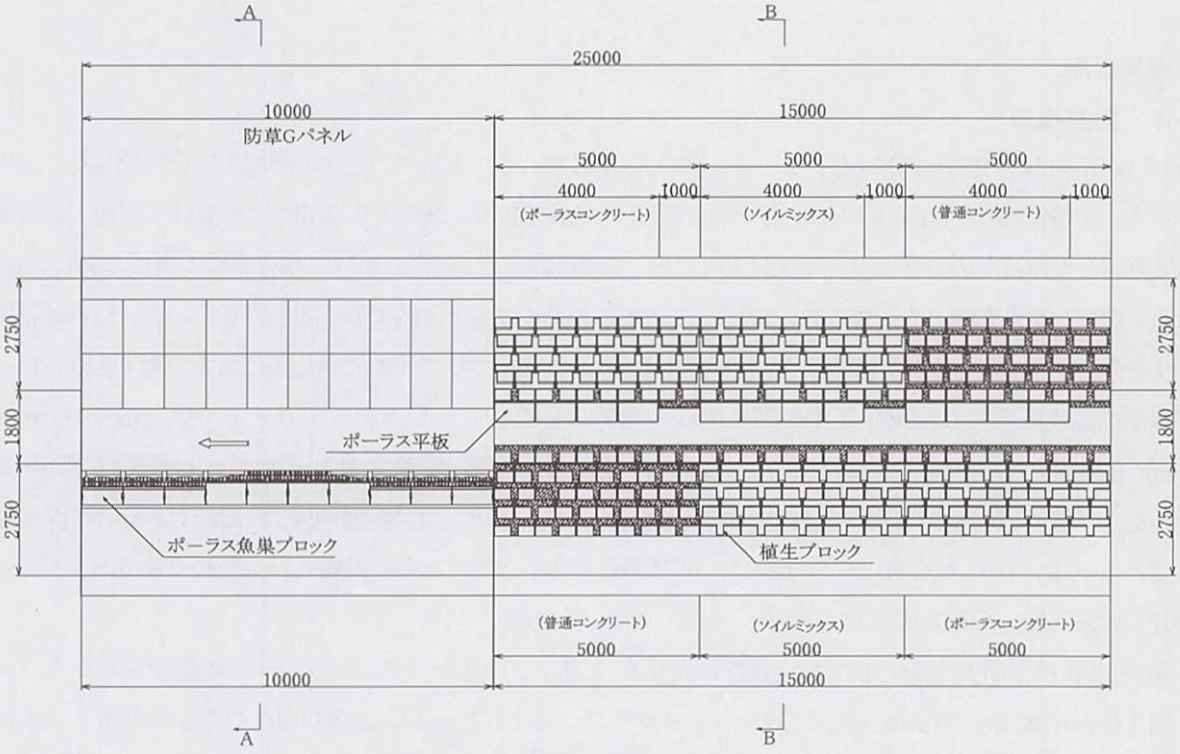
下流側 10m は、研究対象として控え長さが異なる 2 タイプのポーラスコンクリートの魚巣ブロック（A タイプ：幅 1000mm×高さ 300mm×控え 350mm、B タイプ：幅 1000mm×高さ 300mm×控え 500mm）を左岸側に設置した（図―11、13）。高さは基本型 2 段分 0.6m である。魚類の生息場、洪水時の避難場として期待している。区間中央部は、区間両端部に比べ 150mm 控え長さが大きいタイプを使用し、護岸水際部付近の流況の変化、河床の変化を期待している。またブロックには、水生動物の棲息を期待して空洞部を設けてある。また、10 月の魚類調査では、護岸設置予定工区の植生倒伏によりコンクリート工区と湿重量に差が見られなくなった。このことから、植物のカバーの代用という発想からオーバーハング状態を護岸ブロックで形成させ集魚効果を期待している。右岸側は植生が繁茂することになどにより魚巣ブロック区間に影響がないよう、防草パネルにより草本類の生長を抑止している。写真－3 及び 4 は護岸設置前と護岸設置後の全景写真である。



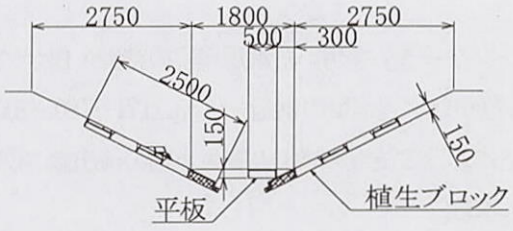
写真－３　護岸設置前（全景）



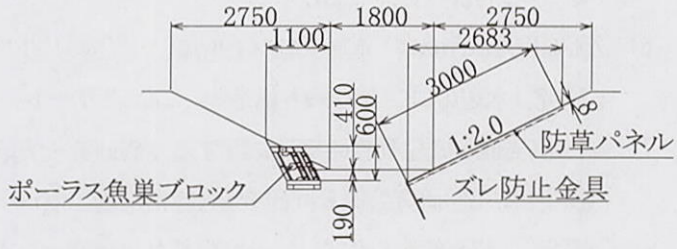
写真－４　護岸設置直後（全景）



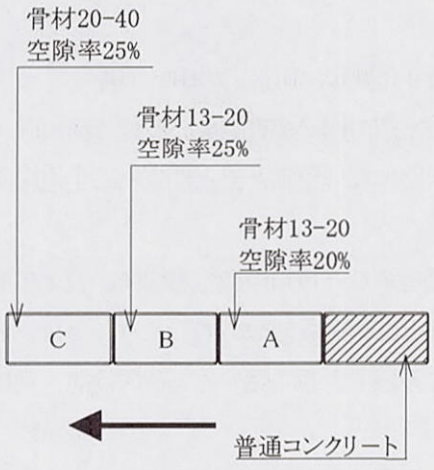
図－11 護岸設置箇所の平面図



図－12　A－A断面図



図－13　B－B断面図



図－14　ポーラス平板布設平面図

8．今後の予定

事前調査と護岸工事を踏まえ、各テーマに合わせ平成１４年度に数回の調査を予定している。調査は、物理環境調査、底生動物調査、魚類調査等について実施する予定である。調査結果を踏まえ、環境保全型ブロックやポーラスコンクリートの環境特性等について確認を行う予定である。

9．参考文献

1) 財団法人全国防災協会：美しい山河を守る災害復旧基本方針、1998.
2) 谷田一三：生息場所・種・生態関係の多様性から「多自然型川づくり」を考える、水処理技術、37、pp.443-451、1996.
3) 堺孝司他：河川沈漬多孔質コンクリートの生物付着、自然環境との調和を考慮したエココンクリートの現状と将来展望に関するシンポジウム論文報告集、pp.103-110、1995.
4) 堺孝司他：淡水域対応型エココンクリート、コンクリート工学、Vol.36、No.3、pp.42-45、1998.

5) 北海道開発局開発土木研究所・共和コンクリート工業株式会社：生態系に配慮したコンクリートの利用に関する共同研究報告書、1997.
6) ZOUAGHI Abderrazak・進藤邦雄・山中誠：「生物共生型コンクリート」を用いた水辺環境の整備・保全に関する研究、水辺のコンクリート構造物ーコンクリートによる豊かな水辺環境の創造ー、pp.II71-II80、2002.
7) 清水高男他：底生動物の掃流に関する基礎研究ー実験水路における流量の増加と底生生物の流出量の関係、応用生態工学研究会第2回研究発表会講演集、pp.65-68、1998.
8) 建設省土木研究所：平成 11 年度自然共生研究センター研究報告書、土木研究所資料 Vol.3747 号、pp.44-125,pp.161-217、2000.
9) 独立行政法人土木研究所：平成12年度自然共生研究センター研究報告書、土木研究所資料Vol.3835号、pp.7-11,pp.43-109、2001.
10) 建設省河川局河川環境課：平成9年度版河川水辺の国勢調査マニュアル河川版（生物調査編）、1997.
11) 建設省河川局河川環境課：河川水辺の国勢調査結果の概要（河川版、生物調査編）、1999.
12) 百瀬浩他：ダム湖畔における水路の環境整備と流水性生物の生息場所創出効果、環境システム研究論文集、Vol.28、pp.233-240、2000.
13) 井上幹生他：小河川の物理的環境構造と魚類の微生息場所、日本生態学会誌、Vol.44、pp.151-160、1994.
14) 美寺寿人：中小河川における低水路の形成について、リバーフロント研究報告書、Vol.7、pp.55-63、1996.
15) 皆川朋子他：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、pp.191-196、2000.
16) 萱場祐一他：実験河川における魚類の生息場所と生息状況、土木技術資料、Vol.42、No.12、pp.40-45、2000.

K12－3　PHABSIMの評価精度に関する実証的研究

株式会社フジタ　技術センター　環境研究部　岡本太郎，須藤達美*
生態系モデリングによる水域を中心とした自然環境の定量評価手法に
関する調査研究事業研究会**

1．はじめに

河川環境の定量評価手法には，アメリカで開発されたIFIMにおける魚類生息場の物理環境評価モデル（PHABSIM）が有名であるが，実河川を対象とするため，魚類の生息・分布状況，および生息上支配的な各種物理量の測定が比較的少流量時にしか行えない等調査に限界があり，それ以外の流量に対しては数値シミュレーションを用いた推測によるしかない現状にある．また，日本産純淡水魚類の生息場の必要条件や，流量や水質，季節変化に応じた行動特性については，多くが定性的な情報であり生態については不明な点も多いが，室内実験では制約が多いためこれを補足し十分なデータを得ることは難しい。これらの観点から流れ場等ある程度制御可能な実験施設における実証レベルでの研究が期待される．

筆者らの実河川を対象とした従来の研究では，PHABSIMにより評価した結果が冬季における魚類個体数の減少を説明できないという結果を得ている[1)]．本研究では，当該施設における調査を通じて，実河川では不可能な出水と魚類の応答特性や，季節変動に伴う魚類生息場の変化等の新たな知見を得ることを目的とするものである．

2．調査区間の概要と調査方法

調査の対象とした区間は，B河川およびC河川におけるハビタットゾーンである．B河川では特に出水に伴う物理諸量の変化と魚類の応答特性の解明を目的としており，C河川では，流量を固定した環境下における物理諸量と魚類の季節変動傾向の把握を目的とした．以下に河川毎に対象区間の概要および調査方法について述べる．

（1）調査地点概要

調査区間は，両河川ともに主にNo.8+5～No.8+15の10m区間であり，淵から瀬にかけての流れが発生している．（図1）なお，ハビタットゾーンの平均河道勾配は1/200に設定され，常時は基底流量0.1m^3/sが流下している．また，河床材料の構成百分率は，シルト22%，砂19%，礫（2～64mm）39%，玉石（64～256mm）18%となっている[2)]．

（2）調査項目および方法

調査項目は，物理諸量については，流れ場を把握する要素として流速・水深・水位，水質の把握として，水素イオン濃度（pH）・溶存酸素量（DO）・浮遊物質量（SS）・水温，微気象の変化として日射量とした．魚類のファウナ並びに行動特性の把握については水中ビデオカメラによった．詳細を表1に示す．ただし，水位およびSSについては，出水実験に伴う流量変動の把握が目的であるためB河川のみとした．設置箇所を図1に，B河川における調査の状況写真1に示す．

＊　現　ﾊﾟｼﾌｨｯｸｺﾝｻﾙﾀﾝﾂ株式会社　水工技術本部　河川部

＊＊　財団法人ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ振興協会　平成13年度社会開発システム等策定事業

表１　調査項目および方法

項　目		方　　法	設置箇所	備　考
物理量調査	水位	水圧式水位計（半導体圧力ゲージ式）による自動計測	4	B河川のみ
	水温	超小型ﾛｶﾞｰ（温度ｻｰﾐｽﾀ 精度±0.2℃）　〃	1	
	pH	ﾎﾟｰﾀﾌﾞﾙpH計（ガラス電極法 精度0.01pH）　〃	1	
	DO	ﾎﾟｰﾀﾌﾞﾙDO計（隔膜型ｶﾞﾙﾊﾞﾆ電池法 精度0.01mg/l）　〃	1	
	SS	ﾎﾟｰﾀﾌﾞﾙ濁度計（赤外線後方散乱光方式 精度±2%）　〃	1	B河川のみ
	日射量	超小型光ﾃﾞｰﾀﾛｶﾞｰ（10^{-1}～10^{5}Lumens/m²）	1	
魚類	ﾌｧｳﾅ及び応答特性	水中カメラ（撮影範囲67°　27万画素1/4エリアCCD）2台により，前方５mまでの魚類について、種の確認と分布や出水に伴う応答特性を観察.	2	

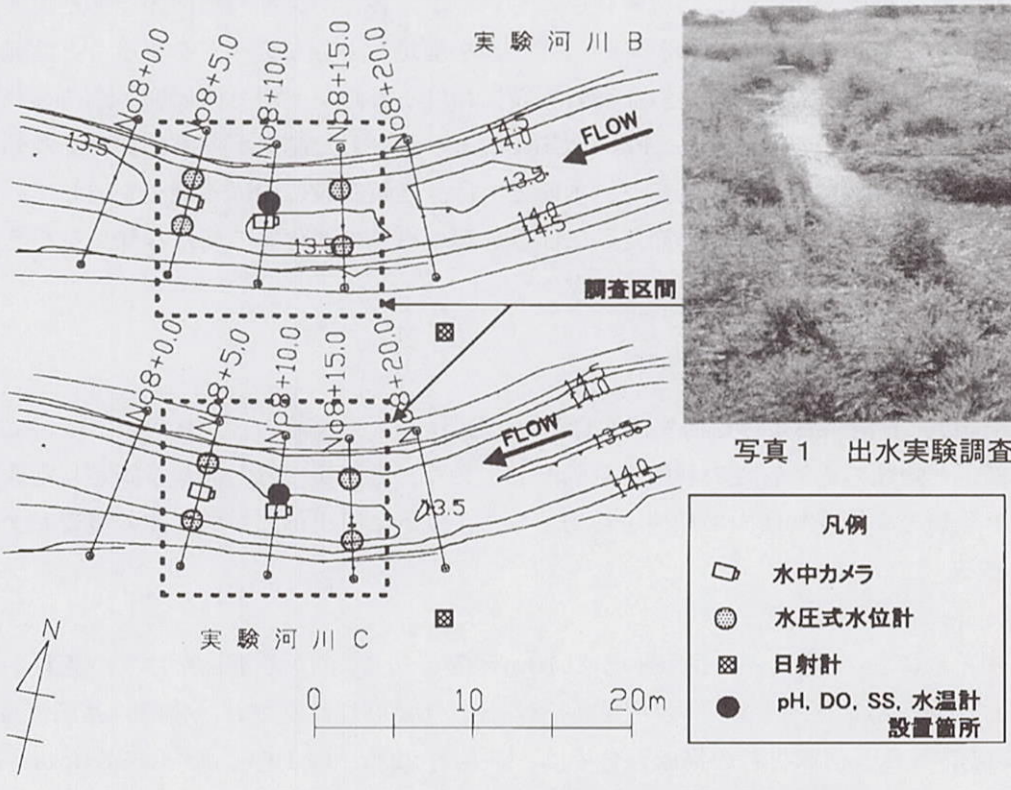




写真１　出水実験調査状況（B河川）

図１　調査対象区間と計測器の配置

３．調査結果

（１）B河川

① 物理調査

平成13年9月28日に実施した出水実験に伴い，各種の物理量を計測し，その変動を調査した．図２に調査結果を示す．実験では最大流量を2.0m³/sと設定し，午前10時から開門し20分間で最大流量が流れるよう調節している．最大流量の継続時間は3時間であり，午後1時20分から20分間で基底流量（0.1m³/s）に戻すものであった．

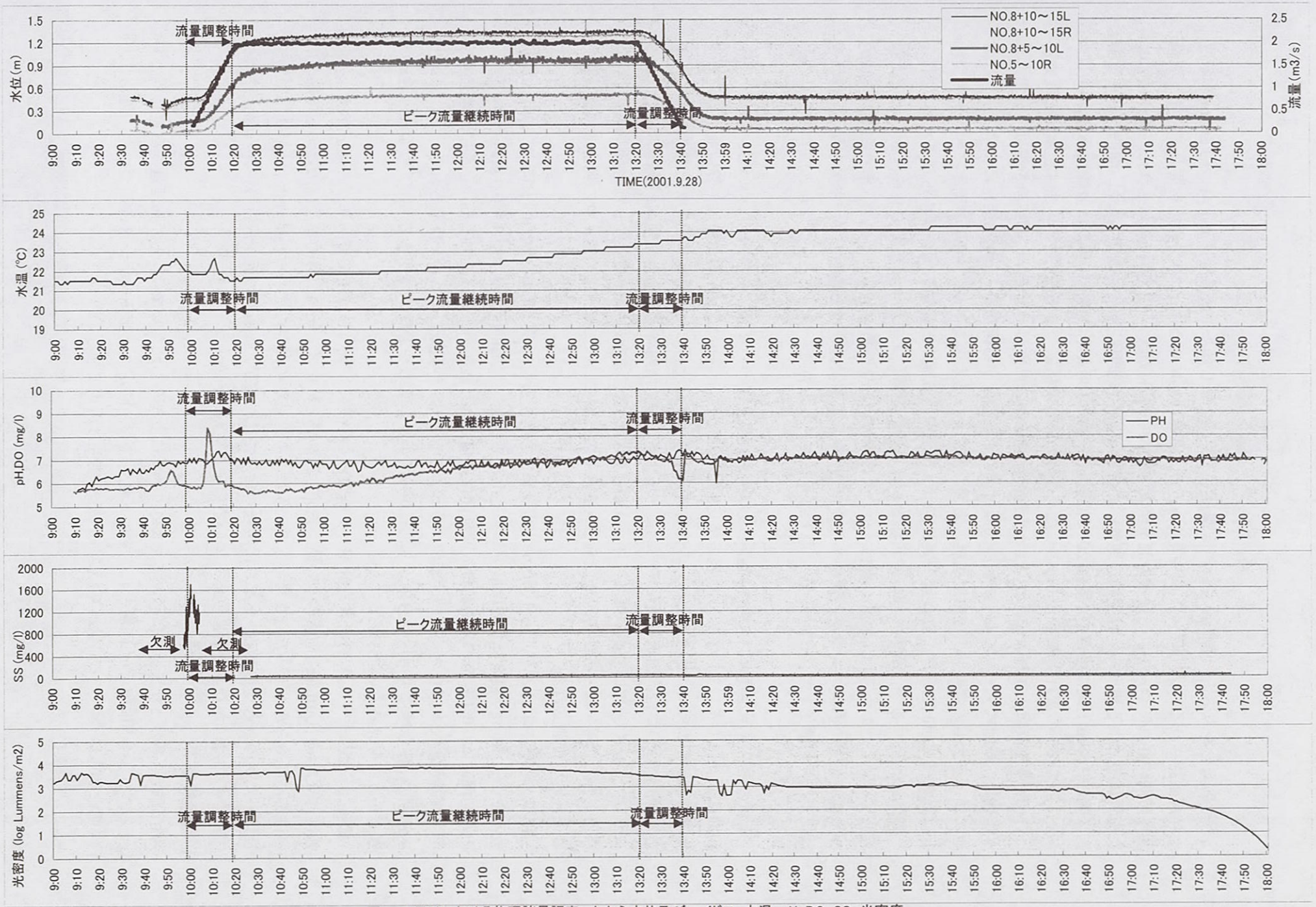


図2 B河川における物理諸量調査 上から水位及びハイドロ, 水温, pH・DO, SS, 光密度

水位の変化をみると，開門後 5 分程度遅れて水位が上昇し始め，最大流量流下時は約 80cm の水位上昇が確認される．閉門時もほぼ同様であるが，基底状態に戻るには 10 分程度を要している．流量到達時間の遅れについては，通常の流下時間（2～3 分）に加え，出水時に蓄積された底泥や枯死した植物体等による粗度の上昇や周辺地盤への浸透等が主な要因と推定される．なお，開門ゲートは調査区間の 105m 上流に当たる No.9+20 に位置し，当該区間までの河道の線形は直線である．

次に，これらの流れ場の変化に対応した水質等の応答関係について説明する．まず，水温の変動について，本施設は人工施設であり，出水実験の流量確保のため河川上流端に貯留池を設けている．出水実験は，転倒式ゲートにより貯留池表面付近の水を放流する構造から，水温変化については，貯留池における水温の変動および温度成層の影響を強く受けるものであり，実河川の出水に伴う水温変化とは異なった傾向を示す．この度の実験では，出水開始直後，貯留池表面の暖められた水が流出し，一時的に上昇するが，その後は定常状態となり日射の影響により徐々に上昇した後，24℃付近で収束している．このように，水温の変動については実河川と異なる点が多いものの，出水初期の一時的な水温変化とその後の一律かつ緩やかな変化は，出水時の水温変化の傾向として参考となる。特に魚類に及ぼす影響として，初期の水温の急変は魚類にとって異変を察知するシグナルと成り得るものと考えられる．

魚類の生息場選定要因に大きな影響を及ぼす水質項目については，まず pH について，図より出水初期に徐々に上昇しているものの極端な変化は確認されなかった．pH の上昇は，貯留池に若干アオコ等の藻類が繁殖しており，これらの光合成により pH が上昇した影響によるものと推定される．また，DO については，出水初期に一時的に急増する一方、閉門時に減少する傾向が確認された．このような一時的な変化は，水の撹乱に伴う DO 上昇の影響、または DO が上昇した水量の減少に伴う滞留水の流出等により説明が可能である．放水中の微増については，先のアオコの光合成に伴う DO の上昇とも推測される．

SS については，出水初期に 1000mg/l 前後まで急増するものの，流出物質の減少により，最大流量放水中から 40mg/l 程度に急激に減少し安定化している．この傾向も人工河川特有の傾向と考えられ，出水初期には，0.1m^3/s の基底流量放流期間に蓄積された底泥が一気に流出するとともに，調査区間が上流端付近であったため短時間で流出物が減少し，SS が低減したものと推測される．ただし，出水初期の SS 急増は実河川でも確認される現象であり，水温や DO の急変とともに，魚類には避難のきっかけを与えるものである．

最後に，微気象として日射量を計測した結果について，調査当日は晴天であり，これを反映して光強度は 3.5(log Lum/m^2)前後の高い値で安定している．曇り等天候の一時的な変化に対する魚類の応答は特に認められなかった．また，この天候により貯留池の藻類の光合成が活性化し，DO に影響を及ぼしたものと考えられる．ちなみに調査対象外ではあるが，戦闘機の低空飛行等に伴う騒音に対しては、魚類ははかなり敏感に反応している様子が観察された．

② 魚類調査

魚類調査結果のとりまとめについて，水中カメラにより得られた映像は，先の物理量の測定時刻とあわせるべく 1 分間隔の静止画像として分析した．なお，同定は上記画像データに基づくものであり，不鮮明な個体について一部見誤りが含まれる可能性は否定できない．

1) 通常時における魚類の生息状況

まず，魚類の通常の行動を把握するため，試験前日の 9 月 27 日に魚類調査を実施した．図 3 に出水前日に観察された魚類のうち優占上位 3 種について分布の様子を示す．

調査区間 10m 間に最も優先する種は，止水性の遊泳魚であるギンブナであり，分布は No.8+10～15 の淵に集中している．画像データからは，常時 5 ～ 6 匹のギンブナが多少の移動を伴いながら群泳あるいは採食する状況が観察された．一方，流水性の遊泳魚で優占種第 2 位のウグイは No.8+5～10 の瀬を中心に生息し，淵には少ない．これは種間競争の結果とも考えられ，15 時や 15 時 30 分前後にみられる，ギンブナの群れが下流の No.8+5～10 付近に移動した際のウグイが上流に逃避する様子からも裏付けられる．また，底生魚であるカマツカは，ウグイと同じ No.8+5～10 の瀬を中心に常時 1 匹が生息していた．

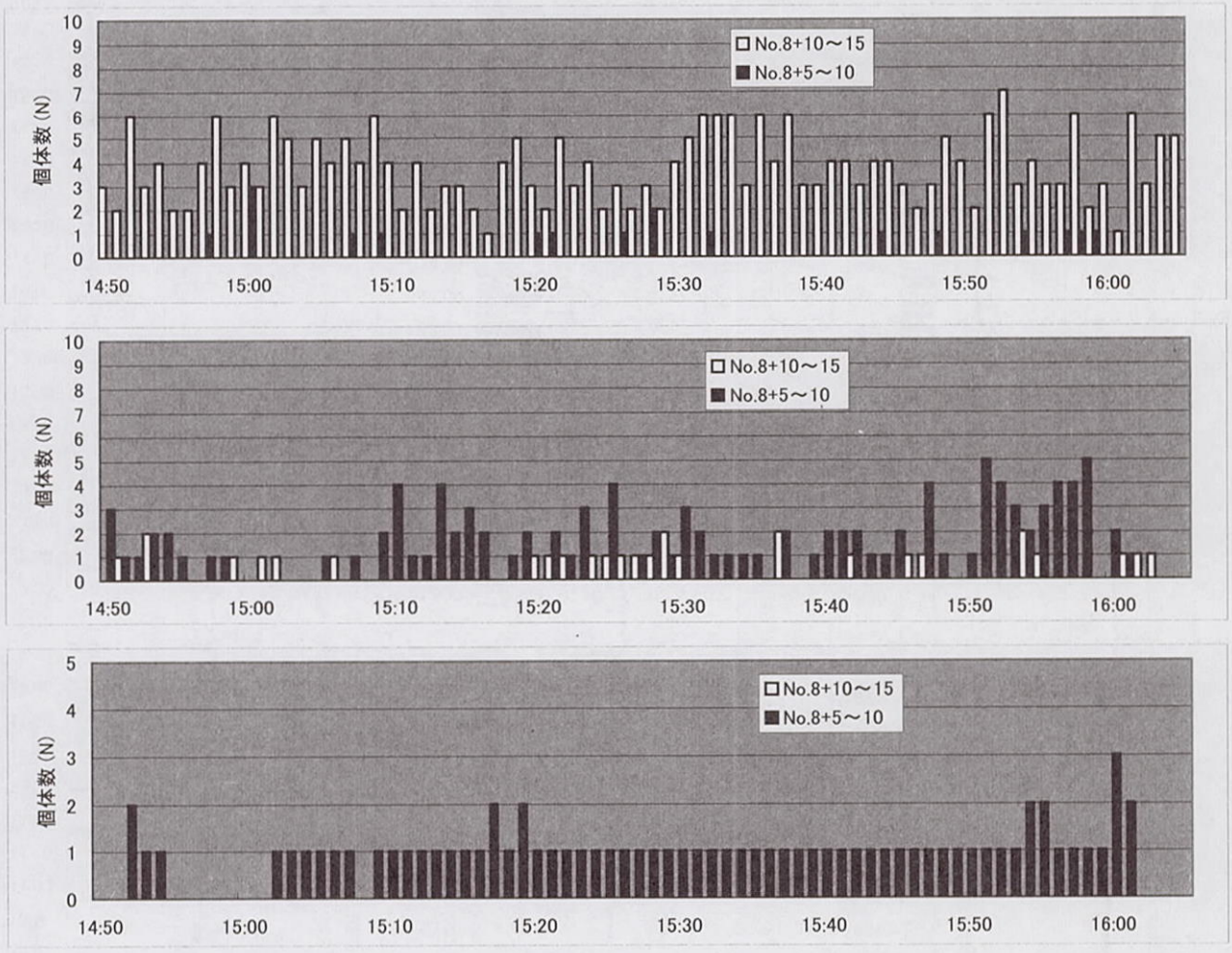


図 3　優占上位 3 魚種の分布と個体数　上からギンブナ，ウグイ，カマツカ（2001. 9. 27）

2) 出水に伴う魚類の応答傾向

図 4 より，No.8+10～15 の淵を中心に分布するギンブナについて，出水開始前の 9 時から 10 時までの間は，前日の調査同様 5 ～ 7 匹が確認されている（写真 2）．10 時 5 分前後に放流水が到達すると敏感に反応し，数匹が淵から移動し 10 時 10 分頃の水位上昇時にはすべて避難し，流量が完全に元に戻る 13 時 40 分程度まではほとんど存在しない．しかし，流量が元に戻ると復帰も早く，快適

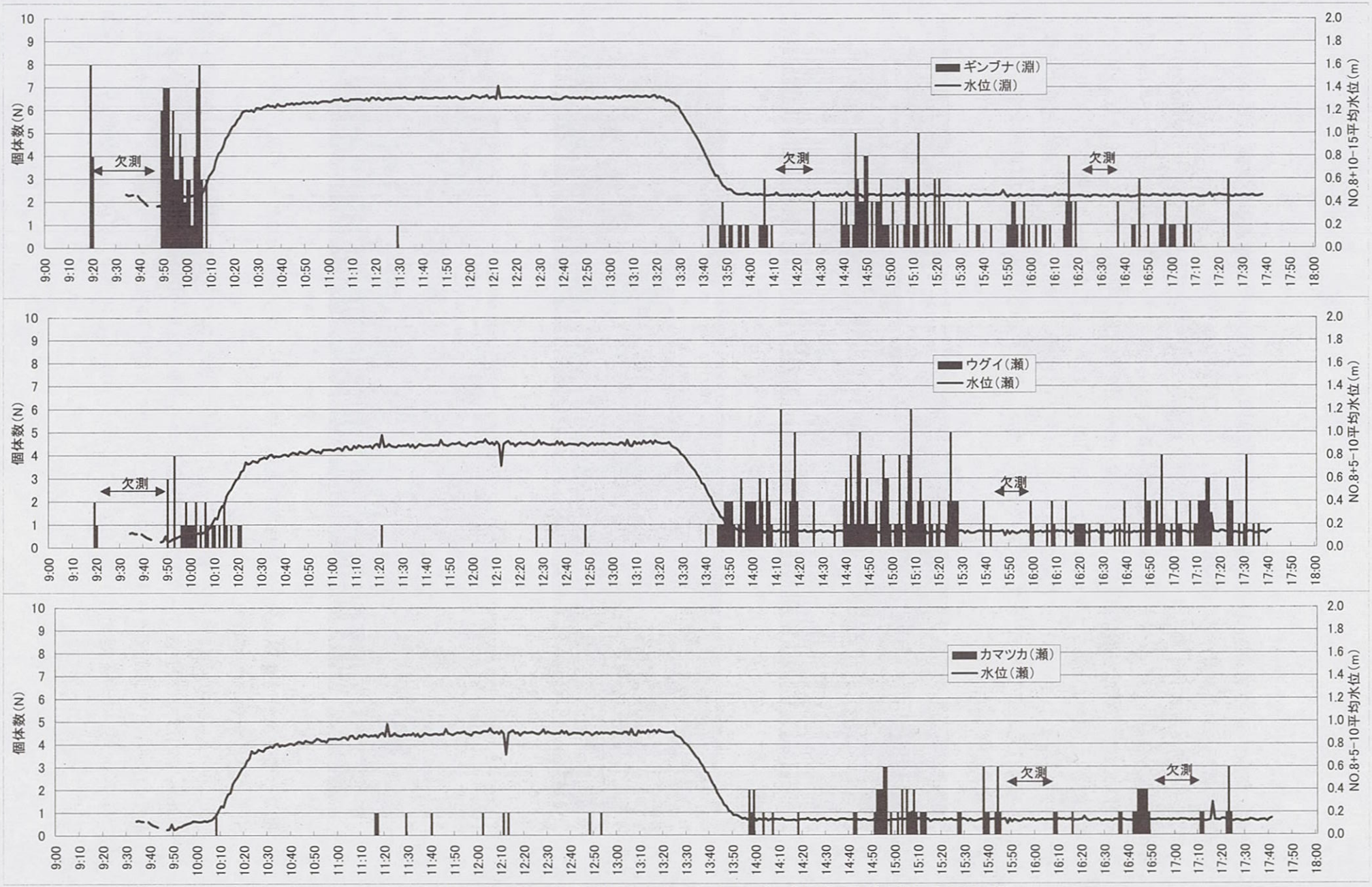


図4　流量変動に対する魚類の応答特性　上からギンブナ(淵)，ウグイ(瀬)，カマツカ(瀬)

な生息場を求め頻繁に移動する様子がその後 1 時間程度継続する．14 時 40 分以降は，絶対数では出水前に至らないものの，行動の様子も含めほぼ通常の状態に戻っている．

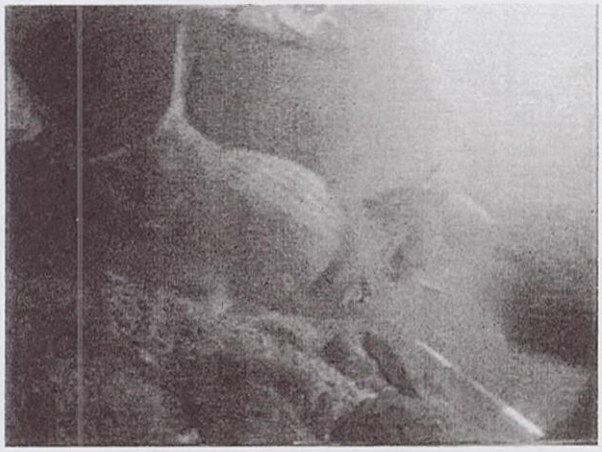


写真２ ギンブナの群れ(No. 8+15)

一方，ウグイについてみると，No.8+10～15 付近の淵では元々個体数が少ないものの，ギンブナと同様，流量増加に対して瞬時に逃避し出水中に個体は観察されなかった．ただし，回帰状況については，遊泳能力の高い遊泳魚らしく，13 時 20 分頃の減水直後から現れ始め，基底流量に戻る 13 時 40 分頃にはほぼ出水前の状態に戻っている．図４に示す個体数の多い No.8+5～10 付近では，出水開始は流量が 1.0m³/s に達する 10 時 20 分頃まで極端な減少は見られないことに加え，最大流量流下時にも移動する個体が確認されている．復帰については，流量がほぼ元に戻る 13 時 40 分頃から約 10 分程度で初期の状態に回復しており，流速に対する耐性が相対的に高いことがわかった．

底生魚のカマツカについては，淵付近では個体数が限られるものの，11 時 20 分付近の最大流量流下時も，流速に耐えて生息する状況が唯一確認され，河床付近に生息する底生魚は流速に対する耐性が高いことが確認された．生息数の多い下流部の瀬付近でも，最大流量流下時の個体数は相対的には減少するものの，確認された魚種中最も多かった．ただし，これはあくまで平均流速による議論であり，カマツカは石に張り付いた状態か陰に隠れた状態で存在するため，それを可能にする河床への依存性が強いものと推測され，必ずしも実際の流速に対する耐性が高いことを示すものではない．

（２） C河川

① 物理調査

当該河川の調査項目は先述のとおりであり，調査期間および頻度は，平成 13 年 8 月以降，毎月一回，午後１時から３時までの時間帯で平成 14 年１月迄実施した．表２に月別に比較した結果を示す．

まず，水温について，河川水を一時貯留すること，また基底流量が 0.1m³/s と比較的少ないこと等から 8 月の水温は非常に高くなっている．11 月以降ではあまり水温が低下せず，最も寒い時期でも日中では７℃程度確保されていることがわかった．pH および DO については，計測器へのノイズが多くデータの信頼性を欠いたため欠測とした月もあるが，正常に採取できた 3 ヶ月間分のデータからは，両者とも 1 月は若干高い傾向を示した．ただし，その差は非常に小さいため原因の特定は難しい．日射量の変化については，冬に向かって減少する傾向にあるわけであるが，季節変動以上に天候が大きく影響している．晴天時に雲がかかり日射量が急減した際の魚類の行動等について関連性の有無を検討することも重要であると考えられる．なお，流速については，区間中央部一箇所における測定結果からは，月別の変化が全く見られず常に 0.1～0.15m/s の流れとなっている．

以上のことから，C河川においては，流量が固定され流れ場に変動がないことに加え，水温を除いて水質の変化も少ない．出水がないことにより，河床における底泥の蓄積や植生の繁茂や枯死といった変化は生じるものの，概して季節に関わらず安定した環境が継続しているものと考えられる．

表２　物理諸量の月別変化

項　目	8/1	9/17	10/4	11/22	12/18	1/24
水温（℃）	29.73	24.71	20.51	11.13	8.4	7.09
pH	—	6.89	—	—	6.91	7.2
DO(mg/l)	—	6.91	—	7.36	7.71	—
光密度（log Lumens/m^2）	3.68	3.24	2.99	3.11	3.58	3.6

② 魚類調査

魚類調査で確認された魚種は，ギンブナ(*Carassius gibelio langsdorfi*)，ウグイ(*Leuciscus(Tribolodon)hakonensis*)，オイカワ(*Zacco platypus*)，アユ(*Plecoglossus. altivelis*)，カマツカ(*Pseudogobio (Pseudpgobio) esocinus*)，ヨシノボリ属(*Rhinogobius*)等で，魚類以外では８月に大量のアカガエル科ウシガエル（*Rana (Aquarana) catesbeiana*）と思われるオタマジャクシの生息が認められた．

優占種は月別に変動し，区間全体における最優占種は図５に示すとおりである．また，区間内ではすみわけがなされており，淵（NO.8+15 付近）と瀬（NO.8+10 付近）の地点別に見た魚種の推移を示すと図６となる．同図より，８月以降，淵ではウシガエル，ウグイ，ギンブナ，オイカワ，オイカワ，瀬ではウシガエル，ウグイ，オイカワ，ギンブナである．なお，精度上の問題から成長段階別の分類はしなかったものの，11 月以降の個体は明らかに稚魚であり，一年魚であるアユ以外は，晩秋から冬季にかけて成魚はそれまでの生息場から移動することが確認された．これは，我々の従来の実河川調査でも認められた現象であり，飢餓に強く体力のある成魚は冬季間採食行動を中止し，安全でエネルギーロスの少ない場に移動，越冬し，空いた領域に稚魚が侵入，採食を伴いながら越冬するとの推測も可能である．また，この行動を誘発する要因としては，変動の激しい水温が有力であり，図６より閾値としては 10 月から 11 月にかけての 10～15℃である可能性が高い．

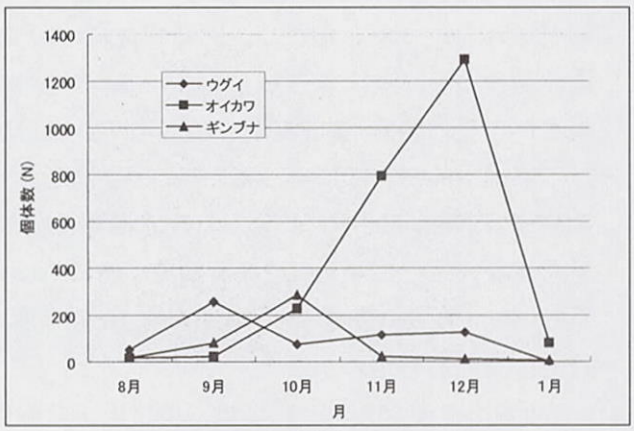


図５　魚種別個体数の推移

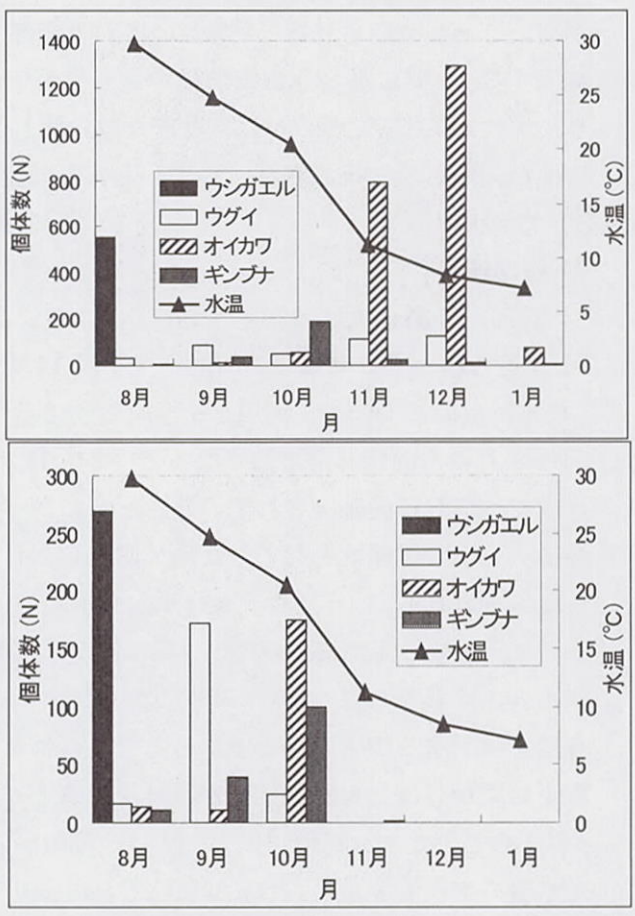


図６　生息場と水温の変化　淵（上）と瀬（下）

4．PHABSIMによる評価と適合性検討

（1）PHABSIMによる評価

B河川（No.8+5～No.8+15）を対象として，PHABSIMを適用し，流量変動に伴う主要魚種の応答傾向を予測し，魚類調査の実測値と比較した．使用した数値解析手法は，MacCormack法による一般曲線座標系の平面2次元計算とした．また，対象魚種は，平成13年9月27日における魚類調査で優占種上位2種の止水性を好む遊泳魚であるギンブナと，同じく流水性の遊泳魚であるウグイ，および優占種第3位ではないものの，底生魚の指標種として比較的個体数の多かったカマツカとした．なお，ここでは，成長段階として成魚期のみを取り扱い，第3種適性基準に至る途中データ等に関する記述は省略する．以下に評価の結果と考察について述べる．

図7に，上記3魚種に関する第3種適性基準を示す．水深をパラメータとする適性基準について，最優占種で淵に主に生息するギンブナは0.3～0.6mの適性値が1.0となり，0.1～0.3mの領域で0.5を示した．なお，基底流量流下時は，当該区間では0.7m以上の水深は発生していないため，深い水深に対する適性値は不明である．ウグイについては，主に瀬に分布したことを反映し，0.2～0.4mにおいて適性値が1.0，隣り合う0.1～0.2mおよび0.4～0.6mの区間で0.5を示した．カマツカもウグイに近い傾向を示したが，0.2～0.3mのみ適性値は1.0となりその幅はやや広い．

流速については，湖沼等の止水域を好む傾向にあるギンブナでは，0.1～0.3m/sの遅い流速域に対して高い選好性を示し，0.5m/sまでは適性値0.5となった．一方，流水域を好むウグイは0.3～0.5m/sの相対的に速い流速を選好するが，0.5～0.6m/sの区間中もっとも速い流れ場ではやや適性値が減少した．底生魚のカマツカは3種の内もっとも速い流速域を好む傾向が確認され，0.3m/sから区間最速の領域となる0.6m/s迄適性値1.0であった．

以上が第3種適性基準に関する考察であるが，当該河川では，実河川に比べ生息密度が高いため，基準値には種間競争の影響も強めに出ている可能性があることを付記しておく．

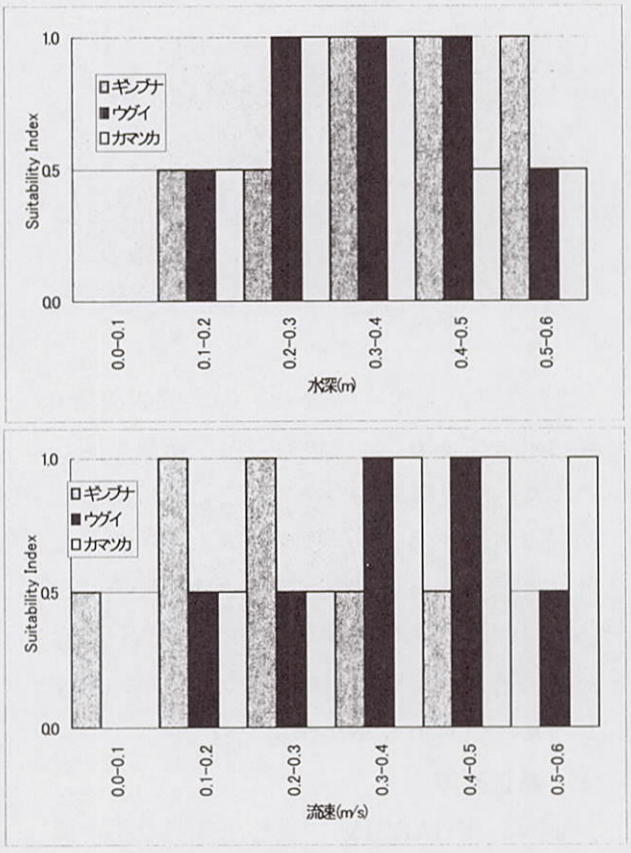


図7　優占魚種に関する第3種適正基準
水深（上）と流速（右）　2001.8

（2）変動予測の適合性検討

①　一般座標系による平面2次元数値解析[3)]

本研究では当該施設を複数の研究者が同時に使用することに加え，魚類調査を実施している関係で出水実験中の河道内調査が制限された．出水中の流れ場の変化は一般曲線座標系によるMacCormack法を用いた平面2次元数値解析によった．以下に支配方程式を示す．

$$\frac{\partial A}{\partial t}+\frac{\partial B}{\partial \varphi}+\frac{\partial C}{\partial \phi}=D_{\varphi}+D_{\phi}$$

ただし，

$$A=\begin{bmatrix}\dfrac{h}{J}\\ \dfrac{u^x h}{J}\\ \dfrac{u^y h}{J}\end{bmatrix}\quad B=\begin{bmatrix}\dfrac{u^\varphi h}{J}\\ \dfrac{1}{J}\left\{\left(u^x u^\phi h+\dfrac{\varphi_x}{2}gh^2\right)-\varepsilon\left\{\varphi_x\left(\varphi_x\dfrac{\partial\left(u^x h\right)}{\partial\varphi}+\phi_x\dfrac{\partial\left(u^x h\right)}{\partial\phi}\right)+\varphi_y\left(\varphi_y\dfrac{\partial\left(u^x h\right)}{\partial\varphi}+\phi_x\dfrac{\partial\left(u^x h\right)}{\partial\phi}\right)\right\}\right\}\\ \dfrac{1}{J}\left\{\left(u^{\varphi x}u^y h+\dfrac{\varphi_y}{2}gh^2\right)-\varepsilon\left\{\varphi_x\left(\varphi_x\dfrac{\partial\left(u^y h\right)}{\partial\varphi}+\phi_x\dfrac{\partial\left(u^y h\right)}{\partial\phi}\right)+\varphi_y\left(\varphi_y\dfrac{\partial\left(u^y h\right)}{\partial\varphi}+\phi_x\dfrac{\partial\left(u^y h\right)}{\partial\phi}\right)\right\}\right\}\end{bmatrix}$$

$$C=\begin{bmatrix}\dfrac{u^\phi h}{J}\\ \dfrac{1}{J}\left\{\left(u^x u^\phi h+\dfrac{\phi_x}{2}gh^2\right)-\varepsilon\left\{\phi_x\left(\varphi_x\dfrac{\partial\left(u^x h\right)}{\partial\varphi}+\phi_x\dfrac{\partial\left(u^x h\right)}{\partial\phi}\right)+\phi_y\left(\varphi_y\dfrac{\partial\left(u^x h\right)}{\partial\varphi}+\phi_y\dfrac{\partial\left(u^x h\right)}{\partial\phi}\right)\right\}\right\}\\ \dfrac{1}{J}\left\{\left(u^\phi u^y h+\dfrac{\phi_y}{2}gh^2\right)-\varepsilon\left\{\phi_x\left(\varphi_x\dfrac{\partial\left(u^y h\right)}{\partial\varphi}+\phi_x\dfrac{\partial\left(u^y h\right)}{\partial\phi}\right)+\phi_y\left(\varphi_y\dfrac{\partial\left(u^y h\right)}{\partial\varphi}+\phi_y\dfrac{\partial\left(u^y h\right)}{\partial\phi}\right)\right\}\right\}\end{bmatrix}$$

$$D_\varphi=\begin{bmatrix}0\\ \dfrac{1}{J}gh\left(SX_{o\varphi}-SX_{f\varphi}\right)\\ \dfrac{1}{J}gh\left(SY_{o\varphi}-SY_{f\varphi}\right)\end{bmatrix},\quad D_\phi=\begin{bmatrix}0\\ \dfrac{1}{J}gh\left(SX_{o\phi}-SX_{f\phi}\right)\\ \dfrac{1}{J}gh\left(SY_{o\phi}-SY_{f\phi}\right)\end{bmatrix}$$

ここに、$SX_{o\varphi}=-\varphi_x\dfrac{\partial Z_b}{\partial\varphi}$　$SX_{o\phi}=-\phi_x\dfrac{\partial Z_b}{\partial\phi}$　$SY_{o\varphi}=-\varphi_y\dfrac{\partial Z_b}{\partial\varphi}$　$SY_{o\phi}=-\phi_x\dfrac{\partial Z_b}{\partial\phi}$

$$SX_{f\varphi}=\frac{\phi_y}{J}U^\varphi\frac{n^2\sqrt{\left(U^x\right)^2+\left(U^y\right)^2}}{h^{4/3}}\quad SX_{f\phi}=-\frac{\varphi_y}{J}U^\phi\frac{n^2\sqrt{\left(U^x\right)^2+\left(U^y\right)^2}}{h^{4/3}}$$

$$SY_{f\varphi}=-\frac{\phi_x}{J}U^\varphi\frac{n^2\sqrt{\left(U^x\right)^2+\left(U^y\right)^2}}{h^{4/3}}\quad SY_{f\phi}=\frac{\varphi_x}{J}U^\phi\frac{n^2\sqrt{\left(U^x\right)^2+\left(U^y\right)^2}}{h^{4/3}}$$

である。

解析条件は，粗度係数 n=0.04，流入流量 Q =0.1m³/s であり，基底状態の再現結果を図８に示す．再現結果について，ここでは詳細な検討は省略するが，全般的には水深に関してはほぼ良好な再現結果が得られた．流速については，植生の影響を考慮していないため，河岸の再現性に問題が残るものの，平均流速レベルでは良好な結果が得られた．

② 適正基準

図９に，PHABSIM による魚類生息場の変動傾向をパラメータ毎に示すとともに，流量変化に伴う魚類の応答特性との比較により，

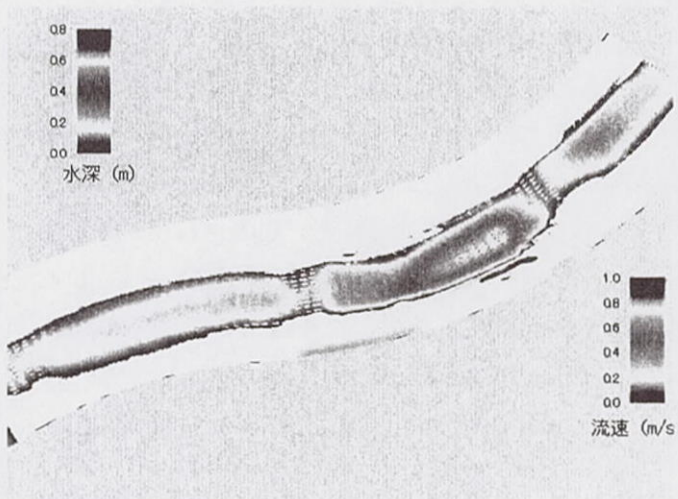


図８　再現計算結果

評価精度について考察する.

1) パラメータ別変動予測

まず水深をのみをパラメータとした場合，３魚種ともに 1.5m³/s 付近をピークとする面積の２～３倍の増加が確認された. 魚種別ではギンブナは深い水深を好む傾向から唯一 2.0m³/s まで増加の傾向を示し，その増加率は３倍に近い. ウグイは 1.5m³/s をピークに減少する傾向を示し，増加率は約２倍であった. カマツカは３種中最も変化量は少なくピークとなる 1.5m³/s においても２倍に達しない.

流速では，全体的に各魚種ともに変化量は少なく増減は 20%程度である. この中で流速に耐性のあるウグイとカマツカは 1.0m³/s まで上昇傾向を示し，それ以降下降に転じているが，2.0m³/s においても基底流量以上の生息場が存在する. 止水域を中心に生息し流速の増加に耐性の低いギンブナは，0.5m³/s 以降下降し始め 2.0m³/s では基底流量時の生息場面積を下回っている.

水深および流速による評価では，最優占魚種のギンブナは結果的に生息場面積はほとんど変化しない傾向となり，ウグイおよびカマツカは 1.0m³/s まで増加し，以降減少するという非常に似た傾向を示した.

2) 評価結果と実測との比較

上記の予測値とも言える結果に対し，実測データと比較すると，図 4 より，調査区間で水位が上昇し始める 10 時 10 分では、No.8+15 付近の淵付近において既に魚類がすべて避難し存在していない. No.8+5 の瀬付近においても，水位が 0.5m，流量 1.0m³/s 前後となる 10 時 20 分には全個体が避難している. 従って，これらの評価は少なくとも出水初期等短期的な環境変化を予測することは不可能であり，魚は流況や水質の変化にすばやく対応して避難することがわかる. 底泥等が流出し，水質および流れ場が安定する 2.0m³/s の出水中においても，上記評価では図 9 より基底流量に比べ同一区間における生息環境ポテンシャルは僅かに上昇しているにもかかわらず，ギンブナおよびウグイでは元の環境に留まるかあるいは復帰する個体は確認されず，カマツカのみ通常よりかなり生息密度低い状態で確認された. 出水実験終了後においても，ほぼ完全に基底状態に戻る 13 時 40 分になるまで

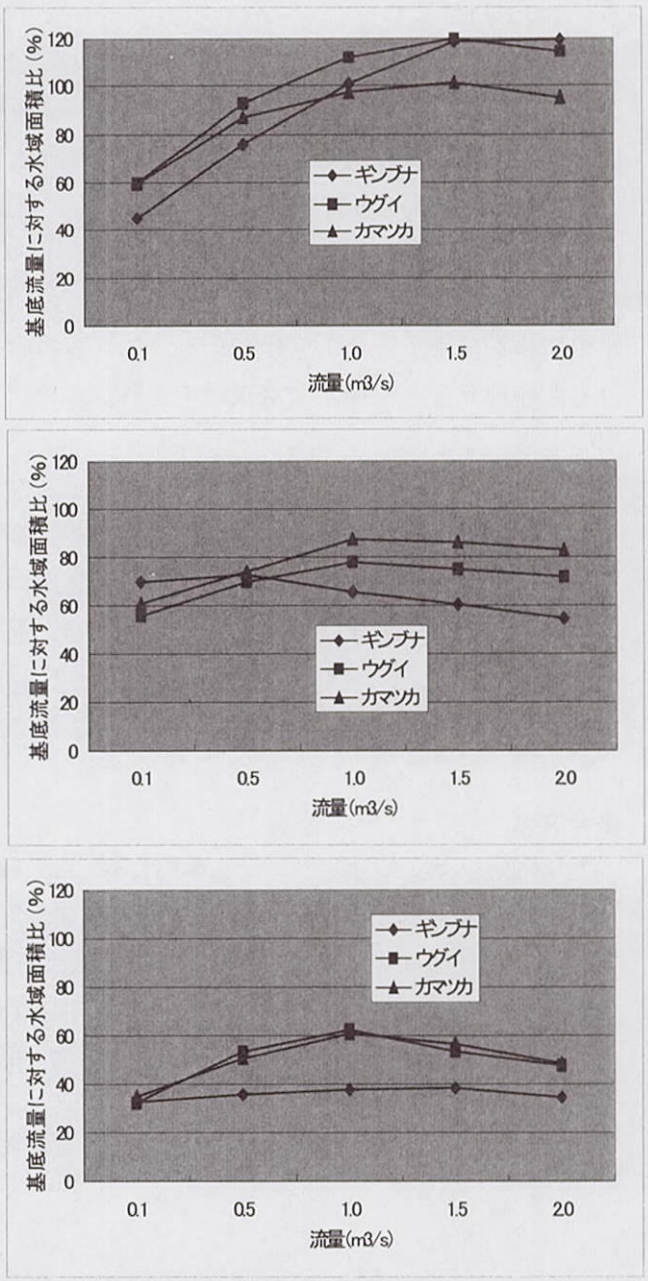


図９ 各魚種の WUA の変動予測
水深（上段），流速（中段），水深＆流速（下段）

魚類の復帰の様子は確認されなかった.

これらの結果から，この度の実験が短時間の出水であり，魚類が過剰に反応したものであることは否めないものの，少なくとも流量が変動し利用可能生息場面積が増加してもそれに呼応する傾向は全く観察されなかった．ただし，魚類調査のためのビデオ撮影結果からは，ギンブナ等一部の魚種に，流量増加初期に瞬時に避難行動をとらず，しばらくは採食行動を継続する個体もあることが確認されており，PHABSIM による評価手法の有効性に関する検討には，出水の継続時間の長期化等追加的な調査が望まれる.

5．おわりに

本研究では，従来の実河川における研究成果を踏まえ，実証試験施設における各種の調査を実施，またはその結果を用いて PHABSIM を適用し得られた環境の変動予測が，どの程度の信頼性を有するかについて，流量変動時の魚類行動特性の実測値と予測値の比較として検討したものである.

影響要因が複雑活多様であることに加え，半年間という短期間の調査であったため，短時間の出水では十分な結果が得られない等，課題も多く，一般解としての情報を提供するには及ばなかった．しかし，具体的な現地調査事例が非常に少ない現状においては，特殊環境下におけるケーススタディとして，一定の情報を提供できたように考える．これらの成果が，今後増加が予測される PHABSIM の適用における問題提起として僅かでも貢献できれば幸いである.

謝辞

現地調査はもとより，研究の推進に係る関連業務全般について，佐合前センター長並びに萱場センター長をはじめとする自然共生センター関係諸氏のご協力を得ました．また，各種計測およびデータ整理について鳥取大学大学院の足立氏，および同大水工研究室の小林氏にご尽力頂きました．なお，本研究は，財団法人エンジニアリング振興協会による平成 13 年度社会開発システム等策定事業（ENAA 2001-プ 2）の一環として実施されたものです．ここに記して謝意を表します.

参考文献

1) 財団法人エンジニアリング振興協会編：平成 12 年度 生態系モデリングによる水域を中心とした自然環境の定量評価手法に関する調査研究報告書，財団法人エンジニアリング振興協会，2001.3
2) 建設省土木研究所編：平成 11 年度自然共生研究センター研究報告書，建設省土木研究所，p187，2000.8
3) 財団法人エンジニアリング振興協会編：平成 13 年度 生態系モデリングによる水域を中心とした自然環境の定量評価手法に関する調査研究報告書，財団法人エンジニアリング振興協会，pp43-45，2002.3

編集・執筆者一覧

水循環研究グループ	グループ長	佐合純造	
河川生態チーム	上席研究員	尾澤卓思	
	主任研究員	萱場祐一	(1、2、5.1、5.6、10.1)
	研究員	皆川朋子	(5(1)(2)、5.2)
	〃	吉冨友恭	(8)
	交流研究員	力山　基	(5.5、4.1)
	〃	千葉武生	(3、9)
		望月聖子	(5.4)
前　科学技術特別研究員		浦部美佐子*	(4.3、10.3)
	招聘研究員	西廣　淳**	(5.3、7)

国土交通省中部地方整備局	中部技術事務所　所長	安陪和雄	
	環境共生課　課長	小谷敏明	
	〃　専門職	鈴木茂正	(4.2)
	〃　係長	水野　徹	(6、10.2)

---

*　福岡教育大学　教育学部　助教授

**　東京大学 農学生命科学研究科 保全生態学研究室 助手
(独)土木研究所 招聘研究員

(　)は執筆担当箇所