ISSN 0386-5878
土木研究所資料 第3915号



平成14年度 自然共生研究センター 研究報告書

Annual Report of Aqua Restoration Research Center 2002

平成15年10月

独立行政法人土木研究所

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

Copyright © (2003) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor taranslated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土 木 研 究 所 資 料
第3915号2003年10月

平成14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。

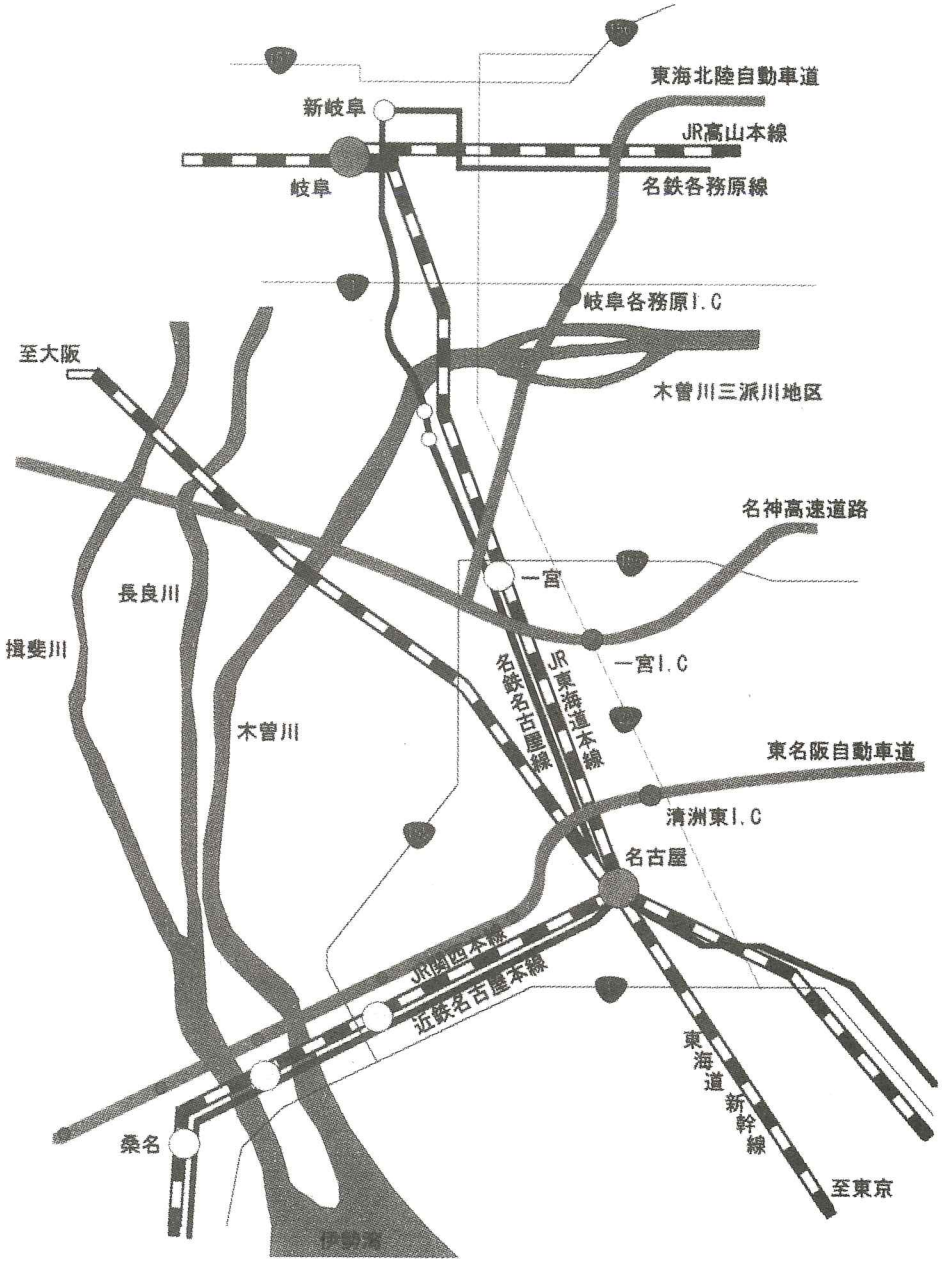
本報告書は、平成14年度に自然共生研究センター実験河川を用いて実施した研究課題、「流量変動が物質収支、生物に及ぼす影響」、「水生生物の生息場所とその評価」、「魚類の移動状況の把握」、「沈水植物が水質・生態系に及ぼす影響について」「河川の展示計画と表現方法について」等の研究成果をとりまとめたものである。

キーワード：河川環境、湖沼、生物、流量、付着藻類、底生動物、物質循環、魚類、植生、寄生虫、テレメトリー、沈水植物、水質浄化、環境教育

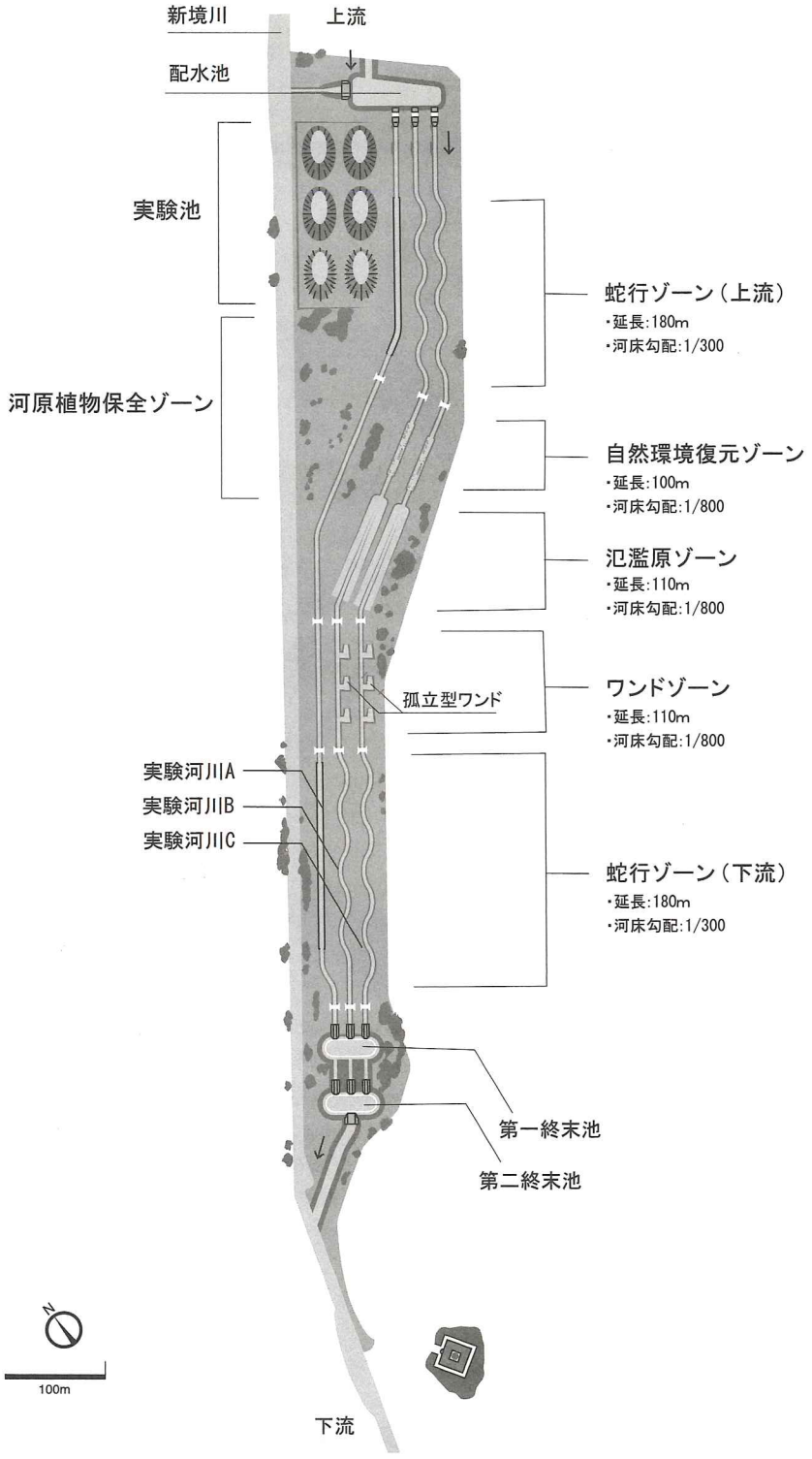
*執筆者は巻末に一覧を記載した。



自然共生研究センター　全景



自然共生研究センター位置図


新境川
上流
配水池
実験池
河原植物保全ゾーン
蛇行ゾーン（上流）
・延長:180m
・河床勾配:1/300
自然環境復元ゾーン
・延長:100m
・河床勾配:1/800
氾濫原ゾーン
・延長:110m
・河床勾配:1/800
ワンドゾーン
・延長:110m
・河床勾配:1/800
孤立型ワンド
実験河川A
実験河川B
実験河川C
蛇行ゾーン（下流）
・延長:180m
・河床勾配:1/300
第一終末池
第二終末池
N
100m
下流

■実験河川の平面図

平成１４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．　実験準備と流量設定…… 4
４．　流量変動が物質収支、生物に及ぼす影響
４．１　流量変動による物質収支への影響…… 6
４．２　流量変動が河床石面付着物に及ぼす影響…… 26
４．３　底生動物への影響…… 53
５．　水生生物の生息場所とその評価
５．１　水生生物にとっての水際域の機能…… 68
５．２　実際の河川における魚類生息場の特徴について
５．２．１　魚類生息場の構造・分布について…… 74
５．２．２　水際域について…… 88
６．　魚類の移動状況の把握
６．１　寄生虫を指標とした魚類の移動調査……107
６．２　出水の流量規模が魚類行動に与える影響の把握……114
７．　沈水植物が水質・生態系に及ぼす影響について……124
８．　河川の事象を題材にした映像展示に関する研究……134

第Ⅱ部　活用研究者報告

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……143
Ｋ１２－１．　連接蛇かご工法による周辺植生と昆虫の誘致……153
Ｋ１２－２．　水生生物に配慮したコンクリート護岸に関する研究……159

参考資料（気象・水温・水質データ）……173

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４年目を迎えている。この間、河川法に「河川環境の整備と保全」が明記されただけでなく、今年度は自然再生推進法が施行され、今まで失われてきた自然環境を取り戻す新しい枠組みが徐々に整備されてきている。

一方、河川の自然環境の保全・復元に関する技術についてはまだまだ未解明な部分が多い。特に、河川管理で重要な操作可能な要素である「川の形、流量、水質」がどのようなプロセスを経て生物の生息に関わるかについては、生態学、生物学と工学の中間領域に当たり、自然再生を実施するための技術が十分に開発されたとは言えない状況にある。

自然共生研究センターは「川の形、流量、水質」が生物に与える影響を、これらの要素を実験的に操作することにより明らかにすることを目的として幾つかの課題を研究として実施している。当初は自然共生研究センターを主たる研究フィールドとしてきたが、操作実験を行おうとすると、実際の河川における形状や流量等の詳細が不明で、これらの要素をどの程度変化させて操作実験を行えば現実の課題解決に繋がるかが明確でない場合が多くあった。平成１４年度からは、この点を考慮し実際の河川における実態把握についても精力的に調査・研究を行い、実際の河川における特徴についての知見も得られた。また、研究成果を解りやすく伝える方法の開発も重要な研究課題と位置付け継続して研究を行い、「水の EXPO」等において考案した情報発信の方法の有効性について検証を行った。今後、研究は研究のレベルだけでなく、河川を場とした様々な現象や事業の内容を解りやすく様々な立場の異なる方々に伝える技術として確立されることを期待している。

本資料は、平成１４年度に実施した研究を報告書として取りまとめたものである。広大無辺な河川環境に比べれば内容は限定的であるが、個々の課題についてデータを積み重ね着実に前進すること以外に河川環境を理解する道はないと信じている。平成１４年度に得られた成果も、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１５年７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

「流量変動の有無が水質・生物に及ぼす影響」は平成１３年度までは実験河川Ｂ、Ｃを用い河岸に繁茂する植物を積極的に制御しないで実験を行ってきた。この結果、平常時における流下時間の遅れ、出水時における流下能力の低下と流速の減少を引き起こし、水質の自浄作用の程度や河床付着物の剥離に影響を与えたため、個々の出水に伴う影響の把握が難しい状況にあった。このような背景から、平成１４年度は河岸に防草シートを設置し、河岸植物の繁茂を抑制した状況下で実験を行い河床近傍の流速を増加させて実験を行っている。

実験河川Ａでは、「ハビタットと生物の生息に関する研究」として、水際植物の生態的な機能を把握するための実験を行った。この実験では、植物の刈り取り状況を変化させた調査区を設定し、魚介類の生息状況の調査を実施した。水際の植物は魚類の生息に重要な機能を果たすことは認識されているが、具体的にどのような効果により魚類の生息場として機能しているかをある程度明らかにすることができた。

魚類の移動状況については、寄生虫を生物タグとした実験河川と木曽川本川との魚類の移動についての調査を平成１３年度から引き続き実施したのに加え、電波テレメトリーを用いた出水時の魚類の移動状況を、流速等の物理量の変化との関連で調査を実施している。また、実験池における研究が始まり、池岸植物の刈り取りによる水質、ベントスの変化について調査・研究を実施している。

平成１１年度より実施していた活用研究は、平成１５年度に最終年度を迎え、既に終了している研究課題もある。平成１４年度は４課題についての報告があり、活用研究者報告として掲載している。

以下に、平成１４年度に辞しした研究を実験河川、実験池、その他フィールドにおける研究、活用研究の別に示す。

フィールド等	研究課題	研究項目	概要	H14研究内容	本報告書での当該箇所	備考
実験池における研究	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）	水域、水際域、氾濫原に見られる典型的なハビタットを対象として、生物（特に魚類）の生息状況との関連性について研究を実施している。ここで得られた知見は、ハビタットに基づく河川生態系評価に活用される。	水際域の植物の繁茂状態と魚介類の生息状況に関する検討を実施した。また、実験河川におけるハビタットの分布・構造の再現に利用するためね実際の河川における瀬・淵構造と水際形状について検討を行った。	5章	
		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）				
		構造物等を用いたハビタットの再生技術に関する研究	ー	ー	ー	平成15年度に構造物を利用した水際域の再生技術に関する研究を実施
	流量変動に関する研究	水域、水際域における影響の把握	人工的な出水規模・時間・頻度等を変化させることによって実験河川内の生態系のレスポンスを把握する。結果は今後の流量管理に活かされる。	水際植物の繁茂を抑制した状況下において、平常時と出水時の物質収支、ベントスへの影響、出水と魚類の遡上状況、遷移期間が異なる付着藻類相に対する出水の影響について検討を行った。	4章	
		氾濫原における影響の把握				
		土砂供給を考慮した実験	出水時に土砂投入した場合の付着藻類やベントスに及ぼす影響を把握する。	ー	ー	平成15年度より実験開始
	魚類の移動状況に関する研究		実験河川内部及び実験河川ー周辺水域間の魚類の移動特性について研究を行う。環境保全や事業評価において対象とすべき空間スケールの大きさや出水時のリフュージの機能解明に活かされる。	寄生虫を用いた魚類の移動状況把握について平成13年度から継続して研究を実施した。既存の電波テレメトリーシステムを用いて出水時のフナ類の挙動について調査・研究を実施した。	6章	
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		沈水植物の有無によって水質にどの程度の差が生じるかを明らかにする。	土羽の4つの池において、沈水・抽水植物の有無が水質、ベントスに与える影響について調査・研究を実施した。	7章	
その他フィールドを用いた研究	水中テレメトリーの開発		土木研究所内で実施している基礎研究を受けて、共生センター内にテレメトリー施設を利用しながら魚類の移動特性についての把握手法のい確立を目指す。	土木研究所でシステム開発を実施している。	ー	
	魚道に関する研究		魚道に関する基本的な検討として、魚道の構造と魚道内部における流況そして魚類の遊泳行動との関係について調査・研究を行う。	ー	ー	
	河原固有植物の復元と外来植物の駆除・管理に関する研究		共生センター内河原植物保全ゾーン及び実験河川の幾つかの研究ゾーンを用いて河原固有植物の保全及び外来種の除去に関する研究を実施した。	ー	ー	外来種の除去に関する実験は終了。
	河川における情報発信の研究	河川関連施設の展示方法に関する研究	河川環境に関する情報を効率的に伝達する手法の研究を行っている。現在共生センターの施設や研究成果を題材にした情報伝達手法の開発を行っている。	河川の現象の人々に対し効果的に伝える手段として映像等の動画コンテンツに着目し、実践的な検討を行った。	8章	
活用研究	第1次活用研究		①自浄作用能力の定量的評価及びメカニズムの解明（終了）、②水位変動が河床内間隙と流路周辺部の生息環境と生物群集に及ぼす影響、③非定常流量下におけるワンドの水交換と土砂堆積に関する研究、④流水の一次生産の測定に関する研究、⑤実験河川の流れ及びSSに関するコンピューターシミュレーションモデルの評価	第1次活用研究の②、③第2次活用研究の①、②についての報告を得た。	第Ⅱ部活用研究者報告に記載	平成15年度で終了
	第2次活用研究		①連接蛇かご工法による周辺植生と昆虫・小動物等の誘致、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、③PHABSIMの評価精度に関する実証的研究（終了）			

3．　実験準備と流量設定

（1）防草シートの設置

河岸に繁茂する植物を抑制するための対策を検討した結果、防草シートを敷設することとした。防草シート設置箇所は、実験河川Ｂ及びＣの法面（一部を除く）で、平成14年6月に工事を行った。

防草シートの諸元は以下のとおりである。なお、色は自然環境にとけ込む茶系を選定した。また、強度については、防草シート敷設後、両河川に数回出水を生じさせ、防草シートの敷設状況の確認を行った。

寸法：厚さ4mm、長さ20m、幅2m

材質：短繊維ﾎﾟﾘｴｽﾃﾙ不織布

色　：茶系



写真3-1　設置防草シート敷設状況

（2）初期条件の設定

出水を生じさせる実験河川Ｂと一定流量の実験河川Ｃの両者を比較することにより、流量変動が物質収支、生物に与える影響を検討するにあたり、両河川の物理的構造、生物条件等に差があってはならない。そのため、河床に堆積した有機物、細粒土砂などを何度も繰り返し出水を生じさせることによりフラッシュさせ、同一の環境とした。

（3）本実験開始

平成14年7月11日に基底流量である0.1m³/sを両河川に流下させ、実験を開始した。

（4）実験河川Ｂ及びＣの流量設定について

実験河川Ｂ及びＣの流量は以下のとおりである。

①基底流量

実験河川Ｂ及びＣの基底流量は平成14年7月11日～10月9日まで0.1m³/sとし、それ以降は0.05m³/sとした。

②出水

実験河川Ｂに与えた出水は計画出水と非計画出水に区分される。前者は、平成14年7月～9月においてあらかじめ出水日を設定し出水を生じさせるもので、後者は、それ以降、調査に応じて出水を生じさせたものである。表3.1.2に計画出水、非計画出水の流量規模及び継続時間を示す。計画出水は3回、非計画出水は14回実施した。

表 3.1　実験河川Ｂにおける計画出水

	実施日	ピーク流量（m^3/s）	継続時間（分）
計画出水①	2002.7.31	2.0	60
計画出水②	2002.8.21	1.0	120
計画出水③	2002.9.11	2.0	30

表 3.2　実験河川Ｂにおける非計画出水

	実施日	ピーク流量（m^3/s）	継続時間（分）
非計画出水①	2002.10.4	0.5	120
非計画出水②	2002.10.7	3.0	5
非計画出水③	2002.10.8	1.0	20
非計画出水④	2002.10.21	2.0	10
非計画出水⑤	2002.11.1	1.0	360
非計画出水⑥	2002.11.7	0.5	60
非計画出水⑦	2002.11.8	0.5	60、60
非計画出水⑧	2002.11.25	0.5	120
非計画出水⑨	2002.11.26	0.5	60
非計画出水⑩	2002.11.27	0.5	120
非計画出水⑪	2002.11.28	0.5	120
非計画出水⑫	2002.11.29	0.5	120
非計画出水⑬	2002.12.2	0.5	60
非計画出水⑭	2002.12.3	0.5	60

（5）実験河川Ａにおける流量設定

実験河川Ａにおいては、期間ごとに異なる様々な実験に応じ流量設定を行った。詳細は各課題の報告で示すこととする。

４．１　流量変動による物質収支への影響

４．１．１　目的

出水が河道内の物質収支に与える影響を明らかにするため、平常時及び出水時における実験河川の上流及び下流において物質通過量を測定し、実験河川における物質収支の特徴を把握する。また、この際。従来から水質調査の対象となっていた 1mm 以下の物質だけでなく、1mm 以上の物質も対象とした物質収支の測定を行い、出水時物質収支における粗粒物質（1mm 以上の物質）がどの程度寄与するかについて明確にする。

４．１．２　方法

（１）流量条件

実験は 2002 年 7 月 1 日から開始し 2002 年 7 月 31 日に終了した。実験は初期条件の設定、平常時実験、出水時実験の３つの段階に区分できる。初期条件の設定では表中に記載した出水を実験河川に与え、平常時に河道内に堆積した物質をできる限り河道外に流出させることを目的とした。初期条件設定時の出水は２回実施した。１回目の出水（2002 年 7 月 2 日）はピーク流量が大きく短時間の出水、２回目の出水（2002 年 7 月 10 日）はピーク流量が小さく長時間の出水である。

平常時実験は低流量時における送流物質量の把握を目的として実施した。初期条件設定のために実施した２回目の出水が終了した時点をもって平常時実験開始とした。実験開始は 2002 年 7 月 11 日である。平常時実験では流量を 0.1(m^3/s)の一定流量とし、継続して 2002 年 7 月 31 日 10 時まで継続して与え続けた。出水時実験は高流量時の物質動態の把握を目的として実施した。10 時より平常時流量を増加させ、20 分後にピーク流量 2(m^3/s)まで流量を増加させ本流量を 1 時間継続した後、20 分間で平常時流量まで流量を減少させた。

（２）調査地点

調査地点は実験河川 B 及び C の最上流地点（No.1）及び最下流地点(No.5)である(図 4.1.1)。

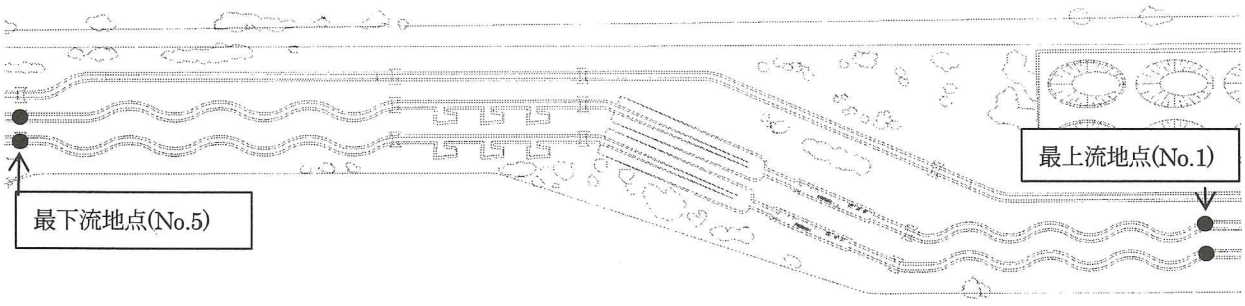


図 4.1.1　調査地点

（３）調査項目及び調査時期

調査は平常時（流量 0.1m^3/s）と出水時（流量 2m^3/s）の双方で行い、いずれも水質調査及び流下固形物調査を実施した。流下固形物調査とは、水質調査では対象とならない 1mm 以上の粗粒物質を対象としたもので、流水中の粗粒物質を採取し分析を行うものである。平常時調査及び出水時調査の実施日は以下のとおりである(表 4.1.1)。

表 4.1.1　調査項目等

調査対象流量	調査項目	対象とする物質粒径	調査日
平常時 （流量 0.1m³/s）	水質調査	1mm以下	7 月 12 日～13 日（第 1 回） 7 月 27 日～28 日（第 2 回） 7 月 31 日～8 月 1 日（第 3 回）
	流下固形物調査	1mm 以上	
出水時 （流量 2m³/s）	水質調査	1mm以下	7 月 30 日
	流下固形物調査	1mm 以上	

（4）測定項目

1）平常時調査

①水質調査

調査時間帯はいずれの調査日においても 21 時から翌日の 21 時までの 24 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(表 4.1.2)。

現地測定項目：天候、気温、水位、水温、流速

水質分析項目：SS、TOC、T-N、NO_3-N、NO_2-N、NH_4-N、T-P、PO_4-P

表 4.1.2　平常時水質調査実施状況

調査日	河川名	調査地点	開始時刻	終了時刻	採取間隔(h)
平成14年 7 月12日～13日 平成14年 7 月27日～28日 平成14年 7 月31日～8月1日	実験河川B 実験河川C	最上流地点 (No.1) 最下流地点 (No.5)	21 時	翌 21 時	3 時間間隔

②流下固形物調査

流下固形物調査は幅 2m、高さ 30cm のステンレス製フレームに目合い 1mm のネットを取り付けし、これを河床に設置することにより流下固形物を全量採取した。河床に設置する際にはフレームと河岸との隙間には土嚢を置き、流水が全てネットを通過するようにした(写真 4.1.1)。採取した流下固形物は。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、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。流下固形物調査の実施時間帯は表 4.1.3 に示した。上流での採取は実験河川への流入物質量に影響を与える可能性があったため、いずれかの実験河川のみで実施した。

分析項目：湿重量、乾重量、TOC、T-N、T-P

表 4.1.3　平常時流下固形物調査実施状況

調査日	河川名	調査地点	開始時刻	終了時刻	採取時間(h)
平成14年７月12日～13日	実験河川B	最上流地点 (No.1)	20:00	23:00	3
			09:10	12:10	3
		最下流地点 (No.5	20:00	02:00	6
			02;00	08:00	6
			08:00	14:00	6
			14:00	20:00	6
	実験河川C	最上流地点			
		最下流地点	20:00	02:00	6
			02;00	08:00	6
			08:00	14:00	6
			14:00	20:00	6

調査日	河川名	調査地点	開始時刻	終了時刻	採取時間(h)
平成14年７月27日～28日	実験河川B	最上流地点			
		最下流地点	20:00	23:00	3
			02;00	05:00	3
			08:00	11:00	3
			14:00	17:00	3
	実験河川C	最上流地点 (No.1)	20:00	23:00	3
			08:00	11:00	3
		最下流地点 (No.5	20:15	23:15	3
			02;00	05:15	3
			08:00	11:15	3
			14:00	17:15	3

調査日	河川名	調査地点	開始時刻	終了時刻	採取時間(h)
平成14年７月31日～8月1日	実験河川B	最上流地点 (No.1)	20:00	23:00	3
			09:10	12:10	3
		最下流地点 (No.5	20:00	23:00	3
			02;00	05:00	3
			08:00	11:00	3
			14:00	17:00	3
	実験河川C	最上流地点			
		最下流地点	20:15	23:15	3
			02;00	05:15	3
			08:00	11:15	3
			14:00	17:15	3

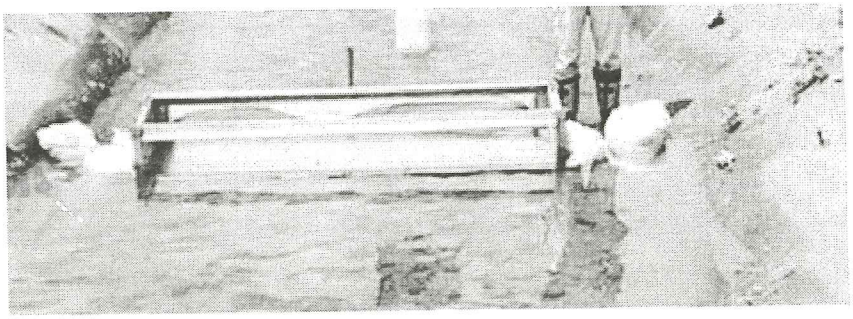


写真 4.1.1　平常時流下固形物調査実施状況

2）出水時調査

①水質調査

出水時調査は実験河川Ｂ出水時に実施した（表 4.1.4）。採水は、水質が大きく変化する水位上昇期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５～１０分間隔で流心・表層で行い、最初に濁度のみを測定した後冷暗保存し速やかに室内に持ち込んだ。その後濁度が時間的に変化した時間帯に採取した水のみを 20 サンプル選定し、以下に示す項目について分析を行った（濁度は連続観測）。

現地調査項目：天候、水位、気温、水温、

水質分析項目：透視度、濁度、SS、TOC、T-N, T-P、chl-a

表 4.1.4　出水時水質調査実施状況

調査日	河川名	調査地点	開始時刻	終了時刻	採取間隔(m)
平成14年７月30日	実験河川B	最上流地点 (No.1)	10 時	11 時 40 分	3 分～10 分
		最下流地点 (No.5)	10 時 20 分	13 時	3 分～10 分

②流下固形物調査

流下固形物の採取は目合い 1㎜ のサデ網を用い、調査員が実験河川に入り行った（表 4.1.5、写真 4.1.2）。採取時に水位及び流速を測定している。採取した流下固形物は水分をきった後湿重量を現地で電子式重量計にて計量し、乾重量は風乾後 110℃で 24 時間乾燥し測定した。TOC、T-N、T-P の分析は乾燥試料から 10 個サンプルを抽出し、個々のサンプルをメノウ乳鉢で粉末にしてから行い、この平均値から全サンプルの TOC、T-N、T-P 含有量の推定を行った。

分析項目：湿重量、乾重量、TOC、T-N、T-P、Chl-a

表 4.1.5　出水時流下固形物調査実施状況

調査日	河川名	調査地点	開始時刻	終了時刻	採取回数･時間
平成14年７月30日	実験河川B	最上流地点 (No.1)	10 時	11 時 33 分	12 回･1 分～7 分
		最下流地点 (No.5)	10 時 20 分	12 時 40 分	17 回･30 秒～3 分




写真 4.1.2　出水時における流下固形物の採取状況

４．１．３　結果

（１）平常時調査結果

１）平常時水質調査結果

第１回～３回平常時水質調査結果を上流地点と下流地点の濃度時間変化として示した（図 4.1.2）。実験開始直後の１回目（7 月 12 日～13 日）では SS、T-N、T-P で下流濃度の減少が見られるが、その後明確な傾向は見られない。また、１回目と比較すると２回目（7 月 27 日～28 日）、３回目（7 月 31 日～8 月 1 日）の上流での濃度が小さいことが解る。上流及び下流から流入・流出する総物質量を把握するため、上流・下流の３時間毎の物質濃度に３時間の総流入水量･流出水量(100 l ×60s×3h)を乗じて図に示した(図 4.1.3)。１回目は TOC を除く、水質項目で下流からの流出量が減少していることが解る。２回目は流入量自体が少ないこともあり、上流からの流入量と下流からの流出量には明確な差は認められない。３回目は実験河川 B で出水後の状態を示すが、SS、TOC において実験河川 B で流入量が流出量を上回り、かつ、実験河川 C で流出量が流入量を上回る結果を示しているが、他の項目では明確な差が見られない結果となった。

２）平常時流下固形物調査結果

流下固形物調査結果を上流・下流別に一覧表として示す（表 4.1.6）。上流及び下流における流入・流出量を乾重量ベースで示すと（図 4.1.4）、上流からの流入量は下流からの流出量と比較して小さく、かつ、安定

していることが解る。一方、各回の上流・下流で分析したC、N、P量（図4.1.5）は固形物の採取場所、採取時期によってばらつきがあることが解る。よって、上流からの固形物の湿重量・乾重量及びC、N、P量の推定は、各回において実測・分析している実験河川Bもしくは実験河川Cにおける湿重量・乾重量及びC、N、P量から24時間の値を算定し、これを、実測していない実験河川の値として用いることとした。下流からの流出量は、双方の実験河川で実測・分析した値から24時間値を算定して用いている。各回における湿重量、乾重量、C、N、P量の上流からの流入量、下流からの流出量を示す（図4.1.5）。実験河川Bと実験河川Cでは傾向が異なることが解る。すなわち、実験河川Bでは2回目で下流からの流出量が1回目と比較して大きいが、3回目では減少している。一方、実験河川Cでは時間が経過するにつれて下流からの流出量が大きくなっている。つまり、1mm以上の物質は、実験河川内部で生産された物質が出水から時間を経過するに従って流出量を増加させるが、出水によりこれらの物質が流出すると、その後の平常時における流出量はある程度抑制されることが解る。

表4.1.6 上流端・下流端における流下固形物の流入量・流出量

上流端における湿重量及び乾重量

回数	実験河川名	採取日	採取時間	開始時刻	終了時刻	湿重量(g)	乾重量(g)	湿重量(g/h)	乾重量(g/h)
1	実験河川B	H14.7.12-13	3	20:00	23:00	52	7.2	17	2.4
2	実験河川B	H14.7.12-13	3	9:10	12:10	51	7.0	17	2.3
3	実験河川C	H14.7.27.28	3	20:00	23:00	48	9.0	16	3.0
4	実験河川C	H14.7.27.28	3	8:00	11:00	91	9.2	30	3.1
5	実験河川B	H14.7.31-8.1	3	20:00	23:00	41	6.9	14	2.3
6	実験河川B	H14.7.31-8.1	3	8:00	11:00	44	7.2	15	2.4

下流端における湿重量及び乾重量

回数	実験河川名	採取日	採取時間	開始時刻	終了時刻	湿重量(g)	乾重量(g)	湿重量(g/h)	乾重量(g/h)
1	実験河川B	H14.7.12-13	6	20:00	2:00	682	58	114	10
2	実験河川B	H14.7.12-13	6	2:00	8:00	588	57	98	10
3	実験河川B	H14.7.12-13	6	8:00	14:00	529	65	88	11
4	実験河川B	H14.7.12-13	6	14:00	20:00	810	85	135	14
5	実験河川C	H14.7.12-13	6	20:15	2:15	780	70	130	12
6	実験河川C	H14.7.12-13	6	2:15	8:15	742	74	124	12
7	実験河川C	H14.7.12-13	6	8:15	14:15	485	50	81	8
8	実験河川C	H14.7.12-13	6	14:15	20:15	812	87	135	15
9	実験河川B	H14.7.27.28	3	20:00	23:00	480	56	160	19
10	実験河川B	H14.7.27.28	3	2:00	5:00	400	46	133	15
11	実験河川B	H14.7.27.28	3	8:00	11:00	338	48	113	16
12	実験河川B	H14.7.27.28	3	14:00	17:00	475	62	158	21
13	実験河川C	H14.7.27.28	3	20:15	2:15	569	62	190	21
14	実験河川C	H14.7.27.28	3	2:15	8:15	300	31	100	10
15	実験河川C	H14.7.27.28	3	8:15	14:15	292	23	97	8
16	実験河川C	H14.7.27.28	3	14:15	20:15	445	52	148	17
17	実験河川B	H14.7.31-8.1	3	20:00	23:00	277	39	92	13
18	実験河川B	H14.7.31-8.1	3	2:00	5:00	268	36	89	12
19	実験河川B	H14.7.31-8.1	3	8:00	11:00	277	32	92	11
20	実験河川B	H14.7.31-8.1	3	14:00	17:00	472	64	157	21
21	実験河川C	H14.7.31-8.1	3	20:15	2:15	637	67	212	22
22	実験河川C	H14.7.31-8.1	3	2:15	8:15	426	42	142	14
23	実験河川C	H14.7.31-8.1	3	8:15	14:15	598	41	199	14
24	実験河川C	H14.7.31-8.1	3	14:15	20:15	977	53	326	18

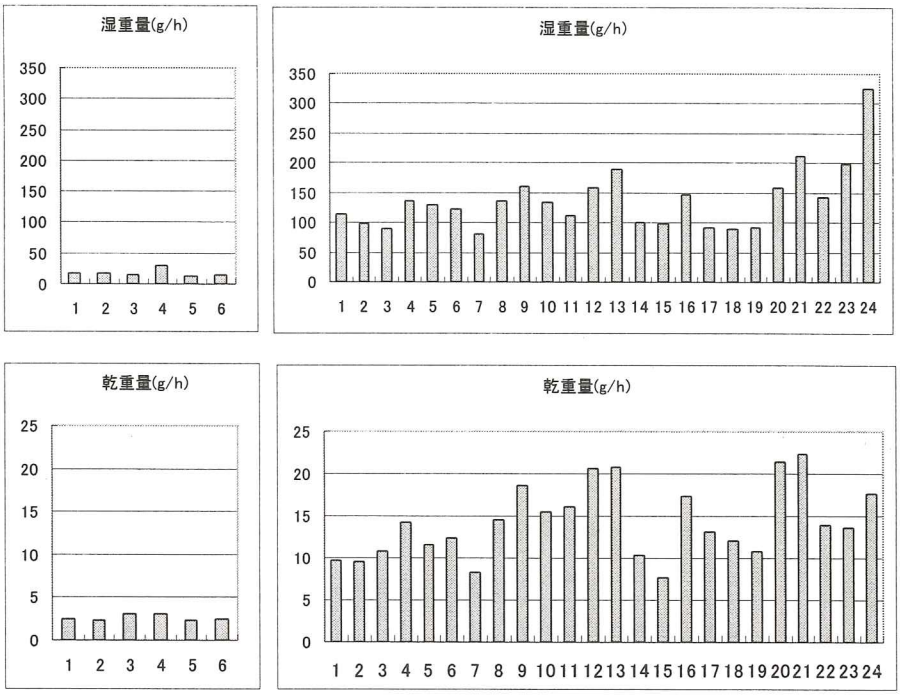


図 4.1.4　上流端・下流端における流入量・流出量の比較（乾重量ベース）。
左は上流からの流入量、右は下流を示す。番号は表 4.1.5 に対応している。

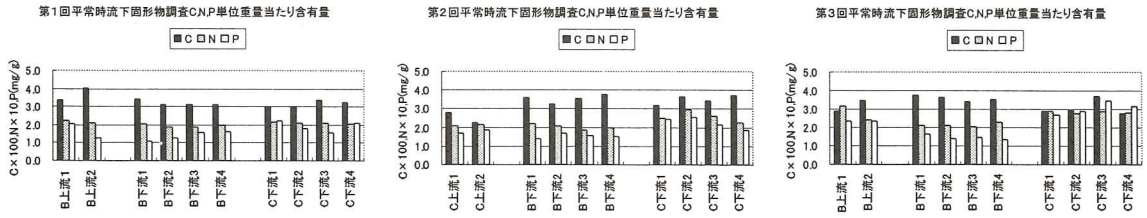


図 4.1.5　固形物 1g 当たりに含有する C,N,P 量
左から１回目、２回目、３回目の平常時流下固形物調査

（2）出水時調査結果

1）出水時流量

上流及び下流における流量の時間変化を示す（図 4.1.6）。上流での観測地点は転倒ゲートに近いため、出水開始後ほぼ 20 分でピーク流量である 2.0(m³/s)に達し、1 時間の継続時間後、20 分程度で平常時流量の 0.1(m³/s)まで減少している。下流における流量の増加は 15 分程度遅れて始まり(10 時 15 分頃)、上流に比べると立ち上がりが若干緩やかになり概ね 35 分でピークに達している。ピークは 10 時 50 分頃から 11 時 30 分頃までの 40 分程度継続し、その後 12 時 20 分まで 40 分を要して平常時の流量まで減少している。

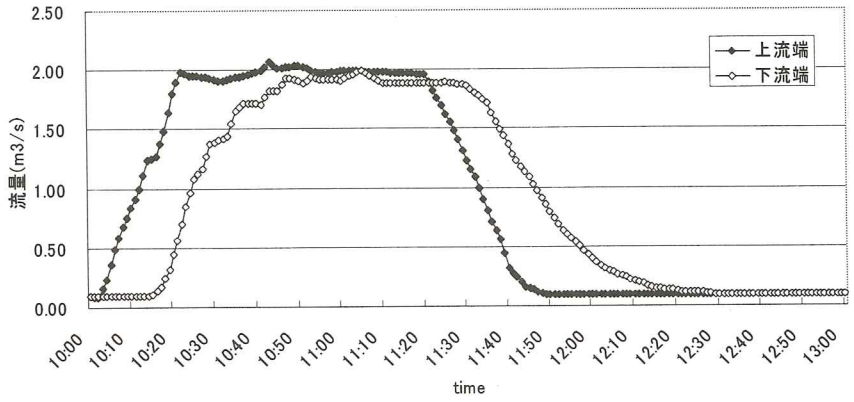


図 4.1.6　上流及び下流における流量－時間曲線

2）出水時水質調査結果

上流及び下流における分析項目別の濃度の時間変化を示す（図 4.1.7）。濁度は連続して測定しているが、その他の項目は上流と下流で 20 サンプルのみの分析値を示す。上流は出水開始直後に各項目とも濃度に若干のピークが見られるが、その大きさは小さく、全体的に時間的に一定となっている。これは、出水直後は配水池に貯留した水中の懸濁物質が実験河川に供給されるが、その後の供給水は平常時下の新境川の水から取水されたものであることに起因している。途中若干濁度が増加するのは、新境川と実験河川を結ぶ水路の水面勾配が実験河川に水を供給することにより増加し、掃流力が増加して底質が巻き上げられることが原因となっている。下流における時間変化は、下流の流量が増加し始め流、量がピークに到達する前に各項目のピークが見られ、その後徐々に減少する傾向を示す。ピーク時の値（下流での最大値）を上流での最大値を比較すると、濁度で 3 倍、SS で 5 倍、TOC、T-N、T-P、chl-a で 2 倍と大きな差は見られない。また、下流における各項目のピーク終了後の濃度は、上流のピーク終了後の値とほぼ同程度となっており、配水池からの流入水に含まれる粒子性物質と河道内に蓄積されていた粒子性物質が一旦下流まで流送された後は、粒子性物質が減少し、主として溶解性物質を含む流入水がそのまま河道を素通りし下流まで到達しているように見える。

次に、これらの各物質の濃度に単位時間当たりの流量を乗じることにより、SS、TOC、T-N、T-P、chl-aの断面通過量を算出する。算出に当たっては、これらの物質濃度が時間的に連続して得られていないため、濃度値が得られていない時間帯については、前後する濃度値からこの時間帯の濃度値を線形的に内挿することにより推定した（図 4.1.8 左）。上流における通過物質量を見ると、SS を除いた各物質の波形はほぼ台形を示し、流量のハイドログラフとほぼ一致した形を示している。一方、下流の通過物質量は濃度値でピークが得られている時間帯で同様のピークを示し、その後 TOC、T-N、T-P については時間的に一定値が継続するフラットな面を有し、流量の減少とともに通過量が低下する。SS、chl-a はピーク後に徐々に減少する傾向を示す。上流及び下流の曲線の面積が上流及び下流における総流入量と総流出量を示すが、T-N、T-P については面積がほぼ同一に見える。一方、SS、TOC、chl-a は上流からの流入量が下流からの流出量を上回っているように見える。

3）出水時流下固形物調査結果

流下固形物調査は採取時間とサデ網を通過する流量が各採取時に異なるため、採取した物質量(M)を単位時間当たりの断面通過物質量(Fm)に変換する必要がある。ここでは、サデ網中心部で採取時に計測した流速値をサデ網全体の平均流速(Vn)とし、採取時の水深(hn)からサデ網の面積(An)を算定して、採取時間(t)内のサデ網における総通過流量(Qn=Vn×An×t)とした。単位時間当たりの断面通過物質量(Fm)は、採取時間内の物質重量(M)をサデ網の総通過流量(Qn)で除し、これに実験河川の断面通過流量(Q)を乗じることにより(Fm=M/Qn×Q)、単位時間当たりの断面通過物質量(Fm)とした。なお、計算に用いたサデ網の流速(Vn)、水深(hn)は毎正分における値を用いた。以下に算出までの式を示す。

$$Fm = \frac{M}{\int_{t1}^{t2} Q_n \, dt} Q$$

$$Q_n = V_n A_n (h_n)$$

ここに、

M :時刻$t1$～$t2$において採取した物質の乾燥重量,

Q_n :サデ網を通過した単位時間当たりの流量

V_n :サデ網における平均流速,

$A_n(h_n)$:水深h_nにおけるサデ網の面積,

$Q(t)$:時刻tにおける流量

次に、採取した流下固形物 20 サンプルを対象とした乾重量に対する C、N、P、chl-a 比の重量百分率の平均値を乗じ、各物質の断面通過量を算定した。上流及び下流の単位時間当たりの各物質の通過量を示す（図 4.1.8 右）。なお、これらは乾重量に各物質の重量百分率を乗じたものであるため、通過量時間曲線は相似形となっている。上流における物質流入量は下流の流出量と比較すると小さく、下流を通過している 1 mm以上の物質は河道内から流出した物質であることが解る。

（3）平常時及び出水時の物質収支

以上の結果に基づき、平常時及び出水時における物質収支を計算してみよう。計算は初期条件を設定した出水から次ぎの出水実験までの間の物質収支を2回の平常時実験から推定し、前後する出水実験間に河道内に蓄積した物質量と出水実験時に流出した物質量という観点から整理してみる。

推定は第1回平常時調査(7月12日21時～13日21時)のデータを実験開始日の7月10日～7月20日の11日間に適用し、第2回目の平常時調査（7月28日21時～29日21時）のデータを7月21日～30日の10日間に適用した。それぞれに期間ではそれぞれの平常時調査の物質収支の状態が同様に生起すると仮定している。出水時は上流及び下流で調査を実施した7月31日10時～13時までに流入・流出した値より収支を計算した（表4.1.7）。

表4.1.7　平常時20日間と出水時3時間の物質収支

	平常時（２０日間）の蓄積量			
	TOC(g)	T-N(g)	T-P(g)	chl-a(mg)
水質調査(1㎜以下)	9,666	32,648	1,272	-
固形物調査(1㎜以上)	-2,030	-115	-8	-
合計	7,636	32,533	1,264	-

	出水時（３時間）の流出量			
	TOC(g)	T-N(g)	T-P(g)	chl-a(mg)
水質調査(1㎜以下)	7,236	911	317	2,894
固形物調査(1㎜以上)	8,821	516	50	15,243
合計	16,057	1,427	367	18,137

平常時は水質調査において分析対象となった物質（以下、1mm以下の物質）が占める割合が固形物調査で対象となった物質(以下、１mm以上の物質)より相対的に大きい。また、1mm以上の物質はどの項目においても負となり、内部生産した付着藻類が河床から剥離して流出している状況が推察される。出水時は1mm以上の物質が占める割合が、平常時と比べて大きくなっていることが特徴である。特に、TOCについては20日間で見かけ上蓄積した量が3時間で流出しており、出水が物質輸送に果たす役割の重要性が理解できる。ただし、T-N、T-Pは20日間における蓄積量が出水時の流出量よりも1オーダー程度大きい。TOCも含め流入した物質がどのような物質動態を経て下流まで到達するか、は今後の検討課題である。

参考資料

附表　平常時水質調査結果一覧表１回目（平 14.7.12～13）

附表　平常時水質調査結果一覧表２回目（平 14.7.27～28）

附表　平常時水質調査結果一覧表３回目（平 14.7.31～8.1）

附表　平常時水質負荷量収支一覧表

附表　平常時流下固形物調査一覧表１回目（平 14.7.12～13）

附表　平常時流下固形物調査一覧表２回目（平 14.7.27～28）

附表　平常時流下固形物調査一覧表３回目（平 14.7.31～8.1）

附表　出水時水質調査一覧表（平成 14.7.31）

附表　出水時流下固形物調査一覧表（平成 14.7.31）

附表　平常時水質調査結果一覧表1回目（平14．7．12～13）

河川B

採水時刻	上流 流量 (m^3)/s	下流 流量 (m^3)/s	SS 上流 (mg/l)	SS 下流 (mg/l)	TOC 上流 (mg/l)	TOC 下流 (mg/l)	TN 上流 (mg/l)	TN 下流 (mg/l)	P-TN 上流 (mg/l)	P-TN 下流 (mg/l)	NO_3-N 上流 (mg/l)	NO_3-N 下流 (mg/l)	NO_2-N 上流 (mg/l)	NO_2-N 下流 (mg/l)	NH_4-N 上流 (mg/l)	NH_4-N 下流 (mg/l)	TP 上流 (mg/l)	TP 下流 (mg/l)	P-TP 上流 (mg/l)	P-TP 下流 (mg/l)	PO_4-P 上流 (mg/l)	PO_4-P 下流 (mg/l)
21:00	0.100	0.100	12.2	9.6	3.2	3.1	2.21	2.00	0.39	0.67	1.690	1.220	0.023	0.025	0.109	0.085	0.136	0.111	0.051	0.042	0.085	0.069
0:00			10.3	8.3	2.8	2.6	2.39	2.18	0.71	0.85	1.57	1.240	0.023	0.025	0.092	0.062	0.126	0.113	0.046	0.041	0.080	0.072
3:00			12.3	8.9	3.1	2.4	2.43	2.15	0.52	0.33	1.790	1.750	0.026	0.023	0.096	0.045	0.116	0.101	0.045	0.040	0.071	0.061
6:00			13.7	10.1	3.0	2.9	2.53	2.12	0.73	0.64	1.640	1.360	0.026	0.026	0.131	0.091	0.114	0.098	0.043	0.038	0.071	0.060
9:00			12.6	11.4	2.8	2.8	1.95	1.78	0.55	0.62	1.220	1.030	0.027	0.026	0.155	0.107	0.121	0.102	0.049	0.041	0.072	0.062
12:00			16.5	9.3	2.8	2.5	2.21	1.83	1.10	0.60	0.921	1.120	0.028	0.023	0.160	0.087	0.125	0.098	0.053	0.034	0.072	0.064
15:00			19.0	16.4	3.4	3.6	1.94	1.64	0.93	0.63	0.762	0.854	0.030	0.027	0.222	0.127	0.150	0.125	0.075	0.054	0.075	0.071
18:00			18.0	16.3	3.7	3.4	2.01	1.89	0.95	0.80	0.823	0.889	0.032	0.030	0.207	0.176	0.153	0.124	0.076	0.052	0.077	0.071
21:00			15.4	16.1	3.8	3.8	2.12	1.87	0.70	0.57	1.230	1.120	0.030	0.028	0.159	0.149	0.137	0.133	0.072	0.066	0.065	0.066

時間帯	3時間 流量 (m^3)	3時間 流量 (m^3)	SS 上流 (kg/日)	SS 下流 (kg/日)	TOC 上流 (kg/日)	TOC 下流 (kg/日)	TN 上流 (kg/日)	TN 下流 (kg/日)	P-TN 上流 (kg/日)	P-TN 下流 (kg/日)	NO_3-N 上流 (kg/日)	NO_3-N 下流 (kg/日)	NO_2-N 上流 (kg/日)	NO_2-N 下流 (kg/日)	NH_4-N 上流 (kg/日)	NH_4-N 下流 (kg/日)	TP 上流 (kg/日)	TP 下流 (kg/日)	P-TP 上流 (kg/日)	P-TP 下流 (kg/日)	PO_4-P 上流 (kg/日)	PO_4-P 下流 (kg/日)
21:00 ～ 0:00	1080	1080	12.2	9.7	3.2	3.1	2.48	2.26	0.59	0.82	1.760	1.328	0.025	0.027	0.109	0.079	0.142	0.121	0.052	0.045	0.089	0.076
0:00 ～ 3:00	1080	1080	12.2	9.3	3.2	2.7	2.60	2.34	0.66	0.64	1.814	1.615	0.026	0.026	0.102	0.058	0.131	0.116	0.049	0.044	0.082	0.072
3:00 ～ 6:00	1080	1080	14.0	10.3	3.3	2.9	2.68	2.31	0.68	0.53	1.852	1.679	0.028	0.026	0.123	0.073	0.124	0.107	0.047	0.042	0.077	0.065
6:00 ～ 9:00	1080	1080	14.2	11.6	3.1	3.1	2.42	2.11	0.69	0.68	1.544	1.291	0.029	0.028	0.154	0.107	0.127	0.108	0.050	0.042	0.077	0.066
9:00 ～ 12:00	1080	1080	15.7	11.1	3.0	2.9	2.25	1.95	0.89	0.66	1.156	1.161	0.030	0.026	0.170	0.105	0.133	0.108	0.055	0.040	0.077	0.068
12:00 ～ 15:00	1080	1080	19.2	13.8	3.3	3.3	2.24	1.87	1.09	0.67	0.909	1.066	0.031	0.027	0.206	0.116	0.149	0.121	0.069	0.047	0.079	0.073
15:00 ～ 18:00	1080	1080	20.0	17.6	3.8	3.8	2.13	1.91	1.01	0.77	0.856	0.941	0.033	0.031	0.232	0.164	0.164	0.134	0.082	0.057	0.082	0.077
18:00 ～ 21:00	1080	1080	18.0	17.5	4.1	3.9	2.23	2.03	0.89	0.74	1.109	1.085	0.033	0.031	0.198	0.176	0.157	0.139	0.080	0.064	0.077	0.074
総量	8640	8640	125.5	100.9	27.1	25.5	19.04	16.77	6.51	5.50	11.0	10.2	0.236	0.223	1.293	0.877	1.125	0.954	0.485	0.382	0.640	0.572
収支（上流－下流）	kg/日	kg/日		24.6		1.6		2.3		1.0		0.8		0.0		0.4		0.2		0.1		0.1

河川C

採水時刻	上流 流量 (m^3)/s	下流 流量 (m^3)/s	SS 上流 (kg/日)	SS 下流 (kg/日)	TOC 上流 (mg/l)	TOC 下流 (mg/l)	TN 上流 (mg/l)	TN 下流 (mg/l)	P-TN 上流 (mg/l)	P-TN 下流 (mg/l)	NO_3-N 上流 (mg/l)	NO_3-N 下流 (mg/l)	NO_2-N 上流 (mg/l)	NO_2-N 下流 (mg/l)	NH_4-N 上流 (mg/l)	NH_4-N 下流 (mg/l)	TP 上流 (mg/l)	TP 下流 (mg/l)	P-TP 上流 (mg/l)	P-TP 下流 (mg/l)	PO_4-P 上流 (mg/l)	PO_4-P 下流 (mg/l)
21:00	0.100	0.100	11.9	9.5	2.2	1.8	2.16	1.94	0.19	0.16	1.850	1.680	0.025	0.025	0.100	0.074	0.141	0.114	0.052	0.044	0.088	0.070
0:00			9.3	9.8	2.2	1.5	2.30	2.01	0.18	0.45	2.02	1.460	0.026	0.023	0.075	0.075	0.126	0.115	0.047	0.046	0.079	0.069
3:00			12.0	9.8	2.1	2.0	2.39	2.06	0.84	0.39	1.400	1.590	0.024	0.023	0.127	0.055	0.118	0.098	0.049	0.037	0.069	0.061
6:00			13.3	10.4	1.5	1.8	2.23	1.93	0.50	0.20	1.550	1.610	0.027	0.024	0.157	0.092	0.119	0.098	0.048	0.037	0.071	0.061
9:00			12.9	13.8	1.3	2.4	2.11	1.76	0.75	0.18	1.200	1.440	0.025	0.027	0.140	0.110	0.115	0.108	0.044	0.045	0.071	0.063
12:00			17.0	9.9	2.2	1.7	2.03	1.77	0.54	0.18	1.310	1.490	0.028	0.024	0.157	0.078	0.128	0.100	0.060	0.037	0.068	0.063
15:00			21.1	16.3	2.8	2.9	2.02	1.59	1.07	0.67	0.691	0.728	0.031	0.027	0.226	0.162	0.140	0.124	0.072	0.057	0.069	0.067
18:00			19.5	16.6	2.7	3.3	2.03	1.64	0.78	0.51	1.030	0.922	0.032	0.031	0.188	0.176	0.149	0.127	0.074	0.057	0.075	0.070
21:00			15.8	16.8	1.9	2.8	1.72	1.66	0.50	0.33	1.040	1.150	0.030	0.030	0.155	0.147	0.142	0.138	0.070	0.070	0.072	0.068

時間帯	3時間 流量 (m^3)	3時間 流量 (m^3)	SS 上流 (mg/l)	SS 下流 (mg/l)	TOC 上流 (kg/日)	TOC 下流 (kg/日)	TN 上流 (kg/日)	TN 下流 (kg/日)	P-TN 上流 (kg/日)	P-TN 下流 (kg/日)	NO_3-N 上流 (kg/日)	NO_3-N 下流 (kg/日)	NO_2-N 上流 (kg/日)	NO_2-N 下流 (kg/日)	NH_4-N 上流 (kg/日)	NH_4-N 下流 (kg/日)	TP 上流 (kg/日)	TP 下流 (kg/日)	P-TP 上流 (kg/日)	P-TP 下流 (kg/日)	PO_4-P 上流 (kg/日)	PO_4-P 下流 (kg/日)
21:00 ～ 0:00	1080	1080	11.4	10.4	2.4	1.8	2.41	2.13	0.20	0.33	2.090	1.696	0.028	0.026	0.095	0.080	0.144	0.124	0.054	0.049	0.090	0.075
0:00 ～ 3:00	1080	1080	11.5	10.5	2.3	1.9	2.53	2.20	0.55	0.46	1.847	1.647	0.027	0.025	0.109	0.070	0.132	0.115	0.052	0.045	0.080	0.070
3:00 ～ 6:00	1080	1080	13.6	10.9	1.9	2.1	2.49	2.15	0.72	0.32	1.593	1.728	0.028	0.025	0.153	0.079	0.128	0.106	0.052	0.040	0.075	0.066
6:00 ～ 9:00	1080	1080	14.1	13.0	1.5	2.3	2.34	1.99	0.67	0.21	1.485	1.647	0.028	0.028	0.160	0.109	0.126	0.111	0.050	0.044	0.077	0.067
9:00 ～ 12:00	1080	1080	16.1	12.8	1.9	2.2	2.24	1.91	0.69	0.19	1.355	1.582	0.029	0.028	0.160	0.102	0.131	0.112	0.056	0.044	0.075	0.068
12:00 ～ 15:00	1080	1080	20.6	14.1	2.7	2.5	2.19	1.81	0.87	0.46	1.081	1.198	0.032	0.028	0.207	0.130	0.145	0.121	0.071	0.051	0.074	0.070
15:00 ～ 18:00	1080	1080	21.9	17.8	3.0	3.3	2.19	1.74	1.00	0.64	0.929	0.891	0.034	0.031	0.224	0.183	0.156	0.135	0.079	0.061	0.078	0.074
18:00 ～ 21:00	1080	1080	19.0	18.0	2.5	3.3	2.03	1.78	0.69	0.46	1.118	1.119	0.033	0.033	0.185	0.174	0.157	0.143	0.078	0.069	0.079	0.074
総量	8640	8640	128.3	107.5	18.2	19.3	18.41	15.72	5.38	3.07	11.5	11.5	0.238	0.223	1.293	0.927	1.120	0.968	0.492	0.402	0.628	0.566
収支（上流－下流）	kg/日	kg/日		20.9		-1.1		2.7		2.3		0.0		0.0		0.4		0.2		0.1		0.1

附表　平常時水質調査結果一覧表2回目（平14．7．27～28）

河川B

採水時刻	上流流量 (m^3)/s	下流流量 (m^3)/s	SS 上流 (mg/l)	SS 下流 (mg/l)	TOC 上流 (mg/l)	TOC 下流 (mg/l)	TN 上流 (mg/l)	TN 下流 (mg/l)	P-TN 上流 (mg/l)	P-TN 下流 (mg/l)	NO_3-N 上流 (mg/l)	NO_3-N 下流 (mg/l)	NO_2-N 上流 (mg/l)	NO_2-N 下流 (mg/l)	NH_4-N 上流 (mg/l)	NH_4-N 下流 (mg/l)	TP 上流 (mg/l)	TP 下流 (mg/l)	P-TP 上流 (mg/l)	P-TP 下流 (mg/l)	PO_4-P 上流 (mg/l)	PO_4-P 下流 (mg/l)
21:00	0.100	0.100	6.6	9.6	1.7	2.3	1.13	1.36	0.11	0.49	0.910	0.799	0.015	0.015	0.095	0.054	0.147	0.150	0.044	0.043	0.103	0.107
0:00			6.0	12.8	2.1	2.3	1.22	1.22	0.28	0.33	0.85	0.825	0.016	0.015	0.078	0.049	0.112	0.127	0.037	0.042	0.076	0.086
3:00			6.3	9.4	2.3	2.2	1.26	1.27	0.24	0.51	0.925	0.690	0.017	0.014	0.079	0.058	0.092	0.104	0.032	0.038	0.061	0.065
6:00			7.1	9.6	2.2	1.9	1.37	1.26	0.34	0.36	0.935	0.832	0.017	0.016	0.077	0.052	0.086	0.091	0.032	0.034	0.055	0.057
9:00			7.4	6.4	1.6	1.7	1.28	1.11	0.36	0.41	0.820	0.661	0.016	0.014	0.089	0.029	0.084	0.085	0.034	0.026	0.050	0.059
12:00			8.9	7.1	2.2	2.2	1.19	0.93	0.38	0.20	0.714	0.677	0.014	0.013	0.082	0.040	0.095	0.095	0.039	0.028	0.055	0.066
15:00			8.0	6.4	1.9	2.0	1.00	0.86	0.25	0.34	0.668	0.470	0.013	0.012	0.072	0.045	0.115	0.118	0.035	0.032	0.080	0.086
18:00			7.8	10.6	2.1	2.2	1.04	0.92	0.28	0.33	0.680	0.531	0.015	0.013	0.067	0.045	0.135	0.140	0.034	0.038	0.101	0.102
21:00			7.3	16.3	2.0	2.6	1.09	1.01	0.35	0.30	0.661	0.612	0.015	0.015	0.064	0.082	0.142	0.172	0.036	0.059	0.106	0.113

時間帯	3時間流量 (m^3)	3時間流量 (m^3)	SS 上流 (kg/日)	SS 下流 (kg/日)	TOC 上流 (kg/日)	TOC 下流 (kg/日)	TN 上流 (kg/日)	TN 下流 (kg/日)	P-TN 上流 (kg/日)	P-TN 下流 (kg/日)	NO_3-N 上流 (kg/日)	NO_3-N 下流 (kg/日)	NO_2-N 上流 (kg/日)	NO_2-N 下流 (kg/日)	NH_4-N 上流 (kg/日)	NH_4-N 下流 (kg/日)	TP 上流 (kg/日)	TP 下流 (kg/日)	P-TP 上流 (kg/日)	P-TP 下流 (kg/日)	PO_4-P 上流 (kg/日)	PO_4-P 下流 (kg/日)
21:00 ～ 0:00	1080	1080	6.8	12.1	2.1	2.5	1.27	1.39	0.21	0.44	0.948	0.877	0.017	0.016	0.093	0.056	0.140	0.150	0.044	0.046	0.096	0.104
0:00 ～ 3:00	1080	1080	6.6	11.9	2.4	2.4	1.34	1.34	0.28	0.45	0.956	0.818	0.018	0.016	0.085	0.058	0.110	0.125	0.037	0.043	0.074	0.082
3:00 ～ 6:00	1080	1080	7.2	10.3	2.4	2.2	1.42	1.37	0.31	0.47	1.004	0.822	0.018	0.016	0.084	0.059	0.096	0.105	0.034	0.039	0.062	0.066
6:00 ～ 9:00	1080	1080	7.8	8.6	2.1	1.9	1.43	1.28	0.38	0.41	0.948	0.806	0.018	0.016	0.090	0.044	0.092	0.095	0.036	0.032	0.057	0.063
9:00 ～ 12:00	1080	1080	8.8	7.3	2.1	2.1	1.33	1.10	0.40	0.33	0.828	0.723	0.016	0.015	0.092	0.037	0.097	0.097	0.040	0.029	0.057	0.068
12:00 ～ 15:00	1080	1080	9.1	7.3	2.2	2.3	1.18	0.97	0.34	0.29	0.746	0.619	0.015	0.014	0.083	0.046	0.113	0.115	0.040	0.033	0.073	0.082
15:00 ～ 18:00	1080	1080	8.5	9.2	2.2	2.3	1.10	0.96	0.28	0.36	0.728	0.541	0.015	0.014	0.075	0.049	0.135	0.139	0.037	0.038	0.098	0.101
18:00 ～ 21:00	1080	1080	8.1	14.5	2.2	2.6	1.15	1.04	0.34	0.34	0.724	0.617	0.016	0.015	0.071	0.069	0.150	0.168	0.038	0.053	0.112	0.116
総量	8640	8640	63.0	81.2	17.6	18.3	10.23	9.46	2.54	3.10	6.9	5.8	0.133	0.121	0.673	0.417	0.933	0.993	0.305	0.313	0.628	0.681
収支（上流－下流）	kg/日	kg/日		−18.2		−0.8		0.8		−0.6		1.1		0.0		0.3		−0.1		0.0		−0.1

河川C

採水時刻	上流流量 (m^3)/s	下流流量 (m^3)/s	SS 上流 (kg/日)	SS 下流 (kg/日)	TOC 上流 (mg/l)	TOC 下流 (mg/l)	TN 上流 (mg/l)	TN 下流 (mg/l)	P-TN 上流 (mg/l)	P-TN 下流 (mg/l)	NO_3-N 上流 (mg/l)	NO_3-N 下流 (mg/l)	NO_2-N 上流 (mg/l)	NO_2-N 下流 (mg/l)	NH_4-N 上流 (mg/l)	NH_4-N 下流 (mg/l)	TP 上流 (mg/l)	TP 下流 (mg/l)	P-TP 上流 (mg/l)	P-TP 下流 (mg/l)	PO_4-P 上流 (mg/l)	PO_4-P 下流 (mg/l)
21:00	0.100	0.100	5.0	6.4	1.6	1.3	1.13	1.06	0.12	0.22	0.937	0.783	0.015	0.015	0.058	0.046	0.138	0.140	0.041	0.040	0.097	0.099
0:00			6.5	6.0	1.1	1.2	1.13	1.20	0.11	0.22	0.95	0.910	0.014	0.015	0.057	0.057	0.111	0.116	0.039	0.041	0.072	0.074
3:00			6.4	6.0	1.3	1.1	1.22	1.16	0.19	0.15	0.964	0.942	0.016	0.014	0.053	0.052	0.090	0.095	0.032	0.031	0.058	0.064
6:00			7.4	5.3	1.0	1.7	1.16	1.11	0.08	0.15	0.987	0.913	0.017	0.015	0.077	0.030	0.087	0.076	0.038	0.024	0.049	0.052
9:00			7.4	3.9	1.1	1.6	1.10	1.03	0.06	0.19	0.967	0.787	0.016	0.014	0.062	0.040	0.083	0.082	0.035	0.021	0.048	0.061
12:00			9.0	4.8	1.1	2.0	1.02	0.93	0.14	0.15	0.810	0.725	0.014	0.012	0.057	0.047	0.094	0.101	0.037	0.031	0.057	0.069
15:00			7.5	5.1	1.3	1.8	0.97	0.88	0.18	0.29	0.718	0.535	0.013	0.010	0.057	0.048	0.114	0.110	0.034	0.025	0.080	0.085
18:00			7.6	6.0	1.3	2.2	0.93	0.94	0.12	0.23	0.753	0.651	0.015	0.012	0.047	0.048	0.133	0.125	0.034	0.026	0.099	0.099
21:00			7.3	11.0	1.5	2.4	1.05	1.06	0.19	0.23	0.782	0.770	0.015	0.015	0.061	0.049	0.135	0.139	0.032	0.041	0.103	0.098

時間帯	3時間流量 (m^3)	3時間流量 (m^3)	SS 上流 (kg/日)	SS 下流 (kg/日)	TOC 上流 (kg/日)	TOC 下流 (kg/日)	TN 上流 (kg/日)	TN 下流 (kg/日)	P-TN 上流 (kg/日)	P-TN 下流 (kg/日)	NO_3-N 上流 (kg/日)	NO_3-N 下流 (kg/日)	NO_2-N 上流 (kg/日)	NO_2-N 下流 (kg/日)	NH_4-N 上流 (kg/日)	NH_4-N 下流 (kg/日)	TP 上流 (kg/日)	TP 下流 (kg/日)	P-TP 上流 (kg/日)	P-TP 下流 (kg/日)	PO_4-P 上流 (kg/日)	PO_4-P 下流 (kg/日)
21:00 ～ 0:00	1080	1080	6.2	6.7	1.5	1.4	1.22	1.22	0.12	0.23	1.020	0.914	0.016	0.016	0.062	0.056	0.134	0.138	0.043	0.044	0.091	0.094
0:00 ～ 3:00	1080	1080	7.0	6.5	1.3	1.2	1.27	1.27	0.16	0.20	1.035	1.000	0.016	0.016	0.059	0.059	0.108	0.114	0.038	0.039	0.070	0.075
3:00 ～ 6:00	1080	1080	7.4	6.1	1.2	1.5	1.29	1.23	0.14	0.16	1.054	1.002	0.018	0.016	0.070	0.044	0.095	0.093	0.038	0.030	0.057	0.063
6:00 ～ 9:00	1080	1080	8.0	4.9	1.1	1.8	1.22	1.16	0.07	0.18	1.055	0.918	0.018	0.016	0.075	0.038	0.092	0.086	0.040	0.024	0.052	0.061
9:00 ～ 12:00	1080	1080	8.8	4.7	1.2	1.9	1.14	1.06	0.10	0.18	0.960	0.816	0.016	0.014	0.064	0.047	0.096	0.099	0.039	0.028	0.057	0.071
12:00 ～ 15:00	1080	1080	8.9	5.3	1.3	2.1	1.07	0.98	0.17	0.24	0.825	0.680	0.015	0.012	0.062	0.051	0.112	0.114	0.038	0.030	0.074	0.083
15:00 ～ 18:00	1080	1080	8.2	6.0	1.4	2.2	1.03	0.98	0.16	0.28	0.794	0.640	0.015	0.012	0.056	0.052	0.133	0.127	0.037	0.028	0.097	0.099
18:00 ～ 21:00	1080	1080	8.0	9.2	1.5	2.5	1.07	1.08	0.17	0.24	0.829	0.767	0.016	0.015	0.058	0.052	0.144	0.143	0.036	0.036	0.109	0.107
総量	8640	8640	62.5	49.3	10.5	14.5	9.31	8.98	1.10	1.72	7.6	6.7	0.130	0.116	0.507	0.399	0.914	0.912	0.308	0.260	0.606	0.653
収支（上流－下流）	kg/日	kg/日		13.2		−4.0		0.3		−0.6		0.8		0.0		0.1		0.0		0.0		0.0

附表　平常時水質調査結果一覧表3回目（平14．7．31～8．1）

河川B

採水時刻	上流流量 (m^3)/s	下流流量 (m^3)/s	SS 上流 (mg/l)	SS 下流 (mg/l)	TOC 上流 (mg/l)	TOC 下流 (mg/l)	TN 上流 (mg/l)	TN 下流 (mg/l)	P-TN 上流 (mg/l)	P-TN 下流 (mg/l)	NO_3-N 上流 (mg/l)	NO_3-N 下流 (mg/l)	NO_2-N 上流 (mg/l)	NO_2-N 下流 (mg/l)	NH_4-N 上流 (mg/l)	NH_4-N 下流 (mg/l)	TP 上流 (mg/l)	TP 下流 (mg/l)	P-TP 上流 (mg/l)	P-TP 下流 (mg/l)	PO_4-P 上流 (mg/l)	PO_4-P 下流 (mg/l)
21:00	0.100	0.100	8.1	6.5	2.3	2.2	1.18	1.07	0.36	0.37	0.741	0.610	0.021	0.020	0.054	0.072	0.145	0.147	0.037	0.025	0.107	0.122
0:00			7.3	6.1	2.3	1.6	1.29	1.15	0.53	0.34	0.68	0.726	0.024	0.020	0.054	0.063	0.126	0.127	0.036	0.033	0.090	0.094
3:00			6.8	5.8	2.0	1.5	1.53	1.35	0.23	0.25	1.180	1.000	0.044	0.029	0.076	0.068	0.099	0.095	0.039	0.027	0.060	0.068
6:00			8.3	6.6	1.8	1.3	1.51	1.43	0.30	0.25	1.100	1.090	0.045	0.037	0.063	0.057	0.094	0.082	0.035	0.026	0.059	0.056
9:00			9.1	4.8	1.9	1.5	1.51	1.24	0.41	0.10	0.991	1.070	0.039	0.034	0.073	0.039	0.101	0.081	0.039	0.021	0.061	0.060
12:00			12.8	9.0	1.5	1.5	1.42	1.45	0.32	0.45	0.996	0.920	0.035	0.029	0.069	0.048	0.115	0.099	0.051	0.027	0.065	0.072
15:00			14.0	6.8	1.7	1.9	1.29	1.23	0.34	0.24	0.848	0.901	0.025	0.023	0.076	0.067	0.156	0.128	0.056	0.032	0.099	0.096
18:00			9.4	6.5	2.2	1.8	1.25	1.18	0.41	0.28	0.744	0.816	0.029	0.022	0.072	0.061	0.175	0.159	0.050	0.039	0.125	0.120
21:00			7.1	12.6	1.7	2.4	1.50	1.50	0.23	0.42	1.140	0.964	0.032	0.027	0.095	0.088	0.182	0.194	0.046	0.054	0.136	0.140

時間帯	3時間流量 (m^3)	3時間流量 (m^3)	SS 上流 (kg/日)	SS 下流 (kg/日)	TOC 上流 (kg/日)	TOC 下流 (kg/日)	TN 上流 (kg/日)	TN 下流 (kg/日)	P-TN 上流 (kg/日)	P-TN 下流 (kg/日)	NO_3-N 上流 (kg/日)	NO_3-N 下流 (kg/日)	NO_2-N 上流 (kg/日)	NO_2-N 下流 (kg/日)	NH_4-N 上流 (kg/日)	NH_4-N 下流 (kg/日)	TP 上流 (kg/日)	TP 下流 (kg/日)	P-TP 上流 (kg/日)	P-TP 下流 (kg/日)	PO_4-P 上流 (kg/日)	PO_4-P 下流 (kg/日)
21:00 ～ 0:00	1080	1080	8.3	6.8	2.5	2.1	1.33	1.20	0.48	0.38	0.766	0.721	0.024	0.022	0.058	0.073	0.146	0.148	0.039	0.031	0.107	0.116
0:00 ～ 3:00	1080	1080	7.6	6.4	2.3	1.7	1.52	1.35	0.41	0.32	1.003	0.932	0.037	0.026	0.070	0.071	0.122	0.120	0.040	0.033	0.081	0.087
3:00 ～ 6:00	1080	1080	8.1	6.7	2.1	1.5	1.64	1.50	0.29	0.27	1.231	1.129	0.048	0.036	0.075	0.068	0.104	0.096	0.040	0.029	0.065	0.067
6:00 ～ 9:00	1080	1080	9.4	6.1	2.0	1.5	1.63	1.44	0.38	0.19	1.129	1.166	0.045	0.038	0.073	0.052	0.105	0.088	0.040	0.026	0.065	0.063
9:00 ～ 12:00	1080	1080	11.8	7.4	1.8	1.6	1.58	1.45	0.39	0.30	1.073	1.075	0.040	0.034	0.077	0.047	0.117	0.097	0.049	0.026	0.068	0.071
12:00 ～ 15:00	1080	1080	14.4	8.5	1.7	1.8	1.46	1.45	0.36	0.37	0.996	0.983	0.032	0.028	0.078	0.062	0.146	0.122	0.058	0.032	0.089	0.091
15:00 ～ 18:00	1080	1080	12.6	7.2	2.1	2.0	1.37	1.30	0.40	0.28	0.860	0.927	0.029	0.024	0.080	0.069	0.178	0.155	0.058	0.038	0.121	0.117
18:00 ～ 21:00	1080	1080	8.9	10.3	2.1	2.3	1.49	1.45	0.34	0.38	1.017	0.961	0.033	0.026	0.090	0.080	0.193	0.191	0.052	0.050	0.141	0.140
総量	8640	8640	81.1	59.5	16.6	14.5	12.03	11.14	3.06	2.49	8.1	7.9	0.289	0.235	0.602	0.522	1.111	1.016	0.375	0.265	0.736	0.751
収支（上流－下流）	kg/日	kg/日		21.7		2.2		0.9		0.6		0.2		0.1		0.1		0.1		0.1		0.0

河川C

採水時刻	上流流量 (m^3)/s	下流流量 (m^3)/s	SS 上流 (kg/日)	SS 下流 (kg/日)	TOC 上流 (mg/l)	TOC 下流 (mg/l)	TN 上流 (mg/l)	TN 下流 (mg/l)	P-TN 上流 (mg/l)	P-TN 下流 (mg/l)	NO_3-N 上流 (mg/l)	NO_3-N 下流 (mg/l)	NO_2-N 上流 (mg/l)	NO_2-N 下流 (mg/l)	NH_4-N 上流 (mg/l)	NH_4-N 下流 (mg/l)	TP 上流 (mg/l)	TP 下流 (mg/l)	P-TP 上流 (mg/l)	P-TP 下流 (mg/l)	PO_4-P 上流 (mg/l)	PO_4-P 下流 (mg/l)
21:00	0.100	0.100	8.9	9.3	1.5	1.7	1.25	1.18	0.48	0.26	0.675	0.810	0.020	0.022	0.073	0.091	0.150	0.150	0.043	0.036	0.107	0.114
0:00			8.8	9.5	1.6	2.2	1.30	1.24	0.21	0.22	1.00	0.904	0.023	0.021	0.067	0.092	0.127	0.130	0.040	0.040	0.087	0.090
3:00			6.4	8.3	1.6	2.2	1.73	1.38	0.58	0.20	1.060	1.060	0.043	0.032	0.049	0.090	0.096	0.101	0.038	0.034	0.058	0.067
6:00			8.4	8.4	1.6	1.7	1.59	1.50	0.26	0.21	1.210	1.200	0.042	0.041	0.078	0.051	0.098	0.081	0.039	0.027	0.058	0.054
9:00			9.9	8.5	1.5	1.7	1.62	1.31	0.37	0.17	1.130	1.060	0.042	0.037	0.080	0.047	0.104	0.090	0.043	0.026	0.061	0.064
12:00			13.6	9.8	1.5	1.6	1.52	1.34	0.38	0.25	0.993	0.979	0.034	0.028	0.111	0.079	0.119	0.110	0.052	0.031	0.067	0.079
15:00			13.4	9.1	1.8	1.8	1.29	1.24	0.24	0.24	0.940	0.905	0.026	0.023	0.080	0.071	0.165	0.140	0.065	0.041	0.100	0.100
18:00			9.4	9.4	1.9	2.7	1.30	1.21	0.37	0.36	0.820	0.748	0.027	0.022	0.081	0.077	0.176	0.169	0.056	0.045	0.119	0.125
21:00			7.4	17.3	2.1	1.9	1.58	1.48	0.35	0.39	1.110	0.965	0.032	0.029	0.092	0.099	0.180	0.199	0.050	0.058	0.130	0.142

時間帯	3時間流量 (m^3)	3時間流量 (m^3)	SS 上流 (kg/日)	SS 下流 (kg/日)	TOC 上流 (kg/日)	TOC 下流 (kg/日)	TN 上流 (kg/日)	TN 下流 (kg/日)	P-TN 上流 (kg/日)	P-TN 下流 (kg/日)	NO_3-N 上流 (kg/日)	NO_3-N 下流 (kg/日)	NO_2-N 上流 (kg/日)	NO_2-N 下流 (kg/日)	NH_4-N 上流 (kg/日)	NH_4-N 下流 (kg/日)	TP 上流 (kg/日)	TP 下流 (kg/日)	P-TP 上流 (kg/日)	P-TP 下流 (kg/日)	PO_4-P 上流 (kg/日)	PO_4-P 下流 (kg/日)
21:00 ～ 0:00	1080	1080	9.5	10.1	1.7	2.1	1.38	1.31	0.37	0.26	0.905	0.926	0.023	0.023	0.076	0.099	0.150	0.152	0.045	0.041	0.105	0.110
0:00 ～ 3:00	1080	1080	8.2	9.6	1.7	2.4	1.64	1.41	0.43	0.23	1.112	1.061	0.036	0.029	0.063	0.098	0.121	0.125	0.042	0.040	0.078	0.085
3:00 ～ 6:00	1080	1080	8.0	9.0	1.7	2.1	1.79	1.56	0.45	0.22	1.226	1.220	0.046	0.039	0.069	0.076	0.105	0.098	0.042	0.033	0.063	0.065
6:00 ～ 9:00	1080	1080	9.9	9.1	1.7	1.8	1.73	1.52	0.34	0.20	1.264	1.220	0.045	0.042	0.085	0.053	0.109	0.092	0.044	0.029	0.065	0.064
9:00 ～ 12:00	1080	1080	12.7	9.9	1.6	1.8	1.70	1.43	0.41	0.23	1.146	1.101	0.041	0.035	0.103	0.068	0.120	0.108	0.051	0.031	0.069	0.077
12:00 ～ 15:00	1080	1080	14.6	10.2	1.8	1.8	1.52	1.39	0.34	0.27	1.044	1.017	0.032	0.028	0.103	0.081	0.153	0.135	0.063	0.039	0.090	0.096
15:00 ～ 18:00	1080	1080	12.3	10.0	2.0	2.4	1.40	1.32	0.33	0.33	0.950	0.893	0.029	0.024	0.087	0.080	0.184	0.167	0.066	0.046	0.118	0.121
18:00 ～ 21:00	1080	1080	9.0	14.4	2.2	2.5	1.56	1.45	0.39	0.41	1.042	0.925	0.032	0.028	0.093	0.095	0.192	0.199	0.057	0.055	0.135	0.144
総量	8640	8640	84.1	82.2	14.4	17.0	12.71	11.39	3.05	2.13	8.7	8.4	0.284	0.248	0.679	0.650	1.133	1.077	0.410	0.314	0.723	0.762
収支（上流－下流）	kg/日	kg/日		1.9		-2.6		1.3		0.9		0.3		0.0		0.0		0.1		0.1		0.0

附表　平成14年度　平常時水質負荷量収支一覧表（流量0.1m^3/として計算）

河川B

平常時調査	負荷量、変化量	単位	SS	TOC	TN	PTN	NO_3-N	NO_2-N	NH_4-N	TP	PTP	PO_4-P
第1回	上流	(kg/日)	125.5	27.1	19.0	6.5	11.0	0.2	1.3	1.1	0.5	0.6
	下流		100.9	25.5	16.8	5.5	10.2	0.2	0.9	1.0	0.4	0.6
	(上流－下流)		24.611	1.566	2.268	1.004	0.835	0.013	0.416	0.170	0.103	0.067
	(上流-下流)/(上流)×100	(%)	19.6	5.8	11.9	15.4	7.6	5.5	32.2	15.1	21.3	10.5
第2回	上流	(kg/日)	63.0	17.6	10.2	2.5	6.9	0.1	0.7	0.9	0.3	0.6
	下流		81.2	18.3	9.5	3.1	5.8	0.1	0.4	1.0	0.3	0.7
	(上流－下流)		-18.239	-0.756	0.770	-0.559	1.061	0.012	0.257	-0.060	-0.007	-0.053
	(上流-下流)/(上流)×100	(%)	-29.0	-4.3	7.5	-22.0	15.4	8.9	38.1	-6.4	-2.4	-8.4
第3回	上流	(kg/日)	81.1	16.6	12.0	3.1	8.1	0.3	0.6	1.1	0.4	0.7
	下流		59.5	14.5	11.1	2.5	7.9	0.2	0.5	1.0	0.3	0.8
	(上流－下流)		21.668	2.160	0.891	0.576	0.181	0.054	0.080	0.095	0.110	-0.015
	(上流-下流)/(上流)×100	(%)	26.7	13.0	7.4	18.8	2.2	18.7	13.4	8.5	29.3	-2.1
第1～3回平均	上流	(kg/日)	89.9	20.4	13.8	4.0	8.7	0.2	0.9	1.1	0.4	0.7
	下流		80.5	19.4	12.5	3.7	8.0	0.2	0.6	1.0	0.3	0.7
	(上流－下流)		9.347	0.990	1.310	0.340	0.692	0.026	0.251	0.068	0.069	0.000
	(上流-下流)/(上流)×100	(%)	10.4	4.8	9.5	8.4	8.0	12.0	29.3	6.5	17.7	0.0

河川C

平常時調査	負荷量、変化量	単位	SS	TOC	TN	PTN	NO_3-N	NO_2-N	NH_4-N	TP	PTP	PO_4-P
第1回	上流	(kg/日)	128.3	18.2	18.4	5.4	11.5	0.2	1.3	1.1	0.5	0.6
	下流		107.5	19.3	15.7	3.1	11.5	0.2	0.9	1.0	0.4	0.6
	(上流－下流)		20.858	-1.134	2.689	2.318	-0.010	0.015	0.366	0.152	0.090	0.062
	(上流-下流)/(上流)×100	(%)	16.3	-6.2	14.6	43.0	-0.1	6.3	28.3	13.6	18.2	9.9
第2回	上流	(kg/日)	62.5	10.5	9.3	1.1	7.6	0.1	0.5	0.9	0.3	0.6
	下流		49.3	14.5	9.0	1.7	6.7	0.1	0.4	0.9	0.3	0.7
	(上流－下流)		13.163	-3.996	0.336	-0.619	0.833	0.014	0.108	0.002	0.048	-0.047
	(上流-下流)/(上流)×100	(%)	21.1	-37.9	3.6	-56.0	11.0	10.8	21.3	0.2	15.7	-7.7
第3回	上流	(kg/日)	84.1	14.4	12.7	3.1	8.7	0.3	0.7	1.1	0.4	0.7
	下流		82.2	17.0	11.4	2.1	8.4	0.2	0.7	1.1	0.3	0.8
	(上流－下流)		1.890	-2.592	1.312	0.921	0.326	0.036	0.029	0.056	0.095	-0.039
	(上流-下流)/(上流)×100	(%)	2.2	-18.0	10.3	30.2	3.8	12.7	4.2	5.0	23.2	-5.4
第1～3回平均	上流	(kg/日)	91.6	14.4	13.5	3.2	9.3	0.2	0.8	1.1	0.4	0.7
	下流		79.7	16.9	12.0	2.3	8.9	0.2	0.7	1.0	0.3	0.7
	(上流－下流)		11.970	-2.574	1.446	0.873	0.383	0.022	0.168	0.070	0.078	-0.008
	(上流-下流)/(上流)×100	(%)	13.1	-17.9	10.7	27.5	4.1	10.0	20.3	6.6	19.3	-1.2

平常時調査	負荷量、変化量	単位	SS	TOC	TN	PTN	NO_3-N	NO_2-N	NH_4-N	TP	PTP	PO_4-P
全平均	上流	(kg/日)	90.8	17.4	13.6	3.6	9.0	0.2	0.8	1.1	0.4	0.7
	下流		80.1	18.2	12.2	3.0	8.4	0.2	0.6	1.0	0.3	0.7
	(上流－下流)		10.658	-0.792	1.378	0.607	0.538	0.024	0.209	0.069	0.073	-0.004
	(上流-下流)/(上流)×100	(%)	11.7	-4.6	10.1	16.8	6.0	11.0	24.9	6.6	18.5	-0.6

水質変化量と流下固形物変化量の比較（1日あたり）

区　分		単位	SS	TOC	TN	TP
水質収支量	(上流－下流)	(kg/日)	10.7	(0.8)	1.4	0.069
流下固形物収支量	(上流－下流)	(kg/日)	0.25	0.1	0.006	0.0006
(流下固形物収支量) ／ (水質収支量)		(%)	2.32	-12.0	0.46	0.81

注）流下固形物の乾燥重量はSS、CはTOC、NはTN、PはTPとして比較した。

附表　平常時流下固形物調査一覧表１回目（平14.7.12～13）

実験河川B

地点	区分	採取時間	開始時刻	終了時刻	湿重量 (g)	乾重量 (g)	C (mg/g)	N (mg/g)	P (mg/g)	C (g)	N (g)	P (g)
最上流地点(No.1)	1	3	20:00	23:00	52	7	335	22.2	2.1	2.4	0.16	0.01
	2	3	9:10	12:10	51	7	405	21.2	1.2	2.8	0.15	0.01
	合計				104	14				5.2	0.31	0.02
	１日当たりの換算値				414	57				20.9	1.23	0.09
最下流地点(No.5)	1	6	20:00	2:00	682	58	342	20.4	1.1	19.8	1.18	0.06
	2	6	2:00	8:00	588	57	315	18.8	1.3	18.0	1.08	0.07
	3	6	8:00	14:00	529	65	312	18.6	1.6	20.2	1.21	0.10
	4	6	14:00	20:00	810	85	313	20.1	1.6	26.7	1.71	0.14
	合計				2,608	265				84.8	5.18	0.38
	１日当たりの換算値				2,608	265				84.8	5.18	0.38
変化量（下流－上流）（g/日）						209				63.9	3.95	0.28

※最上流は実験河川Bのみ実施：夜間３時間、日中３時間

実験河川C

地点	区分	採取時間	開始時刻	終了時刻	湿重量 (g)	乾重量 (g)	C (mg/g)	N (mg/g)	P (mg/g)	C (g)	N (g)	P (g)
最上流地点(No.1)	1											
	2											
最下流地点(No.5)	1	6	20:15	2:15	780	70	302	21.4	2.2	21.1	1.49	0.16
	2	6	2:15	8:15	742	74	299	21.2	1.8	22.1	1.56	0.13
	3	6	8:15	14:15	485	50	335	21.2	1.5	16.7	1.06	0.08
	4	6	14:15	20:15	812	87	325	20.2	2.1	28.3	1.76	0.18
	合計				2,819	281				88.2	5.87	0.55
	１日当たりの換算値				2,819	281				88.2	5.87	0.55
変化量（下流－上流）（g/日）						224				67.2	4.64	0.46

※最上流は実験河川Bの値を代入して算出

附表　平常時流下固形物調査一覧表２回目（平14.7.27～28）

実験河川B

地点	区分	採取時間	開始時刻	終了時刻	湿重量 (g)	乾重量 (g)	C (mg/g)	N (mg/g)	P (mg/g)	C (g)	N (g)	P (g)
最上流地点(No.1)	1											
	2											
最下流地点(No.5)	1	3	20:00	23:00	480	56	361	22.1	1.4	20.2	1.24	0.08
	2	3	2:00	5:00	400	46	324	20.9	1.7	15.0	0.97	0.08
	3	3	8:00	11:00	338	48	355	18.7	1.6	17.1	0.90	0.08
	4	3	14:00	17:00	475	62	376	19.9	1.5	23.3	1.23	0.10
	合計				1,692	212				75.6	4.34	0.33
	１日当たりの換算値				3,384	425				151.1	8.67	0.65
変化量（下流－上流）（g/日）						352				132.7	7.11	0.52

※最上流は実験河川Cの値を代入して算出

実験河川C

地点	区分	採取時間	開始時刻	終了時刻	湿重量 (g)	乾重量 (g)	C (mg/g)	N (mg/g)	P (mg/g)	C (g)	N (g)	P (g)
最上流地点(No.1)	1	3	20:00	23:00	48	9	278	21.2	1.7	2.5	0.19	0.02
	2	3	8:00	11:00	91	9	229	21.8	1.9	2.1	0.20	0.02
	合計				138	18				4.6	0.39	0.03
	１日当たりの換算値				553	73				18.4	1.56	0.13
最下流地点(No.5)	1	3	20:15	2:15	569	62	321	25.2	2.5	20.0	1.57	0.15
	2	3	2:15	8:15	300	31	368	29.9	2.6	11.3	0.92	0.08
	3	3	8:15	14:15	292	23	342	26.0	2.1	7.8	0.59	0.05
	4	3	14:15	20:15	445	52	372	22.4	1.8	19.3	1.16	0.10
	合計				1,606	168				58.5	4.25	0.38
	１日当たりの換算値				3,212	336				116.9	8.50	0.75
変化量（下流－上流）（g/日）						263				98.5	6.94	0.62

※最上流は実験河川Cのみ実施：夜間３時間、日中３時間

附表　平常時流下固形物調査一覧表３回目（平14.7.31～8.1）

実験河川B

地点	区分	採取時間	開始時刻	終了時刻	湿重量 (g)	乾重量 (g)	C (mg/g)	N (mg/g)	P (mg/g)	C (g)	N (g)	P (g)
最上流地点(No.1)	1	3	20:00	23:00	41	7	286	32.0	2.3	2.0	0.22	0.02
	2	3	8:00	11:00	44	7	345	24.3	2.4	2.5	0.18	0.02
	合計				86	14				4.5	0.40	0.03
	１日当たりの換算値				343	57				17.9	1.59	0.13
最下流地点(No.5)	1	3	20:00	23:00	277	39	376	21.0	1.6	14.7	0.82	0.06
	2	3	2:00	5:00	268	36	362	21.2	1.4	13.1	0.77	0.05
	3	3	8:00	11:00	277	32	344	20.6	1.5	11.1	0.67	0.05
	4	3	14:00	17:00	472	64	351	22.7	1.4	22.6	1.46	0.09
	合計				1,294	172				61.5	3.72	0.25
	１日当たりの換算値				2,588	344				123.1	7.44	0.50
変化量（下流－上流）（g/日）						288				105.2	5.85	0.37

※最上流は実験河川Bのみ実施：夜間３時間、日中３時間

実験河川C

地点	区分	採取時間	開始時刻	終了時刻	湿重量 (g)	乾重量 (g)	C (mg/g)	N (mg/g)	P (mg/g)	C (g)	N (g)	P (g)
最上流地点(No.1)	1											
	2											
最下流地点(No.5)	1	3	20:15	2:15	637	67	289	28.7	2.7	19.3	1.92	0.18
	2	3	2:15	8:15	426	42	294	27.5	2.9	12.3	1.15	0.12
	3	3	8:15	14:15	598	41	369	29.0	3.5	15.0	1.18	0.14
	4	3	14:15	20:15	977	53	278	28.4	3.2	14.8	1.51	0.17
	合計				2,637	203				61.4	5.76	0.61
	１日当たりの換算値				5,274	405				122.8	11.52	1.22
変化量（下流－上流）（g/日）						349				104.9	9.93	1.09

※最上流は実験河川Bの値を代入して算出

項　目	区分	乾重量 (g/日)	C (mg/g)	N (mg/g)	P (mg/g)	C (g/日)	N (g/日)	P (g/日)
変化量（下流－上流）（g/日）	全平均	281				95.4	6.40	0.56

附表　出水時水質調査一覧表(H14.7.31)

実験河川B
最上流地点(No.1)

経過時間	採水時刻	気温 ℃	水温 ℃	透視度 度	濁度 度	SS mg/l	TOC mg/l	TN mg/l	TP mg/l	ｸﾛﾛﾌｨﾙa μg/l
0:00	10:00		28.0	>50	3.7	6.8	1.75	1.21	0.079	5.3
0:03	10:03				7.0	71.6	2.76	2.05	0.221	34.3
0:06	10:06				6.1	107	2.65	2.19	0.197	34.7
0:09	10:09		28.0	>50	5.1					
0:12	10:12				4.7	13.2	1.60	1.32	0.096	6.0
0:15	10:15				4.8					
0:18	10:18		27.8	>50	6.0					
0:21	10:21	34.0			7.1					
0:24	10:24				7.1	26.8	2.19	1.47	0.133	10.0
0:27	10:27		27.1	>50	9.1					
0:30	10:30				11.0					
0:35	10:35				10.0					
0:40	10:40	35.5	27.5	40	9.6					
0:45	10:45				10.0					
0:50	10:50				11.6					
0:55	10:55		27.8	37	12.0	54.8	1.88	1.43	0.203	14.2
1:00	11:00	37.0			11.2					
1:05	11:05				16.0					
1:10	11:10		28.1	37	13.0					
1:15	11:15				14.0	78.8	2.27	1.94	0.236	15.1
1:20	11:20				12.5					
1:25	11:25		28.7	29	8.6					
1:30	11:30	38.0			7.2	51.5	2.42	1.96	0.211	16.0
1:40	11:40		29.4	44	7.8					

※気温は最下流地点(No.5)の測定値を参考として記載

実験河川B
最下流地点(No.5)

経過時間	採水時刻	気温 ℃	水温 ℃	透視度 度	濁度 度	SS mg/l	TOC mg/l	TN mg/l	TP mg/l	ｸﾛﾛﾌｨﾙa μg/l
0:20	10:20	34.0	29.7	>50	4.2	37.6	2.01	1.25	0.118	4.7
0:23					13.5	243	3.52	2.26	0.334	13.8
0:26					35.5	487	7.58	4.25	0.584	72.0
0:29	10:29		27.5	9.5	28.0					
0:32					30.0	203	5.64	2.30	0.313	26.7
0:35					22.5					
0:38	10:38	35.5	27.0	11.5	21.5					
0:41					22.0	116	2.70	1.86	0.237	12.8
0:44					20.0					
0:47	10:47		27.0	16	19.5					
0:50					16.0	80.6	2.81	1.60	0.200	13.8
0:55					15.5					
1:00	11:00	37.0	27.5	21.5	16.5					
1:05					21.5	68.2	1.85	1.55	0.197	12.0
1:10					9.0					
1:15	11:15		27.7	22.5	10.0					
1:20					13.6	63.2	2.35	1.52	0.206	13.3
1:25					10.2					
1:30	11:30	38.0	27.9	24	16.8					
1:35					15.4	62.2	3.24	1.76	0.220	12.0
1:40					15.5					
1:45	11:45		28.2	26	11.6					
1:50					8.2	40.5	2.54	1.71	0.186	9.6
1:55					7.2					
2:00	12:00	38.5	28.5	36	7.8					
2:10					6.8					
2:20					6.6	14.6	2.35	1.74	0.132	5.3
2:30	12:30		29.8	>50	5.3					
2:40					4.8					
2:50					4.8					
3:00	13:00	35.2	30.8	>50	4.3	7.2	2.60	1.51	0.115	2.0

附表　出水時流下固形物調査一覧表（H14.7.31）

実験河川B

地点	区分	採取時間	開始時刻	終了時刻	湿重量（g）	乾重量（g）	強熱減量（%）	C（mg/g）	N（mg/g）	P（mg/g）	クロロフィルa（mg/g）
上流地点（No.1）	1	05:00	10:00:00	10:05:00	140	25	45%	206	15.9	1.7	2.65
	2	05:00	10:07:00	10:12:00	316	65	46%	199	14.3	1.7	0.07
	3	03:30	10:15:30	10:19:00	617	109					
（たも網で採取）	4	03:00	10:24:00	10:27:00	34	5					
	5	02:00	10:32:00	10:34:00	512	95	31%	225	14.8	1.1	0.29
	6	01:00	10:38:00	10:39:00	153	26					
	7	01:00	10:45:00	10:46:00	162	20					
	8	01:00	10:55:00	10:56:00	105	33	28%	222	11.5	0.9	0.53
	9	01:00	11:05:00	11:06:00	118	44					
	10	01:00	11:15:00	11:16:00	102	13					
	11	02:00	11:25:00	11:27:00	174	20	76%	365	22.2	2.0	0.21
	12	07:00	11:33:00	11:40:00	56	8					
0:32					2,490	462					

地点	区分	採取時間	開始時刻	終了時刻	湿重量（g）	乾重量（g）	強熱減量（%）	C（mg/g）	N（mg/g）	P（mg/g）	クロロフィルa（mg/g）
下流地点（No.5）	1	02:00	10:20:00	10:22:00	594	84	45%	272	16.2	1.8	0.08
	2	01:00	10:24:00	10:25:00	984	136	46%	265	17.3	2.1	0.02
	3	01:00	10:27:00	10:28:00	625	118					
	4	01:00	10:30:00	10:31:00	786	137					
	5	00:30	10:34:00	10:34:30	924	154	47%	244	11.1	1.1	0.03
	6	00:25	10:38:00	10:38:25	799	138					
	7	00:30	10:42:00	10:42:30	458	88					
	8	00:30	10:48:00	10:48:30	393	54	57%	251	10.9	0.8	0.02
	9	00:30	10:55:00	10:55:30	575	112					
	10	00:30	11:00:00	11:00:30	410	92					
	11	00:30	11:10:00	11:10:30	338	58					
	12	00:30	11:20:00	11:20:30	207	36					
	13	00:30	11:30:00	11:30:30	208	39					
	14	01:00	11:45:00	11:46:00	102	19	56%	257	12.4	1.0	0.43
	15	02:00	12:00:00	12:02:00	35	5.8					
	16	03:00	12:20:00	12:23:00	19	3.3					
	17	03:00	12:40:00	12:43:00	2.7	0.5					
0:12					7,458	1,275					

※網掛けの区分は、分析を実施

４．２　流量変動が河床付着物に及ぼす影響

４．２．１　はじめに

河川生態系は、自然のもつ流量の変動によって支えられている[1]。例えば、流量によって河川形態や生物生息空間は規定され、また、河川生物は流量の変動に適応・進化した生活史を持っている[2]。しかし現在、人為的な関与による流量の平滑化、攪乱の減少等によって、様々な河川環境の変化[1]が生じ、出水や流量の変動が河川生態系に果たす役割の重要性が認識されている。今後、健全な河川生態系を取り戻していくためには、生態系として自律的に「機能する」ための流況（出水規模・継続時間、頻度、出水の時期（季節的な出水等）等を解明し、河川流量管理に反映させていくことが必要である。

流量の平滑化や攪乱の減少が一次生産者としての役割を担う付着藻類への影響についてみると、糸状緑藻の繁茂[3]、細粒土砂の堆積とこれに伴う藻類の光合成活性の低下[4]、さらには藻類を餌資源とするアユ等の魚類や底生動物への影響[5]等があげられる。これらは、特にダム下流部のように人為的な流量制御の影響が顕著である区間において課題になるケースが多く、この対策として、1997 年より、ダムから平常時より大きい規模の流量を一次的に放流する試み（ダムの弾力的管理試験）が実施されている。また、近年においては、カワシオグサ *Cladophora glomerata* などの糸状緑藻等の剥離除去に関する研究等[6][7]が試みられ、掃流力や土砂による摩擦等、付着物の剥離・掃流を目的とした検討が水理的・物理的側面から実施されている。しかし、生物的側面からの検討、例えば、付着物の掃流を考える際、藻類の種類により生活様式や付着形態が異なることによる出水の影響の相違[8][9]なども考慮すべき事項であると考えられる。しかし、これまでほとんど検討されてこなかった。また、出水等よって付着物が掃流することの生物的な役割や意味、例えば、その後の付着藻類の増殖や餌資源としての付着物の質、藻類群集にどのような影響を与えるのか等を解明していくことも必要であると考えられる。

以上を踏まえ、本章では、以下の３課題について検討する。

① 出水が付着物（付着藻類の増殖や剥離、藻類現存量や質等）に与える影響
② 藻類の生育種等の異なる付着物（遷移段階の違い）を対象とした出水による掃流とその後の増殖
③ 流量規模・継続時間と付着物の掃流

なお、本研究は、流量制御が可能な自然共生研究センター実験河川を用いて、河川流量が変動することが物質収支や河川生物に果たしている役割を定量的に明らかにし、今後、河川生態系を保全していく上で必要な河川流量の変動、具体的には、必要出水規模、継続時間、頻度を勘案していくための基礎データの蓄積とモデル化を行うための基礎資料に資するものである。

４．２．２　実験方法

実験は、流量制御が可能な実験河川（(独）土木研究所自然共生研究センター内）を用いて行った。実験河川は、木曽川河口 44km 付近に合流している新境川から取水し、自然流下で実験河川（延長約 800m）へと流入し、再び新境川へと合流している。川幅は、底幅で約 2.5m である。河床勾配は約 1/300 又 1/800 の区間がある。流下可能流量は最大 4m^3/s であるが、実際に流下可能な流量は取水河川である新境川の流量に大きく規定されている。なお、藻類等を付着させる基物（以下、付着基物とする）は、

個々の基物の形状や成分が現存量や生育種に影響を及ぼさないよう、加工された自然石（10cm×20cm×厚さ 4.5cm）の花崗岩）を用いることとした。

（1）出水の有無が付着物に与える影響【実験 1】

同じ形状をもつ２つの実験河川Ｂ及びＣを用い、一方の実験河川には出水を与え（以下、Disturbance stream とする）、もう一方は一定流量とし（以下、Control stream とする）、両河川の上流部（ハビタット研究ゾーン、距離標 No.8+50 付近）の平瀬河床に基物を設置し、基物表面（上面）の付着物を定期的に採取し、現存量等の動向を比較する。写真 4.2.3 に付着基物の設置状況を示す。

両河川の平常時流量は 0.1m³/s、河床勾配は約 1/560、水深、流速、摩擦速度は平均で 0.11m、0.35m/s、0.04m/s であった。実験期間は付着基物を設置した 2002.7.18 から 2002.9.30 までの 74 日間であり、この間、出水は Disturbance stream に計 3 回与えられ、出水①は 2002.7.31、出水②は 2002.8.21、出水③は 2002.9.11 に実施された。各出水時の継続時間、水深、流速（6 割水深）、摩擦速度は、表 4.2.1 に示したとおりである。実験期間中の水温及び水質を図 4.2.1、2 に示す。水質は、NH_4-N、NH_3-N、PO_4-P について調査日の午前 10 時に採水し分析した。各項目の平均値は、NH_4-N は 0.13mg/L 、NH_3-N は 1.16mg/L、PO_4-P は 0.07mg/ L であり、期間終盤で NO_3-N が上昇した以外は大きな変動はみられなかった。水温は、日平均値で、20.7～30.0℃の範囲を推移し、1 年で最も水温が高い期間であった。付着物の採取は 1～7 日間隔で行い、それぞれ異なる 3 つの基物からそれぞれ 5×5cm² の範囲をブラシでこすり取り、計 3 検体を採取し、乾燥重量（whatmanGF/C φ47mm、105℃2 時間）、クロロフィルａ（河川水質試験方法（案）[18] 三波長吸光光度法、SCOR/UNESCO（1975））、強熱減量（600℃ 30 分）、フェオフィチンａ（河川水質試験方法（案）[18] 単波長吸光光度法）、PC、PN（CN コーダ法）を測定した。

表 4.2.1　実験条件

	平常時	出水①	出水②	出水③
実施日	－	2002/7/31	2002/8/21	2002/9/11
流量（m³/s）	0.1	2	1	2
継続時間（時間）	－	1	2	0.5
水深　（m）	0.11	0.64	0.50	0.67
流速（6 割水深）、（m/s）	0.35	1.48	1.04	1.44
摩擦速度（m/s）	0.04	0.10	0.09	0.10

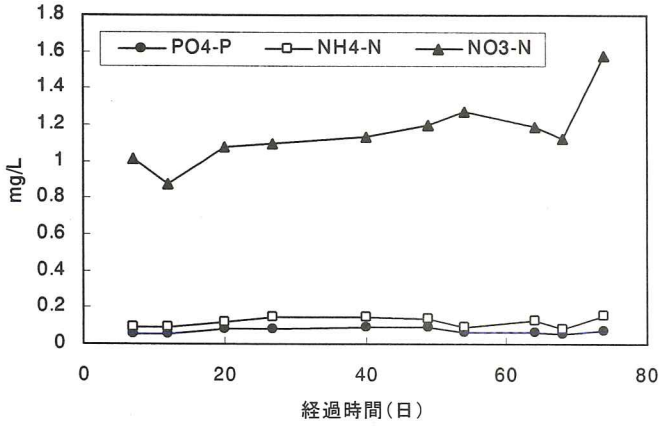


図 4.2.1　実験期間中の水質
(2002.7.18-2002.9.3)

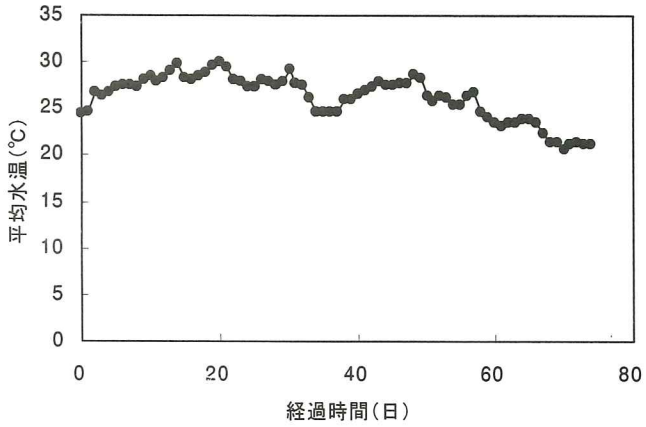


図 4.2.2　実験期間中の水温
(2002.7.18－2002.9.30)



写真 4.2.1　　実験河川 B における付着基物の設置状況（設置日：2003.7.18）

（2）遷移段階が異なる付着物を対象とした出水による掃流とその後の増殖【実験 2】

（1）で実施した出水①、②、③を対象に、出水による剥離とその後の増殖について調査した。対象とした付着物は、設置期間や出水の影響が異なるもの（遷移の段階が異なる）ものを数種類用いた。用いた付着基物、実験区間及び実験期間は（1）と同様である。表 4.2.2 に対象としたサンプルの設置期間、設置日、出水の有無等を示す。出水①では、一定流量（0.1m³/s）の河床に 5、9、13 日間設置し遷移させた 3 種類を用いた。以下、それぞれ、出水①5day、出水①9days、出水①13days と表記する。出水②では、一定流量の下で、7 日、34 日間設置し遷移させた 2 種類及び出水①の影響をうけているサンプルを用いた。以下、それぞれ、出水②7days、出水②34days、出水②-d34days と表記する。出水③では、一定流量の下で、6 日、55 日間設置し遷移させた 2 種類及び出水①②をうけたサンプルを用いた。以下、それぞれ、出水③6days、出水③55days、出水③-ｄ55days と表記する。なお、出水による影響を評価するため、それぞれの実験ケースで、出水を与えない「対照」（以下、Control とする）を設けた。付着物の採取方法は(1)(2)と同様である。また、付着物の採取は付着基物の設置から出水 14 日後まで、1～7 日間隔で行った。

表 4.2.2　対象とした出水及びサンプル

		出水①	出水②	出水③
出水概要	実施日	2002/7/31	2002/8/21	2002/9/11
	流量（m^3/s）	2	1	2
	継続時間(時間)	1	2	0.5
対象サンプル	一定流量下におけるサンプル（出水までの設置日数）	5 日(設置日；2002/7/18) 9 日(設置日；2002/7/22) 13 日(設置日;2202/7/26)	7 日(設置日；2002/8/14) 34 日（設置日；2002/7/18）	6 日(設置日；2002/9/5) 55 日(設置日；2002/7/18)
	出水の影響を既にうけているサンプル	－	出水①をうけたサンプル（34 日間、設置日；2002/7/18）	出水①②をうけたサンプル（55 日間、設置日；2002/7/18）

（3）継続時間と付着物の掃流【実験 3】

（2）では出水は出水時の継続時間が短い場合の検討であるが、ここでは継続時間を最大 24 時間とし、出水規模と継続時間をパラメータとした出水による付着物の掃流についてみていく。

実験河川の平瀬河床（河床勾配：約 1/312）に、河床に設置してからの経過日数が異なる、すなわち、藻類の群集構造等が異なるタイプの付着基物を対象に、出水による影響、特にここでは掃流しやすさについて検討する。用いた基物は、実験河川Ｃの一定流量 $0.1m^3/s$ の下で 13～15 日間及び 43～47 日間河床に設置し、付着藻類やその他の付着物（細菌類、沈降した有機物やシルトなどの無機物）を付着させた 2 タイプである（写真 4.2.2）。目視でも両者の付着物の状況は異なっていることが認められ、設置期間が 43～47 日間においては、糸状体の緑藻が観察された。これらの基物を 5 つずつ実験開始前に、実験区間である実験河川Ａ（流量は $0.1m^3/s$）の河床に設置し（写真 4.2.3）、約 30 分経過後、付着物を採取し、これを増加前の値とした。流量は、①0.25 m^3/s、②0.5 m^3/s、③$1.0m^3/s$ の 3 ケースを設定し、それぞれ 24 時間継続させた。表 4.2.3 に各流量時の水理量を示す。付着物の採取は、流量増加開始から 3 時間後、6 時間後、24 時間後に行い、5 つの基物の上面から、それぞれ 5cm×5cm の範囲を対象にナイロンブラシを用いてこすり取り、計 5 検体を採取し、乾燥重量、クロロフィルａ（アセトン抽出、吸光法）、強熱減量を測定した。また、検体の一部は、藻類の同定、細胞数の計数に用いた。

表 4.2.3　実験条件

	増加前	流量増加時		
流量　（m^3/s）	0.1	①0.25	②0.5	③1.0
水深　（m）	0.12	0.16	0.43	0.57
流速（6 割水深）、（m/s）	0.39	0.51	0.62	0.68
摩擦速度　（m/s）	0.06	0.07	0.11	0.13

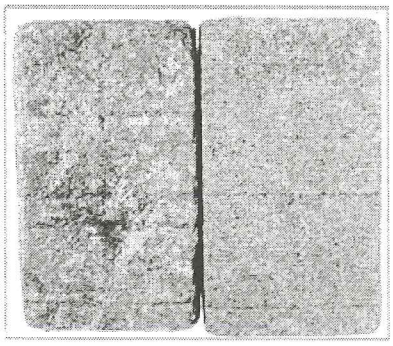


写真 4.2.2　左：設置日数 14 日　右：設置日数 43 日

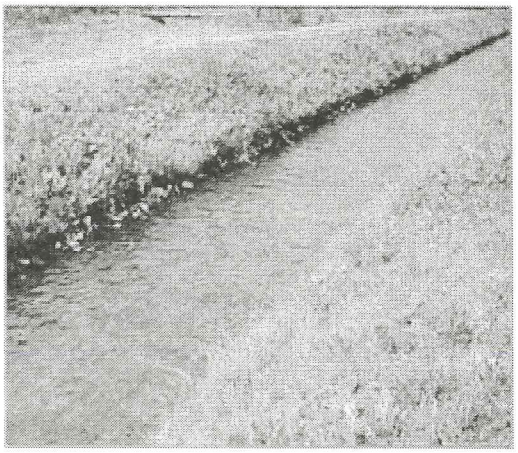


写真 4.2.3　実験区間の様子

4．2．3　結果

（1）出水が付着物に与える影響

図 4.2.3～4.2.8 に付着物のクロロフィルａ、乾燥重量、強熱減量及び藻類の活性の目安となるクロロフィルａ／（クロロフィルａ＋フェオフィチン）[10]、C／N 比、C／（クロロフィルａ＋フェオフィチン）を平均値と標準偏差で示した。また、図中の矢印は、出水①～③の実施を示している。

藻類の現存量を示すクロロフィルａ量は、Control においては、基物の設置から 15 日後にピーク値に達し、その後、約 20 日間隔で増殖と剥離のサイクルを繰り返えしたが、60 日以降は、それ以前にみられたサイクルは見られず、増減した。一方、Disturbance では、出水①及び出水②前後で、クロロフィルａは平均値でそれぞれ出水前の 31.7%、26.8%が減少していたが、いずれも有意な差は認められなかった（One-factor ANOVA、 Fisher'sPLSD）。出水後は速やかに増殖し、Control よりも約 3 日遅れてピークに達した。また、出水③については、出水前後でクロロフィルａの減少はほとんどみられなかった。

藻類の増殖・剥離のサイクルについては、Disturbance では期間中 3 回繰り替えされ、ピークから次のピークまでの日数は 21 日、22 日で Control とほぼ同様であった。また、ピーク時の値も Control との間に有意な差は検出されず(One-factor ANOVA、 Fisher'sPLSD)、Control と Disturbance の河川間においても差は認められない傾向が把握された（河川間と調査日を要因とした Two-facter factorial ANOVA）.同様に、Control と Disturbance の河川間の乾燥重量、藻類活性（クロロフィルａ／（クロロフィルａ＋フェオフィチン）[10]）についても差は認めらない傾向が把握された。これに対し、強熱減量については、$P<0.01$ で河川間に有意な差が検出された（河川間と調査日を要因とした Two-facter factorial ANOVA）。各調査日における強熱減量の差をみると、出水②と③の後に $P<0.01$ で有意な差が認められる日があり（One-factor ANOVA、 Fisher'sPLSD、図中は＊＊で表示）、いずれも Disturbance が Control を上回っていた。

図 4.2.9、10 に、無機物と有機物の動向を示した.有機物量においては Disturbance と Control の間に差がある傾向が把握され（河川間と調査日を要因とした Two-facter factorial ANOVA）、このことから

強熱減量に違いをもたらしたのは、有機物量の違いによるものであったことがわかる。さらに図 4.2.3 より、藻類の現存量（Chl.a）には違いは見られないことから、藻類以外の有機物量が関与していることが読みとれる.ただし、細菌類や底生動物等の生物の増加によるものか、生物以外の有機物であるかは不明である。

次に、図 4.2.7、8 に示した C／N 比、C／クロロフィルａに着目すると、植物プランクトンでは、C:N:P＝42:7:1 であり [15]、また、C／クロロフィルａ比は 25～60[15]、海産植物プランクトンでは 30[15]という測定結果がある。これらの化学組成比から自然状態の植物とデトリタスとの存在比を概算することが出来るとされており、大沼はこれらのことを河川付着藻類に適用して考察している [16]。Control 及び Disturbance における C／N 比は、4～8 程度で推移している期間においては、付着物中に含まれる炭素の多くが藻類であると考えられる。しかし、58 日～68 日において、特に Control においてはC／N比が上昇しており、デトリタスなどの割合が増加している可能性があるが、C／クロロフィルａは大きな変動はないため要因は明確に判断できない。

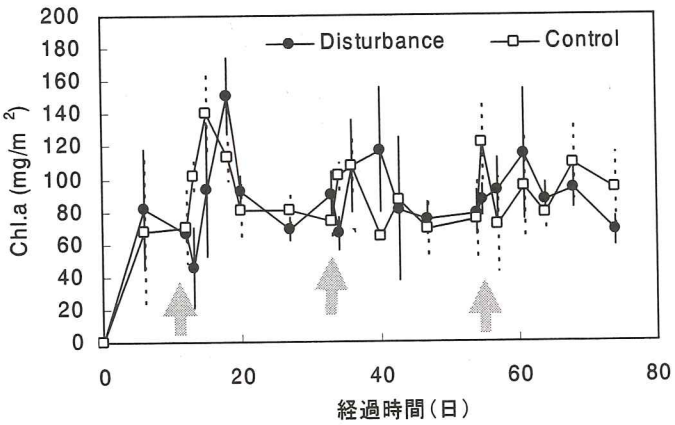


図 4.2.3　クロロフィルａの動向

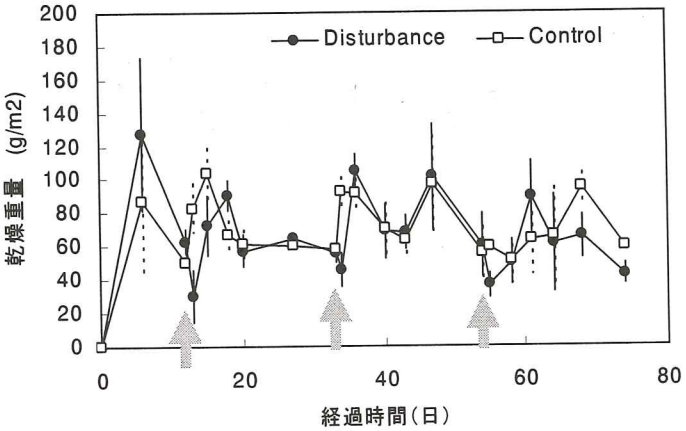


図 4.2.4　乾燥重量の動向

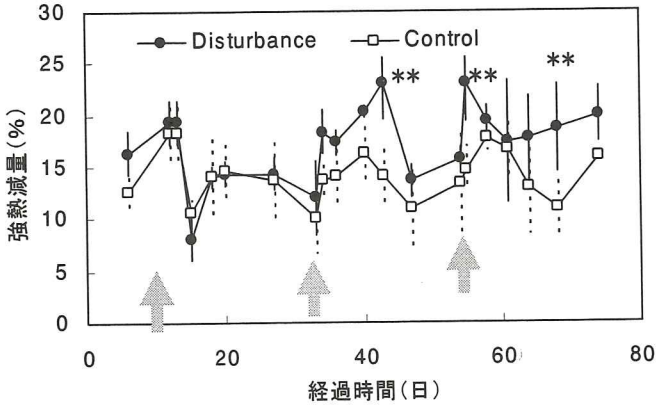


図 4.2.5　強熱減量の動向

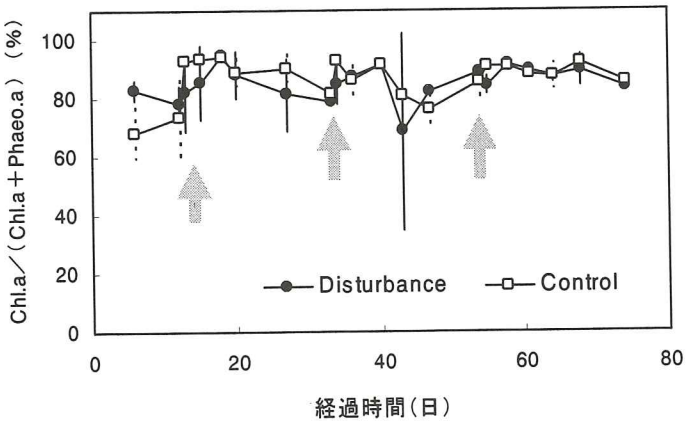


図 4.2.6　ｸﾛﾛﾌｨﾙ a／（ｸﾛﾛﾌｨﾙ a ＋ﾌｪｵﾌｨﾁﾝ a）の動向

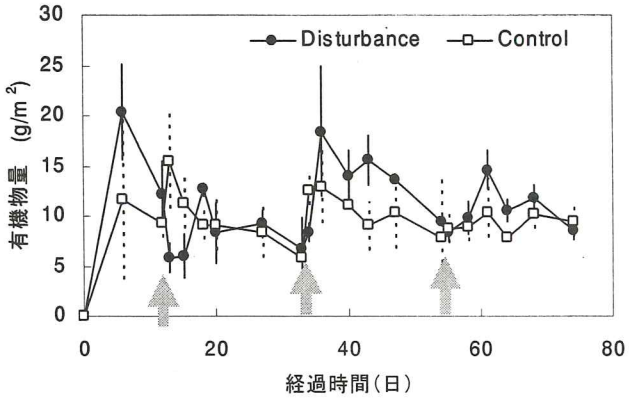


図 4.2.7　有機物の動向

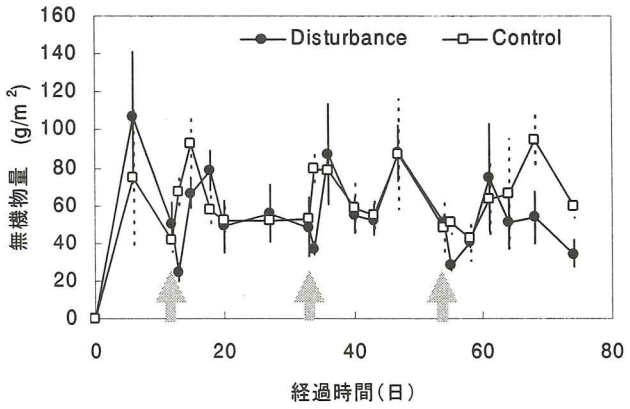


図 4.2.8　無機物の動向

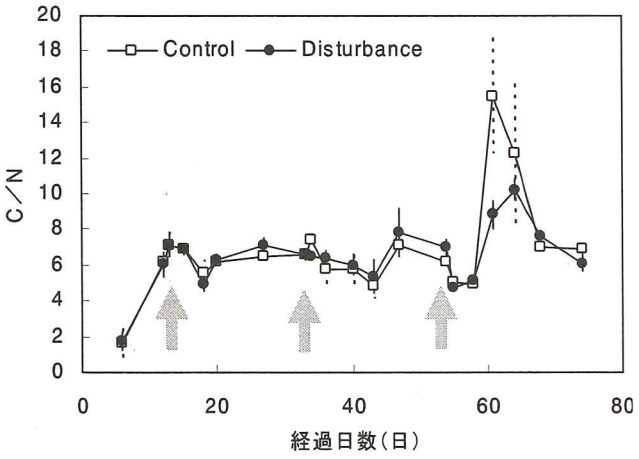


図 4.2.9　C／N の動向

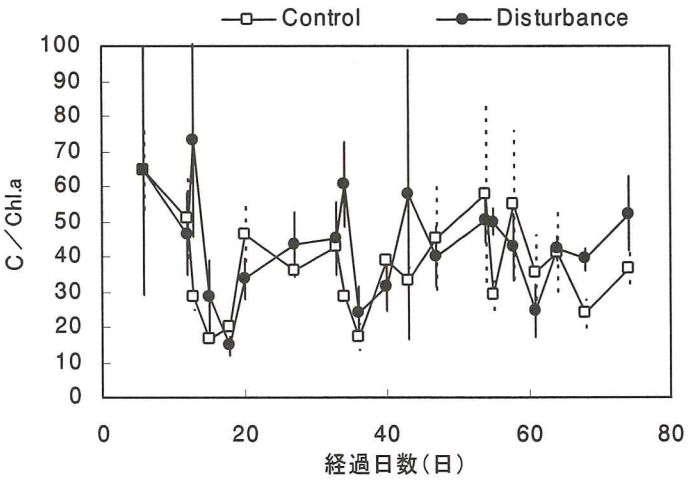


図 4.2.10　C／Chl.a の動向

（2）遷移段階の異なる付着物を対象とした出水による剥離とその後の増殖

図 4.2.11～13 に各実験ケースにおける藻類現存量（Chl.a 量）の変化、図 4.2.14～16 に出水による藻類現存量の変化を示す。なお、図中の＊、＊＊は、検定（One-factor ANOVA、 Fisher'sPLSD）の結果、それぞれ出水前後で P＜0.05、0.01 で有意な差が検出されたことを示している。

出水①においては、いずれも遷移期間が短いものを対象としており、出水によって減少している.平均値を用いて剥離率（=減少量／出水前の現存量×100(%)）を算出すると、13days は 31.7%であるのに対し、5days、9days は、49.8%、52.3%とより大きく減少し、5days、9days については、それぞれ、P＜0.01、P＜0.05 で有意な差が検出された。このように設置からの期間が短い付着物ほど剥離しやすいことが示唆される.出水前の Chl.a の動向より、13days は、1 度目のピークを過ぎているのに対し、9 days 及び 5 days はほぼピーク時あるいはそれ以前であることから、群集が異なることが推察され、これが、剥離しやすさに関与していることが示唆される。

出水②においては、7days では出水前後で現存量は減少し、剥離率は 49%であり、P＜0.01 で有意な差が検出された。一方、34days においては減少せず、この規模の出水では、遷移期間が長い 34days に対しては有効ではないことがわかる.d34days においては、平均値では、出水によって減少する傾向はみられたが、有意な差は検出されなかった.34dasy と d34days では遷移期間が同じであっても、前者はそれ以前に出水をうけておらず、後者は出水①の影響を受けている。このような出水の影響を受けているかどうかが付着物の状況（群集構造等）に影響し、この違いが出水による掃流しやすさに影響を及ぼしていることが推察される。

出水③では、6days、55days、d55days いずれも減少を示さなかった.出水③は流量 2m^3/s で出水①と同様であるが、継続時間が出水①の半分の 30 分である。出水①では、出水により藻類現存量が減少しているのに対して、出水③では、遷移期間が短い 6days でさえも減少を示さない.この要因として、継続時間が関与していることが推察される。

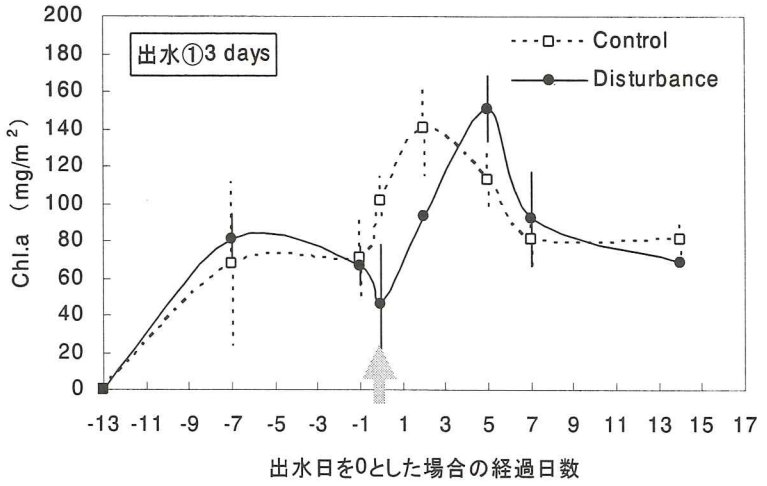
出水後の増殖については、出水によって減少した場合、いずれも 3 日後には出水前の現存量を超える値を示し、速やかに増殖している.出水によって減少しない場合は、そのような傾向はみられない。ピーク値は、出水の影響をうけていない Control と比較すると平均値ではやや高い傾向がみられる場合もあるが、有意な差を伴うものではない。

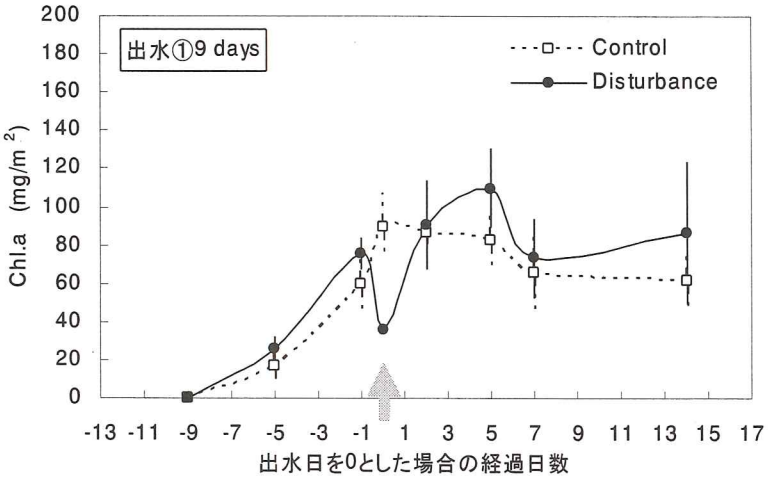
以上の結果を整理すると以下のようになる。

①平常時流量 0.1m^3/s の下で設置した付着基物に対して、流量 2m^3/s・継続時間 1 時間、流量 1m^3/s・継続時間 2 時間の出水を与えた場合、遷移期間が 2 週間程度までの群集に対しては有効に作用し、統計的に有意に減少する.しかし、流量 2m^3/s・30 分では減少せず、継続時間が関与していることが示唆された。

②出水によって有意な差を伴う減少を示す場合、藻類は速やかに増殖し、3 日後には出水前の現存量を大きく上回る。

なお、詳細な群集構造に関する検討は、分析終了後、別報で報告する予定である。





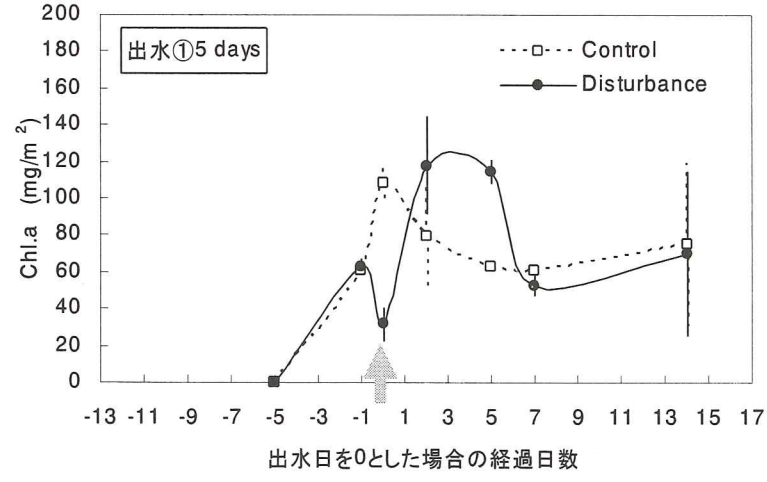


図 4.2.11　出水①による剥離とその後の増殖（対照との比較）

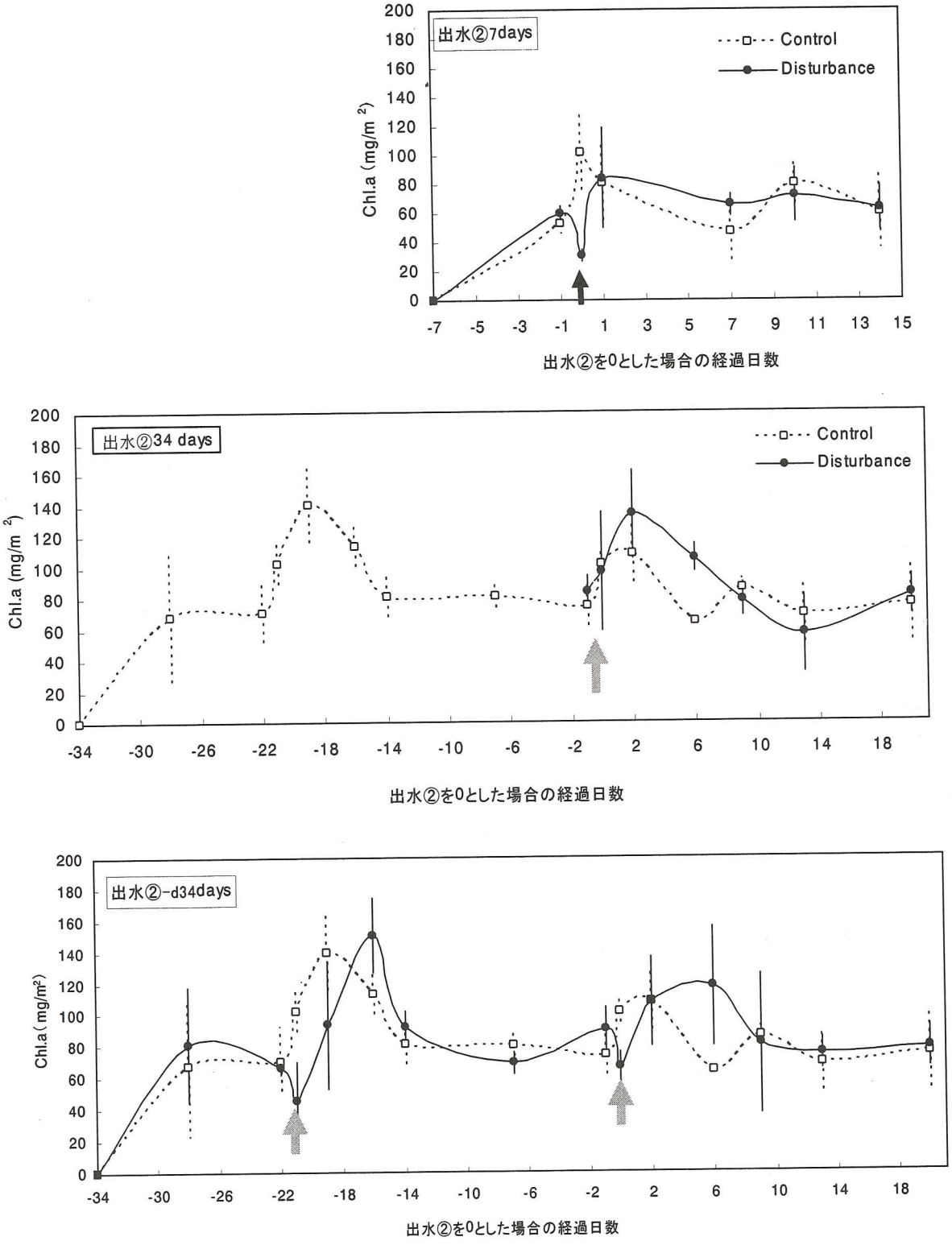
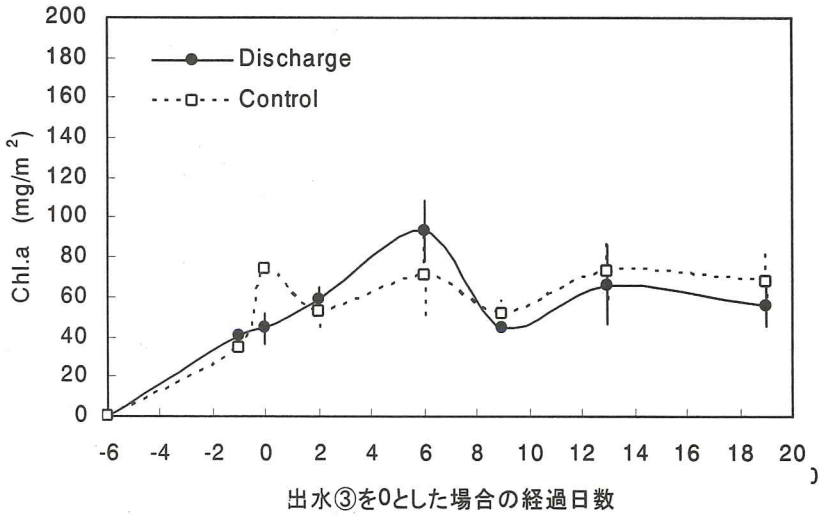
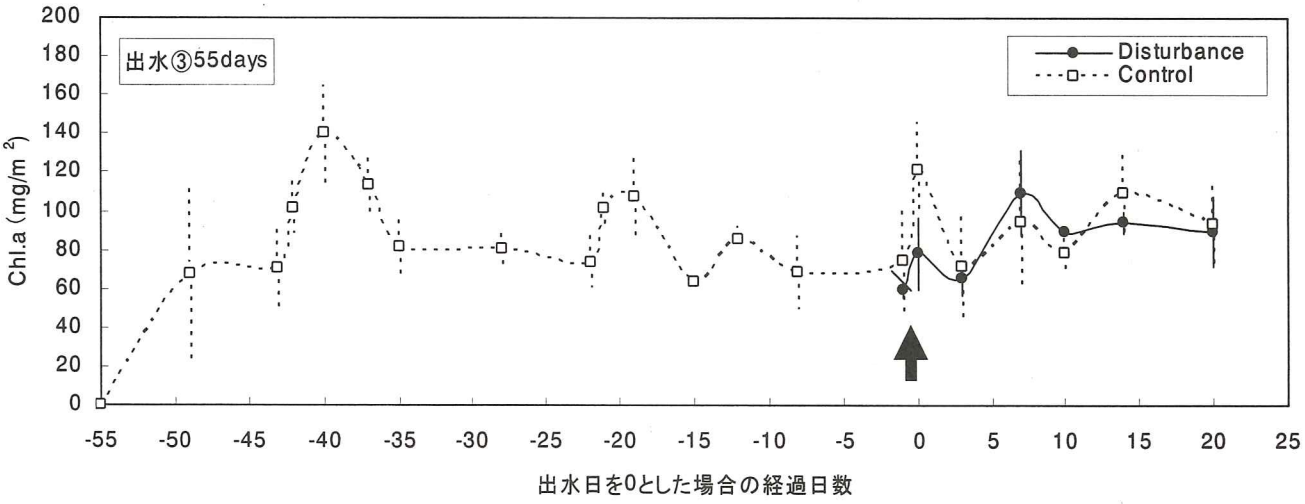


図 4.2.12　出水②による剥離とその後の増殖（対照との比較）





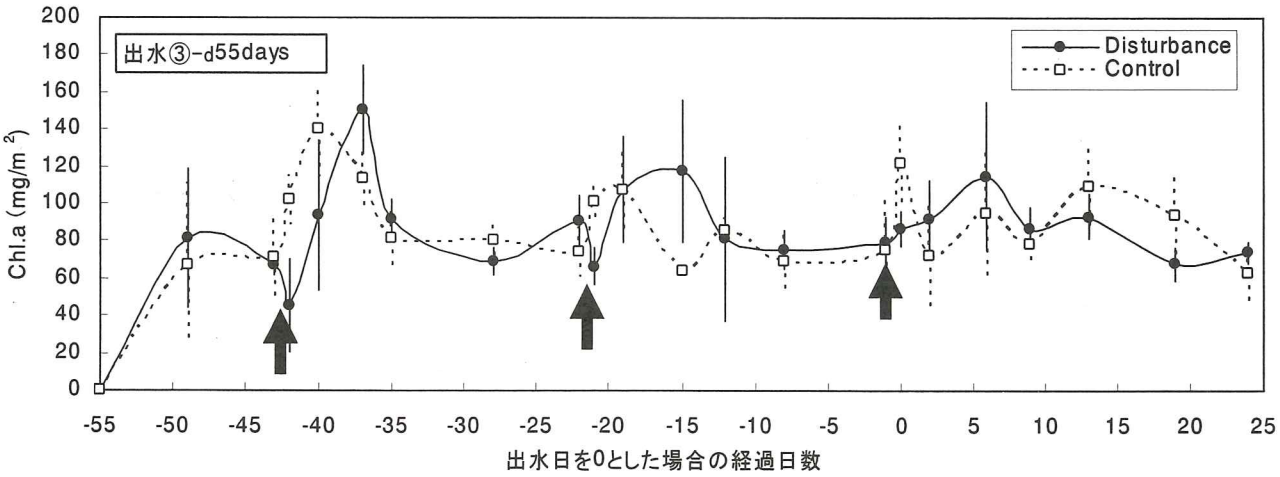


図 4.2.13　出水③による剥離とその後の増殖（対照との比較）

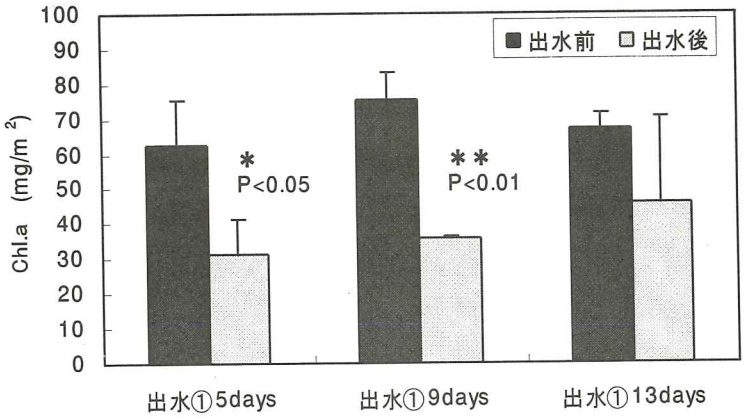


図 4.2.14　出水①による藻類の減少

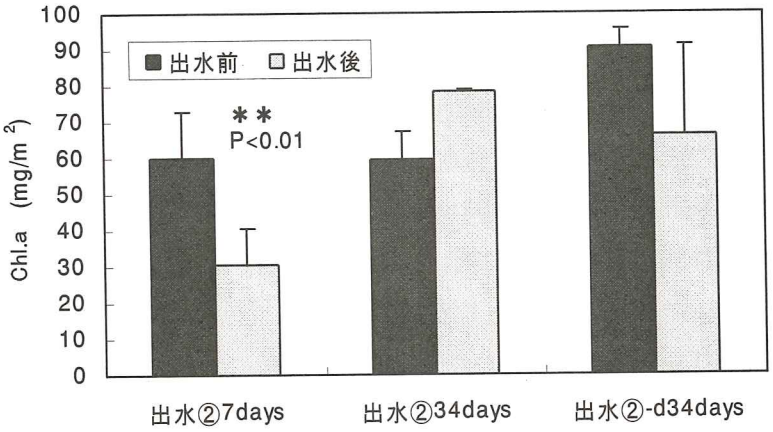


図 4.2.15　出水②による藻類の減少

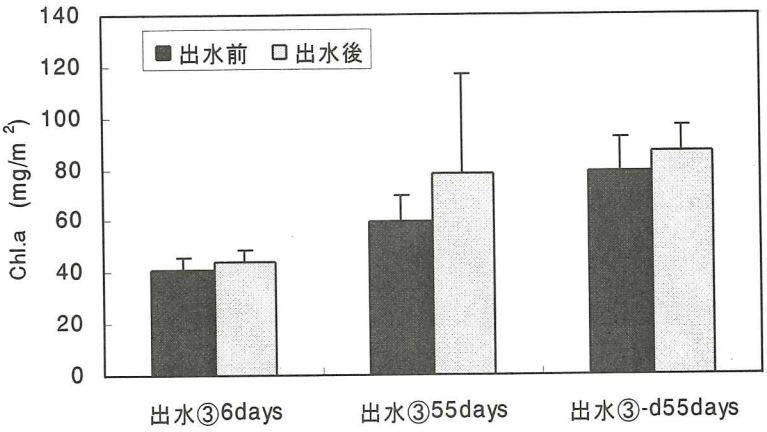


図 4.2.16　出水③による藻類の減少

（３）流量規模・継続時間と付着物の掃流

図 4.2.17 に各流量ケースにおける付着物中の乾燥重量、クロロフィルａ、無機物量、有機物量の時間変化を平均値と標準偏差で示した。なお、図中の＊、＊＊は、検定（One-factor ANOVA、Fisher'sPLSD）の結果、それぞれ増加前の値との間に P＜0.05、0.01 で有意な差が検出されたことを示している。

ケース①0.25m³/s において、藻類量を示すクロロフィルａは、遷移期間が 14 日及び 43 日（以下、14days、43days とする）のいずれにおいても有意差を伴う減少は認められなかった。乾燥重量、無機物、有機物は、14days では 24 時間後に有意な減少を示し、43days では、6 時間、24 時間後に有意な減少がみられた。

ケース②0.5m³/s では、クロロフィルａは、15days については、6 時間後より減少の傾向がみられ、24 時間後に有意な減少がみられたが、44days についてはみられなかった。また、乾燥重量、無機物量においては、3 時間後に減少の傾向がみられ、時間と共に減少量は大きくなり、24 時間後に有意に減少したが、44days においては減少しなかった。有機物量は、15days は時間の経過とともに減少する傾向を示しているが、有意な減少は認められなかった。また 44days も有意な減少は認められなかった。

ケース③1.0m³/s では、クロロフィルａは 13days において、3 時間後には有意に減少したが、6 時間後には増加を示し、その後、再び 24 時間後に有意に減少した。47days においては、減少は認めらなかった.乾燥重量については 3 時間後には有意に減少し、その後も時間の経過とともに減少した.無機物量についても乾燥重量とほぼ同様の傾向がみられた。有機物については、13days において 24 時間後に有意な減少を示したが、47days においては減少は認められなかった。

以上のように、設置期間が短い 13～15days の付着物中の藻類については、0.5m³/s 以上、摩擦速度では0.11m/sに増加させることにより掃流し減少を示したが、設置期間が長い43～47daysについては、今回与えた流量 1.0m³/s（摩擦力 0.13m/s）を 24 時間継続させても減少せず、設置期間の違いにより藻類の掃流しやすさは異なることが明らかになった。これは、（２）で示した結果と同様であった。掃流した 13～15days の付着物における継続時間と掃流との関係については、時間の経過とともに掃流する傾向にあり、24 時間経過後の Chl.a 量はケース②では 23.96mg/m²、ケース③では、11.82mg/m² であり、流量規模が大きいほど値は小さい。流量が大きくなると掃流後の藻類量が小さくなるという傾向は、井上ら [17]、山本 [7]らも示している。ただし、24 時間という継続時間が藻類量の低限値まで剥離するのに十分な時間であったかどうかは、さらに継続時間を大きくした検討が必要であり、今回の結果からは判断できなかった。無機物についても、13～15days は 0.25m³/s 以上、摩擦速度では、0.07m/s に増加させ、これを継続することにより減少するが、43～47day では一部（ケース①0.25m³/s）を除き減少せず、藻類と同様の傾向が見られた。なお、ケース①43days で無機物の減少が示されたのは、ケース②、③と比較すると、増加前の値が高いことに起因するものと考えられる。

なお、13～15 日 days 及び 43～47days における付着物中の藻類を顕微鏡観察したところ、13～15days において優占していた種は、*Scenedesmus* spp.、*Planktosphaeria gelationsa*、で、それぞれ約 40%、20%を占めていた。その他、*Nitzshia palea*、*Navicula viridula* var. *rostrata*、*Gomphnema parvulum* 、*Synedra* sp. 、*Melosira varians* が約 5%程度を占めていた。一方、43～47days においては、*Navicula*

viridula var. *rostrata*、*Melosira varians*、*Homoeothrix janthina*、、*Nitzshia palea*、*Synedra* sp.がそれぞれ約5～10%を占めていた。また、13～15daysでは出現が少なかった*Spirogyra* sp. *Cloniphora* sp. *Oedogonium* sp. 等の糸状体の緑藻が多く出現する等、両者の藻類群集に違いがみられた。このような藻類の群集構造の違いが掃流しやすさに関与していることが推測された。どの流量レベルでどのような種が掃流され、あるいは残存しているかについては現在分析中であるため、次回報告を行う予定である。

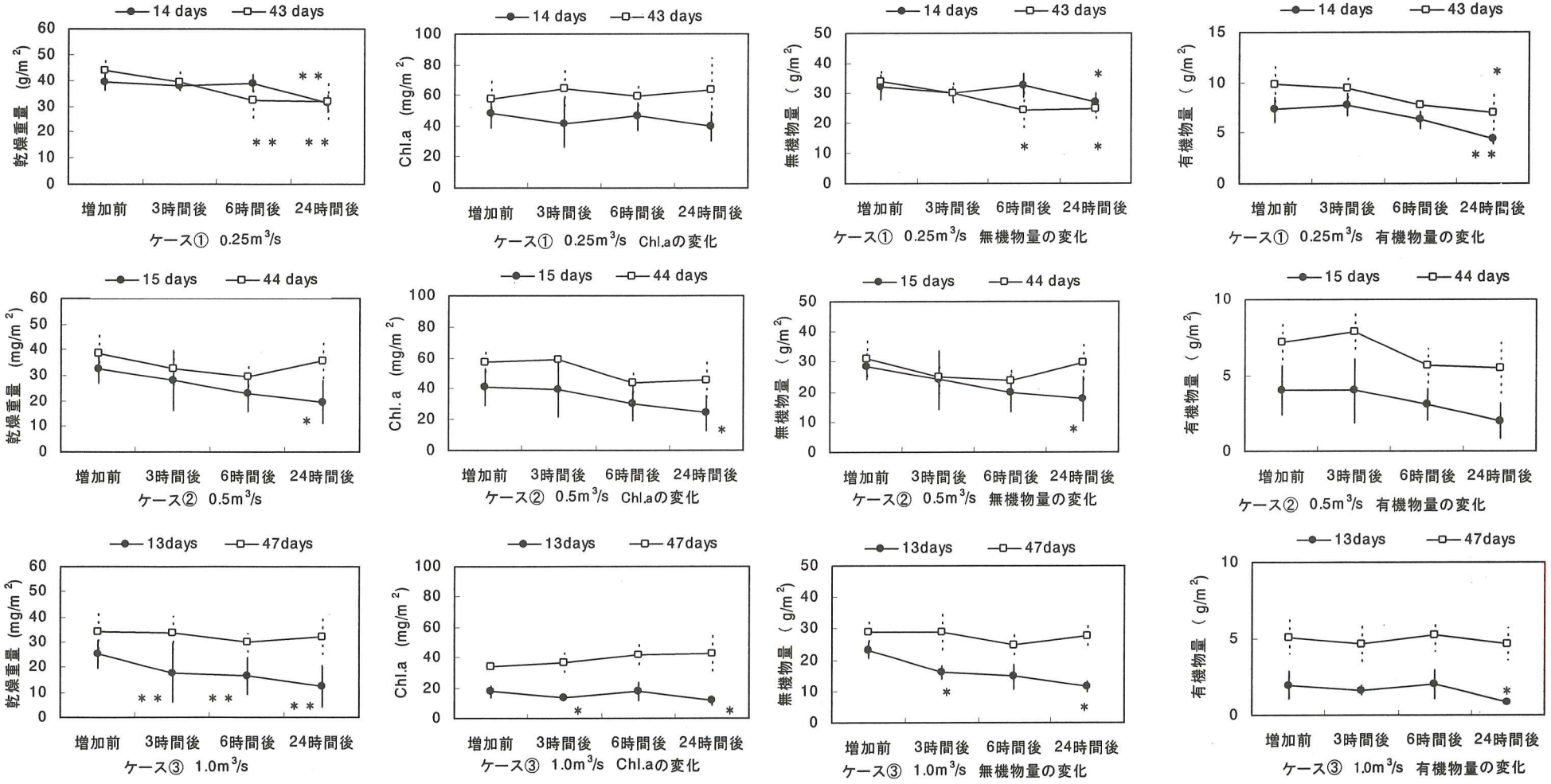


図 4.2.17　各流量ケースにおける付着物中の乾燥重量、クロロフィルａ、無機物、有機物の変化

4．2．4　考察

（1）付着物の違いによる出水の影響の違い

Power ら[9]は、糸状体で基部細胞をもつ種と側面で付着する種では出水前後の減少量が異なることを示している。これは、例えば、浮遊性の藻類等は出水によって流されやすいが、基部細胞をもつ種は、そこから伸びる仮根状突起でしっかりと石面に着生しているため、流されにくい等、生活様式や付着形態によって掃流しやすさに違いがあることを示すものである。近年、石面上に長い糸状体をつくり問題となっている *Cladophora glomerata*（カワシオグサ）や 43～47day において出現していた *Cloniphora* sp 等は、基部細胞をもち、出水によって切れても石に着生している部分は残存するため速やかに増殖し、なかなか問題は解決されないのはこの理由によるものであるとされる。また、Munoz [11]は、*Stigeoclomium vulerata* は貝による被食圧を受けても基部細胞は減少しないことを示している。したがって、浮遊性あるいは付着性のような生活様式や、基部細胞の有無などのような付着形態から出水の影響について整理することが今後必要になるものと思われる。

また、無機物の掃流については、13～15days については藻類の掃流と同様な傾向で掃流していたことから、粘性物質による細粒土砂の結合[12]や捕捉[4]によって取り込まれたものが、藻類と連動し掃流していることが想像される。これは、43～47days の検体において、藻類が掃流されなかったのと同様に無機物が掃流されていないことからも裏付けられる。なお、13～15days 及び 43～47days における付着物中の無機物の粒度分析を行ったが、両者に違いは認められなかったため、粒径の大きさの影響はないものと考えられる。

（2）出水が付着物に与える影響

今回与えた出水は、藻類の現存量（Chl.a）の変動やピーク時の値、乾燥重量や藻類活性の程度に差異をもたらすものではなかった。これは出水の約5～6日後にはクロロフィルａが最大値に達するなど、出水後、速やかに藻類が増殖したこと、出水の規模が小さく十分に藻類が減少していないこと、出水の頻度が低いことなどが影響しているものと考えられる。また、Control におけるクロロフィルａの動向から読みとれるように、今回の実験条件下での藻類の増殖と剥離のサイクルは、出水の間隔（21 日）とほぼ一致しており、これが出水の影響を見えにくくしている要因の一つとなっていることも考えられる。しかし、強熱減量、有機物においては Control と Disturbance に差が認められ、今回のようなごく小規模で頻度も低い出水であっても、付着物中の有機物量に差異をもたらす可能性があることが示された。今後は、出水の規模や頻度のパターンを変えた検討を行い、どのような現象が生じるかを解明していく必要がある。

（3）流量規模・継続時間と付着物の掃流について

井上ら[17]も示しているように、出水による藻類の剥離は、ある値までは減少するが、これ以上剥離しない低減値が存在するものと考えられる。今回行った実験条件（水深・流速などの水理条件、温度、光、栄養塩）の下で成育させた遷移期間が 13～１７日の付着物を対象とした場合、今回実験で実施した最大

の継続時間である 24 時間が、各流量規模において藻類をこれ以上掃流することができない限界の値まで減少させることができたと仮定すると、24 時間後の値が低限値となる。井上らは、涸沼川における流量データと河床付着生物膜の調査から、降雨に伴う流量増加後の生物膜中の炭素量 C と剥離流量 Q の関係を、$C=\alpha \cdot Q^m$ とし、また、限界炭素量 $Cc=\beta \cdot Q^{-0.6}$ としている（βは、生物膜の付着力を示す係数）。これを今回の実験結果に適用してみる。

（1）での結果より付着物中の Chl.a 量と炭素量は、おおよそ 3:100 であることから、ケース②は $Cc=0.80\,g/m^2$、ケース③は $Cc=0.40g/m^2$ であり、それぞれ代入すると、

$0.8=\beta_{ケース②} \cdot 0.5^{-0.6}$

$0.4=\beta_{ケース③} \cdot 1^{-0.6}$

これよりβを算出すると、$\beta_{ケース②}=0.53$、$\beta_{ケース③}=0.40$ で、ケース②と③でほぼ同様の値をとる。係数βを 0.4～0.5 とし、ケース①の Cc を算定すると、$Cc=\cdot(0.25)^{-0.6}=0.9\sim1.1g/m^2$ となり、Chl.a 量としては、$27.0\sim34.5mg/m^2$ と算出され、実測値である 40.02mg／m^2 と概ね一致する。以上のことから、上記の考え方は、センターにおける結果にも適用可能であると考えられる。今後は、井上らの示した式をさらに検討し、これに低限値までの継続時間、様々な藻類群集の係数を検討し、出水による付着物の掃流効果を算出するためのモデル式を提示していく予定である。

（4）付着物を掃流させる放流と今後の課題

本研究の結果を踏まえ、減水区間等の環境改善、主に河床付着物の掃流を目的とした放流が行われる際の配慮事項や今後の課題を整理する。

石面上に付着している藻類によって掃流しやすさは異なることから、対象とする河床の状況を事前に把握し、特に、河床材料にしっかりと着生する種（基部細胞をもっている種など）が多く生育している場合と生育していない場合に分けて考えることが必要になると考えられる.着生する種が多く生育している場合は、北村ら[6]が指摘しているように掃流力のみで剥離・掃流させることは困難であることから、砂利などの掃流効果による剥離が必要になるものと考えられる。しかし土砂供給は、河床微地形や底生動物や魚類など他の生物へも影響を及ぼすため、十分に検討することが必要になる。その他、河床材料が移動する規模の出水を与えることにより、河床材料が移動し、藻類が付着していた面が下面になることにより、付着物を除去することができる。このような河床材料の攪乱は、河床間隙水や浮き石の維持等、底生動物や魚類のハビタットの改善にも寄与するものと考えられる[14]。一方、着生する種がほとんど生育していない場合は、河床に堆積した有機物や細粒土砂の掃流、石表面における付着物中の細粒土砂の除去など、魚類の餌資源としての質を高めるための放流等が考えられ、これらを掃流するための最適な放流方法（限られた容量で最大限に作用する放流のあり方）の検討が必要である。

次に出水の頻度については、有機物や細粒土砂の河床への沈降速度や堆積量（SS 濃度、懸濁物質の沈降速度や摩擦速度が関与）、藻類の増殖速度（栄養塩濃度や光条件が関与）、糸状緑藻が出現するまでの遷移期間等を考慮することが必要である。しかし、どのような状態に達すると、生物や生態系にどのような影響が生じるかは定量的に明らかではない。これを明らかにし、生態系の維持にとって望ましい

基準等を設定していくことが今後の課題になるものと考えられる。

4．2．5　まとめ

本研究は、出水が及ぼす石面の付着物の影響について
実験河川を用いて検討を行い、以下の結果を得た。
①74 日間に小規模な出水を 3 度与えた実験河川と与えない実験河川の河床石面上の付着物を比較した。その結果、強熱減量が出水を与えた河川の方が高く、今回のようなごく小規模で頻度も低い出水であっても、付着物の質に差異をもたらす可能性があることが示唆された。
②設置期間が 13～15 日間と 43～45 日間の付着物に対する出水の影響を比較した。その結果、前者は出水によって減少したが、後者は減少せず、掃流しやすさが異なっていた。これらは、種による生活様式や付着形態の違いが関与しているものと推察された。

参考文献

1) N. LeRoy Poff、J.David Allan、Mark B. Bain、 James R .Karr、 Karen L. Prestegaard、 Brian D. Richter、 Richard E. Sparks、 and Julie C. Stromberg : The natural flow regime、BioScience Vol.47 No.11、pp769-783、 1997.

2)片野修：新動物生態学入門、中央公論社、1995.

3)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.

4)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.

5) 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.

6) 北村忠紀・加藤万貴・田代喬・辻本哲郎：砂利投入による付着藻類カワシオグサの剥離除去に関する実験研究、

7)山本亮介・松梨史郎・下垣　久：移動粒子を伴う流れの付着藻類剥離効果、水工学論文集　Vol.47、pp1069-1074、2003.

8)福嶋　悟・皆川朋子・萱場祐一：人工出水が付着藻類の遷移及ぼす影響、日本珪藻学会第 22 回研究集会要旨集、2002.

9)Power、M. E.、 and A. J. Stewart : Disturbance and recovery of an algal assemblage following flooding in an Oklahoma stream、 American Midland Natural Naturalist 117、pp333-345、 1987.

10)渡辺泰徳：光合成研究法、共立出版株式会社、p137、1981.

11)Monoz I.、Real M.、Guasch H.、Navarro E. and Sabater S. : Resource limitation by freshwater snail (*Stagnicola vulerata*) grazing pressure :an experimental study、 Arch Hydrobiol. 148、4、pp.517-532、2000.

12)Graham、A.A.:Siltation of stone-surfaceperiphyton in rivers by lay-sized particles from low concentration in suspension、Hydrobiologia 、199、pp.107-115、1990.

13)Alan D. Steinman、 C. David McINTIRE：Recover of Lotic Periphyton Communities after Disturbance、 Environmental Management 、 Vol.14、 No.5、 pp.589-604.1990.
14)皆川朋子・河口洋一・萱場祐一・尾澤卓思：流量変動が河川環境に果たす役割と実験的検討、土木研究所資料 Vol.44、pp32-37、2002.
15)有賀祐勝：水界植物群落の物質生産Ⅱ—植物プランクトン、共立出版、1973.
16)大沼淳一：合瀬川の付着藻類１、愛知県公害調査センター所報、pp.37-47、1993.
17)井上隆信・海老瀬潜一：河床付着生物膜現存量の周年変化と降雨に伴う剥離量の評価、水環境学会誌、第 16 巻第 7 号、pp507-515、1993.
18)建設省河川局：河川水質試験方法（案）1997 年度版－試験方法編－、技報堂出版、1997.

附表1 【実験1】結果

採取日	河川名	乾燥重量 (g/m^2)	強熱減量 (%)	Chl.a (mg/m^2)	フェオフィチン (mg/m^2)	PC (g/m^2)	PN (g/m^2)	PP (g/m^2)
2002/7/24	Disturbance	127.40	18	95.33	19.07	4.94	2.20	0.32
2002/7/24	Disturbance	88.10	17	39.89	6.65	4.16	3.53	0.18
2002/7/24	Disturbance	165.48	14	109.20	29.40	4.10	2.18	0.45
2002/7/24	Control	71.64	12	39.87	26.58	3.10	1.18	0.19
2002/7/24	Control	138.38	15	118.61	33.36	6.31	5.68	0.41
2002/7/24	Control	50.70	11	44.09	22.04	2.79	2.18	0.14
2002/7/30	Disturbance	56.39	21	69.33	16.64	2.36	0.42	0.13
2002/7/30	Disturbance	78.53	20	61.31	24.80	3.51	0.62	0.14
2002/7/30	Disturbance	53.35	17	69.91	15.06	3.37	0.49	0.12
2002/7/30	Control	43.92	21	68.80	10.89	3.10	0.54	0.09
2002/7/30	Control	58.25	19	93.96	25.50	4.01	0.65	0.12
2002/7/30	Control	50.04	15	49.42	38.92	3.16	0.48	0.10
2002/7/31	Disturbance	35.80	21	63.33	10.98	3.29	0.42	0.08
2002/7/31	Disturbance	23.72	20	17.58	8.59	1.83	0.26	0.03
2002/7/31	Disturbance	30.65	17	56.04	4.31	3.53	0.54	0.07
2002/7/31	Control	87.11	21	104.53	7.96	2.54	0.36	0.15
2002/7/31	Control	96.20	19	113.47	10.36	3.24	0.41	0.16
2002/7/31	Control	65.99	15	87.64	5.16	2.81	0.43	0.12
2002/8/2	Disturbance	80.89	10	128.89	10.67	2.56	0.36	0.14
2002/8/2	Disturbance	75.13	8	102.67	7.93	2.73	0.42	0.15
2002/8/2	Disturbance	61.50	6	49.38	20.20	1.96	0.27	0.10
2002/8/2	Control	100.18	10	139.02	7.77	2.51	0.36	0.17
2002/8/2	Control	88.56	10	115.20	12.60	1.95	0.29	0.14
2002/8/2	Control	123.76	12	165.82	6.88	2.31	0.33	0.21
2002/8/5	Disturbance	90.53	14	177.33	14.93	2.87	0.52	0.20
2002/8/5	Disturbance	102.08	13	141.91	6.87	1.68	0.36	0.17
2002/8/5	Disturbance	80.11	15	132.76	5.95	2.14	0.45	0.16
2002/8/5	Control	72.00	10	96.67	6.67	1.94	0.33	0.13
2002/8/5	Control	72.18	14	124.44	10.67	2.20	0.37	0.16
2002/8/5	Control	56.58	18	118.22	4.22	2.57	0.54	0.13
2002/8/7	Disturbance	41.33	13	80.00	20.44	2.96	0.45	0.13
2002/8/7	Disturbance	55.11	15	97.78	4.89	2.68	0.44	0.12
2002/8/7	Disturbance	75.13	15	98.00	11.20	3.61	0.58	0.14
2002/8/7	Control	58.97	12	61.82	4.04	3.50	0.59	0.11
2002/8/7	Control	72.00	17	91.20	17.76	4.19	0.69	0.15
2002/8/7	Control	53.95	15	90.67	11.33	3.25	0.49	0.15
2002/8/14	Disturbance	65.73	14	77.07	4.53	2.83	0.38	0.15
2002/8/14	Disturbance	81.80	13	66.58	29.01	2.66	0.37	0.16
2002/8/14	Disturbance	48.51	16	63.47	16.77	3.40	0.51	0.13
2002/8/14	Control	62.11	18	90.67	5.44	3.18	0.49	0.14
2002/8/14	Control	60.88	10	68.67	5.95	2.64	0.43	0.13
2002/8/14	Control	59.05	13	82.40	15.11	2.78	0.39	0.13
2002/8/20	Disturbance	47.56	8	80.00	24.00	4.09	0.61	0.19
2002/8/20	Disturbance	42.77	15	86.22	20.69	4.40	0.70	0.20
2002/8/20	Disturbance	75.84	13	105.60	27.84	3.52	0.52	0.21
2002/8/20	Control	64.64	8	62.84	14.36	3.11	0.44	0.14
2002/8/20	Control	55.56	8	88.89	24.44	3.14	0.49	0.14
2002/8/20	Control	55.44	14	70.40	13.20	3.14	0.49	0.14
2002/8/21	Disturbance	47.11	20	57.78	8.89	4.04	0.60	0.10
2002/8/21	Disturbance	41.89	19	64.09	18.77	4.12	0.64	0.10
2002/8/21	Disturbance	47.60	16	77.07	8.16	3.65	0.57	0.09
2002/8/21	Control	86.06	12	105.29	12.82	3.11	0.44	0.15
2002/8/21	Control	87.08	16	107.73	8.08	3.10	0.43	0.14
2002/8/21	Control	103.92	13	91.56	4.58	2.48	0.32	0.15
2002/8/23	Disturbance	143.04	18	129.60	19.20	2.51	0.37	0.23
2002/8/23	Disturbance	85.23	16	117.87	15.87	2.39	0.38	0.22
2002/8/23	Disturbance	88.00	18	75.56	11.11	2.44	0.40	0.23
2002/8/23	Control	81.12	11	115.20	14.40	2.35	0.35	0.12
2002/8/23	Control	96.00	14	84.00	10.40	1.57	0.31	0.09
2002/8/23	Control	97.68	17	123.20	30.80	1.54	0.28	0.10
2002/8/27	Disturbance	78.67	20	151.11	13.33	4.06	0.61	0.13
2002/8/27	Disturbance	72.86	21	125.02	14.23	3.52	0.60	0.12
2002/8/27	Disturbance	55.66	20	76.31	7.18	2.99	0.54	0.12
2002/8/27	Control	86.08	13	66.58	8.56	2.70	0.40	0.14
2002/8/27	Control	71.11	17	62.22	4.89	2.37	0.42	0.12
2002/8/27	Control	53.62	19	63.33	4.64	2.42	0.50	0.11

採取日	河川名	乾燥重量 (g/m^2)	強熱減量 (%)	Chl.a (mg/m^2)	フェオフィチン (mg/m^2)	PC (g/m^2)	PN (g/m^2)	PP (g/m^2)
2002/8/30	Disturbance	72.60	19	37.40	88.00	3.92	0.61	0.19
2002/8/30	Disturbance	58.27	25	80.22	15.20	3.30	0.68	0.12
2002/8/30	Disturbance	73.17	25	125.69	12.12	3.45	0.71	0.18
2002/8/30	Control	57.40	11	93.33	21.00	3.30	0.59	0.15
2002/8/30	Control	59.39	16	81.60	16.77	2.94	0.68	0.12
2002/8/30	Control	75.16	15	83.07	24.13	2.40	0.53	0.14
2002/9/3	Disturbance	118.51	12	85.29	17.96	2.80	0.35	0.21
2002/9/3	Disturbance	95.39	14	65.33	14.81	3.21	0.35	0.18
2002/9/3	Disturbance	90.64	15	74.80	17.60	2.84	0.44	0.17
2002/9/3	Control	96.89	7	53.33	22.67	2.44	0.33	0.17
2002/9/3	Control	65.73	15	63.47	18.59	3.78	0.55	0.12
2002/9/3	Control	129.28	11	89.78	22.00	2.67	0.38	0.20
2002/9/10	Disturbance	64.44	15	88.89	10.22	3.91	0.53	0.17
2002/9/10	Disturbance	59.84	15	63.47	9.07	3.59	0.50	0.17
2002/9/10	Disturbance	56.00	17	84.44	11.56	4.27	0.66	0.16
2002/9/10	Control	76.12	19	92.40	13.64	3.26	0.51	0.19
2002/9/10	Control	38.07	13	43.56	11.32	3.69	0.61	0.09
2002/9/10	Control	53.78	8	88.89	9.33	4.71	0.76	0.16
2002/9/11	Disturbance	36.37	22	78.40	17.86	4.20	0.89	0.11
2002/9/11	Disturbance	37.87	20	84.44	16.00	4.20	0.87	0.11
2002/9/11	Disturbance	34.85	27	96.80	14.08	4.49	0.97	0.10
2002/9/11	Control	60.15	12	112.22	10.77	3.49	0.67	0.16
2002/9/11	Control	52.60	16	103.47	10.78	3.27	0.66	0.13
2002/9/11	Control	66.19	16	149.60	14.51	3.62	0.71	0.16
2002/9/13	Disturbance	46.13	18	73.29	8.62	3.72	0.70	0.13
2002/9/13	Disturbance	49.72	19	88.00	7.92	3.96	0.77	0.13
2002/9/13	Disturbance	55.44	21	114.40	9.68	3.70	0.75	0.17
2002/9/13	Control	38.47	19	80.80	8.98	4.22	0.90	0.13
2002/9/13	Control	65.73	17	95.20	5.44	3.27	0.63	0.15
2002/9/13	Control	49.15	17	39.23	6.04	3.03	0.60	0.11
2002/9/17	Disturbance	121.31	13	160.22	23.35	2.73	0.30	0.29
2002/9/17	Disturbance	82.60	15	98.76	11.67	2.45	0.26	0.22
2002/9/17	Disturbance	64.85	24	85.33	8.11	2.72	0.34	0.18
2002/9/17	Control	52.76	14	84.80	10.36	3.05	0.16	0.15
2002/9/17	Control	87.49	16	131.47	14.96	3.21	0.27	0.22
2002/9/17	Control	49.41	20	68.00	11.33	3.12	0.19	0.12
2002/9/20	Disturbance	76.74	13	81.91	11.21	3.19	0.29	0.20
2002/9/20	Disturbance	59.11	20	80.00	14.22	3.68	0.36	0.16
2002/9/20	Disturbance	49.15	20	99.16	12.07	4.17	0.43	0.15
2002/9/20	Control	51.17	14	71.82	6.73	3.49	0.39	0.14
2002/9/20	Control	47.60	17	72.53	15.41	3.54	0.32	0.11
2002/9/20	Control	99.84	8	91.20	12.48	2.33	0.14	0.26
2002/9/24	Disturbance	78.76	14	83.60	14.96	3.01	0.38	0.19
2002/9/24	Disturbance	51.63	22	106.67	5.12	4.48	0.60	0.16
2002/9/24	Disturbance	66.13	20	89.60	12.37	3.54	0.47	0.19
2002/9/24	Control	95.68	11	134.04	11.09	3.00	0.40	0.23
2002/9/24	Control	81.20	14	88.67	10.27	2.55	0.38	0.19
2002/9/24	Control	107.48	8	104.62	6.18	2.11	0.31	0.21
2002/9/30	Disturbance	51.40	17	74.04	14.37	3.10	0.55	0.14
2002/9/30	Disturbance	36.09	21	57.78	12.00	3.64	0.59	0.10
2002/9/30	Disturbance	41.33	22	71.11	13.33	3.68	0.56	0.11
2002/9/30	Control	57.17	16	68.27	11.52	2.99	0.44	0.14
2002/9/30	Control	65.96	17	107.78	20.69	3.41	0.50	0.20
2002/9/30	Control	54.44	15	104.53	16.55	3.62	0.49	0.16
2002/10/7	Disturbance	84.32	18	99.73	11.79	3.21	0.49	0.22
2002/10/7	Disturbance	77.21	19	112.22	15.71	3.43	0.62	0.22
2002/10/7	Disturbance	84.23	17	114.44	17.40	3.28	0.70	0.21
2002/10/7	Control	89.76	13	105.60	14.96	2.44	0.60	0.18
2002/10/7	Control	90.13	14	92.44	26.35	2.72	0.45	0.22
2002/10/7	Control	64.68	14	66.00	13.20	2.57	0.44	0.16

附表2 【実験2】結果

サンプル名	河川名	採取日	乾燥重量 (g/m^2)	Chl.a (mg/m^2)	フェオフィチン (mg/m^2)	強熱減量 %
出水①5days	Disturbance	2002/7/30	62.07	65.33	6.07	12
出水①5days	Disturbance	2002/7/30	69.81	74.04	6.88	14
出水①5days	Disturbance	2002/7/30	57.87	49.05	26.45	17
出水①5days	Disturbance	2002/7/31	17.17	20.05	3.34	12
出水①5days	Disturbance	2002/7/31	37.03	35.96	7.63	14
出水①5days	Disturbance	2002/7/31	31.24	38.42	4.22	17
出水①5days	Disturbance	2002/8/2	90.24	96.09	24.23	12
出水①5days	Disturbance	2002/8/2	122.68	155.64	16.94	13
出水①5days	Disturbance	2002/8/2	87.56	102.22	12.44	11
出水①5days	Disturbance	2002/8/5	72.08	113.33	8.16	15
出水①5days	Disturbance	2002/8/5	67.29	114.44	3.89	11
出水①5days	Disturbance	2002/8/5	82.67	115.56	2.36	12
出水①5days	Disturbance	2002/8/7	41.85	52.31	4.28	12
出水①5days	Disturbance	2002/8/7	53.24	70.67	17.43	10
出水①5days	Disturbance	2002/8/7	73.92	36.00	8.64	11
出水①5days	Disturbance	2002/8/14	48.98	50.36	27.92	14
出水①5days	Disturbance	2002/8/14	64.32	62.40	34.56	17
出水①5days	Disturbance	2002/8/14	53.87	98.76	0.72	18
出水①5days	Control	2002/7/30	54.61	62.58	20.48	11
出水①5days	Control	2002/7/30	52.73	56.00	26.13	11
出水①5days	Control	2002/7/30	48.89	63.56	4.79	13
出水①5days	Control	2002/7/30	54.61	62.58	20.48	11
出水①5days	Control	2002/7/30	52.73	56.00	26.13	11
出水①5days	Control	2002/7/30	48.89	63.56	4.79	13
出水①5days	Control	2002/7/31	113.54	108.36	22.14	11
出水①5days	Control	2002/7/31	112.43	117.87	18.59	11
出水①5days	Control	2002/7/31	90.36	99.87	16.64	13
出水①5days	Control	2002/8/2	68.45	54.40	15.41	13
出水①5days	Control	2002/8/2	80.60	107.47	23.15	17
出水①5days	Control	2002/8/2	76.87	75.20	13.37	14
出水①5days	Control	2002/8/5	56.85	55.47	10.63	9
出水①5days	Control	2002/8/5	54.85	68.00	19.49	13
出水①5days	Control	2002/8/5	56.00	65.33	13.53	11
出水①5days	Control	2002/8/7	42.21	64.09	8.24	10
出水①5days	Control	2002/8/7	34.49	60.36	10.35	12
出水①5days	Control	2002/8/7	63.93	56.00	22.87	10
出水①5days	Control	2002/8/14	70.03	80.80	18.40	15
出水①5days	Control	2002/8/14	57.00	103.64	23.56	20
出水①5days	Control	2002/8/14	25.51	40.44	14.67	25

サンプル名	河川名	採取日	乾燥重量 (g/m^2)	Chl.a (mg/m^2)	フェオフィチン (mg/m^2)	強熱減量 %
出水①9days	Disturbance	2002/7/26	30.20	23.60	9.60	13
出水①9days	Disturbance	2002/7/26	45.80	32.71	6.95	13
出水①9days	Disturbance	2002/7/26	25.54	19.84	4.96	12
出水①9days	Disturbance	2002/7/30	85.12	76.80	29.44	7
出水①9days	Disturbance	2002/7/30	77.16	82.67	27.56	6
出水①9days	Disturbance	2002/7/30	75.97	67.08	35.59	6
出水①9days	Disturbance	2002/7/31	30.86	35.89	5.07	8
出水①9days	Disturbance	2002/7/31	42.46	36.64	3.45	9
出水①9days	Disturbance	2002/7/31	42.20	35.51	3.34	9
出水①9days	Disturbance	2002/8/2	78.67	97.78	4.89	16
出水①9days	Disturbance	2002/8/2	95.39	108.89	0.48	13
出水①9days	Disturbance	2002/8/2	54.01	65.33	16.12	15
出水①9days	Disturbance	2002/8/5	70.48	116.71	13.47	22
出水①9days	Disturbance	2002/8/5	69.58	86.98	6.87	19
出水①9days	Disturbance	2002/8/5	93.80	126.00	21.00	13
出水①9days	Disturbance	2002/8/7	51.73	82.40	6.41	14
出水①9days	Disturbance	2002/8/7	50.67	48.89	12.44	19
出水①9days	Disturbance	2002/8/7	30.76	91.56	18.31	21
出水①9days	Disturbance	2002/8/14	75.53	128.18	9.61	11
出水①9days	Disturbance	2002/8/14	35.82	58.36	2.15	11
出水①9days	Disturbance	2002/8/14	50.32	72.53	6.80	14
出水①9days	Control	2002/7/26	18.76	8.77	6.68	8
出水①9days	Control	2002/7/26	30.06	14.51	7.71	8
出水①9days	Control	2002/7/26	26.44	28.03	3.38	17
出水①9days	Control	2002/7/30	43.01	62.40	13.44	8
出水①9days	Control	2002/7/30	55.39	43.02	75.29	9
出水①9days	Control	2002/7/30	63.84	72.80	8.96	9
出水①9days	Control	2002/7/31	103.36	72.53	12.24	7
出水①9days	Control	2002/7/31	113.07	106.67	11.52	6
出水①9days	Control	2002/7/31	94.40	90.67	8.53	6
出水①9days	Control	2002/8/2	60.33	80.00	33.33	9
出水①9days	Control	2002/8/2	58.54	87.02	24.13	11
出水①9days	Control	2002/8/2	62.69	93.02	17.39	12
出水①9days	Control	2002/8/5	44.70	83.07	3.36	15
出水①9days	Control	2002/8/5	66.55	99.20	11.99	15
出水①9days	Control	2002/8/5	50.45	66.49	6.26	15
出水①9days	Control	2002/8/7	52.23	46.22	5.08	18
出水①9days	Control	2002/8/7	72.00	66.67	9.33	17
出水①9days	Control	2002/8/7	122.68	82.40	7.78	16
出水①9days	Control	2002/8/14	80.09	61.24	13.66	14
出水①9days	Control	2002/8/14	58.49	45.65	14.74	15
出水①9days	Control	2002/8/14	61.85	78.40	13.94	10

サンプル名	河川名	採取日	乾燥重量 (g/m^2)	Chl.a (mg/m^2)	フェオフィチン (mg/m^2)	強熱減量 %
出水②7days	Disturbance	2002/8/20	67.76	61.60	20.24	20
出水②7days	Disturbance	2002/8/20	79.20	54.93	19.68	18
出水②7days	Disturbance	2002/8/20	81.48	64.09	13.28	19
出水②7days	Disturbance	2002/8/21	26.88	27.53	11.20	20
出水②7days	Disturbance	2002/8/21	29.30	29.30	11.90	26
出水②7days	Disturbance	2002/8/21	34.88	35.51	12.53	21
出水②7days	Disturbance	2002/8/23	50.09	82.76	8.28	12
出水②7days	Disturbance	2002/8/23	92.93	50.36	18.77	12
出水②7days	Disturbance	2002/8/23	48.64	119.47	8.96	15
出水②7days	Disturbance	2002/8/27	42.55	56.62	2.09	13
出水②7days	Disturbance	2002/8/27	48.64	68.27	5.12	17
出水②7days	Disturbance	2002/8/27	45.18	71.78	1.14	22
出水②7days	Disturbance	2002/8/30	57.20	52.80	21.56	12
出水②7days	Disturbance	2002/8/30	46.20	74.80	25.08	22
出水②7days	Disturbance	2002/8/30	60.59	89.60	29.01	19
出水②7days	Disturbance	2002/9/3	79.00	76.31	13.92	15
出水②7days	Disturbance	2002/9/3	188.08	67.33	15.26	16
出水②7days	Disturbance	2002/9/3	134.97	46.22	12.02	16
出水②7days	Control	2002/8/20	52.78	46.44	11.82	19
出水②7days	Control	2002/8/20	59.92	51.73	29.75	15
出水②7days	Control	2002/8/20	53.56	59.51	19.23	16
出水②7days	Control	2002/8/21	96.60	120.18	18.95	11
出水②7days	Control	2002/8/21	63.92	68.00	9.52	11
出水②7days	Control	2002/8/21	84.93	117.60	16.55	15
出水②7days	Control	2002/8/23	114.01	84.80	4.29	10
出水②7days	Control	2002/8/23	40.31	107.78	11.21	15
出水②7days	Control	2002/8/23	44.88	49.87	10.88	10
出水②7days	Control	2002/8/27	40.53	42.67	10.67	19
出水②7days	Control	2002/8/27	40.13	29.87	1.49	17
出水②7days	Control	2002/8/27	47.61	68.67	8.70	18
出水②7days	Control	2002/8/30	52.69	92.44	16.64	16
出水②7days	Control	2002/8/30	47.61	83.20	17.10	24
出水②7days	Control	2002/8/30	47.42	64.67	18.54	19
出水②7days	Control	2002/9/3	89.24	86.22	9.05	15
出水②7days	Control	2002/9/3	107.35	60.36	12.50	15
出水②7days	Control	2002/9/3	103.66	34.84	10.89	8
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/20	59.05	91.56	11.44	12
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/20	60.75	72.53	13.60	16
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/20	44.00	88.00	10.40	21
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/21	36.08	60.36	15.09	16
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/21	49.78	93.33	19.56	20
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/21	66.13	136.40	25.21	19
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/23	87.03	166.44	15.69	21
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/23	75.38	117.78	4.00	16
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/23	82.15	116.71	9.88	17
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/27	102.83	106.67	2.94	19
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/27	71.99	113.24	6.47	18
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/27	80.14	95.82	10.45	20
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/30	71.11	88.89	27.56	19
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/30	57.42	67.56	22.38	18
出水②-d34days	Disturbance	2002/8/30	76.12	79.20	17.16	16
出水②-d34days	Disturbance	2002/9/3	78.11	30.97	7.63	16
出水②-d34days	Disturbance	2002/9/3	126.73	80.09	12.72	14
出水②-d34days	Disturbance	2002/9/3	121.78	57.78	13.78	14
出水②-d34days	Disturbance	2002/9/10	59.84	92.40	3.74	17
出水②-d34days	Disturbance	2002/9/10	77.52	68.00	4.99	21
出水②-d34days	Disturbance	2002/9/10	67.11	84.44	9.33	25

サンプル名	河川名	採取日	乾燥重量 (g/m^2)	Chl.a (mg/m^2)	フェオフィチン (mg/m^2)	強熱減量 %
出水③6days	Disturbance	2002/9/10	34.63	43.56	9.58	21
出水③6days	Disturbance	2002/9/10	36.59	39.64	7.84	20
出水③6days	Disturbance	2002/9/10	43.52	38.83	7.68	16
出水③6days	Disturbance	2002/9/11	25.96	40.04	17.60	10
出水③6days	Disturbance	2002/9/11	26.62	40.04	19.36	13
出水③6days	Disturbance	2002/9/11	23.98	52.80	18.48	15
出水③6days	Disturbance	2002/9/13	47.04	65.33	8.28	19
出水③6days	Disturbance	2002/9/13	44.44	57.20	7.04	19
出水③6days	Disturbance	2002/9/13	60.00	53.33	12.00	17
出水③6days	Disturbance	2002/9/17	50.88	98.93	15.55	14
出水③6days	Disturbance	2002/9/17	68.21	105.29	7.78	16
出水③6days	Disturbance	2002/9/17	49.83	76.31	12.12	21
出水③6days	Disturbance	2002/9/20	56.67	45.33	11.79	13
出水③6days	Disturbance	2002/9/20	56.76	44.00	14.52	13
出水③6days	Disturbance	2002/9/20	45.34	44.89	21.55	21
出水③6days	Disturbance	2002/9/24	77.93	56.00	15.87	12
出水③6days	Disturbance	2002/9/24	57.78	88.89	20.00	16
出水③6days	Disturbance	2002/9/24	74.52	53.87	22.89	12
出水③6days	Disturbance	2002/9/30	67.78	67.33	16.16	13
出水③6days	Disturbance	2002/9/30	66.22	48.89	15.11	12
出水③6days	Disturbance	2002/9/30	68.67	50.36	14.65	16
出水③6days	Control	2002/9/10	33.33	28.44	11.56	15
出水③6days	Control	2002/9/10	74.16	38.91	10.53	12
出水③6days	Control	2002/9/10	52.97	35.91	9.43	14
出水③6days	Control	2002/9/11	48.51	77.07	4.53	6
出水③6days	Control	2002/9/11	73.96	73.96	6.93	6
出水③6days	Control	2002/9/11	50.32	72.53	5.44	11
出水③6days	Control	2002/9/13	40.92	57.20	6.16	20
出水③6days	Control	2002/9/13	42.67	57.78	7.11	19
出水③6days	Control	2002/9/13	47.61	43.95	10.99	17
出水③6days	Control	2002/9/17	51.21	55.20	6.13	13
出水③6days	Control	2002/9/17	54.54	64.71	13.40	11
出水③6days	Control	2002/9/17	49.47	94.22	8.95	14
出水③6days	Control	2002/9/20	55.39	50.36	12.82	11
出水③6days	Control	2002/9/20	49.83	44.89	16.61	15
出水③6days	Control	2002/9/20	63.47	58.93	13.15	15
出水③6days	Control	2002/9/24	63.47	56.00	7.00	8
出水③6days	Control	2002/9/24	78.12	78.58	4.62	10
出水③6days	Control	2002/9/24	82.13	84.00	11.20	13
出水③6days	Control	2002/9/30	74.67	62.22	12.44	7
出水③6days	Control	2002/9/30	62.41	53.73	14.47	13
出水③6days	Control	2002/9/30	69.08	88.00	9.24	9
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/10	70.03	62.84	4.94	22
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/10	78.88	58.93	7.25	20
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/10	53.89	56.04	5.17	21
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/11	27.38	58.36	4.49	14
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/11	40.96	94.84	3.92	19
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/11	35.57	81.91	4.74	18
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/13	70.04	59.51	11.44	16
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/13	52.52	76.31	7.18	17
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/13	54.91	61.87	4.64	17
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/17	71.56	111.11	16.89	18
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/17	76.31	130.18	11.67	19
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/17	65.00	86.98	7.78	20
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/20	64.24	88.00	8.36	17
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/20	65.77	91.47	6.10	18
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/20	41.80	88.00	6.16	19
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/24	81.84	88.00	15.84	18
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/24	62.67	97.78	16.44	18
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/24	56.76	96.80	18.92	19
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/30	59.84	95.20	14.05	18
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/30	50.28	103.24	19.30	19
出水③-d55days	Disturbance	2002/9/30	68.87	69.33	13.87	14

附表3 【実験3】 結果

採取日	サンプル名			SS	強熱減量	Chl.a	フェオフィチン
	流量	設置期間	経過時間	(g/m^2)	(%)	(mg/m^2)	(mg/m^2)
2002/8/29	0.10	14 days	before	37.81	20.0	60.98	23.52
2002/8/29	0.10	14 days	before	42.03	19.0	46.93	20.91
2002/8/29	0.10	14 days	before	36.36	21.0	49.38	15.71
2002/8/29	0.10	14 days	before	43.56	12.0	48.40	14.96
2002/8/29	0.10	14 days	before	37.18	22.0	35.20	12.32
2002/8/29	0.25	14 days	3 hours after	37.08	21.0	60.36	12.07
2002/8/29	0.25	14 days	3 hours after	40.06	19.0	54.93	13.73
2002/8/29	0.25	14 days	3 hours after	37.85	18.0	38.53	15.41
2002/8/29	0.25	14 days	3 hours after	37.31	19.0	34.33	15.56
2002/8/29	0.25	14 days	3 hours after	35.91	27.0	21.55	26.93
2002/8/29	0.25	14 days	6 hours after	41.40	16.7	50.30	18.90
2002/8/29	0.25	14 days	6 hours after	34.80	19.5	58.70	19.50
2002/8/29	0.25	14 days	6 hours after	41.60	15.4	46.10	18.50
2002/8/29	0.25	14 days	6 hours after	41.40	11.6	39.10	17.60
2002/8/29	0.25	14 days	6 hours after	35.80	18.4	36.90	16.40
2002/8/29	0.25	14 days	24 hours after	29.60	15.9	54.00	22.80
2002/8/29	0.25	14 days	24 hours after	33.60	12.5	42.90	16.80
2002/8/29	0.25	14 days	24 hours after	35.60	11.8	32.70	14.30
2002/8/29	0.25	14 days	24 hours after	29.60	16.2	30.40	13.30
2002/8/29	0.25	14 days	24 hours after	27.30	13.9	40.10	17.60
2002/8/29	0.10	43 days	before	47.15	23.0	68.00	9.97
2002/8/29	0.10	43 days	before	38.08	29.0	72.53	6.80
2002/8/29	0.10	43 days	before	44.88	19.0	44.00	48.40
2002/8/29	0.10	43 days	before	41.25	17.0	49.87	25.39
2002/8/29	0.10	43 days	before	48.07	24.0	55.47	26.81
2002/8/29	0.25	43 days	3 hours after	45.30	20.0	78.40	1.39
2002/8/29	0.25	43 days	3 hours after	39.25	24.0	72.53	16.21
2002/8/29	0.25	43 days	3 hours after	38.80	27.0	68.98	5.17
2002/8/29	0.25	43 days	3 hours after	39.85	28.0	52.27	14.81
2002/8/29	0.25	43 days	3 hours after	34.44	20.0	48.89	13.33
2002/8/29	0.25	43 days	6 hours after	45.10	17.3	56.40	23.80
2002/8/29	0.25	43 days	6 hours after	31.30	25.6	69.40	30.30
2002/8/29	0.25	43 days	6 hours after	26.30	25.1	50.80	22.70
2002/8/29	0.25	43 days	6 hours after	31.30	26.8	65.00	28.80
2002/8/29	0.25	43 days	6 hours after	26.80	29.1	54.70	24.70
2002/8/29	0.25	43 days	24 hours after	21.00	16.7	30.40	18.30
2002/8/29	0.25	43 days	24 hours after	37.70	24.9	88.00	37.20
2002/8/29	0.25	43 days	24 hours after	36.80	19.6	69.20	32.60
2002/8/29	0.25	43 days	24 hours after	28.70	24.0	63.30	31.00
2002/8/29	0.25	43 days	24 hours after	34.90	22.1	66.80	31.10
2002/8/30	0.10	15 days	before	28.00	10.4	32.60	11.00
2002/8/30	0.10	15 days	before	28.40	13.4	42.10	16.40
2002/8/30	0.10	15 days	before	33.20	13.3	42.20	16.00
2002/8/30	0.10	15 days	before	31.60	7.3	30.00	14.50
2002/8/30	0.10	15 days	before	41.80	15.6	59.00	24.00
2002/8/30	0.50	15 days	3 hours after	16.70	16.8	28.00	10.80
2002/8/30	0.50	15 days	3 hours after	30.60	15.0	38.90	19.10
2002/8/30	0.50	15 days	3 hours after	20.60	13.1	30.10	12.00
2002/8/30	0.50	15 days	3 hours after	25.40	9.4	30.20	12.10
2002/8/30	0.50	15 days	3 hours after	46.60	15.9	71.50	25.40
2002/8/30	0.50	15 days	6 hours after	14.80	14.2	19.40	9.40
2002/8/30	0.50	15 days	6 hours after	19.90	14.1	27.70	14.30
2002/8/30	0.50	15 days	6 hours after	18.60	13.4	25.90	12.70
2002/8/30	0.50	15 days	6 hours after	28.20	11.7	29.10	15.80
2002/8/30	0.50	15 days	6 hours after	32.20	14.6	48.40	21.40
2002/8/30	0.50	15 days	24 hours after	14.10	6.4	19.20	11.90
2002/8/30	0.50	15 days	24 hours after	18.10	11.0	26.80	14.40
2002/8/30	0.50	15 days	24 hours after	14.10	10.6	20.50	13.30
2002/8/30	0.50	15 days	24 hours after	17.40	9.8	11.90	11.30
2002/8/30	0.50	15 days	24 hours after	34.10	11.4	41.40	21.60
2002/8/30	0.10	44 days	before	40.10	21.4	70.80	25.80
2002/8/30	0.10	44 days	before	25.30	20.2	43.30	18.20
2002/8/30	0.10	44 days	before	45.30	19.0	61.70	27.30
2002/8/30	0.10	44 days	before	37.00	17.0	58.30	23.70
2002/8/30	0.10	44 days	before	44.30	16.9	51.70	24.60

採取日	サンプル名			SS	強熱減量	Chl.a	フェオフィチン
	流量	設置期間	経過時間	(g/m^2)	(%)	(mg/m^2)	(mg/m^2)
2002/8/30	0.50	44 days	3 hours after	30.40	27.6	64.80	24.20
2002/8/30	0.50	44 days	3 hours after	26.60	25.2	54.40	26.60
2002/8/30	0.50	44 days	3 hours after	26.80	23.1	52.90	22.40
2002/8/30	0.50	44 days	3 hours after	40.70	21.1	61.70	28.00
2002/8/30	0.50	44 days	3 hours after	38.70	24.3	58.30	29.10
2002/8/30	0.50	44 days	6 hours after	32.90	21.6	56.40	28.40
2002/8/30	0.50	44 days	6 hours after	27.50	21.8	42.20	23.30
2002/8/30	0.50	44 days	6 hours after	23.60	17.4	38.70	22.30
2002/8/30	0.50	44 days	6 hours after	32.40	17.9	46.90	24.20
2002/8/30	0.50	44 days	6 hours after	30.90	16.2	32.40	16.40
2002/8/30	0.50	44 days	24 hours after	44.60	18.8	69.20	34.60
2002/8/30	0.50	44 days	24 hours after	24.30	14.8	32.70	20.70
2002/8/30	0.50	44 days	24 hours after	27.10	17.0	44.10	25.50
2002/8/30	0.50	44 days	24 hours after	41.00	15.4	47.30	26.60
2002/8/30	0.50	44 days	24 hours after	39.90	11.3	33.30	26.00
2002/9/2	0.10	13 days	before	25.20	7.5	22.50	10.20
2002/9/2	0.10	13 days	before	22.00	5.0	18.60	11.90
2002/9/2	0.10	13 days	before	24.50	6.9	14.10	7.60
2002/9/2	0.10	13 days	before	23.00	7.4	13.80	9.50
2002/9/2	0.10	13 days	before	30.80	11.4	19.60	13.10
2002/9/2	1.00	13 days	3 hours after	17.10	9.4	17.20	9.00
2002/9/2	1.00	13 days	3 hours after	16.90	8.3	13.30	9.80
2002/9/2	1.00	13 days	3 hours after	21.60	9.3	15.30	9.00
2002/9/2	1.00	13 days	3 hours after	15.90	8.2	11.80	9.70
2002/9/2	1.00	13 days	3 hours after	17.10	10.5	12.40	7.90
2002/9/2	1.00	13 days	6 hours after	18.70	9.6	22.00	12.10
2002/9/2	1.00	13 days	6 hours after	17.50	10.3	22.50	13.50
2002/9/2	1.00	13 days	6 hours after	12.40	12.9	10.70	8.80
2002/9/2	1.00	13 days	6 hours after	23.50	15.7	21.70	13.60
2002/9/2	1.00	13 days	6 hours after	11.50	11.3	12.80	10.00
2002/9/2	1.00	13 days	24 hours after	11.00	9.1	9.40	9.20
2002/9/2	1.00	13 days	24 hours after	13.70	6.6	15.10	9.30
2002/9/2	1.00	13 days	24 hours after	13.50	6.7	11.30	8.10
2002/9/2	1.00	13 days	24 hours after	14.10	5.7	14.60	9.80
2002/9/2	1.00	13 days	24 hours after	10.30	6.8	8.70	7.20
2002/9/2	0.10	47 days	before	27.20	12.9	31.30	15.40
2002/9/2	0.10	47 days	before	37.00	14.6	31.30	16.20
2002/9/2	0.10	47 days	before	39.20	16.1	33.70	18.80
2002/9/2	0.10	47 days	before	33.60	17.6	35.00	15.20
2002/9/2	0.10	47 days	before	33.20	13.3	38.50	17.10
2002/9/2	1.00	47 days	3 hours after	34.40	16.0	51.80	21.50
2002/9/2	1.00	47 days	3 hours after	35.10	12.3	33.30	18.00
2002/9/2	1.00	47 days	3 hours after	28.00	14.3	29.70	16.00
2002/9/2	1.00	47 days	3 hours after	25.60	11.7	26.30	13.90
2002/9/2	1.00	47 days	3 hours after	44.20	14.9	42.40	19.10
2002/9/2	1.00	47 days	6 hours after	25.10	22.7	55.20	20.00
2002/9/2	1.00	47 days	6 hours after	32.50	16.0	44.70	22.70
2002/9/2	1.00	47 days	6 hours after	31.90	18.8	36.70	20.50
2002/9/2	1.00	47 days	6 hours after	33.70	17.2	38.40	18.30
2002/9/2	1.00	47 days	6 hours after	26.00	13.1	33.60	17.20
2002/9/2	1.00	47 days	24 hours after	35.70	16.0	56.50	23.80
2002/9/2	1.00	47 days	24 hours after	32.40	10.5	32.70	19.90
2002/9/2	1.00	47 days	24 hours after	28.40	13.4	33.20	19.90
2002/9/2	1.00	47 days	24 hours after	26.60	16.5	37.00	19.70
2002/9/2	1.00	47 days	24 hours after	38.30	15.4	54.70	24.70

4．3底生動物への影響

4．3．1　目的

2001年度5月より出水を起こす河川はB河川だけとし、C河川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。そこで今年度は洪水中の調査を増やし、洪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ことに重点をおいている。

4．3．2　材料と方法

今年度の調査は昨年度までの調査に加えて、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。季節ごとの定量、定性調査については他の調査に比べて冬季における調査まで及んでおり、現段階で報告できる状態ではないため、流下動向調査と流失量調査について報告する。

今回調査を行なった時の出水実験は表4.3.1のようであった。その出水実験と各調査との関係は表4.3.2と表4.3.3のようになっており、H13年7月13日とH13年9月28日の出水実験のときのみ各調査は一緒に行なわれている。表4.3.2と4.3.3に明記されている調査地点は、図4.3.1のような位置関係であった。

以下に各調査の方法を示す。

＜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、採集中は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。

４．３．３　結果

＜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 4.3.2 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くなった。但し、湿重量については 9 月 28 日の調査では有意差はなかった。平常時各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た。

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 4.3.3 のようになった。また、その各分類内で出現頻度の高かったものを表 4.3.4 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くなった。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った。さらに細かな分類でみてみても出現頻度の高い種に略変化はなく、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った。ただし出水中には、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が流されるという特徴が得られた。

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 4.3.4 のようになった。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った。また、その藻類の量と同じ時間変化は底生動物の個体数でもみたれた。それらの傾向は最上流部（850m橋）よりも中流部（410m橋）のほうで明らかにみられた。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見られた。

＜流失量調査＞

各調査時期、調査地点の水温、水深、流速は表 4.3.5 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。

全分類群数の変化は図 4.3.5 のようになり、早瀬では殆ど変化はなかった。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った。また、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た。

全個体数の変化は図 4.3.6 のようになり、9 月 5 日の出水では有意な変化はなかった。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た。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った。

全湿重量の変化は図 4.3.7 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かった。

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）の変化をみたところ図 4.3.8～14 のようになった。

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

していた（図4.3.8）。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ている。

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得られた（図4.3.9）。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ていた。

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ていた（図 4.3.10）。7月の出水によっては有意な変化は得られなかった。

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が見られた（図4.3.11）。逆に早瀬の岸では有意に減少していた。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得られた。9月5日の出水では有意な変化は得られなかった。

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日後に増加するよいう、個体数と同じ有意な傾向が得られた（図4.3.12）。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ている。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得られた（図4.3.13）。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。

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得られた（図4.3.14）。

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 4.3.15 のようになった。また、その各分類内で出現頻度の高かったものを表4.3.6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て、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得られた。出水によって割合が変わることは殆どなかった。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かった。時期別の比較では、平瀬に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得られた。

4．3．4　考察

＜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や藻類と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い[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＞

水深や流速の結果より、実験河川内で各調査地点を早瀬と平瀬として比較するのは有効であると思われる。

分類群数における変化が有意でなかったことは、今回の出水規模が底生動物の生息空間に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、平瀬は流れが緩いことが早瀬よりも藻類（特に糸状藻類）の繁茂を多くしていることが、そこに生息するミミズ網を多くしており、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も、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も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月には個体数も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の個体数が少ないことや、繁殖力が弱いことが影響していると思われる。但し、湿重量では有意な変化はなかったことから流下した個体は小型であったと思われ、藻類の根本と伴に流下したにすぎないと考えられる。

＜今後の課題＞

今回の調査から、出水により底生動物が流され影響をうけている可能性を示すことができ、その要因が藻類（特に糸状藻類）にあることが判明した。今後さらに出水規模を大きくし河床に対する力を強くした場合、早瀬等の河床空間における影響がさらに明瞭にできると思われる。そうした場合、早瀬における生物多様性が高いことがしられている[5)]ことから、河川全体の底生動物相に大きな影響を与えることが予測される。

なお季節ごとに行なった定量、定性調査について分析出来次第報告するが、その結果によって短期的な変化が季節をとおしてどう影響したかなど、河床材料の変化も踏まえて報告できるものと思われる。

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

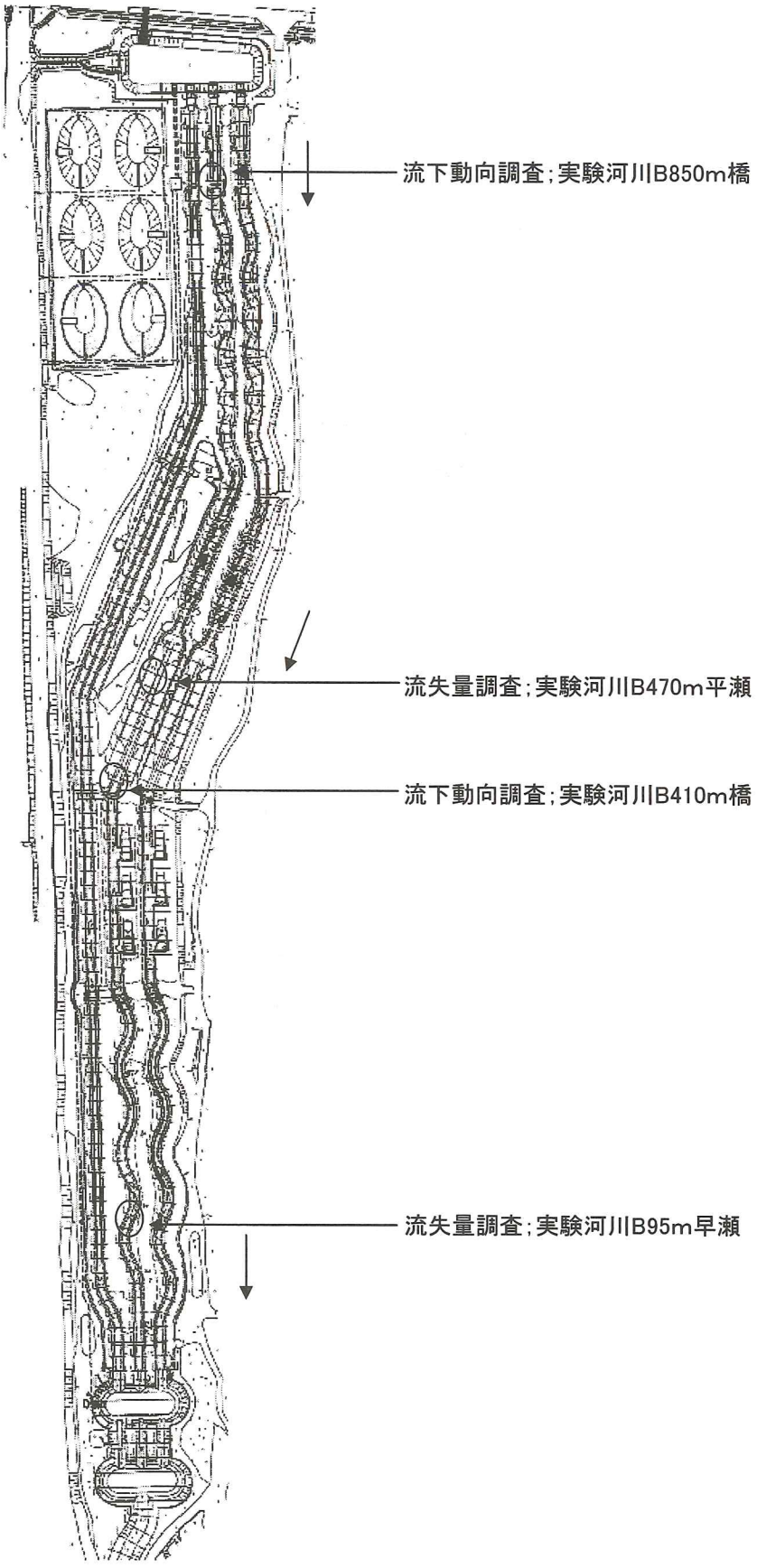

流下動向調査；実験河川B850m橋
流失量調査；実験河川B470m平瀬
流下動向調査；実験河川B410m橋
流失量調査；実験河川B95m早瀬

図4.3.1　　調査地点

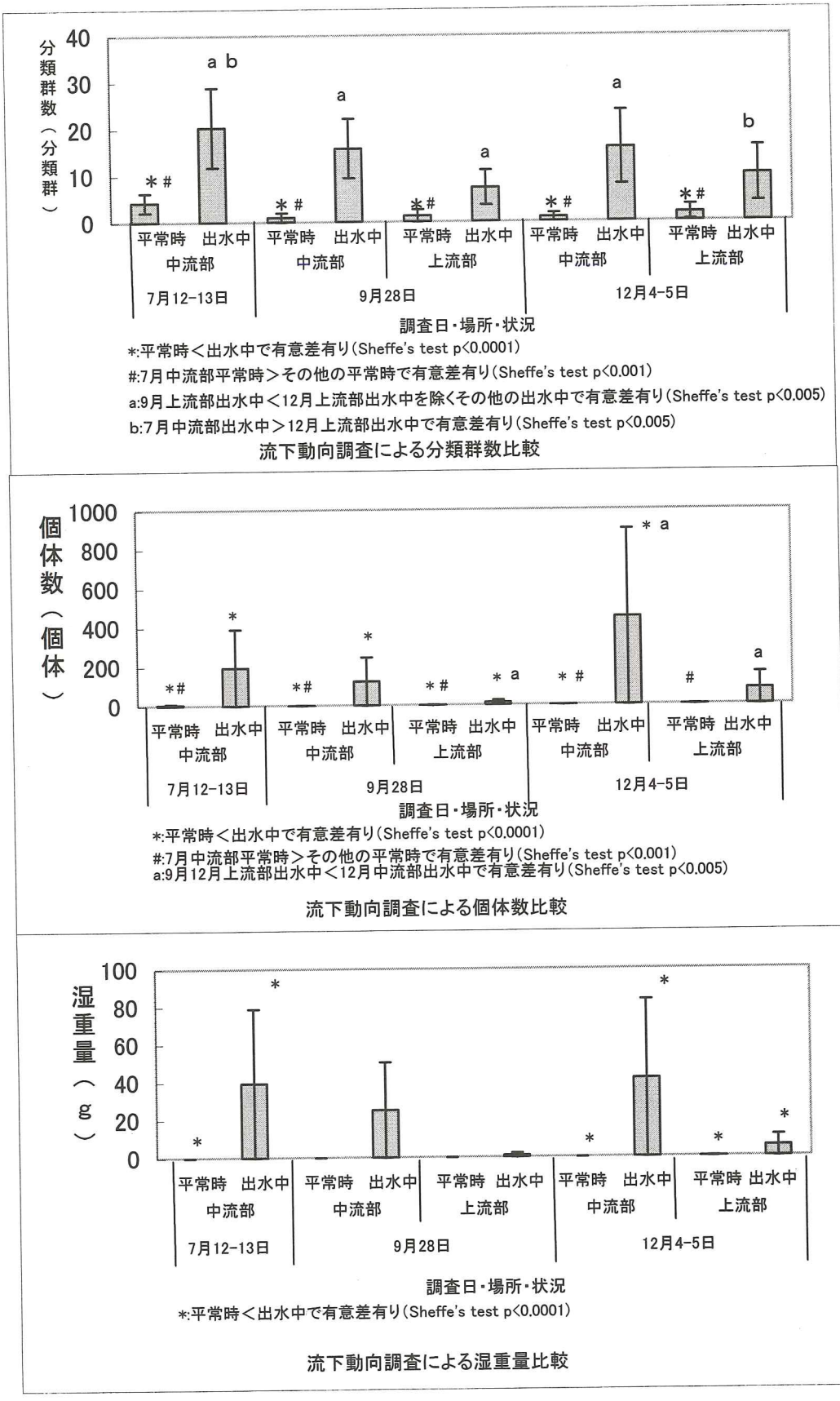


図4.3.2 流下動向調査による分類群数・個体数・湿重量比較

表4.3.1　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	H13.9.5	2.0	20	180
3	H13.9.28	2.0	20	180
4	H13.12.4	1.5	10	10

表4.3.2　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4.3.1参照

表4.3.3　流失量調査

調査No.	調査日	調査時状態	調査場所	出水No.
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)	1
			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)	2
			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)	3
			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4.3.1参照

表4.3.4　流下動向調査による分類群比較

綱・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）		9月28日		9月28日 850橋（上流部）		12月4-5日 410橋（中流部）	
	平常時	出水時	平常時	出水時	平常時		出水時		平常時	出水時
マキガイ・ニマイガイ綱	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)
ミミズ綱	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・ﾌｻｹﾞﾐｽﾞﾐﾐｽﾞ属(各6.67)		ヨゴレミズミミズ属(5.79)		テングミズミミズ属(35.00)	テングミズミミズ属(15.26)
ヒル綱	―	イシビル科(0.55)	―	イシビル科(0.08)	―		―		―	イシビル科(0.03)
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)
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)
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)

綱・目	12月4-5日 850橋（上流部）	
	平常時	出水時
マキガイ・ニマイガイ綱	―	カワコザラガイ(0.92)
ミミズ綱	ﾐｽﾞﾐﾐｽﾞ属・ﾌｻｹﾞﾐｽﾞﾐﾐｽﾞ属(各11.54)	ミズミミズ属(9.59)
ヒル綱	―	イシビル科(0.49)
カゲロウ目	―	Hコカゲロウ(1.71)
トンボ目	―	サナエトンボ科(0.06)
トビケラ目	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	―	―
ハエ目	エリユスリカ亜科(19.23)	ヒゲユスリカ属(40.99)

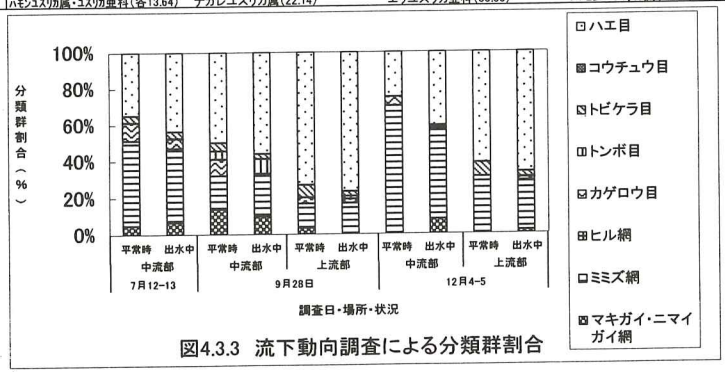


図4.3.3　流下動向調査による分類群割合

表4.3.5　流失量調査時の観測結果

調査No.	調査日	調査場所	水温(℃)	水深(cm) (min-max)	流速(cm/5s) (min-max)
1	H13.7.12	実験河川B95m早瀬-流心	28.7	0.5-4.0	46.7-95.4
		-左岸	28.6	0.5-2.0	5.5-50.5
		-右岸	28.6	0.5-3.5	29.9-79.5
		実験河川B470m平瀬-流心	28.0	8.0-14.5	19.7-29.7
		-左岸	28.0	11.0-15.0	16.5-28.6
		-右岸	28.0	8.5-14.5	21.4-26.4
	H13.7.13	実験河川B95m早瀬-流心	29.0	0.5-2.0	25.3-76.1
		-左岸	29.0	1.0-3.0	28.1-62.9
		-右岸	29.0	2.0-3.0	53.8-83.7
		実験河川B470m平瀬-流心	28.8	6.0-15.0	18.8-33.6
		-左岸	28.8	13.0-17.0	15.5-30.3
		-右岸	28.8	9.0-15.0	17.5-30.1
	H13.7.15	実験河川B95m早瀬-流心	28.5	0.5-4.5	22.1-120.9
		-左岸	28.5	0.5-4.0	12.7-102.8
		-右岸	28.5	0.5-5.0	15.0-64.2
		実験河川B470m平瀬-流心	29.5	9.5-13.5	18.6-33.8
		-左岸	29.5	10.0-15.0	12.9-26.1
		-右岸	29.5	10.0-14.0	15.8-29.9
2	H13.8.27	実験河川B95m早瀬-流心	25.1	1.0-3.5	32.1-98.5
		-左岸	25.1	1.0-4.0	15.5-57.5
		-右岸	25.1	0.5-2.0	10.2-32.5
		実験河川B470m平瀬-流心	26.7	21.0-38.0	1.5-24.5
		-左岸	26.7	28.0-33.0	0.2-12.5
		-右岸	26.7	27.0-32.0	1.2-2.5
	H13.9.5	実験河川B95m早瀬-流心	24.7	0.5-4.0	26.3-107.6
		-左岸	24.7	2.0-5.0	42.5-88.9
		-右岸	24.7	0.5-2.5	23.0-46.5
		実験河川B470m平瀬-流心	24.7	20.0-26.5	10.5-29.5
		-左岸	24.7	20.5-25.0	4.5-17.8
		-右岸	24.7	19.5-29.0	5.0-14.5
	H13.9.7	実験河川B95m早瀬-流心	22.8	0.5-3.0	21.6-116.1
		-左岸	22.8	3.0-5.0	42.8-80.8
		-右岸	22.8	2.0-3.0	24.6-36.5
		実験河川B470m平瀬-流心	22.8	20.0-28.0	10.2-27.1
		-左岸	22.8	20.0-28.0	9.0-19.1
		-右岸	22.8	25.0-30.0	6.4-23.5
3	H13.9.25	実験河川B95m早瀬-流心	21.1	0.5-5.0	27.2-86.6
		-左岸	21.1	0.5-5.0	36.1-65.3
		-右岸	21.1	0.5-2.0	25.4-51.2
		実験河川B470m平瀬-流心	21.4	18.0-29.0	11.3-26.4
		-左岸	21.4	22.0-25.0	2.3-7.7
		-右岸	21.4	20.5-28.0	2.6-9.8
	H13.9.28	実験河川B95m早瀬-流心	23.6	1.0-4.0	41.0-90.1
		-左岸	23.6	1.0-7.0	15.6-75.7
		-右岸	23.6	1.0-3.0	7.5-38.5
		実験河川B470m平瀬-流心	23.9	17.0-25.0	11.0-27.9
		-左岸	23.9	16.0-22.0	4.2-13.0
		-右岸	23.9	11.0-24.0	2.7-15.4
	H13.9.30	実験河川B95m早瀬-流心	19.9	1.0-5.0	35.9-97.8
		-左岸	19.9	1.0-4.0	6.4-59.6
		-右岸	19.9	0.5-2.0	16.8-23.7
		実験河川B470m平瀬-流心	19.6	18.0-24.0	11.7-28.8
		-左岸	21.6	15.0-22.0	2.5-7.5
		-右岸	21.6	18.0-22.0	4.5-16.3

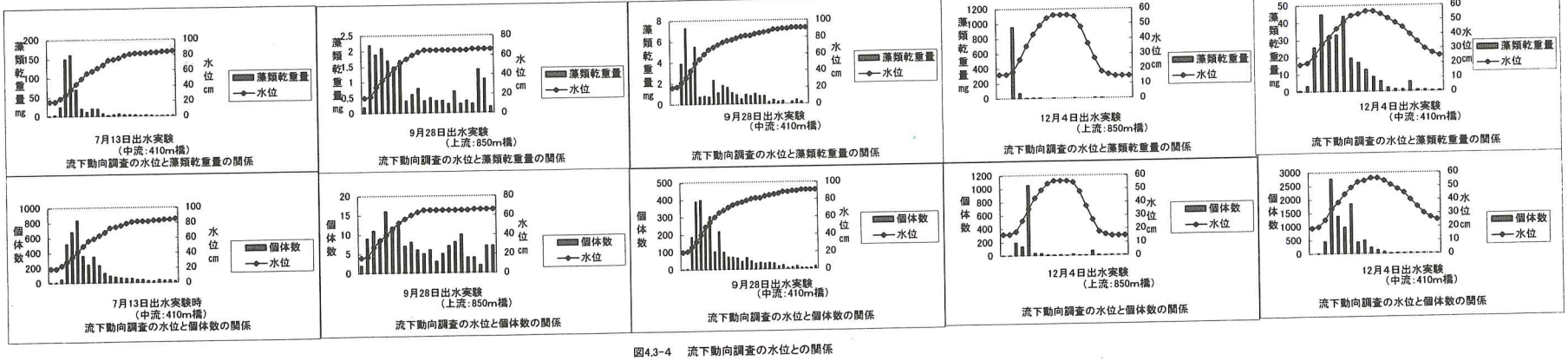
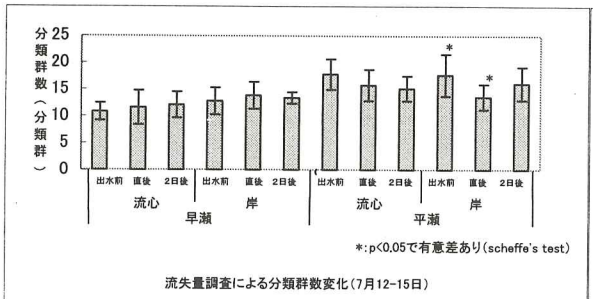
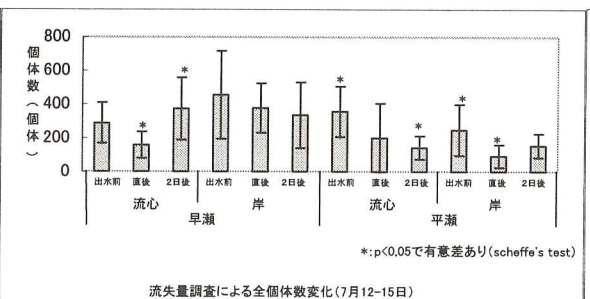


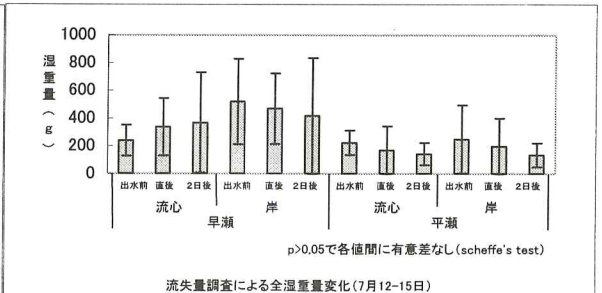
図4.3-4　流下動向調査の水位との関係



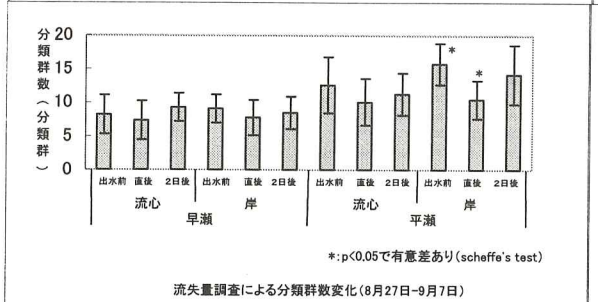
流失量調査による分類群数変化（7月12-15日）



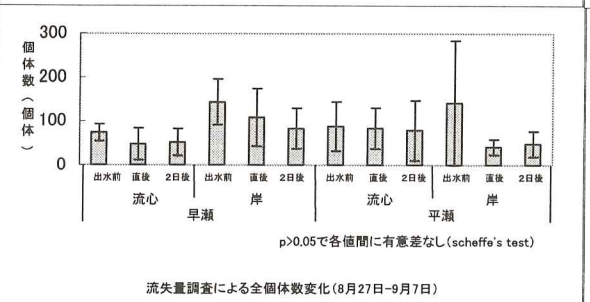
流失量調査による全個体数変化（7月12-15日）



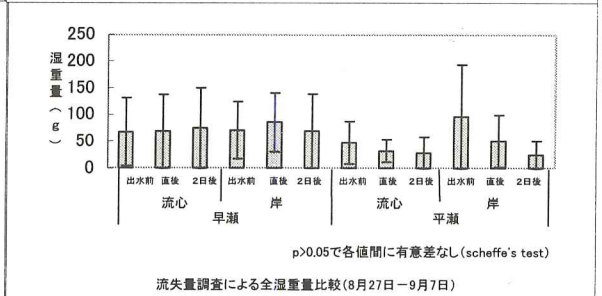
流失量調査による全湿重量変化（7月12-15日）



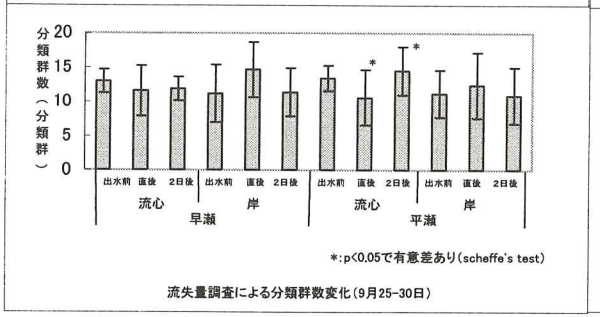
流失量調査による分類群数変化（8月27日-9月7日）



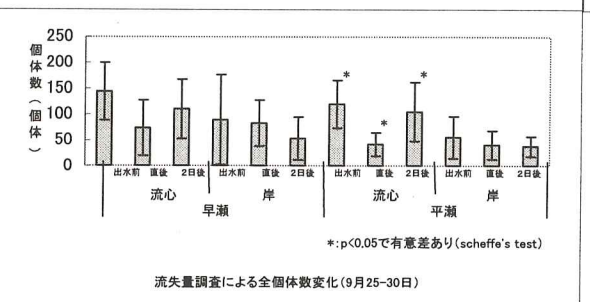
流失量調査による全個体数変化（8月27日-9月7日）



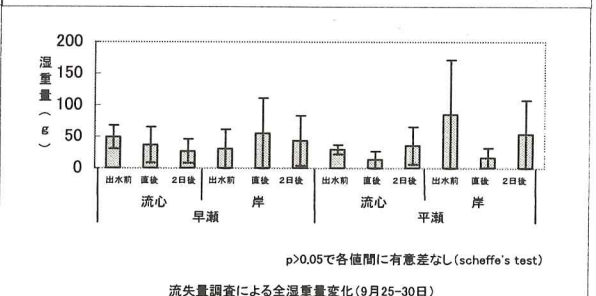
流失量調査による全湿重量比較（8月27日－9月7日）



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）

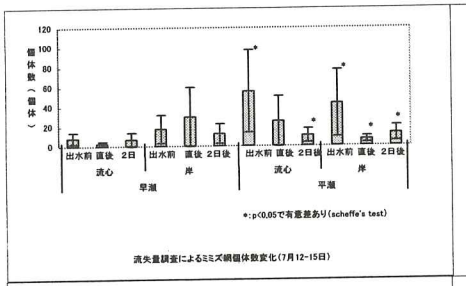


流失量調査による全湿重量変化（9月25-30日）

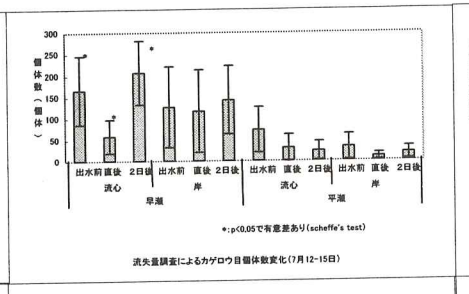
図4.3.5　流失量調査による分類群数変化

図4.3.6　流失量調査による個体数変化

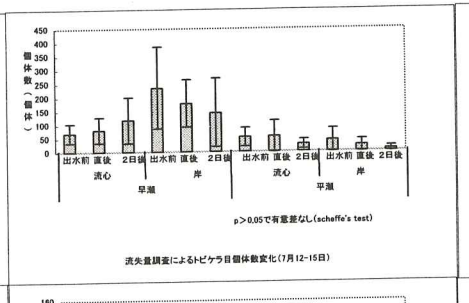
図4.3.7　流失量調査による湿重量変化



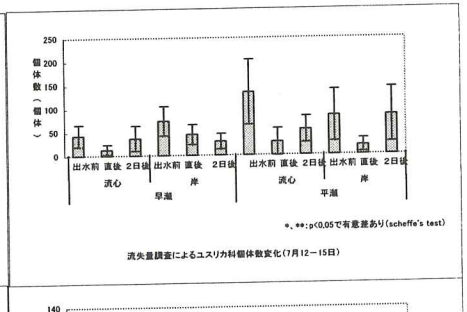
流失量調査によるミズ網個体数変化(7月12-15日)



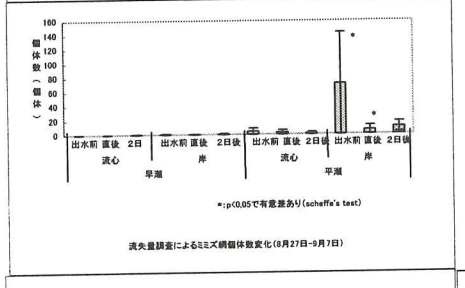
流失量調査によるカゲロウ目個体数変化(7月12-15日)



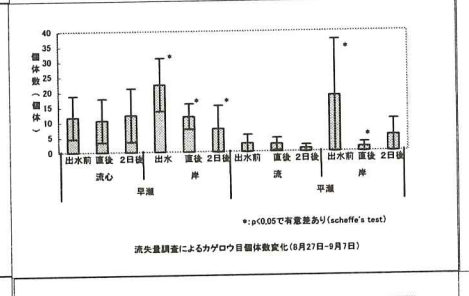
流失量調査によるトビケラ目個体数変化(7月12-15日)



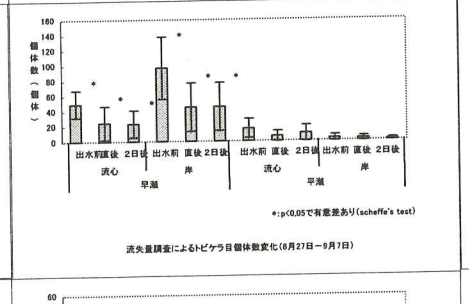
流失量調査によるユスリカ科個体数変化(7月12－15日)



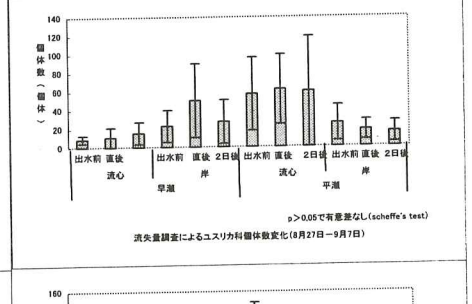
流失量調査によるミズ網個体数変化(8月27日-9月7日)



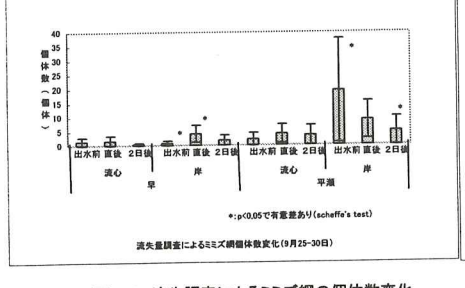
流失量調査によるカゲロウ目個体数変化(8月27日-9月7日)



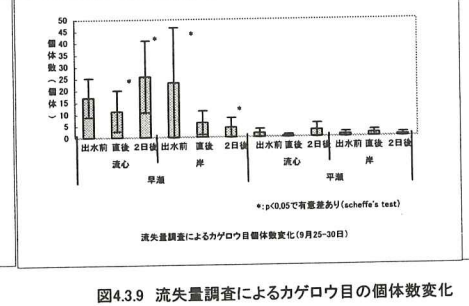
流失量調査によるトビケラ目個体数変化(8月27日－9月7日)



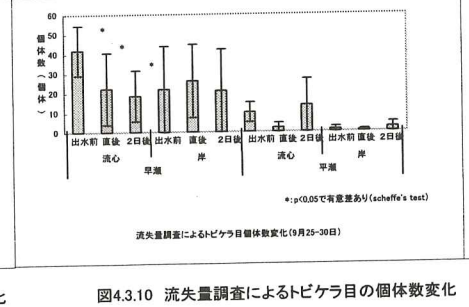
流失量調査によるユスリカ科個体数変化(8月27日－9月7日)



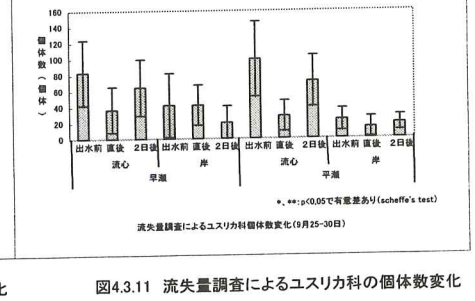
流失量調査によるミズ網個体数変化(9月25-30日)



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)



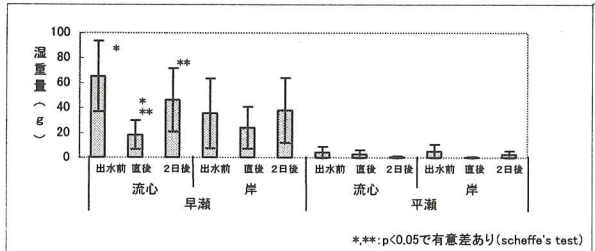
流失量調査によるユスリカ科個体数変化(9月25-30日)

図4.3.8 流失調査によるミズ網の個体数変化

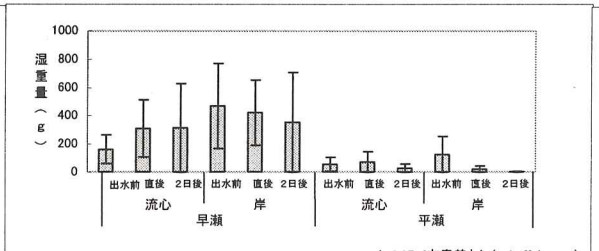
図4.3.9 流失量調査によるカゲロウ目の個体数変化

図4.3.10 流失量調査によるトビケラ目の個体数変化

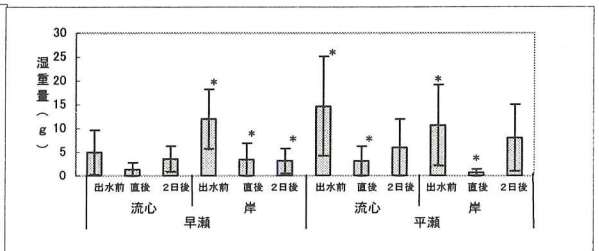
図4.3.11 流失量調査によるユスリカ科の個体数変化



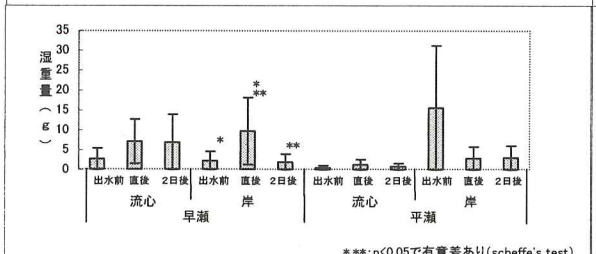
流失量調査によるカゲロウ目の湿重量変化(7月12-15日)



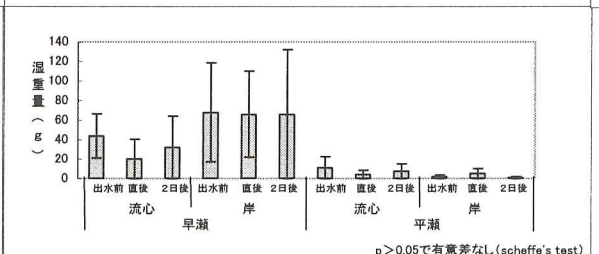
流失量調査によるトビケラ目湿重量変化(7月12-15日)



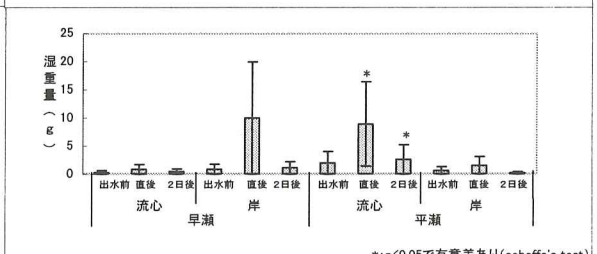
流失量調査によるユスリカ科湿重量変化(7月12-15日)



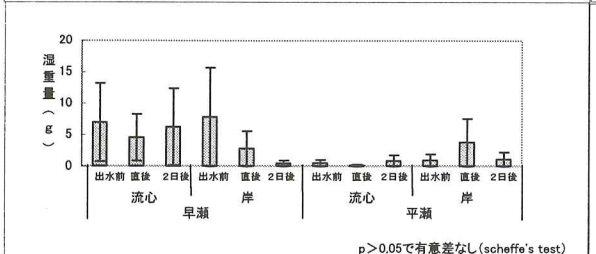
流失量調査によるカゲロウ目湿重量変化(8月27日－9月7日)



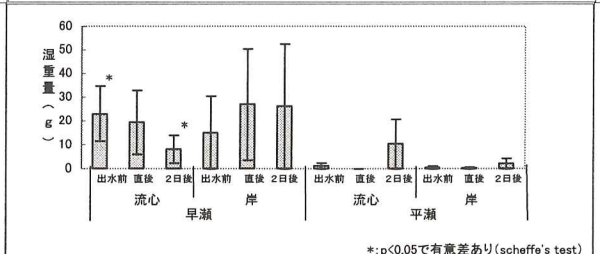
流失量調査によるトビケラ目湿重量変化(8月27日－9月7日)



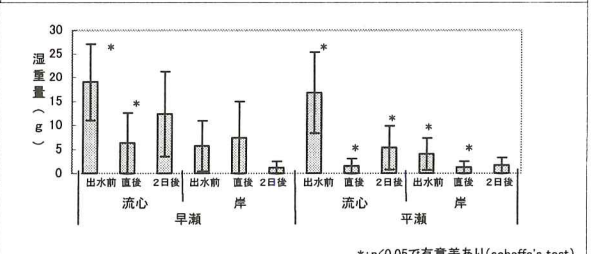
流失量調査によるユスリカ科湿重量変化(8月27日－9月7日)



流失量調査によるカゲロウ目湿重量変化(9月25-30日)



流失量調査によるトビケラ目湿重量変化(9月25-30日)



流失量調査によるユスリカ科湿重量変化(9月25-30日)

図4.3.12 流失量調査によるカゲロウ目湿重量変化

図4.3.13 流失量調査によるトビケラ目の湿重量変化

図4.3.14 流失量調査によるユスリカ科の湿重量変化

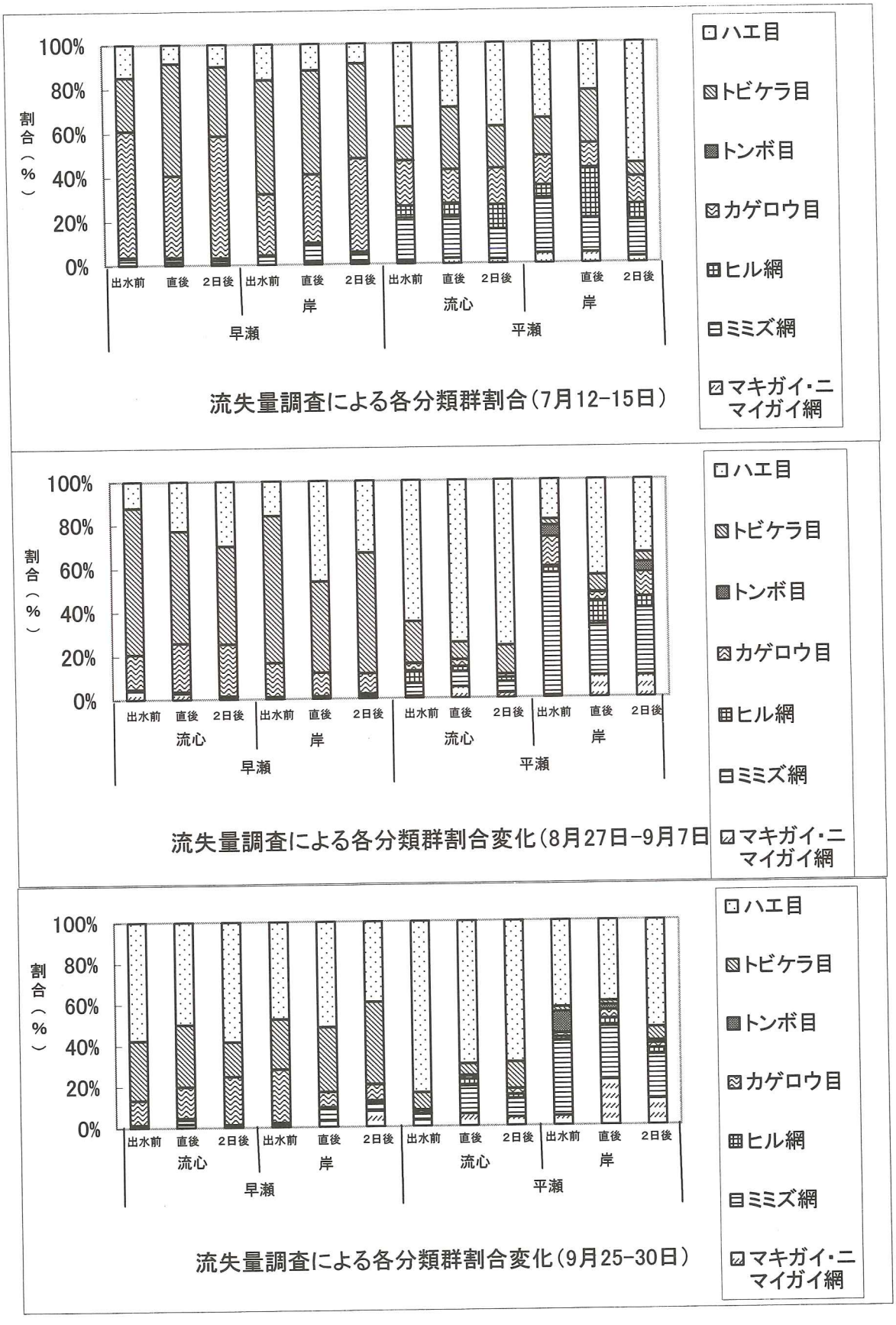


図4.3.15　流失量調査による分類群割合

5．水生生物の生息場所とその評価

5．1　水生生物にとっての水際域の機能

（1）研究目的

都市部の改修済河川の多くは単断面直線河道で、河床が平坦化し魚類の生息環境が悪化しているなど、多自然型河川への再改修の必要性は高い状態である。しかし、こうした河川の多くは都市化の進捗に伴い、再度の河川改修に必要な拡幅用地の確保が困難であったり、厳しい財政事情のため事業着手が見送られたりするなどしている。こうした状況を背景に、河道内で比較的自由な空間である流水域（特に水際域）に着目した、生態系復元工法の開発は重要であると思われる。

自然河岸状態からコンクリート護岸状態へと改修を進めてきたことにより失われた機能（＝復元すべき機能）を把握することは、今後の自然再生事業の推進において、生物の生息環境の復元を考えるうえで非常に重要だと考えられる。本研究では、自然河岸における水際植物の持つカバー効果（陸上部・水中部）に着目し、それぞれの植物カバー効果が水生生物に対して持つ機能を検証するものである

（2）調査方法

水際植生のカバー効果について明らかにするため、同一の横断面形状でかつ直線河道である、実験河川Ａに対して、５つの処理区（図 5.1.1）を設定し、水生生物（魚類及び甲殻類）の生息量について調査をおこなった。１つの調査区は長さ 15m とし、A～D の処理区は４つの繰り返しを、E の処理区は２つの繰り返しを設定した。実験において、水深については全処理区の平均水深がほぼ同じになるように、各処理区の下流側にコンクリート方角ブロックを設置し、人為的に水深を調整することによって、水深の違いによる変化が起こらないように配慮している。

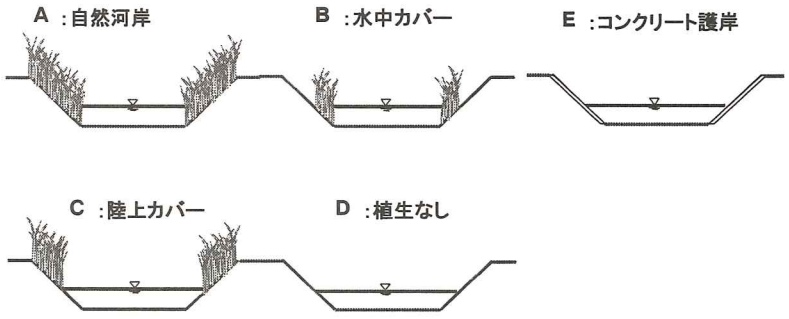


図 5.1.1　処理区の設定

調査は 9 月末から 10 月にかけて行い、エレクトリックショッカーによる魚類そして甲殻類の生息量調査、河川内の物理環境調査（水深、流速、鬱閉度、相対照度）を行った。

（3）結果

物理環境

図 5.1.2 に各物理環境要素と処理区の関係を示す。平均水深は、中央部でも水際においても処理区間での

違いは見られず、各処理区下流での水位調整がうまくいっていることが示された。また平均流速は、A・Bは水際部中央部ともにほぼ同程度の流速となっており、水際部では流速が極端に遅くなっていた。また、C・D・Eでは、法面の粗度（C・Dは土羽、Eはコンクリート）を反映した値となっていて、E のコンクリート護岸区の水際の平均流速は他の処理区より大きかった。央部の流速は、A・Bが水際の遅い流れを反映し、他の処理区に比べて若干速い傾向が見られた。

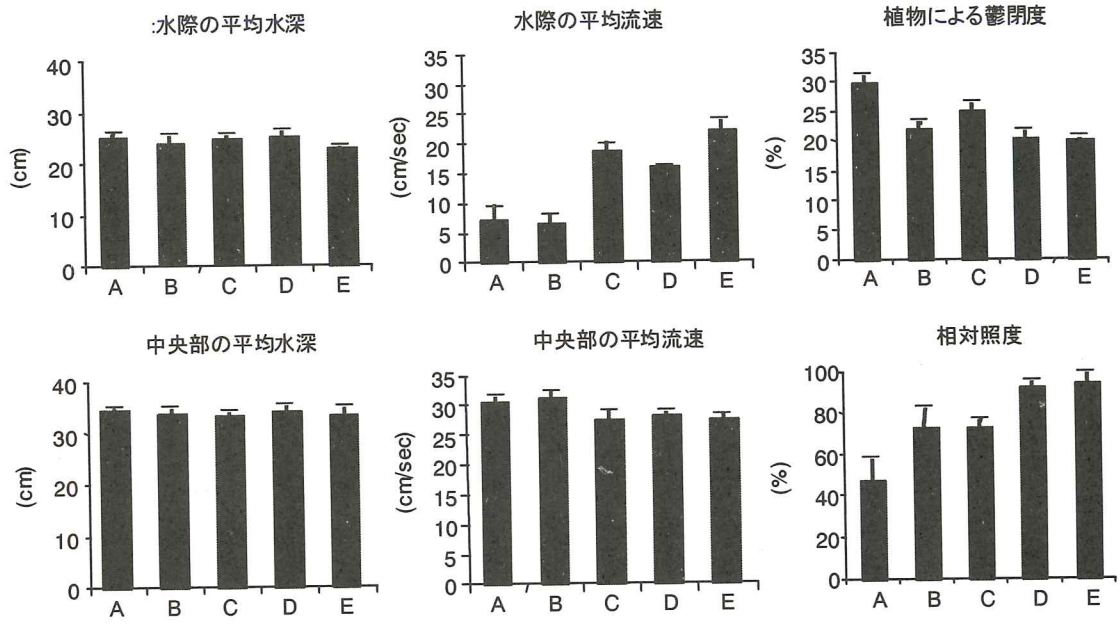


図5.1.2　物理環境（水深、流速、鬱閉度、相対照度）と各処理区の関係（平均 ± 1SE）

植物による鬱閉度を各処理区間で比較すると、処理区 A が一番高く、次いで陸上部の植物が残っている C が高かった。Bは、水際には植物があるもの鬱閉度からは植物を全て刈り取った D やコンクリート護岸の E とほぼ等しかった。一方、相対照度の結果からは、A が最も小さく、次いで B と C が等しく、D と E が等しい結果となった。

魚類の結果

処理区間で魚類の生息量に顕著な違いが見られ（図 5.1.3）、A（自然河岸）＞ B（水中カバー）＞ C（陸上カバー）＞ D（植生なし）＞ E（コンクリート護岸区）の順で魚類の生息量が小さくなった。特に水中カバーのない C,D,E の処理区では、A に比べて魚類の生息量が小さかったのが特徴的だった。また、陸上カバーのない B の魚類生息量は A と比べると若干小さいが、他の処理区ほど大きな生息量の減少は見られず、つまり、陸上カバーの消失は魚類の分布に対してそれほど強く影響しないが、水中カバーの消失は強く影響することが示された。

処理区間の魚類の平均サイズ（体長）を比較すると、処理区で違いが見られた（図 5.1.4）。A や B と比較

して、C, D, E の処理区では魚類の平均サイズが小さい傾向が見られた。

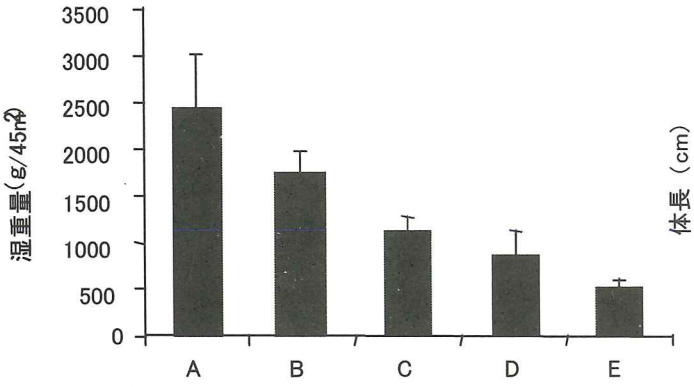


図5.1.3 各処理区で採捕した魚類の生息量
(平均 ± 1SE)

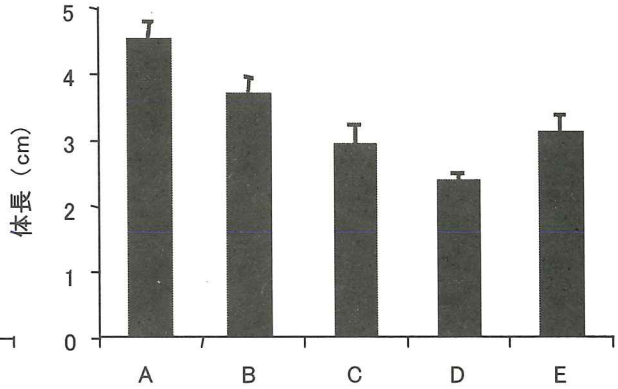


図5.1.4 各処理区で採捕した魚類の平均体長
(平均 ± 1SE)

魚類の種類数を処理区間で比較すると、A と B が最も多く、C, D, E は少なくなる傾向が見られた(図 5.1.5)。また、採捕した魚類を遊泳魚と底生魚にわけてその割合を処理区間で比較すると(図 5.1.4)、A, B, C では遊泳魚の割合が７０％以上と高いのに対し、D や E では底生魚の割合が全体の５０～６０％近くをしめ、水際の処理によって、遊泳魚と底生魚の割合魚類の平均サイズの比較が異なることが示された。

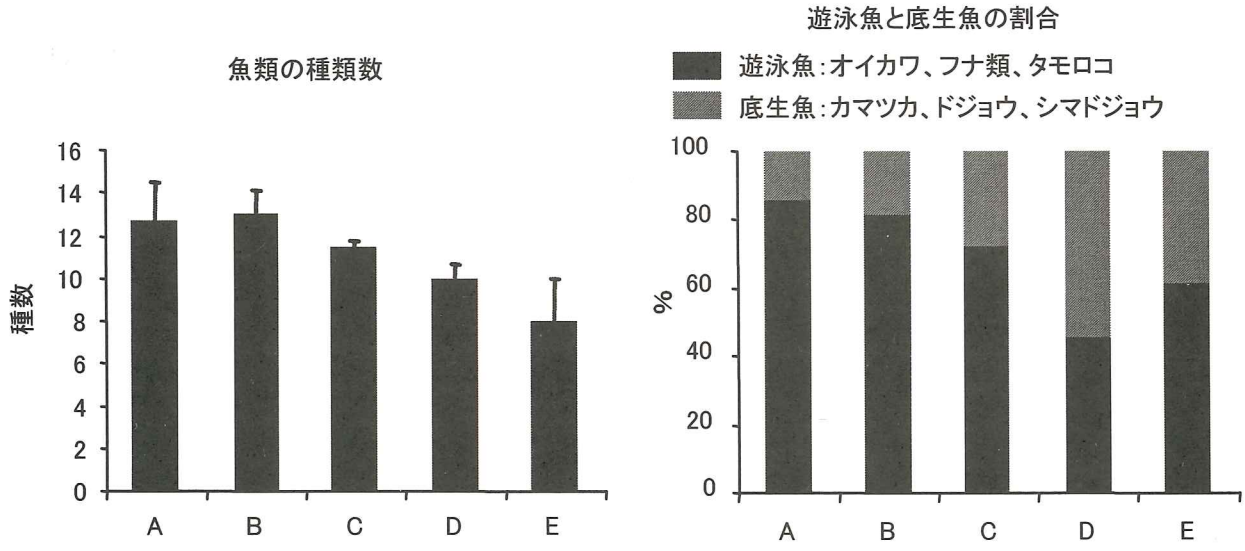


図 5.1.5　魚類の種類数の比較

甲殻類の結果

今回の調査では、アメリガザリガニ・モクズガニ・ミゾレヌマエビといった甲殻類が採捕された。甲殻類の生息量を各処理区で比較してみると、魚類の結果よりも顕著な違いがみられた（図 5.1.6)。A（自然河岸）と B（水中カバー）は生息量にほとんど違いが見られないのに対し、C（陸上カバー）や D（植生なし）は A と B の生息量より大きく減少した。また E のコンクリート護岸区では、甲殻類の生息量は極めて小さかったのが特徴的だった。

優占種であったアメリカザリガニの平均サイズを処理区間で比較すると、A や B では、他の処理区に比べ

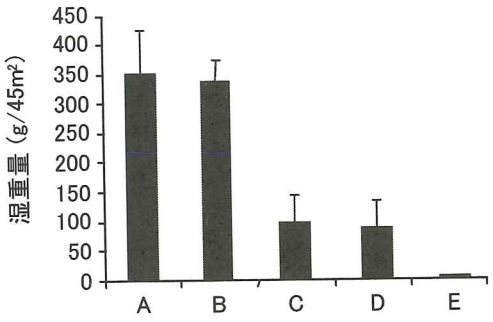


図5.1.6　各処理区で採捕した甲殻類の生息量
（平均 + 1SE）

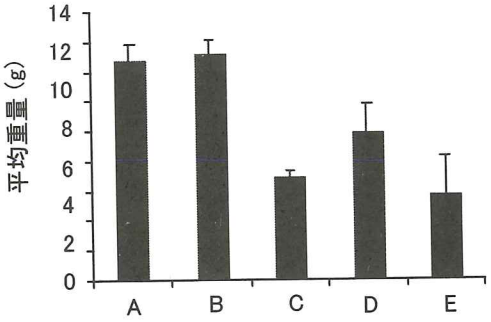


図5.1.7　優占種（ｱﾒﾘｶｻﾞﾘｶﾞﾆ）の平均サイズの比較
（平均 + 1SE）

て平均サイズが大きかった（図 5.1.7）。

（4） 考察

河川の法面部（陸上部）に植物が存在していても、水際域（水中部分）の植物が消失した場合、魚類そして甲殻類の分布に大きな影響を与えることが明らかになった。さらに、生息量の減少だけでなく魚類そして甲殻類の平均サイズを比較しても、水中カバーの消失に伴い平均サイズが小さくなる傾向がみられた。水生生物の分布が河川内の物理環境に大きく規定されることは、これまでの研究によってしめされているが[1)2)]、水際の植物の機能に注目し、操作実験によって各機能を評価する研究は国内ではまだ少ないのが状態である。また、水際の植物の機能を明らかにする研究、例えば河畔林が川の上を覆うことで日射の抑制がおこなわれ河川水温の上昇を抑制したり[3)]、河畔林から河川に魚類の餌である陸生昆虫が供給されたり[4)]、といった研究は河川上流域ではおこなわれてきたが、実験河川が位置するような中下流域での研究は極めて少ないのが現状である。実験河川は木曽川の中・下流域に位置し、今回の実験によって、水中部に植物が存在することで水際域の流速の低下や水生生物の隠れ家が提供され、このような環境が失われると、水生生物の生息量が減少することが明確に示された。

魚類では、採捕した魚類の種類数や遊泳魚と底生魚の割合においても処理区による違いが見られ、A の自然河岸（陸上＋水中カバー）と B の水中カバーの区間では違いが見られないのに対し、C の陸上カバー、D の植生なし、E のコンクリート護岸では種類数の減少がみられた。処理区による大きな違いはとして水中カバーの有無が考えられる。また、採捕した魚類の組成（遊泳魚・底生魚）をみても処理区による違いがみられ、D や E といった陸上カバーも水中カバーもみられない処理区では、底生魚の割合が高くなった。一方、陸上や水中にカバーが存在している A・B・C の処理区では遊泳魚の割合が高くなった。これらの結果は、オイカワ、フナ類、タモロコといった遊泳魚が陸上や水中のカバーを好むのに対し、カマツカ、ドジョウ、シマドジョウといった底生魚は陸上や水中のカバーにたいする依存度が低いことを示していると考えられる。

甲殻類の生息量そして優占種であるアメリカザリガニの平均サイズを処理区間で比較すると、魚類の結果よりも処理区の影響がより顕著にみられ、水際（水中部）の植物の存在が甲殻類の分布に非常に重要であることが示された。甲殻類は魚類と比較して遊泳能力が低いことが予想され、そのため水際の流速が低下しない、そして隠れ家がないような環境を好まないと考えられる。また、より大型の甲殻類ほどそういった環境を好まないことも推測された。

全ての調査区の水深を調整し一定にしたことによって、植物の刈り取り方法によってのみ、各処理区の環境が異なるように調整された。各調査区を大きくわける要因として、水際に植物がある場合とない場合に分けられる。植物がある場合では、水際流速の低減や、水生生物の隠れ家の提供といった機能が考えられる。一方、水際に植物が無い場合では、水際の流速が低減せず、隠れ家がないため陸上からの捕食圧が高くなると考えられる。またコンクリート護岸区では粗度が低いため、どの調査区と比べても流速が大きいのが特徴だった。水際に植物がない場合、このような環境を水生生物が好まないと考えられ、特に大型の魚類や甲殻類はこのような環境から移動すると考えられた。

これらの点を踏まえ、今後の多自然型川づくりにおいては、水際域の機能をどのように保全・復元していくかが最も重要な課題となるだろう。自然河岸における水際域（水中部）の物理環境の一般的な特徴としては、水深が浅い・流速が小さい・水際線が複雑に入り組む・水際植物が繁茂しているといった点が挙げられるが、この中でも植物の繁茂による流水域の物理環境の改変が、水生生物の生息環境改善に果たす役割は非常に重要なものであると考えられる。さらに、今回の結果の応用として、土砂供給が少なく河床が低下傾向にある、法面がコンクリートで覆われた河川においても、水際域（特に水中部分）の流速を低下させ、水中カバーを伴うような構造物（透過型の水制等）を設置することによって、水生生物の生息環境を改善することも可能であると考えられる。

（5）まとめ

魚類や甲殻類といった水生生物の分布に、水際の僅かな植物の存在が重要であることが実験によって示された。僅かな環境の変化ではあるが、水生生物は敏感にこのような変化に対応することが明らかになった。水中部の植物の存在は、水際域の流速の低下や水中カバーの創出といった河川内の物理環境構造に影響を及ぼし、このような環境の変化が水生生物の分布に。一方で、法面がコンクリートで覆われた区間の特徴として、水際の流速が減少しないことが示されており、このような環境が水生生物の生息場として好ましくない事が示された。

現在実施されている多自然型川づくりにおいても、コンクリート護岸河道の水際に水制等により水際の環境構造を複雑にし、蛇行を復元した事例は過去多く見受けられることから、そういった事例の収集や、実験河川に類似した形状をしている水際域の水生生物調査を検討していきたい。また、引き続き自然共生研究センター実験河川において、人工的に水際の流速を低下させたり、水中カバーを創出したりといった、水際域に注目した水生生物の生息環境改善の具体案を提示するための実験を考えている。

参考文献

1) Inoue, M., Nakano, S., and Nakamura, F. : Juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou*) abundance and stream habitat relationships in northern Japan, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 54, pp. 1331-1341, 1997.

2) Urabe, H., and Nakano, S. : Contribution of woody debris to trout habitat modification in small streams in secondary deciduous forest, northern Japan, Ecological Research, 13, pp. 335-345, 1998.

3) 中村太士・百海琢司：河畔林の河川水温への影響にかんする熱収支的考察，日林誌，71(10)，pp. 387-394, 1989.

4) Kawaguchi, Y., and Nakano, S. : Contribution of terrestrial invertebrates to the annual resource budget for salmonids in forest and grassland reaches of a headwater stream, Freshwater Biology, 46(3), pp. 303-316, 2001.

5．2　実際の河川における魚類生息場の特徴について

5．2．1　魚類生息場の構造・分布について

（1）研究の背景・目的

河川における流水域のハビタットは一般に早瀬、平瀬、とろ、淵に分類され[1)]、ハビタットとそこに生息する生物の種や量は密接な関係があると言われている。例えば、河口らは、実験河川において早瀬、平瀬、淵といった異なるハビタット毎に魚類の生息量や流速、水深等の物理量を調査し、魚類の生息量が各ハビタットで明瞭に異なり、その理由を各ハビタットが有する物理量の違いから説明している[2)]。このように各ハビタットの有する流速、水深等の物理環境特性の違いが生息する生物の分布に影響を与えているものと考えられるが、実際の河川におけるハビタットの構造や物理量について系統立てて調査した事例はこれまでのところ少ないのが現状である。ところで、この瀬や淵がつくられるのは、主に洪水時に形成される中規模河床波（以下砂州とする）に起因しており、砂州の波長や砂州高、洗掘深といった形態は、その河川が持つ川幅や粒径等の河道特性とある一定の関係があることが明らかとなっている[3)]。本研究で検討対象としている流水域のハビタットも主に砂州により形成されているものであり、河道特性と何らかの関連性を有していることが予想される。したがって、多くの河川において各ハビタットの物理量・分布量と河道特性との関係を明らかにすることができれば、将来的にはハビタットの予測評価を行うことが可能になるものと考えられる。

本研究では、まずその第一歩として各ハビタットの構造及び分布についての調査を行い、その特徴を把握し、河道特性との関連性について考察を行った。

（2）調査方法

ハビタットの分布・構造は縦断測量及び横断測量の組み合わせにより実施した。はじめに調査対象区間の河道を一定の物理特性を有する河道地形単位（Channel Geomorphic Units、以下、CGU）[4)]に区分する。一つのCGU 内の流速や水深、河床材料等の物理量は隣り合う CGU 内の物理量と比較すると比較的同一であり、一つの CGU は瀬、淵、とろといったハビタットタイプのいずれかと対応していると考えられる。CGU は、その場で特定のハビタットに対応させており、今回対象としたハビタットタイプは早瀬、平瀬、とろ、淵である。縦断測量はみお筋に沿って各縦断測定地点において河床高及び水位、水面幅、次の測定地点までの縦断距離、及び下流側の測定地点か

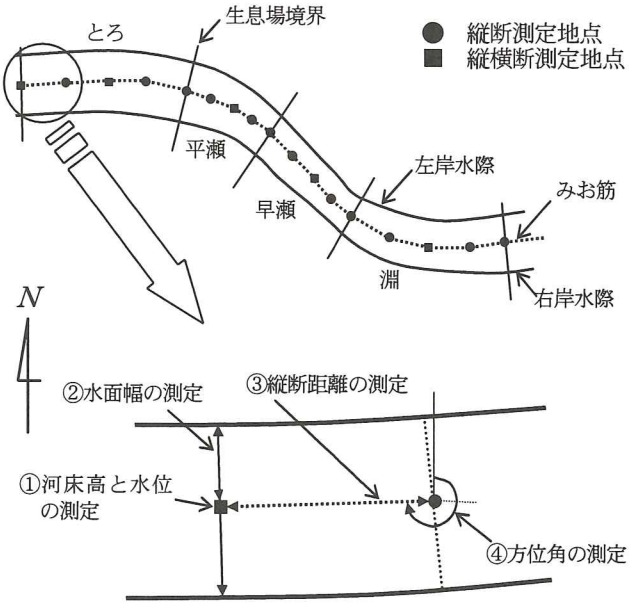


図 5.2.1(1)　調査の概要

ら見た上流側測定地点の方位角を概ね水面幅程度の間隔で測定した。みお筋に沿って縦断測量を行った場合、水面幅中央に沿って測量を行った場合と比較して、河床形状の変化が明確であること、また、最大水深の把握が可能であること等の利点があり、より実用的である[5)]。横断測量は、基本的に各ハビタットの中間地点付近において実施し、1～2m程度の間隔で河床高、水深、流速を測定した。これを調査対象区間について繰り返し実施していくことにより、図 5.2.1(2)のように対象区間の澪筋及び左右岸水際の平面形状、そして河床及び水面の縦断形状を把握することができる。また、これらの物理量と河道特性との関連性を把握するために調査地区ごとに横断測量及び河床材料の調査を実施した。河床材料の調査はWolmanのペブルカウント[6)]により行った。以上の調査データをもとにリーチ単位及びハビタット単位ごとに表 5.2.1(1)に示す指標を算出した。ここでリーチとは砂州の波長のことを指し、1リーチには通常2つの連続する瀬と淵が含まれる。なお、日本の中小河川では横断工作物により調査対象区間を1リーチとれない場合が多い。本調査においては、測定区間延長を典型的な1リーチ区間とれない場合には、リーチ単位の指標は半リーチの測定結果をもとに算出した。

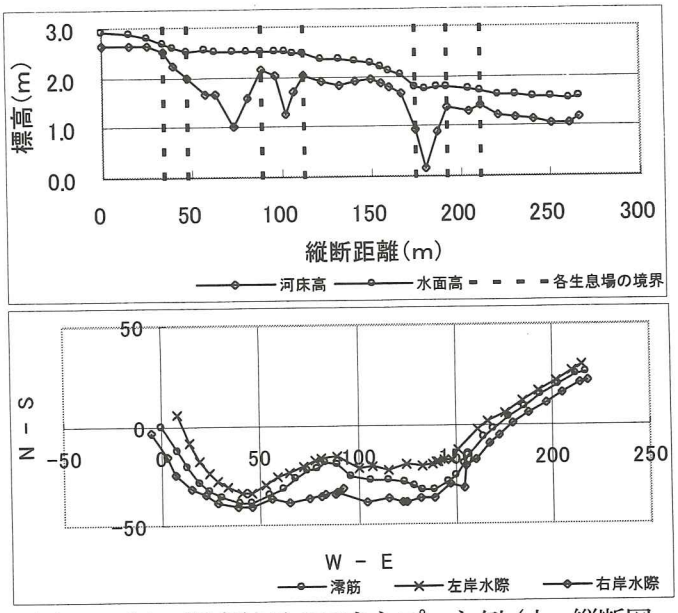


図 5.2.1(2)　調査結果のアウトプット例（上：縦断図 下：平面図）

表 5.2.1(1)　算出項目

単位	算出項目
リーチ	砂州の波長、最大水深、平均河床勾配、平均水面勾配、低水路幅、構成比(延長、面積、体積、水位差)、代表粒径、摩擦速度、無次元掃流力
ハビタット	平均水深、平均水面幅、延長、面積、体積、水面勾配、河床勾配、流速

（3）対象河川

本研究では河道内の微地形の視認性が高く、比較的調査が容易な Bb 型の河川を調査対象河川とした。対象としたのは岐阜県及び三重県を流れる牧田川、員弁川、朝明川の3河川で、それぞれ2地区ずつ設定し、合計6

表 5.2.1(2)　調査対象河川の概要

調査地区	流域面積 Km^2	測定区間延長	平均河床勾配	平均水面幅	代表粒径	対象区間の概要
牧田川一之瀬地区	101.2	407m	1/320	18.5m	56mm	交互砂州が形成されている。低水路幅は約60m、河道幅は約120m程度。右岸低水路にはふとん籠が設置されており、一部護床工もある。
牧田川下多良地区	90.6	266m	1/170	12.7m	49mm	一之瀬地区の上流に位置し、渓谷区間である。人為は加わっていない。右岸側は山付きになっており、形成されている淵は非常に深い。
員弁川川合地区	47.0	394m	1/267	10.7m	41mm	低水路幅は30～40m程度で、交互砂州が形成されている。左岸低水路際には崖地が形成されており、右岸は根固めが設置されている
員弁川本郷地区	19.4	175m	1/127	8.1m	26mm	川合地区の約4.2km上流、員弁川の最上流部で上下流部には床止めが設置されている。両岸ともに竹林、あるいは崖地となっている。
朝明川朝明地区	53.3	286m	1/772	12.8m	7mm	交互砂州が形成されている。河床材料は牧田川、員弁川と較べ小さく、ほとんど砂利となる。右岸側は竹林、左岸側は根固めが設置され
朝明川上条地区	44.7	391m	1/313	14.2m	20mm	朝明地区の約3.7km上流に位置し、交互砂州が形成されている。河道幅は広く河床材料は砂利が多い。右岸側の低水路際には崖地が形成されている。

地区において調査を実施した。対象河川の概要を表 5.2.1(2)に示す。調査地区の平均河床勾配は 1/127～1/770、平均水面幅は 7.7m～21.2m と幅を持っている。対象河川のうち、牧田川下多良地区は渓谷区間を流れる地区であり、河川改修等の人為が加えられていないが、他の地区は護岸工、護床工、床止め等何らかの河川改修が行われている。なお、今回対象とした河川には上流域の河川も含まれているが、黒木ら[7]による中規模河床形態の形成領域区分によると全ての調査地区が交互砂州の発生領域に属している。

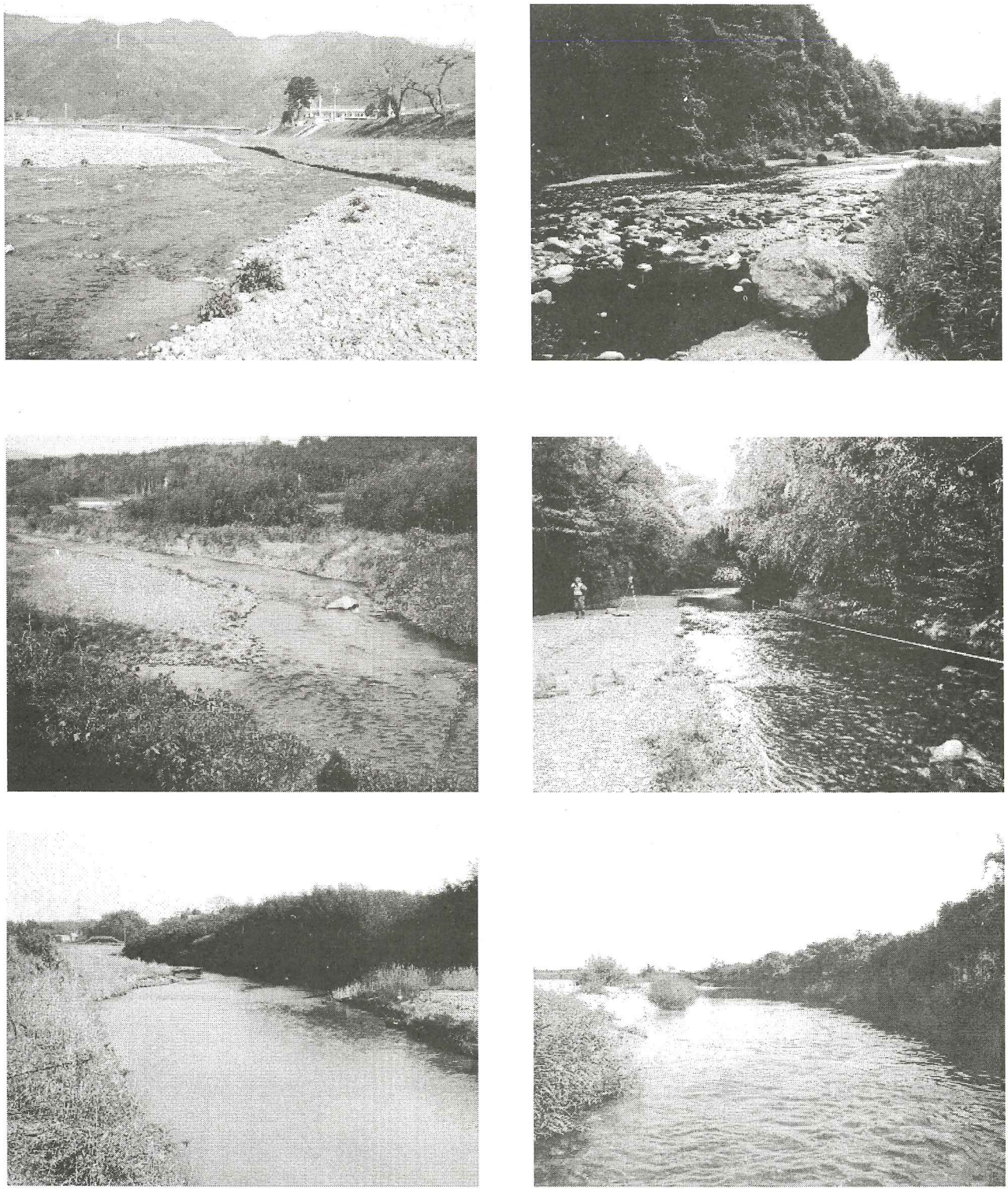


図 5.2.1(3)　調査対象河川の状況

上左：牧田川一之瀬地区、上右：牧田川下多良地区中左：員弁川川合地区、中右：員弁川本郷地区、下左：朝明川朝明地区、下右：朝明川上条地区

（4）調査結果

各調査地区の調査結果を縦断図、平面図、及び調査地区の CGU ごとに一覧表として整理し、それぞれ図5.2.1(4)、図 5.2.1(5)～(7)、表 5.2.1(3)に示した。

以下、調査地区ごとに結果の概要を示す。

1）牧田川一之瀬地区

本地区は、平均河床勾配が約 1/320 程度であり、交互砂州が形成されている。低水路幅は約 60m程度、河道幅は約 120m程度の区間であり、調査区間の上流には落差工が設置されている。また、右岸側の低水路にはフトン籠が設置されており、一部には護床工が設置されている。調査区間内の水域は８つの CGU に区分され、CGU3 が明確な早瀬となっている。その下流の CGU4 は、水深は深いが淵と区分するには水面勾配も急で、流速が早いため、とろと区分した。CGU5～７にかけて水面幅は徐々に広がってきており、CGU8 の早瀬では澪筋は左岸寄りとなっているが、右岸側では流れは穏やかであり、横断的に異なる流れの形態となっている。また、河床材料は今回調査を実施した地区の中で最も大きく、代表粒径は 56mm であった。

2）牧田川下多良地区

本地区は、平均河床勾配が約 1/170 程度、山間地の渓谷区間であり、河川改修等の人為は加えられていない。河道法線は所々で屈曲しており、他の地区とは異なり明確な交互砂州は認められない。右岸側は山付きで岩盤が露出し、また、河道内には巨石が点在しており、CGU４のようにＲ型の淵も随所に形成されている。調査区間内の水域は９つの CGU に区分され、明確な瀬淵構造が形成されていた。山付き部で淵が固定されているため、淵の規模が大きく、特に CGU７の淵では平均水深が 0.93m、最大水深が 1.60mであった。また、その水面勾配はほぼレベルで、流速も非常に遅く、一之瀬地区 CGU4 のとろのように水深が深くても流速が速いような CGU と較べると魚類の生息空間として明らかに機能が異なるものと推測される。本地区では淵からすぐに平瀬に移行する場合が多く、とろと区分される区間はあっても非常に短くなっていた。ただし、CGU４は巨石が流水域内に存在していたことにより淵が形成されていたが、本来であればとろとなっていた可能性がある。

3）員弁川川合地区

本地区は、平均河床勾配が約 1/270 程度であり、交互砂州が形成されている。本郷地区の 4.2km 下流にあたり、大きな流入支川（相場川）が入っているため本郷地区より河川の規模が大きくなっている。低水路幅は 30～40m程度であり、左岸の低水路際には侵食河岸が形成されている。また、右岸の低水路際（CGU4～5 の区間）には根固め工が設置されている。調査区間内の水域は９の CGU に区分され、平瀬に区分される区間が多いのが特徴的であり、河床形状の変化も他の河川と比較してそれほど大きく見られない。CGU3 の早瀬は途中に巨石があるため、通常の早瀬と比較すると水面勾配が緩く、また、水深も深くなっている。CGU4 は交互砂州前縁線部にあたり、通常であれば淵が形成されるところであるが、根固め工の影響か、十分に流速も低減されていないため、結果としてとろと区分された。

4）員弁川本郷地区

本地区は、平均河床勾配が約 1/127 程度、調査区間の上下流には落差工が設置されている員弁川でも上流の区間である。右岸側は崖地、あるいは竹林、左岸側はほぼ竹林となっており、低水路幅は 16～20m程

度である。低水路内の河床材料は代表粒径 26mm と上流域としては小さく、低水路内に交互砂州が形成されている。本地区は図 5.2.1(4)からも分かるとおり、河床形状の変化が乏しく、最大水深でも 44cm であり、淵と区分された CGU はなかった。また、河床勾配が急なため、とろと区分された CGU でも水面勾配、流速は比較的大きな値を示している。

5）朝明川朝明地区

本地区は、平均河床勾配が約 1/770 と今回調査した地区の中で最も河床勾配が緩い地区となっている。河床材料もほとんどが砂利となり、牧田川、員弁川とは河川の様相が異なっている。右岸側は竹林になっている箇所が多く、左岸側には根固め工が設置されている。河床勾配が緩いため、水面形の変化も他の区間と比して少ないが、前縁線を越えるところでは勾配の緩い平瀬あるいは早瀬となっている。淵あるいはとろに区分される区間が多いのが特徴的であり、特にとろは全体の半分以上を占めている。また、全体に勾配が緩いため、とろと淵との区分が困難であった。

6）朝明川上条地区

本地区は、平均河床勾配が約 1/313 程度であり、交互砂州が形成されている。河道幅は広く、約 150m 程度、朝明地区と同様で河床材料は砂利が多くを占めている。調査区間の右岸側には侵食河岸が形成されており、左岸側には広く砂州が形成されている。調査区間は下流側で流路が２つに分流し、その後再び合流して淵（CGU13）を形成している。調査区間内では淵ととろが占める割合が高く、CGU４～９では右岸の侵食河岸沿いを淵ととろが繰り返し現れる構造となっており、水面勾配は非常に緩い状態が続いている。その区間においては、水深により淵ととろを区分しており、水深が浅い区間をとろと区分した。なお、調査区間最下流の CGU13 においては、流入支川が合流してきているため、他の区間とは流量が異なっている。

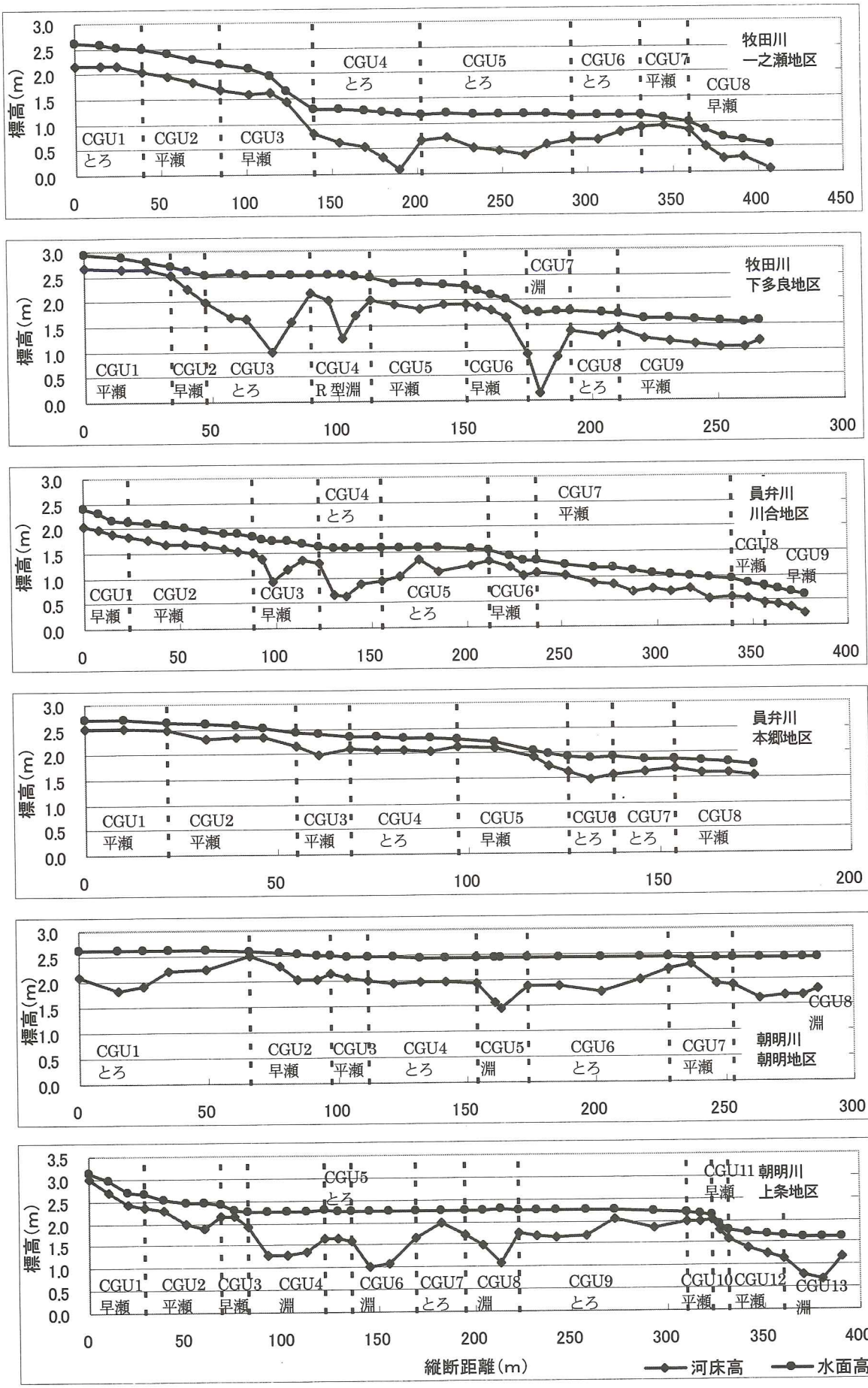
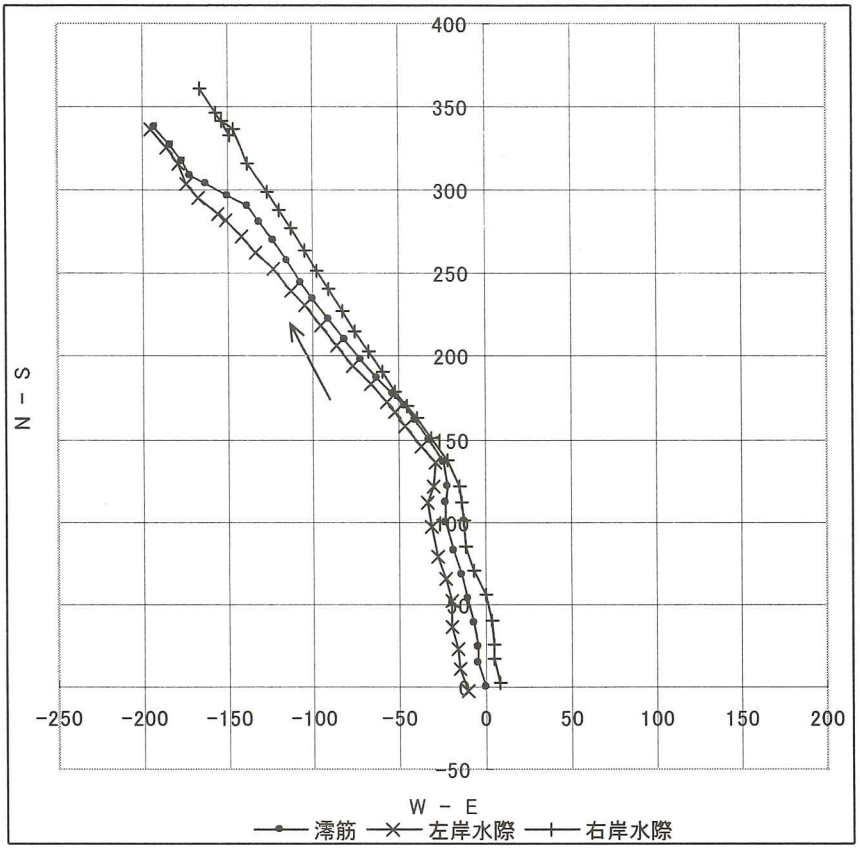


図 5.2.1(4)　調査対象地区の縦断形状



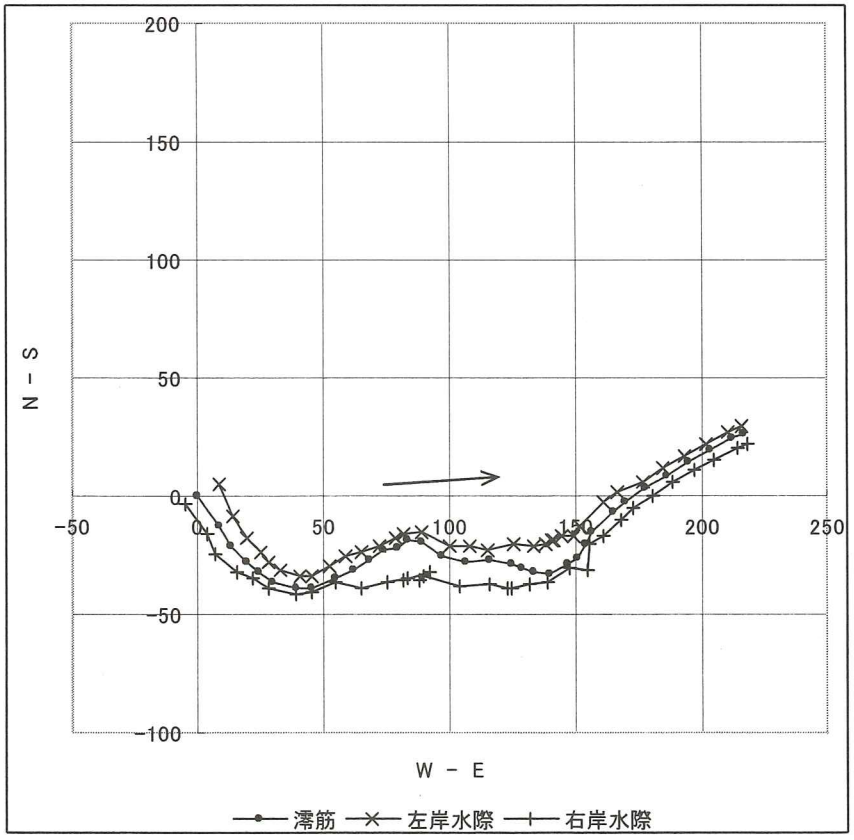
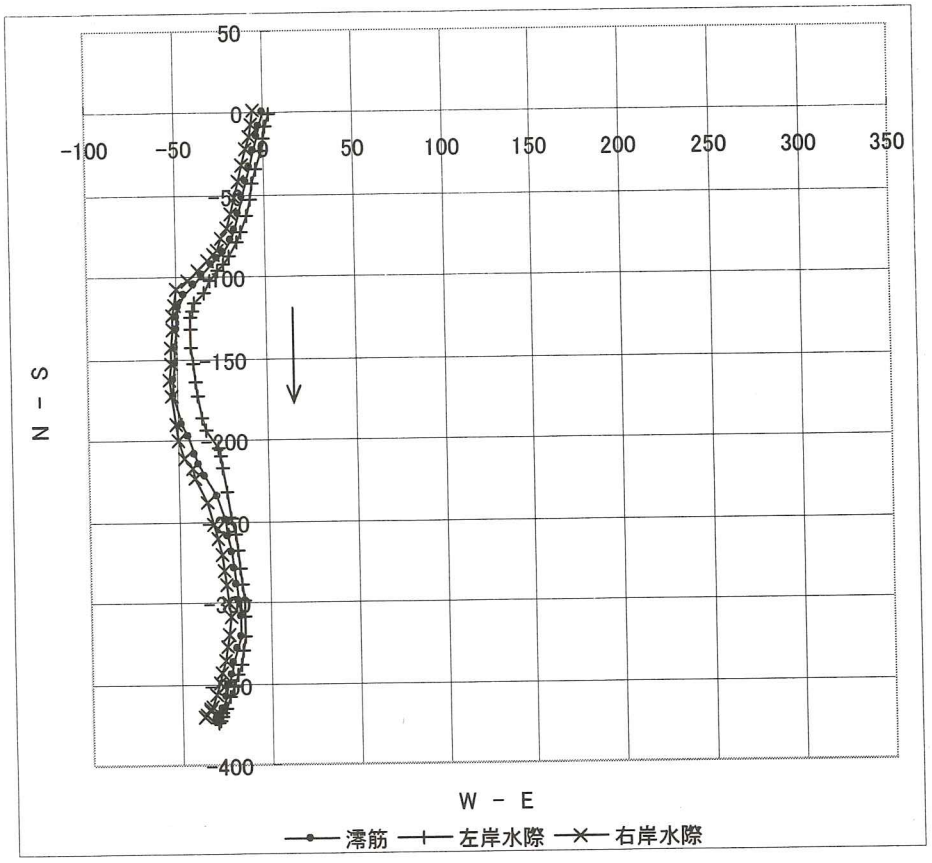


図 5.2.1(5)　調査対象地区の平面形状（上：牧田川一之瀬地区、下：牧田川下多良地区）



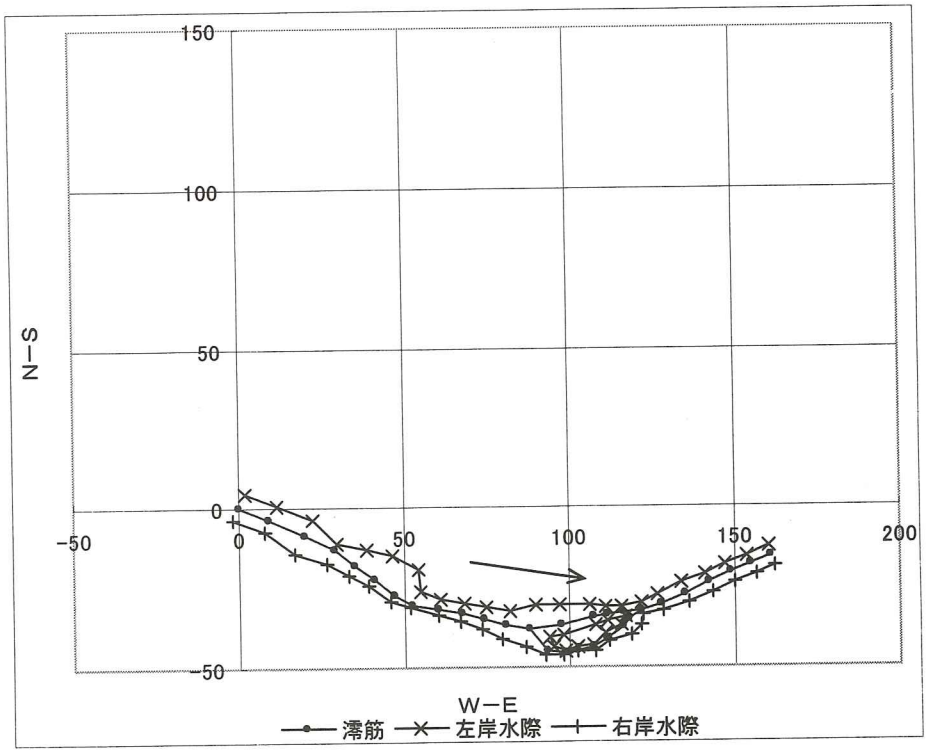
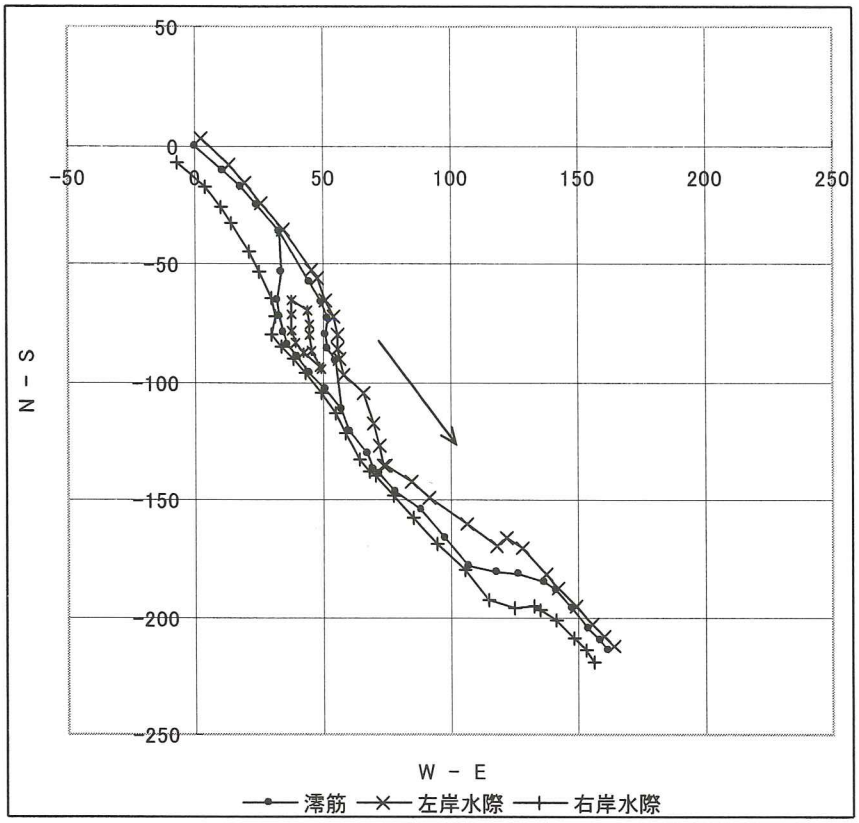


図 5.2.1(6)　調査対象地区の平面形状（上：員弁川川合地区、下：員弁川本郷地区）



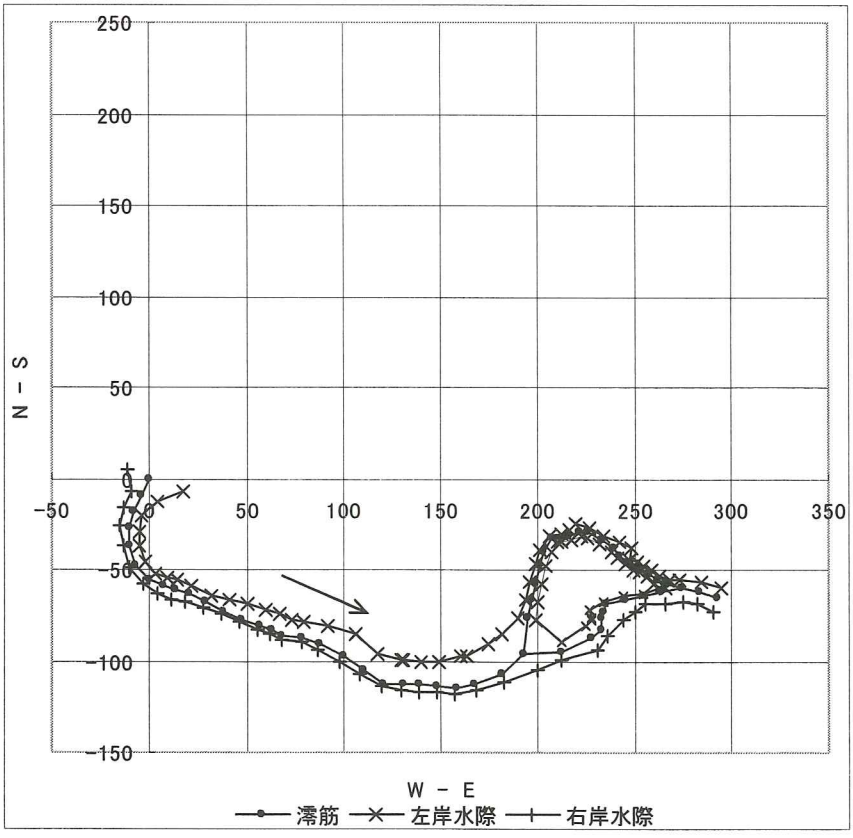


図 5.2.1(7)　調査対象地区の平面形状（上：朝明川朝明地区、下：朝明川上条地区）

表 5.2.1(3)　調査結果一覧表

河川名	地区名	CGU No.	ハビタット	延長 (m)	平均川幅 (m)	平均水深 (m)	河床勾配	水面勾配	面積 (m2)	体積 (m3)	横断測量結果 TR No.	断面積 (m2)	水面幅 (m)	平均水深 (m)	水面幅 水深比	平均流速 (m/s)
牧田川	一之瀬	CGU1	とろ～平瀬	39.65	21.36	0.41	1/330	1/378	847.02	229.51	TR1	5.30	20.98	0.25	82.99	0.45
											TR2	6.01	22.34	0.27	82.99	0.47
		CGU2	平瀬	45.00	19.27	0.46	1/122	1/150	867.38	211.93	TR3	4.71	17.21	0.27	62.89	0.55
		CGU3	早瀬	54.85	15.61	0.40	1/63	1/60	856.21	191.99	TR4	3.50	16.66	0.21	79.28	0.71
		CGU4	とろ	63.40	8.26	0.72	1/423	1/604	523.58	274.83	TR5	3.94	8.15	0.48	16.88	0.51
											TR6	5.02	7.61	0.66	11.54	0.44
		CGU5	とろ	88.00	15.61	0.61	1/3520	1/2514	1373.43	569.37	TR7	5.94	13.32	0.45	29.89	0.36
											TR8	7.03	16.96	0.41	40.93	0.29
		CGU6	とろ～平瀬	40.75	25.56	0.39	-1/163	1/4075	1041.67	311.04	TR9	7.63	24.58	0.31	79.15	0.26
		CGU7	平瀬	28.00	37.09	0.18	1/431	1/193	1036.93	171.87	TR10	6.14	35.42	0.17	204.41	0.30
		CGU8	早瀬	47.00	39.68	0.35	1/60	1/107	1864.96	85.54	TR11	1.82	6.49	0.28	23.15	0.91
牧田川	下多良	CGU1	平瀬	34.50	13.70	0.20	1/256	1/147	472.65	90.22	TR1	4.14	15.65	0.26	59.16	0.28
											TR2	2.19	13.63	0.16	84.75	0.70
		CGU2	早瀬	13.10	10.17	0.36	1/24	1/79	133.18	28.26	TR3	2.16	9.60	0.22	42.71	0.58
		CGU3	淵	41.70	10.20	0.85	-1/232	1/4170	425.34	161.98	TR4	3.88	6.38	0.61	10.47	0.30
		CGU4	R型淵	23.20	18.26	0.67	1/166	1/464	423.63	91.05	TR5	3.92	5.79	0.68	8.53	0.37
		CGU5	平瀬	37.90	17.48	0.43	1/446	1/217	662.49	125.96	TR6	3.20	17.57	0.19	92.90	0.40
		CGU6	早瀬	24.20	17.78	0.44	1/24	1/46	430.28	56.61	TR7	2.34	18.41	0.13	144.85	0.60
		CGU7	淵	17.50	12.15	0.93	-1/39	-1/875	212.63	206.29	TR8	11.79	11.93	0.99	12.08	0.09
		CGU8	とろ	18.60	10.00	0.38	-1/620	1/286	186.00	48.16	TR9	2.59	10.45	0.25	42.17	0.44
		CGU9	平瀬	55.50	7.69	0.43	1/222	1/358	426.56	124.69	TR10	2.06	7.59	0.27	27.94	0.62
員弁川	川合	CGU1	早瀬	23.30	8.73	0.31	1/108	1/82	203.29	39.85	TR1	1.71	8.26	0.21	39.88	0.67
		CGU2	平瀬	65.20	8.73	0.33	1/198	1/225	568.87	117.58	TR2	1.80	9.09	0.20	45.78	0.63
		CGU3	早瀬（R型淵含む）	34.20	9.62	0.45	1/149	1/125	328.89	75.12	TR3	1.44	7.62	0.19	40.20	1.00
											TR4	2.58	8.85	0.29	30.40	0.45
		CGU4	とろ	32.80	11.26	0.73	1/98	1/1312	369.33	126.93	TR5	3.87	10.21	0.38	26.92	0.27
		CGU5	とろ	47.30	13.72	0.45	-1/189	1/1577	648.96	158.24	TR6	3.86	12.58	0.31	40.98	0.27
											TR7	2.97	14.55	0.20	71.33	0.35
		CGU6	早瀬	25.40	17.40	0.24	1/98	1/118	441.96	55.61	TR8	2.06	16.83	0.12	137.76	0.44
											TR9	2.27	16.63	0.14	121.92	0.68
		CGU7	平瀬	102.00	10.12	0.32	1/206	1/268	1032.24	173.66	TR10	1.61	10.30	0.16	66.00	0.46
											TR11	1.79	8.70	0.21	42.17	0.49
		CGU8	平瀬～早瀬	17.00	8.67	0.33	1/142	1/128	147.33	27.73	TR12	1.63	9.01	0.18	49.72	0.67
		CGU9	早瀬	28.60	8.10	0.33	1/95	1/95	231.66	43.78	TR13	1.53	8.01	0.19	41.93	0.79
員弁川	本郷	CGU1	とろ	21.60	9.90	0.17	1/1440	1/309	213.84	29.34	TR1	1.36	9.24	0.15	62.85	0.46
		CGU2	平瀬	33.30	10.52	0.22	1/104	1/166	350.32	32.53	TR2	0.98	9.73	0.10	96.99	0.56
		CGU3	平瀬	14.20	8.00	0.30	1/203	1/178	113.60	10.17	TR3	0.72	5.34	0.13	39.83	0.74
		CGU4	とろ	28.10	8.20	0.24	-1/1405	1/432	230.42	32.76	TR4	1.17	7.24	0.16	44.93	0.44
		CGU5	早瀬	28.80	7.62	0.19	1/56	1/81	219.46	19.18	TR5	0.67	6.20	0.11	57.72	0.65
		CGU6	とろ	11.90	4.70	0.37	1/238	1/397	55.93	9.77	TR6	0.82	4.21	0.20	21.57	0.68
		CGU7	とろ	16.20	5.97	0.25	-1/147	1/324	96.66	14.69	TR7	0.91	6.41	0.14	45.97	0.53
		CGU8	平瀬	20.50	6.30	0.21	1/158	1/186	129.15	18.76	TR8	0.92	6.60	0.14	47.64	0.47
		CGU9	平瀬（細流）	37.00	4.49	0.22	1/109	1/107	166.04	9.48	TR9	0.22	1.84	0.12	15.17	0.55
											TR10	0.23	3.35	0.09	35.82	0.53
朝明川	朝明	CGU1	とろ	97.30	13.20	0.41	-1/270	1/1946	1284.36	360.25	TR1	5.97	12.60	0.47	26.72	0.15
											TR2	4.96	14.40	0.34	41.77	0.13
											TR10	1.16	7.99	0.14	57.77	0.13
		CGU2	早瀬	31.70	9.58	0.34	1/88	1/352	303.69	36.72	TR3	1.06	6.30	0.18	34.23	0.62
		CGU3	平瀬	14.30	5.40	0.42	1/99	1/409	77.22	15.21	TR4	3.51	4.51	0.24	19.09	0.68
		CGU4	とろ	42.00	10.56	0.49	1/933	1/2800	443.52	147.39	TR5	2.99	13.80	0.25	54.25	0.21
		CGU5	淵	20.10	7.43	0.74	1/335	1/2010	149.24	60.06	TR6	6.27	5.40	0.55	9.77	0.25
		CGU6	とろ	54.00	15.74	0.50	-1/171	1/10800	849.96	338.42	TR7	3.77	14.72	0.43	34.58	0.14
		CGU7	平瀬	25.40	19.88	0.36	1/77	1/1270	504.82	95.66	TR8	3.74	24.41	0.15	158.20	0.30
		CGU8	淵	32.90	10.02	0.69	1/439	1/6580	329.66	122.97	TR9	1.10	9.40	0.40	23.62	0.19
		CGU9	早瀬	12.10	9.77	0.11	1/202	1/134	118.18	6.92	TR11	0.57	10.00	0.06	174.88	0.43
朝明川	上桑	CGU1	早瀬	28.80	16.35	0.24	1/45	1/63	470.88	46.05	TR1	1.60	12.01	0.13	90.22	0.62
		CGU2	平瀬	39.30	8.86	0.38	1/183	1/175	348.20	74.31	TR2	1.89	8.35	0.23	36.91	0.51
		CGU3	平瀬	39.30	8.86	0.38	1/183	1/175	348.20	74.31	TR3	1.89	7.25	0.26	27.73	0.55
		CGU4	早瀬	14.30	·	0.26	1/62	1/84	143.95	29.45	TR4	2.06	10.90	0.19	57.68	0.73
		CGU5	淵	39.70	9.52	0.77	1/144	-1/2647	377.94	254.93	TR5	6.42	9.23	0.70	13.26	0.18
		CGU6	とろ	13.50	12.03	0.64	1/300	1/900	162.45	64.12	TR6	4.75	11.96	0.40	30.13	0.20
		CGU7	淵	33.60	13.88	0.94	-1/517	-1/6720	466.20	304.82	TR7	9.07	13.98	0.65	21.55	0.08
		CGU8	とろ	25.40	16.73	0.47	-1/339	1/1016	425.03	103.20	TR8	4.06	15.09	0.27	56.05	0.23
		CGU9	淵	28.00	16.90	0.74	-1/1867	-1/5600	473.20	217.51	TR9	7.77	16.43	0.47	34.77	0.15
		CGU10	とろ	87.20	18.81	0.43	-1/342	1/1585	1640.61	469.39	TR10	5.38	20.53	0.26	78.27	0.15
		CGU11	平瀬	13.10	14.00	0.15	-1/655	1/187	183.40	22.55	TR11	1.72	12.54	0.14	91.30	0.53
		CGU12	早瀬	8.60	19.93	0.16	1/51	1/33	171.43	21.10	TR12	2.45	22.78	0.09	250.32	0.92
		CGU13	平瀬	29.20	11.65	0.37	1/67	1/201	340.18	40.35	TR13	1.38	6.55	0.21	31.01	0.58
		CGU14	淵	30.00	11.80	0.69	-1/600	1/1000	354.00	211.84	TR14	7.06	12.04	0.59	20.55	0.14
		CGU15	平瀬	55.70	5.86	0.23	1/83	1/127	326.54	43.53	TR15	0.67	5.97	0.11	53.17	0.73
											TR16	0.84	6.41	0.13	48.71	0.41
		CGU16	淵	9.60	5.87	0.54	-1/71	1/1920	56.32	32.42	TR17	3.38	7.48	0.45	16.57	0.12
		CGU17	平瀬	26.00	6.10	0.23	1/116	1/236	158.60	30.58	TR18	1.18	7.67	0.15	50.08	0.29
		CGU18	淵	13.20	4.13	0.42	-1/176	1/2640	54.45	19.76	TR19	1.50	5.40	0.28	19.45	0.21
		CGU19	とろ	10.60	4.80	0.22	-1/85	1/707	48.76	8.83	TR20	0.83	5.16	0.16	31.95	0.43

（5）考察

1）ハビタットと幾何形状、物理特性との関係

今回対象とした6地区における全ての調査結果をもとに、ハビタットごとに幾何形状、物理特性の平均値、分布範囲をとりまとめ、表5.2.1(4)に示した。

始めにハビタットタイプと水面勾配、水面幅水深比との関係を見るために、その関係について全てのCGUの結果をプロットし、図 5.2.1(8)に示した。ハビタットタイプによりある程度のまとまりを持って分布していることが一見して理解できる。水面勾配について見ると早瀬と平瀬との境界は0.008（1/125）程度、平瀬ととろとの境界は0.003（1/300）程度であった。とろと淵は0.003（1/300）からレベルまでの範囲に重なって分布しているが、特に淵に関しては0.0017（1/600）以下の範囲に分布していた。水面幅水深比については平均値では淵＜とろ＜平瀬＜早瀬の傾向が見られる。淵ととろは水面勾配ではあまり明確に分かれなかったが水面幅水深比では約 25 程度で区分された。早瀬、平瀬の水面幅水深比はともに大きな値を示すが、特に 100 を超える大きな値を示すのは瀬の前縁線が不明瞭となり、瀬が河道法線に対して直角方向に流れるような場合であった。なお、水面勾配については、各対象地区で平均河床勾配が異なるため個々のハビタットの水面勾配を当該地区の平均水面勾配で除した相対値を算出し、比較検討を行った。その結果、水面勾配よりもハビタットごとの分布範囲が重なってしまう傾向が見られたが、基本的には先述した水面勾配の分布状況に近かった。相対値による分布の境界は、早瀬と平瀬が 2.0 付近、平瀬ととろとの境界は 0.6 付近であった。

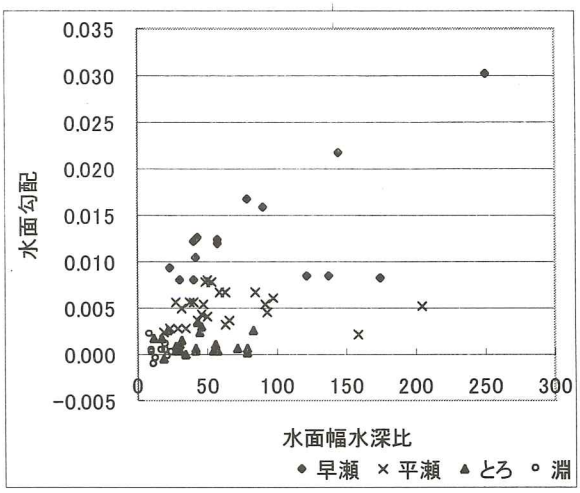


図 5.2.1(8)　ハビタットと水面勾配、水面幅水深比との関係

河床勾配について見てみると、早瀬で値が大きくなる等の特徴が見られたが、水面勾配と比較してハビタットタイプとの対応関係は悪くなっている（図5.2.1(9)参照）。これは現地におけるハビタットの特定を主に水面形状の目視で行っているが、水面形状の変化点と河床形状との変化点とが一致していないことが要因と考えられる。例えば、淵の河床形状は瀬から落ち込み、河床が一旦下がって淵の最深部となり、その後淵尻に向けて河床が上がっていくというように淵の最深部を境に勾配が変化している。本調査における河床勾配、水面勾配の算出方法は各ハビタットの始点と終点における河床高、あるいは水面高の差をハビタットの延長で除して算出しているものであり、このようにハビタットの途中に河床形状に変化があっても表現されてい

表5.2.1(4)　ハビタットと幾何形状、物理特性との関係（上段：平均値±標準誤差、下段：分布範囲）

ハビタット	水面勾配	相対水面勾配	河床勾配	水面幅/地区平均水面幅	水面幅変化率	水深/地区平均水深	水面幅水深比	流速(m/s)
早瀬	1/77	3.73±0.57	1/60	1.12±0.11	-15.8±8.9	0.73±0.07	88.9±16.2	0.68±0.04
(n=15)	1/125～1/33	1.8～10.1	1/202～1/24	0.71～2.14	-67～67	0.23～1.19	23～250	0.43～1.00
平瀬	1/200	1.44±0.13	1/152	0.96±0.07	-14.9±7.2	0.75±0.05	62.3±8.3	0.52±0.03
(n=25)	1/450～1/125	0.5～2.6	-1/655～1/67	0.41～2.00	-77～57	0.29～1.32	19～204	0.28～0.74
とろ	1/836	0.31±0.04	-1/774	0.96±0.05	45.5±13.2	1.13±0.07	44.5±4.3	0.33±0.03
(n=24)	ﾚﾍﾞﾙ～1/286	0～0.6	-1/85～1/98	0.45～1.38	-17～211	0.74～1.92	12～83	0.13～0.68
淵	1/3552	0.11±0.06	-1/309	0.91±0.07	19.2±9.0	1.55±0.06	17.7±2.2	0.19±0.03
(n=11)	ﾚﾍﾞﾙ～1/464	0～0.4	-1/39～1/144	0.58～1.44	-20～76	1.28～1.93	9～35	0.08～0.37

ない。特にハビタットの途中で勾配の正負が変化するような場合には、ハビタットの境界のとりかたにより河床勾配の値が大きく変化しやすく、また、算出した値もそのハビタットの特性を表しきれていないという問題もある。この点については今後の検討課題としたい。また、興味深い特徴として、とろの河床勾配の多くが負の勾配となっていることがあげられる。これは、とろが淵の下流部分に形成されているケースが多く、淵で一旦下がった河床がとろの下流部分に形成されている瀬に向けて縦断的に上昇しているためと考えられる。

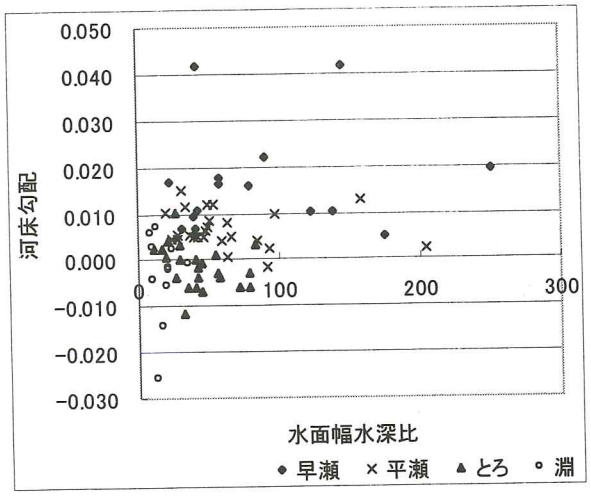


図 5.2.1(9)　ハビタットと河床勾配、水面幅水深比との関係

次に平均流速について見てみると、表 5.2.1(4)から分かるとおりハビタットタイプごとに平均値としての違いがあるが、各ハビタットの流速分布範囲が広く、重なっている部分が多かった。平均水深と平均流速との関係をプロットし、図 5.2.1(10)に示した。早瀬と平瀬は流速が速く、水深が浅い領域に、淵は流速が遅く、水深が深い領域に分布している。瀬と淵との間には境界が見られ、その境界は水深と流速との関数であるフルード数でよく区分されていた。野上ら[8]は急流な中小渓流における実測データから水面勾配及びフルード数によってハビタット区分が可能であることを示しているが、本調査結果もこれを支持するものとなっており、フルード数による瀬淵の境界値は 0.15 程度であった。なお、とろは瀬と淵の中間的な領域に分布しているが、調査時においても平瀬、あるいは淵との区分が難しい場合が多かった。特に調査時においては淵と区分するには流速が速すぎる、平瀬と区分するには水深が深い等のような中間的なハビタットを便宜上とろと区分しており、このような中間的なハビタットタイプを今後何らかの区分をしていくかという課題が残った。

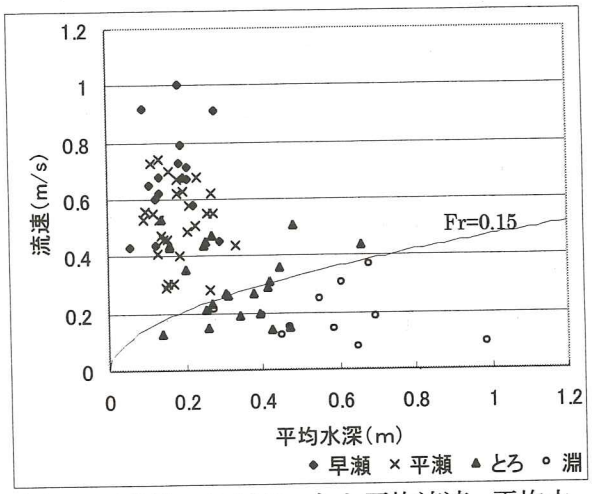


図 5.2.1(10)　ハビタットと平均流速、平均水深との関係

水面幅、水深については河川ごとにその規模が異なるため、それぞれを当該地区の平均水面幅、平均水深で除した相対値により比較検討を行った（表 5.2.1(4)参照）。水面幅についてはハビタットタイプとの対応関係が認められなかった。ただし、水面幅の縦断変化率についてはハビタットタイプごとに傾向が見られ、早瀬、平瀬では流下方向に水面幅が減少していき、とろ、淵においては流下方向に増加している。すなわち、典型的な瀬淵構造の場合には、早瀬が淵に落ち込む箇所で最も水面幅が減少し、そこから流下方向に淵、とろと水面幅が徐々に増加していき、再び平瀬、早瀬にかけて流下方向に水面幅が減少していくことが分かる。水深については、早瀬、平瀬＜とろ＜淵の傾向が見られた。一般に早瀬と平瀬の水深を考えたときに、早瀬の方が水深が浅い印象を受けるが、本調査結果では両者の水深にほとんど差が認められなかった。これは縦

断的にほとんどの区間では早瀬の水深は浅くなっているものの、下流側境界付近では淵への落ち込み部となっているため水深が深くなっていることが影響しているものと考えられる。

2）個別河川におけるハビタットの分布特性

調査を実施した６地区の１リーチに占める各ハビタットの面積、水位差の分布量について、地区平均河床勾配順に並べて図 5.2.1(11)に示した。

面積比率について見てみると、早瀬の占める面積比率は河床勾配が変化してもほとんど変化が見られず、全体の約 20％前後を占めていた。平瀬の占める面積比率は河床勾配が急な河川の方が高い傾向が見られた。これは河床勾配が緩い場合にはとろとなっていた箇所（淵の下流部から次の瀬までの区間等）が、平均の河床勾配が急になると平瀬となる、あるいはとろの区間が短くなってしまうためと考えられる。ただし、員弁川川合地区のように河床勾配の割に瀬の面積比率が高い河川も見られるように、河床勾配との対応関係のみではないようであり、代表粒径、無次元掃流力、Ｂ／Ｈ等他の河道特性量や護岸工、護床工、床止め等の構造物等の影響も考慮する必要があるものと考えられる。また、牧田川下多良地区の淵の面積比率が非常に高くなっているが、これは山付き河川であり、淵の規模が大きくなっていること、さらに、対象区間に巨石によりＲ型の淵が形成されていたことに起因している。

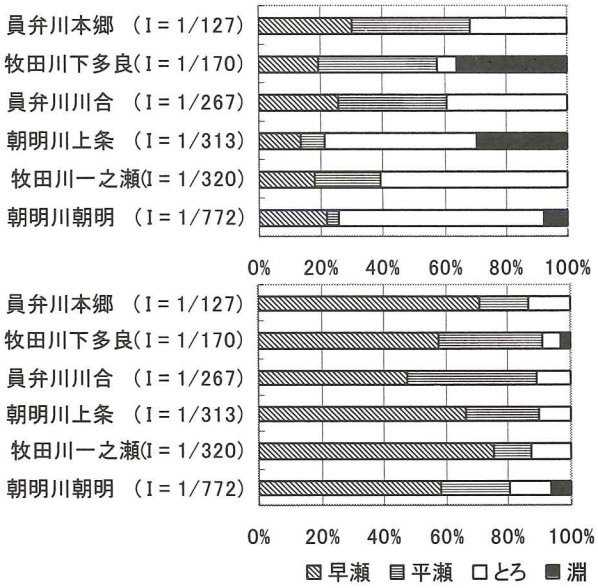


図 5.2.1(11)　各河川のハビタットの分布量
（上：面積比率、下：水位差比率）

水位差の比率について見てみると、瀬の占める水位差比率が全体の 80～90％を占めており、河川における水位差のほとんどを瀬でかせいでいることが分かる。この比率は河床勾配が変化してもそれほど大きな違いは認められなかった。

（6）まとめ

本研究では、Ｂｂ型の河川を対象としたハビタットの構造・分布に関する調査を行い、その特徴についての検討を行った。その結果、各ハビタットタイプは特有の水面勾配、水面幅水深比を有しており、本調査で実施したような縦断形状及び横断形状の測定から、ハビタットタイプの特定が可能であることが示唆された。水面幅変化率、流速、水深等についてもハビタットタイプごとに特徴を有していることが明らかになった。また、１リーチに占める各ハビタットの比率は、河床勾配等の河道特性と関連性を有しており、今後、様々な河道特性を有している河川において調査を実施することにより、河道特性からそこに形成されるハビタットの分布・構造を予測できる可能性が示唆された。しかし、中小河川の場合には、横断構造物、護岸工、護床工等の影響を大きく受けるため、このような影響を考慮しつつ河道特性とハビタットの特性との関連性を検討していく必要があるものと考えられる。

今後はさらに複数の河川における事例、特に様々な河道特性を有する河川における事例を増やしていき、

河道特性との関連性を明らかにしていくと同時に、ハビタットと生態的機能に関する検討も進めていく必要があるものと考えられる。

<参考文献>

1） 萱場祐一・島谷幸宏：河川におけるハビタットの概念とその分類、土木技術資料 VOL.41、NO.7、1999

2） 河口洋一・萱場祐一・水野徹・尾澤卓思：実験河川における魚類の分布と生息環境の関係、土木技術資料 VOL.44、NO.10、2002

3） 山本晃一：沖積河川学、山海堂、1994

4） Bain, M. B. and Nathalie, J. Stevenson: Aquatic Habitat Assessment, American Fisheries, Society, 1999

5） 萱場祐一・千葉武生・力山基・河口洋一・尾澤卓思：ハビタットアセスメントにおける河道内微地形の把握手法に関する研究、河川技術論文集第８巻、2002

6） Wolman, M.G：A method of sampling coarse river-bed material, Transactions of American Geophysical Union 35、1954

7） 黒木幹男・岸力：中規模河床波の領域区分に関する理論的研究、土木学会論文報告集第 342 号、1984

8） 野上毅・中津川誠・渡邊康玄：渓流における河床地形の区分、応用生態工学研究会第６回研究発表会講演集、2002

5．2．2　水際域について

（1）研究目的

多自然型川づくりにおいて、生物の生育・生息にとって貴重な水際域をどのように保全するかが重要な課題となっている。水際域は、河岸と河岸沿いに繁茂する植生の影響を受けている水面であり、流速、水深ともに小さい領域である[1)]。水際域の機能としては、魚類のカバー、落下昆虫や日陰の供給、産卵場や稚仔魚の成育場などが挙げられる。また、低流速・低水深で河岸勾配が緩やかな場所は、魚食魚からの避難場所としての機能を有している[2)]。このように、流心部と異なる環境は、水生生物の各生育段階において異なる利用環境を提供するとともに、生物多様性に寄与している。近年、生物の生息環境に配慮した護岸として、透水性の高い護岸や植物の繁茂が容易な護岸等様々なタイプのものが開発されてきた。しかし、これらは流れ方向の変化に乏しく現地に施工すると、水際線は直線的になることが多い。自然河岸における水際線は、河川の物理特性（河床勾配、水面勾配、流速、水深）の影響を大きく受け、複雑に変化している。水際の形状を参考に水際線を再生するには、自然状態の水際を計測し、その特徴を把握することが求められる。本研究では、岐阜県・三重県内の中小河川において、水際の入り組み、河岸の横断形状等の物理特性を測定し、水際の特徴を立体的に把握するとともに、それらの傾向と水際線の位置する河道地形単位（早瀬・平瀬・とろ・淵）の関連性について明らかにすることを目的とした。

（2）研究方法

非粘着性の自然河岸が残る中小河川において、現地で早瀬、平瀬、とろ、淵の存在を視覚的に確認し調査地点を選定した。ハビタットの視覚的区分は、表－1を基に行なった。次に、萱場らの方法[3)]により、10～15mピッチ（川幅程度）で河床高、水面勾配等の測量を実施し、河道地形単位を縦断的に区分し、位置、大きさ、配列を確認した。水際調査地点は、測定可能な各河道地形単位内に1箇所あたり延長20mを基本に設定し、河岸に沿って縦断側線を引いた（図－1）。その後、測定箇所の河床縦断勾配と水面勾配を

表 5.2.2.1　ハビタットの分類[1)]

分類	形態的な特徴
早瀬 (rapid, rlffle)	水面は白波立が立ち、水深が小さく、流速は多きい。淵への落ち込み部に生じることが多い。
平瀬(run)	水面は波立つが、白波は立たない。流速も早瀬と比べると小さく、水深は大きい。
とろ(glide)	水面は殆んど波立たない。流速は平瀬より小さく、水深は大きい。
淵(scour pool)	湾曲部の外岸側、砂洲の前縁部、構造物周り、床止めの下流等に生じる。生じる場所によりM型、R型、S型の淵等に分類されてきた。一般に水深は大きく、流速は小さい。水面勾配はほとんどなく、水面は波立たない。河川の合流点や川幅縮小部等にも生じる。

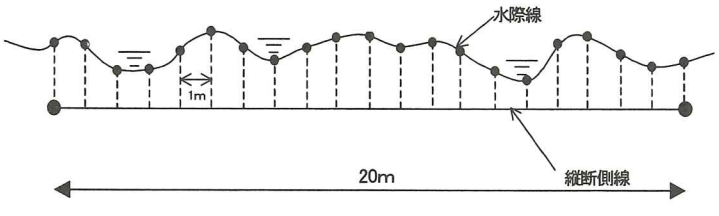


図 5.2.2.1　縦断側線設置状

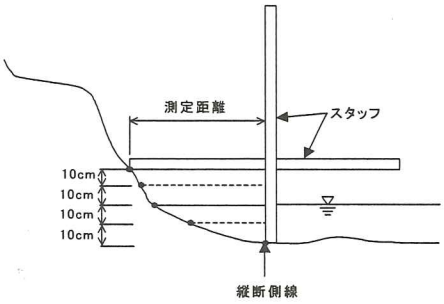


図 5.2.2.2　河岸形状測定方法

2mピッチで測定した。続いて図－2のように、縦断側線から河岸までの距離を縦断的に1m間隔で計測した。計測は、水面を基準に+20、+10、0、-10、-20cmの位置について行った。それにより、水際の平面形状及び各地点の横断形状を立体的に把握した。また、調査区間を横断方向に25ｃｍ間隔、縦断方向に1m間隔のメッシュで区切り、流速・水深を測定した。

（3）研究結果

5.2.2（3）1水際の入り組み形状

水面と河岸の接点を結んだ線（水際線）に沿って、最小二乗法により求めた基準線を引き（図－3）、基準線と水際線の交点間の距離を入り組み長さ（L）、基準線と水際線に囲まれた部分の面積を入り組み面積（A）、入り組み面積を入り組み長さで除した値を入り組みの平均幅（B）とした。これらを、河道地形単位毎に比較した（図－4）。

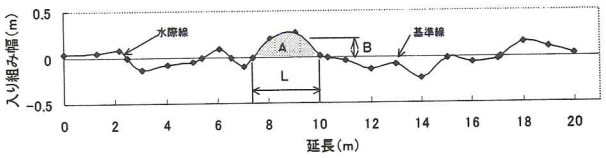
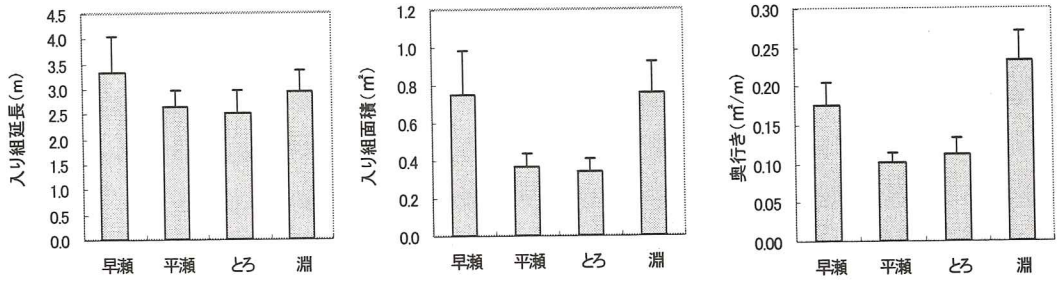


図 5.2.2.3　水際の入り組み形状測定

その結果、入り組み長さは各河道地形単位で3.0(m)前後の長さであり、ほぼ同程度であった。入り組



(a)　入り組み長さ（L）　　(b)　入り組み面積（A）　　(c)　入り組みの平均幅（B）

図 5.2.2.4　水際形状比較

み面積においては、早瀬、淵の大きさは0.75（㎡）前後であった。また、平瀬、とろの大きさも0.35（㎡）前後となり、早瀬・淵の入り組み面積は、平瀬・とろの入り組み面積の面積の約2倍であった。入り組みの平均幅においても、面積と同様に、早瀬・淵が平瀬・とろに比べ大きい値となった。平均幅についても、河道地形単位により特徴があった。

5.2.2（3）2水際の横断形状

図－5は、河岸形状測定結果から得られた、各河道地形単位の代表的な水際付近の横断形状である。これらの横断面を視覚的に比較した結果、各河道地形単位で河岸角度に特徴的な部分が見られたため、河岸法面と水平面の成す角度を、水面を境界

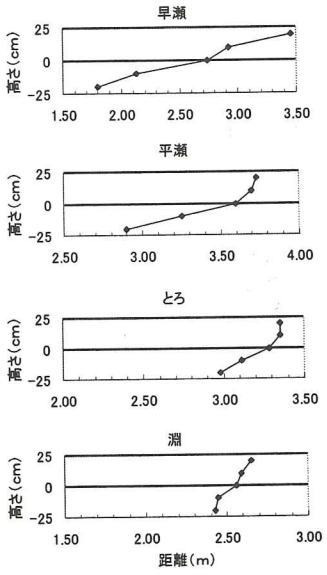
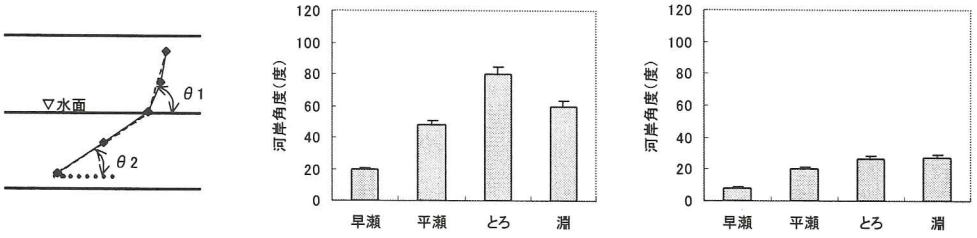


図 5.2.2.5　水際横断形状

に陸側と水中に分け、陸側の河岸法面と水面との成す角をθ1、水中の河岸法面と水平面との成す角をθ2 とし、河道地形単位毎に比較した（図－6）。その結果、河道地形単位間で河岸角度に明瞭な違いが見られた。早瀬の河岸形状は、陸側、水中ともに緩やかであった。平瀬は、陸側、水中ともに早瀬に比べ急勾配であった。とろ・淵では更に急勾配であった。また、何れの河道地形単位においても、水中の河岸角度（θ2）に比べ陸側の河岸角度（θ1）が大きく、陸側と水中でも河岸勾配に明瞭な違いが見られた。

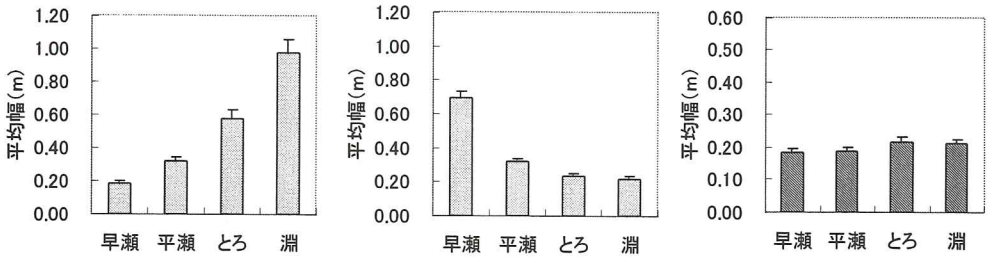


(a) 陸側（θ1）　　(b) 水中（θ2）

図5.2.2.6　河岸法勾配比較

5.2.2（3）3 水際の流速・水深

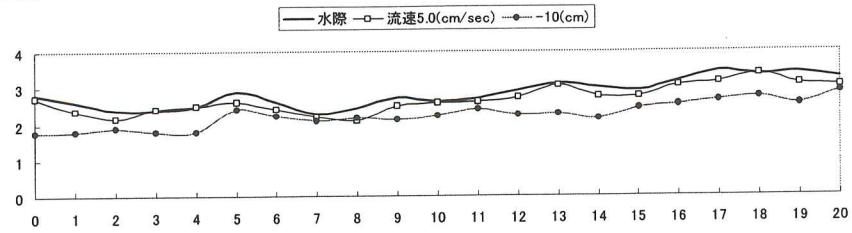
各河道地形単位の低流速域及び、低水深部の範囲を比較するため、調査地域（中部地方）で最も広く分布しているオイカワの稚仔魚にとって重要な生息場である[4]と言われる、流速 5.0（cm/sec）以下、水深 10（cm）以下の等流速線及び等水深線を引き、水際線からの平均距離を比較した。その結果、流速 5.0（cm/sec）以下の範囲は、早瀬、平瀬、とろ、淵の順に大きくなった。また、水深 10（cm）以下の範囲は、淵、とろ、平瀬、早瀬の順に大きくなった。このように、水面勾配の大きい早瀬、平瀬は低流速域範囲が小さく、水面勾配の小さいとろ、淵は低流速範囲が大きいという結果となった。また、低水深部は、各河道地形単位の中で最も水深の小さい早瀬で範囲が大きく、平瀬、とろ、淵の順に範囲が小さくなった。低水深部及び低流速の範囲は、各河道地形単位で大きさに差があるという結果となった。また、流速 5.0（cm/sec）以下、水深 10（cm）以下の両条件を満たす範囲は、全ての河道地形単位で 0.20（m）前後であり、差はなかった。



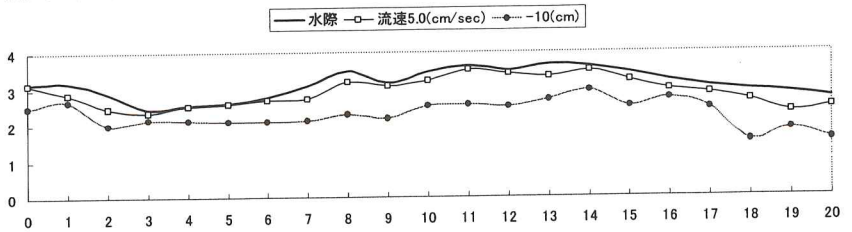
(a) 流速 5.0(cm/sec)以下　(b) 水深 10(cm)以下　(c) 両条件を満たす範囲

図 5.2.2.7　低流速・低水深範囲比較

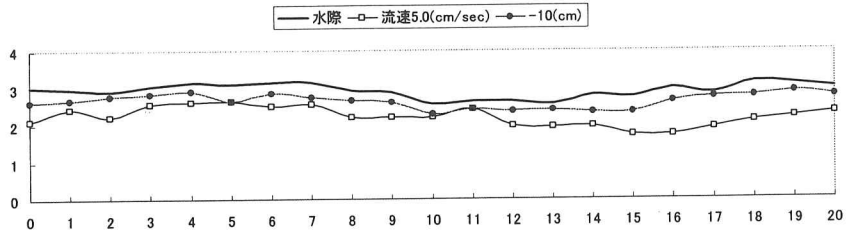
員弁川川合(早瀬)1



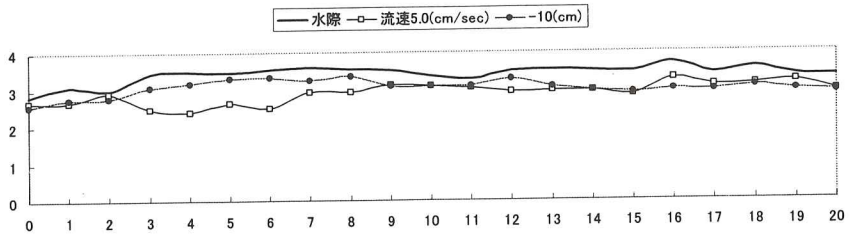
員弁川川合(早瀬)2



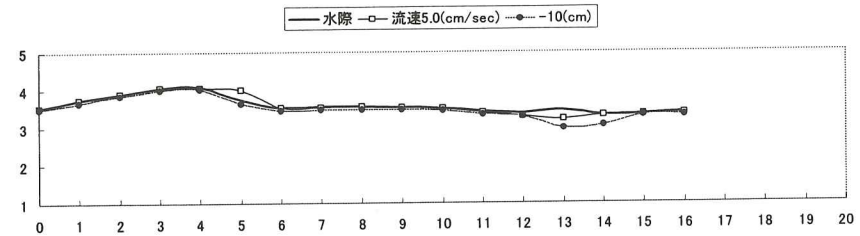
牧田川下多良(平瀬)



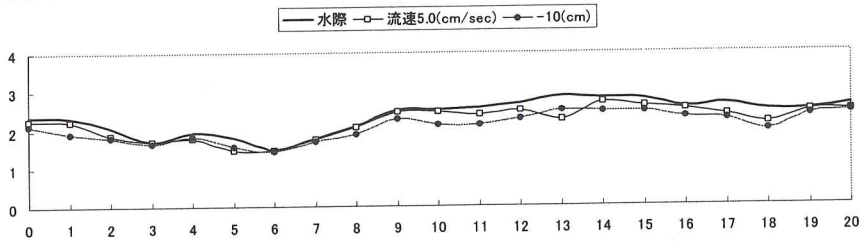
朝明川上条(平瀬)



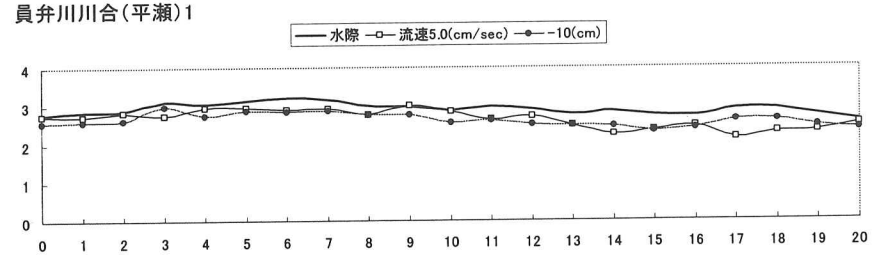
員弁川白瀬(平瀬)1



員弁川白瀬(平瀬)2



員弁川川合(平瀬)1



員弁川川合(平瀬)2

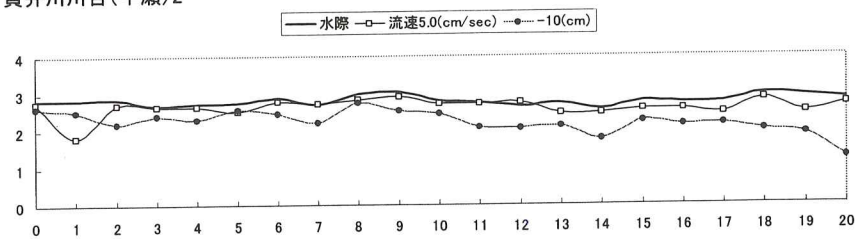
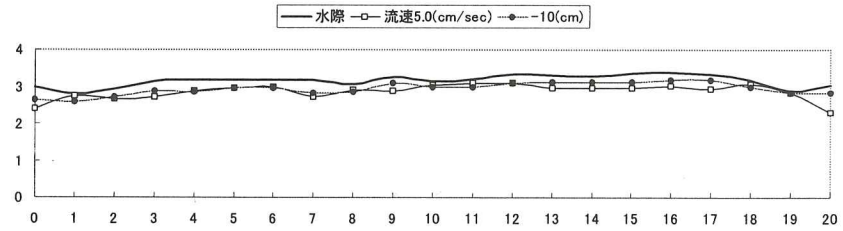
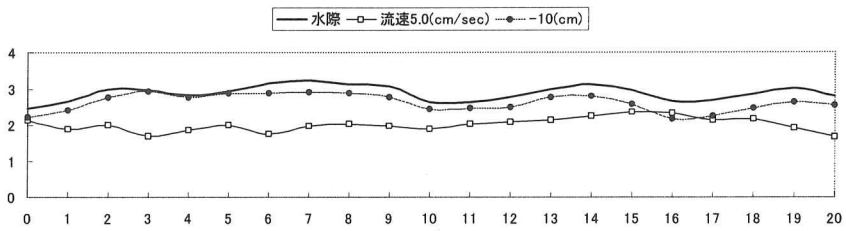


図 5.2.2.8(a)　低流速・低水深範囲

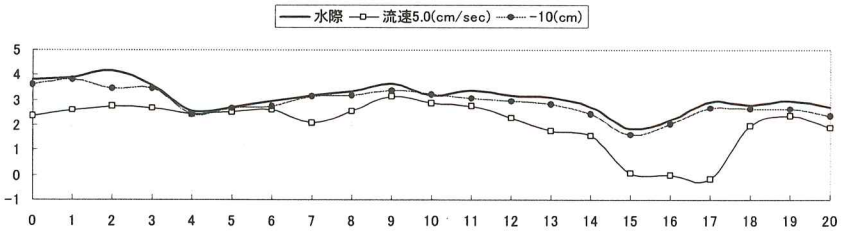
朝明川上条(とろ)1



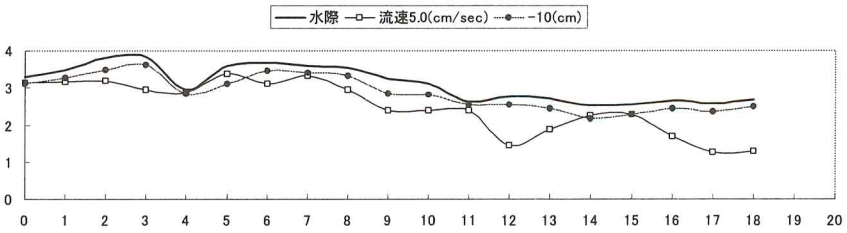
朝明川上条(とろ)2



朝明川上条(淵)



牧田川下多良(淵)



員弁川白瀬(淵)

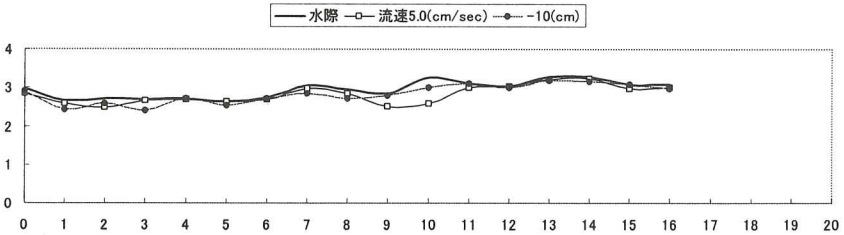


図 5.2.2.8（b） 低流速・低水深範囲

（4）考察及びまとめ

本研究の結果より、以下のことが明らかになった。

① 水際の入り組み形状は、早瀬、平瀬、とろ、淵に分類された流心部の河道地形単位毎に、面積、幅（奥行き）に差があり、早瀬から淵に架けて最も大きく入り組んでおり、平瀬・とろでは、入り組みは比較的小さい。

② 河岸の法勾配は、河道地形単位毎に違いがあり、早瀬→平瀬の順に河岸角度が大きくなり、とろ・淵の河岸は更に急勾配であるという結果となった。また、どの河道地形単位においても、水中に比べ陸側が急勾配となり、水中と陸側では河岸勾配に明瞭な違いが見られた。

③ 水際の低流速域は、水面勾配の大きい早瀬で最も小さく、淵で最も大きい。低水深部は、水深の浅い早瀬が最も大きく、次に平瀬、とろ、淵の順に小さくなった。

水際域の物理特性は、それらが位置する河道地形単位により特徴が異なることが明らかになった。水際の河岸形状は、その場の水面勾配、水深・流速などの物理特性の影響を大きく受けており、早瀬から淵にかけての水面勾配が大きい部分で河岸が大きく侵食され、崩壊することにより、平瀬やとろに比べ、水際線に大きな変化が生まれるものと推測される。また、水際の流速・水深に関しても、流心部のハビタットが持つ水面勾配や水深の特徴と同様であり、早瀬の水際では低流速域が小さく、低水深部が広くなり、淵ではその反対となるように、水際の位置する河道地形単位と密接に関係している。水際付近の河岸横断形状も、その場の物理特性である水面勾配や水深の影響を大きく受けており、河道地形単位毎に大きく異なる。また、水面を境界に河岸角度に明瞭な違いがあることから、平常時の流水が、水際の極狭い範囲の横断形状に何らかの影響を及ぼしていると考えられる。本研究は、水際を再生する上で、自然状態の水際の特徴を把握することが最も重要と考え、その第一歩として、水際形状を中心に調査した。今後も継続的に、河道地形単位毎に水際域の特長を詳しく調査を進めるとともに、水際形状と生物の関係についても調査する予定である。

＜参考文献＞

1) 萱場祐一、島谷幸宏：河川におけるハビタットの概念とその分類、土木技術資料 41-7, pp. 32-37. 1999. 7

2) Philippe Gaudin, Philippe Sempeski: The role of river bank habitat in the early life of fish: the example of grayling , *Thymallus thymallus*, ECOHYDROLOGY & HYDROBIOLOGY, vol. 1, No 1-2, 203-208, 2001

3) 萱場祐一、千葉武生、力山　基、河口洋一、尾澤卓思：ハビタットアセスメントにおける河道内微地形の把握手法に関する研究、河川技術論文集、第 8 巻、pp. 191-196、2002. 6

4) 駒田格知、山田久美子、鈴木興道：オイカワ仔・稚魚の生息場と成長について、成長、Journal of Growth、33、pp. 113-119、1994

水際形状測定結果①

調査日時	年	月	日	曜日
	2002	12	6	金

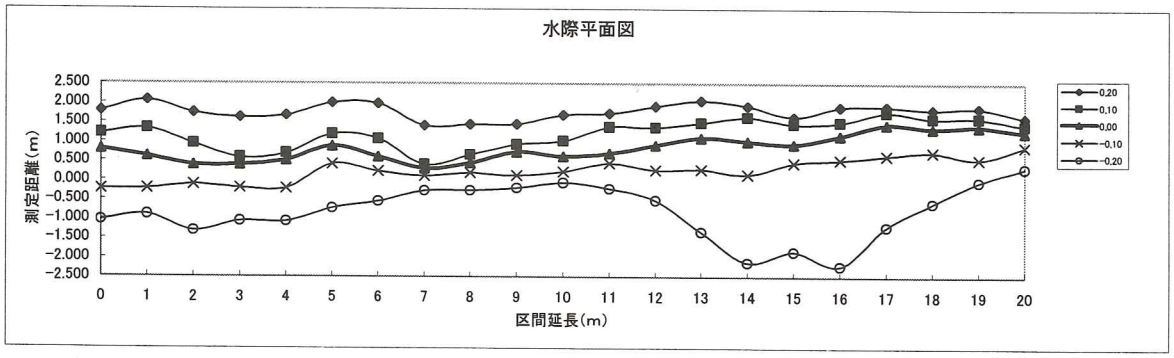
調査地点	河川名	地区名	右岸	左岸
	員弁川	川合地区①		○

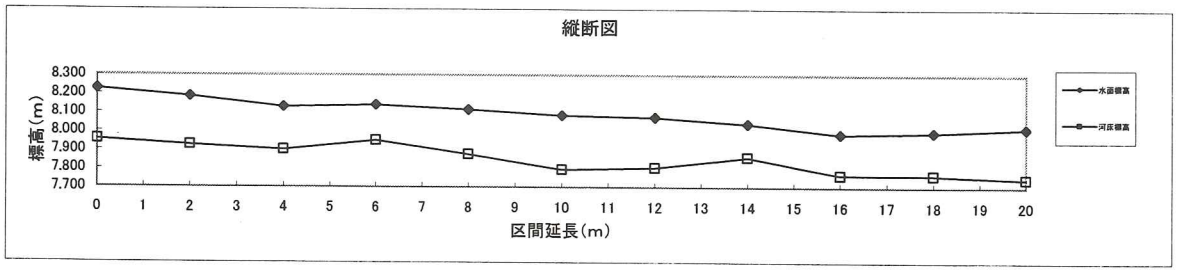
CGU区分	早瀬	平瀬	とろ	淵
	○			

測定方法	上流→下流	下流→上流
	○	

測定データ

縦断距離(m)	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20			水深	河床（読）	水面標高	河床標高
0	1.795	1.210	0.805	-0.230	-1.035			0.270	2.045	8.225	7.955
1	2.060	1.330	0.620	-0.220	-0.890						
2	1.745	0.945	0.400	-0.110	-1.310			0.260	2.075	8.185	7.925
3	1.625	0.585	0.400	-0.200	-1.055						
4	1.675	0.690	0.520	-0.215	-1.070			0.230	2.100	8.130	7.900
5	2.000	1.190	0.885	0.415	-0.730						
6	1.980	1.070	0.610	0.230	-0.545			0.190	2.050	8.140	7.950
7	1.410	0.405	0.300	0.110	-0.275						
8	1.440	0.655	0.445	0.190	-0.265			0.240	2.125	8.115	7.875
9	1.455	0.925	0.735	0.125	-0.200						
10	1.690	1.020	0.620	0.225	-0.060			0.290	2.205	8.085	7.795
11	1.735	1.380	0.705	0.440	-0.210						
12	1.920	1.370	0.915	0.265	-0.515			0.270	2.195	8.075	7.805
13	2.065	1.495	1.105	0.285	-1.335						
14	1.925	1.630	1.015	0.150	-2.130			0.180	2.140	8.040	7.860
15	1.645	1.460	0.935	0.450	-1.850						
16	1.900	1.500	1.160	0.530	-2.220			0.220	2.235	7.985	7.765
17	1.915	1.755	1.450	0.645	-1.200						
18	1.835	1.610	1.350	0.735	-0.590			0.230	2.235	7.995	7.765
19	1.870	1.615	1.400	0.545	-0.030						
20	1.620	1.415	1.255	0.875	0.320			0.270	2.255	8.015	7.745
河岸延長	20.465	20.701	20.388	20.403	21.786						
区間延長	20	20	20	20	20						
河岸延長/区間延長	2%	4%	2%	2%	9%						





（参考）測定結果データシート（1）

水際形状測定結果②

調査日時	年	月	日	曜日
	2002	12	6	金

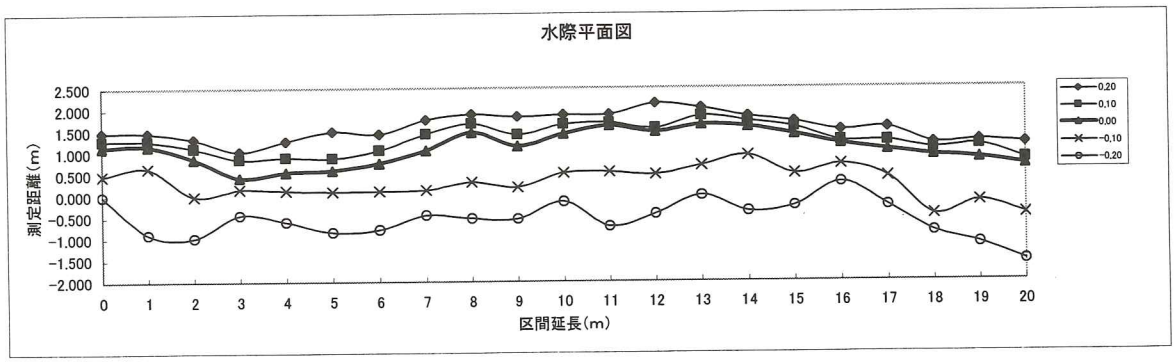
調査地点	河川名	地区名	右岸	左岸
	員弁川	川合地区②		○

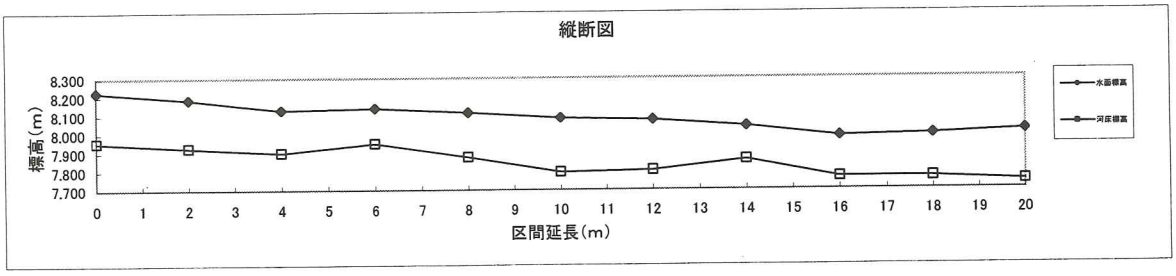
CGU区分	早瀬	平瀬	とろ	淵
	○			

測定方法	上流→下流	下流→上流
	○	

測定データ

縦断距離(m)	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20			水深	河床（読）	水面標高	河床標高
0	1.480	1.290	1.145	0.480	0.000			0.270	2.045	8.225	7.955
1	1.475	1.285	1.170	0.650	-0.890						
2	1.330	1.120	0.870	0.000	-0.970			0.260	2.075	8.185	7.925
3	1.040	0.860	0.435	0.160	-0.440						
4	1.280	0.900	0.560	0.130	-0.600			0.230	2.100	8.130	7.900
5	1.505	0.885	0.605	0.100	-0.840						
6	1.445	1.070	0.770	0.120	-0.780			0.190	2.050	8.140	7.950
7	1.770	1.445	1.065	0.140	-0.450						
8	1.895	1.680	1.475	0.315	-0.530			0.240	2.125	8.115	7.875
9	1.835	1.420	1.160	0.200	-0.540						
10	1.880	1.660	1.440	0.525	-0.140			0.290	2.205	8.085	7.795
11	1.885	1.690	1.620	0.550	-0.720						
12	2.140	1.560	1.480	0.490	-0.430			0.270	2.195	8.075	7.805
13	2.030	1.850	1.645	0.695	0.000						
14	1.835	1.730	1.595	0.925	-0.370			0.180	2.140	8.040	7.860
15	1.715	1.585	1.415	0.500	-0.250						
16	1.510	1.260	1.195	0.710	0.295			0.220	2.235	7.985	7.765
17	1.565	1.255	1.050	0.425	-0.250						
18	1.205	1.080	0.920	-0.460	-0.850			0.230	2.235	7.995	7.765
19	1.260	1.155	0.850	-0.150	-1.130						
20	1.195	0.830	0.700	-0.450	-1.530			0.270	2.255	8.015	7.745
河岸延長	20.322	20.410	20.481	20.918	21.569						
区間延長	20	20	20	20	20						
河岸延長/区間延長	2%	2%	2%	5%	8%						





（参考）測定結果データシート（2）

水際形状測定結果③

調査日時	年	月	日	曜日
	2002	12	6	金

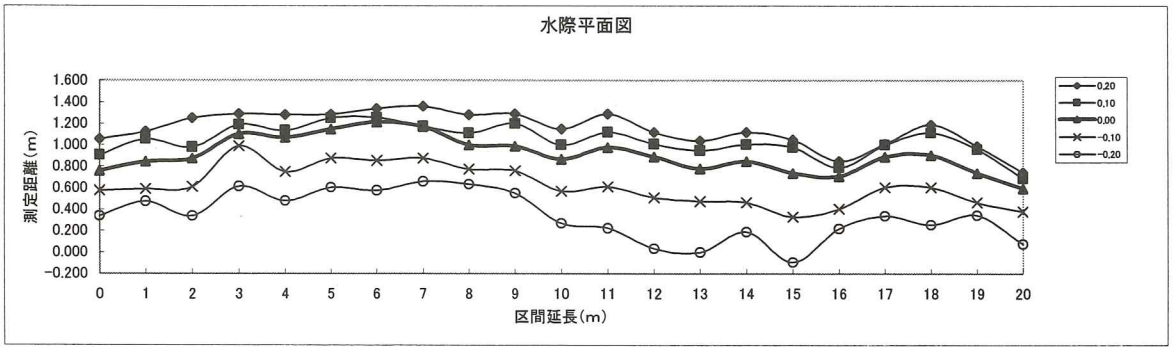
調査地点	河川名	地区名	右岸	左岸
	員弁川	川合地区①		○

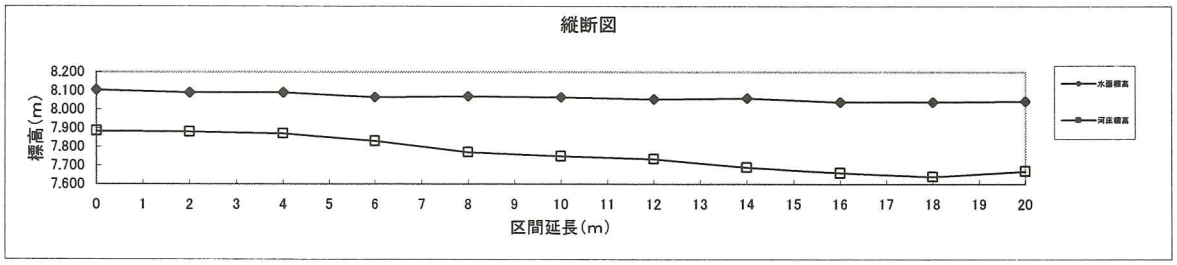
CGU区分	早瀬	平瀬	とろ	淵
		○		

測定方法	上流→下流	下流→上流
	○	

測定データ

縦断距離(m)	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20			水深	河床（読）	水面標高	河床標高
0	1.055	0.905	0.760	0.575	0.340			0.220	2.115	8.105	7.885
1	1.125	1.055	0.845	0.590	0.475						
2	1.250	0.980	0.875	0.610	0.340			0.210	2.120	8.090	7.880
3	1.290	1.190	1.105	0.990	0.615						
4	1.280	1.135	1.070	0.750	0.480			0.220	2.130	8.090	7.870
5	1.285	1.250	1.150	0.875	0.605						
6	1.340	1.255	1.215	0.855	0.575			0.235	2.170	8.065	7.830
7	1.360	1.175	1.170	0.875	0.660						
8	1.280	1.110	1.000	0.775	0.635			0.300	2.230	8.070	7.770
9	1.290	1.200	0.990	0.760	0.550						
10	1.150	1.000	0.870	0.570	0.270			0.315	2.250	8.065	7.750
11	1.290	1.120	0.980	0.610	0.225						
12	1.120	1.010	0.890	0.510	0.035			0.320	2.265	8.055	7.735
13	1.040	0.950	0.780	0.475	0.000						
14	1.120	1.005	0.850	0.465	0.190			0.370	2.310	8.060	7.690
15	1.050	0.980	0.740	0.330	-0.095						
16	0.850	0.790	0.710	0.405	0.220			0.380	2.340	8.040	7.660
17	1.010	1.000	0.890	0.605	0.340						
18	1.190	1.115	0.905	0.605	0.255			0.400	2.360	8.040	7.640
19	0.990	0.960	0.740	0.465	0.345						
20	0.745	0.690	0.595	0.380	0.075			0.375	2.330	8.045	7.670
河岸延長	20.157	20.184	20.124	20.181	20.295						
区間延長	20	20	20	20	20						
河岸延長/区間延長	1%	1%	1%	1%	1%						





（参考）測定結果データシート（3）

水際形状測定結果④

調査日時	年	月	日	曜日
	2002	12	6	金

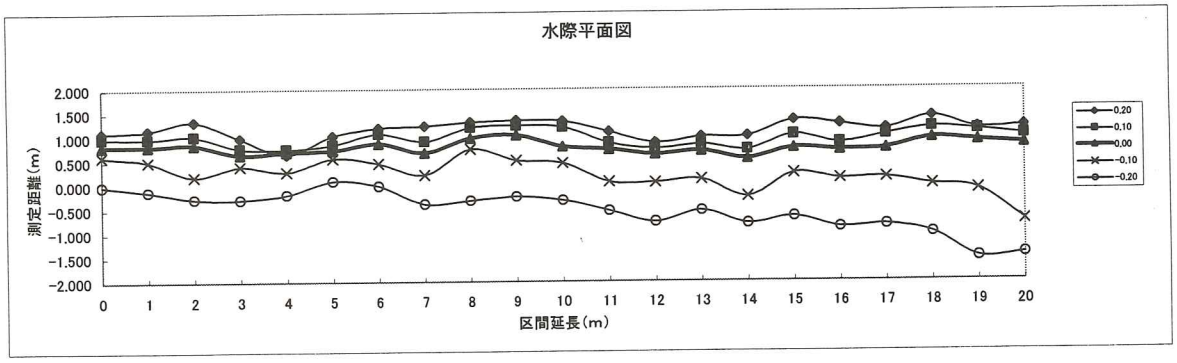
調査地点	河川名	地区名	右岸	左岸
	員弁川	川合地区②		○

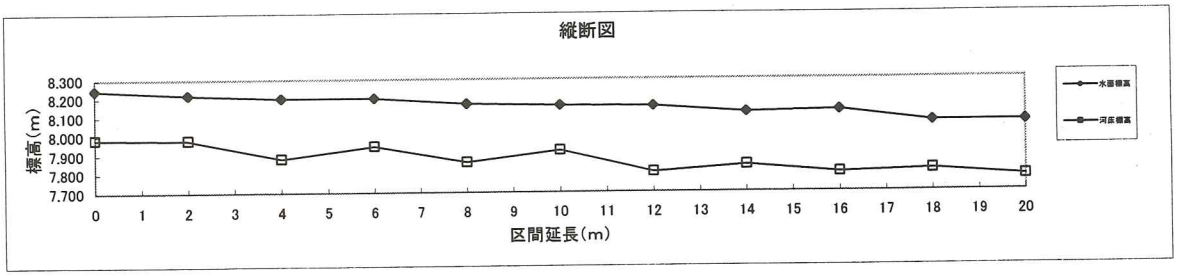
CGU区分	早瀬	平瀬	とろ	淵
		○		

測定方法	上流→下流	下流→上流
	○	

測定データ

縦断距離(m)	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20			水深	河床（読)	水面標高	河床標高
0	1.105	0.990	0.830	0.615	0.000			0.260	2.015	8.245	7.985
1	1.160	0.980	0.825	0.510	-0.110						
2	1.340	1.035	0.860	0.195	-0.265			0.240	2.020	8.220	7.980
3	0.995	0.785	0.655	0.410	-0.280						
4	0.660	0.765	0.710	0.295	-0.180			0.320	2.120	8.200	7.880
5	1.045	0.855	0.740	0.570	0.100						
6	1.200	1.080	0.885	0.465	0.000			0.255	2.055	8.200	7.945
7	1.240	0.925	0.690	0.225	-0.380						
8	1.320	1.205	0.990	0.760	-0.310			0.310	2.140	8.170	7.860
9	1.350	1.245	1.050	0.525	-0.230						
10	1.330	1.210	0.810	0.460	-0.310			0.240	2.080	8.160	7.920
11	1.110	0.880	0.745	0.070	-0.530						
12	0.880	0.760	0.645	0.060	-0.760			0.350	2.195	8.155	7.805
13	1.000	0.845	0.710	0.120	-0.530						
14	1.015	0.735	0.555	-0.240	-0.800			0.280	2.160	8.120	7.840
15	1.340	1.040	0.770	0.240	-0.660						
16	1.265	0.875	0.725	0.130	-0.880			0.330	2.200	8.130	7.800
17	1.160	1.040	0.760	0.150	-0.830						
18	1.410	1.185	0.960	0.000	-1.000			0.255	2.185	8.070	7.815
19	1.165	1.125	0.905	-0.100	-1.510						
20	1.200	1.025	0.840	-0.750	-1.440			0.290	2.220	8.070	7.780
河岸延長	20.396	20.273	20.196	20.780	20.431						
区間延長	20	20	20	20	20						
河岸延長/区間延長	2%	1%	1%	4%	2%						





（参考）測定結果データシート（4）

水際形状測定結果⑤

調査日時	年	月	日	曜日
	2002	11	14	木

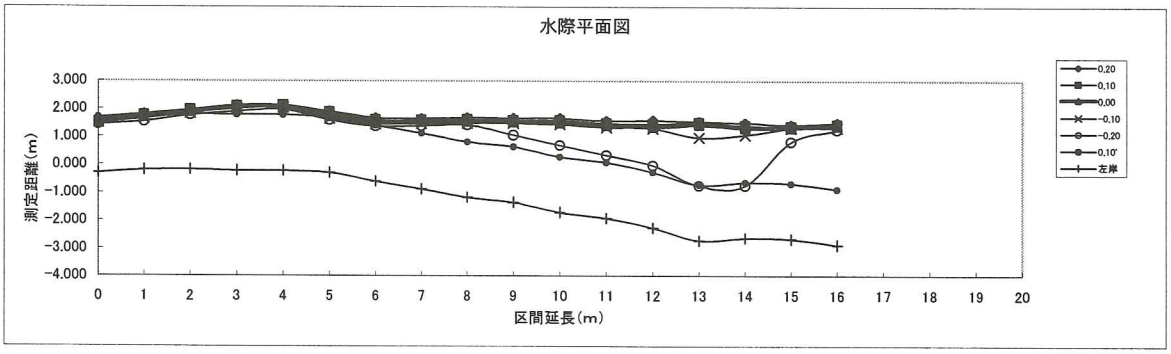
調査地点	河川名	地区名	右岸	左岸
	員弁川	白瀬地区①	○	

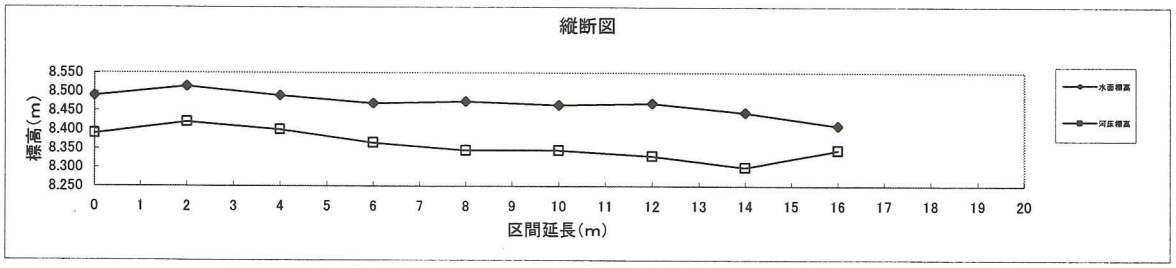
CGU区分	早瀬	平瀬	とろ	淵
		○		

測定方法	上流→下流	下流→上流
	○	

測定データ

縦断距離(m)	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20	0.10'	左岸	水深	河床（読）	水面標高	河床標高
0	1.600	1.510	1.535	1.500	1.435	1.700	-0.300	0.100	1.610	8.490	8.390
1	1.810	1.765	1.730	1.645	1.540	1.800	-0.200				
2	1.960	1.950	1.905	1.840	1.775	1.820	-0.180	0.095	1.580	8.515	8.420
3	2.120	2.085	2.065	2.000	1.900	1.780	-0.220				
4	2.120	2.115	2.070	2.030	1.960	1.770	-0.230	0.090	1.600	8.490	8.400
5	1.905	1.870	1.750	1.640	1.590	1.700	-0.300				
6	1.670	1.595	1.520	1.445	1.375	1.400	-0.600	0.105	1.635	8.470	8.365
7	1.650	1.590	1.550	1.465	1.380	1.120	-0.880				
8	1.680	1.610	1.555	1.470	1.415	0.820	-1.180	0.130	1.655	8.475	8.345
9	1.660	1.580	1.530	1.480	1.054	0.640	-1.360				
10	1.660	1.580	1.505	1.435	0.693	0.280	-1.720	0.120	1.655	8.465	8.345
11	1.560	1.470	1.420	1.335	0.332	0.080	-1.920				
12	1.590	1.445	1.360	1.295	-0.028	-0.270	-2.270	0.140	1.670	8.470	8.330
13	1.545	1.500	1.435	0.965	-0.750	-0.730	-2.730				
14	1.495	1.390	1.325	1.065	-0.750	-0.640	-2.640	0.145	1.700	8.445	8.300
15	1.420	1.360	1.335	1.305	0.820	-0.680	-2.680				
16	1.495	1.420	1.400	1.315	1.245	-0.890	-2.890	0.065	1.655	8.410	8.345
17											
18											
19											
20											
河岸延長	16.110	16.142	16.140	16.228	17.566	16.421	16.421				
区間延長	16	16	16	16	16	16	16				
河岸延長/区間延長	1%	1%	1%	1%	10%	3%	3%				





（参考）測定結果データシート（5）

水際形状測定結果⑥

調査日時	年	月	日	曜日
	2002-	11	14	木

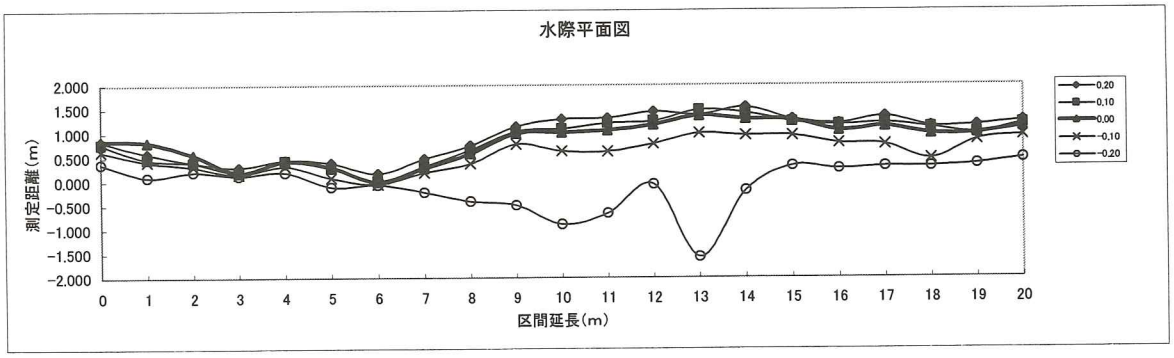
調査地点	河川名	地区名	右岸	左岸
	員弁川	白瀬地区②	○	

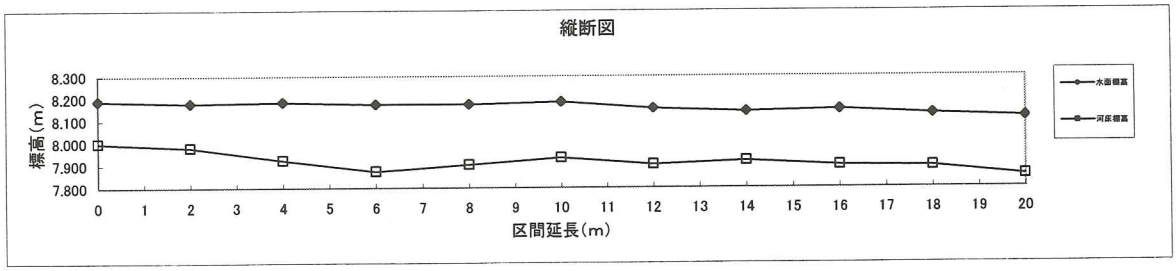
CGU区分	早瀬	平瀬	とろ	淵
		○		

測定方法	上流→下流	下流→上流
	○	

測定データ

縦断距離(m)	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20	0.10'	左岸	水深	河床（読）	水面標高	河床標高
0	0.835	0.775	0.850	0.630	0.370			0.190	2.000	8.190	8.000
1	0.585	0.460	0.820	0.420	0.095						
2	0.400	0.390	0.565	0.310	0.205			0.200	2.020	8.180	7.980
3	0.300	0.200	0.190	0.155	0.120						
4	0.450	0.430	0.430	0.320	0.195			0.260	2.075	8.185	7.925
5	0.390	0.275	0.300	0.080	-0.110						
6	0.170	0.015	0.000	-0.050	-0.065			0.300	2.125	8.175	7.875
7	0.475	0.320	0.280	0.190	-0.220						
8	0.750	0.660	0.580	0.370	-0.410			0.270	2.095	8.175	7.905
9	1.140	1.035	1.000	0.775	-0.490						
10	1.290	1.090	1.020	0.630	-0.890			0.250	2.065	8.185	7.935
11	1.310	1.205	1.055	0.620	-0.660						
12	1.440	1.250	1.170	0.780	-0.060			0.250	2.095	8.155	7.905
13	1.375	1.475	1.360	0.995	-1.570						
14	1.530	1.415	1.285	0.950	-0.190			0.220	2.080	8.140	7.920
15	1.285	1.230	1.265	0.945	0.320						
16	1.195	1.165	1.050	0.790	0.255			0.250	2.100	8.150	7.900
17	1.340	1.210	1.130	0.760	0.305						
18	1.140	1.110	0.980	0.465	0.300			0.235	2.105	8.130	7.895
19	1.155	1.000	0.990	0.850	0.350						
20	1.250	1.185	1.120	0.940	0.470			0.260	2.145	8.115	7.855
河岸延長	20.348	20.394	20.422	20.391	22.048						
区間延長	20	20	20	20	20						
河岸延長/区間延長	2%	2%	2%	2%	10%						





（参考）測定結果データシート（6）

水際形状測定結果⑦

調査日時	年	月	日	曜日
	2002	11	7	木

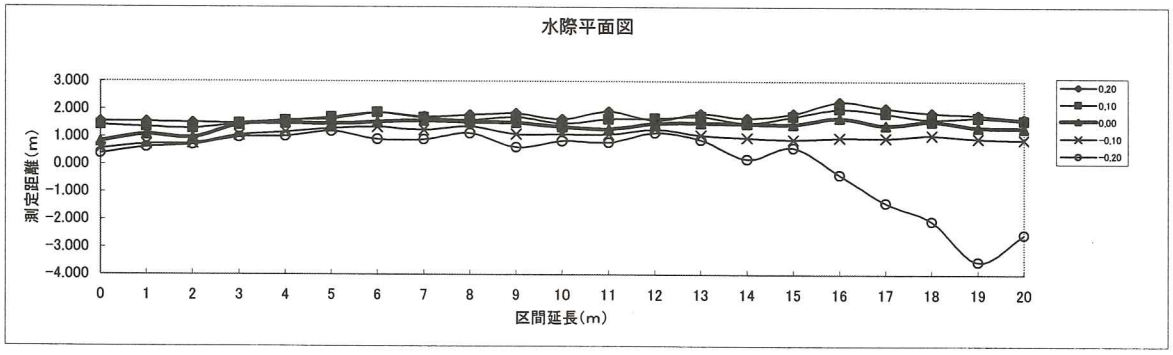
調査地点	河川名	地区名	右岸	左岸
	朝明川	上条地区	○	

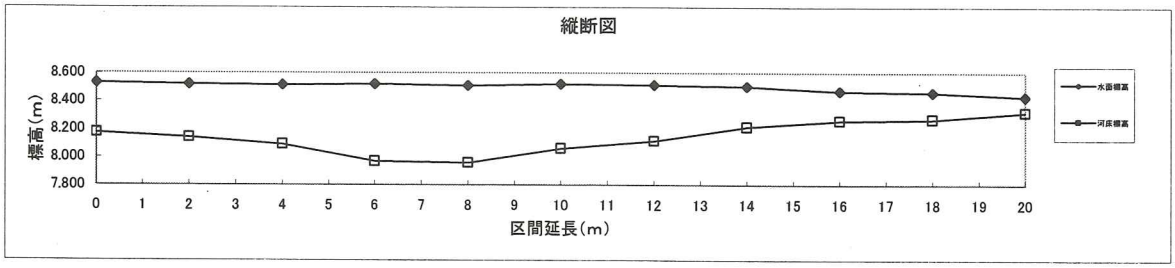
CGU区分	早瀬	平瀬	とろ	淵
		○		

測定方法	上流→下流	下流→上流
	○	

測定データ

縦断距離(m)	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20			水深	河床（読）	水面標高	河床標高
0	1.550	1.420	0.840	0.570	0.395			0.355	1.825	8.530	8.175
1	1.550	1.360	1.085	0.735	0.630						
2	1.515	1.310	0.980	0.770	0.720			0.380	1.860	8.520	8.140
3	1.505	1.480	1.450	1.065	0.990						
4	1.610	1.585	1.500	1.170	1.025			0.425	1.910	8.515	8.090
5	1.650	1.710	1.475	1.300	1.200						
6	1.865	1.880	1.540	1.345	0.910			0.550	2.030	8.520	7.970
7	1.730	1.695	1.595	1.250	0.900						
8	1.790	1.610	1.535	1.370	1.130			0.550	2.040	8.510	7.960
9	1.855	1.720	1.520	1.100	0.625						
10	1.645	1.495	1.365	1.095	0.850			0.460	1.940	8.520	8.060
11	1.930	1.640	1.290	1.090	0.800						
12	1.605	1.665	1.490	1.270	1.145			0.400	1.885	8.515	8.115
13	1.845	1.735	1.510	1.060	0.895						
14	1.680	1.510	1.485	0.970	0.200			0.290	1.785	8.505	8.215
15	1.855	1.740	1.465	0.900	0.610						
16	2.270	2.020	1.695	0.975	-0.370			0.210	1.740	8.470	8.260
17	2.050	1.860	1.420	0.960	-1.395						
18	1.880	1.640	1.565	1.060	-2.055			0.190	1.730	8.460	8.270
19	1.805	1.700	1.360	0.950	-3.530						
20	1.655	1.595	1.320	0.905	-2.540			0.110	1.680	8.430	8.320
河岸延長	20.348	20.243	20.278	20.178	22.903						
区間延長	20	20	20	20	20						
河岸延長/区間延長	2%	1%	1%	1%	15%						





（参考）測定結果データシート（7）

水際形状測定結果⑧

調査日時	年	月	日	曜日
	2002	10	30	水

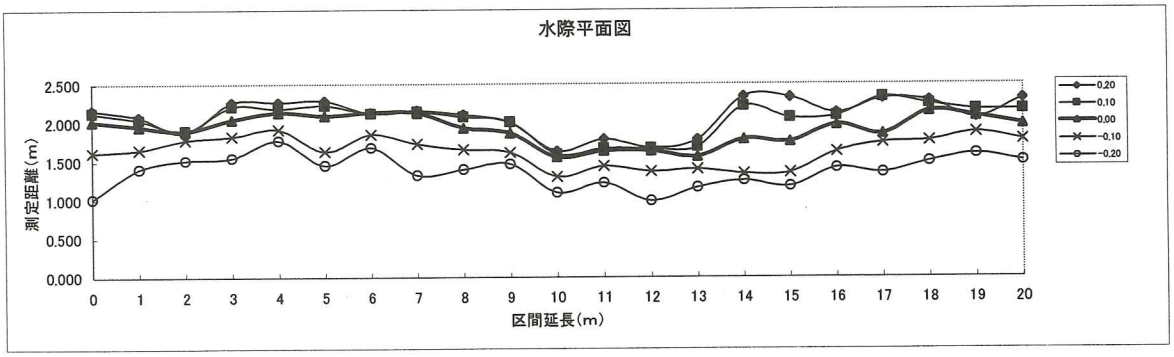
調査地点	河川名	地区名	右岸	左岸
	牧田川	下多良地区		○

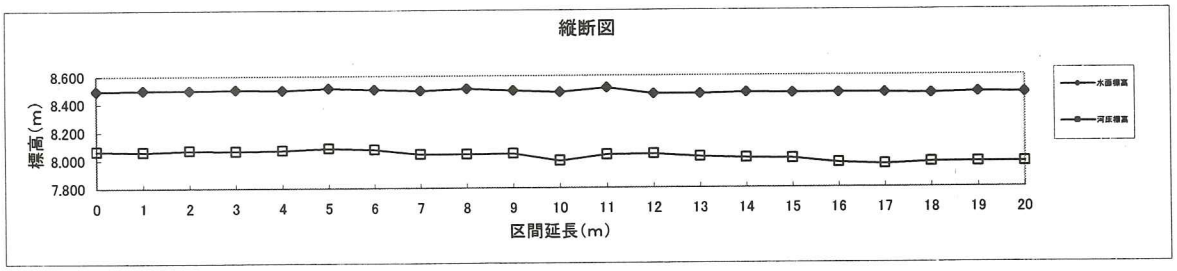
CGU区分	早瀬	平瀬	とろ	淵
		○		

測定方法	上流→下流	下流→上流
	○	

測定データ

縦断距離(m)	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20			水深	河床（読）	水面標高	河床標高
0	2.170	2.135	2.025	1.620	1.020			0.430	1.935	8.495	8.065
1	2.085	2.045	1.960	1.660	1.410			0.440	1.940	8.500	8.060
2	1.875	1.905	1.900	1.785	1.520			0.430	1.930	8.500	8.070
3	2.270	2.215	2.050	1.830	1.555			0.440	1.935	8.505	8.065
4	2.270	2.190	2.140	1.920	1.775			0.430	1.930	8.500	8.070
5	2.290	2.230	2.100	1.635	1.455			0.430	1.915	8.515	8.085
6	2.130	2.125	2.140	1.855	1.685			0.430	1.925	8.505	8.075
7	2.165	2.150	2.135	1.735	1.325			0.455	1.960	8.495	8.040
8	2.110	2.080	1.940	1.660	1.400			0.470	1.960	8.510	8.040
9	2.005	2.015	1.870	1.620	1.470			0.450	1.955	8.495	8.045
10	1.635	1.600	1.560	1.305	1.100			0.490	2.005	8.485	7.995
11	1.790	1.670	1.640	1.440	1.225			0.480	1.965	8.515	8.035
12	1.680	1.670	1.640	1.370	0.990			0.430	1.960	8.470	8.040
13	1.785	1.690	1.565	1.400	1.165			0.450	1.980	8.470	8.020
14	2.340	2.215	1.790	1.345	1.255			0.470	1.990	8.480	8.010
15	2.330	2.065	1.760	1.355	1.180			0.470	1.995	8.475	8.005
16	2.130	2.090	1.975	1.630	1.415			0.500	2.025	8.475	7.975
17	2.310	2.330	1.860	1.745	1.355			0.510	2.035	8.475	7.965
18	2.285	2.245	2.150	1.770	1.500			0.490	2.020	8.470	7.980
19	2.065	2.170	2.085	1.875	1.600			0.500	2.020	8.480	7.980
20	2.310	2.170	1.985	1.780	1.505			0.495	2.020	8.475	7.980
河岸延長	20.444	20.333	20.198	20.204	20.420						
区間延長	20	20	20	20	20						
河岸延長/区間延長	2%	2%	1%	1%	2%						





（参考）測定結果データシート（8）

水際形状測定結果⑨

調査日時	年	月	日	曜日
	2002	11	7	木

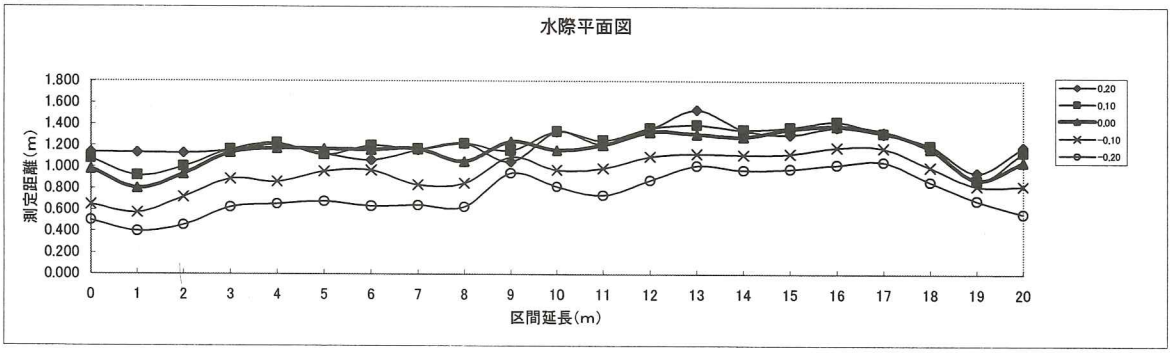
調査地点	河川名	地区名	右岸	左岸
	朝明川	上条地区①	○	

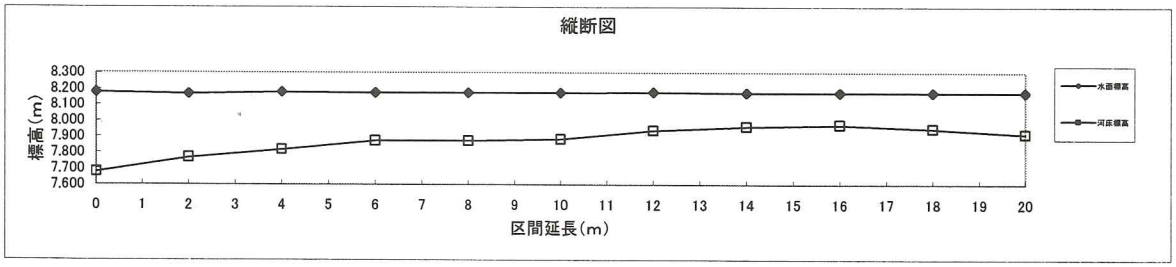
CGU区分	早瀬	平瀬	とろ	淵
			○	

測定方法	上流→下流	下流→上流
	○	

測定データ

縦断距離(m)	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20			水深	河床（読）	水面標高	河床標高
0	1.140	1.080	0.985	0.650	0.505			0.500	2.320	8.180	7.680
1	1.135	0.920	0.805	0.575	0.400						
2	1.130	1.005	0.935	0.720	0.460			0.400	2.230	8.170	7.770
3	1.155	1.165	1.135	0.890	0.625						
4	1.210	1.225	1.175	0.865	0.655			0.360	2.180	8.180	7.820
5	1.125	1.115	1.170	0.960	0.680						
6	1.065	1.200	1.165	0.970	0.635			0.300	2.125	8.175	7.875
7	1.160	1.170	1.170	0.835	0.645						
8	1.220	1.220	1.055	0.850	0.630			0.300	2.125	8.175	7.875
9	1.050	1.155	1.240	1.092	0.944						
10	1.330	1.335	1.160	0.975	0.820			0.290	2.115	8.175	7.885
11	1.215	1.250	1.210	0.990	0.740						
12	1.355	1.365	1.330	1.100	0.880			0.240	2.060	8.180	7.940
13	1.535	1.395	1.310	1.125	1.015						
14	1.350	1.350	1.285	1.115	0.975			0.210	2.035	8.175	7.965
15	1.305	1.370	1.355	1.125	0.985						
16	1.370	1.425	1.385	1.185	1.025			0.200	2.025	8.175	7.975
17	1.310	1.315	1.330	1.180	1.050						
18	1.205	1.200	1.175	1.000	0.865			0.225	2.050	8.175	7.950
19	0.950	0.875	0.885	0.825	0.690						
20	1.190	1.140	1.050	0.825	0.565			0.260	2.085	8.175	7.915
河岸延長	20.187	20.172	20.152	20.117	20.142						
区間延長	20	20	20	20	20						
河岸延長/区間延長	1%	1%	1%	1%	1%						





（参考）測定結果データシート（9）

水際形状測定結果⑩

調査日時	年	月	日	曜日
	2002	11	12	火

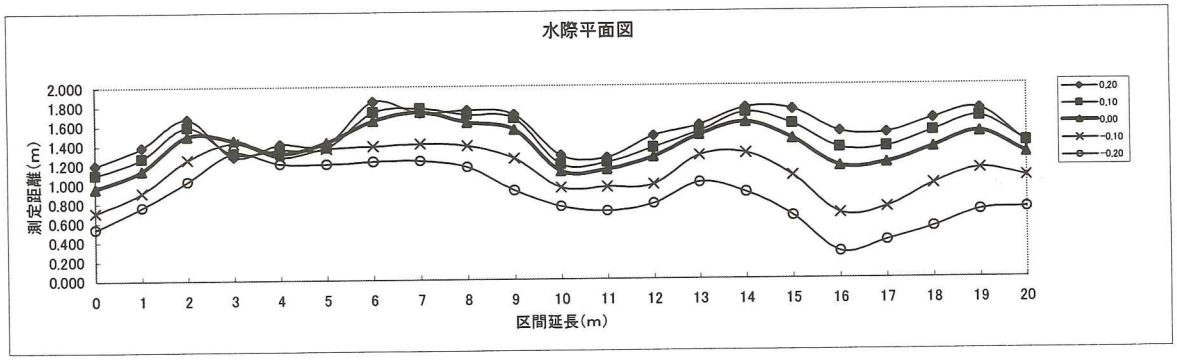
調査地点	河川名	地区名	右岸	左岸
	朝明川	上条地区②	○	

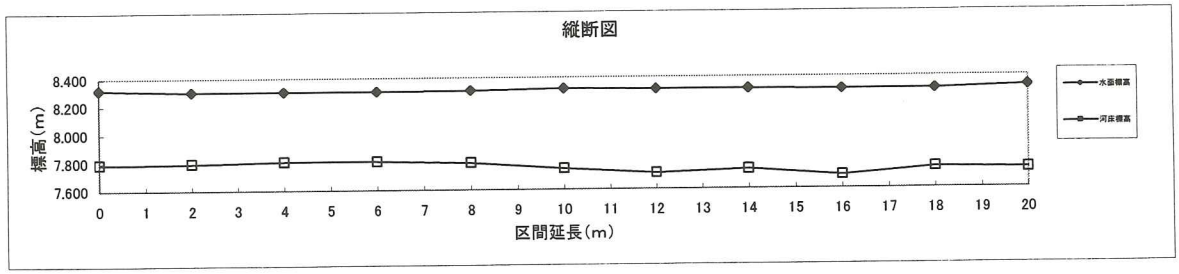
CGU区分	早瀬	平瀬	とろ	淵
			○	

測定方法	上流→下流	下流→上流
	○	

測定データ

縦断距離(m)	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20			水深	河床（読）	水面標高	河床標高
0	1.200	1.100	0.960	0.710	0.540			0.530	2.210	8.320	7.790
1	1.385	1.270	1.145	0.915	0.765						
2	1.675	1.590	1.500	1.255	1.030			0.510	2.205	8.305	7.795
3	1.285	1.315	1.455	1.424	1.322						
4	1.410	1.355	1.315	1.280	1.210			0.500	2.195	8.305	7.805
5	1.410	1.375	1.430	1.365	1.205						
6	1.850	1.740	1.650	1.390	1.230			0.500	2.195	8.305	7.805
7	1.730	1.775	1.740	1.410	1.235						
8	1.755	1.710	1.630	1.390	1.170			0.515	2.205	8.310	7.795
9	1.710	1.670	1.555	1.255	0.925						
10	1.285	1.190	1.120	0.950	0.755			0.570	2.250	8.320	7.750
11	1.260	1.210	1.135	0.955	0.705						
12	1.480	1.360	1.265	0.980	0.780			0.600	2.285	8.315	7.715
13	1.590	1.525	1.490	1.280	1.000						
14	1.770	1.720	1.620	1.300	0.895			0.575	2.260	8.315	7.740
15	1.750	1.600	1.450	1.065	0.650						
16	1.520	1.350	1.165	0.675	0.275			0.615	2.305	8.310	7.695
17	1.505	1.360	1.195	0.735	0.390						
18	1.650	1.520	1.355	0.975	0.530			0.560	2.250	8.310	7.750
19	1.745	1.665	1.510	1.130	0.700						
20	1.395	1.405	1.290	1.050	0.720			0.590	2.260	8.330	7.740
河岸延長	20.474	20.418	20.368	20.351	20.316						
区間延長	20	20	20	20	20						
河岸延長/区間延長	2%	2%	2%	2%	2%						





（参考）測定結果データシート（１０）

水際形状測定結果⑪

調査日時	年	月	日	曜日
	2002	11	14	木

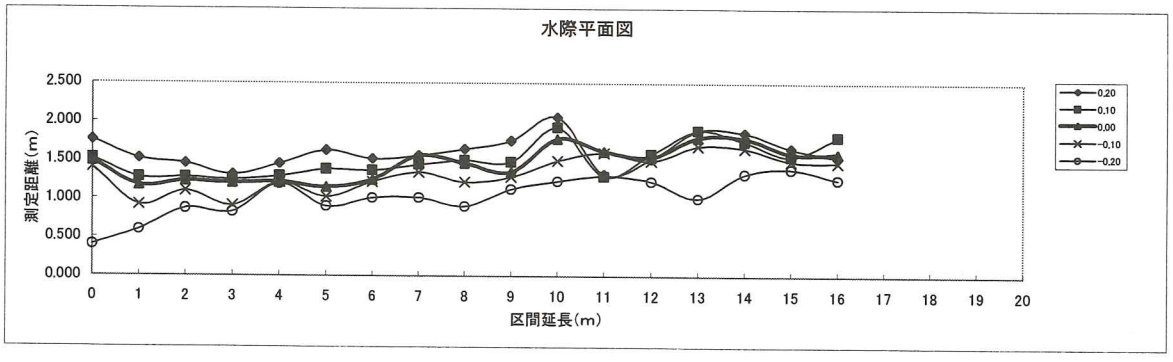
調査地点	河川名	地区名	右岸	左岸
	員弁川	白瀬地区	○	

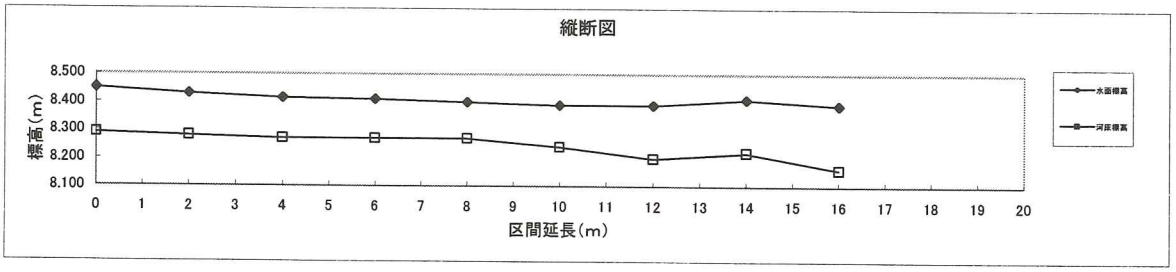
CGU区分	早瀬	平瀬	とろ	淵
				○

測定方法	上流→下流	下流→上流
	○	

測定データ

縦断距離(m)	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20			水深	河床（読）	水面標高	河床標高
0	1.760	1.520	1.485	1.405	0.400			0.160	1.710	8.450	8.290
1	1.520	1.275	1.175	0.920	0.595						
2	1.455	1.275	1.230	1.100	0.870			0.150	1.720	8.430	8.280
3	1.310	1.245	1.205	0.910	0.830						
4	1.452	1.290	1.220	1.210	1.195			0.145	1.730	8.415	8.270
5	1.625	1.380	1.150	1.025	0.900						
6	1.515	1.365	1.250	1.220	1.010			0.140	1.730	8.410	8.270
7	1.560	1.440	1.560	1.340	1.015						
8	1.645	1.500	1.460	1.215	0.900			0.130	1.730	8.400	8.270
9	1.755	1.475	1.350	1.285	1.125						
10	2.060	1.925	1.780	1.495	1.230			0.150	1.760	8.390	8.240
11	1.320	1.290	1.620	1.600	1.300						
12	1.520	1.580	1.545	1.495	1.230			0.190	1.800	8.390	8.200
13	1.885	1.890	1.800	1.685	1.010						
14	1.860	1.745	1.790	1.660	1.325			0.190	1.780	8.410	8.220
15	1.660	1.550	1.590	1.490	1.390						
16	1.540	1.805	1.590	1.470	1.255			0.230	1.840	8.390	8.160
17											
18											
19											
20											
河岸延長	16.484	16.471	16.270	16.308	16.295						
区間延長	16	16	16	16	16						
河岸延長/区間延長	3%	3%	2%	2%	2%						





（参考）測定結果データシート（１１）

水際形状測定結果⑫

調査日時	年	月	日	曜日
	2002	11	12	火

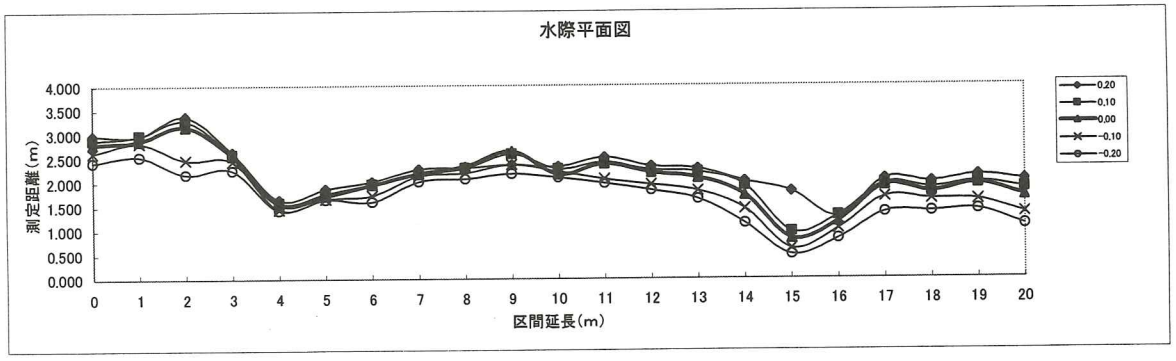
調査地点	河川名	地区名	右岸	左岸
	朝明川	上条地区	○	

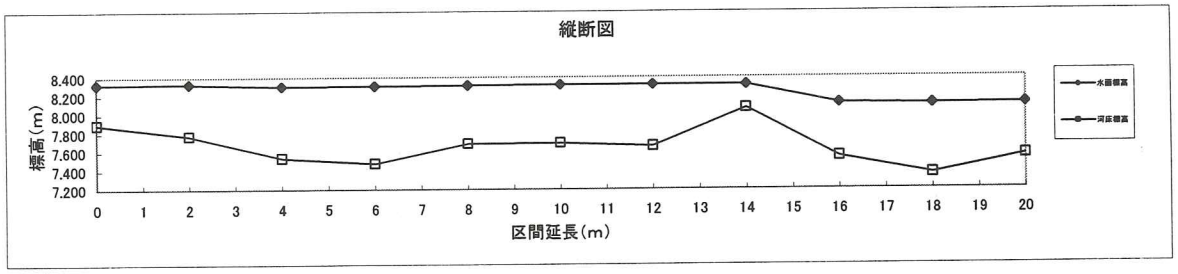
CGU区分	早瀬	平瀬	とろ	淵
				○

測定方法	上流→下流	下流→上流
	○	

測定データ

縦断距離(m)	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20			水深	河床（読）	水面標高	河床標高
0	2.985	2.890	2.805	2.625	2.430			0.430	2.105	8.325	7.895
1	2.980	2.985	2.880	2.830	2.550						
2	3.380	3.285	3.170	2.475	2.180			0.555	2.225	8.330	7.775
3	2.640	2.590	2.570	2.450	2.260						
4	1.650	1.590	1.560	1.445	1.425			0.770	2.465	8.305	7.535
5	1.875	1.775	1.730	1.660	1.655						
6	2.020	1.970	1.960	1.735	1.605			0.830	2.520	8.310	7.480
7	2.280	2.165	2.185	2.130	2.020						
8	2.305	2.295	2.335	2.195	2.075			0.625	2.310	8.315	7.690
9	2.365	2.585	2.650	2.370	2.180						
10	2.330	2.280	2.165	2.222	2.100			0.625	2.305	8.320	7.695
11	2.520	2.420	2.385	2.070	1.985						
12	2.335	2.255	2.200	1.950	1.835			0.660	2.340	8.320	7.660
13	2.280	2.215	2.090	1.820	1.650						
14	2.020	1.930	1.730	1.445	1.145			0.250	1.930	8.320	8.070
15	1.805	0.970	0.830	0.620	0.495						
16	1.280	1.300	1.180	1.025	0.820			0.575	2.455	8.120	7.545
17	2.060	1.965	1.920	1.680	1.365						
18	2.000	1.880	1.790	1.635	1.380			0.745	2.635	8.110	7.365
19	2.130	1.995	1.960	1.620	1.420						
20	2.030	1.865	1.705	1.350	1.100			0.555	2.440	8.115	7.560
河岸延長	21.305	21.553	21.681	21.332	21.089						
区間延長	20	20	20	20	20						
河岸延長/区間延長	7%	8%	8%	7%	5%						





（参考）測定結果データシート（１２）

水際形状測定結果⑬

調査日時	年	月	日	曜日
	2002	11	12	火

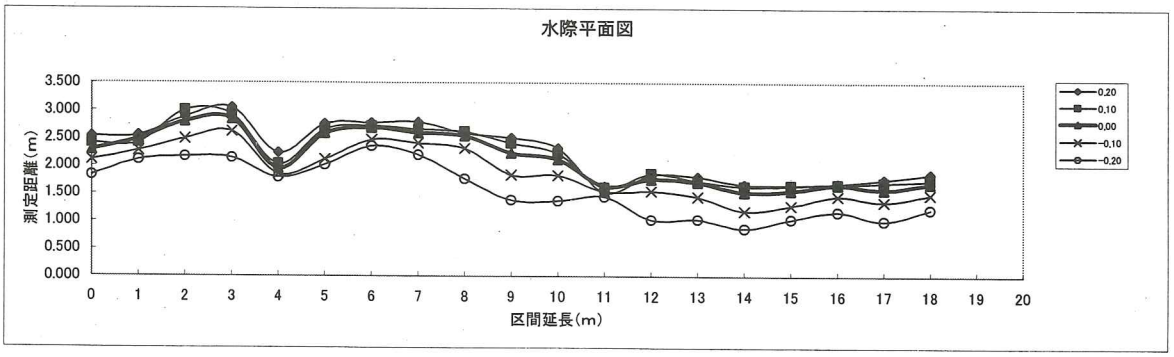
調査地点	河川名	地区名	右岸	左岸
	牧田川	下多良地区		○

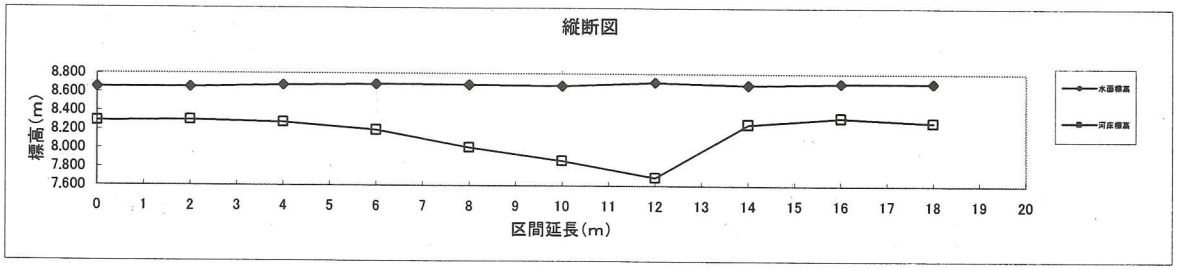
CGU区分	早瀬	平瀬	とろ	淵
				○

測定方法	上流→下流	下流→上流
		○

測定データ

縦断距離(m)	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20			水深	河床（読）	水面標高	河床標高
0	2.530	2.410	2.290	2.110	1.830			0.365	1.710	8.655	8.290
1	2.550	2.420	2.490	2.275	2.110						
2	2.885	3.000	2.800	2.490	2.165			0.355	1.700	8.655	8.300
3	3.050	2.925	2.850	2.620	2.145						
4	2.240	2.035	1.955	1.855	1.795			0.400	1.725	8.675	8.275
5	2.760	2.660	2.590	2.120	2.020						
6	2.780	2.720	2.690	2.475	2.360			0.490	1.805	8.685	8.195
7	2.790	2.660	2.600	2.410	2.200						
8	2.595	2.620	2.545	2.320	1.770			0.670	1.990	8.680	8.010
9	2.510	2.415	2.240	1.840	1.385						
10	2.325	2.230	2.120	1.830	1.370			0.800	2.130	8.670	7.870
11	1.525	1.610	1.640	1.540	1.445						
12	1.840	1.865	1.765	1.545	1.030			1.020	2.310	8.710	7.690
13	1.805	1.730	1.710	1.445	1.035						
14	1.670	1.635	1.530	1.185	0.870			0.420	1.740	8.680	8.260
15	1.660	1.650	1.560	1.285	1.040						
16	1.685	1.670	1.665	1.455	1.175			0.370	1.670	8.700	8.330
17	1.760	1.700	1.575	1.350	1.010						
18	1.860	1.740	1.690	1.485	1.215			0.420	1.720	8.700	8.280
19											
20											
河岸延長	18.869	18.943	18.809	18.628	18.511						
区間延長	18	18	18	18	18						
河岸延長/区間延長	5%	5%	4%	3%	3%						





（参考）測定結果データシート（１３）

6．魚類の移動状況の把握

6．1　寄生虫を指標とした魚類の移動調査

1　はじめに

多くの淡水魚類が、主に産卵場所･稚魚の生息場所として、水田など、河川周辺の一時水域を利用していることは広く知られている。自然共生研究センター実験河川でも一時水域と同様、春ー夏に魚類が木曽川から侵入て産卵し、実験河川内で稚魚の成育がみられる（平成12年度研究報告書）。本調査の平成13年度研究報告では、魚類寄生性蠕虫を生物タグとして用いることにより、フナ類およびタモロコの当歳魚において、夏期から実験河川と木曽川本川間の移動がみられることを実証し、実験河川が単独で幼魚の生育場所なのではなく、本川をも含む範囲が生息場所であることを示した。本年は引き続き、指標寄生虫を用いてより詳細な調査を行い、フナ類、タモロコ、オイカワの当歳魚について、魚類の成長に伴う移動開始時期を正確に特定するとともに、実験河川の形状や出水と移動の関連について調査した。

2　材料と方法

平成13年度同様、実験河川内で繁殖するコイ科魚類の当歳魚を対象として、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、生息個体数が多く、かつ適当な指標寄生虫の感染の見られるフナ類 *Carassius* spp.（ギンブナ *C.* sp.、ゲンゴロウブナ *C. cuvieri* を含む）、タモロコ *Gnathopogon elongatus*、オイカワ *Zacco platypus* を選定した。

５月から１２月まで、月に１度、実験河川でタモまたは電気ショッカーを用いて幼魚を採集し、解剖して指標寄生虫の有無を検査した。検査部位はひれ・鰓・鱗・体腔および消化管である。サンプル数は１河川につき１０個体以上としたが、この捕獲数に満たない月もあった。魚の年齢は標準体長および鱗の年輪によって識別し、当歳魚と推定されるものだけを解析に使用した。

検出された寄生虫の中で、木曽川本川の指標としたのは宮田吸虫 *Metagonimus miyatai*、高橋吸虫 *M. takahashii*、*Centrocestus armatus* の３種の吸虫のメタセルカリアである。いずれも、木曽川本川に生息するが実験河川および新境川には生息しないカワニナ類 *Semisulcospira* spp.を第一中間宿主とする。

3　結果

フナ類：５月から、実験河川Ｃと新境川で幼魚が採集されるようになった。６月にはＡ、Ｂ河川からも幼魚が採集されるようになったが、新境川からは以後採集されなくなった。以後、実験河川の幼魚は月の進行とともに成長し、１２月には体長約60-100mmに達した（図6.1-1）。６月に、Ａ河川から始めて６個体（16.2%）の感染幼魚が発見され、最小感染個体は標準体長 20.4mm であった。このうち５個体は眼点の残存する *Metagonimus* 属メタセルカリア（*M. takahashii* と推定される）を保有していた。同属の *M. katsuradai* では、メタセルカリアの眼点は第二中間宿主に感染後１０日で消失する（黒川、1939）ことから、これらの個体は採

集日から１０日以前までの間に寄生虫に感染し、その後実験河川に侵入したものと考えられる。

７月の検査個体数は少なかったが、感染率は６月より更に上昇する傾向がみられた。８－９月には、実験河川内でオイカワが大量に繁殖し、その他の魚種が採集困難になったため、データが欠損した。

１０月以降は感染魚が多くみられるようになり、１１月および１２月にB河川で各１個体の非感染魚が得られた以外、すべての幼魚が感染していた（図6.1-1）。

１３年および１４年の感染率と平均感染密度の変化を図2-A に示した。両年とも、感染率は１０月には100%近くに達した。１４年のデータより平均感染密度の変化を見ると、全実験河川で１０月から１１月にかけて上昇していた。A 河川では１２月もまだ上昇を続けていることから、この時期にも魚の移出入が続いていることが推測された。

タモロコ：実験河川では６月に稚魚が出現し、以後は月とともに稚魚の成長がみられた。６月２６日に、C河川で最初の感染幼魚（最小体長 26.7mm）が確認された（図 6.1-3）。７月にはA-C 河川の全てから感染幼魚が得られた。また、B河川と新境川から、変態未完了の *Metagonimus* 属メタセルカリアが寄生している幼魚が発見された。８－９月は、フナと同様の理由で検査個体数が少なかった。

１０月以降は感染率は安定し、67- 100%であった。１０月以降の３ヶ月を合わせると、感染率はA 河川で92.8%、B 河川 70.4%、C 河川 77.4%、新境川 75.0%であった。この河川間の感染率の違いに有意差はなかった（Fisher の正確確率検定　p=0.1527）。感染率･平均感染密度の増加は、１０月以降停滞する傾向にあった（図2-B）。

オイカワ：２０mm 以下の稚魚は５月から１０月にわたる長期に出現した（図 6.1-4）。特に、８月には、実験河川内で集団での産卵行動が観察され（本報告書）、大量の稚魚の発生がみられた。実験河川で見られた最小の感染魚は体長 39.0mm で、９月にA 河川で検出された。１０月以降、約４０mm 以上の幼魚の中に感染魚がみられるようになった。A 河川は、１０・１１月に他の水域よりも顕著に感染率が高かったが、１２月には他水域とほぼ同じであった（図 2-C）。１０月･１１月を合わせると、感染率はA 河川で 50.0%、B 河川 10.0%、C 河川 14.3%、新境川 4.3%であった。この河川間の感染率の違いは有意であり（Fisher の正確確率検定 p=0.0008）、A 河川で特に感染率が高かった。同時に、この２ヶ月間はA 河川の平均標準体長が有意に大きかった（A 河川 62.2mm、B 河川 48.7mm、C 河川 48.7mm、新境川 47.4mm、一元配置分散分析：F=6.013, DF=3, 82, p=0.008。post hoc test (Tukey method)、A 河川と他河川間で $p<0.05$）。また、平均感染密度は全ての月･場所で1-1.5 で、寄生虫は１個体だけのことがもっとも多かった。

４　考察

１４年のデータより、新たに判明した事実および検討すべき課題について述べる。

フナでは、１３年は8－９月のデータが少なかったため、遡上を開始する時期が不明瞭であったが、本年の結果では、６月、体長が 20mm に達する頃から遡上を開始することがわかった。実験河川で５月から稚魚が採集されるようになったことから、この稚魚は１ー２ヶ月齢であると推定される。

５月には、幼魚は B･C 河川のみで採集された。本年度は採集時にわんど・河道の区別をしていないが、５月の幼魚は大半がわんどで採捕された。このことから、20mm 未満の稚魚はわんど等の止水域を生息場所とし

ており、そのためA河川からは採集されなかったものと考えられる。6月には、幼魚は河道から多く採捕されるようになり、同時にA河川からも多数採捕がされるようになった。この時期に初めて感染個体が出現するようになったことから、フナが成長してわんどから河道に移動する段階になると、直ちに長距離の分散を開始することがわかる。

また、6月26日にA河川で採捕された寄生虫感染個体は、6個体中5個体が変態未完了のメタセルカリアを持ち、比較的発育段階が揃っていた。A河川では、採捕5日前の6月21日に出水を行っており、これがフナ幼魚遡上の引き金になった可能性が考えられる。この可能性は次年度に再度検討する必要がある。

また、感染率は10月にほぼ100%に達したが、感染密度は11月にも全ての河川で上昇を続けていることから、フナの移動はこの時期にもまだ継続していることがわかる。10－11月の間は、A河川は基底流量の増加、B河川は数回の出水実験と基底流量の減少、C河川は基底流量の減少と、3河川で全て流況が異なるが、フナの感染率と感染密度の増減には顕著な違いは見られなかった。また、12月にはB･C河川では感染密度の増加が停止したが、A河川のみで上昇が継続した。このことから、A河川では12月に入ってもまだフナの移入が続いていると考えられる。B･C河川にはわんどや淵があり、フナはこれらへの依存が大きい（平成12年および13年報告書）。そして、冬期には魚はわんど等の深部に集中して越冬するので（平成13年度報告書）、移出入が減少するのかもしれない。

タモロコでは、6月に最初の移入が見られたのは出水のないC河川で、最小の感染稚魚は推定1－2ヶ月齢であると推定された。それ以降も、河川間で感染率および感染密度に顕著な差はみられなかった。このことから、河川の形態や出水の有無は移動に影響していないと考えられる。

オイカワでは、最小移入サイズが39.0mmでフナやタモロコよりも大きかった。オイカワは繁殖期が長いため、この個体の月齢の推定はできなかった。また、全体的に感染率･感染密度が他の魚種よりも低かったため、実際にはもう少し小型のうちに移入が開始している可能性が高いと考えられる。A河川では10－11月に個体サイズが増加するとともに、感染率が上昇し、新境川の感染率よりも高くなった。この時期、A河川では基底流量を増加させていたため、オイカワの移入個体数が増加するとともに、個体サイズの増加がみられた（本報告書）。基底流量の増加が大型個体を多数呼び込む原因となり、その結果として感染率の上昇がみられたのかもしれない。同河川のオイカワの生息状況と合わせ、今後検討する必要がある。

今回、同じ条件下であっても魚種により感染動態に差が見られたことは、河川形態や水位変動に対して魚種ごとの反応が異なることを暗示する。中小河川で多様な魚種を定着させ、維持するには、河床の形態、平常時の流量、出水のタイミング等の様々な観点を検討する必要がある。

引用文献

黒川　帝文(1939)　メタゴニムス屬吸蟲の研究、特に桂田氏メタゴニムス *Metagonimus katsuradai* 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　3161: 2877-2885.

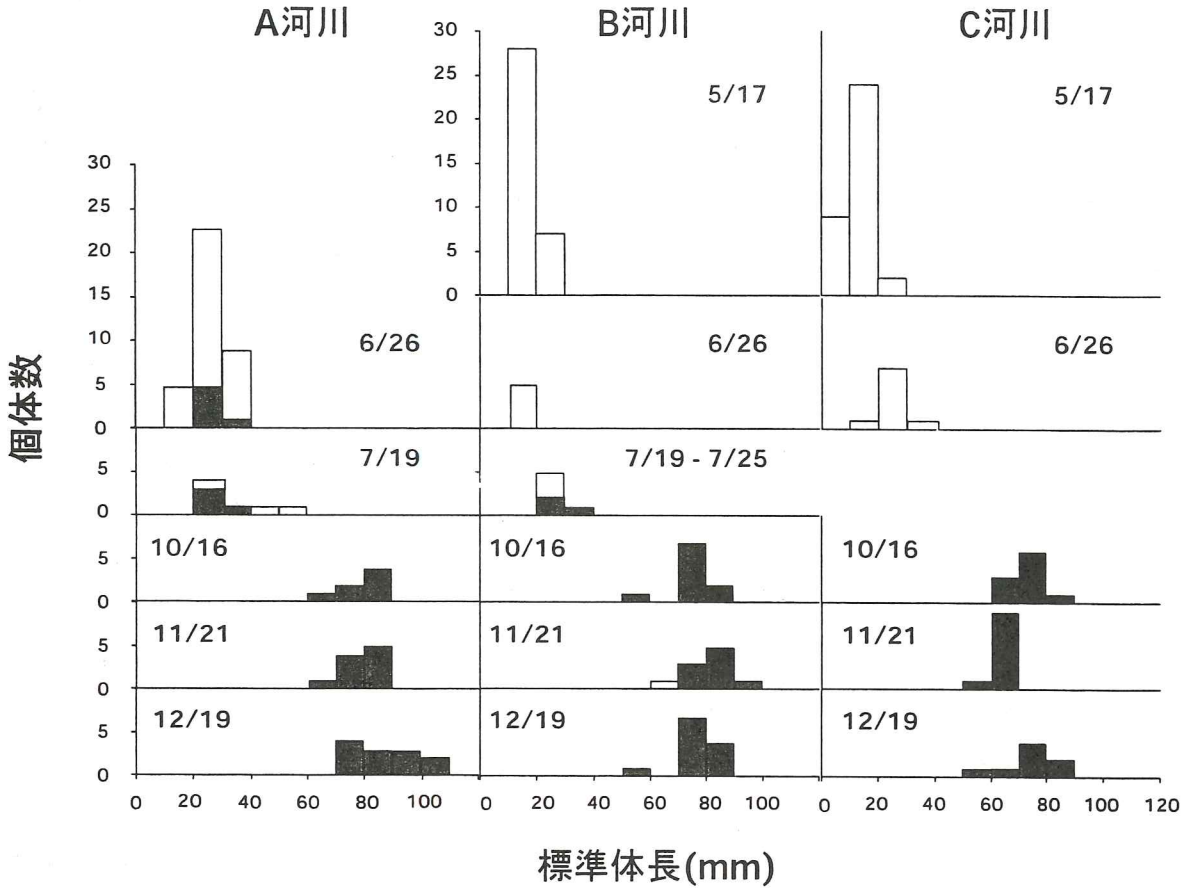
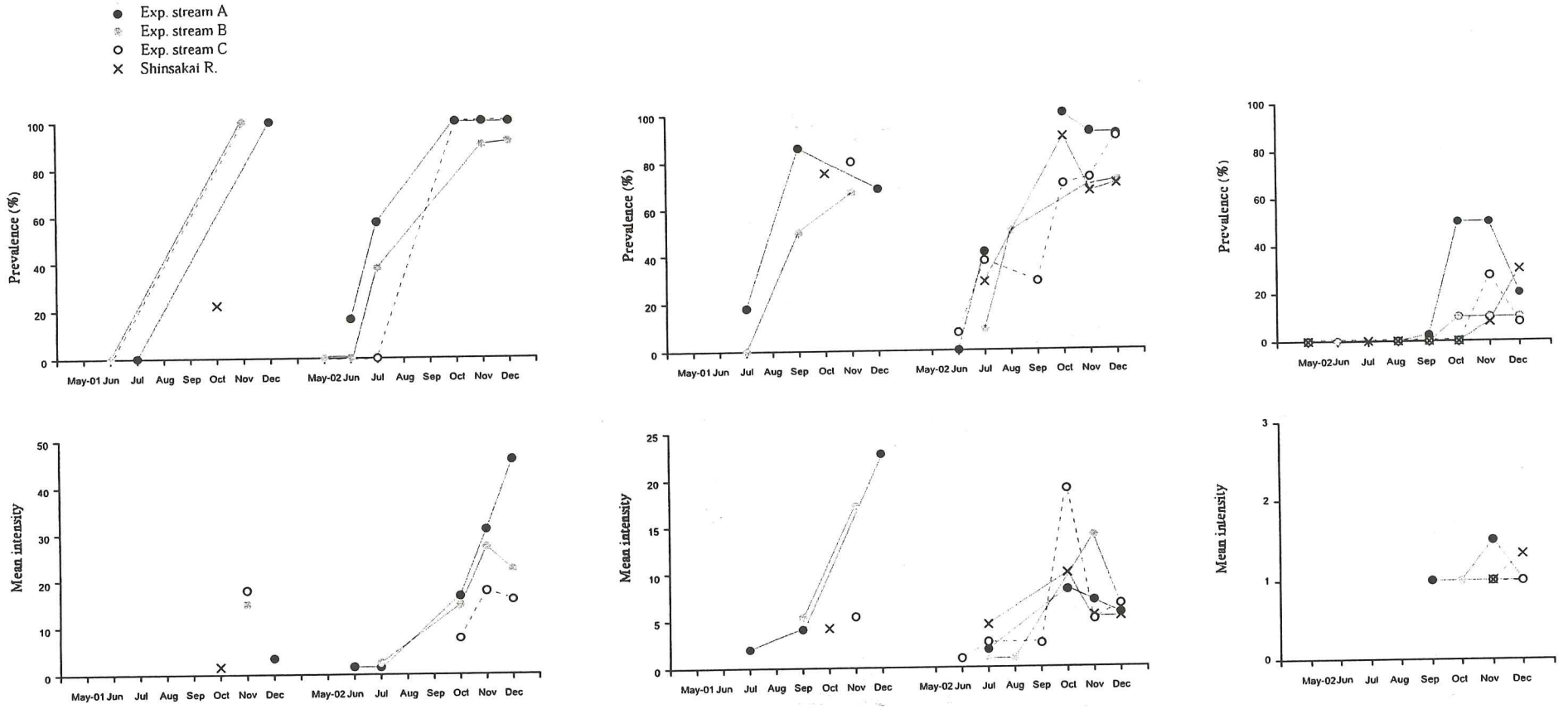


図6.1−1 実験河川におけるフナ当歳魚の木曽川指標寄生虫感染状況。白抜き：非感染、灰：感染。



A. フナ類*Carassius* sp.

B. タモロコ*Gnathopogon elongatus elongatus*

C. オイカワ*Zacco platypus*

図6.1−2 実験河川および新境川における魚類3種の木曽川指標寄生虫感染率（上）および１感染宿主当たり感染密度（下）。

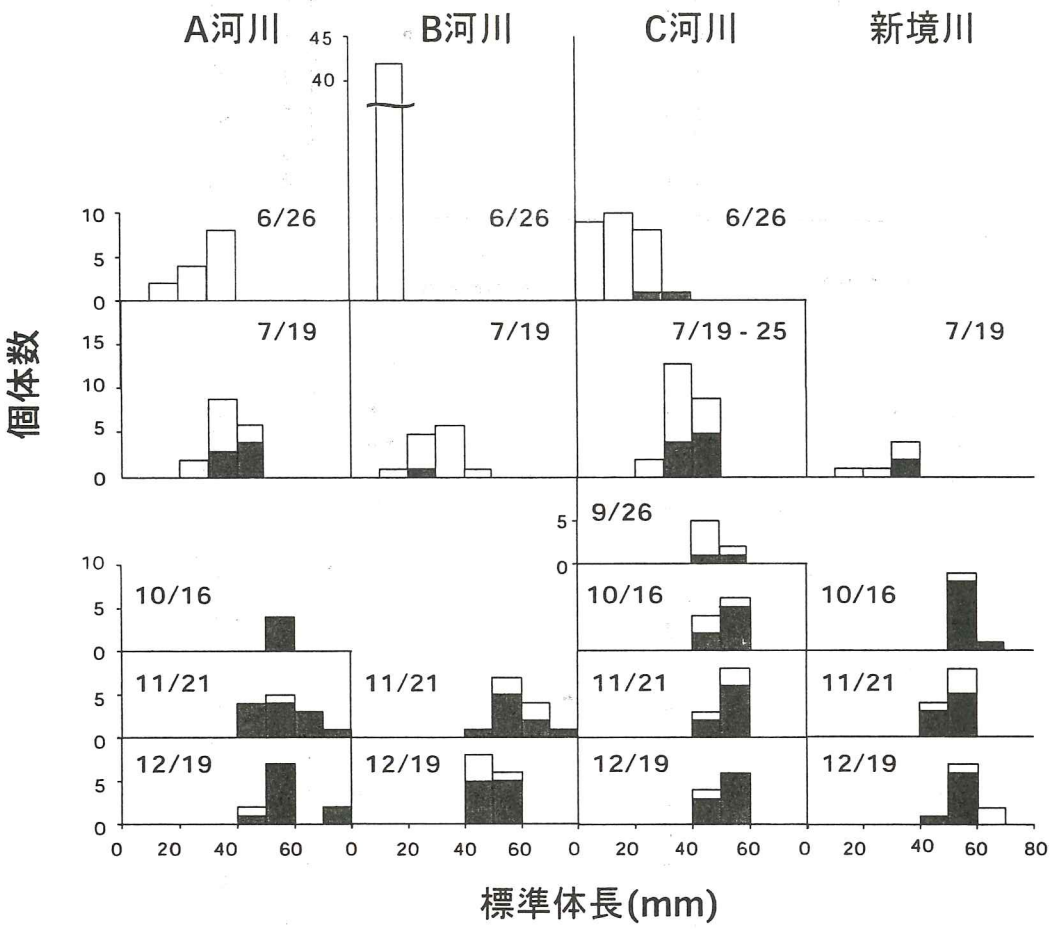


図6.1−3　実験河川におけるタモロコ当歳魚の木曽川指標寄生虫感染状況。白抜き：非感染、灰：感染。

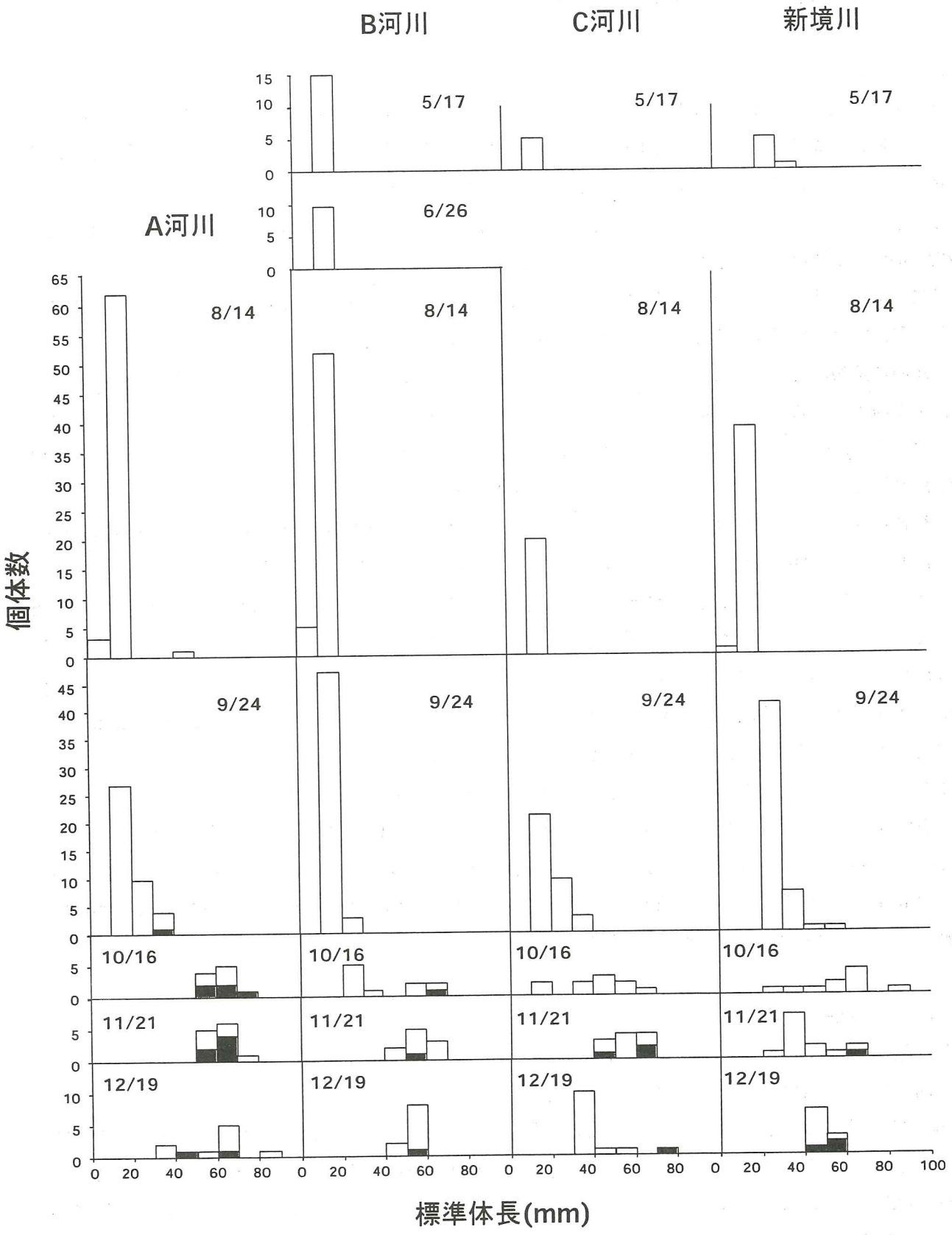


図6.1−4　実験河川および新境川におけるオイカワ当歳魚の木曽川指標寄生虫感染状況。白抜き：非感染、灰：感染。

6．2　出水の流量規模が魚類行動に与える影響の把握

6．2．1　はじめに

河川の特徴として、降雨の多少によって流量を変化させ、大きくその物理特性を変化させることがあげられる。時には極端な増水・渇水によって、物理的環境、生物群集に撹乱を与え、生物を危機的な状況に追い込むことがある。このような特性に対応し、河川に生息する生物は、激しい変動を繰り返す動的環境に適応し生活している。生息環境評価・生息環境の再生には、定常的に見られる環境特性に加えて、時間的に一瞬であるが、影響が大きなイベントについても評価を行うことが必要である。

特に、河川の特徴である出水の影響に対して生物群集がとる反応を把握することは、出水が生物群集に対して果たす役割を把握することにつながり、生息環境の評価には欠かせない要素と考えられる。

出水時に魚類はどのような行動をとっているのであろうか？既往研究によると、(1)産卵や採餌のために意図的に河川内を遡上、降下するもの、(2)増水によって意図しない降下を行うものがいる。このような個体には、その後に元の生息場所に生息場まで戻ろうとする「復帰回帰」を行うものと、おおよそ流された場所で再度日常ルーチンを再開する場所選択性の幅が広いものがいると考えられている。

両行動供に、魚類群集、魚類個体群が形成されていく過程では重要な現象であるが、(1)については既往研究において積極的な研究がなされている。一方、(2)については、増水時の河川魚類の挙動と河川行動をテレメトリ手法（野性動物に発信機を装着して、行動を追跡する手法）を用いて評価して先駆的な研究事例が見られる[1]。しかし、出水時の魚類挙動を追うのが困難であること、出水の始まりから終わりまでを現地調査において正確に把握することが難しい。また、魚類行動と出水時の物理特性を関連付ける必要があるが、実際の河川で出水時の物理的環境変化を正確に把握することは難しい等の理由により、出水時の魚類行動に出水時の物理的環境変化を関連づけるのは難しいのが現状である。

また、同じ出水でも出水規模の違いにより魚類は異なる反応を示すことが考えられるが、出水規模の違いが魚類行動に与える影響を現地調査を通して把握するのは、非常に困難であるのが現状である。

このような現状から本報告では、(1)出水時の魚類行動を電波テレメトリ調査手法を用いて定量的に把握し、出水時の流量規模の差が、魚類行動に与える影響の把握、(2)出水時の物理特性、特に水理条件が魚類行動に与える影響を把握することを目的とする。

6．2．2　研究の方法

（1）実験方法

1）供試魚及び供試魚へのテレメトリ発信機の装着

実験に用いた供試魚は、実験河川での確認個体数が多く、テレメトリ装着の負荷への耐性が強いフナ類を対象とした。実験河川及び新境川において、定置網（袖網長 5m、袋網直径 60cm、袋網長 6m、目合約 12mm）及び投網(目合は 18mm)を用いて採集した。そのうち、湿重量 60g 以上のコイもしくはギンブナを試験魚として用いた。

供試魚に麻酔薬（田辺製薬株式会社製魚類・甲類用麻酔薬 FA-100）をバケツ内に濃度約 5%で麻酔をかけ十分な麻酔状態になるまで観察した。麻酔状態を確認後、供試魚の腹腔内をメスで開き、発信機（LOTEK 社 MBFT-8　水中重量 1.8g :143.500MKz）を埋め込み、外科手術糸で縫合した。その後、麻酔薬が混合していないバケツ内で麻酔から覚醒するまで、安静化をはかった。

発信機を埋め込んだ試験魚を実験河川終末池内に設置した生簀に実験日前日 16：00 に入れ実験日午前 7：30 まで蓄養した。実験前約 30 分前には放流地点周辺に移動し、実験河川の水への適応をはかった。供試魚の放流地点は、出水実験時魚類が上流へ移動する可能性が高いことから実験河川上流端から 600m 下流のワンド研究ゾーン下流側とした。

2）出水時魚類行動追跡実験

①出水時魚類行動追跡方法

上記により発信機を装着した供試魚を出水実験が始まる概ね 60 分前に実験河川 B に放流し行動追跡を行った。

魚類行動追跡は電波テレメトリ手法及び DGPS（Differential GPS）を併用して行った。 魚類の移動追跡は、テレメトリ調査手法を用いて調査員 2 名（A,B）で行った。調査員 A はテレメトリ機材（電波受信機：ALINCO DJ-X3、ハンディアンテナ：北辰産業株式会社製八木アンテナ MY-144E2F）、GPS 受信機（Trimble Pathfinder Pocket）を持ち、供試魚に取り付けられた電波発信機の発信信号を聞き取り供試魚がいた河川横断面を特定できるように追跡した。調査員 B はテレメトリ機材を携帯し調査員 A が追跡が困難になった場合に追跡補助を行うものとして追跡した。調査員 A は実験河川の右岸側陸上部、調査員 B は左岸側陸上部を移動することとした。

供試魚が急激に移動した場合、供試魚の追跡が途絶える可能性があったため、供試魚が急激に移動した場合には、調査員 B が広範囲探索を行って再受信を確認した後に調査員 A が広範囲探索範囲から詳細な位置特定を行った。

②実験条件

表―1 に実験ケースを示す。実験の基本条件として実験河川放流流量が異なる 4 ケースを設定をした。ケース 1 は、実験河川 B の最大流量に近い 2.0(m^3/s)、ケース 2、3 は小規模な流量の 0.4(m^3/s)とした。出水の継続時間は 3 ケースともに 1 時間とし、流量はケース 1 ではピーク流量まで約 20 分で立ち上がり 20 分で基準流量に戻るハイドロ、ケース 2、3 はピーク流量まで約 5 分程度で立ち上がり、20 分で基準流量に戻るハイドロとした。

表 6.2.1　出水実験のケース

ケース	出水の有無	日付	流量(m3/S)	継続時間（m）
1	有	2002.917	2.0	75分
2	有	2002. 1108	0.4	60分
3	有	2002. 1108	0.4	60分

3）データ解析

①出水時魚類行動追跡調査データの定量化

出水時の魚類行動と水理特性とを結びつけるため、出水時の供試魚の正確な位置特定、水理計算断面への関連付けをDGPS、GISを用いて行った。水理計算断面は、実験河川に10mおきに設置された基準点の横断面とした。

DGPSにより収集したフィールドデータを国土地理院が公開するDGPS基準局用補正データをソフトウェア（Trimble社Pathfinder Office ver.2.9、以下GPSに関する処理は本ソフトを使用する）用いてディファレンシャル補正した。DGPSの位置精度検証のため、座標値が既知の基準点上にDGPSのアンテナを設置し位置精度を比較検証した結果、概ね座標点既知の基準点±1m程度の位置精度があった。

GPSデータの時間ごとの変化を見るために、GPSのラインデータをポイントデータに変換した。解析の精度確保のためこの変換時にGPSデータの座標系をWGS84から平面直角座標第VII系に変換した。

DGPSデータをGISフォーマット(ESRI社ArcView Ver8.2 Shapeファイル形式)に変換し、GIS上の自然共生研究センターベースマップ（白地図）上に投影した。

GISの空間解析ツールを用いて、各GPSポイントデータに最も近傍に位置する基準点横断面を特定し、データ解析上の供試魚の位置は横断面上として取り扱った。

GPSの時刻データを用いて魚類行動追跡結果とハイドロとの関連付けを行い、流量変化時の魚類行動、特に上下流への1次元的移動への影響を把握した。

②出水流況の水理計算

魚類の行動と出水時の水理条件を関連付ける目的で、魚類が定位した断面の流速、加速度を算出した。計算方法は1次元不等流計算を行った。不等流計算と流速、加速度検討対象地点としては、試供魚が移動をした範囲を代表して実験河川Bの0k/390、0k/380、0k/340、0k/300の4箇所とした。算定方法は、(1)不等流計算により対象地点のQ,Vを算出しQ-V曲線を作成する。(2)対象地点のt-Qを求める。0k/390については、既存の流量観測結果を直接用いた[2]。他の地点については、流量観測結果と計算結果から補正したt-Qを作成した。(3)、(1)、(2)で用いた関係式を用いてt-V、t-aの関係式を算出した。但し、t（時刻）、Q（流量）、V（流速）、a（加速度）とする。

6．2．3　結果

（1）出水時の魚類行動追跡結果

出水時の供試魚の行動は出水規模の違いにより、明確な差が見られた。

ケース1では、供試魚は流量増加とともに活発な移動を示した。移動した距離は、ワンド研究ゾーン周辺の120m程度を移動した。供試魚は、出水流量の増加と供に、一時下流側に流され実験河川右岸の低流速域に滞留した。出水流量のピークを迎えるAM10:40頃から急激に上流側へ移動した。また、移動時に一時的ではあるがワンドを利用し滞留した。その後、ワンドから本川に移動し、ワンド研究ゾーン周辺を上下流に前後し、実験開始前の放流点付近に滞留した。

ケース２では、供試魚は流量増加には明確に反応せず、実験河川の右岸付近滞留した。

ケース３では、ケース3と同様に流量増加には明確に反応せず、実験河川の右岸付近滞留した。

（２）　出水時の魚類行動と水理条件の関係

出水時の魚類行動と水理条件（流量、流速、加速度）にも出水規模の違いにより、明確な違いが見られた。

ケース１の供試魚の移動と流量との関係では、出水流量の増加と供に供試魚は一時的に下流に流される。流量の増加がピークを迎える 10:40 分頃から上流側へ移動を開始しピークを越えた時に約 90m 上流側へ移動した。供試魚の移動と流速との関係でも、流速 0.55(m/s)でピークを迎える 10:40 分頃から上流側へ移動を開始しピークを越えしばらく一定となり流速が減少する期間まで上流側へ移動した。供試魚の移動と加速度との関係では、加速度が最大になる AM 10:18 分頃供試魚は一時的に上流側への移動するが、すぐに後退し 270m 地点に滞留する。その後、加速度が減少し、0 になる時点から上流側へ移動し、加速度が負に増加している期間中、上流側へ移動し、加速度が増加し 0 に近づくに従い上流側への移動を止めていることがわかる。

ケース２の供試魚の移動と流量との関係では、出水流量の増加と供に供試魚は一時的に上流へ移動を行うが、すぐに出水前の位置へ移動し滞留した。また、出水中、若干の上下流への移動を行うが大きな移動はしなかった。供試魚の移動と流速の関係でも、魚類は流速の増加に伴い顕著な移動はしなかった。供試魚の移動と加速度との関係では、14:52 分頃一時的に加速度が大きくなるのに反応して供試魚は下流側へ 10m 程度移動する。しかし、すぐに出水前の位置に移動し滞留した。

ケース３の供試魚の移動と流量との関係では、供試魚はケース３と同様に出水流量の増加と供に顕著な移動をしなかった。供試魚の移動と流速の関係でも流速の増加と供に顕著な移動はしなかった。供試魚の移動と加速度の関係ではケース２とは異なり加速度の増加と供に下流側へ移動はせず、放流時の位置付近で滞留した。

６．２．４　考察

（１）出水時の魚類行動追跡と低流速域の重要性

出水の流量規模が小さい場合（ケース２、ケース３）と出水の流量規模が大きい場合（ケース１）の供試魚の行動は異なっていた（図 6.2.1、図 6.2.4、図 6.2.7）。このことは出水の流量規模に対応して魚類は行動を変化させている可能性を示している。出水の流量規模が小さい場合には魚類の移動は少ない。これは、出水による外力が少なく移動をしなくても、本川内の低流速域を利用すれば流失する（下流へ流される）可能性が小さいと供試魚が判断したためと考えられる。一方、流量が大きい場合には出水による外力が大きく流失する可能性が高く、上流側に移動可能な流量変化の機会を見計らい。上流側に移動し下流側への流失を免れようと行動したと考えられる。

また、全ケースを通じて、供試魚が一定箇所に定位する場合、出水中に低流速部を利用したと予測される状態が観察できた。特に出水の流量が大きいケース１の場合は顕著で、上流に移動中ワンドを利用しながら上流側へ移動した。これらは、出水時魚類は、河岸、ワンドのような低流速域を利用しながら流失を免れていることを示唆している。

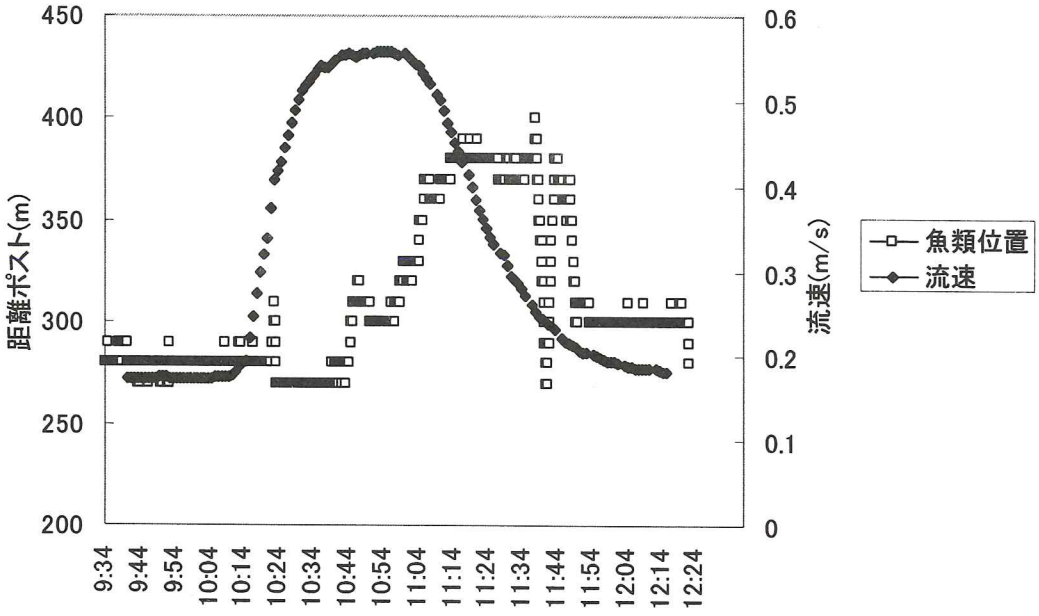


図 6.2.1　魚類位置と流量の関係（ケース１）

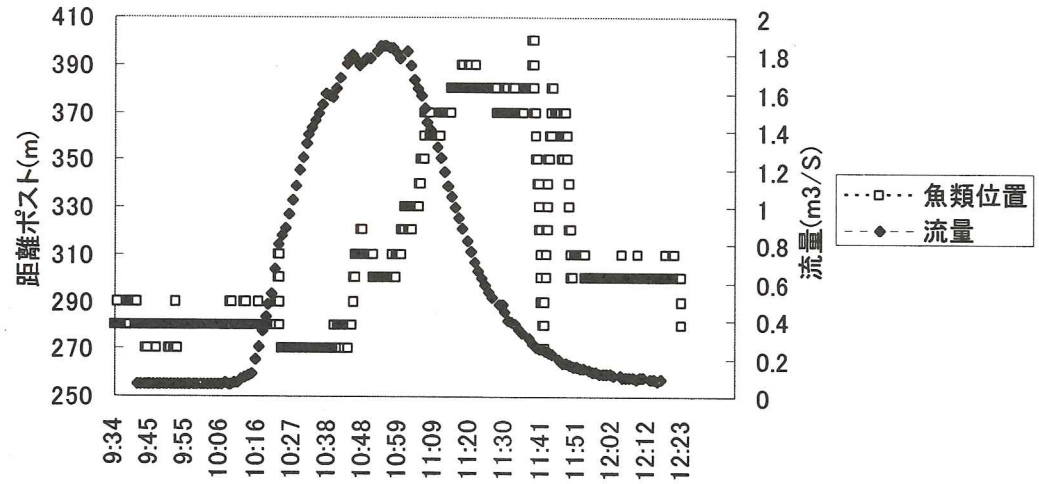


図 6.2.2　魚類位置と流量の関係（ケース１）

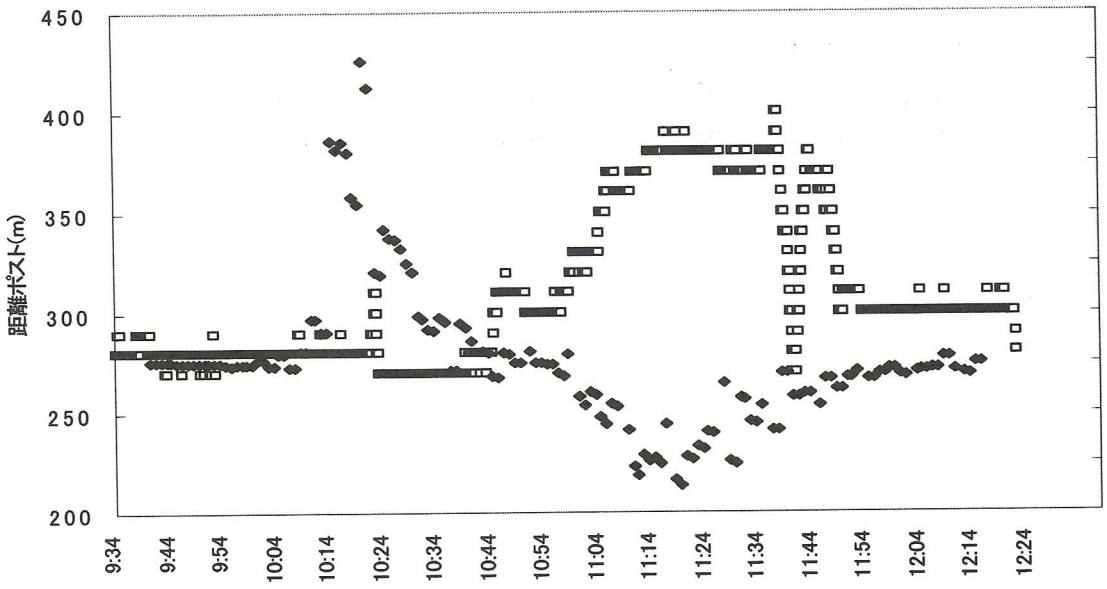


図 6.2.3　魚類位置と加速度の関係（ケース１）

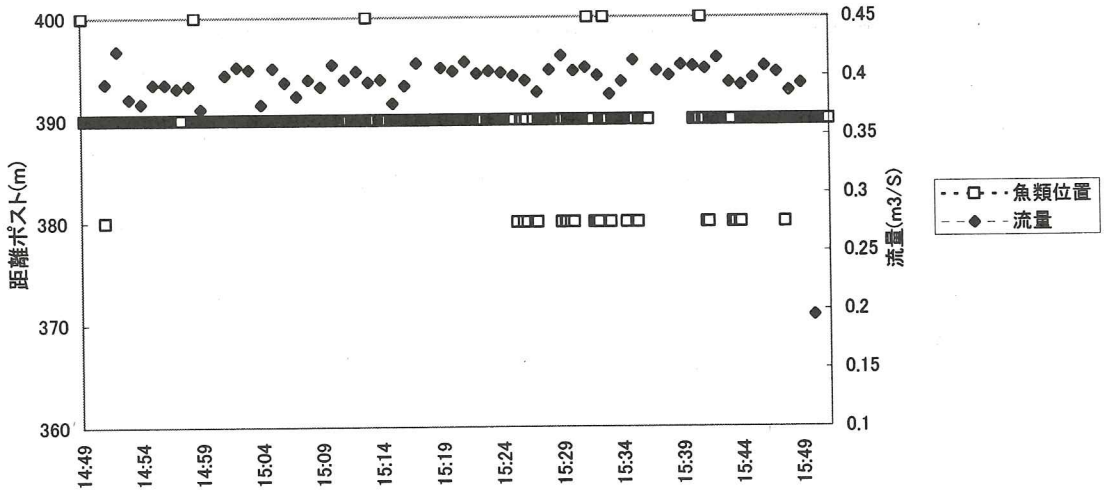


図 6.2.4　魚類位置と流量の関係（ケース２）

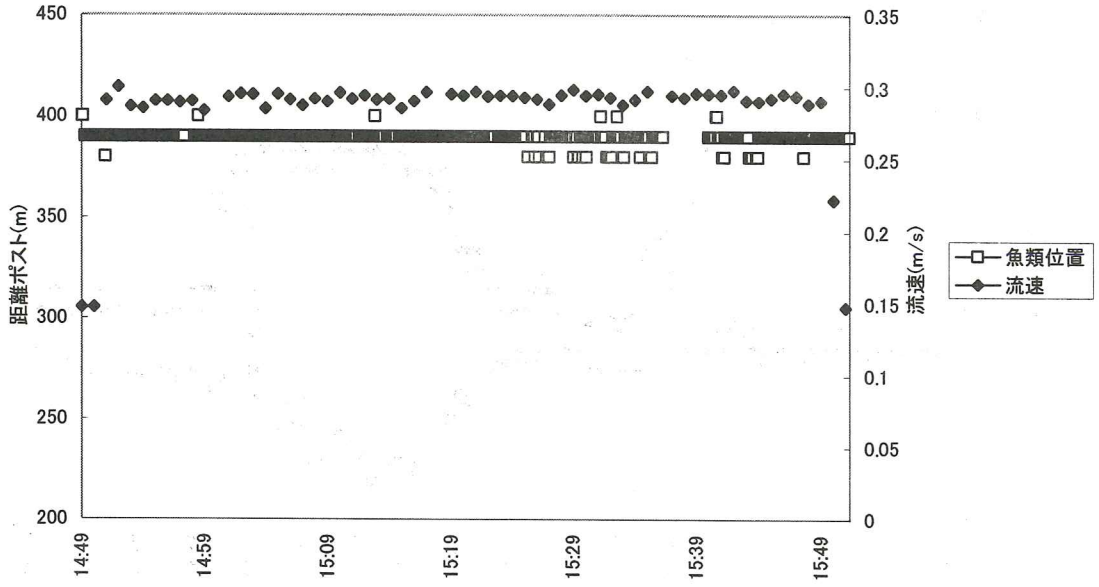


図 6.2.5　魚類位置と流速の関係（ケース２）

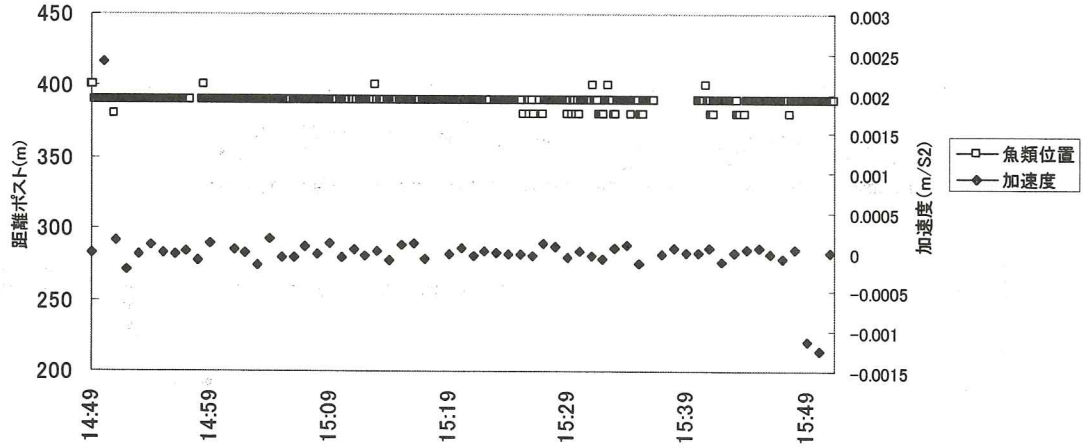


図 6.2.6　魚類位置と加速度の関係（ケース２）

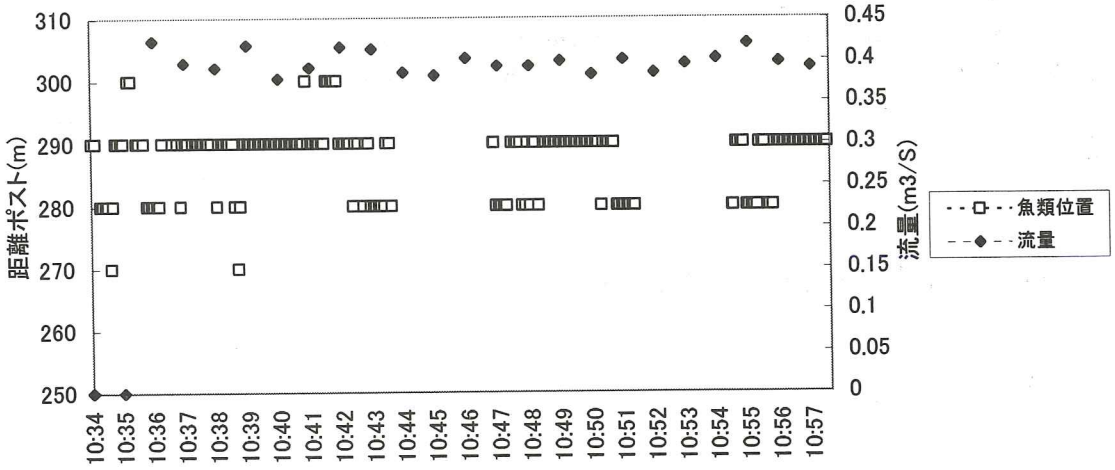


図 6.2.7　魚類位置と流量の関係（ケース３）

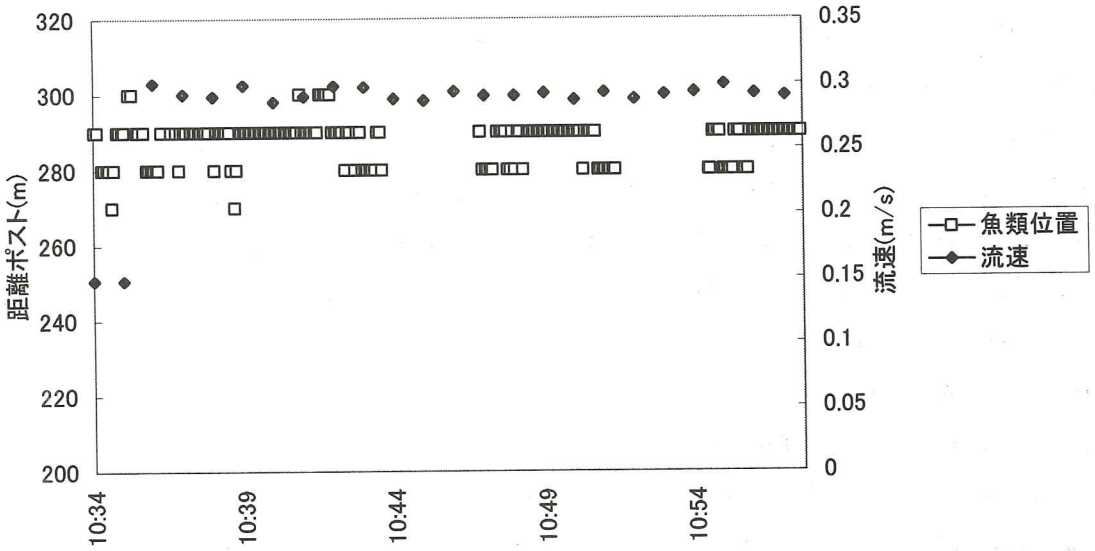


図 6.2.8　魚類位置と流速の関係（ケース３）

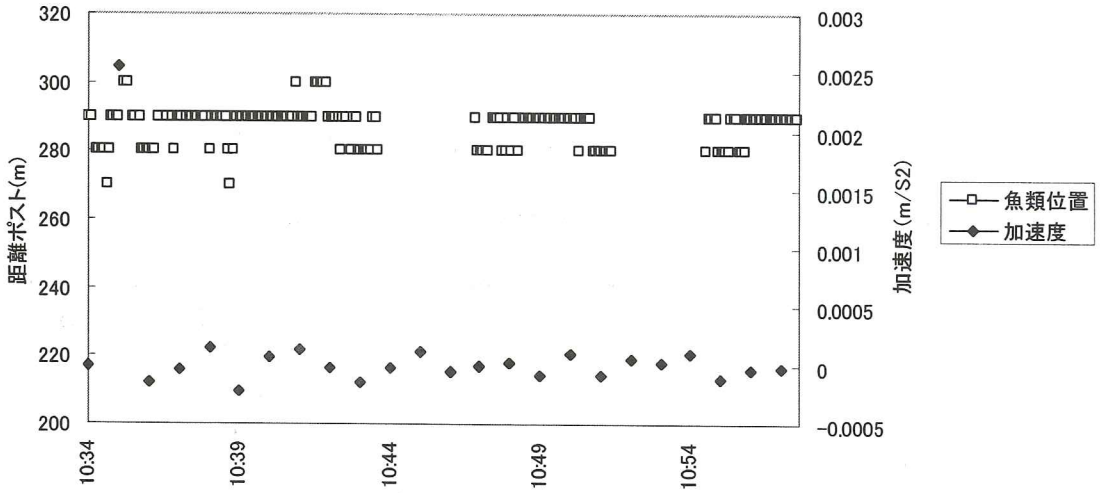


図 6.2.9　魚類位置と加速度の関係（ケース３）

このように図 6.2.1、図 6.2.4、図 6.2.7 の結果は、出水時、魚類はその出水状況、流失の可能性を判断し行動を変化させているということを示している。流失の危険性が低い場合には近傍の低流速域を利用し流失を免れ、流失の危険性が高い時にはワンドを利用しながら上流側へ移動する。このことは、流失の危険性を免れる際の移動時、ワンドのような低流速域が重要な空間であることを示している。

（２）　出水時の魚類行動追跡に影響を与える水理条件

ケース１の魚類位置と流速については、流速が最大の 0.55（m/s）時でも上流側に急速に移動している（図 6.2.2）。既往研究では、魚類の行動に影響を与える流速を、突進速度（1 秒～5 秒の極めて短時間維持できる最大速度、体長の 10 倍程度）、巡航速度（20 分～60 分維持できる最大速度、体長の 3 倍程度）に分類している[2]。今回のケースの場合、実験時間のスケールから、指標としては巡航速度が適切と考えられる。ケース１の実験時に使用した供試魚の体長は約 0.15m で巡航速度の限界は約 0.45（m/s）である。既往研究で指摘される巡航速度を超える流速時でも魚類は上流側へ移動し、流失していない。このことは魚類にとって河川の断面平均流速は指標として適切でないことを示している。既往研究では、魚類は断面内の低流速域を利用しながら上流へ移動することが示されている[3]。また、このことは、６．２．４（１）で示した低流速域分布の重要性とも整合がとれる。これらのことから魚類行動に影響を与える水理条件としては、断面平均流速よりも、断面内の低流速域多様性が適切である可能性を支持している。

加速度については、出水の流量規模が大きい出水の水理条件と供試魚の移動の対応については、特に加速度との関係性が顕著である。加速度は流体の中では物体にかかる外力の指標となると考えられる。加速度が正の時には魚体を下流側へ流出させる力、つまり加速度が増加時には魚類は激しく下流側へ押される力を感じていると考えられる。加速度が０の時は魚類は押される力を感じないと考えられる。加速度が負の時には、魚類は相対的に上流側への力を感じることが出来る。

加速度という指標からケース１を考えると、加速度の急激な上昇時、供試魚は下流側へ流される力を感じ一時流下させられるが下流側地点で一定箇所に滞留する。流量の安定化に伴う加速度の減少時、供試魚は

外力の減少を感じ上流側への移動の機会と判断し上流側に移動したと考えられる。その後、加速度が負になる時点には相対的に上流側へ押さる力を感じ、その外力を利用して上流側へ移動したと考えられる。（図6.2.3）。つまり、魚類は水の流れによる流体力を瞬時に判断しながら流失を免れるよう滞留、上流側への移動を判断している可能性が高い。

但し、今回検討に用いた加速度は断面平均加速度を用いている。断面平均流速と同様に、加速度に関しても断面平均加速度でなく断面内の加速度の多様性を利用しながら上流へ移動していると考えられる。しかし、断面平均加速度の正、負に関しては、断面内で同様の傾向を示すと考えられるので一定の傾向を示唆するものと考えられる。加速度の正負は魚類行動に影響を与える重要な要因と考えることができる。

このように魚類の行動に影響を与える水理特性としては、従来指摘されているような流速による見方だけでなく加速度のように非定常な水理外力の要因も重要であることを示唆している。

今回の実験により、(1)断面平均流速だけでなく、流速分布の多様性が重要であること、(2)魚類行動に加速度が与える影響を把握することができた。しかし、現在のテレメトリ調査手法は、魚類の存在した断面までしか特定することができず、魚類が横断面内のどの位置に定位したかを正確に把握することは不可能である。断面内の流速分布、加速度分布の形態との定量的関連付けは難しく、今後のテレメトリ調査手法の発展が課題となる。

また、魚類行動のような動物行動の論理を予測するには、本研究の実験ケースは極めて少なく、今後、実験ケースを増やすこと、出水のパラメータ（流量、継続時間、ハイドロ波形）を変化させることにより魚類行動の論理を把握する研究を継続する必要がある。

引用文献

1）東信行、鴨下真吾、佐原雄二、関泰夫、渡辺勝栄：増水時における河川魚類の挙動と河川構造、環境システム研究、Vol.27 pp793-798,1999

2) 板沢靖男、羽生功：魚類生理学.恒星社恒星閣.1991

3) 房前和朋、島谷幸宏、萱場祐一、傳田正利：礫河床における魚類の遊泳速度に関する基礎的研究、水工学論文集.Vol41 pp1117-1120.1997

7.　沈水植物が水質・生態系に及ぼす影響について

7．1 はじめに

湖岸植生帯の復元が霞ヶ浦、琵琶湖をはじめ各地の湖沼ではじまっている。湖岸植生帯の復元は現在のところ抽水植物が中心であるが、健全な湖岸植生帯の復元のためには、浮葉植物、沈水植物を含めた復元が必要である。なかでも沈水植物は、浅い湖沼(shallow lake)の場合、生態系に最も影響を及ぼす植物であり(Scheffer, 1998)、その健全な生態系の復元にとって重要である。沈水植物が増加すると、植物プランクトンが減少し、透明度が上昇することが広く知られている。沈水植物が植物プランクトンの増殖を抑制し、透明度を上げるメカニズムとして、遮蔽効果、栄養塩制限、アレロパシー(他感作用)、懸濁物質の再浮上防止、動物プランクトンによる捕食、などが言われている(Scheffer, 1998)。沈水植物が、湖沼の透明度向上に果たす役割は事例によって様々であるが、沈水植物の増加にともなって一様に透明度が向上するわけではなく、いき値(threshold)が存在すると言われている(Sondergaard & Moss, 1998)。沈水植物の湖沼に対する容積百分率であるPVI(Percent volume infested) (Canfield et al, 1984)で、30%以上という結果や、15-20%という結果があるが、おおむね15-30%程度にいき値が存在する。

沈水植物の浄化効果には動物プランクトンが関与しているとも言われている。沈水植物が存在すると動物プランクトンの避難場として機能し、魚類の捕食圧が小さくなるために、動物プランクトン(特に *Daphnia* や *Bosmina*) による植物プランクトンへの捕食圧が高くなるのである。しかし、魚類の密度が2尾/m^2を越えるとその効果は小さいとも言われている(Schriver et al, 1995)。アレロパシーの効果は、植物の密度が低いときにより大きいと考えられているがその他の要因と比較すると小さいといわれている(Sondergaard & Moss, 1998)。

これら沈水植物の機能は、実際の多くの湖沼を調べた結果や簡単な実験室で得られた結果から明らかになったものであるが、これまで、実物大スケールで、かつコントロールした状態で沈水植物の機能を検討した事例はほとんどない。特に我が国では沈水植物に関して分類学的研究、生理・生態学的研究についてはある程度存在するものの、その水質浄化機能に関してはほとんど研究されていない。そこで本研究では、実大規模の実験池を用い、植物をコントロールした状態で、沈水植物の水質浄化機能および生態系機能について検討し、沈水植物を復元することにより想定される水質変化、生態系の変化を明らかにすることを目的とする。

7．2 方法

7．2．1 実験池について

実験は、自然共生研究センターにある６つの実験池のうち、法面が土羽の４つの実験池（池１、池２、池３、池４）を使用した（図１）。法面がコンクリートの池は今回の実験では使用しなかった。池は楕円形で、長軸が50 m、短軸が30 mである。実験時の水深は0.9 mで容積は533 m^3 である。この実験池の池底と法面は土羽である。自然の状態では、水中部はクロモ(*Hydrilla verticillata*)が優占しており、法部は、イグサおよび陸生植物が繁茂している。

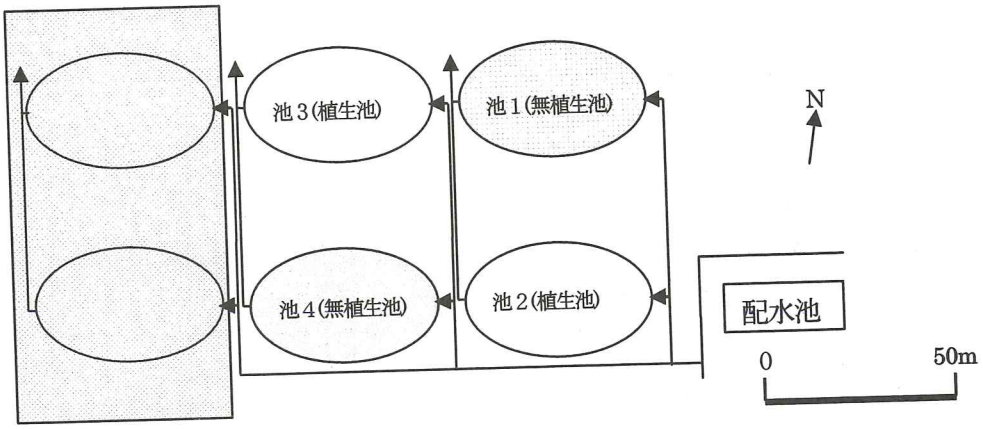


図 7.1　実験池の概要と配置

7．2．2　実験条件

実験は全体では 9 月 6 日から 10 月 11 日に行った。観測は 9 月 23 日から 10 月 11 日の 3 週間かけて実施した。４つの実験池のうち、池１と池４を「無植生池」（刈取りを行った池）、池２と池３を「植生池」として比較実験を行った。無植生池では 9 月 6 日に池の水を排水し、9 月 9 日から 11 日にかけて、沈水植物や法面の植物など、すべての植物をバックホウおよび人力によってできるだけ除去した。同時に、池内の魚類、甲殻類、両生類などもできるだけ除去した。植生池では 9 月 10 日から 11 日にかけて排水し、植生はそのままにし、11 日午前に魚類、オタマジャクシ、アメリカザリガニを中心とする水生動物の除去をおこなった。水生動物の除去を行ったのは、これらの生物量が水質等に影響を及ぼすことを最小限にするためと、これらの生物を同等の条件にすることを困難と考えたからである。全ての実験池は 11 日に再度湛水し、一週間の馴致期間をおいて、9 月 23 日から 10 月 11 日の 3 週間、観測調査を実施した。

実験池の水は木曽川の支川である新境川から途中、配水池を経由して供給されている。配水池の COD、全窒素(TN)、全リン(TP)は平均でそれぞれ、4.4 mg L^{-1}、2.0 mg L^{-1}、0.14 mg L^{-1} である。実験池の取水口である配水池の出口には、2 mm メッシュのステンレスネットと 5 mm のプラスチックネットを設置し、魚類やその他のゴミなどの流入がないよう工夫した。実験池からの流出量は 49±9.9（±標準偏差）m^3/日で、滞留時間(HRT)は、11±2.5(±標準偏差)日である。

7．2．3　水質・底質

表 1 に調査日程を示す。表 7.2 は調査項目一覧である。水質および動物プランクトンは、週 3 回（月、水、金曜日）調査し、合計 9 回調査した。底質および植物プランクトンは週 1 回（金曜日）調査し、合計 3 回調査した。水質、動物プランクトン、植物プランクトンのサンプリングは、桟橋から行い、実験池の中心において、水表面から池底 10cm 上までコアタイプの採水器を用いて採取した。水素イオン濃度(pH)と溶存酸素(DO)については表層と池底 10cm 上の 2 層で採取し、分析した。採水は、表層にはバケツを用い、底層には北原式採水器を使用した。底質のサンプリングについては中心部においてスミスマッキンタイヤー採泥器お

よび改良型を用いて、１池につき３回採取し、コンポジットして分析した。

表 7.1　調査日程

	9月																								10月										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
排水（池1、池4）																																				
刈取り（池1、池4）																																				
排水（池2、池3）																																				
湛水																																				
馴致																																				
水質＆動物プランクトン																																				
植物プランクトン＆底質																																				
底生生物＆植生																																				

表 7.2　調査項目一覧

現地観測項目	天候、気温、水温、水深、透視度、水色、風向・風速
水質等調査項目	水素イオン濃度(pH)，導電率 (EC)、濁度、浮遊物質量(SS)、強熱減量(VSS)、溶存酸素(DO)、 COD_{Mn}、全窒素(TN)、 アンモニア態窒素(NH_4-N)、 亜硝酸態窒素(NO_2-N)、 硝酸態窒素(NO_3-N)、 全リン(TP)、リン酸態リン(PO_4-P)、クロロフィル a (chl.a)
底質	含水率(%)、COD、TN、TP
底生生物	
植生	PVI 調査

７．２．４　底生生物・植生

底生生物は実験終了日（10 月 11 日）に、池ごとに４地点（池を４区分し、１地点／１区画）採取地点を設定して採取した。各調査地点において底質調査同様３度サンプリングし、それをコンポジットした試料の底生生物を調査した。調査内容は種の同定、種ごとの個体数、分類群ごとの湿重量である。

植生の繁茂を表す指標としてここではPVI(Percent Volume Infested)を使用した。PVI は池容積に占める大型水生植物の占める体積百分率で Canfield ら(1984)が用いて以来、「浅い湖沼(shallow lake)」の研究者らに多く用いられている。PVI 調査は実験終了日に 1 回実施した。PVI の測定は以下のように行った。まず、実験池の上にロープを縦方向、横方向に 5m 間隔で設置し、38 区画、26 格子点を設定した。次に、水深と植生の高さを各格子点において測定した。その次に、各区画における沈水植物の被度を 10%間隔で目視により測定した。PVI は各区画における水量と植生の体積の比として計算される。植生の体積は、被度とその区画を取り囲む格子点の植生の高さの平均値の積として計算した。

７．３　結果と考察

７．３．１　植生

PVI は無植生池の池１、池４においてそれぞれ 3%、10%、植生池の池２、池３においてそれぞれ 38%、84%であった。無植生池において、刈取り後４週間で植生の回復はある程度みられたものの、植生が豊富な「植

生池」とは異なる、植生の貧弱な「無植生池」を作り出すことに成功した。本稿では、この４つのPVIを各池のPVIとして分析を進める。

７．３．２ 水質・底質

植生池では透明感のある水質を観測できた。一方、無植生区では濁度の高い水が観察された。図２は各池の水質の経時変化を示している。植生池は黒の凡例で、無植生池は白抜きの凡例で示してある。括弧内の数値は各池のPVIを表す。図２のなかでは、特に、濁度、COD、chl.a、全リンに関しては、植生池と無植生池に明らかな差が観察された。

水温については、表層においては平均22 ℃で、差がなかったが、底層では池によって水温に差があった。水温は、池４(PVI10)、池１(PVI3)、池２(PVI38)、池３(PVI84)の順に減少し、PVIが高いほど底層の水温が低い様子が観察された。

溶存酸素（DO）については、無植生池では表層と底層に差がなかったが、植生区では底層において表層よりもDOが低い状態が観察された。表層と底層のDOの平均値の差はPVIの増加にともなって増加していた(図３)。植生の繁茂した植生池では、池の水が滞留することにより底層のDOが減少し、植生によって熱伝達が抑制され水温が上昇しなかったと考えられる。

CODについては無植生池で植生池よりも明らかに高い値が観察された。池１（PVI3）のCODは池４(PVI10)よりも有意に大きかった(two-factor ANOVA, Fisher’s PLSD, $P<0.01$)。その一方、池２（PVI38）のCODは池３（PVI84）と有意な差はなかった(Fishe’s PLSD, $P=0.33$)。同様の統計的結果は、濁度、クロロフィルa（chl.a)、TPについても観測された。これらの結果から、水質はPVIの増加にともなって改善されることが分かった。また、PVIが38%以上であるときはPVIの増加によって水質が変化しないことが分かった。したがって、実験池における「清浄水」と「濁水」のいき値は10%から38%の間にあると言える。これらの結果はこれまでの調査を裏付ける結果となった。

窒素、溶解性有機態炭素（DOC)、リン酸態リン(PO_4-P)についても無植生池において植生池よりも有意に大きい値が観察されたが、池１（PVI3）と池４(PVI 10)に有意な差はなかった。硝酸態窒素については、４つの池について有意な差がなかった。アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素については４つの池でほとんど観察されなかった。したがって、植生池と無植生池のTNの差は、懸濁性窒素と溶解性有機態窒素の差によるものと考えられる。

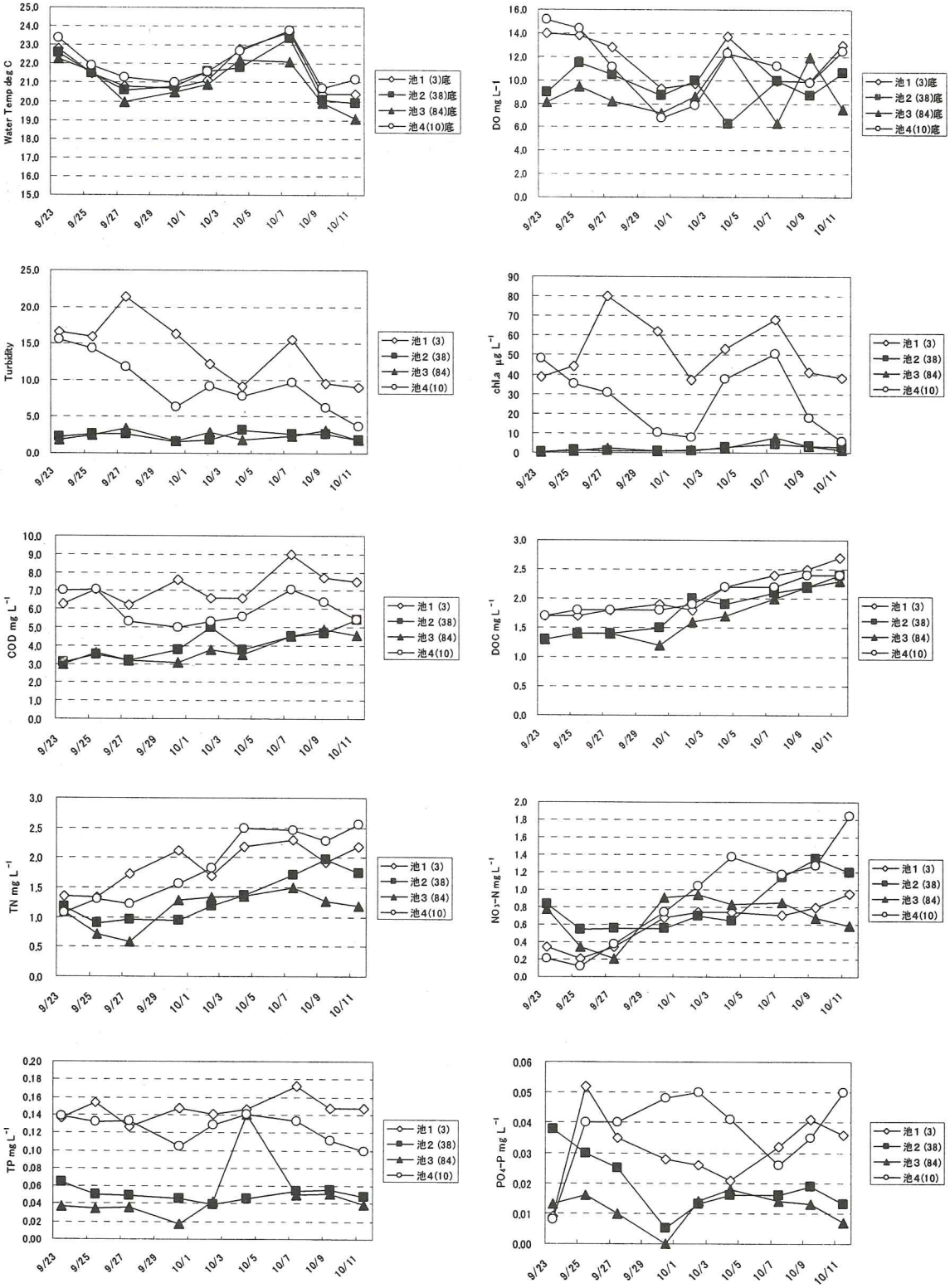


図 7.2　各水質項目の経時変化（黒の凡例は植生池を、白の凡例は無植生池を表す。括弧内の数値は池の PVI（%）を表す。また凡例に「底」とついたものは、底層の結果である。）

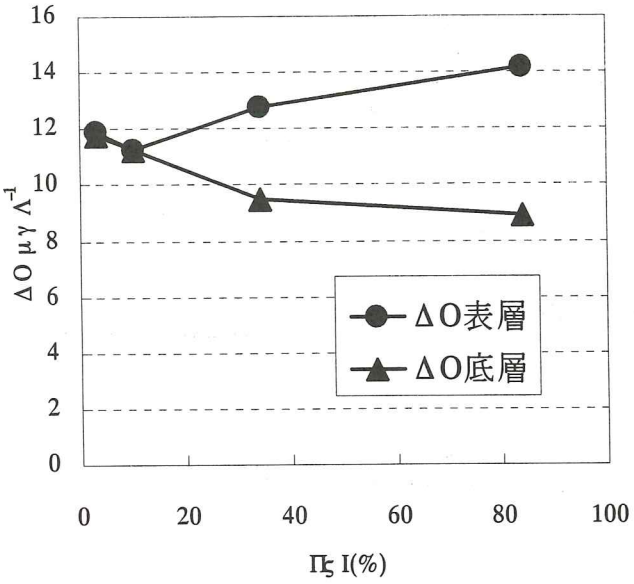


図7.3　PVI と表層、底層の溶存酸素の関係

7．3．3 動・植物プランクトン

無植生池における植物プランクトンの個体数は、植生池における個体数よりも豊富であった（図 7.4）。無植生池では緑藻類が優占しており、植生池においては珪藻類が主に優占していた。植物プランクトンの個体数は実験が進むにつれて減少した。池１(PVI3)における植物プランクトンの個体数は池４(PVI10)の個体数よりも少なく、水質の結果で見たクロロフィルａの傾向と同様であった。

植物プランクトンと同様に、無植生池における動物プランクトンの個体数は豊富で、植生池における動物プランクトンの個体数は少なかった（図7.5）。無植生池の池１(PVI3)においては安定してワムシ類が優占（個体数で平均 89%）していたが、池４(PVI10)においてはワムシ類が優占しているもののその比率が低く（平均で 65%）、カイアシ類、枝角類が比較的多くなる。無植生池の池１(PVI3)において動物プランクトンの個体数の変動は、藻類の現存量を表すクロロフィルａの変動と同様の変動を示した。池１における動物プランクトンの個体数とクロロフィルａの相関係数は r=0.89 (P<0.01) と高い相関を示した。池４においても動物プランクトンの個体数の変動とクロロフィルａの変動には関連が見られたが、池１のような相関は示さなかった。その理由として、池１においては、実験期間を通じて、ワムシ類が優占したため個体数と現存量に密接な関係があるのに対し、池４においては、ワムシ類とワムシ類より個体の大きいカイアシ類や枝角類の比率が変化したために、単純にクロロフィルａと個体数を比較できないためであると考えられる。

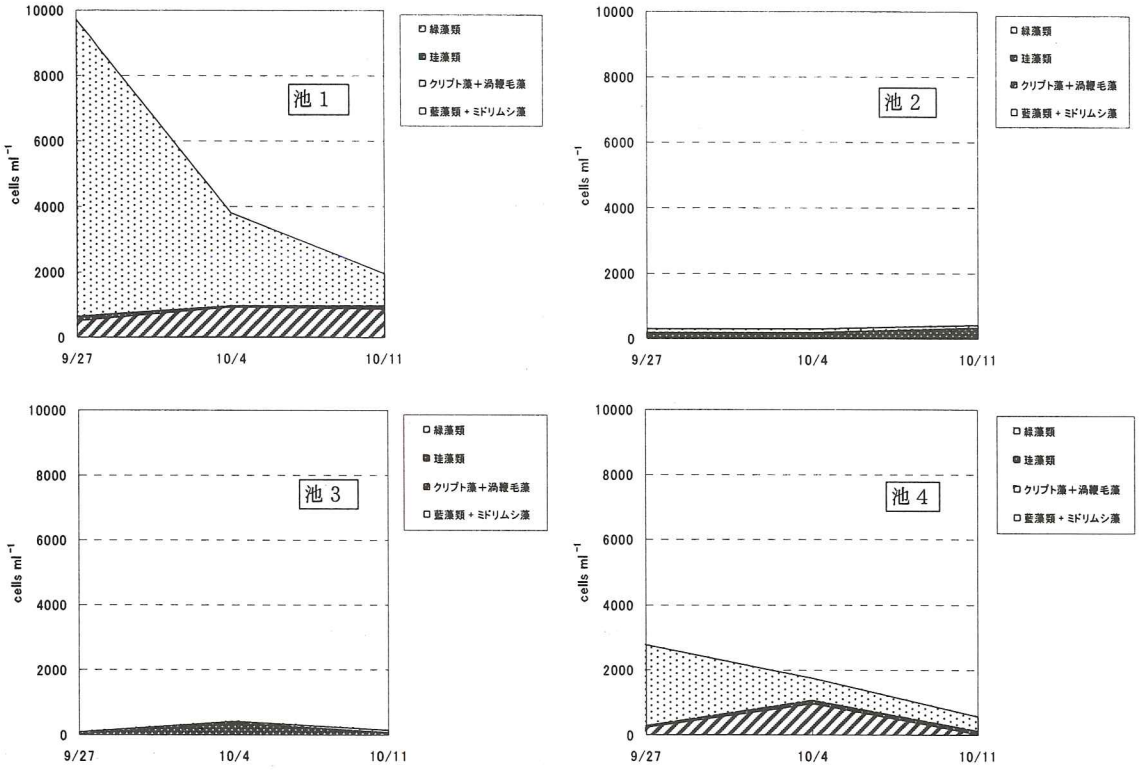


図 7.4　植物プランクトンの細胞数と種構成の変化

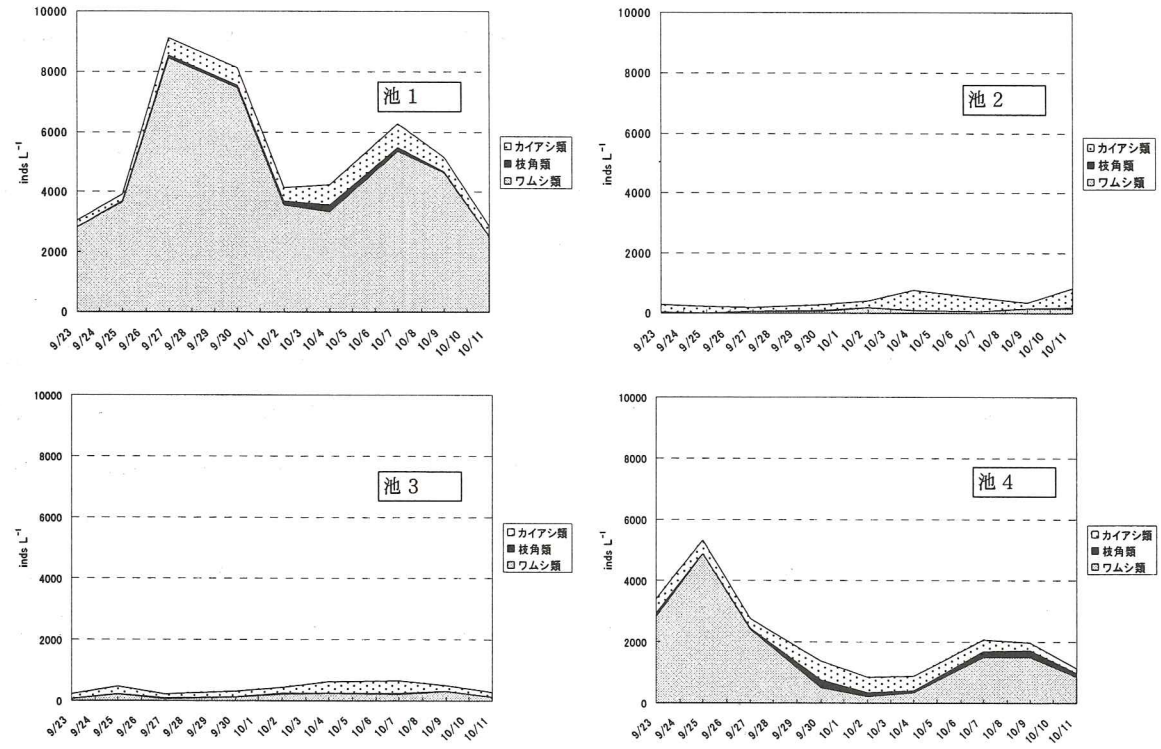


図 7.5　動物プランクトンの個体数と種構成の変化

表３　底生動物調査結果

調査年月日：2002年10月11日
採集方法　：ｴｸﾏﾝﾊﾞｰｼﾞ型採泥器
単　位　：個体/㎡

No.	門	綱	目	科	学名	和名　採集地点名	池１				池２				池３				池４			
							1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4	3-1	3-2	3-3	3-4	4-1	4-2	4-3	4-4
1	海綿動物	普通ｶｲﾒﾝ綱	ｻﾞﾗｶｲﾒﾝ	ﾀﾝｽｲｶｲﾒﾝ	*Radiospongilla cerebellata*	ｱﾅﾝﾃﾞｰﾙｶｲﾒﾝ										-		-			-	
2	軟体動物	ﾏｷｶﾞｲ	ﾓﾉｱﾗｶﾞｲ	ｶﾜｺｻﾞﾗｶﾞｲ	*Laevapex nipponica*	ｶﾜｺｻﾞﾗｶﾞｲ	41									41			10		15	
3				ｻｶﾏｷｶﾞｲ	*Physa acuta*	ｻｶﾏｷｶﾞｲ						5										
4		ﾆﾏｲｶﾞｲ	ﾊﾏｸﾞﾘ	ｼｼﾞﾐ	*Corbicula* sp.	ｼｼﾞﾐ属													31			
5	環形動物	ﾐﾐｽﾞ	ﾅｶﾞﾐﾐｽﾞ	ﾐｽﾞﾐﾐｽﾞ	*Branchiodrilus hortensis*	ｴﾗｵｲﾐｽﾞﾐﾐｽﾞ	52															
6				ｲﾄﾐﾐｽﾞ	*Branchiura sowerbyi*	ｴﾗﾐﾐｽﾞ	376	175	180	649	196	170	361	144	41	67	26	67	232	175	582	536
7					*Limnodrilus* sp.	ﾕﾘﾐﾐｽﾞ属	62	57	175	309	5	108	46	15	62	5	21	15	108	41	93	165
8					Tubificidae gen. sp.	ｲﾄﾐﾐｽﾞ科	149	149	36	438	134	149	134	31	149	387	108	201	196	165	165	88
9		ﾋﾙ	ｲｼﾋﾞﾙ	ｲｼﾋﾞﾙ	Erpobdellidae gen. sp.	ｲｼﾋﾞﾙ科	10	5	5	5											10	
10	節足動物	ｸﾓ	ﾀﾞﾆ	不明	ACARINA fam. gen. sp.	ﾀﾞﾆ目																82
11		昆虫	ｶｹﾞﾛｳ	ｺｶｹﾞﾛｳ	*Cloeon* sp.	ﾌﾀﾊﾞｶｹﾞﾛｳ属	5								5					5		
12			ﾄﾝﾎﾞ	ｲﾄﾄﾝﾎﾞ	*Cercion* sp.	ｸﾛｲﾄﾄﾝﾎﾞ属		41			62	15	144	36	103	31		52	26	15	21	
13					*Ischnura* sp.	ｱｵﾓﾝｲﾄﾄﾝﾎﾞ属	10					15		21		72			15	15		
14					Coenagrionidae gen. sp.	ｲﾄﾄﾝﾎﾞ科										21			36	62		
15				ﾔﾝﾏ	Aeschnidae gen. sp.	ﾔﾝﾏ科											10					
16				ｴｿﾞﾄﾝﾎﾞ	*Epophthalmia elegans*	ｵｵﾔﾏﾄﾝﾎﾞ		5												5		
17				ﾄﾝﾎﾞ	*Crocothemis servilia*	ｼｮｳｼﾞｮｳﾄﾝﾎﾞ												5		5	5	
18					*Deielia phaon*	ｺﾌｷﾄﾝﾎﾞ															5	
19					*Orthetrum albistylum speciosum*	ｼｵｶﾗﾄﾝﾎﾞ		10		10	15	5	10		5	36	5		31	26	62	15
20					*Pantala flavescens*	ｳｽﾊﾞｷﾄﾝﾎﾞ														5		
21					Libellulidae gen. sp.	ﾄﾝﾎﾞ科		5														
22			ﾊｴ	ﾕｽﾘｶ	*Procladius* sp.	ｶﾕｽﾘｶ属	52	77	46	82	15	46		5		5	5		5	10	5	88
23					*Tanypus* sp.	ﾓﾝﾕｽﾘｶ属		10	10	10	82		5						46	31	5	82
24					Tanypodinae gen. sp.	ﾓﾝﾕｽﾘｶ亜科	5					5	5	15				10	5	10		5
25					*Cricotopus* sp.	ﾂﾔﾕｽﾘｶ属							5	5	36	41	10		5			
26					Orthocladiinae gen. sp.	ｴﾘﾕｽﾘｶ亜科	5														5	
27					*Chironomus* sp.	ﾕｽﾘｶ属		10	72	15		5		5	10	41			31	5	5	
28					*Cladopelma* sp.	ﾅｶﾞｺﾌﾞﾅｼﾕｽﾘｶ属					46											
29					*Cryptochironomus* sp.	ｶﾏｶﾞﾀﾕｽﾘｶ属	21	26	10			5					5					
30					*Dicrotendipes* sp.	ﾎｿﾐﾕｽﾘｶ属			5										5	5		
31					*Glyptotendipes* sp.	ｾﾎﾞﾘﾕｽﾘｶ属	21	5		5	46								31	10	5	
32					*Parachironomus* sp.	ﾆｾｺﾌﾞﾅｼﾕｽﾘｶ属													5	5		
33					*Polypedilum* sp.	ﾊﾓﾝﾕｽﾘｶ属	31	26	21	5	5	5		10						5	10	
34					*Tanytarsus* sp.	ﾋｹﾞﾕｽﾘｶ属		21								21				5		
35					Chironominae gen. sp.	ﾕｽﾘｶ亜科	10	10	5	10	52								5	5		
36	触手動物	ｺｹﾑｼ	掩喉	ﾋﾒﾃﾝｺｹﾑｼ	*Lophopodella carteri*	ﾋﾒﾃﾝｺｹﾑｼ	-	-	-	-			-		-				-	-	-	-
					種類数合計		16	16	12	12	11	13	8	10	9	13	8	7	19	21	17	9
					個体数合計		850	632	565	1538	658	533	710	287	411	768	190	350	823	605	993	1061
分類群別湿重量（g/㎡）					普通ｶｲﾒﾝ綱											7.37		0.05			2.63	
					ﾏｷｶﾞｲ綱		+					0.05				+			+		+	
					ﾆﾏｲｶﾞｲ綱														7.53			
					ﾐﾐｽﾞ綱		11.24	5.77	6.13	10.31	4.23	3.61	8.71	4.90	0.98	2.84	1.55	2.11	5.72	4.85	15.15	10.36
					ﾋﾙ綱		0.05	0.10	0.10	0.05											+	
					ｸﾓ綱															+		0.10
					昆虫綱	ｶｹﾞﾛｳ目	+								0.05							
						ﾄﾝﾎﾞ目	0.05	0.46		0.62	0.52	0.67	0.77	2.27	0.21	5.82	0.05	0.57	6.60	4.33	7.01	0.52
						ﾊｴ目	0.26	0.31	0.31	0.21	0.15	0.05	+	0.05	0.05	0.10	0.05	+	0.15	0.10	+	0.26
					ｺｹﾑｼ綱		1.34		0.62	0.05		0.41			1.19				0.93	0.10	5.72	0.52

注1）個体数の-は群体性種のため、計数不能な種の出現を示す。
注2）湿重量の+は計測時に0.01g未満であったことを示す。

７．３．４ 底生生物

底生生物の調査結果を表３に示す。植生区と無植生区を比較すると、エラミミズ(paired t test, P<0.05)、ユリミミズ属(paired t test, p<0.05)、カユスリカ属(Mann-Whitney's U test, P<0.05)の1m²当りの個体数については、無植生区の方が多い結果となった。個体数については、クロイトトンボ属のみが、植生区のほうが多い結果となった（Welch t test, P<0.05)。種類数（t test, P<0.01)、個体数(t test, P<0.01)では無植生区の方が多い結果となった。分類群別湿重量でみると、ミミズ綱（t test, P<0.01）とハエ目(t test, P<0.01)において無植生区が植生区よりも有意に大きい結果となった。無植生区において、エラミミズ、ユリミミズ属、カユスリカ属が多いのは、植物プランクトンによる一次生産が大きく池底への餌の供給量が多いことによると推測される。植生区においては、クロイトトンボ属が多いのはクロイトトンボが生息場として、植生のある池を好むことによると推測される。池４においては、ミミズ類もトンボ類も多い傾向があった。これは、池４において植物プランクトンが増殖し、一次生産が十分であったことに加え、植物の現存量の指標であるPVIも10%あり、トンボ類の生息場として、植生が十分な量であったことが原因と考えられる。

７．４ まとめ

４つの実験池を用いて、沈水植物が池の水質および生態系にどのような影響を与えるか検討した。２つの実験池（池１、池４）については実験前に刈取りを実施し、無植生池とした。また残りの実験池（池２、池３）については、自然の状態で沈水植物が繁茂しているので特に操作を加えず植生池とした。植生の現存量の指標としては、体積占有百分率PVI (Percent Volume Infested)を用いた。3週間の比較実験により以下のようなことが分かった。

① ４つの実験池（池１、池２、池３、池４）の実験後のPVIはそれぞれ、３%、３８%、８４%、１０%であった。

② 多くの水質指標に関して植生区においては、無植生区と比較して、良好な水質を得られた。無植生区においては、PVI=3%の池１よりもPVI=10%の池４の方が、水質が良好であるという結果が得られたが、植生区のPVI=38%の池２とPVI=84%の池３においてはほとんど水質に差がなかった。したがって、沈水植物の増加にしたがって水質が改善されるもののPVIで38%を超えるものについては、その後の変化は小さいと推測される。

③ 植物プランクトンは、無植生区では緑藻類が優占し、植生区では珪藻が優占した。動物プランクトンについては全体的にワムシ類が優占したが、無植生区ではワムシ類がほとんどを占めたのに対し、植生区では、カイアシ類と枝角類の比率が比較的高かった。また、動物プランクトンの変動は、植物プランクトンの変動傾向と一致し、植物プランクトンの変動にしたがって、動物プランクトンが増減している様子が観察された。

④ 底生生物の現存量は、ミミズ類、ユスリカ類に関して、無植生区で植生区より多かった。クロイトトンボ類に関しては植生区において、無植生区よりも多く観察された。

参考文献

1) Marten Scheffer(1998): 「Ecology of Shallow Lakes」, Chapman & Hall.

2) Martin Sondergaard and Brian Moss(1998): Impact of submerged Macrophytes on Phytoplankton in Shallow Freshwater Lakes, 「The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes」, Ecological Studies 131, Springer, New York.

3) D.E.J. Canfield et al. (1984): Prediction of chlorophyll a concentrations in Florida lakes importance of aquatic macrophytes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 41, 497-501.

4) P. Schriver, J. Bøgestrand, E. Jeppensen, M. Søndergaard(1995): Impact of submerged macrophytes on fish-zooplankton-phytop;ankton interactions: large-scale enclosure experiments in a shallow eutrophic lake, Freshwater Biology, 33, pp.255-270.

8．　河川の事象を題材にした映像展示に関する研究

8．1　はじめに

自然共生研究センターでは、これまで川沿いに設置するパネルという手段で可能な表現の中で、河川の情報を効果的に伝達することを検討してきた。情報伝達の技術は日々進歩しており、音声解説やバーチャルリアリティー等、次々に新しい装置・手法が現れている。その結果、展示の目的に応じて効果的な手段を幅広く選択できるようになった。河川の展示においても、いくつかの表現性を有する装置を複合的に展示に用いることが、情報伝達効果を高める上で有効と考えられる。注目されるのは、映像を活用したデジタル・コンテンツである。映像はスケールの大きな空間や長期的な環境の変化を圧縮したり、肉眼では捉えにくい水中の微小な物質や生物等を拡大したりする等、捉えにくい事象を視覚化し動的に表現することが可能である。また、季節が限定される臨場の機会が得られにくい情報を時期を問わずに提供できるという利点もある。さらに、デジタルという点では、複製が可能で繰り返し活用できること、インターネット上で情報網を拡大させ、多地点で活用できる可能性も有している。

平成 14 年 11 月 27,28 日、ナゴヤドームにおいて建設技術フェア 2002IN 中部が開催された。その一区画、学習エリアの「川の学習コーナー（国土交通省中部技術事務所と独立行政法人土木研究所が共同で出展）」において、河川の出水の状況を、様々な角度から捉えた映像で体験できる展示システムを公開した。本報では、その展示システムの開発プロセスと特徴、公開時の見学者の反応についてとりあげ、河川の展示における映像表現の有効性について述べる。

8．2　展示内容

河川生態系の仕組みについての理解を促す際、事象をわかりやすく表現することが重要となる。その中でも出水は、現場で観察するには大雨の時期を待つ必要がある等、臨場のタイミングを合わせることが難しく、さらに、そのような状況下に身を置くには危険を伴うこと等から、実体験（直接的な観察）は非常に困難となる。つまり、このような事象については、展示という形に置き換えてわかりやすく表現することが期待される。本研究では映像を駆使することによって河川の出水を展示空間に再現した。

8．3　予備調査

展示システムの開発にあたり、川島小学校５年生の児童（36 名）を被験者とし、自然共生研究センターの実験河川で行われた出水実験の現地見学を実施し、その反応について調査を行った。児童は河川の上流から下流に向かって川沿いや橋の上から出水の状況を観察し、デジタルカメラによる撮影、ノートへの記録を行った（写真 8．1）。その記録結果の分析により、出水実験は児童にとって強く印象に残るものであり、「水の勢い」「川幅の広がり」など出水に関する多くの情報を読みとっていることが示されたが、それは水面から得られる情報を中心とした断片的な理解であり、現象を多角的に捉え正しく認識

しているとは言いがたいものであった。それは、現場では川を大きなスケールで見ることが出来ない（見える範囲が限られている）ことや、水中を確認できないために、全体的な流れの変化、水中の生物の反応や土砂の動き等を視覚的に認識できていないことに起因すると考えられた。したがって、展示において現象をわかりやすく正確に伝えるためには、水辺から観察できる場面以外にも、河川全体、水中の様子も合わせて表現する必要性が示された。

8．4　撮影

展示に使用した映像の記録は、自然共生研究センターの実験河川で行った。撮影時には出水実験（平常流量 0.1m³/s→ピーク流量 1.5m³/s）を実施し、クレーンを使った高所（地上 25m）からの撮影、水際からの水面アップの撮影、そして、潜水や固定カメラによる水中の撮影を同時に行い、水辺から眺めているだけでは認識しにくい複数の角度から出水の様子を記録した（写真 8.2）。そして、増水しピークになり、減水して元に戻るまでの出水の状況を記録した。例えば、水中の映像には、流される土砂の動き、出水が終わる頃に遡上し始める魚の姿、冠水した場所で草の上に避難する昆虫等が収められた。このような出水を起こした際の河川における実際の反応を、複数の異なる視点で同時に記録した映像を組み合わせ展示空間に表現した。

8．5　展示システムの概要

本システムは、前述の建設技術フェア 2002IN 中部の会場、広さ約 103m²（内システム制御室 18m²）を展示スペースとした。出水レバーを引く見学者の動作によって、壁面の大きなスクリーンに写し出される出水ゲートの映像が変化して出水が始まる。床面のプラズマディスプレイ（PDP）には河川の中・下流域に見られる特徴的な 3 つの空間、「蛇行部（曲がったところ）」、「氾濫原（水がつかるところ）」、「ワンド（くぼんだところ）」を写し（実験河川にゾーニングされている 5 つのゾーンのうちの 3 つ）、流量の変動（平常時→増水時→ピーク時→減少時）に対応した実際の映像を提供した。それらに連動し、横に並べられたタッチパネル式の液晶ディスプレイ（LCD）には、水面、水中の変化、その辺りの生物の反応等を記録した映像を表示した。また、簡易無線 LAN である Bluetooth を使用し、携帯情報端末（PDA）では映像と対応した流速や水深のデータをリアルタイムで確認できるようにした。これらのデータは全てコンピューターで一括管理し、映像は MPEG２で送出し、各メディアに連動させて表示した。このように異なるメディア表現をデジタル技術で複合的に制御し、リアルな体験を横断・縦断的に空間軸を広げ、時間軸に沿って出水を再現した。また、この展示は映像を観察することにより利用者自ら情報を発見できるように、観察中に様々に広がっていく見学者の視点や興味に応じて映像を提供できるように情報を選択できる提供方式とした（図 8．1－4）。

8．6　利用者の反応

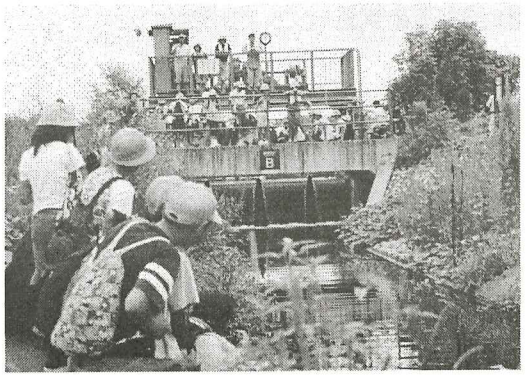
開催期間中には名古屋市内の小学校13校、4ー6年生の43クラス、1431人の児童が展示を体験した。会場では、出水ゲートが開き水が増え始めると、児童らは真上から見た川の全体的な変化を眺めた後、それぞれ自分の見たい場所へと移動し、横のモニターで、その場所の水面のアップや水中の様子、流速や水深を確認するといった行動が見られた。特に、水中のシーンを積極的に選択し、変化する川底や流れていく物をじっと観察する姿が観察された。「水がだんだん濁ってきた」、「川の幅が広がってきた」、「魚が流されそう」等、会話の聞き取りからも現場では得られなかった発言を記録することが出来た。出水中の増水する河川の様子、その時の水中の魚の反応等、児童は興味をもった映像が写し出された場所にとどまり観察を続けていた。発言からは、児童は観察を通して、「流れに対する生物の反応」、「川底の土砂の舞い上がり方」、「水の色の変化」等を理解していることが示された。展示体験後の質問紙調査の結果では、今回の映像の展示の良い点をとして、「川の中がよくわかって面白い」、「いろいろな部分が見やすい」、「近づいて見ても危なくない」といったコメントが多くあげられた。

8．7　河川の展示における映像表現

河川の生態系は、多くの要素が複雑に連関し合い、それらによる現象は水中を含めた様々な空間スケールで生じている。また、常に破壊と再生を繰り返し、変動しながら成立している。河川の現象は、山地などの他の自然環境は違ったこのような特徴をもっているため、非常に捉えにくい対象といえる。つまり、このような河川の理解を補完する有効な手段の一つとして、捉えにくい部分をわかりやすく表現できる映像の活用が期待される。今回の実践により、映像は河川の情報を捉えやすい形に置き換えるとともに、多くの情報を提示し、観察の視野を拡大する可能性を有していることが示された。

8．8　おわりに

本報では河川の展示における映像活用の事例をとりあげ、その有効性について触れたが、実際の自然の中での直接体験におけるスケール感や迫力は、現象を人々の心に鮮明に印象づけて記憶に残すと思われる。人々の多くの感覚に語りかけてくる自然から発せられるメッセージは、現場でしか得られない貴重なものである。しかし、河川の生態系が現場では捉えにくい特色をもつ対象であることを認識しておくことは不可欠である。自然体験を基本とし、それに展示による情報提供を上手く組み合わせることで、人々が河川環境のより多くのことに気づくきっかけを与えることができるのではないかと考えている。



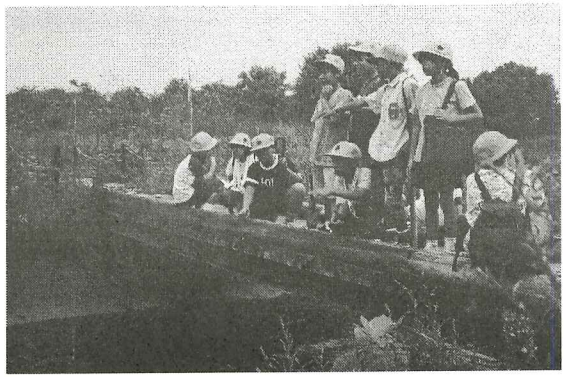
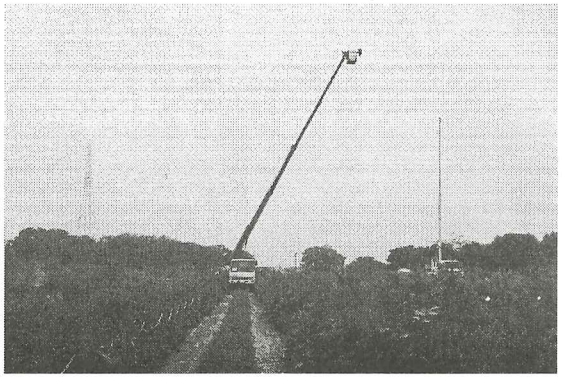


写真 8.1　出水中の河川を観察する小学生



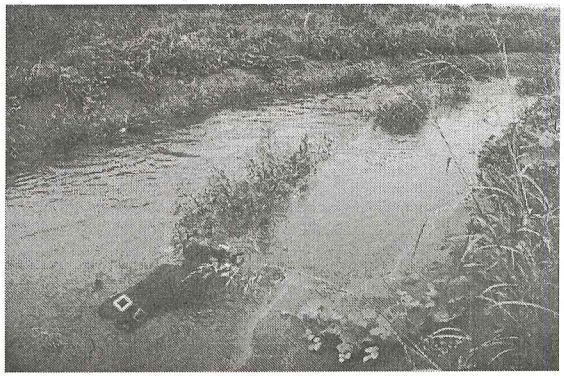


写真 8.2　高所撮影と水中撮影の様子

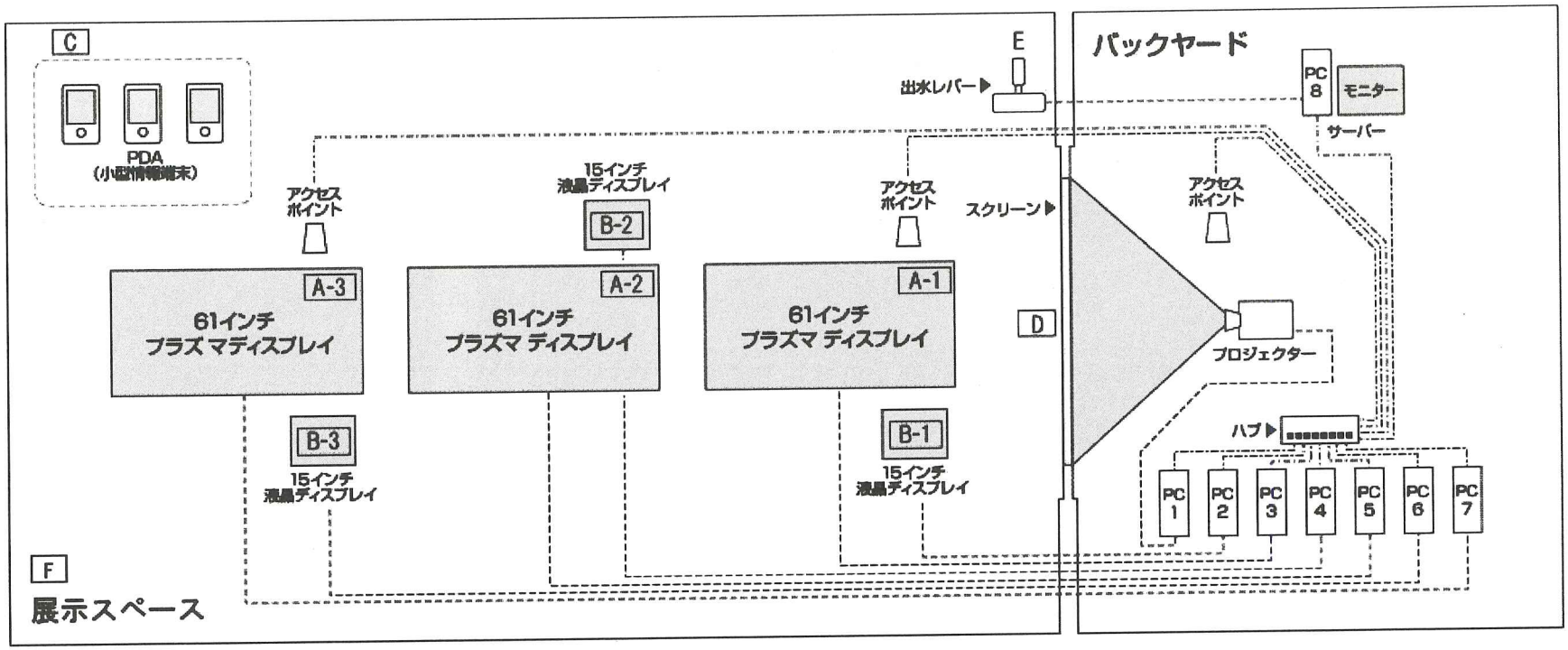
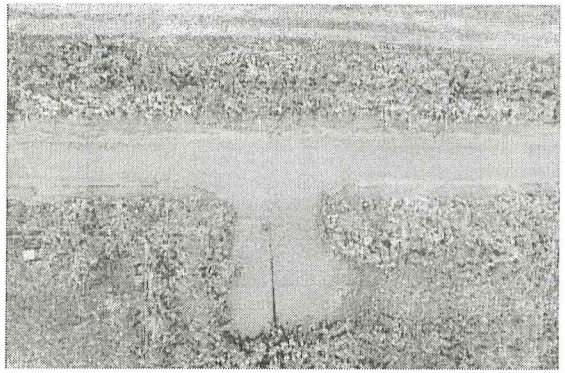
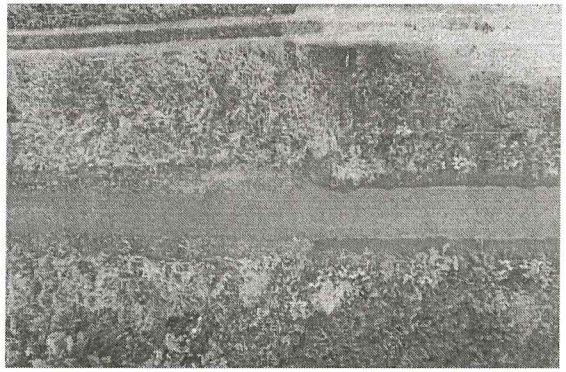

C
PDA
(小型情報端末)
E
出水レバー
バックヤード
PC
8
モニター
サーバー
アクセス
ポイント
15インチ
液晶ディスプレイ
B-2
アクセス
ポイント
スクリーン
アクセス
ポイント
A-3
61インチ
プラズマディスプレイ
A-2
61インチ
プラズマ ディスプレイ
A-1
61インチ
プラズマ ディスプレイ
D
プロジェクター
ハブ
B-3
15インチ
液晶ディスプレイ
B-1
15インチ
液晶ディスプレイ
PC
1
PC
2
PC
3
PC
4
PC
5
PC
6
PC
7
F
展示スペース

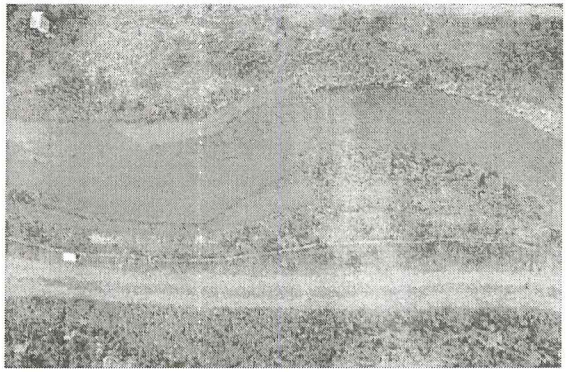
図 8.1 システム構成図



A-1



A-2



A-3

図 8.2　プラズマディスプレイ表示画面



B-1

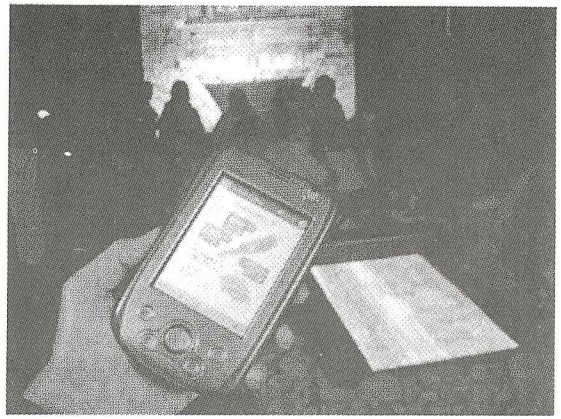


B-2

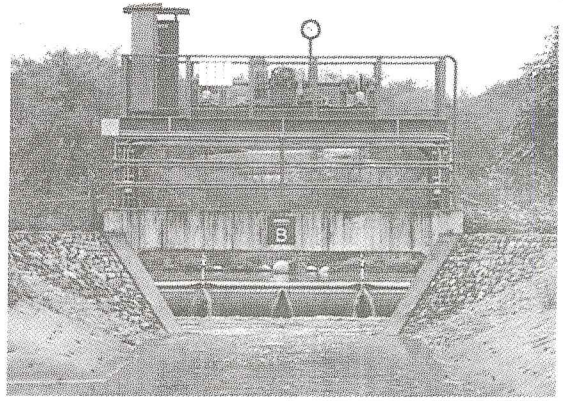


B-3

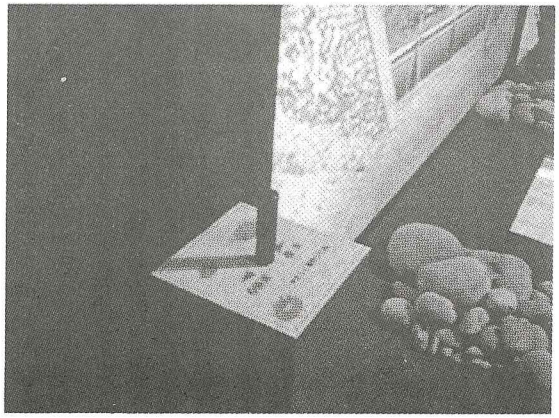
図 8.3　液晶ディスプレイ表示画面



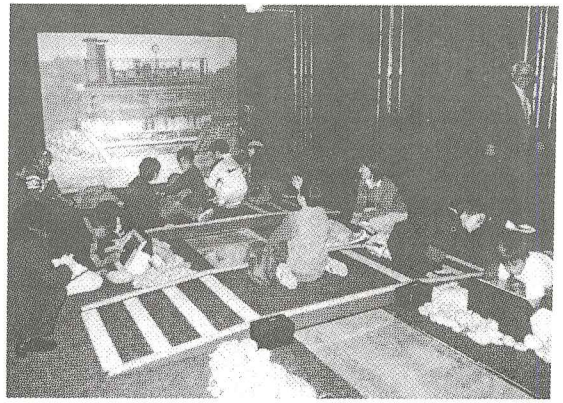
C



D



E



F

図 8.4 PDA・スクリーン表示画面・出水レバーとシステム全体

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	K11-2	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
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	水生生物に配慮したコンクリート護岸に関する研究	共和コンクリート工業㈱ 技術研究所　山中　誠

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
～人工洪水による河床間隙環境の更新について～

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＞

洪水の河川環境に与える最も有効な回復過程は、河床の撹乱による河床間隙環境の更新、すなわち還元的雰囲気から酸化的雰囲気への回復であると考えられる。そこで本研究においては、人工洪水が実験河川における河床内間隙の更新に、どのような役割を果たすかについて明らかにすることを目的として、水温を含む水質を表面水と河床間隙についてモニターした。

＜材料と方法＞

本研究は昨年度より継続しており、昨年度と同様に河床間隙の更新率をモニターするために、間隙水と表面水の水温の連続観測と水質の採取分析をおこなった。調査地点は人工洪水のある実験河川Ｂと人工洪水のない実験河川Ｃにおいて、各河川について１地点にて水温の連続観測、各河川の３地点において水質調査を実施した（図１参照）。

今年度は実験河川Ｂにおいて３回の人工洪水が行われた（表１参照）。水温調査は設置したH14年７月25日から回収したH14年12月４日まで15分間隔で連続的に記録し、水質調査は３回の洪水にあわせて実施した。

・水温調査

自記水位計（オンセット社，Tidbit）を実験河川ＢとＣの河床内（深さ約15ｃｍ）に設置し、回収後データを集計した。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（同期間、１時間おきに記録）との比較検討を行った（表２参照）。

・水質調査

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採水用の簡易パイプ（河床からの深さ21.5ｃｍから32ｃｍ）を各サイト３本埋設設置した。この簡易パイプを今年度も採水調査に使用した（表２参照）。

採水は７月、８月、９月の洪水に合わせて実施した。採水時には、ｐＨ、COND（導電率）、TURB（濁度）、DO（溶存酸素）、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、無機物量、有機物量を求めた。

なお本文では比較的値が不安定で比較項目としては使えないと思われる項目については、報告を省略することにした。

＜結果と考察＞

・　水温調査

H14年７月26日から12月３日まで15分おきに記録した間隙水の水温は、図２のようになった。全体の

大まかな変化は、出水あり河川と洪水なし河川とでよく類似しているが、グラフ中の各時点の変化の幅が出水あり河川のほうが大きい傾向がみられる。このことをさらに明らかにするために日平均をもとめると、図３のようになった。各日の水温幅を１）のような式で求め、グラフ中の縦バーで示してある。

グラフの上側；各日の最大値水温―各日の平均水温,

グラフの下側；各日の平均水温―各日の最小値水温　　１）

この図より、洪水あり河川のほうが洪水なし河川よりも水温幅が大きいことが分かる。その日変動について検定をしたところ、洪水あり河川の最大値との幅が他の項目よりも有意に大きいことが分かった(図４参照)。

間隙水の水温測定期間と同時期の表面水の水温を１時間おきに測定した結果は、図５のようになった。洪水あり河川と洪水なし河川間に、違いはみられない。間隙水の水温比較と同じように、日平均についても比較したところ図６のようになった。両河川間に、明らかな水温幅の違いはみられない。

以上より、表面水の水温では河川間の差がなかったのに対し、間隙水ではその差が明瞭であった。これは昨年度の結果でもみられ、間隙内において洪水あり河川のほうが洪水なし河川に比べて変化率が高いことを示していると考えられる。したがって、河床間隙内交換率をみる指標としては水温によるモニターが有効であることが判明した。

・　水質調査

水質分析の結果は、昨年度の結果も加えて検討した。

ｐＨ変化の結果は、図７のようになった。各調査地点における、洪水あり河川と出水なし河川間に有意なちがいは見られなかった。両河川の間隙水とも表面水にほぼ同様の変動をしていることが分かる。

ＤＯ変化の結果は、図８のようになった。ｐＨとよく似た傾向で河川間の際は見られない。

アンモニア性窒素の変化は、図９のようになった。表面水と 790/785 地点では河川間の違いがみられない。しかし 740 地点と 750 地点では、洪水なし河川において 2000 年の８月から著しく増加し、2001 年についても洪水あり河川よりも高い値になっている。一方、洪水あり河川のほうでは表面水よりもアンモニア性窒素が明らかに低くなっている。

硝酸性窒素の変化は、図 10 のようになった。表面水については両河川間に違いがないが、間隙水の３地点では洪水なし河川のほうが低いことが分かる。特に 740 地点と 750 地点では、明らかな差がみられる。表面水と比較すると、洪水あり河川では表面水と連動して変化しており、洪水なし河川では連動していない。

亜硝酸性窒素の変化は、図 11 のようになった。今年度の間隙水の地点で、洪水あり河川のほうでのみ増加傾向がみられる。その他明らかな両河川間の違いはみられない。

オルトリン酸の変化は、図 12 のようになった。昨年度は洪水あり河川のほうで高い傾向があったが、今年度は 750 地点以外では、明らかな違いはない。

以上の栄養塩における結果から、洪水ありの河川ではアンモニア性窒素の低下や、硝酸性窒素の増加があり、河床内環境がより酸化的になっていた傾向があると考えられる。これは昨年度とも一致している。また、硝酸性窒素については、洪水あり河川の間隙水は表面水との関連が強い。オルトリン酸については、ほぼ表面水と連動しているのが洪水あり河川であることから間隙水と表面水との交換は洪水あり河川のほうで比率が高くなっていた。

無機物や有機物の変化は、図 13 のようになった。表面水においては、両河川間にちがいはなく全体に無機物のほうが多いことがわかる。間隙水については、無機物と有機物の変動が不安定であるが明らかに洪水な

し河川のほうが多いことが分かる。また、無機物や有機物が両河川とも今年度にはいって減少しているが、洪水あり河川でほとんどなくなっているのに対して、洪水なし河川ではほとんどなくなることはなく減少してもある量で安定していることがわかる。

以上の無機物や有機物の結果において、洪水なし河川が洪水あり河川にくらべて多くなっていたが昨年度の初めよりその差が大きいことから、その差と洪水の有無と検討するのは困難であると思われる。ただし、洪水あり河川では3地点とも今年度には計測できないほど低くなっていたのに対し、洪水なし河川では今年度から減少するとうことは確認されていないことから、間隙内の無機物や有機物の減少は洪水による影響がある可能性が考えられる。

表　1　　洪水実験実施記録

実施日	洪水開始時刻	洪水終了時刻	洪水時間(min)	洪水規模(m3/s)	水温調査(設置期間	水質調査
H14.7.31	10:00	11:40	100	2.0	○(7/26-12/3)	○
H14.8.21	10:00	12:40	160	1.0	○(7/26-12/4)	○
H14.9.11	10:00	11:10	90	1.0	○(7/26-12/5)	○

表　2　　設置状況

＜水温計＞設置:H14年7月25日AM11:40～PM12:05　回収:H14年12月4日AM11:00～11:10

設置場所		B790	B750	B740	C785	C750	C740
採水深さ(cm)	右岸	30	32	30	−	29	30
	中央	32	26	28	−	24	28
	左岸	25	21.5	32	−	27	22
水温計深さ(cm)		−	−	29(15cm)	−	−	30(15cm)

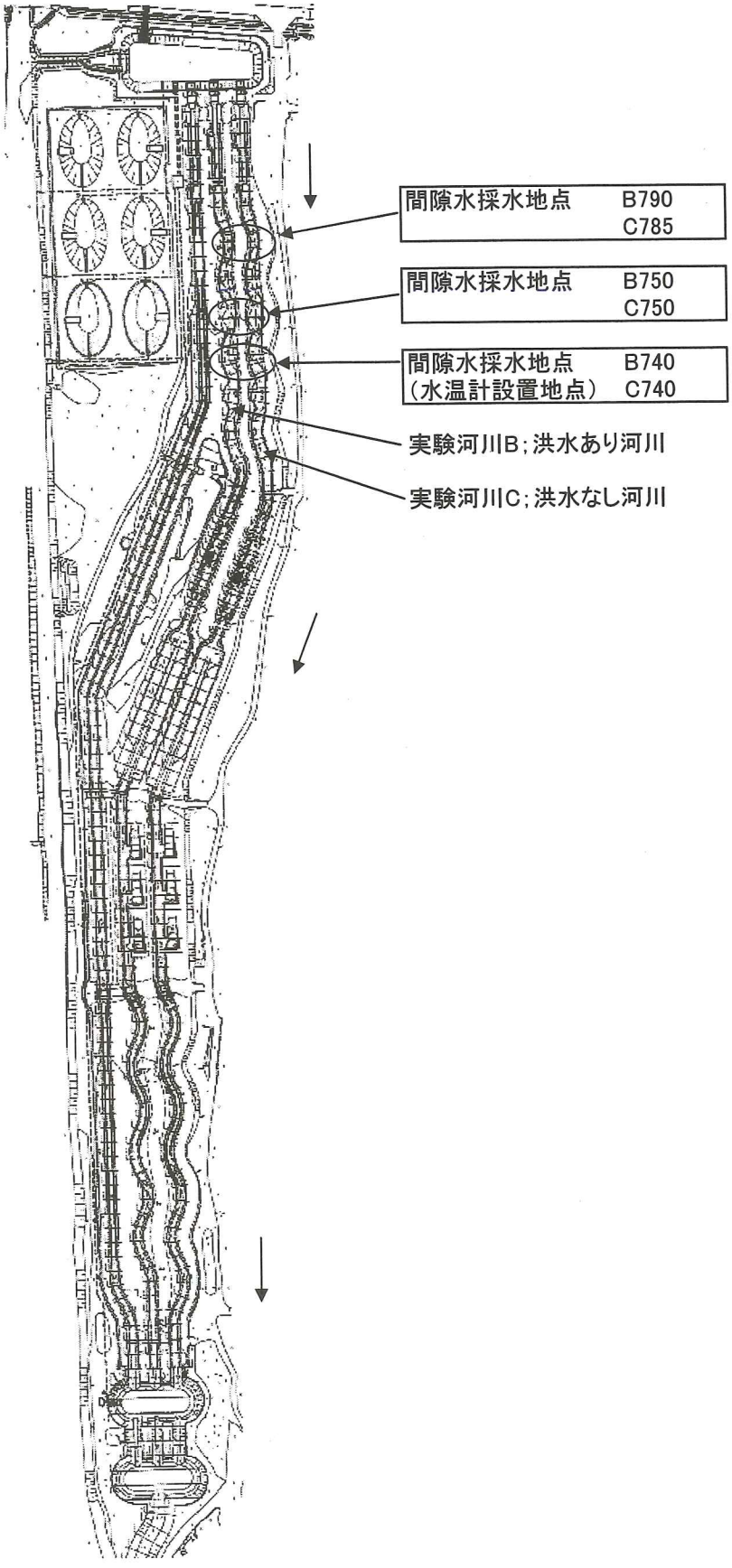

間隙水採水地点 B790
C785
間隙水採水地点 B750
C750
間隙水採水地点 B740
(水温計設置地点) C740
実験河川B；洪水あり河川
実験河川C；洪水なし河川

図 1　　調査地点

	B伏流水		C伏流水	
	max-ave	ave-min	max-ave	ave-min
average	1.193601	0.930674	0.904964	0.736563
avedeve	0.567488	0.442253	0.493358	0.397252

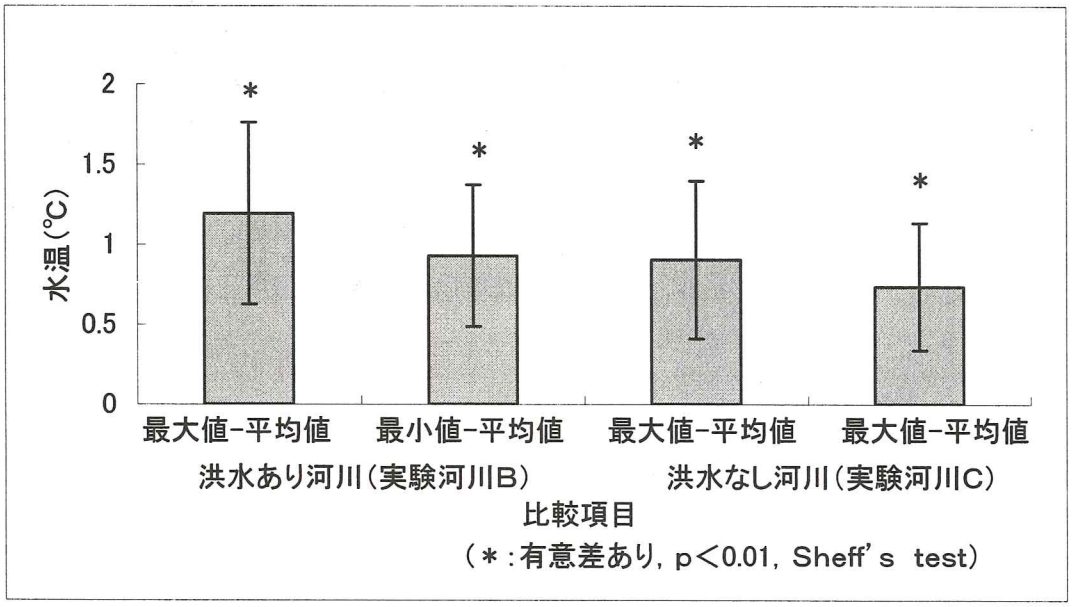
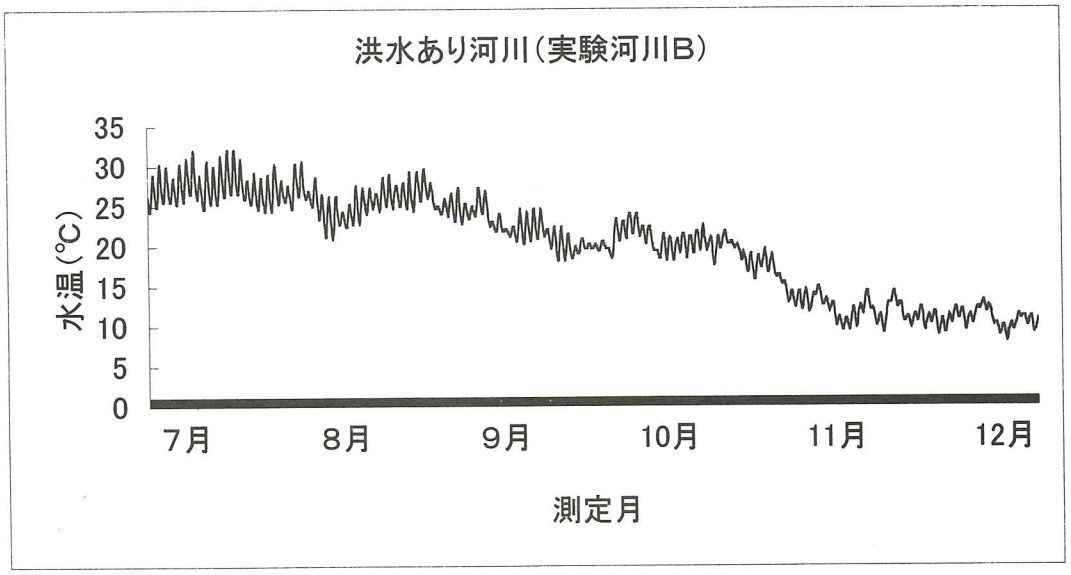


図 4　間隙水の日変化比較


洪水あり河川（実験河川B）
水温（℃）
35
30
25
20
15
10
5
0
7月
8月
9月
10月
11月
12月
測定月

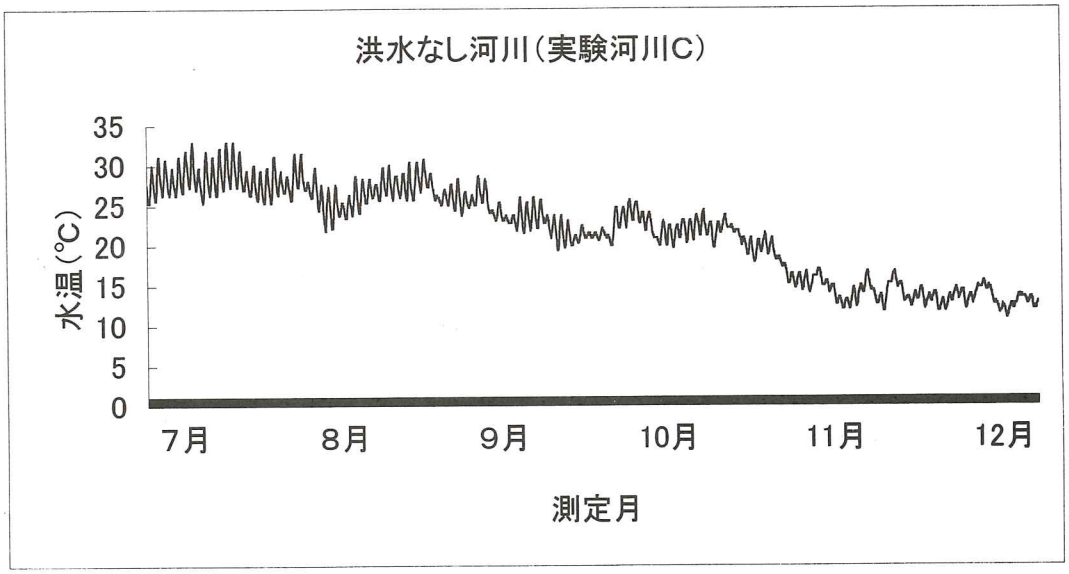

洪水なし河川（実験河川C）
水温（℃）
35
30
25
20
15
10
5
0
7月
8月
9月
10月
11月
12月
測定月

図 5　表面水の水温変化

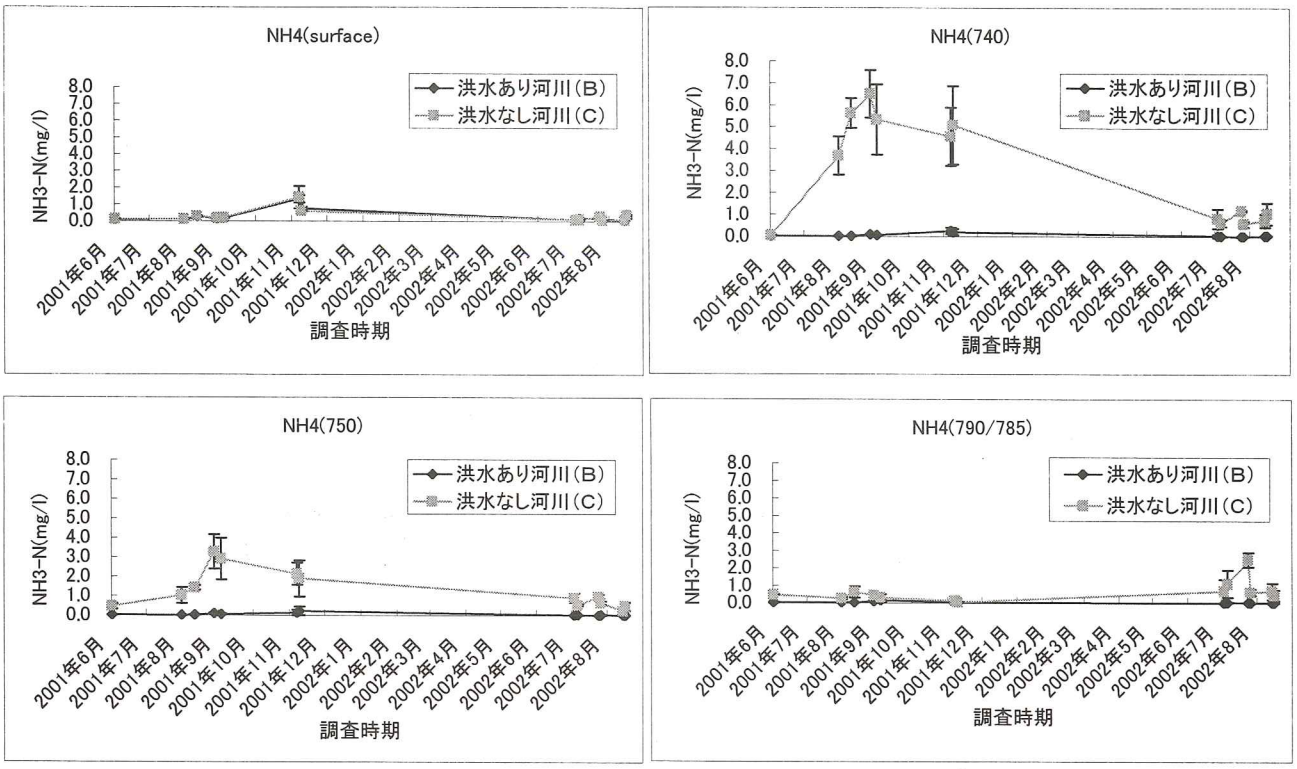


図 9　アンモニア性窒素変化

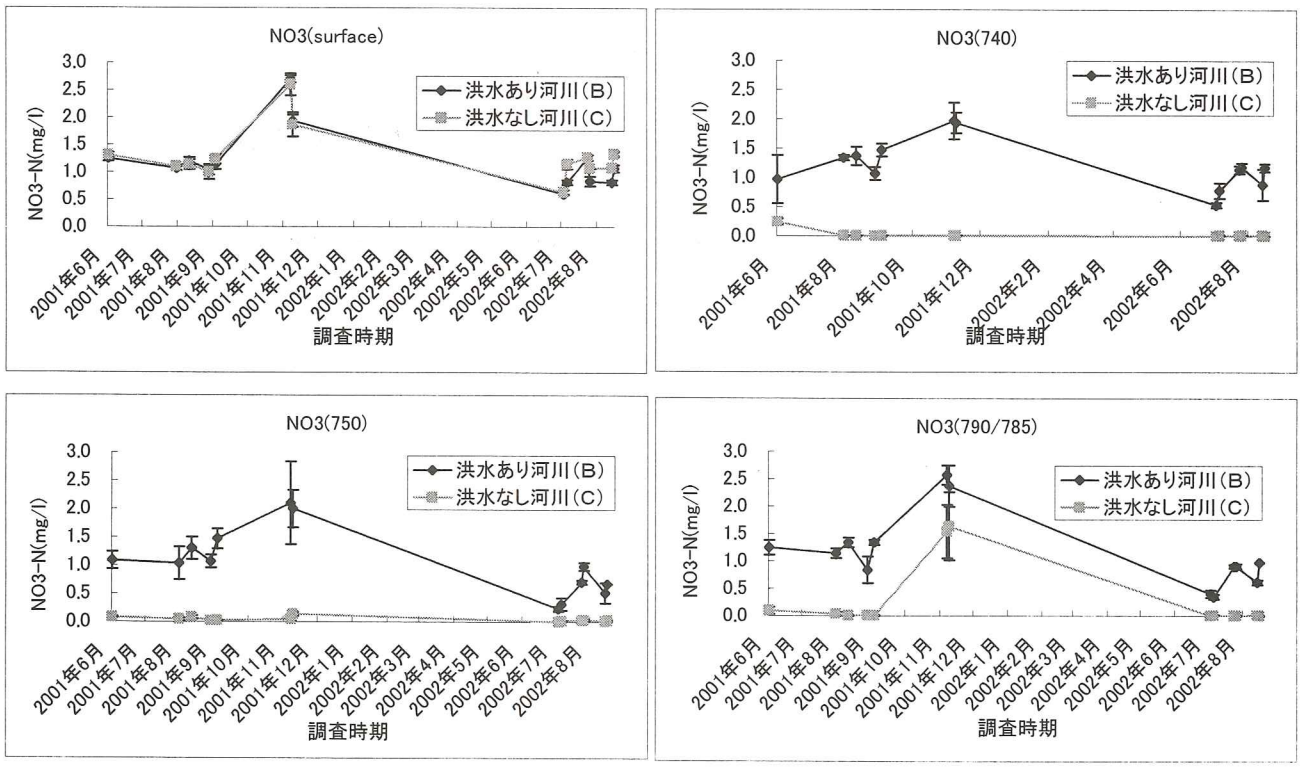


図 10　硝酸性窒素変化

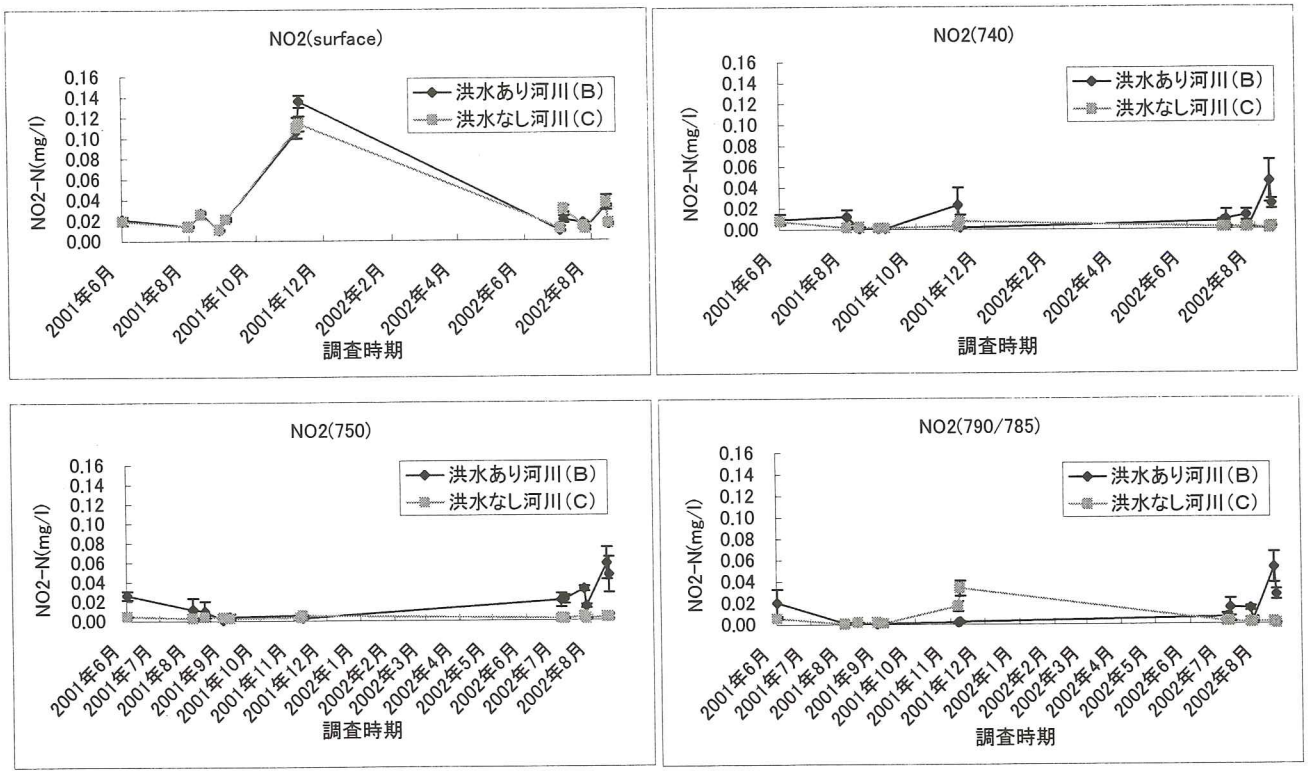


図 11　亜硝酸性窒素変化

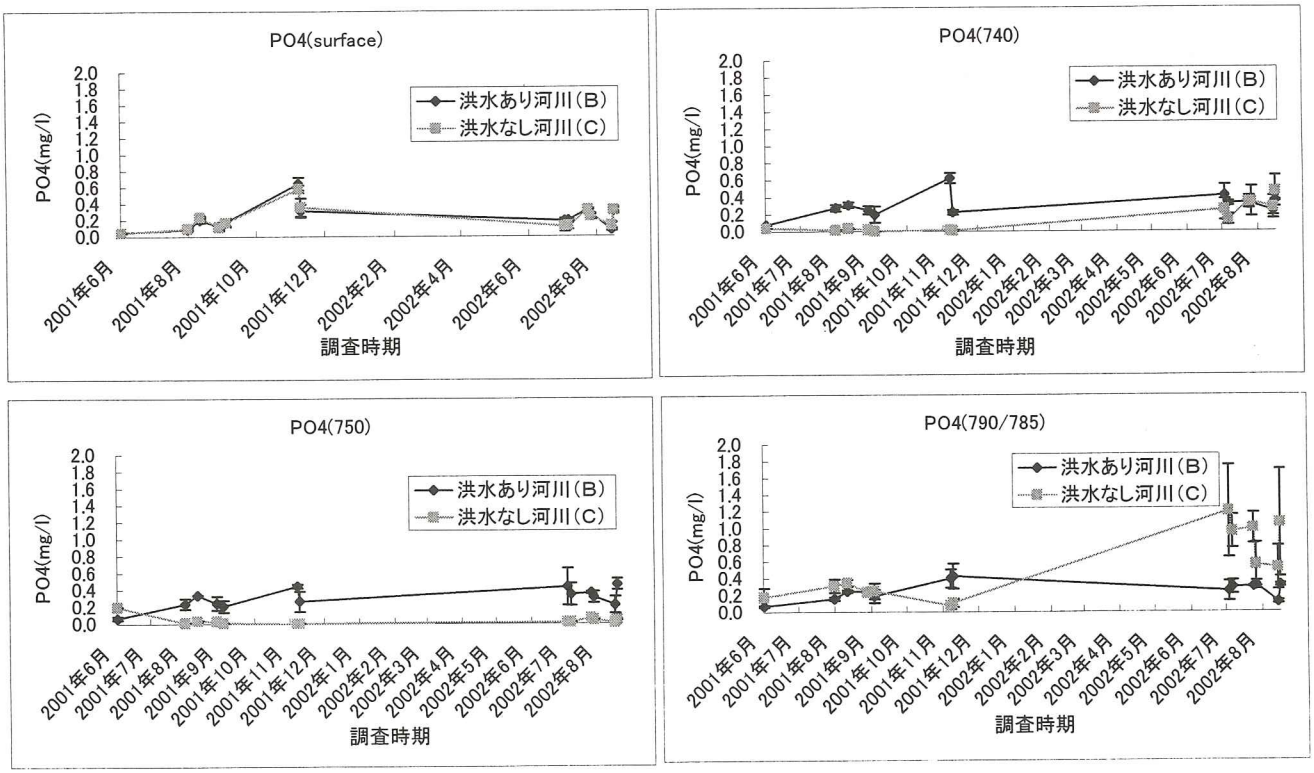
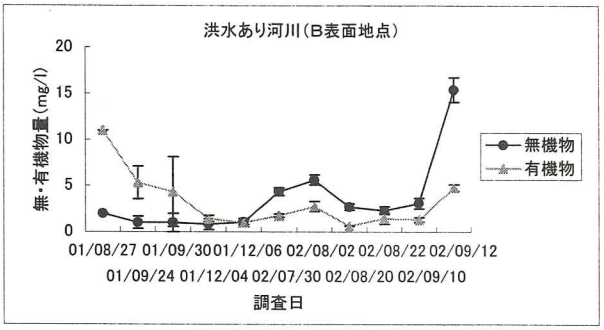
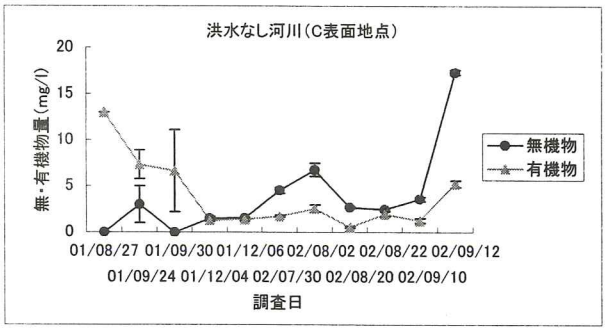
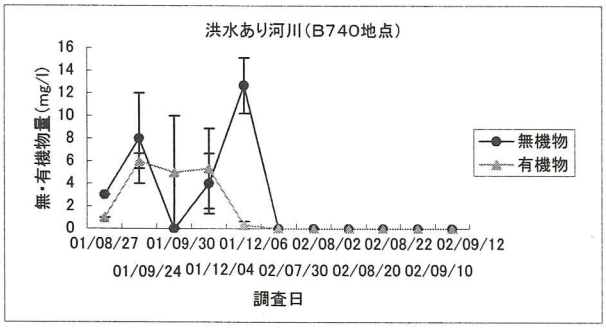
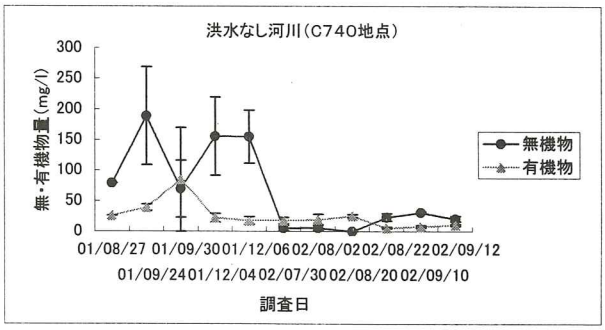


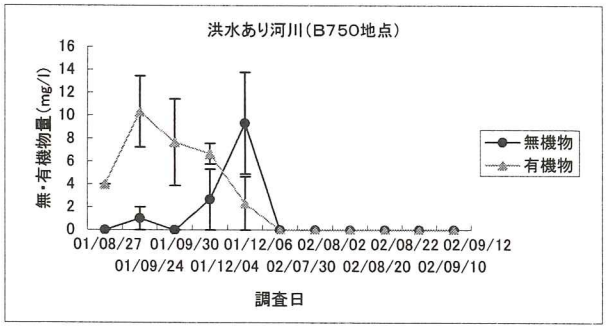
図 12　オルトリン酸変化

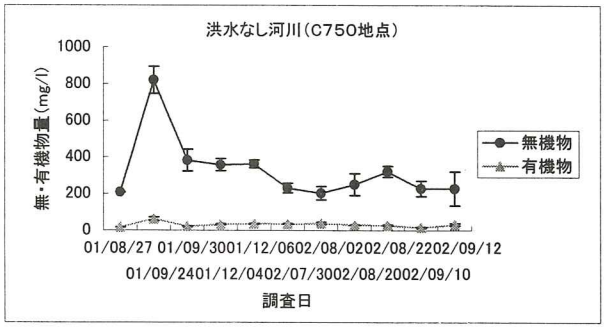


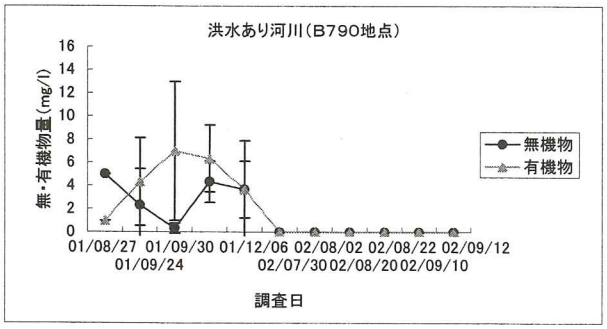












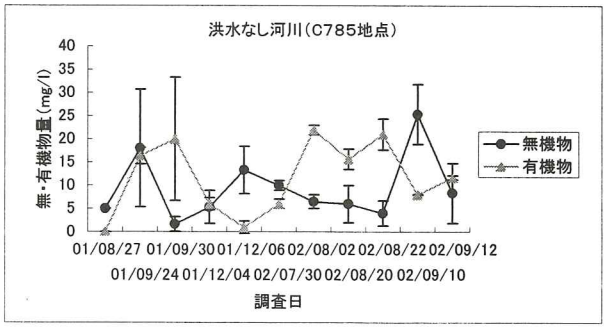


図 13　無機物・有機物量の変化

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
設計部河川環境課　豊原大介

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追求した治水機能重視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環境保全型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，河川の水辺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。この研究は平成13年度から平成15年度の３ヵ年の予定で行っているものであり，この報告では平成14年度（２年目）のデータを中心に報告する。

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列並んだ袋を作り，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）。

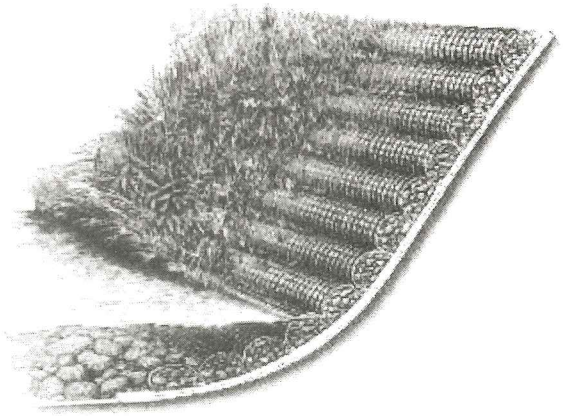


図１　連続蛇かご工法イメージ図

試験体の製造から設置を平成13年６月19日から６月27日にかけて行った。

今回，現地表層土と砕石を混ぜたものを充填したマットを２枚（試験区ＢとＣに使用）作成し，対象区として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（試験区Ｄに使用）と，マットの半分の４列に真砂土と砕石を混ぜたものを充填し，残り４列に砕石のみを充填したマットも１枚（試験区Ａに使用）作成した。このように充填したマット４枚を図２のように自然共生研究センター内の実験河川Ａの河岸に設置した。

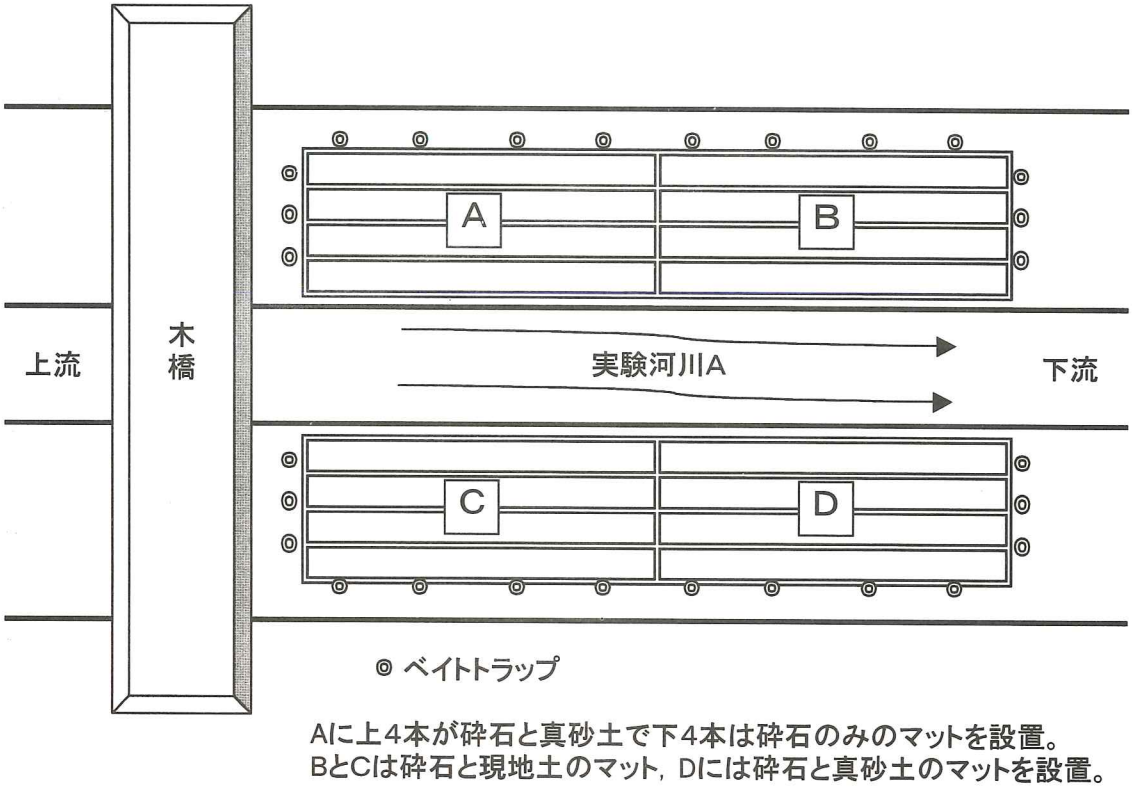


図２　試験区のイラスト

（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８，９日，第２回の調査を平成 14 年７月２，３日に，第３回の調査を平成 14 年８月１，２日に，第４回の調査を平成 14 年 11 月８，９日に行った。本報告では第１回と第４回調査を比較した。

調査地の外観の変化を写真１から８に示す。

第４回調査の試験区ごとの植物出現種を表１に，昆虫出現種を表２に示す。第１回の調査結果は前年度の研究報告書に記載してあるので参照いただきたい。

平成13年11月8日撮影



写真1　A区：下4本砕石のみ，上4本砕石+真砂土

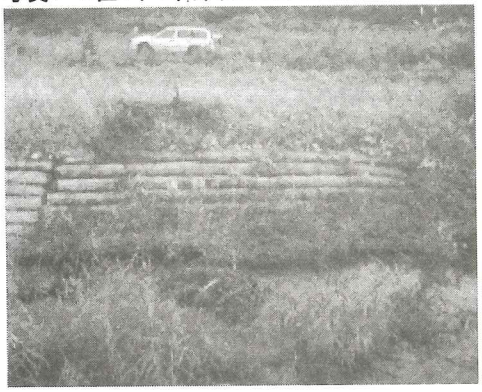


写真2　B区：砕石＋現地土

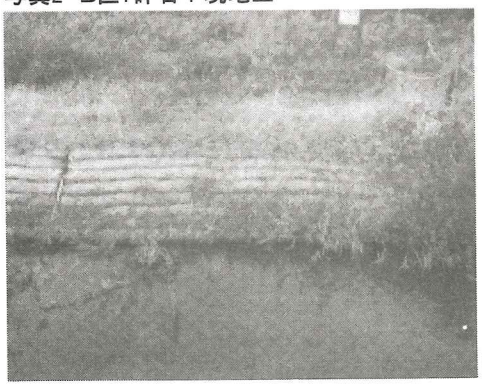


写真3　C区：砕石+現地土

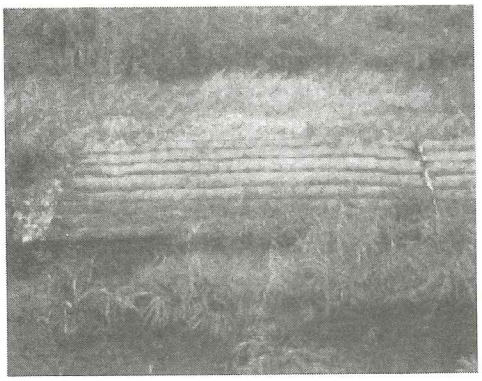


写真4　D区：砕石+真砂土

平成14年11月8日撮影



写真5　A区：下4本砕石のみ，上4本砕石+真砂土



写真6　B区：砕石＋現地土

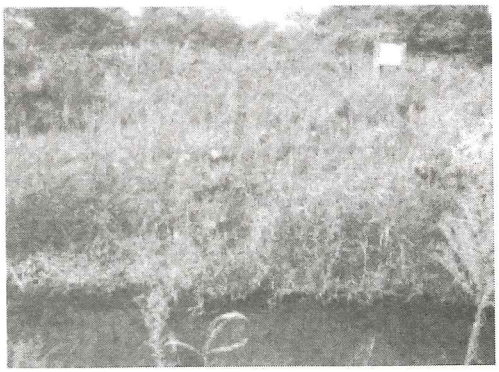


写真7　C区：砕石+現地土

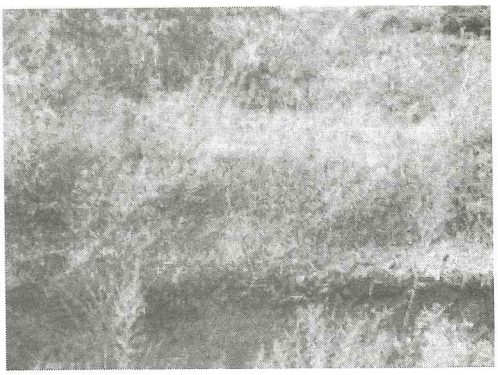


写真8　D区：砕石+真砂土

表1　試験区ごとの出現種（植物）

調査日　2002年11月8～9日

試験区	科名	種名
A 10科16種	イネ	エノコログサ
	イネ	メヒシバ
	イネ	ツルヨシ
	カヤツリグサ	カヤツリグサ
	タデ	ミゾソバ
	マメ	メドハギ
	カタバミ	カタバミ
	ブドウ	ヤブガラシ
	アカネ	フタバムグラ
	クマツツヅラ	アレチハナガサ
	シソ	イヌコウジュ
	キク	ヨモギ
	キク	オオアレチノギク
	キク	フランスギク
	キク	アメリカセンダングサ
	キク	セイタカアワダチソウ
B 8科15種	イネ	ツルヨシ
	イネ	コヌカグサ
	イネ	エノコログサ
	クワ	カナムグラ
	タデ	ミゾソバ
	タデ	イヌタデ
	マメ	メドハギ
	マメ	クズ
	マメ	カスマグサ
	マメ	キク科sp.
	カタバミ	カタバミ
	アカバナ	メマツヨイグサ
	クマツツヅラ	アレチハナガサ
	キク	アメリカセンダングサ
	キク	オオアレチノギク
C 10科17種	イネ	ノシバ
	イネ	メヒシバ
	タデ	ミゾソバ
	アブラナ	ナズナ
	マメ	メドハギ
	マメ	クズ
	マメ	カスマグサ
	カタバミ	カタバミ
	トウダイグサ	オオニシキソウ
	ブドウ	ヤブガラシ
	クマツツヅラ	アレチハナガサ
	キツネノマゴ	キツネノマゴ
	キク	オオアレチノギク
	キク	フランスギク
	キク	セイタカアワダチソウ
	キク	アメリカセンダングサ
	キク	ヨモギ
D 5科14種	イネ	ツルヨシ
	イネ	エノコログサ
	イネ	コヌカグサ
	タデ	イヌタデ
	タデ	ミゾソバ
	マメ	メドハギ
	マメ	カスマグサ
	マメ	クズ
	アカネ	フタバムグラ
	キク	アメリカセンダングサ
	キク	カワラヨモギ
	キク	オオアレチノギク
	キク	フランスギク
	キク	ヨモギ

第１回調査と第４回調査のデータを比較すると植物の出現種数は，Ｃ区で 18 種から 17 種と１種少なくなったが，他の３区ではＡ区が５種から 16 種，Ｂ区が 13 種から 15 種，Ｄ区が８種から 14 種と増加し４つの区が 14 種から 17 種とほぼ同じ種数になった。

また，昆虫の出現種数は，Ａ区で２種から 25 種，Ｂ区で 12 種から 29 種，Ｃ区で 14 種から 29 種，Ｄ区で７種から 28 種と全ての区で増加した。

第１回調査では，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Ｂ，Ｃで多く，真砂土を使用した試験区Ｄ，上４本が砕石と真砂土で下４本が砕石のみの試験区Ａでは出現種数が極端に少なかったが，第４回調査ではこの差がほとんど無くなった。

このことから，現地土を使用した区と購入真砂土を使用した区の種数に，施工当初年では顕著な差が出るが，翌年の秋頃には差が少なくなることが伺える。

今後はこれまでと同様に陸生昆虫，植物についての３年目の調査を行い，また，水生昆虫についても調査を行い，データを蓄積しまとめを行う予定である。

謝辞：本研究の昆虫調査にあたっては，むさしの自然史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，調査において協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

表2-1　　試験区ごとの出現種（昆虫）

調査日　2002年11月8～9日

試験区	科名	種名	個体数
A 17科 25種	カスミカメムシ	ウスモンミドリカスミカメ	3
	カメムシ	イチモンジカメムシ	1
	ナガカメムシ	ナガカメムシ科sp.幼虫	37
	テントウムシ	ヒメカメノコテントウ	1
	ゴミムシ	コクロヒメゴモクムシ	4
	ゴミムシ	コマルガタゴミムシ	3
	ゴミムシ	コアオマルガタゴミムシ	4
	コメツキムシ	ヒメナガコメツキ	2
	ミツバチ	セイヨウミツバチ	2
	スズメバチ	セグロアシナガバチ	1
	スズメバチ	フタモンアシナガバチ	1
	ヒメバチ	ヒメバチ科sp.	1
	クロバエ	ツマグロキンバエ	1
	ウンカ	エゾナガウンカ	4
	ショウジョウバエ	ショウジョウバエ科sp.	1
	ショウジョウバエ	ショウジョウバエ科sp.	1
	ユスリカ	ユスリカ科sp.	9
	メイガ	メイガ科sp.	1
	シジミチョウ	ヤマトシジミ	1
	タテハチョウ	キタテハ	1
	バッタ	コバネイナゴ	1
	バッタ	ヒシバッタ	1
	バッタ	ヒナバッタ	1
	バッタ	ショウリョウバッタ	2
	バッタ	クルマバッタモドキ	2
B 16科 29種	オオヨコバイ	オオヨコバイ	1
	カスミカメムシ	ナガミドリカスミガメ	2
	ナガカメムシ	ヒメナガカメムシ	11
	ナガカメムシ	コバネヒョウタンナガカメムシ	1
	ナガカメムシ	コバネナガカメムシ	1
	ナガカメムシ	ナガカメムシ科sp.幼虫	23
	ハムシ	フタスジヒメハムシ	1
	ゴミムシ	キアシヌレチゴミムシ	1
	ゴミムシ	コクロヒメゴモクムシ	1
	ゴミムシ	ナガマルガタゴミムシ	1
	ゴミムシ	ババゴモクムシ	1
	ゴミムシ	セアカヒラタゴミムシ	2
	ゴミムシ	コアオマルガタゴミムシ	10
	アリ	クロヤマアリ	2
	スズメバチ	キアシナガバチ	1
	ヒメバチ	ヒメバチ科sp.	1
	ウンカ	エゾナガウンカ	6
	ハナバエ	ハナバエ科sp.	1
	ハナアブ	アシブトハナアブ	1
	クロバエ	クロバエ科sp.	1
	クロバエ	ツマグロキンバエ	1
	ユスリカ	ユスリカ科sp.	2
	ハモグリバエ	ハモグリバエ科sp.	2
	シロチョウ	キチョウ	1
	シロチョウ	モンキチョウ	2
	バッタ	ヒナバッタ	1
	バッタ	オンブバッタ	1
	バッタ	クルマバッタモドキ	2
	バッタ	コバネイナゴ	3

表2-2　　試験区ごとの出現種(昆虫)

調査日　2002年11月8～9日

試験区	科名	種名	個体数
C 20科　29種	ホシカメムシ	クロホシカメムシ	1
	ヨコバイ	ヨコバイ科sp.	1
	ウンカ	エゾナガウンカ	6
	カスミカメムシ	ウスモンミドリカスミカメ	3
	ナガカメムシ	ヒメナガカメムシ	7
	ナガカメムシ	ナガカメムシ科sp.幼虫	32
	ゴミムシ	コクロヒメゴモクムシ	1
	ゴミムシ	セアカヒラタゴミムシ	1
	ゴミムシ	ナガマルガタゴミムシ	1
	ゴミムシ	コアオマルガタゴミムシ	24
	ゴキブリ	キスジゴキブリ幼虫	1
	スズメバチ	フタモンアシナガバチ	1
	スズメバチ	セグロアシナガバチ	1
	ミツバチ	セイヨウミツバチ	3
	トゲハナバチ	トゲハナバチ科sp.	1
	アリ	トビイロケアリ	1
	クロバエ	クロバエ科sp.	1
	ヤドリバエ	ヤドリバエ科sp.	1
	ケバエ	ケバエ科sp.	1
	ハナバエ	ハナバエ科sp.	1
	ハナバエ	ハナバエ科sp.	1
	シジミチョウ	ヤマトシジミ	2
	シロチョウ	キチョウ	1
	シロチョウ	モンシロチョウ	1
	タテハチョウ	キタテハ	1
	バッタ	ヒナバッタ	1
	バッタ	ショウリョウバッタ	1
	バッタ	コバネイナゴ	2
	トンボ	アキアカネ	1
D 18科　28種	カスミカメムシ	ムモンミドリカスミガメ	1
	ヘリカメムシ	スカシヒメヘリカメムシ	1
	ウンカ	エゾナガウンカ	4
	カスミカメムシ	ウスモンミドリカスミカメ	2
	ヘリカメムシ	アカヒメヘリカメムシ	1
	ナガカメムシ	ヒメナガカメムシ	15
	ナガカメムシ	ナガカメムシ科sp.幼虫	63
	ゴミムシ	ヒメスナゴミムシダマシ	1
	ゴミムシ	コクロヒメゴモクムシ	1
	ゴミムシ	セアカヒラタゴミムシ	1
	ゴミムシ	コマルガタゴミムシ	6
	ゴミムシ	コアオマルガタゴミムシ	28
	ハムシ	ナトビハムシ	1
	コメツキムシ	ヒメサビキコリ	2
	スズメバチ	セグロアシナガバチ	1
	スズメバチ	キアシナガバチ	1
	アリ	クロヤマアリ	1
	ショウジョウバエ	ショウジョウバエ科sp.	6
	クロバエ	ツマグロキンバエ	1
	クロバエ	ツマグロキンバエ	1
	ハナバエ	ハナバエ科sp.	1
	シロチョウ	キチョウ	2
	シロチョウ	モンシロチョウ	1
	タテハチョウ	キタテハ	2
	コオロギ	シバスズ	1
	バッタ	ヒナバッタ	1
	バッタ	クルマバッタモドキ	2
	バッタ	コバネイナゴ	2

K１２－２　水生生物に配慮したコンクリート護岸に関する研究

共和コンクリート工業株式会社　山中 誠　浅利 修一　本田 隆秀

１．はじめに

平成２年に「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。その後、平成９年の河川法の改正により「河川環境の整備と保全」が河川法の目的として加わり、また、平成14年の土地改良法の改正により土地改良事業において「環境への配慮」が法的に位置づけられた。河川の災害工事や農業用排水路工事において、コンクリート護岸ブロックは安全性、経済性、維持管理の容易さ等から多く用いられてきたが、近年、環境への負荷が小さいすなわち様々な環境機能[1)、2)、3)、4)]を有した環境保全型護岸ブロック工法の採用が増加している。しかし、これらに対する環境機能については、モニタリング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のが現状である。

そこで本研究では「環境保全型護岸ブロック」や「ポーラスコンクリート」を用いた護岸（法覆工・根固工等）の環境機能を検証することを目的に調査を行った。調査は実験河川Ａにおいて平成13～14年度（２ヵ年）に実施した。その調査、研究について報告する。

２．研究の概要

２．１　研究の目的

環境機能を把握するために以下の２つ研究（以下に示す研究Ⅰ、研究II）を行った。各研究の目的を以下に示す。

Ⅰ．　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。植生基盤としての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少ない。当社では、水生昆虫の棲息空間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[5)、6)、7)、8)]。本研究は、ポーラスコンクリートによる淡水域昆虫のハビタット形成について調査するとともに、洪水後の淡水域昆虫のハビタット回復性[9)]について把握するものである。

II．　水際域復元ブロック工法の魚類生息環境等に関する研究：

護岸工は、河川環境、特に水生生物のハビタットとして重要といわれている水際部[4)、9)]に設置されることが多く、「河床の平坦化」、「水際線の単調化」、「河岸の固定」といったハビタットの消失が問題となる場合がある[10)、11)]。そのため、護岸設置箇所の生態系や景観を保全するような方法が求められている[12)、13)]。林田らは都市河川の改修工事（河道の拡幅や従来型コンクリート護岸設置等）10年後の魚類調査を行い、従来型コンクリート護岸でも僅かに蛇行を残した区間では護岸前面に寄り州（植生カバー）等の河岸微地形により魚類相の回復がみられたとの報告[10)]をしている。

そこで本研究では、環境保全型護岸ブロック設置前後や近隣の自然河岸における水際域の物理環境と魚類の生息状況の調査[14)、15)、16)、17)]を定量的に行い、その環境機能（特に魚類の生息状況）を把握する。

２．２　調査位置

調査は、木曽川の支川・新境川に合流する（独）土木研究所自然共生研究センターの実験河川A（ほぼ直線で流路延長約800m）に調査区間を設定して行った。なお、調査区間付近（測点No.3+40.00前後）の河床勾配は約1/800、河床幅は約2.5m、法面勾配は約2.0割である。

2．3　実験河川Aにおける出水および、調査の実施時期と調査事項

実験河川Aの区分、実施項目、実施年月日、調査項目、出水状況及び調査事項を表－1に示す。平成14年3月に護岸工事を行っており、工事前に事前調査、工事後に事後調査を行っている。また、研究Iでは底生動物調査、研究IIでは魚類調査、共通項目として物理環境調査を行った。

表－1　出水実施日、調査項目、出水状況及び目的

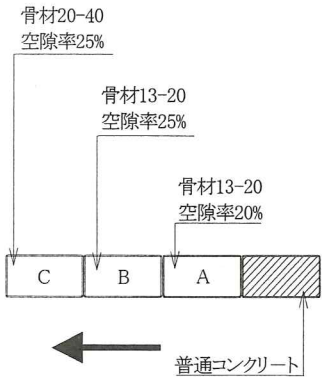
区分	実施項目	実施年月日	調査項目			出水状況・調査事項
			物理環境	魚類	底生動物	
事前調査	出水A	平成13年8月23～24日				1.0t／sec出水
	調査①	平成13年8月26～27日	○	○	○	出水によるインパクト直後の調査
	調査②	平成13年9月27～28日		○	○	出水によるインパクト直前の調査（8月末出水後、回復状況把握調査を兼ねる）
	出水B	平成13年10月3・5日				0.5t／sec、1.0t／sec、1.3t／sec出水
	調査③	平成13年10月9～10日		○	○	出水によるインパクト直後の調査
	調査④	平成14年3月1日		○		出水なしの冬季調査
	調査⑤	平成14年3月19～20日	○	○	○	出水なしの冬季調査
事後調査	調査⑥	平成14年8月21～23日	○	○	○	護岸設置前の出水によるインパクト直前調査
	出水C	平成14年8月30～31日 9月2～3日				0.5t／sec、1.0t／sec出水
	調査⑦	平成14年9月2～3日	○	○	○	護岸設置後の出水によるインパクト直後調査
	調査⑧	平成14年11月8日		○		
	調査⑨	平成15年3月17～19日	○	○	○	護岸設置前の出水によるインパクト直前調査
	出水D	平成15年3月19日				1.0t／sec出水
	調査⑩	平成15年3月20～21日	○	○	○	護岸設置後の出水によるインパクト直後調査

＊5月～11月までの通常流量；0.1～0.2t／sec、12月～3月までの通常流量；0.025～0.1t／sec

3．研究I

3．1　使用材料及び調査方法

右岸護岸前面の河床部には、底生動物の調査用に3種類の配合のポーラスコンクリート平板（幅1000㎜×長さ500㎜）を設置した。平板Aは骨材粒径13～20㎜を使用し目標連続空隙率20%で作製した。平板Bは骨材粒径13～20㎜、目標連続空隙率25%である。平板Cは骨材粒径20～40㎜、目標連続空隙率25%である。平板作製に用いた砕石の物性、配合、及び特性を表2～4に示す。また、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－1に示す。調査では、平板ブロック25㎝×25㎝の方形枠内を、水中ポンプを用い2分間吸引し、サーバーネットで試料を採集した。その後現場で10%のホルマリン溶液で固定した後、サンプルを持ち帰り同定及び個体数と湿重量の測定を行った。



図－1　ポーラス平板布設

表－２　骨材の物理特性

骨材粒径 (mm)	密度	単位体積質量 (kg／m^3)	空隙率 (%)
13-20	2.77	1620	41.52
20-40	2.67	1510	43.45

表－３　平板の特性

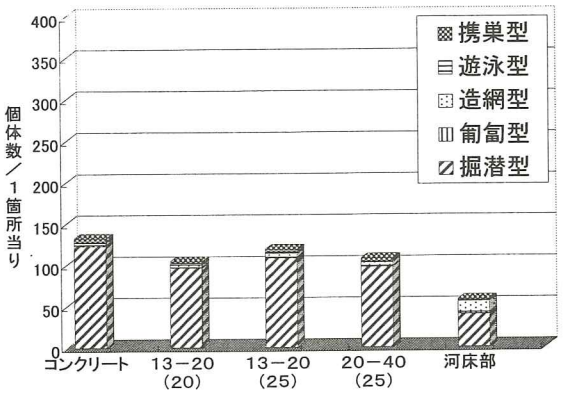
項目	A	B	C
骨材粒径　(mm)	13-20	13-20	20-40
ペースト空隙比(%)	50.0	35.4	40.6
全空隙率(%)	21.3	27.6	26.5
連続空隙率(%)	20.6	26.9	26.0
平均空隙径(mm)	4.1	4.9	7.1
標準偏差(mm)	1.8	2.5	3.1
最大空隙径(mm)	13.7	14.9	21.8
空隙個数（個／100cm^2)	39	38	23

表－４　平板の配合

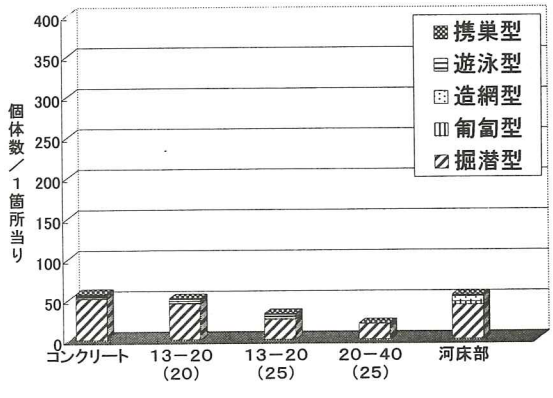
平板種類	骨材粒径 (mm)	単位体積質量 (kg／m^3)	単位 セメント量 (kg／m^3)	W／C	連続空隙率 (%)	スランプ (cm)
普通コンクリート	Max.25	1898	273	55	4.5	8±2.5
A	13-20	1620	352	26	20.0	
B			266		25.0	
C	20-40	1510	289	28	25.0	

３．２ 調査結果及び考察

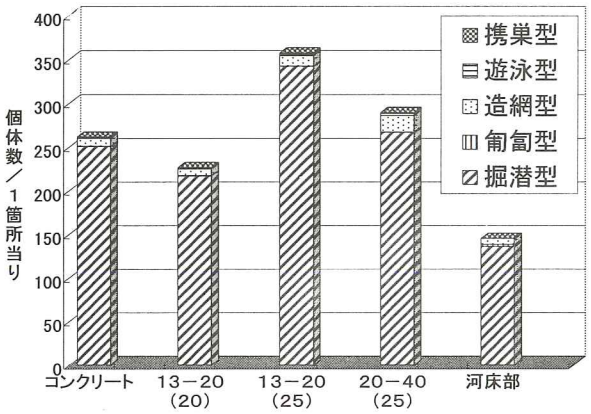
図－2～5 に平成 14 年 8 月と平成 15 年 3 月の出水前後の各平板ブロック・河床 1 箇所当りの底生動物の個体数を生活型に[18]区分し示す。平成 14 年 8 月の調査時と比べて、平成 15 年 3 月は個体数、分類群が多くなっている。前報[1]の調査結果より通常の生活サイクルの結果と考える。また、図－2～3 から出水前の平成 14 年 8 月の調査では、個体数はコンクリート平板、ポーラス平板は河床より多いが、出水後には河床より若干少ない。図－4～5 の結果より、平成 15 年 3 月の調査では、ポーラス平板では出水前後共に河床より多い。以上より、ポーラス平板は底生動物の棲息場として期待できる。出水前の河床部の個体数は最も少ないが、出水後の減少率は少なく出水の影響は最も少ないと思われる。また、底生動物の生活型で比較すると出水により掘潜型の減少率が大きく、造網型は減少率が小さい。図－6～7 に出水前後の分類群数を示す。コンクリート平板と骨材粒径 20～40mm 平板は出水後に分類群数が減少している。分類群や生活型により、ポーラス平板への適応性に差異があることが予想される。



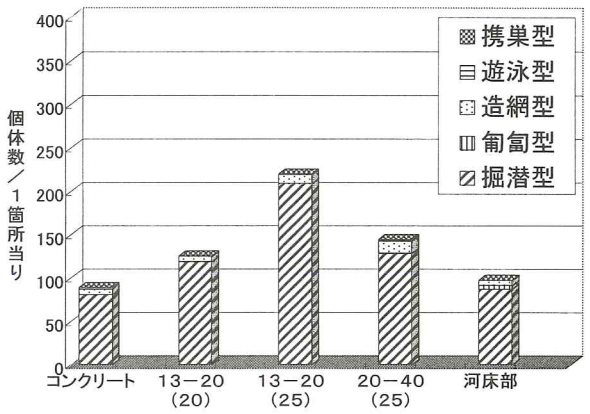
図－２　出水前の個体数（平成 14 年 8 月）



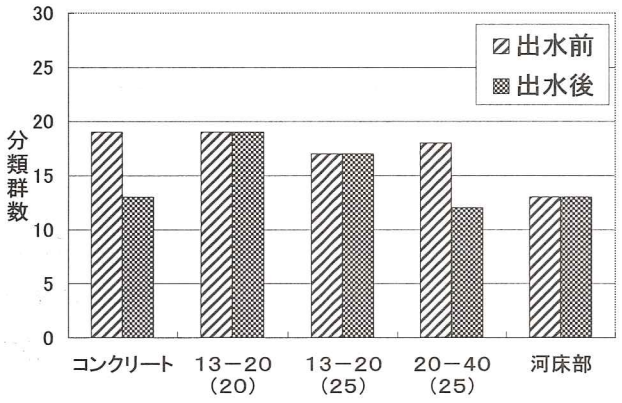
図－３　出水後の個体数（平成 14 年 9 月）



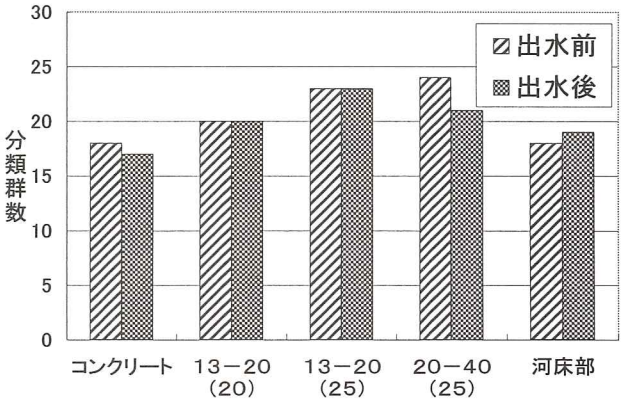
図－4　出水前の個体数（平成15年3月）



図－5　出水後の個体数（平成15年3月）



図－6　出水前後の分類群数（平成14年8月）



図－7　出水前後の分類群数（平成15年3月）

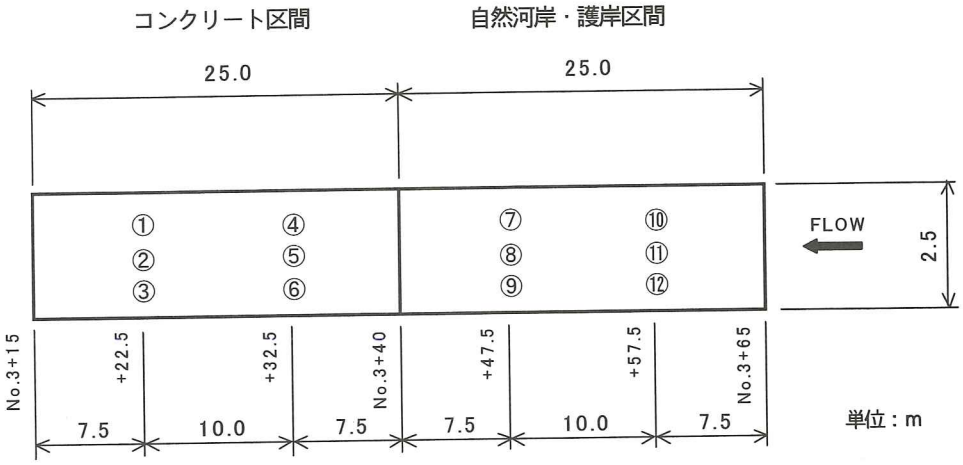
3．3　河岸形態による底生動物の生息状況調査

3．3．1 調査方法

底生動物調査は、平成13年8月、9月、10月、平成14年3月、8月、9月、平成15年3月に2回の計8回行った。平成14年3月の事前調査後、護岸工事を実施している。また、平成13年9月、平成14年8月及び平成15年3月の調査後に小規模の出水を発生させた。

事前調査では、自然河岸区間（25m）及びコンクリート区間（25m）において、底生動物の採集を行った。調査は、図-8に示すように各区間6箇所とした。

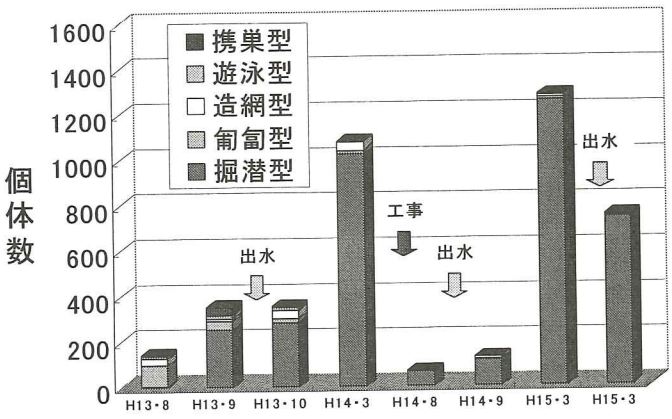
調査は、平成9年度版「河川水辺の国勢調査マニュアル河川版（生物調査編）[17]」に順じ行った。採集は、サーバーネット（25cm×25cm、目合い0.5mm）を使用し、採集後同定・測定を行った。



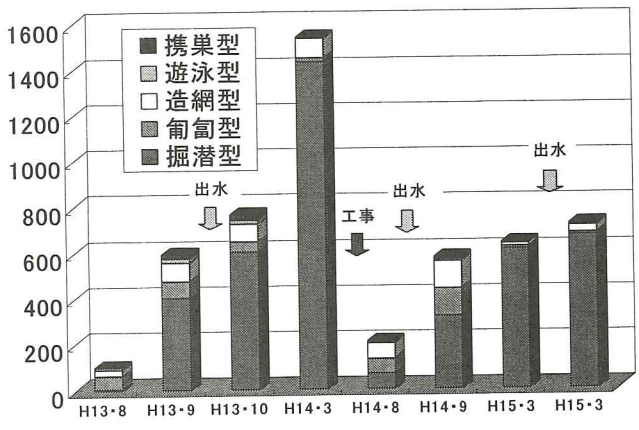
図－８　調査箇所

３．３．２ 調査結果及び考察

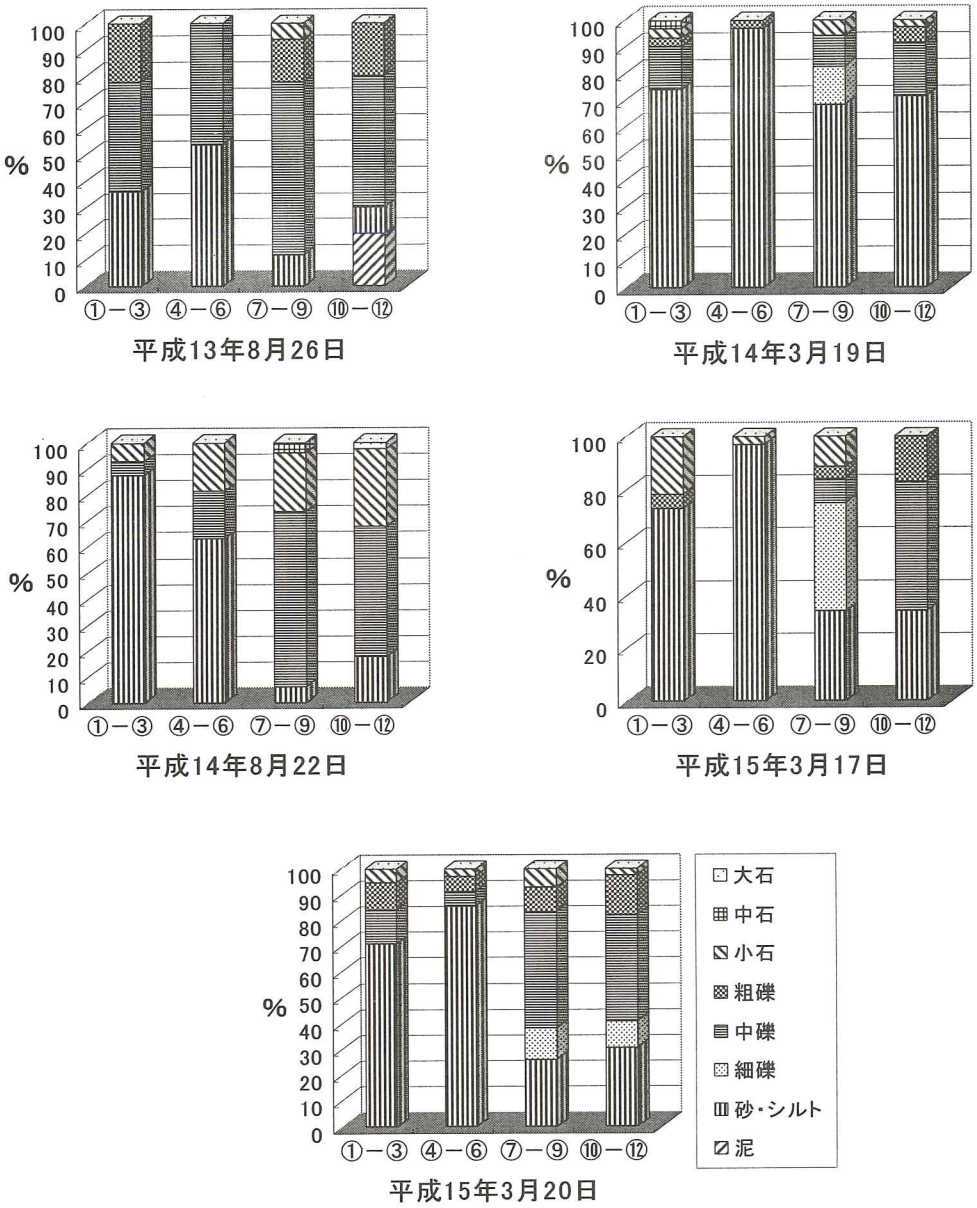
調査結果を図-9～10に示す。各調査日における個体数を生活型[18]により区分し示した。自然河岸区間（護岸工事前）及び護岸区間（護岸工事後）共に、コンクリート区間と比較して個体数が多い。出水後は、コンクリート区間で個体数の増加は見られないが、自然河岸区間・護岸区間では平成14年8月と平成15年3月の2回の出水共個体数が増加している。自然河岸区間や護岸区間で、個体数が多かったのは、水際域の植生、流況の変化による流れの複雑さ等の要因が考えられる。図-11は、各測点ごとの河床材料の構成比を求めた図であるが、平成14年8月の調査で護岸区間（⑦～⑨、⑩～⑫）において河床材がより大きな粒径に変化したことが分かる。また、平成15年3月の出水後の調査でも護岸区間（⑦～⑨、⑩～⑫）において河床材の粒径が大きく変化し、造網型の個体数が若干増えている。このことから、護岸設置後の流況の変化等により造網型の生息に適した底質に変化したと考えられる。河床材料の動きやすさを表す無次元掃流力$\tau_*=u_*^2/(s\cdot g\cdot d_R)$より算定すると、今回の出水では細礫程度以下の粒径しか移動せず、出水により石や礫間の微細な河床材料が流下していると考えられる。また、凸部上流側が礫化し下流側に砂・シルトの堆積が見られたことから、水際部の平面的な凹凸形状による流速変化により、河床材料が分級化したと考えられる。



図－９　コンクリート区間



図－１０　自然河岸・護岸区間



図－１１　河床材料の構成比変化

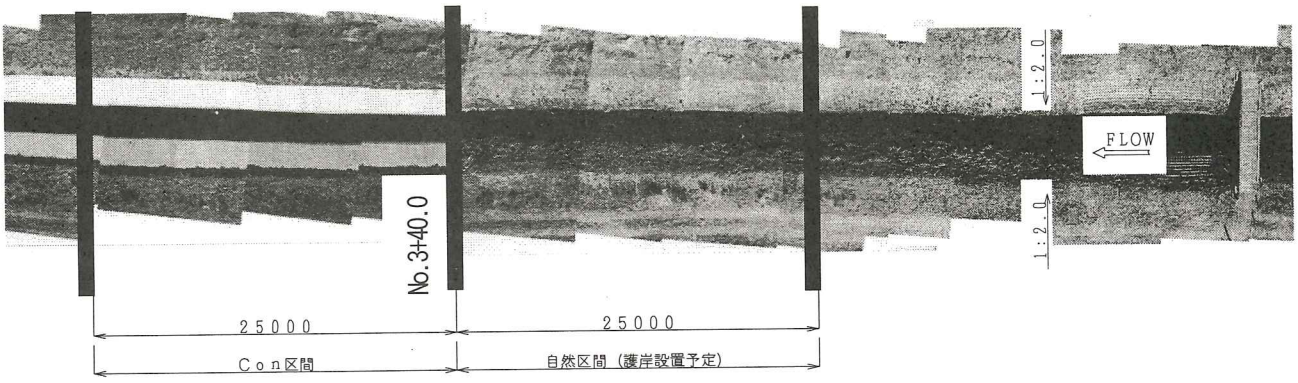
4．　研究II

4．1　事前調査

4．1．1　事前調査の方法

事前調査は写真－1に示すとおり、2区間「従来型コンクリート護岸区間：以下、Con区間（25m）」、「護岸設置前の自然河岸区間：以下、自然区間（25m）」を設定し、平成13年8月と9月（以下、夏期）、10月（以下、秋期）、平成15年3月に2回（以下、冬期）の計5回行った（表－1）。設定した2区間の物理環境調査[19)、20)]として、植生カバー調査、水理調査を実施した。植生カバー調査は水際域の植物の水面張出し状況と植生カバー内外部の照度を計測し、水理調査は平常時と出水時の水深や流速を電磁流速計等で計測した（各測点・横断方向50cmメッシュを基本）。

一方、魚類調査[14)、15)、21)]は刺網（目合9mm）で区間を仕切り、電気ショッカー（Smith-Root社製；Model-12B）とタモ網で採捕した。採捕した魚類は、その場で同定、湿重量等を計測した。



写真－1　事前調査区間（撮影：平成14年3月）

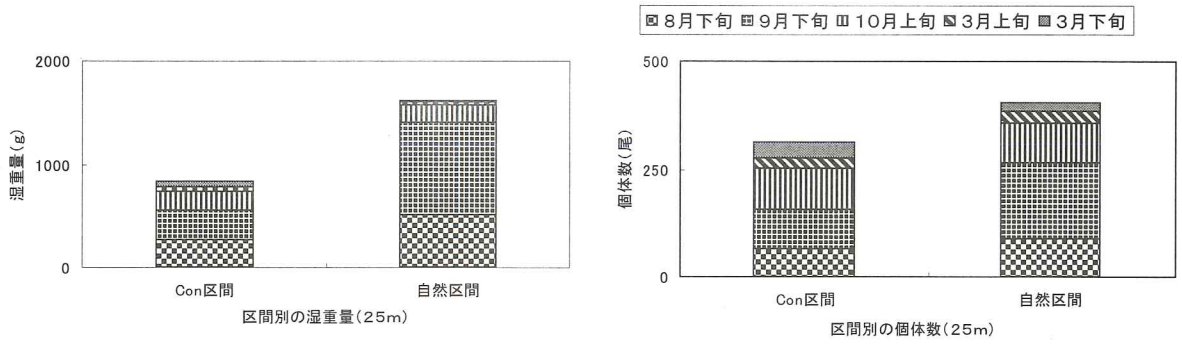
4．1．2　事前調査の結果

魚類調査の結果を図－12に示す。5回の調査で19種（ヨシノボリ属は1種とした）、717尾を採捕した。Con区間の湿重量・個体数は5回調査の合計で自然区間の湿重量・個体数を下回る結果となった。調査時期別に比較すると、夏期調査ではCon区間の湿重量・個体数が自然区間を下回る結果となったが、秋期と冬期の調査ではCon区間と自然区間の湿重量・個体数は同程度で、両区間とも少ない結果となった。

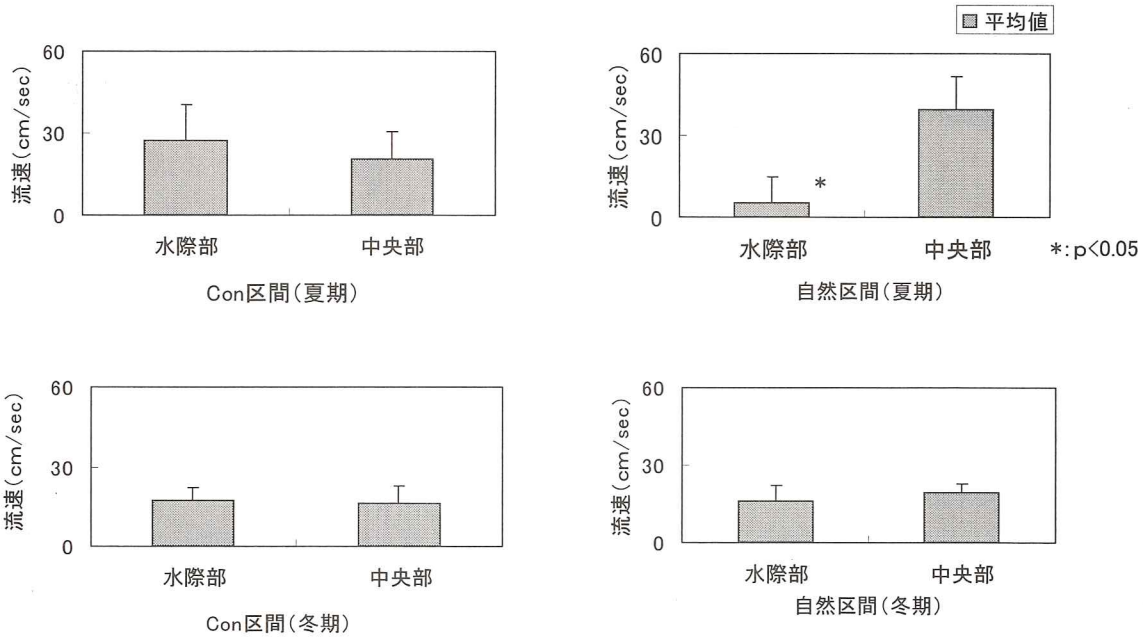
次に、水理調査の一例として流速調査の結果を図－13に示す。Con区間では水際部の流速と中央部の流速分布には差が見られず、単調区間となっていた。夏期の自然区間の水際部では流速が遅く、中央部では速くなっており、水際部の植生により多様な流速場が形成されていた。一方、植生が枯れた冬季の自然区間の流速はCon区間と同様に水際部、中央部の流速に差が見られず、単調となっていた。

この植生状況の違いによる出水時の水位状況を写真－2に示す。右写真は夏期の植生が繁茂した自然区間に出水流量1.0t/sec程度を与えた時の水深約1.0mの状況である。左写真は植生を倒伏した状態の自然区間に同一流量を与えた時の水深約0.6～0.7mの状況であり、粗度の違いによって流下能力に差が見られた。

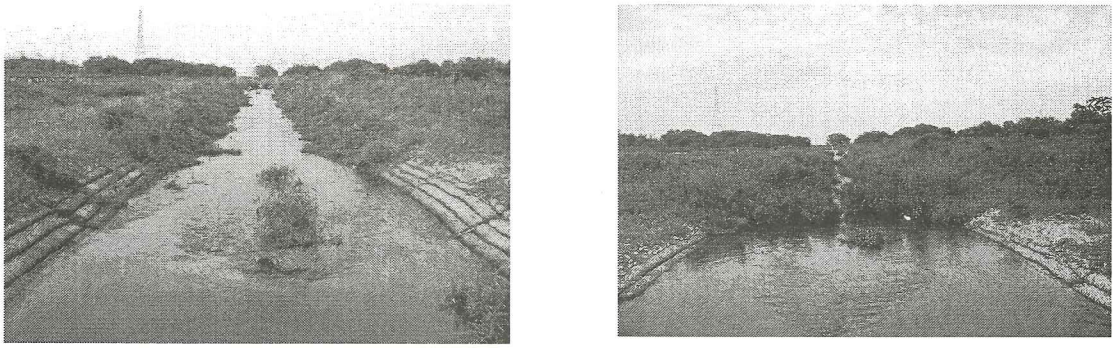
照度調査（秋期）では、Con区間中央部で80,000～100,000(Lux)程度に対し、水際部で3,000～6,000(Lux)程度と低く、植生カバーによる遮光作用が見られた。冬期には鳥類等の飛来や水生生物の捕食状況を目視確認した。これは水際部の植生が枯れたことで鳥類が魚類等を捕食し易い環境で、魚類等の避難場が消失していたものと考える。



図－１２　区間別にみた魚類の湿重量・個体数（事前調査）



図－１３　区間別の水際部と中央部の流速（調査時期別）



植生倒伏時　　植生繁茂時

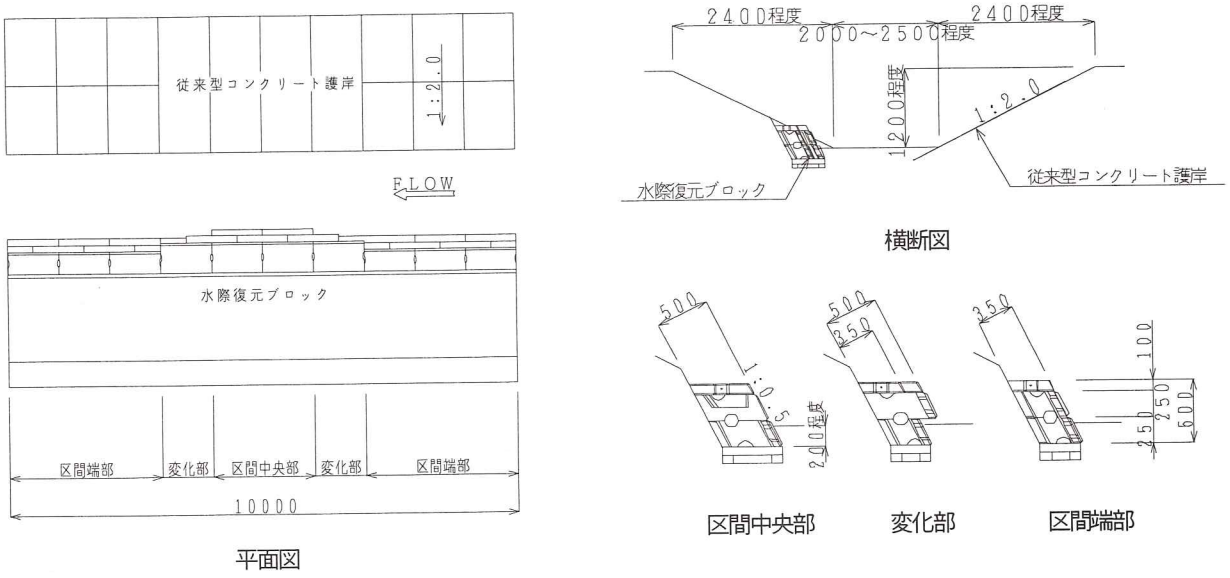
写真－２　同一流量（1.0ｔ／sec）に対する水位（事前調査）

4．2　事前調査結果を踏まえた護岸構造の提案

事前調査結果より、水際部の植生カバーは流速や照度の分布を変化させ、魚類の生息量（個体数・湿重量）を増加させた。その一方で、植生によって粗度が大きくなり流下能力を低下させた。

そこで、護岸設置予定区間の下流側10mは、左岸に水際域復元ブロック区間（以下、水際B区間）とした。護岸構造は、図－14に示す様に流下断面を出来る限り阻害しないよう控長の15cm異なるブロック（一般的なブロック積擁壁の控長35～50cmの範囲内[22]）で水際部に平面的に見て凸形状を施した。これは、凸形状による流況変化に伴う河床材の変化、更にその河床材の変化によって底生動物の生息状況を変化（魚類の餌場）させるような構造とし、魚類にとって多様な生息環境[14),21)]を期待するものである。また、断面的なオーバーハング形状やブロック内部に入組んだ空洞部を設けることで、流速の低減や遮光作用による魚類等の走流性[24),25),26)]、走陰性[24),27)]を利用した集魚効果、あるいは物理的なオーバーハング形状によって鳥類からの捕食圧の低減等を期待する構造とし、以下、これらの作用・効果をカバー効果と定義する。

なお、この対岸は植物が生育しない様、従来型コンクリート護岸とし、この区間の上流側両岸15mは植生ブロックを2割勾配で布設した植生ブロック護岸区間とした（以下、植生B区間）。

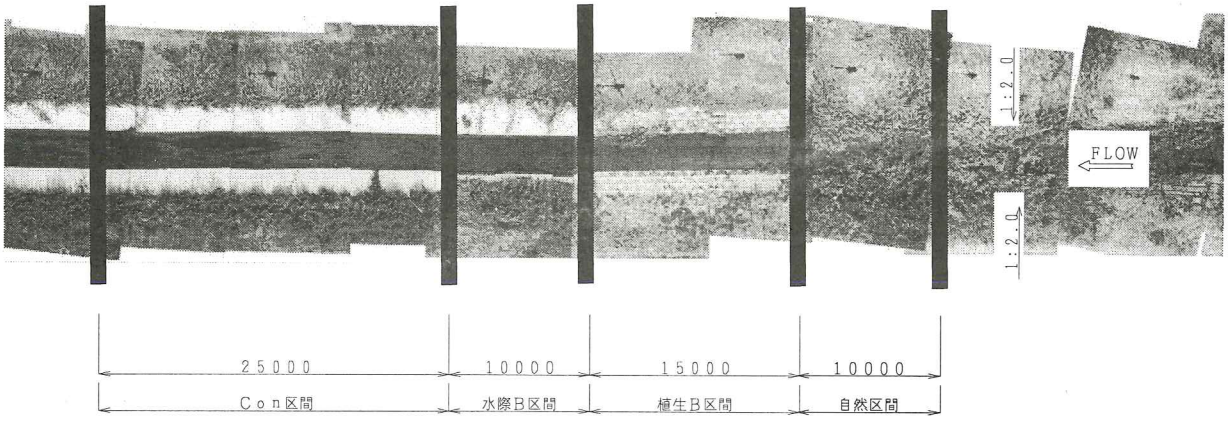


図－１４　水際復元ブロック区間護岸構造概略図

4．3　事後調査

4．3．1　事後調査の方法

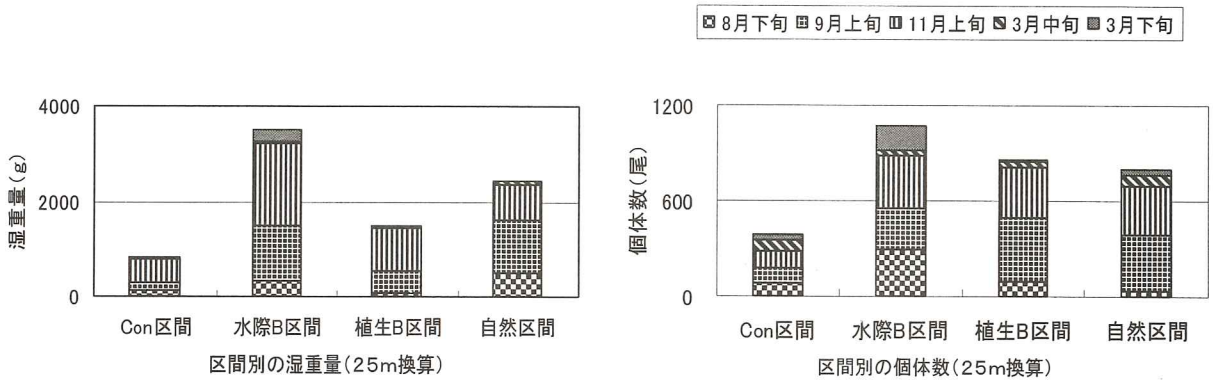
事後調査は写真－2に示すとおり、4.2で提案した水際B区間（10m）、植生B区間（15m）に、事前調査と同様のCon区間（25m）、自然区間（10m）を加えた4区間を設定した。調査は平成14年8月と9月（以下、夏期）、11月（以下、秋期）、平成15年3月に2回（以下、冬期）の計5回行った（表－1）。調査方法は基本的に事前調査と同様の項目とした。ただし、水際B区間の水理調査は水際域について詳細（水際から50cmまでを12.5cmメッシュで）に計測した。更に底生動物調査としてサーバーネット（25×25cm、目合0.5mm）を用いて採集したのち、同定、湿重量等を計測した[19)]。



写真－３　事後調査区間（撮影平成 14 年７月）

４．３．２　事後調査の結果及び、考察

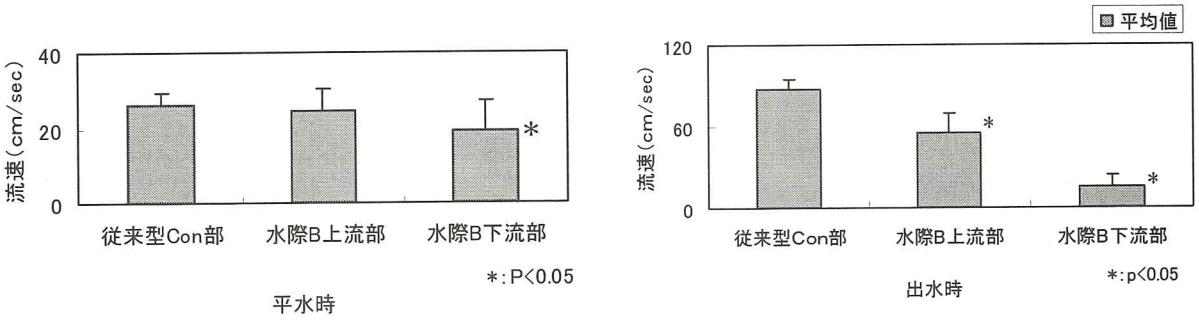
魚類調査結果を図－15 に示す。5 回の調査で 22 種（ヨシノボリ属は 1 種とした）、1556 尾を採捕した。水際 B 区間の湿重量・個体数は他区間と比較して、全調査の累積で最も多い結果となった。



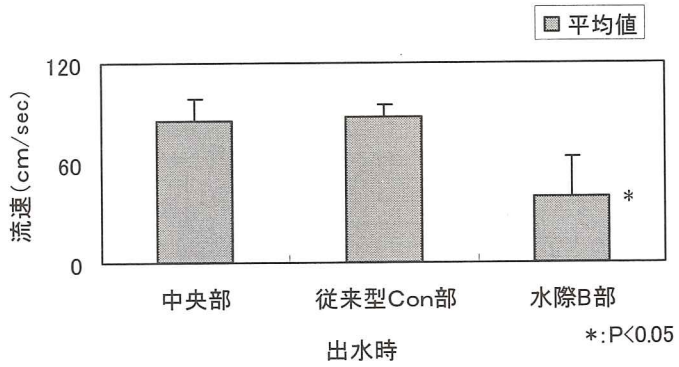
図－１５　区間別にみた魚類の湿重量・個体数（事後調査）

水理調査の結果の一例を、図－16、図－17 に示す。図－16 平水時は水際 B 区間の水際部の夏期平常水位（0.1ｔ/sec）における流速測定結果を示したものである。左岸水際復元ブロック護岸の下流部（水際 B 下流部）の流速は、上流部（水際 B 上流部）及び、右岸の従来型コンクリート護岸部（従来型 Con 部）の流速と比較して低く、よどみ域が形成されていた。図－16 出水時は水際 B 区間の水際部の冬期出水時（流量 1.0ｔ/sec）における流速測定結果を示したものである。左岸水際復元ブロック護岸の下流部（水際 B 下流部）の流速は、上流部（水際 B 上流部）及び、右岸の従来型コンクリート護岸部（従来型 Con 部）の流速と比較して低く、平常水位と同様によどみ域が形成されていた。しかし、水際復元ブロック護岸の上流部（水際 B 上流部）の流速は、右岸の従来型コンクリート護岸部（従来型 Con 部）の流速と比較して低く、平常水位と異なっていた。これは、水際 B 区間の護岸凸部構造によるものと考える。

図－17 は、水際 B 区間における出水時の河川横断方向中央部（以下、中央部）と左岸の水際ブロック護岸水際部（水際 B 部）、および、右岸の従来型コンクリート護岸水際部（以下、従来型 Con 部）の流速測定結果を示したものである。水際 B 部の流速は、従来型 Con 部の流速、および、中央部の流速と比較して低くなっていた。従来型 Con 部の流速と中央部の流速には差が見られず、一様な流向となっていた。

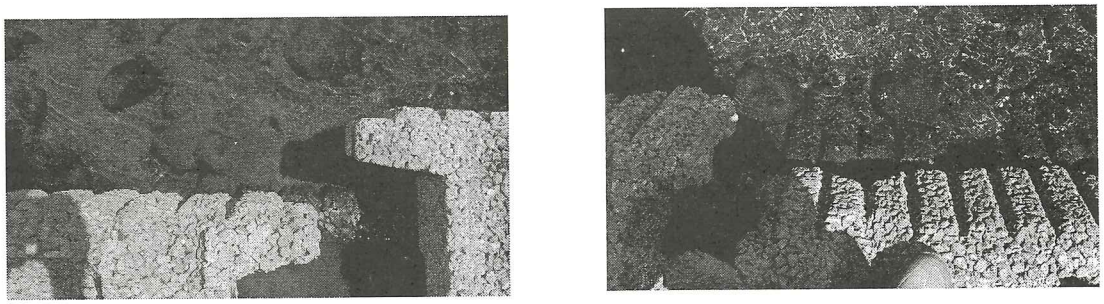


図－１６　護岸形態別にみた水際部の流速



図－１７　出水時の護岸形態別にみた水際部の流速

この凸部の流況変化により、河床材に変化が生じ、凸部上流側は浮き石状態、凸部下流側は砂・シルトの堆積により沈み石状態となった（写真－4）。更に、この河床材料の変動によって表－5に示すとおり、底生動物の生息状況にも違いが見られた[28)、29)]。



凸部下流　　凸部上流

写真－４　水際Ｂ区間凸部の上流・下流の河床材料

表－5　水際B区間凸部の上流・下流の底生動物生息状況

門	綱	目	科	分類群（種）名		水際B区間 凸部上流側 個体数	凸部上流側 湿重量	凸部下流側 個体数	凸部下流側 湿重量
扁形動物	ｳｽﾞﾑｼ	ｳｽﾞﾑｼ	－	Tricladida	ｳｽﾞﾑｼ(三岐腸)目				
軟体動物	ﾆﾏｲｶﾞｲ	ﾊﾏｸﾞﾘ	ｼｼﾞﾐ	Corbicula leana	ﾏｼｼﾞﾐ			16	0.53
環形動物	ﾐﾐｽﾞ	ﾅｶﾞﾐﾐｽﾞ	ﾐｽﾞﾐﾐｽﾞ	Branchiodrilus sp.	ｴﾗｵｲﾐｽﾞﾐﾐｽﾞ属の一種				
				Stylaria sp.	ﾃﾝｸﾞﾐｽﾞﾐﾐｽﾞ属の一種				
				Naididae	ﾐｽﾞﾐﾐｽﾞ科				
			ｲﾄﾐﾐｽﾞ	Branchiura sowerbyi	ｴﾗﾐﾐｽﾞ			1	+
				Tubificidae	ｲﾄﾐﾐｽﾞ科			8	+
	ﾋﾙ	ｳｵﾋﾞﾙ	ｸﾞﾛｼﾌｫﾆ	Glossiphoniidae	ｸﾞﾛｼﾌｫﾆ科				
		咽蛭	ｲｼﾋﾞﾙ	Erpobdella lineata	ｼﾏｲｼﾋﾞﾙ				
				Erpobdellidae	ｲｼﾋﾞﾙ科	1	+	1	0.01
節足動物	昆虫	ｶｹﾞﾛｳ	ﾋﾒｼﾛｶｹﾞﾛｳ	Caenis sp.	ﾋﾒｼﾛｶｹﾞﾛｳ属の一種				
			ﾏﾀﾞﾗｶｹﾞﾛｳ	Torleya japonica	ｴﾗﾌﾟﾀﾏﾀﾞﾗｶｹﾞﾛｳ				
			ｺｶｹﾞﾛｳ	Acentrella sp.	ﾐｼﾞｶｵﾌﾀﾊﾞｺｶｹﾞﾛｳ属の一種				
				Baetiella japonica	ﾌﾀﾊﾞｺｶｹﾞﾛｳ				
				Baetis sahoensis	ｻﾎｺｶｹﾞﾛｳ				
				Baetis sp.H	Hｺｶｹﾞﾛｳ				
				Baetis sp.	ｺｶｹﾞﾛｳ属の一種(破損)				
				Cloeon sp.	ﾌﾀﾊﾞｶｹﾞﾛｳ属の一種				
		ﾄﾝﾎﾞ	ｲﾄﾄﾝﾎﾞ	Coenagrionidae	ｲﾄﾄﾝﾎﾞ科				
			ﾄﾝﾎﾞ	Orthetrum albistylum speciosum	ｼｵｶﾗﾄﾝﾎﾞ				
		ﾄﾋﾞｹﾗ	ｼﾏﾄﾋﾞｹﾗ	Cheumatopsyche spp.	ｺｶﾞﾀｼﾏﾄﾋﾞｹﾗ属の数種	4	+		
			ﾋﾒﾄﾋﾞｹﾗ	Hydroptila spp.	ﾋﾒﾄﾋﾞｹﾗ属の数種	4	+		
			－	TRICHOPTERA(pupa)	ﾄﾋﾞｹﾗ目(蛹)				
		ﾊｴ	ﾕｽﾘｶ	Tanypodinae	ﾓﾝﾕｽﾘｶ亜科	2	+		
				Cricotopus spp.	ﾂﾔﾕｽﾘｶ属の数種				
				Rheocricotopus spp.	ﾅｶﾞﾚﾂﾔﾕｽﾘｶ属の数種				
				Thienemanniella spp.	ﾇｶﾕｽﾘｶ属の数種				
				Orthocladiinae	ｴﾘﾕｽﾘｶ亜科	14	+	1	+
				Chironomus sp.	ﾕｽﾘｶ属の一種				
				Cryptochironomus spp.	ｶﾏｶﾞﾀﾕｽﾘｶ属の数種				
				Dicrotendipes spp.	ﾎｿﾕｽﾘｶ属の数種	4	+		
				Polypedilum spp.	ﾊﾓﾝﾕｽﾘｶ属の数種	9	+	2	+
				Cladotanytarsus spp.	ｴﾀﾞｹﾞﾋｹﾞﾕｽﾘｶ属の数種	2	+		
				Rheotanytarsus spp.	ﾅｶﾞﾚﾕｽﾘｶ属の数種	13	+		
				Tanytarsus spp.	ﾋｹﾞﾕｽﾘｶ属の数種	1	+		
				Chironominae	ﾕｽﾘｶ亜科				
				Chironomidae(pupa)	ﾕｽﾘｶ科(蛹)	2	+		
出現数						11		6	
個体数（匹/0.25×0.25㎡）						56		29	
湿重量（g/0.25×0.25㎡）							0.02		0.55

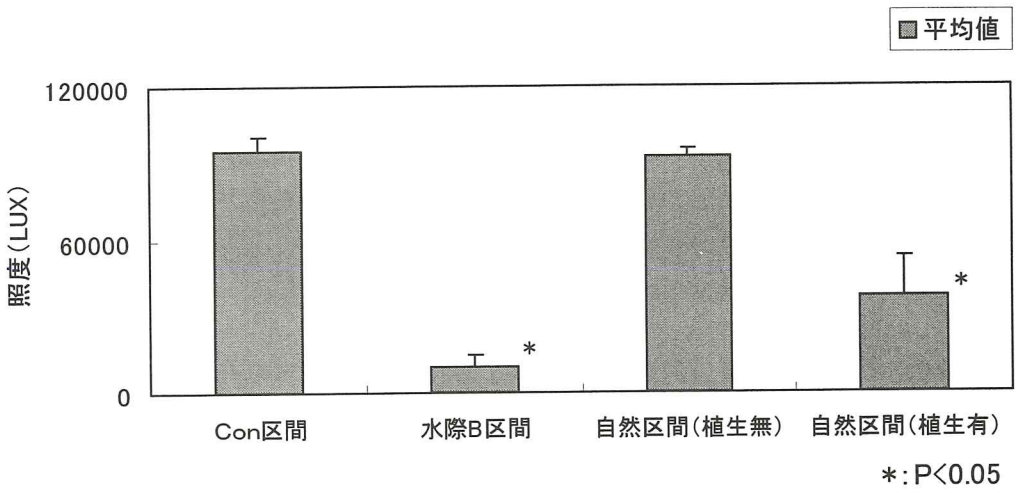
*湿重量において、+ は0. 01g未満を表す。

この様に水際域に変化を与えた水際B区間における出水時の水位状況を写真－5に示す。写真－5は出水流量1.0t/sec程度を与えた時の水位約0.6～0.7m程度の状況である。この水位は、事前調査の植生が繁茂した自然区間（夏期）での出水時の水位約1.0mより低く、秋期の植生が枯れ始めた自然区間やCon区間の水位と同程度であった。

植生カバー調査の一例として図－18に照度の測量結果を示す。水際B区間における水際部の照度が他区間と比較して低い結果となった。これは、オーバーハングやブロック内部に入組んだ空洞部形状の遮光効果によるものと考えられる。また、Con区間や自然区間の植生カバー内部と比較しても低く、その効果は夏期・冬期といった調査時期によらず維持されていた。



写真－5　　流量1.0t／secに対する水位



図－１８　護岸形態別にみた水際部の照度

以上のことから、水際Ｂ区間の魚類湿重量・個体数が、他の区間と比較して多くなったのは、凸部による多様な流速場（よどみ域）の形成、それに伴う河床材変動による底生動物の生息場の形成、遮光効果による陰影の形成、オーバーハング形状による避難場の形成といった夏期の自然区間と同様に、多様な物理環境を形成させたことが要因と思われる。

５．まとめ

本研究おいて研究Ｉでは、ポーラスコンクリートを用いた護岸工を想定しポーラス平板と河床との比較により、ポーラスコンクリートが底生動物の棲息にとって有効であることを確認した。また、分類群や生活型により、ポーラス平板への適応性に差異があることが本研究により示唆された。また、護岸構造という観点から、コンクリート区間と自然河岸区間・護岸区間の比較により、底生動物の棲息個体数に差異があることを把握した。

研究IIでは、魚類の生息環境に着目し、事前調査の結果で得られた植生カバーの効果（遮光効果、流速低減効果、捕食圧の低減）を護岸に付加し、物理環境（流速、照度）と魚類生息量を定量的に調査した。その結果、提案した護岸ブロック工法は、調査時期によらず遮光効果があり、出水時・平常水位によらずよどみ域を形成された。その環境下で魚類生息量（湿重量・個体数）は多い結果となった。このことは、単調化した都市河川や農業用排水路等では、特に、魚類の越冬環境[30]の復元のために有効であると考えられる。また、提案した護岸構造は、平常水位、出水時等の流量変動（自然の流水の力）に対して河床材料を変化させ、底生動物の生息状況にも影響を与えた[31]。

これまで、経験的に用いられてきた環境保全型ブロックや魚巣ブロックも、今後、性能を明らかにする必要がある。そのためにも、定量的、かつ、継続的なデータの蓄積が重要であると考える。

謝辞

本研究は（独）土木研究所自然共生研究センターの活用研究として実施させて頂きました。調査の機会を与えて頂きましたアドバイザー委員の先生方、同センター長の萱場祐一氏、皆川朋子研究員、河口特別研究員、（国）中部地方整備局河川部河川工事課（前・中部技術事務所環境共生課）水野徹係長、並びに、本研究にご協力頂きました方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

1) 建設省河川局：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説設計編Ⅰ、pp.32-48、1997.

2) 建設省土木研究所：洪水流を受けた時の多自然型河岸防御工・粘性土・植生の挙動、土木研究所資料Vol.3489号、pp.229、1997.

3) （財）国土開発技術研究センター：護岸の力学設計法、1999.

4) （社）全国防災協会：美しい山河を守る災害復旧基本方針、pp.1-1～1-34、2-1～2-60、2002.

5) 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.

6) 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.

7) 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.

8) 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.

9) 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.

10) 林田寿文他：田川における河川改修10年後の魚類生息環境及び、魚類相の変化、第55回土木学会年次講演会、2000

11) 島谷幸宏：河川環境の保全と復元、鹿島出版会、pp.26-29、2000

12) 萱場祐一他：直線河道における魚類生息環境の復元の試みとその効果、河川技術に関する論文集、pp.369-374、2001.

13) 小出水規行他：農業用排水路網における魚類生息分布とその環境、応用生態工学研究会第6回研究発表会講演集、pp.39-42、2000

14) 河口洋一他：実験河川における魚類の分布と生息環境の関係、土木技術資料、Vol.44、No.10、pp.26-31、2002.

15) 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.

16) 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.

17) 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.

18) 森下郁子：指標生物学生物モニタリングの考え方、山海堂、pp.124-144、1985.

19) 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.

20) 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.

21) 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.

22) （社）全国日本建設技術協会：建設省制定土木構造物標準設計2　擁壁類、pp.2-1～2-2、2000.

23) 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.

24) 有元貴文他：魚の行動生理学と漁法、恒星社厚生閣刊、1995.

25) 井上実：魚の走流行動、月刊海洋科学、Vol.15、No4、PP.215～218、1983.

26) 井上実：円形水路によるウグイの向流行動、東京水産大研報、Vol.69、PP.1～9、1982.

27) 井上実他：河川魚類の明・暗環境における走向行動、日本水産学会誌、Vol.12、No.48、PP.1697～1701、1982.

28) 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.

29) 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、Vol.37、pp.443-451、1996.

30) 渡辺恵三他：積雪寒冷地におけるサクラマス幼魚の越冬環境と河川構造～その創出に向けた事前調査結果から～、応用生態工学研究会第6回研究発表会講演集、pp.39-42、2000.

31) 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.

参考資料

□掲載データ

ここでは、自然共生研究センターで観測された気象データ、水温（実験河川、木曽川、新境川）、水質（実験河川）観測データを参考資料として掲載する。

① 気象データ

実験棟東側に設置されている総合気象観測装置より得られた気温、相対湿度、雨量、風向、風速データ

② 水温

水温計 TitbiT（Onset 社製）により得られた水温データ。設置箇所は、実験河川A、B、Cの上流・中流・下流（表）、及び木曽川 53km 地点、新境川 0.4km 地点である。

表　実験河川における水温計設置箇所

	上流	中流	下流
実験河川A	No.8＋40	No.4+0	No.0+10
実験河川B	No.8+60	No.4+10	No.0+10
実験河川C	No.8+60	No.4+0	No.0+10

③ 水質

中部技術事務所環境共生課による実験河川B、C最上流地点（流入地点）及び最下流地点を対象とした水質調査が、平成 14 年 7 月から月２回の頻度で実施されている。

分析項目は以下のとおりである。

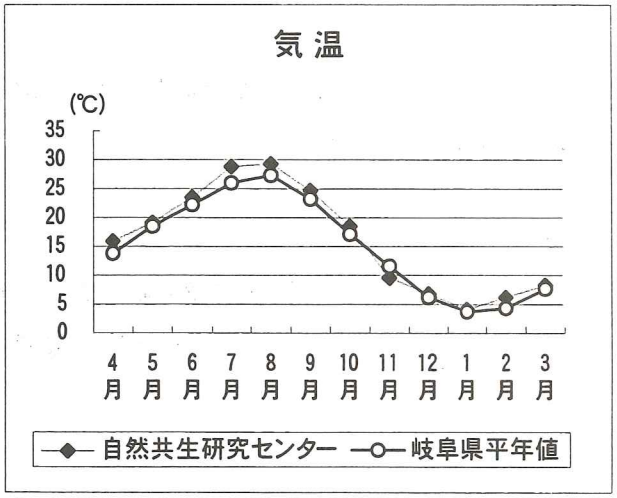
＜分析項目＞

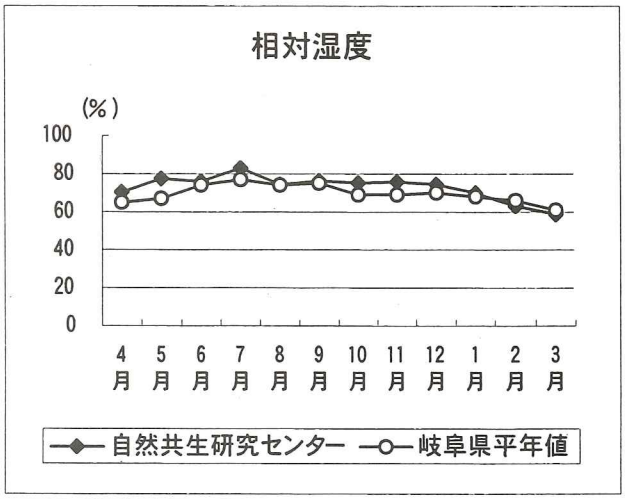
透視度、pH、DO、BOD、SS、総窒素、総リン、アンモニウム態窒素、硝酸態窒素、オルトリン酸態リン、TOC、総クロロフィル、クロロフィルａ、ｂ、ｃ、フェオフィチン、濁度、電気伝導度

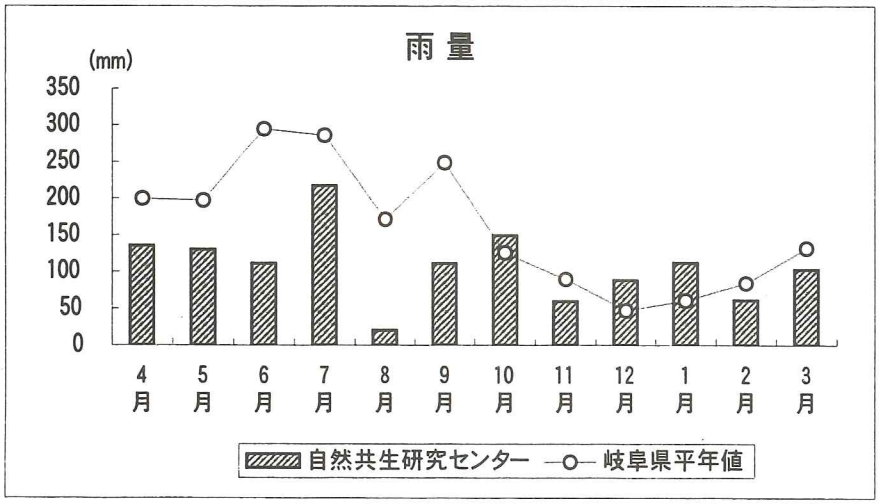
（1） 気象データ

2002年度 総合気象盤データ

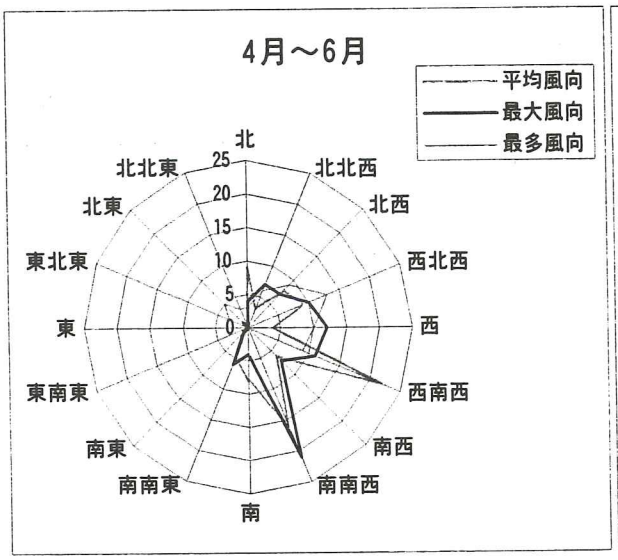
	自然共生研究センター			岐阜県平年値		
	日平均気温 (℃)	日平均相対湿度 (%)	日雨量 (mm)	日平均気温 (℃)	日平均相対湿度 (%)	日雨量 (mm)
4月	15.9	70.3	135.0	13.8	65.0	199.4
5月	19.1	77.5	130.0	18.5	67.0	197.0
6月	23.5	76.0	111.0	22.2	74.0	294.5
7月	28.8	83.0	217.0	26.0	77.0	285.8
8月	29.3	74.4	20.0	27.3	74.0	171.0
9月	24.7	76.3	111.0	23.2	75.0	248.5
10月	18.5	75.3	149.0	17.1	69.0	125.4
11月	9.6	75.7	59.0	11.6	69.0	89.1
12月	6.8	74.4	88.0	6.2	70.0	47.0
1月	4.1	70.0	112.0	3.7	68.0	60.3
2月	6.2	63.2	61.0	4.3	66.0	83.9
3月	8.3	58.7	103.0	7.7	61.0	131.9

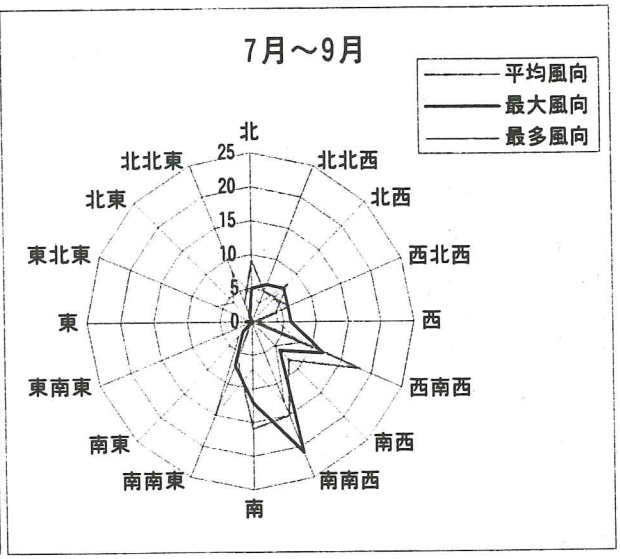


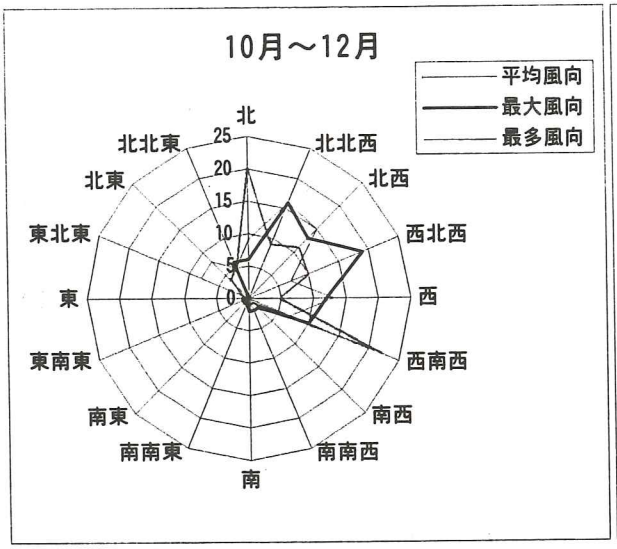


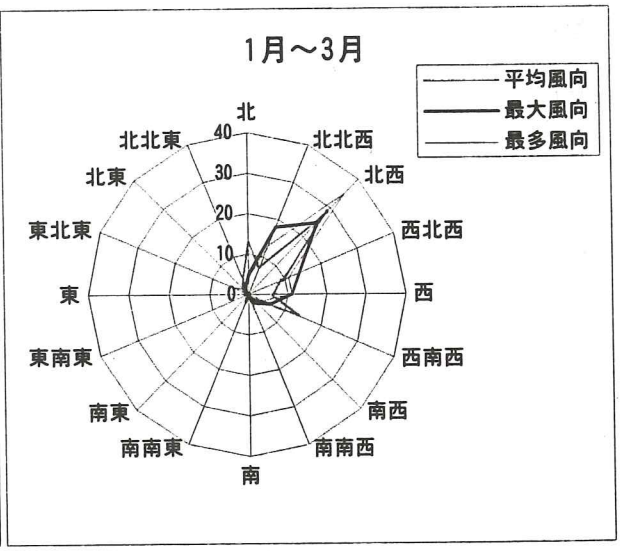


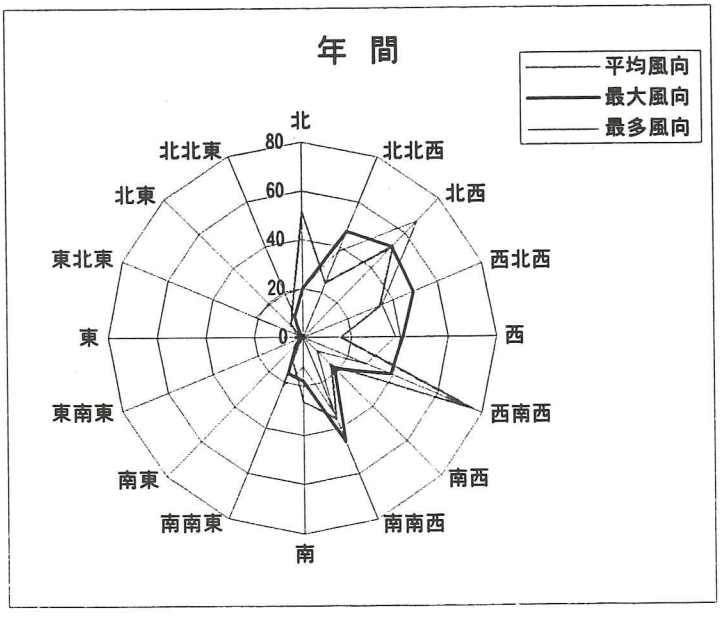
風 向


4月～6月
平均風向
最大風向
最多風向
北
北北西
北西
西北西
西
西南西
南西
南南西
南
南南東
南東
東南東
東
東北東
北東
北北東
25
20
15
10
5
0


7月～9月
平均風向
最大風向
最多風向
北
北北西
北西
西北西
西
西南西
南西
南南西
南
南南東
南東
東南東
東
東北東
北東
北北東
25
20
15
10
5
0


10月～12月
平均風向
最大風向
最多風向
北
北北西
北西
西北西
西
西南西
南西
南南西
南
南南東
南東
東南東
東
東北東
北東
北北東
25
20
15
10
5
0

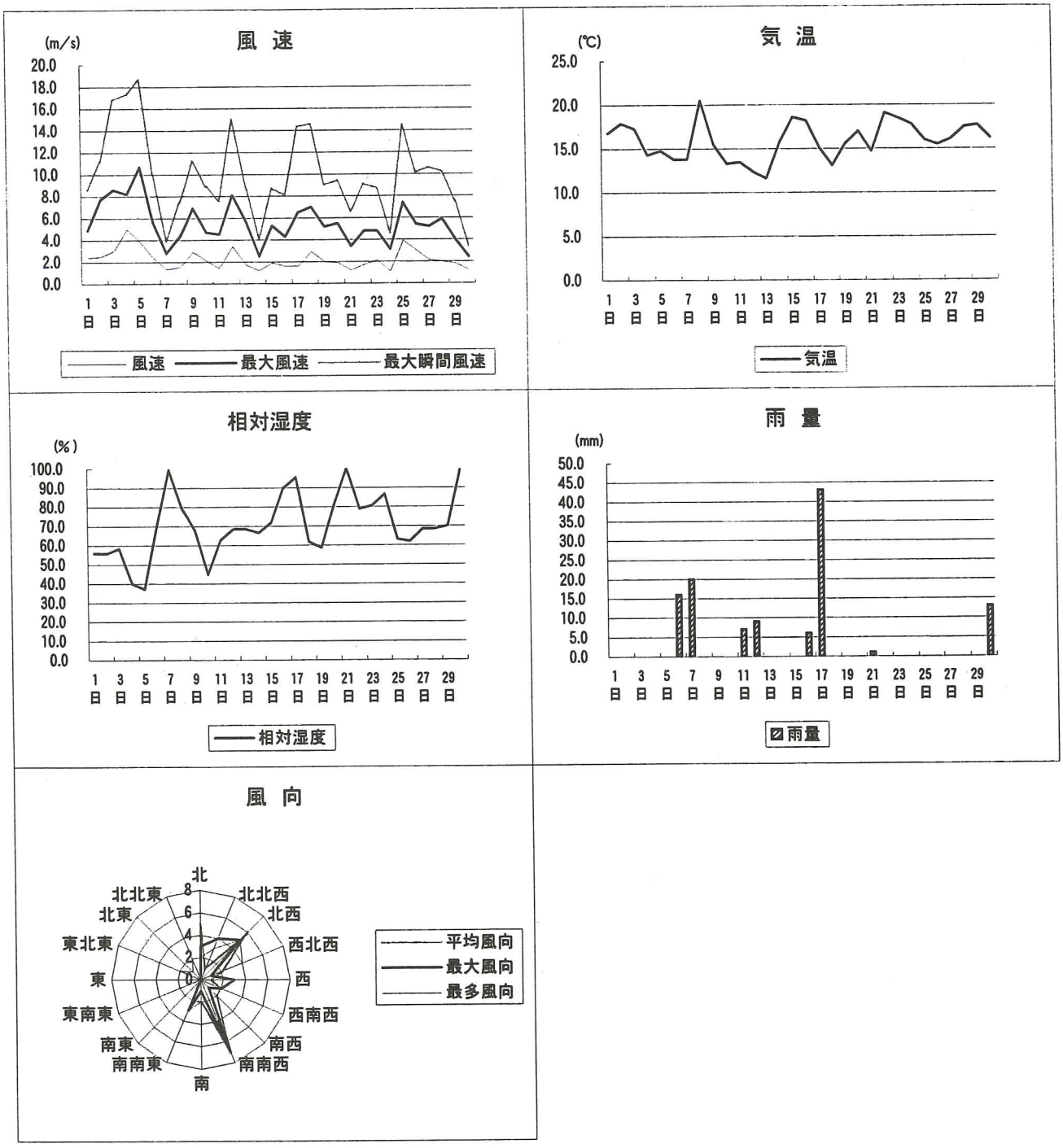

1月～3月
平均風向
最大風向
最多風向
北
北北西
北西
西北西
西
西南西
南西
南南西
南
南南東
南東
東南東
東
東北東
北東
北北東
40
30
20
10
0


年 間
平均風向
最大風向
最多風向
北
北北西
北西
西北西
西
西南西
南西
南南西
南
南南東
南東
東南東
東
東北東
北東
北北東
80
60
40
20
0

月 表　2002年4月

北緯:　0°0'0"　　東経:　0°0'0"　　標高:　0m

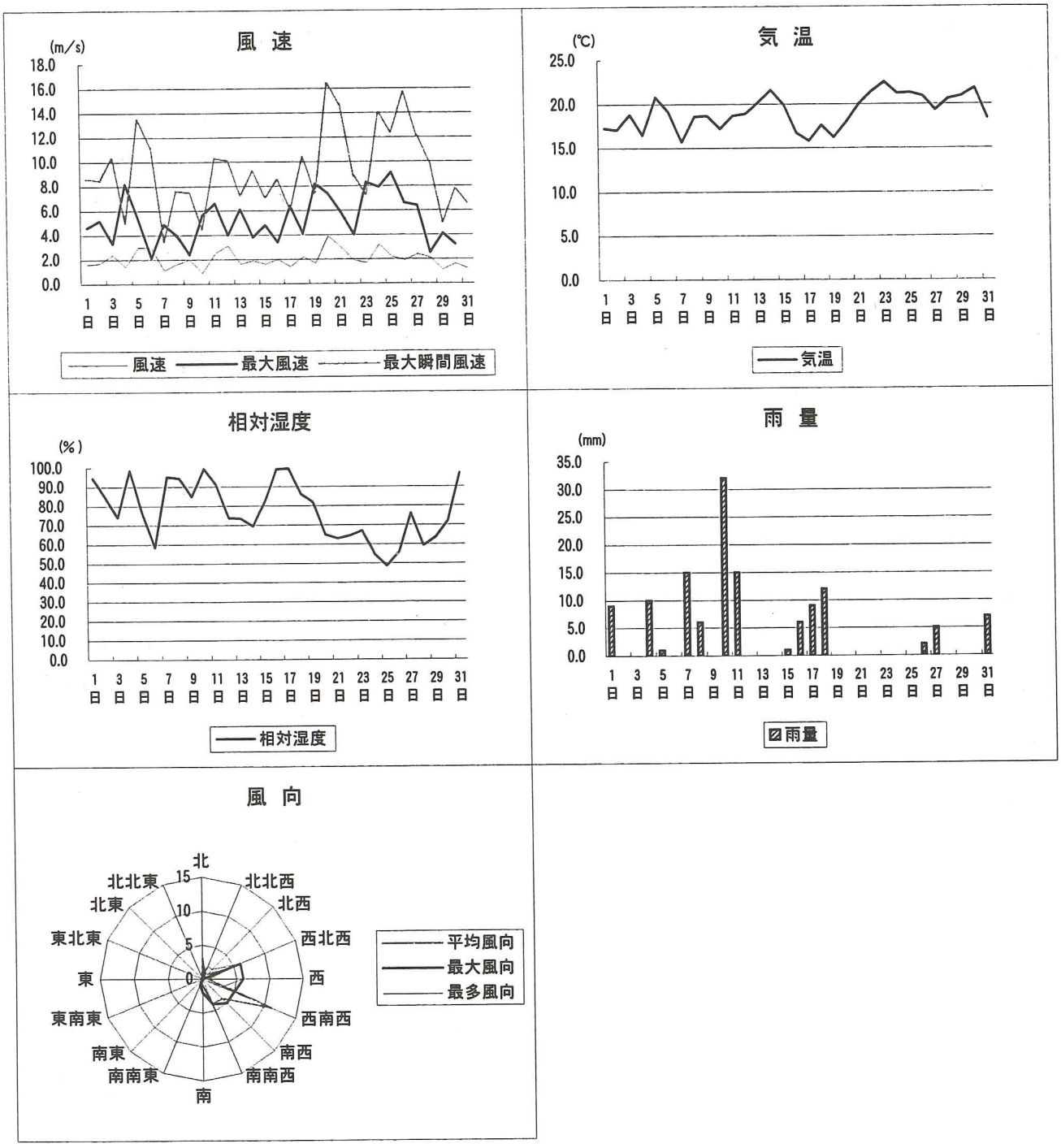
日付	日平均風速 (m/s)	日最大平均風速 (m/s)	同 風向	日最大瞬間風速 (m/s)	同 風向	最多風向	日平均気温 (℃)	日平均相対湿度 (%)	日雨量 (mm)
1日	2.4	4.9	西	8.6	西	西北西	16.8	56.0	0.0
2日	2.5	7.7	西南西	11.2	西南西	西南西	17.9	55.8	0.0
3日	3.0	8.6	北西	16.8	北西	北西	17.3	58.3	0.0
4日	5.0	8.2	北西	17.3	北北西	北西	14.3	40.0	0.0
5日	3.8	10.7	北	18.6	北北西	西北西	14.8	37.2	0.0
6日	2.4	5.6	南南東	10.0	南南東	南南東	13.8	69.6	16.0
7日	1.3	2.8	北	3.9	北	北北東	13.8	99.6	20.0
8日	1.5	4.3	南西	7.4	南西	南南西	20.5	79.1	0.0
9日	2.9	6.9	北北西	11.2	北北西	西北西	15.5	67.6	0.0
10日	2.1	4.7	北西	8.9	西北西	北北西	13.3	44.7	0.0
11日	1.4	4.5	南南西	7.6	南南西	北北東	13.5	62.7	7.0
12日	3.4	8.1	北西	15.0	北西	北西	12.4	68.4	9.0
13日	1.7	5.7	北	8.9	北	北	11.6	68.5	0.0
14日	1.2	2.5	南南西	4.1	西南西	北東	15.8	66.5	0.0
15日	1.9	5.3	南南西	8.7	南南西	南	18.6	71.7	0.0
16日	1.6	4.3	南南東	8.1	南南東	南南東	18.2	89.8	6.0
17日	1.6	6.5	北西	14.3	北西	北北西	15.1	95.5	43.0
18日	2.9	7.0	北	14.6	北北西	北北西	13.1	61.8	0.0
19日	2.0	5.2	南西	9.0	南南西	南南西	15.6	58.6	0.0
20日	1.9	5.5	南	9.4	南南東	南南東	17.0	81.2	0.0
21日	1.2	3.4	北西	6.6	北西	北西	14.7	100.0	1.0
22日	1.7	4.8	南南西	9.1	南南西	南南西	19.1	78.8	0.0
23日	2.1	4.8	南	8.7	南	南南西	18.5	80.7	0.0
24日	1.1	3.1	西北西	4.6	西	東北東	17.8	86.6	0.0
25日	3.9	7.4	西北西	14.5	北西	北西	16.0	63.0	0.0
26日	3.0	5.4	西南西	10.1	西	西北西	15.5	61.9	0.0
27日	2.1	5.2	南南西	10.6	南南西	南南西	16.1	68.3	0.0
28日	2.0	5.9	南南西	10.2	南南西	南	17.5	68.4	0.0
29日	1.8	4.0	南南西	7.5	南南西	東北東	17.7	70.0	0.0
30日	1.2	2.4	北	3.4	北	北	16.2	99.1	13.0
月平均	2.2						15.9	70.3	135.0
月極値		10.7	北	18.6	北北西	南南西			


風 速
(m/s)
20.0
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29
日
風速
最大風速
最大瞬間風速
気 温
(℃)
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
気温
相対湿度
(%)
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
相対湿度
雨 量
(mm)
50.0
45.0
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
雨量
風 向
北
北北東
北東
東北東
東
東南東
南東
南南東
南
南南西
南西
西南西
西
西北西
北西
北北西
8
6
4
2
0
平均風向
最大風向
最多風向

月 表　2002年5月

北緯:　0°0'0″　　東経:　0°0'0″　　標高:　0m

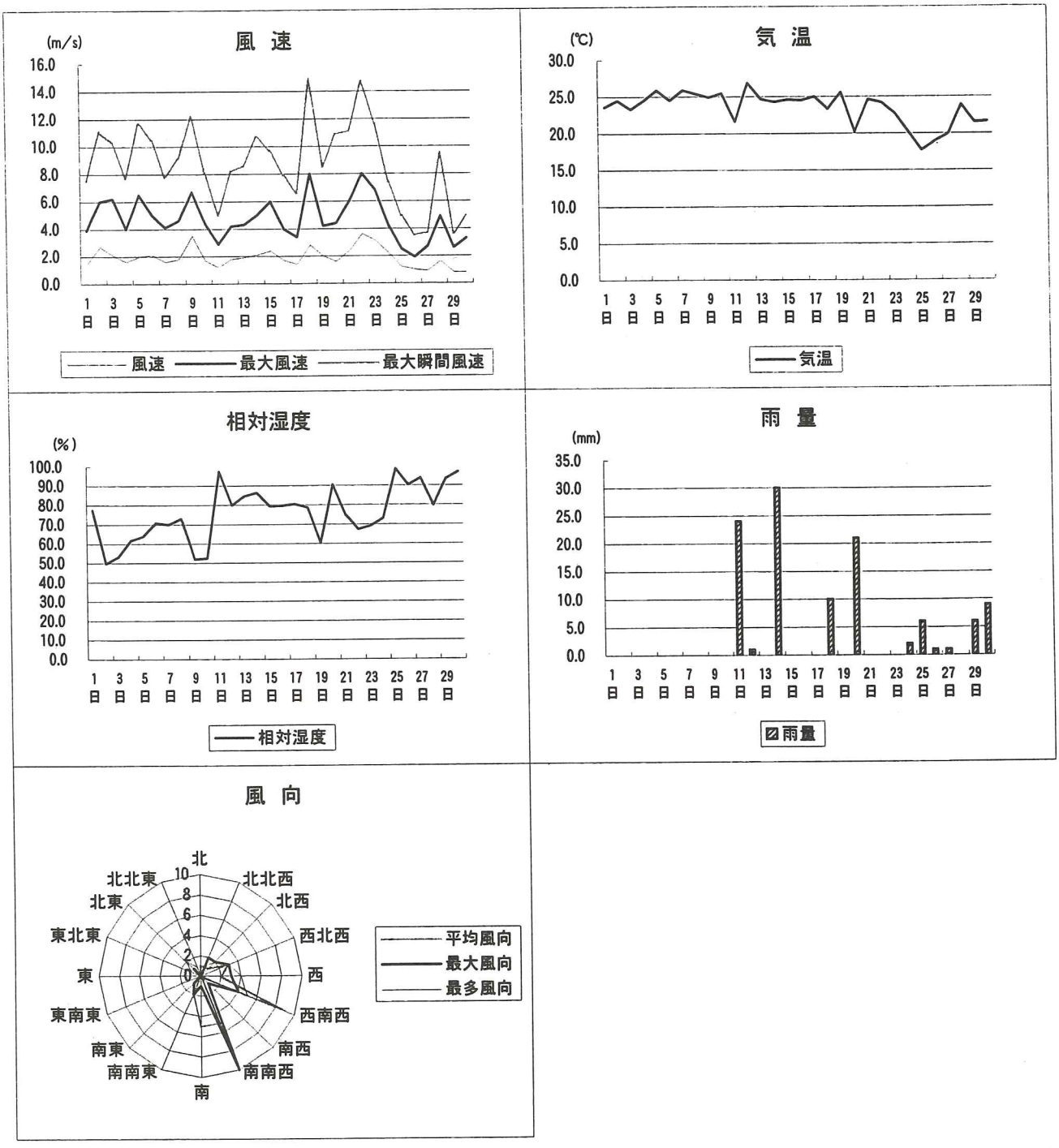
日付	日平均風速 (m/s)	日最大平均風速 (m/s)	同 風向	日最大瞬間風速 (m/s)	同 風向	最多風向	日平均気温 (℃)	日平均相対湿度 (%)	日雨量 (mm)
1日	1.6	4.0	西	8.6	西北西	西北西	17.3	94.6	9.0
2日	1.7	4.6	南南西	8.5	南南西	南南西	17.1	84.7	0.0
3日	2.4	5.2	南南西	10.3	南	南南東	18.8	74.2	0.0
4日	1.4	3.3	北	5.0	北	北	16.5	98.5	10.0
5日	3.0	8.2	西南西	13.5	西北西	西北西	20.8	76.3	1.0
6日	3.0	5.4	北北西	11.2	西	南南西	19.1	58.5	0.0
7日	1.1	2.1	南西	3.5	南西	北北西	15.7	95.2	15.0
8日	1.6	4.9	西北西	7.6	西北西	西北西	18.6	94.4	6.0
9日	2.0	4.0	南南西	7.5	南南西	南南西	18.7	84.9	0.0
10日	0.9	2.4	南西	4.5	南西	西	17.2	99.5	32.0
11日	2.5	5.6	西南西	10.3	西	西	18.7	91.1	15.0
12日	3.1	6.6	西南西	10.1	西南西	西	18.9	73.8	0.0
13日	1.6	4.0	南	7.3	南西	南南西	20.2	73.5	0.0
14日	1.9	6.1	西南西	9.2	西南西	西南西	21.6	69.4	0.0
15日	1.6	3.8	西南西	7.1	南	南	19.9	82.0	1.0
16日	2.0	4.8	南西	8.5	南西	西南西	16.7	99.0	6.0
17日	1.4	3.4	南西	6.1	南西	北北西	15.8	99.4	9.0
18日	2.2	6.4	西北西	10.4	西北西	西	17.6	86.0	12.0
19日	1.7	4.1	西北西	7.4	西	西北西	16.2	81.9	0.0
20日	3.9	8.2	北西	16.4	西北西	西北西	17.9	65.0	0.0
21日	3.0	7.4	西北西	14.7	西北西	北西	20.0	62.9	0.0
22日	1.9	5.9	西南西	8.8	西南西	西	21.4	64.4	0.0
23日	1.7	4.0	南南西	7.3	南南西	南南西	22.5	67.0	0.0
24日	3.2	8.3	北	14.0	北北西	西北西	21.2	54.6	0.0
25日	2.2	7.9	西南西	12.4	西南西	北西	21.3	48.6	0.0
26日	1.9	9.1	西南西	15.7	西	南南西	20.9	55.8	2.0
27日	2.4	6.6	西南西	12.1	西	西	19.3	76.0	5.0
28日	2.1	6.4	西南西	10.0	西	西南西	20.6	59.2	0.0
29日	1.1	2.5	北	5.0	西南西	北東	20.9	63.5	0.0
30日	1.6	4.1	西南西	7.7	南南西	北東	21.8	72.0	0.0
31日	1.2	3.2	南南東	6.6	南南東	東南東	18.4	96.9	7.0
月平均	2.0						19.1	77.5	130.0
月極値		9.1	西南西	16.4	西北西	南南西			


風 速
(m/s)
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31
日
風速
最大風速
最大瞬間風速
気 温
(℃)
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
気温
相対湿度
(%)
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
相対湿度
雨 量
(mm)
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
雨量
風 向
北
北北東
北東
東北東
東
東南東
南東
南南東
南
南南西
南西
西南西
西
西北西
北西
北北西
15
10
5
0
平均風向
最大風向
最多風向

月 表　2002年6月

北緯:　0°0'0"　　東経:　0°0'0"　　標高:　0m

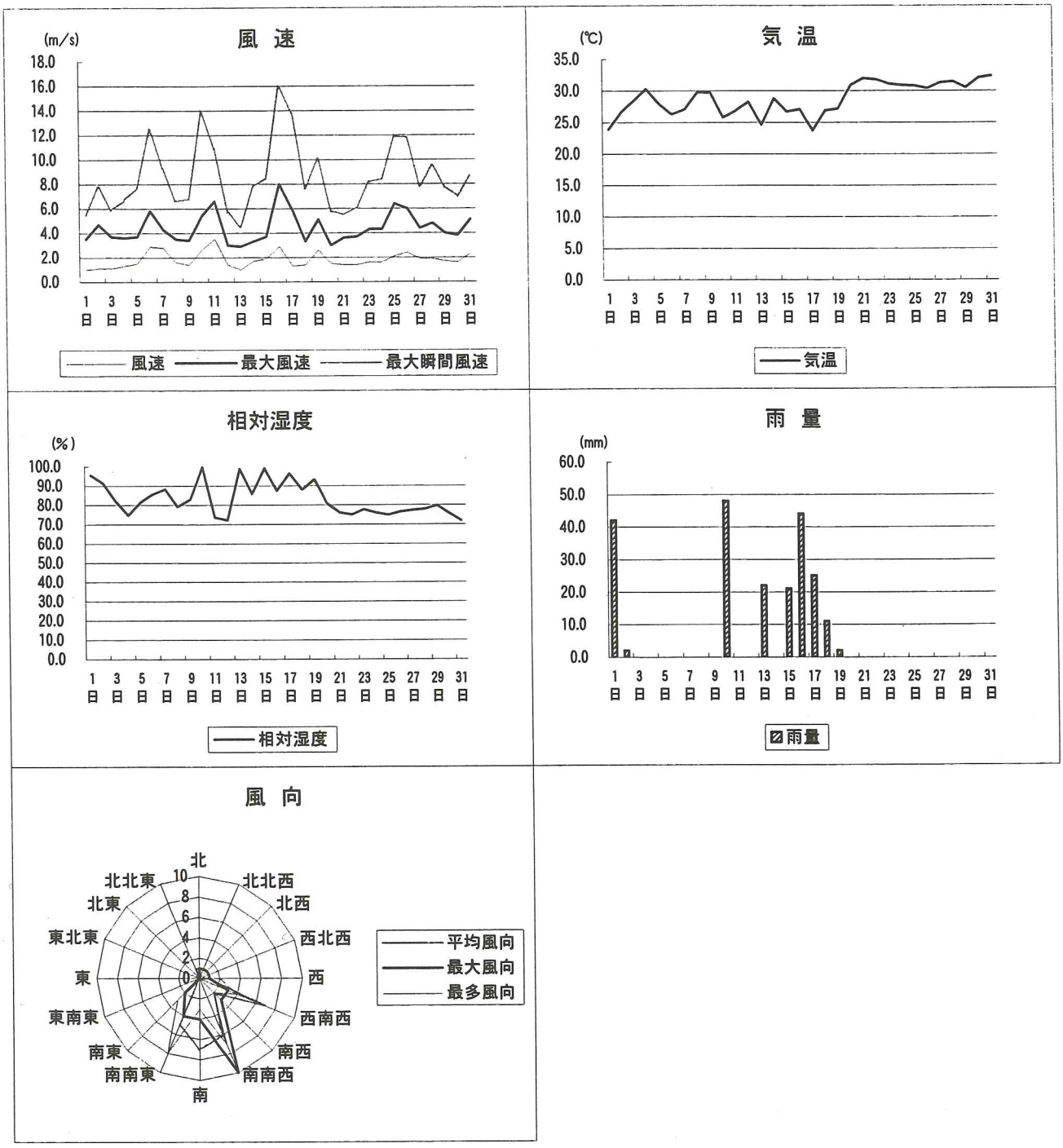
日付	日平均風速 (m/s)	日最大平均風速 (m/s)	同 風向	日最大瞬間風速 (m/s)	同 風向	最多風向	日平均気温 (℃)	日平均相対湿度 (%)	日雨量 (mm)
1日	1.4	3.9	南南西	7.5	南南西	南南西	23.6	77.5	0.0
2日	2.7	6.0	北	11.1	北北西	北北西	24.5	49.7	0.0
3日	2.1	6.2	西南西	10.3	西南西	西南西	23.3	53.2	0.0
4日	1.6	4.0	西南西	7.7	南西	南南西	24.5	61.7	0.0
5日	2.0	6.5	西南西	11.7	西南西	西	25.9	63.9	0.0
6日	2.1	5.0	南	10.5	南南西	南南西	24.5	70.9	0.0
7日	1.6	4.1	南	7.8	南南西	南南西	25.9	70.0	0.0
8日	1.8	4.6	南南西	9.1	南南西	南南西	25.4	73.0	0.0
9日	3.5	6.7	西北西	12.2	西	西北西	24.9	52.0	0.0
10日	1.7	4.4	南	8.1	南南西	南南西	25.5	52.4	0.0
11日	1.2	2.9	北東	5.0	北東	北東	21.6	97.4	24.0
12日	1.8	4.2	南	8.2	南南西	西南西	26.9	79.9	1.0
13日	1.9	4.3	南南西	8.6	南南西	南南西	24.7	84.6	0.0
14日	2.1	5.0	南南東	10.7	南南東	南南東	24.3	86.4	30.0
15日	2.4	6.0	西南西	9.7	西	西	24.6	79.4	0.0
16日	1.7	4.0	南南西	7.9	南南西	南南東	24.5	79.7	0.0
17日	1.4	3.4	南	6.6	南	北東	25.0	80.4	0.0
18日	2.8	8.0	北西	14.9	北西	北西	23.3	78.7	10.0
19日	2.0	4.2	西南西	8.5	南南西	西南西	25.6	60.2	0.0
20日	1.6	4.4	南南東	10.9	南南東	東北東	20.2	90.5	21.0
21日	2.4	6.0	西北西	11.1	西北西	西北西	24.6	74.9	0.0
22日	3.6	8.0	西北西	14.7	西北西	北西	24.2	67.3	0.0
23日	3.1	6.8	西南西	11.6	西南西	西北西	22.7	69.1	0.0
24日	2.2	4.2	西南西	7.4	北西	西	20.2	73.0	2.0
25日	1.2	2.5	西	4.9	西北西	西	17.7	98.6	6.0
26日	1.0	1.9	西	3.5	南東	南東	18.9	90.3	1.0
27日	0.9	2.7	西南西	3.7	西	西南西	19.9	93.9	1.0
28日	1.6	4.9	南南西	9.5	南南西	南	23.9	79.6	0.0
29日	0.8	2.6	北北西	3.6	北北西	北北東	21.5	93.4	6.0
30日	0.8	3.3	西南西	4.9	西南西	西南西	21.6	97.1	9.0
月平均	1.9						23.5	76.0	111.0
月極値		8.0	西北西	14.9	北西	南南西			


風 速
(m/s)
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29
日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日
風速
最大風速
最大瞬間風速
気 温
(℃)
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29
日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日
気温
相対湿度
(%)
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29
日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日
相対湿度
雨 量
(mm)
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29
日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日
雨量
風 向
北
北北西
北西
西北西
西
西南西
南西
南南西
南
南南東
南東
東南東
東
東北東
北東
北北東
10
8
6
4
2
0
平均風向
最大風向
最多風向

月 表　2002年7月

北緯:　0°0'0"　　東経:　0°0'0"　　標高:　0m

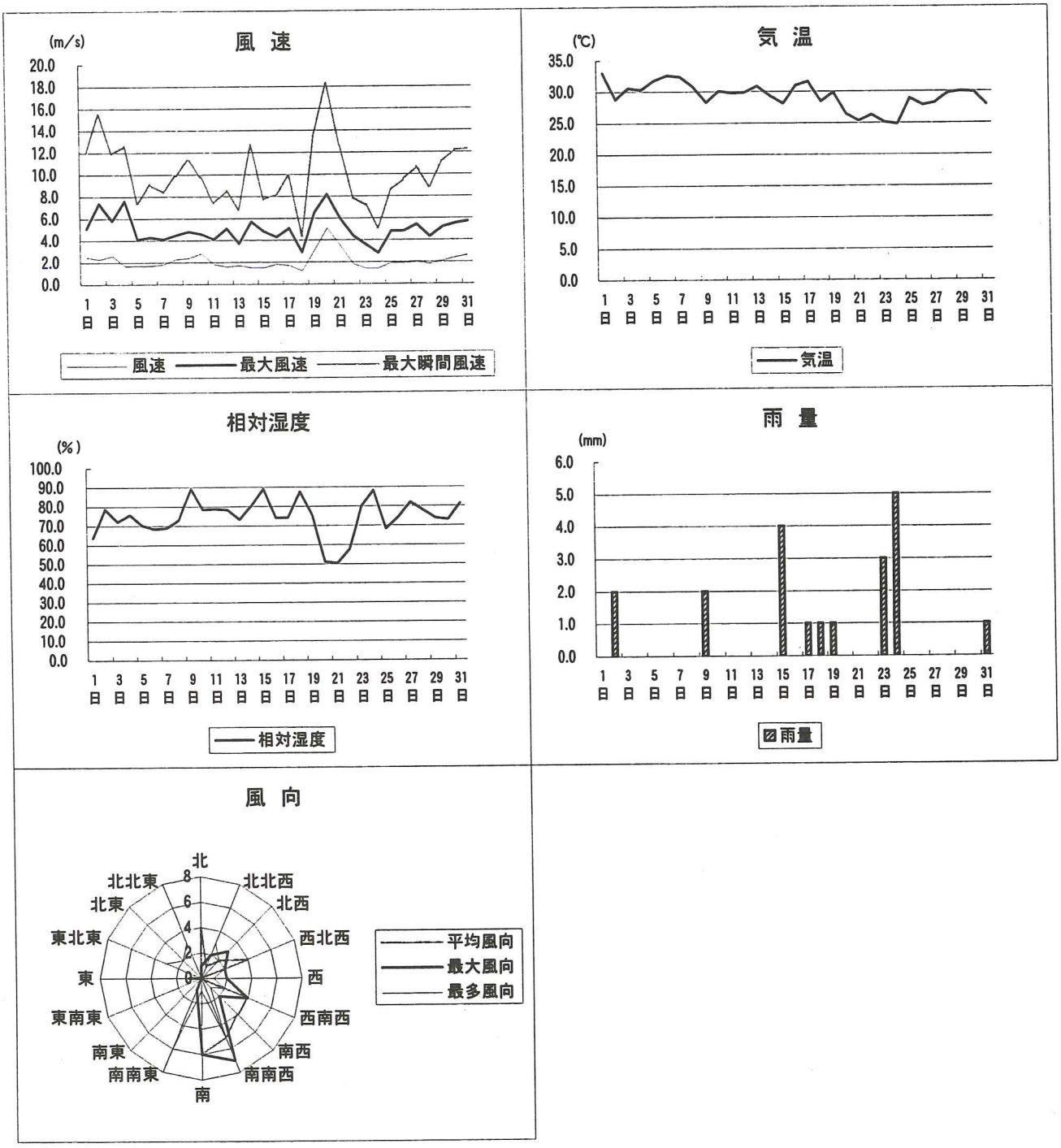
日付	日平均風速 (m/s)	日最大平均風速 (m/s)	同 風向	日最大瞬間風速 (m/s)	同 風向	最多風向	日平均気温 (℃)	日平均相対湿度 (%)	日雨量 (mm)
1日	1.0	3.5	北	5.5	北北西	西南西	23.9	95.5	42.0
2日	1.1	4.7	西南西	7.8	西南西	西南西	26.6	91.3	2.0
3日	1.1	3.7	西南西	5.9	西	西南西	28.4	82.1	0.0
4日	1.3	3.6	西南西	6.7	南南西	南南西	30.3	74.7	0.0
5日	1.5	3.7	西南西	7.7	南南西	南	27.9	81.4	0.0
6日	2.9	5.8	南南東	12.5	南南東	南南東	26.3	85.6	0.0
7日	2.8	4.3	南南東	9.3	南	南南東	27.1	88.4	0.0
8日	1.6	3.5	南	6.6	南南西	南南西	29.8	79.1	0.0
9日	1.4	3.4	南南西	6.8	南南西	南東	29.7	83.0	0.0
10日	2.6	5.4	南	14.0	南東	南南東	25.8	99.7	48.0
11日	3.5	6.6	西南西	10.9	北西	西	26.9	73.6	0.0
12日	1.4	3.0	南	5.7	南南西	南西	28.3	72.1	0.0
13日	1.0	2.9	北北東	4.5	北	北北東	24.6	98.8	22.0
14日	1.7	3.3	南南東	7.8	南南東	南南東	28.8	85.8	0.0
15日	1.9	3.7	南	8.5	南東	南東	26.7	99.0	21.0
16日	2.9	8.0	北北西	16.0	西北西	南南東	27.1	87.4	44.0
17日	1.3	5.9	西	13.8	西南西	北	23.7	96.3	25.0
18日	1.4	3.3	南南東	7.6	南南東	南南東	26.9	87.9	11.0
19日	2.6	5.1	南南東	10.1	南南東	南南東	27.2	93.2	2.0
20日	1.5	3.0	南南西	5.8	南南西	南東	30.9	80.9	0.0
21日	1.4	3.6	西南西	5.5	南南西	西南西	32.0	76.1	0.0
22日	1.4	3.7	南南西	6.1	南南西	南南東	31.8	74.9	0.0
23日	1.6	4.3	南	8.2	南	南南西	31.1	77.7	0.0
24日	1.6	4.3	南	8.4	南	南	30.9	75.9	0.0
25日	2.1	6.4	南西	11.9	南西	南南西	30.8	74.8	0.0
26日	2.4	6.0	南西	11.8	南西	南西	30.4	76.4	0.0
27日	1.9	4.4	南南西	7.8	南	南南西	31.3	77.3	0.0
28日	1.9	4.8	南南西	9.5	南南西	南	31.5	77.8	0.0
29日	1.7	4.0	南	7.8	南南西	南南西	30.5	79.7	0.0
30日	1.6	3.8	南南西	7.0	南西	南南西	32.1	75.7	0.0
31日	2.3	5.1	西南西	8.6	西南西	西	32.4	71.9	0.0
月平均	1.8						28.8	83.0	217.0
月極値		8.0	北北西	16.0	西北西	南南東			


風 速
(m/s)
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31
日
風速
最大風速
最大瞬間風速
気 温
(℃)
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
気温
相対湿度
(%)
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
相対湿度
雨 量
(mm)
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
雨量
風 向
北
北北西
北西
西北西
西
西南西
南西
南南西
南
南南東
南東
東南東
東
東北東
北東
北北東
平均風向
最大風向
最多風向

月 表　2002年8月

北緯:　0°0'0"　　東経:　0°0'0"　　標高:　0m

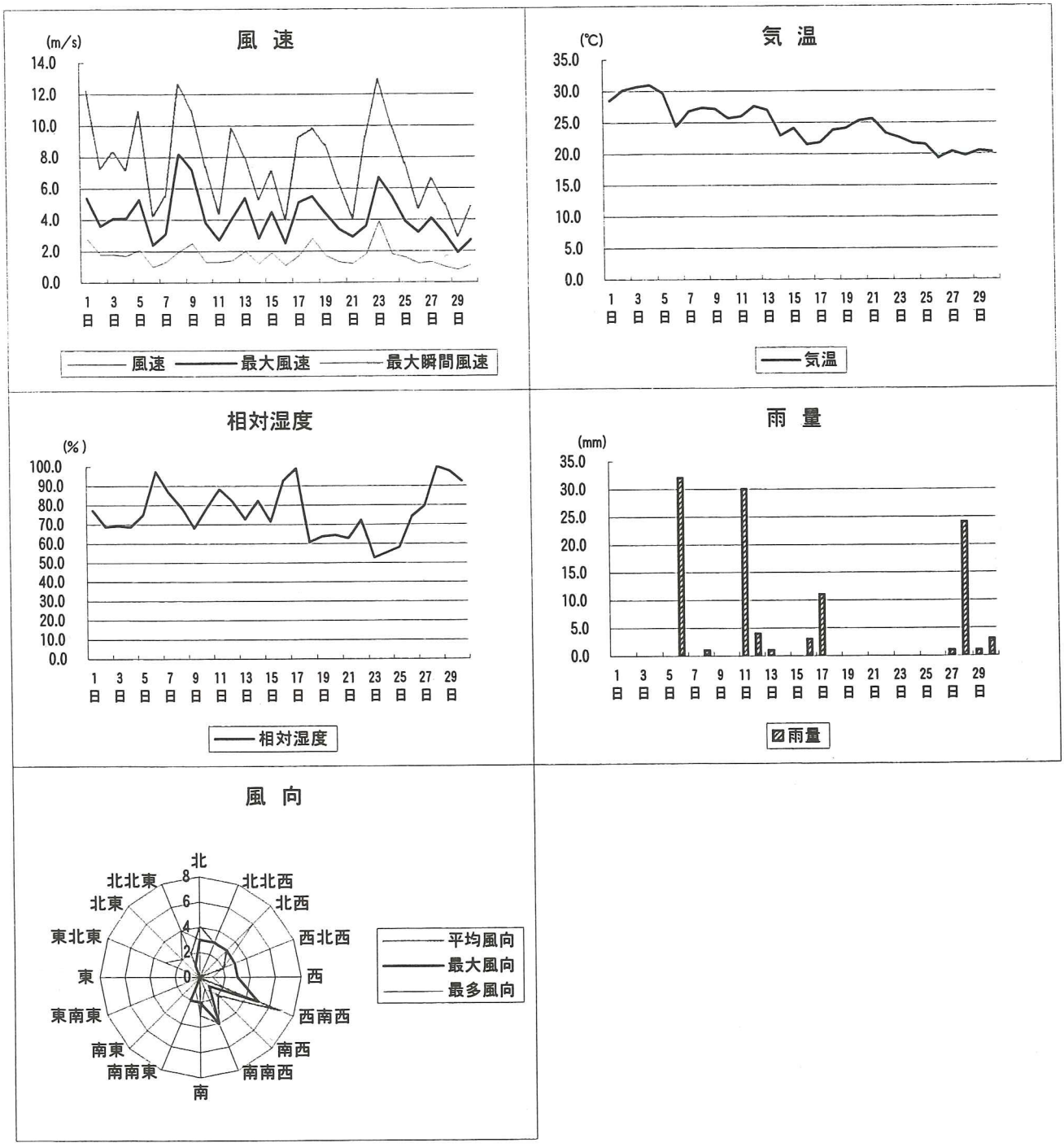
日付	日平均風速 (m/s)	日最大平均風速 (m/s)	同 風向	日最大瞬間風速 (m/s)	同 風向	最多風向	日平均気温 (℃)	日平均相対湿度 (%)	日雨量 (mm)
1日	2.5	5.1	西北西	12.0	北北西	北北西	33.0	63.8	0.0
2日	2.3	7.4	北	15.5	北	北北西	28.8	78.7	2.0
3日	2.6	5.8	西北西	11.9	西北西	西北西	30.6	72.1	0.0
4日	1.7	7.6	西南西	12.6	西南西	西南西	30.3	75.8	0.0
5日	1.7	4.1	西南西	7.4	西南西	北東	31.8	70.3	0.0
6日	1.7	4.3	南	9.1	南南西	北東	32.6	68.4	0.0
7日	1.8	4.1	南西	8.4	南西	南南西	32.4	68.9	0.0
8日	2.3	4.5	南南東	9.9	南南東	南南東	30.8	73.1	0.0
9日	2.4	4.8	南	11.3	南	南南東	28.3	89.2	2.0
10日	2.8	4.6	南	9.8	南	南南東	30.1	78.3	0.0
11日	1.8	4.1	西北西	7.4	東	南南東	29.8	78.7	0.0
12日	1.6	5.1	西南西	8.5	西	西	29.9	78.2	0.0
13日	1.7	3.7	南西	6.8	南南西	北北東	30.9	73.2	0.0
14日	1.5	5.7	南南西	12.7	南	東北東	29.3	80.4	0.0
15日	1.5	4.8	北	7.7	西	南南東	28.1	89.0	4.0
16日	1.8	4.3	南	8.2	南	南西	31.0	74.0	0.0
17日	1.7	5.1	南西	9.9	南西	南南西	31.6	74.1	1.0
18日	1.2	2.9	北	4.4	西北西	北北東	28.4	87.6	1.0
19日	3.1	6.5	北西	13.7	北西	北西	29.9	75.2	1.0
20日	5.1	8.2	北北西	18.3	北西	北北西	26.4	51.2	0.0
21日	3.5	6.0	北西	12.6	北西	北西	25.3	50.4	0.0
22日	1.8	4.4	西南西	7.9	西南西	西南西	26.3	57.7	0.0
23日	1.4	3.6	南西	7.2	南南西	東北東	25.1	79.8	3.0
24日	1.4	2.8	北	5.1	北北西	北北東	24.8	88.2	5.0
25日	1.9	4.8	西北西	8.5	西南西	西北西	28.9	68.2	0.0
26日	1.9	4.8	南南西	9.5	南南西	南南西	27.8	74.1	0.0
27日	2.0	5.4	南南西	10.6	南南西	南南西	28.2	82.0	0.0
28日	1.8	4.3	南	8.8	南南西	東北東	29.7	78.0	0.0
29日	2.1	5.2	南南西	11.1	南南西	南南西	30.0	73.7	0.0
30日	2.4	5.5	南南西	12.2	南	南	29.9	72.9	0.0
31日	2.6	5.7	南	12.3	南	南南東	27.9	81.3	1.0
月平均	2.1						29.3	74.4	20.0
月極値		8.2	北北西	18.3	北西	南南東			


風 速
(m/s)
20.0
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31
日
風速
最大風速
最大瞬間風速
気 温
(℃)
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
気温
相対湿度
(%)
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
相対湿度
雨 量
(mm)
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
雨量
風 向
北
北北西
北西
西北西
西
西南西
南西
南南西
南
南南東
南東
東南東
東
東北東
北東
北北東
8
6
4
2
0
平均風向
最大風向
最多風向

月 表　2002年9月

北緯:　0°0′0″　　東経:　0°0′0″　　標高:　0m

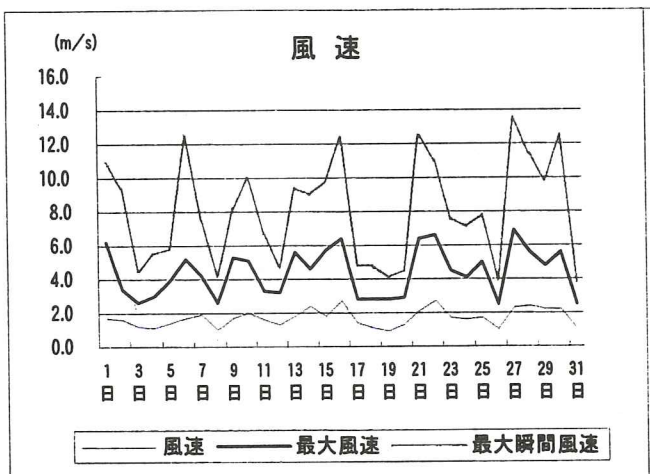
日付	日平均風速 (m/s)	日最大平均風速 (m/s)	同 風向	日最大瞬間風速 (m/s)	同 風向	最多風向	日平均気温 (℃)	日平均相対湿度 (%)	日雨量 (mm)
1日	2.8	5.4	南	12.2	南南東	南南東	28.5	77.3	0.0
2日	1.8	3.6	南西	7.3	西北西	東北東	30.2	68.8	0.0
3日	1.8	4.1	南	8.3	南南西	南南西	30.7	69.3	0.0
4日	1.7	4.1	南南西	7.2	南南西	南	31.0	68.6	0.0
5日	2.1	5.3	南西	10.9	南西	南西	29.7	74.9	0.0
6日	1.0	2.4	西北西	4.3	西北西	東北東	24.4	97.4	32.0
7日	1.3	3.1	西南西	5.5	西	北北東	26.8	86.7	0.0
8日	2.0	8.2	北	12.6	北北西	西北西	27.4	78.8	1.0
9日	2.5	7.2	西南西	11.0	西南西	西北西	27.2	68.0	0.0
10日	1.3	3.8	南南西	7.4	南南西	北	25.7	78.6	0.0
11日	1.3	2.7	北	4.4	西	北北東	26.0	88.2	30.0
12日	1.4	4.1	北北西	9.8	西北西	北東	27.6	82.2	4.0
13日	2.0	5.4	西南西	8.0	西南西	北	27.0	72.6	1.0
14日	1.2	2.8	南	5.3	南	南	22.9	82.3	0.0
15日	1.9	4.5	西南西	7.1	西	西	24.1	71.5	0.0
16日	1.1	2.5	北	4.0	北	北	21.5	92.7	3.0
17日	1.7	5.1	北北東	9.2	北北東	南	21.8	99.0	11.0
18日	2.8	5.5	北西	9.8	北西	北西	23.8	60.8	0.0
19日	1.7	4.4	南南西	8.8	南南西	北北東	24.1	63.8	0.0
20日	1.3	3.4	南南西	6.3	南	東北東	25.3	64.4	0.0
21日	1.2	2.9	西南西	4.1	西南西	南西	25.6	62.6	0.0
22日	1.8	3.6	北西	9.3	北西	北西	23.3	72.3	0.0
23日	3.9	6.7	西北西	12.9	北	北西	22.6	52.6	0.0
24日	1.8	5.5	北北西	10.0	北北西	北西	21.7	55.3	0.0
25日	1.6	3.9	北西	7.6	北西	北西	21.5	58.1	0.0
26日	1.2	3.2	西南西	4.7	西南西	西南西	19.3	74.2	0.0
27日	1.3	4.1	西南西	6.6	西南西	西南西	20.4	79.5	1.0
28日	1.0	3.1	北	5.0	北	北西	19.7	99.8	24.0
29日	0.8	1.9	北北東	2.9	南南東	北東	20.5	97.6	1.0
30日	1.1	2.7	北北西	4.8	北北西	北北東	20.3	92.3	3.0
月平均	1.7						24.7	76.3	111.0
月極値		8.2	北	12.9	北	北西			

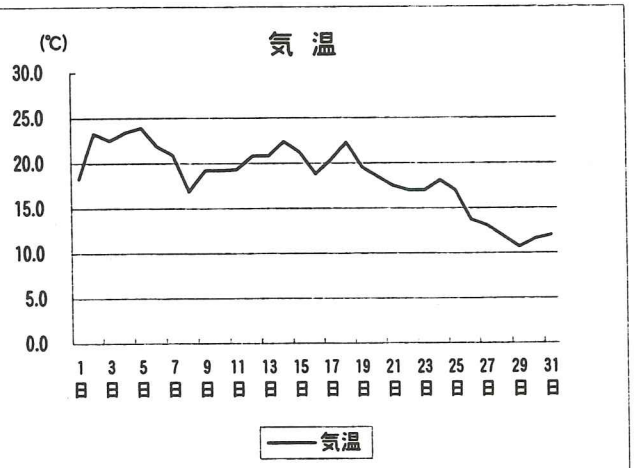

風 速
(m/s)
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29
日
風速
最大風速
最大瞬間風速
気 温
(℃)
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
気温
相対湿度
(%)
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
相対湿度
雨 量
(mm)
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
雨量
風 向
北
北北西
北西
西北西
西
西南西
南西
南南西
南
南南東
南東
東南東
東
東北東
北東
北北東
8
6
4
2
0
平均風向
最大風向
最多風向

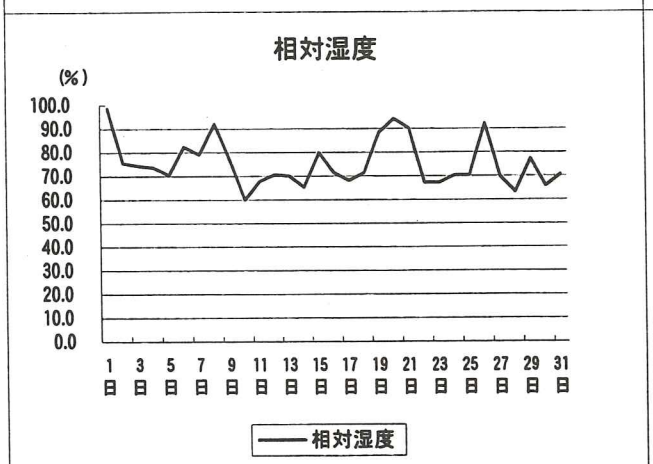
月 表　2002年10月

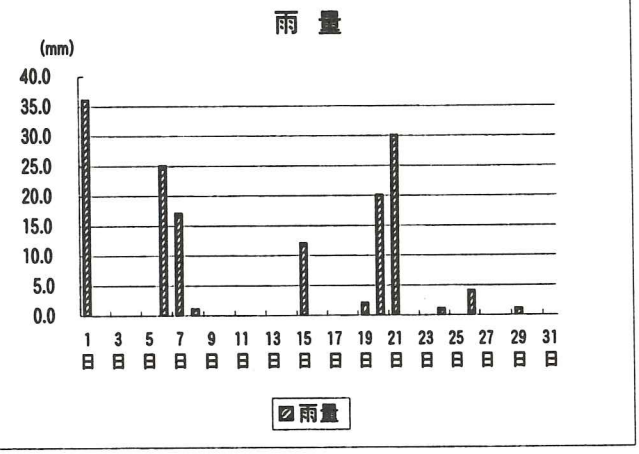
北緯:　0°0'0"　　東経:　0°0'0"　　標高:　0m

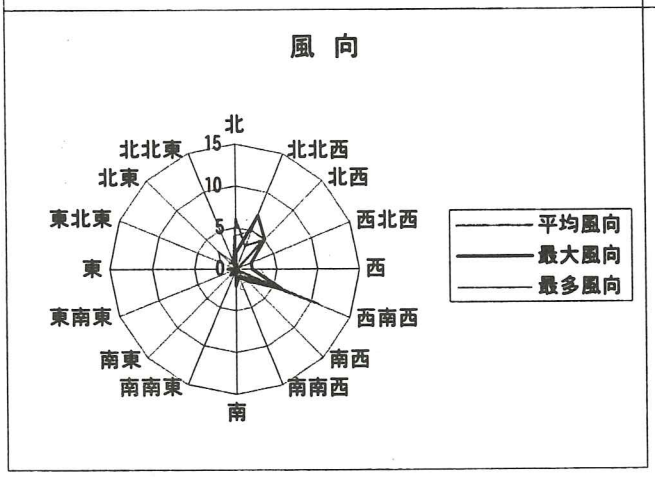
日付	日平均風速 (m/s)	日最大平均風速 (m/s)	同 風向	日最大瞬間風速 (m/s)	同 風向	最多風向	日平均気温 (℃)	日平均相対湿度 (%)	日雨量 (mm)
1日	1.7	6.2	北	10.9	北	北	18.3	98.6	36.0
2日	1.6	3.4	西南西	9.4	西南西	西南西	23.3	75.5	0.0
3日	1.2	2.6	北	4.5	南西	北東	22.5	74.4	0.0
4日	1.1	3.0	西南西	5.5	西南西	北東	23.4	73.6	0.0
5日	1.4	3.9	西南西	5.8	西南西	西南西	23.9	70.4	0.0
6日	1.7	5.2	南東	12.5	南東	南南東	21.9	82.4	25.0
7日	1.9	4.2	北	7.5	北北西	北北西	20.9	79.0	17.0
8日	1.0	2.6	北北東	4.2	北北西	東北東	16.9	92.0	1.0
9日	1.7	5.3	西南西	8.2	西南西	西南西	19.2	76.6	0.0
10日	2.0	5.1	北北西	10.0	北西	北北西	19.2	59.9	0.0
11日	1.6	3.3	南西	6.7	南西	南南西	19.3	67.7	0.0
12日	1.3	3.2	西南西	4.7	西	東北東	20.8	70.6	0.0
13日	1.8	5.6	北西	9.4	北西	北西	20.8	70.1	0.0
14日	2.4	4.6	北西	9.0	西北西	北西	22.4	65.2	0.0
15日	1.8	5.7	南	9.8	南	南	21.2	79.9	12.0
16日	2.7	6.4	北	12.4	北北西	北西	18.8	71.5	0.0
17日	1.4	2.8	南	4.8	南	北	20.4	68.0	0.0
18日	1.1	2.8	西南西	4.8	南南西	西南西	22.3	71.4	0.0
19日	0.9	2.8	北	4.1	北	北北東	19.6	88.5	2.0
20日	1.3	2.9	北	4.5	東	北	18.5	94.2	20.0
21日	2.1	6.4	北西	12.5	北北西	北西	17.5	90.1	30.0
22日	2.7	6.6	北北西	11.0	北西	北北西	17.0	67.3	0.0
23日	1.7	4.5	西南西	7.6	西南西	西	17.0	67.1	0.0
24日	1.6	4.1	西南西	7.1	北西	西南西	18.1	70.2	1.0
25日	1.7	5.0	西南西	7.8	西南西	西	17.0	70.3	0.0
26日	1.0	2.5	西南西	3.9	北北西	北	13.7	92.2	4.0
27日	2.3	6.9	北北西	13.5	北北西	北北西	13.1	69.8	0.0
28日	2.4	5.6	西南西	11.4	西	西	11.9	63.2	0.0
29日	2.2	4.8	北西	9.8	西北西	北西	10.7	77.3	1.0
30日	2.2	5.6	北西	12.5	北西	北北西	11.6	65.8	0.0
31日	1.0	2.5	北東	3.8	北北西	北東	12.0	70.6	0.0
月平均	1.7						18.5	75.3	149.0
月極値		6.9	北北西	13.5	北北西	西南西			


風 速
(m/s)
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31
日
風速
最大風速
最大瞬間風速


気 温
(℃)
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31
日
気温


相対湿度
(%)
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31
日
相対湿度

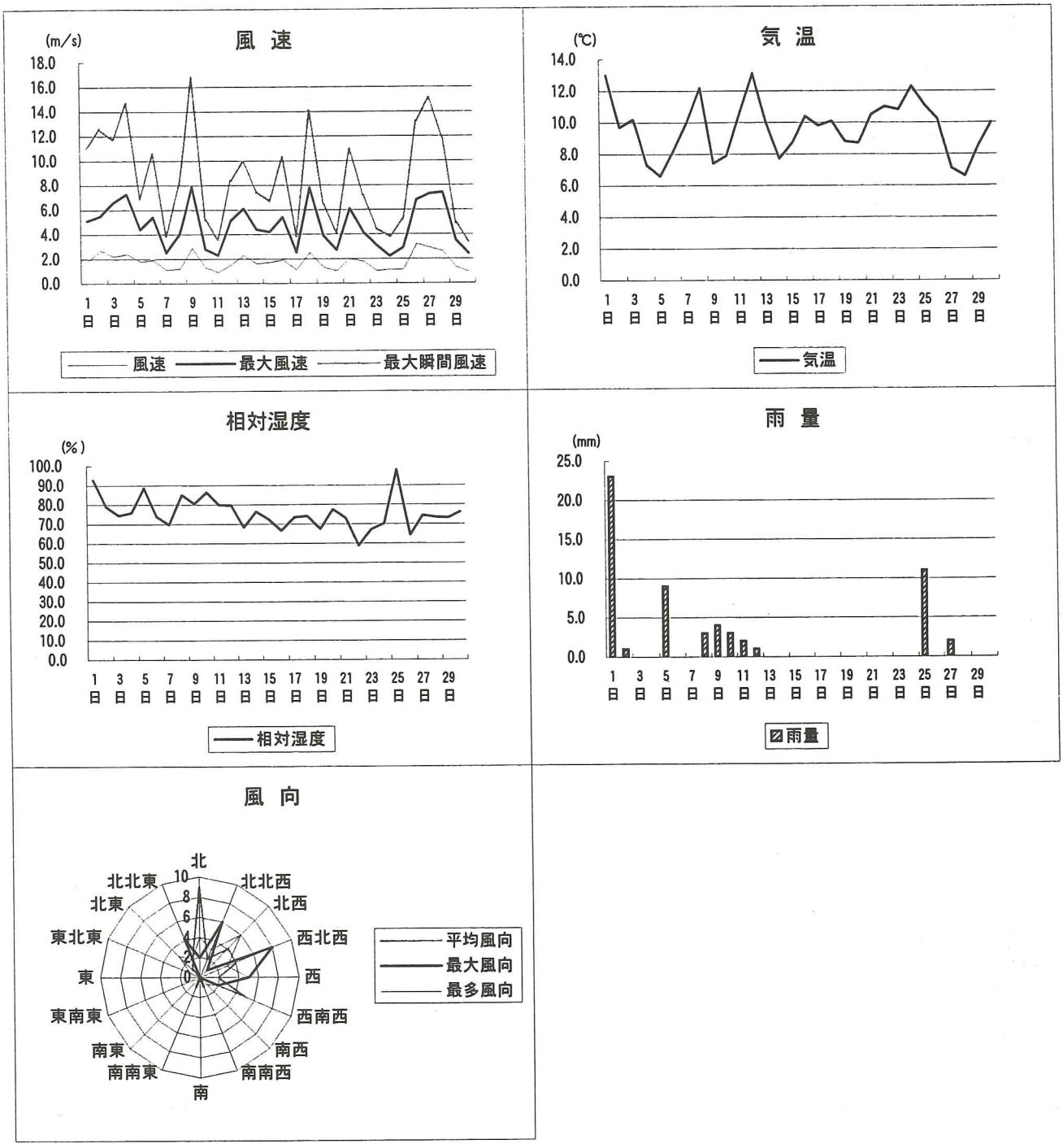

雨 量
(mm)
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31
日
雨量


風 向
北
北北西
北西
西北西
西
西南西
南西
南南西
南
南南東
南東
東南東
東
東北東
北東
北北東
15
10
5
0
平均風向
最大風向
最多風向

月 表　2002年11月

北緯:　0°0′0″　　東経:　0°0′0″　　標高:　0m

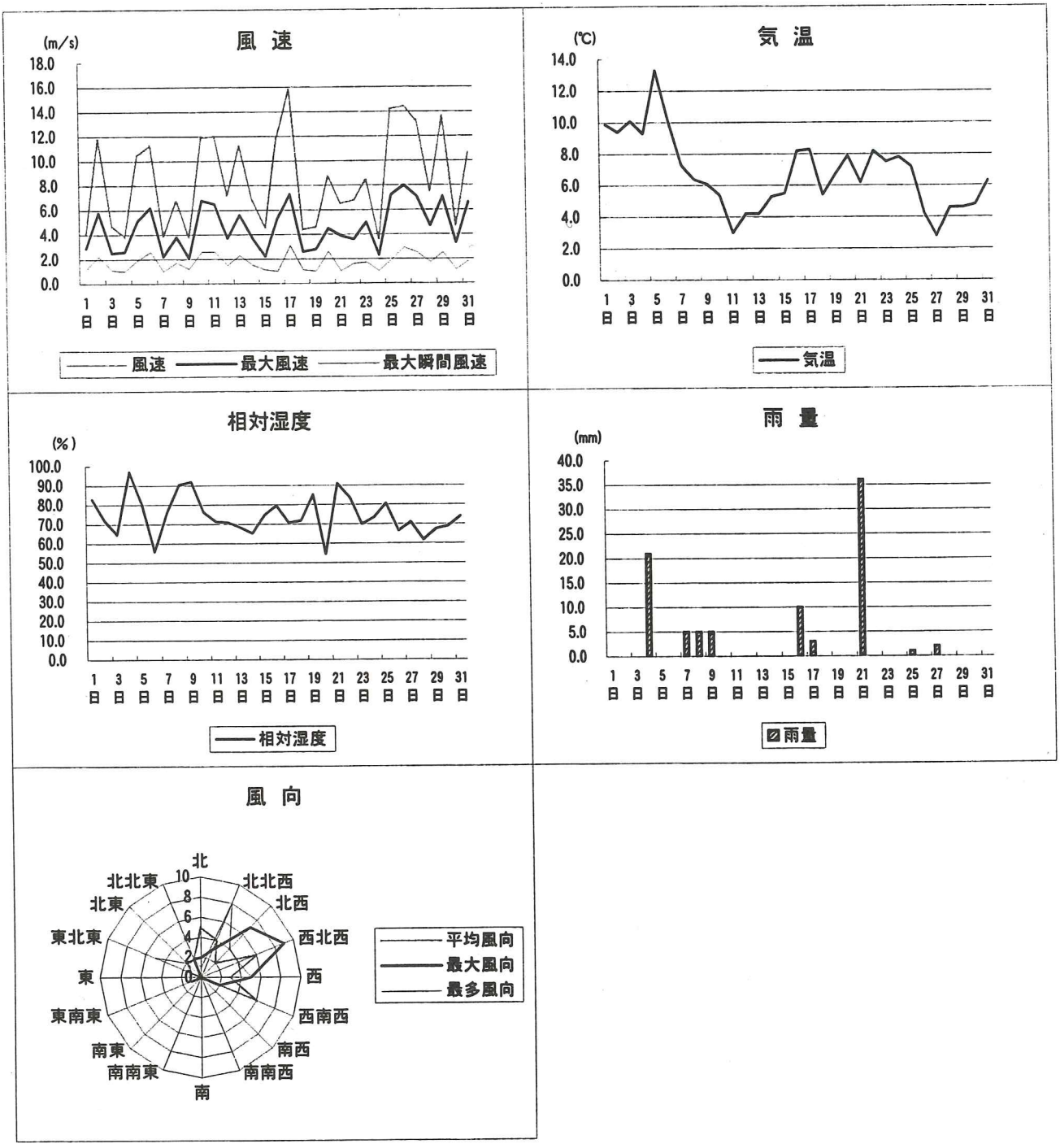
日付	日平均風速 (m/s)	日最大平均風速 (m/s)	同 風向	日最大瞬間風速 (m/s)	同 風向	最多風向	日平均気温 (℃)	日平均相対湿度 (%)	日雨量 (mm)
1日	1.8	5.1	北西	11.1	西	北	13.0	92.8	23.0
2日	2.7	5.5	西	12.6	西	西	9.7	79.0	1.0
3日	2.2	6.6	西	11.7	西	西	10.2	74.5	0.0
4日	2.4	7.3	北西	14.7	西北西	北西	7.3	75.8	0.0
5日	1.8	4.4	西南西	6.9	西南西	西	6.6	88.7	9.0
6日	1.9	5.4	北西	10.6	北西	北北西	8.2	73.9	0.0
7日	1.1	2.5	北東	3.8	南南東	北東	10.0	69.7	0.0
8日	1.2	4.0	西北西	8.1	西北西	西北西	12.2	85.1	3.0
9日	2.9	7.9	西南西	16.8	西	西	7.4	80.5	4.0
10日	1.3	2.8	北北西	5.2	北北西	北東	7.9	86.5	3.0
11日	0.9	2.3	北北東	3.6	北北東	北	10.6	79.8	2.0
12日	1.5	5.1	北	8.4	西北西	北北西	13.1	79.6	1.0
13日	2.3	6.1	北	9.9	北北西	北北西	10.0	68.3	0.0
14日	1.6	4.4	北北東	7.5	北北東	北北東	7.7	76.4	0.0
15日	1.7	4.2	北	6.7	北	北	8.7	72.5	0.0
16日	1.9	5.4	北	10.3	北北西	北西	10.4	66.6	0.0
17日	1.1	2.5	北	3.8	北	北東	9.8	73.4	0.0
18日	2.5	7.8	西北西	14.1	西北西	北西	10.1	74.1	0.0
19日	1.3	3.9	西北西	6.5	西北西	西北西	8.8	67.4	0.0
20日	1.0	2.7	西南西	4.1	西北西	東北東	8.7	77.5	0.0
21日	2.0	6.1	北北西	11.0	北北西	北西	10.5	73.0	0.0
22日	1.8	4.2	西南西	7.2	西	北西	11.0	58.8	0.0
23日	1.0	3.1	北	4.5	北北東	南西	10.8	67.1	0.0
24日	1.1	2.2	南南西	3.8	南南西	西南西	12.3	70.1	0.0
25日	1.1	2.9	北西	5.2	西北西	西北西	11.1	97.9	11.0
26日	3.2	6.8	北	13.2	北北西	北西	10.2	64.1	0.0
27日	2.9	7.3	西北西	15.1	西北西	西	7.1	74.4	2.0
28日	2.6	7.4	北	11.9	北北西	北	6.6	73.4	0.0
29日	1.3	3.5	西南西	4.9	西南西	西南西	8.5	73.0	0.0
30日	0.9	2.4	北	3.4	北北東	北北東	10.0	76.1	0.0
月平均	1.8						9.6	75.7	59.0
月極値		7.9	西南西	16.8	西	北西			


風 速
(m/s)
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29
日
風速
最大風速
最大瞬間風速
気 温
(℃)
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
気温
相対湿度
(%)
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
相対湿度
雨 量
(mm)
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
雨量
風 向
北
北北西
北西
西北西
西
西南西
南西
南南西
南
南南東
南東
東南東
東
東北東
北東
北北東
10
8
6
4
2
0
平均風向
最大風向
最多風向

月 表　2002年12月

北緯:　0°0'0"　　東経:　0°0'0"　　標高:　0m

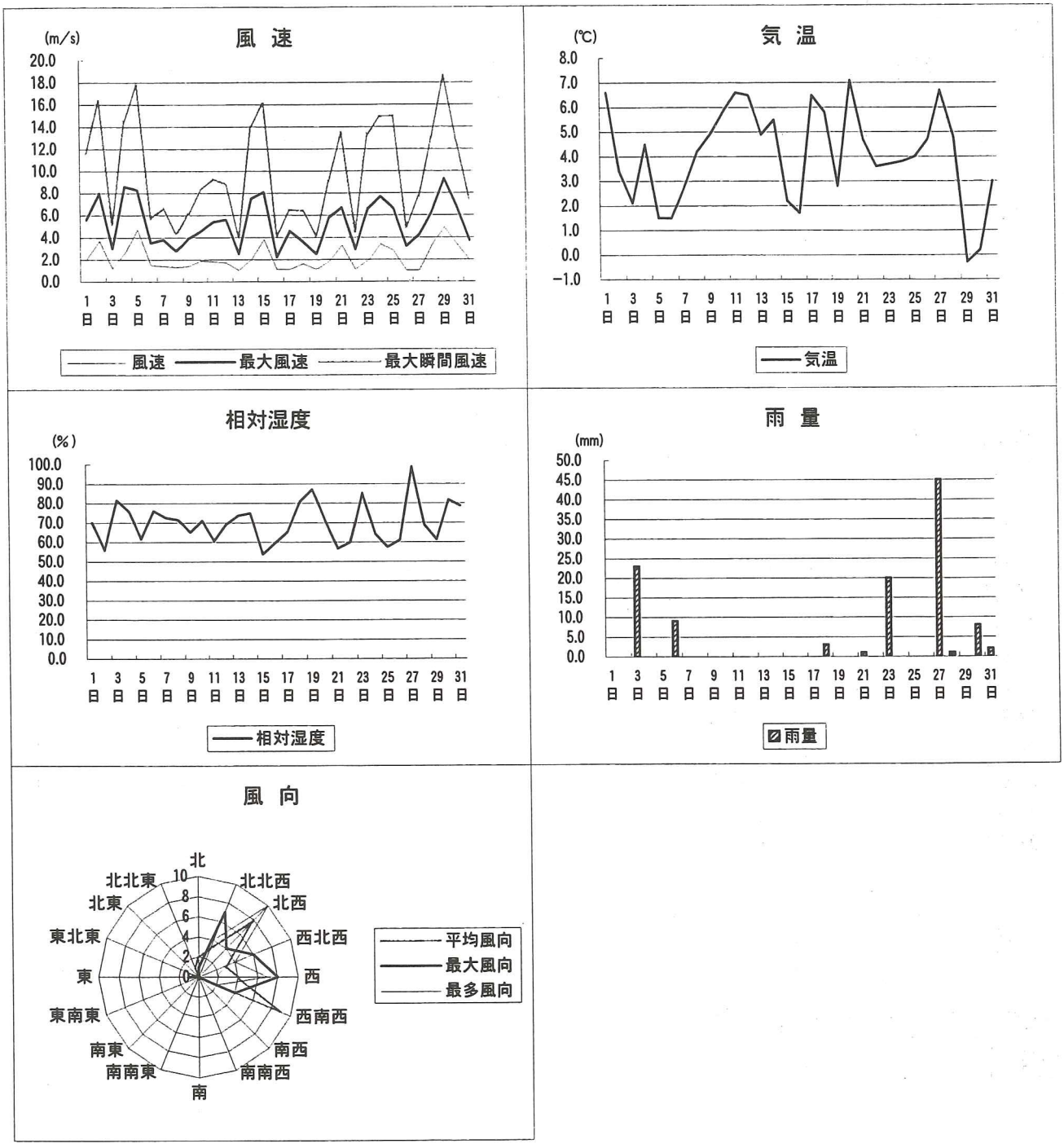
日付	日平均風速 (m/s)	日最大平均風速 (m/s)	同 風向	日最大瞬間風速 (m/s)	同 風向	最多風向	日平均気温 (℃)	日平均相対湿度 (%)	日雨量 (mm)
1日	1.2	2.9	北	4.1	北	北	9.9	83.0	0.0
2日	2.2	5.8	西北西	11.8	西北西	北北西	9.4	71.9	0.0
3日	1.1	2.5	北北東	4.8	北北東	東北東	10.1	64.5	0.0
4日	1.0	2.6	西南西	3.8	西南西	北北東	9.3	97.1	21.0
5日	1.9	5.1	北北西	10.4	北西	西北西	13.3	80.7	0.0
6日	2.6	6.2	北西	11.3	西北西	北西	10.1	55.8	0.0
7日	1.0	2.2	西北西	3.9	北西	北西	7.3	75.6	5.0
8日	1.7	3.8	西北西	6.7	西北西	西北西	6.4	90.3	5.0
9日	1.2	2.1	北	3.8	東南東	東北東	6.1	92.0	5.0
10日	2.6	6.8	西南西	11.9	西	西	5.4	76.2	0.0
11日	2.6	6.5	西	12.0	西	西	3.0	71.3	0.0
12日	1.5	3.7	西	7.2	北西	東北東	4.2	70.9	0.0
13日	2.3	5.6	北北西	11.2	北西	北北西	4.2	68.3	0.0
14日	1.5	3.7	西	6.7	西	北西	5.3	65.2	0.0
15日	1.1	2.2	東北東	4.6	西北西	東北東	5.5	74.7	0.0
16日	1.0	5.3	西北西	12.0	西北西	西北西	8.2	79.6	10.0
17日	3.1	7.3	北北西	15.8	北北西	北北西	8.3	70.7	3.0
18日	1.1	2.6	北東	4.4	西北西	東北東	5.4	71.8	0.0
19日	1.0	2.8	西北西	4.6	西北西	北東	6.7	85.2	0.0
20日	2.6	4.5	西北西	8.7	北西	北北西	7.9	54.5	0.0
21日	1.0	3.9	北	6.5	北	北北西	6.2	90.9	36.0
22日	1.6	3.6	西南西	6.8	西	西北西	8.2	83.7	0.0
23日	1.7	5.0	西南西	8.4	西	西	7.5	69.9	0.0
24日	1.0	2.3	北東	3.6	北北東	北北東	7.8	73.4	0.0
25日	1.9	7.2	北西	14.2	北西	西	7.2	80.7	1.0
26日	2.9	8.0	北	14.4	北西	北北西	4.2	66.5	0.0
27日	2.5	7.1	北北西	13.3	北北西	北北西	2.8	71.0	2.0
28日	1.7	4.7	西南西	7.5	西北西	北東	4.6	61.8	0.0
29日	2.5	7.1	北	13.6	北北西	北北西	4.6	67.4	0.0
30日	1.1	3.3	北北東	4.7	西北西	北西	4.8	68.8	0.0
31日	1.8	6.6	西南西	10.6	西南西	西	6.3	74.0	0.0
月平均	1.7						6.8	74.4	88.0
月極値		8.0	北	15.8	北北西	北北西			


風 速
(m/s)
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31
日
風速
最大風速
最大瞬間風速
気 温
(℃)
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
気温
相対湿度
(%)
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
相対湿度
雨 量
(mm)
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
雨量
風 向
北
北北東
北東
東北東
東
東南東
南東
南南東
南
南南西
南西
西南西
西
西北西
北西
北北西
10
8
6
4
2
0
平均風向
最大風向
最多風向

月 表　2003年1月

北緯:　0°0'0″　　東経:　0°0'0″　　標高:　0m

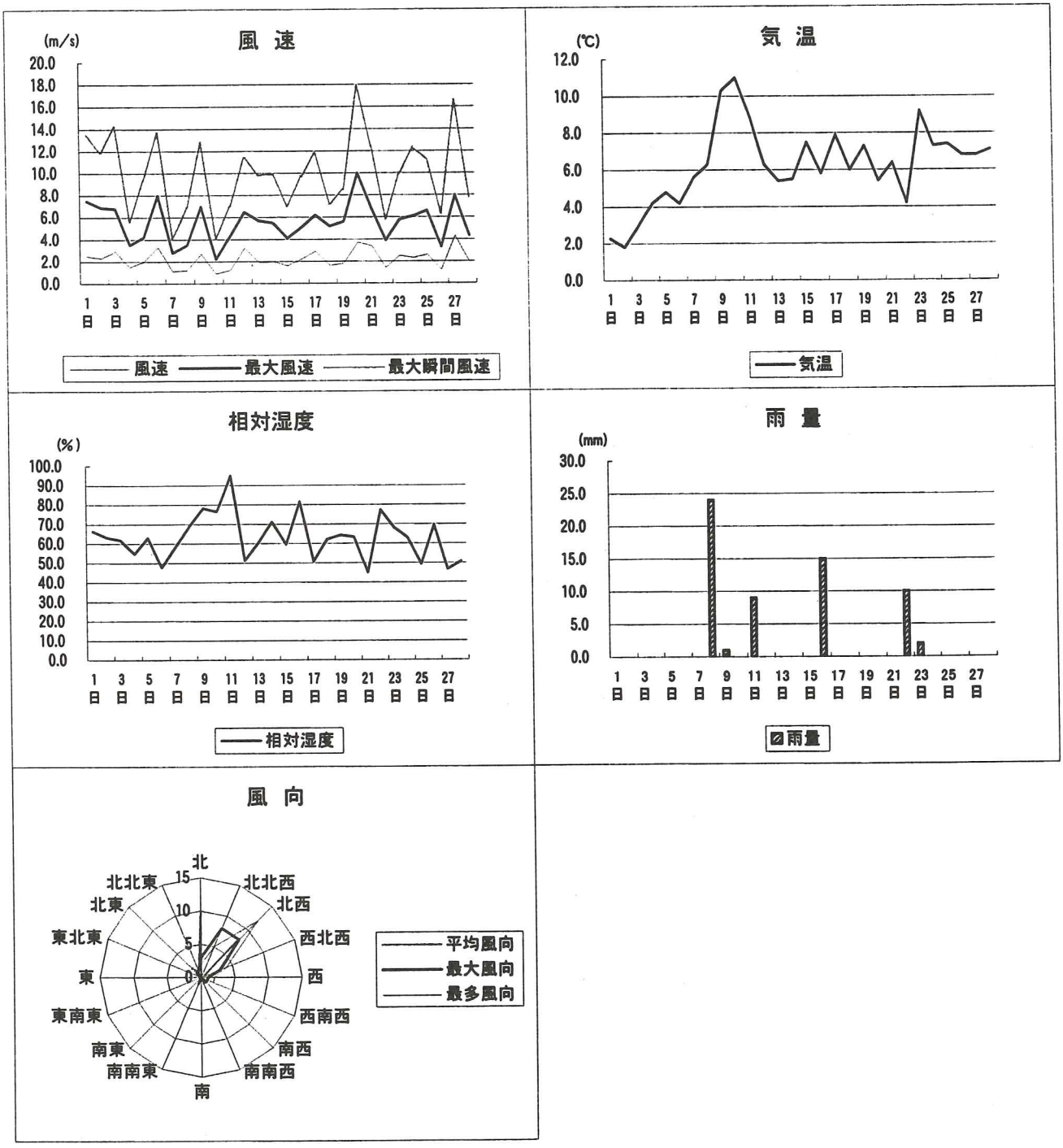
日付	日平均風速 (m/s)	日最大平均風速 (m/s)	同 風向	日最大瞬間風速 (m/s)	同 風向	最多風向	日平均気温 (℃)	日平均相対湿度 (%)	日雨量 (mm)
1日	2.0	5.6	西	11.6	西北西	西	6.6	70.1	0.0
2日	3.7	8.0	北北西	16.4	北北西	北北西	3.4	55.8	0.0
3日	1.2	3.0	北西	5.2	北北西	北西	2.1	81.6	23.0
4日	2.6	8.6	西南西	14.5	西南西	西南西	4.5	75.8	0.0
5日	4.7	8.3	西	17.8	西	西	1.5	61.6	0.0
6日	1.5	3.5	西南西	5.7	北北西	北西	1.5	76.1	9.0
7日	1.4	3.8	西南西	6.6	西	西	2.8	72.6	0.0
8日	1.3	2.8	西南西	4.4	西	北北東	4.2	71.5	0.0
9日	1.4	3.9	西南西	6.1	西南西	西北西	4.9	65.1	0.0
10日	1.9	4.6	北西	8.3	西北西	西	5.8	71.2	0.0
11日	1.8	5.4	西北西	9.3	西北西	北西	6.6	60.7	0.0
12日	1.7	5.6	西南西	8.8	西	西	6.5	69.3	0.0
13日	1.0	2.5	東北東	4.0	東	東北東	4.9	73.7	0.0
14日	2.0	7.5	北北西	14.0	北北西	北西	5.5	74.9	0.0
15日	3.8	8.1	北	16.1	北北西	北北西	2.2	53.8	0.0
16日	1.1	2.2	北北東	4.1	北西	東北東	1.7	59.4	0.0
17日	1.1	4.6	西南西	6.5	西南西	西南西	6.5	65.1	0.0
18日	1.6	3.6	北西	6.4	西	西北西	5.8	80.8	3.0
19日	1.1	2.5	北西	4.2	西北西	北西	2.8	87.1	0.0
20日	1.8	5.8	西南西	9.1	西	西	7.1	71.1	0.0
21日	3.3	6.7	北西	13.5	北北西	北北西	4.7	56.6	1.0
22日	1.1	2.9	西南西	4.5	西南西	東北東	3.6	59.8	0.0
23日	1.9	6.6	西北西	13.4	北西	北西	3.7	85.2	20.0
24日	3.4	7.7	北北西	14.9	北北西	北西	3.8	64.1	0.0
25日	2.8	6.6	北西	15.0	北西	北北西	4.0	57.5	0.0
26日	1.0	3.2	北	4.9	北	北西	4.7	61.1	0.0
27日	1.0	4.2	北西	7.7	北西	北西	6.7	98.8	45.0
28日	3.3	6.3	北西	13.0	西北西	北西	4.8	68.7	1.0
29日	4.9	9.3	西	18.6	西	西	−0.3	61.2	0.0
30日	3.4	6.8	西北西	12.7	西北西	西北西	0.2	81.7	8.0
31日	1.9	3.7	西	7.4	西	西北西	3.0	78.5	2.0
月平均	2.2						4.1	70.0	112.0
月極値		9.3	西	18.6	西	北西			


風 速
(m/s)
20.0
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31
日
風速
最大風速
最大瞬間風速
気 温
(℃)
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
−1.0
気温
相対湿度
(%)
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
相対湿度
雨 量
(mm)
50.0
45.0
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
雨量
風 向
北
北北西
北西
西北西
西
西南西
南西
南南西
南
南南東
南東
東南東
東
東北東
北東
北北東
10
8
6
4
2
0
平均風向
最大風向
最多風向

月 表　2003年2月

北緯:　0°0'0"　　東経:　0°0'0"　　標高:　0m

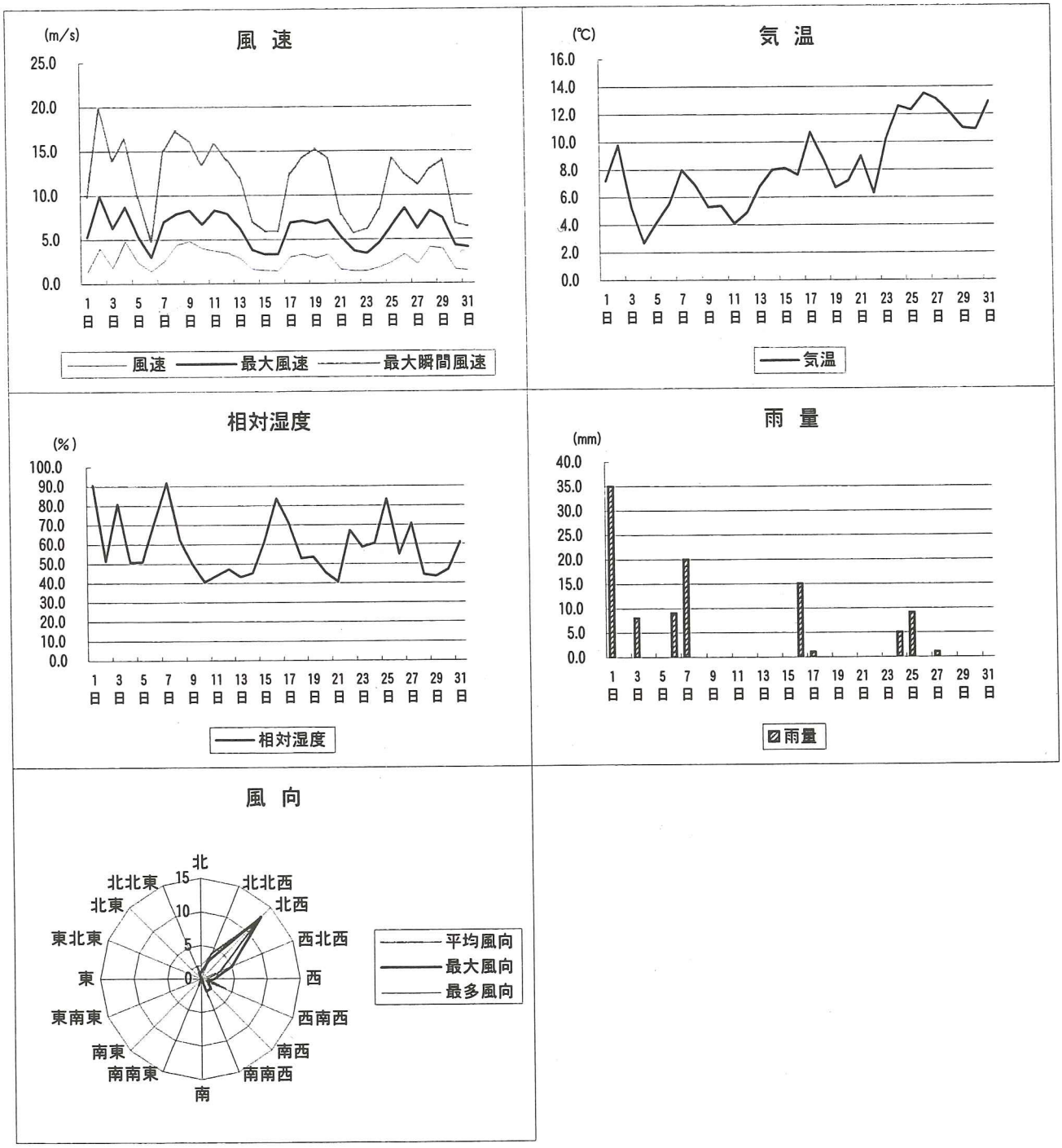
日付	日平均風速 (m/s)	日最大平均風速 (m/s)	同 風向	日最大瞬間風速 (m/s)	同 風向	最多風向	日平均気温 (℃)	日平均相対湿度 (%)	日雨量 (mm)
1日	2.5	7.5	北	13.4	北北西	北西	2.3	66.4	0.0
2日	2.3	6.9	北西	11.9	西北西	北西	1.8	63.2	0.0
3日	2.9	6.8	北西	14.2	北西	北西	3.0	61.9	0.0
4日	1.5	3.5	北	5.6	北	北西	4.2	54.8	0.0
5日	2.0	4.2	北西	9.4	北北西	北北西	4.8	63.1	0.0
6日	3.3	8.0	北	13.7	北	北北西	4.2	47.8	0.0
7日	1.1	2.8	北東	4.1	北東	東北東	5.6	58.7	0.0
8日	1.2	3.5	北西	6.9	北西	北北西	6.3	69.2	24.0
9日	2.7	7.0	西北西	12.8	西北西	西北西	10.3	78.3	1.0
10日	0.9	2.2	北東	4.1	南南東	西	11.0	76.5	0.0
11日	1.2	4.3	北西	7.0	北西	西北西	8.9	95.0	9.0
12日	3.2	6.5	北	11.4	北北西	北北西	6.3	51.1	0.0
13日	1.9	5.7	北	9.8	北西	北西	5.4	60.5	0.0
14日	2.0	5.5	北	9.9	北北西	西北西	5.5	71.1	0.0
15日	1.6	4.1	南西	7.0	南西	西南西	7.5	59.4	0.0
16日	2.2	5.1	北西	9.7	北西	北西	5.8	81.6	15.0
17日	2.9	6.2	北西	11.8	北西	北西	7.9	50.7	0.0
18日	1.6	5.2	北	7.2	北	北	6.0	62.2	0.0
19日	1.8	5.6	西南西	8.5	西南西	西南西	7.3	64.3	0.0
20日	3.7	10.0	北	17.9	北北西	北西	5.4	63.4	0.0
21日	3.4	6.8	西北西	12.4	北北西	北西	6.4	45.0	0.0
22日	1.4	3.9	北北東	5.8	北北東	北北西	4.2	77.3	10.0
23日	2.5	5.8	西北西	10.0	西北西	西北西	9.2	68.0	2.0
24日	2.3	6.1	北	12.3	北西	北西	7.3	63.0	0.0
25日	2.6	6.6	北	11.2	北北西	北西	7.4	49.2	0.0
26日	1.2	3.3	西	6.3	西	西	6.8	69.5	0.0
27日	4.3	8.0	北西	16.6	北西	北西	6.8	46.6	0.0
28日	1.9	4.3	南南西	7.8	北北西	北	7.1	50.8	0.0
月平均	2.2						6.2	63.2	61.0
月極値		10.0	北	17.9	北北西	北西			


風 速
(m/s)
20.0
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27
日
風速
最大風速
最大瞬間風速
気 温
(℃)
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
気温
相対湿度
(%)
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
相対湿度
雨 量
(mm)
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
雨量
風 向
北
北北西
北西
西北西
西
西南西
南西
南南西
南
南南東
南東
東南東
東
東北東
北東
北北東
15
10
5
0
平均風向
最大風向
最多風向

月 表　2003年3月

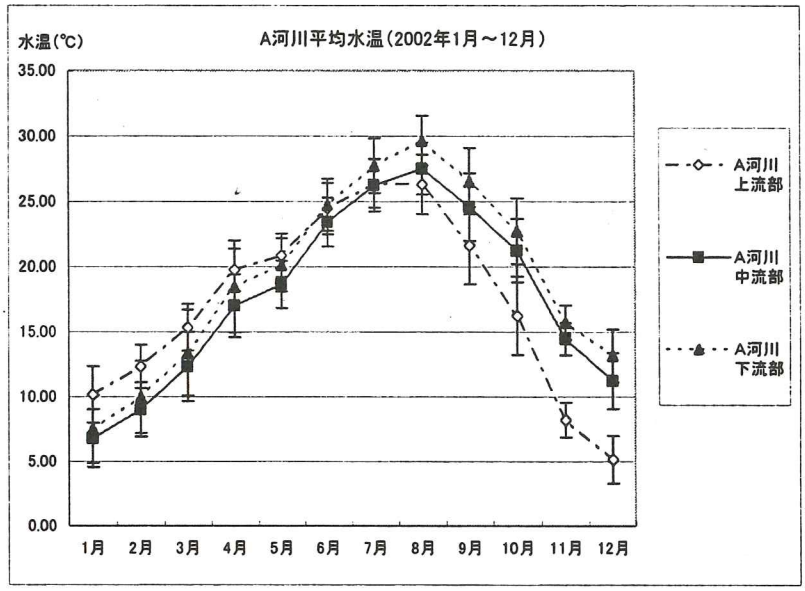
北緯:　0°0'0"　　東経:　0°0'0"　　標高:　0m

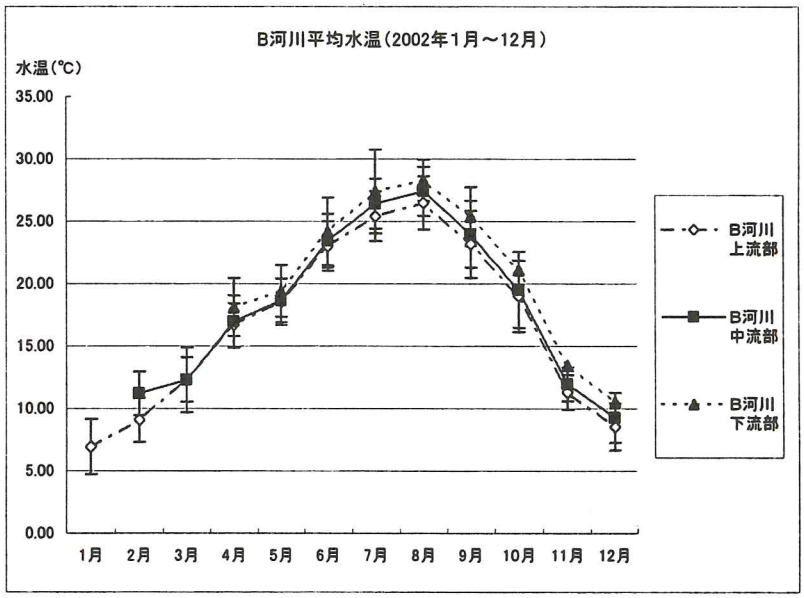
日付	日平均風速 (m/s)	日最大平均風速 (m/s)	同 風向	日最大瞬間風速 (m/s)	同 風向	最多風向	日平均気温 (℃)	日平均相対湿度 (%)	日雨量 (mm)
1日	1.3	5.3	北西	9.8	北西	北北東	7.2	90.7	35.0
2日	4.0	9.9	北北西	19.9	北北西	北西	9.8	51.4	0.0
3日	1.8	6.3	北西	14.0	北西	北西	5.3	80.9	8.0
4日	4.8	8.7	北北西	16.4	北北西	北北西	2.7	50.7	0.0
5日	2.4	5.4	北西	9.8	北西	北西	4.2	51.0	0.0
6日	1.4	3.0	北北東	4.8	西北西	北	5.5	72.0	9.0
7日	2.5	7.0	北西	15.1	北西	北西	8.0	91.9	20.0
8日	4.4	7.9	北西	17.3	北西	北西	6.9	62.4	0.0
9日	4.8	8.3	北西	16.1	北西	北西	5.3	49.8	0.0
10日	4.0	6.7	北西	13.5	北西	北西	5.4	40.7	0.0
11日	3.7	8.3	北西	15.8	北西	北北西	4.1	43.8	0.0
12日	3.5	7.9	北西	14.0	北西	北西	4.9	47.3	0.0
13日	2.9	6.3	北西	12.1	西北西	西北西	6.8	43.2	0.0
14日	1.6	3.8	西	7.1	西	西	8.0	45.1	0.0
15日	1.5	3.3	北北西	5.9	北西	西北西	8.1	61.9	0.0
16日	1.4	3.3	南南西	5.9	南南東	北北東	7.6	83.7	15.0
17日	3.0	6.9	西北西	12.5	西北西	北西	10.7	71.0	1.0
18日	3.3	7.1	北西	14.2	北西	北西	8.8	52.8	0.0
19日	2.9	6.8	北西	15.3	北西	北西	6.7	53.6	0.0
20日	3.3	7.2	北北西	14.2	北北西	北北西	7.2	45.5	0.0
21日	1.6	5.3	西南西	7.8	西	北北西	9.0	40.6	0.0
22日	1.4	3.7	南南西	5.7	南南西	北東	6.3	67.1	0.0
23日	1.4	3.4	西南西	6.2	南西	南西	10.2	58.6	0.0
24日	1.8	4.6	南南西	8.3	南南西	南南西	12.6	60.5	5.0
25日	2.4	6.6	西北西	14.1	西北西	北	12.3	83.3	9.0
26日	3.3	8.5	西南西	12.5	西南西	西	13.5	54.8	0.0
27日	2.2	6.2	西北西	11.2	西北西	西北西	13.1	70.8	1.0
28日	4.1	8.2	北	12.9	北	北西	12.1	44.3	0.0
29日	3.9	7.4	北西	14.0	北西	北西	11.0	43.4	0.0
30日	1.6	4.3	西南西	6.8	南西	南西	10.9	46.9	0.0
31日	1.4	4.1	北北東	6.4	北北東	北東	12.9	61.0	0.0
月平均	2.7						8.3	58.7	103.0
月極値		9.9	北北西	19.9	北北西	北西			

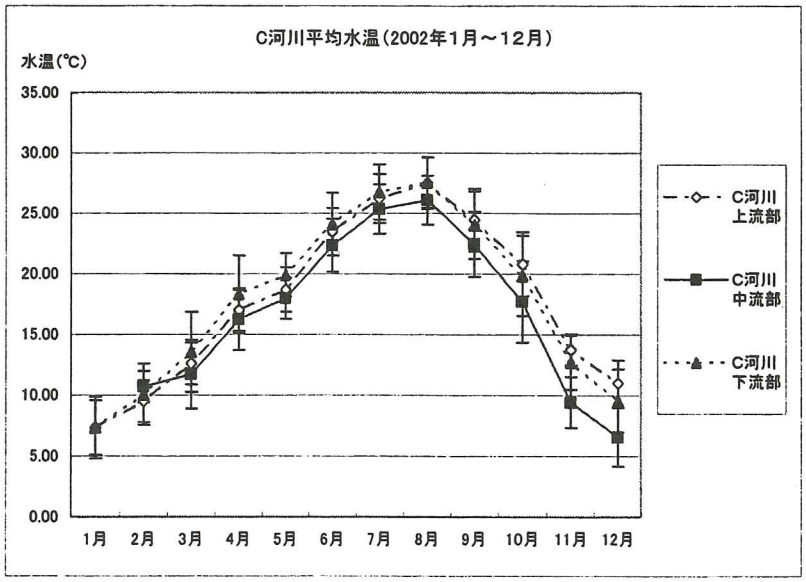

風 速
(m/s)
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
1日 3日 5日 7日 9日 11日 13日 15日 17日 19日 21日 23日 25日 27日 29日 31日
風速
最大風速
最大瞬間風速
気 温
(℃)
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
気温
相対湿度
(%)
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
相対湿度
雨 量
(mm)
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
雨量
風 向
北
北北西
北西
西北西
西
西南西
南西
南南西
南
南南東
南東
東南東
東
東北東
北東
北北東
15
10
5
0
平均風向
最大風向
最多風向

（2） 水温

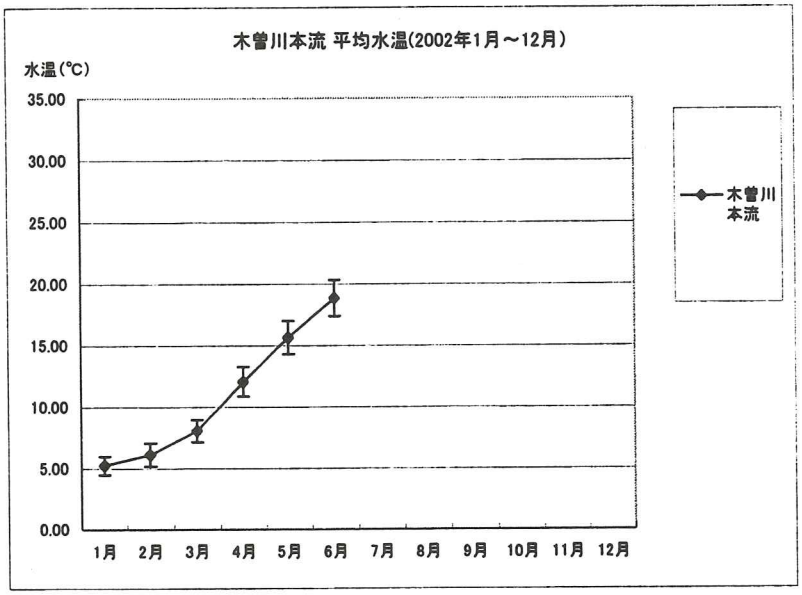
月別平均水温・標準偏差（2002年1月～12月）

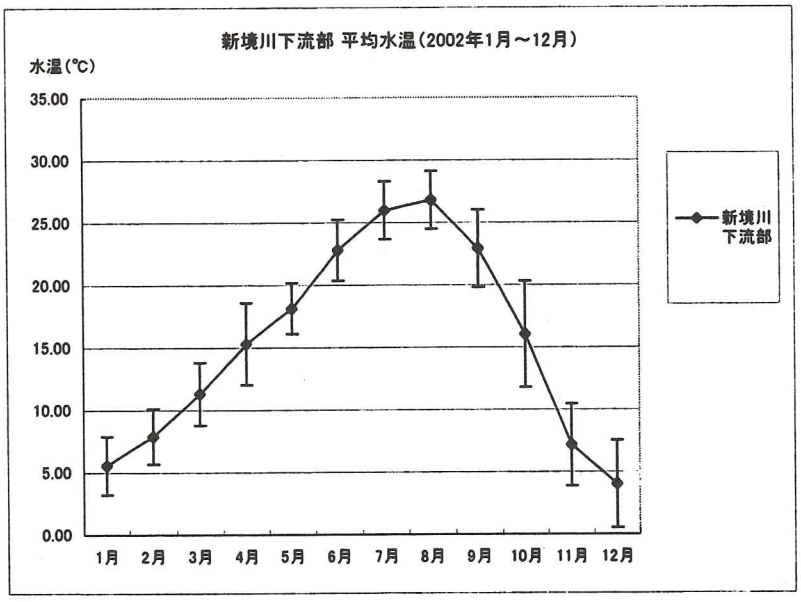






月別平均水温・標準偏差(2002年1月～12月)





（3） 水質

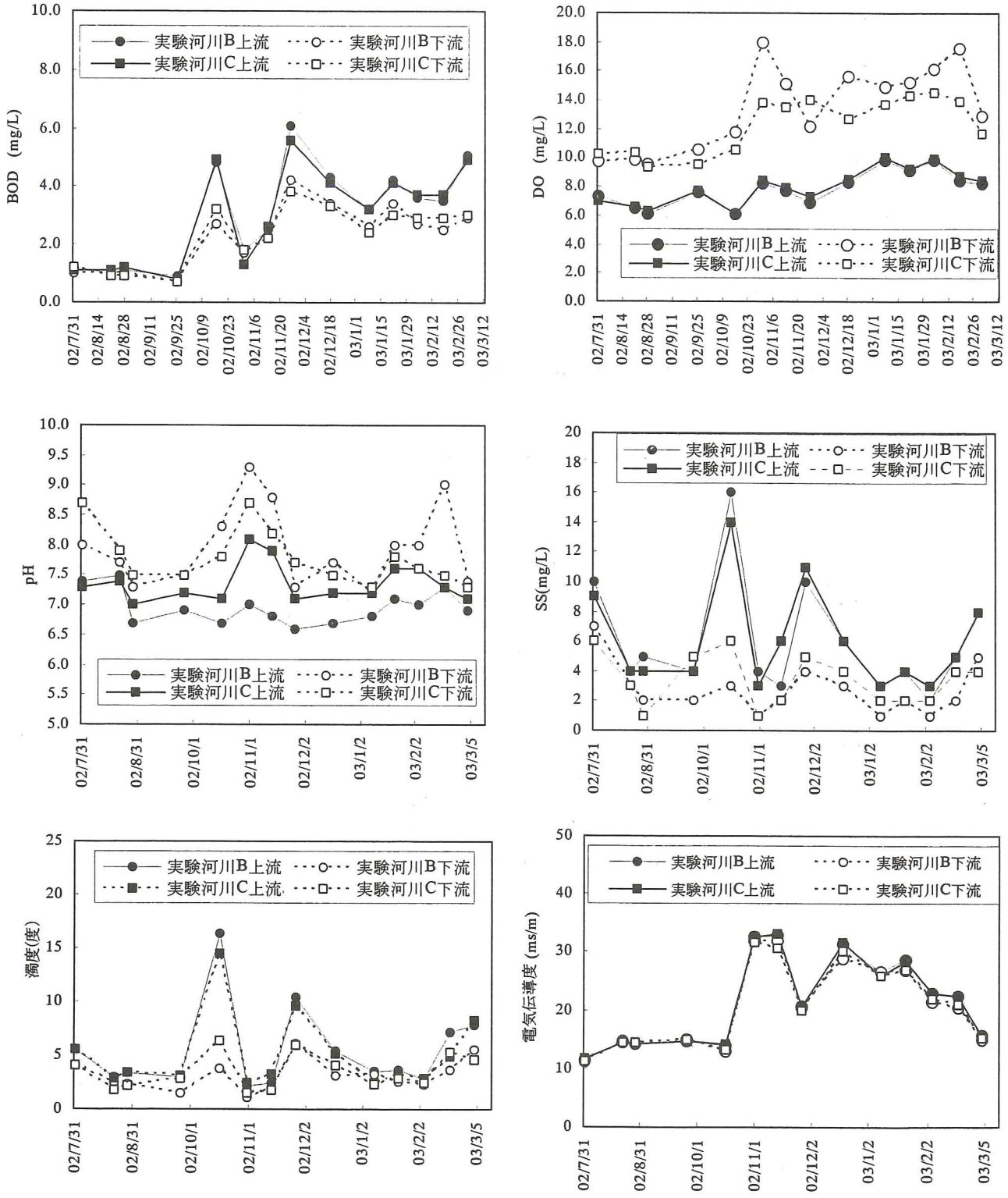


図　　実験河川水質分析結果（1）

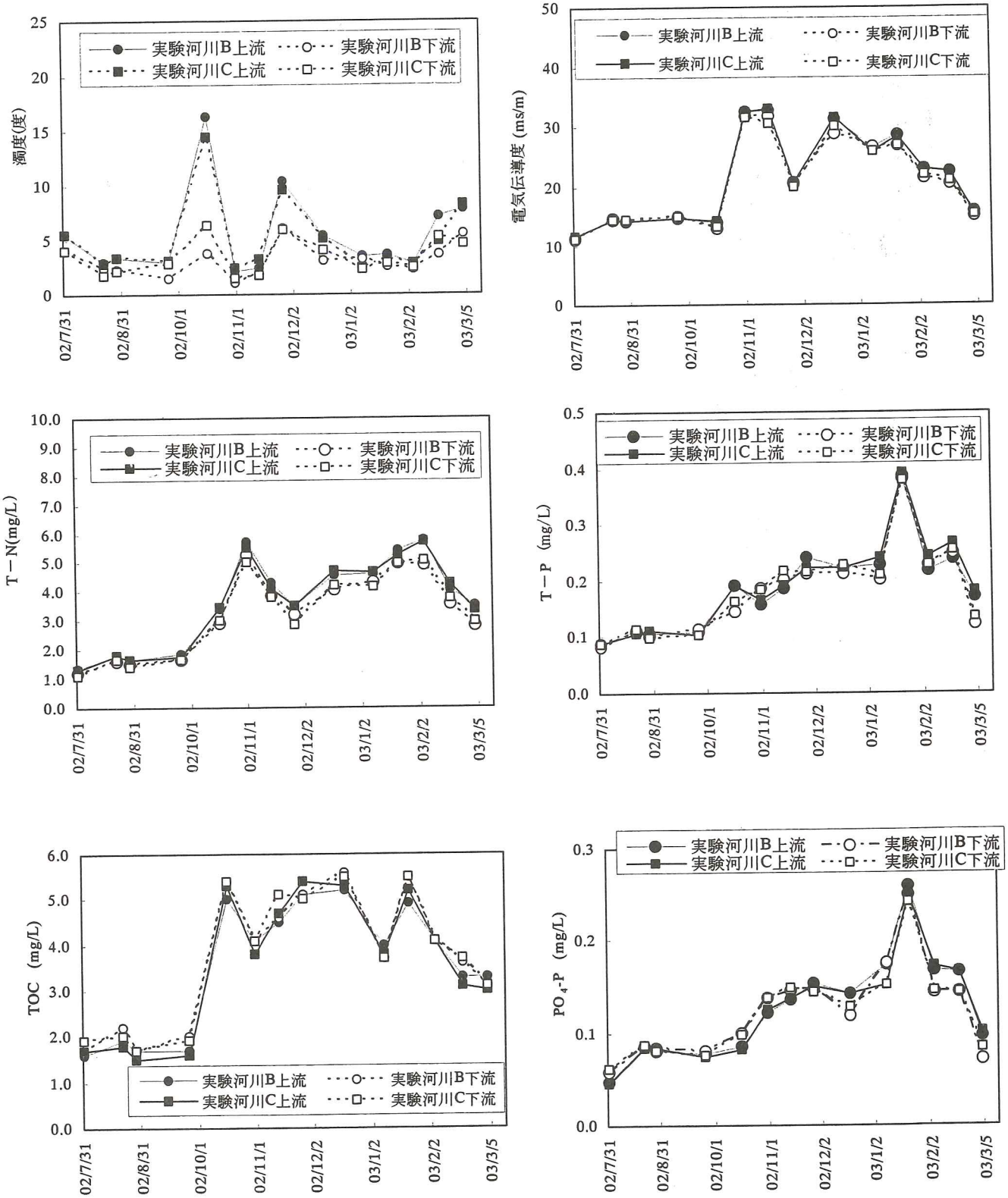


図　　実験河川水質分析結果（2）

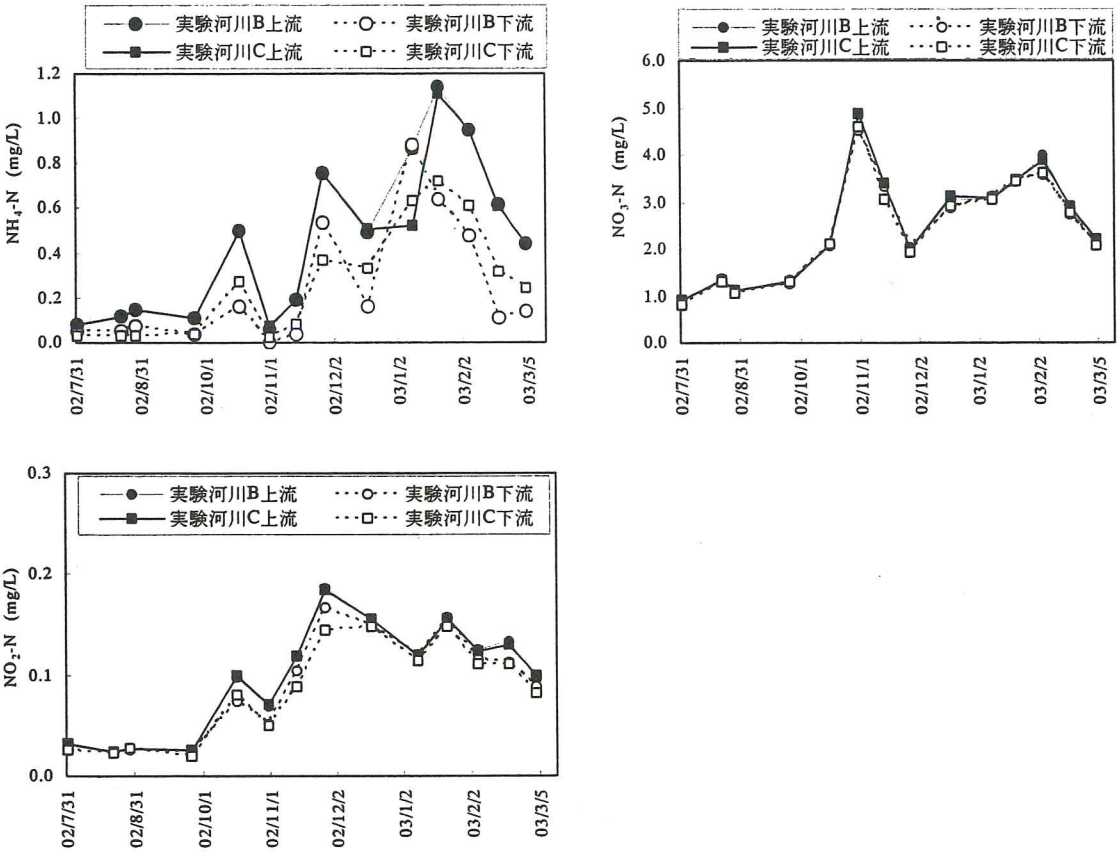


図　　実験河川水質分析結果（3）

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（自然共生研究センター長）	萱場祐一	（1、2、4.1）
	主任研究員	中村圭吾	（7）
	研究員	皆川朋子	（3、4.2）
	〃	吉冨友恭	（8）
	〃	傳田正利	（6.2）
	科学技術特別研究員	河口洋一	（5.1）
	前　交流研究員	力山　基 *	（5.2.2）
	前　〃	千葉武生 **	（5.2.1）
		望月聖子	（4.3）
	部外研究員	浦部美佐子***	（6.1）

国土交通省中部地方整備局	中部技術事務所　所長	金木　誠	
	環境共生課　課長	小谷敏明	
	前　〃　係長	水野　徹 ****	（5.1）

（ ）は執筆分担

---

*　共和コンクリート（株）　技術部

**（株）建設技術研究所　東京本社　文化技術センター　環境部

*** 福岡教育大学　教育学部　助教授

**** 中部地方整備局　河川部　河川工事課　海岸係長