

## 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<sup>1), 2), 3), 4)</sup>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<sup>5), 6), 7), 8)</sup>。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<sup>9)</sup>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<sup>4), 9)</sup>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<sup>10), 11)</sup>。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<sup>12), 13)</sup>。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<sup>10)</sup>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<sup>14), 15), 16), 17)</sup>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1000mm×長さ500mm）を設置した。平板Aは骨材粒径13~20mm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13~20mm、目標連続空隙率25%である。平板Cは骨材粒径20~40mm、目標連続空隙率25%である。平板作製に用いた碎石の物性、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わせて設置した。配列を図-1に示す。調査では、平板ブロック25cm×25cmの方形枠内を、水中ポンプを用い2分間吸引し、サーバーネットを試料を採集した。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。

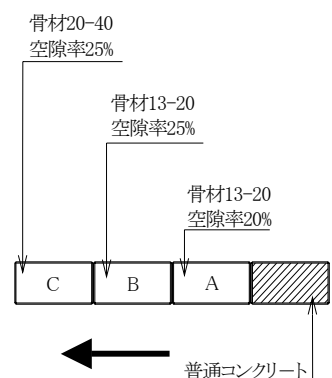


図-1 ポーラス平板布設

表-2 骨材の物理特性

骨材粒径 (mm)	密度	単位体積質量 (kg/m <sup>3</sup> )	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 <sup>2</sup> )	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 <sup>3</sup> )	単位セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	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<sup>19)</sup>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<sup>1)</sup>の調査結果より通常的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。

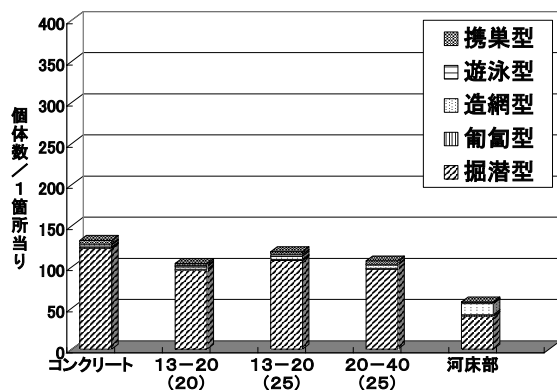


図-2 出水前の個体数 (平成14年8月)

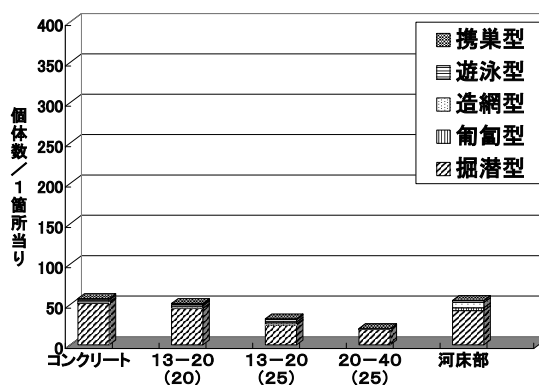


図-3 出水後の個体数 (平成14年9月)

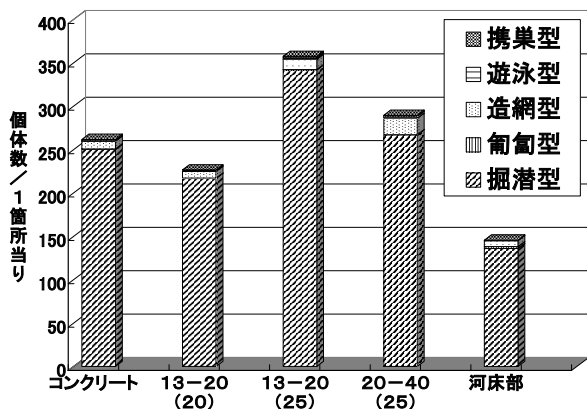


図-4 出水前の個体数 (平成15年3月)

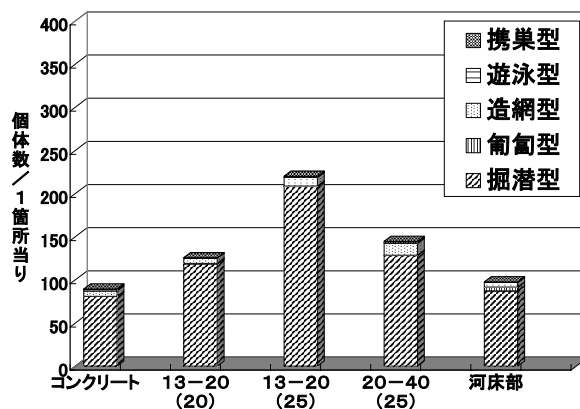


図-5 出水後の個体数 (平成15年3月)

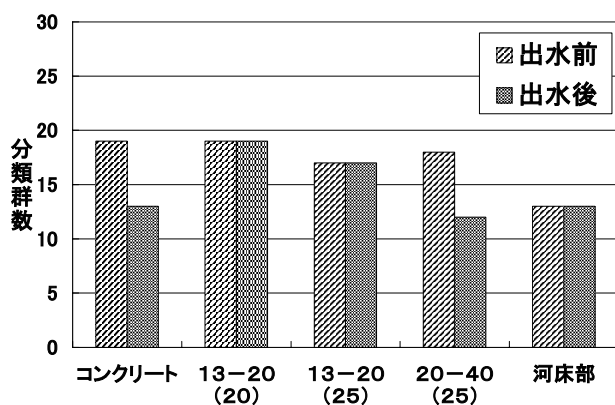


図-6 出水前後の分類群数 (平成14年8月)

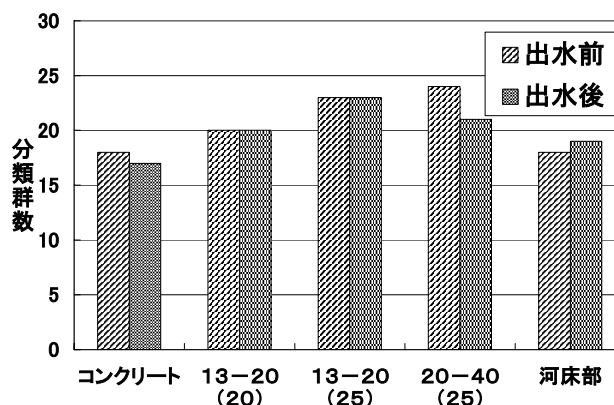


図-7 出水前後の分類群数 (平成15年3月)

### 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)<sup>17)</sup>」に順じを行った。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。

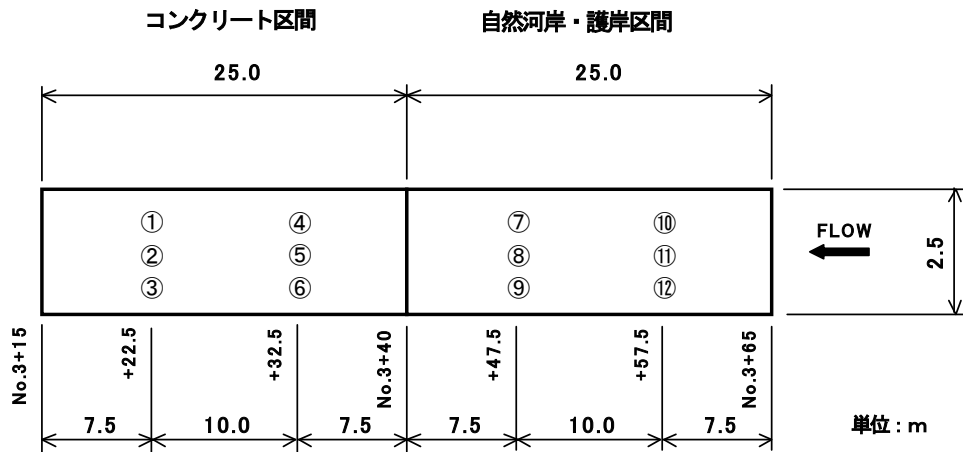


図-8 調査箇所

### 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<sup>10)</sup>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、⑩～⑱）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、⑩～⑱）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。

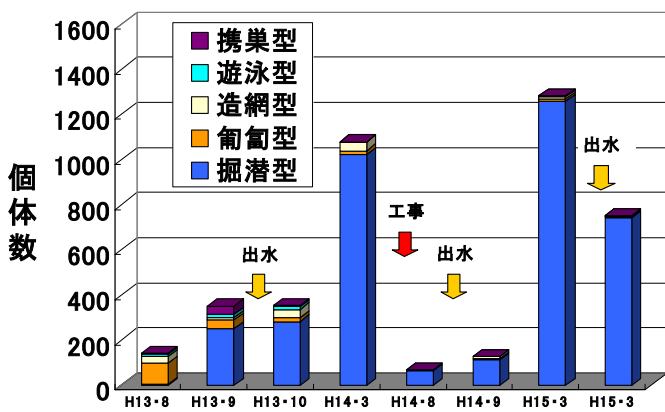


図-9 コンクリート区間

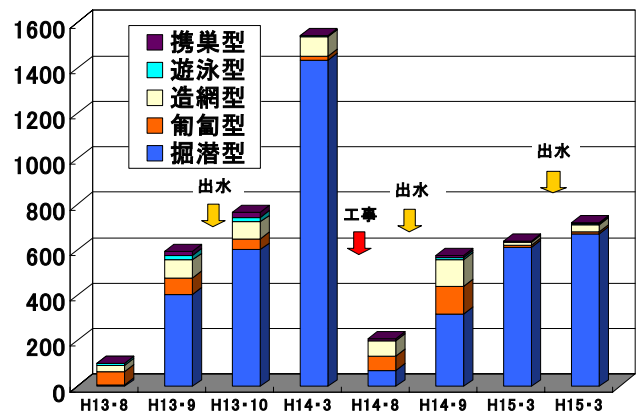


図-10 自然河岸・護岸区間

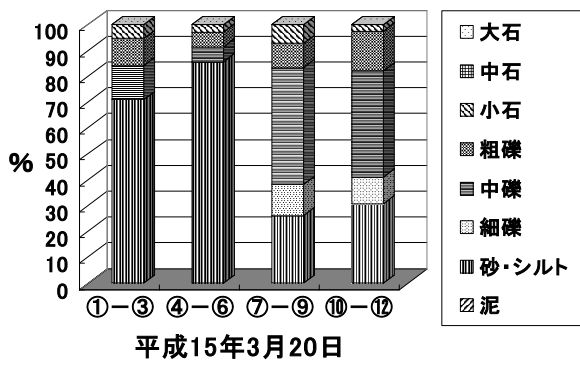
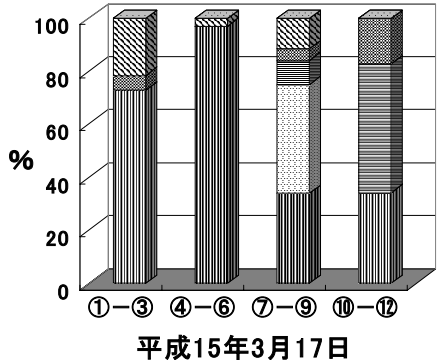
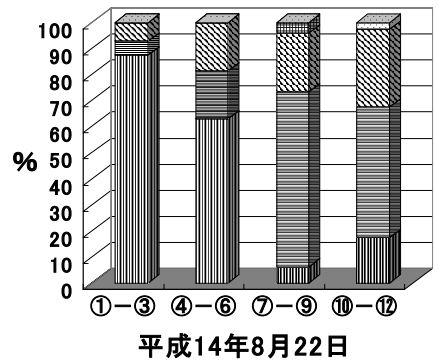
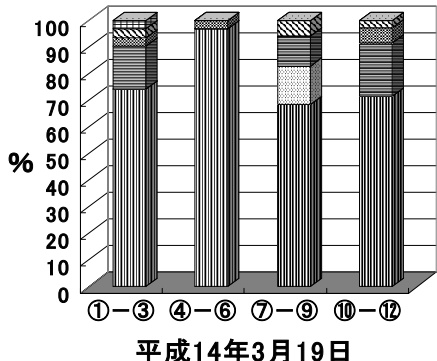
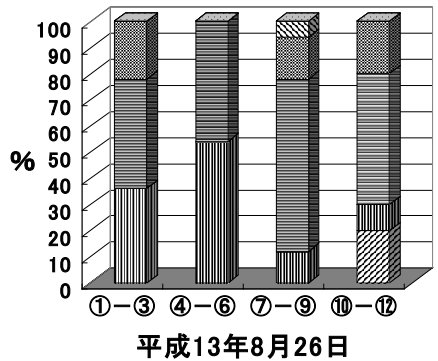


図-11 河床材料の構成比変化

## 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<sup>19）、20）</sup>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<sup>14）、15）、20）</sup>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。

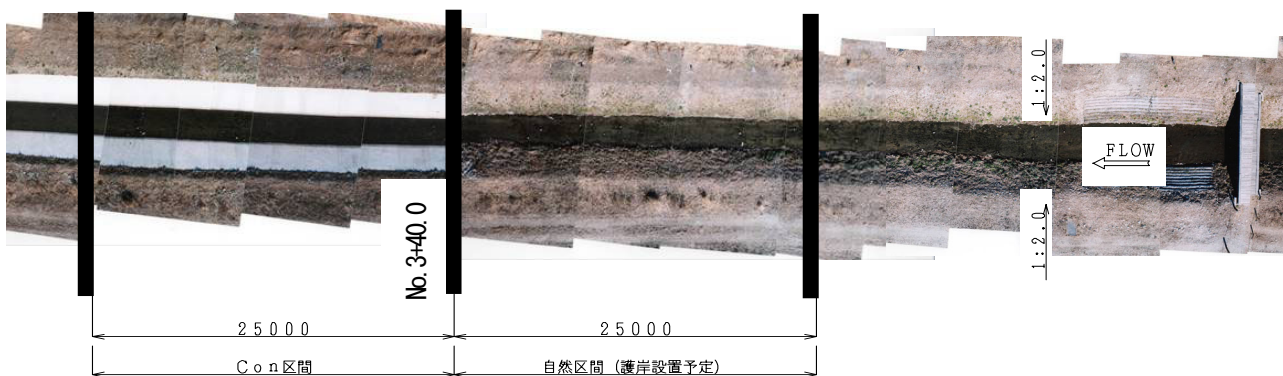


写真-1 事前調査区間（撮影：平成14年3月）

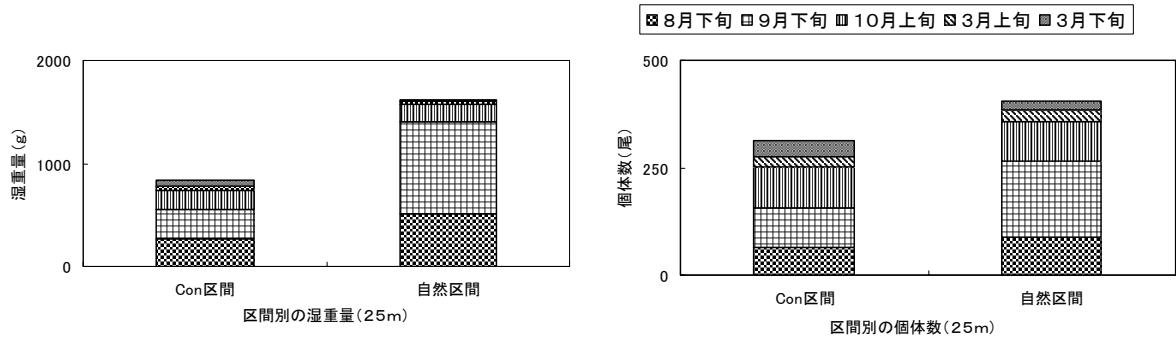
#### 4. 1. 2 事前調査の結果

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。

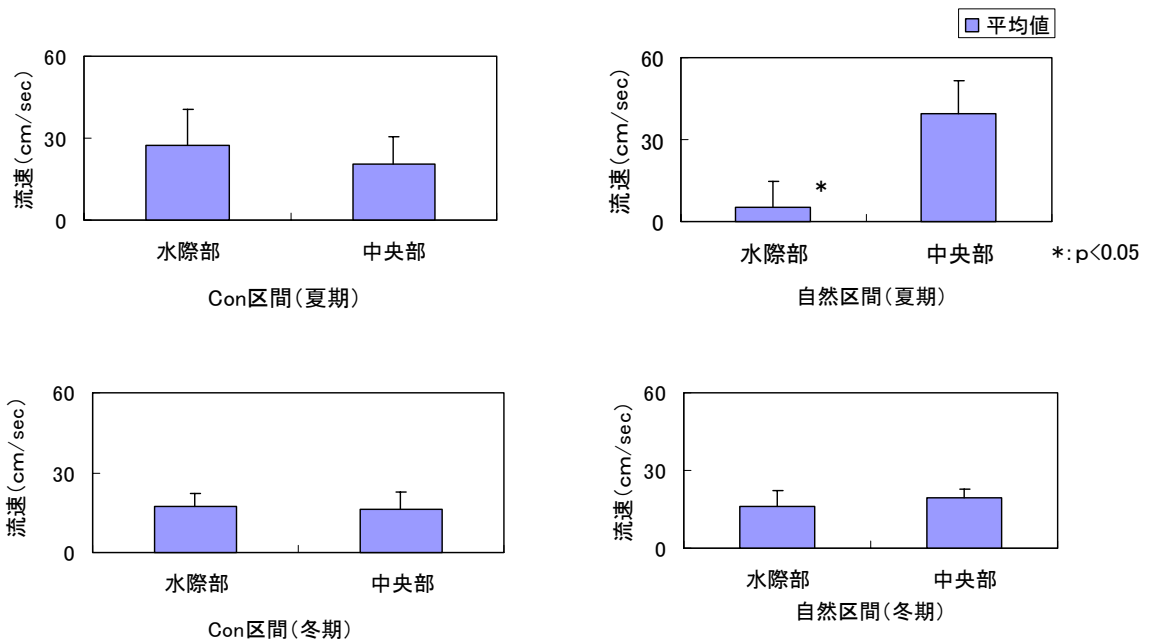
次に、水理調査の一例として流速調査の結果を図-13に示す。Con区間では水際部の流速と中央部の流速分布には差が見られず、単調区間となっていた。夏期の自然区間の水際部では流速が遅く、中央部では速くなっており、水際部の植生により多様な流速場が形成されていた。一方、植生が枯れた冬季の自然区間の流速はCon区間と同様に水際部、中央部の流速に差が見られず、単調となっていた。

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1.0 t/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する。



図一 12 区間別に見た魚類の湿重量・個体数（事前調査）



図一 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

写真一 2 同一流量 (1.0 t/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<sup>22)</sup>）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<sup>14)、21)</sup>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<sup>24)、25)、26)</sup>、走陰性<sup>24)、27)</sup>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）。

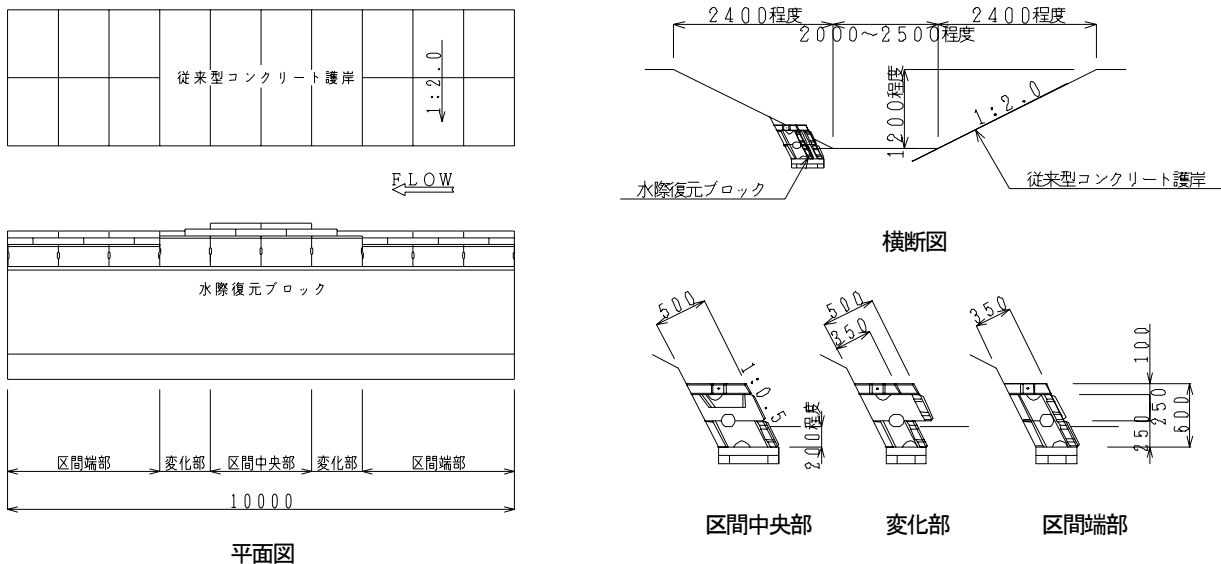


図-14 水際復元ブロック区間護岸構造概略図

#### 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<sup>19)</sup>。

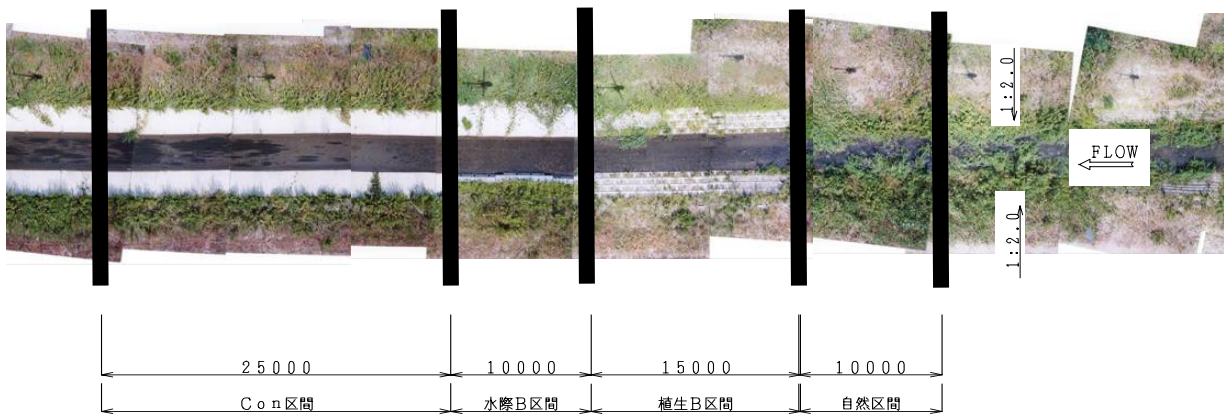


写真-3 事後調査区間（撮影平成14年7月）

#### 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。

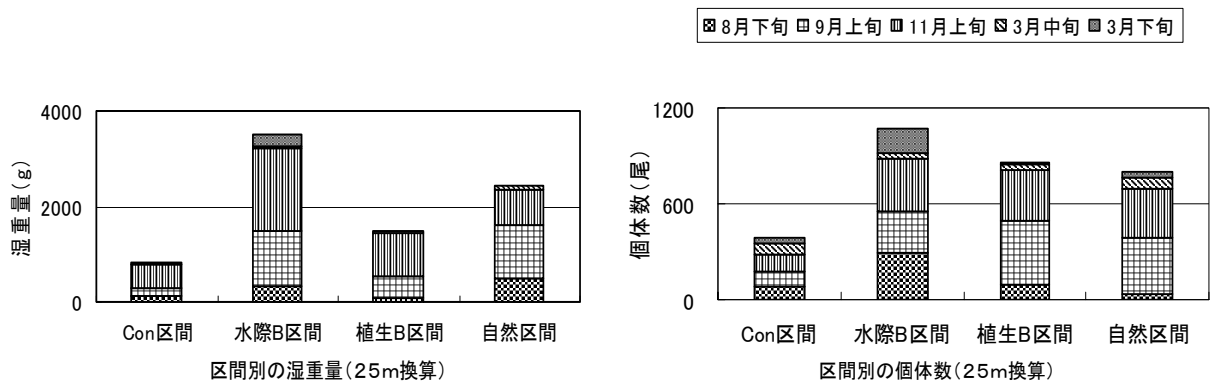


図-15 区間別に見た魚類の湿重量・個体数 (事後調査)

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 (0.1 t/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 1.0 t/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られる。

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、一樣な流向となっていた。

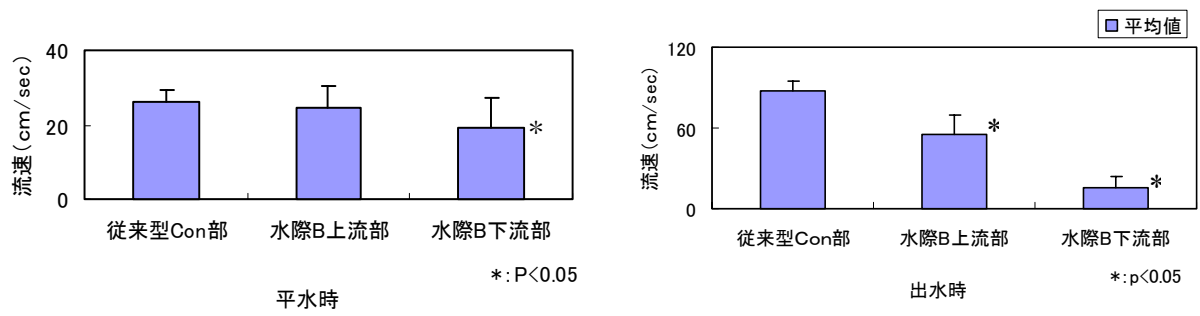


図-16 護岸形態別にみた水際部の流速

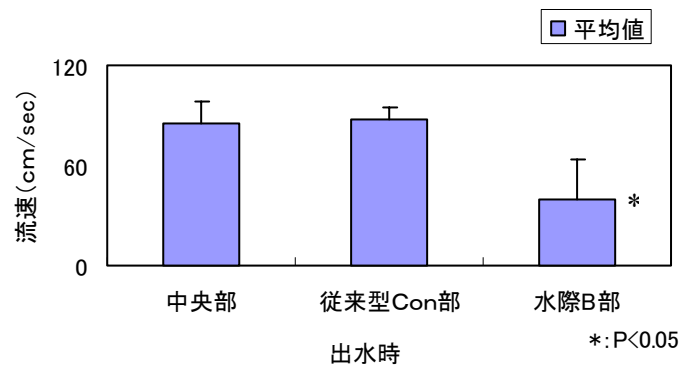


図-17 出水時の護岸形態別にみた水際部の流速

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<sup>28)</sup>、<sup>29)</sup>。



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		凸部下流側					
					個体数	湿重量	個体数	湿重量				
扁形動物	ウスムシ	ウスムシ	-	Tricladida	ウスムシ(三岐腸)目							
軟体動物	ニマイカイ	ハマケリ	シジミ	Corbicula leana	マシジミ			16	0.53			
環形動物	ミス	ナガミス	ミスミス	Branchiodrilus sp.	エラオミスミス属の一種							
				Stylaria sp.	テングミスミス属の一種							
				Naididae	ミスミス科							
				Branchiura sowerbyi	エラミス			1	+			
				Tubificidae	イトミス科			8	+			
	ヒル	ウオビル 咽蛭	イシビル	Glossiphoniidae	グロソフォニ科							
				Erpobdella lineata	シマイシビル							
				Erpobdellidae	イシビル科							
				Caenis sp.	ヒメシロカゲロウ属の一種			1	+			
				Erpobdella sp.	イシビル科			1	0.01			
節足動物	昆虫	カゲロウ	ヒメシロカゲロウ マダラカゲロウ コカゲロウ	Caenis sp.	ヒメシロカゲロウ属の一種							
				Torleya japonica	エラブタマダラカゲロウ							
				Acentrella sp.	ミジカオタバコカゲロウ属の一種							
				Baetiella japonica	フタバコカゲロウ							
				Baetis sahoensis	サホコカゲロウ							
				Baetis sp.H	ヒコカゲロウ							
				Baetis sp.	コカゲロウ属の一種(破損)							
				Gloeon sp.	フタバカゲロウ属の一種							
				トシボ	イトシボ	Coenagrionidae	イトシボ科					
				トシボ	トシボ	Orthetrum albistylum speciosum	シオカトシボ					
				トビケラ	シマトビケラ ヒメトビケラ	-	Cheumatopsyche spp.	コガシマトビケラ属の数種	4	+		
							Hydroptila spp.	ヒメトビケラ属の数種	4	+		
							TRICHOPTERA(pupa)	トビケラ目(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.	ナレツヤユスリカ属の数種										
	Thienemanniella spp.	スユスリカ属の数種										
	Orthocladiinae	エリユスリカ亜科	14				+	1	+			
	Chironomus sp.	ユスリカ属の一種										
	Cryptochironomus spp.	カマガ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.	エダケヒゲユスリカ属の数種	2				+					
	Rheotanytarsus spp.	ナレユスリカ属の数種	13				+					
	Tanytarsus spp.	ヒゲユスリカ属の数種	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/0.25×0.25m)						56		29			
	湿重量 (g/0.25×0.25m)							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1.0 t/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1.0 t/secに対する水位

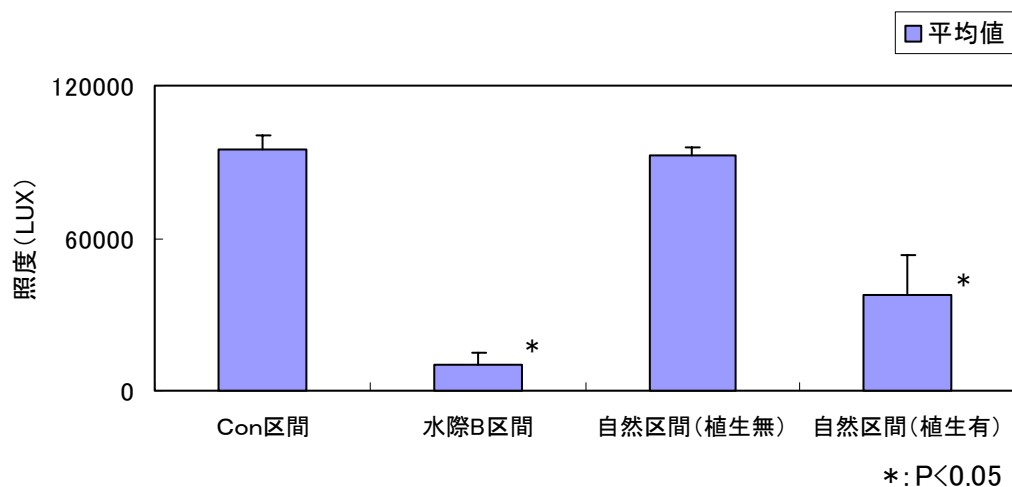


図-18 護岸形態別にみた水際の照度

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

本研究において研究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<sup>30</sup>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<sup>30</sup>。

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巢ブロックも、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られる。

## 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壁工・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：河川沈積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—コンクリートによる豊かな水辺環境の創造—、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—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、No. 4、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：ダム湖湖相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.