

### 1. 魚道ブロック開発の背景

近年治水事業の中で、多自然型川づくりが全国各地で推進されるようになってきた。こうした動きを背景に、豊かな水域環境を積極的に創出するため、地域のシンボルとなっている河川等について、堰、床固め、ダム、砂防ダム等及びその周辺の改良、魚道の設置、改善、魚道の流量の確保等を試行的に行い、全国の河川のモデルとして、魚道の遡上環境の改善を行う「魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業」が平成4年度から実施されているところである。このモデル事業に関連して、現在、魚道の検討を行っているが、実際の河川においては、恒久的な構造物として魚道を設置するのが必ずしも適切でない場合も多い。例えば、河床変動が継続中であり柔軟な対応が必要な場合や、魚道設置が緊急に必要な場合などプレキャスト的な魚道があればと思われることがしばしばある。また、河川横断施設の下流護床工部が河床低下のために下がり、魚の遡上障害となっている例もかなり認められる。

護床工部には、根固めブロックが一般的に使われており、このブロックを魚道として生かせれば非常に有効なものとなるであろう。こういった背景から、現在リバーフロント整備センターの中に魚道ブロック研究会を設け、調査研究を行っている。以上述べた背景を箇条書きにすると次のように整理することができる。

- 1) 多自然型川づくりの一環として、魚にやさしい川づくりに対する要望が高まっている。
- 2) 床止め等の河川横断施設について、河床低下により魚族の遡上障害となる落差が発生している。
- 3) 緊急な対応が求められている。
- 4) 抜本的な魚道の設置は、経済性、および河道状況を見ると必ずしも適当でない場合がある。

- 5) 護床工が根固めブロックで施工されている場合が多く、同様の形状および機能を持ったブロックタイプの魚道が有効と考えられる。
- 6) 現在、この種のブロックは未開発の状況にあり、「魚がのぼりやすい川づくり推進モデル事業」が進められている状況を考えると早急な開発が望まれる。

### 2. 魚道ブロックの目的及び機能

魚道ブロックの目的は大きく次の3つに分けられる。

- 1) 岩着部以外では一般的に堰等の構造物と護床工はセットで考えられているが、護床工部分で薄層流となり魚の遡上障害となっているものを簡易な手法により改善する。
- 2) 床止めの落差による魚の遡上障害を簡易な手法により改善する（床止め本体及び水叩き工下流が河床洗掘を受けたことによる落差）。
- 3) ブロックによる床止め等、落差のあるものの新設にあたっては特別な施設を付加しなくても魚の遡上を容易に確保する。

以上述べた目的を魚道ブロックの持つべき機能として整理すると次のようになる。

- 魚道ブロック
- a. 護床工の機能を兼ね備えたブロック
  - b. 構造物下流（或は護床工下流）の落差解消のため根固め工の機能を兼ね備えたブロック
  - c. プレキャスト的なブロック
  - d. 落差解消及び河床洗掘防止のため帯工（床止工）の機能を兼ね備えたブロック

このイメージを図に示す。

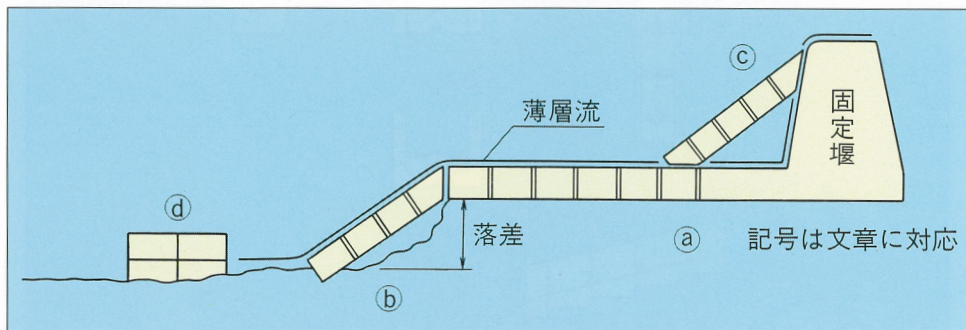


図 魚道ブロックの機能

特にdは構造物下流に魚類にとって重要な淵が形成されているような場合有効な方法と考えられる。

### 3. 魚道ブロックの特長

ブロックとして持つべき特長は、次の4点があげられる。

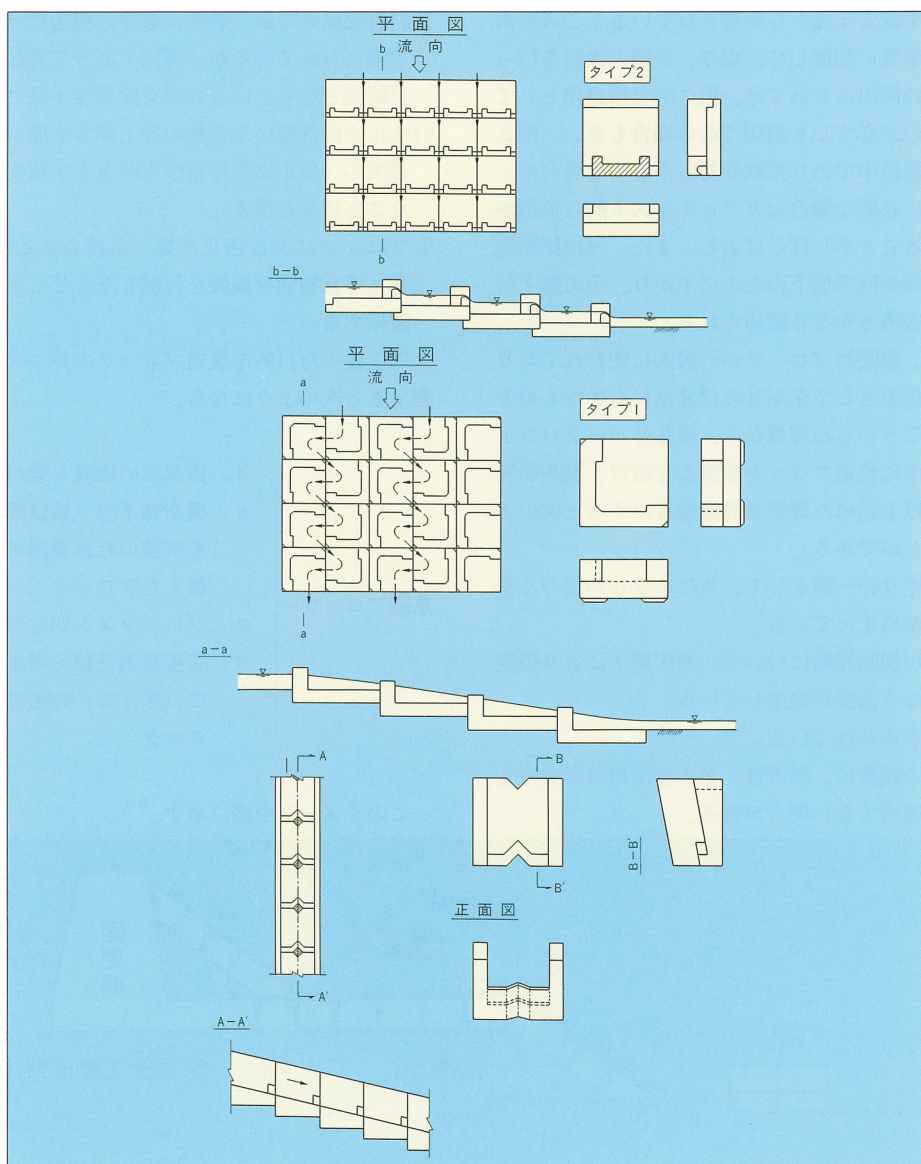
- 1) 根固めブロックの機能（強度、重量）を有している。
- 2) 既存の根固めブロックとなじみが良い（形状）。
- 3) 裾付が容易である。
- 4) 河床変動に対応できる（魚道の増設、敷設換え、

補修が容易）。

### 4. 魚道ブロックの基本形状

前に述べてきた魚道ブロックの目的、機能、特長から素案として、バーチカルスロットタイプ、アイスハーバタイプ、水路・船通しタイプ等の形状のブロックが考案された。

なお、これらについては当センターで基本特許を申請し（H5年3月）公開されている（H6年8月）。



アイスハーバタイプ



## 5. 魚道ブロックの実験

今年度は、アイスハーバー型の実用化を目指し模型実験を行ったので紹介する。

### 1) 実験の目的

模型実験は、全体の流れの状況を見るための1/25(1/15)モデルとより細部の流れの状況及び、隔壁の細部形状の検討のための1/5モデルの2通りのスケールモデルで行った。

実験はブロック形状や配列の変化による水理現象を定性的に見る事を主な目的として行った。1/25モデルは自由に並べかえてできる様にアクリル板で製作し、次のような点に着目して実験を行った。

- ①配列の変化による流れの状況
- ②非越流部と越流部の割合と非越流壁背後の静穏域の形成

③非越流部の幅と隔壁間隔（プール長に相当する）の割合と背後の静穏域の形成

④越流部及び非越流部の高さ

⑤勾配と流況

1/5モデルについては木材で製作し、形状の加工が容易にできるように配慮し、特に次のような点に着目して実験を行った。

①越流部直下流のプール水深と越流部高、勾配の関係について

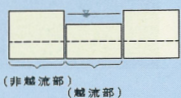
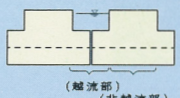
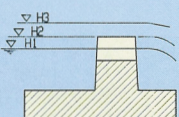
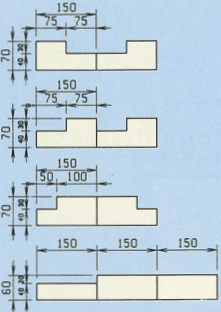
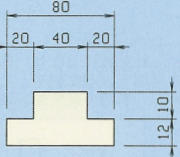
②水面形

③隔壁形状の細部検討

④潜孔、スリットの効果

実験の概要及び結果を次に示す。

### 実験概要

	ブロックAタイプ	ブロックBタイプ	摘要
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>1ユニットが2つのブロックで構成される。</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>1ユニットが1つのブロックで構成される。</li> </ul> 	<p>1ユニット：越流部と非越流部からなる単位。</p> <p>注) 両者ともアイスハーバータイプ</p>
実験設備の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>可傾斜両面ガラス張り</li> <li>鋼製水路</li> <li>L=25m、B=2.5m、H=0.5m</li> <li>Qmax=12m<sup>3</sup>/min</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可傾斜両面ガラス張り</li> <li>鋼製水路</li> <li>L=20m、B=0.6m、H=0.7m</li> <li>Qmax=5 m<sup>3</sup>/min</li> </ul>	注) いづれも整流槽設備有り。
実験縮尺	<ol style="list-style-type: none"> <li>S=1/15</li> <li>S=1/5</li> </ol> <p>(S=1/15、S=1/25実験の着目点)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>静穏域の状況、隔壁配列、勾配及び流量変化に伴う流れの状況を定性的に観察する。</li> </ul> <p>(S=1/5実験の着目点)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>隔壁形式のディテール、流れの状況など</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>S=1/25</li> <li>S=1/5</li> </ol>	
流量	<ol style="list-style-type: none"> <li>越流部隔壁高の中間位程度の流れ (H<sub>1</sub>)</li> <li>非越流壁相当の流れ (H<sub>2</sub>)</li> <li>全面越流状態の流れ (H<sub>3</sub>)</li> </ol>	同 左	
隔壁の形状	<p>4 ケース (S=1/15)</p> 	<p>1 ケース (S=1/25)</p> 	<p>注)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>寸法は実験値を示す。(mm)</li> <li>S=1/5実験寸法については実験結果の項に示す。</li> </ul>
ブロック布設勾配	$I_1 = 1 : 10$ $I_2 = 1 : 5$	$I_1 = 1 : 10$ $I_2 = 1 : 6$	



## 実験結果 (その1)

1. 実験条件

○実験縮尺……………Sは1/15  
 ○ブロック勾配……………I=1/10  
 ○隔壁形状……………3 ケース、隔壁間距離……………150mm

ブロックAタイプ

①

②

③

(実験寸法 単位: mm)

2. 考察

○全ケースとも全面越流状態 ( $H_3$ ) では流勢が激しく、乱れた流れとなる。  
 ○ $H_1$ の状態では、全ケースとも非越流部裏側に穏やかな水域が形成されるが、以下に示すことにより、①が優れる。

図-B

①

②

③

図-A

注) 次頁以降表示同じ

	①	②	③
・静穏域が形成されるか	○	△ (一部)	○
・静穏域の広さは十分か	○	×	○
・静穏域形成の流況適応範囲	○	○	△

[写真-1] ケース①の平面写真 ( $H_1$ の状態)

Flow (越流部) (非越流部)

アクリル板の非越流部の裏にチップが滞留している。

[写真-2] 同ケース側面から撮影

○その他の判明事項  
 $H_2$ の状態を境界にして循環流の向きが逆になる。(図-C参照)

( $H_1$ の状態の流れ)

( $H_3$ の状態の流れ)

図-C

## 実験結果 (その2)

1. 実験条件

○実験縮尺……………S=1/15  
 ○ブロック勾配……………I=1/5  
 ○隔壁形状……………3 ケース、隔壁間距離……………150mm [実験結果(その1)より前ページ②の隔壁形状は実験対象外とした。]

ブロックAタイプ

①

②

③

(実験寸法 単位: mm)

2. 考察

○全ケースとも全面越流状態では、非常に乱れた流れとなり、泡を多く含む。  
 ○ $H_1$  (図-A参照)の状態においては、非越流部裏側に穏やかな水域が形成されるがその程度はI=1/10より劣る。  
 ○また、越流部では少なからず、泡が混入し、水面の縦断形は波打ったようになる。(図-D参照)

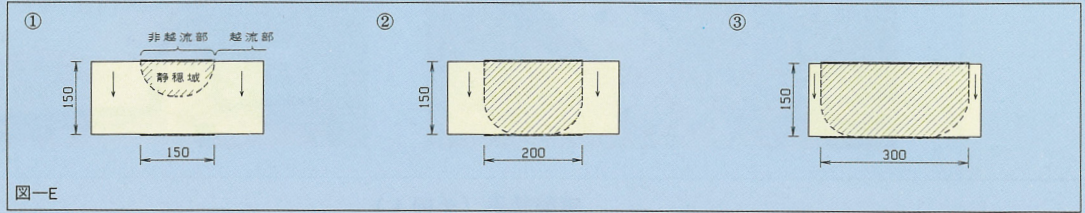
泡の混入 I=1/5

図-D



2. 考察

○強いていえば、上記の3つのケースの中では②あるいは、③の形状がよい。(図-E参照)



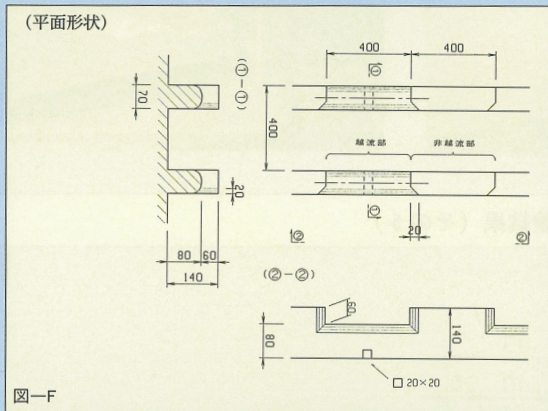
	①	②	③
・静穏域が形成されるか	△ (一部)	○	○
・静穏域の広さは十分か	×	○	○
・静穏域形成の流況適応範囲	○	△	○

実験結果 (その3)

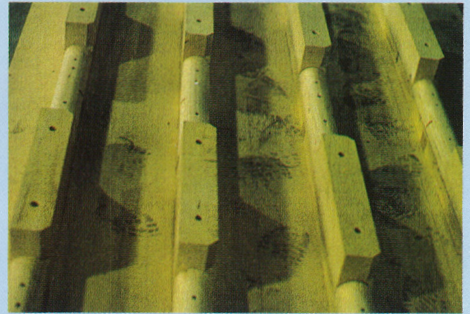
1. 実験条件

- 実験縮尺.....S=1/5
- ブロック勾配.....I=1/10
- 基本形状.....下図

ブロックAタイプ



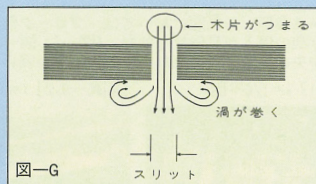
[写真-3] 模型の概況



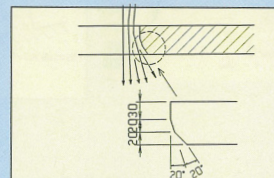
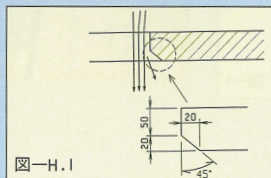
2. 考察

- H<sub>1</sub>の水位の状況で以下に示す事項が判明した。
- 非越流部裏側には穏やかな水域が形成される。
- 潜孔を付けた場合と付けない場合の表面的な流れの差は、特に見受けられない。
- 潜孔形式ではなく、越流部隔壁中央にスリットを付けた場合の流れは、スリット下流両サイドで渦が巻き、上流には木片 (流木) がつまりやすい。(写真-4、図-G参照)


[写真-4]



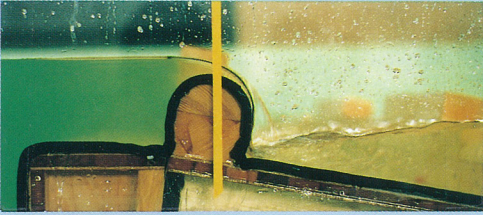

- 非越流壁側部のテーパ形状について次のことが判明した。
- 実験は最初、45度のテーパ角度で行ったが、このテーパ形状に沿った流れは形成されなかった。(角度が大きすぎ、流れが剥離する。)
- 次に、テーパ角度を20度の2回切りとし行なった結果、テーパ形状に沿った流れが形成された。(図-H.1、図-H.2、写真-5、写真-6参照)



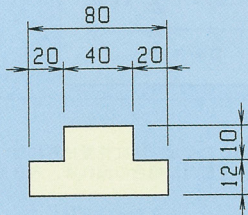

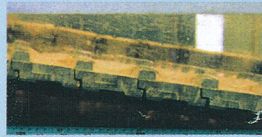
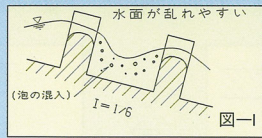

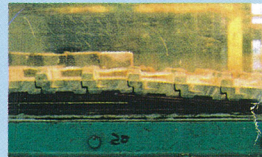
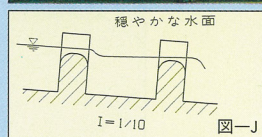


2. 考 察	[写真-5] (20度 2回切りの時の流れの状況) 	[写真-6] 
--------	---	---

### 実験結果 (その4)

1. 実験条件	○実験縮尺……………S=1/5 ○ブロック勾配……………I=1/5 ○基本形状……………前と同じ	ブロックAタイプ
2. 考 察	○ブロック勾配 I=1/10にくらべて、非越流部裏側の静穏域の範囲が非常に狭い。 ○また、越流部では泡が多く混入する。 ○流量が小さくなると、越流直後の流れが巻き込んだようになる。(写真-7参照) ○プール水深(隔壁直下流)が不足みであり、水面形は波打ったようになる。(図-Dと同じ) [写真-7]  [写真-8] 	

### 実験結果 (その5)

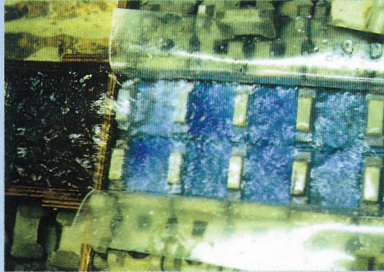
1. 実験条件	○実験縮尺……………S=1/25 ○ブロック勾配……………Iは1/6、1/10の2ケース ○隔壁形状……………下図 1ケース		ブロックBタイプ
			
2. 考 察	○H <sub>1</sub> (図-A参照)の状態においては、ブロック勾配I=1/10の場合、非越流部の裏側に穏やかな水域が形成されるが、I=1/6では乱れた状態となり泡の混入が見受けられた。(図-I、図-J参照) ○越流部中央のスリットに流れが集中する傾向が強い。 [写真-9.1] I=1/6平面  [写真-9.2] I=1/6側面   図-I [写真-10.1] I=1/10平面  [写真-10.2] I=1/10側面   図-J		



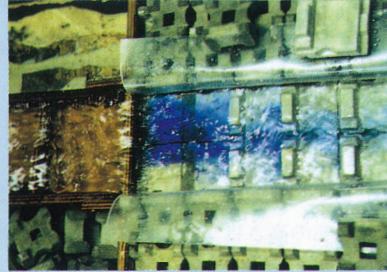
2. 考察

- 魚道ブロック設置区間の上流部と下流部では、ブロック間からの漏水により下流部のブロック内流量は減少する結果となる。かみ合わせによりブロック間の水密性を高めるとともに、止水シートの設置により上下流の流況が安定した。
- 隔壁断面形状や勾配の変化点においては流れが乱れやすく(写真-11)、この部分をプール状にすると流れが安定し、整流効果が現れた(写真-12)。

[写真-11]



[写真-12]



ブロック2個分を隔壁なしのブロックに置き換えた。

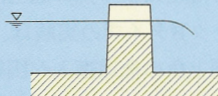
実験結果 (その6)

1. 実験条件

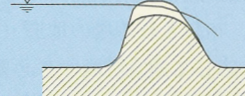
- 実験縮尺…………… $S=1/5$
- ブロック勾配…………… $I=1/6, 1/10$
- 隔壁形状……………下図 2 ケース

ブロックBタイプ

①台形型



②アール型



2. 考察

- 非越流部の裏には、 $I=1/10$ の場合静穏域が形成されるが、 $I=1/6$ の場合、泡の混入が見受けられ、[写真-13]  $I=1/6$  静穏域とは言い難い。
- 非越流部側部にテーパがないため、 $I=1/6, 1/10$ 両者とも平面的な流れの拡散がない。(図-K、写真-13、写真-14参照)

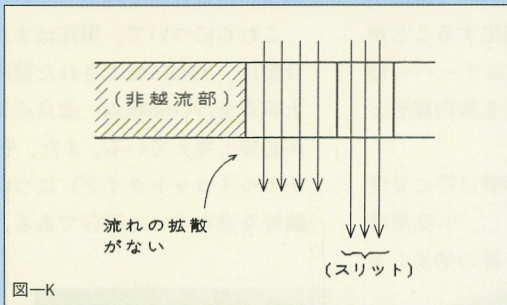
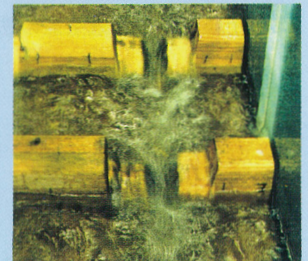


図-K



[写真-14]  $I=1/10$



[写真-15]  $I=1/6$

- 越流部の断面形状は、台形型は流水が剥離する現象が見られるが、アール型は流れがなめらかに連続する。ただし、 $I=1/16$ の場合はアール型としても跳水現象が見られる。(図-L、写真-15参照)

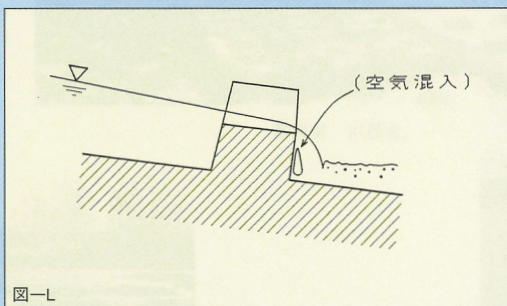


図-L



## 6. 実験のまとめ

魚道ブロックの模型実験では、隔壁の形状、配置、ブロックの布設勾配をパラメータにして流量変化に伴う流れの状況を定性的に観察し、その結果、製品化に向けた現実的な形状を決定するのに多くの知見が得られた。

以下に総合的な考察を述べる。

- 1) ブロック布設勾配は1/10より緩くすることが望ましく、静穏域確保のため、非越流部の幅と隔壁間隔の比率は1：1以上とし、越流部の高さはプール水深確保のため40cm（実寸）以上とすることがよい。
- 2) 1/10より急勾配とする場合における非越流部の幅と隔壁間隔の比率は、1.3：1以上とし、越流壁の高さはプール水深確保のため60cm（実寸）以上必要である。
- 3) 越流部と非越流部の幅員比は、基本的には1：1で良いものと考えられるが、布設される場の地形（ブロック布設勾配）、流況特性に応じて適宜計画する必要がある。
- 4) 越流部の断面形状は、流水がなめらかに連続するため丸みを持ったアール形状とすることが良い。
- 5) 非越流部側部のテーパーは、従来の45度角切りでは流水が拡散しないで平面的に不連続な箇所が発生することが判明した。20度の2回切り（図-C.2）ではテーパー形状に沿った流れが形成でき、これを包含する放物線形とすれば、さらによい結果が期待できる。
- 6) 潜孔の設置がプール内の循環流に及ぼす影響は特に見受けられなかった。（実寸10cm×10cm）ただし、小流量時の遡上経路確保、底生魚の遡上、土砂吐き等の効果も考

えられるため、潜孔あるいはスリット設置の有効性及び形式の選定については今後の試験施工等を通して研究を進めていく必要がある。

- 7) 水密構造に近付ける程安定した流況が確保できるため、ブロックをかみ合わせタイプとする他、止水処理を行うことが望ましい。
- 8) また、既設魚道との接続部等、断面形状や、勾配の変化点においては流れが乱れやすいため、このような箇所は平らなブロックを並べプール状となるよう考慮することが望ましい。

## 7. 実際の河川への適用

実験結果をベースにブロックの形状、配列を検討し、実際の河川への適用を試みた。ブロックAタイプの実験は、床止工下流の落差により魚の遡上障害となっている状況の改善。ブロックBタイプの実験は、既設魚道の入口の河床低下により遡上魚の魚道進入が困難となっている状況の改善を念頭においている。ブロックAタイプは北海道札幌土木現業所総富地川で、ブロックBタイプは四国地建徳島工事事務所吉野川で施工している。

これらについて、現在はまた完成したばかりであるため今後は、実際に施工された箇所でも水理的な調査や魚類の遡上調査を行い問題点、改良点について明らかにしていく必要があると考えている。また、その他のタイプ（舟通し、バーチカルスロットタイプ）についても実用化に向けて模型実験等を進めていく所存である。



吉野川 柿原堰



吉野川 柿原堰



総富地川