

# 明石川の魚類生息環境評価に関する研究

渡部 守義\* 神田 佳一\*

Study on the Evaluation of Fish Habitat Conditions in the Akashi River

Moriyoshi WATANABE, Keiichi KANDA

## ABSTRACT

Recently, because river improvement by the Neo-Natural River Reconstruction Method is tried in various regions of Japan, Japanese the society has demanded the evaluation of how the developed technology influences the river environment. In this research, fishes' habitat environments were evaluated by fish habitat research and a physical environmental simulation model on the Akashi river. Many weirs were constructed in the Akashi river for agricultural irrigation and drinking water. Therefore, the stream flow is lessened. Most fish found in the Akashi river were fishes of the *Cyprinus carpio* family that showed a strong tolerance in water pollution. Benthic animals did not exist because the soil particles and suspended solid accumulate in the riverbed. The *Zacco platypus* and the *Rhinogobius flumineus* have a habitat presence of only 7.7% and 5.8% of the investigated area in the present stream flow (0.2m<sup>3</sup>/s) in situation one. It is necessary to adjust the stream flow to about 1.0m<sup>3</sup>/s to enhance the value of the habitat presence to twice.

**KEY WORDS:** river environment, fish habitat, stream flow, physical environment

## 1. はじめに

河川法改正(1997 年)により、河川管理の目的として従来の治水・利水に加えて環境保全が盛り込まれた。しかし、河川の環境保全に対しては、どのような視点から評価するのか、何を目標に事業を進めていくのかについてはまだ議論の余地がある。一方で、人々の環境に対する意識も高まり、さまざまな生物が共存でき、かつ人間生活も潤うような環境が求められ、親水護岸、緑化ブロック、魚道あるいは水質管理などの技術開発がなされている。これを背景に、開発された技術が河川環境にどのように影響したのかを正しく評価することは社会的に強く要請されている。

特に、立地条件や治水方法など制約の多い都市水系において水性生物の生息可能な環境の保全と回復は困難な課題の一つである。本研究では、これらの問題に対し適切な対応を図るため生物、水質など種々の調査

結果に基づき、地域特性を十分把握した上でその改善方法を提案することを目的とする。対象地域は、兵庫県神戸市と明石市を流れる 2 級河川の明石川である。近年明石川は、河川横断工作物により魚類などの移動が阻害される対策として魚道の整備や、親水護岸を整備し水際の多様性を高めようと試みがなされている。

## 2. 明石川の概要<sup>1), 2), 3)</sup>

明石川の水源は神戸市北区に発し、櫛谷川、伊川といった支流と合流したのち、明石市市街地を流れ播磨灘に注ぐ流路延長 21.0km の 2 級河川である。流域は神戸市、明石市、三木市の 3 市にまたがり流域面積 128.4km<sup>2</sup> で流域の大部分が神戸市である。流域の土地利用割合は宅地約 23%、農地 17%、山地・丘陵地 60% であるが、丘陵地帯を中心に西神ニュータウンをはじめとして大規模な都市開発が展開されている。

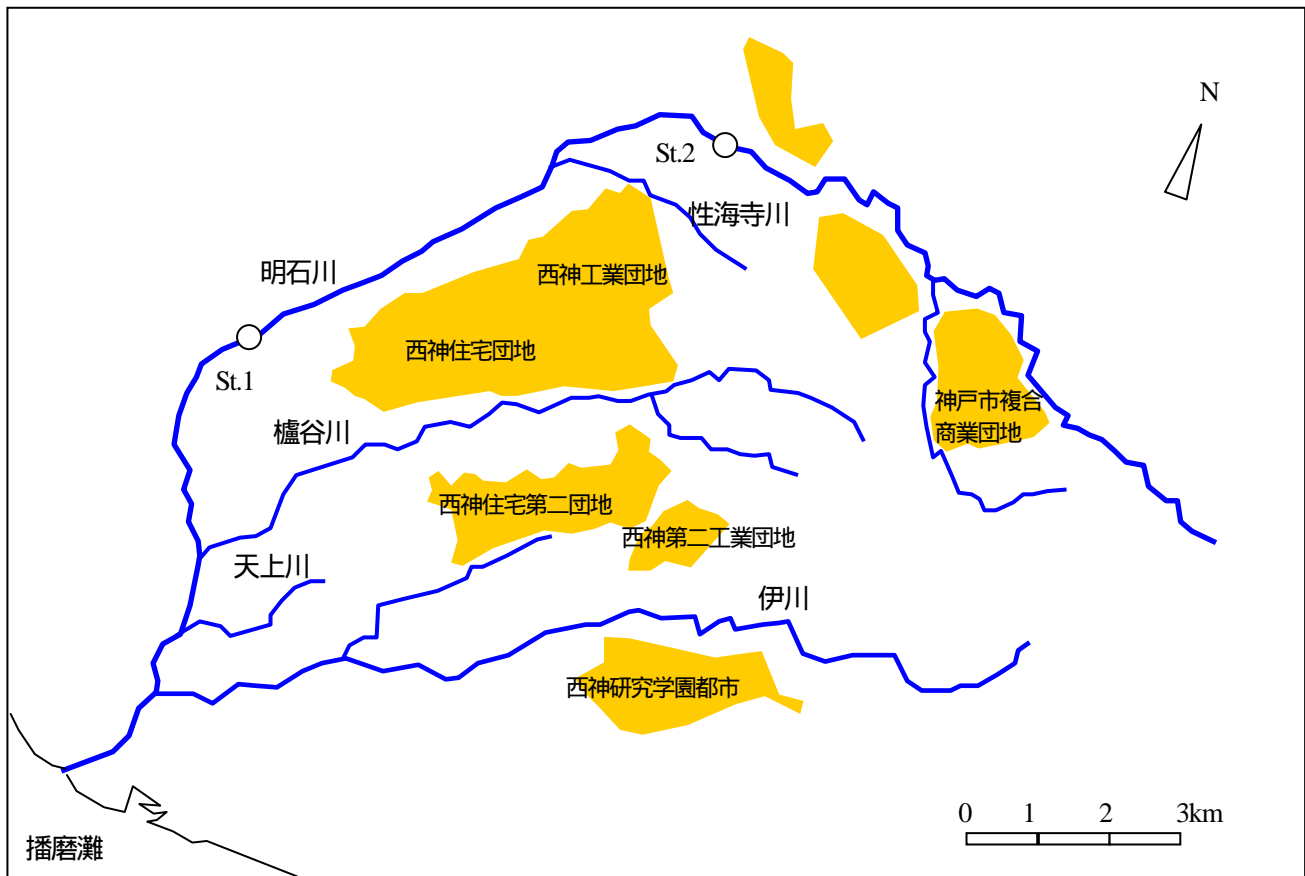


図1 明石川流域図

明石川流域の気候は瀬戸内気候に属し、全国平均の年間降水量約1,700mmに較べて約1,200mm～1,400mmと比較的少ないため、平常時の流量も少なく見積もられる。

明石川上中流域には水田が広がり、河川水は古くから農業用水として利用されてきた。現在は、東播用水を取水源とする貯水池から農業用水のおよそ8割を取水している。取水のための堰が多数設けられている。中流域と下流域の境界に位置する神戸市西区玉津町では明石市水道局水道水の取水がおこなわれている。下流域の伊川合流部から河口までの区間には高潮堤防、高潮堰が設けられている。

河川の治水・利水を目的とした河床工や取水のため堰が数多く設置されており、縦断方向の流水の連続性が断たれた単調な直線的な河道となっている。また、これらの河川構造物は魚の移動を妨げ、特に、夏季の渇水時には瀬切れのため、僅かな段差でも流水の連続性を確保できない。そこで、水辺環境の再生を目的とし、魚や水生生物の生息環境に考慮した工法が採用されるようになった。魚の遡上・降下に関しては主に階段式の魚道が設けられているが、急勾配なうえ、流量が少なく、十分に機能していない。

一方、近年の環境への意識の高まりのなか、「明石川平野愛護会」「伊川を愛する会」をはじめとする市民レベルの川を軸とした地域交流や愛護活動がおこなわれている。

### 3. 魚類生息状況

#### 3・1 調査地点の説明

神戸市西区平野町宮前の平野百歩橋付近(St.1)、神戸市西区押部谷町西盛の西盛橋付近(St.2)の2地点において魚類と底生動物の採取を実施した(図2,3参照)。

St.1の平野百歩橋から100m程上流方向には、河岸侵食防止のための石積み水制工が4基設けられている。最も上流に位置する水制工は河川蛇行部の出口と一致し、水制工先端部付近には淵が形成されていた。4基の水制工の間には土砂が堆積し、下流の2基の間には小さいながらワンドが形成されていた。St.1にはおよそ50mの調査区間毎に1箇所淵を有している。また、200mほど上流には転倒堰が設置されている。周辺には農地が広がっている。

St.2は西盛橋付近に設置されている転倒堰直下より下流方向のおよそ50m区間とした。この区間にも1箇所淵を有している。右岸側には農地が広がり、左岸



図 2 St.1 調査地点周辺の地形図



図 3 St.2 調査地点周辺の地形図



写真 1 St.1 平野百歩橋から上流方向の写真



写真 2 St.2 西盛橋から下流方向の写真



写真 3 St.1 の河床の状態

左：平成 17 年 7 月 28 日、右：平成 17 年 12 月 17 日

側は山であった。

両地点とも下流方向の数 100m 区間には目立った淵はなく直線的な河道となっていた。

調査は平成 17 年 7 月 28 日と平成 17 年 12 月 17 日の 2 回おこなった。水質項目の結果を表 1 に示す。調査地点にて YSI Nanotech 製多項目水質測定システム 556MPS により水温、pH、導電率、DO の測定と KENEK 製プロペラ流速計 VR-201 により横断線上の流速の測定をおこなった。水温は夏の調査時の平均値が 31.6 、

冬の調査時の平均値が 6.5 となっていた。pH は 7 月、12 月ともアルカリ性を示していた。貯水池などの閉鎖的な水域では水温の上昇する夏季に光合成が活発になり水中の CO<sub>2</sub> が消費され水はアルカリ性を示す。また、植物プランクトンの指標である chl-a は St.1 の 12 月調査時に 59.3μg/l と富栄養状態のレベルであった。明石川は平常時の流量が少なく、周辺に存在する多数の農業用貯水池からの流入水の影響を受けやすいため、河川中の pH が上昇しているものと考えられる。この他、

表1 調査時の水質と流量

調査地点	St.1平野町宮前		St.2押部谷町西盛	
	調査日	H17.7.28	H17.12.17	H17.7.28
水温 ( )	29.7	6.8	32.6	6.2
導電率 (mS/cm)	0.33	0.47	0.28	0.31
DO (mg/l)	15.0	-	10.2	-
pH	8.97	7.74	8.23	8.55
ORP (mV)	-126	148	-83	122
TDS (mg/l)	127.0	0.3	223.0	0.2
chl-a (µg/l)	-	59.3	-	3.4
流量 (m <sup>3</sup> /s)	0.17	0.22	-	0.11



写真4 魚種の同定およびサイズ計測

表2 魚類採取結果 (平成17年7月28日)

調査地点	種類		数量	体長(cm)			在来 / 外来	遊泳 / 底生	弱耐 / 強耐	食性	備考
				最大	最小	平均					
st.1 平野町 宮前	コイ	コイ科コイ亜科	2	26	23	24.5	在来	遊泳	強耐	植物	
	オイカワ	コイ科ダオニ亜科	23	9	2.1	5.9	在来	遊泳	強耐	雑食	
	カマツカ	コイ科カマツカ亜科	2	4	3.5	3.8	在来	底生	-	昆虫	
	ヨシノボリ	ハゼ科	2	3.5	3	3.3	在来	底生	-	昆虫	
	メダカ	メダカ科	4	1.9	1.7	1.8	在来	遊泳	弱耐	植物	
	スジエビ	テナガエビ科	1			4.5	在来	底生	-	雑食	
	テナガエビ	テナガエビ科	1			2.5	在来	底生	-	雑食	
	ミナミヌマエビ	ヌマエビ科	118	2.2	0.8	1.3	在来	底生	-	雑食	
St.2 押部谷町 西森	オイカワ	コイ科	69	11	5	7	在来	遊泳	強耐	雑食	
	ギンブナ	コイ科	41	18	5	10	在来	遊泳	強耐	雑食	
	コイ	コイ科	3				在来	遊泳	弱耐	植物	目視
	ドンコ	ドンコ科	2				在来	底生	-	肉食	目視
	ミナミヌマエビ	ヌマエビ科	17	2	1	1.2	在来	底生	-	雑食	
	タニシ		1			4	-	-	-	-	

表3 魚類採取結果 (平成17年12月17日)

調査地点	種類		数量	体長(cm)			在来 / 外来	遊泳 / 底生	弱耐 / 強耐	食性	備考
				最大	最小	平均					
St.1 平野町 宮前	コイ	コイ科コイ亜科	1			15	在来	遊泳	強耐	植物	
	オイカワ	コイ科ダオニ亜科	300	8	2	3.5	在来	遊泳	強耐	雑食	
	ヨシノボリ	ハゼ科	1			4	在来	底生	-	昆虫	
	ブラックバス	サンフィッシュ科	1			25	外来	遊泳	-	肉食	
	ミナミヌマエビ	ヌマエビ科	50	2.1	1	1.4	在来	底生	-	雑食	
St.2 押部谷町 西森	オイカワ	コイ科ダオニ亜科	147	10	2	4.5	在来	遊泳	強耐	雑食	
	ギンブナ	コイ科コイ亜科	2	7	6	6.5	在来	遊泳	強耐	雑食	
	ミナミヌマエビ	ヌマエビ科	50	1.8	1	1.3	在来	底生	-	雑食	
	ヤゴ		1			7	-	-	-	-	

流れが滞った堰部分では水が緑色を呈しており貯水池と同様な現象が生じている可能性も考えられる。

写真3に7月と12月のSt.1の河床の状態を示している。河床材料は礫であるが、分解過程にある植物の破片などの有機物や土粒子で覆われていた。12月は河道内を歩くと長靴が数cm沈み込み、堆積物が巻き上がるほどであった。

調査時の流量はSt.1で0.2m<sup>3</sup>/s前後、St.2で0.11m<sup>3</sup>/sであった。St.1付近の計画流量は530m<sup>3</sup>/s、St.2は380m<sup>3</sup>/sであるので、計画流量に較べると平常時の流量は極めて小さいことが分かる。流量が小さいことが有機物や土粒子の堆積に繋がっている。

### 3・2 魚類採取調査

国土交通省による河川水辺の国勢調査<sup>4)</sup>に準じ投網とタモ網による魚類の採集をおこなった。投網は目合い18mmを用い、調査区間において10回の打ち網を行った。タモ網は、川底の石の下や川岸の植生の中に生息する魚類を対象とし、15分×4人でおこなった。採集した魚類は写真4のようにその場で種まで同定し、写真撮影、記録した後に放流した。その場で同定が困難な場合は、写真をもとに図鑑と比較するなどして同定した。

7月、12月の魚類採取結果を表2と表3に示す。St.1では7月にコイ、オイカワ、カマツカ、ヨシノボリ、



メダカの 5 種、12 月にコイ、オイカワ、ヨシノボリ、ブラックバス の 4 種を採取した。St.2 では 7 月にオイカワ、ギンブナ、コイ、ドンコの 4 種、12 月にオイカワとギンブナの 2 種を採取した。両地点とも水質汚濁に対し強い耐性を示すコイ科の魚が大部分であった。St.2 で多数見られたギンブナは St.1 で確認することができなかった。底生の魚種は 2 種確認されたが個体数は少なかった。この他、ミナミヌマエビ、スジエビ、テナガエビが主にタモ網により採取された。

明石川には、水質汚濁に対し強い耐性を示すコイ科の魚が大量に生息しており、多様性に乏しい環境であった。原因として、魚にとっての休息場や逃避場となる淵が少ないこと、更に平常時の流量が小さく移動が困難であること、堰き止められた水の水質悪化が著しいことが挙げられる。特に流量が小さいために生じる河床への有機質や土粒子の堆積は、珪藻などの藻類の生長を阻害するとともに、トビケラやカワニナなどの底生動物の生息場を奪うことになる。

#### 4. 魚類生息場の環境評価

##### 4.1 正常流量と PHABSIM

河川法および河川法施行令では「流水の正常な機能が維持される」ことを謳っており、正常流量と呼んでいる。正常流量とは動植物や景観などを総合的に考慮し、湧水時において維持されるべき流量（維持流量）と下流における流水の占有のために必要な流量（利水流量）の双方を満足する流量である<sup>5)</sup>。維持流量や正常流量の設定手法は欧米で古くから数多く提案されている。

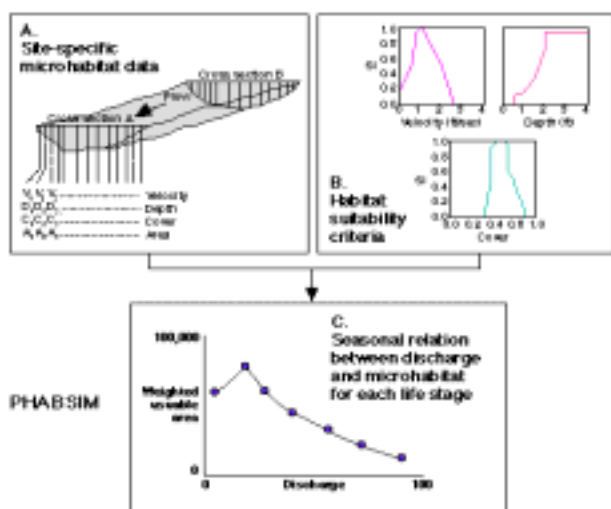


図 4 PHABSIM における流量 - 生息場量関係計算の概念図<sup>6)</sup>

IFIM<sup>6)</sup>(Instream flow incremental methodology)は、1976 年に USGS (アメリカ合衆国地質調査局) によって開発された正常流量設定問題用資料提供のための一連の方法論である。この中で用いられている PHABSIM (Physical Habitat Simulation Model : マイクロ生息場物理特性モデル) はマイクログ生息場モデルであり重要な役割を果たしている。河川をモザイク状にわけたセルのひとつひとつで、各セルが持つ固有の流速、水深、底質とそれらに対する対象種の選好性を照合し、セルごとの総合的な選好値を求める (図 4 参照)。生物の選好は 0~1 に正規化された適性値 (Suitability Index : SI) を用いて適性基準 (Habitat Suitability Curve : HSC) として表す。流速・水深・底質の 3 つの SI はセルごとに関係させられ (1) 式合成適性値 (Composite SI : CSI) となる。CSI と各セルの水表面積 (a) との積 ((2) 式) が WUA (Weighted Useable Area : 重み付き利用可能面積) である。

$$CSI = (SI_d)(SI_v)(SI_c) \quad (1)$$

$$WUA_{QS} = \sum_{i=1}^n (a_{i,Q}) (CSI_{i,Q,S}) \quad (2)$$

PHABSIM で取り扱うデータは、1) 河道断面や魚類生息場の特徴についての実測データ、2) 生息場の状況に関する水理量を流量毎に計算する水理計算、3) 各流量に対して供給可能な生息場の量を算出するための適正基準の 3 つである。

PHABSIM のような評価手法は数多く提案されており、これらの手法を用いてアメリカ合衆国をはじめ、ヨーロッパの各国で河川改修時や河川水の新規取水時の影響評価の手法として用いられている。

##### 4.1.1 河道断面と魚類生息状況

7 月 28 日に St.1 において SOKIA 製トータルステーション SET6S を用いて調査区間の河川形状の測量をおこなった。生息魚類については 3.2 節に示すとおりである。

##### 4.1.2 水理計算

水理計算にはカナダのアルバータ大学で開発された River2D を用いた。River2D は 2 次元流況を数値シミュレーションするプログラムで常流射流の移行、氷に覆われた水面などにも対応する他、選好曲線を準備することで WUA の計算をすることができる。

##### 4.1.3 適正基準

魚類採取調査により確認されたオイカワ、ヨシノボリを対象魚とし、適正基準には専門家の意見に基づく第 1 種適正基準<sup>6)</sup>を用いた (図 5, 図 6)。

### 4・2 生息場解析結果

図7はSt.1の調査時流量 $0.2\text{m}^3/\text{s}$ における流況解析である。等高線は地盤高さ、コンターは水深、矢印は水深 $0.3\text{m}$ 以上ある要素の流速ベクトルを示している。第1水制付近は複雑な流れになっている。第2水制以降では、川幅が広がり水深は $0.2\text{m}$ 以下とほぼ一樣になっているため単純な下流方向への流れであった。この結果は現地の状況を再現しているものと考えられる。

図8はSt.1の調査時流量 $0.2\text{m}^3/\text{s}$ におけるオイカワ成魚のWUA計算結果をコンターで示したものである。

図5に示されるようにオイカワ成魚は水深 $0.3\text{m}$ 以上で適正基準が高くなるのに対し、現状では対象区間の大部分を占める瀬の水深は $0.2\text{m}$ 以下(図7)であるためCSIが小さく評価される結果となった。このためオイカワ成魚は水深 $0.3\text{m}$ 以上かつ、ある程度の流速のある瀬で高い値を示された。シマヨシノボリ成魚はWUAの値は低いもののオイカワ成魚とほぼ同じ地点を好む結果が得られた。しかし、これらの結果は対象魚種の一つの行動様式に着目したために導かれたものである。例えばアユなどの日中瀬で盛んに摂餌行動を行っている

魚種に対しては、平瀬ばかりの続く河川を好むことになる。アユは夜間などには休息場としての淵も必要としている。これは生息環境として瀬と淵が必要な理由の一つである。魚の摂餌、休息、逃避及び産卵などの行動様式を総合的に取り扱ったモデルも提案されている<sup>7)</sup>が、WUA算出にあたり重要なことは、目的に応じた対象魚種の行動様式の適正基準を準備することである。

図9はオイカワ成魚とシマヨシノボリ成魚のWUAと流量の関係

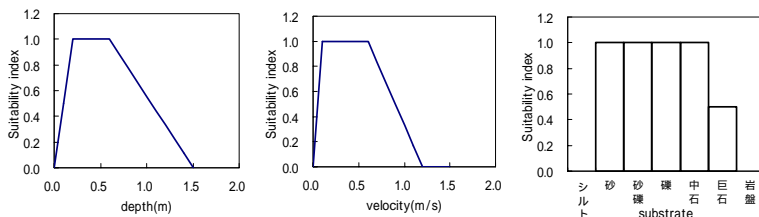


図5 オイカワ成魚の適正基準<sup>8)</sup>

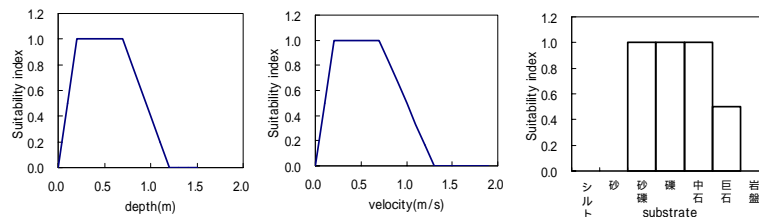


図6 シマヨシノボリ成魚の適正基準<sup>8)</sup>

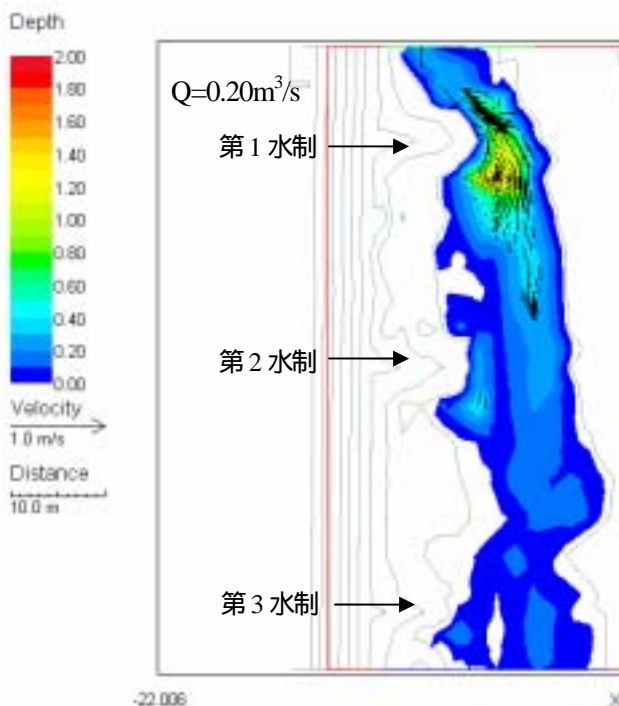


図7 St.1の流況解析結果(水深、流速ベクトル)  
流速は水深 $30\text{cm}$ 以上の場合のみを表示

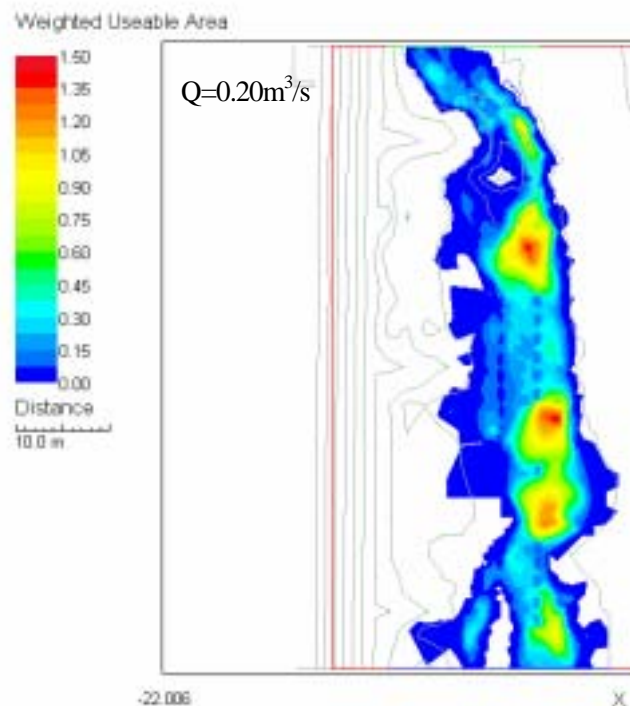


図8 St.1におけるオイカワ成魚のWUA

を示したものである。WUA は、値が高いほどその魚種にとって利用可能な場が提供されていることを示している。WUA はオイカワ成魚で 308 m<sup>2</sup>、シマヨシノボリ成魚で 233m<sup>2</sup> であるので、それぞれ解析対象としたエリアの面積約 4,000m<sup>2</sup> の 7.7%、5.8%程度しか利用されていない。図 9 に示すよう流量を増加させるにともない WUA も増加していくことが分かる。水路幅とも関係するため一概には言えないが、流量を増加させることにより流速が増し対象魚種が好む流速になる。更に流速の増加は浮遊物質の沈降を妨げ河床への堆積を防ぐことも予想される。St.1 では流量を 1.0m<sup>3</sup>/s にすると WUA はオイカワ成魚で 619 m<sup>2</sup>、カワヨシノボリ成魚で 558 m<sup>2</sup> となり解析対象区間の 15%、14%程度を利用できるようになり生息場としての価値が向上する。現状の流量 0.2m<sup>3</sup>/s 程度で対応する場合は、低水路の幅を狭めるとともに河床勾配を増加させ流速を増加させるなどの工夫が必要となってくる。

## 5. おわりに

本研究では、神戸市を流れる明石川水系明石川本川の 2 地点において魚類の生息状況を調べるための採取調査と PHABSIM を用いた魚類の物理環境生息場評価をおこない下記の知見を得た。

- (1) 明石川流域は降水量が少なく、河川には農業用水、飲料用水など利水のため数多くの堰が設置され大量の河川水が取水されている。このため河川の流量は小さくなり、全般的に水深が浅く緩やかな流れとなっている。
- (2) 明石川本川で採取された魚種は 7 種で、コイ、オイカワ、ギンブナなど水質汚濁に対し強い耐性を示すコイ科の魚が大部分であった。河床に浮遊物が堆積していたため底生動物はほとんど確認できなかった。
- (3) St.1 において現在の流量 (0.2m<sup>3</sup>/s) ではオイカワ成魚、カワヨシノボリ成魚は調査区間面積の 7.7%、5.8%程度しか生息場としての価値を持っていない。生息場価値を 2 倍に高めるには流量は 1.0m<sup>3</sup>/s 程度にする必要がある。

魚は摂餌、休息、逃避及び産卵などの行動様式により生息環境を選択する。これが魚の生息環境として瀬と淵が必要な理由の一つである。平野部を流れる明石川は河川改修を受け河床勾配の緩やかな単調な河川となり、湾曲部の出口に水制工などの障害物により河床が洗掘されるといった限られた条件でしか淵が創出されていない。仮に淵が隣接していたとしても淵と淵の間の瀬は水深が浅く中型・大型の魚類の移動を妨げて

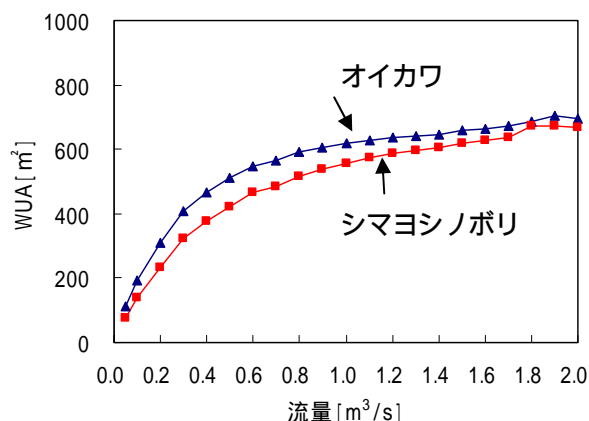


図9 オイカワ成魚とシマヨシノボリ成魚の WUA と流量の関係

いる。採取調査では比較的大型のコイとブラックバスを淵で採取したが、これらは上流の堰に生息していたものが降雨時に流下してきたものと考えられる。

一方、堰き止められた水域では水質汚濁が進み、植物プランクトンや藻類の発生が見られた。水深が深く、流れもほとんどない栄養豊富なこのような水域は、コイ科の魚類が優占する要因である。また、魚の上下流への移動のため堰には魚道が設けられているが、魚道に水が流れていない状況も見られた。今回の調査を通じ、流量が河川の物理環境と生物生息環境を大きく左右することを改めて認識する結果となった。今後は、魚類生息場の環境評価を継続するとともに、利水流量の実体調査をおこない、明石川にとって流水の正常な機能が維持される流量を示してきたい。

## 参考文献

- 1) 兵庫県県土整備部土木局河川課；ひょうご・人と自然の川づくり事例集 2004 生態系に配慮したひょうごの川，2006 .
- 2) 兵庫県神戸土木事務所；明石川『人と自然の「共生」をめざす明石川』
- 3) 明石川水系河川整備基本方針案（概要）
- 4) 財団法人リバーフロントセンター；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)，2000 .
- 5) 玉井信行；河川計画論，東京大学出版，2004 .
- 6) 中村俊六・テリー・ワドゥル；IFIM 入門，財団法人リバーフロントセンター；1999 .
- 7) 楊継東，関根雅彦，浮田正夫，今井 剛；行動モードを考慮した魚の生息環境評価手法に関する研究，土木学会論文集，671，pp.13-23，2001 .