

# 喜瀬川北河原井堰周辺の河道変化が 魚類生息環境に与える影響に関する研究

中本 普也\* 渡部 守義\*\*

The Effects of River Shape Change around a Weir  
in the Kise-river which Provides Fish Habitat Conditions

Yukiya NAKAMOTO, Moriyoshi WATANBE.

## ABSTRACT

Structures such as weirs and dams for the flood control and water utilization are constructed in many rivers. We investigated the habitat of aquatic life, water quality and physical environment around the Kitakawarai-weir of the Kise-river and performed quantitative evaluations of the fish habitat by HEP(Habitat Evaluation Procedures). SI(Suitability Index) shows the suitable for each a organism regarding environmental factors, such as water depth or flow velocity. Up to the present, there have been SI for ayu and salmon - two fish which are beneficial fish to human life. However, the SI of carp has not been determined. Therefore, we made SI for carp and Gin-buna(*Carassius auratus langsdorfii*) by studying many books and literature. We adapted SI to the Kise-river and conducted a habitat suitability evaluation. The Kise-river is the largest problem is that its flow rate is low throughout the year. The shape of the river changed in December, the shallow water disappeared in the area of study and the value of the habitat declined. In the Kise-river it is found that eutrophication is proceeding, and it contains much nitrate nitrogen( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) throughout the year.

**KEY WORDS:** weirs and dams , SI(Suitability Index), HEP(Habitat Evaluation Procedures)

## 1. はじめに

平成 9 年に改正された河川法では、河川の管理目的に新たに環境保全が加えられ、多自然川づくりがすべての川づくりの基本となった。

本研究で対象とする喜瀬川においても親水性に配慮した河川整備が進められている。特に魚類をはじめとする水生生物の生息環境に配慮する場合は、生息環境を定量的に評価しなければならない。

PHABSIM (Physical Habitat Simulation) は、河

川の物理環境を魚類の環境因子に対する適性を利用して評価する手法である。本研究室では、平成 22 年から喜瀬川北河原井堰付近において底生魚類ヨシノボリを対象とした生息場環境評価を行ってきた。その結果、堰の存在は水質や物理環境に大きな影響を与えることが明らかとなった。しかし、魚類の生息環境についてヨシノボリ 1 種のみで評価することはできない。そこで本研究では、喜瀬川においてヨシノボリと同様に年間を通じて出現するコイとギンブナを対象に HEP により魚類生息場評価を行う。

\*建築・都市システム工学専攻 \*\*都市システム工学科

## 2. 喜瀬川の概要<sup>1)</sup>

喜瀬川は、その源を神戸市西区神出町の丘陵地に発し稲美町南部を流下したのち、加古川市東部を経て播磨町中央部を南西に貫流し、阿閑漁港で播磨灘に注ぐ法河川延長 8,380 m、流域面積は 19.8 km<sup>2</sup>である。喜瀬川水域の概略図を図 1 に示す。

流域は播磨平野の東端に位置し、神戸市、加古川市、播磨町、稲美町の 2 市 2 町にまたがる。地形は一般的に平坦であり、北東部は、洪積世の礫質土を主体とした印南野台地、南西部は、砂質土の沖積層が広がっている。流域に占める土地利用の割合は、平成 18 年 1 月時点で約 35 %が市街地で、約 55 %が農地、約 9 %がため池、約 1 %が山地となっている。下流部の播磨町内及びその周辺には、JR 山陽本線、JR 山陽新幹線、山陽電鉄、国道 2 号線、国道 2 号バイパス、国道 250 号等の幹線交通網が集中し、住宅のほか、大中遺跡・野添北公園を中心とする市民の憩いの場や、播磨町役場をはじめとした各種公共施設が点在している。中流部の稲美町、加古川市には水田、工場及び住宅地が分布しているほか、流域内で最大のため池である天満大池がある。上流の稲美町、神戸市西区は水田地帯となっている。

水の補給源となる山地もほとんどなく、保水力の乏しい印南野台地が流域であったため、ため池が多く造

られた。昭和初期までは河川の様相を呈しておらず、ため池とため池を結ぶ水路の 1 つであったが、下流の市街化とともに治水・利水の役割を担う河川として整備された。上流域では、現在でも多くのため池が存在し、人工水路によりネットワーク化されている。喜瀬川は新仏池、天満大池等を結ぶ水路としてその一役を担っている。下流域では、市街化につれて、多くのため池が埋め立てられ、水路の役割はなくなっている。

## 3. 喜瀬川の水環境

### 3・1 調査地点の概要

調査地点は喜瀬川北河原井堰の下流側で、水質および流量の調査を平成 24 年 6 月 18 日と平成 24 年 12 月 21 日の 2 回行った。本研究では堰からそれぞれ約 50 m の地点を堰上流と堰下流として取り扱う。

調査地点付近の全体図を図 2 に、調査地点の堰起立時の堰から下流方向の写真を図 3 に、堰から上流方向の写真を図 4 に示し、堰倒伏時の下流方向の写真を図 5 に、上流方向の写真を図 6 に示す。なお、図 3 と図 5 は堰から下流側、図 4 と図 6 は堰の上流側から堰を望む写真で、それぞれ堰起立時と堰倒伏時の写真である。

北河原井堰では 5 月から 10 月中旬ごろにかけて川の水を農業用水として利用するため、堰を起立させて水を溜め、取水が行なわれている。10 月下旬から 4 月ご

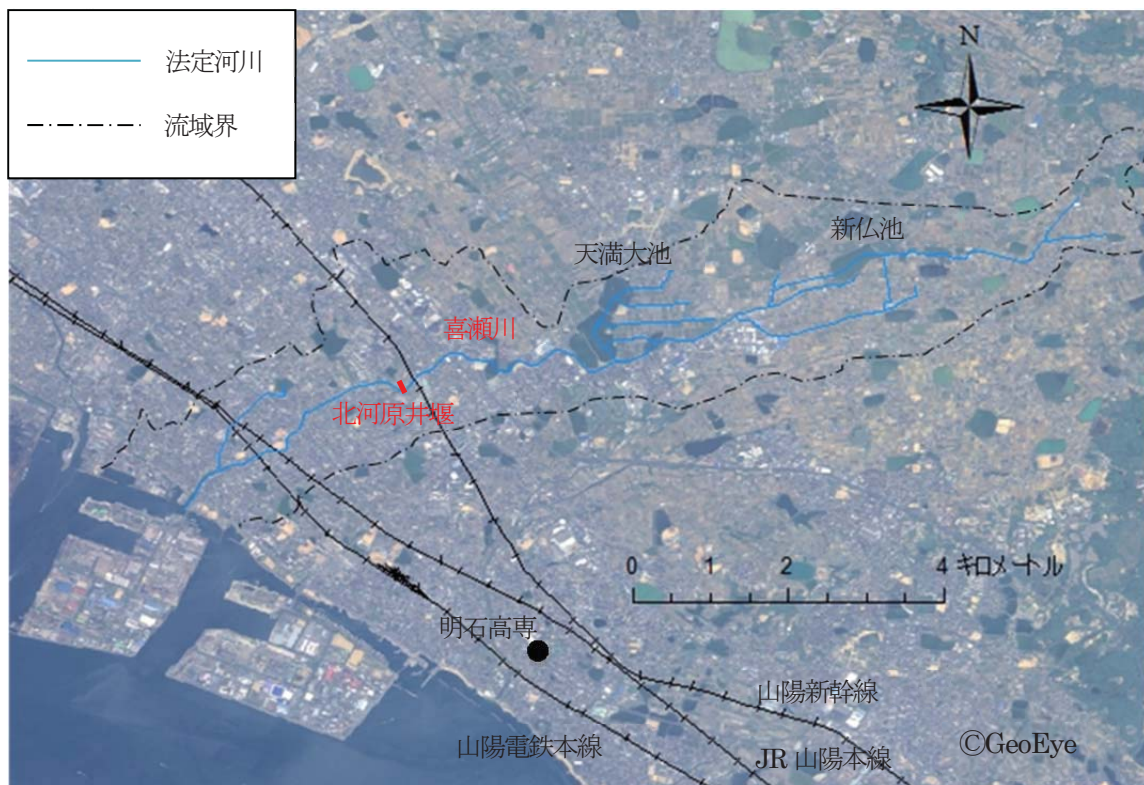


図 1 喜瀬川流域の概略図

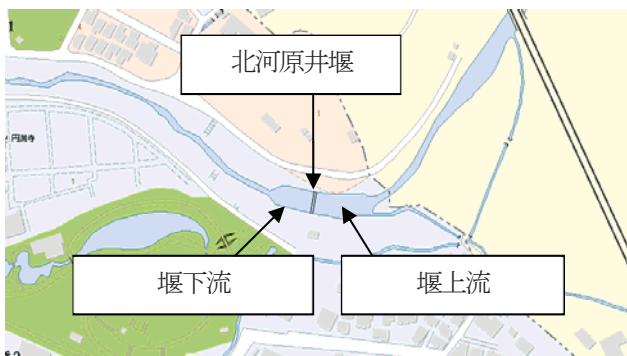


図2 調査地点付近全体図 出典: Yahoo! 地図



図3 堰起立時の堰下流 (H24. 6. 18)



図4 堰起立時の堰上流 (H24. 6. 18)



図5 堰倒伏時の堰下流 (H24. 12. 21)



図6 堰倒伏時の堰上流 (H24. 12. 21)

ろまでは堰が転倒している。しかし、降水状況に応じて堰倒伏時期でも堰を起立させることがある。また、調査地点周辺は喜瀬川整備計画により生物の生息環境に配慮した石積み工、緩傾斜護岸等が造られている。河床には礫や砂が混在しており、河川の両岸はブロックが敷き詰めてある。堰が起立している時期は、下流への流れが少なく、魚は移動できない。そのため閉鎖性の環境となり、水質汚濁が発生しやすく、堰上流にはヘドロが堆積している。一方、堰が倒伏している時期は、流れが連続しており、汚れた水は流下するが、堰上流、堰下流ともに藻類や泥が堆積している。

### 3・2 流量・水質調査

流量はキーエンス製電磁式流速計を用いて流速を測定し、河川の断面積を乗じて求めた。水質は水温、pH、DO、クロロフィル a、BOD、SS、無機態窒素 (NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NH<sub>3</sub>-N)、PO<sub>4</sub>-P、透視度の 9 項目を測定した。地形はトータルステーションを用いて行った。

堰周辺の概略図を図 7 に示す。上流から流れてきた水は、堰下流への流下、水路への流出とポンプによる取水、魚道への流下の 4 方向への流れ方をする。喜瀬川北河原井堰周辺の流量測定結果を表 2 に示す。

6 月の堰起立時においてポンプ (3) が動いておらず、

魚道 (4) も機能していなかったため、川全体の流量は堰下流流量 (1) と水路流量 (2) を足したものであった。春夏は農業用水として利用するため、堰による取水が行なわれていることにより堰下流の流量は減少する。12 月に比べ、6 月に下流の流量が多くなっている理由は、2 日前からの降雨により水位が上昇し水が堰を越流していたためである。また、12 月は堰が倒伏しており上流から流れてきた水は水路を通らず、すべて下流に流下する。

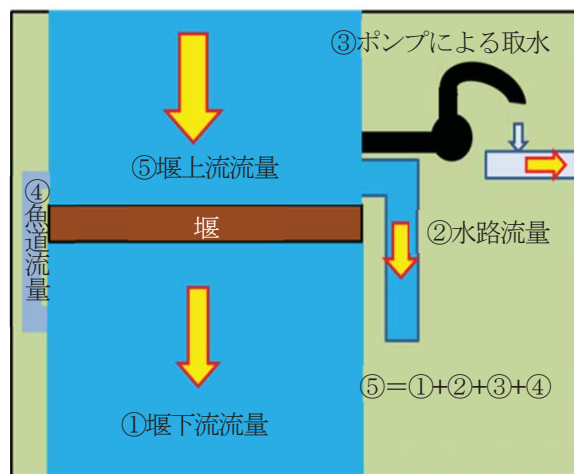


図7 堰周辺の概略図



表 1 流量測定結果

	H24.6.18	H24.12.21
堰の状態	起立	倒伏
堰下流流量 (m <sup>3</sup> /sec)	0.393	0.068
水路流量 (m <sup>3</sup> /sec)	0.054	0
ポンプ流量 (m <sup>3</sup> /sec)	0	0
魚道流量 (m <sup>3</sup> /sec)	0	0
川全体流量 (m <sup>3</sup> /sec)	0.447	0.068

水質測定結果を表 1 に示す。水温は 6 月の値が 27.16 °C、12 月の値が 8.00 °C となった。pH は 12 月に 9.13 と非常に高いアルカリ性を示した。湖沼表層などでは水温の上昇する夏期に植物プランクトンの光合成が活発になり pH がアルカリ性になることがあるが、喜瀬川の 12 月の場合、植物プランクトンの指標であるクロロフィル a の値も夏期と同程度であり、水中の浮遊物質量を示す SS も夏期と比べて低いので植物プランクトンが大量発生したとも考えにくい。原因解明のためには、継続的な調査や上流のため池の水質を調べる必要がある。

透視度は 6 月が 27.0 cm、12 月が 44.0 cm となった。SS と透視度の関係性は SS が大きい値を示すと透視度は小さい値を示し、SS が小さい値を示すと透視度は大きい値を示す。すなわち、水中に浮遊している物質が少なければ透視度が大きくなるといえる。よって、12 月の方が 6 月より透視度が大きかった原因としては SS が小さかったためと考えられる。

一方で有機汚濁の指標である BOD は 5 mg/l 以上あり汚れていることが分かる。一般的に、水温の低くなる冬場は有機物である植物プランクトンが減少するため BOD が低下するはずである。しかし、冬季は 10.01 mg/l と夏期の 5.33 mg/l よりも高く汚れている。12 月は極端に流量が少なく河床の堆積物を巻き上げている可能性がある。

湖沼などの富栄養化の関連項目であるクロロフィル a については、河川では流れにより蓄積しないので、クロロフィル a の基準は存在しない。一般に湖沼ではクロロフィル a 濃度が 0.3~2.5 µg/l なら貧栄養、5~140 µg/l なら富栄養、その間なら中栄養とされている<sup>2)</sup>。今回の調査では 6 月、12 月ともに富栄養という結果となった。

全窒素は有機態窒素と無機態窒素に大別され、無機態窒素は硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub>-N)、亜硝酸態窒素 (NO<sub>2</sub>-N)、アンモニア態窒素 (NH<sub>4</sub>-N) の三種類である。今回はこの無機態窒素を測定した。無機態窒素の中で硝酸性

窒素が多くなっている。これは上流にある天満大池でアンモニア態窒素が十分に硝化されその水が流れ込んできているためであると思われる。また、全窒素の富栄養化の目安は 0.2 mg/l 以上とされている。どちらの測定月でも 0.2 mg/l 以上である。今回測定したのは無機態窒素だけであり、全窒素を測定するとさらに大きな値を示すと考えられる。よって喜瀬川は非常に富栄養な河川であるといえる。

オルトリン酸態リン (PO<sub>4</sub>-P) は全リンの一部であり、全リンは藻類の成長を左右する重要な因子で、水域の富栄養化の原因物質である。全リンの富栄養化の目安となる値は 0.02 mg/l 以上とされている。どちらの測定月でもこの値を大きく超えているため喜瀬川は非常に富栄養な環境の河川であるといえる。

表 2 水質測定結果

	H24.6.18	H24.12.21
堰の状態	起立	倒伏
水温 (°C)	27.16	8.00
pH	9.13	7.33
DO (mg/l)	5.78	14.10
Chl-a (µg/l)	18.0	14.3
BOD (mg/l)	5.33	10.01
SS (mg/l)	9.0	3.3
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	0.6	0.7
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	0.025	0.025
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	0.01	0.05
PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	0.46	0.48
透視度 (cm)	27.0	44.0

### 3・3 河道変化

堰下流の水深と河道について、測量や流量調査をもとに River2D を用いて水面形 (水深)、流速の解析を行い整理した。River2D は、カナダのアルバータ大学で開発された魚類生息場評価研究のためにカスタマイズされた平面二次元の有限要素流体力学解析モデルである<sup>3)</sup>。2012 年 6 月 18 日と 2012 年 12 月 21 日における水深コンターを図 8 に示す。上部の黄緑の線が堰である。堰直下のブロックは 6 月の堰起立では水没しており表示されていないが、12 月の堰倒伏では水位がブロックの下に低下したため表示されている。

6 月の堰起立における水深はほとんどが 0.1~0.3 m 程度であったが、12 月の堰倒伏における水深は深いところで約 1.5 m であった。堰下流流量は 6 月は 0.3932 m<sup>3</sup>/sec、12 月は 0.0679 m<sup>3</sup>/sec と 12 月の方が流量が少

ないのにも関わらず水深は深くなり、川幅も広がった。これは降雨や台風による大雨の影響で河道が変化したと考えられる。

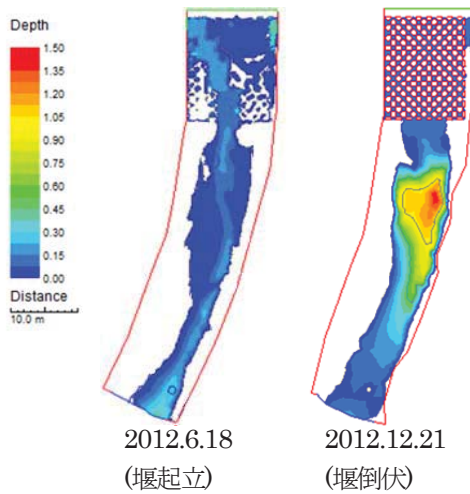


図8 堰下流の水深コンター

#### 4. HEP を用いた生息環境評価

##### 4・1 HEP<sup>9)</sup>

HEP とは Habitat Evaluation Procedure (ハビタット評価手続き) の略で、野生生物のハビタット (生育・生息環境) としての適否という視点から、生態系を総合的に評価する手続きのことである。HEP の中で最も重要な項目の一つで対象生物の環境要因に対する生息の適否を数値にした適性基準がある。

本研究室における既往の研究では、対象河川の喜瀬川で年間を通じて出現するヨシノボリに注目してきた。ヨシノボリは移動性の乏しい底生魚であるためその場の環境を反映すると考えられる。本研究では、同じく年間を通じて出現するコイとギンブナに注目した。対象魚の適性基準についてはサケやアユなどの有用魚種については整理されているが、コイ、ギンブナに関しては整理されたものがない。そこでコイとギンブナに関して、文献や図鑑などから種々の要因に関する生息条件を調べ適性基準を作成することとした。

本研究では、文献や図鑑などから対象種の種々の生息条件を調査し、それに基づいた第一種適性基準を作成した。数値は0 (不適) から1 (最適) の間で表現される。第一種適性基準が他の適性基準に比べ特徴的な点は、実測データに基づかないため、種々の河川に適用することができることである。

図9 に本研究における生息環境評価手順をフローチャートで示す。

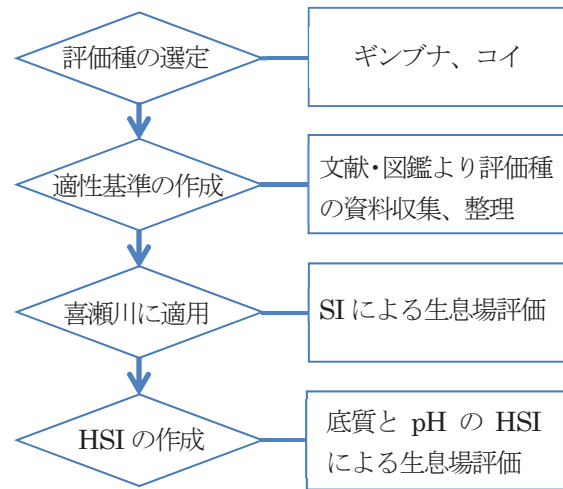


図9 本研究の評価フローチャート

#### 4・2 適性基準の作成

##### 4・2・1 評価項目

従来、生息環境評価のための環境要因としては流速、水深、底質、カバーの4つが多く用いられる。本研究でもこの4つの因子に加え水質項目にも着目し、文献の収集を行った。しかし本研究期間内では、適性基準を作成できるだけの流速、カバーのデータを収集できなかったため、水深、底質、pHの3項目についての適性基準 (SI) を作成した。

##### 4・2・2 コイの適性基準作成

水深は0mの時に適性値0とし文献①、②から0.3m以上を適性値1とした。

底質は文献①、②、⑦より、砂礫底、砂泥底、泥底を好み、食性は底生の小動物や藻類を砂ごと吸い込むため口に入る泥、砂、砂礫の適性値を1とした。

pHは文献⑨、⑩からpH6.7~8.6の適性値1とし、文献⑪からpH3以下、11以上は適性値0とした。

表3 コイの適性基準の根拠となる情報

環境要因	情報	文献
水深	30 cm 以上	①
	水深 1.0 ~ 1.5 m を好む	②
底質	砂底、砂泥底を好む	①
	岩底や砂利底は好まない	①
	泥質を好む	②
pH	砂礫、砂泥、泥	⑦
	生息範囲 6.5~9.0	⑧
	6.5~8.5 で生育	⑨
	6.7 以下、8.6 以上で有害	⑩
	3 以下、11 以上で致死	⑪

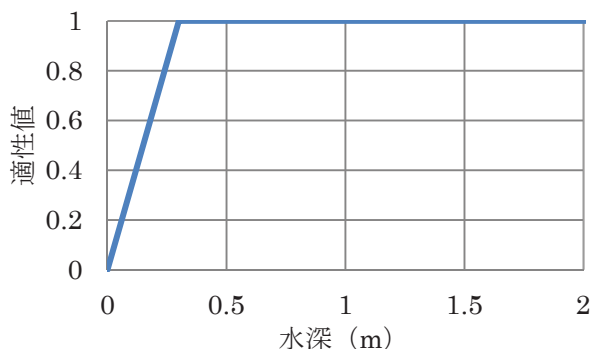


図10 水深の適性基準

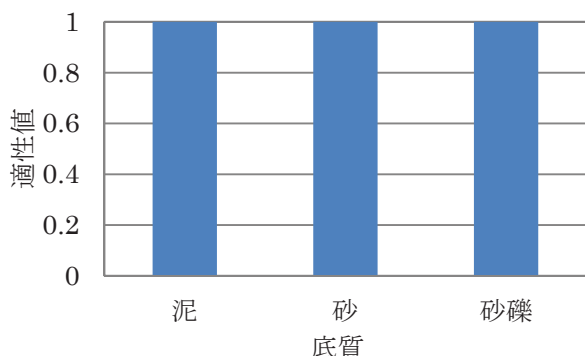


図11 底質の適性基準

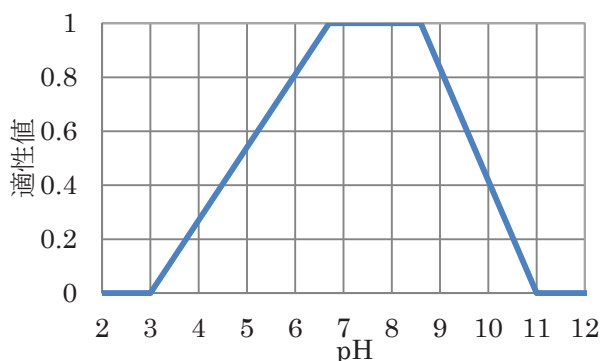


図12 pHの適性基準

#### 4・2・3 ギンブナの適性基準作成

水深は0mを適性値0とし、文献③、④から水深0.2m以上を適性値1とした。

底質は文献⑤、⑥、⑦から砂泥底、泥底の適性値を1とした。砂礫は文献の情報が無く、フナの口の大きさから吸いにくいということから、適正値を0.5とした。

pHは文献⑧、⑨から6.5～9.0が生息範囲だが、文献⑩からpH6.7～8.6の適性値1とした。また、文献⑪からpHが3以下、11以上は適性値を0とした。

表4 ギンブナの適性基準の根拠となる情報

環境要因	情報	文献
水深	0.5 m 程度に多い	③
	0.2 m 以上	④
底質	泥底を好む	⑤
	砂泥底を好む	⑥
	砂泥底、泥底	⑦
pH	生息範囲 6.5～9.0	⑧
	6.5～8.5 で生育	⑨
	6.7 以下、8.6 以上で有害	⑩
	3 以下、11 以上で致死	⑪

表5 コイ・ギンブナの参考文献

①	山本和由、決定版 コイ釣り入門、つり人社、2012
②	加瀬木成夫 他、コイの標言放流について、茨城内水試調報 (10)、1969
③	中坊徹次編、東海大学出版会日本産魚類検索全種の同定 第二版、2000
④	葛島 一美、決定版 フナ釣りタナゴ釣り入門、つり人社、2012
⑤	白石勝彦、最新釣り仕掛け集 川・湖沼、長岡書店、2010
⑥	魚と河川環境、www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/...tebiki/.../1_1.pdf (平成 25 年 1 月 9 日取得)
⑦	第 44 回建設省技術研究所報告 水環境のための水量、水質の目標設定手法、2007
⑧	菌田顕彦、建設省中部地建 日本河川水実図鑑、1992
⑨	検査項目の解説、http://www.ibaraki-kensa.or.jp/02gyomu/pdf/kankyo-komoku1.pdf (平成 25 年 1 月 9 日取得)
⑩	水尾寛己他、魚類の飼育技術に係る研究、http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/mamoru/kenkyu/shiryu/pub/pub0006/pdf/pub000620.pdf (平成 25 年 1 月 9 日取得)
⑪	近畿技術事務所、水質調査の基礎知識及び水質監視手帳、http://www.kkr.mlit.go.jp/kingi/database/17/kaisetsu.pdf (平成 25 年 1 月 9 日取得)

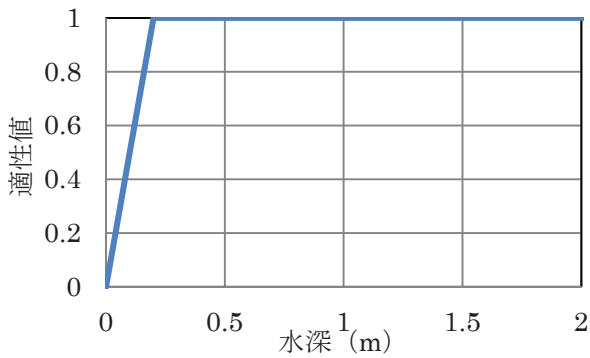


図 13 水深の適性基準

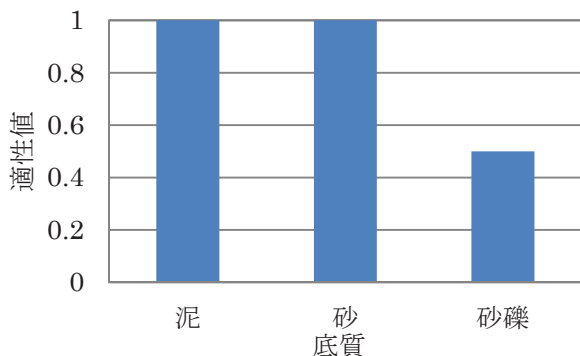


図 14 底質の適性基準

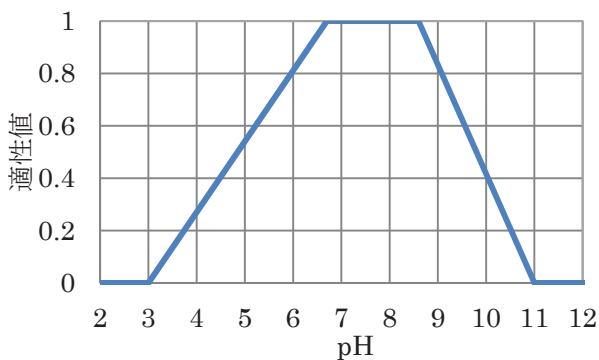


図 15 pHの適性基準

### 4・3 生息場評価

#### 4・3・1 河道変化がコイに与える影響

River2Dにより適性基準を水深コンターに適用し、生息場環境評価を行う。コイの水深の適性基準を適用した適性値コンターを図16に示す。

図10より、コイの適性値が1なのは水深0.3m以上である。図16よりコイの適性値コンターは2012年6月の堰起立時より2012年12月の堰倒伏の方が適性値1である赤い部分が多くなっていることが分かる。

よってコイにとって堰下流で堰起立における河道は生息しにくい環境であり、堰倒伏の河道は生息しやすい環境であることがわかった。

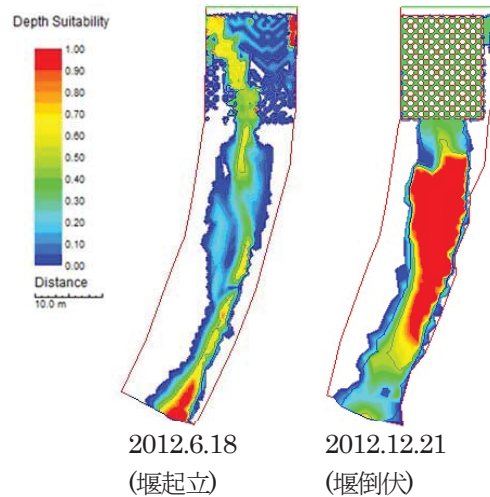


図 16 コイの水深分布による適性値コンター

作成した底質と pH の適性基準を用いてコイの生息環境評価を行う。喜瀬川の底質は砂礫質であったため、適性値 1 となった。pH においてコイは高い耐性を示したため、両月とも適性値が 0.7 を超える結果となった。

表6にコイについての HSI を示した。HSI とは SI 値が複数個ある場合に作成するものである。水深は場所によって SI が変動するため含めず、ここでは SI 値が固定となる底質と pH の二つにより HSI を作成し生息場環境評価を行う。なお、HSI の算出は、計算の一例としてコイの 6 月における HSI 値の求め方を (1) 式に示す。他の月においても同様の計算を行った。

$$HSI = (0.78 \times 1.00)^{0.5} = 0.88 \quad \dots (1)$$

表6より、コイの HSI は 6 月が 0.88、12 月が 1.00 となった。HSI 値が大きいため喜瀬川は生息しやすい環境であるといえる。また、堰起立時の 6 月の HSI が小さくなっており、堰倒伏時の方が住みやすい環境であると言える。

表 6 コイの pH、底質における HSI

		pH	底質	HSI
6 月	測定値	9.13	砂礫	0.88
	SI	0.78	1.00	
12 月	測定値	7.33	砂礫	1.00
	SI	1.00	1.00	



### 4・3・2 河道変化がギンブナに与える影響

ギンブナの水深の適性基準を適用した適性値コンターを図17に示す。

図13よりギンブナの適性値が1なのは水深0.2m以上である。図17よりギンブナの適性値コンターは2012年6月の堰起立時より2012年12月の堰倒伏の方が適性値1である赤い部分が多くなっていることが分かる。

よって、コイと同様にギンブナにとって堰下流で堰起立における河道は生息しにくい環境であり、堰倒伏の河道は生息しやすい環境であることがわかった。

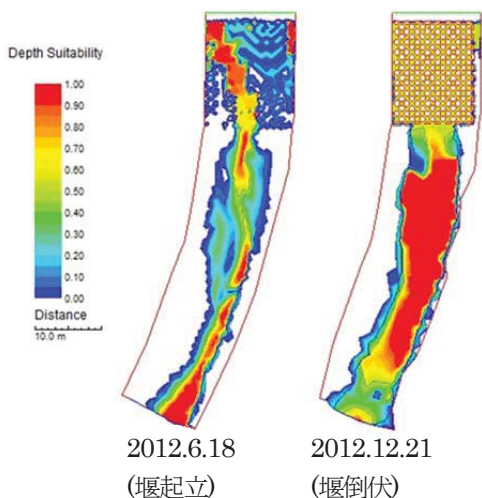


図17 ギンブナの水深分布による適性値コンター

喜瀬川の底質は砂礫質であったため、ギンブナは適性値0.5となった。ギンブナは泥や砂で適性値1のため、これらのものに入れ替えればギンブナにとってより快適な底質環境になると思われる。pHにおいてはコイと同様、ギンブナも高い耐性を示したため、両月とも適性値が0.7を超える結果となった。

表7にギンブナのHSIを示した。表7より、ギンブナは6月が0.62、12月が0.71となった。喜瀬川は生息しやすい環境であるといえるが、コイの方がHSIが大きく喜瀬川的环境に適しているといえる。また、堰起立時の6月のHSIが小さくなっており、堰倒伏時の方が住みやすい環境であることが言える。

表7 ギンブナのpH、底質におけるHSI

		pH	底質	HSI
6月	測定値	9.13	砂礫	0.62
	SI	0.78	0.50	
12月	測定値	7.33	砂礫	0.71
	SI	1.00	0.50	

### 5. おわりに

本研究では、喜瀬川北河原井堰の堰下流における2012年度の6月と12月の河道変化が魚類にどのような影響を与えるのか調べるため、年間を通じて出現しているコイとギンブナの生息場環境評価を行った。得られた結論を以下に示す。

- 1) 水深において、6月の最大水深が約0.5m程度でほとんどの場所で0.1~0.3mであり、コイとギンブナにとって適性値1の範囲がごく限られている。一方、12月では、最大水深が1.5mにまで深くなり、適性値1の範囲もかなり広がっていることがわかる。これよりコイとギンブナにとって水深に限っては、北河原井堰下流で河道変化後の12月の方が適した環境であることがわかった。
- 2) pHと底質の適性基準を用いて喜瀬川北河原井堰下流におけるHSIを作成した。コイのHSI値は6月が0.88、12月が1.00、ギンブナはそれぞれ0.62、0.71となった。また、どちらの種も6月のHSIが下がっており、堰倒伏の方が住みやすい環境であることが言える。

今後はより多くの適性基準を作成するために、今回収集できなかった、流速やカバーなどの情報を含めて生息場環境評価を行っていく必要がある。

### 参考文献

- 1) 喜瀬川水系河川整備計画、兵庫県、平成18年1月
- 2) 中島重旗ら：水環境工学の基礎、森北出版株式会社、p.48、1994
- 3) 河合茂・神田佳一・和田清・鈴木正人：河川工学、コロナ社、pp.175~177、2001
- 4) 田中章：HEP入門（新装版）〈ハビタット評価手続き〉マニュアル、朝倉書店、2012