淀川におけるイタセンパラ生息水域の 水理学的特性

HYDRAULIC PROPERTY OF THE HABITAT OF *ACHEILOGNATHUS* *LONGIPINNIS* IN THE LOWER REACH OF THE YODO RIVER

野地 貴弘¹・綾 史郎²・馬場 葵³
Takahiro NOJI, Shirou AYA, Aoi BABA

¹学生員 大阪工業大学大学院 工学研究科都市デザイン工学専攻 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1)

²正会員 博(工) 大阪工業大学工学部 都市デザイン工学科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1)

³非会員 株式会社インキ (〒631-0541 奈良市石木町160-1)

This paper deals with the hydraulic and hydrologic properties of the habitat of fish in a river and surrounding area. It especially focuses on the habitat of the *Acheilognathus Longipinnis* in the lower reach of the Yodo River, because the restoration of its habitat is the most important and urgent work for the Yodo River eco-system. The estimation of flood disturbance required for the life history of the fish was examined in the Akagawa sand bar and Shirokita Embayments, where both areas were its most important habitat 40 years ago, through the return period of the magnitude of the flood discharge, the frequency of the water surface elevation, which were obtained by the statistics of the water surface elevation records, and the magnitude of the order of the velocity and the shear velocity and their distributions, which were obtained through the 2-D numerical simulation. The results will be usable for the selection of the location of the newly constructed habitat, and its design.

Key Words : fish habitat, embayment, temporary water area, flood disturbances, river eco-system

1. はじめに

ワンドは河川本流に隣接した浅い水域であり、複雑な形状の河岸を構成するとともに、流水性及び止水性の双方の性格を有し、多様な魚貝類の生息場として知られているが¹⁾、近年、河川における魚貝類の生息場としては平水時には本川と分離しているが、出水時には冠水によって本川と連結する恒久的な水域であるタマリや、出水時には水域として存在するが水位の低下とともにやがて消滅する一時的な水域の重要性も指摘されている²⁾。

15個を超えるワンドからなる城北ワンド群をはじめとする淀川本川下流は1970年代から2000年代にかけて天然記念物であるイタセンパラやアユモドキなどの貴重種を含む、淡水魚貝類の宝庫であったが、2010年現在、イタセンパラをはじめとする多くの魚種の未確認状態が続いており、淀川本川下流水域の環境は変質・劣化してしまった。その主因としては河川改修による地形や流れの変化、およびそれにとまなう外来種の急激な増加などが言われている³⁾。1970年代当時、城北ワンド群が存在する淀川本川下流の河口から11.0～

13.0km付近には淀川本流、城北ワンド群に加えて、赤川ワンド・タマリ群、豊里タマリ群などの冒頭に述べたような多様な水域が密集し、多様な水生生物の生息場を構成していたものと推定され、淀川本川下流水域の生態系の復元に当たっては城北ワンド群の保全やワンドの復元・創造だけでは不十分であって、多様な水域と流れのシステムの再構築が必要と筆者らは考えている。本研究は、このような見地から1970年代にイタセンパラの主要な生息水域であった城北ワンド群およびその下流に隣接する赤川ワンド・タマリ群の洪水時の攪乱を中心とした水理環境を明らかにしようとするものである。1970年代からの河川改修により赤川ワンド・タマリ群はその水域がほとんど失われ、城北ワンド群は保全されたが、ともに水文・水理環境の変化が著しい。以下の研究では、1970年代の地形、水位や流量などの水文状況を用いた数値シミュレーションにより赤川地区の本流、ワンド・タマリ群の洪水時の流れや摩擦速度などのイタセンパラの生息水域の水理学的環境を明らかにする。さらに、現在も水域としては残されているが、変化の著しい城北ワンド群周辺の水理環境の変化の推定も行い、淀川生態系の物理的環境の復元に役立てようとするものである。

2. 赤川砂州のワンド・タマリ群と城北ワンド群

赤川地区は、淀川本川の河口から約11.0km上流左岸に位置し、直下流に淀川大堰（9.8km）が、また、直上流には城北ワンド群（11.5km～13.5km）がある。1897（明治30）年に始まった淀川改良工事の前後の河道地形が分かる図-1に示されるように、この明治の大改修以前、現在の鳥飼大橋付近（17.2km）から淀川大堰付近にかけては蛇行が著しく、淀川改良工事により現在の八雲地区（15.0km～16.0km）では堤防を東側に、毛馬・赤川地区（10.0km～12.0km）では堤防を南側に設け、出水時の川幅を広げるとともに、城北地区では河道を北側に移設し、蛇行を緩和した。その後、水制工が再整備された。同図には築堤用の土砂採取跡の四角形や水路状の水たまりが散見される。その後、1960年頃までに再三、整備・補修された水制工上に砂がたまり、砂州が形成されるとともに、多くのワンドやタマリが出来たことと、滞筋（低水路）が大きく蛇行していることが知られている¹⁾。

イタセンバラは1960年代の一時淀川水系では確認されなかったが、1969年大阪府立市岡高校生物部により赤川砂州の赤川鉄橋橋脚直下の本川沿いのワンドで再発見された。当時の地形を1972年測量の平面図で図-2に示した。図-2には多くのワンドやタマリが描かれているが、水管橋（10.9km）と赤川鉄橋（11.3km）間の砂州の主要部には大小16個のワンド・タマリ群が判別できる。これらのタマリの多くでイタセンバラが生息していたことが当時の調査^{4, 5)}で確認されている。赤川ワンド・タマリ群のほとんどは常時は本川と隔離され、出水時にのみ連結する浅い恒久的水域であり、赤川タマリ群が破壊される1989年まで、イタセンバラの生息が確認されていたことが重要である。赤川砂州には平水位よりやや高い場所に存在する恒久的水域であるタマリや、出水時には水域として存在するが水位の低下とともにやがて消滅する一時的水域も存在した。一方、城北ワンド群は恒久的な水域であり、平水時から本川

図-1 1908年から1924年頃までの淀川下流の河道変形¹⁾。

と連結する浅い水域を提供した。

3. 赤川ワンド・タマリ群周辺の地形と冠水状況

図-3は1975（昭和50）年測量の赤川砂州周辺の11.0, 11.2, 11.4, 11.6kmの各横断面図を重ね合わせたものである。同様に図-4は1971年測量の200m毎の横断面図から地盤標高の等高線を描いたものである。これらの図から分かるように、赤川地区では対岸の右岸堤防際まで滞筋が寄り、平水時の水路幅は150～250m程度となっている。よく知られるように湾曲部の外岸側は洗掘されやすく、1975年当時の最深河床の標高はOP-7.0mであり、平水位OP+2.5mの時の水深は9.5mと深い淵を形成している。砂州上には前述のように16個のワンド・タマリ群が確認されるが、水深が1m程度以下の浅い部分は本川沿いには少なく、上流部分の断面11.4km, 11.6kmの本川左河岸沿い、44号, 42号ワンド、および左岸側上流に続く城北ワンド群に広がっていることがわかる。

図-5は城北、赤川地区の下流に位置する長柄（毛馬）量水標（10.2km）と上流に位置する一津屋量水標（16.0km）の日平均水位を用いて得られる特性水位（位況図より得られる年最高, 8, 22, 71, 95, 185, 275, 355番目, 年最低の水位）⁶⁾ およびそれらから内挿された赤川（11.2km）特性水位について、淀川大堰が改築される以前の1972～1979年（長柄）、1971～1976年（一津屋）の平均値を示したものである。図-4及び図-5を用いて標高OP+2.5m～3.0mの年間冠水日数を調べると、毛馬地区で36～354日、赤川地区で71～365日、一津屋地区で95～365日冠水する地帯に相当し、城北ワンド群の一部と対岸の豊里タマリ群の大部分がこの領域に入っている。また、赤川砂州は標高OP+3.0～3.5mに広がっていることから、赤川地区の特性水位より22～70日冠水する地帯が赤川砂州一帯に広がっていることが分かる。赤川砂州は湾曲部の内岸にできる固定砂州であるが、前掲の横断面図（図-3）に見られるように、下流側の11.0km, 11.2kmの砂州先端部は標高OP+5mと高

図-2 1972（昭和47）年の赤川砂州とワンド・タマリ群。

く、上流側の11.4km, 11.6kmの砂州先端部は3.5m程度と低い。砂州の主要部である11.0km, 11.2km, 11.4kmの横断測量線沿いには大小の凹凸が見られ、本川とは分離した恒久的な水域であることが分かる。これらのタマリの冠水頻度についてみると、赤川地区の71日水位が先述のようにOP+2.98m, 22日水位がOP+3.41mと推察されるので図-5からは標高OP+3.0mの序列を70日, 4.5mの序列を5日と推定できるので、冠水日数を5~70日程度と推定できる。

1972年から2008年までの毛馬（長柄）水位観測所の日平均水位記録から作成された年最大, 平水（85日）年最小等の特性水位の経年変化を図-6に示した。同図より淀川大堰が運用を開始した1983（昭和58）年を境として、1）それ以前には洪水時には3mを越える水位上昇が生じていたが、1983年以降、0.5m程度の水位上昇しか生じず、淀川下流の水位の周年変化が全く異なっていること、2）平水位が0.5m程度上昇していることが知られる。図-5にも見られる様に、赤川地区の1970年代の年最高水位は5.0mを越えており、砂州全体が年1回程度は冠水していたことが知れる。砂州の標高を3.5m, 最大水深を1.5m, エネルギー勾配を1/5000程度と仮定すると、摩擦速度は $u_* = 0.054\text{m/s}$ となる。岩垣式により移動可能最大砂粒子径を概算すると、砂州上では0.3cm程度の砂礫が移動していると推察された。

一方、1984年以降、年最大水位がOP+3.5mを超えることは希であり、1）赤川砂州が冠水することはほとんどなくなり、改修工事により砂州主要部の恒久的なタマ

リが失われたばかりでなく、冠水帯や一時的水域も失われ、赤川砂州の生態的機能が変質したこと、2）保全された城北ワンド群でも冠水は希であり、洪水攪乱がほとんど生じないことが分かる。

3. 数値実験

(1) 目的

イタセンパラの生息に必要な条件としてワンドやタマリなどの水域の環境が時間的に変化し、止水性と流水性の双方の性格が可能であることが考えられている⁷⁾。すなわち平水時は止水性であるが、6~9月の雨季においては出水時に適切な流水環境が生じ、生活史の完結および生息場の維持のためには流水による攪乱が必要と考えられている。本研究では、A) 地形の改変や水位環境の変化により水域としては失われてしまったが、イタセンパラが生息していた1970年代初めの赤川ワンド・タマリ群を対象として洪水時の水理環境の推定を行い、その生息水域の水理学的特徴、特に必要とされる洪水による攪乱の程度を知ること、および、B) 水域としては残されたが、近年イタセンパラが確認されていない城北地区を対象として1970年代と劣化の著しい2000年代と比較し、水理環境がどのように変化したのかを明らかにすることを数値実験の目的とした。

数値解析モデルとしてはJICEモデルを用い、流れの平面二次元計算を行った。数値解析目的より1970年代、

図-3 赤川砂州（11.0~11.6km）の横断面図（1975年）。

図-5 淀川下流の1970年代の位況図：毛馬量水標、一津屋量水標、赤川地区（11.2km）。

図-4 淀川下流の河床標高分布図（OP+m）。

図-6 毛馬（長柄）水位観測所の位況の経年変化。

2000年代の地形モデルを用いた、洪水流量が流れる時の赤川地区、城北地区における水深、水位、流速の二次元分布を求め、これらより攪乱の指標の一つとして摩擦速度の分布と移動可能最大粒子径を求めた。

(2) 実験条件

地形モデルとして1971年横断測量のデータを用いて作成された71年地形（9.2～17.4km），および2005年測量のデータから作成された05年地形（9.8～17.4km）を用いた。縦断方向に200mピッチの横断測量線間を6分割し、横断方向には堤外側の基点杭間を25分割することにより、計算メッシュを構成した。また、河床高はJICEモデルに内蔵された内挿法により作成した。従って、解析領域内には城北や庭窪など現存するワンド群も含まれるが、水制工やワンド床標高などの詳細な標高分布は地形モデルに反映されていない。

上流端境界条件として流量を用い、流量値は枚方流量観測所（26.0km）における観測資料を参考にして定めた。下流端境界としては71年地形では長柄可動堰地点付近（9.2km），05年地形では淀川大堰地点（9.8km）を下流端とし、各々でその当時の水位～流量曲線より得られる水位を与えた。その他の計算条件としては河床は固定床とし、上流からの流砂の供給はないものとした。計算法としては上下流端の境界条件を一定とし、非定常計算を長期間行うことにより、漸近的な結果としての定常解を求めた。

(3) 流量の設定と実験ケース

行なった数値実験の条件を表-1にまとめて示した。

a) Run Aシリーズ（赤川地区、城北地区）

71年地形を用いた上流端流量1000、2000、4000 m³/sの場合の赤川地区を主対象とした実験である。対象流量4000m³/sは枚方地点で10年に1回程度観測される流量

表-1 数値実験の条件のまとめ

Run No.	地形モデル	流量(m ³ /s)	下流端水位(OP+m)
A1	71年	4000	6.166
A2	71年	2000	5.055
A3	71年	1000	4.000
B1	05年	4000	4.064

(a) 赤川地区

(b) 城北地区

図-7 赤川地区と城北地区の河床高分布（1971年）。

であり、2000m³/sは毎年1回程度生起する、また1000 m³/s は年5回程度生起する出水である。下流端水位は水位～流量曲線より得られたものが表-1に記されている。図-7 (a) は71年地形モデルで作成された河床高分布を赤川地区について示したものであり、赤川砂州の河床高はOP+3.000～4.000mと内挿されている。

b) RunBシリーズ（城北地区）

03年地形モデルを用いた、本川の流れが城北ワンド群ワンドに冠水すると推定されている流量4000m³/sの数値実験である。下流端水位は淀川大堰地点の水位～流量曲線より得られたOP+4.064mである。結果は71年地形モデルを用いた4000 m³/s (Run A1)，2000 m³/s (Run A2)の数値計算結果から城北地区におけるものを抽出し、1970年代と2000年代の環境の比較を行った。

図-7 (b) は71年地形により内挿された城北ワンド周辺の河床高分布である。城北ワンド群周辺の河床高はOP+2.000～3.000mと内挿されている。

4. 数値計算結果

(1) RunAシリーズ（赤川地区）

71年地形モデルで流量1000、2000、4000 m³/sの計算結果より、各々の流速分布を図-8(a) (b) (c)に、同様に摩擦速度の分布を図-9(a) (b) (c)に示した。流量1000 m³/sで流れは兩岸堤防際まで広がり砂州全体も冠水する。以下では2000 m³/sの場合を中心に述べる。図-7(a)の河床高分布図に見られるように、左岸側の砂州上と右岸側滞筋にある淵とでは標高差が7m以上あり、水管橋と鉄橋間の砂州の主要部で2000 m³/s時には右岸側滞筋部で8.0～9.0m、砂州中央付近で2.0～3.0m、左岸高水敷付近で1.0～2.0m程度の水深が生じ、それに応じて流速も各々1.00～1.40m/s、0.80～1.00m/s、0.60～0.80m/s程度の流速が生じている。摩擦速度は滞筋部で0.080～0.120m/s、砂州中央付近で0.080～0.100m/s、左岸高水敷で0.020～0.080m/sの値となっている。移動可能最大砂粒子径 d_c を岩垣式⁹⁾を用いて求めると、砂州上で1.0cm程度、高水敷上で0.1～0.8cm程度以下の砂粒子が移動

(a) 1971年地形, 流量1000 m^3/s (b) 1971年地形, 流量2000 m^3/s (c) 1971年地形, 流量4000 m^3/s

図-8 赤川地区における流速分布 (m/s) .

(a) 1971年地形, 流量1000 m^3/s (b) 1971年地形, 流量2000 m^3/s (c) 1971年地形, 流量4000 m^3/s

図-9 赤川地区における摩擦速度分布 (m/s) .

(a) 2005年地形, 流量4000 m^3/s (b) 1971年地形, 流量2000 m^3/s (c) 1971年地形, 流量4000 m^3/s

図-10 城北地区における流速分布 (m/s) .

(a) 2005年地形, 流量4000 m^3/s (b) 1971年地形, 流量2000 m^3/s (c) 1971年地形, 流量4000 m^3/s

図-11 城北地区における摩擦速度分布 (m/s) .

可能と概算された。流量が4000 m³/s の場合は砂州中央部でも流速が1.40～1.60m/s、摩擦速度が0.120～0.140m/sとなり、2.0～3.0cmの粒径の砂粒子が移動することになる。一方、流量が1000 m³/sの場合、流速は砂州主要部で0.40～0.60m/s、摩擦速度は砂州主要部中央で0.040～0.060m/s、高水敷で0.020～0.040m/sが生じており、主要部中央で粒径が0.3～0.4cm程度、高水敷で0.1～0.2cm程度の砂粒子が移動可能な洪水攪乱が生じていることがわかった。

(2) RunBシリーズ（城北地区）

05年地形モデルで流量4000 m³/s、および71年地形モデルで流量2000 m³/sおよび4000 m³/sの数値計算結果より、各々の流速分布を図-10(a) (b) (c)に、同様に摩擦速度の分布を図-11(a) (b) (c)に示した。05年地形モデルによる結果（図-10(a)、図-11(a)）では、河道改修により滞筋部が掘削、拡幅され複断面化したため低水路部と高水敷の流れの違いが明瞭であって、高水敷（ワンド部）では流速0.80～1.40m/s、摩擦速度0.080～0.120m/sであり、流速、摩擦速度ともに低水路部におけるものはこれより大きい。現実には本計算モデルに含まれない高水敷部分の植生の存在により、高水敷部分の流速や摩擦速度はもっと小さいものと考えられる。

71年地形モデルによる流量4000 m³/sの結果では滞筋の流速や摩擦速度は05年モデルによるものより小さいが、高水敷（ワンド部）の流速や摩擦速度の大きさはそれほど変わっていないことがわかる。71年地形モデル流量2000 m³/sの結果は、4000 m³/sの場合と異なり、高水敷（ワンド部）の流速は0.60～0.80m/s、摩擦速度は0.020～0.080m/s程度と小さくなっており、赤川地区の高水敷で得られたものと同程度である。なお、05年地形モデルでは2000 m³/sの時、ワンドの冠水は生じず、洪水攪乱は生じない。

以上のことより、城北地区では河道改修後の現在では冠水が生じる流量4000 m³/s程度での高水敷の攪乱は70年代と同程度のものが生じることがわかった。

4. 結論

本研究では、淀川水系におけるイタセンパラの生息水域の再生を目標として、かつて同種の日本最大の生息場であった本川下流水域の赤川砂州、および城北ワンド群を対象として、同種の生活史上必要な生息水域の洪水時の攪乱を明らかにすることを目的として、長期間の水位観測記録の解析により生息水域の出水の大きさと頻度の状況を明らかにした。さらに、出水時の流れの水理学的特性について、4000 m³/s（再起期間10年程度）、2000 m³/s（年最大程度）、1000 m³/s（年5回程度）の洪水流量について二次元的な数値実験を行

い、流速分布および洪水攪乱の指標としての摩擦速度の分布と移動可能最大砂粒子径について明らかにした。水理学的特性について、赤川地区ではイタセンパラが生息していたワンド・タマリ群がある砂州主要部に、城北地区ではワンドが存在する高水敷部分に着目し、得られた結果をまとめると以下の様である。

(1) RunAシリーズ（赤川地区）

砂州主要部では流量が1000 m³/sの時、流速は0.40～0.60m/s、摩擦速度が0.040～0.060m/s、移動可能最大砂粒子径は0.3～0.4cmと計算された。このことから1970年代の赤川砂州主要部のワンド・タマリ群では年間に5回程度の洪水攪乱が行われていたことが推定される。

(2) RunBシリーズ（城北地区）

城北地区の高水敷（ワンド部）では71年地形、05年地形ともに流量4000 m³/sの時、流速は0.80～1.40m/s、摩擦速度0.080～0.120m/s、移動可能最大砂粒子径は0.6～2.0cmと同程度の結果が得られた。71年地形モデル流量2000 m³/sの時、流速0.60～0.80m/s、摩擦速度0.020～0.080m/s程度であり、赤川地区の高水敷（ワンド部）と同程度の結果が得られた。また、05年地形では年最大流量2000 m³/s程度以下の規模の洪水では冠水は生じず、攪乱は失われた。

謝辞：本文の執筆に当たり、ご助言頂いた紀平肇先生、河合典彦先生に深く感謝申し上げます。快く資料の提供を頂いた国土交通省淀川河川事務所、淀川資料館、河川環境管理財団近畿事務所の皆様に謝意を表します。

参考文献

- 1) 綾史郎、辻本哲郎、芦田和男：ワンドの機能と保全・創造、河川環境管理財団大阪研究所、平成11年3月。
- 2) 片野修：ナマズはどこで卵を生むのか、川魚たちの自然史、創樹社、1998。
- 3) 河川環境管理財団編：流水、土砂の管理と河川環境の保全と復元に関する研究（改訂版）、平成17年11月。
- 4) 紀平肇、長田芳和：魚類および貝類、淀川河川敷生態調査報告書、淀川工事事務所、pp202-251, 1974。
- 5) 長田芳和、紀平肇、鉄川精：無機環境、淀川河川敷生態調査報告書、淀川工事事務所、pp22-37, 1975。
- 6) 綾史郎、有馬忠雄、紀平肇、井田康夫：淀川における位況と冠水域、水工学論文集、vol45、pp1117-1122, 2001。
- 7) 小川力也、長田芳和：河川氾濫原のシンボルフィッシュイタセンパラ、森誠一編著、自然復元特集5、淡水生物の保全生態学、信山社サイテック、pp9-18, 1999。
- 8) 土木学会水理委員会水理公式集改訂小委員会編：水理公式集、土木学会、p158, 平成11年。

(2010. 9. 30受付)