

魚の住みやすい川づくりに資する 魚類の生息分布とその場の流速

鈴木 興道

正会員 建設省東北地方建設局 河川情報管理官 (〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町9-15)
(元 建設省土木研究所 河川環境研究室 主任研究員)

魚類の体長と選好流速との関係を明らかにするため、自然河川において魚類の採捕とその場の流速測定を行った。スゴモロコとウグイの標準体長40mm以下の稚魚は、流速5cm/sec以下の表層付近を遊泳し、体長40mm以上に達すると急速に中～高流速帯の中～底層へと生息域を広げ、成魚とほぼ同じ流速域を遊泳していた。ブルーギルとヨシノボリは、稚魚～成魚の大半が流速3cm/sec以下の流速域を遊泳していた。コイ、フナ、カワムツ、においても同様に、稚魚は流速5cm/sec以下の微流速域を好んで遊泳し、成魚期にさしかかると急速に生息域を広げる事が認められた。オイカワは体長40mmを越えると既に早瀬に出現していた。これらの結果は、魚の住みやすい川づくりを考える場合、特に稚魚の生息域となる抽水植物帯や浮き石帯河床の必要性を示す基本的な資料になるものと考えられる。

Key Words: Preferred water velocity on freshwater fish, *Squalidus chankaensis biwae*, *Lepomis macrochirus RAFINESQE*, *Zacco platypus*, *Tribolodon hakonensis*.

1. はじめに

近年、生態系を重視した魚の住みやすい川造り事業や多自然型河川工法が積極的に実施されるようになり、魚類生態と河川との関係を扱った研究も進められている¹⁾一方、河川生態系食物連鎖の上位を占める魚類についての生息環境や水理条件(清水1991年²⁾・奥田1992年³⁾)や魚類の生息場所を決定する要因の一つである遊泳能力、すなわち、耐久速度と突進速度(白石1955年⁴⁾、塚本・梶原1973年⁵⁾、小山1978年⁶⁾)についても報告され、魚道の設計に利用されてきた。更に近年USGS(合衆国地質調査所)及びNGF(ワイミング州Game & Fish局)によってHQI法(Habitat Quality Index Method)が研究されている。またEugene K. Balon(1992年²⁰⁾)の報告や、魚類の生息を規定する河川の物理的環境の解析についての報告(井上・中野1994年⁷⁾)もある。

今回は生息環境の異なった複数の河川において、魚類を採捕すると共にその場の流速を測定し、魚類の体長と遊泳流速との関係を調査した。この場合の流速は、魚類が平常遊泳している場所の水の流れの速さであり、本文では選好流速として表現した。

2. 調査方法

(1) 調査地点の河川形態

調査対象とした河川及びそれらの調査地点を図-1に示した。調査期間は、田川(栃木県宇都宮市)及び花室川(茨城県つくば市)が1993年5月～10月、広瀬川(宮城県仙台市)が1994年と95年の5月～9月であった。これらの河川は次のような特徴があった。

田川は当時河川改修中で、工事のため川床が岩盤～浮き石帯～砂利と変化の多い扇状地河川であった。花室川は、つくば研究学園都市内の污水处理場を源にし、霞ヶ浦に流入する掘り込み式ブロック張り水路で、水質の悪い都市型の小規模人工河川である。広瀬川は、仙台市という大都市を貫流しながらも清流に恵まれた山地型の一級河川であった。これら三者は表-1に示すような異なった河川形態の特徴を有した。なお3河川のみ調査では、魚類の生息密度が高い流速域を選好流速域と見なす危険性が生じるため、図中の好間川、久慈川、桜川の3河川においても補助的な検証調査を行った。

本文では、川床がコンクリート水路で、その場の

表-1 主要測定河川の環境状況

状況	河川	流域面	平流量	平水質	魚種組成	川床主
河川名	位数	積 Km ²	m ³ /sec	BODmg/l		要形態
花室川	4	38.8	0.8	3~8	7科29種 ⁹⁾	コンクリート
田川	3	261	6.8	3~5	6科20種 ⁹⁾	玉石
広瀬川	2	315.9	11.7	2~3	8科36種 ¹¹⁾	砂利

凡 例

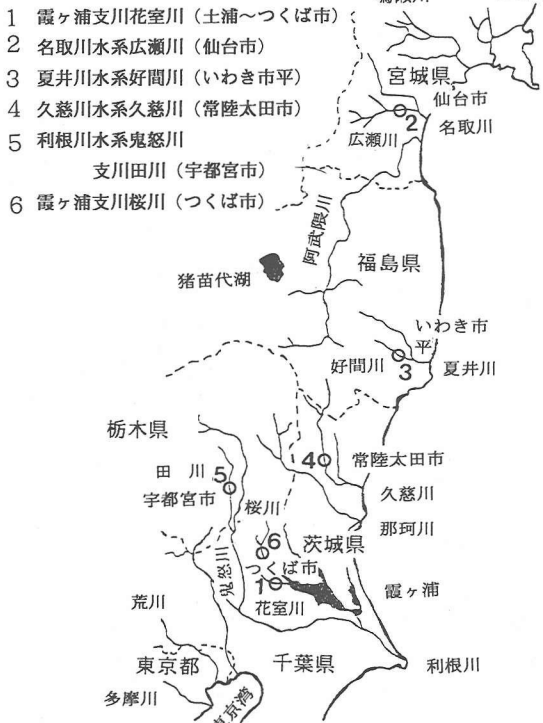


図-1 調査位置図

流れがほぼ整流に近い状態で流れていた花室川での流速測定値が精度的にもより安定しているものと判断されたので、その調査結果を中心に以下に述べた。

花室川における主な測定場所は、図-2~8と図-10及び写真-1~5に示す堰や落差工下流の減勢工付近で、多様な水流を形成しながらも河床がコンクリートで堆砂が少なく、河床材料の凹凸による水流の局所的な流れや強弱が生じにくい場所であった。また広瀬川と田川は自然河床で、図-9~10及び写真-6~8に示す抽水植物帯と浮き石帯河床を中心に調査を実施した。

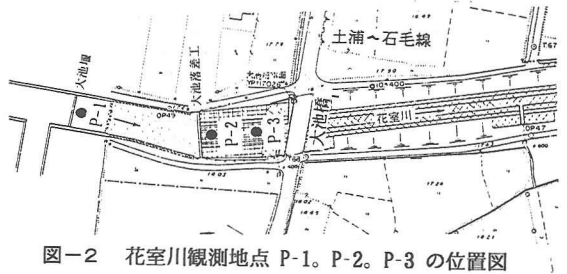


図-2 花室川観測地点 P-1, P-2, P-3 の位置図



写真-1 観測地点 P-1 (大池堰) 周辺の景観

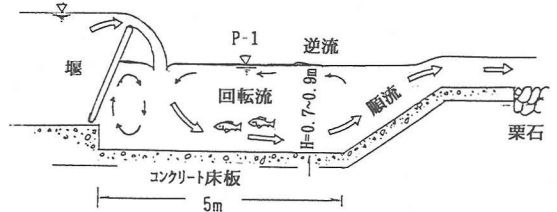


図-3 観測地点 P-1 の水理状況

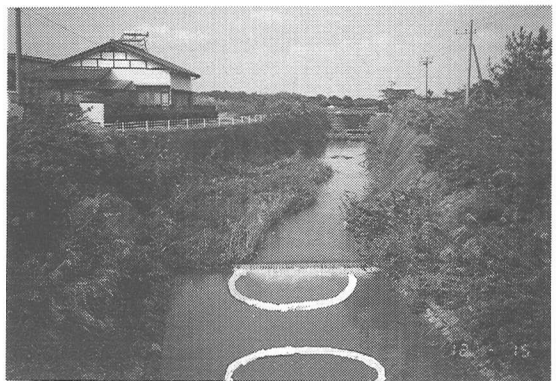


写真-2 観測地点 P-2, P-3 (大池落差工) 周辺の景観

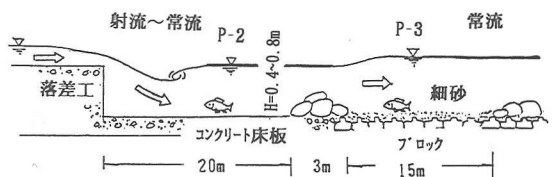


図-4 観測地点 P-2, P-3 の水理状況

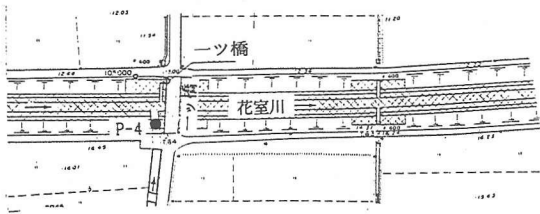


図-5 花室川観測地点 P-4 の位置図

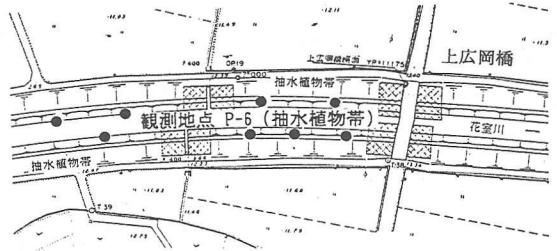


図-8 花室川観測地点 P-6 の位置図

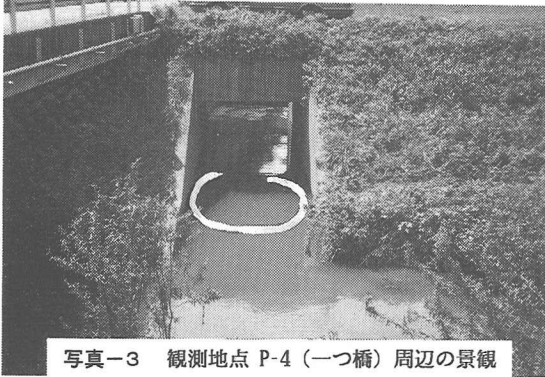


写真-3 観測地点 P-4 (一ツ橋) 周辺の景観



写真-5 観測地点 P-6 (抽水植物帯) 周辺の景観

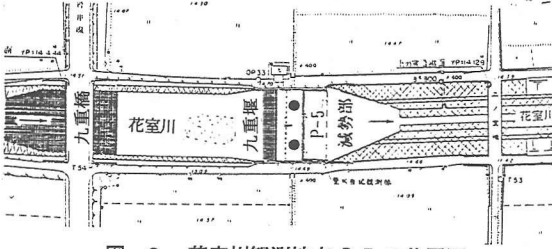


図-6 花室川観測地点 P-5 の位置図



図-9 広瀬川観測地点 P-7 及び P-8 の位置図



写真-4 観測地点 P-5 (九重堰) 周辺の景観

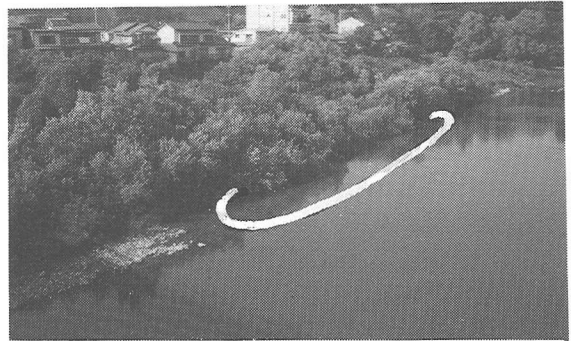


写真-6 観測地点 P-7 (広瀬川激橋下流) 周辺の景観

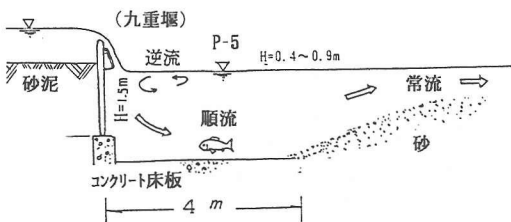


図-7 観測地点 P-5 の水理状況

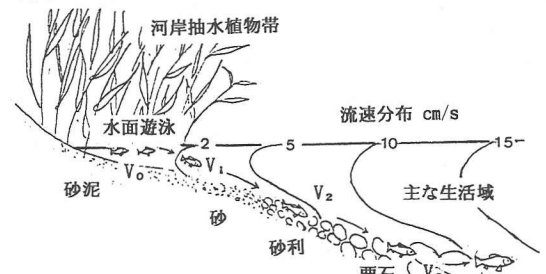


図-10 観測地点 P-6 及び P-7 の水理状況

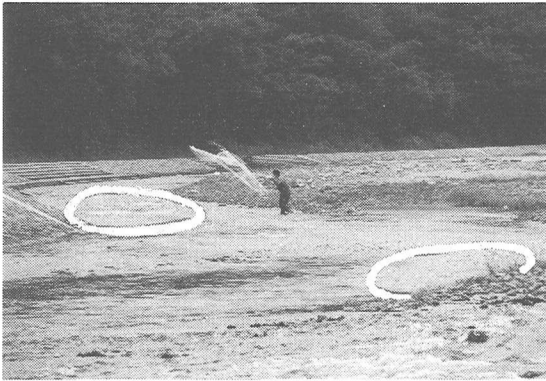


写真-7 観測地点 P-9 (田川早瀬区間) 周辺の景観

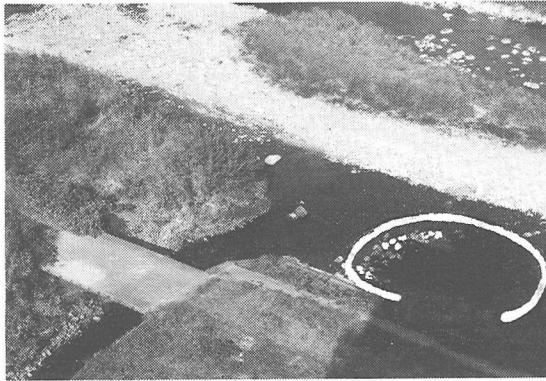


写真-8 観測地点 P-8 (広瀬川牛越橋) 周辺の景観

(2) 調査方法

花室川における魚類の採捕は投網とタモ網を用いた。投網は38節1200目、開口直径2m程度の極細目の小型を使用した。投網回数は、同日各一回を基本とした。また抽水植物帯ではタモ網を専用した。広瀬川ではタモ網を用いて抽水植物帯付近の稚魚を、また早瀬区間では網目の小さなカニカゴを河床に固定して主に成魚を採捕した。カニカゴの流速測定は、朝方のカゴ設置前と夕方の撤去後の地点流速を測定し、両者の差が2割以内のもののみを可とし、その平均値を採用した。田川では早瀬の浮き石帯及び平瀬の砂利川床を中心に投網を使用した。

流速は測定精度が $\pm 0.5\text{cm/sec}$ 、デジタル表示のケネック社製 VMT-200-08P型電磁流速計を用いて、採捕地点の表面流速、6割水深流速(水面から6割の深さの地点流速)及び底面流速を採捕後直ちに測定した。流速計は $\phi 1\text{cm}$ の棒センサーのため、抽水植物帯や浮き石帯内部の微環境流速の測定も可能であった。採捕した魚類は、標準体長の測定を行った後に大部分を放流し、一部を中性ホルマリン液を用いて固定し標本保管した。

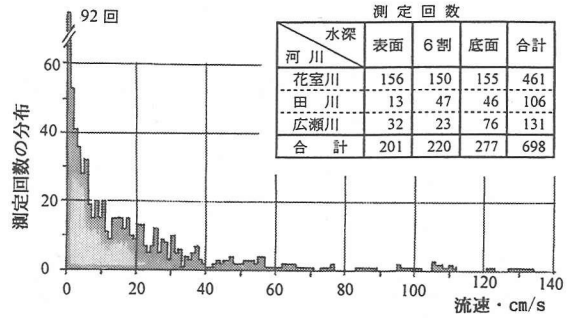


図-1 1 観測地点の流速と測定回数の分布

3. 測定結果と考察

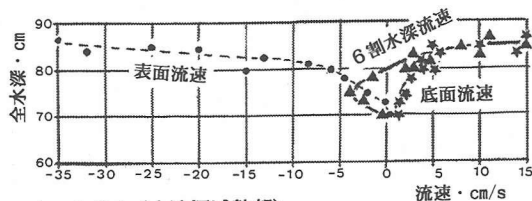
(1) 流水状況

花室川における調査期間中の流況は、濁水・平水・洪水と多様な流水状況であった。花室川の地点P-1, P-2, P-3, P-5の調査地点付近の流水は、堰や落差工直下流付近で射流から常流への遷移点を含んだものであり、流量の増減に応じて多様な流速分布を形成していた。地点P-4と河岸抽水植物帯の地点P-6は、平水時は湛水区間であった。それらの結果を図-11と図-12(a)~(f)に示すと共に、図中の記号の説明を図-13において行った。地点P-1は深い減勢池内部であるため水流が回転し、表面流速は全て逆流、6割流速が逆流と順流、底面流速は全て順流といった回転した流れを示した。地点P-2, P-3, P-5では、同一水深に対し5cm/sec程度の測定流速値範囲(バラツキ)を有しながらも、ほぼ明確なH-V相関関係が成立した。また地点P-4では、水位に余り関係なく微流速を示す湛水区間であった。河岸の抽水植物帯である地点P-6は、0~10cm/sec程度の流速があって湛水区間に近い流速分布を示した。

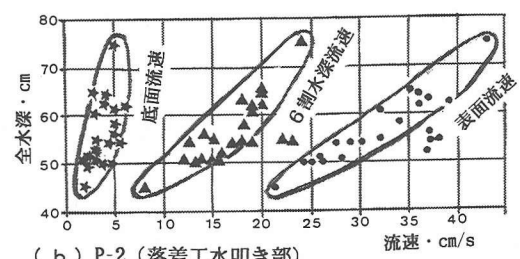
田川の図-12(g)に整理した平瀬は、砂利河床による常流区間であったが、写真-8及び図-12(h)に示す早瀬区間では浮き石帯河床であるため、さざ波が立ち流速範囲も平瀬のほぼ2倍であった。

広瀬川の地点P-7の自然河岸の抽水植物帯は、全体として流速0~5cm/secの微流速区間で、図-12(f)とほぼ同じ流速分布であった。地点P-8では図-14に示す支川出口に玉石を並べて人為的に多様な流速を形成させ、任意の流速を選択して魚類の採捕を行った。当支川は三居沢発電所の放水路であるため日中の流況は極めて安定していた。

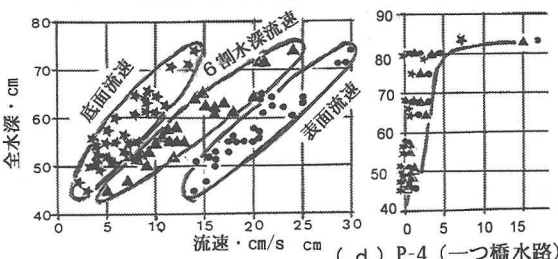
以上、全体的にはP-1のような回転した流れや、河岸抽水植物帯に流れを除いた常流や射流区間では、表面流速が最も早く、6割水深流速は全水深の平均流速にほぼ等しく、底面流速は最も遅かった。



(a) P-1 (大池堰減勢部)

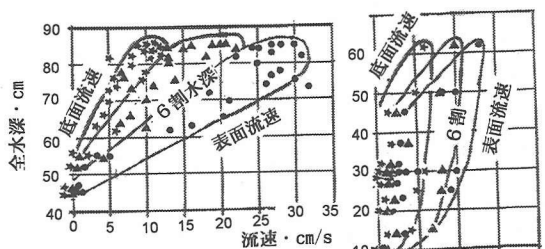


(b) P-2 (落差工水叩き部)



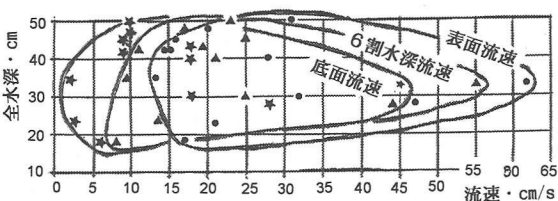
(c) P-3 (落差工水叩き部)

(d) P-4 (一つ橋水路)

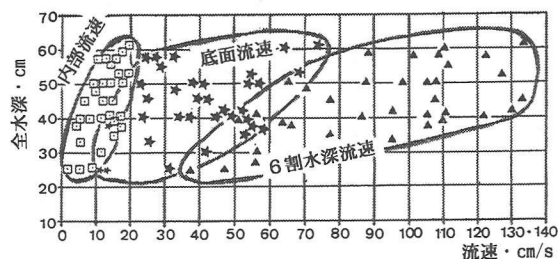


(e) P-5 (九重堰減勢部)

(f) P-6 (抽水植物帯)



(g) P-9 (田川の砂利河床における平瀬区間)



(h) P-9 (田川の浮き石帯河床における早瀬区間)

図-12 観測地点での水深と流速の関係

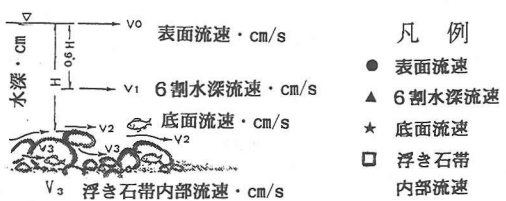


図-13 図中の記号の説明

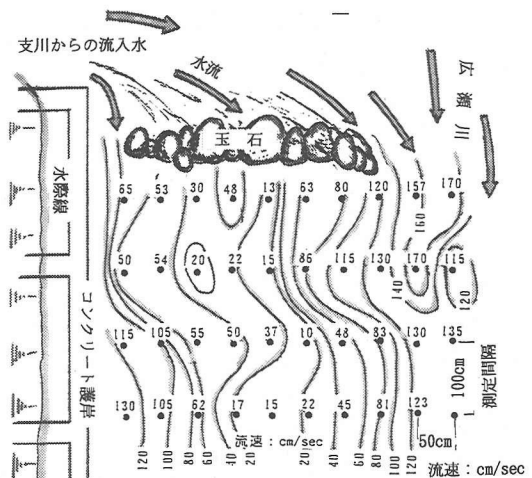


図-14 広瀬川の観測地点 P-8 における底面流速の平面分布(1996年 9月 1日の測定例)

(2) 採捕地点の流速と標準体長

花室川では、主にスゴモロコ、ブルーギル、ヨシノボリが、また田川と広瀬川では主にウグイとオイカワがそれぞれ仔・稚魚～成魚の範囲で多数採捕された。それらの主要な魚種の標準体長と流速との分布を図-15～18に示した。

a) スゴモロコ(*Squalidus chankaensis biwae*)

スゴモロコは、一般に流れの緩やかな砂底や湖底近くを群泳する(宮地・川那部・水野1989年)¹²⁾と言われ、霞ヶ浦や琵琶湖での潜水調査では、仔・稚魚は表層付近を、若～成魚は底層に近い中層を遊泳しているのが観察された。

図-15に示すように体長40mm未満の稚魚は、表面流速、6割水深流速、底面流速のいずれに関しても、流速5cm/sec以上の場所では採捕確認されなかった。しかし体長40mm以上に達すると流れの早い場所、すなわち表面流速0～55cm/sec、6割水深流速0～25cm/sec、底面流速0～15cm/secの範囲で採捕されるに至った。この傾向は成魚と全く同じであった。体長40mm未満の稚魚は、表面流速5cm/sec未満の河岸抽水植物帯などの停滞水域で多く採捕された。この地点の水深は30cm未満、川床は砂泥質であった。しかし表面流速が5cm/sec以下の場合でも、その場所

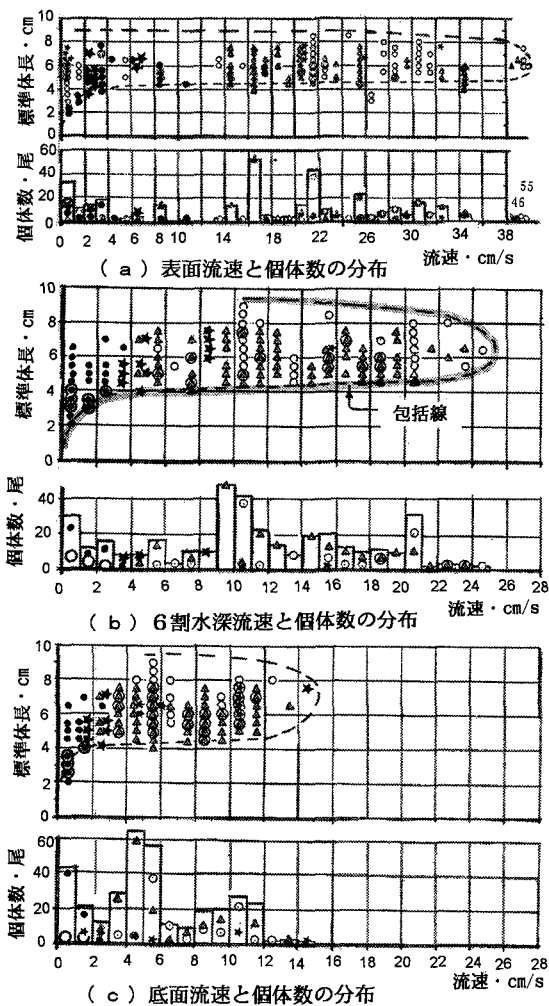


図-15 スゴモロコの標準体長と観測地点の流速

がみお筋であったり岸から離れている場合には、そこでの稚魚の生息は認められなかった。

b) ブルーギル(*Lepomis macrochirus* *RAFINESQUE*)
ブルーギルはワンドのような停滞水域の中層を中心に上下に幅広く定位している事が一般によく見られる。

花室川では図-16に示すように、全標本 211尾中 173尾(82%)が流速 3 cm/sec以下の処で採捕された。しかし体長 4~8 cmの若~成魚は表面流速 0~34 cm/sec, 6割水深流速及び底面流速が共に 0~20 cm/secの所でも採捕されたが、体長 10 cm付近を境目としてそれ以上になると速い流速域では採捕されず、その多くが稚魚と同様に流速 2 cm/sec以下の処に生息していた。

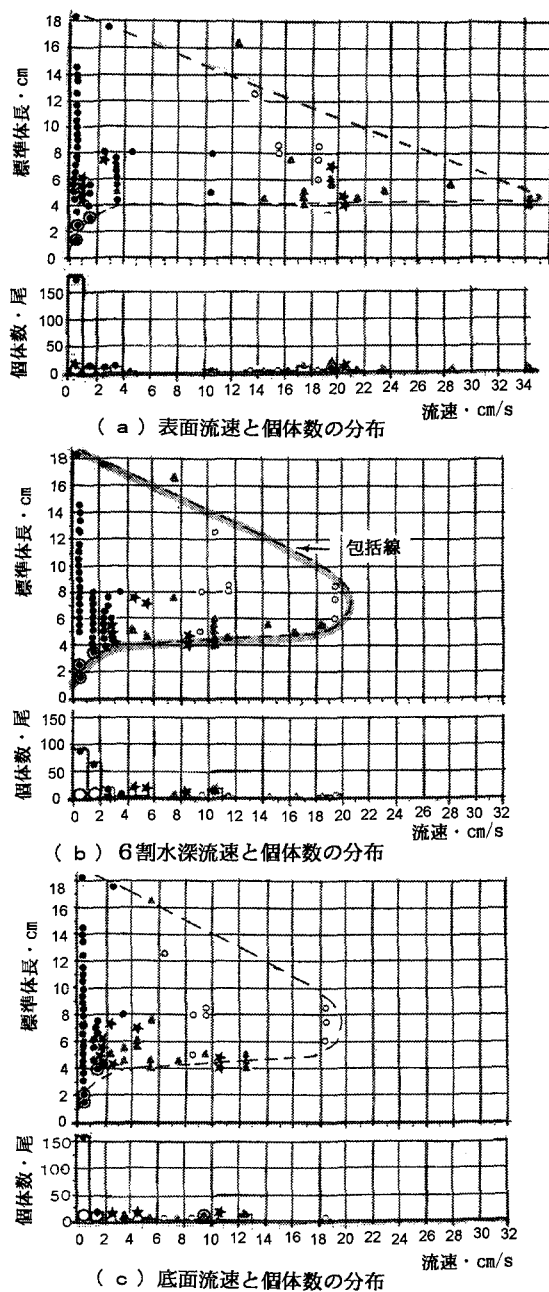
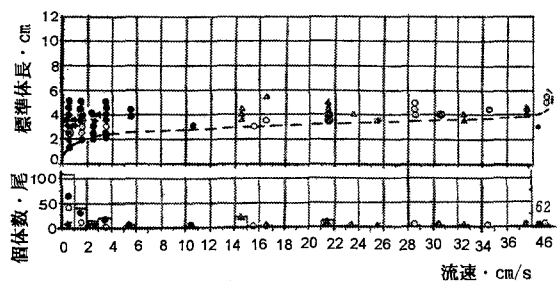


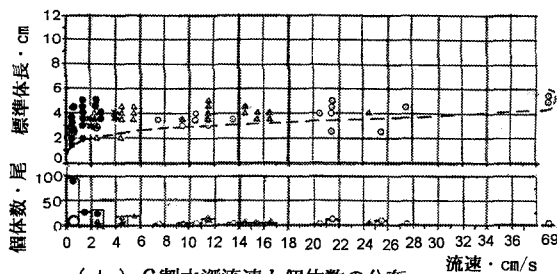
図-16 ブルーギルの標準体長と観測地点の流速

凡例

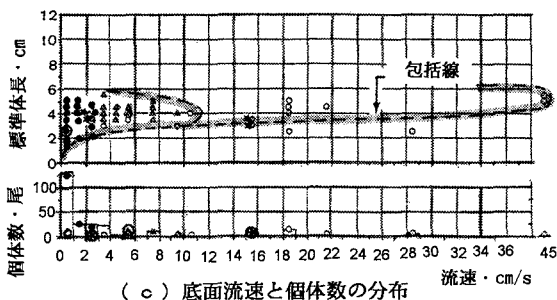
- 湛水域 (P-4, 抽水植物帯)
- ★ 回転流~常流 (P-1, P-5)
- △ 射流~常流 (P-2, P-3)
- 平瀬~早瀬 (その他の区間)



(a) 表面流速と個体数の分布



(b) 6割水深流速と個体数の分布



(c) 底面流速と個体数の分布

図-17 ヨシノボリの標準体長と観測地点の流速

c) ヨシノボリ (*Rhinogobius brunneus*)

ヨシノボリは、川の主として中流域 (Bb型・オイカワ域) や湖・池に生息し、平瀬の深さ20~80cm、流速10~50cm/sec程度の水底に有るはまり石の下面に産卵する (宮地・川那部・水野1989年)¹²⁾ と言われ、常時は腹びれ吸盤の強い吸着力によって河床に定位・ほ伏している。今回の調査では、図-17に示す表面流速0~62cm/sec、6割水深流速0~69cm/sec、底面流速0~45cm/secの処に生息が確認されたが、全標本 239尾の内 193尾 (81%) が底面流速4cm/sec以下の処で確認された。この傾向は特に体長25mm以下の稚魚に強い事が認められた。今回最も多く確認されたのは黒色型ヨシノボリであり、これらは底面流速0~数cm/secの微流速湛水区間 (淵) で採捕された。り型ヨシノボリは流速の早い射流区間 (早瀬)、底面流速が45cm/secを越える河川早瀬でも幾度か確認された。なおこうした差異は、ヨシノボリの水深・流速と川床形態との関係を調査した水野の報告 (1979年)¹⁰⁾ とほぼ同じ傾向を示した。

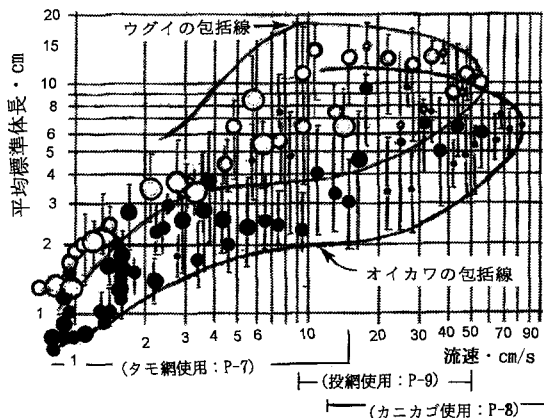


図-18 ウグイ及びオイカワの平均体長の分布と遊泳流速域

凡例
 採捕個体数
 オイカワ ● 1~10匹 ● 11~50匹 ● 50匹~
 ウグイ ○ " ○ " ○ "

d) オイカワ (*Zacco platypus*) 及び
 ウグイ (*Tribolodon hakonensis*)

1993年の田川での調査は、砂利河床の平瀬と浮き石帯川床の早瀬区間で行ない成魚を多く採捕した。

1994年の広瀬川での調査は、抽水植物帯で行ない仔・稚魚を多く採捕した。両魚種は混在しておりこれを明確にするために、個々の魚群の一部を水槽内で4ヶ月間飼育して魚種を判定した。調査期間前半の魚群はウグイが多くオイカワは少なかったが、後半はオイカワが増大してウグイが減少してきた。これはウグイの産卵が春の比較的短期間に集中して行なわれ、その後半からオイカワが長期間にわたって盛夏過ぎまで産卵し続けたためと考えられた。これら2魚種は、前期仔魚において河床砂利層の底深く潜入しており、後期仔魚になると群をなして河岸近くの流れの穏やかな浅瀬の表層近くを遊泳し、稚魚期に達すると遊泳はますます敏速活発になり、岸からやや深い所へ移動し、あるいは瀬に出て盛んに採餌ようになる (中村1969年)¹³⁾ と言われている。

1995年の調査では、早瀬での採餌行動を明確にするために、両魚種がモクズガニ用のカニカゴで多量に採捕される事にヒントを得て²¹⁾、図-19に示すカニカゴ用いて早瀬での調査を実施した。以上、3ヶ年の測定結果を図-18に示した、オイカワは体長20mm以上、ウグイは体長40mm以上になると急速に選好流速を拡大させ、同じ体長ならばウグイよりもオイカワの方が選好流速は高かった。オイカワは体長35mmを越えると既に早瀬での生息が確認された。ウグイの成魚は流速60cm/sec近くまで、オイカワの成魚は流速90cm/sec近くまでの流速域で採捕された。

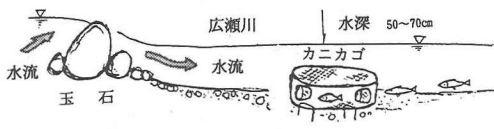


図-19 カニカゴを用いた魚類の採捕状況

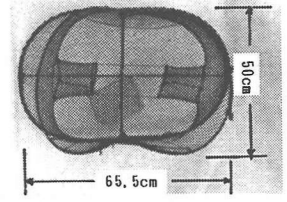


写真-9 カニカゴの構造

4. まとめ

今回の測定結果を図-20及び表-2にまとめた。ここに示すように、魚類は広範囲な流速域に生息していた。

各魚種の選好流速は、稚魚のある程度の体長までは流速の極めて遅い処、つまりその多くは流速5cm/sec以下の河岸の抽水植物帯の水面や砂洲の水際付近に群れて生息していた。それ以上の体長になると、群れを解消して急速にその生活範囲を底層やみお筋付近の浮き石帯川床へと広げ、単独生活へと移行しながら、成魚とほぼ同じ流速を好んで遊泳するようになった。この急速な選好流速の拡大は、スゴモロコ、ブルーギル、ウグイではおおむね標準体長40cm以上で生じ、ヨシノボリでは同様に30mm以上、オイカワは20mm以上で生じた。コイ、フナ、カワムツも体長40mm以上で同様な傾向を示した。これらの体長は、稚魚期から成魚期に移行する発育段階¹⁹⁾に相当すると考えられた。更に各魚種は成長に従ってその選好流速を増加させ行くものの、ある程度の限度があり、それ以上の体長を過ぎると今度は逆に選好流速を若干低減させるような傾向が認められた。

以上の事から、魚の住みやすい川づくりや多自然型河川工法の設計においては、これら魚類の選好流速域を考慮し、稚魚のために0~5cm/secの微流速帯を抽水植物の植栽によって積極的に形成してやる事。次に、成魚には早瀬の存在も必要であり、みお筋の河床には浮き石帯を設けるなどして、多孔質な生息域を形成してやる事。つまり、単断面的な平均流速のみで考えるのではなく、河岸抽水植物帯、浮き石帯河床(魚礁)、瀬や淵、ワンドなどの設置も含め、多様な範囲の流速域と生息域が生じるよう、その構造においても十分な配慮が必要であると考えられた。

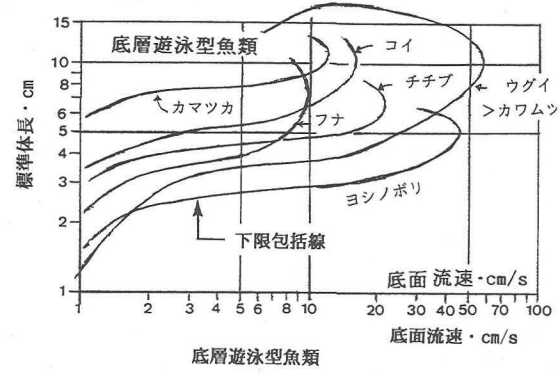
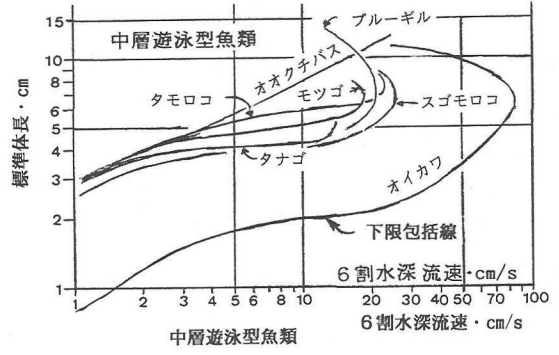


図-20 魚類の体長と生活遊流流速域の下限抱括線

表-2 淡水魚類の選好流速の測定結果

主要な遊泳層	魚種	選好流速を急に拡大する標準体長 SL:mm	選好流速の範囲 cm/sec	測定最大体長 SL:mm
中層	オイカワ	20~25	0~8.5	123
	スゴモロコ	40~45	0~2.4	90
	タモロコ	40~45	0~2.2	90
	ブルーギル	40~45	0~1.9	190
	モツゴ	40~45	0~1.8	85
	タイリクバラナギ	35~40	0~1.6	66
底層	ウグイ	35~40	0~5.5	183
	ヨシノボリ	25~30	0~4.5	58
	チチブ	40~45	0~2.1	61
	コイ	50~55	0~1.6	236
	フナ	35~40	0~1.3	240
	カマツカ	75~80	0~1.2	148

謝辞：当調査においては、魚類生態学の見地から名古屋女子大学の駒田格知教授^{14), 18)}に、また河川工学の見地からは岐阜大学の安田孝志教授に、終始一貫した御指導を頂いた。ここに厚く御礼を申し上げるものである。

参考文献

- 1) 玉井信行, 水野信彦, 中村俊六編: 河川生態環境工学, 東大出版会, pp. 309, 1993年.
- 2) 清水裕: 水環境管理のための水量, 水質の目標値設定手法, 土木技術資料, 33(4), pp. 35~46, 1991年.
- 3) 奥田好一: 河川伝統工法の現代的意義と課題, 河川伝統工法, (6), pp. 1~8, 1992年.
- 4) 白石芳一: 階段式魚梯子における遡上アユの生態について(1), 水産増殖3(1), PP. 18, 同(2), 3(2), 1955年.
- 5) 塚本勝己, 梶原武: 魚類の遊泳速度と遊泳能力, 水産土木, VOL. 10, No-1, pp. 31~36, 1973年.
- 6) 小山長雄: アユの生態, 中公親書505, pp. 176, 1978年.
- 7) 井上幹生, 中野繁: 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, No. 2, pp. 151~160, 1994年.
- 8) 鈴木興道: 霞ヶ浦における魚類及び貝類の生息分布, 第6回世界湖沼会議論文集, VOL. 3, pp. 1908~1911, 1995年.
- 9) 鈴木興道: 河川風景デザイン, 山海堂, 島谷幸宏編著, 鈴木興道分担執筆, 1)魚類, pp. 133~143, 1994年.
- 10) 水野信彦, 上原伸一, 牧倫郎: ヨシノボリの研究 IV. 4型共存河川でのすみわけ, 日本生態学会誌, VOL. 29, pp. 137~147, 1979年.
- 11) 小山均, 秋葉保夫, 高取知男: 広瀬川流域自然環境調査報告 [仙台市広瀬川水系の淡水魚], pp. 2, 1994年.
- 12) 宮地伝三郎, 川那部宏哉, 水野信彦: 原色日本淡水魚類図鑑, 保育社, pp. 172~177, 181~184, 322~324, 350~355, 1989年.
- 13) 中村守純: 日本のコイ科魚類, 資源科学研究所, 業績第1198号, pp. 190~192, 229, 236~237, 1969年.
- 14) 駒田格知, 鈴木興道: 揖斐川上流域におけるアジメドジョウの成長について, 成長, 33巻第1号, pp. 1~10, 1994年.
- 15) 駒田格知, 山田久美子, 鈴木興道: オイカワの仔・稚魚の生息場所と成長について, 成長, 33巻第2号, pp. 113~119, 1994年.
- 16) 駒田格知: ウグイの椎体の成長について, 魚類学雑誌, 26巻第4号, pp. 351~356, 1980年.
- 17) 駒田格知: ウグイの骨格の異常成長に関する研究, 成長, 17巻第4号, pp. 72~75, 1978年.
- 18) 駒田格知: オイカワの椎体の成長, 魚類学雑誌, 28巻第4号, pp. 437~443, 1982年.
- 19) 岩井保: 魚学概論(第二版), 恒星社厚生閣, pp. 153, 表18-1.
- 20) Eugene K. Balon: environmental biology of fishes, Vd. 33, No. 1-2, 1992. Kluwer Academic Publishers, pp. 29, pp. 90, 1992年.
- 21) 鈴木興道: モズクガニの生態と人工養殖の可能性, 内水面, 1997年1月号, 全国内水面漁業協同組合連合会, PP. 33~40, 1997年.

(1995.2.15受付)

RELATIONSHIP BETWEEN STANDRAD LENGTH AND PREFERRED WATER VELOCITY ON FRESHWATER FISH FOR NATURALLY DIVERSE RIVER CONSTRUCTION METHODS

Okimichi SUZUKI

Distribution of *Squalidus chankaensis biwae*, *Lepomis macrochilus LAFINESQUE*, *Rhinogobius brunneus*, *Tribolodon hakonensis* and *Zacco platypus* within the habitat was strongly influenced by in-situ water velocity. For example, larval fish of *Squalidus chankaensis biwa*, 6~20mm in SL, preferred swimming a water velocity of 0~2cm/sec at the water surface. Similarly, juvenile fish, 30~40mm in SL, preferred a water velocity of 4~5cm/sec. But the preferred water velocity for adult fish ranged from 5~25cm/sec near the bed of the stream. Similarly, adult fish of *Zacco platypus* was 40~90cm/sec. The other kinds of fish too, it was measured similar phenomenon. Mostly freshwater fish until juvenile period preferred a water velocity of 0~5cm/sec at the water surface near aquatic plants, but in the beginning of adult fish period, preferred water velocity was made great magnification and fish has habituated at the near bed-pebbles of swift current. These data are important to the design of good fish habitat.