

魚道の設計に資する淡水魚類の耐久遊泳速度

鈴木 興道

正会員 建設省東北地方建設局河川情報管理官 (〒980-8602 宮城県仙台市青葉区二日町9-15)

(前 建設省土木研究所 河川環境研究室 主任研究員)

河川に生息する淡水魚類の耐久遊泳速度を明らかにするために、大型実験水路を用い1993年春から94年冬にかけて数種魚類の成魚の耐久遊泳実験を行った。この結果、魚類成魚の水温12~13°C以上における耐久遊泳速度(60分)は、イワナとウグイ85cm/s、コイ70cm/s、キン・ギンブナとオイカワ65cm/s、カワムツ55cm/s程度であった。これらの耐久遊泳速度は、魚類の簡易体重係数に対し比例関係にあると共に、水温8~9°C以下では低下した。この結果は、魚道の設計や魚の廻りやすい川造りの設計流速の参考資料として利用できるものと考えられる。

Key Words: endurance swimming speeds, freshwater fish

1. はじめに

河川に生息する淡水魚類が持つ遊泳速度は、瞬間的(数秒間)に発揮する突進速度(Burst swimming speed)、ある程度の時間(30分~2時間)を押し流されずに遊泳できる耐久遊泳速度(Endurance swimming speed)^{1), 2), 3)}、採餌など通常生活での選好遊泳速度(Preferred swimming speed)⁴⁾に大別される。

突進速度および耐久遊泳速度は、魚道の設計流速の参考値として利用されてきているが、従来の値は室内での比較的小型の実験装置を用いた測定値であった(塚本、梶原:1973年)²⁾。

本研究では、河川で採捕した野生の魚類を用いて、屋外の大型実験水路において魚類の耐久遊泳速度を測定し、より現実的な値を総合的に算定した。

なお、耐久遊泳速度と巡航速度は同意語であり、本文では耐久遊泳速度という用語を使用した。

2. 測定方法

写真-1及び図-1に示す建設省土木研究所の屋外河川環境実験水路において、1993年春から94年冬にかけて数種魚類の耐久遊泳速度の測定実験を実施した。

流速の発生には、表-1に示すように大小3台の給水ポンプ(合計給水能力33m³/min)の5組み合わせと、水路幅を3m, 2m, 1mに変化させる方法により計15ケースが設定された。流速測定は、水路底

面に50cmピッチで書いたメッシュの全交点と、水路側壁沿いに耐久遊泳している魚類周辺の接近流速を測定した。流速の測定水深は魚類が水路底面すれすれに泳ぐ事から、底面より5cm前後を測定した。流速計は東邦計測研究所製TK-105DH型電磁式デジタル流速計(測定精度±1cm/s)を用いた。魚類周辺の遊泳位置流速、つまり耐久遊泳速度については、φ8mmの小型棒センサーで計測できるケネック社製VMT-200-08型電磁式デジタル流速計(同±0.5cm/s)を用いて測定し、精度の確保に努めた。実験に使用した魚類の内、ウグイは利根川水系田川(栃木県宇都宮市)、カワムツは那珂川水系逆川(同県茂木町)、他の魚種は霞ヶ浦に流入する花室川(茨城県つくば市)より多数採捕し、実験水路近くの防災調節池にて生質蓄養しながら実験に供した。イワナは養殖魚を購入した。

以上の中から、魚体が無傷で健康な成魚を大小バランスよく選別して、実験前日に湛水した実験水路内に放流し、翌日の実験終了直後にも再検査して傷の有る魚体はデータから除外した。また一度実験に使用した魚は再使用せず河川に放流した。

各ケースにおける流速の継続測定時間は2時間、供試魚は、単一魚種の測定の場合は1魚種につき成魚10尾を基本とし、混合魚種の場合は任意の複数尾とした。実験途中、流速に耐え切れず押し流された魚は、水路下流の仕切り網にて受け止め、その遊泳時間、体長と体重を測定した。



写真-1 実験水路の全体景観

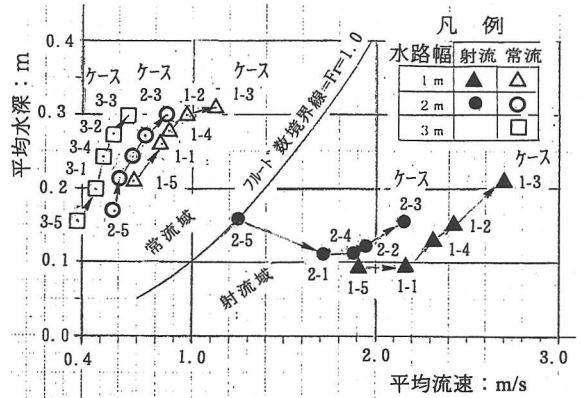


図-2 常流および射流域における平均水位と平均流速

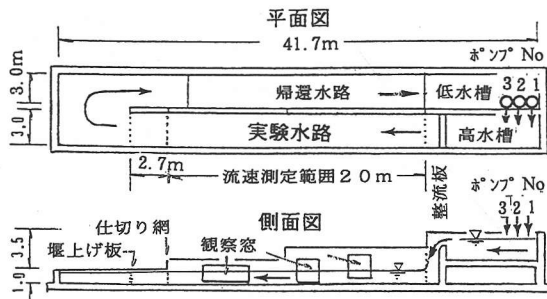


図-1 河川生態系実験水路の形状

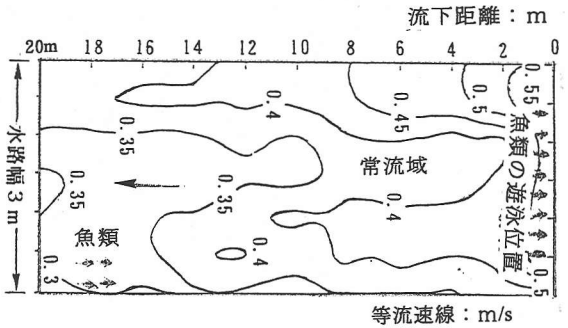


図-3-1 実験水路の流速分布状況 (最低流速: ケース 3-5)

表-1 ポンプと水路幅の組み合わせによるケース名

水路幅	ポンプNo. 3	1	2+3	1+2	1+2+3
3m	3-5 (0.38)	3-1 (0.46)	3-4 (0.50)	3-2 (0.58)	3-3 (0.64)
2m	2-5 (0.54)	2-1 (0.60)	2-4 (0.70)	2-2 (0.74)	2-3 (0.83)
1m	1-5 (0.72)	1-1 (0.80)	1-4 (0.88)	1-2 (0.96)	1-3 (1.12)

上段がケース名, 下段 () は標準的平均流速:cm/s

3.測定結果

(1)流速分布

水路幅3mのケースは全て実験区間全体が常流域となった。水路幅2mおよび1mのケースにおいては、実験区間途中に跳水現象が生じ、その跳水の上流が射流域で下流が常流域となった。それらの平均水深と平均流速の関係を図-2に示した。また、流速分布が最小値と中間値および最大値となったケースを代表事例として図-3-1、図-3-2、図-3-3に示した。

水路幅3mのケースは、緩やかな常流域の流れが形成されたため、魚類の多くは上流へと遡上し整流板の直下流に横一列に、また一部は側壁に群を成して遊泳した。

水路幅を2m、更に1mへと狭めて流速を高めたケースにおいては、魚類は跳水部より数m下流の常

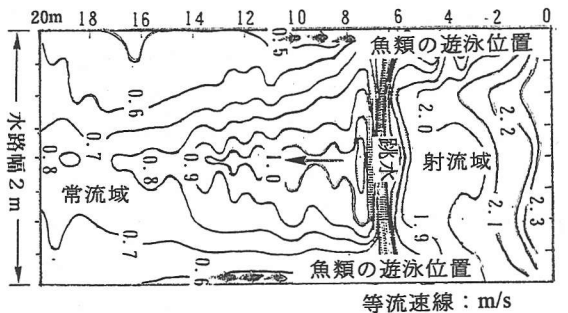


図-3-2 実験水路の流速分布状況 (中間流速: ケース 2-4)

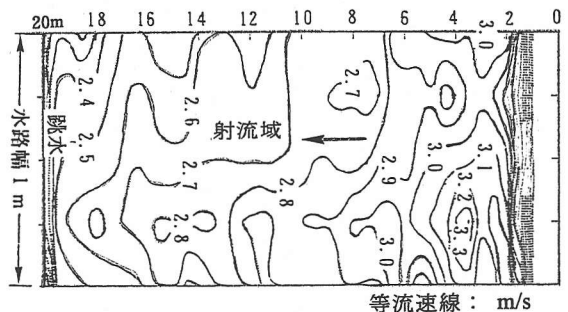


図-3-3 実験水路の流速分布状況 (最高流速: ケース 1-3)

流域の側壁沿いに縦一列になって定位遊泳した。この位置は流速が不連続的に波打つ低流速帯であり、この現象の事例を図-4に示した。

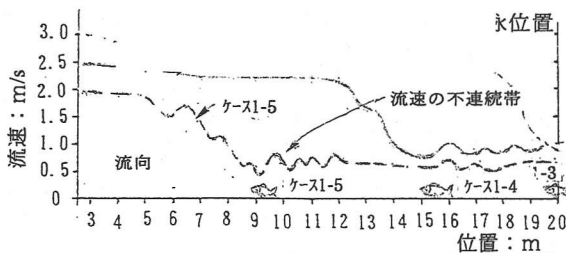


図-4 側壁における接近流速の変化 (事例: 水路幅 1 m)

(2) 魚類の遊泳行動

次のような遊泳行動が順次共通して観察された。

まず、堰上げ板を立ち上げ水が流れていない流速 0 cm/s の湛水状態においては、魚類は実験水路内の何れの方角にも自由に泳ぎ回った。この状態はケース3-5の最小のポンプを始動し 2cm/s 程度の微流速状態までは維持された。流速が 2cm/s 以上になると、全ての魚類は最上流の落水部へと遡上し群れた。この事は全ての魚類で共通であった。すなわち、魚類は流速 2cm/s 程度の流速の流れをもって上流方向を感知できるものと思われた。

次に、堰上げ板を少しずつ下げて流速を徐々に高め、図-3・1に示す40cm/s 前後の常流の流れを形成すると、多くの魚類は最上流の落水部に横一直線に並び、一部の魚類は下流の流速の遅い所に群をたつて時折その位置を変えながら遊泳を続けた。

次に水路幅を狭めポンプを順次稼働して流速を高めていくと、図-3・2に示すように上流部に跳水現象が生じ、その上流域は水深が浅く流速の速い射流 (フルード数: $Fr > 1$)、下流域は水深が深く流速の遅い常流 ($Fr < 1$) 形成される。流速を増加させるに従い跳水位置は下流に移向してくるが、この跳水直下流に不連続波形で生じる流速の遅い谷間に、魚類は2~3群に分かれて遊泳した。しかし数10秒間、常流域を回遊しては比較的流速の遅い箇所を見出し、数分~10分間程度そこに定位遊泳するが、再び回遊してはまた元の所に戻ってくるという探索行動を繰り返した。こうした行動は流速が高くなるに従って減少し、定位遊泳時間が増加すると共に楕円形の群泳形態から側壁沿いの縦列遊泳へと移向していった。時折、この跳水の水面を跳躍突進して乗り越えようとする行動が、ウグイ、コイ、オイカワに見られたが、いずれも数秒間・数m水面を遡上するのみで押し流された。これらの行動は流速 2m/s 程度まで観察された。このことから、魚類の突進速度は2m/s 前後であると推察された。

更に流速を増加させると、魚類は流速が最も遅くなる水路側壁に沿って縦一列に定位・隊列しながら、流されまいとして必死になって泳ぎ続けた。この状



写真-2 跳水位置とウグイの遊泳状況

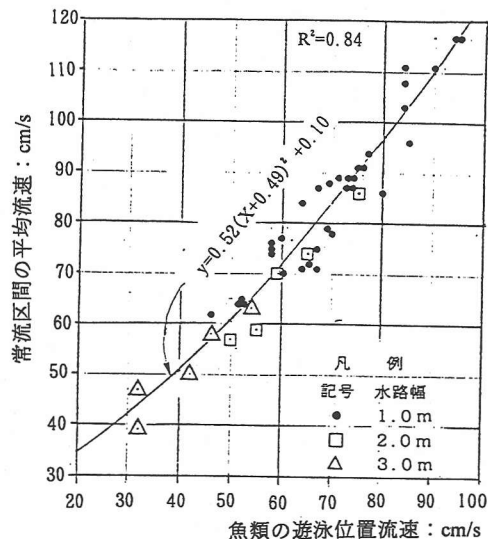


図-5 常流区間の平均流速と魚類の遊泳位置流速

態の時には、前述した $\phi 8\text{mm}$ の棒センサーを遊泳する魚体に静かに接近させても、魚は逃げる事はなかった。この事により、魚体周辺の遊泳位置流速、つまり耐久遊泳速度を測定する事ができた。

この魚群の先頭を泳ぐ魚の鼻先の流速は、比較して最も速く、下流に行くに従って少しずつ低下する傾向を示し、列最後が最も遅かった。その流速差は魚体が大きいコイの列で $5 \pm 1\text{cm/s}$ 近く、ウグイなどの中型魚の列で $2 \pm 1\text{cm/s}$ 程度であった。また時折隊列を離脱して列途中に割り込む魚も見られ、これを繰り返しながら隊列は魚類固有の遊泳能力の順位になるようで興味深かった。更に流速がその魚類の耐久遊泳速度を超えると、力尽きて押し流される魚が始め、下流の仕切り網に押し付けられて離脱できなくなった。なお表-2・1の各測定ケースの平均流速と遊泳位置流速との関係を図-5に示したが、前者を1.0とした時、後者は約0.8であり、ケースの違いによる測定値のバラツキが少なかった。このことから、魚類は流速に対する反応が敏感である事が推察された。なお、本実験に供した魚類の最終的な標準体長の分布を図-6に示した。

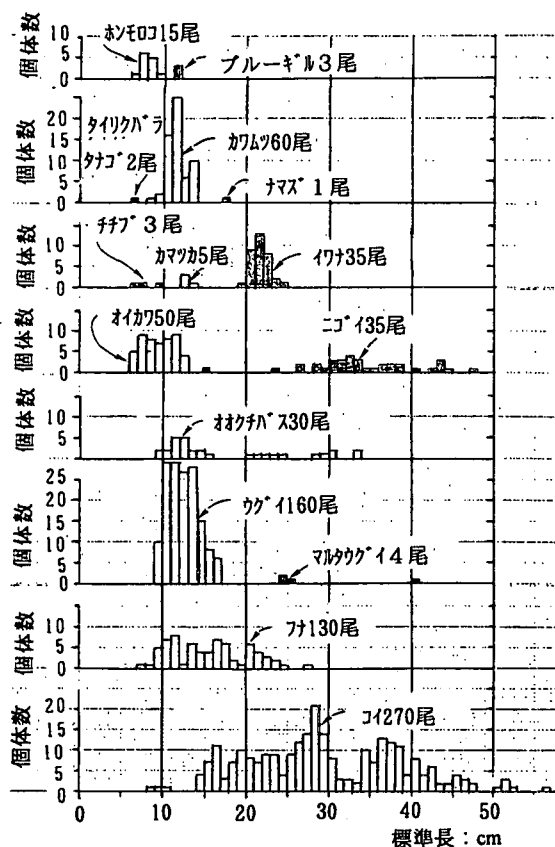


図-6 実験に供した魚類の体長分布

(3) 魚類の耐久遊泳速度

実験は大別すると2種類実施した。一つは同一魚種を10尾毎放流して行う実験と、もう一つは数種の魚種を任意に同時放流して、魚種間の耐久遊泳力の順位を検証する実験であった。前者にはコイ、フナ、ウグイ、オオクチバス、カワムツ、イワナ、オオクチバスを用い、後者では前者のイワナを止めると共に、ニゴイ、ホンモロコ、カマツカ、チチブ、ブルーギル、ドジョウ、タイリクバラタナゴを追加した。

同一魚種実験で測定した魚類各個体の耐久遊泳時間を式(1)を用いて耐久遊泳率を算出し、これを表-2.1に示し、更に遊泳位置流速を耐久遊泳速度として図-7-1~図-7-5に示した。耐久遊泳速度には100%遊泳できる上限値と、全く遊泳できない下限値、及びその間の移行区間が存在した。また実験継続時間が30分、60分、120分と増大するに従い、耐久率は若干低下する傾向が認められた(表-2.1)。これは魚類の遊泳による疲労を感じさせるものであったが、結果的に大差は生じなかった。

数種魚類を同時に放流した場合には次の様であった。11月2-4日の実験では流速が低く、タイリクバラタナゴとブルーギルは流速30~40cm/s、オオクチバスは50cm/sec前後で流失したが、ニゴイ、コイ、

表-2.1 単一魚種の耐久遊泳速度測定結果(1993年)

No	測定 月 日	水温 °C	ケース	魚 種	流速 : m/s		耐久遊泳率 : %		
					平均	遊泳	30	60	120分
1	4.26	13.5	1-1	コイ	0.78	0.70	73	73	73
2	4.26	14.5	1-2	コイ	0.96	0.85	19	13	7
3	4.26	14.7	1-3	コイ	1.11	0.90	0	0	0
4	4.27	15.0	1-4	コイ	0.86	0.80	29	19	15
5	4.27	16.9	1-5	コイ	0.72	0.65	90	90	90
6	4.19	13.7	2-1	コイ	0.59	0.55	89	89	89
7	4.19	15.2	2-2	コイ	0.74	0.65	100	100	100
8	4.20	12.8	2-3	コイ	0.86	0.75	41	41	40
9	4.20	13.7	2-4	コイ	0.70	0.60	100	100	100
10	4.21	12.1	2-5	コイ	0.57	0.50	70	70	70
11	4.12	11.2	3-1	コイ	0.47	0.32	100	100	100
12	4.12	11.6	3-2	コイ	0.58	0.46	100	100	100
13	4.13	11.0	3-3	コイ	0.63	0.54	100	100	100
14	4.13	11.8	3-4	コイ	0.50	0.42	100	100	100
15	4.14	11.4	3-5	コイ	0.39	0.32	100	100	96
16	7.27	21.6	1-5	フナ	0.71	0.64	100	100	100
17	7.27	21.6	1-1	フナ	0.91	0.75	37	34	32
18	8.10	17.5	1-4	フナ	0.79	0.69	56	55	55
19	8.30	26.5	1-3	フナ	1.11	0.84*	6	3	1
20	8.30	26.5	1-4	フナ	0.88	0.69	41	40	40
21	8.30	21.2	1-1	ウグイ	0.89	0.73	100	100	100
22	8.30	20.6	1-2	ウグイ	0.94	0.77	100	100	100
23	8.30	21.4	1-3	ウグイ	1.03	0.84*	100	100	100
24	8.30	19.4	1-4	ウグイ	0.91	0.76	100	100	100
25	8.30	18.5	1-5	ウグイ	0.75	0.67	100	100	100
26	11.02	16.5	1-1	オオクチバス	0.84	0.64	100	100	100
27	11.17	16.6	1-1	カワムツ	0.87	0.74	25	24	19
28	11.24	14.1	1-4	カワムツ	0.75	0.58	90	90	6
29	11.24	14.2	1-5	カワムツ	0.65	0.52	57	54	52
30	11.24	15.6	1-1	イワナ	0.87	0.67	100	97	95
31	11.24	14.9	1-2	イワナ	0.89	0.74	45	43	42
32	11.24	15.6	1-3	イワナ	1.17	0.84*	6	3	1
33	11.25	13.0	1-4	オオクチバス	0.70	0.60	100	100	100
34	11.25	14.6	1-5	オオクチバス	0.71	0.67	1	1	0
35	11.25	14.9	1-3	オオクチバス	1.17	0.95	0	0	0
36	12.02	12.9	1-2	カワムツ	0.77	0.60	1	0	0
37	12.03	10.3	1-2	ウグイ	0.87	0.74	100	100	100
38	12.10	9.7	1-5	フナ	0.64	0.52	2	1	0
39	12.10	9.7	1-5	ウグイ	0.64	0.52	100	100	100
40	12.10	10.0	1-1	コイ	0.89	0.71	21	16	13
41	12.10	9.7	1-5	コイ	0.62	0.46*	10	5	3
42	12.13	10.5	1-3	ウグイ	1.08	0.84*	44	34	23
43	12.13	9.4	1-4	ウグイ	0.76	0.58	77	73	72
44	12.13	9.3	1-4	コイ	0.74	0.58	0	0	0

ウグイ等は流失せず十分な成果を得られなかった。12月24日では図-8に示すように、カマツカが流速75cm/s前後、ニゴイとウグイが84cm/sで流失し最も遅れた。今回の実験で、カマツカ等の底生魚類はある

60分間における耐久遊泳率 (%) =

$$\frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{60 \times n} \quad \text{式 (1)}$$

n = 1回の遊泳試験に用いた魚の個体匹数

t_1 = 最初に流失した魚の遊泳時間

t_2 = 2番目に流失した魚の遊泳時間

t_n = 最後に流失した魚の遊泳時間

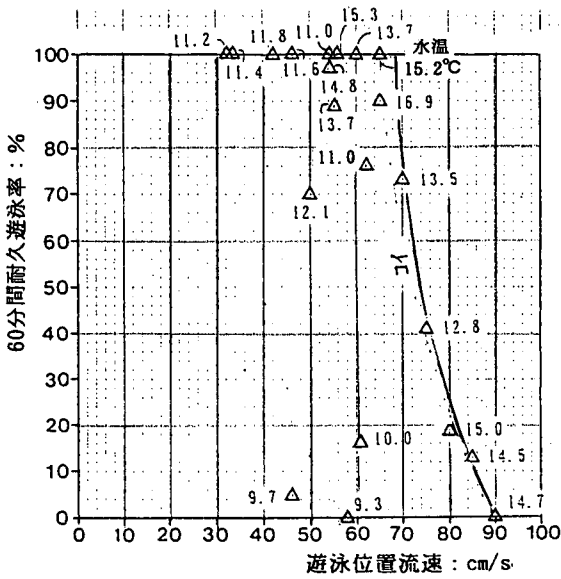


図-7-1 コイの耐久遊泳速度と1時間耐久率

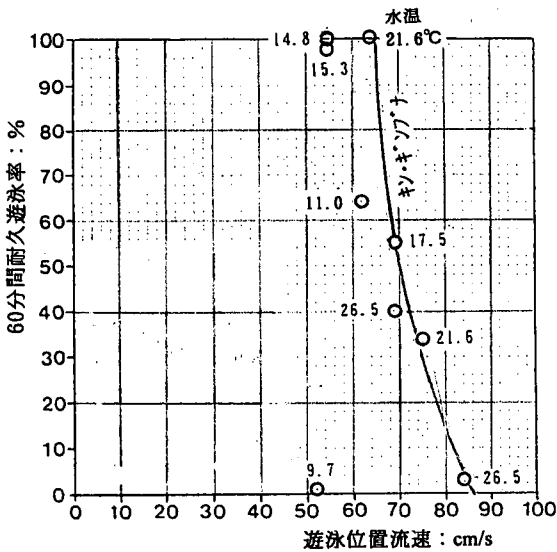


図-7-2 キンブナ・キンブナの耐久遊泳速度と1時間耐久率

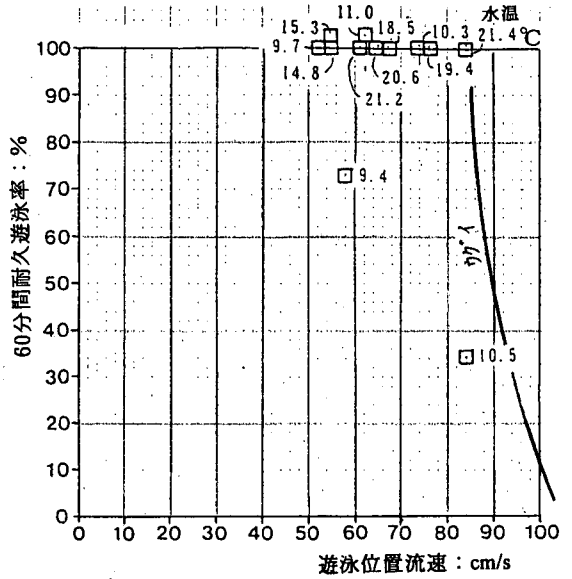


図-7-3 ウグイの耐久遊泳速度と1時間耐久率

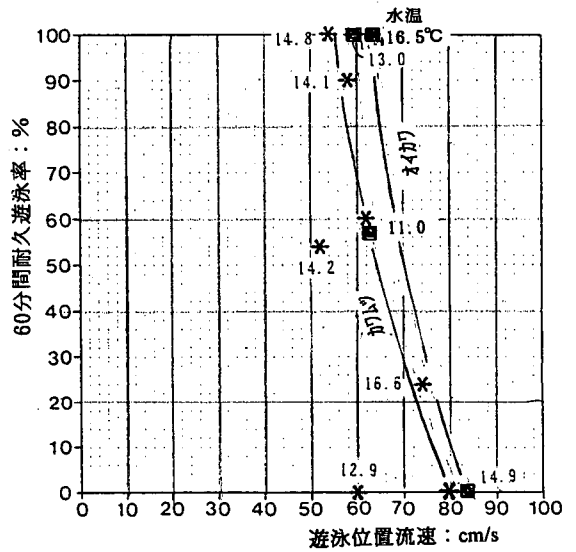


図-7-4 オйкаワ・カワムツの耐久遊泳速度と1時間耐久率

凡例 (図-7~図-9)

- ウグイ △コイ ○ナ *カワムツ ■オйкаワ
 - ▼ホソロコ ★オウゴン †イワナ ▲ゴイ ●カマツカ
- ℃ : 実験水路の水溫

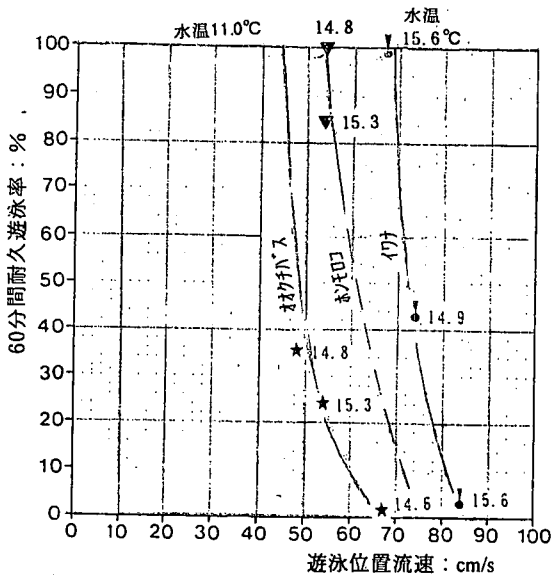


図-7-5 イワナ・オオクチバス・ホンモロコの
耐久遊泳速度と1時間耐久率

表-2-2 混合魚種状態における耐久遊泳速度の測定内容

測定日	流速の範囲	使用した魚種と尾数
11月2日	0-62cm/s 水路幅 2m	コイ:46尾 コイ:24尾 フナ:20尾 クマ:7尾 オオクチバス:5尾 オオクチバス:3尾 ブルーギル:3尾
11月4日	0-65cm/s 水路幅 2m	クマ:50尾 フナ:33尾 オオクチバス:10尾 コイ:29尾 ドジョウ:5尾 フナ:5尾 カムフラ:2尾 オオクチバス:2尾 タイリクバラタナゴ:2尾
12月24日	0-84cm/s 水路幅 1m	コイ:10尾 クマ:10尾 オオクチバス:10尾 カムフラ:10尾 フナ:10尾 コイ:10尾 カマツカ:5尾 オオクチバス:10尾

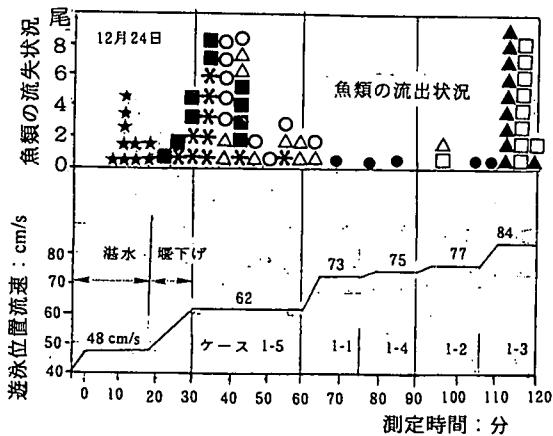


図-8 混合魚種における耐久遊泳速度と流失状況

程度の流速になると遊泳を止め、実験水路の底面角に着底して流失されまいとし、結果として高い耐久流速を示す事が知れた。この実験の各魚種の単純平均した遊泳位置流速値を縦軸に、耐久遊泳速度(表-4)を横軸にとって図示すると、右上りの傾向を示し魚種間の遊泳速度の順位はほぼ整合した(図-9)。

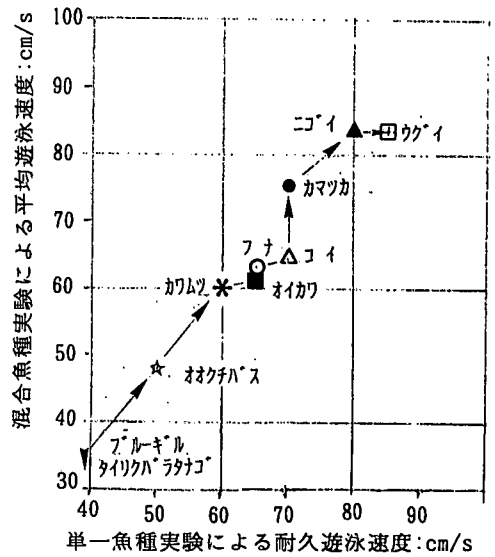


図-9 魚種の耐久遊泳力の順位比較

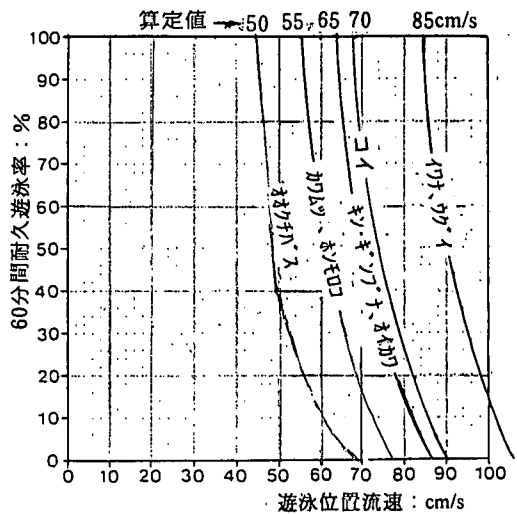


図-10 淡水魚種の耐久遊泳速度と1時間耐久率

以上の実験結果から得られた遊泳1時間における耐久遊泳速度の分布を示すと図-10の様な様であった。各魚種の耐久遊泳率と遊泳速度の関係線は、交差する事なくほぼ同様なカーブを示した。しかし、ニゴイ、ホンモロコ、オオクチバス、ブルーギル、タイリクバラタナゴ、カマツカは、測定回数が少なく十分な値とはなり得ず、これらは推定値とした。

なお、1993年の実験に用いたイワナは産殖業者から購入したものであり、野生魚に比較して耐久遊泳能力が若干劣ると思われた。このため、1997年夏季に宮城県仙台市秋保を流れる名取川上流域の溪流の早瀬において定位遊泳、つまり耐久遊泳しているイワナの遊泳箇所を7箇所測定してみたところ、その最高流速は85cm/s前後であった。この事から、

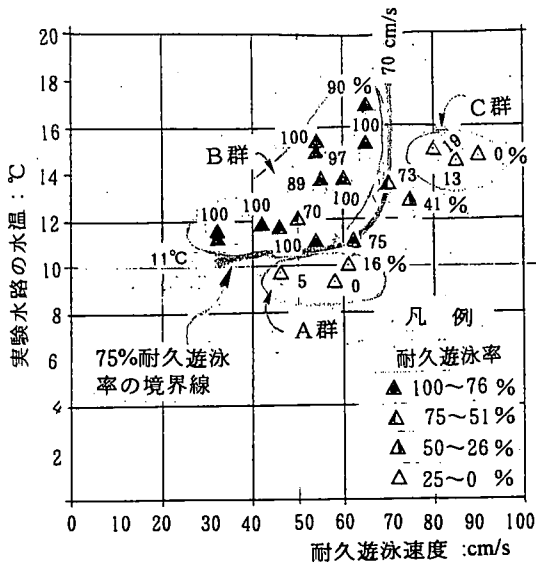


図-11 水温と耐久遊泳速度の関係(コイ)

イワナの耐久遊泳速度はウグイとほぼ同程度であると判断された。

カマツカ、チチブ、ドジョウ等の底生魚類においては、いずれの魚種も流速が高くなるにつれて遊泳を止め、水路の隅に着底して流下されまいとする行動を示した。このため高い流速にも耐える結果となったが、底生魚類のこうした行動は現実の河川での行動と同様のものと思われた。

冬季に至り水温が低下すると耐久遊泳速度も相当低下する傾向が認められた。その1例としてコイの場合を図-11に示した。水温10℃以下の実験では、流速45~60cm/s程度で殆どのコイが流失し、耐久率は極端に低下した(A群)が、水温11℃以上では高い耐久率を示した(B群)。同様な現象は他の魚種にも見られ、その境界水温は魚種によって異なるが11±1℃であった。

体長及び骨格形成と遊泳力の関係は、稚魚から若魚に至る発育段階において特異的であり、両者の間に関連性が認められている^{41)~42)}が、今回の実験対象である成魚においても同様の傾向が認められた。図-7・1~7・5に示す魚種の耐久遊泳線の近傍値、つまりフナで言うならばケースNo16~20を対象にして、体長と耐久遊泳速度との関係を図-12・1~12・2に示した。なおコイのみは参考として、水温11℃以上の全てのケース(No1~15)を示した。この結果、 $Ve=1.7SL \sim 4SLcm/s$ と $Ve=4SL \sim 10SLcm/s$ という範囲を示す2つの式が得られた。この内、主に停滞水域である湖沼を生息域とする魚種の $Ve=1.7SL \sim 4SLcm/s$ の式は、SL(標準体長)をBL(全体長)に換算($SL \approx 0.92BL$)すると、塚本・梶原²⁾が海産魚類を中心として算定した $Vo=2 \sim 4BLcm/s$ の式

表-3 魚の遊泳力

魚種	体長(mm)	巡航速度(cm/s)	突進速度(cm/s)
アユ	144	110	178
ニジマス	172	80	170
コイ	153	70	150
ブルーギル	103	55	120
アユ	66	40	120
キンギョ	101	35	113
ウナギ	90	15	80
クサフグ	23	15	30
ゴズイ	49	15	36
コトヒキ	21	13	47
ドジョウ	71	10	112
グッピー	30	10	30
グッピー	8.8	8	16
ガワムツ	8.0	8	16.5
キス	7.6	6	17

注：上記の表は、(財)ダム水源環境整備センター編集、山海堂出版の『魚道の設計』、pp.170、「表-2・1 魚の遊泳力」より転写。

表-4 淡水魚類の耐久遊泳速度(60分間遊泳)

生息形態	魚種	標準体長 SL (cm)	耐久遊泳 速度(cm/s)
魚類	イワナ	19~25	85
	ウグイ	9~17	85
	ニゴイ	23~48	(80)
	コイ	8~57	70
	キン・ギンブナ	7~28	65
	オイカワ	6~12	65
	カワムツ	8~14	55
	ホンモロコ	6~10	(55)
	オオクチバス	9~34	(45)
魚類	ブルーギル	11~12	(40)
	タイリクバラナグ	5~6	(35)
底生	カマツカ	12~14	(70)

() は測定回数不足による推定値

に整合した。また $Ve=4SL \sim 10SLcm/s$ の式は、主に流れの速い河川を生息域とする魚類に当てはまるものであった。

以上に示すように、実験結果を総合的に評価して、活動水温における遊泳型魚類(成魚)の60分間遊泳の耐久遊泳速度(耐久率100%)の値を算定し、またデータ不足のものは推定値として、5cm/s単位に整理したところ表-4に示す様な結果が得られた。

4. 考察

既往の研究結果をまとめた巡航速度(表-3)に対し、今回算定した耐久遊泳速度(表-4)とを比較し

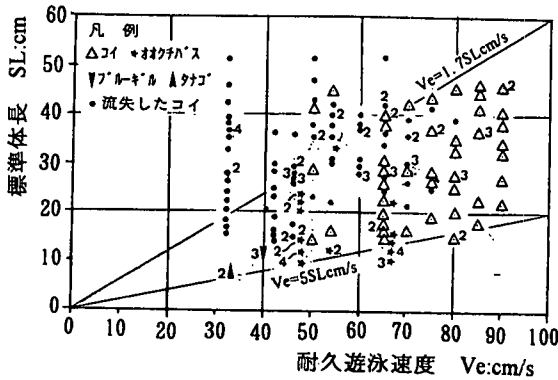


図-12-1 魚類の体長と耐久遊泳速度との関係

(コイ、オオクチバス、ブルーギル、タイリクバラタナゴ)

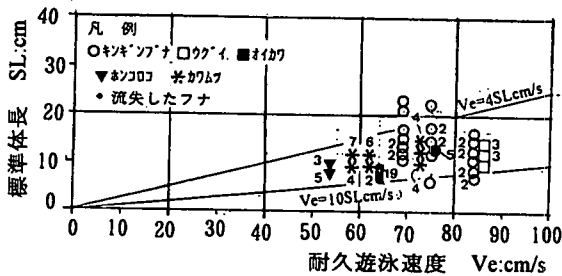


図-12-2 魚類の体長と耐久遊泳速度との関係

(キン・ギンブナ、ウグイ、オイカワ、ホンモロコ、カワムツ)

表-5 淡水魚類の簡易体重係数

体形	a: 魚体重係数
側扁型	キン・ギンブナ・ブルーギル 33, コイ 42 タイリクバラタナゴ 38, オオクチバス 45
縦扁型	ヨシノボリ, チチブ 50, カマツカ 64
紡錘型	ホンモロコ・モッコ・アブラハヤ 60 カワムツ 61, ヤマメ・イワナ 62, ウグイ 63 オイカワ 65, アユ 75, ニゴイ 80, ハス 83
蛇型	シマドジョウ 100, ドジョウ 120

注) 水利科学, No. 204(第36巻第1号), PP. 31より転写

たところ、コイは同値であった。すなわち今回の結果は塚本・梶原²⁾の研究報告と一致したのである。

ブルーギルは若干低い値となったが、これは測定回数不足のためと思われる。しかし、カワムツの値は異なり、今後課題を残した。

魚類の体形、或いは体長体重と耐久遊泳速度の関係を探るため、表-4の耐久遊泳速度と表-5に示す簡易体重係数⁹⁾との関係を図-13に図化した。本来の体長(L)体重(W)関係は、例えば諏訪湖におけるウグイの場合 $W = 0.00986L^{3.17}$ という関係式⁹⁾が用いられているが、本文では図示の簡易さから係数を1つとした $W = SL^3/a$ という簡易近似式⁹⁾を用いた(W=体重:g, SL=標準体長:cm, a=簡易体重係数)。この簡易体重係数は、当実験において使用

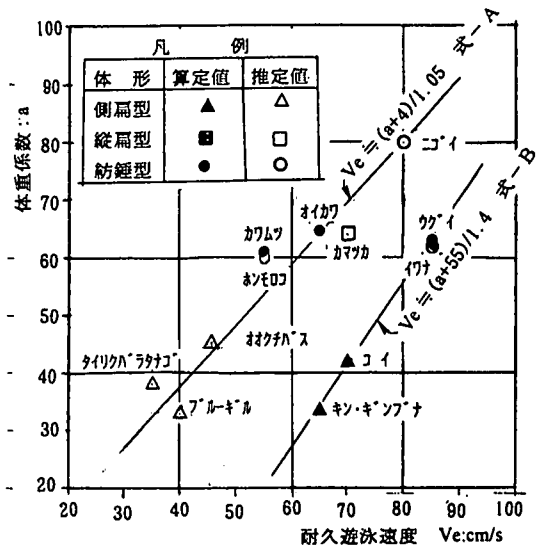


図-13 魚類の簡易体重係数と耐久遊泳速度の関係

した魚類を採捕した河川にて実際に算定した地域固有の値であり、本来の体長体重関係式から導かれるW値に比較して、成魚において±10%の範囲内で近似するようである。この試みの結果、ほぼ相関した式Aと式Bの2直線が得られた(図-13)。また、一般に魚類体形による遊泳速度は、紡錘型>側扁型>縦扁型魚類の順位に思われがちであるが、必ずしもそうではない結果となった。以上の結果から、魚類の耐久遊泳速度は簡易体重係数と定量的な比例関係にあるものと推察された。

魚体の行動をある程度制約した水トンネル式での実験結果(塚本ら)²⁾と、今回行われた魚体の行動を制約せず自由水面がある開水路での実験結果を比較してみると、両者間で実験手法に違いはあるが、その測定値にはそれ程の差は無いものと思われた。

5.まとめ

- (1) 魚類の活動が活発になる水温12~13℃以上において、表-4に示す耐久遊泳速度(60分遊泳、耐久率100%)結果が得られた。水温8~9℃以下では遊泳速度が低下する傾向が認められた。
- (2) 魚類の体長と耐久遊泳速度の比例関係が、図-12に示すようにコイ等の淡水魚類において認められた。
- (3) 魚類の簡易体重係数と耐久遊泳速度との関係においては、図-13に示すように、比例的な関係にある事が示唆された。

謝辞：当研究においては、魚類学および生物学の見地から名古屋女子大学生理学研究室の駒田格知教授に、また水理工学の見地からは岐阜大学土木工学科の安田孝志教授に、終始一貫した御指導をいただいた。更に実験実務においても当時在籍していた土木研究所河川環境研究室の渡辺和彦研究員、協和技术株式会社の木島年雄研究員、名古屋女子大学家政学部真鍋美智子女史にも多大な協力を頂いた。ここに厚く御礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 白石芳一：段階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. 1~8, 同(2), 3(2), 1955年.
- 2) 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.
- 3) 小山長雄：アユの生態, 中公新書505, pp. 176, 1978年.
- 4) 駒田格知：ウグイの椎体の成長について, 魚類学雑誌, 26巻4号, pp. 351~356, 1980年.
- 5) 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4号, pp. 72~75, 1978年.
- 6) 駒田格知：オイカワの椎体の成長, 魚類学雑誌, 28巻4号, pp. 437~443, 1982年.
- 7) 鈴木興道：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, 土木学会論文集, No. 593/II-43, pp. 21~29, 1998年5月.
- 8) 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. 123, 1989年.
- 9) 鈴木興道：多自然型河川工法と魚類の生息環境の保全, 水利科学, No. 204 (第36巻第1号), pp. 38, 1992年.
- 10) 廣瀬利雄 中村中六編著, ダム水源環境整備センター編集：魚道の設計, 山海堂, pp. 170, 表2・1, 1991年.

(1998. 5. 22受付)

ENDURANCE SWIMMING SPEEDS OF FRESH WATER FISH

Okimichi SUZUKI

In order to make clear endurance swimming speeds of fish, author carried out hydraulic experimental tests using wild fish. Endurance swimming speeds of fish based on the results, during 60 minutes, are as follows: *Salvelinus leucomaenis* (PALLAS) f. *pluvius* (HILGENDORF) and *Leuciscus* (*Tribolodon*) *hakonensis* GUNTHER is 85 cm/s, *Cyprinus carpio* Linnaeus is 70cm/s, *Carassius carassius buergeri* (TEMMINCK et SCHLEGEL), *Carassius gibelio langsdorfi* (VALENCIENNES) and *Zacco platypus* (TEMMINCK et SCHLEGEL) are 65cm/s, *Zacco temmincki* (TEMMINCK et SCHLEGEL) is 55cm/s. Those measurement values are 100% endurance swimming speeds in a scope of activity water temperature of fish upper the 12~13 °C. however, those speeds are decreased under the 8~9°C. It is in tendency that endurance swimming speeds are in mainly proportion to fish lengths