

魚類遊泳力調査結果について

許 士 裕 恭

1. はじめに

堰、ダム等の河川構造物は魚類の遡上、及び降下時に障害となり、生態系の連続性を妨げるものとなっている。これを解消するべく様々なタイプの魚道が考案設置され、その効果について報告もされている。

しかし、魚類のもつ遊泳力そのものについては、調査例も少なく、未知の部分が多いことから、魚道の設計条件として魚類の遊泳力を把握することは重要である。

そこで、本調査では、魚類の中でも魚道を利用する回遊魚として代表的なサクラマスとオショロコマ及び底生魚ではあるが遊泳力のあるハナカジカについて調査を行ったのでその結果について報告する。

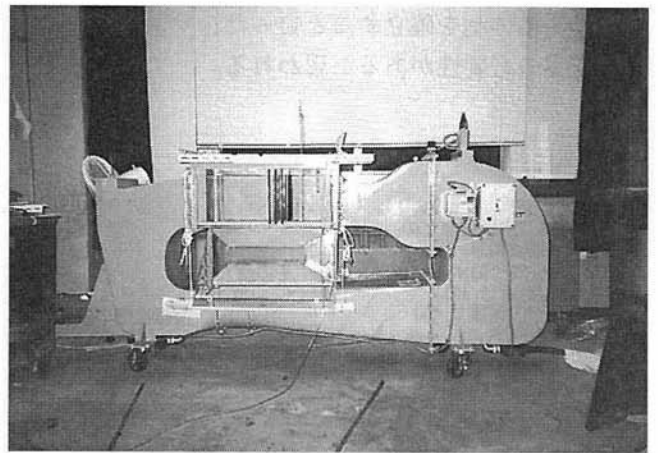
2. 魚類の遊泳力

魚類の遊泳速度には、血合筋を使って長時間遊泳可能な巡航速度と瞬間的な突進速度がある。一般には、巡航速度は体長の2～4倍、突進速度は体長の10倍が目安になると言われている（Bainbridge）が、昨年度の魚道内における遡上経路及び遊泳力調査では、サクラマス、ハナカジカ共に体長の10倍以上の流速でも遡上可能なことが確認されている。今回は、この2種にオショロコマを加えた3種の魚類遊泳速度について実験を行った。また、サクラマスについては、養殖魚と天然魚の2種について実験をおこなった。

3. 耐久（巡航）遊泳力実験

1) 実験概要

流れの中で対象魚を定位遊泳させる実験は、自然環境の中で2定点間を通過する速度を測定する方法や、水路の外側で白黒模様の視覚目標を回転させ視覚運動反応により魚を泳がす方法等があるが、ここでは水路や水槽中に流れを起こし、水流にさからって泳ぐ魚の運動を測定する方法をとった。この実験のために、小型の回流水槽（パーソナルタンク PT-70SUS）を使用した。（写真－1）



写真－1

サクラマスによる予備実験では本水槽のもつ最大流速1.0m/sでは不足であったので、水路幅を調整することにより1.5m/sの最大流速を得られるように調整した。

対象魚であるオショロコマは松倉川及び真狩川で、ハナカジカは松倉川で、また、サクラマスは茂辺地川及び尻別川で採取した。実験室に搬入された魚類は飼育水路で飼育した。実験のため回流水槽に移してから、流れのない状態で10分間馴致させた後、流速を目標流速まで上げ、その流速で定位した時間を測定した。

測定終了後、供試魚の全長、重量等を測定した。また、目標流速は電磁流速計により魚類が定位していた位置で測定した。

2) 実験結果

耐久（巡航）遊泳時間の実験は、サクラマス、オショロコマ、ハナカジカについて行ったが、ハナカジカについては、底生魚であり普段は川底に潜み恒常的に遊泳しないという性質からか、流速を上げても水槽の底部に貼り付き遊泳意欲をみせなかった。（写真－2）

このため、今回はサクラマス及びオショロコマにつ



写真-2

いてのみ結果を報告する。

表-1 及び 2 に対象の 2 種についての計測結果を示す。

また、一般に巡航速度は体長の 3 倍といわれているが、その関係を図-1 に示してある。ここで BL は尾長を含まない体長 (cm) である。

これからサクラマス、オショロコマ共に体長の 3 倍以上の流速で遊泳しているのが確認される。また 5 分間継続して遊泳可能な流速は、サクラマスで体長の約 8.7 倍、オショロコマでは約 5.4 倍であった。

また、耐久遊泳曲線を図-2 に示す。

これから、耐久遊泳能力はサクラマスの方がはるかに優れていることが認められる。

表-1 サクラマス耐久遊泳速度

体 長 cm	遊泳速度 cm/s	遊泳速度 BL/s
9.9	76.4	7.72
10.1	80.9	8.01
9.9	81.4	8.22
11.2	107.0	9.55
11.1	84.3	7.59
11.8	112.1	9.50
11.4	103.9	9.11
11.6	85.8	7.40
9.4	88.5	9.41
8.2	71.0	8.66
9.2	103.2	

表-2 オショロコマの耐久遊泳速度

体 長 cm	遊泳速度 cm/s	遊泳速度 BL/s
8.4	70.3	8.37
8.8	67.9	7.72
11.4	67.9	5.96
12.4	72.6	5.85
16.6	77.5	4.67
12.6	42.6	3.38
11.8	61.7	5.23
12.2	44.4	3.64
12.4	50.9	4.10
12.7	51.0	4.02
12.2	82.7	6.78
14.4	110.6	7.68

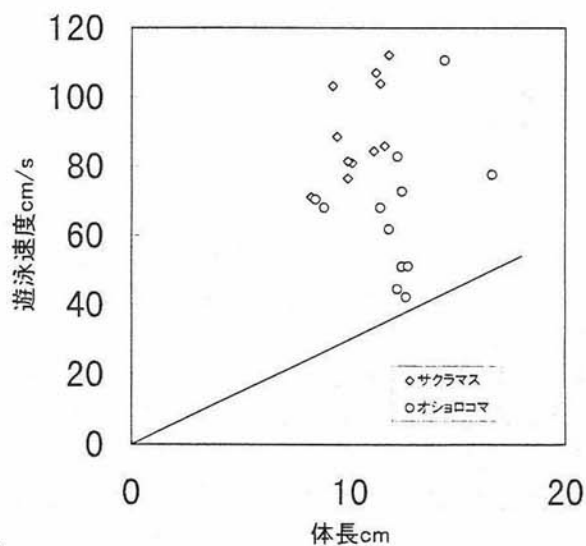


図-1

これは、実験個体の特性にもよると思われるが、オショロコマが淵に生息し、サクラマスは速い流れに生活の場、なわばりを持つという、河川における両種の棲み分けにも関係していると思われる。

尚、長時間における測定では水温の影響は大きい。水温と金魚の遊泳速度の関係では、23℃前後で最大となるという報告 (Fly) があるが、今回の実験では前述した様に短時間ということもありその影響については無視している。

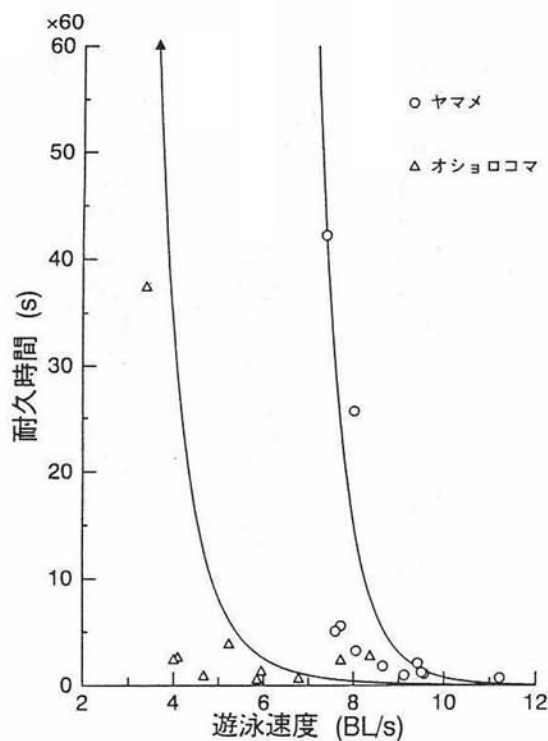


図-2

4. 突進遊泳力実験

1) 実験概要

3.6m×0.4m×0.2m の簡易水槽を用いて実験を行った。

水槽底面には0.1m 目盛りのグリッドを描き、読み取りの基準スケールとし、水槽の中央に設置したテレビカメラにより測定を行った。

また、電気刺激を与えるためにスライダックと電極棒2本を使用した。電圧は魚体により AC10～50V の範囲とした。

電気刺激は最終的な刺激とし、接触刺激や音、及び

光による刺激も併用した。

対象魚は飼育水槽で馴致したのち1尾ずつ実験を行った。

2) 実験結果

録画した画面から2/30毎秒で遊泳軌跡を読み取り、そこから測定される瞬間的に発揮する最大遊泳速度を突進遊泳速度とした。突進遊泳速度実験の結果を表-3～6に示す。

表-3 サクラマス(天然) 突進遊泳力

体 長 cm	電気刺激無 BL/s	電気刺激有 BL/s
12.6	14.6	7.4
12.1	16.2	8.9
7.6	17.0	12.0
13.5	8.4	12.4
13.5	12.7	10.5
12.7	13.5	12.9
11.2	13.8	15.5

表-4 サクラマス(養殖) 突進遊泳力

体 長 cm	電気刺激無 BL/s	電気刺激有 BL/s
9.5	14.3	17.8
10.0	17.3	18.4
10.5	17.8	14.7
11.1	17.6	11.0
10.9	16.1	16.2
10.4	14.7	10.8
10.4	17.9	10.5
10.5	10.8	5.6
10.6	15.7	14.0

表-5 オショロコマ突進遊泳力

体 長 cm	電気刺激無 BL/s	電気刺激有 BL/s
13.5	11.9	10.4
14.4	9.6	8.2
13.3	11.4	12.9
14.1	8.9	9.4
8.4	12.4	14.4
9.3	11.6	6.5
11.6	11.2	12.2
14.3	8.7	7.8
12.1	10.6	10.2
13.9	7.8	10.9
11.7	8.5	8.9

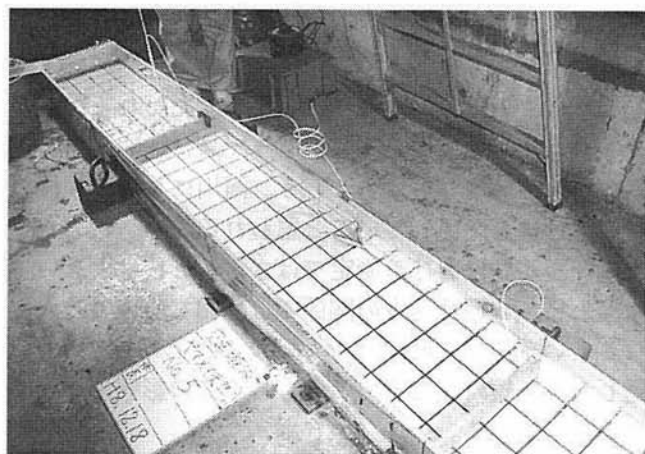


写真-3

表一6 ハナカジカ突進遊泳力

体 長 cm	電気刺激無 BL/s	電気刺激有 BL/s
5.8	10.2	9.5
4.7	12.6	10.2
12.9	10.2	6.0
5.9	16.1	6.6
10.5	11.8	6.0
6.2	9.2	6.5
7.6	12.2	5.1
12.5	9.7	4.9
6.6	9.7	12.0
11.3	10.5	7.1
6.9	9.0	4.9
6.7	7.2	7.0

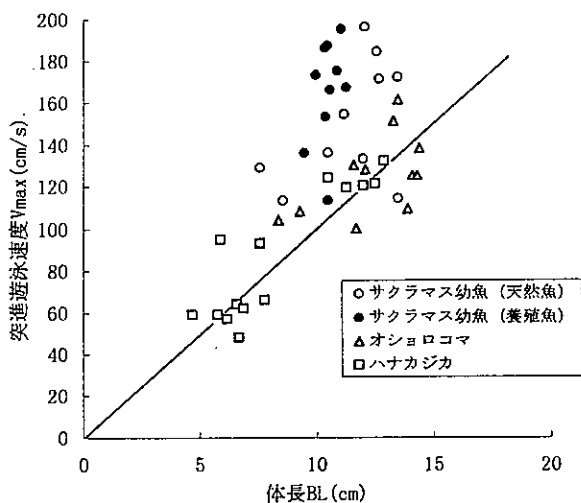


図-3 突進遊泳速度

これらを図に表すと図-3のようになる。

図中の直線は、一般的に言われている体長の10倍の突進速度を示している。これをみると、ハナカジカ、オシヨロコマについてはほぼ体長の10倍であるがサクラマスについては養殖魚及び天然魚共に10倍以上の突進速度を示した。

このことは、底生魚や淵を生息場とする遊泳力の必要としない魚類については体長の10倍という一般的定理が有効であるが、サクラマス等の速い流れに生息場を求める魚類については、定理は当てはまらないことを示している。

ここで、電気刺激等が突進遊泳速度に与える影響を見ると、サクラマス天然魚では10尾中2尾、また、養殖魚では10尾中3尾のみが電気刺激を与えた際の速度がその他の刺激を与えた際の速度より大きかった。ま

たハナカジカについても14尾中1尾のみが大きいという結果になった。しかし、オシヨロコマについては11尾中半数以上の6尾が大きいという結果になり、電気刺激に対する反応も魚種により異なった。

実験からサクラマス天然魚では体長の13.9倍、同じく養殖魚では16.2倍、オシヨロコマでは11.0倍、ハナカジカでは10.6倍の突進遊泳速度を出すことが確認された。

5. まとめ

塚本氏の実験結果により報告された巡航速度と本実験との比較を行うと、体長の3倍と提唱されている速度が本実験ではサクラマスでは7.2倍、オシヨロコマでは3.6倍であった。

このことは同じ淡水性の魚種でも、回遊性の魚種の巡航遊泳能力はかなり高いことを示していると思われる。

また、突進遊泳速度についてであるが、Bainbridgeが一応の目安として体長の10倍という数字を提唱している。しかし実験の結果ではこの値より大きな結果が得られ、特に回遊魚であるサクラマスにおいてその差は顕著であった。(表-7)

表-7

単位: BL/s

魚 種	巡 航 速 度		突 進 速 度	
	実 験	定 理	実 験	定 理
サ ク ラ マ ス 天 然 魚	7.2	3	13.9	10
サ ク ラ マ ス 養 殖 魚	—	3	16.2	10
オ シ ョ ロ コ マ	3.6	3	11.0	10
ハ ナ カ ジ カ	—	3	10.6	10

これは、突進遊泳速度の測定時間についての明確な定義がなされていないことから、本実験では瞬間的な速度を測定し定理で採用した測定時間とに差があることも原因であると考えられる。しかし、魚の遊泳力は魚種や魚体により決定されるものでなく尾鰭の振動数によると報告されている(梨本)ことから、体長の10倍という一律の定義では全魚種の遊泳力は表現が出来ないことを示していると考えられる。このことから、今回の実験の結果にさらにデーターを蓄積し検討することが必要であると考えられる。

また、魚類は群の中では追従行動の頻度が増し、先導魚の遊泳力が増加することが Yamagishi (1978, 1981) により報告されていることから、一尾毎の実験結果では正確に遊泳力を表しているとは考えにくい。このことから、従来の実験方法についての改良が必要であると考えられる。

特に突進速度測定の際の刺激方法については、魚種に合わせた刺激を採用することについての検討が必要であると考ええる。

さらに、河川における生態系の連続性を確保するための一方策として、すべての魚類が遡上可能な魚道の設置が今後の河川に望まれていることを考え合わせると、他の魚種についての同様の遊泳力検討も必要であると考ええる。

6. 謝辞

本実験にあたっては、北海道大学水産学部梨本教授のご指導を受けた。ここに謝意を申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 財団法人リバーフロント整備センター；魚道及び降下対策の知識と設計
- 2) 水野信彦；魚にやさしい川のかたち、信山社
- 3) 房前和朋他；礫河床における魚類の遊泳速度に関する基礎的研究、水工学論文集 第41巻
- 4) 井上実；魚の行動と漁法、恒星社厚生閣版
- 5) 川那部浩哉；日本の淡水魚、山と溪谷社
- 6) 塚本勝巳；魚類の遊泳速度と遊泳能力、水産土木(1973)
- 7) 塚本勝巳；魚の遊泳行動、海洋科学(1983)
- 8) 梨本勝昭；魚の遊泳速度と尾部の振動数、海洋科学(1983)



許士 裕恭*

開発土木研究所
環境水工部
環境研究室長