

自然河川水を用いた淡水魚の突進速度に関する遊泳実験

Burst Swimming Speed Test of Fishes using Stamina Tunnel with River Water

泉 完*・工藤 明*・東 信行*・矢田谷 健一**・伊東 竜太**

Mattashi IZUMI, Akira KUDO, Nobuyuki AZUMA, Kenichi YATAYA, Ryuta ITO

1.はじめに 一般に、魚類のもつ遊泳能力は数秒間発揮できる突進速度、60 分間持続できる巡行速度に大別される¹⁾。前者の突進速度は、魚類が魚道内の流れの境界部(魚類の通過経路のうち、最も流速の速い部分)を通過する際の指標能力として用いられ、体長の10倍程度がその目安になっている^{1),2)}。しかし、突進速度に関する研究は巡航速度のそれ³⁾に比べて事例が少なく、さらに魚道設計の際に重要となる突進速度の持続時間についても不明な点が多い。そこで本研究では魚類の突進速度を対象に、自然河川内で円筒パイプを用いて遊泳実験を行い、魚種・体長ごとの突進速度及び突進速度の持続時間について検討した。

2.実験方法と項目 実験は、2004年7/13~10/13にかけて青森県内の蟹田川・岩木川内の魚道で昼間に行った。Fig.1に示すように、透明の塩ビ製パイプ(100mm,長さ4m)を既設魚道内に水没させ満流の水力条件にし、パイプ下流の供試魚挿入口から魚を一尾ずつ放流して、その遊泳行動をパイプ直上約3mからビデオカメラ(CCD-TR3, CCD-TRV66K; SONY)で撮影した。供試魚放流に際しては、魚を定位させるよう下流で流速を調節し、計測スタート地点に到達するのを見計らって流速を一定に保つよう操作した。

測定項目は供試魚の体長、遊泳距離、遊泳時間(持続時間)及び円筒パイプ内の流速と水温である。パイプ内の流速は、3軸電磁流速計(ACM-300;アレッコ電子)とデ-タルコ-ダ(DR-F1; TEAC)を用いてFig.1に示す位置で計測した。なお、実験時の流速、水温、供試魚の数はTable.1に示す通りである。遊泳距離は、計測スタート地点から供試魚が力尽きて流下するまで進んだ距離とし、その間の時間を遊泳時間と定義した。供試魚の遊泳時間は、録画画像を1/5倍速で再生して計測した。計測は5回行い、最大・最小を除く3回の平均値をその個体の遊泳時間とした。遊泳速度は、以下のように求めた。

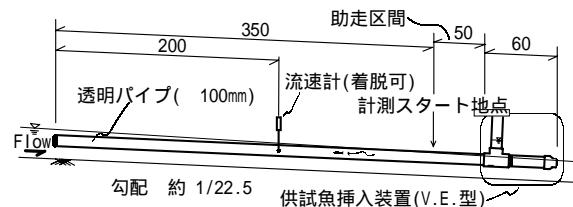


Fig.1 Over view of experiment apparatus

$$\text{遊泳速度} = (\text{遊泳距離} / \text{遊泳時間}) + \text{パイプ内流速}$$

また、速度算出は遊泳距離全体に加え、計測スタート地点から50cmごとにも行った。

3.実験結果と考察 (1)突進速度と持続時間

Fig.2に供試魚の遊泳速度と遊泳時間との関係を示す。供試魚のほとんどが100~300cm/s程度の突進速度(遊泳時間はすべて30秒以内であった為、遊泳速度はすべて突進速度とした)を発揮し、4魚種の平均持続時間は3.38sであった。また、大部分の供試魚は、パイプ内の水力条件が異なっても、パイプ内流速+70cm/s以内の速度で遊泳していることから、魚は流速に対応した速度で遊泳することがわかった。Fig.3は遊泳速度を体長の倍数で表した値(V/BL)、と

Table.1 Hydraulic conditions and the number of fishes used in the experiment

Ran	流速 (cm/s)	平均水温 ()	供試魚(尾)				合計
			イ	ウ	オ	ヤ	
Ran.1	227	13.8	3	-	-	-	3
Ran.2	239	14.4	3	-	-	-	3
Ran.3	229	17.6	11	-	-	-	11
Ran.4	258	21.6	1	-	-	-	1
Ran.5	220	20.4	17	-	-	-	17
Ran.6	203	16.7	3	-	-	-	3
Ran.7	210	15.8	1	-	-	-	1
Ran.8	71	15.8	1	-	-	4	5
Ran.9	124	14.0	5	-	-	4	9
Ran.10	102	14.0	7	-	-	3	10
Ran.11	158	15.1	4	-	-	-	4
Ran.12	101	15.1	-	-	-	1	1
Ran.13	140	14.5	1	26	12	-	39
合計(尾)			57	26	12	12	107
平均体長(cm)			14.7	10.8	8.9	8.3	12.4

* イ:イワナ ウ:ウグイ オ:オイカワ ヤ:ヤマメ

*弘前大学農学生命科学部 Hirosaki Univ.Faculty of Agriculture and Life Science

**弘前大学大学院農学生命科学研究科 Hirosaki Univ.Agriculture and Life Science graduate course

遊泳時間の関係図で、25s 以上遊泳したオイカワ一尾を除いて整理した。供試魚は平均して体長の 17 倍の突進速度を發揮し、魚種を問わず、供試魚全体の 79% が体長の 10 倍以上の速度で 1s 以上遊泳した。また、図からオイカワは同じコイ科のウグイに比べて、突進速度の持続時間が長いことがわかる。

ここでカトポディスによる遊泳能力の整理方法⁴⁾に準じてイワナの遊泳速度、持続時間、体長の関係を調べた (Fig. 4)。図からイワナの遊泳能力に対して、図中に示す(1)式が得られた。仮に遊泳速度が 220cm/s であるとしたとき、10、15、20cm のイワナが發揮可能な持続時間はそれぞれ、0.9、3.1、7.4s となり、(1)式は体長と持続時間とに正の相関があることを示している。また、魚道の対象魚の体長を把握できれば、上述した関係式から持続時間を導くことができ、境界部の適当な距離・流速を求める指標になると考えられる。

(2)瞬間的突進速度 流れの境界部が短いプールタイプ魚道では、遊泳魚はごく短時間で境界部を通過する。例えば、岩木川の既設階段式魚道における遊泳速度調査⁵⁾では、遡上魚は隔壁幅 25cm を平均 0.37s で通過している(越流水深 23cm、平均流速 128cm/s)。そこで、魚が瞬間的に發揮する速度を調べるために、計測スタート地点から 50cm ごとに計測した遊泳速度のうち、最も速かった区間の速度と、供試魚の体長との関係を調べた(Fig.5)。ここでは、この遊泳速度を瞬間的突進速度と称する。計測区間 50cm における供試魚の通過時間は平均 1.04s で、50cm 以上遊泳したすべての供試魚が体長の 10 倍以上の瞬間的突進速度を發揮し、その平均は 19 倍で、突進速度の 1.12 倍速いことがわかる。また、魚種による明確な差は表れなかったが、体長と瞬間的突進速度とに正の相関が得られた[(2)式]。

なお、+のプロットは上述した既設魚道調査から得た、遡上魚の隔壁通過時の値で、遡上魚は主にウグイである⁵⁾。魚道遡上魚とパイプ実験におけるウグイのプロットを比較するとほぼ整合しており、魚類がパイプ内遊泳時に、既設魚道を遡上する際と同等の力を發揮していたと考えられた。今後とも実験データを蓄積する予定である。

本研究に協力して頂いた蟹田町河川漁協、岩木川漁協、および各関係機関、弘前大学農業水利学研究室の神山君、清水君、伏見君に深く感謝する。なお本研究は科研費(基盤B(2)代表 東 信行)の補助を受けている。

参考文献 1) 塚本勝巳ら (1973): 魚類の遊泳速度と遊泳能力, 水産土木 Vol.10, No.1, pp31-36

2) 山本聡ら(2001)イワナ・ニジマス・カジカの遊泳特性, 長野水試 5 号 pp9-12

3) 鈴木興道(1999): 魚道の設計に資する淡水魚類の耐久遊泳速度, 土木論集, No.622/ -11, pp.107-115 4) Katopodis, C. (1990): Advancing the Art of Engineering. Fishways for Upstream Migrants, Proceedings of the International Symposium on Fishways '90 in Gifu, Japan, October 8-10, pp19-28 5) 泉完ら(2004): 全面越流型魚道の隔壁における魚類の遊泳挙動に関する調査研究, H16 農工学会応用水理研究部会講演集, pp5-10

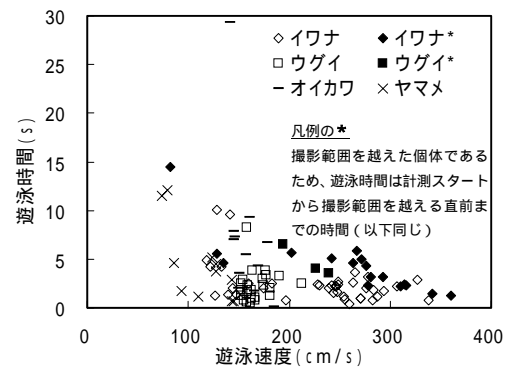


Fig.2 Relationship between swimming speed and duration of swimming

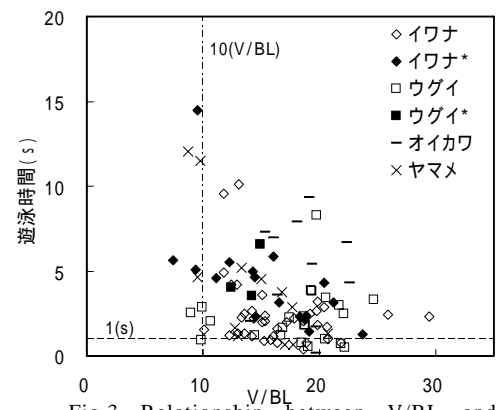


Fig.3 Relationship between V/BL and duration of swimming

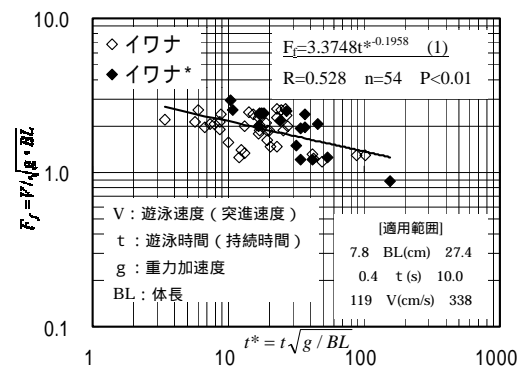


Fig.4 Swimming ability curve by Katopodis

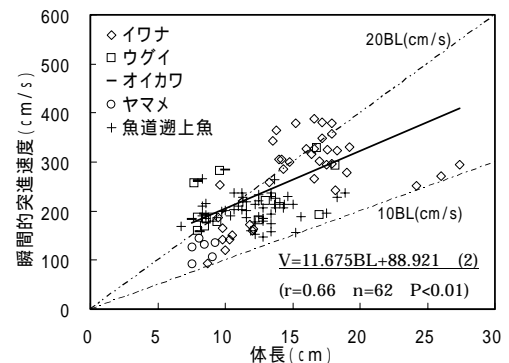


Fig.5 Relationship between instantaneous burst speed and body length