

河川におけるスタミナトンネルを用いたシロウオの尾ひれの運動について Movement of Tail beat of Ice Goby, *Leucopsarion Petersi*, with Stamina Tunnel in River

泉 完* ○大田 敏貴**
Izumi Mattashi, Oota Toshiki

1. はじめに 魚道の水理設計を行う際、遊泳速度を明らかにすることは重要であり、最近では遊泳力の弱いシロウオの遊泳速度についても実験的に明らかされている(泉・大田, 2011)¹⁾。一方、魚は尾部の運動によって遊泳速度を発揮しており、遊泳速度と尾部の運動の関係については、Bainbridge(1958)²⁾、梨本(1980)³⁾により研究がなされている。しかし、遊泳力の弱い魚が遊泳する際の魚の遊泳速度と尾部の運動についての研究例は少なく、未だ不明確な点が多い。そこで、本研究では、シロウオの尾ひれの運動について高速度カメラの映像から分析・検討したものである。

2. 実験装置と方法 実験場所は、青森県二級河川蟹田川の河口から約550m上流の河川敷である。

実験は2010年と2011年にシロウオの遡上

時期の4月下旬から5月中旬に合計8回行った。スタミナトンネルは、高さ3cm・幅5cmの断面で長さ80cm (I)と長さ47cm (II)の

アクリル製長方形パイプを使用した。実験装置は、河川から水中ポンプで貯水槽に水を溜め、余水吐で流量を一定に保ち、パイプ出口側の調節用コックの開閉で管内の流速を調節できる仕組みとした (Fig.1)。

パイプの底面には白い目盛板が取り付けられており、両端には魚が遊泳区間内を泳ぐよう目合い

2mmの仕切り網が施されている。供試魚は、1尾ずつ45度傾斜パイプから挿入し、遊泳した魚の遊泳動態をパイプ上方から高速度カメラとデジタルビデオカメラ、側方からデジタルビデオカメラで撮影・録画した。供試魚の全長・体長については、着脱式となっているパイプ末端から遊泳後に魚を取り出して測定した。

管内断面平均流速は魚の流れに対する横断断面面積を考慮して求めたもので、さらに、遊泳実験と別に実験室でφ3mmのピトー管で管内の流速分布を詳細に調べ、シロウオの遊泳位置での流速を管内代表流速とした。遊泳速度は1/250秒間隔で撮影された高速度カメラ(視野20~34cm)のコマ数と魚が遊泳した距離から計測し、管内代表流速を加えて求めた。また、気象条件も測定した。

管内断面平均流速は魚の流れに対する横断断面面積を考慮して求めたもので、さらに、遊泳実験と別に実験室でφ3mmのピトー管で管内の流速分布を詳細に調べ、シロウオの遊泳位置での流速を管内代表流速とした。遊泳速度は1/250秒間隔で撮影された高速度カメラ(視野20~34cm)のコマ数と魚が遊泳した距離から計測し、管内代表流速を加えて求めた。また、気象条件も測定した。

管内断面平均流速は魚の流れに対する横断断面面積を考慮して求めたもので、さらに、遊泳実験と別に実験室でφ3mmのピトー管で管内の流速分布を詳細に調べ、シロウオの遊泳位置での流速を管内代表流速とした。遊泳速度は1/250秒間隔で撮影された高速度カメラ(視野20~34cm)のコマ数と魚が遊泳した距離から計測し、管内代表流速を加えて求めた。また、気象条件も測定した。

管内断面平均流速は魚の流れに対する横断断面面積を考慮して求めたもので、さらに、遊泳実験と別に実験室でφ3mmのピトー管で管内の流速分布を詳細に調べ、シロウオの遊泳位置での流速を管内代表流速とした。遊泳速度は1/250秒間隔で撮影された高速度カメラ(視野20~34cm)のコマ数と魚が遊泳した距離から計測し、管内代表流速を加えて求めた。また、気象条件も測定した。

3. 実験結果と考察 実験時の天気は晴れまたは曇りで河川水温は9.7~15.8℃である (Table 1)。計測したシロウオの尾数は74尾、平均全長4.8cm、平均体長は4.4cmである。実験日ごとの平均管

*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

キーワード：河川工学 水産土木 生態系

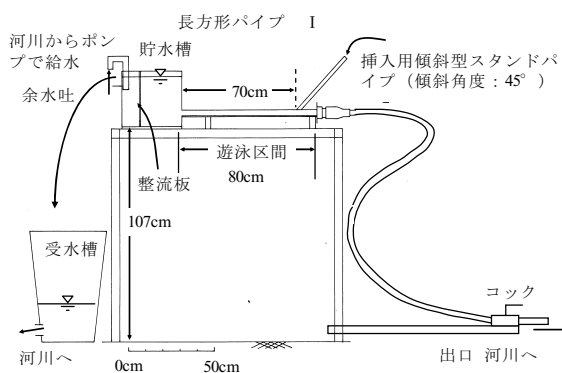


Fig.1 Overview of experimental apparatus

Table 1 Experimental days and conditions

実験月日	天 気	パイプ	供試魚 (シロウオ) (尾)		管内代表流速		水温	
			平均全長	平均体長	V	S.D.		
2010年								
5月17日	晴れ	I	12	4.9	4.5	50	5	15.8
2011年								
4月28日	曇り	II	10	4.6	4.2	11	2	9.7
5月9日	曇り	II	5	4.9	4.5	11	3	12.4
5月10日	曇り	II	2	4.5	4.1	6	3	11.0
		I	5	5.1	4.6	34	4	11.9
5月11日	曇り	I	11	4.7	4.3	48	6	10.8
5月16日	曇り	I	9	4.7	4.3	65	4	12.8
5月17日	晴れ	I	13	4.9	4.4	43	9	12.5
5月18日	晴れ	I	7	4.9	4.4	63	7	13.6
合計			74	4.8	4.4			

内代表流速は11~65cm・s⁻¹である。

Table2は、全長4.8cmのシロウオが101cm・s⁻¹で遊泳したときの魚体各部の動きを振幅と全長の比で示したものである。表にはヤマメ稚魚(泉ら,2009)⁴⁾とウナギ(J.Gray,1968)⁵⁾も示しその動きを比較した。シロウオは、ヤマメと比較して頭部と胴体部の振幅と全長の比は大きく、ウナギよりは小さいことがわかった。Webb(1975)⁶⁾の遊泳形態の分類で、シロウオは亜アジ型に属すると思われる。

Fig.2 は振幅/全長と遊泳速度の関係である。遊泳速度は12~133 cm・s⁻¹である。Fig.2 から尾ひれの振幅/全長はばらつきが見られるが、遊泳速度が変化してもニジマス²⁾³⁾やヤマメ稚魚⁷⁾と同様にほぼ一定の傾向にあり、平均0.13である。この値はニジマス0.15よりやや小さく、ヤマメ稚魚0.12に近い値である。一方、吻端と浮袋の振幅については、遊泳速度が低速の範囲で小さい傾向がみられ、いまの場合、その比は約25cm・s⁻¹より小さいと平均0.03と0.04、これ以上では平均0.05と0.06である。これは、遊泳速度が大きいと頭部から尾ひれまで魚体全身を運動させて泳いでいることを示しており、ヤマメ稚魚より細長い魚体の体形をしたシロウオの遊泳形態の特徴であると考えられる。

Fig.3 は Bainbridge(1958)の整理方法により縦軸を遊泳速度 V と全長 L の比、横軸を振動数 F としてそれらの関係を示したものである。シロウオのデータの分布から、 V/L と F との間には明確な比例関係が見られる。Bainbridge(1958)は、その関係を式 $V = k_1 L(F - \alpha)$ (k_1, α : 係数) で表している。そこで、この式にならって最小自乗法でシロウオの実験式を求めた。その結果、 $k_1 = 0.80$ 、 $\alpha = 1.56$ となり、既往のアジ型の魚の実験式と近似することが分かった。

本実験結果から、シロウオ(平均全長 4.8cm)は遊泳速度 12~133cm・s⁻¹で尾ひれを1秒間に5.8~36.2回振って、全長の3~28倍の速さで遊泳できることがわかった。

引用文献 1)泉・大田(2011):河川におけるスタミナトンネルを用いたシロウオの遊泳能力について、平成23年度農業農村工学会大会講演要旨集、126-127、2)Bainbridge,R(1958):The Speed of Swimming of fish as related to Size and to the Frequency and Amplitude of the Tail Beat ,*Experimental Biology*,35,109-133、3)梨本(1983):魚の遊泳速度と尾部の振動数,*海洋科学*,15(4),184-188、4)泉ら(2009):河川におけるスタミナトンネルを用いたヤマメ稚魚の尾ひれの動きと遊泳速度、平成21年度農業農村工学応用水理研究部会講演集、23-32、5)Webb,P.W.:*Bull.Fish.Bd.Canada*190、158p.1975、6)James Gray(1968):*Animal Locomotion*,pp.19-23、7)泉・山村ら(2012):河川水を用いたヤマメ稚魚の尾部の動きと遊泳速度、農業農村工学会論文集、No.278 掲載予定
謝辞:本研究に協力して頂いた蟹田川漁協、及び関係機関、弘前大学農業水理学研究室の学生諸氏の皆様に深く感謝します。

Table 2 Example of the amplitude at each part of the fish

魚種	シロウオ	ヤマメ ⁴⁾	ウナギ ⁵⁾
全長 (cm)	4.8	5.1	7
管内代表流速 (cm・s ⁻¹)	55	48	-
遊泳速度 (cm・s ⁻¹)	101	103	-
尾ひれの振動数 (Hz)	26.5	28.3	-
吻端	0.05	0.03	0.09
浮袋 (頭から全長の43%)、ヤマメ:同40%、ウナギ:同43%	0.06	0.04	0.08
尾ひれの先端	0.13	0.12	0.16

注)ウナギ (Anguilla vulgaris, J.Gray (1968))⁵⁾

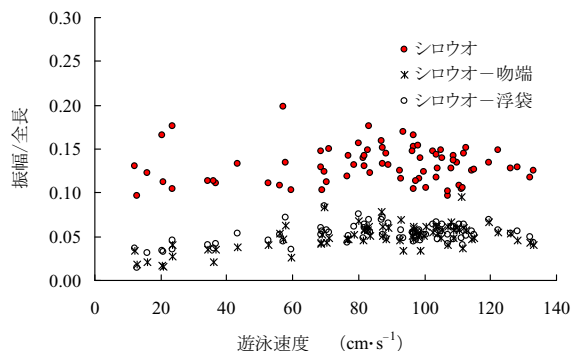


Fig.2 The relationship between frequency of tail beat and swimming speed

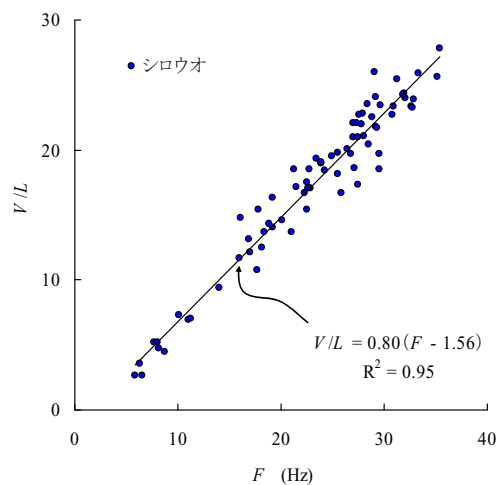


Fig.3 The relationship between frequency of tail beat and swimming speed