

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挙動と遊泳速度
 Movement of Tail beat and Swimming Speed of Masu salmon Fingerlings,
Oncorhynchus masou masou, with Stamina Tunnel in River

泉 完* ○山村 真弘** 加藤 幸*
 Izumi Mattashi , Yamamura Masahiro , Kato koh

1. はじめに 魚道の水理設計を行う際、設計流速の指標として遊泳魚の突進速度が用いられている。淡水魚の突進速度については最近の研究でこれまで考えられていた体長の10倍を大きく上回る速度で泳ぐことが泉ら(2007)によって明らかされるなど、様々な知見が得られてきている。一方、魚類が遊泳する際の遊泳速度と尾部の振動運動の関係についてはBainbridge(1958), Hunter and Zweifel(1971), 梨本(1980)により研究がなされている。しかし、魚道という流れの速い場所を遊泳能力の小さい稚魚などが遊泳する際の魚類の遊泳速度と尾部の運動能力についての研究例は少なく、いまだ解明されていない点が多い。そこで、本研究では泉ら(2009)の研究に引続き、河川溪流魚である養殖産ヤマメの稚魚を用い、高速遊泳時の遊泳速度と尾部の振動数の関係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高石股沢川床固め工内粗石付斜路型魚道地内(幅2.0m, 勾配1:22.5, 長さ25m)である。実験は2009年の7月初旬の3日の10時から午後5時半にかけて行った。実験装置はFig.1に示すように内径横縦4.0cm×5.0cm, 長さ80cmの透明アクリル製の矩形パイプとした。管内代表流速は魚の流れに対する垂直断面積を考慮して求めたもので57~96cm/sである。管内の流速は水中ポンプによってパイプに接続された貯水槽内へと河川

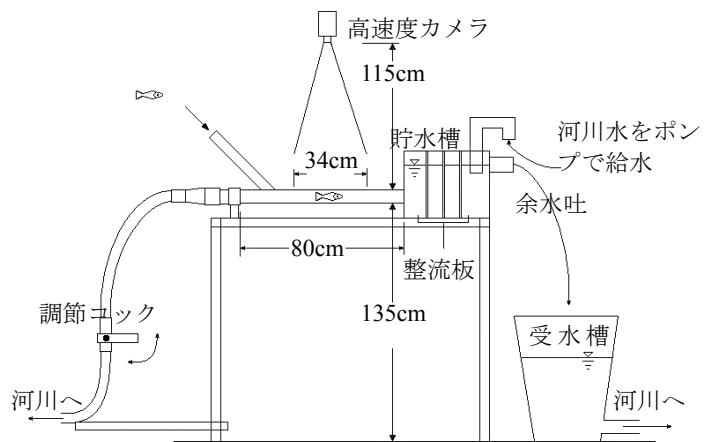


Fig.1 実験装置の概要

水を引き、パイプの出口側に取り付けられた調節コックを開閉することで調節した。貯水槽には余水吐が設けられており、水位は一定に保たれるような仕組みとなっている。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。遊泳した魚の遊泳動態をパイプ上方から12.1mと1.15mの位置に、前者はビデオカメラ、後者には高速度カメラを設置して撮影・録画した。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、遊泳速度は1/250秒間隔で撮影された高速度カメラ(視野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。

3. 実験結果と考察

Table.1は実験日と実験条件である。実験時の水温は平均14.2℃~16.9℃, 計測尾数15尾, 魚の平均全長7.0cm, 平均体長は6.1cmである。

Table.2は魚体各部の振幅と吻端の振幅を基準としたときの魚体各部の振幅との比の一

Table.1 実験条件

	天候	尾数	平均全長	S.D.	平均体長	S.D.	水温
		(尾)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(℃)
2009年							
7月1日	曇り	5	6.5	0.8	5.7	0.7	14.2
7月2日	曇り	4	7.6	0.7	6.6	0.7	14.4
7月3日	曇り/晴れ	6	7.0	0.9	6.0	0.8	16.9
	計	15	7.0	0.8	6.1	0.7	

*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

例である。表を見ると吻端から遠い部位ほど振幅が大きく、魚は体を波のように屈曲させて遊泳していることがわかる。

Fig.2は尾ひれの振幅と遊泳速度との関係である。この比は5回以上規則的に尾ひれを振動させたとき、遊泳速度や振動数によらずほぼ一定の値になるとされ、ウグイ・マス・金魚の3魚種平均で0.18 (Bainbridge, 1958), ニジマスで0.15 (梨本, 1980) という結果が得られている。また、泉ら (2009) によるヤマメ稚魚での結果は平均0.11が得られているが、本実験からも平均0.11という同様の結果を得た。

Fig.3は遊泳速度と尾ひれの振動数との関係を示したものである。Bainbridge (1958) は実験的に魚の遊泳速度は全長Lと振動数Fとの比例関係になることを明らかにし、その関係を式 $V = k_1 L(F - \alpha)$ (k_1, α : 係数) で表せるとした。 k_1 と α はウグイ・マス・金魚の3魚種平均で $k_1 = 0.75, \alpha = 4/3$ (Bainbridge, 1958), ニジマスで $k_1 = 0.92, \alpha = 1.3$ (梨本, 1980) である。本実験はこれらより遊泳速度が速い範囲での結果が得られている。

Fig.4は最小遊泳速度と最小振動数の関係である。Hunter and Zweifel (1971) は、魚には規則的に遊泳できる最小遊泳速度 V_0 と最小振動数 F_0 が存在し、その関係は式 $V = k_2 L(F - F_0) + V_0$ と表せるとして、Bainbridge (1958) のデータを再整理した。その結果からマスの k_2 は0.64という値が得られている。本実験では V_0, F_0 を計測していないため、同じサケ科マスの試算式を使用して算出し、合せて**Fig.4**に示した。その結果、泉ら (2009) と同様の結果となったため合せて検討し、ヤマメ稚魚の k_2 は0.72となった。

本実験のヤマメ稚魚(平均全長6.4cm)では、管内代表流速は57~96 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ の範囲で遊泳速度102 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ~176 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$, 尾部の振動数は21Hz~33Hzとなり、平均で体長の21倍の高速で遊泳することがわかった。

引用文献 1)泉・加藤(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年度応用水理研究部会講演集,p35-43. 2)泉・矢田谷(2007):河川における自然誘導式スタミナトンネルを用いた野生魚の突進速度に関する実験, 農土論集, No249, pp.115-116. 3)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. 4)Hunter and Zweifel ,J.R.(1971):Courtship, Locomotion, Feeling ,And Miscellaneous Behaviour og Pacific Bonito(*SARDACHILIENSIS*),*Animal behaviour*,14,54-67. 5)梨本勝昭(1983):魚の遊泳速度と尾部の振動数,*海洋科学*, 15(4), 184-188.

Table.2 魚体の各部位と振幅

管内代表流速 : 80 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$
遊泳速度 : 149 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$

魚体位置 (全長8.4cm)	平均振幅 r (cm)	吻端との 振幅比
吻端	0.30	1.0
吻端から40%	0.31	1.1
吻端から70%	0.48	1.6
尾びれ先端	0.75	2.5

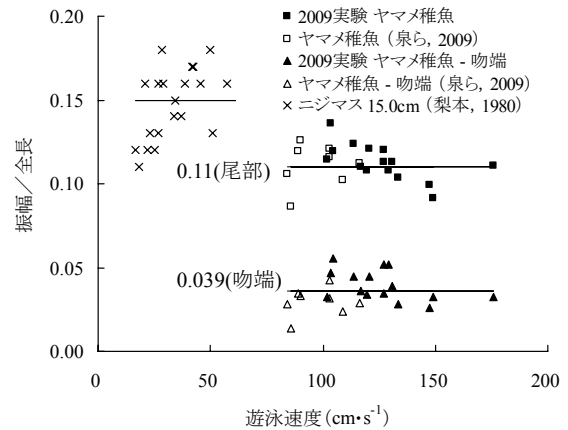


Fig.2 振幅と遊泳速度との関係

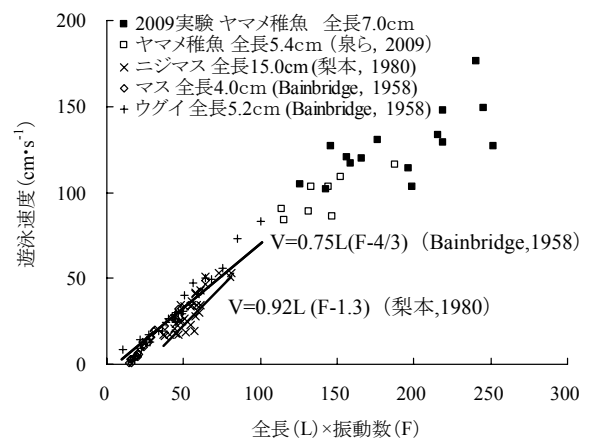


Fig.3 遊泳速度と $F \cdot L$ の関係

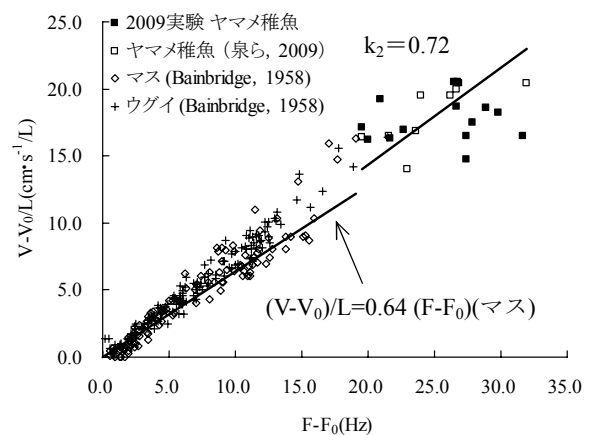


Fig.4 $F - F_0$ と $(V - V_0)/L$ の関係

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太田君, 川村君, 野原さんに深く感謝する。