

機関番号：11101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20580259

研究課題名（和文） 流れ場環境の違いが河川生息魚の突進遊泳能力に与える影響

研究課題名（英文） The effect of the river inhabiting fish on burst swimming performance in various flow.

研究代表者

泉 完 (IZUMI MATTASHI)

弘前大学・農学生命科学部・教授

研究者番号：60132007

研究成果の概要（和文）：本研究は、魚道を遡上する淡水魚の突進的遊泳能力を明らかにするため、野外に遊泳実験装置を設置して、高速度カメラを用いてヤマメ稚魚とイワナ稚魚の遊泳実験を行ったものである。その結果、これらの魚が高速遊泳するときの尾ひれの動きと遊泳速度の関係性を明らかにした。また、シロウオが遡上する河川においてシロウオの遊泳実験を行い、遊泳曲線を我が国で初めて明らかにした。

研究成果の概要（英文）：The authors conducted a field swimming experiment using cultured fingerling masu salmon (*Oncorhynchus masou masou*) and Japanese char (*Salvelinus leucomaenis*) employing a stamina tunnel in order to determine the burst swimming performance speed of masu salmon and Japanese char when swimming upstream in a fishway. Measurements were taken during the swimming experiment using a high-speed camera. The experiment determined the relationship between movement of tail beat and swimming speed when these fishes swim upstream at high speed. The authors also conducted an experiment on the swimming speed of ice goby (*Leucopsarion petersi*) using the stamina tunnel in the river in which the ice goby swam upstream. This experiment was the first time in Japan that the swimming curve of ice goby was determined.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：農業土木学・計画学

科研費の分科・細目：6501

キーワード：魚道，河川生息魚，突進速度，尾ひれの動き

1. 研究開始当初の背景

河川工作物の魚道を設計する際に魚の突進速度は重要な指標となっている。そして、この突進速度について、泉ら（2006・2007・2009）によって、新たな知見が得られてきた。しかし、魚の突進遊泳能力を解明するためには、流れ場環境の違いによる魚の遊泳挙動特性を定量的に明らかにする必要がある。そのためには、高速度カメラを用いて魚の尾の動きを克明に測定し、

尾部の運動と遊泳能力との関係を解析する必要がある。

2. 研究の目的

中・高速で泳ぐ魚は、アジ型に分類され（Breder, 1926）、紡錘型の魚体の1/3を振動させて尾ひれによって前方への推進力を得て、遊泳速度を発揮することが古くから知られている（例えば、Gray, 1957, Bainbridge, 1958, 1963）。

遊泳魚の尾の運動に関する研究は、Bainbridge (1958), Magnuson and Prescott (1966), Yuen (1966), Hunter and Zweifel (1971), 流体力学的な運動解析の Lighthill (1960) によっておもに行われている。最近では梨本 (1980, 1983) のニジマス (*Salmo gairdnerii irideus*), 徐ら (1988) のマアジ (*Trachurus japonicus*) の遊泳速度の測定, 平山ら (2000) による海洋の高速遊泳魚を対象にした運動解析などの研究が行われている。しかし, 魚道のように淡水魚が局所的に速い流れ場を突進速度に近い高速で遊泳する際の尾部の運動能力については, 依然として不明な点が多い。

そこで, 本研究では, 河川に生息し魚道を利用する魚として, 未だ計測されていないヤマメ・イワナを対象とした。そして, これらの魚をスタミナトンネルに遊泳させ, 高速度カメラを用いて尾の動きを克明に測定し, 最大遊泳速度で遊泳している時の尾部の運動と遊泳能力との関係, すなわち遊泳挙動特性を詳細に検討・解析したものである。

また, 遊泳速度が解明されていないシロウオ (*Leucopsarion petersi*) についてシロウオが遡上する河川で遊泳実験を行い, 遊泳曲線について解析したものである。

3. 研究の方法

本研究では, すでに実績のある泉ら (2006) の実験のように現地魚道内を流下する自然河水をそのままスタミナトンネルに通水させて満流の管内に一定流速を与え, その管内において供試魚が一定距離を一気に前進する速度とその動きを計測するフィールド的観測方法を採用した。

(ヤマメ・イワナの実験)

(1) 実験場所

① ヤマメ稚魚の実験

ヤマメ稚魚の実験場所は, 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, ヤマメ稚魚の突進速度に関する実験 (泉ら, 2009) が実施された場所でもある。

実験は 2008 年から 2010 年の当該河川での地元河川漁協によるヤマメ稚魚の放流時期と同じ 7 月初旬の 2~3 日間の短期間に管内流速を変化させて合計 8 回, 午前 10 時~午後 5 時に行った。

② イワナ稚魚の実験

イワナ稚魚の実験場所は, 青森県南津軽郡西目屋村内の三上養殖場内, および岩木川取水堰の魚道内の 2 箇所である。実験は 2008 年から 2010 年の 8 月初旬~9 月中旬の 1~4 日間の短期間に管内流速を変化させて合計 9 回, 午前 10 時~午後 5 時に行った。

(2) 実験装置および実験方法・項目

スタミナトンネルは, 上方からの高速度カメ

ラによる魚の遊泳動態が視認し易いように透明アクリル製の長方形断面である。スタミナトンネルの長さについては, 魚道の越流部・潜孔などの局所的に速い流れ場で 50cm の距離を遊泳できれば遡上できると考えられているので (泉ら, 2003, 2009a, 2009a), その長さを 80cm, 内径を供試魚の体高に応じて, 横 4.0cm×縦 3.0cm と横 5.0cm×縦 4.0cm の 2 種類 (実験-1: ヤマメとイワナ) とした。2010 年ではスタミナトンネル内の流速を増加させるため実験装置を改良し, 横 5.0cm×縦 4.0cm で長さ 150cm (実験-2: ヤマメ用) と横 10.0cm×縦 5.0cm で長さ 150cm (実験-3: イワナ用) とした。

実験-1 では図-1 に示すように余水吐と整流板のあるマンメーター付きの貯水槽 (縦 35cm・横 55cm・高さ 30cm), 長方形パイプ, 供試魚を長方形パイプ内に挿入するスタンドパイプとフレキシブルホース, 流速調節用コックから構成されている。貯水槽と長方形パイプは架台の上に水平に置かれている。また, 供試魚はスタンドパイプから挿入され, 両端に目合い 2mm~5mm の仕切網が施された長さ 80cm の区間を遊泳できるようになっている。遊泳区間では長方形パイプの底面に目盛付きの白色版が取り付けられている。

実験に用いた水は, 図-1 のように河川から (養殖場では河川から直接場内に取水されている) から直接水中ポンプで貯水槽に給水され, 余水吐で一定水位に保持しながら, スタミナトンネル末端に接続されているフレキシブルホースの出口から再び下流河川へ流下する「かけ流し」システムになっている。

実験-2・3 では, 図-2 に示すようにスタミナトンネルを現地魚道内に吊り下げて設置し, 河川水を直接管の中に流入させるシステムになっている。

実験の際には, スタミナトンネル内を満流状態で実験-1 では貯水槽の水位を実験中一定とし, 実験-2・3 では上流水位を一定とした。設定する管内流速は $50\sim 140\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 前後を想定しバルブあるいは水路勾配で調節した。他に気象条件と河川水温を測定した。

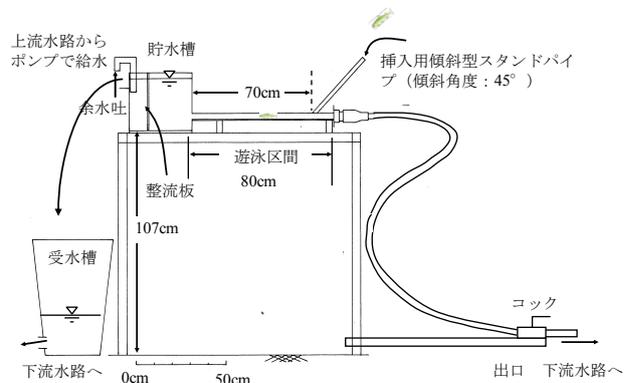


図-1 実験装置の概要 (実験-1)

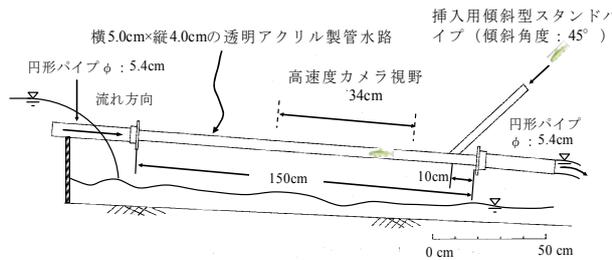


図-2 実験装置の概要 (実験-2・3)

供試魚の遊泳速度の測定は、スタミナトンネルの上方に高速度カメラ (素子解像度 512×480 ピクセル, 設備備品) とデジタルビデオカメラをそれぞれ設置して、遊泳区間内の供試魚の遊泳動態を同時に撮影・録画した。高速度カメラの録画速度は 1/250 秒とした。高速度カメラの計測区間の長さは 30cm 程度で、供試魚の尾ひれが明確に識別できる。

また、供試魚は遊泳の際のストレスを考慮して遊泳後にスタミナトンネル末端部で採捕し、体幅をノギスで測定・写真撮影した。供試魚の全長・体長・体高は、写真画像から正確に計測した。実験に供した個体は 1 回限りの遊泳とし、流量を 1 回ごとに出口部で 5 回実測した。スタンド内の水位は上方ビデオカメラで視認できるようになっている。

(3) 供試魚

① ヤマメ稚魚

供試魚は、当該河川に放流されている養殖のヤマメ稚魚 (青森県川内町産) で、前年の 10 月下旬～11 月上旬にかけて孵化したものである。ヤマメ稚魚は実験初日の前日に当該魚道まで搬入され、河川水に馴らすため河川内に設置された生簀で蓄養した。

② イワナ稚魚

供試魚は、当該養殖場で養殖されているイワナ稚魚で、前年の 10 月下旬～11 月上旬にかけて孵化したものである。イワナ稚魚は養殖場内で蓄養されており、直接用いた。

(4) 供試魚の運動の解析方法と管内代表流速の算定方法

供試魚の魚体運動の追跡については、高速度カメラの計測区間をいずれのケースも流れが定常状態に移行したと判断された時点での供試魚の遊泳地点を計測開始地点とし、その地点から前進していった動画を 1/250 秒間隔で 1 コマずつ再生し、供試魚の尾ひれの先端と吻端の 2 点をトレースした。そのデータからそれぞれ一定距離を進んだ振数と時間、平均振幅、一振りあたりの長さ、平均周期、高速度カメラ計測区間を前進した対地速度を求めた。さらに、この区間の遊泳速度は、この対地速度に後述する管内代表流速値を加え算出した。また、供試魚の尾ひれの振動数 (Hz) は振数から 1 秒間あたりに

換算し求めた。さらに、一部の個体については魚体の運動を調べるため、一連の運動画像を 1/250 秒間隔の連続写真に変換し、魚体の動きの特徴点として吻端から全長の 40% と 70% の長さに相当する 2 箇所の部位地点を選定して、その 2 点をデジタルプランイメータで 1 枚ずつ測定・転写、トレースした。

管内の代表流速値の算定方法については、実測流量を求めているので、通水断面積から供試魚の流れに直交する最大横断面積分を差し引いた面積で断面平均流速を求め、これを管内代表流速値とした。ヤマメおよびイワナは紡錘型の魚に分類されるので、魚の最大横断面積は、体高と体幅から紡錘型の魚が楕円に近似するものとして求めた (神田, 1953, 梨本, 1980)。

4. 研究成果

ヤマメ稚魚とイワナ稚魚が高速遊泳したときの尾部の運動と遊泳能力との関係について、以下の知見を新たに得ることができた。

(1) 実験条件と計測した供試魚のサイズ

① ヤマメ稚魚

実験時の天候は曇りで、表-1 に示すように河川水温と水質は、水温: 14～17.4℃であった。計測したヤマメ稚魚は合計 56 尾、平均全長 6.1cm (全長: 4.4～8.5cm)、平均体長 5.2cm (体長: 3.7～7.5cm) であった。管内の代表流速は、49～139cm・s⁻¹ の範囲であった。

② イワナ稚魚

実験時の天候は晴れまたは曇りで、表-2 に示すように河川水温と水質は、水温: 12.2～17.3℃であった。計測したイワナ稚魚は合計 25 尾、平均全長 8.9cm (全長: 7.1～11.3cm)、平均体長 7.7cm (体長: 6.2～9.7cm) であった。管内の代表流速は、66～121cm・s⁻¹ の範囲であった。

(2) 魚体の動きと尾ひれの振り幅

高速遊泳時における紡錘型の魚体の運動を解析するため、吻端、吻端から全長の 40% と 70% の長さに相当する 2 箇所の部位、および尾ひれの先端の計 4 箇所の部位の動きを克明に調べた。

表-3 は、ヤマメ稚魚を例にして全長 5.1cm と 8.4cm のヤマメ稚魚が、103 cm・s⁻¹・149 cm・s⁻¹

表-1 ヤマメ稚魚の実験条件とサイズ

実験月日	実験番号	供試魚 (ヤマメ)				管内代表流速		水温 (°C)	
		(尾)	平均全長 (cm)	S.D. (cm)	平均体長 (cm)	S.D. (cm)	V (cm・s ⁻¹)		S.D. (cm・s ⁻¹)
2008年									
7月4日	Run.1	5	5.5	0.4	4.7	0.3	55	0	17.4
	Run.2	3	5.2	0.5	4.5	0.5	49	0	
		8	5.4	0.3	4.6	0.3			
2009年									
7月1日	Run.3	5	6.5	0.8	5.7	0.7	70	6	14.0
7月2日	Run.4	4	7.6	0.7	6.6	0.7	87	12	15.0
7月3日	Run.5	6	7.0	0.9	6.0	0.8	80	11	16.9
		15	7.0	0.9	6.1	0.8			
2010年									
6月30日	Run.6	2	5.9	0.4	5.0	0.4	124	11	14.4
7月1日	Run.7	20	5.7	0.6	4.8	0.6	117	15	14.8
7月2日	Run.8	11	5.9	0.4	5.0	0.4	139	2	16.0
		33	5.8	0.6	4.9	0.5			
合 計		56	6.1	0.9	5.2	0.8			

表-2 イワナ稚魚の実験条件とサイズ

実験月 日	実験 番号	供試魚 (イワナ)				管内代表流速		水温 (°C)	
		(尾)	平均全長 S.D.	平均体長 S.D.	V S.D.				
2008年			(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm·s ⁻¹)		
8月6日	Run.1	1	7.9	-	7.0	-	89	-	15.2
9月5日	Run.2	1	7.9	-	7.1	-	89	-	14.7
9月8日	Run.3	2	8.6	0.6	7.5	0.5	102	0	14.2
	計	4							
2009年									
9月7日	Run.4	1	7.5	-	6.2	-	79	-	13.9
9月8日	Run.5	2	9.5	0.2	8.2	0.1	95	7	13.3
9月9日	Run.6	4	7.7	0.4	6.7	0.4	66	16	12.2
9月10日	Run.7	2	8.5	0.6	7.4	0.8	69	5	12.6
	計	9							
2010年									
9月16日	Run.8	6	9.7	1.1	8.4	1.0	121	10	17.3
9月17日	Run.9	6	9.7	1.3	8.3	1.0	120	11	17.2
	計	12							
合計		25	8.9	1.2	7.7	1.0			

表-3 魚体の各部の動き (ヤマメ稚魚)

全長 管内代表流速 遊泳速度	5.1cm		8.4cm	
	平均振幅 r (cm)	吻端基準 の振幅比	平均振幅 r (cm)	吻端基準 の振幅比
	48cm·s ⁻¹		81cm·s ⁻¹	
	103cm·s ⁻¹		149cm·s ⁻¹	
魚体の部位	平均振幅 r (cm)	吻端基準 の振幅比	平均振幅 r (cm)	吻端基準 の振幅比
吻端	0.16	1.0	0.3	1.0
吻端から40%の位置	0.22	1.4	0.31	1.1
吻端から70%の位置	0.39	2.4	0.48	1.6
尾ひれの先端	0.59	3.7	0.75	2.5

の遊泳速度で泳いだ時の4箇所(吻端、吻端から40%の位置、吻端から70%の位置、尾ひれの先端)の平均振幅と吻端の振幅を基準とした各部位の平均振幅との比を示したものである。吻端から後方の部位にかけて、魚体の後方ほど大きいことがわかった。

田中・永井(1996)は、Gray(1968)のコダラの遊泳形態を、魚体の後方部の左右運動が前方部分のそれより位相が少し遅れて動き頭部から尾部への進行波を形成すると指摘しているが、本実験からより具体的に示すことができた。

図-3、および図-4はそれぞれヤマメ稚魚、イワナ稚魚における吻端と尾ひれの振幅と遊泳速度、および振動数との関係を示したものである。ここでBainbridge(1958)は、尾ひれの振幅と振動数との関係を魚の吻端から尾ひれの最も後方の先端部までの長さ(全長)を用いて整理しているため、いずれも縦軸は振幅と全長との比で表した。図には、梨本(1980a)のニジマス(*Salmo gairdnerii irideus*)、回転式円形水槽によるBainbridge(1958)のマス(*Salmo irideus*)の結果も1例として示した。

ヤマメ稚魚の遊泳速度と振動数は、それぞれ84~201cm·s⁻¹、21.1~37.6Hzの結果を得た。一方、イワナ稚魚は、同様に105~257cm·s⁻¹、17.9~35.4Hzの結果を得た。ヤマメ稚魚およびイワナ稚魚の遊泳速度はともにニジマスよりかなり速く、また、尾ひれの振動数もマスより大きいので、既往の研究結果に見られない高速遊泳時の尾ひれの運動能力、すなわち尾ひれの振動数条件が新たに得られた。

Bainbridge(1958)は、図-3および図-4に示されているように尾ひれの振動数が5回以上では振幅/全長の値は全長によらず遊泳速度や振

動数に変化してもほぼ一定であり、ウグイ(*Leuciscus leuciscus*)・マス・金魚(*Carassius auratus*)の3魚種平均値で0.18、ニジマス(梨本, 1980a)では0.15である。

本研究における高速遊泳時の振幅/全長の値は、ヤマメ稚魚およびイワナ稚魚ともにややばらついているが、ヤマメ稚魚の平均値は、0.13(標準偏差0.02)、イワナ稚魚は0.12(標準偏差0.01)で2魚種ともに極めて近似する値を得た。これらの値は、ともにマス・ウグイ、ニジマスの値に比べ小さいがニジマスに近い値である。

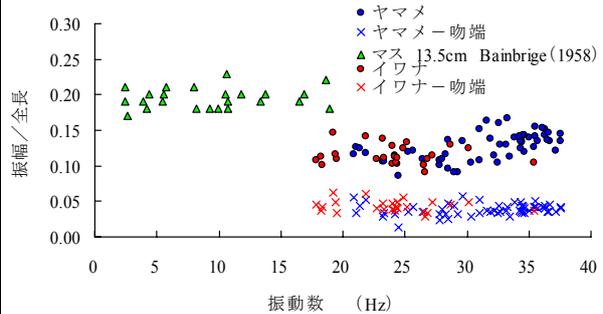


図-3 振幅と振動数の関係

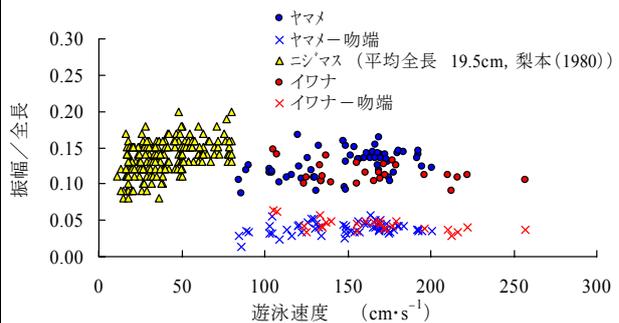


図-4 振幅と遊泳速度の関係

ただ、Bainbridge(1958)の実験は上述した回転式円形水槽実験で、直線水路と異なりこの円形水槽で泳ぐ魚に対する遠心力の作用を考慮せずに整理していることも指摘されており(千田, 1983)、実験装置や条件などを含めた実験環境などが影響しているものと考えられる。

一方、吻端の振幅/全長の値を調べた。図-3、図-4に示すようにヤマメ稚魚およびイワナ稚魚ともにばらつきは小さく、ヤマメ稚魚、イワナ稚魚ともに平均値は、0.043(標準偏差0.008)を得た。これらの値は、尾ひれの1/3でかなり小さいことがわかった。また、体長比では0.045~0.050であった。魚の吻端の振幅に関する報告は、梨本(1983)などに見られる程度で貴重な知見である。

(3) 尾ひれの振動数 F と遊泳速度 V との関係

尾ひれの振動数 F と遊泳速度 V との間には魚の全長との関係で比例関係があることが

Bainbridge (1958) によって実験的に明らかにされ、(1) 式で示されている。また、Hunter and Zweifel (1971) により、魚が最小遊泳速度で泳ぐときの尾ひれの振動数を最小振動数と定義して (1) 式を拡張して (2) 式を示している。

$$V = k_1 L (F - \alpha) \quad (1)$$

(Bainbridge, 1958)

$$V - V_0 = k_2 L (F - F_0) \quad (2)$$

(Hunter and Zweifel, 1971)

ここで、 V : 遊泳速度、 V_0 : 尾ひれの最小振動数のときの遊泳速度、 $k_1 \cdot k_2 \cdot \alpha$: 係数、 L : 全長、 F : 尾ひれの振動数、 F_0 : 尾ひれの最小振動数、である。

図-5 は、遊泳速度と尾ひれの振動数との関係である。縦軸は、遊泳速度と全長との比で表している。図には、ヤマメ稚魚、イワナ稚魚、および同じ紡錘型の魚体であるマス・ウグイ・キンギョ (Bainbridge, 1958)、ニジマス (梨本, 1980) の結果も示した。一気に遊泳したヤマメ稚魚、およびイワナ稚魚の遊泳速度は、それぞれ全長の 14 倍~34 倍、13 倍~24 倍、振動数はそれぞれ 21.1~37.65Hz、17.9~35.4 であり、とともにウグイとマス・キンギョの最大値 24.8Hz・19.9 倍のデータより大きな新たな結果が得られた。そして、遊泳速度と振動数との間には、個体差のためばらつきが見られるものの、振動数が大きい範囲でもヤマメ稚魚、イワナ稚魚ともに Bainbridge (1958) のウグイ・マス・金魚の延長線上に近似するように直線的な比例関係が認められた。

ウグイ・マス・金魚の 3 魚種平均の (1) 式は、図中のように $k_1 = 0.75$ ($\alpha = 4/3$)、マアジ (*Trachurus japonicus*) (徐ら, 1988) で 0.73 ($\alpha = 2.02$) (ただし、 L は尾又長を用いている)、(2) 式の k_2 値はカリフォルニアマアジ (*Trachurus symmetricus*) (Hunter and Zweifel, 1971) で 0.83 が得られている。

そこで、既往の研究結果より速い遊泳速度と大きな振動数が得られ、さらにヤマメ稚魚、イワナ稚魚ともに直線的比例関係が認められたことから既往の実験結果も合わせ、データを再整理した。

すなわち、直線式を以下の (3) 式とにおいて、最小自乗法でその係数を求め、ウグイ・マス・金魚の (1) 式の α を求めた。その結果、図-5 の一点鎖線で示すように $a = 0.79$ 、 $b = -0.90$ が得られ、(1) 式の係数に換算すると、 k_1 は $= 0.79$ 、 $\alpha = 1.14$ となり、新たな係数を提案した。

$$V/L = aF - b \quad (3)$$

$a \cdot b$: 係数

つぎに、既往の研究から図-5 のように遊泳速度と尾ひれの振動数との関係が原点を通らないこ

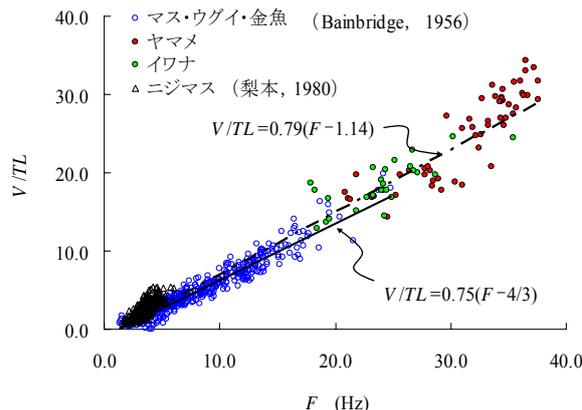


図-5 遊泳速度と尾ひれの振動数との関係

とが確かめられているので、Hunter and Zweifel (1971) にならって魚が尾ひれを振って泳ぐことができる最小振動数と最小遊泳速度の考え方を導入した (2) 式について調べた。

Hunter and Zweifel (1971) は Bainbridge (1958) のデータを直接使い、魚種別に V_0 と F_0 をそれぞれ全長 L の $2/3$ 乗、 $-1/3$ 乗に比例するとして計算し、再整理している。

このことから、本研究では 2010 年の 6 月 9 に実験-3 の場所においてと幅 15cm・高さ・15cm・長さ 100cm の透明アクリル製の小型長方形水路でヤマメ稚魚 (青森県奥入瀬川漁協で養殖産) を用いて最小振動数と最小遊泳速度に関する実験を行った。そして、既往の研究から紡錘型の淡水魚であるニジマスの実測値が得られているので、これらの値も含め、 V_0 と F_0 を全長 L の累乗に比例させ、最小自乗法から最小振動数と最小遊泳速度に関する実験式を求めた。

図-6 は、ヤマメ稚魚とイワナ稚魚の $(V - V_0) / L$

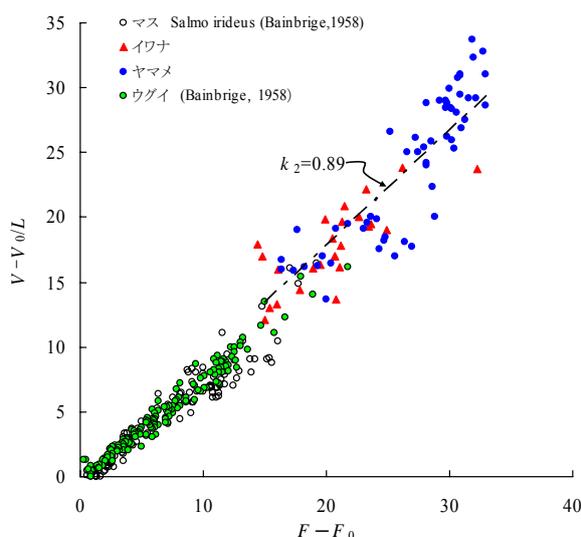


図-6 $(V - V_0) / L$ と $F - F_0$ の関係

L と $F-F_0$ の関係である。図には、Hunter and Zweifel (1971) によって Bainbridge (1958) のマス・ウグイを再整理したデータも示した。

ヤマメ稚魚とイワナ稚魚とも遊泳速度と尾ひれの振動数との関係と同様、ウグイ・マスの延長線上に近似するように直線的な比例関係が認められた。

そこで、(2)式の係数 k_2 についてヤマメ稚魚とイワナ稚魚とも近似する傾向が強いので、まとめて整理し、 $k_2=0.89$ を得ることができた。カリフォルニアマアジ (Hunter and Zweifel, 1971) では $k_2=0.83$ 、マアジ (徐ら, 1988) では $k_2=0.77\sim 0.92$ が得られており、紡錘型の魚の k_2 値はお互いに近似するものと考えられた。高速遊泳時でも紡錘型の魚種では互いに近い係数を持ち、遊泳する動き方が類似することがわかった。

(4) シロウオの遊泳速度

シロウオの遊泳速度の遊泳能力について、以下の知見を新たに得ることができた。

遊泳実験した河川は、青森県津軽半島から陸奥湾に注ぐ蟹田川である。蟹田川はシロウオが4月中旬頃から遡上する河川として知られ、地元でシロウオ祭りが催されるなどシロウオの漁獲量が多い河川である。

実験場所は、河口(河幅約70m)から約550m上流の河川敷内で可搬型の実験装置を設置して行った(図-7参照)。実験は2008年から2010年の3年間当該河川でのシロウオの遡上時期にあたる4月下旬~5月中旬に内径5.4cm・長さ75cmの透明アクリル製の円筒パイプを用い、管内流速を変化させて合計6回行った。

実験に用いた供試魚は、実験場所から約300m下流の当該河川の「梁」で当日の午前と午後の実験直前に河口から遡上し、採捕されたシロウオを用いた。計測個体数は体長4cm台の90尾である。

図-8は、シロウオの遊泳速度と遊泳時間の関係を両対数で示したものである。管内流速は13~58 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ である。この図から、遊泳曲線として、 $V=64t^{0.212}$ (V : 遊泳速度, t : 遊泳時間) の

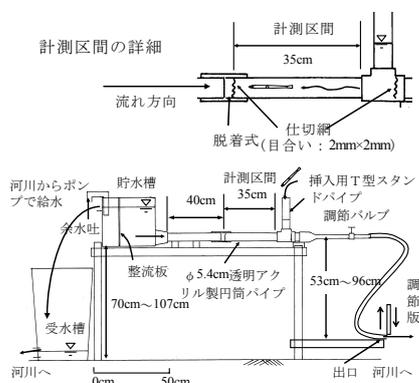


図-7 シロウオの実験装置

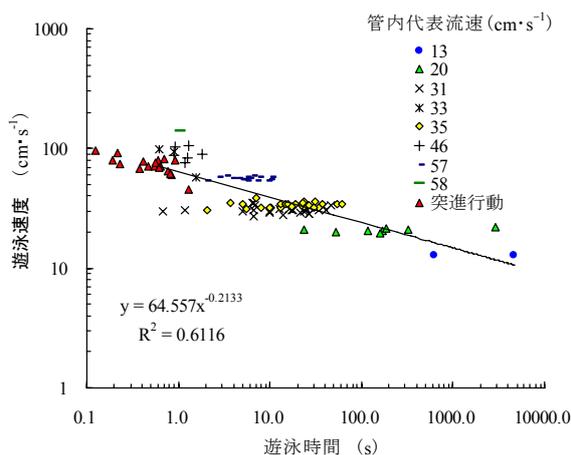


図-8 遊泳速度と遊泳時間の関係

式を得ることができた。また、1秒間持続できる最大遊泳速度は、約60 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ であることを我が国ではじめて明らかにすることができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計5件)

1. 泉 完, 山村真弘, 加藤 幸: フィールドにおけるスタミナトンネルによるイワナ稚魚の尾部の運動と遊泳速度, 平成22年度農業農村工学会大会講演会要旨集, 68-69, 2010. 査読無
2. 泉 完, 山村真弘, 加藤 幸: 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平成22年度農業農村工学会大会講演会要旨集, 852-853, 2010. 査読無
3. 泉 完, 加藤 幸: 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年度農業農村工学会応用水理研究部会講演集, 34-43, 2009. 査読無
4. 泉 完: 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速度, 平成21年度農業土木学会大会講演要旨集, 760-762, 2009. 査読無
5. 泉 完: 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速度について, 第52回農業農村工学会東北支部研究発表会講演要旨, 24-27, 2009. 査読無

6. 研究組織

(1) 研究代表者

泉 完 (IZUMI MATTASHI)
弘前大学農学生命科学部・教授
研究者番号: 60132007

(2) 研究分担者

加藤 幸 (KATO KOH)
研究者番号: 40302020