

イワナ・ニジマス・カジカの遊泳特性*

山本 聡・三城 勇

Swimming ability of Japanese charr, rainbow trout and river sculpin

Satoshi Yamamoto, Isamu Sanjyou

魚類生息に配慮して河川構造物を設計する際には、対象となる魚種の遊泳特性を知る必要がある。特に魚道の設計にあたっては、巡航速度、突進速度が重要な基礎データとなる¹⁾。国内に生息する溪流性魚類の遊泳特性については、ニジマス *Oncorhynchus mykiss* で知られている²⁾が、日本産の魚種ではほとんど知られていない。そこで、本研究ではイワナ *Salvelinus leucomaenis*、カジカ *Cottus pollux* の遊泳力を円筒形の開水路を用いて実験した。比較のためニジマスについても実験を行い、3種の遊泳特性について知見を得たので報告する。

材料と方法

実験水路

実験には Tsukamoto et al³⁾を参考にし作製した円筒形の開水路（直径10 cm、長さ3 m）を用いた（図1）。流速は注水バルブの開閉と排水の高さを変えて調節した。用水はろ過河川水を用いた。流速は携帯流速計（CR-7：コスモ理研）により、水路の底部で計測した。トンネル底面から流速計のプロペラ中心までの距離は、1.8 cm である。

イワナ・ニジマス

民間養魚場で飼育した0年魚をそれぞれ供試魚とした。イ

表1 遊泳実験供試魚

魚種	年齢	供試時水温°C	平均±標準偏差			
			全長cm	標準体長cm	体重g	肥満度(BW×10 ³ /TL ³)
イワナ	0+	10.3~13.4	8.2±0.4	7.0±0.4	5.0±0.7	8.93±0.59
ニジマス	0+	8.5~10.7	8.5±0.3	7.3±0.2	6.2±0.7	9.92±0.60
	0+	9.4~14.5	3.5±0.2	-	0.5±0.09	10.9±1.1
カジカ	1+	9.4~11.3	7.5±0.3	-	5.2±0.7	12.4±1.3
	2+	17.9~19.7°C	9.0±0.3	-	9.8±1.2	13.3±0.7

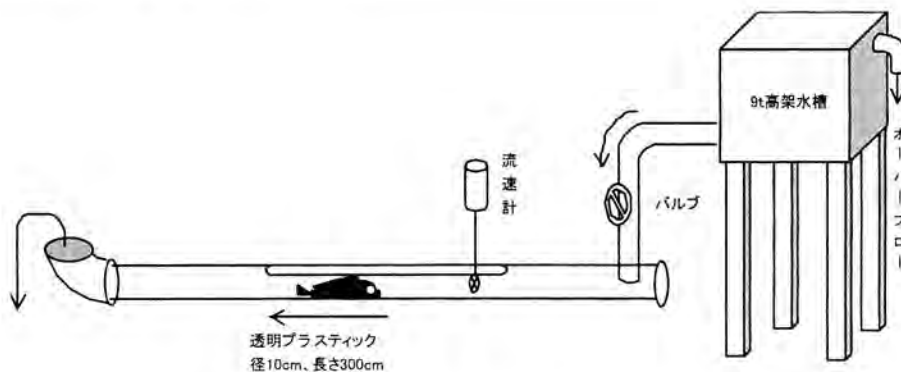


図1 遊泳実験水路の概要

* 平成9～11年度 水産業関係地域重要新技術開発促進事業

ワナは19個体、ニジマスは24個体を用いた。供試回数はそれぞれ1個体1回とし、同一個体を連続して実験することはしなかった。水路内に入れられた個体は、流れ方向を向いて定位した。流速が小さい場合は、数時間泳いだ。流速が大きい場合は、時間が経過すると留まることができなくなり、トンネルの下端まで一気に流された。定位を開始してから流されるまでの時間(=遊泳時間)を、異なる流速において計測した。計測時間は、巡航速度を計測する場合に一般的に採用される60分間²⁾までとした。

カジカ 長野県水産試験場佐久支場で飼育したカジカ0年魚、1年魚及び2年魚を供試魚とした。0年魚は20個体、1年魚は17個体、2年魚は18個体をそれぞれ用いた。供試回数はそれぞれ1個体1回とし、同一個体を連続して供試しなかった。

水路内に入れられたカジカは、流れ方向を向いて着底して定位した。流速が小さい場合は、数時間定位し続けた。流速が大きい場合は、着底したまま数cm押し流され、泳いで元の位置に戻る行動を繰り返す。その状態で時間が経過すると留まることができなくなり、トンネルの下端まで一気に流された。泳ぎながら留まる行動は見られなかった。定位を開始してから流されるまでの時間(=定位時間)を、異なる流速において計測した。計測時間は、60分間までとした。

結果

イワナ、ニジマスの遊泳時間と流速の関係プロットした遊泳曲線²⁾を図2に示した。イワナでは流速が35cm/秒、ニジマスでは38cm/秒程度以下になると、急激に遊泳時間が大きくなる傾向があった。遊泳曲線の遊泳時間X秒を対数化して流速y cm/秒に対してプロットすると(図3)、関係式として、

$$\text{イワナ: } y = -3.0264 \ln(X) + 51.607 \quad (r=0.81, n=19)$$

$$\text{ニジマス: } y = -3.7304 \ln(X) + 61.612 \quad (r=0.67, n=24)$$

が得られ、それぞれ1%の危険率で有意性があった。巡航速度(60分)、突進速度(5秒)³⁾を関係式から計算すると、

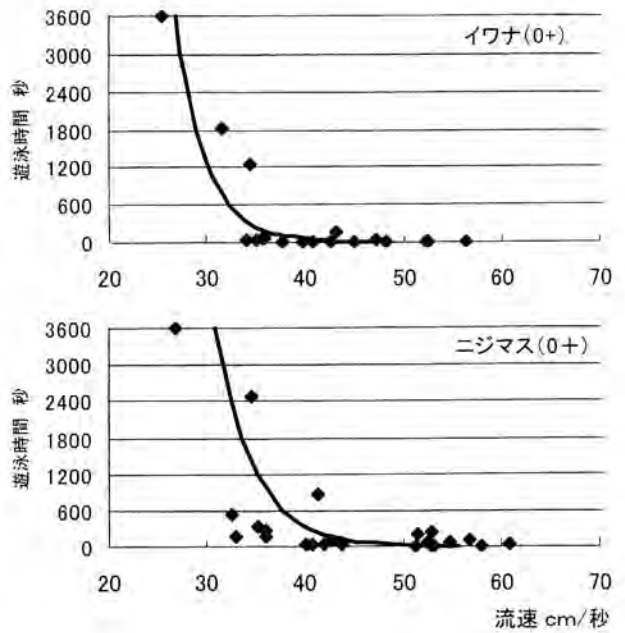


図2 イワナ、ニジマスの遊泳曲線

イワナでは前者が27cm/秒、後者が47cm/秒となった。ニジマスは前者が31cm/秒、後者が56cm/秒となった。

遊泳曲線に準じてカジカの定位能力曲線を図4に示した。体サイズが大きい年級群ほど定位可能な流速も大きかった。0年魚では流速が12cm/秒、1年魚では27cm/秒、2年魚では45cm/秒程度以下になると急激に持続定位時間が大きくなる傾向があった。各群とも曲線はほぼ同様の形状を示した。

定位能力曲線の遊泳時間(X秒)を対数化して流速(y cm/秒)に対してプロットすると(図5)、関係式として、

$$0\text{年魚: } y = -1.675 \ln(X) + 27.924 \quad (r=0.70, n=20)$$

$$1\text{年魚: } y = -2.210 \ln(X) + 49.217 \quad (r=0.64, n=17)$$

$$2\text{年魚: } y = -1.770 \ln(X) + 61.466 \quad (r=0.62, n=18)$$

が得られた。相関係数は0年魚が0.70、1年魚が0.64、2年魚が0.62で1%の危険率で有意性があった。遊泳魚における巡航速度、突進速度に準じて、持続定位速度と瞬間定位速度

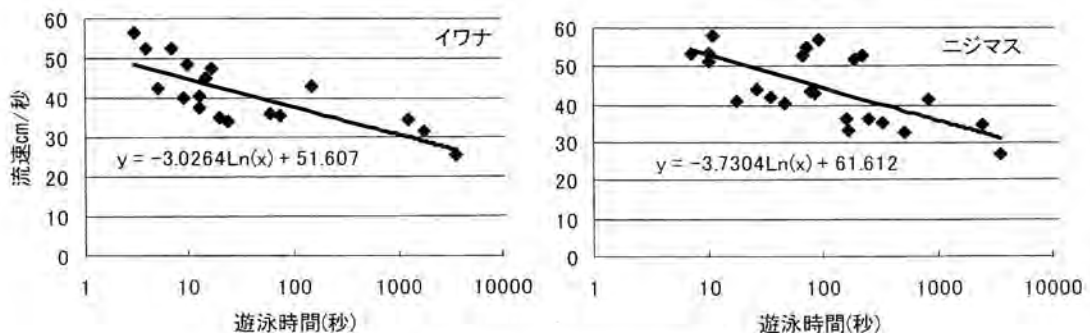


図3 イワナ、ニジマスの遊泳時間と流速の関係

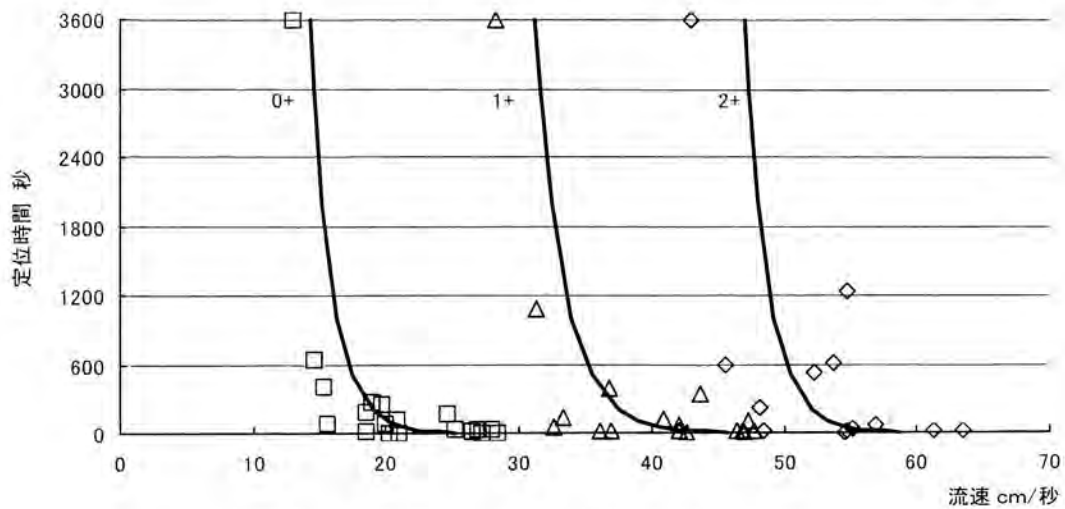


図4 体サイズ別のカジカの定位能力曲線

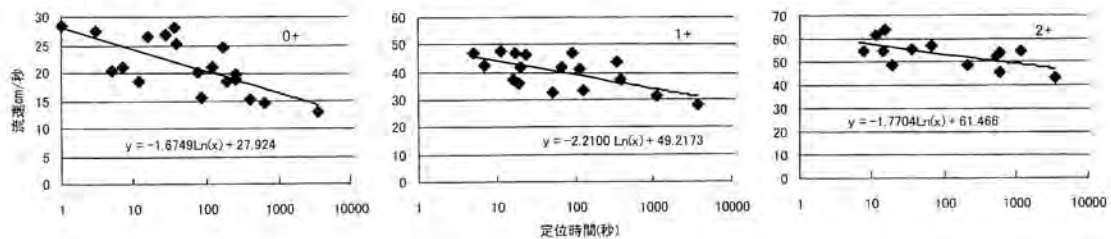


図5 カジカの定位時間と流速の関係

を関係式から計算すると、0年魚では前者が14 cm/秒、後者が25cm/秒、1年魚では前者が31cm/秒、後者が46cm/秒、2年魚では前者が47cm/秒、後者が59cm/秒となった。

考 察

各魚種の巡航速度と突進速度あるいは持続定位速度と瞬間定位速度の、全長、標準体長に対する比率を表2に示した。

Tsukamoto et al²⁾はニジマスの巡航速度と突進速度を、標準体長比でそれぞれ4.7と9.3[※]と計算している。今回の計測値(表2)をこの値と比較すると、巡航速度はほぼ等しいが、突進速度については小さな値となっている。Tsukamoto et al²⁾の実験は水温17℃と今回の実験よりも6~8℃高い条件下で行われており、実験条件の差が影響している可能性がある。しかしベニザケでは突進速度は水温変化の影響をほとんど受けず、巡航速度が影響を受ける⁴⁾とされており、値の差は実験装置の構造が影響した可能性もある。イワナの遊泳特性をニジマスと比較すると、巡航速度にほとんど差はないが、突進速度が10%程度小さく遊泳力が劣る傾向があった。

カジカでは体の大きさに差があっても持続定位速度と瞬間

定位速度の全長比に大きな差がなく、持続定位速度が4~5倍、瞬間定位速度が6~7倍となることがわかった。遊泳魚を対象とした魚道の場合、その魚の巡航速度および突進速度が設計の上で重要な資料となる。しかし、底生魚であるカジカでは遊泳特性が異なり、巡航速度および突進速度にあたる遊泳状態がなく、持続定位速度と瞬間定位速度で遊泳特性を表したほうがカジカの遊泳行動を適切に表すと考える。少なくとも

表2 イワナ、ニジマスの巡航速度と突進速度及びカジカの持続定位速度と瞬間定位速度の全長等に対する比率

魚種	年齢	巡航速度・持続定位速度		突進速度・瞬間定位速度	
		T.L.比	S.L.比	T.L.比	S.L.比
イワナ	0+	3.3	3.8	5.7	6.7
ニジマス	0+	3.6	4.2	6.5	7.6
	0+	4.0	-	7.1	-
カジカ	1+	4.1	-	6.1	-
	2+	5.2	-	6.5	-

※ 図からの読み取り値

持続定位速度以内であれば、カジカは比較的自由に移動できるものと思われ、その速度は秒速として全長の4~5倍と考えられる。

要 約

1. 円筒形の開水路を用いて、イワナ、ニジマスの巡航速度と突進速度、カジカの持続定位速度と瞬間定位速度を測定した。
2. イワナの巡航速度及び突進速度は標準体長比で3.8及び6.7で、ニジマスは同じく4.2及び7.6であった。
3. カジカの持続定位速度は標準体長比で4~5で、瞬間定位速度は6~7であった。

文 献

- 1) 中村俊六(1995) : 魚道のはなし—魚道設計のためのガイドライン—山海道, 東京, 225pp.
- 2) Tsukamoto, K., T. Kajihara and M. Nishiwaki (1975) : Swimming ability of fish. Bull. of Japan. Soc. Sci. Fish., 41 (2), 167-174.
- 3) Blaxter, J.H.S (1967) : Swimming speeds of fish. FAO Conf. Fish. Behav. Relation Fish. Tech. tactics, Bergen, Norway. Rev. Pap., (3), 1-32.
- 4) Brett, J.R (1964) : The respiratory metabolism and swimming performance of young sockeye salmon. J. Fish. Res. Board of Canada, 23, 1491-1501.