

## メダカの臨界遊泳速度に関する実験的研究 Study on Experiment of Critical Swimming Speed of *Oryzias latipes latipes*

○清水 秀成\*, 泉 完\*\*, 東 信行\*\*, 丸居 篤\*\*

SHIMIZU Hideaki, IZUMI Mattashi, AZUMA Nobuyuki, MARUI Atsushi

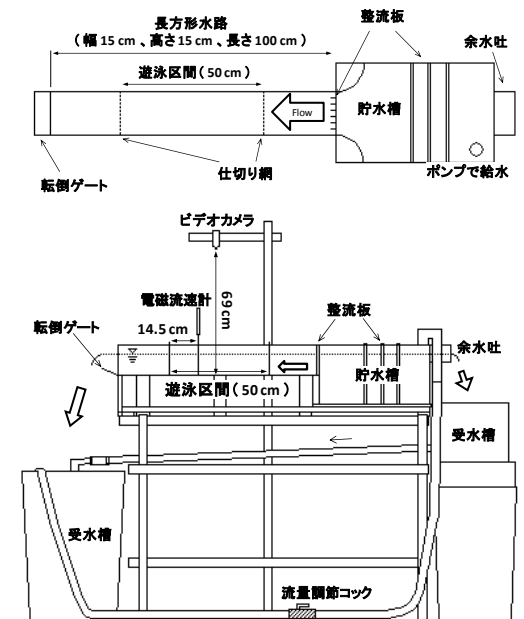
**1. はじめに** 近年、水田地帯に生息する魚類の保全を目的とした水田魚道が開発されている。その設計流速の指標のひとつに、魚の巡航速度（60分間以上持続できる遊泳速度）がある。水田魚道を利用するメダカの巡航速度については定量化されておらず、未だ不明確である。そこで、本研究ではメダカの巡航速度の解明を目的とした。一方、臨界遊泳速度（Critical Swimming Speed, 以下CSSと称す）は、1回の遊泳実験で、魚をある流速から60分間ごとに段階的に泳がせ、魚が流れに耐えきれず、押し流されるときに最大遊泳速度と定義されている<sup>1)</sup>。中村ら<sup>2)</sup>や泉ら<sup>3)</sup>もこの速度を巡航速度とみなしているため、本研究においてもメダカのCSSを巡航速度とみなすこととした。本報告は2013年<sup>4)</sup>から引き続き、段階ごとの流速増加分を小さくして遊泳実験を実施し、メダカの体長とCSSとの関係および総遊泳時間延長による影響について検討したものである。

**2. 実験方法** 実験装置は泉ら<sup>3)</sup>と同様のもので、余水吐と整流板のある貯水槽と透明アクリル製の長方形水路（幅15cm・高さ15cm・長さ100cm）で構成されており、水平に設置されている（Fig.1）。水路内の上・下流側に目合い2mm×2mmの金網にナイロンネット（2mm×3mm）で覆った仕切網を設け、供試魚はこの仕切網の50cm区間内を遊泳できる。また、水路の下流端には水深調節用の転倒ゲートがある。実験に用いた水は、カルキ抜きした水道水で、下流の受水槽からポンプで上流貯水槽へ給水し、装置内を循環するシステムになっている。

メダカは、静岡県の浜名湖周辺の水域で採捕された野生種57尾で、体長1.3~2.8cm（平均体長2.2cm）を用いた。実験は室内に装置を設置して6回行い、一度に8~10尾を水路内で3分ほど馴致した後、第1段階の流速に調整して遊泳させた。第2段階以降の流速は、泉ら<sup>4)</sup>の実験で増加分を $5\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 程度としていたため、今回は $3\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 程度とした。水路中央部の水深は7.0~7.5cmとした。また、実験時の水温はメダカの遊泳に影響を及ぼさないように23~24℃に調節した。

60分間CSS ( $V_{60\text{CSS}}$ ) は(1)式で算出される。 $V_{\text{max}60}$ は60分間完泳できた最大の流速、 $V_{\text{max}}$ は $V_{\text{max}60}$ より速く、魚が途中で下流の網に張り付いてしまった流速、 $T$ は $V_{\text{max}}$ における遊泳時間 (s) である。

$$V_{60\text{CSS}} = V_{\text{max}60} + (V_{\text{max}} - V_{\text{max}60}) \times T / 3,600 \quad (1)$$



**Fig.1** 実験装置の概要  
Overview of experimental apparatus

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

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

キーワード：メダカ 臨界遊泳速度 巡航速度 水田魚道

また、CSS を算出する際には、後日行った各流速条件の流速分布測定から、メダカの遊泳位置における流速を用いた。

**3. 実験結果と考察** 泉ら (2013)<sup>4)</sup> で得られた 46 尾を加えた計 103 尾の個体データで検討を行った。**Fig.2** は、各個体の 60 分間 CSS を算出し、体長の関係を示したものである。体長ごとにばらつきはあるものの、CSS と体長の間には正の関係がみられた。仮に、回帰直線から本研究に用いたメダカの平均体長 2.1cm における 60 分間 CSS を求めると、 $12\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$  となる。端ら<sup>5)</sup> によるメダカにとって安全な流速が  $15\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$  であるという報告や、大友<sup>6)</sup> によるメダカの巡航速度が  $13\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$  であるという報告とおおむね一致し、実験方法や供試魚は異なるが、供試魚サイズと巡航速度の関係性を明瞭に示している。

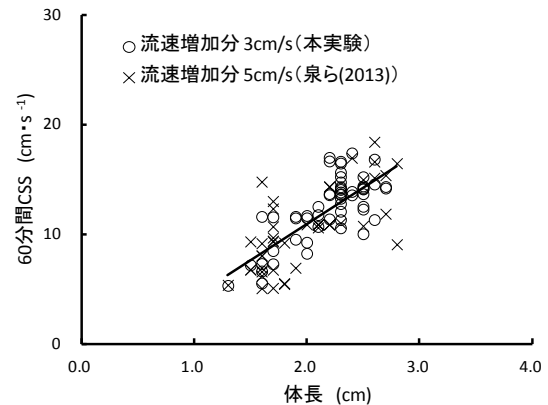
一方、CSS は体長 (BL : cm) の倍数でも表され、60 分間 CSS を ( $V_{60\text{CSS}}/\text{BL}$ ) で表すと、その速度は  $3\sim 9\text{BL}\cdot\text{s}^{-1}$  となった。合計 103 個体の平均体長は 2.1cm、平均  $V_{60\text{CSS}}/\text{BL}$  は  $5.4\text{BL}\cdot\text{s}^{-1}$  (標準偏差 1.1) であった。平均体長 5.7cm のヤマメ稚魚 ( $5.5\text{BL}\cdot\text{s}^{-1}$ )<sup>3)</sup> や 6.9cm のベニザケ ( $5.1\text{BL}\cdot\text{s}^{-1}$ )<sup>7)</sup> とほぼ同じである。

また、メダカのような遊泳能力の小さな魚を本実験の方法で遊泳させる場合、遊泳段階の流速増加分の大小によって供試魚の持続可能な遊泳能力全体に影響があると思われる。段階ごとの流速増加分が小さいほど総遊泳時間は長くなり、疲労の増化により CSS が減少する可能性が考えられる。そこで、体長ごとに負けるまでの総遊泳時間ごとの個体数を調べた。全 103 個体の平均体長は 2.1cm であったため、体長 2.1cm の個体のものを一例として **Table.1** に示した。個体数は 8 尾で、そのうち総遊泳時間 1~2 時間の個体が 5 尾、それよりも 2~3 倍長く遊泳した個体が 3 尾となった。この 8 尾における CSS は、平均  $11\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$  (標準偏差 0.7) でほぼ同じであった。このことから、段階を重ねることで総遊泳時間が大きく増加し疲労が増加しても、体長と CSS の関係性にほとんど影響がないと考えられる。

**4.まとめ** メダカの臨界遊泳速度を巡航速度とみなして 2013 年<sup>4)</sup> から引き続き遊泳実験を行った。その結果、60 分間 CSS と体長との間に正の関係があることがより明瞭となり、メダカの臨界遊泳速度は体長の 5.4 倍程度であることがわかった。また、段階ごとの流速増加分を小さくし、総遊泳時間の増加による体力の消耗を増加させても、CSS と体長との関係性にほとんど影響を及ぼさなかった。

**謝辞** : 本研究に協力して下さった弘前大学農業水利学研究室の学部生に心より感謝致します。

**参考文献** : 1) Brett, J.R. (1964) : The respiratory metabolism and Swimming Performance of Young Sockeye Salmon, J. Fish. Res. Bd. Can., 21(5), 1183-1226. 2) 中村幸雄ら(1991) : 新しい遊泳能力測定装置による海産魚類の遊泳能力の評価, 海洋生物環境研究所研究報告, No.91203, 1-33. 3) 泉ら(2011) : 河川水を用いたヤマメ稚魚の臨界遊泳速度に関する実験, 農業農村工学会論文集, 237 : 1-6. 4) 泉完, 大塚勇介, 清水秀成, 東信行(2013) : メダカの臨界遊泳速度 (巡航速度) に関する実験, 平成 25 年度農業農村工学会応用水利研究部会講演集, 1-8. 5) 端憲二ら(2001) : 流れにおけるメダカの遊泳行動に関する実験的考察, 農土誌 69 (9), 987-992. 6) 大友芳成(2007) : モツゴ, メダカ, ドジョウの遊泳能力, 埼玉県農総研研究報告 資料, (7), 129-131. 7) Brett et al (1958) : The effect of temperature on the cruising speed of Young Sockeye Salmon and coho Salmon, J. Fish. Res. Bd. Can., 15, 587-605.



**Fig.2** 60 分間 CSS と体長との関係  
The relation between 60 minutes CSS and body length

**Table.1** 体長 2.1cm における総遊泳時間と個体数  
Total swimming time and the number of specimen  
in body length 2.1cm

体長 2.1 cm	個体数 8 尾	
CSS 11 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$	標準偏差 0.7 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$	
負けた段階	総遊泳時間 (hr)	個体数 (尾)
第 1	0 ~ 1	0
第 2	1 ~ 2	5
第 3	2 ~ 3	0
第 4	3 ~ 4	1
第 5	4 ~ 5	2
第 6	5 ~ 6	0