

## 魚類의 行動에 關한 研究\*

## 1. 붕어의 游泳力

孫 泰 俊\*\*

## Study on the Behavior of the Fish

1. The Swimming Force of Crusian carp, Carassius carassius

Tae-Jun SOHN

The author carried out an experiment for the dynamical swimming force of crusian carp, Carassius carassius. The experimental water tank was made of 4mm thick transparent acryl board in the right hexahedral shape (400L×240W×800H mm). The water temperature in the tank ranged 20.6°C to 21.2°C. The water level in the tank was maintained 70cm high from the bottom. The measurement of the swimming force was carried out by use of strain gauge.

The results obtained can be summarized as follows :

1) The momentary maximum swimming force  $F_M(g)$  and the sustainable maximum swimming force  $F_S(g)$  can be expressed as a function of the body weight  $W(g)$ .

$$F_M=1.45W, \quad F_S=0.29W$$

where the momentary maximum swimming force means the highest value, and the sustainable maximum swimming force means the mean high value sustained for 4 to 5 seconds presented in the recording paper.

2)  $F_M$  and  $F_S$  can be expressed as a function of the body length  $L(cm)$ .

$$F_M=0.11L^{2.63}, \quad F_S=0.15L^{1.77}$$

3) The coefficient of hydraulic resistance for crusian carp was derived as 0.287.

## 緒 論

고기의 游泳能力은 游泳速度와 游泳力의 두가지 側面에서 考察할 必要가 있다. 游泳速度에 關하여는 Bainbridge(1958), Hunter(1971), 木村(1934), 紫田(1968), 李(1975) 등 많은 研究가 있으나, 游泳力에 關한 研究는 적고, Gray(1936)에 의한 돌핀의 推力, 梨本(1980)에 의한 무지개송어의 游泳力, 高·金(1982)에 의한 잉어의 拘引力, 米盛에 의한 魚體

의 抗力馬力 등에 關한 研究가 있다.

고기가 自然스럽게 游泳하다가 刺網에 罹網될 때의 行動과 그 때 그물에 作用하는 힘을 알아 내는 것은 刺網의 漁獲性能을 解析하는 데 重要하다.

本 研究에서는 고기가 刺網에 罹網될 때 그물에 미치는 힘의 크기와 魚體의 流體抵抗係數를 究明하기 위하여 붕어(Carassius carassius)를 供試魚로 하여 試驗水槽에서 游泳力을 測定하고 그것의 魚體크기와 의 關係를 調査하였다.

\* 이 論文은 1983年度 文教部 學術研究助成費에 依하여 研究되었음

\*\* 濟州大學校 : Jeju National University

材料 및 方法

供試魚는 金海所在 淡水養魚場에서 養魚한 體長 7.5~11.5cm, 體重 16~49g인 붕어 50마리이며, 이것을 水溫 20.6~21.3°C인 飼育水槽에서 8日間 適應시킨 다음 實驗에 使用하였다.

試驗水槽는 透明한 아크릴관(두께 4mm)으로 만든 直六面體(400L×240W×800H mm)이며, 바닥은 白色으로 하고, 물의 깊이는 70cm로 유지하였다.

游泳力測定裝置는 Fig.1과 같이 電子저울方式으로 되어 있는데, 信號檢出部, 增幅部, 記錄部의 세

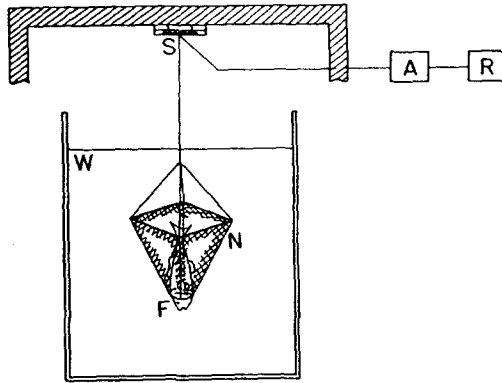


Fig. 1. Schematic illustration of experimental apparatus for measuring swimming force of fish. S, strain gauge; A, amplifier; R, recorder; N, net; F, fish; W, water tank.

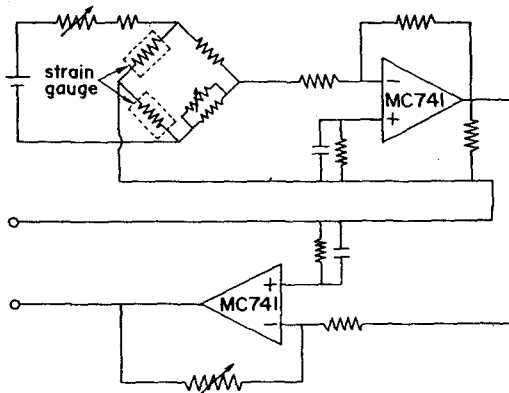


Fig. 2. The circuit of electronic balance using strain gauge.

부분으로 構成되어 있다. 信號檢出部에서는 strain gauge를 利用하여 游泳力의 信號를 檢出하고 增幅部는 檢出部에서 檢出한 信號를 演算增幅器(operational amplifier)로 450배 增幅시켜 x-y記錄器에 연결

하였다. strain gauge와 增幅器의 回路圖는 Fig.2와 같다. 고기에는 멩에를 씌워 고기가 어느 方向으로 運動하여도 游泳力을 測定할 수 있도록 하였다. 멩에는 直徑 2mm인 철사로서 위쪽은 한 변이 8.5cm인 正四角形, 아래쪽은 直徑이 2cm인 圓, 높이는 8cm인 四角錐臺型의 틀을 만들고, 그것의 옆면에 나이론 210D/3×3 20mm되는 網地를 두른 것이다. 멩에의 뒤끝에는 直徑 2mm되는 철사를 달아 strain gauge에 連結하였다.

游泳力을 測定할 때는 고기를 조용히 머리부터 멩에에 몰아 넣고, 고기의 머리부분이 멩에끝에 꽂혀 멩에를 밀고나갈 때의 힘을 測定하였다. 이 測定은 供試魚 個體마다 30秒間 계속 記錄紙에 記錄하였으며, 時間은 0.05秒 間隙으로, 游泳力은 0.28g 間隙으로 判讀할 수 있도록 하였다. 個體別 游泳力은 記錄中에서 힘의 크기가 가장 큰것을 瞬間最大游泳力, 4~5秒間 持續되는 記錄을 平均한 것을 持續最大游泳力으로 간주했다.

魚體의 크기는 體長 Lcm, 體高 Hcm, 體幅 Bcm, 體重 Wg을 測定하고, 魚體의 垂直斷面은 體高가 長軸, 體幅이 短軸인 타원으로 보고 魚體垂直斷面積(S)는  $S = \frac{\pi}{4} HB$ 으로 計算하였다.

結果 및 考察

供試魚의 體長別 游泳力은 Table 1과 같다.

1. 初期條件

x-y記錄器에 記錄되는 游泳力值에는 멩에의 流體抵抗이 포함될 것이나, 멩에와 strain gauge간의 距離가 일정하며, 고기의 運動距離가 극히 짧으므로 멩에의 流體抵抗은 무시했다.

2. 游泳力과 體重과의 關係

瞬間最大游泳力( $F_M$ ) 및 持續最大游泳力( $F_S$ )과 體重(W)과의 關係는 Fig.3 및 Fig.4와 같으며 關係式은 다음과 같다.

$$F_M = 1.45W$$

$$F_S = 0.29W \quad \text{이다.}$$

梨本(1980), 奈良迫(1976)는 무지개송어의 瞬間最大游泳力은 體重의 약 1.5배, 持續最大游泳力을 약 0.25배라고 報告한바 있는데, 本 實驗에서는 瞬間最

Table 1. Specification of the trial fish swimming force observed

Range of Body Length (cm)	Number of fish	Mean Body Weight (g)	* Mean Cross sectional area(cm <sup>2</sup> )		Mean Sustainable maximum swimming force (g)	Mean Momentary maximum swimming force (g)
			S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>		
7.0- 8.0	1	16.0	2.29	2.12	5.0	17.5
8.0- 9.0	13	23.0	3.25	3.18	7.1	34.0
9.0-10.0	18	28.2	3.87	3.69	7.8	40.0
10.0-11.0	13	35.9	4.75	4.35	10.0	52.7
11.0-12.0	5	44.0	5.96	5.51	13.8	64.0
Total	50	—	—	—	—	—

\* S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub> denote the cross sectional area of neck and body, respectively

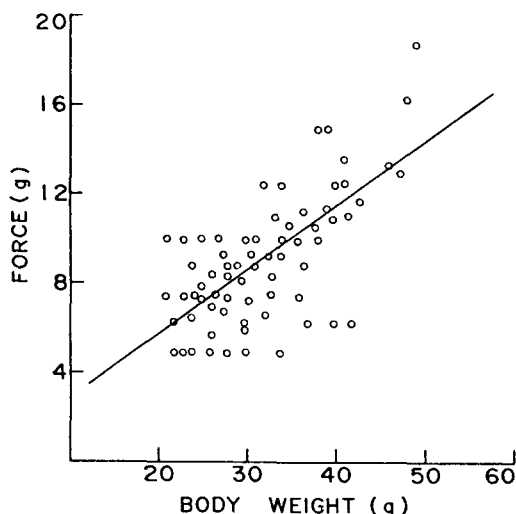


Fig. 3. Relation between momentary maximum swimming force( $F_M$ ) and body weight of the trial fish ( $W$ ).

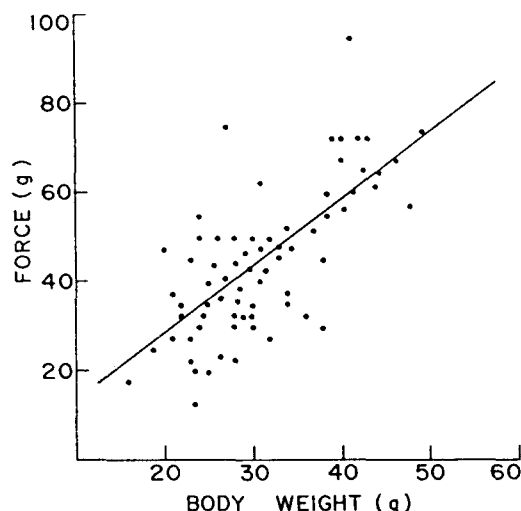


Fig. 4. Relation between sustainable maximum swimming force ( $F_S$ ) and body weight of the trial fish ( $W$ ).

大游泳力은 體重의 1.45배, 持續最大游泳力은 0.29배여서 梨本등의 무지개송어에 대한 그것과 거의 일치 한다.

### 3. 游泳力과 體長과의 關係

游泳力과 體長( $L$ )의 關係는 Fig.5와 같고 關係式은

$$F_M = 0.11 L^{2.63}$$

$$F_S = 0.15 L^{1.77} \quad \text{이다.}$$

結果에 나타난 바와 같이 瞬間最大游泳力( $F_M$ )은 體長의 2.63승에 比例하고, 持續最大游泳力( $F_S$ )은 體長의 1.77승에 比例한다.

奈良迫(1976)은 游泳力이 魚體의 容積 즉, 體長의 3승( $L^3$ )에 比例하는 것으로 가정하였는데, 瞬間最大游泳力은 奈良迫이 가정한 것과 다소 가까운 값을

보이나 持續最大游泳力은 상당한 차이가 있다.

### 4. 魚體의 流體抵抗係數

고기가 魚體를 前進시키는 推力 즉 游泳力은 魚體에 作用하는 流體壓力抵抗에 의하여 받은 抗力  $R_S$  즉, 持續最大游泳力  $F_S$ 와 같다고 보면

$$R_S = F_S = \frac{1}{2} C_S \cdot \rho \cdot S \cdot V_{max}^2$$

여기서,  $C_S$ : 抵抗係數,  $\rho$ : 流體密度( $\rho = 102 \text{ kg/m}^3$ ),  $S$ : 魚體垂直斷面積,  $V_{max}$ : 最大游泳速度이다.

그런데 本 實驗에서는 붕어의 最大游泳速度는 測定하지 못했는데, Bainbridge(1958)는 붕어의 最大游泳速度와 體長과의 사이에  $V_{max} = 12.6L$ 라는 관계가 있다고 하였으므로 여기서도 그것을 引用하면,  $L$ 의

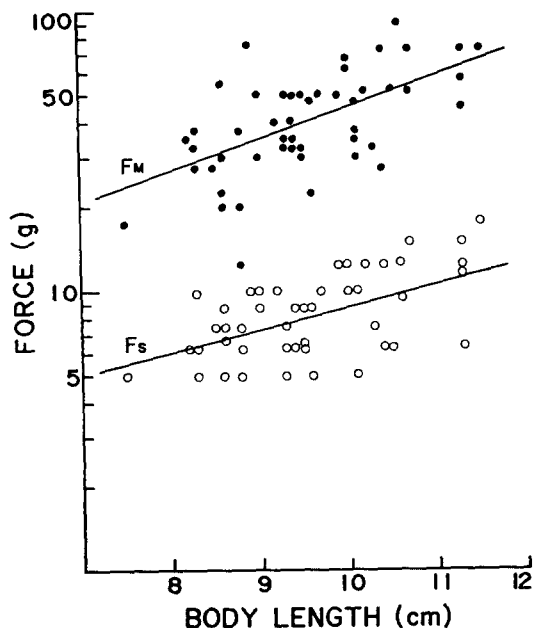


Fig. 5. Relation between momentary maximum swimming force ( $F_M$ ), sustainable maximum swimming force ( $F_S$ ) and body length.

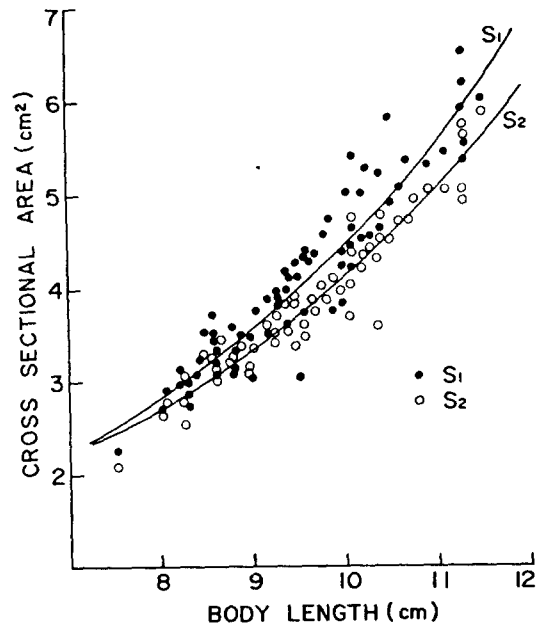


Fig. 6. Relation between cross sectional area of the neck ( $S_1$ ), body ( $S_2$ ) and body length.

平均이 9.57cm이므로  $V_{max}$ 는 대략 120.58cm/sec이다. 魚體垂直斷面積은 Fig. 6과 같이 아가미 부분의 것이 몸통부분의 것보다 크므로,  $S$ 로서 아가미부분의 垂直斷面積의 平均을 쓰기로하면  $S \approx 4.11\text{cm}^2$ 이다. 그리고 測定한 持續最大游泳力の 平均은  $F_S \approx 8.75\text{g}$ 이다.

이것을 위 式에 대입하면 붕어의 流體抵抗係數는  $C_S \approx 0.287$ 이 된다.

그런데 梨本(1980)가 무지개송어에 관하여 測定한 것은  $C \approx 0.09$ 여서, 이보다는 매우 작는데, 그것은 魚種, 고기의 형태 및 크기, 測定方法의 差異등에 基因된 것으로 생각된다.

## 要 約

고기가 刺網에 罹網될 條件下에 그물면에 作用하는 붕어(*Carassius carssius*)의 游泳力을 試驗水槽에서 strain gauge를 써서 測定한 結果는 다음과 같다.

1. 瞬間最大游泳力 및 持續最大游泳力과의 體重과의 關係는

$$F_M = 1.45W, \quad F_S = 0.29W \text{ 이다.}$$

2. 瞬間最大游泳力 및 持續最大游泳力과 體長과의 關係는

$$F_M = 0.11 L^{2.63}, \quad F_S = 0.15 L^{1.77} \text{ 이다.}$$

3. 붕어의 流體抵抗係數는  $C_S \approx 0.287$ 이다.

## 謝 辭

本 研究에 많은 助言을 하여 주신 釜山水產大學 李秉鎭教授와 資料整理 및 實驗을 도와준 張鎬榮助教와 李潤熙, 金 虎, 吳澤潤君에게 感謝드립니다.

## 參 考 文 獻

- Bainbridge, R. (1958) : The speed of swimming of fish as related to size and to the frequency and amplitude of tail beat. J. Exp. Biol., 35(1), 109-113.
- Hunter, J. R. and Zweifel, J. R. (1971) : Swimming speed tail beat frequency, tail beat amplitude and size in jack mackerel, *trachurus symmetricus*, and other fishes.

魚類에 行動에 關한 研究

- Fish. Bull., 69, 253-266.
- 末村 喜之助(1934): 場い場所に馴らされたイワシの游泳状態に關して. 日水誌, 3, 82-87.
- 柴田 恵司(1968): 魚群探知機の解析—Ⅲ. 魚の游泳速度. 長崎大學水研報, 25, 59-95.
- 李秉錡(1975): 鰐의 游泳能力에 關한 研究. 釜山水大研報, 8, 1-13.
- Gray, J., (1936): Studies in animal locomotion, VI, The propulsive power of the dolphin. J. Exp. Biol., 13, 192-199.
- 梨本 勝昭(1980): 魚の尾の動きと游泳速度との關係, 日水誌, 43(3), 307-312.
- \_\_\_\_\_ (1980): ニジマスノ最大游泳力. 同誌, 49(8), 249-954.
- 高 冠瑞・金 龍海(1982): 낚시에 끌린 잉어가 미치는 힘과 꼬리 진동에 의한 주기성. 韓水誌, 15(3), 226-232.
- 米盛 亨(1981): 魚體抗力の測定と抗力馬力. 日水誌, 47(10), 1329-1334.
- 奈良迫 嘉一(1976): 游泳魚體の抵抗に關する基礎的研究. 慶兒島大學水產學部紀要, 25(2), 55-60.