

## テナガエビ (*Macrobrachium nipponense*) の流水に 対する応答\*

山根 猛\*\*

Reaction of oriental river prawns, *Macrobrachium nipponense*,  
exposed to water current\*

Takeshi YAMANE\*\*

### Synopsis

The reaction of oriental river prawns, *Macrobrachium nipponense*, to exposure to water currents was examined, to evaluate their ability to resist current. The motion of prawns in a circulation tank with an observation window at one side, through which a channel 5 cm wide, 5 cm deep, and 30 cm long could be viewed, was recorded by video camera at 30 frames/sec. The current velocity was set at from 10 and 20 cm/sec. The motion of four body parts (back edge of the carapace, center of the abdomen, base of the telson, and back edge of the uropod) was analyzed by a digitizer as the change in the distance from the eye of the prawn. The swimming pattern of individuals was affected by the basic pattern of movement in their biotope, which is walking for this species. The results suggested that the swimming ability of *M. nipponense* was lower than that for *Palaeomon paucidens*.

### I はじめに

漁場の環境は生物の集散と深く係わりあっている。琵琶湖南湖の浜大津沖エビかご漁場は、平均水深が約4mと浅く、流れの変向点<sup>1)</sup>付近に形成される。このように水深の浅い場所では、短期的な環境変動要因として波動が重要な因子となっている<sup>2)</sup>。特に、漁場が碎波帯付近に形成される場合、波動による振動流がテナガエビ, *Macrobrachium nipponense*, の移動、周開への分散に影響しており、かご漁業のように受動的な漁法では漁獲量が大きく影響されると予想される。テナガエビの流水に対する応答を調べることは、本種の漁場形成機構を考える際に重要であるので、本種の流水に対する応答を知る一環として流水に対する抵抗性を水槽実験によ

って調べた。

### II 実験方法

実験水槽はアクリル製でロータリーポンプ (イワキ社製, MD100R) を使った縦型循環式である (Fig. 1)。中央部には長さ30 cm, 深さ5 cm, 幅5 cmの観測水路を持ち、その両端には整流板およびもじ網 (目合4 mm) を取り付けて流れを整流化させた。

実験は観測水路内にテナガエビを1尾放流し、個体が水の流出方向にその頭部を向けた時、ポンプを作用させ流れを発生させて行った。水路内の流速はポンプ電動機への電圧を変圧器 (山菱電気社製, S-130-10) により5段階 (10, 12, 15, 17, 20 cm/sec) に変化させた\*\*\*)。なお、水路中の流速は、中央部(水

\* 本研究の一部は1989年6月第8回水産工学研究推進全国会議, (東京) にて発表した。

\*\* 水産学科漁場学研究室 (Lab. of Fisheries Hydrography, Dept. of Fisheries, Kinki Univ., Nara City, 631, Japan)

\*\*\* 流速が10 cm/sec 以下では、個体が流れに対して応答せず、流速が20 cm/sec 以上では、定位せず後方へ流された。

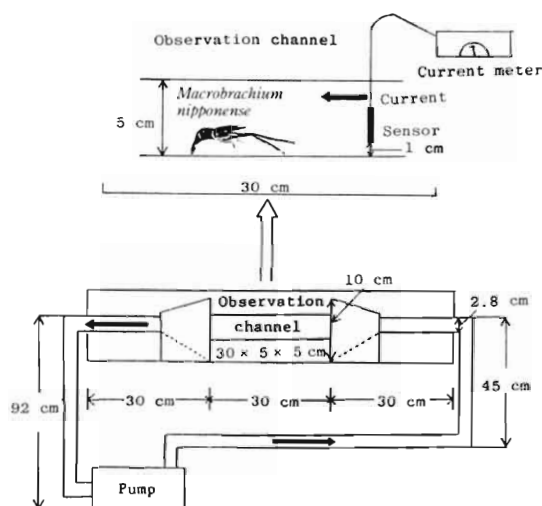


Fig. 1. Diagram of the circulation tank (side view). The arrows show the direction of the current.

底から上方1 cmの点)に電磁流速計(ユニオンエンジニアリング社製UECM200)を設置して各実験開始時に測定した。水路中の流速分布は、流速計のセンサーの寸法(直径0.9 cm, 長さ3 cm)を考慮して水平分布だけについて、中心線上一列、中央部を含め5 cm間隔で5点測定した。使用したテナガエビ(体長、15–65 mm)は琵琶湖南湖エビかご漁場で捕獲した中から50尾を各実験に使用した。

エビの様子は水槽側面からテレビカメラを用いてビデオ装置に記録した。記録時間は個体が水路の中央に位置した時からポンプを作動後水路の一端に着くまでの間(数秒から数十秒間)とした。ここでは、流水に対する個体の挙動を姿勢変化から解析するため、Fig. 2に示した5点、移動座標原点として個体の眼球部(A)、本種の体の構造上、姿勢変化に際して重要な部分である甲殻の接合部(可動部分、B、C、D)と尾肢の動きを測定するためにその先端部(E)、を測定点とした。

個体の流水に対する挙動は、30コマ/秒でビデオテープを再生して、画像解析装置により(A)から各点までの距離の変位量によって表した。実験時の水温は本種の活動が活発な $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ とした。

### III 結果と考察

テナガエビは流水に対して水底から離れて、次の3種類の反応パターンを示した。(1)定位後頭部を流水に向けたまま後方へ輸送された、(2)定位後頭部を



Fig. 2. Observation points on the body.

A, eye; B, back edge of carapace; C, center of abdomen; D, base of telson; and E, back edge of uropod. Japanese crustacean decapods and stomatopods in color, Vol. I (Hoikusha Publishing Co., Ltd.)

流水に向けたまま後方へ輸送されたのち前進した、(3)定位後前進した。実験結果は上記の3つの反応パターンに分類し、それぞれについて適応化平滑化法<sup>4)</sup>によって計測可能な場合のみ平均値で整理した。

流水に対するテナガエビの挙動の一例を、流速10 cm/secの場合の3つのパターンについてFig. 3に示した。図中縦軸は眼球部(A)から各部位までの距離(cm)、横軸は測定開始後の経過時間(秒)である。部位間距離の変位量はA~D、A~E間で他の部分より大きくなった。また、変位量は間欠的に増減した。これらのことは個体が体軸上で前後方向への可動部分、主としてD、E部、の屈伸運動を繰り返して流水に回答した事を示唆している。

テナガエビが流水に対して泳いで前進する場合、左右第2脚を、平行に揃えて前方へ伸長しきった状態(体軸と同一方向)に保ちながら、遊泳用腹肢の前後への往復運動により得られる推進力で進むことが目視観察された。エビは、この姿勢によって流水に対する抵抗を最小にすると考えられるから、屈伸運動は流水に対する姿勢制御のためと考えられる。もちろん変位量増減の程度は個体の遊泳用腹肢の運動能力とも密接に関係しているであろう。

屈伸運動は間欠的で単振動とはならず(Fig. 3)、体の構造上、変位量も上下同じでなかった。屈伸運動の繰り返し時間間隔については、変位量が大きく現れるA~D、A~E間の場合、相隣る峰(谷)の出現する時間間隔から調べた(Fig. 4)。実験値に大きな変異が認められた。同一流速で実験点の比較的多かった反応パターンについて見ると、20 cm/sec(白丸)の場合、屈伸運動くり返しの時間間隔は大型個体が小型個体に比較して長くなった。

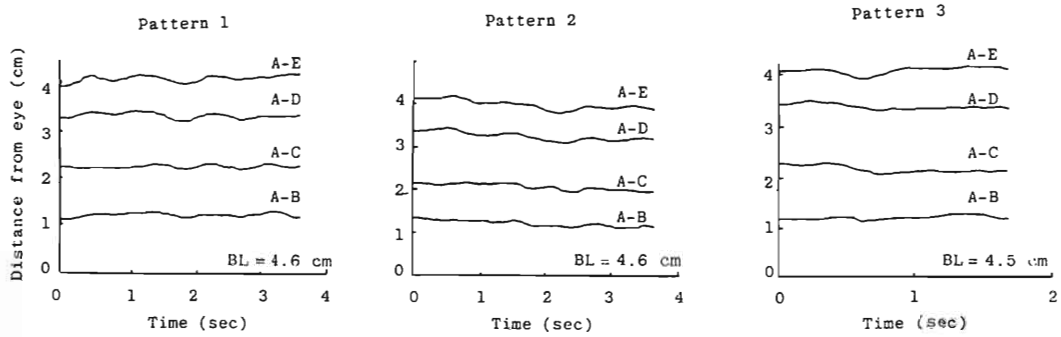


Fig. 3. Displacement of four parts in three patterns (current velocity = 10 cm/sec). A-B, Back edge of carapace; A-C, center of abdomen; A-D, base of telson; A-E, back edge of uropod; and BL, body length.

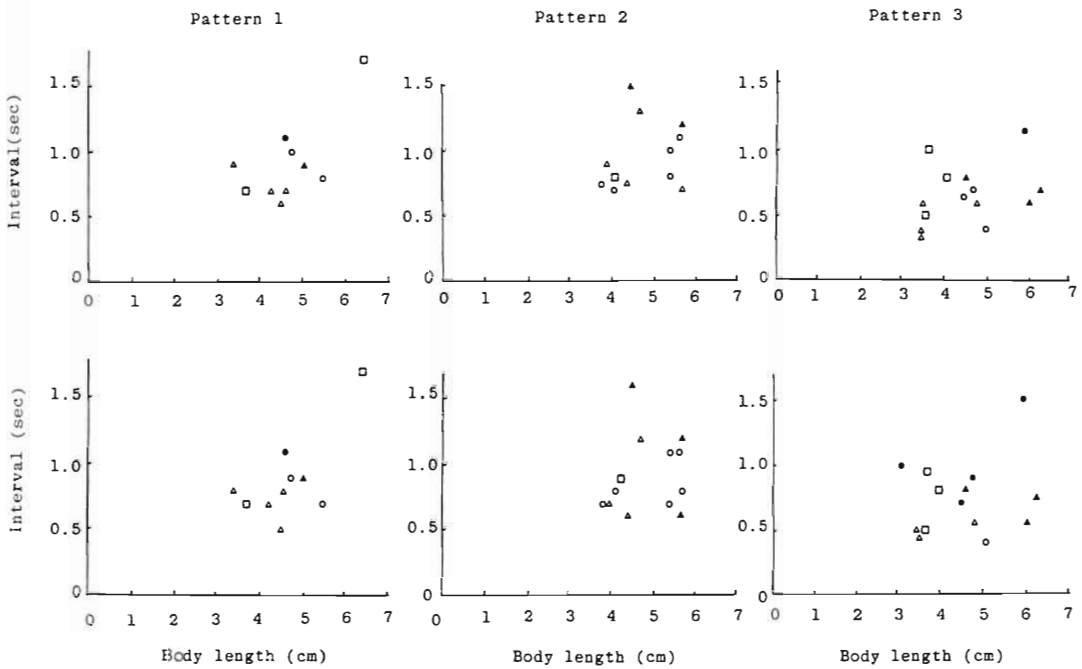


Fig. 4. Relationship between body length and time taken in bending and stretching. Time is the time after the prawn oriented itself in the current. The upper half shows results for the base of the telson, and the lower half those for the back edge of the uropod. Symbols show different in velocities. 10 cm/sec,  $\square$ ; 12 cm/sec,  $\bullet$ ; 15 cm/sec,  $\square$ ; 17 cm/sec,  $\triangle$ ; and 20 cm/sec,  $\blacktriangle$ .

個体の体長と流水に対する抵抗性との関係を調べるために、各パターンを示した個体の体長を実験流速 ( $V_r$ ) 別に整理し、 $V_r$  の関数として Fig. 5 に示した。実験値の変異が大きかったので、上限、下限および平均値で示した。パターン2について、平均的にみるならば体長は  $V_r$  の関数として整理できた。パターン2は、一度個体が後方へ輸送された後、前

進した場合であるので、大型個体程流れに対する抵抗性が大きいとみなして差し支えなかろう。他のパターンの場合、個体の流れに対する抵抗性と体長には明確な関係はなかった。

エビ類には、普通、遊泳用腹肢の前後への往復運動によって得られる推進力を利用した前方への移動と、腹部を屈曲させて得られる推進力を利用した後

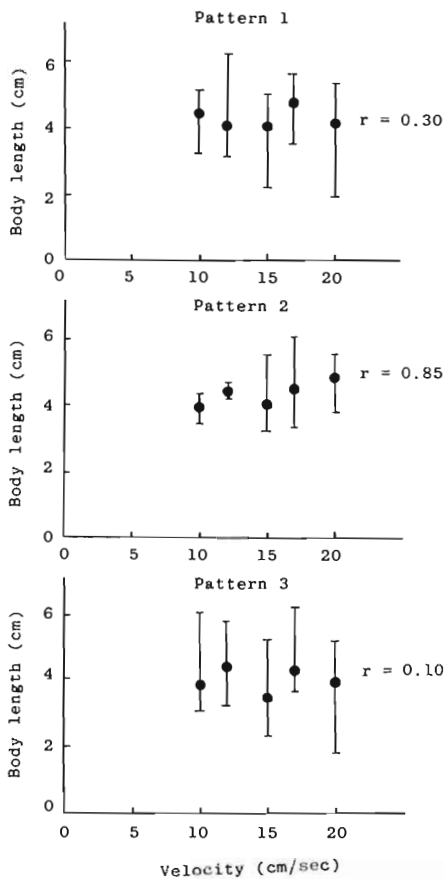


Fig. 5. Relationship between velocity and body length in the three different patterns. Upper and lower limits (—) and mean values (●) are shown.  $r$ , correlation coefficient.

方への移動(緊急時の退避行動)がある<sup>5)</sup>。さらに、静水状態において水底を歩行して移動する頻度が高いことが観察された。上記移動様式に加えて、歩脚による歩行移動も重要な移動様式の一つの考えて差し支えなからう。本種は流れの穏やかな環境を好み<sup>6)</sup>、また、流れに対する抵抗性も弱いと指摘<sup>3)</sup>されている。Fig. 5において同一流速、パターンにおいて体長の変異が大きかったことは、歩行移動、の影響が大きく現れたものと推察された。本実験では後方への退避行動ではなく、前進時に間欠的な屈伸運動が観察された。本種においては流水に対して前進する場合、姿勢制御のために用いる遊泳用腹肢の運動に加えて体の屈伸運動も用いるものと想像される。

テナガエビの流水に対する抵抗性についてさらに検討するために、同じ水域に生息しているスジエビ、*Palaemon paucidens*、の流水に対する応答\*と比較する。

ただし、実験に使用した個体の体長が異なっていたので、比較に先立ち、体の屈曲運動様式に差はないと仮定して、振動が比較的多く出現するA~D、A~E間の距離についてその変位量を体長で割って基準化した。その結果は流速の関数としてFig. 6に示した。テナガエビの変位量はすべてスジエビより小さく、さらに、スジエビの場合、流速の増加にともない変位量も大きくなる傾向を示したが、テナガエビでは、流速の最小値と最大値で変位量が小さかった。多くの生物において、常にその種にとって最適状態で運動がなされている<sup>7)</sup>ことからすると、テナガエビは基本的には、遊泳用腹肢の前後への往復運動により得られる推進力と屈伸運動による姿勢制御で流水に応答するが、遊泳用腹肢の運動性能および体型変化能力がスジエビより劣ると推察された。

遊泳用腹肢の運動能力はその形態と密接に関係する。ここでは遊泳用腹肢中最大の第3腹肢外肢について一例ではあるが形態的特徴について調べた結果を参考までに示す。頭胸甲長でテナガエビは1.4 cm、スジエビは0.9 cmであった。ここで遊泳用腹肢の平面形の特徴を示す指標としてアスペクト比<sup>8)</sup>(腹肢を楕円板で近似)を求めた結果、テナガエビで2.4、スジエビで2.8となった。これらからスジエビの腹肢のほうがテナガエビのそれより往復運動に際して付加質量の影響が少なくなることが示唆された。

腹肢縁辺の剛毛はそれらの後方への動きに伴って開き抵抗面積を増加させる。一方、前方への動きではそれがすぼめられて抵抗面積が減少するように働く<sup>5)</sup>。腹肢縁辺の剛毛の長さ(1 cm; 腹肢長軸上のもの)と腹肢の長さ(L cm)の比(1/L)はテナガエビで0.21、スジエビで0.25となり、後者が前者より抵抗面積の増減能力が優れていることが推察された。

個体の計測は各種について一例ではあるが成体(雄)であったことからそれぞれの数値は種の形態的特徴をある程度表しているとみて差し支えなからう。これらからテナガエビの遊泳能力はスジエビより低いことが推察された。生物が環境に適応して生息していることからすると、テナガエビが流れの緩やかな場に生息している<sup>6)</sup>ことは本研究結果からも

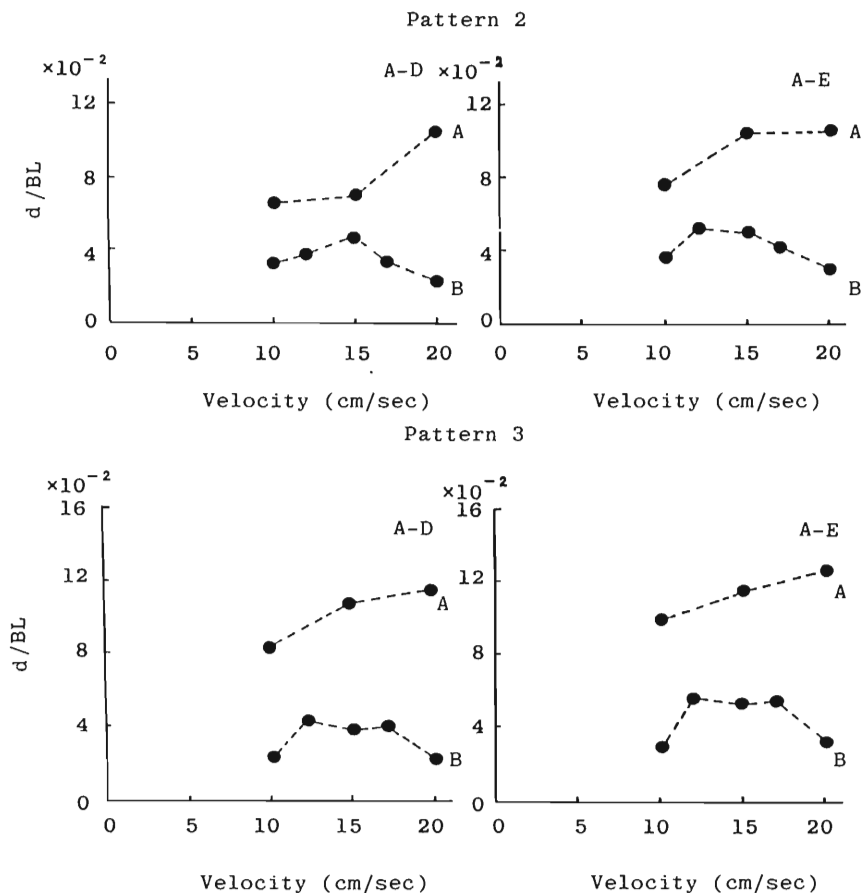


Fig. 6. Relationship between velocity and the nondimensional value  $d/BL$ . A, *Macrobrachium nipponense*; B, *Palaeomon paucidens*; BL, body length; and d, displacement of each part.

理解できる。

南湖では漁場が砕波帯付近に形成される場合があり、短期的な環境変動要因として波動が重要な因子となっている<sup>2)</sup>ことからすると波動による振動流(個体に対する流向も含む)に対する応答について調べる必要があるが、この点については今後の研究課題とする所存である。

#### IV 要 約

テナガエビの流水に対する応答について水槽実験から検討した。流水に対する本種の応答は生態環境での基本的な移動様式、歩脚による歩行移動、の影響を大きく受け、かつ遊泳能力は同一水域に生息するスジエビより低いことが示唆された。

#### V 謝 辞

本研究を遂行するにあたり有益な助言を賜った本学農学部津田良平教授に深く感謝する。テナガエビの採集は滋賀県立琵琶湖文化館館長林弘和氏、同館学芸員前畑政善氏、秋山廣光氏、松田征也氏、桑原雅之氏の協力を得て行った。データの整理に際して本学学生中田恭仁氏、松浦隆之氏に協力いただいた。ここに記して感謝の意を表す。

#### VI 文 献

- 1) 岩佐義朗・井上和也・磯久礼志・村田直人：海岸工学講演会論文集，25，571～575（1978）
- 2) 山根猛・飯高勇之助・斯波裕司：本誌，21，35～43（1988）
- 3) 小笠原義光：日本のエビ・世界のエビ（東京水

- 
- 産大学第9回公開講座編集委員会編), 32, 恒星社恒星閣, 東京 (1981)
- 4) 南茂夫: 波形データ処理84, CQ出版, 東京 (1987)
- 5) 東昭: 生物・その素晴らしい動き34, 35, 36, 共立出版, 東京 (1986)
- 6) 上田常一: 日本淡水エビ類の研究, 102, 園山書店, 島根 (1970)
- 7) 広瀬茂男: 生物機械工学, 18, 19, 工業調査会, 東京 (1987)
- 8) 藤本武助: 流体力学130, 131, 養賢堂, 東京 (1975)