

移動網に対するサクラエビの行動*

何 権滋**・青木一郎***・青山恒雄***

The Reaction of Sergestid Shrimp to a Moving Net

Chuan-Hung HO**, Ichiro AOKI*** and Tsuneo AOYAMA***

Abstract

The reaction of sergestid shrimp to a moving net was investigated in the laboratory to evaluate the efficiency of the fishing gear. The effects of color, attack angle, mesh size, and towing speed of the net were examined. A white net is a little more effective than a reddish brown one in driving the shrimp. It is verified that white is a suitable color for the wing of the commercial net.

As in the case of fish, the shrimp is easily driven into the cod-end when the attack angle of the net is small. It is recommended that the belly of the commercial net is elongated. The rate at which shrimp pass through the net is higher in the case of a high towing speed, while the reverse is true for the rate of turn back. The role of the shrimp's antennae in determining the shrimp's response to the net was recognized.

網漁具の漁獲性能を有効に発揮させるためには、操業中の網成りと同時に、漁具に対する漁獲対象生物の行動を考慮に入れ設計する必要がある。曳網に対する魚の行動の研究は少なくないが、サクラエビのような動物プランクトンの網に対する反応行動については、ほとんど調べられていない。そこで、基礎段階として実験水槽においてサクラエビの網に対する行動を調べたので報告する。

1. 実験装置と方法

実験装置 装置を Fig. 1 に示す。実験は黒いビニール幕で外部からの光を遮断した室内で行った。実験水槽(長さ 90 cm, 幅 45 cm, 水深 18 cm)は正面を除いて、他の側面および底面を黒いビニール幕で被った。実験水槽には、水面上約 7 cm のところに、曳網装置を取付けた。この装置は網(d)をはった框(c)を保持した台車(b)が、可変モーターにより駆動されるロープ(a)でレール

の上を動くようになっている。台車の移動速度は 1.2~10.2 cm/s, 移動距離は約 55 cm, 網枠とその移動方向のなす角(迎角)は 35°~90°の範囲で可変とした。網は網糸が枠と 45°をなすように取り付けた。使用した網地は Table 1 に示す 3 種である。このうち, No. 1 の網地は通常のサクラエビ網の袋網前部に使用されているものであり, No. 3 の網地は cod-end に使用されているものである。

サクラエビは、透明度 5~6 m 程度のかかなり濁った海の水深 200 m~300 m のところに分布し、昼沈降し、夜間は浮上するという日周垂直運動を行っている(大森 1970)。従って生息域の照度は昼でもかなり低いのであるが、本実験では目視でエビの行動を観察できるように、実験室の天井灯に蛍光灯 40 W を点灯した。実験時の水槽底面の照度は 1~9 lux の範囲であった。

方法 実験は静岡県由比港漁業協同組合の一室で、1980年12月に予備実験を、1981年5月6日から6月3日にかけて本実験を行った。

水槽内のサクラエビは水槽壁、あるいは底部で静止していることが多く、あまり動かないため、本実験では、いずれもサクラエビが壁を離れ移動する機会をとらえ、サクラエビが網に向っているときに網を動かし、それに対する反応行動を肉眼で観察する方法で行った。なお、

* 1983年4月28日受理

** 台湾省立海洋学院

National Taiwan College of Marine Science and Technology, Keelung, Taiwan, Republic of China

*** 東京大学海洋研究所

Ocean Research Institute, University of Tokyo, Minamidai, Nakano, Tokyo 164, Japan

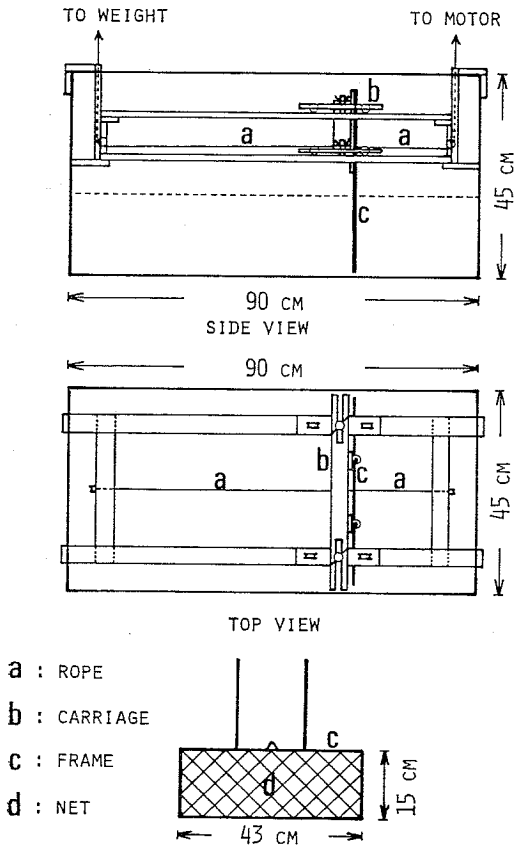


Fig. 1. Diagram of the tank and equipment for the experiment.

Table 1. Netting used in the experiment.

Net No.	Stretched mesh size (cm)	Material	
		Color	Twine
1	15.2	White	N & P* dia. 2.13 mm
2	4.2	White	Vinylon dia. 0.78 mm
3	4.2	Reddish-brown	Polyamid dia. 0.73 mm

* N & P: Polyamid and polyethylene compound.

水槽の水温は 18°C 以下に保ち、また、流れの影響を受けないように、止水で実験した。実験に使ったサクラエビは沼津沖漁場で漁船により漁獲された頭甲長 35~40mm のものを生かして持ち帰り、実験まで水槽で飼育した。その間、水温は 18°C 以下に保ち、餌としては、アルテミアを 1日1回夕刻に与えた。実験は 2 種類の色網、3 種類の網角度、2 種類の目合、4 段階の曳網速度および

触角の有無の 5 条件について行った (Table 2)。水槽には 10~20 尾を入れて実験を行った。

2. 結果と考察

観察結果は、移動する網に遭遇した時のサクラエビの反応を、網目を通り抜ける・網にかかる・網に沿って泳ぐ・反転して逃げる、の 4 行動に分けて整理し、実験条件による行動の差について χ^2 検定を行った。

網の色による効果 結果を Fig. 2 に示す。

図示されるように、サクラエビは、白網と小豆色の網に対して、異なる反応を示している。この両色の効果を比較すると、網にからまる率は小豆色の網の方が高く、その他は逆となっている。とくに網目を抜ける率は白網の方がかなり高い。つまり、サクラエビにとって白網の方が小豆色の網より網を識別しやすいと見られる。移動中の網の色に対する魚の反応について、草下(1957)は水槽で行動実験を行い、網の色彩は赤のような濃く鮮明なものの方が白のように淡く、不鮮明なものより駆集効果がよいと指摘した。本実験の結果は草下の指摘と逆になるが、これは種や生態の差によるものであろう。

実際の漁具では、白網は袖網部に、小豆色の網は袋網に使われている。本実験の結果から判断すると、駆集効果が大きいことが要求される袖網に白網を使用していることは適切であると判断される。

移動する網との迎角度による効果 結果を Fig. 3 に示す。迎角が大きい程羅網率が高くなるが、網に沿って動く反応は著しく減少し、90° では皆無となる。網目を抜ける割合にはほとんど差がない。反転する反応は、90° の時のみ見られる。

以上のように、サクラエビについても、他の魚の場合(和田 1973)と同様に、迎角が小さい方が、網に沿って動く場合が多く、羅網しにくいという結果を得た。つまり、袖網や脇網部の迎角を小さくした方がエビを袋網の奥に追い込みやすいことになる。サクラエビ曳網では袖網や脇網の目合は袋網後部の目合よりかなり大きく、羅網したエビは、網の内から外に向う流れによって、網の外に抜け出てしまう。迎角を小さくするには、網を長くするか、網の水平展開を小さくすればよい。

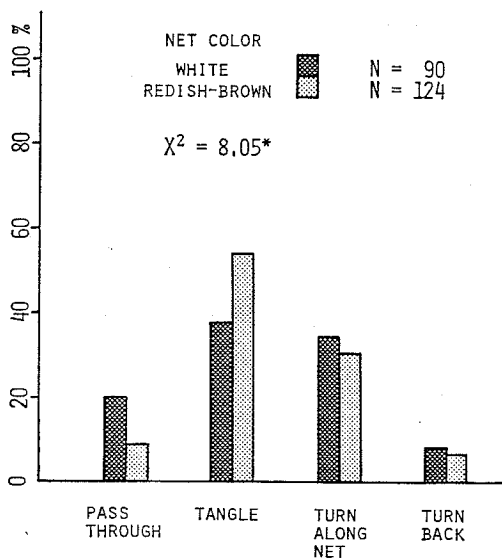
サクラエビ曳網では操業時の船間距離を狭くすれば、網の水平展開を小さく、網口高さを高くすることができる。サクラエビ群の上下方向の厚さは 22 m 程度であるが、現在使用されている網の網口高さは 30 m 以上であり、エビ群の厚みに対して十分の高さを持っている。一方、サクラエビの水平分布の幅は厚さに比べ、はるかに

移動網に対するサクラエビの行動

Table 2. Combination of experimental conditions used in each experiment.

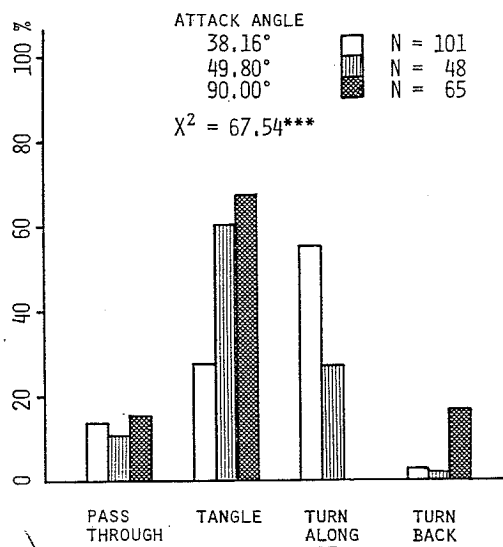
Exp. No.	Condition					Net No. in Table 1
	Net color ¹⁾	Mesh size (cm)	Antennae	Towing speed (cm/s)	Attack angle of net (deg.)	
1	W	4.2	WITH	1.2	38.2	1
2	W	4.2	WITH	1.2	49.8	1
3	W	4.2	WITH	1.2	90.0	1
4	RB	4.2	WITH	1.2	38.2	2
5	RB	4.2	WITH	1.2	49.8	2
6	RB	4.2	WITH	1.2	90.0	2
7	W	15.2	WITH	1.2	38.2	3
8	W	15.2	WITH	1.2	49.8	3
9	W	15.2	WITH	1.2	90.0	3
10	RB	4.2	WITHOUT	1.2	38.2	2
11	W	4.2	WITHOUT	1.2	38.2	2
12	W	15.2	WITHOUT	1.2	38.2	2
13	W	15.2	WITH	1.2	90.0	1
14	W	15.2	WITH	3.3	90.0	1
15	W	15.2	WITH	6.4	90.0	1
16	W	15.2	WITH	10.2	90.0	1

1) W: White RB: Reddish-brown



* SIGNIFICANT AT 5% LEVEL.

Fig. 2. Effect of net color on the behaviour of sergestid shrimp.



*** SIGNIFICANT AT 0.1% LEVEL.

Fig. 3. Effect of attack angle of net on the behaviour of sergestid shrimp.

大きいから、漁獲効率の上では、網口の高さよりも水平展開の方を重視しなければならない。従って、網口の水平展開を小さくすることなく、迎角を小さくする必要がある。そのためには、網の長さを長くすればよいが、長すぎると、抵抗が増すようになり、操業に不便である。

なお、この点の打開策として双胴網 (和田 1973) を使用することも 1 法として考えられるが、サクラエビ曳網の場合は、頻繁に針路をかえて操業するので、網成り上の問題があるし、エビ取り込み法の改良等の課題も伴うことになる。

ところで、サクラエビ網の構成は袖網長が異常に長い。模型実験の結果によると、袋網部の展開には袖網は効いていない。従って、現行のサクラエビ網の袖網の長さを縮め身網の長さを大きくする方がよいと考えられる。

目合による効果 サクラエビ漁具の目合は、袖網先端の 3.3 m (糸の太さ 2.73 mm) から袋網の 1.4 cm (糸の太さ 0.73 mm) まで段階的に変化させてある。本実験では、水槽の大きさによる制約もあり、目合 4.2 cm (糸の太さ 0.78 mm) と 15.2 cm (糸の太さ 2.13 mm) の 2 種類についての効果を比較した。結果は Fig. 4 に示したように、この実験条件下では、目合による反応の差は認められなかった。

BLAXTER *et al.* (1964) は水槽に張った網糸の障害効果試験を行い、網糸が太い程、魚が網に反応する距離が大きくなり、網が完全に障害として作用する間隔も大きいことを報告している。

本実験で目合差の効果を認められなかったのは、実験に使用した 2 種の網地の糸の太さに差があったためではないとも考えられるが、この点についてはさらに試験による検証が必要である。

曳網速度による効果 単位時間内の掃海面積、或いは汙水容積は、曳網速度が速い程、大きくなるが、一方、魚が網目から抜けやすくなるおそれがある (大島 1950)。他の魚と比べて遊泳力が極めて乏しいサクラエビの場合、曳網速度によって、網に対する反応に、どのような

差が見られるかを検討した。

実験は曳網速度を 1.2, 3.3, 6.4, 10.2 cm/s の 4 段階で実施したが、観察数が少ないため、曳網速度 3.3 cm/s 以下のおそい速度と 6.4 cm/s 以上のはやい速度の 2 段階に分けて解析した。その結果 (Fig. 5) は曳網速度によって、サクラエビの反応には、かなりの差があることを示している。すなわち、曳網速度が速いと、通過率が高く、反転率はこれに反して低い。しかし、羅網の割合には曳網速度による差は見られない。なお、この実験は迎角 90° で実施したので、網に沿って動く反応は見られなかった。

サクラエビの水平遊泳速度についての報告はないが、日周垂直移動の中で示す上昇と下降速度についてはそれぞれ 2.7 cm/s と 3.0 cm/s という報告がある (OMORI 1969)。本実験に関連し、走光性を利用して測定した平均遊泳速度は 5.3 cm/s であった。一方、駿河湾における流れの速さは 0.8~1.0 kt (41~51 cm/s) と報告されている (中村・小泉 1977)。この値は前記の遊泳速度に比べ、1 桁大きいから、サクラエビの移動は主として湾内の流れに支配されるものと考えられる。流れに沿って曳網中の漁船で実測した平均対水曳網速度は 55 cm/s (1.07 kt) であったから、作業中の網のサクラエビに対する相対速度は 50~60 cm/s と推察できる。したがって、作業中にサクラエビのかなりの量が網目か

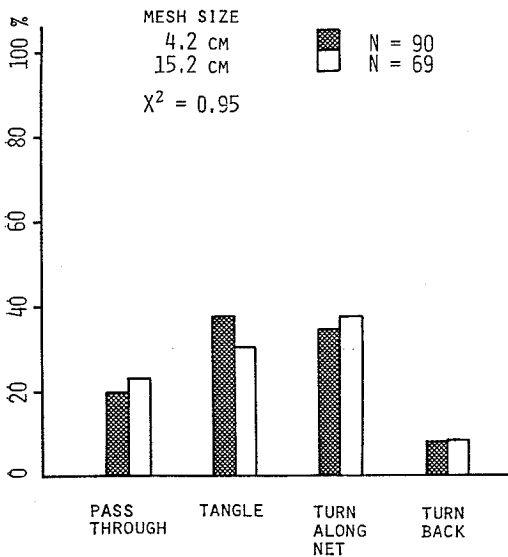
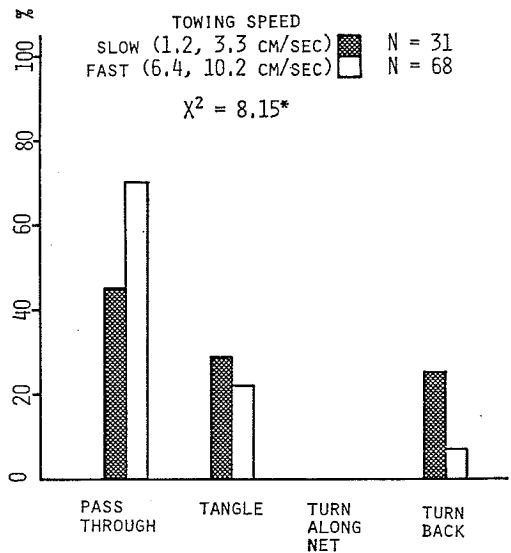


Fig. 4. Effect of mesh size on the behaviour of sergestid shrimp.



* SIGNIFICANT AT 5% LEVEL.

Fig. 5. Effect of towing speed on the behaviour of sergestid shrimp.

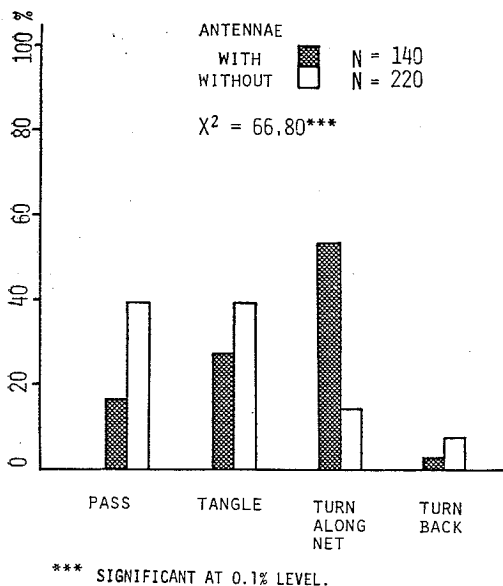


Fig. 6. The role of the shrimp's antennae in determining shrimp response to the net.

ら抜けるものと推察できる。

網目から抜ける量を減らすためには、曳網速度を現行より低くした方がよいが、網成りや、網の戸水量なども考え併せて適切な曳網速度を決める必要がある。なお、操業時の曳網速度に比べ実験速度が低すぎるので追試が望まれる。

触角の役割 サクラエビの第2触角は基部から斜め前方に伸び、体長とほぼ同じ長さのところまで強く屈曲し、それより先端までの、体長の約2倍の長さの部分は体に平行している。これに対し、第1触角は体長とほぼ同長で、前方やや下側を向いている。

遊泳時には、4本の触角は上、下左右の斜め前に向き、第2触角は、屈曲部から後方へ延びている。本実験では、正常な触角を持つものと基部から4本とも触角を除去したのものについて観察した。

結果 (Fig. 6) は触角の有無が行動に明らかに関係していることを示している。すなわち、触角の無いものは触角のあるものに比べて、網に沿って動く場合が少なく、網目を通したり、羅網する場合が多い。サクラエビの網に対する行動を詳細に観察すると、網が接近してどちらかの触角が網に触れると、サクラエビは直ちにその反対側へ転向し、網に沿って動く。触角なしのサクラエビは、触角による網の探知ができないため、そのまま直進し、網目を通するか、網目にかかる場合が多い。

網とサクラエビの移動方向が同方向の場合の観察では、触角の先端が網に接触すると、サクラエビは速度を速めて前方に逃げる行動をとることが見られた。また、サクラエビの移動方向と網の移動方向とが、直交する場合にも、触角が網と接触すると、進行方向を変え、やはり網から遠ざかるように逃げるのが観察された。

以上のように、サクラエビの触角が障害物などを探知する役割を演じていることが観察結果から明らかにされた。また、サクラエビは群内の他の個体との間においても、触角の長さ以内には近寄らないと言われており (OMORI and OHTA 1981)、本実験の中でも接近の例はみられなかった。

3. 要約

サクラエビ曳網の漁獲性能を解析するための基礎情報を得るため、活きたサクラエビを使用した行動生態観察実験を行った。実験は $90 \times 45 \times 45 \text{ cm}^3$ の水槽に 18 cm の深さまで海水を入れ、その中を網地をはった枠を移動させ、サクラエビの反応を観察した。サクラエビは駿河湾内の沼津沖漁場で漁船により漁獲されたものを陸上に活かして持ち帰り実験に供した。実験は 1980 年 12 月と 1981 年 5, 6 月の 2 回実施した。水温は 18°C 以下に保ち、観察は目視で行った。主な結果は次のとおりである。

1. 網地の色を変えて行った実験では、サクラエビが小豆色の網より白網の方によく反応することが判った。
2. 網が進行方向となす角度が小さい程、サクラエビが網を回避する率が高い。
3. 目合 4.2 cm と 15.2 cm の 2 種類の網で実験したが、サクラエビの反応には差がみられなかった。
4. 1.2~10.2 cm/s の範囲で 4 段階の曳網速度について実験を行った。サクラエビが網目を抜ける率は速度が大きいと高くなり、反転して網から逃げる率は低くなる。
5. 触角は障害物や他の個体の接近を感知しそれらを回避する上で有効に機能しているとみられる。

最後に、本実験のため諸便宜をお計り下さった、由比港漁業協同組合の方々ならびに、実験用活エビ確保のため多大の御協力を賜った大政丸の原剛三氏ほか乗組員各位に、心からお礼申し上げます。

文 献

- BLAXTER, J.H.S., B.B. PARRISH and W. DICKSON (1964): The importance of vision in the reaction of fish to drift nets and trawls. *In*: Modern

- fishing gear of the world 2, Fishing News, London. 529-536.
- KUSAKA, T. (1957): Experiments to see the effect of colour on nets by the centralizing. Method and the driving to one side method. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **22**(11), 668-673.
- 中村保昭・小泉政夫 (1977): 海況調査, 駿河湾漁場開発調査報告書. 静岡水試, 21-74.
- OSHIMA, Y. (1950): An experiment on the behaviour of fishes toward a drag-net. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **16**(4), 155-164.
- OMORI, M. (1969): The biology of a sergestid shrimp, *Sergestes lucens* HANSEN. *Bull. Ocean. Res. Inst. Univ. Tokyo*, **4**, 83 pp.
- OMORI, M. (1970): Productivity of zooplankton in the sea. Problems in relation to study on *Sergestes lucens* in Suruga Bay. *Jour. Ocean. Soc. Jap.*, **26**(4), 242-252.
- OMORI, M. and S. OHTA (1981): The use of underwater camera in study of vertical distribution and swimming behavior of a sergestid shrimp, *Sergia lucens*. *Jour. Plank. Res.* **3**(1), 107-121.
- 和田光太 (1973): 推進と曳網. 実用トロール漁法. 成山堂書店, 東京, 211-220.