

## 보리새우의 전기 어법

高冠瑞\* · 金尙漢\* · 尹甲東\*

ELECTRICAL FISHING METHOD OF *PENAEUS JAPONICUS* BATE

by

Kwan Soh KO\*, Sang Han KIM\* and Gab Dong YOON\*

The data presented in this paper, on the body and Jumping voltage of *Penaeus japonicus* BATE, are part of a current study on shrimp behaviour in order to improve fishing efficiency of the fishing gear.

The experiments concerning electrical stimuli was mostly carried out at the Marine Laboratory of Busan Fisheries College in 1972. The following are the results obtained from the present investigations:

1. When the voltages between a pair of electrodes were fixed constant, the voltage drops between them showed almost constant electrical field.
2. Threshold voltages of the animals varied with body direction to the electrical field, i. e., 200—300 mV for parallel, 500—1400 mV for vertical and 300—800 mV for diagonal (45°) settings.
3. Jumping voltages of the animals also varied with the body direction to the electrical field; i. e., 250—1000 mV for parallel, 800—2500 mV for vertical and 400—1300 mV for diagonal settings.
4. The shrimp, in general, were more sensitive to the electrical stimuli when oriented to the cathode rather than the anode.
5. Jumping voltages decreased when the interrupted current was applied to the animals, i. e., less than 200 mV for parallel and 500 mV for vertical direction of the body to the electrical field.

## 서 언

보리새우의 양식에 관한 문제는 많이 연구되어 있으나<sup>1)</sup> 어로의 목적으로 연구한 것은 적다. 특히 전기어구 어법에 관한 연구는 매우 적다. 해산어류를 대상으로 연구한 것은 岡田<sup>2)3)</sup>, 内田<sup>4)</sup>, Kuroki<sup>5)</sup> 및 Kreutzer<sup>6)</sup> 등을 비롯하여 최초로 고기가 수직으로 모이는 것을 관찰한 Mach<sup>7)</sup>, 上行流(Aufsteigender strom)가 신경중추에 작용해서 고통을 주기 때문에 苦痛이 없는 下行流(Absteigender strom)를 얻으려고 한다는 Blasius와 Schweizer<sup>8)</sup>의 연구, Ion의 速度變化가 어떤 刺激을 준다는 Loeb<sup>9)</sup>의 연구, 그리고 닭새우는 수직쪽의 꼬리나 발이 움추러 진다는 Winterstein<sup>10)</sup>의 연구 등, 오래전부터 연구되고 있으나 해수의 전기저항이 너무 적으므로 아주 큰 전력을 써야 한다는 점에서 어류의 구집 방법으로는 아직 많은 문제가 남아 있다.

우리 나라에서는 張<sup>11)</sup>에 의하여 처음으로 전기어법에 관한 소개가 있었고 그 후 李<sup>12)</sup>는 붕어와 메기에 관하여 李<sup>13)</sup>는 두릅상어에 관한 전기자극 시험을 각각 행하였다. 본 연구에서는 체전압과 도약전압 등을 조사하여 실제 조업에 응용할 수 있는 기초 자료를 얻고자 하였다.

실험 결과에 의하면 33.3 mV/cm 정도로 충분히 새우를 벌에서 튀어 나오게 할 수 있었고 단속장치를 사용하면

\*釜山水産大學, Pusan Fisheries College

전장에 나란할 때 체장당 200 mV 이하로 도약반응을 일으킬 수 있고 직각일 때라도 500 mV 정도로 대부분의 브리새우를 도약시킬 수 있었다.

이 시험은 1972년 6월부터 10월에 걸쳐 행하여진 것이다.

끝으로 많은 협력을 하여준 조암군과 박 경현군에게 감사하는 바이다.

## 재료 및 방법

재료 : 시료는 남천리 앞 바다에서 3층자망으로 어획된 브리새우(*Penaeus japonicus* BATE) 96미를 임해 연구소의 해수 수조에서 사육 하면서 실험하였는데 그 체장은 13 cm에서 20 cm 사이였다.

이것을 편의상 셋의 군; A군 13~15 cm 미만(31미), B군 15~17 cm 미만(45미), C군 17~20 cm(20미)으로 나누었다.

수조는 새우의 행동을 잘 관찰할 수 있는 수조(36 cm×19 cm×20 cm)에 새우가 서식하고 있는 자연환경과 같은 조건이 되겠끔 약 7cm 정도의 모래를 깔았다.

전극으로는 전해질 속에서 비교적 잘 석출되지 않는 두께 0.1 cm의 알루미늄판을 사용 했으며 균일 전장이 분포 될 수 있도록 유리수조의 단면에 맞추어 19 cm×10 cm의 극판을 만들었다. 동판과 스테레스판도 사용해 보았으나 석출량(Cu, 1.186g/AH; Ni, 1.095g/AH; Cr 0.647g/AH; Al, 0.335g/AH)이 너무 많아 알루미늄판을 사용하였다. 사용한 해수의 수온은 17.4~17.7°C 사이였고 염분은 33.4~33.77‰였다. 전원으로는 자동차용 축전지(12 V 57AH)를 Fig.1과 같은 회로로 배열하여 50Ω의 가변저항을 조절하여 수조내의 전위차를 0 V에서 12 V까지 변화시킬 수 있도록 하였다.

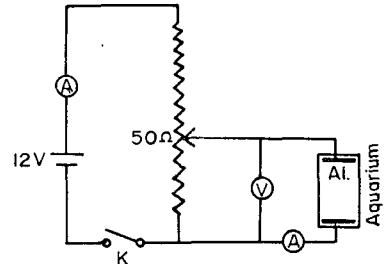


Fig. 1. Circuit diagram for testing threshold and jumping voltage of shrimp.

제측기로는 수조내의 전위차를 정밀히 읽기 위하여 Weston Model 785 D. C. millivoltmeter(내부저항 20,000Ω, 눈금최저 1 mV)를 사용하였으며, 전류는 multi-tester(내부저항 20,000Ω)를 사용하였다. 양극간의 전압과 회로 전체에 흐르는 전류는 별개의 D. C. voltmeter와 ampere meter를 연결하여 참고로 하였다.

측정방법 : 브리새우가 전기 자극을 받는 체전위(body voltage)를 구하기 위하여 우선 본 실험에 사용한 수조내에 전위경도가 일정한 전장이 분포되어 있는 가를 구하여 보았다. 수조 양 극간에 일정한 전압을 걸어 주었을 때 거리와 전위차 간의 관계를 측정하고 브리새우를 한 마리씩 수조내에 옮겨 모래속에 들어가는 것을 기다려 안정을 시켰다. 그 후 rheostat를 조절하여 전압을 서서히 올리면서 새우가 자극을 받아, 반응을 보이기 시작하는 순간의 초기반응전압(threshold voltage)과 모래속에서 튀어 오를 때의 도약전압(jumping voltage)을 D. C. millivolt meter로 읽었다. 이때 체전압은 A, B, C군의 체장에 따라 voltmeter의 lead를 조정하면서 측정하였고 새우는 전장에 수직인 방향으로 놓았을 때를 90°, 전장의 방향으로 놓았을 때를 0°로 하고 그 중간 방향으로 놓았을 때를 45°로 하였다. 또 0°로 놓였을 때는 새우의 두부가 +극으로 놓였는가 혹은 -극으로 향하고 있는 가를 구분하여 극에 따른 변화도 관찰하였다.

그리고 전압을 올리는 속도에 따라서도 새우의 반응이 달라지므로 전실험에 사용한 단속 장치를 연결하여 단속에 의한 효과도 아울러 측정하였다. 수조내의 해수는 분극작용 전극용해 및 온도 등에 관한 변화를 적게 하기 위해서 수시로 물갈이를 해주었다.

## 결과 및 고찰

수조내의 전장 분포는 양 극간의 전압을 1.5, 2, 2.3, 2.5, 3 및 4 V로 고정하였을 때 Fig. 2에서 나타낸 바와같이 극간의 전위경로는 거의 일정한 전장을 이루고 있었다.

초기반응전압 : 브리새우가 전장에 나란한 방향으로 놓였을 때 A군은 체전압이 약 100~660 mV, B군은 체전압

이 약 60~540 mV, C군은 체전압이 약 50~520 mV 사이에서 초기반응이 일어나고 있으나 A군의 대부분은 300~500 mV, B군은 200~450 mV, C군은 200~400mV 사이에서 일어나고 있는 것으로 보아 체장이 커짐에 따라 작은 새우보다 비교적 낮은 전압에서 자극을 보이기 시작한다는 것을 알 수 있다(Fig. 3) 새우의 두부 방향이 +극과 -극을 향할때 현저한 차는 없으나 -극을 향할때 더 예민한 경향을 보이는 것 같다. 이것은 Winterstein에 의하면 +극쪽의 꼬리나 발이 움추려진다는 연구 결과와 일치한다.

새우가 전장에 수직으로 놓여 있을 때는 A군은 700~2,000 mV, B군은 400~1,700 mV, C군은 250~1,300 mV에서 초기반응이 일어나고 있으며, A군은 대부분이 1,100 mV, B군은 950 mV, C군은 850~900 mV에서 일어나는 것으로 보아 이 경우도 체장에 따라 약간 차이가 생기고 있다. 45°때는 마찬가지로 A군은 300~1,100 mV, B군은 310~850 mV, C군은 220~720 mV 사이에서 일어나고 있다.

도약전압 : 도약반응에 있어서도 보리새우가 0°, 45°, 90°로 각각 놓여 있을 때의 반응을 보았는데 0° 때 체장당 A군은 350~1,300 mV, B군은 250~1,000 mV, C군은 250~870 mV 범위내에서 도약반

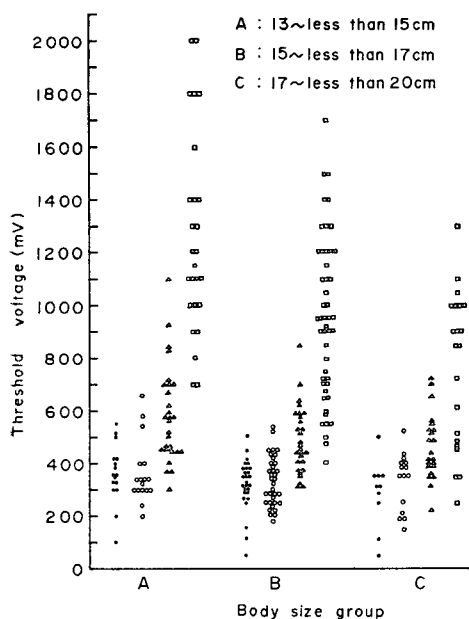


Fig. 3. The relationship between threshold voltage and body size in the direction of -0°(●), +0°(○), 45°(△) and 90°□, respectively.

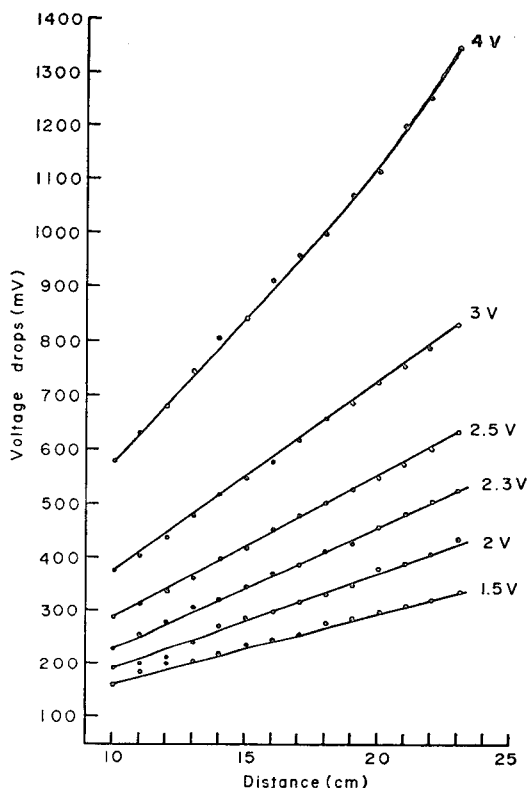


Fig. 2. Voltage drops between electrodes in water tank.

응이 일어나고 있는데, 체장에 대한 차는 물론 +극과 -극에 대한 차가 여기에서는 약 50 mV 정도 있는 것 같이 보인다 (Fig. 4), 즉 -극을 향할 때의 반응이 전반적으로 +극을 향할 때의 반응보다 예민한 경향이 있다. 90° 때 체장당 A군은 900~2,600 mV, B군은 810~2,500 mV, C군은 780~2,300 mV 사이에서 도약반응이 일어나고 있는데, 이것은 체폭이 좁으므로 감도도 많이 달라지는 것 같다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 90°때는 최저치와 최고치가 2,000 mV 정도 차가 생기고 있다. 45°때는 도약반응이 역시 90°와 0° 중간에 나타나고 있으나 B와 C군 사이에서는 크다란 차이를 발견하지 못했다. 이상의 결과를 종합해서 A, B, C군에 대한 체전압의 빈도수를 조사하여 본 결과는 Fig. 5와 같다.

단속장치 : 보리새우에 자극을 줄 때 자극 상승 시간의 장단에 따라 반응 체전압에 영향이 있을 것이므로 단속장치를 사용하여 측정하여 보았다.

0°때는 체장당 A군은 50~210 mV, B군은 60~180 mV, C군은 50~200 mV 사이에서 반응이 일어나는데, A군은 50 mV 부근에서 집중적으로 일어나는 데 대해 어체

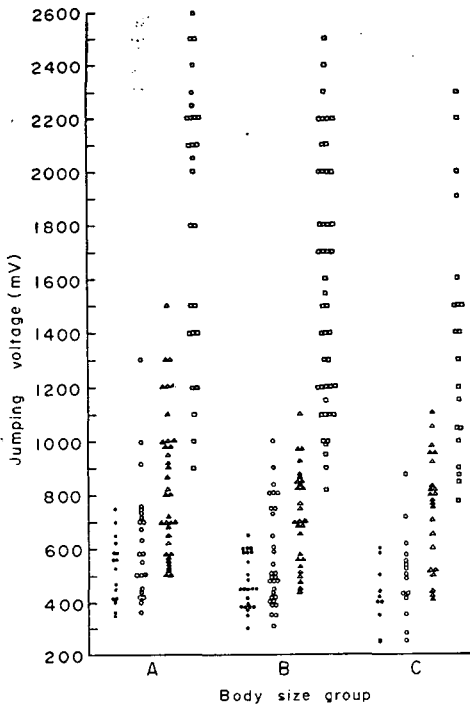


Fig. 4. The relationship between jumping voltage and body size in the direction of  $-0^\circ(\cdot)$ ,  $+0^\circ(\odot)$ ,  $45^\circ(\Delta)$  and  $90^\circ(\square)$ , respectively.

가 커질에 따라 자극정도의 값이 분산되는 경향이 있다.

$90^\circ$ 일때는 체장당 A군은 210-850 mV, B군은 180~860 mV, C군은 210~610 mV, 사이에서 도약반응이 일어나고 있는데,  $90^\circ$  때는 역시 분산된다. 그러므로 33.3mV/cm 정도의 전위차가 생길수록만 하면 새우의 방향에 관계없이 대부분을 펠에서 도약시킬 수 있다는 결과가 된다.

또한  $90^\circ$ 일때 단속 장치 없이 서서히 전압을 올리면 체장당 약 500 mV에서 모든 새우에 초기반응을 일으키게 되는데 단속 장치를 사용하면 약 1/3인 150 mV 정도의 전압에 의해서도 같은 효과를 얻을 수 있으므로 단속 장치의 효과는 크다고 할 수 있다 (Fig. 6).  $90^\circ$ 때도 단속 장치를 사용하지 않을 때의 반 이하의 전압으로서 같은 효과를 얻을 수 있었다.

수조실험 결과에 따라 단속장치를 사용할 경우 새우가 어떠한 위치에 놓여 있든지 20 cm간격에 500 mV 정도의 전위차가 생기면 거의 모든 새우가 튀어 나오므로 Aluminum판 2.5 cm×0.1 cm×146 cm의 두 극을 그림(Fig. 7)과 같이 달아서 실험하여 보았다. 전극 10개를 양·음극 교대로 배치하였을때보다 효과적인 것으로 기대 되었기 때문이다. 전극 뒷면에는 접착제를 발라서 전기의

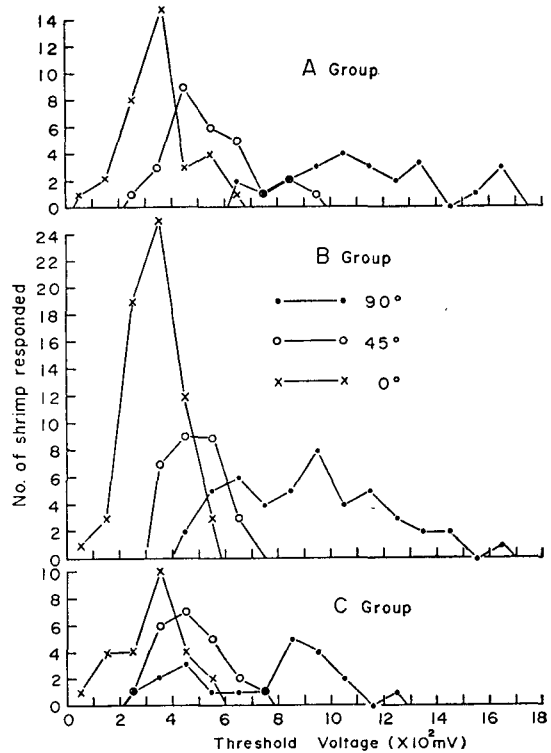


Fig. 5. The relationship between threshold voltage ( $10^2$ mV) and number of shrimp responded in the direction of  $0^\circ(X)$ ,  $45^\circ(\odot)$  and  $90^\circ(\bullet)$  by body size groups.

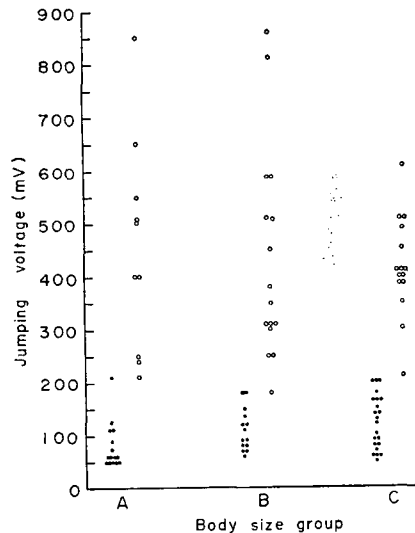


Fig. 6. The relationship between jumping voltage and body size in the direction of  $0^\circ(\bullet)$  and  $90^\circ(\odot)$  when interrupted current supplied.

## 보리새우의 전기 어법

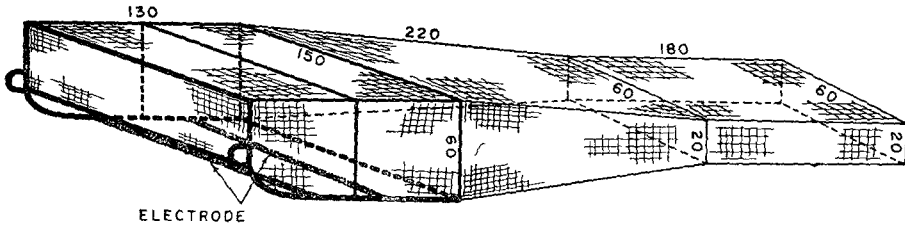


Fig. 7. Schematic beam trawl nets, used for testing fishing efficiency of the oriental brown shrimp.

소모를 덜어 주도록 하였다. 처음에는 12 V 전지를 사용하였으나 전위차가 300 mV이하 이었으므로 2개를 연결하여 24 V를 사용 하였다. 그물은 beam의 사방을 둘러 싸고 뒷 부분에 자루 그물을 달아 튀어나온 새우가 도망 못하도록 하였다. 일차 조업에서는 beam 트로울 뒷부분이 들려서 전극이 해저에서 들린 상태로 예망되기 때문에 실패하였고, 이차에서는 예행점을 밑으로 내려서 예인하여 보았으나 역시 앞 부분만 접지가되고 뒷 부분은 들리었다. 삼차실험에서는 뒤에 30 kg정도의 chain을 달아서 끌어 보았으나 역시 뒤가 들리는 상태였다. 이 밖에도 한두 차례 시도하여 보았으나 여의치 않았다. 그래서 그 원인을 살펴본 결과 비탈진 flapper의 저항이 양력으로 작용하기 때문인 것으로 알고 이것을 해소시키기 위하여 밑판쪽에 2중 보호망을 붙여서 밑으로 저항이 커지도록 하였다. 그리고 전극도 임의대로 해저에 접지가 되도록 beam에 고정시키지 않고 자유로이 처지도록 고안하였다. 이 실험은 새우가 잡히게 될 1973년 6월에 가야 다시 실험하게 될 것이다.

## 결 론

보리새우가 받는 전기 자극의 영향을 조사하기 위하여 체전위 (body voltage)를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 본 실험에 사용한 수조내의 전장은 거리에 따라 전극간의 전위 경도가 일정한 분포를 이루고 있었으며, 양극간에 3 V 전위차를 걸어 주었을 때 전위 경도는 33.3 mV/cm였다.
2. 초기 반응 전압은 전장에 나란한 방향으로 놓였을 때 대부분의 보리새우는 체장당 200~600 mV, 수직으로 놓였을 때는 500~1,400 mV, 45°로 놓였을 때는 300~800 mV 였다.
3. 도약 전압은 체장당 0°때 250~1,000 mV, 45°때는 400~1,300 mV, 90°때는 800~2,500 mV였으며 0° 때는 +극을 향할 때보다 -극을 향할 때가 더 빨리 반응을 일으키는 경향이 있다.
4. 단속 장치를 사용하면 체장당 0°때 200 mV 이하로 도약반응을 일으킬 수 있고 90°일 때라도 500 mV 정도로 대부분의 보리새우를 도약시킬 수 있다.

## 문 헌

- 1) Lochhead, J. H., 1961. Locomotion, 313-364. In T. H. Waterman (ed), *The Physiology of Crustacea*, Academic Press.
- 2) 岡田光世, 1929. 電流ノ魚類ニ及ボス作用ニ就イテ. 東京水講試報, 24: 79-86.
- 3) \_\_\_\_\_, 1929. 同報, 25: 1-8.
- 4) 田内森三郎, 安田秀明, 1932. Electric Fish Screen 二斷續電流ヲ用フルコト. 同報, 27: 51-59.
- 5) Kuroki, T., 1959. Electrical fishing in Japan. 581-582. In Kristjonsson, H. (ed.), *Modern Fishing Gear of the World 1*, Fishing News, Ltd.
- 6) Kreutzer, C. O., 1964. Utilisation of fish reaction to electricity in sea fishing. 545-551. In *ibid.*, 2, Fishing News, Ltd.

- 7) Mach, E. , 1875. Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. 53p. In P. F. Meyer-Waarden und Egon und Inge Halsband (ed.), Arch. Fishereiwiss. Gustav Wenzel & Sohn.
- 8) Blasius, E. , and Schweizer, F. , 1893. Elektrotropismus und verwandte Erscheinungen. *ibid.* , 11p.
9. Loeb, J. , 1918. Forced movements tropism and animal conduct. *ibid.* , 52p.
- 10) Winterstein, H. , 1913. Galvanotropismus. Handbuch der vergleichenden Physiologie. Band 4.
- 11) 張志元, 1956, 電氣漁法の 研究. 耕洋 一輯, 25~35.
- 12) 李日煥, 1958, 電氣漁法에 있어서의 電氣波形에 對하여 水大 第一輯, 154p.
- 13) 李秉琦, 1959. 海産魚의 電氣刺激에 對한 反應의 研究. 釜山水大研報, 9 : 32—40.