

움직이는 그물에 대한 보리새우의 행동과 기초적 어구설계

高 冠 瑞

(부 산 수 산 대 학)

머 리 말.

트로울 어구의 개량에는 물리학적 혹은 생태학적면에서 아직도 많은 문제가 남아있다. 수중의 어구형태와 저항같은 것은 와-아프에 기구를 달든가 어망에 여러가지 측기를 달아서 기계적인 측정은 어느 정도 되어있다. 최근에 와서는 수중 T.V, 카메라, 어탐 및 기타 수중기구를 사용하여 어군의 행동이라든가 어구의 운동을 관찰하게 되었다. 그러나 생태학적인 견지에서는 최근의 기구를 사용한다고 하더라도 깊은 수중에서 움직이는 고기의 생태를 파악한다는 것은 힘든 일이기 때문에 그다지 연구된 것이 없다.

어구의 개량은 과거의 경험에 의존하여 시행착오를 거듭하여 발전할 수 밖에 없었으나, 이제부터라도 과학적인 전진이 있어야 하리라고 생각된다.

Fuss씨는 잠수부를 시켜 24시간 동안의 새우의 행동을 관찰하였고 Blaxter와 Parrish 그리고 Dickson 등은 청어와 저서어가 트로울 그물 및 자망에 대하여 어떻게 행동하는가를 조사하였고, Frederick는 새우를 잡는데 전기를 사용하여 수획하였다.

새우가 낮에는 쉼이나 모래속에 잠복하고 밤에는 활발하게 활동하는것, 기타 새우의 생태에 관해서는 많은 연구가 되어있으나 어구와 관련된 연구는 그다지 많지않다. 그래서 저자는 새우의 생태 그 자체보다도 움직이는 어구에 대하여 어떻게 행동하는가를 알아보기 위하여 구집효과, 도약회수, 최후의 도약까지 요하는 최고 시간, 도약속도 및 유영속도 등을 측정해서 어구설계의 기초자료로 하였다. 이 실험은 동경 수산대학속인 籠山 실습장에서 1969년 5월부터 7월에 걸쳐 시행된 것이다.

실 험 (1)

예망 각도에 대한 보리새우의 행동 :

트로울 어구의 낚개그물의 역할을 구명하기 위하여 수조내에서 그물의 각도를 바꾸어서 실험하여 보았다.

자료와 방법 : 실험에 사용한 보리새우는 동경만에서 삼중망으로 잡은 것인데, 체장은 최소 12Cm에서 최대 24Cm의 것을 20마리(♂8, ♀12) 사용하였다.

그물은 42Tex×4×2의 포리에치렌, 새발매듭으로 짠 염색하지 않은 그물로서, 길이 120Cm 폭 60Cm의 테에 30%의 주름을 주었다.

수조는 실내에 있는 콘크리트(4.5m×1.5m×0.7m)로 수조 밑바닥에는 약 15 Cm정도의 모래를 깔고, 레수는 높은 곳에 있는 수조로부터 24시간 계속 공급하였고 수조상부에는 배수구멍이 있어 자유로이 유출하게 하였다.

그물은 수조수면에 수직이 되도록 세워서 수조의 길이 방향으로 끌었는데 그때의 각도(α)는 예인방향에 대하여 시계방향으로 30°, 45°, 60°, 90°의 각도로 반복실험하였다. 새우는 수조중앙에 위치하게 하든가 혹은 강제로 그물쪽에 가도록하여 그물에 부딪치고 도망가는 방향을 그물의 각도별로 조사하였다. 예망속도는 0.5m/sec, 0.7m/sec, 1.0/sec, 1.5m/sec로 하였으며 한새우에 대하여 4회이상은 실험하지 않았다. 수조내의 수온은 20°C에서 21°C였으며, 이때의 수온을 일정하게 하기 위하여 1Kw의 히터를 두개사용하였다. 실험한

시간은 밤7시부터 10시사이에 행하였고, 전등은 수면에서 부터 2.5m 되는곳에 300w 짜리를 매달아 조명하였다.

결 과

1) 움직이는 그물에 대한 새우의 행동 예망속도에 따른 브리새우의 행동은 다음과 같은 형태로 나타났다.

- a) 뒤로 뛰는 형
- b) 앞으로 유영하는 형
- c) 그물에 달라 붙는 형
- d) 기어 가는 형

기어가는 형은 0.5m/sec 이하의 예망 속도에서만 나타났다. 뒤로 뛰는 형은 0.7m/sec 부터 감소하고, 유영하는 형은 전혀 예망할 때만 나타나며 1.0m/sec가 되면 없어진다. 그물에 달라 붙는 형은 0.5m/sec에서부터 나타나는데 예망속도가 빨라지면 빨라질 수록 증가한다.

이상의 3형대가 비슷한 비율로 나타나는 것은 0.7m/sec때이다. 실제의 새우의 도망가는 속도는 1.5m/sec 이상으로 도망갈 수 있으나 0.7m/sec 부터 그물에 달라 붙는 형이 나타나는 것은, 새우의 그물에 대한 위치에 의한 것이다. 즉 그물을 향하던 새우는 뒤쪽으로 얼마든지 도망갈 수 있으나 그물에 쫓기던 새우는 새우의 꼬리를 꾸부러 뒤로 밀때 곧 그물에 걸려 버린다. 그래서 비교적 낮은 속도에도 그물에 붙는 새우가 많아진다.

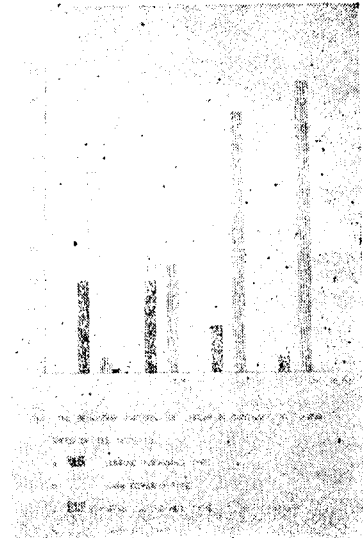
2) 예망각도에 대한 구집능력

이상에서는 예망속도에 대한 새우의 행동을 기술하였으나 여기서는 각도를 가진 그물을 0.5m/sec의 속도로 갈때 새우가 도망가는 방향을 다음과같이 분류하였다.

- a) 그물 안쪽으로 구집되는것
- b) 예망방향 양측15°방향
- c) 그물쪽으로 나머지 각 방향
- d) 그물에 붙는 것

새우를 구집하는 효율은 각도가 작은 수록 ($30^\circ > 45^\circ > 60^\circ$) 였으며, 60° 때 35% 구집되고, 30° 때 70% 구집되었다.

한편 예망방향으로 도망가는 것은 각도가 클 수록 많았다. 즉 60° 때 40%이고 30° 때 10%에 불과하였다. 그리고 그물쪽과 그물에 붙는율은



에 망각도와 그다지 관련이 있는것 같지 않았다. 일반적으로 새우는 그물에 대하여 수직 방향으로 도망가는 경향이 있는것 같이 생각되었다.

새우가 주기적생활을 한다는 것은 잘 알려져있다. 그래서 실험할 때의 기초적 조사로서, 브리새우의 주기적 행동을 관찰하여 보았다. 특히 야간에 활발히 활동하기 때문에 무시간 감지로서 저녁 8시부터 새벽 4시까지 8시간동안 수조중앙에 서서 새우의 광복횟수를 계산하였다. 필름을 찍면 밤이라도 전부 모래속에 잠복하기 때문에 야광물질이 붙은 테이프를(5mm×5mm) 새우 크리에 닿아 관찰하였다. 그 결과를 보면 새우는 일몰후 가장 활발하고 점차로 활동이 감소하나 명동이 되기 직전에 약간 활발해지는 경향이 있는 것 같다.

참고로 일몰과 일출시간에 대한 새우의 잠복상황을 표시하면, 6월 11일의 일몰시각이 18시 53분인데, 20마리 전부 모래에서 기어나온 시간은 19시 20분이었고, 일출시간이 4시 20분일 때 최후의 새우가 모래속에 잠복한 시간은 4시 17분이었다. 그러므로 본 실험은 새우가 가장 활발히 활동하는 시간에 행할 것이 된다.

실 험 (2)

최고속도와 거리

브로울 어구의 망구에서 도망할 수 있는 가능성을 실험하기 위하여 브리새우가 도망가는 최고속도와 거리를 측정하였다.

자료와 방법

실험 (1)에서 사용한 수조의에 비록 수조(4.5m×5.0m×1.2m)에서 참대로 계속 새우를 자극해서 도망가는 거리와 기진백전하여 더 뛰지 못할 때까지의 횟수 및 시간을 측정하였고, 최고속도는 여러번 뛰는 중에서 가장 짧은 시간에 가장 멀리간 것을 취하였다. 실험에서 한번 사용한 새우는 그날에는 다시 사용하지 않았고, 새우가 뛰는 평균거리는 처음 뛰거리와 핀횟수에서 계산하였다. 단, 실험중 행동이 빈약한 것은 자료에서 제외하였다.

결 과

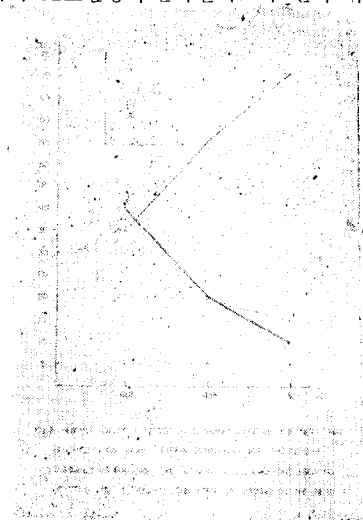
초속으로 뛸 수 있는 최고속도는 168Cm/sec로 체장과 성별에 의해 차이가 있기는 하다. Baimbridg의 연구에 의하면 망구형 어류는 체장의 8~10배를 초속도로 달릴 수 있다고 하였으나 브리새우의 경우에는 개체의 속도차이가 커서 체장에 비례한다고는 할 수 없는것 같다. 그리고 Inouc는 벌지의 유영속도에 관해서 Fry와 Hart는 금붕어의 유영속도에 대해 측정할 것이 있으나, 새우는 피로하기 전에 뛸수 있는 최고속도와 시간이 짧기 때문에 어류하고는 비교할 수 없다.

초속으로 뛸수 있는 거리는 약 18.5m로, 속도에 따라 새우의 스테디나 소모현상이 달라진다. 즉 빨리 뛰면 더 많은 스테디나를 단시간에 소모 하게된다.

고 찰

어류의 대망행동에 관해서는 田内, 宮崎등의 실험이 있었고, 예망에 관한 실험은 大島에 의해 행하여 졌다. 또한 神田, 小池등은 망지의 색에 관해서, 草下는 망물의 크기에 관한 연구등이 있다. 그러나 과거의 어구실험은 경험적인 요소가 너무나 많았기때문에, 저자는 전기한 자료를 가지고 브로울 어구의 망구 높이와 날개그물의 등의 기준을 새우가 위하여 다음과 같이 생각하여 보았다.

Friedman에 의하면 어획량은 그 어구의 리턴 륜과 예망속도에 의한다고 생각하고 다음과 같은 관계식을 구하였다.



$$Q = \rho C F V t$$

여기서 C는 크기의 밀도이고 t는 조업시간, 그리고 ρ는 어획량계수로 $(1 - \frac{F_0 V_0}{F V})$ 와 같다고 생각하였고, $\frac{F_0 V_0}{F V}$ 는 예망 속도와 어구형에 의해 결정된다.

그러기때문에 어장, 어선의 크기 및 해상 어중에 따라 헤아릴 수 없는 어구의 변화가 있다고 생각되나, 여기에서는 상식과 관련해서 망구의 높이와 폭에 관해서만 생각해보기로한다.

예망작도와 예망속도에 관해서는 진출한 바와 같이 새우 트로울의 속도를 0.7m/sec 이상 빨리 끌면 그물에 달라 붙는 새우가 많아 지므로 바람직하지 못하며 작도는 30° 정도로 날개그물을 만드는 것이 구집효과가 있어 좋다. 새우가 단숨에 뿔수 있는 거리는 2m 정도이고 최고속도는 1.7m/sec 이므로 예망시 이와같은 조건하에 도망간다면 충분히 도망갈 수 있다. 그러나 새우의 생태적인 면에서 보면 단숨에 2m정도 도망가고 다음 자극이 올때 까지 거의 움직이지 않으므로 작도를 가진 날개그물 안쪽으로 구집되어 어획된다고 생각할 수 있을 것이다. 지금 트로울 망구앞에 있는 새우를 Chain으로 자극할 때 새우가 예망방향의 수직방향부터 반시계방향으로 θ 각을 이루고 도망한다면 예망속도에 따라 도망갈 수 있는 범위는 달라지나 여기서는 0.5m/sec로 놓었다면,

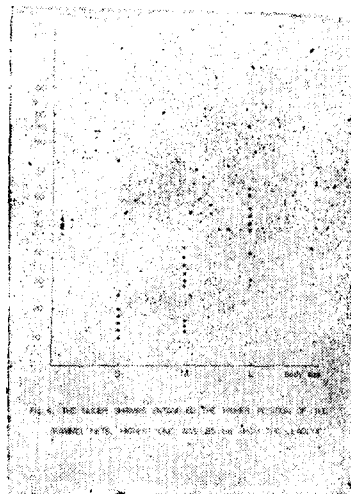
$$\text{단숨에 도망가는 거리} = \frac{\text{예망속도}}{\sin \theta} = \frac{0.5}{\sin \theta}$$

의 관계가 되고, 18°에서 90° 사이로는 도망갈 수 있다. 이때 날개그물의 폭과 새우가 피로하지 않고 달릴 수 있는 거리에 따라 어획효과가 달라질 것이다.

그러면 망구 앞에 놓여있는 새우가 단숨에 2m 를 뿔한다고 생각할 때, 새우가 도망하지 못하도록 하기 위해서는, 도망하는거리 = $\frac{\text{날개그물의 폭의반}}{\cos \theta}$ 이 되어야 하므로

$$2m = \frac{X}{\cos 180} = \frac{X}{0.9311}$$

$$X = 1.93(m)$$



따라서 날개그물의 폭은 3.86m가 되면 도망가는 것을 막을 수 있게 된다.

그러나 이 폭은 새우가 계속 도망 가지 않는 경우나, 도망가더라도 2m씩 쉬어갈 때의 경우이다. 수조내에서 실험과 같은 행동을 한다면 결국 구집되어 (80%)어획 되게 되는 것이다.

다음에는 망구의 높이를 결정하는 문제인데 이 문제를 뒷 발췌 하기위해서 삼중망에 걸린 보리 새우의 위치를 침자장 부터의 높이를 측정하였다.

그 결과를 보면 큰새우는 작은 새우보다 높은위치에 걸려 있었고, 제일 높은곳에 걸린 새우는 뺨친 길이로 85Cm 였다. 물론 이때 다른잡어는 더 높은위치 에도 걸있려었다.

이것으로 미루어 보아 보리 새우의 활동은 비교적 해저 가까이에서 행해지고 높이 부상하지 않는다는것을 알수 있다.

따라서 보리새우를 대상으로 하여 조업할 트로울 어구의 망구 높이는 1m이면 충분하지 않을까 생각된다.

이와같이 망구의 높이가 결정되고 날개그물의 최소한도의 폭이 결정되면 트로울 어구의 그라운드 로오프나 헤드로오프의 길이는 수중에서 대략 카대나리 형의곡선을 이룬다고 생각하고 있으므로 곧 산출할 수 있다.

요 약

1. 삼중자망으로 잡은 보리새우를 사용하여 움직이는 그물에 대한 행동을 관찰한 결과 예망 속도에 따라 다음 과같은 형으로 구분할 수 있었다.

- a) 뒤로 뛰는 형
- b) 앞으로 유영하는 형
- c) 그물에 붙는 형
- d) 모래 위를 기는 형

2. 행동의 형과 예망속도의 관계에서 ㉞와, ㉟의 형은 예망속도를 빨리 할 수록 감소하였고 ㉠형은 예망속도에 비례하여 증가하였다. ㉠형은 0.5m/sec 이하에서만 나타났다.

3. 60° 45° 30° 로 각각 예망하였을 때 그 구집효과는 달라진다. 즉 30°일 때는 약 80%로 실험중 가장 큰 구집력을 가지고있다.

4. 최고속도, 평균도약거리, 및 단숨에 뜰수 있는 거리는 각각 1.7m/sec, 85Cm, 2m/sec 였다.

5. 그림 1과 같이 날개그물의 역활면에서 붙때 구집효과는 0.5m/sec의 예망속도가 가장 적합한 것같이 생각되었다.

6. 4와5의 결과와 같이, 새우가 트로울 그물에서 도망하지 못하도록 하기 위해서는 날개그물의 폭이 최소한 3.8m 정도는 되어야 한다.

7. 트로울 어구의 망구 높이는 삼중자망에 걸린 보리새우의 위치로 보아 1m정도면 적당한것 같다.

어구의 완전한 설계를 위해서는 앞으로 더욱 깊고 넓은 생태학적 연구가 있어야 하리라고 생각되며, 이 연구가 새우트로울 어구설계에 조금이라도 도움이 되기를 바란다.

Table 1 Maximum speed and sustained distance with maximum speed for the body size

No. of shrimp	Body size	Sex	Jumping dist. at a breath	Max. speed	Dist. / Jump	Sustained dist. with max. speed	Dist. in body length	Jumping frequency	Endurance time	Swimming speed
10	(21.7)cm	F	166 cm	170 cm/sec	35 cm	16.58 m	76.4	39	93 sec	50 cm (3m/6sec)
5	(19.0)	F	240	177	38.5	21.24	111.8	43	108	60 (3m/4.5 sec)
5	(12.7)	M	219	160	80	17.60	138.6	44	95	65 (3m/4.5 sec)
Mean	17.5		203	169	84.5	18.47	108.9	43.7	98.7	58

문헌

- CARROTHERS, P.J.G.(1966): The international fishing gear conference 1-12
- CREWE, P. R. (1964):M. F. G.-2 165- 180.
- HAMURO, C. and ISHII, K.(1964): " 248- 252.
- CHARLES, D. and GEOFF, E. (1968): world fishing Nov. 34-35,Dec. 26-29.
- KREUTZER, C.O. (1964). M. F. G.-2 545-550.
- SAND, R.F.(1959): M. F. G.-1 209-212.
- HIRANO, M.and NODA,T.(1964) M. F. G-2 338-395.
- YURITY, Kadil'nikov (1965): World fishing Nov. 52-54.
- FUSS, C.M. Jr.(1964):M. F. G.-2 563-566.
- BLAXTER, J.H.S., PARRISH,B.B. and DICKSON,W.(1964): M. F. G.-2 529-536.
- PARRISH,B.B. and BLAXTER,J.H.S.(1964): " 557-560.
- FREDERICK,W.(1964):M. F. G.-2 566-569.
- WATERMAN,T.H. (1961): The physiology of crustacea Vol. 11 313-356, 482-515.
- HUDINAGA,M. (1941): Japanese journal of zoology 305-309,385-388.
- HEEGAARD,P. (1966) :Solenocera membranacea (Risso) 227-237.
- EGUSA, S. and YAMAMOTO, T. (1961): Bull. fo the Jap.s.of S.F.vol.27.No.1 22-26.
- HANCOCK, D.A. (1967): F.A.O. Fisheries reports No.57, Vol.I 20-22.
- IKEMATSU,W. (1963): Seikai regional fisheries research Lab. No.161,27-28.111-112.
- BAINBRIDGE,R. (1959): Exp. Biol., Vol. 37,No.1 129-153.
- INOUE,M. (1968): La Mer Tome6,No.4. 233-242.
- " (1967): " Tome5,No.4. 237-243.
- FRY,F.E.J. and HART,I.S. (1958): Journal of Fish. Res. Bd. Canada Vol.7.No.4.
- TAUTI,M. and MIYOSI,K. (1929): Jo urnal of the imperial fisheries institute Vol. 24,No.2 87-90.

