

정치망내에 방류한 부시리, *Seriola aureovittata*의 행동

신 현 옥 · 이 주 희

부경대학교

(1999년 3월 22일 접수)

Behavior of amber fish, *Seriola aureovittata* released in the setnet

Hyeon Ok Shin and Ju-Hee Lee

Pukyong National University

(Received March 22, 1999)

Abstract

This paper describes the swimming and escaping behavior of amber fish, *Seriola aureovittata* released in the first bag net of the setnet and observed with telemetry techniques. The setnet used in experiment is composed of a leader, a fish court with a flying net and two bag nets having ramp net. The behavior of the fish attached an ultrasonic depth pinger of 50 kHz is observed using a prototype LBL fish tracking system. The 3-D underwater position of the fish is calculated by hyperbolic method with three channels of receiver and the depth of pinger.

The results obtained are as follows :

1. The fish released on the sea surface was escaped down to 15 m depth and rised up to near the sea surface during 5 minutes after release. The average swimming speed of the fish during this time was 0.87 m/sec.

2. The swimming speed of the fish is decreased slowly in relation to the time elapsed and the fish showed some escaping behavior forward to the fish court staying 1 to 7 m depth layer near the ramp net. The average speed of the fish during this time was 0.52 m/sec.

3. During 25 minutes after beginning of hauling net, the fish showed a faster swimming speed than before hauling and an escaping behavior repeatedly from the first ramp net to the second one in horizontal. In vertical, the fish moved up and down between the sea surface and 20 m depth. After this time, the fish showed the escaping behavior forward to fish court after come back to the first ramp net in spite of the hauling was continued. It is found that the fish was escaped from the first ramp net to the fish court while the hauling was carried out. The average speed of the fish after beginning of hauling was 0.72 m/sec which increased 38.5 % than right before the hauling and showed 0.44 to 0.82 m/sec of speed till escaping the first bag net. The average swimming speed during observation was 0.67 m/sec (2.2 times of body length).

서 론

정치망어업은 일정한 해역에 정치성 어구를 부설하여 두고, 주로 조류를 따라 이동하는 어군의 길목을 길고물로 차단하여 헛통으로 들어가도록 유도한 다음, 헛통에 머물던 어군이 자연스럽게 비탈고물을 타고 넘어 원통으로 입망되도록 하여 어획하는 어업이다. 이 어업은 소극적인 어법을 사용하지만 환경친화적이고, 에너지 절약형 어업으로서 경쟁력을 갖춘 어업이다.

최근 정치망어업은 한·중·일간의 새로운 어업협정 체결과 EEZ 확정, TAC 실시, IMF 국제금융체제 등 국내·외 어업환경의 급격한 변화로 인하여 그 경영수지가 악화되었지만, 생력화 기술 개발을 통한 조업의 합리화, 새로운 어구어법의 개발을 통한 어업생산성의 향상 등과 같은 다각도의 접근방법으로 현실의 어려움에 적극 대응한다면 정치망어업은 다가올 21C의 경쟁력 있는 업종으로 발전할 수 있는 많은 가능성을 가지고 있다.

정치망은 옛부터 내유어군의 입망을 기다려 1일 2회에 걸쳐 조류가 약해지는 시점에 양망하는 극히 소극적인 어법을 사용하여 왔지만, 과거처럼 대형의 회유어군을 어획대상으로 하는 어구 구조와 조업 시스템으로는 이 어업의 존속자체가 어렵다. 이 어업이 경쟁력을 갖추기 위해서는 개량식 어구를 개발하고 효율적인 조업시스템을 갖추어야 하며, 이를 위해서는 어장환경 및 어군행동의 예측, 어구설계 및 시험연구, 어군이동감시장치의 구축 등에 관한 연구가 많이 이루어져야 한다 (Lee *et al.*, 1998).

정치망을 실험 대상으로 이루어진 연구로서 Ah and Lee (1997)는 정치망의 내·외에서 표지 방류를 통하여 잔존율과 입망율을 구한 바 있고, Kim *et al.* (1997a, 1997b)은 전주식 스캐닝 소너의 신호를 녹화하여 어군의 대망행동을 연구한 바 있다.

초음파 핑거를 사용하여 어류의 행동을 조사한 연구로는 Shin *et al.* (1994), Shin (1992), Konagaya (1982), Hawkins *et al.* (1984) 등이 있다. Shin *et al.* (1994)은 정치망의 원통내에 방류한 승어 (*Mugil cephalus*)의 위치 정보를 육상 기

지국으로 전송하여 실시간으로 그 유영행동을 감시할 수 있는 장치를 개발하여 실험하였고, Shin (1992)은 바이오 텔레메트리 기법의 신뢰성을 향상시키기 위한 일환으로 단일 주파수의 핑거를 식별하여 동시에 추적할 수 있는 알고리즘을 개발하여, 일본 누노우라만의 해상 가두리 부근에서 방류한 3마리의 줄전갱이 (*Caranx delicatissimus*)의 유영 범위, 속도, 주야간의 행동을 동시에 측정하여 보고한 바 있다. Konagaya (1982)는 독립식 부이 방식으로 초음파 수파기, 수신기 및 전파 송신기를 내장한 부이를 수면에 설치하여, 후처리 방식으로 어류의 행동을 측정할 수 있는 방안을 제시하였다. Hawkins *et al.* (1984)은 초음파 수파기의 케이블을 길게하여 측정 구역의 바닥에 설치한 다음, 오실로스코프를 사용하여 핑거의 수신 시간차를 측정하여 대구 (*Gadus morhua*)의 행동을 측정한 바 있다.

본 연구에서는 개량식 정치망내에 방류한 회유성 어종이 그물에 대하여 어떤 형태로 유영하며, 어떤 형태로 탈출을 기도하는지 등을 관찰하기 위한 추적 실험을 행하였고, 실험에서 얻은 결과에 대하여 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 어류 행동 추적 시스템

Fig. 1은 어류 행동 추적 시스템의 구성도이다.

Fig. 1에서, 어류 행동 추적 시스템은 초음파 핑거의 신호를 수파하기 위한 무지향성 수파기 3개, 미약한 신호를 증폭, 검파 및 파형정형하는 스트레이트 방식의 3채널 초음파 수신기, 수신시간차를 측정하는 싱글보드 컴퓨터, 그리고 핑거의 위치계산, 그래픽 처리 및 raw 데이터 저장에 사용하는 노트북 컴퓨터 (IBM compatible, 486DX)로 구성하였다. 수신기의 이득은 3개 채널 모두 105 dB로, 수신대역폭은 1500 Hz (-3 dB)로 하였다. 싱글보드 컴퓨터는 33.3 μ sec의 분해능으로 수신 시간차를 측정하여 4500 bps의 통신속도로 측정된 자료를 출력하도록 하였다.

Table 1. Specifications of pinger used

Type	Frequency (kHz)	SL (dB re 1μPa at 1m)	Pulse width (msec)	Max. Depth (m)	Size (mm)	Weight in water (g)	Life (g)	Code (days at 1Hz)
Depth pinger	50.0	146	10	68	φ16×L74	29	6	Interval

SL : Source level

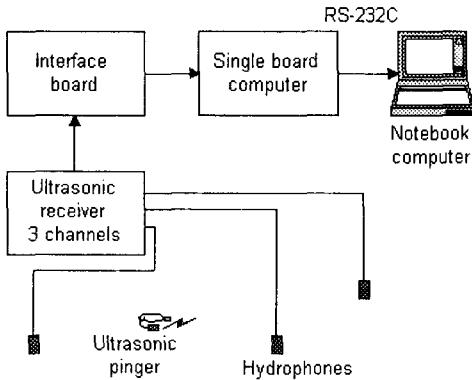


Fig. 1. Composition of the system to monitor the behavior of fish.

2. 초음파핑거

실험에 사용한 초음파 핑거의 제원은 Table 1과 같다.

3. 시험어

추적 실험에 사용한 시험어는 실험 해역 부근의 어장에서 어획되어 수조에서 사육되고 있던 체장 30 cm의 부시리, *Seriola aureovittata*였다.

4. 위치 계산

초음파 핑거의 3차원 위치는 Shin *et al.* (1990) 이 심도형 핑거를 부착시킨 ROV의 위치를 구할 때 사용한 알고리즘과 마찬가지로 쌍곡선위치결정법으로 구한 2차원 좌표와 핑거의 압력센서로부터 측정된 핑거의 심도를 이용하여 구하였다.

실험에 사용한 핑거의 심도 z (m)는 식 (1)을 사용하여 계산하였다.

$$z = \frac{-128.1 \times T}{1000} + 132.7 \quad (1)$$

여기서, T는 펄스 주기 (msec)이고, 132.7은 압력센서의 인터셉트 값이다.

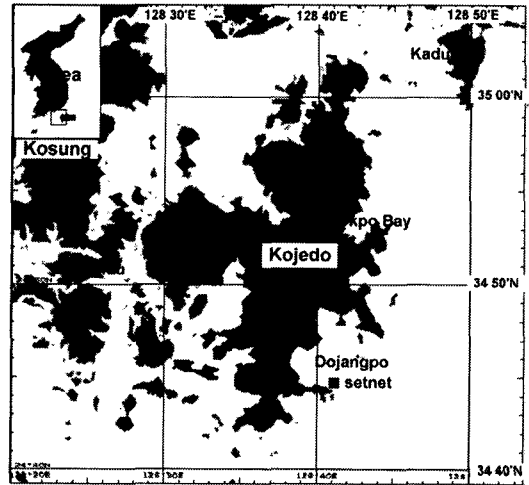


Fig. 2. Showing the location of setnet used in experiment.

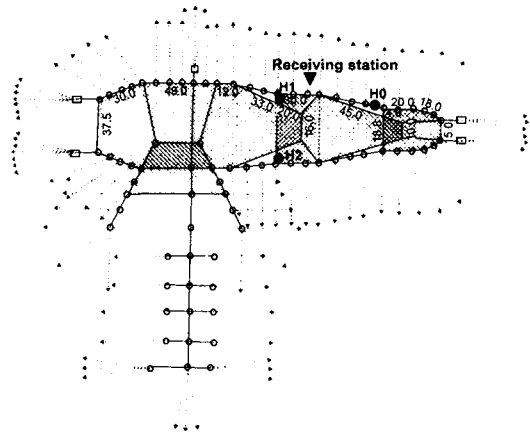


Fig. 3. Showing the layout of the setnet used in experiment and locations of the hydrophones (H0, H1 and H2) and receiving station.

5. 실험 해역, 어구 및 추적 장치의 배치

Fig. 2는 실험 해역과 정치망 어장의 위치를 나타낸 것이다. 실험 해역은 경남 기제시의 도장포였다. 실험에 사용한 정치망은, 기존 2단 편낙망

구조의 정치망을 개량한 것으로, 헛통을 기존의 것보다 크게 하고 헛통입구에 허그물을 추가함으로써 헛통에 입망한 어군의 체류시간이 늘어나도록 고안한 것이다. 그리고, 1단계 원통과 2단계 원통은 각각 회유성 어족과 멸치가 체류하기에 알맞도록 설계되었다.

이러한 정치망에 핑거를 부착한 시험어를 방류하여 텔레메트리기법으로 추적하기 위한 수파기 및 수신처리시스템의 배치는 Fig. 3과 같다. 수파기는 정치망의 1단계 원통 주변 3곳에 60×40 m의 간격으로 배치하고 수면하 1 m층에 매달았다. 수신처리시스템을 포함하는 해상 수신국은 1단계 원통 바깥에 있는 큰 뜰에 정박시킨 2톤 정도의 소형 목선에 설치하였다. 수파기와 수신기는 고무피복의 케이블 (2심 실드, 외경 8 mm) 100~110 m를 사용하여 서로 연결하였다.

6. 추적 실험

실험은 1997년 11월 18일 경남 거제시 도장포에 부설되어 있던 개량식 정치망 어장에서 행하였다. 실험 당시 바람은 약한 편이었으나 1 m 내외의 파도가 있었고, 어장의 수심은 25 m내외였다.

수파기 등의 장치 설치를 끝내고 핑거만을 수중에 내려 수신 상태를 확인한 다음, 폭기장치를 사용하여 계속 산소를 공급시켰던 시험어에 핑거를 부착시켜 1단계 원통내에 방류하였고, 방류 직후부터 위치 추적을 개시하였다. 시험어에 대한 핑거의 부착은 가는 나일론 줄이 붙어 있는 낚시를 이용하여 시험어의 아래턱에 거는 방법으로 실시하였고, 핑거와 낚시를 잇는 줄의 길이는 대략 6 cm 정도였다.

결과 및 고찰

1. 유영행동

방류한 시험어의 이동 궤적을 바이오텔레메트리기법으로 추적하여 구한 시간대별 수평 유영행동은 Fig. 4와 같고, 수직방향의 유영행동은 Fig. 5와 같다.

Fig. 4에서 점선으로 표기한 것은 정치망의 1단

계 원통을 나타내고 있고, 이 원통의 우측에는 헛통이, 좌측에는 2단계 원통이 존재한다. 원으로 표기한 H0, H1, H2는 각각 초음파 수신기의 채널 1, 채널 2, 채널 3에 연결된 수파기의 위치를 나타내며, 삼각형으로 표기한 것은 초음파 수신기를 실은 관측 선박의 계류 위치이다.

Fig. 5에서 사각형으로 표기한 H0, H1은 관측 선박에서 1단계 원통을 측면에서 보았을 때의 수파기의 위치이다. H1의 우측에는 헛통이, H0의 좌측에는 2단계 원통이 존재한다. 수파기의 상부에 표기된 수평선은 해면을 나타내며, 하부에 사선으로 표기된 부분은 수심 25 m의 해저를 나타낸 것이다.

시험어는 12:35경 방류하였다.

Fig. 4와 Fig. 5에서, 12:35~12:40의 행동을 보면 방류 직후의 시험어는 수면하 15 m층으로 급잠하였다가 H1쪽으로 이동하면서 잠시 2 m층까지 부상하였으나 곧 다시 잠항하여 관측자들이 승선하고 있는 소형 목선의 아래쪽을 지나 2단계 원통쪽 비탈그물로 접근하는 행동을 보였다.

12:40~12:56에는 2단계 원통쪽 비탈그물에서 1단계 원통의 가운데 부분에서의 체류가 많았고, 수직적으로는 15 m 부근의 깊이까지 잠항하는 행동을 나타내기도 하였지만 대체로 1~3 m 깊이에서 유영하는 행동이 많았다. 12:56~13:16에는 12:40~12:56의 행동과 비슷하였고 대개 1~3 m 깊이에서 유영하였다. 13:19~13:35에는 대체로 1~4 m 깊이를 유영하면서 1단계 원통 그물 속을 대각방향으로 가로지르는 행동도 보였다. 13:59~14:36에는 헛통쪽 비탈그물 부근에서 계속 머물면서 탈출을 기도하는 행동이 보였고, 수직적인 유영 범위는 1~7 m 깊이였다. 이 시간대에는 작업선 2척이 양망 준비를 하기 위하여 비탈그물 배를 붙였으나, 조류가 센 관계로 약 30분간 휴식을 취하는 상태였다.

14:36~14:59에는 조류가 약하여져 양망작업을 시작하였고, 양망 중에도 비탈그물 쪽에 붙어 있던 시험어는 양망작업이 진행됨에 따라 갑자기 비탈그물에서 벗어나 2단계 원통쪽으로 진행하다가 빠른 속도로 관측자들이 승선해 있는 소형 목선 아래쪽을 통과하여 조류 방향을 따라 원통 그

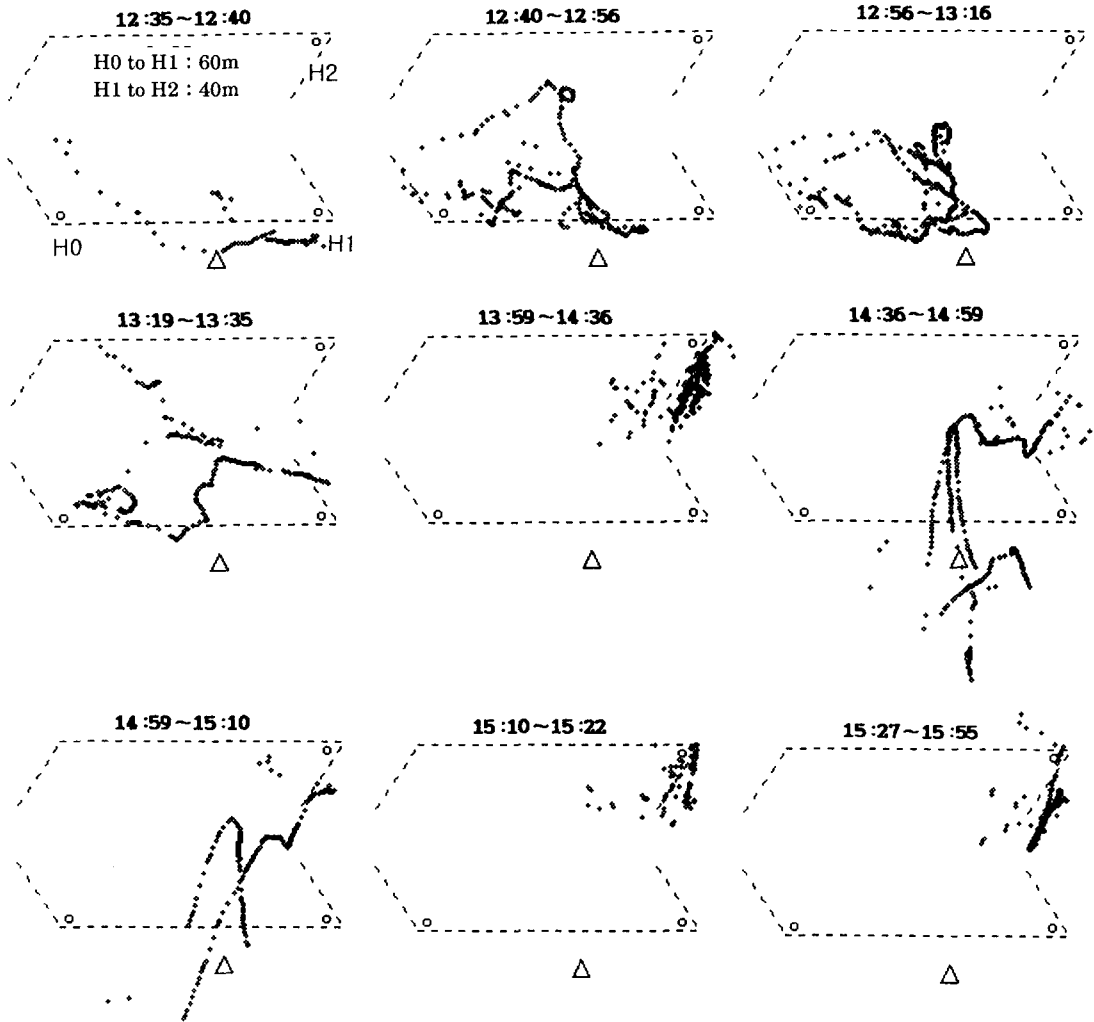


Fig. 4. Horizontal trajectories of the fish released in setnet. Three circles of H0, H1 and H2 are the location of hydrophone, the triangle is the location of observation boat equipped the ultrasonic signal receiving/processing system.

물이 날려 있는 곳까지 달아났다가 되돌아 나오는 행동을 보였다. 수직적으로는 20 m 깊이까지 내려갔다가 표층으로 부상하는 행동을 나타내었다.

14:59~15:10의 행동을 보면, 수평적으로는 14:36~14:59에 나타내었던 것과 비슷한 행동을 보였으나 수직적으로는 거의 2 m 이내의 표층에 머물렀다. 15:10~15:22에는 다시 양망직전에 머물렀던 위치로 돌아가서 계속 탈출하고자 하는 행동을 보였고, 유영 깊이에서도 많은 변화를 나타내어 시험어가 상당히 흥분된 상태에 있음을 짐작

할 수 있었다. 15:27~15:55에는 15:10~15:22에 보였던 것과 비슷한 행동을 볼 수 있었다.

방류후 3시간 20분 정도 경과된 15:55 이후에는 수신상태가 좋지 못하였고, 청음방식으로 시험어가 있는 방향을 탐색하여 본 결과 헛통쪽으로 나타났다. 결국, 15:55 전후하여 양망 중에 1단계 원통을 탈출한 것으로 판단된다. 이 시험어는 그 다음날 양망작업에서 포획되었고, 이 결과로부터 이번 연구에 사용한 개량식 정치망은 개량 전의 정치망에 비하여 입망한 어류의 체류 시간을 늘리는

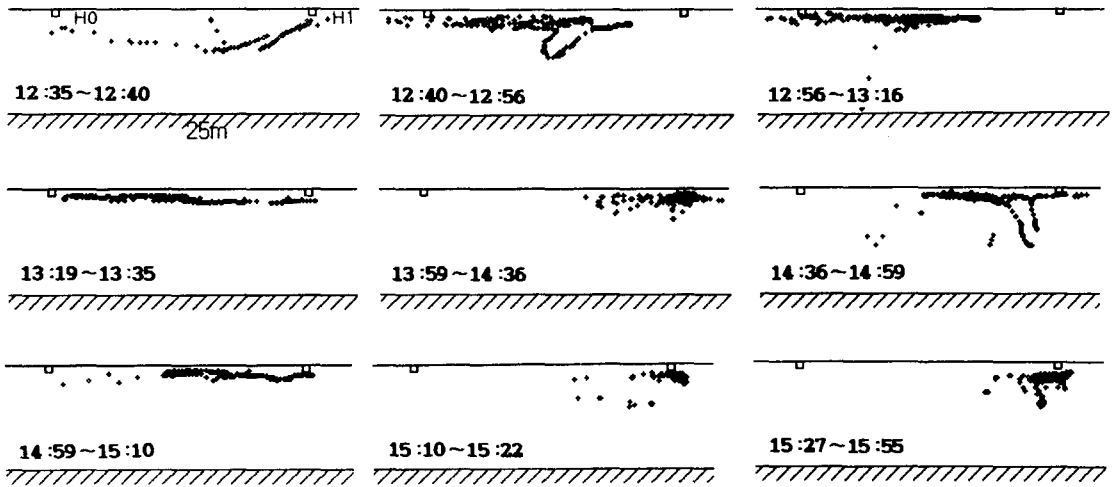


Fig. 5. Vertical trajectories of the fish released in setnet. Two rectangles are the location of hydrophone suspended down at 1 m depth.

데 다소 유리한 것으로 판정할 수 있다.

2. 유영속도의 발생 빈도 및 변화

시험어의 시간대별 유영속도의 발생 빈도는 Fig. 6과 같다. 유영속도는 핑거로부터 송신된 하나의 펄스신호를 수신하여 핑거의 3차원 좌표를 계산하고 다음 펄스신호를 수신하였을 때의 좌표 사이의 거리를 계산한 후 2개의 펄스신호를 수신하기까지 소요된 시간으로 나누어 계산하였다. 유영속도의 구간별 발생 빈도는 0~2.5 m/sec의 유영속도를 10개의 구간으로 나누어 유용한 핑거의 펄스신호를 수신할 때마다 구한 각 구간별 유영속도의 합을 각 구간별로 합산된 펄스신호의 수로 나누어 구하였다. 유용한 펄스신호란 유영속도가 2.0 m/sec미만인 신호를 말한다.

Fig 6에서 12:35 방류직후 5분간 측정된 시험어의 속도 구간별 발생 빈도는 0.25~0.50 m/sec 가 22.1 %, 0.50~0.75 m/sec 17.6 %, 0.75~1.00 m/sec 27.9 %, 1.00~1.25 m/sec 19.1 %, 1.25~1.50 m/sec 5.9 %, 1.50~1.75 m/sec 2.9 %, 1.75~2.00 m/sec 4.4 %이었다.

시간대별 각 구간의 유영속도의 발생 빈도를 구간별로 평균하면 0.00~0.25 m/sec 구간이 13.4 %, 0.25~0.50 m/sec가 30.6 %, 0.50~0.75 m/sec

17.2 %, 0.75~1.00 m/sec 18.6 %, 1.00~1.25 m/sec 10.2 %, 1.25~1.50 m/sec 5.9 %, 1.50~1.75 m/sec 2.6 %, 1.75~2.00 m/sec 1.5 %이었다.

Fig. 7은 시간대별 시험어의 평균 유영속도의 변화를 나타낸 것이다.

Fig. 7에서 유영속도의 최대치는 방류 초기의 값으로 0.87 m/sec이었고, 최소치는 시험어가 정 치망의 1단계 원통에서 헛통으로 탈출하기 직전에 측정된 값으로 0.44 m/sec이었다. 전체적으로 보았을 때, 시험어의 유영속도는 방류 직후 최대의 빠르기를 나타내다가 시간이 경과함에 따라 유영속도가 감소하였고, 양망작업 등 외부의 자극이 있을 때에는 유영속도의 현저한 증가를 보였다. 양망작업이 이루어지기 직전 (13:59-14:36)과 양망 초기 (14:36-14:59)의 유영속도를 비교하여 보면, 양망 초기의 평균 유영속도는 양망 직전에 비하여 38.5 % 증가한 0.72 m/sec를 나타내었 으며, 탈출할 때까지 0.44~0.82 m/sec의 유영속 도를 나타내었다. 방류 후 1단계 원통을 탈출할 때 까지 측정된 평균 유영속도는 0.67 m/sec로 체장 대비 2.2배의 빠르기였다.

3. 핑거의 위치 오차 분포

초음파 트랜스폰더와 같이 거리를 이용하여 위

정치망내에 방류한 부시리, *Seriola aureovittata*의 행동

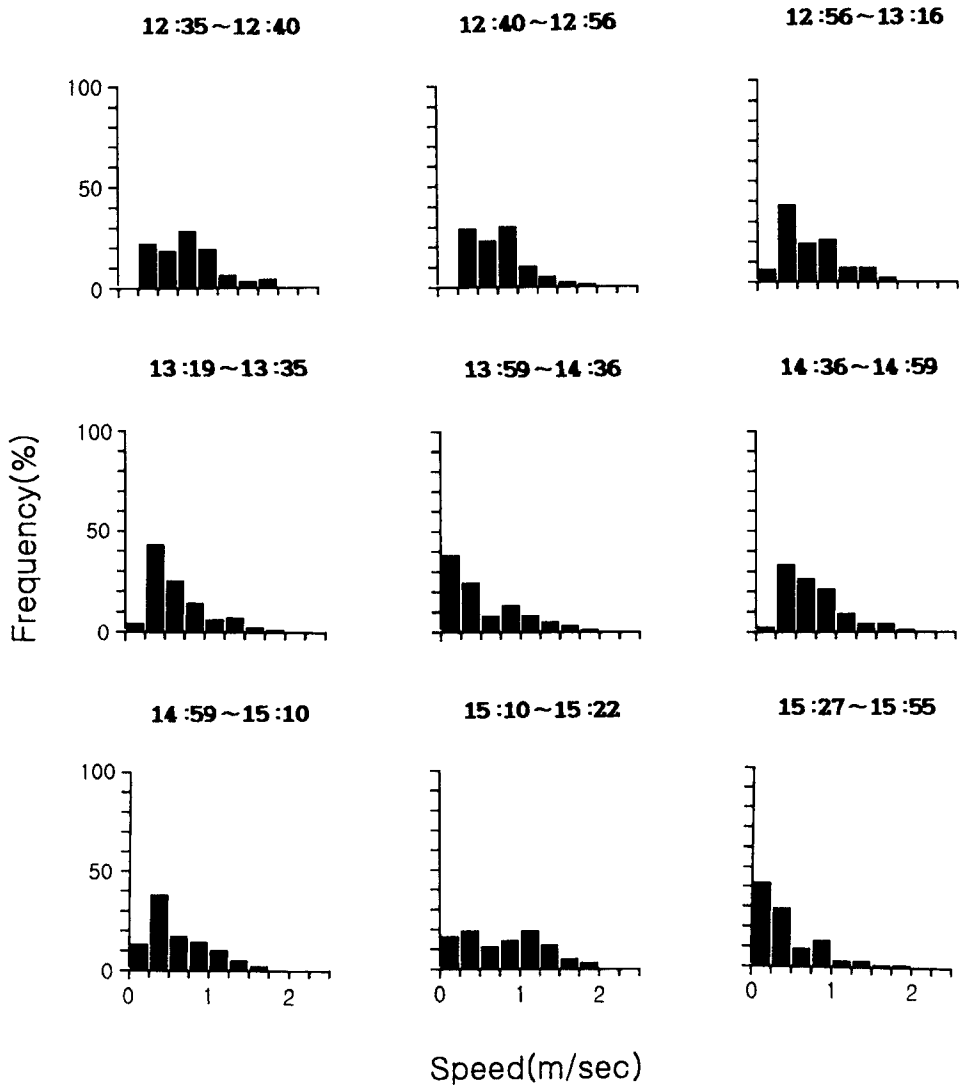


Fig. 6. Occured frequency of the swimming speed by division and by measuring time.

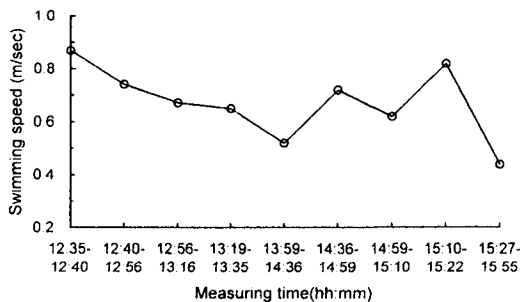


Fig. 7. Varied swimming speed of the fish by measuring time.

치를 계산하는 방식에서는 위치 측정에 대한 오차 요인으로 위치선이 이루는 교각 외에도 실제의 수중 음속과 위치 계산에 사용한 수중 음속과의 차이 등이 영향을 미칠 수 있으나, 평균의 경우에는 거리차를 사용하므로 수중 음속의 불균일로 인한 오차를 거의 무시할 수 있고 위치 오차에 영향을 미치는 주 요인으로는 2개의 위치선이 이루는 교각을 들 수 있다.

이 연구에서 사용한 쌍곡선위치결정법의 위치 계산 알고리즘에서 거리차의 위치선은 쌍곡선이

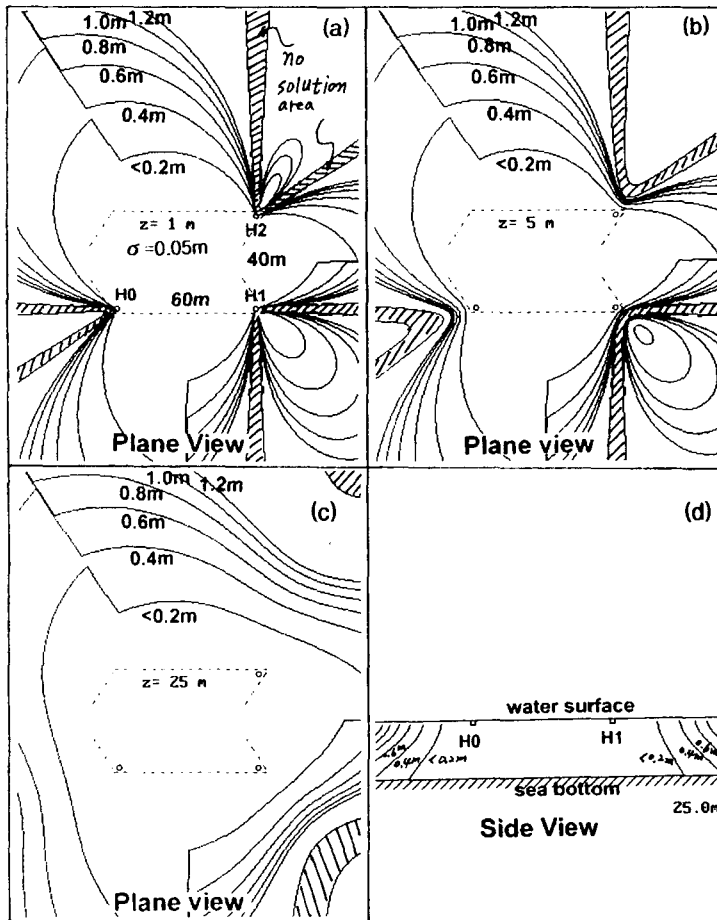


Fig. 8. (a), (b) and (c) are the horizontal distribution of positioning errors in hyperbolic method at 1 m, 5 m and 25 m depth, respectively, (d) is vertical distribution. The dashed area in plane view denotes no solution area.

므로 수파기와 핑거의 상대적 위치에 따라 단위 거리차 사이의 위치선 간격이 서로 다르다. 핑거의 위치 오차는 두 위치선의 교각이 직각일 때 가장 작고, 직각에서 벗어날수록 오차가 커진다.

수중 음속을 1500 m/sec로 일정하게 두고, 샘플링 간격을 0.05 m로 하였을 때, 모의 실험을 통하여 구한 수층별 핑거의 위치 오차분포는 Fig. 8과 같다. Fig. 8의 (a), (b), (c)는 각각 핑거가 심도 1 m, 5 m, 25 m에 있을 때의 위치 오차의 분포를 평면도로 나타낸 것이고, (d)는 수파기의 수파면에서 해저까지의 핑거 위치의 오차 분포를 측면도로 나타낸 것이다. 기준선 연장선상의 사선은 위치 계산 불능 지역을 나타낸 것이다.

Fig. 8에서 두 수파기를 잇는 기준선상의 안쪽에서는 위치 오차가 0.2 m 이하이고, 기준선 바깥쪽으로 멀어질수록 혹은 기준선 연장선에 가까워질수록 오차가 커짐을 알 수 있었다. 이 실험에서는 핑거를 부착한 시험어의 추적이 수파기를 잇는 기준선 내부에서 이루어졌으므로 위치의 정확도는 0.2 m 이하이다.

요 약

본 논문은 개량식 정치망내에 방류한 체장 30 cm의 부시리, *Seriola aureovittata*의 유영행동 및 탈출행동을 텔레메트리기법으로 추적하고, 그 결

파를 기술한 것이다. 압력센서를 내장한 초음파 핑거를 부착시켜 방류한 시험어의 행동은 장기선 방식의 어군행동 원격감시 시스템을 사용하여 추적하였다. 수신점의 수는 3개였고, 초음파 핑거의 3차원 위치는 쌍곡선위치결정법으로 구한 평면좌표 x, y 와 압력센서로 관측한 심도 z 를 사용하여 구하였다. 실험에서 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 시험어는, 방류직후, 15 m 깊이까지 급잠하였다가 수면 가까이 부상하는 행동을 보였고, 방류직후부터 5분간 측정된 평균 유영속도는 0.87 m/sec를 나타내었다.

2. 시간이 경과함에 따라 시험어의 유영속도는 점차 느려지는 경향을 나타내었고, 방류후 1시간 정도 경과한 때부터는 주로 헛통쪽 비탈그물 부근에서 심도 1~7 m에 머물면서 탈출을 시도하는 행동을 보였다. 이 시간대의 평균 유영속도는 0.52 m/sec로 나타났다.

3. 양망을 시작하여 25분정도가 경과하기까지는 시험어가 1단계 비탈그물에서 벗어나 2단계 원통쪽으로 도피하면서 1단계 원통그물의 구석까지 빠른 속도로 왕복하는 수평 유영행동을 보였고, 수직적으로는 심도 20 m까지 하강하였다가 다시 표층으로 부상하는 행동을 나타내었다. 그 이후 시간에는 양망 중임에도 불구하고 다시 1단계 비탈그물 부근에 머물면서 헛통쪽으로 탈출하고자 하는 행동을 나타내었고, 양망 중에 헛통으로 탈출한 것으로 나타났다. 양망 초기의 평균 유영속도는 양망 직전의 유영속도에 비하여 38.5% 증가한 0.72 m/sec (체장의 2.4배)였으며, 방류 후 1단계 원통을 탈출할 때까지 측정된 평균 유영속도는 0.67 m/sec로 체장대비 2.2배의 빠르기였다.

참고문헌

Ah, D.K. and J.H. Lee (1997) : Behavior of fish school to the set-net, Bull. Korean Soc. Fish.

Tech., 33 (2), 109~117 (in Korean).
 Kim, M.K., Y. Inoue and J.S. Park (1997a) : Studies on the behaviour of fish schools in the main net of a large scale set-net using scanning sonar - I ; - The behaviour of small schools of sardine *Sardinops melanosticta* in the main-net -, Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 31 (1), 1~7 (in Korean).
 Kim, M.K., Y. Inoue and J.S. Park (1997b) : Studies on the behaviour of fish schools in the main net of a large scale set-net using scanning sonar - II ; -The behaviour of large school of sardine, *Sardinops melanosticta* in and around the set-net-, Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 31 (1), 8~14 (in Korean).
 Shin, H.I., D.J. Lee, H.O. Shin, W.W. Lee and J.Y. Ahn (1994) : Development of the underwater telemetry system to monitor the behavior of the fish (Ⅲ) ; -Behavior of the striped mullet (*Mugil cephalus*) in setnet-, Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 30 (4), 283~291 (in Korean).
 Shin, H.O. (1992) : Ultrasonic tracking of movements of striped jack (*Caranx delicatissimus*) in the Nunoura Bay, Japan. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 28 (4), 347-359 (in Korean).
 Konagaya, T (1982) : New telemetric method of determining the positions of the swimming fish. Nippon Suisan Gakkaishi, 48, 1545~1550.
 Hawkins, A.D., D.N. MacLennon, G.G. Urquhart and C. Robb (1974) : Tracking cod *Gadus morhua* L. in a Scottish sea loch, J. Fish Biol., 6, 225~236.
 Shin, H.O., E. Hamada and H. Suzuki (1990) : Guidance of ROV using multiple pingers of a single frequency, J. Japan Inst. Nav., 83, 7~11 (in Japanese).
 Lee, J. H., J.G. Kim, D.J. Lee, C.W. Lee, H.O. Shin, B.K. Kwon, Y.I. Ahn and H.S. Kim (1998) : A study of development for an improved setnet, 수산특정연구사업 최종연구보고서, 해양수산부 (in Korean).