

음향 텔레메트리 기법에 의한 참돔의 인공어초에 대한 반응행동 추적

신현옥* · 태종완 · 강경미
부경대학교 해양생산관리학과

Acoustic Telemetry Tracking of the Response Behavior of Red Seabream (*Chrysophrys major*) to Artificial Reefs

Hyeon-Ok SHIN*, Jong-Wan TAE and Kyoung-Mi KANG

Department of Marine Production Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

The movement range and diurnal behavior of red seabream (*Chrysophrys major*) tagged by the ultrasonic pinger externally were measured by acoustic telemetry techniques in the marine ranch of Tongyeong on 20 March to 30 October, 2003. The movement of fishes was monitored with the radio-acoustic linked positioning (RAP) buoy system and VR2 receivers. The test fishes showed behavior pattern going to deep waters and returning to shallow waters. They moved gradually to deep waters as time goes by. They had a tendency to move wider range in night-time than day-time. It was found that the test fishes rarely showed a significant response to the artificial reefs.

Key words: Red seabream, Acoustic telemetry, Diurnal behavior, Response behavior, Artificial reefs

서론

참돔은 우리나라의 전 연해를 비롯한 일본, 중국 및 하와이 등지의 연해에 분포하며 산란기를 제외하고는 외양의 대륙붕 30-150 m의 암초지대에 서식하는 (Chyung, 1977) 고급어종으로서 중요생산 및 양식에 대한 연구와 사업이 활발히 진행되는 어종이다 (Myoung et al., 1990).

일본에서는 1963년에 참돔 방류를 시작하여 중요생산기술 개발, 중간육성, 방류기술 개발을 행하고 있으며, 최근에는 매년 100만마리의 참돔이 항내에 방류되어 사육되고 있다 (Takaba, 1997). 또한 자유로이 유영하는 상태에서 참돔의 생태를 연구하기 위하여 심박수 펄스와 가속도, 유영속도, 유영수심을 동시에 기록할 수 있는 소형 데이터 로거를 함께 사용한 연구 (Arai, 2000), 가속도 센서를 내장한 소형 데이터 로거를 사용하여 유영과 관련있는 운동성분을 기록한 연구 (Kawabe, 2000)도 보고 된 바 있다.

우리나라에서는 1970년대 연근해 어업진흥계획을 시작으로 1980년대에는 연안 어장 바다목장화사업 (1982-1989)을 추진한 바 있으나, 인공어초 시설, 인공종묘 방류, 어장환경보전 등의 사업이 지방자치단체별로 산발적으로 이루어져 오면서 어촌정비사업에 치우치는 경향이 있었고 이는 결국 연안의 잠재력 증진이라는 목표의 달성을 어렵게 만들게 되었다. 이에 대한 개선책의 하나로 경남 통영해역을 중심으로 한 바다목장화 사업이 시범적으로 추진되었다. 이 사업은 바다에서의 수산물 생산 자체를 제조업적 생산시스템의 개념으로 접근하는 것이다. 통영바다목장에서는 조피볼락의 자원조성의 목표

어종으로 하고 있으며, 이 밖에도 볼락, 참돔 등을 방류하여 자원을 조성하고 있다. 우리나라의 경우 참돔과 관련한 연구로는 참돔의 중요생산에 관한 연구 (Pyen and Jo, 1982), 참돔 자어의 기아시의 형태 변화 (Myoung et al., 1990) 등이 있었으나 참돔의 유영행동이나 생태학적인 정보를 얻기 위한 현장 연구는 거의 없었다.

연안에서 바다목장 등의 형태로 어자원을 조성하기 위해서는 목표어종의 행동이나 습성, 이동경로, 서식처와 같은 생태적인 정보를 얻을 필요가 있다. 이를 얻는 수단으로 잠수조사나 표지방류 (Carlson and Haight, 1972) 등이 자주 사용되지만 연속성의 결여, 잠수 관찰자의 영향, 표지의 회수율 등에 문제가 있다. 따라서 어류가 자유로이 유영할 수 있는 상태에서 어류의 생태적인 정보를 측정하는 것이 바람직하며 (Mitamura et al., 2002), 이러한 이유로 초음파 텔레메트리 (Matthews, 1990, 1992; Percy, 1992; Shin, 1992; Shin et al., 1994; O'Dor et al., 1998; Candy and Quinn, 1999; Shin and Lee, 1999; Mitamura et al., 2002), 또는 전파 텔레메트리 기법 (Colavecchia et al., 1998)이 어류의 생태 조사에 많이 이용되고 있다.

본 연구에서는 통영바다목장 해역에서 인공어초 주변에 방류한 참돔의 이동 위치를 초음파 텔레메트리 기법으로 추적함으로써 참돔의 공간이동 특성 (이동범위 및 일주행동), 인공어초에 대한 반응 행동 등을 분석하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 해역과 장치의 구성 및 배치

실험 해역으로 사용한 통영바다목장은 면적이 약 20 km²이며 한국해양연구원에 의해 주로 관리되고 있다. 실험해역에서

*Corresponding author: shinho@pknu.ac.kr

의 인공어초의 종류, 투입 연도 및 위치 등의 자료는 한국해양 연구원으로부터 입수하였고, 실험대상 인공어초의 위치를 현장에서 확인하였다. 실험대상인 강제 인공어초 (L10×W10×H1 m)는 통영바다목장의 가두리가 부설되어 있는 곳의 해저 (수심 약 20 m)에 시설되어 있었다. 실험해역과 장치의 배치는 Fig. 1에 나타낸 바와 같다.

실험해역의 수심 분포는 DGPS (differential global positioning system) 수신기와 측량용 음향측심기, 측량용 소프트웨어로 구성되는 해저지형측정시스템 (Kim and Shin, 2001; Kang and Shin, 2004)을 사용하여 측정하였다.

인공어초 주변에 방류한 표지어 (초음파 핑거를 부착한 어류)의 유영행동 특성이나 이동경로는 다음과 같은 3가지의 시스템을 사용하여 측정하였다. 하나는 무선부이식 어류추적시스템 (Vemco, VRAP) (O'Dor et al., 1998; Tae and Shin, 2004)이고 다른 하나는 어류통과식별장치 (Vemco, VR2)이며, 나머지 하나는 청음식 어류추적시스템 (Vemco, VR60)이다. VRAP 시스템은 비교적 상세한 어류의 이동궤적을 측정할 필요가 있을 때 사용하는 시스템이며, 초음파 핑거 (송신기)의 위치를 쌍곡선위치결정법 (Shin et al., 1991)으로 계산하여 실시간으로 퍼스널컴퓨터의 화면에 나타내고 그 데이터를 하드디스크 등에 저장한다. 이 시스템은 3개의 해상국 (부이)과 1개의 기지국으로 구성되며, 각각의 부이는 초음파 송수파기, 초음

파 송수신기 및 RF 모뎀을 내장하고 있으며, 기지국은 RF (radio frequency)모뎀과 해상국제어기, 퍼스널컴퓨터 및 소프트웨어로 구성된다. VR2 수신기는 수신기의 유효범위 내 (반경 500 m)에 표지어가 나타나면 표지어의 식별번호 (핑거의 식별번호)와 그 때의 날짜와 시간을 자체 메모리에 기록하는 장치이며, 이 장치를 여러 개 사용하면 비교적 넓은 범위에 걸쳐 표지어의 이동 경로를 측정할 수 있다. VR60 수신기는 VRAP 시스템이나 VR2 수신기의 유효범위 (각각 반경 500 m)를 벗어난 표지어를 선박과 지향성 또는 무지향성 수파기를 사용하여 추적 하거나 탐색 (Matthews, 1990, 1992; Pearcy, 1992)할 때 사용하는 시스템이다.

어류추적시스템의 배치는 다음과 같이 하였다. Fig. 1에서 점 #1#3는 VR2 수신기의 위치를 나타내고 점 #4와 #5는 각각 폐어선어초 (폐선을 이용하여 제작한 인공어초)와 강제인공어초의 위치를 나타낸다. 점 #1과 #5 주위에는 통영바다목장의 가두리가 시설되어 있고, 점 #1 가까이에는 통영바다목장의 사무실이 있다. VRAP 시스템의 3개의 부이는 고찰에서 언급한 수파기의 최적 배치를 위한 시뮬레이션의 결과에 따라 정삼각형 (한 변의 길이 300 m 내외)에 가깝도록 점 #4 주위에 배치하였다. 해상국간의 거리는 휴대용 레이저거리측정기 또는 DGPS 수신기를 사용하여 측정하였다. 닛 등으로 고정시킨 해상국은 조류 등의 외력에 의해 움직일 수 있으므로 해상국

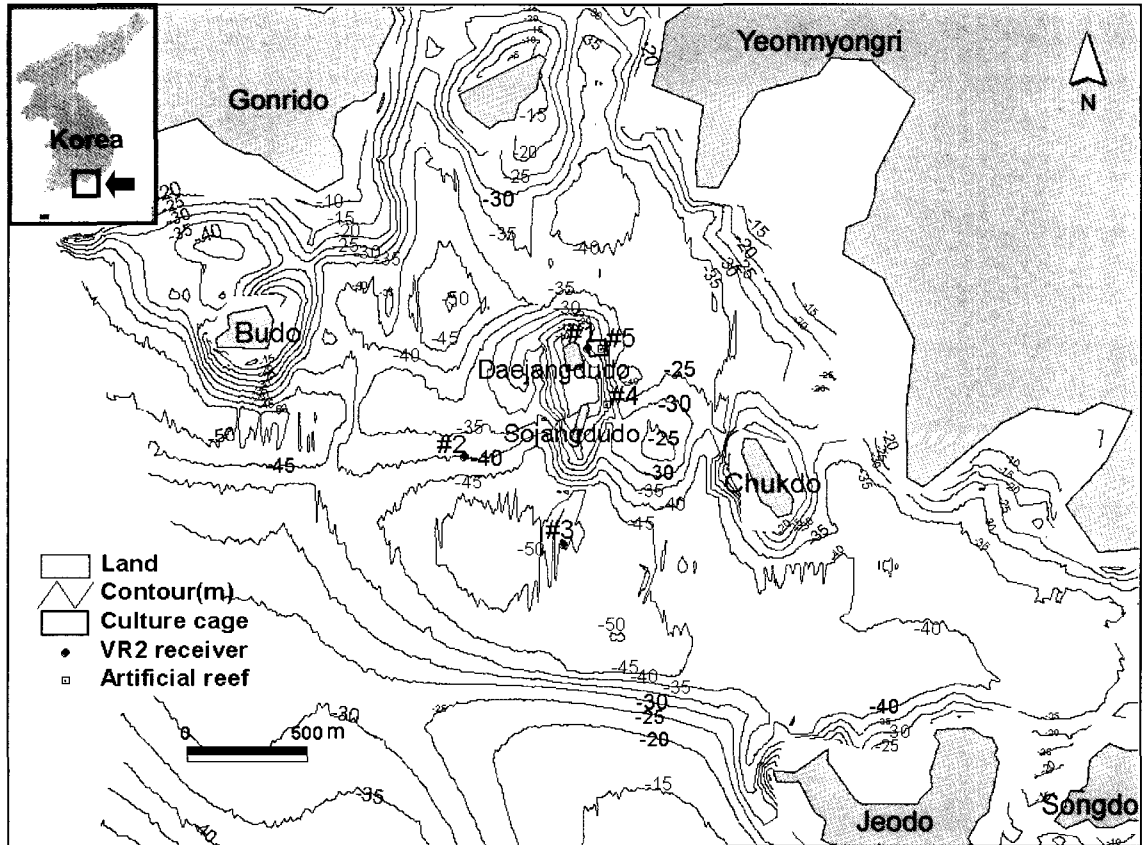


Fig. 1. The study site and arrangement of the experimental equipments.

의 좌표변동은 30분 간격으로 자동으로 보정될 수 있도록 하였다.

시험어 및 초음파 표지의 부착

시험어는 통영바다목장의 가두리에서 양식하던 참돔 (*Chrysophrys major*) 2마리와 이 가두리의 하부에 설치된 강제 인공어초에 서식하던 참돔 2마리이었다.

초음파 표지 (초음파 핑거)를 어체에 부착시키는 방법으로는 대체로 체외표지법 (Matthews, 1990, 1992; Shin et al., 1994; Bertrand et al., 1999; Shin and Lee, 1999), 위속삽입법 (Percy, 1992; Candy and Quinn, 1999), 수술을 통한 체내표지법 (Colavecchia et al., 1998; Starr et al., 2000; Mitamura et al., 2002)이 있다 (Mellas and Haynes, 1985). 초음파 표지를 부착한 어류를 장기간 추적할 때에는 수술을 통한 체내삽입법을 많이 사용하지만 마취하지 않고 현장에서 가장 간단하게 초음파 표지를 부착할 수 있는 방법은 체외표지법이다. 위속삽입법은 표지어가 비교적 대형일 때 사용하며 유영능력과 행동에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 가장 좋은 방법 (Mellas and Haynes, 1985) 중 하나이나 표지어가 위속의 표지를 토해버리는 경우가 자주 있어 장기간 추적에는 부적합하다.

본 연구에서는 지속형 (continuous type)과 부호형 (coded type)의 소형 초음파 표지 (Voegeli et al., 1998)를 사용하였다. 초음파 표지는 시험어의 배지느러미와 근육질사이에 낚시 바늘과 낚시 줄을 이용하여 매달았으며, 초음파 표지를 매달 줄의 길이는 약 3 cm로 하였다. 초음파 표지 부착에 소요된 시간은 30 sec 정도이었고, 실험에 사용한 초음파 표지와 시험어의 크기, 방류 장소 등을 정리하면 Table 1과 같다.

Tag No. 5115 (continuous type, 수중 중량 2.6 g)는 연속적으로 일정 간격의 펄스 신호 (주기 1.0 sec, 폭 10 ms)를 송신한다. 음원음압레벨 (source level; SL)은 139 dB (re 1 μ Pa at 1 m)이고, 전지수명은 31일이다. Tag No. 1840 (continuous-pressure type, 수중 중량 9 g)은 연속적으로 일정 간격의 펄스 신호 (주기 1.0 sec, 폭 10 ms)를 송신한다. SL은 139 dB이고, 전지수명은 31일이다. Tag No. 6140과 6137 (coded type, 수중 중량 2.6 g)은 간헐적 (10-30 sec 간격)으로 ID 등을 내포한 펄스 군 (pulse train)을 송신하며, SL은 139 dB, 전지 수명은 112일이다.

2003년 7월 22일 실험에는 통영바다목장 가두리에서 기르고 있던 시험어 2마리를 사용하였다. 시험어는 수면 가까이에 매달아 둔 바구니에 10여분간 체류시키면서 핑거의 수신 상태를 확인한 후 2마리를 한꺼번에 방류하였다 (15:20). 방류 장소는

서식지로부터 500 m 정도 떨어진 곳으로 길이 10 m 정도의 페어선을 이용하여 만든 페어선어초 (시설수심=25 m)가 시설된 곳이다. 2003년 10월 4일과 10월 8일 실험에 사용한 시험어는 통영바다목장 가두리 하부에 시설되어 있던 강제인공어초 (시설수심=20 m)에서 낚시로 어획한 것으로 그물로 둘러싼 사각형 케이지 (L1×W1×H1.5 m)에 약 30분간 두었다가 2003년 7월 22일과 동일한 방법으로 초음파 표지 (coded type, 69.0 kHz)를 부착시켜 어획이 이루어진 곳에서 방류하였다 (12:10).

결 과

시험어의 공간이동 특성

수심이 다른 3곳에 VR2 수신기를 설치하여 시간대에 따라서 어떤 수신기 주변에 어느 정도 체류하는지를 측정하기 위한 실험을 2003년 10월 4일 실시하였고, 그 결과를 나타내면 Fig. 2와 같다. #1-VR2 수신기는 방류장소로 사용한 가두리 (수심 20 m)에 설치하였고, #2-VR2와 #3-VR2 수신기는 각각 수심이 40 m와 50 m인 지역의 수면하 5 m에 현수하였다. 2003년 10월 4일 12:10에 방류한 시험어-6140 (Tag No. 6140)은 18:00 전까지는 주로 방류장소를 중심으로 반경 500 m내에 머물렀고, 야간에는 #1-VR2 수신기로부터 800 m 정도 떨어진 곳에 설치한 #2-VR2 수신기 주변에 머문 것으로 나타났다. 4일간의 측정 결과로부터 시험어는 주야에 걸쳐 얕은 수심에서 보다 깊은 수심으로 왕복 이동하는 행동과 주간보다는 야간에 주로 이동하는 경향을 보였다. 또한 시간이 경과함에 따라 점차 수심이 깊은 곳으로 이동하는 것으로 나타났다.

페어선어초에 대한 시험어의 행동반응

페어선어초 (수파기 H0, H1, H2로 이루어진 산각형의 가운데에 위치) 주변에 방류한 시험어의 행동반응을 측정하기 위한 실험은 2003년 7월 22일에 행하였고 그 결과를 나타내면 Fig. 3과 같다. 이 실험에서는 LBL방식의 무선부이식 어류추적시스템 (VRAP 시스템)을 사용하여 서식지로부터 500 m 정도 떨어진 페어선어초 바로 위의 수면에서 방류한 시험어 2마리의 위치를 추적하였다. Tag No. 1840의 시험어 (체장 38 cm)는 15:14에 페어선어초 부근에서 첫 위치가 기점된 후 31분간 페어선어초를 중심으로 반경 50 m 이내에 머물렀으며, 그 후 수파기 H1쪽을 거쳐 점차 페어선어초의 동쪽 (소장두도와 측도 사이, 수심 30-35 m)으로 이동하였다 (16:03). 그 이후 10여분간 위치추적이 이루어지지 못하다가 16:15과 16:17에

Table 1. Summary of body lengths and duration of tracking of red seabreams equipped with ultrasonic pingers in the Tongyeong Marine Ranch monitored from 22 August to 3 November 2003

Tag No.	Frequency (kHz)	Body length (cm)	Date tracking began	Comment-displacement distance
5115	66.0	28	03-07-22	500 m, lost after 0.5 hr tracking
1840	78.0	38	03-07-22	500 m, lost after 1 hr tracking
6140	69.0	25	03-10-04	0 m
6137	69.0	33	03-10-08	0 m

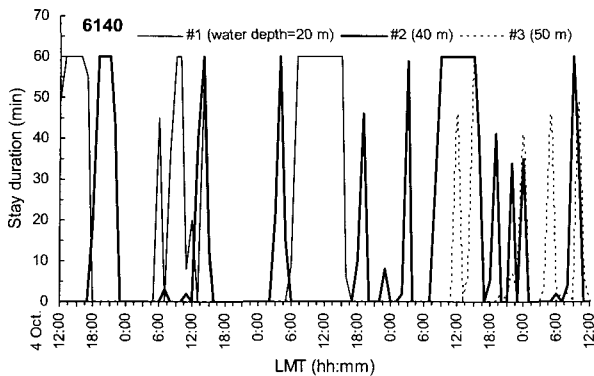


Fig. 2. Stay duration of the test fish (tag no. 6140) by the time in the detection range of three receivers of VR2 from 4-8 October 2003. #4, #6 and #7 VR2 receiver were located on 20 m, 40 m and 50 m of water depth area, respectively.

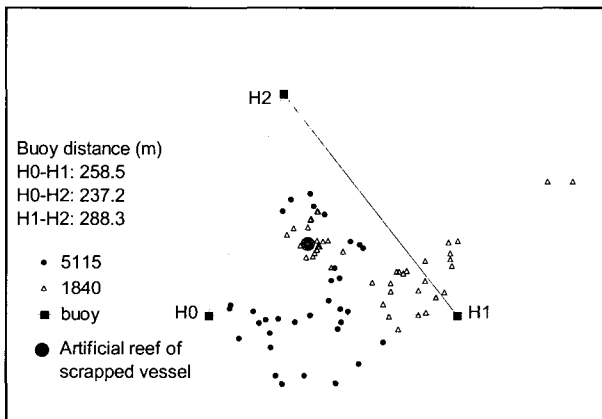


Fig. 3. Measured trajectories of two test fishes (tag no. 5115 and 1840) with the VRAP system. Those fishes were released at the center of the buoy triangle.

페어선어초로부터 동쪽으로 약 250 m 떨어진 곳에서의 2개의 위치가 기점된 후 Tag No. 1840의 행방을 찾지 못하였다. Tag No. 5115의 시험어 (체장 28 cm)는 페어선어초 부근에서 첫 기점 (15:24)된 후 21분간 페어선어초를 중심으로 반경 50 m 이내에 머물렀다. 그 후 수파기 H0와 H1의 중간에서 H0쪽으로 접근하다가 남동쪽으로 방향을 틀어 점차 페어선어초의 동쪽 (소장두도와 측도 사이, 수심 30-35 m)으로 이동하였다 (15:56). Tag No. 1840과 5115에 대한 추적 시간은 각각 63분과 32분이었다. 이 실험의 결과로부터, 통계적인 의미는 부여하기 어렵지만, 페어선어초에 대한 체류시간을 비교하여 보면 체장 38 cm인 시험어의 체류시간이 체장 28 cm인 시험어보다 약 2배 더 길게 나타났다. 시험어가 무선부이식 어류추적시스템의 유효범위를 벗어남을 확인하고 VR60 수신기와 지향성 수파기를 사용하여 1시간 동안 시험어의 탐색을 시도하였으나 발견하지 못하였다.

고 찰

수파기의 최적배치를 위한 시뮬레이션

초음파 핑거로부터의 펄스 신호가 무선부이식 어류추적시스템의 3개의 무선부이에 도달할 때까지의 시간의 차 즉, 수신 시간차를 이용하여 핑거의 위치를 계산하는 쌍곡선위치결정법에서는 수파기가 부착되어 있는 무선부이의 배치에 따라 위치오차의 분포가 달라진다. 위치측정 오차의 분포를 구하는 시뮬레이션을 행한 결과의 일례를 나타내면 Fig. 4와 같다. Fig. 5에서 H0, H1 및 H2는 수파기이며, 주국은 H0이다. 측위 오차의 분포는 GDOP (geometric dilution of precision)와 거리차 (range-difference) 측정의 표준편차를 고려하여 구한 것이다. 시뮬레이션 결과 3개의 무선부이는 현장 조건 (지형지물, 선박통항, 무선부이간의 최적거리 등)이 허용하는 한 정삼각형에 가깝게 배치하는 것이 이상적임을 알 수 있다.

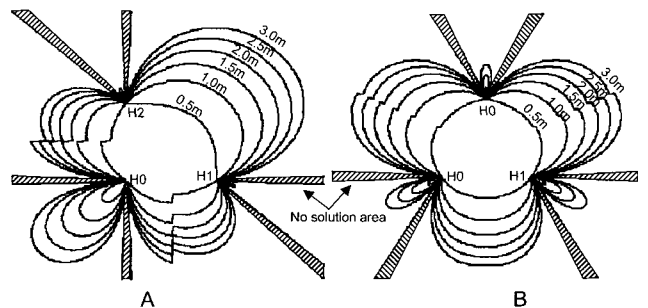


Fig. 4. Distribution of positioning error simulated.

VRAP 시스템의 위치 오차

2002년 10월 22일부터 23일까지 경남 고성군 하일면에 소재하는 가두리에서 VRAP 시스템의 측위정도를 측정한 결과는 Fig. 5와 같다. 실험에 사용한 초음파 핑거는 압력센서를 내장하고 있었다. Fig. 5는 핑거를 고정시킨 상태 A와 이동시킨 상태 B에서 측정된 핑거의 위치를 평면도 (상)와 측면도 (하)로 나타낸 것이다. 초음파 핑거를 고정시킨 상태에서 5시간동안 연속 측정된 결과, 2 drms (twice distance root mean square)는 0.8 m이었고, x축, y축 및 z축에 대한 위치측정의 표준 편차는 각각 0.2 m, 0.4 m 및 0.1 m로 나타났다. 초음파 핑거를 소형 선박 (길이 3 m, 무동력선)에 매달고 가두리 주위를 돌면서 핑거의 위치를 측정된 결과를 보면 이론상 위치계산이 될 수 없는 기선 연장선상 (Fig. 5B의 H0 부근)을 제외한 부분에서는 정상적인 위치 측정이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

콘크리트 사각어초에 대한 참돔의 반응

실험은 2001년 11월 24일 경남 창원시 통영군 미륵도의 남서쪽에 있는 곤리도 부근의 인공어초 시범해역에서 실시하였고, 날씨는 맑고 바다는 잔잔하였다. 시험어는 실험해역 주변에서 외줄낚시 어선에서 어획한 참돔이었다. 핑거를 부착시킨 시험어는 선상의 물탱크에서 1시간 정도 순응시킨 후 콘크리트 사각어초 (시설수심=30 m)가 시설된 곳의 수면에서 방류하였다. 시험어의 위치 (선박의 위치)와 유효수심도는

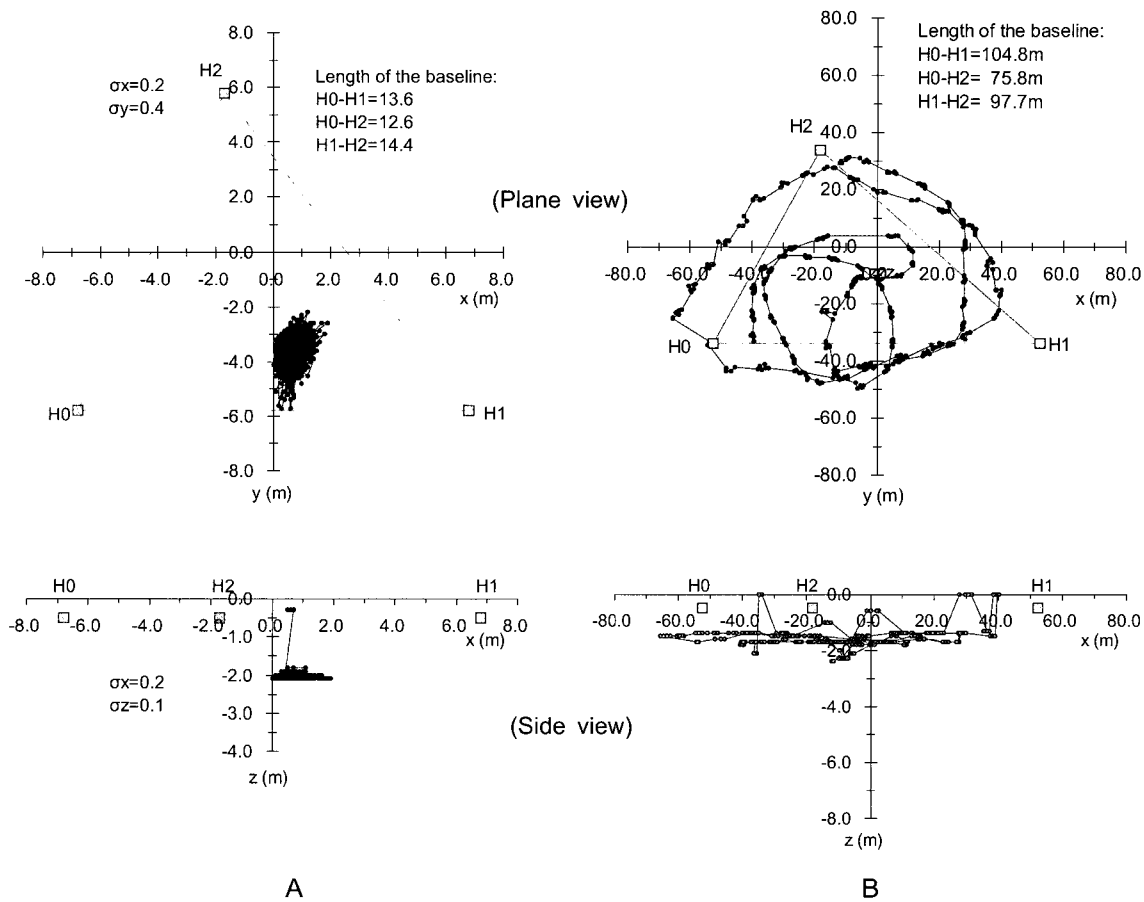


Fig. 5. Trajectories of a pinger A at the fixed position and B moved around with a small boat.

방류 후 10분정도까지는 2분 간격으로, 그 이후에는 대체로 5분 간격으로 기록하였다.

청음방식으로 4시간 정도 추적한 시험어의 수평적인 이동 경로 및 유영심도의 변화는 Fig. 6과 같다. 방류초기의 시험어는 인공어초가 있는 30 m 부근의 해저로 도피하여 10분 정도 인공어초 주변에 체류하다가 시간의 경과와 더불어 연안을 따라 이동하는 경향을 보였다. 이동 경로상에 삼각망 (정치성 구획어업의 일종)도 있었지만 이를 피하여 이동하였으며, 실험 중반에는 연안으로부터 10 m 정도 떨어진 돌출형 자연초 부근에서 머물렀다. 시험어의 움직임을 30여분간 계속 관찰하였으나 더 이상의 이동은 관찰할 수 없어 시험어가 사망하였거나 어체에 매단 핑거가 수중의 어떤 장애물에 끼었을 것으로 판단하였다. 그 이유는 실험해역 주변에서 어획되는 참돔은 대부분 선상으로 끌어 올렸을 때 부레가 입으로 튀어나오기 때문에 침 등으로 그 부레를 터트려야 활어상태로 판매할 수 있다는 것을 현지 어민과의 인터뷰를 통하여 알았기 때문이다. Fig. 6에서 14:40 이후의 데이터가 선으로 연결되지 않은 것은 시험어의 움직임이 거의 없다고 판단한 후 추적 작업의 일시 중지 (타 어초에서의 수중 촬영 등 다른 작업의 수행을 위해)와 추적재개 (시험어의 위치 변동 여부의 확인)를 2회

정도 반복하였기 때문이다. 실험기간 중 시험어의 평균 유영 속도는 2.0 m/s이었다. 이 실험을 통하여 콘크리트 사각어초에 대한 참돔의 유의한 반응은 확인되지 않았다.

사 사

이 연구는 2002학년도 부경대학교 기성회학술연구비의 지원에 의해 이루어졌다. 이 연구를 수행함에 있어 실험에 많은 협조를 해 주신 한국해양연구원과 통영바다목장의 관계자 여러분께 감사를 표합니다.

참 고 문 헌

Arai, N. 2000. Analysis of red sea bream behaviour using new bio-telemetry system. Nippon Suisan Gakkaishi, 66, 921-922. (in Japanese)
 Bertrand, A., E. Josse and J. Masse. 1999. In situ acoustic target-strength measurement of bigeye (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) by coupling split-beam echosounder observations and sonic tracking. ICES J. Mar. Sci., 56, 51-60.
 Candy, J.R. and T.P. Quinn. 1999. Behaviour of adult

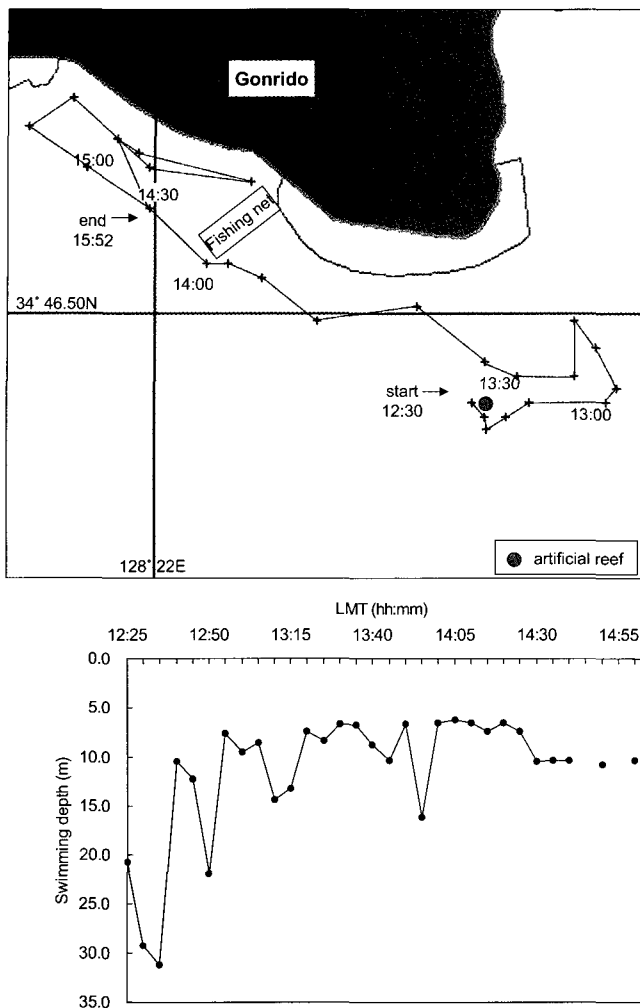


Fig. 6. Horizontal (upper part) and vertical (lower part) movements of a wild red seabream at Tongyeong marine ranch on 24 November 2001.

chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in British Columbia coastal waters determined from ultrasonic telemetry. *Can. J. Zool.*, 77, 1161-1169.

- Carlson, H.R. and R.E. Haight. 1972. Evidence for a home site and homing of adult yellowtail rock fish, *Sebastes flavidus*. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 29, 1011-1014.
- Colavecchia, M., C. Katopodis, R. Goosney, D.A. Scruton and R.S. Mckinley. 1998. Measurement of burst swimming performance in wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) using digital telemetry. *Regul. Rivers: Res. Mgmt.*, 14, 41-51.
- Chyung, M.K. 1977. *The Fishes of Korea*, Iljisa Press, pp. 361-362. (in Korean)
- Mellas, E.J. and J.M. Haynes. 1985. Swimming performance and behavior of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and white perch (*Morone americana*):

Effects of attaching telemetry transmitters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42, 488-493.

- Kang, K.M. and H.O. Shin. 2004. Analysis on the movement of bag-net in set-net by acoustic telemetry techniques. *Fish. Sci.*, 69, 300-307.
- Kawabe, R. 2000. Swimming behaviour of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* using micro data logger. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 66, 923-924. (in Japanese)
- Kim, S.C. and H.O. Shin. 2001. Research on the geographic characteristics of the sea bed and the distribution of artificial reefs in Jaran Bay. *Bull. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 37, 214-222. (in Korean)
- Matthews, K.R. 1992. A telemetric study of the home ranges and homing routes of lingcod *Ophiodon elongatus* on shallow rocky reefs off Vancouver Island, British Columbia. *Fish. Bull.*, 90, 784-790.
- Matthews, K.R. 1990. A telemetric study of the home ranges and homing routes of copper and quillback rockfishes on shallow rocky reefs. *Can. J. Zool.*, 68, 2243-2250.
- Mitamura, H., N. Arai, W. Sakamoto, Y. Mitsunaga, T. Maruo, Y. Mukai, K. Nakamura, M. Sasaki and Y. Yoneda. 2002. Evidence of homing of black rockfish *Sebastes inermis* using biotelemetry. *Fish. Sci.*, 68, 1189-1196.
- Myoung, J.G., J.M. Kim and Y.U. Kim. 1990. Morphological changes during starvation of larvae of red sea bream, *Pagrus major*. *Kor. J. Ichthyol.*, 2, 149-158. (in Korean)
- O'Dor, R.K., Y. Andrade, D.M. Webber, W.H.H. Sauer, M.J. Roberts, M.J. Smale and F.M. Voegeli. 1998. Applications and performance of radio-acoustic positioning and telemetry (RAPT) systems. *Hydrobiologia*, 371/372, 1-8.
- Pearcy, W.G. 1992. Movements of acoustically-tagged yellowtail rock fish *Sebastes flavidus* on Heceta Bank, Oregon. *Fish. Bull.*, 90, 726-735.
- Pyen, C.K. and J.Y. Jo. 1982. Seed production of red sea-bream, *Chrysophrys major*. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 15, 161-170. (in Korean)
- Shin, H.O. 1992. Ultrasonic tracking of movements of striped jack (*Caranx delicatissimus*) in the Nunoura Bay, Japan. *Bull. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 28(4), 347-359. (in Korean)
- Shin, H.O. and J.H. Lee. 1999. Behavior of amber fish, *Seriola aureovittata* released in the setnet. *Bull. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 35, 161-169. (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 fish (1). *Bull. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 30, 263-272. (in Korean)
- Shin, H.O., E. Hamada, H. Suzuki and Y. Koike. 1991. Guidance of ROV using multiple pingers of a single frequency. *J. Jap. Inst. Nav.*, 83, 7-11. (in Japanese)
- Starr, R.M., J.H. Heine and K.A. Johnson. 2000. Techniques for tagging and tracking deepwater rockfishes. *N. Am. J. Fish. Soc.*, 20, 597-609.
- Tae, J.W. and Shin H.O. 2004. Analysis on the volume variation of bag-net in set-net by acoustic telemetry. *Bull. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 40(2), 115-126.
- Takaba, M. 1997. Released red sea bream in fishing port and its domestication. *Suisan Zoshoku*, 45, pp. 577. (in Japanese)
- Voegeli, F.A., G.L. Lacroix and J.M. Anderson. 1998. Development of miniature pingers for tracking Atlantic salmon smolts at sea. *Hydrobiologia*, 371/372, 35-46.

2004년 8월 31일 접수

2004년 10월 23일 수리