

魚類의 棲息環境과 分布生態의 遠隔計測에 관한 研究 - I

- 水溫, 鹽分과 魚類의 分布 生態 -

신형일 · 안영화* · 신현옥

부경대학교 · 제주대학교*

(1997년 8월 30일 접수)

A Study on the Telemetry system for the Inhabitant

Environments and Distribution of Fish - I

- Sea Temperature, Salinity and Distribution of fish -

Hyeong-Il SHIN, Young-Wha AN* and Hyeon-Ok SHIN

Pukyong National University, Cheju National University*

(Received August, 30, 1997)

Abstract

This paper describe on the transmitting/receiving functions and the monitoring effects for the telemetry system which is designed to monitor the environmental condition of a culturing fishery ground inside a bay.

The telemetry experiments were carried out by the telemetry system which constructed with the sea water temperature/salinity measuring sensor and telesounder at culturing fishery ground located in the coast of Sanyang - Myon, Kyongsangnam - Do province from October, 1995 to May, 1996.

The results of this experiment showed that the developed telemetry system could be used for monitoring the sea water temperature/salinity and the distribution of fish in culturing fishery ground.

緒 論

어업은 현실적으로 배타적 경제수역(EEZ) 문제, 고급어의 어획량 감소로 인한 수익을 저하 등으로 잡는 어업에서 기르는 어업으로 전환하기 위한 노력은 계속하고 있으나, 내만 어장의 산업 폐수, 생활 잡배수, 농축산 배수, 양식장의 자가오염 등에 의해 자연 환경이 악화되어 적조가 빈번히 발생하고, 내만 어장이 황폐되어 가고 있다.

이와 같이 자원이 고갈되고 연안 어장이 황폐화 되어 가고 있는 심각한 상황을 극복하기 위해서는 어업 대상이 되는 생물에 대하여 그들과 환경과의 제반 관계를 명확히 하고, 어업으로서는 좋은 어획을, 자원으로서는 항구적으로 유효하게 이용할 수 있는 양식 방법의 개발과 개선을 꾀하여야 한다. 이 때문에 자원의 전체적, 개별적 파악, 보존과 관리 대책을 수립할 필요가 있고, 그 자원에 관한 분포생태를 파악하여야 한다.

바다의 생물은 육상 생물과는 달리 눈으로 직접 관찰한다든지, 사진 촬영과 같은 광학적인 수단을 이용한다는 것은 특수한 경우를 제외하고는 불가능하여 어획을 통한 간접적인 방법에 의존하여 왔으나 최근에는 어군탐지기 등 계측기기를 이용하는 수법에 의해 이루어지고 있으며, 더욱이 어장내의 생물에 자극을 주지 않고 분포생태를 측정할 수 있는 방법들이 고안되고 있다.

본 연구에서는 연안 내만에서 행해지고 있는 양식 어업, 정치망 어업의 생산과 관리를 효율적으로 행할 수 있는 기초 자료를 마련하기 위하여 어류의 서식 환경과 분포 생태를 원격으로 측정할 수 있는 시스템을 구축하여 1995년 10월부터 1996년 5월까지 통영군 산양면 육삼양어장에서 해상국에서 취득한 물리적 환경 정보와 어류의 행동에 관한 정보를 무선으로 육상 기지국에 전송하기 위한 디지털 방식의 정보 전송 시스템의 하드웨어 및 소프트웨어의 기능에 대하여 논하고, 수온·염분과 어군 행동에 대한 원격 실험을 행한 결과를 보고한다.

裝置 및 方法

1. 水溫 · 鹽分의 遠隔計測 시스템의 構成

수온·염분의 디지털 정보 전송 시스템은 Fig. 1과 같이 해상국과 육상국으로 구성하였다. 해상국은 2개의 STD 센서 (Aanderaa, 3230)와 총 8개의 센서를 연결할 수 있는 액정 디스플레이 유니트 (Aanderaa, 3017)로 제작된 DAS (Data Acquisition System), 자체 제작한 인터페이스 보드, 데이터 모뎀 (Kantronics, KPC-3, 1200 bps), 음성용 VHF/FM 휴대형 무선 송수신기 (Standard, C150E, 출력 5 W)로 구성하였고, 육상국은 음성용 VHF/FM 휴대형 무선 송수신기 (ADI, SENDER-145, 출력 5 W), RF 데이터 모뎀 (Kantronics, KPC-3, 1200 bps), 노트북 컴퓨터 (TINMAX, 486SX) 등으로 구성하였으며, 그 제원은 Table 1과 같다.

해상국에서는 수면하에 내린 2개의 STD 센서를 액정 디스플레이 유니트의 채널 1~채널 6에 연결

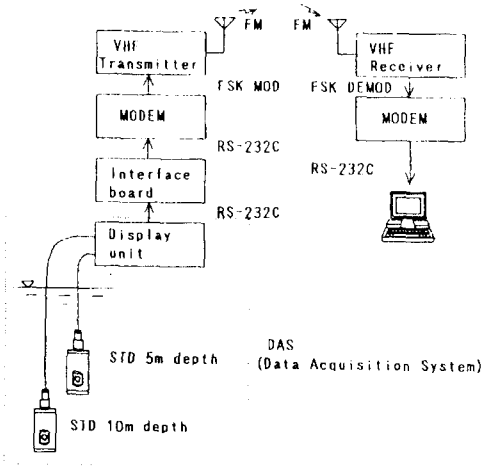


Fig. 1. Blockdiagram of the water temperature and salinity telemetering system.

Table 1. Specifications of the experimental equipments

Equipments	Specifications
Fish finder Frequency : 192 kHz	(Lowrance, X-16) Beam width : 8°
Interface (Marine, IV)	Audio/Video interface
Transceiver (Vatal, CB-7000)	FM frequency : 29.4 MHz
Notebook Computer	80486SX
A/D Board	8bits, 4channels conversion times : 2μs/ch

하여 각 센서가 순차적으로 스캐닝하여 공학단위 (engineering unit)로 수온, 염분농도, 심도를 측정하여 액정 디스플레이에 나타냄과 동시에 채널별 데이터를 1200 bps의 RS-232C 신호로 4초 간격으로 출력되게 하였다. 이 RS-232C 신호는 인터페이스 보드의 CPU에 있는 2개의 시리얼 포트 중 포트 1에 입력하고, 시리얼 포트 2는 데이터 모뎀에 연결하였으며, 또한 데이터 모뎀에는 육상국과 상방향 통신을 행하기 위하여 무선 송수신기의 마이크 단자 및 스피커 단자를 연결하였다. 이 데이터 모뎀은 아마추어 패킷통신용 무선모뎀으로서 퍼스널 컴퓨터와 일반적인 통신 에뮬레이터를 사용하여 사용자 상호간에 대화 형태로 데이터 통신

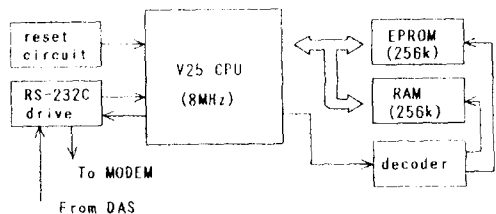


Fig. 2. Blockdiagram of the interface board on the water temperature and salinity telemetering system.

할 수 있도록 하였다.

본 연구에서는 해상에 설치된 하나의 국에서 일방적으로 데이터를 송신하고, 전파의 통달거리 내에 설치된 육상국에서는 그 데이터를 수신하므로 Fig. 2와 같이 구성한 인터페이스 보드를 자체 제작하였다. 이 보드는 해상국에서 퍼스널 컴퓨터를 설치하지 않고도 DAS로부터의 데이터를 전송할 수 있도록 데이터 모뎀을 제어하는 역할을 수행하도록 하였다.

Fig. 2에서, 인터페이스 보드는 16 비트 CPU (V25, 8MHz) 칩을 작동시키는 데 필요한 프로그램을 기억시키기 위한 EPROM (27C256), 데이터를 임시로 저장하는 버퍼용의 RAM (62256), 2개의 시리얼 통신 포트를 구동할 수 있는 RS-232C 드라이버 (MAX232), EPROM과 RAM을 임의로 선택할 수 있도록 하는 decoder (74HC139), 그리고 전원이 ON되는 순간 CPU를 초기화하는 자동 리셋 칩 (MX690)을 사용하여 구성하였다.

2. 魚類의 行動 測定裝置의 構成과 測定方法

2.1 개체어 행동 측정

개체어의 유영행동을 추적하기 위한 장치는 초음파 핑거, 무지향성 수파기, 3 채널 초음파 수신기, 싱글보드 컴퓨터 및 노트북 컴퓨터로 구성하였다. 초음파 핑거로부터의 펄스 신호를 수파하기 위한 무지향성 수파기는 가두리 (14×14×13 m)의 3 모서리에서 수면하 1 m 층에 설치하였다. 그리고, 3 채널 초음파 수신기는 케이블을 통하여 수신한 핑거의 신호를 증폭, 검파, 파형정형하여 출

력하면, 신호처리용 싱글보드 컴퓨터 (Z80, 6 MHz)에서는 각 수파기간의 수신시간차를 측정하여 RS-232C 신호로 출력하게 된다. 노트북 컴퓨터 (TINMAX, 486SX)에서는 이 신호를 이용하여 쌍곡선 위치결정법으로 핑거의 위치를 계산하여 3차원으로 화면에 표시하고, 수신시간차 등의 데이터를 하드디스크에 저장한다. 추적 시스템의 전원으로는 1개의 무액식 축전지 (DC 12 V, 15 Ah)를 사용하였고, 노트북 컴퓨터에는 이 축전지의 DC 12 V를 DC-AC 인버터 (POWER200, 200 W)를 사용하여 AC 110 V로 변환시켜 전원 공급함으로써 긴 시간동안 연속 측정할 수 있도록 하였다.

실험에 사용한 초음파 핑거는 송신 주파수가 50 kHz, 펄스 폭이 10 msec였으며, 펄스 주기는 반도체형 압력센서를 내장하고 있어 핑거에 따라 펄스 주기가 변하도록 하였다. 압력센서는 최대 68.3 m의 심도까지 측정할 수 있고, 심도는 펄스 주기에 대하여 112.9 m/Hz의 기울기를 갖고 있으며, 측정 심도의 최대 오차는 ±0.68 m이다. 핑거의 펄스 주기 T (msec)와 심도 z (m)사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$z = \frac{112.9 \times 1000}{T} - 116.4$$

여기서, -116.4는 압력센서의 인터셉트 값이다.

어류행동 추적 시스템의 동작상태와 위 식의 정확도를 확인하기 위하여, 줄에 매단 핑거를 수면하 10 m까지 내렸을 때의 핑거의 위치를 구하는 예비 실험을 행하였다. Fig. 3의 (a)와 (b)는 핑거의 위치를 각각 평면도와 측면도로 나타낸 것이며, H0~H2는 수파기를 나타낸 것이다.

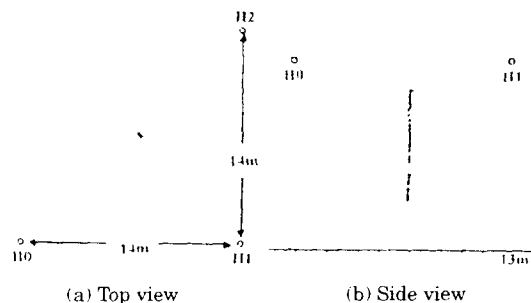


Fig. 3. Calibration for the pressure sensor.

이 예비 실험을 통하여 위 식에 따라 구한 평거의 계산 심도와 실측 심도가 압력센선의 오차범위 내에서 일치함을 알 수 있었고, 또한 추적 시스템의 작동 상태도 정상임을 확인할 수 있었다.

어류행동 추적 실험은 1996년 5월 31일~6월 1일 양일간에 걸쳐 경남 통영시 산양면 소재 성지실업의 해상 가두리에서 실시하였다.

시험어는 실험 장소로 선택한 가두리내에서 양식하고 있던 우럭(*Sebastes schlegeli*)이었으며, 시험어의 체장은 약 25 cm이었다.

초음파 평거는 낚시와 나일론 줄을 사용하여 시험어의 등지느러미 후부 근육질에 메달았으며, 평거를 부착한 즉시 가두리내에 방류하여 위치 추적을 시작하였다. 시험어의 위치 데이터는 20분 간격으로 10분씩 저장하였다.

2.2 어군행동 측정장치

어군행동 측정은 실험 제작한 원격어군탐지기를 이용하여 실험을 행하였다. 그 측정시스템은 해상에 설치하는 해상 이동국과 선상에 설치하는 선상 고정국으로 구성하였으며, 실험장치의 제원은 Table 1과 같다. 해상 이동국은 어군탐지기, 송신 인터페이스, 무선송신기 등으로 구성되어 있으며, 선상 고정국은 무선수신기, 수신 인터페이스, 노트북 컴퓨터 등으로 구성되어 있다.

해상 이동국은 어군탐지기의 작동주파수는 192kHz였고, 어군에 의한 반사신호는 연속적으로 기록지에 기록하였다. 해상 이동국에서는 어군반사신호와 발진선의 동기신호를 합성하여 송신 인터페이스에 입력하고, 이 신호를 5kHz의 주파수로 FM변조하여 무선송신기에 의해 송신하였으며, 선상 고정국의 무선수신기에 수신된 어탐신호는 수신 인터페이스에 입력, 검파하여 노트북 컴퓨터에 입력하여 영상으로 표시하였다.

3. 實驗水域 및 裝置의 配置

실험은 1996년 4월 5일~4월 6일, 4월 26일~4월 27일, 5월 31일~6월 1일, 6월 21일~6월 22일 4회에 걸쳐 경남 통영군 산양면 소재 (주)성지실업의 해상 가두리 양식장에서 실시하였다. 수온 및

염분의 원격계측 시스템은 우럭을 양식하고 있는 가두리 (14×14×13 m) 위에 해상 송신국을 설치하고, STD 센서는 축양조 내의 5 m 및 10 m 수층에 내려 수층별 환경정보를 송신하도록 하였으며, 육상 수신국은 해상 송신국에서 약 100 m 떨어진 해상의 양식장 관리 사무실 내에 설치하여 30분 간격으로 15분 동안의 수온과 염분 데이터를 노트북 컴퓨터의 하드디스크에 저장하도록 하였다.

結果 및 考察

1. 水溫 · 鹽分 遠隔計測시스템의 機能

Fig. 4는 수온·염분 원격제어 프로그램의 흐름도를 나타낸 것으로 Fig. 4(a)는 해상국에서 사용하는 프로그램의 흐름도이고, Fig. 4(b)는 육상국에서 사용하는 프로그램의 흐름도이다.

Fig. 4의 (a)에서, 수온과 염분의 물리적 환경정보 송신은 해상국에 있는 센서를 통하여 인터페이스에 전원이 공급되어 프로그램이 작동하면 address 설정 등 초기화 작업을 수행하고, 해상국 데이터 모델의 호출부호 "TX"로 설정된 후 데이터 송신 개시 명령으로 정한 "?" 부호가 입력되기를 기다린다. "?" 부호가 모델과 연결된 통신 포트 2를 통하여 입력되면 DAS가 연결된 통신 포트 1을 통하여 데이터를 입력하여 버퍼에 저장하고 이 버퍼의 내용을 읽어들이어 통신 포트 2를 통하여 데이터 모델에 보내어 송신 되도록하였다. 이러한 작업을 수행하는 프로그램은 Turbo C를 이용하여 작성한 source 파일을 컴파일하고 BIN 파일로 변환시킨 후 ROM writer (디버거하우스, DBH-5000)를 이용하여 EPROM에 기억시켰던 바 정보 송신 기능이 원활하여 작동되었다.

Fig. 4의 (b)에서 환경정보의 수신은 육상국에 설치된 노트북을 기동시키고 Quick BASIC을 이용하여 작성한 통신 프로그램을 작동시키면 자동적으로 해상국의 호출부호인 "TX"를 송신하고, 통신 회선이 연결되었음을 알리는 메시지가 수신되면 송신 개시 명령으로 정한 문자 "?"를 해상국으로 송신한다. 이 후 해상국으로 부터 전송되어 오는 물리 환경 정보의 데이터를 모델로부터 입력

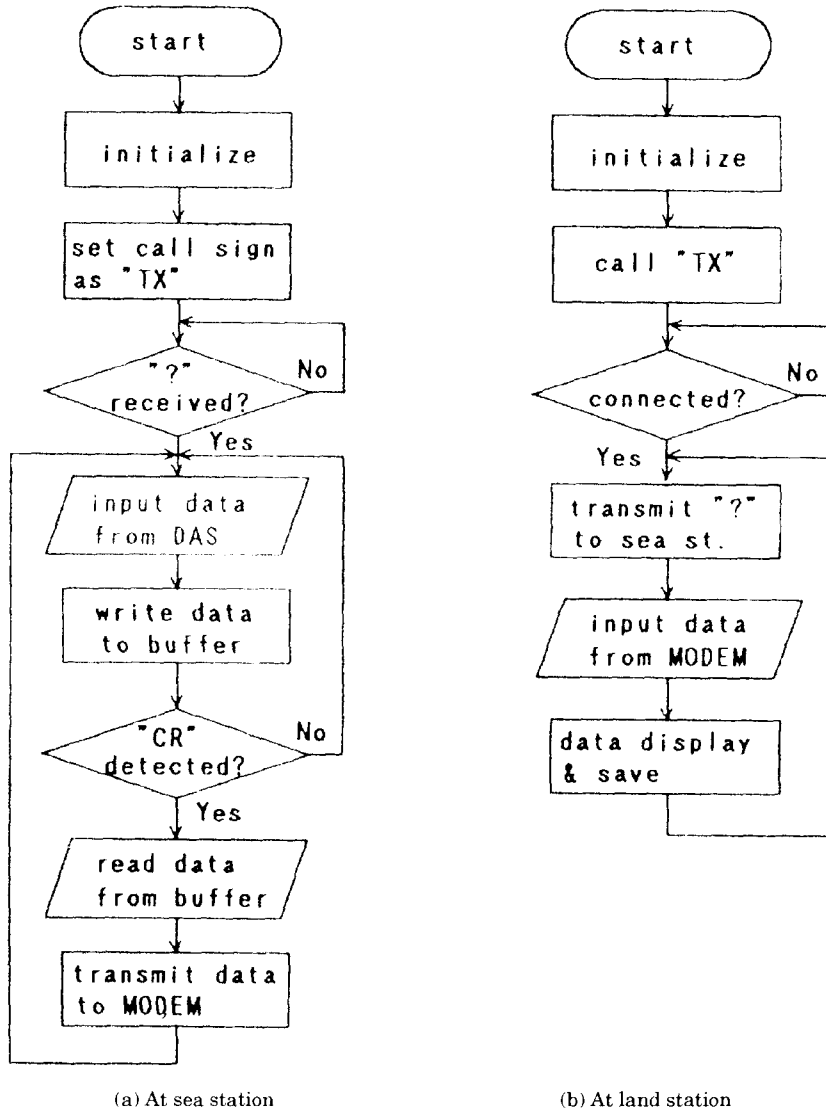


Fig. 4. Flow chart of the program for the water temperature and salinity telemetering control.

하여 노트북 컴퓨터의 화면에 나타내고 하드 디스크에 저장하는 일련의 작업을 계속하도록 설정하였던바 정보수신 기능도 원활하게 작동되었다.

2. 水溫의 日變化

수산생물의 서식에 영향을 미치는 요소에는 수온, 염분 등 여러 가지의 해양학적 요소가 있으나 그 중에서도 수온의 영향이 지배적이다.

디지털 정보 전송 장치를 이용하여 원격으로 측

양조 내의 5 m 층과 10 m의 수층에서 동시에 관측한 수온의 일변화는 Fig. 5와 같다.

Fig. 5의 (a)는 4월 5일 14:00에서 4월 6일 10:00까지의 경과시간에 따른 수온의 변화를 나타낸 것이다. Fig. 5에서 5 m 층의 수온은 4월 5일 14:00경에는 11.4°C를 나타내었고, 14:30에서 17:30까지는 거의 11.3°C를 유지하였다. 그리고 일몰(18:00경)과 함께 11.1°C로 하강하여 4월 6일 10:00까지 거의 일정한 값을 나타내었다.

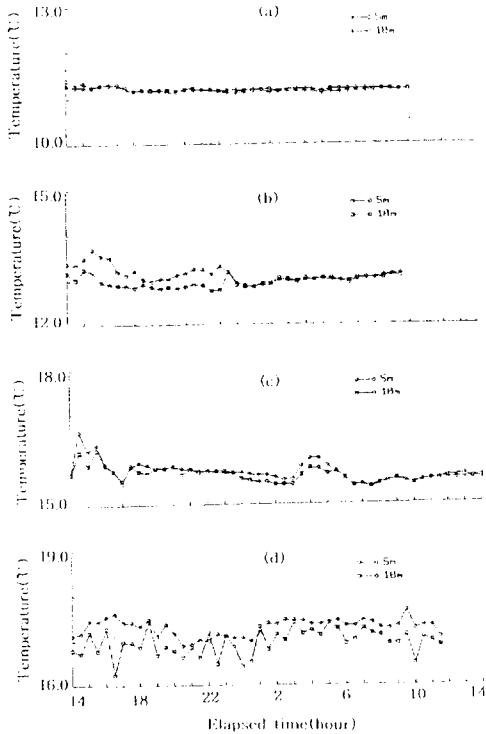


Fig. 5. Daily variation for the water temperature.

(a) : 5th ~ 6th Apr. (c) : 31st May ~ 1st Jun.
 (b) : 26th ~ 27th Apr. (d) : 21st ~ 22nd Jun.

10 m 수층의 수온은 일몰전에는 11.3°C를 나타내었고, 일몰 후에는 11.2°C로 거의 일정하였다. 이것을 5 m 수층과 비교하여 보면, 일몰과 더불어 기온이 하강하여도 18:00경에는 5 m 수층의 수온과 거의 같다가 20:00경 부터는 오히려 높은 것으로 나타났다.

Fig. 5의 (b)는 4월 26일 14:00에서 4월 27일 10:00까지 얻은 자료를 분석한 결과로써 5 m 수층의 수온은 평균 13.1°C였고, 10 m 수층의 수온에 비하여 평균 0.1°C 높았다. 5 m 수층의 수온은 14:00경 13.3°C를 나타내었고, 15:30경 13.7°C로 상승하였다가 일몰시기와 같이해서 거의 13°C를 유지했다. 그러나 23:30경 13.3°C로 상승하였다가 13°C로 하강하였는데 이 원인은 조석 주기로 보아 수온이 다소 높은 조류가 밀물에 의해 유입됨으로써 발생한 결과로 판단된다.

10 m 수층의 수온은 14:00경 13.2°C를 보이다가

차츰 하강하여 거의 12.9°C를 유지하였다. 23:30경에는 12.8°C로 약간 하강하였다가 다시 12.9°C로 상승하는데 이것도 5 m 수층과 동일한 시간에 같은 현상이 발생한 것으로 미루어 5 m 층과 같은 원인이거나 창조류에 의하여 가두리 그물이 센서에 접촉함으로써 생긴 센서의 이상으로 판단된다. 그리고, 실험 종료 30분전인 09:00까지 13°C로 5 m 층과 거의 같은 수온을 나타내었으나, 일출이후 5 m 층의 수온은 10:00 부터 다시 조금씩 상승하는 경향을 나타내었다.

Fig. 5의 (c)는 5월 31일 14:00에서 6월 1일 12:00까지 얻은 자료를 분석한 결과로써 수온의 최고 상승 시간인 14:30경에 5 m 층이 10 m 층보다 0.5°C, 04:00경의 0.2°C 높은 것을 제외하면 5 m 층과 10 m 층의 수온은 거의 비슷하게 변하였다.

Fig. 5의 (d)는 6월 21일 14:00에서 6월 22일 12:00 까지 가두리 그물이 없는 축양조에서 측정된 결과로써 5 m 층은 17.5°C였으며, 10 m 층은 평균 16°C로 5 m 층이 1.5°C 높은 경향을 나타내었으며, 축양조내에서 보다 다소 큰 변동을 나타내었다. 이와 같은 원인은 그물로 인한 보온 효과의 영향이 배제된 때문이라 생각된다.

3. 염분의 日變化

염분은 수산생물의 서식, 특히 산란이나 번식에 깊은 관계가 있다. 그리고, 먼바다에서는 해류의 영향을 많이 받으나, 연안에서는 강우와 하천수의 유입에 크게 영향을 받으므로 같은 해류라도 해역에 따라 염분 농도는 다소 다르다.

실험을 수행한 남해구는 일반적으로 육수의 유입이 적은 계절에는 34.5‰내외이고, 육수의 유입이 많은 계절에는 표층의 염분농도가 30~33‰로 많은 변화가 있다.

본 연구에서는 수온·염분 원격측정 시스템을 이용하여 표층 부근의 심도(5 m, 10 m)를 중심으로 염분농도를 측정하였고, 분석 결과는 Fig. 6과 같다.

Fig. 6의 (a)는 4월 5일 14:00 부터 4월 6일 10:00까지의 염분의 일변화를 측정된 결과이다. 5 m 층의 염분농도는 큰 변화없이 거의 일정하였고, 평균 염분농도는 34.2‰이었다. 10 m 층은 16:30

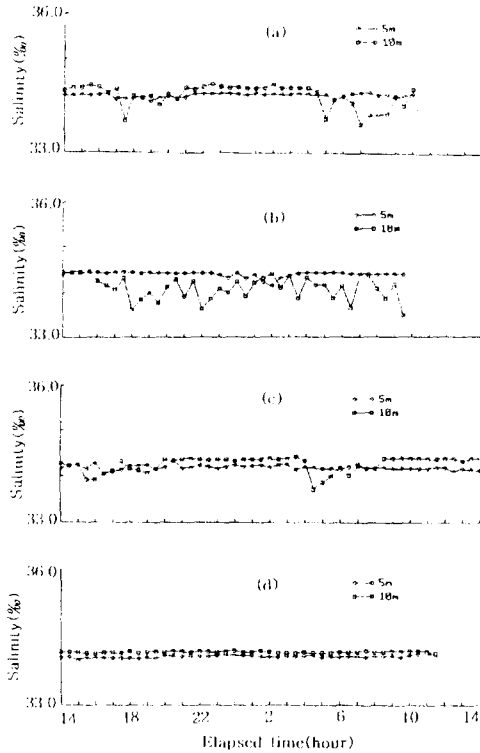


Fig. 6. Daily variation for the salinity.
 (a) : 5th~6th Apr. (c) : 31st May~1st Jun.
 (b) : 26th~27th Apr. (d) : 21st~22nd Jun.

~20:30, 05:30~08:30에서 염분농도의 측정치가 매우 불안정하였고, 나머지 시간대에는 대체로 34.4 ‰로 안정적이었다. 여기서 염분농도의 변화가 심하게 나타난 원인은 저조에서 고조로 밀물이 유입될 때 가두리 그물이 부상하여 그물에 부착된 해초 등이 염분 센서와 접촉됨으로써 발생한 현상으로 판단된다. 10 m층의 염분농도는 불안정한 시간대를 제외하면 5 m층에 비하여 평균 0.2 ‰ 높게 나타났으나, 불안정 시간대를 포함한 일일 평균 염분농도는 34.3 ‰로 나타나 5 m층과 비슷함을 알 수 있었다.

Fig. 6의 (b)는 4월 26일 14:00 부터 4월 27일 10:00 까지의 염분농도의 일변화를 측정한 결과이다. 5 m층의 염분농도는 01:30~02:30에 약간 불안정하게 나타났을 뿐 전체적으로 안정된 값을 나타내었고, 일일 평균 염분농도는 34.4 ‰로 다소 높은 값을 보였다.

10 m층은 밀물의 영향을 받은 것으로 예상되는 23:00~02:00의 시간대를 포함하여 전체적으로 불안정하였다. 일일 평균 염분농도는 34.3 ‰로 5 m층에 비하여 0.1 ‰ 낮았다. 수온·염분 센서의 심도 변화를 분석한 결과 23:00~익일 04:00의 밀물이 유입되는 시기와 같이해서 2m정도 불안정하게 상하 운동하였고, 다른 시간대에서의 특이사항은 발견할 수 없었다.

Fig. 6의 (c)는 5월 31일~6월 1일의 염분농도의 일변화를 나타낸 것이다.

5 m층의 염분농도는 16:00경의 34.4 ‰를 제외하면 거의 안정적이었고, 일일 평균 염분농도는 34.2 ‰를 나타내었다. 10 m층의 염분농도는 15:30~19:00과 04:30~08:00의 시간대에는 매우 불안정하였으며, 이 시간대의 평균 염분농도는 각각 34.2 ‰와 34.1 ‰를 나타내었다. 10 m층의 불안정한 시간대를 제외한 일일 평균 염분농도는 34.4 ‰로 5 m층에 0.2 ‰ 높았으며, 전체 시간대에 대한 일일 평균 염분농도는 34.3 ‰로 5 m층보다 0.1 ‰ 높은 값을 나타내었다. 10 m층의 불안정한 시간대는 밀물이 유입되는 시기와 일치하므로, 염분농도의 불안정은 밀물에 의한 가두리 그물의 영향으로 판단된다.

Fig. 6의 (d)는 가두리의 그물을 제거한 곳에서 측정한 염분농도의 일변화로 5 m층과 10 m층에 대한 염분농도의 변화가 Fig. 6의 (a)~(c)와는 달리 전체적으로 안정되어 있음을 알 수 있다. 5 m층의 일일 평균 염분농도는 34.1 ‰이었고, 최저 34.0 ‰에서 최고 34.2 ‰까지 변동하였으며, 10 m층의 일일 평균 염분농도는 34.2 ‰로 5 m층보다 0.1 ‰ 높게 나타났다. 그리고, 밀물의 유입이 시작되는 06:30이후의 염분농도도 크게 바뀌지 않는 점으로 미루어 Fig. 6의 (a)~(c)에서 나타난 밀물 유입 시기의 염분농도의 큰 변화는 가두리 그물 등의 이물질이 염분 센서와 접촉함으로써 생긴 결과임을 확인할 수 있었다.

4. 水溫과 魚類 行動과의 關係

4.1 개체어 행동의 일변화

Fig. 7은 5월 31일 17:00~6월 1일 16:00에 측정한 시험어의 유영행동을 나타낸 것이다. Fig. 7

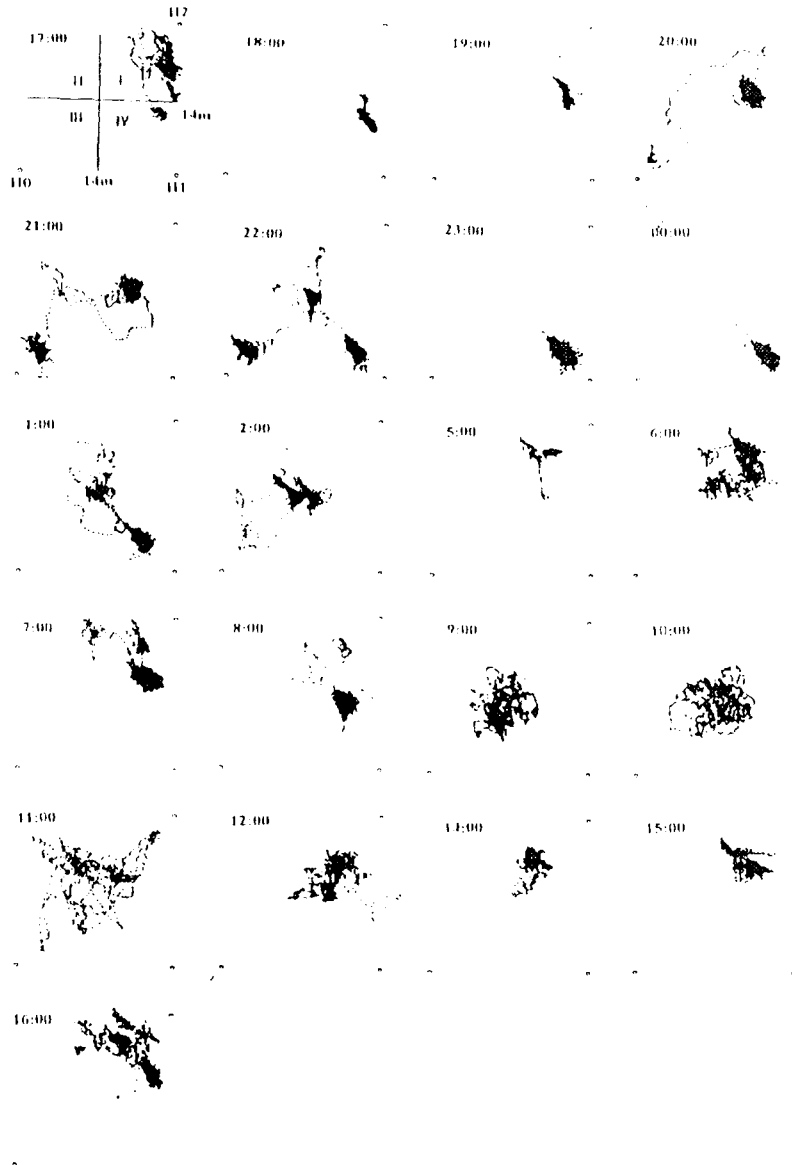


Fig. 7(a). Horizontal trails of the rock fish(*sebastes schlegelii*) by the elapsed time.

의 (a)와 (b)는 각각 시험어의 시간대별 유영행동을 평면도와 측면도로 나타낸 것이고, Fig. 7의 (c)는 그때의 유영속도의 빈도를 나타낸 것이다.

Fig. 7의 (a), (b), (c)에서, 1996년 5월 31일 17:00경에 방류한 시험어는 수평적으로는 방류한 지점인 IV 구간에서 I 구간으로 이동하였고, 수직적으로는 수면 가까이에서 수면하 6.8 m층으로 서서히 하

강하는 도피행동을 나타내었다. 이와 같은 완만한 도피행동을 보인 것은 제한된 가두리내에서 양식되었다는 점과 방류전에 1시간 정도 순응시킨 점에 관계 있을 것으로 판단된다. 유영속도의 분포에서는 0.25~0.50 m/sec구간에서의 발생 빈도가 36.3%로 가장 높았고, 0.50~0.75 m/sec는 28.3%, 0.25 m/sec미만은 18.2%, 1.00 m/sec이상은 17.2%였다.

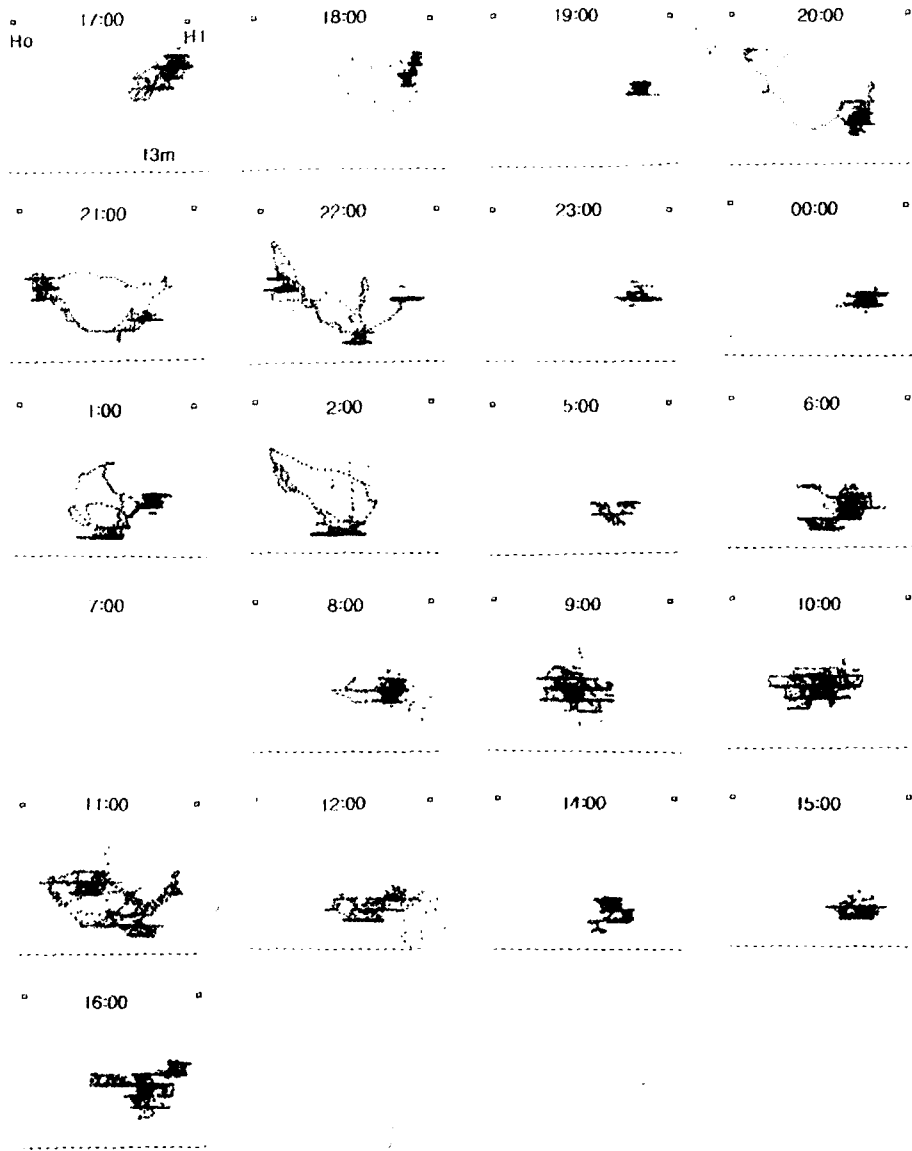


Fig. 7(b). Vertical trails of the rock fish(*sebastes schlegel*) by the elapsed time.

18:00과 19:00에는 수평적으로는 각각 IV 구간과 I 구간의 일정 지점에 계속 머물렀고, 수직적으로는 주로 2.8 m~6.2 m층과 5.7 m~6.8 m층에 분포하였다. 유영속도의 분포를 보면 18:00과 19:00의 0.50 m/sec미만인 구간에서의 발생 빈도는 각각 73.9 %와 55.7 %로 나타나 19:00의 유영행동이 18:00 보다 범위는 좁지만 활동은 많았던

것으로 나타났다.

20:00, 21:00 및 22:00에는 수평적인 유영 범위가 넓어졌고, 수직적으로도 수면에서 가두리 그물 바닥 부근까지 유영하였다. 이들 시간대의 유영속도의 분포를 보면 유사한 모양의 발생 빈도를 보이고 있으며, 0.50~0.75 m/sec구간에서 최대치를 나타내었다.

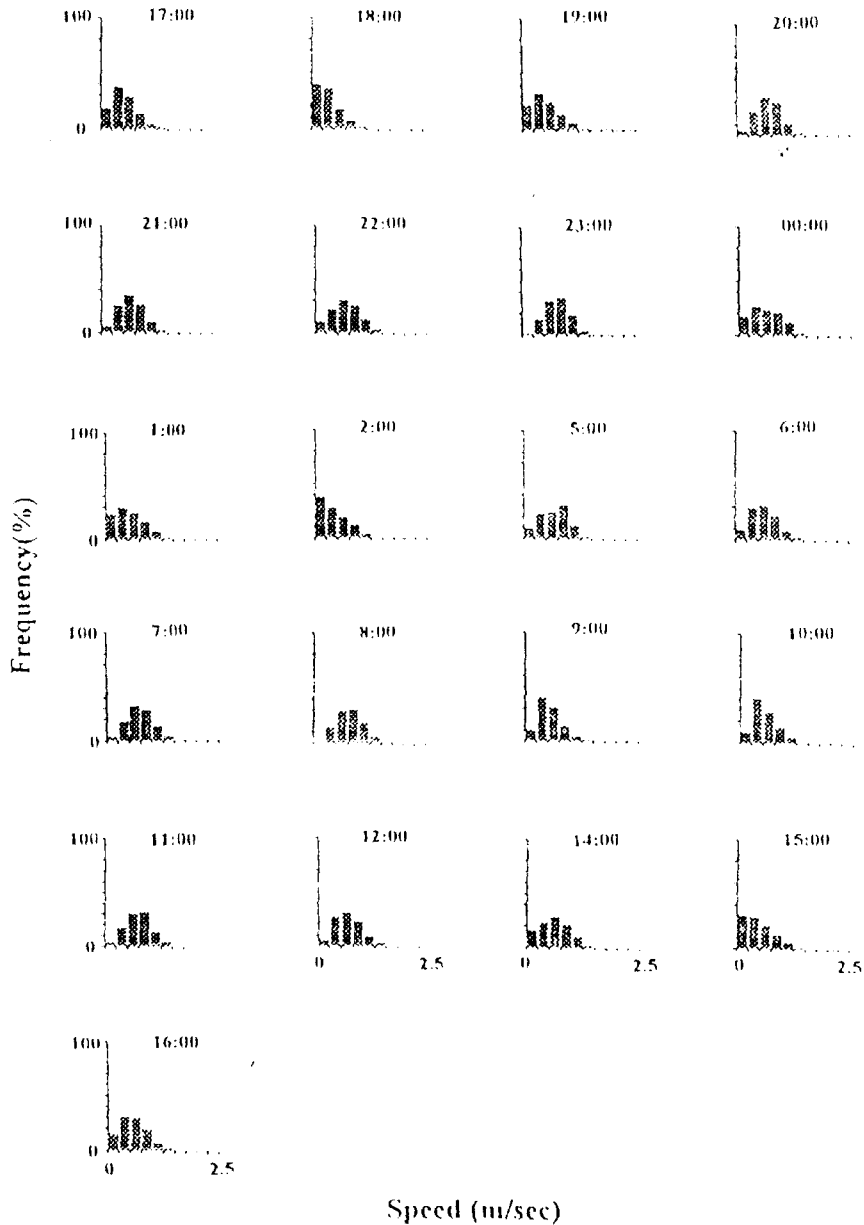


Fig. 7(c) Swimming speed distribution of the rock fish(*sebastes schlegel*) and its frequency occurred.

23:00와 00:00에는 수평적 및 수직적인 유영범위가 좁아져서 거의 같은 곳에서 유영하였다. 유영속도의 분포를 보면 23:00에는 0.50~1.00 m/sec 구간에서의 발생 빈도가 64.1 %로 나타났고, 00:00에는 1.25 m/sec미만에서의 구간별 발생 빈도가 대체로 고르게 나타났다.

6월 1일 01:00과 02:00에는 수평적인 유영범위와 수직적인 유영범위가 커졌고, 수평적으로는 각각 II, IV 구간과 I, III 구간을 잇는 대각선상에서 활동하였으며, 수직적으로는 대체로 4.5~11.3 m의 심도 범위에서 활동하였다. 유영속도의 분포에서, 01:00의 구간별 발생 빈도는 1시간전인 00:00

과 형태가 유사하나 0.25 m/sec미만인 구간의 발생 빈도가 증가하였으며, 02:00에는 0.25 m/sec미만인 구간의 발생 빈도가 더욱 증가하여 최대치를 나타내고 이 구간을 기점으로 하여 0.25~1.25 m/sec구간에서는 발생 빈도가 선형적으로 감소하는 경향을 보였다. 이후 03:00과 04:00의 시간대에 대한 측정은 이루어지지 않았다.

05:00에는 수평적으로는 주로 I 구간내의 좁은 범위에서, 수직적으로는 8.5~10.7 m층에서 유영하였다. 유영속도의 분포에서 발생 빈도의 최대치는 0.75~1.00 m/sec구간의 29.6 %였고, 0.25~1.00 m/sec구간의 발생 빈도가 77.2 %로 나타나 02:00의 59.3 %보다 상당히 증가하였다.

06:00, 07:00 및 08:00에는 수평적인 유영 활동이 점차 활발하여지면서 유영 구간도 I 구간에서 그물의 중앙부로 이동함을 알 수 있고, 수직적으로는 05:00경보다 유영 심도의 변화폭을 증가시키고 있다. 유영속도의 분포에서는 시간이 지남에 따라 0.25 m/sec미만인 구간에서의 발생 빈도가 각각 9.2 %, 3.4 %, 0.4 %로 급격히 감소하는 비하여 0.75~1.00 m/sec구간의 빈도는 각각 20.6 %, 28.4 %, 30.9 %로 증가하는 경향이 있었다.

09:00과 10:00에는 수평적으로는 가두리 그물의 중앙부에서, 수직적으로는 대체로 5.7~9.6 m층에서 유영하였으며, 유영행동의 모양은 매우 비슷하였다. 유영속도의 분포에서도 0.25~0.50 m/sec구간의 발생 빈도가 각각 40.3 %와 41.1 %로 나타나 최대치를 보였고, 이후 점차 감소하는 등의 유사한 경향을 나타내었다.

11:00에는 수평적으로는 타 시간대에 비하여 비교적 전구간에 걸친 활발한 유영행동을 나타내었고, 수직적으로는 5.7~11.3 m층에 고르게 분포하였다. 유영속도의 분포에서는 0.50 m/sec미만인 구간에서의 발생 빈도는 20.4 %로 나타나 10:00의 52.0 %에 비하면 매우 감소하였고 0.50~1.00 m/sec구간에서는 62.0 %로 나타나 10:00의 43.4 %에 비하여 상당히 증가하였다.

12:00, 14:00 및 15:00에는 수평적인 유영범위가 시간의 경과와 더불어 점차 감소하는 경향을 보이고 있으며, 수직적인 유영행동에서도 이와 비슷한 경향을 나타내어 시간이 경과함에 따라 점차 그물

바닥 부근에서 유영함을 볼 수 있다. 유영속도 분포를 보면 0.25 m/sec미만의 발생 빈도가 각각 6.2 %, 15.7 %, 27.4 %로 증가하였고, 0.25~0.50 m/sec구간에서는 각각 27.2 %, 23.0 %, 28.9 %로 비슷하나 0.50~1.00 m/sec구간에서는 각각 58.0 %, 49.5 %, 37.2 %로 감소하고 있어 유영범위의 축소와 더불어 유영속도도 감소하고 있음을 알 수 있다.

16:00에는 수평적인 유영 범위와 수직적인 유영 범위가 다시 증가하고 있고, 유영속도 분포에서도 15:00과 비교하면 0.25 m/sec미만이 15.9 %감소하는 대신에 0.50~1.00 m/sec구간이 22.3 %증가하고 있어 유영속도도 증가함을 알 수 있다.

Fig. 8은 시험어의 시간대별 평균 유영속도의 일변화를 나타낸 것이다. Fig. 8에서, 초음파 핑거를 부착한 시험어는 방류 초기인 5월 31일 17:00에는 0.50 m/sec를 나타내었고, 18:00에는 관측 기간내의 최저 속도인 0.38 m/sec를 보이다가 유영속도는 점차 증가하여 23:00에는 야간의 최대 속도인 0.79 m/sec를 보였고, 그 후 유영속도는 감소하여 6월 1일 02:00에는 0.44 m/sec를 나타내었다. 05:00의 유영속도는 02:00에 비하여 0.24 m/sec증가한 0.68 m/sec를 보였고, 06:00에 약간 감소한 유영속도는 그 후 증가하여 08:00에서 관측 기간내의 최대치인 0.81 m/sec를 나타내었다. 09:00 및 10:00에는 0.54 m/sec를 보인 유영속도는 11:00에 0.74m/sec까지 증가하였다가 감소하기 시작하여 15:00에는 0.49 m/sec를 나타내었으며, 16:00에는 0.57 m/sec로 약간 증가하였다.

이 실험을 통하여 얻은 시험어의 평균 유영속도는 0.61 m/sec로 체장대비 약 2.0배의 빠르기를 나

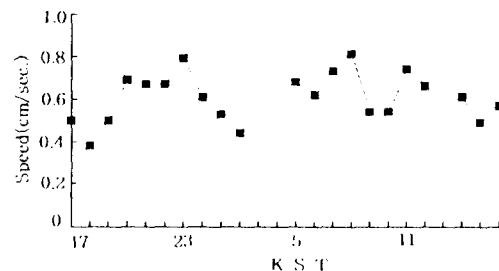


Fig 8. Swimming speed of the rock fish(sebastes schlegel) by the elapsed time.

타내었고, 주간과 야간의 평균 유영속도는 각각 0.60 m/sec, 0.62 m/sec로 나타나 주간이 야간보다 약간 빠른 것으로 나타났다.

한편, 같은 기간내에 STD로 측정된 5 m/sec 층과 10 m 층의 평균 수온의 변화를 유영속도의 변화와 비교하여 보았으나 0.3°C 이내의 수온 변화에서는 상관성을 발견하기가 어려웠다.

4.2 어군 행동의 일변화

Fig. 9는 원격 어군탐지기를 이용하여 어군행동을 관측한 결과는 Fig. 9와 같다. Fig. 9에서 어군의 수직 분포 변동이 가장 뚜렷한 시간은 일출물 전후였고, 이 때의 수온은 5 m 층 및 10 m 층 모두 11.3°C였다.

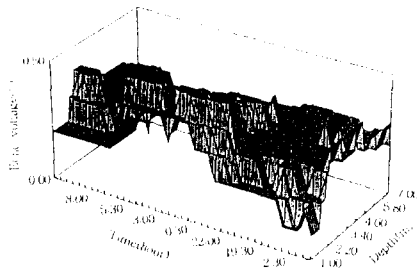


Fig. 9. Daily variation of the movement of fish school using the prototype teleounder.

주간에는 어군이 주로 2~7 m 층에서 고르게 분포하였고, 평균적인 예코 신호의 전압 크기는 0.3 V였으며, 5 m 층 및 10 m 층의 평균 수온은 각각 11.4°C와 11.3°C였다.

일몰을 전후하여 부상한 어군은 야간에는 주로 표층 가까이 분포하였으나 일출 40분전부터 점차 하강하기 시작하여 일출과 함께 대부분의 어군은 3 m 이하의 심도로 이동하였다. 야간의 수온은 5 m 층 및 10 m 층 모두 큰 변화는 없었으나 10 m 층에 비하여 5 m 층의 수온 변화가 상대적으로 컸다.

要 約

연안 내만에서 행해지고 있는 양식어업, 정치망어업 등의 생산과 관리를 효율적으로 행할 수 있는 기초 자료를 마련하기 위하여 어류의 서식환경과

분포상태를 원격으로 측정할 수 있는 원격계측시스템을 구성하여 1995년 10월부터 1996년 5월까지 경남 통영시 산양면 육삼양어장에서 시스템의 기능, 수온·염분과 어군행동에 대하여 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 해양환경정보 원격시스템 해상국의 정보송신 데이터 모뎀의 기능은 원활한 작동을 하였으며, 육상국에 설치한 정보 수신용 노트북에서의 Quick BASIC 통신 프로그램의 작업은 정밀도가 높아 수온과 염분의 환경정보를 신속하고 정확하게 원격계측할 수 있음을 확인하였다.

2. 실험 수역 축양조내에서의 4월~6월사이의 5 m 와 10 m 층의 평균 수온 변동폭은 각각 0.7°C, 0.4°C를 나타내어 5 m 층의 변동폭이 큰 경향을 나타내었다.

3. 실험 수역 축양조내에서의 4월~6월사이의 5 m 와 10 m 층의 평균 염분 농도는 34.2%, 34.4%로 10 m 층이 높은 경향을 나타내었다.

4. 축양조내 시험어 우럭(체장 25 cm)의 평균 유영속도는 0.60 m/sec로 체장대비 약 2배의 빠르기를 나타내었고, 주간과 야간의 평균 유영속도는 각각 0.60 m/sec, 0.62 m/sec를 나타내어 주간이 약간 보다 빠른 경향을 나타내었으며, 같은 기간 내에서의 5 m 층과 10 m 층의 평균 수온 변화 폭인 0.3°C 이내의 수온변화에서는 상관성을 발견하기 어려웠다.

5. 어군의 수직분포 변동이 가장 뚜렷했던 시간은 일출물 전후였으며, 일몰을 전후하여 부상한 어군을 야간에는 주로 표층 가까이 분포하고, 일출 40분전부터 하강하기 시작하여 일출과 함께 어군을 3 m 이하의 수심에 분포하였다.

이상의 결과로부터 양어장내에서의 수온, 염분 등의 환경정보와 어군의 원격계측을 동시에 측정하여 고정도의 측정자료를 얻을 수 있음은 확인할 수 있었으나, 환경정보와 어군과의 정밀한 상관관계는 또 다른 환경요인에 대한 실험을 행하여야 규명될 것으로 예상된다.

參考文獻

1. 根原昌弘(1972): 海底面上 1m層内の 溶存酸素量の水層分布. 北大水産彙報 23(1), 9 - 16.

2. Sakamoto, w., Aoki, I. and T. kuroki(1975) : Studies on the Schooling Behavior of Fish - I. Bull. Jap. sci. Fish., 4(9), 945 - 952.
3. Sakamoto, w., Aoki, I. and T. kuroki(1976) : Studies on the Schooling Behavior of Fish - II, III, IV. Bull. Jap. Sci. Fish., 42(3), 265 - 270, 629 - 635, 1083 - 1091.
4. 眞子渺(1955) : 魚の 棲息密度指數についての考察. 日本水産學會誌 21(2), 67 - 72.
5. 田惠司(1968) : 魚群探知機記錄の解析 - VII(魚の遊泳速度). 長崎大學 水産學部研究報告 第 25號, 59 - 65.
6. Nomura, S. and T. Ibaraki (1968) : Electrocardiogram of the Rainbow Trout and its Radio Transmission. Jap. J. vet Sci., 31, 135 - 147.
7. Priede, I. G. (1983) : Heart Rate Telemetry from Fish in the Natural Environment. Comp. Biochem. Physiol., 76A(3), 515 - 524.
8. Priede, I. G. and A. H. Young (1977) : The Ultrasonic Telemetry of Cardiac Rhythms of Wild Brown Trout(Salmo trutta L.) as an Indicator of Bio - enegetics. J. Fish Biol. 10, 299 - 318.
9. Mitson, R. B. and D. V. Holliday (1987) : Future Fisheries Acoustics Int. Symp. Fish. Acoustics, Jun 22 - 26, 1987 Seattle, USA., 1 - 38.
10. 申鉉玉 濱田悅之 (1991) : 바이오텔레메트리용 超音波 핑거의 소형화. 韓國漁業技術學會誌 27(3), 178 - 183.
11. 申鉉玉 (1992) : 超音波 핑거를 이용한 受波器 座標의 補正. 韓國漁業技術學會誌28(3), 252 - 261.
12. 申鉉玉 (1992) : 超音波 標識를 이용한 養殖漁의 遊泳行動 追跡. 韓國漁業技術學會誌, 28(4), 347 - 359.
13. 辛亨鎰 李吳在 申鉉玉 李元羽 安長榮 (1994) : 魚群行動 遠隔監視의 開發에 관한 研究(I). 韓國漁業技術學會誌 30(4), 263 - 272.
14. 辛亨鎰 李吳在 申鉉玉 李元羽 安長榮 (1994) : 魚群行動 遠隔監視 시스템의 開發에 관한 研究(II). 韓國漁業技術學會誌 30(4), 273 - 282.
15. 辛亨鎰 李吳在 申鉉玉 李元羽 安長榮 (1994) : 魚群行動 遠隔監視 시스템의 開發에 관한 研究(III). 韓國漁業技術學會誌 30(4), 283 - 291.
16. 小長谷庸夫 (1980) : 定置漁場의 遠隔計測의 試み. 日本水産學誌 46(8), 919 - 923.
17. 橋本富壽 西村實 間庭受信 (1959) : Sonobuoyによる 魚群檢知關する一實驗. 漁船研究技報 13, 95 - 102.
18. Shin, H. O. and H. I. Shin (1987) : Telemetry of the underwater noise. Bull. Koren Fish. Tech. Soc., 23(1), 11 - 17.
19. 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 (I). Bull. Koren Fish. Tech. Soc., 30(4), 263 - 272.