

魚類의 棲息環境과 分布生態의 遠隔計測에 관한 研究-II* — 流向, 流速 및 環境騒音과 魚類의 分布生態 —

辛亨鎰 · 安瑛化** · 申鉉玉
釜慶大學校 · 濟州大學校**
(1999년 5월 6일 접수)

A Study on the Telemetry System for the Inhabitant Environment and Distribution of Fish-II* — Current Direction, Velocity, Sea Ambient Noise and Distribution of Fishes —

Hyeong-II SHIN, Young-Wha AHN** and Hyeon-Ok SHIN
Pukyong National University, Cheju National University**

(Received May 6, 1999)

Abstract

The telemetry system for the current speed and direction, the underwater ambient noise and the distribution ecology of fishes was constructed by the author and his collaborator in order to product and manage effectively in shallow sea culture and setnets fisheries, and then the experiments for the telemetry system carried out at set net fishing ground located Nungpo bay in Kojedo from October 1996 to June 1997.

As this results, the techniques suggested in the telemetry system gave full display its function even though far away 1.5 km from transmitting part, but with the suggested telemetry system could not be ascertained relationship between physical environment and distribution ecology of fishes.

緒 論

수산자원의 고갈과 연안 어장의 황폐화로 심각한 위기상황에 처해있는 수산업의 회복시키기 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. 이를 위해 자원의 전체적, 개별적 파악,

보존과 관리 대책을 수립할 필요가 있고, 또한, 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 어장 내의 생물에 자극을 주지 않고 분포생태를 측정할

* 이 논문은 1996년도 교육부 학술연구조성비에 의한 연구 결과의 일부임.

수 있는 방법들이 고안되고 있다.

본 연구에서는 연안 내만에서 행해지고 있는 양식 어업, 정치망 어업의 생산과 관리를 효율적으로 행할 수 있는 기초 자료를 마련하기 위해 어류의 서식 환경 중 물리화학적 환경요소인 유향, 유속, 환경소음과 어류의 분포생태를 원격으로 측정할 수 있는 시스템을 구성하여, 1996년 10월부터 1997년 6월까지 경남 장승포시 능포리 소재 능포 수산공사 정치어장의 수질환경정보 등을 무선으로 육상 기지국에 전송하는 실험을 행하여 소기의 성과를 얻었었기에, 본 연구에서 구축한 유향, 유속 등 수질환경 원격계측 시스템, 수중소음의 원격계측 시스템, 디지털 원격 어군탐지기의 구성에 대하여 논하고, 유향, 유속, 수중환경소음 등과 어군행동의 원격 측정에 대한 실험 결과를 보고한다.

裝置 및 方法

1. 實驗裝置

1) 流向 · 流速의 遠隔計測 시스템

본 연구에서는 연안 내만에서 행하여지고 있는 양식어업, 정치망어업의 생산과 관리를 효율적으로 행할 수 있는 기초 자료를 마련하기 위한 일환으로 정치망어장에서의 물리적 환경요소인 유향 · 유속을 원격으로 측정할 수 있는 시스템을 구축하였다. 1995년(1차년도)에는 2개 수층에 대한

수온, 염분농도, 심도 등 최대 8개의 정보를 취득할 수 있는 원격 정보 전송 시스템을 구축한 바 있으며, 1996년(2차년도)에는 유향 · 유속을 측정할 수 있도록 최대 측정 가능 채널 수를 22개로 대폭 확장하였다.

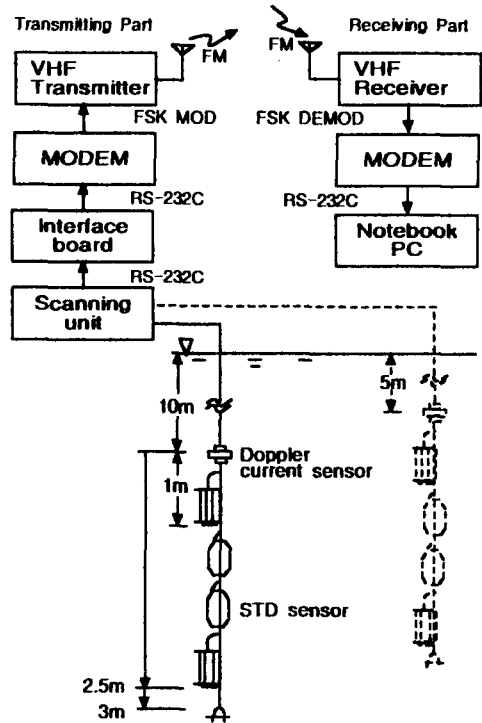


Fig. 1. Block diagram of the water environment monitoring system.

Table 1. Specifications of the experimented equipments

Equipments	Specifications
Doppler current sensor (3500, Aanderaa)	
Current speed	Range 0 to 500 cm/sec
Current direction	Range 0 to 360° magnetic
Temperature	Range -8 to +41° C ± 0.1° C
Hydrophone (OKI, ST-1001)	Frequency range : 10Hz to 50kHz Receiving sensitivity : -180dB
Underwater sound level meter (OKI, SW-1007)	Frequency range : 7Hz to 90kHz (±3dB) Gain range : 80dB (10dB × 7 + 1dB × 10)
Tape recorder (SONY, TC-D5M)	Frequency range : 10Hz to 16.5kHz Gain range : 20dB
FFT analyzer (AND, AD-3525)	Display Items : Time, Spectrum, Octave (1/1, 1/3), etc

유향·유속의 원격계측시스템은 Fig.1과 같이 해상국과 육상국으로 구성하였으며, 해상국은 도플러식 유향·유속 센서(Aanderaa, 3500), STD 센서(Aanderaa, 3230)로 1조를 이루는 센서부와 1개의 센서스캐닝유닛(Aanderaa, 30100)로 이루어지는 자료수집시스템(DAS : Data Acquisition System), 자체 제작한 인터페이스 보드, 데이터 모뎀(Kantronics, KPC-3, 1200 bps), 음성용 VHF/FM 휴대형 무선 송수신기(ADI, SENDER-145, 출력 5 W), RF 데이터 모뎀(Kantronics, KPC-3, 1200 bps), 노트북 컴퓨터(TINMAX, 486SX)로 구성하였다.

Fig. 1에서 센서부의 유속 센서는 3개의 채널을 사용하여 유향·유속 및 수온을 측정하고, 나머지 센서를 스캐닝하여 0~1023 범위내의 정수로 표현되는 각 채널의 원자료를 액정 화면에 순차적으로 나타낼 수 있으며, 300 bps의 TS-232C 신호를 사용하여 10m 수중에 대한 유향, 유속, 수온 및 염분농도를 측정하였고, 실험에 사용한 센서의 제원은 Table 1과 같다.

2) 水中環境騒音의遠隔計測

환경소음이 어류의 행동에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 정치망에 설치한 수중환경소음 원격계측 장치의 블록선도는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 해상 송신국은 수중소음을 수파하는 수중청음기(OKI, ST-1001), 수중청음기의 미약한 신호를 증폭하고 필터링하는 수중음압계(OKI, SW-1007), 수중소음을 녹음하기 위한 녹음기, 수중음압계에서 출력되는 아날로그 신호를 육상 수신국으로 전송하기 위한 음성용 VHF 무선 송신

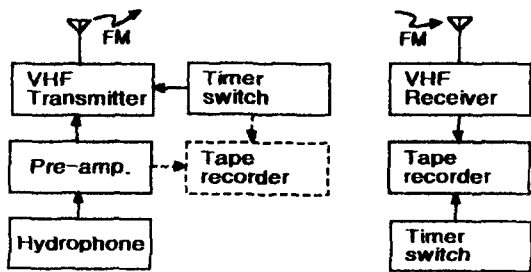


Fig. 2. Block diagram of the construction for telemetering the underwater noise.

기, 그리고 무선 송수신기의 과열을 방지하고 배터리를 절약하기 위한 타이머로 구성하였다. 육상 수신국은 해상 송신국에서 전송하는 신호를 수신하기 위한 음성용 VHF 무선 수신기, 무선 수신기의 스피커 단자에서 출력되는 소음 신호를 녹음하기 위한 녹음기, 그리고 해상 송신국에서 신호를 보내올 때에만 녹음기를 구동시키는 타이머로 구성하였다.

이 방식은 아날로그 방식으로 장치의 구성이 단순한 반면 측정 가능한 수중 소음의 주파수 대역은 거의 무선 송수신기의 주파수 대역에 의존하게 된다. 음성용 무선 송수신기의 경우는 주파수 대역이 대개 300 Hz~3 kHz의 범위이다.

3) 어군의 원격계측

아날로그 방식의 원격어군탐지기는 에코 신호의 전송을 디지털 방식보다 빠르게 하는 데 유리하나 잡음의 영향을 받기 쉽다. 반면에, 디지털 방식은 1개의 핑(ping)에 대한 에코 데이터를 버퍼에 저장하였다가 한꺼번에 송신할 수 있어 배터리 소모를 줄일 수 있고, 잡음에 강하여 아날로그 방식보다 양질의 통신이 가능하다. 또한, 트리거 신호와 에코신호를 1대의 통신장치로 송신하고 수신하는 것이 용이하다. 그러나 RF 모뎀에 따라 통신속도의 제한을 받는다.

본 연구에서는 8비트 A/D 변환기를 사용하는 원격 칼라 어군탐지기를 개발하여, 에코시뮬레이터로 시험하여 현장에서 사용 가능하다는 것을 확인하였다. 또한, 디지털 방식의 원격 어군탐지기

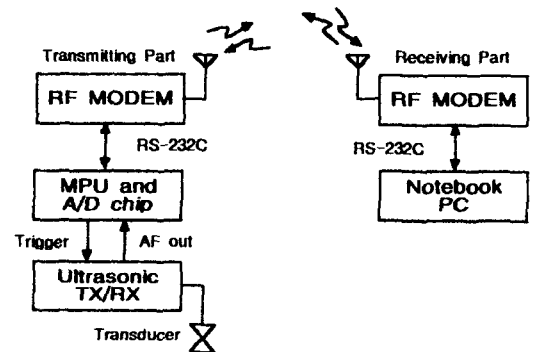


Fig. 3. Block diagram of the construction for the digital telesounder.

의 구성도는 Fig. 3과 같다. 해상국은 50 kHz의 초음파 송수파기와 초음파 송수신 보드, A/D 칩을 외장한 싱글보드 컴퓨터 및 RF 모뎀으로 구성하였고, 육상국은 IBM 호환형 노트북 컴퓨터와 RF 모뎀으로 구성하였다.

해상국의 싱글보드 컴퓨터에서는 RF 모뎀을 통하여 데이터 전송 요구 신호를 수신하면 에코 데이터 샘플링 간격을 결정하는 타이머를 작동시켜 병렬 입출력 포트(PIO)를 통하여 초음파 송수신 보드의 송신부를 구동하기 위한 트리거 신호를 출력한 후 A/D 변환을 개시하도록 하였으며, 최대탐지거리에 해당하는 시간만큼 에코 신호를 메모리에 저장하고, 메모리의 내용을 차례로 RF 모뎀을 통하여 육상국으로 전송하였다.

육상국의 노트북 컴퓨터에서는 RF 모뎀을 통하여 입력한 에코 데이터를 이용하여 예코그램의 표시, 데이터 저장 등의 작업을 수행하도록 하였으며, 이 후의 작동은 다시 해상국에 대하여 데이터 전송 요구 신호의 전송을 시작으로 이상에서 언급한 일련의 과정을 반복 수행하도록 구성하였다.

2. 實驗海域 및 裝置의 配置와 測定方法

실험은 Fig. 4와 같이 1996년 10월에서 1997년 6월까지 경남 장승포시 능포리 소재 능포수산공사의 정치망 어장에서 실시하였다. 유향·유속 및

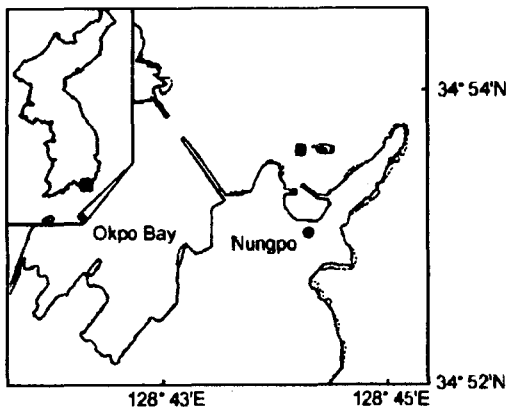


Fig. 4. Shows the location of observation. The black rectangular denotes the transmission station located in the set net, the black circle denotes received station on land.

수중환경소음의 원격계측시스템의 해상 송신국은 정치망의 운동장 입구 반대쪽에 있는 큰 뜰에 설치하고, 도플러식 유속센서 등의 센서는 10 m 수층에 내려 유향, 유속 등의 환경정보를 송신하도록 하였다. 육상 수신국(●)은 해상 송신국(■)에서 약 1.5 km 떨어진 능포수산공사 사무실내에 설치하여 30분 간격으로 15분 동안의 유향, 유속 등의 데이터를 노트북 컴퓨터의 하드디스크에 저장하도록 하였다.

또한, 정치망내의 어류의 분포 특성을 측정하기 위하여 정치망의 원통내에서 수면하 0.5 m 층에 송수파기를 내렸고, 초음파 송수신 보드, RF 모뎀 등은 해상 송신국용 부이에 설치하였으며, 바람이나 파도 등에 의하여 부이가 그물에 닿는 것을 피하기 위하여 부이의 몸체에 줄을 달아 원통 바깥의 뜰 2곳에 묶었다. 육상수신국은 능포수산공사 사무실내에 설치하였다.

結果 및 考察

1. 流向 · 流速의 遠隔計測시스템 接續器의 機能

시험 제작한 인터페이스 보드는 16비트 마이크로프로세서 칩(V25, 8 MHz)을 탑재하였으며, DAS와 모뎀간의 통신속도 매칭과 패킷 통신용 모뎀을 통신 접속 제어를 위하여 사용하였다. 즉, COM 1 포트로 입력한 DAS의 300 bps의 시리얼 데이터를 1200 bps의 통신속도로 설정한 COM 2 포트로 출력함으로써 DAS와 모뎀간에 원만한 통신이 이루어지도록 하였다.

해상국의 모뎀은 육상국의 호출을 인지하면 육상국에 통신 접속되었음을 알려주고, 이어서 육상국으로부터의 데이터 전송 명령을 수신하면 센서 스캐닝 유니트의 데이터를 인터페이스 보드를 경유하여 입력한 다음, 음성용 VHF 무선 송신기(출력 5 W)를 통하여 육상국으로 데이터를 전송하였으며, FSK 변조 방식을 쓰고 있는 이 모뎀의 출력 포트와 입력 포트는 육상국과의 상방향 통신을 행하기 위하여 각각 무선 송수신기의 마이크 단자 및 스피커 단자에 연결한 결과 원격계측시스템이

원활한 송신기능을 발휘하였다.

육상국에서는 음성용 VHF 무선 송수신기(출력 5 W)로 수신한 FSK 변조 신호를 모뎀을 이용하여 복조한 다음, 노트북 컴퓨터를 이용하여 생 데이터의 저장과 생 데이터를 공학단위로 변환시켜 화면에 나타내는 작업을 수행한 결과 신속하고 정확한 수신기능을 발휘할 수 있음을 확인하였다.

2. 流向과 流速의 日變化

1996년 10월 13~14일 거제도 능포 정치망 주변에서 매시 정각과 30분마다 5분간씩 유향·유속 원격계측시스템으로 측정한 자료를 산술평균하여 구한 유향·유속의 일변화는 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서 19:00~21:00의 창조시의 평균유속은 6.1 *cm/sec*였고, 평균유향은 148°를 나타내었으며, 최강류와 최약류와의 유속차는 최대 2.3 *cm/sec*, 유향의 변동폭은 61°를 나타내었다.

21:00~익일 03:00의 낙조시의 평균유속은 8.9 *cm/sec*였고, 평균유향은 137°를 나타내었으며, 유속차는 최대 8.7 *cm/sec*, 유향의 변동폭은 최대 80°였다. 낙조시는 창조시와 달리 유속의 차가 다소 심하고 유향도 크게 변화였다. 그것은 능포만의 지세와 조차가 큰 때문이라 추정된다.

03:00~09:00의 창조시의 평균유속은 11.7 *cm/sec*였고, 평균유향은 95°를 나타내었으며, 유속차는 최대 10.3 *cm/sec*, 유향의 변동폭은 최대 22°를 나타내어 측정기간동안 가장 큰 유속차를 나타내었으나, 유향의 변동폭은 95°를 ±10°로 거의 일정한 방향을 나타내었다.

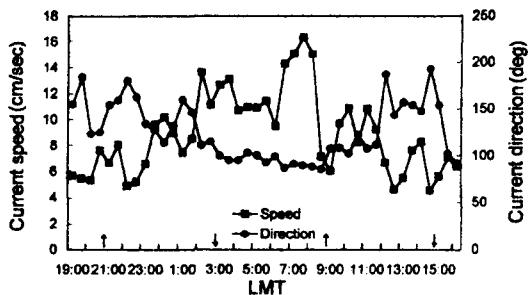


Fig. 5. Daily variation of the current direction and current speed.

↑ : High water, ↓ : Low water

09:00~15:00의 낙조시의 평균유속은 7.6 *cm/sec*, 평균유향은 141°를 나타내었으며, 유속차는 7.6 *cm/sec*, 유향의 변동폭은 최대 90°를 나타내었다.

따라서, 유향·유속의 일변화를 살펴본 결과 유속은 창조시보다 낙조시가 빨랐으며, 유향은 낙조시가 창조시보다 다소 크게 변화함을 확인할 수 있었다.

3. 水中環境騒音의 變化特性

1996년 10월 14일 거제도 능포수산 정치망 어장에서 수중환경소음 원격계측 시스템을 이용하여 자정, 일출, 정오에 수중환경소음을 측정하고, 각각 스펙트럼 분석한 결과는 Fig. 6과 같다.

Fig. 6에서 수중환경소음은 자정, 일출 및 정오 모두 1.5 *kHz*를 기점으로 50 *Hz*~1.5 *kHz* 범위의 저주파대와 1.5~10 *kHz* 범위의 고주파대로 분리되어 나타났으며, 스펙트럼 레벨은 자정에서 정오까지는 시간이 경과함에 따라 저주파수대에서는 차츰 높아지는 경향을 나타내었다. 그러나, 고주파대에서는 일출시에는 높았으나 정오에는 다시 낮아지는 경향을 나타내었다.

이러한 원인은 Fig. 5에서 알 수 있는 바와 같이 자정인 낙조시에는 유속이 느리며, 일출시에는 강한 창조류가 흐르고 정오 무렵에는 흐름이 약한 낙조류가 흐를 때 발생한 조류의 유동잡음 때문이라 생각된다.

관측시간대별 주파수 특성은, 자정에는 50 *Hz*~400 *Hz*의 주극대주파수를 가지며, 평균 스펙트럼 레벨이 90 *dB*을 나타내었고, 저주파수대에서

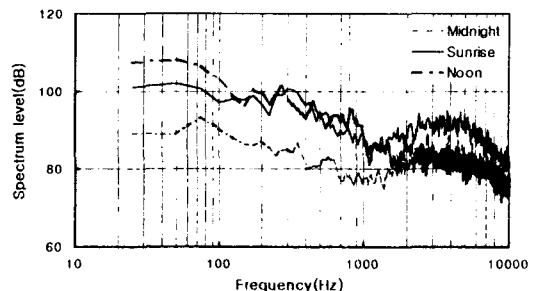


Fig. 6. An example of the spectrum level for the ambient noise.

는 2 kHz~6 kHz에 80 dB 이상의 부극대주파수를 가지는 주파수특성을 나타내었다.

정오에는 50 Hz에서 108 dB의 주극대주파수를 시작으로 스펙트럼 레벨이 100 Hz마다 약 1.6 dB 씩 감소하는 경향을 나타내었으며, 부극대주파수는 나타나지 않았다.

4. 魚類의 垂直分布의 日變化

1996년 10월 13~14일 거제도 능포수산 정치망 어장에서 정치망의 원통내에서 원격 어군탐지기를 측정하여 분석한 어류의 수직 분포의 일변화는 Fig. 7과 같다. Fig. 7에 나타낸 어류의 움직임은 매시 정각과 30분마다 약 3분간씩 시간대별로 측정된 에코전압을 시간대별로 산술평균하여 3차원으로 나타낸 것이다. 원통 내에서의 어군은 주로 체장 3 cm 정도의 멸치였으며, Fig. 7에서는 명확하지는 않으나, 21:30~05:30 하강하고 05:30 이후는 상승하는 경향을 나타내어 야간에는 다소 하강하고 일출을 시작으로 상승함을 알 수 있었다. 멸치는 대부분 표층에서 유평하는 데 비하여 사용한 어군탐지기의 최소탐지거리 2m 정도이므로, 멸치가 피측정 대상 어군일 때에는 최소탐지거리를 1m 이내인 어군탐지기를 사용하여야 할 것으로 판단되었다. 그밖에 고등어나 메가리도 어군탐지기에 포착되므로 주야간 어군행동의 차이를 볼 수 있을 예상하였으나 실제로는 그렇지 못하였다. 그 원인으로는 어군탐지기 자체의 성능 외에도 양식장의 가두리와는 달리 탈출구를 찾아 돌아다니는 어군, 혹은 원통내의 어군도

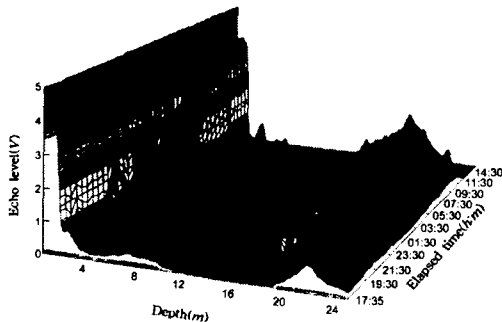


Fig. 7. Daily variation of the movement of fish school in the set net.

시간의 경과에 따라 많은 양의 어군이 탈출 가능하다는 것 등을 들 수 있을 것이다.

要 約

연안 내만에서 행해지고 있는 양식어업, 정치망 어업의 생산과 관리를 효율적으로 행할 수 있는 기초 자료를 마련하기 위해 어류의 서식환경 중 물리화학적 환경요소인 유평, 유속, 환경소음과 어류의 분포생태를 원격으로 측정할 수 있는 시스템을 구축하고, 1996년 10월부터 1997년 6월까지 경남 장승포시 능포리 소재 능포수산공사 정치망 어장에서 원격계측 시스템의 기능, 유평·유속, 수중환경소음과 어군행동에 대하여 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 시험제작한 16비트 마이크로프로세서 칩(V25, 8 MHz) 인터페이스 보드는 DAS와 모뎀간의 통신속도 매칭과 패킷 통신용 모뎀의 통신접속 제어 기능을 원만히 발휘함으로써 유평·유속 원격계측시스템의 송신 기능 효과를 더욱 개선할 수 있었다.
2. 정치망어장에서 유평·유속 원격계측시스템으로 25시 관측한 결과 유속은 낙조시보다 창조시가 약 3 cm/sec 빨랐으며, 유평의 변동폭은 낙조시에는 60°, 창조시에는 20°로 창조시에 유평변동이 작은 현상을 나타내었다.
3. 수중환경소음 원격계측 시스템으로 자정, 일출, 정오에 모두 1.5 kHz를 기점으로 50 Hz~1.5 kHz 범위의 저주파대와 1.5~10 kHz 범위의 고주파수대로 분리되어 나타났으며, 스펙트럼 레벨은 저주파수대에서는 자정에서 정오까지 시간이 경과함에 따라 차츰 높아지는 경향을 나타내었고, 고주파수대에서는 일출시에는 높았으나 정오에는 다시 낮아지는 경향을 나타내었다.
4. 원격어군탐지기로 측정된 정치망 원통 내에서의 멸치어군은 야간에는 1~2m층으로 하강하고 일출과 함께 상승하기 시작하여 주간에는 주로 표층에 머물고 있는 경향을 나타내었다. 이상의 결과로부터 정치망 어장 부근에서는 유평과 유속은 조석간만의 차에 따라 변하며, 수중환경소음도 그 스펙트럼 레벨이 유평, 유속에 따

라 다소 변화됨을 알 수 있었다. 그러나, 어군의 수직분포와 물리적 환경요소와의 상관은 다소의 영향은 인지되었으나 명확한 상관관계를 규명할 수는 없었으므로 다른 환경요인과 함께 분석하여야 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의 水温分布, 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. 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-energetics, J. Fish Biol. 10, 299~318.
5. 小長谷庸夫(1980): 定置漁場の遠隔計測の試み, 日本水産學會誌 46(8), 919~923.
6. Priede, I. G.(1983): Heart Rate Telemetry from Fish in the Natural Environment, Comp. Biochem. Physiol., 76A(3), 515~524.
7. Mitson, R. B. and D. V. Holliday(1987): Future Fisheries Acoustics Int. Symp. fish. Acoustics, Jun. 22-26, 1987 Seattle, USA., 1~38.
8. Shin, H. O. and H. I. Shin(1987): Telemetry of the underwater noise, Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 23(1), 11~17.
9. 申鉉玉·浜田悅之(1991): 바이오테레메트리용 超音波 핑거의 소형화, 韓國漁業技術學會誌 27(3), 178~183.
10. 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.
11. 申鉉玉(1992): 超音波座標를 이용한 養殖魚의 遊泳行動追跡, 韓國漁業技術學會誌 28(4), 347~359.
12. 松枝·松野保久·山中有一·鄭龍普(1993): 養殖生棚内における魚群遊泳音の特徴, 鹿兒島大學 水産學部紀要 42, 1~9.
13. 松野保久·藤枝繁·鄭龍普·山中有一(1994): 鹿兒島 興養殖場における生棚内の水中音, 鹿兒島大學 水産學部 水産海洋研究 58(1), 11~20.
14. 辛亨鎰·李昊在·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 (I), 韓國漁業技術學會誌 30(4), 263~272.
15. 辛亨鎰·李昊在·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.
16. 辛亨鎰·李昊在·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.
17. 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. Korean Fish. Tech. Soc., 30(4), 263~272.
18. 辛亨鎰·安瑛化·申鉉玉(1997): 魚類의 棲息環境과 分布生態의 遠隔計測에 관한 研究-I (水温, 鹽分과 魚類의 分布生態), 韓國漁業技術學會誌 33(4), 321~333.