



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

理學碩士 學位論文

자망의 수중 형상에 대한

음향학적 해석



2007年 1月

釜慶大學校 産業大學院

漁業生產學科

韓 鎮 錫

理學碩士 學位論文

자망의 수중 형상에 대한
음향학적 해석

指導教授 申 鉉 玉

이 論文을 理學碩士 學位論文으로 提出함

2007年—1月

釜慶大學校 産業大學院

漁業生産學科

韓 鎮 錫

韓鎭錫의 理學碩士 學位論文을 認准함

2006年 11月 31日



主 審	水産學 博士	李 珠 熙	印
委 員	水産學 博士	李 昊 在	印
委 員	水産學 博士	申 鉉 玉	印

目 次

Abstract	iii
緒 論	1
材料 및 方法	3
1. 무선부이식 3차원 수중위치측정시스템	3
1) 시스템의 구성	3
2) 위치계산 알고리즘	6
3) 수파기 좌표의 보정	10
2. 현장실험	11
1) 실험 어장의 환경과 어구	11
2) 장치의 배치 및 측정	14
가. 전파음향측위부이 및 음향송신기의 배치	14
나. 유향 및 유속 측정	17
3) 자망의 수중 형상 측정	17
結果 및 考察	18
1. 수파기 좌표의 변동	18
2. 유향 및 유속	20
3. 자망의 수중 형상 분석	24
1) 자망의 수평거동	24
가. 대조기의 경우	24
나. 소조기의 경우	26
2) 자망의 수직거동	28

가. 대조기의 경우	28
나. 소조기의 경우	31
要 約	34
參考文獻	35



*Acoustic analysis on the shape in the current of
gill-net*

JIN-SEOK HAN

*Department of Fishing Production, Graduate School of Industry,
Pukyong National University*

Abstract

An experiment to acoustically analyze the shape in the current of gill-net was conducted in Jaran Bay, Gosung, Korea on the 9th to 10th September (spring tide) and 28th to 29th September (neap tide) 2006. It was measured by a 3D underwater positioning system with a radio-acoustic linked positioning buoys. Six of 7 acoustic transmitters used in the experiment were attached on the float line of the gill-net and the other was fixed on the sea bed.

The results are summarized as follows:

1. During spring tide, the maximum movement of the gill-net was 27.0 *m* (22:00) in the west (4.4 *cm/s*, 311.9°) and 20.6 *m* (04:00) in the east (3.9 *cm/s*, 66.5°). The maximum extension of the

- gill-net (the distance between P1 and P6) was 119.8 *m* (21:00, 11.6 *cm/s*, 321.9°) and the minimum was 109.9 *m* (23:00, 16.1 *cm/s*, 88.5°).
2. During neap tide, the maximum movement was 38.0 *m* (20:00) in the east (9.6 *cm/s*, 278.2°) and 11.0 *m* (12:00) in the west (1.9 *cm/s*, 232.1°). The maximum extension was 99.6 *m* (14:00, 12.5 *cm/s*, 94.7°) and the minimum was 85.0 *m* (06:00, 9.0 *cm/s*, 265.8°).
 3. During spring tide, the maximum height of the gill-net from the sea bed was 3.7 *m* (02:00, 7.4 *cm/s*, 151.6°) and the minimum was produced the three times as 1.5 *m*. At that time, the current speed and direction was 17.9 *cm/s* and 85.3° (23:30), 16.1 *cm/s* and 249.4° (05:00), and 13.7 *cm/s* and 291.4° (06:30), respectively.
 4. During neap tide, the maximum height was 3.6 *m* (12:30, 2.1 *cm/s*, 242.3°) and the minimum was 1.5 *m* (14:00, 12.5 *cm/s*, 94.7°).

緒 論

걸어구류는 가장 간단한 구조의 어구류로서 다양한 어류를 주 대상으로 긴 띠 모양의 그물을 고기가 지나가는 곳에 부설하여, 대상 생물이 그물코에 낚히도록 하여 잡는 것이다 (Go and Kim, 1997). 한국 어구도감의 걸어구류 편 (2002)에서는 고정 걸어구류에 속하는 자망은 주로 저층에 서식하는 어류를 대상으로 긴 띠 모양의 그물 상부에는 뜬을, 하부에는 발돋을 달아 수직으로 전개되도록 한 어구를 맞이나 멍등으로 고정 부설하여 대상 생물을 잡는 것으로 정의하고 있다.

자망은 유향과 유속에 영향을 많이 받는 어업으로서 어구의 형태에 따라 어획량이 크게 좌우되는 것으로 알려져 있다. 특히 자망 어구의 어획 효율은 어군의 형태, 어군의 수직 수평분포, 행동 등의 생물학적 요소와 그물코 크기, 그물실 굵기, 재료, 성형률 등의 비 생물학적인 요소에 의해 영향을 많이 받는다.

자망에 관한 연구로서 Matuda (1988)는 자망의 형상에 대한 미분방정식을 수치 해석하여 홀자망의 높이에 대한 약산식 등을 제시하였다. Hwang *et al.* (1995)은 GPS를 이용하여 멸치 유자망의 표류상태를 측정하였으며, Shimizu (2005)는 유자망을 수치 해석하여 시뮬레이션을 통해 어구의 유동을 해석한 바 있다. 자망에 대한 생물학적 연구로서는 Mäkinen *et al.* (2000)과 Kallayil (2003)의 음향 텔레메트리 기법을 이용하여 자망에 반응하는 어류행동을 측정한 연구가 있다. 또한 많은 연

구자들에 의해 자망에 어획되는 어종분석 및 선택성에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다 (Yum, 1997; Joo *et al.*, 1998; Kim and Lee, 2002; An and Huh, 2003; Chang *et al.*, 2004; Park and Kim, 2004; Ryu *et al.*, 2005). 하지만, 자망은 유향 유속에 의해 어구의 형상이 많이 변함에도 불구하고 실제 해역에서 유향 유속에 대한 자망의 형상 변화에 대한 연구가 거의 이루어지지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 경남 고성군 자란만 해역에서 실제 조업이 이루어지고 있는 자망 중 전어 자망을 대상으로 현장실험을 계획하게 되었다.

현장에서 수중 그물의 형상을 측정하는 데에는 수중 카메라, 고해상도 소나와 같은 수중영상장비와 음향트랜스폰더 (acoustic transponder), 음향송신기 (acoustic transmitter)와 같은 음향텔레메트리 장비가 있다 (Tae and Shin, 2004). 수중카메라는 수중시계가 충분히 확보되어야 하고, 고해상도 소나는 소나헤드를 고정시키는데 많은 비용이 수반되어 사용에 어려움이 있다. 반면에 음향트랜스폰더와 음향송신기는 3차원으로 수중 그물의 형상을 측정하고 분석하는데 사용하기가 용이한 편이다 (Hwang and Shin, 2003; Tae and Shin 2006).

본 연구에서는 수중에 설치한 자망의 3차원 거동을 측정하고 해석하기 위하여 장기선 (long baseline: LBL)방식의 무선부이식 수중위치측정시스템 (underwater positioning system: UPS)과 음향송신기를 사용하여 현장실험을 실시하였다.

材料 및 方法

1. 무선부이식 3차원 수중위치측정시스템

1) 시스템의 구성

자망의 수중 형상은 Tae and Shin (2004)이 정치망 원통의 체적 변화를 측정하고 해석하기 위하여 사용하였던 것과 같은 무선부이식 3차원 UPS를 사용하였으며, 이 시스템의 구성은 Fig. 1과 같다.

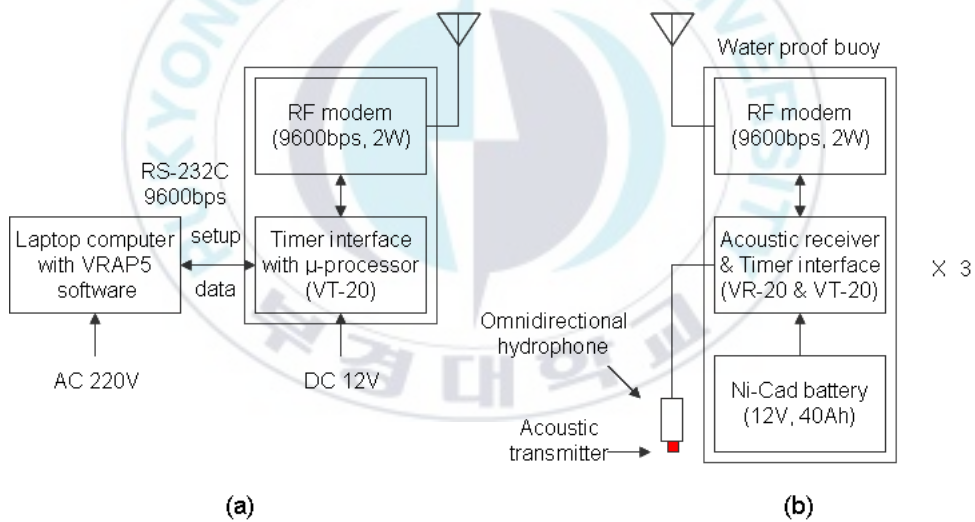


Fig. 1. Composition of the 3 dimensional UPS used in the field experiment to measure the shape variation of gill-nets the (a) base station, (b) 3 RAP buoys.

Fig. 1에서 무선부이식 3차원 UPS는 1개의 기지국 (Base station)과 3개의 해상국인 전파음향측위 (radio-acoustic linked positioning : RAP) 부이로 구성되어 있다.

3개의 RAP부이는 각각 무지향성수파기, 초음파송수신기, 무선모뎀, 신호제어기 및 수신채널 스캐너로 구성된다. RAP부이의 음향송신기는 해상에서 RAP부이간의 거리를 측정할 때 사용하며, 측정간격은 기지국에서 제어한다. 수신채널 스캐너는 음향송신기를 주파수 분할법으로 식별할 때 사용하는 것으로 사용자가 설정한 주파수에 따라 초음파수신기의 수신주파수를 자동으로 순차적으로 바꾸는 기능을 한다.

기지국은 퍼스널컴퓨터, 위치측정 및 음향송신기 식별 소프트웨어, 타이머 인터페이스, 무선모뎀, 전원공급기로 구성하였다. 이 시스템은 자망의 뜰줄에 부착한 음향송신기의 3차원 위치를 실시간으로 계산하여 컴퓨터의 화면에 나타내고, 데이터(수신날자 및 시간, 음향송신기 ID, 음향송신기 식별번호 및 3차원좌표 등)을 저장한다.. 이들 장치의 제원은 Table 1과 같다.

Table 1. Specifications of the RAP buoy system

Equipments	Specifications	
RAP buoy system (Vemco, VRAP)	Tracking mode	Long baseline
	Positioning accuracy	0.5 <i>m</i> to 2 <i>m</i>
	Frequency	Receiving: 50~85 <i>kHz</i> , Transmitting: 51 <i>kHz</i>
	Detectable range	Typically 500 <i>m</i>
	Operating hours per charge	7 days
	Dimensions of buoy	60 <i>cm</i> diameter × 100 <i>cm</i> height
	Buoy weight	43 <i>kg</i> (reserve buoyance: 60 <i>kg</i>)
RF MODEM (Motorola, 9600S)	Frequency	456.2 <i>MHz</i>
	Communication mode	Two ways
	Modulation	FM 9600 baud
	Output power	2 <i>W</i>
Software (Vemco, VRAP5)	Multitarget tracking	Up to 12 continuous type pingers
	Chart overlays	Yes
Laptop Computer (Samsung P20)	IBM compatible Pentium-4 (1.4 GHz)	

2) 위치계산 알고리즘

본 연구에서 적용한 음향송신기와 수파기의 좌표계는 Fig. 2와 같다.

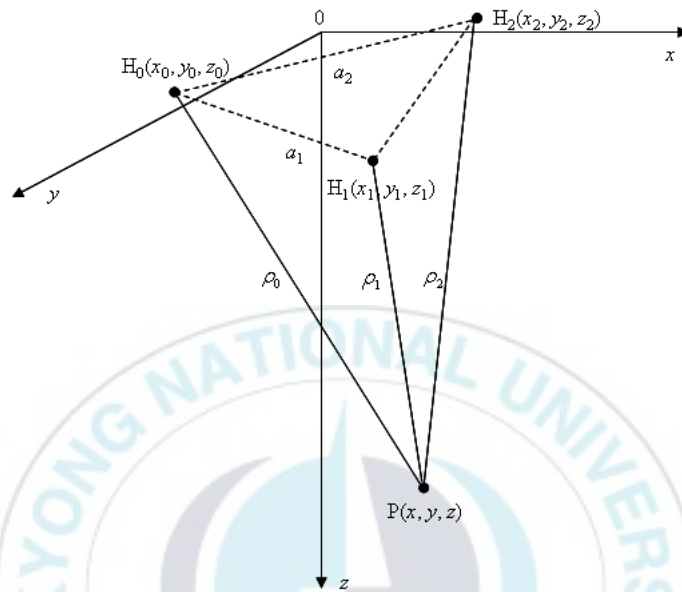


Fig. 2. 3-D coordinates of the pinger and the hydrophone. ρ_0 , ρ_1 and ρ_2 are ranges from the pinger P to each hydrophone H_0 , H_1 , and H_2 .

실험에서 사용한 UPS의 VRAP5 소프트웨어에서는 쌍곡선 위치결정법에 의한 음향송신기의 위치계산을 적용하고 있다. 이 방식에서는 위치계산의 기준이 해저에 고정된 음향송신기이므로 고정 음향송신기 좌표의 정도가 측위정도의 절반정도를 결정한다.

Fig. 2에서 수파기가 $H_0(x_0, y_0, z_0)$, $H_1(x_1, y_1, z_1)$, $H_2(x_2, y_2, z_2)$ 에 배치되어 있고, 구하고자 하는 음향송신기의 위치는 $P(x, y, z)$ 이다. P로부터 H_0, H_1, H_2 까지의 거리를 ρ_0, ρ_1, ρ_2 라고 하면 이들 사이의 관계식은 식 (1)과 같다.

$$\rho_i^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2 \quad (i=0, 1, 2) \quad (1)$$

여기서 ρ_0, ρ_1, ρ_2 는 미지수이고, 관측될 수 있는 거리차는

$$f_i = \rho_i - \rho_0 \quad (i=1, 2) \quad (2)$$

이다. 실험에 사용한 압력센서를 내장한 음향송신기에서 심도 z 는 관측치이므로 평면적 위치계산과 마찬가지로 2쌍의 거리차로서 위치를 계산할 수 있다.

구하고자 하는 음향송신기의 위치 $P(x, y)$ 부근에 초기위치 $P_s(x_s, y_s)$ 를 준다. x, y 는 보통 Δx 와 Δy 가 각각 미소할 때까지 반복계산으로 구한다.

$$x = x_s + \Delta x \quad (3)$$

$$y = y_s + \Delta y \quad (4)$$

초기위치를 주었을 때, 거리차의 계산치 f_{is} 는

$$\rho_{is}^2 = (x_s - x_i)^2 + (y_s - y_i)^2 + (z_s - z_i)^2 \quad (i=0, 1, 2) \quad (5)$$

$$f_{is} = \rho_{is} - \rho_{0s} \quad (i=1, 2) \quad (6)$$

이고, f_{is} 를 x, y 에 대하여 편미분하면

$$\frac{\partial f_{is}}{\partial x} = \frac{(x_s - x_i)}{\rho_{is}} + \frac{(x_s - x_0)}{\rho_{0s}} \quad (i=1, 2) \quad (7)$$

$$\frac{\partial f_{is}}{\partial y} = \frac{(y_s - y_i)}{\rho_{is}} + \frac{(y_s - y_0)}{\rho_{0s}} \quad (i=1, 2) \quad (8)$$

이다. 거리차의 관측치와 계산치의 차를 Δf_{is} 라 두면, $\Delta x, \Delta y$ 는

$$\Delta f_{is} = f_i - f_{is} \quad (i=1, 2) \quad (9)$$

$$\begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \partial f_{1s}/\partial x & \partial f_{1s}/\partial y \\ \partial f_{2s}/\partial x & \partial f_{2s}/\partial y \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Delta f_{1s} \\ \Delta f_{2s} \end{bmatrix} \quad (10)$$

으로부터 구할 수 있다. 식 (10)에서 구한 $\Delta x, \Delta y$ 는 수정치이고 이 값을 식 (3), (4)에 대입하면 x, y 를 구할 수 있다. 여기에서 $\Delta x, \Delta y$ 의 절대치가 미소하면 계산을 끝내지만, 그렇지 않을 경우 $\Delta x, \Delta y$ 의 절대치가 미소할 때까지 식 (5)에서 식 (10)의 과정을 반복하여 계산한다.



3) 수파기 좌표의 보정

위치계산 알고리즘에 따라 구한 x, y 는 수파기의 좌표가 고정되어 있다는 가정 하에 구해진 것이다. 그러나 자망의 주변에 설치한 수파기의 위치가 변동한다면 이를 기준하여 계산한 음향송신기의 위치는 수파기의 좌표변동량 만큼 오차가 포함된다.

해저에 고정시킨 음향송신기의 최초 좌표를 x_0, y_0, z_0 라 하고, 다음에 수신되는 동일 음향송신기의 좌표를 x_1, y_1, z_1 라 하면, 수파기 좌표의 변동으로 인한 해저 고정 음향송신기의 좌표의 변동량 dx, dy, dz 는

$$\begin{aligned} dx &= x_1 - x_0 \\ dy &= y_1 - y_0 \\ dz &= z_1 - z_0 \end{aligned} \tag{11}$$

이 된다. 식 (11)로부터 구해지는 것을 수파기의 변동량이라 한다면, 시간에 따른 수파기 좌표의 변동량을 음향송신기의 위치오차에서 제거할 수 있고, 그 오차를 제거한 음향송신기의 좌표는 $x-dx, y-dy, z-dz$ 이다.

본 실험에서는 해저에 고정시킨 음향송신기를 사용하여 조류에 의해 변동하는 수파기의 좌표를 보정하였다.

2. 현장실험

1) 실험 어장의 환경

자망의 수중형상을 측정하기 위한 현장 실험은 2006년 9월 9일~10일 (대조기)과 9월 28일~29일 (소조기) 두 차례에 걸쳐 실시하였으며 데이터를 기록한 시간은 각각 24시간이었다. 대조기에는 바람과 파도가 잔잔하였지만, 소조기에는 바람 (풍향: WSW)과 파도가 다소 강하였다.

실험 어장은 경남 고성군 자란만에 위치하며, 어장 주변 수심은 13 m 정도이었다. 실험에 사용한 어구는 현지 어민들이 사용하고 있던 개량식 전어 자망이었다. 실험 해역과 자망의 부설 위치는 Fig. 3과 같다. 투망은 조류방향과 직각에 가깝도록 남북방향으로 하였다. 실험에 사용한 자망의 설계도는 Fig. 4와 같다.

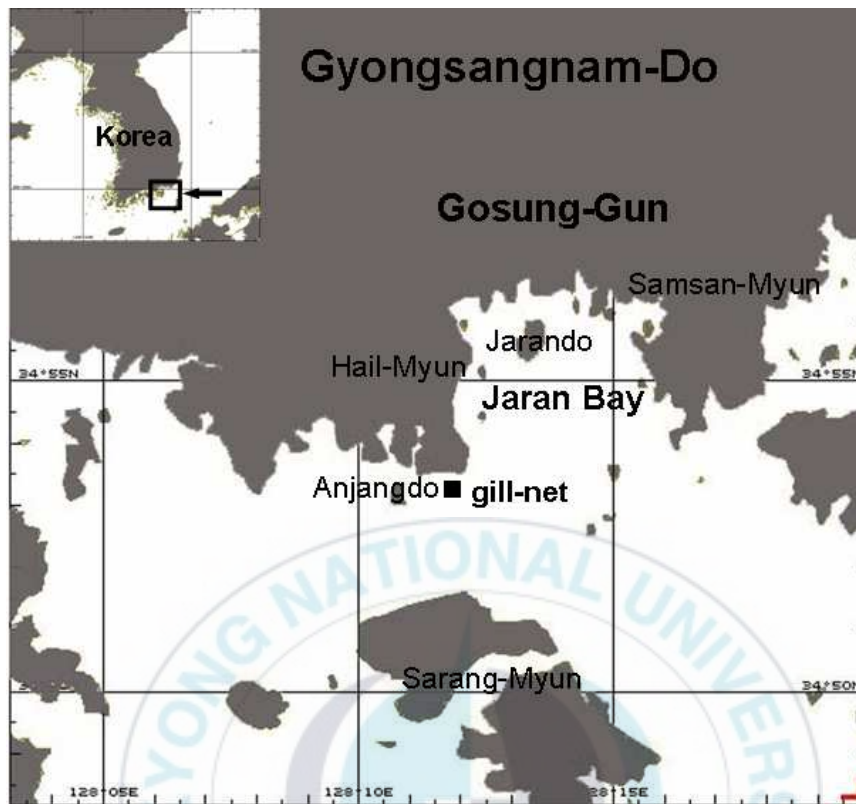


Fig. 3. Location of gill-net (■) used in the experiment.

PP ROPE ϕ 6 mm, 71000 mm		
PP ROPE ϕ 3 mm		
3 mesh	PE NET Td260/4 50 mm	
100 mesh	PE MONO NET #1.5(ϕ 0.2 mm) 50 mm	151500 mm
3 mesh		
PP ROPE ϕ 2 mm		
PP ROPE ϕ 6 mm, 80000 mm		

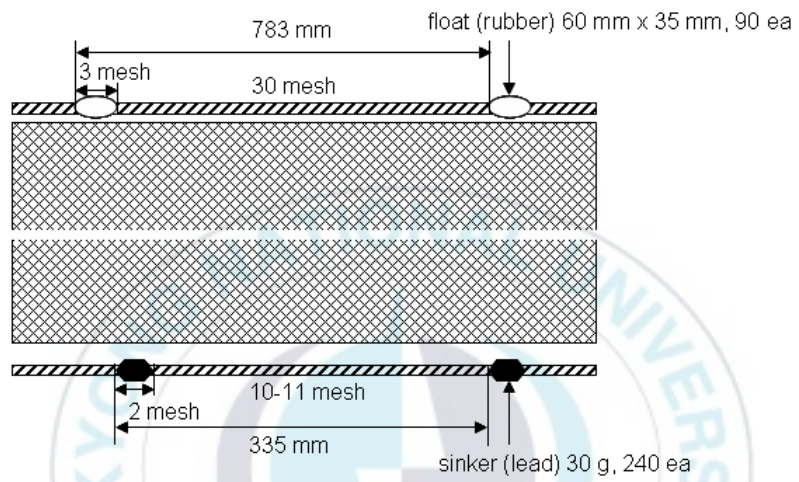


Fig. 4. Plan of the gill-net. used in experiment.

2) 장치의 배치 및 측정

가. 전파음향측위부이 및 음향송신기의 배치

자망의 수중형상을 측정하고 해석하기 위한 RAP부이 및 음향송신기의 배치는 Fig. 5 및 Fig. 6과 같다.

RAP부이의 수파기 H_0 , H_1 , 및 H_2 는 Fig. 5와 같이 삼각형 꼴로 배치하여 수면하 1 m 층에 내렸다. RAP부이간의 거리는 대조기는 $H_0 \sim H_1$ 은 144.7 m, $H_1 \sim H_2$ 는 136.5 m, $H_2 \sim H_0$ 는 195.8 m 이었으며, 소조기에는 $H_0 \sim H_1$ 은 157.4 m, $H_1 \sim H_2$ 는 199.4 m, $H_2 \sim H_0$ 는 181.5 m 이었다. Fig. 6에서 자망은 1폭당 80 m인 그물을 2폭을 연결하여 사용하였다.

실험에 사용한 총 7개의 음향송신기 중에서 중성부력으로 만든 6개의 음향송신기는 그물의 뜰줄에 부착하였다. 음향송신기는 그물이 투망되는 순서에 따라 처음에는 15번째의 뜰에 부착하였으며, 그 다음부터는 뜰 30개마다 하나씩 부착하였다. 조류에 의한 RAP부이 좌표의 변동을 보정하기 위하여 나머지 1개의 음향송신기는 중량 약 35 kg의 콘크리트 닻과 함께 해저에 고정시켰다. RAP부이에서 송신되는 데이터를 기록하기 위하여 육상기지국은 RAP부이로부터 약 4 km 떨어진 곳에 설치하여 RAP부이로부터의 데이터를 실시간으로 컴퓨터화면에 나타내고 재생 될 수 있도록 하였다.

자망의 수중형상을 측정하기 위하여 사용한 음향송신기의 제원은 Table 2와 같다.

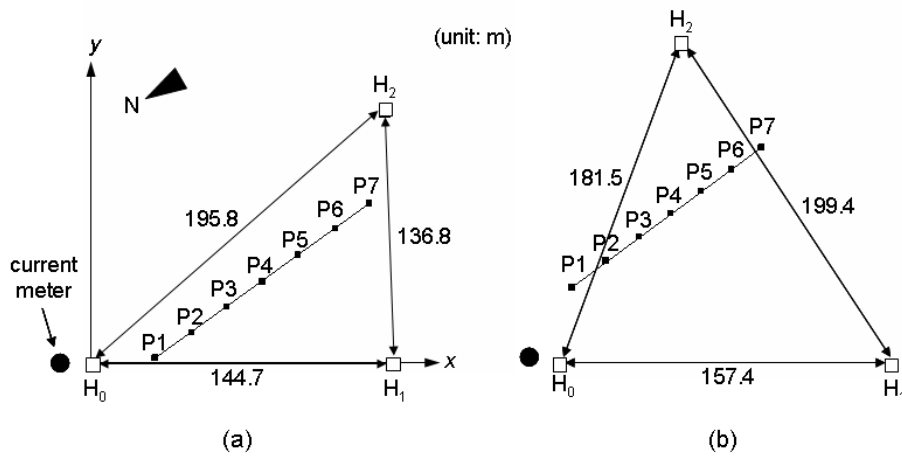


Fig. 5. Arrangement of the RAP buoy system to measure the shape variation of the gill-net. H_0 to H_2 denote the hydrophones, P_1 to P_7 the acoustic transmitters. (a) is spring tide, (b), neap tide.

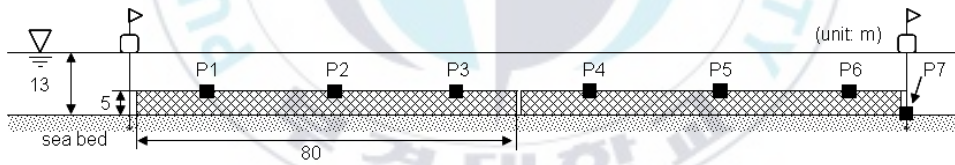


Fig. 6. Arrangement of the acoustic transmitters to measure the shape variation of the gill-net. P_1 to P_7 denotes the acoustic transmitters.

Table 2. Specifications of the acoustic transmitters with the pressure sensor used in experiment

Frequency (kHz)	Pulse width (ms)	SL (dB re 1 μ Pa at 1 m)	Slope (m)	Intercept (m)	Remark
57	10	164	-306.0	529.8	P1
66	10	146	-144.3	244.6	P2
81	10	146	-150.7	260.8	P3
60	10	146	-137.1	235.2	P4
72	10	146	-156.9	248.2	P5
54	10	164	-262.1	453.9	P6
51	10	164	-264.1	457.9	P7(fixed)

나. 유향 및 유속 측정

실험 해역의 유향 및 유속은 2006년 9월 9일~10일과 2006년 9월 28일~29일 두 차례에 걸쳐 자기 기록식 유향유속계 (Aanderra, RCM9)를 수면하 5 m층에 내려 각각 25시간씩 연속 측정하였다. 유향유속계의 샘플링 간격은 10분으로 하였다.

3) 자망의 수중 형상 측정

자망의 수중 형상 변화는 뜰줄에 부착한 6개의 음향송신기의 위치를 구함으로써 조류에 대한 자망의 3차원 거동을 측정하였다. 음향송신기의 위치데이터를 30분 간격으로 평균하였다. 각 위치데이터는 해저에 고정시킨 음향송신기를 이용하여 보정하였으며, 조위변화에 의한 수위 변동은 해양경찰청 전산소에서 제공하는 수위예측시스템을 이용하여 보정하였다.

結果 및 考察

1. 수파기 좌표의 변동

해저에 고정시킨 음향송신기를 사용하여 측정한 RAP부이의 수파기 좌표의 변동은 Fig. 7과 같다. 수파기의 좌표변동폭이 대조기에는 x축 , y축 , z축으로 각각 17.1 m, 23.8 m, 0.9 m로 나타났으며, 소조기에는 각각 11.8 m, 26.4 m, 1.6 m로 나타났다.

수파기의 좌표변동은 자망을 조류와 직각에 가깝도록 어구를 부설했기 때문에 다른 축에 비해 Y축 방향의 변동값이 크게 나타났다.

소조기의 좌표변동폭이 대조기보다 크게 나타난 것은 RAP부이의 닷줄길이의 차이 때문이라고 생각된다. 소조기의 닷줄길이는 대조기보다 4~5 m 더 길었다.

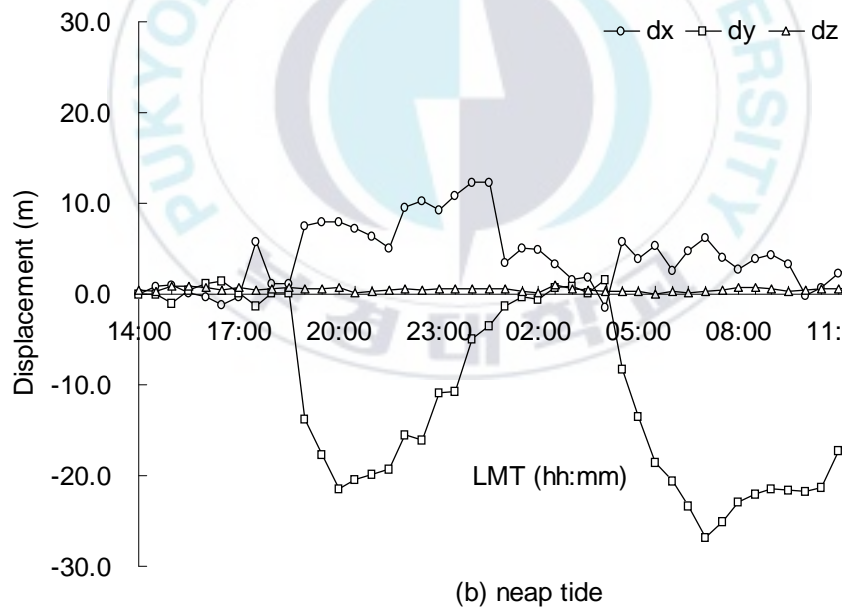
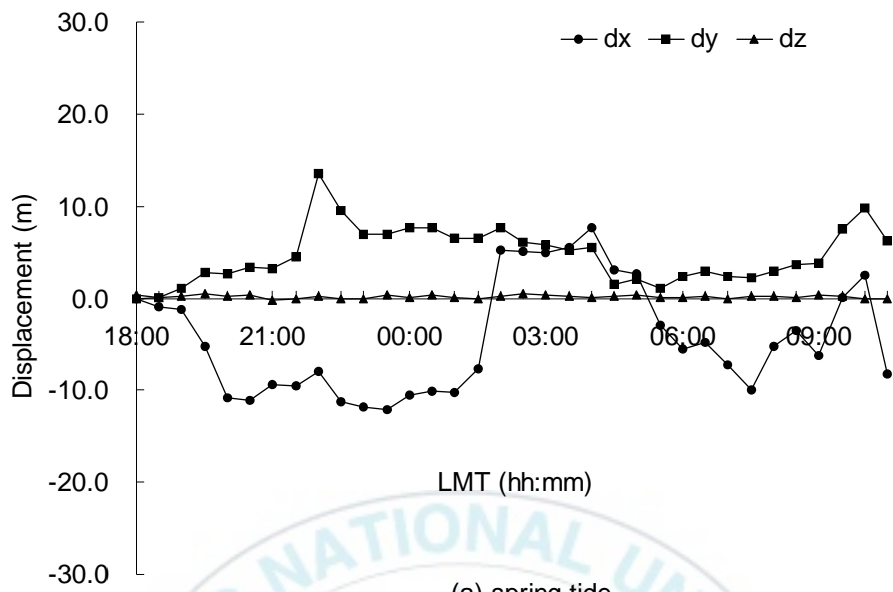


Fig. 7. Displacement of the hydrophone coordinates calculated by the acoustic transmitter fixed on the seabed.

2. 유향 및 유속

대조기와 소조기에 측정한 유향 및 유속은 Fig. 8, Fig. 9와 같다.

대조기와 소조기의 최대유속은 각각 22.0 cm/s (17:52), 15.2 cm/s (09:15)로 나타났고, 그 때의 유향은 각각 303.1° , 274.2° 이었다.

대조기와 소조기에 측정한 유향 및 유속자료를 이용하여 구한 조류 타원도는 Fig. 10과 같다. 실선과 점선으로 나타낸 타원은 각각 대조기와 소조기의 반일주조 이다. 조류의 전류 방향은 시계방향이었다.

조화분석하여 구한 순수한 조석에 대한 대조기와 소조기의 최대유속은 각각 북동방향으로 5.5 cm/s , 동북동방향으로 3.1 cm/s 로 나타났다. 대조기와 소조기의 평균 잔차류 (residual current)는 각각 동남동방향으로 2.4 cm/s , 남동방향으로 0.3 cm/s 로 나타났다.

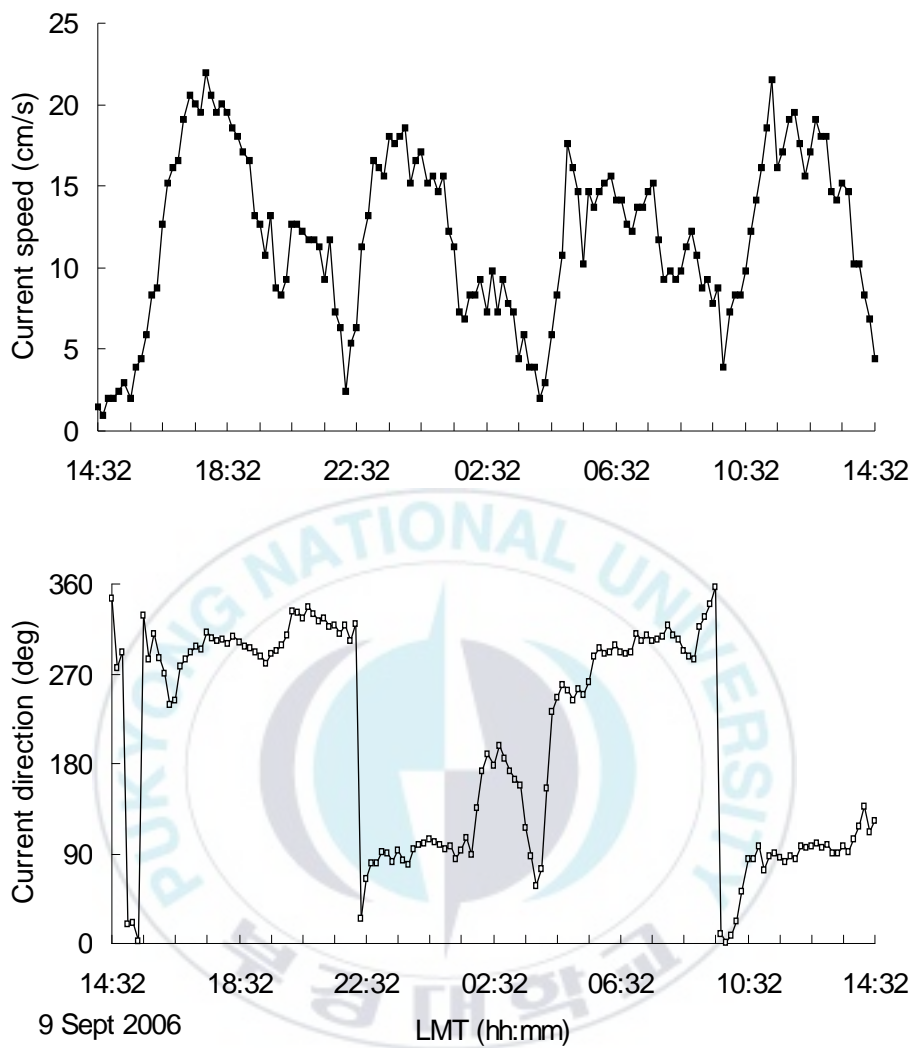


Fig. 8. Current speed and direction around the fishing ground of gill-net in Jaran bay time on 9 to 10 september 2006 (spring tide).

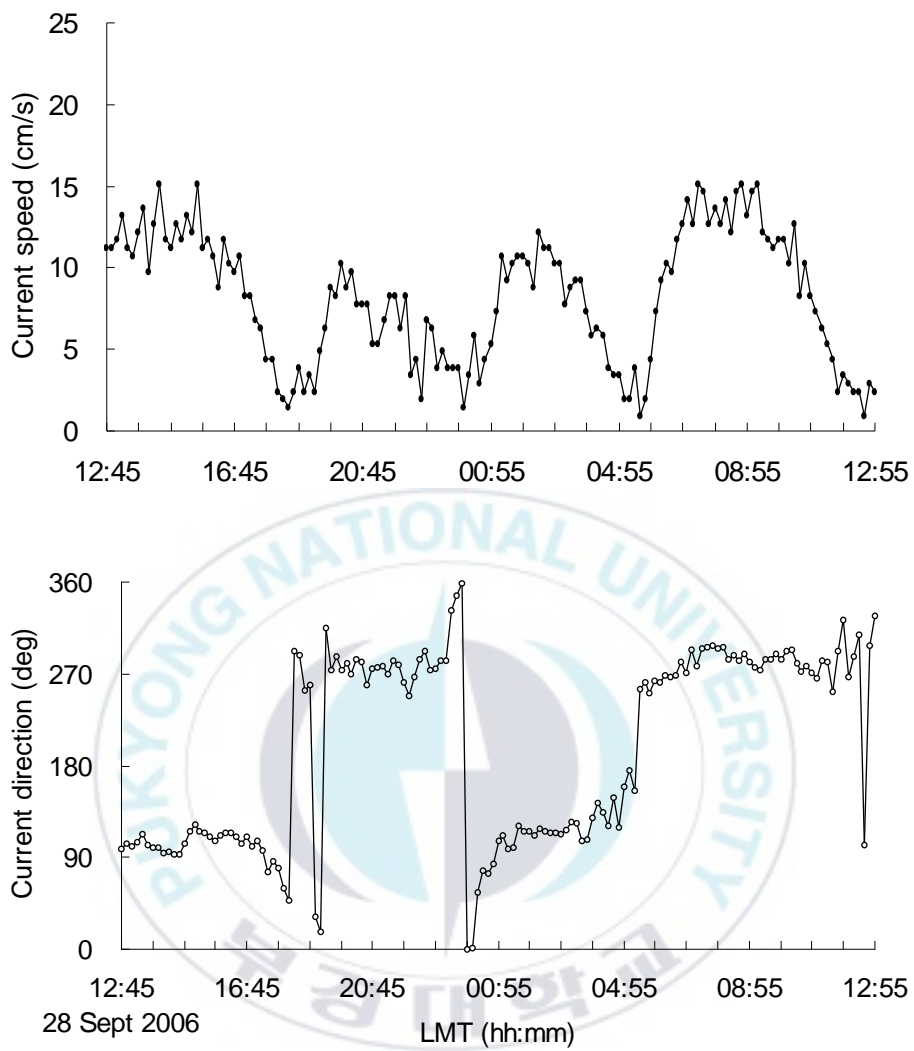


Fig. 9. Current speed and direction around the fishing ground of gill-net in Jaran bay time on 28 to 29 september 2006 (neap tide).

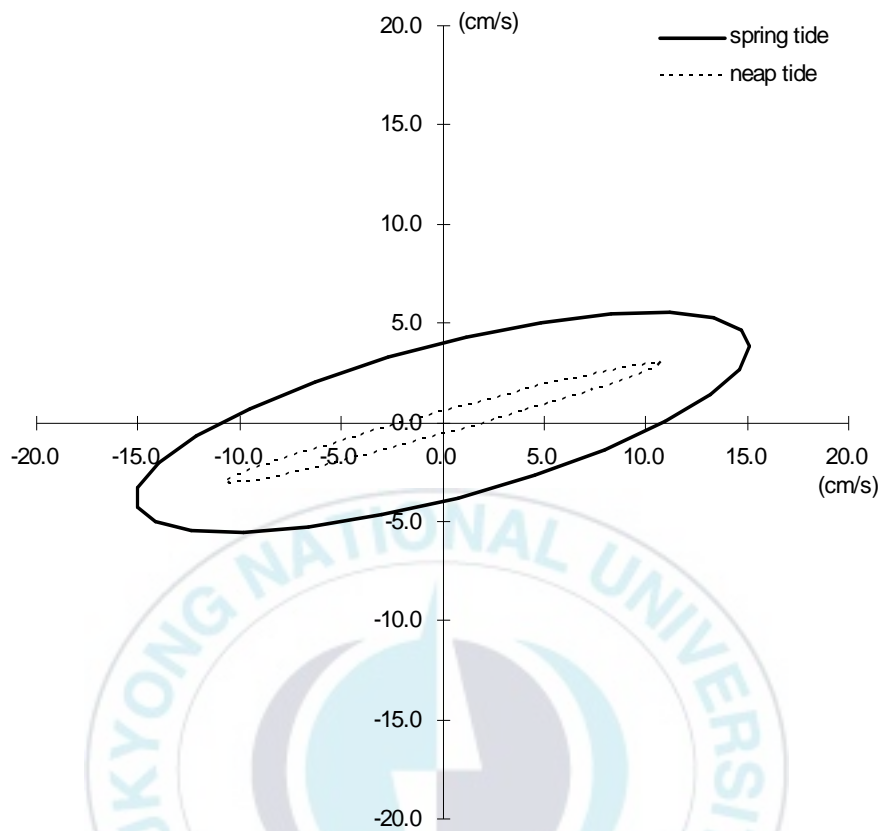


Fig. 10. Current ellipse around the fishing ground of gill-net in Jaran bay time on 9 to 10 september 2006 (spring tide) and on 28 to 29 september 2006 (neap tide).

3. 자망의 수중 형상 분석

1) 자망의 수평거동

가. 대조기의 경우

2006년 9월 9~10일 (대조기)에 측정된 자망의 수중 형상은 Fig. 11과 같다. 음향송신기 P3은 투망시 전원선이 절단되었기 때문에 그 위치 데이터를 구할 수 없었다.

18:00 (유속 20.0 cm/s , 유향 304.3°)의 자망위치를 기준으로 하였을 때 자망은 22:00 (4.4 cm/s , 311.9°)에 서쪽으로 최대 27.0 m 이동 하였다. 그 후 22:30부터 흐름이 바뀌면서 자망은 04:00 (3.9 cm/s , 66.5°)에 동쪽으로 최대 20.6 m 이동하였다.

이와 같이 자망의 이동은 조류에 따라 반복적으로 나타났으며, 최대 이동 폭은 47.6 m 이었다.

자망의 설치상태를 알아보기 위하여 음향송신기 P1과 P6의 거리를 측정하여 본 결과 최대 거리는 119.8 m (21:00)이었고 (11.6 cm/s , 321.9°), 최소 거리는 109.9 m (23:00)이었다 (16.1 cm/s , 88.5°).

음향송신기 P1과 P6사이의 자망의 뻗힌 길이가 실제 120.0 m 임을 볼 때 자망이 일직선으로 잘 투망되었음을 알 수 있었다.

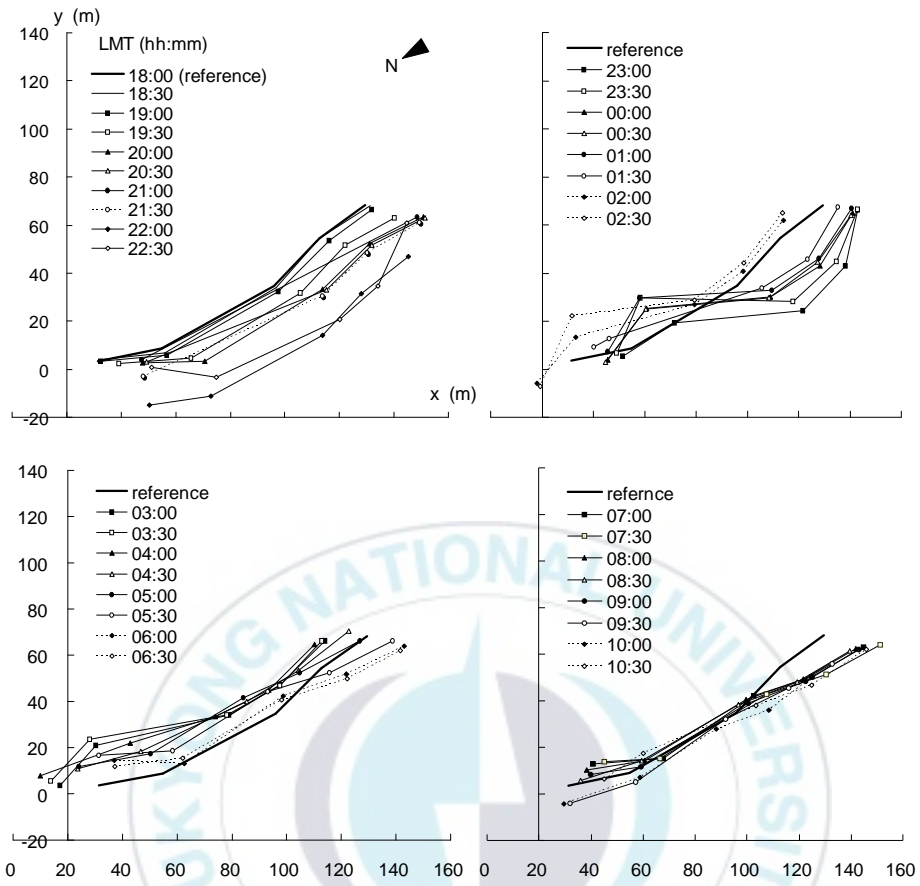


Fig. 11. Horizontal movement of the gill-net during spring tide.

나. 소조기의 경우

2006년 9월 28~29일 (소조기)에 측정된 자망의 수중 형상은 Fig. 12와 같다. 음향송신기 P4의 위치데이터는 수신 상태가 좋지 못하여 위치데이터 측정에서 제외시켰다.

14:00 (12.6 cm/s , 94.7°)의 자망위치를 기준으로 하였을 때 자망은 20:00 (9.6 cm/s , 278.2°)에 동쪽으로 최대 38.0 m 이동하였다. 23:30부터 흐름이 바뀌면서 자망은 서쪽방향으로 이동하다가, 유속이 빨라지면서 03:30부터 남동쪽으로 이동하는 현상이 나타났으며, 12:00 (1.9 cm/s , 232.1°)에 서쪽으로 최대 11.0 m 이동하였다.

이와 같이 자망의 이동은 조류에 따라 반복적으로 나타났으며, 최대 이동 폭은 49.0 m 이었다.

자망의 설치상태를 알아보기 위하여 음향송신기 P1과 P6의 거리를 측정하여 본 결과 최대 거리는 99.6 m (14:00)이었고 (12.5 cm/s , 94.7°), 최소 거리는 85.0 m (06:00)이었다 (9.0 cm/s , 265.8°).

소조기 경우 자망의 길이가 20~30%정도 주름이 간 것을 알 수 있으며 그 때문에 소조기 경우 자망의 수평거동이 일반적 경향과 달리 부분적으로 불규칙한 경우가 나타났다.

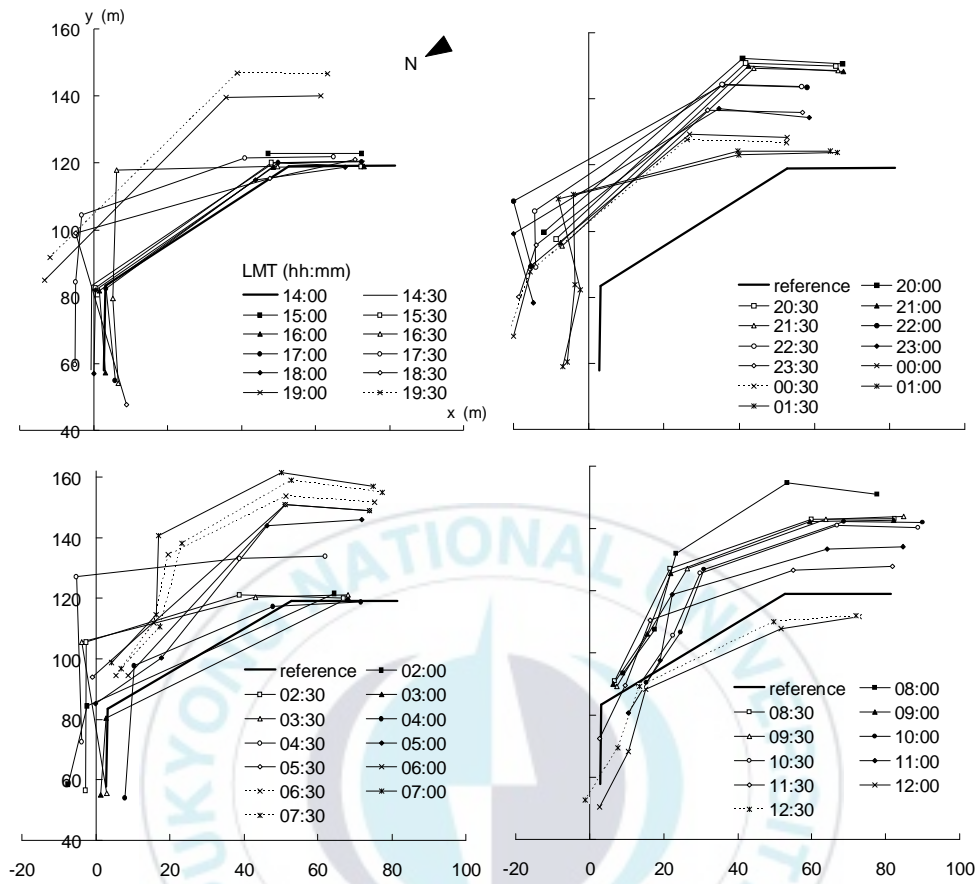


Fig. 12. Horizontal movement of the gill-net during neap tide.

2) 자망의 수직거동

가. 대조기의 경우

대조기에 측정된 자망의 수직거동은 Fig. 13과 같다.

해저로부터의 자망의 높이는 최대 3.7 m (02:00)이었고 (7.4 cm/s, 151.6°), 최소 1.5 m (23:30, 05:00, 06:30)로 실험 기간동안 3차례에 걸쳐서 나타났다. 그 때의 유속과 유향은 각각 17.9 cm/s, 85.3° (23:30), 16.1 cm/s, 249.4° (05:00), 13.7 cm/s, 291.4° (06:30)이었다.

조석 주기에 따른 자망의 수직거동은 22:00~10:00 (고조 22:00, 10:00; 저조 04:00) 위치데이터를 사용하여 재분석하였다. 그 결과는 Fig. 14와 같다. 유속이 10.0 cm/s 이상 되면 해저에서의 자망의 높이가 전반적으로 낮아지는 경향이 나타났으나, 유속이 10.0 cm/s 이하가 되면 자망의 높이는 2 m 이상 유지하는 것으로 나타났다.

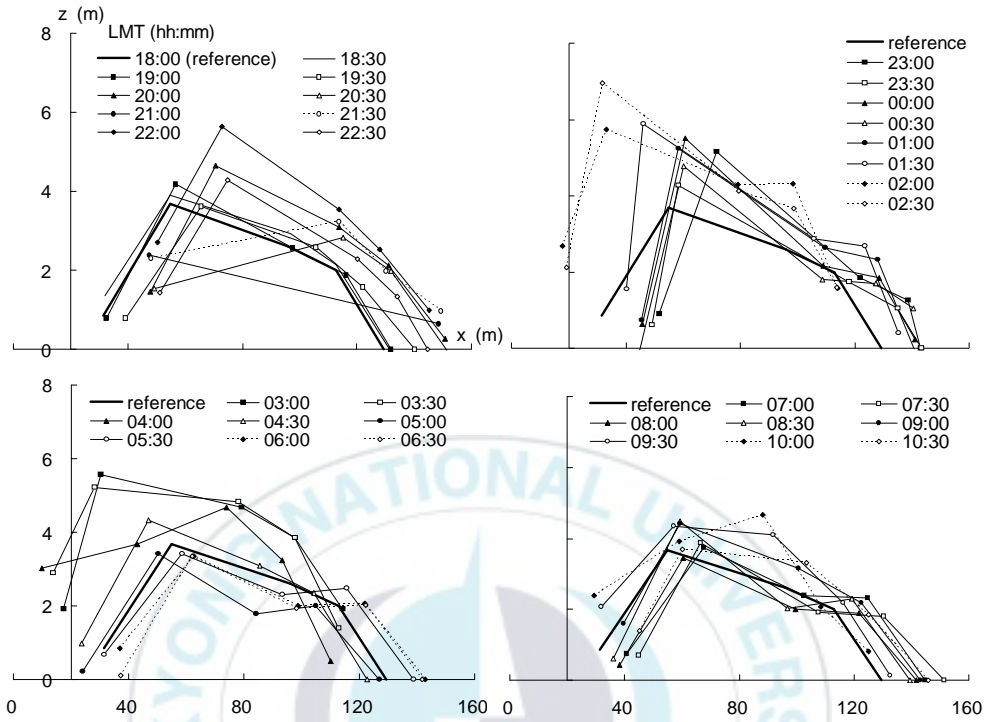


Fig. 13. Vertical movement of the gill-net during spring tide.

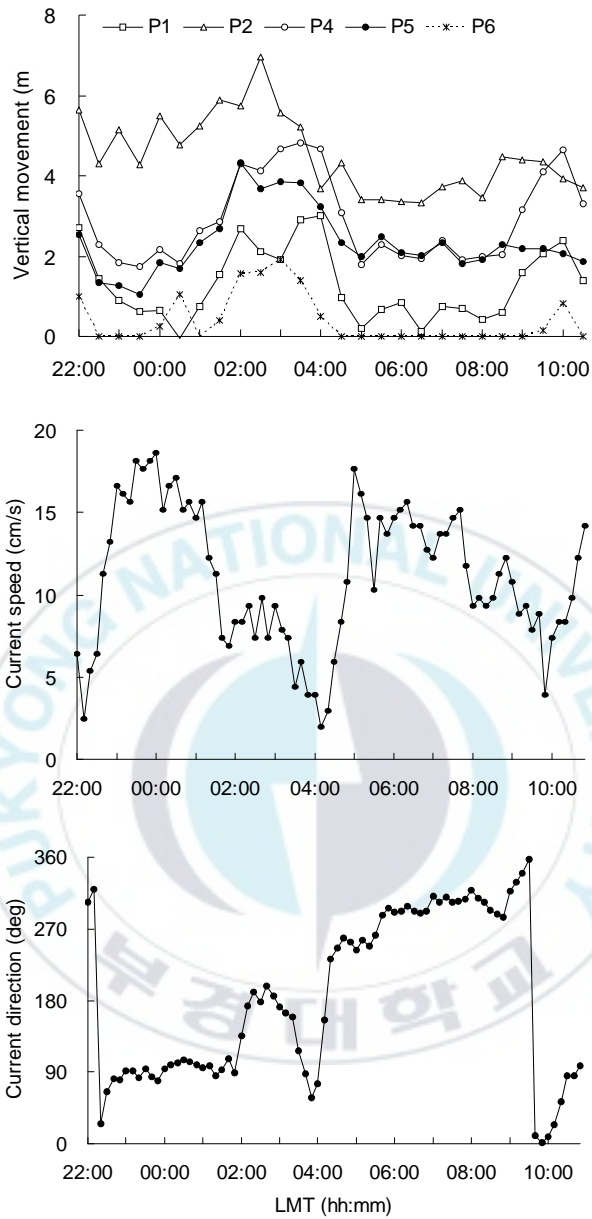


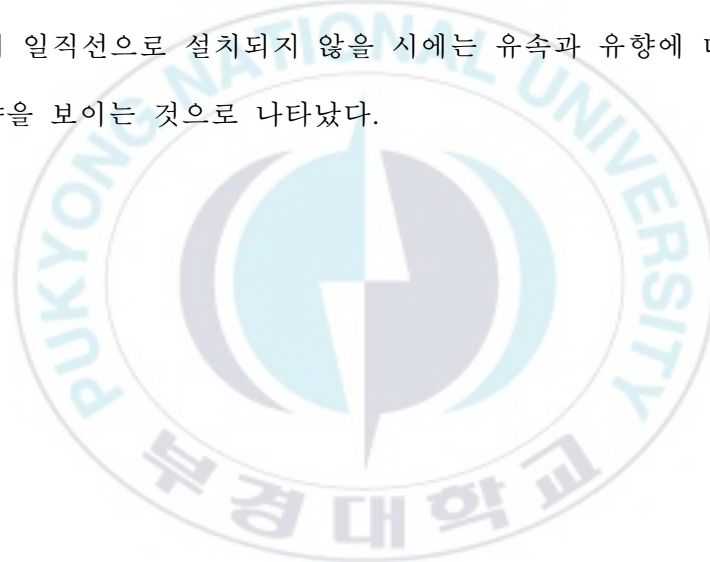
Fig. 14. Vertical movement of the acoustic transmitters attached on the float line of gill-net and current speed and direction during spring tide.

나. 소조기의 경우

소조기에 측정한 자망의 수직거동은 Fig. 15와 같다.

해저로부터의 자망의 높이는 최대 3.6 m (12:30)이었고 (2.1 cm/s, 242.3°), 최소 1.5 m (14:00)이었다 (12.5 cm/s, 94.7°).

조석 주기에 따른 자망의 수직거동은 00:00~12:00 (고조 00:00, 12:00; 저조 06:00) 위치데이터를 사용하여 재분석하였다. 그 결과는 Fig. 16과 같다. 자망의 최대 및 최소 높이가 대조기와 비슷한 것은 자망이 일직선으로 잘 설치되지 못하여 이러한 결과가 나타났을 것으로 생각된다. 즉 자망이 일직선으로 설치되지 않을 시에는 유속과 유향에 대한 불규칙한 경향을 보이는 것으로 나타났다.



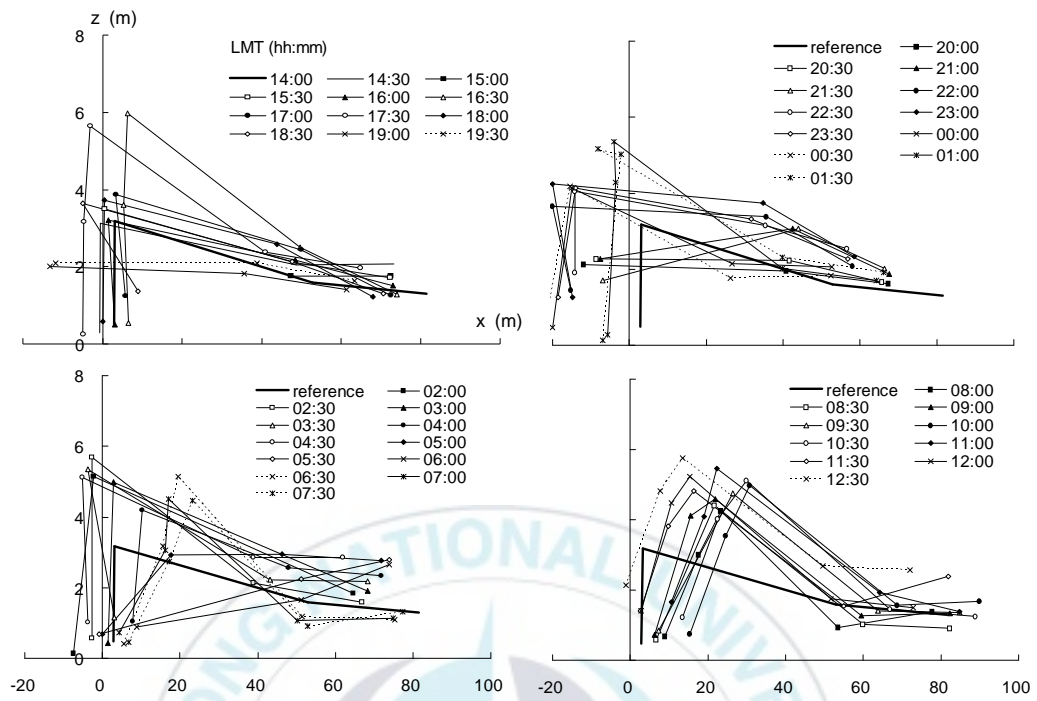


Fig. 15. Vertical movement of the gill-net during neap tide.

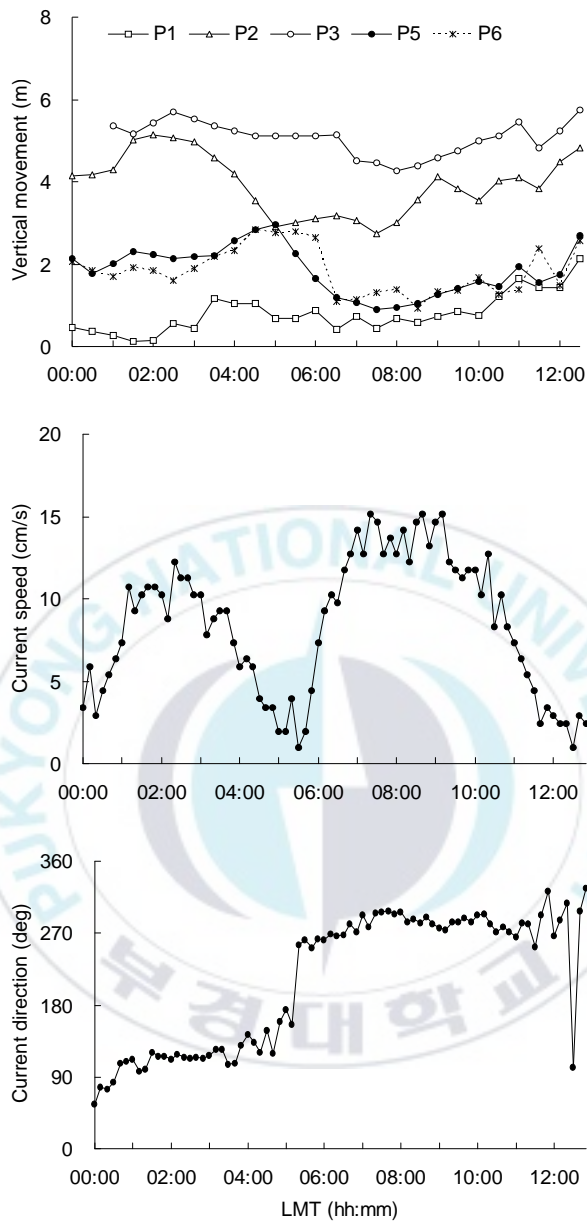


Fig. 16. Vertical movement of the acoustic transmitters attached on the float line of gill-net and current speed and direction during neap tide.

要 約

2006년 9월 9~10일 (대조기)과 9월 28~29일 (소조기)에 경남 고성군 자란만에서 무선부이식 3차원 수중위치측정시스템을 사용하여, 자망의 수중형상을 측정하였다. 이 실험에서 사용한 7개의 음향송신기 중 6개는 자망의 뜰줄에 부착하였고, 나머지 1개는 해저에 고정시켰다. 실험 결과는 다음과 같다.

1. 대조기의 자망은 서쪽으로 최대 27.0 m (22:00) 이동하였고 (4.4 cm/s, 311.9°), 동쪽으로 최대 20.6 m (04:00) 이동하였다 (3.9 cm/s, 66.5°). 자망의 뺄힌 거리 (음향송신기 P1과 P6 거리)는 최대 119.8 m (21:00)이었고 (11.6 cm/s, 321.9°), 최소 109.9 m (23:00)이었다 (16.1 cm/s, 88.5°).
2. 소조기의 자망은 동쪽으로 최대 38.0 m (20:00) 이동하였고 (9.6 cm/s, 278.2°), 서쪽으로 최대 11.0 m (12:00) 이동하였다 (1.9 cm/s, 232.1°). 자망의 뺄힌 거리는 최대 99.6 m (14:00)이었고 (12.5 cm/s, 94.7°), 최소 85.0 m (06:00)이었다 (9.0 cm/s, 265.8°).
3. 대조기에 해저로부터의 자망 높이는 최대 3.7 m (02:00)이었고 (7.4 cm/s, 151.6°), 최소 1.5 m (23:30, 05:00, 06:30)로 실험 기간동안 3차례에 걸쳐서 나타났다. 그 때의 유향 및 유속은 각각 17.9 cm/s, 85.3° (23:30), 16.1 cm/s, 249.4° (05:00), 13.7 cm/s, 291.4° (06:30)이었다.
4. 소조기에 해저로부터의 자망 높이는 최대 3.6 m (12:30)이었고 (2.1 cm/s, 242.3°), 최소 1.5 m (14:00)이었다 (12.5 cm/s, 94.7°).

參考文獻

- An, Y.R. and S.H. Huh. 2003. Species composition and seasonal variation of fish assemblages in the coastal waters off Gadeok-do, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 36(6): 686-694.
- Chang, H.Y., B.K. Cho, , J.S. Park, and S.K. Doo. 2004. Study on the improvement of gill nets and trap nets fishing for the resource management at the coastal area of Yellow sea - mesh selectivity of gill nets for croacker, *Miichthys miuuy*. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 40(3): 169-175.
- Hwang, B.G. and H.O. Shin. 2003. Analysis on the movement of bag-net in set-net by acoustic telemetry techniques. Fish. Sci., 69: 300-307.
- Hwang, J.G., H.I. Shin, K.Y. Kim, and D.J. Lee. 1995. Measurement of the drifting condition of the anchovy drift gill net with GPS. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 31(4): 350-361.
- Joo, C.S., Y.J. Kim and D.S. Kim. 1998. A study on the sea condition and catch fluctuation of anchovy gill net in the coastal water of Yosu. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 34(2): 159-164.
- Kallayil, J.K., T. Jørgensen, A. Engås, and A. 2003. Fernö. Baiting fill

- nets-how is fish behaviour affected? Fish. Res., 61: 125-133.
- Kim, S.H. and J.H. Lee. 2002. Mesh selectivity in trammel net for flat fish. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 38(2): 91-100.
- Mäkinen, T., E. Niemelä, K. Moen, and R. Lindström. 2000. Behavior of gill-net and rod-captured atlantic salmon (*Salmo salar* L.) during upstream migration and following radio tagging. Fish. Res., 61: 117-127.
- Matuda, K. 1988. Headline height of bottom gillnets set across a water flow. Fish. Res., 6: 167-179.
- National fisheries research & development institute. 2002. Fishing gear of Korea. NFRDI, 446-468.
- Park, S.W. and D.K. Kim. 2004. Catching efficiency of gill net and trammel net for ceramic artificial reefs fishing ground in the coastal area of Geomun-do, Korea. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 40(3): 182-188.
- Ryu, J.H., P.K. Kim, and H.J. Kim. 2005. Seasonal variation of species composition of fishes collected by gill net and set net in the Middle East sea of Korea. Korean J. Ichthy., 17(4): 279-287.
- Shimizu, T., T. Takagi, H. Korte, T. Hiraishi, and K. Yamamoto. 2005. Application of NaLA, a fishing net configuration and loading analysis system, to drift gill nets. Fish. Sci., 76: 67-80.

Tae, J.W. and H.O. Shin. 2004. Analysis on the volume variation of bag-net in set-net by acoustic telemetry. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 40(2): 115-125.

Tae, J.W. and H.O. Shin. 2006. Acoustic analysis of volume variation in a bag-net within set-net. Fish. Res., 80: 263-269.

Yum, M.G. 1997. Community patterns of demersal fishes by the baited traps and bottom gillnets in the Masan Bay, heavily polluted area. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 33(4): 298-310.



謝 辭

20여년의 선상생활을 마치고 뒤늦게 학문의 길에 접어든 저에게 본 논문이 완성되기까지 항상 따뜻한 마음과 열과 성의로 가르침을 주신 신현옥 교수님께 진심으로 감사의 마음을 드립니다.

그리고 본 논문의 완성을 위해 많은 조언과 격려를 해 주고 논문의 결실을 맺도록 이끌어 주신 이주희 교수님, 이대재 교수님께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

아울러 수학 중에 많은 가르침과 관심을 가져주신 신형일 교수님, 장창익 교수님, 최종화 교수님, 홍철훈 교수님, 권병국 교수님, 이춘우 교수님, 김형석 교수님, 강일권 교수님, 이유원 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다.

실험 때마다 힘든 작업을 도와주시고 늦은 시간까지 자료 분석과 정리를 위하여 수고를 아끼지 않았던 황보규 박사님, 강경미 조교님께 깊은 감사드립니다.

실험을 할 수 있도록 많은 도움을 주신 삼성수산 김판길 사장님과 실험어구에 관한 많은 조언을 해주신 삼신어구 박광재 사장님, 순명산업 이승열 사장님께 감사드립니다.

그리고 물심양면으로 많은 도움을 주신 한국해양수산연수원의 선박직원 모든 분들께 고마움을 전합니다.

마지막으로 항상 저를 믿어주고, 힘이 되어 준 아내 정용순과 사랑하는 딸 한하얀, 한다혜 그리고 가족 모두에게 이 논문이 큰 기쁨이 되었으면 합니다.