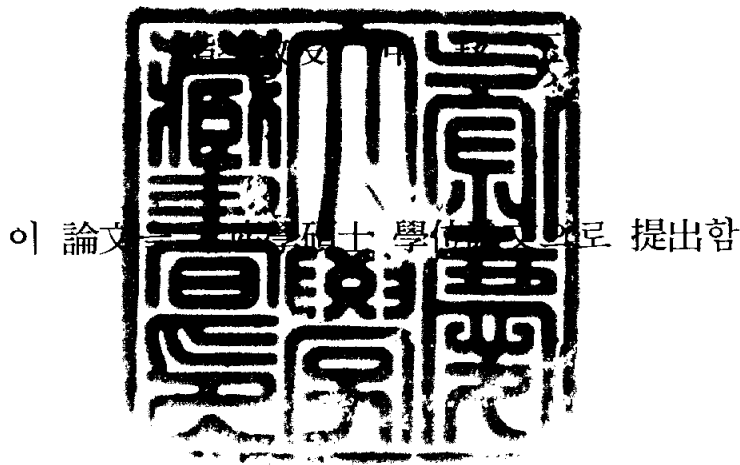


水産學碩士 學位論文

음향 텔레메트리에 의한 정치망
원통의 체적 변화 해석



2004年 2月

釜慶大學校 大學院

水産物理學科

太 種 完

太種完의 水産學碩士 學位論文을 認准함

2003年 12月 26日

主 審 水産學 博士 李 昊 在



委 員 水産學 博士 李 春 雨



委 員 水産學 博士 申 鉉 玉



目 次

Abstract	3
緒 論	5
材料 및 方法	7
1. 무선부이식 3차원 수중 위치 측정 시스템	7
1) 시스템의 구성	7
2) 위치계산 알고리즘	10
3) 수파기 좌표의 보정	14
4) 고정점에서의 위치오차 측정	15
2. 현장실험	16
1) 실험 어장의 환경	16
2) 장치의 배치 및 측정	18
가. 무선부이 및 핑거의 배치	18
나. 유향 및 유속 측정	21
3) 원통의 체적 계산	22
結果 및 考察	24
1. 수파기 좌표의 보정	24
2. 고정점에서의 위치 오차	26
3. 유향 및 유속	26
4. 원통의 거동	28
1) 소조기의 경우	28
2) 대조기의 경우	28

5. 원통의 체적 변화	31
1) 소조기의 경우	31
2) 대조기의 경우	31
3) 연속 측정의 경우	34
要 約	37
參考文獻	40

Analysis on the volume variation of bag-net in set-net by acoustic telemetry

Jong-Wan TAE

*Department of Fisheries Physics, Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

An experiment to measure the volume variation of bag-net in a set-net by acoustic telemetry system was conducted in Jaran Bay, Gosung, Korea on 10 April to 23 April 2003. The long baseline telemetry system consists of three radio-acoustic linked positioning (RAP) buoys, a time controller with a personal computer and seven pingers. Six pingers were attached on the bottom of the bag-net and the other one was fixed on the sea bed.

The results obtained are summarized as follows:

1. The average RAP buoy fixing errors of x-axis, y-axis, and z-axis were 0.2 m, 0.4 m, and 0.1 m, respectively.

2. In the neap tide the minimum and maximum volume of the bag-net on 11 April 2003 were $4,173 \text{ m}^3$ (17:00) and $4,757 \text{ m}^3$ (12:00), respectively. The average current direction and speed at those times were 99.9 degrees, 12.9 cm/s and 104.0 degrees, 2.4 cm/s, respectively.

3. In the spring tide on 17 April 2003, the minimum and maximum volume were $2,016 \text{ m}^3$ (18:30) and $4,454 \text{ m}^3$ (15:00), respectively. The average current direction and speed at those times were 315.6 degrees, 16.1 cm/s and 289.0 degrees, 5.7 cm/s, respectively.

4. In conclusion the maximum variation of the volume on 17 April to 20 April 2003 was $3,552 \text{ m}^3$ and it was larger 1.4 times than time on 11 April to 16 April 2003.

緒 論

함정어구류에 속하는 정치망은 그물을 한 어기동안 일정한 장소에 설치해두고 내유해오는 어군을 포획하는 어구이다. 어군이 내유하여 양망시까지 어군이 원통그물에 잔류하고 있어야 어획이 가능하므로, 소극적인 어법이라 볼 수가 있다. 따라서 정치망은 조류의 유향과 유속의 영향을 크게 받는 어업이다¹⁾.

자란만 해역의 정치망은 길그물을 중심으로 하여 좌우 양쪽으로 원통 그물이 하나씩 부착되어 있는 양낙망으로서, 조류의 방향이 어구의 부설 장소로부터 두 방향으로 뚜렷할 때 주로 사용되는 것이다. 길그물의 양쪽에서 어군을 유도할 수 있으며, 조류의 방향과 관계없이 유도할 수 있는 특징을 가지고 있다²⁾. 그러나, 급조시에는 그물의 유실과 파망 등의 피해가 크며, 원통의 망형상 변화에 따른 조업 부진 등도 어업자에게는 중대한 문제가 되기도 한다.

정치망의 원통은 길그물에 의해 유도된 어군이 최종적으로 유도되는 곳으로 원통의 규모가 클수록 어획량도 증가하게 된다. 원통의 규모는 어장 면적과 조업효율 등을 고려하여 설계하겠지만, 어장에 설치된 원통내의 체적은 조류의 방향과 속도에 의해 좌우된다고 할 수 있다. 그러므로 현장에 설치된 원통의 체적 변화를 유향과 유속에 따라 구명하는 것은 어구의 성능을 예측하고, 어구의 적합한 설계를 위해서 매우 중요한 요소 중의 하나이다.

정치망에 대한 연구로서 정 등은 회류수조를 이용하여 모형 정치망의 흐름에 대한 거동을 관찰하였고³⁾, 石戸谷은 회류수조 실험을 통해 급조에 의한 정치망의 망변화를 해석한 바가 있으며⁴⁾, 황과 신은 텔레메트리 기법에 의한 정치망 원통의 거동을 관찰한 바가 있다⁵⁾.

현장에서 수중 그물의 거동을 관찰하기 위한 방법으로는 수중카메라와 소나, 초음파 트랜스폰더 (transponder) 등이 있다. 수중카메라의 경우 수중의 시계가 양호한 경우에만 적용 가능하므로 남해안의 연안 어장에서는 시계의 불량으로 인하여 관찰하는데 어려움이 있다. 소나의 경우는 영상의 해상도가 낮은 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 본 실험에서는 7개의 복수의 초음파 핑거를 동시에 사용하여, 각각의 핑거 주파수를 식별하게 함으로서 심도에 따른 어구의 위치변화를 구하는 방식을 사용하였다⁶⁾.

본 연구에서는 음향 텔레메트리 기법중의 하나인 장기선 (long baseline: LBL) 방식⁷⁾에 의한 무선부이식 3차원 수중 위치 측정 시스템을 이용하여 정치망 원통의 체적 변화를 구명해 보고자 현장 실험을 실시하였다.

材料 및 方法

1. 무선부이식 3차원 수중 위치 측정 시스템

1) 시스템의 구성

정치망에서 원통의 체적 변화를 측정하기 위한 장기선 방식의 무선 부이식 3차원 수중 위치 측정 시스템⁸⁾은 Fig. 1과 같다.

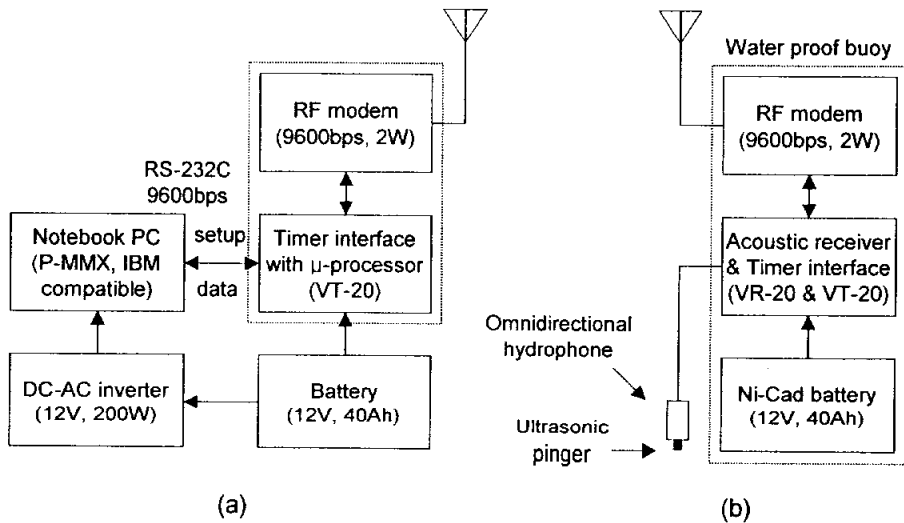


Fig. 1. Composition of the RAP buoy system to measure the volume of bag-net in set-net. (a) base station, (b) RAP buoy.

Fig. 1에서 무선부이식 3차원 수중 위치 측정 시스템은 1개의 기지국 (Base station)과 3개의 해상국인 무선부이 (radio-acoustic linked positioning buoy; RAP buoy)로 구성되어 있다.

3개의 무선부이는 각각 무지향성 수파기, 초음파 송수신기, 무선모뎀, 신호제어기 및 수신채널 스캐너로 구성된다. 무선부이의 핑거는 해상에서 무선부이간의 거리를 측정할 때 사용하며, 측정간격은 기지국에서 제어한다. 수신채널 스캐너는 핑거를 주파수 분할법으로 식별할 때 사용하는 것으로 사용자가 설정한 주파수에 따라 초음파 수신기의 수신 주파수를 자동으로 순차적으로 바꾸는 기능을 한다.

기지국은 노트북 컴퓨터, 위치측정 및 핑거 식별 소프트웨어, 타이머 인터페이스, 무선모뎀, 전원공급기로 구성하였다. 이 시스템은 핑거를 부착한 정치망 원통의 바닥그물의 3차원 위치를 실시간으로 계산하여 컴퓨터의 화면에 나타내고, 데이터를 저장하도록 하였다. 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
Notebook PC (LG IBM, 2611)	Pentium MMX 266 <i>MHz</i> CPU; 32 <i>MB</i> RAM; 3.2 <i>GB</i> HDD	

2) 위치계산 알고리즘

본 연구에서 적용한 핑거와 수파기의 좌표계는 Fig. 2와 같다.

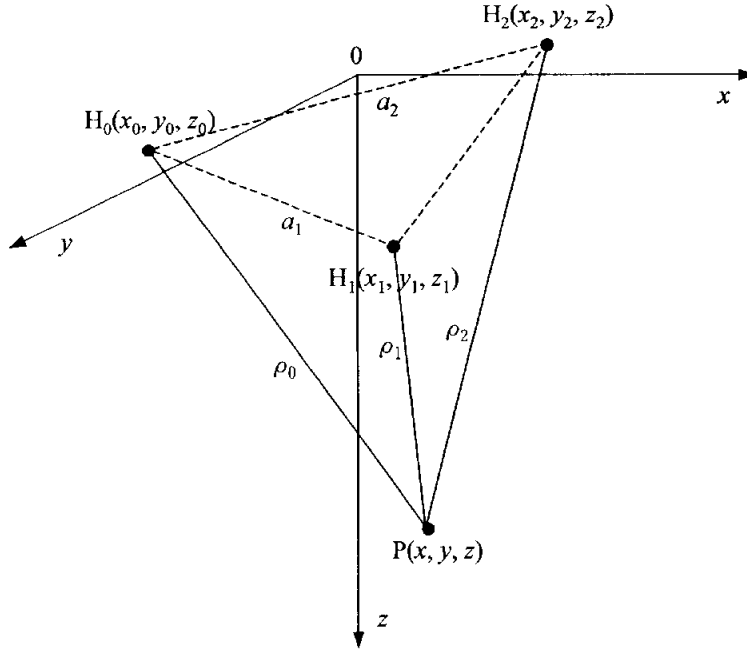


Fig. 2. 3-D coordinates of the pinger and the hydrophone. ρ_0 , ρ_1 and ρ_2 are ranges from the pinger P to each hydrophone H_0 , H_1 , and H_2 .

본 실험에서는 핑거를 이용하여 수중에서 불규칙적으로 움직이는 정
치망 원통의 바닥그물의 3차원 위치를 측정하였다.

실험에서 사용한 장기선 방식의 무선부이식 수중 위치 측정 시스템
의 소프트웨어에서는 쌍곡선 위치결정법에 의한 핑거의 위치계산을 적
용하고 있다⁹⁾. 이 방식에서는 위치계산의 기준이 해저에 고정된 핑거
이므로 고정 핑거 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 핑거의 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 핑거에서 심도 z 는 관측치이
므로 평면적 위치계산과 마찬가지로 2쌍의 거리차로서 위치를 계산할
수 있다.

구하고자 하는 핑거의 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 반복 계산으로 구한다.

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

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

초기위치를 주었을때 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 Δx , Δy 는 수정치이고 이 값을 식 (3), (4)에 대입하면 x , y 를 구할 수 있다. 여기에서 Δx , Δy 의 절대치가 미소하면 계산을 끝내지만, 그렇지 않을 경우 Δx , Δy 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 가정하에 구해진 것이다. 그러나 정치망의 사개에 설치한 수파기의 위치가 변동한다면 이를 기준하여 계산한 핑거의 위치는 수파기의 좌표 변동량 만큼 오차가 포함된다.

해저에 고정시킨 핑거의 최초 좌표를 x_0, y_0, z_0 라 하고, 다음에 수신되는 동일 핑거의 좌표를 x_1, y_1, z_1 이라 하면, 수파기 좌표의 변동으로 인한 해저 고정 핑거의 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 핑거의 위치오차에서 제거할 수 있고, 그 오차를 제거한 핑거의 좌표는 $x - dx, y - dy, z - dz$ 이다.

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

4) 고정점에서의 위치오차 측정

무선부이식 3차원 수중 위치 측정 시스템의 측위정도를 알기 위하여 2002년 10월 22일부터 23일까지 경남 고성군 하일면에 소재하는 가두리에서 예비 실험을 수행하였다. 실험당시 바람과 파도는 잔잔하였다.

무선부이는 가두리 주변에 삼각형의 형태로 배치하였으며, 부이간의 간격은 13 m 내외였다. 압력센서를 내장한 핑거는 삼각형의 중앙부에서 2 m층에 내렸다. 이 실험에서 사용한 핑거의 제원은 Table 2와 같다.

Table 2. Specifications of the pressure sensed pinger used to measure positioning errors at the fixed position

Frequency (kHz)	Pulse width (ms)	SL (dB re $1 \mu Pa$ at 1 m)	Slope (m)	Intercept (m)
50	10	147	-158.4	153.4

2. 현장실험

1) 실험 어장의 환경

정치망 원통의 체적 변화를 구명하고자 하는 현장 실험은 2003년 4월 10일부터 4월 23일까지 14일 동안 실시하였다. 실험기간 동안 데이터를 기록한 시간은 소조기 (4월 11일)와 대조기 (4월 17일)를 포함하는 10일 3시간이었다. 실험기간 중 바람과 파도는 잔잔하였다.

실험 어장은 경남 고성군 자란만에 위치하는 정치망 어장으로 어구의 구조는 하나의 길그물에 2개의 통그물이 설치되어 있는 양낙망으로 원통은 길그물과 수직되게 동서로 위치해 있었다. 길그물은 헛통에서 길그물의 끝쪽을 보았을 때 진방위 353° 방향으로 뻗어 있었으며, 이 방위를 나침방위로 환산하였을 때 346° 이었다. 실험은 2개의 통그물 중 북쪽 (연안쪽)에 있는 통그물의 원통에서 실시하였다. 실험어장 주변의 수심은 12 m 정도이었다. 실험 해역과 실험에 사용한 어장인 정치망의 위치는 Fig. 3에 나타낸 바와 같다.

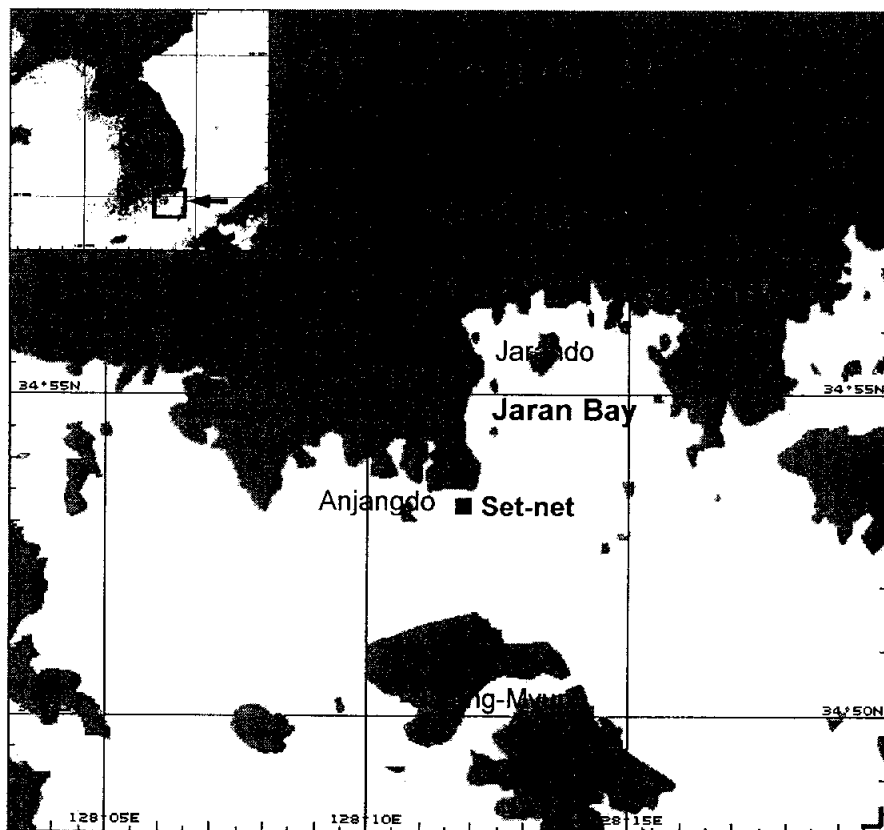


Fig. 3. Location of bag-net in set-net (■) used in the experiment.

2) 장치의 배치 및 측정

가. 무선부이 및 핑거의 배치

자란만 해역의 소형 정치망 어구에서 원통의 체적 변화에 대한 무선부이 및 핑거의 배치는 Fig. 4와 같다.

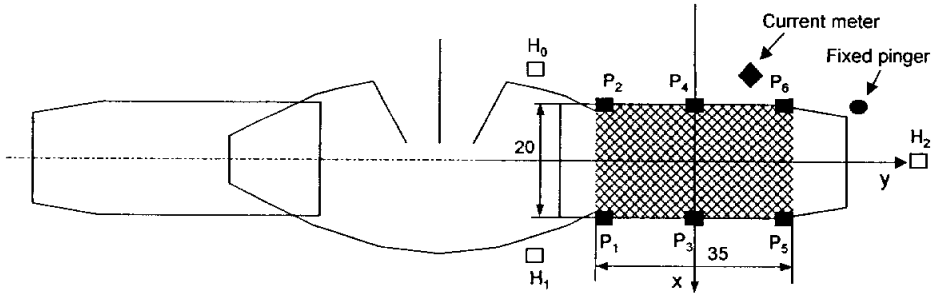
Fig. 4에서 정치망의 사개에 무선부이 H_0 와 H_1 , 원통 끝의 연안쪽 대뜸에 H_2 를 매달아 삼각형 형태로 배치하여 수면하 1 m층에 내렸다. 무선부이들간의 거리 $H_0 \sim H_1$ 은 23.8 m , $H_1 \sim H_2$ 는 97.3 m , $H_2 \sim H_0$ 는 92.8 m이었다.

Fig. 4에서 원통에는 양망용 링이 원통 벽면을 따라 약 1.5 m 간격으로 부착되어 있었고, 한 벽면에 부착된 링의 개수는 평균 8~9개였다. 실험에 사용한 총 7개의 핑거 중에서 6개는 원통의 양망용 링 열중에서 양망이 시작되는 첫 번째와 가운데 그리고, 마지막 단계 (원통 끝으로부터 약 3 m 거리)에 3개씩 나누어 일정한 간격으로 양쪽에 부착하였고, 나머지 1개의 핑거는 일정 무게의 추와 함께 해저에 고정시켜 조류에 의한 무선부이 좌표의 변동을 보정할 수 있도록 하였다.

무선부이를 설치한 후 육상 기지국에서는 컴퓨터를 통해 소조기, 대조기를 포함하는 14일간 데이터를 저장하였다.

정치망 원통의 체적 변화를 관찰하는 데 사용한 핑거의 제원은 Table 3과 같다.

(a) plane view



(b) side view

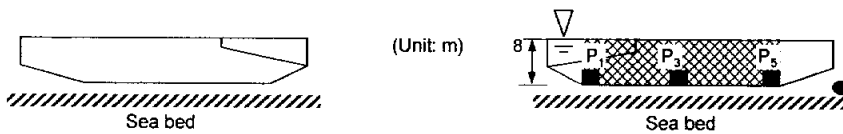


Fig. 4. Representation of the experiment bag-net in set-net and arrangement of RAP buoy system to measure the volume of bag-net in set-net. $\square$ denotes hydrophones, $\blacksquare$, pingers, $\bullet$, the fixed pinger, $\blacklozenge$, current measurement position.

Table 3. Specifications of the pressure sensed pingers used to measure the volume of bag-net in set-net

Frequency (kHz)	Pulse width (ms)	SL (dB re 1 μPa at 1 m)	Slope (m)	Intercept (m)	Remark
51	10	164	-264.1	457.9	P ₁
66	10	146	-144.3	244.6	P ₂
72	10	146	-144.3	249.9	P ₃
75	10	146	-156.9	248.2	P ₄
81	10	146	-150.7	260.8	P ₅
78	10	146	-141.9	245.2	P ₆
54	10	164	-262.1	453.9	Fixed

나. 유향 및 유속 측정

실험 해역의 유향 및 유속은 2003년 4월 10일 (음력 3월 9일)에서 2003년 4월 23일 (음력 3월 22일)까지 자기기록식 유향유속계 (Aanderra, RCM9)를 수면하 5 m층에 내려 연속 측정하였다. 유향유속계의 샘플링 간격은 10분으로 하였다.

유향유속계의 주요 제원은 Table 4와 같다.

Table 4. Specifications of self-recording current meter used

Sensor		Specification
Current speed	Sensor	Doppler current sensor 3920
	Range	0 to 300 <i>cm/s</i>
	Accuracy	2 <i>cm/s</i>
Current direction	Sensor	Magnetic compass (Hall effect type)
	Accuracy	$\pm 5^\circ$ for 0~15° tilt and $\pm 7.5^\circ$ for 15~35° tilt

3) 원통의 체적 계산

본 연구에서 언급하는 원통의 체적은 원통 바닥그물의 일부에 붙인 핑거의 좌표로부터 구한 값을 말하며, 실제 원통 그물의 전체 체적보다는 작다.

6개의 핑거를 정치망 원통의 바닥그물에 있는 양방향 링에 부착하여 각 핑거의 위치를 구함으로서 조류에 대한 원통의 거동을 측정하였다. 평균화된 원통의 체적을 구하기 위하여 6개의 핑거의 위치데이터를 각각 30분 간격으로 평균하였다. 원통의 체적은 다음과 같이 구하였다.

첫째, 핑거로 둘러싼 원통의 바닥 그물의 면적을 계산한다. 이를 위하여 핑거의 배치 및 삼각형 분할을 도식적으로 나타내면 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서 핑거 P_1, P_2, P_4 , 핑거 P_4, P_1, P_3 , 핑거 P_3, P_4, P_5 , 핑거 P_5, P_6, P_4 로 이루어지는 삼각형의 면적 A_1, A_2, A_3, A_4 는 각각 식 (12)를 사용하여 계산할 수 있다¹⁰⁾. 여기에서 a, b, c 는 삼각형의 변의 길이이다.

$$A_i^2 = S_i(S_i - a_i)(S_i - b_i)(S_i - c_i) \quad (i=1, 2, 3, 4) \quad (12)$$

단, $S_i = \frac{1}{2}(a_i + b_i + c_i)$ 이고, $c_1 = c_2, b_2 = b_3, c_3 = c_4$ 이다.

둘째, 삼각형의 면적 A_1, A_2, A_3, A_4 를 구한 다음, 각 삼각형이 가지는 3개의 팽거 심도의 평균치를 곱하여 체적을 얻었다.

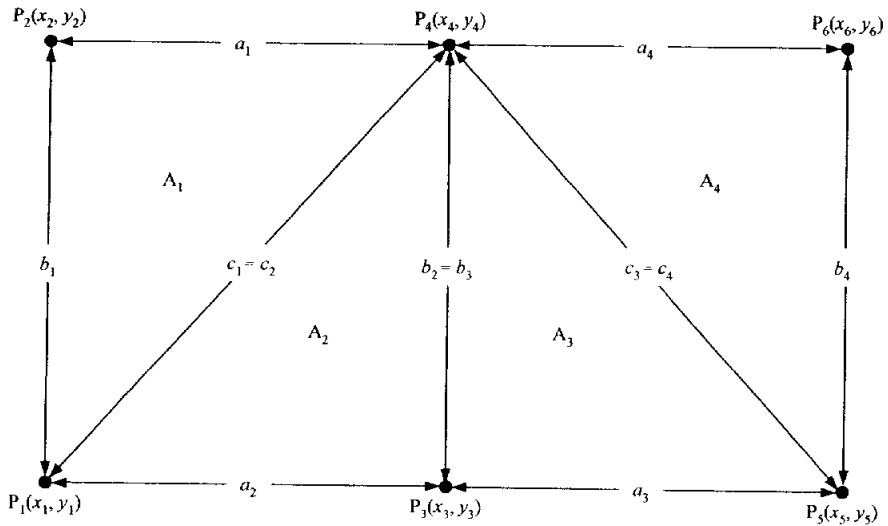


Fig. 5. The calculation of bag-net volume by Heron's formula and 2D coordinate of pingers position. P_1 to P_6 denote pingers.

結果 및 考察

1. 수파기 좌표의 보정

해저에 고정시킨 핑거를 사용하여 조류에 의한 수파기 좌표의 변동을 측정한 결과는 Fig. 6과 같다. Fig. 6에서 소조기 및 대조기의 수파기 평균 좌표변동은 각각 x축 (양방향과 직각을 이루는 방향), y축 (양방향), z축 (해저방향)으로 1.7 m, 0.5 m, 0.0 m 및 4.9 m, 0.8 m, 1.3 m로 나타났다.

이 결과에서 정치망의 사개에 매단 수파기라도 조류에 의해 좌표의 변동이 있음을 확인할 수가 있었다. 따라서, 정치망의 원통에 매단 핑거의 위치 오차를 최소화하기 위해서는 해저 고정 핑거를 사용하는 등의 방법으로 수파기의 좌표변동을 보정하여야 함을 알 수 있다.

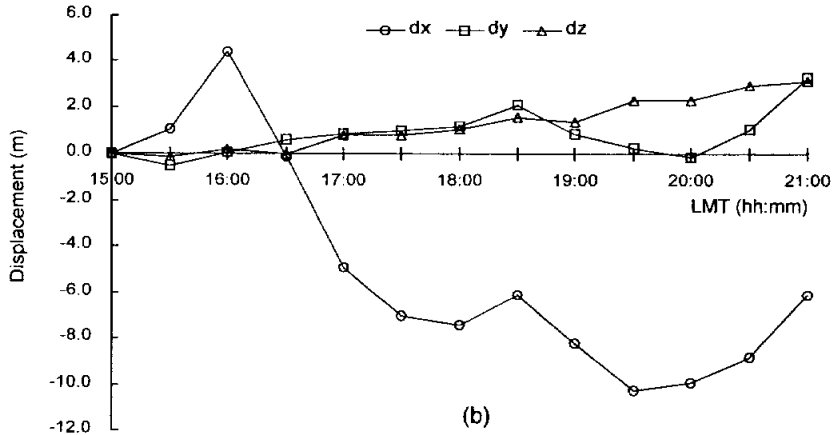
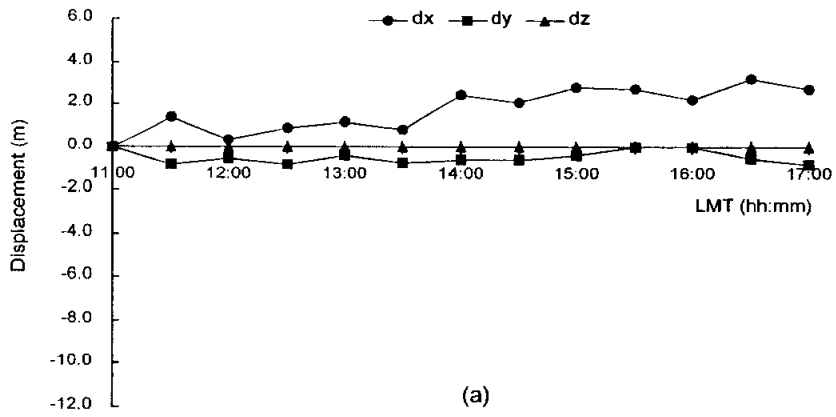


Fig. 6. Displacement of the hydrophone coordinates calculated by a pinger fixed on the seabed. (a) in the neap tide, (b) in the spring tide.

2. 고정점에서의 위치 오차

5시간동안 연속 측정한 핑거의 x축, y축, z축에 대한 위치오차는 0.2 m, 0.4 m, 0.1 m로 나타났고, y축 방향의 오차가 가장 크게 나타났다. 여기서 나타낸 오차는 표준편차를 나타낸다.

이 결과로부터 핑거의 위치는 기선의 내부에 위치하게 하면 이 정도의 오차범위에서 원통의 체적 측정이 가능함을 알 수 있다.

3. 유향 및 유속

2003년 4월 11일 (소조기)와 2003년 4월 17일 (대조기)에 측정한 유향 유속 자료를 이용하여 구한 조류 타원도는 Fig. 7과 같다.

Fig. 7에서 작은 타원은 소조기, 큰 타원은 대조기를 나타낸 것으로 반일주조 (주기=12.5시간)를 나타낸 것이다. 자란만에서 소조기와 대조기의 관측치 최대유속은 15.6 cm/s (17:26), 24.4 cm/s (05:16)으로 나타났고, 이 때의 유향은 각각 109° , 303° 이었다.

조화분석하여 구한 순수한 조석에 대한 소조기와 대조기의 최대유속은 각각 북북동방향으로 5.2 cm/s, 북동북방향으로 16.1 cm/s로 나타났다. 그리고, 소조기와 대조기의 평균 잔차류 (residual current)는 각각 동쪽으로 0.9 cm/s, 남쪽으로 3.4 cm/s 이었다.

실험 어장에서의 유향은 소조기와 대조기 모두 양낙망의 원통 측방향과 거의 일치하였다.

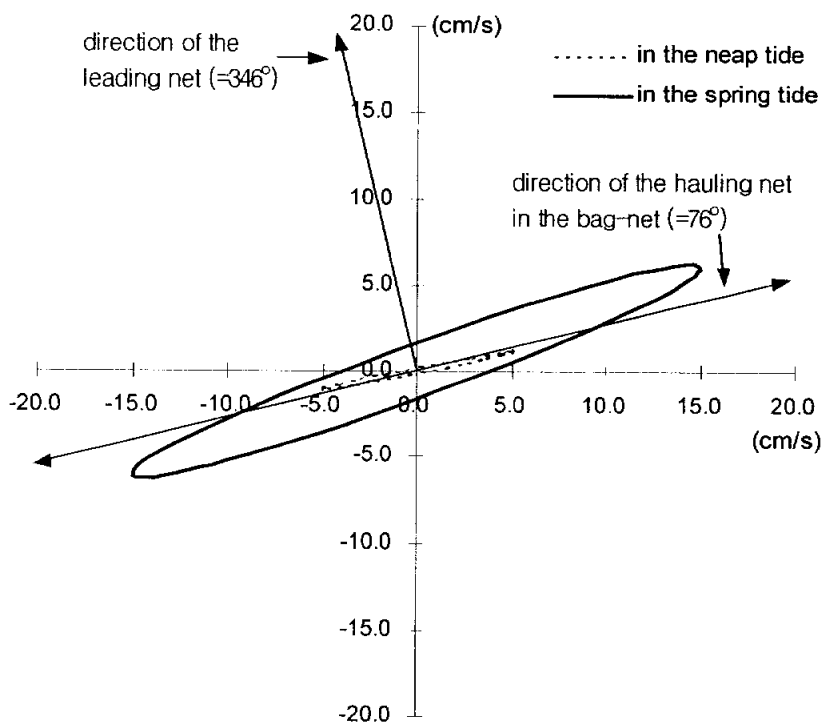


Fig. 7. Current ellipse around the fishing ground of set-net in Jaran bay time on 11 April 2003 (neap tide) and 17 April 2003 (spring tide).

4. 원통의 거동

1) 소조기의 경우

2003년 4월 11일 (소조기) 11:00 ~ 17:00에 걸쳐 측정한 30분 간격의 원통의 거동은 Fig. 8과 같다. Fig. 8에서 원통은 남북방향 (y축)보다는 동서방향 (x축)으로 이동하는 현상이 나타났다.

저조 (11:00)를 기준으로 원통의 거동은 서쪽방향 (-x)으로는 3.4 m (12:00), 동쪽방향 (+x)으로는 2.4 m (15:30) 이동하였고, 이 때의 유향 및 유속은 104.0° , 2.4 cm/s 및 99.4° , 11.6 cm/s 이었다. 양방향의 최대 변화폭은 5.8 m 이었다.

상하방향은 원통의 바닥그물에 부착된 6개의 핑거의 위치 중 상방향 (수면)으로 이동한 최대거리는 1.2 m (12:30)로 이 때의 유향 및 유속은 57.4° , 4.9 cm/s으로 나타났다. 하방향 (해저)으로 이동한 최대거리는 0.8 m (14:00)로, 그 때의 유향 및 유속은 101.5° , 10.4 cm/s 이었다. 양방향의 최대 변화폭은 2.0 m 이었다.

소조기의 고조는 04:04 (조위 1.86 m)과 16:07 (조위 1.59 m)에 있었고, 저조는 10:48 (조위 1.18 m)과 22:23 (조위 0.91 m)에 있었다.

2) 대조기의 경우

2003년 4월 17일 (대조기) 15:00 ~ 21:00에 걸쳐 측정한 30분 간격의 원통의 거동은 Fig. 8과 같다. Fig. 8에서 조석주기에 따른 원통의 동서방향 이동은 소조기보다 크게 나타났다.

저조 (15:00)를 기준으로 서쪽 방향으로 4.1 m (20:30), 동쪽 방향으로 15.4 m (18:30) 이동하였고, 이 때의 유향 및 유속은 332.8° , 11.9 cm/s 및 315.6° , 16.1 cm/s이었다. 동서방향의 최대 변화폭은 19.5 m 이었다.

상방향 (수면)으로 이동한 최대거리는 수심은 6.0 m (18:30)로 이 때의 유향 및 유속은 315.6° , 16.1 cm/s으로 나타났다. 하방향 (해저)으로 이동한 최대거리는 1.2 m (16:30)로, 그 때의 유향 및 유속은 303.9° , 16.8 cm/s이었다. 상하방향의 최대 변화폭은 7.2 m 이었다.

대조기의 고조는 09:08 (조위 2.87 m)과 21:34 (조위 3.03 m)에 있었고, 저조는 02:50 (조위 -0.06 m)과 15:04 (조위 -0.11 m)에 있었다.

대조기가 소조기에 비하여 동서방향의 변화폭은 3.4배, 상하방향으로 3.6배 이상으로 나타났다. 이것은 소조기에 비하여 유속이 빠른 대조기에서 원통의 날림현상이 커서 변화폭도 크게 나타나는 것으로 생각된다.

일반적으로 정치망 어장은 조류가 약할 때 보다 강할 때 어획량이 좋은 것으로 알려져 있다. 실험 어장의 경우도 어민과의 인터뷰에 의하면 소조기를 기준한 3일 전후의 어획량보다 대조기를 기준한 3일 전후의 어획량이 더 많은 것으로 나타났다. 그 이유는, 조류가 강할 때에는 원통의 체적변화가 큰 대신에, 조류를 따라 움직이는 어군량이 조류가 약할 때 보다 많기 때문으로 생각된다.

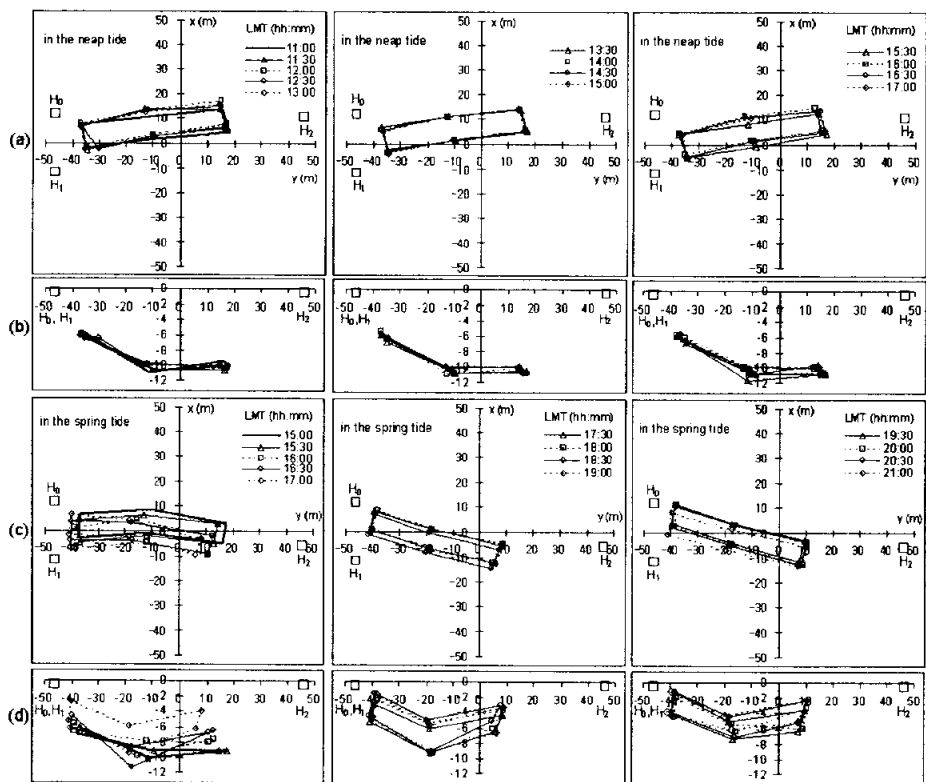


Fig. 8. Measured 3 - D movement of bag-net by the time on 11 April 2003 (neap tide) and 17 April 2003 (spring tide). (a) and (c) plane view, (b) and (d) side view. H_0 , H_1 , and H_2 denote three hydrophones equipped on the RAP buoy.

5. 원통의 체적 변화

본 실험에서 평거를 부착한 부분에 대한 치수를 살펴보면 원통의 옆의 길이, 벌림줄의 길이 및 높이는 각각 35 m, 20 m, 8 m이다. 따라서, 원통의 이론상 최대 체적은 5600 m^3 으로 계산된다.

1) 소조기의 경우

소조기 2003년 4월 11일 11:00 ~ 17:00 (음력 3월 10일)에 6시간 동안 측정한 원통의 체적 변화, 유향 및 유속의 변화는 Fig. 9와 같다. 원통의 체적은 30분 간격으로 평균하였다.

원통 체적은 최소 4173 m^3 (17:00), 최대 4757 m^3 (12:00)으로 나타났고, 이 때의 유향 및 유속은 각각 99.9° , 12.9 cm/s , 104.0° , 2.4 cm/s 이었다. Fig. 9에서 원통 체적의 최대 변화폭은 584 m^3 이었고, 체적의 변화폭이 일정한 가운데 17:00 일 때 최소로 나타난 것은 유속이 가장 빨랐기 때문이라고 생각된다.

소조기에서 전체적인 원통의 체적 변화폭이 일정한 것은 보통 정치망 어장의 평균 유속 15 cm/s 보다 유속이 전체적으로 느렸기 때문에 체적 변화에 영향이 적은 것으로 생각된다.

2) 대조기의 경우

대조기 2003년 4월 17일 15:00 ~ 21:00 (음력 3월 16일)에 6시간 동안 측정한 원통의 체적 변화, 유향 및 유속의 변화는 Fig. 9와 같다.

원통 체적은 최소 2016 m^3 (18:30), 최대 4454 m^3 (15:00)으로 나타났고, 이 때의 유향 및 유속은 각각 315.6° , 16.1 cm/s , 289.0° , 5.7 cm/s 이었다. Fig. 9에서 원통 체적의 최대 변화폭은 2438 m^3 로서, 이러한 최대 변화폭은 소조기에 비하여 약 4.2배 이상으로 나타났다. 소조기와 대조기의 최대 유속은 14.3 cm/s (17:30), 19.1 cm/s (18:00)로 소조기에 비하여 대조기가 1.3배 이상으로 나타났다. 원통의 변화폭이 대조기가 큰 이유는, 원통의 거동변화에 대한 결과로부터 대조기의 유속이 더 빠른 것이 원통의 날림현상이 심해짐으로서 소조기 보다는 체적의 변화폭이 크게 나타난 것으로 생각된다.

소조기와 대조기의 원통의 체적을 해석함에 있어서, 소조기는 체적의 변화폭이 유향과 유속의 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났으나, 대조기에서는 유속의 증가와 감소가 원통의 체적변화에 크게 영향을 미치는 것으로 생각된다.

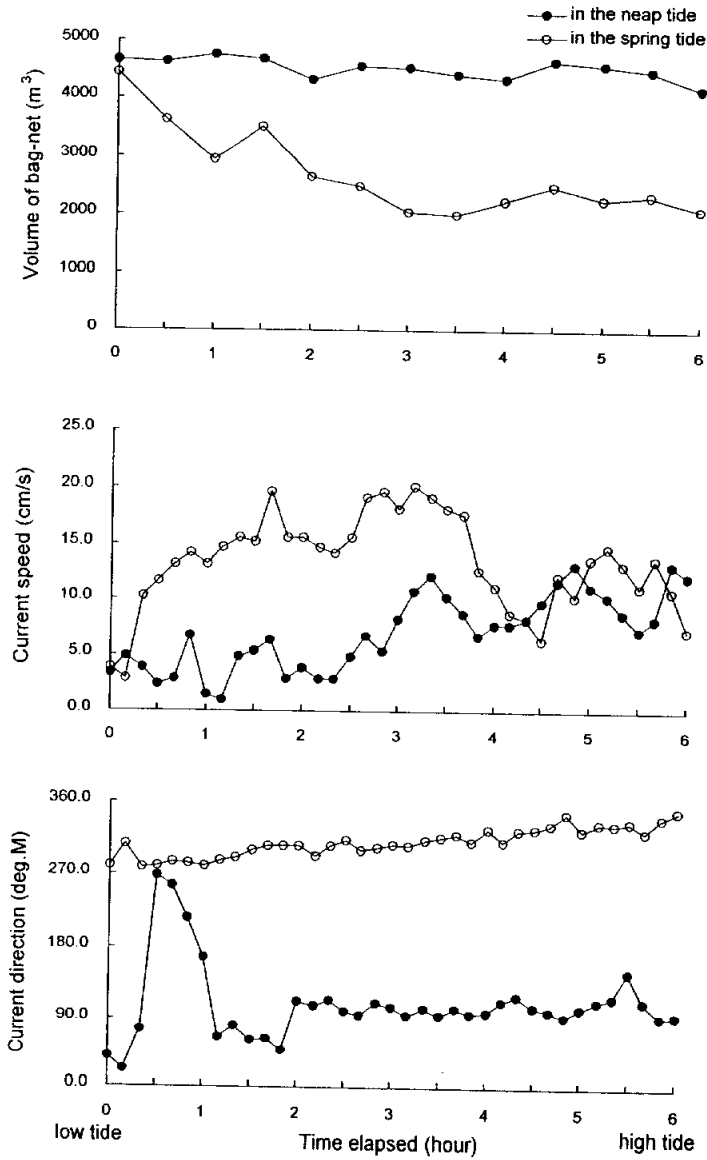


Fig. 9. Comparison between current speed, direction and the thirty minutes averaged volume of bag-net in set-net by the time on 11 April 2003 (neap tide) and 17 April 2003 (spring tide).

3) 연속 측정의 경우

2003년 4월 11일에서 4월 20일까지 10일 동안 연속 측정한 요일별 원통의 체적변화는 Fig. 10과 같다. Fig. 10은 원통의 체적변화를 연속 측정하여 요일별 조석주기에 따라 나타낸 것이다. 4월 14일과 15일까지 데이터가 없는 것은 무선부이의 배터리 소모로 인하여 현장에서 회수하여 충전 시간을 가졌기 때문이다.

소조에서 대조로 변하는 4월 11일부터 16일까지의 기간 중 원통의 체적 변화는 최소 3019 m^3 (4월 16일 18:00), 최대 5598 m^3 (4월 12일 12:00)으로 나타났고, 이 때의 유향과 유속은 각각 284.9° , 13.5 cm/s , 173.7° , 3.3 cm/s 이었다. 원통 체적의 최대 변화폭은 2579 m^3 이었다.

대조에서 소조로 변하는 4월 17일부터 20일까지 원통의 체적 변화는 최소 2016 m^3 (4월 17일 18:30), 최대 5568 m^3 (4월 20일 17:30)으로 이 때의 유향과 유속은 각각 315.6° , 16.1 cm/s , 228.4° , 4.1 cm/s 이었다. 체적의 최대 변화폭은 3552 m^3 이었다. 소조에서 대조로 변하는 기간에 비하여 대조에서 소조로 변하는 기간의 체적 변화폭이 1.4배 이상으로 나타났다.

연속 측정에 의한 요일별 원통의 체적 변화는 저조에서 고조로 갈수록 유속의 영향에 의하여 체적이 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이 결과로부터 조위의 변화가 커질수록 정치망의 어획량과 관계있는 원통의 체적 변화폭도 커지는 것을 알 수 있었다.

한편, Ueno 등에 의하면 정치망 원통의 체적과 어획량의 관계에서 어군량이 일정할 때 원통의 체적이 설계치의 90% 이상을 유지할 때

높은 어획량이 나타난다고 보고하고 있다¹¹⁾.

본 연구에서는 무선부이식 3차원 수중 위치 측정 시스템을 통하여 정치망 원통의 체적변화에 대한 해석이 가능하였고, 조석주기에 따른 정치망의 어획량 변화를 구명하는데 필요한 자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

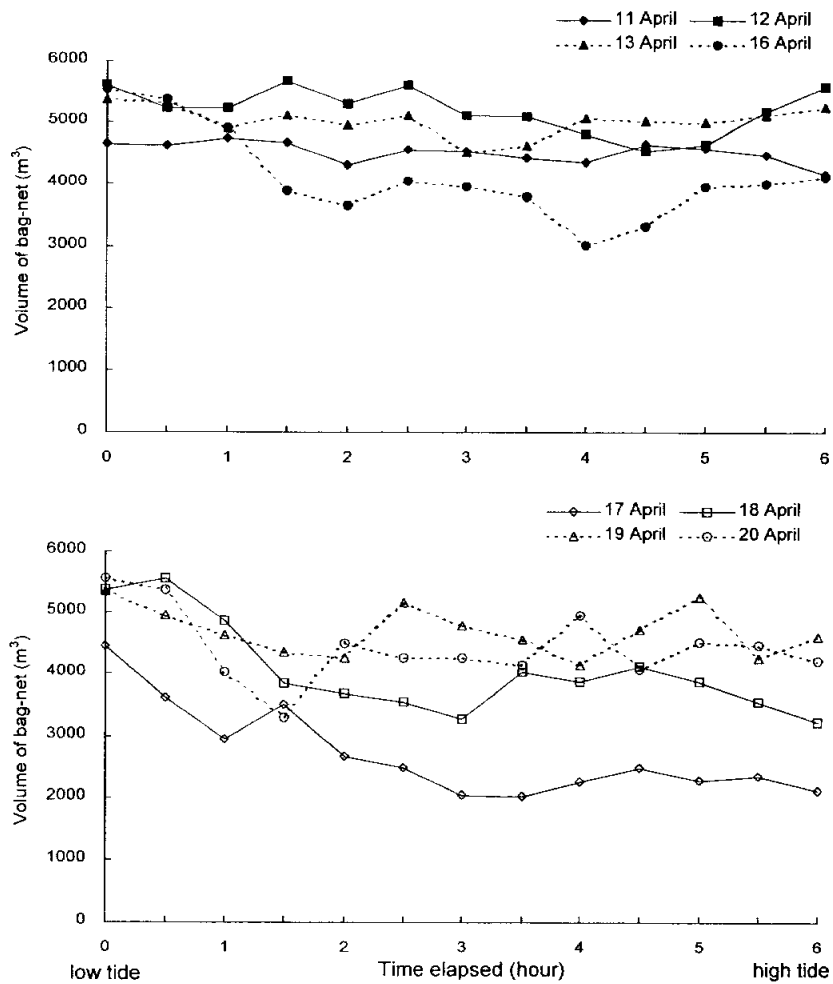


Fig. 10. The thirty minutes averaged volume of the bag-net in set-net varied with the time on 11 April 2003 to 20 April 2003.

要 約

장기선 방식의 무선부이식 3차원 수중 위치 측정 시스템을 적용하여, 유향 및 유속에 따른 정치망 원통의 체적 변화를 구명하기 위한 현장 실험을 2003년 4월 10일부터 4월 23일까지 자란만의 정치망에 대해서 실시하였다. 현장 실험에서 사용한 총 7개의 핑거 중 6개는 원통의 길이방향에 부착하였고, 나머지 1개는 해저에 고정시켰다. 그리고, 유향 및 유속을 측정하여 정치망 원통의 체적변화를 조석 주기에 따라 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 소형 가두리의 고정점에서 핑거의 x축, y축, z축에 대한 위치오차는 0.2 m, 0.4 m, 0.1 m로 나타났고, 평면상의 위치를 나타내는 y축 방향의 오차가 가장 크게 나타났다. 핑거의 위치가 수파기를 잇는 기선 혹은 내부에 있기 때문에 위치오차가 작았고, 따라서 체적계산에 적용한 오차도 작았다.
2. 소조기 2003년 4월 11일 (음력 3월 10일) 원통의 체적 최소, 최대는 각각 4173 m^3 , 4757 m^3 으로 나타났고, 이 때의 유향 및 유속은 99.9° , 12.9 cm/s , 104.0° , 2.4 cm/s 이었다. 원통 체적의 최대 변화폭은 584 m^3 으로 나타났다.
3. 대조기 2003년 4월 17일 (음력 3월 16일) 원통의 체적 최소, 최대는 각각 2016 m^3 , 4454 m^3 으로 나타났고, 이 때의 유향 및 유속은 315.6° ,

16.1 cm/s, 289.0° , 5.7 cm/s이었다. 원통 체적의 최대 변화폭은 2438 m^3 으로 나타났다.

4. 조석주기에 따른 원통의 최대 변화폭은 소조에서 대조로 변하는 4월 11일부터 16일 (2579 m^3)에 비하여 대조에서 소조로 변하는 4월 17일부터 20일 (3552 m^3)이 약 1.4배 이상이었다.

謝 辭

본 논문이 완성되기까지 미흡하고 부족한 저를 항상 따뜻한 마음으로 지켜봐 주시고, 가르침을 주신 신현옥 교수님께 깊은 존경과 감사의 마음을 드립니다. 그리고 바쁘신 와중에도 항상 저의 논문에 세심한 관심을 가지시고 논문의 결실을 맺도록 이끌어 주신 이대재 교수님과 이춘우 교수님께 감사드립니다.

또한, 항상 격려와 관심으로 지켜봐 주신 이주희 교수님, 장창익 교수님, 홍철훈 교수님, 김형석 교수님께 감사드립니다. 학위과정 중에 많은 조언과 도움을 주신 이유원 선배님, 차봉진 선배님, 김성훈 선배님, 김현영 선배님, 이지훈 선배님, 함숙희 동기님께 감사드립니다. 그리고 조업방해에도 불구하고 실험을 할 수 있도록 도움을 주신 삼성수산 김판길 사장님과 사무장님께 감사의 글을 올립니다.

항상 실험 때마다 힘든 작업을 도와주시고 조언을 아끼지 않았던 강경미 동기님, 강주석 후배님께 감사드립니다. 그리고 해양생산정보실험실 후배님들에게 고마움을 전합니다.

마지막으로 항상 저를 믿어주시고, 끊임없는 사랑으로 막내 아들을 걱정하시는 부모님께 이 논문을 바칩니다.

参考文献

1. The national folk museum of korea (2002) : Folk Customs of Fishing Villages in the Southern Coast of Gyeongnam, The national folk museum of korea., 120~149.
2. 김대안 · 고관서 (1985): 어구학, 敎文出版社., 287~299.
3. Jung, G.C., Kwon, B.K., and Lee, J.H. (1997): Dynamic Behaviour of Model Set Net in the Flow, Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 33(4), 275~284.
4. 石戸谷 博範 (2000): 急潮の海況特性と落とし網の防災設計, ていち., 第91号, 1~14.
5. Hwang, B.K. and Shin, H.O. (2003): Analysis on the movement of bag-net in set-net by acoustic telemetry techniques, Fish. Sci., 69(2), 300~307.
6. Smith, G.W., Urquhart, G.G., MacIennan, D.N., and Sarno, B. (1998): A comparison of theoretical estimates of the errors associated with ultrasonic tracking using a fixed hydrophone array and field measurements, Hydrobiologia., 371/372, 9~17.
7. Milne, P.H. (1983): Underwater acoustic positioning systems. E. & F. N. SPONLtd., London, 50~92.
8. O'Dor, R.K., Andrade, Y., Webber, D.M., Sauer, W.H.H., Roberts, M.J., Smale, M.J., and Voegeli, F.M. (1998): Applications and

- performance of Radio-Acoustic Positioning and Telemetry (RAPT) systems, *Hydrobiologia.*, 371/372, 1~8.
9. Shin, H.O. (1992): Calibration of hydrophone coordinates by the telemetry techniques, *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 28(3), 252~261.
 10. Spiegel, M.R. (1968): *Mathematical Handbook of Formulas and Tables.*
 11. Ueno, Y., Wada, Y., and Tanaka, M. (1998): Relation between bag-net volume and the catch in set-net, *Bull. The Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science.*, 20(3) 48~55.