

마라도에서 표류된 부이의 위치추적을 이용한 표층류의 실측정보

류황진⁽¹⁾, 송무석⁽¹⁾, 정진영⁽²⁾, 안용호⁽²⁾

Surface Current Measurement by Tracking a Buoy Drifted from Mara-do

by

Hwangjin Ryu⁽¹⁾, Museok Song⁽¹⁾, Jinyoung Jung⁽²⁾ and Yongho Ahn⁽²⁾

요 약

2001년 12월 27일, 마라도 부근 해역에 설치된 파랑계측용 부이가 사고로 이탈하였고, 이 부이는 표층 해류를 따라 제주 및 일본 남부를 거쳐 태평양으로 표류하였다. 이 유실된 부이를 위성통신을 이용한 위치확인 방식으로 추적함으로써 2002년 6월 29일까지의 표층해류정보를 파악할 수 있었다. 부이의 이동 경로에 해당하는 해역에서의 취득 가능 바람자료를 부이의 위치와 함께 정리하여 각종 해류에 관련된 연구에 실용적인 정보를 제공하고자 하였다.

Abstract

The surface current in the region from Mara-do to mid of the Pacific has been measured by tracking the position of a buoy. The buoy was accidentally released from its original location, near Mara-do, and it has been drifting following the surface current. The tracking started on 27 December 2001 and continued until 29 June 2002. We combined the trace of the buoy with the wind data available.

Keywords: 표층류(surface current), 표류부이(drift-buoy), 쿠로시오 해류(Kuroshio current), PO.DAAC(Physical Oceanography Distributed Active Archive Center).

1. 서 론

해류는, 특정 지역에서 장기간에 걸쳐 일정한 방향과 크기로 흐르는 해수의 흐름을 말하고, 그 발생 원인에 따라 취송류(wind driven current), 경사류(gradient current), 밀도류(density current) 등으로 분류한다(김완수 등[1991]). 이 중 취송류는 무역풍이나 편서풍과 같은 시간과 공간에 대하여 규모가 큰 바람에 기인하지 않는 경우 상

대적으로 불규칙적인 바람에 의하여 시공상에서 복잡한 양상을 보일 수 있다.

바다에서의 다양한 해양환경오염 관련 문제에서 해수의 흐름은 중요한 인자로, 오염물의 확산 예측, 사고의 후처리 등 오염사건 및 사고의 충격정도에 결정적인 영향을 줄 수 있다(송무석 등[2001], 유정석 등[2002]). 하지만 일반적으로 관심의 대상이 되는 해역에서의 실시간 해류정보는 취득이 쉽지 않고 특히 넓은 영역에 걸친

(1) 정회원, 홍익대학교 조선해양공학과, msong@hongik.ac.kr

(2) (사)항만협회 기술기획국

실측 해류정보의 확보는 더욱 어렵다 하겠다. 이러한 경우 바람, 조석 등의 인자를 고려하는 취송류 수치 모델이 사용되는데, 이들의 정확도를 검증하기 위하여서도 최소한의 실측 데이터 확보가 필요하다 하겠다(이문진 등[1999]). 이러한 해류의 계측을 위하여 고정된 위치에 유속계를 설치하는 방법과 대상 깊이의 해류를 충실히 따라 갈 수 있는 표류물(tracer) 추적하는 방법이 있겠다(이종부 등[1997]).

본 논문은 이러한 실측 해류정보를 정리한 것으로 파랑계측을 위하여 설치된 부이의 위치이탈을 추적하고 분석한 자료이다. 한국항만협회는 항만 및 해안개발의 계획, 설계과 산출, 해안구조물의 설계와 재해에 대한 사전 연구분석 등을 하기 위한 기본자료를 얻기 위하여 전국 각 해안에 설치된 파랑관측기기를 설치/운영하고 있던 중 2001년 12월 27일 제주(마라도) 표준파랑관측소에서 부이 이탈 사고가 발생하였다. 부이는 수면해류를 따라 태평양으로 이동하였고 본 논문은 위성통신을 이용하여 파악된 부이의 경로를 시간별로 정리하고 PO.DAAC (Physical Oceanography Distributed Active Archive Center)의 바람자료와 비교함으로써 표층류의 모델링에 관련된 연구 등에 활용될 수 있는 정보를 제공하고자 하였다.

2. 부이의 개요 및 이탈과 이동

한국항만협회에서 운영하고 있는 부이는 네덜란드 Datawell사의 Directional Waverider 이다. Fig. 1에는 부이가 실패역에 설치된 상태를 보였고, Table 1에는 부이의 주요 재원을 정리하였다. 부이가 설치된 위치는 제주도 남제주군 대정읍 가파리 마라도 향로표지관리소 북서쪽 전면 약 2.5km 해상이고, 육상수신소는 남제주군 대정읍 가파리 마라도 향로표지관리소이다. Fig. 2에는 부이의 설치위치를 보이고 있다.

해양환경에 노출된 부이는 다양한 이유로 설치 위치에서 이탈하곤 한다. 태풍 등의 가혹한 자연조건과 계류장치의 해수에 의한 부식, 그리고 종종 연안어선의 저인망 어로 작업이나 스크류 등이 원인을 제공한다. 이러한 경우, 부이의 효과적인 회수를 위하여 초기에 위치 이탈을 감지하는 것이 매우 중요하다. 이를 위하여 한국항

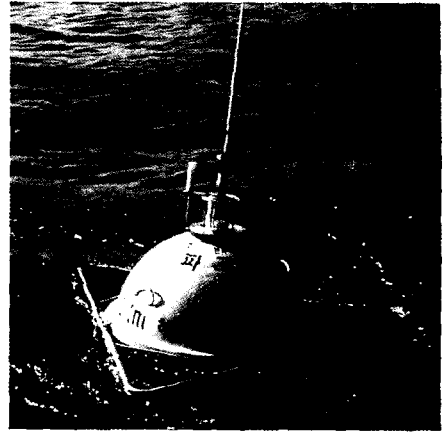


Fig. 1 directional waverider.

Table 1 Principal Dimensions of Buoy.

Hull diameter	0.9 m
Hull material	AISI316 (standard)
Height of buoy without antenna	1.25 m
Height of buoy including satellite antenna	1.45 m
Width (= buoy + fender)	1.0 m
Packed weight	255 kg
Draft	0.45 m

만협회는 프랑스 CLS/Argos사로부터 계류된 부이가 표류하기 시작할 때 부이의 위치정보를 받아 볼 수 있는 서비스를 이용하고 있다.

2001년 12월 27일 부이의 위치이탈을 CLS/Argos사로부터 통보 받고 부이의 회수를 위해 수색팀이 급파되었고 제주해양경찰청, 제주어업무선국 등 관계기관의 협조를 받았다. 하지만 선박의 출항이 불가능한 현지의 기상상태로 인하여 해상에서의 초기수색에 실패하였다. 빠르게 남동방향으로 표류하던 부이는 2001년 1월 4일 일본관할배타적경제수역으로 표류해 들어갔고 이에 대한민국 해양경찰청 및 일본해상보안청에

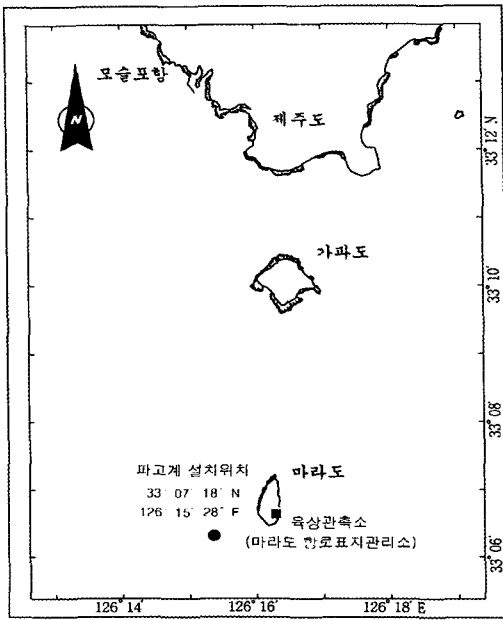


Fig. 2 The position of buoy at Mara-do.

수색회수협조요청을 하고 부이의 표류위치를 지속적으로 알렸으나 부이의 빠른 이동속도와 식별이 용이하지 않은 작은 크기 등으로 인해 일본해상경찰청 7, 10, 5 관구의 구역에서 연이어 수색에 실패하였다. 2002년 4월 2일 부이는 일본 동방 약 750km해역에 표류 중에 있고, 2002년 6월 29일 부이는 동경 177° 해역에 표류 중에 있다.

Fig. 3에서는 2001년 12월 27일 부이 이탈 사고가 난 이후부터 2002년 6월 29일 까지 부이의 해상이동경로를 나타내고 있다. 위성을 통하여 위치가 파악된 순간을 점으로 표시하였고 부분적으로 해당되는 날짜를 포함하였다. 부이의 원 위치는 북위 33.121°, 동경 126.257°이고 사고 이후 계속 동쪽으로 이동해서 2002년 6월 29일에는 북위 37.507°, 동경 177.373°에 위치하고 있다. 사고이후 남동방향으로 표류하던 부이는 2002년 1월 15일 북위 30.919°, 동경 131.113°에 이르러서는 북동방향으로 표류하기 시작하고, 2002년 1월 22일 북위 35.132°, 동경 134.778°에 이르러 동쪽으로 표류하였다.



Fig. 3 Path of the buoy from Dec. 27, 2001 through June 29, 2002(E 125°~180°).

3. 부이 이동경로 및 바람의 영향

표류부이의 이동에 영향을 주는 인자는 바람, 해류, 조류 등 다양하겠지만, 본 논문은 이들의 상호작용에 관한 엄밀한 연구를 목적으로 하는 바가 아니며, 실측된 시간별 부이의 위치를 중심으로 서언에서 언급한 다양한 연구활동에 활용될 수 있는 기초정보를 취득 가능한 실시간 바람자료와 함께 제공하고자 하였다. 부이의 전반적인 이동경로를 우선 요약하고 바람의 정보와의 비교를 통하여 표층류의 흐름에 대한 바람의 영향을 보았다.

Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC)에서는 QuikSCAT 위성을 이용하여 바람자료를 취득하고 이를 온라인 상에서 공개하고 있다(<http://seablade.jpl.nasa.gov/gui/>). Fig. 4에는 2002년 1월 7일 제주 남부 해역의 PO.DAAC 바람자료를 보였다. 바람의 속도와 방향이 위도 및 경도의 1/4 크기의 격자에 대해 제공되고 있고 Table 2에서와 같이 ASCII 데이터로 받아볼 수도 있다. 우선 PO.DAAC의 바람정보의 신뢰도를 확인하기 위하여 부이 이탈사고 전인 2001년 12월 26일부터 2002년 1월 9일 동안 마라도에서 측정한 기상청의 바람자료와 비교해 보았다. Table 3과 Fig. 5

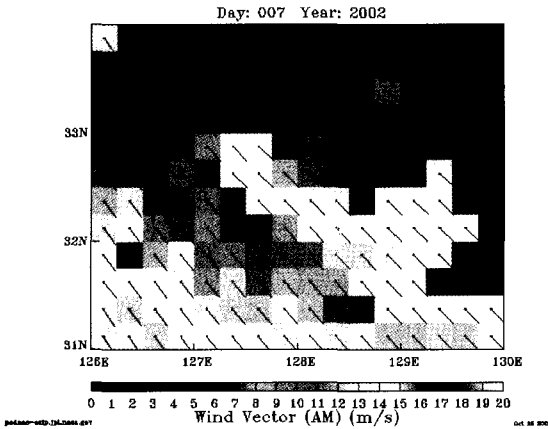


Fig. 4 Sample of the wind velocities near Mara-do from PO.DAAC(2002. 01. 07).

에서 보는바와 같이 풍향과 풍속이 서로간에 매우 유사하고, 따라서 우리나라 남부 및 태평양 전 해역에 대해 바람자료를 제공하는 PO.DAAC의 정보를 표류부이의 해상이동경로와 함께 보이는 것이 의미가 있다고 판단된다.

부이의 이동 경로를 자세히 살펴보기 위하여 Fig. 6에서 9까지 확대된 그림을 보였다. 그림당 폭이 위도로 10° 혹은 15°에 해당하도록 하였고 표기된 시간에 해당하는 바람의 정보도 함께 보였다. 바람의 세기는 색으로, 방향은 짧은 직선의 방향으로 표시하였다.

Fig. 6에서 보는바와 같이 마라도부근 해양부터 일본 가고시마 남쪽 해양(동경 126°~131°)에서는 풍향과 표류부이의 이동경로가 비슷하게 나오고 있다. 이 부근은 Fig. 10에 참고로 보인 쿠로시오 해류의 분류가 북서쪽으로 흐르는 지역인데 표류부이의 이동경로는 그 반대 방향인 남동쪽, 즉 바람의 방향으로 이동함을 볼 수 있고, 따라서 이 지역은 해류의 영향보다는 바람에 의한 수면해류의 영향이 부이의 이동에 지배적으로 작용한 것으로 사료된다. 하지만 동경 131° 지역을 지나며 풍향과 표류부이의 이동경로는 서로 다르게 나타나고 있고, 표류부이의 이동경로는 Fig. 10의 쿠로시오 해류의 흐름과 잘 일치하는 것으로 보인다.

Fig. 7에서 9까지는 전반적으로 바람보다는 쿠로시오 해류에 따르는 부이의 이동을 보여준다. Fig. 7에 주목 할만한 현상이 두 군데 나타

Table 2 Sample of the wind velocities near Mara-do in ASCII form from PO.DAAC.

PODAAC-ESIP http://podaac-esip.jpl.nasa.gov Oct15			
02			
Missing values >=		255	
COLUMN 1: Longitude			
COLUMN 2: Latitude			
COLUMN 3: Zonal Wind Vector (AM) (m/s)			
COLUMN 4: Meridional Wind Vector (AM) (m/s)			
Day: 007 Year: 2002			
126.12	31.12	7.2	-10.7
126.38	31.12	7.6	-10.7
126.62	31.12	7.7	-10.1
126.88	31.12	8.4	-10.7
127.12	31.12	8.9	-10.8
127.38	31.12	9.2	-10.9
127.62	31.12	9.4	-11.0
127.88	31.12	9.8	-10.9
128.12	31.12	9.7	-10.6
128.38	31.12	10.1	-10.8
128.62	31.12	10.0	-10.5
128.88	31.12	10.4	-10.8
129.12	31.12	10.5	-10.8

Table 3 Comparison of wind velocities of KMA and PO.DAAC.

날짜	풍향(°)		풍속(m/s)	
	기상청	PO.DAAC	기상청	PO.DAAC
01.12.26	355	315	8.3	10.3
01.12.27	322	323	7.2	11.7
01.12.28	346	307	7.7	10.6
01.12.30	327	328	11.1	5.6
01.12.31	279	303	3.5	13.0
02.01.01	324	323	11.9	13.9
02.01.03	341	273	8.9	13.9
02.01.04	286	314	11.4	11.5
02.01.05	333	332	8.6	9.4
02.01.07	278	312	11.8	16.6
02.01.08	330	325	11.7	13.6
02.01.09	347	297	9	8.5

나고 있다. 첫 번째로 동쪽으로 표류하던 부이가 동경 144°~146°에서 풍향과 상관없이 시계방향으로 한바퀴 돌며 한달 이상 어지럽게 표류하는 모습을 보이고 있다. 두 번째로 2002년 4월 6일

마라도에서 표류된 부이의 위치추적을 이용한 표층류의 실측정보

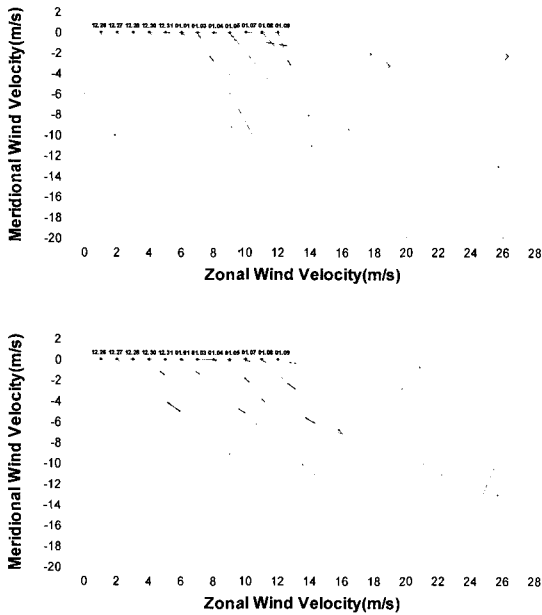


Fig. 5 Wind velocities near Mara-do. Top and bottom are from KMA and PO.DAAC, respectively(2002. 01. 07).

북위 34.624°, 동경 152.928°에서 급격하게 남쪽으로 표류하기 시작한 부이는 2002년 4월 8일 북위 32.212°, 동경 153.090°까지 내려와 다시 북동방향으로 이동하고 있다. Fig. 10과 비교하면 전형적인 쿠로시오 해류의 흐름을 보이는 것이라 이해할 수 있다.

Fig. 8은 대체적으로 풍향과는 무관하게 북위 32°~37°사이를 오르락내리락 하면서 동쪽으로 표류하고 있음을 볼 수 있다. Fig. 9도 마찬가지로 풍향과는 다른 이동경로를 보이고 있으며, 동경 165°~176°부근까지 오르락내리락 하면서 동쪽으로 표류하던 부이는 동경 176° 부근에서 남동쪽으로 표류하다 2002년 6월14일 동경 179° 부근에서 급격하게 북쪽으로 표류하기 시작해서 2002년 6월 25일 동경 179° 부근에서 다시 서쪽으로 표류하여 2002년 6월 28일 동경 177°부근에서 남서쪽으로 표류하였음을 보여주는데, 2002년 6월 2일부터 6월 29일까지 27일 동안 동경 176°~180° 부근을 반시계방향으로 크게 회전한 형태이다. 2002년 6월 29일 현재 부이는 계속 표류 중이다.

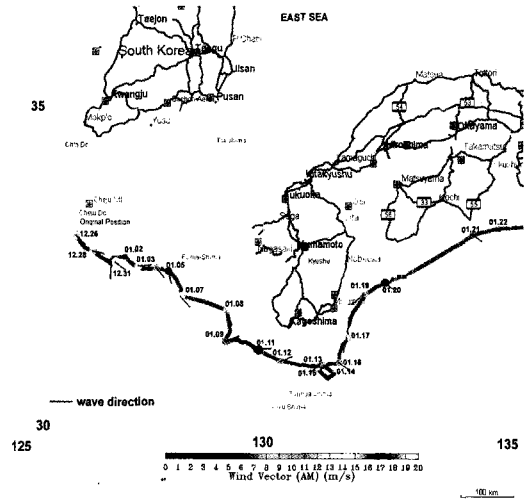


Fig. 6 Path of the buoy and wind velocity. (E 125°~135°)

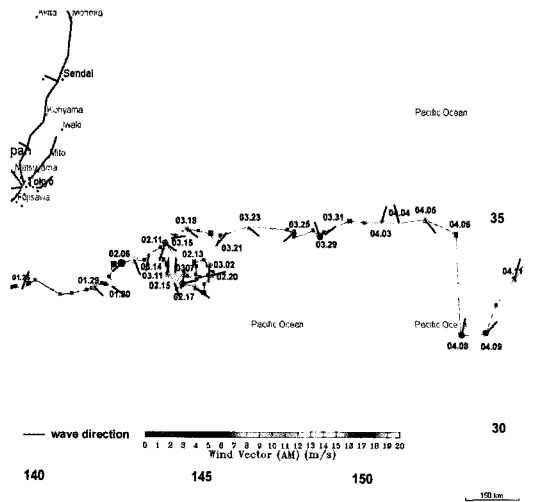


Fig. 7 Path of the buoy and wind velocity. (E 140°~155°)

5. 결 론

표류부이의 해상이동 경로를 PO.DAAC의 바람 자료와의 비교를 통하여 요약하면 다음과 같다.

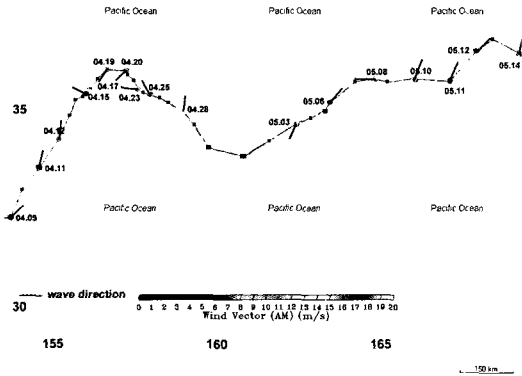


Fig. 8 Path of the buoy and wind velocity.
(E 155°~170°)

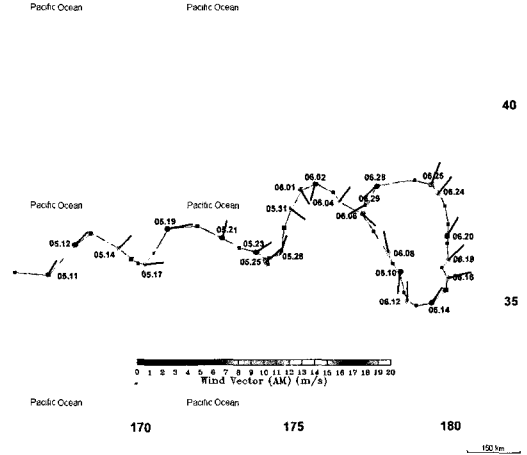


Fig. 9 Path of the buoy and wind velocity.
(E 170°~180°)

1. 2001년 12월 27일부터 2002년 6월 29일까지 마라도 남서쪽 해역에서 표류된 부이의 해상 이동경로를 취득 가능한 바람자료와 결합한 수면해류의 실측정보를 제공하였다.
2. PO.DAAC 바람자료의 신빙성을 위해 부이 이탈사고 전일인 2001년 12월 26일부터 2002년 1월 9일의 바람자료를 기상청의 바람자료와 비교해 본 결과 풍향과 풍속이 매우 유사함을 알 수 있었다.
3. 마라도부근 해역에서 일본 가고시마 남쪽해양까지 (동경 126°~131°) 표류부이의 해상이동경로는 해류보다는 바람에 의한 수면해류의 영향이 지배적인 것으로 보인다.
4. 동경 131°~180° 부근의 표류부이의 해상이동경로는 쿠로시오 해류의 영향을 직접적으로 받은 것으로 보인다.
5. 표류부이는 동경 144°~146°에서 풍향과 상관없이 한달 이상 어지럽게 표류하는 모습을 보였고, 동경 176°~180° 부근에서 27일 동안 반시계방향으로 회전함을 볼 수 있었다.

후 기

본 연구의 일부는 한국과학재단의 첨단조선공학 연구센터의 지원으로 수행되었다.

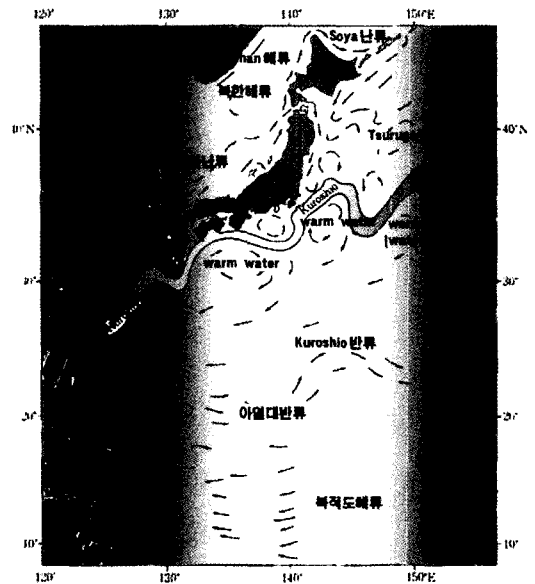


Fig. 10 Current of East Asia.

참고문헌

- [1] 김계영 외, “준설품사시 발생하는 부유물질의 확산 및 단일오타방지막의 효과분석,” 한국해

양공학회지, 제12권 3호, 1998.

[2] 김완수 · 박용안 · 정종률, 일반해양학, 대한교과서주식회사, 1991.

[3] 마현오 외, “취송류의 확산특성에 관한 연구,” 한국해양환경공학회 춘계학술대회 논문집, 1998.

[4] 송무석 · 이준복 · 이문진 · 유정석, “해양쓰레기의 부유 및 침강에 관한 실험연구,” 한국해양환경공학회지, 제4권 1호, 2001.

[5] 이문진 외, “해양 표면취송류(skin drift)의 라그랑쥐 측류 및 모델링,” 한국해양환경공학회 춘계학술대회 논문집, 1999.

[6] 유정석 외, “낙동강 부유쓰레기 해상이동경로 추적시험,” 한국해양환경공학회 춘계학술대회 논문집, 2002.

[7] 이종무 외, “GPS를 활용한 누유 추적부이 시스템,” 한국해양공학회지, 제11권 4호, 1997.

[8] <http://seablade.jpl.nasa.gov/gui/>

[9] Kiyoshi Horikawa저 김남형역 “新編 海岸工學,” 청문각, 1995.