

NOTE

연근해용 소형기상관측부이의 개발

이동규 · 오재호¹ · 서영상²

부산대학교 해양과학과, ¹기상연구소 예보연구실

²수산진흥원 어장환경과

The Development of Mini-Weather Buoy

DONG-KYU LEE, JAI-HO OH¹ AND YOUNG-SANG SUH²

Department of Marine Sciences, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

¹Meteorological Research Institute, Seoul 110-P01, Korea

²National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea

수중음향을 이용한 풍속 측정(Weather Observation Through Ambient Noise: WOTAN) 기술을 이용하여 소형 기상관측부이를 개발하였다. 소형기상관측부이는 지상자료 수신소와 기상부이 간의 통신수단으로 휴대전화망을 채택하였다. 제작된 소형기상관측부이를 부산시 기장군 시랑리 부근 해역에 계류하여 부근에 위치한 국립수산진흥원에 설치한 지상기상관측기에서 관측된 결과와 비교하였다. 수중음향을 이용하여 추정된 풍속을 지상에서 관측한 풍속과 비교한 결과 좋은 결과를 얻었다. 즉 풍속계에 의한 풍속과 수중음향에 의해 추정된 풍속의 rms 오차가 1 m/s 내외로 나타났다. 이 소형기상관측부이의 한가지 단점은 휴대전화의 통달거리가 짧아 육지에서 멀리 떨어진 곳에는 설치가 불가능하다는 점인데, 현재 전 세계 대양에서 통화가 가능한 위성 휴대전화망이 상용화되기 시작하여 위성 휴대전화를 이용하면 이 문제는 쉽게 해결될 수 있다고 본다.

The mini-weather buoy using newly developed Weather Observation Through Ambient Noise (WOTAN) technology is developed. The buoy uses the cellular phone system for communication between the mini-weather buoy and the receiving station. The developed mini-weather buoy was deployed near Kijang and the comparison with land observation station was good: the rms error for wind speed estimation from underwater ambient noise was about 1 m/s. The only shortcoming of developed mini-weather buoy is that the buoy must be within the range of the cellular phone system, but it can be easily solved when satellite phone system is available.

서 론

현재 전 세계 해양기상 관측기관에서 사용하고 있는 기상관측부이는 부이의 안정성, 소형 어선에 의한 파손과 분실을 최소화할 필요성 그리고 풍속계를 수면에서 일정 높이 이상에 장치해야 하는 이유 때문에 직경 3 m 이상인 원반형 대형 부이가 주종을 이룬다. 그러나 우리나라 근해는 어업 활동이 활발하고 특히 야간에도 활동하는 저인망 어선이 많아 계류된 해양관측기기는 해표면에 설치한 부이의 크기와 관계없이 분실과 파손이 빈번히 일어나 해양 관측 자료의 유실 뿐 아니라 관측기기들의 분실로 인한 경제적인 손해가 컸다. 이러한 이유로 기상관측부이들은 실시간 해양기상정보가 가장 필요한 해역인 어업 활동이 많은 해역과 주요 항로 근처에는 설치되지 못한 실정이었다.

우리 나라는 기상청에서 3개의 기상관측부이를 수입하여 운영하고 있으며 (윤 외, 1998; 남 외, 1998), 직경 3 m인 원반형(Discus) 부이이다. 해상에 있는 부이와 자료수신소와의 자료전송은 VHF 무선통신을 사용하거나 Inmarsat 위성전화를 이용(칠발

도 근해에 설치된 부이)하고 있다. 우리 나라에서는 해양연구소에서 직경 2.5 m인 원반형 부이를 자체 설계 제작, 시험 운용중인데(전 외, 1998), 이는 자체 자료저장 기기(data logger) 및 VHF 무선 송수신기를 이용하여 자료를 전송하고 수신하는 해양특성관측 및 기상관측부이이다.

최근 수중소음을 이용한 해상풍 측정 기술(WOTAN)이 미국에서 개발되었다(Melville, 1995). 이 기술을 이용한 위성추적 뜰개(satellite-tracked drifter)에는 수중소음을 측정하는 수중마이크(hydrophone)가 장착되어 뜰개가 바다에 떠다닐때 위치 추적을 통해 해류를 측정할 뿐 아니라 풍향, 풍속까지 측정할 수 있게 되었다(Milliff *et al.*, 1998). 이 첨단기술을 이용하여 고가이고 대형인 기상부이 대신 제작비용이 저렴하고 작은 어선으로도 계류와 정비를 위한 회수가 가능한 소형 기상부이를 개발하였다. 또한 기상부이와 지상 자료수신소 간의 통신 수단으로 휴대전화기를 이용하여 통신비용과 관측부이의 가장 어려운 문제인 통신 장비 개발에 드는 비용을 줄였다. 그러나 휴대전화의 송신출력(최대 3 W) 제한으로 연안에서 10 km 이내에서만 이 관측부이를 설치하여야 한다는 제한이 따랐다.

소형기상관측부이의 구성

소형기상관측부이의 형태

소형기상관측부이는 본체(Hull), 센서부분, 센서제어와 자료처리 장치, 통신 장치 및 안테나로 구성되었다. 소형기상관측부이는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 상부는 팽이형태이고 하부는 원통형태이다. 본체 모양은 부이가 파도에 의한 수직운동을 최소화하도록 설계되었고, 본체 밑에 있는 직경 20 cm, 길이 5 m 원통은 수중마이크를 보호하고 소형 어선에 의한 계류선 절단 가능성을 줄이기 위해, 즉 연근해 어업을 주로 하는 소형 어선들이 갈구리를 사용하여 계류선을 들어 올려 절단하는 경우를 대비하여 장치하였다. 소형기상관측부이는 해수에 의한 부식을 막기 위해 마스트를 포함한 모든 부분을 순도 100%인 스테인레스틸(SUS316)을 사용하였다.

센서와 각 제어장치의 구성

Fig. 2는 센서, 통신장치 그리고 센서제어와 자료처리장치의 구성도를 보여준다. 수중소음을 측정하는 수중마이크를 수심 5 m에 장치하였으며 이 수중마이크는 파도에 의해 형성되는 소음을 수심 5 m에서 측정함으로써 풍속을 추정한다. 측정 원리는 해표면 위로 부는 바람에 의해 파도가 만들어지고 부서질 때 형성되는 소음과 풍속과의 상관관계(Melville, 1995)를 이용한다. 부이 전체가 바람 부는 방향으로 움직일 수 있도록 날개

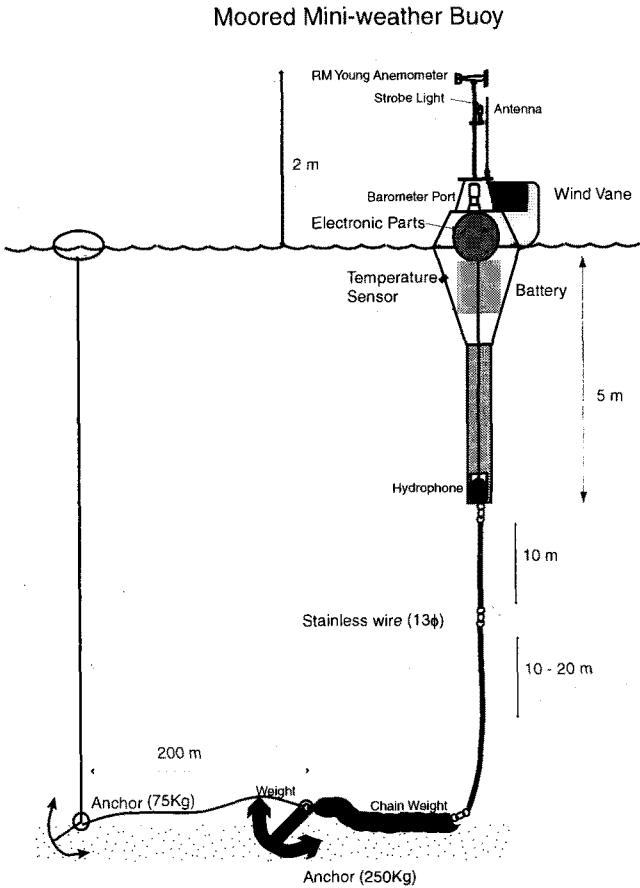


Fig. 1. Mooring configuration diagram of mini-weather buoy.

Mini-Weather Buoy Schematics

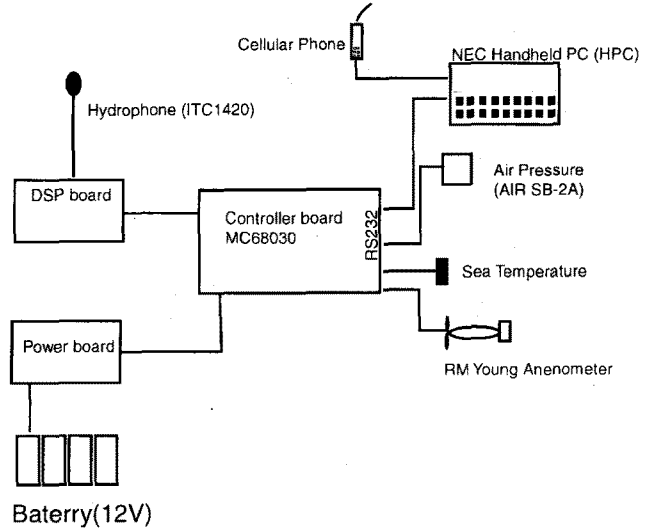


Fig. 2. Schematic diagram of the controller and the sensors of mini-weather buoy.

를 본체 밖에 부착하여 본체 안에 장치된 전자 나침반이 풍향을 측정한다. 부이가 물에 잠겨도 해수가 침투되지 않도록 디자인된 기압 포트가 부이 뚜껑에 장치되어 있고 기압 센서는 다른 전자 장치와 같이 부이 내부에 있다. 부이가 1분이상 물에 잠겨있는 경우는 거의 없기 때문에 기압은 1분동안 매 초마다 측정하여 해수 속에 잠겼을 때의 기압 값을 제거한 뒤 평균값을 취하도록 하였다. 수온 센서는 수심 50 cm 정도에 위치하는 부분에 설치되었고 배터리 전압도 자료가 송신될 때마다 측

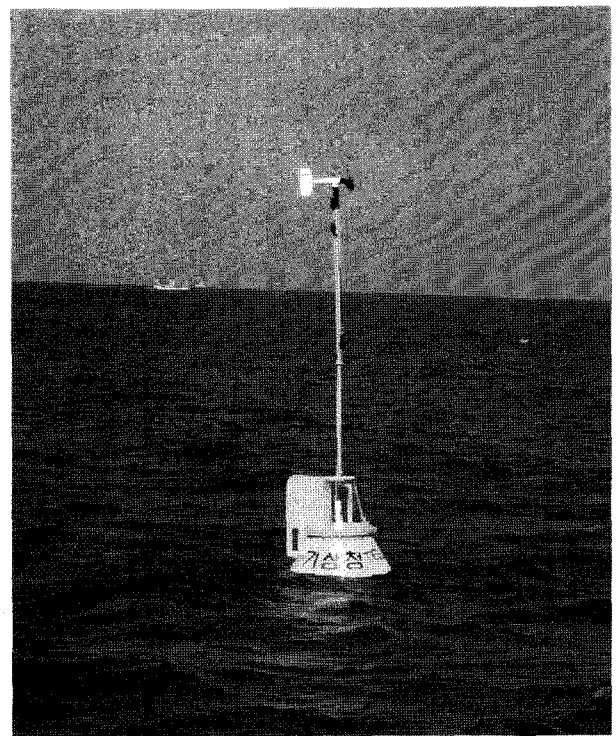


Fig. 3. Photograph of the deployed mini-weather buoy.

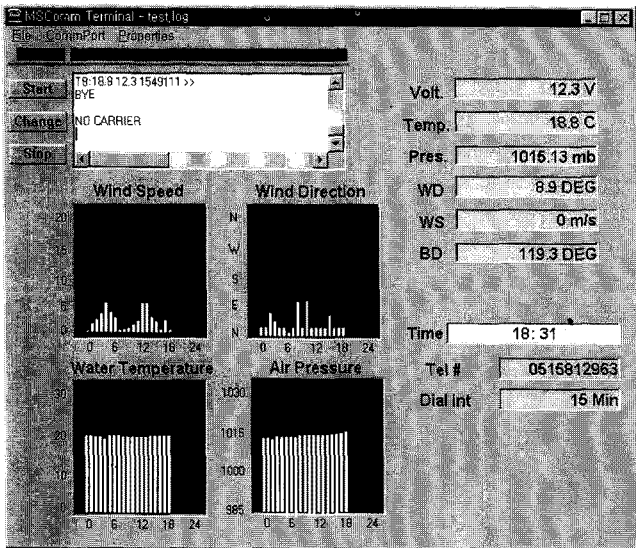


Fig. 4. Screen shot of the receiving station software.

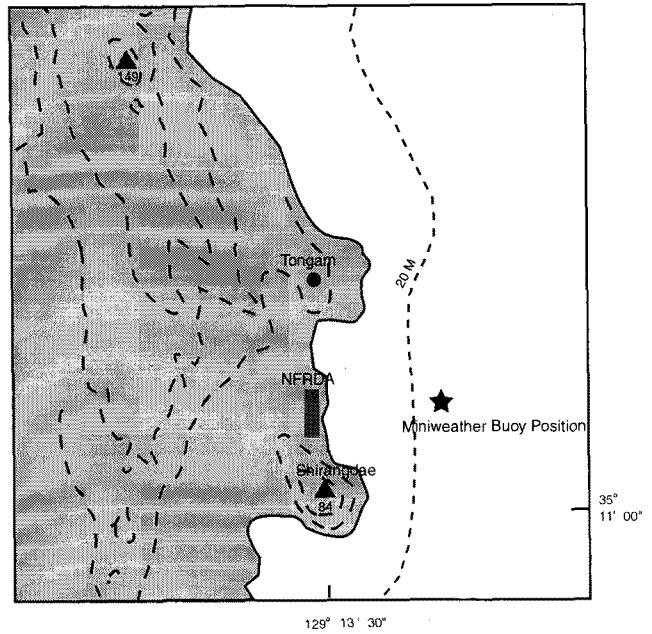


Fig. 5. Mini-weather buoy mooring location.

정된다. 수중소음과 풍속과의 상관관계가 심해에서는 연구가 잘 되어 있으나(Melville, 1995), 해저 바닥에 의한 반사파 영향을 받는 얇은 바다에서는 수중 소음과 풍속과의 관계식이 수립 되지 않아 이 관계식을 구하기 위해 수면에서 높이 2.5 m에 RM Young 회사의 풍향풍속계를 설치하였다. 실험이 성공적으로 수행되어 수신에 따른 수중소음과 풍속과의 상관관계식이 수립이 되면 이 기계식 풍향풍속계는 설치하지 않아도 되는 센서이다.

지상에 있는 관측자료 수신소와의 통신은 상용 휴대전화망을 이용하였다. 제어보드에서 전자시계 의 모든 장치의 전원을 끄고 대기 상태로 있으며 정해진 시간마다 휴대전화와 센서들에게 전원을 넣어 자료를 수집한 후 초소형 컴퓨터인 NEC HPC에 보내면 컴퓨터는 모뎀을 통해 육지 수신소에 전화를 걸어 자료를 송신한다. 자료 송신 후 송신 간격과 수신소 전화번호의 변동사항이 있을 시 자료 송신 간격과 수신소 전화번호를 송신하여 변동시킬 수 있게 되어 있다. 일반 전화와 컴퓨터 그리고 모뎀

만 있으면 수신소를 설치할 수 있으므로 수신소를 전국 어느 곳에서나 설치할 수 있으며, 필요 시 관측 간격을 단축하여 수시로 필요한 해양기상자료를 수신할 수 있도록 되어 있다.

Fig. 3은 계류된 소형기상 관측부이의 사진이고 Fig. 4는 자료수신소의 PC에 설치된 자료수신 및 부이제어 프로그램을 보여준다.

소형기상부이에 의한 실시간 관측과 관측치의 보정

Fig. 1의 계류 모식도 형태로 1998년 9월 15일 국립수산진흥원 앞 약 5 km 해상(Fig. 5)에 소형기상부이를 계류하였고 국립수산진흥원 건물 위에 지상기상관측기를 설치하였다. 계류된 기상부이는 밝혀지지 않은 이유로 9월 21일 경 계류장소를 떠나 거제도 근방의 해역으로 떠 내려갔다. 그래서 약 7일 간의 자료를 얻을 수 있었다.

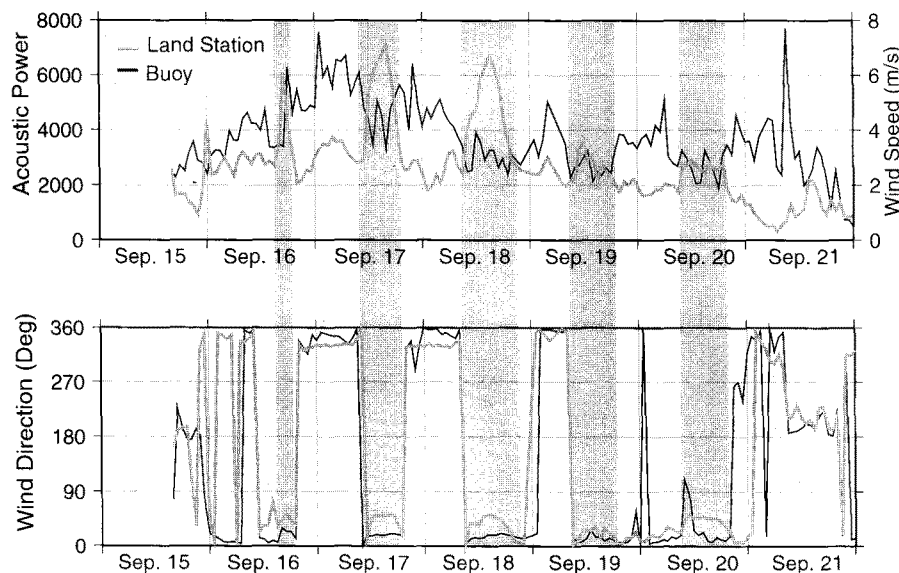


Fig. 6. Wind speed and direction observed from land station (solid lines), and buoy direction and underwater acoustic power from mini-weather buoy (gray lines). The gray shaded areas are the time of northeasterly winds.

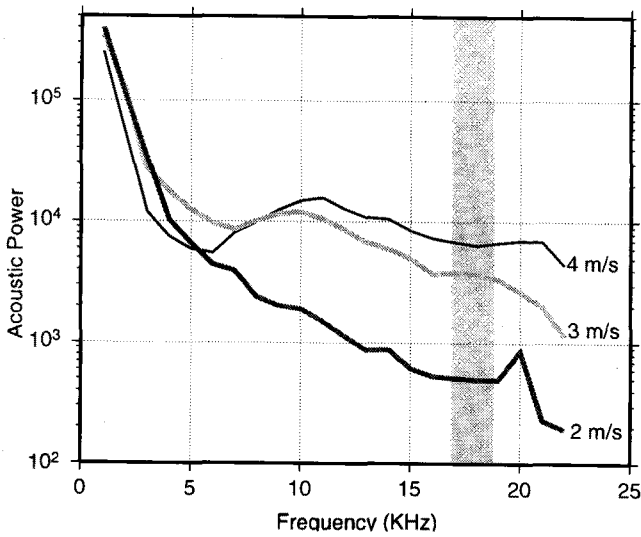


Fig. 7. Acoustic energy spectrum at wind speed of 2 m/s (thick solid line), 3 m/s (gray line) and 4 m/s (thin solid line). The gray shaded area is the frequency used to calculate wind speed.

소형기상부이가 주로 설치될 연근해는 수심이 20—30 m 정도여서 반사음의 영향이 예상되었다. 또한 금속으로 되어 있는 계류장치(샤클이나 요리도리)에 의한 소음특성도 측정되지 않아 부이 위에 풍향풍속계를 설치하였다. 그러나 계류시 풍향풍속계의 전자제어장치가 침수되어 RM Young 풍향풍속계가 작동하지 않아 부이에서 약 5 km 정도 떨어진 육지에 설치한 풍향풍속

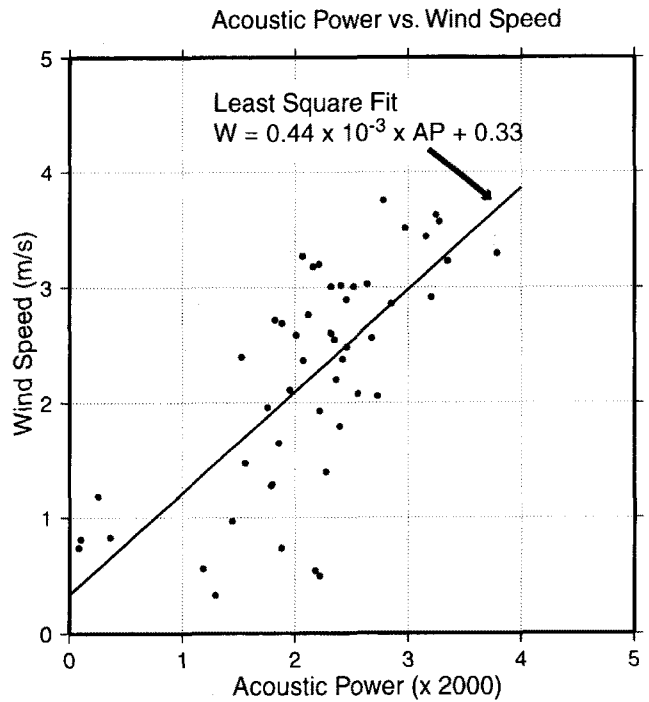


Fig. 8. Scatter plot of wind speed from land station and underwater acoustic power.

계를 이용하여 수중소음에 의해 추정된 풍속과 기계적 풍속계에 의한 풍속을 비교하였다. 자료수집 후 자료를 분석한 결과, 풍향

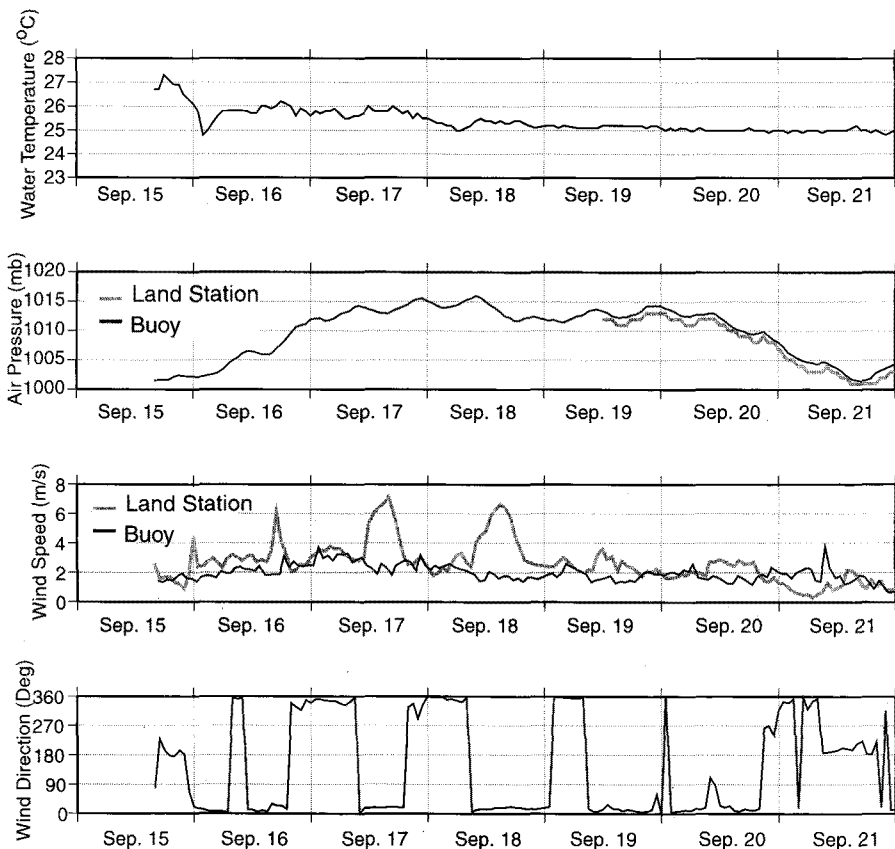


Fig. 9. Time plots of sea water temperature, air pressure, wind speed calculated from underwater acoustic power and wind direction.

풍속계를 설치한 국립수산진흥원 남쪽에 해발 100 m 정도 되는 야산이 가로 막고 있어(Fig. 5) 바람이 북동쪽에서 불어올 때는 바람의 방향과 세기가 관측부이가 위치한 해상과 많이 다르다는 것을 알 수 있었다(Fig. 6). 북북동풍이 불 때 육상 관측소의 풍속이 지형의 영향을 받는 것으로 추정되어 수중소음과 풍속과의 관계식을 구하는 데는 제외하였다. Fig. 6은 수중소음과 풍속과의 상관계수를 주파수 별로 계산한 결과 상관계수가 가장 큰 주파수(18 KHz)에서 수중소음 세기와 지상 풍속계에 의해 측정된 풍속 그리고 관측부이와 지상 풍향계에 의해 관측된 풍향의 시간 변동을 보여준다. Fig. 7은 지상 관측소에서 관측한 풍속이 2 m/s, 3 m/s 그리고 4 m/s 일 때 수심 5 m에서 수중소음 에너지를 나타내었는데, 음향 주파수가 10 KHz와 19 KHz 사이에서 풍속에 따라 수중 소음이 증가하는 것을 보여준다. Fig. 8은 바람이 북동풍일 때를 제외하고 음향주파수가 18 KHz일 때 수중소음 세기와 풍속과의 분산도표이다. 상관계수는 0.52였고 수중소음에 의해 추정된 풍속은 풍속 2 m/s 이상에서 오차가 1 m/s 내외였다. 이 비교 실험에서 아쉬웠던 것은 실험 기간 중 초속 4 m/s 이상의 강한 바람이 해상에서는 불지 않아 풍속 4 m/s 이상에서 비교치를 얻을 수 없었다는 것이다.

측정기간 중 매 시간마다 측정된 기압, 수온, 풍향 그리고 수중음향에 의해 추정된 풍속을 Fig. 9에 나타내었다. 9월 19일 정오부터 작동하기 시작한 육상 기압계와 부이에서 측정된 기압과의 차이는 1 mb로 비교한 전 기간에 걸쳐 균일한 차이를 보여 센서 보정의 문제로 보인다.

토 의

현재 사용되고 있는 대부분 기상관측부이는 가격이 비싸고 대형이어서 어업활동이 거의 없는 먼 바다에서는 잘 운용되나, 우리나라 연근해 같이 어업활동이 활발한 해역에서는 분실과 파손이 많아 실시간 해양기상정보가 꼭 필요한 해역에는 설치를 못하는 경우가 많다. 본 연구에서는 수중소음을 측정하여 풍속을 측정하는 신기술을 이용하여 가격이 저렴하고 소형인 기상관측부이를 개발하였다. 또한 지상자료 수신소와 부이 간의 통신 수단

으로 상업 통신망인 휴대전화망을 이용함으로써 통신비용을 절약할 수 있었고 통신상의 많은 어려움과 비용을 절감할 수 있었다. 제작비용은 부착하는 센서에 따라 차이가 있으나 기본적으로 풍향, 풍속, 수온 그리고 기압을 관측할 때, 계류장비를 포함하여 약 1,500—2,000 만원이 소요될 것으로 추정된다. 실험 운용 결과, 수중소음과 지상기상관측소에서 측정된 풍속과 좋은 관계식을 유도할 수 있었고, 수중소음으로 추정된 풍속은 오차가 1 m/s 내외여서 개발 목표 오차 범위에 드는 만족한 결과를 얻었다.

본 소형기상관측부이가 갖는 한가지 제한점은 휴대전화망을 이용하는 관계로 부이설치를 휴대전화망 안테나에서 10 km 범위 내에 하여야 한다는 점인데 원근해에 모두 사용이 가능한 위성전화망을 이용하는 부이를 개발하는 중이다.

사 사

소형기상관측부이의 계류에 협조해주신 기상연구소 남효원씨, 국립수산진흥원 한상복 박사님께 감사드립니다. 부산대학교 권재일은 부이의 계류에 관한 모든 일을 맡아 하였다.

참고문헌

- 남효원, 홍 윤, 장호수, 1998. 해양기상관측 부이 조립. 기상연구 논문집, **15**:101—110.
- 윤용훈, 홍성길, 홍 윤, 이지연, 1998. 칠발도 Buoy자료를 이용한 해양-대기 열교환량 산출 및 파랑 특성에 관한 연구, 한국해양학회지 바다, **3**: 9—15.
- Melville, W. K., 1995. Correlations between ambient noise and the ocean surface wave field. *J. Phys. Oceanogr.*, **25**: 513—532.
- Milliff, R. F., P. P. Niiler, J. Morzel and A. Sybrandy, 1998. Directional variability in mesoscale winds from MiniMET drifters and NSCAT data in the Labrador Sea. Quikscat Prelaunch Workshop, Hawaii, 14 pp.

1998년 10월 10일 원고 접수
1999년 3월 25일 수정본 채택