

# 한반도 남동해역에서 겨울철 대기/해양 경계층 집중관측

이윤경\*, 김태희, 윤용훈  
기상연구소 해양기상지진연구실

## 1. 서론

해양과 대기의 열적평형 및 수송은 해수면을 통하여 대기과 운동학적 및 열역학적인 교환이 이루어지고 있다. 이러한 해양의 역할은 전 지구적 규모의 기상 현상은 물론 국지적인 기상 현상에까지 중요한 요소로 작용한다(기상연구소, 1992). 해양은 표층의 열 교환 작용에 의하여 대기 중의 대류활동을 변화시키고, 대기는 하층의 바람에 의해 해양의 흐름을 변화시킨다. 또한 해양의 표층은 대기에서 유입되는 열, 수증기 그리고 에너지 등을 해양 내부로 전달시켜 해양 순환의 변화를 야기하고, 해양은 현열과 잠열 등의 형태로 해양 내부의 에너지를 대기로 방출하여 대기 순환과 대류에 직접적인 영향을 미친다. 그러므로 해양과 대기의 경계면을 통해서 이루어지는 상호작용은 매우 중요한 역학이다.

## 2. 관측

해양 관측은 주로 정선 관측 시 CTD(Conductivity, Temperature, Depth)를 이용하여 수심에 따라 연속 관측하는 것으로 이루어진다. 이 관측 방법은 수심에 대해서는 연속성이 있으나, 시간에 대한 연속성이 결여되어 있는 관측방법이다. 이 연구에서는 시간에 대한 연속성을 갖는 관측 자료를 취득하기 위하여 계류형 CTD(Conductivity, Temperature, Depth) 및 TD(Temperature, Depth) 센서를 해수면 하 1 m, 3 m, 5 m, 10 m 등에 계류하여 매분마다 관측하는 방법을 고안하였다.

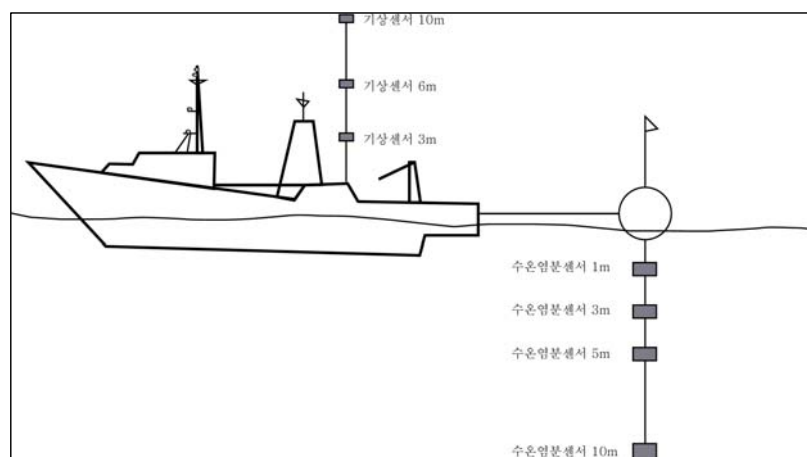


Fig. 1. The schematics on the observation for the atmosphere-ocean boundary layer.

하층대기의 관측은 기상2000호의 “선박용 AWS”와 이동식 AWS 2조를 이용하였다. 이동식 AWS는 선박의 갑판과 조타실 위에 설치하였고, 각각의 높이는 약 3 m, 6 m이다. 그리고 선박용 AWS의 기상 센서는 약 10 m 고도에 설치되어 있다. 관측은 매 1분마다 기온, 습도, 풍향, 풍속을 관측하도록 설정하였으며 관측 기간은 2003년 12월 3일 14:00부터 12월 5일 14:00까지 48시간이다.

### 3. 해양 혼합층내 해양 환경의 물성 변화

Fig. 2는 수온의 연속 관측된 결과이다. 1-10 m 사이의 수심에 따른 수온 변화는 거의 나타나지 않고 있다. 각 수심별 시간에 따른 수온 변화 폭은 약 0.8 °C 내외이며, 시간에 따른 수심별 수온의 차이는 0.4 °C 이내로 아주 미약하게 나타나고 있다. 이러한 결과는 관측 시기 이전에 여름철 형성되었던 성층이 약화되어, 표층 근처에서는 균일하게 혼합된 해양 환경 특성을 형성하고 있다는 것이다.

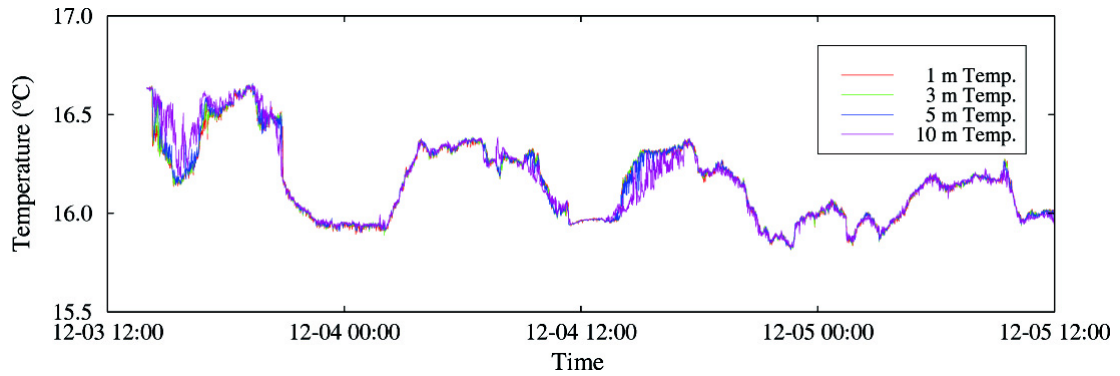


Fig. 2. The variations of the water temperature.

관측지점 인근에는 가덕도 검조소가 위치해 있다. 기상연구소(1999)와 김 등(1999)은 서해 중부해역 수심 약 30 m 지점에 압력식 파고계(Model: WTR-9) 관측 결과에 따르면, 수심 약 30 m의 수온 변화에 조석의 영향이 나타나는 것으로 조사되었다. Fig. 3은 가덕도에서의 조석 현상이다.

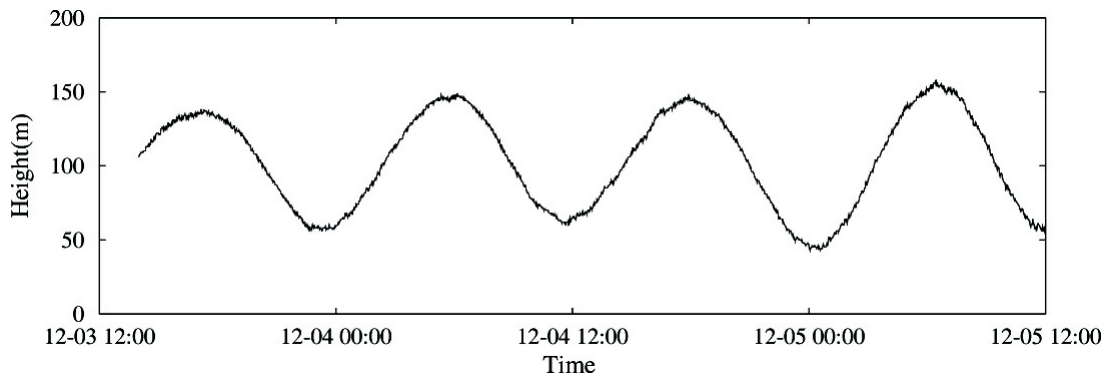


Fig. 3. Tidal variations at the Gaduk-Island.

Fig. 2와 3에서, 수온의 변화 양상이 1일 2회조의 조석 변화 양상을 나타내고 있는 것처럼 보인다. 특히, 고조와 저조시에는 조류의 유속이 약하기 때문에 시간에 따른 수온의 변화 폭이 거의 나타나지 않고 있으며, 창조류 및 낙조류 시기에는 수온의 변화 폭이 소폭이지만 나타나고 있다. 다만, 이에 대한 정확한 연관성과 변동 특성 및 주기성 등을 조사·분석하기 위해서는 장기간 관측 자료가 요구된다.

#### 4. 하층대기의 기상 변화

Fig. 4는 기온 관측 결과이다. 기온 변화 폭은 수온과 유사하게 거의 나타나지 않는 것처럼 보인다. 12월 5일 01시 경, 약 10분 동안에 1 °C의 기온이 하강하고 있다. 고도 10 m에서 기온이 하강한 후, 약 15분 후에는 고도 약 6 m의 기온이 하강하고 있다. 30분 후에는 해면 고도 약 3 m에서 기온 하강이 나타나는 특징을 보여주고 있다.

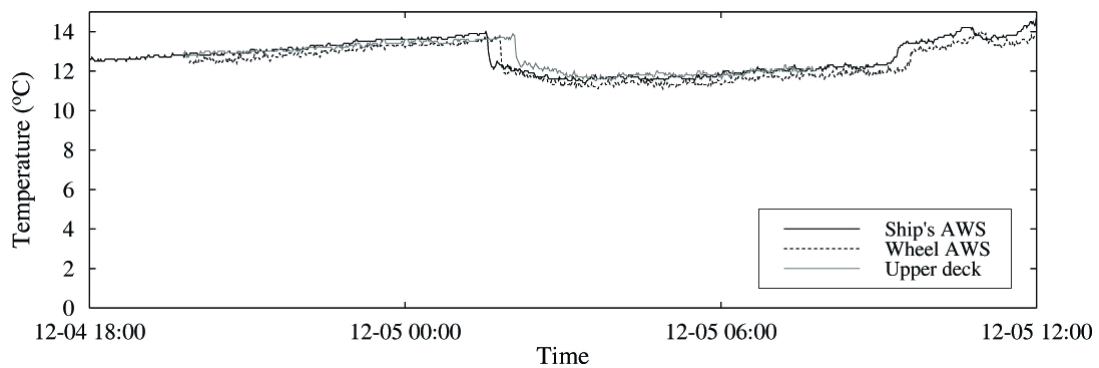


Fig. 4. The variation of the Air temperature.

Fig. 5는 풍향·풍속의 변화이다. 관측 시작부터 12월 4일 21시경 사이의 풍향은 주로 북북동풍이 주 풍계를 형성하고 있다. 이 때의 풍속은 6-10 m/sec로 비교적 일정한 바람이 나타나고 있다. 12월 4일 22시경부터 풍향의 변화 폭이 다소 커지면서 풍속의 변화 폭도 커지고 대체적으로 감소하고 있다. 기온이 급격하게 하강하는 시기의 풍향은 북동풍에서 북으로 바뀌기 시작하였고, 풍속도 비교적 빠르게 나타나고 있다. Fig. 4에서 약 10분 사이에 기온이 1 °C 정도 빠르게 하강하는 것은 결국 풍향이 북풍으로 바뀌면서 나타나는 현상으로 생각된다. 고도 10 m, 6 m, 그리고 3 m에서의 기온 하강 현상은 각각 15분이라는 시간 차이가 있으나, 변동 폭은 차이가 거의 없는 것으로 판단된다.

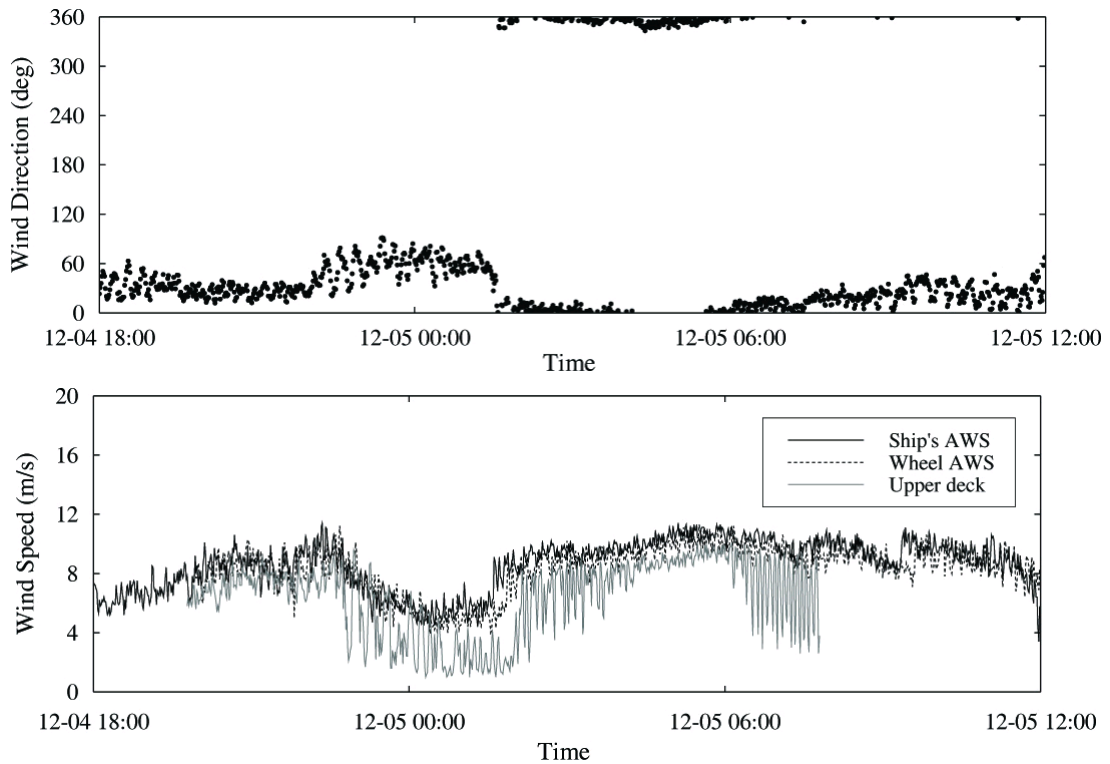


Fig. 5. The variations of wind speed and wind direction.

해상에서 고도에 따른 바람의 차이를 알아보기 위하여 이미 언급하였듯이 각각 10 m, 6 m, 그리고 3 m의 높이에 바람 센서를 설치하였다. 그러나 3 m에 설치된 바람 센서는 조타실과의 거리가 약 4-5 m로 가까운 거리에 있으며 이에 의한 영향이 Fig. 5에 나타나고 있다. Fig. 6은 고도 10 m와 고도 6 m에서 관측된 풍속의 상관성을 조사한 결과이다. 두 고도 사이의 상관도를 나타내는  $R^2$  값은 0.717로 나타나고 있다. Fig. 7은 고도 6 m와 3 m 사이의 상관도를 나타낸 것이다. 이 결과에서  $R^2$  값은 0.563으로 상관성이 희박한 것으로 나타나고 있으며, 고도 10 m와 3 m에서 관측된 풍속의 상관도는  $R^2$  값이 0.469로 역시 상관성이 희박한 것으로 나타나고 있다(Fig. 8).

10 m 고도에서 관측된 풍속과 6 m 고도에서 관측된 풍속의 상관성은 어느 정도 나타나고 있으나 그 이외의 상관도는 뚜렷하게 나타나지 않고 있다. 이는 비교적 짧은 시간에 관측된 결과이므로 어떤 뚜렷한 결론을 도출하기 어려우며, 향후 장기간의 관측 결과를 바탕으로 고도에 따른 바람의 차이를 비교·관측하여야 할 것이다.

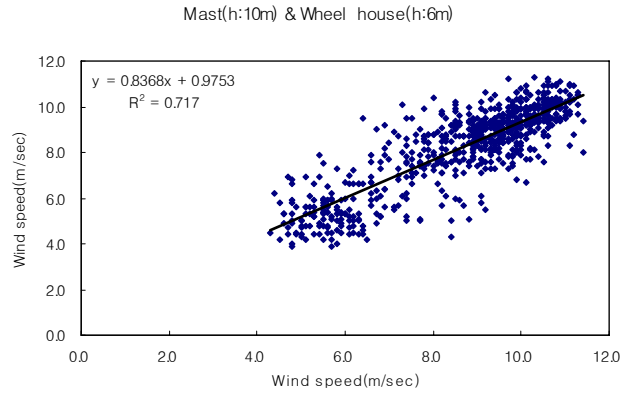


Fig. 6. The relations on the wind speed between height 10 m and height 6 m.

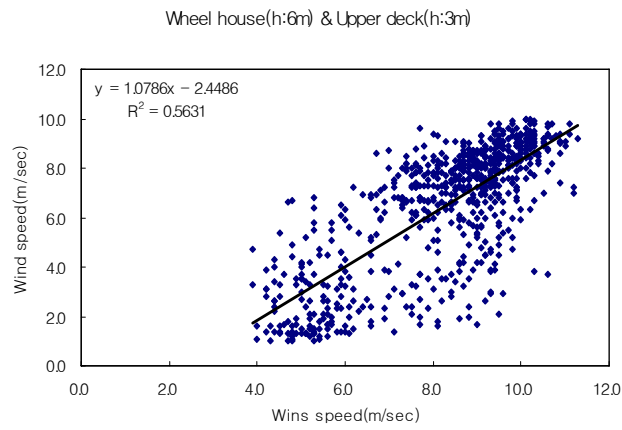


Fig. 7. The relations on the wind speed between height 6 m and height 3 m.

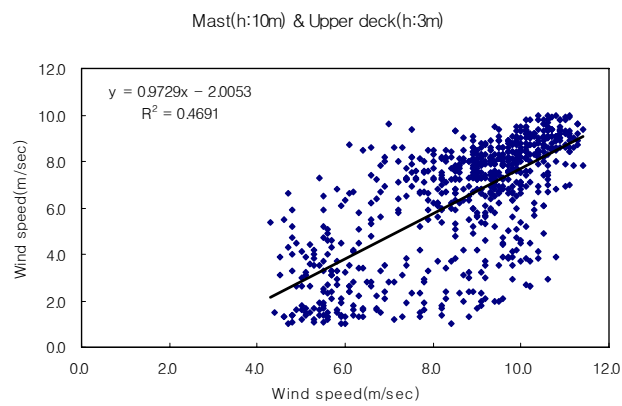


Fig. 8. The relations on the wind speed between height 10 m and height 3 m.

## 5. 고찰

한반도 남동해역에서 겨울철 하층대기/해양혼합층의 경계층에 대하여 정밀 관측을 실시하였다. 관측 방법으로는 해양혼합층 내에서 시간에 대한 연속된 관측 자료를 취득하기 위하여 계류형 CTD를 이용하여 매분 자료를 관측하였으며, 해상에서 하층 대기에 대하여 3 m, 6 m 그리고 10 m에서 매분 기상자료를 동시에 관측하였다.

관측 결과, 해양혼합층에서의 수온의 변화는 공간적(수심별)으로나 시간적으로나 차이가 나지 않고 있다. 이러한 것은 관측 시기가 겨울철이라는 계절적 한계성을 가질 수 있지만, 향후 이러한 관측 방법을 도입하여 장기간에 걸쳐 관측을 실시할 경우 해양혼합층에서의 정확한 분석이 이루어질 수 있을 것이다.

해양에서 수온의 1°C/10분 변화는 엄청난 에너지 또는 열량의 변화이지만, 기상에서는 특이한 결과는 아니다. 관측 결과, 기온이 하강할 때 관측 고도의 차이가 적어도 고도에 따른 시간 차이가 있다는 것을 알 수 있었다.

고도 10 m와 고도 6 m에서 관측된 풍속의 상관도  $R^2$  값은 0.717이고, 고도 6 m와 3 m 사이의 상관도  $R^2$  값은 0.563이다. 그리고 고도 10 m와 3 m에서 관측된 풍속의 상관도  $R^2$  값은 0.469이다.

이 관측은 비록 짧은 시간에 걸친 관측이지만, 향후 많은 과제를 제시하고 있다. 장기간에 걸친 하층대기/해양혼합층의 정밀 관측은 해양혼합층의 변동성 규명에 중요한 역할을 할 수 있어 장기간의 관측이 필요하다.

## 사사

이 연구는 기상연구소 “해양기상 관측 및 조사” 사업의 지원에 의해 수행되었습니다.