

## 부이 관측자료를 이용한 서해 해역의 해양-대기 열교환량 산출

강윤정\* · 황승언 · 김태희 · 남재철

기상연구소 해양기상지진연구소, 156-720 서울시 동작구 신대방동 460-18

### Estimation of Air-Sea Heat Exchange Using BUOY Data at the Yellow Sea, Korea

Yune-Jeung Kang\* · Seung-On Hwang · Tae-Hee Kim · Jae-Cheol Nam

Marine Meteorology & Earthquake Research Laboratory,  
Meteorological Research Institute, Seoul 156-720, Korea

**Abstract:** Heat exchange between the atmosphere and sea is produced using the data from two 3m discus buoy installed by KMA in 1996. The meteorological and oceanic characteristics at the Dukjukdo and Chilbaldo buoy for the period 1996 ~ 2000 are discussed. Daily averaged sensible heat and latent heat flux at each site are estimated from bulk aerodynamic method using given data and analyzed. Quantitative analyses show SST indicates 1-year cycle like air temperature but has 1 month lag. Sea level pressure is lowest in July, humidity is higher from May to August, and wind speed has averaged value of 5 m/s and higher in autumn and winter. Sensible heat flux analyses present that strong heat loss from the sea occurs in autumn and winter and weak heat loss from atmosphere appears in spring and summer, and net sensible heat loss from the sea is found throughout the year. The ocean significantly releases latent heat into atmosphere from August to May but get a little latent heat from atmosphere in other months. Net latent heat loss from the sea is larger than net sensible heat loss except in January and February. Comparison with two sites suggests that the magnitude of heat flux and their fluctuation are generally stronger at Dukjukdo than at Chilbaldo. In case study, both sensible and latent heat flux is a little more at Chilbaldo in March 1998, but substantially stronger at Dukjukdo in November 1996.

**Key words:** buoy, heat exchange, sensible heat flux, latent heat flux

**요약:** 기상청에서 덕적도와 칠발도에 설치한 해양기상 관측부이 자료를 이용하여 해양 및 대기 특성과 해양-대기간의 열교환을 살펴보았다. 각 관측지점에서의 일평균 현열속 및 잠열속은 벌크공기역학법을 적용하여 계산하였다. 표층 수온은 기온과 같이 뚜렷한 연주기를 보이지만, 1달 정도 시간지연을 가진다. 해면기압은 7월에 가장 낮았고 겨울에 가장 높았으며, 습도는 5-8월 사이 비교적 높았다. 풍속은 가을과 겨울에 평균 5m/s 이상으로 강한 편이었다. 현열속 분석결과 가을부터 겨울에 걸쳐 해양의 열손실이 두드러졌으며, 봄과 여름에는 반대로 대기에서 해양으로의 약한 열전달이 이루어져 연중 순현열속은 해양에서 대기로의 열전달을 보여주었다. 잠열속 분석결과 봄에서 여름까지 대기의 열손실이 나타나지만, 그 외 기간에는 해양의 열손실이 월등히 크게 나타났다. 현열속과 잠열속의 크기를 비교해 볼 때, 1-2월을 제외하고는 전반적으로 현열속보다 잠열속에 의한 해양의 열손실이 우세함을 알 수 있었다. 관측지점별로 분석한 열속의 크기와 변동폭은 대체적으로 덕적도에서 더 크게 나타났다. 일정 기간을 선정한 사례연구에서, 1998년 5월 사례의 경우 현열속과 잠열속 모두 칠발도에서 더 크고, 1996년 11월 사례의 경우에는 덕적도에서 훨씬 크게 나타났다.

**주요어:** 해양기상 관측부이, 열교환, 현열속, 잠열속

## 서론

해양은 운동학적 열역학적 과정을 거쳐 해수면을

통해 대기와 에너지를 교환한다. 이러한 해양의 역할은 소규모적이고 단기간의 기상 현상부터 지구온난화 및 엘니뇨와 같은 지구규모의 기상변화와 기후 시스템에 이르기까지 대기에 중요한 요소로 작용한다(기상연구소, 1992). 이러한 대기-해양간의 에너지 교환

\*E-mail: ykang@metri.re.kr

은 해수면에서의 열속을 통하여 이해될 수 있다.

우리나라 해역에서의 해수면을 통한 열교환에 관한 연구는 관측 자료의 부족으로 인해 아직까지는 미비한 실정이지만 한영호(1972)가 Jacobs(1951)의 식을 이용하여 동해 남서해역의 열 상실량을 추정하였으며, 강인식 외(1994)는 해양의 열수지에 근거한 모델을 통하여 동해 해수면을 통한 열교환의 각 성분별 연변화를 재현하였다. 또한 박원선 외(1995)는 우리나라의 선상관측자료와 일본 기상청의 부이자료를 이용하여 해양-대기 열교환량을 계산하였다. 최근에 윤용훈 외(1998b)는 황해 열수지의 계절변화를 분석하였으며 나정열·이성욱(2000)은 동아시아 해역의 해수면 순열속의 장기변동 특성을 밝혔다. 또한, Na *et al.*(1999)은 동아시아 주변해역에 대한 열속의 연변동을 밝힌 바 있다. 이러한 연구들에서는 직접 관측된 자료가 아닌 관련 자료로부터 처리된 2차적인 자료가 사용되거나 연구 영역이 대부분 동해에 한정되어 왔다. 한편, 직접 관측 자료를 사용한 연구로서 윤용훈 외(1998a)는 7개월간 서해상의 칠발도 부이 관측 자료를 이용하여 열수지를 산출한 바 있다. 1996년부터 운영되기 시작된 우리 나라 근해 기상청 부이의 관측 자료가 축적됨에 따라 실제 관측자료를 이용한 연구가 활발해질 것으로 기대된다.

본 연구에서는 서해 중부 및 서해 남부에 각각 설치한 해양기상관측 부이 자료로부터 비교적 장기간 관측된 해양 및 기상 자료를 사용하여 해양-대기 열교환량을 산출하였고, 각 해역별 특성을 살펴보았다.

### 자료 및 처리방법

기상청에서는 해양 및 기상관측을 동시에 수행하는 해양기상 관측부이(Fig. 1)를 설치하여 1시간 간격으로 실시간 자료를 수집하고 있다. 해양기상 관측부이는 해상에서 기상요소 및 해양요소를 자동 관측하여 무선 또는 위성 통신으로 육상에 송수신하는 기능을 가진 자동 해양기상 관측 장비로서 풍향, 풍속, 기압, 기온, 그리고 상대습도 등의 기상요소와 수온, 파고(유의, 최대), 파향, 그리고 파주기 등 해양요소를 관측하며, 현재 4개의 지점에서 실시간 관측이 이루어지고 있다(남효원 외, 1998).

본 연구에서는 서해 중부 연안의 덕적도 부이와 서해 남부연안의 칠발도 부이로부터 관측된 자료를 사용하였다. Fig. 2는 덕적도와 칠발도의 해양기상

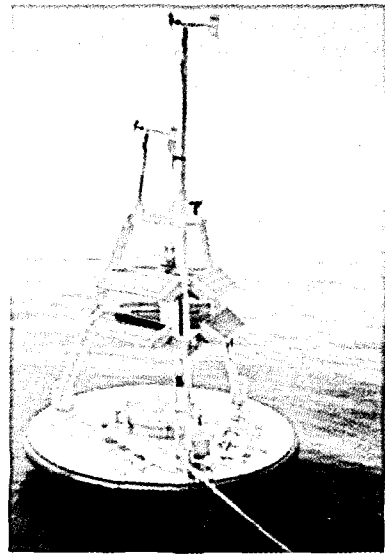


Fig. 1. 3m disc Buoy.

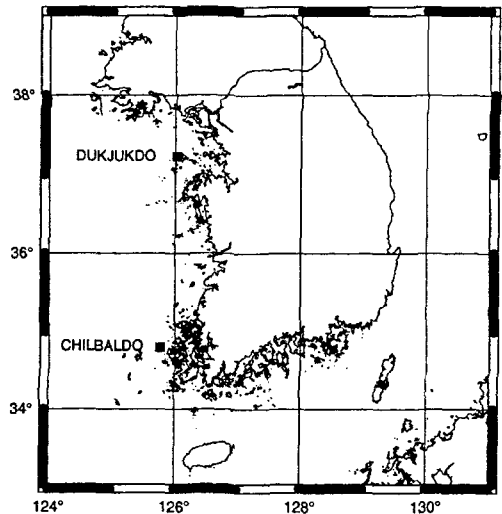


Fig. 2. Sites of the buoy observation in the KMA.

관측부이 위치이다. 덕적도 부이(37° 14'N, 126° 01'E)는 1996년 7월부터 2000년 7월까지 수집된 자료를, 칠발도 부이(34° 48'N, 125° 46'E)는 1996년 11월부터 2000년 7월까지 수집된 자료를 사용하였다.

1일 평균 열수지를 계산하기 위해 1시간 간격으로 수집된 자료를 1일 평균하고, 일평균 자료로부터 벌크 공기역학법(bulk aerodynamic method)을 적용하여 1일 평균 열수지를 산출하였다. 해면상의 열교환을 보기 위해 벌크 공기역학법을 적용하여 현열속(sen-

sible heat flux)과 잠열속(latent heat flux)을 추정하였으며, 열속 산출식은 다음과 같다.

$$Q_H = \rho_a C_p C_H (T_s - T_a) V$$

$$Q_E = \rho_a L C_E (q_s - q) V$$

여기에서,  $Q_H$ 와  $Q_E$ 는 각각 현열속, 잠열속이다.  $\rho_a$ 는 공기의 밀도( $\text{kgm}^{-3}$ ),  $C_p$ 는 정압 비열( $\text{Jkg}^{-1} \text{K}^{-1}$ ),  $T_s$ 는 표층수온(K),  $T_a$ 는 기온(K),  $V$ 는 풍속( $\text{ms}^{-1}$ )을 나타낸다. 그리고,  $L$ 은 증발계수( $\text{Jkg}^{-1}$ ),  $q_s$ 는 표층수온에 대한 포화비습( $\text{g/kg}$ ),  $q$ 는 대기의 비습( $\text{g/kg}$ )을 나타낸다.  $C_H$ 와  $C_E$ 는 각각 현열속과 잠열속의 벌크 교환계수로서 Kondo(1975)의 경험식으로부터 구하였다.

### 결 과

해양-대기간의 열교환량을 추정하기 위해 중부연안(덕적도 부이)과 서해 남부연안(칠발도 부이)에서 관측된 표층수온(SST), 기온, 습도, 해면기압, 그리고 풍속 등의 해양 및 기상 자료를 사용하였으며 그로부터 계산된 열속을 분석하였다.

#### 서해 중부연안(덕적도 부이)의 해양기상 특성 및 열속

Fig. 3은 중부연안에서 관측된 기온, 표층수온, 해면기압, 습도, 풍속의 일평균 시계열이다. 기온은 8월에 최고(평균  $23.7^\circ\text{C}$ ), 1월에 최저(평균  $1.3^\circ\text{C}$ )를 나타내고, 표층수온은 9월에 최고(평균  $22.9^\circ\text{C}$ ), 2월에 최저(평균  $3.0^\circ\text{C}$ )로 기온보다 한 달 늦게 최고값과 최저값이 나타난다. 습도는 5월부터 8월 사이에 평균 80% 이상 상대적으로 높게 나타내며, 가을과 겨울에는 60~80% 정도의 분포를 보인다. 해면기압은 표층수온과 기온에서 나타난 것과는 반대로 7월에 최저로 낮아지고, 이후 점차 증가하여 겨울에 최대가 되는 변동성을 보인다.

해양-대기간의 온도차(DT)를 살펴보면 3월부터 8월까지의 기간에 기온이 표층수온보다 높게 분포하여 안정한 대기 상태( $DT < 0$ )를 나타내지만, 그 외의 시기에는 표층수온이 기온보다 높은 불안정한 대기상태( $DT > 0$ )가 나타난다(Fig. 4a). 또한, DT의 변화폭은 봄·여름에는 작지만, 가을·겨울에는 변화가 심하다. 표층수온에 대한 포화비습과 대기의 비습차(DQ)는 7월에 최소값, 10월에 최대값을 나타내며, 가을·겨울

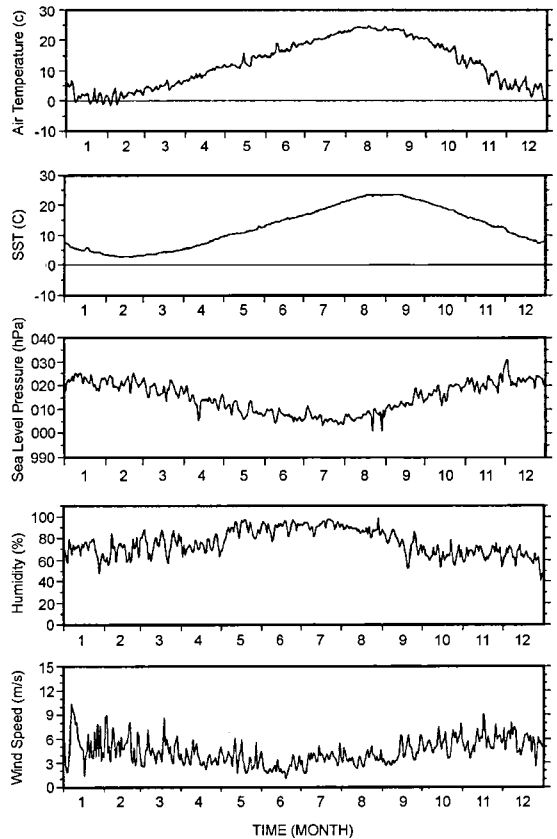


Fig. 3. Time series of air temperature, SST, sea level pressure, humidity and wind speed at the Dukjukdo buoy.

에 큰 변화폭을 가지는 높은 값을 보인다(Fig. 4b).

위의 자료를 토대로 Kondo(1975)의 경험식을 사용하여 서해 중부연안의 현열속과 잠열속을 계산하였다. 현열속은 봄과 여름(3월부터 8월까지)에 음의 값을 보이거나 변동폭이  $-10\text{Wm}^{-2}$  이내로 그 크기가 매우 작으며 7월(평균  $-7.1\text{Wm}^{-2}$ )에 최소가 되는 반면, 가을과 겨울에 현저한 양의 값이 나타나고 12월(평균  $52.8\text{Wm}^{-2}$ )에 최대가 된다(Fig. 4c). 잠열속은 5월부터 7월까지 기간에 미약한 음의 값을 보이고 7월에 최소(평균  $-8.9\text{Wm}^{-2}$ )를 나타내며, 가을과 겨울에 현저한 양의 값을 보이고 최대값은 10월에(평균  $138.7\text{Wm}^{-2}$ ) 나타난다(Fig. 4d).

본 연구에서는 모든 에너지 수지를 고려하지는 않았지만, 열속만을 고찰해 볼 때 봄·여름에 대기에서 해양으로 전달되는 열속의 크기는 매우 적어 열속에 의한 대기·해양간의 에너지 이동이 매우 작은 반면, 가을·겨울에는 해양으로부터 대기로 전달되는 열속

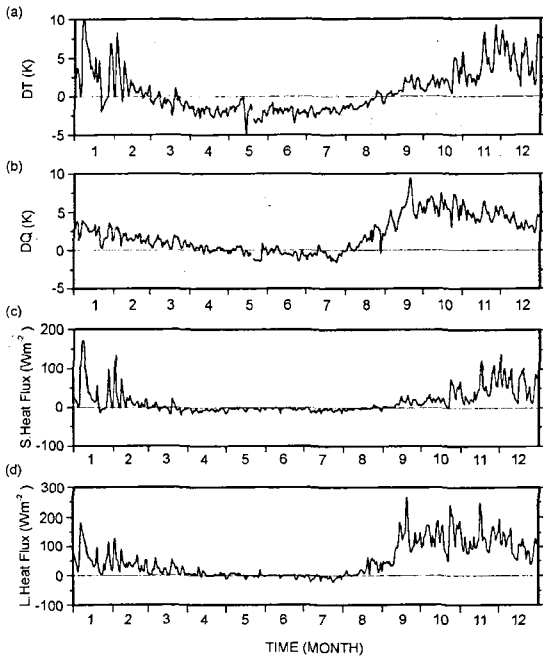


Fig. 4. Time series of (a) DT, (b) DQ, (c) sensible heat flux, and (d) latent heat flux at the Dukjukdo buoy.

이 상당하다는 것을 알 수 있어 열속의 연변화에 있어 해양으로부터 대기로의 순열속이 관측됨을 알 수 있다. 현열속과 잠열속을 비교해 볼 때 겨울을 제외하고 전 계절에 걸쳐 잠열속이 큰 값을 보이고 있어 대기·해양 간의 열속에 잠열이 좀더 기여하는 것으로 생각된다. 특히 잠열속은 가을에 월등히 큰 값을 보이고 있는데, 이는 이 시기에 대기가 건조하여 DQ의 값이 연중 최고가 되기 때문이다. 현열속은 DT의 부호에 따라 3월부터 8월까지 대기가 해양으로 열을 전달하게 되지만, DQ의 영향을 받는 잠열속은 불과 5~7월의 3개월간 대기로부터 해양으로의 열전달이 있다는 차이점을 볼 수 있다.

서해 남부연안(칠발도 부이)의 해양기상특성 및 열속

서해 남부연안에서 표층수온, 기온, 습도, 그리고 해면기압의 일평균 시계열을 Fig. 5에 나타내었다. 칠발도 부이 관측 자료는 결측이 많고, 1월말과 2월의 해면온도와 4월초 습도 자료의 신뢰도가 낮은 것으로 판단되므로 이에 대한 논의는 주의를 요한다. 기온 및 표층수온의 연변동성은 덕적도 부이자료와 유사하나 칠발도에서 기온이 평균적으로 약간 높게 나타나며, 표층수온의 최고값은 덕적도와 다르게 8월

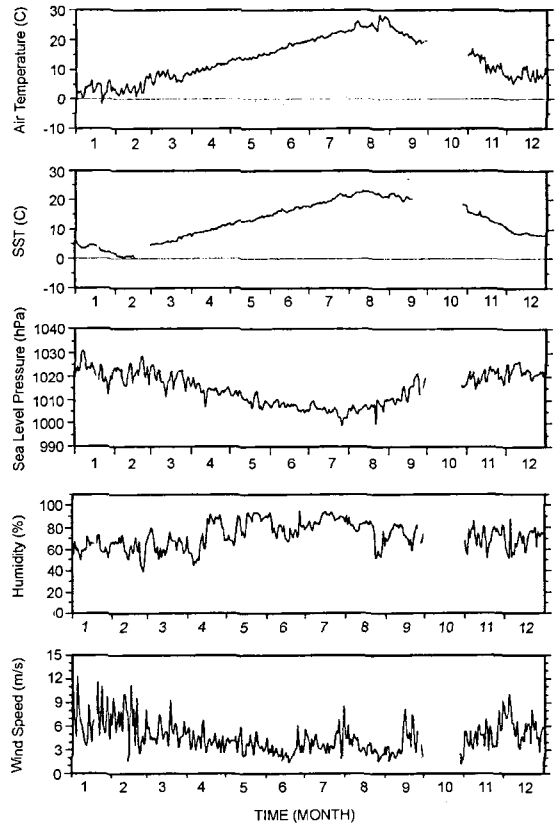


Fig. 5. Same as Fig. 3 except for Chilbaldo buoy.

에 나타났다. 습도는 덕적도보다 다소 낮게 나타난다.

위의 자료를 토대로 DT와 DQ의 특성을 살펴보면 DT는 11월에 양의 값을 보이고 또한 1월에 약하게 양의 값을 나타낼 뿐, 그 외의 계절에서는 약한 음의 값을 나타내고 있다(Fig. 6a). DQ는 가을·겨울뿐만 아니라 건조한 대기의 특징이 나타나는 봄 및 여름에도 DQ가 크게 나타나고 전 계절에 걸쳐 음의 값이 거의 나타나지 않는 특징을 보인다(Fig. 6b).

현열속을 살펴보면, 11월부터 1월초까지 대기로의 열전달이 있으나 나머지 계절은 매우 작지만 해양으로의 열전달이 있음을 알 수 있으며 11월에 최대(평균  $20.4\text{Wm}^{-2}$ ), 8월에 최소(평균  $-6.6\text{Wm}^{-2}$ )를 보인다(Fig. 6c). 잠열속은 연중 양의 값을 보여 해양에서의 열 손실이 있음을 알 수 있으며 12월에 최대(평균  $67.7\text{Wm}^{-2}$ ), 6월에 최소(평균  $0.5\text{Wm}^{-2}$ )를 나타내고 있다(Fig. 6d). 가을과 겨울에 걸쳐 잠열속이 큰 값을 나타내며, 봄철과 여름철에도 잠열에 의한 대기로의 열전달이 관측되고 있다.

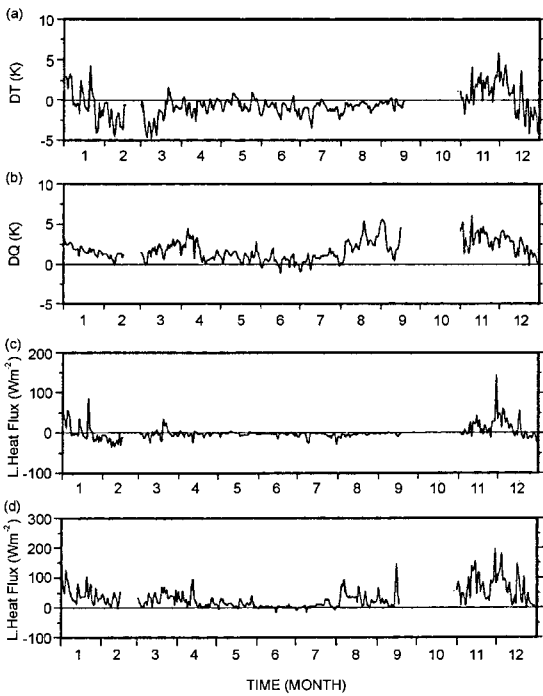


Fig. 6. Same as Fig. 4 except for Chilbaldo buoy.

이상에서 보인 두 지점에서의 열속 및 그 변동성을 나타내는 RMS 값을 Table 1에서 정리하였다.

**사례연구를 통한 서해 중부연안과 서해 남부연안의 열속 비교**

부이 관측은 열악한 관측 환경 탓으로 다른 어떤 기상·해양 관측보다도 관측률이 떨어진다. 관측 변수 중 기온, 표층수온 등은 비교적 결측률이 낮지만 습도의 관측률은 매우 떨어지는 편이다. 관측 지점별 열속 비교를 위해서는 열속 계산에 쓰이는 변수들이 상당 기간 모두 관측이 되고 두 관측지점에서 동일한 기간에 관측이 이루어졌을 때만 비교 분석이 가능하다는 점을 고려해 볼 때 이러한 조건을 만족하

는 비교적 장기간인 시기를 선정하여 덕적도와 칠발도에서의 열속을 비교하였다. 선정된 각 기간의 열속은 각 시기의 고유한 기상 및 해양 조건에 의해 지배되기 때문에 계절을 대표하는 것이라고 볼 수는 없으며 분석이 가능한 기간이 선정된 것이다.

선정된 세 기간은 모두 25일 동안이며, 각각의 시기는 1998년 3월 1일부터 3월 25일까지, 1999년 6월 23일부터 7월 17일까지, 1996년 11월 2일부터 11월 26일까지이다. Fig. 7은 이들의 현열속 및 잠열속을 보여주며, 실선은 서해 중부연안, 점선은 서해 남부연안에서 각 기간 동안의 현열속 및 잠열속이다.

첫 번째 98년 3월의 경우, 현열속과 잠열속의 변화 양상은 두 관측지점에서 유사하나, 그 크기는 모두 서해 남부연안에서 더 크다. 그리고, 전반적으로 잠열속이 현열속보다 더 크게 나타났다. 이 기간 중 칠발도에서 DT의 진폭이 더 컸기 때문에 칠발도에서의 현열속이 높았으며, 습도가 더 낮은 칠발도의 DQ가 커짐에 따라 잠열속도 크게 나타났다. 또한 이 기간 중에는 칠발도의 바람이 더 강한 것으로 관측된 점도 칠발도에서 해양의 열손실을 크게 하는데 기여하였다. 선정된 두 번째 기간에는, 관측지점별 차이가 뚜렷하지 않으며 현열속과 잠열속 비교에서도 크게 차이를 보이지 않는다. 다만, 전체적으로 약하게 대기의 열손실이 있음을 알 수 있다. 세 번째 96년 11월 사례의 경우, 현열속 및 잠열속의 열속이 크게 나타나고 있으며 두 지점에서의 위상이 거의 일치하고 있다. 이 기간 동안 현열속과 잠열속은 서해 남부연안보다 서해 중부연안에서 더 크게 나타나며, 현열보다는 잠열에 의한 해양의 열손실이 훨씬 큰 점이 두드러진다. 이 기간 중 표층수온은 덕적도에서 더 높았고, 늦가을부터 확장하기 시작하는 차고 건조한 대륙성 기단의 북서풍계 바람의 영향으로 북쪽에 위치한 중부 연안의 대기의 기온은 더 낮아지기 시작했기 때문에 DT가 덕적도에서 훨씬 커져 현열속이 높

Table 1. Seasonal mean and RMS (Root-Mean-Square) of the sensible heat flux and the latent heat flux around Dukjukdo and Chilbaldo.

	Sensible heat flux/RMS (Wm <sup>-2</sup> )		Latent heat flux/RMS (Wm <sup>-2</sup> )	
	Dukjukdo	Chilbaldo	Dukjukdo	Chilbaldo
Spring (3 · 4 · 5)	-4.2/6.4	-2.3/8.0	8.2/13.1	20.4/19.6
Summer (6 · 7 · 8)	-4.5/4.3	-4.5/5.7	2.5/16.9	4.9/21.9
Autumn (9 · 10 · 11)	25.2/25.3	5.2/23.9	117.3/51.4	46.2/47.8
Winter (12 · 1 · 2)	37.0/42.5	4.5/26.4	65.3/45.2	50.1/42.8

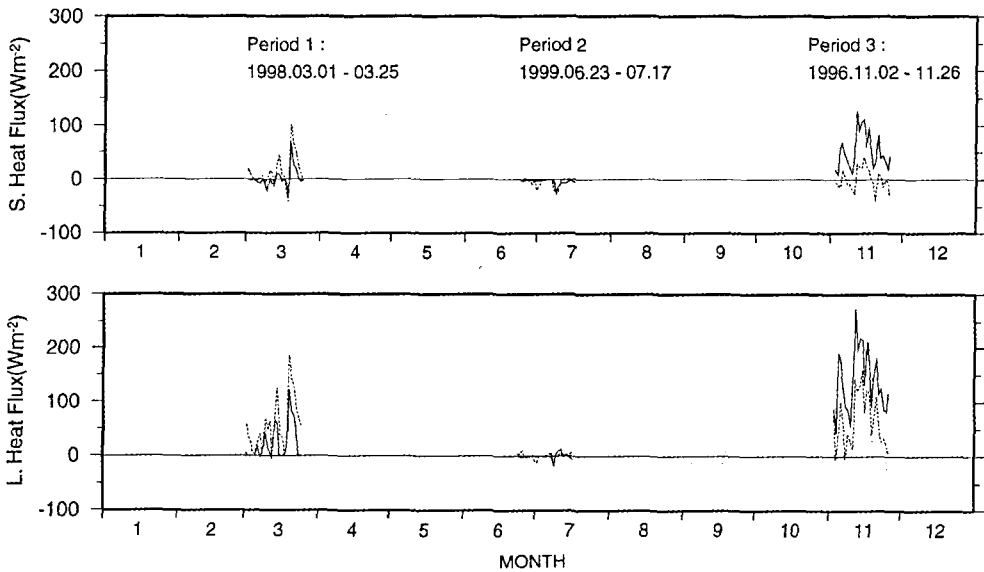


Fig. 7. Comparison of the sensible heat flux and the latent heat flux during selected period at Dujukdo (solid line) and Chilbaldo (dotted line).

았으며, 습도가 더 낮은 덕적도의 DQ로 인하여 잠열 속도 더 크게 나타났다. 그러나 풍속은 칠발도에서 약간 크게 나타나 두 지점간의 열속 차이를 줄이는 효과가 있었다.

### 결론 및 고찰

서해 중부연안(덕적도 부이)과 서해 남부연안(칠발도 부이)에서 관측된 해양 및 기상요소들과 벌크 공기역학법을 이용하여 계산된 열속의 평균적 특성을 살펴보고, 특정 시기의 각 관측지점에서 열속을 비교하여 보았다.

먼저, 서해 중부연안과 서해 남부 연안에서 관측된 해양 및 기상요소들의 관측지점별 차이를 살펴보면, 서해 중부연안(덕적도 부이)과 서해 남부연안(칠발도 부이)에서 관측된 해양 및 기상요소들의 일평균 시계열은 유사한 변동양상을 나타내었다. 그러나, 관측된 위치에 따라 기온의 평균 최고·최저값은 남쪽인 서해 남부연안에서 더 높고, 표층수온의 평균 최고값은 서해 남부연안에서보다 서해 중부연안에서 더 높게 나타났다. 표층수온의 주기는 기온 주기보다 1달 정도 시간지연을 보였다. 해면기압은 최저값이 7월에 나타나고, 습도는 5월부터 8월까지 평균 80% 이상의 상대적으로 높은 값이 나타났다. 풍속은 가을과 겨울에 평균 5m/s 이상 강하게 나타났다. 서해 중부연안

의 풍계는 봄과 여름에는 남동풍이, 가을과 겨울에는 북서풍이 우세하고, 서해 남부연안은 여름에는 남서풍이, 그 외 계절에는 북동풍이 우세하였다.

계산된 열속 분석 결과 현열에 의해서 봄철과 여름철에 대기에서 해양으로의 열전달이 이루어졌고, 가을과 겨울에 해양의 열손실이 있었으며, 연중 순열속을 살펴볼 때 해양의 열손실이 훨씬 큰 것으로 나타났다. 잠열의 형태로 늦여름부터 가을·겨울을 거쳐 늦봄까지 해양이 대기로 열을 공급하고 있었고 봄에서 여름까지 짧은 기간동안 대기에서 해양으로의 열전달이 있었으며, 연중 순열속으로 볼 때 해양의 열손실이 월등히 컸다. 또한 전반적으로 현열속보다는 잠열속에 의한 해양의 열손실이 크게 나타났다.

또한 두 관측 지점에서 열속을 비교하였을 때 열속의 크기나 그 변동폭이 서해 중부연안에서 크게 나타나는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 1978년부터 1995년까지 JMA 기상도와 KMA 자료 등을 이용하여 계산된 18년간의 서해상의 현열속과 잠열속의 분포와 대체로 일치한다. 두 지점에서의 열속을 비교하기 위하여 구체적인 기간을 설정하여 사례 분석하였는데, 1998년 3월의 경우 현열속 및 잠열속 모두 칠발도에서 약간 높은 값을 나타내었고, 1999년 초여름의 경우는 거의 차이가 발견되지 않았으며, 1996년 11월의 사례에서는 덕적도가 훨씬 큰 값을 보였다.

이상의 분석은 약 4년간의 해상 부이 관측자료를 이용하여 열속을 계산한 것이었다. 표층수온의 경우, 일반적으로 알려진 것과 반대로 서해 중부해역에서 더 높은 평균 최고값이 나타났다. 칠발도 및 흑산도 주변해역은 지형적 요인, 용승 등의 여러 가지 영향으로 비교적 저온수가 빈번하게 형성되는 해역이며, 한반도 서해 연안해역에서 남쪽으로 설상(舌狀)의 냉수괴 분포가 자주 나타난다. 또한, 칠발도 부이는 담수의 영향을 직접적으로 받는 연안해역에 설치된 반면, 덕적도 부이는 비교적 외해에 있고 조류가 강한 해역이므로 연안수의 영향이 미치지 않을 것으로 사료되어진다. 따라서 덕적도 부이의 수온이 비교적 높게 나타나는 것을 이러한 영향과 표층수의 유동, 기상조건, 조석혼합에 의한 영향등이 복합적으로 작용하여 나타난 결과일 것이다. 최근 오희진(2000)은 국립수산진흥원의 격월 관측자료를 분석한 결과, 여름철 칠발도 및 흑산도 주변 해역의 표층수온이 덕적도 근해보다 저온수가 분포함을 입증한 바 있다. 부이 자료를 이용한 향후 연구에 있어 이러한 관측지점의 국지적 특성은 참고되어야 할 것이다.

부이의 관측은 각종 측기의 유지 보수에 드는 경비, 기상악화, 해상 사고 등의 어려움으로 결측률이 높고 생산된 자료의 품질 검사가 완전히 이루어지지 않고 있는 탓에 본 논문의 사용된 자료를 분석하는데 어려움이 많았다. 이 논문에서 언급된 덕적도 부이와 칠발도 부이의 경우도 4년 이상 관측하면서 많은 결측이 있었다. 특히 칠발도 부이의 경우 1월과 2월의 해면온도와 4월초 습도 자료에서 다소 신뢰도가 떨어짐을 언급하였었다. 따라서 좀더 장기간의 부이 자료가 수집되고, 자료의 질을 향상시킨다면 우리나라 서해상에서의 해상 및 기상 상태를 보다 면밀히 파악할 수 있을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 내용은 2000년도 기상청 기상연구소의 ‘영종도 주변해역의 해무예측 연구’ 및 ‘해양기상 관측부이 및 장비운영’의 일환으로 이루어졌다.

## 참고문헌

- 강인식 · 김맹기 · 심태보, 1994, 한반도 주위 해양에서의 해면 열수지와 응력의 계절변동. 한국해양학회지, 29(4), 325-337.
- 기상연구소, 1992, 한국-태평양 기후 시스템 연구(I), 과학기술처 연구보고서, 254 p.
- 나정열 · 이성욱, 2000, 동아시아 해역 해수면 순열속의 장기 변동 특성. 「바다」 한국해양학회지, 5(2), 86-94.
- 남효원 · 홍 윤 · 장호수, 1998, 해양기상관측 부이 조립. 기상연구논문집, 15, 101-110.
- 박원선 · 오임상 · 심태보, 1995, 동해열수지의 시 · 공간적인 분포. 한국해양학회지, 30(2), 91-115.
- 오희진, 2000, 황해 남서해역 수괴의 계절별 변화 분석. 충남대학교 석사학위논문. 70 p.
- 윤용훈 · 홍성길 · 홍 윤 · 이지연, 1998a, 칠발도 Buoy 자료를 이용한 해양-대기 열교환량 산출 및 파랑 특성에 관한 연구. 한국해양학회지, 3(1), 9-15.
- 윤용훈 · 김태희 · 문재인, 1998b, 황해 열수지의 계절변화. 한국지구과학회지, 19(1), 1-8.
- 한영호, 1972, 1월의 동해 남서해역에서의 열수지와 대한해협 냉수괴. 한국해양학회지, 7(1), 19-23.
- Jacobs, W.C., 1951, Large-scale aspect of energy transformation over the oceans. Compendium of Meteorology. American Meteorological Society, 1057-1070.
- Kondo, K., 1975, Air-sea bulk coefficients in diabatic condition. Boundary-Layer Meteorology, 9, 91-112.
- Na, J.-Y., Seo, J.-W. and Lie, H.-J., 1999, Annual and seasonal variations of the sea surface heat fluxes in the East Asian Marginal Seas. Journal of Oceanography, 55, 257-270.

2000년 11월 28일 원고 접수  
2001년 2월 1일 수정원고 접수  
2001년 2월 2일 원고 채택