

제주도 함덕연안해역의 해황·기상의 계절변동에 관한 연구

양성기·김해동*·최찬문**

제주대학교 해양토목공학과·*부산대학교 지구과학과·**제주대학교 실습과

On the Seasonal Variability of Oceanic and Atmospheric Condition off Northern Cheju Island

Sung-Kee Yang · Hae-Dong Kim* · Chan-Moon Choi**

Department of Ocean Civil Engineering, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

**Department of Earth Science, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea*

***Practicice Affairs Section, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea*

Time series data of oceanic and meteorological elements observed by Marine Research Institute, Cheju National University are used to investigate seasonal variabilities in oceanic and atmospheric conditions. Heat flux elements at the sea surface are derived from the data of the marine meteorological reports by applying an aerodynamical bulk method. The seasonal variation of several heat flux elements were abnormal during the analysed period (June, 1993 ~ September, 1995), and it might be related to global-scale changes in the ocean-atmosphere system. And the oceanic condition of the northern Cheju Island was sensitive to the insolated solar radiation.

Key words : oceanic and meteorological elements, heat flux, aerodynamical bulk method, global-scale changes.

서 론

사면이 바다로 둘러싸인 제주도는 해상·기상 관측을 수행할 수 있는 천혜의 해역에 위치하고 있다. 제주도 주변해역은 각종 이질 수계들이 복잡하게 혼합하고 있어서, 해수의 물리적 특성은 다양한 시·공간적 스케일을 가지고 장·단기 변동을 한다.

제주도를 중심으로 한 한국 연안해역의 해수 순환 과정 및 해수유동에 대한 연구를 수행함에 있어서는 해양-대기의 열교환 과정에 대한 해명이 중요한 과제가 되는데, 이를 연구하기 위해서는 반드시 해양-기상의 상호작용 효과가 고려되어야 한다. 따라서, 우리나라 해양의 길목인 제주도 주변 해역에서 나타나는 해양학적 및 해양기상학적인 변동기구를 규명하기 위해서는 이들 두 분야를 동시에 연구해야 하며, 또 다년간에 걸친 각 변동특성 및 해수순환과 열수지 관계도 고려되어야 한다.

이 해역과 접해있는 황해 및 동중국해의 해역에는 계절에 따른 독특한 탁월풍이 존재하는데, 이로 인해 해면과 대기간의 열교환에 현저한 계절적인 변화가 나타난다. 또한 1993년 하계와 같이 저수온·저염분의 수계가 이상(異常)적으로 발달하는 경우도 있다. 이러한 수계의 출현은, 연안역에 있어서 해양 환경을 지배하는 중요한 요인이 되며, 수산 자원량의 증감에도 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 양 등(1992)은 제주도 연안해역에서 관측된 장기간의 해황 및 기상과 어획량 자료를 사용하여 이들 수계 상호간의 장·단기 변동기구를 검토하여, 제주도 연안기상 및 해황이 어획생산량에 미치는 영향을 조사한 바 있다. 또한, 제주도 주변해역의 해황과 기상은 계절변동이 탁월하며, 이상 냉수년을 제외하고는 수온과 기온의 경년변화에 위상차가 거의 없이 매우 높은 상관성이 있음을 보였으며, 어획량이 많았던 시기에는 기온 및 수온이 저온화되었던 시기에 해당됨을 보이고 있다. 제주도 연안

정점에 대한 수온 및 염분변동의 국지적인 경향은 연중 북쪽 연안역이 남쪽 연안역보다 외양수의 영향을 받는 시기가 긴 편이다. Kim and Yang(1995)은 이상 기상을 보였던 1993년과 1994년 하계에 대해서 제주도 북부해역의 표면 열수지해석을 시행하여, 제주도 주변해역의 수온은 주로 태양복사량에 의존하며, 해양열운반의 효과는 크지않음을 지적하였다. 그러나, 제주도 연안해역의 해황 및 기상학의 변동에 대한 연구는 아직도 매우 부족한 실정이다. 더우기 해황변동의 발생기구에 관해서는 아직 충분한 해명이 이루어지지 않고 있다.

한편, 초여름 일본 동북 지방의 태평양측에도 하계에 저수온 현상이 발생한다. 이같은 현상은 오호츠크 고기압이 발달하여, 한랭기류가 남하할 때(일본에서는, 이를 "아마세기류"라고 부르고 있다) 발생하는 해양상의 하층운이 장기간 태양복사에너지를 차단함으로써 인해 큰 영향을 받고있다고 보고되고 있다(Kutsuwada, 1990 ; Kato and Asai, 1983 ; Rikiishi and Iida, 1990 ; Kurasawa, Hanawa and Toba, 1983). 이러한 해황·기상의 변동 현상은, 여러가지 시간 및 공간 스케일에 의한 상호작용의 결과이다(Kutsuwada, 1990). 그러한 인과관계를 논의하려면, 대규모의 해양·기상 자료뿐만 아니라 국지적인 관측이 세밀히 그리고 연속적으로 이루어져야만 한다.

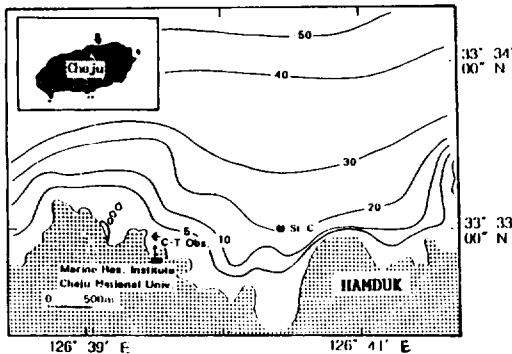


Fig. 1. Location of Marine Research Institute, Cheju National University. The numerals on the lines indicate the depth in meter.

제주도 북부 해안 중앙부에 위치한 제주대학교 해양연구소(위치는 Fig. 1 참조)에서는 1993년 3월부터 해양·기상 종합기록장치를 설치하여 연속적인 관측을 수행하고 있다. 이것에 의해, 풍향·풍속, 기온, 상대습도, 해면기압, 순복사, 강수량 등

의 해상기상 자료와 수온, 전기전도도 등의 해황자료가 연속적으로 관측되고 있다. 이 자료를 이용해서 제주도 북부 연안의 해면 열수지가 추정된다면, 수온의 장·단기 예측과 해수순환의 역학 기구를 밝히는데 중요한 역할을 하게 될 것이다. 그러나 제주도의 해안 부근은 용천수의 유출, 강수의 유입 및 연안해역의 국지적인 현상등으로 인하여 수온 분포가 복잡한 양상을 띠고 있으며, 또 복잡한 지형으로 인하여 풍향·풍속 등의 기상요소도 많은 변화를 보일 수 있다. 따라서 이곳의 관측치가 제주도 북안 해역을 대변하려면 연안역의 여러 관측점에서 보다 많은 실측이 행하여지고, 그들 상호간의 상관성이 얻어져야 한다.

본 연구에서는, 제주도 북부 연안해역의 중앙부에 위치한 함덕연안역의 해양·기상관측 자료와 해수면에서 대기로의 현열 및 잠열 flux를 bulk method로 추정하여 시계열 분석하여 보았다.

자료 및 분석방법

제주도 북안중앙부 함덕에 위치한 제주대학교 해양연구소의 해상·기상 종합기록장치(Auto Weather System, AADERAA사)는, 1993년 3월부터 매시간 연속적으로 관측이 수행되고 있으며, 본 연구에서는, 풍속, 풍향, 기온, 수온, 상대 습도, 해면 기압, 순복사량은 이곳에서 한 시간 간격으로 관측된 자료를 이용하였으며, 강우량과 운량은 이곳 관측소로부터 서쪽으로 약 10 km 정도 떨어져 있는 제주지방기상대의 자료를 이용해서 열수지 해석을 실시하였다.

해면에서의 현열(SH) 및 잠열(LH)flux 평가는 다음과 같은 bulk 공식을 이용하여 추정되었다.

$$SH = C_p \cdot d \cdot Ch \cdot (T_s - T_a) \cdot W \quad (1)$$

$$LH = L \cdot d \cdot Ce \cdot (Q_s - Q_e) \cdot W \quad (2)$$

여기서 C_p , d , T_s , T_a , W , L , Ch , Ce , Q_s , Q_e 는 각각 공기의 정압 비열($1004 J/(kg \cdot deg)$), 밀도($1.27 kg/m^3$), 수온(단위: $^{\circ}C$), 기온(단위: $^{\circ}C$), 해수면에서의 풍속(단위: m/sec), 증발($2.51 \cdot 10^6 Joule/kg$), 안정시의 현열 및 잠열에 대한 bulk 수송 계수($Ch=0.00083$, $Ce=0.0015$), 해수면 온도에 대한 포화 비습(kg/kg), 그리고 공기의 비습이다. 여기서 포화 비습은,

$$Q_s = 0.622 \cdot e_s / (P - e_s) \quad (3)$$

로 표현되며, P는 해면상의 대기압(hPa)이고, 포화 수증기압(hPa)은 Teten(1923)의 공식을 이용하여 다음과 같이 표현된다.

$$es = 6.11 \cdot \text{EXP}(17.27 \cdot T / (T + 273.16 - 35.86)) \quad (4)$$

여기서 T는 기온 혹은 수온(단위; °C)이다.

해황(수온과 염분)의 계절 변동

Fig. 2는 조사기간 동안의 SST(Sea Surface Temperature, 단위; °C)의 월평균치이다. 이 그림에서 1993년 6월부터 1995년 9월까지의 계절변동 특성을 비교해 볼 수 있다. 즉, 1993년 하계(6~8월)의 수온(약 16 °C)이 1994년 하계 수온(6월은 약 17.5 °C, 7~8월은 약 24 °C)에 비해서는 약 8 °C 정도 1995년 하계 수온(8월에 최고 약 27 °C)에 비해서는 10 °C 이상 낮았다. 그리고 최고 수온이 1994년과 1995년은 8월에 나타났지만 1993년의 경우는 9월에 최고치가 출현하였다. 또 최저 수온이 관측 기간중에는 모두 2월에 나타났는데, 그 값은 1994년은 약 12.5 °C였고, 1995년은 약 13 °C로 서로 비슷하였다.

Fig. 3은 염분(salinity, 단위; psu)의 월평균치이다. 겨울철(12~2월)에 염분도가 높은 34.0 psu, 하계(6~8월)에 낮은(1993년은 약 18 psu, 1994년은 약 28 psu) 경향을 보였다. 관측치가 계절에 따라서 변동폭이 큰 원인은 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 이 해역의 수심이 얕고(2~3 m 정도), 육지에서 가깝기 때문에 강수, 용천수의 유입량 및 증발량에 대단히 민감하게 반응하기 때문으로 사료

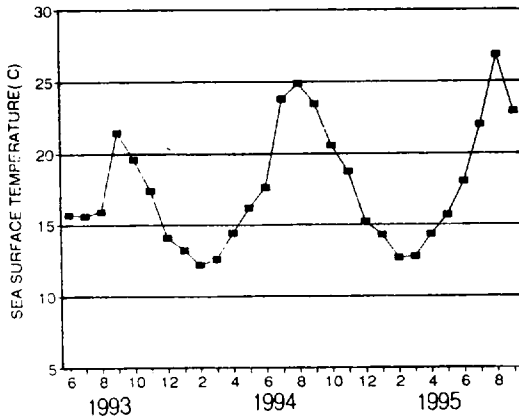


Fig. 2. Monthly mean of SST at Hamduk, in °C.

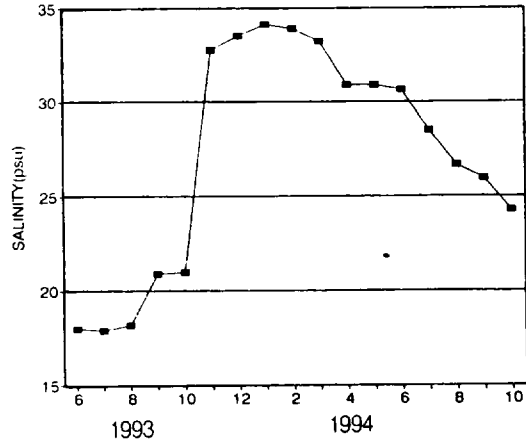


Fig. 3. Same as in Fig. 2, except for salinity, in psu.

된다. Otake(1993) 등이 일본의 Otsuchi 임해연구센터에서 해양·기상관측장치를 설치한 첫 해의 염분자료에서도 강우량이 많았을 때는 하천으로부터 담수의 유입이 많아 현저한 저염분 현상이 나타나고 있다(일본의 Otsuchi 임해연구센터에서는, 이러한 문제점을 개선하기 위하여 관측되는 염분이 외양수와 교환효과를 모니터링할 수 있도록 취수구의 설치장소와 관측방법이 수정되었다). 또한, 1994년 11월부터는 관측장치의 불안정으로 인해 결측이 되었던가 혹은 비정상적인 값이 얻어지고 있었기 때문에 자료의 분석에 이용하지 않았다.

기상 요소의 계절 변동

Fig. 4는 월평균 기온을 나타내고 있다. 월평균 최고치가 1994년과 1995년에는 7~8월에 약 27 °C 였던 것에 반해서, 1993년 8월은 약 23 °C에 지나지 않는 냉하(冷夏)였음을 볼 수 있다. 제주지방기상대에서 관측된 70년간의 월평균치(Fig. 5)와 비교해 보면, 1994년과 1995년의 하계 평년치에 가깝고, 1993년의 하계치는 평년치보다 약 5 °C 정도 낮은 기록적인 저온년이었다. 그리고 겨울철(12~2월)을 제외하고는 본 관측점의 해안에서 관측된 기온이 제주 기상대 값보다 낮게 나타났는데, 이는 해양이 갖는 기온의 smoothing 효과(기온이 수온보다 높을 때는 대기로부터 열을 흡수하고, 그 반대일 때는 흡수했던 열을 대기로 방출하는 효과)와 지형적인 효과로 해석할 수 있다. Fig. 6은 월평균 풍향이다. 0도와 360도가 북풍이고, 90, 180 그리고

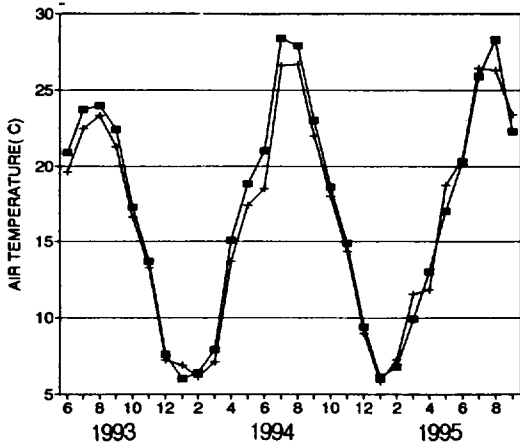


Fig. 4. Monthly mean of the observed air temperatures at Hamduk(+ +) and the Cheju district meteorological observatory(- ■ -), in °C

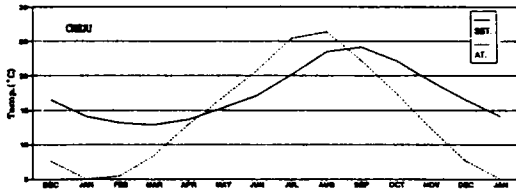


Fig. 5. Monthly mean of SST and air temperature at Cheju during the past 70 years (1921~1990).

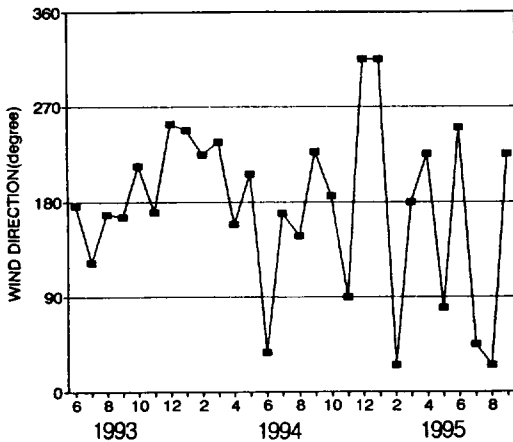


Fig. 6. Monthly mean of wind direction at Hamduk, in degree.

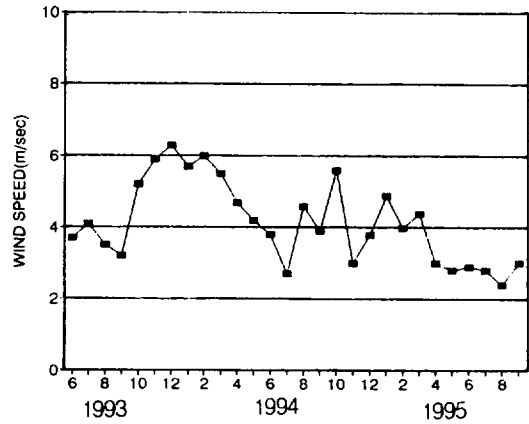


Fig. 7. Same as Fig. 6, except for wind speed, in m/sec.

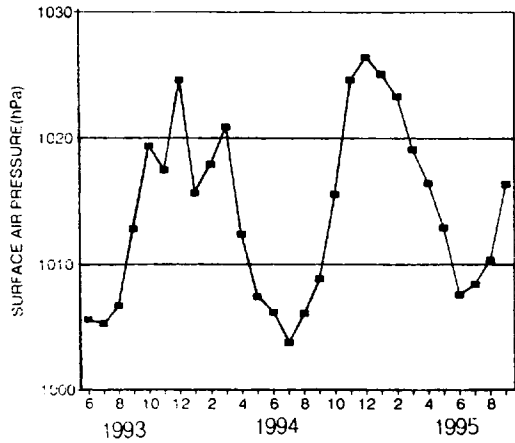


Fig. 8. Same as Fig. 6, except for surface air pressure, in hPa.

270도는 각각 동풍, 남풍 그리고 서풍을 의미한다. 대체로 하계에는 남풍에서 남동풍 계열의 바람이 우세하며, 동계에는 북서풍계열이 우세함을 알 수 있다.

본 관측소에서의 풍향은 제주지방기상대의 관측치와 거의 일치했다. 월평균 풍속은, 대체로 동계치(약 6 m/sec)가 하계치(약 4 m/sec)보다 크게 나타남을 알 수 있다(Fig. 7).

Fig. 8은 월평균 해수면 기압인데, 대체로 12월이 최대(약 1025 hPa)이고 7월이 최저(약 1005 hPa)가 되는 정현함수적 계절변화를 보이고 있다. 상대 습도는 대체로, 7~8월에 최대(약 94%)가 나타

나고 1~2월에 최저(약 85%)로 되는 정현함수적 계절변동을 보인다(Fig. 9). 그리고 1993년의 하계치가 1994년과 1995년 하계치보다 약 2% 높음을 알 수 있다.

Fig. 10은 월강우량인데, 이 자료는 제주기상대의 관측치이다. 1993년의 하계 3개월(6~8월)치는 약 900 mm에 이르는데, 이는 1994년 하계의 3개월치(약 550 mm)에 비해서 거의 65%나 많은 양이다. 그리고 제주지방의 하계 평균 강우량(약 650 mm)에 비해서도 1993년의 하계는 다우년에 해당되며, 1994년의 하계는 소우에 해당된다. 그리고 1995년 6~8월의 총계는 약 850 mm였는데, 이는 제주지방의 평년치보다 약간 많은 양이었다.

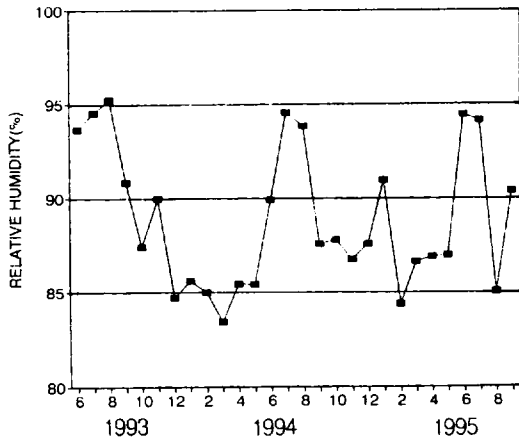


Fig. 9. Same as Fig. 6, except for relative humidity, in %.

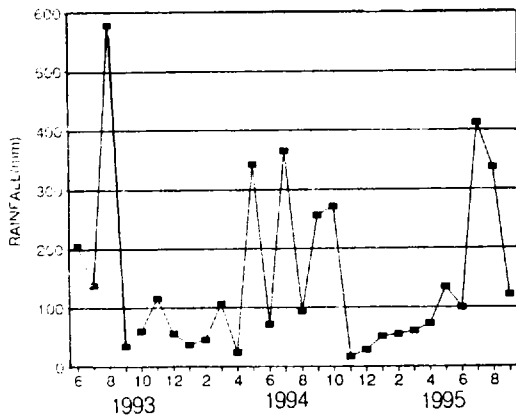


Fig. 10. The monthly total amounts of rainfall, in mm.

해양에서 대기로의 열flux

Fig. 11은 월평균 현열flux이다. 해양에서 대기로의 흐름을 양(+)의 방향으로 하였다. 전반적인 경향이 하계에는 작은 음(-)의 값을 나타내고, 동계에는 큰 양의 값을 보이고 있다. 또한, 절대치는 동계치가 하계치보다 매우 크게 나타나고 있다. 그런데 1993년의 하계에는 상대적으로 큰 음의 값이 나타났는데, 이는 1993년 하계의 해수면 온도가 평년치(6월; 약 17.5 °C, 7월; 약 20 °C, 8월; 약 24 °C)보다 훨씬 낮았기 때문이다.

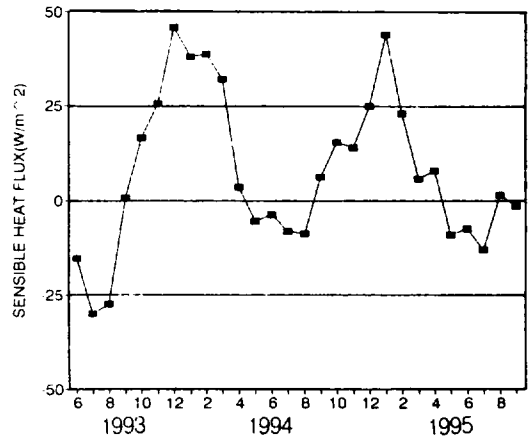


Fig. 11. Monthly mean of sensible heat flux, in W/m^2 .

Fig. 12는 월평균 잠열flux인데, 현열flux와 마찬가지로 해양에서 대기로의 흐름을 양(+)의 방향으로 하였다. 일반적으로 중위도대의 경우, 4월에서 9월까지를 해양의 가열기로, 9월말부터 12월까지를 냉각기로 분류할 수 있는데, 가열기에는 잠열과 현열의 합이 거의 0이 되어 해면 열수지는 복사수지에 의존한다. 또 냉각기에는 복사수지보다 잠열과 현열쪽에 의존한다고 알려져 있다(Otobe, 1993). 본 연구에서도, 가열기에는 현열과 잠열의 부호가 서로 반대이고 절대치는 비슷한 경향을 볼 수 있으며, 냉각기에는 현열과 잠열의 부호가 같고 그 절대치가 큼을 알 수 있다.

Fig. 13은 월평균 순복사량[하향복사량(=태양복사+하향장파복사)-상향복사량(=지구장파복사)]이다. 위에서 기술한 바와같이, 가열기의 순복사량은 잠열+현열량에 비해서 훨씬 큼을 볼 수 있다. 반면, 냉각기에는 현열 혹은 잠열량과 비슷한 크기에 불과하다. 또한, 1993년 하계의 순복사량이

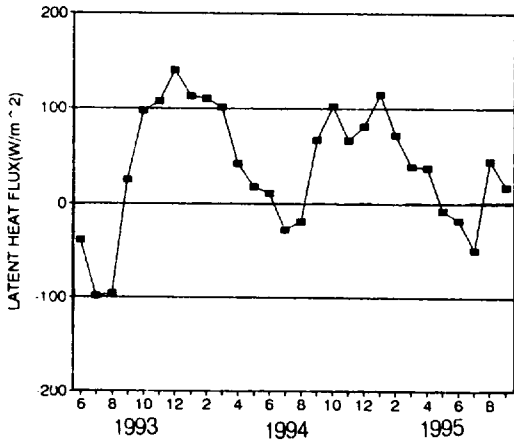


Fig. 12. Same as in Fig. 11, except for latent heat flux, in W/m^2 .

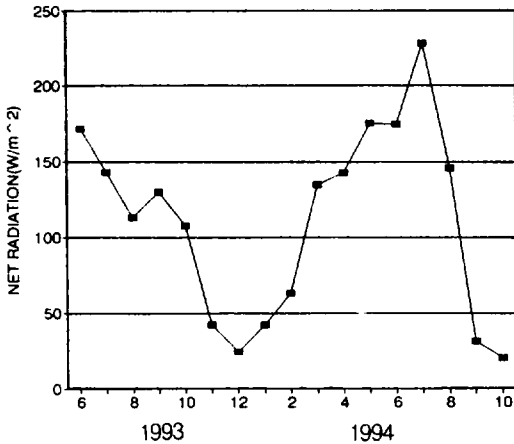


Fig. 13. Same as in Fig. 11, except for net radiation, in W/m^2 .

1994년 하계치에 비해 약 $50 W/m^2$ 정도 적었음을 볼 수 있다. 그러나 1994년 10월부터는 측정비에 이상이 있어 순복사량이 관측되지 않았거나 관측이 되었어도 정상적인 자료가 얻어지지 못하였기 때문에 자료분석에 이용할 수가 없었다.

고찰

1993년의 하계(저온·다우)와 1994년의 하계(고온·소우)는 서로 상반되는 이상 기상을 보인 해였음을 관측 자료의 해석으로부터 알 수 있었다. 1993년 하계의 경우는, 평년치에 비해 기온이 $5^{\circ}C$

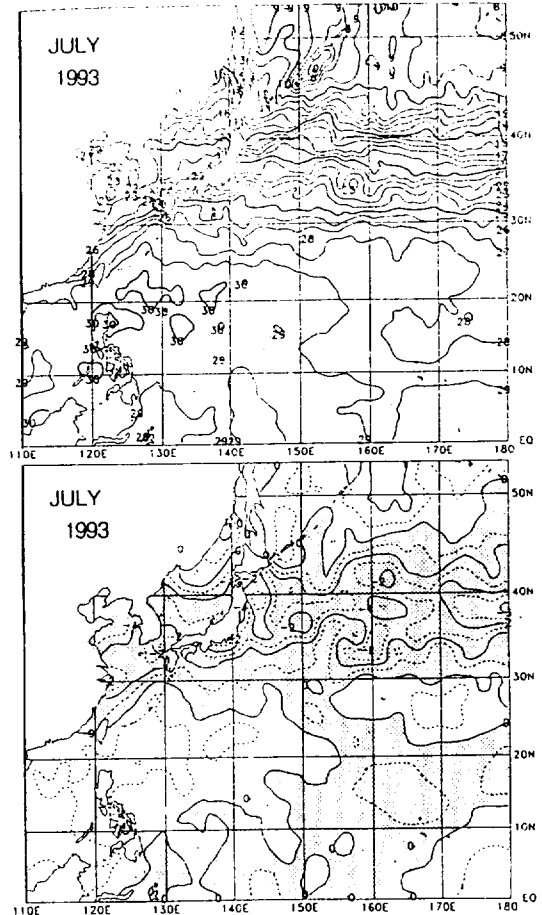


Fig. 14. Monthly mean SSTs in the western North Pacific(top) and anomalies(bottom) for July 1993. Anomalies are computed with respect to the Japan Meteorological Agency (JMA) climatology(1961~1990). The contour interval is 1K and additional anomaly contours of 0.5K are shown. Negative anomalies are stippled. [From Monthly Ocean Report prepared by the El Niño Center, Oceanographical Division, Marine Department, Japan Meteorological Agency, July 1993]

정도 낮았던 것에 비해 수온은 평년치보다 약 $8^{\circ}C$ (7~8월의 경우)나 낮았다. 1993년 하계 저수온의 출현 원인은, 먼저 1993년 하계가 이상 저온·다우의 해였기 때문에 해면에 도달하는 태양 복사량이

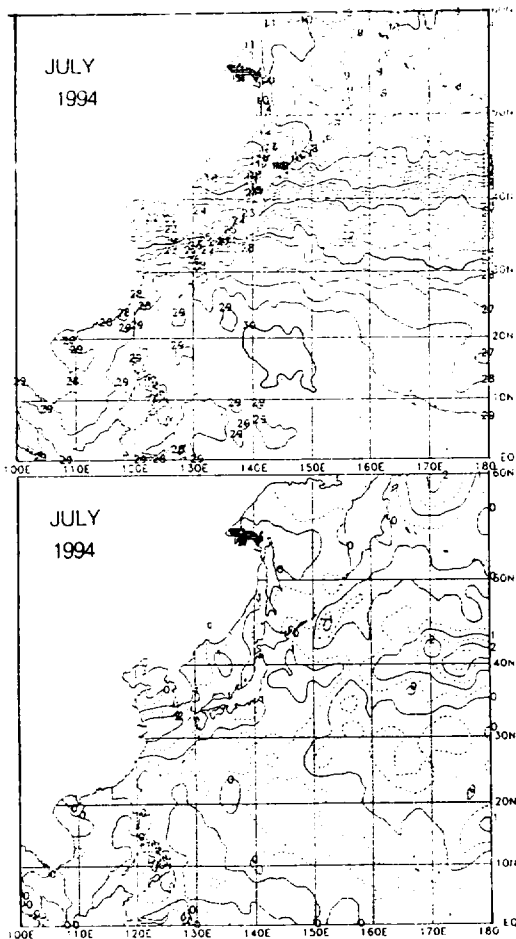


Fig. 15. Same as in Fig. 14, except for July 1994.

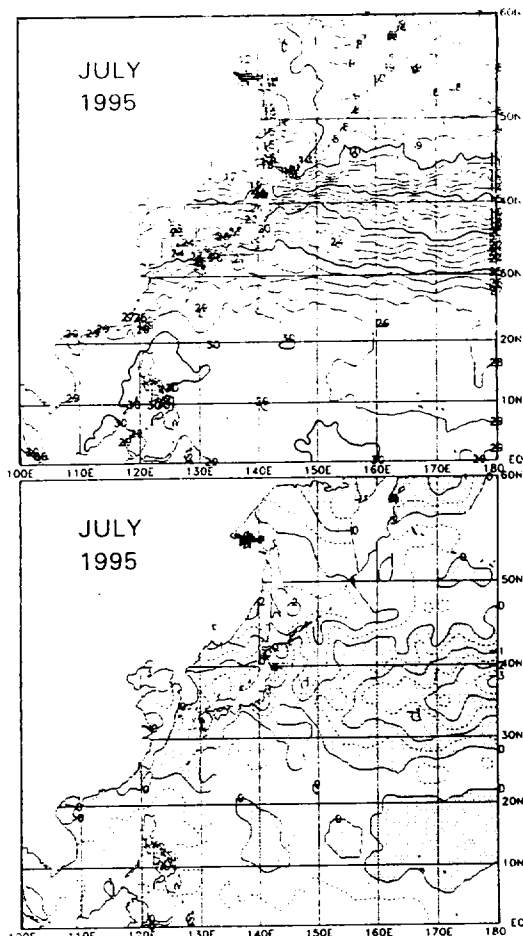


Fig. 16. Same as in Fig. 14, except for July 1995.

작았고, 또 해수면이 현열의 형태로 대기에 많은 열을 방출하고 있기 때문이다(Fig. 11 참조). 이외의 원인으로서는, 1993년 하계는 북서태평양 전체의 해면수온이 평년치에 비해서 1~2°C 정도 낮았다는 것을(Fig. 14~16)에서 알 수 있다.

Bowen ratio(현열/잠열)는 시베리아 한기단의 장출시를 제외하고는 1보다 훨씬 작은 것이 일반적인데, 1993년 하계의 경우는 Bowen ratio가 1보다 컸다. 이는, 1993년 하계의 대기가 저온다습했기 때문에 열수지 관계에 있어서 해수면에서 대기로의 현열flux가 잠열flux보다 컸음을 의미한다. 이때의 잠열flux(Fig. 12)는 1994년에 비해 약 50% 정도에 지나지 않았는데, 이는 1993년 하계가 저

수온, 저기온, 높은 상대 습도를 나타내어 그 절대치가 평년에 비해서 매우 작았기 때문이다.

해수의 수온 및 염분의 측정지점이 육상에서 유입되는 담수에 민감하게 또한 크게 의존을 하고 있었는데, 향후 관측지점의 이동 등의 방법으로 관측치가 담수의 유입효과보다는 외양수와 교환 효과를 모니터링할 수 있도록 고려되어야 할 것으로 사료된다.

한편, 해양과 대기는 열적 상호교환을 통해서 서로 균형을 이루어가고 있으므로, 해양·대기계의 순환장을 이해하려면, 대규모적인 규모에서의 관측뿐만 아니라 국지적 규모의 해양·대기 상호작용의 이해가 필요하다. 그 예로서, 해양 혼합층 두께의 추정에 10 m의 오차가 생기면 저열량 1개

월 평균치의 오차는 약 47 W/m^2 에 이르며(Ishi and Kondo; 1987, 1992), 하층운이 해양에 도달하는 태양 복사를 하루 동안 차단하면 해수면 온도는 $-0.4 \sim -0.5 \text{ }^\circ\text{C/day}$ 정도씩 냉각된다고 한다(Hasse, 1963, 1971). 우리나라 주변의 동해 및 황해와 동중국해는 계절에 따라서 현저한 기단변질을 일으키는 동시에 해역 자체도 큰 국지적 변동을 하고 있으며, 해양 운반열의 계절 변동도 크다(Ishi and Kondo, 1993). Kondo와 Miura(1985)에 의하면, 하계에 남중국해로의 해양열 운반은 -50 W/m^2 정도에 이른다. 이 양은 현열이나 잠열flux와 거의 같다. 따라서 이 해역의 순환장을 이해하려면 수평, 수직적 관측이 면밀히 이루어져야 하고, 이에 따른 역학적 해석이 덧붙여져야 할 것이다.

결론

해양 · 기상관측이 시작된 1993년(저온 · 다우)과 1994년(고온 · 소우)의 경우는 서로 상반되는 이상 기상을 보인 해였으며, 이들의 기상요소값들을 Table 1에 나타냈다. 1993년의 하계(Fig. 17)는 북태평양 고기압의 발달이 미약하였고, 또 오후크 고기압이 강하게 발달하여 저온 다우의 해였으

며, 1994년의 하계(Fig. 18)는 이와 반대로 북태평양 고기압의 세력이 평년치 이상으로 발달하여 고온 · 소우의 해였다. 따라서 해양 · 기상학적 요소들의 월변동이 큰 대조를 보였다. 해수면에서의 순복사량은 Fig. 13에서 볼 수 있듯이, 저온 현상을

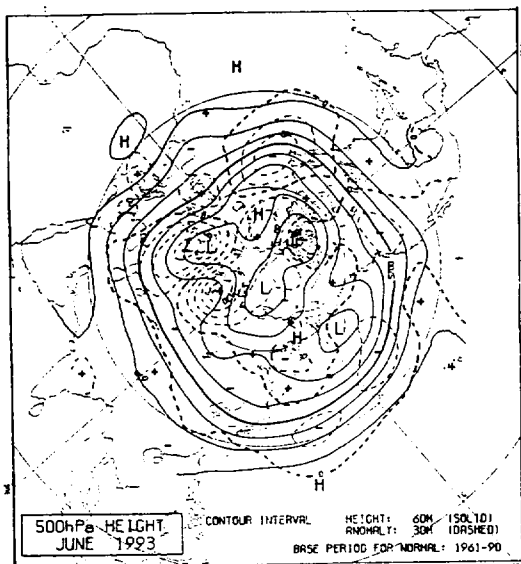


Fig. 17. The monthly mean 500hPa map in the northern hemisphere for June 1993. [From Tenki(Japan), 40]

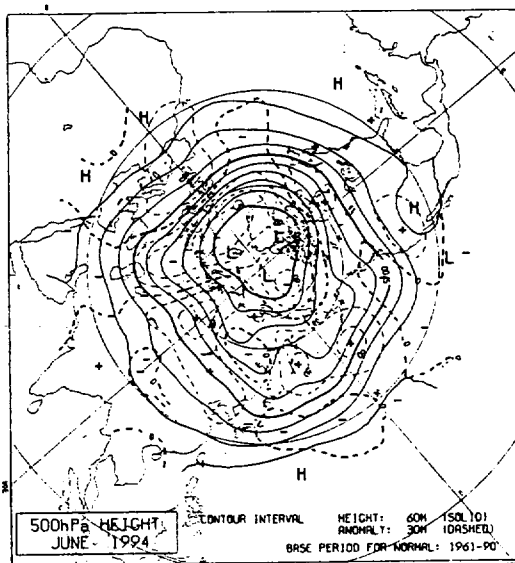


Fig. 18. Same as in Fig. 17, except for June 1994. [From Tenki(Japan), 41]

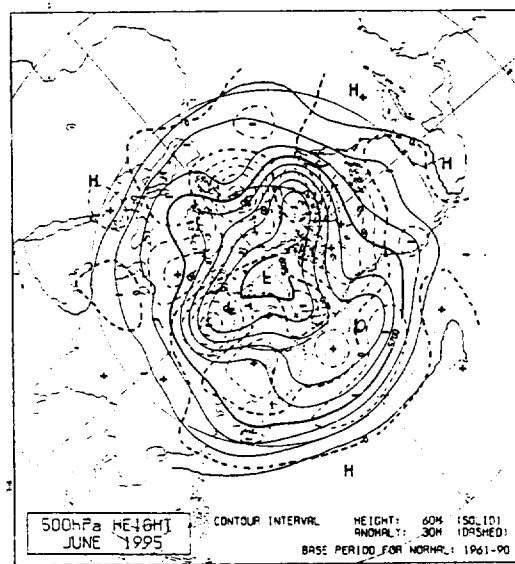


Fig. 19. Same as in Fig. 17, except for June 1995. [From Tenki(Japan), 42]

Table 1. Monthly mean data for the period(June, 1993 – September, 1995)

| | Air Temperature(°C) | SST(°C) | Rainfall(mm) | Salinity(ψsu) | Sen. Heat(W/m ²) | Lat. Heat(W/m ²) | Net Rad.(W/m ²) |
|------|---------------------|---------|--------------|---------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 93.6 | 19.6 | 15.7 | 204.9 | 18.0 | -15.3 | -38.8 | 172.0 |
| 7 | 22.5 | 15.6 | 137.5 | 17.9 | -29.9 | -98.1 | 142.7 |
| 8 | 23.3 | 15.9 | 578.4 | 18.2 | -27.4 | -95.5 | 112.9 |
| 9 | 21.3 | 21.5 | 34.2 | 21.0 | 0.7 | 25.1 | 129.9 |
| 10 | 16.6 | 19.6 | 60.2 | 20.4 | 16.5 | 97.5 | 107.7 |
| 11 | 13.3 | 17.4 | 115.6 | 32.7 | 25.6 | 107.6 | 42.3 |
| 12 | 7.2 | 14.1 | 56.4 | 33.4 | 46.0 | 140.3 | 24.1 |
| 94.1 | 6.9 | 13.2 | 37.5 | 34.0 | 38.0 | 112.9 | 42.2 |
| 2 | 6.1 | 12.2 | 46.0 | 33.9 | 38.7 | 110.8 | 63.4 |
| 3 | 7.1 | 12.6 | 106.5 | 33.2 | 32.0 | 101.0 | 134.5 |
| 4 | 13.7 | 14.4 | 24.8 | 32.0 | 3.5 | 42.1 | 142.4 |
| 5 | 17.4 | 16.2 | 342.3 | 30.9 | -5.3 | 18.0 | 175.2 |
| 6 | 18.5 | 17.6 | 72.3 | 30.7 | -3.6 | 23.7 | 174.6 |
| 7 | 26.6 | 23.8 | 365.3 | 28.5 | -8.0 | 17.3 | 228.4 |
| 8 | 26.7 | 24.9 | 94.0 | 26.4 | -8.8 | 31.0 | 145.6 |
| 9 | 22.0 | 23.5 | 256.2 | 26.0 | 6.2 | 38.6 | 31.1 |
| 10 | 18.0 | 20.6 | 271.1 | 24.3 | 15.4 | 42.1 | - |
| 11 | 14.3 | 18.8 | 17.1 | 24.1 | 14.0 | 66.6 | - |
| 12 | 9.0 | 15.2 | 28.5 | - | 25.0 | 81.9 | - |
| 95.1 | 5.8 | 14.3 | 52.2 | - | 44.0 | 114.9 | - |
| 2 | 7.3 | 12.7 | 55.1 | - | 23.0 | 72.1 | - |
| 3 | 11.6 | 12.8 | 61.3 | - | 5.7 | 38.9 | - |
| 4 | 11.9 | 14.3 | 72.9 | - | 7.9 | 38.1 | - |
| 5 | 18.7 | 15.7 | 13.6 | - | -9.0 | -8.0 | - |
| 6 | 20.4 | 18.1 | 100.9 | - | -22.5 | -85.5 | - |
| 7 | 26.4 | 22.0 | 413.2 | - | -39.6 | -230.4 | - |
| 8 | 26.3 | 26.9 | 336.9 | - | 1.5 | 45.1 | - |
| 9 | 23.4 | 22.9 | 121.2 | - | -9.6 | -20.6 | - |

보인 1993년 하계(6~8월)가 고온 현상을 보인 1994년 하계에 비해 평균 약 50 W/m² 정도 적었다. 특히 7월에는 그 차이가 매우 컸다(약 90 W/m²). 이는 저온·다우의 계절이었던 1993년 하계에 태양복사량이 매우 적었기 때문이다.

참 고 문 헌

Hasse, L., 1963. On the cooling of the sea surface by evaporation and heat exchange, Tell-

us 15, 363~366.

Hasse, L., 1971. The sea surface temperature deviation and the heat flow at the sea-air interface, Boundary-Layer Meteorology 1, 368~379.

Ishi and Kondo, 1987. Seasonal variation of heat balance in the East China Sea. Tenki, 34, 29~38(in Japanese).

Ishi and Kondo, 1992. Seasonal variation of heat balance in the East China Sea and its Vicinity. - Ocean heat transport and ocean sto-

- rage of heat. Tenki, 40, 309~324(in Japanese).
- Ishi and Kondo, 1993. The seasonal variation of the oceanic heat transport in the East China Sea, Yellow Sea and Sea of Pohai. Tenki, 40, 895~906(in Japanese).
- Kato, K., and T. Asai, 1983. Seasonal variations of the heat budgets in both the atmosphere and the sea in the Japan Sea Area, J. Meteor. Soc. Japan, 61, 222~238.
- Kondo and Miura, 1985. Surface heat budget of the western Pacific for May 1979. J. Meteor. Soc. Japan, 63, 633~646.
- Kurasawa, Y., K. Hanawa and Y. Toba, 1983. Heat balance of the surface layer of the sea at ocean weather station T, J. Oceanogr. Soc. Japan, 39, 192~202.
- K. Kutsuwada, 1990. Long-term variability of oceanic and atmospheric condition off Sanriku Coast. Umi to Sora, 66, 15~25(in Japanese).
- Rikiishi and Iida, 1990. The oceanic effect to the Yamase events. Monthly ocean, 22, 55~60 (in Japanese).
- 乙部 弘隆 · 阿部 千昭 · 盛田 孝一 外, 1993. 海象 · 氣象 觀測 結果, 大追臨海研究 center 報告 第 19號, 137~152.
- 양성기, 노홍길, 손태준, 박원배, 1992. 제주도 연안 해역의 해황 및 기상이 어획생산량의 변동에 미치는 영향, 제주대학교 논문집, 제34집, 51~76.
- Kim, H. D. and Yang, S. K., 1995. Surface Heat Budget of the Northern Sea of Cheju Island for June-August 1993 and 1994. J. of the Korean Environmental Sciences Society, vol. 4 (3), 197~206.