

# 한국 서해에서 수온 및 염분에 미치는 기상 인자의 영향

이충일\* · 이종희\*\* · 김동선\*\*\*

\*\*\* 부경대학교 해양산업개발연구소

## Effects of Meteorological Factors on Water Temperature, Salinity in the West Sea of Korea

Chung Il Lee\* · Jong Hee Lee\*\* · Dons Sun Kim\*\*\*

\*\*\* Research Center for Ocean Industrial and Development, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

**요 약** : 1971년부터 2001년까지 해양 및 기상관측 자료를 활용하여 한국 서해에서 기상인자(기온, 바람, 강수량)가 수온과 염분 변화에 미치는 영향을 분석 하였다. 그 결과 수온-기온, 수온-강수량, 염분-풍속은 정상관(+)을, 수온-풍속, 염분-기온, 염분-강수량은 역상관(-)의 관계를 보였다. 기상인자와 해양인자간의 시간지연(time lag)은 표층에서 0~4개월, 저층까지 기상의 영향이 도달하는 데에는 표층보다 0~4개월의 시간지연이 더 있었다. 수온은 같은 해의 기온 변화의 영향을 크게 받는 반면, 염분은 그 직전해의 강수량의 영향을 크게 받았다. 풍속의 강약에 따라 수온, 염분의 변동 폭 또한 함께 변화하였다.

**핵심용어** : 한국 서해, 수온, 염분, 풍속, 강수량, 기온

**ABSTRACT**: The effect of meteorological factors such as air temperature (AT), wind speed (WS), precipitation (Pre) on the variation of water temperature (WT) and salinity (Sal) in the West Sea of Korea for the period 1971 to 2001 was illustrated. As a result of this study, WT-AT, WT-Pre, and Sal-WS had positive correlation, reversely WT-WS, Sal-AT and Sal-Pre had negative correlation. In the surface layer, time lag between atmospheric factors and oceanographic factors was 0 to 4 months, on the other hand in the bottom layer, it was delayed 0 to 4 months compared to the surface. WT was affected by AT in the same year, but Sal was affected by precipitation in the previous year. The variation of WT and Sal was in harmony with change of wind speed.

**Key words** : West Sea of Korea, Water temperature, Salinity, Wind speed, Precipitation, Air temperature

### 1. 서 론

해양과 대기 사이의 상호작용에서 해양의 저열량 (heat storage)의 역할은 매우 중요하며, 해면을 통한 열 교환의 연 변화에 큰 영향을 미치게 된다(Kang, 1984). 온대해역의 경우, 대체적으로 여름에는 기온이 해표면 온도보다 더 높지만, 겨울에는 해표면 수온이 기온보다 더 높은 이유를 해양의 저열량으로 설명할 수 있다(Kang, 1983). 한국 서해는 평균 수심이 약 44m로 반 폐쇄성 천해이기 때문에 동해나 남해에 비해 상대적으로 적은 저열량을 가지고 있다. 따라서 적은 저열량으로 인하여 기상변화에 민감하고, 외부로부터 유입되는 열과 담수 등에 의해 국지적으로 수온과 염분농도의 변화가 초래될 수 있다. 수온과 염분은 국지적인 태양복사 및 담수뿐만 아니라 바람과 해류에 의해서도 영향을 받는다.

특히 염분의 연 변동을 발생시키는 일차적인 이유는 외양에서는 증발과 강우, 그리고 극 지역에서는 해빙(解氷)과 결빙(結氷)이

주요 원인이다(Defant, 1961; Neumann, 1972; Dietrich et al., 1980). 반면에 한국 주변 해역에서의 염분변동은 강수량과 하천 유출수의 계절적 변동이 주된 원인이다(Kang and Jin, 1984b).

Kang and Jin (1984a, 1984b)의 연구에 의하면 서해는 연평균 수온이 동해나 남해에 비하여 약 3°C 낮아 연평균 값이 13~16°C이고, 평균염분 농도도 동해나 남해에 비하여 약 1~2psu 낮아 평균값이 31.5~32.7psu 이고 공간적인 변동폭이 크다. 평균 수온의 경우, 동해나 남해에 비하여 낮을 뿐만 아니라, 연교차는 20°C 이상으로 주변 해역보다 훨씬 크게 나타난다. 이러한 수온과 염분의 변화는 황해의 특징을 반영하여 낮은 저열량과 계절풍, 강수량 및 하천의 유출수로 인한 것으로 보인다. Cho and Cho(1988)는 황해에서 기온에 따른 수온 연직 구조의 변화를 연구하였는데, 그 결과 동계에는 연안과 외양이 완전혼합형을, 하계에는 연안은 혼합작용이 활발하고, 외양은 성층이 발달하는 형태를 보였다. 그리고 혼합층 깊이와 성층의 형태의 연직분포의 차이는 기온의 연 변동과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 그리고 안 등(1997a, 1997b)은 기온 및 강수량과 해면온도와의 상관관계에 관한 연구에서는 기온과 수온을 여름과 겨울, 두 계

\* 대표저자: 정희원, leeci@pknu.ac.kr, 051)620-6257

절로 구분하여 이들 사이의 상관관계를 분석하였다. 수온과 기온은 양 계절 모두 상관성이 높고, 정상관이다. 그러나 기온과 강수량과의 관계에서는 겨울에는 정상관을, 여름에는 역상관을 나타냄을 보였다.

선행 연구에서는 서해의 광역에 대한 해양과 기상 인자들 간의 상호 관계에 대한 해석이 부족하였으며, 또한 표면수온과 기온 및 강수량 사이의 상호관계를 연구한 것에 집중되어 있다. 서해는 지형특성상 수온변화가 기온뿐만 아니라 풍속의 영향을 많이 받을 것으로 예상되며, 또 황하 및 양자강들의 하천수의 유입량이 많아 계절에 따라 염분 변화가 클 것으로 예상된다. 본 연구는 해양에 영향을 주는 다양한 기상인자를 고려하여, 인자들 간의 상호 관계 및 수온과 염분변화에 미치는 기상인자의 영향을 규명하고자 한다.

## 2. 자료 및 방법

### 2.1 자료

#### 1) 수온과 염분

국립수산과학원의 서해 정선관측자료 중 수온과 염분을 1972년부터 2001년까지 짝수 격월 간격으로 관측된 것을 이용하였다. 수온과 염분은 연직적으로 0, 10, 20, 30, 50, 75m의 표준 수심으로 관측된 것이다. 이 중 본 연구에서 수심에 따른 자료는 표층자료(0m)와 저층(각 정점별 최대 수심자료)를 사용하였다. 연구기간 중 1972년, 1975년, 1989~1992년, 1997년의 12월 수온, 염분의 자료는 4개의 연구정점 모두 결측되었다.

#### 2) 기상 자료

한국기상청의 기온, 풍속 및 강수량의 3가지 인자에 대한 월별 값을 이용하였다. 기온, 풍속의 경우는 월 평균값을, 강수량의 경우는 일 합계의 월 누적 값이 각각 이용되었다. 선정된 정점은 서산, 군산, 목포로 1972~2001년 사이의 연구 기간 내에 결측은 없었다.

#### 3) 자료의 한계

본 연구에 사용된 자료는 국립수산과학원의 정선관측자료와 기상청의 기후자료였다. 누년 변동 분석과 상호상관계수를 구할 경우, 정선관측자료와 기후자료 둘 다 짝수 격월을 이용하였다. 격월간격의 자료이므로 기상인자와 수온, 염분 사이의 관계에서 2개월 이하의 관련성은 알기 어려우며, 2개월 이상의 시간 스케일에 대한 관계를 주로 알 수 있다.

그리고 기상자료는 해상의 자료를 사용하는 것이 가장 좋으나, 자료 부족으로 인하여 부득이 연안의 기상청 자료를 사용하였다. 비록 수온, 염분이 격월 자료가 사용되었지만, 30년의 연구기간 중에 일정한 간격으로 지속적으로 관측되어 기상인자가 해양에 미치는 영향 분석을 위한 자료로서 적합한 것으로 판단된다.

### 2.2 방법

#### 1) 정점 선정

국립수산과학원에서 제공하는 해양수산기술정보의 서해 정선관측 자료를 바탕으로 하여, 자료의 유무, 저열량, 수온, 염분과 같은 서해의 특징을 고루 나타내고, 또한 지역을 대표할 수 있는 정점을 선정하였다(Fig. 1). 먼저 한국 서해를 연안과 외양으로 구분한 후, 위도를 기준으로 북쪽과 남쪽으로 해역을 구분하였다. 기상자료는 해상의 자료를 사용하는 것이 가장 좋으나, 자료 부족으로 인하여 부득이 연안의 기상청 자료를 사용하였다. 중국 대륙에서 건조한 공기가 황해를 건너오면서 해양의 영향을 크게 받으므로, 한국 서해의 연안역은 국지적인 기상의 차이가 있을 것으로 생각된다. 따라서 기상자료를 얻는 정점은 가능한 해양 정점과 가장 가까운 해안의 기상청의 관측점을 선택하였다. 따라서 외양에서 북쪽인 307-05정점과 기상청 서산 관측점과 외양의 남쪽 311-07정점과 목포 관측점을 선정하였다. 연안은 남쪽의 311-04정점과 목포 관측점, 그리고 연안 북쪽 309-01정점과 군산 관측점을 선정 하였다.

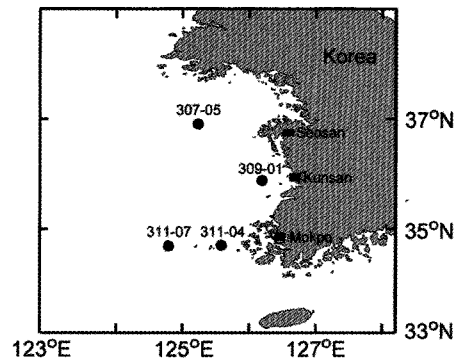


Fig. 1. Map showing the location of oceanographic stations (filled circles) and meteorological stations (filled squares).

#### 2) 누년 변동 분석

수온 및 염분은 격월 간격으로 1회씩 측정된 값을 월 대표값으로 사용하였고, 연평균은 격월간격으로 측정된 6개월의 값을 평균하였다. 수온과 염분은 표·저층의 값을 사용하는데, 4개 정점 모두 0m를 표층으로 하였고, 저층은 정점과 해역에 따라서 수심의 차이가 있어 부득이 각각 다른 수심으로 하였다 즉, 309-01정점은 20m, 311-04정점은 30m, 307-05정점은 50m, 그리고 311-07정점은 75m를 각각 저층으로 하였다.

수온, 염분의 정선 관측 자료 중, 기준 수심으로 관측되지 않은 것은 선형 보간법을 이용하여 표준수심으로 맞추었다. 그리고 선형 보간법은 표준 수심 상하로 관측 자료가 존재하는 경우에 사용하였다. 선형 보간을 할 경우 수온약층의 영향으로 자료의 왜곡이 나타날 수 있다. 그래서 수온약층을 기준으로 상층의 것은 상층자료란, 그 반대의 경우는 아래의 자료로서 보간 하였다. 연구기간 중 연구정점이 모두 결측된 기간 인 1972년, 1975년, 1989-1992년, 1997년의 12월의 수온, 염분은 보간 하지 않았

### 3. 결과

#### 3.1 수온 및 염분과 기상인자의 연변화

##### 1) 연변화

연안에 위치한 관측점 중 상대적으로 북쪽에 위치하는 309-01 정점에서 표·저층의 수온, 염분 및 군산에서 관측한 기온, 풍속, 강수량의 연 변동을 보면(Fig. 2) 표층의 연평균수온은 14.12°C 이었으며, 수온범위는 12.50~16.25°C 였다. 저층의 연평균수온은 12.75°C로 표층의 연평균수온보다 약 1.37°C 정도 낮게 나타났으며, 수온 범위는 11.33~14.63°C 였다. 표층의 연평균염분은 32.00psu이였으며, 염분범위는 31.12~32.95psu 이었다. 저층의 연평균염분은 32.19psu 이었으며, 염분범위는 31.61~33.08psu 이었다. 연평균기온은 12.68°C 이고, 범위는 11.53~13.80°C 이었다. 연평균풍속은 3.91m/s이며, 범위는 3.28~4.50m/s 이었으며, 연평균강수량은 99mm이고, 65~147mm 사이의 범위를 가진다.

다. 이 기간은 전·후의 선형 보간이 가능한 기간들이 존재하지만, 표층뿐만 아니라 저층도 사용하기 때문에 저층의 12월 자료가 전·후 월과 선형적인 관계라 보기 어렵기 때문에 보간하지 않았다. 기온, 풍속의 월 값은 월 평균값을 사용하였고, 강수량의 월 값은 일누적 값을 월 값으로 사용하였다. 기상자료(기온, 풍속, 강수량)의 연값은 격월이 아니라 1월부터 12월까지 사용하여 계산하였다 특히 강수량의 경우는 다른 기상인자에 비하여 수가 크기 때문에, 연 값을 월 누적 값으로 사용하지 않고, 월 값을 12개월을 합산하여 12개월로 나눈 평균값을 연 강수량 값으로 사용하였다.

##### 3) 상호상관계수 (Cross correlation coefficient)

수온, 염분은 격월 관측된 값을 월 값으로 사용하였고, 기상인자(기온, 풍속, 강수량)의 월 자료는 정선관측자료와 동일한 짝수 월을 기준으로 격월 간격으로 추출하였다. 그리고 상관계수 값을 구할 경우, 수온, 염분 자료가 존재하지 않는 구간은 기상자료 역시 제거하였다. 월 자료를 이용하여 수온 및 염분과 각 기상인자들과의 시계열 사이의 관련성을 파악하고, 양 인자들 사이의 시간 정보(time lead, lag)를 알아보기 위해서 상호상관함수(cross correlation function,  $R_{xy}(k)$ )를 사용 하였다.

$$R_{xy} = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(y_{t+k} - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2 \sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y})^2}}$$

여기서  $x_t$ 와  $y_t$ 는 각각 동일한 시점의 수온, 염분과 기상인자들의 시계열이다.  $y_{t+k}$ 는 시차  $k$  일때의 기상인자들,  $\bar{x}, \bar{y}$ 는 각각의 평균값이며,  $N$ 은 시계열내의 자료 수이다. 상호상관함수를 이용하여 구한 시차  $k$ 는 양(+), 음(-)의 값을 가지게 된다. 양의 값을 가지는 경우는 기상인자가 해양 인자의 변화 보다 앞서는 경우이며, 음의 값을 가지는 경우는 그 반대의 경우이다. 상호상관함수를 이용하여 상관계수를 구할 때 대응되는 수온, 염분과 기상인자들의 각 정점들은 Table 1과 같다.

Table 1. Meteorological stations adjacent to each oceanographic station. Cross correlation was calculated using the data measured at neighbor oceanographic and meteorological station

Oceanographic stations	Meteorological stations
309-01	Kunsan
311-04	Mokpo
307-05	Seosan
311-07	Mokpo

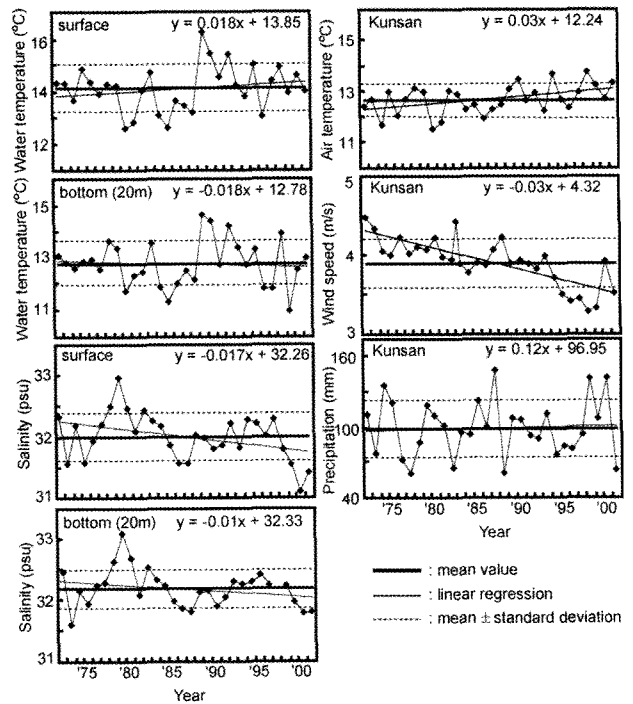


Fig. 2. Annual fluctuation of water temperature, salinity at St. 309-01 and air temperature, wind speed, precipitation at Kunsan from 1972 to 2001.

남쪽에 위치하는 311-04정점에서 표·저층의 수온, 염분과 목포에서 관측한 기온, 풍속, 강수량을 Fig. 3에 각각 나타내었다. 표층의 연평균수온은 13.92°C였으며, 수온범위는 12.60~15.26°C 였다. 저층의 연평균수온은 11.82°C로 표층의 연평균수온보다 약 2.10°C 정도 낮았으며, 수온범위는 10.14~13.89°C 이었다. 표층의 연평균염분은 32.59psu였으며, 염분범위는 32.59~33.47psu 이었다. 저층의 연평균염분은 32.76psu, 염

본 범위는 31.04~33.57psu 이었다. 년평균기온은 12.79°C로 범위는 12.75~14.90°C이었다. 년평균풍속은 4.14m/s, 범위는 3.70~4.48m/s 사이였다. 년평균강수량은 94mm이고 범위는 51~149mm 였다.

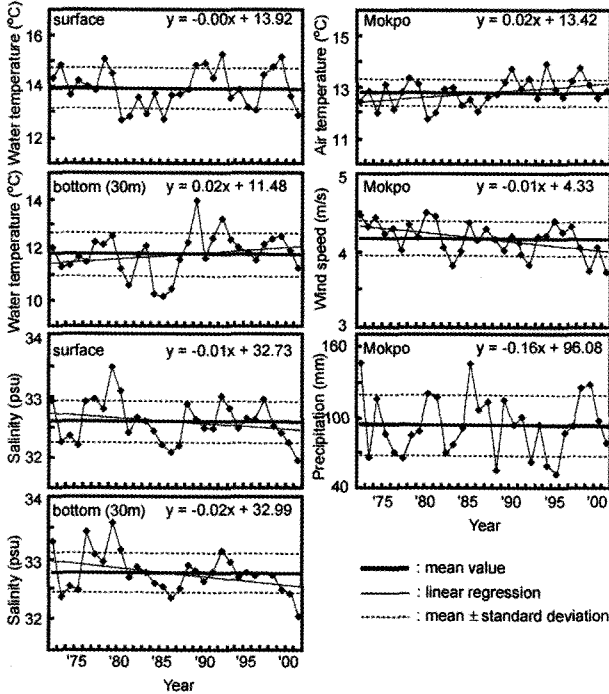


Fig. 3. Annual fluctuation of water temperature, salinity at St. 311-04 and air temperature, wind speed, precipitation at Mokpo from 1972 to 2001.

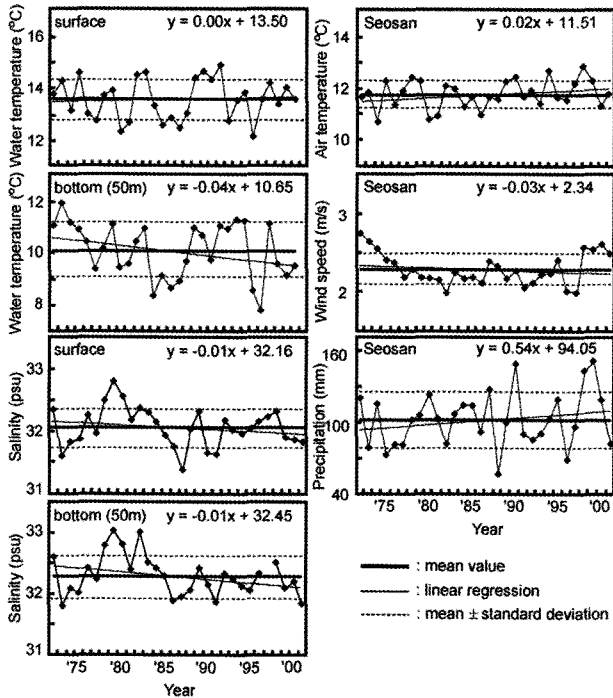


Fig. 4. Annual fluctuation of water temperature, salinity at St. 307-05 and air temperature, wind speed, precipitation at Seosan from 1972 to 2001.

관측 정점들 중 북쪽 외양에 위치하는 307-05정점에서의 표·저층의 수온과 염분과 서산에서 관측한 기온, 풍속, 강수량을 Fig. 4에 나타내었다. 표층의 년평균수온은 13.55°C 이었으며, 수온 범위는 12.12~14.88°C 이었다. 저층의 년평균수온은 10.08°C로 표층의 년평균수온보다 3.50°C 낮게 나타났으며, 수온범위는 7.79~11.9°C이었다. 표층의 년평균염분은 32.08psu 였으며, 염분범위는 31.38-32.80psu였다. 저층의 년평균염분은 32.28psu, 염분범위는 31.80-33.02psu이었다. 년평균기온은 11.75°C로, 범위는 10.73~12.86°C 였다. 년 평균풍속은 2.29m/s이며, 1.98~2.75m/s 범위를 가지며, 년 평균강수량은 102mm이고, 57-152mm사이 범위를 가진다.

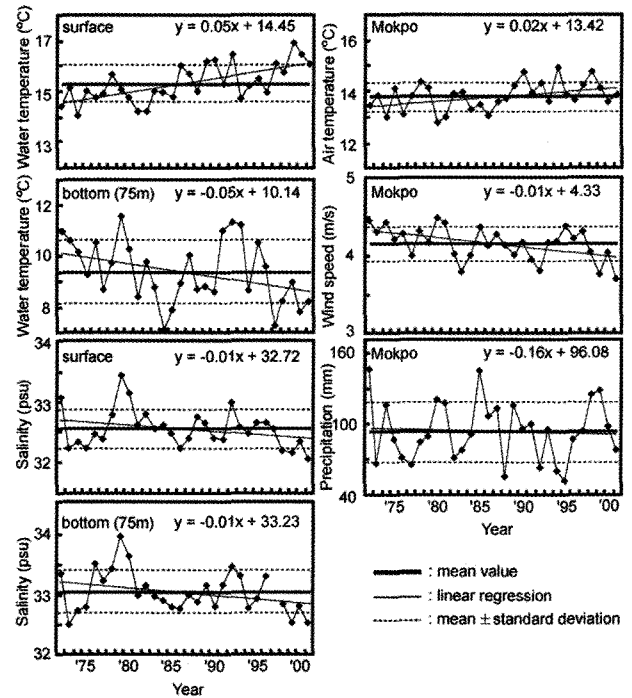


Fig. 5. Annual fluctuation of water temperature, salinity at St. 311-07 and air temperature, wind speed, precipitation at Mokpo from 1972 to 2001.

관측정점들 중 남쪽 외양에 위치하는 311-07정점에서의 표·저층의 수온, 염분과 목포에서 관측한 기온, 풍속, 강수량을 Fig. 5에 각각 나타내었다. 저층의 년평균수온은 9.36°C로 표층의 년평균수온보다 약 6°C정도 낮게 나타났으며, 수온범위는 7.06~11.53°C 이었다. 표층의 년평균수온은 15.25°C로 다른 3개의 정점보다 높고 저층의 년평균수온은 낮았다. 표층의 년평균염분은 32.55psu이였으며, 염분범위는 32.20~33.44psu이었다. 저층의 년평균염분은 33.03psu이였으며, 염분범위는 32.47~33.96psu이었다.

이상의 내용을 요약하면, 지난 30년간의 표·저층 수온, 염분에 대한 연 변동은 4개의 정점에서 모두 같은 시기에 높고, 같은 시기에 낮은 형태로 나타났다. 그러나 표·저층의 수온의 경향성에서 차이가 있었다. 수심 20~30m인 연안에 위치한 정점 (309-01,

311-04)에서는 저층수온은 해를 거듭할수록 상승하는 경향이 있었다. 수심이 50~75m로 깊은 외양의 정점 (307-05, 311-07)에서는 저층수온은 표층과는 반대로 해를 거듭할수록 하강하는 경향을 보였다. 염분의 경우 저층이 표층보다, 남쪽 정점이 북쪽 정점보다 약 0.50psu 높게 나타났다. 염분변동은 4개 정점 모두 표층 및 저층에서 해를 거듭할수록 하강하는 것으로 나타났다. 일반적으로 기상청의 기온의 경우 위도가 낮을수록 기온이 높아지는 것을 볼 수 있다. 연구기간동안 장기변동 경향은 기상청에서 관측한 기온은 상승하는 것으로 나타났다. 풍속은 위도가 높을수록 약하나, 장기적인 변동은 3지점 모두 해를 거듭할수록 감소하는 경향을 나타내는 것이 동일하였다. 누년 평균 강수량은 고위도일수록 많으며, 연 변동은 크게 나타났다. 연구기간동안 강수량의 장기변동 경향은 목포를 제외하고 군산과 서산은 해를 거듭할수록 증가하는 것으로 나타났다.

### 3.2 기상인자와 수온, 염분과의 상관관계

각 정점의 수온, 염분에 대응되는 각 기상인자(기온, 풍속, 강수량)를 이용하여 상관관계를 계산하였다. 307-05 정점은 인접한 동 위도대의 연안에 위치한 서산의 기상청 자료이고, 309-01 정점은 군산, 311-04 정점은 목포, 311-07 정점은 목포 관측점의 자료를 사용하였다. 해역별 상관계수의 절대값의 차이는 있지만, 기상인자들과 수온, 염분과의 상관관계는 Table 2에서와 같이 모두 같은 결과의 관계로 나타났다.

수온과 기온, 수온과 강수량, 염분과 풍속의 관계는 정상관 이었다. 그리고 수온과 풍속, 염분과 기온, 염분과 강수량의 관계는 역상관 이었다. 수온과 염분은 기상인자에 대해 역관계를 나타내었다 (Table 2). 상호상관함수를 이용한 기상인자별 수온과 염분의 분석은 각 인자들 사이의 관계와 시간에 대한 정보를 알 수 있다. 정점별 표·저층의 수온, 염분에 대한 기상인자의 상관계수 값과 시간지연을 Table 2에 나타내었다.

Table 2에서 수온과 기온의 관계에서 4개 정점의 표·저층에서 0~8개월 지연되어 0.58~0.91의 상관계수 값을 보였다. 관측정점 중 북쪽 연안인 309-01정점에서 수온과 군산의 기온과는 표층은 0.86, 저층은 0.87로 나타났다. 이 정점에서 기온과는 표층에만 2개월의 시간지연이 있었다. 남쪽 연안인 311-04정점에서 수온과 목포의 기온과 수온의 상관계수는 표층이 0.88, 저층이 0.86이었다. 이 정점의 시간지연은 309-01정점의 결과와 유사하였다. 북쪽 외양인 307-05정점에서 수온과 서산의 기온 사이의 상관계수 값은 표층에서 0.85, 저층에서 0.91로 나타났다. 시간지연은 표층은 없고, 저층만 2개월의 지연이 있었다. 남쪽 외양인 311-07정점의 수온과 목포의 기온과의 상관계수는 표층이 0.87, 저층이 0.58로 나타났다. 시간지연은 저층에서만 2개월의 지연이 있었다.

염분과 기온의 관계에서 4개 정점의 표·저층에서 0~8개월 지연되어 -0.09~-0.50의 상관계수 값을 보였다. 관측정점 중 북쪽 연안인 309-01정점에서 염분과 군산의 기온과는 표층은 -0.46, 저층은 -0.09로 나타났다. 이 정점에서는 기온과 염분의 관계에

서 표층은 시간지연이 없었고, 저층에 4개월의 시간지연이 있었다. 남쪽 연안인 311-04정점에서 염분과 목포의 기온과 수온의 상관계수는 표층이 -0.33, 저층이 -0.19이었다. 이 정점의 시간지연은 표·저층 모두 4개월의 시간지연을 보였다. 북쪽 외양인 307-05정점에서 염분과 서산의 기온자료와 염분사이의 상관계수 값은 표층에서 -0.24, 저층에서 -0.17로 나타났다. 시간지연은 표층이 2개월 빨랐었고, 저층에서는 8개월의 시간지연이 있었다. 남쪽 외양인 311-07정점에서 목포의 기온과의 상관계수는 표층이 -0.50, 저층이 -0.41로 나타났다. 시간지연은 표층에서 2개월, 저층에서 4개월의 지연이 있었다.

수온과 풍속의 관계에서 4개 정점의 표·저층에서 -2~2개월의 지연이 나타나며, -0.35~-0.66의 상관계수 값을 보였다. 관측정점 중 북쪽 연안인 309-01 정점에서 수온과 군산의 풍속 사이의 관계에는 상관계수는 표·저층 (20m)이 -0.50으로 같았다. 이 정점에서 표·저층의 시간지연이 없었다. 남쪽 연안인 311-04정점에서 수온과 목포의 기온과의 상관계수는 표층에서 -0.66, 저층 (30m)에서 -0.63의 상관계수 값을 가진다. 목포의 풍속과 이 정점의 수온과의 시간지연은 표·저층 모두 없었다. 북쪽 외양인 307-05정점에서 수온과 서산의 풍속과의 상관계수 값은 표층에서 -0.56, 저층(50m)에서 -0.43의 상관계수 값을 나타내었다. 시간지연은 서산의 풍속과 307-05정점의 수온과의 관계에서 표·저층수온의 2개월 lead가 나타난다. 남쪽 외양인 311-07 정점에서 수온과 목포의 풍속간에는 표층에서 -0.66, 저층(75m)에서는 -0.35로 나타났다. 시간지연은 목포의 풍속과는 저층에서만 2개월의 지연이 있었다.

염분과 풍속의 관계에서 4개 정점의 표·저층에서 -2~4개월의 지연이 나타나며, 0.06~0.44의 상관계수 값을 보였다. 관측정점 중 북쪽 연안인 309-01정점에서 염분과 풍속사이의 관계에서 상관계수는 표층에서 0.34, 저층(20m)은 0.13으로 나타났다. 이 정점에서 표층이 2개월 빨랐었고, 저층에서는 6개월의 시간지연이 있었다. 남쪽연안인 314-04정점에서 염분과 목포의 풍속과의 상관계수는 표층에서 0.35, 저층(30m)에서 0.13의 상관계수 값을 가진다. 목포의 풍속과 이 정점의 염분과의 시간지연은 표·저층 모두 4개월의 지연을 보였다. 북쪽 외양인 307-05 정점에서 염분과 서산의 풍속사이의 상관계수값은 표층에서 0.15, 저층 (50m)에서 0.06의 상관계수 값을 나타내었다. 시간지연은 표·저층 염분이 서산의 풍속보다 2개월 빨랐다. 남쪽 외양인 311-07 정점에서 염분과 기상청 목포의 풍속과의 상관계수는 표층에서 0.44, 저층 (75m)에서 0.09로 나타났다. 목포의 풍속과의 시간지연은 표층에서 2개월, 저층에서 4개월의 지연이 있었다.

수온과 강수량의 관계에서 4개 정점의 표·저층에서 0~4개월의 지연이 나타나며, 풍속보다 0.02~0.06 낮은 0.29~0.58의 상관계수 값을 가진다. 309-01정점에서 수온과 군산의 강수량 사이의 관계에서 상관계수는 표·저층(20m)이 0.55로 같았다. 이 정점에서 표층은 시간지연이 없었고, 저층은 2개월의 시간지연이 나타났다. 남쪽 연안인 311-04정점에서 수온과 목포의 강수량과의 상관계수는 표층에서 0.58, 저층(30m)에서 0.57의 상관계수 값을 가진다. 목포의 강수량과 이 정점의 수온과의 시간지연은 표·

저층 모두 2개월로 나타났다. 북쪽 외양인 307-05정점에서 수온과 서산의 강수량과의 상관계수 값은 표층에서 0.52, 저층(50m)에서 0.48의 상관계수 값을 나타내었다. 시간지연은 서산의 강수량과 307-05정점의 수온과의 관계에서 표층은 지연이 없고, 저층수온과는 2개월의 지연을 나타냈다. 남쪽 외양인 311-07정점에서 수온과 기상청 목포의 강수량과의 상관계수는 표층에서 0.58, 저층(75m)에서 0.29로 나타났다. 시간지연은 표층에서 2개월, 저층에서 4개월의 지연이 있었다.

Table 2. Cross correlation between atmospheric factors and oceanographic factors. The parenthesis is time lag (unit: month) among factors. Cross correlation coefficient and time lags were calculated using data in the adjacent oceanographic and meteorological station (see Table 1 and Fig. 1)

Atmospheric factors			AT	WS	Pre
Oceanographic factors					
309	WT	S	0.86(0)	-0.50(0)	0.55(0)
		B(20m)	0.87(2)	-0.50(0)	0.55(2)
01	Sal	S	-0.46(0)	0.34(-2)	-0.35(0)
		B(20m)	-0.09(4)	0.12(0)	-0.04(6)
311	WT	S	0.88(0)	-0.66(0)	0.58(2)
		B(30m)	0.86(2)	-0.63(0)	0.57(2)
04	Sal	S	-0.33(4)	0.35(4)	-0.20(4)
		B(30m)	-0.19(4)	0.13(4)	-0.17(4)
307	WT	S	0.85(2)	-0.56(-2)	0.52(0)
		B(50m)	0.91(2)	-0.43(-2)	0.48(2)
05	Sal	S	-0.24(2)	0.15(-2)	-0.26(2)
		B(50m)	-0.17(8)	0.06(-2)	-0.16(8)
311	WT	S	0.87(0)	-0.66(0)	0.58(2)
		B(75m)	0.58(2)	-0.35(2)	0.29(4)
07	Sal	S	-0.50(2)	0.44(2)	-0.37(2)
		B(75m)	-0.14(4)	0.09(4)	-0.14(4)

\* WT: water temperature, Sal: salinity, AT: air temperature, WS: wind speed, Pre: Precipitation, S: surface, B: bottom

염분과 강수량의 관계에서 4개 정점의 표·저층에서 0~8개월의 지연이 나타나며, -0.04~-0.37의 상관관계를 보였다. 309-01정점에서 염분과 군산의 강수량의 관계에서 상관계수는 표층에서 -0.35, 저층(20m)은 -0.04로 나타났다. 이 정점에서 표층은 시간지연이 없었고, 저층에서는 6개월의 시간지연이 나타났다. 남쪽 연안인 311-04정점에서 염분과 목포의 강수량과의 상관계수는 표층에서 -0.20, 저층(30m)에서 -0.17의 상관계수 값을 가진다. 목포의 풍속과 이 정점의 염분과의 시간지연은 표·저층 모두 4개월의 지연을 보였다.

외양인 307-05정점에서 염분과 서산의 강수량과의 상관계수 값은 표층에서 -0.26, 저층(50m)에서 -0.16의 상관계수 값을 나

타내었다. 시간지연은 표층에서 2개월, 저층에서 8개월의 지연을 나타냈다. 남쪽외양인 311-07정점에서 염분과 기상청 목포의 강수량과 염분의 상관계수는 표층에서 -0.37, 저층(75m)에서 -0.14로 나타났다. 목포의 강수량과의 시간지연은 표층에서 2개월, 저층에서 4개월의 지연이 있었다.

이상의 내용을 종합하면 한국 서해에서 기상인자와 해양인자간의 상관관계는 표층보다 저층이 낮게 나타났다. 그리고 수온에 대한 기온, 풍속 및 강수량의 관계는 표·저층이 모두 유의한 상관계수 값을 나타내었다. 그러나 염분과 기상인자의 경우는 표층에서만 유의한 상관계수 값으로 나타내었다. 기상인자의 수온과 염분 변동에 대한 상관계수 값의 크기는 기온, 풍속, 강수량의 순이었다. 상관계수 값은 지역적인 차이를 보이는 데, 연안과 외양의 차이는 적고 저위도 일수록 상관계수 값이 높았다. 시간정보에서도 지역적 차이를 구분할 수가 있는데, 연안지역이 외양지역보다 시간지연이 짧게 나타났다. 그러나 위도에 따른 시간지연의 차이는 수온의 경우 거의 없으며, 염분의 경우 위도가 높은 지역에 지연이 길게 나타내었다

#### 4. 고찰

해양은 대기에 비해 큰 저열량을 가짐은 물론이고 밀도도 크기 때문에, 대기에서 받은 에너지를 저장하였다가 현열, 잠열 및 장파의 형태로 에너지를 대기에 다시 공급한다. 서해는 수심이 얕아서 동해나 남해보다 적은 저열량을 가질 것이라 생각된다. 그리고 중국 대륙과 한반도에 둘러싸인 반 폐쇄성만의 형태로 주위의 큰 강과 기상에 많은 영향을 받는다. 황해의 남동쪽에 위치하고 있는 한국 서해는 평균 수심(약 44m)보다 얕은 연안과 평균 수심보다 깊은 외양으로 구분된다. 그리고 서해가 한반도를 따라 남북으로 길게 위치하고 있어, 위도에 따른 구분이 가능하다. 이러한 지역적 구분과 지역에 따른 기상에 의해 수온, 염분 역시 다를 것으로 예상된다. 1972년부터 2001년까지의 30년동안 기상인자와 수온, 염분 변화를 파악하고, 기상이 해양에 미치는 영향을 조사하였다. 세부적으로 기상이 수온 및 염분에 미치는 영향이 가장 큰 시기와 표·저층별 관련성을 살펴보았다.

##### 4.1 수온, 염분의 변동 요인

###### 1) 수온 변동

수온 변동은 기온의 영향이 지역에 따라 다르게 나타나거나, 기온의 영향을 받더라도 지역적인 수심의 차이와 조석전선의 내·외부의 완전혼합과 성층의 영향에 의한 저열량의 차이에 의한 수온의 차이가 나타난다. 그리고 수온은 태양복사에너지뿐만 아니라 해마다 변동하는 해류와 바람에 의한 열 이류(heat advection)의 영향도 중요하다 (양 등, 1984; Kang and Jin, 1984a; 조, 1986; 장, 1996). 수온의 누년 변동에서 지역마다 절대값의 차이는 있으나, 일부 해를 제외하고 표·저층이 같은 시기에 높거나, 낮았다. 그리고 수온의 변동에서 연구기간동안 표

층과 저층의 경향성의 차이를 나타내었다. 세부적으로 경향성은 연안지역과 외양의 표·저층의 차이로 구분할 수 있는데, 연안은 표·저층이 동일하게 거동하며, 외양은 상반된 거동을 나타내었다 이러한 경향성 차이는 여름철 조류에 의해 생성된 저층난류에 의해 연안수와 외양수 사이에 형성되는 조석전전의 영향이 크다. 외양에서는 황해저층냉수가 춘계부터 추계에 걸쳐 표층 가까이 형성되는 계절적 수온약층에 의해 대기와의 열 교환이 거의 차단되어 수온약층 하부에 자리하는 황해저층냉수를 형성하게 된다. 그러나 수심이 얇은 연안역은 강한 조류운동과 해저마찰 등에 의한 와동에 의해 표·저층 사이의 혼합이 왕성하여 저층수온이 상승하기 때문에 형성 당시의 냉수괴의 특성을 쉽게 상실한다. 반면에 동계의 표층의 효과를 잘 유지하는 황해저층냉수는 외양정점들로 수심이 비교적 깊은 해역(50m)의 수온약층의 하부에만 한정된다(추와 조, 1984; Lie, 1984; 조, 1986; Seung, 1987; 윤 등, 1991). 수심이 깊은 지역의 저층수는 겨울의 대기의 영향을 그대로 간직한 채로 여름의 저층에 존재하게 되어서 표층과 저층의 경향성이 다른 것으로 생각된다.

2) 염분 변동

염분은 국지적인 태양복사 및 하천수 뿐만 아니라 바람과 해류에 의해서도 영향을 받는다. 한국 주변 해역에서 염분 변동의 지역적인 원인은 지역적인 강수량의 차이와 하천 유출수의 변동이 주된 원인이다. 그리고 태양복사에 의한 증발뿐만 아니라 해마다 변동하는 해류와 바람에 의한 영향도 염분의 변동에 중요한 역할을 한다 (Defant, 1961; Neumann, 1972; Dietrich et al., 1980; Kang and Jin, 1984b). 염분의 누년 변동은 수온과 같이 절대값의 지역적 차이는 있었지만, 표·저층이 동시에 높거나, 낮은 것으로 나타났다. 염분은 수온과 달리 4개 정점의 표·저층에서 모두 감소하는 동일한 경향을 보였다

4.2 수온, 염분과 기상인자의 상호 관계

1) 연직적 차이

수온, 염분에 대한 기상인자의 표·저층의 상관계수와 시간지연의 차이가 나타나는 2층 구조는 앞에서 밝힌 바와 같이 서해의 여름철 강한 성층과 관련이 있으며, 여름철 혼합층이 표면에 한정되어 영향을 미치기 때문에, 표·저층의 시간지연이 나타나는 것이다. 상관계수는 표층이 저층보다 값이 크며, 시간지연도 짧았다. 그리고 수온과 기상인자간의 상관관계가 염분과 기상인자 관계보다 상관계수 값이 표·저층에서 모두 컸으며, 시간지연도 짧게 나타났다. 염분보다 수온과 기상인자와의 상관계수 값이 크지만, 수온이 염분보다 기상인자의 영향을 더 받는다고 말할 수는 없다. 이상 변동 연도에서 볼 수 있었던 열 확산은 염분 확산에 비하여 100-150배정도 빠른 확산속도의 차이를 고려해야한다 (Pickard and Emery, 1990).

시간지연이 0인 경우는 기상과 해양이 2개월 이하의 짧은 시간차를 가지고 반응하는 것이고, 2개월은 2개월 전의 기상이 현재

의 해양에 영향을 미치는 것이라 말할 수 있다. 다시 말해, 2월의 기상의 영향은 4월의 해양에 영향이 최대가 된다는 것이다. 외양의 저층의 경우 4개월의 시간지연이 우세한 데, 이를 기상이 황해저층냉수에 미치는 시간으로 생각해 볼 수 있다. 4개월의 시간은 2월에 기상의 영향을 받은 저층수의 영향이 6월에 최대로 나타나 여름에도, 겨울의 생성된 찬 저층수의 성질을 그대로 간직하고 있다.

그리고 표층과 저층의 시간지연이 없는 311-04정점은 여름철에도 연직혼합이 활발한 지역으로 황해의 수온의 연직구조를 살핀 조(1986)의 논문에서와 일치한다.

2) 지역적 차이

수온, 염분과 기상인자와의 관계에서 상관계수의 크기에 따른 기상인자의 기여도는 기온, 풍속, 강수량의 순서로 나타낼 수 있다. 이러한 상관계수는 지역에 따라 값의 차이가 나타나는데, 연안과 외양의 차이는 거의 없고, 위도에 따라 지역을 구분할 수 있다. 위도가 높은 지역보다 낮은 지역에서 수온, 염분과 기상인자들 사이의 상관계수가 높았고, 그 차는 0.02-0.44 정도이었다. 한국 서해의 기상은 지역적인 차가 크며, 그 영향도 다르다고 생각할 수 있다.

기상인자와 수온, 염분 사이의 시간지연 역시 지역에 따른 차이가 나타나는데, 연안과 외양에서 시간지연이 나타나고, 위도에 따른 시간지연의 차이는 적었다. 위도에 따른 시간지연은 수온의 경우는 거의 차이가 나지 않았으며, 염분은 북쪽에서 시간지연이 더 길게 나타났다. 이러한 시간지연 관계 중 정점 307-05 정점과 309-01정점에서 풍속과 수온, 염분 관계에서 2개월 lead가 나타난다. 이것은 지역마다 수온과 염분이 최대치가 되는 시기가 동일하지 않기 때문이다. 풍속의 경우 307-05정점에 영향을 주는 서산은 4월, 10월인데 반하여, 나머지 정점에 영향을 주는 군산 3월, 7월과 목포 2월, 6월에 최대, 최소값을 나타내었다(Fig. 6). 그래서 풍속과의 시계열상의 시간관계에서 서산의 풍속과 수온, 염분 그리고 군산의 풍속과 염분에서 2개월의 lead를 가지는 것으로 생각된다.

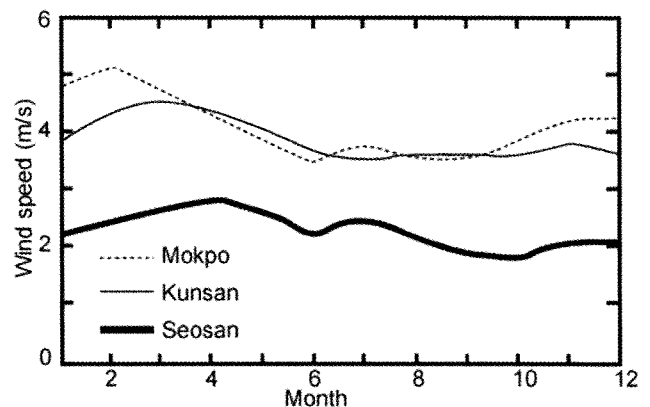


Fig. 6. Monthly mean wind speeds at Seosan, Kunsan and Mokpo meteorological stations.

## 5. 결론

한국 서해에서 해양의 수온, 염분의 변동에 영향을 주는 인자들은 다양하게 나타난다. 하지만 본 논문에서는 기상인자에 초점을 두어, 기온, 풍속, 강수량이 수온, 염분이 미치는 영향 및 이들 인자들 사이의 관계를 연구하였다.

수온, 염분과 기상인자들 사이의 상관관계수 값은 기온, 풍속, 강수량의 순서로 나타난다. 그리고 기상인자와 수온과 기상인자와 염분의 관계는 반대이며, 이것은 계절이 뚜렷한 온대지방의 특징의 영향으로 보여 진다. 기상인자는 염분보다 수온에 더 많은 영향을 미치며, 이것은 수온, 염분의 확산속도 차이로 생각된다. 그리고 기상인자가 해양에 크게 영향을 미치는 시기는 지역적, 기상인자 별 차이가 있지만, 표층은 주로 0~4개월 사이에 영향이 최대이고, 저층까지 기상의 영향이 도달하는 데는 표층보다 0~4개월 더 늦게 나타난다.

그리고 연구기간 중 수온, 염분의 이상 변동 연도의 기상인자와 수온, 염분의 관계에서 수온이 높거나 낮은 시기에 기온이 높거나 낮으며, 염분은 동일 연도의 강수량과는 일치하지 않았으나, 이전 연도 강수량의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 풍속이 강한 시기는 수온, 염분의 변동이 크게 나타났으며, 약한 시기는 변동이 적게 나타났다.

마지막으로 해양의 수온, 염분의 변동이 기상인자뿐만 아니라 해류, 조석, 증발이나 하천수의 유입에 의해서도 나타나므로, 기상인자의 인자들에 대한 연구가 요구된다. 그리고 격월과 특정 시기의 관계만을 살펴봐왔는데, 해양에 영향을 미치는 기상인자들의 영향은 다양한 시간 규모로 연구하는 것이 필요하겠다.

## 감사의 글

이 논문은 2006년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구(KRF-2006-353-F00010)이며, 이에 감사드립니다.

## 참고 문헌

[1]국립수산과학원(1972-2001), 해양수산기술정보 정선관측자료, <http://www.nfrdi.re.kr/sitemap/technic/data.html>  
 [2]기상청(1972-2001), 기후자료, [www.kma.go.kr](http://www.kma.go.kr)  
 [3]안중배, 류정희, 조익현, 박주영, 류상범(1997a), 한반도 기온 및 강수량과 적도 태평양 해면 온도와와의 상관관계에 관한 연구. 한국기상학회지, 제 33권, 제3호, pp. 487-495.  
 [4]안중배, 류정희, 조익현, 박주영, 류상범(1997b), 한반도 기온 및 강수량과 주변 해역 해면 온도와와의 상관관계에 관한 연구, 한국기상학회지, 제34권, 제2호, pp. 327-336.  
 [5]양성기, 조규대, 홍철훈(1984), 1981년 하계 황해저층냉수의 이상수온현상. 한국해양학회지, 제19권, 제2호, pp. 125-132.  
 [6]윤용출, 박용훈, 봉종현(1991), 황해저층냉수의 특성과 남하

에 대한 재조명. 한국지구과학학회지, 제12권, 제1호, pp. 25-37.  
 [7]장이현(1996), 한국 연안 표면수온과 기온의 상관성에 관한 연구. 부경대학교 석사학위 논문, pp.63  
 [8]조광우(1986), 동계와 하계의 황해의 수온연직구조, 부산수산대학교 석사학위논문, 44pp.  
 [9]추효상, 조규대(1984), 1982년 하계 서해안 조석전선의 구조, 한국수산학회지, 제17권, 제2호, pp. 83-91.  
 [10]Cho K. D. and Cho K. W.(1988), Vertical temperature profile in the Yellow Sea according to the variations of air temperature, Bull. Korean Fish. Soc., Vol. 21, No. 1, pp. 1-10.  
 [11]Defant A.(1961), Physical Oceanography, vol. 1. Pergamon Press, Oxford, pp.729  
 [12]Dietrich G., Kalle K., Krauss W. and Siegler, G.(1980), General Oceanography: An introduction, 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York, 626pp.  
 [13]Hahn S. D.(1994), SST warming of Korean Coastal Waters during 1981-1990. KODC Newsletter No. 24, pp. 29-38.  
 [14]Kang Y. Q.(1983), On the temperature differences across ground and sea surfaces in Korea. J. of Korean. Met. Soc., Vol. 19, No. 2, pp. 2088-2095.  
 [15]Kang Y. Q.(1984), Atmospheric and oceanic factors affecting the air-sea thermal interactions in the East Sea(Japan Sea). J. Oceanol. Soc. Korea, Vol. 19, No. 2, pp. 163-171.  
 [16]Kang Y. Q. and Jin M. S.(1984a), Seasonal variation of surface temperatures in the neighbouring seas of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, Vol. 19, No.1, pp. 31-35.  
 [17]Kang Y. Q. and Jin M. S.(1984b), Annual variation of salinity in the neighbouring seas of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, Vol.19, No.2, pp. 105-110.  
 [18]Lie H. J.(1984). A note on water masses and general circulation in the Yellow Sea(Hwanghae), J. Oceanol. Soc. Korea, Vol.19, No.2, pp. 187-194.  
 [19]Neumann G.(1972), Precipitation, evaporation and monthly salinity variations in the inner gulf of Guinea near Equator, In: Gordon, A.L. and Breach, New York, Vol. 1, pp. 19-48.  
 [20]Pickard G. L. and Emery W.J.(1990), Descriptive physical oceanography, Fifth edition, Pergamon Press, pp.168



- [21]Seung Y. H.(1987), A summer circulation  
inferred from the density (temperature)  
distribution in the Eastern Yellow Sea, J.  
Oceanol. Soc. Korea, Vol. 22, No. 2, pp. 63-70.
- 

원고접수일 : 2007 년 3월 19일

원고채택일 : 2007 년 3월 26일