

## 동계 서해의 해황과 기상인자와의 관계

고우진\* · 김상우\* · 김동선\*\*

\*국립수산과학원 해양연구팀, \*\*부경대학교 해양산업개발연구소

# A Relationship between Oceanic Conditions and Meteorological Factors in the Western Sea of Korea in Winter

Woo-Jin Go\* · Sang-Woo Kim\* · Dong-Sun Kim\*\*

\*Ocean Research Team, National Fisheries Research and Development Institute, Busan, 619-092, Korea

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

**요 약** : 동계 서해에서 해황과 기상인자와의 상호 관련성에 대해서 조사하였다. 수온의 수평분포는 수심이 얇은 연안역이 외해역보다 저수온으로 12월과 2월사이에 외해역에서 3°C, 연안역에서는 6°C 정도의 큰 수온 하강을 보였다. 염분의 분포는 북쪽해역이 연안역과 남쪽해역보다 저농도를 보였다. 또한, 하계에 남북방향으로 형성되었던 등염선이 동계에는 북서에서 남동 방향으로 형성한다. 한국 서해연안의 기온과 연안의 표층수온 사이에는 기온이 상승하면 수온이 상승하고 기온이 하강하면 수온도 하강하는 정의 상관관계를 보인다. 서해 외해의 표층수온은 잠열속과 현열속에 의한 해양에서의 방출열량과 역의 상관관계를 보인다. 동계 서해 연안지역 기온과 연안역 표층염분과의 관계는 기온이 상승하면 연안역의 염분이 증가하고, 수온이 하강하면 염분이 낮아지는 정의 상관관계를 보인다. 또한 서해의 하계(6-9월) 강수량은 10월과 12월보다 다음해 동계 2월의 염분분포에 크게 영향을 미치고 있다.

**핵심용어** : 표층수온, 표층염분, 기온, 잠열, 현열

**ABSTRACT** : This study was conducted to find out the effects of meteorological factors on oceanic conditions when cold and dry continental air mass passes through the western sea of Korea. The change of ocean conditions during the winter season were more obvious in coastal area than open sea. And sea surface temperature (SST) during February is lower by 3°C than December but in coastal area SST dropped by 6°C. As for the salinity, there was not much difference between areas except southern area of Mokpo. In the coastal regions, air temperature(AT) and SST showed a positive correlation; as the air temperature goes up with the increase of SST and when the former goes down the latter decrease. SST of open sea seems to be changed by latent (Qe) and sensible heat (Qs), when the open sea lose its heat by Qe and Qs then SST goes down. And when they get the heat then the SST goes up. There was a positive correlation between the AT of the coastal region and sea surface salinity (SSS), when the AT goes up then SSS increase and when the former goes down the latter decrease. Precipitation during the summer seasons (June ~ September) appeared to be more closely related with salinity of February of the following year than those of October and December.

**KEY WORDS** : Sea Surface Temperature(SST), Sea Surface Salinity(SSS), Air Temperature(AT), Latent Heat(Qe), Sensible Heat(Qs)

### 1. 서 론

한국의 서해는 서태평양의 북서부에 위치하는 연해로 중국과 한국에 의해 둘러싸여 있다. 북부해역은 요동반도와 산둥반도를 연결하는 선으로 발해만과 구분되고, 남부해역은 동중국해와 지형적인 경계는 없으나 일반적으로 제주도과 양자강을 연결하는 선으로 구분하고 있다. 서해의 크기는 남북간 약

1,000 km, 동서간 700 km로서 발해만을 제외한 면적은 40.4 km<sup>2</sup>, 용적은 17,620 km<sup>3</sup> 이고, 수심은 80 m 이하로 얇고 평균수심 44 m, 최고수심은 황도 서부해역에서 103 m를 나타내고 있다 (Peng et al., 2004, Fig. 1). 이와 같이 수심이 얇고 반폐쇄적 해역인 서해는 동해와 남해에 비해 상대적으로 열 수용량이 적어 기상인자의 변화에 따른 해황의 변화가 클 것으로 생각된다.

서해에서 해양과 대기간의 상호작용에 대한 연구결과를 살펴보면, 한 등(1978)은 동계 황해에서의 열수지가 동중국해에서 황해 냉수세력과 상관관계가 높다고 하였고, Cho and Cho(1988)는 하계에 서해에서 기온과 수온 사이에 r=0.44의 상관관계가 있다고 하였다. 최 등(1999)은 서해에서 총 열교환량

\*\* 대표저자 : 종신회원, kimds@pknu.ac.kr 051)620-6255

\* 종신회원, swkim26@nfrdi.re.kr 051)720-2226

\* wjgo@nfrdi.re.kr 051)720-2220

의 연변화 진폭은 남부해역이 중앙해역과 연안해역에 비해 매우 크다고 하였으며, 인천 연안역에서 순열속의 분포는 3월에서 10월까지 대기에서 해양으로 열전달이 있고, 11월에서 2월까지의 해역에서 대기로 열전달이 있음을 밝혔다.

서해에서 해양요인과 기상요인의 상호작용에 관한 기존의 연구는 열수지에 관한 것들이 대부분을 차지하고 있다. 특히 동계 시베리아에서 발원한 한랭한 기단이 중국 대륙을 거쳐서 상대적으로 온난한 서해를 지나 한반도로 진출할 때 우리나라 서해의 해황에 어떠한 영향을 미치는가를 밝힌 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 수온 및 염분의 해황자료와 기온, 강수량 등의 기상자료를 이용하여 서해에서 각각의 요인들이 어떻게 상호 영향을 미치는 가를 구명하고자 하였다.

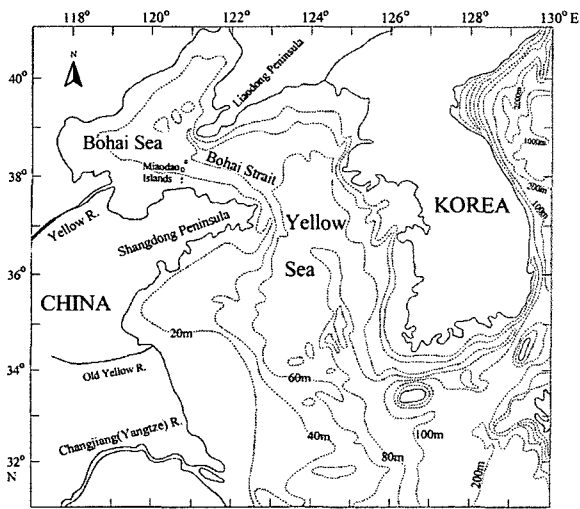


Fig. 1. Location and bathymetry map of the western sea of Korea (Peng et al., 2004).

## 2. 자료 및 방법

### 2.1 서해의 평년 해황

한국 서해에서의 평균 해황을 파악하고, 기상요인과의 관계를 살펴보기 위하여 국립수산물과학원에서 관측한 6개 정선(307, 308, 309, 310, 311 및 312선), 51개 정점의 40개년(1961~2002) 격월(2, 4, 6, 8, 10, 12월)별 표층의 수온과 염분에 대한 수평분포를 살펴보았다(국립수산물과학원, 1961~2002; 2001, Fig. 2). 수온과 염분의 연직분포는 동서단면을 북쪽(307 정선)과 남쪽(312 정선), 남북단면을 서쪽(각 정선의 정점 10을 연결한 단면)과 동쪽(각 정선의 정점 4를 연결한 단면)으로 각각 알아보았다. 또한, 표층의 수온과 염분의 시간적 변동을 살펴보기 위하여 1992~2002년의 11년간 격월 평균과 표준편차를 각각 구하였다.

### 2.2 수온 및 염분과 기상요인의 관계

서해 연안지역 기상요인의 변동 특성을 파악하기 위하여 기상청 26개 측후소(강화, 서울, 춘천, 홍천, 인천 수원, 이천, 정선, 청주, 천안, 서산, 충주, 보은, 대전, 부여, 보령, 군산, 금산, 장수, 전주, 부안, 임실, 정읍, 남원, 광주, 목포)에서 관측한 1992년부터 2002년까지 11년간의 일일 기온 및 강수량 자료를 이용하였다(기상청, 1992~2002, Fig. 2).

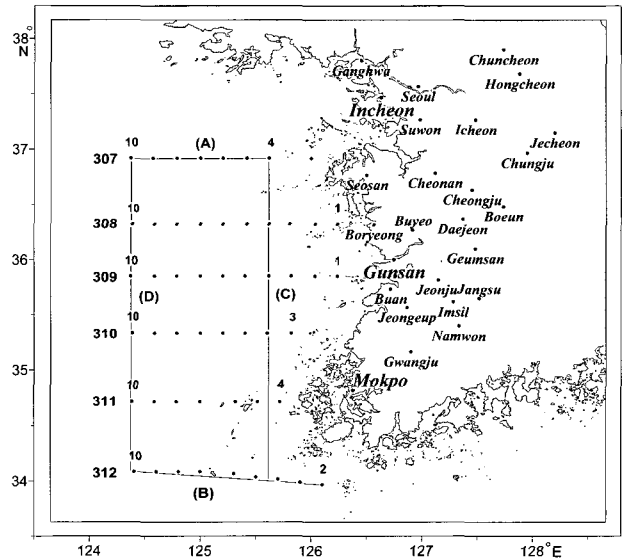


Fig. 2. Location of the oceanographic (NFRDI) and meteorological (KMA) stations used for studies. Line (A), (B), (C) and (D) denote northern line, southern line, eastern line and western line respectively (NFRDI stands for National Fisheries Research and Development Institute, KMA stands for Korea Meteorological Administration).

동계 서해 연안지역의 수온 및 염분과 기온의 상관성을 파악하기 위하여 서해수산연구소에서 관측한 1992~2002년의 11년간 격월 수온자료를 이용하여 2월 표층의 수온과 염분의 평균편차와 인천, 군산, 목포 지역의 기온 평균편차를 비교하였다. 그리고 이들 성분 간의 상관관계가 높은 해역을 찾아보기 위하여 인천, 군산, 목포와 가장 가까운 307, 309, 311 각 정선을 연안정점(307-03, 309-01, 311-04), 중앙정점(307-07, 309-05, 311-07), 외해정점(307-10, 309-10, 311-10)으로 나누어 상관관계를 구하였다. 상관계수 (correlation coefficient)는 아래의 식 (1)을 이용하였다.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

여기서  $x_i$ 와  $y_i$ 는 각각 동일한 시점의 수온과 기온이며,  $\bar{x}$ 와  $\bar{y}$ 는 각각의 평균치를 나타낸다.

그리고 서해의 외해 표층수온과 잠열속 및 현열속에 의한 해양에서의 열방출량과의 상관관계를 알아보기 위하여 식 (2)와 (3)의 벌크(Bulk)식을 이용하여 잠열속 및 현열속을 계산하였다.

$$Q = \rho_a C_p L_v (q_s - q_a) W \quad (2)$$

$$Q = \rho_a C_p G_H (T_s - T_a) W \quad (3)$$

- $T_s$ : 수면의 절대온도( $^{\circ}K$ ),  $T_a$ : 기온의 절대온도( $^{\circ}K$ )
- $\rho_a$ : 공기의 밀도( $1.25 kg/m^3$ ),  $C_p$ : 공기의 비열( $1004 J/kg^{\circ}K$ )
- $G_H$ : 스테판-볼츠만 계수( $1.1 \times 10^{-8}$ ),  $W$ : 풍속( $m/s$ )
- $C_p$ : 달톤 계수( $1.1 \times 10^{-3}$ ),  $L_v$ : 물의 증발 잠열( $25106 J/kg$ )
- $q_s$ : 수온에서 공기의 비습,  $q_a$ : 기온에서 공기의 비습
- $q_s = \frac{0.62 E_s}{P - 0.38 E_s}$
- $q_a = \frac{0.62 E_a}{P - 0.38 E_a}$
- $\log_{10} E_s = (0.7859 + 0.03477 T_s) / (1 + 0.00412 T_s)$
- $E_s = RH E_a$
- $E_s$ : 해면의 포화증기압( $hpa$ )
- $P$ : 대기압( $hpa$ )
- $RH$ : 상대습도(%)

또한, 한반도 서부지역 강수량과 서해 염분과의 상관성을 알아보기 위하여 한반도 서부지역 26개 관측소에서 관측한 강수량 자료를 월 평균 강수량의 평균편차를 구하고, 서해 51개 정선관측점의 표층에서 저층까지의 누적염분 평균편차를 구하여 상호 비교하였다(Fig. 2).

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 월(격월) 평균 기온, 수온 및 염분의 변동

서해 연안지역 기온의 변동 특성을 파악하기 위하여 대표적 서해 연안지역인 인천, 군산, 목포 지역 기온 평균치를 서해 기온으로 하여 1992년부터 2002년까지 11년간 기온의 월평균과 표준편차를 조사하였다(Fig. 3).

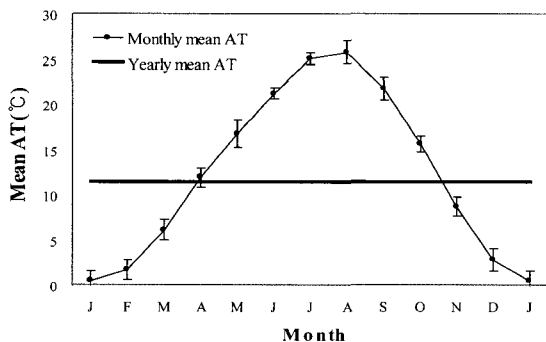


Fig. 3. Annual variation of monthly mean air temperature (AT) and standard deviation (SD) in the western coastal region of Korea from 1992 to 2002.

서해연안 지역 기온의 연평균은  $11.5^{\circ}C$  이며, 월평균 기온은 1월에  $0.4^{\circ}C$ 로 가장 낮고, 8월에  $25.7^{\circ}C$ 로 가장 높아 연교차가  $25.3^{\circ}C$  이었다. 11월에서 3월까지의 월평균 기온이 연평균 기온보다  $2.8 \sim 11.1^{\circ}C$  낮고, 4월에서 10월까지의 월평균 기온이 연평균 기온보다  $0.4 \sim 14.3^{\circ}C$  높은 값을 보이고 있다. 표준편차는 5월이  $0.5^{\circ}C$ 로 가장 작으며, 4월이  $1.5^{\circ}C$ 로 가장 크다. 동계인 12월, 1월 및 2월은  $1.1 \sim 1.2^{\circ}C$  이었다.

서해에서 표층의 수온과 염분의 변동 양상을 파악하기 위하여 1992년부터 2002년까지 11년간 수온 및 염분의 월평균과 표준편차의 격월 변동을 Fig. 4에 나타냈다.

표층의 격월 평균 수온은 2월에  $7.3^{\circ}C$ 로 가장 낮았고, 8월에  $26.1^{\circ}C$ 로 가장 높아 연교차가  $18.8^{\circ}C$  였다. 연평균 수온은  $15.0^{\circ}C$ 로 2월, 4월, 12월은 연평균 보다  $4.1 \sim 8.0^{\circ}C$  낮고, 6월, 8월, 10월은  $2.6 \sim 11.0^{\circ}C$  높았다. 상승폭은 2월에서 4월 사이에  $1.7^{\circ}C$ 로 가장 적었고, 4월부터 6월 사이에는  $8.9^{\circ}C$ 로 최대였다. 표준편차는 격월별 차이가 크지 않으며, 상대적으로 추계인 1월이  $0.4^{\circ}C$ 로 가장 적고 하계인 8월에  $1.2^{\circ}C$ 로 가장 크게 나타났다. 표층의 염분 변동은 동계인 2월이  $32.7$  psu로 가장 높았고, 하계인 8월에  $31.9$  psu로 가장 낮았다. 표준편차는 4월이  $0.4$  psu로 상대적으로 다른 월에 비해 가장 크고, 10월이  $0.1$  psu로 가장 작았다.

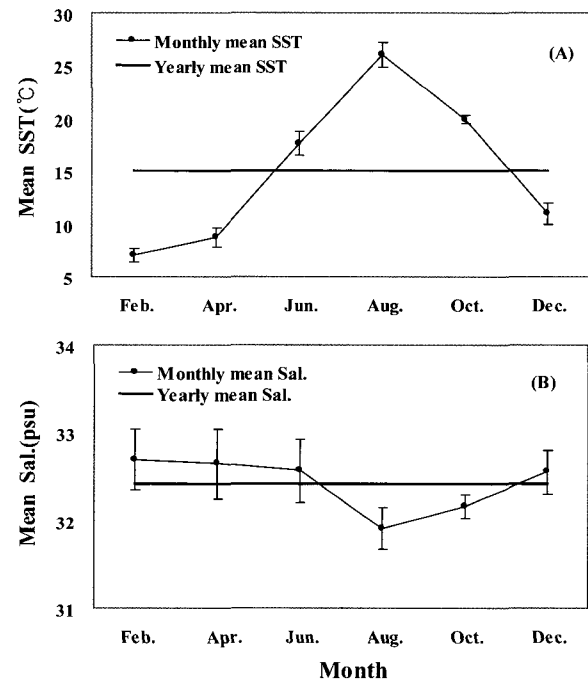


Fig. 4. Annual variation of monthly mean sea surface temperature(SST (A)), surface mean salinity (B) and its standard deviation(SD) in the western sea of Korea from 1992 to 2002.

#### 3.2 수온과 염분의 수평분포

서해의 수온 및 염분분포 특성과 변동성을 알아보기 위하여 국립수산물과학원의 40년간(1961~2000년) 격월(2, 4, 6, 8, 10 및

12월) 평균한 표층수온의 수평분포를 조사하였다(Fig. 5).

격월 수온의 수평분포를 보면, 2월은 4~9°C 범위로 인천 남서쪽 연안이 4°C 이하로 가장 낮고, 목포 남서쪽 해역이 9°C 이상으로 가장 높다. 이 시기의 수온분포 특성은 수심이 얇은 연안이 외해보다 낮았다. 4월은 6~10°C 범위로 인천 남서쪽 연안이 6°C 이하이고, 제주도 북서 해역이 10°C 이상으로 가장 높았다. 6월은 15~18°C 범위로 2월과 4월에 형성된 동서방향의 수온분포가 사라지고 연안에 남북방향의 수온분포와 목포 부근 해역에 외해(18°C) 보다 2°C 낮은 수온이 나타나기 시작한다. 8월은 23~26°C 범위로 인천 남서쪽 연안과 목포 서쪽 해역이 24°C 이하의 저온수가 형성되는 특징을 보이고 있다. 10월은 인천 남서쪽 연안과 목포 서쪽 해역이 19°C 이하를 보였으나, 대체적으로 전해역이 19~20°C의 균일한 수온분포를 나타내었다. 12월은 10~12°C의 범위로 목포 연안에 형성되었던 저수온 분포가 사라지고 동계의 냉각 효과에 의한 남북방향의 위도별 수온차를 보였다.

수온의 수평분포에서는 10월과 12월의 군산 이북해역을 제외하고는 전반적으로 수심이 얇은 연안이 외해보다 낮은 수온을 보였다. 또한, 격월별 수온 차이는 12월과 2월 사이에 외해에서는 3°C, 연안에서는 6°C로 큰 폭의 수온하강을 보이고 있다. 이와 같은 현상은 수심이 얇은 연안역에서 표면수온의 변화에 수심이 중요하게 작용하고 있으며, 동계의 해수면 냉각효과로 인하여 표·저층까지의 연직혼합이 외해역보다 연안역에서 더욱 잘 이루어지기 때문이다(강 등, 1999).

격월 염분의 수평분포를 보면(Fig. 6), 2월은 32.0~33.2 psu 범위로 수심이 얇은 연안이 외해보다 낮고, 위도가 높아질수록 낮았다. 4월은 32.0~33.4 psu 범위로 인천 남서 연안이 32.0 psu 이하로 가장 낮고, 목포 남서 외해가 33.4 psu로 가장 높았다. 등염선의 방향은 2월과 유사한 분포 형태를 나타내었다. 6월은 32.0~33.2 psu의 범위로 등염선이 북쪽의 연안에서 남북 방향이고, 남쪽해역에서는 동서방향으로 형성되었다. 8월은 인천 남서쪽 연안과 목포 남서쪽 외해역에 32.0 psu 이하의 상대적으로 저염수를 보였고, 목포 서쪽 해역에서는 32.2 psu 이상의 상대적 고염수가 나타났다. 등염선은 목포 서쪽에 형성된 고염수의 영향으로 군산과 인천 연안에서 상대적으로 남북방향으로 형성되었다. 10월은 32.0~32.4psu의 범위로 인천 남서쪽 연안이 32.0 psu로 가장 낮고, 목포 남서쪽해역이 32.4 psu로 가장 높았으며, 그 외 대부분의 해역은 32.2 psu 내외의 균일한 분포를 보였다. 12월은 32.0~33.0 psu 범위로 인천 남서쪽 연안이 32.0 psu로 가장 낮았고, 목포 남서쪽 외해역이 33.0 psu로 가장 높았다. 등염선의 분포는 동서 방향을 나타내었다.

염분의 수평분포는 대체로 외해보다 연안해역에서, 남쪽보다 북쪽해역에서 낮은 농도를 보였는데, 이것은 육상으로부터 담수의 유입과 남쪽으로부터 고온고염의 황해난류 북상과 관계있을 것으로 생각된다(노, 1994). 또한 등염선의 방향은 동계에는 북서에서 남동 방향으로 형성되었고, 하계에는 연안에서 남북 방향으로 형성되었다.

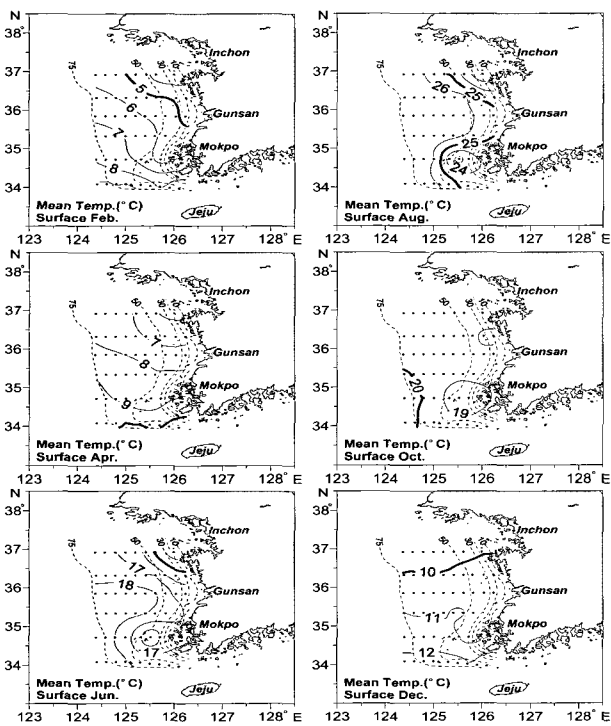


Fig. 5. Horizontal distribution of bi-monthly mean sea surface temperature (SST) in the western sea of Korea from 1961 to 2000( --- : isobath, — : isothermal line).

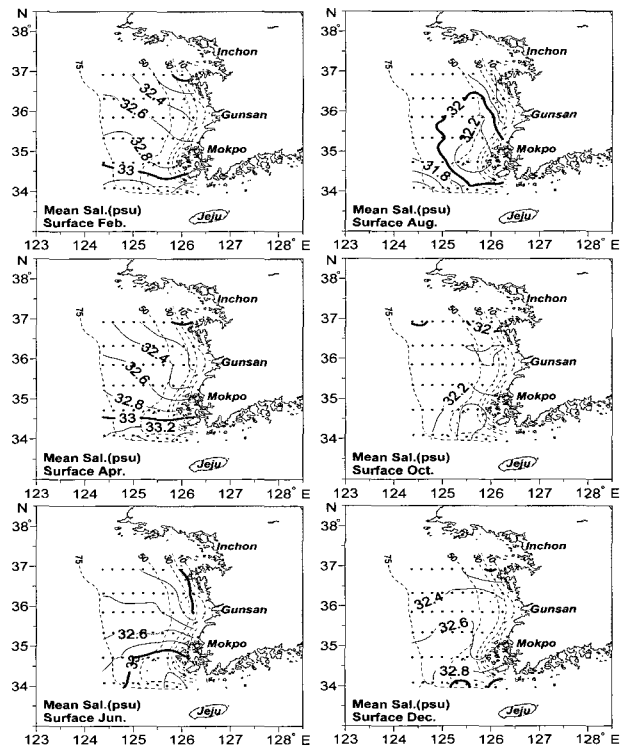


Fig. 6. Horizontal distribution of bi-monthly mean surface salinity in the western sea of Korea from 1961 to 2000( --- : isobath, — : isohaline).

3.3 수온과 염분의 연직분포

40년간(1961~2000년) 격월(2, 4, 6, 8, 10 및 12월) 평균한 수온의 연직분포를 보면(Fig. 7), 2월에는 동서방향과 남북방향의 4개 단면이 모두 연직혼합이 활발히 이루어져 표·저층이 균일한 수온분포를 보이는 동계의 특징을 잘 나타내었다. 4월에 북쪽해역의 표층에서 성층이 형성되기 시작하고, 6월에 수온약층이 대체적으로 수심 0~30 m 층에 강하게 형성되었다.

8월에는 수온약층이 6월보다 더 깊은 수심 0~50 m 층에 형성되었으며, 특히 수심이 얇은 연안보다 수심이 깊은 외해에서 강한 성층이 형성되었다. 10월에는 표층에서부터 연직혼합이 이루어지기 시작하여 수심 0~20 m 층이 19~20℃ 범위의 균일한 수온이고, 12월에는 대부분의 해역이 9~12℃ 범위의 균일한 수온분포를 보였다.

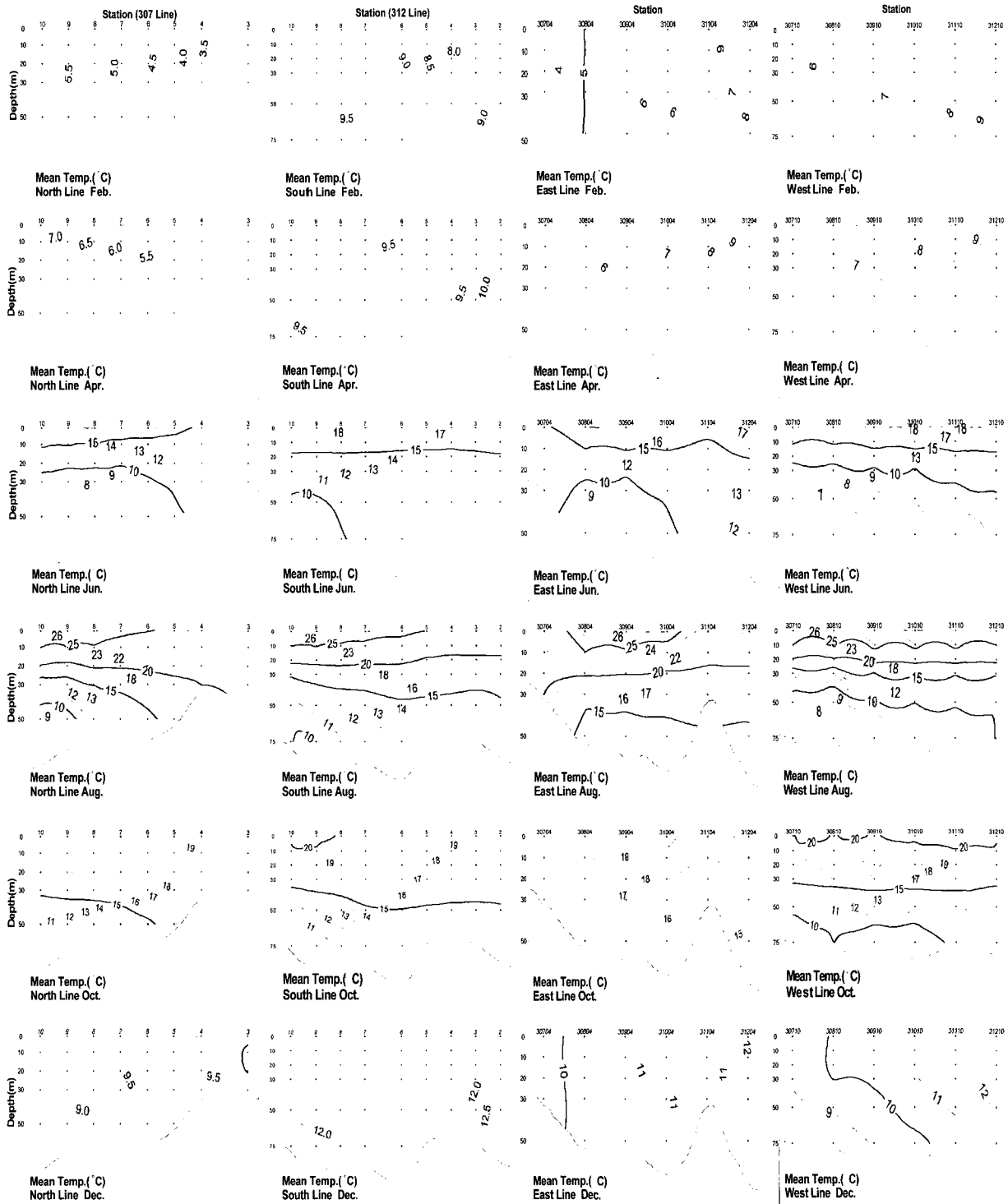


Fig. 7. Vertical distribution of mean water temperature in the western sea of Korea from 1961 to 2000.

40년간(1961~2000년) 격월(2, 4, 6, 8, 10 및 12월) 평균한 염분의 연직분포는(Fig. 8) 동계인 2월에 연직혼합이 잘 나타나고, 연안과 북쪽해역에서 낮은 농도를 보였다. 4월도 312 정선의 남쪽단면을 제외하고, 2월과 유사한 형태를 나타내었다. 6월에는 동쪽정선 단면을 제외하고 약한 성층이 발달하기 시작하여, 8월

에는 전 해역에서 강한 성층을 형성하였다. 10월부터는 다시 성층이 약해지고 표층부터 연직혼합이 이루어지기 시작하였으며 12월은 대체적으로 표·저층간의 연직혼합이 잘 나타났다.

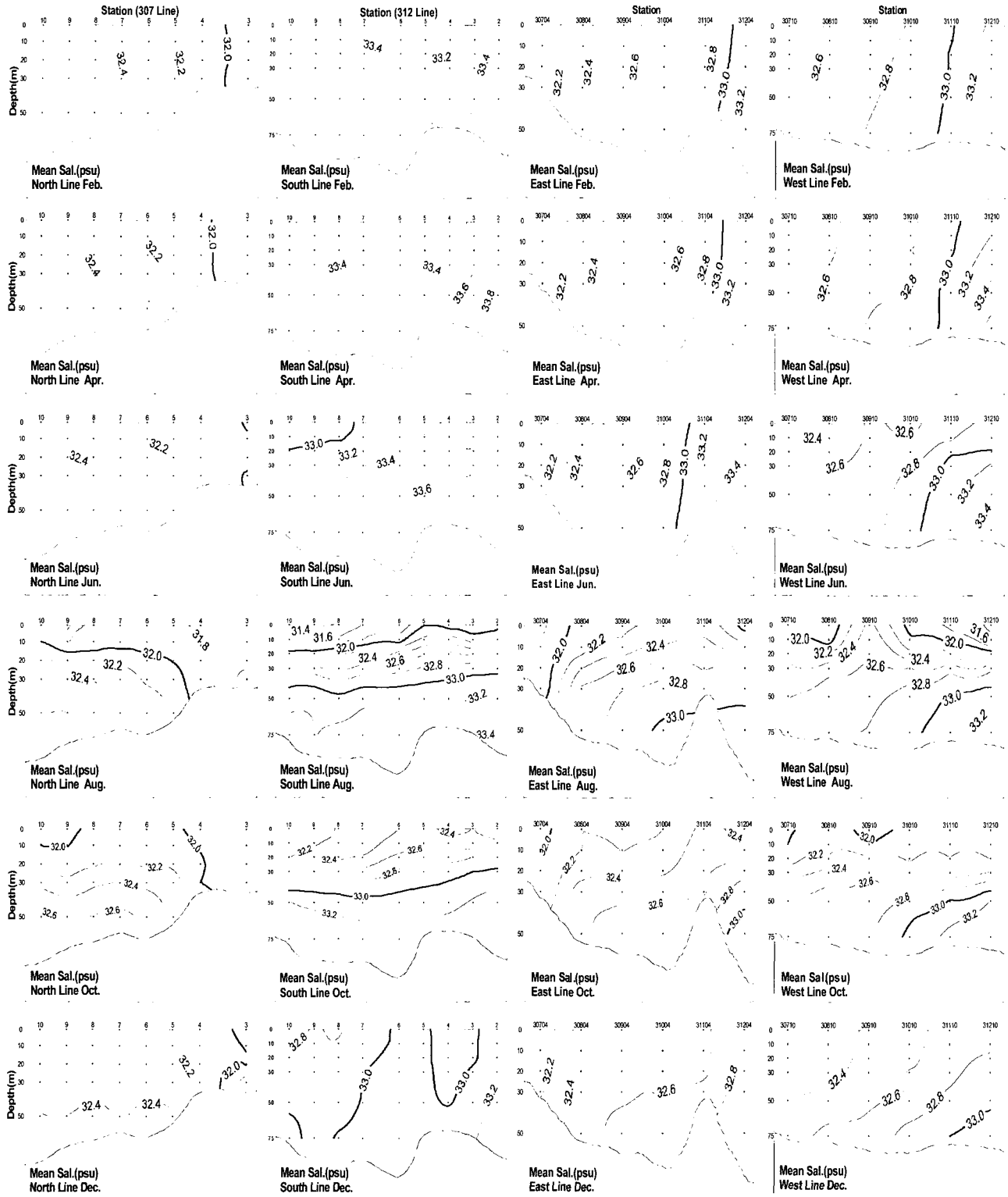


Fig. 8. Vertical distribution of mean salinity in the western sea of Korea from 1961 to 2000.

3.4 동계 기온과 수온 및 염분과의 관계

동계에 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 통과할 때 해양으로부터 많은 열과 수증기가 대기로 수송됨에 따라 해황의 변화를 일으킨다. 이러한 해황에 대한 대륙기단의 영향을 파악하기 위해서 대표적인 해황요소인 수온 및 염분과 기온의 연관성을 조사하였다.

동계인 2월의 서해 연안지역의 기온과 수온과의 관련성을 알아보기 위하여 대표적 서해 연안지역인 인천, 군산, 목포의 기온 편차와 Fig. 2와 같이 이들 세 지역과 가장 가까운 정점인 307-03, 309-01, 311-04에 대한 1992~2002년의 2월 표층의 수온편차를 각각 비교하였다(Fig. 9).

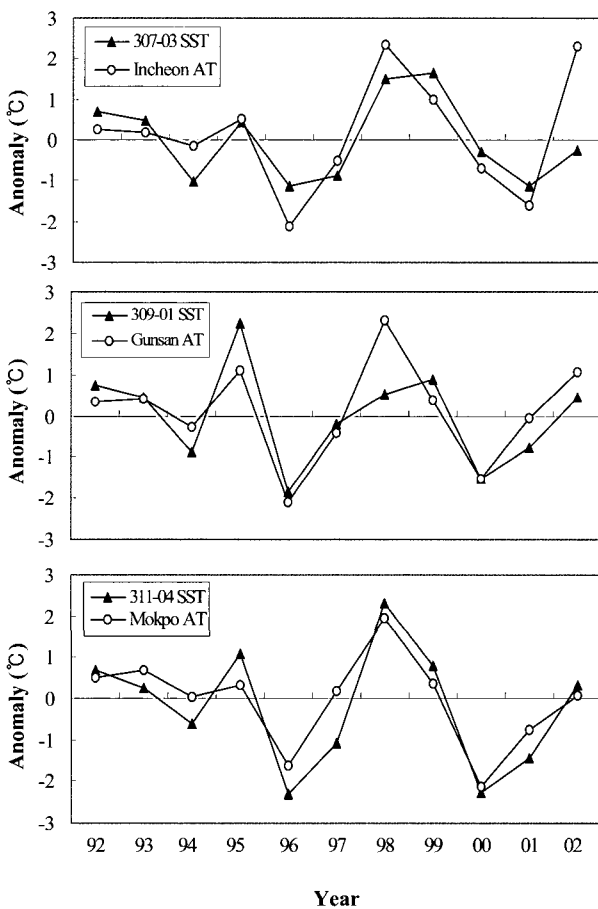


Fig. 9. Relationship between air temperature (AT) anomaly and sea surface temperature (SST) anomaly in February from 1992 to 2002.

동계 2월의 기온과 수온의 편차를 보면, 1994년과 1997년의 목포와 2002년의 인천에서 역상관인 것을 제외하고, 인천, 군산, 목포에서 공히 기온과 수온의 편차가 정의 상관관계를 보였다. 즉, 기온이 양의 편차이면 수온도 양의 편차이고, 기온이 음의 편차를 보이면 수온도 음의 편차를 나타내었다.

여기서 서해 연안해역 2월의 기온과 수온의 상관관계로부터  $y=0.6469x + 0.3169$ 의 관계식을 얻었고, 이 때 상관계수는

$r=0.64$ 로 나타났다(Fig. 10).

또한, 기온과 수온의 상관관계가 높은 해역을 찾아보기 위하여 인천, 군산, 목포와 가장 가까운 정선의 연안해역 정점(정점 307-04, 309-01, 311-04), 중앙해역 정점(307-07, 309-05, 311-07) 외해역 정점(307-10, 309-10, 311-10)의 수온 편차와 인천, 군산, 목포지역 기온 편차와의 관계를 살펴보았다. 그 결과, 인천의 기온편차와 수온편차간의 상관계수는 연안정점인 307-03이 0.56, 중앙정점은 0.46, 외해 정점인 307-10이 0.29로 나타났다. 군산은 연안 정점에서 0.63, 중앙정점과 외해정점에서는 각각 0.39 및 0.16의 상관관계가 나타났고, 목포의 연안 정점은 0.91, 중앙정점에서 0.41, 외해정점은 -0.03의 상관관계가 나타났다.

이들 세지역의 기온과 수온의 상관관계는 연안 정점이 중앙이나 외해역의 정점보다 크게 나타나고, 두 인자들 사이에 대체로 정의 상관관계를 나타내었다. 이것은, 동계 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 거쳐 한반도로 확장하면서 북서기질풍에 의한 해수면 냉각효과가 탁월하여 수심이 얇은 연안기 기온변화에 빨리 반응하기 때문이다. 이것은 장 등(2000)이 서해 연안역 표층수온과 기온 사이에 수온이 높을 때 기온도 높다는 연구 결과와 일치한다.

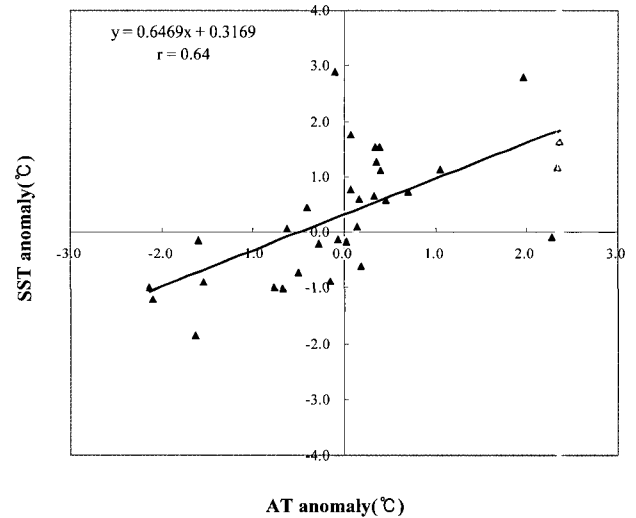


Fig. 10. Correlations of air temperature (AT) anomaly in the coastal region (Incheon, Gunsan, Mokpo) vs. sea surface temperature (SST) anomaly in the western sea of Korea in February from 1992 to 2002.

연안지역 기온과 상관성이 낮은 외해역에서 수온에 미치는 기상 요인을 조사하기 위하여 가장 외해 정점인 307-10, 309-10, 311-11 정점의 잠열속과 현열속 합인 편차와 수온 편차를 비교하였다(Fig. 11).

일반적으로 각 조사 정점에서 잠열속과 현열속에 의해 열손실이 많았던 307선(1994년, 2000년 및 2001년), 309선(1992년,

1993년, 1997년 및 2000년) 및 309선(1994년, 1996년 및 1998년)은 수온이 음의 편차이다. 또한 열손실이 적었던 307선(1996년, 1998년, 1999년 및 2002년), 309선(1996년, 1999년, 2001년 및 2002년) 및 309선(1999년 및 2002년)은 양의 편차를 보였다. 외해에서는 연안기온과 표면수온과의 관련성은 적었으나, 잠열속과 현열속에 의한 해양에서 대기로의 열손실이 수온에 크게 영향을 미치는 것을 알았다. 또한, 잠열속과 현열속의 영향은 북쪽 외해역(307 정선)이 남쪽 외해역(311 정선)보다 열손실이 크게 나타났다. 이와 같은 현상은 중국대륙에 위치하고 있는 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 통과할 때 북서계절풍에 의한 해양에서의 열손실 효과 때문이다. 이 열손실 효과가 남쪽으로 갈수록 작아지는 것은 북상하는 황해난류에 의해 남쪽부터 열의 보충이 있기 때문이다(방 등, 1999).

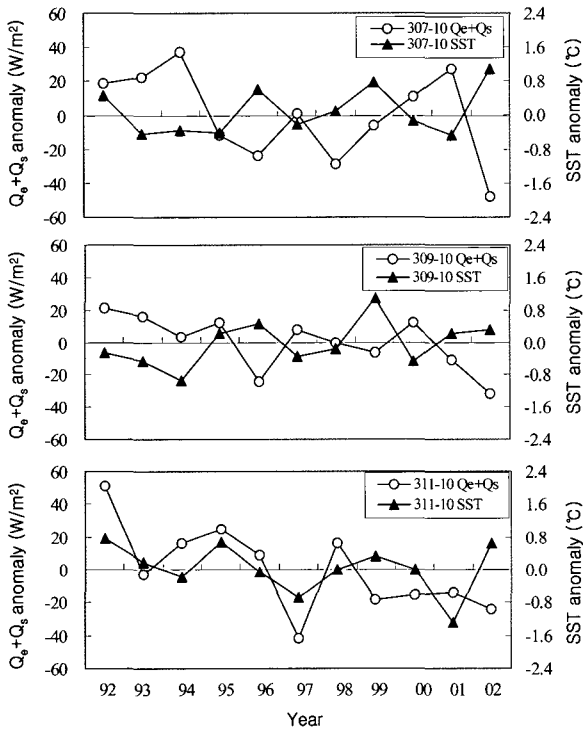


Fig. 11. Relationship between  $Q_e + Q_s$  and sea surface temperature (SST) anomaly in February from 1992 to 2002.

동계 서해연안지역의 기온과 표층염분과의 관계를 파악하기 위하여 1992~2002년의 2월의 인천, 군산, 목포지역의 기온 편차와 염분편차를 비교하였다(Fig. 12).

기온과 염분의 편차를 보면, 1994년, 1997년 및 2002년의 역상관 관계를 제외하고, 인천, 군산, 목포에서 공히 기온과 수온의 편차가 정의 상관관계를 보였다. 이것은 한(1991)이 서해에서 수온이 상승하면 증발량이 많아져 해안지방의 습도가 높아진다고 보고한 바와 같이, 기온 상승에 의한 수온의 상승으로 증발량이 많아지면 염분이 증가하게 되고, 결과적으로 기온의

상승으로 염분 증가하게 된다.

여기서 서해 연안해역 2월의 기온과 염분의 상관관계로부터  $y=1.5533x + 0.0043$ 의 관계식을 얻었고, 이 때 상관계수는  $r=0.54$ 로 유의한 상관성을 보였다(Fig. 13).

또한, 기온과 염분의 상관관계가 높은 해역을 찾아보기 위하여 수온과 같은 인천, 군산, 목포와 가장 가까운 정선의 연안해역 정점(정점 307-04, 309-01, 311-04), 중앙해역 정점(307-07, 309-05, 311-07) 외해역 정점(307-10, 309-10, 311-10)의 염분편차와 기온편차와의 관계를 살펴보았다. 그 결과, 인천의 기온편차와 염분편차간의 상관계수는 연안 정점인 307-03에서 0.48, 중앙해역 정점인 307-07에서 0.18, 외해역 정점인 307-10에서 0.16 이었다. 군산은 연안정점과 0.61, 중앙정점과 0.40, 외해정점과는 -0.10이고, 목포는 연안 정점과 0.58, 중앙정점과 0.19, 외해정점과 -0.06의 상관관계를 보였다. 기온과 염분과의 상관관계는 외해역 보다는 연안해역에서 상관관계가 높게 나타났다.

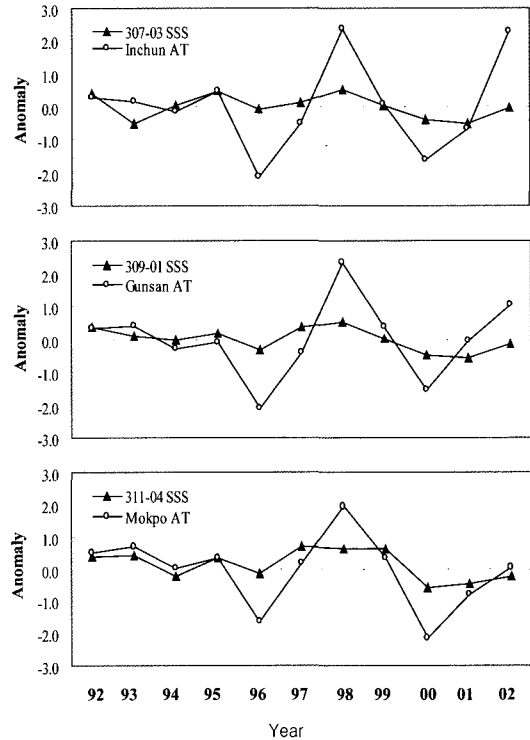


Fig. 12. Relationship between air temperature (AT) anomaly and sea surface salinity (SSS) anomaly in February from 1992 to 2002.

### 3.5 강수량과 염분과의 관련성

한반도 서부지역 1992년부터 2002년까지 11년 평균 강수량의 연변동과 표준편차를 보면, 8월이 244 mm로 가장 많고, 12월이 27 mm로 가장 적었다(Fig.14).

연강수량은 하계인 6월에서 9월까지의 강수량이 67%로 대부분을 차지하였다. 또한, 표준편차는 강수량이 가장 많은 8월



에 165 mm로 가장 크고, 강수량이 가장 적은 12월에 16 mm로 가장 작았다.

한반도 서부지역의 연중 강수량의 대부분을 차지하는 하계 강수량(6월에서 9월까지)과 서해 염분과의 상관성을 알아보기 위하여 1992년부터 2002년까지 11년간 한반도 서부 26개 관측소(Fig. 2)의 하계 강수량의 편차와 서해 10월, 12월 및 2월의 염분편차를 조사하였다(Fig. 15).

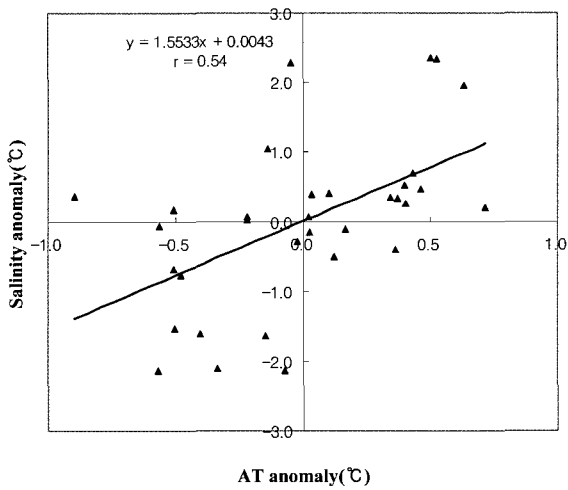


Fig. 13. Correlations of air temperature (AT) anomaly in the coastal region (Inchun, Gunsan, Mokpo) vs. surface salinity anomaly in the western sea of Korea in February from 1992 to 2002.

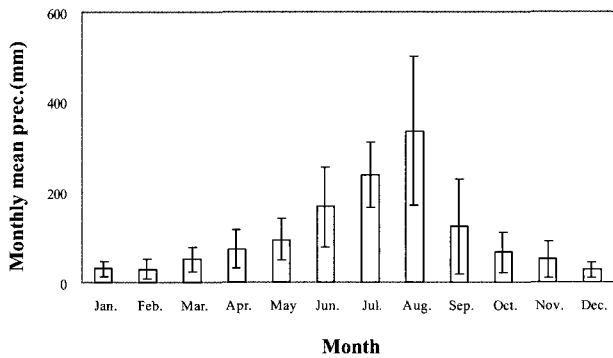


Fig. 14. Annual variation of monthly mean precipitation and standard deviation in west region of Korea from 1992 to 2002.

강수량편차와 염분편차를 보면(Fig. 15), 10월은 1992년, 1993년, 1995년, 2001년, 2002년은 정의 상관관을 보였으나, 이외의 해는 역상관을 나타냈다. 12월의 경우, 1993년, 2001년, 2002년을 제외하고 강수량과 염분이 역상관을 보이고 있다. 2월의 경우, 1995년과 2001년을 제외하고 강수량과 염분이 역상관이였다. 하계 한반도 서부지역의 1992년부터 2002년까지 11년간 하계 강수량과 서해 염분의 편차를 비교해본 결과 10월 및 12

월(상관계수가 각각 -0.06 및 -0.09)보다 다음해 2월이 더 높은(상관계수는 -0.58) 역상관을 보이고 있다. 따라서 한반도 서부지역의 하계 강수량은 10월과 12월보다 다음 해 동계인 2월의 염분분포에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 이것은 육상에서의 강수가 하천을 통하여 해양으로 유입되는 시간과 해양의 표층에서 저층까지 연직혼합에 소요되는 시간 지연인 것으로 생각된다.

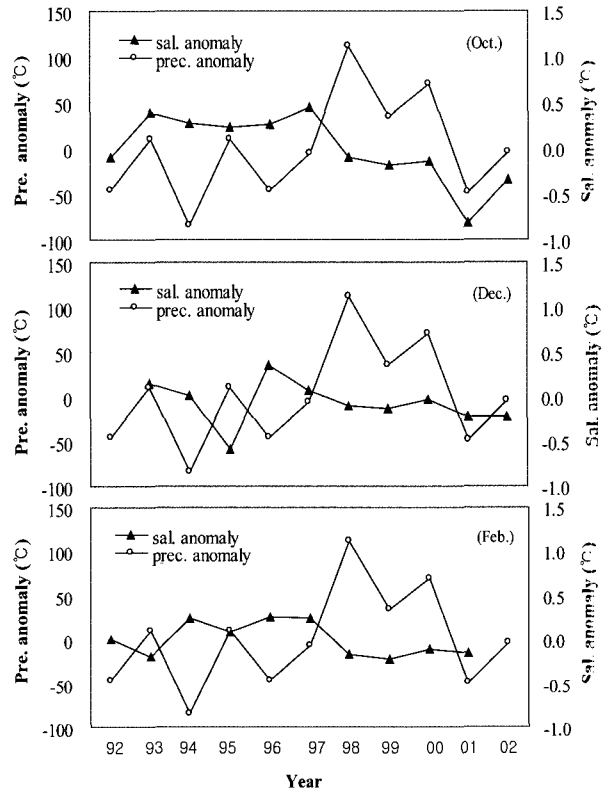


Fig. 15. Relationship between precipitation anomaly in the west region of Korea and salinity anomaly in the western sea of Korea in February from 1992 to 2002.

#### 4. 결론

동계 한국 서해의 수온, 염분 등 해황 변동과 연안지역 기온, 강수량 등 기상인자와 상호 관계를 살펴보면 다음과 같다.

동계 서해는 수심이 얇은 연안역이 외해역보다 해황의 변동이 크게 나타났다. 즉, 동계(12~2월) 표면수온은 2월의 수온이 12월보다 외해역에서는 3~4°C 하강하지만 연안역에서는 6°C 정도의 저수온 현상을 보이고 있다. 염분의 분포는 외해역보다 연안역에서 남쪽해역보다 북쪽해역이 낮은 농도를 보인다. 또한, 하계에 남북방향으로 형성되었던 등염선이 동계에는 북서에서 남동 방향으로 형성한다.

한국 서해연안에 위치한 인천, 군산 및 목포 지역의 기온과 연안수온 사이에는 기온이 상승하면 수온이 상승하고 기온이

하강하면 수온도 하강하는 정의 상관관계를 보인다. 또한, 서해의 외해 수온은 잠열속과 현열속에 의한 해양에서의 방출열량과 역의 상관관계를 보인다. 즉, 잠열속과 현열속에 의한 방출열량이 많으면 외해의 수온은 하강하고, 방출열량이 적으면 상승한다. 잠열속과 현열속의 영향은 북쪽해역이 크고, 남쪽해역으로 갈수록 작게 나타난다. 또한, 동계 서해 연안지역 기온과 연안역 표면염분과의 관계는 기온이 상승하면 연안역의 염분이 증가하고, 수온이 하강하면 염분이 낮아지는 정의 상관관계를 보인다. 한편 한반도 서부지역의 하계(6~9월) 강수량은 10월과 12월보다 동계인 다음 해 2월의 염분분포에 영향을 미치고 있다.

### 감사의 글

본 연구는 국립수산과학원(첨단위성 해양정보활용시스템 운영, RP-2006-ME-002)의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

[1] 강재훈, 방익찬, 장경일(1999), 황해와 동중국해 표층 수온의 계절변화, 제주대학교 연구보고, 23, pp. 1-8.  
 [2] 국립수산과학원(2001), 한국해양편람.  
 [3] 국립수산과학원(1961~2002), 해양조사연보.  
 [4] 기상청(1992~2002), 기상월보.  
 [5] 김종만(1994), 황해의 해양물리화학적 특성, 한국어류학회지, 6(1).

[6] 노홍길(1994), 제주도 주변해역의 해양환경, 한국어류학회지, 6(2), pp. 254-256.  
 [7] 방익찬, 오임상(1995), 해수면변화와 해저지형에 의한 난류수의 순환과 그 기원. 한국수산학회지, 28(5), pp. 677-697.  
 [8] 장이현, 강용균, 서영상(2000), 시간스케일에 따른 해양 표면수온과 기온의 변동 및 상관 연구. 한국환경과학회지, 9(4), pp. 303-309.  
 [9] 최용규, 윤홍주(1999), 1994년 인천 연안역의 열수지, 한국환경과학회지, 9(3), pp. 293-297.  
 [10] 한영호, 장선덕(1978), 동계의 열수지와 황해냉수와의 관계, 한국어업기술학회지, 14(1), pp. 1-14.  
 [11] 한영호(1991), 해수온도가 우리나라 서해안 지방의 기온 및 습도에 미치는 영향, 한국기상학회지, 29(3), pp. 197-203.  
 [12] 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., 21(1), pp. 1-10.  
 [13] Peng C., Shu G. and Henry B.(2004), Net sediment transport patterns over the Bohai Strait based on grain size trend analysis, Estuaries Coastal and Shelf Science, pp. 203-212.

원고접수일 : 2006년 1월 24일

원고채택일 : 2006년 2월 22일