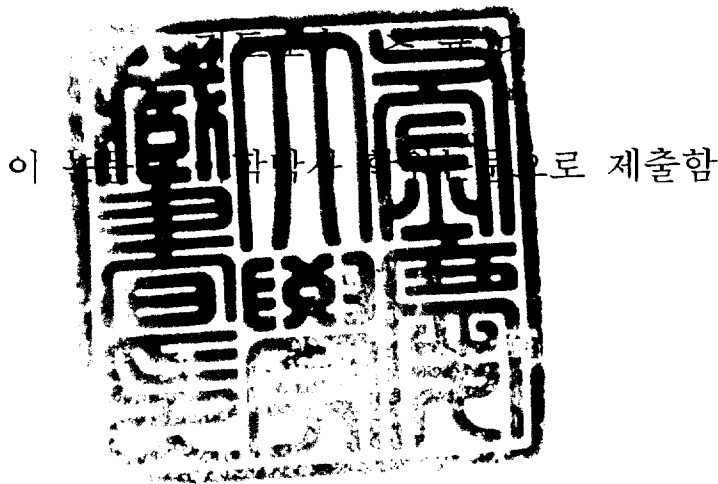


이학박사 학위논문

동계 한국 서해의 해황과
기상인자와의 관계에 관한 연구



2005년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

수산해양학 · 연협동과정

고 우 진

고우진의 이학박사 학위논문을 인준함.

2004년 12월 22일

주 심 이 학 박 사 윤 중 휘



부 심 농 학 박 사 조 규 대



위 원 공 학 박 사 김 동 선



위 원 이 학 박 사 최 용 규



위 원 수 산 학 박 사 김 상 우



목 차

Figure lists	iv
Table lists	ix
Abstract	x
1. 서 론	1
2. 자료 및 방법	5
2.1. 자료	5
2.1.1. 해황	5
2.1.2. 기상	5
2.1.3. 자료의 신뢰도와 한계성	6
2.2. 연구방법	9
2.2.1. 서해의 평년해황	9
2.2.2. 수온과 기상	10
2.2.3. 염분과 기상	10
2.2.4. 수온, 염분과 기상인자간의 관계	11
2.2.5. 해양에서의 열손실과 적설과의 관계	11

3. 결 과	14
3.1. 한국 서해의 평년해황과 기온	14
3.1.1. 표면수온 및 염분의 변동	14
3.1.2. 연안의 기온 변동	15
3.1.3. 수온과 염분의 공간적 분포	17
3.1.3.1. 수온분포	17
3.1.3.2. 염분분포	28
3.2. 서해의 수온 및 염분과 기온의 관련성	37
3.2.1. 수온 및 염분의 시·공간적 분포	37
3.2.2. 표면수온과 기온과의 관련성	41
3.2.3. 표면수온과 잠열속과 현열속의 관련성	45
3.3. 강수량과 염분의 관련성	51
3.3.1. 강수량 경년 변동	51
3.3.2. 강수량과 염분의 관계	51
3.4. 적설량과 해황의 관계	55
3.4.1. 서해연안 적설 특성	55
3.4.2. 대륙성고기압의 확장 방향과 열손실	57
3.4.3. 잠열속 및 현열속과 적설량의 관계	58

3.4.4. 대설현상과 기압분포	60
3.4.5. 대설현상과 바람 영향	64
3.4.6. 적설량과 서해 염분의 관계	67
 4. 고찰	 73
4.1. 동계 서해의 해황 특성	73
4.2. 수온에 대한 기상의 영향	74
4.3. 염분에 대한 기상의 영향	75
4.4 적설과 해황의 관련성	76
 5. 결론	 83
감사의 글	85
참고문헌	86
Appendix	92

List of Figures

Fig. 1.1. Location and bathymetry map of the Yellwo Sea (Peng et al, 2004).

Fig. 2.1. 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, western line respectively. (NFRDI is National Fisheries Research and Development Institute, KMA is Korea Meteorological Administration)

Fig. 3.1.1. Annual variation of monthly mean sea surface temperature (SST (A)), surface mean salinity (B) and its standard deviation(SD) in the West Sea of Korea from 1992 to 2002.

Fig. 3.1.2. Annual variation of monthly mean air temperature (AT) and standard deviation(SD) in the west costal region of Korea from 1992 to 2002.

Fig. 3.1.3. Horizontal distribution of bi-monthly mean sea surface temperature (SST) in the West Sea of Korea from 1961 to 2000. ($\cdots$ isobath, $—$: isothermal line)

Fig. 3.1.4. Distribution of standard deviation(SD) of SST in the West Sea of Korea from 1961 to 2000.
(upper : December, Bottom : Feburary)

Fig. 3.1.5. Vertical distribution of mean water temperature in the West Sea of Korea from 1961 to 2000 in February.

Fig. 3.1.5. Continued (in April).

Fig. 3.1.5. Continued (in June).

Fig. 3.1.5. Continued (in August).

Fig. 3.1.5. Continued (in October).

Fig. 3.1.5. Continued (in December).

Fig. 3.1.6. Horizontal distribution of bi-monthly mean surface salinity in the West Sea of Korea from 1961 to 2000 ($\cdots$: isobath, — : isohaline).

Fig. 3.1.7. Distribution of standard deviation(SD) of surface salinity in the West Sea of Korea from 1961 to 2000 (upper : December, Bottom : February).

Fig. 3.1.8. Vertical distribution of mean salinity in the West Sea of Korea from 1961 to 2000 in February.

Fig. 3.1.8. Continued (in April).

Fig. 3.1.8. Continued (in June).

Fig. 3.1.8. Continued (in August).

Fig. 3.1.8. Continued (in October).

Fig. 3.1.8. Continued (in December).

Fig. 3.2.3. Relationship between air temperature (AT) and sea surface temperature (SST) anomaly in February from 1992 to 2002.

Fig. 3.2.4. Correlations of air temperature (AT) anomaly in the western coastal region (Incheon, Gunsan, Mokpo) vs. sea surface temperature (SST) anomaly in the West Sea of Korea from 1992 to 2002.

Fig. 3.2.5. Relationship between air temperature (AT) anomaly and sea surface temperature (SST) anomaly in February from 1992 to 2002.

Fig. 3.2.6. Relationship between air temperature (AT, °C) and sea surface salinity (SSS, psu) anomaly in February from 1992 to 2002.

Fig. 3.2.7. Correlations of air temperature (AT) anomaly in the western coastal region (Inchun, Gunsan, Mokpo) vs. surface salinity anomaly in the West Sea of Korea from 1992 to 2002.

Fig. 3.3.1. Annual variation of monthly mean precipitation in west region of Korea from 1992 to 2002.

Fig. 3.3.2. Relationship between precipitation anomaly in the west region of Korea and salinity anomaly in the West Sea of Korea in February from 1992 to 2002.

Fig. 3.4.1. Annual variation of monthly mean snowfall in the western region of Korea from 1992 to 2002.

Fig. 3.4.2. Distribution of monthly mean snowfall in the western coastal region (Incheon, Gunsan, Mokpo) in winter season (Dec.~Feb.) from 1992 to 2002.

Fig. 3.4.3. Variation of monthly mean snowfall in the western costal region (Incheon, Gunsan, Mokpo) of Korea in winter season from 1992 to 2002.

Fig. 3.4.4. Weather chart of expansion route continental high atmospheric pressure from North to South (A) and from North West to South East (B).

Fig. 3.4.5 Daily variation of snowfall and Q_e (latent heat)+ Q_s (sensible heat) at winter season (Dec.~Feb) in Incheon.

Fig. 3.4.6. Daily variation of snowfall and Q_e (latent heat)+ Q_s (sensible heat) at winter season (Dec.~Feb) in Gunsan.

Fig. 3.4.7. Daily variation of snowfall and Q_e (latent heat)+ Q_s (sensible heat) at winter season (Dec.~Feb) in Mokpo.

Fig. 3.4.8 Weather chart of high Q_e (latent heat) + Q_s (sensible

heat) and heavy snowfall day in the west coastal region of Korea.

Fig. 3.4.9. Weather chart of high Q_e (latent heat) + Q_s (sensible heat) and non heavy snowfall day in the west coastal region of Korea.

Fig. 3.4.10. Wind vector diagram of heavy snowfall period during winter season(Dec.~Feb.) in Incheon from 1996 to 2001.

Fig. 3.4.10. Wind vector diagram of heavy snowfall period during winter season(Dec.~Feb.) in Gunsan from 1992 to 1997.

Fig. 3.4.10. Wind vector diagram of heavy snowfall period during winter season(Dec.~Feb.) in Mokpo from 1998 to 2000.

Fig. 3.4.11. Comparison of snowfall and salinity anomaly during winter season(December and February) in the west sea of Korea from 1992 to 2002.

List of Tables

Table 2.1. Number of serial oceanographic observation in the West Sea of Korea from 1961 to 2000

Table 3.1. Correlations of air temperature anomaly in the western coastal region of Korea and SST anomaly in the West Sea of Korea from 1992 to 2002

Table 3.2. Correlations of air temperature anomaly in the western region of Korea vs. surface salinity anomaly in the West Sea of Korea from 1992 to 2002

Table 3.3. Correlation coefficient of precipitation(summer season) and sea surface salinity(winter season in the West Sea of Korea

Table 4.1. Expansion route of continental high atmospheric pressure in winter (Dec.~Feb.) from 1998 to 2001

**A study of relationship between
Meteorological factors and Ocean conditions in
the West Sea of Korea in winter.**

Woo Jin Go

*Interdisciplinary Program of Fisheries and
Oceanography, Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

This study was conducted to find out the effects to ocean conditions and relationship between ocean and meteorological factors when cold and dry continental air mass through the West Sea in winter

I used oceanic data of salinity and sea water temperature (SST) which they observed for 42yrs (1961~2002) from 6 serial lines and 51 station by NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute) and also be used the data of air temperature, atmospheric pressure, relative humidity, precipitation, snowfall, and wind in the

western region of Korea by KMA (Korea Meteorological administration)

The changes of ocean conditions during the winter season effect the coast more than open sea. And sea surface temperature (SST) of the open sea during the February is 3~4°C lower than December but SST fo the coast is dropped up to 6°C. And the salinity, there were not much difference between other sea areas except southern sea of Mokpo.

Relationship between the air temperature (AT) of the coast region and SST of the coast that when the At goes high then the SST went high at the same time. Also when it goes down they went down at the same time. A correlation between the AT of the coastal region and SST of West Sea is $r=0.64$, and correlation is more occurred at the coast than the open sea. SST of open sea can change by latent heat (Q_s) and sensible heat (Q_e), when the open sea lose its heat by Q_s and Q_e then SST goes down. And when they get the heat then the SST goes up.

Between the AT of the coastal region and salinity, when the AT goes high then salinity go high and when it goes down then AT goes down too. And correlation between the AT of the coastal region and SST of West Sea is $r=0.54$, and correlation is more occurred at the coast than at the open sea. Precipitation during the summer seasons (June~September) effected correlation more during February ($r=-0.58$) of coming yr than during Octobe ($r=-0.06$) and December ($r=-0.19$).

Route of continental high atmospheric pressure can cause effect on

snowfall at the west (Inchoen, Gunsan, Mokpo) of the Korean Peninsula. The continental high atmospheric pressure extend from the southern China to western coastal region of the Korean Peninsula during the December, and it extend from the north side of China through Bohai Sea and Raodong Peninsula to central area of the Korean Peninsula during the February. so the snowfall at Inchoen is more during February than December, the snowfall at Gunsan and Mokpo is more during the December than February.

The heavy snowfall at the western coastal region of Korea causes by loss of the heat from the ocean to air when it's higher than 100 W/m^2 . Also it can happens when the arrangement of continental high atmospheric pressure and low pressure is western high aomoshperic pressure and eastern low. Also front formed at the Korean Peninsula or West Sea, and it can happens when the wind blow from the North or North West at the speed of $4\sim 8\text{m/sec}$. There were not much relation between salinity and snowfall.

1. 서론

해양과 대기는 밀접한 관련성을 가지고 서로 영향을 미친다. 대기에 의한 해표면의 냉각과 가열은 혼합층의 깊이 즉, 성층에 크게 영향을 끼치며, 해양의 저열량은 해면을 통한 대기와의 열교환에 주된 역할을 한다.

한국의 서해는 서태평양의 북서부에 위치하는 연해로 북쪽은 중국대륙과 한반도에 의해 둘러싸여 있다(Fig. 1.1). 해역의 북쪽은 요동반도와 산둥반도를 연결한 선으로 발해만과 구분되고, 남쪽은 동중국해와의 사이에 지형적인 경계는 없으나 일반적으로 제주도와 양자강을 연결한 선으로 구분하고 있다. 서해의 크기는 남북간 약 1,000km, 동서간 700km로서 발해만을 제외한 그 면적은 40.4km^2 , 용적은 $17,620\text{km}^3$ 이다. 수심은 80m 이하(평균수심 44m)로 얇고 최고수심은 홍도 서부해역에서 103m를 나타내는 곳도 있다.

이와 같이 수심이 얇고 반폐쇄적 만과 같은 해역인 서해는 동해와 남해에 비해 상대적으로 열 수용량이 적어 기상 변화에 따른 해황의 변화가 크다고 할 수 있다. 강 등(1999)은 우리나라 표면수온의 계절 변화 연구에서 수심이 얇은 서해에서 그 변화가 가장 크다고 하였으며, 서해의 평균수온이 동해보다 낮고 연교차가 훨씬 큰 것은 열 수용량의 차이에 의한 것이라고 하였다(강 등, 1984; 강; 1985, 안, 1984).

또한, 동계에 서해는 북서계절풍에 의한 대륙기단의 영향을 많이 받는다. 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 횡단하여 한반도에 내습하

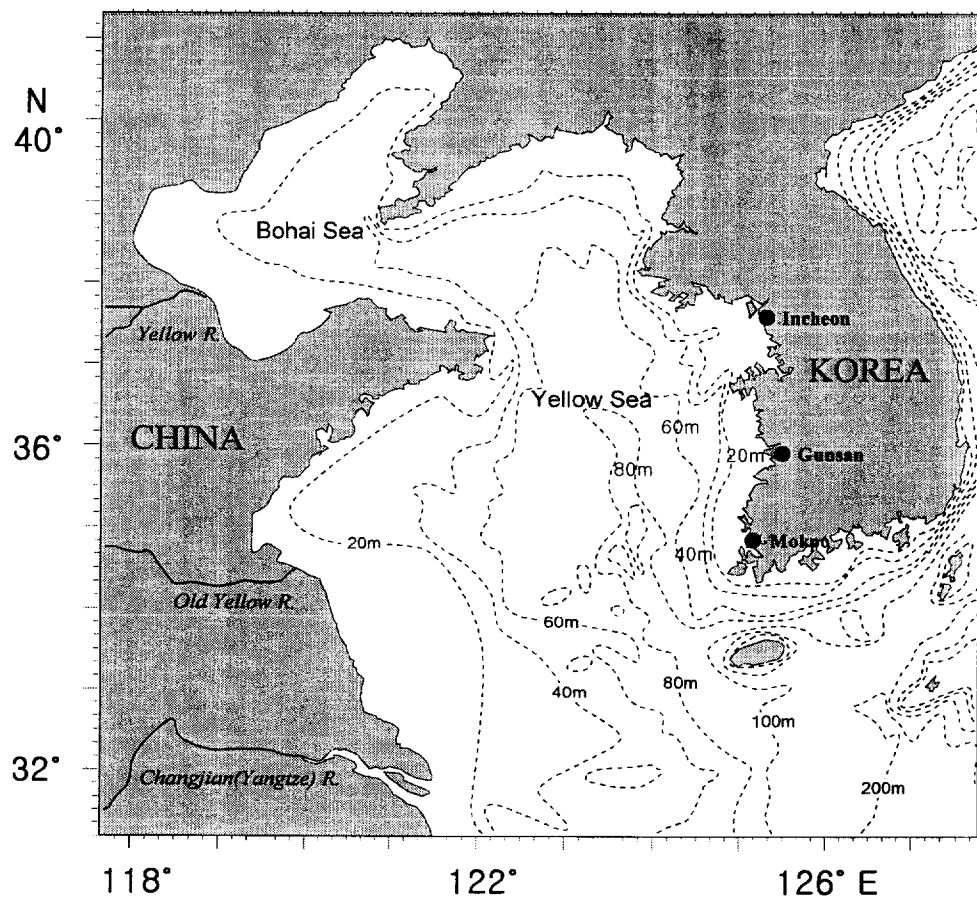


Fig. 1.1. Location and bathymetry map of the Yellow Sea (Peng et al, 2004).

게 되면 상대적으로 따뜻한 서해에서 많은 량의 열과 수분을 흡수하여 한반도에 도달하게 된다. 따라서 대기와 해양간의 열수지는 해황에 크게 영향을 미친다. 서해는 대기와 해양간의 열수지에 의해 그 영향을 많이 받으며(김, 1981), 따라서 해면수온은 열 교환량의 변화와 밀접한 관계가 있다(봉, 1976). 황해에서는 동계에 현열속과 잠열속에 의해 $100\sim400\text{W/m}^2$ 의 열량이 해양에서 대기로 방출되고, 여름철에는 $50\sim200\text{W/m}^2$ 의 열량이 대기에서 해양으로 유입된다(윤, 1998). 특히, 인천 연안역에서 순열속의 분포는 3월에서 10월까지 대기에서 해양으로 열전달이 되고, 11월에서 2월까지의 해에서 대기로 열전달이 된다(최, 1999).

이러한 해양과 대기간 열수지의 변동이 수괴의 변동에 영향을 미친다. 현열과 잠열의 공간분포는 해류분포와 밀접하게 관련이 있으며(김, 1996, 김, 1999), 동계 황해에서의 열수지가 동중국해에서 황해 냉수세력과 상관관계가 높다(한, 1978). 황해저층냉수의 분포, 소장 및 남하 정도는 서해의 해황에 크게 영향을 끼친다. 황해저층냉수는 전년 동계의 강한 북서계절풍에 의한 표층해수의 냉각에 의해 형성되며(양 등, 1984; 윤, 1986; 노, 1994), 겨울철의 기온이 높은 해는 여름철의 저층수온이 높고, 겨울철의 기온이 낮은 해는 저층수온도 역시 낮다(조와 조, 1987). 그리고 서해의 동계(2월) 표면수온이 1°C 증가하면 하계(8월) 저층 수온 1°C 증가한다고 보고하였다(강과 김, 1987).

이와 같이 서해에서는 대기 상태가 해양에 미치는 영향이 큰 것으로 조사되었으나, 이 해역에서 해황과 대기간의 상호작용에 관한

기존의 연구는 대부분 열수지에 관한 것이었다. 그러나 동계 시베리아에서 발원한 한랭한 기단이 중국대륙을 거쳐 상대적으로 온난한 서해를 지나 한반도로 진출할 때 우리나라 서해의 해황에 어떤 영향을 끼치는가를 밝힌 연구는 거의 없다. 그리고 서해의 기상인자와 해양인자간의 상호 관련성에 관한 연구 또한 미흡한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 수온, 염분 등의 해황자료와 기온, 강수량, 적설량, 바람 등의 기상자료, 잠열속, 현열속과 같은 열수지, 기압 자료를 이용하여 각각의 요인들이 서해의 수온과 염분에 어떤 영향을 미치는가를 밝혀 이 인자들간의 관계로서 서해의 해황 추정을 가늠할 수 있도록 하고자 하였다.

2. 자료 및 방법

2.1. 자 료

2.1.1. 해 황

한국 서해에서 동계 평년 해황을 파악하고, 기상요인과의 관계를 살펴보기 위하여 국립수산물과학원 해양조사연보에 수록된 307, 308, 309, 310, 311, 312선 6개정선, 51개 정점의 42개년(1961~2002년)의 표면 수온과 염분 자료를 이용하였다(Fig. 2.1).

그리고 연안지역 대설 현상과 수온과의 관계를 알아보기 위하여 국립수산물과학원에서 관측한 인천, 목포, 군산 지역의 연안정지관측 수온 자료를 사용하였다.

2.1.2. 기 상

서해 연안지역 기상요인의 변동 특성을 파악하기 위하여 기상청에서 간행한 1992년부터 2002년까지(11개년)의 기상월보에 수록된 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)의 일일 기온, 강수량, 적설량, 상대습도, 기압, 바람 자료를 이용하였다(Fig. 2.1).

또한, 한반도 서부지역의 대설 특성은 기상청에서 매일 작성하는 1998년부터 2001년까지 4년간 동계(12월, 1월, 2월)의 기압배치도를 이용하였다(기상청 제공 자료, 2004).

2.1.3. 자료의 신뢰도와 한계성

1961년부터 2002년(42년)까지의 수온과 염분 자료 중 1961년부터 1992년까지는 전도채수기(Ekman Type, Nansen Type)에 부착된 전도온도계와 전기전도도염분계(Inductively Coupled Salinometer Model 601MK III)를 각각 사용하였고, 1993년부터 2002년까지는 CTD를 이용하여 관측되었다. 따라서 해양관측시 사용한 기기의 차이로 인한 정도(精度)와 오차범위의 차이가 있을 수 있어 본 논문에서는 이들 오차 범위를 수용할 수 있는 것만을 논의 할 수밖에 없었다. 뿐만아니라 관측기간도 해양자료의 경우에는 매월의 값이 가장 필요하지만 수산과학원의 정선자료는 격월자료(짝수월) 밖에 없어 부득이 2개월 이상의 시간적인 현상 밖에 논할 수 없었으며, 수온의 경우 연안정지관측 자료로서 이를 보완하였다.

본 논문에 사용된 정점별 자료의 수를 Table 2.1에 나타내었다. 2월은 29~33개년(평균 31개년), 4월은 32~40개년(평균 36개년), 6월은 33~38개년(평균 35개년), 8월은 34~38개년(평균 36개년), 10월은 33~36개년(평균 35개년), 12월은 27~34개년(평균 29개년)의 자료를 이용하였다. 또한, 기상인자와의 관련성을 파악하기 위하여 이용한 1992년부터 2002년까지의 수온과 염분자료 중 1992년 12월과 2000년 2월의 310, 311, 312선의 자료는 관측이 이루어지지 않아 사용하지 못하였다.

또한 본 논문에서는 연구해역을 황해 전체 해역이 아니라 국립수

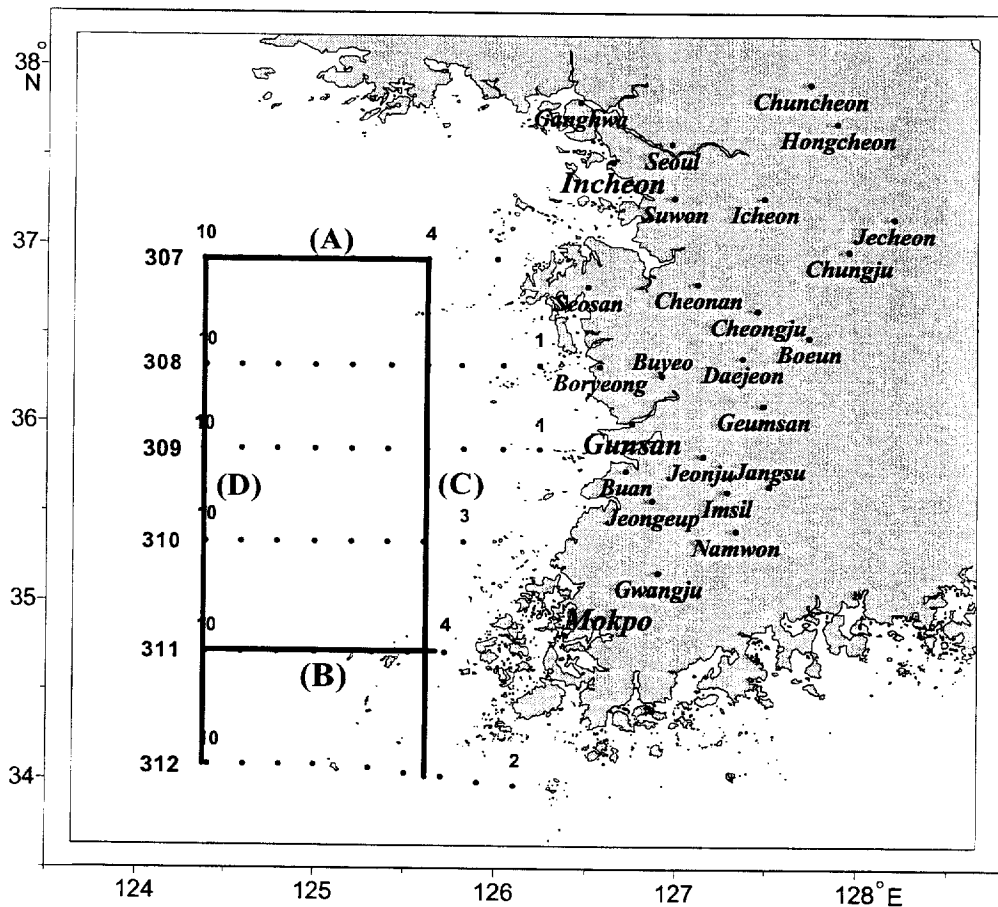


Fig. 2.1. Location of the oceanographic (NFRDI) and meteorological (KMA) stations used for studies. Line (A), (B), (C) and (D) denote northern line, southern line, eastern line, western line respectively. (NFRDI is National Fisheries Research and Development Institute, KMA is Korea Meteorological Administration)

Table 2.1. Number of serial oceanographic observation in the West Sea of Korea from 1961 to 2000

Month	Line	Station									
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Feb.	307			32	32	31	32	31	32	31	31
	308	33	33	33	32	33	31	32	31	32	31
	309	33	33	30	31	30	30	29	30	30	29
	310			32	31	32	31	32	31	31	31
	311				31	32	33	33	31	31	31
	312			33	33	33	33	33	31	31	30
Apr.	307			33	34	34	34	34	33	32	32
	308	35	38	38	36	37	36	36	34	32	32
	309	39	39	39	38	36	38	36	34	32	32
	310			39	40	38	39	37	34	33	33
	311				39	39	37	37	36	33	32
	312			38	38	38	38	38	35	33	33
Jun.	307			33	34	34	34	34	34	33	33
	308	36	37	38	37	36	35	36	34	34	33
	309	36	36	35	35	35	35	35	34	34	33
	310			36	37	36	35	36	34	34	33
	311				38	37	37	37	37	36	33
	312			37	37	37	37	37	35	34	33
Aug.	307			35	36	35	36	35	36	33	33
	308	36	36	37	35	37	35	37	35	37	34
	309	38	38	37	37	37	36	35	36	35	34
	310			36	35	36	35	35	34	36	35
	311				36	36	36	36	36	35	34
	312			36	36	36	36	36	35	35	34
Oct.	307			35	35	35	35	35	34	34	34
	308	36	35	36	36	36	36	35	35	34	34
	309	36	36	35	36	36	36	35	33	33	33
	310			34	34	34	34	35	33	33	33
	311				35	35	35	35	34	33	33
	312			36	36	36	36	36	34	34	34
Dec.	307			28	29	28	28	29	27	28	27
	308	28	28	28	29	28	29	29	28	27	27
	309	30	31	31	31	30	31	29	28	28	28
	310			29	29	30	28	29	28	27	27
	311				31	33	32	31	28	27	28
	312			33	34	34	33	32	29	28	28

산과학원 서해수산연구소 정선관측이 격월로 수행되는 동쪽 일부 해역인 한국의 서해로 국한시켰다.

2.2. 연구방법

2.2.1. 서해의 평년 해황

수온과 염분 변동 특성을 파악하기 위해서는 연구대상 해역의 평년 상태를 파악함이 필수적이라 할 수 있다. 따라서 수온과 염분의 시간적 변동을 살펴보기 위하여 표면수온과 염분의 격월 평균(1992~2002년)과 표준편차를 구하였다.

그리고 서해 연안지역 기온의 변동 특성을 알아보기 위하여 인천 군산, 목포 지역의 월평균과 표준편차 값을 구하였다.

한국 서해의 평균 해황을 공간적으로 파악하기 위하여 국립수산과학원 서해수산연구소에서 관측한 40개년(1961~2000년) 표면 수온과 염분 자료를 이용하여 격월(2, 4, 6, 8, 10, 12월)별 표면수온과 염분의 수평분포를 각각 살펴보았다. 수온과 염분의 연직분포는 동서단면을 북쪽(307선)과 남쪽(312선), 남북단면을 동쪽(각 정선의 04점을 연결한 단면)과 서쪽(각 정선의 10점을 연결한 단면)으로 각각 알아보았다.

또한, 동계 대륙 기단이 서해를 거쳐 한반도를 통과할 때 어느 해역이 영향을 많이 받는가를, 그리고 그 변동성이 어떠한가를 파악하는 데는 서해연안역 수온의 평년값에 대한 편차값의 공간적인 분포상태를 파악하여야 한다. 따라서 연구기간인 1961년부터 2000

년까지 각 정점별 표면수온 표준편차의 수평분포를 살펴보았다.

2.2.2. 수온과 기상

수온에 대한 기상의 영향은 태양복사열량, 기온의 승강, 바람의 세기, 잠열과 현열, 운량 등이 작용한다고 생각된다. 그러나 본 연구에서는 이들 중 기온, 바람에 따른 잠열과 현열 등을 주로 이용하였다. 이러한 영향을 파악하기 위하여 1992년부터 2002년까지의 표면수온 편차와 서해 연안을 대표하는 세 지역(인천, 군산, 목포)의 기온 편차를 비교하였으며, 기온, 바람, 기압, 상대습도 자료를 이용하여 잠열속과 현열속에 의한 해양의 열손실을 구하여 이 열손실이 수온에 미치는 영향을 살펴보았다.

2.2.3. 염분과 기상

염분에 대한 기온의 영향에는 기온, 강수량, 적설량, 바람 등이 주로 작용할 것으로 사료된다. 따라서 그 영향을 파악하기 위하여 1992년부터 2002년까지 표면염분의 편차와 연안지역(인천, 군산, 목포) 기온의 편차를 비교하여 파악하였다. 강수량에 의한 염분의 변동은 서해 평균염분(0, 10, 20, 30, 50, 저층 평균) 편차와 하계(6월~9월) 서부지역 강수량 편차를 비교하였으며, 적설량에 의한 염분의 변동은 2월 염분에서 12월 염분을 빼고, 12월 염분에서 10월 염분을 뺀 격월차 염분을 구하여 서부지역 적설량 편차와 비교하였다.

2.2.4. 수온, 염분과 기상인자간의 관계

수온 및 염분과 기온의 상관관계가 높은 해역을 찾아보기 위하여 인천, 군산, 목포와 가장 가까운 정선인 307선, 309선, 311선을 연안정점(307-03, 309-01, 311-04), 중앙정점(307-07, 309-05, 311-07), 외해정점(307-10, 309-10, 311-10)으로 나누어 상관관계를 알아보았다. 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.

또한, 본 논문에서 사용된 잠열속과 현열속의 값은 후술하는 벌크 (Bulk)식(2)에 의해 계산하였다.

2.2.5. 해양에서의 열손실과 적설과의 관계

한반도 서부지역 적설 특성은 서부지역 26개 측후소에서 1992년부터 2002년(11년)까지의 최심신적설량 자료를 이용한 적설량 년변동으로 살펴보았으며, 연안지역 적설 특성은 인천, 군산, 목포 세 지역의 동계(12월, 1월, 2월) 적설량을 분석하였다.

$$Q_h = \rho_a C_p C_H (T_s - T_a) W$$

$$Q_e = \rho_a C_E L_V (q_s - q_a) W$$

T_s : 수면의 절대온도 ($^{\circ}K$), T_a : 기온의 절대온도 ($^{\circ}K$)

ρ_a : 공기의 밀도 ($1.25 kg/m^3$), C_p : 공기의 비열 ($1004 J/kg/^{\circ}K$)

C_H : 스테튼 계수 (1.1×10^{-3}), W : 풍속 (ms^{-1})

C_E : 달톤 계수 (1.1×10^{-3}), L_V : 물의 증발 잠열 ($2.5106 J/kg$)

q_s : 수온에서 공기의 비습, q_a : 기온에서 공기의 비습

(2)

$$q_s = \frac{0.62 E_s}{P - 0.38 E_s}$$

$$q_a = \frac{0.62 E_a}{P - 0.38 E_a}$$

$$\log_{10} E_s = 0.7859 + 0.03477 T_s / (1 + 0.00412 T_s)$$

$$E_a = R H E_s$$

E_s : 해면의 포화증기압 (hpa)

P : 대기압 (hpa)

RH : 상대습도 (%)

우리나라의 동계 기상에 가장 크게 영향을 미치는 대륙성고기압의 확장 경로를 파악하기 위하여 기상청에서 작성한 1998년부터 2001년까지 4년간 12월, 1월, 2월의 지상일기도를 북~북북서→남~남남동, 북북서~북서→남남동~남동, 북서~서북서→남동~동남동, 서북서~서→동~동남동의 4개 방향으로 구분하여 조사하였으며, 서해 연안지역 적설(대설)과의 관계를 알아보았다. 정(1993) 등은 대설의 기준을 대도시에서는 5~15cm, 그 외 도시에서는 10~60cm로 제시하였고, 일반적으로 기상청에서는 대도시는 5cm, 그 외 도시는 10cm로

제시하고 있어 본 논문에서는 대설의 기준을 10cm로 설정하였다.

동계에는 현열속과 잠열속에 의해 해양으로부터 대기로 열 공급이 많으며, 이것이 대설의 원인이 된다. 따라서 서해 연안지역의 대설 원인을 알아보기 위하여 국립수산물과학원의 인천, 군산, 목포 지역 연안정지관측 수온자료와 기상청 측후소에서 관측한 인천, 군산, 목포 지역의 기온, 풍속, 상대습도, 기압 자료를 이용하여 잠열속과 현열속을 구하였으며, 이 잠열속과 현열속의 합과 인천, 군산, 목포 지역에서의 대설기간(1일 적설량이 10cm 이상)과 비교 분석하였다.

서해 연안지역에서 대설(10cm 이상)현상에 영향을 끼치는 열손실 이외의 요소를 찾아보기 위하여 기압배치를 분석하고, 인천, 군산, 목포 지역의 바람벡타도를 작성하였다.

3. 결 과

3.1. 한국 서해의 평년 해황과 기온

아시아 몬순의 영향을 많이 받는 곳에 위치하고 있는 서해는 중국대륙과 태평양에 중심을 둔 기단(氣團)에 영향을 크게 받아 해황에 많은 변화를 가져온다. 특히, 동계에는 중국대륙기단이 상대적으로 따뜻한 서해를 건너 올 때 차가운 공기가 열과 수증기를 흡수하여 오게 된다. 따라서 이러한 대기와 해양과의 일련의 관계를 알아보기 위해 평년 상태의 해황과 기온을 파악한다.

3.1.1. 표면수온 및 염분의 연변동

Fig. 3.1.1은 서해에서 표면수온과 염분의 시간적 변동 양상을 파악하기 위하여 1992년부터 2002년까지 11년간 표면수온과 염분의 연평균, 월평균 및 표준편차를 나타낸 것이다.

연구대상해역(위도 $33^{\circ}30' \sim 37^{\circ}00'$, 경도 $123^{\circ}30' \sim 127^{\circ}00'$)인 서해에 대한 11개년의 평균 표면수온은 약 15°C 이다. 월평균 표면수온은 동계인 2월에 7.3°C 로 가장 낮고, 하계인 8월에 26.1°C 로 가장 높아서 연교차가 18.8°C 였다. 또한, 2월, 4월, 12월은 11년간 평균수온 보다 $4.1 \sim 8.0^{\circ}\text{C}$ 정도 낮았고, 6월, 8월 10월은 $2.6 \sim 11.0^{\circ}\text{C}$ 높게 나타났다. 격월간 수온의 상승을 보면, 2월에서 4월 사이에 1.7°C 로 가장 작았고, 4월부터 6월 사이에 8.9°C 로 가장 크게 나타났다. 수온의 하강은 12월부터 2월 사이에 3.9°C 로 가장 작았고, 10월부터 12월 사이에 9.0°C 로 최대를 나타내고 있다. 한편, 표준편

차를 보면, 격월별 차이가 크지 않고, 상대적으로 추계인 10월이 0.4℃로 가장 작고 하계인 8월에 1.2℃로 가장 크게 나타났다.

또한, 염분의 시간적인 변동을 보면, 년평균 표면염분은 32.4 psu 이고, 월평균 표면염분은 동계인 2월이 32.7 psu로 가장 높고, 하계인 8월에 31.9 psu로 가장 낮아 연교차가 약 0.8 psu 이다. 4월과 6월의 월평균 표면염분은 약 32.6 psu, 였으며, 10월과 12월은 각각 32.2 psu, 32.6 psu로 8월과 10월을 제외한 월의 염분은 평균보다 높다. 한편, 표면염분의 표준편차를 보면, 4월이 0.4 psu로 가장 크고, 10월이 0.1 psu로 가장 작게 나타났다.

3.1.2. 연안의 기온 변동

Fig. 3.1.2는 서해 연안지역 기온의 변동 양상을 파악하기 위하여 1992년부터 2002년까지 11년간 인천, 군산, 목포 기온의 연평균, 월평균 및 표준편차를 나타낸 것이다.

서해 연안지역의 11개년 평균기온은 11.5℃이며, 월평균 기온은 1월에 0.4℃로 가장 낮고, 8월에 25.7℃로 가장 높아 연교차가 25.3℃를 보이고 있다. 11월에서 3월까지의 월평균 기온이 연평균 기온보다 2.8~11.1℃ 낮고, 4월에서 10월까지의 월평균 기온이 연평균 기온보다 0.4~14.3℃ 높은 값을 보이고 있다. 표준편차는 5월이 0.5℃로 가장 작으며, 4월이 1.5℃로 가장 크다.

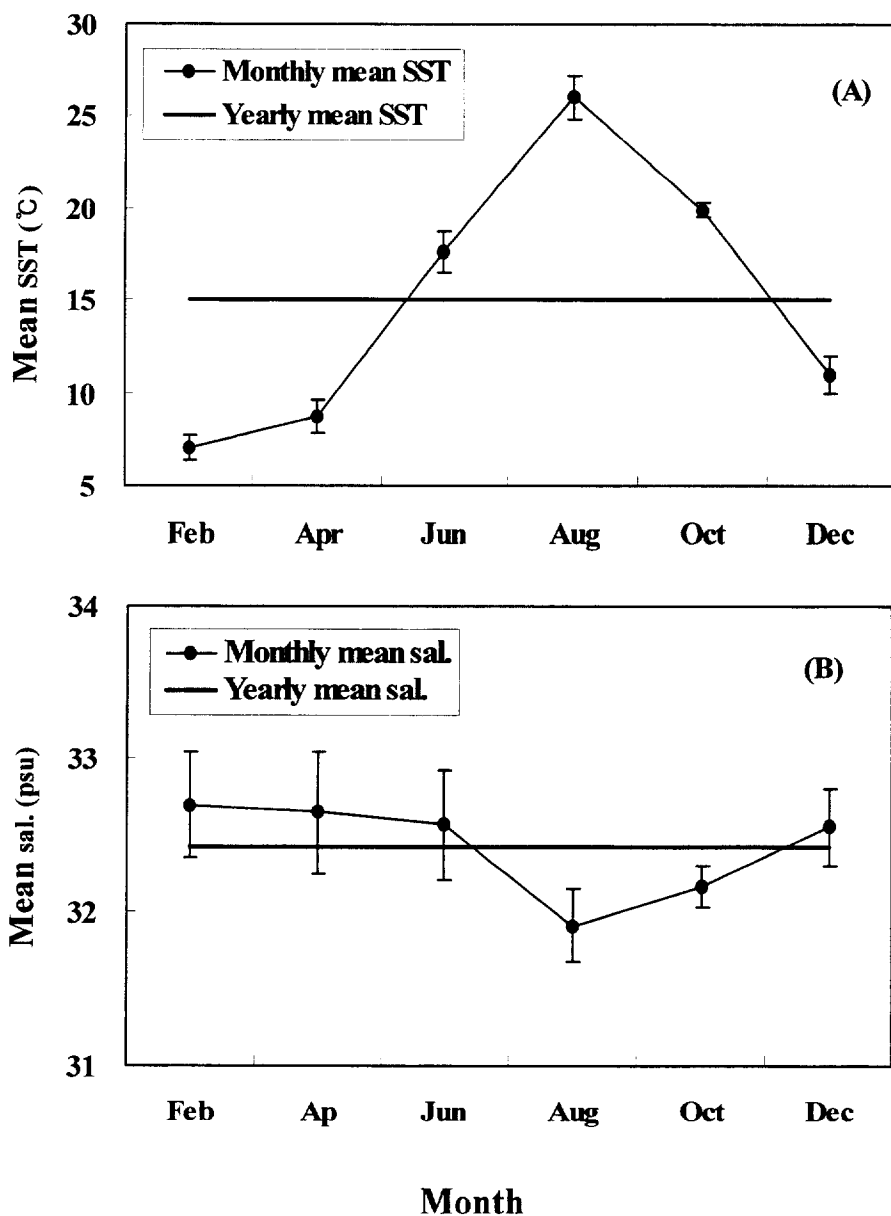


Fig. 3.1.1. Annual variation of monthly mean sea surface temperature (SST (A)), surface mean salinity (B) and its standard deviation (SD) in the West Sea of Korea from 1992 to 2002.

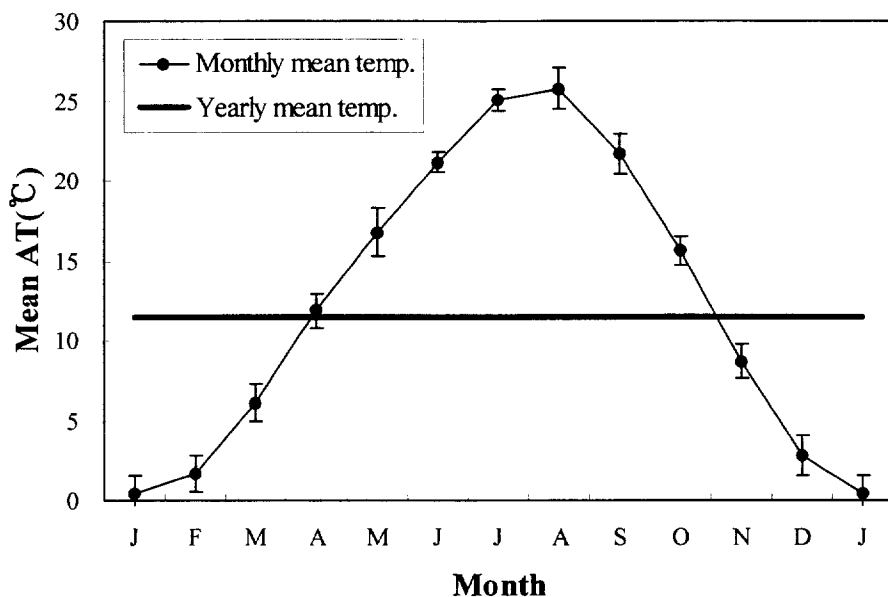


Fig. 3.1.2. Annual variation of monthly mean air temperature (AT) and standard deviation (SD) in the west costal region of Korea from 1992 to 2002.

3.1.3. 수온과 염분의 공간적 분포

3.1.3.1. 수온분포

서해의 수온분포 특성과 변동성을 알아보기 위하여 국립수산물과학원의 40년간(1961~2000) 격월(2, 4, 6, 8, 10, 12월) 표면수온 자료를 이용하여 평균 표면수온과 표준편차의 수평분포를 Fig. 3.1.3과 3.1.4에 각각 나타내었다. 연직분포는 Fig. 2.1에 나타낸 동서방향의 북쪽 단면(307선)과 남쪽 단면(311선), 남북방향의 동쪽단면(정점 4를 연결한 연안단면)과 서쪽단면(정점 10을 연결한 외해단면)으로 각각

구분하여 Fig. 3.1.5에 나타내었다.

표면 수온의 수평분포를 보면, 2월에는 4~9℃ 범위로 인천 남서쪽 연안이 4℃ 이하로 가장 낮고, 목포 남서쪽 해역이 9℃ 이상으로 가장 높다. 이 시기의 수온분포 특성을 보면, 수심이 얇은 연안이 외해보다 낮고, 위도가 높아짐에 따라 낮게 나타났다. 12월에서 2월사이의 수온 변화는 외해에서는 3~4℃ 정도 하강하였으나, 연안에서는 6℃ 하강하여 외해보다 연안에서 수온 하강이 크게 나타났다.

4월은 6~10℃ 범위로 인천 남서쪽 연안이 6℃ 이하로 가장 낮고, 제주도 북서 해역이 10℃ 이상으로 가장 높게 나타났다.

6월은 15~18℃ 범위로 분포하였으며, 인천 남서쪽 해역에서 15℃ 이하이고, 외해역이 18℃ 이상으로 가장 높다. 이 시기는 2월과 4월에 형성된 동서방향의 수온분포가 사라지고 연안에 남북방향의 수온분포와 목포 부근 해역에 외해(18℃) 보다 2℃ 낮은 수온이 나타나기 시작한다.

8월은 23~26℃ 범위로 인천 남서쪽 연안과 목포 서쪽 해역이 24℃ 이하로 가장 낮고, 외해역은 26℃ 이상의 분포를 보였다. 이 시기는 등온선이 동계(2월)나 춘계(4월)와 달리 남북방향으로 형성되는 특성을 나타내고 있다.

10월은 인천 남서쪽 연안과 목포 서쪽 해역 19℃ 이하의 분포를 보이고 있으나, 대체적으로 전해역이 19~20℃의 균일한 수온분포를 보이고 있다.

12월은 10~12℃의 범위로 목포 연안에 형성되었던 저수온 분포

가 사라지고 동계의 냉각 효과에 의한 남북방향의 위도별 수온차를 나타내었다(Fig. 3.1.3).

또한, 동계 서해 해황의 변동성을 파악하기 위하여 살펴본 수온의 표준편차 분포를 보면, 12월의 경우, 인천 남서쪽 연안과 목포 남서쪽해역에서 1.7°C 이상으로 가장 높은 편차를 나타내고 있다. 2월 수온의 표준편차 분포는 목포 남쪽해역에서 1.5°C 이상으로 가장 높게 나타나고, 정선 309선~311선의 외해는 1.0°C 이하로 낮다. 310선, 311선의 외해는 1.5°C 이하로 낮았으며, 연안은 1.5°C 이상이다(Fig. 3.1.4).

이상으로 연구해역의 수온분포를 수평적으로 살펴본 결과, 10월과 12월의 군산 이북해역을 제외하고는 전반적으로 수심이 얇은 연안이 외해보다 낮은 수온을 보였다. 격월별 수온 차이는 12월과 2월 사이에 외해에서는 3°C , 연안에서는 6°C 하강하여 그 차이가 가장 크다. 그리고 동계인 12월과 2월의 수온 표준편차 분포 특징은 연안해역이 외해역보다 높고, 목포 남쪽해역에서도 높게 나타났다.

연구해역의 수온연직분포를 보면, 2월에는 동서방향과 남북방향의 4개 단면이 모두 연직혼합이 잘 이루어져 표·저층간의 수온차가 거의 없는 동계의 특징을 잘 나타내고 있다. 동서방향 단면의 연직 수온분포를 보면, 북쪽 단면인 307선은 $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ 범위로 연안에서 낮은 수온을 보였다. 남쪽 단면인 311선은 $8.0\sim 9.5^{\circ}\text{C}$ 의 균일한 분포를 보였으나, 수심이 얇은 정점 4의 표층에서 주변(9.0°C 이상)보다 낮은 8.0°C 의 수온을 보였다. 동쪽 단면은 $4\sim 8^{\circ}\text{C}$ 범위로 북쪽으로 갈수록 낮았으며, 수심이 얇은 정점 311-04 부근해역은 주변

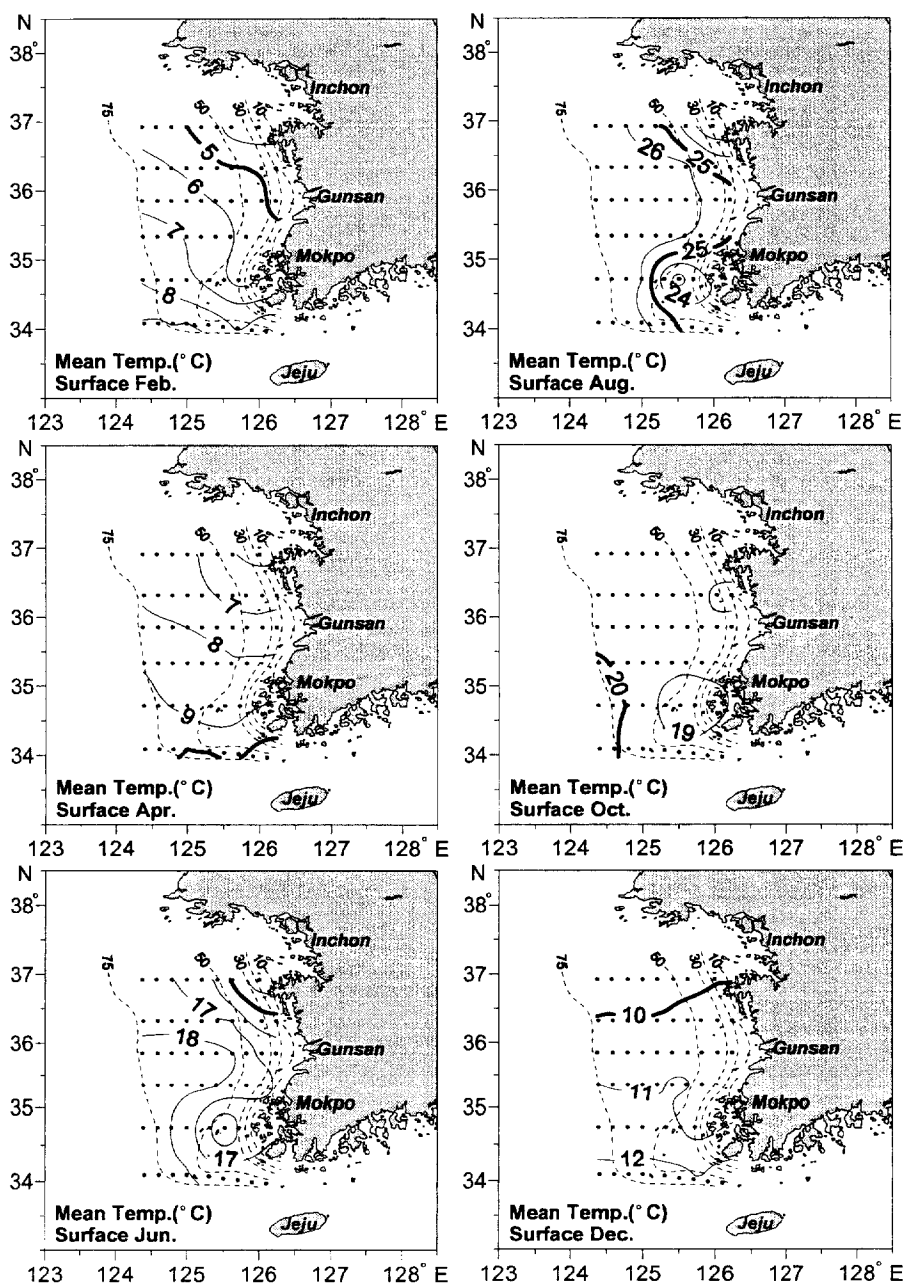


Fig. 3.1.3. Horizontal distribution of bi-monthly mean sea surface temperature (SST) in the West Sea of Korea from 1961 to 2000. ($\cdots$: isobath, $—$: isothermal line)

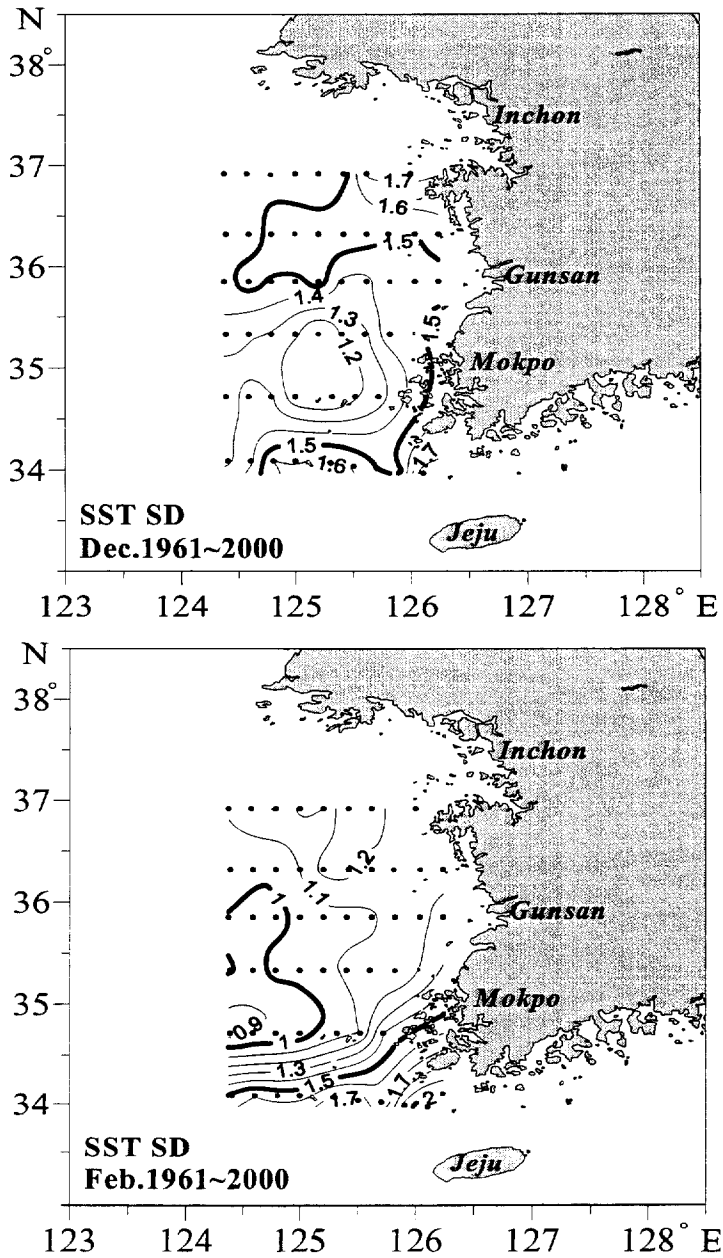


Fig.3.1.4. Distribution of standard deviation(SD) of SST in the West Sea of Korea from 1961 to 2000.
(upper : December, Bottom : February)

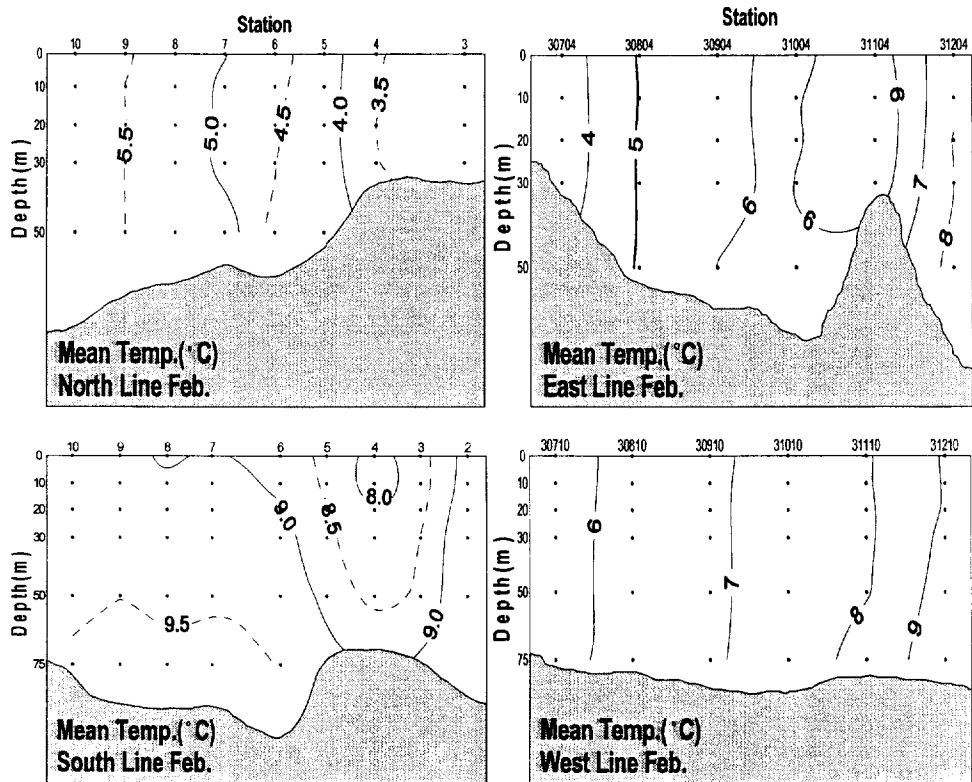


Fig. 3.1.5. Vertical distribution of mean water temperature in the West Sea of Korea from 1961 to 2000 in February.

(6~7°C) 보다 낮은 6°C 이하의 분포를 보이고 있다. 외해인 서쪽 단면은 수심이 약 75m로 거의 변화가 없다. 수온분포를 보면, 북쪽은 6°C 이하, 남쪽은 9°C 이상으로 남북간 3°C의 수온차를 보이고 있으나, 수직적으로는 동계의 냉각에 의한 혼합으로 표·저층의 수온차가 거의 없다.

4월의 북쪽 단면은 연안 해역이 6°C 이하의 균일한 분포를 보였으나, 외해는 6~7°C의 분포를 보였다. 남쪽 단면은 전 해역이 10°C

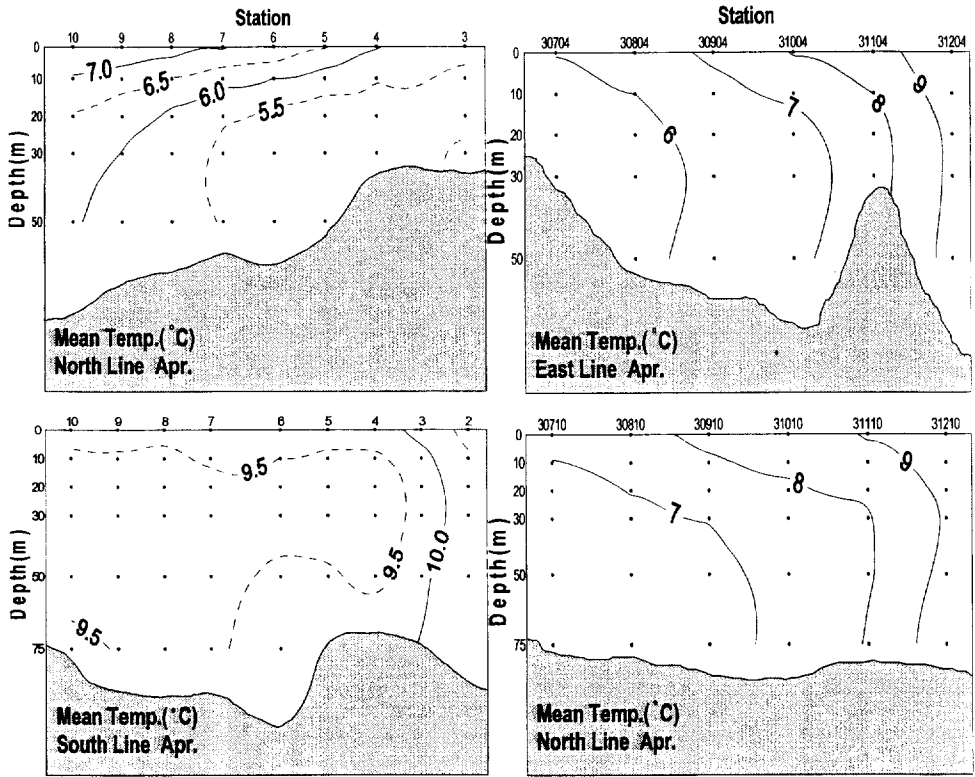


Fig. 3.1.5. Continued. (in April)

내외의 균일한 분포를 보였다. 동쪽 단면과 서쪽 단면은 표층 근처에 약한 성층이 형성되기 시작한다.

6월의 수온 연직분포를 보면, 북쪽 단면은 외해역의 수심 10~30m층에 $0.4^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 의 수온약층이 형성되었으며, 남쪽 단면은 연안과 외해의 수심 10~30m층에 $0.3^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 수온약층이 형성되었다. 연안역인 동쪽 단면은 남쪽과 북쪽해역에 비해 중앙해역에서 $0.3^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 의 수온약층이 형성되었고, 외해역인 서쪽 단면은 0~30m층에 $0.3^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 의

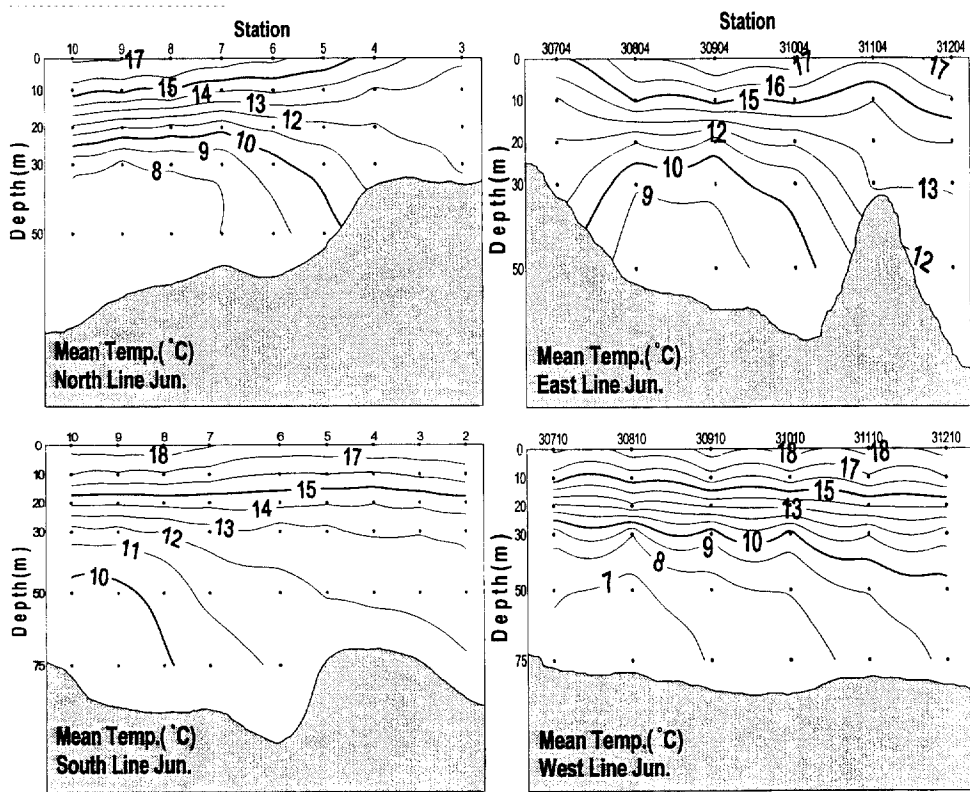


Fig. 3.1.5. Continued. (in June)

수온약층이 형성되었다.

8월의 북쪽 단면은 외해의 10~50m층에 $0.4^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 의 강한 수온약층이 형성되었으며, 남쪽 단면은 전체 해역의 0~50m층에 $0.3/\text{m}$ 의 수온약층이 형성되었다. 동쪽 단면은 전 해역의 0~40m 층에서 $0.3^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 의 수온약층이 형성되었으며, 외해인 서쪽단면은 전 해역의 10~50m층에 $0.4^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 의 강한 수온약층이 형성되었다.

10월의 북쪽 단면은 외해의 20~50m층에 $0.3^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 의 수온약층이

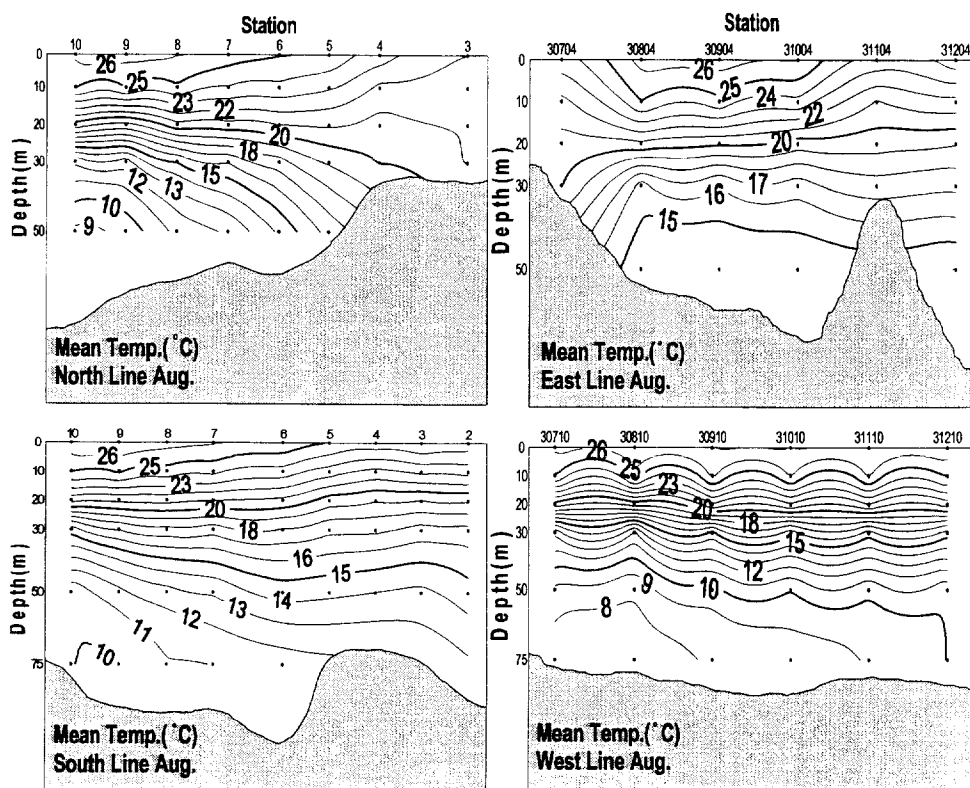


Fig. 3.1.5. Continued. (in August)

형성되었으나, 0~20m층은 연직혼합이 이루어졌다. 남쪽단면은 전반적으로 수온약층이 형성되었으나, 연안($0.1^{\circ}\text{C}/\text{m}$) 보다 외해($0.3^{\circ}\text{C}/\text{m}$)에서 더 강하게 형성되었다. 연안역인 동쪽단면은 수온약층이 형성되지 않았으며, 외해역인 서쪽단면은 20~50m층에 $0.3^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 의 수온약층이 형성되어 표면으로부터 연직혼합이 이루어지기 시작하였다.

12월의 경우, 북쪽 단면은 9°C 내외, 남쪽 단면은 12°C 내외의 균일한 분포를 보였다. 동쪽 단면은 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ 의 분포로 연직혼합이 잘 이루어졌으며, 수심이 얇은 정점 311-04에서는 주변보다 낮은

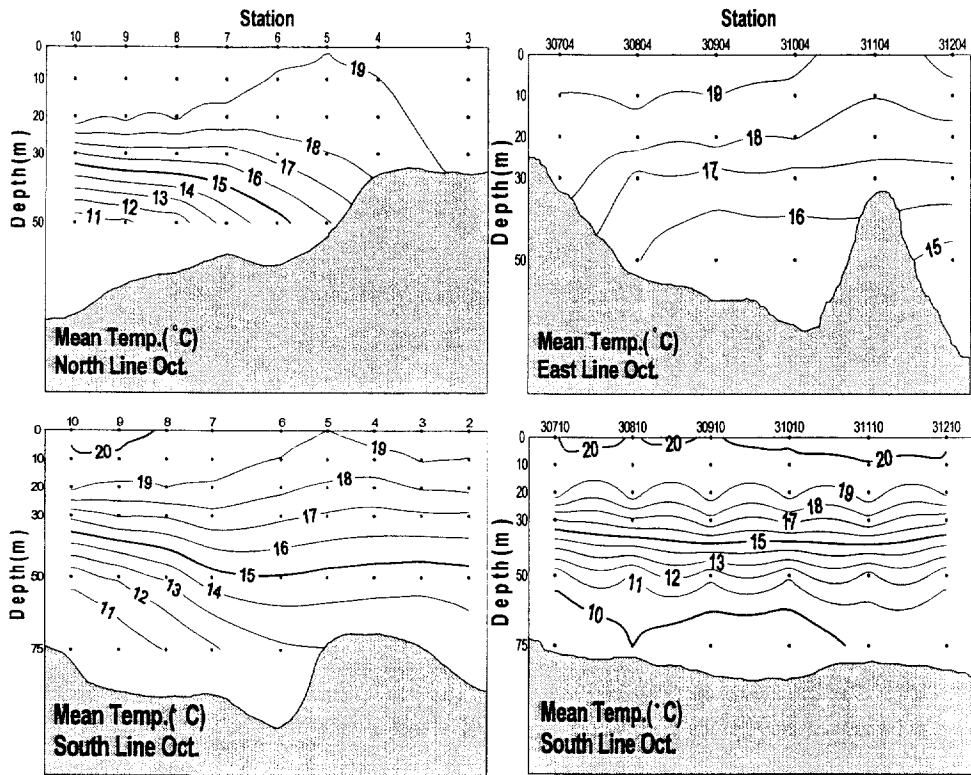


Fig. 3.1.5. Continued. (in October)

11°C 이하의 수온분포를 보였다. 서쪽 단면은 9~12°C로 대체로 연직혼합이 잘 이루어졌다(Fig. 3.1.5).

연구해역의 수온분포를 연직적으로 살펴본 결과, 2월에는 동서방향과 남북방향의 4개 단면이 모두 연직혼합이 활발히 이루어져 표·저층이 균일한 수온분포를 보이는 동계의 특징을 잘 나타내었으며, 4월에는 대체적으로 연직혼합이 잘 이루어지고 있으나, 북쪽 해역의 표층에서 성층이 형성되기 시작하였다. 6월에는 수온약층이 대체적으로 0~30m층에 형성되었으나, 북쪽단면의 연안에서는 형성

되지 않았다. 동쪽단면은 수심이 깊은 중앙해역(308-04~310-04)이 수심이 얇은 남쪽(307-04)과 북쪽해역(311-04)보다 수온약층이 더 강하게 형성되었다. 8월에는 수온약층이 6월보다 더 깊은 0~50m층에 형성되었으며, 특히, 수심이 얇은 연안보다 수심이 깊은 외해에서 강한 성층이 형성되었다. 10월에는 다시 표층에서부터 연직혼합이 이루어지기 시작하여 0~20m 층이 19~20℃ 범위의 균일한 수온을 보였으며, 12월에는 연직혼합이 잘 이루어져 대부분의 해역이 9~12℃ 범위의 균일한 수온분포를 보였다.

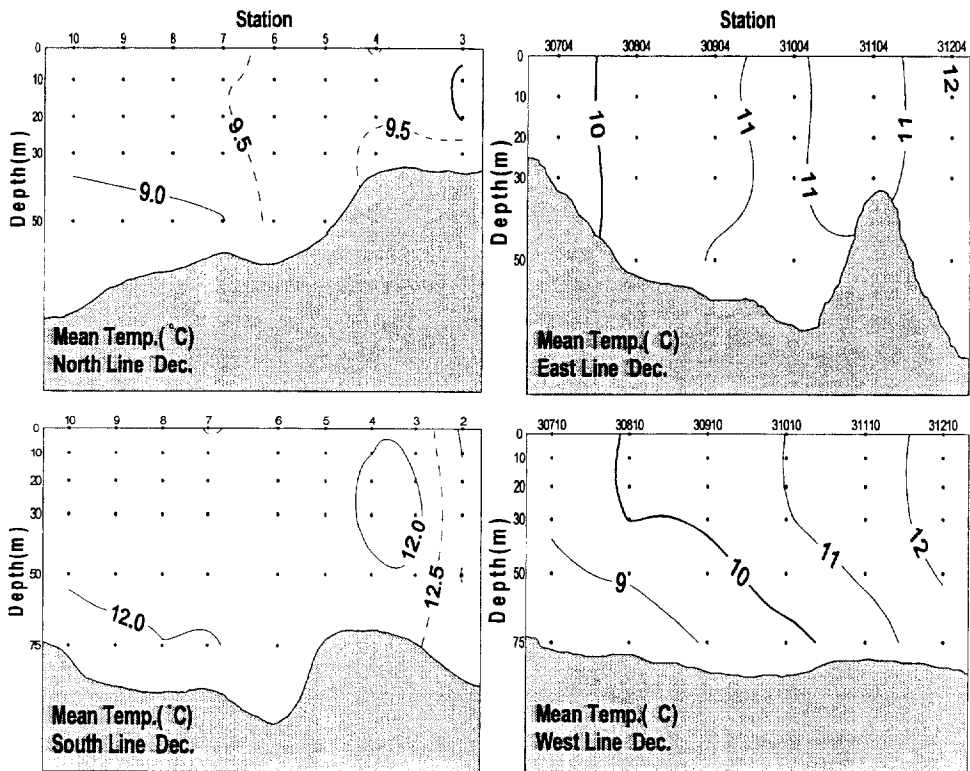


Fig. 3.1.5. Continued. (in December)

3.1.3.2. 염분분포

서해의 염분분포 특성과 변동성을 파악하기 위하여 1961년부터 2000년까지 40년간 국립수산물과학원 자료를 이용하여 평균 표면염분과 표준편차의 수평분포를 Fig. 3.1.6과 3.1.7에 각각 나타내었다.

염분의 수평분포를 보면, 2월의 경우 32.0~33.2 psu 범위로 인천 남서쪽 연안이 32.0 psu 이하로 가장 낮고, 목포 남서쪽 외해역이 33.2 psu로 가장 높았다. 염분의 농도는 수심이 얕은 연안이 외해보다 낮고, 위도가 높아질수록 낮아 졌으며, 등염선은 북서에서 남동 방향으로 형성되었다.

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 유사하게 북서에서 남동으로 형성되었으나, 2월보다 더 남하하여 분포하였다. 특히, 32.4 psu 등염선은 2월에 군산연안에 분포하였으나, 4월에는 남쪽인 목포 연안에 분포하였다.

6월은 32.0~33.2 psu의 범위로 등염선이 북쪽의 연안에서 남북방향으로 형성되고, 남쪽해역에서는 동서방향으로 형성된다.

8월은 인천 남서쪽 연안과 목포 남서쪽 외해역에 32.0 psu 이하의 상대적 저염수가 분포하였으며, 목포 서쪽 해역에 32.2 psu 이상의 상대적 고염수가 분포하였다. 등염선은 군산 북서쪽 연안에서 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 대

부분의 해역은 32.2 psu 이외의 균일한 분포를 보였다.

12월은 32.0~33.0 psu 범위로 인천 남서쪽 연안이 32.0 psu로 가장 낮았으며, 목포 남서쪽 외해역이 33.0 psu로 가장 높았다. 등염선의 분포는 동서 방향으로 형성되었으며, 32.6 psu 등염선이 외해에서는 310선에 분포하였으나, 연안에서는 311선 까지 남하하여 분포하였다(Fig. 3.1.6).

염분 표준편차의 수평분포는 12월의 경우, 인천 남서쪽 연안과 목포 남쪽연안이 0.5 psu 이상으로 가장 높으나, 연안과 외해에서 염분 표준편차의 차이는 크지 않다.

2월은 정선 312선이 0.5 psu 이상의 분포로 가장 높게 나타났으나, 다른 해역에서는 0.3 psu 내외로 크지 않다(Fig. 3.1.7).

연구해역의 염분분포를 수평적으로 살펴본 결과, 외해보다 연안에서, 남쪽보다 북쪽해역에서 낮은 농도를 보였다. 등염선의 방향은 동계에는 북서에서 남동 방향으로 형성되었고, 하계에는 연안에서 남북 방향으로 형성되었다. 하계인 8월에 목포 서쪽해역에 형성되었던 32.2 psu 이상의 상대적 고염분 분포가 10월에는 형성되지 않았다. 동계인 12월과 2월에 염분 표준편차의 분포 특징을 보면, 수온의 표준편차는 연안이 높고 외해가 낮지만, 염분의 표준편차는 목포 남쪽해역을 제외하고는 해역별 차이가 크지 않다.

연직분포는 동서방향인 북쪽단면(307선)과 남쪽단면(311선), 남북방향인 동쪽단면(정점 4를 연결한 연안단면)과 서쪽단면(정점 10을 연결한 외해단면)으로 각각 구분하여 Fig. 3.1.8에 나타내었다.

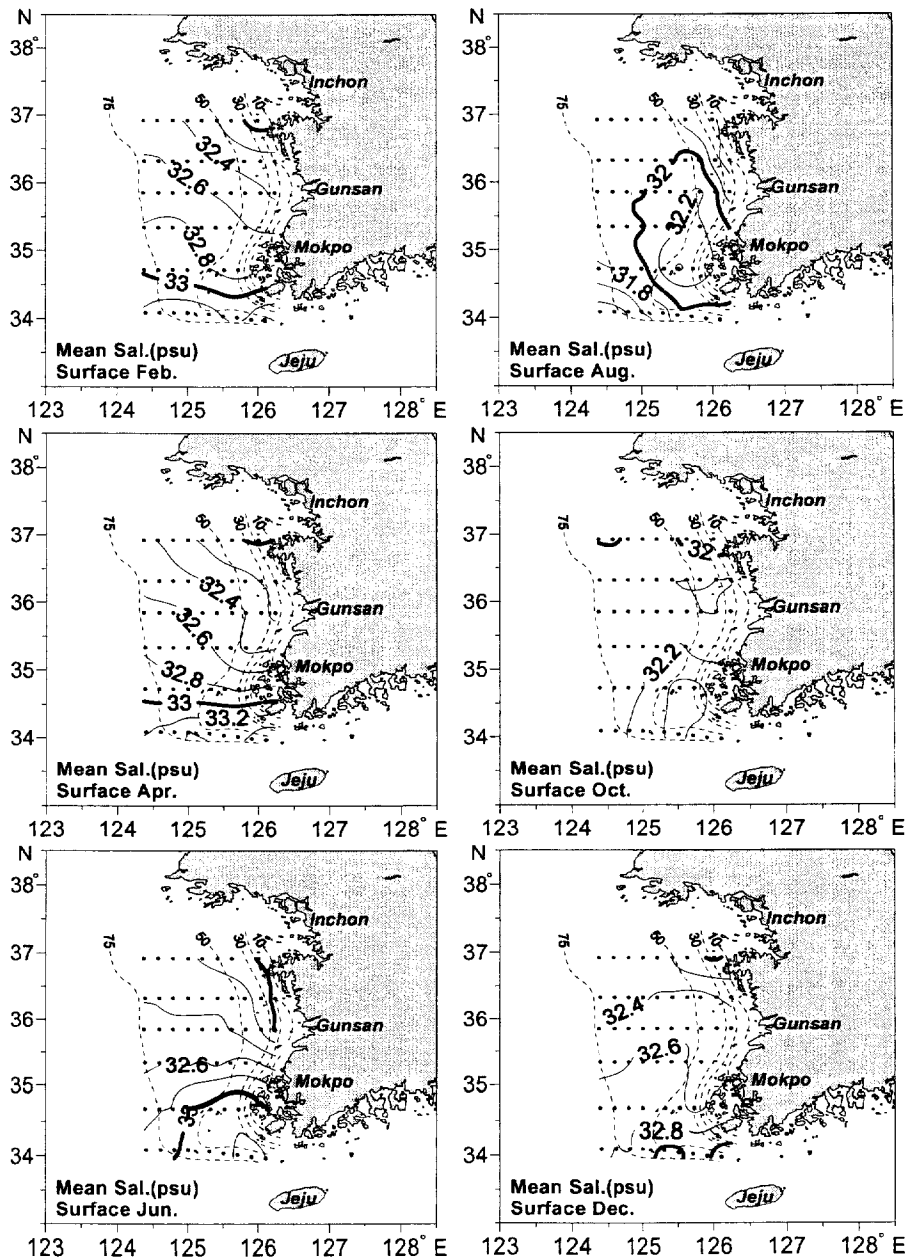


Fig. 3.1.6. Horizontal distribution of bi-monthly mean surface salinity in the West Sea of Korea from 1961 to 2000.
($\cdots$: isobath, $-$: isohaline)

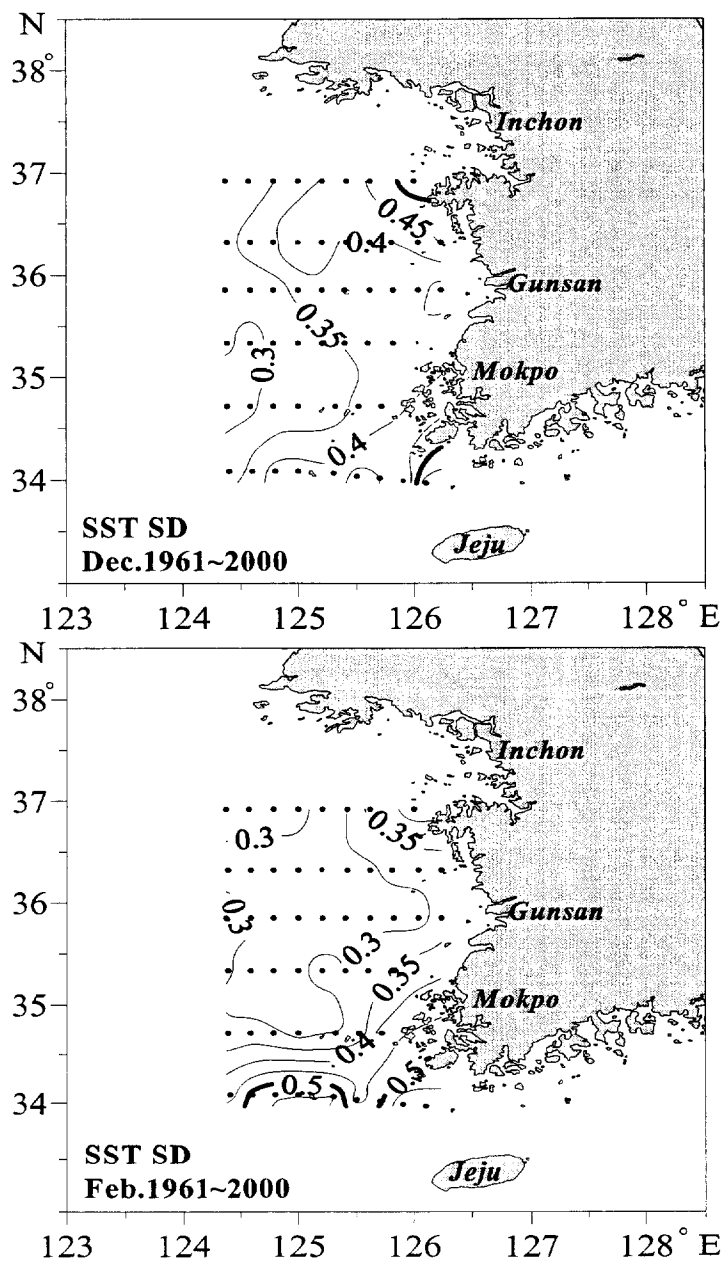


Fig. 3.1.7. Distribution of standard deviation(SD) of surface salinity in the West Sea of Korea from 1961 to 2000 (upper : December, Bottom : February).

2월의 염분연직분포를 보면, 4개 단면 모두 연직혼합이 잘 이루어지는 동계의 특징을 잘 나타내었다. 염분의 농도는 대체적으로 외해보다 연안에서, 남쪽보다 북쪽에서 낮은 농도였다. 4월의 북쪽 단면은 연안에서 낮은 농도 였고, 연직혼합이 잘 이루어지고 있으며, 남쪽단면은 성층이 형성되기 시작하고 연안에서 높은 농도였다. 서쪽과 동쪽단면은 연직혼합이 잘 이루어지며, 남쪽에서 높은 농도를 보였다. 6월의 북쪽 단면은 연안이 외해보다 낮은 농도를 보였

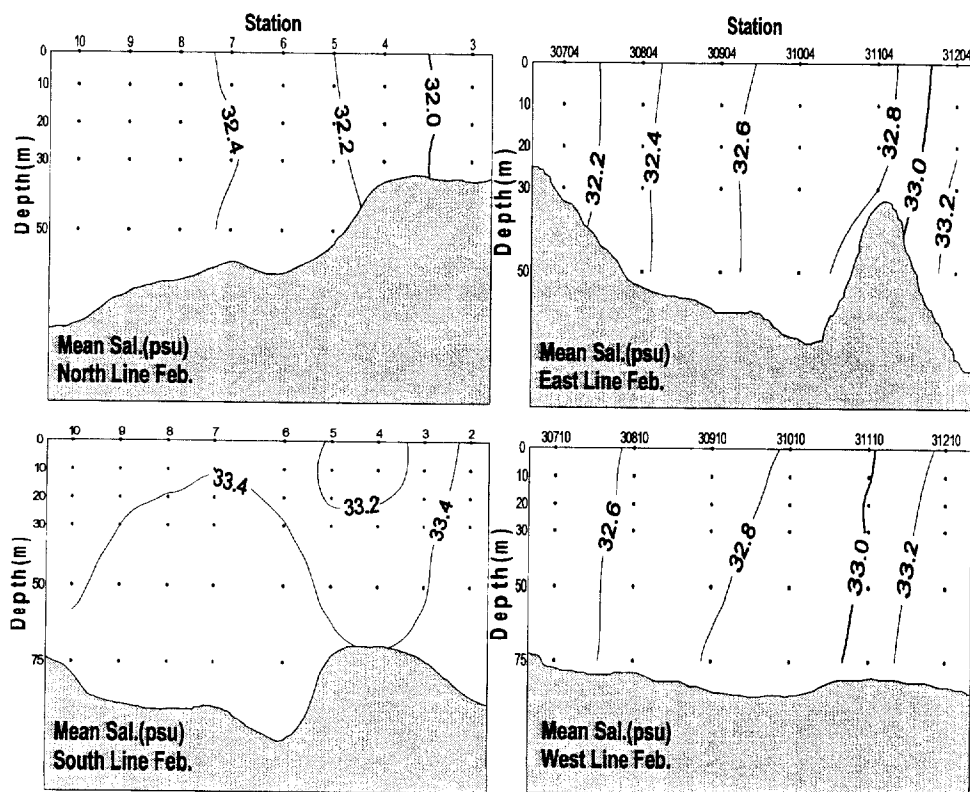


Fig. 3.1.8. Vertical distribution of mean salinity in the West Sea of Korea from 1961 to 2000 in February.

으며, 성층은 형성되지 않았다. 남쪽 단면은 외해에서 표·저층간에 약 0.6 psu 농도차를 보여 약한 성층이 형성되었다. 연안 해역인 동쪽 단면은 수직적으로 농도차가 없으며, 남쪽이 북쪽해역보다 높은 농도를 나타냈다. 외해역인 서쪽 단면은 수심이 깊어질수록 높은 농도였으며, 남쪽이 북쪽보다 높은 농도를 나타냈다. 8월의 북쪽 단면은 연안에서 31.8 psu 이하의 낮은 농도를 보이고 수직적으로 농도차가 거의 없으나, 외해에서는 약한 성층이 형성되었다. 남쪽 단면은 외해의 표층에서 31.4 psu 이하의 낮은 농도를 보이고 0~30m

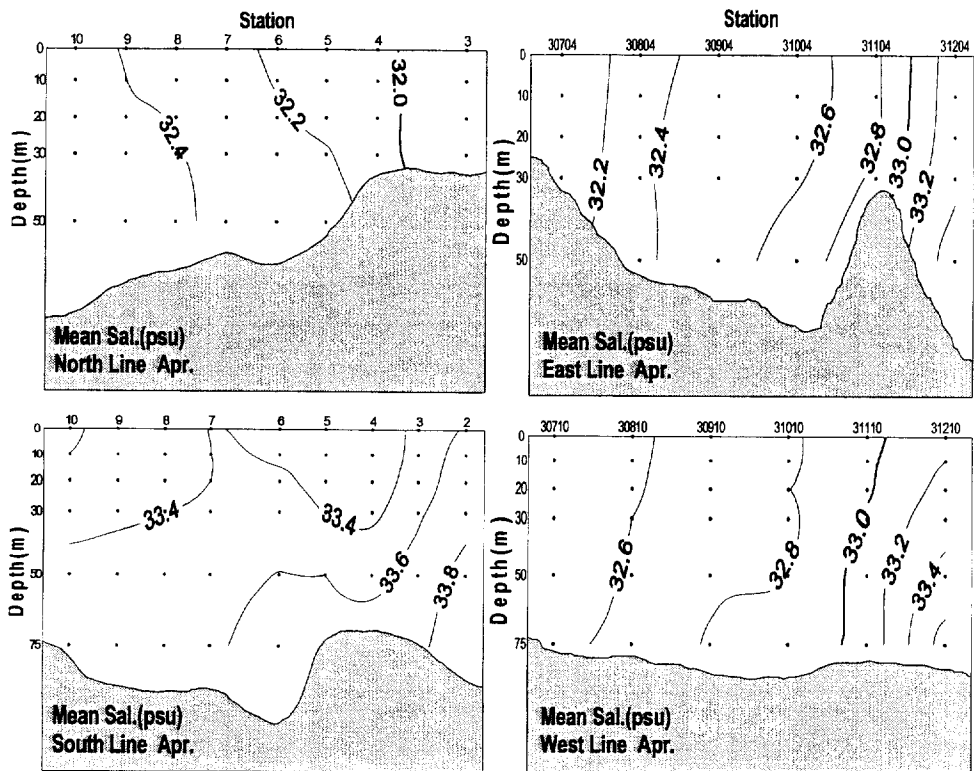


Fig. 3.1.8. Continued. (in April)

에서 0.07 psu/m의 성층이 형성되었다. 연안해역인 동쪽 단면은 수심이 30m 이하인 북쪽에는 연직적으로 농도차가 없으나, 남쪽해역에서는 성층이 형성되었다. 외해역인 서쪽 단면은 북쪽과 남쪽해역에서 성층이 형성되었으나, 중간해역인 309-10에서는 성층이 형성되지 않았다. 10월은 4개 단면 모두 대체적으로 성층이 형성되었으나 8월에 비해 약해졌으며, 북쪽단면의 연안은 성층이 형성되지 않았다. 12월은 4개 단면 모두 거의 성층이 형성되지 않았다. 북쪽 단면은 연안에서 낮은 농도를 보였으며, 남쪽 단면은 연안에서 높은 농

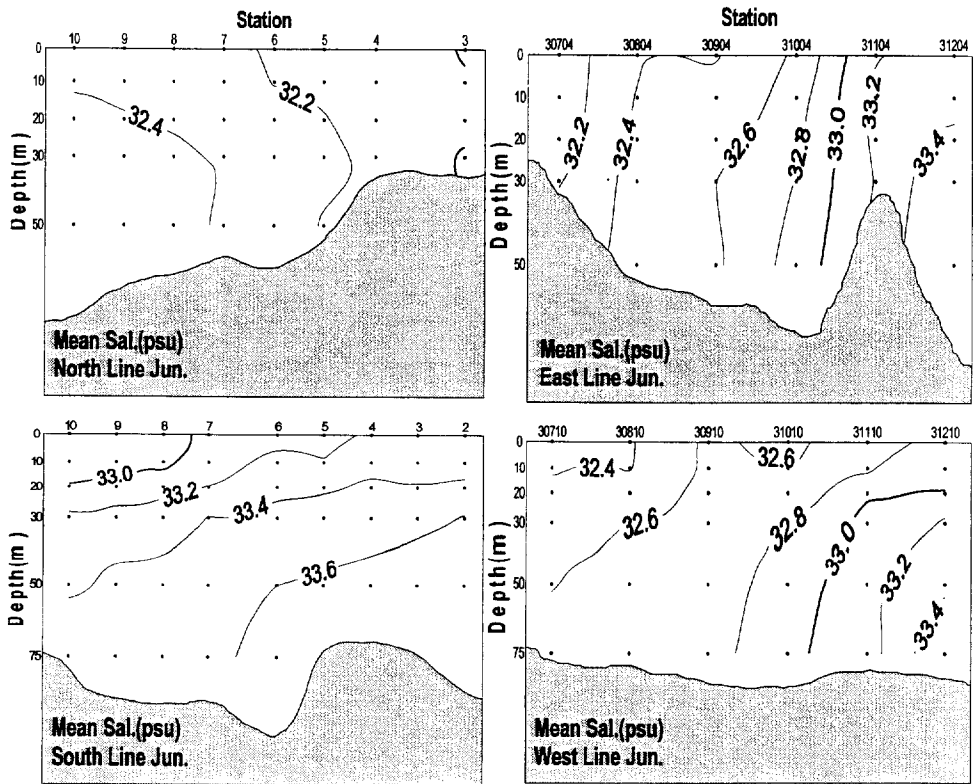


Fig. 3.1.8. Continued. (in June)

도를 나타냈다. 동쪽과 서쪽 단면은 남쪽에서 높은 농도를 보였다(3.1.8).

연구해역의 염분 연직분포의 특징은 동계인 2월에 연직혼합이 잘 이루어 졌으며, 연안과 북쪽해역에서 낮은 농도를 보였다. 4월은 남쪽단면부터 성층이 형성되기 시작하였으며, 다른 3개 단면은 연직혼합이 잘 이루어졌다. 6월에는 남쪽해역과 외해에서 약한 성층이 형성되었으며, 8월에는 전 해역에서 강한 성층을 형성하였다. 10월부터는 다시 성층이 약해지고 표층부터 연직혼합이 이루어지기 시작하였으며, 12월은 대체적으로 연직혼합이 잘 이루어졌다.

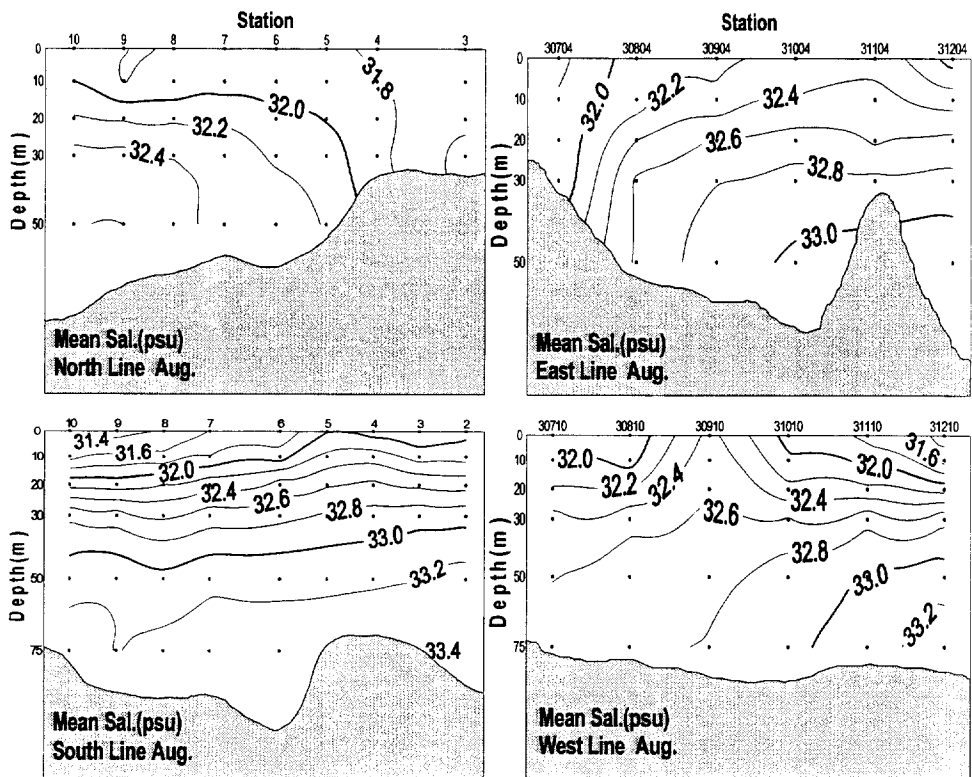


Fig. 3.1.8. Continued. (in August)

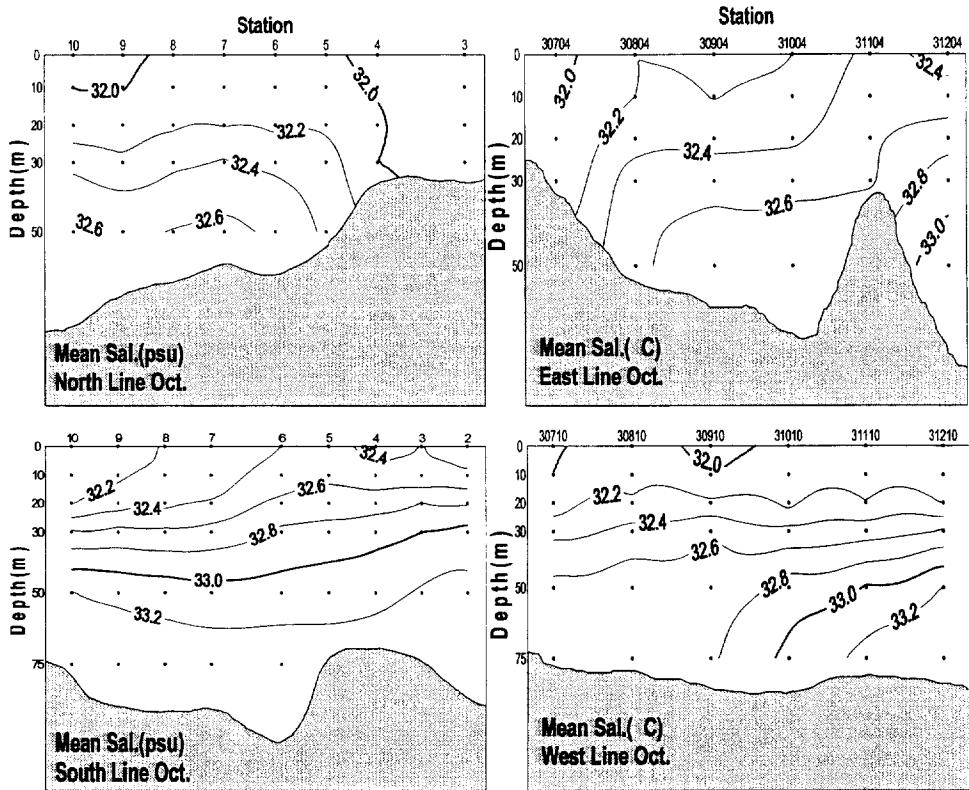


Fig. 3.1.8. Continued. (in October)

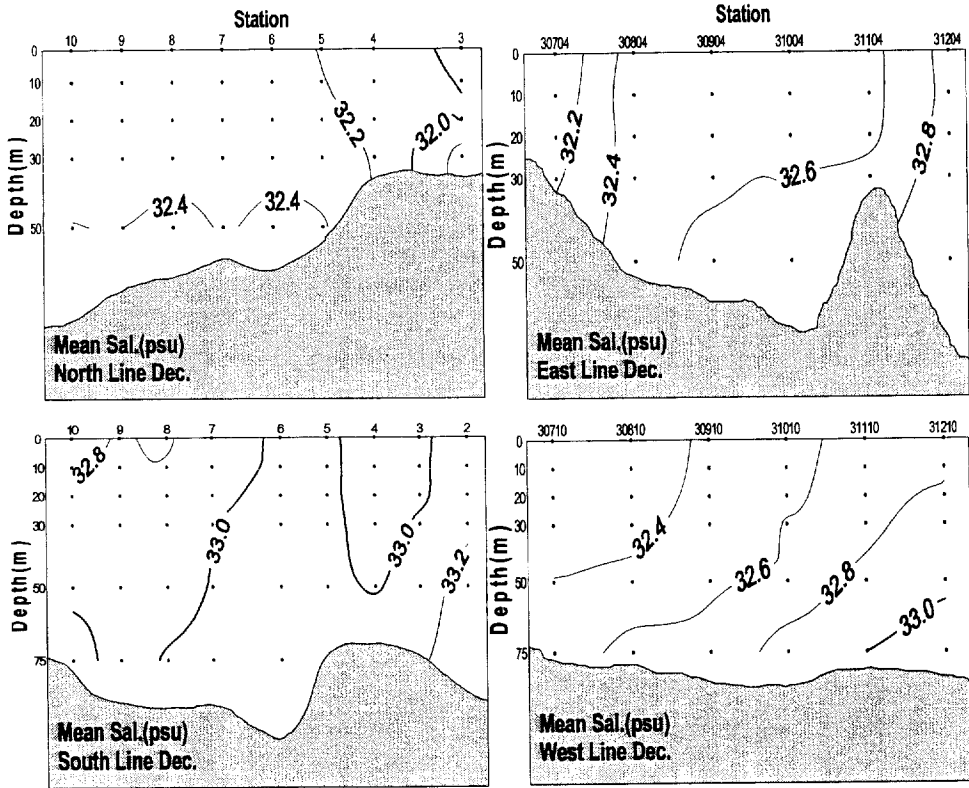


Fig. 3.1.8. Continued. (in December)

3.2. 서해의 수온 및 염분과 기온과의 관련성

동계에 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 통과할 때 해양으로부터 많은 열과 수증기를 가져와 해황의 변화를 일으킨다. 이러한 해황에 대한 대륙기단의 영향을 파악하기 위해서는 먼저 대표적 해황요소인 수온과 염분이 어떻게 변화 하였는가를 알아야 한다.

3.2.1. 수온 및 염분의 시공간적 분포

Fig. 3.2.1과 3.2.2는 1992년부터 2002년까지 동계인 2월의 수온

과 염분의 변동을 파악하기 위하여 정선 307선, 309선과 311선의 수온과 염분의 시공간적 분포를 나타낸 것이다.

먼저 수온의 시공간적 분포를 보면, 307선은 3~7℃ 범위로 수온이 분포하고, 외해 일부를 제외한 대부분의 해역에서 6℃ 이하의 수온이 분포하고 있다. 특히, 1994년, 1996년, 1997년, 2001년과 2002년의 수온분포를 보면, 4℃ 이하의 저수온이 연안에 나타나고 있으며, 1992년, 1993년, 1995년, 1998년 1999년과 2002년에는 5℃ 이상의 고수온이 연안까지 분포하였다. 군산 서쪽해역인 309선에서의 수온분포를 보면, 4~8℃ 범위 이고, 1994년, 1996년과 2000년에는 5℃이하의 저수온이 연안에 분포하고, 1995년, 1998년과 1999년에는 7℃ 이상의 고수온이 연안에 분포하는 것으로 나타나고 있다. 목포 서쪽해역인 311선에서 수온의 시공간적 분포를 보면, 4~9℃의 범위로 분포하고, 1994년, 1996년, 2000년과 2001년에 6℃ 이하의 저수온이 연안에 나타나고, 1995년, 1998년과 1999년에 7℃ 이상의 고수온이 연안에 분포하고 있다(Fig. 3.2.1).

또한, 이 시기의 염분의 시공간적 분포를 보면, 307선의 염분은 대부분의 해역에서 32.5 psu 이하의 분포를 보이고 있다. 1994년, 1996년, 2000년, 2001년과 2002년에 32.0 psu 이하의 저염분이 연안에 분포하고, 특히, 2001년에는 연안에 31.6 psu 이하의 최저 염분 분포를 나타내고 있다. 1995년과 1998년의 염분은 32.5 psu 이상으로 상대적 고염분이 연안에 분포하고, 외해에는 32.6~32.8 psu 범위의 거의 균질한 염분분포를 나타내고 있다. 군산 서쪽해

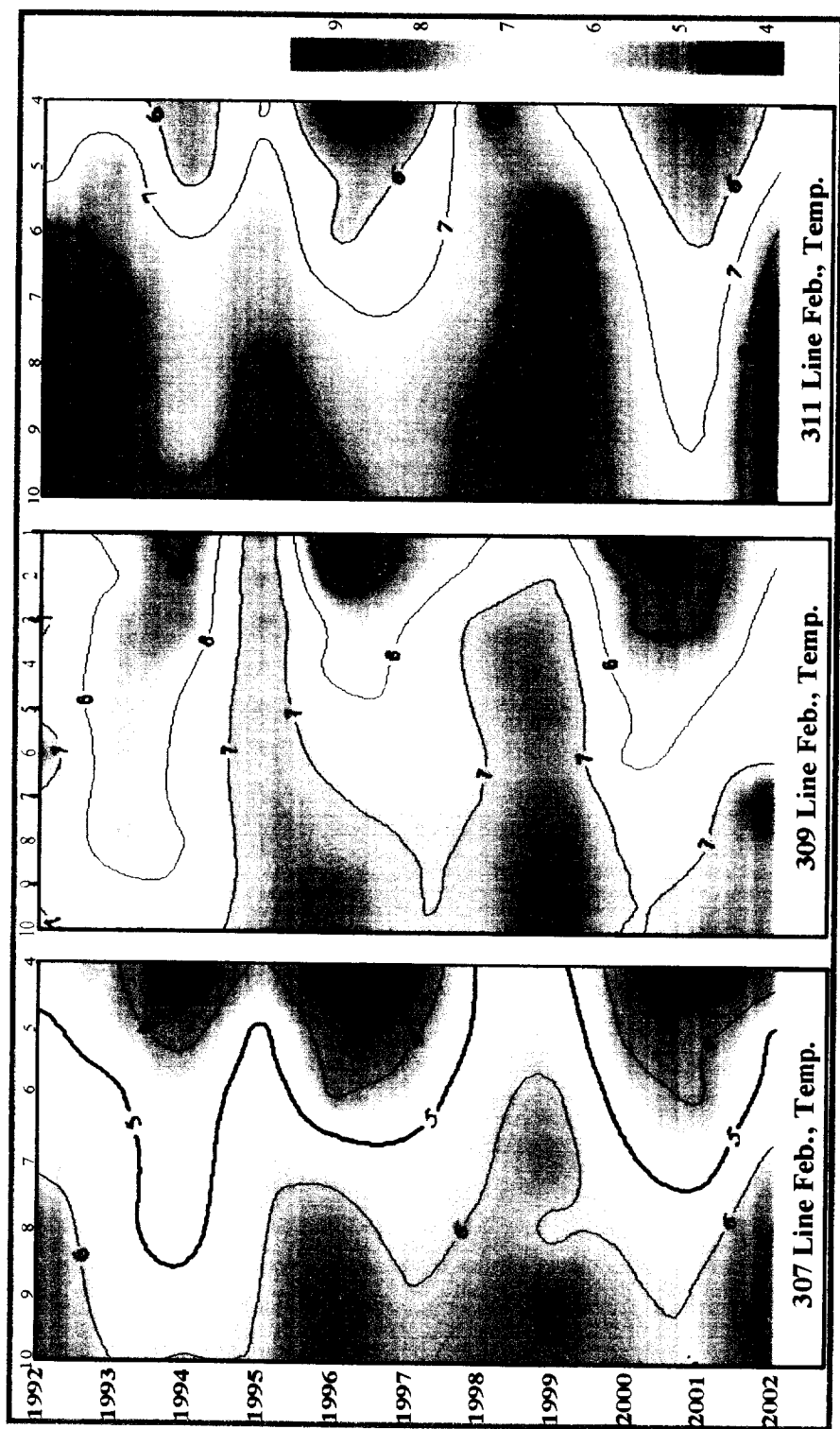


Fig. 3-2-1. Temporal and spatial distribution of surface temperature at Line 307, Line 309 and Line 311 in February.

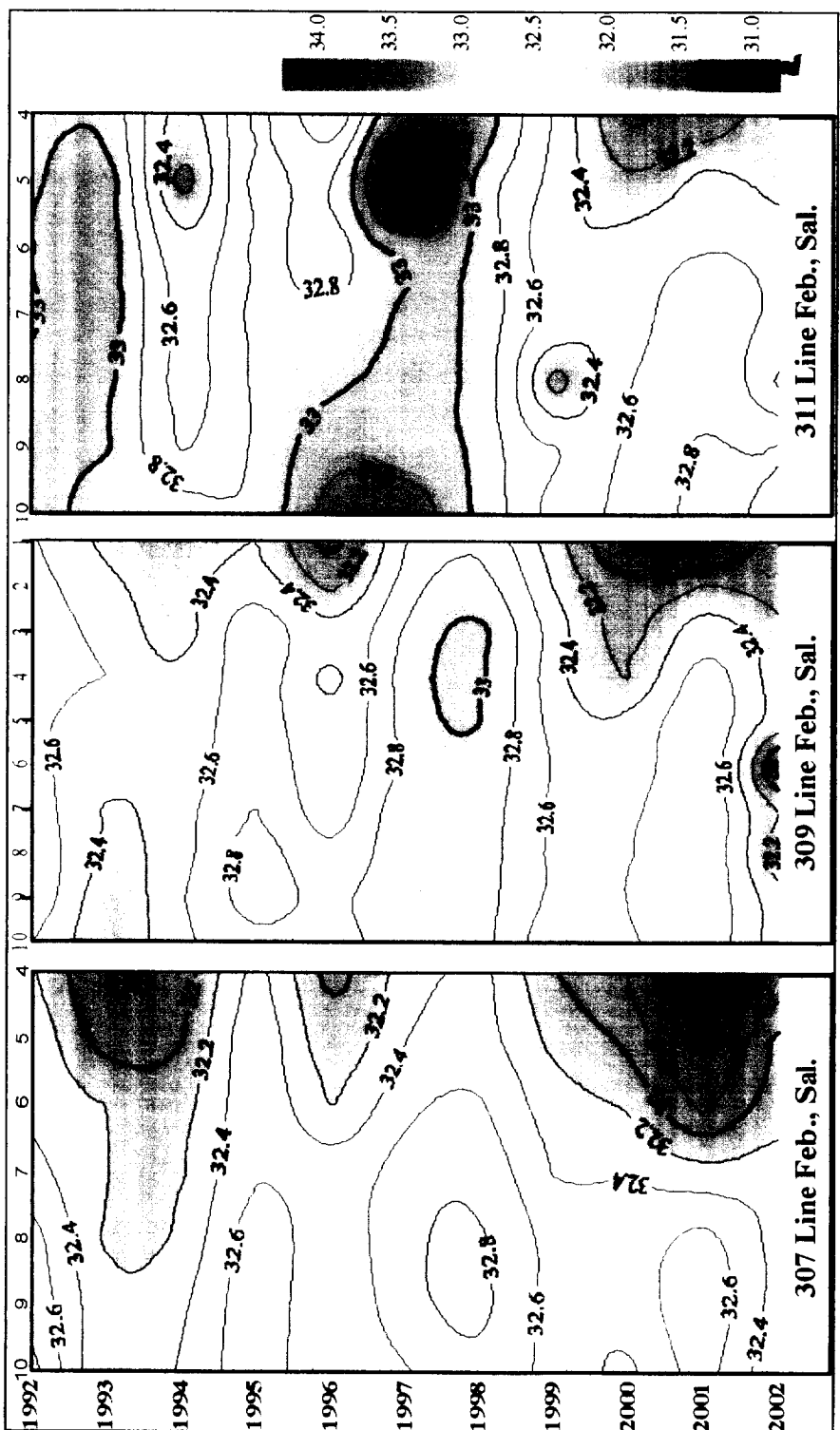


Fig. 3-2-2. Temporal and spatial distribution of surface salinity at Line 307, Line 309 and Line 311 in February.

역인 309선에서의 염분은 대부분 32.5 psu 이하의 저염분이 연안에 분포하고 있으나, 1997년과 1998년에는 해역의 중앙부에 33.0 psu 이상의 고염분이 분포하고 있다. 목포 서쪽해역인 311선에서의 염분은 1994년, 1999년, 2000년, 2001년과 2002년에 32.5 psu 이하의 저염분이 연안에 분포하고 있으며, 1992년, 1993년과 1997년에는 33.0 psu 이상의 고염분이 연안에 분포하고 있다(Fig. 3.2.2).

3.2.2. 표면수온과 기온과의 관련성

Fig. 3.2.3은 1992년부터 2002년까지 동계인 2월에 서해 연안지역의 기온과 수온의 관련성을 알아보기 위하여 서해 연안지역인 인천, 군산, 목포의 기온 편차와 이 세 지역에서 가장 가까운 정점인 307-03, 309-01, 311-04의 표면 수온 편차를 각각 비교한 것이다.

인천은 2002년에 기온이 양의 편차를 보였으나, 수온이 음의 편차를 보여 역상관을 보이고 있다. 그러나 다른 해는 기온이 양의 편차를 보이면 수온도 양의 편차를 보이고, 기온이 음의 편차를 보이면 수온도 음의 편차를 보여 정상관을 나타내고 있다. 군산과 목포에서의 표면수온과 기온과의 관련성을 보면, 기온과 수온이 같은 방향의 편차를 보여 정의 상관관계를 보이고 있다(Fig. 3.2.3).

Fig. 3.2.4에 동계 서해의 표면수온과 서해 연안지역 기온과의 상관관계를 나타내었으며, 그 상관계수는 $r=0.64$ 로 높은 상관성을 보이고 있다.

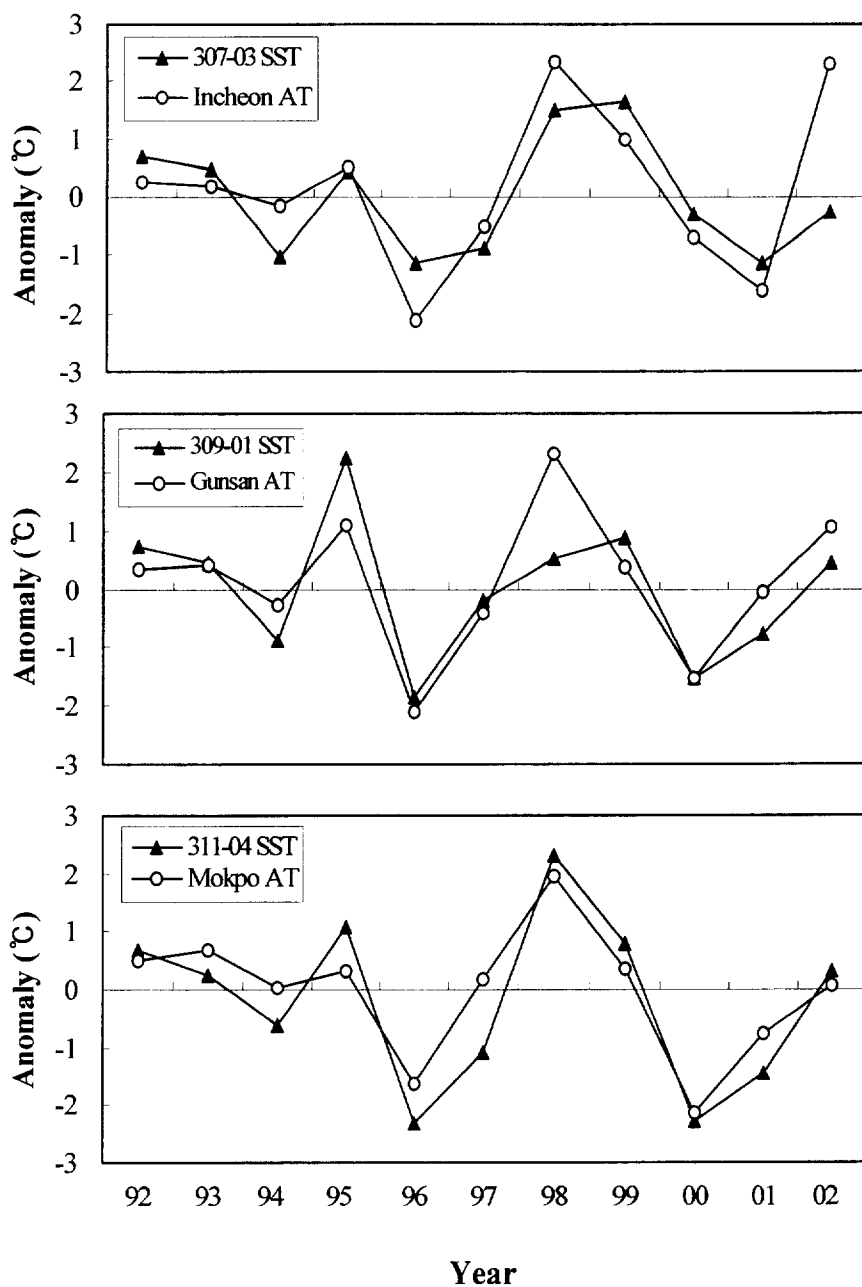


Fig. 3.2.3. Relationship between air temperature (AT) and sea surface temperature (SST) anomaly in February from 1992 to 2002.

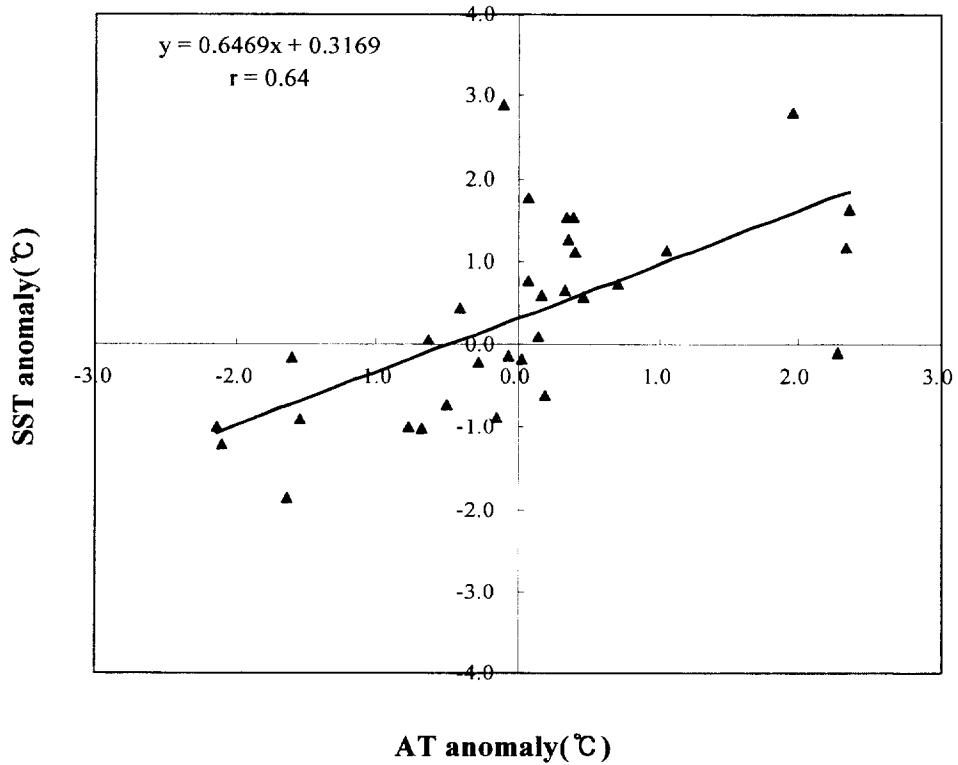


Fig. 3.2.4. Correlations of air temperature (AT) anomaly in the western coastal region (Incheon, Gunsan, Mokpo) vs. sea surface temperature (SST) anomaly in the West Sea of Korea from 1992 to 2002.

또한, 기온과 수온의 상관관계가 높은 해역을 찾아보기 위하여 인천, 군산, 목포와 가장 가까운 정선인 307선(인천), 309선(군산), 311선(목포)을 연안정점(정점 307-04, 309-01, 311-04), 중앙정점(307-07, 309-05, 311-07) 외해정점(307-10, 309-10, 311-10)으로 구분하여 각 정점의 수온 편차와 인천, 군산, 목포지역 기온 편차와의 상관관계

를 살펴보았다. 인천의 기온 편차와 연안정점인 307-03의 수온 편차의 상관계수가 $r=0.56$ 이었으며, 중앙정점과는 $r=0.46$, 외해 정점인 307-10과는 $r=0.29$ 로 연안에서 외해로 갈수록 기온과 수온의 상관은 작은 값을 보이고 있다. 군산은 연안 정점과 $r=0.63$, 중앙정점과 $r=0.39$, 외해정점과 $r=0.16$ 의 상관성을 나타내고, 목포는 연안정점과 $r=0.91$, 중앙정점과 $r=0.41$, 외해정점과 $r=-0.03$ 의 상관성을 보여 외해역 보다는 연안역과 상관관계가 높게 나타났다. 특히, 목포에서의 기온 변화에 따른 연안 표면수온의 변화의 관계가 매우 높게 나타냄을 알 수 있다(Table 3.1).

Table 3.1. Correlations of air temperature anomaly in the western coastal region of Korea and SST anomaly in the West Sea of Korea from 1992 to 2002

Area Region	Coastal station	Center station	off shore station
Inchun	0.56(307-03)	0.46(307-07)	0.29(307-10)
Gunsan	0.63(309-01)	0.39(309-05)	0.16(309-10)
Mokpo	0.91(311-04)	0.41(311-07)	-0.03(311-10)

3.2.3. 표면수온과 잠열속과 현열속의 관련성

연안지역 기온과 상관성이 낮은 외해에서 기상의 영향을 파악하기 위하여 가장 외해 정점인 307-10, 309-10, 311-10 정점에서 잠열속과 현열속을 계산하여, 그 잠열속과 현열속 합의 편차와 수온 편차를 비교하였다(Fig. 3.2.5).

307선의 경우, 잠열속과 현열속에 의한 열손실이 많았던 1994년, 2000년, 2001년에는 수온이 음의 편차를 보이고 있으며, 열손실이 적었던 1996년, 1998년, 1999년, 2002년에는 양의 편차를 보이고 있다.

309선은 1992년, 1993년, 1997년, 200년에 열손실이 많고 이 시기의 수온은 음의 편차를 보였으며, 1996년, 1999년, 2001년, 2002년에 열손실이 적고 수온은 양의 편차를 나타냈다.

311선은 1994년, 1996년, 1998년에 열손실이 많고 이 시기의 수온은 평균보다 적은 음의 편차를 보이고 있다. 또한, 1999년, 2002년에는 열손실이 적고 수온은 양의 편차를 보이고 있다.

이와 같이 외해에서는 연안기온과 표면수온과의 관련성이 낮게 나타났으나, 잠열속과 현열속에 의한 해양에서 대기로의 열손실이 수온에 영향을 미치고 있으며, 그 영향은 북쪽해역(307선)에서 남쪽해역(311선)으로 갈수록 적게 나타나고 있다.

3.2.4. 표면염분과 기온과의 관련성

Fig. 3.2.6은 동계 서해연안지역의 기온과 표면염분과의 관계를 파악하기 위하여 1992년부터 2002년까지 11년간 2월의 인천, 군산,

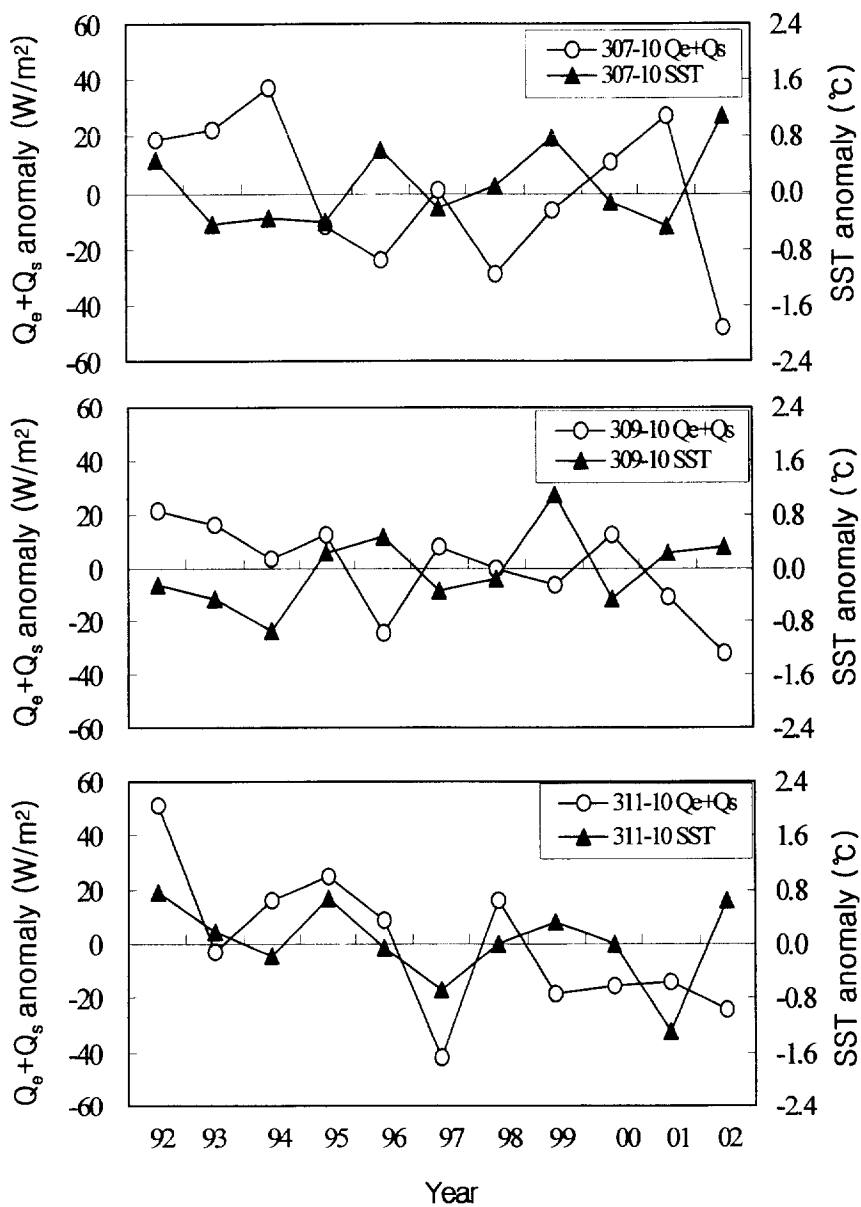


Fig. 3.2.5. Relationship between air temperature (AT) anomaly and sea surface temperature (SST) anomaly in February from 1992 to 2002.

목포지역 기온 편차와 서해 표면염분 편차를 비교한 것이다.

먼저 인천의 경우를 보면, 1994년과 2002년에는 기온이 양의 편차를 보이고 있으나, 염분은 음의 편차를 보여 서로 역상관 관계를 보이고 있다. 그러나 1994년과 2002년의 특정 해를 제외하고는 일반적으로 기온이 상승하면, 염분도 상승하고 기온이 하강하면 염분도 하강하였다.

군산에서 기온과 염분과의 상관관계를 보면, 1997년에 기온이 음의 편차, 표면염분은 양의 편차 그리고 2002년에는 기온이 양의 편차, 표면염분은 음의 편차로 서로 역상관 관계를 보이고 있다. 그러나 다른 9개년은 인천과 비슷한 변화양상을 나타내고 있다. 즉 기온이 상승하면 염분도 상승하고, 기온이 하강하면 염분도 하강한다.

목포에서의 기온과 표면염분의 상관관계는 인천과 군산에서 나타난 이상해 즉, 기온과 표면염분과의 역상관 관계는 뚜렷하게 보이지 않고 있다. 따라서 동계 서해 연안지역의 기온과 표면염분과의 관계를 보면 기온과 표면수온과의 상관관계에서 나타난 관련성처럼 뚜렷하지는 않지만 기온의 변동에 따른 표면염분의 상관이 나타나고 있다.

Fig. 3.2.7은 동계 서해의 염분과 서해 연안지역 기온과의 상관관계를 나타낸 것이며, 상관계수 $r=0.54$ 의 상관성을 보였다.

또한, 한반도 서해 연안지역 기온과 서해 표면염분의 상관성이

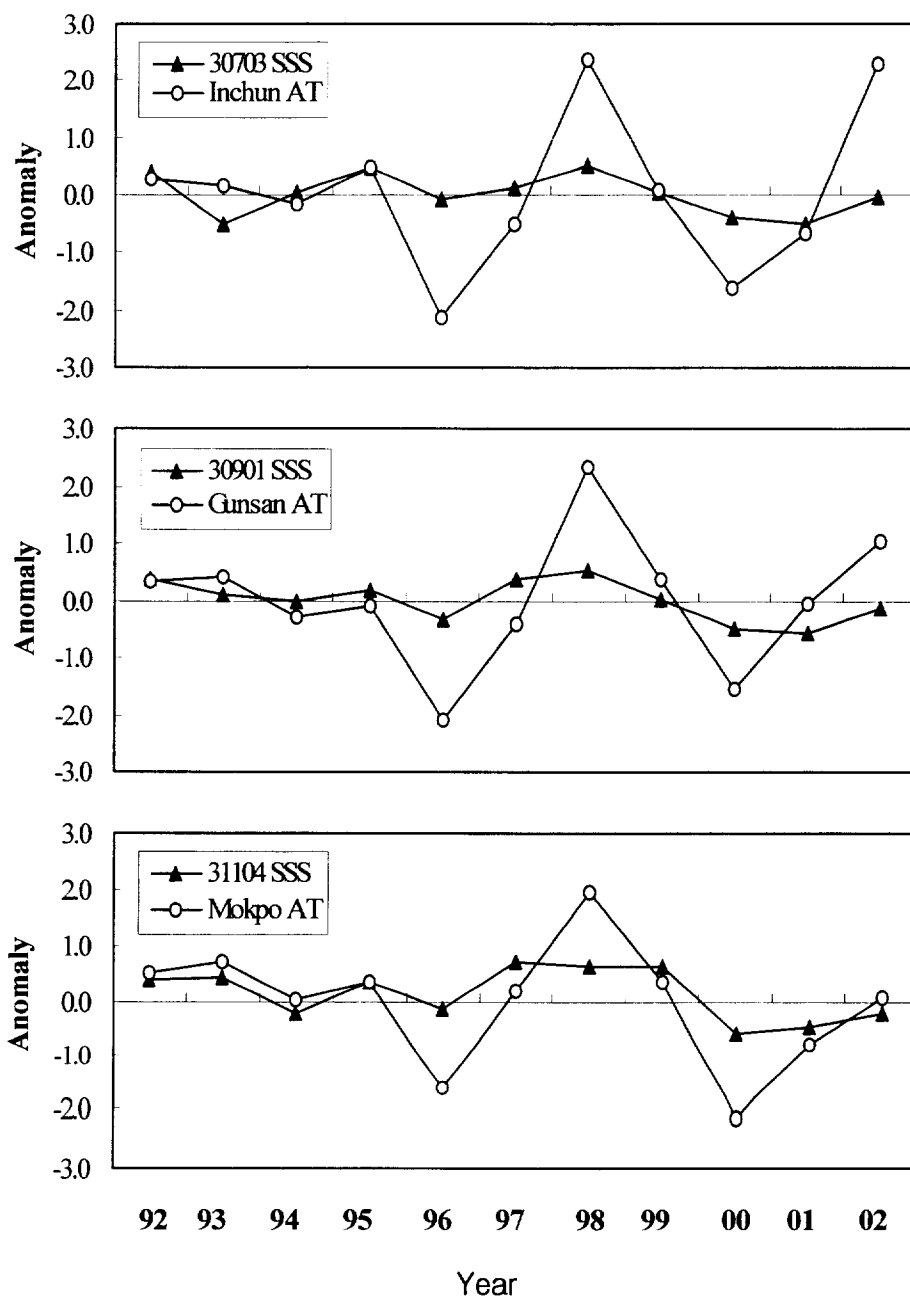


Fig. 3.2.6. Relationship between air temperature (AT, $^{\circ}\text{C}$) and sea surface salinity (SSS, psu) anomaly in February from 1992 to 2002.

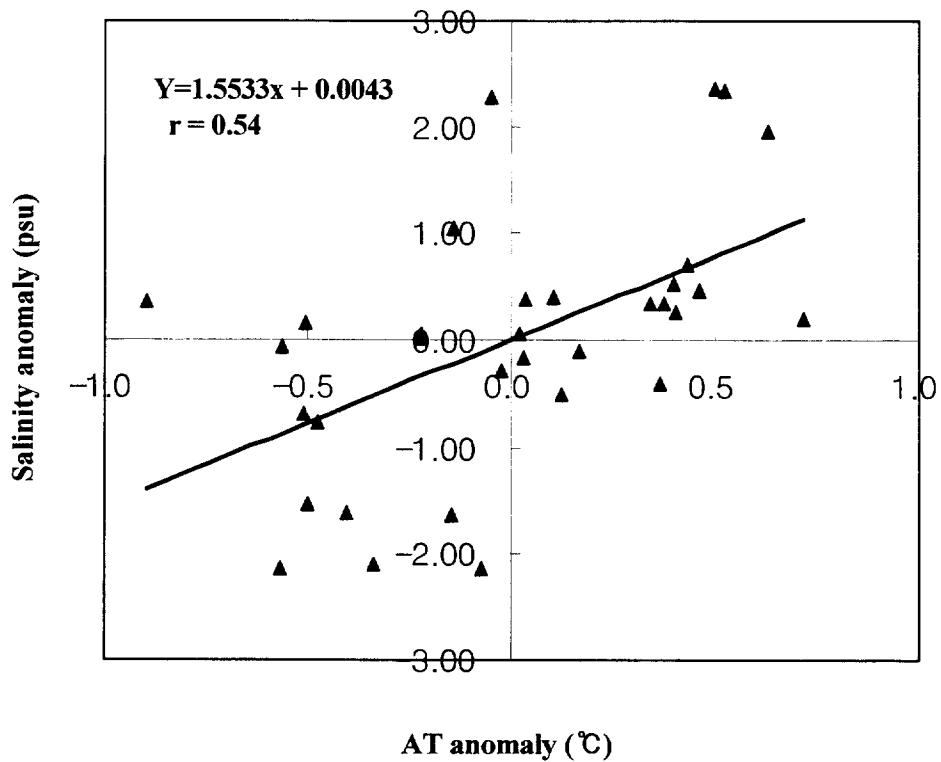


Fig. 3.2.7. Correlations of air temperature (AT) anomaly in the western coastal region (Inchun, Gunsan, Mokpo) vs. surface salinity anomaly in the West Sea of Korea from 1992 to 2002.

가장 높은 해역을 찾아보기 위하여 인천, 군산, 목포 지역의 기온 편차와 이들 세 지역에서 가장 가까운 해역인 연안정점(307-03, 309-01, 311-04)과 중간해역인 중앙정점(307-07, 309-05, 311-07) 그리고 가장 먼 해역인 외해정점(307-10, 309-10, 311-10)의 표면염분

편차와의 상관관계를 살펴보았다. 인천의 기온 편차와 연안정점인 307-03의 염분 편차는 $r=0.48$, 중앙정점인 307-07과는 $r=0.18$, 외해 정점인 307-10과는 $r=0.16$ 의 상관성을 보였다. 또한, 군산의 기온과 연안정점의 표면염분과는 $r=0.61$, 중앙정점과는 $r=0.40$ 으로 정상관을 보이고 있으나, 외해정점과는 -0.10 로 역상관을 보이고 있다. 목포의 기온과 표면염분과의 상관관계를 보면, 연안 정점과 0.58 , 중앙정점과 0.19 로 정상관 관계를 보이고 있으나, 외해정점과는 -0.06 의 역상관 관계를 보이고 있다. 따라서 인천, 군산, 목포의 기온과 서해 표면염분과의 상관관계를 보면, 외해 보다 연안과 상관관계가 높게 나타났다(Table 3.2).

Table 3.2. Correlations of air temperature anomaly in the western region of Korea vs. surface salinity anomaly in the West Sea of Korea from 1992 to 2002

Area Region	Coastal station	Center station	off shore station
Inchun	0.48(307-03)	0.18(307-07)	0.16(307-10)
Gunsan	0.61(309-01)	0.40(309-05)	-0.10(309-10)
Mokpo	0.58(311-04)	0.19(311-07)	-0.06(311-10)

3.3. 강수량과 염분과의 관련성

3.3.1. 강수량 경년 변동

한반도 서부지역의 강수량과 서해 염분과의 관계를 알아보기 위하여 1992년부터 2002년까지의 11년간의 한반도 서부지역 26개 측후소(Fig. 2.1)의 강수량편차와 서해염분(수심 0, 10, 20, 30, 50m, 저층 평균 값) 편차를 구하여 그 연관성을 조사하였다.

Fig. 3.3.1은 1992년부터 2002년까지 한반도 서부지역의 강수량 연변동과 표준편차를 나타내고 있다. 먼저 강수량의 월평균 변동을 보면, 12월이 27mm로 가장 적고, 8월이 334mm로 가장 많았으며, 년 강수량 중 하계인 6월에서 9월 까지의 강수량이 67%로 대부분을 차지하였다. 표준편차는 강수량이 가장 많은 8월에 165mm로 가장 크고, 강수량이 가장 적은 12월에 16mm로 가장 작았으며, 강수량이 많을수록 표준편차가 크다.

3.3.2. 강수량과 염분과의 관계

Fig. 3.3.2는 한반도 서부지역의 하계(6~9월) 강수량과 서해 염분과의 상관성을 알아보기 위하여 1992년부터 2002년까지 하계 강수량 편차와 서해 10월, 12월, 2월의 염분(0, 10, 20, 30, 50m 및 저층의 평균 값) 편차를 비교한 것이다.

10월의 경우, 1992년, 1993년, 1995년, 2001년, 2002년은 정상관을 보였으나, 1994년, 1996년, 1997년, 1998년, 1999년, 2000년에는 강수량이 양의 편차를 보이면 염분은 음의 편차를 보이고, 강수량이 음의 편차를 보이면 염분은 양의 편차를 보여 역상관을 나타냈다.

12월의 경우, 1993년, 2001년, 2002년의 강수량과 염분은 정상관을 보인다. 그러나 1994년, 1995년, 1996년, 1997년, 1998년, 1999년과 2000년에는 강수량과 염분이 역상관을 보이고 있다. 즉, 강수량이 양의 편차일 때 염분은 음의 편차, 강수량이 음의 편차일 때 염분은 양의 편차를 보이고 있다.

2월의 경우, 1995년과 2001년에는 정상관을 보이고 있으나, 1992~1994년, 1996~2000년에 강수량과 염분이 역상관을 보이고 있다.

이와 같이 1992년부터 2002년까지 11년간 하계 한반도 서부지역의 강수량과 서해 염분의 편차를 비교해 본 결과 10월은 4년이 정상관을 보이고 6년이 역상관을 보였으며, 12월은 3년이 정상관을 보이고 7년이 역상관을 보인다. 2월은 2년이 정상관을 보이고 8년이 역상관을 보인다. Table 3.3은 서부지역의 하계 강수량과 서해의 동계 염분과의 관련성을 상관계수로 나타낸 것이다. 10월과는 $r = -0.06$, 12월과는 $r = -0.19$, 다음해 2월과는 $r = -0.58$ 로 역상관을 보이고 있다. 따라서 한반도 서부지역의 하계 강수량은 10월과 12월보다 동계인 다음 해 2월의 염분 분포에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

Table 3.3. Correlation coefficient of precipitation(summer season) and sea surface salinity(winter season in the West Sea of Korea

Month Cor. Coef.	Oct.	Dec.	Feb.
Correlation Coefficient	$r = -0.06$	$r = -0.19$	$r = -0.58$

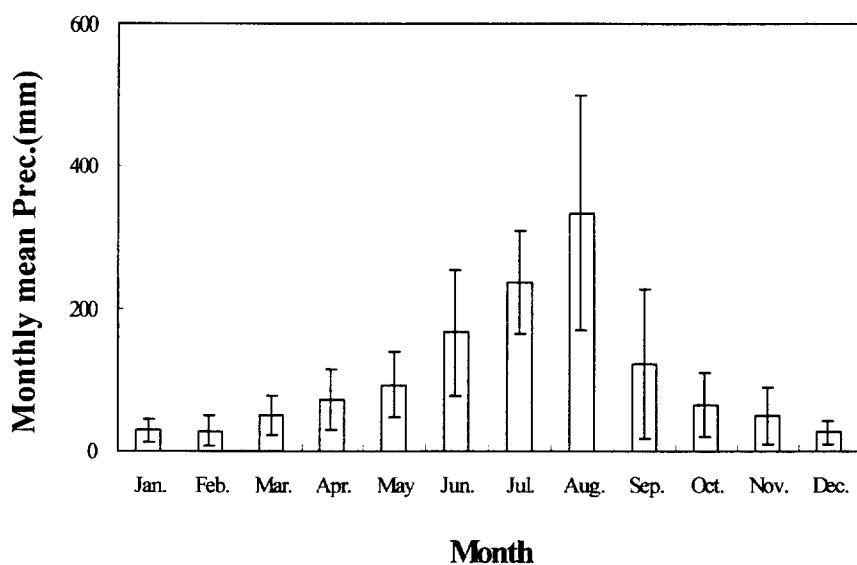


Fig. 3.3.1. Annual variation of monthly mean precipitation in west region of Korea from 1992 to 2002.

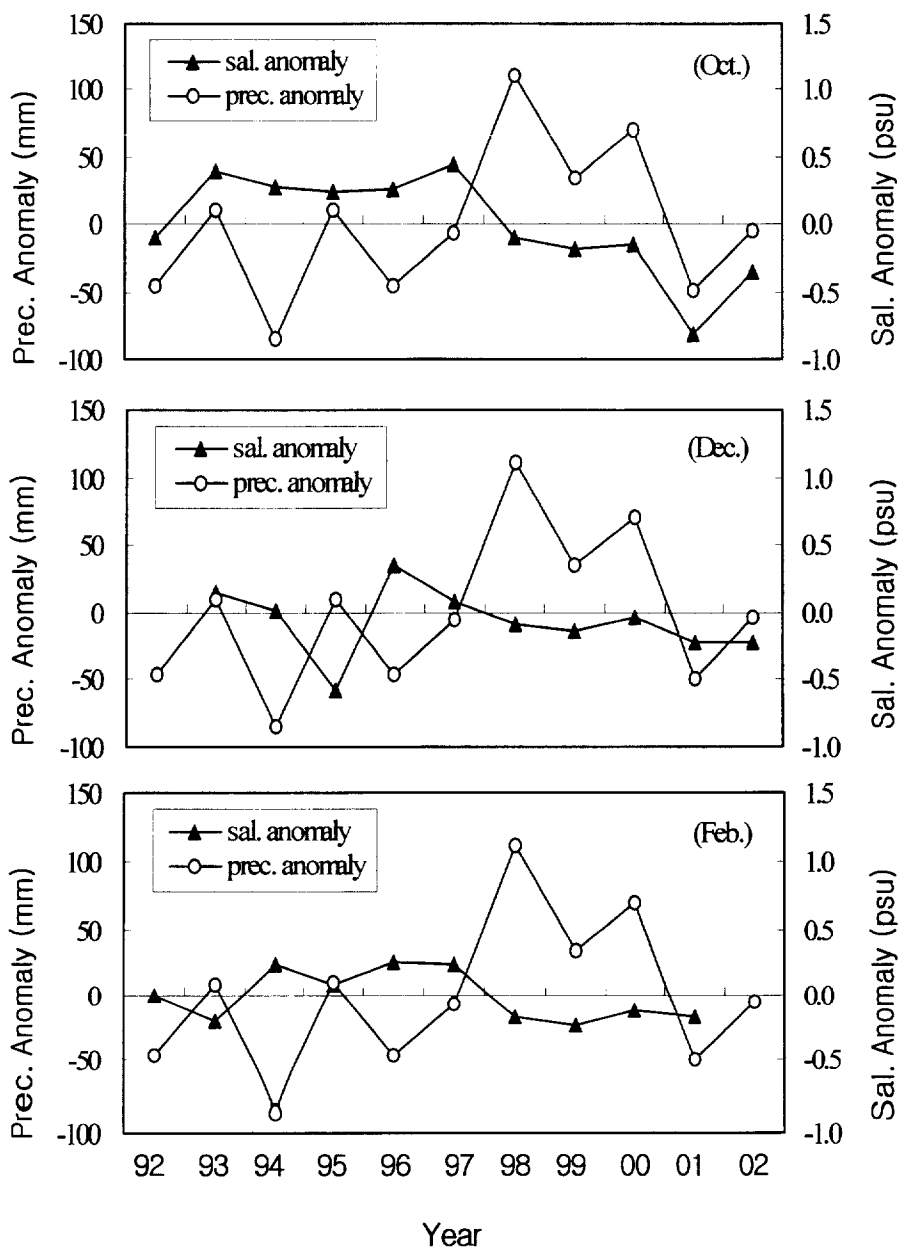


Fig. 3.3.2. Relationship between precipitation anomaly in the western region of Korea and salinity anomaly in the West Sea of Korea in February from 1992 to 2002.

3.4. 적설량과 해황의 관계

3.4.1. 서해연안의 적설 특성

Fig. 3.4.1은 1992년부터 2002년까지 11개년 동안 한반도 서부지역 26개 측후소에서 관측된 적설량의 월평균 값을 나타낸 것이다. 월평균 적설량은 1월, 12월, 2월, 11월, 3월 순으로 많고, 동계(12월~2월)에 주로 적설이 이루어졌으며, 적설량이 많을수록 표준편차도 크게 나타났다.

또한, 한반도 서해 연안지역의 적설 특성을 알아보고자 서해 연안지역인 인천, 군산, 목포 지역의 1992년부터 2002년까지 11년간 적설량을 분석하였다(Fig. 3.4.2~3.4.3).

Fig. 3.4.2는 인천, 군산, 목포 지역의 동계(12월~2월) 평균 최심신적설량을 나타낸 것이다. 평균 최심신적설량의 분포를 보면, 군산이 12.7 cm로 가장 많고, 다음은 목포로 9.0 cm, 인천이 7.8 cm로 가장 적어 위도상으로 가장 북쪽 지역인 인천이 가장 적은 적설량을 보였다.

Fig. 3.4.3은 서해연안 지역인 인천, 군산과 목포의 월평균 적설량 분포를 나타낸 것이다. 월평균 적설량을 지역별로 살펴보면, 인천은 1월에 가장 많은 적설량을 보이고, 다음은 2월과 12월 순으로 나타나고 있다. 군산은 1월에 가장 많은 적설량을 보이고, 다음은 12월과 2월 순이며, 목포는 1월에 가장 많은 적설량을 보이고, 다음은 12월과 2월 순으로 적설량이 많다. 따라서 서해 연안지역의 적설량을 보면, 중부지역인 인천은 1월, 2월과 12월 순으로 적설량이 많았으나, 군산과 목포는 1월, 12월과 2월 순으로 적설량이 많아 지역적으로 차이를 보이고 있다.

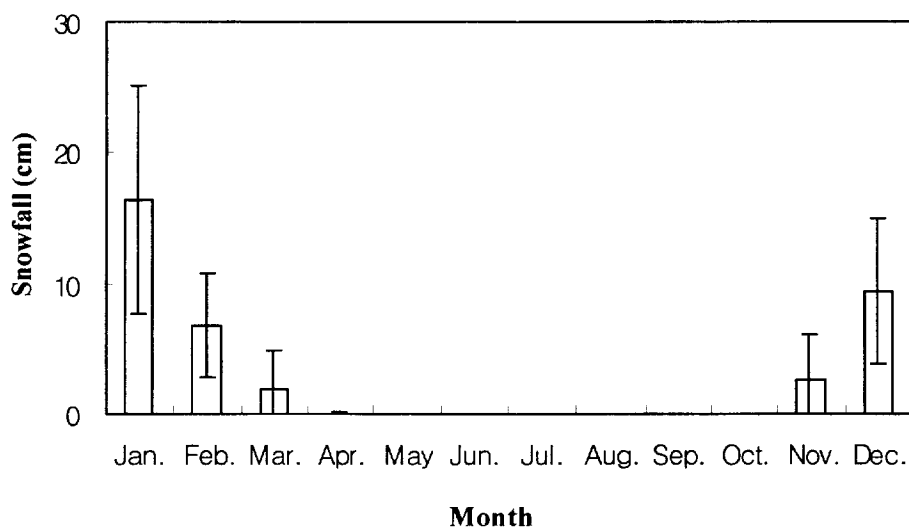


Fig. 3.4.1. Annual variation of monthly mean snowfall in the western region of Korea from 1992 to 2002.

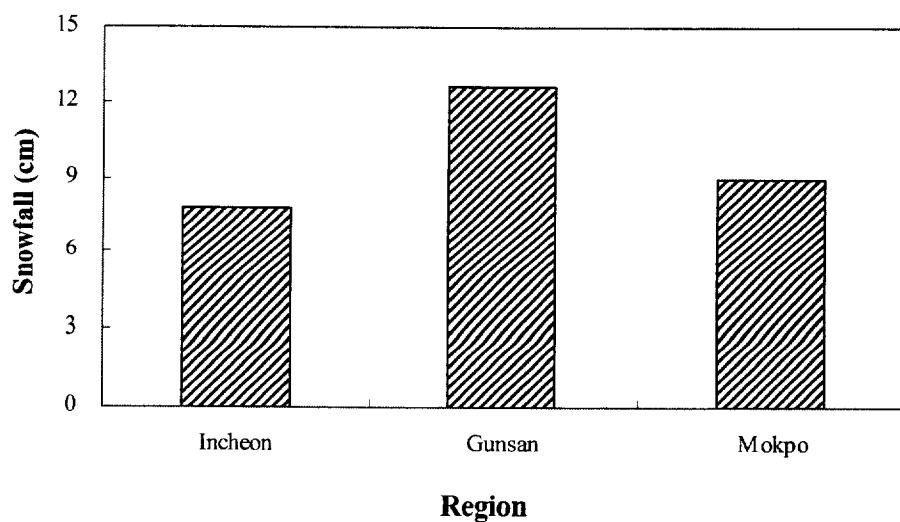


Fig. 3.4.2. Distribution of monthly mean snowfall in the western coastal region (Incheon, Gunsan, Mokpo) in winter season (Dec.~Feb.) from 1992 to 2002.

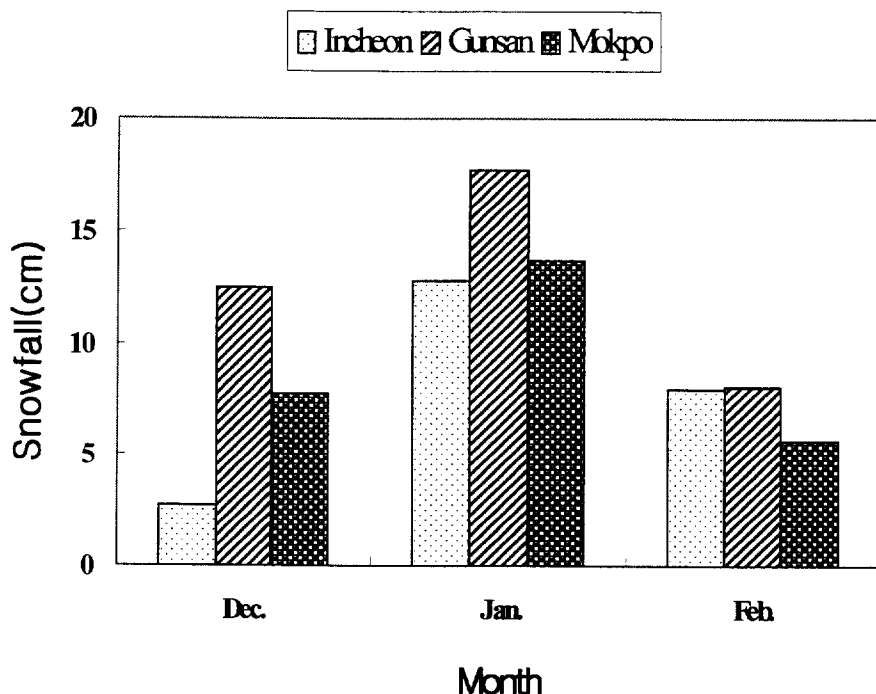


Fig. 3.4.3. Variation of monthly mean snowfall in the western costal region (Incheon, Gunsan, Mokpo) of Korea in winter season from 1992 to 2002.

3.4.2. 대륙성고기압의 확장 방향과 해양의 열손실

한랭 건조한 대륙기단이 한반도로 확장할 때 그 방향에 따라 해양에 미치는 영향에 차이가 있을 것이다. 따라서 대륙기단의 확장 방향이 해양에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

대륙기단이 서해를 통과하지 않고 북쪽에서 남쪽으로 확장하는 경우(A)와 서해를 통과하여 북서쪽에서 남동쪽으로 확장하는 경우(B)의 기압배치도를 Fig 3.4.4에 나타내었으며, 이 두

경우에 서해에서 잠열에 의한 열손실을 계산하였다.

먼저 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 통과하지 않고 한반도로 확장하는 경우에 인천에서의 잠열은 17.3W/m^2 , 군산에서는 25.1W/m^2 이다. 그리고 대륙기단이 서해를 통과하여 한반도로 확장하는 경우에는 인천에서 잠열이 58.9W/m^2 , 군산에서는 63.4W/m^2 이다. 따라서 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 통과하는 경우가 서해를 통과하지 않는 경우보다 인천지역에서는 약 3.4배, 군산에서는 약 2.5배 정도를 해양으로부터 많은 열을 흡수한다.

3.4.3. 잠열속 및 현열속과 적설량의 관계

동계 서해 연안지역의 적설은 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 통과하여 한반도로 확장될 때 서해로부터 많은 수증기를 공급 받아 발생한다. 따라서 서해 연안지역의 적설에 대한 서해의 영향을 알아보고자 대표적 서해 연안지역인 인천, 군산, 목포 지역에서 1992년부터 2002년까지 11년간 잠열속과 현열속에 의한 해양으로부터의 방출열량과 적설량을 분석하였다.

인천의 경우 1일 10 cm 이상의 대설이 발생한 기간은 1997년 2월 19일(20 cm), 1998년 2월 9일(14.4 cm), 2001년 1월 7일(16.3 cm), 2001년 2월 15일(17.6 cm) 이다. 적설일 1~2일전의 잠열속과 현열속에 의한 방출열량이 각각 120 W/m^2 , 100 W/m^2 , 160 W/m^2 , 110 W/m^2 이다(Fig. 3.4.5).

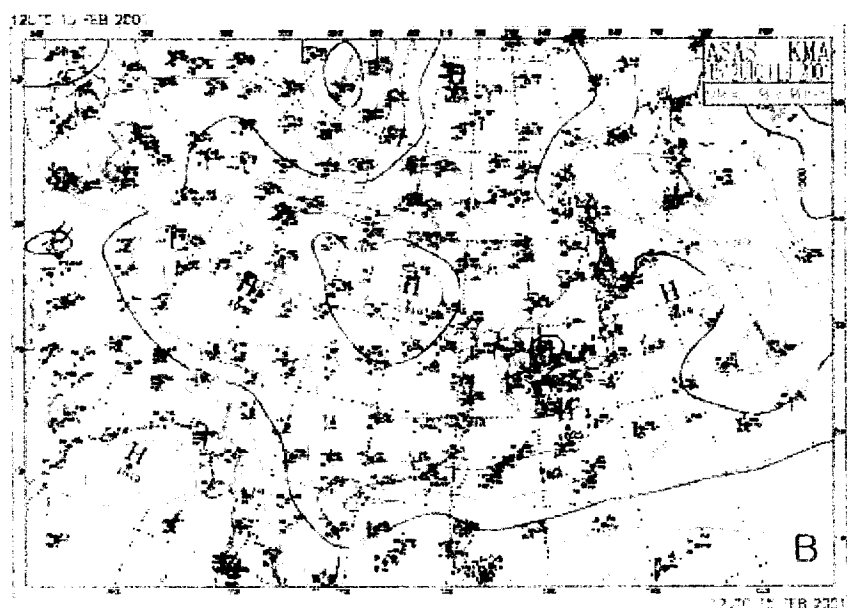


Fig. 3.4.4. Weather chart of expansion route continental high atmospheric pressure from North to South (A) and from North West to South East (B).

군산에서의 대설기간은 1993년 1월 17~18일(17.3 cm), 1995년 12월 4~5일(18.2 cm), 1996년 12월 5~6일(16.0 cm) 이고, 적설일 1~2일전의 잠열속과 현열속에 의한 방출열량이 각각 130 W/m^2 , 130 W/m^2 , 98 W/m^2 이다(Fig. 3.4.6).

목포의 경우는 대설기간이 1999년 1월 8~9일(15.7 cm), 1999년 12월 19~20일(20.8 cm) 이며, 적설일 1~2일전의 잠열속과 현열속에 의한 방출열량이 각각 260 W/m^2 , 200 W/m^2 이다(Fig. 3.4.7).

이와 같이 서해 연안지역에서 1일 10 cm 이상의 대설이 발생한 기간에는 잠열속과 현열속에 의한 방출열량이 약 100 W/m^2 이상이었다.

그러나 잠열속과 현열속의 합이 100 W/m^2 이상인 기간에도 대설이 발생하지 않은 경우가 있다.

따라서 잠열속과 현열속 이외의 대설원인을 찾아보기 위하여 기압배치도를 분석하였다.

3.4.4. 대설현상과 기압분포

대설현상에 미치는 기단의 영향을 조사하기 위해서 잠열속과 현열속에 의한 열손실이 많고 대설이 발생한 기간의 기압배치도와 잠열속과 현열속에 의한 열손실은 많으나 대설이 없었던 기간의 기압배치도를 분석하였다(Fig. 3.4.8~3.4.9).

잠열속과 현열속에 의한 열손실이 많고 대설이 발생한 기간의 기압배치를 보면, 2001년 1월 7일의 경우, 중국 북부 지방에 1056

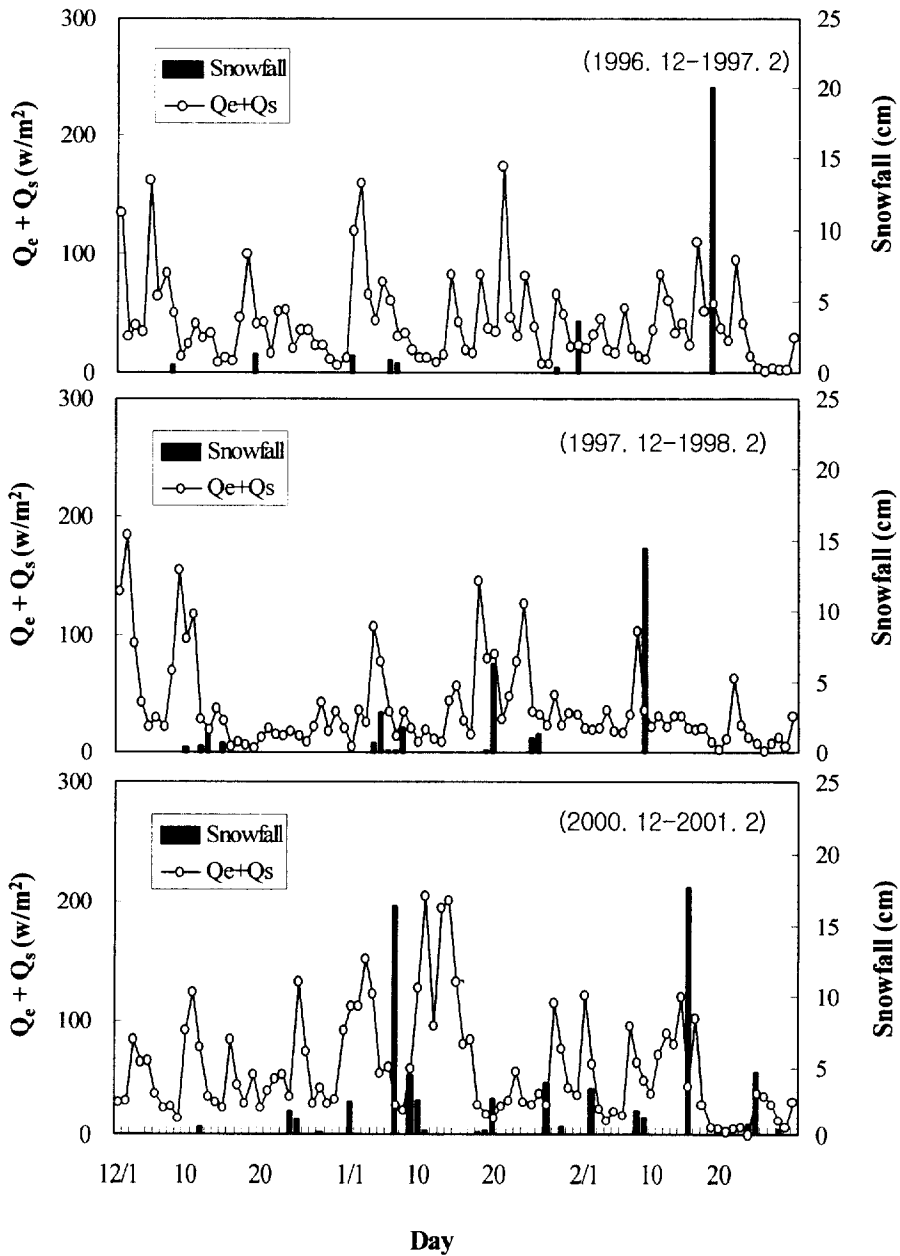


Fig. 3.4.5 Daily variation of snowfall and Q_e (latent heat)+ Q_s (sensible heat) at winter season (Dec.~Feb) in Incheon.

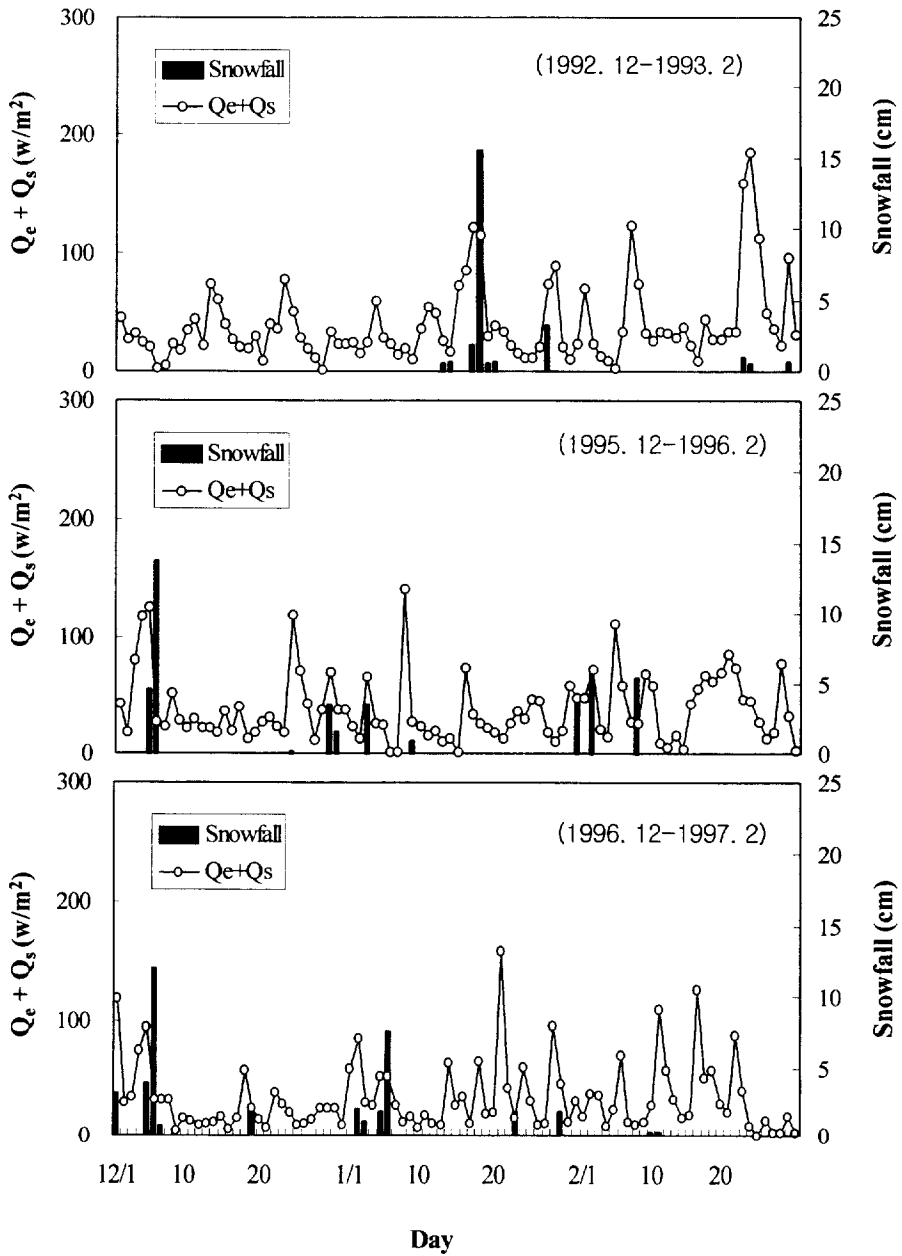


Fig. 3.4.6. Daily variation of snowfall and Q_e (latent heat)+ Q_s (sensible heat) at winter season (Dec.~Feb) in Gunsan.

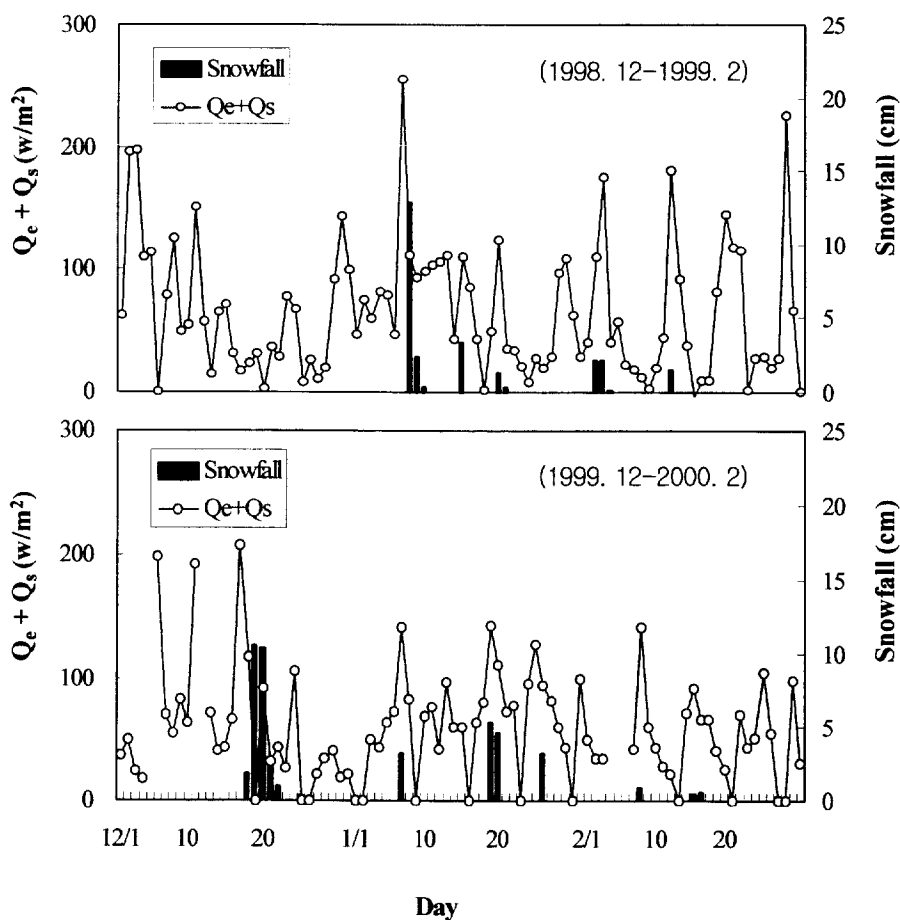


Fig. 3.4.7. Daily variation of snowfall and Q_e (latent heat)+ Q_s (sensible heat) at winter season (Dec.~Feb) in Mokpo.

hpa의 고기압이 위치하고 일본열도의 남쪽에 1000 hpa의 저기압이 위치하여 한반도 상에서 전선을 형성하고 있다. 2001년 2월 15일의 기압배치는 중국 중부지방에 1040 hpa의 고기압이 위치하고 1018 hpa의 저기압이 동해상에 위치하여 서해상에서 전선을 형성하였다.

잠열속과 현열속에 의한 방출열량은 많으나 대설 현상이 나타나지 않은 기간의 기압배치를 보면, 1998년 12월 5일의 경우, 중국 북부 지방에 1044 hpa의 고기압의 중심이 위치하고 있으나, 동해 및 일본열도상에 저기압이 존재하지 않고, 한반도 전체가 1024 hpa 이상의 고기압 영향권에 위치하였다. 1999년 2월 13일에는 한반도의 북쪽 지역과 중국 남부 지방에 걸쳐 중심기압 1028 hpa의 고기압이 광범위하게 위치하였으며, 한반도 및 일본열도 주변에 저기압은 형성되지 않았고, 한반도 및 서해 전체가 고기압권내에 포함되어 있다.

이와 같이 대설이 발생한 시기의 기압배치는 중국 북부 지방이나 중부 지방에 고기압이 위치하고, 동해상이나 일본열도상에 저기압이 존재하여 서해 또는 한반도 상에서 전선이 형성되는 서고동저형의 특징을 보였다.

3.4.5. 대설현상과 바람 영향

서해 연안지역인 인천, 군산, 목포 지방에 대설현상이 발생하였을 때 바람의 영향을 파악하기 위하여 대설이 발생한 기간의 바람 벡타도를 살펴보았다.

Fig. 3.4.10은 대설발생기간 동안 인천, 군산 및 목포에서 동계(12월, 1월, 2월) 풍향과 풍속을 나타낸 것이다. 인천의 경우를 보

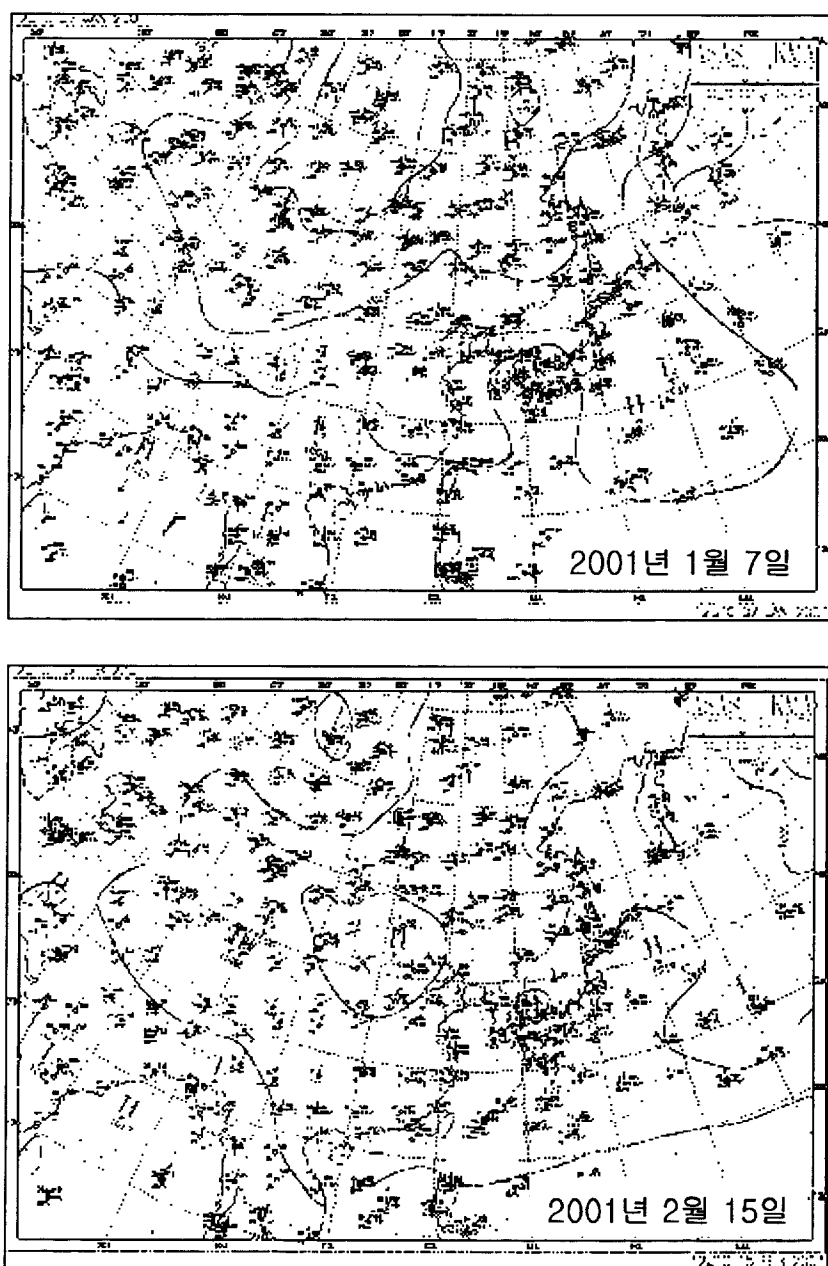


Fig. 3.4.8 Weather chart of high Q_e (latent heat) + Q_s (sensible heat) and heavy snowfall day in the west coastal region of Korea.

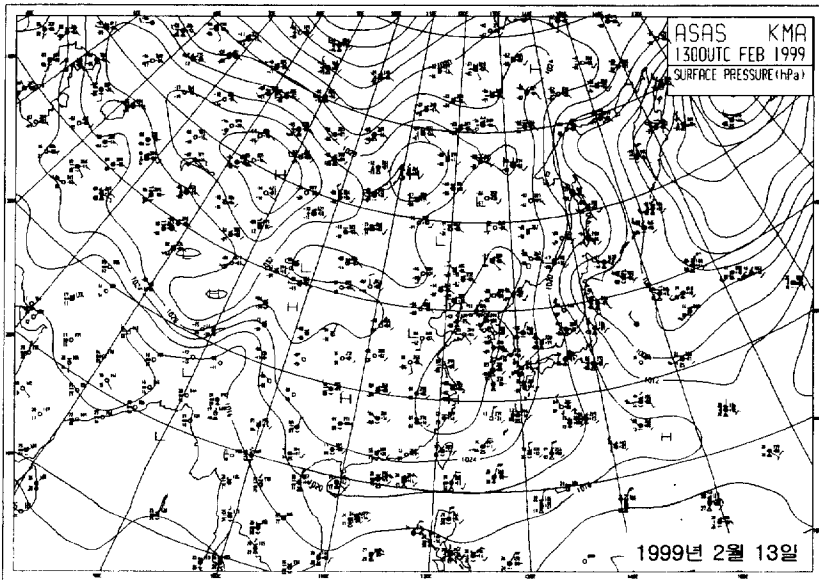
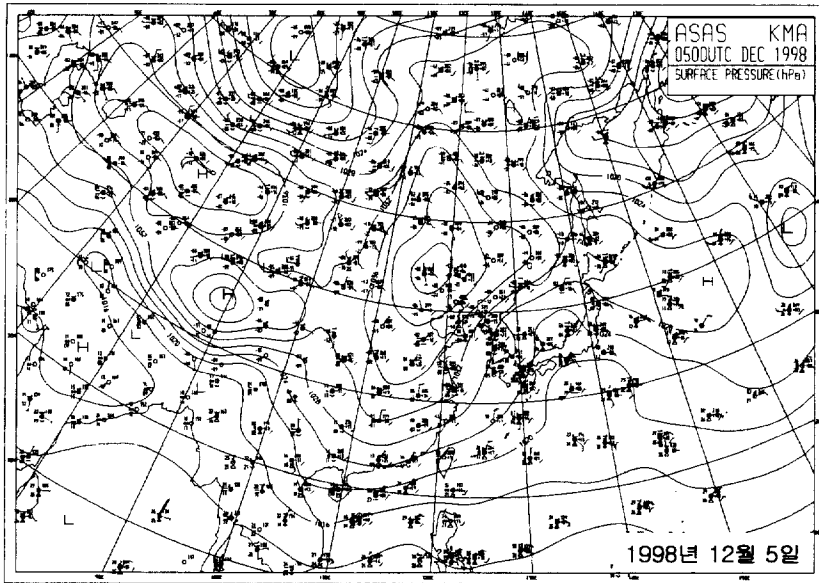


Fig. 3.4.9. Weather chart of high Q_e (latent heat) + Q_s (sensible heat) and non heavy snowfall day in the west coastal region of Korea.

면, 1997년 2월 19일에 북서풍이 8cm/sec로 불었고, 1998년 2월 11일에는 북서풍이 5cm/sec로 불었으며, 2001년 1월 7일의 경우에는 북서풍이 6m/sec로 불었다.

군산에서는 대설을 보인 1992년 1월 18일에 북서풍이 4m/sec로 불었고, 1995년 12월 5일에는 북서풍이 4m/sec로 불었으며, 1996년 12월 4일에는 북동풍이 6m/sec로 불었다.

목포에서는 대설을 보인 1998년 1월 8일에 북풍이 6m/sec로 불었으며, 1999년 12월 19일에 북풍이 5m/sec로 불었다.

따라서, 대설이 발생한 기간동안 서해 연안지역인 인천, 군산, 목포 지역에서의 풍향은 북풍 또는 북서풍이 우세하고, 풍속은 4~8cm/sec 정도이다.

3.4.6. 적설량과 서해염분과의 관계

적설이 발생할 경우에는 강수와 같이 지면이나 해양으로부터 수증기의 공급을 받아 이루어지고 많은 적설이 발생하면 해양의 염분이 변할 것이다. 따라서 한국 서부지역의 적설량 변화에 따른 서해염분 변화를 조사하였다(Fig. 3.4.11). 12월의 경우 적설량이 많았던 1997년에는 격월차염분 평균편차가 낮고, 적설량이 적었던 1999년과 2001년은 평균보다 높은 편차를 보이고 있다. 한편, 2월에는 적설량이 많았던 1994년과 2001년은 염분의 편차가 낮고, 적설량이 적었던 1995년과 2002년은 편차가 높다. 이 결과를 볼 때 한국 서부지역 적설량과 서해 염분의 관계는 12월에 총 10개년 중 6개년은 적설량이 많았을 때 염분도 높아지는 경향을 보이고,

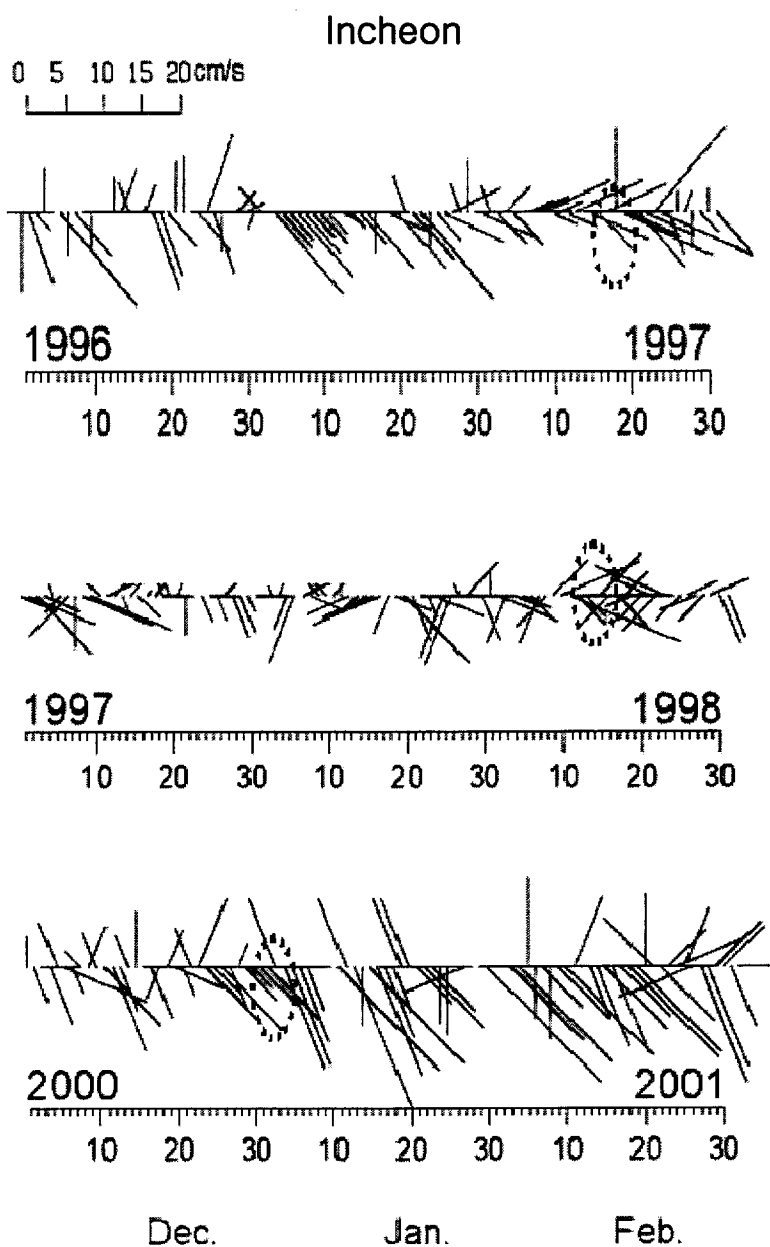


Fig. 3.4.10. Wind vector diagram of heavy snowfall period during winter season(Dec.~Feb.) in Incheon from 1996 to 2001.

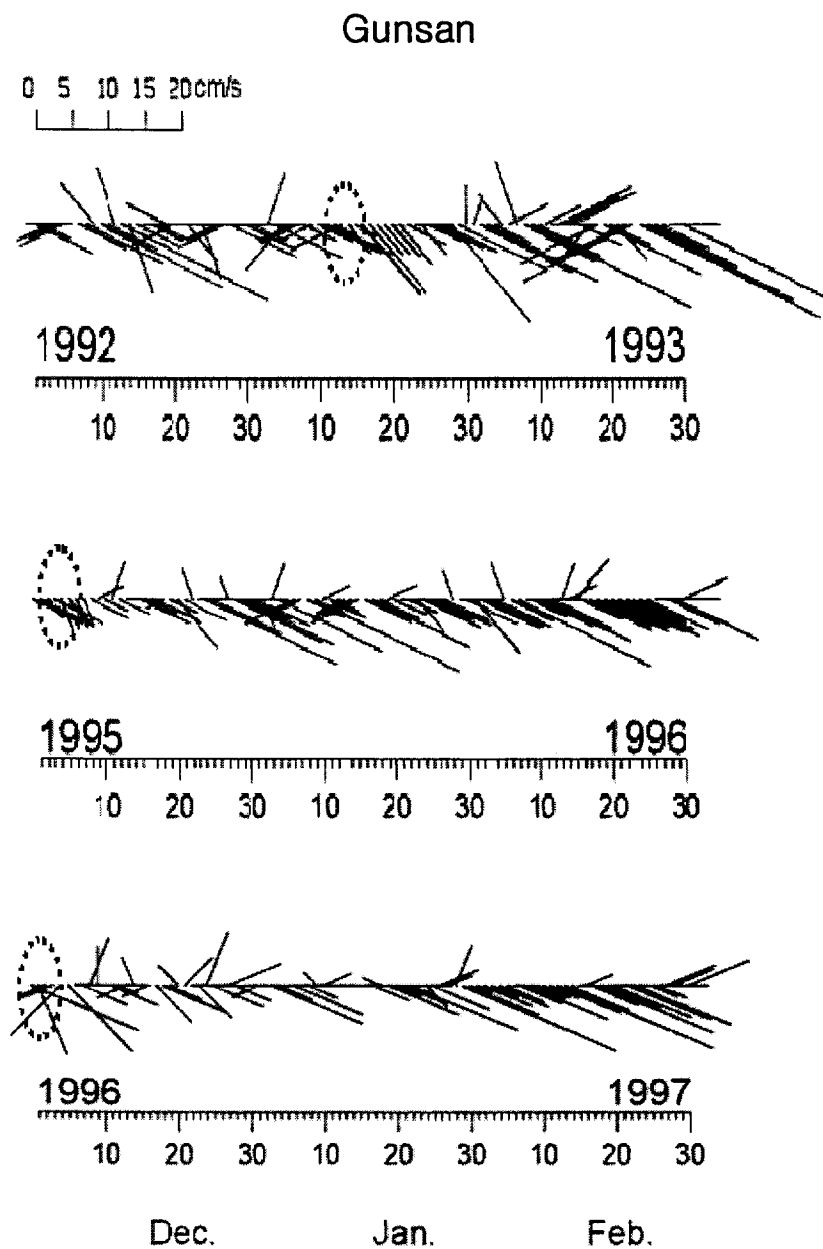


Fig. 3.4.10. Wind vector diagram of heavy snowfall period during winter season(Dec.~Feb.) in Gunsan from 1992 to 1997.

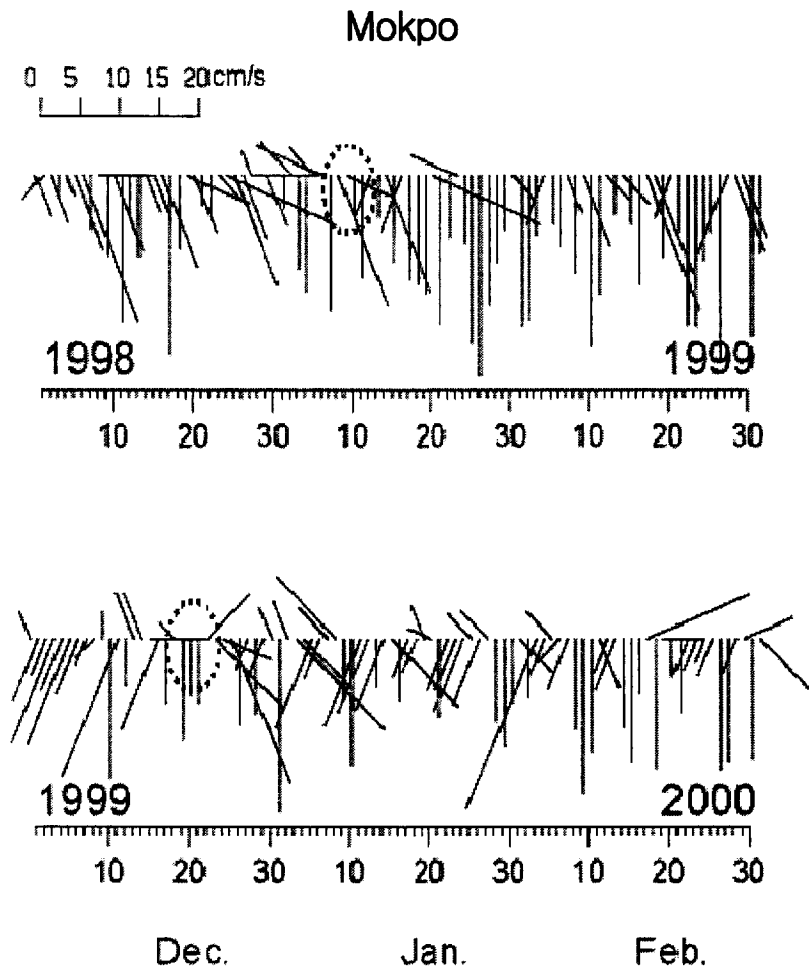


Fig. 3.4.10. Wind vector diagram of heavy snowfall period during winter season (Dec. ~ Feb.) in Mokpo from 1998 to 2000.

4개년은 적설량이 많았을 때 염분이 낮아졌다. 그리고 2월에는 적설량이 많았던 2개년은 염분의 편차가 높고, 3개년은 염분이 평균보다 낮게 나타났으며, 적설량이 적었던 해는 대체적으로 염분이 낮게 나타나고 있다. 따라서, 이상과 같은 결과를 종합해 보면, 한국 서부지역의 동계(12월과 2월)의 적설량과 서해 염분의 관련성을 적은 것으로 나타났다.

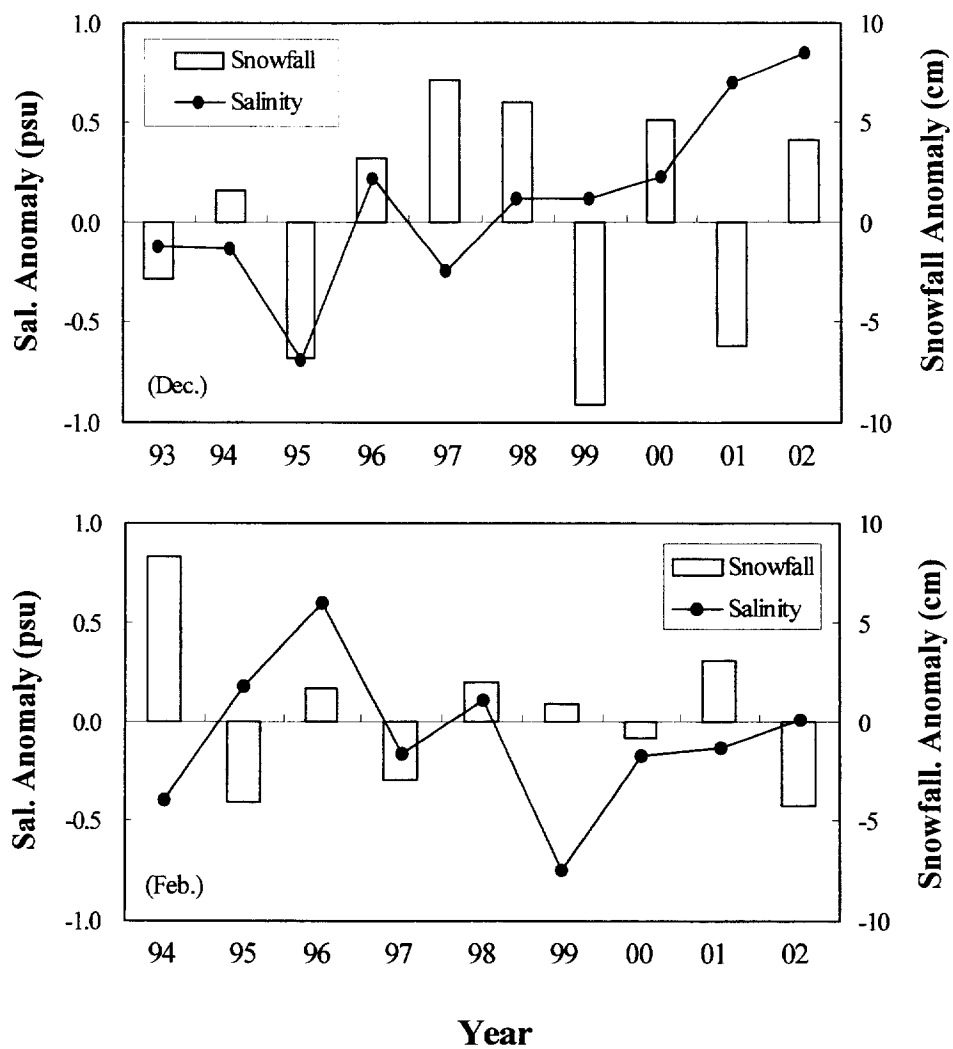


Fig. 3.4.11. Comparison of snowfall and salinity anomaly during winter season(December and February) in the west sea of Korea from 1992 to 2002.

4. 고 찰

동계 한반도의 기후에 가장 큰 영향을 미치는 한랭 건조한 대륙성고기압이 서해를 거쳐 한반도로 확장해 올 때 상대적으로 따뜻한 서해로부터 열과 수증기를 흡수함으로써 서해의 해황에 많은 영향을 미친다(민, 1974; 박, 1984; 송, 1993). 특히 서해는 수심이 얇고 중국대륙과 한반도에 의해 둘러싸여 있는 반폐쇄적인 만과 같은 해역으로 동해나 남해 보다 기상의 영향을 더 많이 받고 있다.

따라서 본 연구에서는 한국 서해에서 수온, 염분 등과 같은 해황자료와 기온, 강수량, 적설량, 대기압, 상대습도, 바람과 같은 기상자료를 이용하여 대륙성고기압이 서해를 통과하면서 해황에 미치는 영향을 파악하고, 또 각각의 요소들이 어떻게 상호 영향을 미치는가를 밝히고자 하였다.

4.1. 동계 서해의 해황 특성

동계 서해는 수심이 얇은 연안역이 외해역보다 해황의 변동이 크게 나타났다. 동계(12~2월) 표면수온은 12월보다 2월의 수온이 외해역에서는 3~4℃ 낮지만 연안역에서는 6℃ 정도 낮아져서 연안에서 큰 폭의 수온하강을 보이고 있다(Fig. 3.1.3). 또한, 연직적으로는 표·저층이 균질한 수온분포를 나타낸다(Fig. 3.1.5).

이와 같은 현상은 수심이 얇은 연안역에서 표면수온의 변화에 수심이 중요하게 작용하고 있으며, 동계의 해수면 냉각 효과로 인하여 표·저층까지의 연직혼합이 외해역보다 연안역에서 더욱 잘 이

루어지기 때문이다(강, 1999). 특히 서해는 동계에 한랭 건조한 대륙기단이 통과할 때 북서계절풍에 의한 냉각효과가 탁월하여 외해역보다 연안역에서 해황 변동이 크다(김, 1994). 또한, 동계 서해의 해황에 영향을 주고 있는 제주도 남서쪽에서 유입되는 황해난류가 서해의 중앙을 따라 북상하기 때문에 난류의 주축으로부터 상대적으로 멀리 떨어진 한국의 서해 연안이 이류에 의한 열보충을 적게 받기 때문이다(방, 1995).

염분의 분포는 외해역보다 연안역에서, 남쪽해역보다 북쪽해역이 낮은 농도를 보였다(Fig. 3.1.6). 이와 같은 현상은 육상으로부터 담수의 유입과 남쪽으로부터 황해난류가 북상하기 때문이다(노, 1994).

또한, 하계에 남북방향으로 형성되었던 등염선이 동계에는 북서에서 남동 방향으로 형성되고, 표·저층간의 농도차가 없는 균일한 염분분포를 보이고 있다(Fig. 3.1.7). 이러한 현상은 한국 서부지역으로부터 유입되는 담수의 양이 하계(약 330mm)보다 동계(약 28mm)가 적고 또한, 동계 북서계절풍에 의한 표면냉각효과로 표·저층간의 연직혼합이 잘 이루어져 연안역의 염분이 높아졌기 때문이다.

4.2. 수온에 대한 기상의 영향

서해의 수온에 대한 기상의 영향을 파악하기 위하여 서해 연안 지역인 인천, 군산, 목포의 기온과 서해 연안역 수온의 편차를 비교하였다. 또한, 서해 외해의 수온분포에 영향을 미치는 요소 중 기상의 영향을 파악하기 위하여 잠열속과 현열속에 의한 열손실과 수온과의 관계를 살펴보았다.

서해연안에 위치한 인천, 군산, 목포 지역의 기온과 연안수온 사이에는 정의 상관관계를 보이고 있다. 즉 기온이 상승하면 수온이 상승하고 기온이 하강하면 수온도 하강한다(Fig. 3.2.3).

Fig. 3.2.4에 의하면 서해의 수온과 서해 연안지역의 기온은 $r=0.64$ 의 상관관계를 나타내고, 외해역 보다는 연안역이 더 높은 상관성을 보인다.

이와 같은 현상은 동계 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 거쳐 한반도로 확장하면서 북서계절풍에 의한 해수면 냉각효과가 탁월하여 수심이 얕은 연안이 기온변화에 빨리 반응하기 때문이다(Fig. 3.4.4). 이것은 장(2000) 등의 서해 연안역의 표면수온과 기온 사이에 수온이 높을 때 기온도 높다는 연구 결과와 일치한다. 또한, 서해의 외해 수온은 잠열속과 현열속에 의한 해양에서의 방출열량과 역 상관관계를 보인다. 즉, 잠열속과 현열속에 의한 방출열량이 많으면 외해의 수온은 하강하고, 방출열량이 적으면 상승한다. 서해 외해 수온에 대한 잠열속과 현열속의 영향은 북쪽해역이 크고, 남쪽해역으로 갈수록 작게 나타난다(Fig. 3.2.5). 이와 같은 현상은 중국대륙에 위치하고 있는 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 통과할 때 북서계절풍에 의한 해양에서의 열손실 효과 때문이다. 이 열손실 효과가 남쪽해역으로 갈수록 작아지는 것은 북상하는 황해난류에 의해 남쪽부터 열의 보충이 있기 때문이다(방 등, 1991).

4.3. 염분에 대한 기상의 영향

염분에 대한 기상의 영향을 파악하기 위하여 한국 서해 연안지

역(인천, 군산, 목포)의 동계(2월) 기온과 서해 표면염분 편차를 비교하였다. 또한, 한국 서부지역의 하계(6~9월) 강수량 편차와 서해 연안역의 평균(표~저층) 염분편차를 비교 분석하였다.

먼저 동계 서해 연안지역(인천, 군산, 목포) 기온과 연안역 표면 염분과의 관계는 정의 상관관계를 보이고 있다. 즉, 서해 연안지역의 기온이 상승하면 연안역의 염분이 증가하고, 수온이 하강하면 염분도 낮아진다(Fig. 3.2.6). 또한, 서해의 표면염분과 서해 연안지역의 기온과는 $r=0.54$ 의 상관관계를 나타내며, 외해역 보다 연안역의 염분이 더 높은 상관성을 보인다.

한(1992) 등은 서해에서 수온이 상승하면 증발량이 많아져 해안지방의 습도가 높아진다고 보고하였다. 기온 상승에 의해 수온이 상승하면 증발량이 많고 해양에서 증발량이 많으면 염분이 증가한다. 따라서 기온이 높아지면 염분이 증가한다는 것이다.

하계(6~9월) 강수량 편차와 서해 51개 정점의 표~저층(수심 0, 10, 20, 30, 50m, 저층) 까지 평균한 염분의 편차를 비교하고 상관관계를 보았다(Fig. 3.2.7). 서해의 하계 염분은 10월($r= -0.06$)과 12월($r= -0.19$) 보다 동계인 다음해 2월($r= -0.58$)의 강수량과 더 높은 역상관을 보였다(Table 3.3). 이와 같은 현상은 육상에서의 강수가 하천을 통하여 해양으로 유입되는 시간과 해양에서 표층에서 저층까지 연직혼합에 소요되는 시간 지연이 있기 때문으로 사료된다.

4.4. 적설량과 해황과의 관련성

한국 서부지역에서 적설량과 서해 해황과의 관계를 알아보기 위

하여 서해 연안지역인 인천, 군산, 목포의 적설 특성과 적설에 대한 대륙기단의 확장, 해양의 열손실, 기압배치 및 바람의 영향을 파악하였다.

동계(12~2월) 인천, 군산, 목포 지역의 적설 특성은 군산이 12.7cm로 가장 많고 목포는 9.0cm 그리고 인천은 7.8cm로 위도상 가장 북쪽인 인천의 적설량이 가장 적었다(Fig. 3.4.2).

이(2002)는 중국의 요동반도와 우리나라 황해도에 위치한 마식령 산맥이 북서쪽에서 다가오는 대륙성고기압의 확장에 차단 효과로 작용한다고 보고하였다. 이러한 지형적 원인으로 인하여 동계 적설량이 위도상으로 가장 북쪽에 위치하고 있는 인천지역이 남쪽에 위치한 두 지역(군산, 목포)보다 적설량이 적었던 것으로 생각된다.

대륙기단의 확장 방향에 따른 해양의 열손실 차이를 보면, 서해를 통과해서 한반도로 확장하는 경우가 서해를 통과하지 않고 확장하는 경우보다 잠열에 의한 열손실이 인천에서는 3.4배, 군산에서는 2.5배 정도로 많았다(본 연구 3.4.3 항).

한편, 인천, 군산, 목포지역의 적설량은 세 지역 모두 1월에 가장 많았다. 그러나 인천은 12월보다 2월에 많은 적설량을 보였고, 군산과 목포는 2월보다 12월에 더 많은 적설량을 보였다.

이와 같은 현상의 원인을 파악하기 위하여 한국의 동계 기상에 많은 영향을 미치는 대륙성고기압의 확장 경로(1998년부터 2001까지의 12월, 1월, 2월 기상도)를 북~북북서→남~남남동, 북북서~북서→남남동~남동, 북서~서북서→남동~동남동, 서북서~서→동~동남동의 4개 방향을 구분하여 분석하였다(Table. 4.1). 1월에는 북북

서~북서→남~남남동 방향이 총 93회 중 52회로 가장 많았고, 2월에는 총 113회 중 북서~서북서→남동~동남동 방향이 70회로 가장 많았으며, 12월에는 총 124회 중 서북서~서→동~동남동 방향이 64회로 가장 많았다.

Fig. 4.1의 모식도에 의한 대륙성고기압의 확장 방향과 적설량을 살펴보면, 1월은 대륙성고기압의 중심이 만주대륙을 거쳐 서해를 건너지 않고 바로 한반도로 확장하기 때문에 세 지역(인천, 군산, 목포)에서의 적설량이 모두 비슷한 경향이였다. 또한, 2월에는 대륙성고기압의 중심이 발해만과 요동반도 및 서해를 통과하여 한반도의 서해 중부지방인 인천쪽으로 확장하기 때문에 군산과 목포보다 인천의 적설량이 많다. 12월에는 대륙성고기압의 중심이 남하 또는 분리되어 중국의 남쪽지방에 중심을 두고 산동반도 및 서해를 통과하여 한반도의 남쪽연안인 군산, 목포 지방쪽의 서해연안으로 확장되기 때문에 인천보다 서해 연안지역인 군산과 목포지역에 적설량이 많은 것으로 생각된다. 따라서 대륙성고기압의 중심이 서해를 거쳐서 올 때 이 기단이 바다쪽에 치우치느냐 육지쪽에 치우치느냐에 따라 적설량의 지역차가 생기는 것으로 나타났다.

한국 서해 연안지역의 대설현상에 해양의 영향을 파악하기 위하여 서해안에 인접한 인천, 군산, 목포 지역에서 1일 10cm 이상의 대설을 보인 기간 동안 연안역에서 잠열속과 현열속에 의한 방출열량을 분석하였다.

인천, 군산, 목포에서 1일 10cm 이상의 대설은 잠열속과 현열속에 의한 해양으로부터 방출열량이 약 100W/m^2 이상이었을 때 발

생하였다. 민(1974)은 동계에 대륙기단이 황해를 통과할 때 중국대륙보다 30배에 달하는 에너지를 공급받는다(민, 1974). 또한, 우리나라 서해안에서 빈번히 발생하는 대설은 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 통과하면서 해양으로부터 열과 수증기를 공급받기 때문이다(권, 2004; 박, 1984). 그러나 본 연구에서는 잠열속과 현열 속에 의한 방출열량이 100W/m^2 이상일 때도 대설을 보이지 않는 기간이 있었다. 이와 같은 현상은 대륙성고기압과 저기압의 배치에 따라 달라지기 때문에 발생하는 것으로 생각된다. 대륙성고기압이 중국의 북쪽 또는 남쪽 지방에 중심을 두고 한반도로 확장하며, 동해 또는 일본열도 부근에 저기압이 위치하여 서해 또는 한반도에서 전선을 형성하는 서고동저형의 기압배치를 보일 때 대설이 발생한다.

또한, 대설에 대한 바람의 영향을 파악하기 위하여 인천, 군산, 목포 지역의 바람을 분석한 결과 대설기간 동안의 풍향은 북 또는 북서풍이 우세하였으며, 풍속은 $4\sim 8\text{cm/sec}$ 정도이다. 이와 같은 현상은 풍속이 강하면 연안지방보다 내륙지방에 대설이 발생한다는 이(2002)의 연구결과로 설명할 수 있다.

또한, 적설은 강우와 같이 육상이나 해양으로부터 증발에 의해 수증기의 공급을 받아 이루어진다(권, 2004; . 한반도 서부지역에 적설이 서해의 염분 변화에 미치는 영향을 파악하기 위하여 동계 서해의 염분(수심 0, 10, 20, 30, 50m, 저층 평균) 편차(예 : 2월 염분 값) 12월 염분 값)와 적설량 편차를 비교했다. 12월의 경우에는 10개년 중 6개년이 같은 경향의 편차를 보였으나, 2월에는 9개년 중 3개년이 같은 경향의 편차를 보이고, 나머지 6개년은 다른 경향의

Table 4.1. Expansion route of continental high atmospheric pressure
in winter (Dec.~Feb.) from 1998 to 2001

Direction period		Total	N-NNW ↓ S-SSE	NNW-NW ↓ SSE-SE	NW-WNW ↓ SE-ESE	WNW-W ↓ E-EXE
Jan.	1998					
	1999	31	7	14	5	5
	2000	31	5	21	5	
	2001	31	4	17	7	3
sub-Total		93	16	52	17	8
Feb.	1998	28	6	3	14	5
	1999	28	2	4	20	2
	2000	29		5	19	5
	2001	28	1	9	17	1
sub-Total		113	9	21	70	13
Dec.	1998	31	3	2	11	15
	1999	31	2	4	9	16
	2000	31	3	2	11	15
	2001	31		5	8	18
sub-Total		124	8	13	39	64
Total		230	33	94	126	85

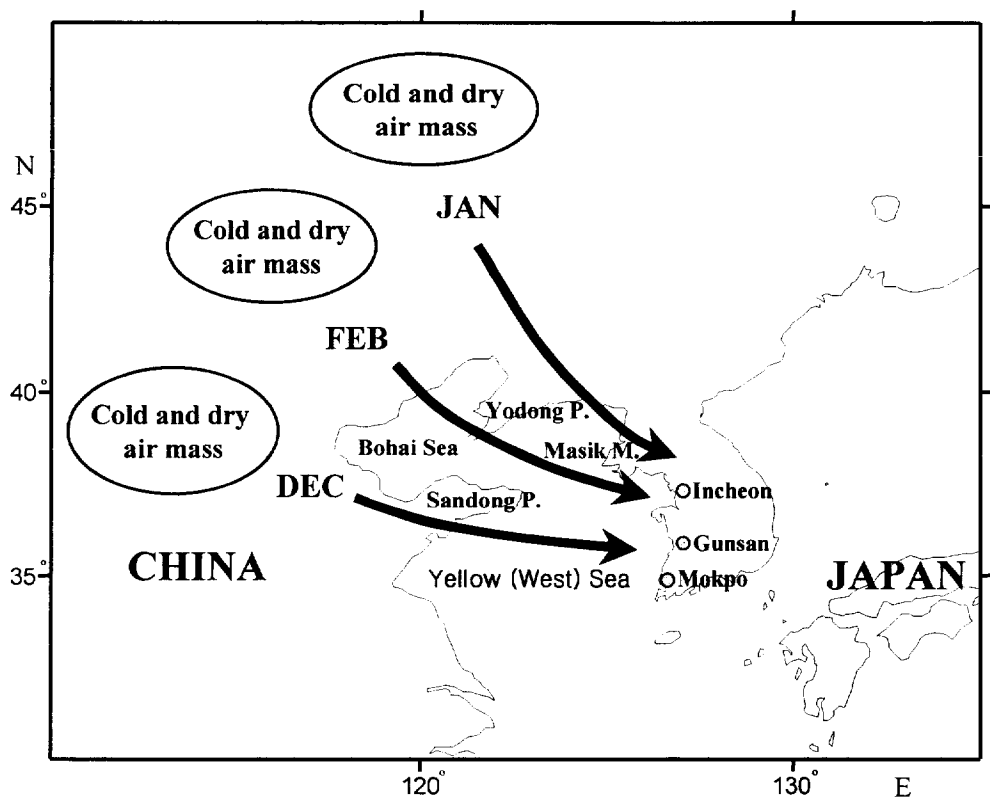


Fig. 4.1. Map of expansion route continental high atmospheric pressure in winter (Dec. ~Feb.) from 1998 to 2001.

편차로 상관성이 잘 나타나지 않았다. 이와 같이 적설량과 염분의 관련성이 적은 것은 눈의 밀도가 물의 1/10 정도여서 해수 증발에 의한 염분농도의 변화가 작기 때문이다. 또한 염분은 적설의 효과 뿐만아니라 강수, 해류, 바람 및 기온 등과 같은 다양한 환경요인에 의해 영향을 받기 때문인 것으로 생각된다.

본 연구에서 사용된 서해의 해황(수온, 염분)자료는 한반도 서쪽

해역에 국한된 자료로 그 한계성이 있어서 서해 전체의 해황에 대한 기상의 영향을 논의 할 수 없었다. 따라서 향후 서해 전체에 대한 해황과 기상자료 즉, 서해의 중국측 수온, 염분, 바람 및 하천수의 유입 등과 같은 자료를 이용할 수 있다면 서해 전 해역에서의 기상이 해황에 미치는 영향을 더욱더 명확히 파악할 수 있을 것이다.

5. 결 론

본 연구는 동계 한반도의 기후에 큰 영향을 주는 대륙기단이 서해를 통과할 때 서해의 해황(수온, 염분)에 어떻게 영향을 미치는가를 밝혀, 기상학의 변화로 해황을 추정할 수 있게 하고자 하였다.

이를 위하여 국립수산물학원에서 관측한 서해의 수온 및 염분자료와 기상청 기상월보에 수록된 서해연안지역의 일일기온, 강수량, 적설량, 기압, 상대습도, 바람 자료를 이용하여 각각의 요인들의 관계를 조사하였다.

동계 서해는 수심이 얇은 연안역이 외해역보다 해황의 변동이 크게 나타났다. 즉, 동계(12~2월) 표면수온은 2월의 수온이 12월보다 외해역에서는 3~4℃ 하강하지만 연안역에서는 6℃ 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 기

온이 상승하면 연안역의 염분이 증가하고, 수온이 하강하면 염분이 낮아지는 정의 상관관계를 보인다.

서해 연안지역의 적설량은 인천은 1월, 2월과 12월, 군산과 목포는 1월, 12월과 2월 순으로 적설량이 많다. 한랭 건조한 대륙기간이 서해를 통과시, 서해를 통과하지 않는 경우보다 인천지역에서는 약 3.4배, 군산에서는 약 2.5배 정도를 해양으로부터 많은 열을 흡수한다. 또한, 서해 연안지역에서 1일 10 cm 이상의 대설이 발생한 기간에는 잠열속과 현열속에 의한 방출열량이 약 100 W/m^2 이상이다. 대설이 발생한 시기의 기압배치는 중국 북부 지방이나 중부 지방에 고기압이 위치하고, 동해상이나 일본열도상에 저기압이 존재하여 서해 또는 한반도에서 전선이 형성되는 서고동저형의 특징을 보인다. 한편, 대설이 발생한 기간동안 서해 연안지역의 풍향은 북풍 또는 북서풍이 우세하고, 풍속은 $4 \sim 8 \text{ cm/sec}$ 정도이다. 적설량과 염분의 관계는 상관성이 잘 나타나지 않았다.

감사의 글

오늘의 이 논문이 있기까지 지도와 격려를 해주신 많은 분들에 대한 감사의 마음을 깊이 간직하려 합니다.

먼저 대학시절부터 학문의 길을 열어주시고, 지금까지 큰 사랑으로 이끌어 주셨으며, 논문의 시작부터 마무리까지 세심한 지도를 해주신 조규대 교수님의 은혜에 진심으로 감사드립니다.

바쁘신 중에도 본 논문의 주심을 맡으셔서 면밀히 검토해 주신 한국해양대학교 윤종휘 교수님께 진심으로 감사를 드리며, 논문의 심사를 맡아 모자란 부분을 채워주시고 조언해주신 부경대학교 김동선 교수님, 국립수산물과학원 최용규 박사님, 김상우 박사님께 진심으로 깊은 감사를 드립니다. 그리고 대학 시절부터 자상한 지도와 따뜻한 충고를 해주신 부경대학교 강용균 교수님, 이재철 교수님, 양한섭 교수님, 허성희 교수님, 문창호 교수님, 홍철훈 교수님께 감사드립니다.

논문 준비에 많은 격려와 배려를 해 주신 정희동 팀장님, 성기탁 연구관님, 서영상 연구관님, 정규귀 박사님, 윤원득 박사님, 양준용 박사님께 감사를 드리며, 흐트러진 마음을 다잡아 주시고 격려해주신 이필용 소장님, 박 철 부장님, 박종수 팀장님 이 윤 팀장님, 김귀영 연구관님, 김성수 박사님, 정래홍 박사님, 이재성 박사님께 감사드리며, 또한, 동료 여러분들의 깊은 관심에 감사의 마음을 전합니다. 그리고 논문을 준비하는 과정에서 많은 도움을 준 후배 배상완, 박성은, 박사, 이충일 박사께 감사드리며, 자신의 일처럼 함께 밤을 새우며 도와준 조용문 군에게 고마운 마음을 전합니다.

오늘에 이르기까지 항상 걱정해주신 아버님, 어머님과 누님, 형님 내외분들 그리고 장모님과 처남, 처제 내외분들께 진심으로 감사드립니다. 그리고 항상 밝은 모습으로 곁을 지켜준 아내 허미희와 두 딸 은빈, 은서에게 조그만 기쁨이 되었으면 합니다.

참 고 문 헌

- 강재훈, 방익찬, 장경일. 1999. 황해와 동중국해 표층수온의 계절 변화. 제주대학교 연구보고. 23, 1~8.
- 권태순, 2004. cP 확장시 레이더 영상자료를 활용한 호남지방의 대설 분석. 기상청 예보관과정 수료연구논문집, 135-162.
- 국립수산진흥원, 2001. 한국해양편람.
- 국립수산과학원, 1992~2002. 해양조사연보.
- 기상청, 1992~2002. 기상월보.
- 기상청, 1998~2001. 일일 지상일기도.
- 김동진, 2003. 충남서해안 지방의 대설 특성 분석. 기상청 예보관과정 수료연구논문집, 221-242.
- 김성삼, 1979. 남한의 10cm 이상의 강설의 기상 조건. 한국기상학회지, 15(1), 1-11.
- 김영섭, 1981. 동계 황해 열수지와 남해 냉수괴와의 관계. 군산수산전문대학교 연구보고, 15(1), 1~9.
- 김영섭, 1996. 동지나해의 열속추정에 관한 연구 한국수산학회지 29(1), 84~91.
- 김종만, 1994. 황해의 해양 물리화학적 특성. 한국어류학회지 Vol. 6, No. 1.

- 노홍길, 1994. 제주도 주변해역의 해양환경. 한국어류학회지. Vol. 6, No. 2, 254~256.
- 방익찬, 오임상. 1995. 해수면변화와 해저지형에 의한 난류수의 순환과 그 기원. 한국수산학회지. 28(5), 677~697.
- 송병현, 1993. 우리나라 동해안 지역과 서해안 지역의 강설 특성 비교 연구. 서울대학교 대학원 석사학위 논문, 32p.
- 안중배, 류정희, 조익현, 박주영, 류상범, 1997. 한반도 기온 및 강수량과 주변 해역 해면 온도와 상관관계에 관한 연구. 한국기상학회지, 33(2), 327~336.
- 양승기, 조규대, 홍철훈, 1984. 1981년 하계 황해저층냉수의 이상저수온현상. 한국해양학회지 19(2), 125~132.
- 오경희, 방익찬, 노홍길, 1998. 소흑산도 주변해역의 계절별 난류수의 분포. 제주대학교 연구보고, 22(1), 79~89.
- 윤용훈, 김태희, 문재인, 1998. 황해 열수지의 계절변화. 한국지구과학회지, 19(1), 1~8.
- 장이현, 강용균, 서영상, 2000. 시간스케일에 따른 해양표면수온과 기온의 변동 및 상관연구. 한국환경과학회지, 9(4), 303~309.
- 정용승, 봉종환. 1993. 호우와 대설 주의보 및 경보의 새로운 기준치 선정. 한국기상학회지, 29(2), 171~180.
- 최용규, 윤홍주, 1999. 1994년 인천 연안역의 열수지. 한국환경과학

회지, 9(3), 293~297.

한영호, 장선덕. 1978. 동계의 열수지와 황해냉수와의 관계. 한국어
업기술학회지. Vol. 14, No. 1, 1~14.

한영호, 1991. 해수온도가 우리나라 서해안 지방의 기온 및 습도에
미치는 영향. 한국기상학회지, 29(3), 197~203.

Ahn, Y. S., Han, Y. H., Relation between the sea surface
temperature and the coastal climate in Korea.

Bong, J. H., 1976. Heat exchange at the sea surface in the
Korean costal seas. J. of Oceanological Society of Korea.
Vol. 11, No. 2, 43~50.

Cho, K. D., and Cho, K. W. 1988. Vertical temperature profile in
the Yellow Sea accoding to the variations of air
temperature. Bull Korean Fish. Soc., 21(1), 1~10.

Kang, Y. Q., 1985. Influences of the Asian Monsoon and Kuroshio
on the Sea Surface Temperature in the Yellow, the Japan
and the East China Seas. The Journal of the Oceanological
Society of Korea 20(2), 1~9.

Kang, Y. Q. and Jin. M. S., 1984. Annual variation of salinity in
the neighbouring Seas of Korea. J. Korean Soc. Oceanogr.,
vol. 19. No. 2, p105~110.

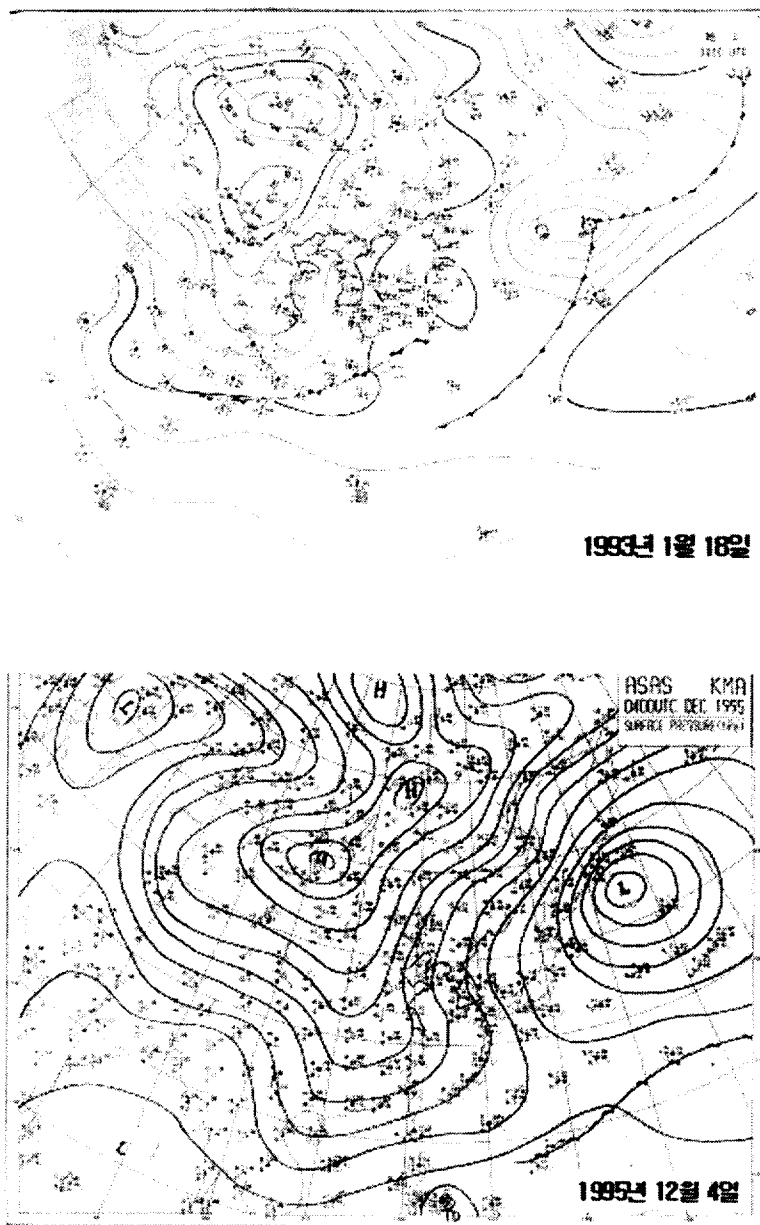
- Kang, Y. Q. and Jin M. S., 1984. Seasonal variation of surface temperature in the neighbouring Seas of Korea. J. Korean Soc. Oceanogr., vol. 19, No. 1, p 31~35.
- Kang, Y. Q. 1984. Atmospheric and Oceanic factors affecting the Air-Sea thermal interactions in the East Sea(Japan Sea). J. Korean Soc. Oceanogr., vol. 19, No. 2, p.163~171.
- Kang, Y. J. and Hwang S. O. and Kim T. H. and Nam J. C., Estimation of Air-Sea heat exchange using buoy data at the Yellow Sea of Korea. J. Korean Earth Science Soc. vol. 22, No. 1, p. 40~46.
- Kang, Y. Q., and Kim, H. K., 1987. Relationships between the winter-time surface water temperature and summer -time bottom water temperature in the West Sea of Korea. the Journal of the Oceanological Society of Korea. Vol. 22, No. 4, 228~235.
- Kim, Y. S., and Kimura R., 1999. Estimation of the heat flux exchange between the air-sea interface over the neighbouring seas of Korean Peninsula. J. of Korean Meteor. Soc. 35(4)
- Lee, J. C., 1983. Variations of sea level and sea surface temperature associated with wind-induced upwelling in the Southeast coast of Korea in summer. J. Korean Soc. Oceanogr., vol. 18, No. 2, p149~160.

- Lee, J. H., 2004. Relationship between Meteorological factors and Water Temperature, Salinity in the West Sea of Korea.
- Lee, H. C. and H. S. An, 1985. A Study on the Heat Budget in the South Eastern Area of the Yellow Sea. J. Oceanol. Sec. Korea 22, 217~227.
- Min, K. D., 1974. Heat and water budget over the Yellow Sea in winter season and their influence on the Siberian cold air mass. J. of Kor. Soc. vol. 10 No. 1.
- Nakao, T., 1977. Oceanic variability in relation to fisheries in the East China Sea and Yellow Sea. J. Faculty of Marine Science Technology, Iliai University, special Number 199~367.
- Oh, K. H, Pang I. C, Rho H. K, 1998. Seasonal variations of the Warm Waters around the Sohksan-do. Bull. Mar. Res. inst Cheju Nat Univ., 22 : 79~89.
- Pang, I. C. and Kim, T. H., 1991. Yellow Sea Warm Current and Yellow Sea Bottom Cold Water. Cheju National University Journal. Vol. 32.
- Park, S. U., Joung, C. H., 1984. Air modification over the Yellow Sea during cold-air outbreaks in winter. Journal of Korean Meteorological Society, 20(2), 35~50.

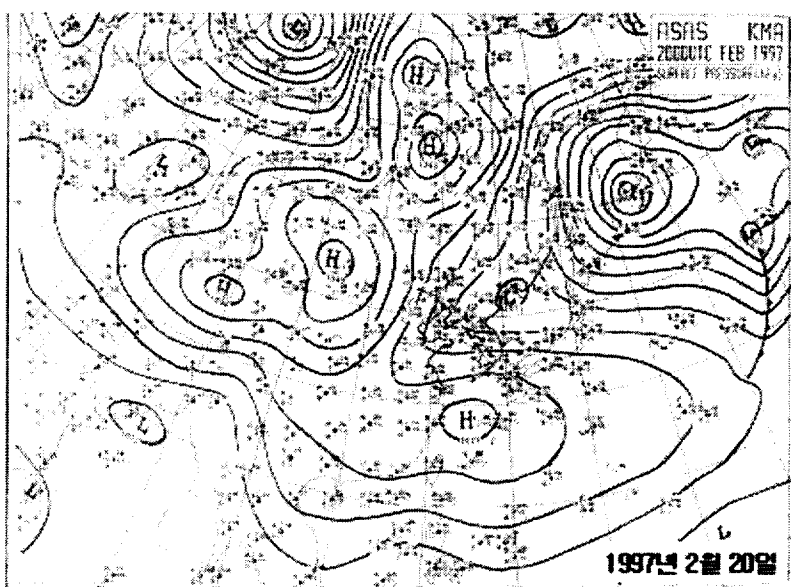
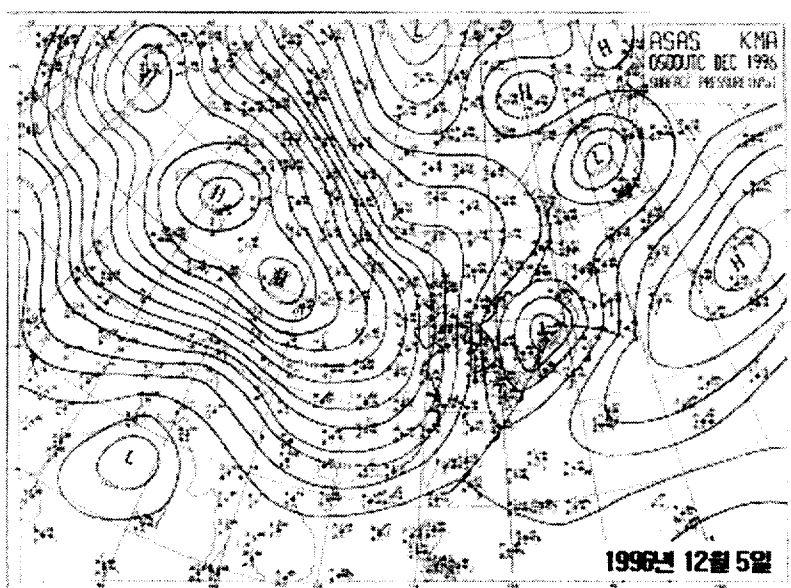
- Peng C., Shu G., Henry B., 2004. Net sediment transport patterns over the Bohai Strait based on grain size trend analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 203~212.
- Youn Y. H., Kim T. H., Moon J. I., 1998. On the Seasonal variation of the heat budget in the Yellow Sea. *Jour. Korean Earth Science Society*, Vol. 19. No. 1, 1~8.

Appendix

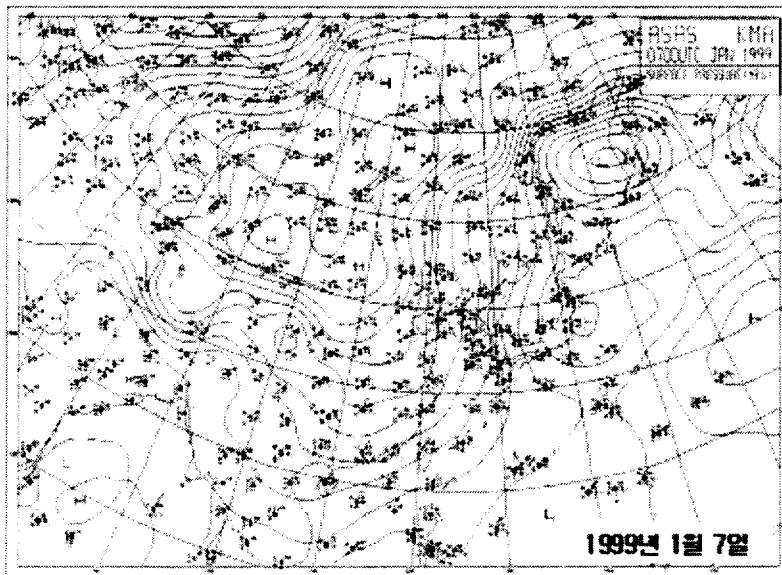
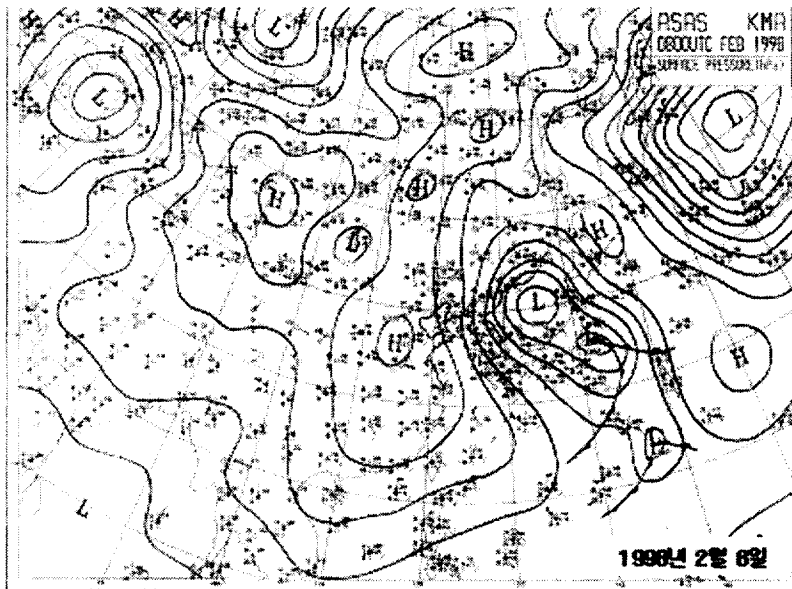
(잠열속 및 현열속과 기압배치도)



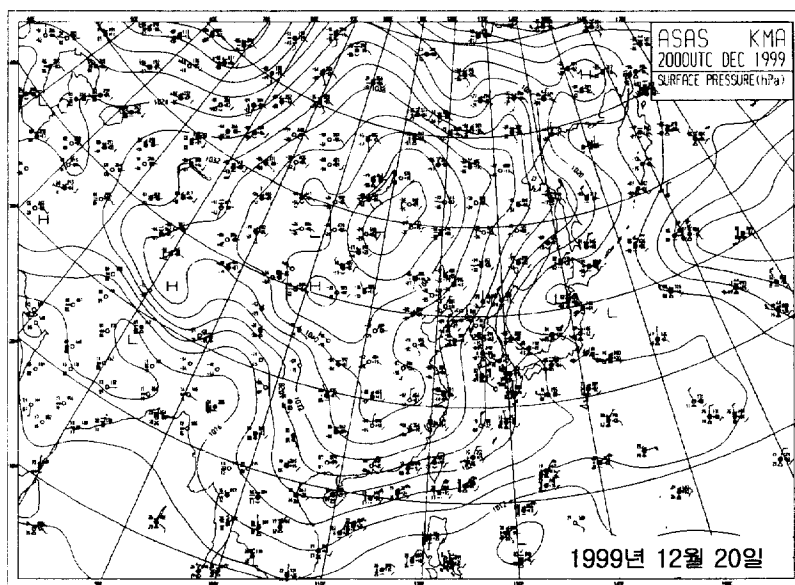
App.-Fig. 1. Weather chart of high Q_e (latent heat) + Q_s (sensible heat) and heavy snowfall day in the west coastal region of Korea.



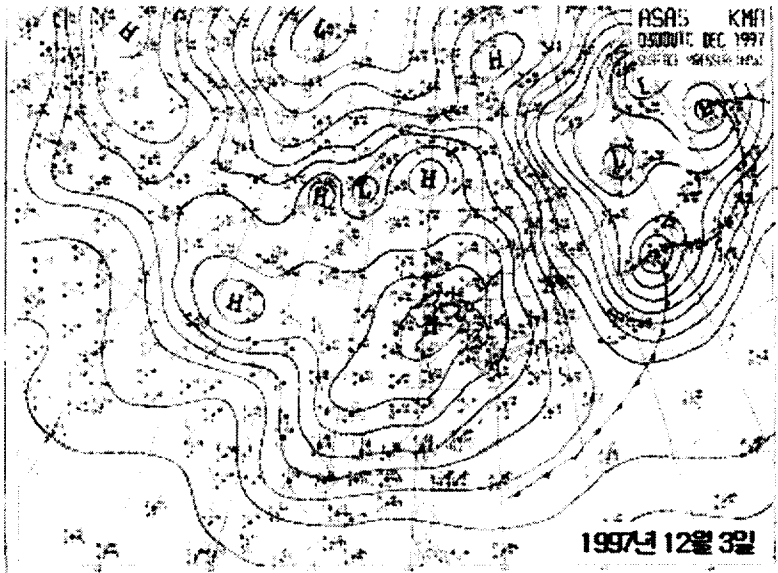
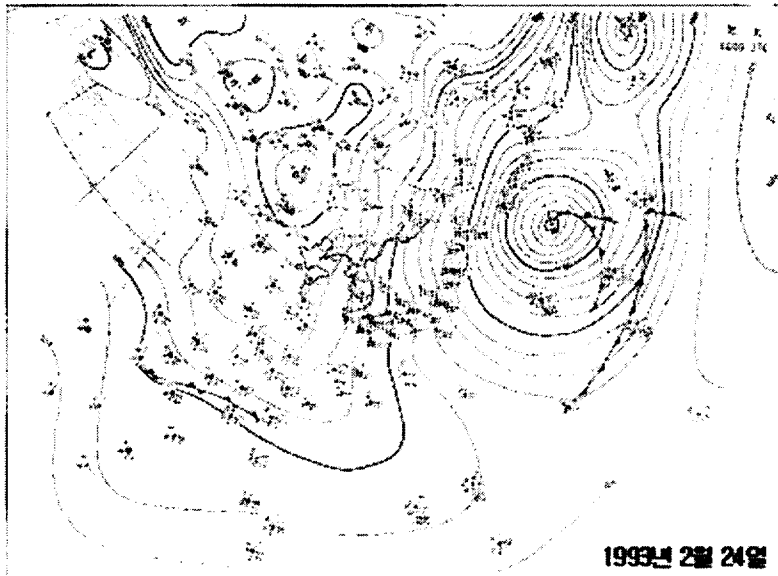
App-Fig. 1. Continued



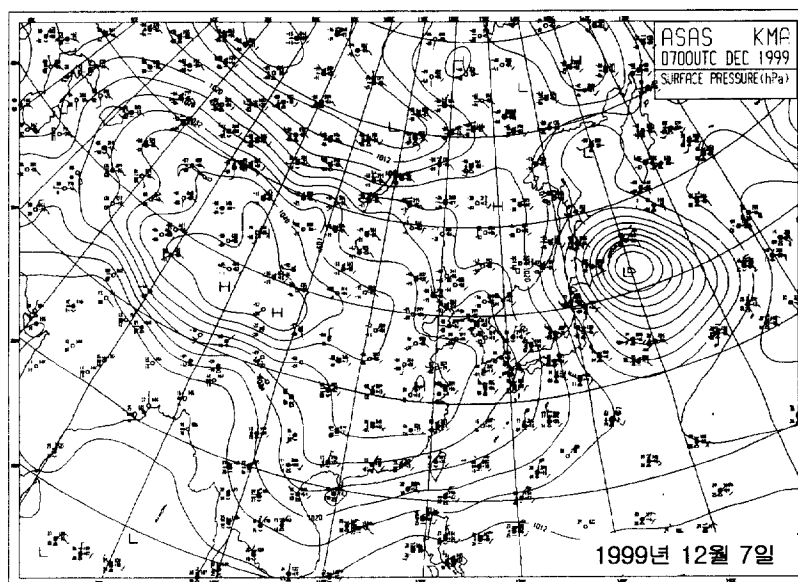
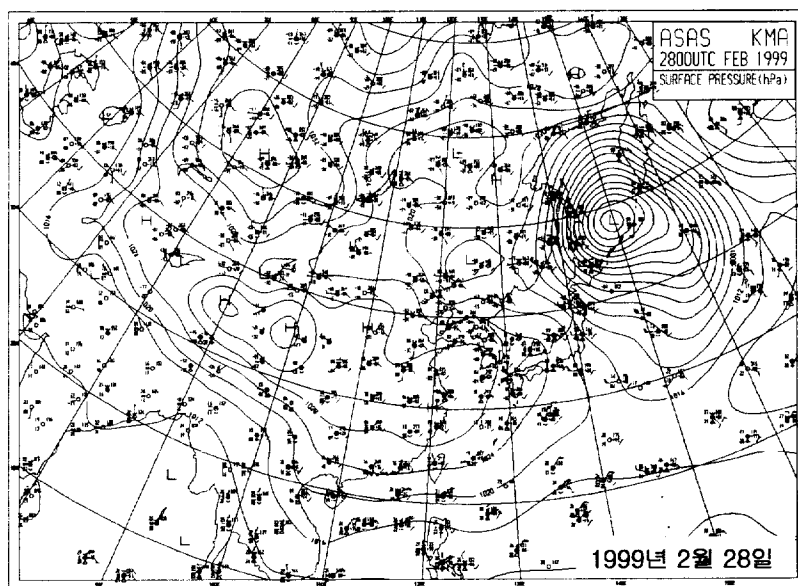
App.-Fig. 1. Continued



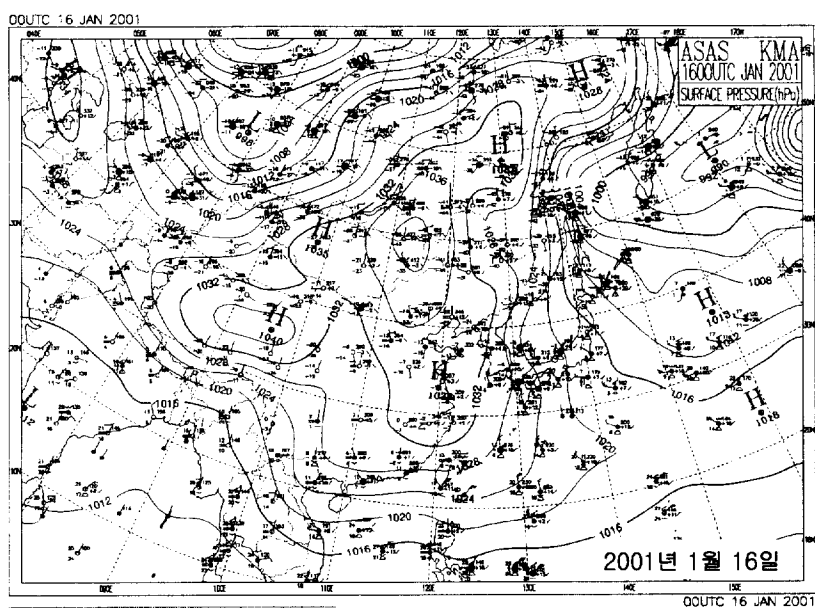
App.-Fig. 1. Continued



App.-Fig. 2. Weather chart of high Q_e (latent heat) + Q_s (sensible heat) and non heavy snowfall day in the west coastal region of Korea.



App-Fig. 2. Continued.



App.-Fig. 2. Continued.