

## 동계 한국 서부연안지역의 적설과 해양기상요소와의 관계

고우진\* · 김상우\*\* · 장이현\*\*\*

\*, \*\*, \*\*\* 국립수산물품질관리원 해양연구과

### Relationship between Ocean-Meteorological Factors and Snowfall in the Western Coastal Region of Korea in Winter

Woo-Jin Go\* · Sang-Woo Kim\*\* · Lee-Hyun Jang\*\*\*

\*, \*\*, \*\*\* Ocean Research Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan, 619-902, Korea

**요 약** : 본 연구에서는 동계에 한랭 건조한 대륙성 기단이 서해를 통과할 때 서해 연안지역인 인천, 군산, 목포의 적설량과 해양기상요소와의 관련성에 대하여 조사하였다. 한반도 서해 연안지역인 인천, 군산, 목포의 동계(12월~2월) 평균 적설량은 군산이 12.7cm로 가장 많았으며, 목포(9.0cm), 인천(7.8cm) 순으로 나타났다. 특히, 세 지역에서 적설량은 12월과 2월에 지역적인 차이를 나타내었다. 이와 같은 지역적인 적설량의 차이는 대륙성 고기압의 확장과 관계하였다. 대륙성고기압은 12월에 중국 화남지방에 중심을 두고 산둥반도 및 한반도 서부연안지역을 통과하고, 1월에는 중국 화북지방에서 한반도 중부지방으로 확장하며, 2월에는 중국의 북쪽지방에서 발해만과 요동반도를 통과하여 한반도의 중부지방으로 확장하였다. 이 대륙성고기압의 확장과 관련하여 인천은 적설이 2월이 12월보다 많았고, 군산과 목포는 12월이 2월보다 많은 적설을 나타내었다. 세 지역에서 대설은 열손실이 100 W/m<sup>2</sup> 이상일 때 나타났다. 또한, 대설은 대륙성 고기압과 저기압의 배치가 서부지역에 전선이 형성되는 서고동저형일 때 발생하였고, 이때 바람은 4-8m/sec 세기의 북서풍 또는 북풍이 우세하였다.

**핵심용어** : 적설, 대륙성고기압, 열손실, 동계, 서부연안지역

**Abstract** : This study was conducted to find out the effects of relationship between ocean-meteorological factors and snowfall at Incheon, Gunsan and Mokpo when cold and dry continental air mass passed through the West Sea of Korea in winter. Mean snowfall from December to February showed the order of Gunsan (12.7 cm), Mokpo (9.0 cm) and Incheon (7.8 cm). In particular, the snowfall in the three regions showed the regional difference in December and February. It was well consistent with the extension of continental high. Extension of continental high can cause effect on snowfall at the west regions (Incheon, Gunsan, Mokpo) of the Korean Peninsula. The continental high extended from the southern China to western coastal region of the Korean Peninsula in December, it extended from the northern China to central area of the Korean Peninsula in January. It also extended from the north side of China through Bohai Sea and Yodong Peninsula to central area of the Korean Peninsula in February. Therefore, more snowfall recorded in Incheon is higher in February than December whereas Gunsan and Mokpo is the opposite. The heavy snowfall at the three regions was caused by loss of the heat from the ocean to air when the heat loss was higher than 100 W/m<sup>2</sup>. The heavy snowfall was also observed when the arrangement of continental high atmospheric pressure and low pressure was high at the west and low at the east, which formed a front in West and when the wind blow from the North or North West at the speed of 4~8 m/sec.

**Key Words** : Snowfall, Continental high, Heat loss, Winter, Western coastal region

### 1. 서 론

한국의 서해는 서태평양의 북서부에 위치하는 연해로 중국과 한국에 의해 둘러싸여 있으며, 평균수심이 44 m로서 수심이 얕고 반폐쇄적인 해역으로 열저장 용량이 적어 기상 변화에 따른

해황의 변화가 크게 나타난다(Fig. 1)(Peng et al., 2004; 고 등, 2006; 이 등, 2007). 서해에서 해양과 기상 요인의 상호작용에 관한 기존의 연구결과는 주로 열수지에 관한 것들이 대부분을 차지하고 있다(한과 장, 1978; Kang, 1983; 최와 윤, 1999).

동계의 한랭 건조한 대륙성 기단은 서해를 횡단하면서 대기 와 해양간의 열수지에 영향을 미치며, 이때 열수지의 변화는 해 표면수온과 밀접한 관계가 있다(Bong, 1976; 김, 1981; Kang,

\* 대표저자 : 정회원, wigo@nfrdi.go.kr , 051-720-2220

\*\* 교신저자 : 종신회원, swkim@nfrdi.go.kr , 051-720-2226

1983; 고 등, 2006; 이 등, 2007). 서해의 동계 해표면 수온은 잠열속과 현열속에 의한 해양에서의 방출열량과 역상관 관계를 보이고 있으며, 현열속과 잠열속에 의해 100-400 W/m<sup>2</sup>의 열량이 해양에서 대기로 방출된다(윤 등, 1998; 고 등, 2006). 특히, 서해연안에서 인천의 경우, 순열속은 11월에서 2월까지 해양에서 대기로 열전달이 이루어지고 있다(최와 윤, 1999).

우리나라의 겨울철 대기 순환 중에서 가장 뚜렷한 종관 기상학적 현상은 한랭 건조한 시베리아 기단의 확장이며, 이 기단의 확장으로 서해에 대설이 자주 발생하는 것으로 알려져 있다. 겨울철 시베리아 기단은 주 확장 경로에 따라 기단 변질이 크게 달라지며, 서해지방의 강설은 이 기단이 지나면서 변질되어 발생된다(민, 1974; Park & Joung, 1984). 강설은 저기압 세력의 약화로 고기압이 확장하면서 상대적으로 따뜻한 해수면을 만나면서 해표면에서 수증기를 증발시켜 구름을 형성하고 이 구름이 우리나라로 유입되면서 강설이 발생한다. 강설의 주된 발생 조건은 대기와 해양의 온도차가 심하고, 바다 위에서 기단의 변질, 지형적인 효과와 바람장에 의한 수렴을 들 수 있다(서와 전, 1991). 서해안과 같이 해안에 인접한 지역은 강설이 많은 좋은 조건을 가진 곳으로 저기압 발달의 중요한 지역이라 할 수 있다. 지구온난화에 따른 기온의 상승 등은 안개, 시정, 상대습도 등 여러 기후요소에 영향을 미치며, 이것은 적설량의 변화와도 깊은 관계가 있을 것으로 생각된다. 현재까지 대설현상 자체에 대한 연구는 많이 이루어 졌으나(전 등, 1994; 이와 최, 2001), 적설량과 해황과의 변화 특성을 파악한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 동계에 시베리아의 한랭한 기단이 중국 대륙을 거쳐서 상대적으로 온난한 서해를 지나 한반도로 진출할 때 발생하는 서해 연안지역의 적설량과 기상요소와의 상호 관계를 살펴보고자 하였다.

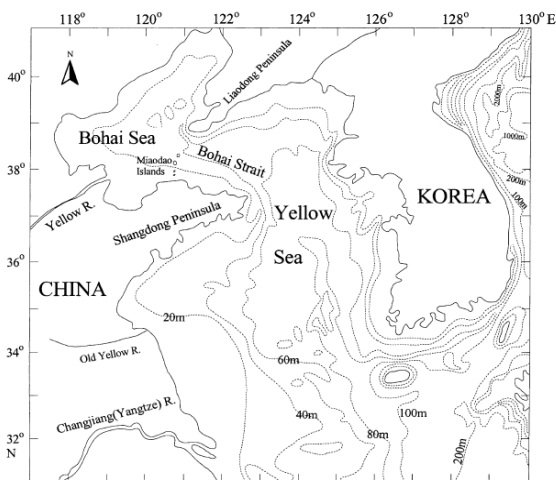


Fig. 1. Location and bathymetry map of the Yellow Sea (Peng et al., 2004).

## 2. 자료 및 방법

서해 연안지역 기상요인의 변동 특성을 파악하기 위하여 기상월보(기상청, 1992-2002)에 수록된 26개 기상관측소(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 11년간(1992-2002) 일일 최심신적설량, 습도, 기압, 바람 자료를 이용하였다(Fig. 2). 여기서 일일 최심신적설은 00-24시 중 새로 내려 쌓여 있는 눈의 최대 깊이를 말한다.

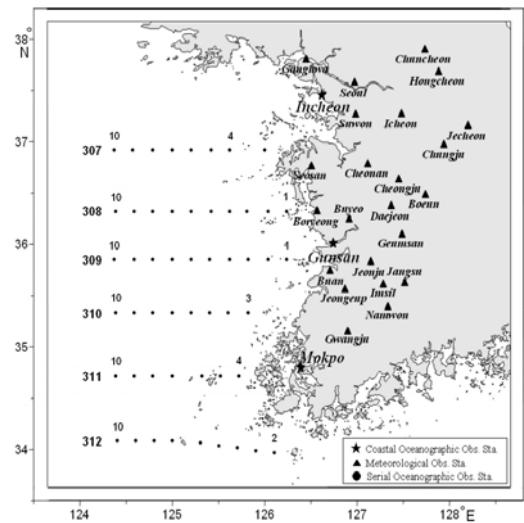


Fig. 2. Meteorological stations (▲) of Korea Meteorological Administration and coastal observation stations (★) of National Fisheries Research and Development Institute used for studies.

우리나라 서부지역 적설 특성을 알아보기 위하여 기상청의 26개 측후소에서 11년간(1992-2002) 관측한 최심신적설량 자료를 이용하여 월평균 적설량의 변동을 파악하였다. 특히 서해연안지역을 대표하는 인천, 군산, 목포 세 지역을 선택하여 월평균 적설량을 분석하였다. 또한, 우리나라의 동계 기상에 가장 크게 영향을 미치는 대륙성고기압의 확장 경로를 파악하기 위하여 기상청에서 작성한 동계 12-2월의 지상일기도를 분석하였다. 본 연구의 분석 자료는 1월의 경우 1998년을 제외한 3년간(1999-2001), 2월과 12월은 4년간(1998-2001) 자료를 이용하였으며, 지상일기도는 Fig. 3과 같이 4개 그룹(A: N-NWN, B: NWN-NW, C: NW-WNW, D: WNW-W)의 방향으로 구분하여 고기압의 확장 경로를 파악하였다. 또한 대설에 미치는 기단의 영향을 파악하기 위하여 잠열속과 현열속에 의한 열손실이 많은 대설발생 시기인 2001년 1월 7일과 2001년 2월 15일의 일기도와 열손실은 많으나 대설발생이 없었던 시기인 1998년 12월 5일과 1999년 2월 13일의 일기도를 분석하였다.

서해 연안지역의 대설발생 원인을 찾아보기 위하여 국립수산과학원 서해수산연구소에서 관측한 인천, 군산, 목포 지역의 연안정지관측 수온자료(국립수산과학원, 1992-2002)와 측후소에서 관측한 인천, 군산, 목포의 기온, 풍속, 상대습도 자료를 이용하여 잠열속( $Q_e$ )과 현열속( $Q_s$ )은 벌크(Bulk)식 (1)과 (2)로 구하였다.

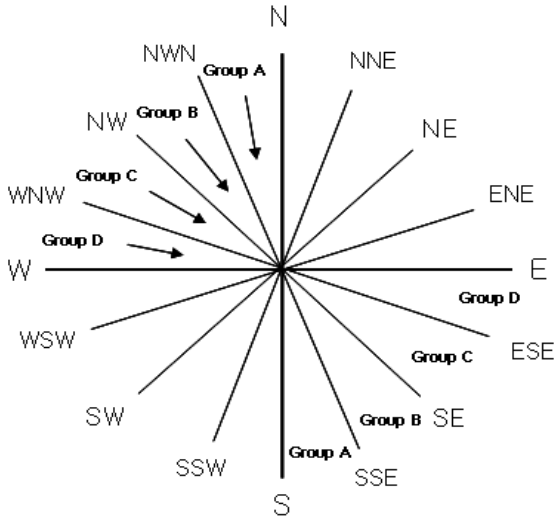


Fig. 3. Schematic diagram of the wind directions for the extension route analysis of continental high from December to February.

$$Q_s = \rho_a C_p C_H (T_s - T_a) W \quad (1)$$

$$Q_e = \rho_a C_E L_V (q_s - q_a) W \quad (2)$$

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

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

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

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

$q_s$ : 수온에서 공기의 비습,  $q_a$ : 기온에서 공기의 비습

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

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

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

$$E_a = RHE_s$$

$E_s$ : 해면의 포화증기압 (hpa)

$P$ : 대기압 (hpa)

$RH$ : 상대습도 (%)

본 연구에서는 잠열속과 현열속의 합과 인천, 군산, 목포지역에서의 적설량이 10 cm 이상인 것을 대설 기준으로 하여 비교하였다. 정과 봉(1993) 등은 대설의 기준을 대도시에서는 적설량이 5~15 cm, 그 외 도시에서는 10~60 cm로 제시하였고, 일반적으로 기상청에서는 대도시에서 5 cm, 그 외 도시에서 10 cm로 제시하고 있어 본 논문에서는 대설의 기준을 적설량이

10 cm 이상으로 설정하였다. 서해 연안지역에서 대설 발생에 따른 기상요소와의 관계 분석은 잠열속 및 현열속과 적설량의 관계, 기압배치와 바람의 영향 등을 살펴보았다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 서해연안의 적설 특성

우리나라 서부지역 26개 기상관측소에서 관측된 11년간(1992-2002) 월평균 적설량의 변동을 Fig. 4에 나타내었다. 월평균 적설량은 1월(16.4 cm), 12월(9.4 cm), 2월(6.7 cm), 11월(2.6 cm), 3월(2 cm) 순으로 많았으며, 12월, 1월, 2월에 32.5 cm로 전체 적설량의 약 88%를 차지하였으며, 표준편차 값도 적설량이 많았던 1월이 가장 크게 나타났다. 지역적인 차이는 있지만 정(2005)이 조사한 호남지방 강설에서도 1월에 적설량이 가장 많은 것과 잘 일치하였다.

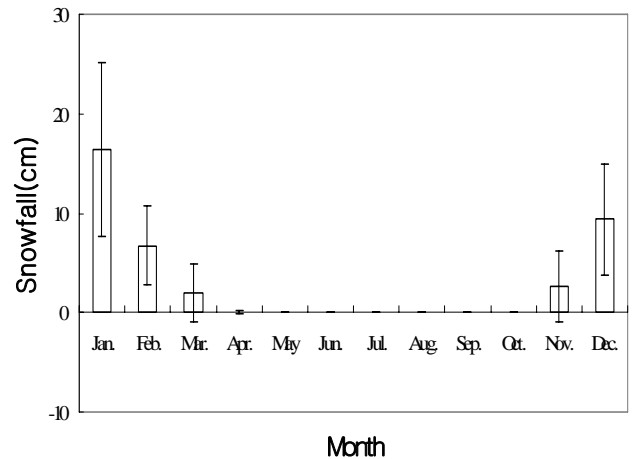


Fig. 4. Monthly mean variation of snowfall in western region of Korea from 1992 to 2002.

여기서 서해 연안지역의 대표적인 적설 현황을 알아보기 위하여 인천, 군산, 목포 지역의 11년간(1992-2002) 최심신적설량을 Fig. 5에 나타내었다.

각 지역의 적설량은 지역적인 차이를 보였으며, 동계(12월~2월) 평균 적설량은 군산이 12.7 cm로 가장 많았고, 목포 9.0 cm, 인천 7.8 cm로 위도상 가장 북쪽인 인천이 가장 적었다. 특히, 경기지역의 인천은 멸악산맥이 이 지역으로의 대륙성고기압 유입을 억제시키는 역할을 하여 호남지역의 군산과 목포보다 적설량이 적었던 것으로 생각된다(이, 2002).

월별 적설량은 인천, 군산, 목포 세 지역 모두 1월에 각각 12.8 cm, 17.6 cm, 13.7 cm로 가장 많았다. 그러나 12월과 2월은 지역적 차이를 보였다. 인천은 12월(2.7 cm)보다 2월(7.9 cm)에 많은 적설량을 보였고, 군산과 목포는 2월(8.0 cm, 5.7 cm)보다 12월(12.4 cm, 7.7 cm)에 더 많은 적설량을 보였다.

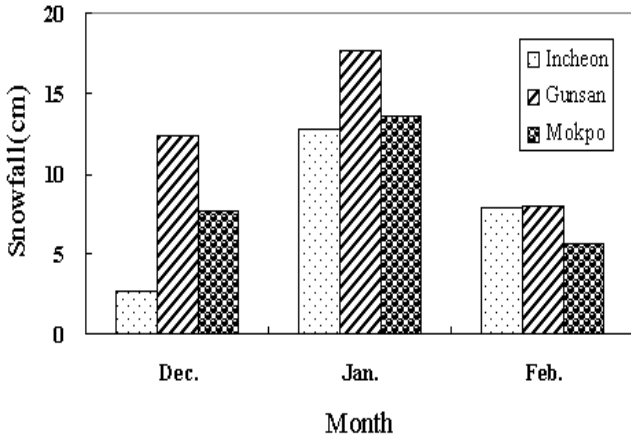


Fig. 5. Maximum depth of new snowfall at Incheon, Gunsan and Mokpo during winter (Dec.~Feb.) from 1992 to 2002.

### 3.2 대륙성고기압의 확장 방향과 적설량

동계 적설량의 지역적인 차이의 원인을 파악하기 위하여 대륙성고기압의 확장 경로를 지상일기도로 살펴보았다. 지상일기도는 동계(12-2월) 4년(1998-2001)간 자료를 이용하여 대륙성고기압의 확장경로를 16방위 중 Group A, Group B, Group C, Group D의 4개 방향으로 구분하여 분석하였으며, 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 각 월별 고기압의 최대 확장 경로를 보면, 1월에는 Group B 방향이 총 93회 중 52회로 가장 많았고, 2월에는 총 113회 중 Group C 방향이 70회, 12월에는 총 124회 중 Group D 방향이 64회로 가장 많았다.

Table 1. Extension route of continental high in winter (Dec.~Feb.) from 1998 to 2001

Period	Direction					
	Total	Group A	Group B	Group C	Group D	
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	

Table 1에 제시된 대륙성고기압의 확장 경로에 대한 결과는 Fig. 6에 나타난 모식도로서 잘 설명된다. 모식도에 의한 대륙

성고기압의 확장 방향을 보면, 12월은 대륙성고기압이 중국 화남지방에 중심을 두고 산둥반도 및 서해를 통과하여 한반도의 서해연안으로 확장되고, 1월에는 한반도의 북쪽지방에 중심을 두고 한반도의 호남 및 중부지방과 영동지방으로 확장하며, 2월에는 중국의 화중지방에 중심을 두고 발해만과 요동반도를 통과하여 한반도의 중부지방으로 확장하였다. 특히, 세 지역에서 적설량이 가장 많았던 1월은 우리나라의 동계 기상에 가장 크게 영향을 미치는 대륙성고기압이 우리나라 쪽으로 직접 확장되었기 때문인 것으로 생각된다. 12월에는 대륙성고기압의 중심이 남하 또는 분리되어 중국의 남쪽지방에 중심을 두고 산둥반도 및 서해를 통과하여 한반도의 남쪽 연안인 군산, 목포 지역의 서해연안으로 확장되기 때문에 인천보다 군산과 목포에서 적설량이 많은 것으로 생각된다. 따라서 대륙성고기압의 중심이 서해를 거쳐서 올 때 이 기단의 배치 유무에 따라 적설량의 지역차가 생김을 알 수 있다.

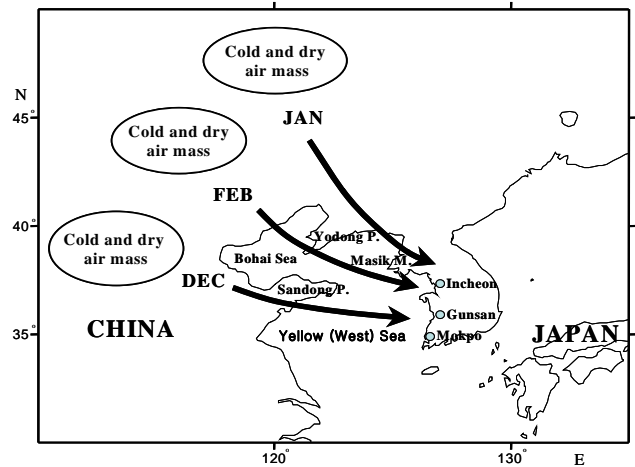


Fig. 6. Map of expansion route of continental high in winter (Dec.~Feb.).

### 3.3. 대륙성고기압의 확장 방향과 해양의 열손실

대륙성고기압의 확장 방향이 해양에 미치는 영향을 파악하기 위하여 대륙성고기압이 서해를 통과하지 않고 북쪽에서 남쪽으로 확장하는 경우와 서해를 통과하여 북서쪽에서 남동쪽으로 확장하는 경우의 기압배치도를 Fig. 7에 나타내었으며, 이 두 경우에 대한 서해에서 잠열에 의한 열손실을 인천과 군산에서 계산하였다.

먼저 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 통과하지 않고 한반도로 확장하는 경우에 인천에서의 잠열은  $17.3 \text{ W/m}^2$ , 군산에서는  $25.1 \text{ W/m}^2$  이다. 그리고 대륙기단이 서해를 통과하여 한반도로 확장하는 경우에는 인천에서 잠열이  $58.9 \text{ W/m}^2$ , 군산에서는  $63.4 \text{ W/m}^2$  이다. 따라서 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 통과하는 경우가 서해를 통과하지 않는 경우보다 인천에서는 약 3.4배, 군산에서는 약 2.5배 정도를 해양으로부터 많은 열을 흡수한다. 군산이 인천보다 열손실이 적은 것은 북상하는 황해난류에 의해 남쪽으로부터 열

의 보충이 있기 때문이다(강 등, 1999; 고 등, 2006). 또한 동계 서해 연안역의 열손실은 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 거쳐 한반도로 확장하면서 북서계절풍에 의한 해수면 냉각 효과가 탁월하여 수심이 얕은 연안이 기온보다 빨리 반응하기 때문이다(최와 윤, 1999; 고 등, 2006)

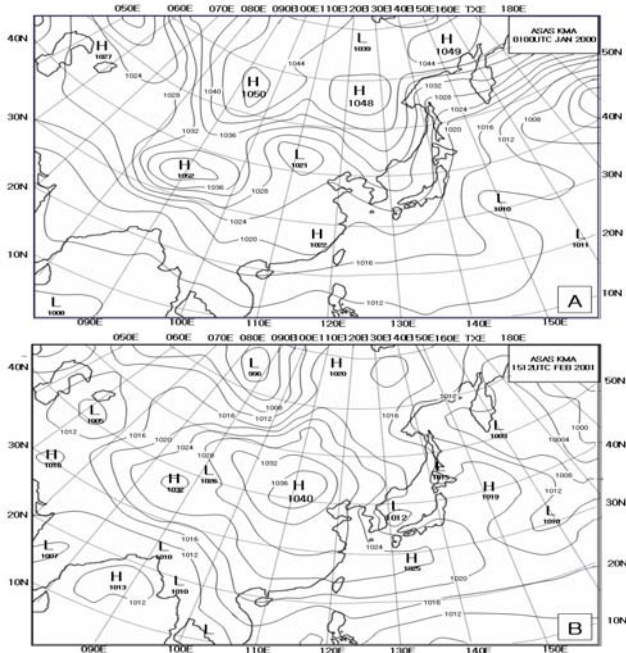


Fig. 7. Weather chart of expansion route continental high from North to South (A) and from North West to South East (B).

서해 연안지역인 인천, 군산, 목포 3개 지역에서 동계 11년간 (1992-2002) 대설이 발생한 기간의 열손실(잠열속과 현열속의 합)과 최심적설량을 Fig. 8~Fig. 10에 나타내었다.

인천의 경우 10cm 이상의 대설이 발생한 기간은 1997년 2월 19일과 1998년 2월 9일에 각각 20 cm와 14.4 cm 이었고, 2001년 1월 7일과 2001년 2월 15일은 각각 16.3 cm와 17.6 cm를 나타내었다(Fig. 8). 적설일 1-2일전의 최고 열손실은 대설발생 기간 중에 각각  $120 \text{ W/m}^2$ ,  $100 \text{ W/m}^2$ ,  $160 \text{ W/m}^2$ ,  $110 \text{ W/m}^2$  이었다. 군산은 대설기간이 1993년 1월 17-18일(17.3 cm), 1995년 12월 4-5일(18.2 cm), 1996년 12월 5-6일(16.0 cm) 이었으며, 적설일 1-2일전의 최고 열손실이 각각  $130 \text{ W/m}^2$ ,  $130 \text{ W/m}^2$ ,  $98 \text{ W/m}^2$  로 나타났다(Fig. 9). 목포의 경우는 대설기간이 1999년 1월 8-9일(15.7 cm), 1999년 12월 19-20일(20.8 cm) 이었으며, 적설일 1-2일전의 열손실은 각각  $260 \text{ W/m}^2$ ,  $200 \text{ W/m}^2$  이었다(Fig. 10).

이상의 결과로 볼 때 서해 연안지역에서 10cm 이상의 대설 발생은 해양에서의 열손실이 약  $100 \text{ W/m}^2$  이상이 되어야 한다는 것을 알 수 있었다. 그러나 열손실이  $100 \text{ W/m}^2$  이상임에도 불구하고 대설이 반드시 발생하지 않은 경우도 있다. 이와 같이 잠열속과 현열속에 의한 열손실 이외의 대설 원인을 찾아보기 위하여 기압배치도 및 바람과의 관계를 분석하였다.

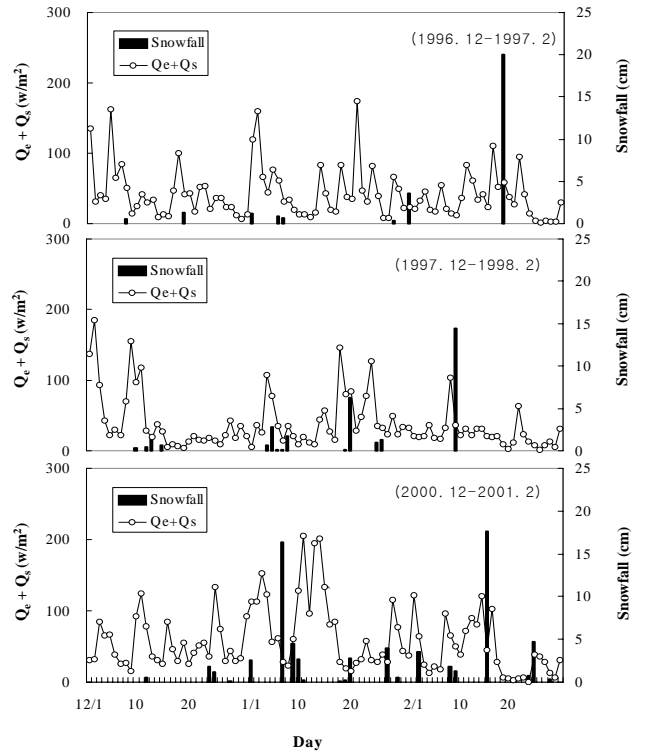


Fig. 8. Variation of snowfall and  $Q_e$  (latent heat) +  $Q_s$  (sensible heat) at winter season (Dec.~Feb) in Incheon.

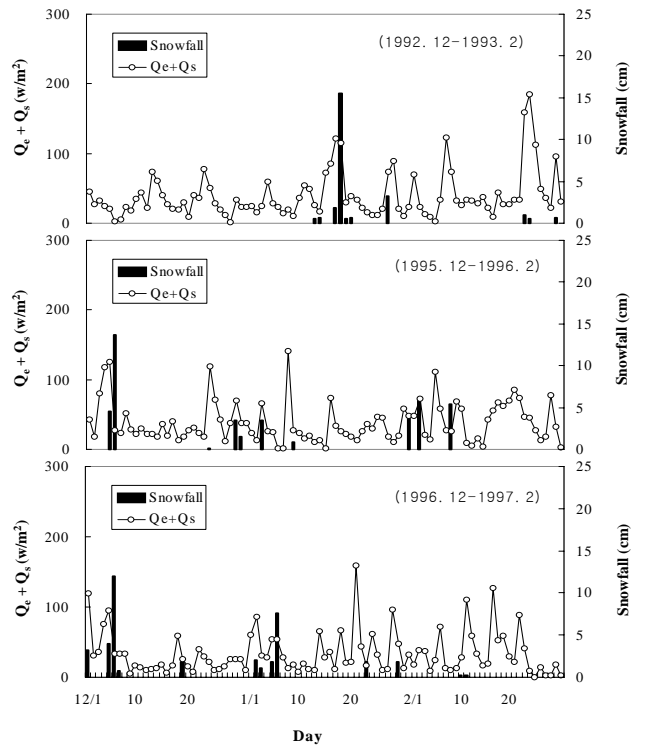


Fig. 9. Variation of snowfall and  $Q_e$  (latent heat) +  $Q_s$  (sensible heat) at winter season (Dec.~Feb) in Gunsan.

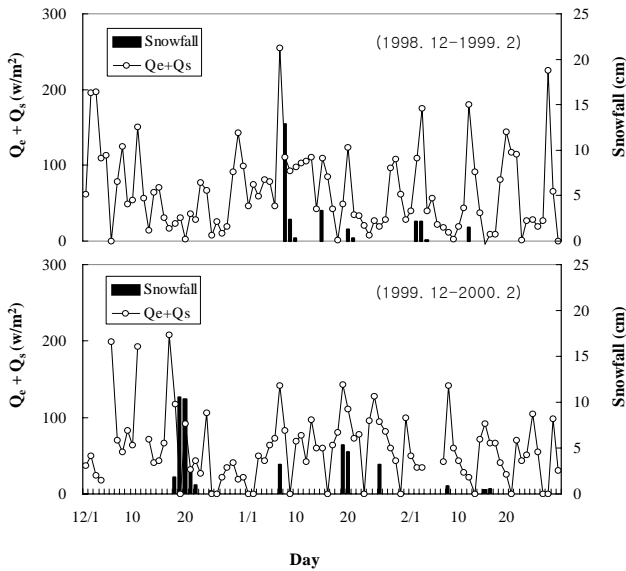


Fig. 10. Variation of snowfall and  $Q_e$  (latent heat) +  $Q_s$  (sensible heat) at winter season (Dec.~Feb) in Mokpo.

### 3.4 대설발생에의 기압배치 영향

대설현상과 기압배치와의 관계를 파악하기 위하여 열손실(잠열속과 현열속의 합)이 많고 대설이 발생한 시기의 일기도와 열손실은 많으나 대설이 발생하지 않은 시기의 일기도를 각각 Fig. 11과 Fig. 12에 각각 나타내었다.

열손실이 많고 대설이 발생한 시기인 2001년 1월 7일의 경우, 중국 북부 지방에 1056 hpa의 고기압이 위치하고 일본열도의 남쪽에 1000 hpa의 저기압이 위치하여 한반도 상에서 전선을 형성하고 있다. 그리고 2001년 2월 15일의 기압배치는 중국 중부지방에 1040 hpa의 고기압이 위치하고 1018 hpa의 저기압이 동해상에 위치하여 서해상에서 전선을 형성하였다(Fig. 11). 반면에 열손실은 많으나 대설 현상이 나타나지 않은 시기인 1998년 12월 5일의 경우, 중국 북부 지방에 1044 hpa의 고기압의 중심이 위치하고 있으나, 동해 및 일본열도 상에 저기압이 존재하지 않고, 한반도 전체가 1024 hpa 이상의 고기압 영향권에 위치하였다. 또한, 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(Fig. 12).

이와 같이 대설이 발생한 시기의 기압배치는 중국 북부 지방이나 중부 지방에 고기압이 위치하고, 동해상이나 일본 열도상에 저기압이 존재하여 서해 또는 한반도 상에서 전선이 형성되는 서고동저형의 특징을 보였다. 그러나 열손실이 100 W/m<sup>2</sup> 이상이라도 대설을 보이지 않았던 것은 대륙성 고기압과 저기압의 배치에 따른 차이 때문에 발생하는 것으로 생각된다.

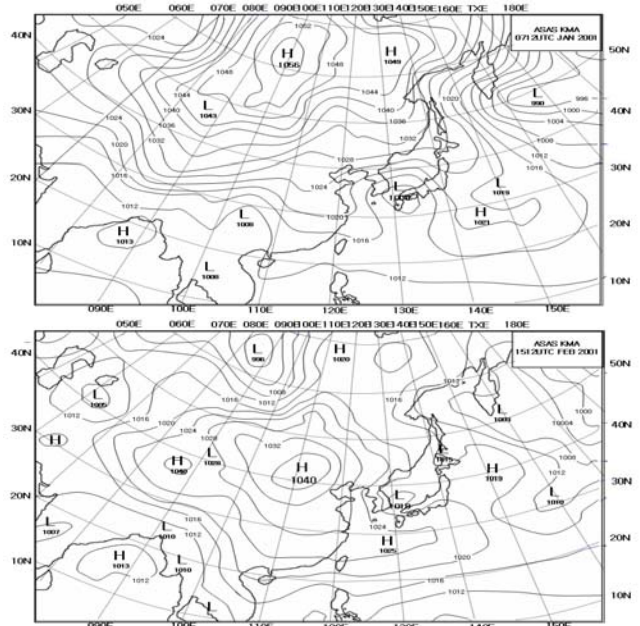


Fig. 11. Weather chart of high latent heat + sensible heat and heavy snowfall day in the western coastal region of Korea.

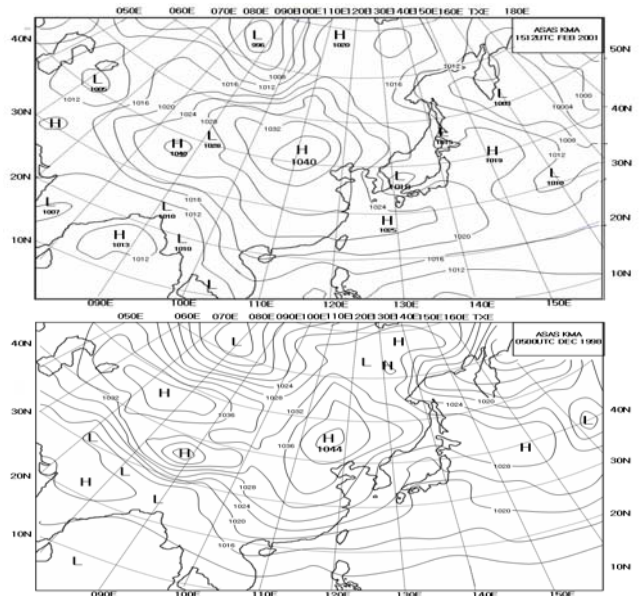


Fig. 12. Weather chart of high latent heat + sensible heat and non heavy snowfall day in the west coastal region of Korea.

### 3.5 대설발생에의 바람 영향

서해 연안지역인 인천, 군산, 목포 지역의 대설발생에 대한 바람의 영향을 파악하고자 대설이 발생한 기간의 바람 벡터도를 Fig. 13~Fig. 15에 나타내었다.

대설발생 기간 동안 바람을 보면, 인천의 경우는 북서풍의 바람이 지배적이며, 1997년 12월 19일은 풍속이 8 m/sec, 1998년

2월 11일에는 5 m/sec, 2001년 1월 7일에는 6 m/sec의 세기를 나타내었다(Fig. 13). 군산도 북서풍의 바람이 지배적이며, 대설 발생 기간인 1992년 1월 18일에 4 m/sec, 1995년 12월 5일에 4 m/sec, 1996년 12월 4일에 6 m/sec의 세기를 나타내었다(Fig. 14). 목포는 대설발생 기간에 북풍이 지배적이었으며, 1998년 1월 8일에 6 m/sec, 1999년 12월 19일에 5 m/sec의 세기로 보였다(Fig. 15). 본 결과에서는 대설발생 기간 동안 인천, 군산, 목포 지역의 풍향은 북서풍 또는 북풍이 우세하였으며, 풍속은 4-8 m/sec로 나타났다.

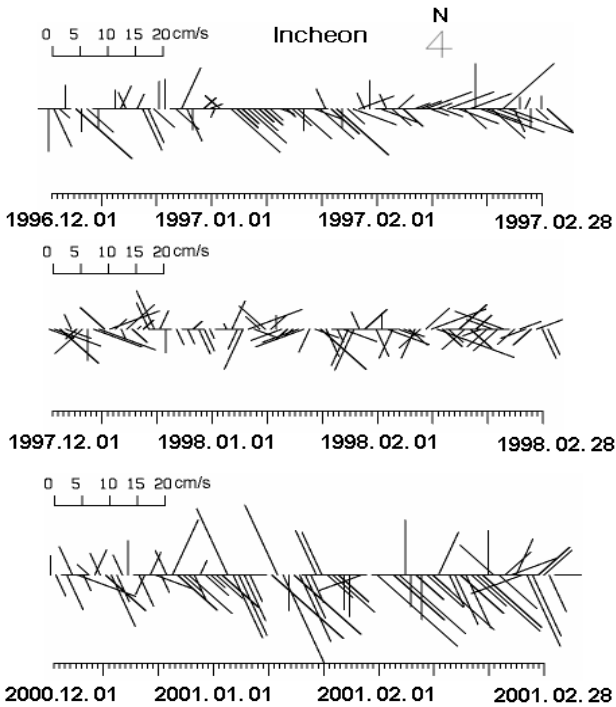


Fig. 13. Wind vector diagram of heavy snowfall period in Incheon.

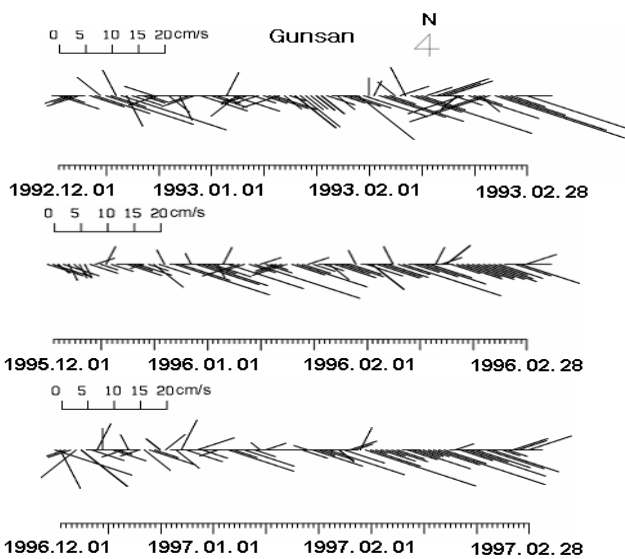


Fig. 14. Wind vector diagram of heavy snowfall period in Gunsan.

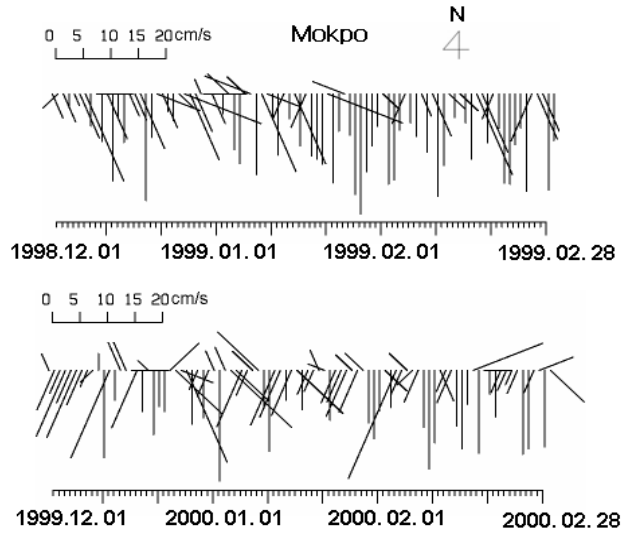


Fig. 15. Wind vector diagram of heavy snowfall period in Mokpo.

#### 4. 결론

서해에서 동계 적설량과 기상요소와의 관계를 파악하기 위하여 1992년부터 2002년까지 11년간의 서해 연안지역인 인천, 군산, 목포에서 대설발생 시기의 적설량과 일기도, 열수지, 기압배치, 바람과의 관계를 분석하였다.

한반도 서해 연안지역인 인천, 군산, 목포의 동계(12월-2월) 평균 적설량은 군산이 12.7cm로 가장 많았으며, 목포는 9.0cm, 인천이 7.8cm로 위도상 가장 북쪽인 인천이 가장 적게 나타났다. 세 지역의 월별 적설량 분포는 공히 1월에 가장 많았으나, 12월과 2월의 경우 인천은 12월보다 2월의 적설량이 많았고, 군산과 목포는 2월보다 12월의 적설량이 많아 지역적인 차이를 나타내었다. 동계 서해 연안역의 열손실은 한랭 건조한 대륙기단이 서해를 거쳐 한반도로 확장하면서 북서계절풍에 의한 해수면냉각 효과가 탁월하여 수심이 얇은 연안이 기온보다 빨리 반응하므로 발생하였다. 특히, 군산과 목포가 인천보다 열손실이 적은 것은 북상하는 황해난류에 의해 남쪽으로부터 열의 보충이 있기 때문이다.

인천, 군산, 목포 지역의 10cm 이상의 대설발생 기간 동안 열손실은 약  $100 \text{ W/m}^2$  이상이였다. 이 시기의 기압배치는 한반도를 중심으로 서고동저형의 기압배치일 때 주로 발생하였으며, 대설발생 기간 동안 바람은 4~8 m/sec 세기의 북서풍 또는 북풍이 우세할 때 나타났다.

본 논문에서는 분석이 되지 않았지만, 적설은 강수의 일종이며, 실제 공기 중의 수증기 함유량, 응결온도와 기온과의 차 및 이동경로 등의 주요인으로 작용한다. 향후 이러한 요소들을 분석하여 적설과 해양기상요소와 관계를 살펴볼 필요가 있을 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 논문은 국립수산과학원(첨단해양탐사시스템을 활용한 한반도주변 해양변동연구, RP-2008-ME-079) 연구 과제의 일환으로 수행되었습니다.

## 참고 문헌

- [1] 강제훈, 방익찬, 장경일(1999), 황해와 동중국해 표층수온의 계절변화, 제주대학교 연구보고, 23권 pp. 1-8.
- [2] 고우진, 김상우, 김동선(2006), 동계 서해의 해황과 기상인자와의 관계, 해양환경안전학회지 12권, 1호, pp. 23-32.
- [3] 국립수산과학원(1992~2002), 해양조사연보, pp. 290
- [4] 기상청(1992-2002), 기상월보, pp. 55
- [5] 기상청(1998-2001), 일일 지상일기도, pp. 365
- [6] 김영섭(1981), 동계 황해 열수지와 남해 냉수괴와의 관계, 군산수산전문대학교 연구보고, 15권 1호, pp. 1-9.
- [7] 민경덕(1974), 동해 황해상의 열 및 수증기 수지해석과 이들이 시베리아 기단의 변질에 미치는 영향. 한국기상학회지, 10권 1호, pp. 1-10.
- [8] 서은경, 전종갑(1991), 1990년 1월 29일-2월 1일 한반도에서 발생한 대설에 관한 연구, 한국기상학회지, 27권 2호, pp. 165-179.
- [9] 윤용훈, 김태희, 문재인(1998), 황해 열수지의 계절변화. 한국지구과학회지, 19권 1호, pp. 1-8.
- [10] 이승호, 최병철(2001), 울릉도의 적설량 변화. 한국기상학회지, 37권 4호, pp. 317-328.
- [11] 이원구(2002), 서울·경기지방의 겨울철 대설 예보 기법, 한국기상학회 2002 추계 학술논문집, 12권 3호, pp. 124-125.
- [12] 이충일, 이종희, 김동선(2007), 한국 서해에서 수온 및 염분에 미치는 기상 인자의 영향. 해양환경안전학회지, 13권 1호, pp. 29-37.
- [13] 전종갑, 이동규, 이현아(1994), 우리나라에서 발생한 대설에 관한 연구, 한국기상학회지, 30권 1호, pp. 97-117.
- [14] 정영근(2005), 호남지방 강설의 경년변동과 대기순환 특성에 따른 계절예측, 2005년도 한국기상학회 논문집, pp. 152~153.
- [15] 정용승, 봉종환(1993), 호우와 대설 주의보 및 경보의 새로운 기준치 선정, 한국기상학회지, 29권 2호, pp. 171-180.
- [16] 최용규, 윤홍주(1999), 1994년 인천 연안역의 열수지. 한국환경과학회지, 9(3), pp 293-297.
- [17] 한영호, 장선덕(1978), 동계의 열수지와 황해냉수괴와의 관계. 한국어업기술학회지, 14(1), pp 1-14.
- [18] 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, pp. 43-50.
- [19] Kang, Y. Q(1983), On the temperature differences across ground and sea surface in Korea, J. of Korean. Met. Soc., Vol. 19, No. 2, pp. 88-95.
- [20] Park, S. U., Joung, C. H(1984), Air modification over the Yellow Sea during cold-air outbreaks in winter. Journal of Korean Meteorological Society, Vol. 20, No. 2, pp. 35-50.
- [18] 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. pp. 203-212.

원고접수일 : 2008년 11월 24일

원고수정일 : 2008년 12월 16일(1차)

2009년 03월 06일(2차)

게재확정일 : 2008년 03월 23일