

우리나라 동·서 해안의 기온 차이에 관한 연구

이승호

건국대학교 이과대학 지리학과
(2002년 9월 30일 접수; 2002년 11월 8일 승인)

Difference of Air Temperature between the West and East Coast Regions of Korea

Seungho Lee

Department of Geography, Konkuk University
(Manuscript received 30 September 2002; accepted 8 November 2002)

Abstract

This paper examined to ascertain the cause of the difference of air temperature between the west and east coast regions of Korea. The daily air temperature, relative humidity, vapor pressure and cloud amount at *Gangneung* and *Ganghwa* were analyzed seasonally with winds fields at 850 hPa surface. In general, the air temperature of the east coast regions is higher than that of the west coast regions and the difference is getting larger during winter. The difference of daily maximum temperature between those regions is larger than that of daily minimum temperature. As westerlies are prevalent, föhn often blows over the east coast region during summer, not during winter. As easterlies are predominant, the air temperature of the west coast region is higher than that of the east coast region. Then the vapor pressure and the cloud amount are low, and föhn occurs over the west coast region. The correlation between the difference of the air temperature and the difference of the adjacent sea surface temperature is low over the study area. It was found that the correlation between the difference of the air temperature and the difference of sensible heat is high for summer, indicating that the impacts of sensible heat on the difference of air temperature are relatively small.

Key words: daily air temperature, vapor pressure, cloud amount, föhn, sea surface temperature, sensible heat

1. 서론

우리나라는 국토 면적이 넓지 않지만 지형이 복잡하여 지역별로 기후 특성이 다양하다. 우리나라의 연 평균 기온 분포를 살펴보면 해발 고도와 위도의 영향이 뚜렷하게 반영되었다. 해발 고도가 높은 산지에서는 주변 지역에 비하여 기온이 낮고, 남부 지방에서 북부 지방으로 갈수록 기온이 낮아진다. 그러나 같은 위도대에서는 동해안의 기온이 서해안에 비하여 높다.

일 최고 기온이나 일 최저 기온의 분포는 그

곳에 영향을 미치고 있는 기단의 성질에 따라서 결정된다(Bundgaard, 1942; Dunn, 1951). 그러나 우리나라의 일별 기온 분포를 보면, 대부분의 경우 동일한 기단의 영향을 받지만 지역마다 차이가 크다. 여름철의 일 최고 기온의 경우, 인천, 춘천 등 서울에 인접한 지역과 전주, 추풍령, 광주 등의 내륙 지방은 서울과의 상관관계가 비교적 높다. 반면, 강릉, 제주, 여수, 울산 등 해안에 위치한 지역과 서울의 상관관계는 낮다(문승의·곽종흠, 1977). 비슷한 위도대에 위치하는 강릉과 인천을 비교하여 보면, 인천의 8월 일 최고 기온은 서울과 높은 상관관계가 나타나지만, 강릉과 서울의 8월 일 최고 기온의 상관관계는 낮다. 이는 동해안의 강릉과 서해안의 인천 간에는 해발 고도와 위도 이외에 다른 요인의 영향으로 기온 차이가 발생하고 있음을 보여주는 것이다.

과거 30년 간(1971-2000)의 강릉과 인천의 1월 평균 기온 차이는 2.7°C이며, 대부분의 교과서에서는 두 지역 간의 기온 차이가 있음이 인정되고 있으며(이승호·이현영, 2000; 이현영, 2000; 권혁재, 1996 등), 그 원인을 지형과 해양의 영향이 있다고 기술하였다. 이현영(1994)은 편현상이 심할 때는 동해안의 강릉과 서울의 일 최고 기온의 차이가 최대 15.4°C까지 이른다고 하였으며, 이해경(1992)도 비슷한 결과를 얻었다. 즉, 영서 지방의 편현상이 동해안과 서해안의 기온 차이를 가져오는 주요 요인임에 틀림이 없다. 이장열(1980)도 영동과 영서 지방의 기온 차이의 주요 요인이 편현상이라고 하였다. 또한 김일근과 문승의(1983)는 강릉과 인천, 평양과 원산, 목포와 부산을 비교 연구하여 여름철의 일 최저 기온은 서해안에서 높고 그 외의 계절에는 동해안에서 높으며 북쪽으로 갈수록 그 차이가 크다고 하였다.

한편 한영호·정정실(1991)과 김영섭 외(1994) 등은 해안 지방의 기온 특성을 연구하였다. 전자의 연구에서는 해양의 영향으로 해안이 내륙에서보다 연교차가 작다고 하였다. 후자의 연구에서는 동해안 지방의 기온이 서해안보다 수온의 영향이 크며, 동해안의 기온은 현열 및 잠열 방출량과 높은 상관관계가 있음을 밝혔다.

지역별 기온의 차이는 식생의 분포에도 영향을 미쳐 영동 지방에서는 비슷한 위도대의 서해안에서 볼 수 없는 감나무, 대나무 등을 볼 수 있다. 즉, 기온의 차이는 지역별 경관의 차이에도 영향을 미치고 있다. 그러므로 동해안과 서해안의 기온의 차이와 그 원인을 규명하는 것은 기후적으로 중요한 과제이다. 따라서 본 연구에서는 동해안의 강릉과 서해안의 강화를 사례 지점으로 선정하여 겨울과 여름철을 중심으로 동·서해안의 기온 차이의 특성과 그 원인을 파악하고자 하였다.

2. 연구 자료 및 방법

본 연구에서 이용한 자료는 기상청에서 관측한 지상의 기상 자료 및 상층 바람 자료와 인천해양수산청(강화만) 및 국립수산물품질관리원(주문진)에서 관측한 연안 정지 관측소의 해수면 온도 자료이다.

연구 자료의 기간은 1991년 1월 1일부터 2000년 12월 31일까지이다.

지상의 기상 자료는 강화와 강릉의 일 최고 기온, 일 최저 기온, 일 평균 기온, 일 평균 증기압, 일 평균 상대 습도, 일 평균 운량 등이다. 상층의 바람은 오산의 09시 850hPa 고도면의 풍향, 풍속 자료이다. 강화만의 해수면 온도는 인천해양수산청 산하의 강화 주재소에서 매일 오전 10시에 관측한 값이며, 주문진의 해수면 온도는 국립수산물품질관리원의 정지 연안 관측지점에서 매일 오전 10시의 관측 값이다. 강화만과 주문진은 각각 강화와 강릉 기상 관측소에서 가장 인접한 해수면 온도 관측 지점이다. 연구 지점과의 비교 분석을 위하여 강릉, 강화와 비슷한 위도 상에 분포하는 홍천과 남부 지방의 서로 비슷한 위도 상에 위치하는 포항과 군산의 기후 자료와 그 인근에 위치한 군산 내항과 포항 항만의 해수 온도 자료도 연구에 이용하였다. 포항, 군산을 대표할 수 있는 상층 바람으로는 포항에서 09시에 관측한 850 hPa 고도면의 값을 사용하였다.

동해안과 서해안의 기온 차이를 비교하기 위해서, 비슷한 위도 대에 기상 관측소가 있는 강화와 강릉의 비교 관측 지점 쌍을 구성하였다. 강릉과 강화 지점은 비교적 연속성이 뚜렷하면서 동해쪽에 치우친 태백산맥의 동쪽과 서쪽 사면 해안의 비슷한 위도 상에 위치한다. 강릉-강화를 잇는 선상의 서쪽 사면은 경사가 비교적 완만하고 동쪽은 급하다(Fig. 1).

동·서 해안의 일반적인 기온 차이를 파악하기 위하여, 강릉-강화와 포항-군산의 월 평균 기온, 월 평균 상대 습도, 월 평균 증기압, 월 평균 운량 등의 차이를 구하였다. 포항과 군산 지점은 비슷한 위도 상에 위치하고 있으나, 이 위도대를 따르는 태백산맥의 연속성이 약하여지면서 오히려 소백산맥의 연속성이 뚜렷하다. 따라서 포항과 군산을 잇는 선상으로는 중앙에 소백산맥과 동해쪽에 태백산맥이 뻗어 있어서 서해안은 비교적 넓은 평야가 발달하였고, 소백산맥과 태백산맥의 사이는 넓은 분지를 이루고 있다(Fig. 1).

상층의 풍향에 따라 계절별 동해안과 서해안의 기온 차이를 구하였다. 상층의 바람은 오산의 850 hPa 고도면의 09시 바람을 기준으로 하였다. 오

로 해수면 온도가 기온에 미치는 영향을 파악하기 위하여 기상 관측 지점에 인접한 해양의 해수면 온도 차이와 기온 차이 사이의 상관관계를 구하였다. 두 변수 사이의 상관계수는 계절별로 나누어 후 상층의 8방위 풍향별로 산출하였다. 해수면 온도는 남부 해역과 중부 해역에서 그 변동이 다르므로 강릉-강화의 기온 차이에 미치는 해수면 온도의 영향과 비교하기 위하여 포항-군산의 경우를 비교 자료로 사용하였다.

해수면 온도의 변화에 따라서 현열 방출량이 달라지는데, 그 차이가 기온 차이에 미치는 영향을 파악하기 위하여 관측 지점별로 현열 방출량을 구하였다. 현열 방출량은 선행 연구(한영호·정정실, 1991)에서 사용하였던 Jacobs(1942)의 식 「 $Q_s = 5.43V(T_s - T_a)$ 」을 이용하였다. 여기서, Q_s 는 현열 방출량(ly/day), V 는 풍속(m/sec), T_s 는 해수면 온도($^{\circ}C$), T_a 는 기온($^{\circ}C$)을 나타낸다. 현열 방출량과 기온 차이의 관계는 해수면 온도와 같은 방법으로 구하였다.

Fig. 1. Topography of South Korea.

산의 850 hPa 고도면 바람은 강릉과 강화를 대표할 수 있는 상층 바람으로 고려하였다. 풍향은 8방위(북, 북동, 동, 남동, 남, 남서, 서, 북서)로 구분하였다. 동·서 해안의 기온 차이에 편현상의 영향 여부를 파악하기 위하여, 상층 풍향별로 두 지점간의 일 평균 상대 습도와 증기압, 운량 등의 차이를 구하였다. 지형과 해양의 영향을 파악하기 위하여 서풍 계열의 바람과 동풍 계열의 바람으로 구분하여 각 기상 요소의 차이를 구하였다. 이때 북서풍, 서풍, 남서풍은 서풍 계열의 바람으로, 북동풍, 동풍, 남동풍은 동풍 계열의 바람으로 정하였다. 바람의 강도별로 동·서 해안의 기후 요소 차이를 파악하기 위하여 850 hPa 고도면의 풍속이 10 m/sec 이상인 경우(강풍일이라고 정함)와 그 미만인 경우(약풍일이라고 정함)를 구분하여 각 요소의 차이를 구하였다.

기온과 해수면 온도와의 상관관계를 파악하기 위하여 두 변수 사이의 상관계수를 구하였다. 이를 계절별로 나누어 후 상층 풍향에 따라 상관계수를 구하였다. 그러나 기온과 해수면 온도는 약간의 차이는 있지만, 계절적 변동이 비슷하기 때문에 자동적으로 상관관계가 높을 수 있다. 그러므

3. 동·서해안의 월별 기온 차이

동해안에 위치하는 강릉과 포항의 연 평균 기온은 각각 $12.9^{\circ}C$, $13.8^{\circ}C$ 로 비교 지점인 서해안의 강화($11.0^{\circ}C$), 군산($12.7^{\circ}C$)보다 각각 $1.9^{\circ}C$, $1.1^{\circ}C$ 더 높다.

강릉-강화의 기온 차이는 여름보다 겨울철에 더 크다(Fig. 2). 두 지점의 12월과 1월의 일 평균 기온의 차이는 각각 $4.2^{\circ}C$ 에 이르며 11월과 2월에도 각각 $3.2^{\circ}C$, $2.8^{\circ}C$ 이다. 그러나 8월에는 그 차이가 $0.0^{\circ}C$ 이며, 6, 7월도 각각 $0.3^{\circ}C$ 에 불과하다. 또한 두 지점의 기온 차이는 일 최고 기온보다 일 최저 기온의 차이가 더 크다. 연 평균 일 최저 기온의 차이는 $2.9^{\circ}C$ 이며, 겨울에 그 차이가 크고 여름에 작다. 즉, 1월과 12월에는 그 차이가 각각 $5.5^{\circ}C$, $5.3^{\circ}C$ 에 이르지만, 7월과 8월에는 각각 $0.6^{\circ}C$, $0.8^{\circ}C$ 에 불과하다. 일 최고 기온의 차이도 12월($4.0^{\circ}C$)과 1월($3.6^{\circ}C$)에 크다. 여름철인 6월부터 9월까지의 오히려 강화의 일 최고 기온이 강릉에서보다 $0.0 \sim 0.8^{\circ}C$ 더 높다(Table 1).

일부 교과서에서는 겨울철 동해안과 서해안의 기온 차이의 원인의 하나로 북서 계열풍이 태백

Fig. 2. Monthly mean air temperature of Gangneung and Ganghwa.

Table 1. Difference of climatic elements between Gangneung and Ganghwa.

Elements	Month												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ann.
max. air temp.(°C)	3.6	2.3	1.1	1.3	1.1	-0.8	0.0	-0.8	-0.6	1.0	2.6	4.0	1.3
min. air temp.(°C)	5.5	4.3	2.7	2.7	2.4	1.1	0.6	0.8	1.8	3.5	4.4	5.3	2.9
vapor pressure(hPa)	-0.0	-0.0	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.8	-0.3	0.5	0.3	-0.2	-0.2	-0.1
RH(%)	-17.6	-13.1	-6.9	-9.8	-6.2	-2.7	-6.4	-0.1	-0.8	-7.3	-15.3	-20.7	-8.2

산맥을 넘으면서 편현상을 일으킨다고 설명하고 있다. 이때 편현상이 나타나려면 태백산맥의 서쪽 사면에서 습윤 단열 과정이 필요하며, 그로 인하여 동쪽 사면이 건조해져야 할 것이다. 즉, 북서풍이 불 때 영서 지방에서는 습윤 단열 과정에 의하여 발달한 구름이나 강수 현상이 관찰되고, 강릉의 상대 습도와 증기압이 강화의 그것보다 두드러지게 낮은 값이 나타나야 한다. 강릉의 상대 습도는 연 평균 63.4%로 강화(71.6%)보다 8.2% 낮다. 그 차이는 기온 차이가 큰 겨울철(17.3%)에 크고 기온 차이가 작은 여름철(3.1%)에 낮다. 그러나 실제 수증기량의 지표가 될 수 있는 증기압의 차이는 연 평균 0.1 hPa에 불과하다(Table 1). 계절별로는 겨울철에 차이가 작고 여름철에 더 크다. 겨울철에 증기압의 차이는 12월(0.2 hPa)을 제외하고 0.1 hPa 미만이다. 이는 북서 계절풍이 불 때의 동·서간의 기온 차이를 편

현상만으로 해석하는 것은 무리임을 보여주는 한 예라고 할 수 있다.

포항과 군산의 기온 차이도 겨울철에 크고 여름에 작다. 두 지점의 1월부터 4월까지 월 평균 기온의 차이는 2.0~2.3°C로 포항의 기온이 더 높다(Fig. 3). 그러나 여름에는 오히려 군산의 기온이 포항보다 0.1~0.3°C 더 높다.

포항-군산의 기온 차이는 강릉-강화의 경우와 달리 일 최저 기온보다 일 최고 기온의 차이가 더 크다. 즉, 연 평균 일 최고 기온의 차이는 1.7°C이며, 연 평균 일 최저 기온의 차이는 0.7°C이다. 계절별로 보면, 일 최고 기온의 차이도 겨울철에 커서 2월은 3.4°C, 1월은 3.0°C이다. 반면 8월에는 군산의 월 평균 일 최고 기온이 포항보다 0.3°C 더 높다. 일 최저 기온의 차이는 가장 큰 3, 4월이 1.5°C에 불과하다. 일 최저 기온도 여름철에는 군산이 더 높고, 7월의 차이가 0.4°C로 가장 크다

Fig. 3. Monthly mean air temperature of Pohang and Gunsan.

Table 2. Difference of climatic elements between Pohang and Gunsan.

Elements	Month												Ann
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
max. air temp.(°C)	3.0	3.4	2.9	2.5	1.8	0.0	0.1	-0.3	-0.1	1.3	2.1	2.7	1.7
min. air temp.(°C)	1.2	1.4	1.5	1.5	0.6	-0.3	-0.4	-0.1	0.3	0.9	1.0	1.0	0.7
cloud amount(1/10)	-1.6	-0.9	0.1	0.0	-0.2	0.2	-0.1	0.4	0.7	0.1	-1.3	-2.2	-0.4

(Table 2).

이와 같이 겨울철의 일 최고 기온의 차이가 큰 것은 서해안에 자주 발달하는 구름으로 인하여 두 지점 간에 가열의 차이가 발생하기 때문이라고 생각한다. 연 평균 운량은 포항이 4.7할, 군산이 5.1할로 그 차이가 크지 않다. 그러나 계절별 차이가 커서, 겨울철에 두 지점의 운량 차이가 크고 그 밖의 계절에는 비교적 차이가 적다. 즉, 12월에 차이가 가장 커서 군산의 운량이 포항보다 2.2할 많고, 1월에는 1.6할, 2월에도 0.9할이 더 많다(Table 2). 그러므로 군산에서 낮에 대기의 가열이 활발하지 못하여 두 지점의 기온 차이가 커진 것이라고 생각한다.

4. 풍향·풍속별 기온 차이

강릉-강화 간의 기온 차이와 경향이 풍향별로 뚜렷하게 구별된다. 서풍 계열(남서·서·북서풍)의 바람일 때는 강릉의 기온이 높고, 두 지점의 기온

차이도 비교적 크다(Fig. 4). 서풍(W)일 때 두 지점의 기온 차이가 가장 커서 연 평균 3.5°C에 이르며, 북서풍(NW)일 때도 그 차이(3.3°C)가 비교적 크다. 동풍 계열(북동·동·남동풍)의 바람일 때는 강릉보다 강화의 기온이 높다. 그러나 두 지점의 기온 차이는 동풍(E)일 때 연 평균 1.5°C, 남동(SE)이나 북동풍(NE)일 때는 연 평균 1.0°C 미만으로 서풍 계열의 바람일 때보다 그 차이가 작다.

강풍일일 때의 강릉-강화의 일 평균 기온 차이는 연 평균 3.1°C, 약풍일일 때는 1.7°C로 풍속이 강할 때 기온 차이가 크다. 서풍 계열인 경우는 강풍일일 때가 약풍일일 때보다 기온 차이가 0.6°C 더 크고, 동풍(E)과 북동풍(NE)일 때는 바람이 강할 때가 약할 때보다 약 0.7°C 더 차이가 난다(Table 3). 그러나 이와 같은 차이는 계절별로 다르다. 서풍 계열일 때, 겨울철에는 풍속별 기온 차이가 거의 없다. 반면 여름철에는 바람이 강할 때가 약할 때보다 강릉-강화 간의 기온 차이가 더 커진다. 특히 수증기가 많은 바람인 남서풍(SW)과 서풍(W)일

Fig. 4. Difference of daily air mean temperature between Gangneung and Ganghwa by wind direction of 850 hPa height.

Table 3. Difference(°C) of daily mean air temperature between Gangneung and Ganghwa.

Wind direction	Seasons	annual		winter		summer	
		≥ 10 m/sec	<10 m/sec	≥ 10 m/sec	<10 m/sec	≥ 10 m/sec	<10 m/sec
E		-2.0	-1.3			-2.6	-2.1
NE		-1.0	-0.4			-1.7	-1.5
SE		-0.6	-0.7				-1.1
W		3.8	3.2	4.1	4.0	3.5	2.1
NW		3.6	3.0	4.1	4.1	2.6	1.9
SW		2.7	2.1	2.8	3.5	3.0	1.1

- * 1) Plus value means that the temperature of Gangneung is higher than that of Ganghwa.
2) Blank is case of no significant in statistic.

때의 기온 차이가 북서풍일 때보다 더 크다. 이는 여름철 습윤한 공기가 유입될 때는 풍속이 동·서 해안 간의 기온 차이에 영향을 미치지, 비교적 건조한 바람이 불 때는 기온 차이에 대한 풍속의 영향이 거의 없음을 보여준다.

Fig. 5는 풍향별로 강릉-강화의 일 최저 기온과 일 최고 기온의 차이를 나타낸 것으로 풍향에 따라서 그 차이가 구분되는 것을 보여준다. 일 최저 기온은 풍향에 관계없이 강릉이 높고, 일 최고 기온 차이는 풍향에 따라서 경향이 다르다. 일 최저 기온이 풍향에 관계없이 강릉에서 높은 것은 편 현상이 나타나지 않기 때문이라고 생각한다.

일 최고 기온의 경우는 서풍 계열 바람일 때는 강릉이 강화보다 높고, 동풍 계열일 때는 강화가 더 높다. 동풍 계열 바람일 때 최고 기온이 최저

기온보다 그 차이가 더욱 분명한 것은 지형에 의한 강제 상승으로 동해안 사면에 발달한 구름 때문에 강릉의 기온이 상승하지 못하기 때문이라 생각한다. Table 4에서 보듯이 동풍 계열 바람일 때는 강릉의 구름이 많고 그 차이도 크다. 반면 서풍 계열일 때는 강화의 구름이 많은 편이지만 그 차이가 작다. 즉, 동풍 계열일 때는 운량의 차이가 최고 기온의 차이에 영향을 미칠 수 있지만, 서풍 계열일 때는 그 영향이 작을 것으로 판단된다. 특히 북서풍(NW)이 불 때는 계절과 상관없이 강릉의 운량이 많은 것으로 보아 이때 편 현상이 출현하기는 어렵다고 판단된다.

강릉-강화의 증기압의 차이도 두 지점의 기온 차이를 이해하는데 도움이 된다. 풍향별로 보면 서풍계 바람일 때는 강화의 증기압이 높고, 동풍

Fig. 5. Difference of daily minimum and maximum air temperature between Gangneung and Ganghwa(Plus value means that the temperature of Gangneung is higher than that of Ganghwa).

Table 4. Difference of cloud amount(1/10) between Gangneung and Ganghwa.

Wind dir.	Seasons	annual	winter	summer
	E	2.7	1.8	3.1
	NE	2.5	3.1	2.7
	SE	1.8	1.2	2.1
	W	-0.5	-0.9	-0.4
	NW	0.6	0.3	1.0
	SW	-0.3	-0.2	-0.4

* Plus value means that the temperature of Gangneung is higher than that of Ganghwa

계 바람일 때는 강릉이 높으며(Fig. 6), 이는 각각 해양의 영향을 받기 때문이다. 두 지점 간 기온의 차이가 큰 겨울철 서풍계 바람일 때는 증기압의 차이가 0.1~0.4 hPa에 불과하다. 특히 겨울철 빈도가 가장 높은(49.3%, 444일) 북서풍(NW)이 불 때 강릉-강화간의 증기압 차이는 0.1 hPa에 불과하며 바람 강도별로도 차이가 작다. 이는 기존에 '겨울철에 북서풍이 불 때 영동 지방에 편현상이 발생하여 강릉 지방의 기온이 서해안보다 더 높다'는 것과 다른 결과임을 보여준다. 서풍계 바람일 때 여름철의 강릉-강화 사이의 증기압의 차이는 0.7~0.9 hPa로 겨울철의 그것보다 크다. 이는

서풍계 바람이 불 때는 겨울철보다 여름철에 편현상이 나타날 가능성이 높다는 것을 보여주는 것이다.

겨울철에 동풍계 바람이 불 때는 강릉의 증기압이 강화보다 더 높고, 그 차이가 1.1~1.5 hPa에 이른다. 여름철 동풍(E)일 때 약풍인 날은 두 지점간의 증기압 차이가 0.1 hPa이지만, 강풍일 때는 2.1 hPa에 이른다. 이는 동풍계 바람일 때 영서 지방에 편현상이 나타날 가능성이 크다는 것을 보여준다. 실제로 동풍이 불 때 영서 지방에 편현상이 나타난다는 여러 연구(이장열, 1980; 이현영, 1994 등)가 있다.

Fig. 6. Difference of daily mean relative humidity between Gangneung and Ganghwa (Plus value means that the relative humidity of Gangneung is higher than that of Ganghwa).

Fig. 7. Difference of daily mean vapor pressure between Gangneung and Ganghwa (Plus value means that the vapor pressure of Gangneung is higher than that of Ganghwa).

강릉-강화간의 상대 습도의 차이도 풍향에 따라서 두드러지다(Fig. 7). 서풍 계열의 바람일 때는 강화의 일 평균 상대 습도가 높고 그 차이도 크다. 겨울철 서풍(W)일 때 차이가 23.0%로 가장 크다. 반면 동풍 계열의 바람과 남풍(S)일 때는 강릉의 일 평균 상대 습도가 높다. 겨울철 동풍(E)일 때의 차이가 19.5%로 가장 크다. 북동풍(NE)일 때는 바람이 강할 때 두 지점의 상대 습도 차이가 더욱 크다. 겨울철에 풍속별 차이가 더

욱 크고, 봄, 가을에도 큰 편이다. 남서풍일 때는 강화의 상대 습도가 높으며, 바람이 강한 날 여름철 평균 차이는 14.9%로 바람이 약한 날 평균 5.8%에 비하여 그 차이가 크다. 그러므로 강릉-강화간의 상대 습도의 차이는 해양에서 불어오는 강한 풍계의 영향을 직접적으로 받게 되므로 차후에 풍계별 두 지역의 기후 차이에 대한 분석이 필요하다.

5. 기온 차이와 수온과의 관계

5.1 해수면 온도와 기온의 관계

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있어서 바다와 대기 사이의 상호 작용이 기후에 미치는 영향이 크다. 그러나 동해, 서해, 남해는 서로 다른 물리적 특성을 지니고 있어, 각 해양이 주변 기후에 미치는 영향이 다르다. 동해는 수심이 깊고 표면적이 넓어 주변의 기후에 미치는 영향이 서해와는 다르다. 서해의 평균 수심은 44 m, 최고 수심 103 m, 표면적 40만 km²이며, 동해의 평균 수심은 1,543 m, 최대 수심 4,049 m, 표면적 130만 km²에 이른다. 또한 서해의 해수면 온도는 근해에서 여름철에 25℃ 이상 상승하지만 겨울철에는 5℃ 이하로 냉각되는 반면, 동해의 해수면 온도는 남부 해역의 경우 여름철에는 25℃ 정도이며 겨울에도 10℃ 이상을 유지하여 서해에 비하여 연교차가 작다. 그러므로 동해안이 서해안보다 따뜻한 것은 해양의 영향이 어느 정도 반영되기 때문이라고 알려져 있다. 그러나 동해의 북부 해역에서는 겨울철에 북한해류의 영향으로 수온이 4℃ 이하로 낮아지기도 한다.

선행 연구(김영섭 외, 1994; 한영호·정정실, 1991)에서 해수면 온도의 편차와 기온 편차와의

관계가 구하여졌다. 인천, 포항, 부산의 경우에는 $r = 0.91$ 이상의 높은 상관관계를 나타낸다. 우리나라 주변 해수면 온도의 계절적 변동이 기온 변동보다 15일 정도 늦기는 하지만 대체로 하절기에 수온이 높고, 동절기에 낮으므로 자동적으로 상관관계가 높을 수 있다.

본 연구에서는 강릉-강화의 기온 차이에 대한 해수면 온도의 영향을 파악하기 위하여 두 지점의 기온 차이와 주문진과 강화만에서 관측한 해수면 온도의 차이와의 상관관계를 파악하였다. 전년의 경우 주문진-강화만 사이의 해수면 온도 차이와 강릉-강화의 일 평균 기온 차이간의 상관관계수 $r = 0.023$ 이며, 해수면 온도 차이와 일 최저 기온 및 일 최고 기온 차이 간에는 각각 $r = 0.072$, $r = 0.003$ 으로 상관관계가 매우 낮으며 통계적으로 유의하지 않다(Table 5). 그러나 여름철에는 두 변수 간에 부적 상관관계가 있다($\alpha = 0.01$). 이는 여름철의 강릉-강화의 해수면 온도 차이가 클수록 두 지점의 기온 차이가 작아진다는 것을 의미한다.

해수면 온도의 연교차가 작은 포항과 연교차가 큰 군산을 비교하여 보면 강릉-강화의 경우와 다른 결과를 보인다. 즉, 포항-군산 간에는 겨울철보다 여름철에 상관관계가 높고, 상관계수가 유의 수준 $\alpha = 0.01$ 에서 유의하다(Table 6). 이와 같이

Table 5. Correlation coefficients between difference of air temperature and difference of SST between Gangneung and Ganghwa.

Seasons	Temperature	daily mean	daily min.	daily max.
annual		0.023	0.072	0.003
summer		-0.202*	-0.187*	-0.173*
winter		0.087	0.060	0.087

* correlation is significant at the 0.05 level(2-tailed)

Table 6. Correlation coefficients between difference of air temperature and difference of SST between Pohang and Gusan.

Seasons	Temperature	daily mean	daily min.	daily max.
annual		0.299*	0.267*	0.257*
summer		-0.255*	-0.170*	-0.243*
winter		0.019	0.038	0.054

* correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed)

비교적 바람이 강한 겨울철에 상관관계가 낮고 바람이 약한 여름철에 상관관계가 높다는 것은 두 변수의 관계가 풍속에 따라서 달라질 수 있음을 시사한다. 포항-군산 간에는 약풍일일 때 해수면 온도 차이와 기온 차이의 상관관계가 더욱 높다. 강풍일일 때는 두 변수간의 상관관계수가 $r = 0.246$ 에 불과하지만, 약풍일일 때는 $r = 0.430$ 이다(Fig. 8). 그러나 강릉-강화의 경우에는 풍속별로 큰 차이가 없다. 이는 강릉-강화의 온도 차이에는 해수면 온도의 영향이 적지만, 풍속이 약할 때 포항-군산의 경우에는 해수면 온도의 차이가 기온의 차이에 영향을 미치고 있음을 보여주는 것이다. 차후에 해수 온도 자료가 더욱 보완되어 풍향별로 상관관계를 분석한다면 더욱 설명력이 높아질 것이다.

Fig. 9는 포항-군산의 약풍인 날 풍향별 해수면 온도 차이와 일 평균 기온 차이의 관계를 나타낸 것이다. 동풍 계열일 때는 두 변수간의 상관관계수가 $r = 0.580$ 으로 유의한($\alpha = 0.01$) 상관관계가 있다(Fig. 9의 a). 각 풍향별로는 동풍($r = 0.606$), 북동풍($r = 0.514$), 남동풍($r = 0.525$)일 때 높은 상관관계를 보인다. 서풍 계열일 때는 두 변수간의 상관관계수가 $r = 0.262$ 로 동풍 계열일 때보다 낮다. 즉, 동풍 계열의 바람이 불 때에 기온 차이에 대한 해수면 온도의 영향이 더 크다.

5.2 해양의 현열과 기온의 관계

우리나라에서 해양으로부터 방출되는 현열은 9월부터 증가하기 시작하여 1월에 최대가 되고 3월부터 급격히 감소한다(김영섭 외, 1994). 서해안의 경우, 인근 해양에서 방출되는 현열이 해안 지방의 기온에 영향을 미친다(한영호·정정실, 1991)는 결과가 있다. 본 연구에서는 인근 해양에서 방출되는 현열의 차이가 기온의 차이에 미치는 영향을 조사하였다.

강릉-강화의 경우 두 지점간의 일 평균 기온과 일 최고 기온의 차이는 현열의 차이와 유의한 상관관계를 보이지만, 상관계수는 각각 $r = -0.189$, $r = -0.198$ 로 상관관계가 낮다($\alpha = 0.01$; Table 7). 그러나 계절별로 차이가 커서, 여름철에 상관관계가 높고 겨울철에 낮다. 일 평균 기온의 경우 봄철에 가장 높아서 상관계수 $r = -0.787$ 이며, 여름철에는 $r = -0.765$ 이다. 일 최저 기온과 일 최고 기온의 경우도 비슷한 경향이다.

Fig. 10은 강릉-강화간의 풍속별 현열 차이와 일 평균 기온 차이 간의 관계를 나타낸 것이다. 약풍일일 경우 두 변수간의 상관계수 $r = -0.329$ 이고, 강풍일 때는 $r = -0.193$ 으로 그 차이가 크지 않을 뿐만 아니라, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서 유의하지 않는 차이이다. 그러므로 850 hPa 고도면

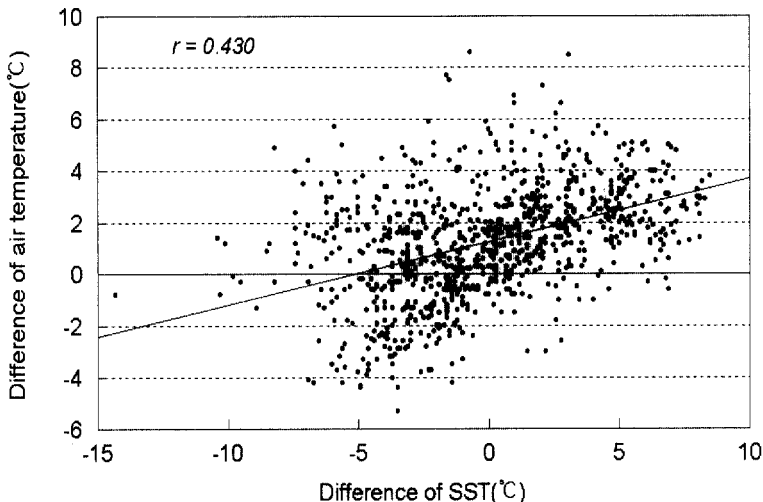


Fig. 8. Relationship between difference of sea surface temperature(SST) and difference of air temperature between Pohang and Gunsan in case of day below 10 m/sec of 850 hPa height.

Fig. 9. Relationship between difference of sea surface temperature(SST) and difference of air temperature between Pohang and Gunsan in case of day below 10m/sec, (a) easterly (b) westerly.

Fig. 10. Relationship between difference of air temperature and difference of sensible heat between Gangneung and Ganghwa in case of (a) the day below 10m/sec and (b) the day above 10m/sec.

Table 7. Correlation coefficients between difference of air temperature and difference of sensible heat between Gangneung and Ganghwa.

Seasons	Temperature	daily mean	daily min.	daily max.
	annual	-0.189**	0.006	-0.198**
summer	-0.765**	-0.627**	-0.691**	
winter	-0.079*	-0.049	0.038	

** correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed)
 * correlation is significant at the 0.05 level(2-tailed)

의 풍속별 상관관계는 별 차이가 없다고 할 수 있다. 결과적으로 강릉-강화 간의 현열의 차이가 그 지역의 기온 차이에 미치는 영향이 낮은 것으로 판단된다.

6. 고찰 및 토의

동해안과 서해안의 기온 차이는 여러 가지 요인에 의하여 발생할 수 있다. 이상에서 분석한 바에 의하면 일반적으로 동해안의 기온이 서해안보다 높고, 겨울철에 그 차이가 더욱 크다. 계절별로 기온 차이의 경향이 다르며, 풍향별로도 다르다. 그러나 남부 지방의 포항-군산의 경우와 비교하여 보면 서풍 계열일 때 동해안 기온이 높고, 동풍 계열일 때 서해안 기온이 높은 것이 뚜렷하다. 즉, 포항-군산의 경우는 Fig. 11과 같이 서풍 계열 바람일 때는 포항의 기온이 높지만 동풍 계열 바람일 때는 계절에 따라서 다르다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 강릉-강화의 경우 동해안에 인접하여 태백산맥의 연속성이 뚜렷한 데 반하여, 포항-군산을 잇는 선에서는 그렇지 않기 때문이라고 생각한다. 즉, 강릉-강화의 기온 차이에 지형의 영향이 분명하게 반영된다는 것을 보여준다.

강릉-강화의 기온 차이는 최고 기온보다 최저 기온의 차이가 분명하다. 그러나 풍향에 따라서 그 경향이 달라서, 동풍 계열의 바람일 때는 최저

기온보다 최고 기온의 차이가 더욱 뚜렷하다. 이는 남부 지방의 포항-군산의 경우와는 다른 점이다. 즉, 포항-군산의 경우는 Fig. 12와 같이 최저 기온보다 최고 기온의 차이가 뚜렷하다. 최저 기온은 풍향에 관계없이 군산보다 포항이 높고, 그 차이는 1°C 내외이다. 반면 최고 기온은 강릉-강화의 경우와 비슷하여 서풍 계열 바람일 때는 포항이 높고, 동풍 계열 바람일 때는 군산이 높다. 특히 서풍 계열 바람일 때 그 차이가 커서 서풍(W)일 때의 차이는 3.2°C에 이른다. 이와 같이 서풍 계열 바람일 때 최고 기온의 차이가 큰 것은 운량의 분포와 관련이 있을 수 있다.

Fig. 13은 850 hPa 고도면의 풍향별로 포항-군산의 운량 차이를 나타낸 것이다. 동풍 계열일 때는 두 지점 간에 운량의 차이가 거의 없으나, 서풍 계열의 바람일 때는 여름을 제외하고 군산의 운량이 포항보다 많다. 북서풍(NW)일 때 두 지점 간의 운량 차이가 가장 크며, 그 값은 2할에 이른다. 계절별로는 겨울철에 운량의 차이도 크다. 이는 서풍 계열의 바람일 때 포항의 최고 기온이 높은 원인의 하나임을 보여주는 것이며, 동풍 계열 바람일 때 강화의 기온이 강릉보다 높은 원인과 같다.

겨울철 북서풍(NW)이 불 때, 강릉-강화 간에 기온 차이가 크며, 최저 기온의 차이가 더욱 크다. 이는 기존에 알려진 바와 달리 윈현상에 의한

Fig. 12. Difference of daily minimum and maximum temperature between Pohang and Gusan(Plus values mean that the temperature of Pohang is higher than that of Gusan).

Fig. 13. Difference of daily mean cloud amount between Pohang and Gusan(Plus value means that the cloud amount of Pohang is higher than that of Gusan).

것은 아니다. 일반적으로 편현상이 출현할 때는 최저 기온보다 최고 기온의 차이가 크다. 또한 겨울철 북서풍이 불 때 두 지점간의 상대 습도의 차이가 크지만, 증기압의 차이는 거의 없다. 즉, 두 지점 간에 실제 수증기량의 차이는 나타나지 않는 것으로, 이때 편현상이 나타나지 않음을 보여주는 것이다. 반면 연중 동풍 계열 바람일 때와 여름철 서풍 계열 바람일 때는 증기압의 차이가 비교적 크다.

동풍 계열의 바람일 때는 강릉의 증기압이 강

화보다 1.1~1.5 hPa 높고, 서풍 계열일 때는 겨울철의 그 차이는 0.2 hPa 미만이며 여름철의 그 값은 0.7~0.9 hPa이다. 이는 동풍 계열일 때는 영서 지방에 편현상이 나타날 수 있다는 것을 보여주는 것으로, 편현상이 잘 발생하는 동풍(E)과 북동풍(NE)일 때 강릉과 홍천의 운량 차이가 각각 1.9할, 1.5할에 이른다(Table. 8). 여름철에는 그 차이가 2할을 넘으며, 북동풍(NE)일 때는 겨울철에도 그 차이가 2.7할에 이른다. 반면, 서풍 계열일 때는 겨울철에는 편현상 가능성이 적지만 여

름철에는 출현 가능성이 있음을 보여준다. 겨울철 빈도가 가장 많은 북서풍(NW)일 때 평균 운량은 오히려 강풍이 0.5할 많고, 여름철 서풍(W)과 남서풍(SW)일 때 각각 0.6할, 0.2할 씩 홍천에서 구름이 많다는 것이 이를 뒷받침하여 준다.

포항-군산의 기온 차이는 해수면 온도 차이와 통계적으로 유의한 상관관계가 나타나지만, 강릉-강화 간에는 여름철을 제외하고 유의한 관계가 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 주문진의 수온 자료 중 결측 자료가 많은 것과 관련 있을 수 있다. 포항-군산의 경우는 바람이 약할 때(약풍일 때) 두 변수 간에 상관계수가 높고, 같은 조건에서 동풍 계열 바람일 때가 서풍 계열일 때보다 더 높다. 즉, 해수면 온도의 변동이 적은 동해 쪽에서 바람이 불어올 때 두 변수 간에 상관관계가 높다.

현열의 차이와 기온 차이 사이에는 강릉-강화의 경우와 포항-군산의 경우 모두 통계적으로 유의한 관계를 갖는다. 그러나 해양으로부터의 현열이 최대에 이르는 겨울철($r = -0.079$)에 상관계수가 낮고, 대기의 열이 해양으로 전달되는 여름철($r = -0.765$)에 두 변수 사이의 상관계수가 높다는 점에 주목할 필요가 있다. 즉, 현열 방출이 많은 시기에 상관관계가 낮다는 것은 두 지점의 온도 차이에 대하여 해양의 영향이 크지 않다는 것을 보여준다고 할 수 있다.

7. 결론

본 연구에서는 강릉과 강화를 중심으로 동해안

과 서해안의 기온 차이 특성과 그 원인을 밝히고자 하였다. 이를 위하여 두 지점의 기온뿐만 아니라 상대 습도, 증기압, 운량, 인근의 해수면 온도 차이 등을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

전반적으로 동해안의 기온이 서해안보다 높으며, 겨울철에 그 차이가 더욱 크다. 동해안과 서해안의 일 최저 기온 차이가 일 최고 기온의 차이보다 크다. 그러나 이와 같은 경향은 풍향에 따라서 다르다. 즉, 서풍 계열 바람일 때는 동해안의 기온이 높지만, 동풍 계열 바람일 때는 서해안의 기온이 높다. 특히 최고 기온의 차이가 더욱 커서, 운량의 차이가 최고 기온의 차이에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

겨울철 북서풍이 불 때 동해안과 서해안의 기온 차이는 크지만, 알려진 바와 같이 편현상이 나타난다고 단정하기 어렵다. 이때 증기압의 차이가 거의 없을 뿐만 아니라 동해안과 영서 지방의 운량 차이도 크지 않다.

여름철 서풍 계열 바람이 불 때는 동해안의 기온이 높은 반면, 증기압은 서해안에서 높다. 또한 영서 지방의 운량이 동해안에서 보다 많은 것으로 보아 이때 편현상 출현 가능성이 높다.

동풍(E)과 북동풍(NE)이 불 때는 계절에 관계없이 서해안의 기온이 동해안보다 높다. 이 때는 동해안의 증기압이 높고 운량도 많다. 이는 동풍 계열 바람일 때 서해안쪽 사면에 편현상이 나타나고 있음을 보여주는 것이다.

강릉-강화 인근의 해수면 온도 차이와 기온 차이 사이에는 유의한 상관관계가 나타나지 않았다. 그러나 결측치가 적은 포항-군산의 경우에는 풍

속이 약한 동풍 계열 바람일 때 비교적 높은 상관관계가 나타나고 있다.

현열의 차이와 기온 차이 사이에는 통계적으로 유의한 관계가 나타나지만, 해양에서 대기로 현열이 방출되는 시기인 겨울철에 상관관계가 낮아 기온 차이에 현열의 영향은 작다고 생각한다.

이상의 결과를 통하여 기온 차이의 원인을 정량적으로 규명하는 것은 어렵다. 다만, 겨울철의 동·서 해안의 기온 차이가 편현상에 의한 것이라고 단정하는 것은 신중을 기해야 할 것으로 생각한다. 또한 현 단계의 연구 결과로는 기온 차이에 대한 해양의 영향을 정량화하기 어렵다. 그러므로 차후에 태백산맥의 동해안 사면을 하강하는 공기의 마찰 효과와 해양의 효과에 대한 정량적인 연구가 필요하다. 이를 위하여서는 해양의 완벽한 관측 자료가 필수적이며, 풍계별로 수치 모의를 통한 검증이 필요하다.

감 사

이 논문은 2001년도 건국대학교 학술진흥연구비의 지원에 의한 것임.

이 논문을 세심하게 심사하고 지적하여준 두 분 심사 위원과 자료 정리 등에 도움을 준 허인혜, 하장성군에게 감사드린다.

참고문헌

- 권혁재, 1996: 「한국지리(총론편)」, 법문사.
- 김영섭·한영호·신수경·홍성근, 1994: 한반도 동해안 지방의 기후 특성, *한국수산학회지*, 27(3), 314-325.
- 김일곤·문승의, 1983: 한반도의 동·서안기후의 특성에 관하여, *부산대학교 논문집*, 14, 443-462.
- 문승의·곽종흠, 1977: 서울과 남한 각지의 하계 일최고기온 상관관계에 관하여, *한국기상학회지*, 13(1), 65-69.
- 이승호·이현영, 2000: 「기후학의 기초」, 두솔.
- 이장열, 1980: 하계 기온의 지역차에 관한 고찰, *지리학(대한지리학회지)*, 21, 1-15.
- 이현영, 1994: 영서지방의 편현상, *대한지리학회지*, 29(3), 266-280.
- _____, 2000: 「한국의 기후」, 법문사.
- 이혜경, 1992: 영서지방의 늪새바람에 관한 연구, 건국대학교 대학원 석사학위논문, 47pp.
- 한영호·정정실, 1991: 해수온도가 우리나라 서해안 지방의 기온 및 습도에 미치는 영향, *한국기상학회지*, 27(3), 197-203.
- Bundgaard, R. C., 1942: A procedure of short range weather forecasting, *Compendium of Meteorology*, A. M. S., 1334pp. 재인용
- Dunn, G. E., 1951: Short-range weather forecasting, *Compendium of Meteorology*, A. M. S., 1334pp. 재인용
- Jacobs, W. C., 1942: On the energy exchange between sea and atmosphere, *J. Mar. Res.*, 5, 37-66.

최종 원고채택 : 2002년 11월 27일