해안지대 기온에 미치는 바다효과의 공간분석

김수옥¹ · 윤진일^{1*} · 정유란² · 황규홍³

¹경희대학교 생태시스템공학과, ²(재)국가농림기상센터, ³(주)에스티에이
(2010년 11월 22일 접수; 2010년 12월 28일 수정; 2010년 12월 29일 수락)

A Geospatial Evaluation of Potential Sea Effects on Observed Air Temperature

Soo-Ock Kim, Jin I. Yun, Uran Chung and Kyu-Hong Hwang

¹Department of Ecosystem Engineering, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea

²National Center for Agro-Meteorology, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

³STA Inc., Seoul 151-050, Korea

(Received November 22, 2010, Revised December 28, 2010; Accepted December 29, 2010)

ABSTRACT

This study was carried out to quantify potential effects of the surrounding ocean on the observed air temperature at coastal weather stations in the Korean Peninsula. Daily maximum and minimum temperature data for 2001-2009 were collected from 66 Korea Meteorological Administration (KMA) stations and the monthly averages were calculated for further analyses. Monthly data from 27 inland sites were used to generate a gridded temperature surface for the whole Peninsula based on an inverse distance weighting and the local temperature at the remaining 39 sites were estimated by recent techniques in geospatial climatology which are widely used in correction of small - scale climate controls like cold air drainage, urban heat island, topography as well as elevation. Deviations from the observed temperature were regarded as the 'apparent' sea effect and showed a quasi-logarithmic relationship with the distance of each site from the nearest coastline. Potential effects of the sea on daily temperature might exceed 6.0°C cooling in summer and 6.5°C warming in winter according to this relationship. We classified 25 sites within the 10 km distance from the nearest coastline into 'coastal sites' and the remaining 15 'fringe sites'. When the average deviations of the fringe sites (0.5°C for daily maximum and 1.0°C for daily minimum temperature) were used as the 'noise' and subtracted from the 'apparent' sea effects of the coastal sites, maximum cooling effects of the sea were identified as 1.5°C on the west coast and 3.0°C on the east and the south coast in summer months. The warming effects of the sea in winter ranged from 1.0°C on the west and 3.5°C on the south and east coasts.

Key words : Climatic controls, Ocean effect, Coastal temperature, Geospatial climatology

I. 서 론

대륙성 기후권일지라도 바다에 인접한 곳에서는 해양성 기후의 특징을 보이는 좁은 지대가 해안을 따라

나타날 수 있다. 기온을 기준으로 보면 내륙에 비해 연교차와 일교차가 모두 줄어들어 상대적으로 여름에는 시원하고 겨울에는 온화한 것이 특징이다. 이러한 바다효과의 원인으로는 육지에 비해 큰 비열과 증발잠

* Corresponding Author : Jin I. Yun
(jiyun@khu.ac.kr)

열, 주변 해류의 특성, 해륙풍순환과 대류운의 생성 등 여러 요인이 거론되며 이들이 복합적으로 작용하는 것으로 알려져 있다(Ahn *et al.*, 1984; Han and Jeong, 1991; Beer, 1997; Hoffman, 2006).

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 해안에 가까운 기상관측소 기온자료에는 이러한 바다효과가 포함되어 있음이 분명하다. 하지만 바다효과에 대한 정량적인 평가는 도시열섬효과만큼 이루어지지 못한 상태라 기후도의 제작과 기후자료를 이용한 식생반응의 평가에 어려움이 많다. 예를 들어 같은 해안지대라도 동해안과 서해안은 바다효과의 크기와 양상이 계절에 따라 다르다는 것을 체험적으로 알고 있지만, 바다효과의 내륙침투깊이와 강도의 변화에 대해 체계적인 연구를 수행한 적이 거의 없다(Lee, 2003). 이에 반해 내륙 지방의 호수나 저수지가 인근지역의 안개발생 등 국지 기후에 미치는 영향에 대해서는 연구를 통해 정량적인 예측이 가능해졌으며 국지기후 개조에 따른 인근지역의 식생, 농업, 환경에 미치는 영향평기도 시도되었다(Yun *et al.*, 1997).

국지기후에 미치는 이러한 지표특성의 영향을 정량적으로 분석하기 위한 시도는 오래 전부터 시작되었으며, 최근에는 공간정보와 지리정보시스템(GIS)에 의해 관련기술이 더욱 발전하고 있다(Chung *et al.*, 2009; Yun, 2009; Yun, 2010).

본 연구의 목적은 해안지대 기상관측소의 기온자료에 포함된 바다효과를 확인하고, 서해안-남해안-동해안 등 지역기온의 공간분포에 미치는 바다효과를 정량적으로 평가하는 것이다.

II. 재료 및 방법

울릉도, 제주도, 흑산도 등 본토로부터 멀리 떨어진 섬 지역을 제외한 기상관측 69개 지점의 1981년부터 2009년 까지 일별 최고 및 최저기온자료를 수집하고 이들의 29년 평균값을 월별로 계산하였다(Fig. 1, Table 1).

환경부에서 제공하는 30m 해상도 수치고도모형(DEM)으로부터 남한지역 해안선을 추출하고, 기상관측 69개소를 해안으로부터 10km 이내 범위에 포함되는 25개(이하 해안관측소)와 이 범위를 벗어나는 44개(이하 내륙관측소)로 분류하였다. 내륙관측소 중 가장 외곽(해안에 가까운 지대)에 해당하는 14개 및 관측소

Fig. 1. Geographic locations of the 25 coastal stations (circle), 14 fringe stations (rectangle), and 27 inland (triangle) stations classified by distance from the nearest coastline. Also shown are the boundaries among the west, south, and east seas (dotted lines) as well as the boundary between the south-west and the south-east coasts (solid line).

포함격자의 DEM이 전국 평균(144m)에 비해 표준편차(81m)의 3배 이상 벗어나는 3지점(대관령 844m, 태백 710m, 장수 420m)을 제외한 27개 지점의 기온자료를 거리역산가중(inverse distance weighting, IDW)에 의해 270m 간격의 격자형 기온분포도(이하 배경기후도)로 변환하였다. 고지대 관측소를 제외시킨 이유는 IDW 사용시 다른 관측점에 비해 고도가 너무 높을 경우 인근 격자점의 추정값에 과도한 영향을 미치기 때문이다.

배경기후도는 기온관측자료에 바다효과가 전혀 포함되지 않았다는 가정 하에 제작된 것이다. 배경기후도를 구성하는 격자점 가운데 해안으로부터 10km 이내에 위치하여 바다효과가 관측자료에 포함되었을 것으로 기대되는 해안관측소 25개와, 내륙관측소 가운데 해안지대에 가장 가까이 위치한 14개 등 총 39개에 해당하는 격자점의 실제기온을 소기후모형에 의해 추정하였다. 구체적으로 Yun(2010)이 제시한 국지기온에 미치는 고도차-기온감률효과, 온난대-냉기유입효과, 도시열섬효과, 사면일사효과 등을 30m 고해상도로 추정

Table 1. Synoptic weather stations classified as ‘coastal sites’, which are located within 10 km distance from the nearest coastline

Station ID	WMO register ID	Station name	Coast
1	201	GANGHWA	WEST
2	112	INCHEON	WEST
3	129	SEOSAN	WEST
4	235	BORYEONG	WEST
5	140	GUNSAN	WEST
6	243	BUAN	WEST
7	165	MOKPO	SOUTH
8	175	JINDO	SOUTH
9	261	HAENAM	SOUTH
10	170	WANDO	SOUTH
11	260	JANGHEUNG	SOUTH
12	262	GOHEUNG	SOUTH
13	168	YOSU	SOUTH
14	295	NAMHAE	SOUTH
15	162	TONGYEONG	SOUTH
16	294	GEOJE	SOUTH
17	155	MASAN	SOUTH
18	159	BUSAN	SOUTH
19	152	ULSAN	EAST
20	138	POHANG	EAST
21	277	YEONGDEOK	EAST
22	130	ULJIN	EAST
23	106	DONGHAE	EAST
24	105	GANGNEUNG	EAST
25	90	SOKCHO	EAST

하여 해당 격자점에 적용함으로써 배경기후도를 보정하였다.

이 방법에 의해 해안관측소 25개 및 내륙외곽관측소 14개 지점에서 바다가 없다는 가정 하에 기대되는 월별 일 최고 및 최저기온의 29년 평균값(이하 기대기온)이 얻어졌다. 이 기대기온으로부터 각 지점 기상관측소에서 29년간 관측된 실측기온을 뺀 편차(이하 추정오차)를 잠재적인 바다효과로 간주하였다. 해안관측소 25개 지점의 추정오차가 존재하고 그것이 양의 값이면 기대했던 것보다 실제기온이 더 낮은 것이므로 바다는 해안지대기후에 냉각효과를, 음의 값이면 실제기온이 더 높은 것이므로 가온효과를 미쳤다고 볼 수 있다. 하지만 바다효과를 기대할 수 없는 내륙외곽관측소에서 추정오차가 발생한다면 그것은 바다 외적인 요인에 의한 실험오차로 간주해야 하며 해안관측소에

서 얻어진 추정오차에도 기본적으로 포함되어 있다고 봐야 한다. 따라서 실제 바다효과 크기는 해안관측소에서 얻은 추정오차로부터 내륙외곽관측소 14개 지점의 추정오차 평균을 제외한 부분이다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 기온자료에 포함된 바다효과

해안관측소 25개를 서해 북단 강화기상대부터 시작하여 서해안을 거쳐 남해안과 동해안 순으로 배치하여 실측기온에 대비한 기대기온의 편차, 즉 추정오차로 표현해보면 지점별로 상당한 차이가 있을 뿐 아니라 월별로 서로 다른 양상을 보인다(Fig. 2, Fig. 3). 하지만 가장 뚜렷한 특징은 일 최고기온과 일 최저기온의 양상이 계절에 따라 서로 다르다는 점이다. 최고기온의 경우 추정오차가 여름철에 가장 큰 반면 최저기온은 겨울철에 추정오차가 가장 크다. 다음으로는 서해, 남해, 동해로 갈수록 지점별 편차와 월별 변동폭이 커지는 경향이 눈에 띈다. 내륙외곽관측소 14개의 경우 지점별 편차는 물론 월별 변동폭이 해안관측소에 비해 훨씬 작아서(Table 2) 해안관측소의 이러한 시공간적 변동양상의 궁극원인이 바다의 영향임을 반증해

Fig. 2. Estimation errors for daily maximum temperature at 25 coastal stations for each month. Station ID numbers are identical with those in Fig. 1.

Fig. 3. Estimation errors for daily minimum temperature at 25 coastal stations for each month. Station ID numbers are identical with those in Fig. 1.

준다.

일 최고기온에 미치는 바다효과의 계절별 변동을 살펴보면 4월부터 뚜렷해지기 시작하여 여름철에 최대값을 보이고 9월까지 지속되는 양상이다. 관측지점에 따라 차이는 있지만 10월부터 이듬해 3월까지의 추정오차가 크지 않으나 4월부터 점차 기온이 과다 추정된다. 반면 일 최저기온의 경우 기온의 과소추정경향이 뚜렷한데, 9월 이후 변동폭이 커지면서 겨울철에 최대에 달하고 이후 줄어들지만 4월까지의 지속된다. 최고기온은 대부분 하루 중 낮 시간대에 관측되므로 여름철 최고기온 추정오차가 크다는 것은 '여름철 한낮에 바닷가에 가면 더 시원하다.'는 체험적 사실과 일치한다. 한편 최저기온은 주로 일출 전 야간에 나타나므로 겨울 밤에는 해안지대가 내륙보다 더 따뜻하다는 주민들의 상식과 역시 합치된다.

같은 해안관측소라 할지라도 해안의 지리적인 위치에 따라 바다효과의 발현이 달라지는데, Fig. 2와 3에서 서해안 북단으로부터 남해안, 동해안으로 이동할수록 추정오차의 변이가 커지는 것을 확인할 수 있다. 남해안과 동해안의 경우 겨울철에는 최고기온도 과소 추정되는 경향을 보이는데, 추운 겨울에는 우리의 경험상 한낮에도 내륙보다 해안에서 더 따뜻하다는 것을

Fig. 4. Estimation errors for daily maximum (top) and minimum (bottom) temperature of each month averaged across the sites within the west, south, and east coasts, respectively. The shaded area indicates the range of estimation error found at the 14 inland fringe stations.

반증해준다. 하지만 서해안으로 이동하면 이러한 경향이 점차 약화되어 거의 나타나지 않는데, 얕은 수심과 남해, 동해와는 다른 해류의 영향으로 보인다.

지점에 따른 변이를 제거하여 해안 별 특성을 부각시키기 위해 25개 해안관측소를 서해안, 남해안, 동해안으로 분류하여 각각의 평균을 비교해 보았다(Fig. 4). 평균 간 편차의 유의성은 14개 내륙외곽지점에서 얻은 기온추정오차의 월별 평균값을 기준으로 판단하였다. 예를 들어 일 최고기온의 경우 내륙외곽지대에서 관찰된 추정오차의 평균은 -0.42°C (12월)에서 $+0.53^{\circ}\text{C}$ (6월)으로 연 평균은 $0.11 \pm 0.43^{\circ}\text{C}$ 이었고, 일 최저기온의 경우 -1.39°C (1월)에서 -0.56°C (7월)로서 연 평균 $-1.02 \pm 0.70^{\circ}\text{C}$ 을 보였다(Table 2). 이 값을 근거로 하여 해안지대에서 나타나는 추정오차가운데 최고기온의 경우 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 최저기온의 경우 $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ 정도는 바다효과 외 다른 요인에 의한 변이로 간주하였다. 최고기온의 경우 냉각효과(과다추정오차는 2월(남, 동해안은 3월)부터 10월(남해안은 9월)

Table 2. Monthly mean of the estimation error for minimum and maximum daily temperatures across 14 fringe stations (inland stations nearest to the coastal zone)

Month	Maximum temperature		Minimum temperature	
	mean	sd	mean	sd
Jan	-0.32	0.54	-1.39	0.86
Feb	-0.15	0.63	-1.21	0.71
Mar	0.17	0.59	-1.16	0.68
Apr	0.46	0.58	-1.00	0.77
May	0.50	0.45	-0.88	0.68
Jun	0.53	0.37	-0.72	0.58
Jul	0.44	0.32	-0.56	0.47
Aug	0.29	0.26	-0.71	0.54
Sept	0.11	0.23	-0.93	0.72
Oct	0.00	0.31	-1.19	0.87
Nov	-0.27	0.37	-1.20	0.76
Dec	-0.42	0.47	-1.30	0.79
Annual	0.11	0.43	-1.02	0.70

까지 나타나는데, 3·4월은 서해안에서 과다추정오차가 가장 크지만 5월부터 8월까지는 서해안 < 남해안 < 동해안 순으로 커진다. 최대값이 나타나는 시기는 남해안, 동해안에서 6월인 반면 서해안에서는 4월이었다. 추정오차의 최대값은 서해안 2.6°C, 남해안 2.7°C, 동해안 3.8°C이지만 내륙외곽에서 보이는 추정오차의 변동폭을 감안하면 이보다 0.5°C 가량 적은 값이 바다 효과에 기인한 것이라고 할 수 있을 것이다. 일 최고 기온의 이러한 경향을 낮 시간대의 경향으로 간주한다면 내륙지역에 비해 서해안은 4·5월에 평균 2°C 정도 낮고, 동해안은 6월 경에 평균 3.3°C 정도 낮다는 의미이다. 최저기온의 경우 내륙 외곽지대의 오차범위를 고려한다면, 서해안과 동해안은 5·9월, 남해안은 여름 3개월을 제외하면 연중 과소추정오차가 나타나고 12월과 1월 남해안과 동해안의 야간기온은 내륙지방에 비해 평균 3°C, 서해안은 1°C 정도 더 따뜻하다고 할 수 있다.

3.2. 해안으로부터의 거리에 따른 영향

각 지점 혹은 해안 별로 확인된 바다효과를 해안으로부터의 거리에 따른 정량적 예측값으로 표현할 수 있다면 기존의 격자형 수치기후도에 바다효과를 반영하여 현실에 보다 가까운 기온분포도 제작이 가능하다. 이를 위해 먼저 해안관측소 25개와 내륙외곽관측소 14개에 대하여 각 지점의 해안으로부터의 최단거리(이

Fig. 5. Relationship between the estimation error (“sea effect”) for daily maximum temperature in June and the coastal distance of observation stations within the south-west coast (top) and the south-east coast (bottom). Arrow indicates the extinction point of the sea effect.

하 해안거리)를 독립변수, 기온추정오차를 종속변수로 둔 비선형 회귀분석을 실시하였다. 앞서 서해, 남해, 동해 등 각 해안의 바다효과 양상에 유사점과 차이점이 있었던 사실을 반영하기 위해 고흥(ID = 12)과 여수(ID = 13)를 경계로 좌, 우를 ‘서남해안’과 ‘동남해안’으로 구분하여 각각 분석하였다(Fig. 1).

서남해안과 동남해안 각 지역에 대해 해안관측소와 내륙외곽관측소의 월별 최고기온 및 최저기온 추정오차를 각 기상관측지점의 해안 최단거리와 1:1로 대비시키면, 대체로 로그함수의 곡선으로 표현된다(Fig. 5, Fig. 6). 즉 바다효과 크기가 해안거리의 대수와 대략적인 선형관계에 있는 경우가 발견되는데, 일 최고 기온의 경우 난후기에 해당하는 3월부터 9월(남동해안은 10월)까지 통계적인 유의성이 인정된다(Table 3). 만약 이 로그함수 기반의 예측모형에 의해 해안지대

Fig. 6. Relationship between the estimation error ("sea effect") for daily minimum temperature in December and the coastal distance of observation stations within the south-west coast (top) and the south-east coast (bottom). Arrow indicates the extinction point of the sea effect.

기온자료에 포함된 바다효과를 모의할 수 있다면 세로 축 절편은 바다효과 이론상 최대값(잠재력)이 된다. 이 값은 서남해안에서 6.0°C(5월), 동남해안에서 7.2°C(6월)로 추정된다.

일 최저기온에 미치는 바다효과는 서남해안의 경우 10월부터 이듬해 3월까지, 동남해안의 경우 9월부터 이듬해 5월까지 유의성 있는 관계를 보였다. 바다효과와 잠재력은 서남해안에서 6.5°C(11월), 동남해안에서 9.8°C(11월)로 큰 차이를 보였다.

이 모형을 이용하면 바다효과 최대값이 내륙으로 이동함에 따라 점차 작아져서 이론상 소멸되는 거리(이하 침투심도)를 추정할 수 있다. 그러나 현실적으로는 정확하게 0이 되는 거리보다는 미리 알고 있는 오차값에 접근했을 때를 소멸로 간주하는 것이 타당하다. 앞서 14개 내륙외곽관측소 추정오차의 평균을 월별로 구했기 때문에 본 연구에서는 곡선이 Table 2의 추정오차(평균 + 표준편차)와 교차하는 점을 찾아 이 교차점에 해당하는 해안거리를 침투심도로 간주하였다(Fig. 5, Fig. 6). 이때 조석간만의 차가 커서 명확한 해안선의 구분이 어렵고 분석결과와 통계적 유의성이 떨어지는 서남해안은 제외하였다. 동남해안의 경우 바다효과가 강할수록 침투심도 역시 증가하였는데, 최대값은 최고기온의 경우 6월의 17km, 최저기온의 경우 2월의 20km였다.

3.3. 앞으로의 과제

해안관측소의 기온자료에 포함된 바다효과와 잠재력

Table 3. Coefficients of the fitted equations for coastal distance (x) – sea effect (y) scatter plots. The equation has the form of: $y = a \ln(x) + b$

Month	Maximum temperature				Minimum temperature			
	South-west		South-east		South-west		South-east	
	a	b	a	b	a	b	a	b
Jan	-	-	-	-	0.37	-6.5	0.66	-8.6
Feb	-	-	-	-	0.27	-5.2	0.58	-7.6
Mar	-0.29	3.4	-0.25	2.4	0.16	-3.7	0.45	-6.2
Apr	-0.49	5.8	-0.48	5.1	-	-	0.44	-5.8
May	-0.51	6.0	-0.58	6.3	-	-	0.27	-3.8
Jun	-0.48	5.7	-0.65	7.2	-	-	-	-
Jul	-0.35	4.2	-0.46	5.1	-	-	-	-
Aug	-0.24	2.9	-0.35	3.8	-	-	-	-
Sept	-0.15	1.8	-0.21	2.3	-	-	0.36	-4.8
Oct	-	-	-0.13	1.1	0.34	-5.8	0.72	-8.9
Nov	-	-	-	-	0.39	-6.5	0.81	-9.8
Dec	-	-	-	-	0.37	-6.4	0.79	-9.7

Table 4. Estimated maximum coast-to-inland distances (km) where the 'sea effect' may play a significant role in determining daily temperature on south-east coast

Month	Maximum temperature	Minimum temperature
Jan	-	15
Feb	-	20
Mar	1	17
Apr	6	9
May	12	3
Jun	17	-
Jul	15	-
Aug	14	-
Sep	12	6
Oct	1	13
Nov	-	18
Dec	-	17

을 확인하였고, 이를 토대로 해안선으로부터 거리의 대수를 설명변수로 하는 간단한 모형을 각 해안 및 월별로 작성하였다. 최근 좌표내장 격자형 수치기후도가 남한 전역을 대상으로 제작되었지만(Yun, 2010), 복잡한 산악지형 위주로 소기후모형이 개발되고 검증 작업이 진행되어 해안지역 기후 가시화에는 미흡한 점이 있다. 본 연구를 통해 초보적이긴 하나 실용성 있는 바다효과 모형을 작성하였으므로 수치기후도 제작 과정에 도입할 수 있는 방법론을 찾는다면 산악지형은 물론 해안기후의 특성을 반영함으로써 해안평야지대에 대해 보다 정확한 농업기후정보를 산출할 수 있을 것으로 기대된다. 구체적인 방법론은 아직 확정되지 않았지만 개략적인 적용순서는 다음과 같이 정해질 것이다. 먼저 바다효과가 전혀 없는 상태의 기상 기온분포도를 작성하기 위해 해안 관측소의 실측자료에 본 연구에서 도출된 기온오차를 가감함으로써 바다효과를 제거한다. 바다효과가 제거된 해안관측소 자료에 순수한 내륙관측소 자료를 합쳐서 남한전역의 배경기온 분포를 산출하고, 유역단위 전자기후도 제작방법(Yun, 2009)에 의해 바다가 없는 조건 하의 전국 기온분포도를 제작한다. 여기에 서남해안과 동남해안으로 구분하여 준비된 월별 바다효과모형에 근거한 바다효과 보정치를 더하면 최종산출물을 얻을 수 있다. 하지만 구체적인 실행을 위해서는 대표해안에 시험관측망을 구성하여 모형의 검증은 추정오차에 혼합되어 있을지 모르는 미지의 요인 혹은 이들의 상호작용에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

적 요

본 연구는 3면이 바다로 둘러싸인 우리나라에서 해안지대 기온 관측자료에 포함되어있지도 모르는 바다의 영향을 정량적으로 추정하기 위해 수행하였다. 1981-2009 기간 중 전국 66개 기상관서에서 관측한 일별 최고 및 최저기온자료를 수집하여 월별 평균을 계산하고 이들 가운데 27개 내륙지점 자료만을 이용하여 거리역산가중평균법에 의해 남한 전역의 기상기온 분포도를 제작하였다. 이 기상기온분포도 상에서 해안에 가까운 나머지 39개 지점의 국지기온을 지리지형정보 및 소기후모형에 의해 정밀하게 추정하였다. 실측기온과 이 추정기온과의 편차를 '외견상의 바다효과'로 간주하고 39개 지점의 해안거리 대수를 독립변수로 하는 회귀모형을 월별로 작성하였다. 이 모형에 의하면 우리나라의 바다는 잠재적으로 여름철 일 최고기온에 6°C 냉각효과, 겨울철 일 최저기온에는 7.5°C의 기온 효과가 있다. 해안은 물론 내륙의 기온자료에도 포함된 공통오차를 제거한 '실제의 바다효과'를 추정한 결과 서해안의 경우 여름철 냉각효과는 1.5°C, 겨울철 기온효과는 1.0°C인 반면, 남해안과 동해안은 각각 3.0°C 및 3.5°C 내외로 판명된다.

감사의 글

이 연구는 2010년도 농촌진흥청 농업과학기술개발공동연구사업(과제명: GIS 기반 고해상도 복숭아 품종별 동상해 위험지대 구분도 작성)의 지원으로 이루어졌다.

REFERENCES

- Ahn, Y. S., Y. H. Han, and Y. S. Kim, 1984: Relation between the sea surface temperature and the coastal climate in Korea. *Bulletin of Korean Fish Society* **17**, 566-574.
- Beer, T., 1997: *Environmental Oceanography*. CRC Press, 367pp.
- Chung, U., K. D. Yun, K. S. Cho, J. H. Yi, and J. I. Yun, 2009: The PRISM-based rainfall mapping at an enhanced grid cell resolution in complex terrain. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **11**, 72-78.
- Han, Y. H., and J. S. Jeong, 1991: On the effects of sea surface temperature to temperature and humidity of western region of Korea. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **27**, 197-203.
- Hoffman, J., 2006: *Ocean Science*. HarperCollins, 224pp.

- Lee, S. H., 2003: Difference of air temperature between the west and east coast regions of Korea. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **39**, 43-57.
- Yun, J. I., 2010: Agroclimatic maps augmented by a GIS technology. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **12**, 63-73.
- Yun, J. I., 2009: A simple method using a topography correction coefficient for estimating daily distribution of solar irradiance in complex terrain. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **11**, 13-18.
- Yun, J. I., K.H. Hwang, H. H. Chung, M. Y. Shin, J. T. Lim and J. C. Shin, 1997: Effects of an artificial lake on the local climate and the crop production in Suncheon area. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **33**, 409-427.