

불쾌지수를 이용한 우리나라의 기후학적 환경특성에 관한 연구

김 해 동 · 김 수 봉
계명대학교 환경학부
(2000년 8월 23일 접수)

On the Property of Climatological Environment with Discomfort Index in Korea

Hae-Dong Kim and Soo-Bong Kim

Faculty of Environmental Studies Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

(Manuscript received 23 August 2000)

The purpose of this study is to examine the property of climatological environment using the daily mean meteorological data measured at the several meteorological observatory for 30years(1961~1990).

It was found that the distribution of discomfort index tended to mainly depend on the geographical situation in the same season. Major portions of Korea were subjected to continental climate except for some seaside districts. The discomfort index have a large(small) value in summer(winter) season. And there is a short interval(1 or 2 months) between summer and winter season in Korea.

Key words : discomfort index, continental climate, summer season, winter season

1. 서 론

불쾌지수(DI ; Discomfort Index)는 미국기상국에서 1959년 6월부터 도입한 것인데, 현재 미국에서는 아래에 제시한 이유로부터 “불쾌 (Discomfort)”라는 용어를 사용하는 것이 부적합하다는 의견이 많아서 “온습지수 (Temperature Humidity Index)” 라고 부르고 있다. 우리나라에서도 “불쾌지수”는 용어자체가 불쾌감을 유발하는 효과가 있다고 하여 최근에는 이를 마스크 등에서 잘 다루지 않고 있는 실정이다. 그런데 불쾌지수를 고안하여 이를 발표한 미국 기상국의 원래 의도는, 기상조건에 따른 그날의 불쾌지수 정도를 일반인들에게 알려주려는 것이 아니라 “온도와 습도를 최적의 조건으로 조절하여 최저비용으로 최상의 냉방조건을 만드는 가이드라인을 제시” 하려는 것이었다.¹⁾ 기온이 높은 날에, 공기가 건조할 경우에는 피부의 표면에서 땀이 증발하면서 기화열을 빼앗기 때문에 체온이 내려가 심한 더위를 느끼지 않는다. 그러나 습도가 높으면 땀의 증발이 여의치 못하여 더위를 많이 느끼게 된다. 즉 우리가 체감하는 더위는 기온과 습도의 조합으로 이루어진다. 따라서 이 둘을 조합하여 산출되는 물리량인 불쾌지수는 인간이 실제로 느끼는 더위의 정도라고 말할 수 있다.²⁾ 한편, 우리가 느끼는 더위에는 습도와 기온뿐만 아니라 바람이 중요한 역할을 함에도 불구하고 이것이 빠져있는 것은, 위에서 언급한 바와 같이 불쾌지수의 발상이 실내의 냉방조절 가이드라인이었기 때문이다. 즉 실외의 자연풍은 실내의 냉방에

는 영향을 미치지 않는 것으로 간주하고 있다.

Table 1. Discomfort Index and bodily sensation in case of America (After Nakamura, S. and Kitamura, K., 1987).

Value of Discomfort Dndex	Bodily Sensation
DI ≥ 70	10% of population feel the heat
DI ≥ 75	50% of population feel the nasty heat
DI ≥ 80	All the population feel the nasty heat

불쾌지수에 따른 미국인들의 체감을 정리한 것이 Table 1이다. 불쾌지수가 70이상이면 10%의 사람들이 더위를 느끼기 시작한다. Fig. 1은 기온과 상대습도를 이용하여 불쾌지수를 산출하는 식으로부터 제작된 도표이다. 불쾌지수 70이란, Fig. 1에서 확인할 수 있듯이, 상대습도가 70%일 경우에 기온이 23~24℃를 넘어가면 도달되는 값이다. 또 모든 사람이 더위를 느낀다는 80은 상대습도 70%일 경우에는 28℃에서 달성되지만, 상대습도가 50%일 경우에는 31~32℃에서 이루어짐을 확인할 수 있다. 또 우리나라에서 하계 냉방유지온도로 권유하는 26℃에서 불쾌지수를 70이하로 유지하려면, 상대습도

가 30%이하가 되어야한다. 그리고 장마철에 상대습도가 90%이상인 경우는 우리나라의 냉방유지 권유온도인 26℃를 유지하면 실내의 모든 사람이 더위로 인한 불쾌감을 느끼는 지수 80에 도달하게 된다.

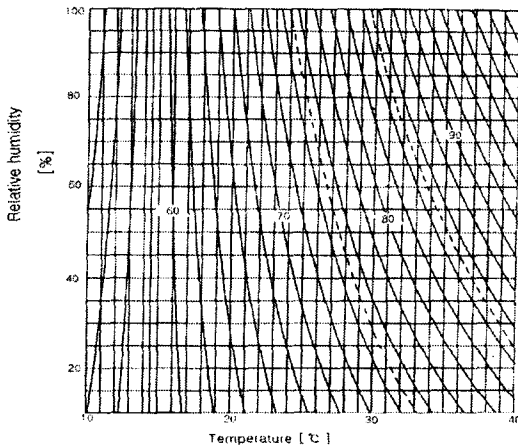


Fig. 1. Computational Chart of discomfort index (After Nakamura, S and Kitamura, K, 1987).

불쾌지수에 따른 체감은 전 세계인이 공통적으로 같이 느끼는 것은 아니다. 그 예로, 같은 불쾌지수값에 대하여 열대우림지역의 주민과 저온건조기후에 익숙한 지역에 사는 사람들의 체감은 전혀 다를 것이다. 그래서 불쾌지수를 유용하게 이용하려면 해당 지역민에 대한 체감조사가 적절히 수행되어야 한다. 우리나라는 불쾌지수에 대한 일반인의 체감을 체계적으로 조사한 자료가 없기 때문에, 지리적으로 인접해 있고 같은 몽골리언에 속하여 우리와 유사한 체감을 보일 것으로 사료되는 일본의 자료(Table 2)를 이용하고 있다. 우리나라의 매스컴에서 인용하고 있는 자료는 일본에서 조사된 불쾌지수와 일반인의 체감-더위간의 상관자료이다. 이 자료로부터 미국인들보다 일본인들의 체감이 덜 민감함을 알 수 있다.

Table 2. Discomfort Index and bodily sensation in case of Japan (After Nakamura, S. and Kitamura, K, 1987).

Discomfort Index	Bodily Sensation
DI ≤ 55	feel the cold
55 ≤ DI ≤ 60	feel the cool
60 ≤ DI ≤ 65	feel nothing
65 ≤ DI ≤ 70	feel refreshed
70 ≤ DI ≤ 75	feel the faint heat
75 ≤ DI ≤ 80	feel the somewhat heat
80 ≤ DI ≤ 85	feel the steaming heat
85 ≤ DI	seriously feel the scorching heat

불쾌지수는 주로 여름철 냉방설정의 참고자료로 활용되고 있지만, 겨울철 난방조건 설정에도 이용할 수 있다. Table 2에 제시되어 있듯이 불쾌지수가 60이하가 되면 쌀쌀함을 느끼고, 55이하가 되면 추위를 느끼게 된다. 즉, 상대습도가 50%일 경우에 12℃이하가 되면 불쾌지수가 55에 도달하므로 난방의 필요성이 제기되는 것이다. 그래서 불쾌지수는 냉·난방도일(Cooling and Heating degree day)이라는 지수와 함께 냉난방 조건의 설정에 가장 유용하게 활용되고 있다. 적절한 냉난방의 설정은 산업생산성 향상을 위해서 대단히 중요하다. 자원절약을 위하여 냉난방의 자제를 호소하고 있는 것이 우리나라의 현실이지만, 무조건적인 냉난방의 자제는 필연적으로 업무의 능률저하를 일으켜 연료절약 이상의 고비용을 초래할 수 있다. 따라서 냉난방지수나 불쾌지수와 같은 객관적인 자료를 잘 활용하여 업무능률을 저하시키지 않는 범위 내에서 절제된 냉난방 조건을 제시하는 것이 바람직하다고 하겠다.

본 연구에서는 우리나라의 지역별 연중 불쾌지수 분포를 조사하였다. 이를 통하여 우리나라의 지역별 냉난방조건의 특성을 파악하고자 한다. 그리고 불쾌지수의 지역별 차이를 유발하는 지리적·기후학적 원인을 분석하고자 한다. 우리나라는 삼면이 바다로 이루어져 있지만, 편서풍대에 위치한 관계로 인하여 한반도의 서쪽지역은 해양성기후를, 동쪽은 대륙성기후를 나타낸다는 사실은 널리 알려져 있다.³⁾ 또, 우리나라는 세계에서 가장 큰 대륙과 바다인 유라시아대륙과 북태평양의 경계지점에 위치하고 있기 때문에 탁월한 계절풍의 영향을 받아 지역별로 다른 해양효과가 나타난다. 즉 여름철에는 남서풍, 겨울철에는 북서~북동풍이 탁월하므로, 여름철에는 남해안과 서해안에 해양기후의 특성이 강하고 겨울철에는 시베리아 한기단의 확장방향에 따라서 서해와 동해안이 받는 해양의 영향이 달라진다.⁴⁾ 이러한 이유로 우리나라는 위도 분포차이에 따라서 남부지방과 북부지방의 기온분포가 달라지고, 해양영향의 차이로 인한 습도의 지역적 차이가 발생한다. 불쾌지수란 이 두 효과(기온과 습도)에 의하여 표현되므로 우리나라의 불쾌지수는 계절별로 복잡한 양상을 보인다. 본 연구에서는 이를 바탕으로 불쾌지수의 지역적 분포특성 및 그 원인을 규명하고자 한다. 본 연구에서는, 지역별 기후 체감효과에 대한 객관적 자료를 제안하므로 이를 이용하여 작업능률의 저하를 초래하지 않는 범위 내에서 적절한 냉난방조건을 지역별로 설정하는 데에 기초자료로 활용할 수 있다는 점에서 그 중요성을 찾을 수 있을 것이다.

2. 자료 및 처리방법

2.1. 자료

본 연구를 수행하기 위한 자료는 전국의 9개 주요 기상관측지점(서울, 대전, 대구, 충주, 광주, 군산, 속초, 부산, 제주)에서 측정된 30년간(1961 ~ 1990)의 온도 및 상대습도 자료⁵⁾를 이용하였다. 기상자료는 기상청에서 발간한 한국 기후표 제 I 권에서 발췌하였다. 관측지점의

선정은 위도대별, 해안과 내륙별, 해안별 대표성을 갖도록 하였다. 그리고 본 연구에서는 30년간에 걸친 기후자료를 이용하였기 때문에 산출된 불쾌지수 값은 평년치를 나타낸다고 할 수 있다.

2.2. 처리방법

불쾌지수(DI)의 원시(原始)방정식은 앞에서 지적하였듯이, 최적의 냉방조건을 설계하고 조절하기 위한 온습도 지수(Temperature Humidity Index)로서 고안된 것이기 때문에

$$DI = 0.4(t_d + t_w) + 15 \quad (1)$$

로 정의되었다. 여기서 t_d 는 건구온도(°F), t_w 는 습구온도(°F)이다. 이 식을 화씨에서 섭씨온도로 환산하면

$$DI = 0.72(T_d + T_w) + 40.6 \quad (2)$$

으로 된다. 여기서 T_d 는 건구온도(°C), T_w 는 습구온도(°C)이다. 불쾌지수를 구하는 변형된 식으로 다음과 같이 기온 T (°C), 상대습도 U (%)를 이용하는 것도 있다.

$$DI = 0.81T + 0.01U(0.99T - 14.3) + 46.3 \quad (3)$$

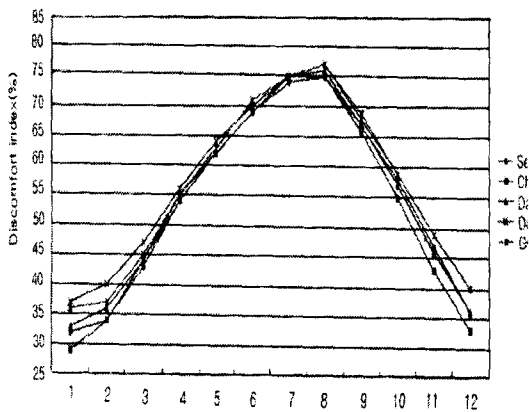
또 기온 T (°C)와 노점온도 T_{dp} (°C)로부터 불쾌지수를 구하는 수식도 제안되어 있다.

$$DI = 0.99T + 0.36T_{dp} + 45 \quad (4)$$

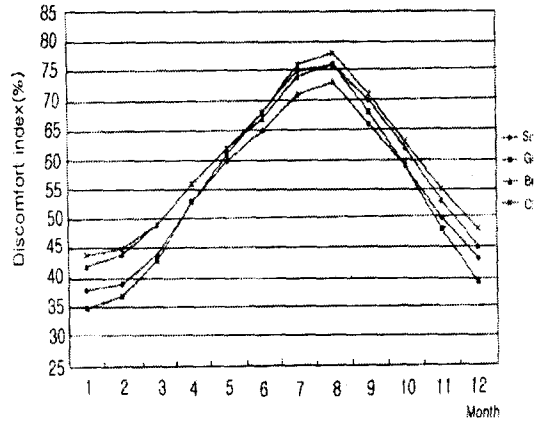
이상 네 개의 식 중에서 어느 것을 이용하여도 계산 결과는 같게 산출된다. 본 연구에서는 기상청에서 관측된 기온과 상대습도를 이용하였기 때문에 식(3)으로부터 불쾌지수가 산출되었다.

3. 결 과

우리 나라의 주요 기상관측지점의 기후자료(1961~1990)를 이용한 불쾌지수의 계산결과를 Fig. 2에 나타내었다.



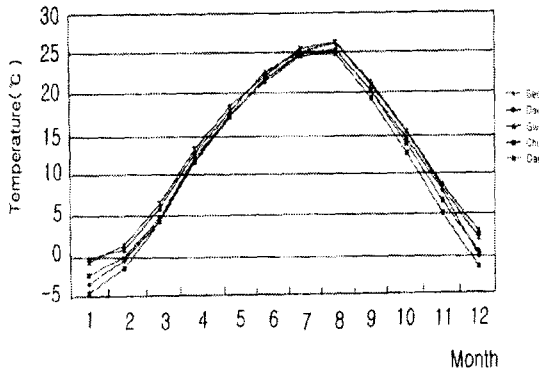
(a)



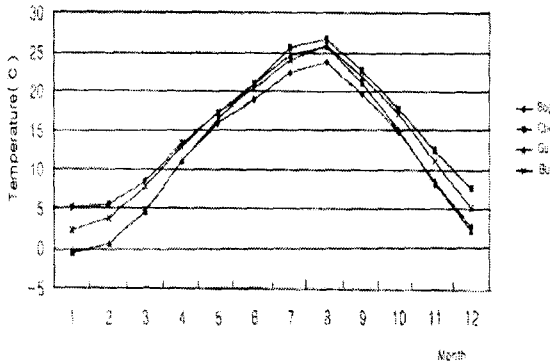
(b)

Fig. 2. Monthly distribution do discomfort index at the coastal regions.

Fig. 2(a)는 우리나라의 대표적인 내륙도시에 있어서 불쾌지수의 월별 분포를 나타내고 있다. 하계(6~8월)의 경우에는 8월에 최대를 나타내는데 청주가 75로 가장 작았고, 광주가 78로 가장 높았다. 7월에는 74~75정도이었고, 6월에는 68~72 정도의 값을 나타내었다. 그래서 우리나라 내륙지역의 경우, 7~8월에는 위도대, 도시규모, 분지형태 등에 관계없이 상당히 높은 불쾌지수를 보임을 알 수 있다. 75이상이라는 수치는 주민의 50% 이상이 불쾌감을 느끼는 값이다. 그리고 내륙지역에서는 연중 6개월에 걸쳐서 추위를 느끼는 55이하의 값을 나타낸다는 것을 확인할 수 있다. 쾌적함을 느끼게 하는 60~70 정도의 값은 5월과 10월에만 나타났는데, 이로부터 우리나라의 기후는 봄과 가을이 짧고 여름과 겨울이 긴 대륙성기후에 가깝다는 것을 확인할 수 있다. Fig. 2(b)에 우리나라의 대표적인 해안도시에 있어서 불쾌지수의 월별 분포를 나타내었다. 해안지방의 경우는 내륙지방과 달리, 위도 대에 따라서 불쾌지수 값의 차이가 연중 상대적으로 크게 나타남을 볼 수 있다. 하계(6~8월)의 경우, 동해안의 북쪽에 위치한 속초의 불쾌지수가 가장 작고(6월에 65, 7월에 71, 8월에 73), 제주가 가장 큰 불쾌지수 값(6월에 68, 7월에 76, 8월에 78)을 나타내었다. 제주의 하계 불쾌지수 값이 내륙지역의 그것에 비하여 작지 않음을 알 수 있다. 한편, 우리나라 해안지방의 경우에는 쾌적함을 느끼게 하는 60~70 정도의 값이 연중 4개월(5, 6, 9, 10월)에 걸쳐 나타났다. 즉, 우리나라의 내륙지방이 대륙성의 기후특성을 보임에 비하여 해안지방은 보다 온후한 해양성 기후특성을 나타냄을 알 수 있다. 그리고 서해안에 위치한 군산이 다른 지역에 비하여 상대적으로 불쾌지수의 연중 변동 양이 크다는 것을 알 수 있는데, 이는 서해가 수심이 얕고, 외해로부터의 난류의 유입이 적어 다른 해역에 비하여 열적인 완충지로서의 역할이 약하기 때문일 것이다.



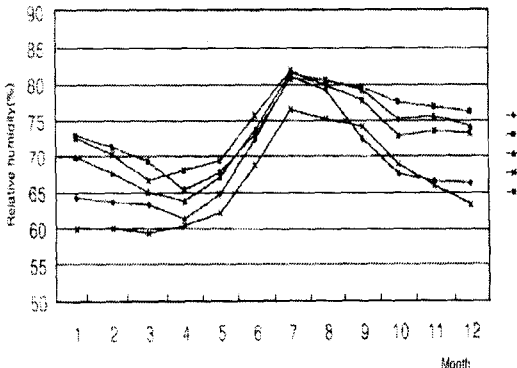
(a)



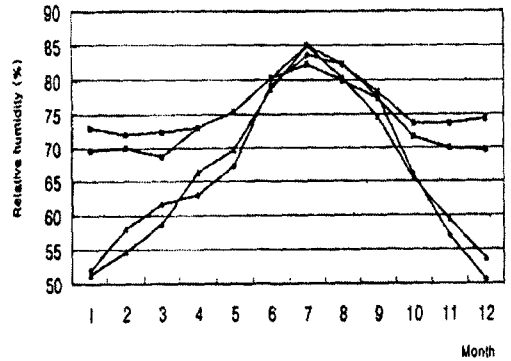
(b)

Fig. 3. Monthly distribution of air temperature at the coastal regions.

Fig. 3(a), (b)는 각각 내륙과 해안지역의 연중 기온변화를 나타낸다. 기온분포의 특징은, 내륙지역이 해안도시에 비하여 하계에 기온이 높고 동계에는 기온이 낮다는 것이다. 이는 해양의 열적인 스펀지 효과로 설명할 수 있다. 또 내륙도시들의 기온분포는, 하계에는 위도에 따른 기온차이가 미미하고, 동계에는 그 차이가 상대적으로 크게 남을 볼 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 4. Monthly distribution of relative humidity at the inland regions.

Fig. 4(a), (b)는 각각 내륙과 해안지역의 연중 상대습도의 시간변화를 나타낸다. 특징적인 사실로서는, 먼저 하계의 해안지역(Fig. 4(b))의 상대습도가 내륙지역의 그것에 비하여 약 5%정도 높다는 사실이다. 이는 하계의 우리나라의 탁월풍인 남서기류가 따뜻한 해안에서 내륙 쪽으로 수증기를 유입한 결과로 해석된다. 이에 반하여, 동계에는 우리나라의 탁월풍이 북서기류이므로 남쪽해상으로부터의 수증기 유입효과가 적어지기 때문에 동쪽 해안에 위치한 부산과 속초의 경우에는 오히려 내륙의 도시보다도 상대습도가 5~10%나 낮음을 볼 수 있다.

4. 결 론

불쾌지수는 주로 여름철 냉방설정의 참고자료로 활용되고 있지만, 겨울철 난방조건 설정에도 이용할 수 있다. 불쾌지수가 60이하가 되면 쌀쌀함을 느끼고, 55이하가 되면 추위를 느끼게 되므로, 불쾌지수를 이용하여 난방조건을 설정하려면 실내의 불쾌지수가 60이상이 되도록 하면 된다. 자원절약을 위하여 냉난방의 자체를 호소하고 있는 것이 우리나라의 현실이지만, 무조건적인 냉난방의 자체는 필연적으로 업무의 능률저하를 일으켜 연료절약 이상의 고비용을 초래할 수 있다. 따라서 불쾌지수와 같은 객관적인 자료를 잘 활용하여 업무능률을 저하시키지 않는 범위 내에서 절제된 냉난방 조건을 조성하는 것이 바람직하다.

아울러 불쾌지수는 자연환경에 따른 생활의 쾌적함을 객관적 수치로 제시할 수 있기 때문에, 이의 전국적 분포를 조사하는 것은 우리나라의 자연환경의 파악이라는 측면에서도 의미를 찾을 수 있다. 그래서 본 연구에서는 30년간의 우리나라 전국의 기상자료를 이용하여 우리나라의 지역별 연중 불쾌지수 분포를 조사하였다. 그 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 불쾌지수를 결정하는 기상요소 중에서, 기온분포의 시간변화는, 내륙지역이 해안도시에 비하여 하계에 기온이 높고 동계에는 기온이 낮았다. 또 내륙도시들의 기온분포는, 하계에는 위도에 따른 기온차이가 미미하고,

동계에는 그 차이가 상대적으로 크게 나타났다.

둘째, 불쾌지수를 결정하는 기상요소 중에서, 상대습도분포의 시간변화는, 하계의 해안지역의 상대습도가 내륙지역의 그것에 비하여 약 5%정도 높았다. 이는 하계의 우리 나라의 탁월풍인 남서기류가 따뜻한 해안에서 내륙 쪽으로 수증기를 유입한 결과로 해석된다. 이에 반하여, 동계에는 우리 나라의 탁월풍이 북서기류이므로 남쪽해상으로부터의 수증기 유입효과가 적어지기 때문에 동쪽 해안에 위치한 부산과 속초의 경우에는 오히려 내륙의 도시보다도 상대습도가 5~10% 정도 낮았다.

셋째, 위에서 기술한 기온과 상대습도분포의 시간변화의 결과로 우리나라 내륙지역 불쾌지수의 경우, 7~8월에는 위도대, 도시규모, 분지형태 등에 관계없이 상당히 높은 불쾌지수(75이상)를 보임을 알 수 있다. 75이상이라는 수치는 주민의 50% 이상이 불쾌감을 느끼는 값이다. 그리고 내륙지역에서는 연중 6개월에 걸쳐서 추위를 느끼는 55 이하의 값을 나타낸다는 것을 확인할 수 있다. 쾌적함을 느끼게 하는 60~70정도의 값은 5월과 10월에 만 나타났는데, 이로부터 우리 나라의 기후는 봄과 가을이 짧고 여름과 겨울이 긴 대륙성기후에 가깝다.

넷째, 우리 나라의 해안도시의 불쾌지수는 내륙지방과 달리, 위도대에 따라서 불쾌지수 값의 차이가 연중 상대

적으로 크게 나타났다. 하계(6~8월)의 경우, 동해안의 북쪽에 위치한 속초의 불쾌지수가 가장 작고, 제주가 가장 큰 불쾌지수 값을 나타내었다. 제주의 하계 불쾌지수 값이 내륙지역의 그것에 비하여 작지 않음을 알 수 있다. 한편, 우리 나라 해안지방의 경우에는 쾌적함을 느끼게 하는 60~70 정도의 값이 연중 4개월(5, 6, 9, 10월)에 걸쳐 나타났다. 다섯째, 불쾌지수의 계절별 변화특성으로부터, 우리 나라의 내륙지방이 대륙성의 기후특성을 보임에 비하여 해안지방은 보다 온후한 해양성 기후특성을 나타냄을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) Nakamura, S. and Kitamura, K., 1987, 기상데이터 매뉴얼, Maruzen 주식회사, 204pp. (in Japanese)
- 2) Antoh, S. and Nita, T., 1993, Encyclopedia of Meteorology, 동경당 출판, 607pp. (in Japanese)
- 3) 김 연옥, 1987, 신기후학 개론, 정익사, 270pp.
- 4) Tsuboi, Y., 1983, Rice crops and the abnormal weather in Korea. Kishow, 27(11), 25-28. (in Japanese)
- 5) 기상청(1991) 한국 기후표, 기상청 응용기상국 기후자료과, 동진문화사, 294pp.