

제주지역 기온과 강수량의 기후 변동 특성

김성수^{1,*} · 장승민¹ · 백희정² · 최홍연¹ · 권원태²

¹제주지방기상청, 690-801 제주도 건입동 연상로 31

²기상연구소 기후연구실, 156-801 서울시 동작구 신대방2동 460-18

Climatological Variability of Temperature and Precipitation in Jeju

Seong-Su Kim^{1,*}, Seung-Min Jang¹, Hee-Jeong Baek²,
Heung-Yeon Choi¹ and Won-Tae Kwon²

¹Jeju Regional Meteorological Office, Jeju 690-801, Korea

²Climate Research Laboratory, Meteorological Research Institute, Seoul 156-720, Korea

Abstract: The characteristics of variability of temperature and precipitation in Jeju were investigated using data observed in Jeju station for from 1924 to 2004. Annual mean temperature change for the last 81 years is 0.02°C increase per year. After 1980, the increase is 0.05°C per year, larger than the former. The increase of the minimum temperature is larger than that of the maximum temperature in Jeju and has resulted in the increase of mean temperature. The frequency of climate extreme occurrence of temperature and rainfall was also investigated. The temporal variation of frequency of the extremely higher temperature has increased in the 1980's with global warming. The appearance of the extremely lower minimum temperature has decreased during the summers and winters. The facts that the frequencies of rainy days has decreased and heavy rainfall days of more than 80 mm per day in precipitation has increased indicate the increase of rainfall intensity.

Keywords: temperature variability, precipitation variability, climate extreme, Jeju, global warming

요약: 1924년부터 2004년까지 제주관측지점 자료를 이용하여 제주의 기온과 강수량의 변동 특성을 조사하였다. 지난 81년 동안 연평균 기온은 0.02°C/year 정도로 증가하였으며 1980년 이후에는 0.05°C/year로 이전보다 큰 폭으로 증가하였다. 최저기온의 증가가 최고기온 증가보다 크게 나타나 결과적으로 최저기온의 상승이 평균기온의 상승을 유발한 것으로 보인다. 기온과 강수의 특이기후 발생빈도 또한 조사하였다. 최고기온 특이값 빈도에 대한 기온편차는 지구온난화 경향과 더불어 1980년대에 증가하였으며, 최저기온 특이값은 여름과 겨울 동안 감소하는 것으로 나타났다. 강수일수는 감소하고 일강수량이 80 mm 이상인 호우일수의 빈도는 증가하여 강수강도가 강화되는 것으로 나타났다.

주요어: 기온 변동, 강수 변동, 특이기후, 제주, 지구온난화

서론

최근 들어 기후변화에 대한 많은 연구가 국내외에서 진행되고 있으며, 전지구적인 기온 상승으로 인한 뚜렷한 평균값의 변화가 있었다는 것이 알려지고 있다. 이러한 기온 상승은 지역 기후별로 다르게 나타날 것이며, 제주에서의 기온 변화경향 또한 지역기후

의 특성에 따라 다르게 전개될 것으로 판단되므로, 미래의 기후변화 전망을 위해서는 과거 기후변동 특성에 대한 이해가 필요하며, 특히 지역 기후변동 특성에 대한 이해가 요구된다.

IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001) 보고서에 의하면 20세기 지구의 평균기온이 0.6°C 상승했음이 밝혀졌으며, 이외에도 지구온난화를 입증하는 많은 연구들이 이루어져 왔다. 이러한 기온 상승은 기존의 여러 연구결과에 의해 한반도에서도 발생했음이 밝혀진 바 있다. 이종범(1978)은 1954년부터 1977년까지 24년간 서울의 평균기온이 0.64°C

*Corresponding author: kimss@kma.go.kr

Tel: 82-64-759-0364

Fax: 82-64-759-0368

증가하는 것을 보였으며, 강용균과 노재식(1985)은 1954년부터 1983년까지 30년 동안의 기온분석을 통해 한반도 14개 지점에서 기온이 증가하고 있다고 하였다. 또한 최근 기상연구소 자료(2004a)에 의하면 우리나라에서 근대적인 기상관측이 시작된 이래 평균기온이 1.5°C 상승하여 전지구적인 온난화 추세를 상회하고 있음을 보인다.

이러한 연구 성과에도 불구하고 제주지역과 관련된 기후연구는 양성기 외(1995)의 제주도 함덕연안해역의 해황·기상의 계절변동에 관한 연구와 제주도 해안 지역의 기온분포(이윤주, 2000) 등 일부에 지나지 않아 제주지역의 기후변동에 관한 연구가 거의 없는 상태이다.

따라서 본 연구에서는 제주지역의 기상관측자료를 이용하여 기후변화 연구에 있어서 균질적인 장기자료를 확보하고자 기온과 강수의 추세 변동성을 분석하고 기후 변동을 직접적으로 반영하는 특이기상의 발생 및 변화경향을 조사하여 제주지역 기온 및 강수의 변동성을 파악하고자 한다.

자료 및 분석방법

본 연구에서 사용된 자료는 제주지방기상청(33° 31' N, 126° 31' E, 해발고도 19.97 m)에서 관측된 기온 자료와 강수량 자료를 제주지역의 대표값으로 사용하였으며, 도시화에 의한 효과는 배제하지 않았다.

제주지방기상청은 1923년부터 관측을 실시하였으며, 관측개시 이후 관측지점의 이동은 없었다. 기온과 강수의 변화경향을 알아보기 위해 1924년 이후의 평균기온, 최고기온, 최저기온 및 강수량의 시계열과 1924년부터 2004년까지 관측값의 평균에 대한 편차를 구하였으며, 강수가 감지된 날을 기준으로 한 강수일수와 일강수량이 80 mm 이상인 호우일수의 빈도변화 및 기온과 강수의 관계도 살펴보았다. 또한 기온과 강수의 분포에서 5% 이내의 범위에 포함되는 수치를 특이기온과 특이강수로 정의하여 이에 대한 변화경향도 알아보았다.

분석방법은 자료의 흐름을 연속적인 시간에 따라 어떤 현상이 발생했는지, 자료의 패턴이 어떠한지 파

악하고자 시계열 분석을 실시하였으며, 추세분석은 선형회귀분석을 이용하여 경향변화를 분석하였다. 또한, 선형회귀직선은 유의수준 0.05에서 F-test를 사용하여 유의성 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

기온 및 강수량의 경향성 분석

기후자료의 분석에 앞서 먼저 관측 이래 기온 및 강수에 대한 일반적인 기후특성에 대해 살펴보하고자 한다. 1924년부터 2004년까지 81년간 제주의 연평균 기온 및 연강수량은 각각 15.1°C와 1438.4 mm(Table 1)로서 대부분의 한반도 내륙 지역 값보다 높다. Fig. 1에 최고, 평균, 최저기온의 연변화 및 최고기온과 최저기온의 차이, 전 달에 대한 평균기온의 변화율을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 최고기온과 최저기온, 평균기온의 연변화는 비슷한 경향을 보이고 있으며, 최고기온과 최저기온의 차이는 상대습도가 낮고 운량이 적은 4월과 5월에 차이가 크고(8.0°C), 상대습도가 높고 운량이 많은 7월(6.2°C)은 차이가 작게 나타났다. 전 달에 비하여 기온이 높아진 달은 7개월, 낮아진 달은 5개월로 나타났으며, 봄에 비하여 가을에 기온이 빨리 변하는 것을 알 수 있다. 전 달에 대한 기온상승은 4월에 4.5°C, 10월과 11월은 기온하락폭이 5.0°C로 가장 크게 나타났다.

Fig. 2는 제주의 기온과 강수량의 월변화를 나타낸 것으로 월평균 기온은 1월이 가장 낮고 8월이 가장 높게 나타나고 있다. 기상연구소(2004b)에 의하면 “우리나라가 북반구에 위치하여 태양의 고도가 12월이 최저, 6월이 최고를 보이므로 기온은 1월에 최저, 7월에 최고를 보이는 것이 타당하나 7월은 장마로 인해 강수량과 구름이 많으므로, 8월에 최고 기온을 보이는 경우가 많다”고 보고하고 있다.

기온자료가 어떠한 경향성을 가지는지 살펴보기 위해 회귀분석을 실시하였다. 시간 t에 대하여 반응변수인 연평균 기온을 y_t라고 할 때 회귀모형은 다음과 같이 정의된다.

Table 1. Average and standard deviation of climate elements in Jeju

Period of analysis	Annual mean temperature		Annual precipitation	
	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation
1924-2004	15.1°C	0.7	1438.4 mm	327.5

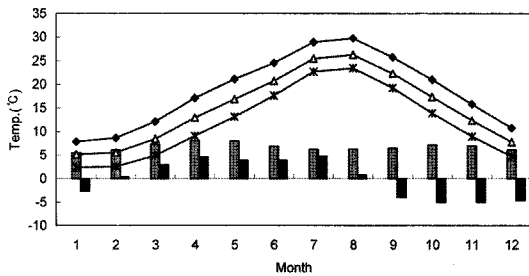


Fig. 1. The variation of monthly temperature in Jeju; maximum (◆), mean (△), minimum temperature (*), difference of maximum temperature and minimum temperature (light bar) and difference of mean temperature about former month (dark bar).

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 t + \epsilon_i$$

여기서 독립변수 t 에 관한 일차항이 의미를 갖는가에 대한 가설은

$$H_0: \beta = 0, H_1: \beta \neq 0$$

로 세울 수 있으며, 이에 대한 검정통계량 F 와 기각역은 다음과 같이 주어진다.

$$F \geq F(1, n-2; \alpha)$$

Table 2는 기온에 대한 회귀직선의 유의성을 검정하기 위해 작성한 분산분석표(ANOVA table)를 나타낸 것으로 자유도가 1, 79일 때, 95%에서 유의한 $F(\alpha)$ 값인 $F(1, 79; 0.05)$ 는 3.961901로 F 값이 그 이상으로

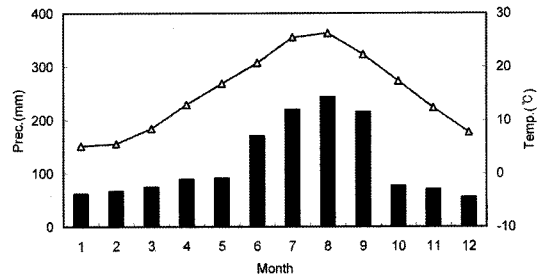


Fig. 2. The variation of monthly precipitation (bar) and mean temperature (solid line) in Jeju.

나타나 귀무가설 $H_0: \beta = 0$ 이 기각된다. 즉, 회귀직선은 유의한 것으로 나타났다. 다만, Table 3과 같이 연평균 최고기온의 경우 R^2 이 0.21로 총변동 중에서 회귀직선에 의해 설명되는 부분이 다른 요소에 비해 작게 나타났다.

Fig. 3은 연평균 기온의 시계열을 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 제주의 연평균 기온은 전반적으로 상승하고 있으며, 이러한 기온상승은 전지구적으로 일어나는 온난화 현상에 수반되어 나타나는 것으로 판단할 수 있다. 제주의 연평균 기온은 $0.02^\circ\text{C}/\text{year}$ 정도 상승하여 관측 이래 1.6°C 의 기온상승을 보이고 있으며, 1980년 이후에는 $0.05^\circ\text{C}/\text{year}$ 의 비율로 상승하여 최근에 들어 상승폭이 커지는 양상을 보이고 있다. 이러한 기온 상승경향은 지구 평균기온 증가율을 상회하는 것이지만(Jones et al., 1991; IPCC,

Table 2. ANOVA table for temperature at Jeju

Element		Degrees of freedom	Sum of squares	Mean of squares	F
Annual mean temperature	Regression	1	21.48611	21.48611	118.0894
	Residual	79	14.37389	0.181948	
	Total	80	35.86		
Annual maximum temperature	Regression	1	4.720683	4.720683	21.37256
	Residual	79	17.44919	0.220876	
	Total	80	22.16988		
Annual minimum temperature	Regression	1	30.1479	30.1479	138.7309
	Residual	79	17.16765	0.217312	
	Total	80	47.31556		
$F(\alpha)$		$F(1, 79; 0.05) : 3.961901$		$F(1, 79; 0.01) : 6.966957$	

Table 3. Coefficients of linear regression equation model for temperature at Jeju

Element	β_0	β_1	σ^2	R^2
Annual mean temperature	14.20	0.02 (2.2/100 year)	0.45	0.56
Annual maximum temperature	18.18	0.01 (1.03/100 year)	0.28	0.21
Annual minimum temperature	10.82	0.03 (2.61/100 year)	0.59	0.64

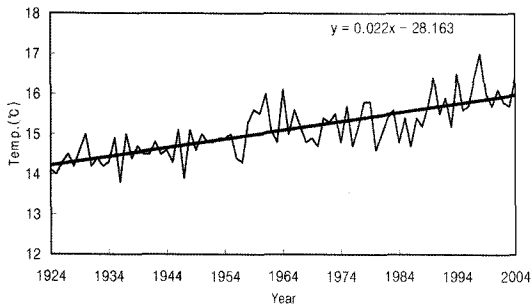


Fig. 3. The variation of annual mean temperature in Jeju (1924~2004).

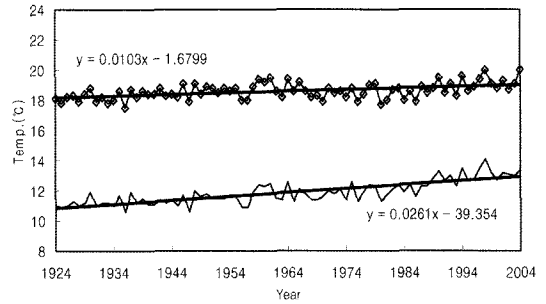


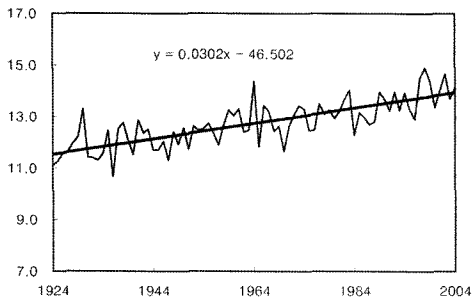
Fig. 4. The variation of annual minimum temperature (---) and maximum temperature (◇---) in Jeju (1924~2004).

2001), 서울의 평균기온 상승률보다는 작은 것이며, 이것은 도시규모의 차이에 의한 것으로 사료된다(정용승과 윤마병, 1999).

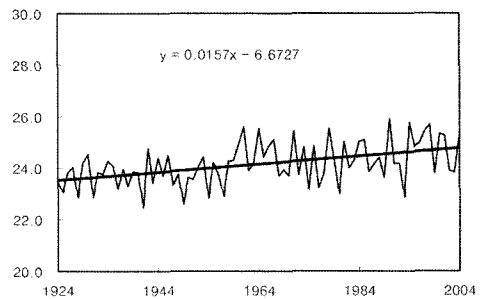
연평균 최고기온과 연평균 최저기온은 관측 이래 상승경향을 나타내어 연평균 기온의 상승에 영향을 미쳤다. Fig. 4는 분석기간 동안 제주의 연평균 최고기온과 연평균 최저기온의 변화경향을 나타낸 것으로 연평균 최고기온의 경우 0.01°C/year, 연평균 최저기온은 0.026°C/year 정도의 기온 상승을 보이고 있어 연평균 기온의 상승과 비교해서 최고기온의 증가율은 작고 최저기온의 증가율은 크게 나타나고 있다. 따라

서 평균기온의 전체적인 상승을 유발하는 것은 이명인(1995)에서와 같이 최고기온보다는 최저기온의 상승이 더 많이 기여하고 있음을 보여주고 있다.

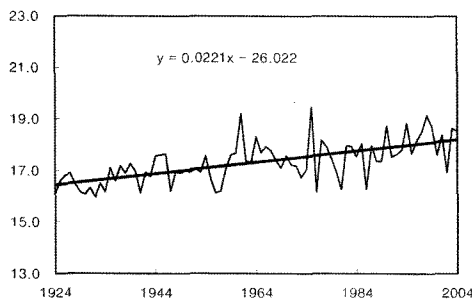
Fig. 5는 계절별 평균기온변화를 나타낸 것이다. 평균기온의 증가경향은 계절에 따라 차이를 보이고 있으며, 연별 변동 또한 상당한 차이를 보이고 있다. 계절별 기온상승폭은 봄에 0.03°C/year로 가장 컸으며, 다음으로 가을, 겨울, 여름 순으로 나타나 봄에 가장 뚜렷하게 기온 증가경향이 나타났고, 여름에 가장 약하게 나타났다. 이러한 결과는 이명인(1995)이 1906년부터 1994년까지 13개 기상대의 평균기온을



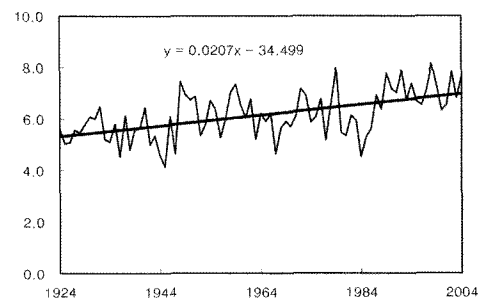
(a)



(b)

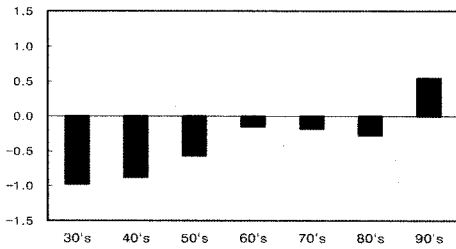


(c)

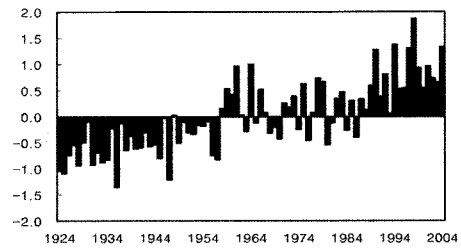


(d)

Fig. 5. The variation of seasonal mean temperature in Jeju (1924~2004); (a) spring, (b) summer, (c) autumn and (d) winter.



(a)



(b)

Fig. 6. The variation of temperature anomalies in Jeju; (a) decadal mean temperature, (b) annual mean temperature.

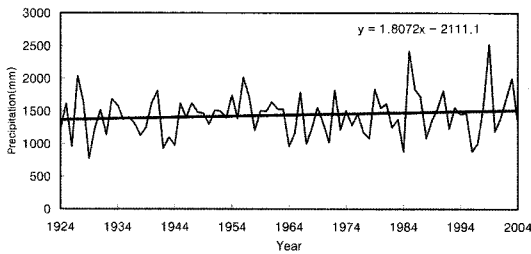


Fig. 7. The variation of annual precipitation in Jeju (1924~2004).

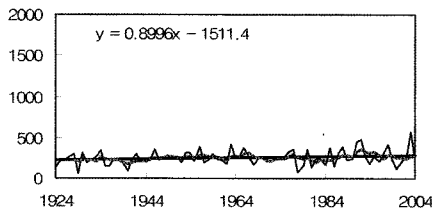
분석한 결과 봄에 가장 뚜렷하게 기온 증가경향이 나타났다는 연구결과에 부합된다.

Fig. 6에서는 1924년부터 2004년까지 평균기온에 대한 편차를 나타내었는데 시간에 따라 점차 상승하는 경향을 보여주고 있다. 1936년에 -1.4°C 로 가장 작게 나타났으며, 1998년에 1.9°C 로 가장 높게 나타나고 있는데 전구기온 또한 가장 높게 나타났던 해

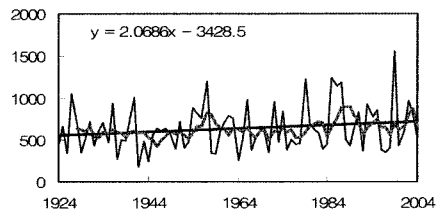
로 기록되었다(Bell et al., 1999). 특히 1990년대는 관측기간 동안 가장 온난한 10년으로 기록되고 있다.

Fig. 7은 제주의 연강수량 시계열을 나타낸 것으로 기온에 비해 변동성이 매우 큼을 알 수 있다. 전 기간에 대한 변화경향을 살펴보면 1.8 mm/year 정도의 증가 경향을 보이거나 0.05 유의수준에 대해서 유의하지 않은 결과를 보였다. 다만 1980년대 중반 이후에 연강수량의 변동폭이 커지고 있는데, 이는 극한 강수 사상의 증가를 암시한다고 볼 수 있다.

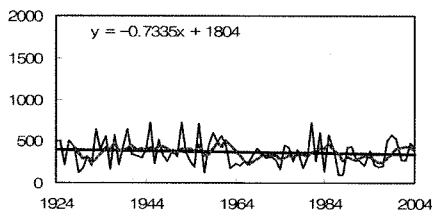
Fig. 8에서 계절별 강수량의 변화경향을 나타낸 결과를 비교해 보면 연평균 강수량의 절반 이상이 6~9월에 발생된다는 정용승과 윤마병(1999)의 연구결과처럼 장마 및 태풍의 영향을 많이 받는 여름에 변동폭 및 증가량이 가장 많은 것으로 나타났으며, 제주도의 여름철 강수량 변동에 대해 이승호와 권원태(2004)는 다른 지역과 달리 두 번의 극대기와 그 사이의 극소기를 분명하게 나타는 특성을 보인다고 하였다.



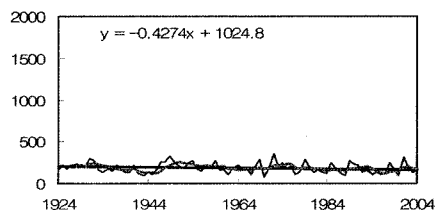
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 8. The variation of seasonal precipitation in Jeju (1924~2004); (a) spring, (b) summer, (c) autumn and (d) winter.

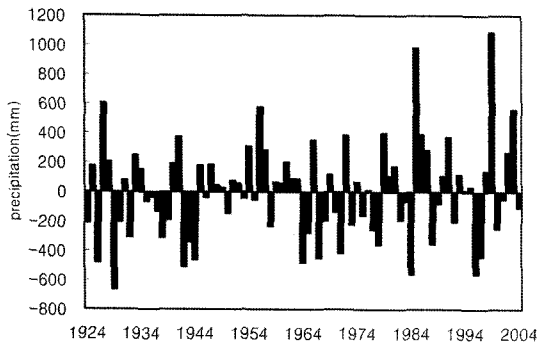


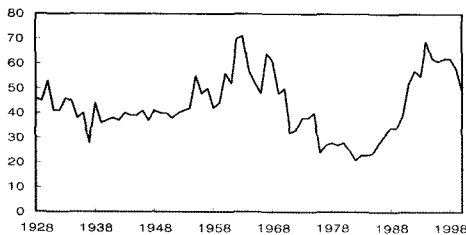
Fig. 9. The variation of annual total precipitation anomalies in Jeju (1924-2004).

Fig. 9에서 나타난 연강수량 anomaly에서 볼 수 있듯이 1999년에 비가 가장 많이 내렸고, 1929년에 가장 비가 적었으며, 최근 10년 동안 가장 비가 적었던 해는 1996년이였다. 1924년에서 2004년까지 연평균 강수량은 1,438.4 mm로 비가 500 mm 이상 더 많이 온 해는 1927, 1956, 1985, 1999년 및 2003년이였으며, 500 mm 이상 더 적게 내린 해는 1929, 1942, 1984년 및 1996년이였다. 기상연구소(2002)에 의하면 “1991년부터 2000년까지 10년간 연강수량은 제주가 다른 내륙지역에 비해 많은 강수량을 보였다”고 하였는데 이것은 위도가 낮아 기온이 높고 해양의 영향을 많이 받는 이유로 사료된다.

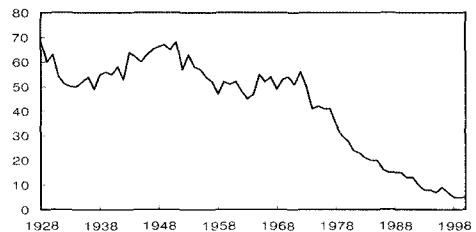
기온 및 강수량의 특이값 분석

제주의 특이기온 발생분포를 구체적으로 분석하기 위해 하주영(1998)이 사용하였던 방법을 이용하여 조사하였다. 이를 위해 여름철과 겨울철에 나타날 수 있는 폭염과 혹한, 냉해와 관련된 특이기온의 발생빈도를 조사하였다. 이들의 기준값은 여름철과 겨울철의 일최고기온과 일최저기온의 상위 5%와 하위 5%로 정하였으며, 여름(겨울)에 일최고기온이 33.1(16.2) °C 이상, 일최저기온이 15.2(-1.3)°C 이하인 경우가 전체의 5% 정도의 발생확률을 보였는데 이와 같은 경우를 특이기온으로 정의하였다. 일최고기온과 일최저기온의 특이값 발생빈도를 구하여 Fig. 10에 9년 이동합을 나타내었으며, Fig. 10(a), (b)는 여름, Fig. 10(c), (d)는 겨울철 기온에 대한 결과이다.

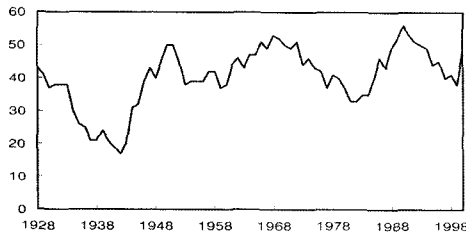
그림에서 보는 바와 같이 여름과 겨울 모두 일최저기온 특이값에서는 발생빈도가 시간에 따라 감소하는 경향을 보이는 반면, 일최고기온 특이값에서는 10년 이상의 장주기 변동을 하고 있는 것으로 보인다. 최고기온과 최저기온 시계열분석에서 나타난 것과 같이 최고기온의 상승보다 최저기온의 상승이 더욱 뚜렷하므로 최저기온의 영향을 받는 여름철의 냉해와 겨울철의 혹한의 발생빈도가 감소되는 경향을 나타내고 있다. 그러나 여름철의 폭염과 온난한 겨울에 영향을 미치는 특이기온의 발생빈도는 1940년대에 감



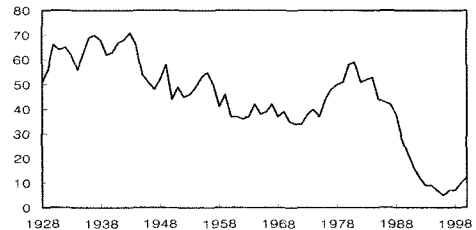
(a) $\geq 33.1^{\circ}\text{C}$ in max. temperature



(b) $\leq 15.2^{\circ}\text{C}$ in min. temperature



(c) $\geq 16.2^{\circ}\text{C}$ in max. temperature



(d) $\leq -1.3^{\circ}\text{C}$ in min. temperature

Fig. 10. The occurrences of the number of extremely high and low cases by 9-years moving sum in daily maximum and minimum temperature; (a) and (b) are for the summer, (c) and (d) are for the winter.

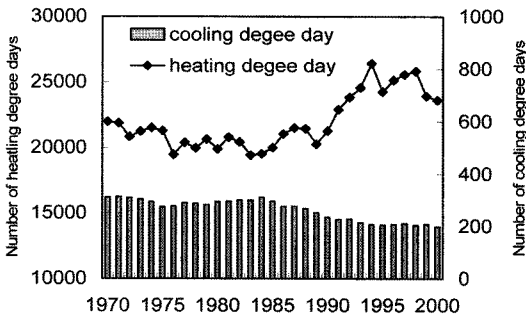


Fig. 11. The occurrences of the number of cooling and heating degree days by 9-years moving sum in Jeju.

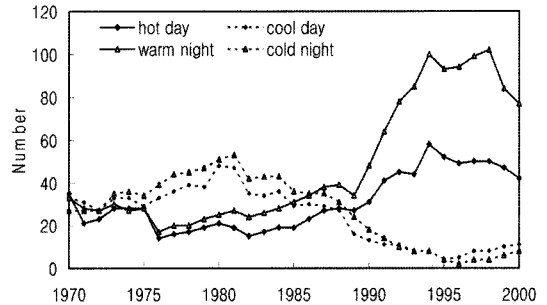


Fig. 12. The occurrences of the number of hot days, warm nights, cold days and cold nights by 9-years moving sum in Jeju.

소하다 다시 증가하고 1980년대에 감소했다가 다시 증가하는 진동형태를 보이고 있다.

1980년 이후 뚜렷해진 온난화는 일최고기온과 일최저기온 모두의 기온 상승에 의한 것으로(이명인과 강인식, 1997) 최저기온 특이값 빈도수 감소와 최고기온 특이값 빈도수 증가가 뚜렷하게 나타나고 있는데 이러한 경향은 온난화를 반영하고 있다고 할 수 있다.

기온과 관련된 특이값의 발생에 대하여 9년 이동합을 실시한 최근 30년간의 결과를 Fig. 11 및 Fig. 12에 보였다. Fig. 11에서 난방도일은 일평균기온이 18°C 이하인 날의 일평균기온과 18°C와의 차이의 합이며, 냉방도일은 일평균기온이 26°C 이상인 날의 일평균기온과 18°C와의 차이의 합으로 정의하였다. 대체적으로 일평균기온이 18°C 이하인 날은 10월에서 4월까지, 26°C 이상인 날은 6월에서 9월까지 많이 발생한다.

Fig. 12에서 온난일은 관측기간 중 최고기온의 상위 1% 이내의 값을, 한랭일은 최고기온 하위 1% 이내의 값으로 정의하였으며, 온난야는 최저기온 상위 1% 이내, 한랭야는 최저기온 하위 1% 이내의 값을 택하였다. 분석결과 온난일은 33.5°C 이상, 한랭일은 2.4°C 이하, 온난야는 26.2°C 이상 그리고 한랭야는 -1.7°C 이하로 나타났다.

제주의 기온관련지수 발생일수 변동을 살펴보면 시간이 지나면서 최고기온과 관련된 요소인 난방도일, 한랭일, 한랭야는 점차 감소하는 경향을, 최저기온과 연관된 냉방도일, 온난일, 온난야는 점차 증가하는 경향을 보이고 있다. 특히 1990년대에 들어 온난일과 온난야의 발생일수와 비교하여 한랭일과 한랭야의 편차가 갑자기 커지는 경향을 나타내고 있는데 이것은

최근 가속화되고 있는 온난화현상을 반영한 결과로 사료된다.

강수가 있었던 날을 기준으로 강수량의 발생확률을 구한 결과, 총강수일의 약 80%가 0~10 mm의 강수가 있었던 경우이며, 특이값으로 정의할 수 있는 약 5% 정도의 발생빈도를 보이는 값은 35 mm이고, 약 1% 정도를 나타내는 값은 100 mm로 나타났다. 이렇게 분석된 각 강수량에 대한 9년 이동합을 구하여 발생 경향을 Fig. 13에 나타내었다.

그림에서 보는 것처럼 0~10 mm의 강수량 발생일수는 시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 보이는 반면, 35 mm 이상의 강수일은 다소 진동을 하지만 1960년대 들어서면서 증가하는 경향을 보이고 있으며, 100 mm 이상의 강수일수는 1980년대 들어서면서 급격히 증가했다.

Fig. 14는 강수시간이 기록되기 시작한 1964년부터 2004년까지 연간 강수시간과 연강수량을 그린 그림으로, 전반적으로 비슷한 변화경향을 보이고 있다. 그러나 1980년대 중반과 1990년대 후반에서 2000년대까지는 강수시간과 강수량의 차이가 크게 나타나고 있다. 이러한 이유는 강수일의 80% 이상을 차지하여 총강수시간을 좌우할 수 있는 0~10 mm 값의 감소경향과 더불어 35 mm와 100 mm 이상의 강수량 발생이 같은 기간에 증가한 점과 관련이 있는 것으로 사료된다.

Fig. 15는 관측 이래 강수일수와 호우일수의 9년 이동합을 구하여 변화를 나타낸 것으로 기상연구소(2004a)가 1954년부터 2003년까지 14개 관측지점을 분석한 연구결과처럼 강수일수는 감소하고 일강수량이 80 mm 이상인 호우일수는 증가하는 경향을 보이고 있어 결과적으로 최근에 들어서면서 강수강도가

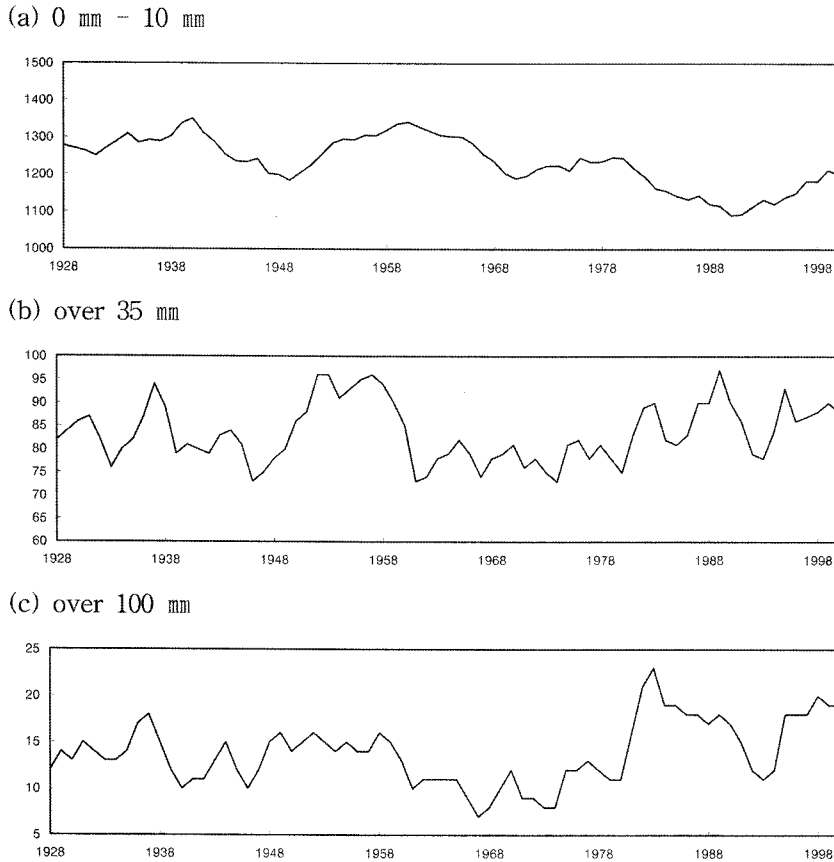


Fig. 13. The variation of the number of rainy day for the precipitation amounts. The number is obtained by the 9-year running sum of the annual numbers.

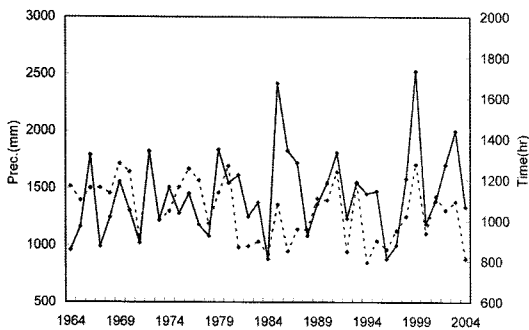


Fig. 14. The variation of accumulated rainfall duration (dotted line) and annual total precipitation amounts (solid line).

증가하였음을 알 수 있다.

Fig. 16을 보면 호우일수의 발생빈도는 1930년대에 2.0 day/year인데 비해서 1990년대에 3.1 day/year로 과거에 비하여 증가하는 추세를 보이고 있는데, 이러한 호우일수의 증가는 미국 및 호주에서도 나타나는 것으로 보고되었다(Karl et al., 1996).

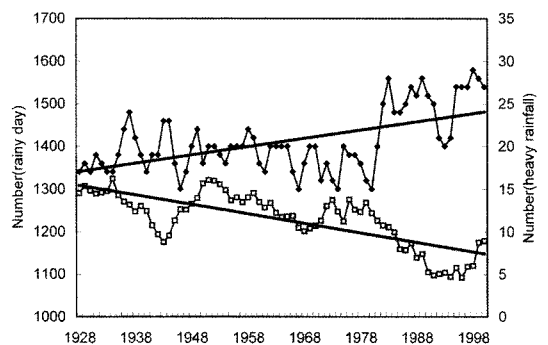


Fig. 15. Temporal variation of 9-year moving sum of the number of rainy day per year (□) and heavy rainfall day per year (◆).

제주의 hythergraph

Fig. 17에서 보이는 바와 같이 연대별로 월평균 기온과 강수량의 관계를 보면, 과거에는 9월이 최고 강수량에 근접하였으나 1960년대 이후 9월 강수량이 현저하게 줄어들고 8월에 최고 강수량을 보이고 있

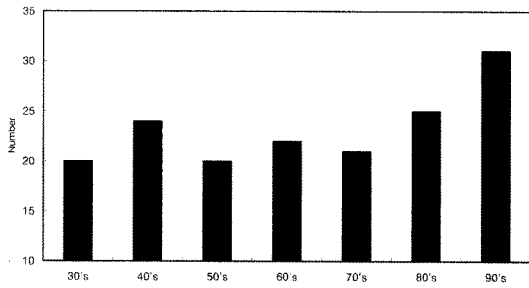


Fig. 16. The variation of heavy rainfall days (≥80 mm).

으며, 전체적으로도 8월에 최고 강수량을 나타내고 있다. 최고기온은 전체에 걸쳐 8월에 가장 높게 나타나고 있다. 또한 겨울 평균기온도 과거에 비해 상승했음을 알 수 있다.

결론

본 연구에서는 1924년부터 2004년까지 기온 및 강

수량 관측자료를 이용하여 제주 기온과 강수량의 변동 특성을 살펴보았다. 시계열 분석을 통하여 전체적인 변화경향을 조사하였고, 이와 더불어 특이기온 및 특이강수 발생이 어떻게 변화하고 있는지 살펴보았다. 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

제주의 연평균 기온은 지난 81년간 약 0.02°C/year의 증가율을 보였으며, 특히 1980년대 이후에는 0.05°C/year 정도의 상승률을 보여 기온 증가경향이 가속화되었다. 온난화 경향은 계절별로 다르게 나타나 기온의 증가는 봄철에 가장 크게 나타났다. 또한, 일최고기온과 일최저기온은 81년 동안 각각 0.01°C/year, 0.026°C/year 정도 증가한 것으로 나타났다. 결과적으로 최저기온의 상승률이 최고기온의 상승률보다 높게 나타나고 있어 평균기온의 상승은 최고기온보다는 최저기온의 상승이 더 많은 기여를 하고 있는 것으로 나타났다. 특이기온 분석 결과 일최저기온 특이값에서는 발생빈도가 시간에 따라 감소하는 경향을 보이는 반면, 일최고기온 특이값은 전체적으로는 증가하

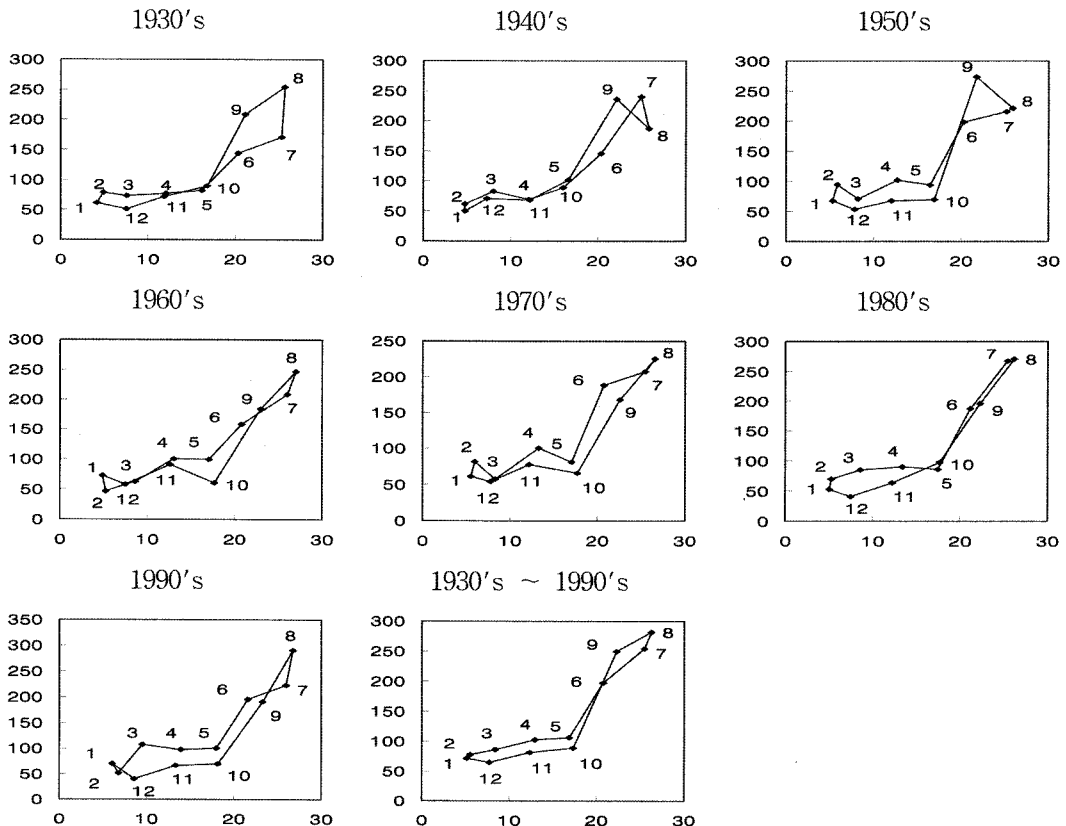


Fig. 17. The hythergraph for 70 years at Jeju; Horizontal is monthly mean temperature (°C) and vertical is monthly precipitation (mm).

지만 10년 이상의 장주기 변동을 하는 것으로 나타났다. 또한 기온과 관련된 특이치수 발생일수는 최고 기온과 관련된 요소는 점차 감소하고, 최저기온과 연관된 요소는 점차 증가하고 있어 온난화경향을 반영하는 것으로 나타났다.

강수량은 기온에 비해 변동성이 매우 크게 나타나고 있으며, 계절별 강수량은 태풍 및 장마의 영향을 받는 여름에 가장 많게 나타났다. 강수량별 발생 빈도를 조사한 결과 0~10 mm의 발생빈도는 전반적으로 감소하는 경향을 보였으나 상위 약 5%에 해당하는 강수량의 발생빈도는 증가하는 경향을 보이고 있어 최근 호우 발생가능성이 증대되는 형태를 보여주고 있다. 강수시간과 연강수량은 비슷한 변화경향을 보이고 있으나 1980년대 중반과 1990년대 후반에서 2000년대에는 강수시간과 강수량의 차이가 크게 나타났다. 이러한 이유는 강수일의 80% 이상을 차지하여 총강수시간을 좌우할 수 있는 0~10 mm 발생빈도의 감소경향과 특이 강수량 발생빈도가 같은 기간에 증가한 점과 관련이 있는 것으로 볼 수 있다. 이와 더불어 강수일수는 감소하고 호우일수는 증가하는 경향을 보이고 있어 결과적으로 강수강도가 증가하였음을 알 수 있었다.

본 연구의 분석결과는 온실기체 증가 등에 따른 제주 기후의 변화경향을 파악하고자 하는 시나리오 작성이나 온난화 지수를 산출하려는 이후의 연구에 대한 기초 작업이 될 수 있으리라 판단된다.

사 사

이 연구는 기상연구소 주요사업 “기후변화협약대응 지역기후시나리오 활용기술 개발”의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

강용균, 노재식, 1985, 과거 30년간 (1954-1983) 한국 기온의 연변화 및 연별 변동. 한국기상학회지, 21(3), 1-10.

기상연구소, 2002, 기후변화협약대응 지역기후시나리오 산출기술개발(I). 441 p.
 기상연구소, 2004a, 기후변화협약대응 지역기후시나리오 산출기술개발(III). 510 p.
 기상연구소, 2004b, 한국의 기후. 기상청 기상연구소, 417 p.
 양성기, 김해동, 최찬문, 1995, 제주도 함덕연안해역의 해양·기상의 계절변동에 관한 연구. 제주대학교 해양연보, 19, 1-10.
 이명인, 1995, 한반도 기온변동성과 온난화. 서울대학교 석사학위 논문, 64 p.
 이명인, 강인식, 1997, 한반도 기온 변동성과 온난화. 한국기상학회지, 33(3), 429-443.
 이승호, 권원태, 2004, 한국의 여름철 강수량 변동-순별 강수량을 중심으로-. 대한지리학회지 39(6), 819-832.
 이윤주, 2000, 제주도 해안 지역의 기온분포. 건국대학교 석사학위 논문, 40 p.
 이종범, 1978, 서울지방의 기온 경년변화와 그 요인에 관하여. 한국기상학회지, 14(1), 29-35.
 정용승, 윤마병, 1999, 한국의 최근 기후변화와 관련된 요소들. 한국기상학회지, 35(3), 309-318.
 하주영, 1998, 한반도의 기후변동성에 관한 연구. 서울대학교 석사학위 논문, 59 p.
 Bell, G. D., M. S. Halpert, C. F. Ropelewski, V. E. Kosky, A. V. Douglas, R. C. Schnell and M. E. Gelman, 1999, Climate Assessment for 1998. Bulletin of the American Meteorological Society, 80(5), 1040-1088.
 IPCC, 2001, Climate Change 2001, The Scientific Basis. Houghton and Ding (Eds.), Cambridge Press, 881 p.
 Jones, P. D., T. M. L. Wigley and G. Farmer, 1991, Marine and land temperature data set: a comparison and look at recent trends. in Schlessinger, M. E. ed. Greenhouse-gas-induced Climatic Change: A Critical Appraisal of Simulation and Observations. Elsevier, Amsterdam, 153-172.
 Karl, T. R., W. K. Richard, R. E. David and G. Q. Robert, 1996, Climate Assessment for 1995. Indices of Climate Change for the United States. Bulletin of the American Meteorological Society, 77(2), 292-297.

2006년 1월 20일 접수
 2006년 3월 21일 수정원고 접수
 2006년 3월 21일 원고 채택