

제주도 기후변화 경향 및 기후특성에 관한 연구

The Study on the Regional Characteristics of Climate Change in Jeju Island

주관연구기관	제주지방기상청
연구책임자	현동식
발행년월	2009-10
주관부처	기상청
사업관리기관	국립기상연구소
NDSL URL	http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO201000012270
IP/ID	14.49.138.138
이용시간	2017/11/02 17:33:31

저작권 안내

- ① NDSL에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, KISTI는 복제/배포/전송권을 확보하고 있습니다.
- ② NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 상업적 및 기타 영리목적으로 복제/배포/전송할 경우 사전에 KISTI의 허락을 받아야 합니다.
- ③ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 보도, 비평, 교육, 연구 등을 위하여 정당한 범위 안에서 공정한 관행에 합치되게 인용할 수 있습니다.
- ④ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우 저작권법 제136조에 따라 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처해질 수 있습니다.

발 간 등 록 번 호
11-1360169-000022-01

제주도 기후변화 경향 및 기후특성에 관한 연구

The Study on the Regional Characteristics of Climate Change in Jeju Island

2009

연 구 기 관

제주지방기상청 동네예보팀



국립기상연구소
Meteorological Research Institute
Korea Meteorological Administration

nimr
국립기상연구소

연구보고서

1. 제 목 : 제주도 기후변화 경향 및 기후특성에 관한 연구

The Study on the Regional Characteristics of Climate Change in Jeju Island

2. 연 구 부 서 : 제주지방기상청 동네예보팀 / 국립기상연구소 기후연구과

3. 연 구 기 간 : 2009. 2. 1. ~ 2009. 10. 31.

4. 연구책임자 : 현 동 식, 권 원 태¹

5. 참여연구원 : 백 희 정¹ 강 민 협 한 경 훈 고 수 완
 김 창 문 오 영 숙 박 혜 정 이 명 훈
 김 대 준 고 진 영 고 희 종 이 경 용
 한 미 정

1 국립기상연구소 기후연구과

목 차

그림차례	iii
표 차례	vi
요 약	viii
제1장 서 론	1
제2장 제주도 기상관측의 역사 및 환경	2
2.1. 개 요	2
2.2. 기상관측의 역사	4
2.2.1. 제주지방기상청	4
2.2.2. 서귀포기상대	6
2.2.3. 고산기상대	9
2.2.4. 성산기상대	11
2.3. 제주도의 환경	13
2.3.1. 자연환경	13
2.3.2. 인문환경	13
제3장 제주도 기후변화 경향 및 변동성 : 제주시	15
3.1. 기후요소별 변화경향	15
3.1.1. 기온	15
3.1.2. 강수	20
3.1.3. 바람	25
3.1.4. 상대습도	26
3.2. 현상일수 및 계절의 변화	27
3.2.1. 안개일수	27
3.2.2. 서리일수	28
3.2.3. 뇌전일수	29
3.2.4. 결빙일수	30
3.2.5. 황사일수	31
3.2.6. 자연계절의 변화	32

제4장 제주도 기후변화 경향 및 변동성 : 서귀포시	34
4.1. 기후요소별 변화경향	34
4.1.1. 기온	34
4.1.2. 강수	39
4.1.3. 바람	44
4.1.4. 상대습도	45
4.2. 현상일수 및 계절의 변화	46
4.2.1. 안개일수	46
4.2.2. 서리일수	47
4.2.3. 뇌전일수	48
4.2.4. 결빙일수	49
4.2.5. 황사일수	50
4.2.6. 자연계절의 변화	51
제5장 제주도 관측지점별 시계열 비교	53
5.1. 개 요	53
5.2. 기온변동성 비교	53
5.2.1. 평균기온	53
5.2.2. 최고기온	55
5.2.3. 최저기온	58
5.3. 평균풍속 비교	61
5.4. 강수량 비교	64
5.5. 아열대기후의 확장	66
제6장 결 론	68
참고 문헌	70

그림 차례

그림 2.1 제주도 기상관측망	3
그림 2.2 고도별 기상관측지점	3
그림 2.3 제주지방기상청 (a)관측소 전경(b)전체배치도(c)육상관측장소 전경(d)측기배치도	5
그림 2.4 제주지방기상청 청사의 변천	6
그림 2.5 서귀포기상대 (a)관측소 전경(b)전체배치도(c)관측장소 전경(d)측기배치도	8
그림 2.6 서귀포기상대 청사의 변천	8
그림 2.7 고산기상대 (a)관측소 전경(b)전체배치도(c)관측장소 전경(d)측기배치도	10
그림 2.8 성산기상대 (a)관측소 전경(b)전체배치도(c)관측장소 전경(d)측기배치도	12
그림 3.1 제주시 (a)연평균기온 변화 및 (b)일교차 변화(1924~2008년)	15
그림 3.2 제주 계절별 평균기온의 시계열 및 변화경향(1924~2008) : (a)봄(b)여름(c)가을(d)겨울	16
그림 3.3 제주시 (a)연평균 최고기온 및 (b)연평균 최저기온의 변화경향 (1924~2008년)	16
그림 3.4 제주시 계절별 최고기온의 변화경향(1924~2008년) : (a)봄(b)여름(c)가을(d)겨울	17
그림 3.5 제주시 계절별 최저기온의 변화경향(1924~2008년) : (a)봄(b)여름(c)가을(d)겨울	17
그림 3.6 제주시 열대일 일수(1924~2008년)	18
그림 3.7 제주시 열대야 일수(1924~2008년)	19
그림 3.8 제주시 영하 일수(1924~2008년)	19
그림 3.9 제주시 (a)월평균기온과 월강수량의 연변화 및 (b)연대별 평균기온과 강수량 변화추이(1920's ~ 2000's)	20
그림 3.10 제주시 연강수량의 (a)시계열 변화 및 (b)편차 (1924~2008년)	20
그림 3.11 제주시 계절별 강수량의 변화(1924~2008년) : (a)봄(b)여름(c)가을(d)겨울	21
그림 3.12 제주시 강수일수 및 편차(1924~2008년)	22
그림 3.13 제주시 계절별 강수일수(1924~2008년) : (a)봄(b)여름(c)가을(d)겨울	22
그림 3.14 제주시 강수강도 변화(1924~2008년)	23
그림 3.15 제주시 (a)80mm 이상 호우일수 변화 및 (b)10년 이동평균(1924~2008년)	23
그림 3.16 제주시 (a)150mm 이상 호우일수 변화 및 (b)10년 이동평균 (1924~2008년)	24
그림 3.17 제주시 (a)연 평균풍속의 시계열 변화경향 및 (b)편차(1924~2008)	25
그림 3.18 제주시 (a)연 최대풍속의 시계열 변화경향 및 (b)편차(1924~2008)	25

그림 3.19	제주시 (a)평균 상대습도의 시계열 변화경향 및 (b)편차(1924~2008년)	26
그림 3.20	제주시 안개일수의 변화(1970~2008년)	27
그림 3.21	제주시 서리일수의 변화(1970~2008년)	28
그림 3.22	제주시 뇌전일수의 변화(1970~2008년)	29
그림 3.23	제주시 결빙일수의 변화(1970~2008년)	30
그림 3.24	제주시 황사일수의 변화(1970~2008년)	31
그림 3.25	제주시 자연계절 변화(1920년대 VS 2000년대)	33
그림 4.1	서귀포 (a)연평균기온 변화 및 (b)일교차 변화(1961~2008년)	34
그림 4.2	서귀포 계절별 평균기온의 시계열 및 변화경향(1961~2008) :	
	(a)봄(b)여름(c)가을(d)겨울	35
그림 4.3	서귀포 (a)연평균최고기온 및 (b)연평균최저기온의 변화경향(1961~2008년)	35
그림 4.4	서귀포 계절별 최고기온의 변화경향(1961~2008년) :	
	(a)봄(b)여름(c)가을(d)겨울	36
그림 4.5	서귀포 계절별 최저기온의 변화경향(1961~2008년) :	
	(a)봄(b)여름(c)가을(d)겨울	36
그림 4.6	서귀포 열대일 일수(1961~2008년)	37
그림 4.7	서귀포 열대야 일수(1961~2008년)	38
그림 4.8	서귀포 영하 일수(1961~2008년)	38
그림 4.9	서귀포 (a)월평균기온과 월강수량의 연변화 및	
	(b)연대별 평균기온과 강수량 변화추이(1920's ~ 2000's)	39
그림 4.10	서귀포 연강수량의 (a)시계열 변화 및 (b)편차 (1961~2008년)	39
그림 4.11	서귀포 계절별 강수량의 변화(1961~2008년) :	
	(a)봄(b)여름(c)가을(d)겨울	40
그림 4.12	서귀포 강수일수 및 편차(1961~2008년)	41
그림 4.13	서귀포 계절별 강수일수(1961~2008년) : (a)봄(b)여름(c)가을(d)겨울	41
그림 4.14	서귀포 강수강도 변화(1961~2008년)	42
그림 4.15	서귀포 (a)80mm 이상 호우일수 변화 및 (b)10년 이동평균 (1924~2008년)	42
그림 4.16	서귀포 (a)100mm 이상 호우일수 변화 및 (b)10년 이동평균 (1961~2008년)	43
그림 4.17	서귀포 (a)연 평균풍속의 시계열 변화경향 및 (b)편차(1961~2008)	44
그림 4.18	서귀포 (a)연 최대풍속의 시계열 변화경향 및 (b)편차(1961~2008)	44
그림 4.19	서귀포 (a)평균 상대습도의 시계열 변화경향 및 (b)편차(1961~2008)	45
그림 4.20	서귀포 안개일수의 변화(1970~2008년)	46
그림 4.21	서귀포 서리일수의 변화(1970~2008년)	47
그림 4.22	서귀포 뇌전일수의 변화(1970~2008년)	48

그림 4.23 서귀포 결빙일수의 변화(1970~2008년)	49
그림 4.24 서귀포 황사일수의 변화(1970~2008년)	50
그림 4.25 서귀포 자연계절 변화(1960년대 VS 2000년대)	52
그림 5.1 제주도 연평균 기온 분포(2004~2008년)	53
그림 5.2 계절별 평균기온 분포 (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울	54
그림 5.3 제주도 연평균최고기온 분포(2004~2008년)	56
그림 5.4 계절별 최고기온 분포 (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울	56
그림 5.5 제주도 연평균최저기온 분포(2004~2008년)	58
그림 5.6 계절별 최저기온 분포 (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울	59
그림 5.7 고도별 기온분포(연평균, 연평균최고, 연평균최저기온)	60
그림 5.8 제주도 연평균풍속 분포(2004~2008년)	61
그림 5.9 계절별 평균풍속 분포 (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울	62
그림 5.10 제주도 연강수량 분포(2004~2008년)	64
그림 5.11 계절별 누적강수량 분포 (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울	65
그림 5.12 월별 관측평균값에 근거한 제주도의 아열대 기후구분	67

표 차 례

표 2.1 기상관서별 기상관측업무	2
표 2.2 AWS 지점별 기상관측 이력	3
표 2.3 제주지방기상청 관측지점정보	4
표 2.4 제주지방기상청 관측환경상수	5
표 2.5 제주지방기상청 주요운영장비	5
표 2.6 서귀포기상대 관측지점정보	7
표 2.7 서귀포기상대 관측환경상수	7
표 2.8 서귀포기상대 주요운영장비	7
표 2.9 고산기상대 관측지점정보	9
표 2.10 고산기상대 관측환경상수	9
표 2.11 고산기상대 주요운영장비	10
표 2.12 성산기상대 관측지점정보	11
표 2.13 성산기상대 관측환경상수	11
표 2.14 성산기상대 주요운영장비	12
표 3.1 제주시 계절별 강수량, 강수일수, 강수강도(1924~2008)	21
표 3.2 제주시 계절별 평균 상대습도와 변화율(1924~2008년)	26
표 3.3 제주시 계절별 평균 안개일수와 변화율(1970~2008년)	27
표 3.4 제주시 계절별 평균 서리일수와 변화율(1970~2008년)	28
표 3.5 제주시 계절별 평균 뇌전일수와 변화율(1970~2008년)	29
표 3.6 제주시 계절별 평균 결빙일수와 변화율(1970~2008년)	30
표 3.7 제주시 계절별 평균 황사일수와 변화율(1970~2008년)	31
표 3.8 제주시 계절 시작일의 변화(1924~2008년)	32
표 3.9 제주시 연도별 일평균기온 5℃ 미만일수(1924~2008년)	33
표 4.1 서귀포 계절별 강수량, 강수일수, 강수강도(1961~2008)	40
표 4.2 서귀포 계절별 평균 상대습도와 변화율(1961~2008년)	45
표 4.3 서귀포 계절별 평균 안개일수와 변화율(1970~2008년)	46
표 4.4 서귀포 계절별 평균 서리일수와 변화율(1970~2008년)	47

표 4.5 서귀포 계절별 평균 뇌전일수와 변화율(1970~2008년)	48
표 4.6 서귀포 계절별 평균 결빙일수와 변화율(1970~2008년)	49
표 4.7 서귀포 계절별 평균 황사일수와 변화율(1970~2008년)	50
표 4.8 서귀포시 계절 시작일의 변화(1961~2008년)	51
표 4.9 서귀포시 연도별 일평균기온 5℃ 미만일수(1961~2008년)	52
표 5.1 지역별 연평균기온 및 계절별 평균기온	55
표 5.2 지역별 연평균최고기온 및 계절별 평균최고기온	57
표 5.3 지역별 연평균최저기온 및 계절별 평균최저기온	60
표 5.4 지역별 연평균풍속 및 계절별 평균풍속	63
표 5.5 지역별 연평균강수량 및 계절별 누적강수량	66

여백

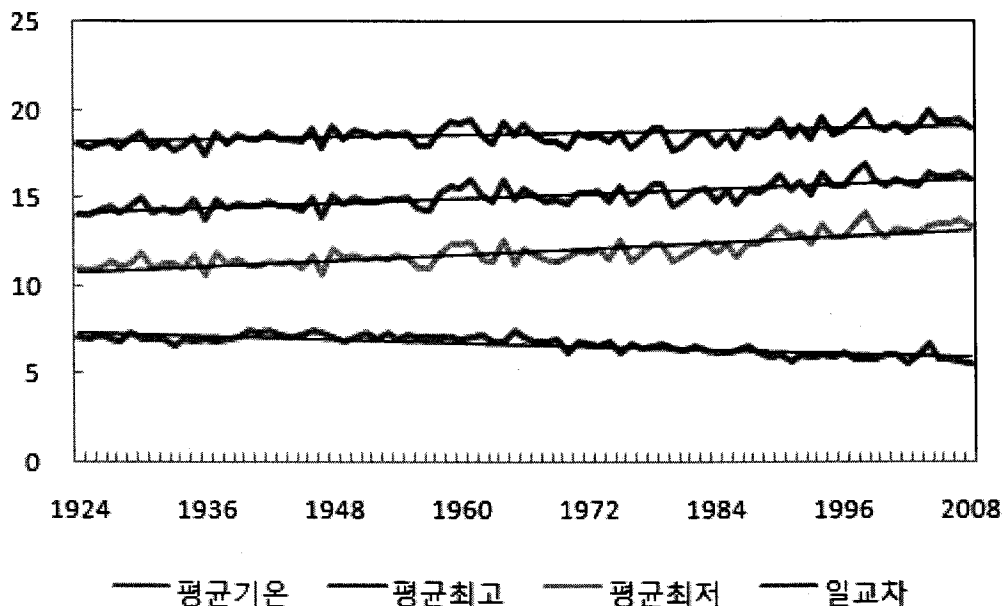
요 약

지구온난화는 전지구적으로 해결하고 준비해야 할 중요 과제중 하나이다. 본 연구는 우리나라 최남단이자 가장 큰 섬인 제주도 지방의 기후변화 경향을 연구함으로써 녹색성장을 위한 이론적 기초를 정립하고자 하였다. 기후변화경향 분석을 위해 요소별(기온·강수량·풍속·상대습도) 분석을 하였으며 현상일수 및 자연계절의 변화경향을 분석하였다. 또한 최근 5년간의 자료 분석을 통해 제주도의 기후특성이 아열대화 되었음을 증명하였다.

□ 기온의 변화경향

1924년 이후 지난 85년간 제주시 연평균 기온은 15.2℃, 연평균 최고기온은 18.6℃, 연평균 최저기온은 12.0℃이며, 그 변화율은 각각 0.23℃/10년, 0.11℃/10년, 0.28℃/10년으로써, 상승경향이 뚜렷하며 그 중에서도 최저기온의 변화율이 가장 크다.

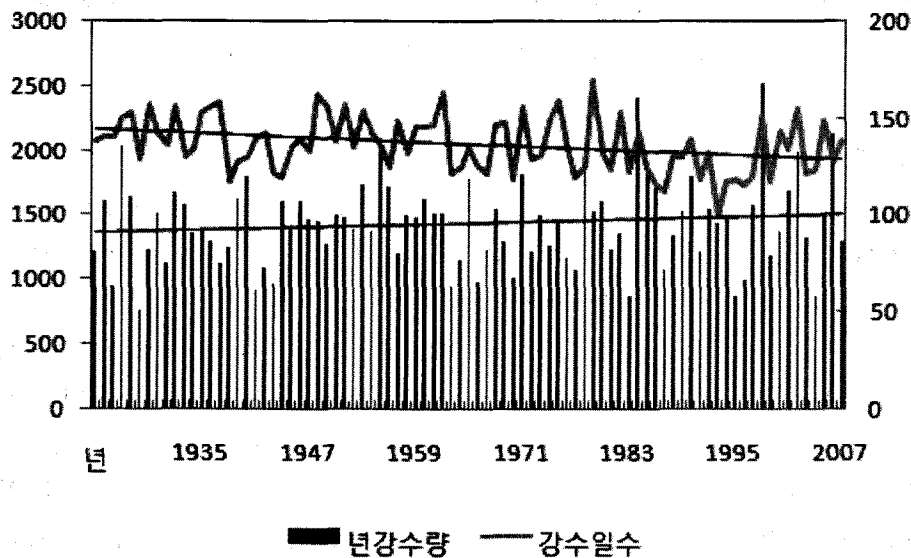
분석 기간 중 처음 10년(1924~1933년)의 연평균 기온은 14.4℃, 마지막 10년(1999~2008년)의 연평균 기온은 16.1℃로써, 1.7℃ 상승하였다. 한편 연평균 최고기온은 18.1℃에서 19.2℃로 1.1℃ 상승하였으며, 연평균 최저기온은 11.2℃에서 13.3℃로 2.1℃ 상승하였다. 열대야 일수는 마지막 10년 평균 23.3일로, 처음 10년(7.6일)보다 약 3배 증가하였으며, 열대일 일수는 26일에서 34일로 약 30% 증가하였다. 반면 영하일은 21일에서 3.7일로 약 80% 감소하였다.



[연평균기온, 연평균 최고기온, 연평균 최저기온, 일교차 변화(1924~2008년)]

□ 강수량 변화경향

85년 동안 제주시 연강수량은 1439.5mm, 연강수일수는 136.7일, 강수강도는 10.6mm/일이다. 처음 10년 기간(1924~1933년) 연강수량은 1382.4mm이고, 마지막 10년 기간(1999~2008년) 연강수량은 1599.0mm로써, 216.6mm 증가하였다. 연강수일수는 처음 10년 기간 144.6일, 마지막 10년 기간 136.4일로써, 8.2일 감소하였다. 한편, 연강수강도는 처음 10년 기간 9.5mm/일, 마지막 10년 기간 11.6mm/일로 2.1mm/일 증가하였다.



[강수량, 강수일수 변화(1924~2008년)]

□ 현상일수의 변화

1970~2008년(39년)동안 제주시 연 안개일수는 14.9일이며 0.8일/10년의 비율로 증가하고 있다. 처음 10년(1970~1979년)기간 동안 14.0일이었으나, 마지막 10년(1999~2008년)은 16.9일로 평균 2.9일 증가(+20.7%)하였다.

같은 기간 제주시 연 서리일수는 8.6일이며 3.0일/10년의 비율로 감소하고 있다. 처음 10년(1970~1979년) 10.6일이었으나, 마지막 10년(1999~2008년)은 3.6일로 7일 감소(-66%)하였다.

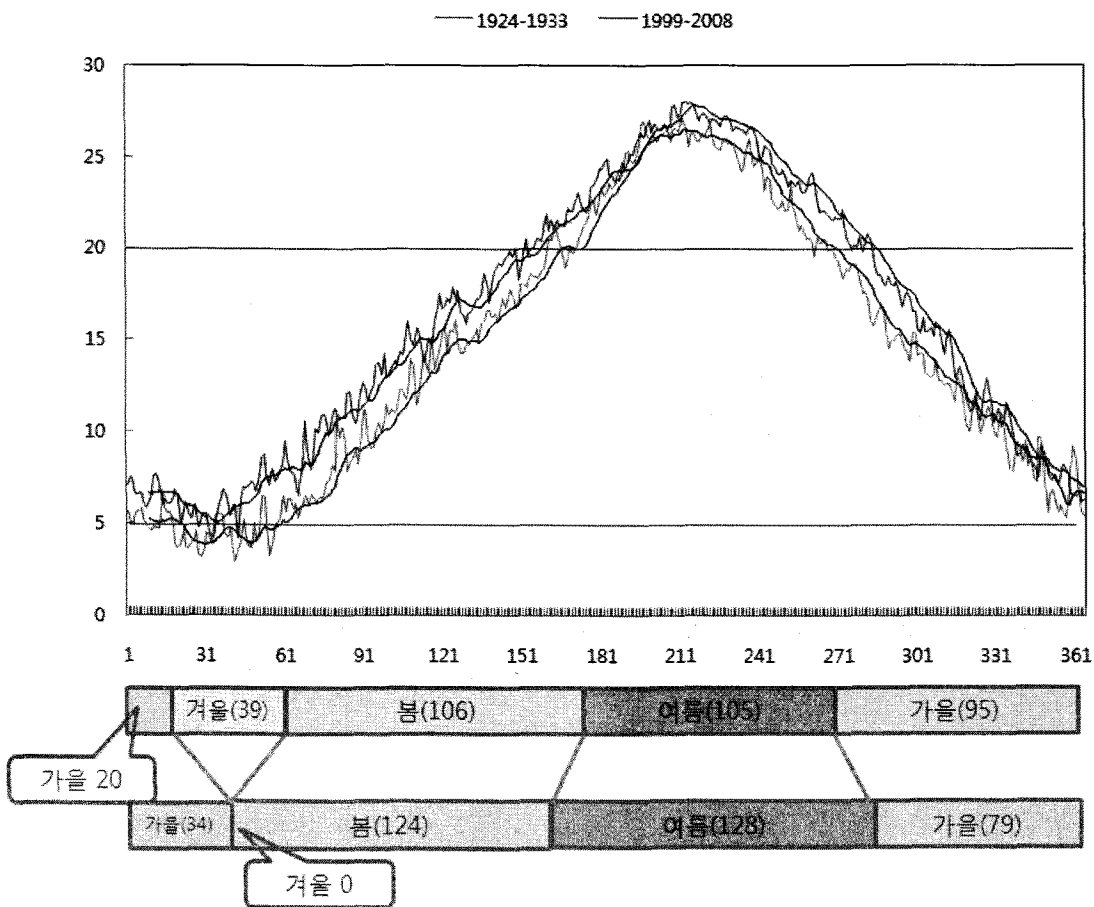
같은 기간 제주시 연 뇌전일수는 15.4일이며 3.7일/10년의 비율로 증가하고 있다. 처음 10년(1970~1979년) 11.1일이었으나, 마지막 10년(1999~2008년)은 21.8일로 평균 10.7일 증가(+96.4%)하였다.

같은 기간 제주시 연 황사일수는 4.8일이며 1.3일/10년의 비율로 증가하고 있다. 처음 10년(1970~1979년) 3.9일이었으나, 마지막 10년(1999~2008년)은 8.1일로 평균 4.2일 증가(+107%)하였다.

□ 자연계절의 변화

처음 10년(1924~1933년) 기간 봄은 3월1일, 여름은 6월15일, 가을은 9월28일 시작하였으나 마지막 10년(1999~2008년) 기간 봄은 2월4일, 여름은 6월8일, 가을은 10월14일 시작하였다. 봄과 여름은 각각 25일, 7일 빨라졌으며 가을은 16일 늦어졌다.

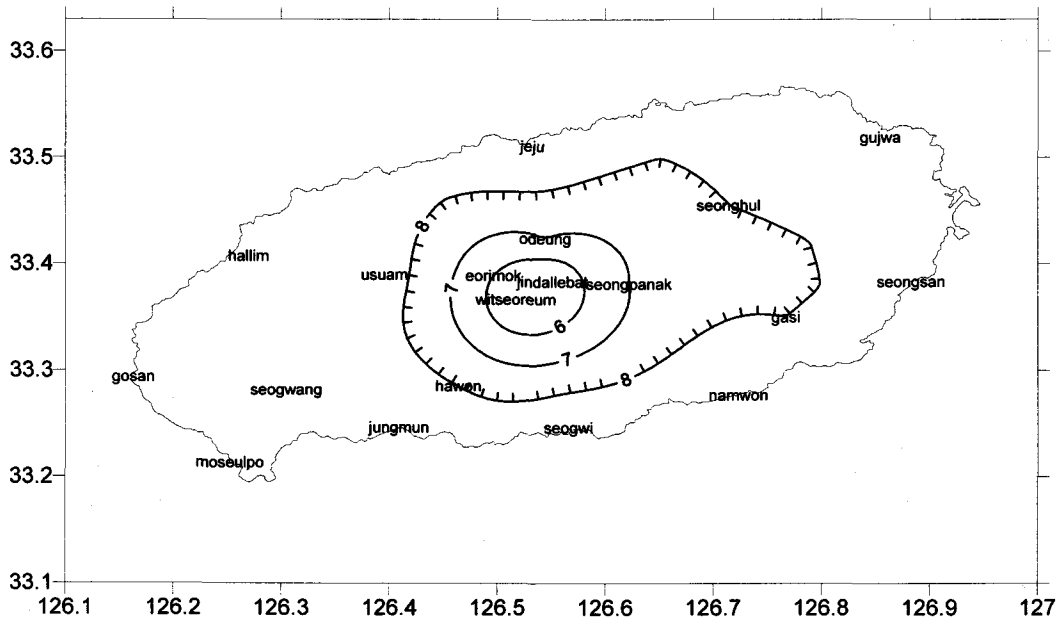
또한 처음 10년(1923~1933년) 기간 봄, 여름, 가을, 겨울은 각각 106일, 105일, 115일, 39일이었으나, 마지막 10년(1999~2008년) 기간 봄, 여름, 가을은 각각 124일, 128일, 115일이며 겨울일수는 무일로 나타났다. 가을지속기간은 변동이 없으나, 봄과 여름 기간은 현저히 증가하고, 겨울 기간이 사라졌음을 알 수 있다. 이런 현상은 서귀포에서 더 뚜렷이 나타나고 있다.



[제주시 자연계절변화(처음 10년 VS 마지막 10년)]

□ 아열대기후의 확장

기후학적으로 정의된 것 중 미국의 저명한 기후학자인 트레와다(Trewartha)에 의한 아열대 기후기준을 적용하였을 경우, 제주도는 이미 일부 산간지역 및 한라산을 제외하고는 해안지역을 중심으로 아열대기후대에 속해 있는 것으로 나타났다. 일년 중 월평균기온 10℃ 이상인 달이 8개월이 안되는 지점은 해발 513m의 오등(7개월)과 한라산국립공원내의 성판악, 어리목, 진달래밭, 윗세오름 4개 지점 뿐인 것으로 나타났다. 월평균기온 10℃ 이상인 달은 성판악(해발 763m)이 7개월, 어리목(972m) 6개월, 진달래밭(해발 1490m)과 윗세오름(해발 1673m)은 5개월 정도로 분석되었다.



[월별 관측평균값에 근거한 제주도의 아열대 기후구분]

제 1장 서 론

IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 4차 평가보고서(2007)에 따르면, 지난 100년간(1906~2005년) 전지구 평균기온은 0.74℃ 증가하였다. 한반도의 경우 평균기온은 97년간(1912~2008년) 1.7℃ 상승하였으며, 서울은 2.4℃ 증가하였다(국립기상연구소, 2009a, 2009b). 또한 부산은 지난 104년(1905~2008년)간 연평균기온 1.7℃의 상승률을 보이고 있다(국립기상연구소, 기후변화 이해하기Ⅳ). 기후변화에 관한 연구로써 삼한사온의 연구(이병설, 1971) 및 우리나라 기온의 대륙성(김연옥, 1965), 서울지방의 월 강수량의 분석(정창희, 1969) 및 강수량의 변동성(손형진, 1967; 정현숙 등, 1999)등의 연구가 수행되었다. 도시기후에 관한 연구(조하만 등, 1988; 김맹기 등, 1999)를 비롯해 이상기후에 관한 연구(김해구 등, 1988), 엘니뇨/라니냐와 연관된 이상기후연구(차은정 등, 1999) 등의 연구자료들이 있다. CO₂의 배출이 한반도의 기후에 미치는 영향을 평가하기 위한 연구(오재호 등, 1994), 한반도 대기 중 CO₂ 배경농도 변화특성(조하만 등, 1995) 등 지구온난화를 주제로 이루어진 연구들이 수행되었다.

한편, 제주도와 관련된 기후연구로서, 제주도 함덕연안 해역의 해황·기상의 계절변동에 관한 연구(양 등, 1995), 제주도 해안 지역의 기온분포(이윤주, 2000) 및 제주지방의 기상관측 역사와 기후변동성 연구(국립기상연구소, 2005) 등이 있다.

본 연구에서는 1924년 관측 이래 2008년까지 85년간의 제주시 기후변화 경향을 분석하고 그에 따른 기후특성을 규명하고자 하였다. 기온, 강수량, 풍속 및 습도의 변화경향 및 현상일수의 변화와 더불어 자연계절의 변화를 분석하였다. 특히 이병설(1979)의 기온에 따른 계절구분에 근거하여 자연계절의 변화를 분석 한 결과는 기후변화의 특성을 아주 잘 보여주고 있다. 제주도내 23개 AWS(자동기상관측장비, Automatic Weather System)의 최근 5년 자료를 분석함으로써 기후요소별 분포를 살펴보았으며, 기후대의 변화에 대한 연구를 병행하였다.

제 2장 제주도 기상관측의 역사 및 환경

2.1. 개요

제주지방기상청은 1923년 5월 1일 제주측후소가 설립된 이래 일제시대부터 현재까지 지속적인 기상관측업무를 수행해 오고 있는데, 지상관측 및 기후관측(지상) 기본관서이자, 해양·지진·낙뢰·일사관측 보조관서이다. 서귀포기상대는 1961년 1월 1일 국립중앙관상대 서귀포출장소로 개소한 이래 현재까지 지상관측 기본관서, 해양·농업·지진·낙뢰관측 보조관서이다. 고산기상대는 1987년 12월 15일 제주고층레이더측후소로 개소하여 현재까지 지상·고층·기후관측(고층)·레이더관측 기본관서, 해양·지진·황사·일사관측 보조관서이다. 성산기상대는 1970년 7월 중앙기상대 광주지대 성산분실로 개소하여 1971년도에 농업기상관측을 시작으로 1985년에는 지상기상관측을 실시하였으며 1991년도에 성산읍 오조리 소재에서 현재의 청사로 장소를 옮기게 되었고, 1992년도 성산기상대에 이어서 2006년 3월에 성산기상대로 승격되었다. 성산기상대는 2006년 6월 신설한 기상레이더를 정식 가동하면서 지상·레이더관측 기본관서, 해양·지진관측 보조관서의 역할을 수행하고 있다. 사람의 손에 의해 수행되었던 지상기상관측은 2000년도에 접어들면서 ASOS에 의한 자동관측이 본격화되었으나, 시정·구름·파고관측 등 일부 기상요소는 아직도 사람에 의한 수동관측에 의존하고 있다.

표 2.1 기상관서별 기상관측업무

◎기본관측관서, ○보조관측관서

관측구분 기상관서	지 상	고 층	해 양	기후		농 업	레 이 더	지 진	황 사	특수		지상기상관측 이력
				지 상	고 층					낙 뢰	일 사	
제주지방기상청	◎		○	◎				○		○	○	1923. 11. : 지상관측 개시 2000. 01. : ASOS 자동관측 2004. 08. : ASOS 교체
서귀포기상대	◎		○			○		○		○		1961. 01. : 지상관측 개시 2000. 01. : ASOS 자동관측 2007. 10. : ASOS 교체
고산기상대	◎	◎	○		◎		◎	○	○		○	1988. 01. : 지상관측 개시 2000. 01. : ASOS 자동관측 2006. 11. : ASOS 교체
성산기상대	◎		○				◎	○				1985. 07. : 지상관측 개시 1992. 05. : AWS 자동관측 2006. 01. : ASOS 자동관측

유인기상관서의 기상관측이 종관기상관측과 기후자료 생산을 목적으로 수행한 기상관측이라면, AWS 기상관측은 사람이 접근하기 어려운 도서·벽지나 산악 등에서 발생하는 위험기상을 감시하기 위하여 설치한 방재용 자동기상관측장비에 의해서 수행되었다. 제주도에는 1990년도에 인근 도서지역인 추자도, 우도, 마라도 항로표지관리소에 처음 방재용 AWS가 설치되어 운영되기 시작하였고, 2002년도에는 한라산 1500m 이상 지점인 윗세오름과 진달래밭 2소에 도서산악용 AWS가 설치되었으며, 현재 총 19개 지점에서 풍향·풍속, 기온, 강수량, 강수유무 등을 매분 관측하고 있다.

표 2.2 AWS 지점별 기상관측 이력

구분 지점(해발고도)	관측개시	설치용도	장비교체	비고
오등(513m)	2001. 10.	방재용	2008. 11.	위치이동(아라) : 2008년 11월
유수암(422m)	1991. 10.	방재용	2006. 08.	
선흘(341m)	1992. 11.	방재용	2006. 08.	
추자도(18m)	1990. 06.	방재용	2006. 09.	
하원(405m)	2001. 10.	방재용	2009. 11.	2005. 11. 이설(등대 → 수협)
중문(63m)	2001. 10.	방재용	2008. 11.	
남원(19m)	1993. 10.	방재용	2006. 09.	
서광(139m)	1992. 11.	방재용	2006. 08.	
한림(22m)	1993. 10.	방재용	2006. 08.	2005. 05. 이설(등대 → 우도면)
모슬포(12m)	1998. 12.	방재용	2006. 08.	
마라도(36m)	1990. 06.	방재용	2005. 11.	
가파도(13m)	2002. 12.	도서산악용		
구좌(25m)	1993. 11.	방재용	2006. 08.	
우도(39m)	1990. 06.	방재용	2005. 11.	
가시(113m)	1999. 06.	방재용	2008. 11.	
어리목(972m)	1994. 11.	방재용	2006. 08.	
성판악(763m)	1998. 05.	방재용	2006. 08.	
윗세오름(1673m)	2002. 12.	도서산악용		
진달래밭(1490m)	2002. 12.	도서산악용		

제주지방기상청에서 운영하고 있는 자동기상관측망은 제주, 서귀포, 성산포, 고산 4개 유인기상 관서와, 이 외 AWS 19개 지점 등 총 23개소이다. 지역별로는 제주도 북부 5소, 남부 5소, 동부 4 소, 서부 5소, 제주산간 지역이 4소이다. 고도에 따른 관측지점의 분포를 살펴보면 해발 100m 이 하 지점은 제주, 서귀, 성산, 고산, 중문, 남원, 구좌, 우도, 한림, 모슬포, 추자도, 마라도, 가파도 등 13개 지점으로 주로 해안선과 부속 도서지역이 여기에 해당된다. 해발 100m에서 600m까지 중 산간 지역은 오등, 유수암, 선흘, 하원, 서광, 가시 6개 지점이며, 해발 600m 이상 산간지역은 1,673m의 윗세오름을 비롯하여 어리목, 성판악, 진달래밭 4개 지점이다.

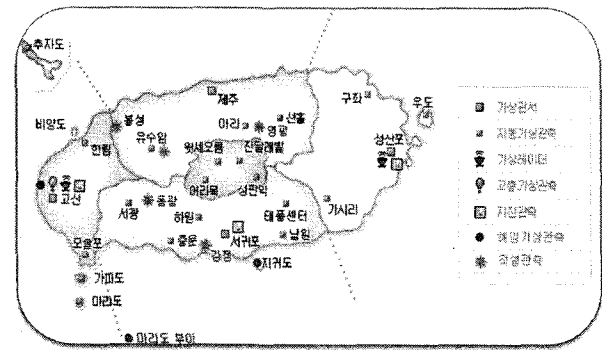


그림 2.1 제주도 기상관측망

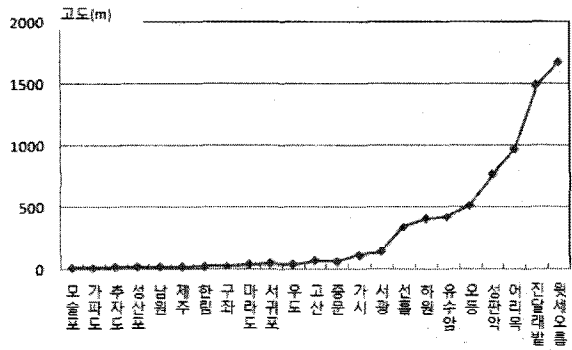


그림 2.2 고도별 기상관측지점

관측 환경의 변화는 기상요소의 시계열에 영향을 미쳐 자료의 불연속을 가져와 장기적인 기후변화를 분석하는데 있어서 오차를 유발할 수 있다. 따라서 관측환경 변화와 관련된 메타 자료를 확보하고 이를 바탕으로 장기적인 균질 자료를 확보하는 것이 중요하다.

제주지방의 유인 기상관서는 제주, 서귀포, 성산포, 고산에 위치하고 있으며, 성산포를 제외한 기상관서는 관측노장의 위치변경이 없었다. 따라서 제주지방에서 관측된 기상요소에는 노장 위치변경에 따른 영향은 포함되지 않은 것으로 판단할 수 있다.

2.2. 기상관측의 역사

2.2.1. 제주지방기상청

1923년 5월 1일 제주측후소가 설립되고 그해 11월에 지상기상관측업무가 시작된 이래 제주 기상대를 거쳐 오늘에 이르게 되었다. 그동안 청사 신축 및 증축이 4차례에 걸쳐 이루어지는 등 외형적인 성장뿐만 아니라, 기상관측업무, 독자적인 국지예보업무 수행, 지방기상청으로의 승격 등 기상업무 전반에 걸쳐 내형적으로도 내실을 다지게 되었다. 특히 기상관측분야에 있어서 특이할만한 사항은 지금까지 수행되어 오던 종관수동관측장비가 관서용 자동기상관측장비(ASOS)로 대체되면서 일부 수동관측요소를 제외한 지상기상관측 전문생성 및 입력이 자동화되어, 2000년 1월 1일부터 자동기상관측이 시작되었다.

현 건입동(33°30' 39.391" N, 126°30' 54.132" E) 관측노장은 남쪽으로는 한라산이 위치하고 있으나 멀리 떨어져 있는 관계로 관측에 장애를 받고 있지는 않으나, 관측노장 주변으로는 주택가 및 상업지구가 형성되어 있어 향후 주변건물 증·개축 여부에 따라서는 관측환경의 장애가 우려되는 곳이기도 하다.

관측노장의 해발고도는 19.97m이고, 면적은 270㎡(15m×18m)으로 직사각형 형태를 이루고 있다. 기압계의 해발고도는 22.61m, 풍속계는 청사옥상에 설치되어 있으며, 지상으로부터 12.3m에 위치하고 있다.

표 2.3 제주지방기상청 관측지점정보

지점번호	기상청 184, 지점등록번호 2675
관리기관	제주지방기상청
운영기관	제주지방기상청
주 소	690-801, 제주특별자치도 제주시 건입동 1123-13번지
장 비 명	ASOS
관측요소	풍향/풍속/강수량/기온/일사/일조/적설/기압/습도/강수유무
운영방법	자동관측
관측장소	지상/지면
자료수집	제주지방기상청 → 기상청
통신방법	전용회선
장비이력	관측개시(1923.5.1), 자동기상관측(2000.01.01), 노장확장(2000.05.19)

표 2.4 제주지방기상청 관측환경상수

해발고도		19.85m
위·경도	BESSEL	위도 : 33° 30 ' 39.500 " 경도 : 126° 31 ' 54.325 "
	WGS84	위도 : 33° 30 ' 51.006 " 경도 : 126° 31 ' 46.793 "
관측장소 크기(cm)		1500*1800(가로*세로), 부지면적 4,921m ² , 건축면적 253.4m ²

표 2.5 제주지방기상청 주요운영장비

장비명	모델명	제조사	설치높이	측정방식
풍향풍속계	포텐셜메타	진양공업(주)	12.3m	전위차계, 삼배
온도계	PT100	"	1.82m	백금저항
습도계	HMP45D	"	1.82m	정전용량형 고분자막
일사계	CM21	Kipp & Zonen	7.00m	열전쌍에 의한 기전력
일조계	MS-093	EKO	7.00m	회전거울식 직달일사
기압계	PTB-220	바이살라	1.40m	정전용량형 실리콘 진동식
강수량계		진양공업(주)	0.66m	전도형(0.1mm, 0.5mm)
데이터로거	JY-740	"	1.20m	자동

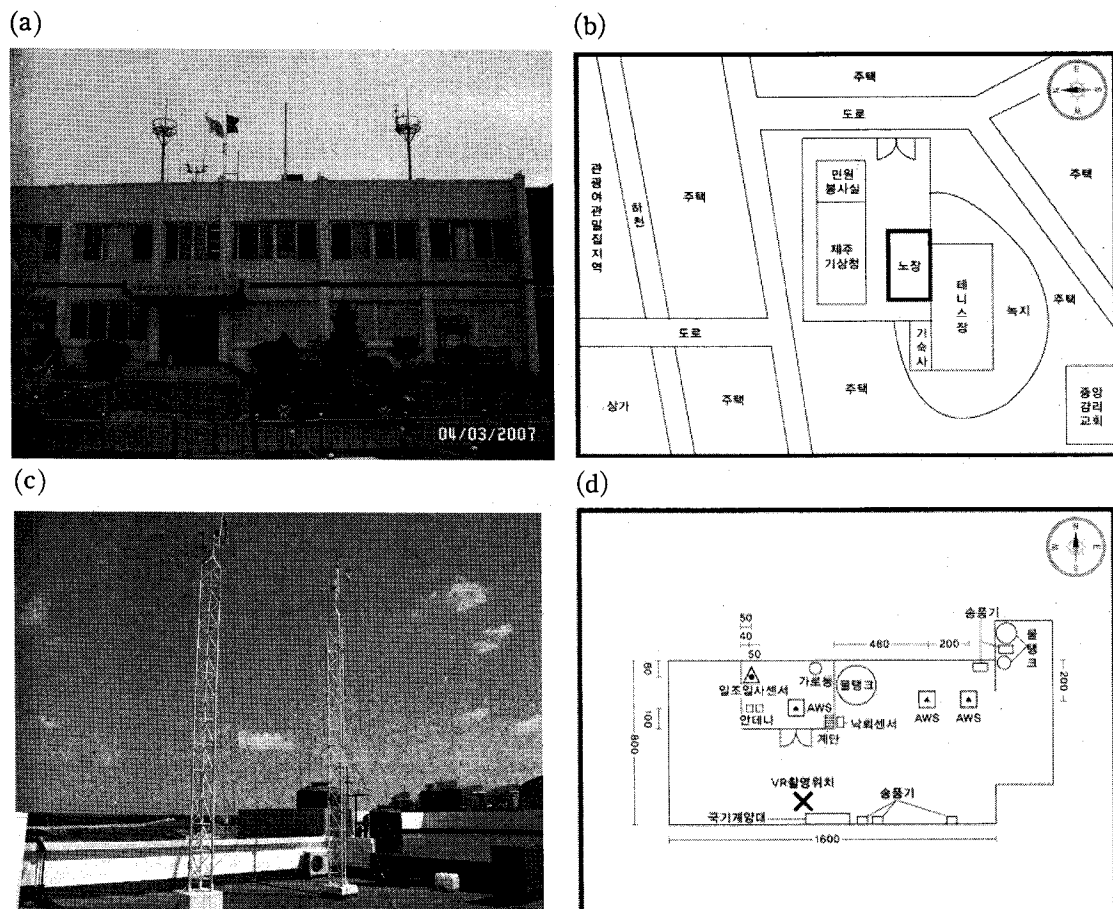
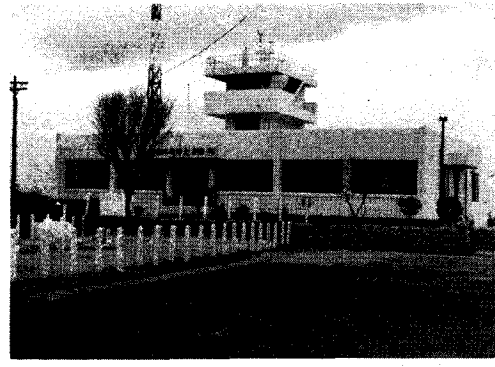


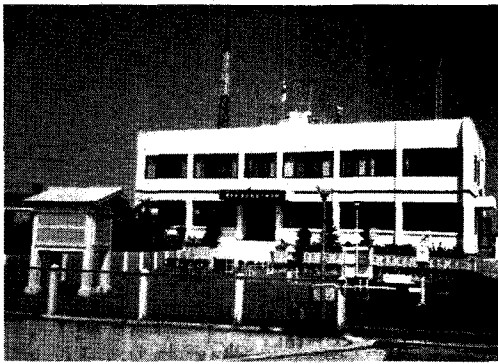
그림 2.3 제주지방기상청 (a)관측소 전경(b)전체배치도(c)옥상관측장소 전경(d)측기배치도



(a)1923년 제주측후소(신설)



(b)1983년 제주측후소(신축 준공)



(c)1996년 제주기상대(증축)



(d)현재 제주지방기상청(2002년 증축)

그림 2.4. 제주지방기상청 청사의 변천

2.2.2. 서귀포기상대

서귀포기상대는 1961년 1월 1일 중앙관상대 서귀포출장소가 현재 위치($33^{\circ} 14' 34.214''$ N, $126^{\circ} 34' 2.501''$ E)에 신설되면서 업무가 시작되었다. 1963년 2월에 서귀포측후소로 승격되었으며, 1970년 7월에는 중앙관상대 서귀포측후소에서 중앙관상대 광주지대 서귀포측후소로 개칭되면서 광주지방기상대 소속으로 변경되었다.

1985년 7월 2일자로 서귀포기상관측소로 개칭되면서 제주측후소 산하기관으로 편입되었으며, 1990년 12월 직제개정에 의하여 기상청 제주측후소 서귀포기상관측소를 거쳐 1992년 3월에 기상청 제주기상대 서귀포기상관측소로 변경되었다. 1997년 12월에는 청사가 증축되면서 1961년에 지어진 청사를 36년 만에 현대식 건물로 바꾸었다.

1998년 2월에 제주기상대가 제주지방기상청으로 승격되면서 제주지방기상청 서귀포기상관측소로 개칭되었으며, 2000년 7월에 서귀포기상대로 승격되면서 자체적인 국지예보업무를 수행하고 있다.

표 2.6 서귀포기상대 관측지점정보

지점번호	기상청 189, 지점등록번호 3793
관리기관	제주지방기상청 서귀포기상대
운영기관	서귀포기상대
주 소	697-810, 제주특별자치도 서귀포시 서귀동 538번지
장 비 명	ASOS, AAOS
관측요소	풍향/풍속/강수량/기온/일사/일조/적설/기압/습도/강수유무/농업기상
운영방법	자동관측
관측장소	지상/지면
자료수집	서귀포기상대 → 제주지방기상청 → 기상청
통신방법	전용회선
장비이력	관측개시(1961.01.01), 자동기상관측(2000.01.01), AAOS관측(2007.12)

표 2.7 서귀포기상대 관측환경상수

해발고도	50.39m	
위 · 경도	BESSEL	위도 : 33° 14 ' 34.569 " 경도 : 126° 34 ' 02.751 "
	WGS84	위도 : 33° 14 ' 46.096 " 경도 : 126° 33 ' 55.210 "
관측장소 크기(cm)	1450*1450(가로*세로), 부지면적 3,976㎡, 건축면적 393㎡	

표 2.8 서귀포기상대 주요운영장비

장비명	모델명	제작사	설치높이	측정방식
풍향풍속계	포텐셜메타	진양공업(주)	10.00m	전위차계, 삼배
온도계	PT100	"	1.90m	백금저항
습도계	HMP45D	"	1.90m	정전용량형 고분자막
일조계	MS-093	EKO	7.00m	회전거울식 직달일사
기압계	PTB-220	바이살라	1.20m	정전용량형 실리콘 진동식
강수량계		진양공업(주)	0.61m	전도형(0.1mm, 0.5mm)
데이터로거	JY-740	"	1.60m	자동

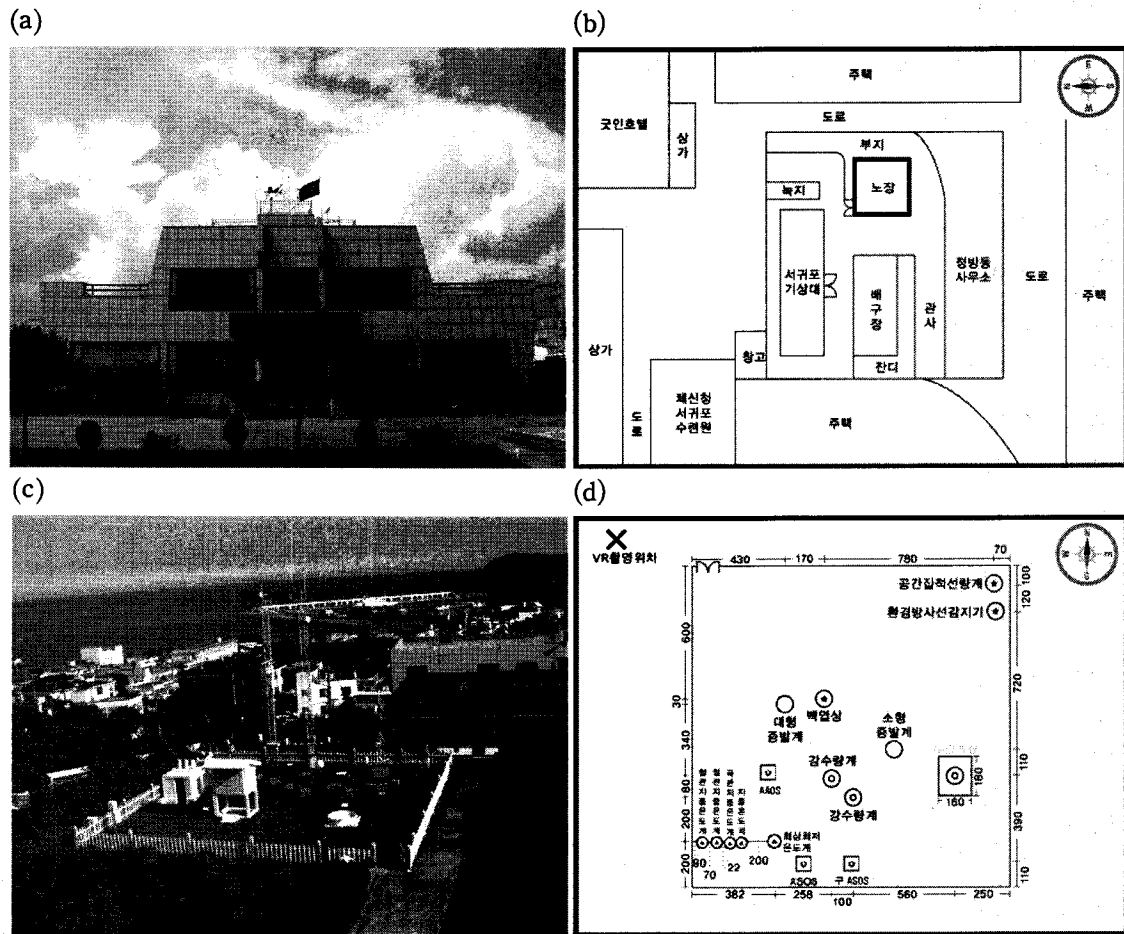


그림 2.5 서귀포기상대 (a)관측소 전경(b)전체배치도(c)관측장소 전경(d)측기배치도



(a)서귀포기상대 구청사(1961년 신설)

(b)현재 서귀포기상대 청사(1997년 신축)

그림 2.6. 서귀포기상대 청사의 변천

2.2.3. 고산기상대

1987년 12월 15일 제주고층레이더측후소로 설립, 그 다음해 1월에 지상기상관측업무를 시작했다. 같은 해 5월에 고층기상관측을 시작으로 1991년에 레이더기상관측업무 외에 자외선(1997년), 산성비(1998년), 황사(2003년), 파고(2003년) 관측업무를 수행하게 되었다.

그동안 기상관측업무 외에 독자적인 국지예보업무 수행, 제주고층레이더기상대로 승격, 고산기상대로 명칭변경 등 기상업무 전반에 걸쳐 내실을 다지게 되었다.

현 북제주군 한경면 고산리 수월봉 내(33°17' 26.006" N, 126°9' 53.357" E) 관측노장은 북서쪽으로는 바다와 접해있고, 동쪽으로는 평지가 있다. 관측노장의 해발고도는 71.21m이고, 면적은 168㎡(14m×12m)로 직사각형 형태를 이루고 있다. 기압계의 해발고도는 73.21m, 풍속계는 지상으로부터 10m에 위치하고 있다.

표 2.9 고산기상대 관측지점정보

지점번호	기상청 185, 지점등록번호 76
관리기관	제주지방기상청 고산기상대
운영기관	고산기상대
주 소	695-841, 제주특별자치도 제주시 고산리 3762번지
장 비 명	ASOS
관측요소	풍향/풍속/강수량/기온/일사/일조/적설/기압/습도/강수유무/황사
운영방법	자동관측
관측장소	지상/지면
자료수집	고산기상대 → 제주지방기상청 → 기상청
통신방법	전용회선
장비이력	관측개시(1988.05.01), 자동기상관측(2000.01.01)

표 2.10 고산기상대 관측환경상수

해발고도	70.85m	
위 · 경도	BESSEL	위도 : 33° 17 ' 26.284 " 경도 : 126° 09 ' 53.622 "
	WGS84	위도 : 33° 17 ' 37.771 " 경도 : 126° 09 ' 46.135 "
관측장소 크기(cm)	1410*1210(가로*세로), 부지면적 8,414㎡, 건축면적 440.7㎡	

표 2.11 고산기상대 주요운영장비

장비명	모델명	제작사	설치높이	측정방식
풍향풍속계	4.3150.10.110	Thiesclima	10.00m	전위차계, 삼배
온도계	KWT1000	케이웨더	1.60m	백금저항
습도계	1.1005.54.000	Thiesclima	1.60m	정전용량형 고분자막
일사계	CM21	Kipp & Zonen	1.90m	열전쌍에 의한 기전력
일조계	MS-093	EKO	7.00m	회전거울식 직달일조
기압계	PTB-220	바이살라	1.20m	정전용량형 실리콘 진동식
강수량계	KWRG101	케이웨더(주)	0.60m	전도형(0.1mm, 0.5mm)
데이터로거		"	1.55m	자동
황사	FH62C14	KNJ(미국)	2.40m	배타선흡수법

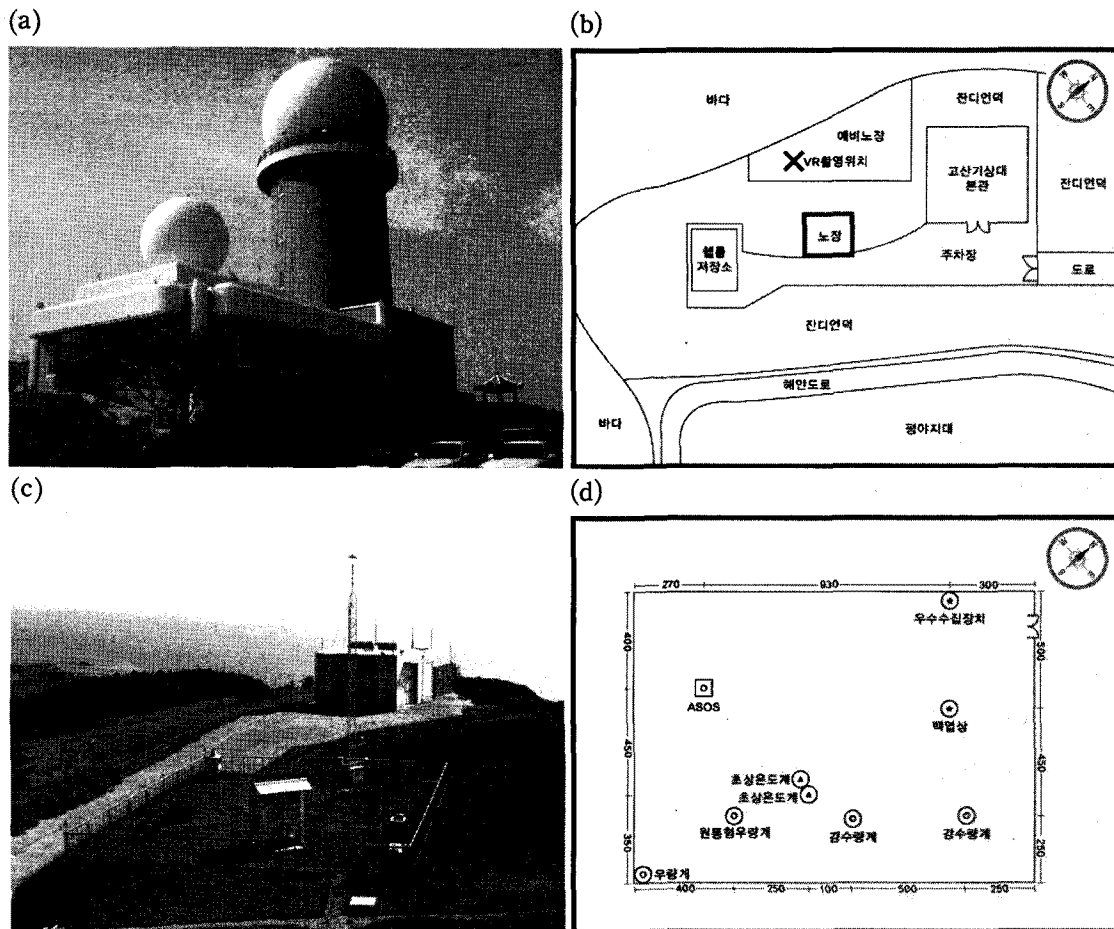


그림 2.7 고산기상대 (a)관측소 전경(b)전체배치도(c)관측장소 전경(d)측기배치도

2.2.4. 성산기상대

성산기상대는 1970년 7월에 남제주군 성산읍 오조리에 중앙기상대 광주지대 성산분실로 개소한 후, 1971년에 농업기상관측, 1985년에 지상기상관측을 실시하였으며, 1991년에 현재의 성산읍 신산리 청사로 이전하였고, 1992년에 제주기상대 성산기상관측소로 개칭되었다.

1988년도에 AWS로 장비가 교체되면서 관측의 자동화가 이루어졌고, 2000년 7월에 3인 관측소에서 1인 관측소로, 다시 2002년 6월에 1인 관측소에서 2인 관측소로 변경되었다. 또한 2006년 6월, 5인 관측소로 개정된 후 그 해 7월에는 기상레이더가 설치·운영되었으며, 2007년 3월 성산기상대로 승격되면서 제주동부지역에 대한 국지예보업무를 수행하였다. 한편, 2008년 10월 동네예보가 전격 시행됨에 따라 성산기상대에서는 국지예보업무가 폐지되었다.

제주도 동쪽 해안지대에 위치하여 해안선으로부터 약 400m 내륙에 위치하고 있으며, 주변은 대체로 평평한 평야지대로 관측환경은 양호한 편이다.

표 2.12 성산기상대 관측지점정보

지점번호	기상청 188, 지점등록번호 2680
관리기관	제주지방기상청 성산기상대
운영기관	성산기상대
주 소	699-904, 제주특별자치도 서귀포시 성산읍 신산리 685-4번지
장 비 명	ASOS
관측요소	풍향/풍속/강수량/기온/일사/일조/적설/기압/습도/강수유무
운영방법	자동관측
관측장소	지상/지면
자료수집	성산기상대 → 제주지방기상청 → 기상청
통신방법	전용회선
장비이력	관측개시(1971.01.01), 자동기상관측(2000.01.01), 자동기상관측장비 교체(AWS→ASOS)

표 2.13 성산기상대 관측환경상수

해발고도	18.38m	
위 · 경도	BESSEL	위도 : 33° 23 ' 12.524 " 경도 : 126° 52 ' 56.968 "
	WGS84	위도 : 33° 23 ' 00.995 " 경도 : 126° 52 ' 49.359 "
관측장소 크기(cm)	1600*1600(가로*세로), 부지면적 3,875㎡, 건축면적 340.4㎡	

표 2.14 성산기상대 주요운영장비

장비명	모델명	제작사	설치높이	측정방식
풍향풍속계	WM-IV-WD	진양공업(주)	10.00m	전위차계, 삼배
온도계	PT100	"	1.50m	백금저항
습도계	HMP45D	"	2.30m	정전용량형 고분자막
일조계		SATO	8.50m	3극 흑백전극방식
기압계	PTB-220	바이살라	1.68m	정전용량형 실리콘 진동식
강수량계		진양공업(주)	0.63m	전도형(0.1mm, 0.5mm)
데이터로거	JY-720A	"	1.68m	자동

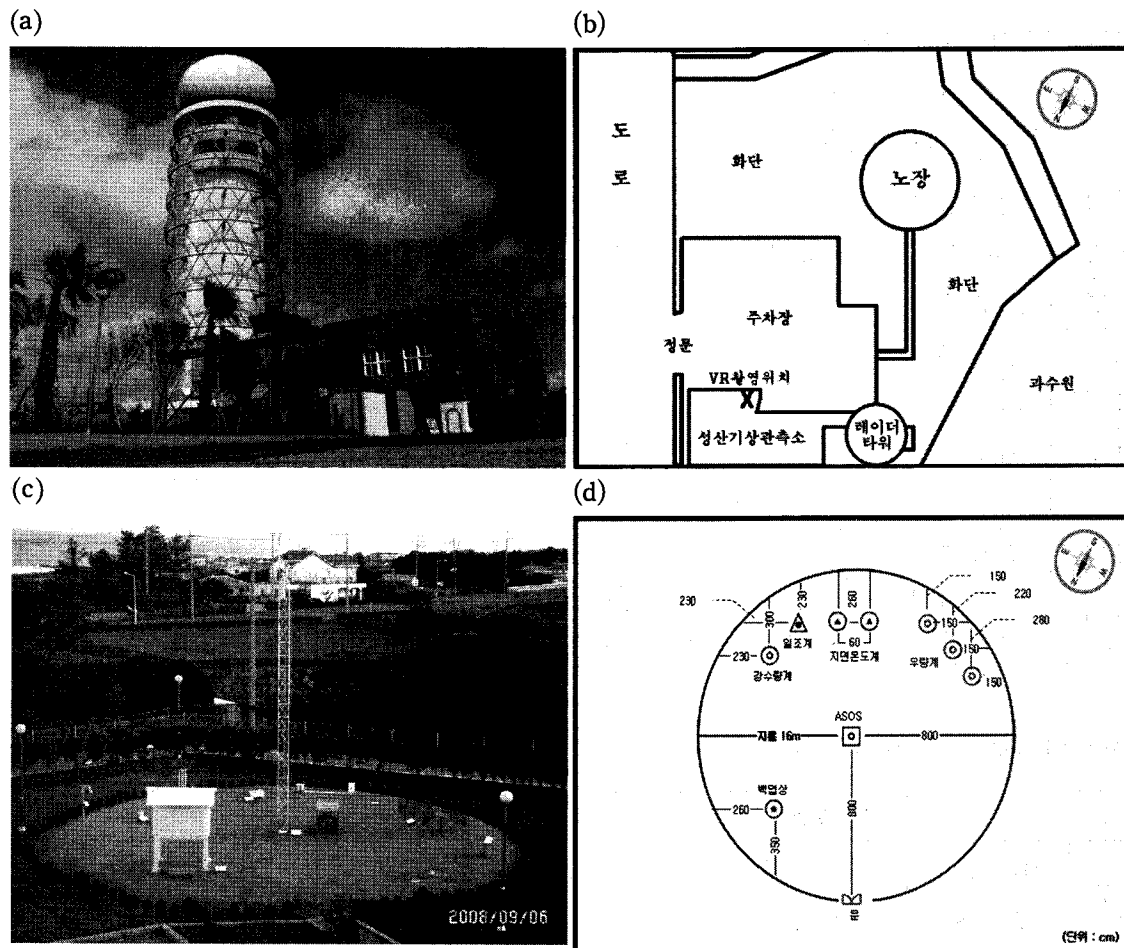


그림 2.8 성산기상대 (a)관측소 전경(b)전체배치도(c)관측장소 전경(d)측기배치도

2.3. 제주도의 환경

2.3.1. 자연환경

제주도는 대륙(러시아, 중국)과 해양(일본, 동남아)을 연결하는 요충지이며 천혜의 자연경관이 수려한 세계적인 휴양관광지이다. 지리학적 위치로는 동경 126도 08분에서 126도 58분까지 동서로 약 73킬로미터에 달하며 남북으로는 북위 33도06분에서 34도 00분까지 약 31킬로미터에 달한다. 해안선 총 길이는 419.95km로, 전국의 약 3.45%를 차지한다.

제주도 지형은 한라산을 중심으로 동서사면은 3°~5°의 매우 완만한 경사이며 남북사면은 5°정도로 약간 급한 경사를 이루고 있다.

제주도 지질은 퇴적암층과 현무암, 조면질안산암, 조면암 등의 화산암류와 기생화산에서 분출한 화산쇄설암 등으로 구성되어 있으며, 일부 지방의 점사질 토양을 제외하면 대부분이 흑갈색의 화산회토로 덮여 있다.

동물은 한대성, 열대성 동물이 함께 서식하고 있는데, 77종의 포유류, 조류 198종 등을 비롯하여 파충류, 양서류가 각각 8종, 곤충류와 거미류가 873종과 74종 등이다. 식물은 한라산을 중심으로 아열대, 온대, 한대식물 등이 수직으로 분포하고 있는데, 그 종류는 2,001종(백두산 : 500여종, 지리산 : 1,000여종)에 달해 가히 식물의 보고라 할 만하다. 이 중에는 8종의 천연기념물이 포함되어 있으며, 한라산 일대는 국립공원으로 지정되어 있다.(제주특별자치도, 2008)

2.3.2. 인문환경

2008년도 12월말 현재 제주도 총인구는 214,681세대, 565,519명이며 전국 대비 1.12%를 차지하고 있다. 지난 10년간 인구는 26,610명(5.0%) 증가한 반면, 가구수는 지난 10년간 44,343가구(26.0%)가 증가하여 핵가족화 등으로 인한 가구내 평균 가구원 수가 감소했음을 알 수 있다.

도내 총생산액은 8,069십억원(주요행정총람, 2009)이며 서비스업의 비중이 67.9%로 가장 많고, 제조업 등 광공업은 3.0%를 차지하고 있어, 타 지방에 비해 2차산업의 비중이 적은 편이다. 총관광객수는 5천8백여명에 달하며 그로 인한 관광수입은 56,736억원에 이른다.

제주도 총 면적은 1,848.5km²이며, 전국의 약 1.85%에 달한다. 지난 10년간 총면적은 0.1% 상승하였으며 그 중 대지 면적 증가율이 24.5%로 가장 높다. 이는 전국 평균 대지증가율인 17.4%보다 7.1% 높은 수준이다.

지난 10년간 제주도의 농가 수는 5,177호(△13.0%) 감소하였고, 농가인구는 31,160명(△23.4%) 감소하여 이농현상이 심화되고 있음을 보여주고 있다. 또한 지난 10년간 제주도의 총 경지면적은 119ha(△0.2%) 감소했으며, 기간 중 논 면적은 121ha(△59.0%) 감소한 반면 밭은 2ha 증가하여 도내 경지면적의 99.9%를 차지했다. 토양의 성격상 논농사보다 밭농사가 유리한 이유로 분석된다.

국제 곡물가 인상에 따른 사료비 부담 등 생산비 증가와 산지 가격하락에 따른 경영난으로 인해 도내 한육우와 젓소 및 닭 사육농가는 10년 전에 비해 각각 62.6%, 44.4%, 80.8% 감소하였다. 한편, 도내 돼지

사육농가는 31호($\Delta 9.1\%$) 감소하였으나 사육두수는 오히려 189,060마리(59.9%) 증가하여 사육규모가 대형화되었음을 알 수 있다.

2007년도 도내 광공업사업체수(종사자 5인이상)는 1997년에 비해 91개(29.8%) 증가한 396개 사업체이며, 종사자수는 343명(7.5%) 증가한 4,908명으로 나타났다. 또한 10년 사이 광공업사업체는 5개 업체가 감소하면서 종사자수 또한 75명 감소했으나, 제조업은 96개 업체가 증가하면서 종사자수는 418명 증가한 4,768명으로 나타났다.

2008년도 제주도의 전력사용량은 10년 전에 비하여 132.1% 증가한 3,183,210MWh이며, 이중 서비스업과 농림수산업 부문의 전력사용증가량이 제주도 전체 전력사용증가량의 76.4%를 차지하고 있다. 가정용과 광업용에서는 지난 10년간 평균 전력사용 증가율을 밑돌았지만 농림수산업(170.1%), 공공용(177.8%), 서비스업(144.9%)에서는 상대적으로 큰 전력사용 증가폭을 보였다.

10년 전 자동차 등록대수는 세대당 0.8대 꼴인 140,963대였으나 2008년에는 233,518대(65.7% 증가)를 기록하여 세대당 1.1대 꼴로 늘었다. 승용차는 74.5%(65,054대) 증가한 152,431대이며, 승합차 57.8%, 화물차 49.0%, 특수차 157.7% 증가하였다.

제조업 등 2차 산업으로 인한 대기오염의 원인은 타 지방에 비해 적은 편이나 관광산업으로 인한 대기오염의 원인은 상대적으로 크다고 할 수 있다. 구성원의 급격한 변동폭이 적은 편이며 일상생활에서의 전력사용 및 자동차 이용이 큰 폭으로 늘어나고 있어 대기오염 및 도시화의 원인이 될 수 있는 요인이 되고 있다.(호남지방통계청 제주사무소, 2009)

제 3장 제주도 기후변화 경향 및 변동성 : 제주시

3.1. 기후요소별 변화경향

3.1.1. 기온

제주의 연 평균기온은 1923년 관측을 시작한 이후의 관측값 중에서 결측자료가 있는 1923년을 제외하여 1924년부터 2008년까지 85년간 관측자료를 이용하였으며 그 시계열자료를 그림 3.1에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 제주의 연 평균기온은 전반적으로 상승하고 있으며, 이러한 기온상승은 전 지구적으로 일어나는 온난화 현상에 수반되어 나타나는 것으로 판단할 수 있다. 제주의 연 평균기온은 관측기간 동안 선형회귀분석을 한 결과 평균 $0.2^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 정도 상승하여 관측 이래 1.7°C 의 기온상승을 나타내고 있으며, 1980년 이후에는 $0.05^{\circ}\text{C}/\text{년}$ 으로 최근에 들어서 상승폭이 커지는 양상을 보이고 있다.

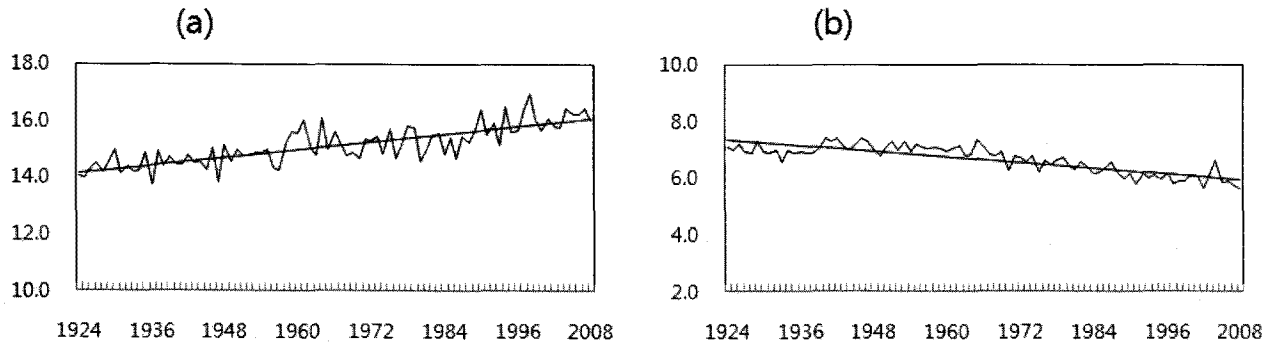


그림 3.1 제주시 (a)연평균기온 변화 및 (b)일교차 변화(1924~2008년)

그림 3.2에 계절별 평균기온의 변화를 나타내었다. 계절의 구분은 봄을 3~5월, 여름 6~8월, 가을 9~11월, 그리고 겨울을 12월과 그 다음해의 1, 2월로 구분하였다. 평균기온의 증가경향은 계절에 따라 차이를 보이고 있으며, 계절별로 기온의 상승경향이나 연별 변동은 상당한 차이를 보이고 있다. 계절별로는 봄에 $0.3^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 으로 기온 상승폭이 가장 컸으며, 다음으로 가을, 겨울, 여름 순으로 나타나 봄에 가장 뚜렷하게 기온 증가경향이 나타났고, 여름에 가장 약하게 나타났다. 이러한 결과는 전종갑과 이광호(1992)가 한반도의 모든 관측 지점에서 봄에 온도가 크게 상승하였다고 한 것과 일치한다. 이러한 결과는 서울과 부산의 경향과도 유사하다.(기상청, 2009)

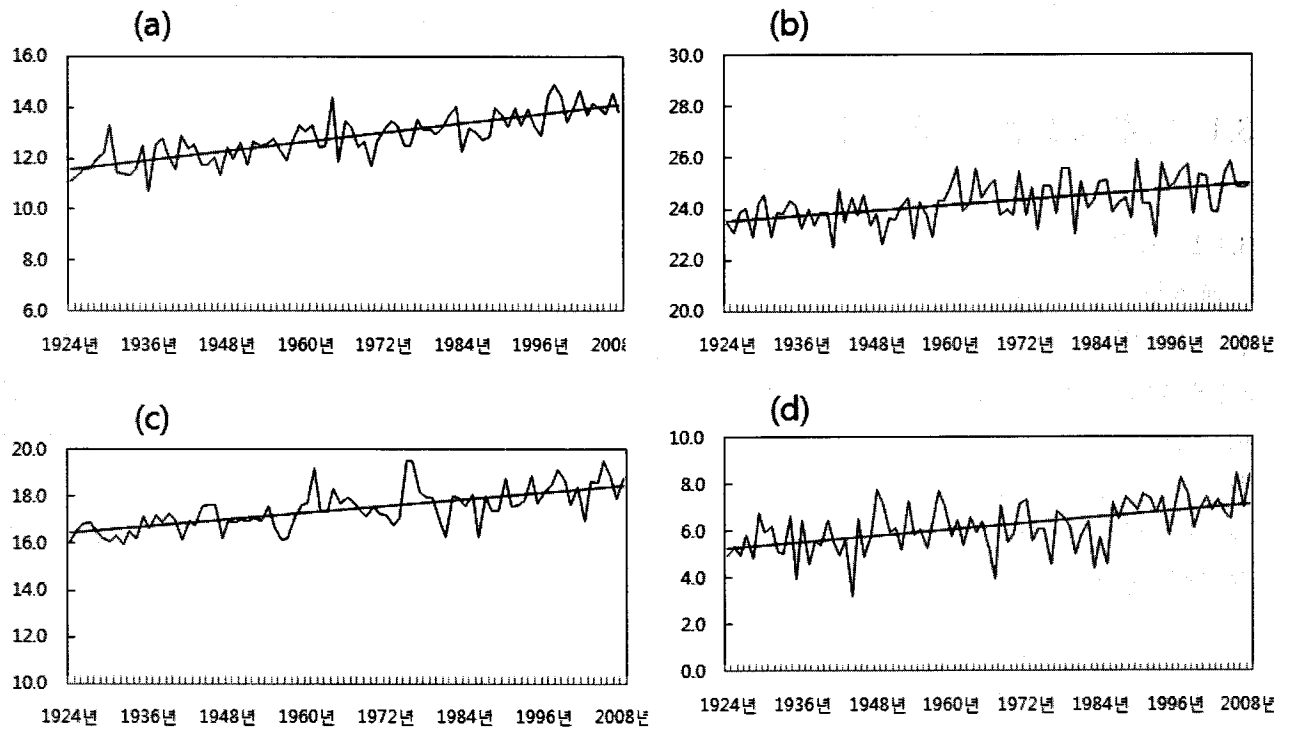


그림 3.2 제주 계절별 평균기온의 시계열 및 변화경향(1924~2008) : (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

일최고기온과 일최저기온에 대해서 연평균한 값을 각각 연 최고기온과 연 최저기온으로 정의하고 그 변화를 그림 3.3에 나타내었다. 연 최고기온의 경우 $0.11^{\circ}\text{C}/10\text{년}$, 연 최저기온 $0.27^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 정도의 기온 상승을 보이고 있어 평균기온의 상승과 비교해서 최고기온의 증가율은 작고 최저기온의 증가율은 크게 나타나고 있어(전과 이, 1992) 최저기온이 최고기온의 상승폭보다 크다. 따라서 평균기온의 전체적인 상승을 유발하는 것은 최고기온보다는 최저기온의 상승이 더 많이 기여하고 있음을 보여주고 있다. 최고기온과 최저기온의 계절에 따른 변화를 그림 3.4와 그림 3.5에 나타내었다.

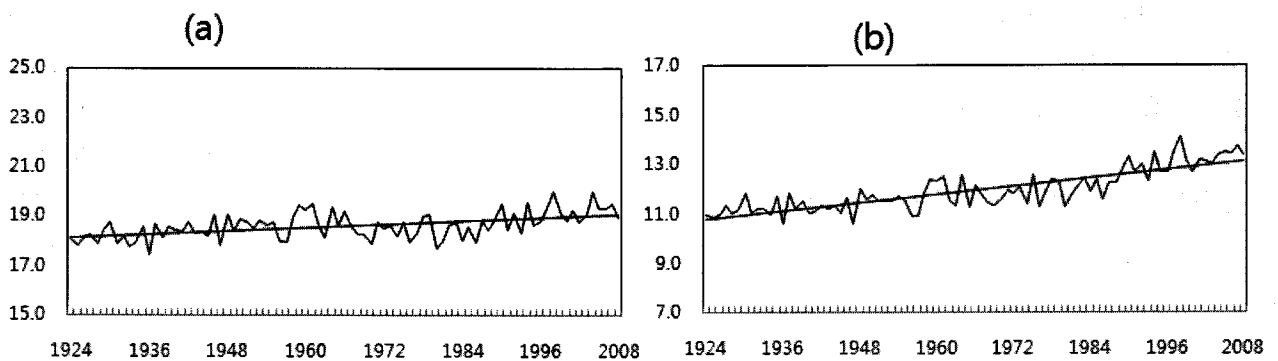


그림 3.3 제주시 (a)연평균 최고기온 및 (b)연평균 최저기온의 변화경향(1924~2008년)

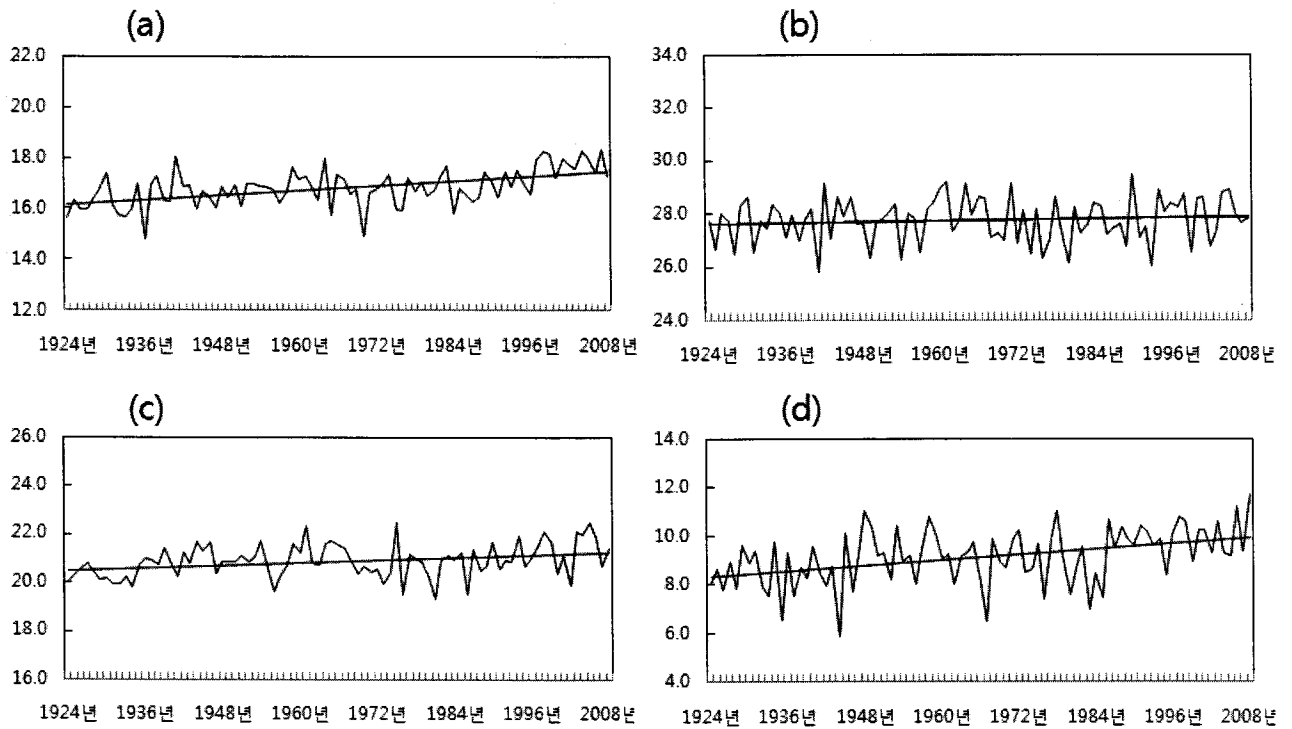


그림 3.4 제주시 계절별 최고기온의 변화경향(1924~2008년) : (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

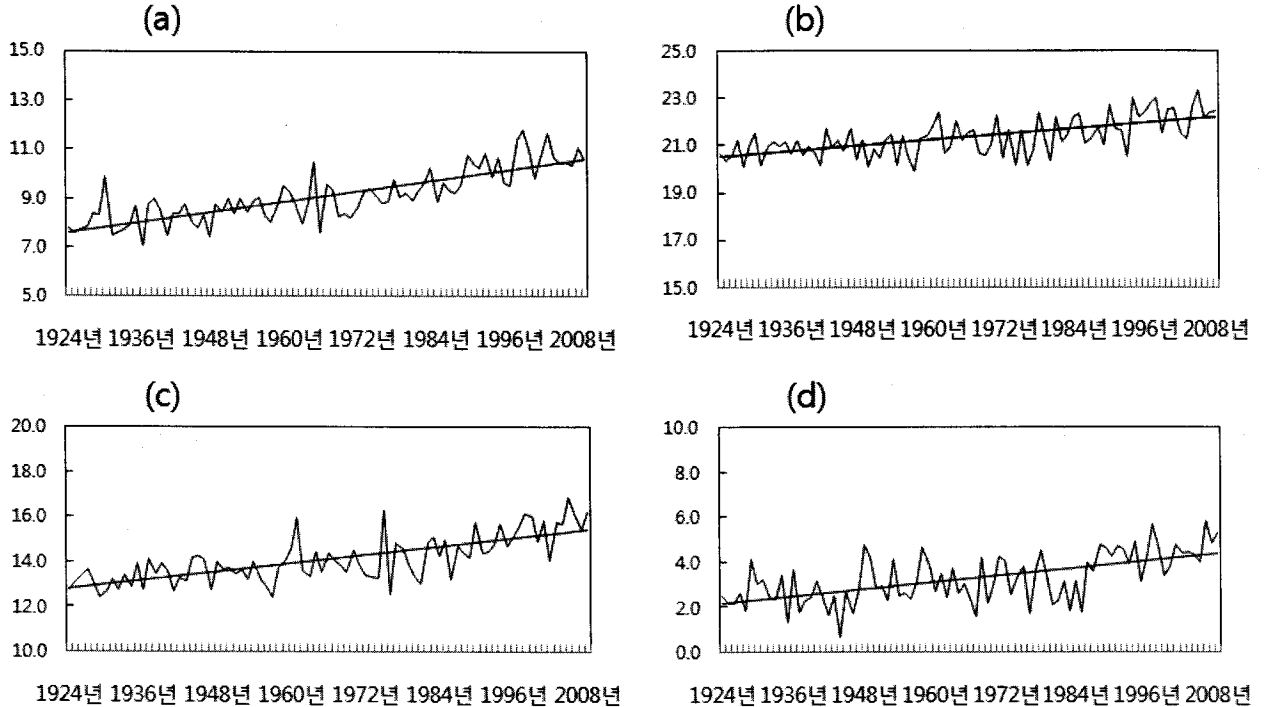


그림 3.5 제주시 계절별 최저기온의 변화경향(1924~2008년) : (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

기온과 관련된 극한지수 변화를 파악하기 위하여 열대일 일수, 열대야 일수, 영하 일수 등의 변화를 분석하였다. 열대일은 일 최고기온이 30℃ 이상인 날로 정의하며, 열대일 일수의 변화를 통하여 여름철 최고기온의 변화 특성을 파악할 수 있다. 제주시의 평균 열대일 일수는 31.4일이며, 지난 85년 동안 0.7일/10년의 비율로 증가하였다(그림 3.6). 열대일 일수의 변화를 보면 1964년에 61일, 1961년과 1990년 58일, 1994년 57일 등으로 빈도가 높다. 반면, 1928년과 1941년 8일, 1993년 9일 등은 빈도가 낮다.

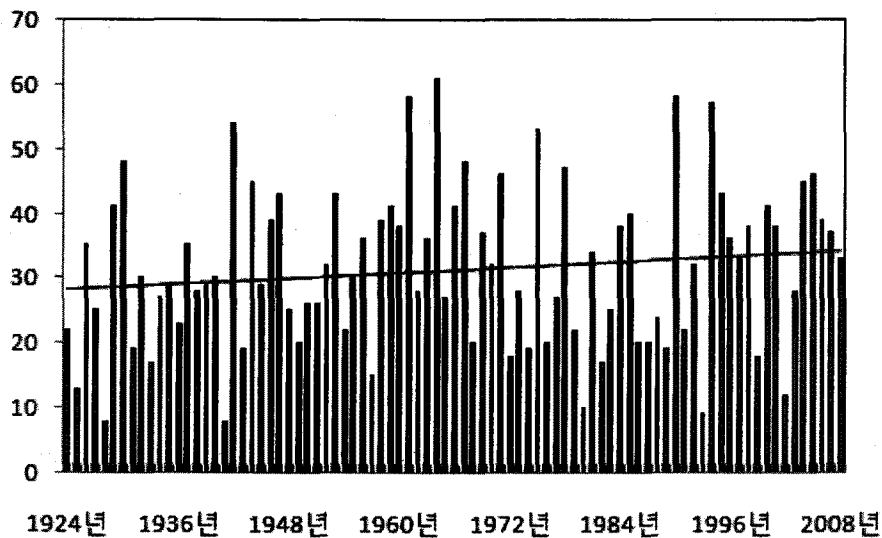


그림 3.6 제주시 열대일 일수(1924~2008년)

열대야 일은 일 최저기온이 25℃ 이상인 날로 정의한다. 지난 85년간 열대야 일수의 평균은 13.6일이며, 8월에 가장 많은 빈도를 보이고 있다. 증가율은 2.26일/10년의 큰 폭으로 증가하고 있으며, 특히 최근 10년간(1999~2008년) 열대야 일수는 23.3일로, 처음 10년간(1924~1933년)의 7.6일에 비해 3배 이상 증가했음을 보여주고 있다.

열대야 일수의 변화를 보면, 1994년에 45일로 가장 많고, 1928년(0일) 및 1957년(1일), 1993년(1일), 1924년(1일) 등이 가장 적다. 처음 10년(1924~1933년) 기간 열대야일 연평균 일수는 7.6일이며 마지막 10년(1999~2008년) 기간에는 23.3일이다. 7월과 8월 각각 평균 열대야 일수는 처음 10년은 4일과 3.5일, 마지막 10년은 7.7일과 13.9일로 나타나고 있다. 최근에는 9월에도 열대야가 발생하고 있어, 마지막 10년 기간 동안 연평균 열대야일수는 1.3일이다.

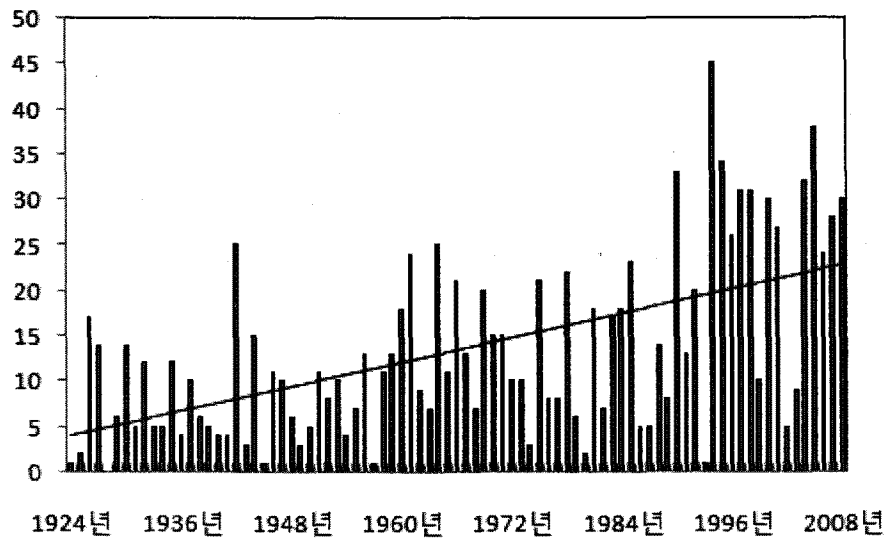


그림 3.7 제주시 열대야 일수(1924~2008년)

영하일은 일 최저기온이 0℃ 이하인 날로 정의하며, 영하일수의 변화를 통하여 겨울철 최저기온의 변화 특성을 이해할 수 있다. 제주시의 평균 영하일수는 13.8일이며, 지난 85년 동안 2.2일/10년의 비율로 감소하였다. 처음 10년(1923~1933년) 영하일수는 21일이며, 마지막 10년(1999~2008년) 영하일수는 3.7일로, 80%가량 감소하였다. 제주시의 영하일수는 1946년 35일로 가장 높았으며, 그 외에도 1936년 34일 등 60년대 초반까지 20일을 넘는 해가 많았다(그림 3.8). 1980년대 중반까지 영하일수는 두 자리 수를 보이다가 1980년대 말부터는 한자리 수로 떨어지면서 1990년대 이후 영하 일수가 전혀 나타나지 않은 해도 4년이나 된다.

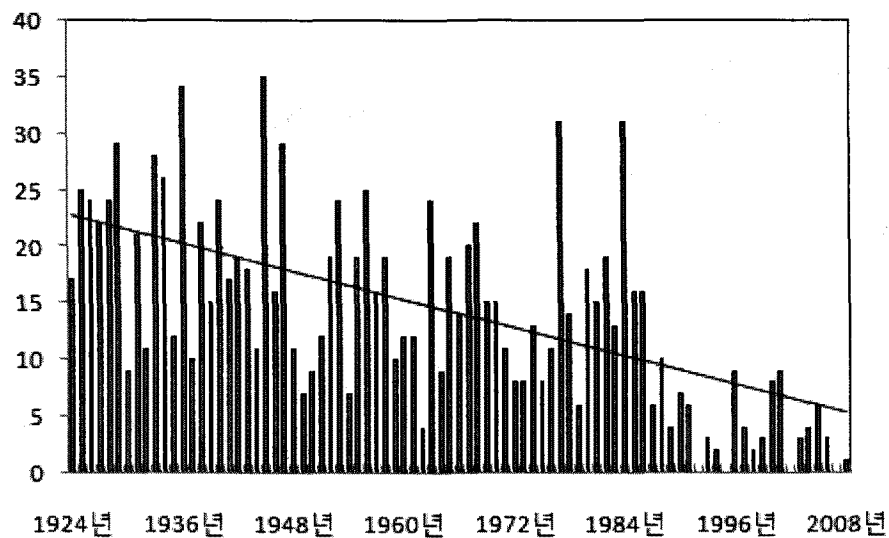


그림 3.8 제주시 영하 일수(1924~2008년)

3.1.2. 강수

그림 3.9는 제주의 기온과 강수량의 월변화를 나타낸 것으로 월평균기온은 1월이 가장 낮고 8월이 가장 높게 나타나고 있다. 기상연구소 (2004b)에 의하면 “우리나라는 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 하였다.

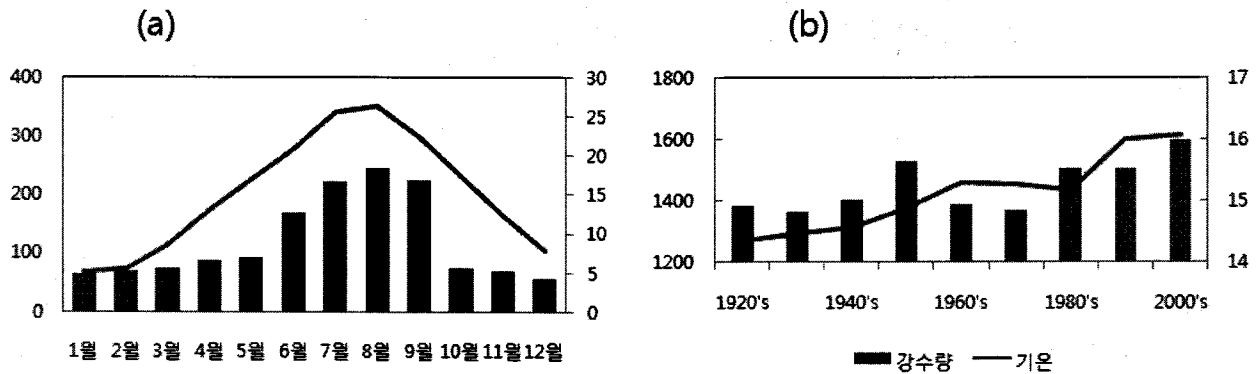


그림 3.9 제주시 (a)월평균기온과 월강수량의 연변화 및 (b)연대별 평균기온과 강수량 변화추이(1920's ~ 2000's)

지난 85년간(1924~2008년) 제주시의 연강수량 평균은 1439.5mm이다(표 3.1 참조). 처음 10년 기간(1924~1933년)의 연강수량은 1382.4mm이고, 마지막 10년 기간(1999~2008년)의 연강수량은 1599.0mm로, 216.6mm가 증가하였다. 지난 85년 동안 16.6mm/10년의 비율로 증가하는 경향을 보였다(그림 3.10 (a)). 강수는 다른 기후 요소와는 달리 호우, 태풍, 장마 등이 장기간의 통계값에 영향을 미칠 수 있어 그변동성이 크다. 그림 3.10(b)의 분석기간 중 연강수량 편차에서 볼 수 있듯이 연강수량이 가장 많았던 해는 1999년으로 2526.0mm를 기록했으며, 가장 적었던 해는 1929년으로 774.5mm를 기록하였다.

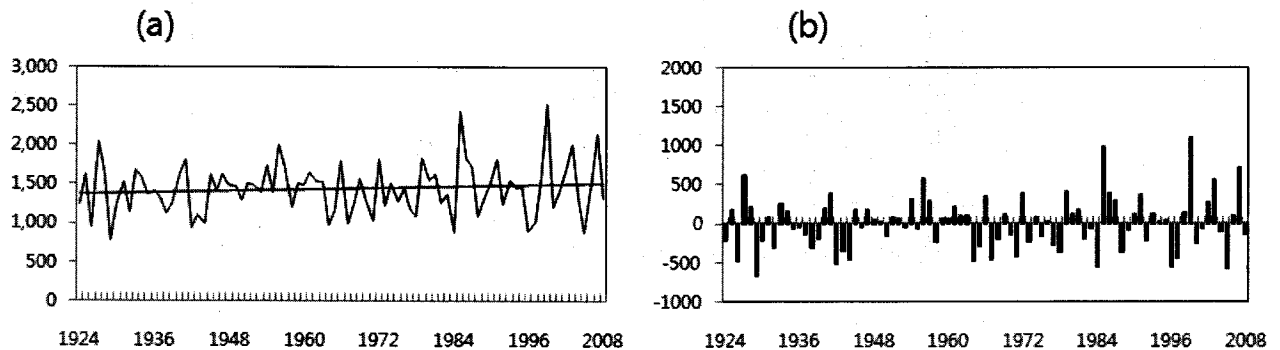


그림 3.10 제주시 연강수량의 (a)시계열 변화 및 (b)편차 (1924~2008년)

계절별로는 여름철의 평균 연강수량이 630.5mm로 가장 많고, 겨울철은 187.7mm로 가장 적다. 지난 85년 동안의 계절간 변화를 보면, 여름철과 봄철에 각각 15.5mm/10년, 7.2mm/10년으로 증가하는 경향을 보이고 있으며, 특히 여름철은 전 계절 중 강수량 증가 경향이 가장 크다. 반면 가을과 겨울은 각각 3.7mm/10년, 1.9mm/10년의 비율로 감소하는 경향을 보이고 있다. 그림 3.11에서 계절별 강수량 변화를 보여주고 있다.

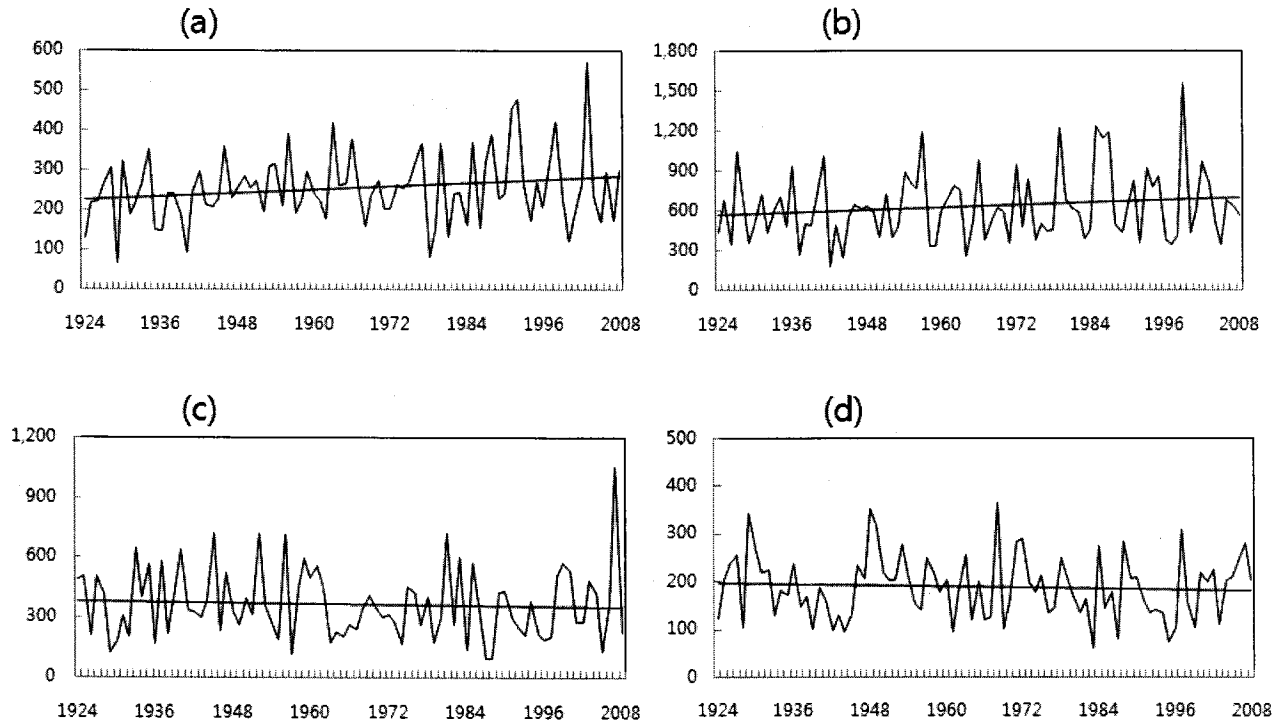


그림 3.11 제주시 계절별 강수량의 변화(1924~2008년) : (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

표 3.1 제주시 계절별 강수량, 강수일수, 강수강도(1924~2008)

강수량 계절	봄		여름		가을		겨울		연평균	
	평균	변화율	평균	변화율	평균	변화율	평균	변화율	평균	변화율
강수량 (mm, mm/10yr)	254.5	7.2	630.5	15.5	367.2	-3.7	187.7	-1.9	1439.5	16.6
강수일수 (day, day/10yr)	31.9	0.03	36.0	0.44	30.0	-0.83	38.8	-1.47	136.7	-1.85
강수강도 (mm/일, mm일 ⁻¹ 10yr ⁻¹)	7.9	0.2	17.5	0.2	11.0	0.1	4.9	0.1	10.6	0.2

1924~2008년 동안 제주의 연강수일수는 136.7일이다. 처음 10년 기간과 마지막 10년 기간의 연강수일수는 각각 144.6일과 136.4일로 8.2일이 감소하였으며, 지난 85년간 강수일수는 1.8day/10yr의 비율로 감소하였다. 그림 3.12(b)에서는 전체 평균에 대한 연강수일수 편차의 변화율을 보여주고 있다. 전반기에는 주로 양의 편차가 우세하나, 후반기에는 음의 편차가 우세하다.

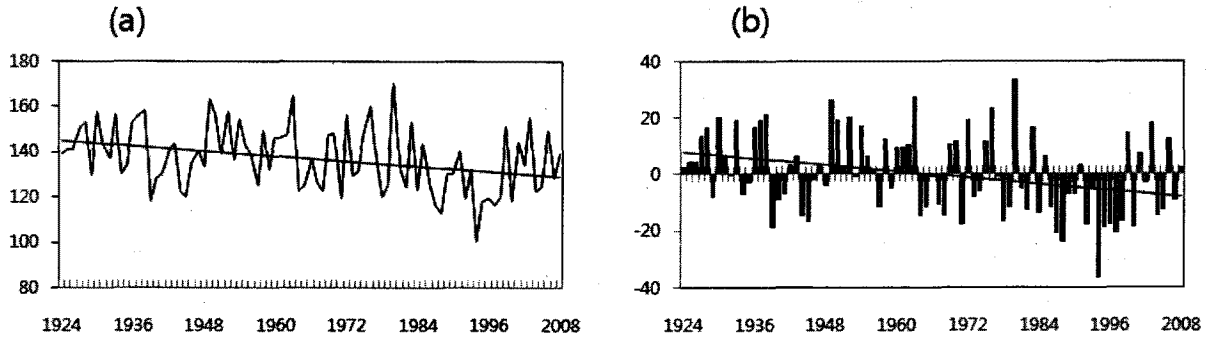


그림 3.12 제주시 강수일수 및 편차(1924~2008년)

계절별 강수일수를 살펴보면, 봄·여름·가을·겨울이 각각 31.9일, 36.0일, 30.0일, 38.8일로써, 겨울철과 여름철 강수일이 많으며 봄과 가을이 상대적으로 적다. 가을과 겨울은 각각 0.83일/10년, 1.47일/10년의 폭으로 감소 경향을 보이고 있으며 봄과 여름은 각각 0.03일/10년, 0.44일/10년의 폭으로 작은 증가세를 보인다(그림 3.13).

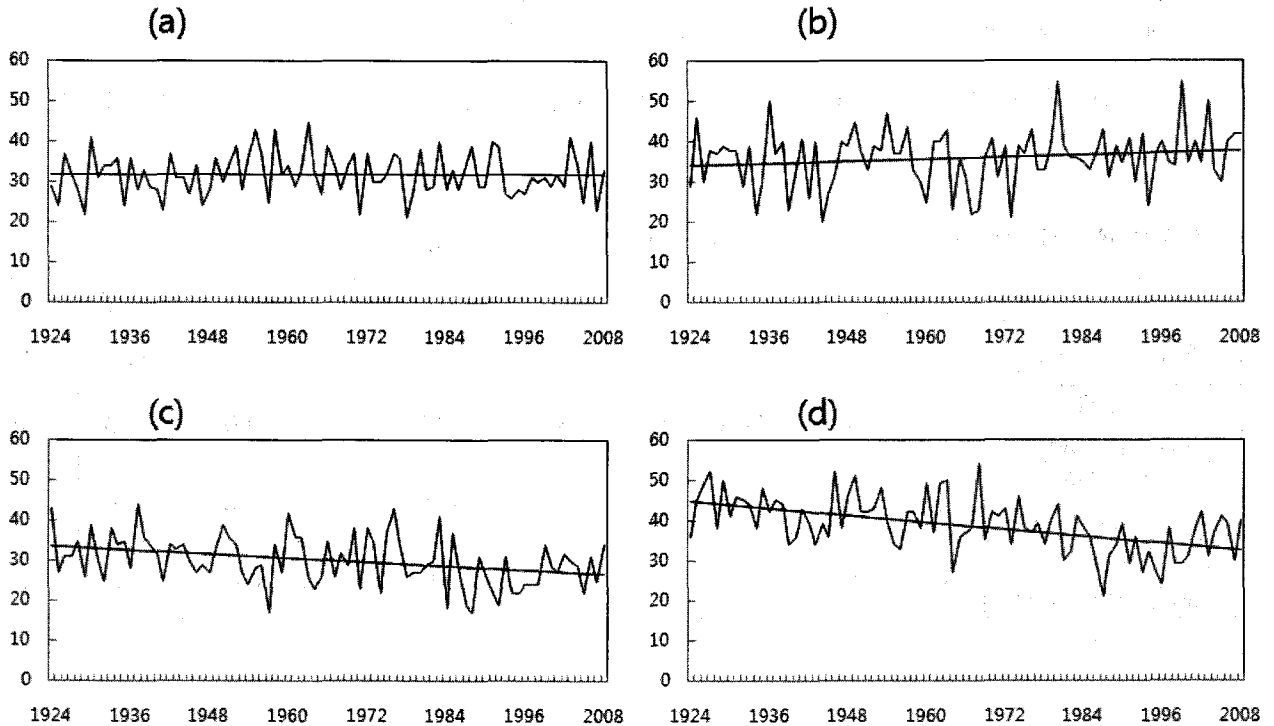


그림 3.13 제주시 계절별 강수일수(1924~2008년) : (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

지난 1924~2008년 동안 제주시의 연강수강도는 10.57mm/일이며, 10년당 0.25mm/일의 비율로 증가하는 경향을 보이고 있다. 제주시의 강수강도 증가는 강수량의 증가와 강수일수 감소의 결과이다. 처음 10년(1924~1933년)기간 강수강도는 9.5mm/일이며 마지막 10년(1999~2008년)기간 강수강도는 11.6mm/일로, 강수강도의 증가율은 2.1mm/일을 보이고 있다(그림 3.14). 계절별 강수강도는 여름철에 17.5mm/일로 가장 크며 겨울철이 4.9mm/일로 가장 작다. 전 계절적으로 강수강도는 증가 경향을 보이고 있으며, 여름철이 $0.18\text{mm일}^{-1}10\text{yr}^{-1}$ 의 비율로 가장 크고 가을철은 $0.11\text{mm일}^{-1}10\text{yr}^{-1}$ 의 비율로 가장 작다. 강수강도가 가장 큰 해는 1985년으로 17.6mm/일이고, 가장 작은 해는 1929년으로 5.4mm/일이다. 연강수강도 편차의 변화는 강수일수와 반대로 전반기에는 주로 음의 편차가 우세하고 후반기에는 양의 편차가 우세하다. 처음 10년(1924~1933년)의 강수강도는 9.3mm/일이며, 마지막 10년(1999~2008년)의 강수강도는 10.7mm/일로, 약 15%가 증가하였다.

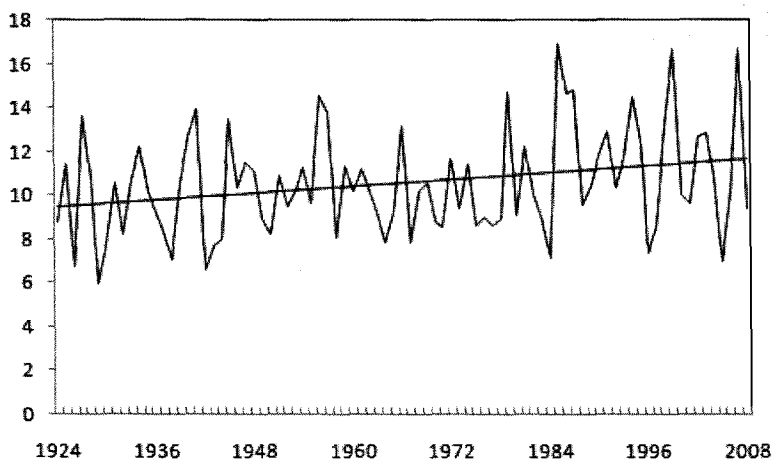


그림 3.14 제주시 강수강도 변화(1924~2008년)

지난 85년 동안 제주시의 80mm 이상 연호우일수는 평균 2.4일이며(그림 3.15.), 0.12일/10yr의 비율로 호우일수가 증가하고 있으나 변동성이 큰 편이다. 또한 10년 이동 평균값을 보면 70년대 이후에는 오히려 감소하다가 90년대 초반 들어서 집중호우의 빈도가 많아지고 있음을 알 수 있다. 제주시 80mm 이상 호우일수는 처음 10년에는 20일(연평균 2.0일), 마지막 10년에는 35일(연평균 3.5일)로 1.5일이 증가하였다. 최근 20여 년간 집중호우의 빈도가 높아지고 있다.

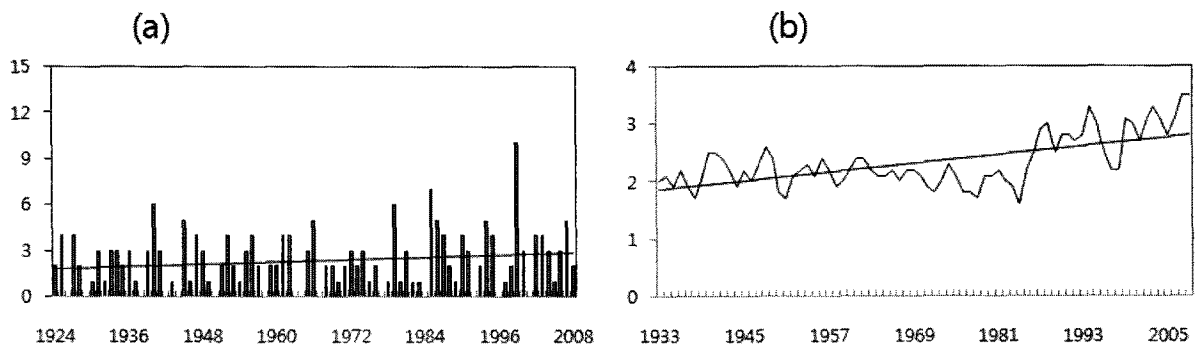


그림 3.15 제주시 (a)80mm 이상 호우일수 변화 및 (b)10년 이동평균 (1924~2008년)

제주시의 1924~2008년 동안의 150mm 이상 호우일수는 평균적으로 0.6일이다. 처음 10년 기간(1924~1933년)과 마지막 10년 기간(1999~2008년)의 150mm 호우일수는 각각 8일(연평균 0.8일)과 10일(연평균 1.0일)로 2일 증가하였다(그림 3.16).

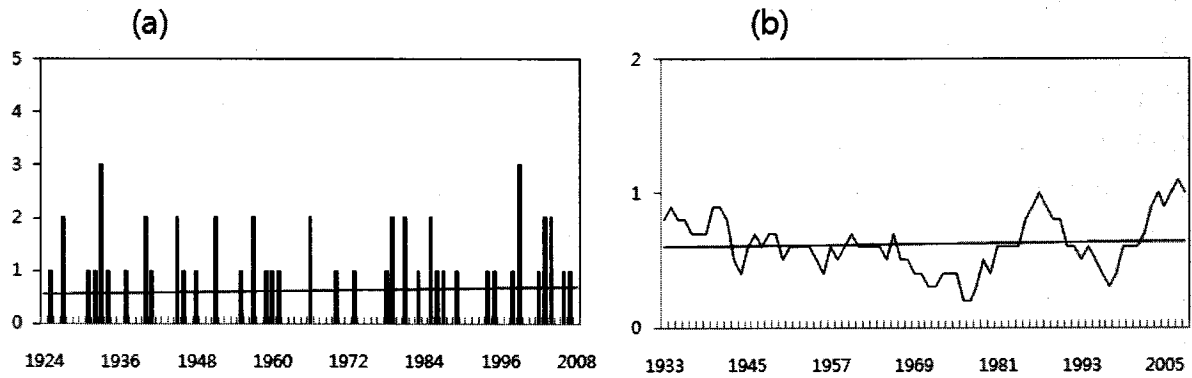


그림 3.16 제주시 (a)150mm 이상 호우일수 변화 및 (b)10년 이동평균 (1924~2008년)

3.1.3. 바람

공기가 이동한 경로의 길이와 이동에 소요된 시간과의 비로 정의되는 풍속은 같은 장소에서도 지면으로부터의 높이, 지면부근의 건물이나 수목 등에 따라 그 값이 크게 달라질 수 있는 기상요소이다. 관측이 처음 시작된 1924년도의 풍속값은 평균풍속과 최대풍속 모두 이상과다값을 보인다. 그림 3.17에서와 같이 풍속 감소율은 $0.24\text{m/s}/10\text{yr}$ 이다. 또한 최대풍속의 경우에도 감소율은 $0.35\text{m/s}/10\text{yr}$ 이다(그림 3.18.).

풍속은 시간에 따라 거의 일정한 비율로 감소하는 경향을 보이고 있으며, 최대풍속의 감소율이 평균풍속에 비해 크게 나타났다. 평균풍속의 전체 평균에 대한 편차(그림 3.17(b))에서, 분석기간의 대부분인 90년까지 평균 이상의 양의 분포를 보였고, 최근 20년은 음의 편차를 보여 최근 20년 사이 평균풍속의 감소 경향이 뚜렷해지고 있음을 보여주고 있다.

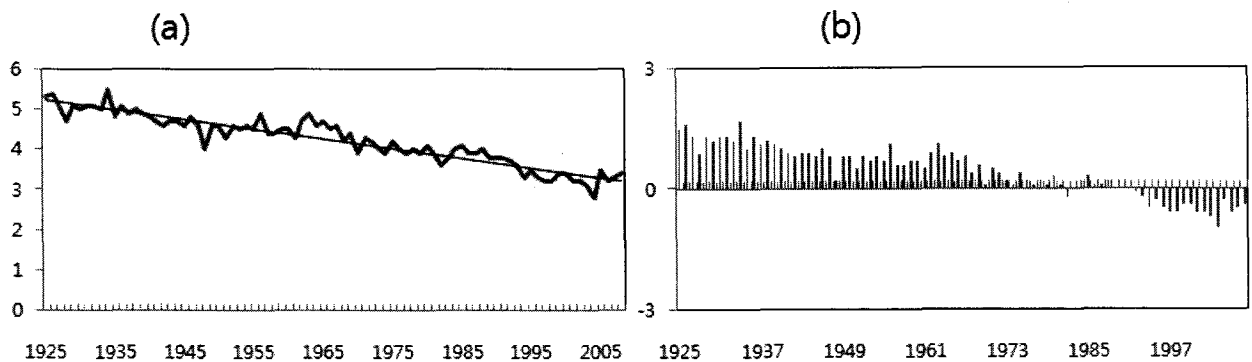


그림 3.17 제주시 (a)연 평균풍속의 시계열 변화경향 및 (b)연평균풍속에 대한 편차(1924~2008)

최대풍속의 전체 평균에 대한 편차(그림 3.18(b))에서, 분석기간의 전반 54년 동안에는 평균 이상의 양의 분포를 보였고, 최근 31년은 음의 편차를 보여 전체적으로 평균풍속의 감소 경향이 뚜렷하게 나타나고 있다.

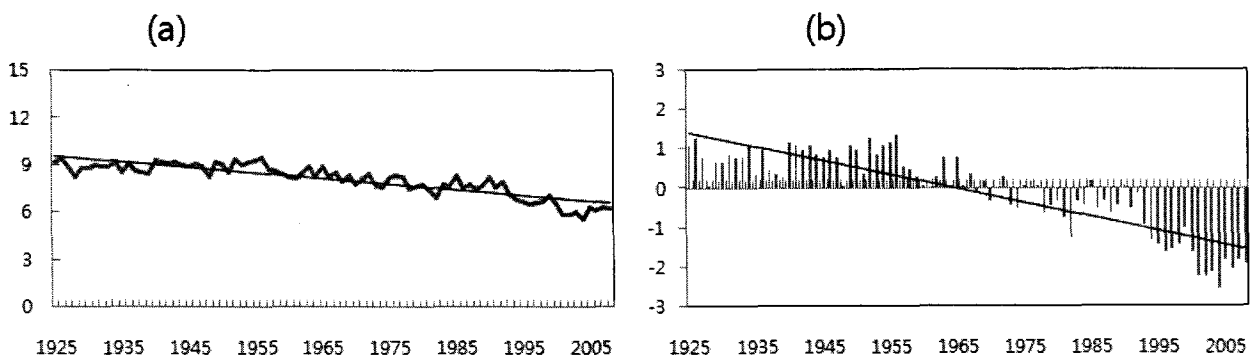


그림 3.18 제주시 (a)연 최대풍속의 시계열 변화경향 및 (b)편차(1924~2008)

3.1.4. 상대습도

상대습도는 현재의 수증기량과 현재 온도에서의 포화수증기량의 비로 나타낸다. 신체에 유해한 각종 세균은 습도와 온도가 높은 환경에서 번식이 왕성하므로 상대습도는 일상생활 중 보건과 밀접하게 관련되어 있다(질병관리본부, 2008). 표 3.2는 계절별 연평균 상대습도의 변화율을 나타낸 것이다. 1924~2008년 동안의 제주시 연평균 상대습도는 72.4%이며 지난 85년 동안 0.6%/10yr의 비율로 감소하였다(그림 3.19(a)).

계절별 상대습도를 살펴보면, 여름철은 79.7%로 가장 높고 겨울철은 67.6%로 가장 낮다. 봄과 가을은 각각 70.8%, 71.7%를 보이고 있다. 타 지역과 달리 여름철 습도가 현저하게 높지 않고 계절간 차이가 크지 않은 것은 사면이 바다로 둘러 싸여 있는 섬지역의 특성으로 해석된다.

계절별로 상대습도의 감소폭은 봄철이 약 0.8%/10yr로 가장 심하다. 여름철은 0.49%/10yr의 비율로 가장 감소폭이 작다. 가을과 겨울은 각각 0.66%/10yr, 0.53%/10yr의 폭으로 감소했다.

표 3.2 제주시 계절별 평균 상대습도와 변화율(1924~2008년)

계절 상대습도	봄	여름	가을	겨울	연평균
평균(%)	70.8	79.7	71.7	67.6	72.4
변화율(%/10yr)	-0.8	-0.5	-0.07	-0.5	-0.6

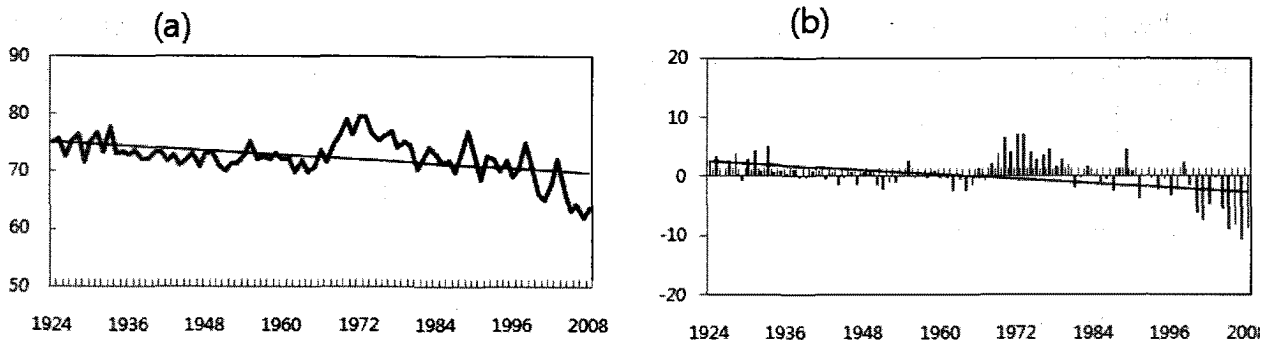


그림 3.19 제주시 (a)평균 상대습도의 시계열 변화경향 및 (b)편차(1924~2008년)

3.2. 현상일수 및 계절의 변화

3.2.1. 안개일수

안개는 시정을 저하시켜 도로 사고를 유발시키며 일조량이 줄어들어 농작물과 식물의 성장을 제한할 뿐 아니라 호흡기 질환 등 건강에도 미치는 영향이 크다. 안개는 미세한 물방울이 대기 중에 떠있는 현상으로 수평시정이 1km 미만인 날을 안개일로 정의한다. 한편 수평시정이 1km 이상 10km 미만일 경우는 박무로 정의한다. 안개일수는 1960년 이후 실제 관측이 이루어졌으나 자료의 신뢰도를 높이기 위하여 여기서는 1970년부터 2008년까지 39년의 자료를 이용하고자 한다.

지난 39년 동안 안개일수 평균은 14.9일을 보이고 있으며 0.8일/10년의 비율로 증가하고 있다. 처음 10년(1970~1979년)은 140일(연평균 14일)이었으나 마지막 10년은 169일(연평균 16.9일)로 평균 2.9일 늘어났다.

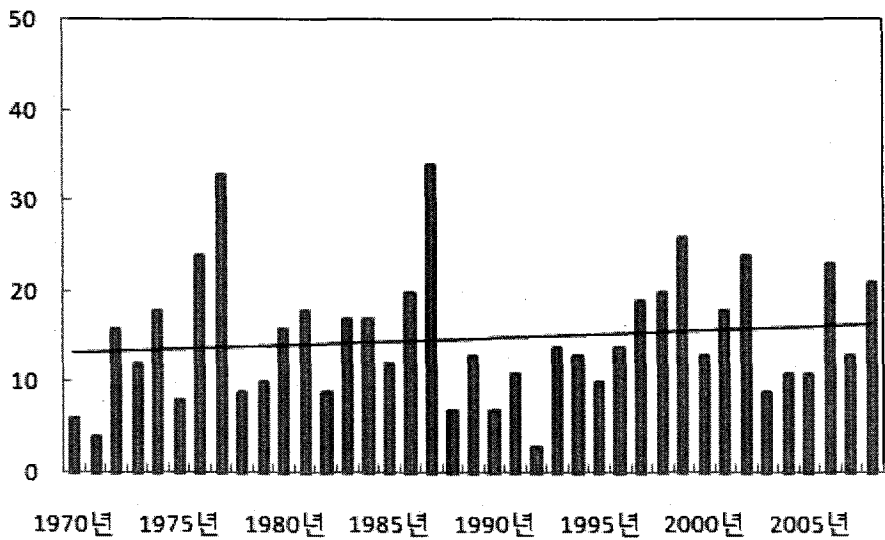


그림 3.20 제주시 안개일수의 변화(1970~2008년)

표 3.3 제주시 계절별 평균 안개일수와 변화율(1970~2008년)

계절	봄	여름	가을	겨울	연평균
안개일수					
평균(일)	6.0	7.9	0.7	0.3	14.9
변화율(일/10yr)	+0.5	+0.2	+0.2	-0.08	+0.8

3.2.2. 서리일수

서리는 대기 중의 수증기가 지면 또는 지물의 표면이나 설면 등에 승화해서 생기는 얼음의 결정을 말하며, 지표면이 냉각될 때 온도가 0℃ 이하에서 생긴다. 서리가 내린 날의 수를 서리일수라 정의하며, 제주시의 서리일수는 1970년부터 2008년까지 39년 동안의 자료를 분석하였다.

그림 3.21은 제주시의 연서리일수 변화율을 보여주고 있다. 39년 동안 연 서리일수는 8.6일이며, 3.0일/10년의 비율로 감소하는 경향을 보이고 있다. 제주시의 서리일수는 1989년 이후로 급격히 감소하여 현재까지 지속적인 감소세를 보이고 있다. 처음 10년(1970~1979년)의 서리일수 총합은 106일(연평균 10.6일)이었으나 마지막 10년(1999~2008년)의 서리일수 총합은 36일(연평균 3.6일)에 불과해 66% 감소하였다.

겨울철 서리일수는 평균 6.6일로 가장 많고, 봄 1.4일, 가을 0.3일이며, 여름철에는 서리가 없다(표 3-4). 여름철을 제외한 전 계절에서 서리일수는 감소하고 있으며, 이러한 서리일수의 전반적인 감소는 전반적인 최저기온 상승과 유관한 것으로 보인다.

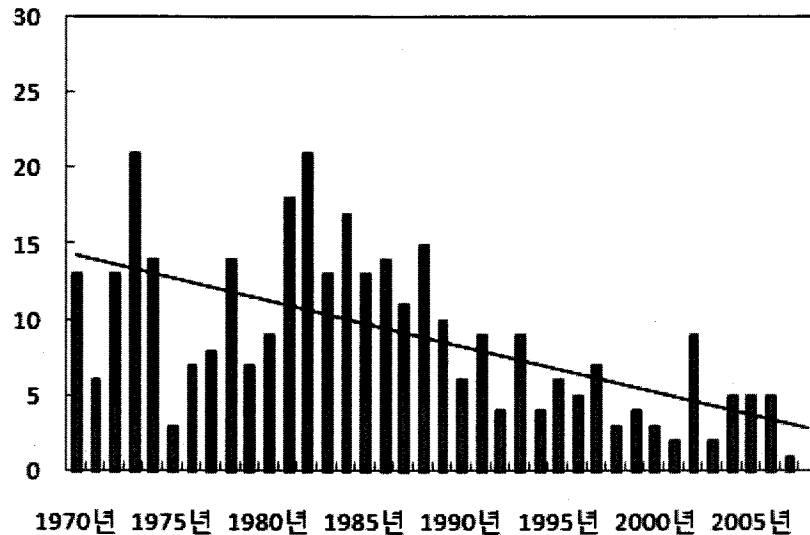


그림 3.21 제주시 서리일수의 변화(1970~2008년)

표 3.4 제주시 계절별 평균 서리일수와 변화율(1970~2008년)

계절 \ 서리일수	봄	여름	가을	겨울	연평균
평균(일)	1.4	-	0.3	6.6	8.6
변화율(일/10yr)	-0.7	-	-0.3	-2.0	-3.0

3.2.3. 뇌전일수

자연대기 중에서는 상승기류에 의하여 적란운이 형성되어 비가 올 때 구름 내부에서 심한 전하분리가 일어나 대규모의 불꽃방전을 일으키는 경우가 있다. 이 현상을 뇌전이라 하며, 번개와 천둥을 통틀어 말한다. 제주시의 지난 39년 동안 연 뇌전일수는 15.4일이며, 3.7일/10년의 비율로 증가하는 경향을 보이고 있다(그림 3.22). 처음 10년(1970~1979년)의 뇌전일수 총합은 111일(연평균 11.1일)이었으나 마지막 10년(1999~2008년)의 뇌전일수 총합은 218일(연평균 21.8일)로, 2배 가까이 증가하였다.

여름철 뇌전일수는 평균 8.8일로 가장 많고 겨울은 1.2일로 가장 적다. 봄과 가을은 각각 2.5일, 2.7일로 비슷한 횟수를 보이고 있다.(표 3.5.).

계절별 뇌전일수 증가폭은 여름철이 2.3일/10년으로 가장 높다. 봄, 가을, 겨울은 각각 0.4일/10년, 0.4일/10년, 0.5일/10년의 비슷한 비율로 증가하는 경향을 보이고 있다.

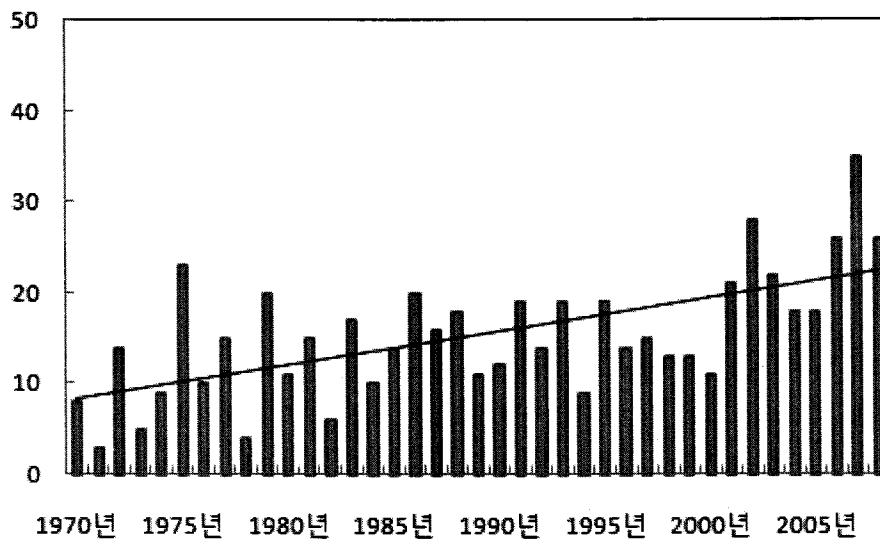


그림 3.22 제주시 뇌전일수의 변화(1970~2008년)

표 3.5 제주시 계절별 평균 뇌전일수와 변화율(1970~2008년)

계절 \ 뇌전일수	봄	여름	가을	겨울	연평균
평균(일)	2.6	8.8	2.7	1.2	15.4
변화율(일/10yr)	0.4	2.4	0.5	0.5	3.7

3.2.4. 결빙일수

얼음이 언 날의 일수를 결빙일수라 정의한다. 지난 39년 동안 제주시의 연평균 결빙일수는 19.5일이며, 4.6일/10년의 비율로 감소하고 있다(그림 3.23). 처음 10년(1970~1979년)의 결빙일수 총합은 204일(연평균 20.4일)이었으나 마지막 10년(1999~2008년)의 결빙일수 총합은 125일(연평균 12.5일)로 39% 감소하였다.

겨울철 결빙일수는 평균 17.1일로 가장 많고, 봄 2.0일, 가을 0.08일이며, 여름철에는 결빙일수가 없다(표 3.6). 겨울철 결빙일수는 4.2일/10년의 비율로 큰폭의 감소경향을 보이고 있으며, 이 역시 전반적인 최저기온 상승과 관련한 것으로 보인다.

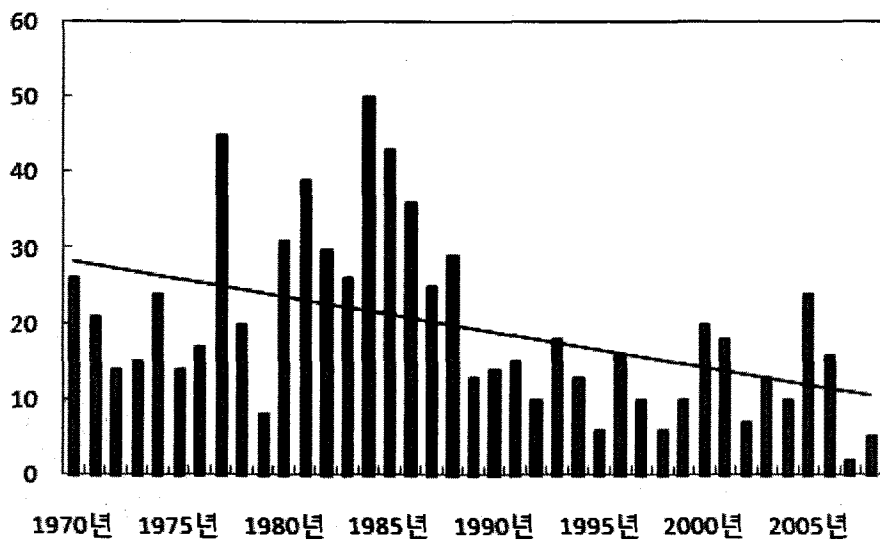


그림 3.23 제주도 결빙일수의 변화(1970~2008년)

표 3.6 제주도 계절별 평균 결빙일수와 변화율(1970~2008년)

계절	봄	여름	가을	겨울	연평균
결빙일수					
평균(일)	2.0	-	0.08	17.1	19.5
변화율(일/10yr)	-0.5	-	0.8	-4.2	-4.6

3.2.5. 황사일수

황사는 중국 사막에서 발생하여 한반도로 불어오는 대형 먼지바람이 원인으로 호흡기 및 안 질환을 유발하는 등 인체 건강에 악영향을 미칠 뿐 아니라, 환경이나 산업체에도 막대한 피해를 끼친다. 황사일수는 기상관측전문가의 눈으로 확인한 황사현상이 하루 중 한번이라도 관측된 날로 정의한다. 제주시 황사일수 변화 분석을 위해 1970년부터 2008년까지의 39년 자료를 사용하였다.

지난 39년 동안 제주시의 연평균 황사일수는 4.8일이며, 1.3일/10년의 비율로 증가하고 있다(그림 3.25.). 처음 10년(1970~1979년)의 황사일수 총합은 39일(연평균 3.9일)이었으나 마지막 10년(1999~2008년)의 황사일수 총합은 81일(연평균 8.1일)로, 2배 이상 증가했다.

전체 황사일수의 88% 이상이 봄철, 특히 4월에 집중되어 나타난다. 이는 따뜻한 날씨, 건조하고 강한 바람과 같은 기상조건 때문에 모래 먼지가 많이 발생하기 때문이다. 여름철에는 남서풍이 우세하고 황사를 몰고 오는 북서계절풍이 약화되고 강수현상이 많아서 황사가 관측되지 않는다.

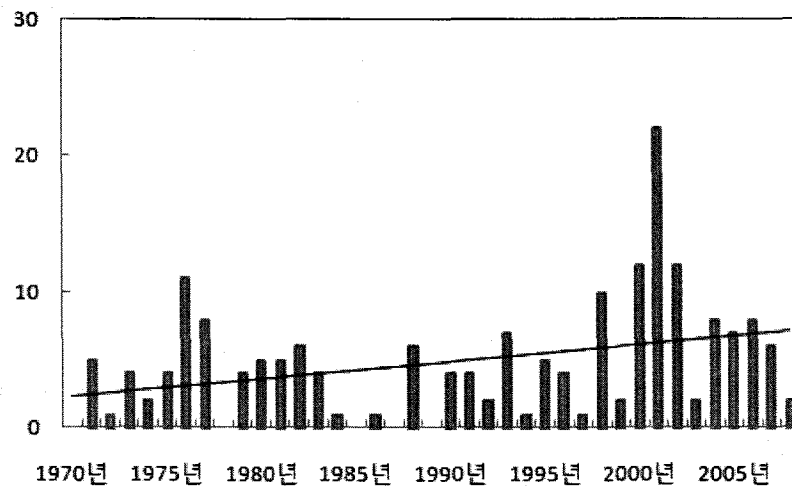


그림 3.24 제주시 황사일수의 변화(1970~2008년)

표 3.7 제주시 계절별 평균 황사일수와 변화율(1970~2008년)

계절	봄	여름	가을	겨울	연평균
황사일수					
평균(일)	4.2	-	0.2	0.4	4.8
변화율(일/10yr)	1.2	-	0.1	-	1.3

3.2.6. 자연계절의 변화

기후변화에 의한 계절변화는 일상생활에 가장 민감하게 작용한다. 계절의 시작과 끝 및 그 지속시간을 분석함으로써 기후학적 계절 또는 자연계절의 변화를 비교하여 보았다.

여기서는 계절의 구분이 되는 임계값을 계절 전이와 관련된 연구에서 자주 인용되는 이병설(1979)의 기준을 사용하였다. 이병설(1979)은 여러 기후요소들 중에 기온이 계절 변화를 가장 잘 나타낸다고 하여, 일평균기온, 일최저기온, 일최고기온의 임계값에 따라 계절을 구분하였다. 본 연구에서는 이병설의 일평균기온에 의한 구분(봄:5℃이상, 여름: 20℃ 이상, 가을 : 20℃ 미만, 겨울 : 5℃ 미만)을 사용하여, 1924년~2008년 사이 제주시의 자연계절 변화를 분석하였다.

계절변화를 분석하기 위하여 처음 10년(1924~1933년)과 마지막 10년(1999~2008년)을 비교하여, 각각의 계절 시작일 및 지속기간을 표 3.8에 표시하였다. 줄리안 일자(Julian Day)로 날짜를 표시하여 1월1일을 1일로, 12월31일을 365일로 나타내었으며, 일평균 기온값은 9일 이동평균을 하였다. 1년이 366일이 되는 해는 2월 29일의 자료를 삭제하여 365일로 통일시켰다.

마지막 10년(처음 10년) 기간의 제주도 봄은 2월4일(3월1일), 여름은 6월8일(6월15일), 가을은 10월14일(9월28일)에 각각 시작되었다. 한편, 처음 10년 기간 겨울은 1월21일부터 3월1일까지 39일 동안 이어졌으나, 마지막 10년 기간에는 겨울이 사라졌음을 알 수 있다(표3.8). 그러나 일별 평균기온 및 9일 이동평균임을 감안할 때 겨울의 특성이 전혀 나타나지 않는 것은 아니며, 혹한일수가 발생할 가능성은 충분히 있다. 각 계절별 지속기간은 마지막 10년(처음 10년) 기간 동안 봄 124일(106일), 여름 128일(105일), 가을 113일(115일) 및 겨울 0일(39일)로 나타났다(그림 3.25).

최근 10년간 겨울일수(일별 10년 평균기온 5℃ 미만 일수)는 전혀 없는 것으로 분석이 되고 있다. 그러나 표 3.9에서 보듯이 매 해마다 일평균기온 5℃미만일수는 항상 존재한다.

한편, 마지막 10년 기간 동안 봄과 가을의 구분은 그래프에서 5℃에 가장 가까운 변곡점인 2월4일을 기준으로 하였다.

각 계절별 시작일 변화를 살펴보면, 봄과 여름은 각각 25일, 7일 빨라졌으며, 가을은 16일 늦어졌다.

표 3.8 제주도 계절 시작일의 변화(1924~2008년)

기간 \ 계절	봄	여름	가을	겨울
1924년~1933년(A)	3월 1일	6월 15일	9월 28일	1월 21일
1999년~2008년(B)	2월 4일	6월 8일	10월 14일	-
차이(B-A)	-25일	-7일	16일	-

표 3.9 제주시 연도별 일평균기온 5℃ 미만일수(1924~2008년)

년도	1924년	1925년	1926년	1927년	1928년	1929년	1930년	1931년	1932년	1933년
일수	49	57	57	50	50	55	41	45	36	56
년도	1934년	1935년	1936년	1937년	1938년	1939년	1940년	1941년	1942년	1943년
일수	64	45	71	42	63	37	42	32	43	48
년도	1944년	1945년	1946년	1947년	1948년	1949년	1950년	1951년	1952년	1953년
일수	63	67	39	70	38	30	36	32	46	40
년도	1954년	1955년	1956년	1957년	1958년	1959년	1960년	1961년	1962년	1963년
일수	35	31	56	47	31	29	26	36	40	46
년도	1964년	1965년	1966년	1967년	1968년	1969년	1970년	1971년	1972년	1973년
일수	32	45	34	58	51	50	54	46	25	24
년도	1974년	1975년	1976년	1977년	1978년	1979년	1980년	1981년	1982년	1983년
일수	39	38	31	50	34	17	42	48	35	33
년도	1984년	1985년	1986년	1987년	1988년	1989년	1990년	1991년	1992년	1993년
일수	66	50	47	32	36	16	27	24	16	31
년도	1994년	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년
일수	22	22	41	24	12	22	34	26	17	31
년도	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년					
일수	26	49	20	9	38					

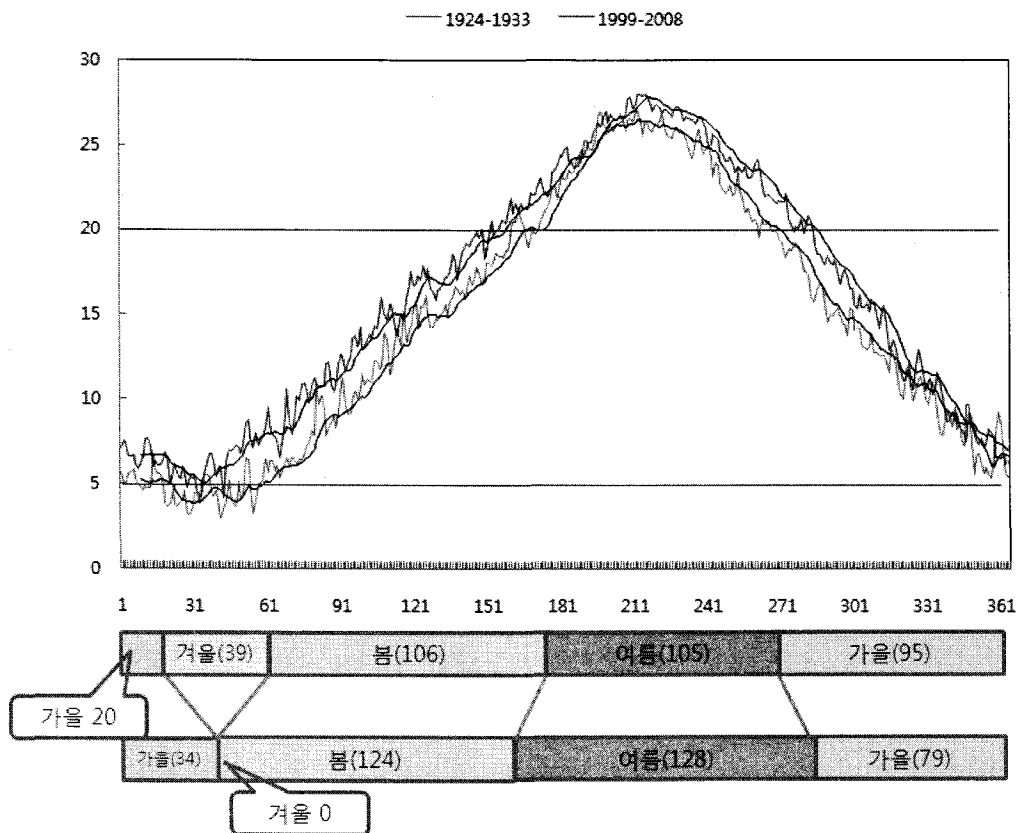


그림 3.25 제주시 자연계절 변화(1920년대 VS 2000년대)

제 4장 제주도 기후변화 경향 및 변동성 : 서귀포시

4.1. 기후요소별 변화경향

4.1.1. 기온

서귀포시의 연 평균기온은 1961년 관측을 시작한 이후 2008년까지의 관측자료를 이용한 시계열자료를 그림 4.1에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 서귀포시의 연 평균기온은 제주도 시보다 상승폭이 더 높다. 서귀포시의 연 평균기온은 관측기간 47년 동안 평균 $0.38^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 정도 상승하였으며, 1980년 이후 상승폭이 더 커지는 양상을 보이고 있다.

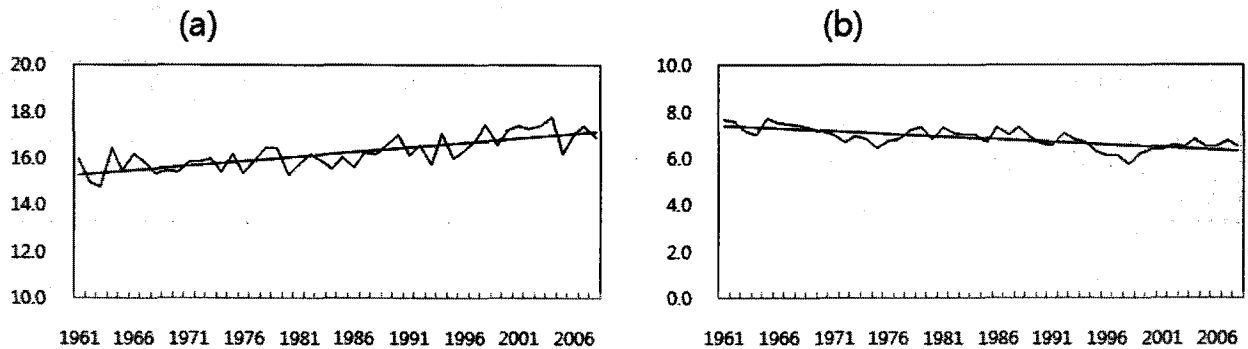


그림 4.1 서귀포시 (a)연평균기온 변화 및 (b)일교차 변화(1961~2008년)

그림 4.2에 계절별 평균기온의 변화를 나타내었다. 계절의 구분은 봄을 3~5월, 여름 6~8월, 가을 9~11월, 그리고 겨울을 12월과 그 다음해의 1, 2월로 구분하였다. 연평균기온의 변화경향은 계절에 따라 차이를 보이고 있으며, 계절별 기온의 변화폭과 연 변화 모두 제주시보다 작다. 4계절 모두 제주시보다 큰 폭으로 기온변화가 이어지고 있다. 계절별로는 겨울에 $0.5^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 으로 기온 상승폭이 가장 컸으며, 다음으로 봄, 가을, 여름 순으로 나타나 겨울과 봄의 기온 증가경향이 두드러지게 나타나고 있다. 한편, 제주시와 동일하게 여름철에 기온변화가 가장 작다. 이러한 결과는 전체적인 기온변화가 최고기온과 평균기온보다 최저기온의 상승효과가 크다는 사실을 뒷받침한다.

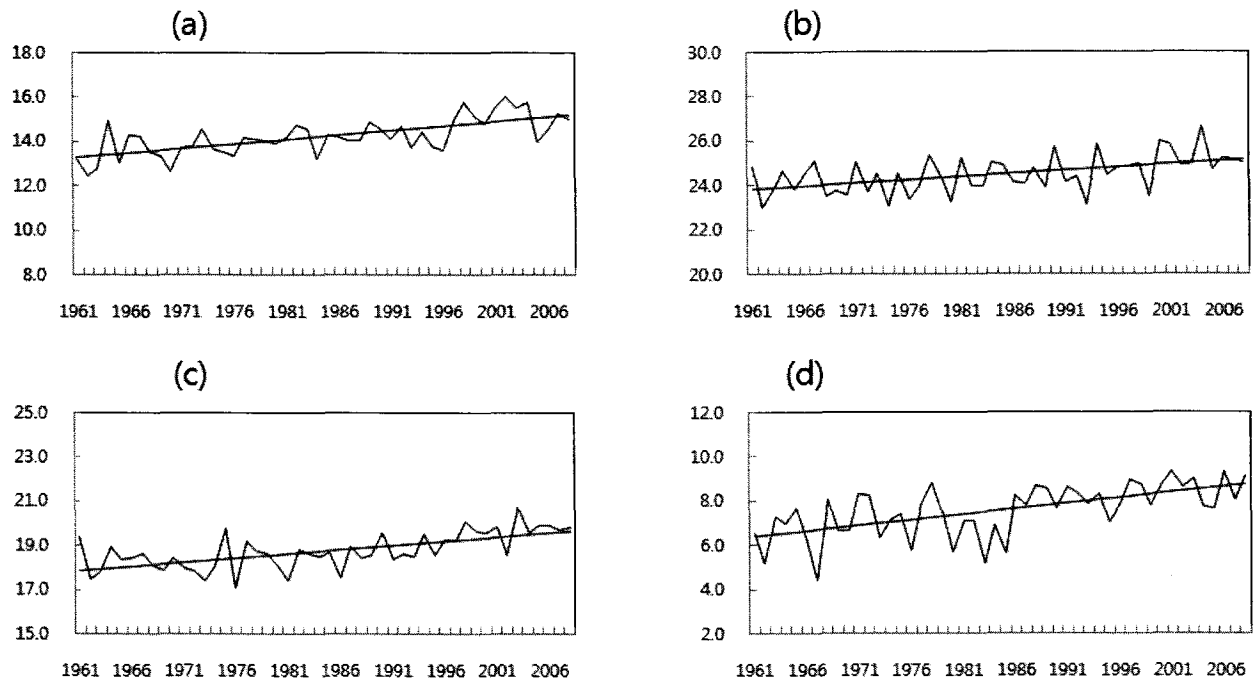


그림 4.2 서귀포 계절별 평균기온의 시계열 및 변화경향(1961~2008) : (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

일최고기온과 일최저기온에 대해서 연평균한 값을 각각 연평균 최고기온과 연평균 최저기온으로 정의하고 그 변화를 그림 4.3에 나타내었다. 연평균 최고기온의 경우 $0.34^{\circ}\text{C}/10\text{년}$, 연평균 최저기온은 $0.57^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 정도의 기온 상승을 보이고 있다. 평균기온의 상승과 비교해서 최고기온의 증가율은 비슷하고 최저기온의 증가율은 크게 나타나고 있어, 역시 최저기온이 최고기온의 상승폭보다 크다. 특히 제주시에 비해 최고기온은 3배, 최저기온은 2배 정도 높다. 최고기온과 최저기온의 계절에 따른 변화를 그림 4.4와 그림 4.5에 나타내었다.

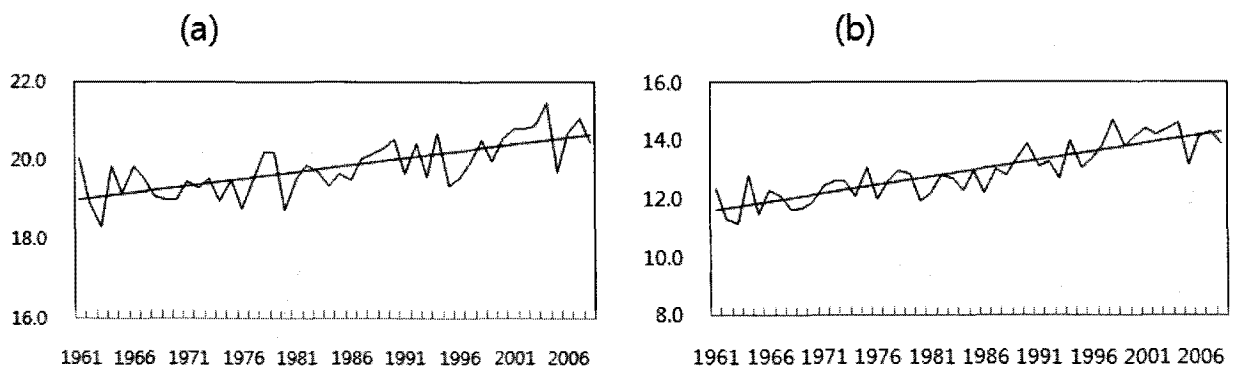


그림 4.3 서귀포 (a)연평균 최고기온 및 (b)연평균 최저기온의 변화경향(1961~2008년)

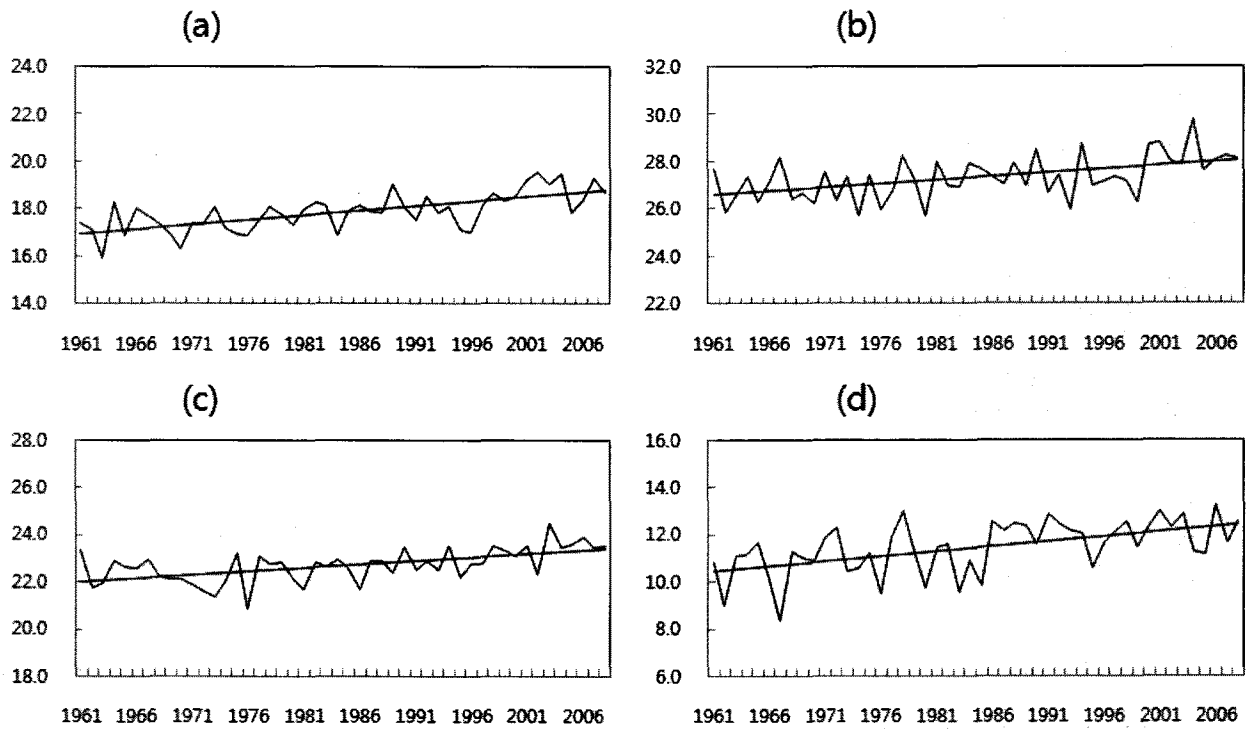


그림 4.4 서귀포 계절 평균 최고기온의 변화경향(1961~2008년) : (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

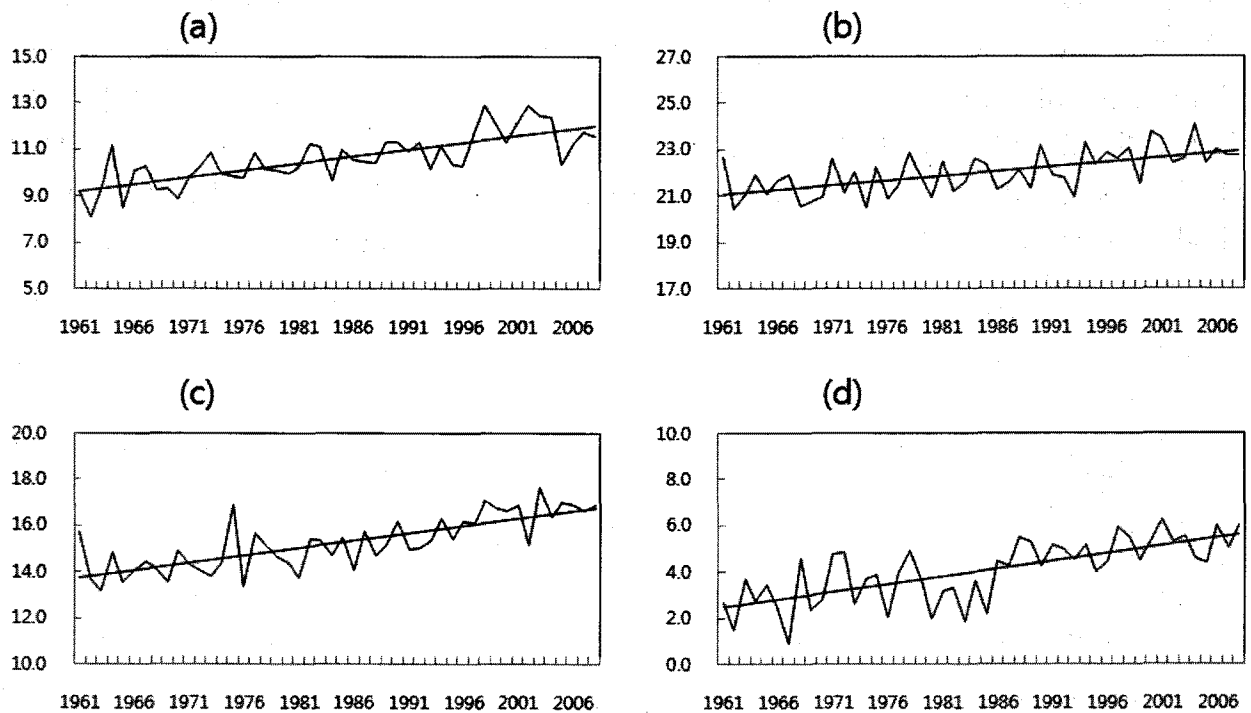


그림 4.5 서귀포 계절 평균 최저기온의 변화경향(1961~2008년) : (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

서귀포시 역시 기온과 관련된 극한지수 변화를 파악하기 위하여 열대일 일수, 열대야 일수, 영하 일수 등의 변화를 분석하였다. 열대일은 일 최고기온이 30℃ 이상인 날로 정의하며, 열대일 일수의 변화를 통하여 여름철 최고기온의 변화 특성을 파악할 수 있다. 서귀포시의 평균 열대일 일수는 27.4일로써, 제주시보다 4일이 적다. 지난 48년 동안 3.0일/10년의 비율로 증가하였다(그림 4.6). 처음 10년(1961~1970년) 기간 열대일 일수는 26일이며 마지막 10년(1999~2008년) 기간 열대일 일수는 36일로, 40% 증가하였다. 열대일 일수의 변화를 보면 1964년에 61일, 1990년 58일, 1994년 57일 등으로 빈도가 높다. 반면, 1928년과 1941년 8일, 1993년 9일 등은 빈도가 낮다.

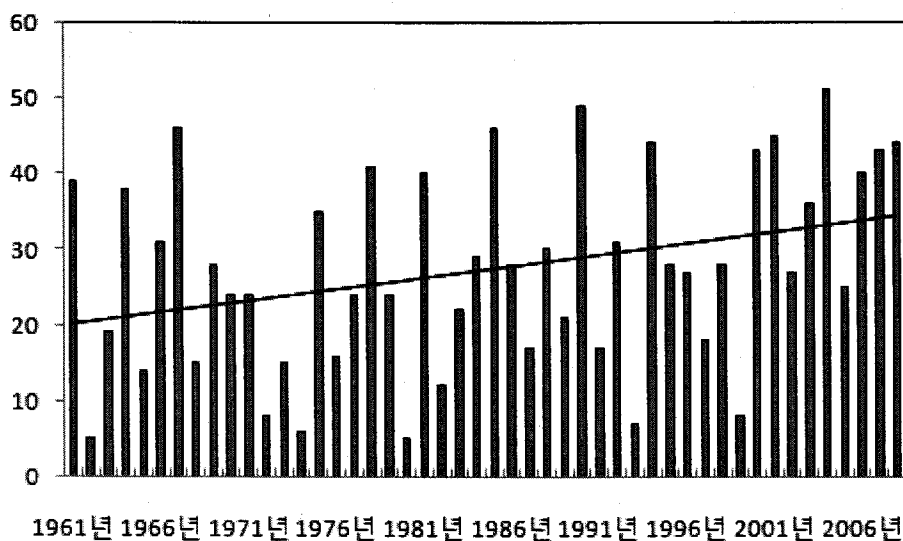


그림 4.6 서귀포 열대일 일수(1961~2008년)

지난 48년간 열대야 일수의 평균은 21.6일이며, 8월에 가장 많은 빈도를 보이고 있다. 증가율은 3.1일/10년의 큰 폭으로 증가하고 있으며, 특히 최근 10년간(1999~2008년) 열대야 일수는 28.7일로, 처음 10년간(1961~1970년)의 18.3일에 비해 60% 증가하였다.

열대야 일수의 변화를 보면, 2004년에 47일로 가장 많고, 1994년 및 2004년 모두 42일로 다음순위를 보인다. 열대야 일수가 가장 적은 해는 1993년으로써, 2일이다. 7월의 평균 열대야 일수는 평균 8.3일, 8월은 12일로 8월에 뚜렷하게 많은 열대야 일수가 나타나고 있다.

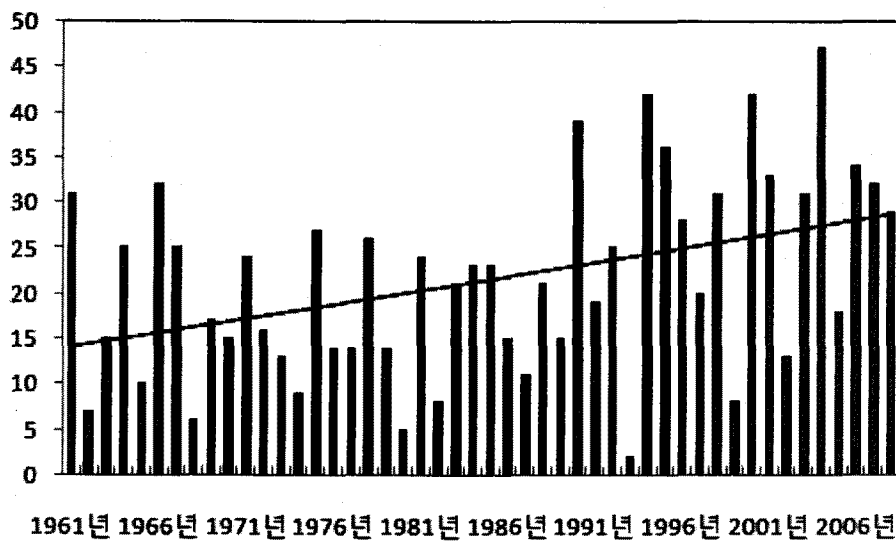


그림 4.7 서귀포 열대야 일수(1961~2008년)

영하일은 일 최저기온이 0°C 이하인 날로 정의하며, 영하 일수의 변화를 통하여 겨울철 최저기온의 변화 특성을 이해할 수 있다. 서귀포시의 평균 영하일수는 13.9일이며, 지난 48년 동안 4.7일/10년의 비율로 감소하였다. 서귀포시의 영하일수는 1963년 36일로 가장 많았으며, 1980년 초반까지 영하일수가 30일을 초과하는 해가 존재하였다(그림 4.8). 그러나 1990년대 초반부터 3년을 제외하고 영하일수는 한자리 수를 유지하였다. 처음 10년(1961~1970년) 영하일수는 24.5일이었으나, 마지막 10년(1999~2008년) 영하일수는 6.7일로써, 73% 감소하였다.

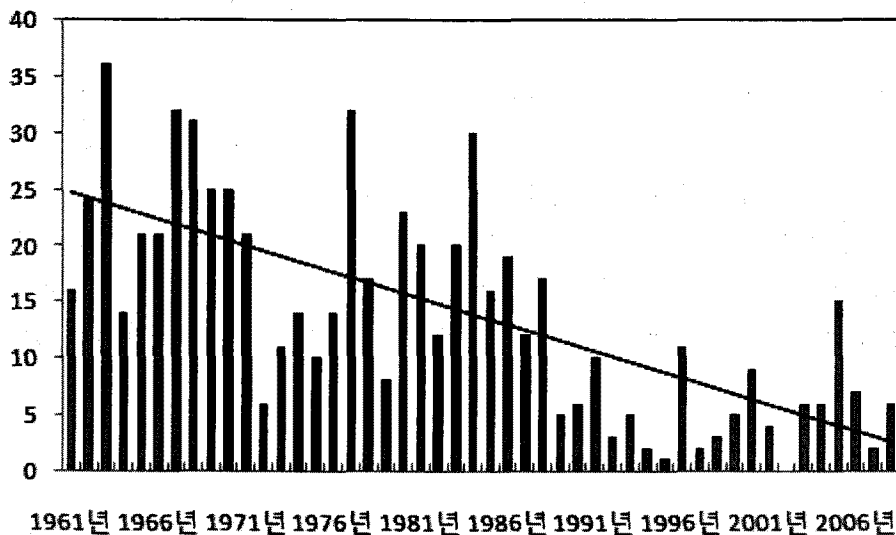


그림 4.8 서귀포 영하 일수(1961~2008년)

4.1.2. 강수

그림 4.9는 서귀포의 기온과 강수량의 월변화를 나타낸 것으로 월평균기온은 1월이 가장 낮고 8월이 가장 높게 나타나고 있다.

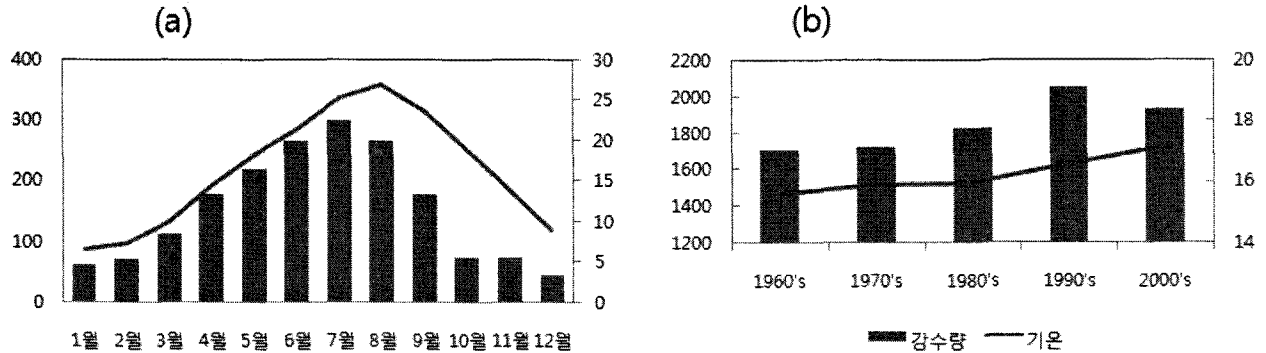


그림 4.9 서귀포 (a)월평균기온과 월강수량의 연변화 및 (b)연대별 평균기온과 강수량 변화추이(1920's ~ 2000's)

지난 48년간(1961~2008년) 동안의 서귀포시의 연강수량 평균은 1823.6mm이다(표 4.1 참조). 처음 10년 기간(1924~1933년)의 연강수량은 1707.6mm이고, 마지막 10년 기간(1999~2008년)의 연강수량은 1927.3mm로, 219.7mm 증가하였다. 지난 48년 동안 60.1mm/10년의 비율로 증가하는 경향을 보였다(그림 4.10 (a)). 그림 4.10(b)의 분석기간 중 연강수량 편차에서 볼 수 있듯이 연강수량이 가장 많았던 해는 1985년으로 3244.3mm를 기록했으며, 가장 적었던 해는 1984년으로 1145.8mm를 기록하였다.

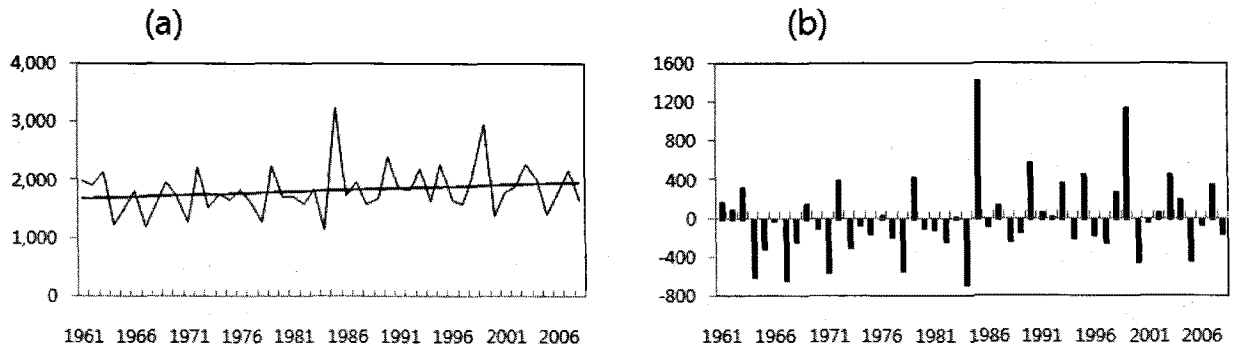


그림 4.10 서귀포 연강수량의 (a)시계열 변화 및 (b)편차 (1961~2008년)

계절별로는 여름철의 평균 강수량이 630.5mm로 가장 많았으며, 겨울철이 187.7mm로 가장 적었다. 지난 48년 동안의 계절간 변화를 보면, 여름철과 봄철에 각각 15.5mm/10년, 7.2mm/10년으로 증가하는 경향을 보였으며, 특히 여름철은 전 계절 중 강수량 증가 경향이 가장 크다. 반면 가을과 겨울은 각각 3.7mm/10년, 1.9mm/10년의 비율로 감소하는 경향을 보였다. 그림 4.11에서 계절별 강수량 변화를 보여주고 있다.

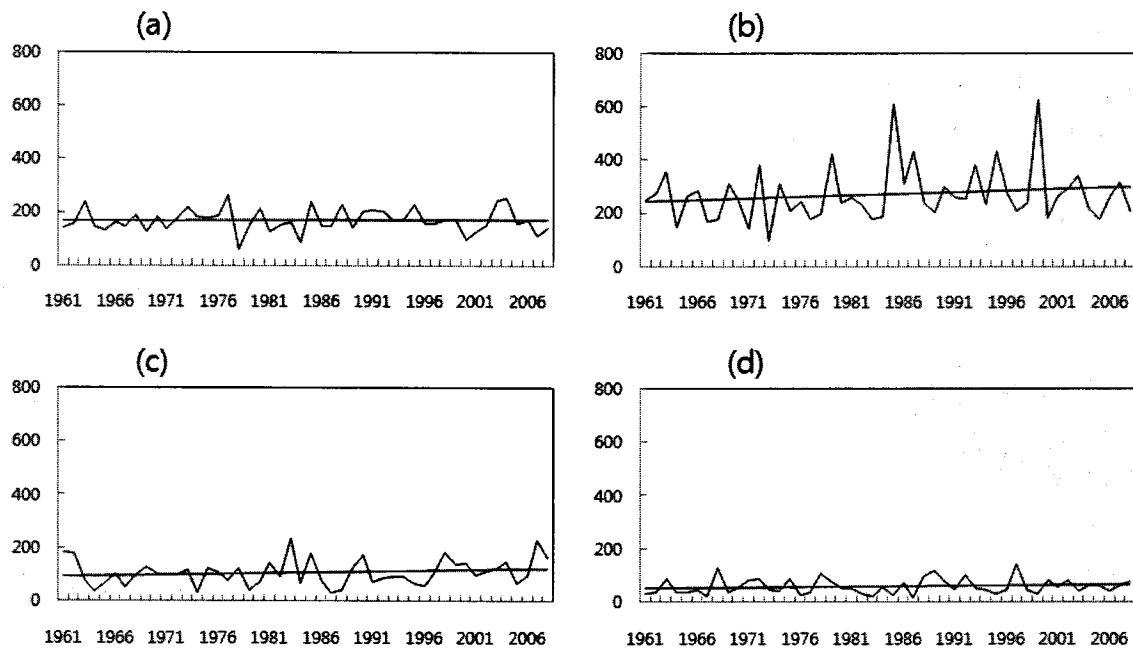


그림 4.11 서귀포 계절별 강수량의 변화(1961~2008년) : (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

표 4.1 서귀포 계절별 강수량, 강수일수, 강수강도(1961~2008)

계절 강수량	봄		여름		가을		겨울		연평균	
	평균	변화율	평균	변화율	평균	변화율	평균	변화율	평균	변화율
강수량 (mm, mm/10yr)	169.1	0.7	270.1	11.8	108.3	6.5	60.32	2.4	1823.6	60.1
강수일수 (day, 일/10년)	32.2	-0.2	41.8	+0.4	24.6	-0.9	28.5	0.0	127.1	-0.9
강수강도 (mm/일, mm/일 ⁻¹ 10yr ⁻¹)	15.8	+0.2	19.2	+0.6	12.2	+1.2	6.3	+0.3	13.4	+0.6

1961~2008년 동안 서귀포시의 연강수일수는 127.1일이다. 지난 48년간 강수일수는 0.9일/10년의 비율로 감소하였다. 그림 4.12(b)에서는 전체 평균에 대한 연강수일수 편차의 변화율을 보여주고 있다. 전반기에는 주로 양의 편차가 우세하고, 후반기에는 음의 편차가 우세하지만, 2000년대 들어 다시 양의 편차가 우세하게 관측되고 있다.

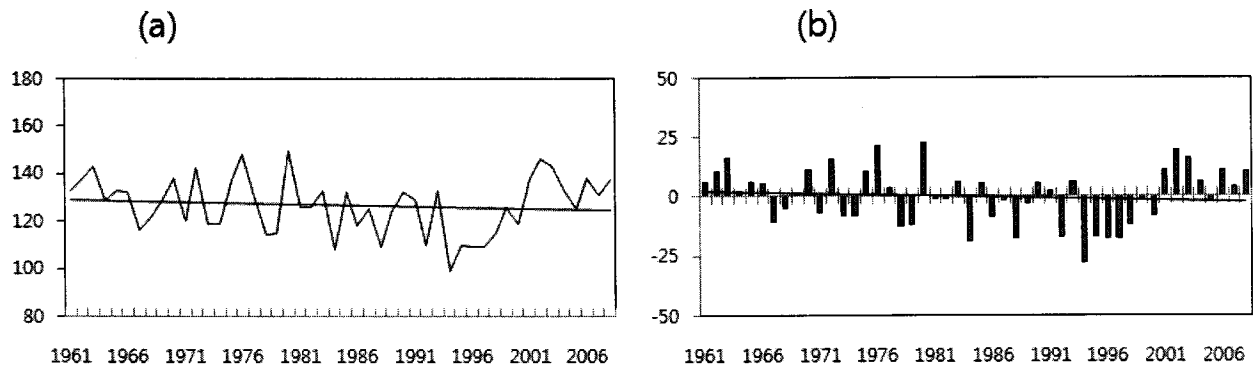


그림 4.12 서귀포 강수일수 및 편차(1961~2008년)

계절별 강수일수를 살펴보면, 봄·여름·가을·겨울이 각각 32.2일, 41.8일, 24.6일, 28.5일로써, 여름철 강수일이 많고, 가을철이 상대적으로 적다. 강수일수 변화율은 여름은 0.4일/10yr의 비율로 증가하고 있으나 봄과 가을은 각각 0.2일/10yr 및 0.9일/10yr의 비율로, 특히 가을철의 감소폭이 크다. 반면, 겨울철은 강수일수의 변동이 거의 없다(그림 4.13).

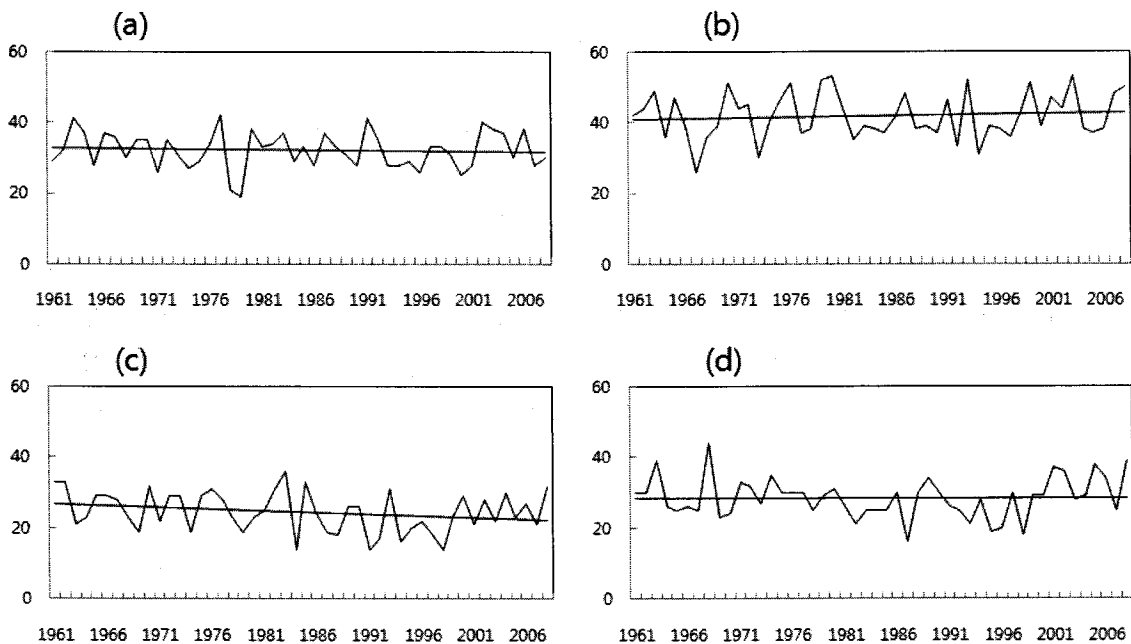


그림 4.13 서귀포 계절별 강수일수(1961~2008년) : (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

지난 1961~2008년 동안 서귀포시의 연강수강도는 14.3mm/일이며, 10년당 0.44mm/일의 비율로 증가하는 경향을 보이고 있다(그림 4.14). 계절별 강수강도는 여름철에 19.2mm/일로 가장 크며 겨울철이 6.3mm/일로 가장 작다. 전 계절적으로 강수강도는 증가 경향을 보이고 있으며, 가을철의 비율이 가장 크다($1.2\text{mm일}^{-1}10\text{yr}^{-1}$). 한편 여름, 겨울, 봄철이 각각 $0.6\text{mm일}^{-1}10\text{yr}^{-1}$, $0.3\text{mm일}^{-1}10\text{yr}^{-1}$ 및 $0.2\text{mm일}^{-1}10\text{yr}^{-1}$ 의 비율로 그 뒤를 잇고 있다. 강수강도가 가장 큰 해는 제주시와 마찬가지로, 1985년 24.3mm/일이고, 가장 작은 해는 1964년으로 8.74mm/일이다. 연강수강도 편차의 변화 경향은 제

주시와 거의 동일하다. 강수일수와 반대로 전반기에는 주로 음의 편차가 우세하고 후반기에는 양의 편차가 우세하다. 처음 10년(1961~1970년)의 강수강도는 12.0mm/일이며, 마지막 10년(1999~2008년)의 강수강도는 13.5mm/일로, 약 9%가 증가하였다.

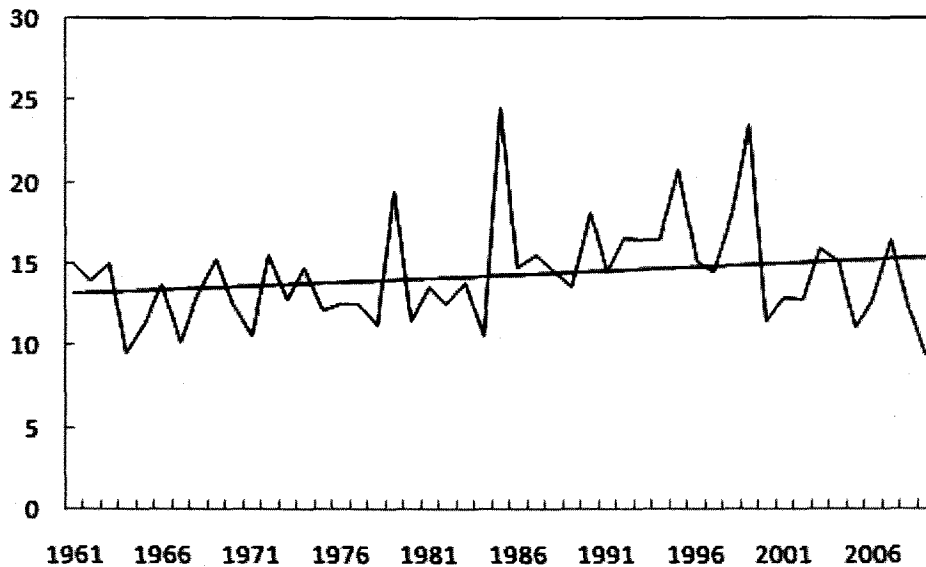


그림 4.14 서귀포 강수강도 변화(1961~2008년)

지난 48년 동안 서귀포시 80mm 이상 연호우일수는 평균 2.1일이며(그림 4.15), 지난 48년 동안에 0.3일/10yr의 비율로 호우일수가 증가하고 있다. 또한 10년 이동합 평균값을 보면 70년대 이후에는 감소하다가 1980년대 중반부터 집중호우의 빈도가 높아지고 있음을 알 수 있다. 서귀포시 80mm 이상 호우일수는 처음 10년에는 33일(연평균 3.3일), 마지막 10년에는 42일(연평균 4.2일)로 0.9일이 증가하였다.

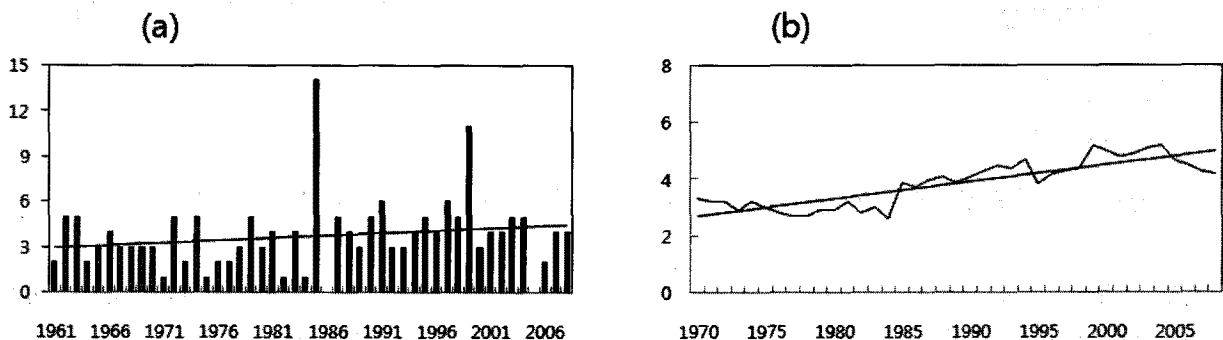


그림 4.15 서귀포 (a)80mm 이상 호우일수 변화 및 (b)10년 이동평균 (1961~2008년)

서귀포시의 1961~2008년 동안의 150mm 이상 호우일수는 총 30일(연평균 0.6일)이다. 처음 10년 기간(1961~1970년)과 마지막 10년 기간(1999~2008년)의 150mm 이상 호우일수는 각각 연평균 0.2일과 연평균 0.9일로 4배 이상 증가하였다(그림 4.16).

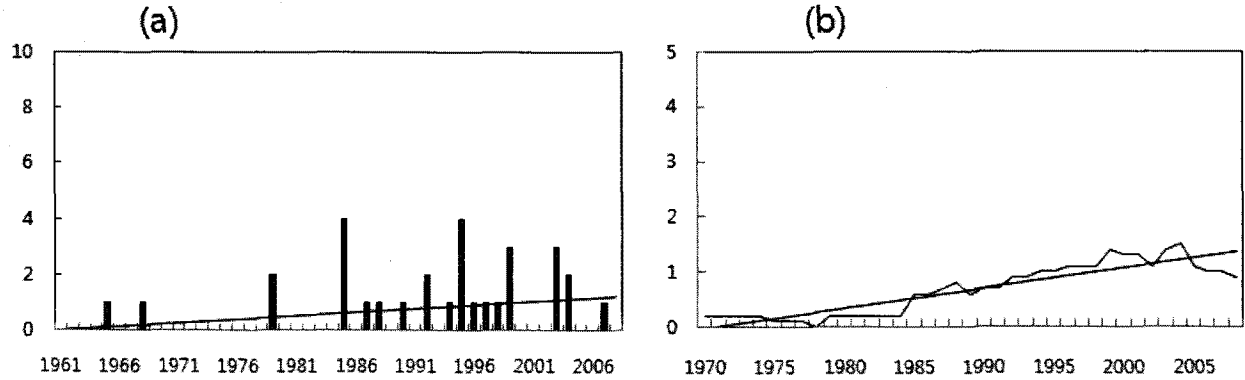


그림 4.16 서귀포 (a)150mm 이상 호우일수 변화 및 (b)10년 이동평균 (1961~2008년)

4.1.3. 바람

그림 4.17과 그림 4.18에서 볼 수 있듯이 서귀포에서의 분석기간 동안 평균풍속 감소율은 $0.24\text{m/s}/10\text{yr}$ 이며, 최대풍속의 감소율은 $0.48\text{m/s}/10\text{yr}$ 로써, 제주시에 비해 평균풍속 감소율은 작고 최대풍속 감소율은 큰 편이다.

시간에 따른 평균풍속 감소율은 일정한 편이지만 최대풍속 감소율은 최근 20년 사이 변동폭이 다소 있으며, 최대풍속의 감소율이 평균풍속에 비해 2배 크다.

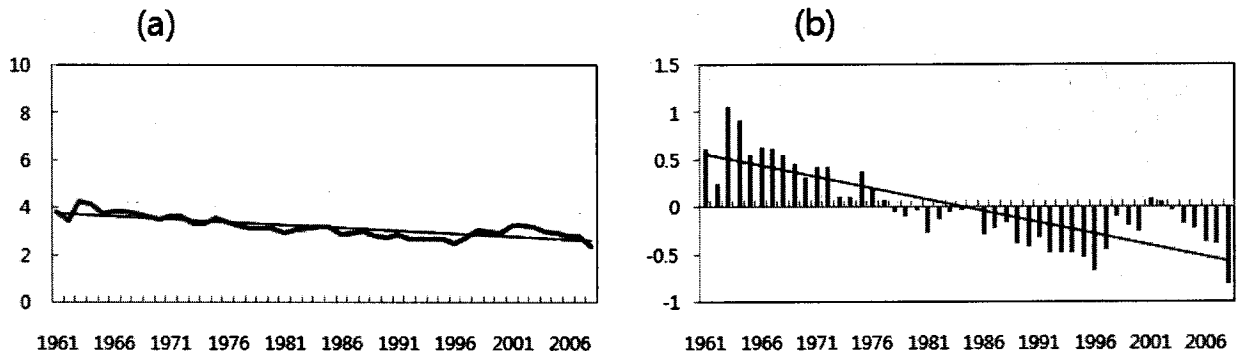


그림 4.17 서귀포 (a)연 평균풍속의 시계열 변화경향 및 (b)편차(1961~2008)

평균풍속의 전체 평균에 대한 편차(그림 4.17(b))에서, 관측 초기에서부터 16년간(1961~1977년)은 양의 분포를 보였고, 이후 32년간은 음의 편차를 보여 평균풍속의 감소 경향이 뚜렷해지고 있음을 보여주고 있다.

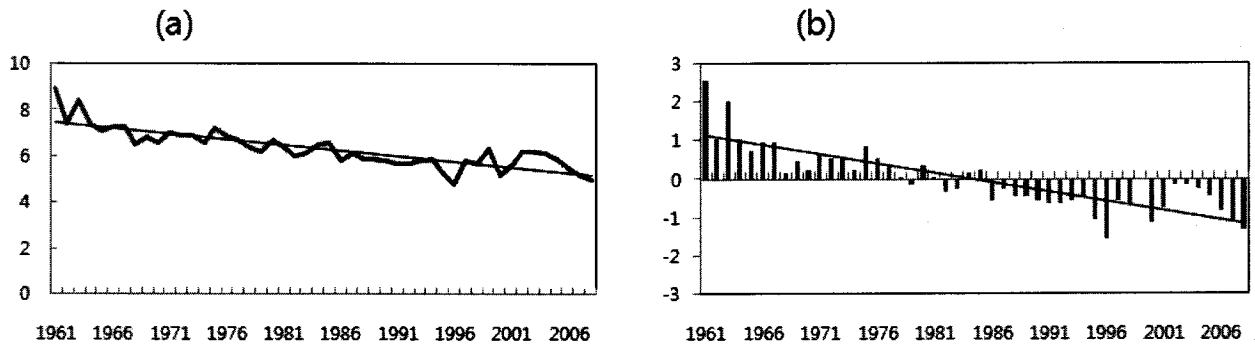


그림 4.18 서귀포 (a)연 최대풍속의 시계열 변화경향 및 (b)편차(1961~2008)

최대풍속의 전체 평균에 대한 편차(그림 4.18(b))에서, 관측 초기에서부터 전반까지(1961~1985년) 양의 분포를 보였으며, 나머지 후반에는 음의 편차를 보이고 있다.

4.1.4. 상대습도

표 4.2는 계절별 연평균 상대습도의 변화율을 나타낸 것이다. 1961~2008년 동안의 서귀포시 연평균 상대습도는 70.5%이며 지난 48년 동안 1.5%/10yr의 비율로 감소하였다(그림 4.19(a)). 서귀포시의 상대습도 감소율은 제주시의 감소율의 두 배에 가깝다.

계절별 상대습도를 살펴보면, 여름철은 21.9%로 가장 높고 겨울철은 64.1%로 가장 낮다. 봄과 가을은 각각 67.9%, 68.1%를 보이고 있다.

계절별로 상대습도의 감소폭은 봄철이 약 2.0%/10yr로 가장 심하다. 여름철은 1.2%/10yr의 비율로 가장 감소폭이 작다. 가을과 겨울은 각각 1.2%/10yr, 1.5%/10yr의 폭으로 감소했다.

표 4.2 서귀포 계절별 평균 상대습도와 변화율(1961~2008년)

계절 \ 상대습도	봄	여름	가을	겨울	연평균
평균(%)	67.9	81.9	68.1	64.1	70.5
변화율(%/10yr)	-2.0	-1.2	-1.2	-1.5	-1.5

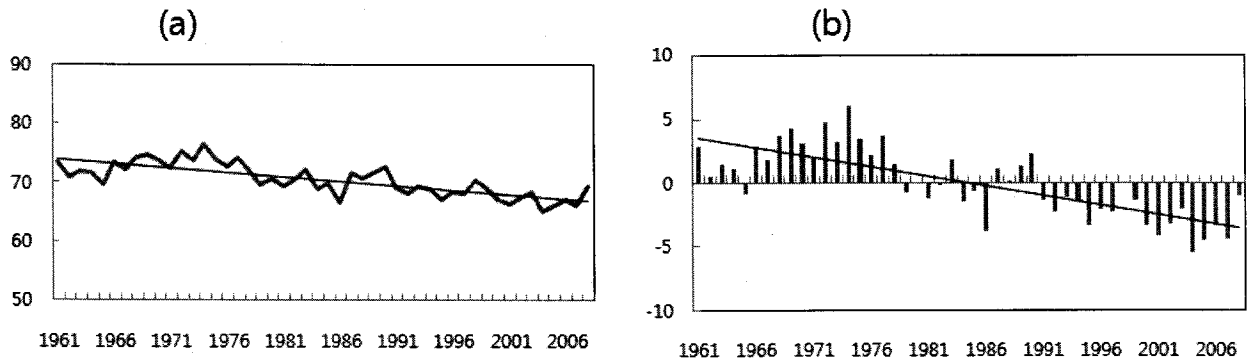


그림 4.19 서귀포 (a)평균 상대습도의 시계열 변화경향 및 (b)편차(1961~2008)

4.2. 현상일수 및 계절의 변화

4.2.1. 안개일수

서귀포시의 안개일수 역시 자료의 신뢰도를 위해 1970년부터 2008년까지 39년의 자료를 이용하였다.

지난 39년 동안 안개일수 평균은 19.4일을 보이고 있으며 1.5일/10년의 비율로 증가하고 있다. 처음 10년(1970~1979년)은 179일(연평균 17.9일)이었으나 마지막 10년은 215일(연평균 21.5일)로 평균 3.6일 늘어났다.

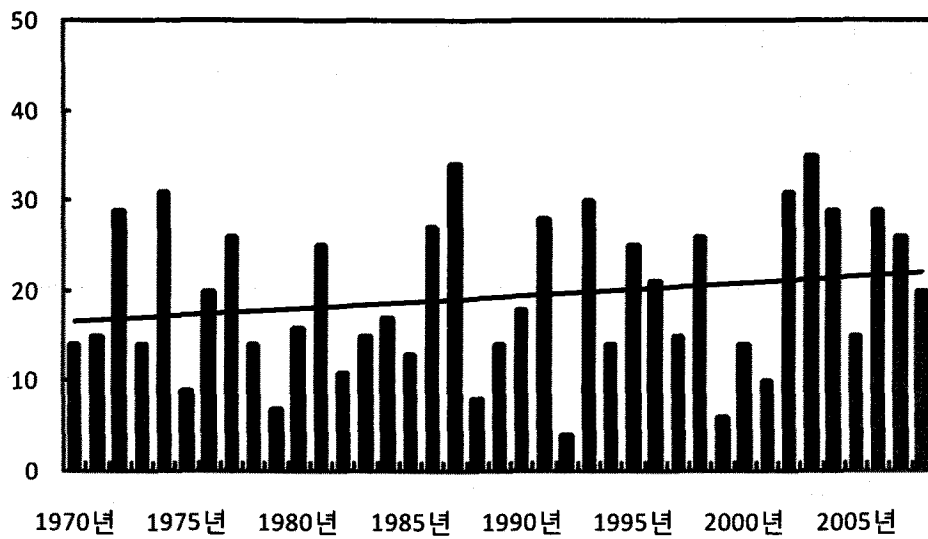


그림 4.20 서귀포 안개일수의 변화(1970~2008년)

표 4.3 서귀포 계절별 평균 안개일수와 변화율(1970~2008년)

계절 안개일수	봄	여름	가을	겨울	연평균
평균(일)	6.2	12.8	0.3	0.1	19.4
변화율(일/10yr)	+1.0	+0.7	-0.2	+0.01	+1.5

4.2.2. 서리일수

서리일수 역시 1970년부터 2008년까지 39년 동안의 자료를 분석하였다.

그림 4.21은 서귀포시의 연 서리일수 변화율을 보여주고 있다. 39년 동안 연 서리일수는 4.25일이며, 1.3일/10년의 비율로 감소하는 경향을 보이고 있다. 서귀포시의 서리일수는 1980년대 중반을 지나면서 현저히 줄어들었으며 2001년(9회)을 제외하면 1~4회/1년로써 빈도가 매우 낮다. 처음 10년(1970~1979년)의 서리일수 총합은 54일(연평균 5.4일)이었으나 마지막 10년(1999~2008년)의 서리일수 총합은 25일(연평균 2.5일)에 불과해 무려 54%나 감소하였다.

겨울철 서리일수는 평균 3.2일로 가장 많고, 봄과 가을은 각각 0.1일과 0.07일로 거의 없다(표 3.4). 여름철을 제외한 전 계절에서 서리일수는 감소하고 있으며, 이러한 서리일수의 전반적인 감소는 전반적인 최저기온 상승과 유관한 것으로 보인다.

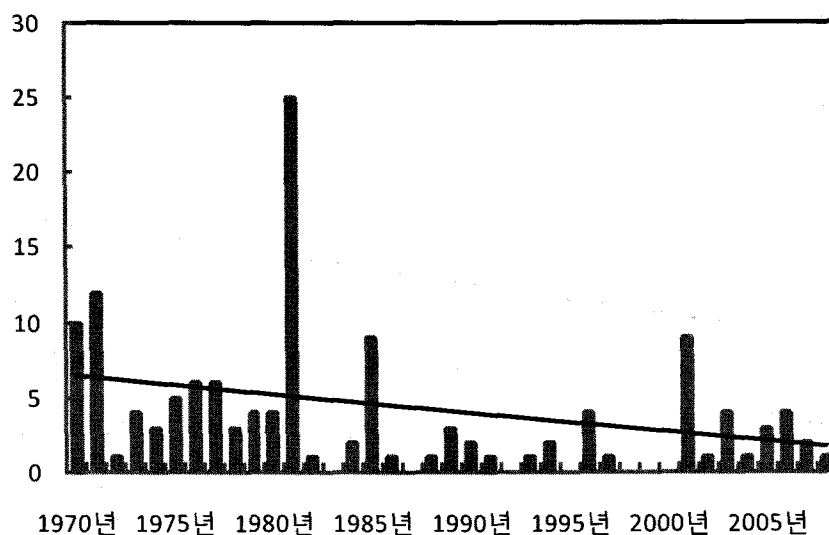


그림 4.21 서귀포 서리일수의 변화(1970~2008년)

표 4.4 서귀포 계절별 평균 서리일수와 변화율(1970~2008년)

계절	봄	여름	가을	겨울	연평균
서리일수					
평균(일)	0.1	-	0.1	3.2	3.5
변화율(일/10yr)	-	-	-	-1.3	-1.4

4.2.3. 뇌전일수

서귀포시의 지난 39년 동안 연 뇌전일수는 12.2일이며, 3.6일/10년의 비율로 증가하는 경향을 보이고 있다(그림 4.22). 처음 10년(1970~1979년)의 뇌전일수 총합은 72일(연평균 7.2일)이었으나 마지막 10년(1999~2008년)의 뇌전일수 총합은 172일(연평균 17.2일)로, 2.4배 증가하였다.

여름철 뇌전일수는 평균 7.1일로 가장 많고 겨울은 0.6일로 가장 적다. 봄과 가을은 각각 2.3일, 2.2일로 비슷한 횟수를 보이고 있다.(표 4.5).

계절별 뇌전일수 증가폭은 여름철이 2.3일/10년으로 가장 크다. 봄, 가을, 겨울은 각각 0.8일/10년, 0.5일/10년, 0.1일/10년의 비슷한 비율로 증가하는 경향을 보이고 있다.

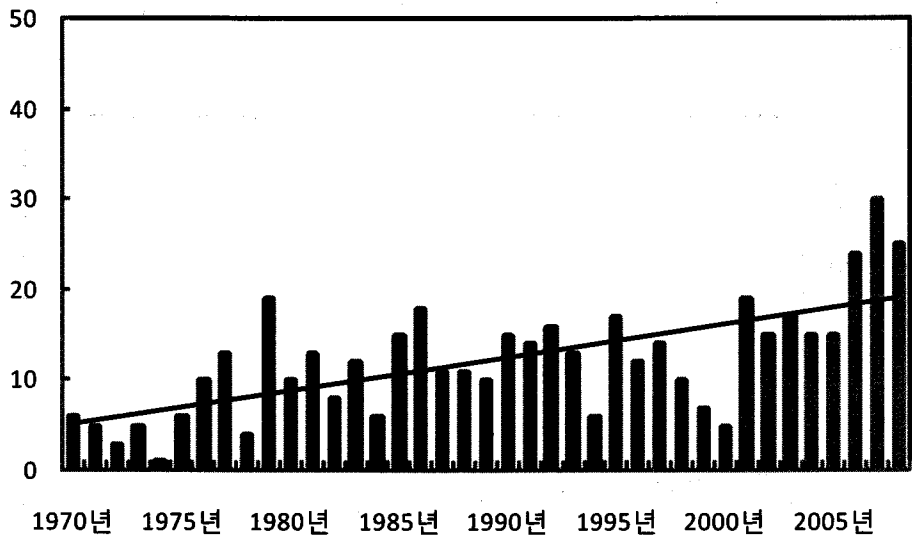


그림 4.22 서귀포 뇌전일수의 변화(1970~2008년)

표 4.5 서귀포 계절별 평균 뇌전일수와 변화율(1970~2008년)

계절 뇌전일수	봄	여름	가을	겨울	연평균
평균(일)	2.6	8.8	2.7	1.2	15.4
변화율(일/10yr)	0.8	2.3	0.5	0.1	3.6

4.2.4. 결빙일수

지난 39년 동안 서귀포시의 연평균 결빙일수는 24.1일이며, 3.5일/10년의 비율로 감소하고 있다(그림 4.23). 처음 10년(1970~1979년)의 결빙일수 총합은 256일(연평균 25.6일)이었으나 마지막 10년(1999~2008년)의 결빙일수 총합은 192일(연평균 19.2일)로, 25%가 감소하였다.

겨울철 결빙일수는 평균 21.2일로 대부분을 차지하며, 봄 2.4일, 가을 0.13일이며, 여름철에는 결빙일수가 없다(표 4.6). 결빙일수가 많을 수밖에 없는 겨울철은 2.9일/10년의 비율로 감소하고 있으며, 이 역시 전반적인 최저기온 상승과 관련한 것으로 보인다.

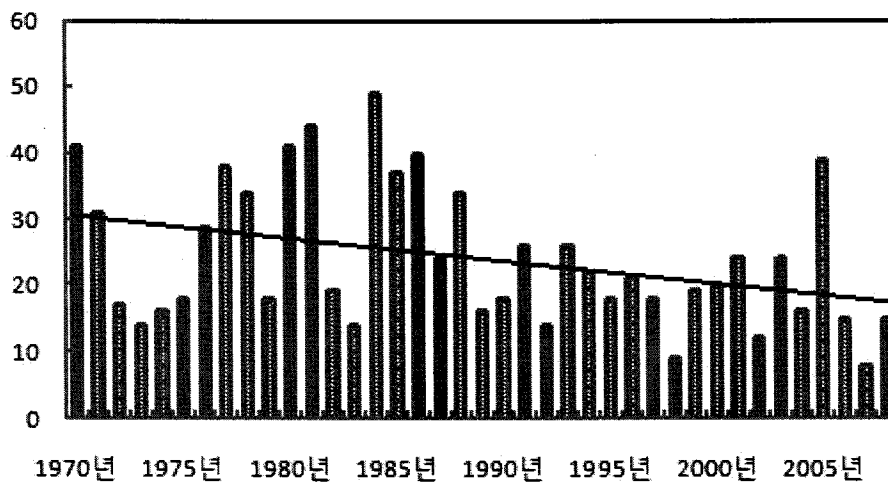


그림 4.23 서귀포 결빙일수의 변화(1970~2008년)

표 4.6 서귀포 계절별 평균 결빙일수와 변화율(1970~2008년)

계절 결빙일수	봄	여름	가을	겨울	연평균
평균(일)	2.4	-	0.13	21.2	24.1
변화율(일/10yr)	-0.5	-	-0.06	-2.9	-3.5

4.2.5. 황사일수

서귀포시 황사일수는 지난 39년 동안 연평균 4.5일이며, 1.3일/10년의 비율로 증가하고 있다 (그림 4.24). 처음 10년(1970~1979년)의 황사일수 총합은 39일(연평균 3.9일)이었으나 마지막 10년(1999~2008년)의 황사일수 총합은 81일(연평균 8.1일)로, 2배 이상 증가했다. 황사일수는 제주 시와 거의 동일하였다. 또한 전체 황사일수의 83% 이상이 봄철에 집중되어 나타난다.

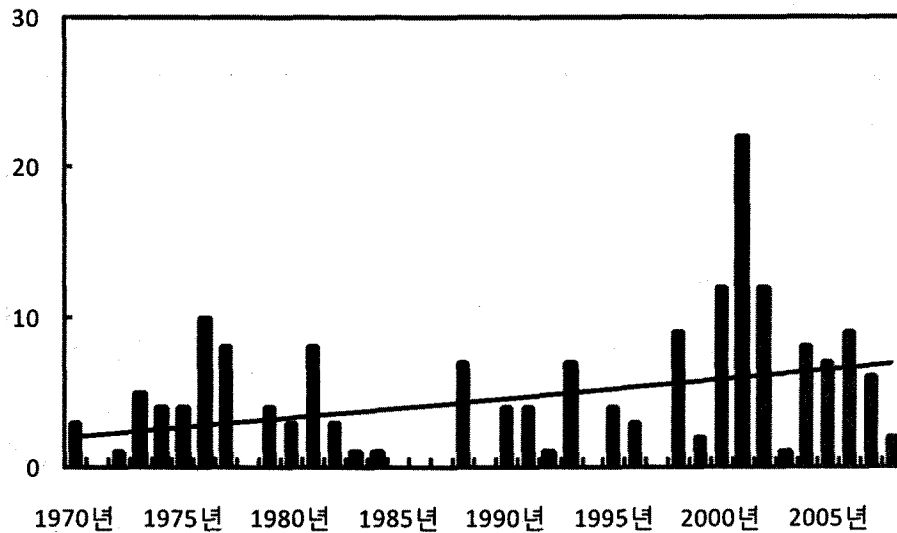


그림 4.24 서귀포 황사일수의 변화(1970~2008년)

표 4.7 서귀포 계절별 평균 황사일수와 변화율(1970~2008년)

계절 황사일수	봄	여름	가을	겨울	연평균
평균(일)	3.7	-	0.2	0.5	4.5
변화율(일/10yr)	1.4	-	0.05	-0.1	1.3

4.2.6. 자연계절의 변화

1961년~2008년 사이 서귀포시의 자연계절 변화를 분석하였다.

계절변화를 분석하기 위하여 처음 10년(1961~1970년)과 마지막 10년(1999~2008년)을 비교하여, 각각의 계절 시작일 및 지속기간을 표 4.8에 표시하였다. 줄리안 일자(Julian Day)로 날짜를 표시하여 1월1일을 1일로, 12월31일을 365일로 나타내었으며, 일평균 기온값은 9일 이동평균을 하였다. 1년이 366일이 되는 해는 2월 29일의 자료를 삭제하여 365일로 통일시켰다. 또한 겨울의 기준에 부합되는 기간이 두 기간으로 나뉘어져 있음으로 인해, 그 사이의 기간은 봄으로 간주하였으며 봄의 시작은 첫 겨울기간이 끝나는 일자를 택하였다.

마지막 10년(처음 10년) 동안 서귀포시 봄은 2월5일(1월23), 여름은 5월28일(6월18일), 가을은 10월20일(10월8일)에 각각 시작하였다. 처음 10년 기간 겨울은 1월19일부터 1월22일 및 2월6일부터 2월8일까지 총 7일이 존재하였다. 제주시와 마찬가지로, 마지막 겨울은 존재하지 않음을 알 수 있다. 그러나, 서귀포시 역시 폭한일수가 발생할 가능성은 충분히 있다. 각 계절별 지속기간은 마지막 10년(처음 10년) 기간 동안 봄 124일(106일), 여름 128일(105일), 가을 113일(115일) 및 겨울 0일(7일)로 나타났다(그림 3-27).

제주시와 마찬가지로, 최근 10년간 겨울일수(일별 10년 평균기온 5℃ 미만 일수)는 전혀 없는 것으로 분석이 되고 있으나, 표 4.9에서 보듯이 매 해마다 일평균기온 5℃미만일수는 항상 존재한다.

한편, 마지막 10년 기간동안 봄과 가을의 구분은 그래프에서 5℃에 가장 가까운 변곡점인 2월4일을 기준으로 하였다.

각 계절별 시작일 변화를 살펴보면, 봄과 가을은 각각 13일, 12일 늦어졌으며, 여름은 23일 빨라졌다.

표 4.8. 서귀포시 계절 시작일의 변화(1961~2008년)

계절 기간	봄	여름	가을	겨울
1961년~1970년(A)	1월 23일	6월 18일	10월 8일	1월 19일
1999년~2008년(B)	2월 5일	5월 28일	10월 20일	-
차이(B-A)	+13일	-23일	+2일	-

표 4.9 서귀포시 연도별 일평균기온 5℃ 미만일수(1961~2008년)

년도	1961년	1962년	1963년	1964년	1965년	1966년	1967년	1968년	1969년	1970년
일수	20	38	46	18	27	24	43	41	35	35
년도	1971년	1972년	1973년	1974년	1975년	1976년	1977년	1978년	1979년	1980년
일수	30	17	17	21	30	28	41	25	14	39
년도	1981년	1982년	1983년	1984년	1985년	1986년	1987년	1988년	1989년	1990년
일수	29	23	34	50	28	38	20	26	12	14
년도	1991년	1992년	1993년	1994년	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년
일수	15	8	19	13	17	22	13	8	19	14
년도	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년		
일수	13	8	11	15	34	15	6	22		

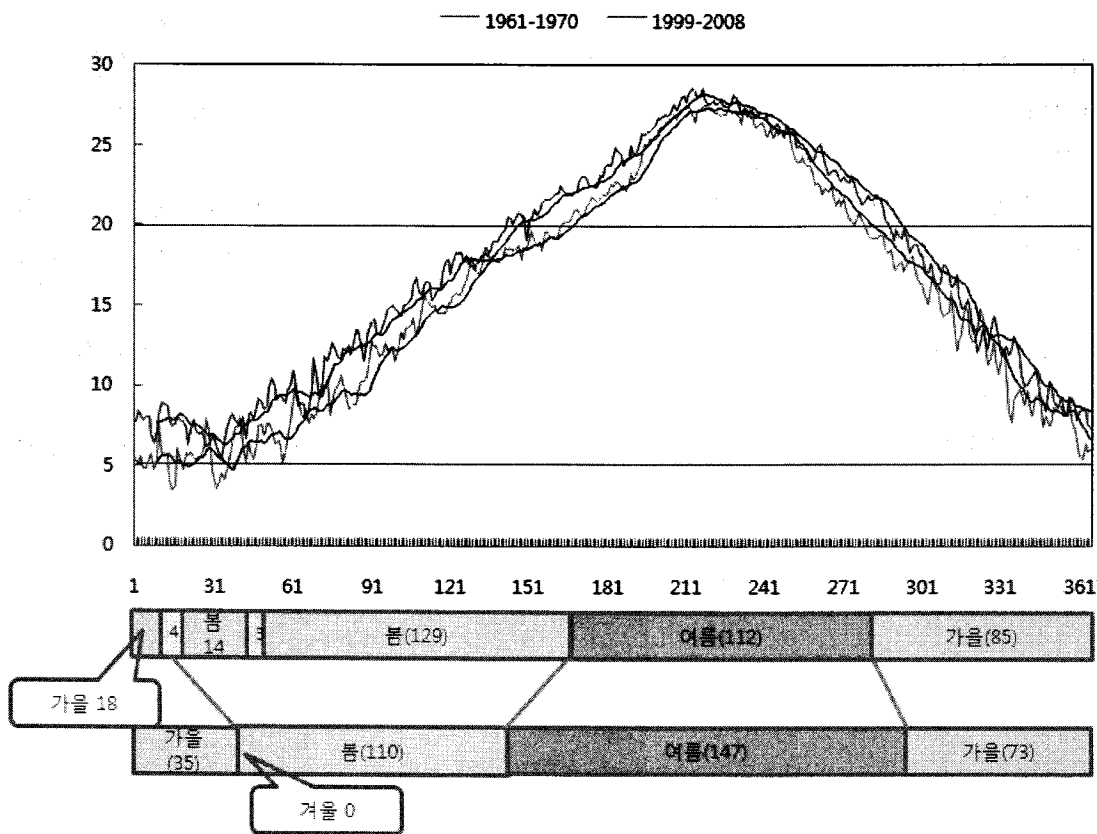


그림 4.25 서귀포 자연계절 변화(1960년대 VS 2000년대)

제 5장 제주도 관측지점별 시계열 변화

5.1. 개 요

제주지방은 중위도 지방에 위치하고 있어서 계절의 변화가 뚜렷한 동안 기후의 특징이 잘 나타나며, 겨울에는 다른 지방과 같이 강한 북서 계절풍의 영향을 받으며, 여름철에는 남서·남동 계절풍이 불어온다. 그러나 다른 지방에 비하여 겨울이 짧고 여름이 긴 편이다. 특히, 최근에는 겨울철이 기간이 현저하게 줄어들고 있다. 또한 제주도는 한라산이 섬 중앙에 위치하고 있어서 지역별로 기후의 특성에 미치는 영향이 매우 크다.

여기서는 제주도 내에 설치된 AWS(자동기상관측장비, Automatic Weather System) 23소의 최근 5년 자료를 이용하여 분석하였다. 분석요소로는 기온(평균기온, 최고기온, 최저기온), 평균 풍속, 강수량을 대상으로 하였다. 또한 각 지점별 월평균기온을 분석함으로써 기후학적으로 적용되는 특성을 규명하고자 하였다.

5.2. 기온변동성 비교

5.2.1. 평균기온

제주도의 평균기온 분포를 알아보기 위하여 관측지점 23개소의 지점별 일평균기온 평균값(AWS 19소) 또는 평년값(유인기상관서 4소) 자료를 사용하여 연별, 계절별 공간분석을 실시하고 도표로 나타내었다.

연평균기온은 산간지역으로 갈수록 기온이 낮아지는 원형분포를 보였으며, 뽕세오름이 6.3℃로 가장 낮고 서귀포 17.1℃, 가파도 16.5℃ 순으로 높게 나타났다. 제주도 지방은 육지와 달리 도심지역과 비 도심지역의 기온편차는 거의 없는 것으로 분석되었으며, 지리적으로 제주 남부지역이 가장 높은 기온분포를 보였고 부분적으로 구좌나 한림에서도 다소 높은 기온분포를 보였다.

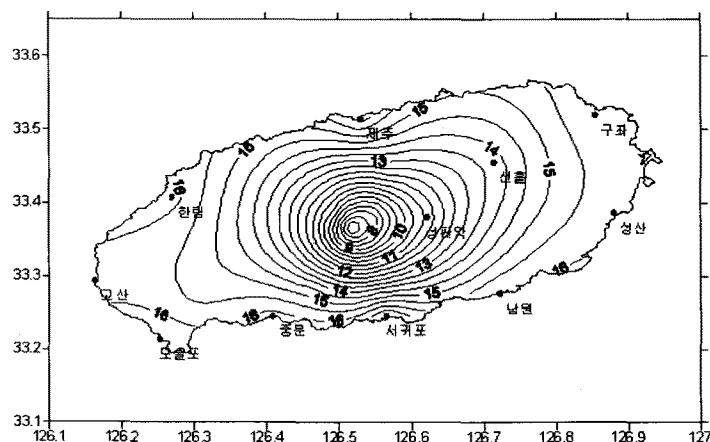


그림 5.1 제주도 연평균 기온 분포(2004~2008년)

계절별 평균기온 분포를 알아보기 위하여 일평균기온을 계절별(3개월 단위)로 분류하여 평균하였으며, 마찬가지로 제4장에서 언급된 지점별 평년값 또는 평균값 자료를 사용하였다. 계절별로 볼 때도 전반적으로 제주산간지역을 중심으로 기온이 낮아지는 경향이며, 봄철 보다는 가을철 기온분포가 더 높게 나타났다.

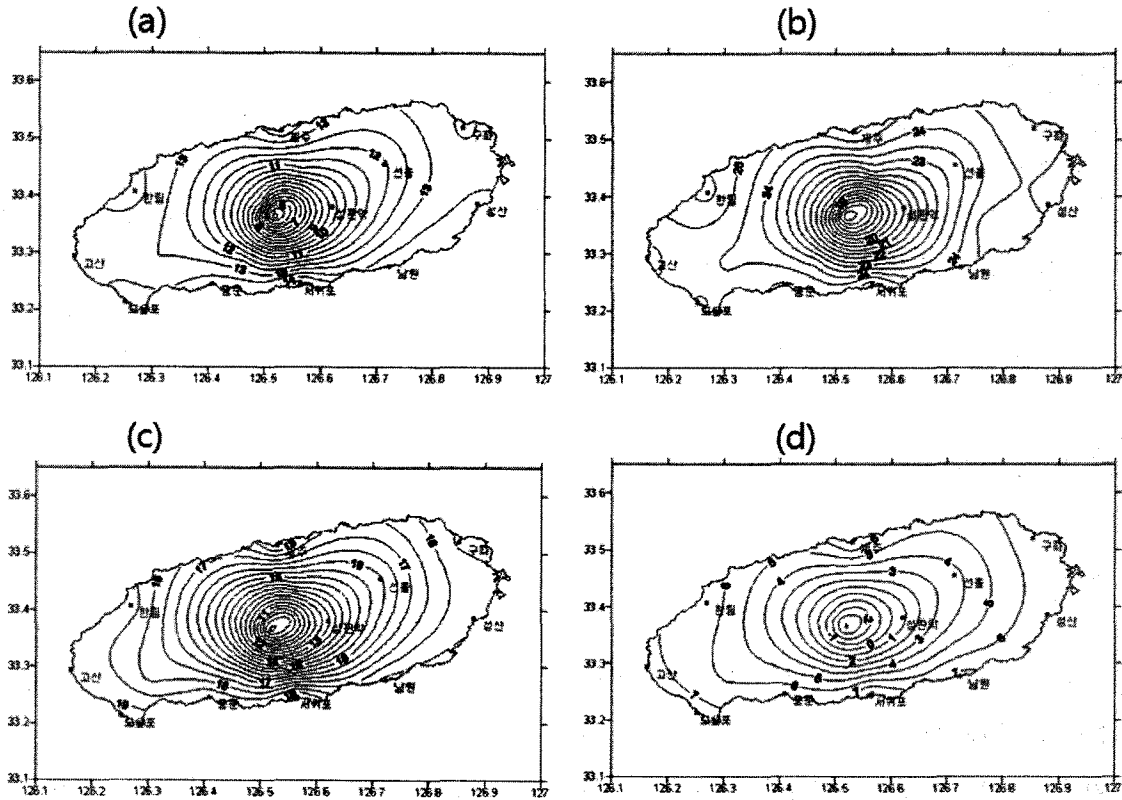


그림 5.2 계절별 평균기온 분포 (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

봄철 평균기온 최저값은 윗세오름이 4.5°C 로 가장 낮았고, 최고값은 서귀포에서 14.9°C 를 보이면서 10.4°C 의 편차를 보였다. 지역적으로는 제주도 남부지역 기온이 가장 높게 나타났으며, 제주도 서부지역은 기온편차 정도가 가장 적게 나타났다.

여름철 평균기온 최저값도 윗세오름이 16.5°C 로 가장 낮게 나타났고, 최고값은 한림이 25.7°C 로 9.2°C 의 편차를 보이면서 4계절 중 등온선 간격이 가장 넓어 지역별로 기온차가 제일 적게 나는 계절임을 알 수 있다. 여름철 평균기온 25°C 이상인 지점은, 한림(25.7°C), 서귀포(25.4°C), 제주시(25.2°C), 모슬포(25.1°C), 중문(25.1°C), 구좌(25.0°C) 순이었다.

가을철 평균기온도 역시 윗세오름에서 8.7°C 로 제일 낮게 나타났고, 서귀포에서 19.8°C 로 가장 높게 나타났다. 한림에서부터 모슬포, 서귀포, 남원, 성산, 구좌까지 제주도 서부, 남부, 동부 해안가를 따라서 비교적 넓은 범위에 걸쳐 18°C 이상 높은 기온분포를 보였다.

겨울철 평균기온 분포는 최저값이 윗세오름 -4.4°C , 최고값은 서귀포 8.3°C 로 12.7°C 차이

를 보였고, 제주도 남부와 서부지역 기온분포가 7℃ 이상으로 높게 나타났으며 제주도 산간지역은 영하의 기온을 보였다.

표 5.1 지역별 연평균기온 및 계절별 평균기온

구분 지점(해발고도)	연평균 기온(℃)	계절별 평균기온(℃)			
		봄	여름	가을	겨울
제주(20m)	16.3	14.0	25.2	18.7	7.2
고산(71m)	15.9	13.2	24.3	18.7	7.2
성산(18m)	15.8	13.6	24.4	18.4	6.6
서귀포(50m)	17.1	14.9	25.4	19.8	8.3
중문(63m)	16.2	13.8	25.1	19	6.7
오등(513m)	12.4	10.8	22.6	14.3	1.9
하원(405m)	14.5	12.6	23.8	16.9	4.5
추자도(18m)	15.4	12.4	24	18.6	6.1
우도(39m)	15.6	13.0	24	18.5	6.9
마라도(36m)	16.1	13.2	23.9	19.2	7.9
유수암(422m)	13.7	12.0	23.5	15.8	3.3
선홍(341m)	13.7	11.9	23.3	15.9	3.7
서광(139m)	15.2	13.0	24.4	17.8	5.7
어리목(972m)	9.8	8.5	20	11.6	-1.1
한림(22m)	16.2	13.7	25.7	18.8	6.7
남원(19m)	16.1	13.9	24.2	18.7	7.4
구좌(25m)	16	13.6	25	18.6	6.6
성판악(763m)	11.1	9.7	20.5	12.9	0.7
가시(113m)	15.3	13.3	24.8	17.7	5.4
모슬포(12m)	16.4	13.8	25.1	19.3	7.4
가파도(13m)	16.5	13.7	24.7	19.7	7.8
진달래밭(1490m)	7.9	6.1	17.2	9.2	-2.9
윗세오름(1673m)	6.3	4.5	16.5	8.7	-4.4

5.2.2. 최고기온

최고기온 역시 평균기온 분포와 비슷하게 산간지역으로 갈수록 기온이 낮아지는 원형분포를 보였으며, 윗세오름이 10.5℃로 가장 낮고 서귀포 20.7℃, 중문 20.5℃로 가장 높은 지점으로 나타났다. 제주도 남부지역을 중심으로 비교적 높은 기온분포를 보였고 서부지역인 고산 부근으로 갈수록 기온이 낮게 나타났다.

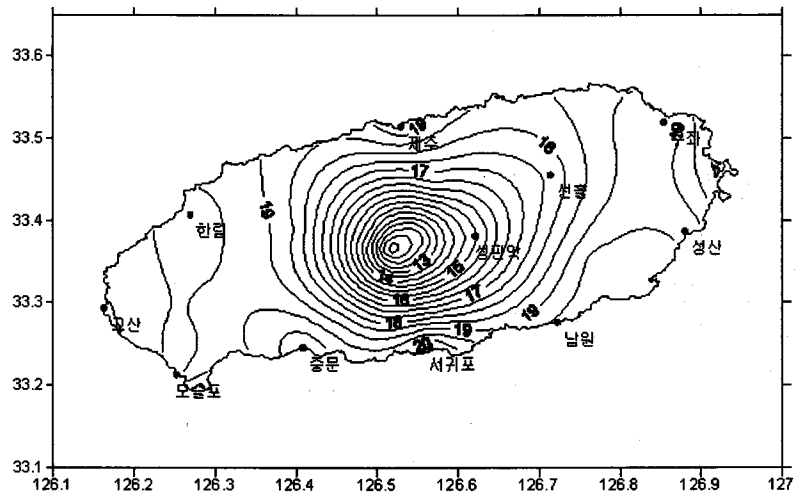


그림 5.3 제주도 연평균최고기온 분포(2004~2008년)

계절별 최고기온 분포를 알아보기 위하여 일최고기온을 계절별(3개월 단위)로 분류하여 평균하였으며, 지점별 평년값 또는 평균값 자료가 이용되었다. 계절별로 볼 때 전반적으로 제주 산간지역을 중심으로 기온이 낮아지는 기온분포를 보이며, 겨울철에 기온이 가장 낮고 여름철에 가장 높았으며, 봄에 비해 가을철에 더 높은 기온 분포를 보였다.

봄철 최고기온 분포는 최저값은 윗세오름 9.3℃, 최고값은 서귀포 18.8℃로 9.5℃ 편차를 보였으며, 중문 및 가시리가 각각 18.4℃, 18.3℃로 남부지방을 중심으로 높은 분포를 보였다.

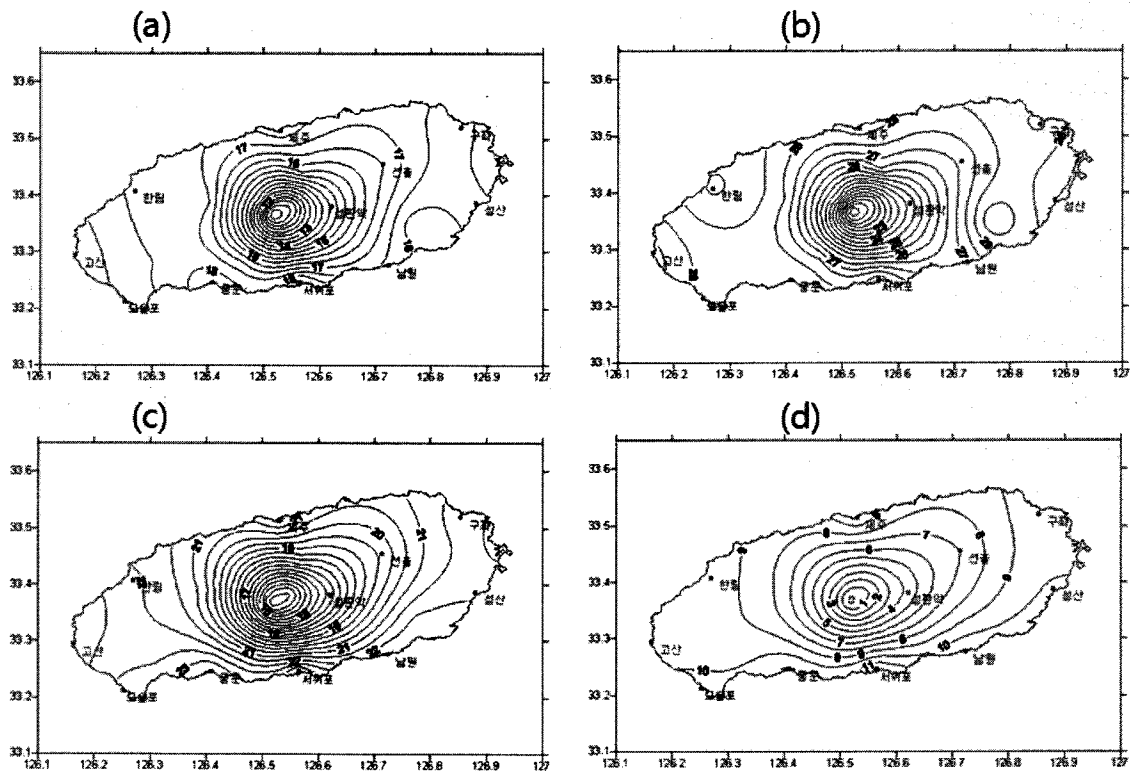


그림 5.4 계절별 최고기온 분포 (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

여름철 최고기온 최저값은 윗세오름이 19.9℃, 최고값은 한림이 29.1℃로 9.2℃ 차이를 보였고, 한라산을 포함하는 제주산간 지역일수록 기온이 점차 낮아지는 분포를 보인다. 또한 제주도 서부지역인 한림에서 고산으로 갈수록 다시 기온은 낮아지고, 제주도 동부지역인 구좌를 중심으로 남서쪽 가시리 방향으로 28℃ 이상의 기온분포를 보이고 있다.

가을철 최고기온 분포는 최저값이 윗세오름 13.1℃, 최고값은 중문 23.6℃로 10.5℃ 편차를 보였고, 산간지역에서 제주도 남부지역으로 갈수록 기온편차 정도가 크게 나타났다.

겨울철 최고기온 최저값도 역시 윗세오름 -0.5℃로 가장 낮게 나타났고, 최고값은 서귀포 12.1℃로 12.6℃의 차이를 보였다. 한편, 서귀포시를 중심으로 남부해안에 걸쳐 10℃ 이상의 높은 기온분포를 보였다. 또한 동서방향으로는 넓은 타원형의 기온분포를 보이면서 제주도 동부지역과 서부지역의 기온편차 보다 제주도 북부지역과 남부지역의 기온편차가 더 크게 나타났다.

표 5.2 지역별 연평균최고기온 및 계절별 평균최고기온

구분 지점(해발고도)	연평균 최고기온(℃)	계절별 평균최고기온(℃)			
		봄	여름	가을	겨울
제주(20m)	19.5	17.9	28.3	21.7	10.0
고산(71m)	18.9	16.6	27.3	21.7	9.9
성산(18m)	19.4	17.7	27.5	21.9	10.2
서귀포(50m)	20.7	18.8	28.4	23.6	12.1
중문(63m)	20.5	18.4	28.5	23.6	11.2
오등(513m)	16.4	15.7	26.6	18.1	5.2
하원(405m)	18.4	16.9	27.4	21.1	8.2
추자도(18m)	18	15.6	26.9	21.2	8.4
우도(39m)	18.4	16.2	27	20.9	9.2
마라도(36m)	18.1	15.3	25.5	21.2	10.1
유수암(422m)	18.6	17.8	28.1	20.8	7.7
선홍(341m)	17.6	16.5	27.1	19.6	7.0
서광(139m)	19.3	17.5	28.1	22.2	9.3
어리목(972m)	13.7	13.0	23.8	15.4	2.5
한림(22m)	19.7	17.6	29.1	22.1	9.6
남원(19m)	19.6	17.6	27.0	22.5	11.0
구좌(25m)	19.5	17.8	28.6	21.8	9.7
성판악(763m)	14.9	14.1	24.2	16.7	4.3
가시(113m)	19.7	18.3	29.0	21.9	9.2
모슬포(12m)	19.7	17.2	28.2	22.7	10.3
가파도(13m)	19.3	16.6	27.3	22.6	10.6
진달래밭(1490m)	11.7	10.6	21.2	13.4	0.9
윗세오름(1673m)	10.5	9.3	19.9	13.1	-0.5

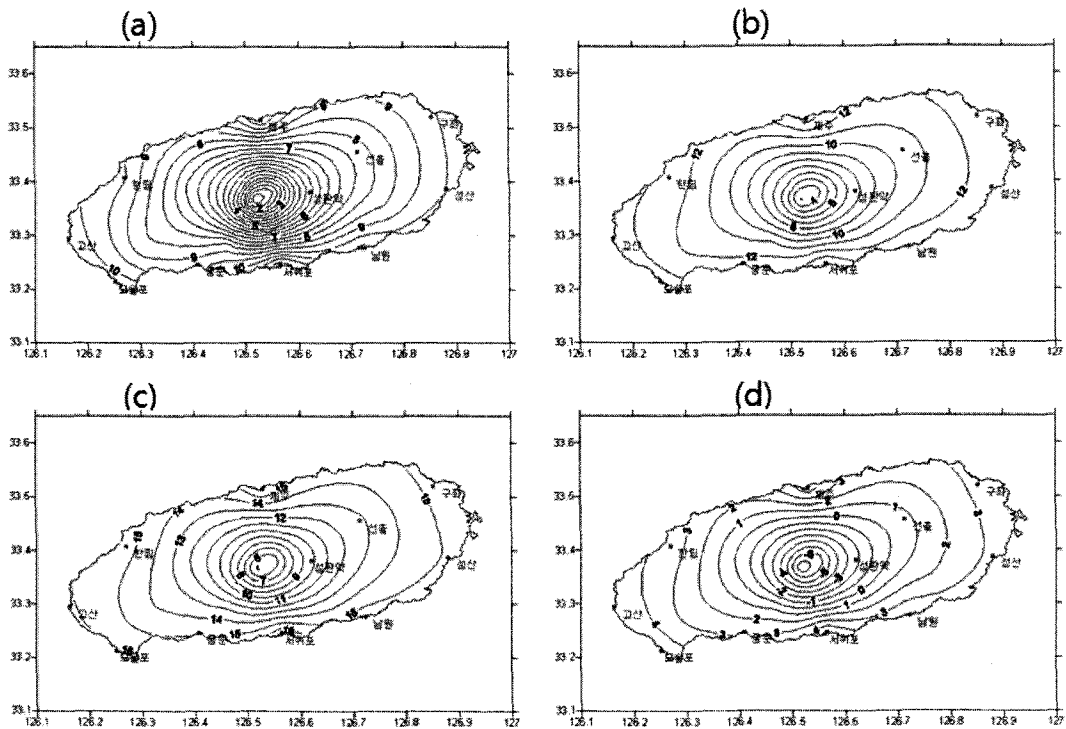


그림 5.6 계절별 최저기온 분포 (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

봄철 최저기온 분포는 윗세오름에서 0.3°C 로 최저, 서귀포에서 11.4°C 로 최고를 보여 11.1°C 차이를 보이고 있으며, 고산, 모슬포 등 서부지역 해안가 주변과 남부지역의 서귀포와 남원 일부 지역으로 10°C 이상 높은 기온분포를 보였다.

여름철에는 윗세오름 13.3°C 로 최저, 서귀포에서 23.0°C 로 최고를 보여 9.7°C 의 차이를 보이고 있어 지역별 기온차이가 가장 적은 계절로 나타났다. 해발고도가 329m인 아라를 중심으로 해안지역은 모두 20°C 이상의 기온을 보였다.

가을철 최저기온 분포는 윗세오름에서 4.5°C 로 최저, 마라도에서 17.2°C 로 최고를 보여 12.5°C 차이를 보이고 있으며, 한림에서 모슬포에 이르는 제주도 서부지역 전체와 서귀포에서 구좌까지 전 해안지역에서 15°C 이상의 높은 기온분포를 보이고 있다.

겨울철 최저기온 분포도 최저값은 윗세오름이 -7.9°C , 최고값은 마라도 5.7°C 로 13.6°C 차이를 보이고 있으며, 제주도 남부지역보다 서부지역 최저기온이 1°C 이상 더 높은 분포를 보이고 있다. 한편, 유수암(해발고도 422m)과 아라(해발고도 379m)는 각각 -0.1°C , -1.3°C 로써, 성판악 · 어리목 · 윗세오름 · 진달래밭과 함께 영하의 기온을 보이고 있다.

그림 5.7에서 고도별 기온분포(연평균기온, 연평균최고기온, 연평균최저기온)를 보여주고 있다.

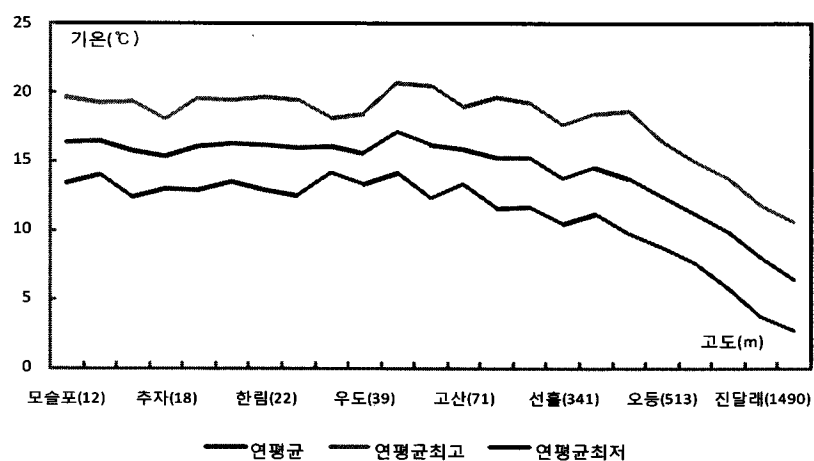


그림 5.7 고도별 기온분포(연평균, 연평균최고, 연평균최저기온)

표 5.3 지역별 연평균최저기온 및 계절별 평균최저기온

지점(해발고도)	구분	연평균 최저기온(℃)	계절별 평균최저기온(℃)			
			봄	여름	가을	겨울
제주(20m)		13.5	10.6	22.6	16.1	4.7
고산(71m)		13.3	10.3	21.9	16.1	4.7
성산(18m)		12.4	9.5	21.6	15.1	3.2
서귀포(50m)		14.1	11.4	23.0	16.7	5.1
중문(63m)		12.3	9.3	22.1	14.9	2.8
오등(513m)		8.7	6.0	19.0	10.9	-1.3
하원(405m)		11.1	8.6	21.1	13.4	1.3
추자도(18m)		13.0	9.7	21.8	16.6	3.9
우도(39m)		13.3	10.3	21.7	16.5	4.6
마라도(36m)		14.1	11.1	22.3	17.2	5.7
유수암(422m)		9.7	6.8	20.0	11.9	-0.1
선흘(341m)		10.4	7.7	20.2	12.8	0.7
서광(139m)		11.7	8.6	21.4	14.2	2.5
어리목(972m)		5.8	3.6	16.3	7.7	-4.5
한림(22m)		12.9	9.6	22.8	15.5	3.7
남원(19m)		12.9	10.2	21.6	15.6	4.1
구좌(25m)		12.5	9.4	22.0	15.3	3.3
성판악(763m)		7.6	5.3	17.3	9.7	-2.3
가시(113m)		11.6	8.6	21.4	14.3	2.1
모슬포(12m)		13.4	10.3	22.5	16.1	4.6
가파도(13m)		14.0	10.9	22.6	17.1	5.3
진달래밭(1490m)		3.7	1.4	13.8	5.4	-6.5
윗세오름(1673m)		2.7	0.3	13.3	4.7	-7.9

5.3. 평균풍속 비교

제주도의 평균풍속 바람 분포를 알아보기 위하여 과거 5년간 관측지점 23개소의 지점별 일평균풍속 평균값을 사용하여 공간분석 하였다.

연평균풍속은 제주서부지역으로 갈수록 강한 분포를 보였으며, 마라도 7.4㎧, 고산 7.1㎧로 가장 높게 나타났다. 뒤이어 제주도 동부, 북부, 남부, 산간지역 순으로 풍속이 감소하였으며, 제주도 남부지역 중 하원이 3.7㎧로 다소 높게 나타났다.

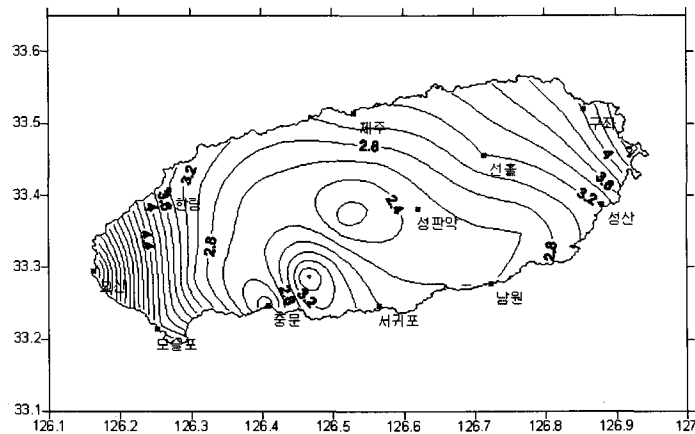


그림 5.8 제주도 연평균풍속 분포(2004~2008년)

계절별 바람 분포를 알아보기 위하여 일평균풍속을 계절별(3개월 단위)로 분류하여 평균하였다. 계절별로 볼 때도 제주서부지역으로 갈수록 풍속이 강하게 나타났으며, 전반적으로 겨울철에 풍속이 가장 강하고 여름철에 가장 약하며, 봄·가을철은 비슷한 분포를 보였다.

봄철 평균풍속 분포는 중문에서 2.0㎧로 최저, 고산에서는 7.3㎧로 최고값을 보여, 5.3㎧ 차이를 보였다. 제주 서부지역이 가장 바람이 강하고 제주도 남부지역 중 하원을 중심으로 풍속이 약간 강하며, 전반적으로 제주도 산간지역에서 제주도 남부지역으로 풍속이 약하게 나타났다.

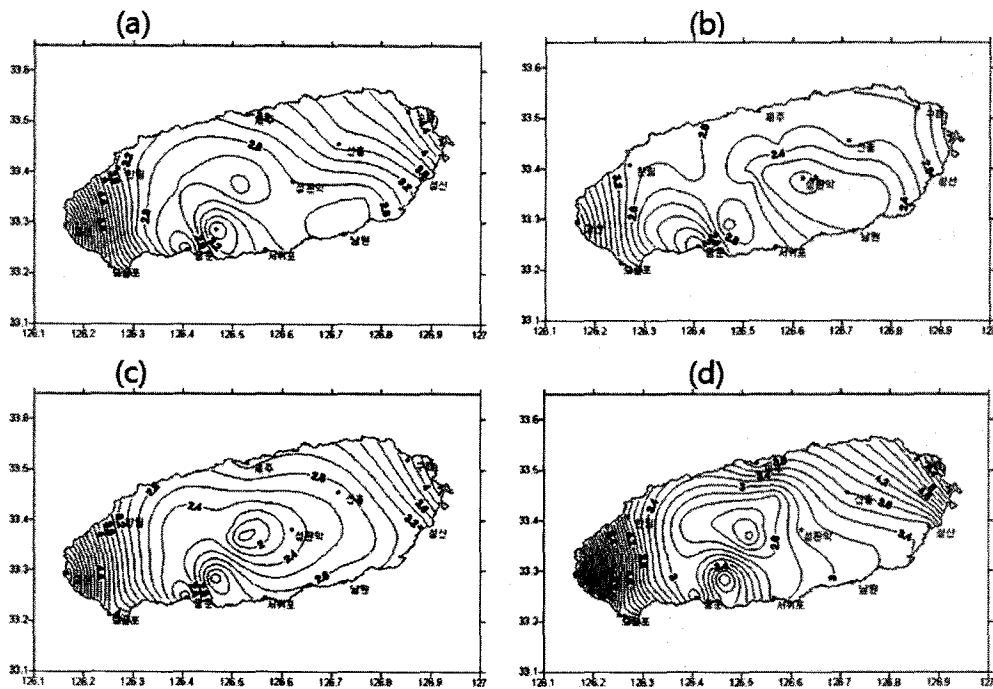


그림 5.9 계절별 평균풍속 분포 (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

여름철 평균풍속 분포는 최저가 중문 1.5㎧, 최고가 마라도 5.7㎧로 4.2㎧ 차이를 보였고, 제주도 산간지역에서 제주도 남동부지역으로 풍속이 약하게 나타났으며 전반적으로는 지역별 풍속차이가 크지 않게 나타났다.

가을철 평균풍속 분포도 윗세오름에서 1.7㎧로 최저, 마라도에서 7.7㎧로 최고를 보여, 6.0㎧ 차이를 보이고 있다. 제주도 서부지역이 풍속이 가장 강하기는 하지만 사계절 중 등풍속선이 동서남북으로 대칭을 이루면서 산간지역에서 해안지역으로 갈수록 풍속이 증가하는 분포를 보였다.

겨울철 평균풍속 분포는 윗세오름에서 1.9㎧로 최저, 고산에서 9.7㎧로 최고를 보여, 7.8㎧ 차이를 보이고 있으며, 제주도 북동부지역의 풍속이 다소 강한 것으로 나타났다. 특히 제주도 서부지역에서 다른 계절에 비해 겨울철 풍속이 가장 강하게 나타났는데, 이는 서부지역이 겨울철 북서계절풍 유입시 바람의 영향을 바로 받기 때문인 것으로 보인다.

표 5.4 지역별 연평균풍속 및 계절별 평균풍속

구분 지점(해발고도)	연평균 풍속(m/s)	계절별 평균풍속(m/s)			
		봄	여름	가을	겨울
제주(20m)	3.2	3.2	2.7	3.1	4.0
고산(71m)	7.1	7.3	4.9	6.6	9.7
성산(18m)	3.2	3.4	2.8	3.2	3.5
서귀포(50m)	2.8	2.9	2.7	2.9	2.7
중문(63m)	2.0	2.0	1.5	1.8	2.6
오등(513m)	2.6	2.8	2.6	2.5	2.5
하원(405m)	3.7	3.7	3.1	3.6	4.3
추자도(18m)	4.2	4.2	3.3	3.9	5.6
우도(39m)	5.4	5.5	3.8	5.2	7.1
마라도(36m)	7.4	7.1	5.7	7.7	9.0
유수암(422m)	2.5	2.6	2.9	2.2	2.4
선홀(341m)	3.2	3.5	2.7	2.7	3.8
서광(139m)	3.0	3.0	2.3	3.0	3.7
어리목(972m)	2.3	2.4	2.4	2.3	2.1
한림(22m)	3.4	3.3	2.9	3.2	4.0
남원(19m)	2.6	2.4	2.2	3.0	3.1
구좌(25m)	4.0	4.2	2.8	3.9	5.1
성판악(763m)	2.5	2.8	1.9	2.3	3.1
가시(113m)	2.6	2.6	2.0	2.7	3.2
모슬포(12m)	4.3	4.7	3.4	4.0	5.2
가파도(13m)	5.6	5.4	4.2	5.7	7.2
진달래밭(1490m)	2.2	2.5	2.0	1.8	2.5
윗세오름(1673m)	2.1	2.3	2.7	1.7	1.9

5.4. 강수량 비교

제주도 전체적인 강수량 분포를 알아보기 위하여 관측지점 23개소의 연평균강수량을 공간분석 하였다. 연강수량은 제주산간 지역으로 갈수록 강수량이 증가하는데 윗세오름 4,833.7mm, 진달래밭에서 4,336.3mm를 기록하고 있다. 또한 제주도 남부지역이 2,000mm 내외로 많은 강수량 분포를 보였고, 이어 제주도 동부, 북부, 서부지역 순으로 강수량이 감소하였다. 특히 제주도 서부지역은 연평균강수량 1,200mm 미만으로 남부지역에 비해 1,000mm 이상 적어 제주도내 다우지역과 소우지역 편차가 큰 것으로 나타났다.

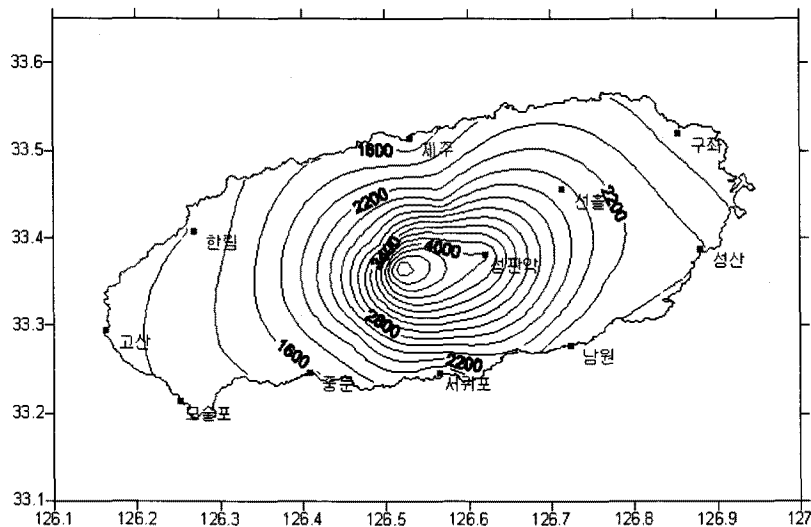


그림 5.10 제주도 연강수량 분포(2004~2008년)

계절별 연강수량 분포를 알아보기 위하여 월 누적평균 강수량을 계절별(3개월 단위)로 분류하여 합산하였다. 계절별로 볼 때도 산간지역으로 갈수록 강수량이 집중되는 양상을 보이고 있으며, 강수량은 여름철에 가장 많고 겨울철에 가장 적으며, 가을철 보다 봄철에 약간 더 많게 나타났다.

봄철 강수량 분포는 제주시에서 235.6mm로 최저, 윗세오름에서 1337.5mm로 최고값을 보이고 있다. 전반적으로 제주도 산간에서 제주도 남부지역으로 강수량이 집중되면서 지역별로 강수량 편차가 다소 크게 나타났다.

여름철 강수량 분포는 가파도에서 430.9mm로 최저, 윗세오름에서 2462.3mm로 최고값을 보이고 있으며, 제주도 산간에서 제주도 북부와 남부지역으로 강수량이 집중되며, 북부와 남부지역은 봄철에 비해서 강수량 차이가 적게 나타났다.

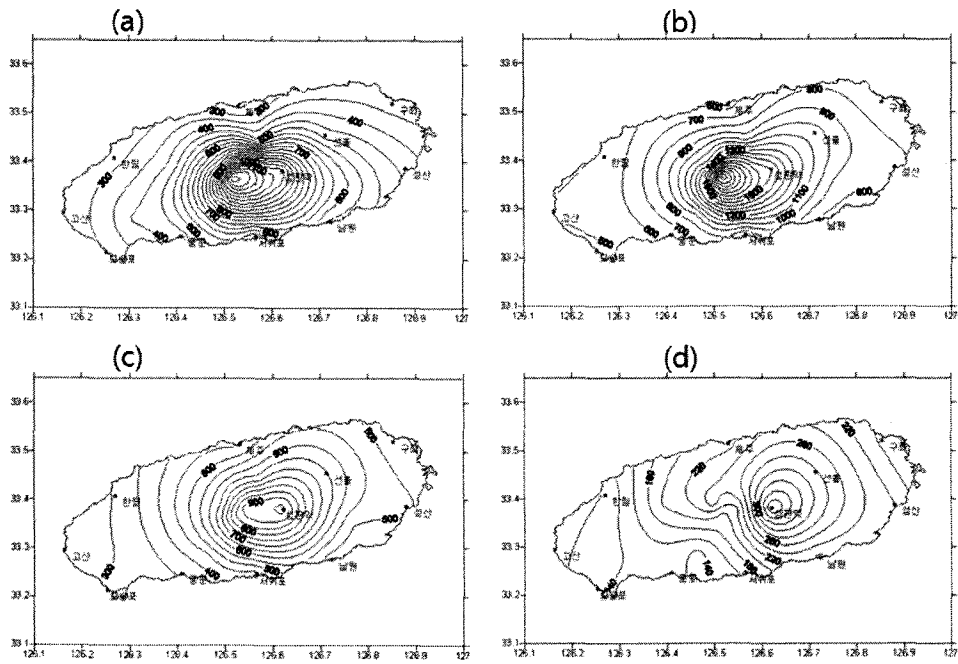


그림 5.11 계절별 누적강수량 분포 (a)봄 (b)여름 (c)가을 (d)겨울

가을철 강수량 분포는 마라도에서 254.8mm로 최저, 성판악에서 974.5mm로 최고값을 보이고 있으며, 제주도 산간지역과 제주도 동부지역으로 강수량이 집중되는 것으로 나타났다.

겨울철 강수량 분포 역시 마라도에서 108.3mm로 최저, 성판악에서 381.7mm로 최고값을 보이고 있으며, 다른 계절에 비해 강수량 편차가 작다.

표 5.5 지역별 연평균강수량 및 계절별 누적강수량

구분 지점(해발고도)	연강수량(mm)	계절별 누적강수량(mm)			
		봄	여름	가을	겨울
제주(20m)	1436.5	235.6	550.8	439.1	211.0
고산(71m)	1143.2	266.6	506.2	255.6	114.9
성산(18m)	2028.3	437.2	855.4	515.0	220.7
서귀포(50m)	1798.8	502.2	706.2	425.3	165.1
중문(63m)	1556.9	419.9	630.7	357.8	148.5
오등(513m)	2341.3	457.9	946.3	669.8	267.3
하원(405m)	2096.5	640.2	881.6	441.5	133.2
추자도(18m)	1280.1	279.2	616.1	284.8	100.0
우도(39m)	1522.1	315.1	648.0	407.7	151.3
마라도(36m)	1131.1	283.3	484.7	254.8	108.3
유수암(422m)	1919.0	425.8	838.3	450.7	204.2
선홀(341m)	2462.4	476.4	1049.2	654.2	282.6
서광(139m)	1418.7	402.8	566.6	310.1	139.2
어리목(972m)	3077.4	852.8	1304.6	670.1	249.9
한림(22m)	1210.8	279.1	507.7	303.0	121.0
남원(19m)	1989.1	535.1	773.6	467.2	213.2
구좌(25m)	1709.0	327.7	717.3	468.5	195.5
성판악(763m)	4035.0	1077.5	1601.3	974.5	381.7
가시(113m)	2186.9	592.1	837.5	504.0	253.3
모슬포(12m)	1220.8	295.5	483.6	308.3	133.4
가파도(13m)	1151.5	308.2	430.9	261.2	151.2
진달래밭(1490m)	4336.3	1238.1	1926.7	951.3	220.2
윗세오름(1673m)	4833.7	1344.4	2462.3	833.8	193.2

5.5. 아열대 기후의 확장

아열대기후는 열대와 온대의 중간지역(위도 20~40°)에서 나타나는 고유한 기후대로서 명확한 구분 기준은 학자들마다 견해가 분분하다. 여기서는 기후학적으로 정의된 것 중 국립기상연구소에서 많이 사용하는 미국의 저명한 기후학자인 트레와다(Trewartha)에 의한 아열대 기후 기준¹⁾을 적용하였다.

1) 트레와다(Trewartha)의 아열대 기후구 : 월평균기온 10℃ 이상인 달이 8개월 이상이고, 1년중 가장 추운달 월평균기온이 18℃ 이하인 경우(18℃ 이상인 경우는 열대기후로 분류)

제 6장 결 론

제주도는 우리나라 최남단에 위치해 있으며 국내 가장 큰 섬이다. 섬 중앙에는 1,950m의 한라산이 위치해 있어, 섬 내에서도 기상학적으로도 매우 다른 형태를 보이기도 한다. 또한 태풍, 저기압 등의 첫 관문이기도 해서 방재업무의 중요성이 크게 작용하기도 한다. 중위도 온난기후대에 속한 우리나라이지만, 제주도는 아열대 기후화 되는 양상을 보이고 있다. 본 연구에서는 제주도에서의 기후변화 영향을 살펴보기 위하여 제주시 및 서귀포시의 관측자료를 분석하였다. 그 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

제주시는 처음 관측이 시작된 1924년 이후 지난 85년간 연평균 평균기온, 최고기온, 최저기온이 각각 1.7℃, 1.1℃, 2.1℃ 상승하였다. 변화율은 각각 0.23℃/10년, 0.1℃/10년, 0.28℃/10년으로, 최저기온의 상승폭이 가장 크다.

서귀포시의 경우 처음 관측이 시작된 1961년 이후 지난 58년간 연평균기온, 평균기온 최고, 평균기온 최저는 각각 1.5℃, 1.4℃, 2.2℃ 상승하였다. 변화율은 각각 0.38℃/10년, 0.34℃/10년, 0.57℃/10년으로, 제주시와 마찬가지로 최저기온의 상승폭이 가장 크다.

제주시에서의 강수량 변화는 처음 10년과 마지막 10년 사이 216.6mm 증가, 강수일수는 8.2일 감소하였으며, 강수강도는 2.1mm일⁻¹10년⁻¹ 증가하였다. 강수량 변화율은 16.6mm/10년, 강수일수 변화율은 -1.85일/10년, 강수강도 변화율은 +0.2mm일⁻¹10년⁻¹을 보이고 있다.

서귀포시에서의 강수량 변화는 처음 10년과 마지막 10년 사이 219.7mm 증가, 강수일수는 2.5일 감소하였으며, 강수강도는 1.5mm일⁻¹10년⁻¹ 증가하였다. 강수량 변화율은 60.1mm/10년, 강수일수 변화율은 -0.9일/10년, 강수강도 변화율은 +0.6mm일⁻¹10년⁻¹을 보이고 있다. 제주시와 서귀포시 모두 전국적인 경향과 비슷하게, 강수일수는 감소하고 강수량은 늘어 결과적으로 강수강도의 증가를 보여주고 있다.

제주시 연 안개일수는 0.8일/10년의 비율로 증가하고 있으며, 연 서리일수는 3.0일/10년의 비율로 감소, 연 뇌전일수는 3.7일/10년의 비율로 증가, 연 결빙일수는 4.6일/10년의 비율로 감소, 연 황사일수는 1.3일/10년의 비율로 증가하였다.

서귀포시의 연 안개일수는 1.5일/10년의 비율로 증가하고 있으며, 연 서리일수는 1.4일/10년의 비율로 감소, 연 뇌전일수는 3.6일/10년의 비율로 증가, 연 결빙일수는 3.5일/10년의 비율로 감소, 연 황사일수는 1.3일/10년의 비율로 증가하였다.

계절변화는 더욱 뚜렷하다. 제주시에서의 처음 10년과 마지막 10년을 비교하면, 봄·여름·가을·겨울의 지속기간이 각각 +18일, +23일, ±0일, -39일로, 봄과 여름은 늘어나고 겨울은 줄어들었다. 특히 겨울지속기간이 무일로 나타남에 따라 기후변화 양상이 뚜렷해짐을 보여주고 있다.

서귀포에서는 더욱 뚜렷하게 나타난다. 서귀포에서의 처음 10년과 마지막 10년을 비교하면, 봄·여름·가을·겨울의 지속기간이 각각 +18일, +23일, -2일, -7일로, 제주시와 거의 유사하다. 마찬가지로, 겨울지속기간이 무일로 나타남에 따라 기후변화를 확연하게 보여주고 있다.

한편, 트레와다에 의한 아열대 기후기준을 적용하여 유인관측소의 ASOS 자료와 더불어 도내 설치된 AWS 19개소를 포함하여 최근 5년 자료를 분석한 결과, 해발고도 763m(성판악) 이상을 제외한 모든 곳이 아열대기후의 특징에 적용된다. 결과적으로 중산간 이상을 제외한 도

전역이 아열대기후화 되어 있다고 볼 수 있다.

우리나라 최남단에 위치한 최대의 섬지방인 제주도에서의 기후변화는 내륙지역의 기후변화의 전단계라고 볼 수 있다. 본 연구의 분석결과가 제주도 기후 변화경향을 정의하고 기후변화에 대응하고자 하는 가장 기초적이고 실질적인 이론적 토대가 될 수 있으리라 기대한다. 궁극적으로는 녹색성장을 위한 사회·경제·문화·산업·교육 전반에 걸친 활동의 근거가 되고, 향후 기후변화 예측 시나리오에 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- 국립기상연구소, 2007: 기후변화협약대응 지역기후시나리오 활용기술개발(Ⅲ), 기상연구소 연구보고서 MR070C70, 599pp
- 국립기상연구소, 2009a: 기후변화 이해하기 Ⅱ - 한반도 기후변화 : 현재와 미래-, 86pp.
- 국립기상연구소, 2009b: 기후변화 이해하기 Ⅲ - 서울의 기후변화-, 67pp.
- 국립기상연구소, 2009c: 기후변화 이해하기 Ⅳ - 부산의 기후변화-, 14pp.
- 제주지방기상청, 2008: 제주도 기상관측환경편람, 20-21, 30-31, 42-43, 50-51
- 국립기상연구소, 2005: 제주지방의 기상관측 역사와 기후변동성 연구, 3-14
- 국립기상연구소, 2004: 한국의 기후, 417pp.
- 이병설, 1979: 우리나라의 자연계절에 관한 연구, 지리학, 14(2), 1-11
- 김연옥, 1962: 우리나라 기온의 대륙성에 대한 고찰, 이화여대 한국문화연구원 논총, 5, 225-234
- 정창희, 1969: 서울 지방 7월 강수량의 Periodogram에 관하여, 한국기상학회지, 5(1), 11-14
- 조하만, 조천호, 정귀휘, 1988: 서울의 도시화에 따른 기온의 변화, 한국기상학회지, 24(1), 27-37
- 안중배, 류정희, 조익현, 박주영, 1997a: 한반도 기온 및 강수량과 적도 태평양 해면 온도와
의 상관관계에 관한 연구, 한국기상학회지, Vol. 33, No. 3, 488-495.
- 안중배, 류정희, 조익현, 박주영, 1997b: 한반도 기온 및 강수량과 주변 해역 해수면 온도와
의 상관관계에 관한 연구, 한국기상학회지, Vol. 33, No. 2, 327-336.
- 전종갑, 이광호, 1992: 남한에서의 기온과 강수량의 변동에 관한 연구, 한국기상학회지, 17, 45-65.
- 하주영, 1998: 한반도의 기후변동성에 관한 연구, 서울대학교 석사학위 논문, 59pp.
- 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, 2007: Climate Change, 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working
Group I to the Forth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on
Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B.
Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press,
Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996pp.
- 기상청, 2007: 남해안 지역의 기후변화에 대한 취약성 평가, 한국기상학회지, 128-130
- 제주특별자치도 통계자료실, <http://www.jeju.go.kr/index.php>