제주발전연구 제15호
2011. 12. pp. 179~201.

제주지역 일조와 운량의 변동 특성 연구

Characteristics of Sunshine and Cloudiness Change in Jeju island

김 대 준*

<목 차>

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 자료 분석방법
Ⅲ. 결과와 토의
Ⅳ. 결론과 제언
〈참고문헌〉

〈국문 초록〉

과거 제주도의 기후 변화에 관한 연구들을 보면 대부분 기온과 강수량에 따른 기후변화를 다루는 것이 대부분이다. 중위도 지대에 위치하고 있는 우리나라의 기후는 계절구분이 뚜렷한 전형적인 온대성 기후의 특성을 나타내며 지역에 따라 지리적 요인과 기상학적 요인에 의해 크고 작은 지역차를 나타내기도 하는데 특히 위도와 깊은 관련성을 가지고 있는 요소가 일조라 할 수 있다. 이러한 일조는 농작물의 생육에 밀접한 관계가 있으며 일조시간이 적고 강수가 많으면 질병 발생율이 높아져 농업 생산에 악영향을 끼칠 수 있고 지표에서 받은 태양복사 에너지의 양에도 밀접한 관계가 있으므로 지구온난화 등 지표 에너지 수지 연구에 중요한 역할을 한다. 따라서 일조율과 일조시간의 시간적 변화특성은 위도와 지형, 계절풍, 대기상태 등의 영향에 의해 지역적으로 현저한 차이를 나타내게 된다.

그러나 장기간의 관측이 부족하기 때문에 일조와 운량의 기후변화에 대한 이해는 아직 분명하지 않다. 세계적으로 운량과 일조에 대한 연구가 많이 이루어지고 있으나 우리나라에서는 일조계의 비교 관측에 관한 연구를 제외하고는 일조와 운량 특성에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기상청 관측이래 기간동안 제주도내 일조계에서 관측된 자료를

* 제주지방기상청 성산기상대

이용한 일조와 운량, 습도 변화 특성을 분석하고, 한반도 내륙 지점과 비교분석하고자 하였다.

그 결과를 보면 1923년부터 2010년까지 제주도 4개지점 일조시간의 경년변화는 감소하는 경향을 보여주었으며 제주시의 경우2000년대 초반에는 연평균 일조시간이 1800시간 아래로 떨어졌다. 한편, 계절변화는 여름철의 감소가 두드러지게 나타났다.

일조율의 10년 평균 감소 정도는 성산이 3.1%, 고산 1.7%, 제주 1.1%, 서귀포 0.2% 순으로 서귀포의 경우 일조율의 변화가 거의 나타나지 않아 오히려 최근에는 성산보다 일조율이 높게 나타나는 특징을 보였다.

지역별 평균 일조시간을 타지역과 비교해 보면 내륙지역인 대구가 2406시간으로 가장 많고, 부산 2399시간, 서울 2213시간, 완도 2169시간, 성산 2095시간, 서귀포 2051시간, 고산 2023시간, 제주시 1990시간 순으로 나타나 대구, 부산 등 우리나라 남동해안에 위치한 지역의 일조시간이 높게 나타났다. 일조시간의 평년(30년 평균값) 변화는 점차 줄어들고 있는 경향을 보이고 있는데 그 가운데 성산(145시간/30년)과 완도(135시간/30년)의 감소폭이 가장 큰 것으로 나타났다. 한편, 일조율이 80% 이상인 날의 변화를 살펴보면, 제주 −5.8일, 고산 −7.7일, 성산 −12.2일, 서귀포 −1.2일, 서울 −0.2일, 대구 −4.5일, 부산 1.5일, 완도 −7.4일로 부산을 제외한 모든 지역에서 감소하는 경향을 보였다.

장기변동으로 봤을 때는 일조율과 운량의 상관성이 작아보였으나 월별 일조율과 운량을 통해 서로 음의 상관성이 있는 것으로 나타났고, 상대습도는 운량에 비하여 상관성이 다소 낮았다.

주제어 : 일조시간, 일조율, 운량, 상대습도

Ⅰ. 서론

제주도는 우리나라에서 최남단에 위치하여 기후학적으로 매우 중요한 곳으로 기후 특성이 한반도 내륙 지역과는 다르게 나타나며 최근에는 아열대성 기후로 변해가는 증거가 하나둘 나타나고 있다. 그동안 제주도의 기후 변화에 관한 연구들을 보면 북사면에 위치한 제주와 남사면에 위치한 서귀포의 기온, 강수, 바람 등 기후 특성을 비교한 연구(문현숙, 1989), 제주도의 사면별 강수 분포 특성에 관한 연구(이승호, 1999), 제주도 해안 지역의 기온 분포 연구(이윤주, 2000), 제주지방 기상관측 역사와 기후변동성 연구(국립기상연구소, 2005), 제주의 기온과 강수량 변동 특성에 관한 연구(김성수 등, 2006) 등으로 대부분 기온과 강수량에 따른 기후변화를 다루는 것이 대부분이다.

한편, 최근에는 우리나라의 도시화가 많이 진행되면서 이에 따른 대기 환경 변화를 이해하기 위하여 기후 요소별 다양한 분석들이 시도되고 있는 실정이다. 도시 기후의 특징으로 가장 잘 알려진 것이 도시 승온 현상인데 관측과 이론 측면에서 많은 수의 연구결과가 도출되고 있다. 다음으로 알려진 것이 도시 건조화이지만 습도의 자료가 부족하며 또한 그 변화가 우리 생활에서 기온만큼 잘 감지되지 않기 때문에 이것에 관한 포괄적인 연구는 적다. 습도 중에서도 상대습도는 우리의 일상생활 특히 보건과 밀접한 관련이 있으며 일반적으로 대도시에서는 도시화에 따른 상대습도의 변화가 건조 경향으로 나타나고 있는데 이에 대한 변동 특성에 관한 연구조차도 거의 없는 실정이다.

중위도 지대에 위치하고 있는 우리나라의 기후는 계절구분이 뚜렷한 전형적인 온대성 기후의 특성을 나타내며 지역에 따라 위도와 지형, 해류 등의 지리적 요인과 대기환류와 고·저기압, 기단 등과 같은 기상학적 요인에 의해 크고 작은 지역차를 나타내기도 한다. 특히 위도와 깊은 관련성을 가지고 있는 요소가 일조라 할 수 있는데, 일조(日照)는 일사가 구름이나 안개로 가려지지 않고 지면에 도달함을 말하며, 그 지속시간을 일조시간(sunshine duration)이라고 한다. 일조시간은 보통 1일이나 한 달 동안에 비친 총시간수로 나타낸다. 산이나 언덕 등의 장애물이 없다고 가정하여 어느 지점에 햇빛이 비칠 수 있는 시간이 미리 계산되어 있는데 이것을 가조시간(可照時間)이라고 한다. 실제의 일조시간과 이 가조시간과의 비를 일조율(percent sunshine)이라고 한다. 이러한 일조는 농작물의 생육에 밀접한 관계가 있으며 일조시간이 적고 강수가 많으면 질병 발생율이 높아져 농업 생산에 악영향을 끼칠 수 있다(이정택 등, 1994). 일조에 대한 자료는 지표에서 받은 태양 복사 에너지의 양에도 밀접한 관계가 있으므로 지구온난화 등 지표 에너지 수지 연구에 중요한 역할을 한다. 따라서 일조율과 일조시간의 시간적 변화특성 즉 연변화 유형은 위도와 지형, 계절풍, 대기상태 등의 영향에 의해 지역적으로 현저한 차이를 나타내게 된다. 지금까지 일조의 지역성에 관련된 연구들을 보면 김연옥(1987)은 30년간(1931~1960)의 평균치와 1960년 이후 5년 간격의 평균치를 비교하여 도시화가 급속히 일어난 1960년대에서 70년대 초에 걸쳐 우리나라 5대 도시의 일조율이 감소함을 밝혔다. 이태숙(1993)은 20년간(1973~1992)의 월평균일조율의 연변화 유형을 근거로 우리나라 일조지역을 7개로 나누어 지역별 일조율의 특성을 밝혔다. 또한 Chandler(1965)는 영국의 런던과 그 주변에 있어서의 월평균 일조율을 조사하여 도시와 교외, 시골로 나누어 비교하여 도시가 시골에 비해 적고, 겨울이 여름보다 더 큰 차를 나타냄을 보였다. Angell et al(1984)은 미국을 6개 지역으로 구분하여 101개 관측소의 1950~1982년까지의 운량과 일조율 자료를 이용한 선형회귀분석을 통하여 운량은 3.7% 증가하고, 일조율

은 0.9% 감소하였음을 밝혔다.

일사에너지는 작물의 광합성작용에 이용되므로 일조는 온도와 더불어 작물의 생육과 수량을 좌우한다. 특히, 겨울철 시설재배에서는 시설 내의 온도유지와 작물의 광합성 활동에 일사에너지의 공급은 매우 중요하다. 겨울철 우리나라의 기후는 고기압권에 들어 저온 건조할때는 일조시간이 많지만 저기압권에 들어 비교적 온도가 높을 때는 일조시간이 줄어든다. 시설재배에서 겨울철에는 가조시간이 적은데다가 일조마저 부족하면 작물의 생산량이 적고 특히, 과재류에서 기형과가 발생하는 등 생육장애를 받게 된다.

한편, 일출과 일몰사이의 운량은 일조시간과 일조율을 결정짓는데 주요인자가 된다. 그러므로 운량 관측을 통해 일조시간을 알 수 있으며, 복사에너지에 대한 정보도 이해할 수 있게 된다. 운량(cloudiness)은 태양과 지구의 장단파 복사 에너지 수지 및 지표의 물수지에 대한 중요한 요소로서 지구의 기후에 큰 영향을 준다고 알려져 있다(Wang et al., 1993). 그러나 장기간의 관측이 부족하기 때문에 운량과 기후변화에 대한 이해는 아직 분명하지 않다. Wang 등의 연구에서 운량과 관련이 깊은 기상요소는 강수일수, 상대습도, 태양복사, 강수량, 그리고 일조시간 등 여러 가지가 있으나 그중 상관성이 가장 높은 요소는 일조시간임을 밝힌 바 있다. 일조와 운량은 기후학적으로도 가장 관련이 높으며, 이에 대한 관련보고는 많은 연구에서도 밝혀진 바 있다(Angell et al., 1984;1989). Wang et al.(1993)은 1951년부터 1980년까지 운량과 기후인자들과의 관계에 대한 연구를 통해 운량과 일조시간의 상관관계는 -0.72로 나타났다고 보고한 바 있다. Angell et al.(1984)은 1950-1982 기간동안 운량과 일조율의 변화를 분석함으로써 운량의 증가가 일조율의 감소에 영향을 준다고 하였으며 먼지, 연무, 박무 등은 일조시간의 장기변화에 어느 정도 영향을 줄 수 있다고 연구한 바 있다. 세계적으로 운량과 일조에 대한 연구가 많이 이루어지고 있으나 우리나라에서는 일조계의 비교관측에 관한 연구를 제외하고는 일조와 운량 특성에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 기상청 관측 이래 기간 동안 제주도내 일조계에서 관측된 자료를 이용한 일조시간과 운량, 습도 변화 특성을 분석하고, 한반도 내륙 지점과 비교분석하여 제주도 기후변화 이해에 도움을 주고, 궁극적으로 지역 사회, 산업, 경제 등 전반적인 활동의 근거자료 및 향후 기후변화 예측 시나리오에 유용한 기초자료를 제시하고자 한다.

Ⅱ. 자료 분석

1. 조사범위

1) 조사기간: 1921년부터 2010년 12월 말일까지 일부자료는 관측이래자료 사용
2) 조사지점: 제주도 4개기상관서(제주, 고산, 성산, 서귀포) 및 한반도 내륙 기상관서(서울, 부산, 대구, 완도)
3) 조사요소:
가. 일조시간: 1921년 관측이래 자료
나. 일조율: 1961년~2010년 일조율, 부조일수, 일조율 80%이상 일수
다. 상대습도: 1951 ~ 2010년(59년)
라. 전운량: 1961 ~ 2010년(49년)

〈표 1〉 조사 지점 위치와 관측 개시일

관측지점	해발고도(m)	위도(N)	경도(E)	관측개시일	비고
제주	19.9	33° 30′	126° 31′	1923년 5월	제주지방기상청
고산	70.9	33° 17′	126° 09′	1988년 1월	기상대
성산	18.4	33° 23′	126° 52′	1971년 1월	1991년 1월 현 위치에서 관측
서귀포	50.4	33° 14′	126° 34′	1961년 1월	1991년 1월 현 위치에서 관측
서울	85.5	37° 34′	126° 58′	1907년 7월	1933년 1월 현 위치에서 관측
대구	57.8	35° 53′	128° 37′	1907년 1월	
부산	69.2	35° 06′	129° 02′	1904년 4월	1934년 1월 현 위치에서 관측
완도	14.7	34° 18′	126° 45′	1971년 5월	

자료 이용에서 제주도의 4개 기상대급 기상관서 중 고산기상대의 관측개시일이 1988년으로 가장 늦고, 성산기상대가 1971년부터 관측하였으나 1990년 후반에 현재의 장소로 이전하였다.

1921년부터 10년 단위, 30년 단위의 평균 값을 통한 기후자료를 사용하고자 하였기 때문에 고산, 성산, 서귀포, 완도의 경우에는 과거 모든 자료를 사용할 수 없었고, 기후요소별 자료도 지역에 따라 다른 시기에 관측이 되었기 때문에 본 자료에서는 지역별, 요소별 관측 이래의 자료를 모두 사용하고자 하였다.

제주도는 한라산을 기준으로 동쪽의 성산기상대, 서쪽 고산기상대, 남쪽 서귀포기상대, 북쪽의 제주지방기상청이 위치하여 제주도 전체의 기후자료를 설명하기에 좋은 조건을 가졌다.

또한 한라산의 기후변화를 설명하기 위하여 최근에는 한라산에 고도별로 관측을 실시하기 시작하여 향후 제주도 전체의 기후변화를 용이하게 이해할 수 있을 것이라고 생각된다. 한편, 서울은 우리나라의 수도로서 우리나라의 기후를 대표할 수 있는 지역으로 생각되며, 대구는 우리나라 내륙의 특징을 잘 설명할 수 있을 것이라고 판단된다. 또한 부산은 동해안, 완도는 남해안에 접해있어 제주도의 기후와 유사한 특징이 나타날 수 있는 지역이라고 생각되어 비교지역으로 선택하였다.

2. 활용자료

기상청 기후분석 자료와 기상관측환경편람, 한국기후표

3. 분석내용

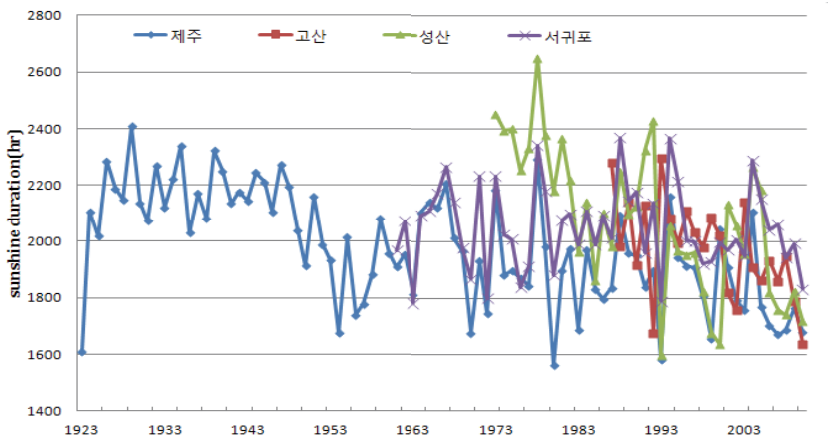
1) 제주도 4개 지점 관측이래 일조시간과 일조율, 전운량, 상대습도
2) 제주도 4개 지점과 비교지점의 10년, 30년 평균 기상관측자료(일조시간, 일조율, 전운량, 상대습도)
3) 지역에 따른 계절별 일조시간, 일조율 자료 분석
4) 지점별 일조율과 전운량의 비교자료
5) 지점별 일조율과 상대습도의 비교자료

Ⅲ. 결과와 토의

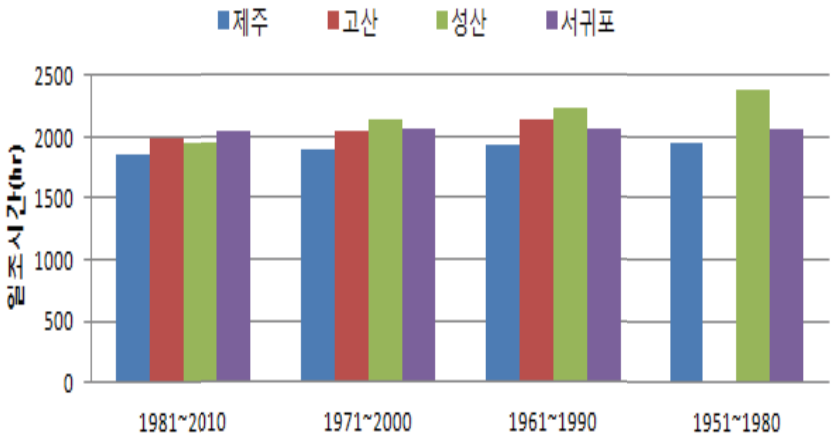
1. 일조시간의 연변화 및 변동 특성

관측 이래 연평균 일조시간은 서귀포시가 2051시간으로 가장 길었고, 고산 2023시간, 성산 2000시간, 제주시 1990시간 순이었다. 그림 1은 1923년부터 2010년까지 제주도 4개지점 일조시간의 경년변화를 나타낸 것으로 제주도내 4개지점의 일조시간은 감소하는 경향을 보여주었으며 특히 성산의 경우 관측 이래 약 600시간 정도가 감소하여 감소폭이 가장 컸고, 서귀포는 거의 일정한 수준을 유지한 것으로 나타났다. 제주시는 1980년대 초반까지 서귀포와 비

슷한 분포를 보이다가 1980년대 중반부터 약 200시간 정도 짧아졌다. 관측 이래 제주시의 경우를 살펴보면 1950년대 초반에 들어 2000시간 밑으로 떨어졌고, 2000년대 초반에는 1800시간 아래로 떨어지기 시작하였다. 이렇게 최근 일조시간이 감소하는 것에 대하여 Twomey(1974)는 대기 중 수분함량이 일정한 경우, 입자의 크기를 감소시키거나 초기에 입자 농도가 증가하게 되면 에어로졸의 복사강제력으로 구름 알베도가 증가하는 현상을 말하는데, 그 결과로 지표에서 관측되는 일조시간은 감소하는 현상을 유도하게 된다고 하여 도시화에 따른 변화에 연관 지어 설명하였다.

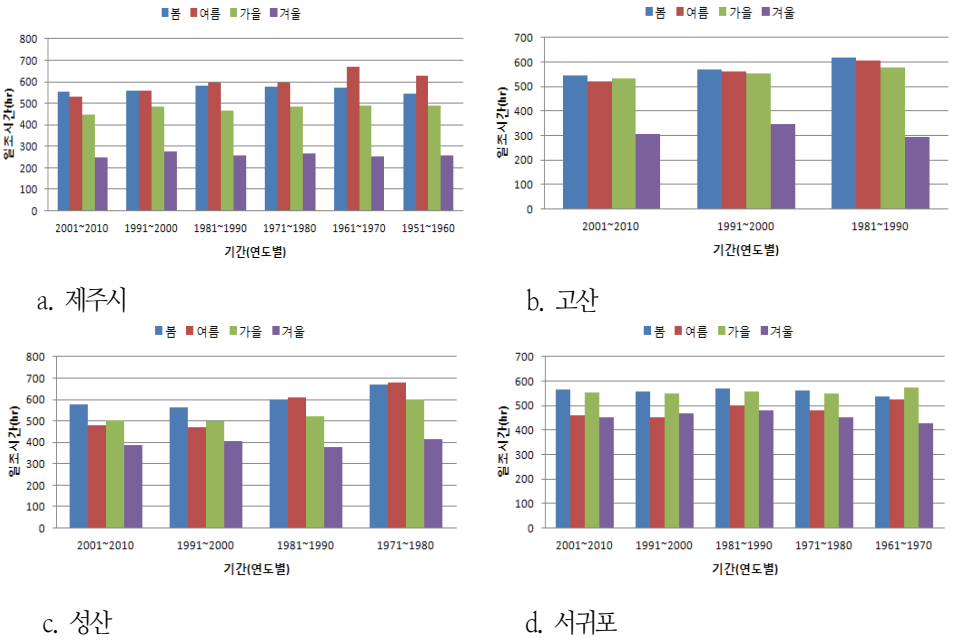


<그림 1> 제주지역 일조시간의 연변화



<그림 2> 제주지역 일조시간의 지역별 30년 평균 변화

그림 2는 제주도의 지역별 일조시간의 30년 평균 변화를 나타낸 것으로 1961~1990년에 성산, 고산, 서귀포, 제주시의 순으로 나타나다가 최근 1981~2010년에는 서귀포, 고산, 성산, 제주시의 순으로 변화하였다. 이는 30년 평균 자료에서도 서귀포의 일조시간은 거의 변화가 없으나성산과 고산의 일조시간이 타 지역에 비하여 많은 감소를 보였기 때문이다. 그림 3은 일조시간의 계절별 10년 평균 변화 경향을 나타낸 것으로 일조시간은 서귀포시와 성산의 남부지역에서 봄, 가을, 여름, 겨울 순으로 길게 나타났다. 하지만 제주시의 경우 과거 여름철의 일조시간이 가장 길었으나 여름철 일조시간의 변화가 가장 크게 줄어들면서 1900년대 부터는 봄철보다 일조시간이 짧아져 봄, 여름, 가을, 겨울 순으로 변해 고산과 비슷한 경향으로 가고 있는 것을 알 수 있다. 서울지역의 일평균 일조시간의 계절변화(김연희 등, 2004)는 봄 7시간, 가을 5.9시간, 겨울 5.3시간, 여름 5.2시간의 순으로 봄에 가장 크고, 여름에 가장 작게 나타나는 것에 비하여 제주도는 겨울철의 일조시간이 가장 작게 나타나는 특징을 보였다. 이는 제주도의 경우는 여름철 보다 겨울철 대륙고기압이 확장하면서 해상에서 구름이 생성되는 경우가 많기 때문이라고 판단되다. 한편, 시간적으로는 각 계절 모두 점차 약간씩 감소하는 추세에



a. 제주시　　b. 고산

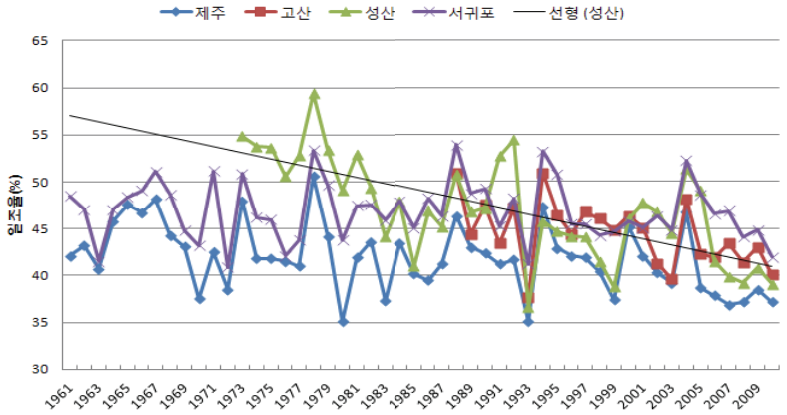
c. 성산　　d. 서귀포

〈그림 3〉 일조시간의 계절별 10년평균 변화 경향

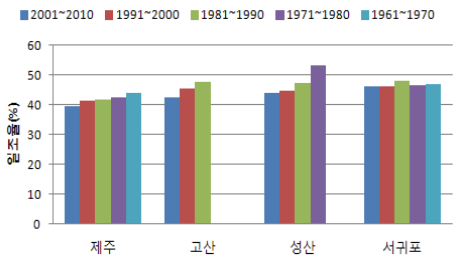
있으며, 특히 여름철의 감소가 두드러지게 나타났는데 최근 여름철 강수량의 증가(10년간 14.7% 증가)와 연관지어 볼 수 있을 것이다(국립기상연구소, 2010). 또한 제주시와 고산 등 북부지역에서는 겨울철의 일조시간이 남부지역보다 2배정도 짧게 나타나는 반면 여름철에는 오히려 길게 나타났다. 이는 연중 계절별로 다른 기압배치에 의한 계절풍의 지배를 받기 때문이며 특히 한라산이 중앙에 위치하여 남과 북의 기후차가 크게 나타나는 것으로 일조시간은 그 지역의 일기를 잘 나타내는 지역성이 매우 강한 기후 요소이기 때문에 일조시간의 연변화에 따른 지역구분은 매우 중요한 과제라고 생각된다.

2. 일조율의 변화 특성

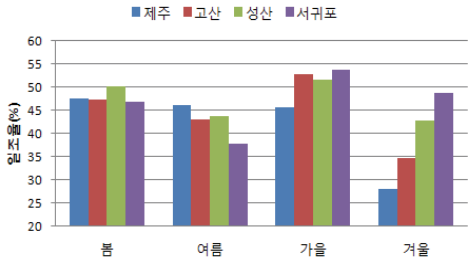
그림 4는 제주지역의 일조율의 1961년부터 2010년까지 연평균 값의 시계열을 나타냈다. 1961년부터 2010년까지의 평균 일조율은 성산 47.1%로 가장 많았고, 서귀포 46.9%, 고산 44.5%, 제주 41.8%로 나타났다. 하지만 연변화에서 보여지듯 성산의 일조율이 제주도내에서 가장 급격하게 떨어지는 경향을 보여주었다. 그림 5의 지역별 일조율의 10년 평균 값의 변화를 보더라도 성산은 1970년대에 비하여 2000년대에는 약 10%가량의 감소가 나타났다. 일조율의 10년 평균 감소치는 성산이 3.1%, 고산 1.7%, 제주 1.1%, 서귀포 0.2%로 성산은 1991년 1월 관측지점의 이동이 있었던 것을 감안하더라도 타지역에 비하여 많은 감소치를 보인 반면 서귀포의 경우는 일조율의 변화가 거의 나타나지 않아 오히려 최근에는 성산보다 일조율이 높게 나타나는 특징을 보였다.



〈그림 4〉 제주지역 일조율 연변화



〈그림 5〉 지역별 일조율의 10년 평균 값 변화



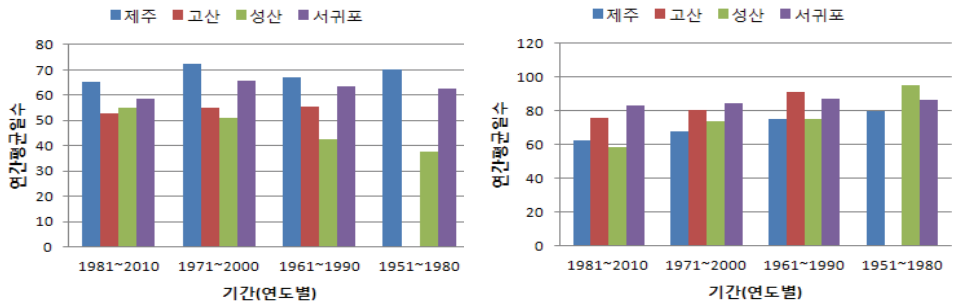
〈그림 6〉 지역별 일조율의 계절 평균(1961~2010)

그림 6은 제주지역의 일조율의 계절 평균값을 나타낸 것이다. 일반적으로 우리나라는 봄과 가을철에 일조율이 높게 나타나는 특징이 있는데 제주지역도 비슷한 경향을 보여 특히 가을철에 많은 일조율을 보이는 것으로 나타났다. 지역별 특징을 살펴보면 각 계절에 따라 다른 일조율을 보였는데 제주시는 봄(47.7%), 여름(46.1%), 가을(45.7%), 겨울(28.0%) 순으로 일조율이 높게 나타난 반면 서귀포시의 경우는 가을(53.9%), 겨울(48.7%), 봄(47.0%), 여름(37.9%) 순으로 나타났다. 일조율은 운량과 가장 밀접한 연관이 있다고 알려져 있는데 제주도가 여름철에 남풍계열의 바람이 지배적으로 나타나고, 겨울철에는 북서풍 계열 바람이 주로 불기 때문에 한라산에 의한 지형적인 영향을 받음으로 인하여 풍상측에 하층운이 생성되는 것과 관련이 있다고 판단된다. 또 하나의 특이한 점은 봄과 여름. 가을철에 비하여 겨울철에 지역적으로 많은 일조율의 차이를 보여 제주시와 서귀포가 약 20%의 차이가 발생하였다.

그림 7은 제주지역의 연평균 부조일수와 일조율 80% 이상인 날의 평년값 변화를 나타낸 것이다. 우선 연평균 부조일수의 평년값 변화를 보면 성산은 부조일수 증가 폭(평균 5.8일 증가)이 크고, 고산의 경우는 약간의 감소(평균 1.2일 감소)를 보이고 있다. 제주도의 동쪽에서 증가하는 반면 서쪽에서 감소하는 것은 한라산의 영향을 무시할 수 없다고 생각되며 향후 이에 대한 규명이 구체적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다. 한편, 지역별로 살펴보면 최근의 부조일수는 제주시 지역에서 가장 많이 나타나고, 서귀포, 성산, 고산 순으로 부조일이 나타나는 경향을 보였다.

일조율이 80% 이상인 날의 변화를 살펴보면 변화율의 차이만 있을 뿐 제주지역 모든 지역에서 점차 감소하는 경향을 보였다. 각각의 평균 변화는 성산이 12.3일로 가장 많은 감소를 보였고, 고산 7.7일, 제주 5.8일, 서귀포 1.2일 순으로 나타났다. 지역별로는 고산과 서귀포 지역이 제주시와 성산보다 80% 이상의 일조율을 보이는 날이 많은 것으로 나타났다. 일조율이 80% 이상을 보이기 위해서는 구름이 거의 없는 날이어야 하기 때문에 부조일수와 반대의

경향으로 나타날 것으로 생각되지만 최근의 자료를 보면 서귀포가 제주시 다음으로 부조일수가 가장 많이 나타난 지역인데 반하여 80%이상의 일조율을 보이는 날은 서귀포, 고산, 제주, 성산 순으로 나타나 서귀포는 부조일수도 많지만 구름이 거의 없는 날도 많은 극단적인 날씨를 보이는 경우가 많다고 추론해 볼 수 있겠다.

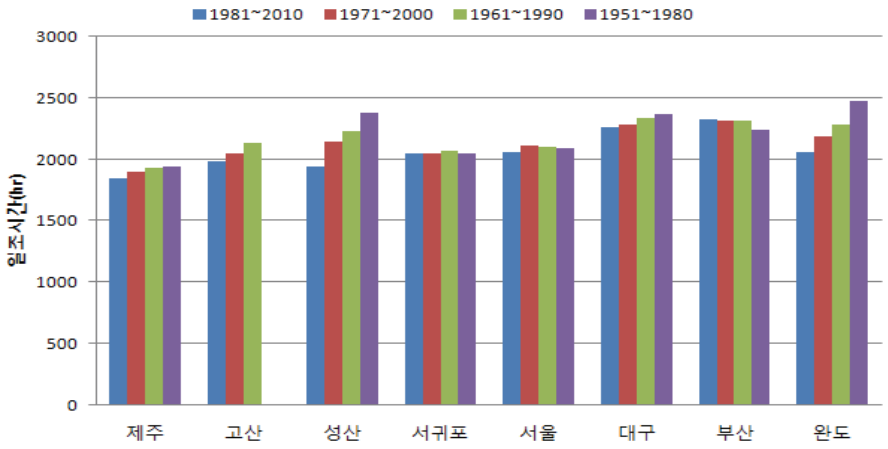


a. 연평균 부조일수의 평년값 변화　　b. 일조율 80% 이상인 날의 평년값 변화

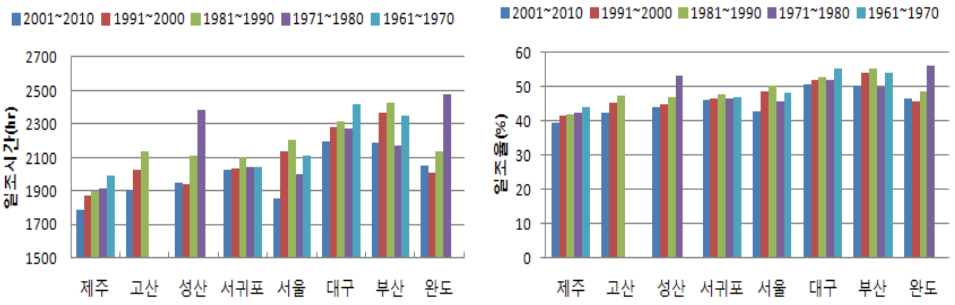
<그림 7> 연평균 부조일수(a)와 일조율 80% 이상인 날(b)의 평년값 변화

3. 일조의 지역성 검토

문 등(1996)은 우리나라 63개 지점들의 20년간(1974~1993)의 일조시간을 이용하여 지역구분을 실시하고, 이들 구분된 일조지역별의 일조율의 변화 특성과 장기변동을 분석한 바가 있는데 제주도는 Ⅵ 지역으로 제주와 서귀포, 성산, 고산이 상당한 기후차를 보이기는 하지만 같은 지역으로 구분하였다. 그림 8은 지역에 따른 일조시간의 30년 평균 변화를 나타낸 것이다. 지역별 평균 일조시간을 살펴보면 내륙지역인 대구가 2406시간으로 가장 많고, 부산 2399시간, 서울 2213시간, 완도 2169시간, 성산 2095시간, 서귀포 2051시간, 고산 2023시간, 제주시 1990시간 순으로 나타나 대구, 부산 등 우리나라 남동해안에 위치한 지역으로 지형적으로 경사면에 위치한 이유로 일조시간이 높게 나타나는 것으로 판단된다. 일조시간의 평년(30년 평균값) 변화는 부산과 서울을 제외한 대부분 지역에서 점차 줄어들고 있는 경향을 보이고 있는데 그 가운데 성산(145시간/30년)과 완도(135시간/30년)의 감소폭이 가장 큰 것으로 나타났다.



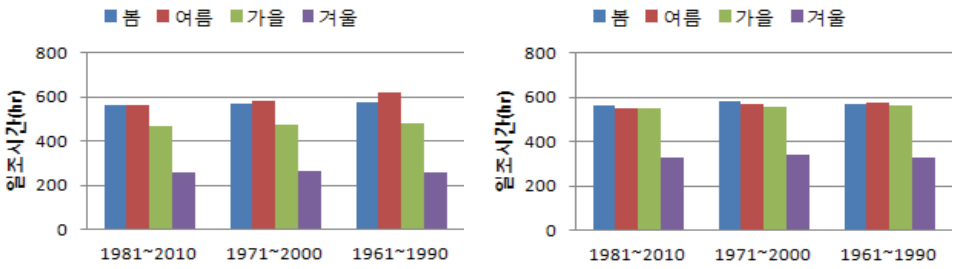
〈그림 8〉 지역별 연평균 일조시간의 30년 평균(평년값) 변화



a. 일조시간 b. 일조율

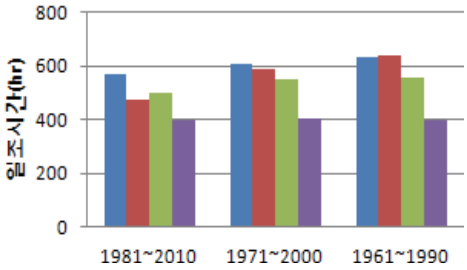
〈그림 9〉 지역에 따른 연평균 일조시간과 일조율의 10년 변화

그림 9는 10년 주기의 변화를 살펴보기 위하여 지역에 따른 연평균 일조시간과 일조율의 10년 평균 변화를 나타낸 것이다. 일조시간의 경우 앞서 30년 평균값에서 지속적으로 증가했던 부산의 경우 1981년부터 오히려 감소하는 경향을 보이고 있으며 모든 지역에서도 1981~1990년부터는 점차 감소하는 추세를 보이고 있다. 일조율도 일조시간의 변화와 거의 유사하게 감소하는 경향을 보이고 있는데 부산과 대구지역에서는 50%를 조금 넘는 값을 유지하고 있으나 제주시의 경우 최근 40%를 넘지 못하는 점은 매우 고무적이라 할 수 있겠다. 한편, 우리나라 남서해안으로 온난다습한 남서기류에 대해서 풍상측에 놓이는 완도지역의 경우 최근 10년 일조율과 일조시간이 증가함으로 인하여 우리나라 전체가 기후학적으로 일조시

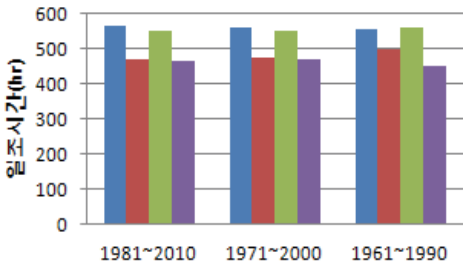


a. 제주

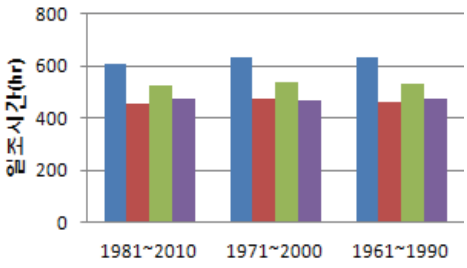
b. 고산



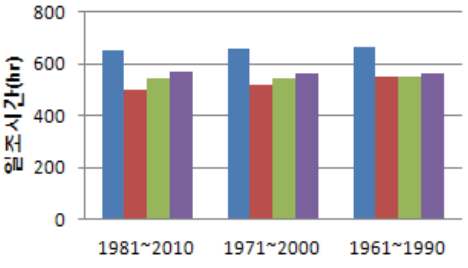
c. 성산



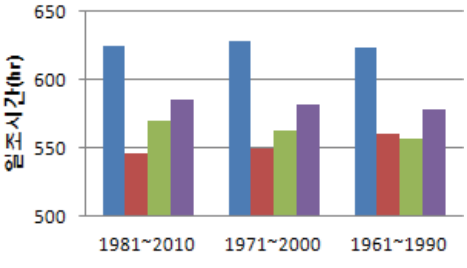
d. 서귀포



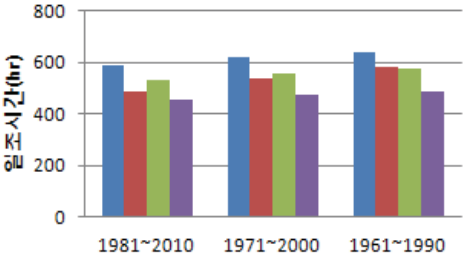
e. 서울



f. 대구



g. 부산



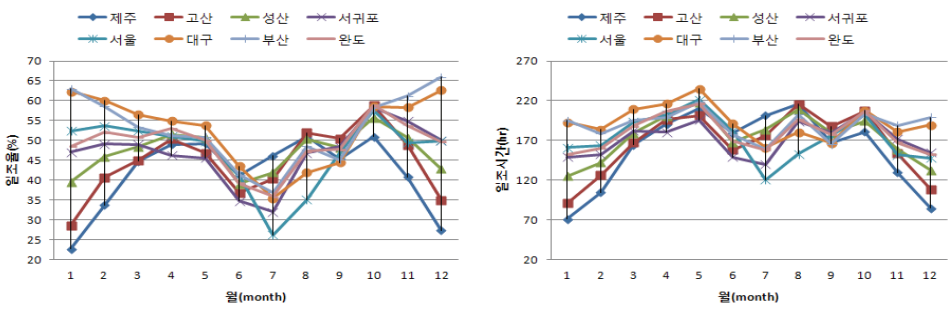
h. 완도

<그림 10> 계절별 연평균 일조시간의 30년 평균 변화

간 또는 일조율이 줄어든다고 표현하기는 곤란하다고 본다.

그림 10은 지역에 따른 일조시간의 계절별 30년 변화를 나타낸 것으로 조사지역 전체적으로 4계절 중 여름철의 감소폭(27.7시간)이 가장 크게 나타났고, 봄(10시간), 가을(8.6시간), 겨울(0.8시간) 순으로 감소하는 것으로 나타났다. 이렇게 여름철 일조시간의 감소폭이 크다는 것은 지역에 따라 차이는 있겠지만 최근 증가하는 강수량과 관련이 있을 것이라고 판단된다. 특히 남서쪽 저기압 영향을 자주 받아 강수량이 증가하는 지역인 성산(82.6시간/30년)과 완도(48시간/30년)의 경우 여름철 감소폭이 서울(3.3시간/30년)과 부산(6.8시간/30년) 보다 매우 크다는 것은 이 이유를 뒷받침 할 수 있는 근거가 될 것이다. 한편, 지역적으로 일조시간의 분포를 살펴보면 봄과 가을철에 대부분 일조시간이 많은 것이 일반적이지만 부산과 대구의 경우는 오히려 겨울철이 가을철보다 많은 일조시간이 나타남을 보였다. 또한 제주도와 완도의 남서부 지역에서는 겨울철의 일조시간이 여름철보다 매우 적게 나타나 지역적인 차이를 보여 대조적이었다.

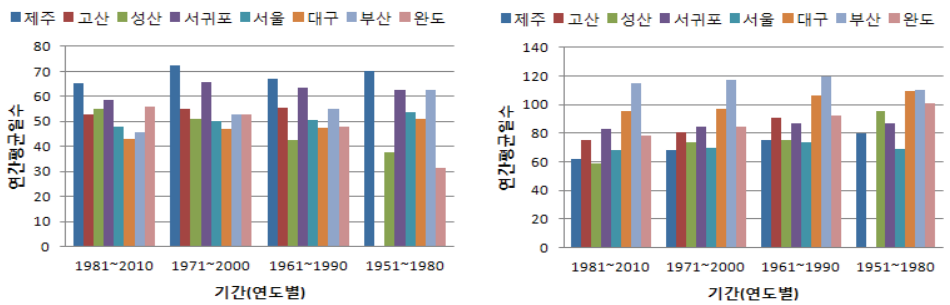
그림 11은 월별 일조시간과 일조율의 지역 분포를 나타낸 것으로 일조율과 일조시간의 변화는 거의 비슷한 패턴으로 나타났고, 여름철보다 겨울철의 지역적 차이가 크게 발생하는 것으로 나타났다. 하지만 대구, 부산, 서울의 경우 1월부터 5월까지 일조시간은 증가하는데 반하여 일조율은 감소하는 경향을 보였다. 한편, 제주지역의 경우는 이와 반대로 일조시간과 일조율이 동시에 증가하는 패턴을 보였다. 일조시간이 증가하는데 일조율이 감소하는 것은 지역에 따라 각 월마다 가조시수가 다르기 때문이라고 생각되고, 일조시간과 일조율이 동시에 증가하는 지역은 강수나 운량 등 지역적 기후요소에 따른 원인이 영향을 많이 주었을 것이라고 판단된다.



a. 일 조 율　　b. 일조시간

<그림 11> 월별 일조시간과 일조율의 지역 분포(1961~2010년)

그림 12는 연평균 부조일수(a)와 일조율이 80% 이상인 일수(b)의 30년 평균값(평년값)의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 부조일수, 즉 일조가 전혀 없었던 날의 평균 변화율(연평균 일수/30년)을 보면 부산이 -5.7일로 가장 많이 감소하였고, 완도는 8.1일로 가장 많이 증가하였다. 이는 앞서 언급했던 일조시간의 증감과 일치하는 결과라 할 수 있다. 하지만 부조일수는 그림에서 보듯이 일정하게 증가하는 패턴도 아니고 감소하는 패턴도 아님을 알 수 있다.



a. 부조일수 b. 일조율 80% 이상인 일수

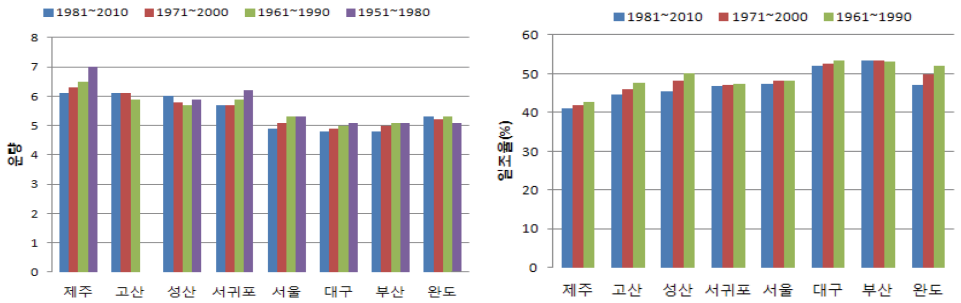
<그림 12> 연평균 부조일수와 일조율 80% 이상인 날의 평년값 변화

부조일수는 하늘이 전부 차폐되어 있는 흐린날에 나타남으로 인하여 극단적인 날씨의 경우일 수 있기 때문에 기후학적인 요소로 사용되기는 어려움이 따른다고 생각된다. 한편, 일조율이 80% 이상인 날의 변화를 살펴보면, 제주 -5.8일, 고산 -7.7일, 성산 -12.2일, 서귀포 -1.2일, 서울 -0.23일, 대구 -4.5일, 부산 1.5일, 완도 -7.4일로 부산을 제외한 모든 지역에서 감소하는 경향을 보였다. 특히 제주도 지역과 완도 지역에서 많은 감소율을 나타냈고, 서울, 대구, 부산 등 대도시에서는 감소율이 작거나 오히려 증가하는 패턴을 나타냈다. 이는 최근 연구되고 있는 에어로졸 농도 증가가 따른 강수강도와 일조시간의 변화에 영향(이 등, 2009)을 줄 수 있다는 것과는 상반되는 결과라 할 수 있다. 따라서 지역적 지표 특성, 열섬효과, 대기 중 파악하기 어려운 수증기 증가 등 불확실성이 많이 존재하는 원인 분석이 동시에 이루어져야 한다고 생각된다.

4. 일조율과 운량 및 상대습도의 상관관계

그림 13은 지역별 일평균 운량과 일조율의 30년 평균(평년값)의 변화를 나타낸 것이다. 각

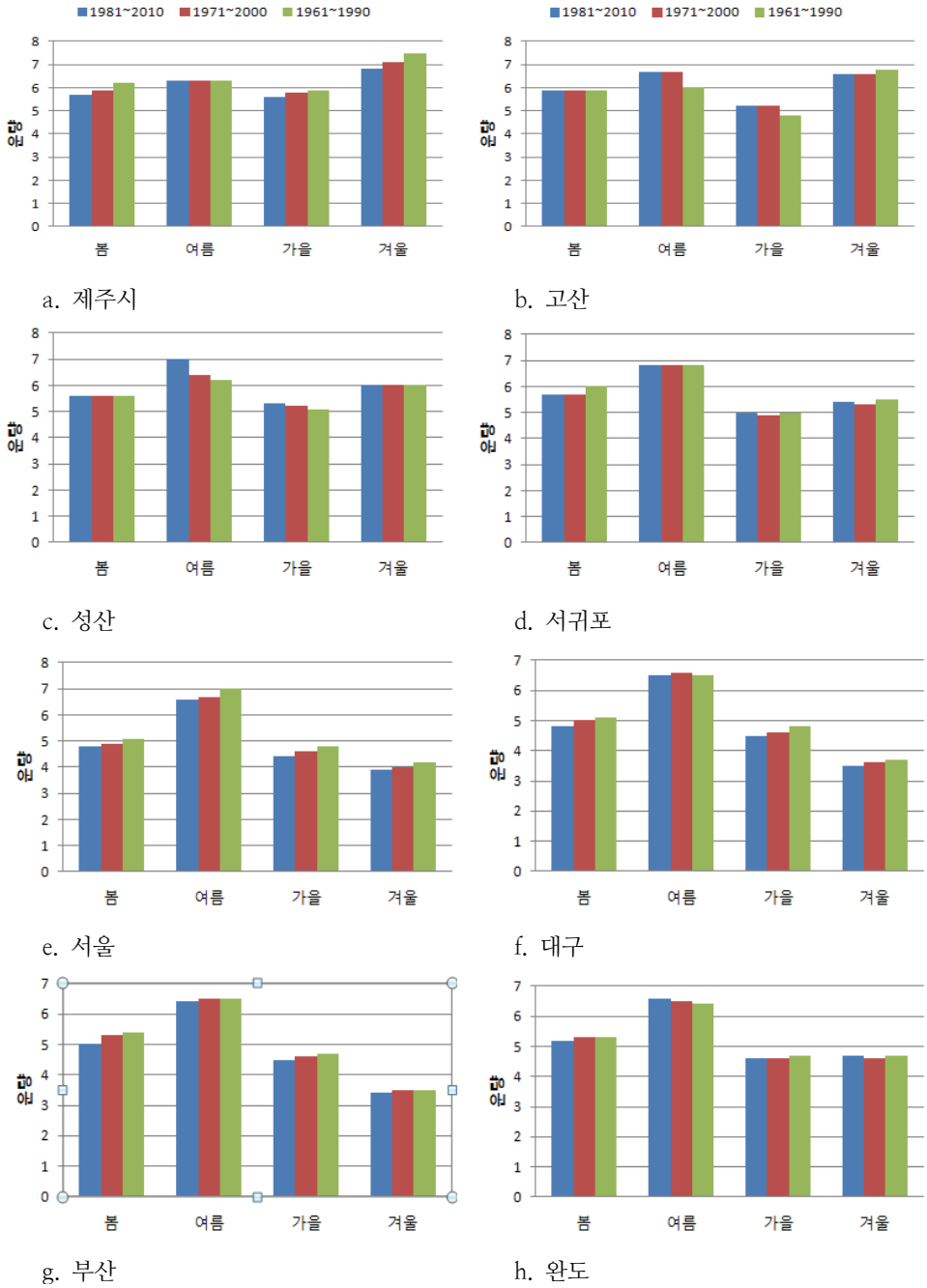
지역별 운량의 30년 간격 변화치를 살펴보면, 제주시 -0.3, 고산 0.1, 성산 0.0, 서귀포 -0.2, 서울, 대구, 부산 -0.1, 완도 0.1할로 제주의 운량 감소가 두드러지게 나타났다. 한편, 앞서 언급했던 일조율의 30년 평균 변화치를 보면, 제주 -0.9, 고산 -1.6, 성산 -2.3, 서귀포 -0.2, 서울 -0.4, 대구 -0.7, 부산 0.1, 완도 -2.5%를 보여 제주시, 서귀포, 서울, 대구의 경우에는 일조율과 운량이 동시에 감소하는 경향을 보여 운량보다 다른 원인에 의해 일조율이 감소했을 것이라고 짐작해 볼 수 있고, 고산과 완도의 경우에는 운량이 증가한 반면, 일조율이 감소하여 운량에 따른 영향이 가장 큰 것으로 나타났다. 하지만 장기간 변동만을 서로 비교했을 때는 어느 특정 요인이 일조율의 변화에 영향을 미쳤을 것이라고 판단하기에는 무리가 있다고 사료된다.



a. 운량 b. 일조율

<그림 13> 지역별 일평균 운량과 일조율의 30년 평균(평년값) 변화

그림 14는 운량의 계절적 변화를 보기 위하여 30년 평균 변화를 나타낸 것으로 앞서 제시하였던 일조율과 운량의 동시에 감소하였던 지역(제주시, 서귀포, 서울, 대구)에서는 4계절 모두 운량의 감소가 나타났고 일조율이 감소하고 운량이 증가했던 고산과 완도 지역에서는 특히 여름철의 운량이 증가한 것으로 나타났다. 고산과 완도의 여름철 연평균 일조시간의 30년 감소치는 각각 -12시간과 -48.3시간으로 4계절 중 가장 큰 것을 감안하면 운량과 일조의 상관성이 크다는 것을 다시 한번 확인해 볼 수 있다. 한편, 운량의 계절적 분포를 보면 제주시와 고산지역에서는 겨울철의 운량이 가장 많고, 그 외 지역에서는 여름철의 운량이 가장 많았다. 제주시의 경우 여름철 일조시간이 588.2시간으로 가장 많았는데 이때의 운량은 6.3할로 가장 적었고, 겨울철 일조시간이 264.9시간으로 가장 적은 반면 운량이 7.1할로 가장 많아 전 지역으로 봤을 때 계절적 상관성이 높은 것으로 나타났다. 하지만 일조시간은 연평균으로 계



a. 제주시 b. 고산

c. 성산 d. 서귀포

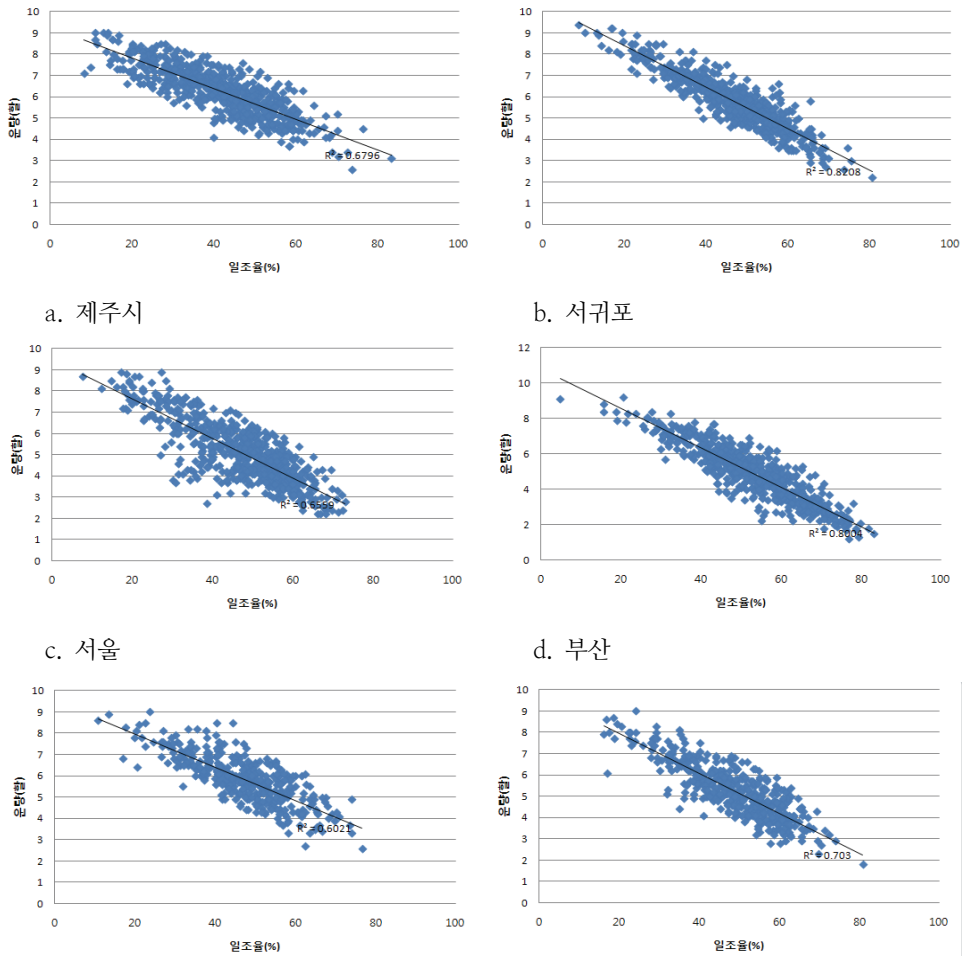
e. 서울 f. 대구

g. 부산 h. 완도

〈그림 14〉 계절에 따른 운량의 30년 평균 변화

산된 값이고, 운량은 일평균 값으로 나온 것이기 때문에 상호 상관성을 제시하는데 한계가 있겠지만 계절에 따른 일조와 운량의 상관성을 제시하는 데에는 별 문제가 없을 것으로 생각된다.

그림 15는 1961년부터 2010년까지 각 연별 월별 일조율과 운량의 상관계수를 나타낸 것으로 49년간 월별 운량과 일조율은 전지역적으로 음의 상관관계를 보인다. 장기변동으로 봤을 때는 일조율과 운량이 지역에 따라서는 상관성이 작아보였으나 각 월별 일조율과 운량을 통



a. 제주시　　b. 서귀포

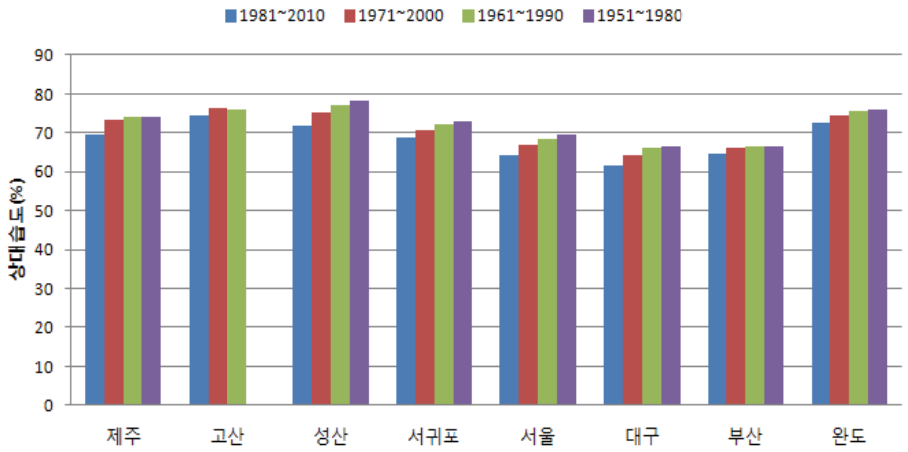
c. 서울　　d. 부산

e. 성산　　f. 완도

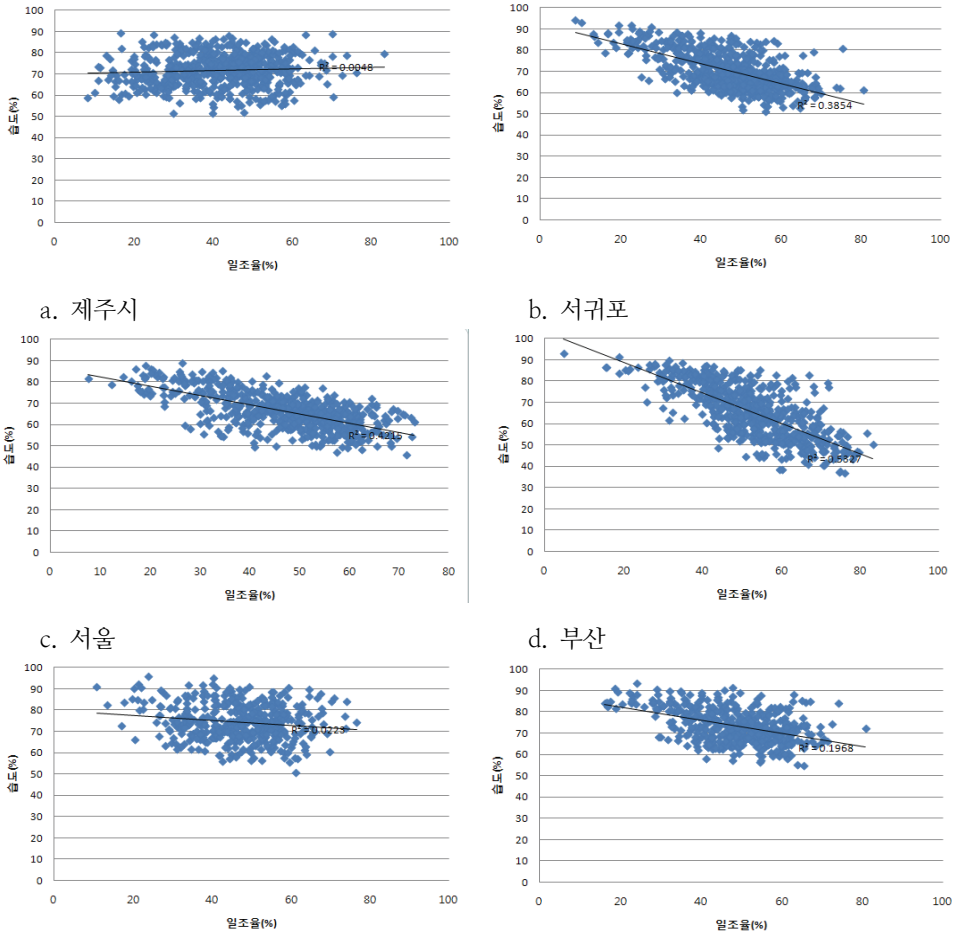
<그림 15> 지역별 일조율과 운량의 상관관계

해 일조율의 경년변화가 운량의 경년변화에 의해 많은 부분 설명됨을 이해할 수 있다. 각각의 지역별 상관계수를 살펴보면 서귀포가 0.82로 가장 상관성이 높게 나왔고 부산 0.80, 완도 0.71, 제주시 0.68, 서울 0.66, 성산 0.60 순으로 나타났는데 서귀포의 경우는 일조율의 경년변화가 뚜렷하게 나타나지 않은 지역이고, 부산도 오히려 증가한 지역으로 기타 다른 기상조건의 영향이 덜 개입되었던 지역이라고 생각되며 일조율의 장기변화에 영향을 줄 수 있는 먼지, 연기, 안개 등의 효과가 고려된다면 이 상관성은 어느 정도 달라질 것으로 사료된다.

그림 16은 지역별 일평균 상대습도의 30년 평균(평년값)의 변화를 나타낸 것이다. 각 지역별 상대습도의 30년 평균 변화를 살펴보면, 제주시 -1.4, 고산 -0.8, 성산 -2.2, 서귀포 -1.4, 서울 -1.7, 대구 -1.6, 부산 -0.6, 완도 -1.1 %로 성산 지역의 상대습도 감소가 가장 크게 나타났고 모든 지역에서 습도가 떨어지는 경향을 보였다. 상대습도는 기온의 영향을 받기 때문에 기후 연구에서는 절대적인 수증기양을 나타내는 수증기압과 절대습도를 사용하는데 지역적인 하락 값이 중요치 않더라도 상대습도가 지속적으로 떨어지고 있는 것은 눈여겨 볼만한 사항이라 생각된다. 일조와 연관 지어 생각하면 상대습도가 떨어지는 것은 대기중 수증기량이 적은 것으로 판단 할 수 있고, 이에 따라 태양광의 차단이 약해지기 때문에 일조율이 증가할 수 있는 조건이 된다. 하지만 앞서 언급했던 일조율의 30년 평균값도 감소하는 것을 보면 상대습도와 일조간의 장기간 변동 상관성이 적다는 것을 알 수 있다. 또한 그림 17에서 일별 상대습도와 일조율의 상관관계를 보더라도 운량에 비하여 상관성이 낮은 것으로 나타났다.



〈그림 16〉 지역별 일평균 상대습도의 30년 평균(평년값) 변화



a. 제주시 b. 서귀포

c. 서울 d. 부산

e. 성산 f. 완도

〈그림 17〉 지역별 일조율과 상대습도의 상관관계

Ⅳ. 결론과 제언

본 연구에서는 기상청 관측이래 기간동안 제주도내 일조계에서 관측된 자료를 이용한 일조의 변화 특성을 파악하고 한반도 내륙 지점과 비교 분석하였으며 일조율의 운량 및 상대습도와의 연관성을 살펴보고자 하였다.

1923년부터 2010년까지 제주도 4개지점 일조시간의 경년변화는 감소하는 경향이며 특히 성산의 경우 감소폭이 가장 컸고, 서귀포는 거의 일정한 수준을 유지하였다. 계절별 변화는 점차 약간씩 감소하는 추세에 있으며, 특히 여름철의 감소가 두드러지게 나타났고, 제주시와 고산 등 북부지역에서는 겨울철의 일조시간이 남부지역보다 2배정도 짧게 나타나는 반면 여름철에는 오히려 길게 나타나 산남과 산북의 지역차가 컸다.

1961년부터 2010년까지의 평균 일조율은 성산 47.1%로 가장 많았고, 서귀포 46.9%, 고산 44.5%, 제주 41.8%로 나타났고, 일조율의 연변화에서는 성산이 제주도내에서 가장 급격하게 떨어지는 경향을 보여 10년 당 평균 감소 일조율은 성산 3.1%, 고산 1.7%, 제주 1.1%, 서귀포 0.2%로 나타났다.

일반적으로 우리나라는 봄과 가을철에 일조율이 높게 나타나는 특징이 있는데 제주지역도 비슷한 경향을 보였고, 특히 가을철에 많은 일조율을 보이는 것으로 나타났으며 지역적으로는 봄과 여름, 가을철에 비하여 겨울철에 많은 일조율의 차이를 보여 제주시와 서귀포가 약 20%의 차이가 발생하였다.

연평균 부조일수의 평년값 변화를 보면 성산은 부조일수 증가 폭(평균 5.8일 증가)이 크고, 고산의 경우는 약간의 감소(평균 1.2일 감소)를 보이고 있으며, 일조율이 80% 이상인 날의 변화를 살펴보면 변화율의 차이만 있을 뿐 제주지역 모든 지역에서 점차 감소하는 경향을 보였으나 서울, 대구, 부산 등 대도시에서는 감소율이 작거나 오히려 증가하는 패턴을 나타냈다.

제주지역의 평균 일조시간을 한반도 타지역과 비교하면 대구가 2406시간으로 가장 많고, 부산 2399시간, 서울 2213시간, 완도 2169시간, 성산 2095시간, 서귀포 2051시간, 고산 2023시간, 제주시 1990시간 순으로 나타나 대구, 부산 등 우리나라 남동해안에 위치한 지역에서 일조시간이 높게 나타났으며 일조시간의 평년(30년 평균값) 변화는 부산과 서울을 제외한 대부분 지역에서 점차 줄어들고 있는 경향을 보이고 있는 가운데 성산(145시간/30년)의 감소폭이 가장 큰 것으로 나타났다.

일조시간의 계절별 30년 변화를 보면 조사지점 모두 4계절 중 여름철의 감소폭이 가장 크게 나타났는데 특히 성산(82.6시간/30년)의 경우 여름철 감소폭이 서울(3.3시간/30년)과 부산(6.8시간/30년)에 비하여 매우 컸다.

지역별 일평균 운량의 30년 평균(평년값)의 변화를 살펴보면, 제주시 -0.3, 고산 0.1, 성산 0.0, 서귀포 -0.2, 서울, 대구, 부산 -0.1, 완도 0.1할로 제주의 운량 감소가 두드러지게 나타나 제주시, 서귀포, 서울, 대구의 경우에는 일조율과 운량이 동시에 감소하는 경향을 보였으나, 고산과 완도의 경우에는 운량이 증가한 반면, 일조율이 감소하여 운량에 따른 영향이 가

장 큰 것으로 나타나 장기간 변동성에는 상관성이 적은 것으로 나타났다. 하지만 각 연별 월별 일조율과 운량의 상관계수는 서귀포가 0.82로 가장 상관성이 높게 나왔고, 부산 0.80, 완도 0.71, 제주시 0.68, 서울 0.66, 성산 0.60 순으로 나타나 49년간 월별 운량과 일조율은 전 지역적으로 음의 상관관계를 보였다. 한편, 지역별 일평균 상대습도의 30년 평균(평년값)의 변화는, 제주시 -1.4, 고산 -0.8, 성산 -2.2, 서귀포 -1.4, 서울 -1.7, 대구 -1.6, 부산 -0.6, 완도 -1.1 %로 성산 지역의 상대습도 감소가 가장 크게 나타났고 모든 지역에서 습도가 떨어지는 경향을 보였으며 운량에 비하여 일조율과의 상관성은 다소 낮은 것으로 분석되었다.

일조시간과 일조율에 대해서 살펴본 바에 의하면 제주도가 대한민국의 최남단으로서 기온이 높은 지역이기 때문에 일조율 또한 높을 것이라는 오해가 있었으나 연구조사 지역 중 평균적으로 낮은 일조율을 보이고, 특히 겨울철에는 가장 낮은 일조율을 보이면서 지속적으로 감소하고 있기 때문에 이에 대한 연구 및 대비가 있어야 할 것이고 향후 공식적인 기후자료로서 활용이 되려면 일조와 운량 이외에도 기온과 강수량, 바람의 변동성이 동시에 분석이 이루어 져야 할 것으로 판단된다.

〈참고문헌〉

국립기상연구소(2005),『제주지방의 기상관측 역사와 기후변동성 연구』, pp. 3~14.

국립기상연구소(2010),『기후변화이해하기』, 제주의 기후변화, pp. 26~41.

김성수, 장승민, 백희정, 최흥연, 권원태(2006), "제주지역 기온과 강수량의 기후 변동 특성, 한국지구과학회지, 27(2), pp. 188~197.

김연옥(1987),『기후학개론지리학연구』, 정익사, pp. 364~369.

김연희, 구해정, 남재철, 오성남(2004), "서울지역의 일조와 운량의 특성 및 평가", 한국기상학회지, 40(5), pp. 571~586.

문영수(1996), "일조시간의 연변화에 따른 한국의 지역구분" 한국환경과학회지 5(3), pp. 253~263.

문현숙(1989), "제주와 서귀포의 기후 비교연구", 『지리학연구』 14, pp. 51~73.

이승호(1999), "제주도 지역의 강수 분포 특성", 대한지리학회지 34(2), pp. 123~136.

이윤주(2000), "제주도 해안지역의 기온 분포", 건국대학교 대학원 석사학위 논문.

이정택, 윤성호, 박무은, 김병찬(1994), "Jordan 일조계와 바이메탈 일조계로 관측된 일조시간 및 일조율의 지역분포 비교 분석", 한국환경농학회지, 13, pp. 39~46.

이태숙(1993), "한국에 있어서 일조율의 분포 및 변화특성", 경산대대학원 석사학위논문, pp. 40.

Angell, J. K., J. Korshover, and G. F. Cotton.(1984), Variation in United States cloudiness and sunshine, 1950-82. *J. Climate Appl. Meteor.,* 23, pp. 752~776.

Angell, J. K.(1989), Variation in United States cloudiness and sunshine duration between 1950 and the drought year of 1988. *J. Climate,* 3, pp. 296-308.

Chandler(1965), The Climate of London, Hutchinson, London, pp. 292.

Twomey, S.(1974), Pollution and the planetary albedo, *Atmos. Environ.*, 8, pp. 1251~1256.