

최근 30년간 한반도 일 강수강도의 지역적 특성

김은희 · 김맹기* · 이우섭

공주대학교 대기과학과, 314-701, 충남 공주시 신관동 182

The Regional Characteristics of Daily Precipitation Intensity in Korea for Recent 30 Years

Eun-Hee Kim, Maeng-Ki Kim*, and Woo-Seop Lee

Department of Atmospheric Science, Kongju National University, Gongju 314-701, Korea

Abstract: The seasonal and regional distribution of precipitation in Korea, terms of the amount of precipitation per day, number of days, and intensity was analyzed using precipitation data from 1971 to 2000. The significance level of the linear trend of these data was also investigated using the analysis of variance of each variable. The amount of precipitation per day less than 80 mm per day appeared in the Honam area which also shows a large number of precipitation day value during the fall and winter. However, the lowest amount of precipitation per day was shown in the Youngnam area. The positive trend of the annual precipitation amount has also been detected in all stations except for a few station in Honam, and the positive trend of precipitation intensity is statistically significant in most of the stations at the Chungcheong and Gyeonggi area. The linear trend of precipitation intensity in these area is found to be significant at the 5% level.

Keywords: precipitation intensity, heavy rainfall, light rainfall, linear trend, confidence level

요약: 이 연구는 최근 30년 동안 21개 기상관측소 일강수량 자료를 사용하여 한반도의 강수일수 및 강수강도의 지역적 분포 및 계절성을 조사하였다. 일강수량 80 mm를 기준으로 다우와 소우로 나누어 그 특성을 조사하였으며, 강수일수 및 강도의 일차 선형경향을 함께 연구하였다. 호남 지방에서 소우에 의한 강수일수는 모든 계절에서 다른 지역에 비해 많으며, 특히 가을과 겨울철의 기여도가 상대적으로 컸다. 그러나 다우에 의한 강수일수는 대구를 중심으로 한 영남 지역에서 매우 적은 것으로 나타났다. 남해안 지방에서 강수량은 많고 강수일수가 적어 강수강도가 모든 계절에서 가장 크게 나타났으며, 연강수량에 대한 기여도는 다우와 소우 모두 다른 지역에 비해 크게 나타났다. 최근 30년간 대부분 지역에서 연강수량은 증가하는 선형경향을 보였는데, 대부분 다우에 의한 영향으로 나타났다. 한반도의 연 강수일수는 전반적으로 감소하는 선형경향을 보이지만, 다우에 의한 연 강수일수는 증가하는 선형경향을 보였다. 특히 충청과 경기 지방에서 강수강도의 선형경향이 우위한 지역이 다우 발견되었는데, 이는 이 지역이 집중호우에 대한 위험도가 적지 않은 지역임을 말해주는 것이다.

주요어: 강수강도, 집중호우, 소우, 선형경향, 유의수준

서론

강수는 우리 일상생활과 매우 밀접하게 관련된 기상요소 중의 하나로 기온이나 기압 등의 기상요소와는 다르게 시간과 공간의 편차가 상당히 크며, 산악·

해양 등의 지형적인 영향을 많이 받는다(장영근, 1999; 이창희와 강인식, 1988). 강수 특성 중 강수강도는 특히 수자원과 홍수 조절 등 사회·경제적으로 매우 중요한 변수이다. 수치모델의 강수는 현실에서 나타나는 역학 및 물리 과정에 의한 비전형성을 충분히 반영하지 못하기 때문에 강수일수 및 강수강도가 관측과 매우 상이한 경우가 많다. 그러나 수치모델의 자료가 누적되면서 수치모델의 강수일수 및 강수강도 등의 성능을 평가할 필요성이 있으며, 이들

*Corresponding author: mkkim@kongju.ac.kr
Tel: 82-41-850-8531
Fax: 82-41-856-8527

위하여 관측에서 나타나는 강수일수 및 강도에 대한 기후학적 공간 분포 특성에 대한 연구가 선행되어야 한다.

이광호와 김문일(1982)은 1960년~1980년까지 24개 기상관측소의 강수량과 오산에서 관측한 10년(1971년~1980년)간 고층자료와 일기도를 사용하여 호우의 공간 분포와 일강수량에 대한 호우의 기여도를 연구하였다. 허창희와 강인식(1988)은 1963년~1985년까지 26개 관측소의 일강수 자료로부터 우리나라 강수의 시간과 공간의 평균분포와 그 변동성, 계절변화의 형태를 밝혀냈으며, 경원직 직교함수 분석(Empirical Orthogonal Function Analysis)을 이용하여 강수의 변동과 관련된 공간분포를 연구하였다. 또한 이들은 여름에 일강수량의 절반 이상이 내리는 여름철 집중호우 형태를 보인다는 사실을 강조한 바 있다. 최영진과 문자인(2000)은 1973년~2000년까지의 한반도 60개 지점의 여름철(6, 7, 8월) 강수량을 강수일수로 나누어 28년 간 강수강도의 변화 추세를 분석하였다. 대부분 지점에서 강수강도의 증가를 보였으며 특히, 중서부와 남부 해안 지역에서는 그 추세가 급을 보였다. 또한 강수강도의 변화 요인을 전선, 지형성, 대규모 강수의 상대적 기여가 달라진 것으로 생각하였으나 정확한 메커니즘을 규명하는 것이 어렵다고 밝혔다. 차은정 외(2000)는 11개 지점의 관측 값을 사용하여 강수의 장기간 시계열 분석을 하였고, 1973년~1999년까지 61개 지점의 여름철 일별 강수량을 사용하여 한반도 여름철 강수량의 시·공간 특성을 분석하였다. 전반적으로 여름철 강수량이 증가하고 있고, 특히 광주, 여수, 울산, 포항에서 큰 값이 나타났음을 보였다. 또한 1990년대 후반에 집중호우가 더욱 증가함을 보였다. Easterling et al.(2000)은 월 강수량과 계절 강수량이 상당히 증가하거나 감소하는 대부분의 국가에서 강수의 경향성은 집중호우 시기의 강수량과 직접적으로 관련되어 같은 부호로 변화한다고 하였다. 또한 호우와 같은 악기상에서 뚜렷한 변화 경향이 있다면, 인위적인 기후변화의 요인에 증거를 더하게 될 것이라 밝혔다. 최영은 외(2002)는 1920년~1999년 동안의 남부지방 4개 관측지점의 장기간 일강수량 자료를 이용하여 강수, 특히 호우의 변화 경향을 분석하였다. 강수일수의 발생빈도는 감소하는 경향을, 강수량과 강수강도는 증가하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 1990년 중반 이후 더욱 더 뚜렷해졌다.

Table 1. Surface observation stations used in this study

No.	Station No.	Station name	Longitude (°E)	Latitude (°N)
1	90	Sokcho	128.57	38.25
2	101	Chuncheon	127.73	37.90
3	105	Gangneung	128.90	37.75
4	108	Seoul	126.97	37.57
5	112	Incheon	126.63	37.47
6	119	Suwon	126.98	37.27
7	129	Seosan	126.50	36.77
8	131	Cheongju	127.45	36.63
9	133	Daejeon	127.37	36.37
10	135	Chupungmyeong	128.00	36.22
11	138	Pohang	129.38	36.03
12	140	Gunsan	126.70	35.98
13	143	Daejeu	128.62	35.88
14	146	Jeonju	127.15	35.82
15	152	Ulsan	129.32	35.55
16	156	Gwangju	126.90	35.17
17	159	Busan	129.03	35.10
18	162	Tongyeong	128.43	34.85
19	165	Mokpo	126.38	34.82
20	168	Yosu	127.75	34.73
21	192	Jinju	128.12	35.20

신행연구들은 주로 여름철에 초심을 맞추어 강수 특성을 연구하였으나, 한반도 강수 분포 특성을 파악하기 위해서는 최근 30년 사계절 모든 강수에 대한 강수량, 강수일수, 강수강도에 대한 기본 이해가 바탕이 되어야 한다. 또한 30년 동안 지역별로 신뢰수준 평가를 해야만 변화 경향이 뚜렷한 지역을 알아낼 수 있다. 이 연구에서는 기상청에서 정의한 평년(1971년~2000년) 기간 동안에 일 강수량에서 나타나는 강수일수 및 강수강도의 지역적 특성을 고찰하여 향후 수치 모델 결과의 기후학적 특성 검증에 위한 기초 자료로 사용하고자 한다.

자료 및 연구 방법

본 연구에서 사용한 자료는 1971년 1월 1일부터 2000년 12월 31일까지의 결측이 없는 21개의 관측소에서 관측된 일 강수량이다(Table 1). 이 연구에서는 사면이 해양으로 둘러싸여 해양의 영향을 많이 받아 강수특성이 현저하게 다른 울릉도와 제주도를 제외하였다. 이 연구에서 강수일수는 일 강수량이 0.1 mm 이상인 날로 정하였으며, 2003년 기상청 호우주의보(80 mm/24 h)의 정의에 의해, 편의상 일 강수량이 80 mm 이상인 경우를 내우로, 80 mm 미만인 날을 소우

로 각각 정의하였다. 강수강도는 해당되는 기간의 누적 강수량을 강수일수로 나눈 값으로 표현하였다. 현재 기상청은 12시간 누적강수량이 80 mm 이상이면 호우주의보를 낸다. 이것은 이전의 일 강수량 80 mm 보다 더 강화된 기준이다. 그러나 이 기준하에서 그 사례가 너무 적어서 분석에 어려움이 있었다. 따라서 이 연구에서는 사례 수를 늘리기 위하여 일 강수량 80 mm를 기준으로 다우와 소우를 구분하였다.

한반도 강수량 중에서 태풍에 의한 강수를 평가하기 위하여 한반도를 통과하거나 근처를 지나간 태풍에 대한 조사가 이루어졌다. 태풍에 의한 강수량을 분별하기 위하여 감시, 경제, 비상구역으로 나뉘는 태풍 정보 발표구역을 참고하였다(www.typhoon.or.kr). 이 연구에서는 이 구역 중에서 경계구역과 비상구역을 참고하여, 태풍이 북위 30도 이북 그리고 동경 135도 보다 서쪽에 있을 때 내린 강수량을 태풍에 의한 강수로 정의하였다. 평년기간 동안 한반도에 영향을 주거나 통과한 태풍의 수는 100개였으며, 전체 태풍의 40%는 8월에, 26%는 7월에, 23%는 9월에 발생하였다. 한편 6월과 10월에도 각각 8%, 3%를 보였다. 평년 기간 중 최근 10년(1991년-2000년) 동안에 발생한 태풍의 수는 38%로 다른 10년들보다 분명히 더 많이 발생하였다. 한반도에서 태풍에 의한 강수는 6월부터 10월까지 발생한다. 이 연구에서는 이 기간을 태풍 기간으로 정의하였다.

기후 평균 강수 분포

Fig. 1은 30년 평균 연강수량의 분포를 나타낸다. Table 1에는 제시한 관측소의 위치와 관측소 번호가 또한 제시되어 있다. 우리나라의 연평균 강수는 1283.5 mm이지만 지역적 편차는 매우 크다. 전주를 중심으로 한 남해안 지방은 약 1450 mm 이상의 많은 강수를 보이는데 비해, 대구를 중심으로 한 경북 지방은 1100 mm 이하의 적은 강수를 보인다. 강원도 해안 및 서울 인근 지방도 1300 mm 이상의 강수량을 보인다. 서해안 지역에서 나타나는 특징으로는 해안 근처 보다는 내륙 쪽에서 강수량이 많게 나타난다는 점이다. 이는 호남 및 충남, 경기 지방이 대체로 지형이 완만하여 지형성 강수가 내리기 위해서는 기압계가 내륙으로 어느 정도 진입해 들어와야만 한다는 것을 의미한다(허창희와 강인식, 1998). 반면 강릉을 중심으로 한 강원 해안 지방은 지형의 경사가

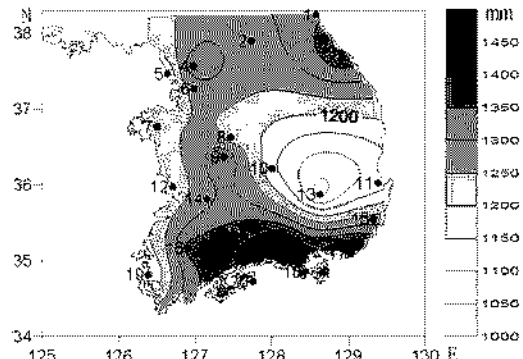


Fig. 1. Spatial distribution of annual accumulated precipitation (mm) for 30 years.

가서 내륙에 깊숙이 들어가지 않아도 강수가 크게 나타난다는 것을 잘 보여준다. Fig. 2는 다우와 소우에 의한 강수량 분포를 나타낸다. 다우는 연강수의 약 20%를 차지하고 소우는 80%의 비중을 차지한다. 대구 주변 지방은 다우와 소우 모두 매우 적게 나타나며, 전주를 중심으로 한 남해안 지방은 다우와 소우 모두 많이 나타난다. 경기 지방은 다우는 많게, 소우는 다른 지역에 비해 적게 나타나는 특징을 보인다. Fig. 2a에서 보인 분포 특성은 최근 2년을 포함한 1973-2002년의 자료를 사용한 경우에도 거의 유사하게 나타난다(정지현, 2004).

봄철 강수량은 대부분 전주 및 부산을 중심으로 한 남부지방에 집중적으로 나타나며, 고위도로 갈수록 감소하는 분포 특성을 보인다(Fig. 3a). 이것은 이동성 고기압의 후면에서 발달하는 저기압이 이동성 고기압의 영향으로 중부남쪽으로부터 수증기의 유입을 받아 한반도에 비를 많이 내리는데 주로 남해안에 비를 내리기 때문에 나타난 결과이다(기상연구소, 2004). 여름철의 경우, 남부지방과 경기지방에서 700 mm 이상의 많은 강수를 보이며, 동해안 지방에서는 600 mm 이하의 적은 강수를 보인다(Fig. 3b). 이러한 분포는 여름철 기압계가 내륙으로부터 유입되거나 장마전선의 이동에 따라 남북으로 이동하는 것과 관련되어 있다(허창희와 강인식, 1998). 한편, 가을철의 경우는 부산 주변과 동해안 일대에서 많은 강수를 보인다(Fig. 3c). 이러한 강수 패턴은 태풍에 의한 강수 패턴과 매우 유사하다(바종길과 문승외, 1989). 태풍이 동해로 북상하면서 태풍의 가장자리 구름대가 북동 기류로 들어와 영동 지방의 태백산맥을 강제 상승하면서 습윤한 공기의 유입으로 호우가 발생하는

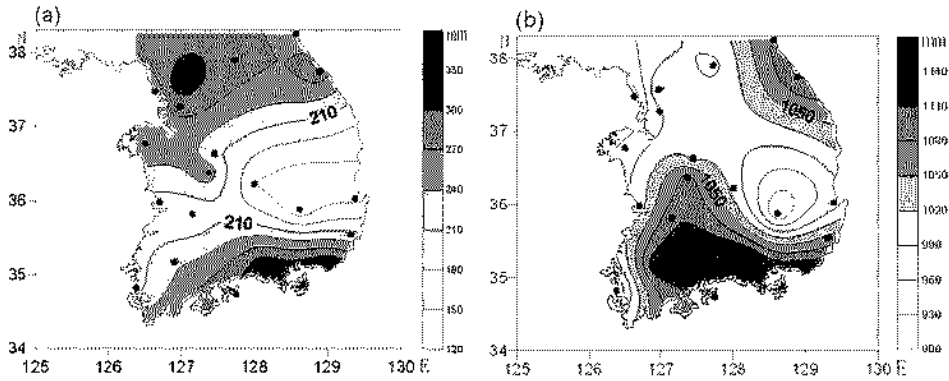


Fig. 2. Spatial distribution of the annual total amount of daily precipitation (a) over 80 mm/day and (b) below 80 mm/day.

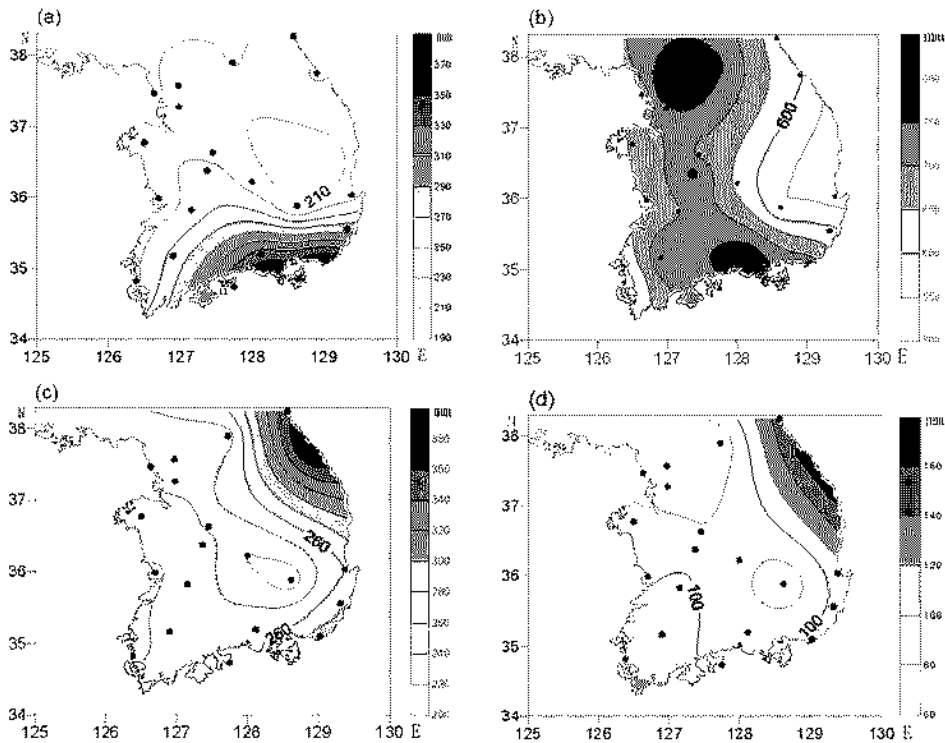


Fig. 3. Spatial distribution of (a) spring, (b) summer, (c) fall, and (d) winter accumulated precipitation (mm).

것이다(소선섭과 이영기, 1998). 겨울철의 강수특성으로는 강릉 주변에서 140 mm 이상의 산악에 의한 강수와 더불어 호남 지방에 100 mm 이상의 많은 강수가 있다는 점이다(Fig. 3d). 호남의 겨울철 강수는 산악성 강수라기보다는 겨울철 한파 내습시 황해상을 통과하는 기단이 해면으로부터 다량의 수증기를 공급받아 혼합층이 충분히 습윤해지기 때문에 발생한다(정영근, 1999; 박순용과 정창희, 1983).

봄과 가을은 각각 연강수량의 약 20%를 차지하며, 겨울은 약 10%로 적은 비중을 차지한다. 한편, 여름은 연강수량의 50% 이상이 집중적으로 나타나는 계절이다. 특정한 해에 특정한 지역에서 나타나는 집중호우가 엄청난 양의 강수를 보이는 것은 사실이지만 30년 평균적으로 보면, 여름철에 다우에 의한 강수보다는 소우에 의한 강수의 총량이 약 2배 정도 더 많다(Fig. 4). 이것은 집중호우가 매우 국지적으로 나타

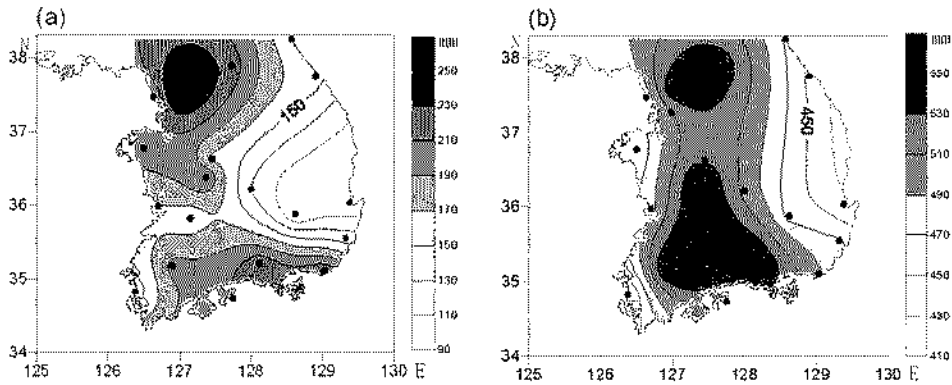


Fig. 4. Spatial distribution of the total amount of daily precipitation (a) over 80 mm/day and (b) below 80 mm/day for summer.

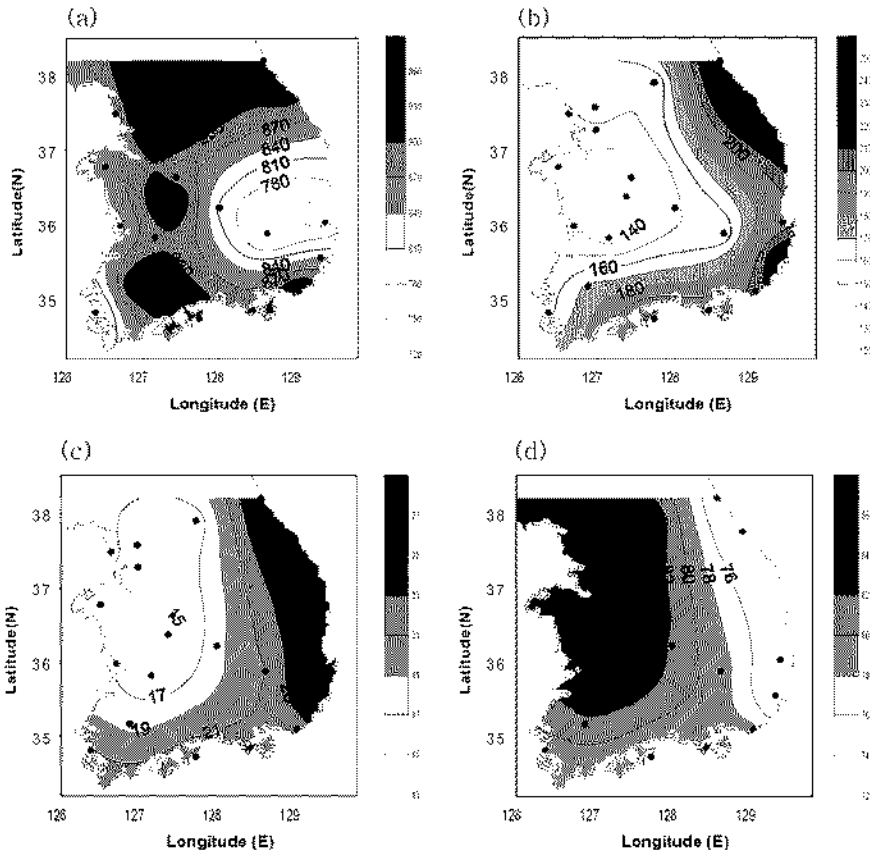


Fig. 5. Distribution of (a) total precipitation during the typhoon period, (b) the precipitation amount by typhoon, the contribution of (c) typhoon, and (d) non-typhoon to total precipitation during typhoon period. Typhoon period indicates the period from June to October in this study. Units in (a), (b), (c), and (d) are mm, mm, %, and %, respectively.

나며, 개해 같은 곳에서 집중호우가 발생하지 않는 것과 관련이 있다. 특히 경기 지방과 남부지방은 다우와 소우에 의한 강수량이 모두 많은 지역이며, 내

구, 포항 등을 중심으로 한 일부 동해안 지방은 다우와 소우 모두 적은 지역이다.

태풍에 의한 강수와 태풍 이외의 원인에 의한 강

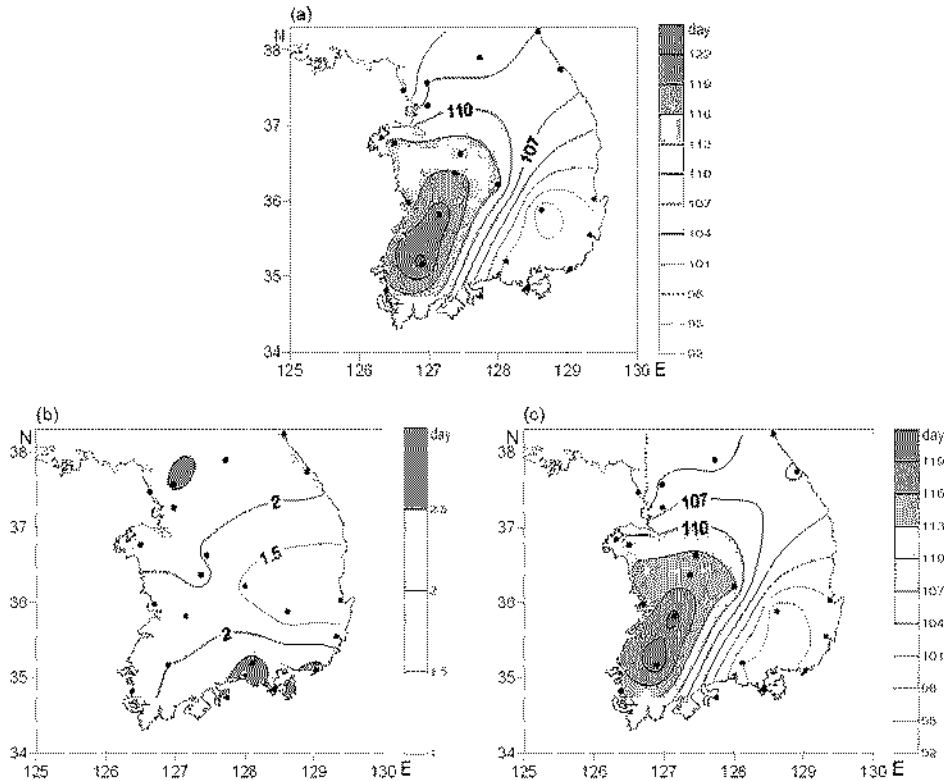


Fig. 6. Spatial distribution of (a) the annual total number of precipitation day, (b) over 80 mm/day, and (c) below 80 mm/day.

수의 지역분포를 조사하기 위하여 Fig. 5에 태풍 기간(6월~10월)에 누적된 총 강수량, 태풍에 의한 강수량, 태풍이 기여한 비율(%), 태풍 이외의 요인에 의한 비율(%에 대한 분포를 나타냈다. 연 강수량 중에서 태풍에 의한 강수량은 주로 동해안과 남해안을 중심으로 주로 나타나지만, 태풍 이외의 강수량은 충청과 경기를 중심으로 나타난다. 태풍에 의한 강수량은 남해안이나 동해안에서 200~250 mm 정도이며 (Fig. 5b), 태풍 기간의 강수 총량의 약 20~25% 이상을 차지한다(Fig. 5c). 한편, 태풍에 의한 강수는 충남 지역에서 150 mm 이하로 매우 적으며, 태풍 기간에 내린 강수 총량의 15% 내외를 차지한다. 따라서 태풍 이외의 강수에 의한 기여 비율은 충남을 중심으로 한 경기, 호남 지방에서 80~85%로 매우 높게 나타난다.

강수일수 및 강도의 공간분포

Fig. 6는 30년간 누적한 강수일수를 30년으로 나눈

연평균 강수일수를 나타낸다. 한반도 평균 강수일수는 연중 29.4%로 약 107.6일이다(Fig. 5a). 강수일수는 호남지방에서 매우 뚜렷하게 많아서 매해 평균 120일 이상이다. 반면, 대구지역을 중심으로 한 영남에서는 매해 평균 96.6일 이하로 매우 적다. 한반도 평균 다우에 의한 강수일수는 전체 강수일수의 약 2%를 차지한다(Fig. 6b). 이는 매해 평균적으로 약 2번의 다우 발생을 의미한다. 특히 다우에 대한 강수일수의 공간분포는 Fig. 4a에서 보여준 다우의 누적 강수량 분포와 매우 유사하다. 이는 다우의 누적 강수량이 강수강도에 의해서 라기 보다는 강수일수에 의해 결정된다는 것을 의미한다. 전체 강수일수의 대부분을 차지하는 소수의 강수일수에 대한 공간 분포는 당연히 전체 강수일수의 공간 분포와 유사하다 (Fig. 6c).

호남과 영남지방에서 소우에 의한 강수일수의 대부분은 가을철과 겨울철의 강수일수의 분포에 의해서 기여한 부분이 많으며, 다우에 의한 강수일수는 주로 여름철과 봄철의 강수일수에 의해서 기여한 부분이

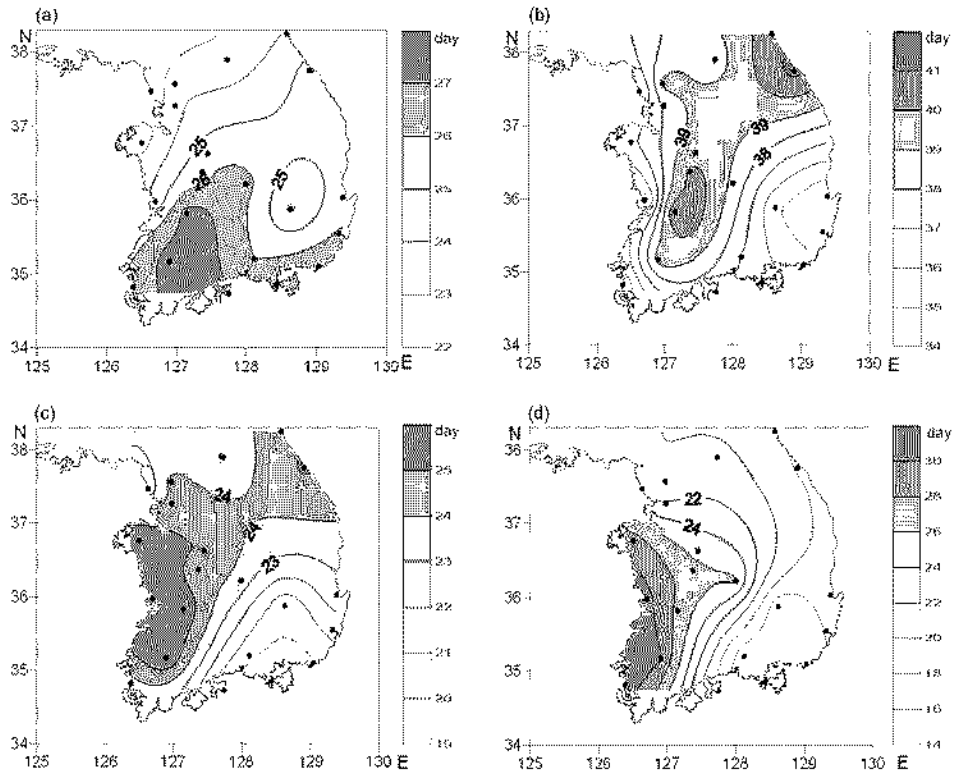


Fig. 7. Spatial distribution of the total number of precipitation day for (a) spring, (b) summer, (c) fall, and (d) winter.

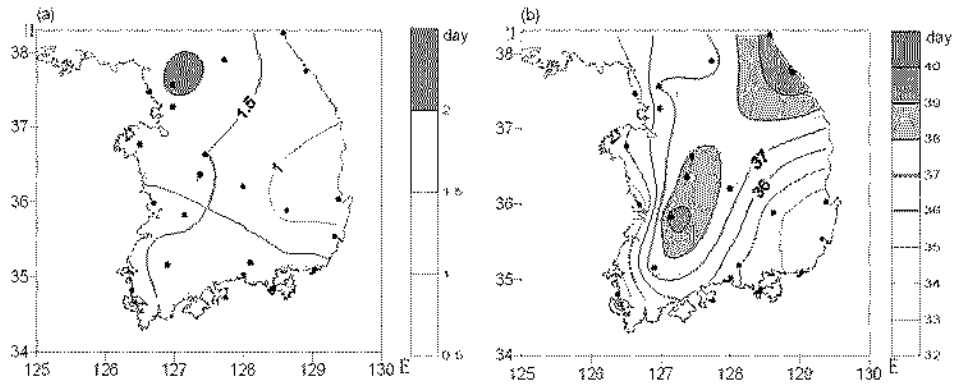


Fig. 8. Spatial distribution of the total number of precipitation day (a) over 80 mm/day and (b) below 80 mm/day during summer.

많다(Fig. 7). 겨울철의 강수일수가 많은 것은 찬 기단이 시베리아를 통과하면서 서해상의 중반에 기인하여 자주 강설을 만들어 내기 때문이다(박순웅과 정창희, 1983). 반면, 경기 및 강원 지방에서 다우에 의한 강수가 많은 것은 주로 여름철의 집중호우에 의한 것이며, 가을철의 태풍에 의한 영향도 부차적으로 나타난다(Fig. 5). 실제로 Fig. 8에서 보여주는 바와 같

이 여름철에 다우에 의한 강수일수는 기후평균한 다우에 의한 강수일수(Fig. 6b)와 그 크기가 유사하며, 공간분포 또한 유사하다. 또한, 여름철 다우에 의한 강수일수는 경기 지방과 남해안에서 많이 나타나는데 그 이유로는 지형적인 요인이 크게 작용하는 것으로 인식되고 있다(정지현, 2004; 기상연구소, 2004). 반면 여름철에 소우에 의한 강수일수는 광주-전주-충청

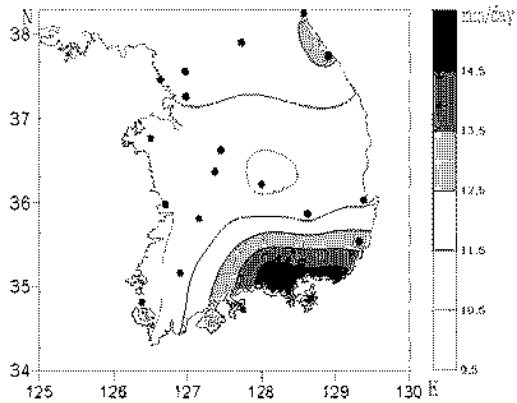


Fig. 9. Spatial distribution of annual precipitation intensity (mm/day).

형-강릉을 이어가는 주요 산악지역 주변에서 많이 발생하여 다우에 의한 강수일수의 분포와 차별되는 분포를 갖는다. 이는 소우가 주로 산악에 의한 지형에 기인하여 발생하고 있음을 의미한다.

한반도의 기후평균 강수량도는 약 12 mm/day 이다. 호남의 해안지방, 추봉령 등에서는 10.5 mm/day로 강수량도가 매우 약하며, 중부 지방에서는 대체로 기후 평균 보다 강수량도가 약하다(Fig. 9). 한편, 경남해안 지방의 경우 많은 강수(Fig. 1)와 적은 강수일수에 (Fig. 6a) 의해서 강수량도가 무려 14.5 mm/day 이상을 보였다. 경기와 강원 지방의 경우도 강수량은 많으나 강수일수가 연 105일 정도로 한반도 평균과 유사하여 중간정도의 강수량도를 나타냈다. 흥미로운 점은 남해안의 강수량도는 다우와 소우에서 모두 크게 나타나고(Fig. 10), 경기 및 강원지방의 강수량도는 다른 지역에 비해 다우에 의한 강수량도가 크게

나타난다는 점이다(Fig. 10a). 반면, 추봉령 및 대구를 중심으로 한 내륙 지방에서는 다우에 의한 강수량도가 매우 약하게 나타난다. 이는 대부분의 기압계가 내륙으로 깊숙이 전압하기 이전에 산악 등에 의한 지형성 강수로 이미 떨어져 버리기 때문에 내륙 및 분지 지역에서 강수량도가 약하게 나타난다. 이러한 양상은 소우의 경우에도 마찬가지이다. Fig. 11은 계절별 강수량도를 나타낸다. 여름철에 남해안 일부 지역과 서울 주변 지역에서는 20 mm/day 이상으로 강수량도가 매우 크다. 반면 동해안 일부 지역에서 강수량도가 15 mm/day 이하로 작게 나타난다. 그러나 15 mm/day 도 다른 계절에 나타나는 강수량도에 비하면 매우 큰 값에 해당한다. 봄과 가을의 강수량도의 크기는 유사하지만 지역적인 분포는 매우 상이하다. 봄철의 강수량도는 남해안에서 큰 반면, 가을철은 동해안에서 크게 나타난다. 가을철의 강수량도가 동해안과 경남 해안에서 크게 나타나는 이유는 태풍에 의한 밀집한 환류가 있다(Fig. 5). 겨울철의 강수량도는 가을철의 강수량도보다 전반적으로 약하지만 분포는 매우 유사하다. 겨울철에 서해안 지방에서 강수량도가 작은 것은 이 지역의 강수일수가 매우 많지만(Fig. 7d) 강수량은 결코 많지 않기 때문이다(Fig. 3d). 따라서 강릉을 중심으로 한 동해안 지방은 눈이 자주 오지는 않지만 일단 오면 서해안 지방보다 2-3 배 정도 강하게 온다는 것을 알 수 있다.

강수일수 및 강수량도의 경향성

선형 경향성의 평가는 가능한 장기간의 자료를 이용하는 것이 바람직하지만 장기간의 자료가 이용 가

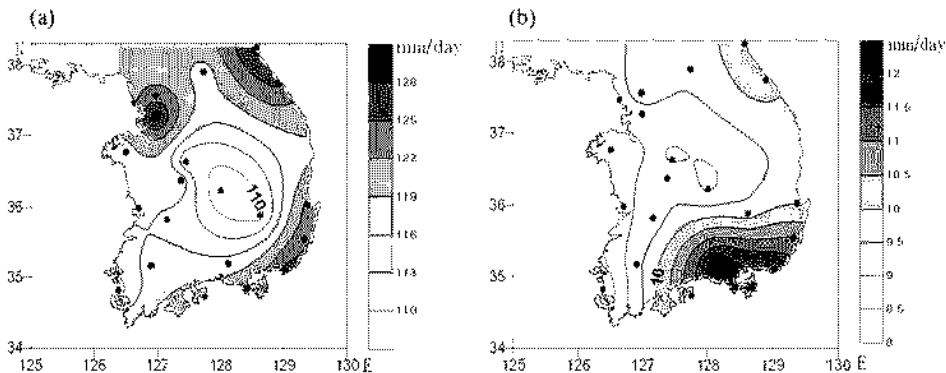


Fig. 10. Spatial distribution of annual precipitation intensity (mm/day) over 80 mm/day and below 80 mm/day.

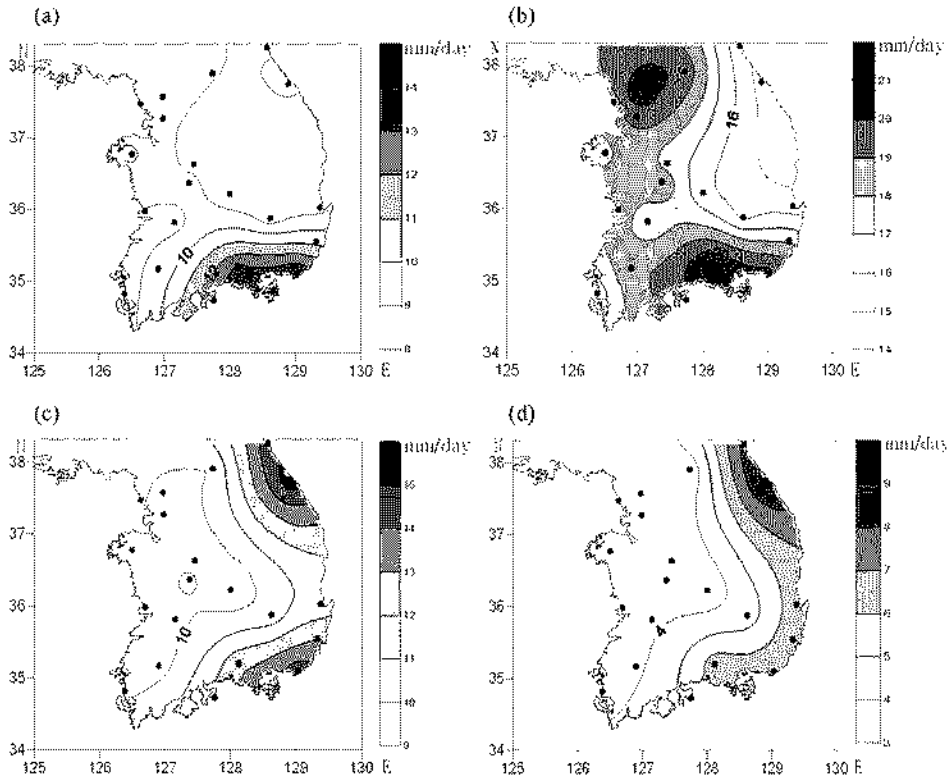


Fig. 11. Spatial distribution of precipitation intensity (mm/day) for (a) spring, (b) summer, (c) fall, and (d) winter.

능한 관측소는 상대적으로 적은 단점이 있다. 한반도 자료에서 공간적인 특성을 고찰하면서 경향성을 고찰할 수 있는 기간은 약 30년 정도이다. 이 절에서는 이 자료를 이용하여 선형 경향성이 평가되었으며, 유의수준을 F 검정에 의해 제시하였다(김우철 외, 2000).

Fig. 12은 연 강수량, 강수일수 및 강수강도의 선형 경향을 보여준다. 아울러 선형경향의 유의성이 5%를 넘는 지역이 표시되어 있으며, 이에 대한 분산 분석 결과를 Table 2에 제시하였다. Fig. 12에서 지난 30년간 연강수량은 호남일부지역을 제외하고 다른 모든 지역에서 증가하였다. 4개 지점(서울, 인천, 대구, 부산)에서 80년간(1912~1991년)의 자료를 사용한 경우에도 연강수량이 증가하는 증가경향을 보인다(문영수, 1995). Fig. 12a에서 알 수 있듯이 경기 및 충청남 일대에서 30년간 210 mm 이상(최대 330 mm) 증가한 것을 알 수 있다. 반면 강수일수는 강원도 해안지방을 제외하고 전반적으로 감소한 것을 알 수 있다. 특히 충청지방의 강수일수가 30년간 최대 18일

정도 감소하였다(Fig. 12c). 강수량의 증가 및 강수일수의 감소에 의해 경기 및 충청지방의 강수강도는 30년간 최대 2.9 mm/day 증가하였다. 보통 이 지역의 강수강도가 약 9.5~12.5 mm/day 인 점을 감안하면 결코 적은 증가가 아니다. 또한 부산을 중심으로 한 남해안 지방의 강수강도도 증가하였다(Fig. 12c). 다우에 의한 연 강수량의 증가는 지역에 따라 전체 연 강수량의 증가량과 비슷하거나 다소 작다. 공간 분포 또한 두 패턴에서 유사하다(Fig. 12b). 이 결과는 전체 강수량의 증가가 주로 다우에 의해 나타났다는 것을 의미한다. 전체 강수일수는 감소한 반면 다우에 의한 강수일수는 증가하였다(Fig. 12c, d). 다우의 양과 일수가 증가할 가운데 다우에 의한 강수강도는 물산을 제외하고 대부분의 지역에서 증가하였다. 특히 경기 및 충청지방의 강수강도 증가가 뚜렷하게 나타났다(Fig. 12f).

Fig. 13은 봄철과 여름철 강수강도의 선형경향을 나타낸다. 호남지방의 봄철 강수강도는 2~4 mm/day 감소하였으며, 특히, 군산, 전주, 목포, 광주의 경우

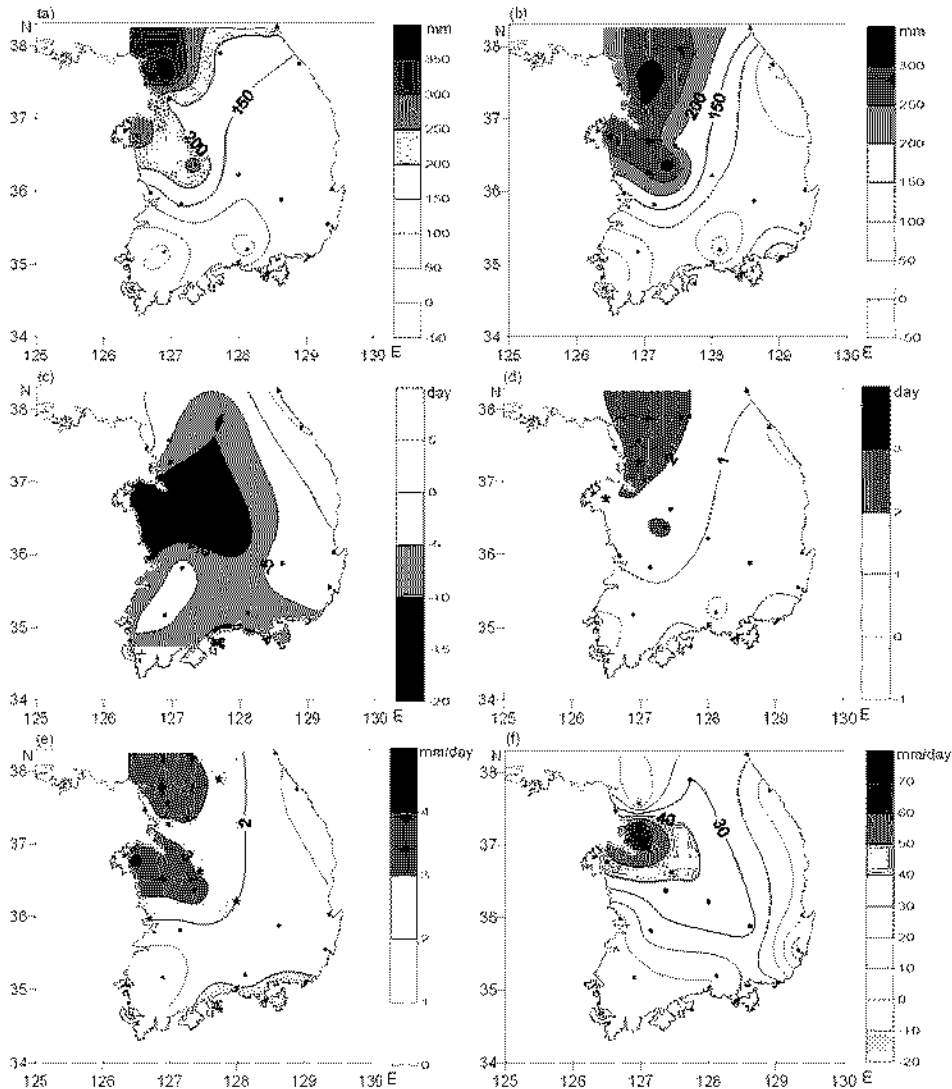


Fig. 12. Linear trends of (upper) annual precipitation amount (mm), (middle) the number of precipitation day (day), and (lower panel) precipitation intensity (mm/day) for 30 years. The right panels are the linear trend for the daily precipitation over 80 mm/day. Symbols ★ represents observation station with 5% confidence level. See the Table 2 for details.

유의수준 5%에서 회귀직선이 유의하다. 반면 여름철의 경우, 경기 및 충남 그리고 남해안 지방에서 강수강도가 지난 30년간 4 mm/day 이상 증가하였다. 유의수준 5%에서 회귀식의 유의성은 대전, 추풍령, 여수에서 나타났다. 가을철의 강수강도의 변화에 대한 유의성은 서산 및 군산에서 5% 유의수준을 보였으며, 겨울철은 유의수준 5%를 넘는 관측소는 발견되지 않았다(Table 3).

결론

이 연구에서는 기상청 평년에 해당하는 1971년부터 2000년까지 30년간의 21개 지상관측소 일강수량 자료를 사용하여 강수일수 및 강수강도의 지역성 및 계절성을 조사하였다. 아울러 일강수량이 80 mm 이상인 경우를 다운로, 미만인 경우를 소우로 구분하여 그 특성을 조사하였으며, 강수일수 및 강도의 신행

Table 2. ANOVA table for simple linear regression of the amount, the number of day, and intensity of daily precipitation for annual and summer

Factor	Region	SSR	SSE	SST	MSR	MSE	degrees of freedom	F	F(α)		
Amounts	all rain	-	-	-	-	-	-	-	-		
	heavy rain	Suwon	231809.8	1152987.5	1384797.2	231809.8	41178.1	28	5.6	4.2	
		Seosan	216555.8	1174986.5	1391542.2	216555.8	41963.8	28	5.2	4.2	
	heavy rain in summer	Daejeon	264115.4	1216640.9	1480756.2	264115.4	43451.5	28	6.1	4.2	
		Daejeon	188601.8	929329.8	1117931.5	188601.8	33190.3	28	5.7	4.2	
	Busan	325990.3	1377694.0	1703684.2	325990.3	49203.4	28	6.6	4.2		
The number of day	all rain	Seosan	733.6	4439.1	5172.7	733.6	158.5	28	4.6	4.2	
	heavy rain	Seoul	18.0	115.2	133.2	18.0	4.1	28	4.4	4.2	
		Suwon	12.0	62.1	74.2	12.0	2.2	28	5.4	4.2	
	heavy rain in summer	Daejeon	8.6	55.3	63.9	8.6	2.0	28	4.4	4.2	
		Jeonju	6.1	32.8	39.0	6.1	1.2	28	5.2	4.2	
	heavy rain in summer	Busan	22.8	59.3	82.2	22.8	2.1	28	10.8	4.2	
		Yeosu	11.1	60.8	71.9	11.1	2.2	28	5.1	4.2	
	Intensity	all rain	Chuncheon	19.6	125.7	145.3	19.6	4.5	28	4.4	4.2
			Seoul	37.2	157.7	195.0	37.2	5.6	28	6.6	4.2
			Seosan	43.1	121.5	164.6	43.1	4.3	28	9.9	4.2
Cheongju			19.0	78.9	98.0	19.0	2.8	28	6.8	4.2	
Daejeon			33.7	143.3	177.0	33.7	5.1	28	6.6	4.2	
Chungung-nyeong			9.9	34.4	44.3	9.9	1.2	28	8.1	4.2	
Yeosu			31.5	190.2	221.7	31.5	6.8	28	4.6	4.2	
heavy rain		Suwon	13402.4	70223.3	83625.7	13402.4	2508.0	28	5.3	4.2	
heavy rain in summer		Suwon	15225.9	74452.5	89678.3	15225.9	2659.0	28	5.7	4.2	

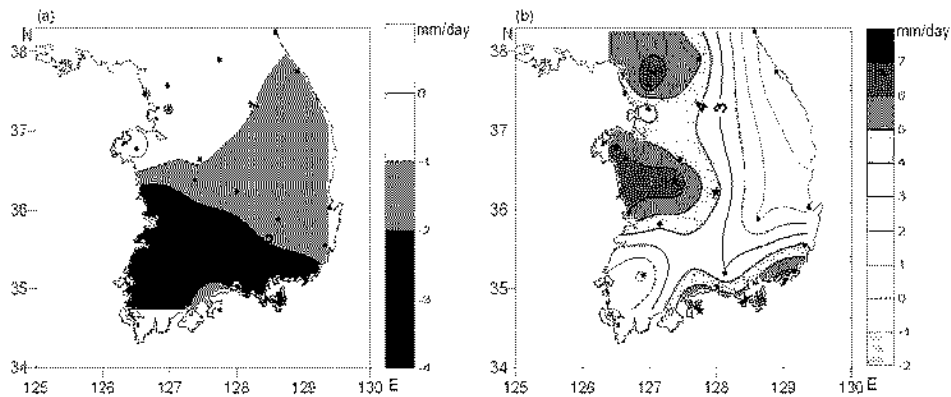


Fig. 13. The linear trend of precipitation intensity (mm/day) of (a) spring and (b) summer for 30 years. Symbols ★ represents observation with 5% confidence level. See the Table 3 for details.

경향성도 함께 고찰하였다.

우리나라의 연강수량은 경남 해안지방과 강릉 지방에서 가장 많은데, 다우와 소우에 의한 영향이 다른 지역에 비해 모두 크게 기여하였다. 반면, 서울·경기

지방의 연강수량은 다우에 의한 기여도가 다른 지방에 비해 크게 나타났다. 지난 30년간 연강수량에 대한 계절별 기여도는 여름이 50%, 봄과 가을이 각각 20%, 겨울이 10%로 나타나서 이전의 연구(허창희와

Table 3. ANOVA table for simple linear regression of the amount, the number of day, and intensity of daily precipitation for each season

Factor	Season	Region	SSR	SSI	SSF	MSR	MSE	Degree of freedom	F	F (α)
Amounts	Spring	Gunsan	24377.5	144628.0	169005.5	24377.5	5165.3	28	4.7	4.2
		Gwangju	35738.7	236472.3	272211.0	35738.7	8445.4	28	4.2	4.2
	Summer	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fall	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Winter	-	-	-	-	-	-	-	-	-
The number of day	Spring	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Summer	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fall	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Winter	Daejeon	125.7	773.3	899.0	125.7	27.6	28	4.6	4.2
Intensity	spring	Gunsan	40.5	153.6	194.2	40.5	5.5	28	7.4	4.2
		Jeonju	19.4	101.5	120.9	19.4	3.6	28	5.4	4.2
		Gwangju	34.2	216.4	250.6	34.2	7.7	28	4.4	4.2
		Mokpo	34.5	201.6	236.1	34.5	7.2	28	4.8	4.2
	Summer	Daejeon	121.7	713.6	835.3	121.7	25.5	28	4.8	4.2
Fall	Chungcheong	Chupung- myung	49.0	209.3	258.2	49.0	7.5	28	6.5	4.2
		Yeosu	146.6	719.9	866.4	146.6	25.7	28	5.7	4.2
		Sosun	135.5	526.3	661.9	135.5	18.8	28	7.2	4.2
	Gunsan	46.2	305.1	351.3	46.2	10.9	28	4.2	4.2	
	winter	-	-	-	-	-	-	-	-	-

강인식, 1988)의 조사와 차이가 없었다. 한반도의 평균 강수일수는 107.6일로 일년 중 29.4% 동안 비가 내린다. 그러나 강수일수는 지역과 계절에 따라 매우 큰 차이를 보였다. 호남 일부 지방의 강수일수는 120일 이상을 보였으며, 경남 일부 지역은 95일 이하로 많은 차이를 보였고, 이는 소우시의 패턴과 매우 유사하다. 봄과 가을의 강수일수는 비슷하게 나타났다. 호남 지방의 많은 강수일수는 다른 지역에 비해서 가을철과 겨울철의 기여도가 컸다. 이는 시베리아 대륙성 고기압이 서해상을 지나면서 많은 수증기를 공급받아 기단이 변질되어 종종 강설이 나타나기 때문이다. 강수강도를 보면 강수량은 많고, 강수일수는 작은 남해안에서 가장 크게 나타났다. 다우에 의한 강수강도는 내륙에서 가장 작게 나타났으며, 해안에서 가장 크게 나타났다. 반면 소우에 의한 강수강도는 서해안에서 매우 약하게 나타났으며, 남해안 및 동해안에서 비교적 강한 것으로 나타났다. 소우에 의한 강수강도가 서해안에서 약하게 나타난 것은 가을철과 겨울철의 잦은 강수로 강수일수는 많은데 비해 상대적으로 시형적인 영향이 약하여 그 양이 적기

때문에 나타난 결과이다. 반면, 남해안의 경우 모든 계절에 강수강도가 강하게 나타났다.

지난 30년간 광주 한 지역을 제외한 모든 지역에서 인 강수량이 증가하는 경향을 보였다. 인 강수량 증가량의 공간분포는 다우에 의한 증가량의 분포와 거의 유사하였다. 이는 인 강수량의 증가가 주로 다우의 영향이라는 것을 의미한다. 인 강수일수는 전반적으로 감소하는 경향이 나타났으나 다우에 의한 강수일수는 증가하는 경향을 보였다. 이런 이유로 전체 강수량에 대한 강수강도는 증가하였으며, 다우에 의한 강수강도도 증가하였다. 강수량이나 강수일수의 경향정보는 강수강도의 경향성이 훨씬 유의성이 높게 나타났다. 특히, 충청과 경기 지방에서 강수강도에 대한 유의수준 5%인 지실이 다수 발견되었고, 다우에 의한 강수 강도도 충청지역에서 증가가 뚜렷하였다. 이것은 충청·경기 지방이 집중호우에 대한 위험도가 큰 지역임을 말해주는 것이다. 한편, 봄철의 강수강도는 호남 지방을 중심으로 뚜렷하게 감소한 반면, 여름철의 강수 강도는 대체로 증가한 것으로 나타났다.

이 연구에서는 평년에 대한 강수량, 강수일수, 강수강도의 지역적 계절적 특성이 조사되었다. 이러한 자료는 지역기후모델 또는 기후모델이 모의하는 지역 기후에 대한 특성을 평가하고, 이해하는데 좋은 기초 자료로 활용할 수 있다. 그러나 일차 선형경향성에 대한 분석에서 F 검정에 의해 선형 경향성의 유의수준을 제시했음에도 불구하고, 유의성을 보이면서 좀 더 상기간의 자료를 보유한 관측소를 중심으로 더 면밀한 분석이 이루어져야 한다. 또한 강수일수 및 강수강도의 증가 원인(예를 들면, 지구온난화, 에어로졸 효과 등)에 대한 면밀한 조사가 필요하다.

사 사

이 연구는 기상청 지원 “충청지방 악기상 예측 시스템 개발(III)”의 지원에 의해 수행되었으며, 연구비 지원에 감사한다. 논문의 여러 미비한 점을 지적하고 수정해 준 두 분의 심사위원께 감사한다.

참고문헌

기상청 기상연구소, 2004, 한국의 기후, 109-128 p.
 김우현, 김재주, 박용우, 박성현, 송문섭, 이상열, 이영조, 신종우, 조신섭, 2000, 현대통계학, 영지문화사, 서울, 290-291 p.

문영수, 이병곤, 권혜영, 1995, 강수량의 장기변동에 의한 한국의 지역구분, 한국지구과학지, 16 (1), 38-43.
 박순용, 정창희, 1984, 동계한파 내습시 황해상에서의 공기의 변질에 관하여, 한국기상학회지, 20 (2), 35-50.
 박종길, 문승희, 1989, 우리나라 태풍에 의한 강수의 특성, 한국기상학회지, 25 (2), 45-55.
 소선섭, 이영기, 1998, 영동 지방에서 발생한 극저적 호우의 사례 분석, 한국지구과학지, 19 (6), 590-609.
 이광호, 김문인, 1982, 집중호우의 종관기후학적 연구, 한국기상학회지, 18 (2), 11-17.
 정영근, 1999, 호남지방 대설 발생의 종관환경, 한국지구과학지, 20 (4), 398-410.
 정지현, 2004, 한반도 강수의 최근 특성과 시간변동, 공주대학교 대기과학과 이학석사학위논문, 51 p.
 차은정, 최영진, 오제호, 2000, 한반도 여름철 집중호우의 시간-공간 변동 특성 연구, 한국기상학회 2000년도 봄 초청강연 및 학술발표회, p. 19-21.
 최영은, 민승기, 남경엽, 권원태, 2002, 남부지방 일강수량과 호우의 경향분석, 대기(한국기상학회보), 12 (1), 192-195.
 최영진, 문자연, 2000, 한국의 여름철 일 강우강도 변화 경향, 한국기상학회 2000년도 정기총회 및 가을 학술발표회, p. 339-341.
 허창희, 강인식, 1988, 한국 지역 강수의 변동성에 관한 연구, 한국기상학회지, 24 (1), 38-48.
 Easterling, D. R., J. L. Evans, P. Ya Groisman, T. R. Karl, K. E. Kunkel and P. Ambenje, 2000, Observed variability and trends in extreme climate events: A brief review, Bulletin of the American Meteorological Society, 81 (3), 417-425.

2005년 3월 8일 원고 접수
 2005년 4월 18일 수정원고 접수
 2005년 4월 20일 원고 채택