

AWS자료를 이용한 서울지역 강수의 공간분포

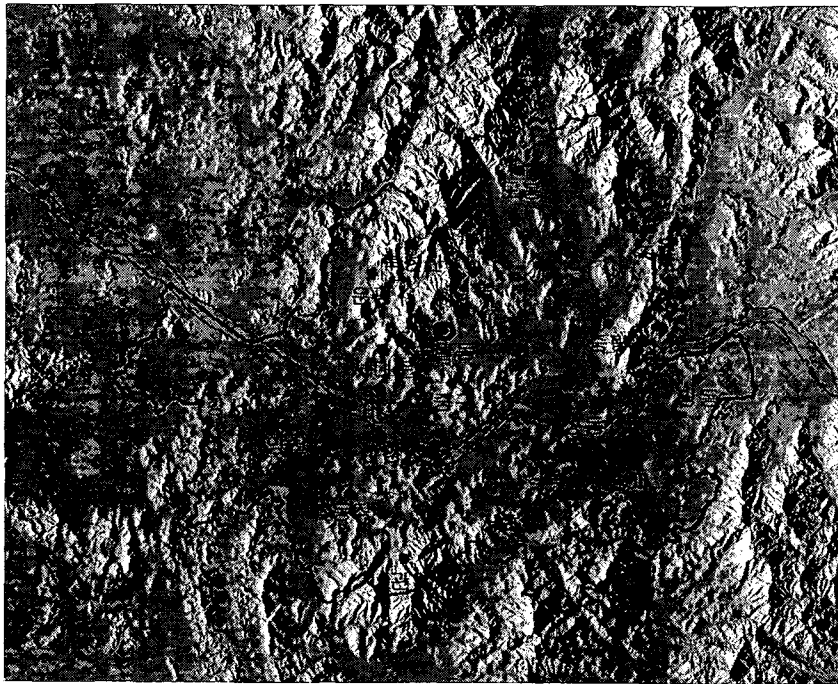
안기호 · 이현영 · 권원태

(기상연구소 기후연구실 연구원 · 건국대학교 지리학과 교수 · 기상연구소 기후연구실 실장)

1. 서론

강수는 같은 한 도시 안에서조차 지형조건, 고도, 산업구조, 및 도시구조물의 분포에 따라 강도와 빈도 그리고 분포를 달리하고 있다(이현영 1988). 강수는 기후학적 측면에서뿐만 아니라 도시계획, 도시수문 및 도시공학과 밀접한 관련을 가지고 있음으로 도시강수현상에 대한 보다 포괄적인 연구가 필요하다(이현영, 1988). 또한 도시의 강수특성을 분석하려면 연속적인 장기자료가 필요한데 서울을 포함한 대부분의 경우, 도시내의 기상관측망은 거의 없고 대표 관측소 자료 만 제공되기 때문에 연구상의 어려움이 있었다. 그러나 1994년이래 서울에 다수의 자동기상관측소(Automatic Weather Station, AWS)가 다수 설치되고 있어 본 논문에서는 AWS의 자료를 사용하여 서울 지역 강수의 공간분포를 규명하고자 한다.

2. 연구자료 및 방법



10 0 10km ● 기상관측소
● 자동기상 관측 지
<그림 1> 서울의 자동기상 관측소(AWS)의 분포도

서울지역 강수의 공간분포를 이해하기 위해 서울지역의 AWS의 자료를 사용하였다. 서울의 AWS는 1994년부터 24개 지점에서 관측이 시작되었으며 그 명칭과 위치는 <그림 1>과 같다. 대부분의 관측소에서 1994년 12월을 전후로 관측이 시작되었지만 결측이 있는 금천, 영등포, 청량리, 종로 등 4지점을 제외하고, 20개 지점의 자료(1996~1999)만을 사용하였다. AWS의 강수자료는 매 정시 강수량 중 최다 값과 일 강수량 합계를 0~24시에 걸쳐서 총량이 관측되고 있다.

강수의 공간분포 특성은 연평균 강수량, 연평균 강수일수 및 계절별 평균 강수량과 평균 강수일수를 분석함으로써 이해하고자 하였다. 강수일은 일강수량 0.5mm이상의 날로 정하고, 계절별 강수량을 구하기 위한 계절은 봄(3~5월), 여름(6~8월), 가을(9~11월), 겨울(12~2월)로 나누었다.

강수시 종관상태를 파악하기 위해서는 강수시 일기도와 바람자료를 이용했으며, 바람자료는 서울에서 가장 인접한 상층자료인 오산의 850hPa 풍향자료를 사용하였다.

그리고 강수에 미치는 지형의 영향을 고찰하고자 GPS(Global Positioning System) 수신기로 AWS 위치좌표 값을 구해 서울 DEM(digital elevation model)자료에 중첩하였다(그림 1). 도시화 정도와 강수량의 관계를 파악하고자 1:50,000지형도와 서울시 도시계획도를 사용하여 서울의 토지 이용상태를 분석했다.

3. 서울 강수의 공간분포

1) 연 강수량과 강수일의 공간분포

연구기간동안(1996~1999) 서울의 연평균 강수량은 1,327.2mm이고 공간적으로는 북, 북동, 동쪽으로 강수가 많고, 서, 남, 남서쪽에서 적다. 강수일수 또한 남쪽에서보다 북쪽으로 갈수록 많다. 4년 동안의 매해 강수량의 분포를 보면 비슷하나 연간 변화패턴은 강수량과 강수일수가 서로 다르다. 즉, 연강수량은 1996년에 가장 적어(889.7mm) 연평균 강수량인 1,327.2mm에 훨씬 미치지 못하는데 반하여 1998년에는 강수관측을 시작한(1907년) 이래 두 번째로 강수량이 많은 해였다. 즉, 연강수량이 2,090mm로서 가장 적었던 1996년의 연강수량과 비교하면 2.5배 정도에 해당한다. 그러나 연강수일수는 비가 가장 적었던 1996년(68일)과 가장 많았던 1998년(85일)을 비교하면 그 차가 심하지 않은데 이것은 1998년 강수가 집중적이어서 강수일수는 많지 않기 때문이다.

2) 계절별 강수의 공간분포

서울의 계절별 공간분포는 대체로 연평균 강수분포와 비슷한 경향을 나타내지만 계절에 따라 종관 기상상태가 다르므로 계절마다 공간분포가 조금씩 다른 양상을 보인다. 봄철 강수량은 연강수량의 16.3%(215.8mm)에 지나지 않는 건계를 이루며 봄철 강수일수는 19일이다. 대체로 북쪽에 많은 강수를 내리고 남쪽으로 갈수록 강수가 적은 편이다. 그러나 연강수량에 대한 지점별 봄철 강수량의 비율은 오히려 북, 서, 남쪽의 도심에서 떨어진 곳에서 높게 나타난다.

여름은 우계로서 연강수량의 62.1%(824.1mm)가 집중되어 있으며, 여름철 강수일수 역시 32일로 많다. 연강수량에 대한 지점별 여름철 강수량 비율은 도심에서 그 비율이 크게 나타나고 도심에서 멀어질수록 비율이 감소한다. 이것은 여름철에 발달하는 소낙성 강수가 도심에서 발달하기 때문이다.

가을철 평균 강수량은 연강수량의 17.8%(235.1mm)이고 강수일수 20일로 봄철과 비슷하다. 서울의 도심과 서울의 북쪽에 강수량이 많은 편이다. 연강수량에 대한 지점별 가을철의 강수량 비율 역시 봄철과 비슷하여 동쪽을 제외한 북, 서, 남쪽에서 높다.

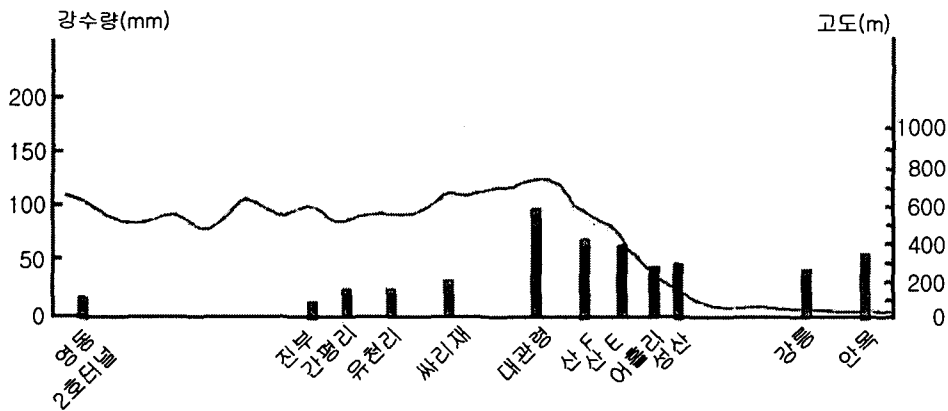
겨울은 4계절 중 강수량이 가장 적은 계절로서 연평균 강수량의 3.8%(52.2mm)에 지나지 않는다.

그러나 강수일수는 최대 40일에 달하는 지역이 있다. 이것은 오히려 여름보다는 빈번한 값인데 주로 북서계절풍의 영향을 받아 다른 계절에 강수 및 강수일수 비율이 작았던 동쪽에서 북쪽에 걸쳐 나타난다.

3) 강수량과 고도 및 향(向, aspect)과의 관계

강수를 형성하는 조건으로 가장 중요한 것은 상승작용과 수증기의 함유량이다. 그러나 같은 양의 수증기를 함유하고 있을지라도 그 주변지역의 조건에 따라서 강수량은 차이를 보인다. 특히 같은 종관 조건 하에서도 고도와 향에 따라 강수량에 많은 차를 보이고 있는데 고도가 높을수록 기류가 강제 상승됨에 따라 풍상지역에서는 많은 강수를, 풍하지역에서는 강수량이 적게 나타난다는 것은 잘 알려진 사실이다.

그림2는 1990년 6월 28~30일에 오토츠크헤에서 동해 해상과 한반도로 고기압이 확장해 비를 내릴 때 풍상측과 풍하측의 고도별 강수량을 나타낸 것이다. 서울에서는 우장산(86m)과 도봉산(75m) 자락에 위치한 강서와 도봉지점은 지형적으로 강수형성에 좋은 조건을 갖추고 있는 곳들이다. 그러나 한강에 위치해 많은 수증기를 함유하고 있지만 고도(5m)가 낮은 한강에서는 강수량이 적게 나타난다.

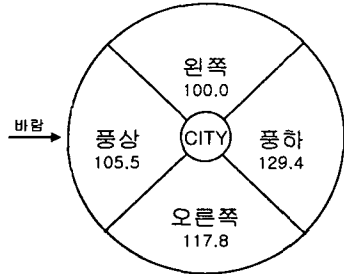


<그림 2> 고도별 강수량의 분포 (이장렬, 1993)

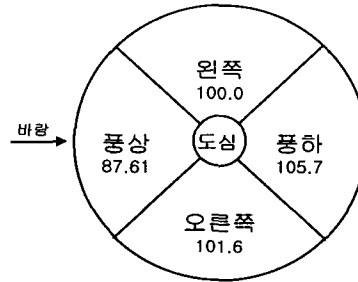
4) 강수량과 도시구조의 관계

도시지역의 강수는 도시의 풍하측에서 최대치로 증가하였다가 도시에서 멀어짐에 따라 다시 감소한다. 세인트루이스의 여름철 강수 연구인 METROMEX 프로젝트에서도 이와 비슷한 상황을 보이고 있는데, Changnon(1979)은 5년간의 여름에 있었던 302건의 강수에 대하여 풍향별 여름철 강수분포를 서풍이 불 때 도시의 왼쪽을 100%로 기준해서 백분율을 작성하였다 (그림 3). 이것은 강우 현상이 도시의 풍하측에서 많이 증가하고 있음을 보여준다. 이때의 도시의 풍하측과 풍상측의 차이는 23%인데, 이 값은 통계적으로 유의도가 높다. 서울에서는 연구기간동안(1996~1999) 강수시 가장 많은 풍향은 서풍으로 27.5%이며, 기타 풍향은 각각 20%이하이다. 도시를 향해 서풍이 불때 100%를 기준으로 하여 도심의 풍하측에서 가장 많은 105.7%의 강수가 분포하고, 도시의 풍상측에서는 87.6%로 적다(그림 4). 이처럼 풍하측에서는 도시를 지나올 때, 오염물질 및 작은 먼지를 함유한 강수의 응결 핵이 될 수 있는 도시의 공기의 영향을 받고 또한 청계산 등 구릉지에 부딪혀 강제

상승되어 도시 외곽에서 산 사면에 강수를 형성한다. 따라서 대체로 서울에서의 강수분포는 동쪽 즉, 바람이 불어 나가는 도심의 풍하측에서 많은 양의 강수가 분포하고 바람이 불어 들어오는 도시의 풍상지역인 서쪽에서 강수분포가 적게 나타난다.



<그림 3> 세인트루이스의 풍향별 여름철 강수분포의 백분율(Changnon,1979)



<그림 4> 서울의 풍향별 연강수 분포의 백분율(% 1996~1999)

여름철에 도시내 대부분의 지역에서는 강수현상이 없는데 어느 한 곳에서만 20mm 이상의 고립된 소낙성 강수가 내리기도 한다. 이러한 강수현상을 일반적으로 고립된 강수라 불리며, 대체로 열섬의 강도 2℃ 이상일 때 열섬의 핵 부근에 적운이 형성되어 고립된 강수현상이 나타난다. 서울의 경우 연구 기간 중 최대 38회 고립된 강수현상이 나타난 지역이 있었으며 주로 도심지역에서 높은 빈도로 나타났다. 그리고 출현시간은 대체로 최고기온이 나타나는 2시에서 3시 사이에 집중적으로 분포한다.

4. 결론

AWS자료(1996~1999)에 의한 서울지역 강수의 공간분포는 다음과 같은 특성을 지니고 있다.

첫째, 연평균 강수량은 한강지점에서는 1,070.6mm로 가장 적은 값을 보인 반면에 1,586.4mm를 내린 성북지점과 비교하면 지역에 500mm 이상 차이가 있다. 강수량의 공간분포는 대체로 탁월풍의 풍하측인 서울의 북동쪽을 중심으로 동쪽과 북쪽에 비교적 강수량이 많고, 풍상측에 적으며, 자료기간인 4년 동안의 공간패턴은 유사하다. 그러나 연강수량은 해에 또는 위치에 따른 차이는 크다. 강동지점에서 1996년에 579mm를 보인데 반하여 1998년에는 강동지점에서 2,000mm 이상을 기록하고 있다. 강수일수의 공간분포의 패턴은 강수량과 비슷하나 강수일수는 지점간의 차이가 20일 이상인 해가 많고, 강수가 많았던 1998년의 평균강수일수는 95일이다. 그러나 강수량이 연구기간 중 가장 적었던 해의 2배 이상인 것을 감안하면 강수의 강도가 높은 강수일수가 출현했음을 알 수 있다.

그리고 도심 부근에서는 서울의 주변지역에 강수가 없을 때 고립된 강수가 내리기도 한다. 이러한 강수는 한번에 20mm 내외인 소낙성 강수로 대체로 북태평양 고기압 영향권에 있고, 평균 풍속이 0.5m sec⁻¹ 이하인 맑은 날에 내린다. 고립된 강수는 일반적으로 오후 1시에서 5시 사이에 열섬의 핵에 해당하는 지역에 빈번하다.

그러나 본 연구의 한계는 자료기간이 짧다는 것이다. 앞으로 AWS의 강수자료가 보다 많이 누적되고, 자료의 질이 더욱 개선되며, radar의 echo자료 등을 보완자료로 사용한다면 서울지역 강수의 공간패턴의 특성을 보다 명확하게 밝힐 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 이승호, 1999, 제주도 지역의 강수 분포 특성, 대한지리학회지, 34(2), 23-136.
- 이장렬, 1993, 대관령 동·서 지역 사면의 고도에 따른 강수량 분포, 한국교원대학교 박사학위 청구 논문.
- 이현영, 1984, 서울의 도시기온에 관한 연구, 이화여자대학교 박사학위 청구논문.
- , 1988, 서울과 그 주변지역의 하계강수, 지리학, 37, 1-15.
- 최영은, 1990, 서울의 강수특성에 관한 연구, 건국대학교 석사학위 청구 논문. 38-48.
- Changnon, S. A., 1979, Rainfall changes in summer caused by St. Louis, Science, 205, 402-404.
- Chen, T. C., M. C. Yen, J. C. Hsieh and R. W. Arritt, 1999, Diurnal and seasonal variations of the rainfall measured by the automatic rainfall and meteorological telemetry system in taiwan, Bull. Am. meteorol. Soc., 80(11), 2299-2312.
- Domroes, M. and E. Ranatunge, 1993, A statistical approach towards a regionalization of daily rainfall in SRI LANKA, Int. J. Climatology, 13, 741-754.
- Faiers, G. E., 1994, An evaluation of urban-enhanced extreme 24-hour rainfall in the new orleans area, National Weather Digest 19, 25-30.
- Gatz, D. F., 1991, Urban precipitation chemistry: A review and synthesis, Atmospheric Environment, 25B(1), 1-15.
- Fan, C., 1997, Uneven development and beyond: regional development theory in post-Mao China, International Journal of Urban and Regionl Reserach, 21(4), 620-639