

## 강수량과 지형변수의 관계 : 제주도 사례연구

김석중

한국지질자원연구원 지하수지열연구부 (seok@kigam.re.kr)

### Abstrac

Firstly, the precipitation data have to be interpolated for the estimation of water resources. For this purpose, the correlative analysis is made between the topographic variables, which, influence the precipitation phenomena, are classified by elevation(ELEV), slope(SLOPE), distance to the sea(SEA), obstacle (OBST), barrier(BAR), and roughness index(SHIELD), using TOVA(Topographic Variables Extraction Program) and events precipitation during the periods from january the 1st 2000 to December 31 2002. The coefficients of determination show that each event has different topographic influence and ELEV, SLOPE and OBST to the South-West, and SHIELD of every direction have close relationship with the precipitation. The multiple regression model explains 96% of the spatial variation of precipitation.

Key word : topographic variables, TOVA, precipitation events, coefficients of determination, multiple regression

### <요약문>

수자원을 평가하기 위해서는 먼저 한 지점에서 측정된 강수량을 보간해야 할 필요가 있다. 이를 위하여 강수현상에 영향을 주는 지형변수를 TOVA(Topographic Variables Extraction Program)를 이용하여 고도(ELEV), 경사(SLOPE), 바다까지의 거리(SEA), 방해물(OBST), 방벽(BAR), 굴곡도(SHIELD)로 구분하고 2000.1.1부터 2002.12.31까지의 강수량 자료를 사상별로 추출하여 이들을 서로 비교 분석하였다. 결정계수로 보면 각기 강수사상마다 지형의 영향이 다르게 나타나며 ELEV와 남서방향의 SLOPE, OBST 그리고 전 방향의 SHIELD가 강수량과 관계가 깊은 것으로 나타났다. 다중회귀분석 모형은 강수량의 공간적 변동량의 96%를 설명한다.

주제어: 지형변수, TOVA, 강수사상, 결정계수, 다중회귀분석.

## 1. 서론

일반적으로 한 지점에서 측정된 강수량은 측정지점의 지형에 따라 영향을 받는다. 지형변수(topographic variable)란 지표 한 부분의 지형을 수치로 나타내기 위하여 고도의 공간적 분포를 일정한 기준에 의해 추출, 계산한 것이다. 따라서 강수량과 지형변수 사이에는 어느 정도 연관성이 있을 것이

다. 이러한 연관성을 통하여 미세측지점의 강수량을 추정할 수 있으며 수자원 관리를 하는데 보다 합리적인 입력자료를 제공할 수 있다. 본 연구는 제주도를 사례지역으로 하여 11개 관측소의 13개 강수사상과 총 77종류의 지형변수로서 그 관계를 알아 본 것이다.

## 2. 강수사상

본 연구에서는 연구대상 기간 가운데 강수기간이 9일 이상으로서 제주도 전 지역 고루 발생하였을 것으로 판단되는 13개 사상을 추출하였다(Table 1).

Table 1. Extracted precipitation events for 2000 to 2002. The quantities of 11 stations are averaged to show general trend.

event no.	starting date (yy/mm/dd)	duration (day)	average (mm/day)
1	00/06/20	12	9.2
2	00/09/08	9	33.7
3	01/01/03	19	5.4
4	01/06/17	13	19.6
5	01/07/30	17	16.4
6	01/12/09	9	5.7
7	02/01/12	15	3.1
8	02/04/28	12	13.2
9	02/06/30	9	26.9
10	02/08/05	12	24.8
11	02/08/23	10	27.8
12	02/10/26	15	3.7
13	02/12/03	9	9.1

이와 같이 강수사상을 변수로 사용하였을 경우에는 각 강수사상에 동반되는 풍속, 풍향 등과 같은 요소를 고려할 수 있는 여지가 있으며 또한 국지적 강수사상에 의한 영향을 배제할 수 있다. 강수사상은 원칙적으로 11개 관측소 가운데 3개 관측소 이상에서 강수사상이 발생하기 시작한 날로부터 9개 이상의 관측소에서 2일 이상 무강수일이 지속될 때까지를 하나의 단위로 정하였다. 따라서 이러한 기준에 의해 약간의 강수량이 가감되는 경우가 발생하였다. Table 1에서 강수사상은 겨울철 강수량이 여름철 강수량에 비하여 현저하게 적은 경향을 확인할 수 있다.

## 3. 지형변수

이와 유사한 연구로 윤진일외(1988,1989)<sup>3,4</sup>는 고도, 위치, 경사를 지형변수로 사용한 바 있다. Prudhomme(1999)<sup>7</sup>은 지형변수로서 고도, 위치, 경사, 바다까지의 거리, 방해물(obstruction), 방벽(barrier), 굴곡도(shield, roughness index) 등을 제안하였으며 이고도 위치를 제외한 다른 지형변수는 8개 주방향에 따라 이루어져 있다. 고도에는 강수량계의 실제 위치에서 가장 가까운 DTM상의 위치인 계기격자점(gauge grid point, ggp)의 고도(ELEV)를 비롯하여, 계기격자점을 중심으로 4x4 km<sup>2</sup>에 내에 있는 격자

점 고도의 평균(ELEV4)와 10x10 평방km<sup>2</sup>에 있는 격자점 고도의 평균(ELEV10)이 있다. 경사에는 2, 5, 10km사이의 경사(SLOPE2, SLOPE5, SLOPE10)와 이들의 산술평균경사(ASLOPE) 그리고 가중평균 경사(WSLOPE)가 있다. 바다까지의 거리(SEA), 방해물(OBST), 방벽(BAR), 굴곡도(SHIELD)는 주방위 선을 중심으로 좌우 45°내의 값을 주 방위선과 이루는 각도( $\alpha$ )에 따라 가중치  $\cos \alpha$ 를 주어 계산한 가중평균이다. 방해물(OBST)은 주방위선에서 좌우 45°각도 안에 있으며 ELEV와 격자점과의 고도 차이가 200m 이상으로 연속된 고도 가운데서 가장 높은 곳과 이루는 각도로서 본 연구에서는 radian 값으로 계산하였고 방벽은 방해물까지의 거리이다. 굴곡도는 방위선상에서 각 격자점 사이의 고도차이를 계기격자점과의 거로 나눈 값의 합이다. 원래 이들의 상한 거리는 150km이나 사례지역에서는 고려할 필요가 없었다. 이들 값은 모두 5°간격으로 TOVA를 이용하여 계산하였다.

#### 4. 결정계수

이와 같이 11개소의 강수량관측소 각각에 대해 13회의 강수사상과 77개의 지형변수가 집계되었다. 이 자료에 의하여 1001(13x77)개의 결정계수( $r^2$ )를 계산한 결과 2002. 6월에서 2002. 8월 사이의 강수사상이 지형변수와 밀접한 상관관계가 이루어졌고 결정계수 값이 0.8이상인 지형변수는 거의 전부 고도(ELEV)와 경사(SLOPE) 그리고 방해물(OBST)의 남서방향에 있으며 굴곡도(SHIELD)에서는 거의 전 방향에서 상당히 큰 값을 갖는 경향이 있다.

#### 5. 다중회귀분석

전절에서 살펴 본 바와 같이 강수량과 관련이 깊은 지형변수 가운데 ELEV10, 남서방향의 SLOPE5, OBST, 그리고 결정계수 값이 비교적 큰 남동방향의 SHIELD를 독립변수로 선택하였다. 또한 가장 지형의 영향을 많이 받은 2002. 6월에서 2002. 8월 사이의 강수사상 강수량평균을 종속변수로 정하였다.

이를 다중회귀분석하여 회귀계수를 구하면 eq. 1과 같은 등식을 만들 수 있다.

$$P = 160.964 + 0.085ELEV10 - 0.011SLOPE5_{sw} + 2.086OBST_{sw} - 0.805SHIELD_{se} \quad \text{eq. 1}$$

여기서  $P$ 는 9, 10, 11번 강수사상의 평균 강수량이다.

회귀모형의 정도를 측정하는 방법으로 사용하는 결정계수(coefficient of determination,  $R^2$ )는 0.96으로 계산되었다. 이 값은 윤진일 외(1988)<sup>3</sup>의 상관계수  $r$ 값 0.8 그리고 Prudhomme (1999)<sup>7</sup>의 53.4%에 비하여 월등하게 큰 값이다.

#### 6. 결론

지금까지의 연구결과를 종합해보면 먼저 강수와 관련이 깊은 지형변수로는 고도(ELEV)와 경사(SLOPE), 방해물(OBST), 굴곡도(SHIELD) 등이 있다. 이들 지형변수는 방향성이 없는 고도 그리고 전 방향에 큰 차이가 없는 굴곡도를 제외하고 모두 남서방향에만 관련이 있는 것으로 나타났다.

다음으로 강수사상에 따라서 지형의 영향이 상당히 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 전반적으로 겨울철 강수사상은 지형의 영향을 매우 적게 받으며 그 외의 강수사상에 있어서도 때로는 지형과 관련이 없는 사상이 있다. 그러나 2002. 6월에서 2002. 8월 사이의 강수사상에 있어서는 각 관측소에 따른 강수량 변동량의 96%가 지형에 의해서 설명될 수 있음을 확인할 수 있었다. 이로서 한편 계측시설이 부족한 장소에 대해 보다 합리적이고 정확한 강수량 추정에 사용될 수 있을 것이며 다른 한편으로는 보다 면밀한 기상학적인 연구를 통하여 지형과의 상관관계를 통한 국지적 예측이 가능함을 알 수 있었다.

사사 : 본 연구는 “미래제주도 청정 지하수 안정적 공급시스템 구축”사업의 일환으로 이루어졌으며 특히 TOVA의 원시프로그램을 작성하고 지속적인 수정을 하여 준 김형진군에게 감사한다.

## 참고문헌

1. Sharon, D., 1980, The distribution of hydrologically effective rainfall incident on sloping ground, *Journal of Hydrology*, v. 46, pp. 165-188.
2. Singh, P. and Kumar, N., 1997, Effect of orography on precipitation in the western Himalayan region, *Journal of Hydrology*, v.199, pp.183-206.
3. 윤진일, 전영신, 인춘식, 유근배, 1988, 제주지방의 강우분포와 관측지점 지형특성간의 관계, *한국기상학회지*, 5(1): 43-49.
4. 윤진일, 이민영, 남재철, 1989, 제주도의 그물망 기후자료 생산, *한국기상학회지* 6(1): 61-74.
5. Prudhomme, C. and Reed, D., 1998, Relationships between extreme daily precipitation and topography in a mountainous region: a case study in Scotland, *International Journal of Climatology*, v.18, pp.1439-1453.
7. Prudhomme, C., 1999, Mapping a statistic of extreme rainfall in a mountainous region, *Physics and Chemistry of the Earth(B)*, v.24, pp.79-84.
8. 이재규, 1994, C로 배우는 알고리즘, 도서출판 세화, pp.699.
9. 김석중, 조성현, 김형찬, 2004, DTM 으로부터 지형변수의 추출 및 분석: 제주도 사례연구, *한국지하수토양학회지*, (논문 심사중).