

지형기후학적 공간내삽에 의한 북한지역 강수기후도 작성*

윤진일

경희대학교 생명자원과학연구원/농학과

(2000년 2월 19일 접수)

Estimation of Climatological Precipitation of North Korea by Using a Spatial Interpolation Scheme*

Jin-Il Yun

Department of Agronomy/Institute of Life Science and Natural Resources

Kyung Hee University Suwon 449-701, KOREA

(Manuscript received 2 February 2000)

ABSTRACT

A topography-precipitation relationship derived from the southern part of Korean Peninsula was applied to North Korea where climate stations are few and widely separated. Two hundred and seventy seven rain gauge stations of South Korea were classified into 8 different groups depending on the slope orientation (aspect) of the region they are located. Monthly precipitation averaged over 10 year period (1986-1995) was regressed to topographical variables of the station locations. A "trend precipitation" for each gauge station was extracted from the precipitation surface interpolated from the monthly precipitation data of 24 standard stations of the Korea Meteorological Administration and used as a substitute for y-axis intercept of the regression equation. These regression models were applied to the corresponding regions of North Korea, which were identified by slope orientation, to obtain monthly precipitation surface for the aspect regions. "Trend precipitation" from the 10 year data of 27 North Korean standard stations was also used in the model calculation. Output grids for each aspect region were mosaicked to form the monthly and annual precipitation surface with a 1 km × 1 km resolution for the entire territory of North Korea. Spatially averaged annual precipitation of North Korea was 938 mm with the standard deviation of 246 mm.

Key words : North Korea, Precipitation, Spatial interpolation, Topoclimatology, Digital elevation model, Agroclimatic zoning, Geographic Information System

I. 서 언

한 지역의 강수량과 그 계절적인 분포양상은 식물이 생육단계별로 이용할 수 있는 토양수분의 상한값을 결정하므로 그 지역의 우점식생은 물론 재배가능한 작물의 종류, 관개수요, 나아가 작부체계에 중요한 영향을 미친다. 북한지방에 농업기술을 이전하기 위한 전제조건으로서도 역시 지역 및 계절별 강수량의 변이에 대한 정보는 필수적이다. 그러나 현존 북한지방의 강수

량 기후도는 매우 조방적이어서 이러한 목적에는 크게 미흡하다.

강수현상은 시공간적으로 불연속적이어서 강수량의 공간변이는 다른 기상요소에 비해 훨씬 크다. 특히 넓은 토지를 기반으로 하는 농업에 있어서는 면적강수량이 중요하기 때문에 기존 기상관측망에서 얻을 수 있는 점 (point) 관측 강수량자료의 가치는 제한적일 수밖에 없다. 이같은 문제점을 해결하기 위해서는 물론 강수관측밀도를 높이는 것이 최선이지만 현실적인 대

Corresponding Author : Jin-Il Yun (jiyun@nms.kyunghee.ac.kr)

*본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(981-0601-003-2) 지원으로 수행되었음.

안으로서 불규칙하게 분포하는 점 관측값을 공간내삽 기법에 의해 규칙적인 격자점의 값으로 변환하고자 하는 노력이 오래 전부터 계속되어왔다 (Tabios III and Salas, 1985; Phillips *et al.*, 1992; Daly *et al.*, 1994). 최근에는 이러한 노력이 결과검증에 필요한 무인기상 관측망의 확대와 원격탐사자료, 그리고 공간정보기술의 도움을 받아 급격하게 발전하고 있는데, 일본에서는 1,300여개 자동기상관측망 (AMeDAS) 자료를 이용한 “그물망 기후도”를 농업기후 분석에 이용하고 있으며 (Seino, 1993; Yajima, 1996), 미국에서는 오리건주 등 산악지대를 대상으로 시작한 PRISM 모형이 기존의 아날로그형 기후도를 대체하고 있다 (Johnson *et al.*, 1999).

우리나라에서는 제주도를 대상으로 무인기상관측망과 공간통계기법을 적용한 근대적 국지기후 추정기법에 의해 월별 강수량 분포를 사방 1 km간격으로 파악한 것을 시작으로 (윤 등, 1989), 남한 전역에 대하여 사방 1 km 간격의 30년(1961-1990) 평년 월별 강수량값을 계산한 바 있다 (과학기술처, 1992).

강수량에 미치는 지형효과 가운데 가장 잘 알려진 것은 해발고도의 영향이다. 기류 강제상승에 따른 지형성 강수는 물론이고 충분히 긴 시간동안의 평균 강수량 역시 해발 1,000 m까지는 고도증가에 따라 함께 늘어나는 것으로 보고되었다 (Landsberg, 1958; Yun *et al.*, 1988). 따라서 대부분의 공간내삽과정에는 고도에 의한 보정을 포함하고 있다. 그러나 이러한 고도효과는 강수지역이 산악 등 복잡한 지형일 경우 그 지역의 지세(사면 경사의 방향)에 의해 크게 달라진다 (Daly *et al.*, 1994).

지형이 복잡한 북한지방에 이러한 공간내삽기법을 적용하기 위해서는 관측망의 밀도가 강수에 미치는 지형효과를 반영할 수 있도록 충분히 조밀해야 하는데, 10년 이상 강수자료의 수집이 가능한 지점이 총면적 12만 km²에 단 27개밖에 되지 않아 사실상 적용이 불가능하다. 반면, 9만 km²의 영토를 가진 남한의 경우 기상청 정구관측소와 건설교통부의 우량관측소를 합치면 300개소가 넘는 자료를 확보할 수 있다.

본 연구에서는 남한에서 관찰되는 지형 - 계절강수량간 정량적 관계를 이미 알고 있는 북한지방의 지형특성에 적용하여 북한전역의 월별 강수량 분포를 추정하고자 하였다. 추정결과에의 검증을 위해서는 반드시

북한지방의 여러 지점에서 장기간에 걸쳐 실측자료를 수집해야 하겠지만 현재로서는 불가능하다. 따라서 이번 보고에서는 관측밀도가 조밀한 지역의 지형기후학적 관계식을 관측밀도가 조방적인 다른 지역에 적용하기 위한 한 가지 방법을 소개하고 그 결과를 참고자료로서 제시한다.

II. 재료 및 방법

2.1. 강수량 자료

우리나라 기상청에서는 세계기상통신망 (GTS)을 통해 수집한 1973년부터 1994년까지 22년간 북한의 기상대급 27개 지점 관측자료 (삼지연, 풍산 등 14 지점은 1981년부터 관측된 자료)를 통계처리하여 일별 및 월별 평균값을 ‘북한기상 20년보’라는 제목으로 발간하였다. 관측지점의 해발고도는 선봉의 3 m로부터 삼지연의 1,386 m까지 폭넓게 분포되어 있으며 지리적 위치는 위도-경도로 표현된다. 기상요소로는 해면기압, 평균/최고/최저기온, 강수량, 상대습도, 평균풍속, 운량 등이 있다. 이들 가운데 1986년부터 1995년까지 10년간 강수량자료를 발췌하여 월별 평균을 계산하였다. 이들 북한 27개 표준관측소에 대응하는 남한의 24개 표준관측소에 대해서도 같은 기간중 월별 평균강수량 자료를 준비하였다. 한국건설기술연구원으로부터 1986년부터 1995년까지 남한의 277개 지점에서 관측된 강수량자료를 수집하여 역시 월별 평균값을 계산하였다. 분석대상 강수량 자료의 관측소 위치를 나타낸 것이 Fig. 1이다.

2.2. 지형특성 정량화

기본자료 : 지형효과 분석을 위해 필요한 해발고도 자료는 미국 지질청(USGS)의 30초 (arc second) 해상도 수치고도모형 GTOPO30 (Digital Elevation Model: DEM)을 수집하여 한반도 부분을 발췌하였다. 원래 경위도좌표계 상태인 이 DEM 파일을 TM좌표계(원점 북위 38도, 동경 127.00289도)로 투영시켜 사방 1 km 해상도의 ARC/INFO(ESRI, USA) GRID로 저장하였다.

평균고도 : 중심 셀(cell)을 기준으로 한 변의 길이가 3, 5, 7, . . . , 31 km인 정방형 구역에 포함되는 9, 25, 49, . . . , 961개 셀의 평균고도값을 계

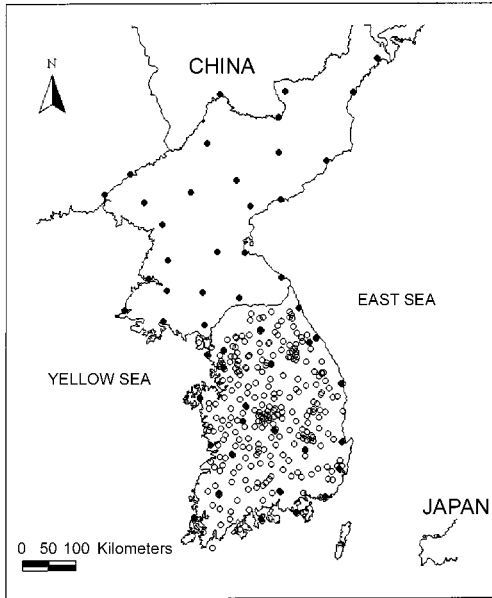


Fig. 1. Geographic location of the 51 standard weather stations in North and South Korea (solid circle) and the 277 rain gauge stations in South Korea (empty circle).

산하여 중심 셀에 부여하고 이들 셀로 이루어진 GRID를 각각 DEM3, DEM5, DEM7, . . . , DEM31로 저장하였다.

지세고도 : 중심 셀의 가장자리로부터 1, 2, 3 km 반경에 포함되는 셀들(중심 셀 제외)의 고도값을 평균하여 이 값에 0.5의 가중치를 준 다음, 중심 셀의 고도값에 역시 0.5의 가중치를 주어 거리가중 평균표고(이하 지세고도)를 계산하였다. 이들을 각각 ELEV3, ELEV5, ELEV7 GRID 로 저장하였다.

경사향 : 셀 해상도를 3 km×3 km, 5 km×5 km, 7 km×7 km, . . . , 15 km×15 km, 31 km×31 km 등으로 확대하여 고도 평균값을 구한 다음, 방위별로 인접한 셀과의 고도차를 비교하여 가장 큰 방위값을 부여하였다. 이들을 각각 ASP3, ASP5, ASP7 등의 GRID로 저장하였다.

해안거리 : 각 셀로부터 가장 가까운 해안선까지의 직선거리를 구하여 km단위로 변환하여 셀값으로 부여하고 이들을 CODI GRID로 저장하였다.

경사도 : 기준 DEM GRID를 비롯하여 DEM3, DEM5, DEM7 GRID 상에서 각 셀의 경사도를 계산하여 이를 도(degree) 단위의 셀값으로 부여하고 각

각 SLOPE1, SLOPE3, SLOPE5, SLOPE7 GRID로 저장하였다.

개방도 : ELEV GRID를 이용하여 태양고도 45도 조건에서 방위각 (azimuth) 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315, 360도로 바뀌가며 각 셀의 개방도(0-255 범위의 brightness index)를 계산하였다. 이 값들을 OPEN3_45, OPEN3_90, . . . , OPEN5_45, . . . , OPEN7_45 GRID 등으로 저장하였다 (Fig. 2).

2.3. 강수량 추정모형의 후보변수

관측지점의 지형변수 추출 : 277개 남한 강수량 관측소가 위치한 셀의 지형변수를 앞에서 작성한 각종 GRID로부터 추출하였다. 덧붙여 각종 DEM GRID와 관측소의 실제고도간 편차를 구해 새로운 지형변수 (DEV7, DEV31 등)로 삼았다.

경사향별 관측소 분류 : 출력해상도를 10 km×10 km로 조정하고, ASP31 GRID의 경사향값을 방위에 따라 8개로 재분류한 다음, polygon shape의 벡터포맷으로 변환하였다. 남한 277개 강수량 관측소 point theme을 이 8방위 polygon theme 에 겹쳐서 방위에 따라 8개 그룹으로 분류하였다 (Fig. 3). 가장 많은 관측소가 분포하는 사면방위는 서향으로 71개였으며

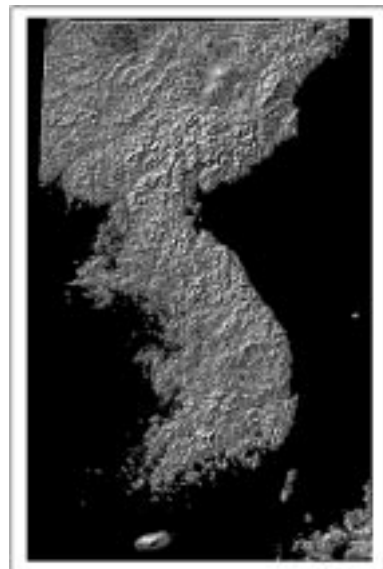


Fig. 2. Brightness index of the grid cells under a virtual illumination source at 45 degree altitude and 315 degree azimuth angle.

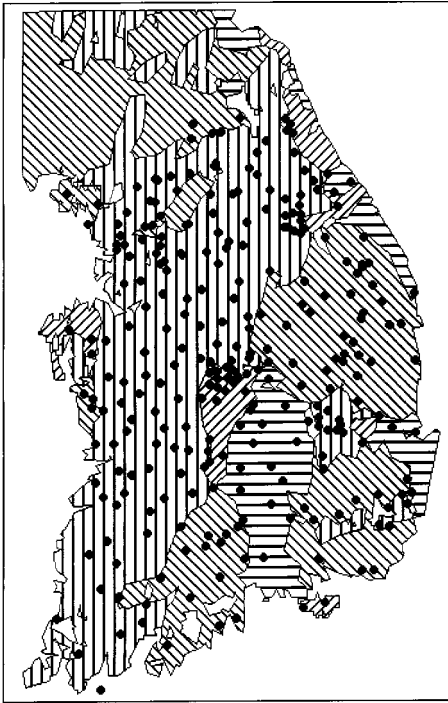


Fig. 3. Classification of the 277 rain gauge stations into 8 aspect groups.

북향사면에는 단 5개만 확인되었다. 이 분류결과에 의하면 남한의 강수량관측소는 대체로 남향·서향으로 경사진 지대에 많이 분포한다. 이 과정에서 6개 관측소는 어떤 방위의 polygon에도 포함되지 않아 분석에서 제외하였다. 따라서 회귀모형 작성에 이용된 자료의 개수는 271개이다.

추세 강수량 : 남북한 51개 정규관측소에서 관측된 10년 평균 월별 강수량을 거리역산가중(Inverse Distance Weighting) 내삽에 의해 1 km 해상도의 GRID 셀 값으로 바꾼 다음 각각 MEGA01, MEGA02, . . . , MEGA12 등의 이름으로 저장하였다 (Fig. 4). 이 GRID에 의해 표현되는 강수 분포도는 숙련된 기상전문가들이 육안판별과 수작업으로 생산하는 아날로그형 강수기후도(등우량선도)와 동일하다고 생각하면 된다. 본 연구에서는 277개 강수량 관측소에 해당되는 셀의 값을 그 지점의 국지적인 지형효과가 반영되지 않은 대기후 규모의 강수량으로 간주하고 ‘추세강수량’(precipitation megatrend)이란 용어로 나타낸다. 각 관측지점의 추세강수량은 277개 point theme을 MEGA

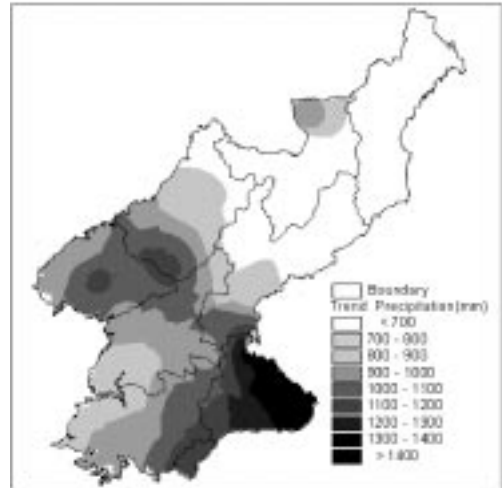


Fig. 4. Annual precipitation surface of North Korea generated by interpolating the 10 year average of the 51 standard station observations based on inverse distance weighting scheme.

GRID 위에 겹친 후 각 point에 해당되는 셀 값을 추출함으로써 얻었다.

본 연구에서 수행한 모든 GRID 연산작업은 ARC/INFO의 Grid Algebra 기능을 통해 이루어졌다.

2.4. 회귀분석

271개 남한 우량관측소의 10년간 월별 평균강수량 및 연 평균강수량, 그리고 관측소 지형변수들간의 단순상관을 분석하여 상관계수가 높은 순서로 DEM1, DEM31, DEV7, DEV31, ELEV7, CODI, 방위별 개방도(OPEN7_N 등), SLOPE5 등 15종을 선발하였다.

이들 15종의 지형변수를 독립변수로 두고, 월별 10년 평균강수량을 종속변수로 둔 회귀분석을 각 경사향 그룹별로 실시하였다. 이 때 변수 선택은 stay level=0.15의 STEPWISE방법을 적용하였다.

이 과정에서 선발된 독립변수를 토대로 지형기후학적 강수량 추정을 위한 중회귀모형을 각 경사향 그룹별, 월별로 작성하였다. 앞서 각 지점별 ‘추세강수량’(1월은 MEGA01, 2월은 MEGA02 등)을 그 지역의 대기후 규모 기준강수량으로 간주하였으므로 강수량 추정모형의 y축 절편값은 0으로 고정하고 대신 MEGA01-MEGA12를 해당 월의 독립변수로 추가하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 강수량 추정 회귀모형

본 연구에서 정량화한 남한지방의 지형인자 가운데 월별 강수량에 가장 큰 영향을 주는 것으로 확인된 것은 역시 해발고도 관련인자로서 총 96개 회귀모형(12월×8방위) 선별과정에서 77번 채택되었다. 이들 중 약 반은 주변 지세에 대한 관측지점의 상대적인 고도차(DEV)가 차지했는데 이는 강수분포의 국지성을 반영한 것으로 보인다. 다음으로는 관측지점의 개방도(OPEN)가 53회로서 역시 강수시스템의 이동방향과 지형경사의 방위간 상호작용의 중요성을 보여주었다. 이 밖에도 관측지점의 경사도(SLOPE)와 바다로부터의 거리(CODI)가 각각 16회, 18회 선별되었다.

월별 추세강수량은 통계적인 유의성이 없는 경우(96개 중 19개)에도 무조건 회귀모형에 독립변수로 채택하였다. 이렇게 해서 만들어진 회귀모형은 방위 및 월별로 1-4개씩의 독립변수로 구성되었다. 예외적으로 북향사면의 9월, 남향사면의 10월 회귀모형에는 단 하나의 독립변수도 유의수준 0.15를 만족시키지 못했다. 또한 관측점의 수가 5개로 적었던 북향사면의 경우 추세강수량의 회귀계수가 부의 값이거나 너무 커서(>3.0) 비현실적인 경우가 많았다 (1월, 6월, 8월, 10월, 11월, 그리고 연강수량). 이런 경우에는 나중에 북

한지방 강수량 추정시 회귀모형을 사용하지 않고 북한 표준관측소의 10년 평균값을 근거로 작성한 월별 혹은 연간 추세강수량으로 대체하였다.

최종적으로 선별된 회귀모형들의 결정계수는 월별 강수량의 경우 총 96개 중 46개에서 최소한 5% 수준의 유의성이 인정되었다. 연강수량 추정모형의 경우에는 남쪽(남동, 남서 포함)으로 경사진 지대에서만 통계적인 유의성이 확인된다 (Table 1). 캐나다 북부 삼림 지대의 월강수량 평년값을 추정된 Nadler and Wein (1998)에 따르면 현존 공간내삽기법들 가운데 가장 좋은 방법으로 산출한 결과에서도 회귀모형의 평균 결정계수가 0.43에 불과하였고 이들 중 55%만이 통계적 유의성을 보였다고 한다. 본 연구결과 역시 유사한 정도의 통계적 유의성을 가진 것으로 평가된다.

이론적으로는 이 모형을 남한내 임의지역에 적용하여 지형인자와 추세강수량만으로 국지적인 강수량을 추정할 경우 전체 변이중 반 정도는 맞출 수 있을 것으로 기대된다. 나아가 북한지방의 지형특성이 남한의 경우와 큰 차이가 없다면, 다시 말해 고도나 경사도, 개방도의 최소-최대값 범위가 유사하다면 이 모형들을 북한지방에 적용해도 역시 같은 정도의 추정능력을 보일 것으로 기대할 수 있다. 설혹 지형인자의 변이폭이 크게 다르다할지라도 모형 작성에 이용된 남한 지형인자의 변이폭에 한정해서 적용한다면 별 문제될 것이

Table 1. Coefficients of determination(R^2) for the precipitation-topography regression models

Aspect Month (# OBS.)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
	5	15	24	35	33	57	71	31
January	.99*	.94	.55*	.26*	.19*	.08	.28	.43
February	.99*	.68*	.64	.52	.28**	.25**	.55	.54*
March	.99	.87	.55	.51	.56**	.30*	.20*	.16*
April	.95**	.22	.77*	.88*	.85**	.74*	.34*	.77
May	.98	.79	.30	.69*	.45*	.22	.16	.10
June	.60	.83	.50**	.62*	.66	.53**	.32**	.59
July	.57	.96	.66	.76*	.55**	.68	.78**	.39
August	.94	.65	.43**	.25*	.22	.27*	.48**	.41**
September	-	.87	.73	.23	.37	.59	.49	.61
October	.99*	.98	.51	.40*	-	.33*	.19	.41
November	.99	.64*	.14	.64*	.50	.35**	.54*	.45*
December	.82*	.90*	.41*	.08	.23	.30**	.38	.28*
Annual	.76	.89	.52	.47**	.41*	.50*	.58	.38

*Significant at 0.05 level

** Significant at 0.01 level

- No variable selected at 0.15 stay level during the STEPWISE procedure

Table 2. Range of regressor variables selected for the precipitation-topography model

ASPECT GROUP	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW	
VARIABLE(unit)	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
DEM1(m)	910	7	829	0	917	18	965	3	676	0	897	13	764	2	517	2
DEM31(m)	617	19	865	59	839	109	875	31	683	8	803	21	865	23	752	13
ELEV7(m)	515	2	702	10	701	37	735	6	554	11	635	5	624	2	494	5
DEV7(m)	-2	-144	-2	-228	215	-197	49	-213	240	-156	112	-185	172	-310	34	-235
DEV31(m)	-16	-113	-8	-312	298	-267	216	-223	262	-280	285	-331	283	-321	122	-235
CODI(km)	82	1	109	5	109	1	111	5	99	1	97	3	89	0	96	8
OPEN_N(0-255)	182	174	189	170	193	161	195	172	188	169	185	172	186	164	189	176
OPEN_NE(0-255)	182	177	190	172	195	176	195	172	187	159	189	169	183	171	191	172
OPEN_E(0-255)	181	176	194	175	193	176	196	171	186	161	193	170	183	173	195	170
OPEN_SE(0-255)	184	175	190	170	201	175	191	173	189	173	189	171	192	173	189	169
OPEN_S(0-255)	185	177	189	170	195	165	187	163	189	171	187	174	194	173	184	170
OPEN_SW(0-255)	183	178	187	169	183	163	188	163	198	172	190	170	188	176	187	167
OPEN_W(0-255)	184	178	184	164	183	164	188	162	196	173	189	166	187	176	189	164
OPEN_NW(0-255)	184	175	189	169	184	156	186	167	186	171	188	170	187	166	190	169
SLOPE5(deg)	2	0	5	0	7	0	5	0	7	0	6	0	6	0	6	0

없다 (Table 2).

한편 남한지방에서 이 모형의 적합성을 검증하기 위해서는 모형작성에 이용된 자료기간(1986년부터 1995년에 277개 지점 외의 공간적으로 독립된 강수량자료가 있거나, 같은 관측소일 경우 1995년 이후 최소한 10년정도 시간적으로 독립된 자료가 필요하므로 현 단계에서는 검증작업을 수행할 수 없다.

3.2. 북한지방에의 적용

작성된 모형을 이용하여 북한지방의 10년 평균 월별 강수량분포를 추정하기 위해서는 북한전역을 경사방향에 따라 8개 그룹으로 분류해야 한다. 앞서와 마찬가지로 출력해상도를 10 km×10 km로 조정하고, ASP 31 GRID의 북한지방 해당 셀의 경사향값을 방위에 따라 8종류로 재분류하였다. 북한전역은 121,614개의 1 km×1 km 셀로 표현할 수 있으며 분류된 결과는 Table 3에 정리되어있다.

재분류된 GRID로부터 같은 방위값을 갖는 셀들만 발췌하여 각각 새로운 GRID 8개로 분산 저장하였다.

월별로 사면방위별 회귀모형을 해당 GRID 대상으로 구동시켜 8개 출력 GRID를 얻었다. 이들을 모자이크 형태로 결합함으로써 북한영토 전체에 대한 강수량 분포도를 작성하였다. 전술한대로 만약 이 과정에서 통계적으로 유의성 있는 회귀모형이 도출되지 못한 경우에는 해당 월의 추세강수량 GRID로 셀 값을 대체하였다.

Fig. 5는 이들 중 4월, 5월, 6월의 강수량분포도(실제로는 1 km×1 km 셀 해상도의 GRID 3종)를 통합한 것이다. 비의 과중기부터 이양기에 해당되는 이 기간의 강수량은 비 농사에 있어서 매우 중요한 지표이다. 유 등(1996)이 작성한 북한지방의 아날로그형 강수기후도와 비교했을 때 본 연구에서 만든 수치지도형 기후도가, 물론 정확성이 전제가 되어야 하겠지만, 북한의 농업현장에 미칠 파급효과를 쉽게 예상할 수 있을 것이다.

계산결과를 토대로 북한전역의 강수량을 월별로 분석해보면 남한과는 달리 8월에 지역평균 강수량이 가장 많은 반면, 표준편차는 적어서 지역적으로 안정된 강수량이 고르게 분포할 것으로 예상된다 (Table 4).

Table 3. Distribution of grid cells reclassified into 8 aspect groups representing northern part of the Korean Peninsula

ASPECT GROUP	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAL
NUMBER OF GRID CELLS	8,971	10,062	13,491	19,366	18,795	15,906	19,745	15,207	121,614

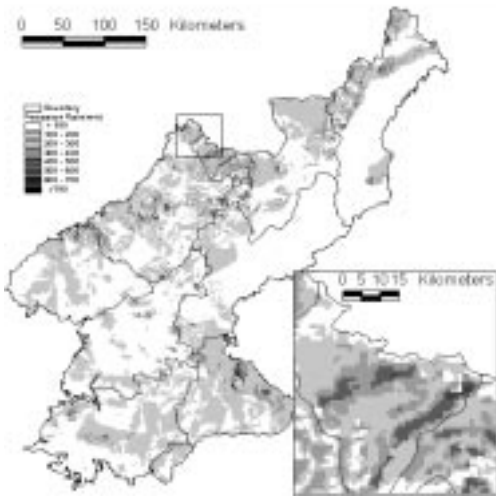


Fig. 5. A sample precipitation map of North Korea showing the spatial distribution of April to June rainfall sum, which is critical to the timely transplanting of rice seedlings. Insert is an enlarged view of the rectangle area.

Table 4. Monthly climatological precipitation of North Korea estimated by the aspect-dependent regression models derived from the 271 gauge observations and the surrounding topography in South Korea during 1986-1995 period

Month	Mean(mm)	Standard Deviation(mm)
January	25	17.7
February	42	16.2
March	49	21.9
April	48	21.5
May	64	30.3
June	82	38.4
July	184	100.8
August	203	79.9
September	74	56.0
October	36	24.5
November	32	23.2
December	19	10.9
Annual	938	245.9

연간 총강수량은 전 지역의 평균이 1,000 mm에 미치지 못하는데, 표준편차는 평균의 25%에 달해 지역적인 편차가 심할 것임을 알 수 있다.

3.3. 고찰

회귀모형의 후보변수로서 각종 지형특성의 정량적 표

현을 사용한 것은 동아시아지역에서 널리 이용되어온 ‘그물망기후도’ 작성법과 유사한 것으로서(과학기술처, 1992), 기존 방법과 다를 바 없지만, 북한지방의 강수량을 추정하기 위해 통계모형을 작성하는 과정에서 북한지방의 강수량자료를 이용하지 않고 인접한 남한의 자료를 이용한 점이 다르다. 이는 예측목적 통계모형의 일반적인 적용규칙을 벗어난 것으로서, 이를 보완하기 위해 본 연구에서는 두 가지 방안을 제시하였다. 첫째, 북한지방 표준관측소로부터 얻은 실측자료를 토대로 “추세강수량”을 계산하고 이를 모든 회귀모형의 기본변수로 활용함으로써 모형계산결과를 북한지방의 실제 강수량 절대값에 접근시켰다. 둘째, 산악지역의 강수분포에 큰 영향을 미치는 토지의 경사방향에 따라 관측소를 분류하고, 관측소 그룹별로 독립적인 회귀모형을 작성하여 범용 모형이 가질 수 있는 오차의 근원을 축소시켰다. 이 방법을 좀더 발전시킨다면 어떤 미지의 땅에 대하여 지형자료만 확보되면 최소한의 기후자료만으로도 손쉽게 정밀한 기후도를 작성할 수 있게 될 것이다.

기후의 공간내삽은 지리적으로 불규칙하게 산재한 관측소의 자료로부터 주로 통계학적 방법에 의해 거리에 따른 변이모형을 작성하고, 이 모형을 토대로 관측점 사이의 ‘빈 구멍’을 채울 수 있는 기후값을 추정하는 것이다. 따라서 추정된 기후값의 정확도와 정밀도는 자료를 얻을 수 있는 관측밀도에 절대적으로 좌우된다. 실용모형 가운데 최소의 해상도를 갖고 있으며 산악지역의 국지적인 강수량 추정에 널리 사용되는 PRISM의 경우에도 출력 해상도를 대략 6 km로 제한하고 있다 (Daly *et al.*, 1994). 본 연구에서 기준 셀의 크기와 출력 해상도를 1 km로 둔 것은 남한의 강수량 관측밀도(평균 17 km)와 비교했을 때 너무 높은 것이 사실이다. 그러나 277개 관측소가 남한 전역에 균일하게 분포한 것이 아니라 주요 수계에 밀집되어있어 좁은 지역내의 다양한 지형 특성을 상당부분 반영하고 있다. 또한 기준 셀 주변의 지형특성을 최대 반경 30 km까지 평활화 한 변수들이 모형작성에 쓰인 점을 고려하면 이 문제도 어느 정도 해소된다.

하지만 본 연구의 결과는 독립자료에 의한 검증과정을 거치지 않은 것이므로 작성된 강수기후도는 하나의 사례 내지 참고자료로 취급해야 할 것이다. 더

육이 농업적으로 실제 적용할 경우에는 상당한 위험을 내포한다. 앞으로 북한과의 협력관계가 개선되어 무인기상관측망을 공동운영하는 등의 방법으로 충분한 자료가 확보된다면 실용성 있는 결과인지 재평가 받을 수도 있을 것이다. 지금 상태로는 불확실한 점이 너무 많은 것이 사실이다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서 제시한 방법은 기존의 접근방법과 차별화되는 것으로서 나름대로의 가치를 갖는다고 볼 수 있다.

VI. 적 요

자료가 불충분한 북한지방의 강수기후정보를 얻기 위해 상대적으로 자료가 풍부한 남한의 지형-강수 관계를 도출하여 이를 북한지방에 적용하는 방법을 모색하였다. 남한 전역을 대략적인 경사방향에 따라 8개지대로 구분하고 10년간(1986년-1995년) 강수자료를 수집할 수 있는 277개 관측소를 지대에 따라 8개 그룹으로 나누었다. 관측소가 위치한 지점의 지형특성을 정량화 하여 월별 강수량의 공간변이를 가장 잘 설명하는 지형변수로 구성된 회귀모형을 각 그룹별로 작성하였다. 이 때 회귀식의 y 축 절편값 대신 24개 기상청 표준관측소의 월별 강수량값을 사용하였다. 1 km 해상도의 수치고도모형을 토대로 북한 전역을 역시 경사방향에 따라 8개지대로 구분하고, 27개 북한 표준관측소 월별 강수량자료로부터 등우량선도를 작성하였다. 이를 근거로 모든 격자점의 기준강수량을 파악하였다. 각 지대별로 남한자료로부터 작성된 회귀모형을 적용하여 월별 및 연간 강수량을 계산하고 이들을 통합하여 북한전역의 강수량 분포를 1 km×1 km 해상도로 표출하였다. 이 계산에 따르면 북한지방의 연간 총강수량은 지역평균이 938 mm이며 표준편차는 246 mm인 것으로 추정된다.

인용문헌

- 과학기술처, 1992: 전국 그물망 기후값 추정 및 기후도 작성 연구(3). 기상연구소 주관 특정연구 최종보고서.
- 유인수, 최돈향, 윤성호, 1996: 북한의 수도작 농업기후시대 구분. 국제농업개발학회지 **8**(3), 206-215.
- 윤진일, 이민영, 남재철, 1989: 제주도의 그물망 기후자료 생산. 기상연구논문집 **6**(1), 61-74.
- Daly, C., R. P. Neilson, and D. L. Phillips, 1994: A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. *Journal of Applied Meteorology* **33**(2), 140-158.
- Johnson, G. L., P. A. Pasteries, G. H. Taylor, and C. Daly, 1999: Spatial climate products-a new dimension for climate applications. Preprints, *11th Conference on Applied Climatology*, Dallas, Texas, American Meteorological Society, 107-113.
- Landsberg, H. E., 1958: *Physical Climatology*(2nd ed.). Gray Printing, DuBois, Pennsylvania. 446pp.
- Nadler, I. A. and R. W. Wein, 1998: Spatial interpolation of climatic normals : test of a new method in the Canadian boreal forest. *Agricultural and Forest Meteorology* **92**, 211-225.
- Phillips, D. L., J. Dolph, and D. Marks, 1992: A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitation in mountainous terrain. *Agricultural and Forest Meteorology* **58**, 119-141.
- Seino, H., 1993: An estimation of distribution of meteorological elements using GIS and AMeDAS data. *J. Agricultural Meteorology(Japan)* **48**(4), 379-383.
- Tabios III, G. Q. and J. D. Salas, 1985: A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. *Water Resources Bulletin* **21**(3), 365-380.
- Yajima, M., 1996: Monitoring and forecasting of rice growth and development using crop-weather model. In: R. Ishii and T. Horie(eds.), *Crop Research in Asia: Achievements and Perspective*. Asian Crop Science Association, 280-285.
- Yun, J. I., Y. S. Chun, C. S. Lee, and K. B. Yoo. 1988: Relationship between rainfall distribution and site topography in Cheju Island, Korea. *METRI Journal of Atmospheric Research* **5**(1), 43-49.