

# KMA-RCM(A1B) 강우 자료를 이용한 지역빈도해석

## Reginal Frequency Analysis using KMA-RCM(A1B) rainfall data

송창우\*, 김수진\*\*, 김연수\*\*\*, 김형수\*\*\*\*

Chang Woo Song, Soo Jun Kim, Yon Soo Kim, Hung Soo Kim

### 요 지

기후변화에 따른 기상변화가 집중호우 및 돌발홍수 등의 형태로 가시화 되고 있으며, IPCC 보고서(2007)는 21세기 후반까지 온도상승으로 인한 폭우 및 태풍이 점차 강력해질 것이라는 예측을 하였다. 이러한 예측의 대응으로 전 세계는  $CO_2$  감축을 위한 노력이 진행중에 있으며,  $CO_2$  변화에 따른 미래 강수의 빈도해석을 해야한다는 주장이 제기되고 있다. 이에 본 연구는 기상청 지역기후모델(KMA-RegCM3) A1B시나리오의 강우 자료를 이용하여 Quantile-Mapping을 실시한 후 지역빈도해석을 실시하였다. 대상지역은 국내 전역에 위치한 기상청 산하 58개 관측소를 선정하였다. Hosking(1997)이 제안한 L-moment 알고리즘을 이용하여 지역빈도해석을 수행하였으며, 그 결과 A2 시나리오보다 상대적으로  $CO_2$  배출량이 낮은 A1B시나리오 역시 모든 지역에서 확률강수량이 증가함을 알 수 있었다.

**핵심용어 : 기후변화, 확률강수량, 지역기후모델, 지역빈도해석**

### 1. 서론

최근 기후변화의 영향으로 전 세계 도처에서 이전까지 일어나지 않은 폭우 및 태풍이 나타나고 있다. 이러한 변화를 예측하고자 각 국은 IPCC 시나리오를 사용하여 연구를 진행하고 있다. 국내에서는 IPCC 시나리오 중 A2 시나리오를 기반으로 한 연구가 많은 부분 진행되었고, 또한 진행 중에 있다. 하지만, 전세계적으로 기후변화를 완화시키기 위하여 교토의정서 발효 및 코펜하겐 합의 등을 통해  $CO_2$  발생을 감소시키기 위한 노력을 기울이고 있다. 이에 본 연구는 A1B시나리오 기반의 KMA-RegCM3를 통하여 빈도해석을 실시하였다. 기후변화모델의 강수량이 저추정 되는 점을 감안하여 Quantile-mapping을 실시하여 오차보정을 하였다. 또한, 빈도해석을 위해 영국에서 출판한 Flood Estimation Handbook(FEH)을 참고하였다. FEH에서 구하고자하는 빈도가 자료의 길이보다 크고, 27년이 이상이면 지역빈도해석을 추천하고 있다. 이에 본 연구에서는 2011~2040년까지의 빈도해석 방법을 지역빈도해석으로 실시하였다. 지역빈도해석은 Hosking(1997)이 제안한 L-Moment 알고리즘을 이용하였다.

### 2. KMA-RegCM3 기후모형과 예측자료분석

기상청 국립기상연구소는 대기-해양 결합 모형인 전 지구 기후모형 ECHO-G를 독일 막스플랑크 기상연구소에서 도입하여 전 지구 규모의 기후 예측을 산출하였다. 이를 축소하기 위하여 사용된 모형은 지역기후모형 MM5로 역학적 규모축소법을 활용하여 전 지구 약 400km를 약 27km로 상세화

\* 학생회원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 토목공학과 석사과정 · E-mail : s-c-2@hanmail.net  
\*\* 정회원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 토목공학과 박사과정 · E-mail : soojuny@empal.com  
\*\*\* 정회원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 토목공학과 석사과정 · E-mail : engineer1026@nate.com  
\*\*\*\* 정회원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 토목공학과 교수 · E-mail : sookim@inha.ac.kr

한 한반도 미래 기후예측자료를 계산한다. 다음은 국립기상연구소의 KMA-RegCM3 자료에 관한 설명이다.

- 시나리오 : A1B 시나리오에 따른 한반도 기후변화 시나리오
- 사용모델 : MM5 (전지구결합모델인 ECHO-G로부터 산출된 전 지구 기후변화 시나리오를 입력 자료로 한 지역 기후모델)
- 자료영역 : 한반도 영역(32.968° N~43.426° N, 122.935° E~131.447° E)
- 격자정보 : 위경도 27km 간격(~0.2432°), 람베르트 원추 모형

관측값 및 기후예측자료를 분석한 결과 <그림 1>과 같이 KMA-RegCM3 자료가 저추정된 사실을 알 수 있었다.

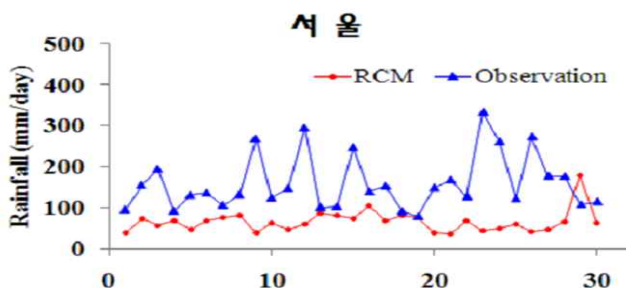


그림 1. 관측자료 및 기후예측자료 분석결과

### 3. 분위사상법(Quantile-Mapping)

강수예측모형의 후처리를 위해 사용되는 방법 중 하나인 Quantile-mapping은 관측값과 모의값이 동시에 존재하는 일정한 과거 기간을 선택하여, 관측값과 모의값의 누적확률분포를 이용하여 모의값의 확률분포를 관측값의 확률분포에 사상시키는 방법이다 강부식(2007). 또한, 경민수(2010)와 김병식(2008)은 분위사상법을 통하여 오차보정을 하였다. 본 연구 역시 KMA-RegCM3의 모의값이 저추정되어 있음을 확인하고, 분위사상법을 통하여 보정을 실시하였다. 분위사상법의 일반적 절차는 다음과 같다. <그림 2>는 분위사상법의 일반적 절차를 나타낸 것이다.

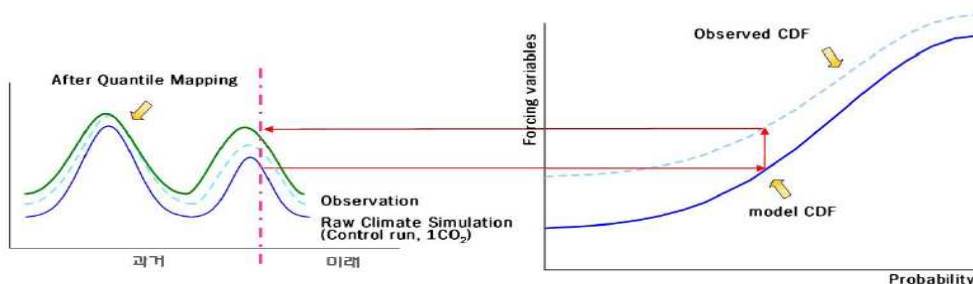


그림 2. Quantile mapping

### 4. L-Moment법을 사용한 지역빈도해석 절차

L-Moment법을 이용한 지역빈도해석 단계는 지점별 자료의 검증, 지점별 자료의 동질성 평가, 적정 지역확률분포형의 선정, 지역빈도분포의 매개변수 산정 4가지 단계로 진행된다. 본 연구에서는 Hosking과 Wallis(1997)가 제시한 지표를 이용하여 빈도해석을 실시하였다.

#### 4.1 군집분석

지역빈도해석의 수행시 지역을 구분하는 방법은 다양하지만 객관적인 방법으로 군집분석이 활용된다. 군집분석은 계층적 방법과 비계층적 방법으로 구분된다. 계층적 방법에는 WARD기법 등이 있으며, 비계층적 방법에는 K-means, K-mediods 방법 등이 있다 허준행(2007). 본 연구에는 Hosking(1997)이 제안한 WARD기법과 K-means기법을 사용하였다. 군집분석의 결과는 <표 1>과 같다.

표 1. 군집분석 결과

지역번호	지점명	지역번호	지점명
1	속초, 춘천, 인제	8	목포, 완도, 해남, 고흥
2	서울, 수원, 양평, 이천, 제천, 홍천	9	광주, 임실, 남원, 순천, 장흥
3	인천, 서산, 강화, 천안, 보령, 부여	10	통영, 진주, 거창, 합천, 밀양, 산청, 거제, 남해, 여수
4	추풍령, 대구, 보은, 구미, 의성		
5	대관령, 강릉	11	제주도, 서귀포, 성산포
6	울진, 영덕, 울릉도	12	전주, 정읍, 군산, 부안
7	포항, 영천, 울산, 부산	13	청주, 대전, 영주, 문경

#### 4.2 지점별 자료의 검증

지역 내 어떠한 지점의 L-moment이 타지점의 값과 비일관성에 대한 검증을 실시하는 목적으로 불일치척도(discordancy measure)  $D(i)$ 를 산정한다.

$$\bar{u} = N^{-1} \sum_{i=1}^N u_i \quad (1)$$

$$D_i = \frac{1}{3} (u_i - \bar{u})^T S^{-1} (u_i - \bar{u}) \quad (2)$$

여기서,  $u_i = [t^i, t_3^i, t_4^i]^T$ ,  $S$ 는 표본자료의 공분산 벡터,  $N$ 은 지점의 수

$D(i)$  값이 큰 지역은 데이터의 전체 군집내에 불일치성을 가진 지점을 의미하며, 이러한 지점의 자료는 오류 여부를 확인해야한다.

#### 4.3 지점별 자료의 동질성 평가

어떠한 군집속에 소속된 지점의 자료가 수문학적으로 동질성을 가지는지를 평가하기 위하여 이질성 척도(Heterogeneity measure)  $H$ 를 사용한다.

$$H = (V - \mu_V) / \sigma_V \quad (3)$$

여기서,  $V$ 는 지점별 표본자료의 L-변동계수  $t^i$ 의 가중분산으로서 다음 식으로 계산된다.

$$V = \frac{\sum_{i=1}^N n_i (t^i - \bar{t})^2}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (4)$$

표본자료 집단의 평균 L-Moment  $1, \bar{t}, \bar{t}_3, \bar{t}_4$ 를 가지는 Kappa 분포를 적합시키고 Kappa 분포에 맞추어  $N$ 개 지점 각각에 대하여 임의성을 가정할 수 있을 만큼 표본의 자료수와 동일한 모의자료수로 충분한 회수의 모의발생을 실시한다.  $H < 1$ 이면 동질성 지역,  $1 \leq H \leq 2$ 이면 이질성 지역일 가능성이 있으며,  $H > 2$ 이면 확실한 이질성 지역으로 분류한다.

#### 4.4 적정 지역확률분포형의 선정

수문학적 동질성을 가지는 지역을 판단한 후, 적정확률분포형을 선정하는 척도로서 적합성 척도(Goodness-of-Fit measure)  $Z$ 를 사용한다.

$$Z^{DIST} = (\tau_4^{DIST} - \bar{t}_4 + \beta_4) / \sigma_4 \quad (5)$$

여기서, 적합성 인정의 최소 기준은  $|Z^{DIST}| \leq 1.64$  이다. 각 군집별 분포형은 <표 2>와 같다.

표 2. 각 군집별 분포형

지역번호	분포형	지역번호	분포형
1	GPA	8	GEV, Normal, PTIII, GPA
2	GPA	9	GPA
3	Normal, PTIII, GPA	10	GPA
4	GPA	11	GPA
5	Logistic, GEV, Normal, PTIII, GPA	12	GPA
6	GEV, Normal, PTIII, GPA	13	GPA
7	Logistic, GEV, Normal, PTIII, GPA		

5. 대상지역

본 연구의 대상지역은 한반도 전역에 걸쳐 분포하는 58개 강우관측소를 대상으로 하였다. 국내 관측소 중 58개 강우관측소를 선정한 이유는 관측값과 모의값을 오차보정하기 위한 년수를 30년으로 설정하였기 때문에 자료의 기간이 30년 이상인 관측소를 대상지역으로 선정하였다.

표 3. 관측지점

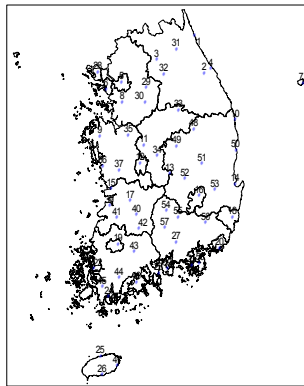


그림 3. 대상지역

No.	관측소	No.	관측소	No.	관측소	No.	관측소
1	속초	16	대구	31	인제	46	성산포
2	대관령	17	전주	32	홍천	47	영주
3	춘천	18	울산	33	제천	48	문경
4	강릉	19	광주	34	보은	49	영덕
5	서울	20	부산	35	천안	50	의성
6	인천	21	통영	36	보령	51	구미
7	울릉도	22	목포	37	부여	52	영천
8	수원	23	여수	38	부안	53	거창
9	서산	24	완도	39	임실	54	합천
10	울진	25	제주도	40	정읍	55	밀양
11	청주	26	서귀포	41	남원	56	산청
12	대전	27	진주	42	순천	57	거제
13	추풍령	28	강화	43	장흥	58	남해
14	포항	29	양평	44	해남		
15	군산	30	이천	45	고흥		

6. 결과

한반도 전역의 58개 지점에 대한 동질성 평가 및 군집분석을 통하여 13개로 분류하였다. 군집별 빈도분석결과는 <표 4>을 통하여 확인 할 수 있다. 현재 및 미래빈도별 분석은 <표 5>에 나타내었다. 빈도분석 결과를 지도상에 도시한 결과는 <그림 4>에서 확인 할 수 있다.

표 4. 군집별 빈도분석결과(단위 : mm)

지역번호	빈도	80yr	100yr	200yr	1000yr
1		535.4	565.7	664.1	918.6
2		608.1	644.1	760.9	1066.7
3		534.4	567.6	676.0	963.8
4		466.4	494.9	587.3	831.3
5		910.6	976.7	1200.0	1823.7
6		537.5	570.2	678.3	962.5
7		626.8	666.0	794.1	1130.0
8		696.4	738.1	874.0	1230.8
...			...		
13		390.9	412.8	483.7	669.5

표 5. 빈도분석결과(단위 : mm)

관측소	빈도	80yr	100yr	200yr	1000yr
서울	현재	377.7	390.8	431.3	525.2
	미래	535.4	565.7	664.1	918.6
강릉	현재	702.2	741.3	870.8	1218.2
	미래	910.6	976.7	1200.0	1823.7
부산	현재	512.5	538.1	619.9	826.0
	미래	512.5	538.1	619.9	826.0
광주	현재	442.1	463.6	532.3	704.4
	미래	529.1	560.5	662.7	930.7

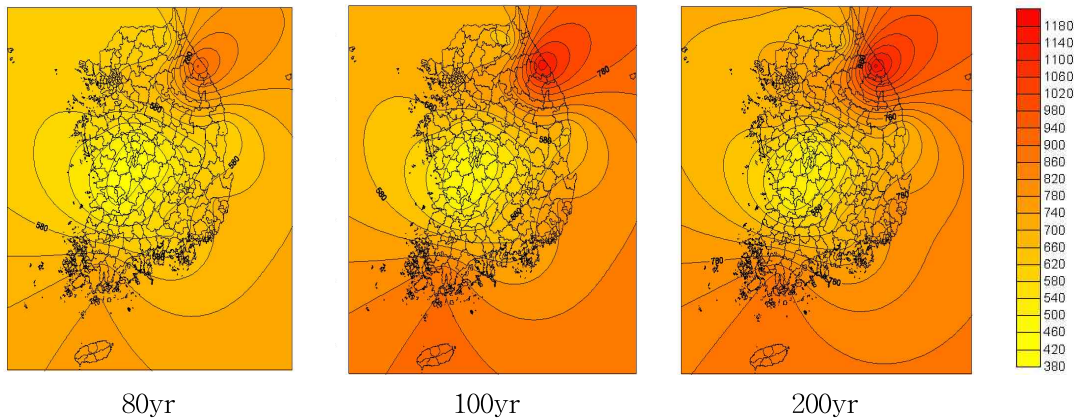


그림 4. 확률강수량(2011~2040년 기준)

## 7. 요약 및 결론

한반도 전역 중 수문관측자료가 30년 이상이 되는 58개 관측소의 일우량계열과 국립기상연구소의 KMA -RegCM3 A1B시나리오의 일우량계열을 Quantile-mapping을 통하여 오차보정하였다. 보정된 우량계열(2011~2040년)의 모의자료를 이용하여 빈도분석을 실시하였다. 빈도분석은 재현기간과 자료의 기간을 토대로 Flood Estimation Handbook에서 추천하는 지역빈도해석을 실시하였다. 각 성장곡선에 따른 빈도의 증가율은 현재 빈도별 강수량 대비 약 1.5~2배를 나타내었다. 또한, A2시나리오보다  $CO_2$  배출량이 적은 A1B시나리오 역시 빈도별 강수량이 증가함을 본 연구를 통하여 알 수 있었다. 따라서, 미래 모의자료를 이용한 확률강수량은 A1B, A2시나리오 모두 증가하고 있다. 하지만, 미래 모의자료는 불확실성이 크기 때문에 다양한 시나리오별 확률강수량을 산정하고, 사용하는 것이 합리적이라고 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업 [NEMA-09-NH-02] 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고 문헌

1. 경민수(2010). 기후변화가 표준강수지수 및 확률강수량에 미치는 영향 평가, 박사학위연구, 인하대학교.
2. 강부식, 문태완, 황만하(2007). 유역 수문예측을 위한 통계적 기법의 활용, 물과 미래, 제 40권, 제 8호, pp. 24~31
3. 허준행, 이영석, 신흥준, 김경덕(2007). 우리나라 강우자료의 지역빈도해석 전용성연구(1): 확률강수량 산정, 대한토목학회논문집, 제 27권, 제 2B호, pp.101~111
4. Flood Estimation Handbook, 1999 Flood Estimation Handbook, 1999. Institute of Hydrology, Wallingford, Oxfordshire, UK.
5. Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R. (1997). Regional frequency analysis : An approach based on L-moments, Cambridge University Press.