

# 고해상도의 RCM 자료를 이용한 기후변화가 강우빈도 분석에 미치는 영향

## Climate Change effect on Rainfall Frequency analysis using high resolution RCM Data

김병식\*·김보경\*\*·권현한\*\*\*·윤석영\*\*\*\*

Byung Sik Kim, Bo Kyung Kim, Hyun Ha Kwon, Seok Young Yoon

### 요 지

2007년 세계경제포럼(WEF)은 우리가 직면한 최우선 해결과제로 기후변화를 언급하였다. 최저 기온 상승과 가뭄 영향 지역 확대, 폭염일수와 지역적 홍수 위험 증가 등 각종 이상기상이 야기하는 피해 확대에 대한 예상과 우려 때문이다(IPCC, 2007). 세계적으로 고온극한과 호우빈도 증가, 태풍 세기가 강화될 것으로 전망되고 있으며(IPCC, 2007), 국내의 경우 겨울철 한파 감소와 대설 피해 증가, 여름철 집중호우의 강도 심화, 가을철 초대형 태풍 발생으로 인한 피해 가능성이 예측되고 있다(기상연구소, 2007). 현재, 이러한 현상들을 가시화하고 대처방안을 마련하기 위한 일환으로 기후변화 시나리오(GCM)가 작성되어 연구에 이용되고 있다. 그러나 GCM의 경우, 공간적 해상도가 낮아 지형학적 특성 등을 충분히 반영하지 못하는 단점이 있어 최근에는 공간 해상도가 GCM보다 높은 RCM(Regional Climate Model, 지역기후모델)자료를 적용한 연구도 진행되고 있다. 본 논문에서는 SRES A2 온난화가스시나리오 기반의 기상청 RegCM3 RCM(27km×27km)로부터 일(daily)단위 자료를 각각 모의하여 비교하고, BLRPM을 이용하여 일(daily)단위 자료를 시(hourly)단위로 분해(disaggregation)하였다. 그리고 이들을 이용하여 지속기간별 확률강우량을 산정하여 미래 기후변화가 극한 강우에 미치는 영향을 평가하였다.

**핵심용어** : 기후변화, RCM, YONU CGCM, BLRPM, Disaggregation

## 1. 서 론

IPCC(2001)는 대기 중의 CO<sub>2</sub> 농도가 1750년 280ppm에서 1999년에는 367ppm까지 증가하였으며 2050년과 2100년쯤에는 각각 463~623ppm과 470~1099ppm까지 증가할 것으로 전망하였다. 또한, 전구의 평균기온이 20세기를 지나면 약 0.6±0.2℃ 상승할 것이며 이는 지난 1000년 동안 가장 큰 상승이라고 하였다. 이 현상을 Clausius-Clapeyron 물리식 개념에서 보면 온도가 높아질수록 증기압이 증가하며, 이는 곧 홍수를 유발할 수 있는 잠재력이 증가하는 것으로 설명할 수 있다. 이러한 현상은 현재까지 세계 여러 지역에서 지구의 평균온도가 꾸준히 상승하고 있으며 이에

\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원 e-mail : hydrokbs@kict.re.kr  
\*\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원 e-mail : winnerbk@kict.re.kr  
\*\*\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원 e-mail : hkwon@kict.re.kr  
\*\*\*\* 정회원·한국건설기술연구원 정책연구실 정책실장 e-mail : syyon@kict.re.kr

따라 강우량이 점차 증가하는 경향을 보인다고 한 Nocholls 등(1996) 연구 외에도 이미 많은 지역에서 관측된 바 있다(IPCC, 2001). 기후변화가 수문순환 과정을 빠르게 진행시키고, 극한 사상의 출현 빈도와 그 상태를 증가시킨다는 가정이 실제 수문자료의 변화로 관측되고 있는 것이다.

기상청 발표에 의하면 우리나라의 경우 기온은 20세기 동안 1.5℃ 상승하였으며, 최근 20년간 강수량은 7% 증가한 반면, 강수일수는 14% 감소하였으며 80mm 이상의 호우 발생빈도가 증가하는 추세를 보이고 있는 것으로 나타났다. 이러한 극한 강우 특성의 변화는 인간 생활 및 생태계에 변화를 야기할 수 있으며 특히, 수자원 부존량 변화와 홍수 및 가뭄 빈도에 영향을 미치게 될 것이다. 기후변화가 수문학적 극한 사상에 미치는 잠재적 영향은 지난 십년간 수문학 분야에 많은 관심을 이끌어왔으며 많은 연구들이 전구적 온난화로 인하여 극한 수문 사상의 규모 및 빈도가 증가한다는 결과를 보여주었다(Kite, 1993; Boorman와 Sefton, 1997; Panagoulia와 Dimou, 1997; Gellens와 Roulin, 1998; Saelthun 등, 1998; Mirza 등, 1998; Prudhomme 등, 2003; Meehl와 Tebaldi, 2004). McGuffie 등(1999)은 온난화가 진행되는 기후상황에서는 집중호우의 규모와 빈도가 증가한다고 하였으며 강우량의 변화는 유역의 유출량을 변화시킨다고 하였다. 최근 수공시설물의 설계규모를 넘어서는 극한 강우사상의 발생은 여러 수공구조물과 홍수방어시스템을 파괴하는 원인이 되고 있기 때문에 극한 강우사상에 대한 현재의 시공간적 특성을 파악하는 것뿐만 아니라 (Osborn 등, 2000; Osborn와 Hulme, 2002), 미래의 기후변화 하에서 극한강우사상이 어떻게 변화하고 수공구조물의 설계수명기간(Design period)에 대한 분포형이 어떻게 변화할지를 이해하는 것이 매우 중요한 것으로 해석할 수 있다(Fowler와 Kilsby, 2003a,b).

## 2. 연구 목적 및 방법론

본 연구에서는 미래 기후변화가 극한 강우에 어떠한 영향을 미치는지 평가하기 위하여 IPCC SRES A2 온난화가스시나리오를 이용하여 고해상도(27km×27km)로 작성된 기상청 RegCM3 RCM 자료로부터 서울, 대구, 광주 지점 관측소별 일(daily)단위 기후변화 시나리오를 모의하였다. 그리고 Quantile Mapping 방법(Wood 등, 2002; Hamlet 등, 2003)을 이용하여 각 지점별 관측기간 46년(1961년~2006년)자료에 대하여 편이 보정(bias correction)을 실시하였다(권현한 등, 2008). 또한 기후변화가 고려된 단기(short term)강우 사상을 모의하기 위하여 Rodriguez-Iturbe 등(1987)이 제시한 구형펄스(MBLRP)모형과 분해기법(adjustment method)(Koutsoyannis, 1994)을 이용하여 일 강우자료를 시간(hourly) 단위의 강우를 모의하였다(김병식 등, 2008). 그리고 이들 시간 단위 강우를 이용하여 지속기간별 확률강우량을 산정하여 미래의 기후변화가 극한강우의 강우강도와 설계빈도 곡선에 미치는 영향을 평가하였다. 그림 1은 본 논문의 분석과정을 나타낸 것이다.

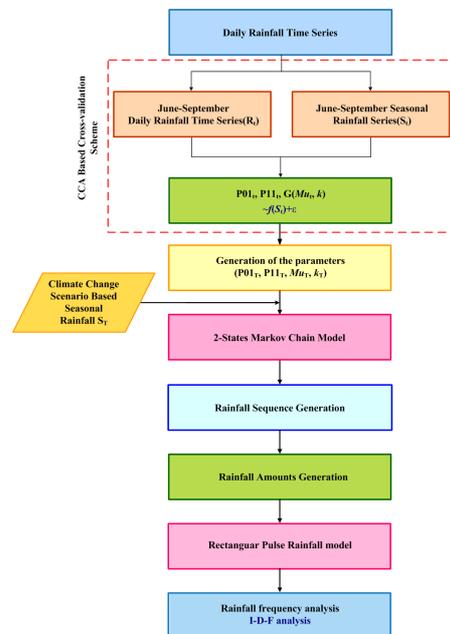


그림 1. 연구 흐름도

### 3. 적용 및 결과

본 연구에서는 기존 기후변화 관련 연구에서 사용되어 온 GCM(General Circulation Model)보다 더 세밀한 간격으로 구성되어 높은 해상도를 가진 RCM(Regional Climate Model)자료를 사용하였다(그림 2).

앞서 그림 1에 나타낸 것과 같이 C-WGEN을 적용하여 2001년부터 2060년까지 작성된 서울, 대구, 광주 지점(그림 3)의 관측소별 일(daily)단위의 강우 시계열에 대하여 Panofsy와 Brire(1963)이 제안한 Quantile Mapping 방법을 적용하였다. 모의된 GCM 자료를 보다 정확하게 보정하는데 목적을 두며(Wiley, 2004), 먼저 GCM 자료와 과거 자료의 누가확률분포를 산정한 후 동일한 확률 분포형을 가질 수 있도록 전이함수를 만들어 미래 GCM자료에도 동일하게 적용하는 방법이다(김병식 등; 권현한 등, 2008). 미래 기후변화 상태에서의 계절별 강수량을 현재와 비교한 결과 그림 4와 같이 여름철과 겨울철에 대체적으로 증가하는 경향을 보였다. 특히, 여름철의 경우 상대적으로 관동지방 및 동해안의 영향이 큰 것으로 나타났으며 겨울철에는 남해안 일대가 상대적으로 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

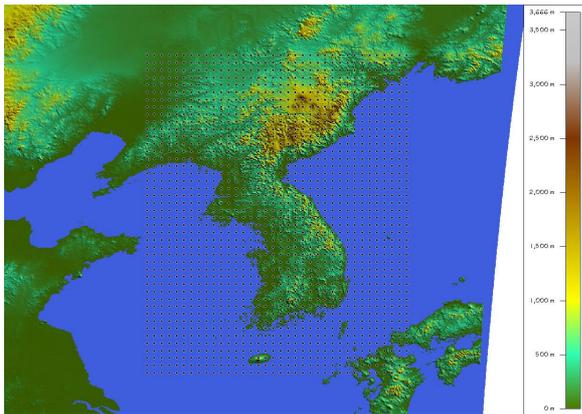


그림 2. RegCM3 RCM

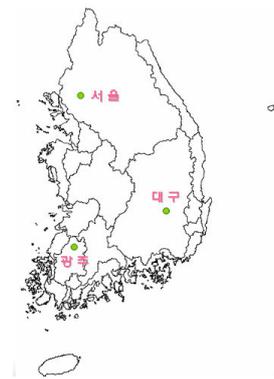
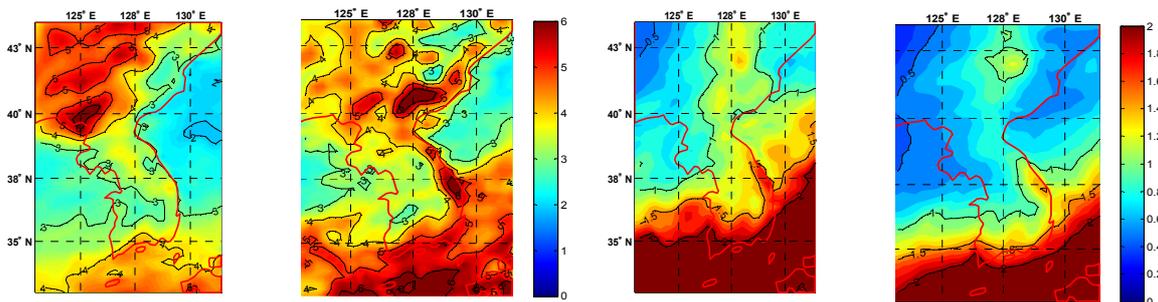


그림 3. 분석지점(서울, 대구, 광주)



(a) AMJ

(b) JAS

(c) OND

(d) JFM

그림 4. 현재강수와 2015s(2001 ~ 2030)강수의 공간적 분포 비교

그림 5는 서울 지점에 대하여 RegCM3 RCM 자료로부터 Quantile Mapping 방법을 적용한 후 모의 결과에 대한 불확실성을 검토한 결과를 나타낸 것으로, 모형 보정과 검정결과 시 불확실성 검토 범위 내 적정하게 위치하는 것을 확인할 수 있었다.

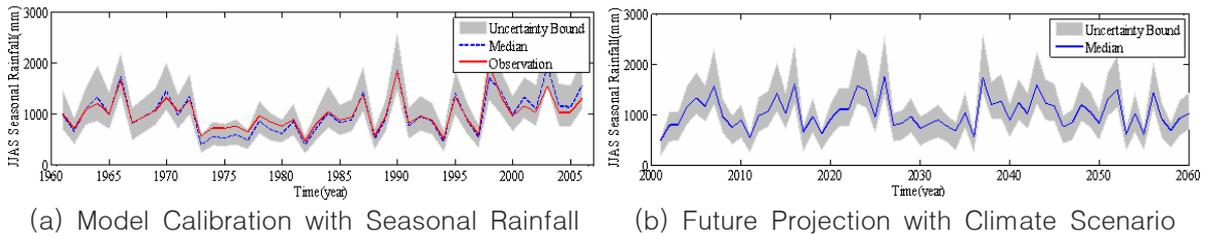


그림 5. Model Calibration and Future Projection

보정된 일(daily)단위 자료를 시(hourly)단위 자료로 변환하기 위하여, Rodriguez-Iturbe 등(1987, 1988)이 제안 및 수정한 구형펄스(Modified Bartlett Lewis Rectangular Pulse, MBLRP)모형을 적용하였다. 서울, 대구, 광주 지점의 7월 관측 자료로부터 추정된 매개변수로부터 RegCM3 RCM 기후변화 시나리오(2021년~2050년)상황에서의 일(daily)단위 강우를 시(hourly)단위 강우로 분해한 후 이들 결과를 이용하여 2030s 기간의 지속기간별 확률강우량 곡선을 작성하였다(그림 6).

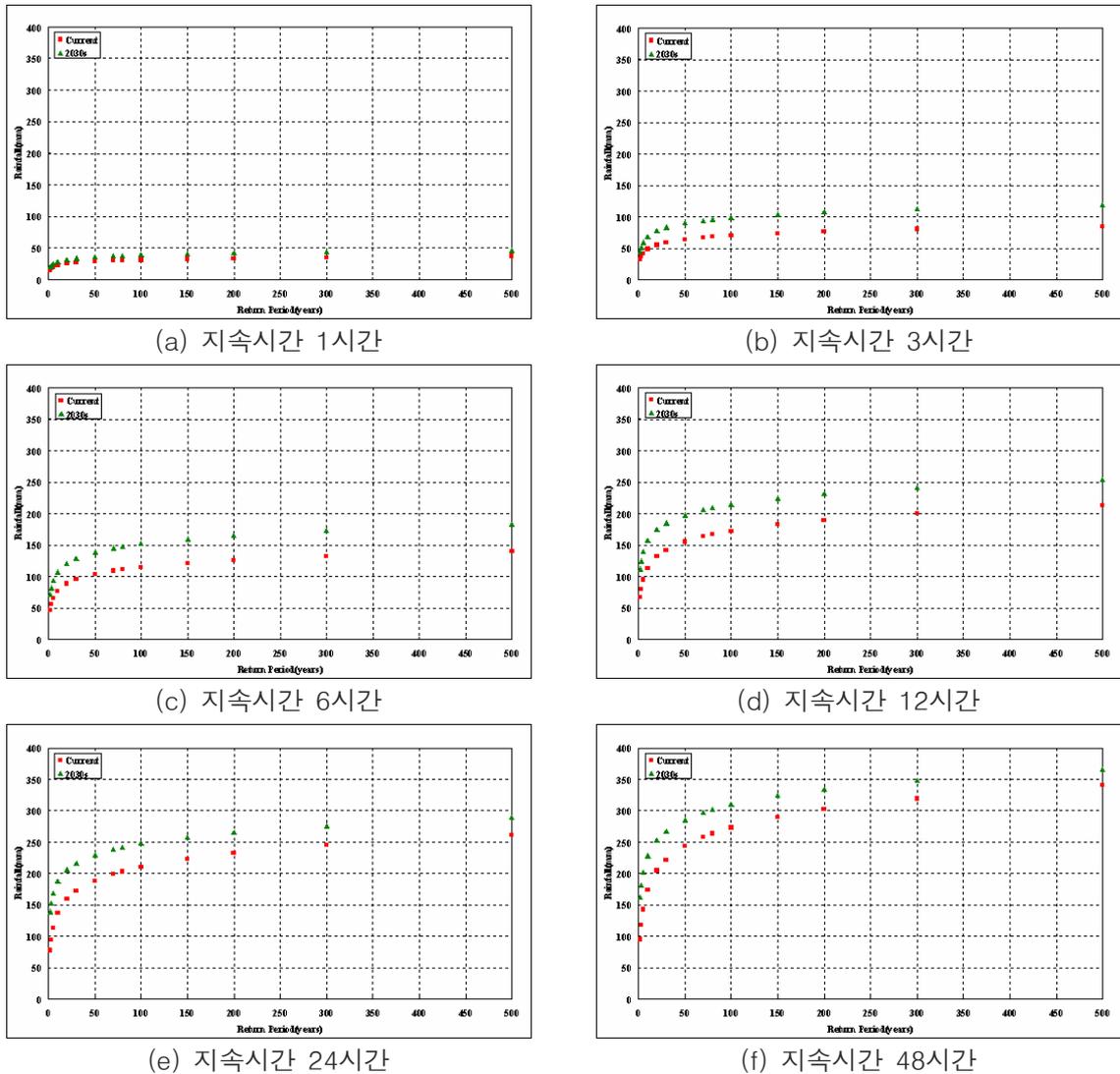


그림 6. 지속기간별 빈도별 확률강우량 비교(서울 지점)

#### 4. 결 론

본 논문에서는 전 세계적으로 경험하고 있는 기후변화를 인정하고 미래의 기후변화가 극한 강우에 어떠한 영향을 미치는지를 평가하기 위하여 SRES A2 온난화가스 시나리오 기반의 RegCM3 RCM 자료를 이용하여 미래의 극한강우의 특성 분석과 지속기간별 확률강우량 분석을 실시하였다. 미래 기후변화 상태에서의 계절별 강수량을 현재와 비교한 결과 여름철과 겨울철에 대체적으로 증가하는 경향을 보였으며, Seasonal 자료(6월~9월)를 분석하여 현재와 비교하였을 때, Seasonal 강수량의 변화는 크게 두드러지지 않는 것으로 나타났으나 강수일수 감소가 뚜렷한 것을 확인할 수 있었다. 한편, 모의된 RCM 자료의 불확실성을 검토하여 모형 보정과 검정결과 시 불확실성 검토 범위 내 적정하게 위치하는 것을 확인하였다. 이후, 수정구형펄스(Modified Bartlett Lewis Rectangular Pulse, MBLRP)모형을 이용하여 서울, 대구, 광주 지점에서의 미래 일(daily)단위의 자료를 시(hourly)단위 자료로 분해하여 지속기간별 빈도별 강우량 곡선을 작성하였다. 그 결과 지역 별로 차이는 있으나 대체적으로 현재보다 2030년대의 강우강도가 증가함을 확인할 수 있었다.

과거에는 관측된 적이 없고, 따라서 예측할 수 없는 기후변화라는 현상이 전 세계적으로 이슈화 되는 것은 근래에 들어 원인을 알 수 없는 폭우, 폭염과 이상 고온 현상 등을 경험하기 때문이다. 날씨, 기상과 기후는 고정된 형태나 일관성이 없는 것으로 그 안에 이미 많은 불확실성을 내포하고 있다. 그리고 이와 같은 사실은 비단 수문 관련 연구자만이 아니라 여러 분야 연구자들도 인정하고 있다. 어떤 모형을 통한 모의 결과가 현실을 똑같이 재현할 수도, 예측할 수 없음에도 불구하고 기후변화와 관련된 연구가 활발하게 진행되는 것은, 과거의 자료나 발생하였던 현상을 정확하게 맞추고 이에 근거하여 미래를 예측하는 것이 아니라 미래에 발생할 수 있는 가능성과 잠재성을 인지하도록 하는데 있다. 분명한 것은 지금 이 순간도 시간이 지남에 따라 가까운 과거와는 다른 변화가 진행되고 있으며 본 논문의 결과 또한 특정 기간, 특정 지역에 반드시 이러한 현상이 발생한다는 것을 의미하는 것이 아니라 기후변화를 고려한 여러 시나리오 중 하나에 근거하여 분석된 결과이며 그 잠재성을 평가하였다는 점에 의미를 부여하고 싶다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 한국건설교통기술평가원의 이상기후대비시설기준강화 연구단에 의해 수행되는 2005 건설기술기반구축사업(05-기반구축-D03-01)에 의해 지원되었습니다.

#### 참 고 문 헌

1. 권현한, 김병식, 윤석영(2008), 고해상도의 RCM 강수변화 시나리오와 CWGEN을 이용한 극한 강우특성에 관한 연구, 한국수자원학회 08학술발표회논문집
2. 김병식, 김보경, 경민수, 김형수(2008), 기후변화가 극한강우와 I-D-F분석에 미치는 영향 평가, 한국수자원학회논문집 제41권 제4호 pp.379-394
3. 건설교통부(2007), 기후변화대비 국가 물안보 확보방안(1차년도)