

# 기후변화가 한반도의 극한 사상 변동에 미치는 영향

## Climate Change effect on extreme event variability in Korea

김보경\*.김병식\*\*.배영혜\*\*\*

Bo Kyung Kim, Byung Sik Kim, Young Hye Bae

### 요 지

기상청은 작년 말 전국 60개 지점 기상관측 자료 분석결과로부터 2007년 평균기온(13.5℃)이 1998년(13.6℃)에 이어 두 번째로 높게 나타났으며, 2007년 전국 강수량(1498.5mm)은 평년보다 13.9% 증가한 것을 확인하였다. 그리고 한반도 기후변화의 특징으로 기상 사상의 극값이 증가하고 있음을 추가로 언급한 바 있다. 과거에는 발생하지 않았던 고강도의 강우, 기온 상승과 같은 극치 사상의 잦은 출현빈도가 원인이 되고 있다. 그러나 이들 현상들은 일정한 패턴과 규칙에 따라 발생하지 않아 판단기준이나 경향성을 객관화 또는 정량화하기에 무리가 따른다. 본 논문에서는 기후변화가 우리나라의 극한 사상 변동과 그 영향을 분석하기 위하여 SRES B2 온난화가스시나리오와 YONU CGCM 으로부터 모의된 강우 시계열 자료를 이용하여 미래의 극치 사상의 경향성을 계절에 따라 비교·분석하였다.

**핵심용어** : 기후변화, SRES B2 온난화가스 시나리오, YONU CGCM, 극한지수, 경향성 분석

### 1. 서 론

전 세계적으로 이상기후가 빈번하게 발생하고 있으며 기후변화로 인해 수문학적 극한사상의 규모와 빈도가 변화한다는 사실은 이미 국제적으로 인정되고 있는 과학적 사실이다. 기존의 많은 기후변화 관련 연구들에 의하면 미래에는 기후변화로 인해 극한 사상의 규모와 빈도가 변화할 것으로 예상하고 있으며 우리나라의 기상청 보고에서도 작년 말 전국 60여개 지점 기상관측 자료 분석결과로부터 기상 사상의 극값이 증가하는 추세를 보인다고 하였다(국정브리핑). 이미 국내·외적으로 기후변화 특히, 극한사상에 대한 경각심이 고조되고 있으며 이에 따른 연구와 대응방안 등이 요구되는 실정이다. 극한 기후의 특성과 정의는 지역에 따라, 나라에 따라 차이를 보이고 있으며 이는 같은 크기의 강우가 발생하더라도 과거 경험 여부와 피해 또는 지역이나 유역이 사회적 기반시설 구축과 같은 심리적이고 외부적인 요인으로 인하여 느끼는 위험도나 취약성이 상대적으로 다르기 때문이다. 본 논문에서는 기후변화가 우리나라의 극한 사상 변동에 미치는 영향을 분석하기 위하여 SRES B2 온난화가스시나리오와 YONU CGCM 으로부터 모의된 2030s의 강우 시계열 자료를 이용하여 기후변화가 한반도의 극한 강우 사상의 시공간적 발생 특성에 미치는 영향을 정량적으로 분석하고자 하였다.

\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원 e-mail : winnerbk@kict.re.kr  
\*\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원 e-mail : hydrokbs@kict.re.kr  
\*\*\* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원 e-mail : baebae@kict.re.kr

## 2. 기후변화 모의 및 이용한 자료

기후변화가 우리나라에 미치는 영향을 분석하기 위하여 본 연구에서는 그림 1에 나타난 것과 같이 300km × 300km 의 해상도를 가진 YONU CGCM 모의자료를 이용하였다. 통계학적 축소기법(downscaling technique)을 적용하여 한반도 주변의 9개 격자점으로부터 우리나라 기상청 산하의 각 관측소별 일(daily) 단위 기후변화 시나리오를 작성하였다(Kim 등, 2007). YONU CGCM 자료의 구성 및 축소기법에 대한 자세한 설명은 김병식(2005)과 Kim 등(2007)을 참고할 수 있다. 한편, 본 연구 순서는 그림 2에 나타난 것과 같다.

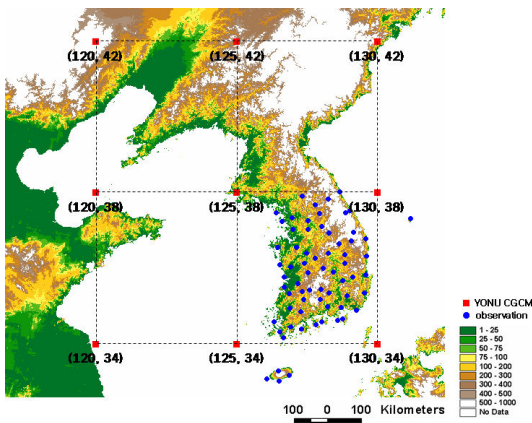


그림 1. YONU CGCM 격자 위치

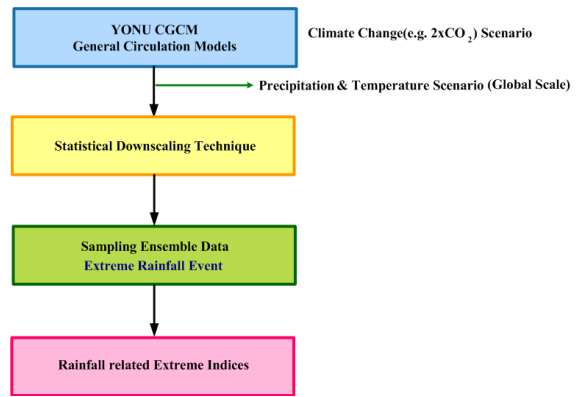


그림 2. 연구흐름도

표 1. 기상청 산하 66개 관측소

No.	관측소	No.	관측소	No.	관측소	No.	관측소	No.	관측소	No.	관측소	No.	관측소	No.	관측소		
1	속초	9	울릉도	17	포항	25	통영	33	강화	41	천안	49	장수	57	문경	65	거제
2	철원	10	수원	18	군산	26	목포	34	양평	42	보령	50	순천	58	영덕	66	남해
3	대관령	11	서산	19	대구	27	여수	35	이천	43	부여	51	장흥	59	의성		
4	춘천	12	울진	20	전주	28	완도	36	인제	44	금산	52	해남	60	구미		
5	강릉	13	청주	21	울산	29	제주	37	홍천	45	부안	53	고흥	61	영천		
6	서울	14	대전	22	마산	30	고산	38	태백	46	임실	54	성산포	62	거창		
7	인천	15	추풍령	23	광주	31	서귀포	39	제천	47	정읍	55	봉화	63	합천		
8	원주	16	안동	24	부산	32	진주	40	보은	48	남원	56	영주	64	산청		

## 3. 강우관련 극한지수(Extreme Indices)

비정상적인 기후가 요인이 되는 극한 기상 사상은 예측되지 않는 이례적인 현상으로 정의하고 있다. IPCC는 3차 보고서(Third Assessment Report, TAR)에서 극한 기상 사상이란, 특정기간을 벗어나 발생한 사상들의 평균이라 하였으며 이 평균 자체를 극한이라고 표현하였다. 예를 들면, 이전의 강우 발생 시기를 벗어나 출현한 강우 사상 자체를 극한으로 표현하는 것이다. 한편, 극한 기상 사상은 특정 장소의 통계적 특성 분포에서 거의 발생하지 않은(rare)사상으로 보통 10th 또는 90th 퍼센타일 또는 그보다 더 발생하지 않는 경우로도 정의하고 있다(IPCC, 2001; Ganguly).

EU에서는 지구온난화로 인하여 21세기 말 극치 기후 사상이 얼마나 자주 그리고 어떤 크기의

강도로 발생하는지에 대하여 2001년 2월부터 2004년 5월까지 약 4년에 걸쳐 STARDEX 프로젝트 (Clare Goodess, 2005)를 수행한 바 있다. 본 연구에서는 STARDEX 프로젝트에서 제시한 강우 관련 극한지수를 이용하여 기후변화 시나리오에 따른 극한 사상을 분석하였다. 강우 관련 극한지수는 총 6개로 구성되며 각 정의에 따라 백분율(%)로 산정된다(표 1 참조).

**표 2. 강우 관련 극한 지수 (STARDEX, 2005)**

집중호우 한계점	강우 발생일의 90 %의 양(mm/day) 90th percentile of rainy day amounts(mm/day)
지속기간 5일 최대 강수량	최대 5일 총강수량(mm) Greatest 5-day total rainfall(mm) max rainfall of 5-day duration
강우강도	단일 강우강도(강우발생일의 강수량) Simple daily intensity(rainfall intensity of a rainy day)
최대 건조 지속 기간	연속 무강우의 일의 최대 일수 Maximum number of consecutive dry days
집중호우 한계점 이상 강수량 비율	발생한 사상의 총 강수량의 비율 > 장기간 90% % of total rainfall from events > long-term 90th percentile
집중호우 한계점 이상 발생빈도	다수의 사상 > 장기간 강우 발생일의 90% Number of events > long-term 90th percentile of raindays

6개의 극한지수들은 특정 퍼센타일(percentile)에 해당하는 값을 산출하는 방법으로 분석하고자 하는 대상 지역 매년(365일 또는 366일) 일자료를 값의 크기에 따라 순서대로 오름 또는 내림차순 배열한 후 각 지수에서 제시한 조건에 따라 상위 몇 번째까지에 해당하는 값을 취하는 방식이다 (건설교통부, 2007).

#### 4. 기후변화가 한반도의 극한강우의 시공간적 분포에 미치는 영향 분석

본 연구에서는 YONU CGCM 자료를 이용하여 우리나라에 위치한 기상청 산하 66개 관측소에 대하여 기후변화가 우리나라 강우에 미치는 시·공간적 변화를 분석하였다. 현재와 기후변화 상태 변화를 고려하기 위하여 현재와 미래 각각의 지수별 차이를 산정하여 그 경향성을 도시한 결과, 계절과 지역에 따른 성향이 뚜렷하게 나타나는 것으로 확인되었다.

우리나라는 기후 특성상 과거부터 여름철에 강우가 집중되고, 8월 말에서 9월에 걸쳐 태풍 등으로 인한 강우가 지속되고 있다. 이러한 계절적 특성을 고려하여 본 논문에서는 강우 관련 극한 지수에 대하여 여름철(6월~8월)과 가을철(9월~11월)을 비교하였다. 그림 3 (a), (b)와 (c)는 각각 강우가 발생한 날에서 90%에 해당하는 정도를 상대적으로 나타낸 집중호우 한계점, 강우가 5일 이상 지속되었을 때 강수량을 의미하는 지속기간 5일 최대 강수량과 강우강도에 대한 현재 대비 미래의 극한 지수결과이다. 여름철의 경우 남북방향으로는 인제, 홍천, 함천 지점, 남북방향으로는 안동과 전주 지점을 중심으로 내륙전반에 걸쳐 강우 집중되는 것으로 나타났다. 가을철에는 특히 철원과 춘천에서 속초와 강릉 지점에 이르기까지 특히, 강원도 지역에 집중호우 한계점이 높아지는 경향을 보였다. 한편, 여름철과 가을철 모두 해남, 남해 지점 등 대체적으로 남해안 부근에서 경향성이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 현상은 기존 연구들에서 제시한 결과와 같이 지구온난화로 인한 온도 상승, 더 직접적으로는 해수면 상승의 영향으로 해석할 수 있다.

한편, 그림 3(d) 최대건조 지속기간은 여름철보다는 가을철 증가가 더 큰 것으로 나타났으며, 공간적 분포를 살펴본 결과 전반적으로는 내륙 전반에 걸쳐 건조 지속기간이 상승하였다. 특히, 남해안 및 낙동강 일부 지역, 제주도를 중심으로 최대 건조 지속기간의 경향성 증가가 두드러지는 것으로 분석되었다. 앞서 제시한 집중호우 한계점, 지속기간 5일 최대 강수량과 강우강도의 분석 결과에 근거하면 최대 건조 지속기간 즉, 강우가 발생하지 않는 일수는 증가하는 경향을 보이거나 집중호우 한계점 등이 상대적으로 증가함으로써, 결과적으로 내륙전반과 남해안 부근에서의 강우 강도가 증가하게 되는 것을 확인할 수 있다(그림 3(a), (b)와 (c)).

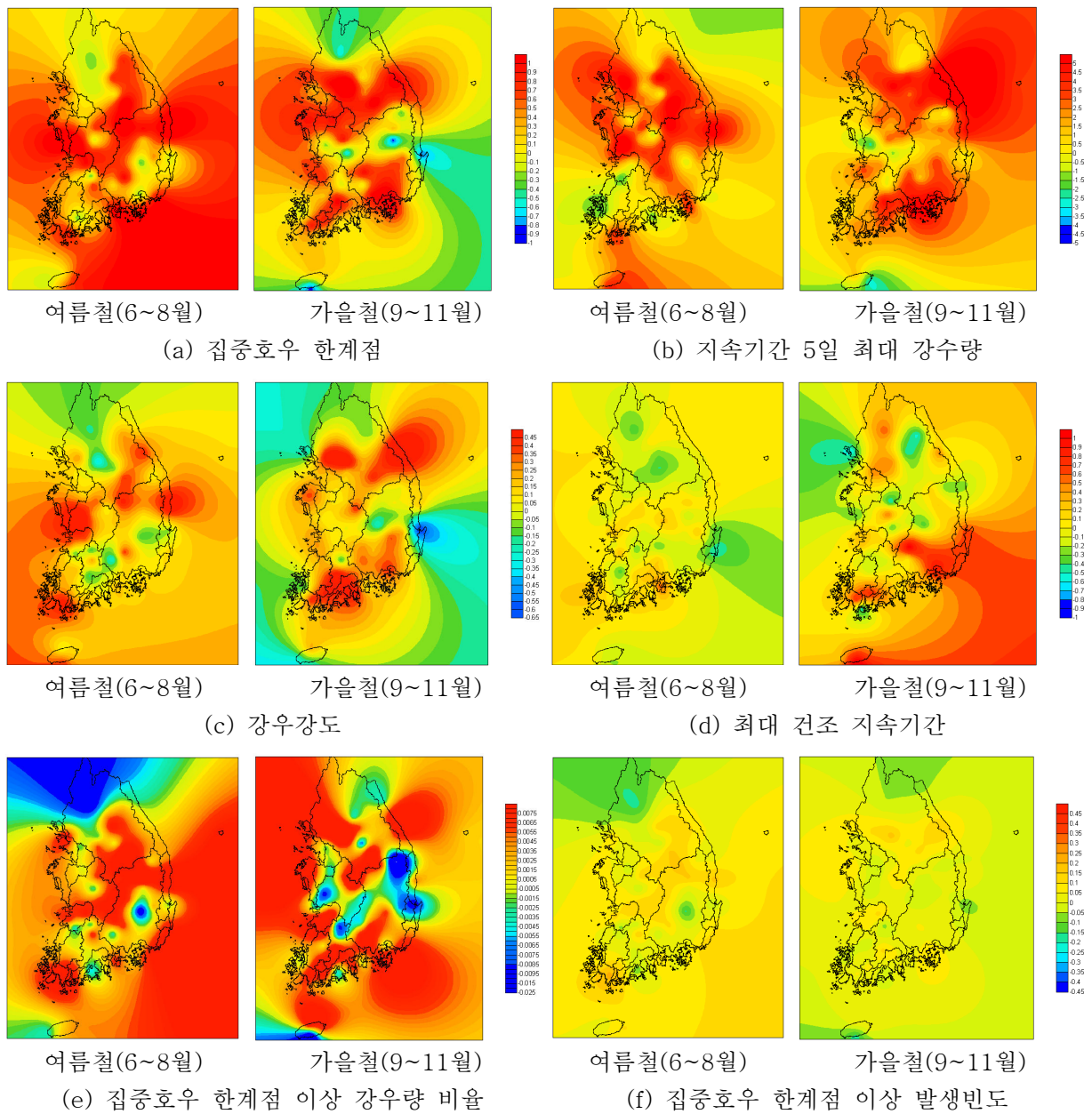


그림 3. 강우 극한지수의 계절적 비교

한편, 그림 3(e) 집중호우 한계점 이상 강우량 비율의 경우 시공간적 변동이 증가되는 것으로 분석되었으며 대체적으로 남해안 일부 지역에서 증가 경향이 큰 것으로 분석되었다. 2003년과 2007년 발생한 태풍 매미와 나리는 모두 9월에 발생한 태풍으로 각각 낙동강과 제주도에 막대한 피해를 주었던 태풍으로 기록되고 있으며, 이러한 내용과 YONU CGCM 기후변화 시나리오에 따른 극한 지수 분석 결과에 근거할 때 과거에는 경험하지 못했던 고강도의 강우 출현 가능성이 다른 지역에 비하여 다소 클 수 있는 것으로 해석할 수 있다.

## 5. 요약 및 결론

본 논문에서는 기후변화가 우리나라의 극한 강우 사상에 미치는 시·공간적 영향을 분석하기 위하여 SRES B2 시나리오 기반의 YONU CGCM을 이용하였다. 통계학적 축소기법을 통하여 한반도 주변에 위치한 9개의 격자점으로부터 우리나라 기상청 산하의 각 관측소별 일(daily) 단위 기후변화 시나리오를 작성하였으며, STARDEX에서 제시한 극한지수를 이용하여 극한 사상의 시공간적 변동성을 정량화하였다. 현재와 기후변화 상태에서의 변화를 고려하기 위하여 현재와 미래 각각의 지수별 차이를 산정하여 경향성을 분석한 결과, 공간적 변동성이 증가하는 것으로 분석되었다. 집중호우 한계점, 지속기간 5일 최대 강수량과 강우강도 등의 경향성이 중부내륙지방과 남해안 부근을 중심으로 증가하는 것으로 나타났으며, 최대 건조 지속기간 상승 경향성 또한 대체적으로 증가하여 고강도의 강우가 발생할 수 있는 가능성이 있는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 임기석 등(2002)과 김병식 등(2003, 2007)의 연구 결과에 부합된다. 단, 본 논문의 분석내용은 반드시 특정 지역, 특정 기간에 이러한 현상이 발생한다는 것이 아니라, SRES B2 시나리오와 YONU CGCM에 근거한 내용으로 기후변화를 고려한 여러 시나리오 중 하나에 불과하다는 것을 강조하고 싶다. 지금 이 순간에도 기후변화는 진행되고 있으며 누구도 그 변화를 정확하게 예측할 수는 없다. 다만, 기후변화를 고려한 여러 시나리오를 분석함으로써 향후 발생할 수 있는 가능성과 그 잠재성을 평가할 수 있다는 데 의미를 부여하고 싶다.

## 감사의 글

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

## 참고 문헌

1. 김병식(2005). 기후변화에 따른 유역의 수문요소 및 수자원 영향평가, 박사학위 논문, 인하대학교
2. Ganguly, A.R.(2007) Climate Extremes Hydro-Meteorological Extremes and Impacts, Fall Creek Falls 2007 Workshop(www.ccs.ornl.gov)
3. Kim, Byung Sik, Kim, Hung Soo, Seoh, Byung Ha, Kim, Na Won.(2007). Impact of Climate Change on Water Resources in Yongdam Dam Basin, Korea, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment(SERRA), Vol.21(4), pp. 355-357