

# Scaling Invariance와 NSRPM을 이용한 기후변화에 따른 한강유역의 확률강우량 추정

## The Effects of Climate Change on Rainfall Quantile in Han River Basin Based on Scaling Invariance and NSRPM

남우성\*, 임명진\*\*, 신주영\*\*\*, 주경일\*\*\*\*, 허준행\*\*\*\*\*

Woosung Nam, Myoung-Jin Um, Ju-Young Shin, Kyung-Won Joo, Jun-Haeng Heo

---

### 요 지

전세계적으로 기상이변이 빈번하게 발생하면서 기후변화가 수문환경에 미치는 영향에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기후변화 연구에는 대체로 이산화탄소 배출 시나리오에 근거한 GCM 모의 결과가 사용되며, GCM 자료를 바탕으로 미래의 수문량 변화를 예측하는 방법으로 진행된다. 기후변화가 강우에 미치는 영향과 관련해서는 기후변화가 총강우량에 미치는 영향에 대한 연구가 주를 이뤄왔으나 극한강우량에 미치는 영향에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 또한 상세화 된 강우 자료가 월단위 또는 일단위이기 때문에 극한홍수량 산정에 필요한 시간위 극한강우량 추정에는 한계가 있다.

본 연구에서는 기후변화가 극한강우량에 미치는 영향을 분석하기 위해 A2 시나리오에 근거한 ECHO-G 모델의 모의 결과를 상세화 시켜 얻은 한강 유역 내의 9개 강우 관측 지점의 일강우 자료를 바탕으로 강우의 scaling invariance 특성에 근거한 시간위 확률강우량을 추정하였고, Neymann-Scott Rectangular Pulse Model (NSRPM)을 적용하여 시간위 확률강우량을 추정하였다. 이러한 방법으로 추정된 9개 지점의 확률강우량과 한강유역종합치수계획(국토해양부, 2008)에서 산정한 확률강우량을 비교하여 미래의 확률강우량 변화를 분석하였다.

분석된 한강 유역 내 강우 관측 지점의 확률강우량 변화 추이는 지점에 따라 상이하게 나타났으며, 이에 따른 확률홍수량의 변화를 검토해 보는 것은 미래의 치수 측면에서 필요한 작업이라 할 수 있다. 또한 기후변화의 영향은 시나리오와 GCM에 따라 달라질 수 있기 때문에 향후 다양한 시나리오와 GCM에 따른 확률강우량 변화를 분석할 필요가 있을 것으로 판단된다.

**핵심용어 : 기후변화, 확률강우량, scaling Invariance, NSRPM**

---

### 1. 서론

전세계적으로 기상이변이 빈번하게 발생하면서 기후변화가 수문환경에 미치는 영향에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기후변화 연구에는 대체로 이산화탄소 배출 시나리오에 근거한 GCM 모의 결과가 사용되며, GCM 자료를 바탕으로 미래의 수문량 변화를 예측하는 방법으로 진행된다. 기후변화가 강우에 미치는 영향과 관련해서는 기후변화가 총강우량에 미치는 영향에 대한 연구가 주를 이뤄왔으나 극한강우량에

---

\* 정회원 · 연세대학교 공과대학 토목공학과 박사과정 · E-mail : [nws77@yonsei.ac.kr](mailto:nws77@yonsei.ac.kr)

\*\* 정회원 · 연세대학교 공과대학 토목공학과 박사 · E-mail : [movie21@yonsei.ac.kr](mailto:movie21@yonsei.ac.kr)

\*\*\* 정회원 · 연세대학교 산업기술연구소 연구원 · E-mail : [hyjyshin@gmail.com](mailto:hyjyshin@gmail.com)

\*\*\*\* 정회원 · 연세대학교 공과대학 토목공학과 석사과정 · E-mail : [kwjy1@yonsei.ac.kr](mailto:kwjy1@yonsei.ac.kr)

\*\*\*\*\* 정회원 · 연세대학교 공과대학 토목환경공학과 교수 · E-mail : [jhheo@yonsei.ac.kr](mailto:jhheo@yonsei.ac.kr)

미치는 영향에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 또한 상세화 된 강우 자료가 월단위 또는 일단위이기 때문에 극한홍수량 산정에 필요한 시단위 극한강우량 추정에는 한계가 있다.

본 연구에서는 기후변화가 극한강우량에 미치는 영향을 분석하기 위해 A2 시나리오에 근거한 ECHO-G 모델의 모의 결과를 상세화 시켜 얻은 한강 유역 내의 9개 강우 관측 지점의 일강우 자료를 바탕으로 강우의 scaling invariance 특성에 근거한 시단위 확률강우량을 추정하였고, Neymann-Scott Rectangular Pulse Model (NSRPM)을 적용하여 시단위 확률강우량을 추정하였다. 이러한 방법으로 추정된 9개 지점의 확률강우량과 한강유역종합치수계획(국토해양부, 2008)에서 산정한 확률강우량을 비교하여 미래의 확률강우량 변화를 분석하였다.

## 2. 기후변화를 고려한 시단위 강우 자료의 생성

치수 계획 수립을 위한 극한 홍수량 산정을 위해서는 대개 시간 단위 지속기간에 대한 확률강우량을 강우-유출 모형의 입력 자료로 활용한다. 하지만 GCM 모의 결과로부터 상세화(downscaling) 된 강우 자료는 대개 일단위 자료이기 때문에 더 짧은 지속기간에 대한 확률강우량을 구하기 위한 방법이 필요하며, 본 연구에서는 scaling 기법과 NSRPM을 적용하여 시간 단위 확률강우량을 산정하고자 한다. 본 연구에서는 scaling 기법을 적용하는 데 필요한 스케일 지수를 산정하기 위해 정영훈 등(2008)에서와 같이 강우 자료의 모멘트의 scaling invariance 특성에 근거한 지수 산정 방법을 활용하였고, NSRPM의 매개변수 산정은 정창삼(2009)이 제안한 방법에 근거하였다.

NSRPM에 의해 생성된 시 단위 강우 자료에 기후변화를 반영하기 위해 본 연구에서 활용한 GCM 모의 자료로부터 과거 관측 기간의 강우량에 대한 미래 모의 기간의 강우량의 비를 계산하여 NSRPM에 의해 생성된 자료에 반영하였다.

또한 극값을 반영하지 못하는 GCM 모의 자료를 보정하기 위해 관측값의 연최대값 평균과 모의 자료의 연최대값 평균의 비를 계산하여 GCM 모의 자료에 반영하였고, NSRPM 생성 자료에 대해서도 동일한 방법을 적용하였다.

## 3. 적용 및 결과

본 연구에서는 2장에서 설명한 방법을 한강 유역에 적용하였다. 한강 유역의 9개 관측소에 대한 GCM 모의 자료에 대해 scaling 기법을 적용하여 여러 지속기간에 대한 확률강우량을 산정하였고, 관측 강우 자료를 바탕으로 산정된 NSRPM 매개변수를 이용하여 발생시킨 자료를 활용하여 확률강우량 산정하여 그 결과를 비교하였다.

### 3.1 대상 유역 및 자료

본 연구에서는 GCM 모의에 의해 제공 받을 수 있는 한강 유역 기상 관측소가 9개이므로 Table 1의 9개 관측소에 대한 결과를 활용하였다. A2 시나리오를 기반으로 한 ECHO-G 모델의 모의에 산출된 월강우량 자료로부터 weather generator에 의해 생성된 일강우량 자료를 바탕으로 분석을 수행하였다. scaling 기법을 적용하는 데 필요한 매개변수 산정과 NSRPM 매개변수 산정을 위해서는 9개소 관측 자료가 활용되었다.

**Table 1. Descriptions of 9 Sites**

No.	Sites	Longitude	Latitude	Elevation (El. m)
1	Seoul	126-58-04	37-34-07	85.5
2	Chuncheon	127-44-16	37-53-60	76.8
3	Wonju	127-56-56	37-20-05	149.8
4	Hongcheon	127-52-57	37-40-51	140.6
5	Yangpyeong	127-29-48	37-29-09	49.0
6	Icheon	127-29-11	37-15-41	68.5
7	Inje	128-10-09	38-03-26	198.6
8	Jecheon	128-11-47	37-09-23	264.4
9	Chungju	127-57-17	36-58-03	69.4

**3.2 확률강우량 산정**

본 연구에서는 scaling 기법에 의한 결과와 NSRPM에 의한 결과를 비교하기 위해 표 3과 같이 3가지 case에 대한 분석을 수행하였고, 미래 모의 기간을 표 4와 같이 7개로 선정하여 결과를 비교하였다.

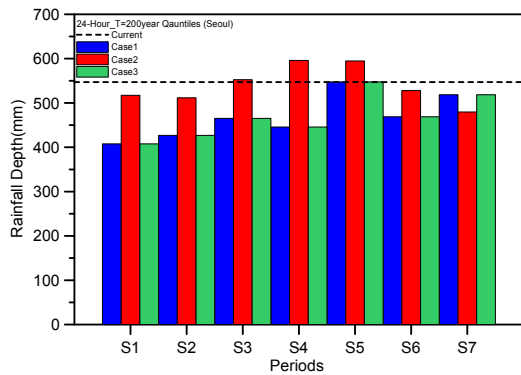
9개 지점의 확률강우량을 3가지 case와 7개 기간에 대한 산정한 결과 중 지속기간 24시간, 재현기간 200년에 대한 확률강우량은 Fig 1 ~ Fig 9와 같다. 3 가지 case 가운데 case 2의 경우가 대체로 가장 큰 값을 보이는 것으로 나타났다. 또한 case 2의 경우 관측값에 의한 확률강우량을 초과한 비율이 82.5%로서 대체로 기존의 확률강우량을 상회하는 결과를 나타냈다. NSRPM을 적용한 case 1과 case 3의 경우는 관측값에 의한 확률강우량을 초과한 비율이 각각 33.3%, 36.5%로서 대체로 기존의 확률강우량보다 작은 값을 보였다. 하지만 case 1과 case 3의 경우에 초과한 경우가 몇 개의 지점에 편중되어 있어 NSRPM에 의한 결과가 반드시 과소추정 된다고 볼 수는 없다. 9개 지점 중 충주의 경우 대체로 관측값에 의한 확률강우량보다 작게 산정되는 양상을 보였고, 홍천의 경우 NSRPM 결과가 S3 ~ S7에 걸쳐 크게 산정되는 경향을 보였다.

**Table 2. Case Descriptions**

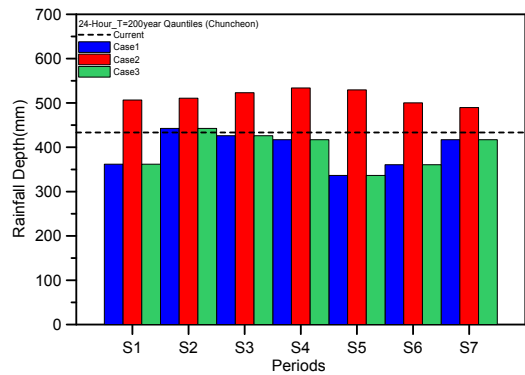
CASE No.	설명
1	모든 재현기간의 확률강우량에 대한 RMSE를 산정하여 NSRPM의 매개변수 추정하고 확률강우량 산정
2	GCM 모의 결과와 scaling 기법을 활용하여 확률강우량 산정
3	100년 이상 재현기간의 확률강우량에 대한 RMSE를 산정하여 NSRPM의 매개변수 추정하고 확률강우량 산정

**Table 3. Projection Periods**

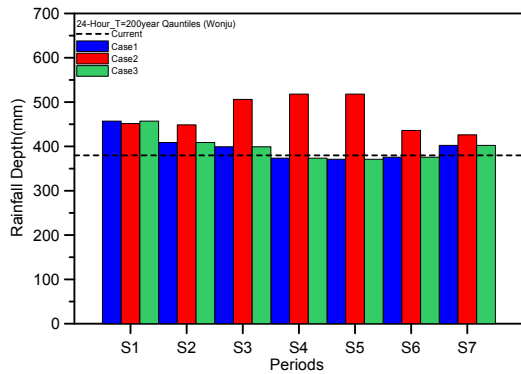
No.	Periods
1	2010 ~ 2039
2	2020 ~ 2049
3	2030 ~ 2059
4	2040 ~ 2069
5	2050 ~ 2079
6	2060 ~ 2089
7	2079 ~ 2099



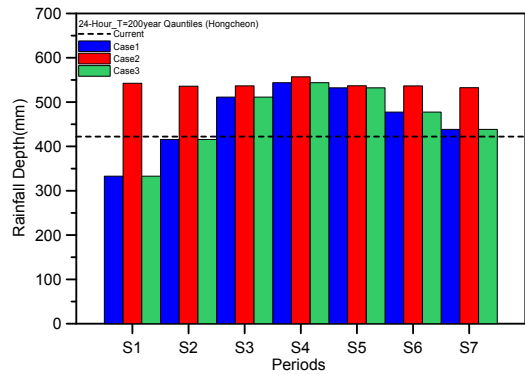
**Fig 1. Rainfall Quantiles of Seoul**



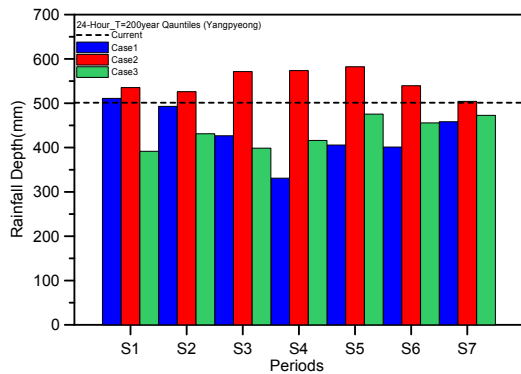
**Fig 2. Rainfall Quantiles of Chuncheon**



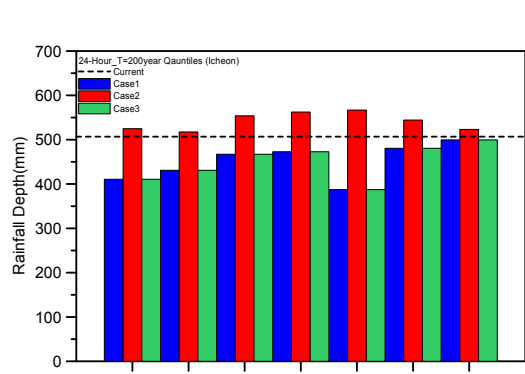
**Fig 3. Rainfall Quantiles of Wonju**



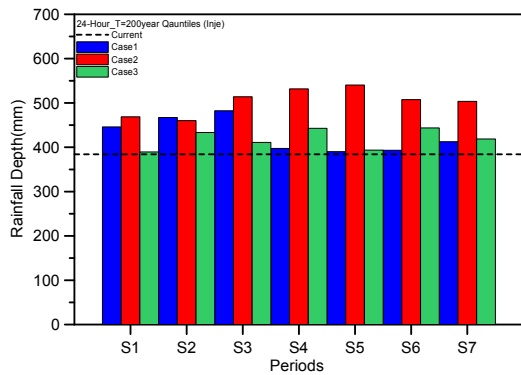
**Fig 4. Rainfall Quantiles of Hongcheon**



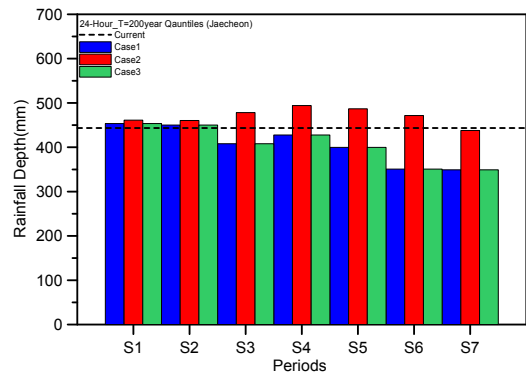
**Fig 5. Rainfall Quantiles of Yangpyeong**



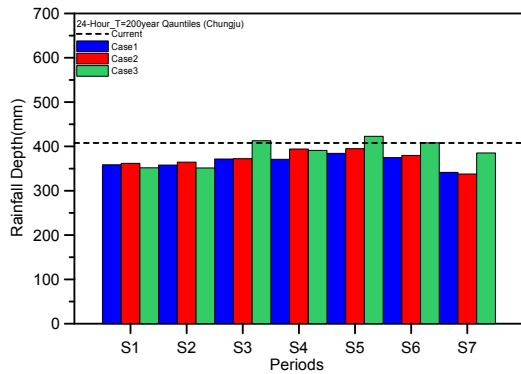
**Fig 6. Rainfall Quantiles of Icheon**



**Fig 7. Rainfall Quantiles of Inje**



**Fig 8. Rainfall Quantiles of Jascheon**



**Fig 9. Rainfall Quantiles of Chungju**

#### 4. 결론

본 연구는 기후변화가 미래의 확률강우량에 미치는 영향을 평가하기 위해 기존의 관측값 자료로부터 구한 확률강우량과 GCM 모의 자료와 scaling 기법 및 NSRPM을 활용한 미래 기간의 확률강우량을 3 가지 case와 7개 기간에 대해 산정하여 비교·분석하였다. 그 결과 GCM 모의 자료에 의해 미래 확률강우량을 산정한 case 2가 NSRPM에 의해 확률강우량을 산정한 case 1 및 case 3보다 대체로 크게 산정되었다. 또한 case 2의 결과는 대개 과거 관측값에 의한 확률강우량을 상회하는 반면 case 1과 case 3의 결과는 과거 관측값에 의한 확률강우량 보다 작은 값을 보이는 것으로 분석되었다.

#### 감사의 글

본 연구는 국토해양부 한국건설교통기술평가원의 2009 건설기술혁신사업인 ‘기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망’ 과제에 의해 지원되었습니다.

#### 참고 문헌

1. 국토해양부(2008), 한강유역종합치수계획 보고서.
2. 정영훈, 김수영, 김태순, 허준행 (2008). 스케일 성질을 이용한 확률강우량의 추정, 한국수자원학회논문집, 제41권, 제9호, pp. 873-884.
3. 정창삼 (2009). Neyman-Scott 구형 펄스모형의 직접적인 매개변수 추정연구, 한국수자원학회논문집, 제42권, 제11호, pp. 1017-1028.