

# 기후변화 시나리오에 따른 강정천 유역의 유출특성 분석

## Runoff Analysis of Climate Change Scenario in Gangjung Basin

이준호\*, 양성기\*\*, 양원석\*\*\*, 이광배\*\*\*\*

Jun Ho Lee, Yang Sung Kee, Won Seok Yang, Gwang Bae Lee

### 요 지

제주도는 수자원의 98% 이상을 지하수에 의존하기 때문에 기후변화에 따른 수자원 영향에 대해 지속적인 관심과 연구가 필요한 지역이다. 향후 예상되는 극치사상의 증가와 수자원의 시공간적 불균형은 더욱 취약성을 증가시킬 것으로 보이며, 안정적인 수자원의 공급 및 확보를 위해서는 장기적이고 효율적인 수자원계획이 요구되지만 기후변화로 인해 변동성이 커지게 된다면 수자원확보에 대한 불확실성도 더욱 커질 것으로 예측하고 있다.

2100년까지 미래 유출량의 변화를 비교하기 위하여 현재의 유출량 보정에 적용되었던 매개변수를 그대로 적용하였다. 미래의 직접유출율은 28%, 현재의 평균 직접유출율(23%)에 비해 약 22% 증가하는 것으로 나타났으며, 직접유출의 증가에 가장 큰 영향으로 미래로 갈수록 극치값이 현재보다 자주 발생할 것으로 전망되었다.

**핵심용어 : 기후변화시나리오, SWAT, 강정천, 제주도, 직접유출**

### 1. 서론

기후변화란 광의적인 의미로 현재의 기후계가 자연적인 요인과 인위적인 요인에 의해 점차 변화하는 현상을 말한다. 최근 기후변화의 중요한 요인은 주로 인위적인 요인에 의해 기존의 기후변화 속도가 급격하게 증가하는 현상으로 정의하고 있다(Song and Choi, 2012). 지구온난화로 인해 지난 100여 년 동안 지구의 평균기온은 약 0.74℃ 증가 하였으며(IPCC, 2007), 이상기후 및 기후변화는 전 지구뿐만 아니라 한반도의 온난화에도 더욱 심화 될 것으로 추정하고 있다(Meteorological Administration, 2011). 지구 온난화 현상은 미래의 기후현상과 물순환 과정에 큰 변화를 불러일으킬 것으로 예상되고 있으며, 특히 물순환 과정의 변화는 곧 강수량, 증발산량, 지표수 유출, 토양 함수량 등이 달라지는 것을 의미하는 것으로 미래의 수자원의 변동뿐만 아니라 홍수와 가뭄 또한 극심해질 것으로 보고되고 있다(Trenberth, 1998; Ahn et al., 2001; Yang, 2006).

제주도는 수자원의 98% 이상을 지하수에 의존하기 때문에 기후변화에 따른 수자원 영향에 대해 지속적인 관심과 연구가 필요한 지역이다(Song and Choi, 2012). 이러한 기후변화에 따른 수자원의 영향을 분석하기 위해서는 과거의 수문현상 분석과 미래의 수문변동에 대한 합리적인 예측이 필요하다. 향후 예상되는 극치사상의 증가와 수자원의 시공간적 불균형은 더욱 취약성을 증가시킬 것으로 보이며, 안정적인 수자원의 공급 및 확보를 위해서는 장기적이고 효율적인 수자원계획이 요구되지만 기후변화로 인해 변동성이 커지게 된다면 수자원확보에 대한 불확실성도 더욱 커질 것으로 예측하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 기후변화시나리오를 활용하여 SWAT 모형을 이용하였으며 기후변화가 수자원에 미치는 영향을 평가하여 수자원관리계획 수립에 필요한 기초정보를 제공하고자 하였다.

\* 정회원 · 제주대학교 토목해양공학과 박사과정 · E-mail : [junho5040@naver.com](mailto:junho5040@naver.com)

\*\* 정회원 · 제주대학교 토목해양공학과 교수 · E-mail : [skyang@jejunu.ac.kr](mailto:skyang@jejunu.ac.kr)

\*\*\* 정회원 · 제주특별자치도수자원본부 주무관 · E-mail : [yangws81@korea.kr](mailto:yangws81@korea.kr)

\*\*\*\* 학생회원 · 제주대학교 토목해양공학과 학부생 · E-mail : [awsxd@naver.com](mailto:awsxd@naver.com)

## 2. 온실가스 배출 시나리오

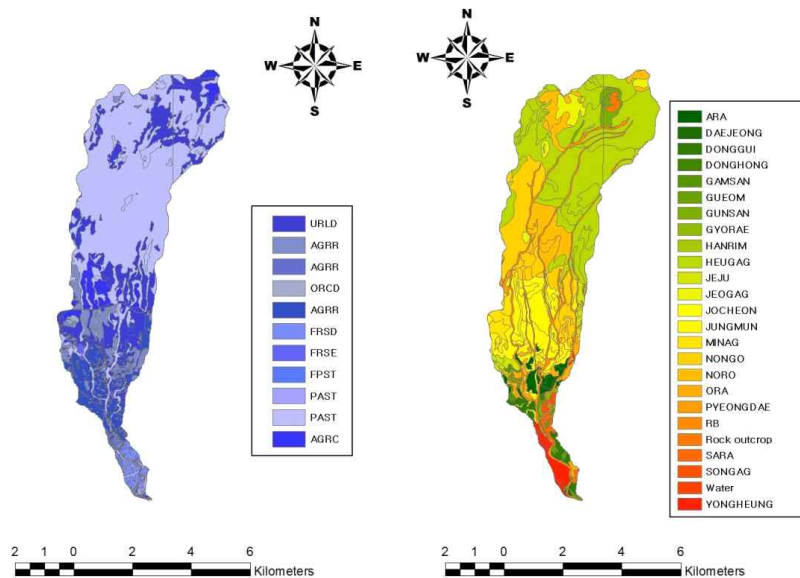
IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 5차 평가 보고서에서는 인간 활동이 대기 에 미치는 복사량으로 온실가스 농도를 결정하였다. RCP(representative concentration pathways) 시나리오는 최근 온실가스 농도 변화경향을 반영하였으며 최근 예측모델에 맞게 해상도 등을 업데이트 하였다. 통상 미래 기후 및 수문 시나리오를 생산하기 위해서는 선정된 온실가스 배출시나리오를 기반으로 기후모델을 이용하여 예측 시나리오를 생산하고 수문 모형에 적용하여 수문 시나리오를 생산하는 단계를 거치게 된다(Lee et al., 2011). 이 연구에서는 국내 기후변화정보센터에서 제공하고 있는 RCP 8.5를 이용하여 기후변화가 수자원에 미치는 영향을 분석하였다.

## 3. 입력자료

기후변화에 따른 유출특성 분석하기 위한 제주도 남부지역에 위치한 강정천은 용천수에 의해 상시 흐름을 형성하는 기저유출 하천으로서 유로연장은 16.63 km이고 유역면적은 38.23 km<sup>2</sup>이며 하상경사가 1/12 ~ 1/37로 비교적 급경사를 이루고 있다(Table 1). 해당 유역의 특성인자를 분석 유역의 형상을 나타내는 수치표고모델(digital elevation model; DEM), 토지이용상황을 나타내는 토지이용 혹은 토지피복도, 그리고 토양의 특성을 나타내는 토양도 등의 GIS 데이터를 사용하였다.

Table 1. Watershed characteristic factor

Watershed	Watershed Area (km <sup>2</sup> )	Stream Length (km)	Average width (A/L)	Form factor (A/L <sup>2</sup> )
Gangjeong stream	38.23	16.63	2.30	0.14



(a) Land use Class

(b) Soil Class

Fig. 2. Map of (a) land use and (b) soil classes of the study area.

#### 4. SWAT모형의 보정

장기유출 모델인 SWAT모형을 이용하여 강정천 유역의 2100년까지 미래 유출량을 모의하기 위해 매개변수 민감도 분석 결과를 바탕으로 보정을 실시하였다. SWAT 모형의 매개변수 중에서 지리적 특수성을 띄고 있는 제주도 하천에 대하여 선행된 연구를 참고하였으며(Jung et al., 2009; Han et al., 2009; Kang et al., 2013, 대상 연구유역의 유출량 자료는 ‘제주형 물순환 해석 및 수자원 관리 기반 구축(MLTMA and KICTEP, 2015)’ 연구를 통해 2011년 7월부터 2014년 12월까지 최신 정밀 관측기기인 ADCP(acoustuc doppler current profiler)를 이용한 현장실측자료를 이용하여 보정을 실시하였으며, Fig. 3은 최근 자료인 2004년부터 제시하였다.

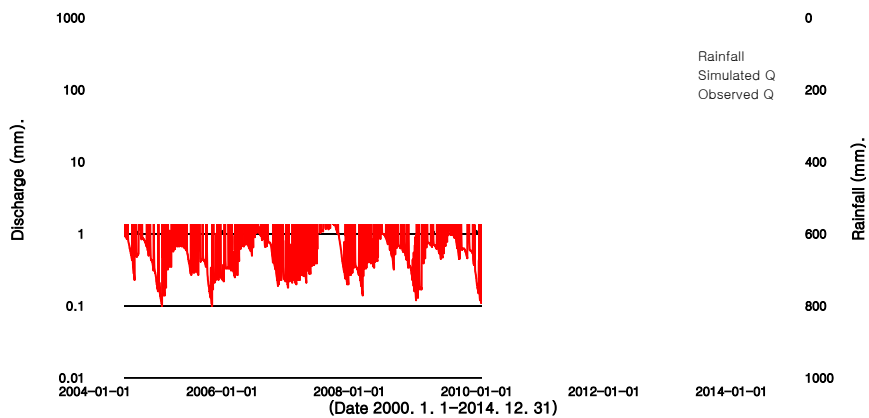


Fig. 3. Result of the present runoff simulation of the basin of Gangjeong stream.

#### 5. 기후변화에 따른 유출량 예측

본 논문에서는 강정천 유역에 각 지형자료를 SWAT모형에 적용하여 대상유역으로 장기유출을 모의하였으며, 2100년까지 미래 유출량의 변화를 비교하기 위하여 현재의 유출량 보정에 적용되었던 매개변수를 그대로 적용하였다

미래(2015~2100) 86년간의 평균 직접유출율은 28%로 산정되었다. 현재의 평균 직접유출율(23%)에 비해 약 22% 증가하는 것으로 나타났으며, 직접유출의 증가와 미래로 갈수록 극치값이 현재보다 자주 발생할 것으로 전망되었으며, Lee et al.(2015)은 제주도 강우량은 과거에 비해 1.45 배 정도 증가하는 것으로 제시하였다(Fig. 4). 또한, 10년 이동평균이 약 2070년부터 평균이 높게 산정됨을 알 수 있었다.

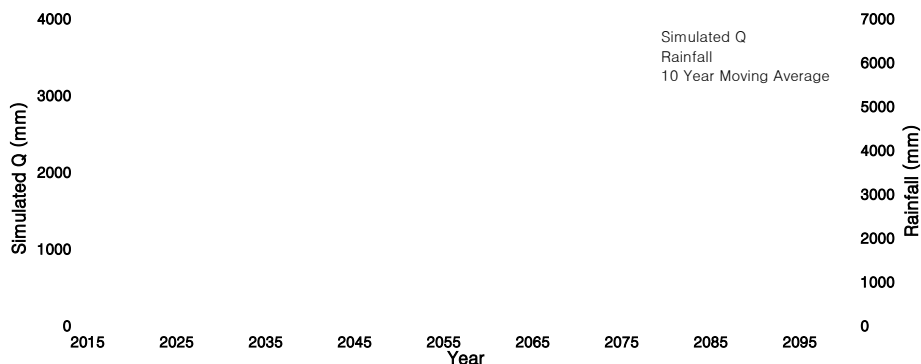


Fig. 4. Future present comparison of direct runoff

따라서 기후변화가 장기유출에 미치는 영향을 평가하기 위해 Present: 2000~2030년, Future 1: 2031~2070년, Future 2: 2071~2100년 3개의 유형으로 나누어 미래 강정천유역에서의 월별 유출 변동성 분석을 수행하였다(Fig. 5). 미래로 갈수록 월 평균 유출량이 증가하고, Future 2(2070~2100년) 일 때 유출량이 가장 증가 할 것으로 전망되었으며 Box-Plot를 확인 결과, 미래로 갈수록 극치값이 현재보다 자주 발생할 것으로 전망되었다.

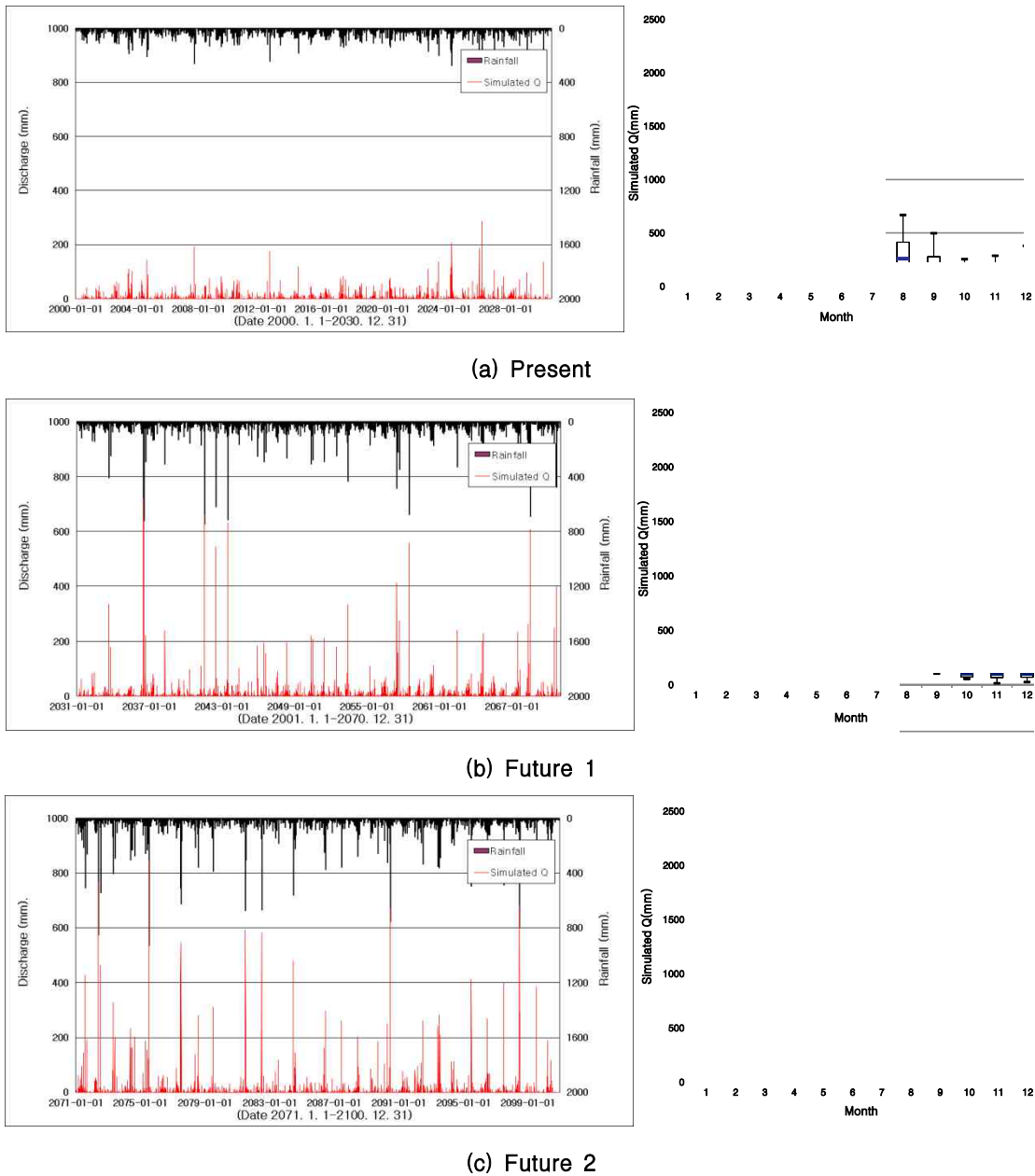


Fig. 5. Future present comparison of direct runoff and Box-Plot.

## 6. 결과

제주도는 우리나라 최다우 지역으로 풍부한 수자원을 보유하고 있지만 앞으로 기후변화는 극치사상의 증가와 수자원의 시공간적 불균형으로 더욱 취약성을 증가시킬 것으로 예측하고 있다. 또한, 안정적인 수자원의 공급 및 확보를 위해 장기적이고 효율적인 수자원계획이 요구되지만, 기후변화로 인해 변동성이 커지게 된다면 수자원확보에 대한 불확실성도 커질 것이다. 따라서 본 연구에서는 기후변화시나리오를 활용하여 기후변화가 수자원에 미치는 영향을 평가하여 수자원관리 계획 수립에 필요한 기초정보를 제공하고자 하였다.

보정된 매개변수를 활용하여 실측치에 가까운 모사가 가능하였으며 15년간(2000~2014년)의 직접유출율은 11~32%(평균 23%)으로 분석되었고, 2100년까지 미래 유출량의 변화를 비교하기 위하여 현재의 유출량 보정에 적용되었던 매개변수를 그대로 적용하였다. 미래(2015~2100) 86년간의 평균 직접유출율은 28%, 현재의 평균 직접유출율(23%)에 비해 약 22% 증가하는 것으로 나타났으며, 직접유출의 증가에 가장 큰 영향으로 미래로 갈수록 극치값이 현재보다 자주 발생할 것으로 전망되었다.

기후변화가 장기유출에 미치는 영향을 평가하기 위해 Present: 2000~2030년, Future 1: 2031~2070년, Future 2: 2071~2100년 3개의 유형으로 나누어 미래 강정천유역에서의 월별 유출 변동성 분석을 수행하였다. 미래로 갈수록 월 평균 유출량이 증가하고, Future 2(2070~2100년) 일 때 유출량이 가장 증가와 미래로 갈수록 극치값이 현재보다 자주 발생할 것으로 전망되었다.

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부의 건설교통기술지역특성화사업 “제주권 국토교통기술 지역거점센터(16RDRP-B076272-03)에 의해 수행되었습니다.

## 참고 문헌

1. Ahn, J. H., Yoon, Y. N., Yoo, C. S., 2001, On the change of hydrologic conditions due to global warming : 2. An analysis of hydrologic changes in daechung dam basin using water balance model, Journal of Korea water Resources Association, 34(5), 511-519.
2. IPCC, 2007, Climate change 2001 : The scientific basis, IPCC contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge Unibersity Press, Cambridge.
3. Jung, W. Y., Yang, S. K., 2009, Simulation on runoff of rivers in Jeju island using SWAT model, Journal of the Environmental Sciences, 18(9), 1045~1055.
4. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(MLTMA), and Korea Institute of Construction and Transportation Technology Evaluation and Planning(KICTEP), 2015, Jeju water circulation interpretation and water resource management infrastructure establishment.
5. Lee, J. H., Yang, S. K., Jung W. Y., Yang, W. S., 2015, Estimation of design rainfall based on climate change scenario in Jeju island, Journal of the Environmental Sciences, 24(4), 383~391.
6. Meteorological Administration, 2011, the report : Cimate change scenario in Area - Jeju Island -.