

RCP 시나리오 기반 밀양댐 미래 유입량 산정 및 결과분석

추태호¹, 고현수¹, 윤현철¹, 노현석¹, 손희삼^{*}
¹부산대학교 사회환경시스템공학부

The Estimation and Analysis of Miryang Dam Inflow based on RCP Scenario

Tai Ho Choo¹, Hyun Soo Ko¹, Hyeon Cheol Yoon¹,
Hyun Seok Noh¹, Hee Sam Son^{*}

¹Dept. of Environmental and civil Engineering, Pusan National University

요약 우리나라는 여름철에 강수량이 집중되고 동고서저형의 지형을 가지고 있다. 이러한 지형과 조건을 가진 나라는 기본적으로 하드웨어적인 대책이 뒷받침되어야 한다. 하지만 점차 그 적지는 감소하고 있고 국가 수자원 정책에 대한 시민 및 언론의 반발은 거세지고 있는 상황에 처해있다. 이러한 상황에서 기후변화는 수자원에 많은 영향을 주고 밀접한 관계를 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 기상청 기후변화 시나리오인 RCP 4.5와 8.5 시나리오를 검·보정한 SWAT모형에 적용하여 밀양다목적댐 유역의 미래 유입량을 산정하고 이에 대한 분석 결과를 바탕으로 댐을 운영하는데 있어 미래 방향을 제시하였다. 기존의 봉우리형 강우패턴에서 겨울철에도 비가 오는 평탄한 형상으로 변화할 것으로 예측되었다. 따라서 기존의 운영률에서 변화하는 강우 패턴에 맞는 방향으로 댐의 운영률을 수정하고 이에 대처할 수 있는 방안의 마련이 필요할 것으로 판단된다.

Abstract The Korea Academia-Industrial cooperation Society. The Korea Academia-Industrial cooperation Society. In Korea, the territory has east high west low type and the rainfall is concentrated in the summer season. A nation having these topography and precipitation condition like Korea has to basically needs support of hardware alternatives. However, the right places decrease gradually and the resistance of the public opinion for national water resources policy stiffens gradually. The climate change has an effect in water resources fields and has a close relation. In the present study, therefore, future inflow of Miryang multipurpose dam basin is estimated by using SWAT model applied RCP 4.5 and 8.5 scenarios of "Korea Meteorological Administration" and considering the results, the future direction is purposed to operate the dam. As a result, the rainfall pattern is changed from traditional peak form to flat form. The dam operation rule in accordance with changing precipitation pattern has to be modified from the conventional operation rule and a new plan has to be established to meet a situation.

Key Words : climate change, dam inflow, RCP scenario, SWAT

1. 서론

우리나라의 수자원에 대한 지리적 공간적인 현황을 살펴보면 연 강수량은 1970년대 1,230mm에서 최근

1,432mm로 약 16%이상이 증가하였으며 가뭄은 1970년 이후 5-7년 주기로 빈번히 발생하고 있다. 기본적으로 연 강우량의 여름철 집중이 발생하고 있으며 강우 발생형태 역시 과거의 쌍봉 형태에서 단봉 형태로 변하고

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(12기술혁신C06)에 의해 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Hee Sam Son(Pusan National Univ.)

Tel: +82-51-510-7654 email: hss3515@korea.kr

Received December 31, 2014

Revised(1st January 30, 2015, 2nd February 9, 2015)

Accepted May 7, 2015

Published May 31, 2015

있다. 즉 단 기간 내에 좁은 지역 혹은 특정 지역에 집중되는 현상을 보이고 있으며 그 발생빈도 또한 불규칙하고 예측하기 어려워 물 확보 및 재해예방에 어려움을 겪고 있다. 우리나라의 하천은 세계적인 대 하천과 비교하면 상대적으로 유역면적의 규모가 작으며 하천 유량의 계절적 변동이 심하다. 또한 사회경제 발전에 따라 급격한 인구증가와 도시의 발달로 수자원 이용환경은 더욱 악화되는 등 안정적인 수자원관리에 대한 필요성이 계속해서 증대되고 있다.

사실 전형적인 동고서저의 지형을 가지고 있으며 연강수량의 약 75%가 하절기에 집중되고 있는 우리나라의 특성상 기본적으로 하드웨어적인 대책의 뒷받침과 함께 환경적인 요소와 시민의 동의 등을 바탕으로 수자원 개발이 지속적으로 이루어져야 하며 그 어떤 방법보다 가장 적극적이고 효율적인 수자원 확보 방안은 댐의 건설이라고 할 수 있다. 그러나 점차 국가 수자원 정책에 대한 시민 및 언론의 반발은 거세지고 있고, 댐 개발 단가 상승과 댐 건설에 반대하는 환경 단체의 환경보존 주장, 댐 적지의 감소 등 대형 구조물에 의한 수자원 개발은 그 추진에 어려움이 있다.

이러한 수자원은 기후변화와 매우 밀접한 관계를 가지고 있으며 영향을 받는다. 과거부터 지금까지의 기후 변화 양상을 살펴보면 온실가스 배출량이 늘어나고 평균 기온이 상승함에 따라 해수면이 상승하고 강수량과 적설량의 변화가 관측되고 있다. 이러한 불확실성이 높은 기후변화를 예측하고 효율적으로 대처하기 위해서 1988년 설립된 UN산하 국제기후변화 협약기구인 기후변화에 대한 정부 간 협의체 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)에서는 지속적으로 평가보고서를 발간해 왔다. 그리고 2007년 제 4차보고서에서는 온실가스 시나리오인 SRES(Special Report on Emission Scenarios)에 따른 기후변화를 예측하였으며, 2013년 5차 보고서에서는 새로운 온실가스 시나리오인 대표농도경로 RCP(Representative Concentration Pathways)를 적용하기에 이르렀고, 이에 대응하기 위한 정책 및 연구들이 활발하게 수행되었으며 현재도 활발하게 이루어지고 있다. 기후변화에 따른 수자원 환경 변화와 지형적, 사회적으로 불리한 수자원 관리환경에서 이를 해결할 수 있는 다양한 방법의 개발이 필요하다. 따라서 기존 구조물이 미래에 제 성능을 발휘하고 역할을 수행할 수 있는 지에 대한 분석이 필요하다.

기후변화와 댐 운영에 관한 최근의 연구동향을 간략하게 살펴보면 박근애 [1], 안소라 등 [4], 정삼만 등 [6], 박진혁 등 [2]과 같은 이전의 기후변화 연구는 SRES 시나리오에 따른 전 지구 시나리오 모의 결과를 다운 스케일 기법을 통해 우리나라의 기후를 예측하는 연구가 주를 이루었다. 최근 5차 보고서의 발간에 따른 RCP 시나리오를 활용한 연구로는 장유정 [5]에서 북한을 포함한 한반도 72개 지점을 대상으로 기후 변화 경향을 분석한 바 있고, 성장현 등 [3]는 미래 극한 강수를 대상으로 비정상성 빈도해석을 수행하였다.

본 연구에서는 댐 유역을 대상으로 장기유출모형인 SWAT모형에 적용하여 관측된 댐 유입량을 검·보정 하였으며, 구축된 장기유출모형에 RCP 시나리오를 기반으로 2014년부터 2100년까지 모의하여 현재 운영 중인 댐의 미래 유입량을 평가하고자 하였다.

2. 연구순서 및 유역현황

미래 기후변화 시나리오에 따른 저수지 평가를 위한 본 연구의 진행 순서는 아래의 Fig. 1과 같다. 기상청 RCP 4.5와 8.5 시나리오에 따른 미래 100년에 걸친 강우량 및 기온 값을 산정하고 이를 이용하여 장기유출모형인 SWAT모형에 입력 자료로 활용하였다. SWAT에서 산정된 댐 유입량을 바탕으로 현재 밀양댐 운영의 적절성을 평가하였다.

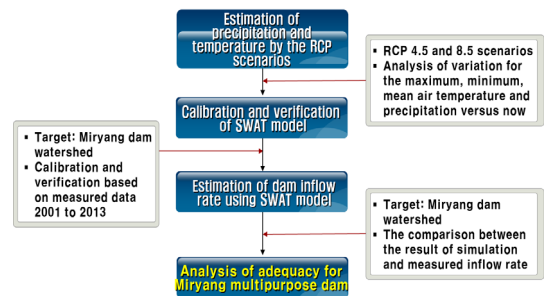


Fig. 1. The process for study

본 연구대상유역은 Fig. 2와 같이 경상북도 밀양시에 존재하는 밀양댐 상류유역으로 밀양댐 및 인근 강우 및 기상관측소 지점은 Table 1과 같다.

Table 1. The status of gauge station for Miryang dam watershed

Basin code	Standard basin	Basin area (km ²)	
202105	Miryangdam	103.5	
Organization	Volume of dam(1000 m ³)	Head elevation (El. m)	
K-water	3,943.00	212.50	
Observatory	Longitude	Latitude	Organization
Miryangdam	128-55-56	35-28-53	K-water
Kungkungjung	129-02-28	35-36-30	MLIT
Seon-ri	129-00-25	35-30-35	K-water
Sangbuk	129-04-00	35-25-07	MLIT
Miryang	128-44-38	35-29-29	KMA

MLIT: (Ministry of Land, Infrastructure, and Transport)
 K-water: (Korea water resources corporation)
 KMA: (Korea Meteorological Administration)

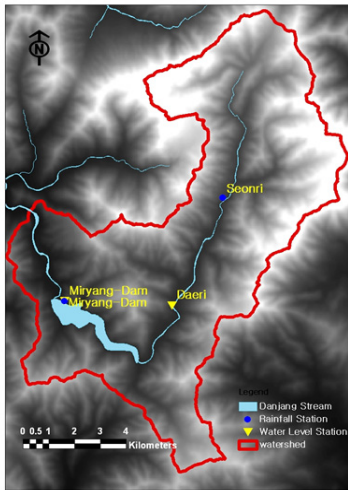


Fig. 2. The study area

3. RCP 4.5와 8.5 시나리오에 따른 밀양댐 유역 강우 및 온도 분석

3.1 RCP 4.5와 8.5에 따른 강우 및 온도 변화

RCP 4.5는 온실가스 저감 정책이 상당부분 실현된 경우를 가정하고 RCP 8.5는 현재 추세로 온실가스가 배출되는 경우를 가정하는 기상청 제공 시나리오를 사용하였다. 기본적으로 우리나라에 4.5와 8.5 적용 결과와 비교하여 밀양댐 유역의 결과는 다소 과소평가되는 경향이 있어 2002년에서 2013년의 실측자료를 바탕으로 Figs.

3 and 4와 같이 강우와 온도에 대하여 편의보정을 실시하여 미래의 강우와 온도에 대한 결과를 산출하였다.

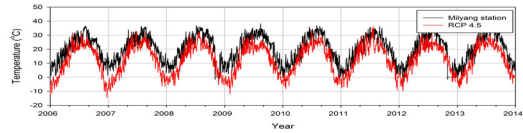


Fig. 3. The maximum temperature comparison between miryang station and RCP 4.5 scenario during 2006-2013 before calibration

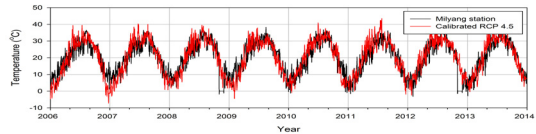


Fig. 4. The maximum temperature comparison between miryang station and RCP 4.5 scenario during 2006-2013 after calibration

3.2 시나리오 결과 분석

2014년에서 2100년까지의 미래 기후변화 시나리오 RCP 4.5와 8.5의 분석결과는 아래의 Figs. 5 and 6과 같다. Fig. 5는 1994년부터 2013년의 월별 연평균 총강수량(Baseline)과 RCP 4.5 시나리오의 2040년과 2080년의 월별 총강수량을 도시화한 것이다. 2040년의 월별 총강수량은 기존 Baseline에 비해 봄 여름철 강수량이 증가하였으나, 2080년의 월별 총강수량은 기존 Baseline에 비해 가을 겨울철 강수량이 증가함을 알 수 있다. 이는 이산화탄소 배출량이 기온에 영향을 미친 것으로 분석된다. 그리고 Fig. 6은 Baseline과 RCP 8.5 시나리오의 월별 총강수량을 도시화한 것이다. 2040년의 월별 총강수량은 기존 Baseline에 비해 홍수기(매년 6월 21일부터 9월 20일까지)에 강우가 편중되는 현상이 나타나지 않았으며, 2080년의 월별 총강수량은 8월 달에 편중된 것으로 나타났다. 이는 이산화탄소 배출에 의해 기존 강수발생패턴이 전적으로 변한 것으로 판단된다.

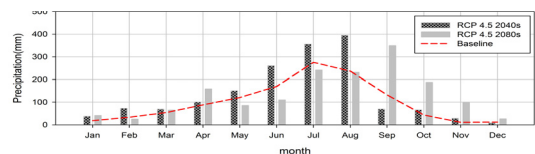


Fig. 5. The analysis of monthly precipitation for current (1994-2013) versus RCP 4.5 scenario

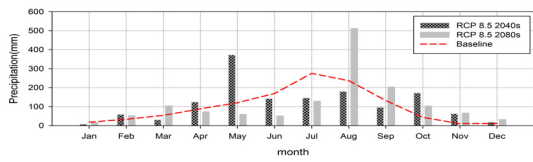


Fig. 6. The analysis of monthly precipitation for current (1994-2013) versus RCP 8.5 scenario

아래의 Fig. 7은 1994년부터 2013년(Baseline), RCP 4.5 및 RCP 8.5 시나리오의 강우강도를 도시화한 것이다. RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오는 Baseline에 비해 100mm/day의 강우 발생일수가 증가하였으며, RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오를 비교하면 160mm/day 미만의 강우 발생일수는 각각 100회, 124회로 큰 차이를 보이지 않았으나, 160mm/day 이상의 강우 발생일수는 각각 35회, 78회로 2배 이상의 차이를 보였다.

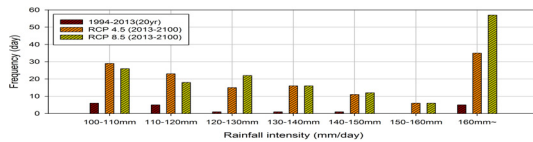


Fig. 7. The analysis of occurrence day for each rainfall intensity about current(1994-2013) versus RCP scenarios

이들 결과를 보면 11월이나 12월 겨울철에 현재 강수량 대비 2080년에 시나리오 4.5는 약 810%, 시나리오 8.5는 약 506%가 증가하였음을 알 수 있었고 이는 기온이 점차 따뜻해짐에 따라 겨울에도 비가 많이 내릴 것을 전망하고 있다.

4. 장기유출모형에 의한 댐 유입량 산정

4.1 SWAT

강우유출모형은 그 목적과 모의 기간에 따라 단일 사상모형(event model)인 단기유출 모형과 연속모형(Continuous model)인 장기유출모형으로 구분할 수 있다. 단기유출 모형은 단기간에 걸쳐 발생하는 단위시간당 유출량의 시간적 변화가 관심 대상이며, 시간 및 분단위의 모의를 실행한다. 주로 침투유량과 침투시간 등 유역의 홍수유출을 대표하는 특성치를 중점적으로 모의하며, 홍수량과 홍수용적을 결정하는 것은 전 기간 동안의

유출수문곡선을 계산하는데 사용되고 이는 치수 측면에서 중요한 요소이다.

장기유출 모형은 일 단위 이상 모의시간 간격을 사용하여 중·장기간에 걸쳐 발생하는 수문현상을 다루는 연속모형으로 주로 이수측면에 목적을 두고 활용한다. 장기유출을 정확하게 예측한다는 것은 이수측면에서 매우 중요한데 이는 저수지의 저수 용량결과와 저수지 관계용수의 다목적 이용, 갈수기 이·치수 계획 수립 등의 해석을 위한 일 유입량 추정 및 하천 유지용수량 결정 등 합리적인 수자원 관리에 활용된다.

따라서 본 모형에서는 SSARR, Tank, WEP, SWAT 같은 다양한 장기유출모형 중에서 기후변화 시나리오와 연계성이 높은 SWAT 모형을 사용하였다.

SWAT 모형은 미국 농무성 농업연구소(United States Department of Agriculture, USDA)에서 1994년에 최초로 개발되었으며, 대규모 복잡한 유역에서 장기간에 걸친 다양한 종류의 토양과 토지이용 및 토지관리 상태에 따른 유출과 유사 및 농업화학물질의 거동에 대한 토지관리 방법의 영향을 예측하기 위한 모형으로 수문, 토양유실, 영양물질, 하도추적의 4가지 부모형으로 구성되어 있다(Arnold 등[7]).

수문 부 모형에서는 토양과 토지 이용 조건에 의해 결정되는 수문반응단위 (Hydrologic Reponse Unit, HRU)로 SCS(Soil Consearion Service) 유출곡선법과 Green & Ampt 침투법을 이용하여 지표유출량을 산정하며, 측방유출량은 동역학적 지류모형(Kinematic Storage Model)을 이용한다. 침투는 토층을 최대 10개 층까지 세분화하여 선형저수량추적기법을 사용하여 계산한다. 잠재증발산량의 산정은 Hargreaves 방법, Priestley-Taylor 방법과 Penman-Monteith 방법을 이용하며, 작물과 토양의 증발산을 분리하여 모의하기 위해 Ritchie 방법을 이용한다. SWAT 모형은 수문순환 예측을 위해 물수지 방정식에 근거를 두고 강수, 증발산, 지표유출, 기저유출, 지하수 등에 대한 모의를 수문반응단위 별로 계산할 수 있다.

4.2 SWAT모형 검보정

모형에 대한 검보정은 기본적으로 다음과 같이 구성되었다. 밀양댐이 준공되고 난 후 측정된 2001년을 기준으로 하여 2003년까지는 모형의 안정화 기간(Warm up)을 주었으며 2003년에서 2007년까지는 보정기간, 그리

고 2008년에서 2013년 까지는 모형의 검증 기간으로 설정하였다. 한국수자원공사에서 제공하는 댐에 실제 유입되는 댐 유입량을 검보정의 기준으로 선정하였으며 이는 밀양댐 유역 수문조사 상황을 고려할 시 가장 적절한 값으로 판단될 수 있다. 모형의 검보정 결과는 아래의 Fig 4.6과 같고 각각의 결정계수는 보정치는 0.764, 검정치는 0.848로서 비교적 높은 정확성을 보여주었다. Fig. 10은 이러한 과정을 거쳐 구축된 SWAT의 2003-2012년 까지의 모의 결과를 나타낸다.

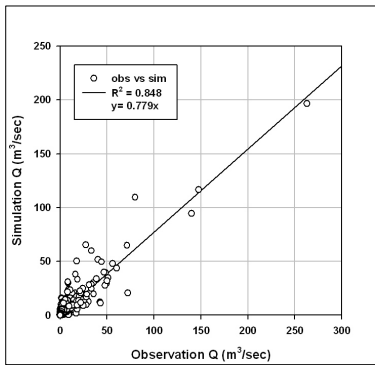


Fig. 8. The results of calibration between gauged and simulated flow rate with the Miryang dam inflow (2003-2007)

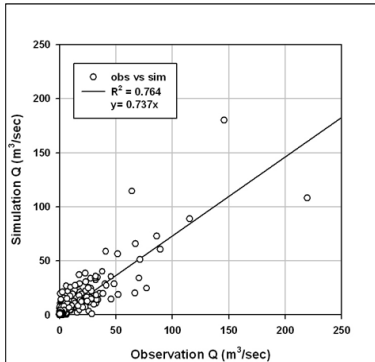


Fig. 9. The results of verification between gauged and simulated flow rate with the Miryang dam inflow (2008-2013)

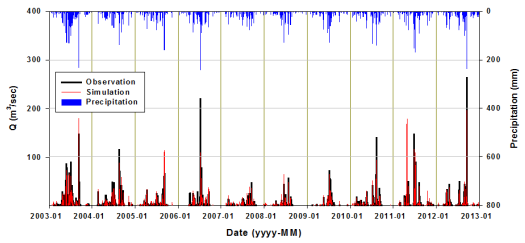


Fig. 10. The result of simulation of SWAT model

4.3 RCP 4.5와 8.5에 따른 미래 유입량 모의

RCP 4.5와 8.5 시나리오에 따라 100년에 걸쳐서 SWAT 모형을 사용한 장기유출량 모의 결과를 아래의 Fig. 11, 12와 같이 기후변화 시나리오에 따른 댐 유입량을 2013년부터 2100년까지 각 연도별 평균치를 나타낸 그래프이다.

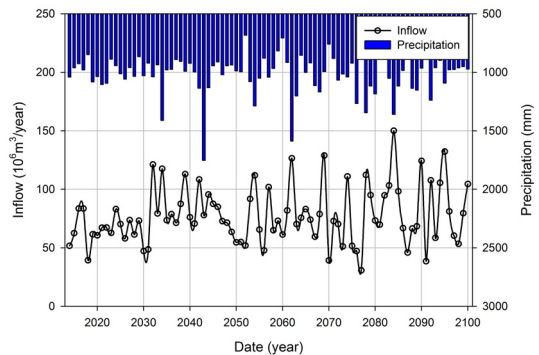


Fig. 11. The result of simulation for dam inflow rate by RCP 4.5 scenario

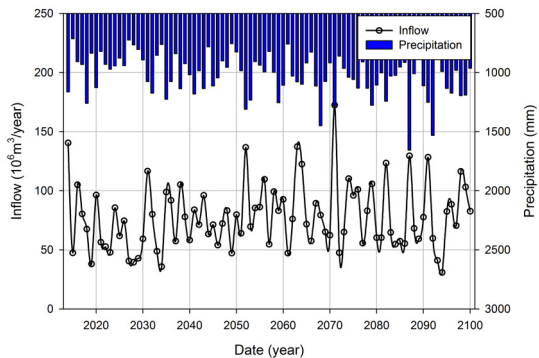


Fig. 12. The result of simulation for dam inflow rate by RCP 8.5 scenario

5. 결과 분석

RCP 시나리오 4.5와 8.5에 따른 밀양댐 유입량의 약 100년에 걸친 년 평균치와 10년 평균치, 계절별 평균치는 아래의 Fig. 13-15에 걸쳐 나타내었다.

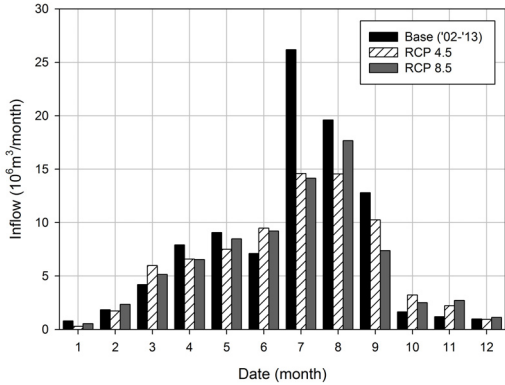


Fig. 13. The analysis of inflow for each month with baseline('02-13), RCP 4.5 and 8.5 scenarios

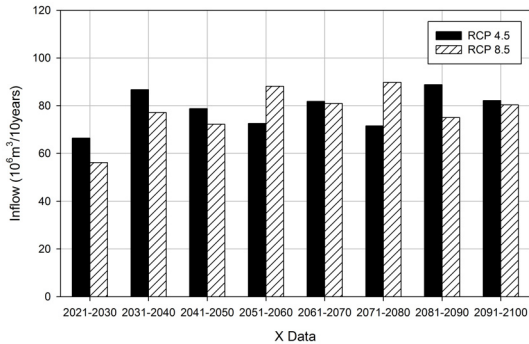


Fig. 14. The analysis of inflow for each decade by RCP 4.5 and 8.5 scenarios

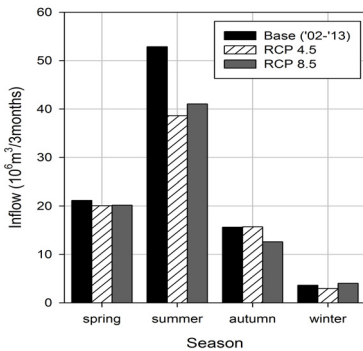


Fig. 15. The analysis of inflow for each season by RCP 4.5 and 8.5 scenarios

Fig. 13의 결과를 보면 관측치인 2002년에서 2013년 자료에 비하여 RC 4.5와 8.5의 모의 유입량 결과가 상대적으로 낮게 산정된 것을 볼 수 있다. 이는 2002년과 2003년에 발생한 대형태풍 루사와 매미의 영향에 기인하는 것이다. 즉, 기후변화 시나리오는 이러한 극한 사상의 태풍 발생 등을 정확하게 예측하고 그 값을 반영하는 것이 어려우므로 댐 유입량 계산 시 주의해야 한다. 또한 Fig. 14에서는 10년 단위의 평균치를 나타낸 값으로 RCP 4.5와 8.5가 비슷비슷한 양상을 보이고 있음을 알 수 있다. 그리고 Fig. 15의 계절별 평균을 보면 여전히 여름철에 많은 비가 내릴 것으로 전망하고 있다. 하지만 본 결과는 약 100년에 걸친 평균값을 나타내고 있으므로 아래의 Fig. 16, 17과 같이 2090년에서 2100년까지의 기간을 확대하여 계절별로 살펴보면 하절기 강우량이 집중되던 양상에서 점차 겨울철에 강우량이 증가하는 것을 알 수 있다.

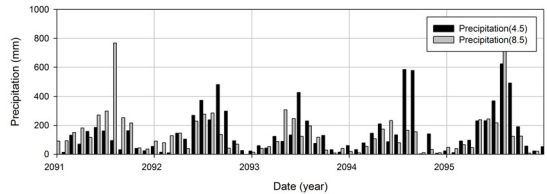


Fig. 16. The precipitation comparion with RCP 4.5 and 8.5 scenarios for each month during 2091-2095

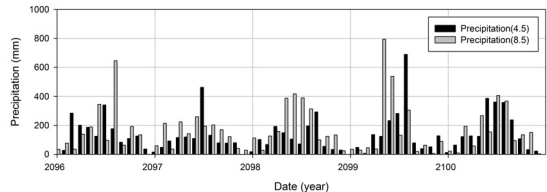


Fig. 17. The precipitation comparion with RCP 4.5 and 8.5 scenarios for each month during 2096-2100

따라서 전체 연 강우량 총량은 지금과 비슷하지만 그 내리는 양상은 하절기 집중현상에서 균등한 양상으로 변화하므로 이에 맞는 댐 운영 방안 혹은 새로운 시설물 대안을 마련하는 것이 필요할 것으로 판단 할 수 있다. 하지만 이러한 결과는 미래의 어떤 극한 사상을 반영하지 못하는 기후변화 시나리오의 불확실성이 존재한다는 사실을 감안해야 한다.

6. 결론

본 연구는 댐 운영에 밀접한 영향을 미치는 미래 댐 유입량을 산정하고 그 결과를 분석하여 댐을 운영하는데 있어 미래 방향을 제시하는데에 그 목적이 있다. 이를 위해서 기상청에서 제공하는 RCP 4.5와 8.5 시나리오를 활용하여 장기 유출 모형인 SWAT 모형을 구축하고 2014년에서 2100년에 걸친 장기 댐 유입량을 예측분석하였다. 그 결과 연 강우총량은 현재의 강우량 총량과 비슷하게 나오는 것을 알 수 있으나 미래로 가면 갈수록 현재의 하절기 강우 집중되는 봉우리 패턴에서 겨울철 강우량이 증가하여 전체적으로 완만해지는 것을 알 수 있었다. 즉 이는 기후변화에 따라 기온이 점차 올라감에 따라 우리나라도 점차 따뜻해지는 것에 기인한다고 볼 수 있다. 따라서 기존의 운영률에서 변화하는 강우 패턴에 맞는 방향으로 댐의 운영률을 수정하고 이에 대처할 수 있는 방안의 마련이 필요할 것으로 판단된다. 다만 위의 결과는 2002년 루사 혹은 2003년 매미와 같은 극한 사상을 기후변화 시나리오가 제대로 반영할 수 없다는 한계점을 가지고 있으므로 반영에는 각별한 주의가 필요하다.

References

- [1] G. A. Park, "A Study of Future Climate Change Impacts on Agricultural Water Resources", Doctor's Thesis, University of Konkuk, Seoul, Korea, 2008.
- [2] J. H. Park, H. H. Kwon, H. S. Chae, S. H. No, "Outlook of Discharge for Dam Watershed Using RCM and SWAT Based on A1B Scenario", Proceedings '11 of Korea Water Resources Association, pp.354, 2011.
- [3] J. H. Sung, B. S. Kim, H. S. Kang, C. H. Cho, "Non-stationary Frequency Analysis for Extreme Precipitation based on Representative Concentration Pathways (RCP) Climate Change Scenarios", Journal of Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.12, No.2, pp. 231-244, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9798/KOSHAM.2012.12.2.231>
- [4] S. R. Ahn, M. J. Park, G. A. Park, S. J. Kim, "Assessment of Streamflow and Evapotranspiration Influence on the Climate Change under SRES A1B Scenario", Proceedings '08 of Korea Water Resources Association,, pp.1097-1101, 2008.
- [5] Y. J. Jang, "Analysis of Future Climate Characteristic of Korean Peninsula under RCP Scenario", Master's Thesis, University of Korea, Seoul, Korea, 2012.
- [6] S. M. Jeong, H. D. Seo, H. S. Kim, K. H. Han, "Sensitivity Assessment on Daecheong Dam Basin Stream flows According to the Change of Climate Components - Based on the 4th IPCC Report -, Journal of Korea Water Resources Association, Vol.1, No.1, pp.1095-1106, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3741/JKWRA.2008.41.11.1095>
- [7] Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., and Williams, J. R., "Large area hydro-logic modeling and assessment part I: model development" Journal of American Water Resources Association, JAWRA, Vol.34, No.1, pp.73-89, 1998.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1752-1688.1998.tb05961.x>

추 태 호(Tai Ho Choo)

[정회원]



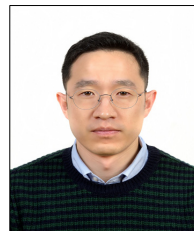
- 1990년 12월 : Pittsburgh 대학교 일반대학원 토목공학과 (수리학 석사)
- 1998년 12월 : Pittsburgh 대학교 일반대학원 환경토목공학과 (환경수리학 박사)
- 1984년 2월 ~ 2002년 9월 : K-Water 연구원 책임연구원 등
- 2002년 9월 ~ 현재 : 부산대학교 사회환경시스템공학부 교수

<관심분야>

댐, 수리수문, 하천, 방재

고 현 수(Ko Hyun Soo)

[정회원]



- 2006년 2월 : 울산대학교 토목공학과 (공학사)
- 2008년 2월 : 울산대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 사회환경시스템공학과 박사과정

<관심분야>

댐, 수리수문, GIS, 풍수해

윤 현 철(Hyeon Cheol Yoon)

[정회원]



- 2010년 2월 : 동아대학교 토목공학과 (공학사)
- 2012년 2월 : 부산대학교 사회환경시스템공학과 (공학석사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 사회환경시스템공학과 박사수료

<관심분야>

댐, 수리수문, 하천

노 현 석(Hyun Suk Noh)

[정회원]



- 2013년 8월 : 서울과학기술대학 건설시스템디자인공학과 (공학사)
- 2013년 9월 ~ 현재 : 부산대학교 사회환경시스템공학과 석사과정

<관심분야>

수리수문, 하천, GIS

손 희 삼(Hee Sam Son)

[정회원]



- 1997년 2월 : 밀양산업대학교 토목공학과 (공학사)
- 2011년 8월 : 부산대학교 사회환경시스템공학과 (공학석사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 사회환경시스템공학과 박사수료

<관심분야>

댐, 배수펌프장, 하천