

기후변화에 따른 금강 유역의 오염 부하량 산정 및 분석

Calculation and Analysis of Pollutant Loading by Climate Change in Geum River Basin

박종태*, 장유진**, 구영민***, 서동일****
Jongtae Park, Yujin Jang, Youngmin Koo, Dongil Seo

요 지

기후변화에 따른 강수량변화와 기온변화에 의한 영향이 수질변화에 영향을 미칠 수 있으며, 하천, 호소 등 취수원의 상수도 질적 저하, 나아가 잠재적인 공중보건에까지 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서는 IPCC 에서 발표한 지구기후모형 GCMs의 시나리오 자료를 바탕으로 기상청이 운영하는 기후변화센터의 RCP 시나리오 4.5, 8.5의 데이터 중 금강유역에 기후변화 시나리오 자료를 이용하여 GWLF 모형을 사용하여 금강 유역의 갑천 및 논산천, 대청댐 등 소유역의 2000년부터 2100년까지의 미래 오염 부하량을 모의 하였으며, 연구 결과 RCP 4.5의 경우 오염 부하량이 2100년 까지 전반적으로 증가하는 추세를 보이며, RCP 8.5의 경우 2100년까지 감소하는 추세를 보인다.

핵심용어 : 기후변화, RCP, GWLF, 오염 부하량, 금강 유역

1. 서 론

Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC)5차 기후변화 종합보고서에 따르면 기후변화에 따른 기온의 증가는 수문사상의 변화를 가져오게 되어 여러 가지 형태로 수질을 악화 시킬 것으로 전망 되고 있다. 국내의 기후변화에 의한 수자원의 영향평가는 활발하게 진행되고 있으나, 수질에 대한 연구는 미흡하다.

Lee et al. (2008)은 안성천의 상류유역을 대상으로 IPCC Special Report on Emissions Scenarios(SRES) A2, B2 따른 수문환경의 변화를 고려해 General Circulation Model(GCM)를 이용하여 Downscaling한 자료를 구축하고, 미래의 우리나라 토지 이용도에 대해서 Cellular Automat기법이 결합된 CA-Markov 기법을 적용하여 Soil and Water Assesment Tool(SWAT) 모형을 이용하여 모의 하였다. 미래의 토지 이용 상태를 고려하여 모의하였을 때, 유사량이 크게 증가하였으며, T-N, T-P의 경우에도 증가하는 경향을 보였다.

Jung et al. (2011)은 SWAT 모형을 이용해 안동댐 유역을 대상으로 SRES A2, B1별 유역에 대한 유량 및 수질에 대해서 모의 하였다. Hwang et al. (2006)은 강수량의 변화가 유역의 비점오염원 부하량에 미치는 영향에 대한 정량적 분석을 목적으로, 발안 유역의 HP#6 소유역을 Generalized Watershed Loading Function(GWLF) 모형을 이용하여 모의 하였으며, SRES A1은 연간 유출량이 24.6 % 증가, 유사량과 TN, TP 부하량은 각각 60.1 %, 14.4 %, 27.7 % 증가 하였다. 이에 비하여 연간 강수량 증가가 가장 적은 시나리오 B1의 연간 유출량은 -0.4 %로 감소하

* 정회원 · 충남대학교 공과대학 환경공학과 석사과정 · E-mail : whdxogo@naver.com

** 정회원 · 충남대학교 공과대학 환경공학과 석사과정 · E-mail : ujjang2001@naver.com

*** 정회원 · 충남대학교 공과대학 환경공학과 박사과정 · E-mail : greatkym@nate.com

**** 정회원 · 충남대학교 공과대학 환경공학과 교수 · E-mail : seodi@cnu.ac.kr

는 것으로 나타났으며, 유사량과 TN, TP 부하량은 각각 14.6 %, 3.0 %, 7.2 % 증가하였다. Park et al. (2015)은 유역모형인 Hydrological Simulation Program -Fortran(HSPF)을 이용하여 기후변화 시나리오에 따른 황룡강 유역의 오염물질 유출특성 변화를 분석 하였다. Representative Concentration Pathway(RCP) 4.5에서는 21세기 후반기로 갈수록 오염물질 항목이 전반적으로 증가하는 것으로 분석 되었으며, RCP 8.5의 경우 21세기 중반기에 평균적으로 연간 오염 부하 유출량이 상대적으로 많이 증가할 것으로 분석 되었다.

본 연구에서는 도시 및 농촌과 산림 등 복합유역에 대한 점원 및 비점오염원의 영양물질에 대한 모의가 가능한 GWLF 모형을 이용하여 우리나라의 6대 하천 중 금강유역을 대상지역으로 하여 갑천, 논산천, 대청댐 및 용담댐유역 등 중권역의 자료를 수집하고 모형의 검·보정을 거친 후 IPCC에서 제공하는 기후변화 시나리오를 적용하여 오염 부하량의 장기적 변화에 대해서 모의하였다.

2. 연구방법

2.1 GWLF

GWLF모형은 Haith and Shoemaker (1987)가 제안 하였으며, 코넬 대학의 Haith et al. (1992)이 개발 하였다. GWLF는 도시와 농촌 및 산림의 복합유역을 대상으로 지하수, 농촌지역의 토양침식, 도시지역의 오염물질 축적 및 강우에 의한 세정 작용 그리고 점오염원 등 하천에 유입되는 영양염류에 대해서 용존상 및 입자상 부하량을 산정하여 유역의 영양염류에 대한 총 부하를 산정평가 할 수 있다. 본 모형은 기본적으로 월별 발생 부하량을 산정하며 그에 관한 식은 Eq.(1)~(2)과 같다.

$$LD_m = DP_m + DR_m + DG_m + DS_m \quad (1)$$

여기서 LD_m 는 용존상 영양염류 부하, DP_m , DR_m , DG_m , DS_m 는 각각 용존상 점오염원, 농촌지역의 유출, 지하수 및 정화조와 같은 소규모의 가정용 하수처리 장치에서 발생하는 영양염류 부하이다.

$$LS_m = SP_m + SR_m + SU_m \quad (2)$$

여기서 LS_m 는 입자상 영양염류 부하, SP_m , SR_m , SU_m 는 각각 입자상 점오염원, 농촌지역과 도시지역에서 발생하는 입자상 영양염류 부하를 의미하며, 그림 1과 같다.

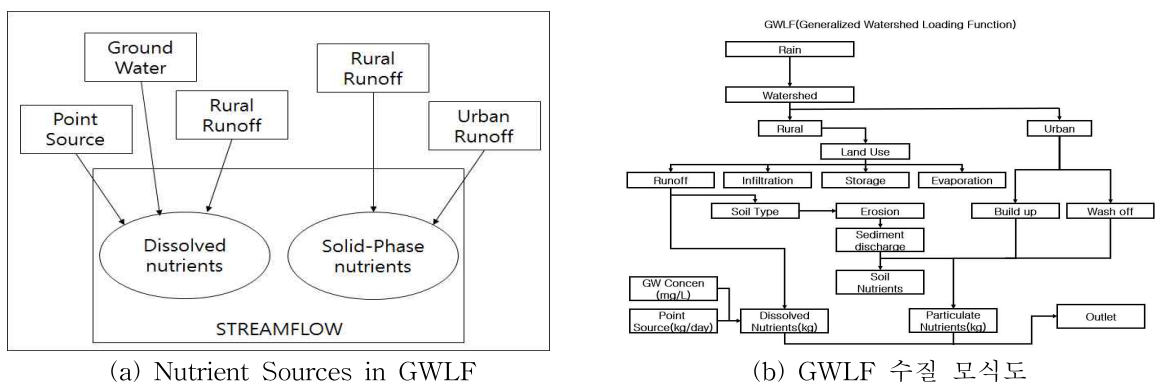


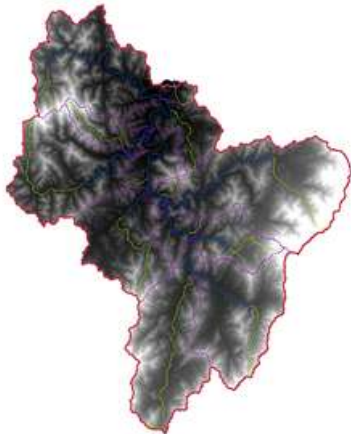
그림 1. GWLF 모형 개요

2.2 연구 대상 지역

본 연구대상인 금강 유역은 우리나라 6대 하천의 하나인 금강을 포함하는 유역으로 면적은 $9,914.02 \text{ km}^2$, 유로연장 388 km , 하천총길이 $24,889 \text{ km}$ 이며, 21개의 대권역 중에서 한반도 면적의 약 9 %를 차지하며, 충청남북도의 절반과 전라북도 및 경상남도 그리고 경기도의 일부분을 차지하며, 우리나라에서 3번째 크기에 해당하는 유역이다.

금강 유역은 국가하천인 갑천, 미호천 및 논산천등 18개와 지방1급 하천 19개로 이뤄져 있으며, 수질영향권역은 용담댐 유역, 대청댐 유역, 갑천 유역 및 미호천 유역 등의 14개의 중권역과 78개의 표준유역으로 이뤄져있다(WAMIS, 2011).

금강 유역의 용담댐, 용담댐하류, 초강 유역은 산림지역으로 산림 면적이 약 70 % 이상을 차지하며, 금강 중류 지역인 갑천 유역은 14.6 %가 도시화지역으로 금강 유역의 평균 도시화 면적이 5.3 %것과 비교하여 높은 수치임을 알 수 있다. 금강 하류는 농경지대가 발달하여 금강하구연 유역의 농경지 면적이 50.6 %, 논산천 유역의 농경지 면적은 43.7 %로 금강 유역은 도시와 농촌 그리고 산림이 있는 복합 유역이다. 본 연구에서 도시와 농촌 및 산림을 대상으로 오염 부하량을 산정하는 GWLF 모형을 이용하여 복합 유역인 금강 유역을 대상으로 기후변화 시나리오에 따른 오염 부하량을 모의하였다.



(a) Digital Elevation Model(DEM)



(b) Basin

그림. 2. 금강 유역

3. 연구 결과

3.1 모형 보정

본 연구에서는 국가 DB를 이용하여 GWLF 모형을 구축 하였으며, 금강유역을 14개의 유역으로 구분하여 모의 하였다. 모형을 적용하는데 있어 모델 매개변수를 산정하기 위해 중권역 중 대표유역인 미호천, 논산천, 갑천 및 초강유역을 선정하였으며, 이는 금강유역에서 국가DB에 보정할 수 있는 자료가 있는 유역이며, 금강 제 1 지류 지역이다. 보정 결과를 바탕으로 점오염원 자료를 제외한 수문 및 비점오염 발생에 대한 매개변수를 금강 전체에 적용 하였다.

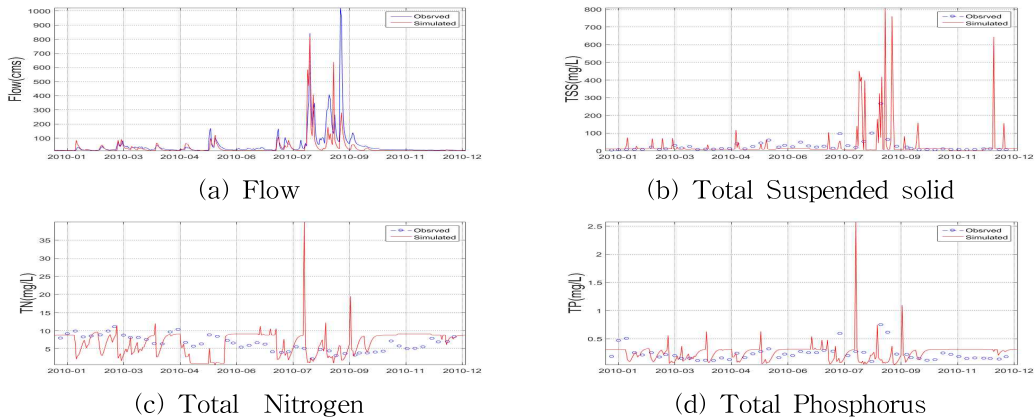


그림. 3. Miho stream basin calibration

3.2 기후변화 시나리오 분석

기후변화에 따른 금강 유역의 오염 부하량의 변화를 예측하기 위해 IPCC 5차 기후변화 평가 보고서의 대표농도경로(RCP) 시나리오 2.6, 4.5, 6.0, 8.5에서 온실가스저감 정책이 상당히 실현되는 경우인 RCP 4.5와 온실가스 배출저감 없이 상당히 실현되는 경우의 RCP 8.5의 자료를 이용하였다. 국내 기상청에서 HadGEM3-RA 기후모델을 이용한 IC400_RCP 데이터를 적용하였으며, 금강 유역 7개의 기상청을 GWLF 모형에 적용하였다. GWLF에서 Thiessen법에 의해 유역에 기온 및 강수량이 분포되며, 하천 유역의 물수지를 계산할 때 지점 우량보다 하천 유역 전체의 평균우량을 산정할 때 사용하는 방법을 사용하였으며, 금강 유역의 14개 중권역에 대하여 2000년부터 2100년까지 10년 단위로 모의 하였다. 금강 유역에서 RCP 4.5 시나리오는 RCP 8.5 시나리오보다 2100년까지 온도는 낮게 증가되지만, 강수량은 높은 경향을 띄고 있다.

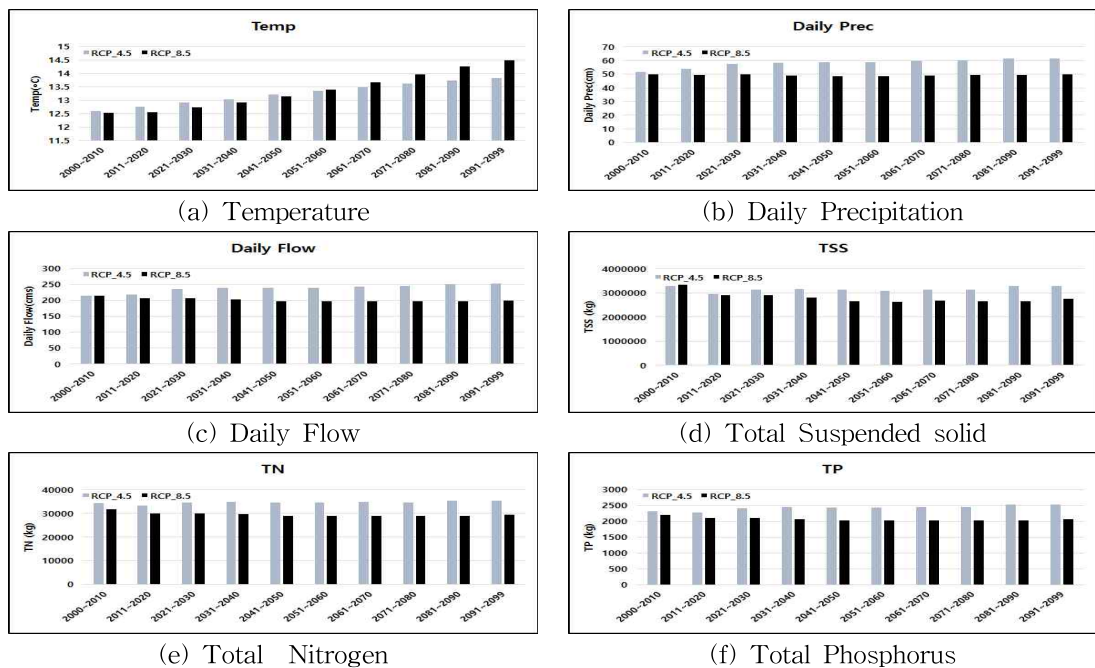


그림. 4. 금강 전체 유역 모의 결과

4. 결 론

본 연구에서는 GWLF 모형을 이용해 금강 유역의 중권역 14개를 구축 및 보정 후 기후변화 시나리오 RCP 4.5, RCP 8.5를 대상으로 유역의 오염 부하량에 대하여 10년 단위로 모의를 실행 하였다. 기후변화 시나리오 RCP 4.5, RCP 8.5 모의 결과 RCP 4.5 시나리오는 TSS, TN, TP 부하량이 2100년까지 증가하는 추세로 나타났으며, RCP 8.5 시나리오에서는 감소하는 추세로 나타났다. 이는 RCP 4.5 시나리오가 RCP 8.5 시나리오보다 높은 강수량(3.24 % - 24.16 %)을 보이며, Daily Flow 또한 (0.41 % - 28.21 %)로 높기 때문에 비점오염원의 유출이 더 많이 일어나 오염 부하량이 증가되었다고 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 환경부 “기후변화대응 환경기술개발사업(과제번호:2014001310007)”으로 지원받은 과제임

참 고 문 헌

1. 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS), (<http://www.wamis.go.kr/>)
2. 박민혜, 조홍래, 구본경(2015), “기후변화에 따른 황룡강 유역의 오염부하 유출량 변화 분석”, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, Vol. 48, No. 3, pp 185-196.
3. 이용준, 안소라, 강부식, 김성준(2008), “SWAT 모형을 이용한 미래 기후변화 및 토지이용 변화에 따른 안성천 유역 수문·수질변화분석(II)”, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, Vol. 28, No. 6, pp 665-673.
4. 정제호, 김동일, 최현구, 한건연(2011), “기후변화시나리오에 따른 댐유역의 장기 수질변화 예측”, 환경영향평가, 한국환경영향평가학회, Vol. 20, No. 2, pp 107-121.
5. 환경부 물환경정보시스템, (<http://water.nier.go.kr/main/mainContent.do>)
6. 황세운, 장태일, 박승우(2006), “기후변화에 따른 농촌 소유역에서의 비점오염 영향 분석”, 한국농림기상학회지, 한국농림기상학회, Vol. 8, No. 4, pp 209-221.
7. Haith D.A and Ray Shyan Wu(1992), “GWLF 2.0 Users Manual”, Cornell University
8. IPCC(2014), Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer(eds.), IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.