

영산강 유역의 수질예측을 위한 QUAL2K 적용

Application of QUAL2K Model in the Yeongsan River Basin for the Water Quality Prediction

박성천*, 진영훈**, 김용구***, 방재필****, 문병석*****

Sung-Cheon Park, Young-Hoon Jin, Yong-Gu Kim, Jae-Pil Bang, Byoung Seok Moon

요 지

본 연구에서는 영산강수계의 수질이 미래에 어떠한 양상으로 변화하는지 예측하여 파악하고자 하였다. 적용모형은 각종 수질관리에 적용되어 수질예측 결과의 신뢰도가 높은 US EPA에서 개발한 QUAL2E 모형의 단점을 보완하고 사용자가 보다 사용하기 쉽게 개발된 후속모형인 QUAL2K를 이용하였다. 영산강유역의 수질모형을 구축하고 실측 자료를 이용하여 보정하였으며, 목표연도는 2015년으로 선정하여 환경기초시설에 의한 오염물질 삭감량에 따른 하천수의 수질 변화를 예측하였다. 수질모의 항목은 실측자료를 바탕으로 하여 하천특성과 종합적인 부하량 산정이 가능한 BOD와 부영양화의 물질인 T-N과 T-P를 선정하여 모의하였다.

핵심용어 : QUAL2K 모델, 목표수질, 수질예측

1. 서론

최근에 사회적으로 4대강 살리기가 크게 이슈화되고, 또한 하천오염에 대한 중요성이 크게 되두되고 있다. 급격한 산업화로 물 수요량이 증가함에 따라 오염량 또한 증가한 것이다. 그래서 정부는 수질정화 및 하천관리사업을 실시하였다. 하천관리사업의 일환으로 오염량을 관리하는 제도가 실행되고 있으며, 오염량을 관리하는 제도는 기존방법인 오염농도와 면적위주의 규제의 문제점을 해결하기 위한 방법이다. 오염량을 관리하는 제도는 유역 내에 위치한 모든 오염원에 의한 수질 영향을 관리하는 유역중심의 수질관리 방법이다. 합리적인 방법을 토대로 수계 구간별 목표수질을 설정하고, 그 목표수질을 달성하고 유지하기 위한 허용부하량을 산정하여 해당 단위유역 내에서 배출되는 총오염량이 목표수질을 달성할 수 있는 허용부하량 이내로 규제 할 수 있는 제도이다. 오염량 관리 제도의 성공적인 시행을 위해 수질모형을 사용하는 것이 필수적이다. 수질모델링을 위한 여건은 실제 필요한 수준에 이르지 못 하지만 대형 국책사업이나 중요 환경영향평가에서는 계속적으로 수질 모형을 사용하고, 그 범위 또한 점차 증가될 전망이다.

본 연구에서는 영산강수계의 미래수질이 어떠한 양상으로 변화하는지 예측과 파악을 하고자 하였다. 모형은 각종 수질관리에 적용되어 수질예측 결과의 신뢰도가 높은 US EPA에서 개발한 Qual2e 모형의 단점을 보완하고 사용자가 보다 사용하기 쉽게 개발된 후속모형 Qual2K를 이용하였다. 영산강유역의 수질모형을 구축하고 실측 자료와 검토 보정하였으며 목표연도는 2015년으로 선정하였고 환경기초시설에 의한 오염물질 삭감량에 따른 하천수의 수질변화를 예측하였다. 수질모의 항목은 실측자료를 바탕으로 하여 하천특성과 종합적인 부하량 산정이 가능한 BOD와 부영양화의 물질 T-N, T-P로 정하여 모의 하였다.

영산강 유역의 수질모의 및 결과는 영본A지역 BOD 7.9(mg/L), 영본C 지점까지 6.13(mg/L), 중류부 영

* 정희원 · 동신대학교 토목공학과 교수 · E-mail : psc@dsu.ac.kr
** 정희원 · 동신대학교 공업기술연구소 연구교수 · E-mail : nmdrjin@gmail.com
*** 정희원 · 동신대학교 토목공학과 연구원 · E-mail : kyg8987@paran.com
**** 정희원 · 동신대학교 토목공학과 연구원 · E-mail : wolf404@nate.com
***** 정희원 · 서남대학교 토목공학과 조교수 · E-mail : mbs0235@seonam.ac.kr

본C 지역으로부터 하류부인 영본E 까지 수질은 3~6 (mg/L), T-N, T-P는 영본B 지역에서 3800($\mu\text{m}/\text{l}$), 500 ($\mu\text{m}/\text{l}$), 영본C 지점부터 영본 E 까지 2500~4500($\mu\text{m}/\text{l}$), 150~500 ($\mu\text{m}/\text{l}$)로 유지되는 것으로 모의되었고, 영산강유역 장래 수질 예측결과는 영본B 말단부에서는 6.2(mg/L), 영본C 지역의 예측 BOD농도는 5.5(mg/L), T-N는 영본B 3300($\mu\text{m}/\text{l}$), T-P는 영본C 지역으로부터 하류부인 영본E 까지 150~500($\mu\text{m}/\text{l}$)로 모의되었다.

2. 대상유역의 현황

영산강은 우리나라 4대 강중에 하나이다. 담양군 용면 용추봉에서 발원하여 담양 · 광주 · 나주 · 영암 등지를 지나고, 풍영정천, 광주천, 마륵천, 황룡강, 지식천, 고막원천, 함평천등 지류 38개의 하천이 합쳐져 장장 3백리 호남벌을 지나고 하구언을 통해 서해로 흐르는 총 유역면적이 3,371.4km², 길이 136km인 강이다. 영산강은 한강, 낙동강, 금강에 견주어 길이가 짧은 편이나 20년 전에 교통로로서의 역할은 결코 손색이 없었다. 이는 어느 강보다도 조수의 영향을 많이 받기 때문이다. 이렇게 영산강은 밀물과 썰물의 차가 매우 커서 그 영향이 나주 부근까지 미쳐 연양 농경지에 하천이 넘쳐 논과 밭이 잠기는 등의 피해를 주기도 하였으나 1981년 12월에 하구둑이 만들어 짐으로써 물여 잠기는 지역이 크게 줄어들었다. 영산강은 강의 모습이 매우 구불구불하여 물이 넘치는 곳이 곳곳에 있었고 중류나 하류로 가면서 구불구불한 정도가 심해져 구불구불해진 모습이 떨어져 나간 듯한 모습의 우각호를 군데군데 이루고 있다. 영산강 유역의평야 대부분은 퇴적,침식 작용이 심하여 하천의 수면과 거의 같은 높이에 있으므로 홍수의 위험성이 대단히 높다. 그리고 영산강은 계절에 따른 물의 양의 차이가 매우 심하기도 하다. 대상유역의 유역도는 그림 2.1과 같다.



그림 2.1 영산강 유역도

표 2.1 전라남도 영산강 시군 점유율

수계 구분	광역시 /도	단위 유역	소유역 수	유역 내 면적(km ²)	시군면적 /단위유역
영산강	전라남도	영본A	12	370	87.5
		영본B	8	155	
		영본C	32	568	91.5
		영본D	14	426	98
		영본E	37	636	100
		지식A	20	412	100
		황룡A	12	359	98.8
	광주광역시	영본A	3	53	12.5
		영본C	3	53	8.5
		영본D	1	8.7	2
전라북도	황룡A	1	4.2	1.2	

2.1 소유역구분

영산강 수계를 6개의 단위유역, 135개의 소유역으로 구분하였다. 영본A 단위유역은 12개의 소유역으로 구분하였고, 영본C 단위유역은 32개의 소유역으로 구분하였으며, 영본D 단위유역은 14개 소유역으로 구분하였다. 또한, 영본E, 지식A, 황룡A 단위유역은 각각 37, 20, 12개의 소유역으로 구분하였으며, 전라남도 영산강 시군 점유율을 표 3.1에 제시하였다. 점유율은 소유역과 소유역을 포함한 동리면적의 비로 산정하였다.

3. 모형의 적용

3.1 대상구간의 모형화

영산강 본류 및 지류의 모식도로써 영산강본류와 유입되는 하천 구간 등을 알기 쉽게 나타내었다. 영산강 본류의 모델대상 구간은 담양군 관내 영산강 시점부터 영산강 하구언까지이고, 지류의 대상구간은 대표적인 제1지류인 풍영정천, 광주천, 황룡강, 지식천, 고막원천, 함평천, 등 이다.

풍영정천은 영산강 합류점으로부터 3km 정도의 구간이고, 광주천은 광주천 시점부터 영산강 합류점까지, 황룡강은 장성댐 하류부터 영산강 합류점까지 구간이며, 지식천은 쌍봉사천 합류점 하류부터 영산강 합류점까지, 화순군과 나주시를 흐르는 구간이다. 고막원천은 해보천 합류 후부터 영산강 합류점까지 함평군과 나주시를 거치는 구간이고, 함평천은 대동천 합류점부터 영산강 합류점까지 함평군 구간이다. 영산강 수계의 모델 적용구간은 총길이 285km 이며 HDW는 7개, JNC는 6개로 나누었고 Reach는 28개(본류14개, 황룡강4개, 지식천4개 등)이며 Point는 119개이다.

3.2 기본가정 및 보·검증결과

연구에서 수질예측을 위해 자료를 [2008년 영산강 수질오염총량 환경부]자료를 사용하였다. 개발계획 및 삭감계획등 지역개발부하량, 삭감목표는 [제2단계 수계오염총량관리기술지침서(2009.05), 국립환경과학원]에 따른다.

- (1) 영산강 본류로 유입되는 소하천은 점오염원으로 가정한다.
- (2) 각 구간의 Head water와 점오염원의 유량의 유입 유량은 증분유량으로 간주 한다.
- (3) 각 단위유역 목표수질 값은 무시한다.
- (4) 2015년 총배출부하량은 영산강 수질오염총량 지침에 따른다.

모형의 보정·검정에 사용된 수질자료는 각 단위유역 말단부의 수질측정 자료를 사용하였으며, 저수기와 평수기의 수질자료에 해당하는 값을 선별 후 시행착오법에 의하여 보·검정을 실시하였고, 그 결과를 그림 4.1~4.6에 나타내었다.

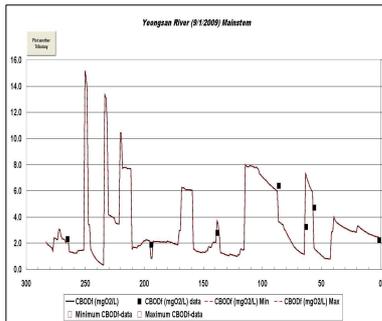


그림 4.1 BOD농도 보정결과

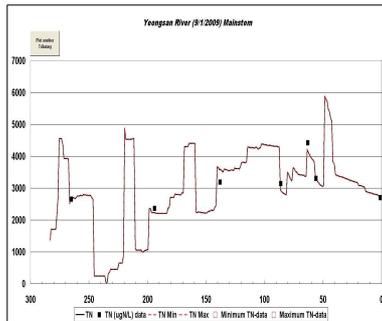


그림 4.2 T-N농도 보정결과

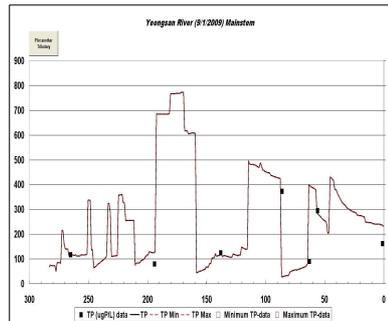


그림 4.3 T-P농도 보정결과

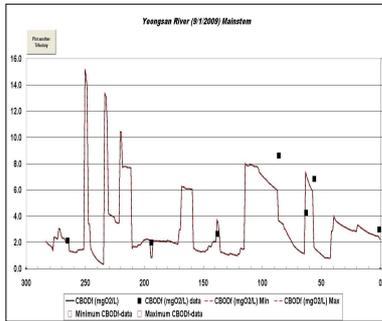


그림 4.4 BOD농도 검증결과

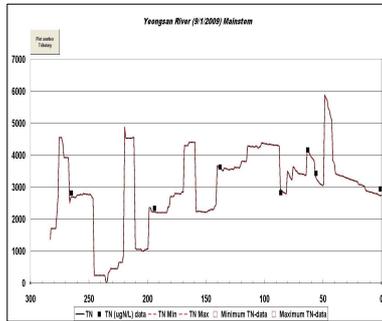


그림 4.5 T-N농도 검증결과

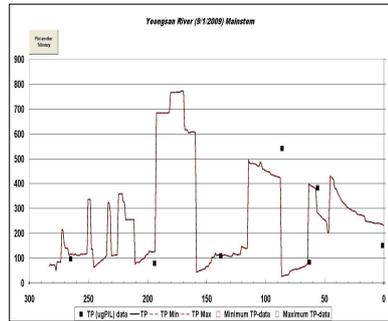


그림 4.6 T-P농도 검증결과

4. 수질 예측결과

수질예측을 위해 본 연구에서 제시한 기본가정을 바탕으로 2015년 영산강 유역의 수질변화를 2007년도에 계획환경기초시설을 고려하여 BOD, T-N, T-P를 모의하였다. 그 결과는 그림 4.7 ~ 4.9와 같다. 수질 예측결과 영산강은 전 구간에 걸쳐 목표수질은 만족하고 2007년 보다 전체적으로 수질이 더 양호해 지는 것으로 나타났다. 영본B 지점의 풍영정천의 유입으로 그 부분부터 BOD, T-N, T-P값이 크게 나타나고, 다음 광주천의 유입으로 오염도가 높다는 것을 알 수 있다. 결과 그래프를 보면 알 수 있듯이 영본B지역은 광주지역으로 인구수와 공장등의 처리장의 수가 많아서 영산강지점에서 오염도가 가장 높은 지역으로 보여주고 있다. 그 오염도가 영본C 지역으로 오면서 점차 수질이 양호해지는 양상으로 예측되었다.

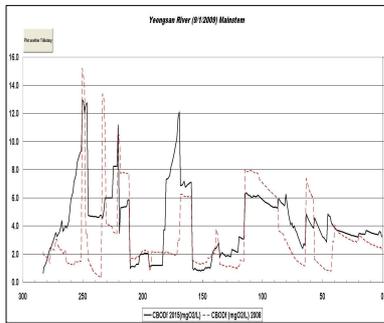


그림 4.8 2015년 BOD농도 예측결과

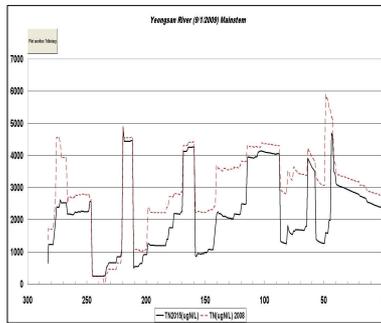


그림 4.9 2015년 T-N농도 예측결과

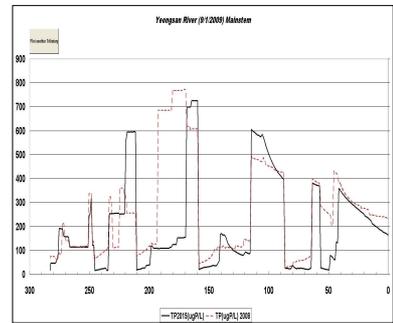


그림 4.10 2015년 T-P농도 예측결과

5. 결론

본 연구에서는 2008년 영산강 수질변화를 파악하고 영산강수계의 목표수질을 만족도와 2015년 수질을 예측하기위해 수질 모의를 하였다. 모델링은 지금까지 대형하천에 적용이 없는 QUAL2K 모형을 이용하여 BOD농도를 중심으로 T-N, T-P 농도를 예측하였다. 영산강 시작점인 담양으로부터 285km구간을 대상으로 7개의 Head water와 28개의 Reach로 나누어 모의하였으며 단위유역을 7개로 분할하여 각 단위유역 말단부에서 수질측정을 30회 실시하여 실측값을 얻었고, 그 실측값을 기준으로 2008년 모의하여 보정, 검정을 실시하여 2015년에는 계획환경기초시설을 고려하여 예측한 결과는 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 영산강유역의 목표수질 만족도 파악을 위한 BOD 모의 시 영본B 지역의 수질농도 7.9(mg/L)로 목표수질인 6.2(mg/L)을 만족하지 못하는 것으로 나타났으며 영본B 지점부터 영본C 지점까지 6.13(mg/L)로 목표수질인 5.0(mg/L)에 만족하지 못 하였다. 중류부 영본C 지역으로부터 하류부인 영본E 까지 수질은 3~6 (mg/L)로 유지하나 목표수질은 만족하지 못하였고, T-N, T-P 또한 영본B 지역에서 3800($\mu\text{m}/1$), 500 ($\mu\text{m}/1$)모의되었으며 풍영정천과 광주천의 유입되는 지점부터 수질농도가 높게 나타났다.

2) 영산강유역의 장래수질을 현재 수질과 비교한 결과 증암천 및 풍영정천등의 광주 상류부의 개발로 BOD가 높게 모의 되었으나 영본B 말단부에서는 7.9(mg/L)에서 6.2(mg/L)로 수질이 개선되었고 나주지역인 영본C 지역의 예측 BOD농도는 6.13(mg/L) 에서 5.5(mg/L)로 개선되는 양상을 보였다. T-N의 경우 현 수질은 영본B 3800($\mu\text{m}/1$)에 비교하여 장래수질은 광주지역부터 전체적으로 개선되어지는 양상인 3300($\mu\text{m}/1$)을 보였으며, T-P의 경우 영본B 지점의 삭감으로 인해 수질이 매우 개선되었고, 영본C지점부터는 현재와 비슷한 150~500($\mu\text{m}/1$) 로 예측되었다.

3) 2015년도의 영산강 수계의 수질을 개선하기 위해서는 환경기초시설에 의한 오염부하량의 삭감만으로는 수질개선이 어려울 것으로 판단된다. 따라서 지천별로 환경기초시설의 건설과 동시에

자정능력을 향상시킬 수 있는 방법과 대책이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김인선, HEC-RAS와 QUAL2E 모형을 이용한 수질예측, 동신대학교 석사학위논문, 2001.
2. 김용구, 진화알고리즘을 이용한 QUAL2E 모형의 반응계수 추정에 관한 연구, 동신대학교 석사학위논문 2001.
3. 김용구 외 2인, 목표수질 보전을 위한 탐진강 필요유량 산정에 관한 연구, 한국수처리기술연구회, 9권 4호. pp19-28. 2001.
4. 김용구 외 1인, 진화알고리즘을 이용한 QUAL2E 모형의 반응계수 추정과 탐진강 수질예측, 대한상하수도학회, 17권 5호. pp682-689. 2003
5. 박성천 외 2인, 하천수의 수질보전을 위한 오염부하량삭감을 선정에 관한 연구, 대한 환경공학회지, 20권 대한환경공학회, pp327-338, 1998.
6. 박성천 외 2인, 수질보전을 위한 영산강의 하천유지유량 결정, 대한토목학회 논문집, 18권 대한토목학회 pp1-11 1998.
7. 김 규호 외 3인, 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용, 한국 수자원학회지, 제29권 제5호 pp. 185~202, 1996.
8. 전 경수, QUAL2E 모형의 한강수계 적용, 한국상하수도 학회지, 제6권 제2호 pp43~50, 1993.
9. Brown, L.C and Branwell, T.O., THE Enhanced Stream Water Quality Modles QUAL2E UNCAS: Documentation and User Model. EPA/600/3-87, U.S. Enviromental Protection Agency, Athens, Georgia, 1987.
10. James, A., "An Introduction to Water Quality Modelling," Wiley, West Sussex. 1993.