

영산강 유지유량 확보에 따른 수질개선 효과

Effect of Water Quality Improvement with Secure Instream Flow in Yeongsan River

김석규^{1*} · 차규석²

Seok-Gyu Kim^{1*} · Gyu-Suk Cha

요 지

현재 전국에서 가장 수질이 좋지 못한 영산강을 대상으로 수질개선을 위한 다양한 방법을 검토하고 하천유지용수 확보에 따른 수질개선 효과를 검증하였다. 영산강 하천유지용수 확보를 위해 저수지 증고, 하상여과, 천변저류지 조성, 소규모 댐 건설 등의 방법을 선정하였다. 선정된 방법을 통해 확보된 유지유량에 따른 수질개선 효과를 예측하기 위해 수질모델(QUALKO)을 이용하여 수질의 변화상태를 모의하였다. 그 결과, 하천유지유량 증대가 BOD 3.6mg/L에서 2.5mg/L로 수질개선 효과가 있는 것으로 분석되었다.

주요어: 유지유량, 수질모델, QUALKO

Abstract

A approach based on the water quality model, was presented in this paper, in order to estimate effect of water quality management in Yeongsan River. Effect of water quality study by the increasing instream flow. Method of increasing instream flow was selected construction of washland and small dam, riverbed filtration, reservoir expansion. The results indicated that the instream flow would be effective in water quality improvement. It was suggested that the presented approach could be an useful tool to estimate effect of a water quality management policy.

Key words: *Instream Flow, Water Quality Model, QUALKO*

접수 2011년 10월 24일, 수정 2011년 11월 23일, 게재확정 2011년 11월 25일

¹ 국립환경과학원 수질총량연구과, Dept. of National Institute of Environmental Research

² 광주대학교 소방행정학과, Dept. of Fire Safety

* 교신저자 Corresponding author (ksg8493@korea.kr)

1. 서론

우리나라의 하천은 관리주체가 매체별, 구역별로 다원화되어 하천관리에 있어 효율적이지 못하다. 하천의 수량, 홍수방재와 수질 및 생태복원 기능이 국토해양부와 환경부로 이원화되어 있어 양기능의 종합적 연계가 부족하며 하천정비기본계획 수립 및 하천공사, 유지관리 주체가 하천등급별, 행정구역별로 분산되어 유역통합관리가 불가능한 실정이다. 따라서 하천의 상류부터 하류까지 통합적이고 유기적인 수질관리를 통해 모든 생명에 젖줄이 될 수 있는 하천 환경을 조성하는 방안을 모색하고 가용 수자원의 효율적 활용을 통해 하천의 유량을 풍부하게 하는 한편, 이상강우에 대비한 고품격 하천설계로 재해로부터 안전한 하천으로 역할을 수행할 수 있는 방안을 강구할 필요가 있다. 또한, 하천환경의 개선을 위해 가장 필요한 수질개선이 전제되어야 함은 너무나 분명하다. 물고기가 뛰어놀고 어린이가 먹을 감을 수 있는 하천은 양호한 수질이 필수적이다.

호남의 젖줄인 영산강의 수질은 초기 강우로 인한 도심지의 비점오염원, 농업용수의 회귀수, 축산폐수, 미처리 생활하수 등으로 인하여 전국 5대강 중에서 가장 나쁜 수질을 유지하고 있다. 영산강은 지형상 좁은 유역면적과 큰 하상계수, 상류의 4개의 농업용댐(장성, 담양, 광주, 나주) 등으로 하천유지용수가 절대적으로 부족한 상태이다. 특히 저·갈수기에는 광주광역시 제1, 2 하수종말처리장의 하수처리수(72만톤/일)가 영산강 유량의 70%를 차지할 정도이다. 따라서 본 연구에서는 영산강에 대해 상류부터 하류까지 통합적이고 유기적인 수질관리를 통해 모든 생명에 젖줄이 될 수 있는 하천유지유량의 확보방안을 모색하고 하천

유지유량의 확보방안에 따른 수질개선효과를 수질모델을 통해 분석한다.

2. 연구방법

영산강 수질 개선을 위한 대안을 마련하기 위해 국내·외 수질개선을 위한 연구사례를 조사하고, 영산강 수질개선을 위해 현실적이고 실현 가능하며 우선적으로 수행이 가능한 방법을 모색하였다. 수질개선에 가장 효과가 크다고 조사된 방법은 유지유량 증대로 나타났으며 저수지 증고, 소규모 댐 건설, 천변저류지 조성, 하상여과, 타 수계 이송, 빗물 이용시설 확대, 저류조 건설 등의 방법을 검토하였다. 유지유량 증대의 방법을 선정하여 선정된 방법으로 인한 유지유량 증대가 영산강 수질에 어느 정도 개선 효과가 있는지 모델을 이용하여 분석하였다. 모델은 WASP5 모형의 장점들을 접목시켜 Bottle BOD의 반응기작 및 조류의 생산에 의한 유기물 증가, 탈질화 반응 등 정체수역에서 일어날 수 있는 반응기작을 모의할 수 있도록 국립환경과학원에서 qual2e를 보완한 QUALKO 모형을 이용하였다. 오염부하량은 국립환경과학원에서 제시한 2010년 기준 자료를 활용하였으며 수질오염총량관리 기본계획에 제시한 모델보·검증 자료 및 기준유량, 수리계수 등을 활용하였다.

3. 국내·외 연구

3.1 국내 연구

박 등(2011)은 1차원 하천수질예측 모델인 Qual2E와 수문형 GIS 툴인 HyGIS를 연계하여 유역통합시스템을 구축하였다. Qual2E 모델의 구조화 분석을 실시하고 기

존 모델링 절차를 표준화 하였으며 Qual2E 모형에 최적화된 데이터모형을 설계·구축하였다.

신(2011)은 경안천 유역을 대상으로 농촌과 도시 특성이 혼재된 유역에서 효과적으로 적용할 수 있는 WinHSPF를 U.S. EPA에서 개발한 BASINS와 연계하여 모의를 하였으며, 결과물을 해석하는 방법으로 위해성 평가를 수행하였다.

장(2011)은 팔당 상수원의 수질에 큰 영향을 미치는 경안천 유역을 대상으로 유역모형이 HSPF와 GIS와 연계된 SWAT 모형을 이용하여 수질관리 효과를 평가하였다. 경안천 유역에 대한 연간, 월별 오염부하량은 두 모형 모두 유사한 범위에서 산정되었으며, 여름철 강우유출에 의한 비점오염원 부하량의 영향이 큰 반면에, 비강우기 즉, 평수기 및 갈수기(봄, 가을, 겨울)에는 도시화로 인한 하수처리 방류수가 하천 수질에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

박(2011)은 북한강 상류의 국내 최대 다목적댐인 소양호 유역을 대상으로 오염물질 항목에 대한 배수구역별 오염부하량을 산정하여 유황변화에 따른 오염부하량의 유달특성을 관찰하였고, 다변량 분석 기법을 이용하여 오염부하 인자에 대한 항목을 선정하여 평가하였으며 시계열 분석을 통하여 소양호 유입수의 수질예측 변화를 관찰하였다.

박(2010)은 광양만을 대상유역으로 하여 표준유역을 구분하고 오염원 현황을 조사하였으며, 오염부하량 산정을 통하여 합리적인 연안오염총량관리의 기초 방안을 마련하고자 하였다. 또한, 토지피복도를 생성하여 비점오염원인 토지계의 부하량을 점유율로 계산되는 단순면적비의 부하량 산정이 아닌 공간분포를 고려한 토지이용의

형태에 따라 배출부하량을 계산하였다.

이(2010)는 김포시 잠재오염원(점오염원 및 비점오염원) 특성을 분석하고, 김포시내 모든 리(里)와 동(洞)의 최소 행정구역단위별로 오염부하량을 산정한 뒤 GIS DB를 연계·분석하여 수질통합관리에 적합토록 유역단위의 오염부하량으로 전환 산정코자 하였다. 또한 김포시의 신도시 개발계획을 고려하여 계획수립 전·후의 오염부하량을 비교하여 신도시 개발에 따른 오염부하량의 시계열적 변화를 분석하고, 유역별 토지이용의 차이에 의한 오염부하량의 공간적 분포를 분석하고자 하였다.

권(2010)은 하천의 수리학적 데이터를 체계적으로 관리할 수 있도록, 하천의 수리학적 형상이 동일한 단위인 Reach를 정의하였으며, Reach 간에 위상관계를 나타낸 GIS 기반의 Reach File을 국내 실정에 맞게 설계하고 구축하였다.

강(2009)은 GIS와 연계되는 SWAT를 모형을 이용하여 서낙동강 유역의 일 유출량을 모의하였으며, 수질 및 유사량에 대한 발생특성을 분석하기 위하여 수질오염에 영향을 미치는 요소로서 BOD, SS, TN, TP의 서낙동강 유역에 대한 특성을 분석하였다. 이후 모형의 민감도 분석을 통해 매개변수를 최적화 하였다. 이때 매개변수 보정방법은 시행착오법을 사용하였고 모형의 검증을 통하여 SWAT 모형이 서낙동강 유역에 적용가능함을 확인하였다.

3.2 국외 연구

Alexander et al.(2011)는 강우량과 토양을 이용하여 Greenville County로부터 몇 가지 시나리오가 묘사하였다. 도시화가 이루어진 유역에서 LID와 BMP를 위해 개발된 IDEAL(Integrated Design, Evaluation

and Assessment of Loadings)를 수행한 결과 다양한 처리의 효과를 나타내었다. LID 개념과 BMP는 빗물정원 사용, 생물학적 유지, 모래여과, VFS, 끊어진 빗물 배수관 등을 포함한다. 개발되지 않은, 자연적인 토지이용에서 LID와 BMP를 비교하였다.

Daniel et al.(2010)은 유역 지표나 지표하의 복잡한 과정의 수자원 문제를 이해하고 관리하기 위한 노력의 일환으로 유역의 수질오염총량관리에 있어 오염부하량 산정을 GIS를 이용하였다. 유역 모델링에 필수적인 자료의 수집과 분석은 리모트센싱과 GIS를 이용하였으며 특히 공간자료의 이용과 관리에 초점을 맞추었다. 아울러 GIS와 모델과의 연계를 통해 인터페이스 작성도 용이하며 Hybrid System, Open Source GIS, Internet GIS, Real-Time 등의 향후 추진되어야 할 분야의 이용에도 일조를 하였다.

Ken et al.(2009)는 넓은 지역에서 목표수질을 달성하기 위한 최적관리지침의 수행과 다양한 조건의 선택을 위한 재생할 수 있고 투명하며 조직적인 수질개선의 노력이 부족함을 인식하고 향상된 GIS 기술과 오염부하량 처리효율 등 수질개선을 위한 계획에 제공하였다.

Usali et al.(2010)은 말레이시아의 수질 모니터링과 관리에 있어서 리모트센싱과 GIS의 이용을 오랫동안 인지해 오면서 현탁물, 플랑크톤, 탁도, 용존무기탄소 등의 수질 변수의 모니터링에 Landsat, SPOT, IKONOS, IRS, CZCS, hyper spectral, SeaWiFS 등의 영상을 이용한 리모트센싱과 GIS를 응용하였다. 리모트센싱과 GIS의 이용은 수질 모니터링의 정확한 방법을 제공할 수 있었다. 리모트센싱과 GIS의 이용은 결과적으로 컴퓨터 모델링과 연계가 가

능하며 수질을 초점으로 한 수자원 계획 및 관리를 위한 해결책이라 할 수 있다.

4. 결과 및 고찰

4.1 유지유량 확보방안

영산강의 유지유량 확보를 위해 현실적으로 가능하고 수질개선 효과를 극대화하기 위한 방법을 강구하였다. 영산강 상류에 기존에 댐(장성, 함동, 나주, 담양) 증고에 따른 저수용량을 연간 60.2백만 m^3 /년의 하천유지용수로 추가 확보하고, 소규모의 하천유지용수 전용댐을 오례천과 북일천 상류에 건설하여 30.2백만 m^3 /년의 유지용수를 확보하여 섬진강(주압호) 수계의 여유물량을 도수하여 31만 m^3 /일을 확보한다. 또한, 영산호 강변여과수를 개발하여 30만 m^3 /일을 지석천과 함평천 상류에 확보하고, 황룡취수장의 취수중단에 따른 장성댐의 여유물량 2.5만 m^3 /일을 풍영정천에 하천유지용수로 추가 확보하는 방안을 강구하였다. 본 방안으로 인해 영산강 수계에 10.216 m^3 /s를 증대하여 영산강 상류에 0.958 m^3 /s, 광주천에 3.588 m^3 /s, 지석천에 1.736 m^3 /s, 함평천에 1.736 m^3 /s, 풍영정천에 0.289 m^3 /s, 장성댐 하류에 0.637 m^3 /s, 함동저수지 하류에 0.636 m^3 /s, 나주댐 하류에 0.636 m^3 /s를 주요지천과 오염원이 많은 지점에 분배하였다.

4.2 수질모델링

영산강 수계에 대해 획득 가능한 수문 및 기상자료를 이용하여 수계구간의 유황곡선을 산정하였다. 유황곡선은 결측 및 이상 관측된 수위자료를 제거하고 제거된 부분자료를 TANK 모형을 이용하여 보정한 다음 유황곡선식을 산출하였다. 산출된 10

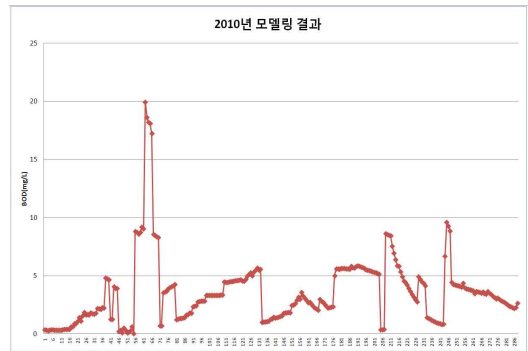


<그림 1> 유지유량 확보 방안

년 평균저수량의 이용 빈도분석을 통해 영산강 수계의 지역화 분석을 통한 기준유량을 산정하였으며 지역화분석을 통한 수위관측소 및 목표수질 설정지점의 합리적인 기준유량을 도출한 자료를 토대로 하였다. 영산강 수계 기준유량 추정에서는 기존 영산강 수계의 수위관측소로부터 1993년부터 2002년까지 과거 10년간의 일수위자료와 해당지점별 수위-유량곡선을 조사하여 관측연도별로 지점별 유량곡선을 작성하여 수위변화에 따른 10년간의 지점별 하천유량을 분석하였다. 실측자료를 이용한 유량분석결과를 최근에 국토해양부에서 실시한 수자원조사사업의 결과와 비교·검토하여 수위·유량 측정지점별로 유량분석의 기준치를 설정하였다. 설정된 기준유량을 토대로 주요하천을 1.0km 간격으로 분할한 각 구획별 기준유량을 산정하였다(국립환경과학원, 2004).

구획별 기준유량의 산정을 위하여 영산강 수계 내 주요 댐들의 일 유입량과 방류량 실적을 조사하여 그 유량을 분석하였고, 생·공용수 취수실적을 각 지점별로 조사하여 용수이용 및 회귀수량에 따른 하천유량 변화를 고려되었고, 광역상수도도를 통한

용수공급지역의 하수처리장에서 배출되는 배출수량의 규모를 지점별로 조사하여 구획별 하천유량 산정에 반영하였다. 즉, 댐, 취수시설, 지류유입, 용수회귀, 하수배출 등의 유무와 규모에 따라 구획별로 변화하는 영산강 수계 주요하천의 기준유량을 구한 자료를 토대로 하였다. 주요지천과 오염원이 많은 지점에 유량을 분배하여 모델링에 필요한 기준유량을 증대하였다. 국립환경과학원에서 2010년 기준으로 조사된 전국오염원 조사자료를 이용하여 제2단계 수계오염총량관리 기술지침에 의해 산정한 오염부하량 결과를 이용하였다. 모델링을 수행한 결과, 영산강 수계의 전체 1km 마다의 BOD 평균농도는 3.6mg/L에서 2.5mg/L로 나타나 매우 효과가 큰 것으로 판명되었다.

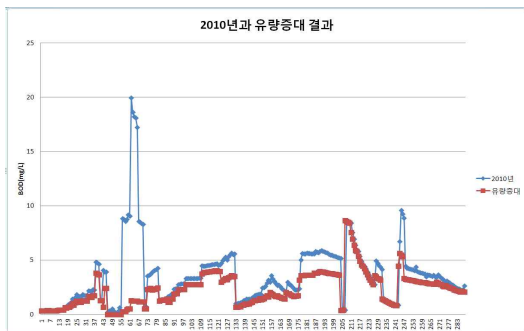


<그림 2> 2010년 영산강 수질

5. 결론

현재 전국에서 가장 수질이 좋지 못한 곳 중에서 하나인 영산강 수계를 대상으로 하천의 생물다양성을 증진하고 미래지향적인 지역발전을 위해 필수적으로 수행되어야 할 수질개선을 위해 본 연구에서는 대두되고 있는 문제점과 가장 시급한 문제점을 파악하여 유지유량 증대 측면에서 다양하고 개선가능한 방법들을 검토해 보았다.

영산강 상류에 있는 장성댐, 함동댐, 나주댐 등 2m를 증고시켜 저수용량을 연간 60.2백만 m^3 /년의 하천유지용수로 추가 확보하고, 소규모의 하천유지용수 전용댐을 영산강 수계 상류에 있는 오례천과 북일천 상류에 건설하여 30.2백만 m^3 /년의 유지용수를 확보, 섬진강(주암호) 수계의 여유물량을 도수하여 31만 m^3 /일을 확보, 영산호 강변여과수를 개발하여 30만 m^3 /일을 지석천과 함평천 상류에 확보, 황룡취수장의 취수 중단에 따른 여유물량 2.5만 m^3 /일을 풍영정천에 하천유지용수로 추가 확보하는 대안을 설정하여 영산강 수계에 10.216 m^3 /s를 증대하여 모델링을 수행하였다. 모델링을 수행한 결과, 영산강 수계 전체 BOD 평균 농도는 3.6mg/L에서 2.5mg/L로 나타났다. 하천유지유량이 영산강 수계 수질에 영향이 크게 미치는 것으로 분석되었다. 아울



<그림 3> 2010년과 유량 증대 수질

리, 영산강 수계 유량 확보를 위해 빗물이용, 하수처리수의 재이용, 강변여과, 해수담수화, 하천유지용수댐 건설, 기존댐 증고, 폐저수지의 활용, 저류시설 확충 등의 다양한 방법을 고려하여 하천유지용수 확보에 박차를 가해야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) 강덕호. 2009. SWAT 모형을 이용한 서낙동강 소유역별 유량 및 수질 개선 방안 연구. 인제대학교 대학원 석사학위논문, 115pp.
- 2) 광주광역시. 2009. 광주광역시 영산강 수질오염총량관리 기본계획.
- 3) 국립환경과학원. 2008. 제2단계 수계오염총량관리기술지침.
- 4) 권문진. 2010. 수질오염총량관리제의 수질모의 지원을 위한 GIS 기반 한국형 Reach File 구축에 관한 연구. 인하대학교 대학원 석사학위논문, 56pp.
- 5) 박상현. 2010. 지리정보시스템(GIS)기반 수질오염부하량 산정모델의 개발. 전남대학교 대학원 석사학위논문, 86pp.
- 6) 박수진. 2011. 소양호 유역을 대상으로 한 오염부하량 유달특성 해석 및 수질 예측. 강원대학교 대학원 박사학위논문, 151pp.
- 7) 박인혁, 김경탁, 하성룡. 2011. HyGIS와 Qual2e의 연계시스템 개발, 한국지리정보학회지 14(2): 96-108.
- 8) 신유리. 2011. 경안천 유역 수질관리를 위한 BASINS/WinHSPF 적용 및 위해성 평가. 건국대학교 대학원 석사학위논문, 83pp.
- 9) 이교택. 2010. GIS를 이용한 김포시의 유역별 오염부하량 분석. 건국대학교 대학원 석사학위논문, 62pp.
- 10) 장재호. 2011. HSPF 와 SWAT 모형을 이용한 유역관리방안 평가. 건국대학교 대학원 박사학위논문, pp.1-2.
- 11) 전라남도. 2009. 전라남도 영산강 수질 오염총량관리 기본계획.
- 12) Alexander MD, Barfield BJ, Hayes J C, Harp SL, Chalavadi M, Yeri S,

- Stevens E, and Bates BT. 2011. Modeling Low Impact Development Water Quality BMPs with IDEAL. World environmental and water resources congress, 8th Urban Watersheds Management Symposium : 547-557.
- 13) Daniel EB, Camp JV, LeBoeuf EJ, Penrod JR, Abkowitz MD, and Dobbins JP. 2010. Watershed Modeling Using GIS Technology, Journal of Spatial Hydrology 10(2): 13-28.
- 14) Ken S, Marc L and Eric S. 2009. Combining GIS, BMP Performance, and Strategic Planning to Support Water Quality Implementation Planning. World environmental and water resources congress 2:1-14.
- 15) Usali N, and Ismail MH. 2010, Use of Remote Sensing and GIS in Monitoring Water Quality, Journal of Sustainable Development 3(3): 228-238.