

영산강유역 댐 방류량에 의한 수질개선효과

Effect of Water Quality Improvement due to Dam Discharge of Yeongsan River Watershed

박성천*, 오창열**, 강권수***, 곽필정****, 김정수*****

Sung Chun Park, Chang Yeol Oh, Kwon Soo Kang, Pil Jeong Gwak, Jeong Soo Kim

요 지

영산강은 우리나라에서 호남평야 다음으로 넓은 나주평야에 농업용수를 공급하는 남도의 젖줄이며 영산강 유역민의 약 70%가 거주하는 약 150만의 광주광역시를 관통하는 우리나라 4대강의 하나이다. 그러나 영산강은 그 위상에 맞지 않게 우리나라 하천 중 수질이 가장 악화되어 있는 하천 중 하나이다. 영산강의 수질은 최근 10여 년 동안에 이루어진 수질오염총량관리제의 제 1단계(2004~2010년), 제 2단계(2011~2015년) 사업과 2012년 10월 광주광역시의 총인처리시설의 정상 가동, 영산강의 수질을 2급수(좋은 물) 목표로 4대강 사업의 일환으로 갈수기 유지유량 공급을 위하여 14개 농업용저수지의 독 높이기 사업 등 배출오염부하량의 삭감노력과 하천유지유량의 증대계획 등으로 많이 개선되어 왔으나, 1~2급수를 유지하는 3대강 수준에 크게 못 미치는 3~4급수의 수질을 유지하며 상대적인 수질악화와 그 격차가 크게 차이를 보이며 고착화되고 있다. 따라서 본 연구에서는 4대강 사업의 일환으로 승상이 이뤄졌고, 영산강의 수질에 비해 상대적으로 청수인 영산강유역의 4대호 담양댐, 광주댐, 장성댐, 나주댐의 호소수를 영산강에 추가로 방류할 경우 수질이 개선되는 정도를 분석하여 제시하였다. 수질개선효과를 분석하기 위하여 QUAL-MEV모형을 이용하여 영산강 수질모형을 구축하였고, 목표연도 2020년을 설정하여 4대호 방류구의 현재의 지리적 위치와 4대호의 수질자료를 모델에 직접 입력하여 추가 방류량의 변화에 따라 수질개선효과를 분석하여 그 문제점을 제시하였으며, 4대호 댐별로 영산강의 수질개선 기여도를 분석하여 제시하였다.

핵심용어 : 영산강 수질개선효과, QUAL-MEV, 필요유량, 목표수질

1. 서 론

영산강은 생활용수로 공급해 오던 무안의 몽탄취수장(일 12만톤)에 이어 광주광역시의 송정취수장(일 2만톤)이 각각 1996년 1월과 12월에 폐쇄됨에 따라 먹는 물 취수장이 모두 폐쇄되어 농업용수 전용하천으로 격하되었다. 영산강은 농업용수 수준의 4~5급수 정도로 수질이 관리되어 오면서 수질개선 사업비 계획대비 40%대의 투자에 그친 반면에 한강은 계획대비 100% 이상, 낙동강은 80% 이상, 금강은 60%대의 투자를 하여 오면서 1~2급수의 수질로 관리되어 3대강의 수질과 많은 격차를 보이고 있다. 영산강의 수질이 3대강에 비해 많은 격차를 보이는 것은 영산강의 이수용도가 몽탄취수장 폐쇄이후 농업용수로 격하되어 생활용수로도 이용하는 3대강에 비해 정부투자의 우선순위나 당위성에서 밀려난 이유이다.

* 정회원 · (주)상원 부설연구소 소장 ·

E-mail : psc3135@gmail.com

** 정회원 · 영산강홍수통제소 시설연구소사 ·

E-mail : new2020@korea.kr

*** 서남대학교 토목공학과 부교수 ·

E-mail : kskang224@hanmail.net

**** (주)상원 대표 ·

E-mail : gwakpj@hanmail.net

***** (주)상원 부설연구소 수질총량팀 팀장 ·

E-mail : kimjs-king@daum.net

우리나라의 4대강 대표지점의 수질을 상호 비교하면, 영산강의 BOD는 낙동강 대비 1995년 137%에서 2015년 204.5%로, 금강 대비 1995년 163%에서 2015년 180%로 더욱 상대적 격차가 심화되고 T-P 또한, 낙동강 대비 1995년 179%에서 2015년 230%로 격차가 더욱 심화되었고, 금강 대비 1995년 464%에서 2015년 155%로 격차로 많이 해소되었으나 여전히 지속적으로 4대강 중 가장 악화된 수질을 유지하고 있어서 수질의 지역 간의 균형관리를 고려하면 영산강의 수질은 4대강 평균 수질정도의 개선이 필요하다.

영산강은 저~갈수기에 승촌보에 유하한 유량의 70%정도가 광주광역시 하수종말처리장에서 방류되는 하수처리수임을 감안할 때 영산강의 수질개선은 난해한 과제는 아니라는 점과 전국하천의 수질을 유사한 기준으로 관리하여 수자원의 이용이나 수생태계의 회복에 지역 간의 하천수질 및 수생태계의 격차를 줄여야 하는 점, 또한, 영산강 유역민의 생활용수가 섬진강 수계의 주암호와 동북호에 많이 의존하고 있어 특정호소에 과다하게 의존함으로써 가뭄 등 천재지변 발생 시 위기관리에 매우 취약한 점을 고려하면 영산강은 지속적인 수질관리를 통하여 생활용수 취수장의 복원으로 위기관리 취약성의 해소와 수생태계의 회복을 통하여 우리나라 4대강으로써 그 위상을 되찾을 수 있을 것이다.

영산강의 수질개선을 위한 다양한 검토가 필요하나 본 연구에서는 영산강의 수질을 2급수(좋은 물) 목표로 갈수기의 하천유지유량 공급하기 위하여 4대강 사업의 일환으로 독 높이기 사업이 이뤄진 농업용저수지 중 소규모의 저수지를 제외한 4대호 담양호, 광주호, 장성호, 나주호의 호소수를 영산강의 하천유지용수로 추가 공급해야 할 방류량을 검토하였다. 이를 위하여 영산강의 구간별 목표수질을 3단계 수질오염총량관리제의 목표수질을 참고하여 재설정하고 구간별 목표수질을 달성할 수 있는 4대호의 추가방류량을 결정함으로써 수질개선효과를 분석하였다. 4대호의 추가방류량과 수질개선효과는 QUAL-MEV모형을 이용하여 영산강 수질모형을 구축하여 분석하였다.

2. 영산강유역과 4대호

영산강유역의 4대호는 그림 1과 같이 영산강 본류와 황룡강, 증암천, 대초천 상류에 위치하고 있으며, 담양댐과 광주댐은 수질이 악화되는 광주광역시 구간의 상류에서 방류되며 4대호의 제원은 표 1과 같다.

표 1. 독높임 영산강유역 4대호의 제원

원		담양호	광주호	장성호	나주호	
위치	시군	담양	담양	장성	나주	
	읍면	금성	고서	장성	다도	
	리명	대성리	분향리	용강리	대초리	
유역면적	km ²	65.60	41.30	122.80	84.60	
수문크기	(m,L×H ×개수)	3.5X4.0X3 2.0X2.5X3	7.5X7.0X4	8.0X9.0X4	9.5X7.5X4	
수위	계 획	전(EL.m)	-	-	-	
	홍 수위	후(EL.m)	124.36	79.85	90.95	67.86
위	전(EL.m)	121.86	76.95	88.95	65.86	
	만수위	후(EL.m)	124.36	79.85	90.95	67.86
용량	총	전(천m ³)	66,680.0	17,368.0	89,718.0	91,210.0
	저수량	후(천m ³)	77,610.0	23,256.0	103,883.0	107,809.0
유량	유	전(천m ³)	65,741.4	15,198.0	85,543.0	89,945.0
	효	후(천m ³)	76,671.4	21,086.0	99,708.0	106,544.0
환경개선용수(m ³ /일)		19,863	23,600	21,690	34,000	
준공시기		'13.06	'13.12	'13.12	'13.12	

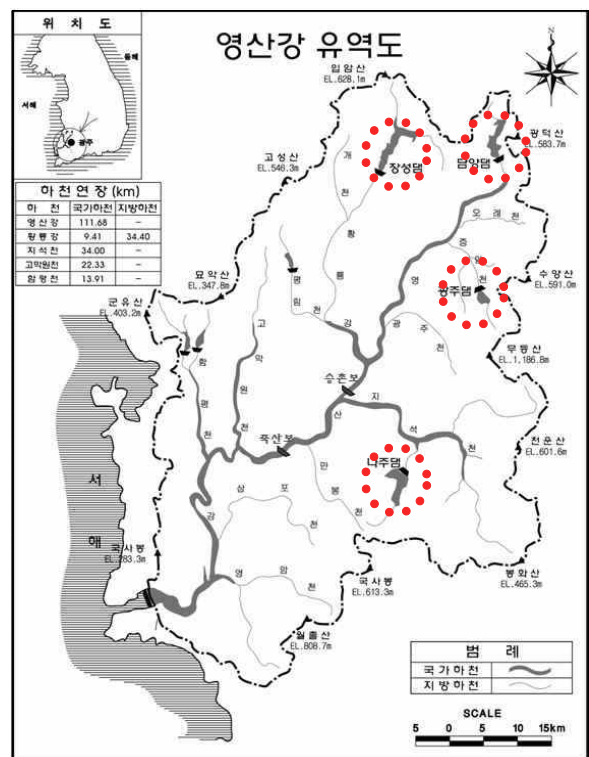


그림 1. 영산강유역도와 4대호의 위치

3. QUAL-MEV 모델과 적용

QUAL-MEV는 QUAL2E를 기반으로 개발한 하천 수질 모델이며, 이 모델은 하천의 흐름선을 축으로 수심과 수평 방향으로 완전혼합을 가정하고 있으며 수지형 하천(Dendritic streams)의 수질 변화 모의에 적합하게 개발되었고, 모델은 생물학적 산소요구량 외 12개 항목에 대하여 사용자 선택에 따라 모의할 수 있으며, 모델은 TOC 및 COD 농도에 대하여 BOD 농도를 기초로 환산하는 기능을 포함하고 있으며, 제 3 단계 영산강 수질오염총량관리 기본계획에서 사용한 모델이다.

3.1 모델 구축 및 적용

모델수행을 위해 먼저 영산강 본류와 풍영정천, 광주천, 황룡강, 지식천 4개의 지류에 대하여 Element의 길이는 0.5 km 등간격을 원칙으로 34개 Reach와 423개의 Element로 분할하여 구성하였으며, 영산강, 풍영정천, 광주천, 황룡강, 지식천을 각각 239, 15, 32, 73, 64개로 분할하였고, Reach는 하천 현황과 수리적 특성을 반영하여 각각 19, 1, 3, 6, 5개로 분할하였다.

모델에 사용하는 기준유량은 『영산강·섬진강수계 제3단계 수질오염총량관리 목표수질설정 연구』의 연구에서 설정된 기준유량을 적용하였으며, 수리학적 입력계수와 유달율은 『제 3 단계 전라남도 영산강 수질오염총량관리 기본계획』과 『제 3 단계 광주광역시 영산강 수질오염총량관리 기본계획』에서 산정하여 사용한 수리학적 입력계수와 유달율을 사용하였다.

3.2 모델의 보정 및 검증

모델의 보정 및 검증을 위하여 예측수질결과가 실측수질자료의 $\pm 20\%$ 오차범위 이내가 되도록 수행하였으며, 본 연구에서 구분된 구간을 대상으로 모델의 보정 및 검증을 수행하였다. 보정자료는 『제 3단계 전라남도 영산강 수질오염총량관리 기본계획』과 『제 3 단계 광주광역시 영산강 수질오염총량관리 기본계획』에서 사용한 보정자료(2012년 실측자료)를 사용하고 검증자료는 환경부 수질측정망의 2015년 수질자료 중 저수기로 분류할 수 있는 4~5월, 10~11월의 월자료를 평균하여 사용하였다.

그림 2와 같이 모델 수행에 위한 보정은 BOD와 T-P의 결정계수가 각각 0.742과 0.644, 모델 검증은 BOD와 T-P의 결정계수가 각각 0.908과 0.592로 분석되어 보·검증이 양호하게 이루어졌음을 확인하였으며, 모델의 보정과 검증을 통하여 결정된 반응계수는 탈산소계수(K1)가 0.40~0.80, 재폭기계수(K2)는 0.00~0.05이다.

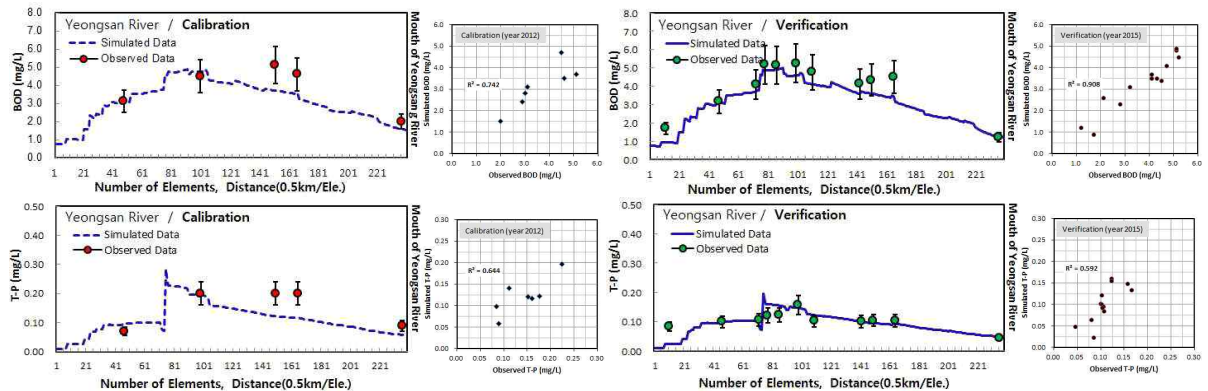


그림 2. 영산강 수질모델의 보·검증 결과

4. 4대호 방류량과 수질개선효과

4대호의 추가방류량에 의한 목표수질의 달성에 의한 수질개선효과를 분석하기 위하여 4대호의 방류 시나리오를 담양댐 집중방류방식과 4대호 분산방류방식으로 나누어 분석하였다.

4.1 담양댐 집중방류방식

담양댐 집중방류방식은 영산강유역의 4대호 중에서 영산강 본류 최상류에 위치한 담양댐 호소수를 이용하여 하천유지용수를 확보하는 시나리오이며, 4대호의 수질은 2015년 4~5월과 10~11월의 월 수질자료의 평균을 산정하여 수질모델에 적용하였다.

표 2. 4대호 방류수의 가정 수질

댐 명	평균수질(mg/L)				비고
	BOD	T-N	T-P	Chl-a	
담양댐	0.5	0.983	0.018	3.3	
광주댐	0.7	0.903	0.016	6.8	
장성댐	0.6	0.821	0.032	4.8	
나주댐	1.0	0.578	0.023	9.7	

표 3. 영산강의 기준지점별 저수기 목표수질 설정

하천	기준 지점	수질 측정지점	단위 유역	지점	3단계 TMDL		본연구(mg/L)		목표 연도
					BOD	T-P	BOD	T-P	
영산강	광주	우치	영본A	Y1	2.4	0.082	2.4	0.082	2020
	마륵	광주2	-	Y2	-	-	4.0	0.150	2020
	본동	광산	영본B	Y3	4.8	0.187	4.0	0.150	2020
	영산포	-	-	Y4	-	-	4.0	0.150	2020
	죽산보	영산포-1	영본C	Y5	4.8	0.153	4.0	0.130	2020
	사포	함평	영본D	Y6	4.6	0.153	3.5	0.130	2020
	하구연	무안2	영본E	Y7	2.1	0.102	2.0	0.090	2020

수질모델의 수행 결과 Y1지점은 표 4에서와 같이 0.96cms의 담양댐 호소수를 방류하면 만족하고 Y2지점은 3.00cms를 추가하여 3.96cms를 방류하면 목표수질을 만족하며, Y2지점이 목표수질을 만족하며 더불어 Y3지점과 Y4지점이 목표수질을 만족하나, Y5지점은 0.43cms를 추가로 4.39cms를 방류하면 목표수질 만족하며, Y6지점과 Y7지점도 목표수질을 만족하였다.

표 4. 담양댐 집중방류방식의 필요유량과 추가유량

지점	BOD (mg/L)		T-P (mg/L)		필요유량 (cms)	담양댐 추가유량 (cms)
	목표수질	예측수질	목표수질	예측수질		
Y1	2.4	1.3	0.082	0.050	6.91	0.96
Y2	4.0	3.7	0.150	0.129	13.77	3.00
Y3	4.0	3.6	0.150	0.140	17.03	
Y4	4.0	3.4	0.150	0.129	21.58	
Y5	4.0	3.2	0.150	0.121	22.47	0.43
Y6	3.5	3.2	0.130	0.124	24.05	
Y7	2.0	1.6	0.090	0.086	28.09	
계						4.39

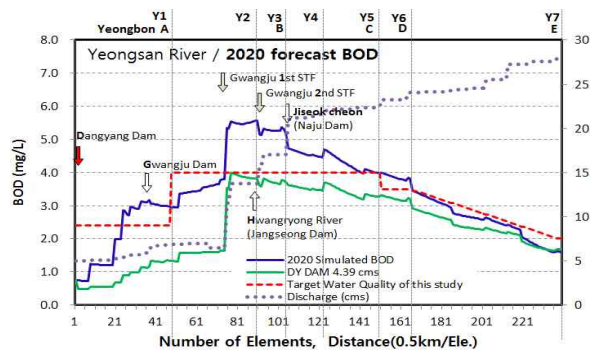


그림 3. 담양댐 4.39cms 방류에 의한 BOD예측결과

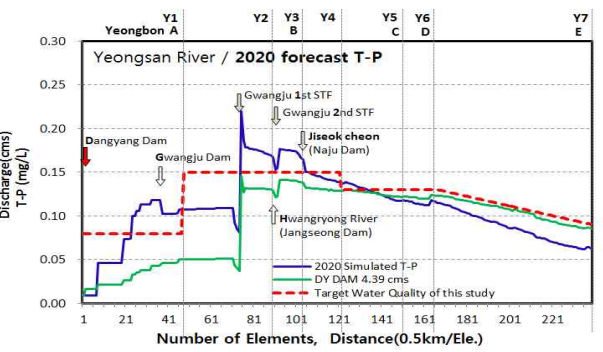


그림 4. 담양댐 4.39cms 방류에 의한 T-P예측결과

4.2 4대호 분산방류방식

4대호 분산방류방식은 영산강유역의 4대호의 지리적 위치를 고려하여 영산강 최악화 구간인 광주광역시 구간은 본류와 대초천 상류에 위치한 담양댐과 광주댐의 방류량의 활용하고 황룡강의 목표수질은 장성댐, 지석천의 목표수질은 나주댐을 활용하여 수질개선을 위한 하천유지용수를 확보하는 시나리오이며, 표 2의 각 댐별 수질특성을 고려하여 활용하였다.

Y1지점은 표 5에서와 같이 담양댐 0.84cms, 광주댐 0.11cms를 방류하면 만족하고, 황룡강과 지석천은 각각 장성댐과 나주댐에서 0.38cms, 0.10cms를 방류하면 만족하였다. Y2지점은 담양댐에서 3.12cms를 추가하여 3.96cms를 방류하면 목표수질을 만족하며, Y2지점이 목표수질을 만족하며 더불어 Y3지점과 Y4지점이 목표수질을 만족하나, Y5지점은 T-P를 만족하기 위하여

표 5. 4대호 분산방류방식의 필요유량과 추가유량

지점	BOD (mg/l)		T-P (mg/l)		필요유량 (cms)	댐 추가유량(cms)			
	목표	예측	목표	예측		담양	광주	장성	나주
Y1	2.4	1.3	0.082	0.050	6.86	0.84	0.11		
Y2	4.0	3.8	0.150	0.130	13.72	3.12			
Y3	4.0	3.6	0.150	0.141	16.98			0.38	
Y4	4.0	3.4	0.150	0.129	21.53				0.10
Y5	4.0	3.2	0.150	0.121	22.42		0.27		
Y6	3.5	3.2	0.130	0.124	24.00				
Y7	2.0	1.6	0.090	0.086	28.04				
계						3.96	0.38	0.38	0.10

T-P가 상대적으로 청정한 광주댐의 호소수를 사용하기로 하였으며, 광주댐에서 0.27cms를 추가로 0.38cms를 방류하면 목표수질 만족하며, Y6지점과 Y7지점도 목표수질을 만족하였다.

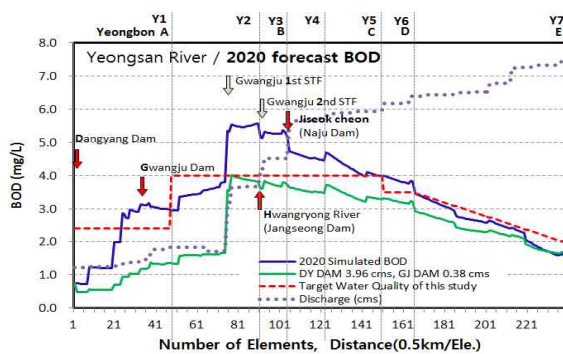


그림 5. 4대호(3.96, 0.38, 0.38, 0.10cms)의 BOD

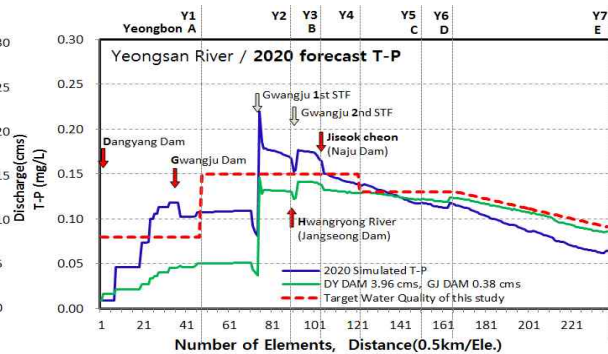


그림 6. 4대호(3.96, 0.38, 0.38, 0.10cms)의 T-P

5. 결론

본 연구에서는 4대강 사업의 일환으로 승상된 영산강유역의 4대호에서 추가 방류하여 목표수질을 만족하는 추가방류량을 결정하고 영산강의 수질개선효과를 분석하였다. 담양댐 집중방류방식은 4.39cms의 추가방류가 필요하며, 4대호의 분산방류방식은 담양댐 3.96cms, 광주댐 0.38cms, 장성댐 0.38cms, 나주댐 0.10cms의 추가방류가 필요한 것으로 분석되었으나, 담양댐의 방류부담을 경감할 수 있는 광주광역시 구간의 수질개선사업의 추가 도입이 필요한 것으로 판단한다.

감사의 글

본 연구과제는 환경부지정 전남녹색환경지원센터의 연구비지원에 의해 수행한 연구과제입니다.

참고 문헌

1. 박성천, 조기안, 강권수, 곽필정, 김정수(2016), 광주광역시 하수종말처리장의 삭감율에 의한 영산강 수질개선효과, 전남대학교 연안환경문제연구소 환경연구논문집 제 16권 pp. 47~60.
2. 국립환경과학원(2013), 하천환경변화를 반영한 수질총량제 적용 모델 최적화 연구, 한림대학교 산학협력단.
3. 국립환경과학원(2013), 영산강·섬진강수계 제3단계 수질오염총량관리 목표수질 설정 연구
4. 전라남도(2015), 제 3 단계 전라남도 영산강 수질오염총량관리 기본계획.
5. 광주광역시(2015), 제 3 단계 광주광역시영산강 수질오염총량관리 기본계획
6. 환경부 물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr/main/mainContent.do>).