서낙동강 수문 운영에 따른 동적 수질 변화 연구

김정민* · 김영도**

Kim, Jung Min*, Kim, Young Do**

A Study on Dynamic Water Quality Change for Gate Operation in Seonakdong River

ABSTRACT

The inflow from Daejeo gate and the outflow from Noksan gate in Seonakdong river, which is a reservoir-like river with the characteristics of stagnant water, is very important for TMDLs (Total Maximum Daily Load) of Nakbon N unit watershed. However, there are very few measured data for calculating base flow. The operating data is much different from the actual measured data because the probable maximum flowrate is used for gate operation. In this study, the operating flowrate data of Daejeo and Noksan gates are compared with the monthly water quality data from Ministry of Environment monitoring station. The dynamic change of the flowrate and the water quality is also measured for the operation of Daejeo and Noksan gates. The flowrate of Seonakdong river is measured, which is affected by the gate operation, the water elevation difference of Nakdong river and Seonakdong river, and the tidal elevation. The results of this study can be used for establishing the water quality improvement measures by the optimal gate operation.

Key words : Reservoir-like river, Stagnant water, Seonakdong river, Daejeo gate, Noksan gate

초 록

호소형 하천으로 정체수역 특성을 갖는 서낙동강에서의 대저수문 유입량과 녹산수문 방류량은 오염총량관리 시행계획 대상유역인 낙본N 단위 유역의 수질관리에 있어서 매우 중요한 영향을 미친다. 하지만 기준유량을 산정하기 위한 실측자료는 매우 부족하고, 대저수문과 녹산수문의 운영자료는 수문개도시 최대가방류량만을 사용하고 있으므로 실측 방류량과는 많은 차이를 보이고 있다. 본 연구에서는 대저수문과 녹산수문의 운영자료를 수집하고, 이를 환경부 수질측정망 월별 수질변화와의 비교를 통해 분석하였다. 또한 대저수문과 녹산수문의 운영에 따른 서낙동강 본류의 비정상상태의 유량변화와 이에 따른 수질변화를 실측하였다. 낙동강 본류 수위, 서낙동강 수위, 조위 등의 영향을 받는 대저수문 유입과 녹산수문 방류에 의한 서낙동강 유량변화를 실측하였으며, 이는 대저수문과 녹산수문의 최적 운영을 통한 서낙동강의 수질 개선 대책 수립의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

검색어 : 호소형 하천, 정체수역, 서낙동강, 대저수문, 녹산수문

1. 서 론

서낙동강은 상류에는 대저수문, 하류에는 녹산수문이 위치하고 있으며, 이와 같은 수문들에 의하여 하천의 유량이 조절되는 호소형 하천이다. 서낙동강은 평상시에는 김해평야의 주요 농업용수 공급원으로 사용되고, 홍수시에는 거대한 유수지의 역할을 하고 있다. 서낙동강은 철새들의 도래지로 아름다운 하천경관을 자랑하지만, 최근 녹조 발생 등 수질문제의 심각성이 대두되고 있으며, 2005년부터

* 인제대학교 · 환경공학과 박사과정, 공학석사 (nnccaa@paran.com)

** 정희원 · 교신저자 · 인제대학교 환경공학과(낙동강유역환경연구센터) 조교수, 공학박사 (Corresponding Author · Inje University · ydkim@inje.ac.kr)

Received January 12 2013, Revised February 8 2013, Accepted April 26 2013

환경부의 수질오염총량제의 시행계획 대상지역(낙본N 단위유역)으로 지정되었다. 서낙동강 하류부에 위치한 낙산수문은 염수에 의한 피해예방과 농업용수의 확보를 목적으로 건설되었다. 서낙동강은 평균 수면적이 7.8km²이며, 저수량은 1,840만m³로서 농업용수를 확보하기 위해 설치한 수문들에 의해 1년 중 대부분의 기간 동안 수체가 정체되어 있다. 대저수문의 유입량 변화와 농업용수의 사용량에 따라 수위의 변화가 매우 심하며, 낙산수문의 운영에 따른 일시적인 방류에 의하여 수층의 교환이 한시적으로 일어나는 독특한 수리수문학적 특성을 가진다(SRRIC, 2005).

서낙동강 유역에 대한 연구로는 낙본N 단위유역 오염총량관리 시행계획 수립을 위하여 QUALKO 모형을 적용한 바 있고(Gimhae City, 2006a), Lee et al. (2007)은 수문운영에 따른 유속장 변화와 이로 인한 농도장 변화를 2차원 수치모형을 통해 모의한 바 있다. 또한 Hwang et al. (2013)은 수문운영에 따른 유량변화와 장·단기 수질변화에 대하여 QUAL2E 모형과 CE-QUAL-RIV1 모형을 이용하여 모의하였다. Kim and Kim (2011)은 서낙동강 유역에 대하여 자연유역모형인 SWAT 모형과 도시유역모형인 SWMM 모형을 연계하여 농경지와 도시 지역이 포함된 유역특성을 고려한 유출량 분석을 실시하였다. 그리고 Kang et al. (2012)은 SWAT 모형을 이용하여 서낙동강 시험유역에서의 수문 운영에 따른 유출 및 수질변화를 연구하였다. 이와 같은 연구는 서낙동강 유역에 관한 유역모형 연구와 서낙동강 본류에 관한 수리 및 수질모형 연구로서 장기적인 유량 및 수질 모니터링을 통한 시험유역 운영과 이에 대한 자료 분석 등의 현장연구 사례는 매우 적다.

대상유역에서의 개발에 따른 수문해석과 수질영향을 분석하기 위해서는 강우량을 포함한 각종 기상자료들과 하천의 유량 및 수질의 측정이 필요함에도 불구하고 대부분 중소규모 유역에서는 이와 같은 자료가 체계적으로 수집되고 있지 않다(MLTM, 2001). 국내 시험유역 운영 사례를 살펴보면 농업용수 관리를 위해 중소규모 저수지를 포함한 유역의 수문자료를 일정기간 수집하기 위해 시험유역을 운영한 경우가 있고, 다목적댐 상류에서의 유입량을 정확하게 관측하기 위해 시험유역을 운영한 사례가 있다(KICT, 2002). Seo et al. (2003)은 도시유역에서의 변화에 의한 유출특성의 변동을 검토하기 위한 수문자료 축적을 위해 부산광역시 도심지에 시험유역을 선정하여 실시간 수위 모니터링 연구를 하였다. 정체성 조절하천으로 서낙동강은 수량 및 수질 관리가 어려운 하천이지만 환경부의 수질측정망 4지점을 제외하고는 관련 정보가 매우 부족하며, 하천유량에 관해서는 본류 및 지류에서 수위-유량관계곡선이 존재하는 국가수위관측소가 운영되고 있지 않는 미계측 유역인 관계로 유역모형의 검증에 관한 연구가 수행되기 어려운 실정이다(Kang et al., 2012).

본 연구에서는 서낙동강의 하천유량 측정을 통하여 본류 흐름을 조절하는 대저수문과 낙산수문의 유수소통능력을 수리학적으로 평가하고자 하였다. 대저수문과 낙산수문을 운영하는 부산시 강서구에서의 유입량 및 방류량 자료를 분석하여 장기적인 유량변화와 이로 인한 수질영향을 분석하고자 하였다. 또한 대저수문 유입량과 낙산수문 방류량 변화에 따른 비정상 하천유량 변화와 동적 수질 변화를 실측하고, 수문운영에 의한 수질개선 효과를 정량적으로 평가하고자 하였다. 또한 장기 수문운영 조건에 따른 서낙동강 본류의 수질 변화를 분석하여, 수질이 좋은 낙동강 본류 원수의 유입에 따른 수질개선 효과와 낙산수문 방류에 의한 플러싱 효과를 정량적으로 평가하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 대상 유역 현황

서낙동강은 유역면적이 304.1km²이고, 유로연장이 18.5km로서 유역형상이 방사상과 우상의 혼합상으로 비교적 구형을 이루고 있으며, 유역의 평균폭은 동서방향으로 17~20km, 남북방향으로는 약 18km 정도이다. 연평균기온은 13.5~15.3℃이며 연평균강수량은 연 1,349mm이다. 서낙동강 유역은 좌안에 평강천, 맥도강, 우안에 대감천, 예안천, 주중천, 신이천, 지사천, 그리고 조만강 유역 등으로 구성되어 있다. 서낙동강 유역은 전체 면적 중 임야가 차지하는 면적이 109.6km² (36%), 농경지 88.6km² (29%), 하천이 51.7km² (17%)를 차지하고 있다. 서낙동강 유역은 행정구역상으로는 부산광역시 강서구와 경상남도 김해시에 걸쳐 있으며, 강서구 지역의 69.1%, 김해시 지역의 69.9%에 이르는 지역의 지반고가 EL. 10m 이하이며, 이 중 상당한 면적의 지반고가 EL. 0.7~1.5m인 저지대 평야로 구성되어 있다. 따라서 홍수시 유역의 60% 이상이 침수되는 수해 상습지구에 해당된다. 또한 수문 차단에

Fig. 1. Monitoring sites in Seonakdong river watershed

Fig. 2. Daejeo gate (Hwang, 2008)

Fig. 3. Noksan 1st gate and 2nd gate (Hwang, 2008)

의한 정체성 하천으로 장기간 오염물질이 퇴적되고 있으며, 이로 말미암아 수질오염이 매우 심한 곳이기도 하다(SRRIC, 2005)

Fig. 2와 Fig. 3에서 보는 바와 같이 1934년 대저수문과 녹산 제1수문을 설치함으로써 호소형 하천으로 변하게 되었으며, 1992년 6월 녹산 제2수문을 추가로 설치하였다. 수문의 운영은 서낙동강의 홍수조절 및 김해평야의 관개용수 취·배수와 수질개량을 목적으로 대저·녹산수문관리규정(강서구 훈령 제153호)에 따라 강서구청에서 운영하고 있는데, 녹산 수문은 5물에서 11물 사이에서는 1일 2회 방류할 수 있으나, 대부분 1회 미만으로 방류하고 있다. 진우도 및 장자도 하단에 김 등 면허양식장, 녹산 및 대저수문 직하류에는 채첩·대청이·석화 등 무면허 양식장이 분포하고 있으며, 평강천 주변의 지하수 염소이온농도가 $10,158\text{mg/l}$ 정도로 농업용수중의 염소이온농도 증가 등으로 인한 농업피해 확대를 우려하여 수문 개방 회수를 축소 운영하고 있는 실정이다(SRRIC, 2005).

대부분 저지대로 이루어져 있는 부산 강서구와 경남 김해시의 상습침수를 해소하기 위해 녹산수문에 녹산 배수펌프장을 건설하였다. 이 배수펌프장은 2004년에 착공하여 2009년에 준공되었으며, 배수펌프장의 배수구역은 총 250km^2 이고 펌프시설은 주배수펌프 19대와 수질개선용펌프 2대를 이용하여 $200\text{m}^3/\text{sec}$ 의 유량을 배수시킬 수 있다. 서낙동강의 상류부와 하류부에 위치한 대저수문과 녹산수문의 주요 제원 및 계획홍수위는 Table 1과 같다.

서낙동강 내 흐름은 대저수문의 유입에 의한 흐름과 녹산수문의 방류에 의한 흐름, 그리고 조만강의 지천 유입에 따른 흐름이 수문조작과 강우사상에 따라서 매우 다양하게 나타나고 있다(Lee et al., 2005). Fig. 4은 2003~2011년도에 수문운영 자료를 바탕으로 대저·녹산 수문의 개문시간과 서낙동강 유입량의 상관관계를 나타낸 것이다. 대저수문은 결정계수가 0.9 이상의 높은 상관관계를 나타내고 있으나, 녹산수문의 상관관계가 낮은 이유는 2003

Table 1. Dimensions of Daejeo and Noksan water gate

Dimension	Unit	Noksan Gate		Daejeo Gate	
		1st Gate	2nd Gate	Lock Gate	Intake Gate
Scale	B×h×ea	10.0×4.0×10	12.0×6.0×6	8×6.5×1	5×4.5×2
Sill Elevation	EL. m	-2.50	-3.50	-3.00	-3.00
Design Flood level	EL. m	1.13	1.13	-	-
Normal Water Level	EL. m	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30
Refloat Structure	-	Roller Gate	Roller Gate	-	-
Operating Speed	m/min	0.5	0.5	-	-
Installation Time	year	1934	1992	-	-

Fig. 4. Opening time and flowrate at Daejeo and Noksan gate (2003 ~ 2011)

~2009년까지는 최대가능방류량을 계산해서 고시하였으며, 2010년부터 유량계를 설치하여 실제 배수량을 나타내고 있어서 이 차이에서 오는 배수량의 차이 때문이라 판단된다. 최대가능방류량으로 고시된 2003~2009년 자료만을 이용하였을 경우, 상관관계가 0.91이상의 좋은 관계를 나타내나, 2010~2011년 자료를 이용하였을 경우는 상관관계가 0.33으로 개문시간에 비해 방류량이 작았다. 이는 개문시 낮은 지대로 인한 낮은 유속과 조위의 영향으로 판단된다.

2.2 시험유역 운영

본 연구에서는 부산광역시 강서구청의 협조를 받아 최근 5년간의 수문을 조작한 시기와 개폐현황을 조사하였다. 대저수문과 녹산수문의 월별 개문시간과 취수량을 분석하고, 취수량 변화에 따른 서낙동강 수질변화를 분석하였다. 대저수문 인근의 경우, 하천유량을 측정할 만한 교량이 없는 관계로 대저수문 유입량 변화에 따른 수질변화를 분석하였다. 수문 개도시에 서낙동강 본류의 김해교와 강동교, 녹산수문 등의 지점에서 수위, 유량, 수질 등을 측정하여

유입수에 의한 영향을 조사하였다. 실제 수문이 운영되고 있는 시점을 전후해서 해당지점에서 일정시간 동안에 유량 및 수질에 대하여 시간에 따른 변화를 측정하였다. 서낙동강 본류에서 2006년 8월에서 12월까지 총 5회에 걸쳐 4개 지점에서 30분 단위로 유량 및 수질변화를 조사하였다. 서낙동강의 유량측정은 프로펠러 유속계는 Valport사의 BFM002 유속계를 사용하여 유속단면적법으로 측정하였다(Fig. 5 참조).

수문이 개방되지 않을 때의 본류내 낮은 유속은 서낙동강의 수질을 악화시키는 중요한 원인으로 지류에서의 유입부하량이 녹산수문을 통해 바다로 빠져나가지 못하고 서낙동강에 퇴적되고 있다. 따라서 본 연구에서는 주요 지류에 수위모니터링시스템을 설치하여 장기간 수위자료를 수집하고, 강우시 유량측정을 실시하여 수위-유량관계곡선을 작성하였다. 서낙동강의 제 1지류인 조만강의 경우 녹산수문의 영향으로 말단부 지점에 유속이 거의 없으므로 상류 2개의 지류(죽동교, 마찰교)에서 수위를 측정하여 수위-유량관계곡선식을 작성하였다. Fig. 6은 서낙동강 유역의 주요 지류에 수위모니터링시스템을 설치한 지점을 나타낸 것이다.

Fig. 5. Flowrate measurement in Seonakdong river

Fig. 6. Water gaging system in Seonakdong river watershed (Kang et al., 2012)

3. 연구결과

3.1 서낙동강 유량 및 지류 수질 모니터링

서낙동강 지류에 설치한 수위모니터링시스템의 수위 자료를 이용하여 산정한 수위-유량관계곡선식을 Fig. 7에 나타내었다.

서낙동강 제 1, 2지류에 해당하는 조만강과 신어천에 설치한 수위모니터링 시스템을 이용하여 작성한 수위-유량관계곡선을 산정한 지류의 유량과 낙동강수계 낙본N 단위유역 하천수질 및 유량 조사(Giahae City, 2006b: 2008)의 수질자료를 이용하여 Fig. 8에 유량과 수질 현황을 나타내었다.

2006년도를 살펴보면 BOD와 T-N, T-P가 유역유출량이 적은 1월~4월과 10월~12월에 하천의 작은 유량으로 인해 농도가 높게 나온 반면에 유량이 많은 5월~9월에는 SS농도가 높게 나타났다. 조만강도 신어천과 비슷한 양상을 보이며, BOD, T-N, T-P 농도가 높은 이유는 상류지역에 공업단지와 주거단지가 위치해있고, 하수종말처리장이 있어서 그 영향을 많이 받기 때문이다. 7월의 경우 2007년보다 SS 농도가 높게 나왔는데 이는 태풍 예위니이의 영향으로 집중강수로 인해 토사 유출이 심하게 나타난 것으로 판단된다. 2007년도에는 경향은 비슷하게 나타나 유량이 2006년보다 적어서 BOD, T-N, T-P의 농도가 더 높게 나타나고, 그에

Fig. 7. Rating curve at main tributary of Seonakeon River (Kang et al., 2013)

반비례하여 SS의 농도는 줄어드는 것을 볼 수 있다. 특히, 강우시에 조만강의 SS가 높게 나타나는 이유는 주거지역을 제외한 대부분의 지역이 산지와 농경지로 이루어져 있기 때문인 것으로 판단되며, 신어천에서 갈수기임에도 2006년보다 SS농도가 더 높게 나타나는 것은 상류의 하천정비공사의 영향으로 판단된다.

서낙동강 지류의 수질 평균 농도가 2006년에는 약 BOD 4.41mg/L, T-N 3.78mg/L, T-P 0.236mg/L, SS 14.11mg/L이고, 2007년에는 BOD 4.11mg/L, T-N 3.79mg/L, T-P 0.414mg/L, SS 14.44mg/L

로서 낙동강 본류의 수질보다 좋지 않은 것을 알 수 있었다. 따라서 대저수문의 유입량을 증가시키는 것은 서낙동강 지류에서 유입되는 오염부하량을 일정정도 희석시킴으로써 서낙동강 본류의 수질 개선에 도움이 된다는 것을 확인할 수 있다.

3.2 서낙동강 수문운영에 따른 수질현황 분석

본 연구에서는 수문운영에 따른 수질개선 효과를 정량적으로 분석하기 위하여 낙동강 본류와 서낙동강의 수질을 비교분석하고,

Fig. 8. Flowrate and water quality of Seonakdong river tributary

대저수문 유입량 증가시 동적 수질 변화를 측정하였다. 또한 최근 5년간의 대저수문과 낙산수문의 수문 운영일지를 수집하고, 환경부 수질측정망의 월별 수질변화와의 상관관계를 분석하였다. 서낙동강 대저수문의 유입량에 따른 수질개선 가능성을 검토하기 위하여 Fig. 9에 나타난 바와 같이 낙동강 본류인 구포지점과 서낙동강 1, 2, 3 지점의 최근 5년간 수질모니터링 결과를 비교·분석하였다. 서낙동강에 위치한 대저수문과 낙산수문은 염수침입을 막고 담수 조절 통한 농업용수 확보에는 크게 기여하였으나, 수문에 의해 수체가 정체됨에 따라 호소형 하천의 문제점이 심각하게 나타나고 있다. 서낙동강 유역은 경남 김해시와 부산 강서구로부터 발생하는 다양한 다량의 오염물이 유입되고 있으며, 정체수역으로 유입되는 과다한 영양염류로 인해 수질이 악화되었고, 자정능력이 크게 저하된 상황이다(Lee et al., 2009). Fig. 9에 나타난 바와 같이 환경부 수질측정망 구포지점에서 대저수문에 의해 유입되는 서낙동강은 본류인 구포지점의 BOD에 비해 높은 수치를 나타냈으며 하루로 갈수록 BOD 수치가 높게 나타났다. 특히, T-N과 T-P의 경우 구포지점의 농도와 서낙동강 1, 2지점의 농도는 큰 차이는 없지만 서낙동강 3지점의 농도가 급격히 높아지고 있는데 그 이유는 서낙동강 제1지류인 조만강을 포함한 주요 지류에서 들어오는 점오염원 및 비점오염원 부하량의 영향으로 판단된다.

Fig. 10은 김해교에서 측정한 하천유량과 수질인자의 상관성을

Fig. 9. Comparison of BOD, T-N, T-P between Nakdong river and Seonakdong river

Fig. 10. Monitoring of flowrate and water quality at Gimhae br. (Hwang et al., 2013)

나타낸 것이다. 김해교는 대저수문에서 약 7km 떨어진 가장 인접한 교량으로서, BOD의 경우 유량이 평균 108m³/s 늘어나면 농도가 약 13% 낮아지는 것을 확인할 수 있으며, 대저수문의 개방에 의한 낙동강 본류 원수 유입의 영향을 가장 많이 받는 것으로 나타났다. T-N과 T-P도 수문개방 전후의 농도를 비교해 보면 일정정도 농도가 낮아진 것을 확인할 수 있다. 정체성 수역인 서낙동강에서 부영양화를 일으킬 수 있는 T-N, T-P가 대저수문과 낙산수문을 개방함으로써 농도가 낮아지는 것은 수질개선 대책을 수립하는 데에 있어서 매우 중요한 의미가 있는 것으로 보인다. 그러나 SS는 변동이 매우 크게 나타나 대저수문 개방에 의한 영향을 도출하기 어렵다(Hwang et al., 2013).

Fig. 11은 김해교보다 하류측에 위치한 강동교에서 측정한 하천 유량과 수질항목을 시간에 따라 나타낸 것이다(Hwang et al., 2013). 강동교는 대저수문에서 약 10km 하류에 위치하고 있으며, 낙산수문에서는 약 9km 상류에 위치하고 있다. 수문 개방 시간은 약 6시간 정도이며 강동교의 경우, 김해교와는 달리 대저수문을 개방한 이후 유량이 증가해서 최대값에 도달한 이후에 낙산수문과 대저수문이 차례로 폐쇄됨에 따라 서서히 유량이 감소하는 형태를 보였다. BOD의 경우에는 김해교와 마찬가지로 대저수문의 유입유

량이 110m³/s 증가함에 따라 BOD 농도가 약 10% 낮아지는 것을 확인할 수 있고, 이후 서서히 증가하는 것으로 나타났다. T-N과 T-P는 유량변화에 따라 일정정도 감소추세에 있는 것을 확인할 수 있다. SS의 경우 김해교보다는 훨씬 변동성이 작으며, 유량의 증가 및 감소에 따라 유사한 경향을 나타내었다. 이는 강동교 구간이 김해교 구간보다 하천의 폭이 넓은 관계로 동일한 유량에서도 느린 하천유속이 발생하므로 서낙동강 퇴적물의 재부상 효과를 일으킬 정도의 소류력을 갖지 못하기 때문인 것으로 판단된다.

일반적으로 유역의 강우와 유출의 증감은 하천수질에 큰 영향을 미치는데, Fig. 12는 최근 5년동안의 서낙동강 강우량과 수질현황을 나타낸 것이다. BOD의 경우 각 지점별 5년 평균농도가 3.9mg/L, 4.1mg/L, 5.5mg/L로 하류로 갈수록 높게 나타났으며, 서낙동강 3 지점의 경우 최대 13.5mg/L로 오염수준이 상당히 높았다. 평갈수기 강우가 증가할수록 BOD 역시 증가하는 경향을 나타내며 이는 도시지역과 농경지로부터의 비점오염원 증가로 인한 것으로 판단된다. T-N과 T-P의 경우 역시 최하류인 서낙동강3 지점에서 가장 높게 나타났고, 서낙동강1 지점과 서낙동강2 지점보다 T-N은 약 3배, T-P는 약 5배정도 높게 나타났다. 이 역시 비점부하가 높은 김해평야 농경지로부터의 오염원 유입이 가장 큰 영향을 미친

Fig. 11. Monitoring of flowrate and water quality at Gangdong br. (Hwang et al., 2013)

Fig. 12. Time series analysis of rainfall and water quality (2008-2012)

것으로 판단된다. 또한 서낙동강3 지점은 강우증가에 따른 경향성에 있어서 T-N과 T-P는 BOD와는 달리 감소하는 경향이 서낙동강1 지점과 서낙동강2 지점보다 크게 나타났다.

Fig. 13은 최근 5년 동안의 대저수문과 녹산수문의 방류량에 따른 월별 수질변화를 나타낸 것이다. 대저수문은 평균 19×10^6 ton을 유입하고 있으며 녹산 제1수문과 녹산 제2수문에서는 평균 35×10^6 ton을 방류하고 있으며, 그중 홍수기인 7월에 가장 많은 양을 방류하고 있다. 서낙동강3 지점의 T-N을 보면 대저수문보다는 녹산수문의 방류량에 따라 수질의 변화가 크게 나타나고 있다. 또한 T-P는 서낙동강1 지점과 서낙동강2 지점에서 대저수문의 개문일수가 가장 적은 7월에 가장 높은 수치를 나타내며 수질항목 중 수문운영에 가장 민감하게 반응한다. 일반적으로 낙동강 본류의 수질이 서낙동강 본류의 수질보다 좋기 때문에 대저수문을 통한 낙동강 본류수를 유입으로 서낙동강 상류의 수질개선의 효과를 볼 수 있으며, 녹산수문의 방류를 통해 정체수역인 서낙동강의 물순환을 통해 하류 하천의 수질 농도를 감소시킬 수 있다. 따라서 기후변화에 따라 발생되는 비점부하가 높아지는 시기에 대저수문과 녹산수문의 개문시간과 횟수의 증가 등의 운영방안 수립을 통해 하천의 유량을 증가시키고 더불어 수질개선의 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 13. Water quality change for gate operation (2008-2012)

4. 결론

본 연구에서는 호소성 정체수역인 서낙동강의 대저수문과 녹산수문의 운영시기와 개폐현황을 조사하였다. 월별 개문시간과 유입량을 분석하고, 유입량 변화에 따른 서낙동강 수질변화를 분석하였다. 대저수문과 녹산수문의 개방시에 서낙동강 본류의 김해교와 강동교 지점에서 유량 및 수질을 측정하여 낙동강 본류 유입수에 의한 수질영향을 조사하였다. 또한, 지류로부터의 오염부하량의 본류 수질 영향을 평가하기 위해 지류에 수위모니터링시스템을 설치하고 하천수질 및 유량조사를 실시하였다. 대저수문의 유입 초기에 하상 저니층의 재부상에 따른 BOD의 급격한 증가가 일어날 수 있는데, 본 연구에서는 이러한 현상도 분석하였다. 또한 BOD, SS, TN, TP 등의 수질항목을 수문 조작 여부에 따라 분석하여 특정 수질항목이 유입 및 방류 효과에 영향을 받는 지 여부를 조사하였다.

대저수문, 김해교, 강동교, 녹산수문 등의 서낙동강 본류의 주요 지점에서의 수질변화를 분석한 결과, 하류에 위치한 강동교와 녹산수문 지점의 수질이 전반적으로 악화되고 있다. 대저수문 개방 초기에 일시적으로 오염물질의 농도가 상승하는 경우가 있었으며, 충분한 시간 수문을 개방하지 않을 경우에는 퇴적물 부상으로 인해 오히려 하류 지역의 오염도가 일시적으로 증가할 가능성이

있다는 것을 확인하였다. 수문개방으로 인한 수질개선의 효과를 얻기 위해서는 상류의 수문개방 시 충분한 유량과 지속적인 공급이 이루어져야 하며, 유하거리 및 도달시간을 산정한 수문개방 관리가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(No. 2010-0024119).

References

- Gimhae City. (2006a). *Nakdong River Nakbon N unit watershed Gyeongsangnam-do Gimhae City TMDL Enforcement Plan*.
- Gimhae City. (2006b). *Nakdong River Nakbon N unit watershed stream quality and discharge survey*, Final Report.
- Gimhae City. (2008). *Nakdong River Nakbon N unit watershed stream quality and discharge survey*, Final Report.
- Hwang, J. Y. (2008). *A study on water quality management of Seonakdong River using surface water quality modeling*, MSc Dissertation, Inje University (in Korean).
- Hwang, J. Y., Kim, Y. D., Kwon, J. H., Park, J. H., Noh, J. W. and Yi, Y. K. (2013). "Hydrodynamic and water quality modeling for

- gate operation: A Case Study for the Seonakdong River Basin in Korea.” *KSCE Journal of Civil Engineering*, KSCE (in Press).
- Kang, D. H., Kim, J. M., Kim, T. W. and Kim, Y. D. (2012). “Prediction of continuous discharge and water quality change for gate operation in Seonakdong River experimental catchment using SWAT.” *Journal of Wetlands Research*, Vol. 14, No. 1, pp. 21-33.
- Kang, J. Y., Kim, J. M., Kim, Y. D. and Kang, B. S. (2013). “Effect of climate change on water quality in Seonakdong River experiment catchment.” *Journal of Korean Society of Water and Wastewater*, Vol. 27, No. 2, pp. 197-206 (in Korean).
- KICT (Korea Institute of Construction Technology). (2002). *Experimental watersheds operation present condition (Technology for surface water resources investigation)*, The 21st Century Frontier R&D program Sustainable Water Resources Research Center (in Korean).
- Kim, J. M. and Kim, Y. D. (2011). “A Study on estimation of pollutant loads in Seonakdong River using SWAT-SWMM model.” *Journal of Korean Society Water and Wastewater*, Vol. 25, No. 6, pp. 825-837 (in Korean).
- Lee, K. C., Yoon, Y. S. and Lee, N. J.(2009). “Prediction of water-quality enhancement effects of gates pperation in the West-Nakdong River using RMA2/RMA4 models.” *2009 journal of the Environmental Sciences* Vol. 18, No. 9, pp. 971-981.
- Lee, N. J., Kim, Y. D., Kwon, J. H. and Shin, C. K. (2007). “Research paper: Two-Dimensional Numerical Modeling of Water Quality Variation by Gates Pperation in the Seonkdong River.” *Journal of Korean Society Water and Wastewater*, Vol. 21, No. 1, pp. 101-112 (in Korean).
- Lee, N. J., Park, J. H., Kim, Y. D. and Son, B. J. (2005). “Fundamental study on improving water quality of the Weat-Nakdong River by the gates operation.” *2005 KSCE Meeting*, Korean Society of Civil Engineers (CD-ROM) (in Korean).
- MLTM (Ministry of Land Infrastructure and Transport). (2001). *Hydrologic measurement efficiency improve method study report*, Han River Flood Control Office.
- Seo, K. W., Kim, N. G. and Choi, H. J. (2003). “Development of experimental catchment for urban hydrologic monitoring.” *Journal of Civil Engineering*, Vol. 23, No. 5B, pp. 369-379.
- SRRIC (Seonakdong River Related Institute Cooperation). (2005). *Comprehensive countermeasures of Seonakdong River water quality improvement*.