

상류제수문 방류조건에 따른 새만금호의 영향범위 예측

Prediction of Influence Range in Saemangeum Reservoir by Floodgate Operation at Upstream

김세민*, 박영기**

Kim Se Min, Park Young Ki

요 지

본 연구에서는 새만금유역과 호 내의 복잡한 수체 형상, 유입 및 유출 구조를 반영하는데 적합한 모델을 적용하고 재현성이 검토된 모델 결과를 이용하여 호 내 수질을 모의하였다. 또한 구성된 모형의 결과를 바탕으로 만경강, 동진강의 상류에 위치하고 있는 제수문에서의 방류조건을 가정하여 모의를 수행하였다. 방류조건별 모의 결과, M3, D5지점에서 목표수질을 초과하는 것으로 나타났고 새만금호 상류부인 M3, D3지점은 방류조건에 따른 수질개선효과가 큰 것으로 예측되어 만경강과 동진강의 유입수의 영향이 지배적인 것으로 평가되었다. 전량방류시 영향범위를 거리로 살펴보면 만경강대교에서 새만금호 하류방향으로 약 22 km지점, 동진강대교에서 새만금호 하류방향으로 약 15 km지점까지로 나타났다. 농도변화와 방류조건별 영향범위를 살펴보면, 하류측으로 갈수록 수질개선에 영향을 적게 미치지만, 증가된 방류량에 의해 수질이 개선되어 제수문에서의 방류량 증가는 호 내 수질개선에 기여하는 것으로 판단된다.

핵심용어 : 새만금, 수질개선, 방류조건, 영향범위

1. 서론

새만금 호 내로 유입되는 만경, 동진강 유역은 대규모 관개시스템을 통해 하천수의 대부분을 농업용수로 취수하고 있어 하천의 건천화가 심화되고 이에 따라 수질관리와 수생태계 보전에 어려움이 있다(Kim *et al.*, 2016). 이러한 새만금 유역에 대해 친환경적 개발을 위하여 향후 조성되는 새만금호의 적정수질유지 및 합리적인 수질관리 대책 수립이 중요하며, 이를 위하여 지속적인 모니터링 및 유역과 수역의 기작 등을 합리적으로 구현할 수 있는 수질예측 모델을 구축, 운영 할 필요가 있다(농림부, 2012). 이에 환경부는 제2단계 수질개선종합대책 추진에 따른 개별 대책별 수질개선효과를 정량적으로 평가하기 위해 수질모델링 기법을 수행한 결과 외부유입량증가에 따라 하천과 호 내의 수질이 상당히 개선될 수 있음을 제시하였으며 2012년 용담댐과 섬진강댐의 방류량이 전년대비 약 8% 증가됨에 따라 새만금호의 수질이 평균 20% 개선된 것으로 보고되면서 수질개선을 위한 유량확보가 요구되고 있다(환경부, 2014).

본 연구에서는 새만금유역과 호 내의 복잡한 수체 형상, 유입 및 유출 구조를 반영하는데 적합한 모델을 적용하고 재현성이 검토된 모델 결과를 이용하여 호 내 수질을 모의하였다. 또한 구성된 모형의 결과를 바탕으로 만경강, 동진강 상류에 위치하고 있는 제수문에서의 방류조건을 가정하여 모의를 수행하였으며, 모의 결과를 토대로 제수문운영에 따른 호 내 수질 변화 및 영향 범위를 제시하여 효과적인 수질관리에 기여하고자 한다.

* 정회원 · 전북대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : kismv@jbnu.ac.kr

** 정회원 · 전북대학교 토목공학과 교수 · E-mail : parkyk@jbnu.ac.kr

2. 연구방법

2.1 대상유역

새만금유역은 만경강, 동진강과 서해안 일부지역으로 총면적은 3,319 km²이다. 그 중 만경강과 동진강의 유역면적은 각각 1,571 km², 1,034 km²이며, 전체 유역 면적의 78.5%를 차지하고 있다. 새만금유역의 토지 이용은 임야 39.47%, 농경지(논, 밭) 38.91%, 대지 및 기타 21.61%로 구성되며, 타 지역에 비해 농경지의 비중이 높다. 새만금호의 상류인 만경강유역은 용담댐 제1발전소의 발전용수로 사용된 수량의 일부는 정수장을 거쳐 생활용수로 공급되며, 남은 수량이 만경강으로 방류되어 하천의 상류 유량으로 공급된다. 주요시설물로는 어우보와 대아댐, 만경계수문등이 있다. 동진강유역은 유역변경식 섬진강댐에 의해 섬진강의 물을 받아들임으로써 용수의 혜택을 크게 받고 있으며, 주요시설물로는 보림보, 낙양보, 정읍간선, 동진강 계수문등이 있다.

2.2 유역모형의 적용 및 재현성 검토

SWAT모형에 의한 모의기간은 총 5년(2008년 ~ 2012년)이고, 이 중 안정화기간은 3년(2008년 ~ 2010년)이며 모델의 보정은 2011년, 검증은 2012년이다. SWAT 모형에서 각 HRU별 강우에 따른 유출량 계산은 지표유출의 경우 SCS Curve Number 방법을 이용하였고 지표, 지표하, 기저 유출은 하천구간들 사이의 연계성을 고려하여 Muskingum 방법을 이용하였다. 모델의 오차평가는 상관관계수(R²), RMSE, 차이퍼센트(%Difference)를 이용하였다. 유출량 모의결과 모의값이 실측값을 적정수준 반영하는 것으로 나왔으나, 동진강의 경우 오차율이 다소 높게 산정되었다. 이는 동진강유역 특성상 도수시설이 복잡하게 형성되어있고 주변 농경지에 농업용수를 공급하기 위해 동진강 본류의 흐름을 막고 낙양보를 통해 취수하여 김제용수간선, 정읍용수간선으로의 용수공급에 의한 영향으로 판단된다.

수질모의는 BOD의 경우 20℃에서 CBOD에 의해 소모되는 탈산소계수(RK1), 20℃에서 침전에 의한 CBOD 손실율(RK3), 각 토층의 유기탄소 함유량(SOL_CBN)의 매개변수를, T-N보정시 20℃에서 암모니아질소에 대한 침전반응속도(RS3), 20℃에서 유기질소에 대한 침전반응속도(RS4)를 주요 매개변수로 보정하였다. T-P보정시 20℃에서 용존인의 침전율(RS2), 20℃에서 유기성인의 침전율(RS5)를 주요 매개변수로 보정하였다. T-P의 경우 유기성인(ORG-P)와 무기성인(MIN-P)의 합으로 부하량을 산정하였고, 산정된 부하량에서 해당일자의 유량으로 나누어 일 농도를 구하였다. 모의결과 실측치와 모의치와의 상관성이 높았으며 모의값이 실측값의 경향을 잘 반영하는 것으로 나타났다. 모의결과 실측치를 잘 반영하는 것으로 판단된다.

2.3 호소모형의 적용

수리모델의 검증은 지점 T1에 대해 국립해양조사원에서 제공하는 해측 조석자료와 조류유속자료(<http://www.khoa.go.kr>)를 이용하여 검증하였으며, 새만금 호 내측에 대해서는 내부 수위변화에 대해 검증하려 했으나, 자료를 수집하는데 제한적인 부분이 있어 가용 할 수 있는 자료를 최대한 활용하였다. 보정 및 검증 위치는 Fig. 1, 수질모의 위치는 Fig. 2와 같다. 수질모델 보정시 관련변수는 Card image 47에서 입력하였고 PO₄, NH₄, NO₃, Silica, COD, SOD, 6가지 변수에 대하여 적용된다. 이외 조류(Algae), 유기탄소(Organic carbon), 인(Phosphorus), 질소(Nitrogen), 화학적 산소요구량(Chemical Oxygen demand)과 관련된 변수를 시행착오법을 통하여 입력하였다.

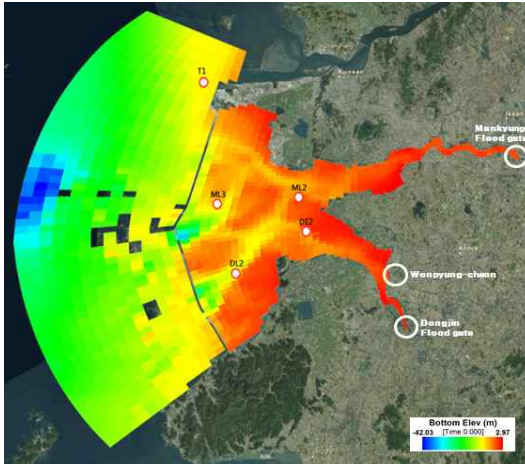


Fig. 1. Grid structure for the Saemangeum estuarine reservoir

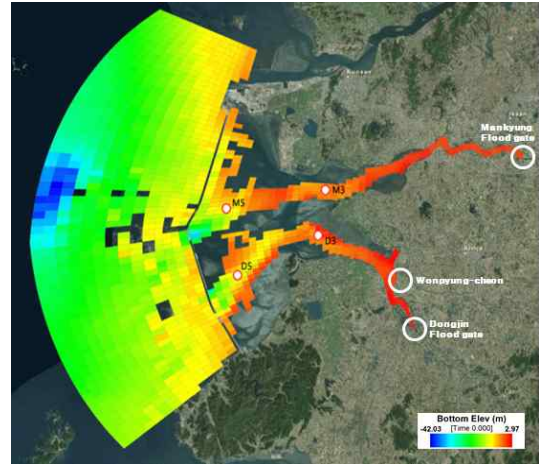


Fig. 2. Grid structure for the Saemangeum estuarine reservoir

3. 연구결과 및 고찰

3.1 방류조건별 수질 모의

지점별 연평균농도를 산정결과 최소방류(1 m³/s)조건시 상류측인 M3, D3지점에서 오염물질농도가 높은 수치를 보이며, 전량방류를 했을 경우 M3, D3지점에서 수질이 개선되는 것으로 나타났다. 이는 만경강과 동진강 제수문의 방류량으로 인해 유황이 개선되고 호 내 오염부하농도가 감소하는 것으로 판단된다. 방류 조건에 따른 수질개선 효과는 Table 1 과 같다.

Table 1. Effect of Water quality improvement according to discharge conditions

Site	Concentration	Minimum discharge	Maximum discharge	Improvement
M3	COD(mg/L)	4.744	3.470	1.274
	T-N(mg/L)	2.619	1.412	1.207
	T-P(mg/L)	0.172	0.097	0.075
	Chl-a(mg/m ³)	15.816	10.721	5.095
D3	COD(mg/L)	3.274	2.782	0.492
	T-N(mg/L)	0.828	0.623	0.205
	T-P(mg/L)	0.065	0.056	0.009
	Chl-a(mg/m ³)	9.846	7.730	2.116

3.2 방류조건에 따른 영향범위 예측

방류량에 따른 영향범위를 예측하고자 갈수기 기간을 선택하여 방류조건별 COD 및 T-P농도 값을 최소 방류조건을 기준으로 편차를 구하여 농도 변화를 살펴보았다. COD 농도의 경우 하류측으로 갈수록 수질 농도가 같은 편차의 기준은 0.1 mg/L, T-P의 경우 0.009 mg/L로 설정하였고 이를 만족 시 영향범위로 결정하였다. 그림 Figs. 3 and 4 에 수질 항목별 방류조건에 따른 영향범위를 나타내었다.

COD와 T-P농도에 대해 전량방류 조건의 영향범위를 거리로 살펴보면 만경강의 만경강대교에서 새만금 호 하류방향으로 약 22 km지점, 동진강의 동진강대교에서 새만금 호 하류방향으로 약 15 km 지점까지 영향 범위를 보이는 것으로 나타나, 호내 중·상류구간에 지배적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 신시,

가력 배수갑문을 통한 창조시 해수의 유동으로 인하여 하류측까지 방류량의 영향은 미비한 것으로 판단된다. 앞서 제시한 지점별 농도변화와 방류조건별 영향범위를 살펴보면, 하류측으로 갈수록 수질개선에 영향을 적게 미치지만, 증가된 방류량에 의해 수질이 개선되는 점으로 보아, 제수문에서의 방류량증가는 호 내 수질개선에 기여하는 것으로 판단된다.

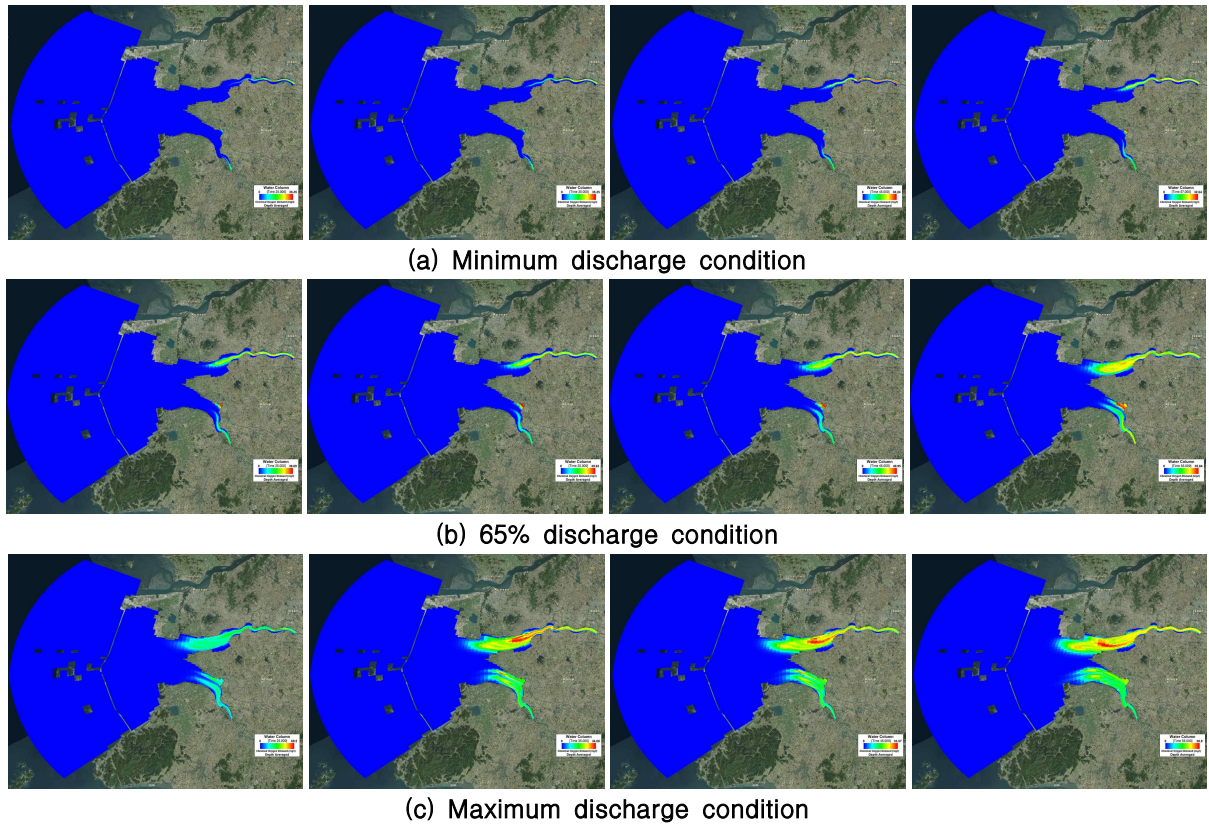


Fig. 3. Influence range according to discharge conditions(COD Concentration)

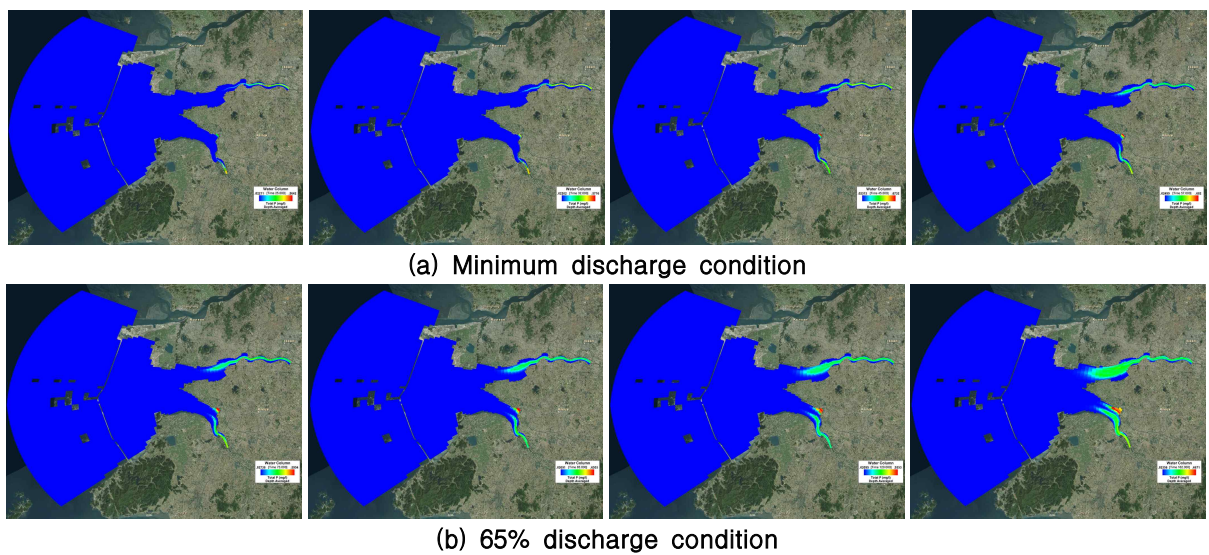
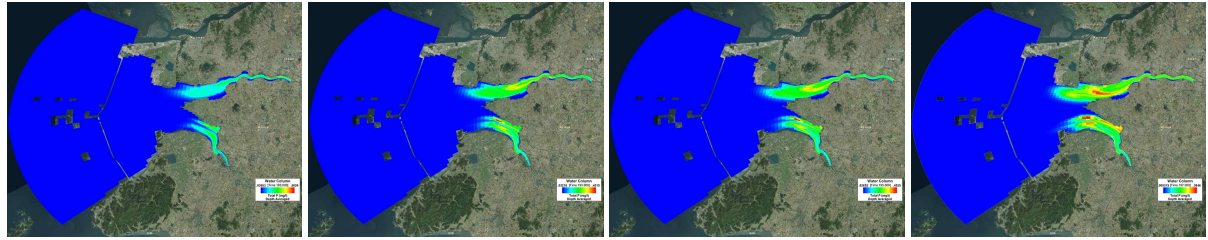


Fig. 4. Influence range according to discharge conditions(T-P Concentration)



(c) Maximum discharge condition

Fig. 4. continuously

4. 결과

수질개선효과를 살펴보면 지점별 연평균농도 산정 결과 최소방류와 전량방류를 비교 했을 때, COD, T-N, T-P의 농도가 감소하는 것으로 예측되어 수질이 개선되는 것으로 나타났다. 이는 만경강과 동진강 제수문의 방류량으로 인해 유황이 개선되고 호 내 오염부하농도가 감소하는 것으로 판단된다. 또한 방류조건별 영향범위를 살펴본 결과 65%방류조건에서는 호 내 상류구간에 지배적인 영향을 미치는 것으로 나타났고, 전량방류조건에서는 호 내 중·상류구간 지배적인 영향을 미치는 것으로 평가되었다. 또한 COD와 T-P농도에 대해 전량방류 조건의 영향범위를 거리로 살펴본 결과, 만경강대교에서 새만금호 하류방향으로 약 22 km지점, 동진강대교에서 새만금호 하류방향으로 약 15 km 지점까지 영향범위를 보이는 것으로 나타났다. 이는 신시, 가력 배수갑문을 통한 창조시 해수의 유통으로 인하여 하류측까지 방류량의 영향은 미비한 것으로 판단된다.

유역 내 제수문 관리를 통한 방류량 조정은 새만금호의 효과적인 수질관리에 기여 할 것으로 예상되며 향후 제수문의 체계화된 운영방안 수립이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Kim, S. M., Park, Y. K., Won, C. H., Kim, M. H.(2016). "Analysis of Scenarios for Environmental Instream Flow Considering Water Quality in Saemangeum Watershed.", *J. Korea Soc. Environmental Engineers*, Vol. 38 No. 30, pp.117-127.
2. 농림부(2012), 새만금호내 추가 준설에 따른 염분확산 예측 및 관리방안
3. 환경부(2014), 새만금유역 환경유지용수확보 및 관리방안 연구
3. Khalil A., Pipat R., Ramesh A. K., Manoj K. J., Philip W. G., Ali S.(2005). "Calibration and Validation of SWAT for the Upper Maquoketa River Watershed", Center for Agricultural and Rural Development
4. Marlos J. M., White R. E., and Malcom B.(2003). Applying AVS2000 to predict runoff and phosphorus movement from an agricultural catchment to support the modelling of chlorophyll-a production. 2nd International SWAT Conference proceeding, pp.21-26.
5. Mauro D. L., Raghavan S., Jeffrey G. A.(2004). "A GIS-Coupled Hydrological Model System for the Watershed Assessment of Agricultural Nonpoint and Point Sources of Pollution." *J. Transactions in GIS*, Vol. 8 No. 1, pp.113-136.
6. Zhijun L., Noor B. H., William L. K., David H. H., Meng X.(2008). "Hydrodynamic Modeling of St. Louis Bay Estuary and Watershed Using EFDC and HSPF.", *J. Coastal research Special Issue No. 52*, pp.107-116.