

하수처리시설 신설에 따른 QUAL2E모델에 의한 만경수계 수질예측

정팔진[†] · 현미희 · 정진필

전북대학교 환경공학과

Water Quality Prediction of the Mankyung Water Shed according to Construction of New Sewage Treatment Facilities

Paulgene Chung[†] · Mihee Hyun · Jinpil-Jung

Department of Environmental Engineering, Chonbuk National University

(Received 14 July 2009, Revised 1 February 2010, Accepted 19 February 2010)

Abstract

The sewage treatment plants to be built to improve the water quality of the Mankyung River will total 11, of which combined capacity will reach 39,850 m³/day, and saying in detail, 5 at Gunsan city, 2 at Iksan city, 1 at Kimje city and 3 at Wanju gun, The scenario for water quality improvement was developed, considering the conditions of plant operation ratio and the accomplishment of the water quality target (BOD 4.4 mg/L, T-P 0.356 mg/L) at the end of the watershed of Mankyung B was predicted, making use of QUAL2E model. As a result of prediction using QUAL2E model based on scenarios with 70% and 100% of operation ratio, respectively, at 11 plants in 2010, the water quality at the watershed of Mankyung B was estimated at 4.322 mg/L which was lower than the target of BOD 4.4 mg/L, indicating the target water quality was achieved, when it comes to 70% of operation ratio, But in case of T-P, it was estimated at 0.565 mg/L, which was higher than the target. When it comes to 100% of operation ratio, T-P also was 0.563 mg/L which exceeded the target, 0.356 mg/L. As indicated above, the effect of water quality improvement appeared very insignificant, which was attributable to the limit of small scale sewage treatment plant in total reduction capacity. Hence, the measures for additional reduction in a bid to achieve the target water quality of T-P at the designated location need to be taken, and the measures to build the Sewage treatment facilities at the place where the pollution is significantly caused by T-P appeared to be required as well.

keywords : BOD, QUAL2E, Sewage treatment facilities, TMDL

1. 서론

새만금개발이 전북지역의 최대 현안으로 대두되고 있으며, 새만금 간척사업이 완료된 후 새만금호의 수질문제가 환경문제의 최대가 되고 있다. 정부에서도 제2의 시화호를 만들지 않기 위해 새만금개발을 친환경적으로 계획하고, 유입하천인 만경강 및 동진강의 수질을 개선하고자 하는 노력이 지속되고 있다. 새만금호 환경문제에 대한 해결의 실마리는 역시 상류지역인 유입수계의 오염원제어가 가장 효과적일 것으로 판단되며, 양호한 수질을 나타내고 있는 동진강 유역보다는 오염원이 다수 분포되어 있는 만경강 수역을 잘 통제하는 것이 해결책에 쉽게 접근할 것으로 생각된다. 많은 언론보도에서 나타난 것과 같이 새만금 유역의 주된 오염원은 만경강으로 인식되고 있다.

농림부에 따르면 만경강 수계의 경우 상류인 고산, 전주 지점의 수질은 양호하나 삼례지점에서 오염도가 크게 상승되고, 왕궁특수지역 등 축산 및 생활하수 오염이 심각한

익산천 하류영향까지 겹치면서 하류인 김제지점까지 그 영향이 지속되고 있다고 보고하고 있다(한국농촌공사, 2007).

전라북도는 정부의 2012년 만경강 수질목표(BOD 4.4 mg/L, T-P 0.356 mg/L)를 2010년 만경B 단위유역 말단부 지점에서 조기 달성하여 향후 새만금 사업을 원활하게 추진하고자 한다(한국농촌공사, 2007).

새만금환경대책 사업은 2000년도부터 본격화되면서 만경강·동진강수역의 환경기초시설들이 잇달아 신·증설되고 있으며, 이런 환경기초시설물들이 하천의 수질개선에 미치는 영향을 정량적으로 평가해야 하는 필요성이 크게 대두되고 있다(전북지역환경기술개발센터, 2006). 2005년도부터 환경부에서는 국내 수계의 수질관리에 오염총량제를 실시하고 있으며(환경부, 2008), 이에 본 연구에서는 오염총량기본계획을 토대로 만경강유역의 신설 하수처리장의 시운전결과(전라북도, 2008)와 11개 신설하수처리장 가동율에 따른 시나리오를 구성하여 목표수질 달성년도인 2010년 만경수계의 수질을 예측함으로써, 신설하수처리장에 따른 만경수계의 목표수질 달성여부 예측 및 장차 조성될 새만금 담수호의 수질관리정책 수립에 도움이 되고자 한다.

[†] To whom correspondence should be addressed.
paul47@chonbuk.ac.kr

2. 연구방법

2.1. 대상유역 현황

만경강은 전라북도 완주군 동상면에서 소양천, 전주천 익산천 등의 지류와 합류하며 서해로 유입한다. 유로연장은 74.10 km이고 유역면적은 1,605.53 km²이다. 만경강의 유역 구분은 만경A, 만경B, 전주A, 탑천A, 만경C 등 5개의 단위 유역과 77개의 소유역으로 구분하였다(전라북도, 2005; Fig. 1).



Fig. 1. Map of the Mankyung river basin.

2.2. 오염원 및 부하량 산정방법

오염원 현황 및 장래추정은 수계오염총량관리 기술지침에 따라 수질정책 지원시스템에 수록된 과거의 오염원자료(2003~2007년)와 2008년 조사된 “2007 전국오염원 조사” 결과를 바탕으로 시군별, 읍면별 현황을 통계연보 및 각종 현황자료 등을 비교·검토하였다.

발생 및 배출부하량 산정은 만경강 수계에서 조사된 오염원을 이용하여 “수계오염총량관리 기술지침”(환경부, 2008)에서 기술된 2단계 기술지침방법을 이용하여 산정하였다.

2.3. 신설하수처리장

2008년 만경강유역에 확충된 환경기초시설은 완주 고산, 완주 소양, 완주 구이, 익산 금마, 익산 북부, 군산 서수, 김제 만경, 군산 대야, 군산 임피, 군산 회현, 군산 옥서하수처리장 등 총 11개소의 하수처리장이 신축되었다. 2008년 9월 하수처리장 확충에 따른 시운전 준공보고서 자료(전라북도, 2008)를 참고로 하여 시운전시 유입유량 내용을 살펴보았다.

2.4. 만경강 유역의 수질 모형(QUAL2E)

본 연구에서는 하천수질관리에서 가장 광범위하게 사용되고 있는 미국 EPA에서 개발한 QUAL2E모델을 사용하여 대상유역에 대한 수질을 모의하였으며, 만경강의 수질모델 적용 구간 구분은 측정 자료가 비교적 충분한 지점 및 지류, 합류지점 등을 우선하여 구분하였으며, 하천의 수리 또는 지형 특성 등을 고려하여 세분하였다. 또한 주요 지류

중 고산천과 전주천을 독립적인 Reach로 구분하였으며, Element는 0.5 km의 등간격으로 수질모델을 구성하여 총 15개의 Reach와 154개의 Element로 구성되었다(김호주 등, 2006).

2.5. 수질모델 시나리오 구성 :

- ① Scenario 1 : 하수처리시설 신설하지 않았을 경우 2010년 예측.
- ② Scenario 2 : 신설 하수처리시설 가동율 70%일 경우 2010년 예측.
- ③ Scenario 3 : 신설 하수처리시설 가동율 100%일 경우 2010년 예측.

3. 결과 및 고찰

3.1. 오염부하량 산정

만경강 유역내 오염원 그룹별 총 발생 및 배출부하량은 전라북도 2단계 기본계획과 동일한 방법을 이용하여 산정하였으며, 산정결과 2007년도 총 BOD 발생부하량은 320,110.3 kg/일이며, 2010년도에는 337,057.3 kg/일로 산정되었으며, BOD 배출부하량은 2007년 43,558.2 kg/일, 2010년 43,965.2 kg/일로 산정되었다(Fig. 2).

행정구역별 2010년 BOD 발생부하량을 살펴보면 전주시가 전체 발생부하량의 43%(145,350.2 kg/일)를 차지하고 있었으며, 그 다음으로는 익산시가 22%(75,054 kg/일)로 나타났다. 2010년도 BOD 배출부하량의 경우에는 익산시가 14,800.3 kg/일로 전체 배출부하량 34%를 차지하고 있으며, 그 다음으로는 전주시가 10,640 kg/일로 24%를 차지하고 있는 것으로 나타났다(Table 1).

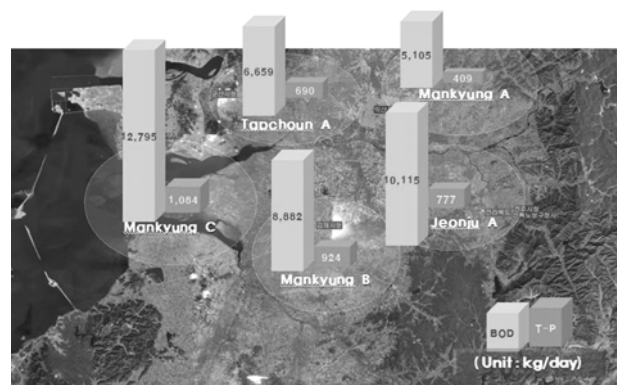


Fig. 2. Discharged loading in each Unit basin (2007).

3.2. 신설 하수처리장 시운전 결과

2008년 초에 만경강유역 확충된 환경기초시설은 신축 하수처리장인 완주 고산, 완주 소양, 완주 구이, 익산 금마, 익산 북부, 군산 서수, 김제 만경, 군산 대야, 군산 임피, 군산 회현, 군산 옥서하수처리장 등 총 11개소이다.

시운전 단계에서는 금마하수처리장을 제외한 신설하수처리장들의 실제 유입하수량은 설계유량에 대비하여 처리장

Table 1. Total BOD, T-P Generated and discharged loading in the Mankyung basin

Administrative district	Unit basin	BOD Generated loading (kg/d)		BOD discharged loading (kg/d)		T-P Generated loading (kg/d)		T-P discharged loading (kg/d)	
		2007	2010	2007	2010	2007	2010	2007	2010
Jeonju city	Jeonju A	101,337.6	114,396.2	9,107.1	9,145.9	1,405.7	1,475.9	709.6	710.0
	Mankyung A	4,186.2	4,212.7	594.8	595.9	138.8	139.6	25.6	25.7
	Mankyung B	22,898.4	26,741.3	895.3	898.2	285.9	305.3	65.7	65.8
	Subtotal	128,422.2	145,350.2	10,597.2	10,640.0	1,830.4	1,920.8	800.9	801.5
Kunsan city	Mankyung C	10,694.5	11,099.4	4,097.7	4,256.1	509.6	519.9	223.4	239.6
	Tapchoun A	6,094.1	6,090.5	1,210.7	1,225.2	513.3	513.2	73.4	75.2
	Subtotal	16,788.6	17,189.9	5,308.4	5,481.3	1,022.9	1,033.1	296.8	314.8
Iksan city	Mankyung A	124.9	124.8	30.3	30.2	8.3	8.3	1.5	1.5
	Mankyung B	25,417.5	25,330.0	4,098.5	4,090.9	2,148.5	2,147.0	381.3	383.0
	Mankyung C	17,203.6	16,876.9	5,009.3	4,952.2	547.9	541.0	592.4	589.8
	Tapchoun A	32,613.1	32,722.3	5,448.9	5,727.0	1,144.5	1,146.6	617.0	683.7
	Subtotal	75,359.1	75,054.0	14,587.0	14,800.3	3,849.2	3,842.9	1,592.2	1,658.0
Gimje city	Mankyung B	6,092.2	6,056.4	608.0	583.9	474.2	472.9	39.4	37.3
	Mankyung C	36,890.8	36,841.3	3,688.8	3,685.9	3,216.7	3,214.8	268.4	269.1
	Subtotal	42,983.0	42,897.7	4,296.8	4,269.8	3,690.9	3,687.7	307.8	306.4
Wanju gun	Jeonju A	3,170.0	3,161.7	1,008.4	1,011.8	232.1	232.0	67.7	68.8
	Mankyung A	40,813.3	40,870.4	4,480.0	4,488.5	2,099.1	2,098.1	381.7	379.6
	Mankyung B	12,574.1	12,533.4	3,280.4	3,273.5	1,453.6	1,452.0	437.7	433.4
	Subtotal	56,557.4	56,565.5	8,768.8	8,773.8	3,784.8	3,782.1	887.1	881.8
Total		320,110.3	337,057.3	43,558.2	43,965.2	14,178.2	14,266.6	3,884.8	3,962.5

가동율은 16.25~45.91%의 범위로 대부분 현저히 낮았으며, 유입수농도 역시 설계유입농도에 비교하면 매우 낮아 시운전 기간동안은 낮은 삭감량을 나타내었다. 현재 분류식 관거공사가 2010년 목표로 하수관거 정비 사업이 완료되면 유입하수량이 많아져 설계유량에 도달할 경우 가동율은 좀더 올라갈 것으로 판단되었다. Fig. 3은 처리장 실제용량과

2008년 시운전시 월평균 유입유량을 비교하여 나타내었다.

3.3. 수질 모형(QUAL2E)

수질모형의 보정은 실측값을 오차가 없는 기준치로 가정하고 모의값에 영향을 주는 수질반응계수를 조정하여 오차를 최소화시키는 작업이다. 본 연구에서는 시행착오법을 이

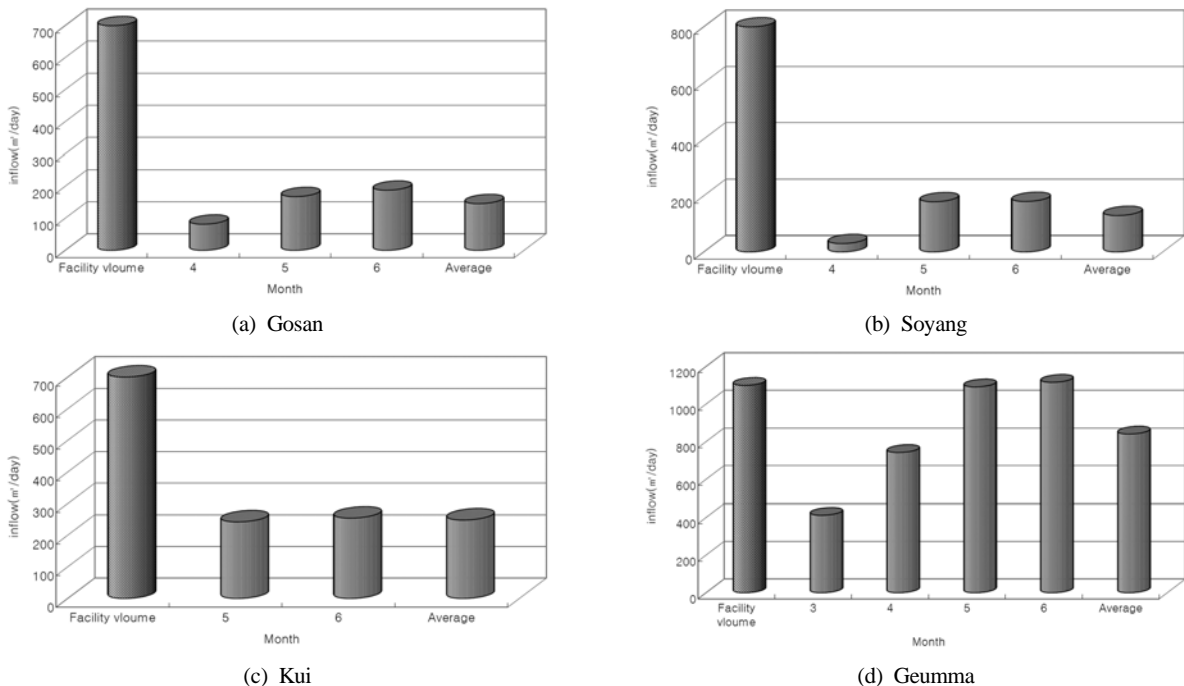


Fig. 3. Results of trial operation inflow according to new sewage treatment plants.

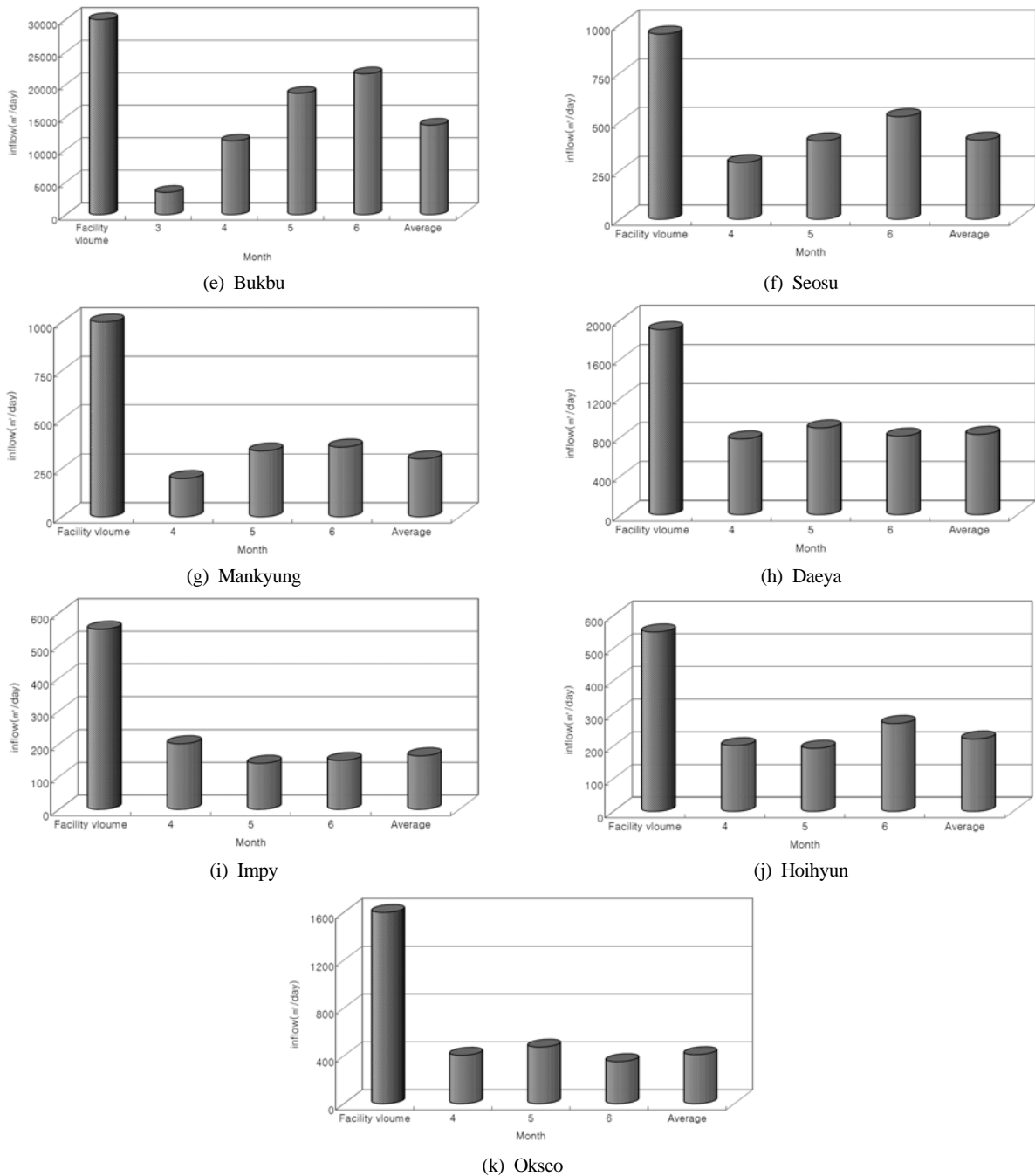


Fig. 3. Results of trial operation inflow according to new sewage treatment plants (continued).

용하여 보정하였다. 보정을 위한 유량과 수질의 경계조건은 만경강 오염총량관리 기본계획 수립을 위해 약 1주일 간격으로 30회 측정된 자료 중 기준유량과 가장 유사한 측정자료 이용을 우선하였으며, 2007년 12월 5일과 12월 12일 자료의 유량평균수질을 구하여 사용하였다. 각 하천의 BOD, T-N, T-P 보정에 사용된 실측치는 Table 2와 같으며, 모델의 검증은 보정된 매개변수를 다른 조건에서 수집한 자료에 적용하여 수행하였으며, 모델의 검증은 전라북도 수질오염총량관리 기본계획 수립을 위해 26회 측정된 자료 및 각 지자체의 수질오염 총량관리 시행계획 이행평가 측정자료 중 평수량과 가장 유사한 2007년 11월 자료를 활용하여 각

하천의 BOD, T-N, T-P 검증을 하였다.

본 연구에서는 BOD와 DO의 영향인자인 K_1 (BOD decay rate coefficient)과 K_3 (BOD removal rate by Settling)에 대하여 민감도 분석을 실시한 결과 조사 대상 전 수계가 BOD 제거시 분해에 의한 영향보다는 침전에 의한 영향이 큰 것으로 조사되었다.

또한, 본 연구에 적용된 시스템 파라미터 값의 범위는 Table 4와 같다(전라북도, 2005).

3.4. 시나리오에 따른 수질예측

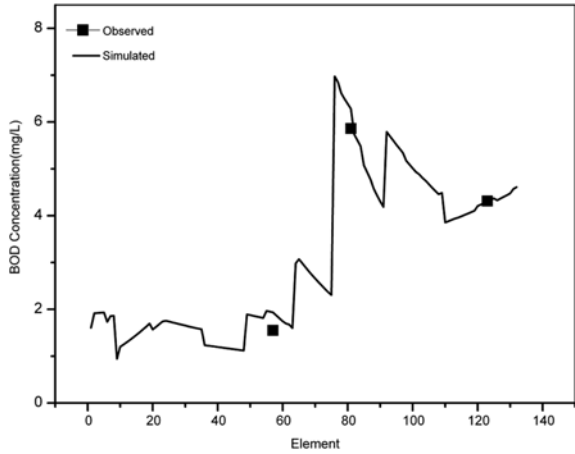
Table 6에 신설하수처리장 가동유에 따른 삭감부하량을

Table 2. Mean flow and Calibrated values of water quality at site

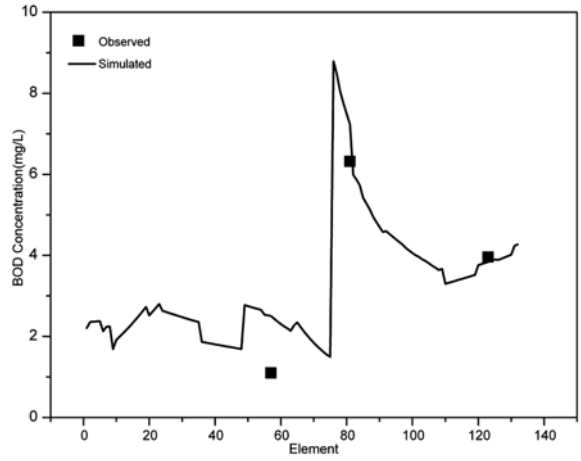
Site	BOD (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	Q (m ³ /sec)
Mankyung A	1.549	2.371	0.010	9.8525
Mankyung B	4.312	6.450	0.269	15.1965
Jeonju A	5.866	9.478	0.360	3.7225

Table 3. Mean flow and verification values of water quality at site

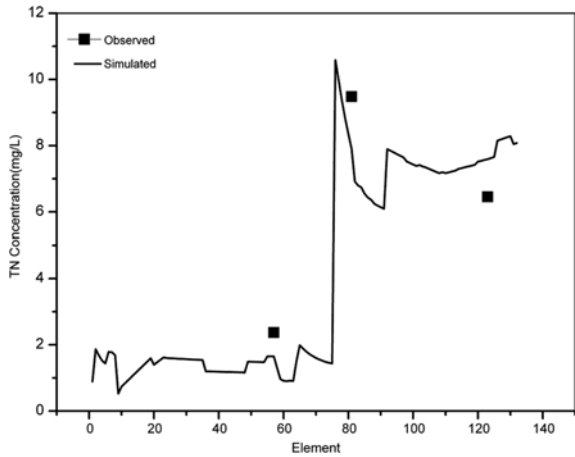
Site	BOD (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
Mankyung A	1.1	2.184	0.019
Mankyung B	3.95	7.394	0.296
Jeonju A	6.32	6.384	0.606



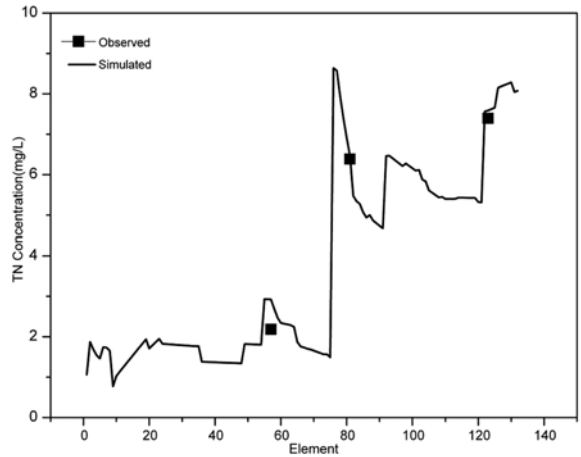
(a) BOD



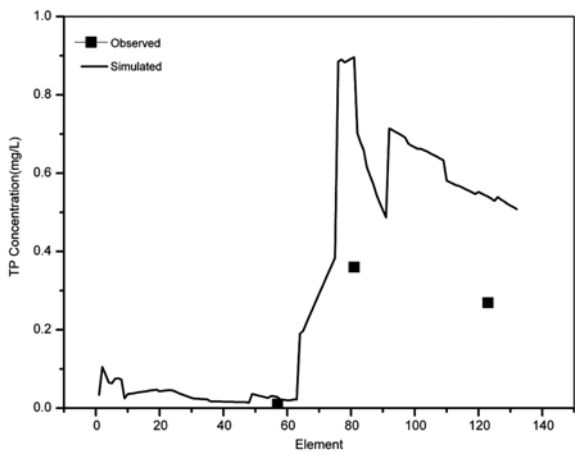
(a) BOD



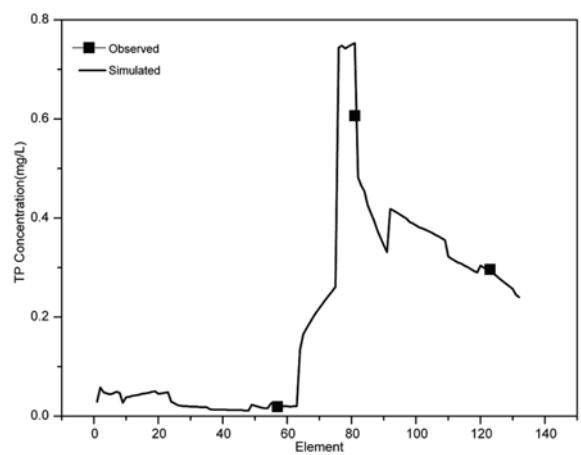
(b) T-N



(b) T-N



(c) T-P



(c) T-P

Fig. 4. Calibration of QUAL2E water quality model.

Fig. 5. Verification of QUAL2E water quality model.

Table 4. The ranges of system parameter values

Parameter	Unit	Manual	This study
K_1	day ⁻¹	0.02~3.4	0.045~0.090
K_3	day ⁻¹	-0.36~0.36	-0.90~2.33
K_4	(mg-O) / (ft ² -day)	0.05~4.0	0.5
β_1	day ⁻¹	0.10~1.00	0.10
β_2	day ⁻¹	0.20~2.00	0.2
β_3	day ⁻¹	0.02~0.4	0.02~0.05
β_4	day ⁻¹	0.01~0.7	0.7
μ_{max}	day ⁻¹	1~3	3.5
K_N	(mg N/L)	0.01~0.3	0.01
λ_1	(1/m) / ($\mu\text{g chl}a/L$)	0.0088	0.0088
λ_2	(11/m) / ($\mu\text{g chl}a/L$) ^{2/3}	0.054	0.054
K_P	(mg P/L)	0.001~0.05	0.001
P_N	-	0.0~1.0	0.90
α_0	$\mu\text{g chl}a/mg A$	10~100	20
α_1	(mg N/mg A)	0.08~0.09	0.085
α_2	(mg P/mg A)	0.012~0.015	0.013
α_3	(mg O/mg A)	1.4~1.8	1.28
α_4	(mg O/mg A)	1.6~2.3	1.28
α_5	(mg O/mg N)	3.0~4.0	3.43
α_6	(mg O/mg N)	1.0~1.14	1.14
ρ	day ⁻¹	0.05~0.5	0.10
σ_1	ft/day	0.5~6.0	0.10
σ_2	(mg/m ² -day)	Variable	-265~97
σ_3	(mg/m ² -day)	Variable	-4000~1550
σ_4	day ⁻¹	0.001~0.1	0.01~6.20
σ_5	day ⁻¹	0.001~0.1	0.10

Table 5. Description of system parameter

Variable	Description
K_1	Carbonaceous deoxygenerative rate constant
K_3	Rate of loss of BOD due to settling
K_4	Benthic oxygen uptake
β_1	Rate constant for the biological oxidation of ammonia to nitrite
β_2	Rate constant for the biological oxidation of nitrite to nitrate
β_3	Rate constant for the hydrolysis of organic-N to ammonia
β_4	Rate constant for the decay of organic-P to dissolved-P
μ_{max}	Maximum algal growth rate
K_N	Michaelis-Menton half saturation constant for nitrogen
λ_1	Linear algal self-shading coefficient (Riley Eq.)
λ_2	Nonlinear algal self-shading coefficient (Riley Eq.)
K_P	Michaelis-Menton half saturation constant for phosphorus
P_N	Algal preference factor for ammonia
α_0	Ratio of Chlorophyll-a to algal biomass
α_1	Fraction of algal biomass that is Nitrogen
α_2	Fraction of algal biomass that is Phosphorus
α_3	Oxygen production per unit of algal growth
α_4	Oxygen uptake per unit of algae respired
α_5	Oxygen uptake per unit of ammonia oxidation
α_6	Oxygen uptake per unit of nitrite oxidation
ρ	Algal respiration rate
σ_1	Algal settling rate
σ_2	Benthos source rate for dissolved phosphorus
σ_3	Benthos source rate for ammonia nitrogen
σ_4	Organic nitrogen settling rate
σ_5	Organic phosphorus settling rate

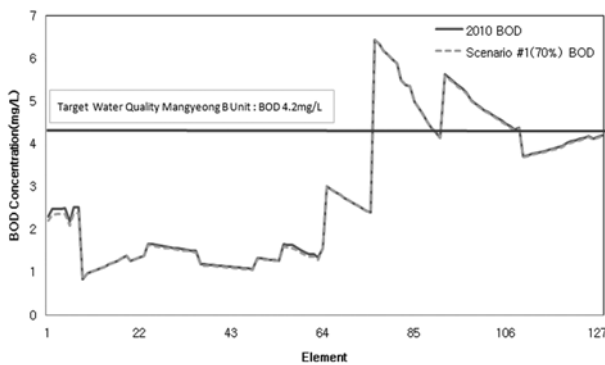


Fig. 6. Result of BOD prediction by the operating rate 70%.

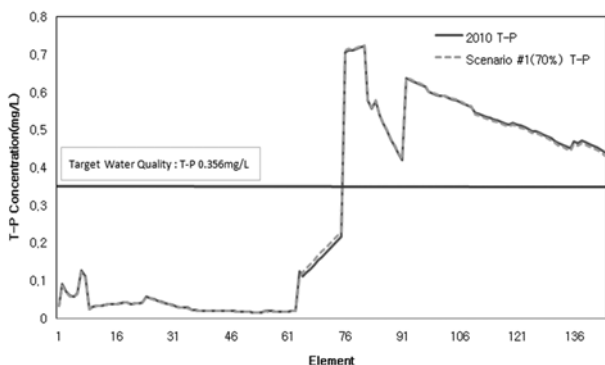


Fig. 7. Result of T-P prediction by the operating rate 70%.

나타내었다. 2010년 만경강 유역의 BOD 및 T-P 총 배출부하량은 각각 43,965.2 kg/day와 3,962.5 kg/day로 예측되었다.

가동율 70%일 경우, 11개의 신설 하수처리장에서 삭감되는 BOD와 T-P의 총 삭감부하량은 각각 1,400 kg/day와 92.6 kg/day로 만경강유역의 BOD 및 T-P 총 배출부하량의 3.18%와 2.34%로 각각 나타났으며, 가동율 100%인 경우 2,097 kg/day와 114 kg/day로 만경강유역의 BOD 및 T-P 총배출부하량의 4.77%와 2.88%로 각각 나타났다.

Fig. 6, 7은 신설하수처리장 가동율 70%일 경우, 만경수계 BOD, T-P의 수질예측 결과이며, Fig. 7, 8은 신설하수처리장 가동율 100%일 경우, 만경수계 BOD, T-P 수질예측 결과를 나타내었다.

또한 Table 6에 BOD, T-P의 수질 예측값을 나타내었다. 이와 같이 하수처리장을 신설한 경우와 신설하지 않았을 경우의 2010년 예측결과를 비교하면, 소규모 신설하수처리장에 의한 삭감량이 크지 않아 만경수계의 수질개선 효과는 매우 적었다. T-P의 경우는 목표수질 달성에 미치지 못하여 만경수계의 목표수질 달성을 위한 추가삭감 대책이 필요한 것으로 판단되었다.

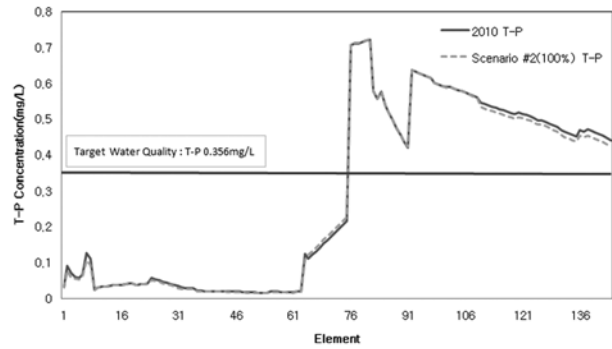
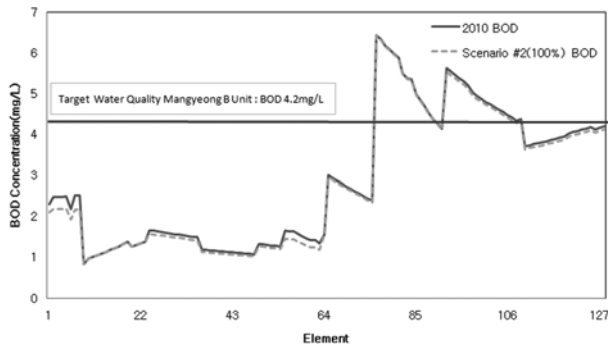


Fig. 8. Result of BOD prediction by the operating rate 100%.

Fig. 9. Result of T-P prediction by the operating rate 100%.

Table 6. Reduction loadings according to operation of new sewage treatment plants (Unit: kg/day)

Plant name	Operating rate 70%		Operating rate 100%	
	BOD	T-P	BOD	T-P
Wanju Gosan	98.91	3.4	154.3	5.4
Wanju Soyang	38.62	3.9	221.5	6.5
Wanju Kui	9.3	1.6	53.8	2.7
Iksan Bukbu	277.3	58.1	394.8	61.5
Iksan Geumma	214.5	6.1	306.6	8.7
Gimje Mankyung	31.4	2.5	53.4	3.8
Kunsan Daeya	202.5	5.3	292.7	7.7
Kunsan Seosu	105.4	3.1	167.4	4.9
Kunsan Okseo	186.7	5.1	270.4	7.3
Kunsan Impy	67.6	2.4	102.5	3.6
Kunsan Hoihyun	47.7	1.1	79.6	1.9

Table 7. Results of BOD, and T-P prediction of the operating rate 70% and 100%

Item	Before new sewage plant	Operating rate 70%	Operating rate 100%	Target	Target (Yes or No)
BOD (mg/L)	4.437	4.322	4.284	4.4	Yes
T-P (mg/L)	0.44	0.432	0.421	0.356	No

4. 결론

본 연구에서는 새만금에 담수호가 조성될 경우 만경강유역의 환경기초시설 확충사업에 따른 효과에 대하여 장래수질을 예측하고 평가함으로써 장차 새만금 담수호의 수질 관리에 도움이 되고자 새만금의 상류수계인 만경강의 수질을 2008년 준공된 신설 하수처리장 효과에 따른 조건을 고려하여 전라북도의 목표수질 달성 목표 연도인 2010년에 대한 수질모의를 하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 만경강 유역내 오염원 그룹별 총 배출부하량을 살펴보면, 총 BOD 배출부하량은 2007년 43,558.2 kg/day, 2010년 43,965.2 kg/day로 산정되었다. 총 T-P 배출부하량은 2007년 3,884.8 kg/day, 2010년 3,962.5 kg/day로 산정되었다.

만경강 유역의 오염원 그룹별 2010년 BOD 배출부하량의 경우에는 토지계 배출부하량이 17,173.6 kg/day로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 그 다음으로는 생활계 배출부하량이 14,165.5 kg/day로 산정되었다. 2010년 T-P 배출부하량의 경우에는 생활계 배출부하량이 1,611.9 kg/day로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 그 다음으로는 토지계 배출부하량이 856.7 kg/day로 산정되었다.

2) 2008년 만경강유역의 신설 하수처리장은 완주고산, 완주소양, 완주구이, 익산북부, 익산금마, 김제만경, 군산대야, 군산서수, 군산임피, 군산회현, 군산옥서 등 총 11개소이다.

2008년 시운전 단계에서는 금마하수처리장을 제외한 신설 하수처리장들의 실제 유입하수량은 설계유량에 대비하여 처리장 가동율이 16.25~45.91%의 범위로 대부분 현저히 낮았다.

3) 하수처리장을 신설하지 않았을 경우의 2010년 예측결과 BOD 4.437 mg/L, T-P 0.566 mg/L으로, 전라북도에서 제시한 2010년 목표수질인 만경강 말단부지점의 경우 BOD 4.4 mg/L, T-P의 경우 0.356 mg/L와 비교하면 2010년 목표수질 달성에 미치지 못하였다.

4) 만경강유역은 현재 진행중인 하수관거정비사업이 2010년에 완료될 예정이다. 그러므로 만경강유역 총 11개소의 신설하수처리장에 의한 2010년 수질개선효과를 예측하기 위하여 처리장 가동율이 70%일 경우와 100%일 경우의 시나리오를 구성하였다. 가동율 70%일 경우에는 만경강 말단부 지점의 목표수질 BOD 4.4 mg/L보다 낮은 4.322 mg/L로 예측되어 목표수질에 달성하였으나, T-P의 경우는 가동율 100%일 경우에도 목표수질보다 높은 0.563 mg/L로 예측되어 목표수질을 초과하였다. 만경강유역 신설하수처리장은 시설용량이 적은 소규모 처리장으로 수계에 미치는 수질개선 효과는 미미하였다.

본 연구결과에 토대로 하여 전라북도에서 추진중인 새만금수질개선과 관련된 다양한 방안등을 고려한 수질예측이 필요할 것으로 판단되며, 특히 만경수계의 T-P 목표수질 달성을 위하여 오염발생 기여도가 높은 지역의 대형 환경기초시설에 의한 고도처리시설 도입 및 비점배출부하량 저감을 위한 시설도입(비점저감시설)에 의한 부분을 고려한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

사 사

본 논문은 전북 지역 환경기술개발센터의 재정적인 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

김호주, 정팔진, 원찬희, 김민정(2006). 만경강 유역내 오염

부하량 삭감 시나리오에 따른 하류수질 예측. 공동추계 발표회논문집, 대한상하수도학회·한국물환경학회, pp. 598-603.

전라북도(2005). 금강오염총량관리기본계획.

전라북도(2008). 전라북도 하수처리장 시운전보고서.

전북지역환경기술개발센터(2006). 새만금 수질보전대책 사업이 만경강·동진강과 새만금호 수질에 미치는 영향.

한국농촌공사(2007). 새만금수역수질환경조사 및 관리연구(III).

환경부(2008). 수계오염총량관리 기술지침.