

## The Effect of Eco-Wetlands and Microbial Attached Vegetation Block on Water Quality in Ecological River Construction

Dae Min Oh<sup>+</sup>

Department of Land, Water and Environment Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 283 Goyangdae-ro, Ilsanseo-gu, Goyang, Gyeonggi, Korea

### Abstract

This study evaluated the effects of installing eco-wetlands and microbial attached vegetation block in the Muhan river flowing into the Sapkyo river on water quality using the QUAL2E model. As a result of simulation after the construction of ecological river, water quality concentration at the joint point of the Sapkyo river was reduced by about 29.5% due to eco-wetlands (Case 1). It is also found that BOD changed by 31.6 - 69.6% when microbial attached vegetation block was also installed along with the eco-wetlands (Case 2). If only microbial attached vegetation block was installed, water quality concentration was reduced by about 18.4-39.5% (Case 3). The maximum reduction of water quality load on the downstream was found when microbial attached vegetation block was installed with eco-wetlands. In addition, when microbial attached vegetation block was installed, effluent purification effect turned out to be higher with a longer application distance than 500 m from the joint point with Yesan river.

**Key words:** eco-wetlands, microbial attached vegetation block, ecological river, QUAL2E, water quality

### 1. 서론

우리나라는 지속적인 산업발전과 인구증가로 인해 도시화율이 높아짐에 따라 용수사용이 증가와 더불어 이를 처리하고 방류하는 과정에서 주변 하천의 수질에 문제를 야기하고 있다. 이러한 하천수질을 개선하고자 하수처리장을 건설하여 방류하천의 수질개선 효과가 나타나고 있으나 지속적인 하천의 목표 수질을 달성하기 위해서 체계적인 수질관리가 필요하다. 최근 하천의 자정능력을 높여 오염물질을 저감할 수 있는 생태하천

조성 등 하천의 물관리에 대한 관심이 높아지고 있다. 우리나라의 하천은 콘크리트 호안을 활용한 하천정비로 자정능력이 저하된 상태이며, 이로 인해 하천생태계 단절, 하천 단면의 단순화로 하천 수질정화기능이 약화되거나 생물다양성이 결여되는 문제점을 낳고 있어, 오염되고 훼손된 하천을 위한 수질정화목적으로 하천의 생태복원을 시작하고 있다(Ministry Of Construction & Transportation, 2002). 이러한 생태하천 조성을 위해서는 생태공학적 특성과 환경공학적 특성을 고려하여 국내 풍토에 맞는 다기능적인 생태적 수질정화가 이

<sup>+</sup> Corresponding author: Dae Min Oh, Tel. +82-31-995-0867, Fax. +82-31-995-0291, e-mail. daeminoh@kict.re.kr

루어질 수 있도록 대상지의 현황과 장소의 특성 조성과 홍수조절에 맞는 다양한 생물서식환경을 조성하고 홍수 조절기능이 가능할 수 있도록 복원되어야 한다(Byeon, 2010). 특히, 인공습지 조성은 물론 하천호안에 기존에 설치된 돌망태, 호안블록 등을 철거하고 생태블록(게비온)을 설치하여 내부에 미생물 부착이 잘되는 매디아를 삽입하여 정화효과를 제고하고 상부에 식생매트를 설치하여 수생식물을 식재하며, 측면에 차수막을 설치해 물의 흐름을 유도할 수 있도록 하였다(Kim, 2005).

또한, 유역으로부터 오염원인을 규명하고 하천내 수질변화를 예측할 수 있는 정상상태 수질모형(QUAL2E)을 활용하여 오염물질의 화학, 생물학적 특성과 하천에서의 물리적 특성의 변화를 예측하여 하천에서의 다양한 수질보전대책을 수립하는데 이용할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 삼교천 수계의 지류인 무한천에 대한 생태하천조성으로 인한 하천영향을 예측하기 위해 수질현황을 분석하여 오염현상의 원인을 분석하고, 하천지형자료를 수집하여 모형의 입력자료로 구축하여 인공습지와 미생물부착형 생태게비온의 적용으로 인한 하천수질을 예측하는데 있으며, 이를 통해 생

태하천 조성시 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

## II. 본 론

### 1. 생태하천 조성

#### 1) 인공습지 설치

생태하천 조성을 위한 인공습지는 <Figure 1(a)>와 같은 구조로 하천제방에 설치되며, 하천의 흐름을 최소한으로 할 수 있도록 구조로 하천제방에 조성한다. 인공습지는 깊은 습지(H: 1.8m), 얇은 습지(H: 0.6m), 생태연못(H: 0.6-1.8m)으로 연결되며 습지에 설치되는 수생식물은 갈대, 부들, 꽃창포 등을 식재하고, 하천정화효율을 높이기 위해 미생물부착형 생태게비온을 인공습지변에 함께 적용하고자 한다. 인공습지로 유입되는 유량은 2,300 m<sup>3</sup>/day로 체류시간 23 hr이 되도록 설치면적은 생태계류를 포함하여 총 3,100 m<sup>2</sup>로 조성한다. 또한, 본 생태하천에 적용되는 인공습지는 <Figure 2>에 제시된 것과 같이 왕숙천 인공습지에 적용된 공법을 활용할 계획이며, 2011년 3월부터 2013년 8월간의 실제 운영되고 있는 인공습지의 처리효율을 이용하였다.

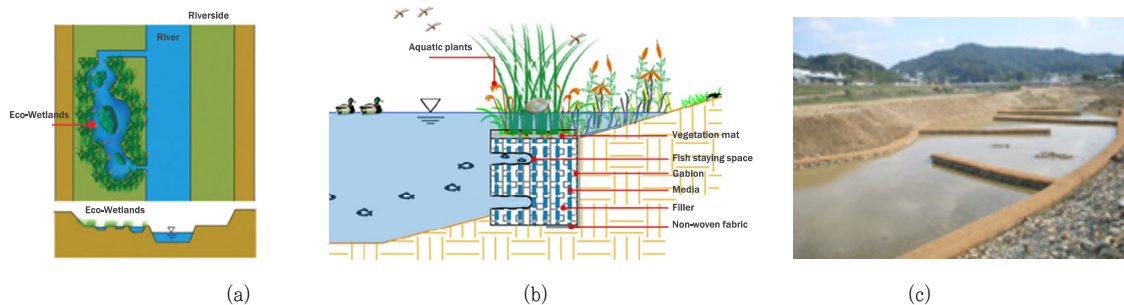


Figure 1. Construction plan for ecological river (a) Eco-Wetland (b) Microbial attached vegetation block (c) Installation shape of (b)

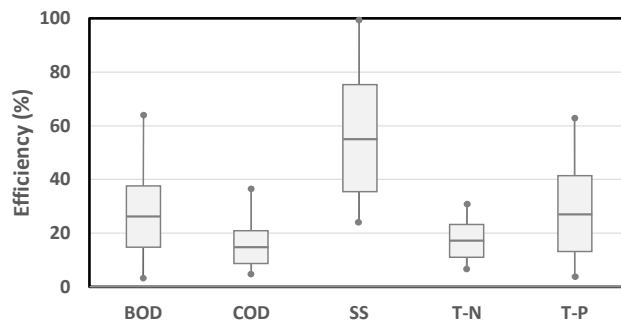


Figure 2. Efficiency of Eco-Wetland in Uwangsuk river

Table 1. Water quality load removal of ecological river

Items	Eco-Wetlands	Microbial attached vegetation block
BOD	6,594 gBOD/day	51.4 gBOD/day · EA
T-N	9,853 gT-N/day	17.7 gT-N/day · EA
T-P	693 gT-P/day	2.74 gT-P/day · EA

2) 미생물부착형 생태계비온 설치

미생물부착형 생태계비온은 <Figure 1(b)>와 같은 구조로 하천제방 혹은 하천내에 설치될 수 있는 생태블럭(계비온)인 식물식재형 호안재이다. 본 연구에 적용되는 미생물부착형 생태계비온은 상부에 식생매트위로 수생식물을 식재하고, 내부에 미생물 부착이 잘 되는 계비온망과 실제 매디아와 수서곤충과 어류의 휴식공간인 어도공간이 있는 구조로 구성된다. 본 미생물부착형 생태계비온은 삽교천 수계의 무한천 15.5 km 구간 중 수질정화가 필요한 예산천 합류 후 하천구간(W-3~4)에 사행흐름을 유도할 수 있는 구조로 적용하고자 한다.

미생물부착형 생태계비온은 <Figure 1(c)>와 같이 1.0 m × 1.0 m × 1.0 m의 정사각형 Unit구조로, 하천 양안과 사행흐름 유도를 위해 조성된 수제를 조성하기 위해 생태계비온(500개/100 m)를 설치하고자 한다. 아래 Table 1에는 인공습지와 미생물부착형 생태계비온의 수질정화효과를 나타내었다(Ilshin nature, 2014).

2. QUAL2E 모형

QUAL2E는 하천 수질 모의모형으로 흐름방향으로 1차원의 정상상태의 수질을 모의할 수 있으며, 전 대상유역을 크게 구간(Reach)으로 나누고, 각 구간 내부를 소구간 요소(Elements)로 다시 나누어 농도를 소구간별로 계산한다. 각 구간 내부에서는 하상경사, 하천의 종단면적, 마찰계수 등의 수리학적 특성과 BOD 분해율, 저층의 용출률, 조류의 침강속도 등의 수질반응계수를 고려한다. 또한, 흐름은 정상상태의 연속방정식으로 모의하며 물질의 이송은 Advection - Dispersion - Reaction 방정식을 연속된 완전 혼합형 반응조가 계속적으로 이어져 있는 형태로 모의된다(Kim, et. al., 2013).

$$V \frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial(A_c E \frac{\partial c}{\partial x})}{\partial x} dx - \frac{\partial(A_c U c)}{\partial x} dx + V \frac{dc}{dt} + s \quad (1)$$

여기서, V는 체적, c는 모의농도(mg/L), Ac는 구간 단면적(m<sup>2</sup>), E는 종확산계수, x는 거리, U는 평균유속(m/sec), s는 외부 공급 또는 감소원이다. QUAL2E에서는 하천흐름은 정상 부등류(steady non-uniform flow)로 가정한다. 구간 i에 대한 물수지는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q_{i-1} \pm Q_{x,i} - Q_i = 0 \quad (2)$$

여기서, Qi-1은 상부구간으로부터의 유입량, Qi는 구간으로부터의 유출량 Qx,i는 구간으로 유입(+) 또는 유출되는 양이다. 각 구획에 대한 유속, 수심 및 단면적 등의 수리학적 인자값은 식(2)를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$U = aQ^b, H = \alpha Q^\beta \quad (3)$$

여기서, H는 평균수심(m)이고 a, b, α, β는 수위-유량, 유속-유량관계로부터 결정되는 경험적인 상수이다. 일단 유속이 결정되면 단면적은 연속방정식으로부터 구할 수 있다. 또한, 유량과 수리학적 특성값을 나타내기 위해 Manning 공식을 이용한다.

$$Q = \frac{1}{n} A_c R^{2/3} S_e^{1/2} \quad (4)$$

여기서, R은 동수반경(m), n은 Manning의 조도계수, Se는 수로의 에너지 경사(m/m)를 나타내고 있다. 에너지 경사는 정상부등류에서 수로 경사와 같으며 수

로를 사다리꼴로 가정하는 QUAL2E 모델에서 단면적과 동수반경은 수심으로 나타낼 수 있다. 따라서 식(4)에서 Q가 주어지면 수심을 수치적으로 구할 수 있으며 수심은 단면적을 구하는데 이용되고 유속은 연속방정식을 사용하여 구한다.

### 3. 모형의 구축

#### 1) 입력인자의 구성

연구대상하천은 <Figure 3>에 제시된 바와 같이 예당저수지 유출지점부터 삼교천 유입 전까지 무한천 15.5km의 하천구간에 대해 7개의 Reach와 500 m 간격으로 구분된 31개의 Element를 구축하였다. QUAL2E 각 구간간의 계산요소는 본류로 유입되는 지류의 유량과 하수처리장 방류량 등을 입력하였다. 수질모의를 위한 하천유량은 삼교천수계(무한천, 곡교천) 하천기본계획(2009)의 갈수량에 해당하는 유황조건을 이용하였으며, HEC-RAS로부터 수심-유량관계식으로 유량계수를 산출하여

입력하였다.

또한, 경계 수질농도는 <Figure 3>에 제시된 지점에서 직접 채수하여 수질오염공정시험법을 이용하여 BOD, T-N, T-P항목을 분석하여 입력하였다. 기상자료는 서산기상대의 2013년 6월의 기상 및 강수량을 입력하였다. 모델의 보정은 무한천 본류의 주요지점을 실측한 자료를 바탕으로 유량, BOD, T-N, T-P 등의 수질관련 반응계수들을 보정하였다. 수질측정은 2013년 6월 1일-10일간 총 5회에 걸쳐 강우가 없는 조건에서 분석되었다.

#### 2) 시나리오의 구성

본 연구대상하천에 적용될 인공습지 및 미생물부착형 생태계비온의 하천정화효과를 모의하기 위해 향후 계획되어 있는 예당저수지의 방류량 증가를 고려하였다. 현재 상태보다 하천유지를 목적으로 1.3 m<sup>3</sup>/s를 방류된다. 아래 <Table 3>에 제시한 수질모델의 모의조

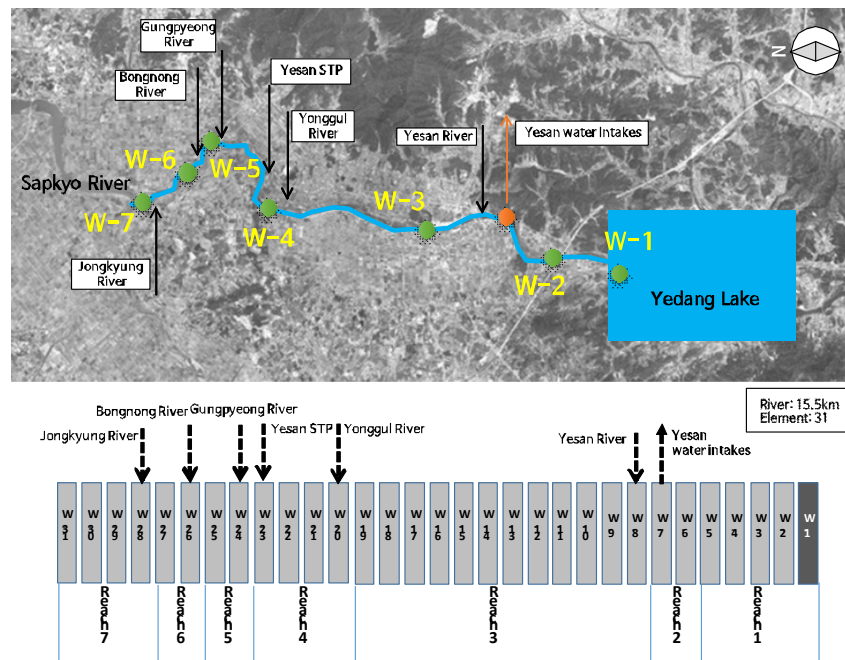


Figure 3. Reach segmentation and sampling point in Muhan river

Table 2. Flow duration analysis in Muhan River

Basin area	Drought flow (Q355)	Low flow (Q275)	Ordinary flow (Q185)	Abundant flow (Q95)
223.26 km <sup>2</sup>	0.53 m <sup>3</sup> /sec	0.93 m <sup>3</sup> /sec	1.57 m <sup>3</sup> /sec	2.68 m <sup>3</sup> /sec

Table 3. Simulation scenario of model

Items	Before application	After application				
		Eco-Wetlands	Microbial attached vegetation block			
			100m	250m	500m	1000m
Scenario 1	○					
Scenario 2		○				
Scenario 3		○	○			
Scenario 4		○		○		
Scenario 5		○			○	
Scenario 6		○			○	
Scenario 7				○		
Scenario 8					○	

건에 따라 인공습지 및 미생물부착형 생태계비온의 하천정화효과를 모의하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 연구대상하천의 수질특성

본 연구대상하천은 충청남도 예산군, 당진군에 속한 삽교천 수계에 포함된 무한천으로 유역면적은 223.26 km<sup>2</sup>이며, 유로연장은 17 km이다. 이 중 무한천의 모의구간은 무한천 상류지점인 예당저수지 유출부부터 삽교천 합류부까지(15.5 km)로 선정하였다. 본 연구대상의 수질측정기간 동안 평균 기온은 21.6℃였으며, 강수가 없는 조건의 수질을 분석하였다. 아래 <Figure 4>에 나타낸 것과 같이 무한천의 수질을 측정된 결과, BOD기준 3등급이하의 양호한 수질을 유지하고 있으나, 예산군에서 배출되는 오염부하의 증가로 인해 T-N, T-P가 증가되는 양상을 보였다. 무한천은 예산천, 궁평천, 봉농천 등 주요지천과 예산하수처리장, 취정수장 등의 환경기초시설이 운영 중에 있다.

#### 2. 유량계수의 보정

본 연구대상하천의 수리학적 유량계수를 적용하기 위해 하천기본계획 구축시 적용된 HEC-RAS 수리모델을 통해 무한천 15.5 km 구간에 대한 유량계수를 산정하였다. 수심-유량, 유속-유량과의 관계식으로부터 수리적 특성이 비슷한 구간을 수질모의의 구간(Reach)으로 구분하였고 수질모델링 입력값으로 구간에 따른 유량계수를 다음 <Table 4>와 같이 산정하였다. 무한천의 조도계수는 하천기본계획에 제시된 0.033을 이용하였다.

#### 3. 모델의 보정

본 연구대상하천에 구축된 수질모델의 보정은 <Figure 5>에 나타낸 것과 같이 2013년 6월 무한천 본류의 주요지점에서 실측한 자료를 이용하여 모의 값과 비교하여 보정하였다. BOD, T-N의 보정오차 값은 10% 이내이고, T-P는 20%이내로 모의 값이 적절한 모형을 구축하였다.

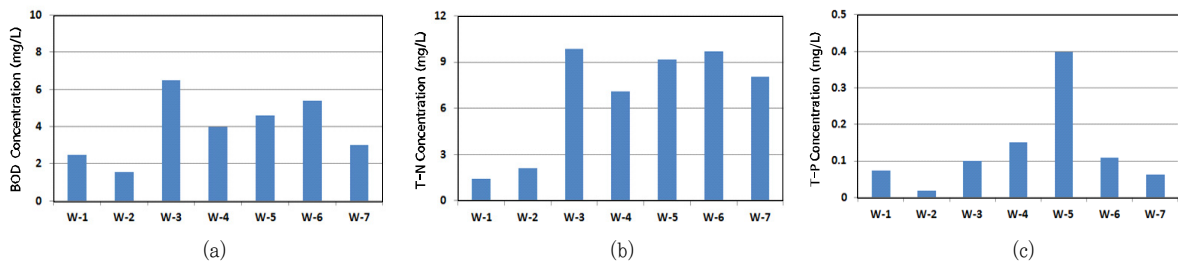


Figure 4. Water Quality of Muhan river (a) BOD (b) T-N and (c) T-P

Table 4. Calculation of flow factor

Reach No.	$V = aQ^b$		$H = \alpha Q^\beta$	
	a	b	$\alpha$	$\beta$
Reach 1	0.095	0.495	0.077	0.444
Reach 2	0.159	0.438	0.027	0.526
Reach 3	0.107	0.477	0.042	0.492
Reach 4	0.111	0.493	0.037	0.473
Reach 5	0.044	0.594	0.080	0.360
Reach 6	0.279	0.394	0.015	0.563
Reach 7	0.300	0.385	0.014	0.576

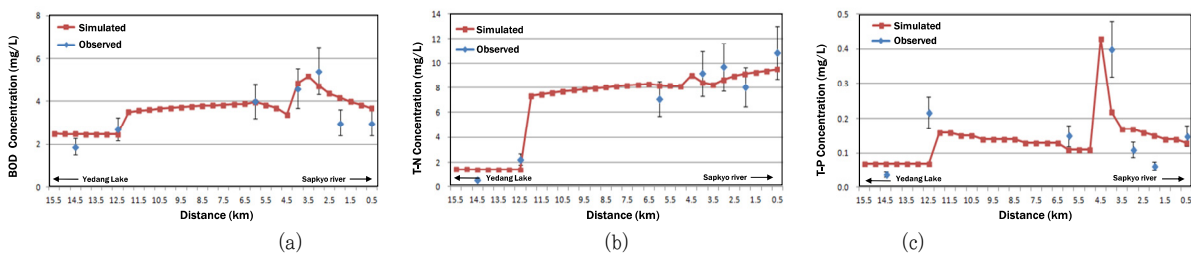


Figure 5. Calibration result between observed data and simulated data (a) BOD (b) T-N and (c) T-P

4. 생태하천 조성으로 인한 하천영향예측

본 연구대상하천에 생태하천 조성을 위해 설치될 인공습지와 미생물부착형 생태계비온으로 인한 하천영향을 예측하기 위해 현재 상태와 해당저수지 방류량 증가 후 조성될 인공습지를 설치하였을 때 시나리오(Case 1)와 인공습지 조성과 더불어 미생물부착형 생태계비온 설치하였을 때 시나리오(Case 2), 미생물부착형 생태계비온만 설치했을 때의 시나리오(Case 3)로 구분하여 하천 장래수질을 모의하였다.

1) Case 1

첫째 시나리오인 현재 상태와 해당저수지 방류량 증가 후 조성될 인공습지를 설치하였을 때 하천수질을 예측한 결과는 <Figure 6>과 같다. 예산전 합류 후 500 m 지점에서의 하천수질은 BOD 항목의 경우 해당저수지 방류량 증가로 3.51 mg/L에서 2.76 mg/L로 감소하며, 이와 더불어 인공습지 조성하였을 경우 1.94 mg/L로 하천수질이 변화하는 것으로 나타났다. 이로 인해 무한천 하류의 삽교천 합류지점의 수질을 약 29.5%의 저감효과가 나타났다. T-N, T-P항목도 BOD 항목과 같은 경향으로 방류량 증가와 인공습지 조성으로 하천

수질 정화에 영향이 있는 것으로 나타났다.

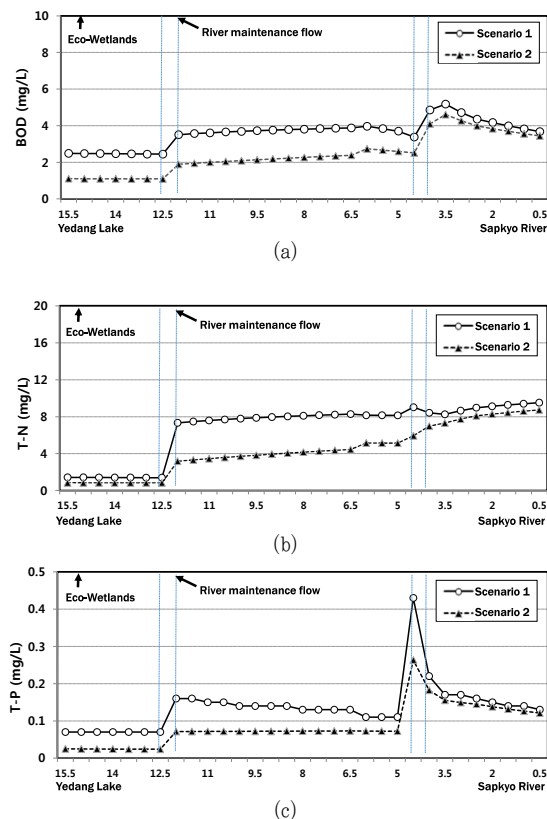


Figure 6. Comparison of Water Quality of Muhan river by Case 1 (a) BOD (b) T-N and (c) T-P

2) Case 2

〈Figure 7〉은 공사 후 인공습지와 미생물부착형 생태계비온을 함께 설치하였을 때 하천수질 모의결과를 나타내었다. 인공습지 조성과 더불어 미생물부착형 생태계비온을 100 m, 250 m, 500 m, 1,000 m 설치를 하였을 때의 BOD 항목을 비교한 결과, 인공습지만 조성하였을 때보다 약 31.6 ~ 69.6 % 하천수질을 변화할 수 있는 것으로 나타났다. 이는 실제 하천수가 미생물부착형 생태계비온이 적용된 하천구간을 통과할 때 접촉시간을 증가시킬 수 있도록 미생물부착형 생태계비온을 사행하천흐름을 유도하는 구조로 적용함으로써 하천수질에 영향이 있는 것으로 판단된다.

3) Case 3

아래 〈Figure 8〉은 미생물부착형 생태계비온만 본 연구대상하천에 설치하였을 때와 비교하여 인공습지, 인공습지와 미생물부착형 생태계비온을 설치하였을 때의 하천수질 모의결과를 나타내었다. 모의결과, BOD

항목을 비교한 결과, 인공습지 조성시 1.94 mg/L, 인공습지 및 미생물부착형 생태계비온 설치시 0.84 ~ 1.89 mg/L, 미생물부착형 생태계비온만 설치하였을 때는 1.67 ~ 2.25 mg/L로 나타났다.

또한, T-N의 경우 인공습지 조성시 3.32 mg/L, 인공습지 및 미생물부착형 생태계비온을 설치시 2.09 ~ 3.37 mg/L, 미생물부착형 생태계비온만 설치하였을 때는 2.42 ~ 2.62 mg/L로 나타났다. T-P는 인공습지 조성시 0.072 mg/L, 인공습지 및 미생물부착형 생태계비온을 설치시 0.016 ~ 0.065 mg/L, 미생물부착형 생태계비온만 설치하였을 때는 0.033 ~ 0.064 mg/L로 나타났다. 이는 BOD 하천수질기준으로 인공습지만 조성시 Ia등급, 인공습지와 미생물부착형 생태계비온 설치시 Ia등급, 미생물부착형 생태계비온만 설치시 II 등급의 하천수질을 유지할 수 있을 것으로 나타나 향후 하천수질개선방안은 경제성과 효율성을 판단하여 수립할 필요가 있다.

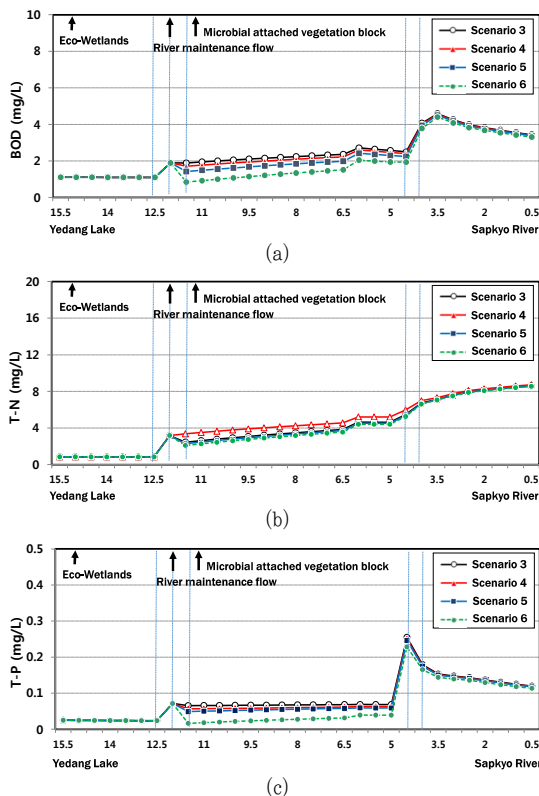


Figure 7. Comparison of Water Quality of Muhan river by Case 2 (a) BOD (b) T-N and (c) T-P

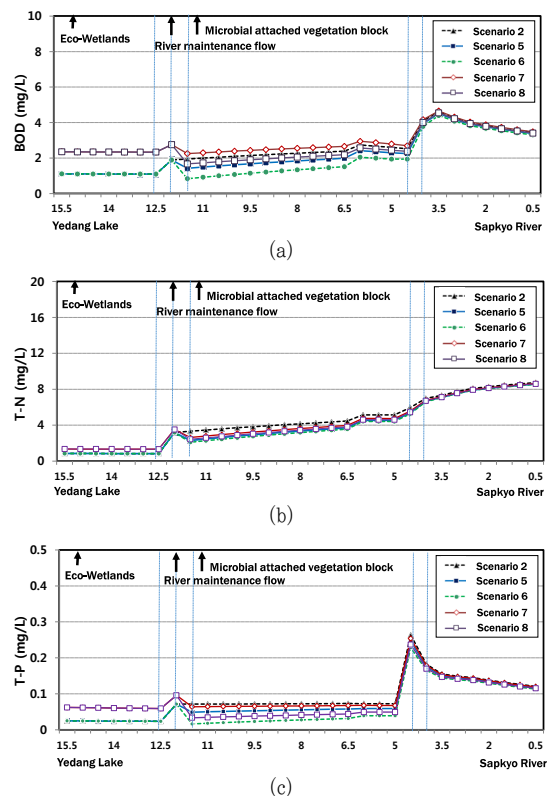


Figure 8. Comparison of Water Quality of Muhan river by Case 3 (a) BOD (b) T-N and (c) T-P

Table 5. Appropriateness of water quality improvement plan

Improvement Plan	Improvement effect of water quality (%)						Water quality Standard for river	
	BOD		T-N		T-P		BOD	T-P
	Conc. (mg/L)	Removal (%)	Conc. (mg/L)	Removal (%)	Conc. (mg/L)	Removal (%)		
E	1.94	29.5	3.32	5.8	0.072	25.7	Ib	II
E + M 100m	1.89	31.6	2.45	30.4	0.065	32.0	Ib	II
E + M 250m	1.71	37.9	3.37	4.5	0.056	41.5	Ib	II
E + M 500m	1.42	48.5	2.29	34.9	0.049	49.1	Ib	II
E + M 1,000m	0.84	69.6	2.09	40.6	0.016	82.9	Ia	Ia
M 500m	2.25	18.4	2.62	25.6	0.064	33.3	II	II
M 1,000m	1.67	39.5	2.42	31.3	0.033	65.2	Ib	Ib

※ E: Eco-Wetlands, M: Microbial attached vegetation block

### 5. 수질개선방안의 적정성

본 연구대상 하천의 하천정화효과를 최대화시키기 위해 인공습지와 미생물부착형 생태계비온을 설치하고자 수질모의를 한 결과, 인공습지 1개소와 더불어 미생물부착형 생태계비온을 설치할 때 하류부의 수질부하를 최대한 저감시킬 수 있을 것으로 나타났다. 또한, 예산천 합류후 500 m 지점을 기준으로 미생물부착형 생태계비온을 설치하였을 때 그 적용구간이 길어질수록 하천정화효과가 높게 나타났다. 따라서, 하류부 수질영향과 더불어 경제성 높은 하천정화를 위해서 인공습지와 더불어 미생물부착형 생태계비온을 500 m 이상 설치가 타당할 것으로 판단된다.

## IV. 결론

본 연구에서는 삼교천 수계인 무한천의 생태하천 조성을 위해 인공습지와 미생물부착형 생태계비온의 적용효과를 검토하고자 실험을 통해 하천수질을 분석하고 이를 반영한 QUAL2E 수질모형을 구축함으로써 정확하고 합리적인 하천수질을 예측하였다. 이 연구를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

(1) 무한천의 수질을 측정된 결과, BOD기준 3등급 이하의 양호한 수질을 유지하고 있으나, 예산천에서 배출되는 오염부하의 증가로 인해 T-N, T-P가 증가되는 양상을 보였다.

(2) 무한천의 유량계수를 산정하기 위해 HEC-RAS 수리모형을 이용하여 수심-유량, 유속-유량관계식으로부터 7개 Reach 구간에 대한 유량계수를 산정하였다.

(3) 생태하천 조성으로 인한 하천수질 모의결과, 현재 상태와 비교하여 방류량 증가와 더불어 설치될 인공습지로 인해 삼교천 합류지점의 수질을 약 29.5 % 저감하는 효과가 나타났다(Case 1). 또한 인공습지와 더불어 미생물부착형 생태계비온을 설치했을 경우 인공습지만 조성했을 때와 비교하여 BOD가 약 31.6~69.6 % 하천수질을 변화할 수 있는 것으로 나타났다(Case 2). 미생물부착형 생태계비온만 설치했을 경우 현재수질을 약 18.4~39.5 %의 저감할 수 있는 것으로 나타났다(Case 3).

따라서, 본 연구대상하천의 하류부에 위치한 삼교천의 수질영향을 최소화하고 경제성 높은 하천정화를 위해서는 인공습지 조성과 더불어 미생물부착형 생태계비온은 500 m 이상 설치가 가장 타당할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 논문은 국가과학기술연구회 창의형융합연구사업에 의해 연구되었으며, 국가과학기술연구회의 창의형융합연구사업(CAP-15-07-KICT)지원에 의해 수행되었습니다.

## References

- Brown, L. C. and T. O. Barnwell Jr. 1987. *The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2EUNCAS: Documentation and User Manual*. USEPA, EPA/600/3-87/007.
- Byeon, Chan Woo. 2010. Water Purification and Ecological Restoration Effects of Sustainable Structured Wetland Biotop(SSB) System Established in the Habitat of the Endangered Species: Exemplified by An-teo Reservoir Ecological Park in the Habitat of the Gold-spotted Pond Frog. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*. 13(6): 145-159.
- Chapra, S. C. and G. J. Pelletier. 2003. *Documentation and Users Manual(QUAL2K)*. USEPA.
- Cooper, S. 2011. *A GIS-Based Water Quality Risk Assessment of Thompson Region Watersheds*. Ministry of Environment Thompson Region.
- EPA. 1987. *The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E*.
- Ha, Sung Ryong and Myung Soon Bae. 2001. Effects of Land Use and Municipal Wastewater Treatment Changes on Stream Water Quality. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment System*. 70(1-2): 135-151.
- Ha, Sung Ryong and Myung Soon Bae. 2003. Nonlinear Regression Approach to Evaluate Nutrient Delivery Coefficient in Trans-Boundary Watershed with Observation Data Limited. *Journal of Environmental Science and Engineering*. 5: 65-71.
- Ilshin Nature. 2014. *Technical Report about Microbial Attached Vegetation Block and Eco-Wetland*.
- Jung, Sung Soo and Kyung Sub Kim. 2008. Evaluation and Application of QUAL2E and QUAL2K Models in Anyang Stream. *Journal of KSEE*. 30(5): 544-551.
- Kim, Chang Hyun. 2005. *Study on the Nature-friendly Streamlining for Ecological Restoration*. Master's Thesis. Dankook University.
- Kim, Nam Chan and Jong Hwoi Son. 2013. Water Quality Modeling for Gokgyochun by QUAL2E and QUAL2K. *Journal of the Korean Society for Environmental Analysis*. 16(2): 84-91.
- Ministry Of Construction & Transportation. 2002. *Nature-friendly River Management Guidelines*.
- Yin, Zhen Hao and Dong Il Seo. 2013. Application of QUAL2K Model for Daejeon Tandongchen, A Small Urban Stream and Evaluation of Terrace Land Constructed Wetland. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*. 35(3): 192-199.

### Korean References Translated from the English

- 건설교통부. 2002. 자연친화적 하천관리지침.
- 김남찬, 손종희. 2013. QUAL2E와 QUAL2K를 이용한 곡교천의 수질모델링. *한국환경분석학회*. 16(2): 84-91.
- 김창현. 2005. 생태복원을 위한 친환경화적 하천정비에 관한 연구. 단국대학교 석사학위논문.
- 변찬우. 2010. 경안천 고수부지에 조성한 금어천 생태적 수질정화 비오톱 시스템의 수질정화 및 생태복원 효과. *한국환경복원녹화기술학회지*. 13(6): 145-159.
- 일신네이처. 2014. 미생물부착형 생태계미온과 생태습지조성 기술보고서.
- 정성수, 김경섭. 2008. 안양천에서 QUAL2E와 QUAL2K 모델의 적용 및 평가. *대한환경공학회*. 30(5): 544-551.

Received: Jul. 12, 2018 / Revised: Jul. 26, 2018 / Accepted: Jul. 30, 2018

## 생태하천 조성시 인공습지와 미생물부착형 생태계비온 적용이 하천수질에 미치는 영향

**국문초록** 본 연구는 삽교천으로 유입되는 무한천의 생태하천 조성을 위해 인공습지와 미생물부착형 생태계비온의 적용효과를 검토하고자 실험과 하천지형분석을 통해 하천수질과 유량계수를 산출하고 이를 반영한 QUAL2E 수질모형을 구축함으로써 정확하고 합리적인 하천수질을 예측하였다. 무한천의 생태하천 조성으로 인한 하천수질변화를 예측한 결과, 인공습지로 인해 삽교천 합류지점의 수질농도가 현재와 비교하여 약 29.5% 저감할 수 있는 효과가 나타났다. 또한 미생물부착형 생태계비온을 함께 설치했을 경우 인공습지만 조성했을 때와 비교하여 BOD가 약 31.6-69.6 %로 하천수질이 변화되었다. 미생물부착형 생태계비온만 설치했을 경우 현재 수질상태보다 약 18.4-39.5 %의 저감할 수 있었다. 인공습지와 더불어 미생물부착형 생태계비온을 설치할 때 하류부의 수질부하를 최대한 저감시킬 수 있을 것으로 나타났다. 또한, 미생물부착형 생태계비온을 설치하였을 때 예산천 합류후 500m지점을 기준으로 그 적용구간이 길어질수록 하천정화효과가 높게 나타났다.

주제어 : 인공습지, 미생물부착형 생태계비온, 생태하천, QUAL2E, 수질

---

**Profiles** **Dae Min Oh** : He received his B.A., M.A., Ph.D. From Hanseo University, Korea in 2009. He is a Senior Researcher of Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, in which he has taught since 2016. His interesting subject and area of research is radioactive material studies, Water quality management, and wastewater treatment. He has published 27 articles in journals and proceeding 48 paper in academic conferences(daeminoh@kict.re.kr).