

하수처리장 분산방류에 의한 방류수역의 수질개선효과

김동수 · 박종태 · 김용구* · 박성천*

광주광역시 보건환경연구원, *동신대학교 토목공학과
(2007년 11월 1일 접수; 2008년 1월 15일 채택)

Improvement Effect of Water Quality along the Water Discharged Area by Water Dispersion from the Sewage Disposal Plant

Dong-Soo Kim, Jong-Tae Park, Yong-Gu Kim*, Sung-Chun Park*

Health & Environment Research Institute, 238 Hwajungro, Gwangju 502-240, Korea

*Department of Civil Engineering, Dongshin University, Jeonnam 520-714, Korea

(Manuscript received 1 November, 2007; accepted 15 January, 2008)

Abstract

6~13 mg/L base water concentration on monthly BOD has been kept at the Geukrak bridge point for this research target and it indicates the water quality under the existed rank. Due to this present condition of water quality, the damage of ecology from the upper stream to the lower one of the bridge could be conjectured. Moreover, nonstructural extinction of the ecology seems to have gotten worse between both the streams of Yeongsan River. On this research, eco-corridor between the upper stream and the lower stream of the river should be ensured, the ecological damage needs to be cut off, a dispersed discharge method which the existed method of the 1st sewage plant in Gwangju was enhanced to should be inducted for the procuring of various water ecosystem, and the conditions by the scenario suggested from this research could be applied to a water quality model. then, analysis the improvement effect of the water quality adjacent the river. From the test result, Case3-Type1 scenario is thought to be the best one. From the test result with Case3-Type1, when the concentrated discharge was never done, 0.07 mg/L of BOD concentration was increased at the lower stream where Yeoungbon B point (Haksan Bridge) is but the water improvement effect of 0.24~2.87 mg/L is thought to have been done at the area of water deterioration.

Key Words : Dispersed discharge, Improvement effect of water quality, Nonstructural extinction (isolation) of ecology, Water quality model

1. 서 론

하천으로 유입되는 오염물질은 유역으로부터 점오염원 또는 비점오염원의 형태로 발생된다. 비점오염원의 경우 강우 및 토지이용과 같은 다양한 수

문학적 특성에 따라 오염물질 발생량과 이동경로가 다르기 때문에 오염부하량 산정뿐만 아니라 관리도 매우 어려운 실정이다. 그러나 점오염원은 발생지점 및 유입의 경로가 비교적 명확하기 때문에 오염원 부하량 산정 및 관리가 비교적 용이하다. 또한 점오염원은 대부분 차집 하수관로를 통하여 하수종말처리시설로 유입 처리되며 이중 생활하수는 약 절반에 해당하고 나머지 오수는 오수처리시설 또는

정화조 등의 개별처리시설에서 처리되어 공공수역에 방류되고 있다.

현재 우리나라에 설치되어 있는 오수처리시설은 법정허용방류수질기준(BOD 기준)이 2004년 20 mg/L에서 10 mg/L로 강화되었으나 대도시를 관류하는 하천의 저·갈수기의 유출량을 감안할 때 하류 하천의 수질은 하수처리장의 방류량 및 방류수질에 지대한 영향을 받을 것이다. 본 연구의 연구대상구간은 영산강 중류부로서 영산강의 전 구간에 대한 수질은 BOD 기준으로 상류지역인 담양지점이 월별로 2.0 mg/L 정도, 중류구간인 나주지점이 월별로 3.5~9 mg/L, 하류구간인 무안지점이 월별로 5.0 mg/L 정도로 대부분의 구간이 4등급 이내의 수질을 유지하고 있으나, 연구대상구간인 극락교 지점은 월별로 6~13 mg/L의 농도를 유지하고 있어 등급 외의 수질을 나타내고 있다. 이러한 수질의 현황으로 인하여 극락교 상·하류구간에서의 생태계의 훼손은 과히 짐작할 수 있을 것이다. 더 나아가 영산강 상·하류간에 대해 비구조적 생태단절이 진행되고 있는 상황으로 판단된다. 이러한 영산강의 수질개선을 위한 기존의 연구들을 살펴보면 박 등⁴⁾은 수질보전을 위한 영산강의 하천유지유량 결정에 관한 연구를 수행한 바 있고, 황 등³⁾은 영산강 하류부의 목표수질 달성을 위한 BOD 부하량 삭감을 산정에 관한 연구를 수행하였으며, 박 등²⁾은 관측망 자료를 활용한 영산강 유역의 TMDL 결정에 관한 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 이러한 비구조적 생태단절을 완화시키기 위해서는 여러 가지 방안이 제안될 수 있겠으나, 주요 오염원으로 판단되는 광주 제1하수처리장의 방류체제를 개선하는 방안이 그 중 가장 타당할 것으로 판단되는 바 본 연구에서는 광주 제1하수처리장의 방류체제를 현 집중식에서 분산방류로 개선할 경우 방류수역의 수질개선효과를 분석한다.

2. 대상유역의 현황

영산강 유역은 우리나라 서남부에 위치하며, 총 유역면적은 3,455.0 km²이고, 본류의 유로연장은 129.5 km이며, 동서와 남북간의 최장거리가 각각 61.3 km, 89.7 km이고, 유역의 평균 폭은 25.4 km, 유

역형상계수는 0.186이다. 유역의 북쪽은 동진강 유역에, 동쪽은 섬진강 유역에 접해 있으며, 나주지점을 중심으로 큰 지류가 합류하여 방사형을 이루고 있고, 유역의 평균고도가 EL. 104.4 m로 비교적 평탄한 지역으로 하천연안을 따라 평야가 발달되어 곡창지대를 이루고 있다. 영산강은 섬진강과 분수령을 이루는 노령산맥의 용추봉(EL. 570 m)에서 발원하여 남류하다가 황룡강 및 지석천과 합류하면서 남서류하여 전남 목포항 남측에서 서해로 유입된다. 하상경사는 중상류부에서 1/1,000~1/1,500, 하류부에서 약 1/5,000 정도이다. 영산강은 하류로부터 약 43 km상류인 영산포지점까지 감조구간이었으나, 1982년에 목포항 상류 약 9 km지점에 전장 4,350 m의 하구둑이 완공되어 총 저수용량 253백만 m³의 담수호가 조성됨으로써 농업용수를 공급하고 있다.

본 연구 대상 구간은 영산강 중류부인 어등대교 직하류로부터 지석천 합류전까지의 약 14.0 km 구간으로 중간에 광주천과 황룡강이 합류하고 있다. 또한 광주 제1하수처리장이 위치하고 있어, 대도시로부터 유입되고 있는 오염물질을 처리하여 배출하고 있는 구간이다. 본 연구구간의 상류부에 위치하고 있는 광주 제1하수처리장의 시설 용량은 600,000 m³/일(1단계 : 300,000 m³/일, 2단계 : 300,000 m³/일)로 영산강에 유입되는 하수처리를 담당하고 있다. Fig 1에 본 연구의 대상구간인 수질악화구간과 모형적용을 위한 수질측정지점 위치도를 나타내었다.

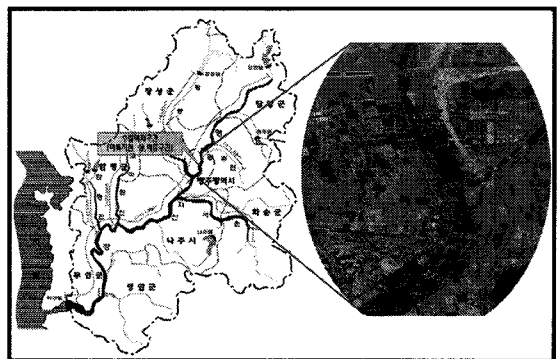


Fig. 1. Target Areas and Water Quality Measuring Point.

Table 1. Hydraulic Coefficient of Each Reach

Item	n	α	b	α	β	Range of Discharge (m ³ /sec)
Reach. 1	0.030	0.1534	0.2973	0.1024	0.4037	2.0 ≤ Q ≤ 1000
Reach. 2	0.030	0.0476	0.4465	0.0659	0.5536	2.0 ≤ Q ≤ 1000
Reach. 3	0.030	0.1349	0.3401	0.1963	0.3521	2.0 ≤ Q ≤ 1000
Reach. 4	0.030	0.0340	0.5818	0.1400	0.4054	2.0 ≤ Q ≤ 1000
Reach. 5	0.030	0.0789	0.4128	0.2262	0.3189	2.0 ≤ Q ≤ 1000
Reach. 6	0.030	0.0477	0.5087	0.1922	0.3223	2.0 ≤ Q ≤ 1000
Reach. 7	0.030	0.0152	0.7183	0.2783	0.2465	2.0 ≤ Q ≤ 1000

3. 결과 및 고찰

3.1. 수리학적 입력계수 산정

수리학적 입력계수는 QUAL2E 모형을 구성하는 기본방정식인 1차원 이류-확산 물질이동방정식(1-dimensional advection dispersion mass transport equation)을 이용하여 물질수지를 계산하는데 필요하다.

수리입력계수의 산정은 각 지점별로 유속과 유량을 산정하여 동일 제 구간 내에서의 수심-유량관계, 유속-유량관계를 회귀분석에 의하여 구간(reach)별로 수심-유량계수와 유속-유량계수를 Table 1과 같이 산정하였으며, 계수의 유량적용범위는 구간별로 2~1000 m³/sec로 7개의 구간 모두 동일하게 분석하였고 조도계수는 0.030을 적용하였다.

3.2. 대상구간의 모형화

다양한 수질개선 시나리오의 수질개선효과 분석을 위해 풍영정천 합류점 500 m 상류지점부터 지식천 합류점 부근까지 14 km 구간에 대해 7개 구간(reach)로 구분하고, 구간 내 소구간 요소(element)는 하도길이가 0.1 km 간격으로 140개 요소로 구분하여 QUAL2E 모형에 적용하였다. 대상구간의 모식도는 Fig 2와 같다.

3.3 모형의 보정 및 검증

모형의 보정에 사용된 수질자료는 2006년 11월 27일~2006년 12월 27일 5회 자료 중 강우시에 측정된 1회 자료를 제외하고 2, 3회 자료를 평균하여 보정 자료로 4, 5회 자료를 평균하여 검증자료로 활용하였다. 유량은 실측자료를 이용하였다. 그 결과 Fig 3에서와 같이 BOD농도 예측치가 실측치에 근접하여 증감의 형상이 유사하게 나타나 양호한 보정결과를 보여 주었다. 모형의 검증은 모형의 보정에 사용된 자료군으로 정의된 현상범위내에서 보정된 모

형을 적절히 예측하는데 사용할 수 있는지의 여부를 판단하는 과정으로 실측치에 근접한 좋은 검증결과를 보여주었다.

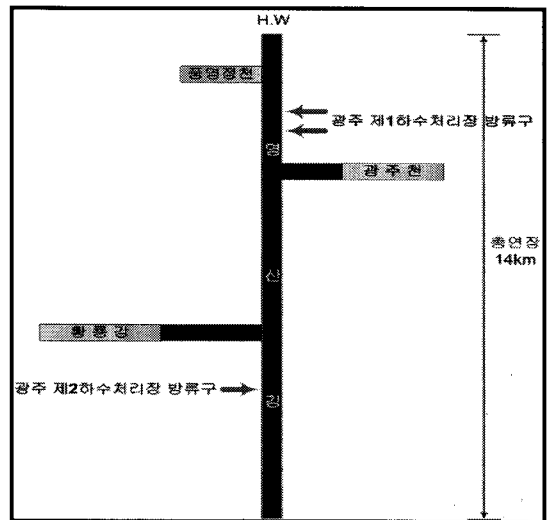


Fig. 2. Diagram for Target Areas.

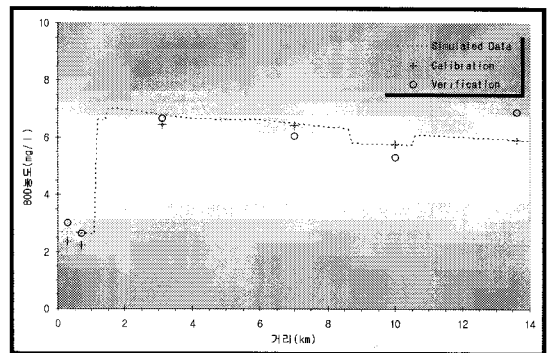


Fig. 3. Calibration and Verification Results of BOD Concentration of Model.

3.4. 방류체계 개선 시나리오

현재 광주 제1하수처리장의 방류방식은 광주천 상류 500 m 지점에 2단계 방류구, 800 m 상류 지점에 제 1단계 방류구가 위치하여 집중식으로 방류되고 있다. 이러한 집중식 방류체제를 개선하기 위해 Fig4 과 같이 Case별로 방류구를 등분포 시키고, Type별로 유량조건을 다르게 적용하여 수질개선 시나리오를 작성하여 수질개선효과를 분석한다.

3.5. 수질예측 기본가정

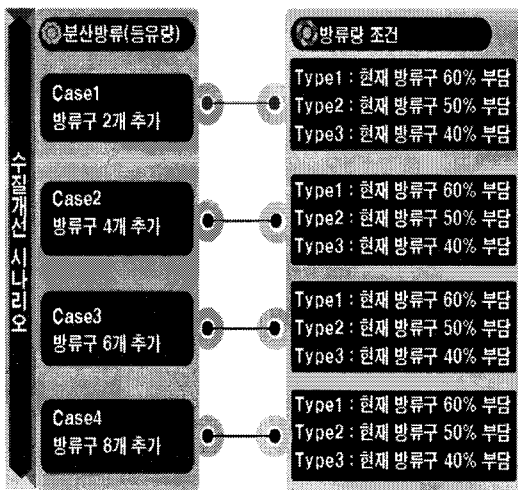
본 연구에서의 수질예측을 위해 다음과 같은 가정을 사용하였다. 첫째, 오염원 총량관리 기본방침을 기준으로 오염총량관리대상 오염물질의 종류인 생물학적 산소요구량(BOD)에 대해서만 예측한다. 둘째, 본 연구대상구간에 유입되는 지류는 모두 점오염원으로 간주한다. 셋째, 지류의 유입량은 수위-유량관계곡선식과 실측자료를 이용한다. 넷째, 광주 제1하수처리장과 광주 제2하수처리장을 점오염원으로 간주하고 광주 제1하수처리장의 방류량은 실측값인 7.56 m³/sec, 광주 제2하수처리장의 평균방류량은 1.16 m³/sec를 적용하였고, 수질농도는 BOD 농도 8 mg/L을 적용하였다.

3.6. 시나리오별 수질예측

본 연구에서 제시한 시나리오별 수질예측을 위해 풍영정천 합류점 500 m 상류부터 지식천 합류전의

14 km 구간을 7개의 하도구간과 140개의 소구간으로 설정하고 수리학적 입력자료와 조사된 수질자료 등을 QUAL2E 모형에 적용하였다.

수질예측은 3.5절에서 언급한 수질예측 기본가정을 이용하여 Case별 예측 결과는 Fig 5와 같다. 예측 결과, 현행 집중방류식과 시나리오별 방식방식을 비교해 보면, 최대 예측 BOD농도는 현행 집중방류식일 경우 광주 제1하수종말처리장 2단계 방수구역 부근에서 6.76 mg/L의 최대 BOD농도 값으로 예측되었고, Case1의 방류구 2개 추가시에는 9번 방류구 (Fig 4참조)에서 6.63 mg/L로 예측되었고, Case2의 방류구 4개 추가시에는 13번 방류구에서 6.63 mg/L로 예측되었다. Case1과 Case2는 예측 최대 BOD농도는 동일하고, 발생하는 위치만 다른 것으로 예측되었다. Case3의 방류구 6개 추가시에는 17번 방류구에서 6.60 mg/L, Case 4의 방류구 8개 추가시에는 21번 방류구에서 6.55 mg/L의 최대치로 예측되었다. 위의 관계를 살펴보면 시나리오별로 방류구 말단에서 최대치가 나타남을 알 수 있다. 현행 방류방식과 시나리오별 방류방식의 예측 최대 BOD농도는 방류구 수가 가장 많은 Case4가 0.24 mg/L 감소하는 가장 좋은 결과를 보여주었다. 반면에 하류부 수질변화를 살펴보면, 영분 B지점의 경우 방류구 수가 증가할수록 6.09 mg/L, 6.16 mg/L, 6.20 mg/L, 6.24 mg/L로 하류부 수질은 악화됨을 알 수 있다.



방류구 번호	누가 거리	현행	○ 방류방식				비고
			Case I (2개추가)	Case II (4개추가)	Case III (6개추가)	Case IV (8개추가)	
1	0	○	○	○	○	○	광주 제1하수처리장 1단계 방류구
2	300	○	○	○	○	○	
3	400						
4	500						
5	600		○	○	○	○	광주천 합류
6	700						
7	800						
8	900						
9	1000		○	○	○	○	극락교
10	1100						
11	1200						
12	1300						
13	1400			○	○	○	미륵 수위관측소
14	1500						
15	1600						
16	1700						
17	1800				○	○	
18	1900						
19	2000						
20	2100						
21	2200					○	

Fig. 4. Water Quality Improvement Scenario by Case-Type.

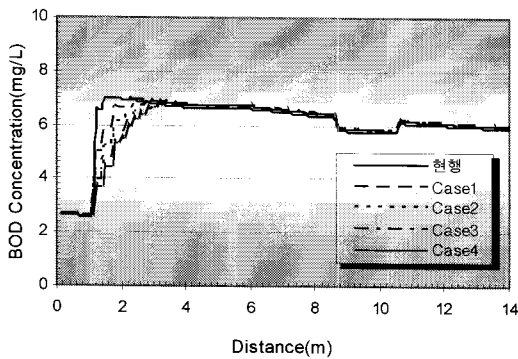


Fig. 5. Water Quality Forecast by Cases in 2006.

시나리오별 수질예측결과, 하류부인 영본B지점(학산교)의 수질은 집중식 방류의 경우보다 BOD 농도는 미미하게 증가하는 양상으로 예측되나 수질악화구간은 BOD 농도기준으로 0.24~2.87 mg/L 정도의 수질개선효과를 보여 수질악화구의 비구조적 생태단절을 완화시킬 수 있는 수질개선에 효과적인 것으로 판단된다.

3.7. 최적시나리오 선정

시나리오별(Case별) 수질예측 결과를 토대로 대상구간의 상·하류의 BOD농도 변화와 경제적인 측면을 감안할 때 본 연구에서 제안한 Case3이 타당할 것으로 판단된다. 이에 유량조건(Type별)별로 최적인을 도출하기 위해 Fig 6과 같이 Case3에 대한 유량조건별로 수질예측을 실시하였다. 그 결과 하류부의 BOD농도 증가를 최소화 할 수 있고, 수질악화구간에 대해 최적의 수질개선 효과를 나타내는 Case3-Type1을 최적의 시나리오로 선정하였다.

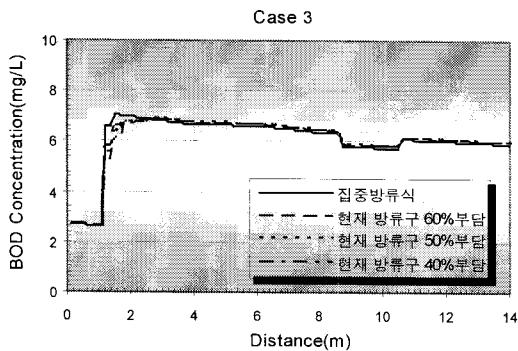


Fig. 6. Water Quality Forecast by Case3-Type.

4. 결론

본 연구에서는 영산강 수질악화구간에 대해 수생태계의 연결통로를 확보하고 생태계 훼손의 진행을 차단하여 다양한 수생태의 확보를 위하여 수질악화원인의 규명과 다양한 수질개선의 시나리오를 설정하여 QUAL2E 모형에 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 수질악화구간에 대해 수질을 개선하여 비구조적 생태단절을 완화시킬 수 있는 가장 현실적인 방안은 본 연구에서 제안한 광주 제1하수처리장의 방류체제를 개선하여 방법이 가장 타당할 것으로 판단된다.

2) 본 연구에서 제시한 시나리오별 검토 결과 Case3-Type1이 가장 적절한 것으로 판단된다.

3) Case3-Type1의 시나리오를 적용하여 수질을 예측한 결과 하류부인 영본B지점은 집중방류의 경우보다 BOD 농도 0.07 mg/L 미미하게 증가하는 것으로 예측되나 수질악화구간에서는 0.24~2.87 mg/L 정도의 수질개선 효과가 있는 것으로 예측되었다.

4) 본 연구를 통해 수질악화구간에 대해 생태단절을 최소화하여 현재보다는 더 다양한 생태가 형성될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 광주지역환경기술개발센터의 연구비 지원(과제번호 06-1-70-33)을 받아 수행하였습니다. 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- 1) 노문수, 2005, 영산강유역의 최대허용오염부하량 결정에 관한 연구, 석사학위논문, 토목공학과, 동신대학, 나주.
- 2) 박성천, 김용구, 노문수, 2005, 관측망 자료를 활용한 영산강 유역의 TMDL 결정에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 25(6B), 521~528.
- 3) 황대호, 김현용, 정효준, 이흥근, 2001, 영산강 하류부의 목표수질 달성을 위한 BOD 부하량 삭감을 산정에 관한 연구, 대한상하수도학회지, 17(4), 317~324.
- 4) 박성천, 강성후, 이관수, 1998, 수질보전을 위한 영

- 산강의 하천유지유량 결정, 대한토목학회논문집, 18(Ⅱ-Ⅰ), 1~11.
- 5) 환경부, 2004, 하수종말처리장 운전개선방식 우수사례집.
- 6) 서울시정개발연구원, 1999, 잠실상수원의 유입오염 물질 조사 및 관리연구.
- 7) Brown L. C., Branwell T. O., 1987, THE Enhanced Stream Water Quality Modles QUAL2E UNCAS: Documentation and User Model. EPA/600/3-87, U.S. Enviromental Protection Agency, Athens, Georgia.