

하수처리장 분산방류에 의한 방류수역의 수질개선효과

Effect of Water Quality Improvement for Dispersion Discharge by Discharge Waters of Sewage disposal plant

김용구*, 조동진**, 진영훈***, 박성천****
Yong Gu Kim, Dong Jin Cho, Young Hoon Jin, Sung Chun Park

요 지

본 연구대상 구간인 극락교 지점은 월별로 BOD 기준 6~13mg/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. 따라서 본 연구에서는 영산강의 상·하류구간의 수생태계의 연결통로를 확보하고 생태계 훼손의 진행을 차단하여 다양한 수생태의 확보를 위하여 현재 집중식으로 방류되고 있는 광주 제1하수처리장의 방류방식을 개선한 분산방류 방식을 도입하고, 본 연구에서 제안한 시나리오별 조건들을 수질모형에 적용하여 방류수역 부근의 수질개선효과를 분석한다. 적용결과, CaseIII-Type I의 시나리오가 가장 적정한 것으로 판단되며, CaseIII-Type I의 시나리오를 적용하여 수질을 예측한 결과 하류부인 영본B지점은 집중방류의 경우보다 BOD 농도 0.07mg/L 미미하게 증가하는 것으로 예측되나 수질악화구간에서는 0.24~2.87mg/L 정도의 수질개선 효과가 있는 것으로 예측되었다.

핵심용어 : 비구조적 생태단절, 분산방류, 수질모형, 수질개선효과

1. 서 론

하천으로 유입되는 오염물질은 유역으로부터 점오염원 또는 비점오염원의 형태로 발생된다. 비점오염원의 경우 강우 및 토지이용과 같은 다양한 수문학적 특성에 따라 오염물질 발생량과 이동 경로가 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 이 중 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 20mg/L에서 10mg/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

* 정회원-유량조사사업단 연구원 E-mail : ygkim8987@kict.re.kr
** 동신대학교 토목공학과 석사과정 E-mail : one1945@naver.com
*** 정회원-호남대학교 산업기술연구소 연구원 : E-mail : nmdrjin@nate.com
****정회원-동신대학교 토목공학과 교수 : E-mail : psc@dsu.ac.kr

담양지점이 월별로 1.0mg/L 정도, 중류구간인 나주지점이 월별로 3.5~9mg/L, 하류구간인 무안지점이 월별로 5.0mg/L 정도로 대부분의 구간이 4등급 이내의 수질을 유지하고 있으나, 연구대상구간인 극락교 지점은 월별로 6~13mg/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 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 3,455.00km²이고, 본류의 유로연장은 129.50km이며, 동서와 남북간의 최장거리가 각각 61.3km, 89.7km이고, 유역의 평균 폭은 25.37km, 유역형상계수는 0.186이다. 유역의 북쪽은 동진강 유역에, 동쪽은 섬진강 유역에 접해 있으며, 나주지점을 중심으로 큰 지류가 합류하여 방사형을 이루고 있고, 유역의 평균고도가 EL. 104.4m로 비교적 평坦한 지역으로 하천연안을 따라 평야가 발달되어 곡창지대를 이루고 있다. 영산강은 섬진강과 분수령을 이루는 노령산맥의 용추봉(EL. 570m)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 43km상류인 영산포지점까지 감조구간이었으나, 1982년에 목포항 상류 약 9km지점에 전장 4,350m의 하구둑이 완공되어 총 저수용량 253백만m³의 담수호가 조성됨으로써 농업용수를 공급하고 있다. 그럼 2.1은 영산강유역과 본 연구의 대상구간을 나타내었다.

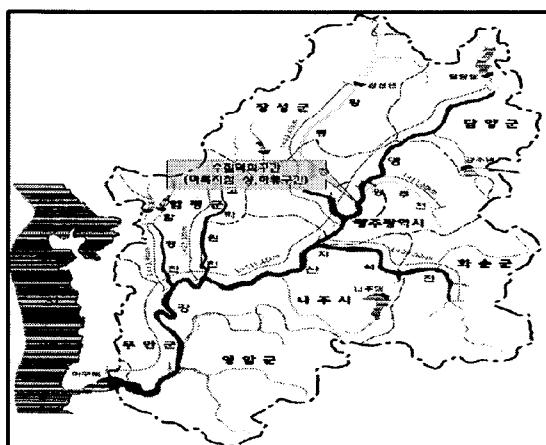


그림 2.1 영산강 유역도 및 수질악화 구간

3. 모형의 적용

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 표 5.1과 같이 산정하였으며, 계수의 유량적용범위는 구간별로 2~1000m³/sec로 7개의 구간 모두 동일하게 분석하였고 조도계수는 0.030을 적용하였다.

표 3.1 구간별 수리학적 입력계수 산정결과

| 구 분 | 조도계수 (n) | 유속-유량계수 | | 수심-유량계수 | | 유량적용범위 (m ³ /sec) |
|----------|-------------|---------|--------|---------|---------|---------------------------------|
| | | a | b | a | β | |
| 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 |

3.2 대상구간의 모형화

다양한 수질개선 시나리오의 수질개선효과 분석을 위해 풍경정천 합류점 500m 상류지점부터 지석천 합류점 부근까지 14km 구간에 대해 7개 구간(reach)로 구분하고, 구간 내 소구간 요소(element)는 하도길이 0.1km 간격으로 140개 요소로 구분하여 QUAL2E 모형에 적용하였다. 대상 구간의 모식도는 그림 3.1과 같다.

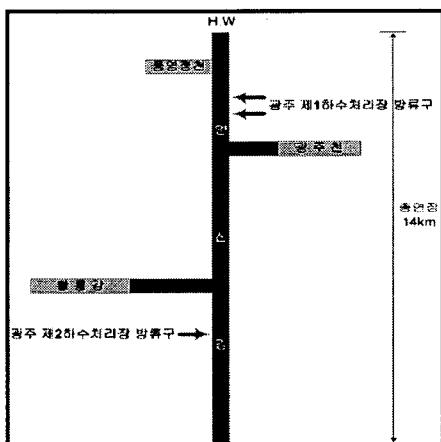


그림 3.1 대상구간의 모식도

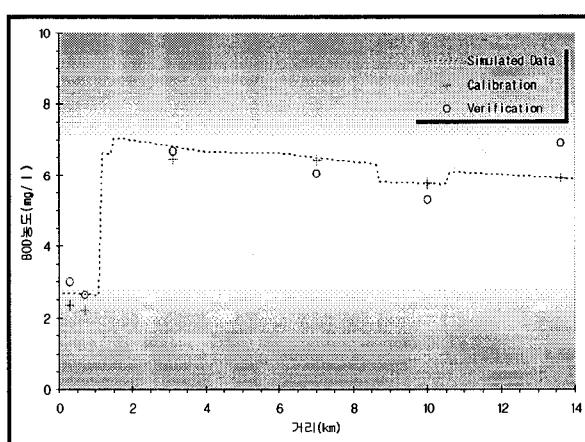


그림 3.2 모형의 BOD농도의 보정 및 검증결과

3.3 모형의 보정 및 검증

모형의 보정에 사용된 수질자료는 2006년 11월 27일 ~ 2006년 12월 27일 5회 자료 중 강우시에 측정한 1회 자료를 제외하고 2, 3회 자료를 평균하여 보정 자료로 4, 5회 자료를 평균하여 검증자료로 활용하였다. 유량은 실측자료를 이용하였다. 그 결과 그림 3.2에서와 같이 BOD농도 예측치가 실측치에 근접하여 증감의 형상이 유사하게 나타나 양호한 보정결과를 보여 주었다. 모형의 검증은 모형의 보정에 사용된 자료군으로 정의된 현상범위내에서 보정된 모형을 적절히 예측하는데 사용할 수 있는지의 여부를 판단하는 과정으로 실측치에 근접한 좋은 검증 결과를 보여주었다.

3.4 방류체계 개선 시나리오

현재 광주 제1하수처리장의 방류방식은 광주천 상류 500m 지점에 2단계 방류구, 800m 상류 지점에 제 1단계 방류구가 위치하여 집중식으로 방류되고 있다. 이러한 집중식 방류체계를 개선하기 위해 그림 3.3과 같이 Case별로 방류구를 등분포시키고, Type별로 유량조건을 다르게 적용하여 수질개선 시나리오를 작성하여 수질개선효과를 분석한다.

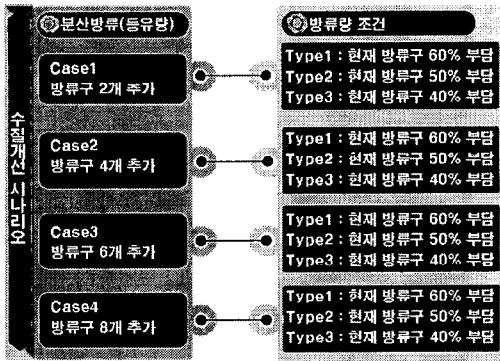


그림 3.3 Case-Type별 수질개선 시나리오

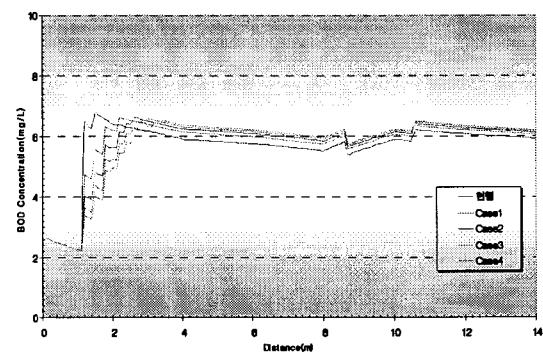


그림 4.1 2006년 Case별 수질예측

4. 수질예측

본 연구에서 제시한 시나리오별 수질예측을 위해 풍영정천 합류점 500m 상류부터 지석천 합류전의 14km 구간을 7개의 하도구간과 140개의 소구간으로 설정하고 수리학적 입력자료와 조사된 수질자료 등을 QUAL2E 모형에 적용하였다. 수질예측시 광주 제1하수처리장과 광주 제2하수처리장을 점오염원으로 간주하고 광주 제1하수처리장의 평균방류량은 $7.56\text{m}^3/\text{sec}$, 광주 제2하수처리장의 평균방류량은 $1.16\text{m}^3/\text{sec}$ 를 적용하였고, 수질농도는 BOD농도 8mg/L 을 적용하였다.

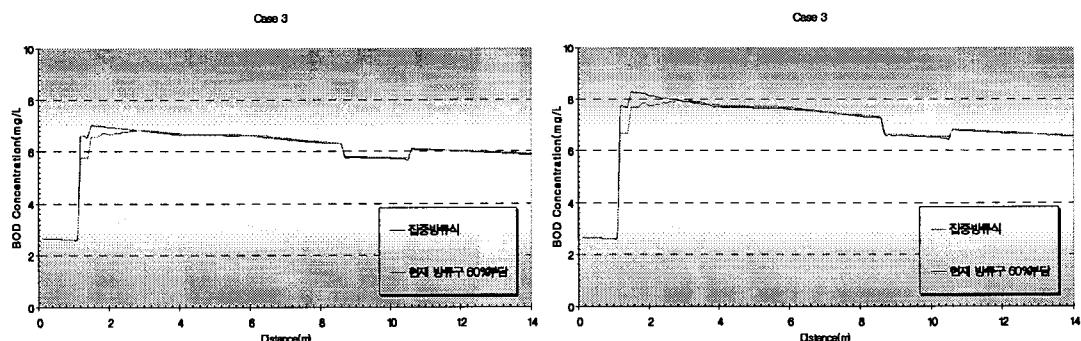


그림 4.2 최적의 시나리오의 수질예측결과(방류수 수질농도 : 8mg/L , 9.5mg/L)

시나리오별 수질예측결과, 그림 4.1과 같이 하류부인 영본B지점의 수질은 집중식 방류의 경우보다 BOD 농도는 약 0.1mg/L 로 미미하게 증가하는 양상으로 예측되나 수질악화구간은 BOD 농도기준으로 $0.24 \sim 2.87\text{mg/L}$ 정도의 수질개선효과를 보여 수질악화구의 비구조적 생태단절을 완화시킬 수 있는 수질개선에 효과적인 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서 제안한 시나리오별 검토결과, 하류부의 BOD 농도 증가를 최소화 할 수 있고, 수질악화구간에 대해 최적의 수질개선 효과를 나타내는 CaseIII-Type I을 최적의 시나리오로 선정하였다. 그림 4.2는 광주 제1하수처리장의 방류수 농도가 BOD농도 기준으로 8.0mg/L 와 9.5mg/L 일 때의 최적 시나리오에 따른 수질예측결과이다.

5. 결 론

본 연구에서는 영산강 수질악화구간에 대해 수생태계의 연결통로를 확보하고 생태계 훼손의 진행을 차단하여 다양한 수생태의 확보를 위하여 수질악화 원인의 규명과 다양한 수질개선의 시나리오를 설정하여 QUAL2E 모형에 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 수질악화구간에 대해 수질을 개선하여 비구조적 생태단절을 완화시킬수 있는 가장 현실적인 방안은 본 연구에서 제안한 광주 제1하수처리장의 방류체제를 개선하여 방법이 가장 타당할 것으로 판단되며, 본 연구에서 제시한 시나리오별 검토 결과 CaseIII-Type I 이 가장 적정한 것으로 판단된다. CaseIII-Type I 의 시나리오를 적용하여 수질을 예측한 결과 하류부인 영본B지점은 집중방류의 경우보다 BOD 농도 0.07mg/L 미미하게 증가하는 것으로 예측되나 수질악화구간에서는 0.24 ~ 2.87mg/L 정도의 수질개선 효과가 있는 것으로 예측되었다. 본 연구를 통해 수질악화구간에 대해 생태단절을 최소화하여 현재보다는 더 다양한 생태가 형성될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 노문수(2005), 영산강유역의 최대허용오염부하량 결정에 관한 연구, 동신대학교 석사학위논문.
2. 김용구(2002), 진화알고리즘을 이용한 QUAL2E모형의 반응계수 추정에 관한 연구, 동신대학교 석사학위논문.
3. 황대호, 김현용, 정효준, 이홍근(2001), 영산강 하류부의 목표수질 달성을 위한 BOD 부하량 삽감률 산정에 관한 연구, 대한상하수도학회지, 대한상하수도학회 16권 4호, pp317 ~ 324.
4. 김용구, 박성천(2003), 진화알고리즘을 이용한 QUAL2E 모형의 반응계수 추정과 탐진강 수질예측, 대한상하수도학회지, 대한상하수도학회, 17권 5호, pp682 ~ 689.
5. 김용구, 박성천, 표영평(2003), 탐진강 유역의 BOD 오염부하량 삽감율 산정, 한국물환경학회지, 한국물환경학회 19권 4호, pp393 ~ 400.
6. 환경부 환경관리공단(2004), 하수종말처리장 운전개선방식 우수사례집, pp.17 ~ 23
7. 서울시정개발연구원(1999), 잠실상수원의 유입오염물질 조사 및 관리연구, pp.77 ~ 100