

하수처리수를 이용한 하천유지유량 확보에 따른 대전 3대 하천에서의 수질모의

Modeling the effect of securing environmental flow using wastewater discharge on water qualities of the three urban rivers in Taejeon

김정곤*, 여중현, 김우구
Jeongkon kim, Joonghyun Yur, Woo Gu Kim

요 지

수질개선을 위한 많은 노력의 결과 대전광역시를 관통하는 대전 3대 하천인 갑천, 유등천, 대전천의 수질은 1990년 초반을 기점으로 많은 개선효과를 보이고 있다. 그러나 도시화에 따른 불투성층의 증가와 저류능력 감소, 치수를 목적으로 한 하도정비 등에 의하여 기저유출량은 과거에 비해 현저히 감소하였으며, 이로 인하여 갈수기에는 유량이 적어 생태적이고 친수적인 다양한 하천기능 수행에 많은 어려움을 초래하고 있다. 그러므로 대전광역시에서는 도심생태하천조성을 위한 방안으로 바람직한 하천기능을 회복하기 위하여 70,000m³/day의 갑천수와 하수처리장에서 고도처리 된 600,000m³/day의 방류수 중 80,000m³/day를 각각 대전천과 유등천 상류지역에 공급하여 하천유지용수로서 사용하는 계획을 수립하였다. 하류지역에서의 갑천수와 고도처리 된 하수처리수를 대전천과 유등천의 상류지역에 하천유지용수로 공급함으로써 대전천과 유등천은 갈수기에도 각각 약 1m³/sec, 1.3m³/sec 이상의 유량을 유지할 수 있을 것으로 예상된다. 갑천수와 고도처리수를 유지용수로 사용할 경우에 대한 수질변화를 QUAL2E를 이용하여 모의를 실시하였다. 유등천 합류부에서의 갑천수를 대전천 상류지역에 공급할 경우, 대전천에서의 수질은 II ~ III등급을 유지할 것으로 보인다. 대전시의 지하철공사에서 발생하는 약 9,600m³/day가량의 용출수와 대청호소수의 상수원수를 이용한 10,000m³/day의 희석수를 유지용수로서 추가적으로 사용할 경우, 대전천의 BOD는 약 0.3mg/L가량의 개선효과가 있을 것으로 예상된다. 2011년 고도처리시설 완공시 방류수의 예상 수질은 BOD 10mg/L, TN 15mg/L, TP 2.0mg/L이하로 이를 유등천 상류부에 공급할 경우 유등천의 수질은 BOD 6.7mg/L, TN 9.80mg/L, TP 0.90mg/L를 나타낼 것으로 예측된다. 고도처리시설의 도입 후 금강 합류점에서 갑천의 예측 BOD는 7.4mg/L로 현재 9.0mg/L에 비하여 개선되지만 이는 금강수계 오염총량 관리계획의 시도 경계지점 목표수질인 5.9mg/L를 만족시키지 못하므로, 이를 만족시키기 위해서는 방류수 BOD 7.2mg/L이하로 처리해야 할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 하수재이용, 하천유지용수, 수질모의

1. 서론

대전광역시는 90년 초를 기점으로 적극적인 하천정화 활동을 통하여 많은 수질개선을 이루었다. 그러나 지속적인 인구 증가 및 불투성층의 증가, 치수를 목적으로 한 하도정비 등의 여러 요인으로 인하여 과거에 비해 현저하게 기저유출량이 감소하였으며, 이로 인한 갈수기의 적은 유량은 생태적이고 친수적인 다양한 하천기능을 수행하는데 많은 어려움을 초래하고 있다. 특히 대전광역시를 비롯하여 대부분의 도시 지역에서는 하수를 중력에 의해 유하하는 자연 유하방식을 사용하고 있기 때문에 하수처리장이 하천 하류부에 위치하게 되므로 상류지역의 건천화의 심각한 원인이 되고 있

* 정회원 한국 수자원공사 수자원연구원 E-mail : jkkim@kowaco.or.kr

다. 그러므로 이러한 도시하천의 건천화 문제를 해결하기 위한 방안으로 댐건설, 인근 호소수의 이용, 지류하천 계곡수의 이용, 하류지역 하천수의 재공급, 하수처리장 처리수의 재이용 등의 많은 방안이 검토되고 있으나 확보용수의 부족이나 건설비의 과다 등의 많은 어려움이 존재한다. 이중 하수처리장의 처리수의 재이용은 우리나라와 지형적 여건이 비슷한 일본에서 적극적으로 사용하고 있는 방법으로, 국내에서는 광주천, 신천, 안양천, 청계천, 굴포천 등에서 이미 활용중이거나 계획을 수립하여 추진 중인 상태이다. 또한 하수처리수의 재이용은 시민들의 하수에 대한 의식 고취, 수자원의 보다 적극적인 활용이라는 측면에서 매우 바람직한 방안이라 할 수 있으며, 정부에서도 하수도법(2000.12)의 개정과 지방양여금의 지원을 통하여 적극 권장하고 있다.

그러므로 대전광역시에서는 도심생태하천조성을 위한 방안으로 바람직한 하천기능을 회복하기 위하여 70,000m³/day의 갑천수와 하수처리장에서 고도처리 된 600,000m³/day의 방류수 중 80,000m³/day를 각각 대전천과 유등천 상류지역에 공급하여 하천유지용수로서 재사용하는 계획을 수립하였다. 본 연구에서는 이와 같은 대전광역시의 하수처리수의 재이용에 대한 방안을 가능한 여러 상황에 따른 수질모의를 통하여 보다 바람직한 재이용에 대한 방안을 모색하고자 한다.

2. 대상구역의 일반현황 및 특성

연구대상구역인 대전광역시는 2개의 국가 하천과 1개의 지방1급 하천인 갑천, 유등천, 대전천이 도심지를 관통하고 있다. 이 3대 하천에는 유성천, 진잠천, 두계천, 정생천 등 총 14개의 소하천들이 유입하게 되며, 이후 금강의 제 1지류하천인 갑천으로 모두 합류하여 최종적으로 금강으로 흐르게 된다. 본 구역의 특성은 형상계수가 1.0미만으로 갑천이 0.17, 유등천이 0.12, 대전천이 0.15로 동서로 폭이 좁고 남북으로 긴 장방형 형상을 가지고 있으며, 하상경사는 갑천은 1/2,800, 유등천이 1/720, 대전천이 1/500의 완경사의 특징을 가지고 있다. 그림 1과 표1에 구역의 형상과 개황을 나타내었다.

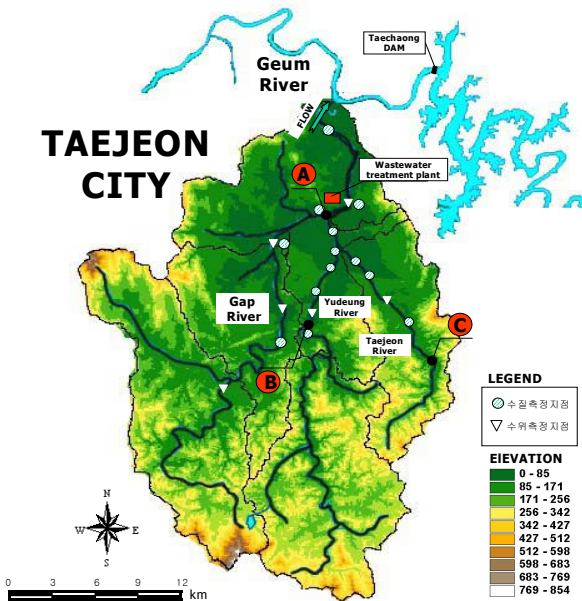


그림 1. 연구구역의 형상

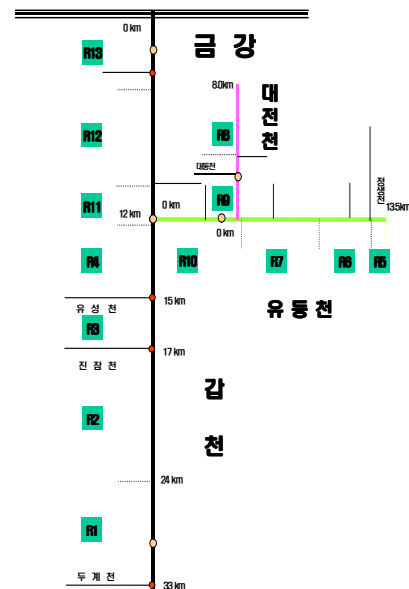


그림 2. 연구구역의 모식도

연구구역의 수질은 현재 하수처리장을 기점으로 갑천 상류 및 유등천, 대전천은 1.5 ~ 4.5mg/L로

약 Ⅱ~Ⅲ등급을 나타내고 있으며, 하수처리장 하류는 BOD 5~12mg/L로 Ⅳ~Ⅴ등급의 수질을 나타낸다. 그림 3은 대전광역시 도시하천 구간에서 각 지류하천들과 갑천 상류의 수질을 나타낸 그래프이고, 그림 4는 이 지류하천들과 하수처리장 방류수의 BOD 부하량에 대한 영향도를 비교한 그래프이다. 그림 4에서 나타난 것과 같이 하수처리장은 약 91%로 지류하천들에 비해 절대적으로 큰 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

표 1. 하천 및 유역의 개황

하천명	주요지점	유역면적 (km ²)	평균갈수량 (m ³ /sec)	기준갈수량 (m ³ /sec)
갑천	유등천 합류점	315.81	0.59	0.43
	금강 합류점	646.60	1.15	0.83
유등천	대전천 합류점	184.88	0.32	0.23
	갑천 합류점	646.60	0.48	0.35
대전천	옥계교지점	46.58	0.09	0.06
	유등천 합류점	87.82	0.13	0.09

여러 가지 하천유지용수 확보방안에 따른 수질변화를 예측하기 위하여 QAUL2E 이용한 수질 모델링을 실시하였다. QAUL2E는 하천수질을 모의하기 위한 모형 중에서 가장 광범위하게 사용되고 있는 모형으로 1차원 정상상태를 모의할 수 있는 모형이다. 본 연구유역에서는 그림 2와 같이 도심지를 관통하는 총 57km의 하천에 대하여 흐름의 특성과 주요지점 등을 고려하여 총 13개의 Reach와 각각 0.5km로 이루어진 114개의 Element로 된 모형을 구축하였다. 3대 하천으로 유입되는 14개의 지류하천은 건기시에 유입되고 있는 하천만을 점오염원으로 고려하였다. 모형은 2003년 10월 자료를 이용하여 보정을 실시하였고, 2004년 3월, 4월, 5월에 대하여 검정을 실시하였다. 또한 보다 정확한 모의를 실시하기 위하여 본 연구유역을 대상으로 문헌조사와 직접 현장조사를 실시하여 건기시 부적절하게 발생하는 비점오염원에 대한 영향을 고려하였다. 최종적인 검·보정 결과 R²가 0.92로 비교적 정확한 모의를 하고 있는 것으로 나타났다.

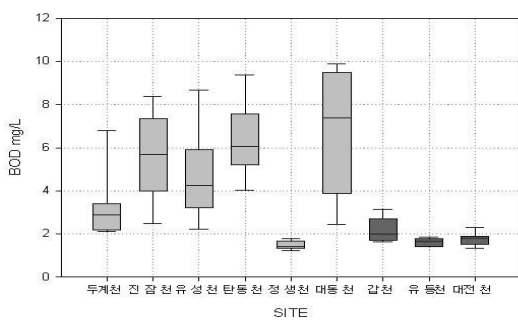


그림 3. 지류하천의 수질

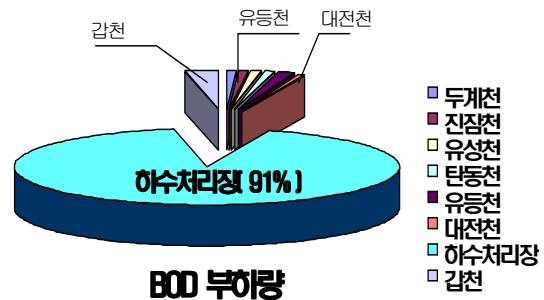


그림 4. 지류하천의 부하량 비교

3. 연구결과 및 고찰

모의는 연중 수질이 가장 나쁜 4월을 대상으로 실시하였다. 표 2와 같이 4가지의 상황에 따라 모의

를 실시하였는데, CASE 1은 하수처리장의 고도처리시설이 완공되기 전 우선적으로 시행하게 될 계획으로 갑천과 유등천의 합류부지점(그림 1-A)에서 70,000m³/day의 갑천수를 대전천 상류지점(그림 1-C)에 공급하여 대전천의 하천유지용수로 사용할 경우에 대한 모의이다. CASE 2는 CASE 1의 유지용수와 함께 고도처리시설이 완공 후의 80,000m³/day의 고도처리용수를 유등천 상류지역(그림 1-B)에 공급하여 하천유지용수로 사용할 경우에 대한 모의로서 고도처리 공법으로 결정된 NPR공법과 Bio-SAC공법에 대한 보증수질을 적용하여 모의를 실시하였다. CASE 3은 지하철 공사구간에서 발생하는 9,600m³/day의 용출수와 대청호의 상수원수 10,000m³/day을 함께 추가 할 경우에 대한 모의이다. CASE 4는 금강수계 오염총량 관리계획의 시·도 경계지점 목표수질인 5.9mg/L를 만족시키기 위하여 처리수의 방류수의 수질을 산출하기 위한 모의이다.

표 2. 하천유지용수 공급 방안에 대한 CASE별 수질변화 모의 상황

	주요 용수 이용		기타 용수 이용	
	갑천수 사용 m ³ /day(mg/L)	하수처리장 방류수 사용 m ³ /day(mg/L)	지하철용출수 m ³ /day(mg/L)	상수원수 m ³ /day(mg/L)
Case 1	70,000(3.6)	-	-	-
Case 2	70,000(3.6)	80,000(10.0)	-	-
Case 3	70,000(3.6)	80,000(10.0)	9,600(1.0)	10,000(0.9)
Case 4	70,000(3.6)	80,000(7.2)	9,600(1.0)	10,000(0.9)

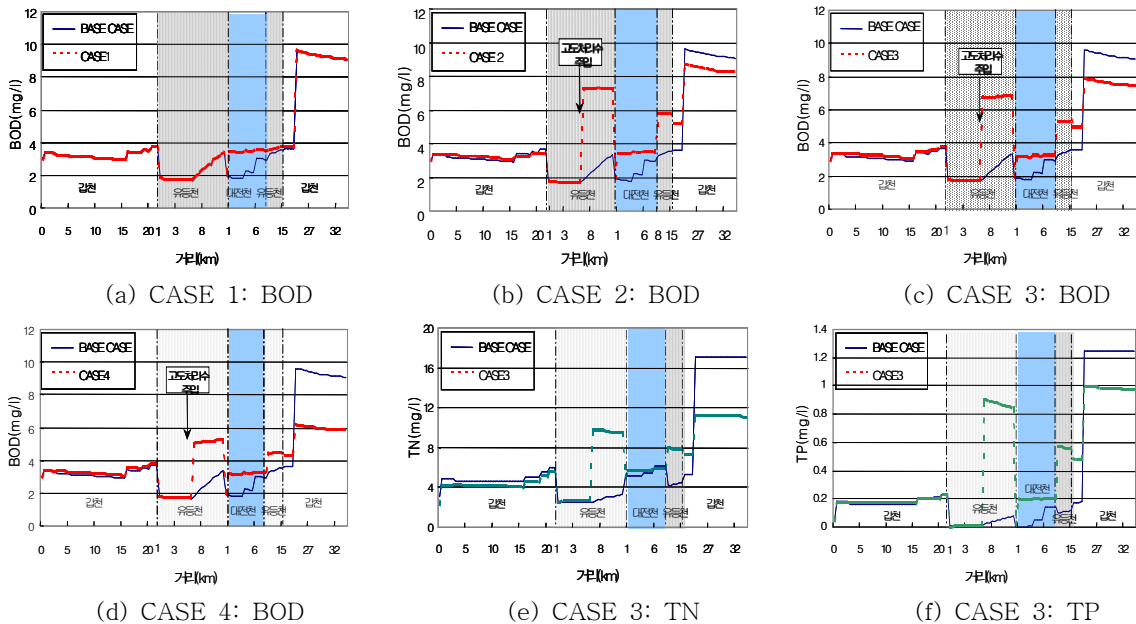


그림 5. CASE별 수질변화 모의 결과

하류부 하천수와 하수처리수를 이용한 하천유지용수 공급의 결과로 갈수기의 유량은 현재 상태에 비해 약 4~10배 이상 증가될 것으로 예상되며, 대전천은 1.0m³/sec, 유등천은 1.3m³/sec가량을 각각 유지할 수 있을 것으로 나타났다.

그림 5는 각 CASE별 수질모의 결과를 나타낸 것으로 CASE 1, CASE 2의 경우 갑천수를 유지용

수로서 공급하는 대전천은 현재 가지고 있는 수질 등급을 그대로 유지하는 것으로 나타났으나, 고도처리수를 이용하는 유등천 상류의 경우 현 II~III등급에서 IV등급으로 수질이 다소 나빠질 것으로 나타났다. 하지만 앞서 말한 바와 같이 이는 수질이 가장 나쁜 4월을 기준으로 한 보증수질을 적용한 것으로 이 보다는 양호한 수질을 유지할 수 있을 것으로 예상된다. CASE 3의 대전시의 지하철공사에 의해 발생하는 용출수와 대청호소수의 상수원수를 유지용수로서 추가적으로 사용할 경우 BOD가 약 0.3mg/L가량 개선될 것으로 나타났다. 마지막으로 CASE 4의 경우 고도처리시설의 도입 후 금강합류점에서 감천의 예측 BOD는 7.4mg/L로 현재 9.0mg/L에 비하여 개선되지만, 이는 금강수계 오염총량 관리계획의 시도 경계지점 목표수질인 5.9mg/L를 만족시키지 못하는 것으로, 이를 만족시키기 위해서는 하수처리장의 방류수를 BOD 7.2mg/L이하로 처리해야 하는 것으로 나타났다.

4. 결론

도심생태하천조성을 위한 하천유지유량의 확보 방안으로 하류지역에 위치한 하수처리장의 고도처리수를 하천유지용수로 사용 할 경우에 대한 수량 및 수질변화를 모의 하였다. 본 계획이 실시됨에 따라 갈수기의 유량이 이전에 비해 4~10배가량 증가할 것으로 나타났으며 이로 인하여 보다 양호한 친수기능을 창출할 수 있을 것으로 예상된다. 하지만 수질은 고도처리장의 처리수를 유지용수로 사용하게 될 경우 BOD, TN, TP에서 모두 현 상태보다는 다소 상승할 것으로 예상된다. 그러므로 보다 양호한 수질 개선과 시민들의 환경의식 고취를 위해서 유지용수 방류지점에서의 고수부지에 인공습지를 통한 연계처리방식을 고려하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 대전광역시(2000). 3대하천시설물 안전성 검토 및 방재대책수립 보고서.
2. 대전광역시(2003). 도심생태하천조성 학술연구.
3. 대전광역시(2004). 하수처리장 고도처리시설 설치공사 실시설계보고서.
4. Brown, I. and Barnwell, T.(1987), The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E: Documentation and User's Manual, USEPA.