

수량-수질 연계모의를 통한 하수처리장 운영방안 제시

Suggestions on the operation of sewage treatment plant used to integrated water quantity and quality analysis

서재승*, 최시중**, 이동률***, 강성규****
Jae-Seung Seo, Si-Jung Choi, Dong-Ryul Lee, Seong-Kyu Kang,

요 지

하천법에서 하천유지유량은 “생활·공업·농업·환경개선·발전·주운 등의 하천수 사용을 고려하여 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위한 최소한의 유량”으로 정의 되어있고, “하천유지유량 산정요령”에 따라 갈수량을 기본으로 하여 하천의 수질보전, 하천 생태계 보호, 하천경관 보전 등 8가지 항목을 고려하여 산정하고 있다. 환경부에서는 2007년1월 환경부 고시에 ‘중권역별 수질 및 수생태계 목표기준과 달성기간’을 제정·고시하였고, 하천의 주요지점에 목표수질을 설정하고 그 수질을 만족시키기 위해 오염물질의 허용량을 제한하는 오염총량관리제도를 도입하였다. 이와 같이 하천 수질의 중요성이 대두되고 있으며, 하천의 기능을 제대로 유지하기 위해서는 수량뿐 아니라 적절한 수질이 요구 된다.

본 연구에서는 한국건설기술연구원과 SEI-US(Stockholm Environment Institute-U.S center)가 공동으로 개발한 통합수자원평가모형인 K-WEAPq 모형을 이용하여 만경강 유역의 네트워크를 구축하고 2003년의 수질 및 유량 자료를 이용하여 수량-수질을 모의하였다. 일별 수량-수질 동시모의를 통해 만경강 유역의 하수처리장 방류수 수질에 따른 하천 수질의 연중 변화를 파악하였고, 하수처리장 방류수의 수질을 변화시켜 수질모의 결과를 비교하였다. 분석결과 하수처리장 방류수의 수질에 따라 하천의 수질이 변화됨을 알 수 있고, 하수처리장 방류수 농도를 적절하게 조절하여 하천의 목표수질을 달성할 수 있음을 알 수 있다. 이 결과를 활용하면 하천의 수질 및 유량에 따라 하수처리장의 효율적인 운영이 가능하며 비용절감의 효과를 기대할 수 있을 것이다.

핵심용어 : 수량-수질 연계모의, 하수처리장

1. 서론

환경부의 “중권역별, 수질 및 수생태계 목표기준과 달성기준” 및 오염총량관리제도 에는 하천 구간 및 주요지점에 대해 목표수질을 규정하고 있다. 하천에 유입되는 오염물질은 점오염원 및 비점오염원으로 분류되는데, 점오염원의 대부분은 하수처리시설로 유입되어 처리를 거친 후 방류된다. 2007년 현재 우리나라의 하수도 보급률은 87.1%이며, 18,404 천m³/일의 하수를 처리하고 있으며 하수처리장별 연 평균 방류수질은 0.6 ~ 14.9 mg/L의 분포이다. 하천에 방류되는 공공하수처리장의 방류수 수질기준은 BOD 10 mg/L 이하로 규정되어 있는데, 갈수기등 하천의 유량이 풍부하지 않을 경우나, 규모가 큰 하수처리장의 방류수질은 하천의 수질에 큰 영향을 미치게 된다. 이러한 문제를 조절하기 위하여 하수처리장 방류수를 분산방류 하거나 하수처

* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원·E-mail : jsseo@kict.re.kr
** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원·E-mail : sjchoi@kict.re.kr
*** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구실 책임연구원·E-mail : dryj@kict.re.kr
**** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원·E-mail : skkand@kict.re.kr

리장을 분산 배치하는 연구가 수행되기도 하였다.

본 연구에서는 K-WEAPq 모형을 통한 일별 수량-수질 연계모의를 통해 하천 수질의 연중 변화를 파악하였고, 하수처리장 방류수의 수질을 변화시켜 하류의 하천수질 변화를 검토하였다.

2. 분석에 사용된 모형

K-WEAPq 모형은 유역의 물이용 순환체계를 컴퓨터 프로그램으로 구현하고, 수량, 수질, 환경, 수요관리 등을 종합적으로 고려하여 통합 수자원계획 및 평가를 지원하는 전문 소프트웨어이다. 또한, 2006년 수자원 장기종합계획 보완에 적용하는 등 이미 실용화 단계에 있으며, 과기부 '03~'05 국가연구개발 우수성과 100선과 과학재단에서 선정한 2007년 대표적 우수연구성과 50선에 선정되는 등 그 우수성을 인정받고 있다.

K-WEAPq 모형의 특징으로는 사용이 쉬우며, 뛰어난 확장성을 가지고 있다. 또한 지표수-지하수-대체수 자원의 연계운영을 지원하며, 공급우선순위 시스템과 내장된 선형계획 모듈을 통한 합리적인 용수 배분을 모의하고, 사회·경제변화, 환경정책, 수요관리 및 공급관리 등 다양한 시나리오의 구축과 평가가 가능하다. 점원 및 비점원오염원의 하천오염부하에 대해 보존성 수질성분과 BOD, DO 등의 1차 분해성 수질성분은 내장된 함수를 통해 모의할 수 있으며, 보다 다양하고 정확한 수질모의는 QUAL2K 모형과의 연계를 통해 모의할 수 있다. K-WEAPq 모형과 QUAL2K 모형의 연계시스템 개요는 그림 1과 같다.

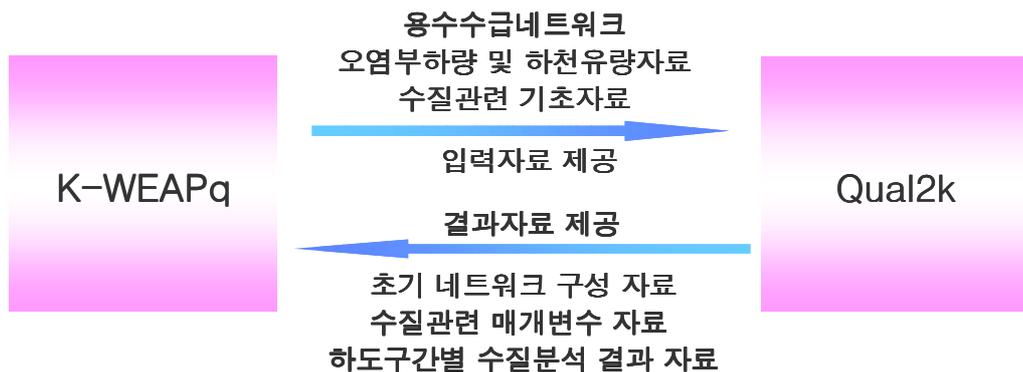


그림 1. K-WEAPq와 QUAL2K의 연계시스템

3. 연구내용

본 연구는 만경강 유역 중 하수처리장 방류수에 따른 하천 주요지점의 영향을 파악하기 위하여 전주하수처리장 방류수가 방류되는 전주천의 하류유역을 대상 유역으로 선정하였고, 전주하수처리장 방류수가 유입되는 지점 이후의 특정지점을 대상으로 방류수질 변화에 따른 일일 수질변화를 모의하였다.

대상유역인 전주천은 전라북도 전주시에서 남동쪽으로 26km 정도 떨어진 관촌평야에서 발원해 전주 시가지의 중심을 남동쪽에서 북서쪽으로 관통하며 흐르는 만경강의 제1지류로 유역면적 31.53km², 길이 30.00km이고, 전주하수처리장 방류수 유입이후 하류의 전주천6(환경부 수질측정망 지점)의 2003년 월평균 BOD 농도 분포는 3.1~8.1 mg/L였다. 전주하수처리장은 처리인구 590,000명에 하수처리 403,030 m³/일, 위생처리 290kl/일의 처리용량을 가지고 있으며 2003년 평균 방류수질은 15 mg/L였고, 고도처리를 통한 2007년 평균 방류수질은 3.1 mg/L 이다.

수량-수질 연계모의를 위해 K-WEAPq 모형을 통하여 그림 2와 같이 용수수급 네트워크를 구축하였고, QUAL2K 모형 분석을 위하여 그림 3과 같이 하도구간을 구분하였다.

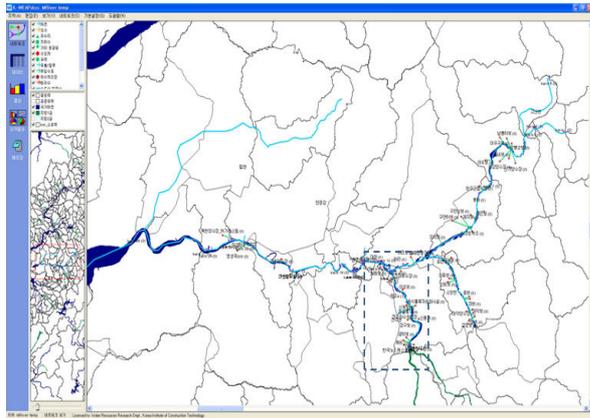


그림 2. K-WEAPq 모형을 통한 만경강유역 용수수급 네트워크 구축

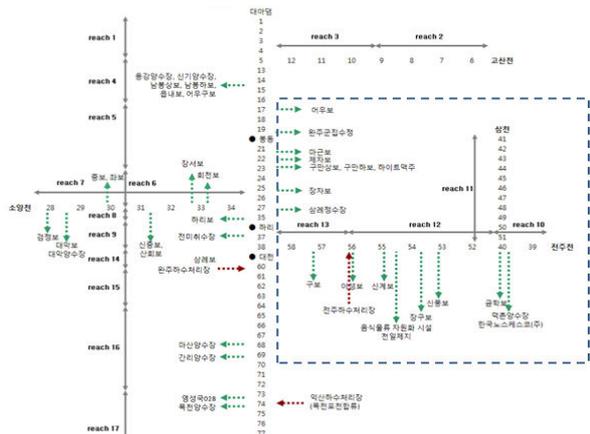


그림 3. 만경강유역 하도구간 모식도

분석에 사용된 기준년도는 2003년이며, 물수지 분석에 사용된 유량자료는 “수자원장기종합 계획 보완(건설교통부, 2006)”의 모의 자연유량 자료(TANK모형)를 활용하였고, 취수시설 및 취수량과 회귀율 등을 이용하였다. 하천수질 예측을 위한 오염부하량, 주요지점 실측자료, 모형 검·보정을 위한 매개변수는 금강 오염총량관리 기본계획(전라북도, 2005.6)의 자료 및 물환경관리기본계획(2006)의 자료를 활용하였다. K-WEAPq 모형의 입력자료로써 물환경관리기본계획의 월별부하량 자료를 이용하였다. 전주하수처리장의 방류수질은 먼저 2003년 하수도통계의 자료를 이용하여 방류량 3.808 m³/s, BOD 15 mg/L를 적용하였고, 다음과 같은 세 가지 시나리오 조건으로 분석하였다. 먼저 대상지점의 농도변화를 관찰하기 위하여 연중 10 mg/L, 5 mg/L의 동일한 농도로 조절하여 방류하는 조건으로 분석하고, 목표수질 농도에 맞게 개략적으로 계산하여 방류수질의 일변화에 따른 분석을 분석하였다. 전주천에 유입된 유달부하량의 월 변화는 그림4와 같고, 검·보정에 사용된 실측수질 자료는 표 1과 같다.

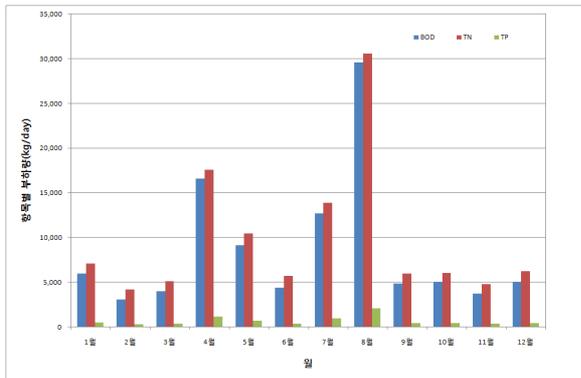


그림 4. 전주천의 월별 부하량 변화

	11월25일		12월9일	
	A 지점	B 지점	A 지점	B 지점
수온(°C)	8.1	10.5	6.2	10.2
DO(mg/l)	10.3	3.4	12.9	3.8
pH	7.5	7.6	7.5	7.6
TSS(mg/l)	8.064	23.616	11.44	16.94
BOD(mg/l)	2.894	11.592	5.984	9.35
CODmn(mg/l)	7.2	16.992	13.42	16.94
TN(mg/l)	4.422	10.176	6.86	3.284
TP(mg/l)	0.14	0.732	0.103	0.085

표 1. 모형 검·보정에 사용한 수질실측자료

4. 분석결과 및 고찰

그림 5에 수문조사연보의 전주관측소 실측유량자료와 K-WEAPq 모형을 이용하여 분석한 모의결과를 비교하였다. 그림에서 알 수 있듯이 전주지점의 모의유량 자료는 실측치와 유사하게 나타났다. 전주천의 QUAL2K 모형 보정결과 그림 6과 같이 계산결과와 실측결과가 잘 일치함을 알 수 있고, 전주천의 수질은 상류에서는 BOD 4 mg/L 이하로 비교적 양호한 수질을 유지하였으나 전주하수처리장 방류수가 유입되는 지점 이후 하류수질은 매우 높아짐을 알 수 있다.

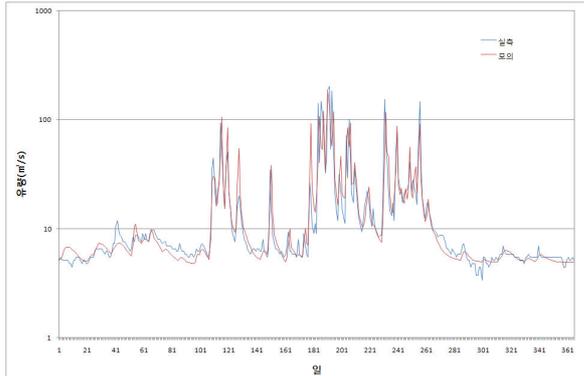


그림 5. 전주측정소 지점 유량 비교

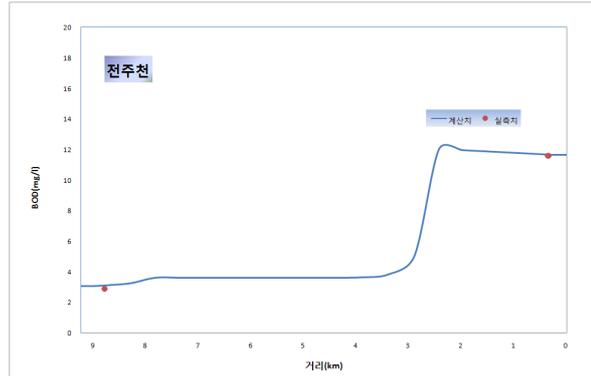


그림 6. QUAL2K 모형 보정결과

그림 7은 K-WEAPq 모형을 통하여 분석된 전주하수처리장 방류수 유입 하류 지점의 수질 및 유량분석 결과이며, 그림에서 알 수 있듯이 상대적으로 유량이 부족한 기간에는 수질이 높으며 유량이 풍부한 기간에는 수질이 양호한 편이다. 그림 8에 전주하수처리장 방류수질 농도변화에 따른 대상지점의 수질변화를 도시하였다. 목표수질은 국립환경과학원의 수질·유량측정망 등 DB 및 웹시스템에서 제공하는 전주A 단위유역의 목표수질로 BOD 5.9 mg/L이며, 전주하수처리장의 방류수를 15 mg/L로 방류했을 경우에는 89일동안 목표수질을 만족했으나, 10 mg/L일 경우에는 135일, 5 mg/L로 방류할 때는 325일간 목표수질을 만족하는 것으로 분석되었다. 이 경우 목표수질보다 낮은 시점의 평균 농도는 각각 2.9 mg/L, 3.3 mg/L, 3.5 mg/L로 방류수질이 더 높아져도 목표수질을 만족할 수 있다는 것을 알 수 있다. 방류수질을 일단위로 변화시켜 방류한 경우 대상지점의 수질은 변화가 큰 4월 하순경과 7~8월을 제외하고 목표수질 농도 근처에 안정적으로 분포하는 것으로 분석되었다.

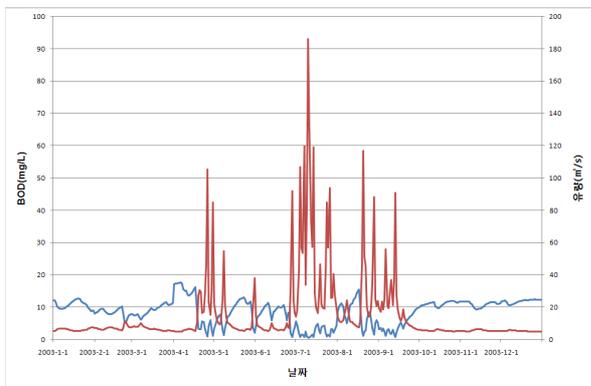


그림 7. 대상지점의 연중 유량 및 수질 변화

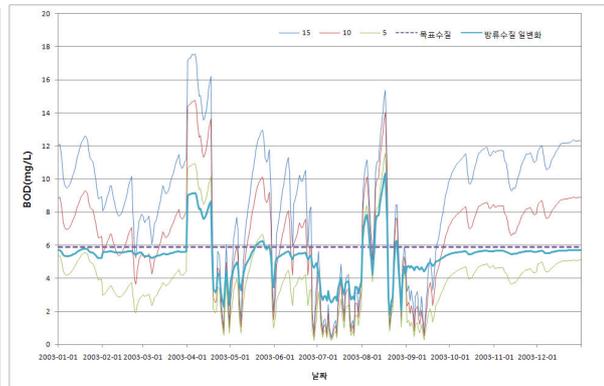


그림 8. 방류수질 변화에 따른 대상지점의 하천수질 변화

5. 결론

본 연구에서는 하수처리장 방류수질이 하천의 일일 수질에 미치는 영향을 파악하고 방류수질의 조절에 따른 하천수질의 변화를 파악하기 위하여 일처리량 329,476 m³/일인 전주하수처리장 방류수의 BOD 농도를 조절하며 하류 하천수질의 일변화를 파악하였다. K-WEAPq 모형을 이용한 수량-수질 연계모의 결과에서 나타나듯이 연중 동일한 수질로 하수처리장 방류수를 방류할 경우 자료의 계절별(혹은 월별) 변화가 매우 크며, 목표수질을 크게 상회하거나 못미치는 경우도 많았다. 그러나 대상지점의 목표수질에 맞도록 개략적으로 분석하여 방류수질을 일 단위로 변화시켜 분석한 결과 목표수질 농도 근처에서 안정적으로 분포하였다. 본 연구에서 제시한 시나리오는 가상적인 조건으로 실제 하수처리장 운영시에는 방류수의 수질이 연중 동일하게 방류되지 않고, 일일방류수질을 원하는 농도가 되도록 운전하는 것은 현실에 맞지 않는 상황이다. 그러나 본 연구를 통하여 하수처리장 방류수의 수질에 따른 하천수질의 일변화를 분석하였고, 이를 통해 하수처리장 방류수 농도를 적절하게 조절하여 하천의 목표수질을 달성할 수 있음을 알 수 있었다. 이 결과를 활용하면 하수처리장의 유입 수질, 대상 하천의 수질 및 유량에 따라 하수처리장의 효율적인 운영이 가능하며, 이에 따라 하천의 수질을 안정적으로 유지할 수 있고, 하수처리장의 적절한 운영을 통하여 비용절감의 효과를 기대할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2007). 자연·사회환경 개선을 위한 하천유지유량 산정방안 보고서, 건설교통부
2. 김동수, 박종태, 김용구, 박성천(2008). 하수처리장 분산방류에 의한 방류수역의 수질개선효과, 한국환경과학회지 제17권(제1호), pp. 113 ~ 118.
3. 이재근, 정우혁, 임수빈, 정환도(2008). 하수처리장 분산배치에 따른 하천유량 및 수질 변화, 한국물환경학회·대한상하수도학회 공동춘계학술발표회 논문집, pp. 381 ~ 382
4. 전라북도(2005). 전라북도 금강 오염총량관리 기본계획, 전라북도.
5. 환경부(2006). 물 환경관리 기본계획, 환경부