

안양천 유역의 소유역별 오염총량 산정

Calculation of Total Amount of Pollutant Load by Sub-Watersheds in the Anyangcheon Watershed

이길성*, 김경태**, 김상욱***, 정은성****

Kil Seong Lee , Kyungtae Kim, Sang Ug Kim, Eun-Seong Chung

요 지

기존 하천에 실시되고 있던 농도 규제에 근본적인 한계를 극복하고자 우리나라 4대강에 오염총량관리제도가 실시되었다. 그러나 1999년부터 약 8년 동안 실시된 오염총량관리제도에 기술적·제도적 문제들이 발견되고 있다. 본 연구에서는 오염총량관리제도의 많은 문제점들 중에 기준유량에 대한 문제점과 오염부하량의 할당에 대한 문제점에 중점을 두었다. 총량관리단위유역은 대표적인 도시하천 중 하나이며 한강의 지류인 안양천 유역이며, 목표수질은 1991년 환경부 하천환경수질기준인 5등급으로 결정하였으며, 관리물질은 1차관리물질인 BOD(Biochemical Oxygen Demand)이다. 기준유량은 평균저수량과 평균갈수량을 사용하여 비교하였고, 발생부하량을 계산하였으며, 발생부하량에 의한 배출부하량을 계산하고, HSPF(Hydrologic Simulation Program - FORTRAN) 모형을 사용하여 배출부하량으로 인한 유달부하량을 산정하여 허용부하량을 계산하였다. 마지막으로 목표수질을 만족시키기 위해 삭감부하량을 계산하였고, 삭감부하량을 안양천 유역의 각 소유역별로 할당하였다.

핵심용어 : 오염총량관리제도, 목표수질, 관리물질, 기준유량, 삭감부하량, 할당

1. 서론

산업발달과 인구증가로 많은 양의 물이 필요하게 되었지만, 장마와 태풍의 영향으로 여름철에 집중하는 강우와 이를 저류할 수 있는 시설을 갖추고 있지 않아 비효율적으로 물을 사용하고 있으며, 많은 양의 물이 사용되는 만큼 오·폐수 또는 오염물질의 배출 또한 많아지고 있어 하천의 수질 역시 나빠지고 있다. 결국에는 기존에 하천에 실행되고 있었던 배출허용 기준 중심의 농도 규제에 한계를 느끼게 되고 오·폐수의 양적 팽창에 따른 오염부하의 증가를 통제할 수 없는 상황에 까지 이르게 되어 이를 바로잡기 위해 오염총량관리제도가 시행되었다.

현재 우리나라 4대강에서 오염총량관리제도를 실시하고 있다. 한강은 임의제 형태의 수질오염총량관리제를 도입하였으나 낙동강, 금강, 영산강 및 섬진강 수계는 의무제로 시행하는 특별법이 2002년에 제정, 공포되었다. 환경부에서 개정한 오염총량관리계획수립지침(환경부, 2006)에 오염총량관리계획에 대한 전반적인 내용들이 명시되어 있다.

우리나라의 오염총량관리제도는 시·군수가 수역별 목표수질 달성을 위하여 시장·군별로 배출

* 정희원 · 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 교수 · E-mail: kilselee@snu.ac.kr

** 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 석사과정 · E-mail: greatae@snu.ac.kr

*** 정희원 · 서울대학교 BK21 SIR 사업단 박사 후 연구원 · E-mail: plethor1@snu.ac.kr

**** 정희원·서울대학교 공학연구소 선임연구원 · E-mail: cool77@snu.ac.kr

할 수 있는 오염부하총량 이내로 당해 시·군 지역에서 배출되는 오염부하량을 연차적으로 삭감하는 것이라고 정의하고 있다(환경부, 2006).

김상민과 박승민(2004, 2007)은 HSPF를 이용하여 오염총량관리제도를 적용한 바 있고, Endreny 등(2003)과 Culver 등(2004)은 HSPF를 이용하여 TMDL을 산정한 바 있다.

2. 오염총량관리제도의 적용

2.1 총량관리단위유역, 목표수질, 관리물질, 기준유량 및 수질모형의 설정

총량관리대상유역은 유역면적 287.15 km², 유로연장 32.38 km인 한강의 지류인 안양천 유역이며, 2000년을 기준으로 도시지역이 43.03% (123.31 km²), 녹지지역이 41.98% (120.28 km²)로 우리나라 대표적인 도시하천 중 하나이다. 안양천 하구를 최종 출구점으로 하여 상류방향으로 도림천, 목감천, 시흥천, 삼봉천, 삼성천, 수암천, 학의천, 산본천, 당정천, 오전천, 왕곡천 유역까지 11개의 소유역으로 이루어져 있다.

목표수질은 1991년에 환경부 고시에 따라 현재 안양천 유역의 하천수질환경기준인 5등급으로 설정하였고, 관리물질은 오염총량관리제도의 1차 계획기간 중 관리물질인 BOD를 사용하였다.

현재 오염총량관리제도의 기준유량은 10년 평균 저수량으로 명시되어 있다. 우리나라 중·소규모 하천의 대부분이 갈수기시 하천이 흐르지 않고, 댐 등의 인위적인 방류량에 의존하고 있기 때문이다. 그러나 저수량은 365일 중 275번째에 해당되는 유량이므로, 나머지 90일 동안 목표수질을 만족시키지 못할 수 있기에 365일 중 355일을 만족시킬 수 있는 갈수량을 사용하여 비교하였다.

허용총량을 산정하기 위해 U.S EPA에서 권장하고 있는 장기유출 및 수질 모의를 할 수 있는 HSPF 모형을 사용하였다. 그림 1과 그림 2는 HSPF 모형의 BOD 농도 보정 및 검증을 나타낸다.

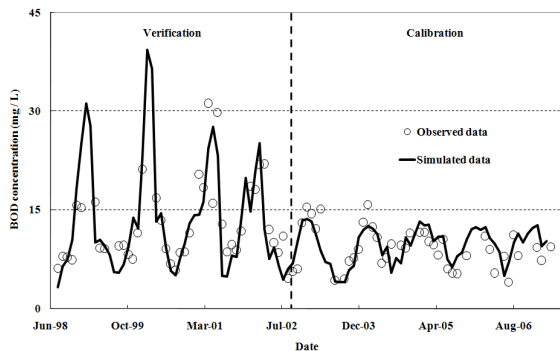


그림 1. 하구에서 BOD 농도의 보정 및 검증

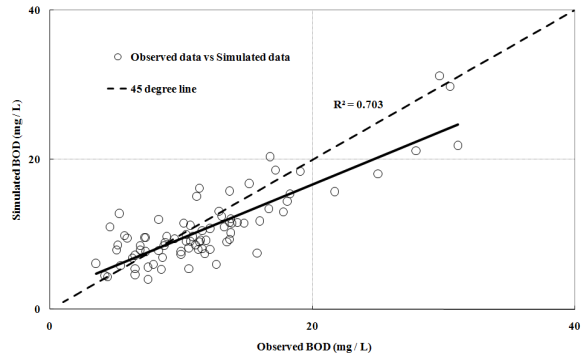


그림 2. 모의자료와 관측자료 비교 (결정계수)

총량관리단위유역, 목표수질 및 기준유량이 정해지고 유역에서 배출되는 오염부하량을 과학적 기법을 이용하여 추정하고, 목표수질을 만족하기 위해 유역에서 배출할 수 있는 오염부하량(허용총량)을 산정하기 위해서는 수질모형을 이용하여 유달부하량이 기준배출부하량 이하의 값이 되도록 해야 한다(문현주와 황석준, 2005).

2.2 오염총량의 계산

목표수질을 설정하고 기준유량을 설정한 다음, 발생부하량 및 배출부하량을 산정한 후 HSPF

를 이용하여 유달부하량을 산정하였다. 오염부하량을 계산하는 과정은 다음식과 같다.

$$L_i = Q_i \times C_i \times 10^{-3}$$

여기서 L_i 는 대상지역의 관리목표량 (kg/day), Q_i 는 대상하천 관리지점의 기준 유량(m^3/day) 그리고 C_i 는 규정에 의한 당해 수역의 오염총량관리목표수질 (mg/L) 이다. 그림 3과 그림 4는 평균저수량 및 평균갈수량에 따른 허용총량과 삭감부하량을 나타내고, 그림 5와 그림 6은 각각 동일 부하량 삭감에 따른 평균저수량과 평균갈수량의 소유역별 할당이고, 그림 7과 그림 8은 각각 동일 비율 삭감에 따른 평균저수량과 평균갈수량의 소유역별 할당을 나타낸다.

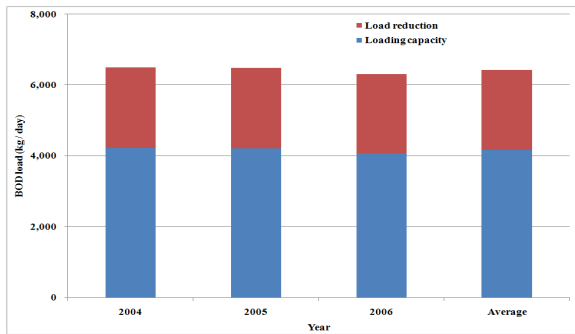


그림 3. 연별 허용총량과 삭감부하량(저수량)

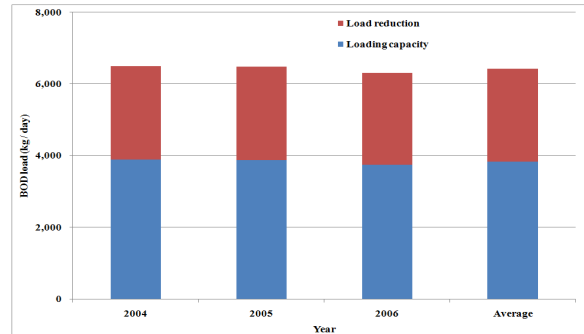


그림 4. 연별 허용총량과 삭감부하량(갈수량)

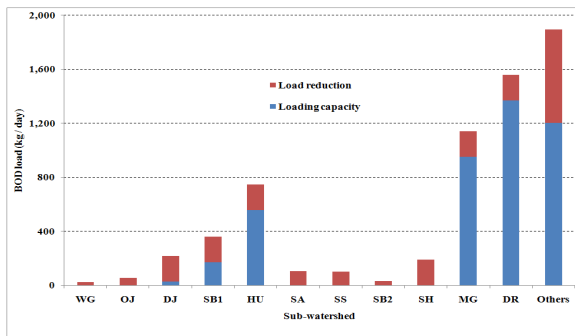


그림 5. 동일부하삭감에 따른 소유역별 할당 (저수량)

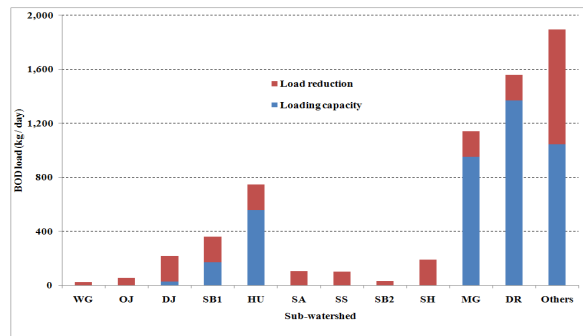


그림 6. 동일부하삭감에 따른 소유역별 할당 (갈수량)

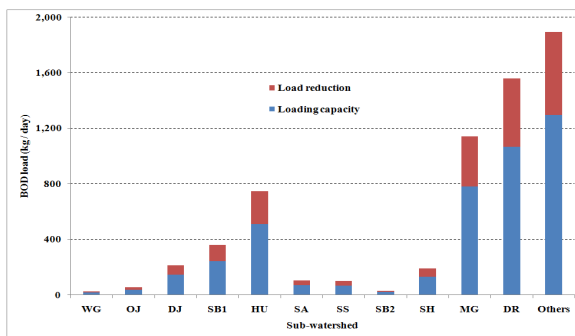


그림 7. 동일비율삭감에 따른 소유역별 할당 (저수량)

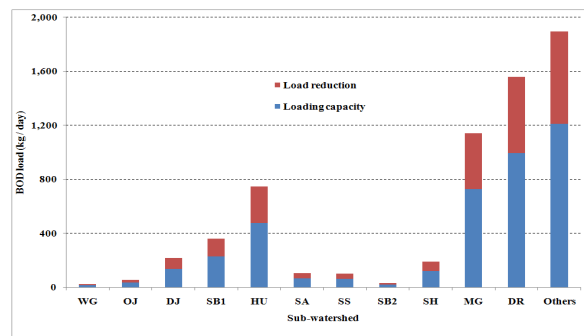


그림 8. 동일비율삭감에 따른 소유역별 할당 (갈수량)

3. 결론

현재 4대강 유역에 실시되고 있는 오염총량관리제도를 안양천 유역에 적용하였다. 목표수질은 환경부 고시 하천수질환경기준 5등급이며, 관리물질은 1차계획기간의 대상물질인 BOD 이며, 기준 유량은 오염총량관리제도상의 평균저수량과 이를 보완하기 위해 평균갈수량을 선정하여 비교하였으며, 수질모형은 장기유출 및 수질모의가 가능한 HSPF를 사용하였다. 오염원 그룹별로 발생부하량을 계산하고, 이로 인해 배출되는 배출부하량을 계산한 후, 수질모형을 이용하여 유달부하량과 허용총량을 계산하였다. 평균저수량과 평균갈수량을 이용하여 각각의 삭감부하량을 각 소유역에 동일부하량 삭감에 의한 방법과 동일비율 삭감에 의한 방법을 이용하여 할당하였다. 기준유량 측면에서 비교해보면 두 가지 할당방법 모두에서 평균갈수량이 평균저수량보다 더 많은 삭감량을 보였으며, 할당방법 측면에서 비교해보면 총삭감부하량을 같은 양으로 각 소유역별로 할당하면 왕곡천, 오전천, 수암천, 삼성천, 삼봉천, 시흥천에서 배출부하량보다 삭감부하량이 더 많게 되어 이러한 소유역에서는 오염부하량을 배출하지 않아야 된다는 비합리적인 결론에 도달하지만, 총삭감부하량을 같은 비율로 삭감하게 되면 비교적 합리적인 방법으로 할당할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프런티어 연구개발 사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단(과제번호 1-7-3)의 서울대학교 공학연구소를 통한 연구비 지원(30 %)과 서울대학교 BK21 안전하고 지속 가능한 사회기반건설사업단의 연구비 지원(70 %)에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 심심한 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

1. 문현주, 황석준 (2005). **총량관리제 하에서의 지역환경 관리**. 연구보고서, 한국환경정책·평가연구원.
2. 김상민, 박승우 (2004). “오염총량관리를 위한 HSPF 모형의 보정과 검증.” **한국수자원학회 학술 발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 527 - 531.
3. 김상민, 박승우 (2007). “농촌소유역의 오염부하 추정을 위한 HSPF 모형의 보정과 검증.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제37권, 8호, pp. 643-651.
4. 환경부 (2006). **한강수계 오염총량 관리계획 수립지침**.
5. Culver, T.B., Yu, S.L., Zhang, H.X., Naperala, T., Potts, A. and Neeley, K. (2004). "Nitrate TMDL Development for the Muddy Creek/Dry River Watershed, Virginia: Success and Failure." *World Water Congress 2001*.
6. Endreny, T.A., Somerlot, C. and Hassett, J.M. (2003). "Hydrograph sensitivity to estimates of map impervious cover: a WinHSPF BASINS case study." *Hydrological process*, 17, pp. 1019 - 1034.
7. U.S. Environmental Protection Agency (1999). Proposed revisions to the Water Quality Planning and Management Regulations, proposed Rule 40 CFR Part 130, *Federal regulation*. 64(162).