

소유역별 허용 배출오염부하량 결정에 관한 연구

Decision of Permissible discharge Pollutational Load of Subbasin

박성천*, 김용구**, 노문수***
Park, Sung-Chun *, Kim, Yong-Gu **, Roh, Moon-Soo ***

요 지

우리나라는 토지이용이 고도화 되어 있고 상수원에 각종 오염시설이 이미 입지해 있으며 개발압력이 가중되고 있는 현실을 고려해 볼 때 환경기초시설 확충 및 배출기준 강화 등 사후적 관리방법으로는 상수원의 수질개선에 한계가 있다. 그리고 상수원수질보전을 위한 기존의 토지이용 규제정책도 일정 규모 이하는 규제 대상에서 제외되어 소규모 시설에 대한 효율적 규제가 안 되고 있을 뿐만 아니라, 토지이용 규제에 의한 주민의 재산권 제한으로 민원도 계속되고 있다. 따라서 오염원의 총량적인 증가에 효율적으로 대처하고 주민이 스스로 오염원 총량발생을 억제함과 동시에 환경친화적으로 지역을 개발할 수 있는 새로운 수질관리 기법이 도입될 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 섬진강을 대상하천으로 각 배수구역별 유향분석을 실시하고, 오염원조사, 부하량 산정, 수질모델링의 불확실성등 안전율을 고려하여, 오염원 총량관리 기본방침을 기준으로 오염총량관리대상 오염물질의 종류인 생물학적 산소요구량(BOD)에 대하여 2006년과 2011년의 장래수질예측을 실시하였고 그 결과 목표수질을 달성할 수 있는 배수구역별 부하량을 할당하였다.

핵심용어 : 오염원 총량관리, 생물학적 산소요구량(BOD), 목표수질, 수질예측, 부하량 할당

1. 서론

수역으로 유입되는 하·폐수를 배출허용 기준이나 방류수 수질기준에 따라 규제하는 농도규제 중심의 수질 관리는 오염원에 대해 동일한 규제치를 획일적으로 적용하는 것으로 형평의 원칙을 준수한다는 장점이 있으나, 수질오염 물질 배출이 수환경 용량을 초과하는 경우에는 수질개선에 한계가 있다. 특히 배출자가 분명하지 않은 규제 미만의 소규모 배출원과 비점오염원을 종합적으로 고려하지 못하기 때문에 총 오염배출량이 환경 용량을 초과하는 경우 수질을 효과적으로 관리하지 못하는 단점이 있다. 즉, 모든 오염자가 정해진 배출기준치를 준수하더라도 동일한 수역에 집중되어 자정능력을 초과하는 오염물을 배출하는 경우에는 공공수역에 설정된 수질기준치를 달성할 수 없다. 이에 본 연구에서는 남해안 중서부에 위치하고 있는 섬진강 유역을 대상으로 오염부하량 산정 및 예측을 위하여 각 지류 및 본류의 지류합류점을 대상으로 하여 섬진강 4개, 오수천, 요천, 보성강의 총 7개 배수구역으로 분할하여, 점오염원(생활오수, 산업폐수, 축산폐수 및 양식장)과 비점오염원(토지이용 등)의 오염물질 발생량을 산정하여, 각각의 오염부하량 발생 원단위를 곱하여 배수구역별 발생부하량을 산정하였고, 인구, 산업 및 축산에 의한 발생부하량에서 하수종말처리장 등의 환경기초시설에 의한 오염부하 제거량을 감하여 오염물질 배출부하량을 산정하였다. 또한, 배출된 오염물질은 해당유역에 유입되는 동안에 유역의 특성에 따라 자연적인 확산, 흡착, 탈착, 용해 등의 과정과 인위적인 조작에 의해 복잡한 경로를 통하면서 변화하게 된다. 따라서 배출된 오염물질은 해당유역에 유입되는 부하량과 다르며 이것을

* 정희원 · 동신대학교 토목공학과 부교수 · E-mail : psc@dsu.ac.kr

** 정희원 · 동신대학교 대학원 토목공학과 박사과정 · E-mail : kkamy9155@hanmail.net

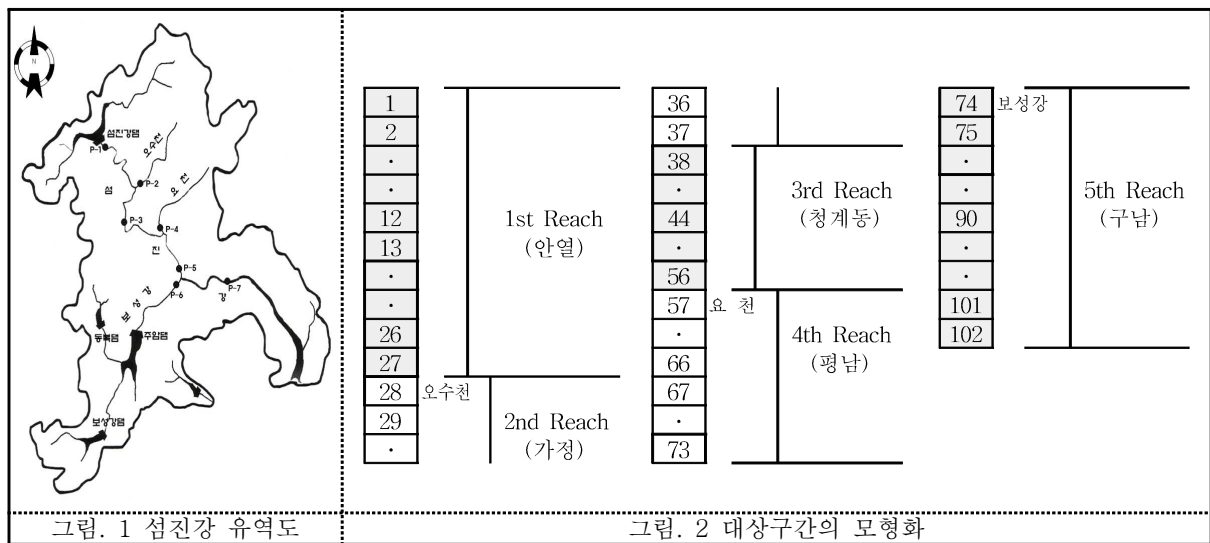
*** 정희원 · 동신대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · E-mail :

비율로 나타낸 것이 유달률이며, 본 연구에서의 유달률은 실측된 유량과 수질의 평균값을 이용하여 산정하였다. 오염원조사에 의해 결정되어진 배수구역별 부하량을 각 배수구역별로 목적에 상응하는 목표수질등급에 만족할 수 있도록 부하량 할당을 위해 장래수질예측 모형인 QUAL2E 모형을 이용하였다. QUAL2E 모형의 적용절차로는 첫째, HEC-RAS 모형을 이용하여 각 하천별로 대표지점 및 수리학적입력계수인 유속-유량계수($U = aQ^b$), 수심-유량계수($d = \alpha Q^\beta$)를 산정하고, 둘째, 수질모형인 QUAL2E 모형의 구축 하여 보정·검증을 실시한다. 셋째, 오염원조사, 부하량산정, 수질모델링의 불확실성의 안전율을 고려하여 수질예측을 실시하고 넷째, 수질예측 결과 목표수질 달성을 위한 부하량을 할당한다.

2. 모형의 구성과 적용

2.1 대상하천 및 대표지점 선정

한반도의 남해안 중서부에 위치하고 있는 섬진강 유역은 우리나라 4대강 유역의 하나로서, 동경 126° 51' 50" ~ 127° 53' 05", 북위 34° 40' 26" ~ 35° 50' 0" 사이에 위치하고 있으며, 동쪽으로 낙동강유역, 서쪽으로 영산강유역과 동진강유역, 북쪽으로 금강유역 및 만경강유역과 각각 경계를 이루고 있다. 섬진강 하구지점의 유역면적은 4,911.89 km², 유로연장은 223.86 km, 유역평균폭은 21.94 km, 형상계수는 0.1이고, 유역형태는 수지상이며, 평균고도는 EL. 301.60 m이다. 섬진강 유역은 요천의 중심부에 위치한 남원시 구간을 제외하고는 대규모 도시계획지역은 없으며, 소규모 군·면 단위별로 도시계획이 수립되어 있는 실정이다. 토지이용현황은 경지면적이 867.55 km², 임야면적이 3,231.05 km², 대지면적이 61.17 km², 기타면적이 752.13 km²로서 전체 유역면적 4,911.89 km² 중 약 65.8 %가 산지로 구성되어져 있다.



2.2 모형의 보정·검증

모형의 보정에 사용된 수질 및 유량자료는 영산강 유역환경청의 자료를 이용하여 반응계수 보정에 사용하였다. 그 결과 그림. 3과 그림. 4에서와 같이 각 수질항목별 예측치가 실측치에 근접하여 증감의 형상이 유사하게 나타나 좋은 보정결과를 보여 주었다. 모형의 검증은 모형의 보정에 사용된 자료군으로 정의된 현상범위내에서 보정된 모형을 적절히 예측하는데 사용할 수 있는지의 여부를 판단하는 과정으로 보정에 사용된 수질 및 유량자료는 2003년 10월~2003년12월에 측정된 3회 자료를 평균하여 모형의 검증에 사용하였다.

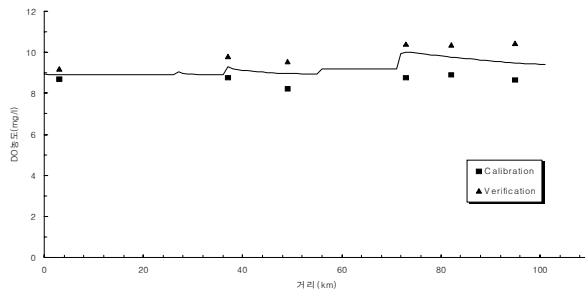


그림.3 모형의 DO 보정 및 검증결과

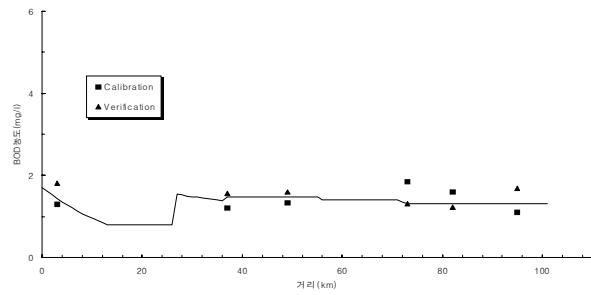


그림.4 모형의 BOD 보정 및 검증결과

3. 수질예측 및 분석

3.1 대상하천의 유황분석

수질예측을 위한 입력자료로서 유량의 자료는 대단히 중요하다. 본 연구에서는 섬진강의 대표지점인 송정지점의 비유량을 이용하여 각 배수구역별 유황분석을 실시하여, 그 결과를 <표 6.1>에 나타내었다.

표.1 배수구역별 유황분석

지점	유역면적	갈수량(Q ₃₅₅)	저수량(Q ₂₇₅)	평수량(Q ₁₈₅)
송정수위표	4271.9	4.5	16.4	22.4
	비유량(m ³ /sec/km ²)	0.001053	0.003839	0.005244
섬진강댐 유역	734.71	0.77365	2.82085	3.85281
오수천 유역	371.75	0.39145	1.42714	1.94945
본류 I 유역	304.72	0.32087	1.16982	1.59795
요천 유역	488.96	0.51487	1.87712	2.56411
본류 II 유역	542.63	0.57138	2.08315	2.84555
주암댐하류 유역	283.11	0.29812	1.08686	1.48462
본류 III 유역	664.98	0.70022	2.55286	3.48715

3.2 소유역별 부하량 할당

본 연구에서의 소유역별 부하량 할당을 위해서 오염원 총량관리 기본방침을 기준으로 오염총량관리대상 오염물질의 종류인 생물학적 산소요구량(BOD)을 2006년과 2011년의 BOD 유달부하량을 적용하여 장래 BOD 농도를 추정한 후 모형에 적용하였다.

표. 2 2006년 배수구역별 BOD 추정결과

지점	2006년		2011년	
	BOD 유달부하량 (kg/day)	저수시 추정 BOD농도(mg/l)	BOD 유달부하량 (kg/day)	저수시 추정 BOD농도(mg/l)
섬진강댐 유역	317	1.30	330	1.35
오수천 유역	311	2.52	324	2.63
본류 I 유역	415	4.10	432	4.27
요천 유역	556	3.42	577	3.56
본류 II 유역	144	0.80	150	0.83
주암댐하류 유역	215	2.28	223	2.37
본류 III 유역	354	1.60	368	1.67

또한, 본 연구대상인 섬진강은 전 구간에 걸쳐 목표수질이 1등급인 하천으로 2006년과 2011년 목표수질 만족을 위하여 각 배수구역별 부하량을 시행착오법에 의해 산정하였다.

표.3 2006년 배수구역별 오염부하량 삭감량에 따른 BOD농도 추정결과

지점	10%삭감	20%삭감	30%삭감	40%삭감	50%삭감
섬진강댐 유역	1.17	1.04	0.91	0.78	0.65
오수천 유역	2.26	2.02	1.76	1.51	1.26
본류 I 유역	3.69	3.28	2.87	2.46	2.05
요천 유역	3.08	2.74	2.40	2.05	1.71
본류 II 유역	0.72	0.64	0.56	0.48	0.40
주암댐하류 유역	2.06	1.83	1.60	1.37	1.15
본류 III 유역	1.44	1.28	1.12	0.96	0.80

표.4 2011년 배수구역별 오염부하량 삭감량에 따른 BOD농도 추정결과

지점	10%삭감	20%삭감	30%삭감	40%삭감	50%삭감
섬진강댐 유역	1.21	1.08	0.94	0.81	0.68
오수천 유역	2.36	2.10	1.84	1.57	1.31
본류 I 유역	3.84	3.42	2.99	2.56	2.13
요천 유역	3.20	2.84	2.49	2.13	1.77
본류 II 유역	0.75	0.67	0.58	0.50	0.42
주암댐하류 유역	2.14	1.90	1.66	1.42	1.19
본류 III 유역	1.50	1.33	1.17	1.00	0.83

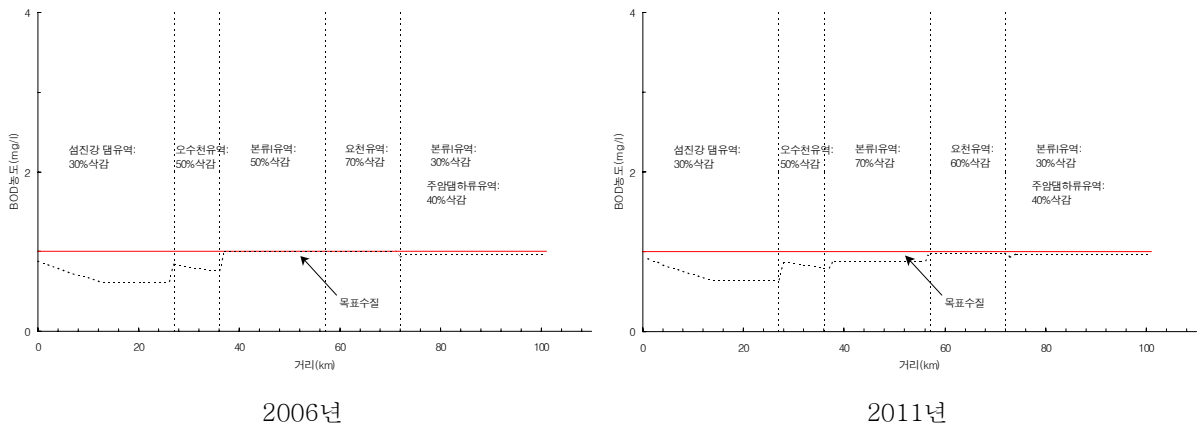


그림. 5 목표수질 만족을 위한 배수구역별 부하량 할당

4. 결론

본 연구에서는 섬진강을 대상하천으로 각 배수구역별 유황분석을 실시하고, 오염원조사, 부하량 산정, 수질모델링의 불확실성등 안전율을 고려하여, 오염원 총량관리 기본방침을 기준으로 오염총량관리대상 오염물질의 종류인 생물학적 산소요구량(BOD)에 대하여 2006년과 2011년의 장래수질예측을 실시하였고 그 결과 목표수질을 달성할 수 있는 배수구역별 부하량을 할당하였다. 그 결과 섬진강의 2006년, 2011년 목표수질 만족을 위하여 각 배수구역별 부하량을 시행착오법에 의해 산정한 결과, 2006년 섬진강 전 구간에 걸쳐 목표수질을 만족하기 위해서는 섬진강 댐유역은 30%, 오수천유역은 50%, 본류 I 유역은 50%, 요천유역은 70%, 본류 II 유역은 30%, 주암댐하류유역은 40% 삭감이 필요할 것으로 산정되었고, 2011년에는 섬진강 댐유역은 30%, 오수천유역은 50%, 본류 I 유역은 70%, 요천유역은 60%, 본류 II 유역은 30%, 주암댐하류유역은 40%의 오염부하량 삭감이 필요할 것으로 산정되었다.