

설마천 시험구역의 수질특성 분석

Analysis of Water Quality Characteristics of the Seolma-Cheon Experimental Catchment

김동필* , 임동희**
Dong Phil Kim, Dong Hee Yim

요 지

오염거동에 관한 연구는 일반적으로 도시하천 및 농업지역의 하천구역에서 이루어는 것이 일반적이나, 우리나라의 약 70% 정도가 산지유역으로 작은 산지하천이 발달되어 있는 점을 고려하면, 산지 소하천 유역의 오염거동 분석은 매우 의미 있다고 본다. 본 연구 대상유역인 설마천 시험구역(경기도 파주시 적성면 소재, 한국건설기술연구원 시험구역 운영 사이트)은 계곡을 중심으로 음식점과 휴게소가 발달되어 있고 소규모 농가 및 3개 군부대가 위치하는 등 비교적 적은 오염원이 존재하는 곳이다. 최근 4개년(2003~2006년) 자료를 이용하여 대상 유역의 상·하류 2개 지점의 동시간대의 수질자료를 바탕으로 오염거동을 모의하여 각 Segment별 오염량을 산정하고 유출부인 전적비교 지점과 실측값을 비교 하였으며, 검증된 모의값을 토대로 수문조건별 수질항목별 상·하류 관계식을 도출하였다.

본 연구 대상유역의 분석을 위해 총 10개의 실측 자료와 QUAL2E-PULS 모형의 모의를 토대로 각 Segment별 오염량을 산정한 결과 98% 이상의 정확도 높은 자료를 얻었다. 이 결과를 토대로 2개 지점간의 수문조건별 수질항목별 상·하류 관계식 도출하였으며, 전기전도도, COD, BOD, DO, pH, T-N, T-P 및 SS 순으로 98.9~87.8% 정도의 높은 결정계수를 보이는 것으로 분석되었다.

수질항목별 상·하류 관계식 산정

항목	관계식	R ²
DO	$y=0.0218x^2+1.2883x-0.1731$	0.92
BOD	$y=-0.0809x^2+0.0568x+0.2238$	0.96
T-N	$y=0.0454x^2+0.2693x+0.2159$	0.91
전기전도도	$y=-1.5659x^2+0.2801x+2.1503$	0.99
T-P	$y=0.0515x^2+0.3304x+0.3015$	0.90
pH	$y=0.0162x^2+0.1346x+0.1213$	0.92
COD	$y=-0.9920x^2-0.6643x+0.5961$	0.98
SS	$y=0.0051x^2+0.7928x+1.7062$	0.87

주) x : 각 segment별 유량 증·감량, y : 해당 수질항목 오염량

핵심용어 : 설마천 시험구역, 오염량, QUAL2E-PULS 모형, 상·하류 관계식

* 정회원·한국건설기술연구원 수문연구실 선임연구원 E-mail : dpkim@kict.re.kr
 ** 정회원·한국건설기술연구원 수문연구실 연구원 E-mail : yimdh@kict.re.kr

1. 서론

우리나라는 기상 및 지형학적인 특성과 개발의 가속화로 인하여, 수량적인 측면에서는 6~9월의 여름철에 집중인 강우로 그 이외의 시기에는 하천유지유량 이하의 갈수현상과 용수부족의 상태에 있다. 또한 수질적인 측면에서는 수량적인 측면과 맞물려 시·공간적 변화에 따라 변화량이 큰 오염물질을 배출하고 있어 이에 적합한 오염저감 대책이 필요한 실정이다.

오염거동에 관한 연구는 일반적으로 도시 및 농업지역에서 다루어지는 것이 보통이나, 우리나라는 약 70% 이상이 산지유역으로 작은 산지하천이 발달되어 있는 점을 고려하면, 산지 소하천 유역의 오염거동 분석은 매우 의미 있다고 본다. 본 연구 대상유역인 설마천 시험유역(한국건설기술연구원 시험유역 운영 사이트(경기도 파주시 적성면 소재), 산림 96.2%)은 하천을 중심으로 마을, 음식점 및 군부대가 위치하고 있으며, 특히 여름철에 피서 활동이 많이 이루어지는 곳으로 오염량의 변화가 비교적 심한 곳이다.

따라서, 본 연구에서는 최근 4개년(03~06년) 동안 실측된 연구 대상유역 상·하류 2개 지점의 동시간대 수질자료를 QUAL2E-PULS 모형의 입력자료로 이용하여 각 Segment별 오염량을 모의하였다. 유역 출구인 전적비교 지점의 실측값과 비교 하였으며, 검증된 모의값을 토대로 수질항목별 상·하류 관계식을 도출하였다.

2. 연구 대상유역

2.1 유역의 개요

본 대상유역은 설마천 유역의 중류부에 위치한 영국군 전적비교를 출구로 하는 상류 유역이다. 설마천 시험유역은 유역면적 8.48km², 유로연장 5.59km인 전형적인 산지 하천으로, 전반적으로 개발이 많이 이루어지지 않은 유역으로, 앞으로도 자연 상태의 산지 하천의 특성을 유지할 것으로 판단된다. 이 유역의 대부분은 산악지형으로 이루어져 있으며, 유역의 동쪽에는 시험유역에서 가장 높은 감악산(EL. 675m)이 위치하고 있다. 도로를 따라 위치하는 주 하천은 그림 1에서 보는 바와 같이 전형적인 곡류하천의 형태를 보이고 있다. 그림 2는 대상유역의 QUAL2E-PULS 모식도를 나타낸 것으로 Segment를 50m 간격으로 분할하였다.

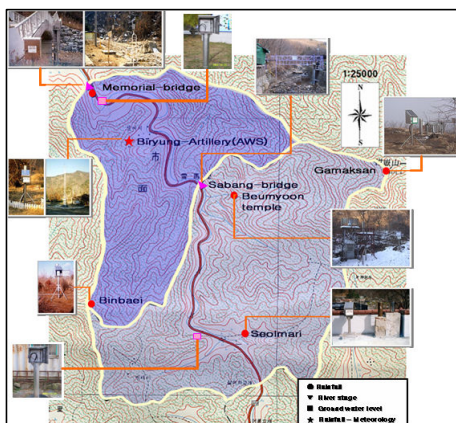


그림 1. 설마천시험 유역도

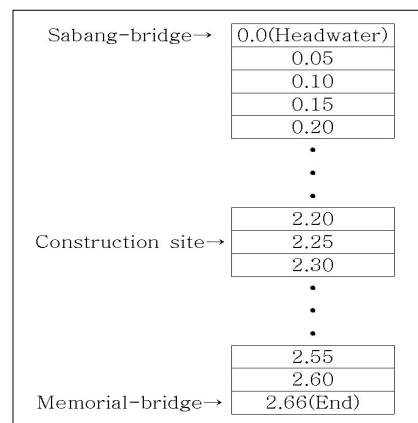


그림 2. QUAL2E-PULS 모식도

2.2 유역의 지형인자 산정

연구대상지역의 지형인자는 그림 3과 같이 수문모형시스템인 WMS를 이용하여 유역면적, 유로연장, 유역 평균폭, 형상계수, 유역평균경사, 유로경사 등을 산정하였으며, 그 결과 표 1과 같이 분석되었다.

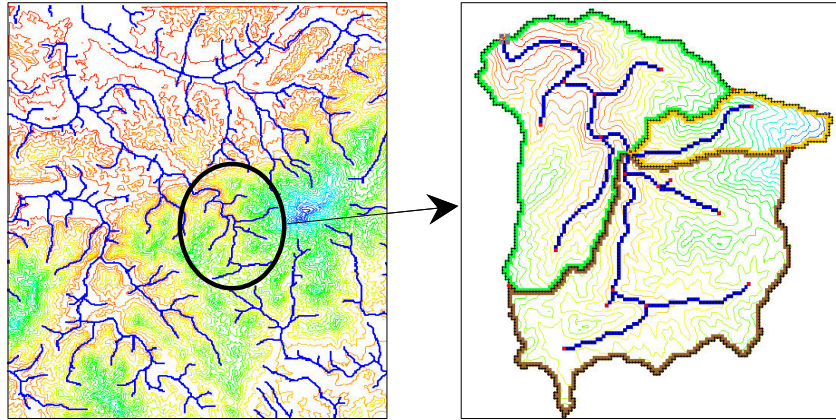


그림 3. WMS를 이용한 지형인자 산정

표 1. 설마천 시험유역의 지형인자

지형인자 \ 유역별	사방교	전적비교	비고
유역면적	5.03	8.48	A=km ²
분류 유로연장	2.93	5.59	L=km
유역 평균폭	1.72	1.52	A/L=km
형상계수	0.59	0.27	A/L ²
유역평균경사	31.84	34.01	%
유로경사	2.54	2.15	%

3. 모형의 적용 및 관계식 산정

3.1 모형의 적용

본 연구 대상유역의 오염거동 분석을 위하여 총 10개(03년 3개, 04년 4개, 05년 1개, 06년 2개)의 실측 샘플을 상류 유입 지점인 사방교와 유역출구 지점인 전적비교에서 동시에 채취하였다. 사방교 실측자료를 QUAL2E-PULS 모형의 입력자료로 이용하여 전적비교 지점의 실측값과 일치할 때 까지 모의를 하였으며, 모형의 매개변수 중 오염 증감 계수는 시행착오법으로 산정하였다. 그 결과 표 2와 같이 전적비교 지점의 실측값과 모의값이 98% 이상의 일치성을 보이는 것으로 나타났다.

3.2 상·하류 관계식 산정

앞에서 검증된 모의값을 토대로 각 수문조건에 따른 수질항목별 상·하류 관계식은 표 3과 같으며, 분석 결과 약 0.87~0.99 범위의 높은 결정계수를 보이는 것으로 나타났다. 특히, 전기전도도, COD의 경우에는 0.98 이상 높은 것으로 분석되었고, 다음으로 BOD, DO, pH, T-N, T-P, 및 SS 순으로 분석되었으며, SS를 제외한 수질항목들은 0.90 이상의 높은 결정계수를 보이는 것으로 분석되었다.

표 2. 실측값과 모의값 비교 · 검토

기간	구분	관측지점	유량 (CMS)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	T-N (mg/l)	전기전도도 (μ S/cm)	T-P (mg/l)	pH	COD (mg/l)	SS (mg/l)
2003. 07.18	실측값	사 방 교	0.0280	11.210	0.700	1.970	52.500	0.750	6.600	3.300	3.300
		전적비교	1.3180	12.310	0.700	1.710	49.500	1.000	6.500	3.000	1.200
17:45	모의값	전적비교	1.3200	12.298	0.700	1.711	49.506	0.997	6.499	2.997	1.196
2003. 08.27	실측값	사 방 교	0.8200	10.940	0.800	1.330	36.900	0.250	6.100	3.300	-
		전적비교	2.0530	14.220	0.600	1.490	45.000	0.440	6.400	2.300	-
17:20	모의값	전적비교	2.0510	14.230	0.593	1.493	45.078	0.436	6.404	2.296	-
2003. 08.28	실측값	사 방 교	0.9490	7.660	0.500	1.510	38.200	1.010	6.200	2.300	-
		전적비교	2.5800	14.770	0.500	1.540	36.000	0.750	6.300	1.700	-
02:20	모의값	전적비교	2.5810	14.767	0.500	1.535	36.050	0.751	6.263	2.003	-
2004. 06.17	실측값	사 방 교	0.0203	8.800	0.600	2.300	102.000	0.100	7.100	1.100	1.000
		전적비교	0.0253	10.200	0.500	2.000	102.000	0.100	7.000	0.500	1.000
06:20	모의값	전적비교	0.0253	10.202	0.498	2.005	102.000	0.100	6.998	0.496	1.000
2004. 06.17	실측값	사 방 교	0.0244	8.600	1.100	2.100	101.000	0.200	7.100	1.800	2.000
		전적비교	0.0322	9.700	0.800	2.100	100.000	0.100	7.100	1.200	1.000
08:10	모의값	전적비교	0.0322	9.702	0.800	2.100	99.898	0.100	7.100	1.197	0.999
2004. 07.04	실측값	사 방 교	2.2081	8.600	0.600	2.600	40.000	0.100	6.400	2.800	5.000
		전적비교	4.6604	9.700	0.400	2.500	40.000	0.000	6.300	2.800	3.000
21:30	모의값	전적비교	4.6603	9.799	0.400	2.500	40.000	0.000	6.303	2.800	3.001
2004. 07.05	실측값	사 방 교	2.2889	8.400	0.600	2.500	43.000	0.100	6.500	2.600	3.000
		전적비교	4.9887	9.800	0.400	2.600	45.000	0.100	6.400	2.300	3.000
08:46	모의값	전적비교	4.9889	9.802	0.401	2.597	45.002	0.100	6.397	2.299	3.000
2005. 06.27	실측값	사 방 교	0.5090	11.900	0.900	3.050	71.900	0.020	7.000	4.600	-
		전적비교	1.5781	14.100	1.500	3.240	70.000	0.060	7.100	4.600	-
09:35	모의값	전적비교	1.5780	14.101	1.502	3.240	70.024	0.055	7.102	4.600	-
2006. 07.27	실측값	사 방 교	0.3010	8.630	0.290	3.100	-	1.330	6.930	-	1.600
		전적비교	0.6500	8.330	0.340	2.989	-	0.000	6.730	-	1.800
06:35	모의값	전적비교	0.6500	8.332	0.341	2.993	-	0.000	6.731	-	1.798
2006.11 .27	실측값	사 방 교	0.0280	10.210	0.390	0.052	-	0.920	7.140	1.900	0.400
		전적비교	0.0330	10.420	0.310	0.089	-	0.490	7.190	1.700	0.800
12:50	모의값	전적비교	0.0330	10.422	0.312	0.089	-	0.494	7.194	1.704	0.805

표 3. 수질항목별 상·하류 관계식 산정

항목	관계식	R ²
DO	$y=0.0218x^2+1.2883x-0.1731$	0.92
BOD	$y=-0.0809x^2+0.0568x+0.2238$	0.96
T-N	$y=0.0454x^2+0.2693x+0.2159$	0.91
전기전도도	$y=-1.5659x^2+0.2801x+2.1503$	0.99
T-P	$y=0.0515x^2+0.3304x+0.3015$	0.90
pH	$y=0.0162x^2+0.1346x+0.1213$	0.92
COD	$y=-0.9920x^2-0.6643x+0.5961$	0.98
SS	$y=0.0051x^2+0.7928x+1.7062$	0.87

주) x : 각 segment별 유량 증·감량, y : 해당 수질항목 오염량

4. 결론

본 연구 대상유역의 오염거동 분석을 위하여 최근 4개년(03~06년) 동안 실측된 상·하류 2개 지점의 동시간대의 10개 실측자료를 이용하여 각 Segment별 오염량을 모의하였다. 이를 토대로 2개 지점간의 수질항목별 상·하류 관계식을 도출하였으며, 각 수문조건에 따른 수질항목별 분석결과 전기전도도, COD, BOD, DO, pH, T-N, T-P 및 SS 순으로 약 0.87~0.99의 높은 결정계수를 보이는 것으로 분석되었다. 따라서, 본 연구 결과인 상·하류 관계식을 이용하여 향후 미계측 지점에 대한 오염량을 산정할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원 (2003~2006). 시험유역의 운영 및 수문특성 조사, 건기연.
2. 최지용, 신창민, 2002, 비점오염원 유출저감을 위한 우수유출수 관리방안, 한국환경정책평가연구원.
3. 이현동, 배철호, 2002, 비점오염원 유출특성과 저감을 위한 최적관리방안, 한국물환경학회지, 제18권 6호.
4. 최지용, 신은성, 이동훈, 1999, 서울 도시지역의 비점오염원 유출특성에 관한 연구, 한국물환경학회지, 제15권 3호.
5. 신창민, 최지용, 박철휘, 2004, 도시지역에서의 토지이용별 비점오염물질 유출특성, 대한환경공학회지, 제26권 7호.