

PE15) 2008년 설마천 시험유역의 오염량 모의 분석

김동필*, 임동희

한국건설기술연구원 수문연구실

1. 서 론

수자원환경 연구 분야에서 가장 중요한 부분은 신뢰성 있는 기초자료의 획득에 있다. 여기에는 우량, 수위, 유속, 유량, 수질 및 유사량 등이 있다. 특히, 수량적인 측면에서는 여름철에 집중적인 강우가 발생하나 그 이외의 시기에는 하천유지유량 이하의 갈수현상과 용수부족의 문제가 심각하게 대두되고 있다. 또한, 수질적인 측면에서는 수량적인 측면과 맞물려 시·공간적 변화에 따라 변화량이 큰 오염물질을 배출하고 있어 이에 적합한 오염저감 대책이 필요한 실정이다.

국내에서의 강우 유출수에 의한 오염량 연구로는 서울 도시지역의 비점오염원 유출특성에 관한 연구(최지용 등, 1999)와 소하천 유역에서의 오염 유입량 예측(김동필 등, 2008)에 관한 연구가 있다. 본 연구에서는 한국건설기술연구원에서 운영하는 설마천 시험유역의 2008년 강우기 수질측정 자료를 QUAL2E-PLUS 모형의 입력자료로 이용하여 오염량을 모의하였으며, 실측값과 모의값의 비교·분석을 통하여 모형의 적용성을 검토하였다.

2. QUAL2E-PULS 모형의 이론

2.1. 모형의 개요

최초 F.D. Masch and Associates와 Texas Water Development Board(1970)가 개발한 QUAL-I모형을 미국 EPA에서 예측수질 항목을 추가하여 QUAL-II 모형을 만들었다. 미국 환경청(USEPA)의 지원으로 1987년 Brown and Barnwell에 의해 매개변수 불확정성 등의 이론을 포함시키면서 Enhanced QUAL-II Model, 즉 QUAL2E Model이 개발되었다. 이러한 QUAL2E 모형을 기반으로 Windows-Interface가 장착되어 만들어진 모형이 QUAL2E-PULS 모형이다.

QUAL2E-PULS 모형은 기존의 QUAL2E에 비해 조류와 용존산소와의 상호관계, 온도 보정계수, 댐에 의한 하천수의 산소공급 및 비보존성 물질과 3가지의 보존성 물질, 입·출력 방법개량 등을 보완시킨 1차원 하천수질 예측 모형으로서 1차원 정상상태는 물론 가동적 상태에서도 예측이 가능한 모형이다.

2.2. 수치해석 기법

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial(Ax E \frac{\partial C}{\partial x})}{Ax \partial x} - \frac{\partial(Ax UC)}{Ax \partial x} + rc + p + \frac{S}{V} = 0 \quad (1)$$

여기서, C : 수질농도, (M/L^3)

Ax : 계산요소의 단면적, (L^2)

E : 하천거리에 따른 확산계수, (L^2/T)

x : 거리, (L)

U : 평균유속, (L/T)

S : 외부유입(양의 부호) 또는 유출(음의부호), (M/T)

V : 부피, (L^3)

수질반응은 $\frac{dc}{dt} = rc + p$ 로 양변의 두 항을 분리되었다. 첫 번째 항은 농도에 비례하는 1차 반응을 나타내며, 두 번째 항은 내부 발생 또는 제거를 나타내며, 음해적 차분법을 적용하여 모든 공간 편미분항 $\frac{\partial}{\partial x}$ 은 시간 $n+1$ 에서 후방차분을 시행한다.

3. 모형 모의 및 분석

3.1. 연구 대상유역

본 연구 대상유역인 설마천 시험유역은 Fig. 1과 같이 임진강 하구에서 약 46km 상류인 경기도 파주시 적성면 두지리 지점에서 좌안측으로 유입하는 임진강의 제1지류인 지방2급 하천이며, 유역면적 18.56km², 유로연장 10.77km로서 임진강 전체 유역면적($A=8,117.5\text{km}^2$, $L=254.6\text{km}$)의 약 0.2%를 점하고 있고 수계형상은 대체로 수지상의 모양을 보여주고 있으며 유역형상은 수엽상에 흡사하다. 이 중에서 시험유역은 설마천 유역의 중류부에 위치한 영국군 전적비교를 출구로 하는 상류 유역이다.

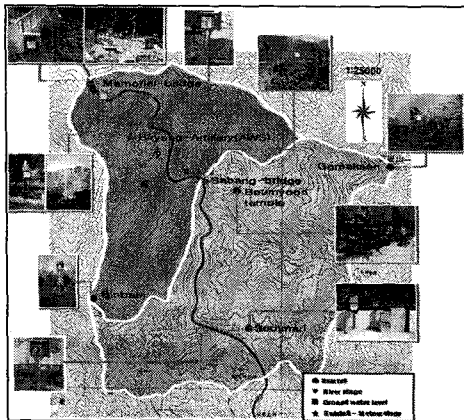


Fig. 1. 설마천 시험유역도

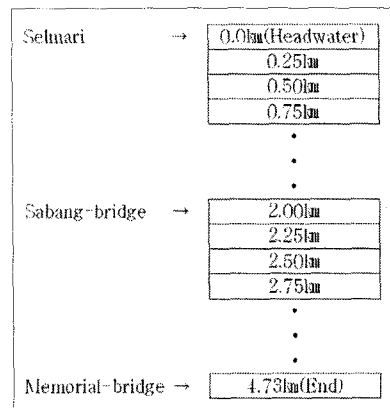


Fig. 2. QUAL2E-PULS 모식도

설마천 시험유역은 유역면적 8.48km², 유로연장 5.59km인 전형적인 산지 하천이다. 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. Fig. 2는 QUAL2E-

PULS 대상구역의 모식도를 나타낸 것으로 Segment를 250m 간격으로 분할하였다.

3.2. 지형인자 산정

연구 대상지역의 지형인자는 Fig. 3과 같이 수문모형시스템인 WMS를 이용하여 추출하였다. 연구 대상구역의 면적은 8.46km²(Arcview 추출 8.48km²), 하도길이는 설마리에서 사방교까지 2.07km, 사방교에서 전적비교까지는 2.66km, 유역평균경사는 설마리에서 사방교까지 0.3370, 사방교에서 전적비교까지는 0.3991로 분석되었다.

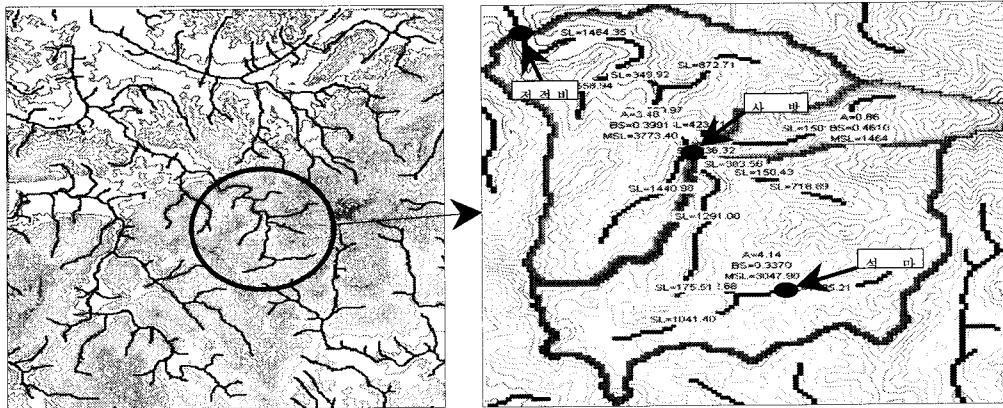


Fig. 3. WMS를 이용한 지형인자 추출

3.3. QUAL2E-PULS 모의 및 분석

본 연구 대상구역의 오염량 분석을 위하여 총 5개의 실측 샘플을 상류 유입지점인 설마리와 유역의 중간부분인 사방교, 그리고 유역의 출구부분인 전적비교에서 채취하였다.

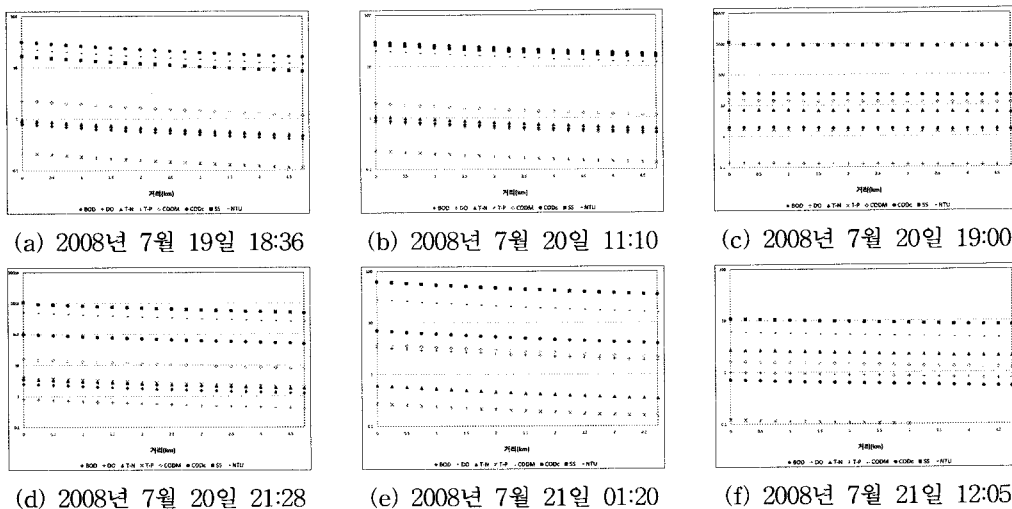


Fig. 4. QUAL2E-PULS 모의 결과

설마리의 실측자료를 QUAL2E-PULS 모형의 입력 자료로 이용하여 사방교 및 전적비교 지점의 실측값과 비교 분석한 결과 Fig. 4와 Table 1과 같이 분석되었다.

분석 결과 유량이 많을수록 오염물질이 증가하였으며, 특히 NTU, SS, T-P, DO가 증가하는 것으로 나타났다. 실측값과 모의값을 비교한 결과 T-P, DO, BOD, T-N, CODMn, CODcr, NTU, SS 순으로 일치한 것으로 분석되었다. 일치성이 매우 낮은 NTU, SS 경우에는 사방교 상류 60m 지점에 사방댐이 위치하고 있어 이의 영향에 기인한 것으로 판단되나, 차후 추가적인 측정을 통한 분석이 요구된다. 또한 유량이 작을수록 실측값과 모의값이 비교적 정확성을 보이는 것으로 분석되었다.

Table 1. 실측값과 모의값의 비교 분석

일 자	구 분	지점명	유량 (CMS)	BOD (mg/ℓ)	DO (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)	CODMn (mg/ℓ)	CODcr (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	NTU
2008. 07.19	실측값	설 마 리	0.0017	0.800	0.870	0.970	0.221	2.320	32.050	17.000	23.400
		사 방 교	0.1433	0.010	1.760	0.720	0.130	3.740	11.330	4.000	6.550
		전적비교	0.3250	0.010	0.960	3.020	0.188	1.560	39.240	0.000	2.120
18:36	모의값	사 방 교	0.1441	0.563	0.612	0.683	0.156	1.630	22.50	11.960	16.470
		전적비교	0.3259	0.400	0.435	0.485	0.111	1.160	16.030	8.500	11.700
		설 마 리	0.0137	0.900	0.830	1.070	0.229	1.920	30.270	27.000	20.600
2008. 07.20	실측값	사 방 교	1.1878	0.110	0.550	2.470	0.196	3.440	0.440	15.500	10.600
		전적비교	2.2304	0.020	0.920	0.770	0.138	2.540	0.180	10.000	8.730
		사 방 교	1.1884	0.690	0.637	0.821	0.176	1.470	23.220	20.710	18.500
11:10	모의값	전적비교	2.2311	0.523	0.482	0.622	0.133	1.120	17.590	15.690	11.970
		설 마 리	0.0239	2.060	0.140	7.420	1.703	14.800	25.170	1160.000	918.000
		사 방 교	2.9298	0.020	0.310	1.020	0.188	5.360	15.720	25.000	14.700
2008. 07.20	실측값	전적비교	4.5576	0.030	1.050	2.170	0.329	2.600	0.100	39.500	34.200
		사 방 교	2.9305	1.880	0.128	6.770	1.554	13.50	22.960	910.000	837.560
		전적비교	4.5591	1.677	0.114	6.042	1.387	12.050	20.500	810.000	747.510
2008. 07.20	실측값	설 마 리	3.3357	2.550	0.830	3.670	3.962	15.940	101.470	1065.000	516.000
		사 방 교	9.2583	0.700	0.180	6.120	0.461	15.960	90.240	262.500	150.600
		전적비교	16.8007	0.020	1.210	4.420	0.436	10.540	16.880	175.000	127.200
2008. 07.20	모의값	사 방 교	9.2593	1.780	0.580	2.562	2.766	11.130	70.850	700.000	360.270
		전적비교	16.8019	1.258	0.410	1.811	1.955	7.870	50.080	490.000	254.650
		설 마 리	1.4248	0.040	3.360	0.620	0.279	3.900	7.080	63.500	28.500
2008. 07.21	실측값	사 방 교	5.8099	2.070	1.320	3.370	0.146	7.060	31.700	48.500	30.200
		전적비교	9.7503	0.180	0.790	5.320	0.238	3.780	37.470	31.000	14.000
		사 방 교	5.8107	0.030	2.519	0.465	0.209	2.920	5.310	47.600	21.370
2008. 07.21	모의값	전적비교	9.7514	0.022	1.870	0.346	0.156	2.180	3.950	35.420	15.900
		설 마 리	0.4683	0.030	1.020	2.770	0.122	1.660	0.720	11.000	6.160
		사 방 교	2.1215	0.790	1.110	1.820	0.171	3.320	1.280	9.500	6.120
2008. 07.21	실측값	전적비교	3.1915	0.570	0.760	4.120	0.155	1.960	0.840	2.000	4.400
		사 방 교	2.1222	0.030	0.894	2.430	0.110	1.450	0.630	9.640	5.400
		전적비교	3.1927	0.020	0.760	2.080	0.090	1.240	0.540	8.240	4.610

4. 결 론

본 연구에서는 설마천 시험유역의 2008년 수질측정 자료를 입력자료로 하여 QUAL2E-PULS 모형을 이용하여 모의값과 실측값을 비교·분석 하였다.

그 결과, 수질항목 중 T-P, DO, BOD, T-N 같은 경우에는 모의값이 실측값과 비교적

일치하는 것으로 분석되었다. 따라서 산지 소하천 유역의 오염량 분석에 있어서 본 모형의 적용성은 매우 우수한 것으로 판명되었으며, 차후 산지 소하천 유역의 오염량 모의시 참고자료로 유용하리라 판단된다.

참 고 문 헌

- 최지용, 신은성, 이동훈, 1999, 서울 도시지역의 비점오염원 유출특성에 관한 연구, 한국물환경학회지, 15(3), 315-323.
- 김성수, 김종석, 방기연, 권은미, 정육진, 2002, 경안천 유역의 강우사상별 비점오염원 유출 특성 및 원단위 조사, 대한환경공학회지, 24(11), 2019-2027.
- 김동필, 김성훈, 2007, 2006년 설마천 시험유역의 유량과 수질인자의 상관관계 분석, 2007년 한국수자원학회 학술발표회 발표논문집, 865-869.
- 김동필, 김형섭, 임동희, 2007, 시험유역의 운영 및 수문특성 조사, 한국건설기술연구원, 222pp.
- 김동필, 전민우, 임동희, 2008, 소하천 유역에서의 오염 유입량 예측, 한국환경과학회지, 17(4), 451-459.