

소하천 유역에서의 오염 유입량 예측

김동필 · 전민우* · 임동희**

한국건설기술연구원 수문연구실, *충북대학교 토목공학과, **한국건설기술연구원 수문연구실
(2008년 2월 1일 접수; 2008년 3월 18일 채택)

Forecasting of Pollution Inflow of the Small Channel Catchment

Dong-Phil Kim, Min-Woo Jeon* and Dong-Hee Yim**

Hydrology Research Division, KICT, Goyang 411-712, Korea

*Civil Engineering, Chungbuk National University, Cheong-Ju 361-763, Korea

**Hydrology Research Division, KICT, Goyang 411-712, Korea

(Manuscript received 1 February, 2008; accepted 18 March, 2008)

Abstract

This study was carried out forecasting of pollution inflow of the Small Mountainous Catchment, namely; Seolma-cheon experimental catchment. Pollutographs of DO, BOD, T-N, Conductivity, T-P, pH, COD, SS from this catchment were obtained from in-situ data of total ten events using QUAL2E-PULS model. From the analysis results, between up stream(Sabang-bridge) and down stream (Memorial-bridge, outlet) obtained relation formula of water quality component. Determination coefficient of relation formula, Conductivity, COD, BOD, DO, pH, T-N, T-P, and SS showed high relation of 0.87~0.99. The increases of DO, BOD, COD, and pH concentration of Memorial-bridge were associated with pollution inflow by road building far 2.25 km from Sabang-bridge to down stream. The analysis results of QUAL2E-PULS simulation and up/down stream relation formula, pollution amounts of DO, BOD, COD and pH increased at Memorial-bridge and pollution source site. Therefore, pollution inflow can be forecasted exactly by up/down stream relation formula at pollution source site.

Key Words : Pollution inflow, Seolma-cheon experimental catchment, QUAL2E-PULS, Relation formula

1. 서 론

우리나라는 기상 및 지형학적인 특성과 개발의 가속화로 인하여, 수량적인 측면에서는 6~9월의 여름철에 집중인 강우로 그 이외의 시기에는 하천 유지유량 이하의 갈수현상과 용수부족의 상태에 있다. 또한, 수질적인 측면에서는 수량적인 측면과 맞

물려 시·공간적 변화에 따라 변화량이 큰 오염물질을 배출하고 있어 이에 적합한 오염저감 대책이 필요한 실정이다¹⁾. 이 등²⁾은 국내·외의 비점오염원 관리제도를 소개 하였으며, 토지이용별 비점오염원 유출특성 분석과 도시적 및 비도시적 토지이용에서의 비점오염원 저감을 위한 최적관리기술을 제시하였다.

최 등³⁾은 도시지역의 비점오염원 현황과 각종 규제수단을 적용했을 때의 수질개선 효과를 예측하였으며, 신 등⁴⁾은 도시지역에서 토지이용별 강우에 의한 비점오염물질의 유출특성 분석을 통해 비점오염

Corresponding Author: Dong-Phil Kim, Korea Institute of Construction Technology 1190, Simindae-Ro, Ilsanseo-Gu, Goyang-Si Gyeonggi-Do, 411-712, Korea
Phone: +82-31-9100-192
E-mail: dpkim@kict.re.kr

부하 저감을 위한 우수유출수 처리시설 설계 기준을 제시하였다. 또한, 신 등⁵⁾은 농업지역(춘천 5개 배수구역)의 비점오염물질 유출특성을 강우사상별 유역별로 분석하였으며, 김 등⁶⁾은 도시지역과 농촌지역이 혼재하고 있는 경안천 유역에서 강우사상별 오염물질 유출특성을 파악하고 토지이용별 비점오염원 원단위를 산정하였다. 여⁷⁾는 대전광역시의 도시지역 4개, 농촌임야지역 2개의 유역에 대하여 도시와 농촌임야지역간의 연간 원단위부하량 차이와 도시지역의 건기 및 우기시의 원단위부하량을 비교하였다.

상기의 선행연구와 같이 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 곳이다⁸⁻¹²⁾. 07년에는 고속화 지방도로 신설공사로 인하여 과거(07년 이전)의 오염거동과는 다른 양상의 변화된 오염량이 상·하류(사방교/전적비교) 2개 지점에서 실측되었다¹³⁾.

따라서, 본 연구에서는 최근 4개년(03~06년) 동안 실측된 연구 대상유역 상·하류 2개 지점의 동시 간대 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. 과거와 오염거동 양상이 다른 07년 2개 강우사상에 모형의 모의를 통하여 전적비교 지점의 증가된 오염량을 산정하였으며, 또한 도출된 상·하류 관계식을 적용하여 오염물질 유입 지점의 정확한 오염 유입량을 예측하였다.

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, 온도보정계수, 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 모형의 기본이론

본 연구에 사용된 QUAL2E-PULS 모형은 정상상태의 하천 1차원 수질해석을 위하여 표준적으로 적용될 수 있는 수질모형으로서 13개 수질오염인자의 시뮬레이션이 가능하고 점 오염원 및 비점 오염원, 하천의 지류, 용수 및 취수 등을 다양하게 고려하여 모의할 수 있다.

하천에서의 물질전달 거동은 1차원적 해석에 의하여 식 (1)과 같이 정의된다.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial(E \frac{\partial C}{\partial x})}{\partial x} - \frac{\partial(UC)}{\partial x} + Z \quad (1)$$

여기서, C : 단면평균의 오염물 농도, (M/L^3)

E : 종확산계수, (L^2/T)

U : 단면평균유속, (L/T)

식 (1)에서 좌측항은 어느 지점에서 시간에 대한 농도변화율을 나타내며, 우측항은 순서대로 종확산항, 이송항, 각 오염물질간의 생화학적 반응을 포함한 유출입항을 각각 표시하고 있으며, 정상상태인 경우에는 $\partial C/\partial t=0$ 으로서 표현된다.

하천의 수리조건은 점변류로 해석하며 유량, 유속, 수심 등의 수리량들은 식 (2) 또는 (3)으로 계산된다.

$$U = a Q^b, \quad h = \alpha Q^\beta \quad \text{or} \quad Q = \frac{1.486}{n} A_x R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

여기서, a, b, α, β : 하천의 수리특성상수
 h : 평균수심, (L)
 U : 평균유속, (L/T) Q : 유량, (L³/T)
 A_x : 통수단면적, (L²) R : 경심, (L)
 S : 에너지경사 n : Manning의 조도계수

위의 2개 식 중 a, b, α, β 는 상관관계에 의하여 구하여야 하는 값들이고, Q 는 사다리꼴 수로단면에 대하여 평균유속과 유량을 Manning 공식에 의한 Newton-Raphson 식에 의하여 계산되어야 한다. 또한 종 확산계수는 Elder의 이론 및 Manning의 식에 의하여 다음과 같이 기술된다.

$$E = 3.11 Kn Uh^{\frac{5}{6}} \quad (3)$$

여기서, E : 종 확산계수(m²/s)
 K : 확산상수
 h : 평균수심(m)
 U : 평균유속(m/s)

2.3. 수질모의 항목 및 상호관계

QUAL2E-PULS 모형에서 모의 가능한 수질 항목은 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 DO, BOD, 온도, 클로로필-a로 표시되는 조류, 유기질소, 암모니아성 질소, 아산성 질소, 질산성 질소, 유기인, 용존성 인, 대장균, 반응성 물질, 비 반응성 물질 등이 있다.

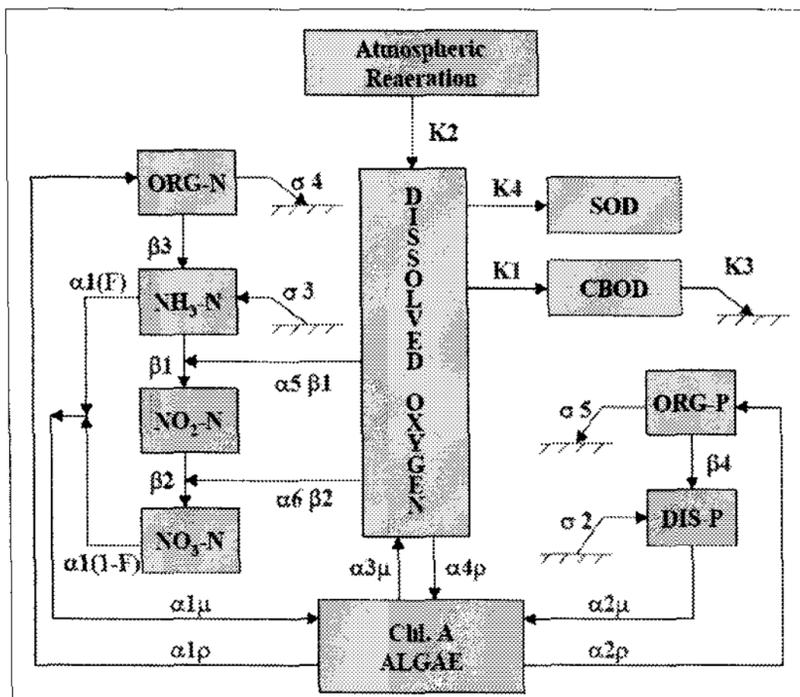


Fig. 1. Water quality simulation items and relationship diagram.

2.4. 수치해석 기법

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial(Ax E \frac{\partial C}{\partial x})}{Ax \partial x} - \frac{\partial(Ax UC)}{Ax \partial x} + rc + p + \frac{S}{V} = 0 \quad (4)$$

여기서, C : 수질농도, (M/L³)
 Ax : 계산요소의 단면적, (L²)
 E : 하천거리에 따른 확산계수, (L²/T)
 x : 거리, (L)
 U : 평균유속, (L/T)
 S : 외부유입(양의 부호) 또는 유출(음의 부호), (M/T)
 V : 부피, (L³)

수질반응은 $\frac{dc}{dt} = rc+p$ 로 양변의 두 항으로 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. Fig. 2와 같이 각 요소는 유한차분법을 사용한다.

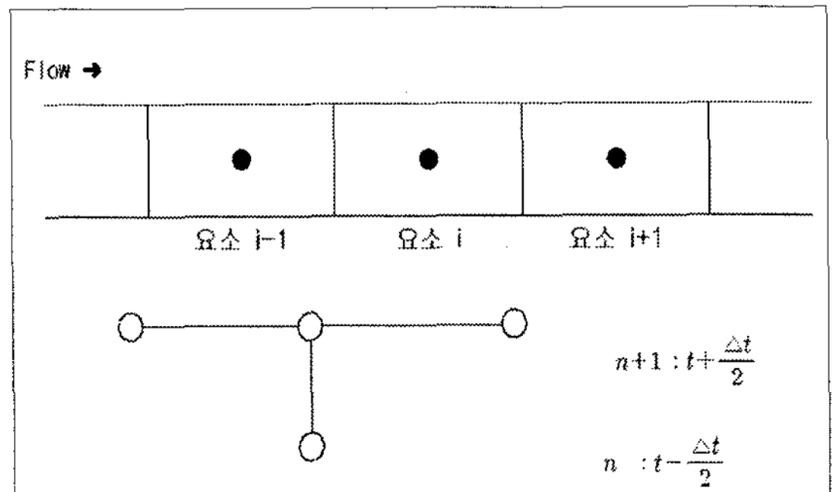


Fig. 2. Numerical calculation process of QUAL2E-PULS.

3. 연구 대상유역

3.1. 연구 대상유역 개요

설마천은 임진강 하구에서 약 46 km 상류인 경기도 파주시 적성면 두지리 지점에서 좌안측으로 유입하는 임진강의 제1지류인 지방2급 하천이며, 유역면적 18.56 km², 유로연장 10.77 km로서 임진강 전체 유역면적(A=8,117.5 km², L=254.6 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. 설마천 시험유역은 유역면적 8.48 km², 유로연장 5.59 km인 전형적인 산지 하천이다. 유역내의 인문사회 현황으로는 유역의 상류에는 21가구(69명)가 분포하고, 마을을 중심으로 일부 논과 밭을 경작하고 가축을 사육하고 있으며, 하천을 따라 휴게소(24가구, 81명)와 유역의 중류부에 범륜사가 위치하고 있고, 유역의 상류와 하류부에는 3개 군부대(287명)가 위치하고 있다(04년 기준). 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 주하천은 Fig. 3의 유역도에서 보는 바와 같이 전형적인 곡류하천의 형태를 보이고 있다¹³⁾. Fig. 4는 QUAL2E-PULS 대상유역의 모식도를 나타낸 것으로 Segment를 50m 간격으로 분할하였다.

3.2. 지형인자 산정

연구대상지역의 지형인자는 Fig. 5와 같이 수문 모형시스템인 WMS를 이용하여 유역면적, 유로연장, 유역평균폭, 형상계수, 유역평균경사, 유로경사 등을 산정하였으며, 그 결과 Table 1과 같이 분석되었다.

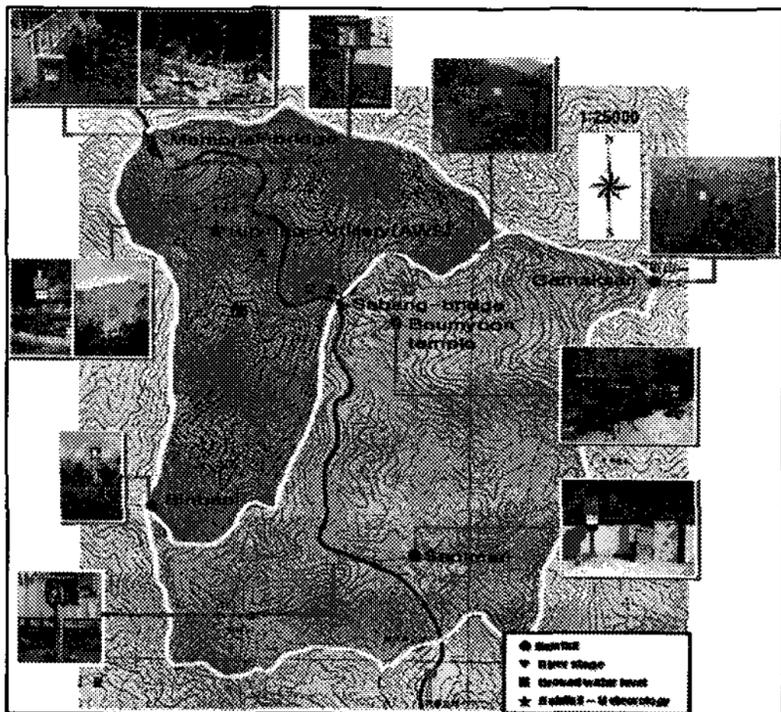


Fig. 3. Topographic map of Seolma-cheon experimental catchment.

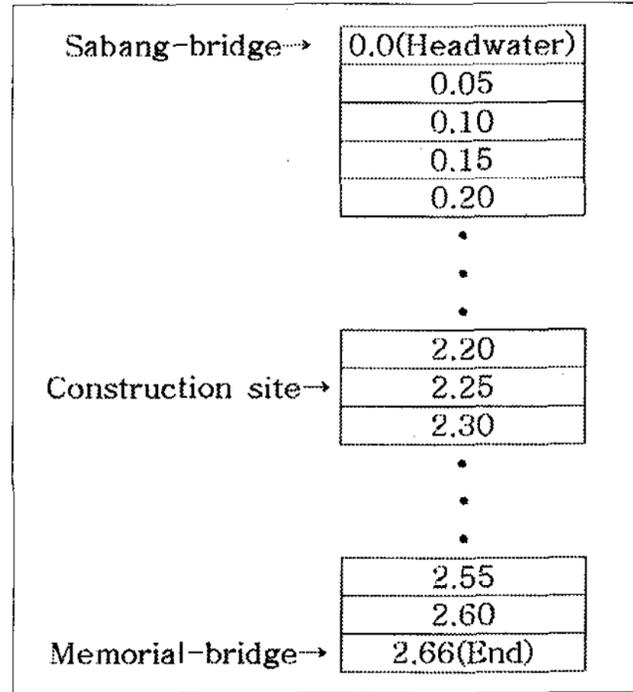


Fig. 4. Delineation of QUAL2E-PULS.

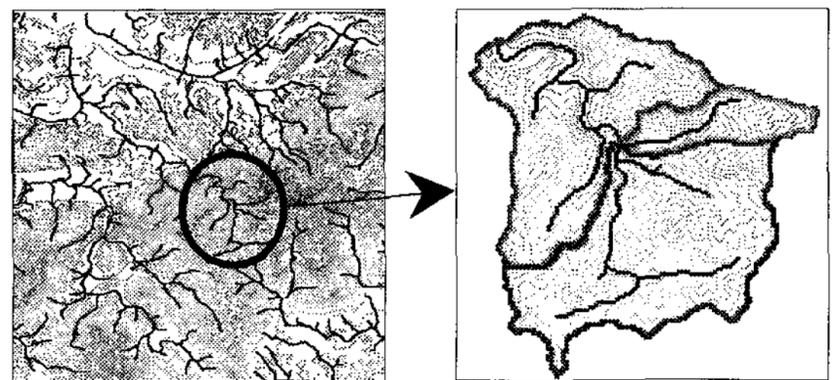


Fig. 5. Decision of topographic parameter in Seolma-cheon experimental catchment.

Table 1. Topographic parameter lists of the study area

Catchment Parameters	Sabang-bridge	Memorial-bridge	Remarks
Area	5.03	8.48	A=km ²
Main stream length	2.93	5.59	L=km
Average catchment width	1.72	1.52	A/L=km
Shape factor	0.59	0.27	A/L ²
Average catchment slope	31.84	34.01	%
Riverbed slope	2.54	2.15	%

4. 모형 모의 및 상하류 관계식 적용 분석

4.1 모형에 의한 오염거동 분석

본 연구 대상유역의 오염거동 분석을 위하여 총 10개(03년 3개, 04년 4개, 05년 1개, 06년 2개)의 실측 샘플을 상류 유입 지점인 사방교와 유역출구 지

점인 전적비교에서 동시에 채취하였다.

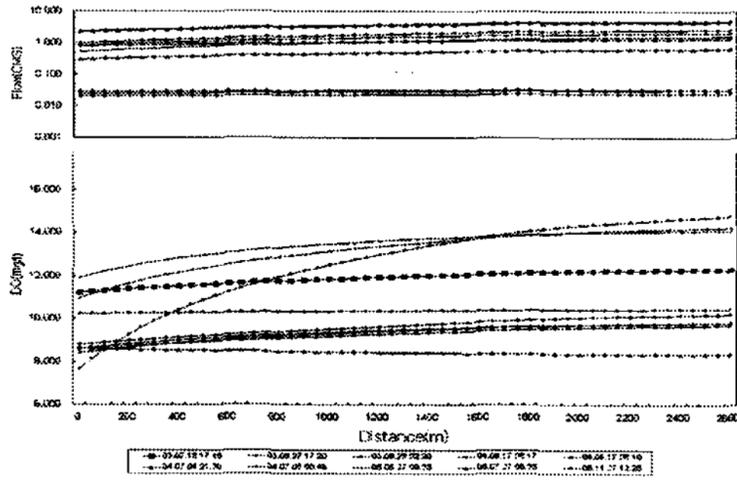
사방교 실측자료를 QUAL2E-PULS 모형의 입력 자료로 이용하여 전적비교 지점의 실측값과 일치할 때 까지 모의를 하였으며, 모형의 매개변수 중 오염 증·감 계수는 시행착오법으로 산정하였다. 그 결과 Table 2와 같이 전적비교 지점의 실측값과 모의 값이 98% 이상의 일치성을 보이는 것으로 나타났다. 또한, 50m 간격의 각 Segment별 수질항목별 오염거동 변화를 분석한 결과는 Fig. 6과 같다.

4.2. 상·하류 관계식 산정

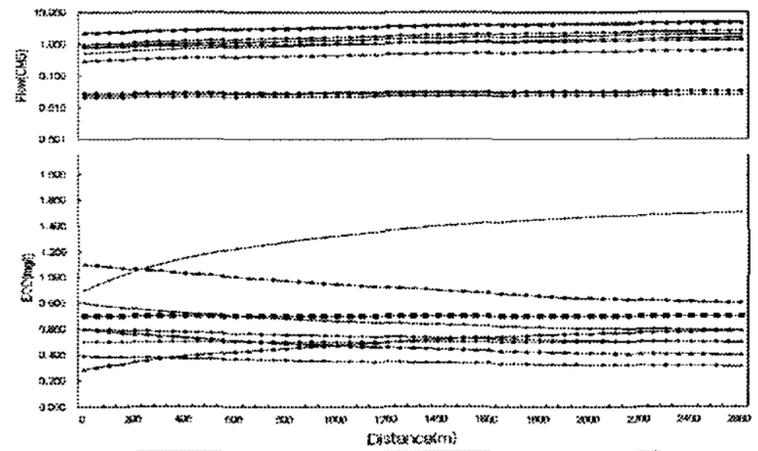
4.1절에서 검증된 모의값을 토대로 각 수문조건에 따른 수질항목별 상·하류 관계식은 Table 3과 같으며, 분석결과 약 0.87~0.99 범위의 높은 결정계수를 보이는 것으로 나타났다. 특히, 전기전도도, COD의 경우에는 0.98 이상 높은 것으로 분석되었고, 다음으로 BOD, DO, pH, T-N, T-P, 및 SS 순으로 분석되었으며, SS를 제외한 수질항목들은 0.90 이상의 높은 결정계수를 보이는 것으로 분석되었다.

Table 2. Comparison between in-situ data and simulation data

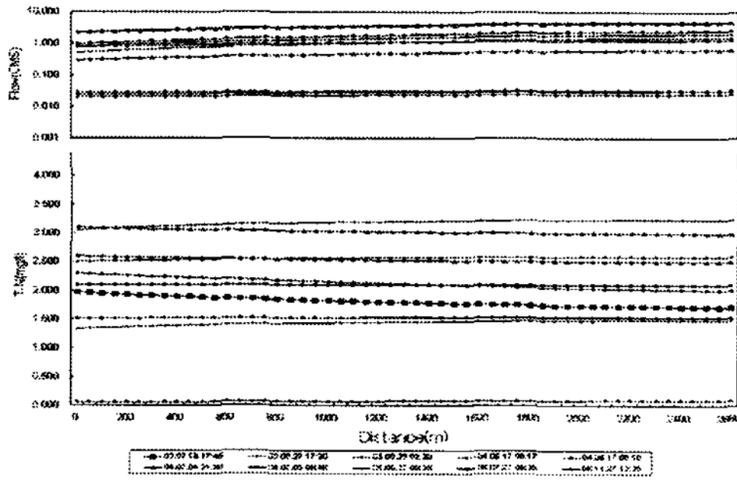
Date	Case	Name	Flow (CMS)	DO (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	Conductivity (μs/cm)	T-P (mg/ℓ)	pH	COD (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)
2003.07.18 17:45	In-situ	Sabang-bridge	0.0280	11.210	0.700	1.970	52.500	0.750	6.600	3.300	3.300
		Memorial-bridge	1.3180	12.310	0.700	1.710	49.500	1.000	6.500	3.000	1.200
	Simulation	Memorial-bridge	1.3200	12.298	0.700	1.711	49.506	0.997	6.499	2.997	1.196
2003.08.27 17:20	In-situ	Sabang-bridge	0.8200	10.940	0.800	1.330	36.900	0.250	6.100	3.300	-
		Memorial-bridge	2.0530	14.220	0.600	1.490	45.000	0.440	6.400	2.300	-
	Simulation	Memorial-bridge	2.0510	14.230	0.593	1.493	45.078	0.436	6.404	2.296	-
2003.08.28 02:20	In-situ	Sabang-bridge	0.9490	7.660	0.500	1.510	38.200	1.010	6.200	2.300	-
		Memorial-bridge	2.5800	14.770	0.500	1.540	36.000	0.750	6.300	1.700	-
	Simulation	Memorial-bridge	2.5810	14.767	0.500	1.535	36.050	0.751	6.263	2.003	-
2004.06.17 06:20	In-situ	Sabang-bridge	0.0203	8.800	0.600	2.300	102.000	0.100	7.100	1.100	1.000
		Memorial-bridge	0.0253	10.200	0.500	2.000	102.000	0.100	7.000	0.500	1.000
	Simulation	Memorial-bridge	0.0253	10.202	0.498	2.005	102.000	0.100	6.998	0.496	1.000
2004.06.17 08:10	In-situ	Sabang-bridge	0.0244	8.600	1.100	2.100	101.000	0.200	7.100	1.800	2.000
		Memorial-bridge	0.0322	9.700	0.800	2.100	100.000	0.100	7.100	1.200	1.000
	Simulation	Memorial-bridge	0.0322	9.702	0.800	2.100	99.898	0.100	7.100	1.197	0.999
2004.07.04 21:30	In-situ	Sabang-bridge	2.2081	8.600	0.600	2.600	40.000	0.100	6.400	2.800	5.000
		Memorial-bridge	4.6604	9.700	0.400	2.500	40.000	0.000	6.300	2.800	3.000
	Simulation	Memorial-bridge	4.6603	9.799	0.400	2.500	40.000	0.000	6.303	2.800	3.001
2004.07.05 08:46	In-situ	Sabang-bridge	2.2889	8.400	0.600	2.500	43.000	0.100	6.500	2.600	3.000
		Memorial-bridge	4.9887	9.800	0.400	2.600	45.000	0.100	6.400	2.300	3.000
	Simulation	Memorial-bridge	4.9889	9.802	0.401	2.597	45.002	0.100	6.397	2.299	3.000
2005.06.27 09:35	In-situ	Sabang-bridge	0.5090	11.900	0.900	3.050	71.900	0.020	7.000	4.600	-
		Memorial-bridge	1.5781	14.100	1.500	3.240	70.000	0.060	7.100	4.600	-
	Simulation	Memorial-bridge	1.5780	14.101	1.502	3.240	70.024	0.055	7.102	4.600	-
2006.07.27 06:35	In-situ	Sabang-bridge	0.3010	8.630	0.290	3.100	-	1.330	6.930	-	1.600
		Memorial-bridge	0.6500	8.330	0.340	2.989	-	0.000	6.730	-	1.800
	Simulation	Memorial-bridge	0.6500	8.332	0.341	2.993	-	0.000	6.731	-	1.798
2006.11.27 12:50	In-situ	Sabang-bridge	0.0280	10.210	0.390	0.052	-	0.920	7.140	1.900	0.400
		Memorial-bridge	0.0330	10.420	0.310	0.089	-	0.490	7.190	1.700	0.800
	Simulation	Memorial-bridge	0.0330	10.422	0.312	0.089	-	0.494	7.194	1.704	0.805



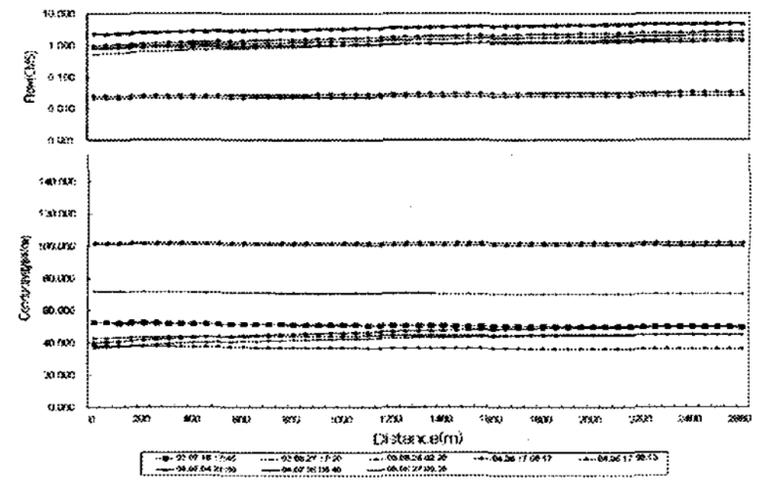
(a) DO



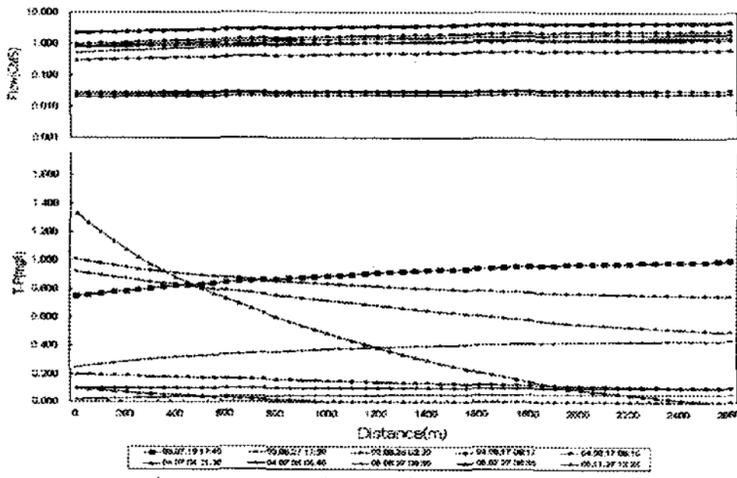
(b) BOD



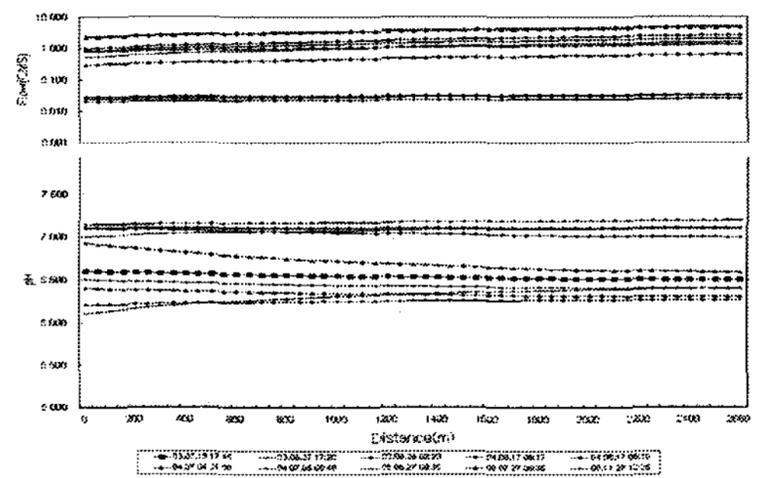
(c) T-N



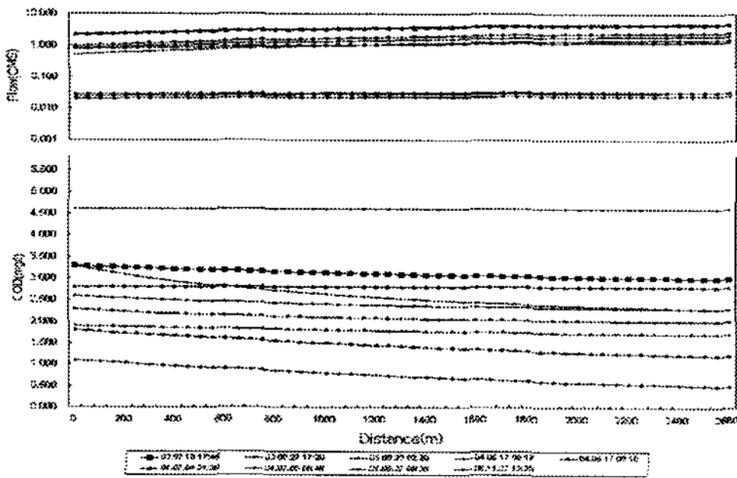
(d) Conductivity



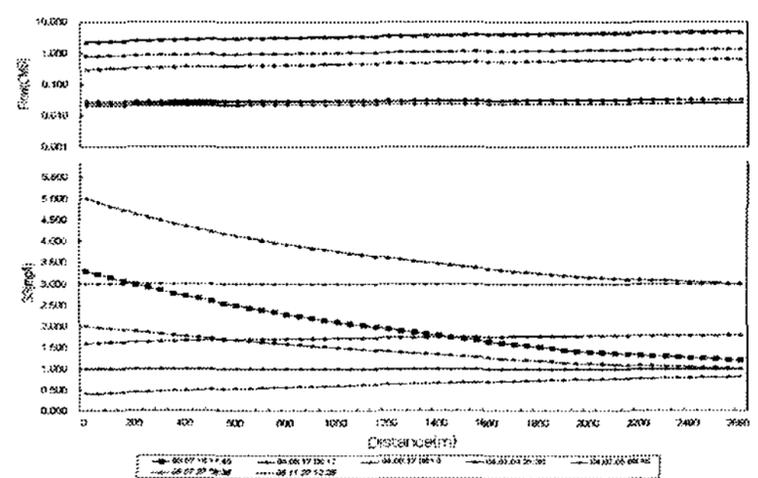
(e) T-P



(f) pH



(g) COD



(h) SS

Fig. 6. Spatial analysis of water quality by segments.

Table 3. Relation formula between up/down stream in each water quality items

Items	Formularize	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
Conductivity	$y=-1.5659x^2+0.2801x+2.1503$	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

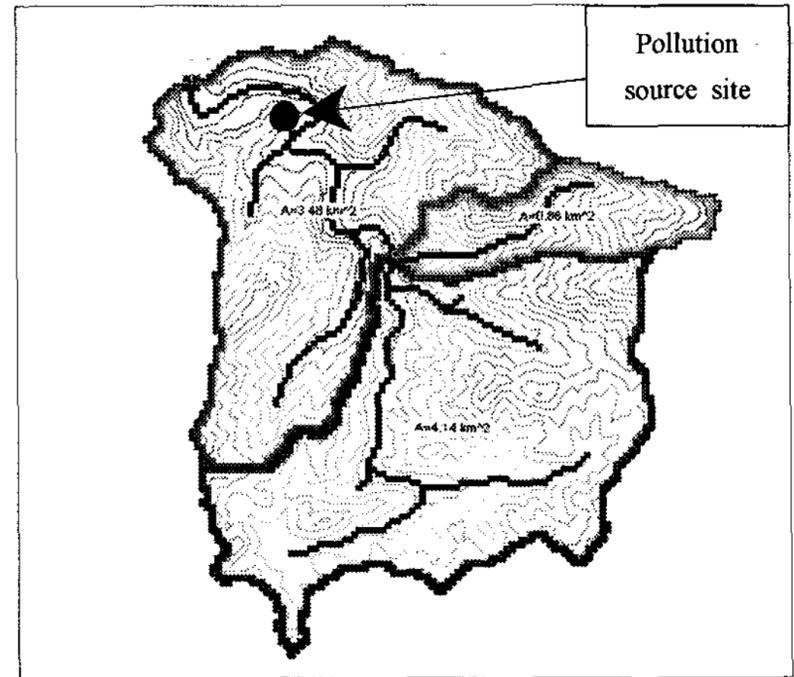


Fig. 7. Pollution source site by construction.

4.3. 오염물질 유입에 따른 오염량 예측

특히, 2007년에는 연구 대상유역 내 고속화 지방도로 신설공사로 인하여 과거와는 다른 양상의 오염량의 변화가 실측되었으며, 상·하류 2개 관측지점 구간내 즉, 사방교 하류 2.25 km 지점에서 오염물질이 유입되는 것으로 조사되었다(Fig. 7).

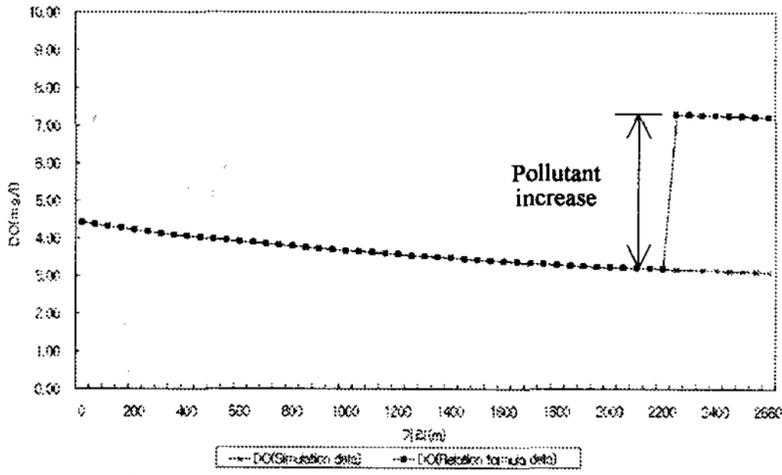
하천으로 오염물질 유입이 발생한 시기인 7월 10일과 8월 4일의 2개 강우사상을 중심으로 Table 3의

상·하류 관계식 중 결정계수가 높은 DO, BOD, COD, pH의 항목에 대하여 분석하였다. 4.1절에서 검증된 매개변수와 사방교의 실측값을 입력자료로 적용하여 오염물질 유입 지점과 전적비교 지점의 오염량을 모의하였으며, 그 결과는 Table 4 및 Fig. 8~Fig. 9와 같다. 즉, 상·하류 구간내 오염물질 유입이 없다고 가정하여 얻어진 값을 의미한다.

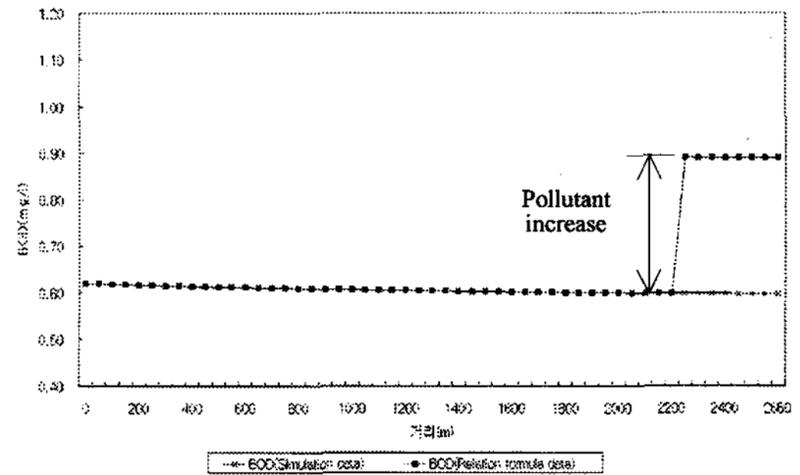
오염물질 유입으로 인한 전적비교 지점의 오염량

Table 4. Pollution increase by pollution inflow

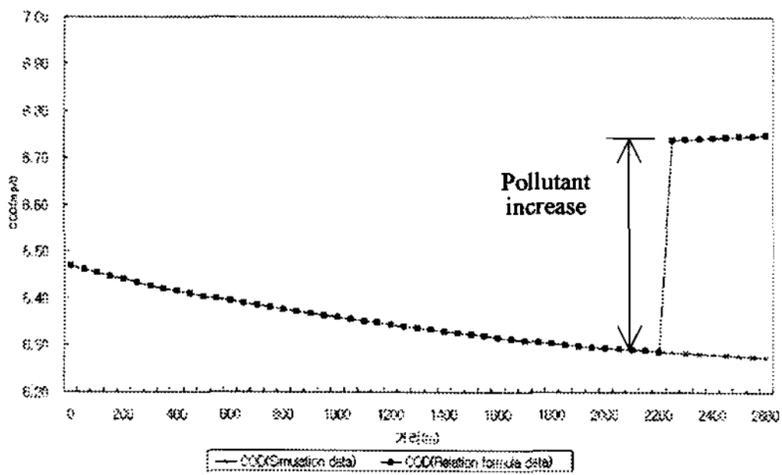
Date	Case	Name	Flow (CMS)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	pH
2007. 07.10 15:15	In-situ data	Sabang-bridge	0.0605	4.420	0.620	6.470	7.430
	Simulation data	Memorial-bridge	0.1008	3.100	0.597	6.274	7.398
	In-situ data	Memorial-bridge	0.1008	7.230	0.890	6.750	7.440
	Increment		-	(+)4.130	(+)0.293	(+)0.476	(+)0.042
	Simulation data	Pollution source site	-	3.174	0.598	6.285	7.400
	Relation formula data	Pollution source site	-	7.304	0.891	6.739	7.438
	Increment		-	(+)4.130	(+)0.293	(+)0.454	(+)0.038
2007. 08.04 14:20	In-situ data	Sabang-bridge	0.820	3.280	0.700	3.750	6.590
	Simulation data	Memorial-bridge	2.053	1.966	0.679	3.551	6.565
	In-situ data	Memorial-bridge	2.053	3.590	0.840	4.100	6.730
	Increment		-	(+)1.624	(+)0.161	(+)0.549	(+)0.165
	Simulation data	Pollution source site	-	2.008	0.679	3.557	6.566
	Relation formula data	Pollution source site	-	3.548	0.839	4.094	6.729
	Increment		-	(+)1.540	(+)0.160	(+)0.537	(+)0.163



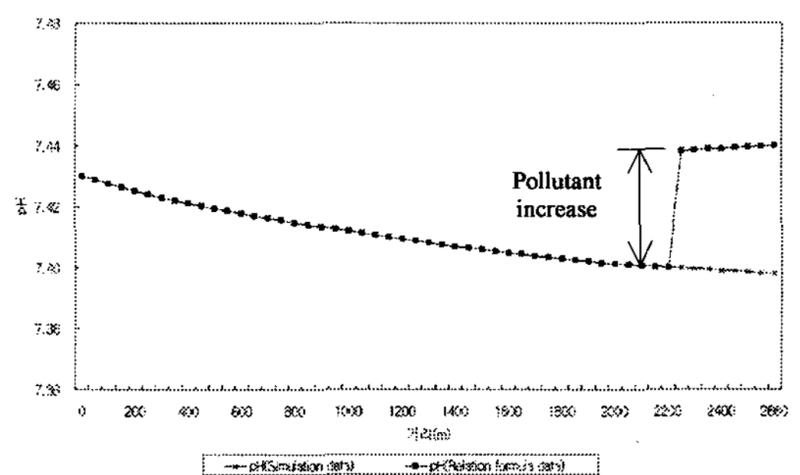
(a) DO



(b) BOD

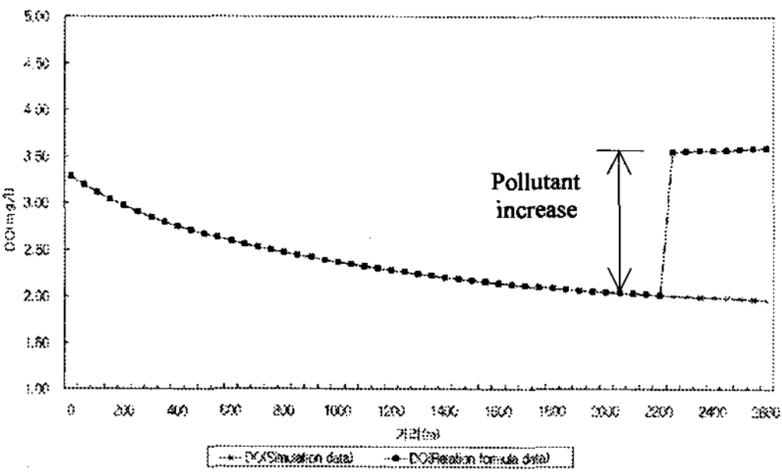


(c) COD

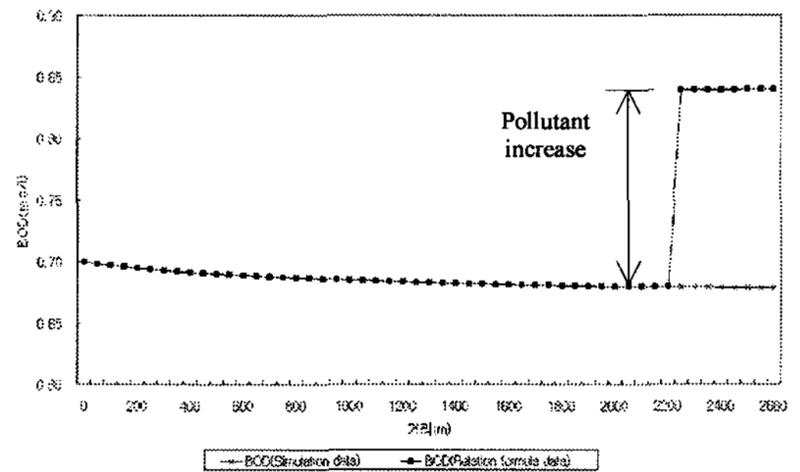


(d) pH

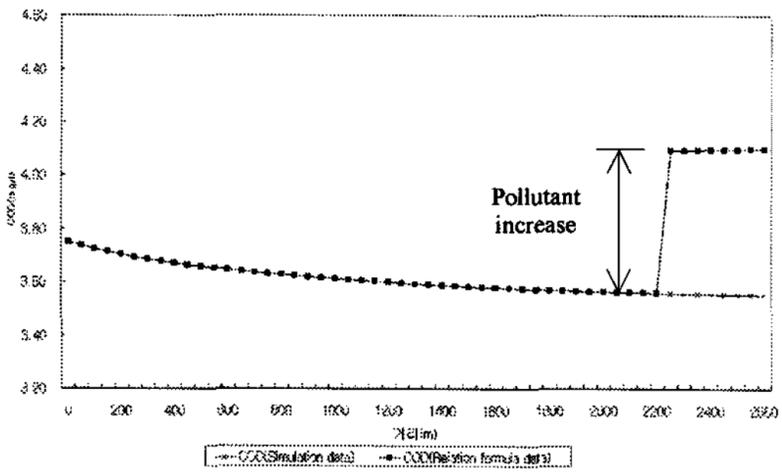
Fig. 8. Pollution increase by pollution inflow(07.07.10 15:15).



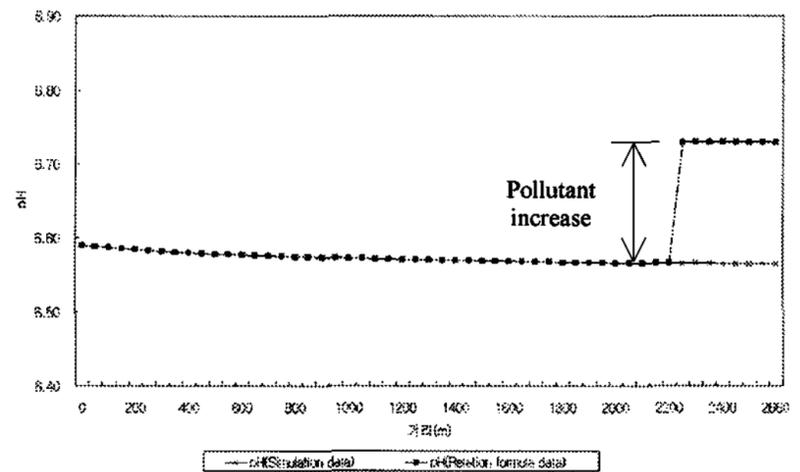
(a) DO



(b) BOD



(c) COD



(d) pH

Fig. 9. Pollution increase by pollution inflow(07.08.04 14:20).

증가 범위는 DO의 경우 (+)4.130~(+1.624 mg/ℓ, BOD는 (+)0.293~(+0.161 mg/ℓ, COD는 (+)0.549~(+0.476 mg/ℓ, pH는 (+)0.165~(+0.042로 나타났다.

오염물질 유입 지점의 오염량 예측을 위하여 전 적비교 지점의 실측값을 초기값으로 하여 Table 3의 상·하류 관계식을 적용하여 산정하였으며, 그 결과는 Table 4 및 Fig. 8~Fig. 9와 같다. 오염물질 유입 지점의 오염량 증가 범위는 DO의 경우 (+)4.130~(+1.540 mg/ℓ, BOD는 (+)0.293~(+0.160 mg/ℓ, COD는 (+)0.537~(+0.454 mg/ℓ, pH는 (+)0.163~(+0.038로 나타났다.

5. 결 론

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.

특히, 2007년에는 연구 대상유역 내 고속화 지방도로 신설공사로 인하여 과거와는 다른 양상의 오염량의 변화가 실측됨에 따라, 7월 10일과 8월 4일의 2개 강우사상에 대하여 도출된 상·하류 관계식 중 결정계수가 높은 DO, BOD, COD, pH의 오염 변화량을 산정하였다. 오염물질 유입으로 인한 전적비교 지점의 오염량 증가 범위는 DO의 경우 4.130~1.624 mg/ℓ, BOD는 0.293~0.161 mg/ℓ, COD는 0.549~0.476 mg/ℓ, pH는 0.165~0.042로 나타났으며, 오염물질 유입 지점의 오염량 증가 범위는 DO의 경우 (+)4.130~(+1.540 mg/ℓ, BOD는 (+)0.293~(+0.160 mg/ℓ, COD는 (+)0.537~(+0.454 mg/ℓ, pH는 (+)0.163~(+0.038로 나타났다.

따라서, 본 연구 결과인 모형의 모의를 통하여 전

적비교 지점의 오염 증가량을 산정할 수 있었으며, 상·하류 관계식의 적용으로 오염물질 유입 지점의 오염 유입량을 정확히 예측할 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) 최지용, 신창민, 2002, 비점오염원 유출저감을 위한 우수유출수 관리방안, 한국환경정책평가연구원, 211pp.
- 2) 이현동, 배철호, 2002, 비점오염원 유출특성과 저감을 위한 최적관리방안, 한국물환경학회지, 18(6), 569-576.
- 3) 최지용, 신은성, 이동훈, 1999, 서울 도시지역의 비점오염원 유출특성에 관한 연구, 한국물환경학회지, 15(3), 315-323.
- 4) 신창민, 최지용, 박철휘, 2004, 도시지역에서의 토지이용별 비점오염물질 유출특성, 대한환경공학회지, 26(7), 729-735.
- 5) 신은성, 최지용, 이동훈, 2001, 농업지역의 비점오염물질 유출특성에 관한 연구, 한국물환경학회지, 17(3), 299-311.
- 6) 김성수, 김종석, 방기연, 권은미, 정옥진, 2002, 경안천 유역의 강우사상별 비점오염원 유출특성 및 원단위 조사, 대한환경공학회지, 24(11), 2019-2027.
- 7) 여중현, 2004, 도시지역과 농촌임야지역에서의 비점오염물질 유출특성 연구, 석사학위논문, 토목환경공학과, 한남대학교, 대전.
- 8) 김동필, 김성훈, 2007, 2006년 설마천 시험유역의 유량과 수질인자의 상관관계 분석, 2007년 한국수자원학회 학술발표회 발표논문집, 865-869.
- 9) 김동필, 정성원, 김형섭, 문장원, 황석환, 한명선, 정규연, 이대희, 소혜란, 2003, 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구, 한국건설기술연구원, 250pp.
- 10) 김동필, 정성원, 김형섭, 황석환, 김성훈, 소혜란, 2004, 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구, 한국건설기술연구원, 270pp.
- 11) 김동필, 정성원, 김형섭, 김성훈, 2005, 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구, 한국건설기술연구원, 235pp.
- 12) 김동필, 정성원, 김형섭, 김성훈, 2006, 시험유역의 운영 및 수문특성 조사, 한국건설기술연구원, 216pp.
- 13) 김동필, 김형섭, 임동희, 2007, 시험유역의 운영 및 수문특성 조사, 한국건설기술연구원, 222pp.