

충주호 상류지역의 유황별 장래수질예측

이원호 · 한양수* · 연인성** · 조용진***

충주대학교 건설도시공학과 · 경동대학교 건축환경공학부* · 충북대학교 토목공학과**
충주대학교 환경공학과***

Water quality forecasting on upstream of chungju lake by flow duration

Won-Ho Lee · Yang-su Han* · In-Sung Yeon** · Yong-Jin Cho***

Dept. of Construction & Urban Engineering, Chungju National University,
Dept. of Architecture & Environmental Engineering, Kyongdong University,*
*Dept. of Civil Engineering, Chungbuk National University**,*
*Dept. of Environmental Engineering, Chungju National University***.*

Abstract

In order to define about concern with discharge and water-quality, it is calculated drought flow, low flow, normal flow and wet flow in Chungju watershed from flow duration analysis.

Water quality modeling study is performed for forecasting at upstream of Chungju lake. It is divided method of modeling into before and after the equipment of environmental treatment institution. And it is estimated the change of water quality.

Before the equipment of environmental treatment, BOD concentration is increased from 2000 to 2006 years at all site and decrease on 2012 years. The rate of increasing BOD concentration is showed height between 2000 years and 2003 years most of all site. And after the equipment of environmental treatment, it is showed first grade of BOD water quality in most of sample site beside Jucheon river.

The result of water quality modeling using drought flow showed that a lot of pollution occurred. And water quality using wet flow is good, so much discharge make more improve water quality than little discharge.

I. 서론

근래에는 농업의 근대화, 다양한 제품 공급, 여가 선용을 위한 관광 및 전국도의 유원지화 현상이 두드러지게 나타나고 있다. 따라서 대도시에서만 아니라 중·소도시 및 농어촌 지역에서도 각

종 수질 오염 물질 및 고형 폐기물 등이 광역화되어 자연 환경으로 배출되고 있다. 충주댐 상류 지역에는 도시시설의 확충 및 농공단지의 개발이 이루어지고 있으며 축산 시설의 산재, 농약 및 비료 사용의 증가, 관광객의 증가로 인한 수질오염이 심화되고 있다.

충주호로 유입되는 하천유량은 계절에 따라 크게 차이가 나는 반면 배수구역에서의 오염 배출부하량은 계절에 관계없이 비교적 일정하다. 하천 수질에 큰 영향을 미치는 인자가 유량임을 감안할 때 유량과 수질의 관계를 명확히 파악하여야 하며 어떤 유량을 기준으로 삼는가에 따라서 개별 하천의 목표수질 만족 여부는 달라지게 된다. 또한 목표수질을 달성하기 위한 환경기초시설 설치 등의 종합적 수질관리 대책을 수립하기 위해서는 장래 수질에 대한 정확한 예측이 이루어져야 한다.

연구에서는 유량과 수질의 관계를 파악하기 위해 충주호 유역의 유황 분석 및 지천별 갈수량, 저수량, 평수량, 풍수량을 산정하였으며 이를 기준으로 충주호로 유입되는 상류지역의 하천에 QUAL2E 모델을 적용하여 장래 수질예측을 수행하였다. 현재 진행중이거나 계획중인 환경기초시설의 설치 전·후로 구분하여 수질변화 양상을 비교·검토하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상유역

충주호의 상류지역인 오대천, 송천, 어천, 지장천, 석항천, 평창강, 주천강, 옥동천을 대상유역으로 하였다. 남한강 본류의 모의 대상구간은 강원도 정선군 북면 유천리 송천교부터 임현천 합류후인 단양까지 약 116km 구간이다. 평창강 수계는 평창읍에서 남한강 본류 합류점에 이르는 56km 구간이며 옥동천 수계는 상동읍에서 남한강 본류 합류점까지 28km 구간이다.

2. 연구내용 및 방법

남한강 본류를 비롯한 주요 지류를 선정하여 1999년 7월을 기점으로 2000년 5월까지 4회에 걸쳐 수질 조사 및 분석을 실시하였다. 수질조사 지점은 Fig. 1과 같으며 남한강 본류는 N, 오대천 TO, 송천 TS, 어천 TA, 지장천 TJ, 석항천 TH, 평창강 TP, 주천강 TU, 옥동천 TK로 표기하였다.

하천 유량은 시간에 대하여 무작위 변수라 할 수 있으므로 하천의 유지관리 및 분석의 목적에서 확률적 또는 통계적인 분석 기법이 필요하며, 유황분

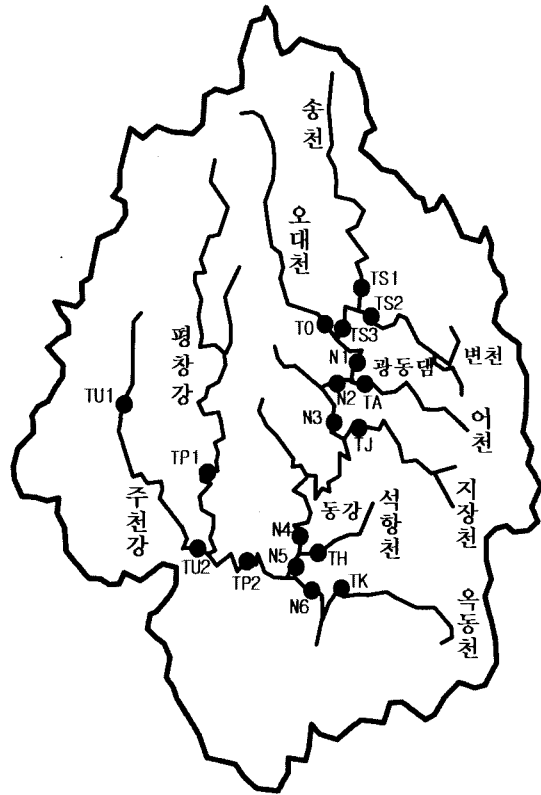


Fig. 1. Sampling site

석은 이 기법중 하나이다. 연구를 위해 산정한 유황별 하천유량은 10년간의 충주호 유입량 자료를 이용하여 소구역별 면적비에 해당하는 비유량을 구하여 유황별 유량으로 결정하였다. 충주호 지점의 연도별 유황은 1990년~1999의 기간동안 10년 평균치는 갈수량 15.27m³/sec, 저수량 29.25m³/sec, 평수량 58.24m³/sec, 풍수량 108.93m³/sec로 분석되었다.

오염원 산정은 인구, 가축, 산업시설, 토지 등을 중심으로 조사하였으며 기초단체별 통계연보 자료를 기초로 하여 오염원별로 증가율을 고려하고 장래 오염원의 변화를 추정하였다.

발생 오염부하량은 산정된 오염원 자료와 인구, 가축, 토지 등의 오염원과 환경부에서 제안한 원단위를 적용하여 산정하고 산업시설은 배출량에 수질환경보전법의 오염물질의 배출 허용기준을 적용하여 산정하였다. 예측된 오염원 자료를 이용하여 예측 부하량을 산정하였으며 환경기초시설의 설치

Table 1. Sewage treatment plant going ahead with a plan in 2001 years

County	Name	Capacity (m ³ /day)	begin	finish
Jeongsun	Sabuk	8500	1998	2003
	Jeongsun	2700	2001	2004
Pyongchang	Doam	3500	1999	2002
	Daewha	3500	2001	2004
	Jinbu	5000	2001	2004
Whingsung	Dunnae	1500	1996	2001

여부에 따른 영향을 검토하기 위해 현재 운영중인 거나 향후 설치 계획중인 시설을 고려하였다. 2001년 추진중인 하수종말 처리시설의 경우 현황은 Table 1과 같다.

유달 오염부하량은 산정된 배출 오염부하량을 이용하여 구하였으며 환경기초시설의 설치 전·후로 구분하여 유형별 유량에 따른 BOD, T N, T-P에 대한 장래 수질을 예측하였다. 장래 수질 예측을 위해 수질 보전계획 수립시 하천 수질모의를 위해 널리 사용되는 QUAL2E 모형을 적용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 수질 분석 결과

충주호 상류지역의 18개 지점을 대상으로 수질 조사를 실시하였으며 1999년 7월~2000년 5월까지 지류를 제외한 남한강 본류의 연평균 수질분석 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. The analysis of annual water quality in main stream of Namhan river

Item Site	Temp	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P	
	(°C)			(mg/L)					
m a i n	N1	15.1	8.2	10.2	0.73	1.6	1.4	2.670	0.026
	N2	15.4	8.4	9.8	0.78	1.9	2.9	2.572	0.028
	N3	15.6	8.2	9.8	0.83	1.9	2.5	2.452	0.031
	N4	15.3	8.2	10.3	0.90	1.6	1.8	2.594	0.015
	N5	15.3	8.2	10.5	0.97	2.1	2.5	2.587	0.032
	N6	15.6	8.2	10.3	1.00	2.3	3.0	2.574	0.028

N-1 지점은 정선읍 봉양리로서 연평균 BOD 값이 0.73ppm으로 나타났다. 4회에 걸쳐 측정된 결과를 살펴보면 1999년 7월의 측정 결과가 1.0ppm으로 최고치를 나타냈으며, 최저치로는 99년 10월의 0.4ppm이었다.

N-2 지점은 본류에 어천이 합류한 후의 지점으로서 평균 BOD 0.78ppm으로서 N-1 지점과 비슷하게 나타났다.

N-3 지점은 정선읍 광하리 지점으로 본류의 수질로서 평균 BOD의 농도는 0.83ppm으로 정선읍을 통과함에 따라 상류의 수질보다 높게 나타났다. 수질 저하의 원인은 본류 유역내에 있는 오염원의 유입 때문인 것으로 판단된다.

N-4 지점은 영월읍 삼옥리로서 연평균 BOD 값이 0.9ppm으로 나타났다. 4회에 걸쳐 측정된 결과를 살펴보면 1999년 7월의 측정 결과가 1.2ppm으로 최고치를 나타냈으며, 최저치로는 99년 10월의 0.6ppm이었다. 환경 정책 기본법에 의한 수질 등급 1급을 초과한 경우는 99년 7월로서 1.2ppm으로 나타났다.

N-5, 6 지점은 정선읍 덕포리, 정양리로서 연평균 BOD 값이 0.97, 1.0ppm으로 나타났다. 4회에 걸쳐 측정된 결과를 살펴보면 1999년 7월의 측정 결과가 1.4, 1.5ppm으로 최고치를 나타냈으며, 최저치로는 99년 10월의 0.8ppm, 0.5ppm이었다. 특히, 환경 정책 기본법에 의한 수질 등급 1급을 초과한 경우는 7월로 1.4ppm, 1.5ppm이었다.

2. 하천별 유형 분석

사용된 유형별 하천유량은 10년간의 충주호 유입량을 분석하여 산정하였다. 유역을 23개의 소구역으로 나누고 소구역별 면적비를 이용하여 비유량으로 유형별 유량을 결정하였고 산정된 소구역별 유량은 Table 3과 같다.

곡동천의 유량이 갈수량 1.26m³/sec, 풍수량 8.99 m³/sec로 가장 크게 산정되었으며 연당천의 유량이 갈수량 0.03m³/sec, 풍수량 0.21m³/sec로 가장 작게 산정되었다.

Table 3. Flow duration at upstream of Namhan river in each drainage(unit : m³/sec)

drainage	Drought flow	Low flow	Normal flow	Wet flow
Songcheon bridge	0.52	0.99	1.98	3.70
Pyongchang eup	0.13	0.26	0.51	0.96
Sangdong eup	0.11	0.21	0.42	0.79
Golgi stream	0.80	1.53	3.05	5.70
Odae stream	0.65	1.25	2.49	4.66
Eo stream	0.33	0.64	1.27	2.37
Yongtan stream	0.15	0.29	0.58	1.08
Jijang stream	0.24	0.46	0.91	1.71
Mitan stream	0.05	0.10	0.20	0.37
Sangri stream	0.15	0.29	0.58	1.08
Seokhang stream	0.23	0.44	0.87	1.62
Jucheon river	0.55	1.05	2.09	3.91
Ssangjont stream	0.05	0.10	0.20	0.37
Mun gok stream	0.06	0.12	0.24	0.46
Yeondang stream	0.03	0.06	0.11	0.21
Gyechon stream	0.10	0.19	0.38	0.71
Siru stream	0.05	0.09	0.18	0.33
Nokjeon stream	0.04	0.08	0.16	0.29
Naerin stream	0.11	0.21	0.42	0.79
Changwon stream	0.02	0.03	0.07	0.12
Gukdong stream	1.26	2.41	4.80	8.99
Ilguk stream	0.24	0.47	0.93	1.75
Okdong stream	0.26	0.50	1.00	1.87

Table 4. Population in each years

Year	Youngwol		Jeongsun		Pyongchang	
	Population	(Increase %)	Population	(Increase %)	Population	(Increase %)
1990	64588	-	88377	-	53257	-
1991	62239	-3.6%	86637	-2.0%	55488	4.2%
1992	58783	-5.6%	80133	-7.5%	53354	-3.8%
1993	56478	-3.9%	72900	-9.0%	51724	-3.1%
1994	54889	-2.8%	66169	-9.2%	50548	-2.3%
1995	53405	-2.7%	61121	-7.6%	49789	-1.5%
1996	51809	-3.0%	57362	-6.2%	49387	-0.8%
1997	50529	-2.5%			48865	-1.1%
1998	50325	-0.4%			48803	-0.1%

Table 5. Number of livestock(unit : head)

	Youngwol	Jeongsun	Pyongchang
Cattle	8444	7090	9320
Milk cow	471	62	2837
Hog	8674	2526	8518
Domestic	18784	24163	8190
Total	36373	33841	28865

3. 오염부하량 산정

3.1 오염원 현황

충주댐 상류지역에 해당하는 강원도 지역 3개 군의 연도별 인구추이를 Table 4에 나타내었으며 가축 현황을 Table 5에 나타내었다. 업종에 따른 사업자 현황을 Table 6에 나타내었으며 대상유역 내의 토지이용 현황을 Table 7에 나타내었다.

3.2 배수구역별 오염부하량 산정

본 연구에서는 국내의 여러 연구 기관에서 조사된 자료를 비교·검토하여 선정된 환경부의 산정방식을 적용하여 오염부하량을 산정하였다. 인구의 경우 하수처리와 하수 미처리 인구를 구분하여 현황을 파악하고 배수구역별 발생부하량 및 배출부하량을 추정하였다. 또한 가축과 산업배출업소를 조사하여 발생부하량 및 배출부하량을 추정하였다.

비점오염원에서의 오염물질 배출량은 강우강도, 강우지속시간, 지형 및 지질 등에 따라 변화하며, 퇴비, 가축분뇨, 농약 등이 주요오염원이라 할 수 있다. 비점오염원에 의한 영향을 토지 이용상태에 따라 구분하여 나타내기 위해 전, 답, 임야 및 대지로 분류하여 조사하였다.

오염원별 발생부하량은 산업 및 관광시설의 영

Table 6. Number of registrant by industry

	Youngwol	Jeongsun	Pyongchang
Agriculture	12376	16954	4093
Mining	633	91	2774
Manufacture	1279	584	869
Construction	512	300	373

Table 7. Land use(unit : km²)

City/Count	Area	Farm	Paddy	Forest	Ground	Pasture	etc.
Kangnung city	135.0949	0.8995	14.7312	2.9439	0.3416	0.5782	115.6005
Samchuck city	206.1423	12.0806	0.805	185.4966	0.3724	0.8255	6.5622
Youngwol county	1125.836	100.548	25.5284	934.7755	6.4268	3.026	55.5309
Wonju city	129.1684	11.8817	4.6919	106.9767	0.6641	0.1223	4.8317
Jeongsun county	1218.801	100.3877	9.2711	1048.562	9.7486	1.8854	48.9465
Taebak city	166.0352	10.5526	0.1007	147.9494	0.2073	1.9337	5.2915
Pyongchang county	1466.282	122.9208	24.7128	1234.146	5.7942	19.004	59.7036
Whingsung county	314.9311	40.5368	14.0329	237.3607	2.0512	6.166	14.7835
Total	4762.29	399.8077	93.874	3898.211	25.6062	33.5411	311.2504

향으로 다소 증가하는 경향을 보였으나 배출부하량은 환경기초시설의 확충으로 점차 감소할 것으로 나타났다.

조사가 가능한 오염원들에 의해 산정된 배출부하량을 총괄하여 수질 항목별로 Table 8~10에 나타내었다.

4. 모형의 구성

하천 수질예측을 위해 QUAL2E 모형을 사용하였으며 실측된 수질자료를 이용하여 QUAL2E 모형의 변수를 보정함으로써 수질예측모형이 실제 수역의 특성을 잘 반영할 수 있도록 하였다.

QUAL2E 모형은 하천의 수체 내에서 어떤 수질인자의 1차원 거동을 표현하는 물질수지 방정식을 사

Table 9. Pollution load of T-N in each drainage(kg/day)

Drainage	Drain load(T-N)			
	2000	2003	2006	2012
Song stream	3089.7	3055.9	3048.9	3008.6
Odae stream	1438.9	1409.2	1403.9	1369.8
Seokhang stream	626.0	627.8	605.3	585.3
Eo stream	694.4	692.8	692.4	690.3
Jijang stream	3462.7	3397.6	3375.7	3290.9
Namhan river1	2063.0	2018.9	1943.7	1831.4
Okdong stream	1483.9	1478.8	1477.3	1470.7
Pyongchang river	4645.6	4586.8	4530.0	4417.4
Jucheon river	2509.6	2478.7	2474.4	2439.7

Table 8. Pollution load of BOD in each drainage(kg/day)

Drainage	Drain load(BOD)			
	2000	2003	2006	2012
Song stream	4243.5	4067.8	4046.3	3858.2
Odae stream	1640.5	1417.5	1401.9	1198.0
Seokhang stream	1262.1	1284.7	818.3	530.5
Eo stream	735.2	739.9	738.7	742.3
Jijang stream	8750.1	5079.4	4648.5	2469.6
Namhan river1	4138.1	3787.2	3258.8	2566.4
Okdong stream	1500.4	1502.0	1496.9	1493.4
Pyongchang river	4915.6	4673.8	4332.2	3818.0
Jucheon river	3602.6	3520.4	3506.4	3412.8

Table 10. Pollution load of T P in each drainage(kg/day)

Drainage	Drain load(T-P)			
	2000	2003	2006	2012
Song stream	236.5	232.6	232.2	227.9
Odae stream	99.5	96.2	95.9	92.3
Seokhang stream	46.8	47.1	40.4	34.9
Eo stream	44.2	44.0	44.0	43.8
Jijang stream	406.2	401.4	405.0	403.8
Namhan river1	160.9	156.1	148.4	136.8
Okdong stream	98.6	97.9	97.8	97.1
Pyongchang river	349.7	343.2	337.7	326.1
Jucheon river	198.9	194.8	194.6	190.3

용하며 물질의 확산, 유체에 의한 이동, 수질인자의 반응, 생성 및 분해 그리고 물질의 유입과 유출 등으로 나타내어진다. 물질수지 방정식은 식 1과 같다.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial(Ax \cdot D_L \cdot \partial C / \partial x)}{Ax \cdot \partial x} - \frac{\partial(Ax \cdot u \cdot C)}{Ax \cdot \partial x} + \frac{dC}{dt} + \frac{S}{V} \quad (1)$$

여기서, C : 어떤 물질의 농도(g/m^3), t : 시간(sec), Ax : 유수단면적(m^2), V : 하천의 구간 수체적(m^3), D_L : 종방향 확산계수(m^2/sec), u : 평균유속(m/sec), dC/dt : 어떤 물질의 반응에 의한 농도구배($g/l \cdot day$), S : 어떤 물질의 생성 및 소멸(g/day), x : 유하거리(m)

수질 모형의 모의를 위해 특성이 유사한 구간(reach)은 12개를 두었고, 계산 소구획은(nod)의 길이는 1km하여 모의하였으며 계산 소구획도를 Fig. 2에 나타내었다.

수질모의 대상구역의 각 구간별 수리학적 특성은 Table 11과 같으며 하상경사는 최대 0.0067, 최소 0.0044로 나타났다.

충주호 상류구역에 적합한 인자를 추출하기 위해 보정 과정을 거쳐 모형이 구역의 특성을 잘 반

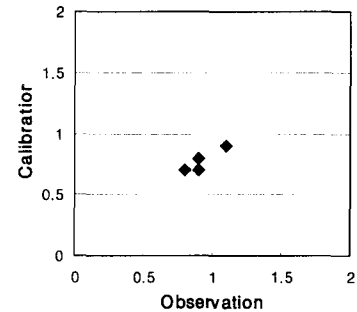
Table 11. Hydraulic data of main stream of Namhan river

Stream	Rea-ch	Length (km)	Channel slope	dispersion coefficient	Rough-ness
namhan river	1	19	0.0067	600.0	0.035
	2	17	0.0063	550.0	0.034
	3	17	0.0059	520.0	0.032
	4	18	0.0056	510.0	0.031
	5	20	0.0050	500.0	0.030
	6	20	0.0056	590.0	0.033
	7	18	0.0050	490.0	0.030
	8	18	0.0048	400.0	0.025
	9	9	0.0046	550.0	0.029
	10	14	0.0048	580.0	0.033
	11	15	0.0046	500.0	0.030
	12	17	0.0044	530.0	0.028

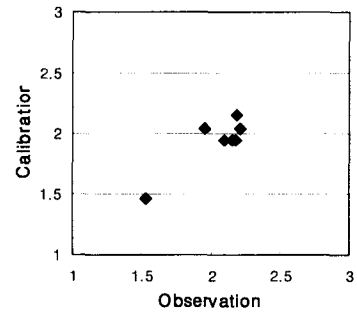
영하도록 최적화 하였으며 실측된 수질자료를 이용한 QUAL2E 모형의 보정결과를 Fig. 3에 나타내었다.

5. 장래수질예측

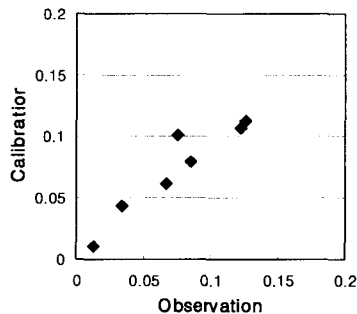
환경기초시설을 설치하기 전·후의 충주호 상류 지역의 유황에 따른 수질예측을 수행하였으며 환



a) BOD



b) T-N



c) T-P

Fig. 3. Model calibration

Table 12. The result of Water quality forecasting (before the equipment of environmental treatment)(Unit : mg/L)

Year	nod	Site	Drought flow			Low flow			Normal flow			Wet flow		
			BOD	TN	TP	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
2003	24	Jeongsun 1	1.5	3.155	0.136	0.9	2.141	0.091	0.9	2.004	0.084	0.7	1.673	0.068
	35	Jeongsun 2	1.6	3.326	0.198	1	2.243	0.129	0.9	2.098	0.119	0.7	1.749	0.096
	86	Dong river	2	3.295	0.194	1.2	2.184	0.122	1.1	2.042	0.113	0.8	1.689	0.09
	143	Jucheon river	4.3	3.286	0.05	2.6	2.421	0.052	2.5	2.268	0.05	2	1.853	0.043
	150	Youngwol 2	1.9	3.265	0.103	1.2	2.205	0.07	1.2	2.058	0.065	0.9	1.684	0.053
	183	Okdong stream	2	2.086	0.019	1.2	1.565	0.012	1	1.485	0.011	0.8	1.291	0.009
2006	24	Jeongsun 1	1.6	3.158	0.137	1	2.143	0.091	0.9	2.006	0.084	0.7	1.675	0.069
	35	Jeongsun 2	1.6	3.329	0.199	1	2.245	0.129	0.9	2.1	0.119	0.7	1.75	0.096
	86	Dong river	2	3.303	0.195	1.2	2.189	0.123	1.1	2.047	0.113	0.9	1.693	0.09
	143	Jucheon river	4.4	3.295	0.05	2.7	2.427	0.052	2.5	2.273	0.05	2	1.857	0.042
	150	Youngwol 2	2	3.274	0.103	1.3	2.21	0.071	1.2	2.063	0.066	0.9	1.688	0.053
	183	Okdong stream	2.1	2.086	0.019	1.2	1.565	0.012	1	1.485	0.011	0.9	1.291	0.009
2012	24	Jeongsun 1	1.6	3.163	0.137	1	2.146	0.092	0.9	2.008	0.085	0.7	1.677	0.069
	35	Jeongsun 2	1.6	3.333	0.199	1.1	2.248	0.13	0.9	2.102	0.12	0.7	1.753	0.096
	86	Dong river	2	3.312	0.195	1.3	2.195	0.123	1.1	2.052	0.114	0.9	1.697	0.091
	143	Jucheon river	4.1	2.678	0.044	2.5	1.881	0.048	2.3	1.766	0.046	1.8	1.457	0.039
	150	Youngwol 2	1.9	3.092	0.102	1.3	2.087	0.07	1.1	1.949	0.065	0.9	1.598	0.053
	183	Okdong stream	2	2.046	0.019	1.1	1.54	0.012	1	1.463	0.011	0.8	1.273	0.009

경기초시설 설치 전의 각 하천 주요지점별로 BOD, T-N 및 T-P 항목에 대한 2003년, 2006년, 2012년의 수질을 예측 결과를 Table 12에 나타내었다.

갈수기 유량을 적용한 2003년의 주요지점별 수질을 보면 BOD가 대부분 하천수질등급 II급수를 유지하는 것으로 나타났으며, 평창강의 주천강 지점에서는 III급수로 나타났으며, 전반적으로 연도가 증가할수록 환경기초시설 설치전에는 수질이 계속 악화되고 있는 것으로 예측되었다.

저수기 유량을 적용한 주요지점별 수질은 2000년의 경우 대부분 구간에서 하천수질등급

I 급수로 나타났으나 주천강 지점에서는 하천수질 II 급수로 나타났나.

연도가 지남에 따라서 수질이 점차 악화되고 2012년의 경우에는 대부분 주요지점에서 하천수질 등급 II급수로 저하되었다. 평수기와 풍수기의 경

우, 유량이 증가할수록 양호한 수질을 보여 유량이 증가함에 따라 수질이 개선되는 것으로 나타났다.

환경기초시설의 설치에 따른 영향을 검토하기 위해 BOD를 중심으로 환경기초시설 설치 전의 지점별 모의 결과와 비교하여 Fig. 4에 나타내었으며

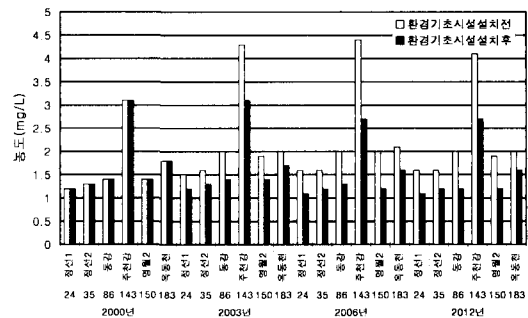


Fig. 4. The change of BOD forecasting using drought flow by environmental treatment

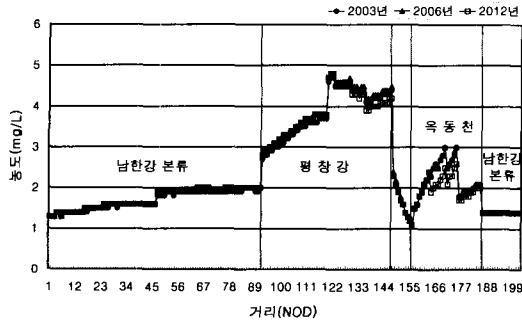


Fig. 5. BOD forecasting(before the equipment of environmental treatment in dry season)

갈수기, 저수기, 평수기, 풍수기의 유황별로 구분하여 장래 수질예측을 수행하였다. 환경기초시설 설치 전·후 갈수기 BOD 수질예측 결과를 Fig. 5와 Fig. 6에 전체 모의구간에 대하여 나타내었다.

주천강 지점의 경우 2012년에 환경기초시설 설치 전 III급수에서 환경기초시설 설치후 II급수로 수질이 개선될 것으로 모의되었다. 또한 연도가 증가할수록 환경기초시설 설치 전에는 수질이 악화될 것으로 예측되었으나 환경기초시설 설치 후에는 점차 수질이 개선될 것으로 나타났다.

충주댐 상류지역 저수기의 환경기초시설 설치 전·후에 대하여 비교한 BOD의 예측결과는 Fig. 7과 같다. 주요지점별 수질을 보면 2000년의 경우 대부분 구간이 하천수질등급 I급수로 나타났으나 주천강 지점에서는 하천수질 II급수로 나타났다. 환경기초시설 설치전에는 연도가 지남에 따라서 수질이 점차 악화되고 2012년의 경우에는 대부분 주요지점에서 하천수질등급 II급수로 저하되었다.

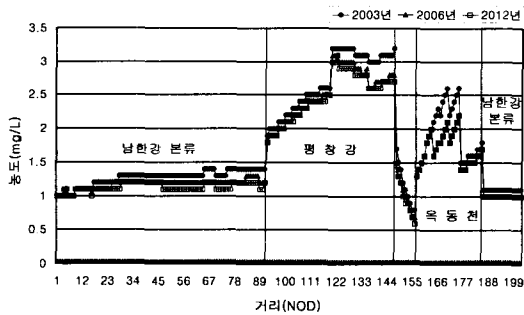


Fig. 6. BOD forecasting(after the equipment of environmental treatment in dry season)

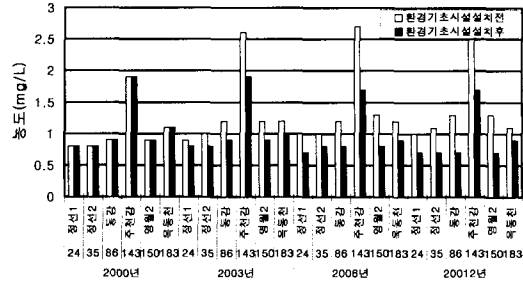


Fig. 7. The change of BOD forecasting using low flow by environmental treatment

환경기초시설 설치되었을 경우 2003년에는 주천강 지점을 제외한 모든 주요지점에서는 BOD 하천수질등급 I급수로 예측되었으며 주천강은 하천수질 등급 II급수로 나타났다. 또한 2012년의 경우에는 수질이 더욱 개선될 것으로 예측되었다.

충주댐 상류지역의 평수기와 풍수기의 BOD 예측결과를 환경기초시설 설치 전·후에 대하여 비교하여 Fig. 8~9에 나타내었다.

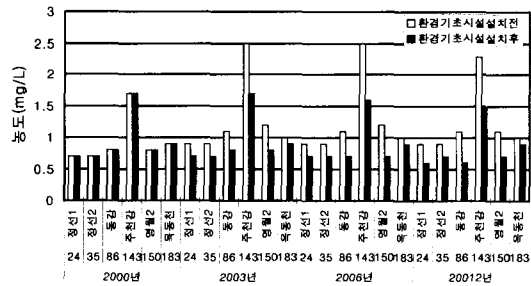


Fig. 8. The change of BOD forecasting using normal flow by environmental treatment

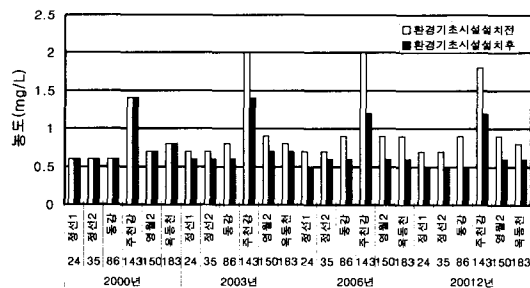


Fig. 9. The change of BOD forecasting using wet flow by environmental treatment

갈수기, 저수기, 평수기, 풍수기 순으로 유량이 증가함에 따라서 나온 수질 상태를 나타내었으며 주천강 지점에서 풍수기의 환경기초시설 설치후의 예측결과를 보면 설치전에 비해 0.7mg/L~0.9mg/L이 감소하였으나 1.2~2.2mg/L의 감소효과를 보인 갈수기의 경우에 비해 적은 것으로 나타나 환경기초시설은 특히 갈수기 수질개선에 큰 역할을 할 것으로 판단된다.

IV. 결 론

향후 10년 후인 2012년까지 QUAL2E 모형을 이용하여 유황에 따른 충주댐 유역의 수질변화를 예측하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 갈수기, 저수기, 평수기, 풍수기의 유량에 대하여 환경기초시설 설치전의 경우는 모두 BOD의 농도가 2000년부터 2006년까지 점차 증가하다가 2012년에는 감소하는 결과를 보였으며 대부분 2000년에서 2003년 사이에 가장 큰 증가를 보였고, 환경기초시설 설치 후에는 2000년부터 2012년까지 대체로 감소하는 경향을 보였다.
2. 유황별로 비교하면 갈수기에 가장 오염이 심각한 것으로 나타났고 풍수기에 가장 양호한 수질 상태를 보여 유량이 증가할수록 수질이 개선되는 것을 알 수 있었다. 특히 주천강 지점에서는 환경기초시설 설치 후 갈수기에 1.2~2.2mg/L의 큰 폭으로 감소하여 환경기초시설이 예정대로 설치된다면 오염이 심각한 갈수기 수질 개선에 큰 역할을 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 환경부지정 충북지역환경기술개발센터 연구비 지원과제의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 박석순, 이시진, 이용석, 최경식 : 소수력발전댐의 영향 예측을 위한 한탄강 수질 모델 연구, 한국물환경학회지, 제 15권, 제 1호, pp. 89~98, 1999.
2. 안상진, 연인성, 한양수, 이재경 : 신경망 모형을 적용한 금강 공주지점의 수질예측, 한국수자원학회 논문집, 제 34권, 제 6호, pp. 701~711, 2001. 12.
3. 유병로, 류병연 : 하천유역의 오염원 적정관리에 관한 연구”, 건설과환경논문집, 제1권, 제1호, pp. 1~11, 2001. 12.
4. 이성기, 유태종, 강인숙 : 영산호 수질예측에 관한 연구, 대한상하수도학회지, 제 1호, 1993. 3.
5. 전경수, 이길성 : QUAL2E 모형의 한강수계 적용, 대한상하수도학회지, 제4호, 1993. 9.
6. 한국수자원공사 : 충주댐 유황측정 보고서, 1999.
7. 환경부 : 수질오염 측정자료, 1996~2000.
8. 황대호, 김현용, 정효준, 이홍근 : Qual2e 모형을 이용한 영산강의 장래수질예측 연구”, 대한위생학회지, 제15권, 제3호, pp. 101~119, 2000.
9. Brown, L.C., and Barnwell, T.O. : Computer program documentation for the enhanced stream water quality model QUAL2E and QUAL2E - UNCAS, EPA/600/3-87/007, US EPA, 1987.
10. Dingman, S. L. : Planning Level Estimates of the value of Resources for Water Supply and Flow Augmentation in New Hampshire, Water Resources Bulletin, American Water Resources Association, 1978
11. Gerald T. Orlob : Water quality modeling for decision making, Journal of water resources planning and management, 118(3), 295-307, 1992.