

자연형 소하천정비에 따른 수질변화 특성

Quality of Water Change Special Quality by Nature Style Stream Construction

윤정환* · 정재훈 · 정해원 · 박승기 (공주대)

Yoon, Jung Hwan*·Jeong, Jae Hoon·Jeong Hae Won·Park, Seung Ki

Abstract

It was monitored 3 years from 2003 to 2005 that the variational quality of water according to the arrangement toward natural shape of stream, and the variational characteristics of the each contents on water quality were analyzed after the separation into three periods of before, among and after arrangement construction. The quality monitoring results showed that the averages of water temperature, pH, DO, SS, BOD, T-N and T-P were 17.1~21.4°C, 6.44~7.74, 7.02~8.36mg/L, 0.7~51.9mg/L, 0.310~1.044mg/L, 0.41~2.43mg/L and 0.003~0.008mg/L, respectively. The measured values of BOD, T-N and T-P were high just after construction, but the amounts were lowered as time passed, and finally stabilized in 2005. It ranged from 0.337 to 0.912 that the coefficients of correlation on linear regression between the discharges of water and BOD, T-N and T-P at each monitoring points, respectively.

I. 서론

소하천은 하천의 발원이 되는 원천으로써 마을주변에 분포되어 각종 용수를 제공하고 용·배수로 등으로 사용되는 등 국민생활과 밀접한 관계를 맺고 있다. 그러나 우리나라의 하천은 60~80년대의 고도 성장기에 치수를 목적으로 하천을 정비하였고 오염원이 증가하면서 하천 자체의 특성은 물론 하천의 환경기능도 상당 부분 훼손되었다.

최근 소하천정비법의 제정으로 소하천의 정비 및 관리를 위한 제도적 기틀이 마련되어 여러 가지 자연형하천 정비공법들이 계획·시공되고 있으며 소하천 본래의 아름다운 자연경관을 최대한 보전하고, 치수·방재적인 측면에서 안정성을 확보하면서 이수와 생태환경과의 조화를 이루도록 정비되고 있다. 그러나 하천 설계 및 관리에 필수적인 수리·수문 자료뿐만 아니라 하천 환경에 관한 자료가 부족한 국내 실정에서 자연형 하천공법에 대한 적용성 분석에는 큰 어려움이 있으며, 소하천에 대한 이들의 자료는 더욱 미흡한 현실이다(국립방재연구소, 2002).

본 연구는 2003년부터 2005년까지 예산군 상가천을 대상으로 자연형 소하천정비에 따른 하천의 수질변화 특성을 구명하기 위하여 하천수질에 대한 모니터링을 실시하였으며 공사전·중·후로 구분하여 수질 항목별 변동특성을 분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험구역의 개요

본 연구의 대상하천은 충남 예산군 덕산면 상가리의 상가천이며, 덕산면의 북서쪽에 위치하고 있다. 연구지역의 유역면적은 10.969km²이며, 유로연장이 2.88km이다. 상가천의 유역경계는 가야산을 중심으로 석문봉, 옥양봉, 일낙산, 원효봉이 있어 비교적 험준한 산지 지형을 이루고 있으며, 북쪽으로는 예산군 봉산면과 서산시 운산면이, 서쪽으로는 서산시 해미면이, 남쪽으로는 예산군 덕산면 대치리가 위치하고 있다. 상가천은 산지지형을 이루고 있는 유역의 북서쪽에서 발원하여 평야

지로 이어지는 유역의 동남쪽으로 유하하여 옥계저수지를 이루고 덕산천을 통하여 삽교천 본류에 합류된다. 연구지역의 유역경계와 지형 및 하천수 채수지점은 Fig. 1과 같다.

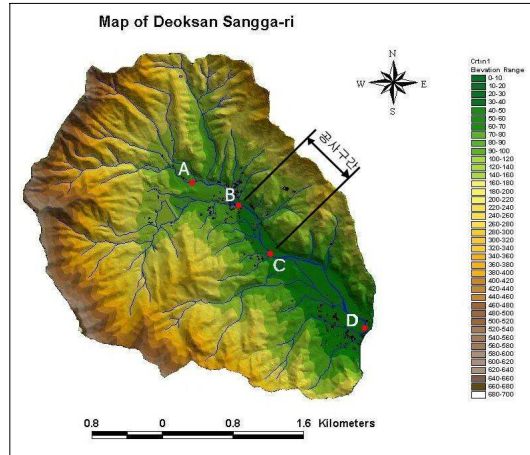


Fig. 1 Map of Sangga-ri research area and each monitoring point

대상지역인 예산군 덕산면 상가리 주민들이 대부분이 노년층이며 주로 밭농사와 논농사에 종사하고 있고 대상하천의 수질오염에 큰 영향을 줄 수 있는 가축사육은 매우 적은 편이다.

2. 조사지점의 선정 및 수질 시료의 채취

조사지점은 접근성, 안전성, 지속측정 가능지역 및 오염원 발생량 등을 고려하여 Fig. 1과 같이 대상하천 상류 남연군묘 A지점, 공사구간 1공구 시점으로 어도식보 C지점, 대상하천 하류 가야교 D지점으로 총 3개소를 선정하였다.

대상하천의 수질조사는 2003년 6월 23일부터 2005년 8월 17일까지 2003년도를 공사전으로, 2004, 2005년도를 공사후로 나누어 하천수를 채수하였으며 강우시 추가로 채수하였다. 채수방법은 시료 채수용 500cc 용기를 사용하여 채수하였으며, 채수시 현장 하천수의 수온, pH 및 용존산소량(DO)을 동시에 측정하였다.

3. 조사지점의 유량조사

유량조사는 공사구간 2공구 종점에서 하류 50m인 가야1교 B지점에서 수위관측과 유량조사를 동시에 실시하였다. B지점에서 평수위 이하 수위에서는 유속계(BFM 002, Valeport. Co, UK)를 이용하여 직접 측정하였으며, 홍수시에는 교량 상부에서 유속계를 내려 측정하였다. B지점의 수위-유량 관계곡선식을 공사전·후로 개발하여 유출량을 산정하였고, A, C, D지점은 B지점의 유량을 이용하여 비유량법으로 유량을 간접적으로 산정하였다.

4. 항목별 수질 검사

수온은 디지털 수온계(YF-16A Type-K)를 사용하였고, pH는 pH Meter(77P)를 사용하였으며, 용존산소량(DO)은 디지털 DO 측정기(DO-21P)를 사용하였다. 부유물질 분석은 공해공정시험법중 유리섬유여지법을 이용하였으며, 생물화학적 산소요구량은 공해공정시험법중 격막전극법을 이용하였다. T-N과 T-P는 UV-Spectrophotometer(Model 2500)를 사용하여 흡광도법으로 구하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 유량조사 결과

B지점의 유량조사 결과를 바탕으로 Fig. 2, 3과 같이 공사전·후로 구분하여 수위-유량곡선을 작성하였으며 식(1), (2)와 같이 수위-유량 관계식을 유도하였다.

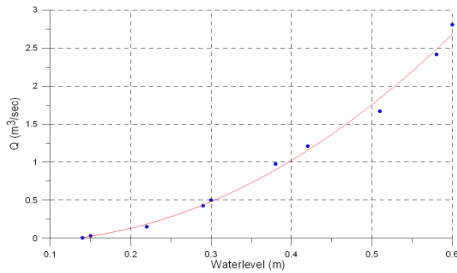


Fig. 2 B point rating curve before construction

$$Q = 9.614 \cdot H^{2.480} \quad (r = 0.996) \quad \text{----- (1)}$$

여기서, Q 는 유량(m^3/s), H 는 관측수위(m)이다.

수질조사지점인 A, C, D지점에서 수위표를 설치하고 유량조사를 실시하였으나 자기수위계가 설치되지 않아 식(3)과 같이 B지점의 유량을 적용하여 비유량법으로 A, C, D지점의 유량을 산정하였다.

$$Q' = Q \cdot \frac{A' \cdot R'}{A \cdot R} \quad \text{----- (3)}$$

여기서, Q' , Q 는 유량(m^3/s), A' , A 는 유역면적(km^2), R' , R 은 연평균 강수량(mm)이다.

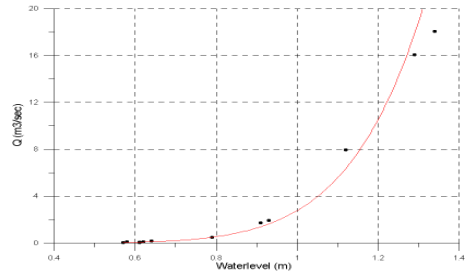


Fig. 3 B point rating curve after construction

$$Q = 3.806 \cdot H^{5.466} \quad (r = 0.997) \quad \text{----- (2)}$$

2. 수질 모니터링 결과

1) 수온

수온은 $4.8 \sim 27.9^\circ\text{C}$ 의 범위였으며 평균수온은 $17.1 \sim 21.4^\circ\text{C}$ 이며 수온의 경년변화 특성은 2003년보다 2005년의 수온이 모든 지점에서 크게 나타났고 지점별 수온변화는 Fig. 4, 5, 6과 같다.

2) pH

pH는 $5.02 \sim 8.68$ 의 범위였으며, 평균은 $6.54 \sim 7.98$ 이다. 농업용수 수질기준 $6.0 \sim 8.5$ 에 만족은 하고 있지만 05년도에 수질기준 값보다 작은 값이 나타내고 있다.

3) DO

DO는 $2.69 \sim 14.66 \text{mg/L}$ 의 범위였으며, 평균은 $7.02 \sim 8.34 \text{mg/L}$ 이다. 05년도에 DO값이 낮은 것으로 보아 수온의 영향으로 DO값이 변하는 경향을 잘 보이고 있으며 지점별 DO변화는 Fig. 7, 8, 9과 같다.

4) SS

SS는 $0.1 \sim 505.3 \text{mg/L}$ 의 범위였으며, 평균은 $0.6 \sim 51.9 \text{mg/L}$ 이다. SS값은 유역의 특성과 강우량 등에 따라 다양하게 나타났다. 대부분 강우량이 많은 7월에 매우 높게 나타났다.

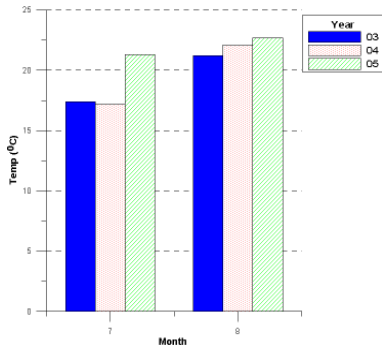


Fig. 4 A point change of observed water temp.

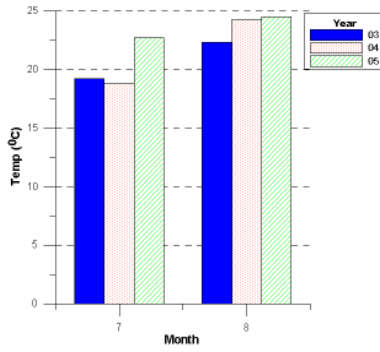


Fig. 5 C point change of observed water temp.

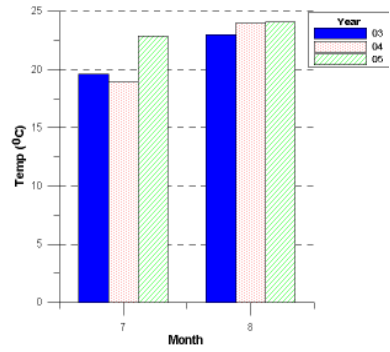


Fig. 6 D point change of observed water temp.

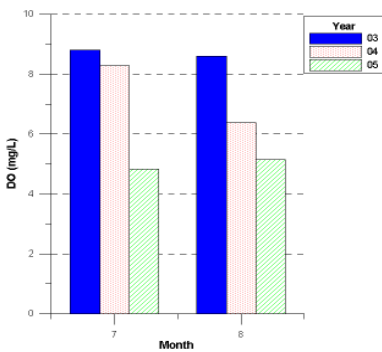


Fig. 7 A point change of observed DO

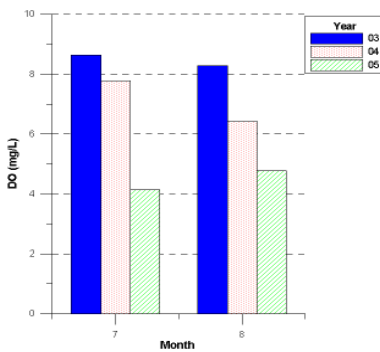


Fig. 8 C point change of observed DO

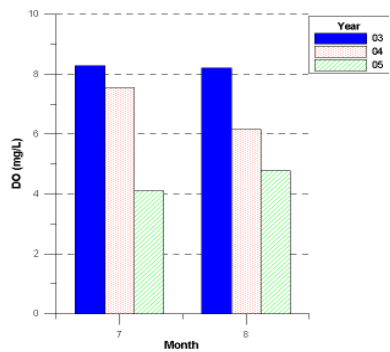


Fig. 9 D point change of observed DO

5) BOD₅

수질조사 전지점의 BOD₅는 0.063~8.320mg/L의 범위였으며, 평균값은 1.963~4.009mg/L이다. 공사시점인 C지점의 BOD₅의 경년변화 특성은 Fig. 10와 같다. 공사전인 2003년의 BOD₅값은 2.0mg/L 미만의 양호한 수질을 보였으나 공사중인 2004년에는 공사로 인한 토사의 이동에 의하여 BOD₅ 값은 약 4.0mg/L로 급격히 악화되었으며 2005년에는 하상이 안정되고 하상내 식생들이 성장하고 있어 2003년 수준으로 회복되었다.

6) T-N

수질조사 전지점의 T-N은 0.10~5.50mg/L의 범위였으며, 평균값은 0.61~2.43mg/L이다. 공사시점인 C지점의 T-N 값의 경년변화는 Fig. 11과 같이 공사전인 2003년에는 1.0mg/L 이하의 매우 양호한 수질을 보였으나 공사중인 2004년에는 약 2.5mg/L 이상으로 수질이 악화되었고 공사후인 2005년에는 2.0mg/L 이하로 수질이 개선되는 경향을 보이고 있다.

7) T-P

수질조사 전지점의 T-P는 0.001~0.100mg/L의 범위였으며 평균값은 0.010~0.032mg/L로 양호한 수질상태를 나타내고 있다. 공사시점인 C지점의 T-P값의 경년변화는 Fig. 12와 같이 공사전인 2003년에도 시기별로 큰 차이를 보였으나 0.02mg/L 이하의 매우 양호한 수질 상태를 나타냈고 공사중인 2004년에는 공사의 진행에 따라 높은 값을 보이다 홍수가 끝난 8월 이후에는 2003년 수준으로 회복되었다. 2005년의 T-P값은 공사전 보다 더 낮은 값을 나타내기도 하였는데 이것은 하상굴착에 의한 퇴적물질을 제거한 효과로 판단된다.

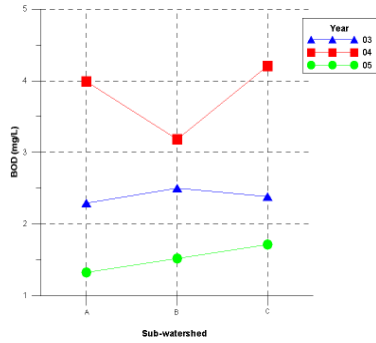


Fig. 10 Change of BOD

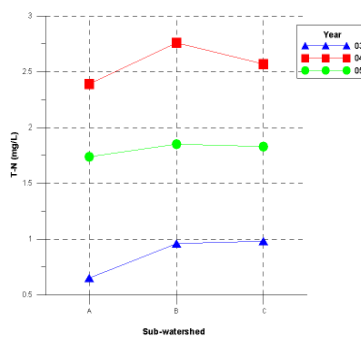


Fig. 11 Change of T-N

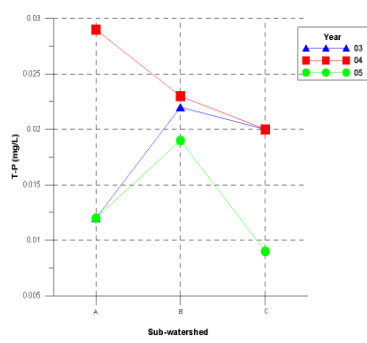


Fig. 12 Change of T-P

각 수질측점의 시기별 수질분석 결과는 Table 1과 같다.

Table 1 Summary of water quality monitoring

Sub-watershed	Data span	Item	Temp. (°C)	pH	DO (mg/L)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
A	03.7.16~03.11.3	Max.	21.4	8.24	9.27	1.3	2.910	1.40	0.025
		Min.	12.4	6.17	6.90	0.1	0.390	0.20	0.003
		Mean	17.6	7.42	8.34	0.6	1.963	0.61	0.010
	04.6.21~04.9.1	Max.	23.1	8.58	9.90	34.3	8.080	3.20	0.100
		Min.	15.4	7.31	6.36	0.5	0.700	0.80	0.017
		Mean	19.5	7.98	7.48	6.3	4.009	1.85	0.032
	05.2.24~05.8.17	Max.	23.2	7.85	14.66	48.6	6.120	3.30	0.051
		Min.	4.8	5.30	3.24	0.1	0.117	0.50	0.001
		Mean	17.1	6.54	7.81	8.1	2.503	1.79	0.021
C	03.7.16~03.11.3	Max.	22.4	7.98	9.15	43.3	6.480	2.10	0.032
		Min.	12.5	5.81	4.76	0.3	0.540	0.20	0.003
		Mean	18.8	7.28	7.87	6.9	3.131	1.02	0.022
	04.6.21~04.9.1	Max.	27.9	8.51	8.55	280.7	5.600	3.60	0.035
		Min.	18.2	6.25	5.50	1.8	1.010	1.40	0.014
		Mean	21.4	7.49	7.29	51.9	3.108	2.20	0.022
	05.2.24~05.8.17	Max.	27.0	8.20	14.16	505.3	6.327	5.50	0.077
		Min.	5.7	5.65	2.75	0.5	0.063	0.10	0.001
		Mean	19.1	6.71	7.29	37.9	2.663	2.43	0.025
D	03.7.16~03.11.3	Max.	23.0	7.97	8.86	17.6	5.910	3.00	0.039
		Min.	12.2	6.01	5.88	0.3	0.270	0.20	0.011
		Mean	19.1	7.29	7.82	3.9	2.758	1.42	0.021
	04.6.21~04.9.1	Max.	26.0	8.68	8.81	125.6	8.320	3.10	0.059
		Min.	18.4	6.91	5.98	0.2	0.540	1.60	0.011
		Mean	21.4	7.74	7.02	27.7	3.971	2.22	0.023
	05.2.24~05.8.17	Max.	25.2	8.10	14.10	105.2	8.253	4.31	0.034
		Min.	5.0	5.02	2.69	0.1	0.153	0.60	0.003
		Mean	18.4	6.54	7.39	18.3	2.413	2.33	0.010

3. 유량별 BOD, T-N, T-P의 변화 양상

각 지점에서 비유량법으로 구한 유량과 각 지점에서 측정된 BOD₅, T-N, T-P값과의 상관분석을 실시하였으며 관계도는 Fig. 13, 14, 15와 같고 공사전·후로 구분하여 구한 상관식은 Table 2와 같다.

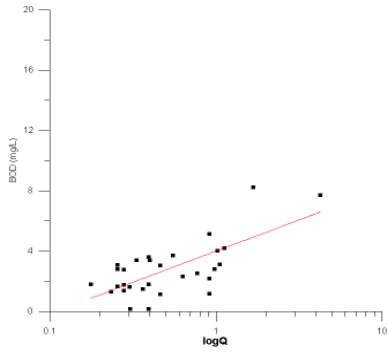


Fig. 13 Relationship between discharge and BOD at after construction D point

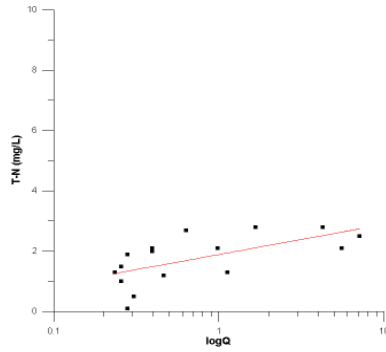


Fig. 14 Relationship between discharge and T-N at after construction C point

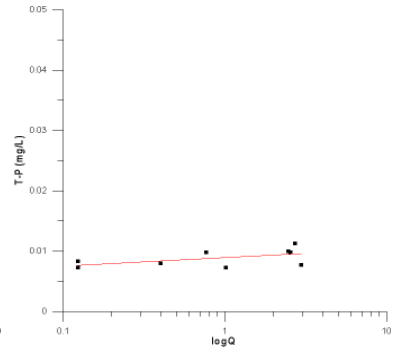


Fig. 15 Relationship between discharge and T-P at before construction A point

Table 2 Relationship between discharge and BOD, T-N, T-P

Year	Sub watershed	Item (mg/L)	Relationship	R ²
03 (Before construction)	A	BOD	$BOD = 6.504Q^{0.468}$	0.910
		T-N	$T-N = 1.253Q^{0.318}$	0.698
		T-P	$T-P = 0.011Q^{0.084}$	0.613
	C	BOD	$BOD = 2.562Q^{0.128}$	0.337
		T-N	$T-N = 0.421Q^{0.680}$	0.730
		T-P	$T-P = 0.005Q^{0.820}$	0.857
	D	BOD	$BOD = 3.151Q^{0.240}$	0.550
		T-N	$T-N = 0.664Q^{0.451}$	0.606
		T-P	$T-P = 0.016Q^{0.099}$	0.469
04.05 (After construction)	A	BOD	$BOD = 15.249Q^{0.510}$	0.912
		T-N	$T-N = 1.764Q^{0.121}$	0.564
		T-P	$T-P = 0.017Q^{0.192}$	0.515
	C	BOD	$BOD = 3.370Q^{0.834}$	0.772
		T-N	$T-N = 1.712Q^{0.208}$	0.604
		T-P	$T-P = 0.015Q^{0.482}$	0.769
	D	BOD	$BOD = 2.861Q^{0.539}$	0.703
		T-N	$T-N = 1.392Q^{0.147}$	0.765
		T-P	$T-P = 0.009Q^{0.312}$	0.377

IV. 결론

본 연구는 2003년부터 2005년까지 예산군 상가천을 대상으로 자연형 소하천정비에 따른 하천의 수질조사를 실시하였고 공사전·중·후로 구분하여 수질 항목별 변동특성을 분석하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 수질 모니터링 결과, 수온의 평균치는 17.1~21.4℃, pH의 평균치는 6.44~7.74, DO의 평균치는 7.02~8.36mg/L, SS의 평균치는 0.7~51.9mg/L, BOD의 평균치는 0.310~1.044mg/L, T-N의 평균치는 0.41~2.43mg/L, T-P의 평균치는 0.003~0.008mg/L의 범위를 나타냈다. 또한, BOD, T-N, T-P는 공사 직후 높은 값이 나타났지만 시간이 지나면서 05년에는 안정화 되는 것을 알 수 있었다.

2. 각 지점의 유량을 산정하여 유량과 BOD, T-N, T-P를 비교하여 통계적인 유의성을 확인하고 상관식을 만들었다. 결정계수(R²)의 값은 0.337~0.912의 범위를 보였다.

참고문헌

1. 김상민, 강문성, 박승우 (2003), 수질모니터링과 원단위법을 이용한 농업소유역의 오염부하량 추정, 한국농공학회지 제45권 제3호, pp. 94~102
2. 충청남도 예산군 (2004), 자연형 소하천정비 시범사업 학술용역