

점오염원 유입이 형산강하류 수질변화에 미치는 영향

이 창 수

위덕대학교 건축학부

(2008년 3월 10일 접수; 2008년 8월 18일 수정; 2008년 8월 28일 채택)

Influence of the Point Source Inflow on the Water Quality Variation in the Downstream of Hyeongsan River

Chang-Soo Lee

Division of Architecture, Uiduk University, 525 Yugeum-ri, Kyongju 780-713, Korea

(Manuscript received 10 March, 2008; revised 18 August, 2008; accepted 28 August, 2008)

Abstract

The influence of the point source inflow on the water quality variation in the downstream of Hyeongsan River was investigated. As the results of seasonal variation, the pollutant concentrations of dry season were 1.5~4 times higher than those of wet season. The increase rate of BOD₅, COD_{Mn}, T-N, T-P due to point source were ranged to 8.1~42.6%, 7.3~41.9% and 17.1~207% as the inflow of P1, P2 and P3, respectively. After P1, P2 and P3 inflow, the accumulated increase rate were 64.3%, 32.6%, 93.1% and 258.9% in BOD₅, COD_{Mn}, T-N, T-P, respectively. It was found that the influence of point source inflow on the water quality in the downstream of Hyeongsan River is severe.

Key Words : Water quality variation, Point source, Dry season, Hyeongsan River

1. 서 론

산업화가 진행됨에 따라 인구의 도시집중현상이 급속히 전개되어 왔으며, 이로 인해 도시주변의 하천은 각종 산업시설에서 배출되는 오염물질 및 도시지역으로부터 배출되는 생활하수 등의 유입으로 인해 그 자정작용의 수용한계를 초과하게 되어 하천 본래의 기능을 담당할 수 없는 수준에 이르게 되었다.

오염물질들이 처리되지 못한 채 하천에 유입되면 수질오염을 발생시키게 되고, 주변하천 환경에 심

각한 영향을 줄 수 있다. 근래 들어 이와 같은 문제점을 인식하여 생활하수와 폐수 등을 처리하여 방류하고 있으며, 이러한 노력으로 인해 하천 수질이 예전에 비해 다소 개선되고는 있으나 도시가 팽창되고 인구집중현상이 가속화 될수록 상수사용량과 폐수발생량 등이 증가하면서 방류수역에 다량의 오염물질이 유입됨으로 인해 하천 수환경의 개선정도는 좀처럼 나아지고 있지 않은 실정이다.

이에 최근 들어 도시 주변의 하천 오염현상에 대한 원인 규명과 해결을 위해 다양한 연구가 진행되고 있다. 김 등¹⁾은 하구호 유입하천의 수질개선을 위해 유입하천 정화시설을 조사 및 분석하여 도시하천의 계절별 오염특성과 유량변화에 따른 부영양화 물질의 영향을 규명하고자 하였다. 나 등²⁾은 폐

수처리장 방류수 유입전과 유입후의 독성물질이 하천의 수질에 미치는 영향에 관해 연구하였다. 외국의 경우도 도시주변 하천에 대한 오염 특성을 분석하기 위해 하수처리장과 같은 점오염원에 대한 방류수의 독성물질 및 오염물질에 대한 분석을 실시하거나 모니터링을 통해 하천에 미치는 영향을 계속적으로 연구하고 있다^{3,4)}. 이와 같이 오염물질의 하천유입으로 인한 하천의 수환경 변화에 대한 연구는 도시화가 진행되고 사회가 발전할수록 수자원 보호를 위해 많은 연구진들에 의해 연구가 수행되고 있다.

최근 형산강 유역에는 매년 2월초부터 11월까지 적조가 발생하여 강물이 검붉어지는 현상이 발생하여 심미적으로 크게 영향을 미치고 있으며, 특히 바다와 접하는 하구주변이 그발생의 대부분을 차지하고 있는 실정이다. 하천에서의 적조 발생은 환경적 문제점과 더불어 수중환경의 급격한 변화에 의한 것이라 판단된다. 이에 본 연구는 형산강 하류를 대상으로 점오염원 유입에 의한 형산강하류의 수질변화를 조사하고, 점오염원 유입이 수질변화에 미치는 영향에 대해 검토하여 보았다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구 대상 지역 선정 및 방법

형산강유역 중 연구대상지역은 적조가 주로 발생

된다고 보고된 지점⁵⁾인 연일대교에서 형산대교를 중심으로 상·하류지역을 대상으로 하여 Fig. 1과 같이 선정하였다. Fig. 1에서 표시한 바와 같이 형산강 본류에 대한 수질시료 채수지점은 유강대교 지점(W1), 연일대교 지점(W2), 섬안 큰다리 지점(W3), 형산교 지점(W4) 등 4개 지점에 대해 수질분석을 실시하였으며, 점오염원으로 유입되는 지점에 대한 수질시료 채수지점은 생활하수가 미처리되어 방류되는 지점인 연일지구(P1) 및 효자지구(P2)에 대해 분석하였으며, 가장 큰 점오염원인 하수종말처리장의 방류수(P3)를 대상으로 검토하였다.

2.2. 분석 방법

점오염원이 하천 수질에 미치는 영향을 파악하기 위해 실시한 수질분석 항목은 BOD₅, COD_{Mn}, T-N, T-P를 중심으로 분석하였으며, 분석방법은 수질공정시험법⁶⁾에 따라 분석하였다. 오염원 유입이 형산강 하류의 수질에 미치는 영향을 검토하기 위한 유량 및 수질조사는 적조발생의 60~70%가 동절기에 발생하였기에 겨울철인 2006년 2월 10일(W1지점) 측정하여 검토하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 계절적 변화 분석

대상유역에 대한 BOD₅, COD_{Mn}, T-N 및 T-P에 대

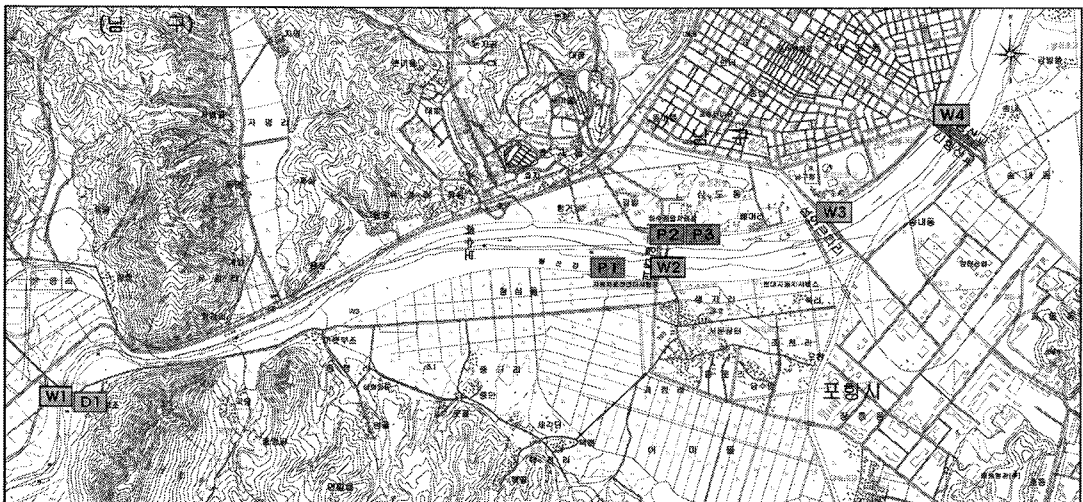


Fig. 1. Study area and sampling point.

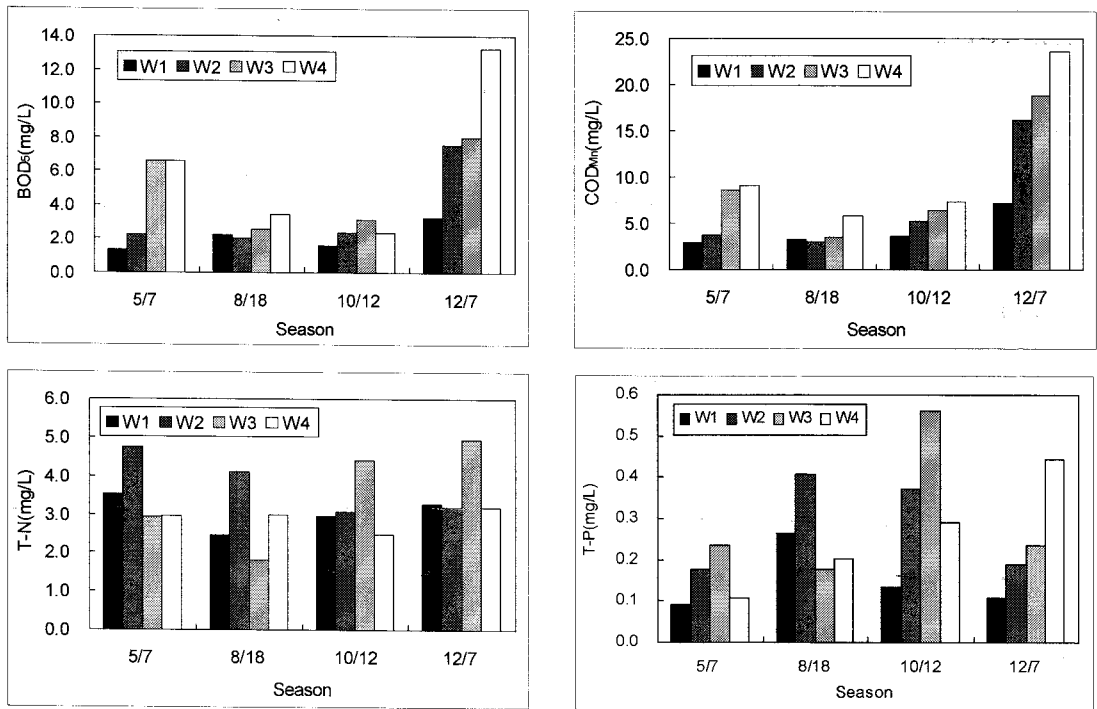


Fig. 2. Seasonal concentration variation.

한 수질분석결과는 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서 나타난 바와 같이 BOD₅, COD_{Mn}는 모두 갈수기인 봄철과 겨울철의 농도가 풍수기인 여름과 가을철에 비해 상대적으로 높은 농도분포를 나타내고 있으며, 특히 갈수기 때의 농도는 풍수기 때의 농도보다 약 1.5~4배정도 높은 농도분포를 나타내었다. 또한 하류로 갈수록 높은 농도분포를 나타내고 있어, 이는 하류지역의 점오염원 유입이 주된 영향인 것으로 판단된다. T-N과 T-P는 뚜렷한 계절적 경향은 발견할 수 없었으며, W1~W4지점간의 농도분포도 BOD₅, COD_{Mn}와 같이 하류로 갈수록 높은 농도를 나타내는 경향은 발견할 수 없었다.

3.2. 점오염원 유입에 의한 영향분석

3.2.1. 유입오염원 및 본류수질 특성

점오염원 유입이 형산강 수질에 미치는 영향을 분석하기 위해 오염물질이 유입되는 주요 지점보다 상류인 W1지점과 점오염원 유입지점의 수질 및 유량을 측정된 결과 Table 1과 같은 결과를 얻었다. 유입 오염원의 유량은 해당 구역내 하수 및 폐수 배수 구역내 인구자료와 1일 급수량(475 L)⁷⁾을 사용하여 추정하였으며, 하수전환율은 건교부에서 요구하는 수치인 85%로 산정하였다.

P2의 경우 무처리 수가 방류됨에도 불구하고 비교적 양호한 수질을 나타내는 것은 형산강 하천수

Table 1. Water quality and discharge(W1, P1, P2, P3)

Point	Discharge(m ³ /day)	BOD ₅ (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
W1	323,049	4.730	8.360	2.848	0.119
P1	8,075	45.600	56.700	12.340	2.200
P2	22,206	11.120	17.870	9.233	0.895
P3	76,905	15.600	15.800	14.844	1.400

와 혼합됨으로 인해 다소 희석된 것으로 판단된다.

3.2.2. 점오염원 유입이 미치는 영향 분석

점오염원 유입으로 인한 영향을 검토하기 위해 분석된 수질과 유량자료를 이용하여 식 (1)과 같은 물질수지 방정식을 적용하여 각 점오염원이 본류수질에 미치는 영향을 가중치로 나타낸 결과가 Table 2와 같다.

$$C(\text{mg/L}) = \frac{C_1 \cdot Q_1 + C_2 \cdot Q_2}{Q_1 + Q_2} \quad (1)$$

여기서, C : 오염원 혼합 후 하천수의 오염물질 농도(mg/L)

C₁ : 유입 오염물질 농도 (mg/L)

Q₁ : 유입수의 유량 (m³/day)

C₂ : 하천 본류의 오염물질 농도 (mg/L)

Q₂ : 본류의 유량 (m³/day)

Table 2에서 나타난 바와 같이, 각각의 점오염원 유입이 본류 수질에 미친 오염가중은 P1의 경우, BOD₅는 21.1%(9.967×10⁻¹ mg/L), COD_{Mn}은 14.1%(11.788×10⁻¹ mg/L), T-N은 8.1%(2.315×10⁻¹ mg/L), T-P는 42.6%(5.070×10⁻² mg/L) 가중시키는 것으로 계산되었다. P2의 경우, BOD₅는 8.7%(4.110×10⁻¹ mg/L), COD_{Mn}은 7.3%(6.117×10⁻¹ mg/L), T-N은 14.4%(4.107×10⁻¹ mg/L), T-P는 41.9%(4.990×10⁻² mg/L) 가중시키는 것으로 계산되었다. P3의 경우는 BOD₅는

44.2%(20.901×10⁻¹ mg/L), COD_{Mn}은 17.1%(14.306×10⁻¹ mg/L), T-N은 81.0% (23.066×10⁻¹ mg/L), T-P는 207.0%(2.463×10⁻¹ mg/L)가중시키는 것으로 나타나 P3의 유입으로 인한 오염가중이 가장 큰 것으로 분석되었다. 이는 P3의 유입농도가 P1, P2의 유입농도 보다는 낮지만 유입수량이 다른 유입오염원보다 훨씬 많은 것이 원인이라 판단된다.

Table 2는 각각의 점오염원이 유입되어 증가되는 농도 및 증가율을 나타낸 반면 Table 3은 각각의 점오염원이 유입됨으로 인해 하류로 갈수록 오염이 가중되고 누적되는 정도를 분석한 결과이다.

점오염원 유입으로 인한 누적오염증가량을 분석한 결과, P1의 오염물질 유입후의 형산강 농도는 BOD₅, COD_{Mn}, T-N, T-P가 각각 21.1%, 14.1%, 8.1%, 42.6% 증가하였으며. P1과 P2의 유입 오염물질에 의한 누적증가량은 BOD₅, COD_{Mn}, T-N, T-P가 각각 28.3%, 20.3%, 21.8%, 80.7% 증가하는 것으로 산정되었다. 또한 P1, P2 및 P3 유입후의 오염물질 누적증가율은 BOD₅, COD_{Mn}, T-N, T-P가 각각 64.3%, 32.6%, 93.1%, 258.9% 증가하는 것으로 산정되어 점오염원 유입이 형산강 하류의 수질악화에 크게 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. Fig. 3은 Table 2와 Table 3에서 구해진 농도의 증가율 및 누적증가율을 그림으로 나타낸 것이다.

이상의 결과를 요약하면 형산강 하류의 경우 점

Table 2. Increased concentration by each point source inflow

Point	Item	Point source con.(mg/L)	W1 con. (mg/L)	(Point sou.+W1) con. (mg/L)	Increased Con. (mg/L)	Increased Con. rate(%)
P1	BOD ₅ (mg/L)	45.6000	4.7300	5.7267	9.967×10 ⁻¹	21.1
	COD _{Mn} (mg/L)	56.7000	8.3600	9.5388	11.788×10 ⁻¹	14.1
	T-N (mg/L)	12.3400	2.8480	3.0795	2.315×10 ⁻¹	8.1
	T-P (mg/L)	2.2000	0.1190	0.1697	5.070×10 ⁻²	42.6
P2	BOD ₅ (mg/L)	11.1200	4.7300	5.1410	4.110×10 ⁻¹	8.7
	COD _{Mn} (mg/L)	17.8700	8.3600	8.9717	6.117×10 ⁻¹	7.3
	T-N (mg/L)	9.2330	2.8480	3.2587	4.107×10 ⁻¹	14.4
	T-P (mg/L)	0.8950	0.1190	0.1689	4.990×10 ⁻²	41.9
P3	BOD ₅ (mg/L)	15.6000	4.7300	6.8201	20.901×10 ⁻¹	44.2
	COD _{Mn} (mg/L)	15.8000	8.3600	9.7906	14.306×10 ⁻¹	17.1
	T-N (mg/L)	14.8440	2.8480	5.1546	23.066×10 ⁻¹	81.0
	T-P (mg/L)	1.4000	0.1190	0.3653	2.463×10 ⁻¹	207.0

Table 3. Accumulated concentration rate increased after point source join

Point	Item	Point source con. (mg/L)	Con. after join (mg/L)	Accumulated value (mg/L)	Accumulated rate(%)
P1	BOD ₅ (mg/L)	45.6000	5.7267	9.967×10^{-1}	21.1
	COD _{Mn} (mg/L)	56.7000	9.5388	11.78×10^{-1}	14.1
	T-N (mg/L)	12.3400	3.0795	2.315×10^{-1}	8.1
	T-P (mg/L)	2.2000	0.1697	5.070×10^{-2}	42.6
P2	BOD ₅ (mg/L)	11.1200	6.0656	13.356×10^{-1}	28.3
	COD _{Mn} (mg/L)	17.8700	10.0624	17.024×10^{-1}	20.3
	T-N (mg/L)	9.2330	3.4662	6.182×10^{-1}	21.8
	T-P (mg/L)	0.8950	0.2153	9.630×10^{-2}	80.7
P3	BOD ₅ (mg/L)	15.6000	7.7699	30.399×10^{-1}	64.3
	COD _{Mn} (mg/L)	15.8000	11.0880	27.280×10^{-1}	32.6
	T-N (mg/L)	14.8440	5.5000	26.520×10^{-1}	93.1
	T-P (mg/L)	1.4000	0.4271	3.081×10^{-1}	258.9

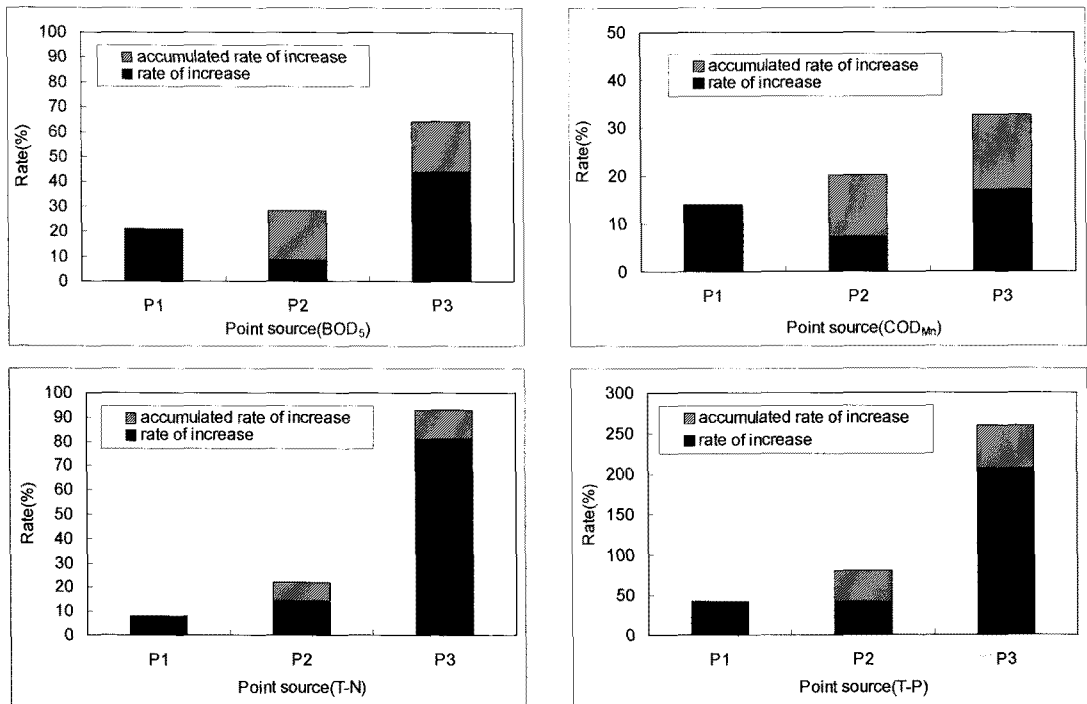


Fig. 3. Accumulated rate and rate of increase.

오염원 유입에 의해 하천의 오염물질 농도는 급격히 증가한다고 판단된다. 특히 형산강의 경우 여름철 보다 겨울철과 같은 건기에 적조 현상이 자주 발

생한다. 그 이유는 유입오염원의 농도와 발생량은 4계절 유사한 반면 하천 유량은 계절별 변동이 심하게 나타난다. 특히 건기인 겨울철 형산강 본류의 유

량은 감소하게 되고, 이로 인해 오염물질의 농도가 하천수질에 미치는 영향은 다른 계절에 비해 상대적으로 높아져 적조가 발생되기 좋은 환경이 조성됨으로 인해 발생빈도가 높은 것으로 판단된다.

4. 결 론

점오염원 유입이 하천수질변화에 미치는 영향을 검토하기 위해 조사·분석한 결과는 다음과 같다.

1. 계절적 분석결과 BOD₅, COD_{Mn}는 모두 갈수기인 봄철과 겨울철의 농도가 풍수기인 여름과 가을철에 비해 상대적으로 높은 농도분포를 나타내고 있으며, 특히 갈수기인 때의 농도는 풍수기 때의 농도보다 약 1.5~4배정도 높은 농도분포를 나타내었다.

2. 각각의 점오염원 유입이 분류 수질에 미치는 오염가중은 P1의 경우, BOD₅ 21.1%, COD_{Mn} 14.1%, T-N 8.1%, T-P 42.6%, P2의 경우, BOD₅ 8.7%, COD_{Mn}은 7.3%, T-N은 14.4%, T-P는 41.9%, P3의 경우, BOD₅ 44.2%, COD_{Mn} 17.1%, T-N 81.0%, T-P 207.0%가중시키는 것으로 나타나 P3의 유입으로 인한 오염가중이 가장 큰 것으로 분석되었다. 이는 P3의 유입농도가 P1, P2의 유입농도보다는 낮지만 유입수량이 다른 유입오염원보다 훨씬 많은 것이 원인이라 판단된다.

3. P1, P2 및 P3 유입후의 오염물질 누적 증가율은 BOD₅, COD_{Mn}, T-N, T-P가 각각 64.3%, 32.6%,

93.1%, 258.9% 증가하는 것으로 산정되어 점오염원 유입이 형산강 하류의 수질악화에 크게 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 경북지역 환경기술개발센터의 2005년 연구개발지원사업의 일환으로 수행되었습니다. 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) 김영철, 이동률, 황길순, 2005, 하구호 유입하천의 유역특성에 따른 장기 대표 수질결정, 대한환경공학회지, 27(3), 262-272.
- 2) 나진성, 김상돈, 안광국, 장남익, 2005, 폐수처리장의 전 방류수 독성 평가 및 방류수 배출하천의 생지표도 영향분석, 대한환경공학회지, 27(4), 353-361.
- 3) Peter M. C., 2000, Whole Effluent Toxicity Testing-Unusefulness, Level of Protection and Risk Assessment, Environ. Toxicol. Chem., 19, 3-13.
- 4) US EPA, 1991, Technical Support Document for Water Quality Based Toxics Control, EPA/505/2-90-001.
- 5) 이창수, 2005, 형산강 하류에서의 수생생태 및 적조 발생 조사연구, 경북지역환경기술개발센터.
- 6) 최규철 등 5인, 1997, 수질오염공정시험방법주해, 동화기술, 710pp.
- 7) 포항시, 2004, 포항시 환경백서.