

WC하천의 공장폐수 유입에 따른 T-N, T-P 부하량의 영향

Influence of T-N and T-P loading on WC river with inflow of waste water

○신동환¹⁾ · 최이송²⁾ · 오종민³⁾

1. 서 론

본 조사는 2001년 3월부터 2003년 2월까지 2년에 걸쳐 조사되었으며, WC 하천 일대로 유입되는 고도처리 되지 않은 산업폐수(WT)가 WC하천의 수질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시되었다.

현재 WC하천의 최상류 지역이 산지와 농지로 분포되어 있으며, 중류지역은 대단위 전자사업장들이 밀집되어 있고, 폐수처리장인 WT 지점 부근에는 농경지가 대부분을 차지하지만 주택과 중·소규모의 공장들도 하천을 따라 위치하고 있다. 최하류에 속하는 WC3 지점은 가정하수와 일부 사업장의 폐수가 간헐적으로 유입되고 있어 수질에 영향을 미친다. 본 조사 연구는 수질을 정기적으로 모니터링하고 이를 바탕으로 부하량을 산정하였으며, 또한 물질 수지를 작성하는 것에 의해 수행되었다. 또한 효과적인 T-N, T-P 저감을 위한 방법 및 대안을 제시하도록 한다.

2. 본 론

2.1 조사지 개황

WC하천은 유역면적이 39.75 km²이며, 유역의 유로 연장은 12.45km, 유역 평균 폭은 3.19km이며, 상류측의 하상구배는 약 1/15 정도로 상당히 급한 하상경사를 이루고 있는 반면, 하류측은 약 1/300로 상당히 완만한 경사를 이루고 있으며, 유역 평균 고도는 EL. 60.86m이다. WC하천의 형상은 가장 보편적인 형상인 수지상

Table 1. 하천 유하방향에 따른 측정지점

지점	거리(km)	비고
WC1	0	상류
WC2	3.8	중류
WT	4.4	WT방류지점
WC3	6.9	하류

(dendritic pattern)을 이루고 있고, WC 하천의 하폭은 약 13 m ~ 50 m 정도로 일부구간에서는 굽은 자갈이 분포하고 있는 반면, 중·하류부에서는 모래 및 자갈이 혼재 되어있다.

상류구간의 경우 일부 산지를 제외하고는 주로 농업용지로 이용되고 있으며, 조사구간 부근에는 석재공장, 폐차재활용공장, 냉동창고 등의 소규모 공장들이 산재되어 있다. 하천의 수량은 WC 하천의 본 연구의 조사시작 구간부터 WT 배출구간까지 상류에 위치한 S저수지가 있는 관계로 약간의 유량이 흐르고 있으며, 하류로 갈수록 생활하수 및 오수가 유입되어 하천유량의 상당량을 차지하고 있다. WT 지점으로부터 하류구간은 유역내 발생하는 사업장 폐수 및 오수 방류수를 오수차집관거에 의해 차집하고 있는 관계로 하천의 유량은 주로 WT지점의 사업장에서 처리한 공업용수 방류수 및 농경지로부터 유입되는 소량의 배출수와 가정하수로 이루어져 있다.

-
- 1) 경희대학교 환경·응용화학부 석사과정
 - 2) 경희대학교 환경·응용화학부 연구원
 - 3) 경희대학교 환경·응용화학부 교수

2. 2 시료채취 및 분석방법

본 연구조사의 정기모니터링은 2001년 3월부터 2003년 2월까지 월 1회 총 24회에 걸쳐 실시하였다. 정기 모니터링을 하면서 우기에 강우의 영향을 최소화하기 위하여 가능한 강우일로부터 3일 이상 지난 후 강우의 영향이 최소가 되었다고 판단되는 시기를 선택하였다. 시료 채취는 비교적 균일한 수질을 보이는 하천의 중앙지점에서 채취하였으며, 채취한 시료가 외부의 영향을 받지 않도록 용기에 밀폐하여 운반하였다.

현장에서는 수온, pH, EC, DO 및 유량을 측정하였고 채취된 시료는 실험실에서 신속히 분석하였으며, 장시간에 걸쳐 분석을 요하는 항목은 수질공정시험법에 준하는 전처리를 행한 후 분석 전까지 4℃ 이하로 냉장보관하여 수질공정시험법에 준하여 분석(SS, BOD, COD, T-N, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, T-P, Cl⁻)하였다.

2. 3 조사의 목적

WC 하천은 본 조사기간 보다 훨씬 이전부터 조사가 이루어지고 있는 하천이며, 앞으로도 계속 조사가 이루어질 것이다. 그러나 최근 몇 년간 특히 WT 지점에서의 방류수로 인해 하천의 오염도가 증가되고 있다는 인근 주민들과 몇 년에 걸쳐 모니터링 요원들에 의한 여론이 지배적이다. 따라서 본 조사 기간동안 WT 지점에서 배출되는 방류수가 WC 하천에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 이러한 연구와 병행하여 WC 하천의 수질개선을 위한 방법을 도출하는데 두 번째 목적이 있다.

2. 4 지점별 유량 및 T-N, T-P 현황

조사가 시작된 시점부터 조사 종료일까지 유량의 변동을 보면 평균유량은 1차년도에 비해 2차년도에는 WC1 지점 2,126 m³/day, WC2 지점 54,099 m³/day, WC3 지점 72,836 m³/day의 유량이 감소되어 WC 하천의 유지유량이 점점 감소되고 있는 추세이다. WT 지점에서 방류되는 방류수는 1차년도와 2차년도 모두 36,000 m³/day로 일정하게 유지되어 WC 하천의 유지유량 확보에 도움을 주고 있다.

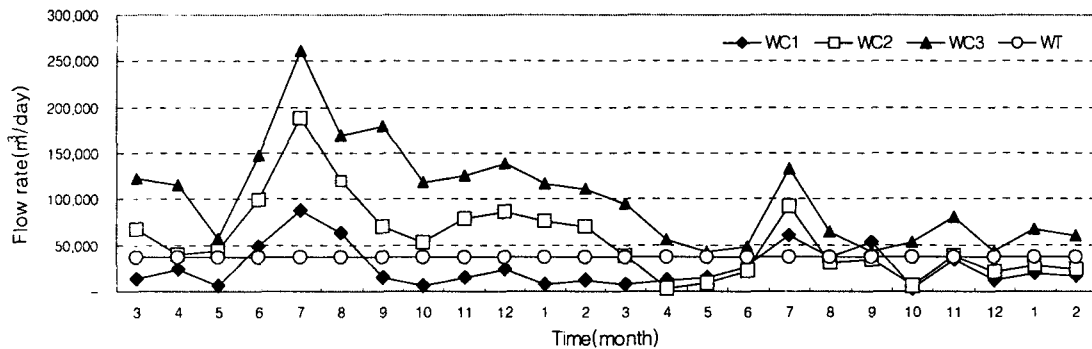


그림 1. 2001년 3월부터 2003년 2월까지의 WC하천에서의 유량 현황

WT 지점에서 방류되는 방류수는 WC 하천의 T-N, T-P 오염부하량을 가중시키고 있음을 2년에 걸친 모니터링에서 알 수 있으며, 2차년도에 들어서는 WT 지점의 방류수 T-N 농도가 점점 증가하고 있다. 이러한 현상으로 WT 지점 부근과 하류에서 서식하는 식물들에게 영향을 주어 자신의 성장능력 이상으로 과성장하는 것으로 조사되었다.

2003년 1월부터 T-N의 농도가 줄어드는 이유는 WT 지점에서 방류되는 방류수의 고도처리가 2003년 1월 부터 운영되고 있기 때문으로 사료된다. T-P 농도 역시 T-N과 더불어 WC 하천에 영향을 주는 것으로 조사되었다.

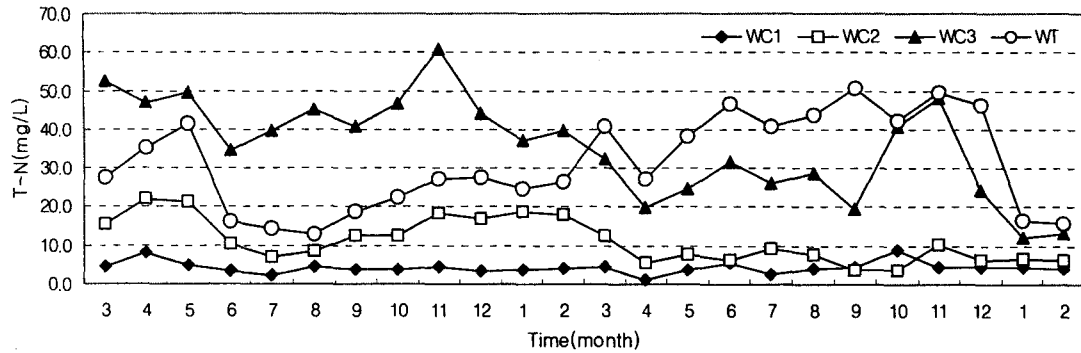


그림 2. 2001년 3월부터 2003년 2월까지의 WC하천에서의 T-N 현황

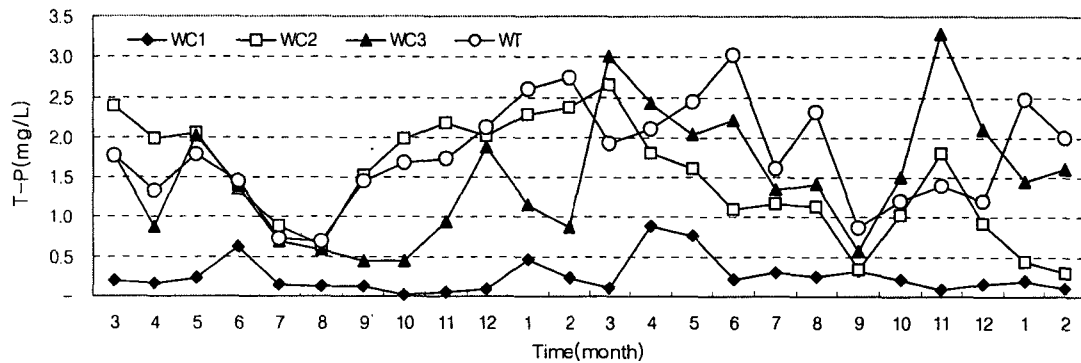


그림 3. 2001년 3월부터 2003년 2월까지의 WC하천에서의 T-P 현황

2. 5 WC 하천의 부하량 및 영향

2002년도 오염부하량 모니터링 결과 최상류인 WC1의 연간 부하량 평균은 SS 206 kg/day, BOD 131 kg/day, COD 141 kg/day, T-N 114 kg/day, T-P 7 kg/day였으며, WC 하천의 중류에 해당하는 WC2 지점에서의 연간 부하량 평균은 SS 258 kg/day, BOD 211 kg/day, COD 199 kg/day, T-N 231 kg/day, T-P 34 kg/day로 증가하는 것으로 조사되었다. 또한 하류에 해당하는 WC3 지점의 연간 부하량 평균은 SS 909 kg/day, BOD 535 kg/day, COD 412 kg/day, T-N 1,658 kg/day, T-P 122 kg/day로 조사되어 T-N, T-P의 부하량이 눈에 띄게 증가하는 것으로 나타났다. WT 지점은 WC2와 WC3 사이에 위치한 지점으로서 일 평균 방류량은 33,000 m³/day이었으며, SS 238 kg/day, BOD 156 kg/day, COD 109 kg/day, T-N 1,009 kg/day, T-P 49 kg/day로 조사되었다.

T-N, T-P의 부하량은 WT 지점을 전·후로 하여 큰 차이를 보이고 있다. 이러한 차이는 수년간에 걸친 모니터링에서도 볼 수 있었다. 즉, WT 지점의 방류수로 인하여 오랜 시간 WC 하천에 영향을 미친다는 결론에 도달하게 되었다. 따라서 WT 지점의 방류 부하를 보다 효율적으로 결정할 필요성이 제기되었다. 하천은 상류에서 하류로 유하하면서 그 자신만의 자정능력으로 오염물질을 정화하게 되는데, WC 하천의 경우 WT 지점의 방류수로 인해 그 자정능력이 감소되거나 유량이 줄어드는 갈수기에는 그 기능을 상실하고 있는 실정이다. WT 지점 방류수는 T-N 12.1 ~ 48.8 mg/L이며 평균농도는 27.3 mg/L, T-P 농도범위는 0.6 ~ 3.3 mg/L, 평균농도는 1.9 mg/L로써 현재 시행되고 있는 폐수종말처리장의 배출규제농도 T-N 60 mg/L, T-P 8 mg/L 범위에 해당되지 않는다. 그러나 하천의 기능이 과거 취수기능에서 여가·휴식 공간으로써의 기능이 점점 증가하고 WC 하천 부근의 주민 여론에 의해 이를 간과할 수 없으며, 부하량에서도 알 수 있듯

이 영향을 주고 있는 것으로 조사되었다.

2. 6 WC하천에서의 물질수지(Mass balance) 분석

WC 하천의 자정능력을 양적으로 나타내기 위하여 두 지점 사이로 유입되는 지류의 측정된 각각의 오염 물질농도에 유량을 곱해 부하량을 산정하였다. 이를 바탕으로 1일 중의 Input량과 Output량으로 구하여 물질수지를 작성하였다. WC2 지점(WT지점 방류량 포함)과 W3 구간의 물질수지를 비교·분석한 결과에 따라 유량을 살펴보면, 유입량은 65,024 m³/day 이며, W3 유출량은 61,958 m³/day으로 계산되었다.

Table. 2 WC2 ~ WC3 구간의 항목별 평균 부하량에 따른 유입·유출

	유입(WC2+WT)	유출(WC3)	제거율(%)	O/I
SS	582	909	-56	1.56
BOD	438	535	-22	1.22
COD	376	412	-10	1.10
T-N	1,804	1,658	8	0.92
NH ₄ -N	950	869	9	0.91
NO ₂ -N	40	38	5	0.95
NO ₃ -N	312	365	-17	1.17
T-P	104	122	-17	1.17
Cl ⁻	5,056	4,869	4	0.96
H ₂ O(m ³ /day)	65,024	61,958	5	0.95

유량수지의 Input에 대한 Output의 비(O/I)는 0.95로 계산되어 약 5%의 유량이 복류, 증발 등에 의하여 없어지는 것으로 추정되었다. SS, BOD, COD, NO₃-N, T-P 항목은 본 구간에서 증가하며, T-N, NH₄-N, NO₂-N 항목은 증가되는 것으로 조사되었다. 특히 T-N이 제거되는 이유로서 이 구간 내에서의 탈질 작용으로 추정된다.

3. 결 론

최근 WC하천을 2년간에 걸쳐 모니터링한 결과 시간이 지남에 따라 유량은 감소하고 T-N, T-P 농도는 증가하였다. 이러한 WC하천 유역의 유량 감소로 인한 T-N, T-P 농도증가는 더이상 WC 하천 수계의 유지유량 확보에 도움을 주지 않고 T-N, T-P의 농도만 가중시키고 있다. 이를 막기 위해서 WT지점의 최종 방류구를 다른 곳으로 변경하는 방안, WT지역에 고도처리시설을 설치하는 방안, WC하천으로 유입되는 가정하수를 비롯하여 비점오염원 관리측면까지 고려하여 우수 및 오수 차집관거 건설 및 WC 하천의 유지유량 확보를 위한 보다 체계적인 수리, 수문학적 연구가 필요하다. 또한 WC 하천 유역을 현행 배출기준인 농도 기준에서 총량관리 관점에서의 전환이 필요할 것으로 사료된다.

4. 참고문헌

- 건설부, 1993, 하도환경정비 기초 조사연구
- 수원시, 2001, 기상청 기상연보
- 환경처, 1994, 수환경정책자료집
- 환경부, 비점오염원 조사연구사업 보고서