

하수처리장 부근 수질변화에 관한 조사 연구

수질화학팀

한선규 · 허항록 · 이승주 · 이용민 · 김주형

A Study on the Variation of Water Quality at the Vicinity of the Discharging Point of the Sewage Treatment Plant

Water Chemistry Team

Seon-kyu Han, Hang-rok Her, Seung-ju Lee,
Yong-min Lee, and Joo-hyung Kim

Abstract

This study was carried out evaluating and analyzing the water quality in the two streams during the dry season of 2002.

In the dry season, the discharging flow from the sewage treatment plants have a bad effect on the water quality of the lower site of stream. The water quality deteriorated, the concentration of Dissolved Oxygen decreased and Total Nitrogen increased to the lower site along the stream.

From the view of the water qualities, it is needed to establish more sewage treatment plants on the upper sites of Tan stream.

The results are as follows.

1. The flow ratio between the upper and lower site of Jungrang stream was very high. (3.5~15.2) So that there are many difficulties in controlling the water quality of the lower site.
2. The pollutant load was simply computed multiplying the concentration by the volume of the pollutant flow.

The authorities concerned with the sewage treatment have to recognize the importance of reducing pollutant loads discharged from the sewage treatment plants.

3. T-N concentration of the lower site showed higher than the upper site in the Jungrang and Tan stream. At that time, the pollutant concentration of the discharging flow from the sewage treatment plants showed higher than the upper site in the Jungrang and Tan stream.

Key words : Water quality, sewage treatment plant, discharge point

가정에서 발생하는 생활하수나 공장 등에서 발생하는 하수는 합류식 또는 분류식 하수관을 통하여 하수종말처리장에서 처리하여 하천이나 바다 등 공공수역으로 방류되는데, 서울의 경우 중랑, 탄천, 난지, 서남 등 4곳에 하수처리장이 있으며, 처리수는 모두 하천으로 방류하고 있다. 한편 서울시는 환경기초시설의 2001년도 처리용량을 611만톤/일 규모로 확충하여 2001년말 현재 서울시에서 발생하는 생활하수의 하수처리장 유입량(538만톤/일)을 전량 처리하여 한강으로 방류할 계획으로 있다^{1,2)}.

최근 서울을 북에서 남으로 통과하는 중랑천 주변에는 시민의 생활 공간으로 활용하기 위한 개발작업이 한창이다.

강변 양쪽을 잘 정비하고 있으며 하상(河床)도 쾌적한 상태로 만들어 가고 있다. 중랑천은 한강의 지류이며 그 하류지점에 하수처리장이 위치해 있고, 청계천과 합류하여 한강으로 유입되고 있는 바, 분류식 하수관로에 의해 생활하수가 하수처리장으로 집중되어 처리됨으로서 이와 같은 환경이 조성될 수 있다고 생각된다. 탄천은 유역환경에 많은 변화가 있어 왔다. 분당 신도시 개발이 완료되면서, 더불어 상류지역인 용인지역이 새로운 주거지역으로 확장 개발되고 있어, 상류지역은 오염원이 크게 증가할 것으로 예상된다. 따라서 탄천 하류의 수질은 상류지역 오염부하에 의한 영향을 더욱 받게될 것이다.

하천에 가해지는 오염물질의 부하량은 하천 수질오염도에 직접적으로 영향을 미치게 되므로, 하천 수질관리를 위해 평·갈수시 및 홍수시 대상유역으로 흘러 들어오는 유역별 전체 오염부하량의 파악이 필요하다.

본 연구에서는 봄·겨울 갈수기 하수처리장 방류수의 수질조사와 하천의 물리적, 생화학적 주요 관심사들을 조합하여 방류수가 하천 수질에 미치는 영향을 분석하여, 환경기준 목표 달성을 위한 방류수 수질기준의 강화, 총량규제와 같은 환경수질정책의 기초자료를 제공하고자 본 연구를 시행하였다.

1. 유량 및 강수량 조사

중랑천 유량측정은 중랑교 하류의 낙차공에서 측정하였고, 탄천 유량측정 지점은 탄천교에서 측정하였다. 본 조사에서는 유속-단면적법으로 유량을 산출하였으며 이를 토대로 중랑 및 탄천수질측정소의 자료를 활용하였다. 한강홍수통제소의 자료와 중랑하수처리장 및 탄천하수처리장, 성남하수처리장의 방류량 자료도 참고하였다. 강수량은 한강유역 중에서 서울지역 기상관측소의 자료를 참고하여 중랑천 및 탄천의 갈수기와 우수기를 판단하고자 하였다^{3,4)}. 특히 2002년 3월, 5월, 8월은 지난해에 비해 많은 강우가 있었다.

2. 수질조사 및 방법

1) 조사대상 및 기간

본 연구에서는 중랑하수처리장과 탄천하수처리장으로 유입되는 유입수 및 처리후 하수처리장 방류구에서 배출되는 최종 방류수와 그 방류구로부터 상·하류(군자교~청계천합류직전, 탄천교~양재천합류직전) 모두 8개 지점에서 2002년 3월, 5월 채수 분석한 자료를 대상으로 하였다.

2) 수질오염 조사

수질오염조사 및 분석은 수질오염공정시험방법 및 Standard methods에 준하여 실시하였다. 조사 및 분석 항목은 유량, 수온, pH, DO, SS, BOD, COD, T-N, T-P 등 여러 항목에 대하여 실시하였다. 조사항목 중 수온, pH, DO 는 현장에서 직접 측정하였으며, 나머지 항목은 실험실로 운반하여 분석하였다.

3. 조사대상 지역의 환경현황 조사

1) 중랑천유역의 개황

중랑천은 한강의 제1지류로 의정부시 수락산 북쪽 계곡에서 발원하여, 양주군에서는 광사천·어둔천과 합류되고, 의정부에서는 부용천·백석천·회룡천·호원천 등의 지류와 합류되어 서울시로

유입된다. 서울시에서는 도봉구·노원구·성북구·중랑구·동대문구·성동구 등 6개 구를 거치는 동안 각 행정자치구의 자연스런 경계로서의 역할을 하고 있다. 하류에서는 성동구의 小 장안교 부근 두모포(豆毛浦) 앞에서 청계천과 합치고 다시 한강으로 합류된다. 오늘날에는 생활하수 등의 오염으로 인해 수질이 많이 나빠져 옛날의 정취를 찾아볼 수 없지만 최근 인근에 살고 있는 시민들이 하천에 대한 환경인식이 높아지고, 각 자치구에서 환경보호를 위한 행정력을 투입하면서 점차 시민과 융화할 수 있는 환경친화적 하천으로 탈바꿈하고 있다. 그리고 하천 전체의 길이는 약 36.5km에 달하며, 서울시와 의정부시의 경계지점에서부터 한강 합류지점까지의 서울시 관내 하천의 길이는 19.38km, 유로 면적 3.94km², 유역면적 288km², 평균 하폭 150m에 달하는 물줄기다.

중랑천 가운데 서울시계 안에 있는 주요 다리로는 18개의 다리가 있다. 상류로부터 도봉동 한신아파트에서 노원복지회관으로 건너가는 상도교, 도봉역에서 수락산 입구로 지나가는 노원교, 방학천과 합류되는 지점 바로 위에 있어 방학동에서 상계동으로 접근할 수 있는 상계교, 창동에서 노원역으로 넘어가는 창동교, 당현천과 중랑천 합류지점 위쪽에 놓여 있는 녹천교, 강북구 변동에서 월계로를 따라 노원구 하계동으로 건너가는 월계1교, 월계동에서 공릉동으로 가는 한천교가 있다. 그리고 우이천과 목동천이 합류되는 지점 바로 위에 놓여 있는 월릉교, 이문3동과 중화3동 사이에 있는 이화교, 회기동에서 망우로를 따라 상봉동으로 이어지는 곳의 중랑교, 전농동로터리에서 사가정길을 따라 면복동으로 넘어가는 곳의 장안교, 답십리 활영소고개를 넘어 광진구 중곡동으로 건너가는 곳의 장평교가 있으며 천호대로를 연결해주는 군자교, 중랑하수처리장에서 중랑천을 넘어 동부고속화도로 밑으로 빠져나가 성수동으로 가는 길의 小장안교, 청계천과 중랑천이 만나는 아래쪽의 살곶이다리, 한양대에서 뚝섬으로 이어지는 성동교, 용봉동에서 성수동으로 건너가는 곳의 성수교, 한강과 합류되는 지점 바로 위쪽 강변대로 상에 놓여 있는 용비교 등 다리들이 놓여 있어 지역간의 이동을 편리하게 하고 있다⁵⁾.

2) 탄천유역의 개황

한강의 제1지류이며 지방2급하천인 탄천(炭川)은 경기도 용인시 구성면 청덕리 법화산 기슭에서 발원하여 서쪽으로 흐르다가 경부고속도로 신갈 인터체인지 부근에서 다시 북쪽으로 흘러 성남시 중원구와 수정구를 통과하여 서울로 흘러드는 하천이다. 발원지 부근은 '옛날부터 물푸레나무가 많고 항상 푸른 물(水淸)이 많이 흘러내린다(德水)'고 하여 청덕리(淸德里) 혹은 물푸레골이라 불리우고 있으며, 사계절 바람이 많이 불어 바람골로도 불리우고 있다. 서울시내의 탄천 구간은 강남구 세곡동 13번지 경기도와의 시계로부터 한강까지이며, 경기도와 시계 부근에서 세곡천(細谷川)과, 대곡교 부근에서 성남시 북정동으로부터 내려오는 북정천과, 수서차량기지 건너편에서 장지동으로부터 내려오는 장지천(長旨川)과 각각 만나고, 대치동의 탄천2교에서 양재천(良才川)과 만나 서울시의 송파구와 강남구의 경계를 이루면서 한강으로 합류한다. 이 하천을 끼고 있는 행정구역은 강남구의 울현동·수서동·일원동·대치동과 송파구의 문정동·가락동·석촌동·삼전동·잠실동 등이다.

하천 전체의 길이는 35.62km이고 서울시 관내 탄천의 길이는 8.32km, 유로 면적 191.36km², 유역면적 316.2km², 평균 하폭 230m규모의 물줄기다. 최상류의 발원지로부터 신갈인터체인지가 위치하는 보정리 부근까지 영동고속도로와 나란히 동에서 서쪽으로 흘러가며, 중류 이후로는 경부고속도로와 나란히 남에서 북으로 흘러 한강으로 유입된다.

탄천에서 서울시계 내에 있는 교량은 모두 8개이다. 시계로부터 현릉로를 따라 송파로로 이어지는 대곡교, 대곡교 윗쪽에 오래 전에 놓여진 대왕교, 수서동 나산백화점에서 문정동으로 건너가는 광평교, 수서인터체인지와 가락동 농수산물도매시장을 연결하는 탄천교, 학여울에서 삼전동으로 건너가는 탄천1교, 양재천과 탄천이 합류하는 지점에 놓여 있는 탄천2교, 삼성동 한국종합전시장과 잠실 종합운동장을 연결하는 삼성교, 올림픽대로에 놓여 있는 청담교 등이 그것이다⁵⁾.

3) 오염원현황 조사

오염원 현황 자료는 인구, 축산, 산업폐수배출업소, 토지, 양식장 및 환경기초시설로 구분하여 수집되어야 하지만, 환경부에서 발표되는 산업분야의 공장폐수에 대한 자료만 수집하였다. 방류되는 공장폐수는 환경기초시설인 하수처리장으로 대부분 유입되며, 수계에 직접 방류되거나 강우시 수계로 유출되기도 한다⁶⁾.

결과 및 고찰

1. 유량특성

하천의 유량은 Fig. 1에서 보통 겨울에서 봄철까지를 갈수기 또는 저수기라 하지만, 2002년도에는 Fig. 2, Fig. 3에서와 같이 1월에도 유량이 많았으며, 3월과 5월에도 저수위 이상의 평수량을 유지하였다.

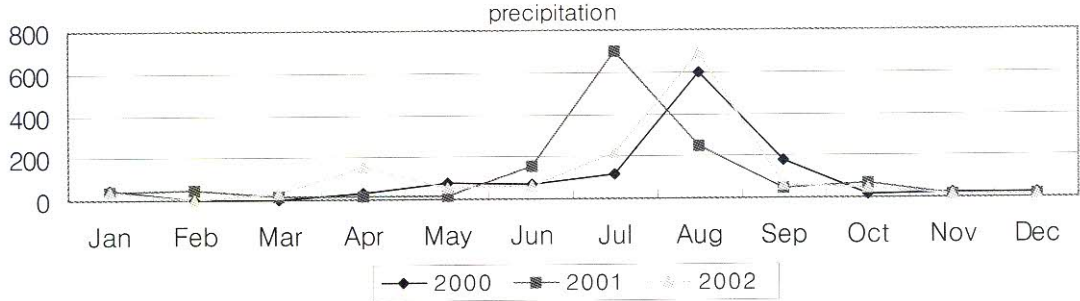


Fig. 1. Precipitation of Seoul(2000~2002).

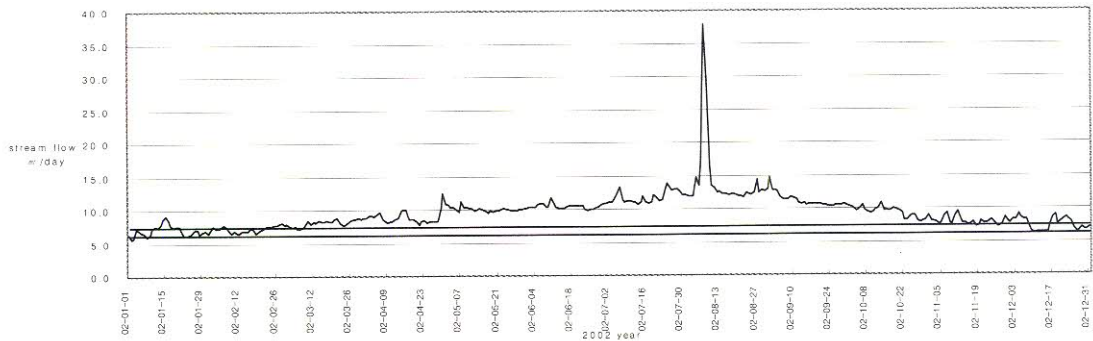


Fig. 2. Stream flow on the Tanchon Bridge(2002).

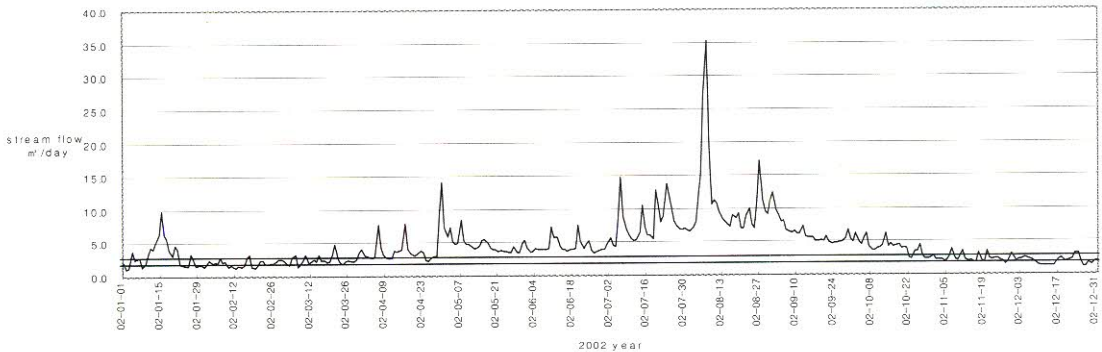


Fig. 3. Stream flow on the Jungang Bridge(2002).

Table 1에서 상류쪽 유량은 실측자료를 활용하였으며, 하류쪽 유량은 방류수의 유입만 고려하여 상류와 합산한 것이다. 중랑천의 측정구간은 하천 상류와 하천 하류의 유량비(하류유량/상류유량)가 3.5~15.2까지 나타나, 목표수질이 설정되어 있는 하천하류는 하수처리장 방류수의 영향을 크게 받는다. 탄천에서는 하천 상류와 하천 하류의 유량비가 1.9~2.4로 비교적 안정적이다. 유량비가 2 정도이면 하수처리장 방류수량과 측정구간 하천상류의 수량이 같다는 것이며, 이는 탄천하수처리장 방류수 뿐만 아니라 탄천 상류의 용인·성남지역 방류수도 탄천 수질에 일정한 영향을 주고 있다는 의미를 갖는다. 따라서 여러 지방자치단체가 보다 적극적으로 관련된 수계의 안정적 수질관리를 위해 노력해야 한다.

2. 오염부하량

1) 부유물질 및 유기물질

SS와 BOD에 관한 오염부하량은 항목별로 농도(mg/L) × 유량(m³/day) ÷ 1000000 = 부하량(ton/day)의 식으로 쉽게 계산하였다.

Table 2에서 하천하류의 BOD 및 COD 부하량은 방류후 유하거리가 가까운 지점에서 조사하였기 때문에 상류와 합산된 부하량과 비슷하거나 약간 증가한 형태로 나타났다. 중랑하수처리장 방류수의 유기물질 부하량은 하류 부하량의 81.8~97.2%를 차지하며, 탄천하수처리장 방류수의 유

기물질 부하량은 하류부하량의 45.2~54.5%에 해당한다(Fig. 4).

탄천 상류의 SS 부하량이 하류보다 오히려 높게 나타나는 경우도 있다. 이는 최근 탄천 상류부근에 오염원이 대폭 증가한다는 것을 말하며, 탄천 상류 오염부하 감소를 위한 시설 투자가 요구된다.

중랑하수처리장에서는 3월에 BOD, SS가 방류수 수질기준을 초과하는 경우도 있었다(Table 3). 이는 유입하수의 침투부하에 의한 것으로 보인다.

2) 총질소, 총인

탄천과 중랑천의 모든 측정구간에서 T-N의 농도는 Table 3과 같이 하류로 갈수록 높아졌으며, 하천 상류의 농도보다 방류수의 총질소 농도가 높은 것으로 나타났다.

총량적인 관점에서 총질소 부하량을 보면 중랑천에서는 하류 부하량의 88.2~94.3% 정도가 방류부하에 의한 것으로 나타났으며 탄천에서는 38.7~48.2% 정도로 나타나 유량비율, 하상퇴적물 등 여러 요인이 작용한 것으로 보인다(Table 4, Fig. 5). 따라서 하수처리에 있어서 질소 제거 효율을 높이고, 방류수의 총질소 농도를 낮추어야만 하천 하류의 총질소 오염도를 제어할 수 있다^{7,8)}.

질소는 인과 함께 적조 및 녹조의 원인으로 알려져 있다. 이들 중 부영양화에 기여도가 더 큰 물질에 관해서는 이견이 많으나 인의 기여도가 더 크다고 보고 있다. 따라서 최근에는 질소와 인을 동시에 제거하는 기술이 국내 실정에 맞게 개발되

Table 1. Stream Flow near the sewage treatment plant (Unit : 1000m³/day)

Stream	Site	May(2001)	Aug(2001)	Dec(2001)	Mar(2002)	May(2002)	Aug(2002)
Jungrang	Up-stream	162	592	134	221	301	816
	Discharge(up)	1495	1658	1487	1524	1327	1560
	Discharge(down)	450	473	411	504	474	486
	Down-stream	2107	2723	2032	2249	2102	2862
	Flow rate	13.0	4.6	15.2	10.2	7.0	3.5
Tan	Up-stream	937	1030	593	730	942	1123
	Discharge(up)	422	528	413	410	443	523
	Discharge(down)	418	503	411	446	450	589
	Down-stream	1777	2061	1417	1586	1835	2235
	Flow rate	1.9	2.0	2.4	2.2	1.9	2.0

Table 2. Variation of pollutant load (Organic and Suspended material)(2002) (Unit : ton/day)

Item	stream	month	up stream load	discharging load(up)	discharging load(down)	down stream load
BOD	Jungrang	Mar	2.21	35.20	10.87	47.38
		May	1.05	5.04	1.71	7.99
	Tan	Mar	5.37	3.75	5.07	18.23
		May	3.11	2.17	4.46	14.68
COD	Jungrang	Mar	2.34	25.30	7.77	37.79
		May	2.80	14.34	4.93	23.54
	Tan	Mar	8.61	4.55	5.18	18.40
		May	8.85	4.70	5.00	17.80
SS	Jungrang	Mar	3.32	40.69	5.55	50.62
		May	2.50	14.60	3.98	13.03
	Tan	Mar	24.31	2.46	1.79	11.10
		May	11.30	1.33	0.99	13.58

Table 3. Concentration of water pollutants near the sewage treatment plants(2002)

Item	month	Jungrang stream				Tan stream				Unit	
		up	discharge(up)	discharge(down)	down	up	discharge(up)	discharge(down)	down		
BOD	Mar	10.0	23.1	21.5	21.1	7.4	9.2	11.4	11.5	mg/ ℓ	
	May	3.5	3.8	3.6	3.8	3.3	4.9	9.9	8.0		
COD	Mar	10.6	16.6	15.4	16.8	11.8	11.1	11.6	11.6		
	May	9.3	10.8	10.4	11.2	9.4	10.6	11.1	9.7		
SS	Mar	15.0	26.7	11.0	22.5	33.3	6.0	4.0	7.0		
	May	8.3	11.0	8.4	6.2	12.0	3.0	2.2	7.4		
T-N	Mar	19.488	24.768	27.072	25.920	15.552	24.144	29.040	37.200		
	May	15.456	23.040	29.184	22.416	13.968	22.272	31.200	27.024		
T-P	Mar	0.888	1.104	0.845	1.382	0.562	1.056	1.123	1.349		
	May	0.840	1.402	1.550	1.656	1.142	0.278	0.206	0.350		
DO	Mar	10.4	7.6	6.8	3.6	7.0	7.4	8.0	9.5		
	May	10.2	5.8	6.0	4.0	9.6	5.6	6.4	4.2		
Conduc-tivity	Mar	679	627	658	648	536	643	673	651		μs/cm
	May	591	650	624	693	527	670	680	653		
pH	Mar	8.0	7.5	7.4	7.3	7.5	7.2	7.4	7.5		
	May	7.4	7.5	7.4	7.4	7.3	7.3	7.5	7.4		
ABS	Mar	0.26	0.24	0.42	0.29	0.98	0.12	0.12	0.25	mg/ ℓ	
	May	0.07	0.07	0.06	0.08	0.05	0.07	0.13	0.06		

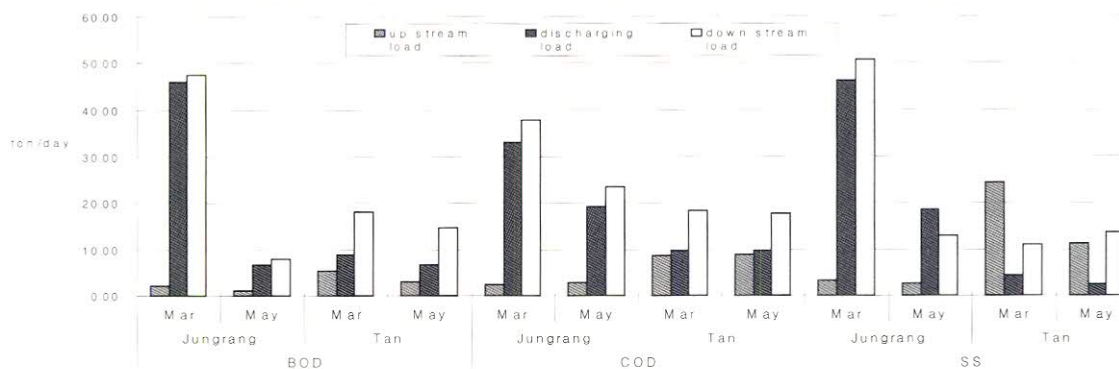


Fig. 4. Variation of pollutant load (Organic and Suspended material).

Table 4. Variation of pollutant load (T-N and T-P) (2002) (Unit : ton/day)

Item	stream	month	up stream load	discharging load(up)	discharging load(down)	down stream load
T-N	Jungrang	Mar	4.31	37.74	13.66	58.31
		May	4.65	30.58	13.84	47.12
	Tan	Mar	11.35	9.90	12.96	59.01
		May	13.15	9.87	14.06	49.60
T-P	Jungrang	Mar	0.20	1.68	0.43	3.11
		May	0.25	1.86	0.73	3.48
	Tan	Mar	0.41	0.43	0.50	2.14
		May	1.08	0.12	0.09	0.64

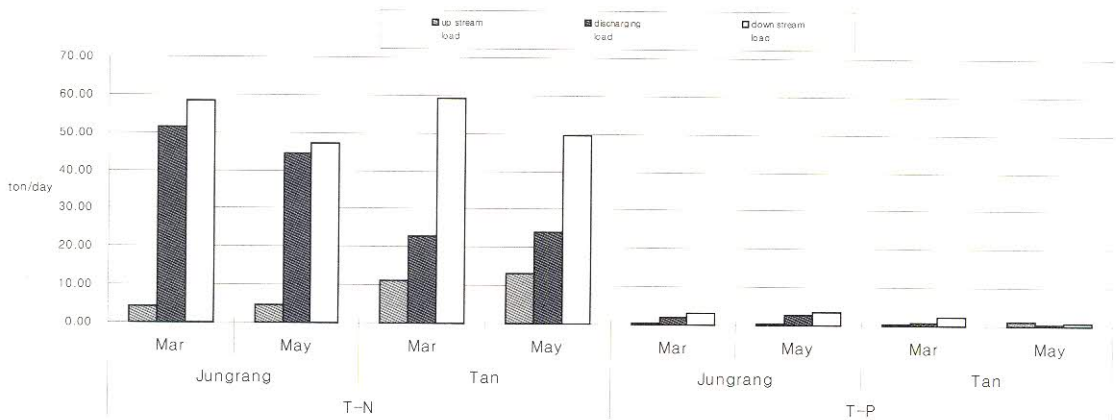


Fig. 5. Variation of pollutant load(T-N and T-P).

이 실용화를 눈앞에 두고 있다고 한다⁹⁾.

결론

갈수기 및 저수유량 시기에 안정적인 하천 수질 관리를 위해서는 하수처리장 방류수 수질관리를 강화해야 한다. 하수처리장의 시설규모는 증가되었으나, 하수가 집중되어 처리됨으로써 유입하수의 안정적 유지 및 확보가 하수처리 효율에 있어서 중요한 요소로 작용하고 있다. 또한 하수처리장 방류수 하류의 지점에서는 방류수 오염부하에 의한 영향을 많이 받게되므로, 하수처리 효율을 높일 수 있는 시설보완도 필요하고, 하수처리장

방류수의 수질기준을 강화하여 방류수의 수질오염 농도를 낮추도록 해야한다. 질소와 인의 처리기술도 실정에 맞도록 개발하고 개량하여 부영양화로 인한 피해를 예방하여야 한다.

1. 중랑천의 측정구간에서 하천 상류와 하천 하류의 유량비(하류유량/상류유량)가 3.5~15.2까지 나타나, 하천 하류의 수질은 중랑 하수처리장 방류수 수질의 영향을 크게 받는다. 탄천상류의 유량과 탄천하수처리장 방류수의 유량이 비슷하므로 탄천상류의 수질도 하류에 큰 영향을 주고 있다.
2. 오염부하량은 농도와 유량의 곱으로 표현되므로 유량비가 높은 중랑하수처리장에서는

방류수 수질관리의 중요성을 인식해야 하며, 부유물질 오염부하량을 보면 탄천의 경우 성남·용인등 상류지역 하수처리 시설확충도 시급한 시점이다.

3. 탄천과 중랑천의 모든 측정구간에서 T-N의 농도는 하류로 갈수록 높아졌으며, 하천 상류의 농도보다 방류수의 총질소 농도가 높은 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 서울특별시 : 서울의환경, 환경백서(2001)
2. 서울특별시 : 서울의환경, 환경백서(2002)
3. 건설교통부 : 한국수문조사연보(유량편, 수위편, 우량편), (2000)
4. 기상청 : 기상연보(2000, 2001), (<http://www.kma.go.kr> 기상청인터넷기후자료, 기상월보, 2002)
5. 이상배 : 서울의 하천, 서울시사편찬위원회(1997)
6. 환경부 : 공장폐수의 발생과 처리(2001)
7. 김혜경 : 한강수계 주요지천의 수질오염도 평가, 서울특별시보건환경연구원보, 34:318(1998)
8. 서울특별시 : 한강 지류천 생태계 조사연구(Ⅲ), (2001)
9. 하수처리장 운영개선 연구문집, 가양하수처리사업소(1999)