

하수처리장 방류수가 하천수질에 미치는 영향

수질화학팀

한선규 · 허항록 · 이승주 · 이용민 · 김광진

The effects of the sewage treatment plant discharge on the Tan and Jungrang stream water quality

Water Chemistry Team

Seon-kyu Han, Hang-rok Her, Seung-ju Lee, Yong-min Lee, and Kwang-jin Kim

Abstract

The discharging flow from sewage treatment plant increased the water volume of stream suddenly and influenced on the water quality of stream.

The water quality of the Jungrang and Tanchun was investigated at discharging points of sewage treatment plants, upper and lower sites of sewage treatment plants, during 2001.

The effects of the discharging flow from the sewage treatment plant on the water quality of stream were estimated in the dry season and wet season.

The results are as follows.

1. The pollutant load of T-N was higher than any other parameters of sewage treatment plants discharge in the dry season.
2. The pollutant load of T-N in the lower site of the Tanchun sewage treatment plant increased by 3.2-13.0 times compared with that in the upper site.
3. The discharge load of T-N from the Jungrang sewage treatment plant was 25.4 -49.0 ton/day, which was almost the same amount of load in the lower site.
4. In spring, the pollutant load of SS in the lower site of Jungrang sewage treatment plant was relatively large, 86.3 ton/day.
5. In spring and winter, the BOD and SS concentrations in the lower site of the Jungrang sewage treatment plant showed higher than the upper site. At that time, the pollutant load of BOD in the lower site were increased by 28.7~43.1 times compared with those in upper site. and the pollutant load of SS in the lower site were increased by 17.2~32.8 times.
6. The removal rates of T-N were 33.9% ~ 74.8%, which demonstrated that the loading of nitrogenous compound on sewage treatment plants should get reduced by introducing new treatment system.

Key words : sewage treatment plant, discharge, Tanchun, Jungrang stream, water quality.

서 론

1996년 8월 물관리종합대책 수립이후 범정부적으로 장기적 수환경 보전 및 수자원 대책이 추진되고, 국민의 자연에 대한 욕구가 커지면서 자연 휴식공간에 대한 수요가 증가함에 따라, 하천 수질 개선 및 수환경기준을 유지하기 위하여 하수처리장 방류수를 포함한 수질관리에 적극적인 노력이 필요한 시점이다. 우리나라 수환경정책은, 첫째 국민건강에 직결되는 상수원을 깨끗이 보전하고, 둘째 상수원이 아니라도 하천의 수질을 생태계가 유지될 수 있는 수준으로 보전하며, 셋째 하천과 물은 생활환경의 일부를 구성하는 요소이므로 가까운 곳에서 국민들이 자연을 느낄 수 있도록 수환경을 쾌적하게 만들어 가는 것을 목표로 하고 있으며, 이에 발맞추어 수질개선투자도 꾸준히 늘고 있다.¹⁾

2000년 12월 현재 서울시 전체 하수처리시설 규모는 581만 m³/일 이며, 그 중에서 특히 중랑하수처리장 시설규모는 171만 m³/일 이고, 탄천하수처리장 시설규모는 110만 m³/일 로서, 방류량은 계절적으로 각각 다르지만, 탄천 하수처리장 방류수역에 연간 BOD 2631톤, COD 3712톤, SS 2081톤, T-N 6405톤, T-P 206톤 배출되고, 중랑천에는 연간 각각 12702톤, 10855톤, 9343톤, 13754톤, 1078톤 방류되는 것으로 나타나 여전히 상당량의 오염물질이 방출되고 있다. 이와 같이 많은 양의 오염물질 배출은 결국 하천 본래의 자정능력을 저하시키며, 하천수질을 악화시키게 될 것이다.^{2,3)}

하천 수질의 변화는 외부에서 하천에 가해지는 오염물질의 부하량과 유입상태와의 함수관계에 있으며, 하천수질오염에 미치는 가장 큰 요인으로 생활활동에 의한 도시하수, 공장폐수, 축산폐수 등의 유입을 들 수 있는데, 유역의 오염부하가 하천의 자정능력을 초과할 경우 수질관리는 더욱 어렵게 될 것이다.

따라서 봄·겨울 갈수기 및 여름 우수기의 하수처리장 방류수 수질조사와 하천 수질에 미치는 영향을 분석하여 지천 및 한강 환경수질정책의 기초자료를 제공하고 자 본 연구를 시행하였다.

조사대상 및 방법

1. 조사대상 및 기간

탄천하수처리장 및 중랑하수처리장 방류구를 중심으로 한 상류, 중류, 하류 3개 지점, 하수처리장 유입수 및 방류수를 조사대상으로 2001년도 1년간 봄철 갈수기와 우기인 여름철, 그리고 겨울철 갈수기를 택하여 3회 채수하였다.

2. 조사 항목 및 방법

조사항목은 BOD, COD, T-N, T-P, SS 등 5개 기본항목과 수온, pH, DO, ABS, Cr, Cu, Cd, Hg, As, Pb, Fe, 대장균군수 등 12개 부가항목에 대하여 조사하였으며, 수질오염공정시험방법에 의해 분석하였다. 하천유량은 실측방법으로 유속을 측정하고 단면적을 곱하여 유량을 계산하였고 이를 토대로 수질측정소 자료를 활용하였다.

결과 및 고찰

조사대상 하수처리장의 방류수질은 모두 방류수 수질기준 이내로 방류되고 있었으며 Cr, Cd, Hg, As, Pb는 검출되지 않았다. 탄천 및 중랑하수처리장 부근의 하천기준은 5등급으로 지정되어 있으며 T-N, T-P의 기준은 설정되어 있지 않다.

주요 항목에 대한 하수처리장별 오염도 조사 결과는 다음과 같다.

1. 탄천

1) BOD

하천 흐름에 따른 농도변화는 Table 1 에서 보듯이 탄천하수처리장의 방류수의 BOD농도가 하천 상류지점의 농도보다 낮게 방류되므로 하류의 농도는 상류보다 낮은 상태로 측정되는 것이 당연하다고 보았으나, 봄 건기를 제외하고는 하류측이 오히려 약간 높은 수치의 오염도를 보였다. 일반적으로 유량이 많아지면 농도가 낮아져야 하는데, 위의 경우는 유량의 증가로 인해 하상에 대한 소류력이 증가하여 하상의 BOD 물질의 부상에 의한 것도 하나의 원인으로 보인다.⁴⁾

2) T-N

총질소 항목은 방류수의 농도가 하천 상류의 농도보다 대개 높은 것으로 나타났으며, 계절에 관계없이 하류

Table 1. Concentration of water pollutants near the Tanchun sewage treatment plant

(Unit : mg/l)

Item	season	up stream	discharge1	discharge2	down stream
BOD	spring	9.7	4.9	4.1	5.7
	summer	5.9	2.8	3.6	6.8
	winter	8.8	3.6	3.5	11.6
COD	spring	15.0	13.9	12.9	14.4
	summer	9.2	8.6	8.4	9.8
	winter	8.2	9.4	9.7	10.1
SS	spring	24.5	2.0	2.5	6.5
	summer	6.5	2.3	2.3	7.5
	winter	6.0	2.3	3.0	7.0
T-N	spring	17.280	20.592	18.576	31.872
	summer	3.024	14.688	10.608	19.680
	winter	17.808	18.192	17.328	24.528
T-P	spring	0.677	0.408	0.110	0.394
	summer	0.778	0.600	0.576	1.661
	winter	1.349	1.378	1.786	1.930
ABS	spring	0.05	0.12	0.10	0.10
	summer	0.04	0.03	0.04	0.06
	winter	0.07	0.07	0.04	0.06

로 갈수록 총질소의 농도가 높아졌음을 알 수 있다. 길동⁵⁾의 조사에 의하면 91년 이후 총질소의 농도가 계속 증가하는 경향을 보이고 있으며, 많은 양의 영양염류가 하천에 방출되어 정체수역에 도달하면 조류번식 등에 의한 수질악화는 물론 물에 각종 냄새를 유발하고 물의 투명도도 저하시키는 요인이 된다.

3) 부하량

부하량은 항목별로 농도(mg/L) × 유량(m³/day) ÷ 1000000 = 부하량 (ton/day)의 식을 적용하였고, 상류쪽 유량은 실측자료를 활용하였으며, 하류쪽 유량은 방류수의 유입만 고려하여 상류와 합산한 것으로 관측구간에서 적용이 가능하다고 판단하였다.

Table 2~4 및 Fig. 1~3과 같이 농도와 유량을 고려한 오염 부하량의 관점에서 계절별로 하천에 미치는 영향은 다음과 같다.

봄철 갈수기 오염물질별 하수처리율은 74.8~98.7% 정도이며, SS는 하류로 갈수록 부하량이 급격하게 낮아졌으며, T-N은 오히려 급상승하였다. 하류에서의 T-N

부하량은 방류부하에 의한 증가가 40.6% 정도로 나타났다.

여름 우기 T-N 처리율은 33.9% 정도로서 상당한 양의 영양염류가 제거되지 않고 하천으로 방류됨을 알 수 있다. 그 외 오염물질은 75.0%~98.2% 정도로 처리되며, 하류의 부하량중 T-N 및 T-P부하에 의한 증가 비율이 각각 34.6%, 23.1%정도로 전체 증가량과는 차이가 있다.

겨울 갈수기에는 T-P가 32.8%, T-N이 56.7% 정도의 처리율을 보이고 있으며, 다른 오염물질은 89.8~98.6% 정도 처리된다. 겨울철 하류의 부하량은 BOD, SS, T-N 순으로 증가하였다.

2. 중랑천

1) BOD

하천 흐름에 따른 농도변화는 Table 5 와 같이 봄과 겨울 갈수기에 하류로 갈수록 2배 이상 급격히 높아졌다. 갈수기의 상류쪽 유량은 탄천이 59만~93만m³/일 정도인 반면 중랑천이 훨씬 적은 13만~16만m³/일 이었으나, 방류수의 영향으로 하류쪽에서 탄천유량은 2배정도 증가하여 141만~177만m³/일 정도가 되고 중랑천 하류유량은 203만~210만m³/일로 상류에 비해 15배정도 증가하여 상대적으로 중랑천유량이 급증하였으며 이로 인해 BOD의 농도에도 많은 변화를 준 것으로 보인다.

여름 우기에는 방류수의 농도가 낮음에도 상·하류의 농도차이가 거의 없는 오차수준 정도로 나타났으며, 이때의 중랑천의 유량변화는 상류에서 59만m³/일 이었다가 하류에서 272만m³/일로 4.5배정도 증가하였다.

2) SS

부유물질 농도는 봄·겨울 갈수기에 하류의 농도가 증가하고, 여름 풍수기에 하류의 농도가 낮아지는 것으로 나타났다.

3) T-N

총질소의 농도는 계절에 관계없이 상류의 농도보다 방류수의 농도가 높아 하류에서 더욱 농도가 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 경향은 탄천과 같으며 생활하수 등의 처리가 현재의 생물화학적 처리만으로는 불충분한 것으로 판단된다.⁶⁾

4) 부하량

Table 2. Variation of pollutant load in spring near the Tanchun sewage treatment plant

(Unit : ton/day)

Tanchun spring	BOD	COD	SS	T-N	T-P	ABS
Upstream Load	9.0889	16.7723	22.9565	16.1914	0.6343	0.0469
Discharge Load	3.7784	11.2540	1.8910	16.4465	0.2170	0.0924
Downstream Load	10.1289	25.5888	11.5505	56.6365	0.7001	0.1777
Inflow Load	122.4720	88.0320	149.5200	65.3184	1.8589	2.8140
Removal Rate(%)	96.91	87.22	98.74	74.82	88.33	96.72

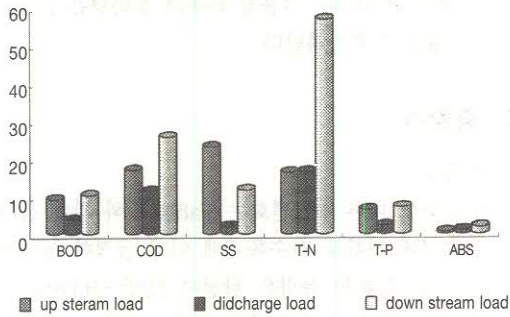


Fig 1. Variation of pollutant load in spring at Tan Stream (T-P, ABS × 10)

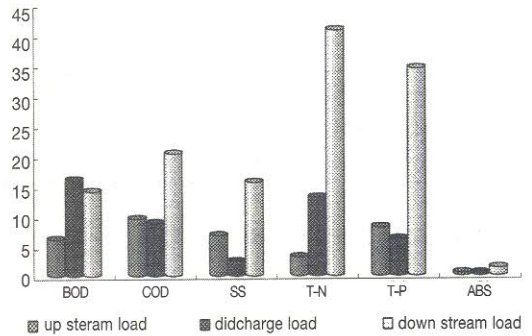


Fig 2. Variation of pollutant load in summer at Tan Stream (T-P, ABS × 10)

Table 3. Variation of pollutant load in summer near the Tanchun sewage treatment plant

(Unit : ton/day)

Tanchun summer	BOD	COD	SS	T-N	T-P	ABS
Upstream Load	6.0770	9.4760	6.6950	3.1147	0.8013	0.0412
Discharge Load	15.9156	8.7610	2.3713	12.9891	0.6059	0.0362
Downstream Load	14.0148	20.1978	15.4575	40.5605	3.4233	0.1237
Inflow Load	163.3104	136.9168	88.6660	19.6715	2.4249	2.0620
Removal Rate(%)	97.97	93.60	97.33	33.97	75.01	98.24

Table 4. Variation of pollutant load in winter near the Tanchun sewage treatment plant

(Unit : ton/day)

Tanchun Winter	BOD	COD	SS	T-N	T-P	ABS
Upstream Load	5.2184	5.5149	3.5580	10.5601	0.8000	0.0415
Discharge Load	2.9251	7.8695	2.1843	14.6334	1.3040	0.0453
Downstream Load	16.4372	14.3117	9.9190	34.7562	2.7348	0.0850
Inflow Load	121.6224	77.2912	84.0480	33.8170	1.9422	3.4196
Removal Rate(%)	97.59	89.82	97.40	56.73	32.86	98.68

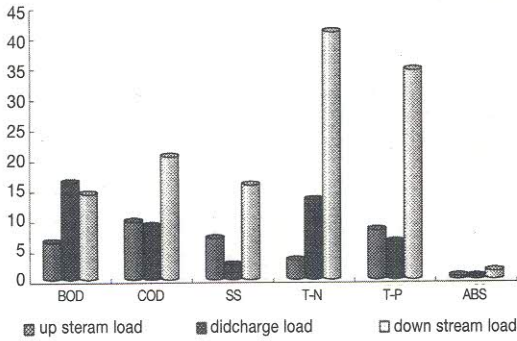


Fig 3. Variation of pollutant load in winter at Tan Stream (T-P, ABS × 10)

Table 6~8 및 Fig. 4~6와 같이 BOD와 SS 부하는 계절에 관계없이 하류에서 급격히 증가하는 것으로 나타났으며, 하수처리장 이외의 계속적으로 유입하는 다른 점오염원은 없는 것으로 보아, 하상의 BOD물질의 부상에 의한 것으로 보인다.

봄철 갈수기 오염물질별 하수처리율은 T-P가

47.1%, T-N이 60.8%, 그 외 항목은 86.8%~97.7% 이고, 여름 우기의 처리율은 T-P가 29.8%, T-N이 43.2%, 그 외 항목은 90.2%~98.4%로 나타났다. 겨울 갈수기 T-P가 35.1%, T-N이 40.4%, 그 외 항목은 84.1%~97.4%의 처리율을 나타냈다.

T-N의 경우 계절에 관계없이 방류부하가 하류 부하량의 80%이상 차지할 정도로 가장 큰 영향을 미치는 항목으로 나타나고 있다.

T-P도 하류 부하량의 69.8%~83.0% 정도가 방류부하에 의한 것으로 나타났다.

SS의 경우 봄·겨울 갈수기에 하류의 부하량은 급증한 반면 6%~9%정도만 방류부하에 의한 것으로 나타났다.

3. 방류지점 상·하류 하천 수질변화

하천의 유량은 강수량에 따라 변화하지만 하수처리장 부근 중랑천의 상류의 유량은 갈수기에 평균 15만 m³/일 정도 였다가 방류수가 합쳐지면서 207만 m³/일 정도의 유량으로 급증하게 되고, 탄천처리장 부근 상류는 77

Table 5. Concentration of water pollutants near the Jungrang sewage treatment plant

(Unit : mg/l)

Item	season	up stream	discharge1	discharge2	discharge3	discharge4	down stream
BOD	spring	8.1	4.6	3.2	4.9	4.5	17.9
	summer	5.2	1.4	2.1	1.3	1.6	5.9
	winter	7.2	6.2	5.8	5.6	4.9	20.5
COD	spring	15.0	9.8	9.4	12.4	11.7	18.2
	summer	9.2	6.5	7.2	5.9	6.1	10.6
	winter	8.2	7.9	8.0	9.5	9.9	9.5
SS	spring	31.0	3.5	4.0	2.5	2.5	41.0
	summer	17.5	2.7	2.3	2.0	2.0	12.0
	winter	12.0	3.0	2.0	2.3	2.3	26.0
T-N	spring	14.560	22.656	26.544	23.616	31.872	23.328
	summer	1.728	12.192	16.992	10.512	13.920	8.592
	winter	14.688	18.816	22.656	20.448	23.664	23.808
T-P	spring	0.902	0.734	1.286	1.536	0.130	1.502
	summer	0.245	1.267	0.874	1.373	1.123	1.195
	winter	0.802	1.066	1.502	1.133	1.445	1.613
ABS	spring	0.24	0.26	0.13	0.12	0.15	0.12
	summer	0.04	0.05	0.05	0.06	0.04	0.05
	winter	0.04	0.25	0.10	0.07	0.07	0.05

Table 6. Variation of pollutant load in spring near the Jungrang sewage treatment plant

(Unit : ton/day)

Jungrang Spring	BOD	COD	SS	T-N	T-P	ABS
Upstream Load	1.3122	2.4300	5.0220	2.3587	0.1461	0.0389
Discharge Load	9.0005	22.6360	5.4050	49.0274	2.2507	0.2826
Downstream Load	37.7153	38.3474	86.3870	49.1521	3.1647	0.2528
Inflow Load	234.1755	171.5220	241.8250	125.2056	4.2574	3.5882
Removal Rate(%)	96.16	86.80	97.76	60.84	47.13	92.13

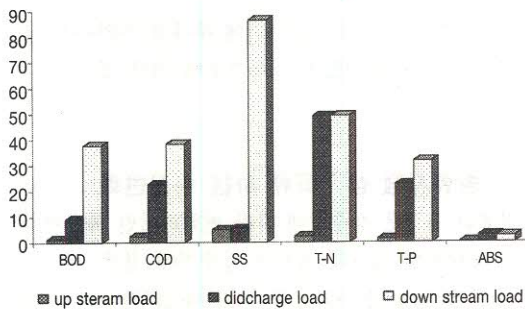


Fig 4. Variation of pollutant load in spring at Jungrang Stream (T-P, ABS × 10)

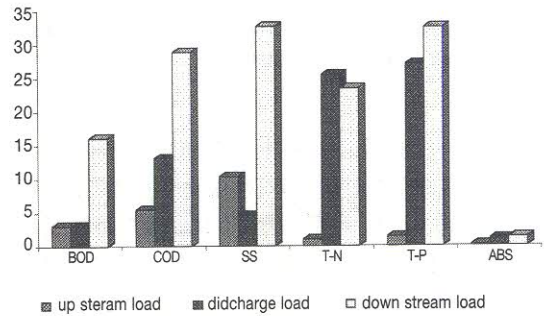


Fig 5. Variation of pollutant load in summer at Jungrang Stream (T-P, ABS × 10)

Table 7. Variation of pollutant load in summer near the Jungrang sewage treatment plant

(Unit : ton/day)

Jungrang Summer	BOD	COD	SS	T-N	T-P	ABS
Upstream Load	3.0784	5.4464	10.3600	1.0230	0.1450	0.0237
Discharge Load	3.0748	13.0767	4.5099	25.4619	2.7010	0.1157
Downstream Load	16.0657	28.8638	32.6760	23.3960	3.2540	0.1362
Inflow Load	197.0700	134.6650	224.3520	44.9014	3.8517	7.4139
Removal Rate(%)	98.44	90.29	97.99	43.29	29.88	98.44

만 m³/일 에서 하류는 160만 m³/일 로 증가하는데, Table 9 에서 보면 여름철은 방류량과 하천 상류유량이 거의 같고, 겨울 갈수기에는 하천 상류유량이 방류량보다 작은 것을 알 수 있으며, 일부이지만 처리가 않된 오염물질이 방류될 때 하류측의 수질은 악화된다. 그 예로 Table 5에서 BOD와 SS 농도의 급증을 들 수 있다. 특히 갈수기에 중량천·단천 하류에서 BOD 농도가 수질 기준을 초과하는 경우가 나타나고 있어서 수질관리에 어려움이 있다.

Fig. 7 에서 보듯이 2001년도는 3월~5월이 봄 갈수

기이며, 11월~12월이 겨울 갈수기이고, 6월~9월이 여름 풍수기에 해당한다.⁷⁾ 본 연구는 5월, 8월, 12월에 채수한 자료로 분석하였다.

처리장별로 유입된 하수의 총질소 제거율을 오염물질 양으로 분석해 보면 중량처리장에서는 봄 60.84%, 여름 43.29%, 겨울 40.41%, 탄천처리장은 봄 74.82%, 여름 33.97%, 겨울 56.73% 정도의 제거율을 보이고 있으며, 하천으로 배출되는 방류수 농도가 수질기준에 적합한 상태로 방류되고 있으나, 총질소의 일일 방출되는 양은 중량처리장이 봄, 여름, 겨울 각각 49.03 톤/

Table 8. Variation of pollutant load in winter near the Jungrang sewage treatment plant

(Unit : ton/day)

Jungrang Winter	BOD	COD	SS	T-N	T-P	ABS
Upstream Load	0.9648	1.0988	1.6080	1.9682	0.1075	0.0054
Discharge Load	10.6034	17.5062	4.4771	39.7416	2.2895	0.1804
Downstream Load	41.6560	19.3040	52.8320	48.3779	3.2776	0.1016
Inflow Load	206.4594	110.6668	176.2590	66.6935	3.5315	5.5024
Removal Rate(%)	94.86	84.18	97.46	40.41	35.17	96.72

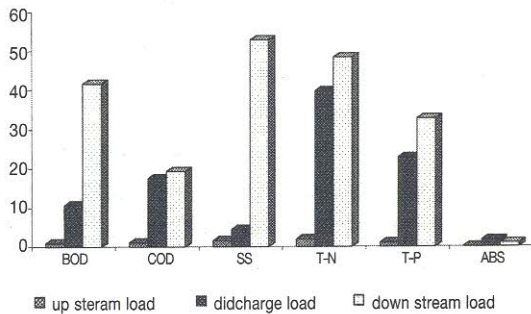


Fig 6. Variation of pollutant load in winter at Jungrang Stream (T-P, ABS × 10)

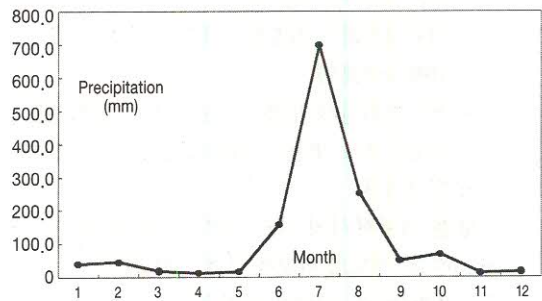


Fig 7. Monthly precipitation of Seoul in 2001

Table 9. Stream Flow near the Tanchun sewage treatment plant

(Unit : 1000 m³/day)

season \ site	season		
	spring(dry)	summer(wet)	winter(dry)
inflow (sewage)	840	1031	824
up stream	937	1030	593
discharge-up(2)	422	528	413
middle stream	1359	1558	1006
discharge-down(1)	418	503	411
down stream	1777	2061	1417

일, 25.46 톤/일, 39.74 톤/일 이고, 탄천처리장은 봄, 여름, 겨울 각각 16.45 톤/일, 12.99 톤/일, 14.64 톤/일 정도로 방출되므로, 정체수역에서 이들 영양염류는 곧바로 수질악화의 원인으로 작용하기 때문에 하천 하류에 미치는 영향을 클 것으로 사료된다.⁸⁾

하수처리장에서 방류되는 오염부하가 하천의 환경용량을 초과할 정도로 방출되면 자정능력을 상실하게되고

Table 10. Stream Flow near the Jungrang sewage treatment plant

(Unit : 1000 m³/day)

season \ site	season		
	spring(dry)	summer(wet)	winter(dry)
inflow (sewage)1	265	265	235
inflow (sewage)2	185	208	176
inflow (sewage)3	1155	1286	1199
inflow (sewage)4	340	372	288
up stream	162	592	134
discharge-up(4)	340	372	288
discharge-up(3)	1155	1286	1199
middle stream	1657	2250	1621
discharge-down(2)	185	208	176
discharge-down(1)	265	265	235
down stream	2107	2723	2032

결국 수질오염 문제가 발생하므로 방류 부하량도 규제해야한다. 따라서 현재보다 제거율을 더 높일 수 있는

하수처리방식의 도입이 필요할 것으로 사료된다.

또한 환경기준과 더불어 환경용량 문제도 고려하고, 하상에 퇴적된 오염물질도 준설하며, 갈수기 하천의 유지수량도 확보해 가는 하천의 수질관리가 필요하다.

결 론

1. 갈수기 탄천 및 중랑하수처리장 방류수의 오염물질 부하는 T-N이 가장 크다.
2. 탄천 하류에서의 T-N오염부하는 상류에 비해 3.2~13.0배 증가했다.
3. 중랑 하수처리장의 방류부하는 T-N이 일일 25.4톤~49.0톤으로 방류구 하류의 23.3~49.1톤과 비슷한 양이다.
4. 중랑천 하류에서의 SS 오염부하는 봄갈수기에 86.3톤/일 정도로 비교적 크게 나타났다.
5. 봄·겨울갈수기 중랑천 하천수의 BOD·SS 농도는 방류구 상류측보다 하류측 하천수 농도가 오히려 높게 나타났다. 이 시기에 상류 대비 하류의 부하량은 BOD 28.7~43.1배, SS 17.2~32.8배로

나타났다.

6. 탄천 및 중랑 하수처리장은 조사기간 중 33.9%~74.8% 정도의 총질소 제거율을 보이고 있다.

참고문헌

1. 환경부 : 환경백서2001, 수환경 정책 목표와 추진 체계
2. 서울특별시 : 2001환경백서, 서울의환경
3. 정종흡 : 한강수계 탄천의 수질오염도 평가Ⅱ, 서울특별시 보건환경연구원보 제 35권 (1999)
4. 김정현 : 수질관리, 동화기술
5. 길혜경 : 중랑 탄천 수질의 장기변동과 관리방안 서울특별시 보건환경연구원보 제 36호(2000)
6. 신정식 : 한강수계 탄천의 수질오염도 평가 및 예측, 연세대학교 대학원 박사학위논문(2000)
7. 기상청 : 기상연보2001
8. 서울특별시 보건환경연구원 : 한강 생태계 조사 연구Ⅲ(2001)