

남한강 북측수계 내 하수종말처리장의 수질 및 처리성 평가

김기동 · 서용찬*[†] · 서정범**

상지대학교 정밀화학신소재학과, *상지대학교 환경공학과, **안양대학교 환경공학과

Water Quality and Treatability Evaluation of Sewage Treatment Plants in the Northern Basin of the South Han River

Kee D. Kim, Yong Chan Seo*[†], and Jeong Beom Seo**

Department of Fine Chemical and Advanced Materials, Sangji University, 660 Usan-dong, Wonju 220-702, Korea

*Department of Environmental Engineering, Sangji University, 660 Usan-dong, Wonju 220-702, Korea

**Department of Environmental Engineering, Anyang University, Manan-gu, Anayang 5-dong, Anyang 708-113, Korea

Treatment efficiency of five sewage treatment plants, located around the northern basin of the South Han river, was evaluated. The water qualities of influents and effluents were determined depend on season and time. The quantity of waste water and pollution load was also estimated by field measurement. The waters of the 5 sewage treatment plants-located on Wonju area (one), Yangpyung area (three) and Yeosu (one) - were analyzed three times seasonally. Two water samples, influent and effluent, were collected and analyzed for the eventual calculation of treatment efficiency of the plants. An inspection of BOD and COD data revealed that the influents of Daesin (Yeosu area) sewage treatment plant is relatively polluted but other 3 sewage treatment plants located around yangpyung indrafted moderately polluted water. Treatment efficiency value, when calculated by the comparison of influent and effluent, placed the 3 yangpyung treatment plants on the top level, whereas Daesin and Wonju sewage treatment plants on the lower level. The efficiencies of T-N and T-P treatment of all 5 sewage treatment plant turned out to be lain around 30%. Notwithstanding the low efficiency level, the low T-N and T-P concentration of influents decline the meaning of the T-N and T-P efficiency values. However, the T-P concentration of Wonju sewage treatment plant effluent was over 2 mg/L (regulation criterion) and it is thus reasonable to consider an installation of additional phosphorous treatment system.

Key words : influents and effluents, waste water, sewage treatment plant, BOD, COD, T-N, T-P, efficiency

1. 서 론

인구가 증가함에 따라 주택 단지 내 인구 활동에 의해 발생하는 생활하수도 증가하는 추세이다. 현재 우리나라에서 발생하는 하·폐수 발생량 중 생활하수가 약 60% 정도로 가장 많은 양을 차지하고 있다¹⁾. 발생한 생활하수는 일반 가정에서 정화조로 처리하거나 자체적으로 단지 내 오수처리장을 설치하여 처리, 혹은 하수도에 의해 마을하수도 및 하수종말처리장으로 유입시켜 지자체 혹은 민간에게 위탁하여 처리하게 된다.

하수량 및 하수의 오염 부하량은 주택단지가 건설

정인 지자체의 인구, 상·하수도 등 관련 분야별 현황 및 장래 계획과 하수도 시설기준에 제시되어 있는 방법을 토대로 산정한다. 이중에서도 상수 사용량 및 하수량 원단위는 전체 하수량을 산정하는데 가장 중요한 설계 인자가 된다¹⁾. 그러나 계획 값과 실제 값과는 많은 차이를 보이고 있다. 따라서 하수량 및 하수의 오염 부하량은 하수도 정비 기본계획 등에 제시되어 있는 계획 값을 그대로 적용하기 보다는 하수발생원을 대상으로 하수발생량 및 오염 부하량의 실태조사를 실시하여 객관적인 설계 값을 도출해야 할 필요성이 있다. 또 하천 수질관리를 위해서는 배출 부하량도 반드시 조사해

[†]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: ycseo@sangji.ac.kr

야함으로 오수정화시설 및 하수종말처리장의 처리수질에 대한 실태조사도 필요하다²⁾.

이러한 배경 하에서 단독주택 및 아파트 등을 대상으로 오수량, 오염 발생 부하량 및 오염 배출 부하량에 대한 실측연구가 여러 번 진행되었다. 그렇지만 기후 및 지역특성에 영향을 많이 받는 오수 발생 변화를 대표 할만한 자료가 축적되어 있지는 않다^{2,3)}. 따라서 계절별, 일별 및 시간별 하수량 및 오염 부하량 자료를 지속적으로 축적해 주어야만 그 통계적 신뢰성을 가질 수 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 남한강 북측수계내의 모든 하수종말처리장에 대하여 분기별(계절별) 뿐만 아니라, 시간별 원수 및 처리수의 하수량 및 오염부하량을 실측하여 분석결과를 토대로 오염부하량 산정에 필요한 자료를 확보하고자 하였다.

2. 분석 방법

2.1. 조사지점

남한강 북측수계 내의 모든 하수종말처리장을 조사대상지점으로 선정하였다. 그 지역의 하수종말처리장은 총 5개로서 그중 원주하수처리장이 가장 규모가 크며, 양평지역에 3개소 여주지역에 1개소가 위치하고 있다.

2.2. 분석방법

하수발생량은 시간별, 계절별로 다르므로 이러한 변화 특성을 관찰하기 위하여 본 연구에서는 계절별로 1회씩 분석하는 것을 원칙으로 하였다. 시간별 수질 변화에 대한 연구는 별도로 시행하였다. 시료채취는 1개 시설에 대하여 유입수 및 처리수의 2개 시료를 채취하여 분석함으로써 각 처리시설에서의 처리효율을 파악

하였다.

현장에서는 유량, pH, DO 및 전기전도도를 측정하였으며 실험실에서 분석이 필요한 시료는 채취 후 보냉상자에 보관하고 있다가 신속하게 실험실로 수송하여 BOD, COD_{Mn}, COD_{Cr}, SS, T-N 및 T-P를 분석하였다. 항목별 분석방법은 Table 1과 같으며 주로 수질오염공정시험방법에 따라 분석하였다⁴⁾.

3. 결과 및 고찰

하수종말처리장 유입수의 BOD 수질은 시료 채취 시기에 따라 차이가 심한데 Table 2에서 보는 바와 같이 3회에 걸쳐 분석을 실시하였다. 분석결과 평균 BOD 농도는 양평 하수종말처리장⁵⁾의 경우, 22.3 mg/L로 매우 낮은 하수가 유입되었으며, 용문 하수처리장은 58.3, 하자포 99.0, 대신⁶⁾ 81.3 그리고 원주가⁷⁾ 84.6 mg/L로 양평군의 하자포 하수종말처리장의 유입수 BOD 농도가 가장 높았다. 처리수의 평균 BOD 농도는 양평, 용문 및 하자포 하수종말처리장의 경우 모두 3 mg/L의 매우 양호한 처리수질을 나타내었으며 대신 및 원주 하수종말처리장의 경우 평균 32.6 및 21.4 mg/L로서 방류수 수질기준을 만족시키지 못하였다.

COD_{Mn} 및 COD_{Cr}은 BOD와 유사한 경향으로 양평 하수종말처리장의 유입수 평균 COD_{Mn} 및 COD_{Cr} 농도는 각각 28.2 및 62.0 mg/L로 낮았으며, 하자포와 원주 하수종말처리장이 유입수 평균 COD_{Cr} 농도는 각각 174.4 및 128.3으로서 비교적 높은 값을 나타내었다. 처리수의 평균 COD_{Mn} 및 COD_{Cr} 농도는 대부분의 하수종말처리장에서 20 mg/L이하를 나타내었으나 여주의 대신 하수종말처리장은 평균 COD_{Mn} 및 COD_{Cr} 농도가 각각 29.3 및 33 mg/L의 높은 값을 나타내고 있는데,

Table 1. Analysis item and applied method.

Analysis Item	Analysis Method
pH	pH meter(HORIBA D-24)
Temp.	Thermometer(HORIBA D-24)
Conductivity	Conductivity meter(HORIBA D-24)
BOD	Winkler's azide modification
COD _{Mn}	KMnO ₄ method
COD _{Cr}	K ₂ Cr ₂ O ₇ Method
SS	Filtration method(GF/C filter paper)
TN	UV absorption method (Milton Roy UV Spectronic 601)
TP	Spectrophotometric method after potassium persulfate treatment (ascorbic acid reduction method, Milton Roy UV Spectronic 601)
Quantity of Flow	Cell measurement technique

Table 2. Water quality analysis data of waste water treatment plants.

Spec		Temp (°C)	pH	DO (mg/l)	Cond. (µg/cm)	BOD ₅ (mg/l)	COD _{Mn} (mg/l)	COD _{Cr} (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)	SS (mg/l)	Flow (t/day)	
Yangpyung	in	May 10	19.7	7.1	0.2	723	34.0	16.5	60.0	9.6	1.28	27.0	7,096
		Aug. 16	23.0	7.4	2.5	428	19.0	21.2	50.0	12.2	1.18	55.0	7,440
		Sep. 17	17.9	7.1	1.9	703	14.0	47.0	76.0	15.5	2.38	47.0	6,672
		Average	20.2	7.2	1.5	618	22.3	28.2	62.0	12.4	1.61	43.0	7,069
	out	May 10	18.8	6.2	1.6	1,273	2.4	11.8	34.0	6.6	1.27	2.5	7,096
		Aug. 16	23.3	7.3	4.4	462	1.0	6.4	9.0	7.8	1.16	13.0	7,440
		Sep. 17	18.2	6.9	5.3	798	2.0	11.1	12.0	11.0	0.56	0.5	6,672
		Average	20.1	6.8	3.8	844	1.8	9.8	18.3	8.5	1.00	5.3	7,069
Yongmoon	in	May 10	16.6	6.9	1.3	470	53.0	22.7	175.0	8.4	0.85	30.0	2,134
		Aug. 16	21.8	7.1	0.9	357	26.0	21.0	56.4	9.7	0.73	31.0	3,384
		Sep. 17	18.9	7.3	1.7	541	96.0	41.0	136.7	20.0	2.40	40.0	1,512
		Average	19.1	7.1	1.3	456	58.3	28.2	122.7	12.7	1.33	33.7	2,343
	out	May 10	16.8	6.5	1.2	350	2.6	5.4	11.7	2.0	0.46	1.3	2,134
		Aug. 16	21.8	6.9	1.9	320	2.4	4.8	10.0	8.9	0.42	15.0	3,384
		Sep. 17	19.4	7.0	3.1	402	2.9	6.0	9.0	2.8	0.90	3.0	1,512
		Average	19.3	6.8	2.1	357	2.6	5.4	10.2	4.6	0.59	6.4	2,343
hajapo	in	May 10	16.4	7.1	0.5	520	102.0	48.0	240.0	9.2	1.45	75.0	243
		Aug. 16	22.5	7.2	0.4	648	54.0	40.0	93.3	23.6	2.12	61.0	45
		Sep. 17	17.3	7.2	1.1	735	141.0	64.0	190.0	30.0	3.21	65.0	190
		Average	18.7	7.2	0.7	634	99.0	50.7	174.4	20.9	2.26	67.0	159
	out	May 10	16.5	7.3	3.3	920	3.3	9.0	22.0	8.1	1.25	0.8	243
		Aug. 16	23.3	7.9	3.6	447	1.8	7.6	12.0	7.8	1.36	12.0	45
		Sep. 17	18.6	7.8	5.4	511	1.5	5.2	7.0	6.7	1.59	1.0	190
		Average	19.5	7.7	4.1	626	2.2	7.3	13.7	7.5	1.40	4.6	159
Daesin	in	May 10	15.8	6.9	1.2	1,287	92.0	37.0	136.0	40.1	1.87	76.0	368
		Aug. 16	21.3	7.3	1.3	717	84.0	31.0	42.9	21.4	1.56	37.0	415
		Sep. 17	14.2	7.2	1.7	1,483	68.0	46.0	85.0	57.5	2.18	57.0	467
		Average	17.1	7.1	1.4	1,162	81.3	38.0	88.0	39.7	1.87	56.7	417
	out	May 10	15.6	6.0	2.1	949	4.7	9.8	21.0	33.3	1.54	4.5	368
		Aug. 16	21.9	6.4	0.8	791	40.0	50.0	55.0	32.0	0.94	62.0	415
		Sep. 17	14.3	6.0	3.4	1,108	53.0	28.0	22.9	52.0	1.60	27.0	467
		Average	17.3	6.1	2.1	949	32.6	29.3	33.0	39.1	1.36	31.2	417
Wonju	in	April	13.4	7.2	-	-	87.6	56.0	168.1	35.7	6.25	35.0	-
		July	24.1	7.1	-	-	76.8	44.0	101.6	21.1	2.39	15.5	-
		October	15.2	7.3	-	-	89.3	54.0	115.3	35.9	3.43	18.2	-
		Average	17.6	7.2	-	-	84.6	51.3	128.3	30.9	4.02	22.9	-
	out	April	13.1	6.7	-	-	19.2	9.0	24.3	19.9	2.05	4.8	-
		July	24.4	6.5	-	-	19.2	9.0	24.3	17.1	2.10	4.1	-
		October	15.4	6.7	-	-	25.7	6.8	5.9	22.7	2.56	6.3	-
		Average	17.6	6.6	-	-	21.4	8.3	18.2	19.9	2.24	5.1	-

이는 인근 김치 제조공장 폐수의 영향으로 보인다.

T-N의 경우 양평 및 용문 하수종말처리장의 평균 유입수 농도가 12.4 및 12.7 mg/L로 비교적 낮았으며, 대신 및 원주 하수종말처리장의 평균 유입수 T-N농도

는 각각 39.7 및 30.0 mg/L 로 타지역에 비해 비교적 높았다. 상수원 보호구역인 양평군의 양평, 용문 및 하자포 하수종말처리장의 평균 처리수 T-N농도는 각각 8.5, 4.6 및 7.5 mg/L로 양호한 수질 처리를 나타내었

으며 대신 및 원주 하수종말처리장의 처리수 평균 T-N 농도는 각각 39.1 및 19.9 mg/L로 나타나 향후 질소 제거 공법 도입이 필요한 것으로 사료된다.

T-P는 각 하수종말처리장의 유입수 평균 농도가 1.33-4.0 mg/L의 범위로 원주 하수종말처리장의 유입수 평균 농도가 4.0 mg/L로 가장 높았다. 각 하수종말처리장 처리수 평균 T-P 농도는 0.50-2.2 mg/L이며 원주 하수종말처리장의 처리수 평균 T-P농도는 2.2 mg/L로 가장 높아서 향후 강화되는 T-P 하수종말처리장 방류기준인 2 mg/L 이하로 유지하기 위해서는 개선이 필요한 것으로 나타났다.

각 하수종말처리장으로 유입되는 SS의 평균유입수 농도는 22.9-67.0 mg/L의 범위로 하자포 하수종말처리장의 유입수 평균 SS 농도가 67.0 mg/L로 가장 높았다. 처리수의 평균 SS농도는 대부분의 하수종말처리장에서 6.4 mg/L이하의 양호한 수준을 나타내었으며 대신 하수종말처리장은 31.2 mg/L의 높은 처리수질을 나타내 개선이 필요한 것으로 나타났다.

각 지역별 하수종말처리장의 효율성을 평가하기 위해 각 항목별로 하수종말처리장의 처리정도를 유입수의 수질로 나누어서 백분율로 환산하였다(Table 3). 각 하수종말처리장의 효율성은 유입수와 처리수의 수질을 나타낸 그래프(Fig. 1)를 참고하여도 쉽게 이해가 가능하다. 양평소재 3개 하수종말처리장 모두 BOD의 경우 모두 90% 이상의 높은 처리 효율을 보여주고 있는 반면 여주의 대신 하수종말처리장과 원주의 하수종말처리장은 상당히 낮은 처리 효율을 보이고 있다. 유입수의 평균 BOD가 80 mg/L로 타 지역 하수종말처리장의 유입수보다 상대적으로 높은 편에 속하는 것도 그 원인 중의 하나라고 볼 수 있지만 타 항목의 경우를 전반적으로 고려해 볼 때 많은 타당성을 부여하기는 어렵다. 특히 여주의 대신 하수종말처리장은 처리효율이 60% 이하로서 유기물의 처리 효율성의 개선이 필요할 것으로 사려 된다. COD_{Mn} 수치로 판단하는 효율성은

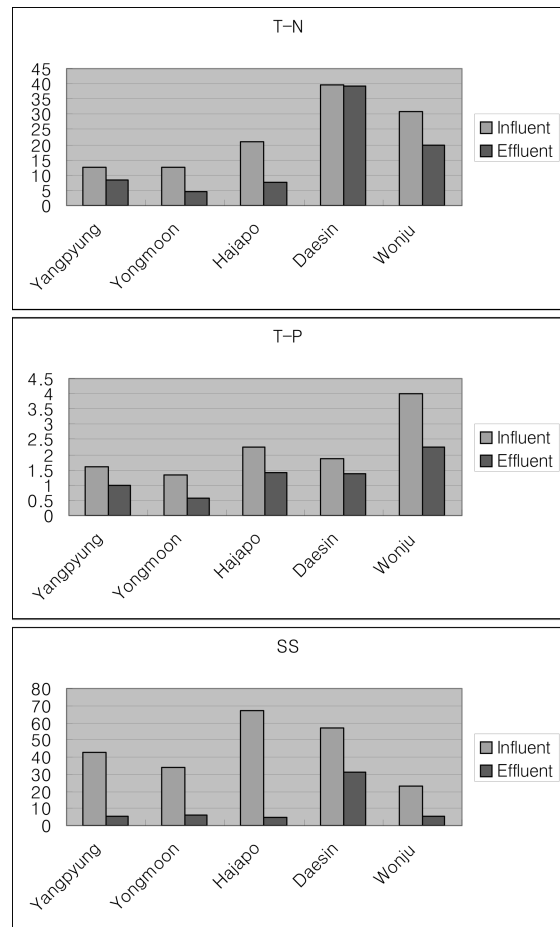


Fig. 1. Water quality of influent and effluent of waste water treatment plants.

BOD에 비하여 대략 60-80%의 전반적으로 낮은 처리 효율을 보이고 있으나 이 경우에도 여주 대신 하수종말처리장의 효율은 20% 대로 특히 낮은 수치를 보이고 있다. COD_{Cr}의 경우도 유사한 경향성을 보임으로서 각 하수종말처리장의 유기물 처리 효율의 차이를 확인할 수 있다.

Table 3. Treatment efficiency of sewage treatment plant.

		Efficiency (%) = {(Inf. - Eff.)/Inf.} x 100					
		BOD ₅	COD _{Mn}	COD _{Cr}	T-N	T-P	SS
Yangpyung	Yangpyung	91.9	65.2	70.4	31.5	37.9	87.7
	Yongmoon	95.5	80.9	91.7	63.8	55.6	81.0
	Hajapo	97.8	85.6	92.1	64.1	38.1	93.1
Yeosu	Daesin	59.9	22.9	62.5	1.5	27.3	45.0
Wonju	Wonju	74.7	83.8	85.8	35.6	44.3	77.7

T-N수치를 통한 처리효율은 용문과 하자포 하수종말처리장의 질소 처리효율은 60% 대의 상대적인 좋은 효율을 보여주며, 양평과 원주 하수종말처리장은 30% 대 그리고 대신 하수종말처리장은 1.5%의 처리효율로 극히 부진한 상태를 보여주고 있다. 그러나 위 5개 하수종말처리장의 모든 유입수의 T-N농도가 높지 않아 질소처리 효율성의 척도로 삼기에는 부족한 면이 존재한다.

인의 처리효율은 27-55%로 모든 하수종말처리장간 효율의 차이가 크지 않고 방류수의 T-P 수치가 대부분 기준치 이하로 나타나고 있으나, 원주 하수종말처리장 방류수의 T-P수치는 기준치인 2 mg/L를 상회하고 있으므로 별도의 인 처리공정설치가 필요할 것으로 사려된다. 부유물(SS)의 처리 효율 또한 여주 대신 하수처리장이 45.0%로 특히 낮은 효율을 보이는 반면 나머지 4개 하수처리장은 모두 80% 전후의 만족할 만한 효율을 보이고 있다.

4. 결 론

하수종말처리장 처리수의 평균 BOD 농도는 양평, 용문 및 하자포 하수종말처리장의 경우 모두 3 mg/L의 매우 양호한 처리수질을 나타내었으며 대신 및 원주 하수종말처리장의 경우 평균 32.6 및 21.4 mg/L로서 방류수 수질기준을 만족시키지 못하였다.

T-N의 경우 상수원 보호구역인 양평군의 양평, 용문 및 하자포 하수종말처리장의 평균 처리수 T-N농도는

각각 8.5, 4.6 및 7.5 mg/L로 양호한 수질 처리를 나타내었으며 대신 및 원주 하수종말처리장의 처리수 평균 T-N농도는 각각 39.1 및 19.9 mg/L로 나타나 향후 질소제거 공법 도입이 필요한 것으로 사려 된다.

각 하수종말처리장 처리수 평균 T-P 농도는 0.50-2.2 mg/L이며 원주 하수종말처리장의 처리수 평균 T-P농도는 2.2 mg/L로 가장 높아서 향후 강화되는 T-P 하수종말처리장 방류기준인 2 mg/L 이하로 유지하기 위해서는 개선이 필요한 것으로 나타났다.

BOD 혹은 COD로 평가한 유기물의 처리효율성은 대신과 원주 하수처리장이 낮은 효율을 보이고 있다. T-N과 T-P의 처리효율 또한 여주의 대신 하수종말처리장이 상당히 낮은 효율을 보이고 있으며 원주 하수처리장의 경우 방류수의 T-P수치가 기준치인 2 mg/L를 상회하고 있으므로 별도의 인 처리공정설치가 필요할 것으로 사려 된다.

참고문헌

1. 환경부, 주택단지내 상수, 오수발생량 원단위상정 및 하수처리시설소요비용 연구, 토지공사, 2001.
2. 김승우, 박석순, 김희성, 특정수계권역의 수질총량규제방안 연구, 한국환경정책평가원, 1997.
3. 국립환경연구원 한강수질검사소, 한강수계 주요하천의 유량, 1999.
4. 동화기술, 수질오염 공정시험법, 2000.
5. 양평군, 하수도정비기본계획, 1997.
6. 여주군, 대신 하수도정비기본계획, 1995.
7. 원주시, 하수도 재정비기본계획, 1995.