

汚水處理場의 處理效率 改善研究

성 일 화

경기실업전문대학 환경공학과

A Study on Improvement of Sewage Treatment System

Il Wha Sung

Department of Environmental Engineering, Kyungki Junior College

ABSTRACT

The objective of this research was to retrofit an on-site sewage treatment system suitable to current situation of Korea to reduce the pollution loading and preserve the invaluable water resources. Operation at the F/M ratio of 0.1 kg·BOD/kg MLSS day showed 87.1% BOD removal efficiency and 84.5% COD removal efficiency, and its effluent concentration was 6.4 mg/l as BOD and 21.7 mg/l as COD. Average removal of total nitrogen showed high removal efficiency of 80%.

Keywords : Sewage treatment, organic removal, improvement, bioreactor.

I. 서 론

환경처의 오염원별 하·폐수량과 오염부하량(1988)에 의하면 생활하수, 산업폐수, 축산폐수, 광산폐수 등의 점오염원에 의한 하·폐수량은 15,930,000 톤/일, 유기물 부하량은 5,473 톤·BOD/일로써 이 중에서 생활하수에 의한 하·폐수량은 9,972,000 톤/일로 전체 발생량의 62.5%이고, 유기물 부하량은 1,784 톤/일로 전체 부하의 32.6%에 달하고 있다. 따라서 생활하수는 유기물오염 부하 뿐만 아니라 수량면에서도 높은 비중을 차지하여 하수관로와 하수처리장 설치에 경제적 부담을 가중시킬 뿐만 아니라 생활하수처리의 궁극적 목표인 완벽한 하수처리시스템의 확립을 지연시키고 있다. 생활하수로부터 야기되는 유기물오염 부하는 분뇨종말처리장, 정화조, 오수정화시설 및 하수처리장에서 각각 8.7%, 8.2%, 13.3% 및 16.7%가 제거되어 자연감량을 포함하면 발생량의 약 55%만 제거되고 수계에는 약 45%라는 많은 양이 미처리된 상태로 공공용수역에 방류됨으로써 수질오염의 주요인으로 작용하고 있다.^{1,2)} 하수처리시설에 대한 투자에도 불구하고 기술적, 경제적 제약으로 수질개선은 크게 이루어지지 않고, 기존의 유지관리가 충분한 오수정화시설도 처리효율, 계절별 영향, 운전상의 문제점, 과다한 슬러지 생산량 및 냄새발

생, 관리상의 문제점 등 개선의 여지가 많은 실정이다.³⁾

따라서 기존 오수정화시설을 개선하여 효과적인 수질환경 개선 및 수자원 보호를 위해 환경처 고시로 지정되어 있는 오수처리방법 중 장시간폭기법으로 가동되고 있는 기존의 처리장을 대상으로 수질개선 방안을 강구하고자 하였다.

II. 실험장치 및 방법

1. 오수처리장 시설개요

본 실험에 이용된 처리장은 행정구역상으로 경기도 양평군에 속하며, 오염원으로 발생하는 분뇨 및 오수를 엄격히 규제하여야 하는 수도권 상수보호구역으로써 남한강의 분류에 접하고 있는 대형 숙박시설인 R 호텔이다. 오수처리의 공정은 Fig. 1에서와 같이 2단계 슬러지활성법에 미생물 배양조가 첨가된 처리시설이며, 그림에 나타나 있듯이 기존의 활성슬러지 방법과 같이 반송슬러지는 침전조에서 폭기조로만 반송하는 것이 아니라, 배양조에서 플록이 잘 형성되는 조건으로 순화된 미생물을 일정량씩 폭기조와 집수조 및 유량조정조에도 주입하면서 각 반응조내의 내용물이 침전되지 않도록 공기를 주입함으로써 반응이 전체 공정에서 효율적으로 일어날

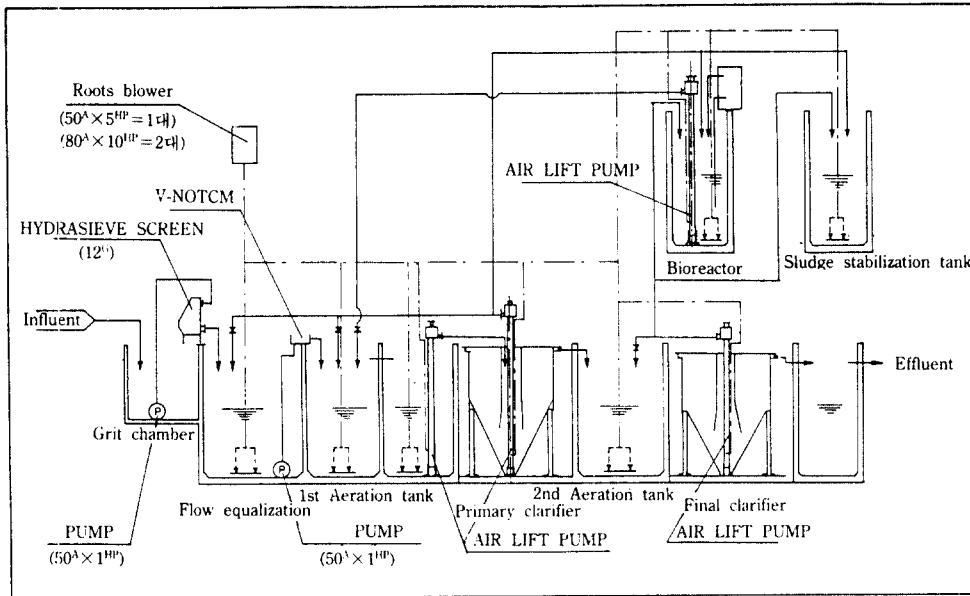


Fig. 1. Flow sheet of sewage treatment process.

Table 1. Dimension of sewage treatment plant

Tank	Volume (m ³)
Grit chamber	6.8
Flow equalization	108.5
1st aeration tank	130.2
Primary clarifier	23.9
2nd aeration tank	69.4
Final clarifier	23.9
Sludge stabilization tank	21.0
Bioreactor	0.4

뿐만 아니라 침전성을 향상시키고, 전 공정을 호기성상태로 유지함으로써 악취발생 등의 환경문제를 해결할 수 있도록 구성되었다. 각조의 용량은 Table 1과 같다.

호텔의 생활배수와 수세식변소의 유출수는 저장탱크에서 저장한 후 펌프로 유량조정조에 유입시키며, 유량조정조에서의 폐수공급은 90° 삼각웨어를 이용하여 일정량씩 1차 폭기조로 율류한다.

2. 오수처리장의 운전

시설공사는 1990년 12월에 완료하였으나 동절기를 맞이하여 시운전상의 어려움으로 실험분석은 '91년 4월 중순부터 '91년 7월까지 약 4개월간 수행하였다. 오수처리장의 식중오니는 중량처리장의 반송오니를 사용하였고, 시험가동 초기에는 시멘트로

인해 처리장의 각조의 pH(7.3~9.3)가 높았으므로 5일간 계속하여 팔당물로써 희석하여 안정시킨 후에 오수를 유입하였다. 시료채취는 오니식중 후 11일 후부터 시작하였다.

3. 실험항목의 분석

오수처리장의 시료채취는 유입수, 1차 폭기조 유출수, 2차 폭기조 유출수, 폭기조 및 배양조 등에서 시운전후 40일간은 4일 간격으로 분석하였고, 그 이후는 간헐적으로 실시하였다. 시료채취 때마다 송기량, 사용수량, 전력사용량 등을 기록하였다. 실험항목은 BOD, COD, MLSS, MLVSS, SS, VSS, DO, pH, TN, TP, MBAS 및 Polymer 등이었으며, pH, DO 및 온도는 현장에서 측정하고, 그 외의 항목은 시료를 현장에서 채취한 후 전처리하여 아이스박스에 보관한 다음 실험실에서 분석하였다.

COD는 Standard methods의 Dichromate refluxing method를 사용하였으며, 중금속은 Atomic Absorption Spectrophotometer(Model명은 Perkin-Elmer)를 이용하였다. 그외 모든 항목은 Standard method에 준하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 오수발생 현황 및 특성

R 호텔에는 31개의 객실과 지하와 1층에 대중음

식점이 경영되고 있고, 처리대상이 되는 오수는 객실, 2개의 대중음식점, 지하의 세탁장의 생활잡배수, 분뇨정화조의 유출수와 24시간 배출되는 수족관의 월류수로 이루어진다.

Table 2는 유입하수의 평균농도를 나타낸 것으로 5월 8일 이전의 자료들은 정화조 유출수와 주방하수가 배제된 상태인 유량이 30톤/일로써 육질하수만이 유입된 결과로 COD의 농도(65 mg/l)가 낮았으나, 정화조유출수와 주방하수가 유입된 이후는 유량도 80톤/일으로 증가되었고, COD의 농도(168 mg/l)도 높아져 구별되고 있다.

2. 유기물의 처리효율

본 실험기간동안 유기물 부하는 기존 활성슬러지법의 오수정화시설의 설계부하 범위보다 낮은 0.04

kg/m³·day이고, F/M비는 0.1 kg·BOD/kg MLSS·day로써 오수처리장 유입수의 유기물농도가 아파트단지 오수처리장의 오수(COD 266~670 mg/l)⁵⁾와 비교할 때 호텔특성상 유기물농도가 낮고 MBAS의 농도가 높다. Table 3은 전실험 기간동안 추정된 오수처리장 각조에서의 수질항목에 대한 농도 및 평균값을 요약한 것이다.

실험기간중 COD의 유입수농도는 35~297 mg/l로 변화하였으나, 1차 폭기조의 유출수는 12~43 mg/l(평균 24.4 mg/l)이고, 평균 COD 제거율은 79.6%로써 잘 처리되었으며, 2차 침전조의 유출수는 5~31 mg/l(평균 21.7 mg/l)이고, 평균 COD 제거율은 84.5%로써 더욱 안정되었다. Fig. 2는 처리장 유입수와 1차 폭기조와 2차 폭기조 유출수의 COD를 비교하여 나타낸 것이다.

이런 경향은 BOD에서도 유사하여 유입수 BOD 농도는 55~140 mg/l(평균 84 mg/l)로 나타났으나 1차 폭기조의 유출수는 5.5~11.5 mg/l(평균 9.5 mg/l), 평균 BOD 제거율은 79.9%이고, 2차 폭기조의 유출수는 4.7~8.5 mg/l(평균 6.4 mg/l), 평균 BOD 제

Table 2. Influent characteristics for sewage treatment plant (Unit : mg/l)

Date	pH	COD	BOD	SS	VSS	TN	TP	MBAS
'91 4.26		35		7	5	9.5	1.7	4.7
4.29		88		31	25	17	2.8	
5.03		39		35	10	14	2.3	
5.06		78		55	50			
5.08		86		45	20	19	2.9	
5.13		163	53	64	62	20	2.9	4.7
5.15		163	55	36	29	8.7	1.6	
5.17	6.58	129	56	153	106	8.1	3.0	
5.20	7.16	297	140	89	79	14.8	3.1	
5.24	6.91	255	84	200	193	11	2.4	
5.27	7.25	136	54	7				
5.29	6.83	156	88	5				
5.31	7.14	70	20	40				
6.07		150	27	40				
7.19		155	67			12	2.4	

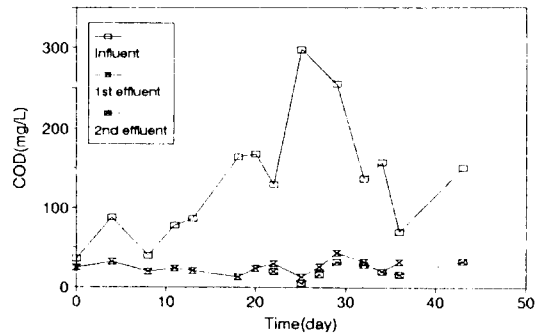


Fig. 2. Chronological influent and effluent COD concentration in sewage treatment plant.

Table 3. Average concentration data for sewage treatment plant (Unit : mg/l)

Item	Influent	1st aeration effluent	2nd aeration effluent	Aeration tank	Sludge stabilization	Bioreactor
pH	6.58-7.25(6.99)	6.95-7.55(7.23)	7.1-7.86(7.36)	6.71-7.37(7.00)	6.71-7.46(7.07)	6.51-7.40(6.89)
BOD	20-140(64.4)	5.5-13.0(9.5)	2.8-8.5(6.4)			
COD	35-297(134)	12-43(24.4)	5-32(21.7)	132-910(343)	280-1578(896)	729
SS	5-200(57.6)	2-75(25.1)	6-65(27.4)	*243-655(410)	*395-1976(777)	*353-2925(966)
TN	8.1-14.8(13.4)	3.1-3.9(3.5)	2.2-4.5(3.0)			
TP	1.6-3.1(2.51)	1.7-3.1(2.33)	1.5-2.2(1.98)			
MBAS	4.7	0.4				
Polymer					144	28-80(36.8)

*MLSS, (Average concentration).

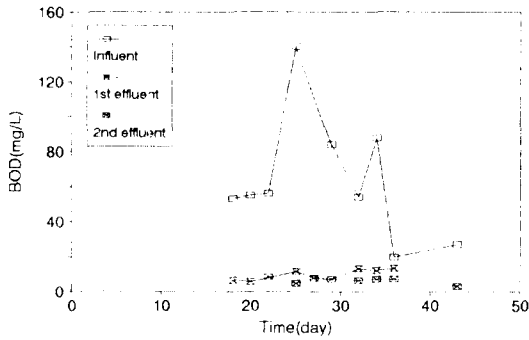


Fig. 3. Chronological influent and effluent BOD concentration in sewage treatment plant.

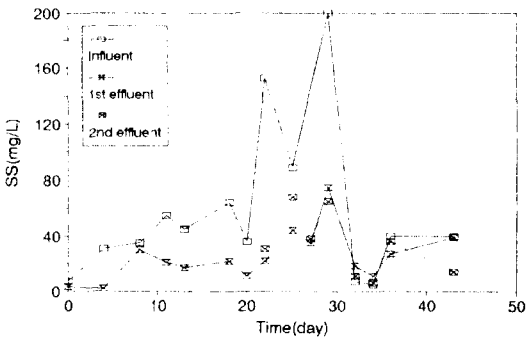


Fig. 4. Chronological influent and effluent SS concentration in sewage treatment plant.

거울은 87.1%로서 2차 폭기조에서 역시 BOD 제거율이 높았다(Fig. 3).

유입수에 대한 BOD/COD비는 0.38이고, 1차 및 2차 폭기조의 유출수에서는 평균 0.42 정도로서 생물학적으로 분해가능한 물질이 낮게 나타났다. Fig. 4는 유입수, 1차 및 2차 폭기조 유출수의 SS농도를 나타낸 것으로 유입수의 SS도 유입수의 COD, BOD와 비슷한 경향을 보이고 있으나, 유출수의 SS는 초기에는 증가하나 운전개시 26일 후부터 유입수가 증가함에도 안정되어 낮아지는 경향을 보여주고 있다. 이 때의 1차 폭기조의 유출수의 SS농도는 평균 28.6 mg/l, 2차 폭기조의 유출수의 SS농도는 평균 27.4 mg/l로서 안정된 처리경향을 보여주고 있다. VSS/SS비에서도 유입수에서는 0.75, 1차 및 2차 폭기조의 유출수에서 평균 0.80이었다.

3. 배양조의 역할

본 처리장의 특성중 하나는 배양조를 설치한 것으로서 오니저류조로부터의 농축오니를 배양조에

Table 4. Composition of media in bioreactor

Item	Concentration
Water	8.63 %
pH	2.76
Organic matter	13.04 %
C	16.0 %
H	2.23 %
N	1.20 %
S	2.65 %
K	3.5 %
Si	26.0 %
Ti	0.8 %
Al	4.2 %
Ba	0.17 %
Fe	3.54 %
PO ₄	0.0703 %
Sb, Cd, Cr	No detection
Co, Cu, Ni	"
Pb, Mn	"
Exchangeable cation	
K	0.0065 %
Na	1.07 %
Ca	3.08 %
Mg	2.79 %

보내면 배양조내 들어 있는 미디어와 12시간 접촉 폭기됨으로써 오니를 활성화시키게 된다.⁶⁾ 따라서 미디어의 성상을 측정하여 그 조성을 검토하였다. 표에서 보는 바와 같이 일반토양과 비교할 때 규산, 알루미늄 및 철분의 성분이 매우 높게 나타나 기존의 토양에 약간의 첨가물을 첨가한 것으로 판단된다.

4. 영양염류 및 MBAS

본 실험기간중 유입수의 Total N은 평균 13 mg/l, Total P는 2.5 mg/l로 전기간중 큰 차이가 없었다. 1차 폭기조 유출수에서 3.5 mg/l로서 약 74%의 높은 처리효율을 보여주었으며, 2차 폭기조 유출수의 TN은 평균 3.0 mg/l로 전체 TN 처리효율은 78%의 처리효율을 보여주었다. 또한, 1차 폭기조 유출수의 pH값이 2차 폭기조 유출수의 pH값보다 작아 2차 처리시에 탈질반응에 의한 pH 상승으로 사료되며, 전체 질소제거 효율을 향상시킨 것으로 판단된다. 반면 2차 폭기조 유출수에서 TP의 농도는 1.98 mg/l로써 20% 정도의 제거율을 보이고 있다.

또한, MBAS는 유입수에서 초기에 측정된 결과 4.7 mg/l이었으며 유출수가 약 0.4 mg/l로써 처리기간 중 제거율은 90% 이상으로 나타났다. 그러나 본

실험기간이 짧았고 기간중 처리용량이 설계용량의 30~80% 정도의 수준으로 비수기인 집을 감안할 때 이에 대한 연구는 더 계속해야 할 것으로 본다.

5. 체외 고분자물질(extracellular polymer)

침전지에서 슬러지의 침전은 대부분 중력침전을 이용하므로 침전에 앞서 얼마나 미생물의 플록이 잘 형성되느냐에 관계가 있다고 할 수 있다. 현재까지 미생물 플록형성에 관한 여러 가지 이론중에서 일반적으로 받아들여지고 있는 이론은 미생물 플록형성이 미생물種에 의한 것이란 이론⁸⁾과, 미생물 자체가 가지고 있는 세포외 효소에 의한 물리화학적 성질에 의해서, 즉 세포가 lysis될 때 체외 고분자 물질이 용액내로 배출되어 플록 사이에 가교역할을 함으로써 침강을 돕는다는 것이다.^{8,9)} 본 연구기간 중 각 조에서의 체외고분자물질량은 배양조에서만 28~80 mg Polymer/l이 검출되었고 유입수, 유출수, 폭기조 및 오니저류조 등에서는 검출이 안되었다. 眞柄泰基¹⁰⁾는 실험실규모 실험에서 체외고분자물질로서 5 mg/l을 임계농도로 제시하여 이 농도 이상이 되면 오히려 침전지에서의 고액분리를 불충분하게 할 수 있는 농도라고 하였으나, 배양조에 의한 효과는 계속 처리과정을 추적할 필요가 있으므로 추후의 연구가 요망된다.

IV. 결 론

효과적인 수질환경 개선 및 수자원 보호를 위해 장시간 폭기법으로 가동되고 있는 기존의 처리장을 대상으로 수질개선 방안을 강구하고자 미생물의 응집현상과 재폭기 개념을 조합한 시설을 현장에서 설치하여 효율향상을 위한 검토 연구에서 다음과 같은 좋은 결론을 얻었으나 더욱 깊이있는 연구가 앞으로 계속 수행되어야 할 것이다.

① 수질기준이 점차 강화되어 가는 현 추세하에서 기존 정화시설의 효율제고는 매우 필요하며, 기

존의 활성슬러지법에 비해 질소분의 제거율은 80%로 높았다.

- 2) 유기물 부하는 기존 활성슬러지법의 오수정화시설의 설계부하 범위보다 낮은 0.04 kg/m³·day(F/M비는 0.1 kg·BOD/kg MLSS·day)에서 BOD, COD 제거율은 각각 87%, 85%를 나타냈다.
- 3) MBAS의 제거율은 90% 이상이였다.

참고문헌

- 1) 최용수 외 : 주택용 간이정화시설 개발에 대한 연구 (III). 한국과학기술원, N574-3951-6, 1980.
- 2) 환경처 : 오수정화시설 및 분뇨정화조 설치·운영지침, 1989.
- 3) 임분호 : 공공주택 오수정화시설 현황 및 개선방향 (수공아파트 오수처리장을 중심으로). 대한토목학회지, **36**(5), 42-52, 1988.
- 4) APHA, AWWA and WPCF : Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater, 15th, Edition, 1991.
- 5) 한국과학기술연구원 : 아파트 및 공공건물용 오수정화시설의 개선에 관한 연구. UCN690(1, 2)-438-6, 1991.
- 6) 金成英夫外, 集合住宅團地の汚水處理施設の機能調査結果について. 國土館大學理工學研究所報告, No. 1, 37-54, 1989.
- 7) Gaudy, A. F. and Gaudy, E. T. : Microbiology for Environmental Scientists and Engineers, McGraw-Hill Inc., 1980.
- 8) Tenny, M. W. and Stumm, W. : Chemical Flocculation of Microorganism Biological Water Treatment. *WPCF*, **37**(10), 1370-1387, 1965.
- 9) Pavoni, J. I. and Echelberger, Jr. W. F. : Bacterial Exocellular Polymer and Biological Flocculation. *WPCF*, **44**(3), 414-431, 1972.
- 10) 眞柄泰基外 : 活性汚泥の沈降性を支配する生物化學的因子に關する實驗的研究. 下水道協會誌, **11**(126), 5-11, 1974.