

## 연속회분식활성슬러지공법을 이용한 매립지 침출수와 하수의 병합처리에 관한 연구

이병인 · 이상혁\* · 황순홍\*\* · 이신우\*\* · 이동훈\*\* · 김동민\*\*

국립밀양산업대학교 환경공학과, \* 일신종합환경(주)

\*\* 서울시립대학교 환경공학과

(1993년 6월 28일 접수)

## Study on the Combined Treatment of Municipal Leachate and Sewage by Sequencing Batch Reactor.

Pyong-In Yi, Sang-Hyok Lee\*, Sun-Hong Hwang\*\*, Shin-woo Lee, Dong-Hoon Lee\*\* and Dong-Min Kim\*\*

*Department of Environmental Engineering, Miryang Natunal University*

*\* Il-Sin Synthetic Environment, Ltd.*

*\*\* Department of Environmental Engineering, Seoul City University*

(Manuscript received 28 June 1993)

### Abstract

An experimental research was conducted in order to study the treatability of leachate and a combined wastewater of municipal landfill leachate and municipal sewage.

The landfill leachate was that of Nanjido landfill site, and the municipal sewage was obtained from Chungnang municipal sewage treatment plant of Seoul.

Several sets of bench-scale sequencing batch reactor(SBR) were used as experimental apparatus. Specially investigated items in this experiment were the removal efficiency of substrate and the influence of the hydraulic retention time(HRT). The experiment lasted for about 8 months.

The result are as follows ;

1) The characteristics of leachate were pH 7.4~8.1, BOD 280~450 mg/l, COD 1300~1350 mg/l, T-N 2021~2110 mg/l, T-P 2.7~3.2 mg/l, Cl- 3540~4085 mg/l, and heavy metals are a very small amount. And the characteristics of sewage were pH 6.9~7.3, BOD 78.4~129.3 mg/l, COD 121.2~305.0 mg/l, T-N 14.9~36.4 mg/l, T-P 1.3~5.9 mg/l.

2) The treatability of leachate alone was not treat well. So for the good treatment of leachate, it was necessary to deal with the pretreatment before biological treatment and a combined treatment of municipal sewage.

\* 이 논문은 1992년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모(지방대학육성) 과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

3) The various contents of the leachate were 5%, 10%, 30%, and 50%, and the removal efficiency of COD was 86.0%, 82.8%, 60.6%, and 31.7%. The maximum content of the leachate which could be successfully treated by SBR in the combined treatment was 10% of that of sewage.

Key Words : combined treatment, landfill leachate, sewage, sequencing batch reactor (SBR)

## 1. 서 론

경제성장에 따른 대량소비와 인구증가로 인해 고형폐기물의 발생량은 해마다 증가하고 있으며, 그 성상 또한 다양화하고 있다.

1991년말 현재 우리나라의 폐기물 발생량은 92,246톤/일로서 그 대부분인 82,411톤/일이 매립에 의해 처리되고 있으며, 그밖에 6,786톤/일이 재활용되고, 1,497톤/일이 소각처리되고 있다(환경처, 1991; 환경처, 1992).

폐기물의 질적변화와 다양성에 맞추어서, 그리고 최근의 지역이기주의(NIMBY)현상으로 인한 매립지 확보가 어렵게 됨으로써 소각(incineration), 퇴비화(composting) 등 여러 처리방안이 강구되고 있으나, 앞으로도 폐기물의 최종 처분을 위해서는 위생매립(sanitary landfill)방법의 채택은 불가피한 형편이다. 그러나 우리나라에 있어서 지금까지의 매립에 의한 폐기물처리시 발생하는 2차오염에 대해서는 아직 제대로 관리가 이루어지지 않고 있는 실정이다.

특히 쓰레기 매립지에서 발생하는 침출수(leachate)에 의한 지하수 및 주위 생태계에 대한 영향은 최근 중요한 관심사로 대두되고 있으며, 그에 대한 처리문제가 심각하게 제기되고 있다.(최세영, 1992; Kelly, 1976; Ahlert and Kosson, 1990)

우리나라의 경우 기존에 설치된 대부분의 매립지는 위생매립에 의한 안정된 처분이라기 보다는 투기(dumping)에 의한 처리라고 볼 수 있으며, 매립지에서 발생하는 침출수에 대한 처리 또한 침출수 처리시설이 미비하거나, 제대로 가동되고 있지 않으므로써, 그로 인한 오염이 가중되고 있는 상황이다.(김수생과 성낙창, 1984; 윤오섭, 1992)

이러한 시점에서 폐기물 매립지에서 발생하는 침출수에 대한 적절한 처리방법의 강구는 매우 중요

한 문제라고 하지 않을 수 없으며, 본 논문에서는 앞으로 폐기물의 처리가 단순한 투기가 아닌 위생매립으로 진행되며, 매립지의 위치도 발생원으로부터 근거리에 위치한다면, 최근 건설이 추진되고 있는 중소도시의 지역단위 하수처리장으로 매립지의 침출수를 유입시켜 하수와 침출수를 병합처리(combined treatment)하는 방안을 강구함으로써 보다 효율적이고, 합리적인 침출수 처리가능성을 모색해 보자는데 그 목적이 있다.

그리하여 본 연구에서는 폐기물매립지 침출수의 성상이 다양하고 매립후 경과년수에 따른 BOD/COD비의 감소와 더불어 생물학적으로 분해가 어려운 물질의 함유량이 증가되므로 비교적 유기물 부하가 높고, 처리가 쉬운 초기에 발생하는 침출수보다는 처리가 비교적 어려운 중기 이후에 발생하는 침출수를 대상으로 연구하는 것이 더 의의가 있을 것으로 판단되어 수도권 일원의 여러 매립지 침출수를 분석하여 BOD/COD비가 비교적 낮은 서울시 남지도 매립지 침출수를 중랑천 하수처리장의 유입하수와 혼합하여 실험을 수행하였다.

또한 처리방법으로는 활성슬러지 공법의 변법 중의 하나로서 최근 많은 연구가 진행되고 있으며,(신항식, 1988 ; Irvine, 1985 ; Aroa *et al.*, 1985) 중소도시 하수처리장에 적용이 가능하고, 비교적 난분해성 물질과 독성물질에 대한 적응력이 강한 연속회분식 활성슬러지 공법(SBR)을 응용하여 침출수 자체의 처리성 여부와 침출수와 하수의 병합처리시 여러 혼합비에 따른 처리효율을 중심으로 침출수의 효과적인 처리방안을 모색해 보고자 한다.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1 실험장치

침출수와 하수의 병합처리실험을 위하여 사용된

연속회분식 활성슬러지 반응조(sequencing batch reactor)는 각각 원형 아크릴(acryl)판으로 5개를 제작하여 사용하였으며, 각 반응조의 유효용적은 4L로 하였다. 유입수의 주입은 peristaltic pump (Gilson社 Minipuls 3)을 사용하였으며, 교반장치는 60rpm의 모터를 사용하였고, 유출수는 solenoid valve를 사용하여 유출되도록 하였다.

또한 유입 pump, 기포 발생기, 교반용 모터 및 solenoid valve는 computer를 이용한 Micro-processor로 자동제어 하였으며, 또한 반응조의 온도를 일정하게 유지하기 위하여 thermostat가 부착된 수욕조(water bath)를 이용하여 수온을  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지하여 실험하였다.

구체적인 실험장치는 Fig.2-1과 같으며, 사용된 각 장치와 기기에 관한 상세한 규격은 Table 2-1과 같다.

Table 2-1. Specification of SBR system.

Unit	Specification	Model & Manufacturing
Reactor	Acryl(5L)	Korea
Timer	Micro-processor	IBM 16Bit - XT
Peristaltic pump	Multi-head(8 head)	Minipuls 3, Gilson
Refrigerator	400L, minimum $3^\circ\text{C}$	Whirlpool USA
Aerator	Diffuser for fish	Korea
Air flow meter	0~5 L/min	Dwyer USA

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 실험방법

본실험에 사용된 각 항목별 수질분석방법은 Table 2-2와 같다.

Table 2-2. Summary of analytical method.

Item	Method
pH	pH/Ion meter(accumet 550)
DO	DO Meter(YSI model 51B), azide modification
BOD5	Standard methods 17th-5210
COD	Standard methods 17th-5220(open reflux method)
TSS	Standard methods 17th-5240(dried at $103 \sim 105^\circ\text{C}$ )
T-N	Brucine method
NH <sub>4</sub> -N	Standard methods 17th-4500(phenate method)
NO <sub>3</sub> -N	Brucine method Standard methods 17th-4500-P(stannous chloride method)
T-P	17th-2320(Titration method) Atomic absorption spectrometric method
Metals	(perkin-elmer3100)

pH와 DO는 각각 보정액 및 실험에 의해 보정한 후 사용하였으며, 중금속류는 원자흡광광도계(atomic absorption spectrometric method)를 이용하여 분석하였다. 총인(T-P)과 총질소(T-N)의 전처리는 환경오염공정법(환경처, 1991)에서 K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> 시약과 고압증기멸균기(autoclave)를 사용하는 방법을 썼으며, NO<sub>3</sub>-N는 일본하수시험법을 이용하였다.

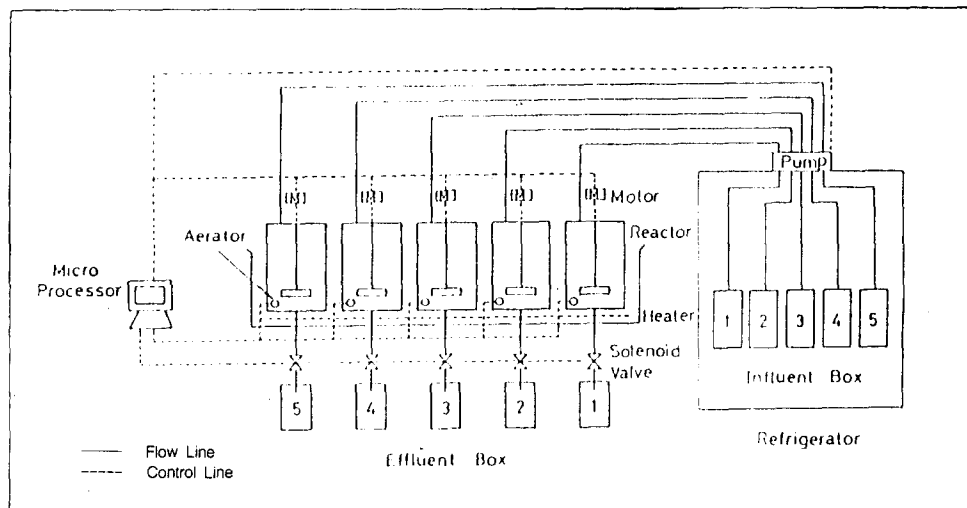


Fig. 2-1. Schematics diagram of SBR.

그밖의 항목은 미국의 Standard Method (17th: APHA, 1989)에 의거하여 분석하였다.

### 2.2.2 운전조건

본 실험에 사용된 슬러지는 서울시 중랑하수처리장의 포기조내 슬러지를 취하여 2개월정도 적응시키면서 반응조내 MLSS농도를 4000mg/l로 유지한 상태에서 침출수의 최적운전조건을 밝혀내기 위한 실험을 수행하여 다음과 같은 운전조건을 선택하였다.

Table 2-3. Operating time for SBR.

Operating	Time (hours)	
Fill	2.0	
React	Mix	10.0
	Aerate	6.5
Settle	1.5	
Draw & Idle	0.5	
Total cycle time	12.0	

### 2.2.3 인공폐수의 조제

분석된 침출수의 성상을 바탕으로 침출수를 단독 처리할 경우의 침출수에 대한 처리성 여부를 파악하기 위하여 슬러지를 적응시키면서 인공폐수를 조제하여 실험을 수행하였다. 조제된 인공폐수의 성상 및 수질은 다음과 같다.

Table 2-4. Composition of synthetic wastewater.

Item	Chemicals	Concentration
COD	Glucose(C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> )	1400mg/l
N	NH <sub>4</sub> Cl	70mg/l
P	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	14m/l
	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	
Buffer & Minerals	FeSO <sub>4</sub>	
	MgSO <sub>4</sub>	
	CaCl <sub>2</sub>	trace
	MnSO <sub>4</sub>	
	NaHCO <sub>3</sub>	

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 침출수 및 하수의 분석결과

#### 3.1.1 침출수의 분석결과

본 실험에 사용된 서울시의 폐기물이 매립된 난

지도 폐기물 매립지의 침출수를 대상으로 1992년 6월에서 1993년 4월에 걸쳐 매월 2회씩 채취하여 분석한 결과는 Table 3-1과 같다.

Table 3-1. Characteristics of leachate in Nanjido landfill site.

Constituents	Unit	Range	Average
Temp	°C	40 ~ 44	43.0
pH		7.4 ~ 7.6	7.5
DO	mg/l	0.3 ~ 2.4	1.6
BOD	"	280 ~ 450	314.0
COD	"	1300 ~ 1350	1329.0
TSS	"	8.0 ~ 11.0	10.0
T-N	"	2021 ~ 2110	2078.0
NH <sub>4</sub> -N	"	1400 ~ 1450	1428.0
NO <sub>3</sub> -N	"	0.5 ~ 1.1	0.7
T-P	"	2.7 ~ 3.2	3.1
Cl <sup>-</sup>	"	3540 ~ 4085	3852.0
Metalics M	Zn	14.7 ~ 17.4	9.5
	Mn	0.024 ~ 0.028	0.026
	Cr	0.029 ~ 0.032	0.031
	Fe	0.540 ~ 0.545	0.542
	Cu	0.010 ~ 0.020	0.015
	Pb	0.228 ~ 0.243	0.236
	Cd	0.014 ~ 0.018	0.016
	Pb	below limit	-

채취된 침출수의 성상은 pH 7.4~8.1, BOD 280~450mg/l, COD 1300~1350mg/l, T-N 2021~2110mg/l, T-P 2.7~3.2mg/l, Cl<sup>-</sup> 3540~4085mg/l의 범위를 나타내고 있는데, 중금속류는 마그네슘(Mg)이 9.5mg/l, 크롬(Cr)이 0.542mg/l, 철(Fe)이 0.236mg/l이며, 그밖에는 미량이 검출되었다.

Chian and Ham(1976)에 의하면 BOD/COD가 0.5이상인 초기매립지에서 발생하는 침출수인 경우 생물학적 처리가 효과적이고, BOD/COD가 0.1이하인 경우에는 물리화학적 처리가 효과적이며, 생물학적 처리가 곤란하다고 보고하고 있다.

침출수의 성상을 분석해 볼때 침출수의 BOD/COD비가 0.22에서 0.33으로 평균적으로 0.24로서 비교적 난분해성 물질이 많으므로 침출수 단독으로는 생물학적 처리가 어려움을 알수가 있다. 또한 타 성분과 비교하여 볼때 질소물질과 염소이온이 다량으로 포함되어 EPA보고서(1977)에 의하면 암모니아성질소의 경우 적정량이 있을 경우 생물학적 처리 공법에 중요한 영양물질로서 작용하나, 약 480mg/l

이상으로 과잉으로 존재시 활성슬러지공법에 지장을 초래하는 것으로 보고되고 있듯이 생물학적 처리시 저해요인으로서 작용될 가능성이 있으며, 인은 매우 적은 양이 포함되어 영양물질 구성면에서 볼때에도 BOD : N : P의 구성비가 100 : 660 : 1로서 질소가 다량으로 존재함으로써 생물학적 방법에 의한 단독 처리만으로는 침출수를 제대로 처리할 수 없을 것으로 판단된다.

3.1.2 하수의 분석결과

서울시의 하수가 유입되는 중량하수처리장의 유입하수를 대상으로 1992년 8월에서 1993년 4월동안 매월 2회씩 채취하여 분석한 하수의 수질분석결과는 Table 3-2와 같다.

Table 3-2. Characteristics of sewage in Chung-nang sewage treatment plant.

Constituents	Unit	Range	Average
Temp	°C	3 ~ 7	5.0
pH		6.9~ 7.3	7.2
DO	mg/l	1.7~ 3.2	2.4
BOD	"	78.4~ 129.3	98.1
COD	"	121.2~ 305.0	192.5
TSS	"	21.9~ 89.3	21.3
T-N	"	14.9~ 36.4	23.1
NH <sub>4</sub> -N	"	8.6~ 31.9	18.9
NO <sub>3</sub> -N	"	0.0~ 0.1	0.1
T-P	"	1.3~ 5.9	3.8
Cl <sup>-</sup>	"	60.2~ 116.8	100.5

중량하수처리장으로 유입되는 서울시 하수의 성상은 pH 6.9~7.3, BOD 78.4~129.3mg/l, COD 121.2~305.0mg/l, T-N 14.9~36.4mg/l, T-P 1.3~5.9mg/l를 나타내고 있다. BOD/COD비가 0.42에서 0.65로 평균적으로 0.51을 나타내고 있으며, BOD : N : P가 100 : 23.5 : 3.9로서 BOD에 비해 질소(N)와 인(P)이 다량으로 존재하고 있다.

3.1.3 혼합폐수(침출수 + 하수)의 수질분석결과

채취된 하수처리장 유입하수에 매립지침출수를 유량비로 5%, 10%, 20%, 30%로 혼합하여 연속회분식 활성슬러지 반응조로 주입하였다.

혼합폐수의 수질분석결과는 Table 3-3과 같다.

Table 3-3. Characteristics of combined wastewater (lea- chate + sewage).

Constituents	Unit	Combined wastewater			
		5%	10%	30%	50%
Temp	°C	5.0	4.5	5.0	5.0
pH	mg/l	7.0	7.1	7.1	7.2
DO	"	2.8	2.5	2.6	2.0
BOD	"	128.9	132.9	171.0	210.2
COD	"	261.3	315.7	556.4	789.4
TSS	"	20.0	19.9	18.1	16.3
T-N	"	120.8	228.6	649.7	1009.5
NH <sub>4</sub> -N	"	89.4	160.8	461.6	763.5
NO <sub>3</sub> -N	"	0.1	0.2	0.3	0.5
T-P	"	3.8	3.8	3.6	3.5
Cl <sup>-</sup>	"	248.0	485.2	1025.9	1806.0

3.2 침출수와 하수의 병합처리 특성

3.2.1 침출수(인공폐수)의 단독처리

매립지 침출수만을 대상으로 하여 침출수자체의 생물학적 처리여부를 파악하기 위하여 침출수의 성상에 맞추어 인공폐수를 조제한 후 침출수의 함유량을 시간 경과별로 5%, 10%, 30%, 50%, 그리고 100%로 유입시키면서 반응조의 기질제거율을 파악한 결과는 Fig.3-1~Fig.3-5에서 보듯, 침출수의 함유량이 증가함에 따라 각 반응조의 유기물(COD) 제거율이 감소하고 있다. 30%일 경우 82%의 COD 제거율을 나타냈으며, 반응조운전상 큰 문제점은 발생되지 않는 것으로 나타났으나, 50%이상의 침출수가 포함될 경우에는 외관상 반응조내 슬러지의 침강성은 양호한 것으로 나타났으나, 현미경관찰에 의하면 미생물 floc이 해체되는 현상이 발생되기 시작하였다. 또한 침출수만을 단독으로 주입했을 경우에는 반응조내 슬러지의 대부분이 해체되어 상징액의 수질이 불량해지고, 유출수의 수질이 불안정하게 되어 결국 기질제거가 제대로 이루어지지 않는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 보았듯이 본 실험에 사용된 대상 침출수의 경우에는 침출수만의 단독처리로는 생물학적 처리가 불가능하므로 결국 본 실험에 사용된 대상 침출수를 생물학적 방법으로 처리하고자 할 경우에는 전처리로서 물리·화학적 처리방법이 선행된 후 생물학적 처리가 진행되거나 또는 하수와의 병합처리등에 의해 침출수의 독성과 난분해성을 감소시킨 후 처리되어야 할것으로 판단된다.

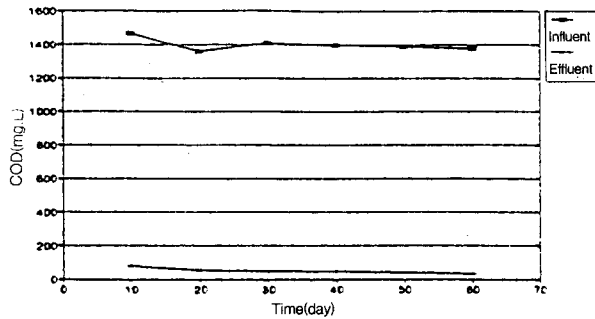


Fig. 3-1. Chronological COD variation of synthetic wastewater 1 (0%)

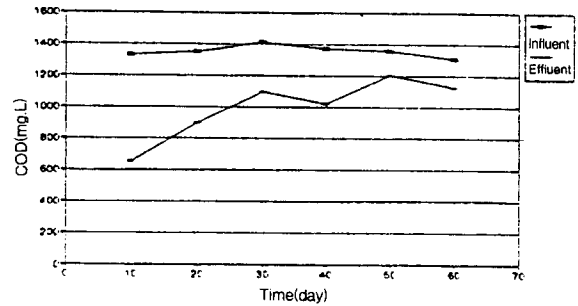


Fig.3-5. Chronological COD variation of leachate (100%)

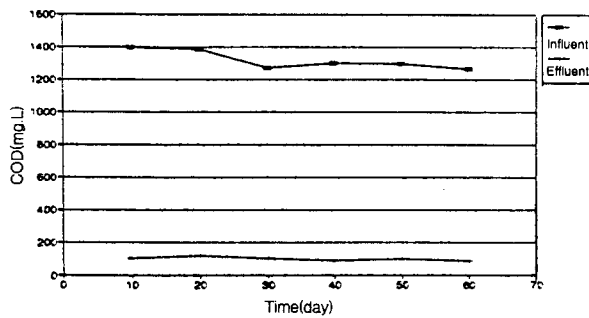


Fig. 3-2. Chronological COD variation of synthetic wastewater 2 (10%)

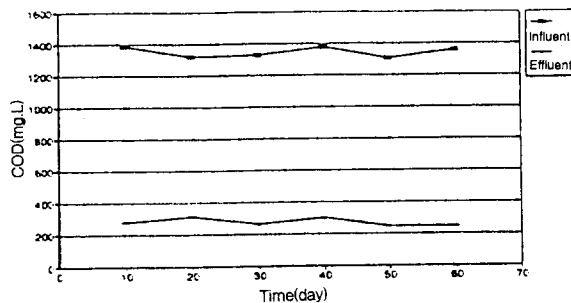


Fig. 3-3. Chronological COD variation of synthetic wastewater 3 (30%)

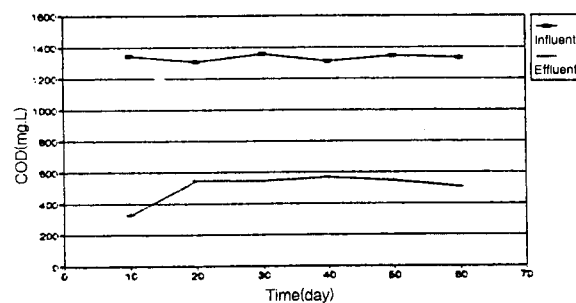


Fig. 3-4. Chronological COD variation of synthetic wastewater 4 (50%)

### 3.2.2 침출수와 하수의 병합처리2

난지도 매립지에서 발생하는 실제 침출수와 서울시 중랑하수처리장으로 유입되는 가정하수를 채취하여 유기물 제거효율을 중심으로 침출수의 함유량을 서로 다르게 실험하여 Fig.3-7 ~ Fig.3-11과 같은 결과를 구하였다.

침출수와 하수의 병합처리에 관한 최근의 국내의 연구에서 보듯이 암모니아, 염분 등 기타 무기염류가 많이 포함된 폐기물 매립지의 침출수와 일반적으로 생물학적 분해가 용이한 도시가정하수와 병합처리(combined treatment)는 침출수 자체의 독성과 난분해성 물질이 하수에 희석됨으로써 생물학적 분해성을 증진시키고, 또한 우리나라의 경우 빗물 및 지하수 등의 유입에 의해 도시하수처리장에 유입되는 하수의 기질부하가 설계기준치보다 낮은 편이며, 도시하수처리장에 유입되는 침출수의 발생량이 하수량에 비해 상대적으로 많지 않으므로 처리장 운영과 관리에 큰 지장을 초래하지 않을 것으로 사료된다.

본 논문에서는 침출수와 하수의 병합처리시 침출수가 기질제거에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 침출수 함유량이 50%까지 주입하였다. 유기물(COD) 제거율이 실험결과에서 보듯, 침출수 함유량이 5%일 때 86.0%, 10%일 때 82.8%, 30%일 때 60.6%, 그리고 50%일 때 31.7%로 침출수량이 증가함에 따라 현저히 감소하는 경향을 나타내고 있다.

그러나 앞에서 기술하였듯이 실제의 침출수량은 하수량에 비해 그 양이 적은 편이므로 매립지에서 발생하는 침출수를 도시하수처리장으로 유입하여 병합처리하는 방안에 대하여 검토해 볼 필요성은 충분하다고 판단된다.

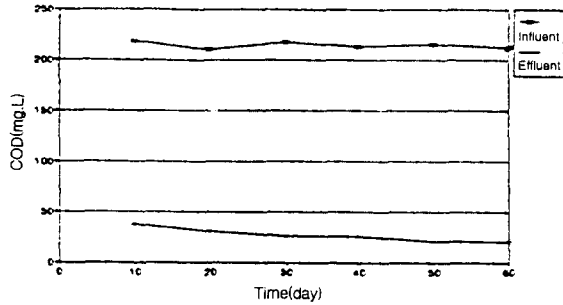


Fig. 3-6 Chronological COD variation of combined wastewater 1 (0%)

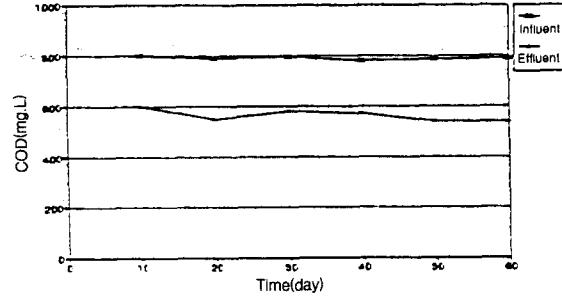


Fig.3-10. Chronological COD variation of combined wastewater 5 (50%)

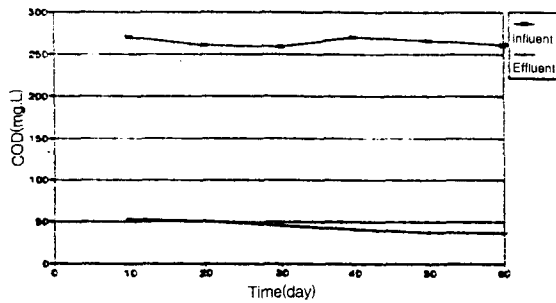


Fig. 3-7 Chronological COD variation of combined wastewater 2 (5%)

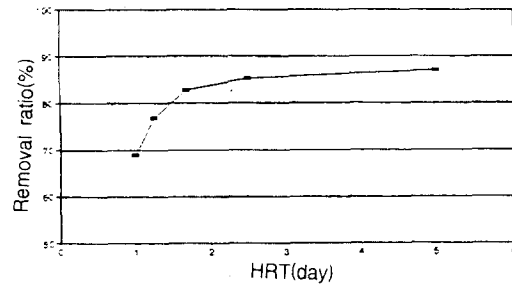


Fig.3-11. Removal efficiency and hydraulic retention time (HRT)

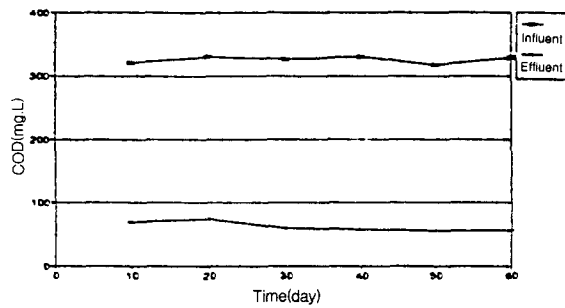


Fig. 3-8 Chronological COD variation of combined wastewater 3 (10%)

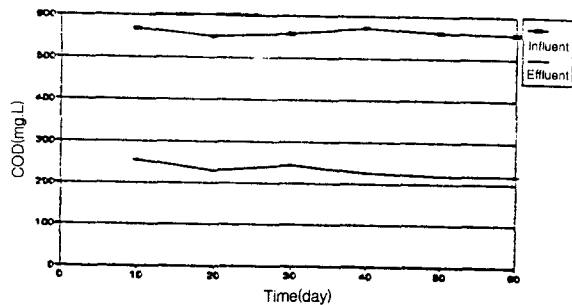


Fig. 3-9 Chronological COD variation of combined wastewater 4 (30%)

#### 4. 결 론

폐기물 매립지에서 발생하는 침출수에 대한 효율적인 처리방안의 하나로서 도시하수처리장의 가정하수와 병합하여 처리하는 방법으로서 침출수와 하수의 병합처리에 대한 처리가능성 여부에 대하여 실제 매립지의 침출수 및 가정하수에 대하여 실험한 결과, 다음과 같은 결론을 구하였다.

첫째, 본 연구에 사용된 대상 침출수의 성상은 pH 7.4~8.1, BOD 280~450mg/l, COD 1300~1350mg/l, T-N 2021~2110mg/l, T-P 2.7~3.2mg/l, Cl<sup>-</sup> 3540~4085mg/l의 범위를 나타내고 있으며, 중금속류는 크롬(Cr)이 0.542mg/l, 철(Fe)이 0.236mg/l이며, 그밖은 미량이 검출되었다. 또한 대상 가정하수의 성상은 pH 6.9~7.3, BOD 78.4~129.3mg/l, COD 121.2~305.0mg/l, T-N 14.9~36.4mg/l, T-P 1.3~5.9mg/l를 나타내고 있다.

둘째, 연속회분식반응조(SBR)는 이용하여 중기 이후의 매립지 침출수만의 생물학적 처리성 여부를 파악하기 위한 실험결과 인공폐수에 의한 기질제

거울은 침출수 함유량이 증가됨에 따라 현저히 감소하였으며, 30%까지는 처리가 가능하였으나, 그 이상의 경우에는 생물학적 처리가 불가능한 것으로 나타난 바, 침출수를 생물학적 방법으로 처리하고자 할 경우에는 전처리 및 하수와의 병합처리방안이 강구되어야 할 것으로 판단된다.

셋째, 실제 매립지 침출수와 가정하수를 대상으로 한 병합처리결과 침출수 함유량이 50%일때 유기물(COD) 제거율이 86.0%, 10%일때 82.8%, 30%일때 60.6%, 그리고 50%일때 31.7%로 침출수량이 증가함에 따라 현저히 감소하는 것으로 나타났으며, 침출수 함유량 10%까지는 비교적 양호한 처리효과를 보이고 있다.

그러나, 도시하수량에 비해 침출수량이 적으므로 하수와의 병합처리시 큰 지장을 초래하지 않을 것으로 사료된다.

이상의 연구결과를 바탕으로 매립지 침출수에서 발생하는 침출수를 도시하수처리장으로 유입하여 하수와 병합처리하는 방안은 침출수의 효율적인 처리방안의 하나로서 상당한 타당성을 지닐 것으로 사료되며, 앞으로도 병합처리시 침출수의 독성 및 처리장의 유지·관리를 위한 보다 광범위한 연구조사가 이루어져야할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- 김수생, 성낙창, 1984, 도시폐기물 매립과 환경오염, 동아대학교 부설 환경문제연구소, 연구보고 7(2), 5-20.
- 신항식, 1988, Sequencing batch reactors (SBR)에 의한 폐수처리, 수도 4, 31-38.
- 윤오섭, 1992, 폐기물 성상 분석과 매립장 침출수가 환경에 미치는 영향에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 8(2), 58-62.
- 최세영, 1992, 쓰레기 매립지의 침출수에 의한 지하수 오염에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 환경처, 1991, 환경백서.
- 환경처, 1992, 전국 일반 쓰레기 처리 실적('91) 및 계획('92).
- Ahlert, A.C & Kosson, D.S, 1990 Treatment of hazardous landfill leachates and contaminated groundwater, EPA/600/52-88/064.
- APHA, AWWA and WPCF, 1989, Standard Methods for the examination of water and wastewater, 17th ed.
- Arora, M.C, *et al*, 1985 Technology evaluation of sequencing batch reactors, JWP-CF, 57(8) 867-875.
- Chian, S. K, and Dewalle, F. E, 1976 Sanitary landfill leachates and their treatment, JAS-CE, 102(EE2).
- Irvine, R. L, 1985, Technology assessment of sequencing batch reactors, EPA/600/S2-85/007.
- Kelly, W. E, 1976, Groundwater pollution near a landfill, JASCE, 102(EE6), 1189-1199.
- EPA, U.S., 1977, Federal guidelines-State and local pretreatment program-EPA-430/976017a, E-10.