

도시폐기물매립지침출수의 병합처리에 관한 연구

김동민 · 이병인*

서울시립대학교 환경공학과, *밀양산업대학교 환경공학과

A Study on the Combined Treatment of Municipal Solid Waste Landfill Leachate

Dong-Min Kim · Pyong-In Yi*

Department of Environmental Engineering, Seoul City University
*Department of Environmental Engineering, Miryang National University**

Abstract

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

The landfill leachate was that of Nanjido landfill site, and the municipal sewage was that of Chungnang municipal sewage treatment plant in 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 treatment time. The experiment lasted for about 2 years.

The result are as follows ;

1. The characteristics of leachate were pH 7.5~8.2, BOD 80~336mg/L, COD 908~1,460mg/L, NH₃-N 1,409~2,330mg/L, T-P 2.7~7.1mg/L, Cl-3,540~4,085mg/L, and heavy metals are a very small amount. And the characteristics of sewage were 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 2.3~8.9mg/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.

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 sucessfully treated by SBR in the combined

treatment was 10% of that of sewage. And the removal efficiency of COD increased notably, as its treatment time increased.

4. The various contents of the electrolytic treated leachate were 5%, 10%, 30%, and 50%, and the removal efficiency of COD was 89.9%, 86.1%, 79.2%, and 69.8%. The maximum content of the leachate which could be successfully treated by SBR in the combined treatment was 30% of that of sewage. And the removal efficiency of COD increased notably, as its treatment time increased.

I. 서 론

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

1994년 현재 우리나라의 폐기물 발생량은 일반폐기물중 생활폐기물과 사업장일반폐기물이 58,118톤/일 및 85,229톤/일이며 각각 81.2%와 34.2%가 매립에 의해 처분되고 있다¹⁾.

폐기물의 질적 변화와 다양성에 맞추어서, 그리고 최근의 지역이기주의(Not in my backyard : NIMBY) 현상으로 인해 매립지 확보가 어렵게 됨으로써 소각(incineration), 퇴비화(composting) 등 여러 처리방안이 강구되고 있으나, 앞으로도 폐기물처리를 위한 최종처분(ultimate disposal)으로서의 위생매립(sanitary landfill)방법의 채택은 불가피한 형편이다.

그러나 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 않음으로써, 그로 인한 환경오염이 가중되고 있는 상황이다.^{2, 3, 4, 5)}

1994년 현재 우리나라의 폐기물 매립지는 지방자치단체가 관리하는 536개소(30334천m²), 자가 처리업체가 관리하는 41개소(4449천m²), 처리업체가 관리하는 9개소(331천m²)로서 전체 586개소(35114천m²)의 매립지가 운영되고 있다¹⁾.

이중 10여개소만이 위생매립지로 운영되고 있는 것으로 보고되고 있다⁶⁾. 그리고 사용이 완료된 820여개소의 매립지는 대부분이 차수막, 가스포집 및 침출수 처리시설이 없는 비위생 매립지로 사후관리가 거의 전무하여 침출수로 인한 지하수 및 지표수의

오염과 악취 등의 이차오염 문제를 내포하고 있다^{7, 8)}.

안등⁹⁾이 국내의 142개소의 매립지를 대상으로 한 매립지 관리실태조사에 의하면 침출수를 차집, 처리하는 시설을 설치한 매립지는 86개소로서 61%만이 설치하고, 39%가 설치 않은 것으로 조사되었다.

또한 침출수 처리시설의 가동실태조사 또한 조사 대상의 50%가 수질기준치를 초과한 것으로 나타나고 있다.

결국 제대로 처리되지 않은 침출수는 인근 생태계를 오염시킴으로써 중요한 환경문제를 야기시키고 있다. 그리하여 국내외적으로 폐기물매립지에서 발생하는 침출수로 인한 주위의 지표수 및 지하수, 그리고 토양오염에 대한 관심이 중요하게 대두되고 있으며, 그에대한 처리문제가 심각하게 제기되고 있다^{8, 10, 11)}.

이러한 시점에서 도시폐기물 매립지에서 발생하는 침출수에 대한 적절한 처리방법의 강구는 매우 중요한 문제라고 하지 않을 수 없으며, 폐기물매립지 침출수의 성상이 다양하고 매립후 경과 년수에 따른 BOD/COD비의 감소와 더불어 생물학적으로 분해가 어려운 물질의 함유량이 증가되므로 비교적 유기물 부하가 높고, 처리가 쉬운 초기에 발생하는 침출수보다 분해가 어려운 중기 이후의 침출수를 대상으로 연구하는 것이 더 의의가 있을 것으로 판단되어 수도권 일원의 여러 매립지 침출수를 분석하여 BOD/COD비가 비교적 낮은 서울시 난지도 폐기물 매립지 침출수를 대상으로 침출수의 처리실험을 수행하였다.

그러기 위한 처리방법으로는 활성슬러지 공법의 변법 중의 하나로서 최근 많은 연구가 진행되고 있으며^{12, 13)}, 중소도시 하수처리장에 적용이 가능하고, 비교적 난분해성 물질과 독성물질에 대한 적응력이 강한 연속회분식 활성슬러지 공법(SBR)을 이용하여 침출수 자체의 처리성 여부와 원침출수(raw leachate)

와 하수(sewage)의 병합처리, 그리고 전해전처리한 침출수와 하수의 병합처리시 여러 혼합비에 따른 처리효율을 중심으로 침출수의 효과적인 처리방안을 모색해 보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

1.1. 대상시료의 채취

본 연구의 시료로 사용한 침출수는 서울시 난지도 폐기물 매립지에서 채취한 것을 대상으로 하였다. 또한 침출수와 하수의 병합처리여부를 확인하기 위한 도시하수(municipal sewage)는 서울시 중랑하수처리장의 유입수를 평균적으로 일주일에 두 번씩 채취하여 실험하였으며, 분석된 침출수의 성상을 바탕으로 침출수를 생물학적으로 단독 처리할 경우의 침출수에 대한 생물학적 처리성 여부를 파악하기 위하여 Table 2-1과 같은 인공 침출수를 조제하여 중랑하수처리장의 폭기조에서 채취한 하수 슬러지에 침출수량을 점차적으로 증가시키면서 적응시켰다. 조제된 인공 침출수의 성상 및 수질은 다음과 같다.

Table 2-1. Composition of synthetic leachate

item	chemicals	concentration
COD	Glucose($C_6H_{12}O_6$)	1400mg/L
N	NH_4Cl	70mg/L
P	K_2HPO_4	14mg/L
	KH_2PO_4	
Buffer & Minerals	$FeSO_4$	
	$MgSO_4$	
	$CaCl_2$	trace
	$MnSO_4$	
	$NaHCO_3$	

1.2. 실험장치

침출수의 전해처리는 회분식 전해장치를 제작하여 사용하였으며, Fig. 2-1에 도시하였다.

실험에 사용하는 음극과 양극의 전극재료는 기존에 수행된 연구결과¹⁴⁾를 바탕으로 전도성과 전극소모가 상대적으로 적은 흑연판과 납(Pb)판을 사용하였으며, 전극의 유효면적은 $7.5 \times 7.5cm^2$ 로 하였다. 전극의 간격은 전해처리효율에 크게 영향을 주지 않는

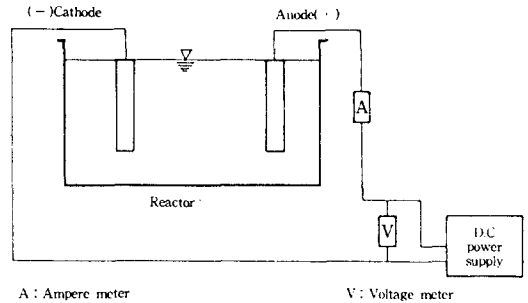


Fig. 2-1. Schematic diagram of electrolysis treatment

한 반응조의 크기와 전극의 접합으로 인한 과전류의 발생으로 인한 계기의 손상을 막고 전기적 안전 및 내구성을 고려하여 3cm로 고정하였다. 또한, 직류전원 공급장치는 D.C. power supply를 이용하여 3, 6, 9, 12볼트의 전압을 사용하였다.

전해처리반응조는 4L Acryl 반응조를 이용하였고, 전압과 전압의 측정은 전류계와 전압계를 사용하여 전류, 전압의 변화를 측정하였다.

또한 침출수의 생물학적 처리실험을 위하여 사용된 연속회분식 활성슬러지 반응조는 각각 원형 아크릴판으로 5개의 반응조를 제작하여 사용하였으며, 각 반응조의 유효용적은 4L($31cm \times 15D$)로 하였다. 유입수의 주입은 peristaltic pump(Gilson사 Minipuls 3)을 사용하였으며, 교반장치는 60rpm의 모터를 사용하였고, 유출수는 solenoid valve를 사용하여 유출되도록 하였다.

또한 유입펌프, 기포 발생기, 교반용 모터 및 solenoid valve는 computer를 이용한 Micro-processor로 자동제어하였으며, 또한 반응조의 온도를 일정하게 유지하기 위하여 온도조절장치가 부착

Table 2-2. Specification of SBR system

Unit	Specification	Model & Manufacture
Reactor	Acry(4L)	Korea
Timer	Micro-processor	IBM 16Bit-XT
Peristaltic pump	Multi-head (8 head)	Minipuls 3, Gilson
Refrigerator	400L, minimum 3°C	Whirlpool USA
Aerator	Diffuser for fish	Korea
Air flow meter	0~5L/min	Dwyer USA

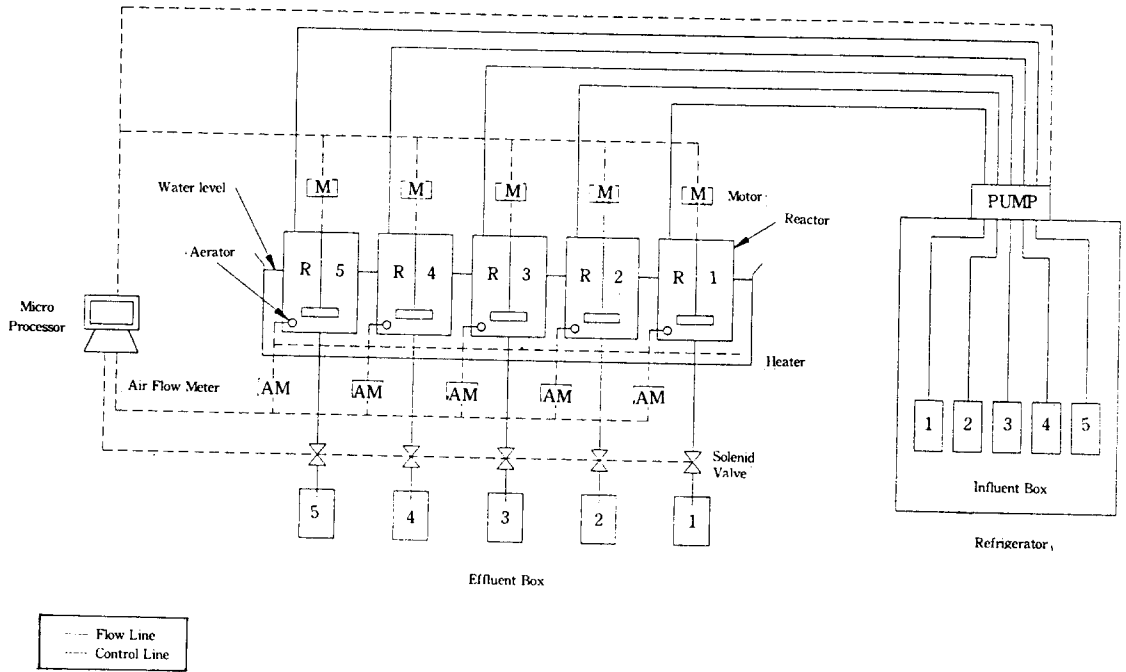


Fig. 2-2. Schematic diagram of sequencing batch reactor

Table 2-3. Summary of analytical method

item	method
Color	UV-Visible Spectrophotometer
Temperature	Mercuric Thermometer
pH	pH/Ion Meter(Accumet 550)
DO	DO Meter(YSI 51B)/Standard Methods 18th 4500-0
BOD ₅	Standard Methods 17th-5210
COD	Standard Methods 17th-5220(Open reflux Method)
TSS	Standard Methods 17th-5240(Dried at 103~105℃)
T-N	Brucine Method
NH ₄ -N	Standard Methods 17th-4500(Phenate Method)
NO ₃ -N	Brucine Method
T-P	Standard Methods 17th-4500-P(Stannous Chloride Method)
Cl ⁻	Standard Methods 18th-4500-Cl ⁻ (Mercuric Nitrate Method)
Alkalinity	Standard Methods 18th-2320B(Titration Method)
Metals	Atomic Absorption Spectrometric Method(Perkin-Elmer3100)

된 항온수조를 이용하여 수온을 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지하여 실험하였다. 사용된 각 장치와 기기에 관한 상세한 규격은 Table 2-2 및 Fig. 2-2와 같다.

2. 실험방법

2.1. 분석방법

본 실험에 사용된 각 항목별 수질분석방법은 Table 2-3와 같다.

pH는 각각 보정액 및 실험에 의해 보정한 후 사용하였으며, 중금속류는 원자흡광광도계를 이용하여 분석하였다. 색도의 측정은 UV-Visible Spectrophotometer를 이용하여 190nm에서 800nm까지 scanning한 후, 가시광선의 영역에서 민감도가 좋은 380nm에서의 흡광치를 색도로 하여 분석하였다. 총인(T-P)과 총질소(T-N)의 전처리는 환경오염공정시험법¹⁵⁾에서 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 시약과 고압 증기멸균기(autoclave)를 사용하는 방법을 썼으며, $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 일본하수시험법¹⁶⁾을 이용하였다. 그밖의 항목은 미국의 Standard Method¹⁷⁾에 의거하여 분석하였다.

2.2. 실험방법

폐기물 매립지에서 발생하는 침출수의 성상에 따른 처리성 여부를 평가하기 위하여 우선 난지도 폐기물 매립지 침출수를 매달 두 번씩 채취하여 정기적인 수질성상을 파악하여 매립경과년수에 따른 수질변화를 관찰하고자 하였다. 분석된 수질결과를 토대로 하여 침출수의 성상과 비슷한 인공침출수를 조제하여 침출수 혼합비를 증가시키면서 미생물을 적응시켰다. 이와 함께 국내외의 문헌조사 결과를 바탕

으로 연속회분식 활성슬러지 공법을 효과적으로 운전하기 위한 기초실험을 수행하여 다음과 같은 운전 조건을 결정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 침출수의 특성분석

본 실험에서 조사된 폐기물 매립지의 침출수는 서울시 난지도 매립지의 침출수를 대상으로 하였으며, 시료는 1992년 2월에서 1995년 12월에 걸쳐 매월 2회씩 채취하여 분석한 결과는 다음과 같다.

채취된 침출수의 성상은 pH 7.5~8.2, BOD 63~450mg/L, COD 861mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 1341~2340, T-P 2.7~7.1mg/L, 색도(color) 899~1750unit의 범위를 나타내고 있는데, 중금속류는 납(Pb)이 0.2~3.2mg/L, 철(Fe)이 0.6~1.3mg/L, 기타물질은 미량이 검출되었다.

대상 침출수의 외관은 적갈색의 색과 고농도의 암모니아성 질소를 함유함으로써 심한 악취를 유발시키고 있으며, 생분해도가 낮고 pH가 약알칼리성에 가까운 것으로 보아 매립경과년수가 중기 이후인 전형적인 메탄 형성단계의 침출수 특성을 나타내고 있다. BOD값은 대부분 COD값에 비해 현저하게 낮은 값을 나타내고 있는데, 생분해도를 나타내는 BOD/COD비가 분석초기에는 0.23정도였으나, 시간이 경과됨에 따라 감소하여 0.1이하의 값을 나타내고 있다.

이와 같은 침출수의 성상은 Chian 등¹⁸⁾이 제시한 매립경과년수가 오래된 매립지에서 발생하는 중기 이후의 침출수의 특성을 나타내고 있는 것으로 판단된다. 또한 침출수내 유기물질의 대부분이 생물학적으로 분해가 어려운 humic성 또는 fulvic성의 고분자 물질로 구성되어 있을 것으로 사료된다. 이와 함께 매립지가 혐기성 상태를 유지함으로써 단백질 또는 유기질소 등을 함유한 폐기물의 분해로 인하여 고농도의 암모니아성 질소를 함유하여 높은 알칼리도를 나타내고 있으며, 인의 함량은 상대적으로 낮은 값을 나타내고 있다. 그리하여 침출수의 적정처리를 위해서는 난분해성 COD와 고농도의 질소물질을 제거하여야 할 것으로 판단된다.

Fig. 3-1은 지난 4년간의 시간경과에 따른 침출수의 수질변화를 도시한 것이다. 대상침출수의 수질은 매립경과년수가 경과됨에 따라 수질성상이 다소간

Table 2-4. Operating condition for SBR

Operation mode	Time	
Fill	00:00 ~ 02:00	
React	Mix	01:00 ~ 10:00
	Aerate	02:00 ~ 05:00
		07:00 ~ 10:00
Settle	10:00 ~ 11:30	
Draw & Idle	11:30 ~ 12:00	

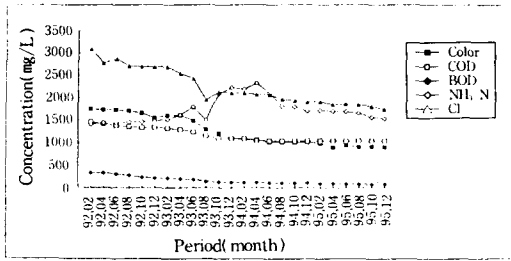


Figure 3-1. Characteristics of leachate in Nanjido landfill site by period

변화하고 있는 것으로 나타나고 있다. BOD와 색도, 그리고 COD 등 대부분이 매립기간이 경과됨에 따라 약간씩 감소되고 있으며, 특히 색도와 COD는 비슷한 감소 경향을 나타내고 있는데, 이것은 색도를 유발시키는 고분자의 착색물질이 난분해성 COD와 관련하여 서서히 감소되는 것으로 사료된다. 또한 암모니아성 질소는 완만한 정체를 계속하다가 서서히 증가된 후 조금씩 감소되어 가는 것으로 나타나고 있다.

2. 침출수의 연속회분식 활성슬러지공법 처리

본 연구에서는 생물학적 처리성 여부를 평가하기 위하여 활성슬러지 공법의 변법 중의 하나로써 최근 중소규모 하수처리장 및 폐기물 매립지 침출수를 대상으로 많은 연구가 진행되고 있으며, 중소도시 하수처리장에 적용이 가능하고, 비교적 난분해성 물질과 독성물질에 대한 적응력이 강한 연속회분식 활성슬러지 공법(SBR)을 이용하여 침출수 자체의 처리성 여부와 침출수와 하수의 병합처리시 여러 혼합비에 따른 처리효율을 중심으로 침출수의 효과적인 처리 실험을 수행한 결과는 다음과 같다.

2.1. 연속회분식 활성슬러지공법을 이용한 침출수의 단독처리(침출수와 인공침출수의 혼합처리)

매립지 원침출수(raw leachate)만을 대상으로 하여 생물학적 처리여부를 파악하기 위하여 침출수의 성상에 맞추어 인공폐수를 조제한 후 침출수의 함유량을 5%, 10%, 30%, 50%, 그리고 100%로 변화시키면서 반응조의 기질제거율을 파악한 결과는 Fig. 3-2에서 보듯 침출수의 함유량이 증가함에 따라 각 반응조의 유기물(COD)제거율이 감소하고 있으며, 50%이상의 침출수가 포함될 경우에는 반응조내 슬

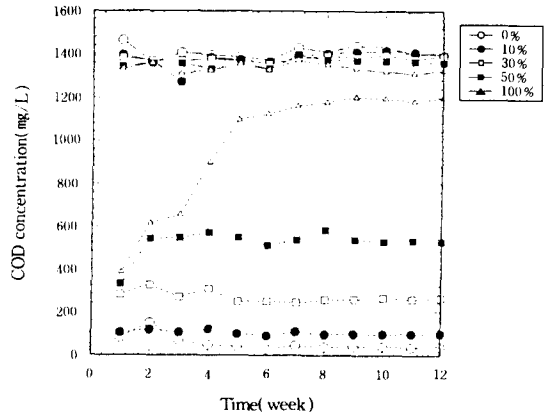


Fig. 3-2. Chronological COD variation of synthetic wastewater by mixed ratio

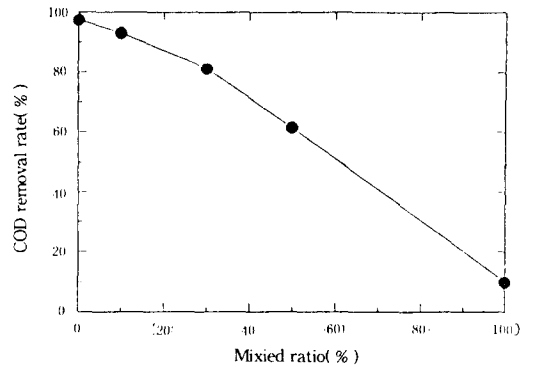


Fig. 3-3. COD Removal rate of synthetic leachate by mixed ratio

러지의 침강성은 양호하나 미생물 floc이 해체되는 현상이 발생되기 시작하였으며, 침출수만을 전량 투입했을 경우에는 반응조내 슬러지가 해체되어 상징액의 수질이 불량해지고, 유출수의 수질이 불안정하게 되어 기질제거가 제대로 이루어지지 않는 것으로 나타났다.

Chian과 DeWalle¹⁾에 의하면 BOD/COD가 0.5이상인 초기매립지에서 발생하는 침출수인 경우 생물학적 처리가 효과적이고, BOD/COD가 0.1이하인 경우에는 물리화학적 처리가 효과적이며, 생물학적 처리가 어려운 것으로 보고하고 있다.

침출수의 성상을 분석해 볼때 침출수의 BOD/COD비가 0.09에서 0.23으로 평균적으로 0.14로서 비교적 난분해성 물질이 많으므로 침출수 단독으로

는 생물학적 처리가 어려움을 알 수가 있다. 또한 타 성분과 비교하여 불태 질소물질과 염소이온이 다량으로 포함되어 EPA보고서¹⁹⁾에 의하면 암모니아성 질소의 경우 적정량이 있을 경우 생물학적 처리공법에 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 볼 때에도 BOD : N : P의 구성비가 100 : 473 : 0.7로서 질소가 과량으로 존재함으로써 생물학적 방법에 의한 단독 처리만으로는 침출수를 제대로 처리할 수 없을 것으로 판단된다.

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 병합 처리 등에 의해 침출수의 독성과 난분해성을 감소시킨 후 처리되어야 할 것으로 판단된다.

2.2. 연속회분식활성슬러지공법을 이용한 침출수와 하수의 병합처리 1(침출수와 하수의 병합처리)

폐기물 매립지에서 발생하는 침출수에 대한 효율적인 처리방안의 하나로서 도시하수처리장의 가정하수와 병합하여 처리하는 방법으로서 침출수와 하수의 병합처리에 대한 처리가능성 여부에 대하여 서울시 난지도 폐기물 매립지에서 발생된 침출수와 서울시 중랑하수처리장으로 유입되는 가정하수에 대하여 실험한 결과는 다음과 같다.

2.2.1. 하수의 분석결과

서울시의 가정하수가 유입되는 중랑하수처리장의 유입하수를 채취하여 분석한 하수의 수질분석 결과는 Table 3-1과 같다.

중랑하수처리장으로 유입되는 서울시 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 2.3~8.9mg/L를 나타내고 있다. BOD/COD비가 0.42에서 0.65로 평균적으로 0.51을 나타내고 있으며, BOD : N : P가 100 : 23.1 : 5.8로서 BOD에 비해 질

Table 3-1. Characteristics of sewage in Chung-nang sewage treatment plant

Constituents	Range	Average
Temp(°C)	3~7	5.0
pH	6.9~7.3	7.2
DO	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 ₄ -N	8.6~31.9	18.9
NO ₃ -N	0.0~0.1	0.1
T-P	2.3~8.9	5.8
CL ⁻	60.2~116.8	100.5

소(N)와 인(P)이 다량으로 존재하고 있다.

2.2.2. 혼합폐수(침출수 + 하수)의 수질분석결과

도시폐기물 매립지에서 발생된 침출수를 중랑하수처리장에서 채취한 가정하수에 유량비로 5%, 10%, 30%, 50%로 혼합하여 연속회분식 활성슬러지 반응조로 주입하였다.

도시하수에 폐기물 매립지 침출수를 유입시킨 혼합폐수의 수질분석결과는 Table 3-2와 같다.

난지도 매립지에서 발생하는 실제 침출수와 서울시 중랑하수처리장으로 유입되는 가정하수를 채취하여 유기물 제거효율을 중심으로 침출수의 함유량을 서로 다르게 실험하여 Fig. 3-4과 같은 결과를 구하였다.

침출수와 하수의 병합처리에 관한 최근의 국내의 연구²⁰⁾에서 보듯이 암모니아, 염분 등 기타 무기염류가 많이 포함된 폐기물 매립지의 침출수와 일반적으로 생물학적 분해가 용이한 도시가정하수와의 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 낮은편이며²¹⁾, 도시하수처리장에 유입되는 침출수의 발생량이 하수량에 비해 상대적으로 많지 않으므로 처리장 운영과 관리에 큰 지장을 초래하지 않을 것으로 사료된다.

본 논문에서는 침출수와 하수의 병합처리시 침출

Table 3-2. Characteristics of combined wastewater 1
(Raw leachate + sewage)

(unit: mg/L)

Constituent	Raw sewage		Combined wastewater			Raw leachate
	0%	5%	10%	30%	50%	100%
Temp(°C)	5.0	5.0	4.5	5.0	5.0	43.0
pH	7.2	7.0	7.1	7.1	7.2	7.8
DO	2.4	2.8	2.5	2.6	2.0	0.5
BOD	98.1	128.9	132.9	171.0	210.2	317
COD	192.5	261.3	315.7	556.4	789.4	1395
TSS	21.3	20.0	19.9	18.1	16.3	8.0
T-N	23.1	120.8	228.6	649.7	1009.5	2099.4
NH ₃ -N	18.9	89.4	160.8	461.6	763.5	1411.2
NO ₃ -N	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7
T-P	5.8	4.8	4.8	4.6	4.5	3.8
Cl ⁻	100.5	248.0	485.2	1025.9	1806.0	2917.3
BOD/COD	0.51	0.49	0.42	0.31	0.27	0.22

수가 기질제거에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 침출수 함유량을 50%까지 주입하였다. 유기물(COD) 제거율이 실험결과에서 보듯, 침출수 함유량이 5%일 때 86.6%, 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

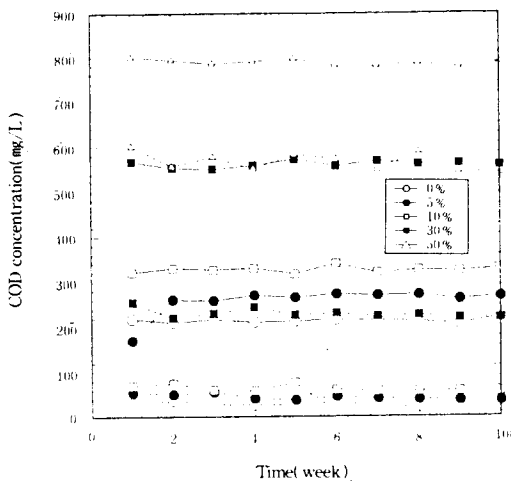


Fig. 3-4. Chronological COD variation of combined wastewater 1 by mixed ratio

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

또한, 침출수 10%가 함유된 혼합폐수에 대해 반응조의 처리시간(treatment time)에 따른 기질 제거율을 살펴본 결과 처리시간이 증가함에 따라 기질 제거율이 증가하며 80%이상의 제거율을 얻기 위해서는 12시간 이상의 처리시간이 필요한 것으로 나타났다.

또한 인공침출수의 결과를 비교해 볼 때 기질제거율이 낮은 것은 인공폐수의 경우 유입기질의 대부분이 미생물이 이용하기 쉽다는 측면과 함께, 각 반응조에 유입되는 유기물 부하가 높아 미생물에 의한 기질제거율이 향상되는 것으로 판단된다.

2.3. 연속회분식활성슬러지공법을 이용한 침출수와 하수의 병합처리 2(전해처리침출수와 하수의 병합처리)

도시폐기물 매립지에서 발생하는 침출수를 전해전처리한 후 전해처리한 침출수를 가정하수에 유량비로 5%, 10%, 30%, 50%로 혼합하여 연속회분식 활성슬러지 반응조로 주입하였다. 혼합폐수 2의 수질분석결과는 Table 3-3과 같다.

난지도 매립지에서 발생하는 침출수를 전해전처리한 후 서울시 중랑하수처리장으로 유입되는 가정하수를 채취하여 유기물 제거효율을 중심으로 침출수

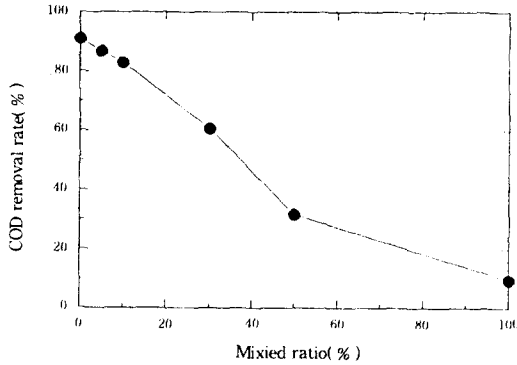


Fig. 3-5. COD removal rate of combined wastewater 1 by mixed ratio

의 함유량을 서로 다르게 실험하여 Fig. 3-6과 같은 결과를 구하였다. 본 논문에서는 침출수와 하수의 병합처리시 침출수가 기질제거에 미치는 영향을 살펴 보기 위하여 침출수 함유량이 50%까지 주입하였다. 유기물(COD)제거율이 Fig. 3-7에서 보듯, 침출수 함유량이 5%일 때 87.8%, 10%일 때 84.3%, 30%일 때 78.0%, 그리고 50%일 때 68.9%로 침출수량이 증가함에 따라 약간씩 감소하는 경향을 나타내고 있다.

또한 침출수 10%가 함유된 혼합폐수에 대해 반응조의 처리시간(treatment time)에 따른 기질제거율은 체류시간이 증가함에 따라 기질제거율이 증가하며

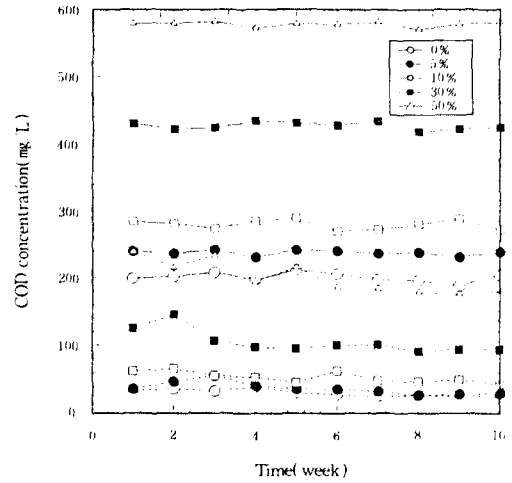


Fig. 3-6. Chronological COD variation of combined wastewater 2 by mixed ratio

80%이상의 제거율을 얻기 위해서는 8시간 이상의 처리시간이 필요한 것으로 나타났다.

IV. 결 론

우리나라의 경우 기존에 설치된 대부분의 매립지는 위생매립에 의한 안정된 처분이라기 보다는 투기(dumping)에 의한 처리라고 볼 수 있으며, 매립지

Table 3-3. Characteristics of combined wastewater 2 (Electrolytic treated leachate(ETL) + sewage)

Constituent	Combined wastewater 2					ETL	Raw leachate
	Raw sewage	0%	5%	10%	30%		
Temp(°C)	5.0	4.8	4.6	4.9	5.0	52.8	17.0
pH	7.1	7.0	7.2	7.4	7.5	7.9	7.8
DO	2.5	2.8	2.5	2.6	2.8	2.9	0.7
BOD	96.5	118.6	126.5	187.0	210.2	324.0	233.5
COD	200.1	248.3	274.7	436.4	536.5	865.8	1350.2
TSS	20.1	23.1	29.9	30.1	36.5	53.2	8.1
T-N	19.8	95.6	165.2	449.8	739.5	1452.8	2038.2
NH ₃ -N	17.6	89.4	150.8	361.6	698.5	1146.7	1796.8
NO ₃ -N	0.1	1.9	3.1	7.8	12.1	24.5	0.80
T-P	5.7	5.6	4.4	4.3	3.9	2.1	5.9
Cl ⁻	98.5	238.5	474.3	1011.5	1544.2	2764.0	2659.1
BOD/COD	0.48	0.48	0.46	0.43	0.39	0.37	0.17

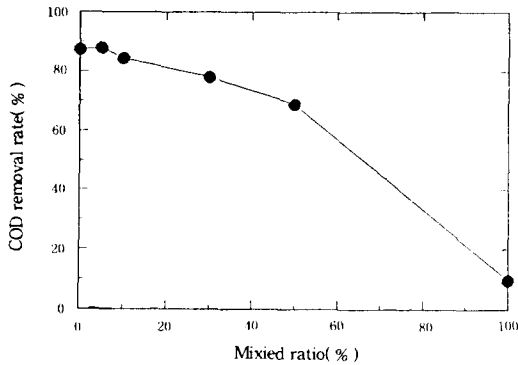


Fig. 3-7. COD Removal rate of combined wastewater 2 by mixed ratio

에서 발생하는 침출수에 대한 처리 또한 침출수 처리시설이 미비하거나, 제대로 가동되고 있지 않음으로써, 그로 인한 이차오염이 가중되고 있는 상황이다.

이러한 시점에서 폐기물 매립지에서 발생하는 침출수에 대한 적절한 처리방법의 강구는 매우 중요한 문제라고 하지 않을 수 없으며, 본 논문에서는 매립지내 현장처리로서 침출수의 특성에 따른 물리화학적, 생물학적 처리가능성(treatability of leachate)을 중심으로 적합한 처리공정의 선정과 함께 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.

이상과 같이 폐기물 매립지에서 발생하는 침출수에 대한 효율적인 처리방안으로서 대상침출수의 성상을 분석하고, 전해전처리를 수반한 생물학적 처리방법에 의한 침출수의 처리성평가(treatability)를 통하여 도시폐기물매립지에서 발생하는 침출수와 하수의 병합처리하기 위한 실험 결과 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 서울시 난지도 폐기물 매립지에서 발생하는 침출수의 수질성상과 매립경과시간별 수질변화에 대한 조사결과는 다음과 같다.

1. 본 연구에 사용된 대상 침출수의 성상은 pH 7.5~8.2, BOD 80~336mg/L, COD 908~1460mg/L, NH₃-N 1,409~2,330mg/L, T-P 2.7~7.1mg/L, 색도(color) 899~1,750unit의 범위를 나타내고 있으며, 중금속류는 납(Pb)이 0.2~3.2mg/L, 철(Fe)이 0.5~1.3mg/L, 그밖은 미량이 검출되었다. 본침출수는 BOD/COD비가 0.2이하로 낮고, pH가 약알칼리성인 것으로 보아 매립경과년수가 중기 이후인 메탄형성단계의 침출수의 수질특성을 나타내고 있다.
2. 시간경과에 따른 침출수의 수질성상변화는 약간의 변화를 나타내고 있는데, BOD와 색도, 그리고, COD 등은 약간씩 감소하고 있으며, NH₃-N는 다소간 증가경향을 보이다가 감소하고 있다. 둘째, 서울시 난지도 폐기물매립지 침출수를 대상으로 수행된 연속회분식활성슬러지공법(SBR)을 이용한 생물학적 처리성 평가결과는 다음과 같다.
 1. 연속회분식반응조(SBR)를 이용하여 중기이후의 매립지 침출수만의 생물학적 처리성 여부를 파악하기 위한 실험결과 인공폐수에 의한 기질 제거율은 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 침출수의 수량과 수질특성을 고려한 전처리 및 하수와의 병합처리방안이 강구되어야 할 것으로 판단된다.
 2. 실제 매립지 침출수와 가정하수를 대상으로 한 병합처리 실험결과 침출수 함유량이 5%일 때 유기물(COD) 제거율이 86.0%, 10%일 때 82.8%, 30%일 때 60.6%, 그리고 50%일 때 31.7%로 침출수량이 증가함에 따라 현저히 감소하는 것으로 나타났으며, 침출수 함유량 10%까지는 비교적 양호한 처리효과를 보이고 있다.
 3. 침출수로 인한 오염부하를 감소시키기 위한 처리방안의 하나로서 전해처리된 침출수를 하수와 병합처리한 실험결과 침출수 함유량이 5%일 때 유기물(COD) 제거율이 89.9%, 10%일 때 86.1%, 30%일 때 79.2%, 그리고 50%일 때 69.8%로 침출수량이 증가함에 따라 처리효율이 약간씩 감소하는 것으로 나타났으나, 전해전처리하지 않은 침출수를 처리했을 때와 비교하여 상당

히 양호한 효과를 나타냈으며, 침출수 함유량 30%까지도 비교적 양호한 처리효과를 나타내고 있다.

이상의 연구결과를 바탕으로 도시폐기물매립지에서 발생하는 침출수의 적정처리를 위한 방안은 침출수를 도시하수처리장으로 유입하여 하수와 병합처리하는 방안으로서 특히 침출수의 수질 특성을 고려한 전처리방법이 도입되어 병합처리하는 방안이 적절한 것으로 판단되며, 침출수내의 난분해성물질과 질소물질을 제거하기 위한 전처리로는 전해처리 및 오존처리, 그리고 펜톤산화 등의 화학적 산화법이 적당할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 환경부 : 전국폐기물 발생 및 처리현황('94), 1995.
2. 김수생, 성약창 : 도시폐기물 매립과 환경오염, 동아대학교 부설 환경문제 연구소 연구보고 7(2), 5-20, 1984.
3. 윤석표 : 난지도 매립지의 침출수에 의한 지하수 오염의 기여도 추정과 해석, 한국과학기술원 토목공학과 박사학위논문, 1994.
4. 최세영 : 쓰레기 매립지의 침출수에 의한 지하수 오염에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위논문, 1992.
5. 윤오섭 : 폐기물 성상분석과 매립장 침출수가 환경에 미치는 영향에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 8(2), 58-62, 1992.
6. 김광임 : 폐기물의 효율적 관리를 위한 경제적 수단 도입방안, 월간폐기물 제4호, 130-140 1995.
7. 김용우 : 난지도 매립지의 지하수 오염방지를 위한 침출수적정관리 방안에 관한 연구, 한국과학기술원 토목공학과 박사학위논문, 1995.
8. 송준상 외 7명 : 고형폐기물 매립지의 침출수에 관한 연구, 국립환경연구원보 제14권, 343-352, 1992.
9. 안문수 외 4명 : 국내 쓰레기 매립시설의 관리 실태조사, 한국폐기물학회지, 12(3), 340-352, 1995.
10. Kelly, W.E : Ground-water pollution near a landfill, JASCE, 102(EE6), 1189-1199, 1976.
11. R.D. Cameron : The effect of solid waste landfill leachate on receiving waters, JAWWA, 173-176, 1978.
12. Wei-Chi Ying : Integrated treatment of hazardous landfill leachate, 515-542, 1989.
13. M. Hosomi, et al. : Sequencing batch reactor activated sludge process for the treatment of municipal landfill leachate : removal of nitrogen and refractory organic compound, Wat. Sci. Tech. Vol. 21, 1651-1654, 1989.
14. 이병인 외 : 전해처리에 의한 매립지 침출수의 전처리에 관한 연구, 한국환경과학회지, 3(4), 417-425, 1994.
15. 환경처 고시 제91-85호 : 수질오염공정시험방법, 동화기술, 1991.
16. 일본하수도협회 : 일본하수시험법, 1984.
17. American Public Health Association : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16th edition, 1985.
18. Chain, E.S.K., and F.B. DeWalle : Sanitary Landfill Leachates and Their Treatment, J. EED, Proc. of ASCE, 102, EE2, 411-421, 1974.
19. Kelly, H.G. : Pilot Testing for Combined Treatment of Leachate from a Domestic Waste Landfill Site, J. WPCF, 59(5), 254-261, 1987.
20. U.S. EPA : Federal guidelines-State and local pretreatment program-, EPA-430/9-76-017a, E-10., 1977.
21. 건설기술연구원 : 하수도시설의 유지관리 개선방안에 관한 연구 -하수처리장을 중심으로- 1991.