

## 降雨時 衛生廢棄物 埋立地의 浸出水 舉動

裴一相 · 丁 權 · 金東一 · 申載英 · 鄭一鉉  
서울特別市保健環境研究院 · 檀國大學校 化學工學科\*

## The Behaviour of Leachate by Rainfall in Sanitary Landfill Site

Il-Sang Bae · Kweon-Jung · Dong-Il Kim · Jai-Young Shin · Il-Hyun Jung<sup>\*</sup>  
*Seoul Metropolitan Govern. Institute of Health and Environment.*  
*Dept. of Chemical Eng. Univ. Dangkook.*

### Abstract

Leachate is a result of the percolation of precipitation, uncontrolled runoff, and irrigation water into the landfill and can also include water initially contained in the waste as well as infiltrating groundwater. Behaviour of leachate by rainfall was studied to evaluate the variation of leachate generation and contaminants by rainfall in Sudokwon Landfill from January 1998 to October 1998. The quantity of leachate generated was measured with a flow meter, and the concentrations BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Cr</sub>, T-N, NH<sub>3</sub>-N, SS of leachate were also measured. Principal outcome obtained in this study are as follows: the quantity of leachate generated was the highest on August, the highest leachate generation volume in this period was 11,913 m<sup>3</sup> and the lowest was 6,261 m<sup>3</sup>. Although the similar amount of precipitation of 80mm applied to the two samples, there were difference in leachate generation due to precipitation duration, precipitation frequency, wet condition of solid wastes. As the result of regression analysis, the correlation coefficients(r) between the quantity of leachate generated and precipitation were 0.823, 0.976 between BOD<sub>5</sub> and COD<sub>Cr</sub>, 0.992 between T-N and NH<sub>3</sub>-N. As the quantity of leachate generated increased 48%, the concentration of BOD<sub>5</sub> and COD<sub>Cr</sub> decreased 51% and 50% respectively. Therefore it was showed that the pollutant concentrations in leachate were diluted by precipitation. The concentrations of BOD<sub>5</sub> and COD<sub>Cr</sub> in the rainy season were 2000~4000mg/l, 4000~6000mg/l respectively, and 1000~3000 mg/l, 3000~5000 mg/l in the dry season. The loading of SS, BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Cr</sub>(kg/month) on July was increased by 2.9 times, 2.8 times, 2.2 times with a basis on March. Therefore countermeasure of treatment facilities according to increase of loading by rainfall in summer is necessary.

**Key words** : Leachate, precipitation, duration, frequency, dilution

## I. 서론

인구증가와 고도의 산업화에 따라 폐기물 발생량이 증가하고 질적으로 악성화 되고 있으며, 그에 따른 매립 폐기물에 의한 침출수 발생과 유해가스로 인하여 인간의 건강 및 광범위한 생태계 파괴와 환경오염을 일으키고 있다. '96년도 쓰레기 발생량은 음식물 쓰레기, 종이류, 플라스틱류, 유리·초자, 금속류, 목재류 순으로 발생량이 많았으며, 정부의 적극적인 재활용 정책 추진 결과 분리 수거율은 26.7%에 달하며<sup>1)</sup>, 1인당 생활폐기물 발생량은 1.03kg/일·인으로 연탄재를 제외하면 952g/일·인이다<sup>2)</sup>. 폐기물 매립층에서 침출수 발생의 원인은 폐기물 자체의 수분과 강우에 의한 폐기물 매립층으로의 침투(infiltration) 및 침누(percolation)가 큰 부분을 차지한다고 볼 수 있다<sup>3)</sup>. 침투현상은 토양의 종류, 초기 함수량 등에 따라서 그 정도가 다르며, 매립지와 같은 비 포화흐름(unsaturated flow)에서는 중력뿐만 아니라 모세관 현상에 의한 힘(capillary force)에 의하여 폐기물 내에서 물이 움직이게 되며, 이것이 수직 및 수평으로 이동하면서 폐기물층 내의 공극을 포화시키게 된다. 즉 폐기물이 수분보유능력(field capacity) 이상으로 되었을때 침출수가 발생하게 된다<sup>4)</sup>. 침출수 발생량에 영향을 미치는 조건으로는 강우량, 지표수 유입량, 지하수 유입량, 관개수량, 복토상태 및 기초 토양상태 등 여러 가지 인자들이 있는데 그 중에서 주된 발생원은 강우량과 폐기물에 함유된 수분의 양으로써, 폐기물 매립층

내부로의 강우에 의한 적절한 수분공급은 매립지 내의 반응을 가속화시켜 안정화에 도움을 주는 역할을 하기도 한다. 우리 나라의 경우 연 중 건기와 우기가 뚜렷하여 침출수 발생량의 변화가 심할 것으로 예상된다. 현재 강우에 의한 침출수발생 등에 관한 체계적인 보고는 거의 없는 실정이다. 수도권 폐기물 매립지에서 발생하는 침출수는 우기와 건기시 강우의 변화폭이 큼에 따라 유량의 변동도 심하며, 수질성상의 변화도 커서 안정적인 처리에 어려운 점이 많이 있다. 이에 본 연구는 수도권 매립지에서 강우에 따른 침출수 유량 변동과 수질 변동의 특성을 파악하고 수질특성 유발인자들과 침출수 발생량과의 상관성을 파악함으로써 침출수의 안정적 처리를 도모하는데 그 목적이 있다.

## II. 연구방법

### 1. 매립지 개요

본 매립지는 경기도 김포군 양촌면과 인천광역시 검단동 및 검안동의 해안 간척지에 위치하고 있다. 부지면적은 약 408만m<sup>2</sup>, 5개공구로 구분 단계별로 사업시행 중이다. 1992년부터 수도권 지역에서 발생하는 폐기물을 단계(제1공구~제5공구)적으로 위생 매립하여 31년(1992년~2022년)이상 위생 매립할 계획으로 추진 중에 있으며, 현재 생활계 폐기물, 사업장계 폐기물, 기타 폐기물 등 1일 평균 22,000톤이 반입되고 있는 실정이다. 매립 중인 제 1공구는 상향 다짐매립(1단의 경우 하향 매립) 방식으로, 매립 단별 높이는 5m로서 쓰레

Table 1. The amount of loaded solid wastes by years. (unit : 10<sup>3</sup> ton)

Years Classification	'92	'93	'94	'95	'96
MSW	3,840	6,398	6,484	5,379	5,167
SSD	190	55	133	292	326
CSW	84	130	142	63	132
SS	605	514	628	788	905
ISW	86	286	218	178	147
Total	4,805	7,383	7,605	6,700	6,677

note) MSW : municipal solid waste. SSD : soil from sewage dredged.  
CSW : complexed solid waste. SS : sludge from sewage. ISW : industrial solid waste.

기 4.5 m, 복토 0.5 m이며, 총 8단의 매립 높이는 40 m이며, 쓰레기 다짐밀도는 0.9톤/m<sup>3</sup> 이고, 복토 방식은 CELL 방식으로 매일복토를 시행한다. 수도권 매립지에 매립되는 폐기물은 생활 폐기물, 하수 준설토, 일시에 다량으로 발생하는 폐기물, 상수 및 하수처리 슬러지, 사업장 폐기물 등으로 구분되며, 이 모두 침출수의 성상 및 농도에 영향을 미칠수 있는 폐기물이다. Table 1.은 현재 수도권 매립지에서 매립하고 있는 폐기물 중 침출수의 성상에 영향을 미칠 가능성이 있는 폐기물의 종류 및 매립량을 연도 별로 나타냈다.

'94년도와 '95년도의 생활폐기물(MSW)은 85%에서 77%로 감소했으며, 종량제 실시에 따른 '94년도 이후 생활 폐기물 매립량은 '94년도를 기준으로 '95년도에는 17%, '96년도에는 20.3% 정도 감소하는 경향을 보이고 있다.

### 2. 실험방법

인천시에 위치한 현재 매립 중인 수도권매립지의 제 1공구 침출수를 대상으로 하였으며, 시료채취는 '98년도 1월부터 10월까지 매주 2회씩 침출수 처리장 저류조에서 채취한 시료를 채수 즉시 실험실로 운반하여 실험하였다. 측정 항목은 BOD<sub>5</sub>, CODcr, SS, T-N, NH<sub>3</sub>-N이며, 측정 성분들의 분석방법 및 기기는 Table 2.와 같다. 침출수 유량은 주 펌프장 5개소에 각각 유량 적산계로 확인한 후 모두 합한 값을 사용했으며, 강우량은 기상청의 자료<sup>5)</sup>를 이용 하였다.

Table 2. Method and instrument for analysis of leachate.

parameter	Method & Instrument
SS	Total nonfiltrable residue at 103~105℃
BOD <sub>5</sub>	Modified Winkler method
CODcr	Open reflux method
T-N	Ultraviolet spetrophotometric method Model:DU-65, Beckman Inc.
NH <sub>3</sub> -N	Phenate(Spetrophotometric method) Model:DU-65, Beckman Inc.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 강우시 침출수 유량의 변동

매립지에서 침출수 발생은 많은 인자에 영향을 받는데, 일반적으로 유효 수자원(availability of water), 매립지 표면상태(landfill surface condition), 폐기물 및 토양상태(refuse & underlying soil condition)에 의해서 결정된다고 한다<sup>6)</sup>. 유효 수자원은 침출수 발생원이 되는 총 수량을 말하며, 이에 미치는 인자로는 강우량, 표면 유입 수량, 지하 유입 수량, 관개 수량, 폐기물 분해 수분 및 기타 액상 폐기물 등을 들 수 있다. 매립지 표면 상태는 강우나 표면 유입수가 매립지에 실제 유입되는 유량에 영향을 미치는 현장 조건이며, 이에 미치는 인자로는 폐기물 및 기저 토양의 수분 저장 능력과 침투 등이 있다. 이 외에도 운영 및 매립 방법 등에 의해서도 침출수 발생량이 달라질 수도 있으며, 폐기물 매립시 다짐 정도가 침출수 발생량에 상당한 영향을 미친다<sup>7)</sup>.

Fig. 1.에서는 7~8월달의 강우에 따른 침출수 발생량 변화를 나타내었는데, 강우가 있을 때와 없을 때의 침출수 발생량은 현격한 차이를 보이고 있다. 강우가 집중적으로 내린 8월달의 최대 침출수 발생량(8월 9일)은 11,913 m<sup>3</sup>/d이었으며, 강우 전 7월 말의 침출수 발생량(7월 28일)은 6,261 m<sup>3</sup>/d로 차이가 약 2배정도 났다. 이와 같이 강우량은 침출수 발생량에 가장 큰 영향을 미치는 인자중의 하나라는 것을<sup>8)</sup> 감안하여 최대 침출수 발생량에 따른 저류조의 확충도 필요하다고 사료된다.

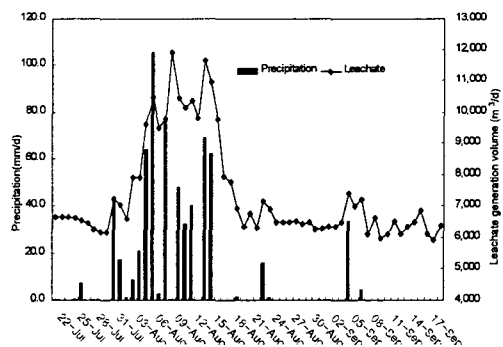


Fig. 1. Variation of the amount of leachate generation according to precipitation.

Fig. 2.는 장마철이 아닌 5월달에 강우와 침출수 발생과를 비교하기 위해서 일 단위로 나타낸 그래프이다. 일본의 일반폐기물 매립지(cell 방식)의 경우 강우가 44 mm정도 왔을 때 침출수량은 2.8 m<sup>3</sup>/s에서 최대 8.4 m<sup>3</sup>/s로 증가 했고, 강우가 내리기 시작한 후 불과 20시간만에 최대로 됐다고 보고된 바 있다<sup>9)</sup>. 수도권 매립지의 경우도 마찬가지로 5월 2일경 56.6 mm의 강우가 발생한 시점에서 하루가 경과되기 전에 일본의 일반폐기물 매립지의 경우와 비슷하게 침출수 발생량이 증가하는 것을 알 수 있는데, 이것은 현재 수도권 매립지의 매립고가 30~39 m 정도 되기 때문에 이층을 강우가 단시간 내에 균등하게 침투한다고 가정할 경우 대부분의 강우가 침출수로 발생될 것이다. 그러나 실제로는 그렇지 않고, 강우는 매립층의 일부분을 流下하기 쉬운 몇 군데부터 단시간 내에 流下한다고 할 수 있으며, 매립지의 우수 배제 시설이 역할을 다하지 못하고 있다는 것으로도 해석할 수 있다. 또한 매립지 각단(현재 총 7단)사면 이격 구간에 설치된 침출수 차집관로는 침출수를 원활하게 차집하여 침출수의 사면 누출방지와 제방의 안전성에는 도움을 주나 강우시에는 침출수 발생량을 증가시키는 원인이라는 보고도 있다<sup>10,11)</sup>. 한편 5월 11일과 12일에 약 10 mm 정도의 약한 강우시에도 침출수 발생량 증가율은 12.6% 정도 증가하였는데, 이는 이들 강우 9일전에 56.6 mm의 강우로 폐기물 매립층은 비교적 습윤상태로 되어 있었기 때문이라고 사료된다. 이는 長谷川信夫 등<sup>12)</sup>

이 조사한 것과 비슷한 결과이다. 5월달 중 비교적 강우량이 많았던 5월 2일과 16일의 강우에 의한 침출수 발생량의 영향을 살펴보면 공통적으로 계속 감소하다가 비온뒤 5일째부터 다시 증가하여 6일째를 정점으로 다시 감소하는 경향을 나타내고 있는데, 강우후 2차 피크가 나타나는 이유는 강우가 부분적으로 침투하는 것이 아니라 전반적으로 복토재를 침투하여 매립지 내부를 流下하면서 침출수화 되었기 때문이라고 추측할 수 있다.

Fig. 3.에서 강우가 약 80 mm 정도 내렸을 경우 강우량에 대한 침출수 발생량의 비를 살펴보면 6월 25일은 1.9%이고 9월 21일은 2.3% 정도였다. 후자의 경우 5일 전에 약 20mm 정도의 강우로 폐기물 매립지가 비교적 습윤상태에 있었기에 침출수 발생량의 비가 높은 것으로 추정된다. 강우가 내린 날(6월 25일, 9월 21일)과 바로 그 전날과의 침출수 발생량을 비교하기 위해서 전일 침출수 증가율을 구했는데 각각 18.8%와 23.1%를 나타내었으며, 이는 비슷한 80mm 정도의 강우라 할지라도 위에서 언급한 바와 같이 폐기물의 습윤상태에 따라서 차이가 난다는 것을 알 수 있었다.

강우 강도에 따른 침출수 발생량의 변화를 Table 3.에 나타내었다. Table 3.에서 강우량이 1.0 mm 미만은 제외 시켰다. 전반적으로 강우량이 증가함에 따라서 침출수 발생량이 증가함을 알 수 있는데, 평균 침출수 발생량이 가장 많은 8월의 경우를 살펴보면 총 강우량이 568 mm로 년 중 최고이며, 10 mm 이상일 경우 침출수 발생량과 50~100 mm일 경우 침출수 발생량과의 차를 보면

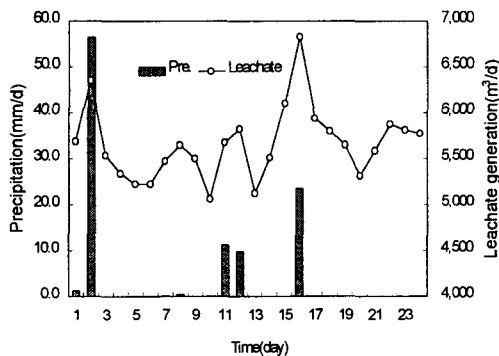


Fig. 2. Variation of the quantity of leachate generated according to precipitation on May.

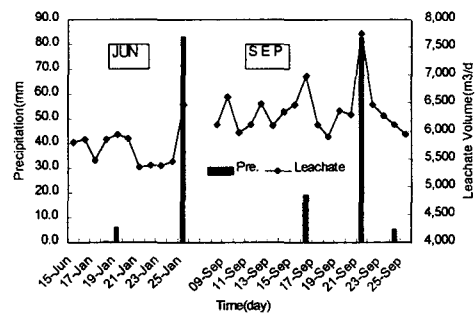


Fig. 3. Variation of the quantity of leachate generated in case of 80 mm precipitation.

Table 3. The result of average monthly leachate generation volume according to precipitation in Sudokwon Landfill in 1998.

Months	5		6		7		8		9		10		Ave.
	Class.	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
≤10mm	2	5,658	4	5,803	5	7,516	5	7,562	3	6,520	2	6,842	6,650
10~50mm	2	6,254	4	6,072	8	8,394	6	8,837	3	7,652	1	6,017	7,204
50~100mm	1	6,348	1	6,474	1	8,361	4	10,496	1	7,756			7,887
≥100mm							1	10,466					10,466
Ave.		6,087		6,116		8,090		9,340		7,309		6,430	

note) Class.: Classification. Ave.: Average. A: generation frequency. B: average monthly leachate generation(m<sup>3</sup>/month).

2934 m<sup>3</sup>/month이며, 10 mm 이상 강우시 침출수 발생량을 기준으로 50~100 mm의 강우시 침출수 증가율은 38.4%가 증가하였다. 평균 침출수 발생량이 가장 적은 5월달의 경우를 살펴보면, 총강우량은 187 mm이며, 10 mm 이상일 경우 침출수 발생량과 50~100 mm일 경우 침출수 발생량의 차는 690 m<sup>3</sup>/month 정도로 강우량이 10 mm 이상일 때에 비해 10.9%가 증가하였다. 이와 같이 5월과 8월에 침출수 증가율이 각각 10.9%와 38.4%로 차이가 많이 나는 이유는 총 강우량과 강우 발생 빈도(frequency), 강우 강도(intensity), 강우 지속 기간(duration), 폐기물의 습윤상태에 따라서 차이가 많이 나는 것으로 판단된다. 즉 5월의 강우 지속 일수는 2 days 인데 비해 8월의 강우 지속 일수는 8 days로서 강우 지속 일수에 따라서도 침출수 발생에 영향을 준다. 일부 강우량에 따른 침출수 발생량이 역전되는 경우가 있는데 이는 발생빈도와 연관성이 있는 것으로 사료된다.

Fig. 4.는 월별 강우와 침출수와의 관계를 나타내었는데, 건기인 1월~3월의 월평균 침출수 발생량은 4931 m<sup>3</sup>/month이며, 우기인 6월~8월의 월평균 침출수 발생량은 7450 m<sup>3</sup>/month로써 침출수 발생량이 뚜렷한 차이를 보이고 있으며, 건기기준 우기의 침출수 증가율이 51.1%에 달했다. 건기에 비해 우기의 침출수 발생량에 영향을 미치는 조건으로는 강우량, 지표수 유입량, 지하수 유입량, 관개수량, 복토상태 및 기초 토양 상태 등 여러 가지 인자들이 있는데 그 중에서 주된 요인은 강우량으로써<sup>10)</sup> Fig. 4.에서와 같이 6~8월에 강우량이

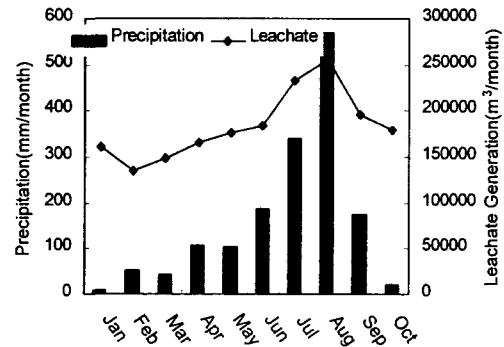


Fig. 4. Relationship between average monthly leachate flow and precipitation.

증가함에 따라서 침출수 발생량이 급격하게 증가하는 것을 알 수 있다. 독일의 경우 다짐정도(compaction)에 따른 침출수 발생량을 살펴보면 매우 다짐된 매립지(steel wheel compaction; r ≥ 0.7 t/m<sup>3</sup>)와 다짐이 덜 된 매립지(crawler tractor; r < 0.7 t/m<sup>3</sup>)에서 침출수 발생량은 각각 년 강우량의 12~30%, 20~60% 정도를 나타내고 있다<sup>13)</sup>. 수도권 매립지의 경우 1~10월까지 총 강우량은 1601 mm이며, 침출수 발생 총량은 1,816,187 m<sup>3</sup>으로서, 년 강우량에 대한 침출수 발생량의 비율은 27.8%에 달했다. 이는 수도권 매립지의 쓰레기 다짐 밀도가 0.9 t/m<sup>3</sup>으로서 비교적 높은 편이기 때문에 위에서 언급한 20~60% 범위의 하한선에 위치하며 침출수 발생량이 비교적 낮게 나타났음을 알 수 있다. 또한 10월 말까지만 고려한 것이어서 11월과 12월을 포함한 1년을 기준으로 고려

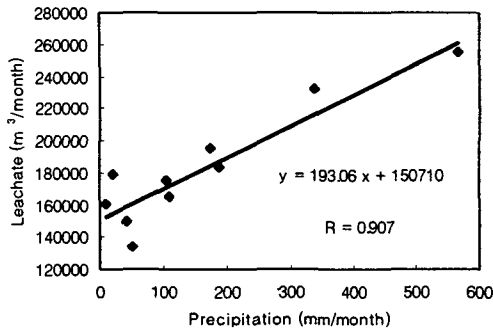


Fig. 5. Relationship between average leachate flow and precipitation in 1998.

할 경우 침출수 발생량 비율은 27.8%보다 더 낮아질 것으로 판단된다.

Fig. 5.에서 강우량과 침출수 발생량과의 상관계수(correlation coefficient; r)는 0.907로서 상당히 높은 상관성을 나타내고 있으며, 침출수 발생량은 강우량에 가장 크게 영향을 받는다는 사실이 다시 한번 입증되었다. 결정계수(coefficient of determination; r<sup>2</sup>)는 회귀식이 나타낼 수 있는 분산 비율로서 0.823정도 되는데, 회귀식  $Y = 193.06X + 150710$ 에서 82.3%는 설명이 가능하기 때문에 높은 신뢰성을 나타냄을 알 수 있다.

## 2. 강우시 침출수 수질 특성

침출수는 매립된 상태의 폐기물이 안정화 되는 과정 즉 변환기, 유기산 형성기, 메탄발효기, 최종안정기의 단계에서 우수나 지하수 등이 침투함에 따라서 폐기물 중에 함유되어 있는 물질이나 이들 물질의 반응에 의하여 생성된 물질이 침출수에 함유되어 발생하게 된다<sup>14)15)</sup>. 따라서 침출수의 성상과 농도는 매립지에 따라 상당한 차이를 보이며 매립되어지는 폐기물의 매립량, 종류, 매립 경과 시간, 기후 특성, 토양의 흡착 특성에 따라라도 변화가 심하다<sup>16)17)</sup>.

Fig. 6.과 Fig. 7.은 강우가 제일 많이 왔던 8월 달에 침출수 발생량에 따라서 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Cr</sub>, T-N, NH<sub>3</sub>-N가 침출수 발생량에 따른 변화를 보여주고 있다. 두 그림 모두 침출수 발생량이 점점 증가함에 따라서 침출수 농도가 점점 감소함을 알 수 있으며, 반대로 침출수 발생량이 점점 감소함

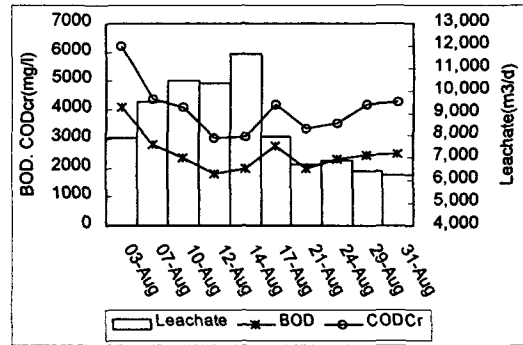


Fig. 6. The distribution of concentrations of BOD and CODcr.

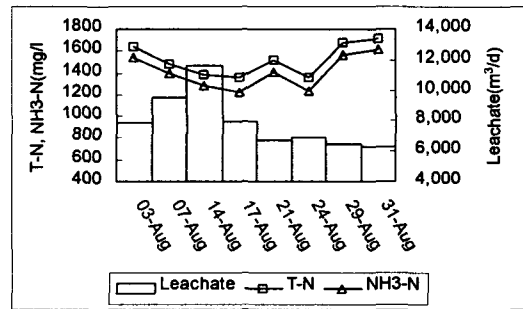


Fig. 7. The distribution of concentrations of T-N and NH<sub>3</sub>-N.

에 따라서 농도는 서서히 증가하는 반 비례적인 경향을 나타내고 있다. Fig. 6.의 경우 침출수발생량에 반 비례적으로 BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Cr</sub>의농도가 3일에는 4080 mg/l에서 12일에는 최저농도인 1800 mg/l으로 약 2.3배 정도 떨어졌다. 14일 이후에는 침출수 발생량의 감소로 인하여 농도가 증가하는 경향을 보이나, 17일경의 급격한 농도증가 원인은 침출수 발생량의 급격한 감소에 따른 희석효과와 소멸로 해석 할 수 있다. Fig. 7.에서 침출수 발생량에 따른 T-N과 NH<sub>3</sub>-N의 농도 변화를 나타내었는데, Fig. 7.과 같은 경향이 나타났다.

'97년도 기준으로 생활 쓰레기 중 음식물이 차지하는 비중이 40.95%로<sup>18)</sup>, 침출수에서 함유된 질소 성분은 대부분 음식물 쓰레기로부터 기인된다고 할 수 있으며, 발생형태는 대부분 암모니아성 질소와 유기질소이고, 존재 형태는 매립 시간이 경과함에 따라서 변화한다. NH<sub>3</sub>-N/T-N는 '98년

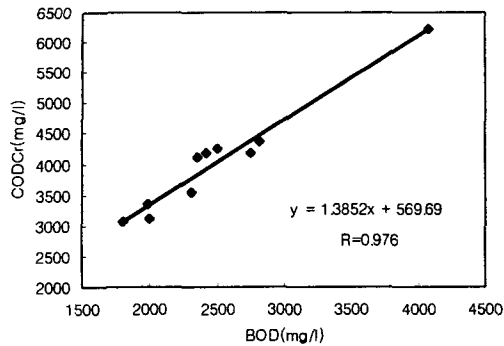


Fig. 8. The correlation of BOD<sub>5</sub> and COD<sub>Cr</sub>.

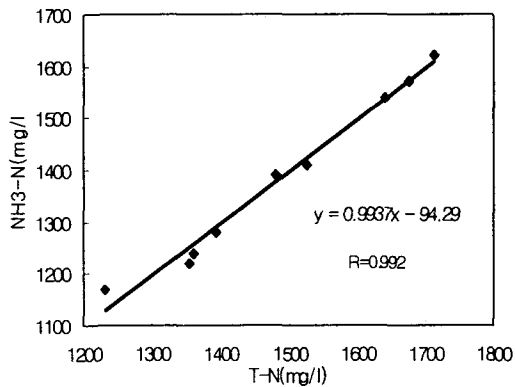


Fig. 9. The correlation of BOD<sub>5</sub>T-N and NH<sub>3</sub>-N.

도의 경우 평균 90% 이상을 나타낸다. 이는 대부분의 질소가 NH<sub>3</sub>-N의 형태로 존재함을 알 수 있는데, 매립지 내의 호기성 및 혐기성 미생물에 의하여 유기성 질소가 암모니아성 질소로 전환되었기 때문인 것으로 판단된다. Fig. 8과 Fig. 9는 BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Cr</sub>, T-N과 NH<sub>3</sub>-N의 상관관계를 나타내고 있으며, Fig. 6과 Fig. 7에서 유기 물질간의 상관성을 파악하기 위해서 나타낸 그래프이다.

BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Cr</sub>의 R값은 0.976이며, T-N과 NH<sub>3</sub>-N의 R값은 0.992로 상호간에 높은 상관성이 있음을 알 수 있다.

Table 4.는 8월 3일과 8월 14일을 비교해서 침출수 발생에 따른과 각각의 수질 parameter간의 관계를 나타내고 있는데, BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Cr</sub>의 농도 감소율은 51~50%정도인데 반해서 T-N과 NH<sub>3</sub>-N의 농도감소율은 약 16~17%로 침출수 발생량에 의한 농도 감소율이 BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Cr</sub>에 비해 1/3정도 수준이다. 또한 침출수 발생량이 48% 증가함에 따라서 BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Cr</sub>의 농도가 반비례적으로 각각 51%와 50%씩 감소함을 알 수 있었다. 즉 매립지 내의 침출수는 물리적, 화학적, 생물학적 반응에 의하여 여과, 침전, 공침, 흡착, 가스교환, 회석과 분산, 미생물 활동 등으로 침출수 중의 구성원소가 저감되는데<sup>4)</sup>, 강우시에는 물리적 작용중 회석작용이 지배적이라는 것을 알 수 있다. 한편 BOD<sub>5</sub>/COD<sub>Cr</sub>는 8월 3일과 8월 14일에 각각 0.66과 0.64로 큰 차이가 없으며, 일반적으로 생물학적 처리에 적당한 BOD<sub>5</sub>/COD<sub>Cr</sub>는 0.5 이상이므로 생물학적인 처리를 하는데는 적당한 비율이라고 사료된다.

침출수의 농도는 매립후의 시간경과에 따라서 변화되며, 일반적으로 4단계(변환기, 유기산형성기, 메탄 발효기, 최종 안정기)로 구분하여 침출수의 특성을 나타낸다<sup>15)19)</sup>. Table 5.에서 우기(6~8월)철의 강우량은 98년 11월까지의 총 강우량의 68.3%에 달하며, BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Cr</sub>의 농도는 각각 2000~4000 mg/l, 4000~6000 mg/l 로서 유기산 형성기에서 메탄 발효기 사이의 값을 나타내며, 건기철(6~8월을 제외한 달)의 경우 BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Cr</sub>의 농도는 각각 1000~3000 mg/l, 3000~5000 mg/l로

Table 4. Comparison of leachate generation(m<sup>3</sup>/d) and parameters(mg/l).

Items Days	Leachate generated**	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Cr</sub>	BOD <sub>5</sub> /COD <sub>Cr</sub>	T-N	NH <sub>3</sub> -N	T-N/NH <sub>3</sub> -N
8/3	7,898	4,080	6,215	0.66	1,641	1,540	0.94
8/14	11,662	2,000	3,105	0.64	1,380	1,280	0.93
Rate(%)*	48	51	50	3	16	17	1.1

note) \* : The rate of increase and decrease. \*\* : the quantity of leachate generated(m<sup>3</sup>/d)

Table 5. result of analysis at Sudokwon Landfill in 1998.

Items months	Leachate (m <sup>3</sup> /month)	SS		BOD <sub>5</sub>		CODcr		BOD <sub>5</sub> /CODcr
		Conc.	Load	Conc.	Load	Conc.	Load	
1	5181	406	2103	2880	14921	5497	28480	0.52
2	4788	219	1049	2404	11510	5018	24026	0.48
3	4810	173	832	1999	9615	4217	20284	0.47
4	5497	160	880	2390	13138	4460	24517	0.54
5	5654	189	1069	3333	18845	5677	32098	0.59
6	5694	293	1668	4006	22810	6630	37751	0.60
7	7504	320	2401	3623	27185	5924	44451	0.61
8	8223	130	1069	2450	20147	4081	33558	0.60
9	6513	130	847	2544	16570	4545	29604	0.56
10	5757	189	1088	1708	9834	3815	21964	0.45

note) Conc. : mg/l Load : kg/month

서 메탄 발효기의 값을 나타낸다. 즉 BOD<sub>5</sub>와 CODcr의 농도는 우기에는 약간 높은 경향을 나타내며, 건기철에는 약간 낮은 농도를 나타낸다. 이와 같이 현 매립지는 매립이 계속 진행되는 관계로 각종 수질 지표물질을 정확히 파악하여 예측하기란 어려운 일이며, 대부분의 침출수는 메탄발효기의 단계로 추정된다. BOD<sub>5</sub>/CODcr의 값은 침출수에 함유된 유기물질의 생분해성을 나타내는 지표 중의 하나로서, 이 값이 1에 가까우면 생분해성이 높으며, 0에 가까우면 난분해성인 유기물질이 많이 함유되어 있다고 볼 수 있다<sup>8)</sup>. Table 5.에서 우기철에 BOD<sub>5</sub>/CODcr의 비는 0.6정도이며, 건기철에 BOD<sub>5</sub>/CODcr의 비는 0.4~0.5정도로, 우기철에 비가 높은 이유는 강우로 인하여 매립된 폐기물에 함유되어 있는 미 분해성 물질 즉 생 분해성이 높은 물질이 안정화 과정을 거치지 못한 상태에서 침출수로 배출되었기 때문으로 판단된다.

Fig. 10.은 SS, BOD<sub>5</sub>, CODcr의 월 별 부하량 (kg/month)을 나타내고 있는데, 각각의 부하량이 모두 7월 달에 최고를 나타내고 있으며, 3월달에는 최저를 나타내고 있다. 최저 부하량인 3월의 SS, BOD<sub>5</sub>, CODcr은 각각 8,320 kg/month, 9,615 kg/month, 20,284 kg/month 이었으며, 최대 부하량인 7월의 경우 각각 24,010 kg/month, 27,185 kg/month, 44,451kg/month이었는데, 최저 부하량

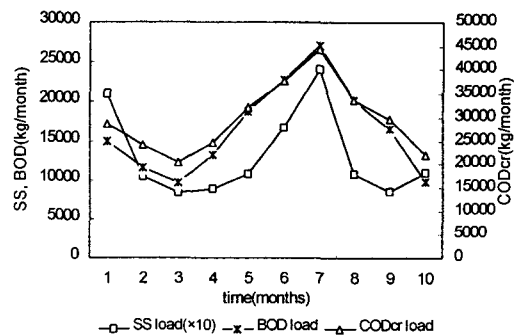


Fig. 10. Monthly loading variation of SS, BOD<sub>5</sub>, CODcr(kg/month).

을 기준으로 최대 부하량은 각각 2.9배, 2.8배, 2.2배 증가하였다. 이는 강우량이 많은 관계로 유기산 형성기와 메탄형성기 사이에서 충분한 체류 시간을 거치지 않고 강우가 침출수화 되기 때문으로 사료된다. 그러므로 여름철 부하량 증가에 따른 처리시설의 대책이 요망된다. 한편 8월달의 경우를 살펴보면 강우량과 침출수 발생량이 제일 많은데도 부하량은 7월달에 비해 낮은 이유는 강우에 의한 침출수의 희석작용이 지배적임을 알 수 있다. 이를 대비한 저류조의 확충도 필요할 것으로 사료된다.



## IV. 결 론

일반적으로 침출수는 강우의 침투, 배제되지 않는 표면 유출수 그리고 매립지 내로의 관개수의 침투에 의해 발생하고 또한 지하수 뿐만 아니라 폐기물 내에 함유되어 있는 초기 수분에 의해서 발생할 수 있다. 강우에 의한 영향을 연구하기 위하여 1998년 1월부터 10월 까지 수도권 매립지에서 강우에 의한 침출수 발생량과 농도의 변화를 조사, 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 월평균 침출수 발생량이 가장 많은 8월의 경우 최고 침출수 발생량은  $11,913 \text{ m}^3/\text{d}$ 이었고, 최저 침출수 발생량은  $6,261 \text{ m}^3/\text{d}$ 로서 그 차이는 약 2배이다. 최저 부하량인 3월을 기준으로 최고 부하량인 7월의 SS, BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Cr</sub>의 값은 각각 2.9배, 2.8배, 2.2배 증가하였으며, 우기철의 침출수 발생량 및 부하량 증가에 따른 처리시설의 대책이 요망된다.
2. 침출수 발생량은 비슷한 80mm정도의 강우 시라도 강우 지속 기간, 강우 발생 빈도, 폐기물의 습윤상태에 따라서 차이가 큰 것을 알 수 있었다.
3. 침출수 발생량과 강우와의 상관관계에서 r값은 0.823이었고, BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Cr</sub>의 r값은 0.976, T-N과 NH<sub>3</sub>-N의 r값은 0.992이었다.
4. 침출수 농도는 강우의 회색에 의해 침출수 발생량이 48% 증가함에 따라 BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Cr</sub>의 농도의 감소율은 각각 51%와 50%로 나타났다.
5. 우기(6~8월)철에 BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Cr</sub>의 농도는 각각 2,000~4,000mg/l, 4,000~6,000 mg/l로 유기산 형성기에서 메탄 발효기 사이의 값을 나타내었으며, 건기철에는 BOD<sub>5</sub>와 COD<sub>Cr</sub>의 농도는 각각 1,000~3,000 mg/l, 3,000~5,000 mg/l로 메탄 발효기의 값을 나타내었다.

## 참 고 문 헌

1. 환경부 : '96 전국 폐기물 통계조사. 1997.
2. 도갑수, 홍준식 : 한국의 생활폐기물과 미국의 도시 고형 폐기물의 특성 통계 자료 비교 연구. 한국폐기물학회지, 한페 98-4, 1998.
3. 鮮于仲皓 : 水文學 . 東明社, 1983.
4. George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil : Integrated Solid Waste Management. McGraw-Hill Inc, 1993.
5. 기상청 : 기상월보. 1998.
6. Bert Eichenberger, Robert Stearns : Leachate from Municipal Landfill. pp. 7~107.
7. Syed R. Qasim, Walter Chiang : Sanitary Landfill Leachate. Technomic Publishing Inc.
8. 수도권매립지 운영관리조합 : 쓰레기 및 침출수 발생처리 특성조사 연구용역 보고서. 1997.
9. 長谷川信夫, 千葉俊介, 鈴木宣孝 : 廢棄物 埋立地における雨水浸透能に関する調査研究. 第8回廢棄物學會研究發表會研究論文集(8), 1997.
10. 환경관리공단 : 시험분석부 실험 연구보고집. 1997.
11. 환경관리공단 : 수도권 매립지 침출수 처리장 운영현황 및 적정처리방안 연구 보고서. 1997.
12. 長谷川信夫, 諸橋雅幸 : 大澤利昭: 埋立處分地における降雨時の浸出水の舉動に関する調査研究, 第4回廢棄物學會研究發表會研究論文集(8), 1993.
13. R. Canziani, R. Cossu : Landfill Hydrology and Leachate Production. pp.185~187.
14. Christensen, T. H. and P. Kjeldsen : 2.1. Basic Biochemical Processes in Landfills. in T. H. Christensen, R. Cossu, and P. Stegmann (eds.) Sanitary Landfilling, Process, Technology and Environmental Impact, Academic Press, Harcourt Brace, Jovanovich, London, 1989.
15. Farquhar, G. J., F. A. Rovers : Gas Production During Refuse Decomposition. Water, Air and Soil Pollution, 2, 1973.
16. Ehrig, H. J. : Leachate Quality, in T. H. Christensen, R. Cossu, and P. Stegmann(eds.) Sanitary Landfilling, Process, Technology

- and Environmental Impact, Academic Press, Harcourt Brace, Jovanovich, London, 1989.
17. Paker, A. : Chapter 7. Behaviour of Wastes in Landfill-Leachate. Chapter 8. Behaviour of Wastes in Landfill-methane Generation. in J. R. Holmes(ed.) : Parctical Waste Management, John Wiley & Sons, Chichester, Emland, 1983.
18. 이동훈, 김용진, 권정안, 최기인 : 수도권 매립지 쓰레기 및 침출수 발생처리 특성조사 연구 및 쓰레기 성상 및 특성조사 연구, 서울시립대학교 환경공학센터 연구연보 (1), 1998.
19. Pholand, F. G. : Critical Review and Summary of Leachate and Gas Production from Landfills, EPA/600/S2-86/073, U.S. EPA Hazardous Waste Engineering Research Laboratory, Cincinnati. OH, 1987.