

## 매립장 침출수의 생물학적 난분해성물질 특성 규명

임봉수 · 박혜숙<sup>\*†</sup> · 김흥락<sup>\*\*</sup>

대전대학교 환경공학과

<sup>\*</sup>대전보건대학 환경보건과

<sup>\*\*</sup>충청남도보건환경연구원

## Characteristics of Non-biodegradable Substances in Landfill Leachate

Lim Bong-Su · Park Hye-Sook<sup>\*†</sup> · Kim Heung Rag<sup>\*\*</sup>

*Department of Environmental Engineering, Daejeon University*

*<sup>\*</sup>Department of Environmental Health, Daejeon Health Science College*

*<sup>\*\*</sup>Chung Nam Public Health and Environment Research Institute*

*(Received 15 March 2005, Accepted 16 May 2005)*

### Abstract

In order to determine the removal rate of non-biodegradable substances and the change of their structural properties, this study was carried out by an ozone-treatment experiment on leachate collected from the landfill area of D City in Chung chung nam-do and examined the change of the chemical properties of non-biodegradable substances.

The main elements of non-biodegradable substances in landfill leachate were benzene, toluene, trichloroethane, trichloroethylene, xylene, etc. and the concentration of toluene was 15.7 mg/L on the average, benzene 7.2 mg/L, trichloroethane 1.1 mg/L, trichloroethylene 0.75 mg/L and xylene 0.5 mg/L.

When leachate was treated with ozone for 10 min, 30 min and 60 min, UV absorbance was reduced with the increase of reaction time, and the reduction rate was 38.6% at 60 min. TOC was removed by 13.2% at 60 min. The low reduction rate of TOC may be because TOC reacts indirectly with OH radical produced from reaction with ozone while UV absorbance usually relies on direct reaction between organic matters and ozone molecules. Color was removed by up to 97%, which suggests that ozonation is highly effective in removing coloring elements in leachate.

Sixteen kinds of non-biodegradable compounds were found in the leachate and most of them had the characteristic of aromatic hydrocarbon. Among them dibutyl phthalate was identical with a substance included in the list of USEPA, which is classified as a mutagen that may cause the mutation of genes and disorders in chromosomes. In addition, 2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione, 1,2-Benzenedicarboxylic acid and butyl octyl ester were found to be similar to substances listed by USEPA.

According to the result of analyzing structural changes before and after ozonation using GC-MS, cyclic compounds and aromatic compounds were observed in the original water and aliphatic compounds were newly observed after ozonation. In addition, through ozonation, humic substances of high molecular weight were oxidized and decomposed and produced low-molecular compounds such as aldehyde, ketone and carboxyl acid and highly biodegradable aliphatic carbon, which suggests the bio-degradability of non-biodegradable substances.

**keywords** : Non-biodegradable substances, Ozone treatment, Landfill leachate

### 1. 서론

급속한 경제발전에 따른 인구의 도시 집중화와 생활수준의 향상은 환경오염 물질의 대량방출 현상을 초래하였고, 인간의 생활을 편리하게 하기 위하여 개발 되어진 여러 종류의 합성화학물은 환경오염을 더욱 가속화하여 인류의 건강과 자연 생태계를 위협할 정도의 수위까지 그 위험도가 증가하고 있다(이, 1993; 환경처, 1995).

특히, 우리나라 매립지에서 발생하는 침출수는 성분이 다

양하고 생물학적 처리방법으로 잘 처리 되지 않는 난분해성물질이 다량 함유되어 있어 정부에서는 폐기물 매립장 침출수 처리시설의 COD 항목 규제를 추가함은 물론, 난분해성물질에 대한 불확실성 제거를 위해 기타 폐수에 대해서도 난분해성물질 규제를 강화하고 있는 실정이다.

매립장 침출수의 난분해성물질 처리는 생물학적 처리 공정을 거쳐서 처리하는 것이 일반적인 추세인데, 이 같은 처리공정에서 생물학적 난분해성물질(Non Biodegradable COD : NBDCOD)은 완전히 제거되지 않아 방류수에 상당한 색도를 지닌다. 이러한 색도를 유발하는 생물학적 난분해성물질의 제거 공정은 현재까지 물리, 화학적 처리공정으

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
hspark@hit.ac.kr

로서 Chemical Precipitation(Lime, Alum, FeCl<sub>3</sub>, Alum+Lime, FeSO<sub>4</sub>+Lime), Chemical Oxidation(O<sub>3</sub>, KMnO<sub>4</sub>, NaOCl, Ca(OCl)<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>), Activated Carbon, Exchange Ion, Osmosis Reverse 등 여러 가지 처리방법들이 있으나, 그중 오존 산화법은 다른 공법에 비하여 월등한 산화력 및 색도 제거 능력을 지니고 있어 humic acid와 같은 용존성 생물학적 난분해성유기물질을 쉽게 분해 시키므로 색도 제거에 탁월한 효율을 나타낼 수 있다고 보고하고 있다(이 등, 1998; 정, 1998; 최 등, 1998). 하지만, 오존처리를 통하여 생물학적 난분해성 유기물질이 산화, 분해 되어 변화되는 유기화합물의 구조를 밝혀 생물학적 처리 가능성을 제시한 연구는 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 난분해성물질이 다량 함유되어 있는 도시폐기물 매립장의 처리된 침출수를 분석하여 침출수 내에 함유되어 있는 생물학적 난분해성물질의 종류와 구조를 찾아내고 오존을 통하여 산화, 분해시킴으로써 오존처리에 따른 난분해성물질의 오존처리 효과와 그 특성을 분석하여 지금까지 난분해성물질이라고 규정되어온 매립장 침출수의 생물학적 처리가능성을 제시하고 나아가 난분해성물질의 처리공법 선정에 기초 자료로 제공하고자 한다.

## 2. 실험방법 및 장치

### 2.1. 시료

실험에 사용된 시료는 충남 D시의 폐기물 위생매립장에서 생물학적으로 처리된 침출수를 사용하였고 침출수의 오존처리 후의 특성변화를 조사하기 위해 침출수 7 L를 오존 접촉 반응조에서 반응시킨 후 SPE(Solid Phase Extraction)로 흡착 여과하여 분석하였다.

### 2.2. 오존처리 실험장치 구성 및 조건

오존 발생장치는 (주)원이기공사에서 제작한 KOP-002 Model로 무성방전법에 의하여 오존을 발생하며 공기를 원료로 하여 오존을 단계별로 0.5~2.5 g/hr로 생산할 수 있는 기기를 사용하였다. 기기의 구성은 오존발생장치, 오존 접촉반응조, 잔류오존흡수조로 구성되었다. 오존발생장치는 코로나 방전을 이용한 장치로 공급되는 공기의 1.0~1.4%를 오존으로 변환시키며, 방전관의 재질은 Borosilicate glass를 사용하였다. 오존접촉반응조는 투명한 아크릴판 재질을 사용하여 제작하였고, 반응조 밑 바닥에 설치된 Ozone diffuser는 오존을 20 μ 이하의 미세 기포로 만들어서 시료와 접촉 효율을 극대화 시키도록 하였고, Ceramic 재질을 사용하여 상향류로 유입시켰으며, 연결부위는 오존과의 반응이나 부식을 방지하기 위하여 테프론 튜브를 사용하였다. 잔류 오존 흡수조는 Stainless 재질로 제작하였고, 흡수조 내에는 활성탄을 충전하여 반응조에서 미처리되어 발생된 오존가스를 제거할 수 있도록 하였다.

### 2.3. 오존 측정 및 실험

오존 발생장치에서 발생하는 오존 농도를 측정하기 위해

Standard method(IOA 국제공인 측정법)에 의한 요오드 적정법을 실시하였다.

오존처리 전·후의 난분해성물질 구조변화를 조사하기 위해 폐기물 위생매립장에서 처리한 침출수를 채수하여 오존 접촉반응조에 넣은 후 오존을 5 mg/L로 주입하며 오존 접촉반응조에서 10 min, 30 min, 60 min동안 오존과 반응시킨 후 SPE로 흡착여과 하였다. 또한 여과된 시료에 헥산과 디클로로메탄을 8 : 2로 섞은 용매를 제조하여 25 mL로 추출 여과한 후 시료를 1 mL로 농축하여 GC-MS로 분석하였다.

### 2.4. 시료분석 항목 및 방법

오존처리 전, 후의 분자량에 따른 흡광도 변화를 조사하기 위해 UV흡광도 측정은 UV-Vis spectrophotometer (Varian Cary 300)를 사용하였고, 시료를 GF/C로 여과 후 분석 하였으며, 분석에 사용한 파장은 자외선 영역의 254 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도는 시료 당 20번씩 측정하여 평균한 값을 취하였다. 유기물 절대량 변화를 측정하기 위한 TOC는 TOC 분석기(Apollo 9000, Techmar-Dohrmann)를 이용하여 측정하였으며, 색도는 Direct reading spectrophotometer를 이용하여 455 nm에서 흡광도를 측정하였고 시료 당 5번씩 측정하여 허위 값을 제거한 후 평균을 구하였다.

오존처리에 따른 난분해성 유기물질 처리 효율과 분해특성에 따른 구조 변화를 조사하기 위해 침출수를 SPE로 흡착여과 하여 GC-MS(Varian saturn 2000)로 분석하였다. Fig. 1은 시료분석을 위한 전처리 및 실험과정을 도시한 것이다.

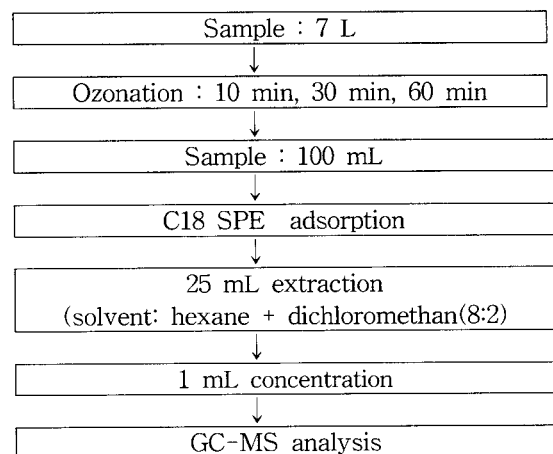


Fig. 1. A schematic diagram procedure.

## 3. 실험결과 및 고찰

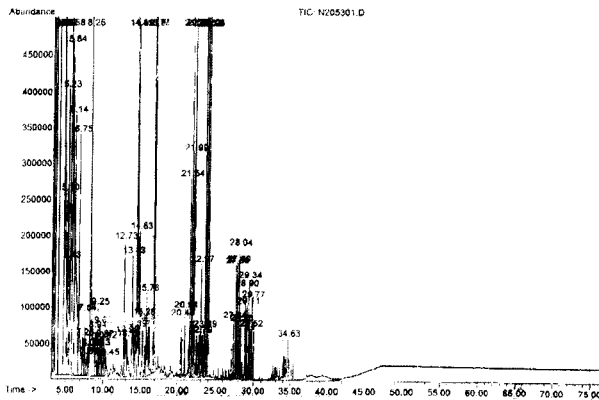
### 3.1. 매립장 침출수 성분 분석

침출수내의 난분해성물질 구성 성분을 조사하기 GC-MS로 Organic compound의 정성, 정량 분석을 2회 실시하였으며 duplicate 분석에 의해 Table 1과 같은 결과를 얻었다.

**Table 1.** Result analysis of leachate of GC-MS (Unit: mg/L)

Organics compound	Leachate 1	Leachate 2	Average
Benzene	7.95	6.51	7.23
Toluene	15.8	15.6	15.7
Trichloroethane	0.94	1.31	1.125
Trichloroethylene	0.86	0.63	0.745
Xylene	0.54	0.38	0.46

침출수의 난분해성물질 주성분은 벤젠과 톨루엔, 트리클로로에탄, 트리클로로에틸렌, 자일렌 등이 검출되었는데, 이중 톨루엔이 평균 15.7 mg/L로 가장 높게 검출되었고, 벤젠은 평균 7.2 mg/L, 트리클로로에탄은 평균 1.1 mg/L, 트리클로로에틸렌 0.75 mg/L, 자일렌 0.5 mg/L 순으로 검출되었다. 이 같은 결과는 강원도 춘천지역의 폐기물 매립장에서 톨루엔, 자일렌 등이 검출되었다고 보고한 김(2001)의 연구결과와 일치한다. 벤젠과 톨루엔, 트리클로로에탄은 USEPA에서 제시한 유기 독성물질과도 일치하는 항목으로 우리나라 침출수에도 난분해성 유기물질이 다량 함유되어 있는 것으로 확인됨은 물론 검출된 벤젠과 톨루엔, 자일렌은 방향족화합물인 벤젠의 유도체로서 발암물질로 분류하고 있는 물질이기 때문에 침출수의 안전한 처리 및 관리가 요구된다. Fig. 2는 시료를 GC-MS로 분석한 Chromatogram을 나타낸 것이다.



**Fig. 2.** GC-MS chromatogram of leachate.

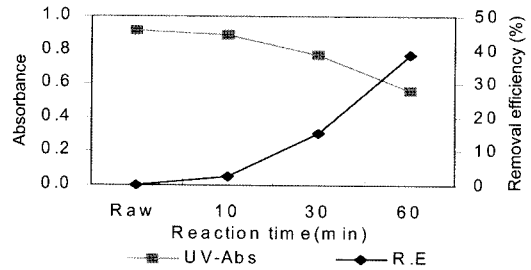
**3.2. 오존산화법에 의한 침출수의 유기물 처리효과**

**3.2.1. 오존처리에 의한 UV흡광도의 변화**

Table 2는 오존접촉시간에 따른 흡광도의 실험결과이고, Fig. 3은 이에 대한 제거효율을 도시한 것이다. 254 nm에서 UV흡광도를 측정한 결과 오존접촉 반응시간이 증가할수록 흡광도가 점차 감소하였고, 오존처리 10 min 경과 후에 약 2.5%의 감소율을 나타냈다. 20 min 경과 후의 흡광도 감소율은 15.4%로 약 2배 정도 증가했고, 반응시간 60 min이 되었을 때는 38.6%로 나타나, 이는 오존이 탄소-탄소의 이중결합과 직접 반응하여 분자 내 이중결합 성분을 효과적으로 제거해 유기물질이 감소한 것으로 판단되며, 이 같은 결과는 오존처리 후 시료중의 유기물량과 흡광도는 서로 상관관계가 있다고 보고한 최(1997)의 연구결과와 일치한다.

**Table 2.** Results of UV-abs by ozone reaction time

Division	Leachate	Ozone reaction time(min)		
		10	30	60
UV-abs	0.915	0.892	0.774	0.562
Removal(%)	0	2.5	15.4	38.6
pH	8.41	8.43	8.50	8.56



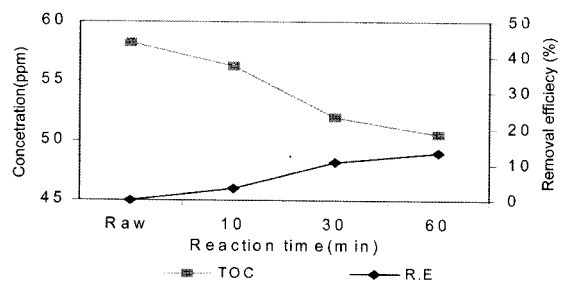
**Fig. 3.** Variation of UV-abs and removal efficiency by ozone reaction time.

**3.2.2. 오존처리에 의한 TOC의 변화**

Table 3은 오존접촉시간에 따른 TOC 제거효율을 나타내었고, Fig. 4는 이에 따른 결과를 도시한 것이다. 오존처리 후 침출수 유기물의 절대량 변화를 조사하기 위해 TOC를 측정된 결과, TOC 제거율은 오존 반응시간이 경과함에 따라 약간씩만 감소하는 경향을 보였는데, TOC 제거는 주로 알칼리성 영역에서 OH와 오존과의 반응으로 생성된 OH 라디칼과의 간접반응이 일어나므로 제거율이 낮게 나타난 것으로 판단된다. 이 같은 결과는 Lori(1997)의 연구결과와 일치하는 것으로 오존처리 후 생분해성 유기물질(BDOC)를 저감하는 생물처리 등을 실행하면 처리효율이 더 증가할 것으로 판단된다.

**Table 3.** Results of TOC by ozone reaction time

Division	Leachate	Ozone reaction time(min)		
		10	30	60
TOC(mg/L)	58.2	56.3	52.0	50.5
Removal(%)	0	3.3	10.7	13.2



**Fig. 4.** Variation of TOC and efficiency by ozone reaction time.

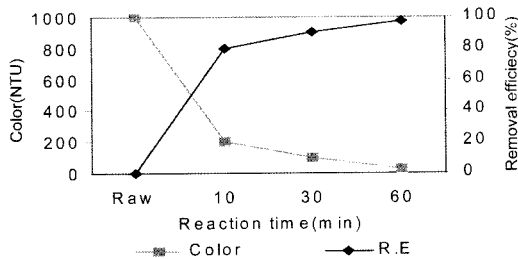
**3.2.3. 오존처리에 의한 색도의 변화**

Table 4는 오존접촉시간에 따른 색도 제거효율을 나타내었고, Fig. 5는 이에 따른 결과를 도시한 것이다. 454 nm에서 측정된 색도의 변화는 10 min에서는 80%, 30 min에

서는 90%, 60 min에서는 97%가 제거되어 오존처리에 의한 침출수의 탈색반응이 매우 빠르게 진행된다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 색도를 유발하는 난분해성물질의 색도 제거에 오존처리는 탁월한 처리방법의 선택이라고 판단된다.

**Table 4.** Results of color by ozone reaction time

Division	Leachate	Ozone reaction time(min)		
		10	30	60
Color(NTU)	1000	200	100	30
Removal(%)	0	80	90	97



**Fig. 5.** Variation of Color and removals efficiency by ozone reaction time.

**3.3. 오존처리 전 난분해성물질의 종류 및 화학적 특성**

Table 6은 오존처리 전 침출수의 난분해성물질 종류 및 화학적 특성을 나타낸 것으로 GC-MS로 분석한 결과 16종의 난분해성 Organic compound가 검출되었고, 검출된 물질의 대부분이 방향족 탄화수소(Aromatic hydrocarbon)이었다. 방향족 탄화수소는 석유를 촉매로 방향족화(탈수소화)하여 대량 생산되며 모든 공산품의 기초물질로 사용되기 때문에 합성화학 산업(Synthetic chemical industry)이 발달한 우리나라에서 산업화 부산물인 폐기물 침출수에서 다량

검출된 것으로 판단된다.

이중, Dibutyl phthalate는 USEPA(1989)에서 제시한 난분해성 독성물질로 유전인자의 돌연변이와 염색체 이상을 유발할 수 있는 변이원성 물질로 분류하고 있는 물질인데 이번 연구를 통하여 우리나라 침출수에도 함유되어 있는 것으로 확인되었다.

**3.4. 오존처리 후 난분해성물질의 화학적 변화**

오존처리 후 난분해성물질의 종류 및 화학적 특성변화를 확인하기 위하여 침출수를 60 min 동안 오존 접촉반응조에 산화 반응시킨 후 GC-MS로 분석한 결과 Table 7과 같이 Organics compound의 변화가 나타났고, 오존처리 전 16종이었던 유기화합물이 13종으로 감소하였다. 이 같은 결과는, 오존이 난분해성 Organics compound의 탄소-탄소 이중 결합, 방향족고리 등의 분자결합력이 약한 곳을 공격함으로써 탄소사슬 구조를 가지는 유기화합물의 결합을 끊고 산화시켜 알데히드와 단순유기물, CO<sub>2</sub>로 산화 분해 됨으로써 감소(Killops, 1986; Glaze et al., 1989; 박, 2004)한 것으로 판단된다.

**3.5. 오존처리 전·후의 난분해성물질 구조적 특성변화**

오존처리 전·후의 난분해성물질의 구조적 특성변화를 확인하기 위하여 침출수와 침출수를 60 min 동안 오존 접촉 반응조에 산화 반응시킨 후 GC-MS로 분석한 결과 Table 8과 같이 Organics compound의 structure 변화가 나타났다. 검출된 유기화합물을 탄소 고리구조를 가진 사이클로 화합물(Cyclic), 탄소가 사슬모양으로 결합한 지방족화합물(Aliphatic), 벤젠고리(벤젠핵)를 가지며 방향족성을 나타내는 방향족화합물(Aromatic) 등 3가지로 분류 하였을 때, 원수에서는 사이클로 화합물이 8종, 지방족화합물이 9종 검출되었고, 60 min 오존처리 후에는 지방족화합물이 1종,

**Table 6.** Chemical characteristics of nonbiodegradable of leachate before ozone treatment

No	Compound name	Formula
1	Hexadecanoic acid,(2-pentadecyl-1,3-dioxolan-4-yl)methyl ester	C <sub>35</sub> H <sub>68</sub> O <sub>4</sub>
2	Spiro[7H-cyclohepta[b]furan-7,2'(5'H)-furan]-2,5'(3H)-dione, octahydro-8-hydroxy-6,8-dimethyl-3-methylene-[3aS-(3a.alpha.,6.beta.,7.alpha.,8.beta.,8a.alpha.)]-	C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> O <sub>5</sub>
3	Ethanone, 1-(5,6,7,8-tetrahydro-2,8,8-trimethyl-4H-cyclohepta[b]furan-5-yl)-	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>
4	Tricyclo[6.3.1.0(1,5)]dodecan-9-ol,2-benzoyloxy-4,4,8-trimethyl-	C <sub>22</sub> H <sub>36</sub> O <sub>3</sub>
5	2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>
6	Butylated Hydroxytoluene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O
7	1b,4a-Epoxy-2H-cyclopenta[3,4]cyclopropa[8,9]cycloundec[1,2-b]oxiren-5(6H)-one, 7-(acetyloxy)decahydro-2,9,10-trihydroxy-3,6,8,8,10a-pentamethyl-	C <sub>22</sub> H <sub>32</sub> O <sub>8</sub>
8	(1,5,5,8-Tetramethyl-bicyclo[4.2.1]non-9-yl)-acetic acid	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>
9	4-(1,5-Dihydroxy-2,6,6-trimethylcyclohex-2-enyl)but-3-en-2-one	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>
10	3,4-Dihydroxy-5-methoxybenzaldehyde	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>
11	4-Oxo-.beta.-isodamascol	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>
12	Cyclopentanone,2-acetyl-3,3-dimethyl-2-(3-methylbutyl)-	C <sub>14</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>
13	2,7-Diphenyl-1,6-dioxypyridazino[4,5-2',3']pyrrolo[4',5'-D]pyridazine	C <sub>20</sub> H <sub>13</sub> N <sub>5</sub> O <sub>2</sub>
14	1,2-Benzenedicarboxylic acid, butyl octyl ester	C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O <sub>4</sub>
15	Dibutyl phthalate(n-Butyl phthalate), 1,2-Benzenedicarboxylic acid dibutyl ester, Phthalic acid dibutyl ester	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>
16	Aspartame	C <sub>14</sub> H <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

**Table 7.** Chemical characteristics of nonbiodegradable of leachate after ozone treatment

No	Compound name	Formula
1	Methane, triiodo-	CHI <sub>3</sub>
2	3.beta.,9.beta.-Dihydroxy-3,5.alpha., 8-trimethyltricyclo[6.3.1.0(1,5)]dodecane	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>
3	Anobin	C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> O <sub>5</sub>
4	7-Methoxy-2,2,4,8-tetramethyltricyclo[5.3.1.0(4,11)]undecane	C <sub>16</sub> H <sub>28</sub> O
5	2,5-cyclohexadiene-1,4-diome,2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>
6	Thiophene, 2,5-bis(2-methylpropyl)-	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> OS
7	Thiophene, 2-butyl-5-(2-methylpropyl)-	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> S
8	Thiophene, 2,5-dibutyl-	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> S
9	3,5-di-tert-Butyl-4-hydroxy benzaldehyde	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>
10	2,3,5,6-Tetrahydrocyclohexanone, 2,6-di-t-butyl-4-hydroxymethylene-	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>
11	Phenol, 2,6-di-t-butyl-4-nitro	C <sub>12</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>3</sub>
12	phenol, 2,4-di-t-butyl-6-nitro	C <sub>14</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>3</sub>
13	1,2,3,4-Tetrahydroisoquinolone, 6,7,8-trimethoxy-1,2-dimethyl	C <sub>14</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>3</sub>

**Table 8.** Construction variation and sub-product of compound to treatment time

Leachate		60 min Ozonation		
Cyclic			Aliphatic 	
			Aromatic	
		Aromatic 		

사이클로 화합물이 6종, 방향족화합물이 6종 검출되었다. 또한, 오존처리 후 침출수내 방향족화합물과 사이클로 화합물의 수가 감소하면서 지방족화합물이 새로이 검출되었는

데, 이것은 오존처리에 의하여 고분자량의 부식질이 산화 분해 됨으로써 알데히드, 카르복실산 등이 풍부하며 생물학적 분해가 용이한 지방족 탄소가 생성되어 전환된 것으로

판단된다. 이 같은 결과로 볼 때 난분해성 유기화합물질을 오존처리를 통하여 제거하면 일부 물질은 분해가 되어 제거되며, 일부물질들은 생물학적으로 분해가 가능한 물질로 전환됨을 실험을 통하여 확인하였다.

#### 4. 결 론

- 1) 매립장 침출수내 난분해성물질의 성분은 벤젠, 톨루엔, 트리클로로에탄, 트리클로로에칠렌, 자일렌 등으로 밝혀졌고, 평균농도는 톨루엔은 15.7 mg/L, 벤젠 7.2 mg/L, 트리클로로에탄 1.1 mg/L, 트리클로로에칠렌 0.75 mg/L, 자일렌 0.5 mg/L으로 톨루엔과 벤젠이 주성분을 이루고 있다.
- 2) 침출수를 10 min, 30 min, 60 min동안 오존처리 한 결과, 반응시간이 길수록 UV흡광도 감소율이 증가하였고, 60 min에서는 38.6%의 감소율을 보였다. TOC는 60 min에서 13.2%만 감소했는데, UV흡광도는 유기물과 오존분자와 직접 반응에 의존하는 경향이 있는 반면, TOC는 오존과의 반응으로 생성된 OH라디칼과 간접반응이 일어나 제거율이 낮게 나타난 것으로 판단된다. 색도는 97%까지 제거되어 오존처리가 침출수의 착색성분 제거에 탁월한 효과가 있음을 확인하였다.
- 3) 침출수내의 난분해성 Compound는 16종으로 나타났고, 대부분 방향족탄화수소의 특성을 가지고 있으며, 60 min 오존처리 후에는 13종으로 감소했다. 그중 Dibutyl phthalate는 USEPA에서 제시한 항목과 일치하는 물질로 유전인자의 돌연변이와 염색체 이상을 유발할 수 있는 변이원성 물질로 분류하고 있는 물질이다.
- 4) 오존처리 전, 후의 구조적 변화를 분석한 결과 원수에서는 사이클로 화합물과 방향족화합물이 검출되었는데, 오존처리 후에는 지방족화합물이 생성됨이 확인되었다. 또한 오존처리 했을 때, 고분자량의 부식질이 산화 분해되어 알데히드류, 케톤류, 카르복실산 등의 저분자화합물과 생물학적 분해가 용이한 지방족 탄소가 생성됨으로써 난분해성물질의 생물학적 분해가능성을 제시하였다.

#### 사 사

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R-01-2004-000-10494-0)지원으로 수행되었음에 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- 김계월, 부식산의 오존처리시 유기물 분해특성 및 부생성물의 변화고찰, 강원대학교 석사학위논문 (2001).
- 박혜숙, 매립장침출수의 생물학적 난분해성물질 특성규명에 관한 연구, 대전대학교 박사학위논문 (2004).
- 이성호, 폐기물침출수의 성분분석 및 처리에 관한 기초적 연구, *한국폐기물학회지*, **10**(2), pp. 183-193 (1993).
- 이병인, 홍성철, 침출수의 오존처리에 관한 연구, *산업과학기술*, **4** (1998).
- 정의석, 전자선 조사공정을 이용한 침출수내 난분해성 유기물의 처리, 대전대학교 석사학위 논문 (1998).
- 최동진, Humic acid를 포함한 상수의 오존처리에 따른 Aldehyde류의 생성에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문 (1997).
- 최동진, 박중현, 박희경, Humic acid를 포함한 상수의 오존처리에 따른 Aldehyde류의 생성에 관한 연구, *대한환경공학회지*, **20**(3), pp. 385-396 (1998).
- 환경처, *전국 폐기물발생 및 처리현황* (1995).
- EPA, Technology Profiles, The superfund innovative technology evaluation program (1989).
- EPA Guidance Manual, Alternative Disinfectant and Oxidants (1999).
- Glaze, W. H., Koga, M. and Cancilla, D., Ozonation by Products Improvement of an Aqueous-phase Derivatization Method for the Detection of Formaldehyde and other Carbonyl Compounds Formed by the Ozonation of Drinking water, *Environ. Sci. Technol.*, pp. 838-847 (1989).
- Killops, S. D., Volatile Ozonation Products of Aqueous Humic Material, *Water Res.*, **20**(2), pp. 153-165 (1986).
- Lori, A., Cipparone et al., Ozonation and BDOC Removal: Effect on Water Quality, *Journal AWWA*, **89**(2), pp. 84-97 (1997).