

용출 방법에 따른 폐기물 성분 연구

정경원* · 김광수 · 김민경 · 지화성 · 서윤하 · 조갑제 · 조은정 · 김영태 · 권동민
폐기물 분석과

Study on Characteristics of Extraction Depending on Operating Parameters of Leaching Test

Kyung-Won Jeong[†], Kwang-Soo Kim, Min-Kyung Kim, Hwa-Sung Ji, Yun-Ha Seo,
Gab-Je Jo, Eun-Jeung Cho, Young-Tae Kim and Dong-Min Kwon
Industrial Waste Analysis Division

Abstract

In KSLT(Korean Standard Leaching Test), the leaching test of industrial waste is required to extract for six hours after adjusting pH(5.8 ~ 6.3) of extraction liquid without considering the property of waste. Most industrial wastes possess strong alkali property that turns extraction liquid from acid phase to alkali phase for leaching process and heavy metals cannot easily extract over pH 10 in industrial waste. This study was performed to find out the leaching characteristics of wastes depending on extraction liquids of hydrochloric acid, acetic acid, and artificial rain water (H₂SO₄/HNO₃=6:4) adjusted pH values of 4.0, 5.0, and 6.0.

Key Words: leaching test, extraction solvent, hydrochloric acid, acetic acid, artificial rain water

서 론

인구증가와 산업화로 인하여 최근 환경오염이 증대되고 있으며 특히 유해폐기물에 의한 환경오염 문제가 심각한 상황에 있다. 선진국에서는 이미 폐기물의 적정 분류 및 안전처리에 상당한 관심을 갖고 효율적인 처리방안을 모색하고 있다. 유해 폐기물은 부식성, 반응성, 인화성, 독성물질 등을 함유하고 있으며 생물학적으로 분해 불가능한 중금속 등 무기원소들은 자연환경에 지속적으로 존속할 것이다¹⁾.

현재 우리시의 경우 정수장 및 하수처리장에서 발생하는 슬러지는 전량 해양투기하고 있는 실정이다. 그러나 1996년 런던협약 의정서에 의해 해양투기가 전면 금지²⁾될 경우 슬러지는 높은 함수율로 인해서 매립장에서도 매립을 꺼리고 있는 실정³⁾이므로 향후 대부분의 슬러지는 소각에 의해 중간처리 후 매립할 것으로 예상되는 바, 소각재에 의한 중금속 용출에 의한 오염의 문제에 관심을 기울이지 않으면 안된다.

폐기물의 소각처리는 국가 폐기물 관리정책의 목적 중 하나인 부피감소와 이를 동반하는 유용 에너지의 회수 때문에 협소한 국토면적을 지니고 있는 우리나라로서는 매우 바람직한 폐기물 처분방법이다. 그러나 폐기물 소각에 따른 환경 문제점 중 간과할 수 없는 것은 소각 후 발생하는 잔류물 처리가 환경적 관심거리가 되고 있다⁴⁾.

오늘날의 폐기물용출시험법은 폐기물의 유해성을 판단하는

주요한 기준입에도 불구하고 우리나라의 용출시험법은 실제 그 역할을 감당하고 있는지에 대하여 항상 논란의 대상이 되고 있다⁴⁾.

따라서 본 연구에서는 우리나라와 미국 등에서 용출용매로 사용 중인 HCl과 acetic acid을 비교하였으며, 최근 논문⁵⁾에서 실시 중인 인공산성수에 의한 영향을 조사하기 위해 H₂SO₄/HNO₃을 6:4(W/W%)로 희석한 용매를 사용하여, 현재 대표적 사업장 폐기물로 매립처분되고 있는 폐주물사, 소각재와 비산재, 하수슬러지의 적정성을 평가하기 위해 사용되고 있는 국내 표준용출시험 방법(Korean Standard Leaching Test, 이하 "KSLT"로 명기)과 병행하여 HCl, acetic acid, H₂SO₄/HNO₃를 pH를 달리하여 용출되는 중금속과 음이온(SO₄²⁻, Cl⁻)과의 상관성 및 농도를 검토하여 국내 용출시험 방법의 문제점 및 개선방안을 제시하고자 하였다.

중금속 용출시험의 이론적 배경

용출시험의 정의 및 영향인자

폐기물관리법의 용출시험은 미지의 폐기물이 위생매립지에 처분되었을 때 중금속 등 유해물질이 침출되는 것을 시뮬레이션하기 위해 고안된 방법이다. 즉, 실제상황을 가정하였을 때 오염물질이 장·단기간에 침출되는 오염물질의 양을 예측하는데 있어 재현성 있게 정형화하고자 제안된 방법이다.

[†] Corresponding author. E-Mail: jkw1187@hanmail.net
Phone: 051-757-7505, Fax: 051-757-2879

하지만 실제적으로 처분과정에 있어서 오염물질의 이동 및 거동경로, 피폭자에게의 위해성 등이 반영되지는 못하고 있는 실정이다.

미국의 SLT(Standard Leaching Test)방법인 TCLP(Toxicity Characteristics Leaching Procedure)법은 도시 고형폐기물이 매립되어 분해단계에서 발생하는 organic acid의 영향을 고려하기 위해 acetic acid으로 용출 용매의 pH를 5내외에서 조절하고 있다.

용출시험은 크게 회분식 용출시험(batch test)와 칼럼식 용출시험(column test)로 구분할 수 있으며, 시험 시간의 제약 을 고려할 때 대부분 나라에서는 회분식 용출시험을 채택하고 있다. 회분식 용출시험의 영향인자는 다음과 같다.

- 용출시험의 영향인자
 - 용출액의 화학적 조성 : 용출액의 pH, 이온강도 등
 - 교반방법
 - 교반시간
 - 시험대상 고형물의 표면적 : 분쇄여부, 분쇄된 입자의 크기
 - 용출 후 고액 분리방식
 - 용출 용기 : 용기 자체에서 용해되거나, 용기에 침전(흡착)될 수 있음.

특히 휘발성 유기화학물질 계통에 대한 용출시험의 경우 zero head space 상태에서의 실험이 필수적이다.

현행 국내 용출시험법의 문제점

국내의 용출시험법에서는 용출용매의 pH를 5.8~6.3으로 조정 한 후 진탕 시 pH조정을 하지 않고 실험하도록 되어 있다. 그러나 이 과정에서는 2가지 문제점이 있다.

첫째, 현재 국내 경우는 pH가 5이하로 나타나고 있고, 매립 지의 안정화 과정 중 acid phase 과정에서 생산되는 organic acid 및 CO₂의 영향으로 산성조건인 pH 5이하를 나타낸다.

둘째, 진탕 시 pH 조절을 하지 않아 폐기물 자체에서 용출 되는 산·알칼리제의 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다. 따라서 KSLT법과 TCLP 법의 큰 차이는 진탕 시 용출용매의 pH를 조정하는지의 여부에 달려있다.

실험재료 및 방법

폐기물 실험

용출대상 폐기물

조사대상 시료는 연구 목적상 특정 폐기물로 분류될 가능성이 큰 폐기물중 중금속 함유량이 높고 용출 경향이 뚜렷한 폐기물을 선정하여 함유량 분석을 한 결과 대상 폐기물로 적절하다고 판단되는 4가지의 사업장 폐기물(주물공장의 화학전결 폐주물사, 생활쓰레기 소각시설의 소각재와 비산재, D하수처리시설의 최종 슬러지 케익, 이하 “폐주물사”, “소각재”, “비산재”, “하수슬러지”로 명기)을 중심으로 실험을 하였다.

시험 전 각 시료에 대한 폐기물 자체의 pH를 조사하여 용출 전, 후의 pH변화를 조사하였다.

시료채취 및 대상시료 분석

조사 대상 폐기물의 시료는 우리나라 폐기물 공정시험방법에 준하여 채취하였으며, 용출시험방법은 KSLT을 기초로 하여 폐기물별 용출용매의 변화에 따른 중금속과 음이온(anion)의 농도변화 및 상관성(relationship, R²)을 검토하였다.

폐기물별 200 rpm에서 6 hr 진탕 후 그 상등액을 GF/B 여지로 여과 후 중금속은 AAS(Atomic Absorption

Table 1. Comparison of KSLT and American SLT^(6,7)

Items	KSLT	TCL ²	EP _{TOX} ³	MEP ⁴
Application	As classify waste	As landfilled,if extract waste	Decision of contaminates movement	Leaching description by acid rain
Sample amount(g)	50	100	100	100
Partical size(below)	5 mm	9.5 mm	9.5 mm	9.5 mm
Extraction solvents	DW+ HCl	DW+ 0.5N acetic acid	DW+ 0.5N acetic acid	DW+ H ₂ SO ₄ /HNO ₃ (6/4)
Instrument	horizon round shaker	agitator	agitator	agitator
Extractant pH	5.8~6.3	leachant 5.0	5.0±0.2 (As mixing sample and extractant)	3.0
Sample & extractant ratio	1:10	1:20	1:16	1:20
Temperature(°C)	room temperature	22±3	20~40	20~40
Extraction time(hr)	6	18	24	24
Extraction condition	200 rpm	30 rpm	fully agitation	fully agitation

¹⁾ Korean Standard Leaching Test
²⁾ Toxicity Characteristics Leaching Procedure
³⁾ Extraction Procedure Toxicity Test
⁴⁾ Multiple Extraction Procedure

Spectrophotometry, SpectraAA 220 FS, Varian) 로 분석하였으며, 음이온은 IC(Ion Chromatogram, S5200, SYCAM) 로 분석하였다.

용매 변화에 따른 용출액의 pH변화

시료 10 g을 50 mL 바이커에 취한 다음 여기에 증류수 25 mL을 넣어 잘 교반하여 30분 이상 정치한 후 pH meter(digital pH-meter, ORION)로 측정하였으며, 용출 후 pH변화는 진탕 후 그 상등액을 검액으로 하여 측정하였다.

용출시험 및 용매 조건

폐주물사, 소각재, 비산재, 하수슬러지에 대하여 각각 DW(pH6.0), HCl(pH4.0, 5.0), acetic acid(pH4.0, 5.0), H₂SO₄/HNO₃(pH4.0, 5.0)을 조제하여 각각의 시료에 대한 용출시험을 하였으며, 진탕하기 전과 후의 pH농도변화 및 고액비 1:10(W/V%)으로 맞춘 후 6시간 진탕하였다.

진탕 후 용출액은 GF/B여지로 여과 후 그 여액을 AAS로 분석하였으며, 이 여액의 음이온(SO₄²⁻, Cl⁻) 분석은 IC로 분석하였다.

표준용출시험(Korean Standard Leaching Test, KSLT)

대상시료 적당량(약 50 g)을 달아 pH 5.8~6.3으로 한 용출 용매와 1:10 (W/V%)의 비율로 혼합한 후 상온·상압 하에서 진폭이 4~5 cm인 수평왕복진탕기를 사용하여 200회/분으로 6시간 연속 진탕한 후 여과하고(GF/B) 그 여액을 시료로 폐기

물공정시험법⁶⁾ 제4장의 “항목별 시험방법”에 준하여 5개 항목(Pb, Cu, Cd, Cr, Zn)을 분석하였다. 증류수(Distilled water, 이하 “DW”로 명기)의 pH가 5.8~6.3이상일 때는 0.1 N HCl을 가하여 pH를 5.8~6.3으로 조절하였고, 그 이하일 때는 0.1 N NaOH를 가하여 pH를 조정하였다.

용출조건 변화에 의한 용출시험

폐기물의 유해성분의 용출에 영향을 줄 수 있는 인자들 중 폐기물의 용출량에 가장 많은 영향을 미칠 것으로 예상되는 용출용매와 pH를 Table 2와 같이 변화시켜 실험을 하였으며, 각각의 조건변화를 제외한 나머지 용출조건은 국내 용출시험은 KSLT로 표기하고 HCl의 pH를 4.0, 5.0로 한 용출시험은 LT(HL4.0), LT(HL5.0)로 표기하고 acetic acid의 pH를 4.0, 5.0로 한 용출시험은 LT(AA4.0), LT(AA5.0), H₂SO₄/HNO₃의 pH를 4, 5로 한 용출시험은 LT(S/N4.0), LT(S/N5.0)로 표기하였다. Table 2의 pH는 용출용매의 초기 pH이다.

용출대상 폐기물의 조건

분석대상 폐기물은 부산의 사업장에서 발생하는 폐기물을 중심으로 폐주물사, 소각재, 비산분진, 하수슬러지를 중심으로 분석하였으며 시료자체의 pH는 강알카리로 추출용매의 초기 pH와는 상관없이 진탕 후에 강알카리로 변화하였다. 각 폐기물별 초기 pH와 진탕 후 pH변화는 Table 3과 같다.

Table 2. Conditions for each leaching test

Test	pH	Shaking time	Vessel volume(mL)	Mixing ratio	Shaking condition
KSLT ¹⁾	6.0	6 hr	1000	1:10	Width 4~5 cm, 200 rpm
LT(HL4) ²⁾	4.0	6 hr	1000	1:10	Width 4~5 cm, 200 rpm
LT(HL5) ²⁾	5.0	6 hr	1000	1:10	Width 4~5 cm, 200 rpm
LT(AA4) ³⁾	4.0	6 hr	1000	1:10	Width 4~5 cm, 200 rpm
LT(AA5) ³⁾	5.0	6 hr	1000	1:10	Width 4~5 cm, 200 rpm
LT(S/N4) ⁴⁾	4.0	6 hr	1000	1:10	Width 4~5 cm, 200 rpm
LT(S/N5) ⁴⁾	5.0	6 hr	1000	1:10	Width 4~5 cm, 200 rpm

¹⁾ Korean Standard Leaching Test

²⁾ Leaching test with leaching pH(HCl) of 4.0, 5.0

³⁾ Leaching test with leaching pH(acetic acid) of 4.0, 5.0

⁴⁾ Leaching test with leaching pH(H₂SO₄/HNO₃) of 4.0, 5.0

Table 3. pH variation of each sample

Samples	pH (in waste before shaking)	pH (in extractant)	pH (in waste after shaking)
Waste foundry sand	10.5	4.0, 5.0, 6.0	10.5
Incinerator ash	12.9	4.0, 5.0, 6.0	13.1
Fly ash	10.9	4.0, 5.0, 6.0	11.5
Sewage sludge	6.0	4.0, 5.0, 6.0	6.0

결과 및 고찰

4개 종류의 폐기물을 용매에 따라 pH를 달리하여 용출실험을 한 결과 중금속별 용출정도가 폐주물사의 경우 Zn > Cu > Cr > Pb > Cd, 소각재는 Cr > Zn > Cu > Cd > Pb, 비산재는 Pb > Zn > Cu > Cd > Cr 순으로 낮아지고 각 폐기물별 용출되는 중금속 농도 차이도 많이 발생하는 것으로 나타났다. 특히 진탕 전 용매의 pH를 DW의 경우 6.0, HCl 4.0, 5.0, acetic acid 4.0, 5.0, H₂SO₄/HNO₃ 4.0, 5.0으로 조정하여 용출하였으나 폐기물 자체의 pH가 대부분 알칼리로 진탕과정에서 완충이 일어나 6hr 용출 후 용매의 pH가 강알칼리로 변화되는 것으로 나타났다. 따라서 KSLT법은 용출용매에 의해 유해중금속의 농도가 결정되는 것이 아니라 대상폐기물 내의 pH농도에 의해 중금속의 용출농도가 결정되는 것으로 나타났다.

폐기물별 중금속 용출 특성

폐주물사

폐주물사의 경우 Zn과 Cu가 타 중금속에 비해 용출정도가 많았으며 용출용매에 따른 변화에도 HCl과 H₂SO₄/HNO₃에서 pH가 내려갈수록 중금속 용출량은 증가하였으나, acetic acid의 경우에는 반대의 경향을 보였다. 이는 대상폐기물과 용출용매의 상관성으로 볼 때 용출용매의 pH에 따라 중금속 용출농도가 증가하는 것으로 나타나, 추후 폐기물별 적정 용출용매 선정 시 중요한 자료로 사용될 것으로 보인다.

금형제조 공정에서 발생되는 폐주물사는 Cu, Zn, Pb의 합

금주물의 형틀을 만드는 보조제로 추후 폐기물 재활용 측면에서 용출시험의 용매결정은 매우 중요하다고 사료된다.

소각재

소각재의 경우 각 용출용매에 따른 중금속의 용출농도는 주물사보다 높은 것으로 나타나, 폐기물의 중금속 오염농도가 주물사보다 높았다. 소각재의 경우 타 폐기물보다 중금속 용출농도가 높아 매립 시 별도의 차수처리시설이 필요할 것으로 사료되었으며, 용출용매는 HCl이 가장 적합한 것으로 나타났다.

HCl 다음으로 H₂SO₄/HNO₃에서 pH 감소에 따른 중금속의 용출이 증가가 나타나, 소각재 처리로 매립을 선택할 경우 강우에 의한 중금속의 용출이 시간경과에 따른 용출농도가 지속적으로 증가할 것으로 사료된다.

비산재

비산재의 경우 앞서 서술한 주물사와 소각재와는 다른 양상을 나타내었는데, Pb와 Zn에서 용출농도가 증가하는 것으로 나타났다.

비산재의 경우에는 소각되는 폐기물의 성상에 따라 용출되는 중금속의 종류도 다양할 것으로 사료된다.

비산재는 폐기물 소각 시 비산되는 먼지와 오염물질이 결합된 것으로 여러 가지 화학반응에 의해 안정된 물질로 용매별 용출시험에서도 일부 중금속을 제외하고 용출되는 농도가 극히 소량인 것으로 조사되었다. 따라서 폐기물별 비산재 처리 시 소각되는 폐기물 성상이 중요할 것으로 사료된다.

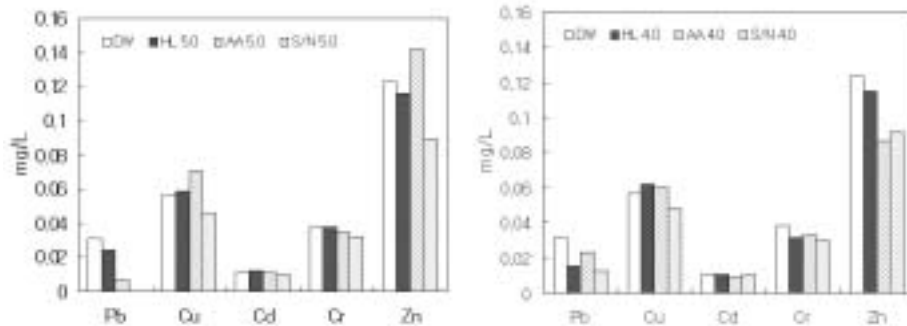


Fig. 1. Average concentrations of contaminants in the leachant from waste foundry sand by pH.

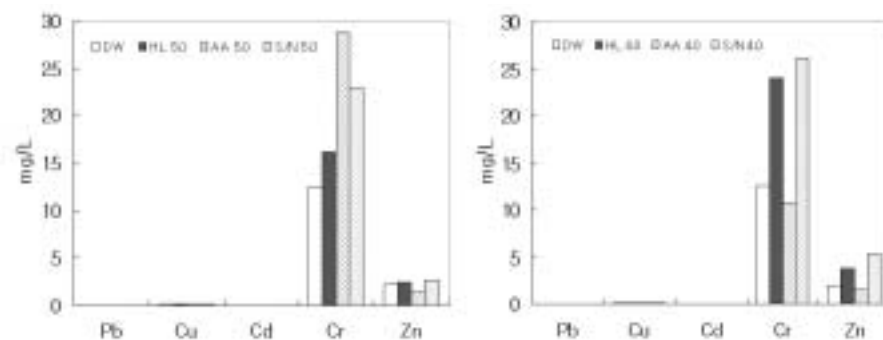


Fig. 2. Average concentrations of contaminants in the leachant from Incinerator ash by pH.

하수슬러지

하수슬러지의 경우 사업장 폐기물중 가장 유기물을 많이 함유한 폐기물로 재활용 시 그 활용도에 따라 부가가치가 높을 것으로 사료된다. 따라서 수처리 공정에서 발생하는 슬러지의 중금속 용출정도는 재활용이라는 측면에서 아주 중요하다.

한편 하수슬러지 내에는 다량의 Cl^- 및 SO_4^{2-} 등 음이온이 안정적인 물질로 존재하고 있어 2가 양이온 중 Pb, Cr, Cd 등은 Cu, Zn에 비해 용출농도가 낮았다.

용매에 따른 폐기물별 음이온 농도 변화 및 상관성

각 시료별 각각의 용출용매의 pH를 달리하여 중금속 농도를 측정된 결과 하수슬러지를 제외한 폐주물사, 소각재, 비산재는 폐기물 내의 pH가 강알카리를 나타내어 용출용매의 pH에 관계없이 진탕과정에서 완충이 일어나 폐기물 내의 알카리 성분이 용출되면서 점차 강알카리로 변하는 것으로 나타났다. 따라서 현재 우리나라에서 시행하는 폐기물공정시험법상의 용출시험방법은 폐기물 성상과 관계없이 용출용매의 pH만을 약산(5.8~6.3)으로 조정하여 6 hr 진탕한 후 그 여액을 시료로 사용한다. 따라서 진탕과정은 용출용매의 pH가 아니라 폐기물의 pH에 의해 용출용매의 pH가 결정된다.

본 실험에서 사용한 폐기물은 사업장에서 발생하는 소각재, 폐주물사, 비산재를 중심으로 실험한 결과 폐주물사의 경우 사업장에서 생형사 전결제로 벤토나이트를 사용하여 용출 시 알카리성을 나타내는 것으로 나타났다. 소각재와 비산재의 경우 폐기물 소각 시 배출되는 오염물질 중 질소화합물 및 다이옥신

제거를 위해 소석회($Ca(OH)_2$)을 액상으로 사용하고 있어 소각재와 비산재의 pH에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

따라서 폐기물별 용출용매 초기 pH 조정이 필요한 것으로 나타났으며, 그 표준 시방서가 있어야 할 것으로 사료된다.

한편 각 시료별 용출된 중금속과 음이온사이의 상관성을 조사하기 위하여 용출 후 용해성 황산염(SO_4^{2-})과 염소이온(Cl^-)을 IC로 분석한 결과 두 종류의 폐기물에서(폐주물사, 소각재) Acetic acid 보다 HCl에서 상관성이 뛰어났으나, 소각재의 경우 상대적으로 상관성이 낮은 것으로 조사되어, 용출용매 재선정과 진탕 시 2차례 정도 용출용매의 pH 조정이 필요할 것으로 사료된다.

폐주물사

한편, 폐주물사의 경우 용출용매에 따른 음이온의 상관성의 경우 acetic acid 보다 HCl을 용출용매로 사용 시 그 상관성이 우수한 것으로 나타났다. 따라서 폐주물사를 진탕 시 용매의 pH조정이 필요하며, 용출용매로 HCl이 적절한 것으로 나타났다.

소각재

소각재의 경우에도 폐주물사와 비슷한 경향을 보였는데, acetic acid보다 HCl에서 음이온의 농도가 증가하였으며, acetic acid보다 HCl에서 음이온의 용출농도가 증가하였으며, 일정간격으로 pH조정이 필요한 것으로 나타났다. 이는 소각 시 알카리제의 첨가로 소각재속에 포함된 알카리제가 용출

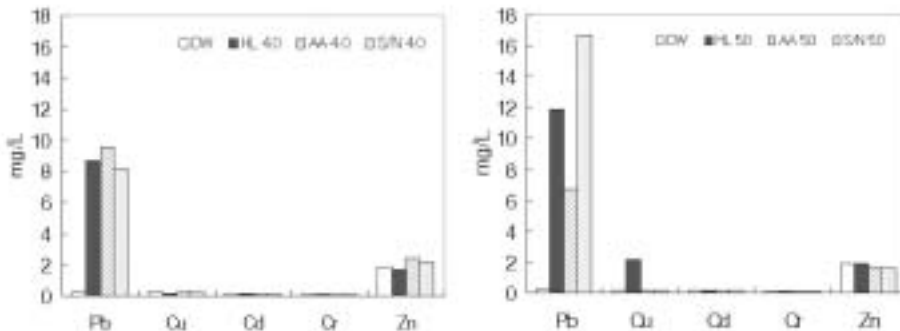


Fig. 3. Average concentrations of contaminants in the leachant from fly ash by pH.

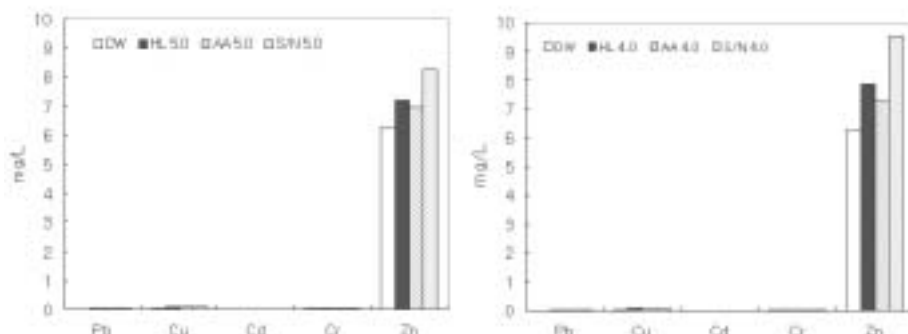


Fig. 4. Average concentrations of contaminants in the leachant from sewage sludge by pH.

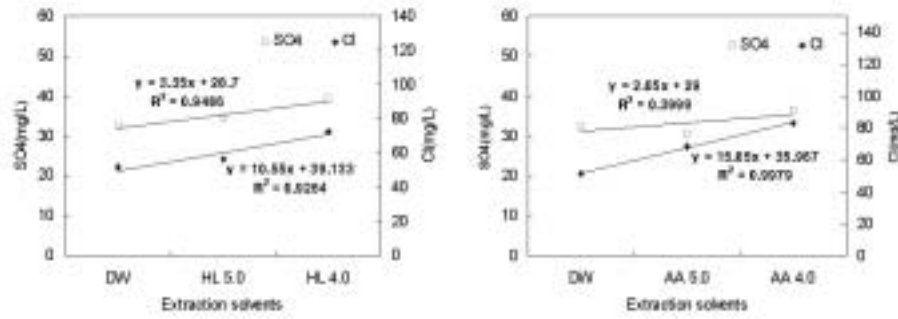


Fig. 5. Relationship between extraction solvents and anion from waste foundry sand.

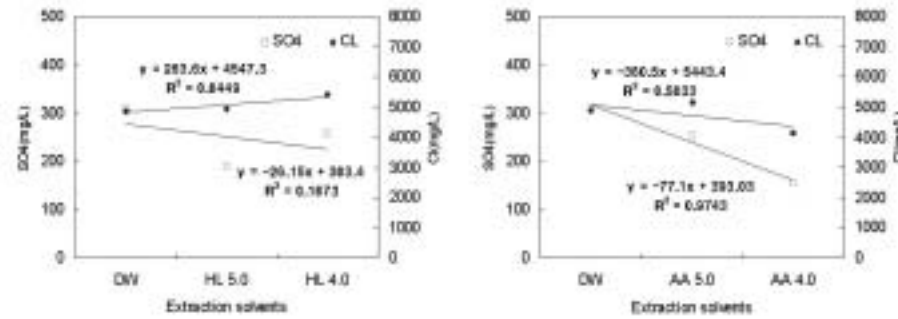


Fig. 6. Relationship between extraction solvents and anion from incinerator ash.

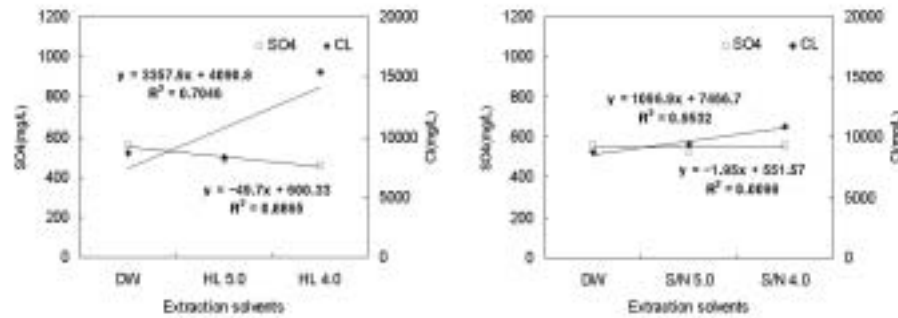


Fig. 7. Relationship between extraction solvents and anion from fly ash.

시간이 증가할수록 지속적으로 영향을 줌으로써 용출용매의 pH를 알카리로 변화시키는 것으로 조사되었다.

비산재

비산재의 경우 용출용매인 HCl의 농도가 pH 5.0일때는 변화가 없었으나 pH 4.0에서 Cl⁻의 농도가 증가하는 것으로 나타났다. 용출용매가 HCl보다는 인공강우에 맞춘 H₂SO₄/HNO₃에서 음이온의 농도가 증가하는 것으로 조사되었다. 따라서 소각로에서 발생하는 비산재의 경우 폐기물관리법상 HCl을 용매로 사용하도록 하고 있으나 폐기물 성상별 중금속 용출정도가 다른 것으로 나타났다. 비산재의 경우 소각재와는 다른 양상을 보인 것도 소각재는 폐기물을 고온에서 소각한 잔재물이며, 비산재는 소각잔재물이 고온에서 소각 시 유해

성 가스와 비산재가 동시에 유출되는 것을 bagfilter나 cyclone를 통해 집진한 유해물질로서 중화제 및 흡착제의 성분 또한 포함하고 있어 HCl보다는 H₂SO₄이나 HNO₃에서 음이온의 용출정도가 증가하는 것으로 나타났다.

하수슬러지

하수슬러지의 경우 용출용매 중 HCl pH 4.0에서 음이온의 농도가 가장 높았으며 acetic acid의 경우 pH변화에 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났다. 하수슬러지는 소각 시 발생하는 폐기물보다 유기성 물질을 많이 함유한 폐기물로 Cl⁻의 농도가 타 시료에 비해 10~100배정도 많이 용출되었으며, 용출용매는 acetic acid보다는 HCl에서 반응성이 높은 것으로 조사되었다.

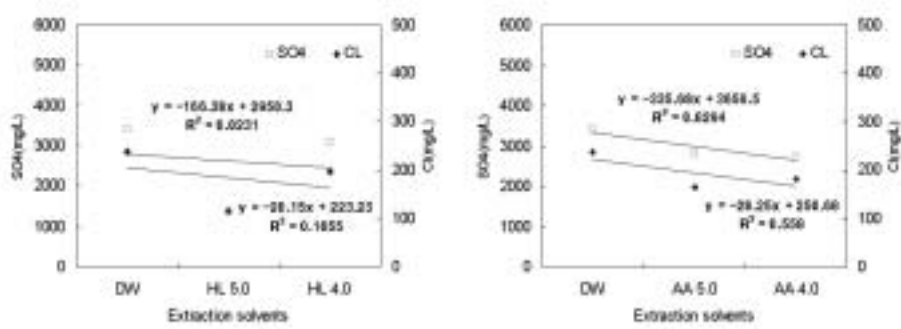


Fig. 8. Relationship between extraction solvents and anion from sewage sludge.

결 론

사업장폐기물이 매립장에 매립되었을 경우를 예상하여 각 용매 별 중금속 용출실험을 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 4개의 분석시료(폐주물사, 소각재, 비산재, 하수슬러지) 모두에서 KSLT, LT(HL4,5), LT(AA4,5), LT(S/N4,5) 방법을 사용하여 용출실험을 한 결과 용출용매의 pH보다 폐기물 자체(내)의 pH의 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다.

2. 각 시료별 적정 용출용매는 조금 다른 양상을 보였고 폐주물사와 소각재의 경우 acetic acid, H₂SO₄/HNO₃보다 HCl이 적정 용출용매로 나타났으며, 비산재의 경우 acetic acid, HCl 보다 인공강 우를 모델로 한 H₂SO₄/HNO₃용매에서 많은 용출 농도를 보여 비산재가 매립될 시 별도의 전처리 및 매립 후 산성우로 인한 중금속 농가 증가가 예상되어 별도의 차수시설이 보장되어야 할 것으로 사료된다.

3. 각 시료별 중금속 용출농도와 음이온과의 상관성에서는 황산염(SO₄²⁻)이온보다는 염소이온(Cl⁻)이 상관성이 좋았으며, 특히 HCl의 용출 시 그 상관성이 높은 것으로 나타났다. 또한 2가의 중금속이 폐기물내에 존재 시 안정된 상태의 착화합물을 형성하므로 KSLT법 사용 시 pH조정이 있어야 할 것으로 사료된다.

4. 용출실험결과 음이온의 용출농도가 가장 높은 것은 하수

슬러지였고, 중금속의 용출농도가 높은 것은 소각재인 것으로 나타났으며, 또한 초기 용출용매의 pH의 농도변화는 대상시료에 관계없이 진탕 전 폐기물 자체(내)의 pH로 변화되는 것으로 나타났다.

5. 사업장 폐기물로 분류되는 폐주물사, 소각재, 비산재는 공정 중에 사용하는 약품이나 방지시설에서 오염물질 저감을 위해 사용하는 알카리제의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. “용출조건변화에 따른 업종별 산업폐기물 용출특성”, 허평 · 남궁완 · 김정대, 한국폐기물학회지, Vol. 13, NO. 2, pp. 256~262, 1996.
2. “폐기물 해양배출규제 계획 및 전망”, 해양수산부, 2003.
3. “중소형 소각시설 소각재에 의한 중금속 오염도 평가”, 이한국 · 최동혁 · 이동훈, 한국폐기물학회지, Vol. 20, NO. 4, pp. 322~330, 2003.
4. “도시고형폐기물 소각바닥재 용출액의 납, 구리, 카드뮴 및 크롬 화합물 평가”, 이한국 · 이동훈, 한국폐기물학회지, Vol. 21, NO. 8, pp. 791~801, 2004.
5. “지정폐기물의 유해중금속 용출특성”, 김재형, 한국폐기물학회지, Vol. 14, NO. 2, pp.179~188, 1997.
6. “폐기물공정시험방법”, 환경부, 2000.
7. “Toxicity Characteristic Leaching Procedure Method 1311”, pp. 1311-1~34, U.S. EPA, 1992.