

## 시멘트고정화 EAF Dust상의 중금속 용출특성

홍기협, 박선구, 임남웅\*

국립환경연구원 수질연구부, \*중앙대학교 건설대학원 환경공학과

### Leaching Characteristics of the Heavy Metals Contained the EAF Dust, after Fixed with OPC

Ki-Hyup Hong, Sun-Ku Park and Nam-Woong Lim\*

National Institute of Environmental Research

Eunpyung-gu Bulkwang-Dong 613-2, Seoul 122-040, Korea

\*Chung Ang University, Department of Environmental Engineering

Dongjak-gu Huksuk-dong 221, Seoul 156-756, Korea

Extracted heavy metal(Cr, Cd, Cu and Pb) concentrations were compared each other by particle size, ratio of additive materials, kind of added materials. Samples used for this extraction study were EAF Dust from Electrical Arc Furnace, Bottom Ash from Electric station, Steel slag and OPC(Ordinary Portland Cement).

Metal concentrations leached out by TCLP(U.S Method) were found higher than those methods by KOLP and JOLP. Leached Chromium(Cr) concentration increased with decrease of pH and particle size. It also increased with increase of the additive slag, but in case of Bottom Ash it showed contrary results to the above ones.

Other heavy metals(Cd, Cu, Pb) showed N.D(Non Detected) from this experiment, and pH leaching solution affected the extracted metal concentraions.

Using leachate and recycle of the fixed EAF Dust is safe on the fixed material.

**Key Words** : Leaching, EAF Dust, Slag, Botom Ash, Heavy metal

### 1. 서론

사업장 폐기물의 발생량은 지속적인 경제발전과 더불어 하루에 9만 6천톤이 발생되고<sup>1</sup> 민선자치제 출범 이후 지역 집단이기주의가 심화되면서 지역 주민들의 거센 반발로 매립장 등을 확보하지 못해 산업 폐기물의 대란을 겪고 있는 자치단체가 속출하고 있다. 이른바 님비(NIMBY)현상에 따른 주민들의 반발로 새로운 매립장 부지를 구하지 못해 폐기물 문제는 갈수록 심화될 조짐이다. 이에 따라 환경부는 폐기물 관리를 매립에서 소각 또는 재활용으로 전환하는 내용을 골자로한 '국가폐기물관리 종합계획안'을 확정하였다. 이 계획에 따르면 쓰레기 재활용율과 소각율을 현재 23.7%, 4.0%에서 2001년까지 35%, 20%로 각각 높이고 매립률은 현

재 72.3%에서 45%로 낮추기로 하였다.<sup>2</sup> 이러한 매립처분의 저감계획은 매립이 자원재활용의 측면에서 위배되고 매립 후 부작용을 초래하는 방법일지라도 궁극적으로 폐기물의 최종 처리방법으로서 매립이 질적으로 향상되어야 할 문제로 인식된다. 각종 산업 폐기물의 부적절한 토양 투기와 매립행위로 인해 중금속이 토양과 수계에 용출되어 2차적인 환경오염 문제를 발생시키며, 적절한 처리를 통해서 최종적으로 인간과 자연환경에 무해하거나, 안전하게 처분되어야만 한다. 유기독성물질인 경우는 소각하거나, 유기물질을 산화시켜 무해화하는 방법을 사용할 수 있지만 무기독성물질(중금속폐기물등)은 중금속의 특성이 더 이상 분해되지 않는 원소 상태라는 사실로 인하여, 최종 처분시 시멘트 고정화 방법과 같은 방법을 통하여 주

위 환경과 차단하는 방식을 채택하고 있다. 이런 맥락에서 최근 급격히 증가하고 있는 유해폐기물의 하나인 제철소 전기로제강 집진분진인 EAF Dust(Electric Arc Furnace Dust)를 고형화 하여 중금속 용출 시험방법에 적용할 때 용출 용매의 특성, 폐기물과 용출 용매의 비, 용출 용매와 폐기물과의 접촉 방법, 첨가한 폐기물의 성질과 특성등 여러 가지 조건이 중금속 용출량에 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.<sup>3,4</sup>

본 연구에서는 유해성폐기물인 EAF Dust를 유해폐기물 고형처리시 사용되는 시멘트를 사용하여 EAF Dust내의 중금속을 차단시킨 고품시편을 가지고 한국(일본) 및 미국TCLP(Toxicity Characteristic Leaching Procedure) 용출시험을 적용하여 용출 방법상의 용출 특성인자를 비교한다. 아울러 용출시험으로 얻어진 중금속 용출 농도를 근거로하여 EAF Dust 고정상의 안정성을 판단함과 동시에 향후 EAF Dust의 고형화처리 및 재활용에 있어 기초자료를 제공하는 데 목적이 있다.

## 2. 시료 및 실험방법

### 2.1. 시료준비

본 실험에서 사용한 시료는 국내 K회사(제철소)로부터 나오는 EAF Dust와 제강슬래그를 선정했다. Bottom Ash는 B화력발전소에서 배출되는 것을 사용하였다.

EAF Dust(Electric Arc Furnace Dust)는 제철소에서 생기는 전기로 제강집진 분진로서 고철을 주원료로 하여 강(鋼)을 생산하는 전기로 제강법에서 용융과정 중 장입 고철의 약 1~2 wt% 정도가 분진으로 발생하며, 이 분진을 다른 종류의 분진과 구별해서 전기로 제강분진이라고 한다. 여러 종류의 산화물과 페라이트(Ferrite) 광물질로 구성되어 있고 물리적, 화학적으로는 복잡하고 미세한 입자들이 응집된 폐기분진이며 중금속을 다량 함유하고 있다.<sup>5</sup> EAF Dust를 Sieve No.50 체(297  $\mu$ m)를 통과시켜 TCLP법에 따라 용출하여 중금속을 AAS로 측정하였고 화학적 광물 조성비를 알기위

해 X선 회절분석기를 이용하였다. 시멘트와 함께 첨가되는 Bottom Ash는 B화력발전소에서 생성된 것을 이용하였고 1차 분쇄기로 분쇄한 후에 2차로 볼밀(Ball Mill)을 사용하여 하루 동안(약 24시간) 분쇄한 후, Sieve No.325 체(45  $\mu$ m)로 쳐서 100% 통과된 것만을 실험에 사용하였다.

Bottom Ash와 마찬가지로 시멘트와 함께 첨가되는 제강슬래그는 제철산업에서 동반되는 부산물로서 주로 매립에 의해 처분되는 폐기물이다. 직접 매립시 2차 오염의 발생이 우려되고 재활용시 좋은 2차 자원으로 활용이 가능하다. 시료의 공급은 국내 K제철소에서 작은 자갈상태로 제공받았으며 분쇄기를 사용하여 분말로 하여 Ball mill을 사용하여 분쇄를 한 후 No. 325 체(45  $\mu$ m)를 통과 한 것만을 사용하였다. 시멘트는 국내에서 시판되는 쌍용시멘트사 제 1 종 포틀랜드 시멘트(Ordinary Portland Cement : OPC)를 사용하였다. 시멘트와 섞는 모래는 주문진 표준모래를 연구에 사용하였다.

### 2.2. 시편제작

시료의 고형화는 EAF Dust에서 중금속을 용출한 후 그 여액에 Bottom Ash와 제강슬래그를 각 24시간 함침시킨 다음 105°C에서 10시간 동안 충분히 건조시킨 후 OPC에 각각 0, 2.5, 10, 20 wt %로 혼합 후 KSL 5105에 따라 시편을 제작한다. 시편의 배합비율은 Table 1과 같다.

시편제작 후 다음 단계는 28일 동안 수중양생하여 각각 압축강도를 측정하고, 양생 후 시편의 압축강도를 측정하고 함수율을 측정한다.

Table 1. Mixing ratio of Solidified material(wt%).

Additive Mix.No	OPC (g)	Bottom Ash or Steel Slag		Water (ml)	W/C Ratio
		Weight(g)	(%)		
Mix-0	760	0	0.0	350	0.46
Mix-1	741	19	2.5	350	0.46
Mix-2	684	76	10.0	395	0.46
Mix-3	608	152	20.0	395	70.46

2.3. 용출실험

우선 용출시험 전 Mix-0, Mix-1, Mix-2, Mix-3을 가지고 함수율을 측정하였다. 시험대상에 맞는 입경크기별로 막자사발에서 분쇄한 후 SIEVE(2.5 mm 이하)(2.5-7 mm)로 분류하고 각 단계별로 용출실험에 들어갔다.

본 실험에서 한국과 일본법이 동일하기 때문에 두 방법을 KOLP(Koan Official Leaching Procedure) & JOLP(Japanese Official Leaching Procedure)로 표기하여 한 방법으로 선택했고 미국의 용출법에 사용하는 TCLP법을 선택하여 실험하였다.<sup>6-9,12</sup>

증발접시를 미리 105~110°C에서 1시간 건조시킨 다음 황산 데시게이터 안에서 방냉하고 항량으로 하여 무게를 정밀히 달고(w1) 여기에 각각의 최종 용출시료 적당량을 취하여 증발접시와 시료의 무게(w2)를 정밀히 측정하고 그다음에 수욕상에서 수분을 거의 증발 시키고 105~110°C의 건조기안에서 4시간 건조시킨 다음 황산 데시게이터 안에 넣어 방냉하고 항량으로 하여 무게(w3)를 정밀히 달았다. Table 2는 용출시료의 함수율 값이다.<sup>10</sup>

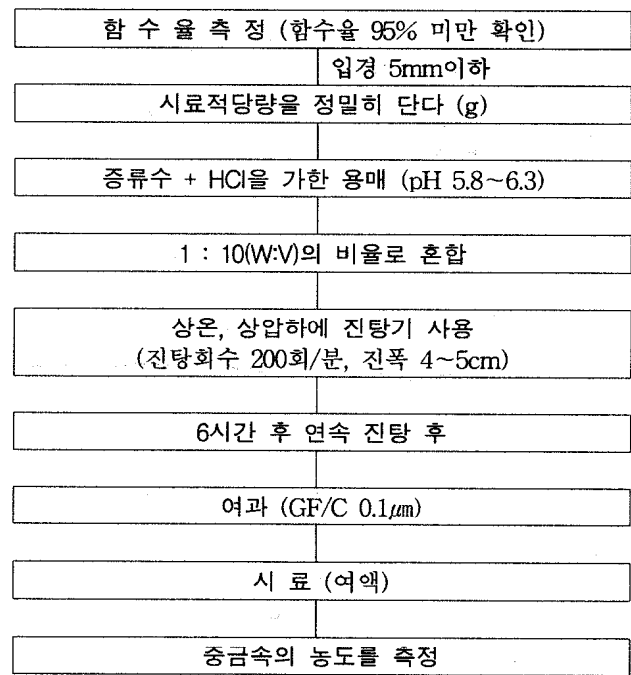
$$\text{수분(\%)} = [ (w2-w3) / (w2-w1) ] \times 100$$

Table 2. Moisture content of Solidified material.

Mix.No	Bottom Ash or Steel Slag		Wet%
	Weight(g)	(%)	
Mix-0	0	0.0	0.78 2.18
Mix-1 (B)	19	2.5	1.97 1.31
Mix-2 (B)	76	10.0	1.78 2.19
Mix-3 (B)	152	20.0	2.68 2.14
Mix-1 (S)	19	2.5	2.32 1.17
Mix-2 (S)	76	10.0	1.88 1.18
Mix-3 (S)	152	20.0	2.20 1.64

\* Mix (B) : Bottom Ash 첨가  
\* Mix (S) : Steel Slag 첨가

한국(일본)의 용출시험방법은 실험을 시작하기 전에 수분함량을 측정하였다. 다음 단계로 막자사발을 이용하여 시료의 입경은 본 실험에서 적용한 TCLP 용출실험 시편의 입경크기와 같은 조건인 1.7~5 mm(한국 및 일본 공정시험법은 0.5~5 mm)로 분쇄한 후 정확히 50 g을 달아 준비하고 증류수에 유해중금속 시험용 염산(日本 松野園社)을 가하여 pH 5.8~6.3으로 맞추는 다음 1000 ml 플라스크에 담고 용매(증류수)와 시료가 1/10(W/G의 비율로 혼합한 후 상온, 상압 하에서 진탕회수가 매분당 약 200회, 진폭이 4~5 cm인 진탕기를 사용하여 6시간 연속 진탕한 다음 미리 준비한 0.1 μm의 유리섬유 거름 종이(GF/C)로 여과하여 용출시험용 검액으로 하여 중금속을 ICP(Inductively Coupled Plasma-Emission Spectroscopy)로 분석하였다(ICP 분석조건, Rf Frequency 40.68 MHz, Nebulizer Type : Concentric Pneumatic Nebulizer, Coolant Gas Flow-Rate : 12 L/min (out), Nebulizer Gas Flow-Rate : 0.3 L/min, Simple Uptake Rate : 1.2 mL/min, Spray Chamber : Water Cooled). Fig. 1은 방법을 도시한 것이다.<sup>9,10,13</sup>



\* 함수율 85% 이상인 시료에 한해 “15/100-D”를 보정

Fig. 1. Korean(Japanese) Official Leaching Procedure.

미국의 용출 시험방법(TCLP)은 실험을 시작하기 전에 수분함량을 측정한 다음 시료의 입경을 한국(일본)법에 적용한 1.7~5 mm(TCLP법은 9.5 mm 이하)로 분쇄 후 정확히 50 g을 달아 증류수 약 1000 ml를 부어 pH를 측정하고 아세트산(일본 Sinyo Pure Chemicals CO.)을 첨가시켜 pH 2.88으로 조절한 다음 용매와 시료의 혼합비 20:1, 진탕 횟수 30 rpm으로 18시간 연속진탕하여 여액을 분석하였다. Fig. 2는 이 방법을 도시한 것이다.<sup>6,8,10,11</sup>

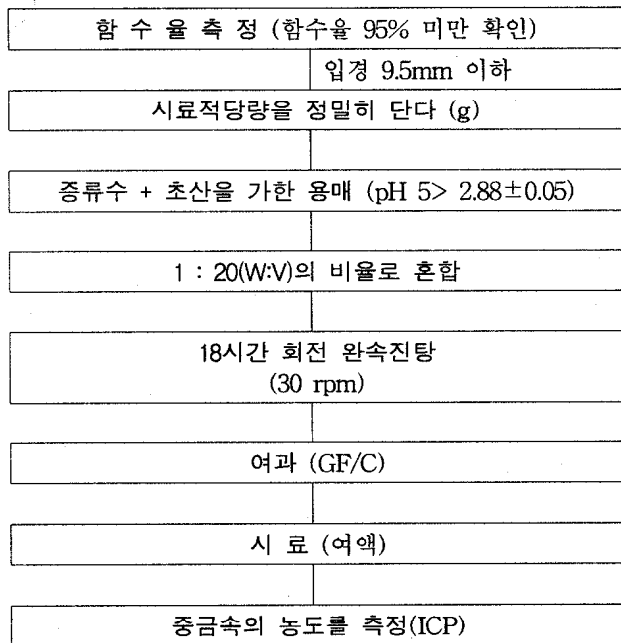


Fig. 2. TCLP Method.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. EAF Dust, Slag, Botom Ash, 시멘트의 화학적 성분

Table 3, 4, 5, 6, 및 7은 고품물을 제작하는 원재료로서 고정상을 제작하기 전의 각각의 화학조성 분석결과이다. EAF Dust 용출액은 기준치보다 Pb는 약 310배, Cr은 약 45배, Cd는 약 25배, Cu는 약 19배 정도로 상당히 높은 농도의 중금속을 함유하는 것으로 나타났다.

Table 3. Concentration of heavy metals in EAF Dust Leachate.

Element	Standard Permit (mg/l)	Concentration (mg/l)
Pb	< 3	933.00±0.4
Cr	< 1.5	68.42±0.2
Cd	< 0.3	7.58±0.1
Cu	< 3	55.85±0.4

Table 4. Chemical composition of EAF Dust(%).

Compound	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	SO <sub>3</sub>
Ratio(w%)	4.60	64.80	0.50	6.30	0.70

Table 5. Chemical composition of Bottom Ash(%).

Compound	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O
%	1.75	58.45	27.25	9.67	2.88

Table 6. Chemical composition of Slag.

Compound	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	T-Fe
%	14.70	1.49	36.70	9.17	27.70

Compound	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	Sulfur
%	0.54	2.18	1.50	5.04	0.04

Table 7. Chemical composition of Cement.

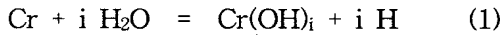
compound	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	MgO
%	63.11	18.8	6.72	3.63	1.07	3.33	3.68

#### 3.2. 용출방법(KOLP & JOLP, TCLP)에 의한 용출특성

한국(일본) 및 미국에서 시행하고 있는 용출 시험 방법에 의해 EAF Dust 고정상을 용출시험 하

여 중금속의 농도를 측정한 결과는 Table 8과 Fig. 3에 나타내었다. 실험결과에 의하면 납, 카드뮴, 구리의 양은 한국 및 일본과 미국방법 모두 EAF Dust 고정상에서는 극미량이 검출되었다. 그러나 크롬(Cr)도 역시 다른 중금속과 마찬가지로 유해폐기물 판정기준치인 1.5 ppm(mg/l) 이하지만 뚜렷한 용출방법상의 농도변화가 나타났다. 그 경향은 미국의 용출법인 TCLP 시험법이 크롬(Cr)의 농도가 시료 Mix-3(B), Mix-3(S) 각각 24, 65 ppb가 나왔고 한국 및 일본의 농도는 20, 55 ppb로 용출되어 상대적으로 낮게 용출되었다.

이 결과의 주원인은 미국의 용출시험법에서 용출용매의 pH가 한국 및 일본의 용출시험법에 나타난 용출용매의 pH보다 산성이므로 중금속 이온의 용해도에 직접적으로 영향을 끼치는 낮은 pH 범위에서 크롬 용출량이 많아진 것이다.<sup>10,14,15</sup>



$$\beta_i = Cr(OH)_i [Cr]^i / [Cr] \quad (2)$$

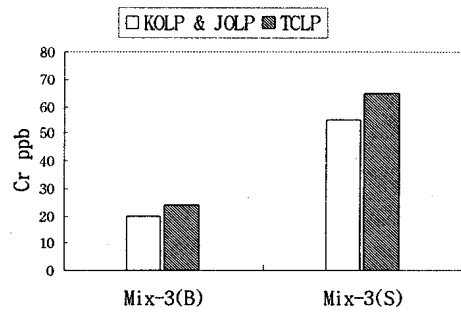
$$K_{so} = [Cr^{n+}]_{max} / [H^+]^n \quad (3)$$

여기에서 Cr : 크롬이온  
 H<sup>+</sup> : 수소이온  
 β<sub>i</sub> : formation constant  
 K<sub>so</sub> : solubility product

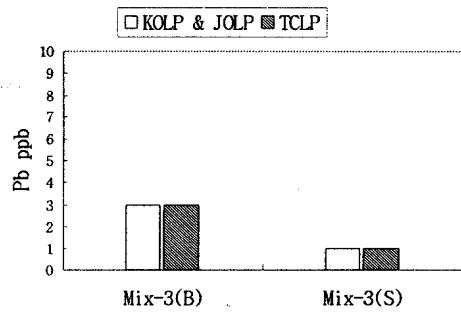
**Table 8.** Concentration of heavy metals in the leaching methods.

Element	Mixture	KOLP & JOLP ppb(μg/l)	TCLP ppb(μg/l)
Cr	Mix-3 (B)	20 ± 1.2	24 ± 0.9
	Mix-3 (S)	55 ± 0.4	65 ± 0.4
Pb	Mix-3 (B)	3	3
	Mix-3 (S)	1	1
Cd	Mix-3 (B)	4	9
	Mix-3 (S)	4	4
Cu	Mix-3 (B)	22	22
	Mix-3 (S)	21	23

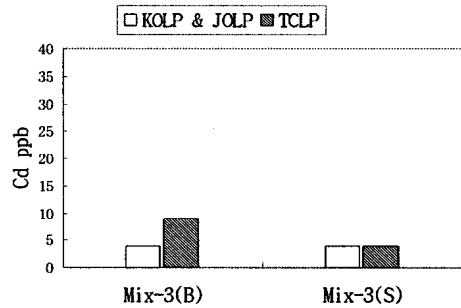
\* Mix-3 (B) : Bottom Ash 20% 첨가시료  
 \* Mix-3 (S) : Steel Slag 20% 첨가시료



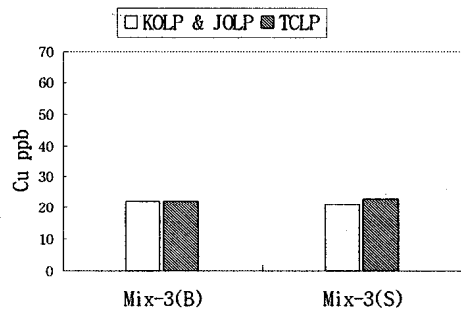
(a) Cr



(b) Pb



(c) Cd



(d) Cu

**Fig. 3.** Concentration of heavy metals in the leaching methods.

### 3.3. EAF Dust 고정상에서 슬래그와 시멘트 비의 용출특성

폐기물과 시멘트의 비로 나타내는 EAF Dust 고정상에 슬래그가 시멘트에 각 차지하는 비율별(0, 2.5, 10, 20 wt%) 중금속 농도는 슬래그 비율이 높아짐에 따라 크롬(Cr)의 농도는 미량이지만 한국(KOLP) 및 미국(TCLP)용출방법 모두에서 높아졌다. 그외의 중금속인 납, 카드뮴은 EAF Dust 고정상에서 극미량이 검출되었다. 결과는 Table 9 와 Fig. 4에 나타내었다.

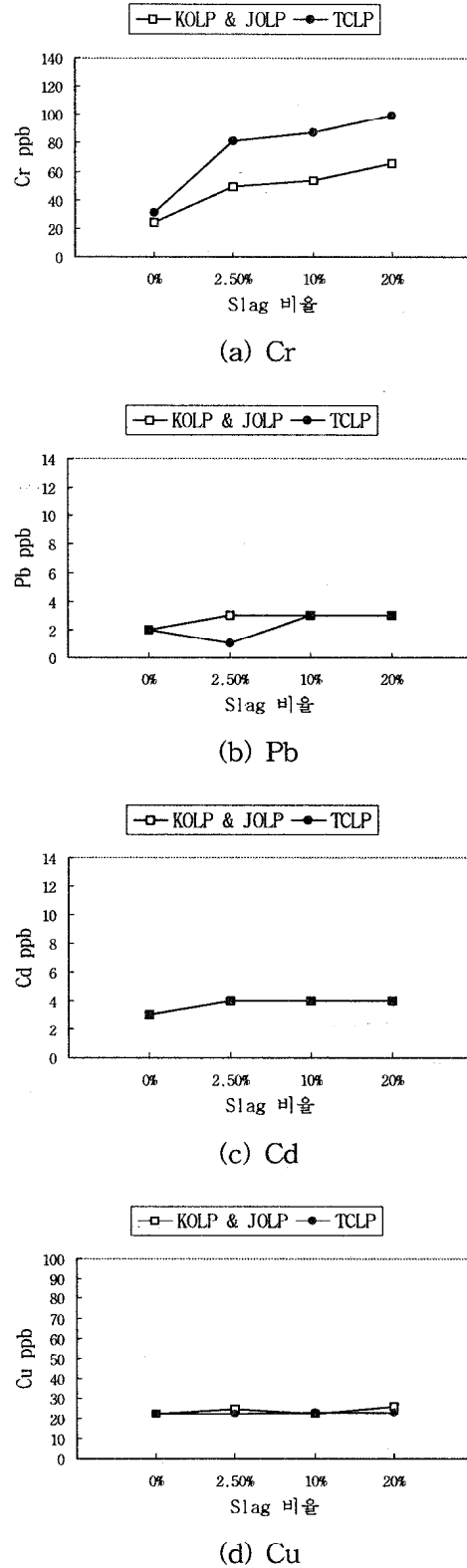
**Table 9.** Concentration of heavy metals with an additive(slag).

KOLP				
Mixture	Mix-0	Mix-1	Mix-2	Mix-3
	0 % Slag	2.5 % Slag	10% Slag	20 % Slag
Element	(ppb)	(ppb)	(ppb)	(ppb)
Cr	24±1.3	49±0.7	54±0.7	66±0.8
Pb	2	3	3	3
Cd	3	4	4	4
Cu	22	25	22	26

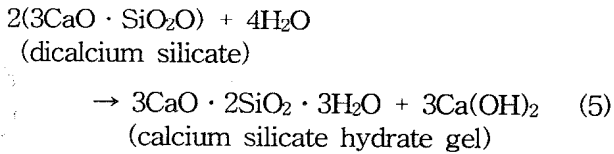
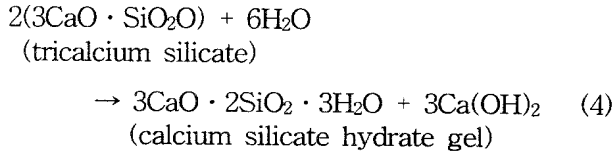
TCLP				
Mixture	Mix-0	Mix-1	Mix-2	Mix-3
	0 % Slag	2.5 % Slag	10 % Slag	20 % Slag
Element	(ppb)	(ppb)	(ppb)	(ppb)
Cr	31±0.9	81±1.2	87±0.8	99±1.8
Pb	2	1	3	3
Cd	3	4	4	4
Cu	22	22	23	23

결과의 이유는 슬래그 내의 폐기물 증가에 따른 자연적인 크롬용출량 증가의 측면도 있지만 시멘트 작용에 관한 시각에서 보자면 시멘트의 주성분은 CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등의 산화물로서, 이들은 네가지의 시멘트 화합물을 만든다. 시멘트는 물과 반응하여 수화작용을 통해서 응결하게 되는데, 이 때 C<sub>2</sub>S (2CaO · SiO<sub>2</sub>)와 C<sub>3</sub>S (3CaO · SiO<sub>2</sub>)의 수화 반응시 수산화칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>)이 발생함으로써 산중화 능력을 가지는 것으로 식 4, 식 5는 시멘



**Fig. 4.** Concentration of heavy metals with an additive(slag).

트가 물과 반응하는 수화작용을 반응식을 통해 나타내었다.



반응식에서 보이는것 처럼 용출용액 내에 생성된 수산화칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>)이 알칼리성 환경을 조성하여 중금속(Cr)의 고정에 기여한다. 이것은 곧 슬래그의 첨가량이 많을수록 상대적으로 시멘트비율이 작아져 알칼리성 환경의 조성이 시멘트 비율이 클 때 보다 미약하여 EAF Dust 고정상의 크롬 고정율이 저하된 것으로 사료된다.<sup>16</sup>

### 3.4. EAF Dust 고정상의 Bottom Ash와 시멘트 비의 용출특성

EAF Dust 고정상에 첨가한 슬래그 혼합 고형물에서는 비율이 높아짐에 따라 농도가 증가했다. 그러나 Bottom Ash첨가 고형물의 비율별(0, 2.5, 5, 10, 20 wt%) 중금속(Cr)농도는 Bottom Ash의 비율이 높아짐에 따라 중금속(Cr)의 용출농도는 감소하였다

이유는 Bottom Ash의 성분이 포졸란의 특성을 지닌다는 것이다. Bottom Ash가 포틀랜드시멘트

(OPC)와 섞을 경우 수화반응시 생성된 수산화칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>)과 Bottom Ash(포졸란)가 반응하여 Ca(OH)<sub>2</sub>를 소모하고, 수산화 시멘트 고화체에 있어서 C-S-H, C-A-H의 비율을 증가시켜 EAF Dust고정상 안에 있는 중금속이 치환되어 고정시키는 것으로 사료된다. 결과는 Table 10과 Fig.5에 나타내었다.<sup>11,12</sup>

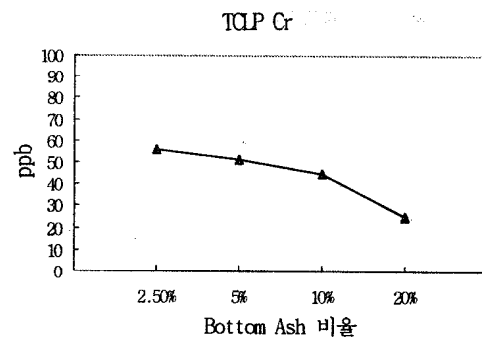
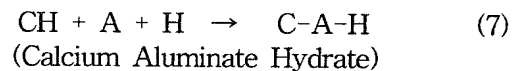
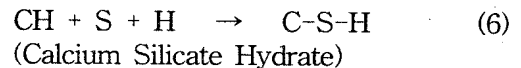


Fig. 5. Concentration of heavy metals with an additive(Bottom Ash).

### 3.5. 입경별 용출특성

EAF Dust 고정상의 입경 크기별 용출농도는 TCLP 실험을 통해서 진행하였다. 특징은 입경이 작은 시료가 상대적으로 많은 Cr 용출 농도를 나

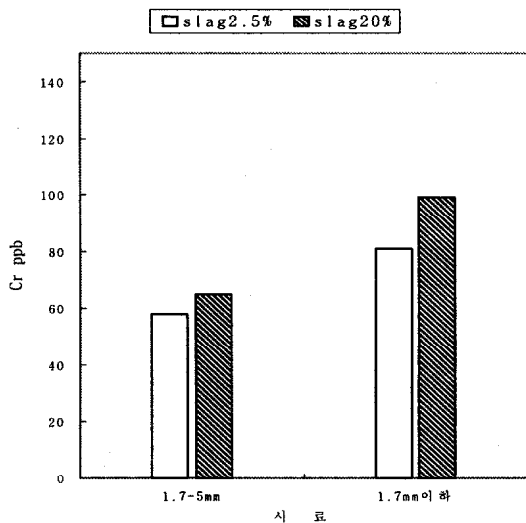
Table 10. Concentration of heavy metals with an additive(Bttom Ash).

TCLP				
Mixture	1 (2.5%)	2 (5%)	3 (10%)	4 (20%)
Element	(Bottom Ash)(ppb)	(Bottom Ash)(ppb)	(Bottom Ash)(ppb)	(Bottom Ash)(ppb)
Cr	56 ± 1.2	51 ± 0.8	45 ± 0.8	25 ± 1.7
Pb	1	1	1	1
Cd	4	4	9	11
Cu	22	22	22	25

타내었다. 이것은 입경이 미세할수록 시편의 분쇄 과정에서 입경이 큰 시료보다 충격을 많이 받아 시멘트와 혼합된 EAF Dust 고정상의 기본적인 물리구조 파괴에 기인하며, 파괴된 미세입경 시료가 진탕시간 중에 용매와의 접촉 면적이 늘어나는 결과로 사료된다. 하지만 입경별 실험에서도 역시 다른 중금속인 납, 카드뮴, 구리 성분은 뚜렷한 가지적인 경향을 볼 수 없는 극미량의 농도가 검출되었다. 결과는 Table 11과 Fig. 6에 나타내었다.

**Table 11.** Concentration of heavy metals for particle size.

Element	TCLP	
	Size 1.7~5 mm(ppb)	Less 1.7 mm(ppb)
Slag Mix-3(20%)		
Cr	65±1.9	99±2.1
Cd	4	4
Pb	1	3
Cu	23	23
Slag Mix-1(2.5%)		
Cr	58±1.3	81±2.3
Cd	4	4
Pb	2	1
Cu	21	22



**Fig. 6.** Concentration of Cr for particle size.

#### 4. 결론

한국, 일본 및 미국에서 시행되는 용출방법에 의해 EAF Dust 고형물의 용출 중금속 농도를 측정 한 결과 납, 구리, 카드뮴은 극미량이 나왔고 역시 미량의 검출량이지만 크롬의 경우에만 각 용출 시편마다 미국(TCLP)의 용출 시험방법에서 용출농도가 한국(일본)의 방법보다 높게 나왔다.

EAF Dust 고정상에서의 슬래그와 시멘트비의 용출농도 특성은 슬래그 비율이 높아짐에 따라 크롬(Cr)의 농도는 높아졌으나 그외의 중금속인 납, 카드뮴, 구리는 거의 일정하게 나왔다. 이유는 슬래그의 비가 증가할수록 용출액 내에서 알카리성 환경의 조성이 미약하여 EAF Dust 고정상의 중금속 고정율이 저하된 것으로 사료된다. 그러나 크롬을 제외한 나머지 중금속(구리, 카드뮴, 납)의 경우는 EAF Dust 고정상시료 내에서 고정이 잘된 것으로 추후의 연구가 필요하다고 생각한다.

EAF Dust 고형물의 입경크기별 용출농도의 특징은 다른 폐기물과 마찬가지로 입경이 작을수록 용매와 폐기물과의 접촉면적이 증가 되어 용출액에 중금속이 많이 나오는 것으로 사료된다.

EAF Dust 고정상에 첨가한 슬래그에서는 슬래그의 비율이 높아짐에 따라 크롬 농도가 증가하나 Bottom Ash는 반대로 Bottom Ash의 첨가 비율이 높아짐에 따라 중금속 성분 중 크롬의 농도가 낮아졌다.

일반적으로 EAF Dust 고정상에서의 한국(일본) 및 미국(TCLP)의 용출 시험 방법에서 중금속(크롬, 납, 카드뮴, 구리) 용출액의 측정치는 각 나라별 유해산업폐기물 기준치에 적합한 측정값을 얻었다. 그러나 크롬에서 미국(TCLP)법이 한국(일본)의 방법보다 높게 나오는 경향이 뚜렷하다. 본 실험에서 TCLP법과 한국공정시험법상에 나타나는 차이는 용출용매의 pH와 용출입자 크기에 영향을 받는다.

#### 참고문헌

1. 환경부, "전국 폐기물 발생 및 처리현황('95)", 1996, 1-20.

2. 월간환경21 9월호, 1996, 3-55.
3. W. Shively, *Journal WPCF*, 1986, 58(3), 234-241.
4. P. L. Cote. and T. W. Cons., *Resources and Conservation*, 1982, 126-180.
5. 류한길, 1996, "EAF Dust상의 중금속과 포졸란합성시멘트 몰탈의 내구성에 관한연구", 석사학위논문, 중앙대학교, pp 1-6.
6. J. R. Conner., 1990, "*Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Waste*", Van Nostrand Reinhold, New York.
7. U. S. EPA, 1986, "*Test Methods for Evaluating Solid Waste - Physical Chemical Method*", SW-846, 3rd, Office of Solid Waste and Energy Response.
8. "Federal Register", Jun 24, 1990, 26986.
9. 厚生省生活衛生局, 1991, "*産業廢棄物 Handbook*".
10. 김삼권·박호성, 1995, "폐기물 공정시험방법해설", pp 30-33.
11. 중앙대학교 건설산업기술연구소, 1995, "전기로 제강분진, Fly Ash, 석분회수분진 등의 아스콘 채움제로서의 활용성 검토", pp 51-65.
12. 임남웅, 1996, "*Recycling Technology(III)*", pp 10-45.
13. H. S. Shin., N. R. Her. and J. K. Koo., *Hazardous Waste & Hazardous Meterial*, 1988, 5(3), 239-250.
14. D. Clifford, *Environ. Sci. & Technol.*, 1986, 20(11), 45-140.
15. P. L. Bishop, *Hazardous Waste & Hazardous Meterial*, 1988, 5(2), 129-143.
16. 신항식, 1989, "시멘트 고형화에 의한 유해폐기물의 처분".