

## 石炭灰의 重金屬 吸着 特性 研究

\*趙熙燦 · 吳妲永

서울대학교 地球環境시스템工學部

### Heavy Metal Removal by Fly Ash

\*Hee-chan Cho and Dal-young Oh

School of Civil, Urban & Geosystem Engineering, Seoul National University

#### 요 약

본 연구는 석탄회를 흡착제로 개발하여 폐수 속에 용존되어 있는 중금속이온의 제거에 적용하고자 수행되었다. 1차적으로 연구된 중금속 이온은 아연과 납이며, pH 및 초기 금속이온농도, 석탄회의 양의 변화에 따른 흡착의 경향을 분석하였다. 흡착 실험은 배치방법을 이용하여, pH의 범위는 3~10, 초기 금속 이온 농도는 10~400 mg/L, 흡착제의 양은 10 g/L, 20 g/L에서 수행되었다. 또한 시간에 따른 Kinetics 실험을 통하여 석탄회의 흡착 특성을 파악하였으며, 침전에 의한 금속 이온 제거율도 측정하였다. 실험 결과를 Langmuir와 Freundlich 등온흡착식으로 분석하여본 결과 Langmuir에 잘 부합하였으며 아연의 경우는 pH 6, 납의 경우는 pH 4.5를 넘게 되면 용액 내 제거율이 농도에 따라 60~99%에 달하여 흡착제로서 매우 적합함을 알 수 있었다.

**주제어:** 석탄회, 흡착, 아연, 납, Langmuir isotherm

#### ABSTRACT

The present work investigates the possible use of fly ash for the removal of heavy metal ions from aqueous solutions. Batch experiments were conducted and the influences of metal concentration, pH, and fly ash concentration were investigated. Heavy metals used in these studies were lead and zinc. Adsorption studies were done over a range of pH values (3~10) at 25°C and heavy metal concentrations of 10~400 mg/L using fly ash concentrations of 10 and 20 g/L. Experiments were also conducted without fly ash to determine the extent of heavy metal removal by precipitation. Kinetic and equilibrium experiments were performed and adsorption data were correlated with both Langmuir and Freundlich adsorption models. The results of these studies indicate that fly ash can be used as an adsorbent for heavy metals in the aqueous solutions, yet the degree of removal depends on the pH.

**Key words:** Fly ash, Adsorption, Zinc, Lead, Langmuir isotherm

#### 1. 서 론

공업용 폐수 내에 존재하는 중금속은 미량으로도 그 독성이 매우 크다. 이러한 중금속의 유출은 수중생태계에 심각한 타격을 줄 뿐만 아니라, 인간에게 미치는 위해성 또한 높다. 이제까지 폐수내 중금속은 대부분 석회를 이용한 침전이나, 활성탄을 이용한 흡착을 통하여 제거되어 왔었다. 그러나 활성탄 등의 가격이 높아 이들보다 저렴한 석탄회를 흡착제로 사용하고자 하는 연

구가 근래에 시도되어 왔으며, 폐수 내 중금속 이온을 제거하는데 석탄회가 효과적인 흡착제임이 여러 실험 결과를 통하여 알려져 왔다.

석탄회란 화력발전소 등에서 석탄을 연소시킨 후 발생하는 회 중 집진기에서 포집되는 미세한 입자들로 총 회 발생량의 80%가량을 차지하고 있다. 석탄회는 매년 그 발생량이 증가하여 2000년 기준 443만 톤이 발생하였으며 이 중 54.62%인 242만 톤이 재활용되고 나머지는 매립되었다.<sup>1)</sup>

석탄회는 비표면적 3,000 cm<sup>2</sup>/g 전후의 미세 입자로 주성분은 SiO<sub>2</sub>와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>이고 분말도, 구형도, 포졸란 특

\* 2001년 6월 15일 접수, 2001년 7월 15일 수리

\* E-mail: hccho@plaza.snu.ac.kr, kurt029@snu.ac.kr

성 때문에 시멘트 혼화재, 첨가제, 안정로반재, 콘크리트 혼화제, 토양개량제 등 시멘트와 건축 분야에서 재 활용되고 있다. 그러나 수요에 비해 공급이 많은 상태로 석탄회 재활용의 새로운 수요처 개발이 요구되고 있으며 특히 미연 탄소분이 많은 석탄회는 시멘트의 물성과 맞지 않아 재활용이 전혀 안되고 있는 실정이다.

석탄회는 물에 첨가 시 강알칼리성 물질로서 pH 10~13을 나타내며, 약산성 이상의 환경에서 입자의 표면은 (-)로 대전된다. 따라서 수용액상에 존재하는 금속 이온들에 대하여 침전과 표면 전하에 의한 정전기적 흡착을 기대할 수 있다.

본 실험에서는 위와 같은 석탄회의 특성에 따라 Kinetic study와 Isotherm study를 통하여 여러 조건에 따른 석탄회 내 중금속 이온의 흡착을 알아보하고자 하였으며 각 금속에 따른 최적의 제거 조건을 찾아보고자 하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1. 실험재료 및 시약

본 실험에 사용된 석탄회는 유연탄 화력발전소에서 채취하였으며, 본 실험에 사용된 기기 및 시약들은 다음과 같다.

- pH measurement-pH meter (SUNTEX)
- Zeta-potential measurement-zeta meter (Delsa 440SX, Coulter)
- Heavy metal content-Atomic adsorption spectrometer (Perkin Elmer 3100)
- 시약-Zinc chloride, Lead chloride

### 2.2. 실험방법

#### 2.2.1. 흡착실험

흡착 실험은 배치 방법으로 수행되었으며, 실험과정은 Fig. 1 과 같다. 석탄회를 110°C에서 2시간 동안 건조시킨 후, 석탄회의 용액 내 농도가 10 g/L, 20 g/L가 되도록 50 ml 폴리에틸렌 병에 석탄회와 증류수 50 ml를 넣고 2시간동안 25°C로 고정된 수욕조 내에서 교반시켜 pH가 안정화되도록 하였다. 안정화 후 1M 질산을 이용하여 pH를 3, 4.5, 6, 7, 8, 10으로 조정하였으며, 아연과 납 이온을 첨가하고 각각 Kinetics에서 구한 평형 시간 동안 25°C로 고정된 수욕조 내에서 교반시켜 흡착이 수행되도록 하였다. 이 때 첨가한 이온의 농도는 10, 25, 50, 100, 200, 400 mg/L로 염화아연과 염화납

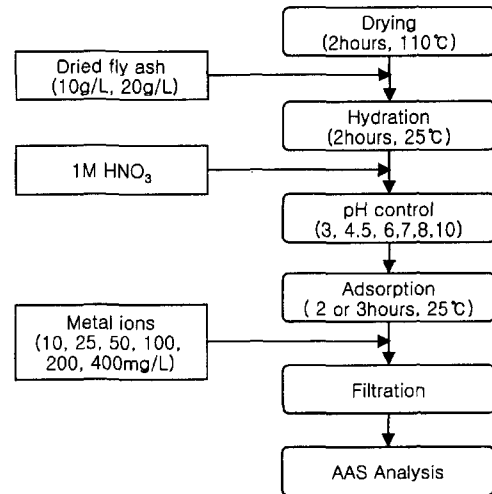


Fig. 1. Diagram of Adsorption experiment.

을 증류수에 용해한 것이다. 흡착이 끝난 후 여과하여 원자흡광분석기(AAS)로 남아있는 금속 이온의 농도를 측정하였다.

시간에 따른 금속의 흡착 경향을 알고자 시행된 Kinetics의 실험 역시 위와 같이 수행되었으며, 이 때 금속 이온의 농도는 50 mg/L이며 수욕조에 장착한 후 2분에서 4시간까지 일정한 간격으로 수용액 내 잔존하는 금속 이온의 농도를 분석하였다.

#### 2.2.2. 침전실험

침전의 영향을 알아보기 위한 실험은 석탄회를 넣지 않고 pH를 조절한 증류수를 사용하여 흡착 실험과 동일하게 수행되었다. pH 조절은 1M의 질산과 수산화나트륨을 이용하여 3~10까지 맞추었다. 석탄회를 첨가한 경우와 달리 안정화는 수행되지 않았으며, pH 조절과 금속이온 첨가 후 수욕조에 동일한 시간 동안 장착하여 금속이온의 침전을 수행한 후 남아있는 이온의 농도를 측정하였다.

#### 2.2.3. Zeta-전위 측정

석탄회를 증류수에 첨가하고 안정화시킨 후 pH를 3~12까지 조정하여 pH의 증가에 따른 수용액 내 입자의 zeta-전위의 변화를 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1. 석탄회의 화학적 구성

본 실험에서 사용된 석탄회는 강열 감량(LOI, Loss of Ignition) 5.7%의 유연탄 석탄회로서 성분은

**Table 1.** Chemical composition of the fly ash

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	기타
Mass (%)	57.82	22.10	8.33	2.57	0.91	0.73	0.64	0.45	6.47

**Table 2.** Size fraction and LOI of the fly ash

Size (mesh)	Mass percentage	LOI (%)
+70	1.58	58.33
70 × 100	3.19	28.51
100 × 140	2.23	25.19
140 × 200	6.53	10.56
200 × 270	7.47	5.49
270 × 400	6.25	4.77
-400	72.75	2.99
Total	100	5.7

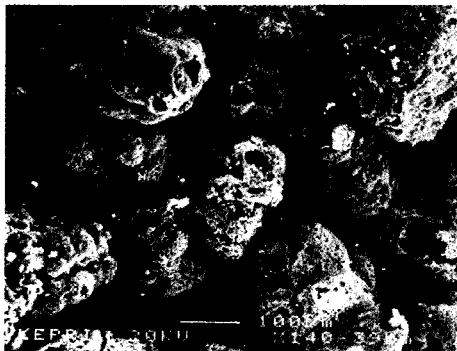
Table 1 과 같다. SiO<sub>2</sub>와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 전체 성분의 약 80%정도이며, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 CaO가 11% 정도 포함되어 있다. Table 2 는 본 시료의 크기별 분포와 각 구간

별 LOI를 나타내는데, 대부분의 시료는 400 mesh이하이며, 200 mesh이상의 시료의 LOI가 높게 나타나, 대부분의 미연 탄소가 200 mesh 이상에 분포하고 있음을 알 수 있다. 석탄회의 SEM 사진을 +200 mesh와 -200 mesh로 나누어 찍어보면 +200 mesh의 경우 Fig. 2a 와 같이 불규칙한 형태의 기공이 나타나는 미연탄소분을 관찰할 수 있으며, -200 mesh의 경우는 구형의 형태를 띠고 기공이 나타나지 않는 미립자인 회를 관찰 할 수 있다.

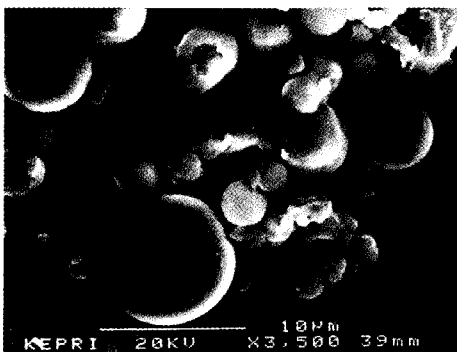
**3.2. 흡착 Kinetics**

시간에 따른 아연과 납 이온농도의 변화는 Fig. 3 와 같으며, 그래프는 시간에 따른 흡착의 진행과 흡착평형에 이르는 시간을 보여주고 있다. 이는 침전의 영향이 적은 pH 6에서 석탄회 10 g/L의 농도와 금속 이온농도 50 mg/L로 수행된 것으로 흡착의 경향을 잘 보여주고 있다. 흡착은 초기에 급격하게 일어나 시간이 지남에 따라 평형에 도달한다. 평형 시간은 석탄회의 표면적, 성분의 차이, 금속 이온의 전기음성도 차이 등에 의해 영향을 받을 수 있는데, 아연의 경우는 2시간 후 평형에 도달하였으며, 납의 경우는 3시간 후 평형에 도달하였다.

Kinetics 실험에 의한 아연과 납의 흡착율은 Lagergren 식<sup>2)</sup>

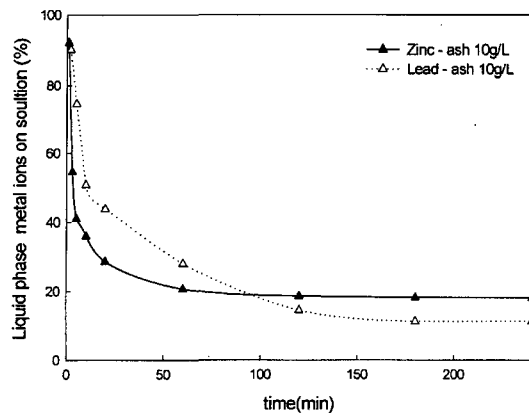


(a)



(b)

**Fig. 2.** (a) SEM picture of +200 mesh particles of fly ash. (b) SEM picture of -200 mesh particles of fly ash.



**Fig. 3.** Effect of contact time of zinc and lead adsorption on fly ash at pH 6 and of initial concentration of 50 mg/L.

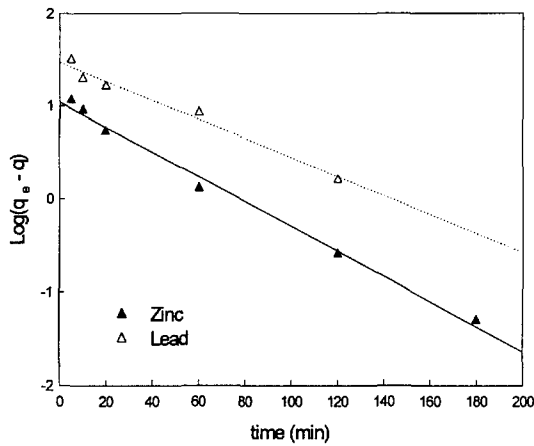


Fig. 4. Lagergren plot for the removal of zinc and lead at pH 6 and of initial concentration of 50 mg/L.

$$\log(q_e - q) = \log q_e - \frac{K_{ad}}{2.303} t$$

에 의하여 결정될 수 있는데  $q_e$ 와  $q$ (both in mg/L)는 중금속의 평형 후와 시간 t에서의 흡착된 양이다.  $K_{ad}$ 는 흡착을 상수로 각기 다른 석탄회 양에 따른  $\log(q_e - q)$ 와 t의 그래프는 Fig. 4와 같다. 그래프에서 나타나는 기울기 값에 의하여  $K_{ad}$ 값을 구해보면, 아연은 0.0307, 납은 0.0237로 아연의 흡착 성향이 납의 경우보다 강함을 알 수 있다.

### 3.3. 중금속의 총 제거율

다양한 pH와 초기농도에서 흡착실험 수행 후의 총

제거율은 Table 3, Table 4와 같다. 아연의 경우, pH 6이상에서 저농도의 경우 90~99%, 고농도의 경우 20~90%의 제거율을 보였으며, 납의 경우는 pH 4.5이상에서 저농도의 경우 97~99.9%, 고농도의 경우 50~99%의 제거율을 보였다. 전체적으로 중성 이상의 pH에서는 100 mg/L 이하의 농도에서 99%가 넘는 제거율을 기대할 수 있다. 또한 석탄회의 양이 증가하면 흡착율은 그만큼 좋아지게 되는데, Fig. 6에 의하면 pH 6에서 400 mg/L의 납 이온의 제거율은 석탄회 10 g/L에서 60%, 20 g/L에서 88%, 40 g/L에서 95%로 증가하는 것을 알 수 있다.

### 3.4. 침전에 의한 중금속 제거율

Fig. 6는 아연과 납 이온의 pH에 따른 침전율을 나타낸 것이다. 그래프는 100 mg/L의 농도를 가진 아연과 납 이온이 pH에 따라 어떤 식으로 침전하는가를 보여주고 있다. 실제적으로 아연과 납의 침전은 pH가 증가함에 따라 서서히 일어나지만, 아연의 경우 pH 10 이상에서 침전이 급격히 증가하여 pH 11에 이르면 약 90%가 침전되며, 납의 경우 pH 8 이상에서 급격히 증가하여 pH 9 이상에 되면 거의 99%가 침전이 된다. 물 속에 석탄회를 첨가했을 때 나타나는 pH는 10~13 정도로서 강한 알칼리성을 띠기 때문에 금속 이온은 침전으로 제거될 것이다. 그러나 폐수는 산성 폐수일 경우 알칼리성의 석탄회와 함께 중화되어 그보다는 낮은 pH를 나타낼 것이며, 중성 이하의 영역에서는 침전에 대한 금속의 제거를 기대할 수 없을 것이다.

Table 3. Removal after adsorption of zinc on fly ash (unit: %)

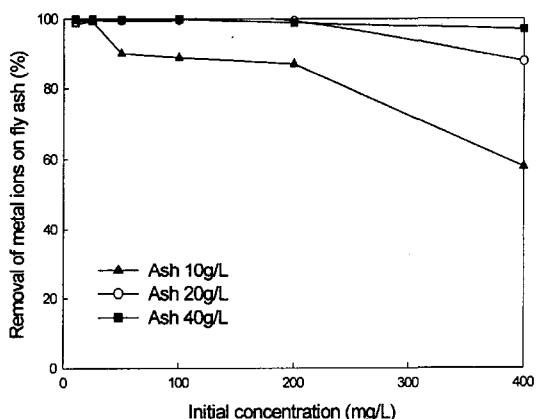
adsorbent dosage	pH Conc.*	pH					
		3	4.5	6	7	8	10
ash 10 g/L	10	27.00	34.20	85.79	91.40	98.20	99.10
	25	25.90	34.10	85.04	91.20	98.08	99.12
	50	23.30	33.02	76.00	90.32	97.76	98.92
	100	22.62	25.67	55.02	75.00	93.00	97.90
	200	14.03	17.34	34.39	53.88	77.32	92.17
	400	7.12	9.34	19.00	34.51	63.49	87.41
ash 20 g/L	10	30.60	42.00	90.00	97.10	99.00	99.70
	25	30.04	36.76	87.20	96.80	98.68	99.44
	50	27.94	44.44	85.00	96.00	98.26	99.58
	100	28.33	41.43	71.80	90.00	97.46	99.18
	200	17.18	25.84	43.84	58.33	83.84	94.84
	400	9.13	14.09	28.33	37.08	72.84	90.59

\*Conc.\* : Concentration of the zinc solution

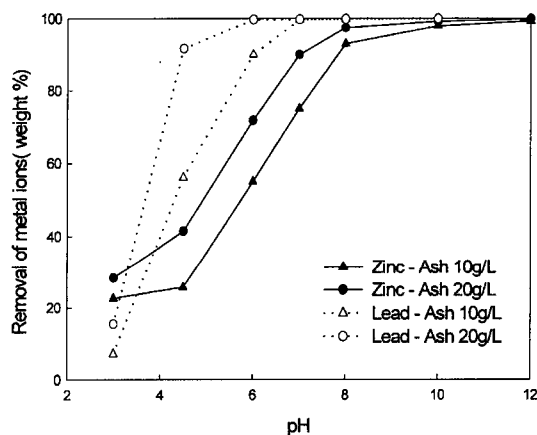
**Table 4.** Removal after adsorption of lead on fly ash (unit: %)

adsorbent dosage	pH Conc.*	3	4.5	6	7	8	10
		ash 10g/L	10	15.00	96.90	98.50	99.10
	25	7.08	70.76	99.16	99.44	99.76	99.76
	50	4.30	56.36	88.80	99.58	99.68	99.84
	100	7.15	56.09	90.00	99.67	99.83	99.87
	200	2.80	40.70	86.95	97.63	98.90	99.81
	400	4.80	54.93	57.88	92.95	96.95	99.50
ash 20g/L	10	25.90	97.40	99.10	99.20	99.80	99.80
	25	35.68	98.20	99.56	99.56	99.80	99.88
	50	28.12	94.90	99.48	99.68	99.82	99.86
	100	15.40	91.70	99.66	99.72	99.85	99.90
	200	8.90	88.00	99.40	99.60	99.88	99.92
	400	6.33	71.73	87.68	99.30	99.73	99.88

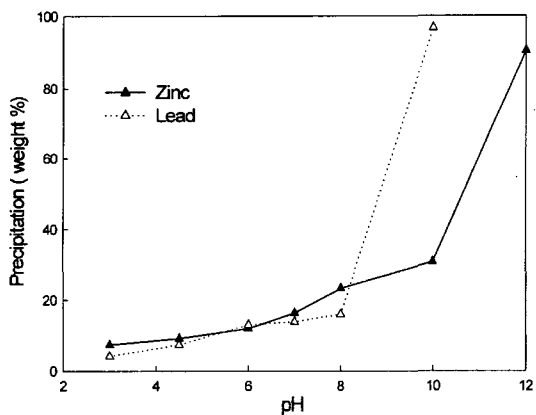
\*Conc.\* : Concentration of the lead solution



**Fig. 5.** Effect of adsorbent dosage on adsorption of lead on fly ash.



**Fig. 7.** Removal of zinc and lead on fly ash at varying pH and of initial concentration of 200 mg/L.



**Fig. 6.** Precipitation of zinc and lead at varying pH.

**3.5. pH의 영향**

아연과 납의 석탄회 제거율을 pH 3~10 사이에서 살펴보았다. Fig. 7에 의하면 pH에 따라 아연과 납의 제거율은 초기농도 200 mg/L, 석탄회 10 g/L에서 아연의 경우 pH 6에서 약 50%에 이르며 pH에 따라 제거율이 급격히 증가하여 pH 8에서는 90%에 이르는 것을 볼 수 있다. 납의 경우는 그러한 경향이 pH 4.5부터 나타나는데, 같은 조건에서 pH 4.5에서 제거율은 55%, pH 6에서 90%에 이른다. 이러한 pH의 영향은 석탄회 내에 존재하는 산화물에 의한 수화작용의 형성으로 설명될 수 있는데, 산성환경에서 실리카나 알루미늄과 같은 산화물의 표면은 양전하를 띠게 되며 그 반

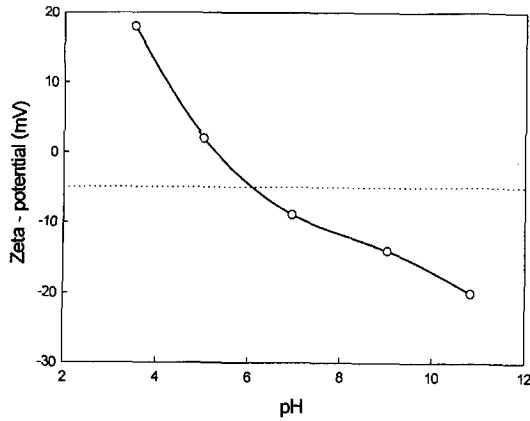
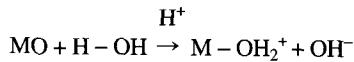


Fig. 8. Zeta-potential of the fly ash at varying pH.

응은 다음과 같다.



그러므로 산성환경에서 금속이온의 흡착은 용이하지 않다. 그러나 알칼리성 환경에서는 표면이 음전하를 띠게 되므로 흡착에 매우 용이하다.<sup>3)</sup> 실제로 zeta-전위를 측정하여보면 Fig. 8 과 같이 석탄회 표면은 물 속에서 pH가 증가함에 따라 (+)에서 (-)로 하전되는데, PZC(Point of zero charge)는 pH 5 근처에서 나타나며 그 이상이 되면 명확하게 (-)를 띠는 것을 알 수 있다. 따라서 pH 5 이상에서는 (-)로 대전된 입자 표면에 (+)인 금속 이온들이 정전기적 영향으로 흡착이 수행될 것이며, 이로 인해 고알칼리성 환경에서는 침전의 효과와 더불어 중금속의 효과적인 제거를 기대할 수 있다. pH 5 이하에서 나타나는 중금속의 제거는 이러한 두 가지 주요 반응 외에 이온교환이나 표면 침착 등에 의한 것으로 여겨진다.

### 3.6. 흡착등온곡선

Langmuir isotherm은 흡착 반응을 기술하는 가장 보편적인 방법 중의 하나로 광물에 흡착된 양이온의 농도의 역수와 물에 녹아 있는 양이온의 농도의 역수가 서로 일차 선형 관계를 가짐을 나타낸다. Langmuir isotherm은 다음 식으로 표현된다.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q^0 b} + \frac{C_e}{Q^0}$$

이 때  $C_e$ (mg/L)는 금속의 흡착 후 용액 내 농도이

며,  $q_e$ (mg/g)는 석탄회 내 흡착된 양이다. 또한  $Q^0$ (mg/g)와  $b$ (L/mg)는 Langmuir 상수로  $b$ 값이 클수록 흡착이 잘 일어나며  $Q^0$ 는 표면에 완전한 단분자층이 형성될 때의 흡착량이다.

Langmuir형 흡착을 표현하는 다른 isotherm으로는 Freundlich isotherm을 들 수 있는데, 이종의 표면에서의 평형을 기술할 때 적용되는 식으로 단분자층에서의 흡착을 나타내는 것은 아니다. 그러나 낮은 농도에서는 단분자층을 형성하게 되므로 농도가 낮은 경우 Langmuir와 비슷한 결과를 보이게 된다. Freundlich isotherm은 다음 식으로 표현된다.

$$q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}}$$

여기서  $q_e$ (mg/g)는 Langmuir에서와 마찬가지로 단위 석탄회당 흡착된 금속의 양이며,  $C_e$ (mg/L)는 금속의 흡착 후 용액 내 농도이다.  $K_F$ (mg/g)는 흡착매로의 상대적인 흡착량을 나타내는 상수이며  $n$ 은 흡착도(intensity of adsorbent)를 나타내는 상수로 이 값들은 온도와 흡착 매, 흡착질의 성질에 따라 변하게 된다.

이 두 가지 Isotherm 모델로 실험결과를 도시한 결과가 Fig. 9, Fig. 10에 나타나 있다. Fig. 9는 Langmuir isotherm의 선형적 형태로 아연과 납 이온의 석탄회 흡착은 Langmuir Isotherm을 매우 잘 따르고 있음을 알 수 있다. 이 때 기울기는  $1/Q^0 b$ 가 되며, y절편은  $1/Q^0 b$  값이 된다. 반면 Fig. 10의 Freundlich isotherm은 선형을 나타내지 않고 지수적으로 증가하는 형태를 보인다. 그러나 100 mg/L이하의 경우에는 역시 선형성을 보이고 있다. 선형 회귀 분석을 통해 Langmuir상수인

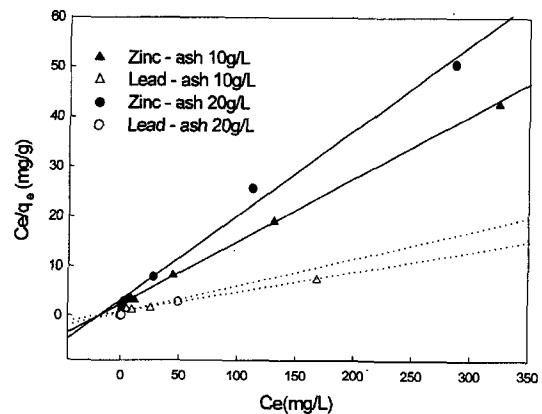


Fig. 9. Langmuir plot for zinc and lead at pH.

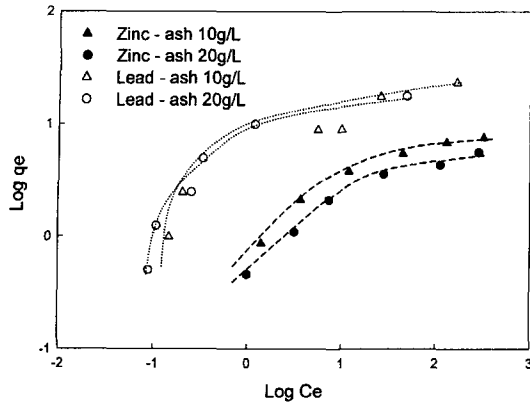


Fig. 10. Freundlich plot for zinc and lead a pH 6.

Table 5. Langmuir constants of zinc and lead adsorption on fly ash

pH	Zinc		Lead	
	b (L/mg)	Q <sup>0</sup> (mg/g)	b (L/mg)	Q <sup>0</sup> (mg/g)
4.5	0.02	4.49	0.01	17.85
6	0.07	7.87	0.07	23.15
10	0.18	36.76	0.66	72.46

b와 Q<sup>0</sup>값을 구해보면 Table 5 와 같다. 상수 b를 살펴 보면 아연의 경우 pH 4.5에서 0.02이고 pH 6에서 0.07, pH 10에서 0.18로 pH에 비례하여 흡착이 증가하는 것을 지시해준다. 이는 납의 경우에도 마찬가지로 pH 4.5에서 0.01, pH 6에서 0.07, pH 10에서 0.66의 값을 얻었다. 최종 흡착량으로 볼 수 있는 Q<sup>0</sup> 값 역시 pH에 비례하는 것을 알 수 있다. 아연의 경우 Q<sup>0</sup>는 pH 4.5에서 4.49, pH 6에서 7.87, pH 10에서 36.76으로 나타나며, 납의 경우는 pH 4.5에서 17.85, pH 6에서 23.15, pH 10에서 72.46으로 나타났다. 침전의 영향이 없는 pH 4.5와 6에서 아연과 납의 b값은 거의 유사하며, pH 6에서 두 이온의 값을 비교하여보면, 아연과 납이 각각 7.87과 23.15인데, 아연의 분자량이 65이고, 납은 207이므로 위 상수를 몰 단위로 환산할 경우 값은 각각 0.121(mmole/g)과 0.112(mmole/g)으로 비슷한 값을 나타낸다. 따라서 석탄회 한 입자당 흡착되는 금속 이온의 수가 비슷하며 동일한 메커니즘을 따라 흡착이 수행되고 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 실험은 국내 석탄회에 중금속의 흡착 성향을 알아

보고자 수행되었으며, 아연과 납이온이 이용되었다. 실험을 통한 결과를 종합하면 다음과 같다.

1. 흡착 Kinetics 실험에 의해 석탄회에 중금속의 흡착은 초기에 빠른 진행을 보였으며, 흡착 평형에 도달하는 시간은 아연의 경우 2시간, 납의 경우는 3시간이 소요되었다.
2. 석탄회는 수화되었을 때 pH 10~13의 고알칼리성 상태가 되었으며, 이로 인한 침전이 수행되었다. zeta-전위는 산성 환경에서 (+)로, pH 5 근처에서 PZC가 나타나며 그 이상의 경우 표면이 (-)로 대전되었으며, 정전기적 흡착을 기대할 수 있었다.
3. 침전의 영향은 아연은 pH 10부터 크게 나타나며, pH 11에 이르러 90%가 넘는 침전을 보였으며, 납은 pH 8부터 크게 나타나며, pH 9 이상이 되면 거의 99%가 침전되었다.
4. 침전의 영향이 적은 pH 5~8 사이에서 저농도의 경우 아연은 85~98%, 납은 96~99%에 이르는 제거율을 보였다.
5. 총제거율을 살펴보면, 아연은 pH 6 이상에서 저농도의 경우 90~99%, 고농도의 경우 20~90%의 보였으며, 납의 경우는 pH 4.5 이상에서 저농도의 경우 97~99.9%, 고농도의 경우 50~99%의 제거율을 보여, 중성 이상의 pH에서는 100 mg/L 이하의 농도에서 99%가 넘는 제거율을 기대할 수 있었다.
6. 흡착 실험결과는 Langmuir 등온흡착식을 잘 따르며, 저농도의 경우 Freundlich isotherm에도 잘 부합하였다.
7. 석탄회의 위와 같은 성질에 의해 산성 중금속 폐수처리에 흡착제로 쓰기에 매우 적합함을 알 수 있었다.

#### 사 사

본 연구는 서울대학교 공학연구소의 지원으로 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 한국전력공사.
2. Lagergren, S. Bil K. Svenska Ventenskapskad. Handl (1898).
3. Viraraghavan, T. and Rao. G. A. K. : Adsorption of cadmium and chromium from wastewater by fly ash, Envi. Sci. Health A26(5), 737 (1991).



趙 熙 燦

- 현재 서울대학교 지구환경시스템공학부 조교수
- 本學會志 第10卷 3號 參照



吳 姬 永

- 2000년 서울대학교 지구환경시스템공학부 공학사
- 현재 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정
- e-mail: kurt029@snu.ac.kr

### 學會誌 投稿 安內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解說	現況과 將來의 견해, 研究 技術의 綜合解說, Review
技 術 報 告	實際的인 試驗, 調查의 報告
技術, 行政情報	價値있는 技術, 行政情報를 간결히 解說하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會義의 報告, 國內外的 研究 幾關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 階霜 등
Group 紹介	企業, 研究幾關, 大學 등의 紹介
研究論文	Original 研究論文으로 本學會의 會誌에 揭載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.