

## 요업 원료로 재활용하기 위한 석탄회의 처리 : II. 채취조건 및 수비선별시 pH의 영향

허화범, 정철원, 박종현, 신건철

강원대학교 재료공학과, 춘천, 200-701

### The treatment of coal fly ash for recycling as ceramic raw materials : II. The effects of sampling condition and pH treatment in elutriation

H.B. Heo, C.W. Jeong, J.H. Park and K.C. Shin

*Department of Materials Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea*

요 약 분기별 안산 및 보령 석탄회에 대한 특성변화를 조사하였고 안산 석탄회에 대한 수비 선별시 산처리의 영향을 고찰하고자 하였다. 분기별 안산 및 보령 석탄회의 주결정상은 mullite와 quartz였고, 주성분은  $Al_2O_3$ 와  $SiO_2$ 로서 발전소 및 채취시기에 따른 큰 변화가 없었다. 반면, 입도분포는 수  $\mu m$ 에서 백  $\mu m$  이상의 넓은 입도분포를 갖으며 morphology는 안산 석탄회의 경우에 큰 변화가 있었다. 따라서 석탄회는 점토의 대체원료로 사용가능하나 원료의 안정적 수급을 위해서는 반드시 선별화가 선행되어야 한다. 안산 석탄회의 수비처리시 pH를 조절함으로써 분산성이 향상되었기 때문에 4단계에서 대부분 cenosphere를 얻을 수 있었고 입도 분포도 감소하였다. 또한 4단계에서 포집된 시료의 비표면적은 비처리 석탄회보다 크게 감소한  $1.24 m^2/g$ 이었다.

Abstract Characteristics of Ansan and Boryong coal fly ashes collected at different seasons were investigated for the recycling them as ceramic raw materials. The effect of pH treatment on the classification of Ansan coal fly ashes by elutriation was discussed. Characteristics of Ansan and Boryong coal fly ashes were not significantly changed with power plants and seasons. Major crystalline phases were mullite and quartz. These results suggested that coal fly ashes can be used as raw materials instead of clay minerals. How-

ever, particle size distribution was very broad from a few  $\mu\text{m}$  to over 100  $\mu\text{m}$ . Especially, Ansan coal fly ashes have various morphologies. Therefore, coal fly ashes should be classified before using as raw materials. Because of higher dispersion by pH treatment, spherical cenospheres were mainly collected in the 4th step and particle size distribution was also decreased by elutriation for the Ansan coal fly ashes. The specific surface area of the sample collected in the 4th step was 1.24  $\text{m}^2/\text{g}$  which was smaller than that of not treated Ansan coal fly ashes.

## 1. 서 론

석탄회는 전보에서 언급한 바와 같이[1] 사용탄종 및 채취시기에 따라 그 물성이 크게 좌우된다. 그 이유는 H.S. Simons 등의 보고[2]에 의하면 사용탄종에 따라 그 주성분의 차이가 있어 연소 후 남은 석탄회의 성분도 변화하게 되고 채취시기에 따라 발전소의 연소조건이 변화하게 됨으로서 석탄회의 물성이 변화하게 된다. 이러한 물성의 변화는 석탄회를 고부가가치 제품의 원료로 사용하는데 많은 제한 요소로 작용되어 전보에서 언급한 바와 같이 재활용 분야가 매우 국한되며 활용을 또한 매우 미흡한 실정이다. 따라서, 폐자원인 석탄회를 고부가가치 제품의 원료로 이용하기 위해서는 보다 안정된 원료의 수급이 필수적이며 우선적으로 채취시기 즉, 연소조건에 따른 물리적, 화학적 성질 등의 기본물성을 파악하여 원료의 선별을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다. 또한, S.E. Sawell 등의 보고에 의하면[3] 석탄회가 일상 생활에 사용되는 벽돌 및 타일 제조 원료로 사용될 경우, 석탄회는 수종의 중금속을 함유하고 있어 인체에 영향을 미칠 우려가 있다. 따라서, 유해성분인 중금속의 존재여부를 확인하여 그 제거방안을 모색하고자 하였다.

수비는 원료의 선별화 방법 중의 하나로 전보에서 언급한 바와 같이 여러 가지 장점

을 지니고 있다. 그러나 수비 선별시 현탁액의 분산성은 선별화에 많은 영향을 미친다. 전보의 수비 실험에서도 어느정도 원료의 선별화가 가능하였으나 일부 응집된 cenosphere들이 2, 3단계에서 회수되는 것이 확인되었다. 이는 작은 cenosphere 입자들이 표면에 형성된 charge에 의해 서로 응집이 발생되어 하나의 큰 입자로 이동되기 때문이다. 이러한 응집의 발생을 억제하기 위해서는 분산제를 첨가하여 분산성을 향상시켜야 한다. E. Năgale 등의 보고에 의하면[4] pH 처리를 통하여 zetapotential이 최대가 되기 때문에 분산성을 향상시킬 수 있어 보다 효율적인 선별화가 가능하리라 예상된다. 따라서 석탄회의 현탁액을 pH 처리하여 분산성을 향상시킨 후 수비에 의해 선별화하여 그 특성을 전보와 비교 검토하고자 하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1. 분기별 안산 및 보령 석탄회의 특성조사

본 실험에 사용된 석탄회는 전보와 동일한 국내 열병합발전소에서 발생된 것을 사용하였다. 석탄회는 발전소 및 채취시기에 따라 그 물리적·화학적 성질이 변화하여 원료의 안정적 수급이 어렵다. 보다 안정적인 원료

를 공급하기 위해서는 발전소 및 채취시기의 영향을 조사하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 발전소 및 채취시기에 따른 비처리 석탄회의 특성을 고찰하기 위하여, '95년 1월과 '95년 10월에 채취한 안산 석탄회와 '96년 1월과 '96년 4월에 채취한 보령 석탄회에 대하여 결정상 관찰은 XRD(X-ray Diffractometer, Philips社, Cu K $\alpha$  30 kV, 20 mA), Morphology는 SEM(Scanning Electron Microscopy, Akash社, SS130), 성분분석은 EDS(Energy Dispersion Spectroscopy, JAX-8600 Superprobe), 유해 중금속의 성분분석은 ICP(Lee ManLabs. Inc., PS Series), 입도분포는 Particle Size Analyzer(GALAI, LFC-100), 비표면적은 BET(Quanta-Chrome社, Monosorb) 그리고 진 밀도는 Pycnometer(Micromeritics社, AccuPyc 1330)를 이용하여 물리적, 화학적 성질에 대한 특성평가를 행함으로서 원료의 선별화를 위한 기초자료로 이용하고자 하였다.

## 2.2. 수비 선별시 pH의 영향조사

전보의 결과에 의하면 비처리 및 하소된 석탄회를 수비처리함으로써 어느정도 미연탄소분의 제거가 가능하였고 cenosphere도 어느정도 분리할 수 있었다. 기 보고된 바[4]에 의하면 석탄회는 pH2에서 zetapotential이 최대가 되어 분산정도가 가장 양호하다고 하였다. 따라서, 본 연구에서는 수비효과를 극대화하기 위해 석탄회의 slurry를 산처리하여 분산성 향상에 따른 수비효과를 관찰하고자 하였다. Fig. 1은 수비처리를 위한 공정도이다. 출발 석탄회는 전보에서 사용한 '95년 1월에 채취한 안산 석탄회를 사용하였다. Slurry의 pH는 HCl을 이용하여 pH2로 조절하였으며 산처리된 slurry는 유속 1.048 mm

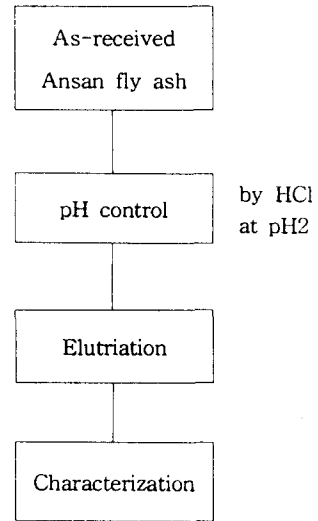


Fig. 1. Experimental procedure for classification of pH treated Ansan coal fly ash.

/sec.로 공급하여 수비처리하였다. 이때 사용된 수비장치는 전보에 사용하였던 것과 동일한 것을 사용하였고, 수비처리하여 각 단계에서 포집된 석탄회에 대한 특성평가는 상기의 비처리 석탄회 특성평가와 동일한 방법으로 행하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 분기별 안산 및 보령 석탄회의 특성

채취시기 및 사용탄종에 따른 결정상을 관찰하기 위하여 분기별 안산 및 보령 석탄회를 XRD로 관찰하였으며 그 결과 Fig. 2와 같았다. 기 보고된[5] 바와 같이 채취시기 및 사용탄종에 무관하게 석탄회의 주결정상은 mullite와 quartz임을 알 수 있었다. 이는 석탄회의 주성분인 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 SiO<sub>2</sub>가 고온에서 연소됨에 따라 형성된 것으로 사료된다. 그러나 calcite 결정상 peak의 경우, 안산 석탄

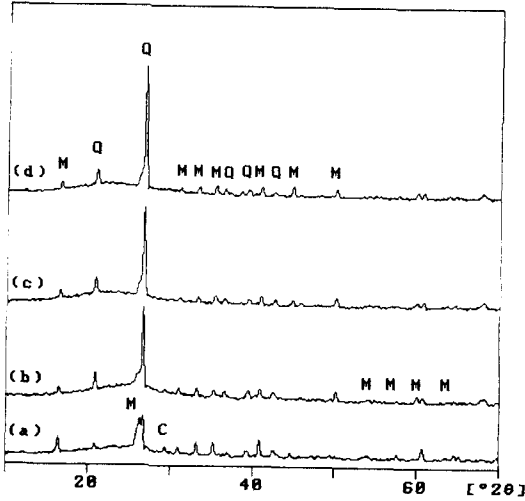


Fig. 2. XRD patterns of as-received coal fly ash by sampling conditions (a) Ansan, '95. 1, (b) Ansan, '95. 10, (c) Boryong '96. 1 and (d) Boryong '96. 4.

회에서는 관찰되었으나 보령 석탄회에서는 관찰되지 않았다.

결정상과는 달리 석탄회의 morphology는 채취시기 및 사용탄종에 의해 크게 영향을 받는다. 따라서 분기별 안산 및 보령석탄회의 morphology를 SEM으로 관찰하였으며 그 결과 Fig. 3과 같았다. 안산 석탄회의 분기별 morphology(Fig. 3의 (a)와 (b))는 '95년 1월에 채취한 시료의 경우, coke, cenosphere, silicate type 등 일반적인 석탄회가 갖는 여러 형태의 입자가 관찰되었고, Fig. 4에 자세히 나타내었다. Robert J. Lauf의 보고에 의하면 석탄회는 그 형태에 따라 크게 7가지로 분류되며[6] 본 연구결과와 잘 일치함을 알 수 있다. '95년 10월에 채취한 시료는 일반적인 석탄회에서 관찰이 안되는 형태로 매우

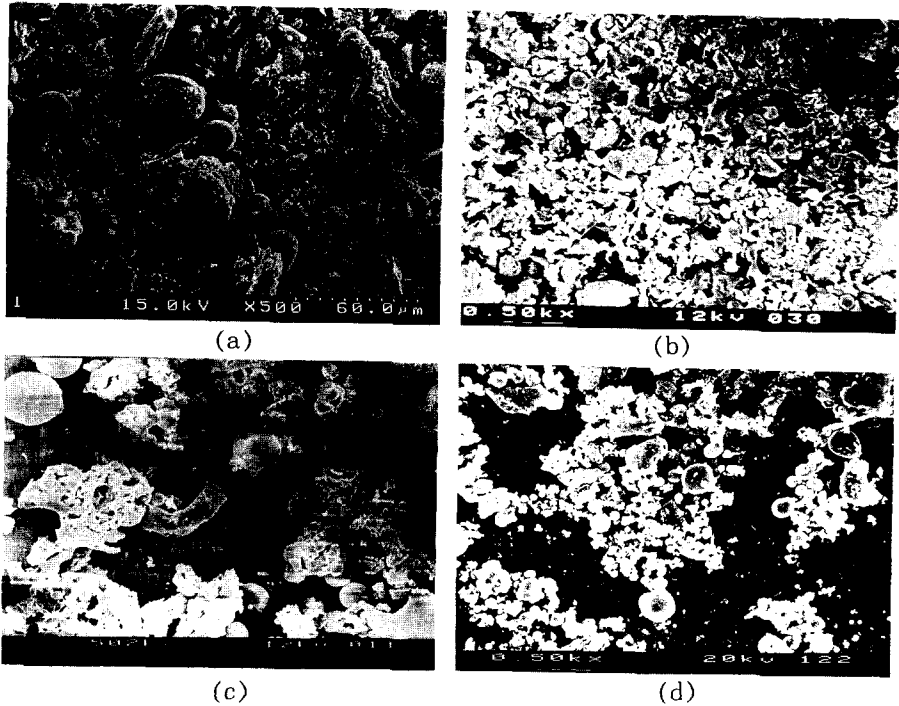


Fig. 3. SEM photographs of as-received coal fly ash by sampling time (a) Ansan, '95. 1, (b) Ansan, '95. 10, (c) Boryong '96. 1 and (d) Boryong '96. 4.

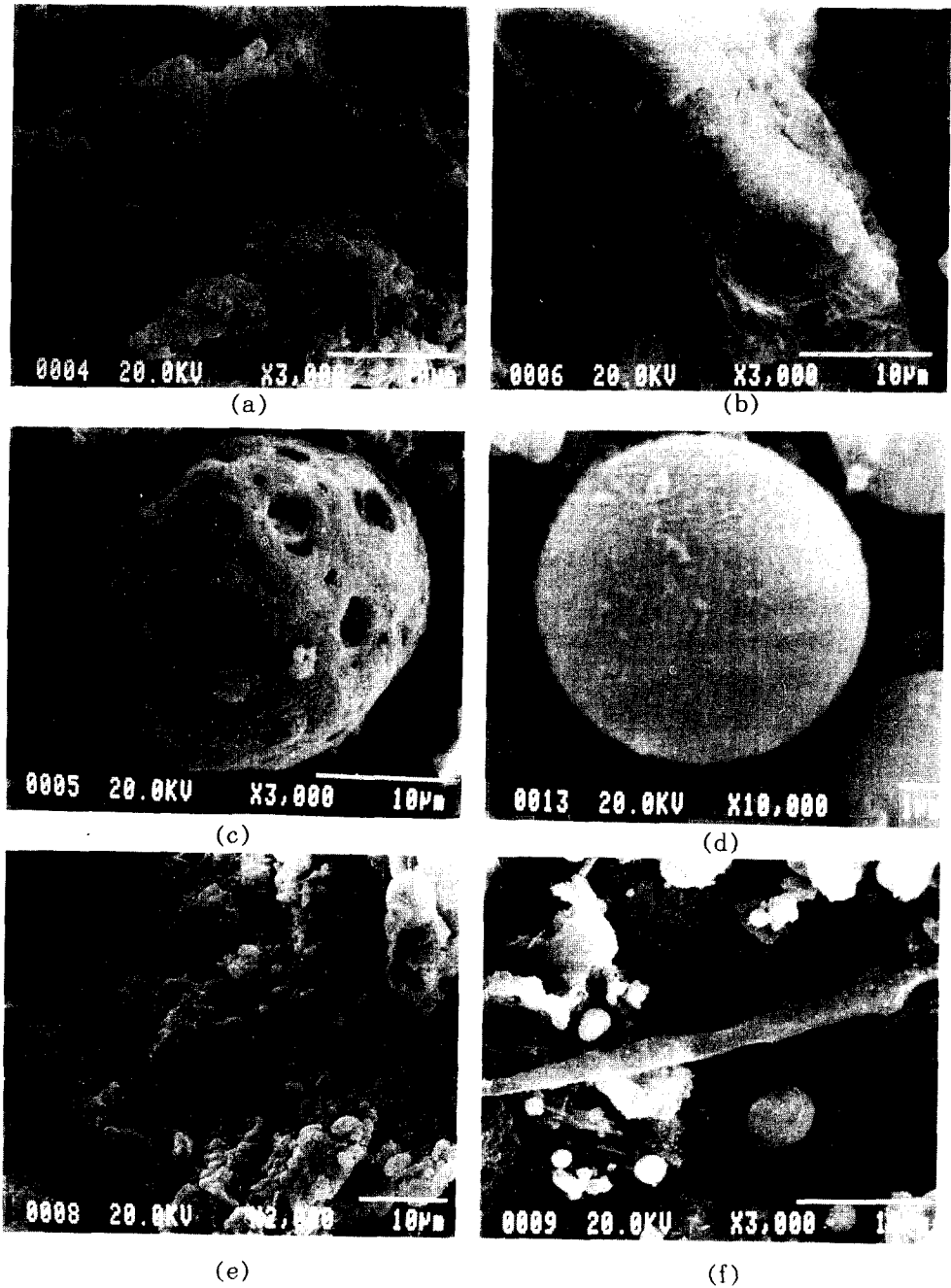


Fig. 4. SEM photographs of various coal fly ash type (a) coke type, (b) silicate type, (c) porous cenosphere, (d) cenosphere, (e) aggregate type and (f) whisker type.

불규칙하고 큰 입자가 주로 관찰되었으며 일부 silicate와 coke type의 입자가 관찰되었고 cenosphere는 거의 관찰되지 않았다. 이는 채취시기에 따라 연소조건이 변화하여 그 형태가 크게 변화된 것으로 사료된다. 보령 석탄회의 분기별 morphology(Fig. 3의 (c)와 (d))는 '96년 1월에 채취한 시료 및 '96년 4월에 채취한 시료 모두 cenosphere와 cenosphere가 응집된 입자들이 주로 관찰되었다. 보령 석탄회는 채취 시기에 무관하게 비교적 안정된 morphology를 나타낸 반면, 안산 석탄회의 morphology는 매우 상이하게 나타났

다. 이는 발전소에 따라 석탄회의 물성이 변화함을 나타내며 안정된 원료의 공급을 위해서는 비처리 석탄회의 특성평가를 통하여 선별화가 선행되어야 함을 알 수 있다.

발전소 및 채취시기에 따라 결정상의 변화는 없었으나 형태적으로 변화가 나타났다. 이기강등의 보고에 의하면 입자의 형태에 의해 함유하는 성분이 조금씩 변화하고[7], 본 연구에서도 앞서 관찰된 석탄회의 입자형태에 따른 성분을 조사한 결과 변화하였다. 따라서 각각의 석탄회에 대한 성분함량을 EDS로 분석하였으며 그 결과 Table 1과 같았다.

Table 1

Chemical composition of as-received coal fly ash according to sampling conditions by EDS analyzer

Sample	Composition (wt.%)							
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O
Ansan, '95. 1	37.99	48.96	0.63	0.95	5.97	2.49	3.01	—
Ansan, '95. 10	29.48	56.16	0.63	0.95	7.23	2.49	3.06	—
Boryong, '96. 1	23.57	74.17	—	0.54	0.31	0.25	0.42	0.74
Boryong, '96. 4	32.12	57.30	—	1.76	—	1.32	6.51	—

Table 2

Chemical composition of various coal fly ash type

Particle type	Composition (wt.%)						
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
(a) Coke	37.01	53.25	0	0.69	3.94	2.42	2.66
(b) Silicate mass	24.95	31.68	13.86	0.27	25.79	0.67	2.76
(c) Cenosphere	7.64	55.42	1.21	0.23	1.79	0.53	33.19
(porous type)							
(d) Cenosphere	37.05	47.55	3.11	1.13	6.89	2.14	2.11
(e) Aggregate	34.45	40.61	2.15	1.04	16.63	1.92	3.18
(f) Whisker	40.76	49.32	0.91	0.31	7.16	1.52	0

채취시기 및 발전소에 무관하게  $Al_2O_3$ 와  $SiO_2$ 가 주성분을 이루고 있다. 이는 석탄회가 점토의 주성분인  $Al_2O_3$ 와  $SiO_2$ 로 이루어져 있어 점토의 대체원료로 사용 가능함을 나타낸다. 그러나 분기별 및 발전소에 따라 그 성분이 변화하여 안산 석탄회의 경우, '95년도 1월에 채취한 시료는 '95년도 10월에 채취한 시료보다  $Al_2O_3$ 의 함량이 더 많이 나타났다. 이는 morphology의 변화에 기인된 것으로 사료되며 morphology에 따른 성분함량을 EDS로 분석한 결과 Table 2와 같았다.  $Al_2O_3$ 는 coke, silicate와 whisker type에 다량 함유하고 있음을 알 수 있다. 따라서 안산 석탄회의 채취시기에 따른  $Al_2O_3$  비율의 차이는 상기 morphology 관찰에서도 나타났듯이

'95년도 10월에 채취한 시료에서는 다량의  $Al_2O_3$ 를 함유하는 coke과 silicate type의 입자가 거의 존재하지 않았고 '95년 1월에 채취한 시료에 대부분 존재하였기 때문에 사료된다. 보령 석탄회의 경우를 살펴보면, '96년 1월에 채취한 시료보다 '96년 4월에 채취한 시료에서  $Al_2O_3$ 의 함량이 더 높게 나타났다. 이는 형태의 큰 변화는 없었으나 전체적인 입자의 형태별 구성량이 변화하였기 때문에 사료된다. 발전소별 성분은 안산 석탄회 보다 전체적으로 보령 석탄회에서  $SiO_2$ 의 함량이 높게 나타났다. 이는 L.D. Hulett등에 의하면 cenosphere의 골격은 주로 mullite와 quartz로 이루어져 있다고 보고한[8] 바와 같이 보령 석탄회에서 cenosphere의 구성비가

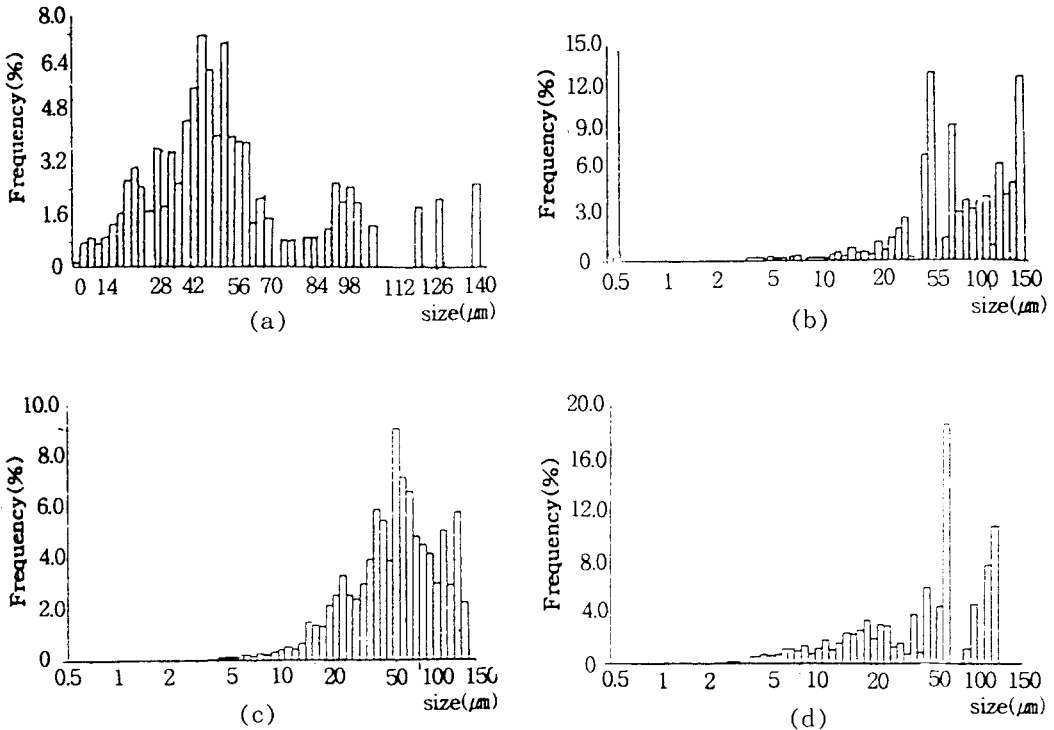


Fig. 5. Varticle size distribution of as-received coal fly ash by sampling time (a) Ansan, '95. 1, (b) Ansan, '95. 10, (c) Boryong '96. 1 and (d) Boryong '96. 4.

안산 석탄회보다 높기 때문에 cenosphere의 골격인 mullite에 존재하는  $\text{SiO}_2$ 와 quartz로 인하여 보령 석탄회의  $\text{SiO}_2$  함량이 보다 높게 나타난 것으로 사료된다.

석탄회 중의 유해 중금속 함유 여부를 조사하기 위해 '95년 1월에 채취한 안산 석탄회와 '96년 1월에 채취한 보령 석탄회의 중금속을 ICP analyzer로 정량 분석하였으며 그 결과 Table 3과 같았다. 석탄회 중에 존재하는 중금속은 Ba, Cr, Cu, Mn, Fe가 관찰되었다. 신재성[9]에 의하면 이러한 중금속은 토양중에서도 일정량 이상 함유되어 있다. 비록 석탄회에서 중금속이 측정되었으나 그 함량이 토양에서와 비슷하거나 매우 낮아서 인체에 영향을 미치지 않으리라 예상된다.

Fig. 5는 분기별 안산 석탄회 및 보령 석

탄회의 입도분포를 측정한 결과이다. 안산 석탄회의 입도분포(Fig. 5의 (a)와 (b))는 1월에 채취한 경우,  $140 \mu\text{m}$  이하의 입도분포를 나타내었고 10월에 채취한 경우에는  $150 \mu\text{m}$  이하의 입도분포를 나타내었다. 특히, 10월에 채취한 경우 대부분의 입자가  $50 \mu\text{m}$  이상인 범위에 존재한다. 이는 앞서 morphology에서 관찰한 바와 같이 '95년 10월에 채취한 시료의 경우, 대부분 입자가 큰 이상 형태가 주를 이루고 있기 때문으로 사료된다. 보령 석탄회의 입도분포(Fig. 5의 (c)와 (d))는 1월에 채취한 경우,  $140 \mu\text{m}$  이하이었고 4월에 채취한 경우에는  $120 \mu\text{m}$  이하의 입도분포를 나타내었다. 안산 및 보령 석탄회의 입도분포는 채취시기 및 발전소에 따른 큰 차이가 나타나지는 않지만 수  $\mu\text{m}$ 에서 백  $\mu\text{m}$  이상의 넓은 입도분포를 갖는다.

Table 3

Chemical composition of heavy metals for as-received coal fly ash by ICP analyzer

Sample	Composition (ppm)					
	Al	Ba	Cr	Cu	Mn	Fe
Ansan, '95. 1	5.74	0.976	<0.0003	0.318	0.270	6.72
Boryong, '96. 1	159.4	0.396	<0.0003	0.348	0.312	44.79

Table 4

Physical properties of as-received coal fly ash by sampling conditions

Sample	Properties	
	Density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	Specific surface ( $\text{m}^2/\text{g}$ )
Ansan, '95. 1	2.21	20.76
Ansan, '95. 10	2.81	4.15
Boryong, '96. 1	2.20	3.44
Boryong, '96. 4	2.45	—



Table 4는 각 sample의 물리적 특성을 측정하기 위해 밀도와 비표면적을 측정한 결과이다. 밀도의 변화는 분기별 안산 및 보령 석탄회 모두 큰 차이가 없었으며 비표면적은 안산 석탄회 '95년 1월에 채취한 시료의 경우 매우 높게 나타났다. 이는 '95년 10월에 채취한 시료에서는 관찰되지 않는 매우 porous한 coke, silicate와 aggregate type이 다량 함유하고 있기 때문으로 사료된다.

이상에서 분기별 안산 및 보령 석탄회의 물리, 화학적 특성을 살펴 본 결과 분기 혹은 발전소에 따라 결정상과 입도분포는 거의 일치하지만 입자의 형태나 성분 등은 다르게 나타남을 알 수 있었다. 따라서, 보다 안정된 원료의 공급을 위해서는 반드시 선별화가 선행되어야 한다.

### 3.2. 수비 선별시 pH의 영향

석탄회는 pH2에서 zetapotential이 최대가 되어 입자의 분산성이 최대가 된다고 보고한 바와 같이, 본 연구에서는 수비처리시 분산성을 향상시켜 수비효과의 극대화를 위해 석탄회 slurry의 pH를 2로 조절하여 수비처리하였다.

Fig. 6은 pH를 조절한 후 수비 선별하여 각 단계에서 포집된 석탄회의 결정상을 XRD로 관찰한 결과이다. 각 단계별 석탄회의 주 결정상은 비처리 석탄회와 동일하였다. 전보에서 비처리 석탄회를 수비처리하여 4단계에서 포집한 경우에는  $2\theta = 29^\circ$  부근의 calcite peak이 관찰되었으나 산처리 후 수비 선별한 경우에는 관찰되지 않았다. 이는 J.S. Watson에 의하면  $\text{CaCO}_3$ 에 포함되어 있는 Ca가 HCl에 용해되고 또한 근본적으로 석탄회 중에는 적은 양의 Ca가 존재한다고 보고한 바 [10] 있는데, 본 연구에서도 pH를 조절하기

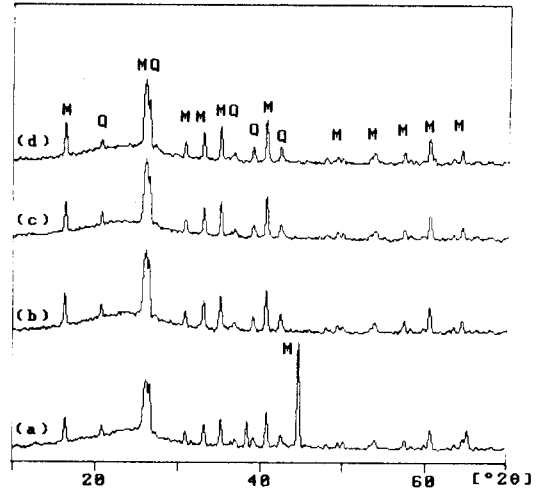


Fig. 6. XRD patterns of collected samples in elutriation each step from pH treated Ansan coal fly ash picked at '95. 1. (a) 1st, (b) 2nd, (c) 3rd and (d) 4th step.

위하여 사용한 HCl에 Ca가 용해되어 여과 처리과정에서 물과 함께 제거되었기 때문으로 사료된다.

각 단계에서 포집된 시료의 morphology는 SEM으로 관찰하였으며 그 결과 Fig. 7과 같았다. 1단계에서는 대부분 입자가 크고 dense한 silicate type과 aggregate type의 입자가 주를 이루고 2단계에서 4단계로 진행됨에 따라 대부분 작고 미세한 cenosphere가 관찰되나 일부 큰 구형의 입자도 관찰된다. 이는 전보에서 얻은 결과와 일치하는 것으로 cenosphere가 중공상의 입자이기 때문에 다른 입자에 비해 크기가 커도 비중이 낮아 4단계에서도 포집되는 것으로 사료된다. 반면, 전보에 의하면 비처리 석탄회와 하소한 석탄회를 각각 수비 선별했을 경우 1단계에서 일부 cenosphere가 관찰되었으나 본 연구에서는 거의 관찰할 수 없었다. 이것은 pH 처리에 따른 분산성의 향상으로 작고 가벼운 cenosphere가 다른 입자로부터 저항을 적게 받기 때문으로

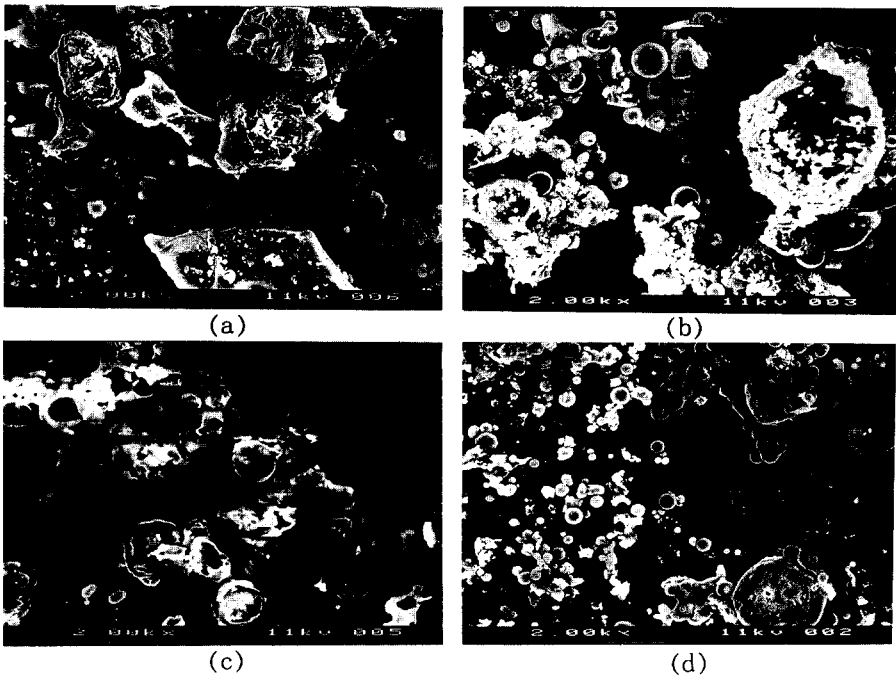


Fig. 7. SEM photographs of collected samples in elutriation each step from pH treated Ansan coal fly ash picked at '95. 1. (a) 1st, (b) 2nd, (c) 3rd and (d) 4th step.

로 사료된다.

Table 5는 각 단계에서 포집된 시료의 성분을 EDS analyzer로 측정된 결과이다. 모든 시료의 주성분은  $Al_2O_3$ 와  $SiO_2$ 이었고  $Fe_2O_3$ , CaO 등이 미량 함유되어 있으나 수비 1단계에서 수비 4단계로 진행됨에 따라 주성분인  $Al_2O_3$ 와  $SiO_2$ 가 점차 증가하였다. 이는 4단계로 진행됨에 따라  $Al_2O_3$ 와  $SiO_2$ 가 주성분으로 이루어진 cenosphere가 주를 이루기 때문에 사료된다. 또한, 4단계로 진행됨에 따라  $Fe_2O_3$ 의 성분이 감소하였다. 이는 입자의 형태에 따른 성분을 고찰한 바와 같이 porous한 cenosphere 입자는  $Fe_2O_3$ 의 성분을 다량 함유하고 있고 중공형의 cenosphere와는 달리 다공질이고 입자가 크기 때문에 중공형의 cenosphere보다 빨리 침강한다. 따라서  $Fe_2O_3$ 의 성분을 다량 함유하고 있는 po-

rous한 cenosphere 입자가 4단계로 갈수록 감소하여  $Fe_2O_3$ 의 성분이 감소한 것으로 사료된다. 각 단계 시료 모두에서 CaO량이 1.7 wt.% 이하로 측정되었는데 이 값은 비처리 석탄회 5.97 wt.%에 비하여 매우 감소한 값으로 이는 앞서 XRD 결과에서도 언급했듯이 CaO가 HCl에 용해되었기 때문으로 사료된다.

'95년 1월에 채취한 안산 석탄회의 pH 조절 전, 후에서 수비처리한 시료에 존재하는 미연탄분의 함량을 간접적으로 측정하기 위하여 강열감량을 측정된 결과 Table 6과 같았다. pH 처리에 무관하게 1단계에서 4단계로 진행됨에 따라 강열감량이 감소하였다. 특히 pH 처리한 시료를 수비하였을 때 4단계에서 강열감량은 크게 감소하였다. 이는 pH 처리에 따른 분산성의 향상으로 미연탄소를

Table 5

Chemical composition of collected samples in elutriation each step from pH treated Ansan coal fly ash picked at '95. 1

Collecting step	Composition (wt.%)							
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O
1st	36.93	52.17	2.20	0.95	1.70	2.43	3.58	—
2nd	38.48	52.85	2.15	0.86	1.44	2.10	2.00	0.12
3rd	39.83	54.06	2.33	0.53	0.97	1.32	0.66	0.3
4th	40.60	53.52	2.20	0.58	0.98	1.11	0.76	0.25

Table 6

Ig. loss of collected samples in elutriation each step from pH treated Ansan coal fly ash picked at '95. 1  
(Unit : wt.%)

pH treatment	Collecting step			
	1st	2nd	3rd	4th
Before	16.67	18.67	16.0	13.67
After	23.5	14.0	11.5	11.3

다량으로 함유하는 비교적 큰 coke type 입자들이 1단계에서 주로 침강하였기 때문에 사료된다.

수비 처리함에 따른 각 단계에서 포집된 시료의 입도분포 변화를 관찰하기 위하여 particle size analyzer로 측정하였으며 그 결과 Fig. 8과 같이 나타났다. 1단계에서 4단계로 갈수록 입도분포가 감소함을 알 수 있었다. 그러나 4단계의 경우 입경이 100 μm인 입자가 많이 관찰되었는데 이것은 앞서 morphology 관찰에서도 언급한 바와 같이 내부가 비어 있고 입자의 크기가 큰 중공형의 cenosphere 입자들이 비중이 작아 4단계로 유입되었기 때문에 사료된다.

4단계 시료의 경우 비표면적이 1.24 m<sup>2</sup>/g

이었다. 이 값은 비처리 석탄회의 20.76 m<sup>2</sup>/g에 비해 매우 감소한 것으로 수비 선별에 의해 매우 porous한 coke type 입자가 제거되었기 때문에 사료된다.

#### 4. 결 론

상기 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 분기별 안산 및 보령 석탄회의 주결정상은 mullite와 quartz로 이루어져 있고, 주성분은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 SiO<sub>2</sub>로 구성되어 있었다. 따라서 발전소 및 채취시기에 관계없이 주결정상은 안정하여 점토의 대체 원료로 사용

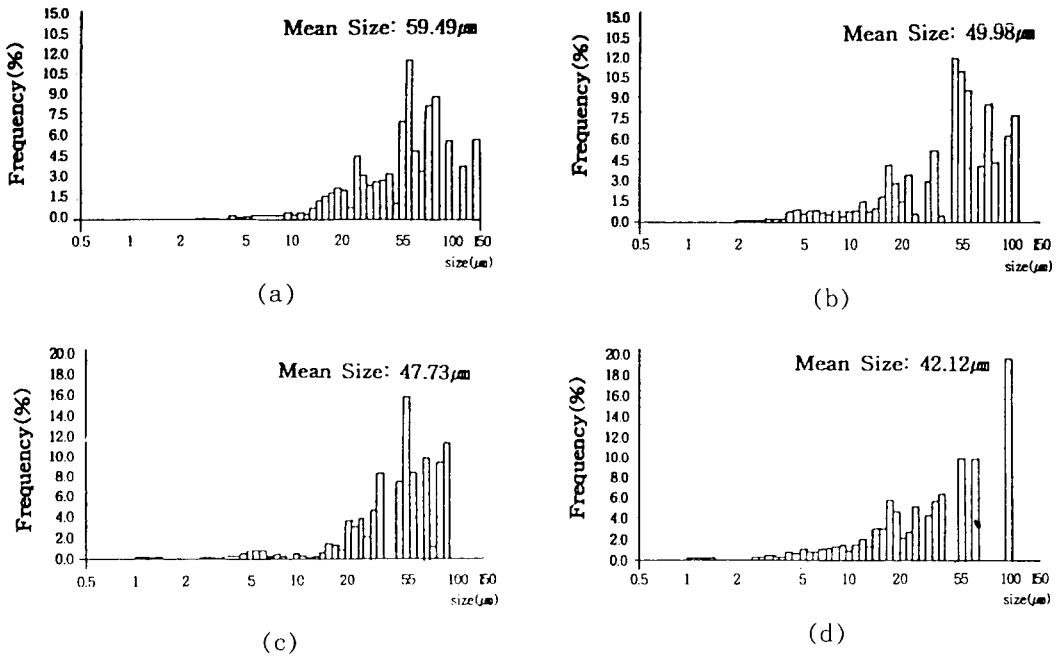


Fig. 8. Particle size distribution of collected samples in elutriation each step from pH treated Ansan coal fly ash picked at '95. 1. (a) 1st, (b) 2nd, (c) 3rd and (d) 4th step.

가능함을 알 수 있었다.

2) 입도분포는 수  $\mu\text{m}$ 에서 백  $\mu\text{m}$  이상의 넓은 범위에 있고 안산 석탄회의 경우, morphology와 비표면적이 크게 변화하였다. 따라서 원료의 안정적 수급을 위하여 반드시 선별화가 선행되어야 한다.

3) 석탄회의 형태는 크게 6가지로 나타났으며 형태에 따라 성분도 큰 변화를 나타내었다. 특히, porous한 cenosphere에는 다량의  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 를 포함하고 있어 탈철을 위해서는 반드시 제거되어야 한다.

4) 석탄회에 존재하는 중금속은 Ba, Cr, Cu, Mn과 Fe가 있으며 인체에 무해할 정도로 미량이 존재한다.

5) 수비처리시 pH 조절함으로써 입도분리가 보다 잘 이루어져 4단계에서 대부분 cenosphere을 얻을 수 있었고 입도분포 또한

감소하였다.

6) 수비처리시 pH 조절에 의해 성분의 분리는 불가능 하였으나 calcite의 제거가 가능하였고 미연탄분의 제거도 일부 가능하였다.

7) 수비처리에 의해 4단계에서 포집된 시료의 비표면적은  $1.24 \text{ m}^2/\text{g}$ 로 매우 porous한 coke type 입자가 제거됨으로서 비처리 석탄회보다 크게 감소하였다.

감사의 글

본 연구는 94년도 과학재단 특정연구과제 분야의 연구(과제번호 : 94-0300-01-3)에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [ 1 ] 이준호, 정철원, 허화범, 신건철, 김유탉, 한국결정성장학회지 5 (1995) 414.
- [ 2 ] H.S. Simons and J.W. Jeffery, J. Appl. Chem. 10 August (1960) 328.
- [ 3 ] S.E. Sawell, T.R. Bridle and T.W. Constable, Waste Management & Research 6 (1988) 227.
- [ 4 ] E. Nägele and U. Schneider, Cement and Concrete Research 19 (1989) 811.
- [ 5 ] G.J. McCarthy, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 113 (1988) 75.
- [ 6 ] R.J. Lauf, Ceramic Bulletin 61(4) (1982) 187.
- [ 7 ] 이효진, 김동원, 이기강, 김유탉, 홍성창, 이시진, 한국요업학회지 3(2) (1993) 185.
- [ 8 ] L.D. Hulett, Jr., A.J. Weinberger, K. J. Northcutt and M. Ferguson, Science 210 (1980) 1356.
- [ 9 ] 김종구, 산업기술, 2, 제315호 (1993) 42.
- [ 10 ] J.S. Watson, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 43 (1985) 151.