

# 화력발전소 바닥재의 재활용

유광석, 한기천, 안지환, 조희찬\*  
한국지질자원연구원, 서울대학교\*

## Recycling of Coal Bottom Ash

Kwang-Suk You, Gi-Chun Han, Ji-Whan Ahn, Hee-Chan Cho\*  
Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Seoul National University\*

### 1. 서론

화력발전소로부터 발생하는 석탄회는 그 발생량이 꾸준히 증가하여 2001년 약 4,900만톤 발생하였다. 석탄회는 발생위치에 따라 비산재와 바닥재로 나눌 수 있는데, 그 발생비율은 8 : 2 정도이다. 비산재는 포졸란 성질 등 화학적 성질을 이용하여 그 재활용률이 약 80%를 나타내고 있는 반면 바닥재는 국내에서는 거의 재활용되지 못하고 있다. 비산재에 비해 바닥재의 활용률이 적은 이유는 일반적으로 바닥재의 입도 및 구성성분이 불균질하기 때문으로 적정 용도로의 활용에 제한을 받기 때문이다.

한편 유럽에서는 상대적으로 국내에 비해 높은 재활용률을 보이고 있다. 비산재는 화학조성에 의해 재활용 분야가 결정되는데, 자체적으로는 반응성이 없으나  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 와 같은 알칼리 분위기에서는 상온에서 서서히 반응하여 불용성의 화합물을 생성함으로써 콘크리트의 장기강도를 증진시키는 포졸란 성질을 가지고 있어 콘크리트의 혼화재로 사용되며, 그 밖에 시멘트 원료, 토질개량재, 비료 원료 등으로 재이용되고 있다. 반면 비산재에 비해 조립인 바닥재의 경우에는 입도 등 물리적 성질에 의해 재활용 용도가 결정되고 있으며 해수에 의한 냉각으로부터 기인되는 잔류 염소 문제 등으로 국내에서는 아직까지 재활용사례가 없다. 따라서, 본 연구에서는 화력발전소 바닥재의 재활용 진작을 위해 상대적으로 재활용률이 높은 유럽의 재활용 사례 등을 검토하였다.

### 2. 화력발전소 석탄회 발생량

Table 1은 국내 화력발전소 석탄회의 발생량을 나타낸 것이다. 1998년 석탄회는 약 3,600만톤 발생되었으며, 2001년 약 4,900만톤 발생하였다. 이 중 비산재와 바닥재는 약 8 : 2의 비율로 발생되고 있으며, 매년 약 10% 정도의 증가율을 나타내고 있다. 석탄회의 재활용률은 1998년 32.0%에서 2001년 68%로 매년 꾸준한 증가율을 보이고 있으나 비산재와 바닥재를 구분하여 재활용률을 살펴보면 비산재의 경우 1998년 39.9%, 2001년 78.9%였으며, 바닥재의 경우는 재활용이 전무한 실정으로 석탄회의 재활용은 비산재에 의해 주도되고 있음을 알 수 있다.

Table 1. Amount of generation and recycling of coal ash

Item	Ash	Year			
		1998	1999	2000	2001
Amount of generation	Fly ash	2,930	3,160	3,350	3,930
	Bottom ash	730	790	890	980
Amount of recycling	Fly ash	1,170	1,670	2,420	3,100
	Bottom ash	-	-	-	-

3. 화력발전소 바닥재 재활용

Table 2는 석탄회의 재활용 분야에 따라 비산재와 바닥재의 재활용 비율을 국내와 상대적으로 석탄회 재활용량이 높은 유럽과 함께 나타낸 것이다. 비산재의 경우 국내에서는 시멘트 원료의 SiO<sub>2</sub>원과 포졸란 반응성을 활용한 혼화재 등 그 화학적인 성질을 이용한 재활용이 97.3%로 대부분을 차지하는 반면 유럽에서는 경량골재, 채움재 등 비산재의 물리적인 성질을 이용한 부분이 68.9%로 국내와는 다른 양상을 보이고 있다. 특히, 바닥재의 재활용률도 40%를 넘고 있는데, 그 물리적인 성질을 이용한 분야가 86.9% 대부분을 차지하고 있으며 상대적으로 고부가가치인 시멘트 원료 및 혼화재로서의 활용률도 약 10%를 차지하고 있어 이에 대한 적절한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

Table 2. Utilization field of coal ash in Korea and Europe

Utilization field		Recycling ratio		
		Fly ash		Bottom ash
		Korea	EU	EU
Recycling ratio(%)		78.9	88.0	40.1
Use of chemical properties	Cement raw material	97.3%	29.0%	12.1%
	Additive(pozzolanic property)			
Use of physical properties	Civil/ construction	Grouting	68.9%	86.9%
		Lightweight aggregate		
		Structural fill		
		Concrete block		
Other uses		1.3%	2.1%	1.0%

화력발전소 바닥재의 재활용에 있어 문제가 되는 것은 주로 비산재에 비해 조성 및 물성이 균일하지 않기 때문이다. 석탄회 처리과정에서 일부 비산재가 회사장에 유입되며, 발생 특성상 다공성 물질, 미연 탄소 등의 분포가 입도에 따라 편차가 크다. 따라서, 바닥재의 재활용에 있어 주로 분급, 선별 등 물리적인 방법을 이용하여 바닥재의 편차를 줄임으로써 골재 등으로써의 활용성을 높일 수 있다. 화력발전소의 원료가 되는 석탄에 따라 영향을 받기는 하지만 일반적으로 바닥재의 화학조성은 비산재와 크게 다르지 않은데, 이러한 이유로 시멘트 원료로서의 활용성이 기대된다. 또한 바닥재의 일정부분(75 $\mu$ m이하)이 포졸란 성질을 가진다고 보고되고 있다. 다만, 바닥재의 처리 방법이 해수에 의한 냉각 방식이기 때문에 잔류 염소 등의 문제로 시멘트 원료로서 활용하기 위해서는 탈염 등의 공정이 필요하고 바닥재 내 함유되어 있는 FeS<sub>2</sub>는 시멘트 수화과정에서 황산염 등을 생성하여 안정성에 문제를 일으키기 때문에 이에 대한 분리가 요구되고 있다. 따라서, 잔류 염소 문제를 줄이기 위해 담수에 냉각 및 공냉에 대한 연구가 수행되고 있으며, 공냉의 분쇄한 바닥재의 경우 염소의 함유량이 낮고 포졸란 반응성을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다. 또한, 바닥재를 활용한 제올라이트 합성시 바닥재의 일부 입단(150 $\mu$ m이하)에서 비산재로부터 합성된 제올라이트의 양이온 흡착 능력을 가지는 것으로 보고되고 있다.

#### 4. 결론

화력발전소 바닥재는 연간 약 100만톤 발생하고 있으나 국내에서의 재활용은 거의 이루어지지 않고 있다. 그러나, 성분 및 물리적인 편차를 줄이기 위한 전처리 기술, 탈염 기술 등이 수반된다면 재활용 가능성이 높은 것으로 보인다. 또한 분급에 의해 입도가 작은 부분은 제올라이트 합성, 혼화재 등으로 활용하고, 입도가 큰 부분은 골재, 충전재 등으로 선택적으로 활용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

1. 한전산업개발(주), <http://www.kepid.co.kr/>
2. 안지환 외, “화력발전소 바닥재의 포졸란 특성”, 한국자원리싸이클링학회 학술발표대회 (2004)
3. M. Cheriaf, J. Cavalcante Rocha, J. Péra, “Pozzolanic properties of pulverized coal combustion bottom ash”, Cement and Concrete Research, 29, pp1387-1391 (1999)
4. R. V. Ranganath, B. Bhattzacherjee, S. Krishnamoorthy, “Influence of size fractions of ponded ash on it pozzolanic activity”, Cement and Concrete Research, 28, pp749-761 (1998)
5. 안지환 외, “Synthesis of zeolite with reaction temperature and alkali concentration from coal bottom ash”, Journal of the Korean Crystal Growth and Crystal Technology, Vol. 14, No. 5 (2004)
6. 남부발전, “고부가가치 Bottom Ash 생산 기술 및 활용 경제성 연구” (2004)