

## PA6) 폐기물소각시설에서의 VOCs 및 PAHs 배출특성

### Emission Characteristics of VOCs and PAHs from Waste Incinerator

강준구 · 이상보 · 박정민 · 황원구 · 권오준 · 최은선 · 김광종 · 권오상  
 국립환경과학원 배출시설연구과

#### 1. 서 론

유해대기오염물질(Hazardous Air Pollutants : HAPs)은 발암성, 독성, 장거리 이동성 등으로 인체나 생태계에 미치는 영향이 커 그 중요성이 커지고 있으나 현재 국내에서는 특정대기유해물질 25종만을 지정하여 관리하고 있다. 이는 미국 188종, 독일 174종, 일본 234종에 비해 매우 적어 규제대상물질의 확대가 요구되어 진다. 이들 유해대기오염물질들 중 PAHs를 포함한 VOCs은 오래전부터 인체에 대한 유해성이 알려졌음에도 아직까지 환경대기 중 이들 물질들에 대한 배출특성이 정확하게 평가되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 점오염원 중 대기오염물질 배출량이 많은 폐기물소각시설 3곳을 대상으로 굴뚝에서 배출되는 VOCs 10종과 PAHs 7종에 대한 배출농도와 특성을 평가하여 대기 중 농도에 대한 환경기준마련의 기초자료를 제공하고자 하였다.

#### 2. 연구 방법

##### 2.1. 시료채취

연구대상 휘발성유기화합물(VOCs)의 시료채취방법은 대기오염공정시험방법에서 규정하고 있는 VOCs 시료채취방법 중 테들라 백(Tedlar Bag) 방법을 사용하였다. 채취장치는 시료채취관, 응축기, 응축수 트랩, 진공용기, 펌프로 구성되며, 응축기에는 찬물을 순환시켜 시료가스내의 수분을 제거하였다. 시료를 채취하기 전에 시료 채취관 및 도관을 통해 시료를 충분히 치환하였으며, 5ℓ 규격의 테들라 백을 사용하여 1L/min의 채취속도로 시료를 채취하였다. 채취한 테들라 백은 직사광선을 받지 않도록 검은 봉투에 넣어 보관 및 운반하였다.

또한, PAH 7종은 대부분이 입자상으로 존재하는 물질이나, 가스상도 동시에 측정하였다. 시료채취는 먼저 시료채취 방법과 가스상 시료채취방법을 동시에 등속흡인으로 시료를 채취하여, 방지시설 전단에서는 다량의 입자가 짧은 시간에 포집되기 때문에 5~10분 정도만 시료를 채취하였으며, 방지시설 후단에서는 포집되는 입자상물질의 양이 매우 적어 1~3시간 정도 시료를 채취하여 분석가능한 양의 입자상 및 가스상 물질을 포집하였다. 표 1에 조사대상물질을 나타내었다.

Table 1. Target substances for field test

구 분	물 질 명
VOC 물질 (TO-14)	Benzene, Vinyl chloride, Dichloromethane, Styrene, Tetrachloroethylene, Chloroform, 1,2-dichloroethane, Ethylbenzene, Trichloroethylene, Carbon tetrachloride
PAH 물질	Benz(a)anthracene, Chrysene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Dibenz(a,h)anthracene

##### 2.2 시료의 전처리 및 분석

테들러 Bag으로 채취한 VOCs시료는 Entech 7100 저온응축장치를 사용하여 전처리하였으며, 전처리

과정은 microscale purge & trap법을 거치면서 수분과 이산화탄소를 제거하며 동시에 저농도의 시료물질을 저온 농축한다. 저온농축장치는 2개의 trap과 1개의 focuser로 이루어져 있으며 시료를  $-170^{\circ}\text{C}$ 에서 저온 농축한 후  $180^{\circ}\text{C}$ 로 가열 탈착하여 HP6890/HP5973N GC/MSD로 주입·분석하였다. Column은 DB-624 ( $0.25\text{mm}\times 60\text{m}\times 1.4\mu\text{m}$ )를 사용하였고 Carrier gas는  $1.0\text{mL}/\text{min}$  유속의 He로 하였다. 폐기물소각시설의 방지시설 전단과 후단에서 PUF과 XAD수지에 흡착해온 PAHs 시료는 US EPA TO-13A에 준하여 전처리하였다. 시료 채취한 filter와 cartridge를 thimble filter에 넣어 soxlet 추출관에서 dichloromethane(약 200ml)로 20시간(4cycles/hr 이상) 추출한 후 회전 농축기를 사용하여 2-3mL로 1차 농축하였다. 1차 농축한 시료는 실리카겔칼럼을 이용하여 clean up한 후 GC/MSD(HP6890/HP5973N)로 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

국내 폐기물소각시설(시멘트소성로 2곳, 폐유기용제 소각시설 1곳) 중 방지시설 전·후단에서 휘발성 유기화합물질(VOCs)과 다환방향족탄화수소(PAHs)의 배출특성을 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 그림 1, 2는 VOCs와 PAHs의 농도는 분포를 나타내었다. 조사한 10종의 VOCs 물질 중 배출허용기준이 설정되어 있는 Benzene(기준은 30ppm 이하(2005.1.1 이후))에 대해서 살펴보면 그림 1에서 나타난 것과 같이 Benzene농도가 전단에서는 0.007에서 4.251ppm으로 후단에서는 불검출과 0.624ppm으로 배출허용기준이하로 나타났으며, 다른 물질들은 0.5ppm 이하로 배출농도가 낮게 조사되었다. Vinyl chloride, 1,2-dichloroethane,  $\text{CCl}_4$ , TCE, PCE 등의 유기염소계 VOCs는 검출되지 않았다. 또한 전체적으로 전단에 비해 후단에서 VOCs의 농도가 감소하는 것으로 조사되었다. 대상시설이 일정량의 폐기물을 부원료로 사용하는 시멘트 소성시설이어서 폐기물을 주로 소각하는 소각시설의 패턴과는 조금 차이가 나타나 이에 대한 검토가 더 이루어져야 할 것으로 생각된다.

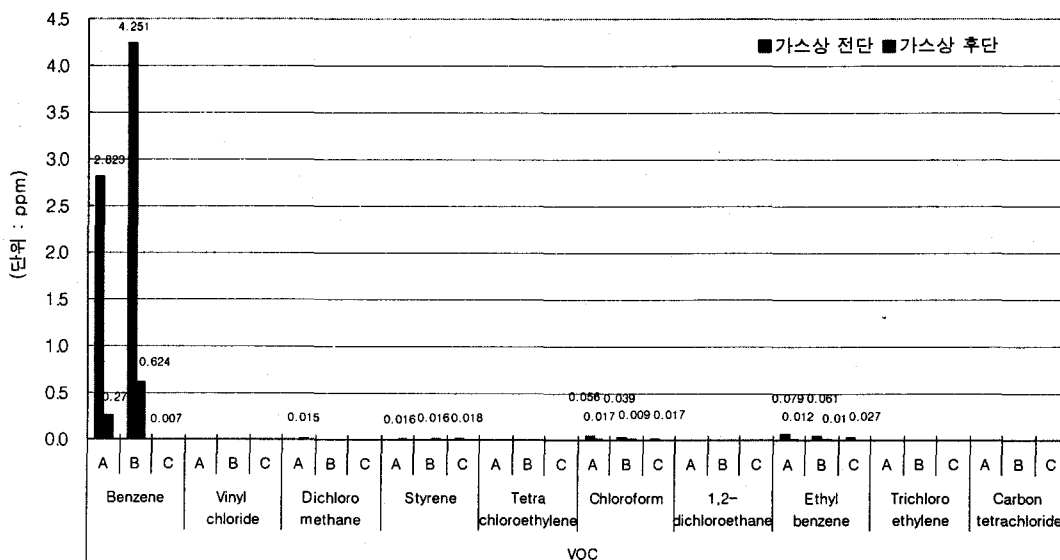


Fig. 1. 방지시설 전·후단에서 휘발성유기화합물질(VOCs) 배출특성

또한 PAHs는 전체 배출량을 측정하기위해 가스상과 입자상을 모두 채취하였는데 방지시설 후단 가스상의 경우 0.000에서  $0.315\text{ng}/\text{m}^3$ 으로 나타났으며, 입자상은 0.000에서  $0.040\text{ng}/\text{m}^3$ 으로 나타나 전체적으로 입자상에 비해 가스상에서 높은 농도분포를 보였으며 Benzo(k)fluoranthene와 Benzo(a)pyrene이 가

스상과 입자상에서 가장 높은 농도로 검출되었다.

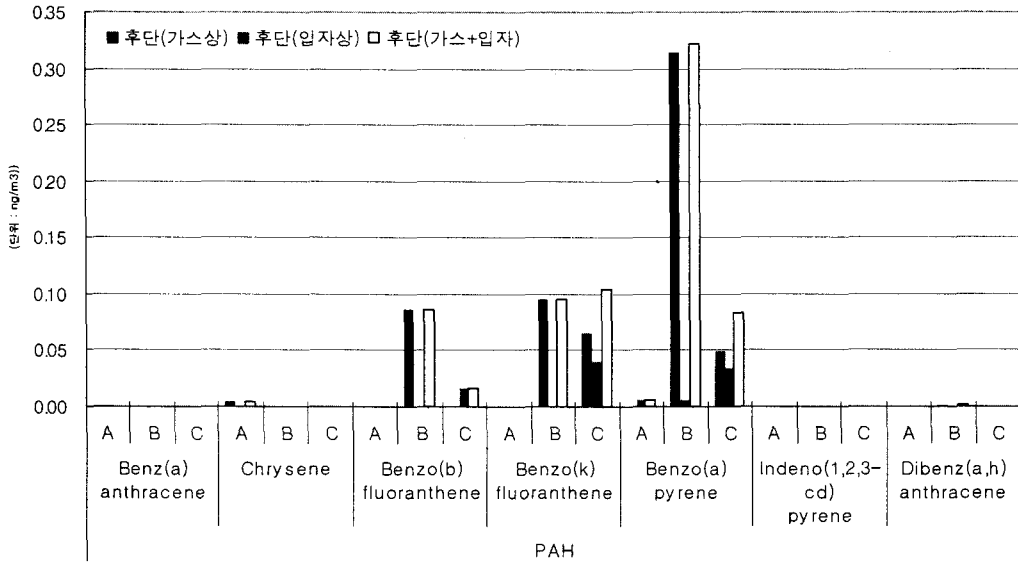


Fig. 2. 방지시설 다환방향족탄화수소(PAHs)의 배출특성

### 참 고 문 헌

1. 국립환경연구원 (1997), 미규제 대기유해물질 배출원 조사연구 (I).
2. 국립환경연구원 (2003), 유해대기오염물질 관리 시스템 개발 연구 (I).
3. 국립환경연구원 (2004), 유해대기오염물질 관리 시스템 개발 연구 (II).
4. Ana M. Mastral and Maria S. Callen (2000) A Review on Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Emissions from Energy Generation : Critical Review, Environmental Science & Technology, Vol. 34, No. 15, 3051~3057.