

## 도시고형폐기물 소각배출가스 처리시스템에서 가스상/입자상 다이옥신류의 거동 특성

고영환 · 이종길 · 서성석 · 이용진 · 동종인 · 김병환\* · 박기호\*

서울시립대학교 환경공학부 · 대우건설기술연구소\*

### I. 서 론

소각시설에서의 다이옥신류의 거동에 대한 연구는 유입폐기물의 성상이나 운전 조건, 공정 특성 등에 따라서 영향을 받고, 실험실규모에서의 기초연구가 실규모의 시설에는 조건 및 환경의 차이로 인해 적용될 수 없는 등 자료해석의 일반화를 도모하기가 어려운 경우가 많았다. 따라서, 본 연구는 실제 도시고형폐기물 소각시설 후단의 배출가스 처리장치를 대상으로 하여 다이옥신류의 거동 특성에 대해 알아보았다.

현재 가동중인 200ton/day 규모의 도시고형폐기물 소각시설 후단에 설치된 반건식반응기(SDA)+1차 여과집진기(1st B/F)+2차 여과집진기(2nd B/F)로 구성된 Demo Plant에서 각 장치 전후단의 배출가스 및 하부로 떨어지는 고형물을 대상으로 기상/고상의 다이옥신 농도를 분리·분석함으로써 배출가스 처리 장치 내에서의 다이옥신류의 거동을 분석해 보았다.

### II. 실험방법

#### 1. 실험방법 개요

연구대상시설은 P시에 위치한 시간당 40,000Nm<sup>3</sup>규모의 대형 소각시설에서 배출하는 가스의 일부(2,000Nm<sup>3</sup>/h)를 유입시켜 처리하는 Demo Plant로서 산성가스를 처리하기 위한 반건식반응기(SDA)와 입자상 물질의 제거를 위한 1차 여과집진기(1st B/F) 그리고 활성탄 주입을 통해 다이옥신, 중금속 등 미량유해물질을 처리하는 2차 여과집진기(2nd B/F)의 순으로 방지시설이 구성되어 있다.

본 연구에서는 Fig 1과 같이 각각 배출가스 중에서 3지점(①, ②, ③), 각 장치 하부의 Hopper로 떨어진 고형시료를 3지점(④, ⑤, ⑥)에서 시료 채취하였다. 이처럼 두 개의 B/F로 구성되기 때문에 B/F가 하나인 기존의 시설과 달리 다이옥신의 제어에 있어 1st B/F에서는 입자상 물질(특히 Fly Ash)에 의한 효과를, 2nd B/F에서는 활성탄 자체에 의한 효과만을 따로 분리하여 고찰할 수 있었다.

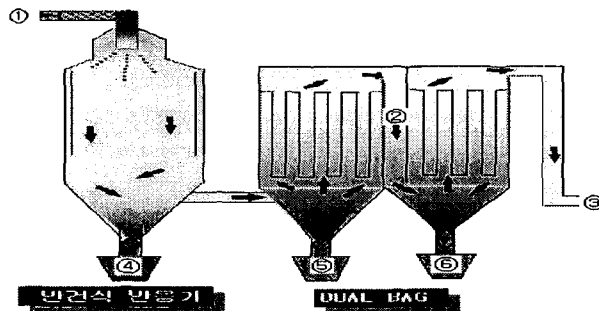


Fig. 1 Schematic diagram of the Sampling Location

[연락처] (우)130-743 서울시 동대문구 전농동 90번지 서울시립대학교 환경공학부  
Tel. : 02-2210-2532, Fax. : 02-2210-2878, E-mail : jidong@uoscc.uos.ac.kr

## 2. 다이옥신 시료채취 및 분석 방법

본 연구에서 대상시설에 대한 다이옥신 시료채취, 전처리 및 분석은 “대기오염공정시험방법 제 3장 제 2절 제 29항 다이옥신 및 퓨란류(환경부고시 제 1996-49호)”에 의거하였다. 본 연구에서 고체상 다이옥신류란 시료채취장치의 여지에 포집된 다이옥신류, 기체상 다이옥신류란 여지를 통과한 다이옥신류로 정의하였다.

## III. 실험결과 및 고찰

### 1. 다이옥신 농도

#### 1) 배출가스

본 연구에서 측정된 배출가스 중의 다이옥신류를 2,3,7,8-치환 이성체 17종을 대상으로 정성 및 정량하여 보았다. 각 시료에서 산소의 영향을 동일하게 하기 위해 다이옥신의 농도는 12% O<sub>2</sub>로 보정한 총량농도로 나타내었다.

보통 국내 폐기물 소각시설의 경우 소각로 후단의 다이옥신류 배출농도가 TEQ 농도로 3~5ng-TEQ/Nm<sup>3</sup> 정도의 수준으로 보고되고 있는데, 본 실험에서는 그 농도가 1.290ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>로서 상당히 낮은 수준을 보였고, 1st B/F Outlet은 0.956ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>, 2nd B/F Outlet은 0.084ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>였다.

배출가스 중의 다이옥신 농도는 총량농도를 기준으로 SDA Inlet은 36.034ng/Nm<sup>3</sup>이며 1st B/F Outlet은 22.139ng/Nm<sup>3</sup>, 2nd B/F Outlet은 2.954ng/Nm<sup>3</sup>으로서 SDA Inlet과 비교시 각각 38.56%, 91.80%의 농도감소를 보였다.

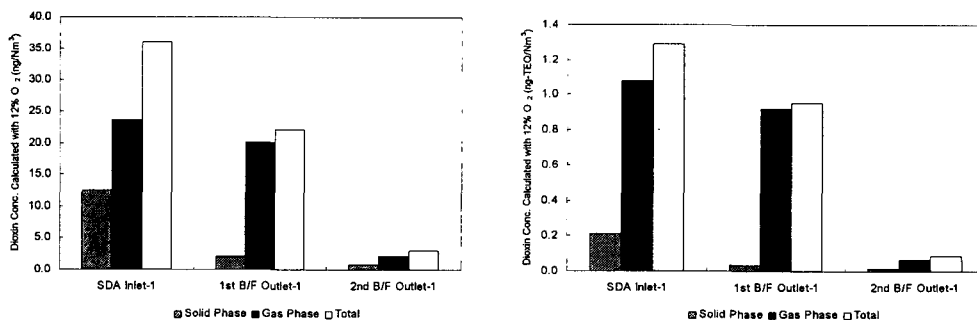
고체상과 기체상의 다이옥신을 분리하여 생각하면, 고체상의 다이옥신이 비산재에 의한 효과가 대부분인 SDA+1st B/F를 통과하면서 83% 정도 제거되고 있지만, 기체상의 경우는 15% 정도 제거되고 있다.

Table 1은 SDA Inlet의 농도와 비교하여 각 처리장치를 통과한 후의 제거 효율을 총량 농도 및 TEQ농도로서 나타낸 것이다.

Table 1. Removal Efficiency of PCDD/Fs

Phase	Removal Efficiency (%)			
	Total Conc. Value		TEQ Conc. Value	
Distribution	SDA + 1st B/F	2nd B/F	SDA + 1st B/F	2nd B/F
Solid Phase	83.67	93.91	83.41	92.89
Gas Phase	15.06	90.70	14.64	93.61
Total	38.56	91.80	25.89	93.49

위의 표를 살펴보면, 주로 비산재의 영향에 의한 SDA+1st B/F의 제거율은 38.56%정도이고, 활성탄이 주입되는 2nd B/F에 의한 추가적인 제거율은 SDA Inlet 농도를 기준으로 53.24%이다.



(a) Total Concentration Value

(b) TEQ Concentration Value

Fig. 2 The Concentration of PCDD/Fs in Flue Gas for Phase Distribution

2) 고형물의 농도

SDA, 1st B/F, 2nd B/F Hopper의 고형물을 대상으로 다이옥신류인 2,3,7,8-치환 이성체 17종을 정성 및 정량한 결과 다이옥신의 농도는 Table 2와 같다.

1st B/F Hopper의 Fly Ash와 2nd B/F Hopper의 Activated Carbon 중 다이옥신류의 농도를 비교해 보면, 총량농도는 비슷하지만, TEQ 농도는 많은 차이를 보이는데, 이는 2nd B/F Hopper의 A/C에서 독성등가가 높은 저염화물의 다이옥신류가 Fly Ash보다 상대적으로 많은 농도로 존재하기 때문이다.

Table 2. Concentration of PCDD/Fs in Solid Samples

Main Component	Total Conc. (ng/g)	TEQ Conc. (ng-TEQ/g)
Lime Slurry	3.857	0.078
Fly Ash	52.747	0.741
A / C	49.188	2.621

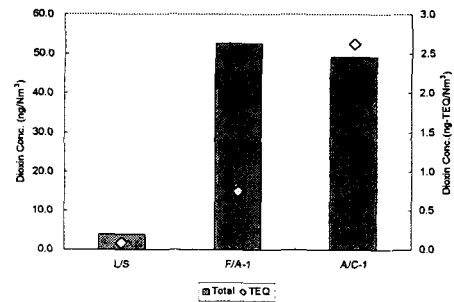


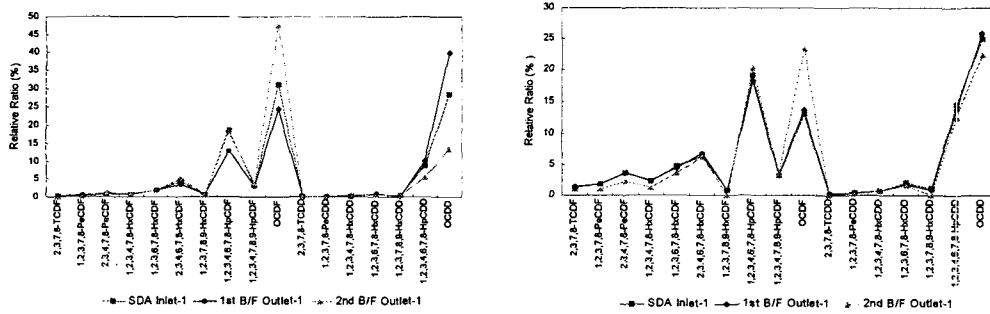
Fig. 3 The Conc. of PCDD/Fs in Solid Sample

3. 다이옥신류 이성체별 분포 비교

1) 배출가스의 이성체별 분포

배출가스 중 입자상과 가스상에 대한 PCDD/Fs의 이성체별 농도를 살펴보면, 입자상과 가스상 모두 7염화물과 8염화물의 비율이 높아서 전체적으로 고염화물이 대부분의 농도를 차지하고 있다.

공정의 전후단을 비교하여 보면, 후단으로 갈수록 PCDFs가 차지하는 비율이 점차 늘어나는 경향을 보이고 있으며, 따라서 Activated Carbon을 주입하는 B/F에서는 Fly Ash와 활성탄의 영향 때문에 PCDFs보다는 PCDDs가 약간 더 많이 제거된다고 할 수 있겠다. Fig. 4는 각 측정시의 이성체별 다이옥신 분포를 나타낸 것이다.



(a) Relative Ratio of Each Isomer in Solid Phase

(b) Relative Ratio of Each Isomer in Gas Phase

Fig. 4 The Isomer Pattern of PCDD/Fs in Flue Gas

## 2) 고형물의 이성체별 분포

고형물 시료의 이성체별 분포를 살펴보면, 배출가스시료와는 반대로 PCDDs가 PCDFs보다 많은 비율을 차지하며, L/S와 F/A, 그리고 A/C의 순으로, 즉 대상시설의 후단으로 갈수록 PCDDs의 농도값이 낮아지는 경향을 보이고 있다. 따라서, SDA 및 B/F System에서는 PCDDs가 PCDFs보다 더 많이 제거된다고 할 수 있겠다.

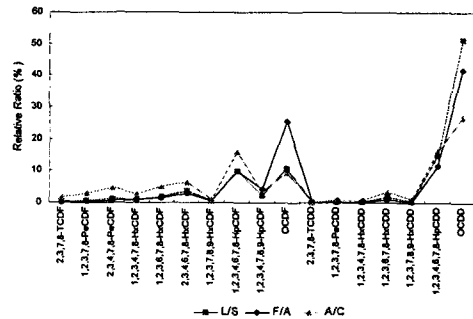


Fig. 4.16 Relative Ratio in Solid Sample

## IV. 결론

실제 소각시설 후단의 SDA+1st B/F+2nd B/F system에서 배출가스 및 고형물을 입자상과 가스상으로 분리하여 측정된 결과를 분석해서 얻어진 결론은 아래와 같다.

- 1) 주로 비산재의 영향에 의한 SDA+1st B/F의 제거율은 총량 농도를 기준으로 38.56%이고, 활성탄이 주입되는 2nd B/F에 의한 추가적인 제거율은 SDA Inlet 농도를 기준으로 53.24% 정도 수준으로서 활성탄을 주입하지 않은 B/F에서도 다이옥신류가 일정정도 제거됨을 알 수 있었다.
- 2) 배출가스 중의 입자상 다이옥신과 가스상 다이옥신의 이성체별 패턴을 비교해 본 결과, 공정의 후단으로 갈수록 PCDFs가 차지하는 비율이 높아지는 경향을 보이며, 따라서 B/F를 통과하면서 비산재와 활성탄의 영향에 의해 PCDFs보다는 PCDDs가 좀 더 많이 제거됨을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- 1) Osada, Y., Behavior of PCDDs/PCDFs Homologues at Inlet/Outlet of Baghouse under Stable MSW Combustion, Organohalogen Compounds Vol. 36, 1998, pp249-252
- 2) Takasuga, T., Investigations regarding separate sampling of PCDD/F in gas and solid phase of incineration flue gas by filtration techniques, Organohalogen Compounds Vol. 40, 1999, pp 275-279
- 3) Giugliano, M., The Flux and Mass Balance of PCDD/Fs around Cold Side Heat Recovery Section and Fabric Filtration in a MSW Incineration full scale plant, Organohalogen Compounds Vol. 40, 1999, pp 473-476
- 4) Guigliano, M., PCDD/F Concentrations and Mass Balance in the Flue Gas Cleaning Section of a State-of-the-art MSW Incineration Plant, Organohalogen Compounds Vol 46, 2000, pp 146-149
- 5) 최상민, 폐기물 소각기술-다이옥신 저감을 위한 설계/건설/운영, 한국과학기술원, 1999, pp 부록1-30
- 6) 서성석, 폐기물 소각시설 SDA+B/F 시스템의 활성탄 주입량과 백차압에 따른 다이옥신류 배출 특성 변화, 석사학위논문, 서울시립대학교, 2000, pp 61-62
- 7) 윤균덕, 도시고형폐기물 소각시설 집진공정에서의 다이옥신류 거동특성 및 운전변수에 관한 연구, 박사학위논문, 서울시립대학교, 2000, p23