

## 여름철 실외 공기가 실내 공기질에 미치는 영향 Influence on the Indoor Air Quality by Ambient Air during the Summer Season

이 학 성 · 강 병 옥\*

청주 서원대학교 환경과학과

\*국립청주전문대학 환경공학과

### 1. 서 론

대부분의 사람들이 하루 중 80-90%의 시간을 실내에서 생활하는 관계로 실내 환경에 대한 관심이 고조되고 있다. 특히 대기오염 물질의 영향에 민감한 노인, 어린이나 유아등의 경우에는 거의 대부분의 시간을 실내에서 생활하고 있다. 그러므로 깨끗한 실내 공기질을 항상 유지할 필요가 있다. 실내오염 물질의 농도는 환기에 따른 실외 공기질과 실내 배출원에 의하여 영향을 받는다(Phillips et al., 1993). 특히 여름철의 경우에, 우리나라 대부분의 가정에서는 에어컨디션 시스템을 이용하지 않고 단순히 창문을 열어 놓고 생활하므로써 더위를 이겨내고 있다. 따라서, 여름철의 경우 실내 공기질(Indoor Air Quality)은 실외 공기에 의해 직접적으로 영향을 받을 수 있게 된다. 본 연구는 여름철에 실외 오염물질들이 실내 공기질에 정량적으로 얼마 만큼 영향을 미치는지 알아보는데 그 목적이 있다. 이번 연구에서 디누더 측정기를 이용하여 측정된 항목들은 가스상의  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ 와  $\text{NH}_3$  등이고, 입자상 물질들은 미세입자인  $\text{PM}_{2.5}$ (입경 $<2.5\mu\text{m}$ ),  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ 와  $\text{NH}_4^+$  등이다.

### 2. 실험방법

모든 측정은 디누더 측정기를 이용하여 실외 및 실내에서 동시에 실시되었다. 본 실험은 여름을 대표할 수 있는 기간인 1995년 7월 27일 부터 8월 27일 까지 1회 24시간 (오전 8시에서 다음날 오전 8시까지) 동안 총 8회 실시하였다. 실외 대기측정은 청주전문대학 옥상(지상에서 약 15m 높이)에서 하였다. 실내측정은 같은 건물의 제일 꼭대기층인 5층 강의실( $221\text{m}^3$ )에서 실시하였다. 그리고 강의실의 8개의 창문들을 열어 놓아 실제로 우리나라 가정에서 여름을 보내는 상황과 비슷하게 하였다. 1개의 창문의 면적은  $1.2\text{m}^2$ 이다.

측정기의 특징, 측정방법 및 분석과정등의 세부내용등은 다른 보고서에 이미 기술하였다(Lee et al., 1993). 간단히 살펴보면,  $2.5\mu\text{m}$ 이상의 크기를 가진 입자를 제거할 수 있는 Cyclone을 통하여 10l/min의 유량으로 가스상 물질과 미세입자(입경 $<2.5\mu\text{m}$ )가 흡인된다. 흡인된 공기는 사전에 선정된 성분의 가스들을 흡착할 수 있는 적당한 용액으로 코팅(coating)된 세계의 디누더와 접촉하면서 흡착되고 입자상 물질들은 여과지에 포집된다. Cyclone으로 부터의 첫 번째 디누더에는  $\text{HNO}_3$ 와  $\text{SO}_2$ 를 포집하기 위하여 NaCl로 코팅하였고, 두 번째 디누더는  $\text{HNO}_2$ 와  $\text{SO}_2$ 를 포집하기 위하여  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 로 코팅하였다. 세 번째 디누더는  $\text{NH}_3$ 를 포집하기 위하여 Citric acid로 코팅하였다. 입자상인  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ 와  $\text{NH}_4^+$ 은 Teflon 여과지(1 $\mu\text{m}$  pore size; Gelman Science)에 포집하였다. Teflon 여과지로부터 증발되는 입자상  $\text{NO}_3^-$ 를 포집하기 위해서 Nylarsorb 여과지(1 $\mu\text{m}$  pore size; Gelman science)를 사용하였다. 코팅을 한 후 디누더들은 청정 공기 시스템을 이용하여 10-20분 동안 건조시켰다. 사용된 디누더들과 여과지들은 초순수물(Distilled deionized water; Barnstead)을 사용하여 추출하였다. 디누더 및 여과지 추출액은 양이온 및 음이온을 분석하기 위하여 이온크로마토그래피(Dionex DX-100)를 이용하였다.

### 3. 결 과

표 1은 여름철에 청주시에서 측정된 실내와 실외공기에서의 가스성분들과 에어로졸성분들의 농도를 요약했다. 이 연구기간 동안의 평균 온도와 상대습도는 각각 28.3℃와 68.4%이었다. 대부분의 실내공기의 가스 및 에어로졸농도가 실외농도에 영향을 받는 것으로 보였다. 측정된 자료에 따르면, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HNO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>의 실내농도는 실외농도와 비슷하였고, HNO<sub>2</sub>와 NH<sub>3</sub>의 실내농도는 실외보다 높은 농도를 나타내었다. 그러나, 실내 SO<sub>2</sub>의 농도는 실외 보다 낮은 농도를 보였다. 실내 측정장소가 다른 연구들의(Brauer et al., 1991; Li and Harrison, 1990) 결과와 비교했을 때 본 연구의 결과들이 비교적 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다. Brauer et al. (1991)은 개인 가정집에서 실시하였고, Li와 Harrison(1990)은 실내측정을 에어컨디션이 가동되는 대학건물 내에서 실시하였다.

Table 1. Summary results for indoor and outdoor concentrations of aerosol and gas species.

Species	Location	Concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			N <sup>b</sup>
		Mean	SD <sup>a</sup>	Range	
HNO <sub>3</sub>	Indoor	0.54	0.52	0.23 - 1.79	8
	Outdoor	0.78	0.82	0.29 - 2.76	8
HNO <sub>2</sub>	Indoor	2.12	2.25	0.70 - 7.23	8
	Outdoor	1.32	1.02	0.39 - 2.98	8
SO <sub>2</sub>	Indoor	6.18	4.36	2.41 - 14.6	8
	Outdoor	11.1	9.23	3.27 - 29.1	8
NH <sub>3</sub>	Indoor	6.36	0.81	5.17 - 7.53	8
	Outdoor	4.91	1.18	4.09 - 7.52	8
PM <sub>2.5</sub>	Indoor	25.3	9.09	16.1 - 44.3	8
	Outdoor	26.3	12.9	14.5 - 54.5	8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Indoor	4.01	3.09	1.30 - 9.85	8
	Outdoor	4.52	3.35	1.58 - 11.8	8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Indoor	1.04	0.64	0.46 - 2.33	8
	Outdoor	1.20	1.36	0.47 - 4.53	8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Indoor	1.17	0.81	0.55 - 3.07	8
	Outdoor	1.47	1.09	0.59 - 3.71	8

<sup>a</sup> Standard deviation.

<sup>b</sup> Number of samples.

#### 4. 결 론

본 연구의 목적은 실내와 실외공기 사이의 관계를 정량적으로 알아보는 데 있다. 실내공기와 실외공기 사이의 관계는 이 두 환경 사이의 공기교환량의 정도에 따른다. 연구에 의한 결론은 비교적 적은 측정횟수에 기초한 것이다. 실내-실외 공기질 사이의 관계에 대한 보다 나은 규명을 위해서는 좀더 많은 측정횟수가 요구되지만, 이번 연구결과로 부터 우리나라에서는 실외 공기질은 여름철에 실내 환경에 커다란 영향을 끼친다고 할 수 있다.  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ 와  $\text{NH}_4^+$ 의 실내농도는 실외농도와 밀접한 관련성을 가지는 것으로 나타났다. 이번 실험은 빈 강의실에서 실시했지만, 만약에 가정활동(예; 가스오븐 사용, 담배, 등등)에 의하여 실내에서 인체에 해로운 오염물질이 발생하는 가정집에서 여름에 행하여 졌다면 실내 공기질은 더욱 악화된 결과를 얻을 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- Brauer M., P. Koutrakis, G.J. Keeler and J.D. Spengler (1991) Indoor and outdoor concentrations of inorganic acidic aerosols and gases, *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 41, 171-181.
- Lee, Hak Sung, R.A. Wadden and P.A. Scheff (1993) Measurement and evaluation of acid air pollutants in Chicago using an annular denuder system, *Atmos. Environ.*, 27A(4), 543-553.
- Li, Y. and R.M. Harrison (1990) Comparison of indoor and outdoor concentrations of acid gases, ammonia and their associated salts, *Environ. Technol.*, 11, 315.
- Phillips J. L., R. Field, M. Goldstone, G.L. Reynolds, J.N. Lester and R. Perry (1993) Relationships between indoor and outdoor air quality in four naturally ventilated office in the United Kingdom, *Atmos. Environ.*, 27A, 1743-1753.