

## 공기청정기의 일부 실내공기 오염물질 제거효율에 관한 연구

이 태 형<sup>1,\*\*\*\*</sup> · 김 윤 신<sup>1</sup> · 홍 승 철<sup>2\*</sup> · 이 철 민<sup>1</sup> · 김 종 철<sup>1</sup> · 전 형 진<sup>1</sup> · 김 중 호<sup>3\*\*</sup>  
<sup>1</sup>한양대학교 환경 및 산업의학연구소 · <sup>2</sup>인제대학교 보건안전공학과 ·  
<sup>3</sup>삼성전자(주) 생활가전총괄 · <sup>4</sup>국립환경연구원 실내환경연구사업단  
(2005년 2월 2일 접수; 2005년 5월 16일 채택)

### Efficiency of Removal for Indoor air pollutants by Air Cleaners in the Indoor Environments

Tae-Hyung Lee<sup>1,\*\*\*\*</sup>, Yoon-Shin Kim<sup>1</sup>, Seung-Cheol Hong<sup>2\*</sup>, Cheol-Min Lee<sup>1</sup>,  
Jong-Cheol Kim<sup>1</sup>, Hyung-Jin Jeon<sup>1</sup> and Jung-Ho Kim<sup>3\*\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environmental and Industrial Medicine(IEIM), Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

<sup>2</sup>Department of Occupational Health & Safety Engineering, Inje University, Gimhae 621-170, Korea

<sup>3</sup>Digital Appliance Network, Samsung Electronics Co., LTD, Suwon 442-742, Korea

<sup>4</sup>Indoor Air Quality Research Board, National Institute of Environmental Research(NIER),  
Incheon 404-708, Korea

(Manuscript received 2 February, 2005; accepted 16 May, 2005)

In this study, we investigated PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, and 1-hydroxypyrene(1-OHP) in urine at indoor environments which are 35 houses and 20 hospitals for using air cleaner and non-using air cleaner in Seoul metropolitan area and Kyong-gi province from April, 2003 to February, 2004. Moreover, we examined effect of improvement for indoor air quality and health effect by concentration of 1-OHP also we investigated removal efficiency by air cleaner for PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, and 1-OHP that were 28.5%, 27.4%, and 42.1% respectively. Concentration of PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, and 1-OHP were 19.02±18.14µg/m<sup>3</sup>, 8.66±3.06ppb, and 0.19±0.18µg/g creatinine when air cleaner was no worked. The concentration for PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, and 1-OHP were 13.60±10.79µg/m<sup>3</sup>, 6.29±2.71ppb, and 0.11±0.10µg/g creatinine, respectively. It was significant statistically. Therefore, it is considered using the air cleaner to remove the partial pollutants in indoor environment and is positive effect for health.

Key Words : Air cleaner, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, 1-hydroxypyrene, Indoor environment

#### 1. 서 론

실내공기 오염과 그로인한 건강 위해 문제는 이미 세계보건기구(WHO)는 물론 미국을 비롯한 선진국의 주요 관심사로 다루어져 왔다<sup>1</sup>. 실제 미국의 경우 대도시 지역에서 전반적인 대기환경질의 수준은 개선되고 있음에도 불구하고 폐암발병환자나 어린이 천식환자 수는 오히려 증가하고 있다는 문제점을 인식하고 미국 EPA는 1990년대에 들어서면서 환경문제해결을 위한 우선추진과제를 조정하여 실

내공기질에 대한 연구를 적극 권장·지원하고 있는 사례가 실내공기질의 중요성을 입증해 주고 있다<sup>2</sup>.

실내공기오염의 문제를 해결하기 위하여 제시되는 방안 중에는 공기청정기의 개발 및 이용이 있다. 최근 우리나라에서도 웰빙, 새집증후군 등 실내공기질에 대한 관심의 증가로 쾌적한 실내공기질의 증진 및 유지를 위해 공기청정기에 대한 관심이 증가하고 있다. 실내공기오염의 문제를 해결하기 위해 개발된 공기청정기는 사무실 환경에서는 건물내 환기시설에 직접 설치하여 중앙공급식으로 사용하고, 일반 주거환경에서는 단독으로 개발된 소형 공기청정기를 사용하고 있다<sup>3</sup>. 일본의 JIS C 9615<sup>4</sup>와 한국의 KSC<sup>5</sup>에서는 공기청정기를 일반가정, 사무실 등에 설치하여 공기 중에 부유하는 분진을 포집하거

Corresponding Author : Yoon-Shin Kim, Institute of Environmental and Industrial Medicine(IEIM), Hanyang University, Seoul 133-791, Korea  
Phone: +82-2-2220-8279  
E-mail: yoonshin@hanyang.ac.kr

나 이와 병행하여 가스를 제거(탈취)하기 위하여 사용되는 송풍기 내장의 장치로 정의하고 있다. 이러한 공기청정기의 종류는 Pre-Carbon Filter와 Hepa Filter를 이용한 기계식, Corona 방전에 의한 집진판을 이용한 전기식, 그리고 이 두 종류를 병행한 복합식으로 나눌 수 있다. 현행 국내에 시판되는 가정 및 사무실에 설치하는 단독형 공기청정기의 성능에 관한 평가는 실험실의 챔버 실험결과에 의존하고 있는 실정으로 다양한 실내공기오염 발생요인 및 혼란요소 등이 통제되지 않은 실제 실내환경에서의 성능평가에 관한 연구는 미진한 실정에 있다.

이에 본 연구에서는 일반인들이 일반적인 생활에서 접하게 되는 실내공간 중 기본 실내 거주공간인 가정집과 대다수의 많은 사람들이 이용하는 다중이용시설 중 병원을 대상으로 현행 개발, 시판되고 있는 공기청정기가 일반인들의 거주 실내공간에서 실내공기질 개선 및 건강영향에 대한 평가를 실시함으로써 실험실 결과가 아닌 실생활에서의 사용에 따른 올바른 결과를 제공하고 나아가 신뢰성 있는 결과자료를 제공함으로써 연구 분야에 기초 자료를 제공하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 연구대상 및 시료채취방법

본 연구는 공기청정기의 실내공기오염물질 제거 성능을 평가하기 위하여 2003년 4월 30일부터 2004년 2월 10일까지 서울 및 경기지역에 위치한 주택, 병원(개인 소아과 의원)을 각각 35, 20개소씩 무작위로 선정하여 연구대상 시설 내에서 공기청정기 사용 전·중의 실내공기질 개선효율 및 건강영향에 대한 조사를 총 8회의 조사를 통하여 산출하였다. 각 건축물 특성 및 생활 특성에 따른 공기청정기 사용 전·중 실내 공기오염의 실태를 조사하였고 공기청정기 사용 전과 사용 중의 구분기간은 각각 2주로 하였다. 또한 조사 대상 건물의 물리적 특성 및 거주자의 거주특성 파악과 식이력에 대한 조사를 위해 직접 방문을 통한 피조사자의 자기기입방법을 이용하여 설문조사를 실시하였다. 조사대상오염물질로는 호흡성분진(respirable suspended particulate)으로 알려진 PM<sub>10</sub>과 일반 가정에서 취사용 연소기구, 흡연, 난방연료(나무, 석탄, 기름, 가스 등)의 연소시 발생하는 것으로 알려진 이산화질소(NO<sub>2</sub>)와 PAHs의 인체 대사산물로 알려진 노중 1-hydroxypyrene(이하 1-OHP라 함) 등으로 선정하였으며, 채뇨 대상자는 선정된 대상 지역에서 거주하며 하루 중 대부분의 시간을 실내에서 생활하는 사람으로 생활습관(흡연 등)이나 직업적 노출 등의 원인으로 PAHs에 노출될 가능성이 적은 가정집 주부 및 소

아과의원 간호사를 대상으로 하였다.

PM<sub>10</sub>의 측정은 질량농도 측정기(Modol: GT-331, SHIBATA)를 이용하여 20분 간격으로 연속적인 24시간 농도를 측정하였으며, NO<sub>2</sub>는 수동식 시료채취기(Passive sampler, Toyo Roshi Kaisha, Ltd. Japan)를 이용하여 1일 동안 노출 후 외부 공기가 유입되지 않도록 밀봉한 후 실험실에 돌아와 분석을 실시하였다. G. Grimmer<sup>6,8)</sup>, J. Jacob<sup>7)</sup> 등에 의하면 식이에 의한 PAHs의 섭취는 3일이 지나면 거의 완전히 제거된다고 하였다. 이를 근거로 본 연구에서는 채뇨를 실시하기 적어도 3일전 선정된 가정집 주부 및 간호사의 1-OHP 농도에 영향을 줄 수 있는 구운고기, 구운 생선, 새우, 조개, 글루 등의 식이력에 대한 설문조사를 통하여 1-OHP의 농도에 영향을 줄 수 있는 변수를 제외 시켰다. 수거한 소변시료는 영하 20℃에서 보관하였다.

### 2.2. 분석방법

질량농도 측정기는 광산란법 즉, 대기 중에 부유하고 있는 입자상 물질에 빛을 조사하면 입자상 물질에 의하여 빛이 산란하게 되며 물리적 성질이 동일한 입자상 물질에 빛을 조사하면 산란광의 양은 질량농도에 비례한다는 원리를 이용하여, 입자상 물질의 농도를 산출하는 방법을 이용하였다.

수동식 시료채취기는 자연적인 기류를 이용하여 확산(diffusion)과 투과(infiltration)라는 물리적인 과정과 반응에 의한 화학적 반응을 이용하여 실내와 실외의 NO<sub>2</sub> 농도를 측정하는 장치이다<sup>9)</sup>. 수동식 시료채취기는 작으며(5×4×1cm) 가벼운 장점을 지니고 있다(15g). 수동식 시료채취기 내부에 있는 셀룰로오스 필터에 triethanolamine 용액이 흡수되어 NO<sub>2</sub>를 포집한다. 농도계산에 이용된 물질전환계수(mass transfer coefficient)는 0.10 cm/sec를 이용하였으며, NO<sub>2</sub>의 농도분석은 photo-spectrometer(Shimadzu UV-1201)를 이용하여 정량분석을 하였다<sup>10,11)</sup>.

노중 1-OHP의 분석방법은 Keimig et al<sup>12)</sup>의하여 개발되었는데 본 연구에서는 Jongeneelen et al<sup>13)</sup>, Kim et al<sup>14)</sup>의 방법에 준하여 분석 하였다. 표준시약으로는 1-OHP(Aldrich)과 Enzyme으로는 Glucuronidase(SIGMA)를 사용하였다. 시료를 추출하기 위한 시약으로 HPLC용 Acetonitrile을 사용하였다. 원심분리용 2ml용기에 소변 200 $\mu$ l를 놓은 후 M sodium acetate buffer(pH5.0) 200 $\mu$ l를 첨가한 후 혼합하였다.  $\beta$ -glucuronidase 15 $\mu$ l와 DW(35 $\mu$ l)를 첨가하여 빛을 차단한 상태에서 37℃에서 12시간 동안 소화시켰다. acetonitrile 450 $\mu$ l를 첨가한 후 9,000 rpm에서 10분동안 원심분리하고 상층액을 분취하여 HPLC(Waters 486, USA)를 이용하여 분석하였다. 모든 대

사산물 측정치는 크레아티닌으로 보정하였으며, 뇨 중 크레아티닌은 자동 생화학 분석기(Astra 8, USA)로 분석하였다.

### 2.3. 공기청정기

Fig. 1은 본 연구에서 사용된 공기청정기의 개략도를 나타낸 것으로 3부(세척필터부, 교환필터부, 고정필터부)로 구성되어있다. 각 단계별 성능을 살펴보면, 큰먼지 필터는 공기중에 부유하는 큰 먼지를 1차적으로 제거하고, 제균 이온화부는 코로나 방전으로 공기와 함께 들어오는 각종 세균이나 먼지를 대전시켜 주며, 정전 필터는 대전된 먼지를 정전 필터에 의해 집진한다. 제균필터(금속필터)는 집진과 동시에 살균력을 강화하는 기능을 가지고 있으며, 8nm의 은입자를 필터에 코팅하여 표면적을 증가시켜 흡입되는 공기중의 세균을 제거하게 만들었다. HEPA 필터는 세척 필터부를 통과한 극미량의 미세먼지까지 집진을 이루게 하며, 광촉매 필터는 NO<sub>2</sub>를 분해하는 역할과 실내의 인테리어 등에서 발생하는 휘발성유기화합물질이나 악취가 많이 나는 특수 환경에서 사용할 목적으로 가스상 물질을 전문적으로 제거하는 전문 필터이다.

## 3. 연구결과 및 고찰

### 3.1. 설문지 조사 결과

설문조사를 통해 조사대상자의 일반적 특성과 주거환경의 물리적 특성 및 거주환경 특성을 조사하였다(Table 1). 설문조사에 참여한 사람은 전체 55명(병원 20명, 가정집 35명)으로 조사대상자의 연령 범위는 20세부터 70세까지로 평균 연령은 40.7±15.0세로 조사되었다. 거주자들의 거주지의 평균 체류시간은 병원 9.7±0.9 시간으로, 최소 9시간에서 최대 13시간을 거주지에서 체류한다고 답하였으며, 가정집 평균 체류시간은 17.2±4.4 시간으로, 최소 10

시간에서 최대 24시간을 거주지에서 체류한다고 답하여 하루 중 대부분의 시간을 조사대상 실내공간에서 보내는 것으로 조사 되었다. 또한 가정집 주부 그룹에서 가족 구성원 중 흡연자가 있는 대상자는 17명(48.6%), 흡연자가 없는 대상자는 18명(51.4%)이었으며, 간호사 그룹의 실내 거주공간에서는 모두 흡연자가 없는 것으로 조사되었다. 주거형태는 가정집 주부그룹 중 개인주택이 13개(37.1%), 공동주택이 22개(62.9%)였다. 환기방식을 묻는 조사에서는 가정집은 모두 자연환기방식을 이용하는 것으로 조사되었고, 병원은 기계식환기 5개(25%) 자연환기 15(75%)개로 조사되었다. 조사대상 건축물은 신축 또는 재건축(실내 리모델링) 된지 병원과 가정집이 각각 2.7±2.4, 5.5±6.1년 된 건물로 최대 20년에서 최소 1개월이었으며, 평균 거주 연수로는 병원과 가정집이 각각 3.9±4.1, 5.1±5.4년으로 조사되었다.

### 3.2. 뇨중 1-OHP 농도와 PAHs의 상관성

PAHs물질 중에서는 pyrene이 많은 양이 배출되는 것으로 알려져 있으며<sup>15)</sup>, Jongeneelen 등<sup>16)</sup>에 의하면 pyrene이 체내로 흡입되면 약 90%정도가 1-OHP의 형태로 소변과 더불어 배출되며, Adolf Vyskocil et al.<sup>15)</sup>은 1-OHP가 PAHs의 내성용량을 평가하는 가장 좋은 방법이라고 하였다. 이 결과는 공기 중의 PAHs 농도를 조사 하지 않더라도 뇨중 1-OHP의 농도가 PAHs의 노출정도를 평가할 수 있는 유용한 생체지표라는 것을 의미 한다<sup>17)</sup>.

본 연구에서 Fig. 2의 1-OHP과 pyrene의 상관분석에서 상관계수가 0.66으로 조사되었고, 통계적으로도 유의한 것으로 나타나(P<0.01) 실내공기 중 PAHs농도가 조사대상자들의 PAHs 농도에 영향을 주는 것으로 판단된다.

### 3.3. 공기청정기 사용 전·중 오염물질의 농도분포

Table 2는 PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, 1-OHP에 대하여 각 계절

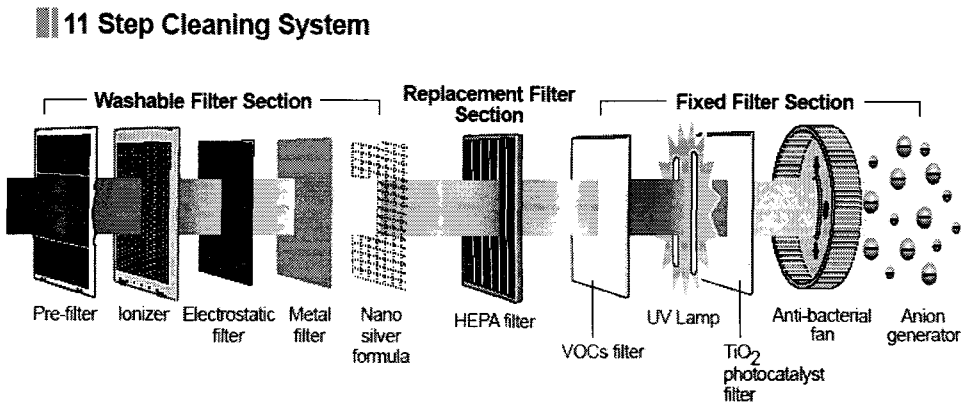


Fig. 1. Basic system of the Air cleaner.

Table 1. General characteristics of participants and residential environment in this study

General characteristics		Mean ± S · D*, Number of sample(%)	
		Clinic	Home
age(year)	≤ 29	12(60)	5(19.2)
	30 ~ 39	1(5)	3(11.5)
	40 ~ 49	6(30)	7(26.9)
	50 ~ 59	1(5)	5(19.2)
	60 ≤	0(0)	6(23.1)
Stay time(hour)	9 ~ 12	19(95)	2(6.9)
	12 ~ 14	1(5)	5(17.2)
	15 ~ 17		6(20.7)
	18 ~ 20		7(24.1)
	21 ≤		9(31)
Resident(person)	≤ 3	18(90)	12(34.3)
	4	1(5)	16(45.7)
	5 ≤	1(5)	7(20)
Smoker(household)	Yes	0(0)	17(48.6)
	No	20(100)	18(51.4)
Living arrangement	Condominium complex	20(100)	22(62.9)
	Detached home	0(0)	13(37.1)
Building age(year)		2.7±2.4	5.5±6.1
Resident duration(year)		3.9±4.1	5.1±5.4
Fuel type	Oil	1(5)	4(11)
	Gas	19(95)	31(89)
Ventilative type	Natural	15(75)	34(97.1)
	Mechanical	5(25)	1(2.9)

\*Standard deviation

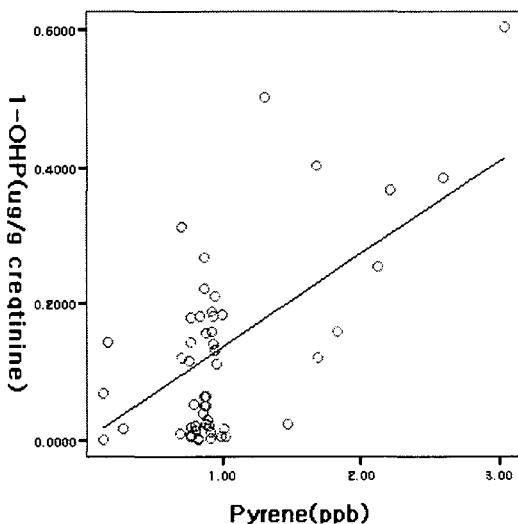


Fig. 2. Correlation between Urinary 1-OHP and Pyrene. (n = 98, Correlation coefficient=0.66, P <0.01)

별로 공기청정기 사용 전과 사용 중의 평균농도 및 차이를 Paired T-test를 통하여 검정한 결과이다. 사계절에 걸쳐 조사된 PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, 1-OHP의 농도는 사계절 모두 공기청정기 사용 중의 농도가 공기청정기 사용 전의 농도보다 감소한 것으로 조사되었다. PM<sub>10</sub>의 사계절 공기청정기 사용 전·중 평균농도를 살펴보면 병원의 조사에서는 겨울철을 제외한 봄, 여름, 가을에 공기청정기 사용 중의 평균농도가 사용전의 평균농도 보다 낮은 농도를 나타낸 것이 5% 유의 수준에서 통계적으로도 유의한 차이를 나타냈으며(P<0.05), 가정집의 조사에서는 가을철의 공기청정기 사용 전·중의 평균 농도 값이 유의한 차이를 나타냈다(P <0.05). NO<sub>2</sub>의 평균농도 조사에서는 병원과 가정집 모두에서 사계절의 모든 평균농도가 공기청정기 사용 중에 낮은 농도를 나타낸 것은 물론, 통계적으로도 모두 유의한 차이를 보인 것으로 조사되었다. 또한 노중 1-OHP의 평균농도

공기청정기의 일부 실내공기 오염물질 제거효율에 관한 연구

Table 2. Comparison of seasonal average concentrations of ON and OFF mode

Variable	Season	Pollutants	N	Mean±Standard deviation		Ratio (ON/OFF)	P-value
				OFF	ON		
Clinic	Spring	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	32	20.95±10.43	11.64±7.59	0.56	<0.05
		NO <sub>2</sub> (ppb)	40	5.24±1.08	4.56±1.12	0.87	<0.05
		1-OHP ( $\mu\text{g}/\text{g}$ creatinine)	38	0.21±0.13	0.17±0.14	0.81	>0.05
	Summer	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	30	15.44±9.13	9.38±4.14	0.61	<0.05
		NO <sub>2</sub> (ppb)	40	8.27±1.20	7.25±1.25	0.87	<0.05
		1-OHP ( $\mu\text{g}/\text{g}$ creatinine)	36	0.23±0.34	0.08±0.13	0.35	>0.05
	Autumn	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	40	21.38±14.44	14.32±10.06	0.67	<0.05
		NO <sub>2</sub> (ppb)	40	10.88±2.97	6.84±3.10	0.63	<0.05
		1-OHP ( $\mu\text{g}/\text{g}$ creatinine)	30	0.18±0.16	0.08±0.07	0.44	>0.05
	Winter	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	30	17.44±10.61	14.45±12.16	0.83	>0.05
		NO <sub>2</sub> (ppb)	30	10.77±2.27	7.84±1.70	0.73	<0.05
		1-OHP ( $\mu\text{g}/\text{g}$ creatinine)	24	0.13±0.10	0.09±0.07	0.69	>0.05
Home	Spring	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	58	18.51±10.73	17.36±13.21	0.94	>0.05
		NO <sub>2</sub> (ppb)	30	6.49±1.34	4.12±1.88	0.63	<0.05
		1-OHP ( $\mu\text{g}/\text{g}$ creatinine)	68	0.22±0.12	0.12±0.09	0.55	<0.05
	Summer	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	56	24.68±37.54	15.71±13.98	0.64	>0.05
		NO <sub>2</sub> (ppb)	66	6.59±1.58	5.42±2.83	0.82	<0.05
		1-OHP ( $\mu\text{g}/\text{g}$ creatinine)	50	0.11±0.19	0.08±0.10	0.73	>0.05
	Autumn	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	68	15.61±10.28	11.39±8.76	0.73	<0.05
		NO <sub>2</sub> (ppb)	62	11.65±2.46	8.10±2.96	0.70	<0.05
		1-OHP ( $\mu\text{g}/\text{g}$ creatinine)	58	0.15±0.12	0.09±0.09	0.60	<0.05
	Winter	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	30	17.17±10.15	11.86±8.47	0.69	>0.05
		NO <sub>2</sub> (ppb)	30	10.36±2.38	6.93±1.52	0.67	<0.05
		1-OHP ( $\mu\text{g}/\text{g}$ creatinine)	24	0.17±0.14	0.13±0.15	0.76	>0.05

OFF : Non-Operating the Air cleaner, ON : Operating the Air cleaner

는 모든 조사된 농도 값이 공기청정기 사용 중에 감소된 농도 값을 나타내었고 가정집에서 봄철과 가을철에 조사된 평균 농도 값의 차이는 통계적으로도 유의한 차이를 보인 것으로 조사되었다.

Fig. 3은 PM<sub>10</sub>과 NO<sub>2</sub>, 1-OHP의 공기청정기 사용 전 병원과 가정집의 사계절 평균 농도와 공기청정기 사용 중의 사계절 평균농도 및 차이를 검정한 결과이다. PM<sub>10</sub>의 경우 공기청정기 사용 전과 사용 중의 평균농도는 각각 19.02 ± 18.14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 13.60 ± 10.79  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , NO<sub>2</sub>의 사용 전과 사용 중의 평균농도는 각각 8.66 ± 3.06 ppb, 6.29 ± 2.71 ppb, PAHs의 인체대사산물인 뇨중 1-OHP의 공기청정기 사용 전·

중의 농도는 각각 0.15±0.14  $\mu\text{g}/\text{g}$  creatinine, 0.11±0.10  $\mu\text{g}/\text{g}$  creatinine 으로 나타나 조사된 모든 실내 오염물질의 농도가 공기청정기의 사용 중에 감소한 것으로 나타났다. 또한, PM<sub>10</sub>과 NO<sub>2</sub>의 공기청정기 사용 전과 사용 중의 농도차이는 통계적으로도 유의한 차이를 나타낸 것으로 조사되어(P<0.05), 공기청정기의 사용이 실내공기오염에 대한 노출량의 감소에 공기청정기가 영향을 주는 것을 시사한다고 하겠다.

3.4. 환기방식별 실내공기 오염물질 농도분포

Table 3의 조사대상 건축물의 실내공간에서 PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>와 조사대상자의 뇨중 1-OHP의 사계절 평균

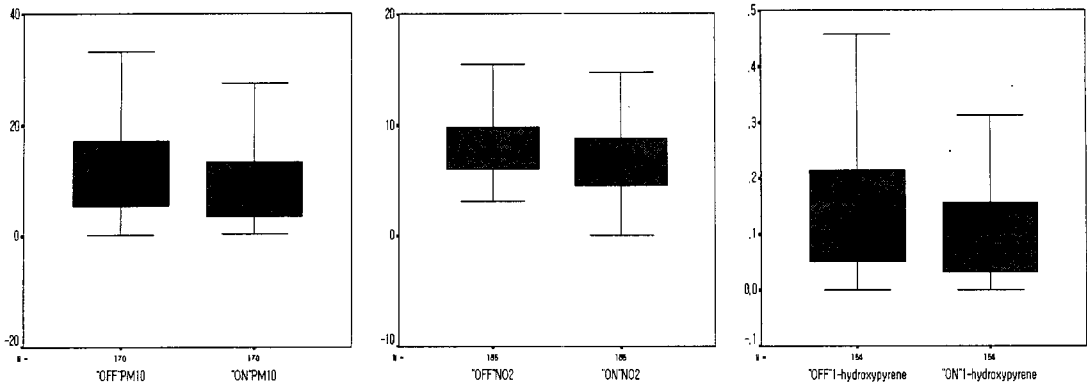


Fig. 3. Average concentration and difference of PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> and 1-OHP during operating period and non-operating period. (OFF : Non-Operating the Air cleaner, ON : Operating the Air cleaner)

Table 3. The Concentration of indoor air pollutants by ventilative type

Pollutants	Ventilative type	Number of Sample	Mean ± S.D	P-value
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Natural	120	19.00±12.63	<0.05
	Mechanical	24	15.77±10.91	
	Use of Air Cleaner	111	13.36±10.95	
NO <sub>2</sub> (ppb)	Natural	120	8.93±3.05	<0.05
	Mechanical	24	8.54±2.74	
	Use of Air Cleaner	111	6.63±2.84	
1-OHP (µg/g creatinine)	Natural	120	0.18±0.19	<0.05
	Mechanical	24	0.16±0.20	
	Use of Air Cleaner	111	0.10±0.10	

농도를 각 환기방식 별로 조사하여 일원배치 분산 분석을 통하여 검정한 결과 자연환기방식을 사용하는 곳에서 PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, 1-OHP의 농도가 각각 19.00 ± 12.63 µg/m<sup>3</sup>, 8.93ppb, 0.18±0.19 µg/g creatinine 으로 가장 높은 농도를 나타냈으며, 공기청정기를 사용하는 환기방식에서는 PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, 1-OHP의 농도가 각각 13.36±10.95 µg/m<sup>3</sup>, 6.63±2.84ppb, 0.10±0.10 µg/g creatinine 으로 가장 낮은 농도를 나타냈으며 통계적으로도 유의한 것으로 조사되었다(P<0.05).

### 3.5. 제거효율

Table 4는 공기청정기가 병원과 가정집에서 사계절동안 조사한 실내오염물질 및 1-OHP를 제거한 효율을 산출한 결과이다. 제거효율 중 가장 높은 제거율을 보인 것은 PAHs의 인체 대사산물인 1-OHP이 40.0% 으로 가장 높은 제거율을 나타냈으며 PM<sub>10</sub>의 제거효율이 29.7%, NO<sub>2</sub>가 27.2%의 제거율을 보인 것으로 조사 되었다.

Table 4. Total removal efficiency of indoor air pollutants by air cleaner

Pollutants	Number of sample	Removal efficiency(%)
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	172	28.5
NO <sub>2</sub> (ppb)	189	27.4
1-OHP (µg/g creatinine)	164	42.1

## 4. 결 론

본 연구는 공기청정기의 일부 실내 공기 오염물질의 제거효율을 평가하기 위하여 2003년 4월부터 2004년 2월까지 서울시 및 경기도 지역에 위치한 주택 35곳, 병원 20곳을 선정하여 실제 사람이 거주하는 실내환경을 대상으로 공기청정기 사용 전과 사용 중의 실내 공기 중의 PM<sub>10</sub> 및 NO<sub>2</sub>의 농도와 PAHs의 인체대사산물인 뇨중 1-OHP의 농도를 각 계절

별 2회씩 총 8회 조사하였으며, 설문조사를 통해 실내환경의 물리적 특성 및 거주환경 특성을 파악하였다. 이들 농도자료의 통계적 분석을 통해 실생활에서의 공기청정기 사용에 따른 실내공기질 개선 및 노출 1-OHP의 농도 조사를 통한 건강영향에 대하여 조사한 결과 공기청정기 사용 전과 사용 중 일 때 PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, 1-OHP의 종합적인 제거율은 각각 28.5, 27.4, 42.1% 으로 조사 되었으며 각각의 공기청정기 사용 전의 농도는 PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, 1-OHP 가 각각 19.02±18.14 µg/m<sup>3</sup>, 8.66±3.06 ppb, 0.19±0.18 µg/g creatinine 공기청정기 사용 중의 농도는 13.60±1.079 µg/m<sup>3</sup>, 6.29±2.71 ppb, 0.11±0.10 µg/g creatinine 으로 평균농도 차이가 통계적으로도 유의한 것으로 조사되어(P<0.05) 공기청정기의 사용이 일부 실내 공기 오염물질 제거는 물론 건강영향에도 긍정적인 것으로 보인다. 그러나, 본 연구에서는 각 실내환경(주택, 병원)에 대한 공간의 부피를 고려하지 않았다. 따라서, 보다 정확한 연구 결과 도출을 위해서는 동일한 조건의 대상 선정이 필요하다. 또한, 일부 오염물질에 대한 제거효율이 있음을 보이고 있으나 본 연구에서의 대상 오염물질 이외에 실내공기오염물질에 대한 전반적인 조사 연구 및 실내공간의 종류에 따른 차이에 대한 연구가 향후 지속 되어야 할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- 1) 장재구, 2003, 다중이용시설의 실내공기질 관리 대책, 실내공기질 관리 및 측정, 1-39pp.
- 2) U.S. EPA, 1990, Science Advisory Board(1990) Reducing Risk: Setting Priorities and strategies for Environmental Protection, Report SAB-EC-90-021, U.S. EPA, Washington, D.C.
- 3) ASHRAE, 1996, Air Cleaners for Particulate Contaminants, ASHRAE Handbook, ASHRAE, 5-8pp.
- 4) Japan Standard Association, 1995, Air Cleaners, Japan Standard Association, JIS C 9615.
- 5) 한국산업규격, 1994, 공기청정기, KS C 9314.
- 6) Grimmer, G., H. Brune, G. Dettbarn, U. Heinrich, J. Jacob and E. Mohtashampur, 1998, Bio-monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons in highly exposed coke plant workers by measurement of urinary phenanthrene and pyrene metabolite(phenols and dihydrodiols), Arch. Toxicol., 62, 401.
- 7) Jacob, J., H. Brune, G. Dettbarn, G. Grimmer, U. Heinrich and E. Mohtashampur, 1989, The metabolism of pyrnen by rat liver microsome

and influence of various monooxygenase inducers, Cancer Lett, 46, 15.

- 8) Grimmer, G. H., G. Brune, J. Dettbarn, J. Jacob, E. Mohtashampur and K. Norpoth, 1991, Polycyclic Aromatic Compounds, Arch. Toxicol., 2, 39.
- 9) 양원호, 이기영, 백도명, 2000, 실내 및 실외 공기중 이산화질소의 개인 노출량 측정을 위한 수동식 시료채취기의 성능평가, 한국대기환경학회지, 16(6), 625-631.
- 10) Lee, K., Y. Yanagisawa, J. D. Spengler, H. Ozkaynak and I. H. Billick, 1993, Sampling Rate Evaluation for NO<sub>2</sub> badge: (I) in Indoor Environment, Indoor Air, 3(2), 124-130.
- 11) Lee, K., Y. Yanagisawa, J. D. Spengler and I. H. Billick, 1992, Wind Velocity Effects of Sampling Rate of NO<sub>2</sub> Badge, Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 2, 207-219.
- 12) Keimig, S. D., K. W. Kirby, D. P. Morgan, J. E. Keiser and T. D. Hubert, 1983, Identification of 1-hydroxypyrene as a major metabolite of pyrene in pig urine, Xenobiotica, 13, 415-420.
- 13) Jongeneelen, F. J., R. B. M. Anzion and P. T. Henderson, 1987, Decton of hydroxylated metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbons in urine, J. Chromatog, 413, 227-232.
- 14) Kim, H, Y. D. Kim, H. Lee, T. Kawamoto, M. Yang and T. Katoh, 1999, Assay of 2-naphtol in human urine by high-performance liguid chromatography, J. chromatogr B Biomed Appl., 734, 211-217.
- 15) Vyskocil, A., Z. Fiala, V. Chenier, L. Krajak, E. Ettoerova, J. Bukac, C. Veau and S. Emminger, 2000, Assessment of multipathway exposure of small children to PAH, Environmental Toxicology and Pharmacology, 8, 111-118.
- 16) Jongeneelen, F. J., R. P. Bos, R. B. M. Anzion, J. L. G. Theuws and P. Th. Henderson, 1986, Biological Monitoring of polynuclear aromatic hydrocarbons, Metabolites in urine, Scand. J. Work Environ. Health, 12, 137-143.
- 17) 강종원, 1999, 일반인구 집단에 대한 대기중 총먼지의 생물학적 노출지표로서 1-hydorxypyrene gluronide 및 2-naphthol의 유용성, 서울대학교 대학원 의학박사학위논문, 7-8pp.