한국대기보전학회지 제 13 권 제 2 호
J. KAPRA Vol. 13, No. 2 (1997) pp. 115~122
Journal of Korea Air Pollution Research Association

산란광 광량 적산식 Digital Dust Indicator에 의한 도서관과 학생회관내 PM_{10} 농도의 일변화

Diurnal Variation of PM_{10} Concentrations in Library and Student Buildings using Scattering Light Integrated Type Digital Dust Indicator

김 만 구 · 권 영 진 · 정 영 림
강원대학교 자연과학대학 환경학과
(1996년 8월 31일 접수, 1997년 3월 16일 채택)

Man-Goo Kim, Young-Jin Kwon, Young-Rim Jung
Department of Environmental Science, Kangwon National University
(Received 31 August 1996; accepted 16 March 1997)

Abstract

Diurnal variation of PM_{10} concentration was investigated for 24 sites in library including reading room, bookstock room, lobby, office and so on, and 9 sites in student building at Kangwon National University using scattering light integrated type digital dust indicator.

The dimensional conversion factors for mass concentrations (K) were determined by comparing between the PM_{10} concentrations collected by PM_{10} high volume air sampler and the digital dust indicator. The dimensional conversion factor (K) was 3.33 for indoor air in this experiment.

The highest concentrations were 649 $\mu g/m^3$/day for smoking room in the library and 242 $\mu g/m^3$/day for circle room in the student building. Most of spaces in the library except a office and bookstock rooms were over 150 $\mu g/m^3$/day of PM_{10} concentrations and 6 indoor spaces were over the guideline for indoor air quality in student building except a health center and two restaurants. Therefore, it should be required to make an improvement on the indoor air quaility for public facilities in the university buildings.

Key words : PM_{10}, high volume air sampler, digital dust indicator, dimensional conversion fador (k), indoor air quality

1. 서 론

대기 중의 입자상 물질은 물리적인 과정과 화학적인 과정에 의해 생성된 것들로 대부분이 30 μm 이하의 것들이다. 이들 입자상 물질들은 호흡기에 침적되거나 점막을 자극하여 호흡기질환을 일으키고 전파의 산란 및 시정장애, 기후 등 환경에 미치는 영향은 크기에 따라서 매우 다르다(이용근, 1985). 특히 10 μm 이하인 입자상 물질은 호흡기를 통한 체내 유입이 가능하여 보건학상 중요한 의미를 갖고 있다. 일본에서는 1975년도부터 부유입자상물질에 관한 환경기준을 크기가 10 μm 이하인 것에 대하여 일일 평균 100 $\mu g/m^3$, 1시간 평균 200 $\mu g/m^3$ 이하로 규정하고 있다(일본 환경청, 1975). 미

국에서도 1987년부터 10 μm 이하인 입자상물질을 PM_{10}이라고 구분하여 연평균 80 μg/m³, 24시간 평균 150 μg/m³ 이하로 규정하고 있다(Mathai and Stonefield, 1991). 더욱이 미국에서는 최근에 2.5 μm 이하의 입자상 물질에 대한 규제를 하려고 공청회를 열고 있다. 우리나라에서도 1995년 1월 1일부터 총부유분진(TSP)과 함께 PM_{10}의 환경기준을 연평균 80 μg/m³, 24시간 평균 150 μg/m³ 이하로 규정하고 있으며 24시간 평균치는 연간 3회 이상 그 기준을 초과하여서는 안되도록 제한하고 있다. 이들 기준치들은 실외 대기질에 관한 것이다.

실내 공기에 대한 입자상물질의 기준은 같은 건물이라 하더라도 실내공간이 다양한 용도로 사용되므로 일괄하여 규정하기가 어려운 실정이다. 일본은 사무실의 경우 3.5 μm 이하인 입자상물질에 대하여 150 μg/m³ 이하로 규정하고 있으며, 캐나다에서는 2.5 μm 이하의 입자상물질에 대하여 1시간 평균 100 μg/m³ 이하의 권고치를 정하고 있다. 우리나라에서는 실내공간의 환경기준을 세부류로 나누고 있다. 사무용 건축물이나 공연장, 백화점, 지하상가 등과 같은 실내공간은 보건복지부의 공중위생법과 건설교통부의 건축설비기준법에 따르고 있으며, 지하철 등과 같은 지하공간에서는 환경부에서 권고치를 규정하고 있다. 그리고 작업장과 같은 실내환경에 관한 기준은 노동부의 산업안전보건법에서 규정하고 있다. 도서관이나 학생회관과 같은 공중위생법에서 규정된 실내의 환경기준을 보면 부유분진 150 μg/m³ 이하를 비롯하여 CO, CO_2, 기류, 온도, 습도와 조명에 관하여 규정하여 놓고 있다.

우리나라에서도 최근 실내 공기질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는데 1984년부터 1992년사이에 조사된 결과에 의하면 지하상가내 공기 중 TSP의 농도는 341~519 μg/m³를 나타내고 있어, 실내 환경오염이 매우 심각했으며, 일반적으로 총부유분진의 농도는 실외보다 실내가 높게 나타났다(김윤신, 1993). 그리고 실내공기 중 PM_{10}에 관한 조사보고는 매우 적다. 서울시내 주요 공중이용시설 20개소의 실내 공기질을 조사한 결과 154~182 μg/m³, 평균 179 μg/m³로 나타난 것으로 보고되었으며(환경처, 1994), 윤영훈 등이 서울과 대구의 사무실 대중음식점, 일반주택의 실내공기 중 직경 3.5 μm 이하의 호흡성 분진을 조사한 결과 평균 123 μg/m³로 실외의 77 μg/m³ 보다 약 2배 정도 높게 나타났고, 여름철의 95 μg/m³ 보다 실내 환기율이 적은 겨울철이 151 μg/m³로 더 높게 나타났다(윤영훈, 1995). 이러한 실내공기 중 PM_{10}은 흡연, 실내 난방 및 조리과정에서도 많이 발생한다(Raiyani *et al.*, 1993; Patel *et al.*, 1984).

현재 우리나라의 입자상 물질 농도에 관해 규정하고 있는 공중위생법, 환경보전법, 산업안전보건법에서는 여과채취에 의해서 모인 입자상물질의 질량을 채취한 공기의 부피로 나눈 질량농도 단위를 표준 측정법을 채택하고 있다. 그러나 시간과 장소에 따라 입자상물질의 농도 변화의 폭이 매우 큰 실내공기 중의 일상 조사에는 질량농도측정법만으로는 어려움이 있어, 다수의 측정점의 농도를 측정할 때는 질량농도 측정법과 병행하여 상대농도 측정법이 널리 이용되고 있다(Wedding and Weigand, 1993). 입자상 물질의 물리적 성질을 이용하는 상대농도계로는 산란광광량적산법, 광투과법, 압전천칭방식, β-ray법 등이 이용되고 있다. 단지 입자상물질의 시간 공간적 변화의 추적을 하는 경우는 상대농도계를 이용하면, 질량농도 채취기의 단점인 시간, 공간적인 제약을 해결할 수 있다. 이 중 산란광광량적산식 디지탈 분진계는 휴대하기 간편하고 측정시간이 1~10분 정도로 짧아 외국에서는 대형건물의 실내공기질 관리 측정에 많이 사용되고 있다. 그러나 상대농도계에서 얻어진 입자상물질의 상대농도를 질량농도로 환산하기 위해서는 상대농도가 입자의 질량농도 및 입경분포, 밀도, 형태, 광학적 성질 등에 의해 달라지기 때문에, 이러한 여러 인자를 고려한 질량농도 변환계수를 구하여 환산하여야 하는 번거로움이 있다(김만구, 1994).

본 연구에서는 광산란식 디지탈 분진계를 이용하여 공중시설물내 여러가지 용도로 사용되는 공간의 시간별 일변화 차이를 조사할 목적으로 해안가, 도시지역, 실내 등의 공기에 대한 광산란식 디지탈 분진계의 질량농도 변환계수를 구하였다. 그리고 강원대학교 도서관의 열람실, 사무실, 휴게실 등 24개실과 제1학생회관의 용도별 9곳의 실내공기 중 시간별 입자상 물질의 일변화를 조사하였다.

2. 실험방법

2.1 조사지점

실내공기 중 PM_{10} 농도 측정지점은 5층건물인 강원대학교 도서관내 각층 24곳의 실내지점과 2곳의 실외지점을 1994년 5월 12일 10:00부터 익일 10:00까지 24시간동안 1시간 간격으로 1분간 적산치를 측정하였다.

도서관내 측정지점은 열람실이 12곳, 사무실 1곳, 휴게실 3곳(금연실 1, 흡연실 2), 복도 및 로비 4곳, 자료 및 장서실 4곳 등 총 24개 지점이다. 건물구조형태

가 외부에서는 1층이나 건물내에서는 지하층의 구조로 된 1층에는 열람실 4개실과 중앙에는 긴 복도가 있는데 많은 사람들이 드나들고 있으며, 복사실 및 2개의 휴게실(흡연실과 금연실)이 구석에 위치해 있다. 2층에는 열람실 3개실과 사무실 1개실이 있으며 중앙에는 휴게실 공간으로 꾸며진 로비가 있고 구석에는 신문을 볼 수 있게 책상과 의자가 배치되어 있다. 3층에는 열람실은 없으며 양쪽에 자료실 3곳과 중앙에는 복도로 앉을 수 있는 의자와 공부할 수 있는 책상과 의자들이 몇 개 있다. 4층에는 한편으로 열람실 2개실이 마주보며 위치해 있고 열람실 사이에 흡연 휴게실이 있으며, 다른 한편에 자료실 2개실이 마주보고 위치해 있고 중앙에 긴 복도가 있다. 5층에는 장서실 2개실이 있다.

3층건물인 제1학생회관은 1994년 11월 2일 13:00부터 익일 13:00까지 24시간 동안 1시간 간격으로 24시간동안 매 시간별 1분씩 식당 2곳, 로비 및 복도 4곳, 동아리방 2곳과 보건소의 총 9개 지점에 대하여 입자상 물질의 농도를 측정 조사하였다. 제1학생회관 1층에는 건물 현관에서 식당으로 향한 문사이에 로비와 같은 공간이 있으며 약 300명 정도 수용할 수 있는 식당 1개실이 있고 드나들 수 있는 문이 3곳이 있다. 2층에는 보건소, 식당과 휴게실 기능을 겸하고 있는 스넥바가 있다. 이곳은 구석진 곳에 흡연구역이 칸막이로 분리 지정되어 있다. 보건소와 스넥바 사이에는 복도역할을 하는 로비가 있다. 3층에는 중앙에 복도역할을 하는 로비가 있고 ㄷ자형으로 8개의 동아리방들이 있다. 이 중 2개의 동아리방에서 측정 조사하였다.

2.2 조사 방법

각 지점에서 공기 중 PM_{10} 농도를 측정하는데 있어 산란광광량적산계식 디지탈분진계(P-5H2, Sibata, Japan)를 이용하였다. 이 분진계는 흡인구에 관성충돌을 이용하여 10 μm 이상인 입자들을 제거하는 장치가 부착되어 있어 PM_{10}에 대한 상대농도를 측정한다.

도서관에서는 각 지점의 농도를 1분간 적산하여 측정하였다. 각 측정시 환기시설 유무, 흡연자의 수, 실내 체류자 수, 출입문의 밀폐여부 등 장소의 특성을 함께 조사하였다. 11월에 실시한 학생회관의 조사시에는 각 지점에서 1분간의 적산치와 3분간의 적산치를 측정하여 평균하여 사용하였다. 디지탈분진계의 상대농도를 질량농도로 환산하기 위해 각 실내공기 중 PM_{10} 채취기(HVS-500-10, Sibata, Japan)를 이용하여 질량농도도 함께 측정하였다. 입자상 물질이 채취된 glass fiber filter (GF/B φ110 mm, Whatman)는 상대습도 50%로 조절한 데시게이터 속에서 48시간 이상 방치시킨 후 0.1 mg까지 평량할 수 있는 화학저울(80A-200M, Precisa)을 사용하여 정확히 평량하였다.

디지탈분진계의 질량농도 변환계수를 구할 목적으로 강원도 양양에 소재한 강원대학교 동해수련원의 해변가에 인접해 있는 앞마당의 한지점에서 Hi-volume PM_{10} 채취기(HVS-500-10, Sibata, Japan)를 이용하여 500 l/min의 유량으로 1994년 9월 14일 20:00부터 익일 8:00까지 12시간동안의 입자상물질을 채취하였고, 같은 시간동안 디지탈 분진계를 이용해 30분간격으로 1분간 적산치를 25회 측정하였다. 또한, 강원대학교 제1학생회관내 2층 복도의 한지점에서 1994년 11월 2일 9:00부터 12:00까지 3시간 동안 상기와 같은 PM_{10} 채취기로 입자상물질을 채취하였으며, 상대농도는 디지탈분진계에 기록계를 연결하여 3시간 동안 180분간 적산치를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 질량농도 변환계수

산란광광량적산식 디지탈분진계는 공기 중에 부유하고 있는 입자에 빛을 조사하면, 입자의 물리적 성질이 같은 조건일 경우 입자에 의한 산란광량은 질량농도에 비례하는 원리를 응용하여 대기 중 입자상 물질의 상대질량농도를 산란정량의 적산치 CPM (count per minute)로 나타낸다. 질량농도 변환계수는 아래의 식 (1)를 이용하여 구하였다.

$$K=\frac{C}{R-B} \quad (1)$$

여기서, K는 질량농도변환계수, C는 여과채취장치로 얻은 질량농도(μg/m³), R은 디지탈분진계로 측정한 상대농도(CPM)이며 B는 기기의 바탕농도값(CPM)이다.

PM_{10} 채취기와 디지탈분진계를 이용해 얻은 질량농도 변환계수는(K)는 비교적 청정지역인 양양의 해안가 공기에 대하여 1.87을 나타냈고, 학생회관내 공기에 대해서는 3.33이었다.

3.2 공공시설내 입자상 물질농도의 비교

표 1은 디지탈 분진계로 측정한 상대농도를 학생회관내에서 구한 질량농도 변환계수(K=3.33)를 이용해 질량농도로 환산한 값을 나타낸 것이다. 도서관과 학생회관내 PM_{10} 농도는 측정지점을 장소의 특성에 따라 분류

하여 24시간 평균값과 순간 측정치의 최대, 최소값을 비교하여 나타냈다. 도서관에서 순간 측정치의 농도 범위가 43~1439 μg/m³, 제1학생회관에서는 33~373 μg/m³였다. 도서관에서 각 장소별 24시간 평균농도는 장서실과 사무실이 각각 98 μg/m³와 100 μg/m³로 실외농도 108 μg/m³ 보다 낮았고, 그 이외의 15개 측정지점은 실외보다 높은 농도를 나타냈다. 가장 높은 농도를 나타낸 장소는 도서관 1층 흡연 휴게실로 24시간 평균 649 μg/m³로 실외농도의 6배, 비흡연실의 167 μg/m³ 보다 약 4배 정도 높은 농도를 나타냈다. 1층 금연 휴게실은 흡연 휴게실과 인접해 있지만 벽으로 차단되어 있고 1개의 문으로만 연결되어 있으며, 외부와의 공기 순환이 빠른 곳에 위치하여 같은 공간내에 구획만으로 흡연 금연 구역을 구분한 공간보다는 흡연실의 영향을 크게 받지 않는 구조를 가지고 있다. 그럼에도 불구하고 금연 휴게실의 평균 PM_{10} 농도는 1층의 다른 공간보다 40% 정도 높게 나타났다. 흡연 휴게실에는 금연 휴게실과 통하는 문과 반대편 벽면에는 항상 닫혀진 창문이 있고 그 상단에 2개의 환풍기를 갖추고 있었다. 또한 측정지점은 환풍기와 흡연실과 통한 문을 통해 배기되는 기류영역에서 떨어진 흡연실내 중앙지점이었기 때문에 더욱 높은 농도를 나타낸 것으로 생각된다. 제1학생회관에서의 PM_{10} 순간 농도는 보건소에서 최저 농도인 33 μg/m³를 나타냈으며 동아리방이 373 μg/m³로 순간 최대 농도를 나타냈다. 일 평균농도는 보건소가 50 μg/m³으로 가장 낮은 PM_{10} 농도를 나타냈고, 식당이 246 μg/m³로 가장 높은 PM_{10} 농도를 나타냈다. 보건소의 낮은 농도는 도서관의 사무실과 같은 경우로 사람의 출입이 적었기 때문으로 생각되며, 동아리방의 높은 농도가 나타난 것은 좁은 공간에서 여러 명의 학생들의 실내 흡연에 의한 것이었다. 학생식당 중에서 1층 식당은 127 μg/m³, 2층 식당에서는 211 μg/m³으로 2층 식당에서 더 높은 농도가 나타났다. 이것은 1층 식당은 식사만을 하는 반면 2층 식당은 식당과 휴게실을 겸하고 흡연도 가능하기 때문으로 생각된다. 이와 같이 공공시설 내에도 용도에 따라 입자상 물질의 농도가 큰 차이를 나타냈고 높은 PM_{10} 농도를 나타내는 곳의 주요 원인은 흡연이었다.

Table 1. Average PM_{10} concentrations in the library and the student center.

Site*		Concentration (μg/m³)		
		Mean	Max.	Min.
Library[1)]	Non Smoking Resting Room	167	276	90
	Smoking Resting Room	649	1439	143
	Reading Room	113	193	43
	Office	100	157	43
	Book Stock Room	98	203	23
Outdoor[1)]		109	277	20
Student center[2)]	Restaurant	246	373	47
	Lobby	133	220	37
	Public Health Center	50	73	33
	Circle Room	242	443	36

* Classified by usage.
1): Measuring periods; May 12, 1994, 10:00~May 13, 1994, 10:00
2): Measuring periods; Nov. 2, 1994, 13:00~Nov. 3, 1994, 13:00

흡연문제는 PM_{10} 농도뿐 아니라 담배연기 속에 포함된 여러 가지 발암성 물질들이 포함되어 환경흡연연기가 논란의 대상이 되고 있다. 1995년 9월 11일에 공포된 국민건강 증진법 시행 규칙에는 공중이 이용하는 시설 중 지하상가, 의료기관(대기질 포함), 사회복지시설, 승강기 내부, 지하역사 및 차량, 지하보도 및 16인승 이상의 승합자동차 등에서는 기준에 따라 당해 시설을 금연구역과 흡연구역으로 구분하여 지정하여야 한다. 시설기준은 흡연구역에 면적과 장소에 따라 적절한 환기에 필요한 시설을 설치하는 등의 규정을 정하고 있다. 그러나 구체적인 설계사항이 제시되어 있지않아 학생회관내 2층 스낵바의 경우에 흡연구역과 비흡연구역으로 구역 표시판과 칸막이가 설치되어 있었으나 효과적인 구획분할이 이루어지지 않아 1층 식당의 경우보다 약 2배 정도 높은 PM_{10} 농도를 나타냈다.

그림 1은 도서관 내의 로비, 장서실, 사무실과 열람실의 PM_{10} 농도의 일변화를 비교한 것이다. 일변화 중 가장 높은 농도를 나타낸 곳은 24~88 CPM (80~293 μg/m³)의 농도범위을 나타낸 로비였다. 60 CPM (200 μg/m³) 이상의 농도는 점심, 저녁식사 시간대에 나타났으며 가장 높은 88 CPM (293 μg/m³)을 나타낸 시간은 7:00시 근처로 이시간대는 도서관 열람실에서 공부를 하기 위해 출입하는 학생의 수가 많아 로비에 식사시간을 전후하여 많은 학생들의 이동이 있으며, 로비가 열람실이나 사무실 등으로 출입하는 통로이기 때문에 사람들의 옷이나 이동시 배출되는 비산먼지 등이 입자상 물질농도의 발생원으로 높은 농도를 나타난 것으로 생각된다. 14~54 CPM (47~180 μg/m³)의 농도범위를 나타낸 열람실에서는 도서관 입실, 퇴실시간대에는 로비와 비슷한 경향을 보이나 식사시간을 전후해서 입자상 물질 농도의 차이가 크게 나타났는데 열람실 403호의 경우 10:00시에 측정시 실내체류자수가 70명이었는데 비해

11:00, 12:00시에는 50% 정도인 35명 정도만이 체류하였으며 이때의 입자상 물질농도는 아침 10:00시에 34 CPM (113 μg/m³)이었고 11:00시, 12:00시에는 22, 14 CPM (73, 47 μg/m³)을 나타냈다. 장서실과 사무실의 경우는 점심시간대에 5, 9 CPM (17, 30 μg/m³)으로 매우 낮은 입자상 물질농도를 나타냈다.

그림 2는 도서관내 1층 휴게실 내의 흡연실과 금연실에서의 입자상 물질의 시간 변화 곡선이다. 흡연 휴게실

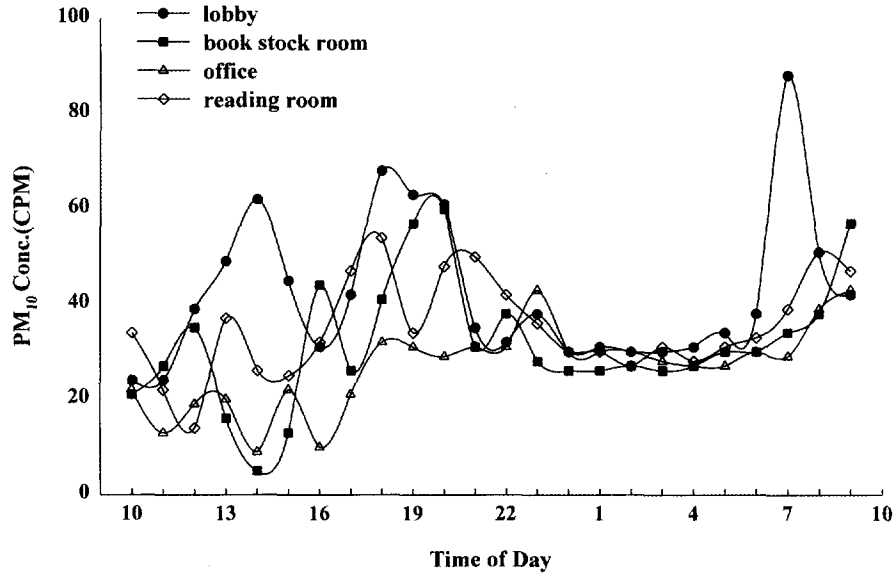

Fig. 1. Diurnal concentrations of PM_{10} at lobby, office, reading room, and bookstock room in the library.

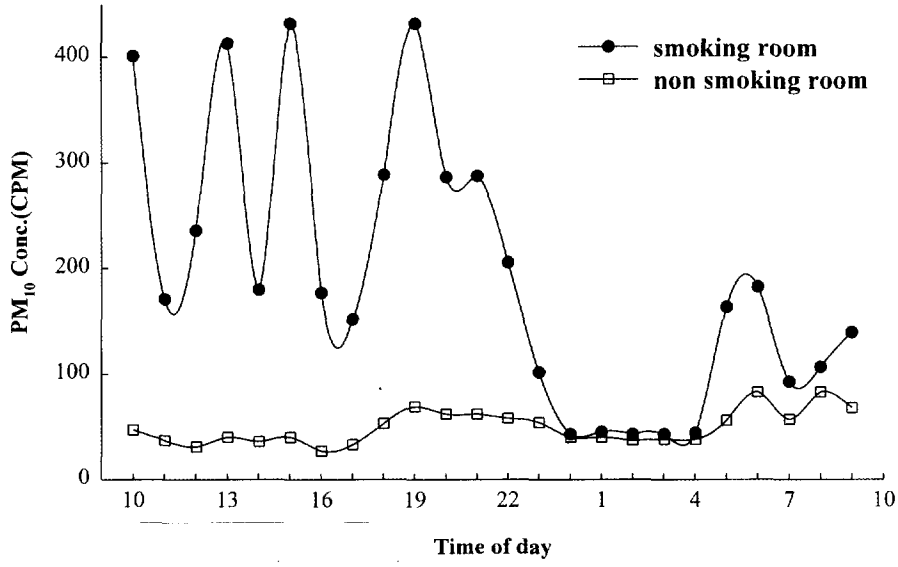

Fig. 2. Comparison of diurnal concentrations of PM_{10} between a smoking resting room and non smoking resting room on the first floor in the library.

은 금연 휴게실에 비해서 평균농도가 3배 정도 높은 농도값을 나타냈다. 그리고, 흡연 휴게실은 식사 시간 전 · 후로 한 학생들의 휴식시간대 즉, 10:00, 13:00, 15:00, 19:00시에 높은 피크를 나타냈다. 그리고, 입실 시간인 5:00시와 퇴실 시간에 가까운 21:00시에도 높은 피크를 보였다. 흡연 휴게실에서는 시간대별로 농도의 차가 매우 컸다. 13:00시에는 413 CPM (1,375 $\mu g/m^3$)을 나타냈고 14:00시에는 2.3배가 낮은 180 CPM (599 $\mu g/m^3$)을 나타냈다. 13:00시 흡연 휴게실에서 측정시 흡연자수는 체류자 15명 중 8명이었고 14:00시에는 8명 중 흡연자수는 3명이었다. 그러나 같은 시간대에 금연 휴게실에서는 40, 36 CPM (133, 120 $\mu g/m^3$)으로 농도차이가 적게 나타난 1층 흡연 휴게실과 금연 휴게실은 인접해 있지만 흡연 휴게실로부터의 공기 유입이 없어 뚜렷한 농도 차이를 나타냈다.

그림 3은 시간의 변화에 따른 입자상 학생회관 내의 로비, 식당, 보건소, 동아리방의 입자상 물질의 농도를 비교한 것이다. 로비의 경우 실외 공기의 유입 즉 환기가 잘되는 1층이 2, 3층 복도보다 1.7배가 낮은 23.9

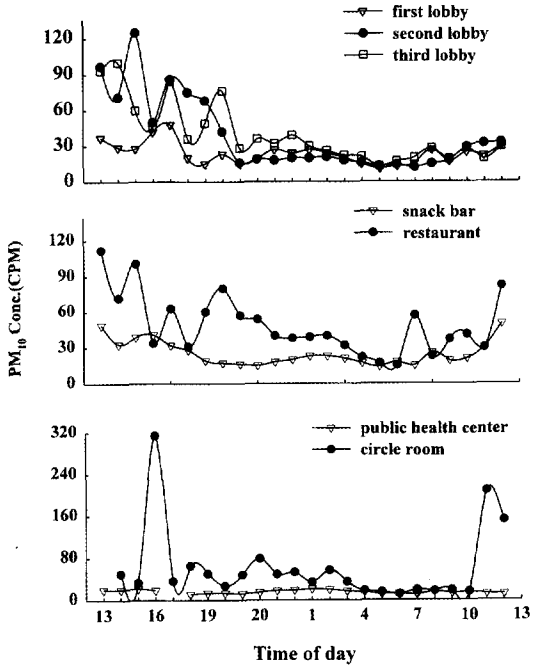

Fig. 3. Diurnal concentrations of PM_{10} at lobby, restaurant, snack bar, public health center, and circle room in the student building.

CPM (79.6 $\mu g/m^3$)의 평균농도를 나타내고 있어 실내의 PM_{10} 농도가 실외보다 높은 것을 알 수 있다. 이외에도 동아리방이 많은 3층은 실내흡연이 PM_{10} 농도를 높이는 주요 원인이고, 2층에서는 14:00시에 125 CPM (416 $\mu g/m^3$)으로 가장 높은 농도값을 나타냈는데 이는 식당, 매점, 동아리방, 문구점 등 여러 상점이 밀집되어 있어 학생회관내에서 가장 사람들의 출입이 빈번한데 반하여 적절한 환기가 이루어지지 않기 때문인 것으로 생각된다. 식당에서는 1층 학생식당의 경우는 15~50 CPM (50~167 $\mu g/m^3$)의 농도범위를 나타낸 데 비해 2층 스넥바의 농도범위는 15~112 CPM (50~373 $\mu g/m^3$)으로 농도차이가 매우 크게 나타났다. 또한 점심시간대인 13:00시에는 2층 스넥바에 비해 체류자가 많은 1층 학생식당보다 2.3배나 높은 입자상 물질농도를 나타냈다. 이는 2층 스넥바에는 금연구역과 흡연구역이 분리 지정되어 있으나 효과적으로 분리되어 있지 않아 흡연구역의 PM_{10} 농도가 금연구역으로 유입되어 높게 나타난 것으로 생각된다. 동아리방의 경우는 다른 장소와는 다른 경향을 나타냈다. 점심식사와 저녁식사 시간에 낮은 입자상 물질의 농도를 나타냈는데 이것은 학생들의 출입이 적었기 때문인 것으로 생각된다. 또한 16:00시의 315 CPM (1,049 $\mu g/m^3$)과 11:00시의 208 CPM (693 $\mu g/m^3$)으로 높은 피크는 밀폐된 좁은 실내에서 여러사람의 흡연에 기인한 것이다.

표 2는 도서관 24곳과 제1학생회관 9곳 총 33곳의 측정지점에서 구해진 농도변화값을 나타낸 것으로 다음식 (2)에 의해 하루 중 입자상 물질의 농도변화값를 구하였다.

$$\text{농도변화값} = \frac{\text{최대농도} - \text{최소농도}}{\text{평균농도}} \qquad (2)$$

도서관에서는 0.8~2.7의 농도변화 범위를 나타냈으며 농도변화값이 1.0 미만인 곳은 24곳 중 4곳으로 0.8을 나타낸 열람실 104호(RR. 104), 201호(RR. 201), 음영자료실 402호(Ref. R. 402) 등 3곳이었고, 0.6으로 가장 낮은 농도변화값을 나타낸 곳은 향토 · 지도자료실 401호(Ref. R. 401)이었다. 이곳은 출입하는 사람수가 한시간에 평균 5명정도로 도서관내 측정지점 중 사람들의 출입이 가장 적은 곳이었다. 가장 높은 농도변화값은 4층 흡연 휴게실 408호(R(S) 408)로 최저값이 35.0 CPM (116.6 $\mu g/m^3$), 최고값이 427.0 CPM (1,421.9 $\mu g/m^3$)을 나타냈으며 평균값이 144.5 CPM (481.2 $\mu g/m^3$)을 나타내 농도 변화값은 2.7로 나타났다. 이곳은 도서관 4층의 열람실 사이에 위치해

Table 2. The variation of PM_{10} concentration at sampling sites. (Unit: CPM)

	Mean	Max.	Min.	Variation Value*
Library				
RR. 111	34.8	58.0	16.0	1.2
RR. 110	33.5	52.0	13.0	1.2
RR. 109	33.8	50.0	16.0	1.0
RR. 104	37.8	52.0	22.0	0.8
R(N)	49.5	83.0	27.0	1.1
R(S)	194.7	432.0	43.0	2.0
1-Lobby	40.4	67.0	17.0	1.2
RR. 201	34.3	47.0	19.0	0.8
RR. 207	33.8	54.0	13.0	1.2
RR. 208	34.5	64.0	13.0	1.5
Office	30.9	47.0	13.0	1.1
2-Lobby	38.9	64.0	19.0	1.2
Ref. R. 301	27.7	47.0	13.0	1.2
Ref. R. 302	30.3	58.0	15.0	1.4
Ref. R. 303	34.3	65.0	14.0	1.5
3-Lobby	38.1	62.0	18.0	1.2
RR. 403	40.0	58.0	18.0	1.0
RR. 407	39.5	117.0	13.0	2.6
R(S) 408	144.5	427.0	35.0	2.7
Ref. R. 402	34.7	50.0	21.0	0.8
Ref. R. 401	32.4	42.0	21.0	0.6
4-Lobby	47.3	92.0	28.0	1.4
BR. 503	39.0	68.0	13.0	1.4
BR. 502	33.1	55.0	11.0	1.3
Student Building				
1-Lobby	23.9	48.0	11.0	1.5
1-Restaurant	25.2	50.0	14.0	1.4
2-Lobby-1	39.4	66.0	11.0	1.4
2-Looby-2	38.7	125.0	12.0	2.9
2-Snack Bar	49.0	112.0	15.0	2.0
2-PHC.	15.5	22.0	10.0	0.8
3-Lobby	39.6	100.0	13.0	2.2
3-CR-1	50.3	110.0	10.0	2.0
3-CR-2	61.1	315.0	11.0	5.0

RR.: Reading Room, R(N) : Resting Room (Non Smoking), R(S) : Resting Room (Smoking), Ref. R.: Reference Room, BR.: Bookstock Room, PHC.: Pubilc Health Center, CR : Circle Room * Calculated by equation(2).

있는 휴게실로 1층에 있는 휴게실의 반정도밖에 되지않는 공간에 출입문이 거의 열려져 있었고 흡연과 금연의 지역구분이 없어 흡연자들이 모여 있던 시간대와 비흡연자들이 모여 있던 시간대의 PM_{10} 농도의 차이가 컸다. 그 다음 높은 농도변화값을 나타낸 곳은 열람실 407호(RR. 407)에서 2.6으로 이곳은 4층 흡연 휴게실 408호(R(S) 408) 옆 출입구 측에 위치한 열람실로 반대편에 위치한 열람실 403호(RR. 403) 보다 휴게실에 출입하는 사람들의 영향을 더 많이 받는 실내구조를 지니고 있어 높은 농도변화값을 나타낸 것으로 생각된다.

학생회관에서는 0.8~5.0의 농도변화 범위로 보건소에서 0.8로 가장 낮은 농도변화를 나타냈고 가장 높은 농도변화는 학생회관 3층에 위치한 동아리방에서 5.0을 나타냈다. 학생회관도 도서관과 마찬가지로 사람의 출입이 적은 보건소에서 가장 낮은 농도를 나타냈고 동아리방의 경우는 순간 측정치의 최고값이 최저값에 비해 약 28.6배 정도가 높게 나타나 보건소의 약 2.2배에 비해 매우 큰 차이를 나타냈다.

학교의 공공시설인 도서관과 제1학생회관 29곳 중 흡연구역으로 분리 지정되어 있던 곳은 3곳이었다. 도서관내 1층 흡연 휴게실, 4층 흡연 휴게실과 제1학생회관내 2층 스넥바의 흡연구역이었다. 이들 3곳의 24시간 평균 PM_{10} 농도값은 표 2에서 나타난 바와 같이 194.7, 144.5, 49.0 CPM (648.4, 481.2, 163.2 $\mu g/m^3$)으로 모두 다른 장소에 비해 높게 나타났다. 각각의 측정장소에 인접한 장소의 PM_{10} 농도값을 비교해 보면 1층 흡연 휴게실에 바로 인접해 있는 1층 금연 휴게실에는 흡연 휴게실에서 나타난 평균 PM_{10} 농도에 비해 4배가 낮은 49.5 CPM (164.8 $\mu g/m^3$)으로 나타났다. 4층 흡연 휴게실의 경우는 양쪽에 위치해 있는 4층 열람실에 많은 영향을 미쳐서 도서관내 다른 열람실들의 평균 PM_{10} 농도인 34.6 CPM (115.2 $\mu g/m^3$) 보다 15.6% 정도 높은 39.8 CPM (132.5 $\mu g/m^3$)을 나타냈으며, 407호 열람실의 경우는 최고값이 117.0 CPM (389.6 $\mu g/m^3$)을 나타나기도 했다.

이와 같이 공공시설내 흡연구역과 금연구역의 효과적인 분리 배치나 시설 미흡으로 흡연구역에 인접한 공간의 PM_{10} 농도가 다른 장소보다 높게 나타났다.

4. 결 론

학생들의 생활 공간인 도서관내 24개실과 제1학생회관의 9개 지점을 대상으로 실내공기 중 PM_{10} 농도를 측정해 본 결과 도서관에서는 흡연실이 24시간 평균 649 $\mu g/m^3$, 학생회관에서는 동아리방에서 242 $\mu g/m^3$로 가장 높게 나타났다. 그리고 도서관 내 사무실과 장서실, 학생회관내 보건소와 식당을 제외한 PM_{10} 농도는 환경기준치인 일일 평균 150 $\mu g/m^3$를 초과하고 있었으며, 대부분의 실내공간이 실외보다 높은 PM_{10}를 나타내고 있어 실내 공기질의 개선이 요망된다.

PM_{10} 농도의 일변화는 각 지점내 체류자수와 출입인

원수에 크게 영향을 받았다. 각 지점의 PM_{10} 농도변화 폭은 사람의 출입이 적은 지점일 수록 작게 나타났으며, 흡연이 농도변화에 가장 큰 영향을 미쳤다. 그리고 조사 지점 중에서 흡연구역과 금연구역이 효과적으로 분리 배치되어 있지 않아 인접한 공간의 PM_{10} 농도에 많은 영향을 미쳤다.

그러므로 실내의 구석진 곳이나 계단 등에 흡연구역이 설치되어 담배연기가 실외로 배출되지 않고 실내로 쉽게 유입되고 있는 곳은 적절한 환기 시설과 함께 흡연구역 및 흡연실과 금연실을 효과적으로 분리배치해야 할 것이라 생각된다.

참 고 문 헌

김만구, 권영진, 조현호(1994) 광산란식 digital particle counter에 의한 공공시설 실내 중 입자상 물질농도의 일변화, 제19회 추계대기보전학술대회 요지집, 131-132.

김윤신(1933) 실내공기오염에 관한 소고, 한국대기보전학회지, 9(1), 33-43.

윤영훈, 김윤신, 백성옥(1995) 도시지역 실내외 공기질 조사(II)-환경흡연, 1995년도 한국대기보전학회 춘계학술대회 강연요지집, 110-111.

이용근, 김만구, 원정호(1985) Andersen 시료채취기를 이용한 도시대기 중 부유입자상 물질의 입도분포 측정, 한국대기보전학회지, 1(1), 93-98.

환경처(1994) 전환기의 대기보전정책, 66pp.

日本環境廳(1975) 大氣汚染に係る環境基準について, 環境廳告示第25號.

Mathai, C.V. and D.H. Stonefield(1988) PM_{10}: Implementation of standards, An APCA/EPA international specialty conference, 3pp.

Raiyani, C.V., S.H. Shah, N.M. Desai, K. Venkaiah, J.S. Patel, D.J. Parikh, and S.K. Kashyap(1993) Characterization and problems of indoor pollution due to cooking stove smoke, Atmos. Environ., 27A(11), 1643-1655.

Traynor, G.W., M.G. Apte, A.R. Carruthers, J.F. Dillworth, D.T. Grimsrud, and L.A. Gundel(1987) Indoor air pollution due to emission from wood burning stoves, Environ, Sci. Technol., 21, 691-679.

Wdding, J.B. and M.A. Weigand(1993) An automatic particle sampler with beta gauging, J. Air & Waste, 43, 475-479.