

박물관 실내공기질 변동에 관한 연구

이정주* · 김신도 · 부문자

*용인대학교 환경보건학과, 서울시립대학교 환경공학과

Variation of Indoor Air Quality in Museum

*Jeong Joo Lee, Shin Do Kim, Moon Ja Boo

*Dept. of Environmental Health, Youngin University

Dept. of Environmental Engineering, Seoul City University

ABSTRACT

Indoor air quality(IAQ) in museum is very important for protection of cultural properties. In our study, we measured air pollutants(NO_x , NH_3 , SO_2 , O_3 , CO , CO_2 , TSP), temperature and humidity to evaluate IAQ of national central museum. Indoor carbon dioxide and TSP concentrations were higher than outdoor concentrations. Temperature, humidity and TSP had large deviation depending on air conditioning operates or not. Indoor gas phase pollutants except CO_2 were lower than outdoor concentrations, but SO_2 concentration was high in storage. CO_2 and TSP were influenced by the number of spectators.

Keywords : Indoor air quality(IAQ), air conditioning, air pollutant, museum.

I. 서 론

최근 들어 산업화, 정보화 사회가 되면서 실내 공간의 활용이 많아짐과 동시에 건축물의 과도한 기밀성, 공조시설의 불량 등에 의한 실내공간에 있어서 절대 환기량의 부족, 환기에 이용되는 외부공기의 심화, 실내에서 배출되는 오염물질등에 의하여 빌딩증후군의 확대 등 실내공기질이 점점 악화되고 있다.¹⁾ 이에 따라 실내오염의 중요성이 증대되어 실내공기질에 대한 관심이 매우 커지고 있으며 실내공간에 대한 실내오염의 조사와 연구가 국내외적으로 활발히 진행되고 있다.²⁾ 작업장, 사무실 공간 등에서의 쾌적한 실내공기질 유지의 목적으로 다양한 환기시설의 운전등에 관한 연구가 보고되고 있다.^{3),11-12)} 그러나 특별한 용도의 전시공간인 박물관에 관한 조사·연구는 아직 미흡한 실정이다.

일반적으로 실내환경은 인간을 중심으로 이루어지는데 반하여 박물관은 전시물을 보존하고, 관람객을 위한 쾌적한 환경을 만드는 것이 중요하

로 이에 적합한 환경이 조성되어야 한다. 국민들의 삶의 질의 향상의 욕구가 증대되는 추세이므로 문화공간에 대한 중요성은 커지고 있으므로 이에 대한 환경유지 시설의 용도가 확대되고 있는 추세이다.

박물관 등의 구조적 특징은 자료의 보존 및 전시공간의 확보를 위하여 다른 건물과 비교해서 개구부를 극단적으로 적게하고 있으므로 내부에서 발생하는 오염물질에 의하여 더러워진 공기를 쉽게 제거할 수 없다는 어려움이 있다. 더우기 유물을 손상시킬 수 있는 온·습도와 빛, 오염공기등의 제어는 전시물 보존 대책을 세우는데 있어서 가장 중요한 요소이다. 특히 새로운 박물관을 위시한 전시공간이 설계·시공될 때 고려되어야 할 환경 조건을 검토하는 것은 매우 중요한 것이다.

본 연구에서는 향후 건축되는 박물관 수장품의 양호한 보존과 쾌적한 전시실 실내환경을 조성하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여, 철거예정인 국립중앙박물관 내부의 전시실과 수장고를 중심으로 실내오염도 실태를 조사, 분석하였다.

II. 측정 및 조사

1. 측정 일시

본 측정은 관람객이 가장 많을 것으로 생각되는 하기방화중의 주말에 실시하였다. 관람객의 변화의 영향을 고려하여 평일과 주말이 포함된 날로 휴가철인 8월중 4일간 연속 측정한 자료를 분석에 이용하였다.

2. 측정 위치

현재 박물관내에서 2~4 층이 주로 전시장의 목적으로 활용되고 있으므로 실내공기질 파악과 동시에 각 층별의 특성을 파악하기 위하여 Fig. 1과 같이 각 층별로 한 지점을 선정하였다. 관람객수가 가장 많은 2층 선사실, 전시유물의 재질이 금속이어서 공기중의 오염물질(산성가스)에 의해 피해가 나타나기 쉬운 3층의 금속공예실, 오염물질에 의해 쉽게 파손,

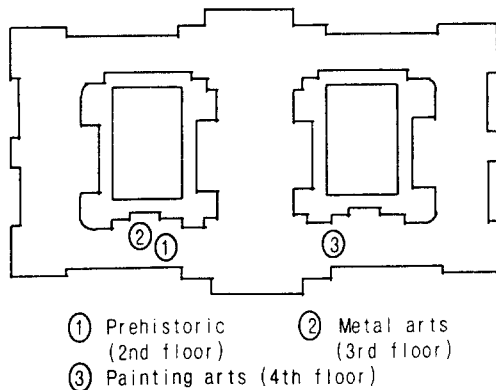


Fig. 1. Schematics of sampling site

오탁되어 보존이 어려운 종이류를 전시·보관하고 있는 4층의 서화실을 측정대상으로 하여 각 시각별로 실내오염도를 측정하였다. 단, 3층 금속공예실의 경우에는 가스상 오염물질만을 측정하였다. 수장고는 전시되지 않는 각종 유물을 보관하고 있는 곳으로 현재 박물관에서 남쪽으로 200 m 떨어진 지하에 위치하고 있으며 유물의 종류별로 10개의 수장공간으로 구획되어 있는데 이중 한 공간을 선정하여 측정하였다.

3. 측정 항목 및 방법

전시물 보존시 영향을 주는 인자는 열, 온도, 습도, 빛, 오염공기, 미생물 등이며, 문화재의 파손 및 오염은 벌레, 곰팡이, 먼지에 의한 것 이외에 공기중의 산소에 의한 산화, 아황산가스, 유해 가스에 의한 부식 등이 그 원인이며, 이러한 피해는 고온다습한 공기조건에 의해 현저하게 커진다. 유물을 손상시킬 수 있는 이러한 환경요소중에서 먼지(TSP), 가스상 오염물질(NO_x , NH_3 , SO_2 , O_3 , CO , CO_2), 온도, 습도를 측정대상으로 하여 Table 1의 방법으로 측정하였다.

측정 대상실의 농도변화를 측정하기 위하여, 각 측정점에서의 공기를 Sampling Tube로 자동측정기까지 펌프로 흡인하여, 각 지점의 농도를 측정하여 Data Logger에 기록하였다. 또한 이용 관람객의 수에 따른 농도변화를 보기 위하여 각 측정실의 유출입 인원은 천정에 설치되어 있는 CCTV Camera에 의해 녹화된 Video Tape를 이용하여 각 시간대별 인원을 계수하였다. 또한 외부의 공기가 실내에 미치는 영향을 파악하기 위하여 박물관에서 가장 가까운 자동측정점인 광화문의 자료를 이용하였다.

Table 1. Measuring Instruments list

Agent	Measuring Method	Measuring Limit	Model No.
NO_x	Chemiluminescent	0-500 ppb	API-200A
NH_3	Detector Tube	0.5-60 ppm	3L
SO_2	Pulse UV Fluorescence	0-500 ppb	API-100A
O_3	UV Absorption	0-500 ppb	API-400
CO	NDIR	1-100 ppm	API-300
CO_2	NDIR	0-10000 ppm	GARBOTEC(CMCO-10P,GASTEC)
TSP	Light Transmission(Tape Sampler)	0-1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	KIMOTO-TD10
Temp.	-	-45~60°C	Weather Monitor II
Humidity	-	10~90%	Weather Monitor II

Table 2. The results measured by chemical and physical agents and subject in museum

Agents	Indoor (Exhibit Hall)						Outdoor		
	opening time			closing time			storage	opening time	closing time
	2nd	3rd	4th	2nd	3rd	4th			
CO ₂ (ppm)	497.49	436.02	376.31	333.39	334.62	332.26	321.03	-	-
TSP (µg/m ³)	42.23	-	31.27	63.14	-	41.18	36.75	-	-
NO _x (ppb)		16.16*			17.26*		10.71	28.42	22.27
NH ₃ (ppm)		N.D.			N.D.		-	-	-
SO ₂ (ppb)		6.84*			7.76*		25.29	7.22	7.09
O ₃ (ppb)		3.46*			2.46*		0.38	7.71	2.82
CO (ppm)		0.48*			0.70*		0.77	3.24	3.36
Temp. (°C)		26.35*			27.54*		21.87	-	-
Hum. (RH %)		76.74*			78.79*		72.79	-	-

*the average of total measured points
N.D. : Non Detected

III. 측정 결과 및 고찰

박물관전시실, 수장고, 외기에 대하여 연속 측정, 분석하였으며 전반적인 측정결과는 Table 2와 같이 나타났다.

1. 공기조화 운영 상황

공기조화기는 습도 제어와 먼지, 가스 제거를 위한 Water Spray와 건식 필터를 사용하고 있다.

전시실의 경우 공기조화 운전 설계치는 하계 25°C, 50%, 동계 21°C, 40%로 되어 있으며, 현재에는 박물관 개관 시간중에서 오전 10:00~11:30, 오후 14:00~17:00에 공기조화를 가동시키는 간헐운전을 하고 있다.

수장고의 경우는 운전 설계치가 하계 18°C, 50%, 동계 22°C, 50%로 설정되어 있으며, 24시간 항시 공조가 가동되고 있다.

2. 관람객 인원수

전시실의 경우 Fig. 2에서 알수 있듯이 2층 전시실에는 많은 입장객이 관람하나 위층으로 갈수록 점차 인원이 줄고 있으며, 시간대별로는 14:00~16:00경에 가장 많이 관람하고 있다.

3. 온도, 습도

온·습도는 문화재를 손상, 변형, 변질, 유해미생물의 발생 등을 야기시키는 중요한 인자로, 고온의 경우 문화재 유물의 재질을 열화시키는 것을 촉진시키고, 습도의 경우는 유물의 노화속도를 촉진시키는

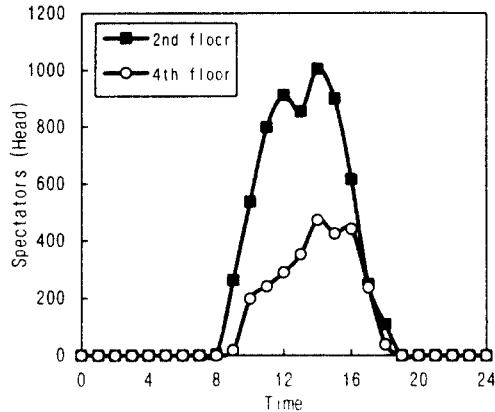


Fig. 2. Number of spectators by time

데 주로 종이, 섬유, 목재류 등이 습도변화에 민감하며 습도가 높은 경우에는 곤충 서식, 곰팡이 발생, 박테리아 증가 등이 일어난다. 습도가 높은 경우(65~70% 이상)에는 금속류가 부식되고, 습도가 낮은 경우(40% 이하) 물질 균열을 유발시킨다.⁴⁾

온도, 습도의 측정 결과는 Fig. 3과 같다. 전시실의 경우 온도는 개관시간(9:00~18:00)동안은 24~26°C를 유지하고 있으나, 폐관후에는 약 27~28°C로 급격히 상승하고 있다. 습도는 개관중에는 70%전후로 운전되나 폐관중에는 75~80%로 상당히 높아지고 있음을 알수 있다. 수장고에서는 점검 및 관리를 위한 사람의 출입이 있는 오후 2시에서 4시경에는 약간의 온·습도 변동이 있으나 온도는 비교적 21°C전후로 안정을 유지하고 있지만 습도는 70%를 상회하고 있다.

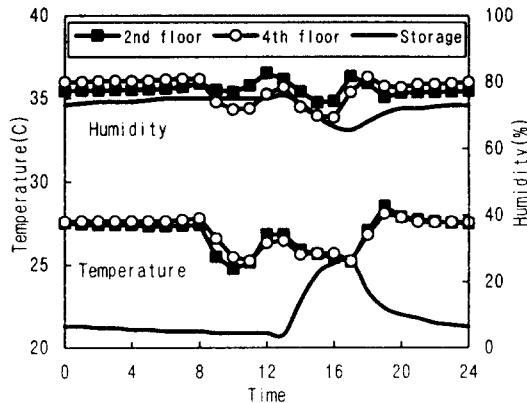


Fig. 3. Measured values of temperature and humidity

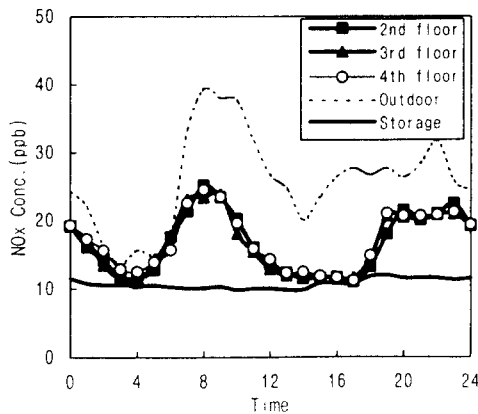


Fig. 4. The measured NO_x concentration

이상의 결과로 박물관내의 공조는 온도만을 제어하고 있으며 습도의 조절은 이루어지고 있지 않다고 판단된다. 이것은 온·습도의 경우 ASHRAE 권고치(온도:21.1~22.2°C, 습도 50~55%)¹⁷⁾와 비교하여 볼때 적정기준을 벗어나고 있다. 따라서 온·습도 적정기준 유지를 위한 공기조화 운전가동이 필요함을 알 수 있다.

4. 질소산화물(NO_x)

NO, NO₂ 등의 질소산화물은 물과 결합하여 질산으로 써 유물을 손상시키고, 특히 직물류의 경우 옷감의 강도를 저하시키거나, 염료를 퇴색시키는 등 큰 피해를 준다.

측정된 결과는 Fig. 4 에서와 같이 전시실의 경우는 전기간중에 외부와 같은 형태로 변동되고 있으며 0.01~0.02 ppm으로 비교적 낮은 농도로 운영되고 있고 각 층별의 차이 또한 거의 없다. 수장고의 경우

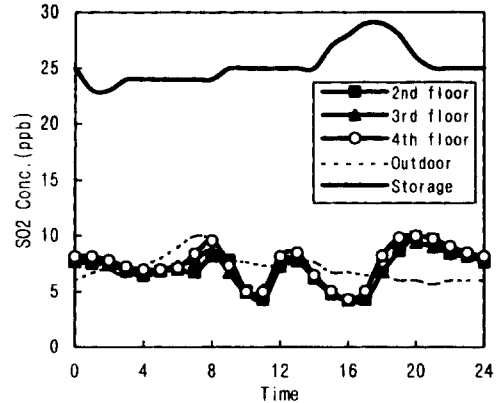


Fig. 5. The measured SO₂ concentration

도 평균 0.01 ppb정도로 매우 안정적이었다.

5. 아황산가스(SO₂)

수분과 작용하여 종이와 섬유의 셀룰로오스질, 인조가죽, 염안료, 금속류, 석회석, 대리석 등을 H₂SO₄로 써 침식시켜 문화재를 손상시키는 아황산가스는 Fig. 5에서 보듯이 전시실의 경우 공조시간대에는 외부공기보다 낮은 값을 보이고 있으며 현행 대기 환경기준치인 0.03 ppm보다 낮은 0.005~0.008 ppm정도로 일정하고 각 층별로 거의 차이가 없다. 외기와 거의 같은 양상을 보이는 것은 외부공기를 유입하여 내부로 공급하는 계통속에서 공기 정화장치가 정상적으로 가동되고 있지 않음을 보이고 있다. 수장고의 경우 0.025 ppm정도로 매우 높은 농도를 보이고 있다. 특히 아황산가스는 공기 중 수분과 작용하여 황산이 되어 내부의 유물에 많은 악영향을 줄 수 있는 가스이므로 합당한 대책이 요망된다.

6. 암모니아(NH₃)

악취물질인 NH₃는 공기중의 SO₂와 반응하여 황산암모늄의 미립자를 만들어, 유화 표면등에 부착되어 피해를 주게 되는데, 본 측정에서 3시간 간격으로 각 측정대상 전시실 내부에서 측정하였으나, 어느곳에서도 검지가 되지 않았다.

7. 오존(O₃)

강력한 산화제로 위험한 유해요소인 오존은 모든 유기물 셀룰로오스질, 도료, 염료, 고무 등에 침투하여 변화시킨다.

전시실내부의 오존은 Fig. 6 에서 처럼 외부공기는 11:00~17:00경에 햇빛에 의한 광화학반응으로 농도가 급격히 상승하고 있으나, 실내는 이에 대한 영향을 거의 받고 있지 않고 비교적 낮은 농도로 유지되고 있는 동시에 각 층별의 차이 또한 적었다. 수장고의 경우 평균 0.38 ppb 정도로 비교적 낮게 나타났다.

8. 일산화탄소(CO)

일산화탄소의 농도 변동은 Fig. 7 에서 나타낸 바와 같이 자동측정점인 광화문의 경우 바로 도로변에서 측정하고 있어 교통량에 따라 CO의 농도가 크게 변동하고 있음을 보여주고 있으나 박물관 내부 전시실에서는 외부에 의한 큰 영향을 받고 있지 않으며, 공조가 시작되면 약간 낮아지다가 공조가 끝나면 다시 높아지는 경향을 보이며 층별로 거의

차이를 보이지 않고 있다. 수장고의 경우에는 평균 0.8 ppm 정도로 낮은 농도로 아주 일정하게 유지되고 있다.

9. 이산화탄소(CO₂)

CO₂는 탄산염을 만들기 쉬운 안료나 보호막 등에 작용하여 문화재를 변질시키게 되는데, Fig. 8 에서 보듯이 전시실은 각 층별로 큰 차이를 보이고 있다. 오전에는 외부의 농도인 330 ppm 을 유지하다가 내부 관람객수의 증가에 따라서 농도가 증가되고 폐관이 되면 다시 외부와 같아지고 있다. 또한 관람객이 제일 많은 2층이 가장 높은 농도를 보이고 있어 사람의 호흡에서 배출되는 CO₂가 주요 오염원을 알 수 있다. 수장고의 경우는 거의 사람이 없으므로 평균 320 ppm의 매우 낮은 농도를 보이고 있다.

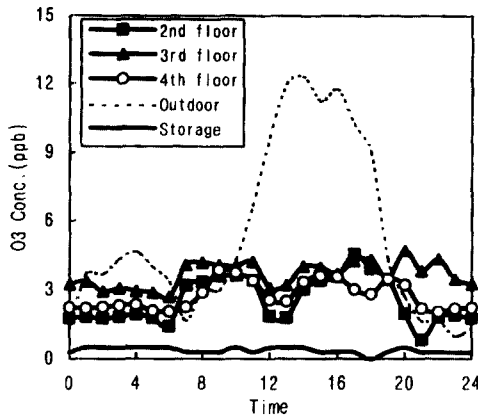


Fig. 6. The measured O₃ concentration

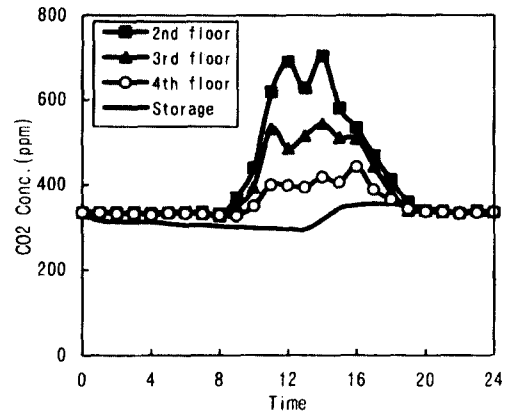


Fig. 8. The measured concentration of CO₂

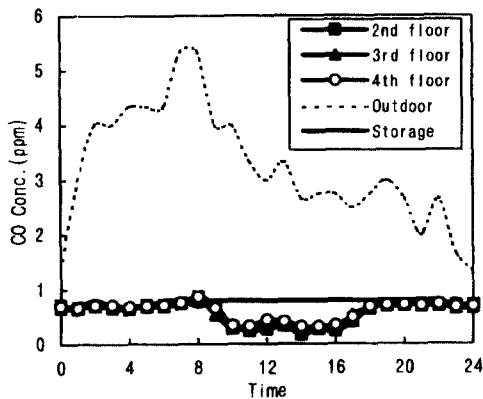


Fig. 7. The measured concentration of CO

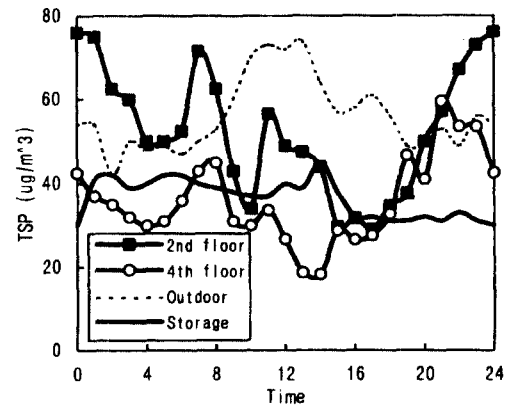


Fig. 9. The measured concentration of TSP

10. 먼지

먼지는 유물손상의 대표적 물질로써 전시물에 퇴적되어 오염시키거나 습기와 함께 일부가 용해되어 문화재의 재질을 변화시키기도 한다.

측정한 결과 전시실에서는 Fig. 9 에서와 같이 폐관된 이후 먼지농도는 급격히 상승하여 자정 전후에 최고를 이루며 개관이 되면서 공조가 본격적으로 운전되면서 20~50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 매우 양호한 상태를 이루고 있다. 이는 폐관후의 공조중단으로 실내에 부유하던 먼지가 제거되지 않고 안정되면서 높은 농도를 보이고 있는 것으로 추정되므로 폐관 후 공조를 하지 않더라도 일정시간 동안은 환기로써 먼지를 일정농도 이하로 제거할 필요가 있다. 관람객수가 많은 2층의 경우가 먼지 농도 또한 높게 측정되었다. 전시실의 경우에는 평균 36.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 외부공기에 비해서는 깨끗함을 알 수 있다.

IV. 결 론

전시공간인 박물관을 대상으로 유물 및 관람객의 양호한 공기질의 유지를 위한 기초조사의 목적으로 진행된 결과 다음과 같은 자료를 얻었다.

1. 전시물에 가장 큰 영향을 미치는 온·습도의 경우 ASHRAE 권고치와 비교하여 볼때 적정기준을 벗어나고 있다. 특히 하루중에도 개관시와 폐관시의 온·습도의 변동폭이 커 유물에 좋지 않을 영향을 줄 것으로 생각되므로 이에 대한 고려가 필요하다.
2. 전시실의 경우 가스상 오염물질은 대체로 저농도이고, CO₂를 제외한 다른 오염물질은 층별에 따라 큰 차이를 보이지 않았으며 CO, NO_x, O₃는 공기조화가 가동되는 개관시간의 경우가 폐관시간보다 농도가 더 낮게 측정되었다. 수장고에서는 부식성 오염물질인 SO₂의 경우 매우 높은 농도를 보이고 있어 이에 대한 대책이 필요하다.
3. CO₂와 먼지의 경우는 각 층별로 변동폭이 심하며 이는 관람객이 배출원으로 작용하는 것이므로 관람객 수에 따른 제어의 검토가 요망된다.
4. 전시실의 경우 온·습도, 먼지등의 오염물질들이 공기조화 운전이 멈추는 폐관시간대에는 급격하게 증가하고 있어 일중 변화가 심하게 되므로 전시

유물의 보존 측면에 대한 대책이 강구되어야 한다.

5. 전시실이 도시중심에 위치하고 있어 더러워진 외기의 영향도 무시할 수 없으므로 공기의 입구와 공조계통에 오염물질의 제거하는 기능이 보완되어야 할 것으로 생각된다. 이번 측정에서는 실내 발생원이 없는 SO₂, CO, NO_x, O₃ 등은 외기보다는 비교적 낮은 농도를 보였다.

감사의 글

본 연구는 95년도 문화체육부 연구사업비 지원의 일부로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 김신도 : 실내환경의 문제점과 대책, 냉동공조기술, 8(4), 한국냉동공조기술협회, 34~43, 1991.
- 2) 한국공기청정연구조합 : 최근의 실내공기 환경오염과 빌딩관리법, 공기 청정기술, 5(4), 59~69, 1992.
- 3) 김광영 : 실내오염 처리를 위한 에어클린링 기술, 냉동공조기술, 8(4), 한국냉동공조기술협회, 50~55, 1991.
- 4) 半澤重信 : 美術館, 博物館の收藏, 展示資料の室内保存環境, 建築設備と配管工事, 51~64, 1994.
- 5) 대한환경연구회 : 대기오염개론, 동화기술, 서울, 1995.
- 6) 김윤신 : 실내환경과학, 민음사, 서울, 1994.
- 7) ASHRAE : ASHRAE STANDARD -Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, 1989.
- 8) 문현준 등 : 사무소건물의 실내 공기 환경에 관한 측정연구(3), 대한건축학회학술발표논문집, 331~334, 1994.
- 9) John E. Yocom : Indoor-Outdoor Air Quality Relationships, JAPCA, 500~520, 1982.
- 10) 이춘식 등 : 실내쾌적성 평가방법에 관한 연구(II), 과학기술처, 1995.
- 11) Shaw C Y, Magee R J, et al. : Indoor Air Quality Assessment in an Office-Library Building : Part I- Test Method, ASHRAE Transactions, 97(2), 129-135, 1991.
- 12) Shaw C Y, Magee R J, et al. : Indoor Air Quality Assessment in an Office-Library Building : Part II- Test Results, ASHRAE Transactions, 97(2), 136-145, 1991.