

공공 위락 시설의 실내 공기환경에 관한 연구

A Study on the Indoor Air Quality of Public Entertainment Facilities.

정 재 국*
Jung Jae Kug

Abstract

This study aims to suggest ventilation design data for Public Entertainment Facilities in relation to Indoor Air Quality. The concentration of indoor air pollution such as CO, CO₂, RH, Radon, HCHO, TSP was investigated, and the required ventilation rate of Public Rooms was calculated.

As results of this study, the following conclusion could be obtained.

Field measurement of P.E.F reveals that the concentration of CO₂ was mist polluted and higher than IAQ standard, while that of other pollutants did not exceed the standard. In underground the concentration of CO₂ increased 1130ppm(2 persons) 2170ppm(4 persons), 2290ppm(6 persons) and in second floor that increased 1700ppm(4 persons) 1970ppm(6 persons).

The CO₂ pollution was serious problem in underground more than second floor, in only exhaust ventilation system more than exhaust and supply system.

I. 서론

최근 몇년 사이에 급격히 증가한 공공위락 시설은 현재 4만여개소에 이르게 되어 우리들의 생활에서 자주 이용하는 장소로 널리 인식되고 있다.

그러나 장소의 특성상 지하에 많이 위치하고 있으며 특히 간이 칸막이 벽을 사이에 두고 같은 조건의 방들이 연속되게 배치하고 있어 실내 공기환경에 대한 문제점을 제공할 수 있다.

특히 밀폐된 좁은 공간들은 발생음의 차폐를 요구하고 있으며 실내에서 휴면과 신체적 활동은 실내공기의 적절한 환기를 요구하고 있다.

그러나 현재 공공위락시설은 실내공기환경에 대한 기준이 마련되어 있지 않아 실내의 환기능력이 대단히 부족하여 이용자들에게 불쾌감과 함께 장시간 거주시 쾌적 건강에 영향을 줄 수도 있다. 이에 본 연구에서는 공공 위락 시설의 실내공기환경을 평가하여 환기기준 설정의 기초 자료를 제시하며 아울러 건강 증진에 이바지 하고자 한다.

* 정재국, 관동대학교 건축공학과 교수·공박

II. 연구방법

실내공기환경은 인원수, 흡연유무, 실의위치, 환기방식에 따라 공기환경의 질적인 차이를 가져오게 한다.

본 연구에서는 이러한 상황변화에 따른 차이점을 CO, CO₂, 분진, 수증기, 라돈, 포름알데히드에 대하여 측정하였으며 측정대상은 K시의 중심가에 있는 27개소를 대상으로 바닥, 벽, 천정, 비품, 마감재 등에 관한 물리적 조사를 실시한 후 대표성이 있는 여섯곳을 선정하였으며 그에대한 실측을 행한후 가장 보편적인 값을 제시하는 지상, 지하 두 곳에 대한 측정 값을 연구 대상으로 하였다.

III. 실내공기 환경 측정

1. 측정개요

측정실험은 이용객의 이용빈도가 높은 4~6인 실을 기준으로 실시하였다. 실의 크기는 지하의 경우 2.28×2.17×2.24m(11.08m³)이고 지상은 2.51×3.34×2.35(19.7m³)이며 마감재는 모두가 바닥은 모노륨, 벽은 석고 보드위 벽지 천정은 합판위 천정지로 되어 있다. 비품은 오락기기와 목재탁자, 비닐 의자가 있는 단순한 공간으로 구성되어 있고, 환기량 21.4m³/h의 흡입팬이 천장에 설치되어 있다.

2. 측정방법 및 기기

측정은 실의 위치와 인원수, 흡연유무에 따른 실내공기 오염 농도의 변화를 측정하였다. 오염된 공기와 인체에 관한 연구는 CO, CO₂, 습도, 온도, 부유분진, 라돈, 포름알데히드로 하였으며 그 외에 석면, VOC, 휘발성유기화합물, 미생물, 취기 등이 있으나 장비와 연구기간의 제약에 의해 대상을 축소하였다. 피험자는 청년 남자로 하였는데, 인원수는 가장 이용빈도가 높은 4명 단위를 집중으로 하였으

며 2명, 6명 그룹에 대한 측정도 함께하였다. 또한 흡연은 30분 단위로 한사람씩 한개의 담배를 피우게 하였고 실험중에는 출입을 금지하였으며, 15분단위로 누적된 오염공기를 측정하였다. 한 단위의 실험을 마치고는 완전한 환기를 행한후 다음 실험을 실시하였다.

온도는 자동온도습도계(Portable Digital Thermometer)를 사용하여 바닥에서 1.2m 높이의 실 중앙에서 1~2점 평균하여 측정하였다.

부유분진의 측정방법은 분진이 빛을 통과하여 측정하는 광산란식과 포집된 질량의 무게를 재는 질량 농도식이 있으나, 본 실험에서는 포집된 질량에 의하여 진동수를 변화시켜 주파수 변동에 따라 sensor 자체의 질량을 측정하는 PESOBALANCE(KANO-MAX사)형 분진 측정계를 사용하였다.

CO₂, CO 및 습도의 측정은 마이크로프로세서가 내장되어 있어 정확하고 안정된 값의 농도를 측정할수 있는 Multi gas monitor (덴마크 B&K 1302)로 실험하였다. 기기는 적외선 탐지법에 의해 적외선에 감지되는 불활성가스를 각 요소에 따른 광학성필터에 의해 측정하는 것으로써 최대 5가지 종류의 가스농도와 수증기량에 대한 측정이 가능하다.

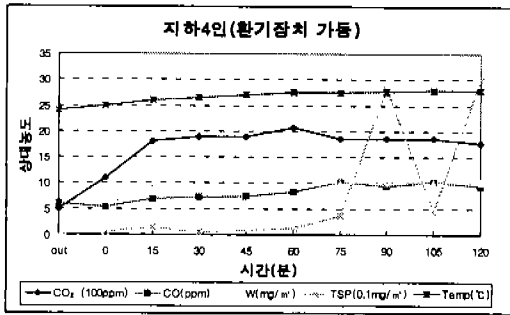
IV. 분석 및 평가

1. 환기장치와 흡연에 따른 변화

1) 흡연 및 강제배기

지하1층에 있으며 환기장치는 강제배기설비만 있고 실의 크기는 11.08m³이다. 4명이 실내에서 계속위탁을 하고 처음 60분간은 흡연을 하지 않은 상태였으며 그후 90분과 120분에 흡연을 행하였다.

이러한 실내공기 환경은(그림4-1)에서 볼수 있으며 각 측정요소별 변화는 다음과 같다.



CO₂: 상대농도×100 장소: 지하1층
 CO: 상대농도 날씨: 맑음 (온도:25도)
 W: 수증기량 조건: 실내재실자 4인,
 TSP: ÷10 90분, 120분 흡연
 공기: 강제배기

(그림4-1) 흡연 및 강제배기(지하)

가) 이산화탄소: 이산화탄소의 외부 농도는 500ppm을 전후하였다. 그러나, 위락을 시작한, 15분후에 이산화탄소의 농도는 약 1800ppm까지 올라갔으며, 30분 경과후 상승세는 1800ppm에 수렴하였다. 시간이 경과하여도 농도는 2000ppm을 전후하며 큰 변화가 없었다. 90분과 120분에 재실자로 하여금 흡연을 실시하게 하였으나, 1860ppm, 1770ppm으로써 이산화탄소의 농도에는 큰 영향을 주지 않았다. 이실에서의 이산화탄소 농도변화의 주요 원인은 재실자의 활동에 의한 것임을 나타내는 것이다.

이산화탄소의 농도는 환경기준으로 1000ppm이며, ¹⁾이 경우 환경기준치를 2배이상을 초과하는 심각한 이산화탄소 오염도를 보이고 있다. 실외의 맑은공기의 경우 400ppm 전후로 나타난다는 것을 고려할때 2000ppm까지 올라간다는 것은 실내가 심각하게 오염되어있는 환경임을 보여주고 있다.

나) 일산화탄소: 일산화탄소의 경우는 실외의 경우 약 6ppm정도 측정되었으며, 문을 닫고 오락을 시작한 후 큰 농도변화는 없었다. 그러나, 재실자가 60분을 지난후 농

도는 10ppm정도로 증가된 결과를 나타내어, 흡연에 의한 증가로 사료된다. 또한 75분과 105분에서 약간의 증가와 90분과 120분사이에서 약간의 감소현상은 환기장치의 가동을 및 외부에 장치된 배기구 근처의 실외풍속에 의한 영향으로 생각할 수 있다. 환경기준치는 10ppm이하로써 본 측정에서 보여진 결과는 흡연하지 않을 경우 10ppm이하로 환경기준에는 만족하는 수치를 보여주며, 흡연자가 있을 경우 10ppm에 이르는 높은 일산화탄소 농도를 보였다. 이것은 외부의 맑은공기의 경우 2ppm전후라는 것을 고려할 때, 상당히 높은농도이다.

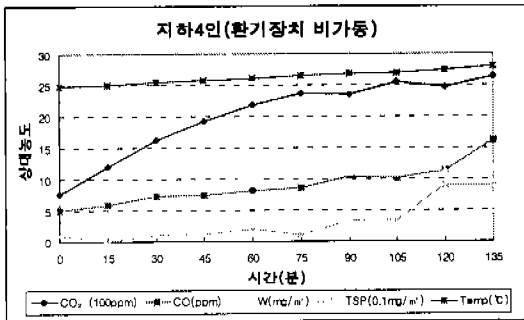
다) 습도: 습도는 본 측정에서는 수증기량을 측정하였으며, 일산화탄소와 비슷한 농도 증감곡선을 나타내며 34~43%정도의 쾌적범위내의 분포를 보여주고 있다. 15분을 전후하여 지속적인 증가세를 유지하다가, 그후로는 일산화탄소와 마찬가지로의 증감곡선을 보여주고 있다. 실내재질이 비닐재질로 되어있고, 의자 및 실내장식물들이 습기와 민감한 재질로 되어있지 않은점은 습도와 일산화탄소의 농도가 비슷한 곡선을 이룬 원인중 하나로 보여진다.

라) 분진(TSP): 분진의 농도는 흡연을 하지 않은 전반부 시간중에는 큰 변화가 없었다. 분진은, 실내에 장식품이나, 정전기가 많은 비닐, 또는 습도가 높은 경우 공기중에 에어로졸 되는 비율이 적으므로, 실내에서 분진의량은 큰 문제가 되지않았다. 그러나, 90분과 120분의 재실자 흡연에 의한 280,300mg/m³의 일시적인 분진 농도 증가는 환경기준치인 ²⁾150µg/m³을 훨씬 초과하는 농도를 보였다. 분진은 TSP와 PM10으로 구별할 수 있으며, 측정된 분진의 크기는 TSP의 농도를 기준으로 하였다.

마) 온도: 측정시기가 가을이었으므로 재실자가 큰 추위나 더위를 느끼지는 않았다. 시간의 경과에 따라 실내의 온도는 25℃~28℃까지 계속 증가하고있음을 알 수 있다. 실내의 발열은 재실자4인과 실내발열기기에 의하여 발생되며, 내부발열량이 배출량보다 크게 되어 온도의 상승을 가져오고 있으나 실내온열 환경의 쾌적범위내에 해당하여 재실자의 온감에 큰영향을 주지 않고 있다.

2) 환기장치비가동

다음 (그림4-2)는 환기장치를 가동하지 않았을 경우의 실내공기 환경의 측정값이며 각 요소별 변화는 다음과 같다.



(그림4-2) 흡연 및 환기장치의 비가동
장소: 지하1층 날씨: 맑음 (온도:25도)
조건: 실내재실자 4인, 90분, 120분 흡연
환기: 환기없음.

가) 이산화탄소: 이산화탄소의 농도는 실외에서 약 500ppm 정도로 측정되었으며, 실내에서는 시간의 경과에 따라 지속적인 증가추세를 보이는 것으로 나타났다. 특히 4인이 입실하여 15분이 경과된 이후에는 1200ppm 45분 이후는 2000~2500ppm으로써 환경기준의 2~2.5배 수준으로 환기장치 가동시보다 1.3배 정도 높은 값으로써 심각한 이산화탄소 오염도를 보이고 있다. 이는 실의 특성이 외부로의 소음 전달을 막기위해 방음시설 및 밀

실한 구조로 되어있어 외부와의 자연 환기는 거의 이루어지지 않기 때문이다.

나) 일산화탄소: 외기 농도는 5ppm 정도로 측정되었으며 실내는 시간의 경과에 따라 점차 증가하여 60분 경과시 8.16ppm으로 실내공기 환경기준인 10ppm을 넘지 않았다. 흡연을 실시한 90분 이후에는 일산화탄소의 농도가 이전보다 급격히 증가하여 10ppm을 초과하였으며, 이후 105분에는 약간 감소하였으나 다시 흡연을 실시한 120분 경과 이후에는 11.4ppm으로 증가하였다. 이는 재실자의 흡연이 일산화탄소의 농도 증가에 영향을 미치는 것으로써 환기장치를 가동하지 않아 흡연을 실시한 시간 이후 농도의 증가가 계속되었다. 이는 흡연으로 인한 일산화탄소의 발생량이 외부로 전혀 배출되지 않고 실내에 계속 누적되어 자연적인 감소가 없기 때문이다. 이로 미루어 이산화탄소와 비교하여 상대적으로 내부, 외부 농도차가 적은 일산화탄소는 위락시설과 같이 밀폐된 곳에서는 자연환기에 의한 농도감소가 발생하기 어렵다.

다) 습도: 급,배기가 거의 없는 상황에서 수증기량의 농도증가변화는 측정 30여분 후, 증가현상이 일시감소하며, 증가세보다는 일정농도에 수렴하여 증가와 감소를 반복하는 것으로 나타났다. 이것은 급배기가 없는 상황에서는 수증기의 증가가 일정 수준까지 계속되는 것으로 볼 수 있으나 쾌적범위에 있어 고려 대상은 아니다.

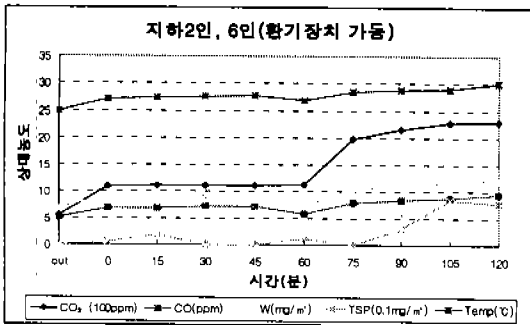
라) 부유분진: 분진은 인간의 활동이나, 흡연에 의해 발생되므로 활동이 제한된 본 측정에서는 흡연에 의하여 농도가 좌우되었다. 측정의 전반부 한시간 동안은 재실자에 의한 흡연이 없으므로, 특이한 증감을 보이지 않았고, 흡연을 실시한 90분과 120분의 분진 농도는 0.033mg/m³,

0.09mg/m³로써 누적증가값을 가져왔으나 환경기준인 0.15mg/m³보다 낮게 측정되었다. 그러나 본 실험에서는 30분의 경과시간 이후에 흡연을 재실시한 관계로 흡연이 분진 농도에 미치는 영향이 낮게 나타났다. 그러나 지속적인 흡연이 있다면 환경기준을 초과할 것으로 사료된다.

마) 온도: 지속적인 증가를 보이고 있으나 측정 초기와 비교하여 약 3℃~4℃ 증가하였으며, 환기장치를 가동할때와 비교하여 큰 변화는 없었다. 이것은 내부 발열량의 제거라는 관점에서 현재수준으로 환기를 행할 경우 환기의 여부와 크게 관계없이 비슷한 온도를 유지하고 있다는 것이다.

2. 인원수에 따른 변화

앞서 실험한 장소에서 인원수를 처음 60분간은 2인, 그다음 120분간은 6인이 함께 오락을 할 경우의 농도변화를 살펴보았다. 이때 환기장치는 보편적 상황으로 간주하여 강제 배기를 실시하였다.



(그림4-3) 인원수에 따른 변화

장소: 지하1층, 측정인원 2인 및 6인
조건: 금연, 환기장치 가동 / 단순한 인원수의 증가

1) 이산화탄소: 문을 닫고 재실자 2명의 오락이 시작되자 이산화탄소의 농도는 1000ppm을 초과하여 1100ppm정도의 농도가 일정

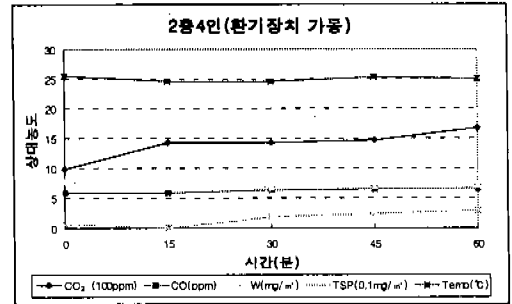
수준을 지속적으로 유지하였다. 6명으로 증원시킨 60분이후부터는 이산화탄소의 농도는 급격히 증가하여 2300ppm을 초과하였다. 4인의 재실자가 있을경우와 비교하면 2인이 있을 경우 1000ppm을 약간 초과하는 농도분포를 보였으며, 4인이 있을 경우는 평균 실내의 이산화탄소농도가 인원수의 증가와 비례하여 농도 또한 2000ppm을 유지한 반면, 6인일경우에는 더 이상 사람수에 비례하여 증가하지 않고 2300ppm을 나타내었다. 특히, 6명의 재실자가 있을 경우에는 실내환경기준 1000ppm에 2.5배를 초과하는 엄청난 공기오염도를 나타내어 장시간 또는 자주 시설을 이용할 경우 재실자의 건강에 해를 줄 수도 있다. 이상에서와 같이 일반 위락 공간에서 3인 이상 재실시에는 실내 환경기준을 초과하게 되어 적절한 환기대책이 필요한 것을 알 수 있었다.

2) 일산화탄소: 일산화탄소의 발생은 인체에서는 자연발생원이 없으므로, 인원이 증가함에 따라 특이한 증가사항은 없었다. 측정후 60분에 낮은 오염도를 나타내는 것은, 2명에서 6인으로 인원증가를 위하여 잠시 문을 열어두었던 시간이다. 일산화탄소는 2인의 재실자가 있을경우와 4인 및 6인의 경우 각각 8ppm과 9.5ppm으로 비슷한 오염도를 보임으로서 환경기준치 10ppm을 넘지 않는 값이며 이것은 재실자의 흡연율에만 직접적으로 관계함을 알 수있다.

3) 습도: 환산습도는 앞서 실험한 4인의 경우에서와 마찬가지로 이산화탄소의 농도변화추이와 비슷한 곡선을 그리고 있다. 이것은 재실자의 호흡으로 이산화탄소와 습기의 발생이 함께이루어짐을 보여주는 것으로서 쾌적범위내에 있다.

4) 부유분진: 2인일경우와 6인일 경우역시 4인일경우와 마찬가지로 분진의 발생은 문제가 되지 않았다. 이것은 단지, 재실자의 움직임에의해서 발생하는 분진의 양이 없다는 것을 의미한다.

5) 온도: 온도는 2인일때와 4인또는 6인일 경우가 큰 변화를 보이지는 않았으나, 사람수의 증가에 따라, 그리고 재실자의 연속재실시간에 따라 증가하고있음을 보여준다. 외부온도가 24℃이며, 실내가 30℃정도를 유지하고 있으므로 역시 내부발열량이 많고, 환기장치의 성능은 빈약하여 내부 온열환경의 쾌적범위초과와 더불어 오염물의 농도증가에 직접적인 원인이 되는 것임을 알 수 있다.



(그림4-4) 지상공간(4명)

조건: 2층 / 4인재실 (환기장치 가동)
시간: 1시간동안 측정

나) 일산화탄소: 외부의 농도와 크기 다른점은 없었다. 흡연을 제한하였기 때문에 흡연에의한 농도의 증가가 없으므로, 외부의 초기농도값과 큰변화는 발견할 수 없었다.

다) 습도: 일정수준에서 증가의 효과가 없었다. 외부로 배출되거나, 실내의 벽체 또는 실내의 또는 가구들에 흡수되어버렸으리라 생각된다.

라) 분진: 분진의 경우는 지하의 경우와 마찬가지로 특별한 증가요인이 없으므로 값의 큰차이는 없었다. 30분이후로 분진의 검출량이 약간의 증가세를 기록하였으나, 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 검출되었고, 이것은 환경기준치인 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 훨씬 미달 되었다.

마) 온도: 환기장치의 가동에 의하여 내부발열량이 대부분 밖으로 배출되는 것으로 보여진다. 온도는 25도를 전후하여 큰 변화가 없었으며, 내부발열과 관계없이 거의 일정한 수준을 보이는 것으로 나타났다. 이것은 측정실에 급기전용과 배기전용의 2가지 환기 장치가 설치 되어있어, 급기장치가 없고, 단순히 배기장치만 설치하여 놓은 곳과 비교하여 상대적으로 환기에 있어서 높은 효율을 나타내어 온열환경을 쾌적대로 형성하고 있다.

3. 위치에 따른 변화

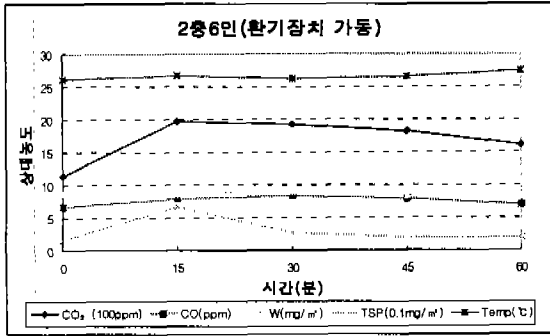
오락을 행하는 공간이 지상과 지하로 구분하여 측정을 하여 보았다. 특히 2층의 공간은 19.7m²로써 지하보다 조금 큰 규모이며 실내의 2차 공기를 통한 급·배기장치에 의한 환기를 행하고 있는 상황이었다.

이에 대한 측정은 인원수의 변화와 흡연 유무에 따라 실시하였다.

1) 지상공간4명

가) 이산화탄소: 지하일경우와 마찬가지로 측정을 시작할때부터 1000ppm에 근접하는 농도로 시작하였다. 즉 실내에 각각의 밀폐된 방을 만든것이므로, 지하,지상 구분없이 환기가 잘 되지 않는다는 점은 비슷하므로 높은 농도를 보이고 있다. 측정값은, 지하공간일경우와 마찬가지로, 15분이 경과하여 이산화탄소의 농도가 1400ppm으로 급상승한후 60분후 1700ppm으로 상승하였다. 즉 지하의 경우보다 300~700ppm정도 낮게 나타났으며 실내환경기준치 1000ppm을 상회하고 있었다.

2) 지상공간6명



(그림4-5) 지상공간(6명)

장소: 2층, 금연 / 환기장치 가동 / 6인재실

가) 이산화탄소: 이산화탄소는 4명일때와 비교하여 높은 상승률을 보였다. 측정개시 15분후 2000ppm까지 육박하는 농도에 접근하였으나, 점차 줄어들어 1500ppm까지 감소하는 현상을 볼 수 있다. 이것은 환기장치의 효율, 또는 성능과 관계되어있으며, 측정초기의 15분까지는 2000ppm까지 올랐지만, 점차 농도가 떨어진 것은 환기장치의 영향으로보여진다. 4인일경우와 비교하여 농도의 변화는 6인일 때, 재실자수에 비례하여 비례급수적으로 증가하고 있다.

나) 일산화탄소: 측정초기값이 약 7~8ppm이었으나, 시간이 흐름에 따라 농도의 변화는 거의 없고, 약간의 증가또는 감소가 나타나고있다. 즉 재실자에의한 흡연이 없어 일산화탄소의 농도증가에는 별다른 특이점이 나타나지 않았다.

다) 습도: 일산화탄소와 마찬가지로, 특별한 변화는 없고 일정량을 유지하는 것으로 보여진다.

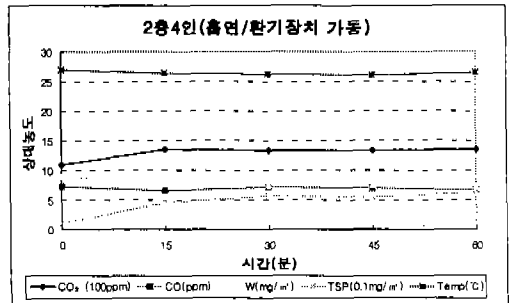
라) 분진: 분진의 량은 15분의 측정값에는 약간의 증가가 있었으나, 이후에는 안정세가 지속되는 것으로 나타났다. 15분때의

농도증가는 이산화탄소의 농도증가와 비교하여볼 때 추세가 비슷한 것으로 나타났으며, 이것은 역시 환기장치의 가동과 관계가 있는 것으로 보여진다.

마) 온도: 인원수가 6인과 4인일 경우 환기장치가 내부발열을 충분히 외부로 배출시키고있어 온도에 있어 별다른 차이는 나타나지 않는다. 그러나 급·배기·환기를 행하고 있으나 이산화탄소의 농도 감소가 환경기준치인 1000ppm이하로 내려가지 않는 것은 환기를 할 때 내부로 들어가는 공기자채가 오염된 공기가 들어가기 때문인 것으로 사료된다. 위탁시설의 경우 실내에 실이 또 있는것이므로, 내부의 각 실에는 건물의 외부에서 신선한 공기가 유입되는 것이 아니라 건물내의 이미 오염된 공기를 각실에 유입시키는것이므로, 온도의 감소에는 효과가 있었지만, 이산화탄소나 일산화탄소등의 감소에는 큰 영향을 주지 못하고있는 것으로 보여진다.

3) 지상공간4명과 흡연시

본 측정에서 흡연은 15분 간격으로 실시하였으며 이에 대한 농도변화는 다음과 같다.



(그림4-6) 지상공간 흡연

조건: 2층/ 흡연(15분마다)/ 환기장치 가동

가) 이산화탄소: 이산화탄소의 농도는 사람수와 관계있기 때문에 흡연의 영향은 특별히 받고있지 않았다. 금연시의 경우와 비

수한 1100~1400ppm의 농도값을 보여 주고 있다.

나) 일산화탄소: 흡연에도 불구하고 일산화탄소의 농도증가는 발견되지 않았다. 1시간동안 7ppm정도의 일정한 농도를 유지하고 있어 환기에 의한 배출이 있음을 알 수 있었다.

다) 습도: 흡연의 유무와 관계없이 특이점은 발견하기 어려웠다.

라) 분진: 분진의량은 비흡연자와 비교하여 상대적으로 증가를 보였다. 그러나, 환경기준치인 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에는 크게 못미치는 50~60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 값으로 내부에서 발생한 흡연에 의한 오염물은 대부분 환기장치에 의하여 잘 배출되는 것으로 나타난다.

마) 온도: 금연시와 마찬가지로 26 $^{\circ}\text{C}$ ~27 $^{\circ}\text{C}$ 의 일정한온도를 유지하고있으며, 내부발열은 잘 배출되고있음을 알 수 있다.

V. 종류별 농도 분석

1. 라돈

토양, 콘크리트 등에서 발생하는 오염물질인 라돈은 실의 중앙지점에서 측정을 실시하였다. 측정기기로는 Integrated Sampling 방법으로 알파카운트의 감지에 의해 실내라돈의 평균농도를 계산하는 라돈 WL meter (Thompson & Nielson Electronic 社)를 사용하였다. 각 실내에서 측정한 라돈의 농도는 0.3 pCi/liter를 나타내어 미국 ASHRAE와 EPA의 기준치인 2 pCi/liter와 4 pCi/liter보다 낮은 수치를 기록하고 있다.³⁾

2. 포름알데히드

포름알데히드는 건축재료에 의한 가장 대

표적인 실내공기 오염물질로 다른오염물질의 상호작용이 더욱 중요시되고있다. 측정방법은 포름알데히드의 용액에 의한 흡광도분석을하였다. (ppm=122 \times 0.5흡광도 \div (120minute \div 1.21diskfactor)) 측정결과 지하의 경우는 0.31ppm정도로 측정되었고, 2층인 건물의 경우는 0.42ppm정도로 미국 HUD의 공업화주택기준인 0.4ppm 보다는 낮고 유럽 WHO기준인 0.08ppm은 초과하는것으로 나타났다. 포름알데히드의 경우는 주로 건축물의 내장재에 포함되어있는 접착제에서 발생하거나, 기타 합성물질의 용재로 사용한물질에서 발생하는데, 본 측정에서는 포름알데히드의 농도는 환경기준에는 만족하지만, 다른 건물에 비하여 상대적으로 높은 농도를 보이는 것으로 나타났다. 이것은 위치에 관계없이 실내마감재의 처리에 있어 재료의 선택에 따른 결과로 해석된다.

VI. 환기량 산정

필요 환기량의 산정은 실내환기로 외기를 도입할 경우와 현재 가장 많은 곳에서 대부분 사용하고 있는 실내재순환 공기로 환기를 시행하는 것으로 나누어 질 수 있다.

적정환기량의 기준지표로 이산화탄소, 산소, 취기, 분진등 여러 가지가 있으나 현재 가장 많이 사용하고 있으며 본 실험에서 가장 큰 수치를 나타내는 이산화탄소를 기준으로 환기량을 설정하였다.

이때 외기농도는 400ppm 실내환경기준에 의한 이산화탄소 농도는 1000ppm이하로 하였으며 다음식을 이용하였다.⁴⁾

$$V = \frac{K}{p-g} \quad (6-1)$$

V : 필요환기량(m^3/h)

p : 유지하고자 하는 CO_2 농도

g : 공기중의 CO_2 함유량

K : CO₂ 발생량(m³/h)

$$M = (C - C_o) \times Q \text{ ————— (6-2)}$$

M : 실내오염물질 발생량(m³/h)

C : 실내의 오염농도 (mg/m³, 또는 중량비)

C_o : 외기의 오염농도(mg/m³, 또는 중량비)

Q : 환기량(m³/h)

다음은 필요환기량과 환기 횟수를 계산하였다.

〈표 6-1〉 이산화탄소의 재실인원에 따른 환기량과 환기횟수

〈표 6-1〉외부공기/재순환공기

재실 인원	이산화탄소 발생량(m ³ /h)	필요 환기량 (m ³ /h)	단위면적당 필요환기량 (m ³ /h/m ²)	환기횟수 (회/h)	
지하	2인	0.024	40.3/53.73	8.14/10.86	3.41/4.55
	4인	0.044	73.5/98.01	14.85/19.81	6.22/8.30
	6인	0.049	81.67/108.9	16.5/22.01	6.02/9.22
지상	4인	0.035	59.56/71.47	7.10/8.52	3.12/3.74
	6인	0.042	70.26/84.31	8.38/10.05	3.68/4.42

VII. 종합고찰

재실자가 위락실에서 오락을 시작한 이후로 오염물질의 농도는 지속적으로 증가하다가 일정농도에서 수렴하는 경향을 보였으며, 수렴수준은 사람수 및 건물의 환기장치의 성능에 따라 조금씩 다르게 나타났다. 한편, 오염물질의 농도는 분진을 제외한 대부분의 농도가 초기치부터 다른건물과 비교하여 많게는 2배 이상 오염된 수준이며, ⁵⁾재실자가 문을 닫고 위락을 시작하면, 분진을 포함한 모든 실내공기오염물질의 농도가 크게는 3배이상의 농도를 보이며 실내환경기준치를 초과하는 것으로 나타났다. 한편, 대부분의 위락실에서 환기장치를 가동하고는 있었지만, 환기장치의 성능 및 구조적인 문제로 인하여 적절한 환기가 이루어지지 않는 것으로 나타났다. 2층의 경우, 환기장치에 있어서 급기구와 배기장치를 하였으나, 급기원이 외기가 아닌 건물내

의 실내공기를 다시 각실로 보내는 방식으로 오염도가 일정농도 이상 올라가지 않게 하는데는 큰 효과를 발휘하였지만, 급기장치가 외기가 아니고 이미 실내환경기준치를 넘어버린 오염된 실내공기를 사용함으로써 실내환경기준을 초과하게 되어 개선이 요구된다. 외기의 도입이 없는 상태에서는 오염물질의 제거가 어려워 현재의 시설로서는 쾌적한 실내공기환경을 유지하기는 어려운 상황이다. 따라서 공기환경의 개선을 위해서는 외기의 도입은 실의 위치에 관계없이 필수적인 요건으로 보여진다.

VIII. 결 론

이상에서와 같이 공공위락시설의 실내공기환경에 관하여 흡연, 환기유무, 인원수, 실의 위치의 변화에 따른 공기환경요소에 대한 실측 및 분석을 실시하였다. 그결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 흡연을 하면서 위락을 4명이 할 경우는 환기유무에 관계없이 이산화탄소는 15분안에 환경기준치를 넘어 1800ppm으로 급상승하며 그후 환기장치가 없는 실에서는 2500ppm까지 실내가 오염되었고, 일산화탄소는 시간에 따라 증가하여 한시간후 10ppm이 되었다.

분진은 흡연에 의해 280~300μg/m³까지 측정되어 흡연시 환경기준치를 넘고 있음을 알 수 있었다.

2) 흡연시에는 금연과 비교하여 이산화탄소 농도외에는 큰 관계가 없으며, 환기장치에 따라 최고값이 500ppm정도 차이가 났다.

일산화탄소는 6ppm에서 10ppm으로 증가하며 환기장치가 없을 경우는 11.4ppm이 되었다.

3) 인원수에 따른 변화는 두 사람이 있을 경우 1000~1100ppm에 수렴하며 그 이상

의 인원은 실내공기환경에 적절하지 못하여 대책이 요구됨을 알 수 있었다.

4) 지상에 있으며, 급·배기를 실시할 때는 이산화탄소는 지하보다 4인기준으로 300~700ppm, 6인의 경우 400~800ppm 낮게 측정되며, 일산화탄소는 2ppm정도 차이가 있으나 모두가 실내기준 10ppm이하였다.

5) 이산화탄소의 적정환기량을 가장 많이 이용하는 4명단위의 지하에 위치한 실을 기준으로 하였을 때 재순환공기로 환기를 행하는 보편적 경우는 단위면적당 19.81m³/h/m² 이상적으로 외부공기로 행할 때는 14.85m³/h/m²가 필요함을 알 수 있었다.

본 연구는 측정시기와 실험대상에 있어 한정성을 가지고 있어 이에 대한 결론적 연구는 추후 광범위하게 보완되어야 할 과제이다.

주

- 1) ASHRAE. 1991. Application Handbook ch11. Environmental Control for Survival
- 2) 김윤신. 실내환경과학. 민음사. 1994.
- 3) ASHRAE Standard 62-1989 : "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality ASHRAE 1989.
- 4) 이연구의 "건축환경계획론" 태림문화사. 1993. p108
- 5) 최적공간구성연구. 연세대학교 1993.

참 고 문 헌

1. 김신도, "실내공기환경의 오염과 대책", 한국전력공사 기술연구원 건축환경세미나 발표집, 1992.9.
2. 김신도 외, "대기오염론 개론", 동화기술, 1993.8.
3. 김윤신 외, "실내외 공기질의 유해평가관리 및 기준치개발에 관한 연구", 한국과학재단, 1991.9.
4. 손장렬 외, "사무소건물의 실내환경 및 냄새측정에 관한 연구", 대학건축학회 학술발표논문집 제13권 제2호, 제14권 제2호, 1992.2., 1994.10.
5. 윤동원, "지하공간의 공기환경 및 환기성능 평가에 관한 연구", 한국과학재단, 1993.2.
6. 윤재옥, "공동주택의 실내청정도를 고려한 환기설계 기준설정 방법에 관한 연구", 연세대 박사학위 논문, 1989.12.
7. 이경희, "건축환경계획론", 문운당, 1996.
8. 이상우 외, "건축환경계획론", 태림문화사, 1996.
9. ASHRAE Standard 62-1989, "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality", ASHRAE, Atlanta, 1989.
10. ASHRAE, ASHRAE handbook Fundamentals, 1993.
11. ASHRAE, ASHRAE handbook Fundamentals, Chap.8 Physiological Principles for Comfort and Health", 1985.
12. Lunau, G.L., "Indoor Air Quality and Ventilation", London, Publications Division, Selder Ltd., 1990.
13. Fang I. et. al. "The Impact of Temperature and Humidity on Perception and Emission of Indoor Air Pollutants", Proceedings in Indoor Air'96, 1996, Vol. 4, p.352