

건축물의 대공간 집회시설의 실내공기질 개선방안에 관한 연구

A Study of the Indoor Air Quality Improvement for Large Scale Assembly Facilities

Author 임태섭 Lim, Tae-Sub / 정희원, 연세대학교 건축공학과 연구교수, 공학박사
강승모 Kang, Seung-Mo / 정희원, 한세대학교 공간 환경디자인학과 교수

Abstract Lately majority of churches have preferred to enlarge their worship area to both horizontal and vertical axis. According to expand their area which brings more devotees to the limited service area. Transform from a small church into a large church is no longer unprecedented issue in South Korea. As the size of church getting bigger, many unexpected issues become matters. One of the significant problem is that the number of people have experienced either fall a sleep or feel a doziness during their service period. Due to the limited condition for the specific building type such as religion facility(church), IAQ improvements is seriously concerned. Therefore, we are going to examine by using simulation tool, CF, a difference of ventilation efficiency about the location and number of windows, and find the best way of the ventilation efficiency in a multi-stories type church by changing the exhaust pipes location and size. Furthermore, in this thesis, by changing a ceiling height from the existing building to confirm that CO₂ have been satisfied for both the ventilation efficiency and IAQ.

Keywords 실내 공기질, CO₂, 온열환경, 대 공간, 온, 습도
Indoor Air Quality, ACH(Air Change Rate/Hour), CO₂, Doziness, Testo454

1. 서론

1.1. 연구의 배경과 목적

최근 현대인들은 하루 중 대부분의 시간을 실내공간에서 보내고 생활하기 때문에 실내 공간에서의 삶의 질을 높이기 위한 방법으로 친환경 실내공간에 대한 관심이 증대되고 있다. 특히, 실내 공기질(Indoor Air Quality)에 대한 중요성이 부각됨으로써 공기질에 대한 효율적 관리가 무엇보다 중요하게 요구되고 있다.

이러한 상황은 종교시설도 예외가 아니다. 바쁜 현대 생활 속에서 안식처 역할을 수행하는 종교시설의 규모가 점점 중·대형화 되고, 형태 또한 다양화되면서 실내 공간에 대한 여러 가지 문제점이 발생하고 있다. 이 중, 집회 공간의 실내 공기질 문제는 쾌적한 실내 환경 조성을 위해 우선적으로 개선되어야 할 필요가 있으며, 특히 집회 공간에서 재실 자들의 호흡에 의한 CO₂량의 증가에 따른 재실 자들의 졸음현상과 피곤함이 야기되어 종교 의식과 같은 행사에 집중할 수 없는 문제를 발생시킨다.

따라서 본 연구는 종교 시설의 실내 공기질을 개선하기 위한 방법의 일환으로써 CO₂량 저감을 위한 방법을

제안하고자 한다. 이를 위해 집회가 이루어지는 실내 공간에 CO₂ 측정 장비인 Testo 454와 온·습도 측정 장비 HOBO(onset) 데이터로거를 설치하여 데이터를 수집하였으며, 이에 대한 분석을 통해 최적의 실내 공기질과 ACH(Air Change Rate/Hour)를 결정하고자 한다.

본 연구를 통해 얻은 실측값과 도출 안은 향후 종교시설 및 대 공간 건축물의 건축 계획 시 실내 환기·환경에서 공기질을 개선 통하여 재실자에게 안전하고 쾌적한 공간을 제공하기 위한 기반자료를 제공하는데 의의가 있다.

1.2. 연구 방법 및 범위

선진 외국의 실내 공기질 관리는 정부 내의 여러 부처에 의한 법적 규제, 민간단체의 관리지침 등에 의해 시행되고 있으며, 이산화탄소, 미세먼지 등에 대한 단순 규제에서 라돈, 석면, 휘발성 유기화합물 등 미량 유해물질에 대한 관리를 강화해 나가는 추세이다.¹⁾ 하지만 국내에서는 현재까지 이와 같은 문제를 해결하기 위한 체계적인 연구가 미흡하기 때문에 이에 대한 문제를 해결하기 위하여 체계적인 오염도 조사와 실내 공기오염 발생

1) 환경부, 실내공간 실내공기오염 특성 및 관리방법 연구, 2002

원을 규명하고, 저감 개선 수립이 요구된다. 따라서 다양한 형태의 대공간의 문화시설 집회시설에 대한 실측분석을 통하여 집회시설 건축물에서의 실내 공기질 개선방법을 제안하였다. 연구의 방법과 절차는 <표 1>과 같다.

본 연구의 진행방법은 총 5개의 항목으로 구성되어지며 그 내용은 다음과 같다. 첫 번째로 집회시설에 대한 이해와 실측과 평가방법, 그리고 실측 건축물에 대하여 전반적으로 조사 파악하였다. 두 번째로 실측 데이터에 대한 분석을 통하여 연구 진행의 타당성을 입증하였다. 세 번째로 각종 데이터 별 실내 공기질 관리가 인체에 미치는 영향 등을 평가하였다. 네 번째로 문화 집회 행사 동안 건물 내부에서 발생하는 오염물질을 조사하였으며, 알레르기성 질환, 호흡기 질환 유발, 전염성 질환 발생 등 오염물질이 인체에 끼치는 영향을 분석하였다. 마지막으로 실내·외에서 CO₂를 측정된 값으로 데이터를 비교 분석하여 본 연구의 결론을 정량적으로 도출하여 대 공간 건축물 실내 공기질의 개선을 위한 상호형태 개선안을 제시하고자 한다.

<표 1> 연구방법 및 절차

1. 서론
<input type="checkbox"/> 연구의 배경 및 목적
<input type="checkbox"/> 연구의 방법 및 절차
2. 이론적 배경
<input type="checkbox"/> 문화집회시설에 대한 분류 및 규정
3. 집회시설 실측 및 분석
<input type="checkbox"/> 시설물에 대한 개요 및 형태 파악
<input type="checkbox"/> 실측 및 분석
4. 측정 값 분석
<input type="checkbox"/> CO ₂ 측정값의 비교 분석
▷ 신뢰도 확보
5. 결론
<input type="checkbox"/> 1. 친환경 설계 디자인 안 제언
<input type="checkbox"/> 2. 적절한 자연 환기계획을 제언

2. 이론적 고찰 및 분류

2.1. 국내 실내 공기질 관련 기준

현재 국내 실내 공기질에 대한 관리는 환경부, 보건복지부, 노동부, 교육인적자원부의 4개 부처를 통해 시행되고 있으나 실내 공기질에 대한 관리나 정책결정에 혼선이 발생하고 어려움이 있는 것이 현실이다. 그러므로 건축물에서의 효율적인 실내 공기질 관리를 위하여 일괄적으로 관리할 수 있는 특정 담당 부서가 필요한 실정이다. 본 연구에서는 실내 환경에 있어 건강과 쾌적한 공기질을 유지하기 위해 환경부에서 정한 실내 공기질 권고의 <표 2>, <표 3>과 같은 실내 공기질 유지기준(제3조)²⁾과 실내 공기질 권고기준(제4조)³⁾을 기준으로 해석하고자 한다.

<표 2> 실내 공기질 유지기준(제3조)

오염물질 항목	PM10 (µm/m ³)	CO2 (ppm)	HCHO (ppm)	총부유세균 (CFU/m ³)	CO (ppm)
다중이용시설	150 이하	1000 이하	100 이하	800이하	10 이하
지하역사, 지하도 상가, 여객 자동터미널의 대합실, 철도역사의 대합실, 공항시설 중 여객터미널, 항만시설 중 대합실, 도서관·박물관 및 미술관, 장례식장, 목욕장, 대규모점포	100 이하				
의료기관, 보육시설, 국공립 노인요양시설 및 전문병원, 산후조리원	200 이하				25 이하
실내주차장					

<표 3> 실내 공기질 권고기준(제4조)

오염물질 항목	PM10 (µm/m ³)	CO2 (ppm)	HCHO (ppm)	총부유세균 (CFU/m ³)	CO (ppm)
다중이용시설	0.05 이하	4.0 이하	500 이하	0.01이하	0.06이하
지하역사, 지하도 상가, 여객 자동터미널의 대합실, 철도역사의 대합실, 공항시설 중 여객터미널, 항만시설 중 대합실, 도서관·박물관 및 미술관, 장례식장, 목욕장, 대규모점포	0.30 이하		400이하		
의료기관, 보육시설, 국공립 노인요양시설 및 전문병원, 산후조리원			1,000 이하		0.08이하
실내주차장					

또한 대상 건축물 측정을 하기에 앞서 집회공간에서의 실내 공기질의 오염원자인 CO₂ 특성과 환기에 대하여 고찰해보고자 한다. 건축물의 실내 공간에서의 CO₂량은 대략 400ppm의 일정 농도 수준으로 공기 중에 존재하고 있으며, 실내 건축 공간에서 자연적으로 발생하는 오염물질은 미생물의 분해 작용에 의한 것과 인간의 인위적으로 사용한 화학적 연료에 의한 연소 방법, 산림과 같은 자연적 현상 및 해양 식물에 의해 흡수되어 대기 중에서 희석되는 현상의 경우가 많다.

본 연구에서는 4개 부처에서 분산 관리되고 있는 관리 기준 중 가장 큰 비중과 세분화된 오염농도, 또한 건축물의 (다중이용시설이란) 용도를 기준으로 설정하여 환경부 권고기준을 선택하였다. 이에 따라 집회공간에서의 문화집회행사 중에 발생되고 있는 실내의 공간에서의 CO₂를 측정하여 그 결과 값을 <표 4>와 환경부에서 권고기준인 실내내공기질 관리법 시행규칙⁴⁾ 하에 비교하였다.

2) 환경부, 실내공기질 유지기준(제3조 관련), 2008.2.27

3) 환경부, 실내공기질 권고기준(제4조 관련), 2008.2.27

4) 환경부, 실내 공기질 업무편람, p.6

<표 4> 다중이용 시설 등의 실내공기질 관리법 시행규칙

구분	환경부	보건복지부	노동부	교육 인적자원부	
적용대상	다중 이용시설	공중 이용시설	사무실, 작업장	학교	실측한 문화 집회시설 Max/Mean CO ₂ 농도
PM10		150	150	150	
CO	ppm	10	25	10	-
CO ₂	ppm	1000	1000	1000	3,793/ 1,316.52
NO ₂	ppm	0.05	-	-	-
HCHO	ppm	0.1	-	0.1	-
총부유 세균	CFU /m ³	800	-	-	-
Rn	pCi/l	4	-	-	-
VOCs	μm/ m ³	400~500	-	-	-
석면	개/cc	0.1	-	-	-
오존	ppm	0.06	-	-	-

[2008.10.10] [환경부령 제302호, 2008.10.10, 일부개정]
2010. 6.5~6 (CO₂ 측정결과)

이러한 집회 공간에 대한 실내 공기질 개선안을 제시하기 위하여 실내 공기질에 대한 규제와 관리가 미흡했던 1980년대 건축된 기존 건축물(서울특별시 강동구 명일동 소재 OO교회)을 선정하였으며, 평일과 주일 행사 중 오염 정도를 시간대별로 측정하여 비교·분석하였다. 또한 문화 집회시설 현황 건축물 규모에 대하여 조사한 현황을 <표 5>에 나타내었고, 기존 건축물의 내부의 건축자재 마감에서 발생할 수 있는 오염물질 농도에 대해서는 위해물질이 발생하지 하지 않은 상태임을 확인 후 실측하였다.

<표 5> 집회시설 건축물의 현황

구분	실 면적 m ²	층고M	재실인원수 (예배인원)
집회시설1층	5,940	H:5	1800
집회시설2층	2,475	H:6	750
집회시설3층	1,485	H:3	450
1~3층 계	9,980	H:14	3,000

본 시설 규모는 약 9,980m² 이상 되는 대 공간으로 단층으로 이루어진 구조가 아닌 중층을 포함한 2개 층 이상 구조로 이루어진 문화집회 시설로 오염 정도를 측정할 대 공간 내부는 1, 2, 3층으로 나누어져 있다. 또한 실험 대상의 건물은 2000년도 이전에 지어진 건물로서 연구의 목적에서 언급한 바와 같이 실내 공기질에 대한 규제가 많지 않았던 당시에 건축된 대 공간 문화 집회시설로 수용 가능한 재실 인원이 약 3,000명 정도이므로 실내공기 오염 농도가 증가되는 현상과 개선 방안을 찾고자 본 연구의 대상 건축물을 선정하였다. 실질적 실측 분석을 통

한 CO₂농도 증가에 따라 그래프를 통해서 각각의 변화를 분석하였다.

2.2. CO₂농도가 인체에 미치는 영향

CO₂는 무색무취의 기체로서 일반적으로 실내공기의 오염상태를 나타내는 주요 지표로 사용된다. 이는 실내공기의 주된 오염원이 사람의 활동에 기인한다는 것을 나타내며, 최근에는 이러한 사람의 활동 외에도 새집증후군 및 건축물의 리모델링에서 사용한 전자재료로부터 발생하는 오염물질 또한 심각한 상태임이 밝혀지면서 건축물 실내 공기의 중요성을 인식할 수 있다. 이러한 오염물질의 대부분은 주로 재실자의 호흡에 의하여 생산되어 폐를 통해 배출되며, 그 생산량은 거주자의 활동 정도에 따라 다르다. 또한 사람이 많이 모인 공간에서 적절한 환기가 이루어지지 않을 경우 실내공간에 결로가 발생하게 되고, 이는 실내공기질의 오염의 원인이 되어 두통이나 현기증 등의 증세가 나타나게 된다.

특히, 건축물의 내부 환경요소인 실내 공기질 중에 부유하고 있는 미생물로는 곰팡이, 식물포자, 세균(박테리아) 등이 있으며, 세균과 곰팡이는 토양이나 바람을 타고 외기로부터 실내로 유입되어 실내의 결로와 부착되어 <그림 1>과 같이 건축물 내부에 곰팡이와 같은 세균성 부유물질이 발생되며, 또한 실내의 결로 발생장소로는 물의 사용이 많은 실내의 부엌이나 화장실 등을 포함한 습기가 많은 장소인 공간에서 발생하고 건축물에서의 자연환기 또는 기계적 환기가 부족할 때 많이 발생한다.

이러한 환경에 노출된 대 공간에서 문화집회시설 행사를 할 때 실내의 부유 물질인 오염물질이 포함된 미생물은 알레르기성 질환, 호흡기 질환을 유발시키며, 전염성 질환을 발생시키는 것이 특징이라 할 수 있다. 또한 건축물의 내부마감재질에서 발생하고 있는 부유물질은 본 건축물이 준공하여 사용한 기간이 오래되어 건축물에 사용한 자재에서 발생한 오염물질은 본 연구에서 포함하지 않고 실의 내부공간에 재실 자가 있는 상황에서 발생하는 온·습도의 변화가 증가하여 <그림 1>과 같이 결로로 인한 오염원 현상을 볼 수 있다.



<그림 1> 건축물 내부 결로로 인한 오염원 발생현황

또한 건축물 설계 시 친환경적 디자인을 고려한 적용 가능한 기술요소들을 자연 친화적 디자인을 통하여 쾌적한 실내 환경을 <표 6>과 같이 적용 가능한 기술로 구분할 수 있다.

<표 6> 쾌적한 실내 환경조성 가능한 기술부분

구분	적용 가능한 기술 내용 현황	적용기술부분		
		실내건축	실내설비	조경
쾌적한 실내 환경 기술 사항	• 실내녹화, 실내정원 조성 등	●	●	●
	• 온습도 조절 및 축열기능 등	●	○	●
	• 환경, 인체 무해 내장재 시공	●	○	●
	• 방음 및 차음 구별	●	○	●
	• 환기시스템(인공 지능, 자동 환기) 등	●	●	

문화 집회시설의 공간을 통해 환경부, 보건복지부, 노동부, 교육인적자원부에서 권고한 실내 공기 중 CO₂ 농도는 모두 같이 1,000ppm 임을 알 수 있다.

우리나라의 공기환경에 대한 인식은 1990년부터 실시된 “지하 공간 환경 기준”에 대한 권고치가 설정되면서 증가하기 시작하였다. 2000년대에 들어오면서 “지하생활 공간 공기질 관련법”등이 제정되고, 2003년의 “다중이용시설 등의 공기질 관리법”의 제정으로 이어졌다. 대상 건축물인 교회의 실내공기측정을 하기에 앞서 공기 중 CO₂량에 따른 인체의 반응과 인체에 미치는 농도별 상태를 살펴보면, <표 7>과 같다. CO₂가 인체에 0.5% 이상에 노출될 경우 가벼운 정도의 대사 장애를 일으킬 수 있다고 조사되었다. 그리고 7~10%에 노출될 경우 수분 이내에 혼절할 수 있고 치명적인 후유증 야기할 수 있다.

따라서 실내의 공기상태의 판단에는 실내공기 중의 탄산가스(CO₂)의 농도를 지표로 주로 사용하며 그 자체가 인체에 유해하다는 것이 아니라, 환기가 적절히 이루어지지 않을 경우, 재실자의 호흡과 생활 활동 및 실내 작업 시 장애를 받는 것을 의미한다.

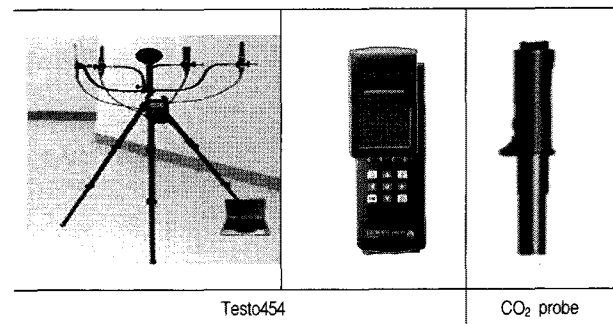
<표 7> CO₂량에 따른 인체반응

농도	상태
0.07	다수가 계속 재실 하는 경우의 허용농도
0.10	일반적인 경우의 허용농도와 환기계산에 사용되는 허용농도
0.2~0.5	상당히 불량한 상태
0.5이상	상당히 불량한 상태
4~5	호흡중추를 자극하여 호흡의 깊이, 횟수를 증가시키며, 호흡시간이 길면 위험하고 O ₂ 의 결핍을 수반하면 장애가 두드러지게 되는 상태
8 전후	10분간 호흡하면 강한 호흡곤란, 안면 홍조, 두통 등을 동반 O ₂ 의 결핍을 수반하면 장애가 빨리 도달하는 상태
18이상	치명적인 상태

5) 환경부, 실내 공간 실내공기오염 특성 및 관리방법 연구, 2002

2.3. CO₂ 측정 장비

본 연구에서는 문화 집회시설물의 실험을 위해 Testo454 & CO₂ probe 장비를 이용하였다. 측정은 2010. 6.5~6.6 시행하였으며, 온. 습도 측정을 위해서 총 5곳에 HOBO를 설치하였다. 또한 오염물질 CO₂(ppm)농도 측정을 위해 <그림 3>의 평면에서 1번 기둥에 설치하였다. 측정은 OO건물의 문화집회 시설의 각종 기계와 건축자재의 및 외부환경에서 배출되는 CO₂량은 배제하였고, 집회 시설내부에서 행사 중에 재실자로부터 배출되는 CO₂량을 가정하여 시간에 따라 실측을 실시하였다.



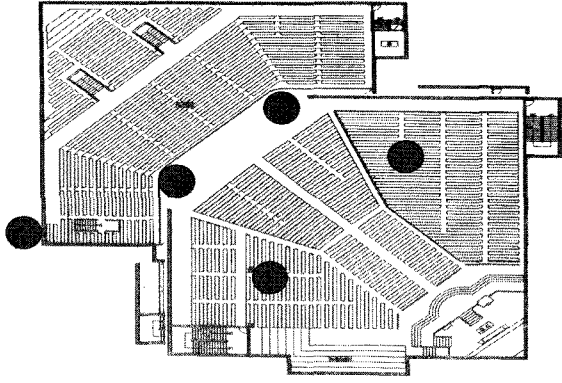
<그림 2> Testo454 & CO₂ probe

<표 8> 실험 실측장비 Specification

Probe Type	CO Probe	CO ₂ Probe	Current/ Pressure 측정
측정 범위	0~500 ppm CO	0~1 vol. % CO ₂ 0~10,000 ppm CO ₂	0~+20 mA
정확도	±5% of (0~500ppm CO)		±0.04mA (0~+20 mA)

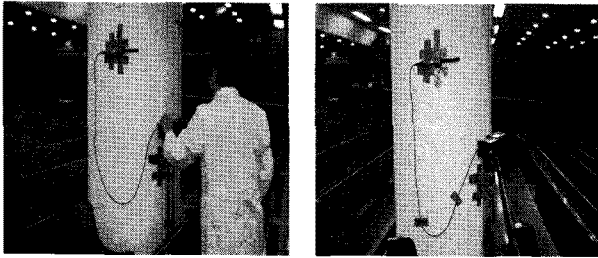
2.4. 조사 방법

아래의 <그림 3>과 같이 온. 습도 데이터로거, HOBO 설치 등 집회시설 내부에 재실인구에 따른 온도와 습도를 확인하기 위하여 집회시설 1층에 2곳, 본당 2층에 2곳에 설치하고, 1-2번은 본당 1층 기둥에 각각 설치하였으며, 3-4번은 본당 2층 가장 앞좌석 보호난간에 설치하였다 또한 5번은 건물의 외부 정남향에 각각 설치하였고 모든 HOBO는 외부는 직달 일사 받지는 곳과 내부는 직 접조명을 받지 않는 곳에 설치하였다. HOBO는 총 측정 시간(2010/6/5 22:00~익일 14:00)동안 10분 간격으로 Interval 10분으로 세팅이 되어 데이터로 측정 하였으며 설치한 모든 위치에는 표면 열전달을 방지하기 위하여 테이프를 설치 표면에 1차로 부착하였으며 그 위에 <그림 4>와 <그림 5>과 같이 HOBO를 설치하여 온. 습도를 측정하였다.



<그림 3> 집회시설 1, 2층 평면도 및 HOB0 설치위치

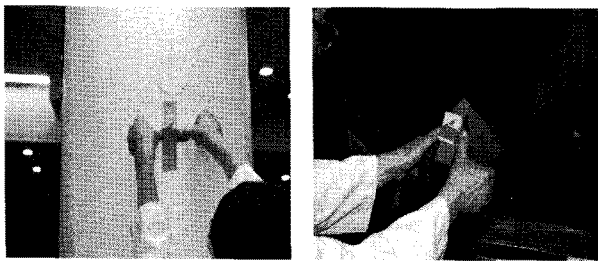
다음 <그림 4>와 <그림 5>는 CO₂측정을 위해 설치 과정의 사진이다.



(a) Testo454설치 전경

(b) Testo454설치 전경

<그림 4> Testo454설치



(a) HOB0설치 전경사진

(b) HOB0설치 전경사진

<그림 5> HOB0 설치모습(<그림 3>에서 3, 4번)

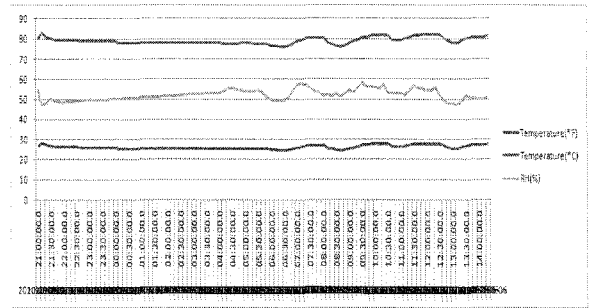
이렇게 HOB0설치를 마친 후 CO₂를 측정하기 위해 Testo454를 <그림 3>에서 1번 기둥에 설치하였다. 설치 높이는 건축물의 바닥에서 사람의 키보다 높은 바닥으로부터 2m 높이 위치에 설치하였으며 측정범위는 <표 8>과 같이 최대 10,000ppm까지 측정을 할 수 있도록 세팅을 프로그램 하였으며 장비는 Testo454 역시 M. rate (Interval)를 10분 간격으로 로그인할 수 있도록 세팅하여 실험 측정하였다.

3. 측정 결과 분석

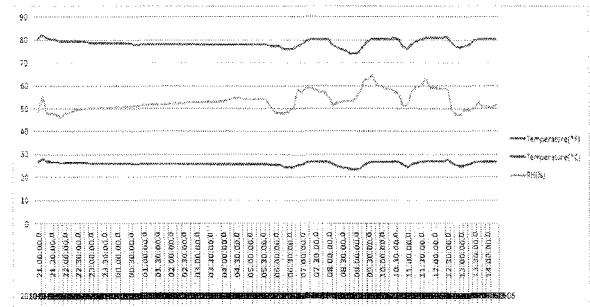
3.1. 측정 결과 및 분석

본 건축물 문화 집회시설에서의 실내, 외의 실측값의

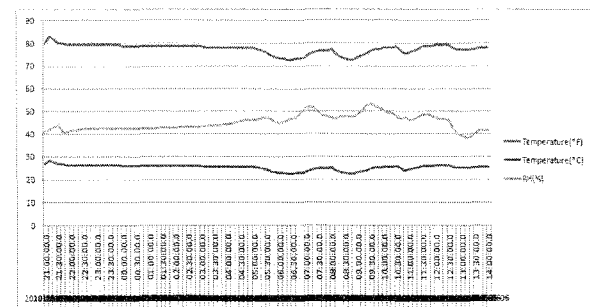
분석은 <그림 3>의 1번부터 5번까지의 온, 습도 측정 결과 그래프로 값처럼 실내 재실 자가 시간의 흐름에 따라 재실 자가 증가되고 늘어남에 따라 상승되었다가 예배가 끝난 후 아주 천천히 내려가는 것을 알 수 있다. 또한 <그림 3>의 5번은 외부 온, 습도 측정값으로 오전과 정오기준으로 온·습도 변화를 알 수 있다. 따라서 실험 실측일 기준으로 한 실험의 실측과 측정결과(그래프 Top: 화씨, Middle: 상대습도, Bottom: 섭씨)를 보면 볼 수 있듯이 실내 온도와 외부 온도 차이는 큰 폭의 차이를 보이지 않았다. 이렇게 여름철에 주광을 통해 덤혀진 건물이 일정한 온도를 유지하고 있는 것을 볼 수 있었다. 또한 건축물의 규모가 크고 실내 대 공간 면적이 큰 공간형태인 문화 집회시설로 건축물의 실내 온도는 본당 1층과 2층에서 모두 30℃를 넘지 않는 것을 확인 할 수 있었으며, 반면 외부온도는 점심시간 12시 정도 기준으로 시간이 지나면서 계절에 따른 온도의 증가된 실내 30℃를 넘는 것을 볼 수 있었다. <그림 6>의 1



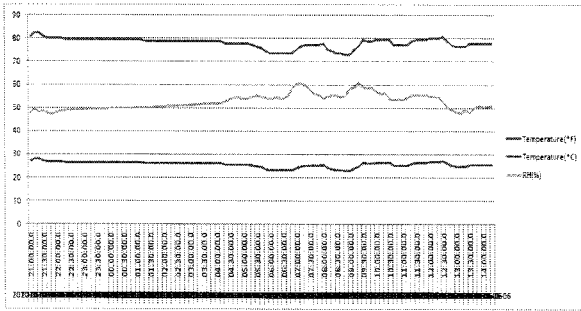
<그림 6> 1번 실내 HOB0 온, 습도분석



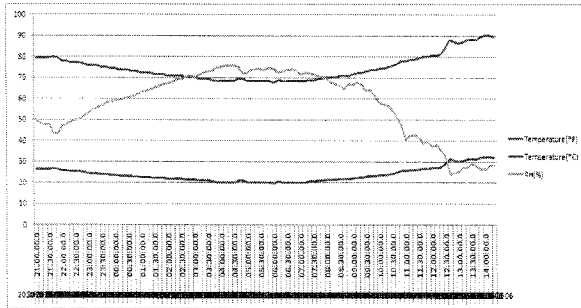
<그림 7> 2번 실내 HOB0 온, 습도 분석



<그림 8> 3번 실내 HOB0 온, 습도 분석



<그림 9> 4번 실내 HOBO 온·습도 분석



<그림 10> 5번 실내 HOBO 온·습도 분석

변과 <그림 7>의 2번 <그림 8>의 3번 <그림 9> 4번의 <그림 10>의 5번 같이 HOBO 온·습도 분석 결과를 보면 그래프와 같은 온도변화에 따른 증가하는 현상을 볼 수가 있었다. 또한 건축물 내부 마감재에서 발생하는 유해물질은 건축된 기간이 10년 이상 이므로 오염물질 발생하지 않고 있어 환경 관련기준에 해당 되지 않아 본 측정에서 제외하였다.

본 프로그램 분석과 동시에 상대습도를 보게 되면 내부에서는 총 재실 인원수에 따라 상대습도의 변화의 폭이 컸으며, 외부 습도는 측정을 시작한 시점부터 급격한 변화곡선을 볼 수 있었다. 이는 22:00부터 시작하여 다음날 04:30까지 상승세를 나타내다가 <표 9>와 같이 일몰과 일출 시간 정보에서 05:11 기점으로 상대습도가 낮아지는 것을 볼 수 있다.

<표 9> 일·출몰 시간정보

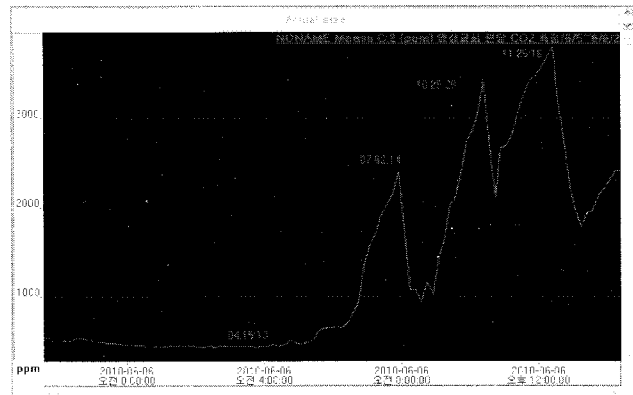
양력 년/월/일	음력	일, 출몰		
		출	남중	몰
2010/6/5	04월 23일	5:11	12:30	19:50
2010/6/6	04월 24일	5:11	12:31	19:50

[기상청 2010년 6월 자료]

3.2. CO₂측정 분석 결과

집회시설 내 <그림 11>에서 Testo454설치 측정된 CO₂량을 분석한 결과 예상했던 결과 값을 얻을 수 있었다. 총 5회의 집회시간 동안 CO₂량을 측정된 결과(1부: 05:30, 2부: 07:00, 3부: 09:20, 4부: 11:20, 5부: 13:20) 2부, 3부, 4부 동안 예배를 드리는 시간에 CO₂의 급격한

변화치를 볼 수 있었다. 이는 총 건축물 내부의 환경보다는 재실 자들의 인원수와 연관이 있음을 예상할 수 있었다. 이렇게 본 건축물의 이용 횟수와 집회시설을 이용하고 있는 본 당의 총 수용 가능한 인원은 대략 3,000명으로 예배를 준비하는 시간부터 본당으로 입실하는 사람들의 수가 늘어남에 따라 CO₂량이 급격히 늘어남을 확인 할 수 있었다. 각 예배는 약 50분~1시간동안 이루어지며 예배가 시작되는 30~40분 전부터 CO₂량이 급격히 증가 현상을 보였고 예배가 끝나는 시점에서 급격히 줄어드는 현상을 확인할 수 있었다. 또한 4부 예배를 드리는 동안 CO₂의 최대값을 얻을 수 있었는데 그 시점은 최대 인원을 수용한 시점인 오전 11:26:16으로 확인 되었다. 특히 여름철 에어컨을 작동함으로 인해 온도 변화는 적정 온도인 약25~27을 유지하고 있었다. 이렇게 집회시설 내 온, 습도 분석을 보면 재실인원이 증가하면 할수록 CO₂ 량도 증가하는 것을 볼 수 있었다. <그림 11>과 같이 Testo454 분석결과 확인되었다.



<그림 11> Testo454 분석 결과

또한 본 집회시설에서 측정된 CO₂량을 바탕으로 필요 환기횟수(ACH; Air Change Rate / Hour)를 역으로 산출할 수 있는 식을 유출할 수 있었다. 원리는 최대 CO₂량을 실내 허용농도(1,000ppm)를 만드는데 필요한 환기 횟수이며 역으로 유출한 자연로그(Ln)를 사용하였다. 효용 함수식으로서 (1)식과 <표 10>과 같이 나타낼 수 있다.⁶⁾

$$ACH = \frac{\ln(C_1 - C_0) - \ln(C_2 - C_0)}{\text{hour}} \quad (1)$$

여기에서,

C1 = 최대치 CO₂ 농도 (ppm)

C2 = 실내허용 CO₂ 농도(ppm)

C0 = 외부 공기 중 CO₂ 농도(약 500 ppm)

hour = 경과 시간(최대-최소농도시간)

6) 정광섭 외, 건축공기조화설비, 성안당, 2003, pp.695~705

<표 10> CO₂허용농도에 따른 필요한 환기량⁷⁾

구분	농도 (ppm)	시 간		
C0 외부 공기 중 CO ₂	500	5:22:58	ACH	7.062875
C1최대치 CO ₂	3790	11:25:16	필요 환기량(ACHx ^{m³})	103,950 ^{m³} /h
C2실내허용 CO ₂	1000			
H경과 시간 최대농도시간	6			

4. 분석

4.1. 평가 및 개선방향

본 실측에서 양일에 걸쳐 문화집회 교회본당의 온. 습도, CO₂를 측정된 결과 환경부에서 규정하고 있는 실내 CO₂허용기준인 1,000ppm을 넘는 구간이 예배를 드리면서 1부 예배를 제외한 모든 총 4부 예배에서 나타났다. 이는 비단 총재실자들이 배출하는 CO₂량이라 단정을 지을 수는 없지만 체적에 비해서 환기횟수(ACH)의 증가 또는 필요 환기량을 증가할 필요성이 요구된다. 현재 교회 환기구조 형태는 환기가 거의 이루어지지 않고 있는 창호형태로만 되어있다. 대 공간에서 사람이 많아 질 때 오염물질 농도가 1,000ppm 증가됨을 확인되어 대공간의 기준 환기 횟수 이상으로 개선하고자 창호의 형태 디자인 안을 제시합니다. 또한 실내에 잠재하고 있는 부유물질을 최소화 하기위한 공기조화 설비의 지속적인 관리가 필요해 보였으며, 정기적으로 취출구나 냉난방 기기를 보수 점검해야 한다. 1층 로비는 출입자들에 의한 자연적 환기보다 창을 설치하거나 또는 환기팬을 사용한 급기/배기방식이 필요해 보였다. 평일에는 사람이 많이 드나들지 않는다는 이유로 인해 방치되어 있는 경우가 있었는데, 정기적인 환기나 청소를 통해 실내의 습한 공기가 지상층의 외부로 환기되고, 창문을 이용한 자연적 환기가 되도록 환기 개선을 위한 창호 형태가 개선되어야 한다.

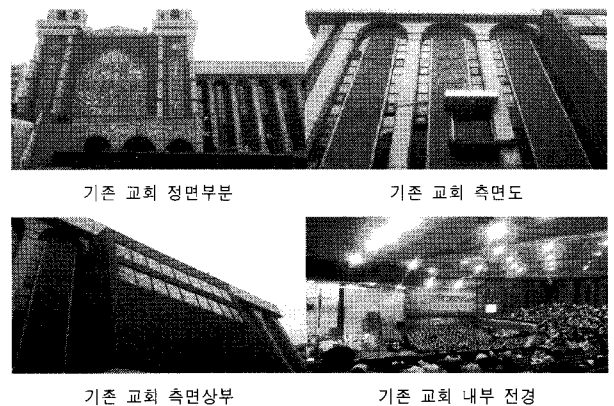
4.2. 개선방향

본 연구를 통하여 건축물의 형태적 디자인 개선 방안으로는 아래와 같이 정의할 수 있다.

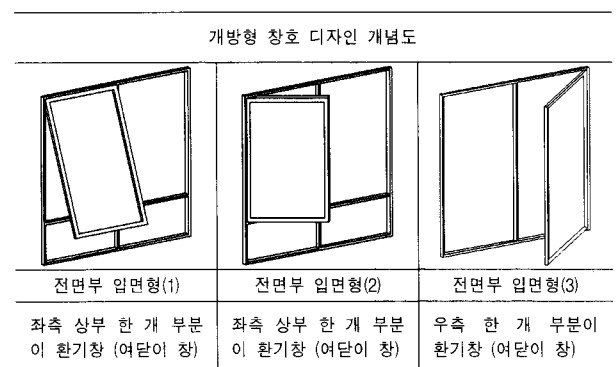
- 1) 여름철 :창면적비를 증가시켜 개폐 가능한 창호 시스템을 도입하여야 하면 또한 자연환기를 통해 외기공기를 보다 많이 유입하는 환기 장치와 환기횟수를 확보하는 친환경적 설계 디자인 개선방안이 연구되어야 한다.
- 2) 겨울철 :기계 환기를 통해 급·배기 공조량을 증가

시킨다. 운영비의 증가가 예상되지만 자연 환기 시스템과 배합하여 실내 오염된 공기를 최대한 배기시킨다. 즉, 최소 환기 횟수 권고기준을 유지하도록 한다.

- 3) 일사부하가 많이 받는 동, 서는 피하고 측정대상 건물배치 조건에 따라 남, 북 방향으로 여름에 개폐 가능한 창호 시스템을 사용한다.
- 4) 건축 설계 시 적용 가능한 구조로 설계하고 또한 기존 건축물에 대한 증축, 개축, 리모델링 시에도 층고 높이를 구조적 변화가 요구되고 실내 재실자의 용도에 따라 실내 CO₂량을 희석 시킬 수 있는 자연적 환기창을 설치 유도해야 할 것이다.
- 5) 건축물의 입면 디자인과 창의 디자인을 고려한 친환경적 디자인 및 환기를 고려한 기계적 환기 방법과 연동효과를 고려한 구조형태로 새로운 관점에서의 디자인 계획되어야 할 것이다. 또한 외부의 신선한 공기가 실내로 자유롭게 유입될 수 있게 자연 환기를 고려한 입면과 창호 디자인 개발이 필요하다. <그림 12>는 현재의 대 공간 입면상의 창호 형태를 개선하고자 <그림 13>과 같이 개방형 창호 디자인 형태를 제시하므로 적용 가능한 대 공간 입면을 친환경적 창호형태가 개발 되어야 할 것이다.



<그림 12> 현재 대공간간의 입면



<그림 13> 개방형 창호 디자인 형태에 따른 환기창

7) 천명진, 공동주택에 적용한 자연 환기 창호(vent-window)시스템의 환기 가능성에 관한 연구, 연세대학교 석사학위논문, 2006

5. 결론

본 연구는 서울특별시 강동구 명일동에 소재한 OO교회 집회시설을 대상으로 건축물의 실내 환경 CO₂ 실측 분석을 통해 IAQ(Indoor Air Quality)개선안을 도출하고 하였다. 사람들이 많이 이용하고 있는 공간, 집회 장소는 실내에 유입되는 빛의 량과 1~3층까지의 벽체의 면적에 비해 환기량이 부족하여 실내의 부물물질 증가와 실내의 기류 이동이 없으므로 원활한 환기가 이루어 지지 않고 있다. 환기를 위한 창문은 작아 사람은 답답함을 느끼기 쉬운 구조였다. 이에 따라 기계식 급/배기 환기팬을 설치하거나, 실내 CO₂ 발생을 억제하고 공기청정을 위해 건축물 계획 설계 시 실내 공기질을 개선할 수 있는 자연 환기 장치인 창호 면적비를 증가하거나 기계 환기설비인 환기팬을 설치하는 것이 좋다. 건물계획 설계 시 창호는 가능한 2개소 이상의 형태적 큰 창을 설치하는 것이 환기에 유용하다. 따라서 본 연구의 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) CO₂측정 결과 권장허용CO₂농도보다 예배를 드리는 동안 기준치 이상으로 측정 확인 할 수 있었다.
- 2) 자연환기 및 기계 환기설비를 보충하여 건축물의 결로 방지와 집회시설에서 필요한 최소 환기횟수 및 필요 환기 량을 획득할 수 있도록 개선안이 필요하다.
- 3) 개선안으로는 신축이나 기존 건축물을 리모델링, 증축, 개축 시 층고 높이를 증가하여 환기 횟수를 늘릴 수 있는 구조개선과 환경적 공간 디자인 요구된다.
- 4) 문화 집회시설 건축물의 창 면적 증가와 개폐 가능한 창호시스템을 설치하여 외기 공기를 유입시켜 실내 오염된 공기와 자연적 또는 기계적 환기를 통해 희석을 유도하여 최대 CO₂허용농도 기준 이하로 낮출 수 있는 계획적 방법이 필요하다.

본 연구에서는 현대생활의 변화에 따른 공간적 인식처인 대규모 공간에서의 실내 공기질 개선방안으로 문화 집회 시설에 대한 실내 공기질 분석을 통하여 오염물질 CO₂농도를 분석한 결과 값이 평균이라 할 수 없다. 하지만 앞으로 연구에서 문화 집회실의 대공간에서의 유형이나 형태가 변화하는 경우에도 규정할 수 있는 일정규모 이상의 기준을 마련하는 연구가 필요하면 계속적인 실측과 실험을 통한 연구가 반드시 필요하다,

또한 향후 분석된 데이터를 참고하여 실내 공기질 개선을 위하여 건축물의 환기창 형태와 설치위치 등에 따른 복합적인 설계 디자인 연구가 계속 진행되어야 한다.

참고문헌

1. 국토부, 공동주택 등에 설치하는 환기설비기준 마련, 2006. 2
2. 김윤신 외, 실내공기질 관리방안에 관한 연구, 환경부, 1997
3. 김태우 외, 학교 건축물의 실내공기질 측정 및 평가에 관한 연구, 대한건축학회논문집(건축계획), 2006.4
4. 다중이용 시설 등의 실내공기질 관리법 시행규칙 [2008.10.10][환경부령제302호, 2008.10.10, 일부개정] 2010. 6.5~6 (CO₂ 측정결과)
5. 박진철, 건축재료에서 발생하는 실내공기 오염물질의 실험실 측정에 관한 연구, 21세기 실내공기환경의 질-대한건축학회 세미나, 1998
6. 환경부, 실내공기질 관리기준(제3조 관련), 2008.02.27
7. 환경부, 실내공기질 관리기준(제4조 관련), 2008.02.27
8. 이태규, 실내공간 공기오염의 특성에 관한 연구, 용인대학교 석사학위논문, 2002
9. 전주영 외, 기능성 촉매체에 의한 실내 공기질 개선효과 실험 (An experimental study on the improvement of indoor air quality with the functional catalyst materials), 2006
10. 정광섭 외, 건축공기조화설비, 성안당, 2003
11. 천명진, 공동주택에 적용한 자연 환기 창호(vent-window)시스템의 환기가능성에 관한 연구, 연세대학교 석사학위논문, 2006
12. 환경부령 제302호, 일부개정, 2008. 10(2010. 6. CO₂ 측정결과)
13. ASHRAE Fundamental, 2001
14. ASHRAE Fundamental, 2005
15. Norberg-Schulz, Christian, Existence, Space and Architecture, 실존, 공간, 건축, 김광현 역, 4판, 태림문화사, 서울, 1994
16. SHRAE Standard 62 1989

[논문접수 : 2011. 02. 26]

[1차 심사 : 2011. 03. 21]

[2차 심사 : 2011. 07. 01]

[3차 심사 : 2011. 07. 13]

[게재확정 : 2011. 08. 05]