

都市 超高層 住居建築의 室內空氣環境의 評價에 관한 研究

박미진

시립인천전문대학 건축과
(2002. 4. 18. 접수 / 2002. 11. 14. 채택)

A Study on the Evaluation of Indoor Air Environment in Super High-Rise Dwelling House

Mi-Jin Park

Department of Architecture, Incheon City College
(Received April 18, 2002 / Accepted November 14, 2002)

Abstract : The concept of dwelling space is tend to be changed not only to have reasonable mobility but also to have high quality of indoor air with psychological satisfaction and comfortable. Moreover, recent constructed buildings have a big problem because of exhausted pollution gas and particles from building materials. More serious problem occurs from its high air tightness reducing the ventilation for saving the energy and superior adiabatic insulators to have high heat efficiency.

Indoor air quality in super high-rise dwelling house was investigated by measuring pollutants such as CO₂, CO, NO₂, R_n, TSP, PM₁₀, HCHO, Offensive odor.

Subjective evaluation of residential environment is processed for the inhabitants who live in research space by testing environmental load in accordance with environment morphology, exterior environmental factor and post occupancy evaluation of building. Then, the results of IAQ and POE-H are analyzed by SPSS 9.0 program package to draw correlation and influence of attention.

Key Words : IAQ, POE, high-rise dwelling house

1. 서 론

인류문화는 지난 수십년간 급격한 산업발달과 사회구조의 변화를 가져왔고, 이에따른 인구의 도시집중과 고밀도화, 교통량증대등 생활양식의 급변은 제반 공해문제를 발생시키고 있다. 또한, 거주공간에 관한 개념도 합리적 기능성 뿐 만 아니라, 심리적인 쾌적감을 포함한 실내공기환경에 관한 관심이 높아지고 있다. 실내공기오염에 관한 문제는 1980년대만 해도 용어조차 생소하였으며, 국내에서는 각종 기준치에 대한 관련법 조차 명시되어 있지 않는 실정이다.

건축의 실내환경에서 실내공기오염은 대기환경과는 달리 물리적, 화학적 및 생물학적으로 매우 다

양한 오염물질들이 존재할 가능성이 있다. 실내환경에서 나타나는 오염물질의 종류와 농도 수준은 실외환경과 비교해 볼 때 매우 다른 양상을 나타낼 수도 있다. 또한, 주변의 국지적 특성에 따른 도로상의 통행차량에서 배출되는 오염 및 주변공해에 의한 영향의 심각성도 추정할 수도 있다.

인구의 도시집중에 따른 도시의 환경오염과 함께 건물에 거주함으로써 발생하는 빌딩증후군(Sick Building Syndrome: SBS)과 각종 호흡기 및 인체불편의 증상 등으로 실내공기에 대한 오염문제가 심각하게 나타나고 있다. 이에, 소수의 실내공기질(Indoor Air Quality: IAQ)에 관한 조사가 수행되었으나 초기는 실내공기오염 요소 중 일부분에 대한 조사연구라고 할 수 있다.

본 연구는 인구집중과 지가상승에 의한 도시 고밀화에 따라 최근 늘어나는 초고층 주거건축의 IAQ

의 물리적 측정을 통해 실내공기오염의 실태를 조사하였다. 그리고, 실내거주공간에서의 인간행태에 따른 환경부하 및 외부환경요인, 건물의 공간 특성 등에 의한 주관적 반응에 대한 POE-H를 실시하여 거주환경에 대한 쾌적한 IAQ와 나아가서는 지구환경과 인류생활권의 보존을 위한 연구에 목적을 둔다.

2. 측정 및 조사개요

2.1. 측정대상 및 조사방법

본 연구의 조사대상은 서울지역에서 교통량이 빈번하고 공단이 위치한 20층 이상의 초고층 주거건축 중에서 1997년~1999년도에 완공된 아파트 1개동과 주상복합 건물 1개동을 선정하였다. 40가구를 저층, 고층, 초고층 군을 임의로 선정하여 동일층의 4가구를 하나의 단위군으로 묶어 A_1 , A_2 · · · A_{10} 으로 표기하였다. 동계는 1999년 1월 21일부터 3일간, 하계는 1999년 7월 27일 부터 3일간 측정하였다. 물리적 평가로는 IAQ 측정과 주관적 평가는 설문조사를 하였다. 측정지점은 거실 · 안방 · 주방을 선택하고, 측정은 각 지점마다 2회씩 연속 측정하여 각각의 평균값으로 하였다. 측정된 공간에 거주하는 거주자를 중심으로 환경행태학에 따른 POE-H를 실시하였다. 또한, IAQ 측정 인자나 POE-H에 나타난 결과를 SPSS 9.0 통계 프로그램을 이용하여 상관성 및 유의적 영향을 분석하였다. 이를 바탕으로 상호관련성 고찰 및 도시 초고층 주거건축에서의 거주환경을 평가하였다.

2.2. 측정 및 조사내용

실내공기환경에 대한 측정항목은 실내의 온도 · 습도 · 기류 · CO_2 · CO · NO_2 · 총부유분진(Total Suspended Particulate matters : TSP) · PM_{10} (Particulate Matters less than $10\mu m$ as an aerodynamic diameter) · 오존(O_3) · 포름알데히드(HCHO) · 라돈(Rn) · 냄새를 선정하였다.

또한, 환경부하에 따른 오염원 분석과 공간의 특성과 행태학적 요소에 의한 제반요인을 알기 위한 만족도, 관심도, 인지도, 중요도, 개선도에 관한 내용으로 실내공기환경에 영향을 미칠 수 있는 항목에 관한 내용을 선정하였다. 현재 거주지역의 주변현황, 주거내의 일반적 현황, 실내공기질에 관한 의견과 실내오염상태에서 신체가 반응할 수 있는 SBS에 관한 생리적 요소에 관한 설문도 조사하였다.

Table 1. Measurement Instrument and Item

Item	Instruments
Temperature	Digital Thermometer (TSL.co)
Relative- Humidity	Digital Psychrometer (TSL.co)
Air Flow	Anemometer (TSL.co)
CO_2 , CO	Portable Carbon Dioxide Analyzer (TSL.co)
Rn	Radon Monitor-Digital(No 05-427) (SUMMUCLEAR.co)
HCHO	Spectrophotometer (SUMMUCLEAR.co)
TSP	Respirable Aerosol Mass Monitor (TSL.co 8520)
PM_{10}	β -ray absorption mass monitor
냄새	COSMOS XP-329 (COSMOS)
O_3	Ozone Hunter Plus (AET-3039) (COSMOS)

3. 실내공기환경의 평가

3.1. 물리적 평가

서울의 도심지 구로동 · 가리봉동에 위치한 25층 이상의 초고층 아파트와 주상복합 건물의 현장실측을 통하여 실내공기환경의 각종 오염물질의 농도를 측정하여 분석한 결과는 다음과 같다.

온열환경의 측정으로 동계의 실내온도는 $20.5^{\circ}C \sim 23.5^{\circ}C$ 의 범위로 평균 $20.1^{\circ}C$, 습도는 평균 29%이고, 기류는 $0.08m/s$ 로서 고온 · 저습에 의한 고기밀성을 나타내고 있다. 하계의 평균 실내온도는 $31.5^{\circ}C$, 습도 평균은 54%, 기류는 $0.118m/s$ 로 나타나 실내의 온열환경은 외기 영향에 의한 요인이 크다고 하겠다.

실내오염물질의 척도로 볼 수 있고, 다른 오염 물질에 비하여 실내의 농도차가 매우 심한편인 CO_2 는 동계인 경우 $890ppm \sim 1,350ppm$ 으로서 분포도가 넓게 나타났다. 이는 ASHRAE와 일본건물위생관리법의 $1,000ppm$ 보다 높게 나타났다. 특히, 실내기준값인 $1,000ppm$ 의 초과율이 60%이며, 하계 개구부 개방시 평균인 $951ppm$ 보다 높은 $1,051ppm$ 으로 나타났다.

이는 주요 발생원이 거주자와 연소기구로 미루어 볼 때 실내연소오염에 따른 농도증가와 환기 부족함에 기인한 것으로 보인다.

CO 농도 역시 동계는 $3 \sim 7.5ppm$, 하계는 $2.5 \sim 6.5ppm$ 의 분포를 보여 측정가구가 교통량이 많은 도로변 아파트로서 자동차 배기가스 영향으로 인하여 하계에도 높은 농도를 보여주고 있다. 하계의 실내 평균(I)은 $2.82ppm$, 실외 평균(O)은 $2.02ppm$ 으로 실내외비(I/O)가 1.39로 나타났다.

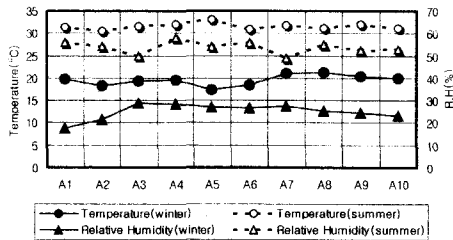


Fig. 1. Correlation between average temperature and relative humidity in residential building (APT)

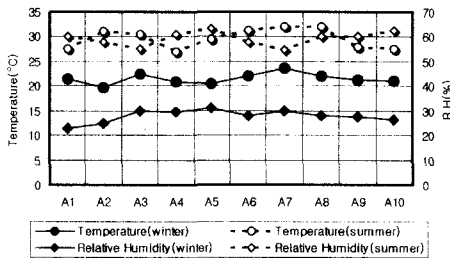


Fig. 2. Correlation between average temperature and relative humidity in residential building (Compound Housing)

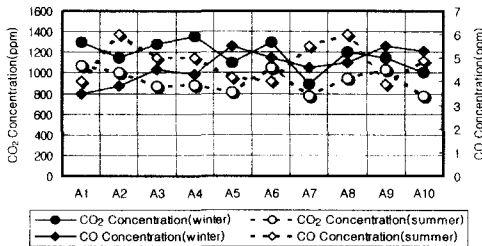


Fig. 3. Correlation between average CO₂ concentration and CO concentration in residential building (APT)

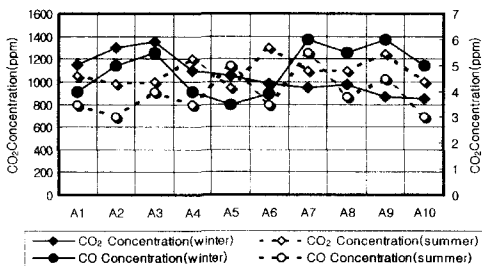


Fig. 4. Correlation between average CO₂ concentration and CO concentration in residential building (Compound Housing)

CO는 화학적으로 질식성의 가스이고, 헤모글로빈과의 친화력이 산소의 200~250배로서 산소 보유 능력을 극도로 저하시키므로 치명적이다.

CO의 국외기준으로 WHO, NAAQS의 기준값은 9ppm, ASHRAE는 11ppm, 국내건축법은 10ppm으로 측정값이 허용범위 이내로 나타났지만 장시간 노출에 의한 현상을 간과할 수 없다고 본다.

부유분진은 동계시 평균 104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 하계시 89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로서 동계에 실내 연소가스, 흡연, 카펫 사용에 따른 영향과, 하계는 자동차 배기가스 및 연소가스에 의한 미세입자의 유입 요인이 크다고 볼 수 있다. 또한, 외기 평균값 93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 하계의 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높은 값을 보여준다. 그러나, 국외 EPA나 국내 대기환경보전법의 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다는 다소 낮은 범위를 보여 주고 있다.

부유분진에서 입자지름이 10 μm 이하로서 인체유해도가 극히 높은 PM10 분석으로는 동계 78~93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 하계는 58~74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로서 동계가 하계보다 훨씬 높은 값으로 나타났다.

측정 아파트 주변의 환경조건은 환경청 구로동 출장소에서 측정된 98년 평균값은 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 99년 5월까지는 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 구로동 일대의 미세입자의 심각성을 보여주고 있다.

우리나라에서 종전에는 TSP기준만을 적용하였으나 1995년 1월부터는 PM10기준을 신설 적용하고 있으며 일평균 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 및 연평균 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다.

라돈의 평균값은 동계시 0.91pCi/l, 하계시 0.33pCi/l로서 동계가 높게 나타났다. 이는 동계 측정시 건축연도가 1년미만으로 일반적인 경우보다 높게 나타났으나 EPA의 기준치 4pCi/l 보다는 낮다. 측정 결과 라돈은 건축자재 및 흙, 모래, 자갈등에 다량으로 함유되어 있음을 알 수 있다.

동계 평균이 95.7ppb인 포름알데히드 역시 건축연도에 따른 비닐시트, 합판재등의 내부 마감재에 의한 요인으로 보여진다. 하계 개방시에는 평균 94.6ppb의 높은 값을 보인다. 측정결과 자동차 LPG 사용연료에 따른 외부로부터의 유입에 의한 영향으로 나타나고 있다. 이는 ASHRAE, WHO의 기준치 0.1ppm, NRC의 0.25ppm 보다는 낮은 값이지만 전반적으로 매우 높은 값을 나타내고 있다.

자동차나 그 외의 연소과정의 배기중에 포함되어 있고, 탄화수소와 질소산화물의 광화학반응의 결과로서 생성되는 오존은 실외 0.017ppm에 비하여 비교적 높은 0.037ppm으로 나타났다. 이는 국내 대기환경기준 0.06ppm(8시간)과 국외 WHO기준 0.05~0.06ppm(8시간)에 근접한 것으로 차량정체나 주변 공장에 의해 오존 농도가 증가된 것으로 나타났다.

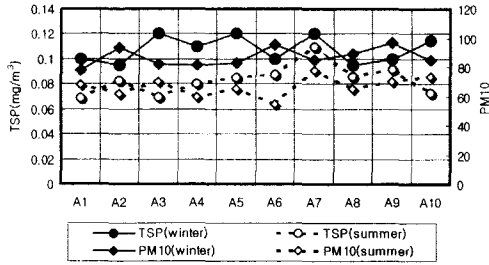


Fig. 5. Correlation between average TSP concentration and PM10 concentration in residential building (APT)

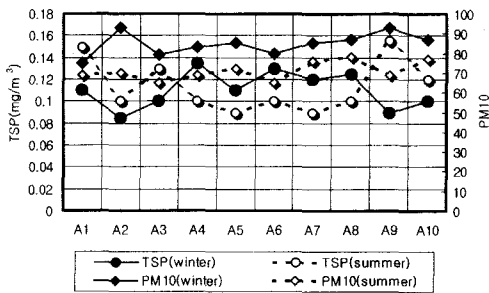


Fig. 6. Correlation between average TSP concentration and PM10 concentration in residential building (Compound Housing)

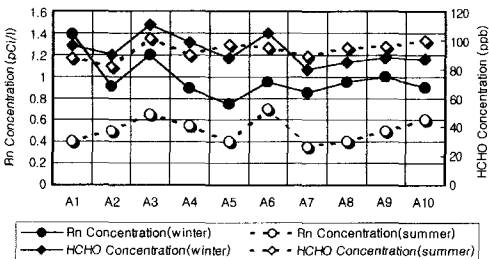


Fig. 7. Correlation between average Rn concentration and HCHO concentration in residential building (APT)

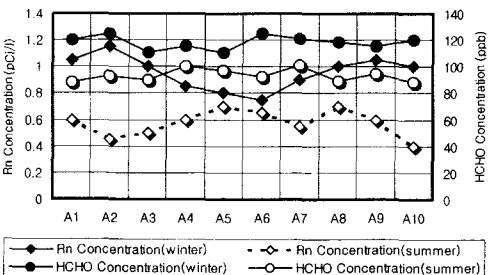


Fig. 8. Correlation between average Rn concentration and HCHO concentration in residential building (Compound Housing)

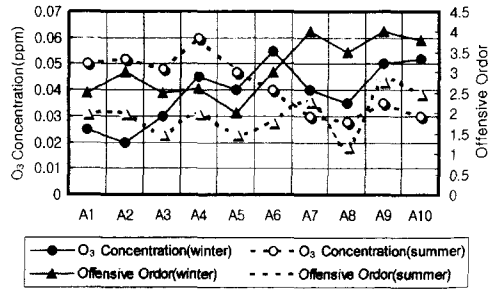


Fig. 9. Correlation between average O₃ concentration and offensive odor in residential building (APT)

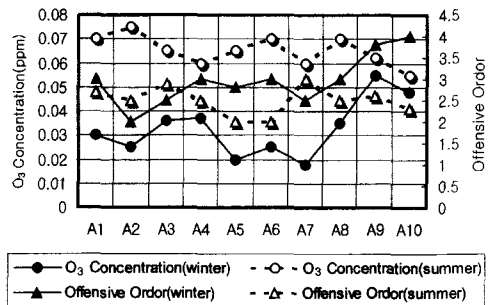


Fig. 10. Correlation between average O₃ concentration and offensive odor in residential building (Compound Housing)

냄새는 그 자체가 다양하기 때문에 실내에 있어서 냄새 발생원도 많지만 체취, 담배냄새, 연소배기 냄새, 부엌냄새(조리냄새, 생활쓰레기 냄새 등), 변소냄새, 배관냄새 등을 생각할 수 있다. 냄새에 관한 “발생량의 정의”는 최근 Fanger(1988)에 의해 *lof*와 *decipol*이라는 정의가 제안 되어 있고 환경기준은 현재까지 설정되어 있지 않다. 냄새강도는 0~5의 감도 구분을 두고 무취에서 참기 어려운 취기까지의 단계를 두고 있다. 동계는 3.05, 하계는 2.23으로서 본 측정값에는 동계일 때 실내허용강도 2.0을 넘고 있다. 따라서, 일반적인 실내발생 냄새와의 유해가스 증가에 따른 냄새지수 상승을 고려해 볼 수 있다.

NO₂의 실내 평균 농도는 동계 평균 0.029ppm, 하계 평균 0.025ppm으로 나타났다. 외기농도는 동계 0.038ppm, 하계 0.045ppm으로 나타나, 실내농도 보다 실외농도가 높게 나타남을 알 수 있다. 이는 NO₂의 주발생원인 자동차 배기가스에 의한 것으로 여겨지며, 실내농도 또는 외부 유입가스와 주방 연료 사용과 흡연에 의해 NO₂가 발생한 것으로 추정되고 있다.

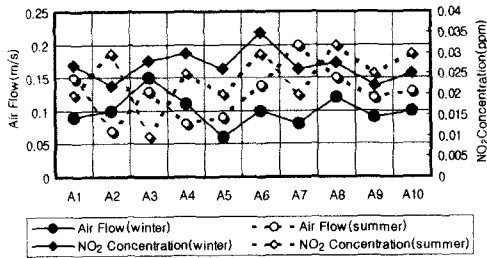


Fig. 11. Correlation between average Air flow and NO₂ concentration in residential building (APT)

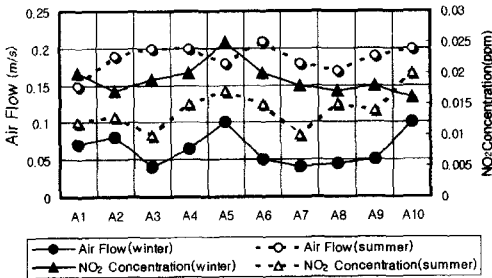


Fig. 12. Correlation between average Air flow and NO₂ concentration in residential building (Compound housing)

3.2. 주관적 평가

실내공기오염에 의한 거주자의 일반적 사항으로 조사한 아파트는 1년 미만의 신축건물이 90%이다. 또한, 실내 흡연자는 조사대상 가구에서 1인 이상이 70%이며 가족구성원은 3인 이상이 70%이다.

현재 거주하는 지역의 온도·습도·풍속에 관한 조건은 매우 만족 30%, 비교적 만족 30%, 보통 20%이고, 거주지 주변의 대기오염에 관한 조건은 매우 만족 30%, 비교적 만족 20%, 보통 30%로서 거주자 대부분이 적합한 외부조건으로 평가하고 있다. 주변의 교통, 공장, 공사 등의 공해문제와 외부소음 등에 관해서도 응답자의 60%이상이 비교적 만족하고 있음을 보여주고 있다.

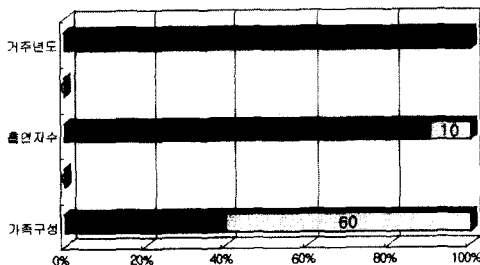


Fig. 13. General conscious in indoor air pollution

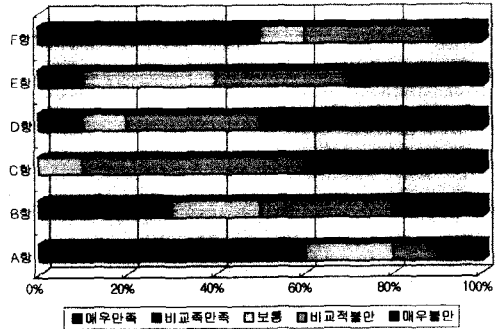


Fig. 14. Consciousness for surrounding condition of a residence

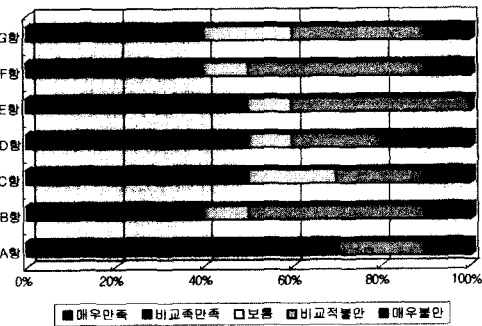


Fig. 15. Consciousness for a residential condition

주거내의 실 배치, 외부 개구부 관계에 관한 조사 결과 70%, 50%이상이 만족하고 있으며 강풍 및 풍해에 대한 누기에 대한 불만은 20%로서 실내공간에서의 배치 및 기밀성에 관한 만족도가 높음을 알 수 있다. 또한, 주거내의 내장재의 오염과 화장실, 주방에서의 발생하는 냄새에 관한 거주자의 응답도 만족 60%, 50%이고 불만은 각각 10%로서 실내거주 공간의 거주자의 만족도가 크게 나타났다.

실내의 공기 상태에 관한 일반적 의견은 비교적 만족이 50%로서 실측에서 나타난 실내공기의 오염도가 매우 높은 것을 감안하면 평상시에는 실내공기질에 관한 거주자의 무관심을 보여주고 있다.

4. 결과와 분석

4.1. 측정인자 분석

본 연구에서 실험 측정된 각각의 측정 인자간의 통계적 유의성을 알아보기 위해 SPSS 통계법을 이용하여 온도·습도·기류·CO₂·CO·NO₂·분진·PM₁₀·라돈·포름알데히드의 상관계수(correlation coefficient)를 구하였다.

Table 2. Correlation in winter time

	Tem.	R.H	CO ₂	CO	A.F	NO ₂	Rn	HCHO	O ₃	Ordor	TSP	PM ₁₀
Tem.	1.000											
R.H	-0.17	1.000										
CO ₂	-0.277	-0.019	1.000									
CO	.008	.481	-.374	1.000								
A.F	.257	.227	.481	-.257	1.000							
NO ₂	-.178	.408	.520	-.016	.245	1.000						
Rn	.185	-.503	.508	-.574	.425	.073	1.000					
HCHO	-.402	.198	.780**	-.245	.601	.603	-.508	1.000				
O ₃	.105	.424	-.141	.784**	-.197	.366	-.434	-.032	1.000			
Ordor	.740**	-.051	-.588	.302	-.026	-.327	-.202	-.581	.381	1.000		
TSP	-.093	.550	-.412	.315	-.087	.035	-.245	.025	.192	-.167	1.000	
PM ₁₀	-.006	.036	-.081	.383	-.054	-.102	-.326	-.130	.339	.507	-.650	1.000

동계의 실내공기오염물질간의 상관성 분석결과에 의한 유의적 수준에서는 O₃-CO(r=0.784), HCHO-CO(r=0.780), 온도-냄새(r=0.740), NO₂-CO₂(r=0.520), 냄새-PM₁₀(r=0.507), HCHO-NO₂(r=0.603), CO₂-냄새(r=0.588) 순으로 나타났다. 또한, 하계 개구부 폐쇄시의 상관성 분석결과에 의하면CO-Rn(r=0.338), CO₂-CO(r=0.238), CO₂-분진(r=0.272), CO₂-Rn(r=0.188)의 유의적 상호관련 인자로 나타났다. 따라서, 유의적 수준에서 나타난 상호결과 값은 0.7 < r < 1.0의 강한 양적선형 관계에서는 오염물질간의 복합오염을 가질 수 있다고 본다.

Table 3. Correlation in summer time

	Tem.	R.H	CO ₂	CO	A.F	NO ₂	Rn	HCHO	O ₃	Ordor	TSP	PM ₁₀
Tem.	1.000											
R.H	-.174	1.000										
CO ₂	-.382	.492	1.000									
CO	-.426	-.233	-.312	1.000								
A.F	.072	-.428	-.110	.007	1.000							
NO ₂	-.486	.517	.264	.238	-.165	1.000						
Rn	-.308	.201	.136	-.228	-.261	.047	1.000					
HCHO	.325	-.247	-.367	-.340	.147	-.274	.433	1.000				
O ₃	.094	.369	.153	-.103	-.615	-.364	.118	-.414	1.000			
Ordor	.163	-.240	.014	-.293	.079	.138	.042	-.132	-.161	1.000		
TSP	.325	-.215	-.210	.198	.310	.172	-.375	-.300	-.230	.244	1.000	
PM ₁₀	.289	-.835**	-.531	.132	.564	-.386	-.404	.208	-.461	.418	.122	1.000

Table 4. Correlations between indoor air population of residential condition

	A · P (satisfaction)	A · P (concern)	A · P (recognition)	A · P (importantness)	A · P (improvement)
A · P (satisfaction)	1.000				
A · P (concern)	-.115	1.000			
A · P (recognition)	-.545	.485	1.000		
A · P (importantness)	-.032	.472	.414	1.000	
A · P (improvement)	-.426	.519	.749	.490	1.000

주) A · P (Air Population) : 실내공기오염

하계의 실내공기 오염물질간 상관성 분석결과에 의한 유의적 수준은 온도-PM₁₀(r=0.578), 기류-PM₁₀(r=0.564), NO₂-습도(r=0.517), 기류-냄새(r=0.504), CO₂-PM₁₀(r=0.440) 등의 상호관련 인자에 의한 유의성이 높은 것으로 나타나 상호관련 오염물질 발생에 따른 영향을 주시할 필요가 있다고 본다.

4.2. 상관관계 분석

실내공기오염에 대한 거주자들의 실내공기 현황에 관한 의견, 동·하계 실내 공기 오염도에 관한 느낌, 외부로부터의 유입에 따른 오염, 머리 상태에 관한 거주자의 만족도, 관심도, 문제도, 중요도, 개선도의 5개 평가 항목으로 구분하여 상호관련 유의성을 분석하였다. 0.7 < r < 1.0의 강한 양적 선형관계에서는 인지도-개선도(r=0.749), 0.3 < r < 0.7인 뚜렷한 양적 선형 관계에서는 관심도-개선도(r=0.519), 관심도-인지도(r=0.485), 중요도-개선도(r=0.490), 중요도-관심도(r=0.472)의 순으로 실내공기오염에 대한 평가항목의 유의적 수준으로 나타났다.

5. 결론

본 연구를 통하여 공단이 밀집하고, 교통량이 혼잡한 초고층 아파트의 실내 공기오염물질의 물리적 평가와 거주자의 의식조사를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

① 온열환경은 온도·습도·기류로서 본 측정에서는 동계의 실내온도 평균은 20.1℃, 습도 29%, 기류 0.08m/s로서 고온·저습·고기밀성을 보여주고 있다. 따라서, 거주 공간에서의 습도저하 문제에 따른 점과 낮은 기류에 따른 쾌적성에 대한 문제가 제기된다.

② 가스상 물질의 CO₂ 농도는 동계의 평균값은 1,051ppm으로 ASHRAE의 1,500ppm, WHO의 920ppm등 국외 기준값을 훨씬 넘고 있다. CO의 농도는 평균 동계 4.0ppm, 하계 4.5ppm이고, 오존 농도는 동계 0.049ppm, 하계 0.025ppm, NO₂는 동계 0.029ppm, 하계 0.025ppm으로 대기환경기준 보다는 낮으나 실내농도란 점을 감안하면 매우 높게 나타났다.

③ 입자상 물질인 부유분진(TSP: Total Suspended Particles)의 농도는 국외의 EPA, 국내 대기환경보전법 보다는 낮게 나타났으나, PM₁₀은 동계 평균

86.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 하계 평균 69.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 매우 높은 농도로 측정되었다.

④ 라돈은 동계 0.91pCi/l, 하계 0.33pCi/l로서 ASHRAE의 1.0pCi/l 보다는 낮으나 신축건자재의 라돈 함유에 대한 영향으로 보인다. 포름알데히드 신축년도에 따른 내부 마감재에 의한 요인과 자동차 LPG 사용연료에 따른 외부로부터의 유입 영향으로 동계 95.7ppb, 하계 94.6ppb의 높은 값을 보이고 있다.

⑤ 측정인자간의 통계적 유의성을 SPSS통계법을 이용하여 상관계수를 구하면, 하계 개방시 유의적 수준은 HCHO-Rn($r=0.601$), 하계 개구부 폐쇄시의 상관성 분석결과에 의하면 CO-Rn($r=0.338$)로 나타났다. 동계유의적 수준의 결과는HCHO-CO₂($r=0.809$)로 높은 유의관계로 나타나 상호관련 오염물질 발생에 따른 영향을 주시할 필요가 있다고 본다.

⑥ 실내공기오염의 평가항목에 따른 상호관련 유의성은 인지도-개선도($r=0.749$), 관심도-개선도($r=0.519$), 중요도-개선도($r=0.490$)로 나타나 실내공기질에 관한 개선이 필요함을 보여주고 있다.

⑦ 실내공기환경의 물리적 평가가 매우 불량함에도 불구하고 주관적 평가에서 거주자 대부분이 만족하고 있다. 이는 도시 오염지역의 고층 주거에 거주하는 현대인은 실내공기오염에 대한 감각이 무디

어 지고 있음을 보여주고 있다.

참고문헌

- 1) 김윤신 외 1인, “도시지역 실내환경 유형별 공기질 특성 평가,” 한국대기보전학회지 Vol. 14, No. 4, pp. 343~360, 1998.
- 2) RICHARD L. CROWTHER., “ECOLOGIC ARCHITECTURE”.
- 3) Nazaroff, William, Kelly Leovic, Editorial- Engineering Solutions to Indoor Air Quality Problems II, Journal of The Air & Waste Management Association, 1998. 10
- 4) 長田 泰公, “環境衛生入門,” 오ーム 社, 1990.
- 5) 石福外3人, “建物のラトワサイクル CO₂分析用 CO₂原單位に關する研究,” 日本建築學會學術講演使覽集 : pp. 881~882, 1995.
- 6) 吉野 博 外 1人, “高斷熱高氣密住宅における熱環境特性と居住者の健康に關する調査,” 日本建築學會計劃系論文集 第507号, pp. 13~19, 1998.
- 7) 朴侯錫, “住宅における揮發性有機化合物の發生ガヌによる影響に關す實測調査,” 日本建築學會計劃系論文集 第509号, pp. 27~32, 1998.
- 8) 吉澤普, “化合物質汚染に關して,” 建築雜誌 Vol. 113, No. 1421, pp. 16~57, 1998.