

실내환경 개선을 위한 환기설비업체 대응방안

박 종 훈 | (주)LG전자 에어컨연구실

책임연구원

E-Mail : timespace@lgc.com

1. 머리말

다중이용시설 등의 실내공기질 관리법의 제정과 개정을 전후로 주거 공간에 대한 공기질 환경이 사회적 이슈가 되고 있으며 이와 관련한 피해사례가 방송·언론매체를 통해 보도됨으로써 인체에 유해하거나 영향을 미치는 물질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있을 뿐 아니라 정부 관련기관에서도 법령 제정에 이어 구체적인 시행령 마련을 위한 연구에 많은 노력을 기울이고 있다. 이처럼 실내공기질에 대한 관심의 고조는 인체에 영향을 미치는 물질의 사용증가에 따라 자각증상을 호소하는 환자가 점차 많아지고 있는 것과 무관치 않으며 건축기술의 발전에 따른 고기밀화·고단열화로 자연환기량이 급속히 줄어 든 원인도 크다.

실내환경에 영향을 미치는 주요 오염원은 표 1에 서와 같이 먼지, 담배연기, 꽃가루 및 균류와 같은 입자상 물질과 각종 냄새, 이산화탄소 및 휘발성 기화합물과 같은 가스상 물질로 알려져 있다.

그동안 실내환경 즉 실내공기질 개선을 위해 건설사에서는 건축자재 품질인증을 획득한 자재를 사용하거나 친환경 페인트와 접착제를 사용하는 등 나름의 대응방안을 마련하여 시행하고 있으나 다양한 오염원을 수용하기에는 턱없이 부족하여 주거용

신축공동주택 건물에 대해서는 환기제품을 이용한 기계환기를 적극 검토하고 있는 실정이다. 환기업체에서는 실내공기질 확보를 위한 건설사의 이러한 노력에 적극 대응코자 다양한 형태의 환기제품을 개발하여 공급하고 있으며 그 동안 축적된 공기청정분야 기술을 환기제품에 적용하려는 시도를 하고 있다.

따라서 본고에서는 주로 주거공간 실내환경 개선을 위한 환기방식별 환기업체의 대응실태와 환기제품을 적용한 사무공간에서의 실험결과를 바탕으로 향후 환기업체가 추구해야 할 방향을 간략히 제시해 보고자 한다.

2. 본 론

환기라 하면 실내의 공기질 확보 또는 온열환경 개선 등의 명확한 환경개선을 목적으로 거주자가 의도적으로 실내외의 공기를 교체하는 행위로 재실자의 건강과 폐적한 주거공간, 작업환경을 유지하기 위한 활동을 말하며 통상의 경우 실내의 온습도나 기류 등에 대해서는 고려하지 않는 것이지만 지난 6월에 개최된 대한설비공학회 하계학술발표회에서의 연구를 보면 공기조화장치와의 연계를 통한 실내환경 통제도 소개되고 있다. 따라서 실내환경을 원하는 조건으로 유지하기 위해서는 공기조화장

표 1. 주요 실내공기 오염물질 및 인체영향

* 입자형상 오염 물질

오염원	주요 발생원	인체 영향
먼지	대기 중의 먼지가 실내유입, 외기, 의복	진폐증, 알레르기 반응
섬유형 입자, 진드기의 배설물 파편	카펫, 애완용 동물, 식품부스러기, 진드기	알레르기 반응
담배 연기	흡연	두통, 피로감, 기관지염, 기관지 천식, 폐렴, 폐암 등
세균	가습기, 냉방장치, 애완동물	각종 질병
진균(곰팡이)	건축재료, 외기, 애완동물	질병, 알레르기 반응
꽃가루	외기	알레르기 반응
석면	단열재, 내화제, 피복제	폐암, 악성 피부종양 등

* 가스상 오염 물질

오염원	주요 발생원	인체 영향
이산화 탄소 (CO_2)	인체, 연소기구	고농도에서 피해발생
일산화 탄소 (CO)	연소기구, 대기오염, 담배	질식
질소 산화물 (NO_2)	연구기구, 대기오염, 담배	폐 자극
포름알데히드 (HCHO)	합판, 단열재, 가구 등	눈, 피부, 점막 자극, 두통, 구역질, 아토피 유발
이산화 유황 (SO_2)	연구기구, 대기오염	눈, 피부, 점막 자극
오존 (O_3)	건식 복사기, 대기오염	눈, 피부, 점막, 상부기도 자극
라돈 (Rn)	바닥 밑 토양, 돌, RC, 지하수	폐암 유발
취기 (냄새)	인체, 조리냄새, 담배	불쾌감

치와의 연계성과 대상공간의 유지성, 확장성 측면에서 기계환기방식을 선택하는 것이 필수적이라 하겠다.

2.1 환기 방식

환기방식에는 크게 자연환기방식과 기계환기방식이 있으며 자연환기방식은 온도차를 이용한 부력

이나 전물면에 닿는 풍력을 이용하는 것으로 계절별, 온도변화별 및 풍량과 풍향의 변화에 따라 환기량이 변하게 되는 결점을 가지고 있다.

이에 반해 기계환기방식은 환기제품을 이용하여 강제적으로 환기를 행하는 것으로 환기의 확실성, 유지성 측면에서 자연환기방식에 비해 유리하다고 볼 수 있다.

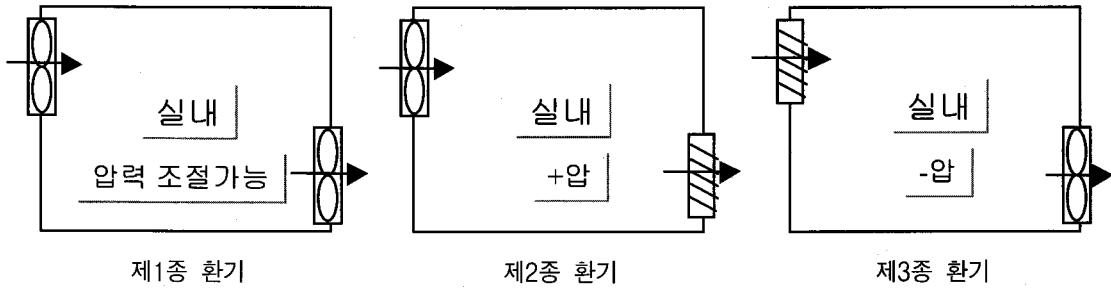


그림 1. 기계환기 방식의 종류

2.2 기계환기 방식의 종류

기계환기의 종류에는 그림 1에서와 같이 제1종, 제2종 및 제3종 환기 방식이 있다. 제1종 환기는 가장 일반적인 경우로 급기팬과 배기팬이 있어 실내 외 공기를 교환하는 방식으로 급기구와 배기구의 위치에 따른 기류분포를 고려해서 설치해야 하며, 제2종 환기는 대상공간에 급기 팬을 이용하여 정압(양압)을 유지할 필요가 있는 경우에 사용하는 것으로 병원의 수술실이 대표적인 경우이다. 제 3종 환기는 취기, 수증기 등의 오염원 가까이에서 실내화산을 방지하고자 하는 경우에 부압을 걸어 주는 방식으로 주로 화장실, 욕실 및 주방 환기에 적용하고 있다.

통상의 경우 제1종 환기시스템의 급배기 팬을 이용하여 양압과 부압을 조정할 수 있으나 환기방식의 선택은 목적과 경제성을 고려하여 적절하게 선택하는 것이 바람직하다.

기계환기는 또 대상영역에 따라 전반환기(전실환기)와 국소환기로 나눌 수 있는데, 전반환기는 주거공간 전체의 기류분포까지 계획하여 실내에서 발생하는 오염공기를 희석, 확산, 배기하는 것으로 오염원 가까운 곳에서의 기류분포와 환기방법을 충분히 사전에 검토하여야 한다. 국소환기는 오염원 가까이에 배기 후드(Hood)를 설치하여 열, 수증기,

취기 등의 오염공기를 비교적 적은 환기량으로 실내의 환경을 유지하는 것으로 경제성 측면에서의 장점을 가지고 있어 경우에 따라 적용 가능한 것으로 보인다.

2.3 주거공간에 대한 환기업체 대응 현황

국내의 많은 환기업체에서 사무공간에 적합한 환기제품 개발에 이어 신축 공동주택을 위주로 환기제품을 소개하고 있는데 이는 일반 주택의 경우 비교적 폐적한 장소에 위치한 것과 적절한 규모의 경제성을 갖지 못한 이유로 보인다. 그러나 일반 주택의 경우에도 자연환기량으로는 충분히 폐적한 실내 환경을 유지할 수 없으므로 이에 대한 연구를 통해 기준을 제시하려고 정부기관에서 준비 중인 것으로 알려져 있다.

S전자의 경우 신축아파트의 모델 하우스와 대한설비공학회 하계학술발표대회에서 벽부형 공기청정 겸용 환기유닛을 환기시스템과 연결하여 실내공기 중의 농도를 희석, 저감시키거나 외부로 배출, 제거시킬 수 있는 주거용 공기청정겸용 환기시스템을 그림 2와 같이 제안하고 있다.

이는 발코니 공간 혹은 실외기실에 설치되어 실내의 오염된 공기를 배출하고 신선 외기를 실내 유닛으로 공급하는 실외환기 유닛과 방 또는 거실의

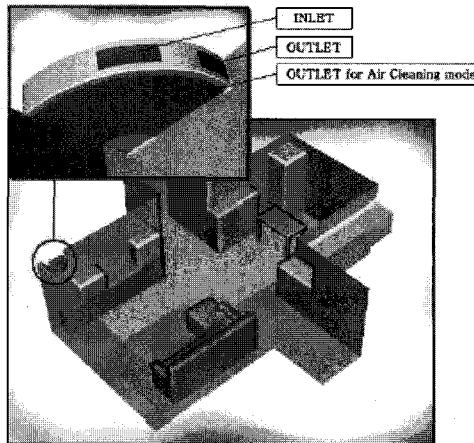


그림 2. S전자 공기청정 유닛 형상 및 설치개념도

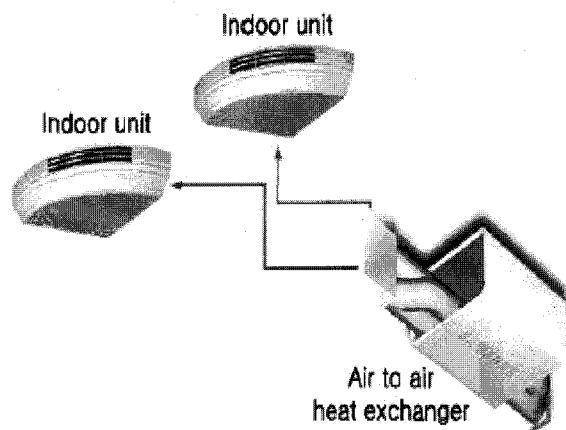


그림 3. S전자 환기제품 및 공기청정 유닛 구성도

천장 모서리에 불박이로 설치되어 실외환기 유닛에서 공급된 신선공기를 거주 공간에 확산, 취출하고 실내의 오염된 공기를 실외환기 유닛에 보내어 배출하는 배기구 기능을 하는 실내 유닛으로 구성되어 있다.(그림 3)

이 환기제품과 공기청정 유닛은 제 1종 환기방식에 국소환기 기능을 갖는 시스템으로 안방과 거실 공간에 대한 설치구성을 보여주고 있다. S전자, S건설 및 D대학교에서 공동으로 실시한 CFD 해석 결과를 보면 각각 두 개의 흡입구와 배기구를 가진 매립덕트형에 비해 무덕트 모서리 설치형 환기(공기청정유닛 미가동) 제품이 94.6%의 환기효율을 나타내고 있으며 환기효율 자체로서는 경제성을 가지고 있다고 보여 진다. 그러나 환기와 공기청정유닛을 동시에 가동하였을 경우에도 총휘발성유기화합물(톨루엔 기준) 실험결과 다중이용시설 등의 실내공기질 관리법에서 제시하는 기준 $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 다소 높은 $599.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났다. 이는 공고의 무가 있는 건설사에겐 다소 부담이 되는 수치로 환

기제품의 용량선정에는 신중을 기해야 할 것으로 보인다.

D건설연구소에서는 온돌매입형 급기시스템 실험을 통하여 적용가능성을 타진하고 있는데 그 구성은 그림 4와 같다.

이 시스템은 추운 겨울날 발생하기 쉬운 콜드 드래프트(Cold Draught)를 해결하기 위한 해법으로 온돌구조체에 급기배관을 매입하여 겨울철 난방 시 온돌구조체의 열에 의해 도입외기를 가열하는 시스템이다. 이 온돌매입형 환기시스템은 국내 D사 제품으로 장점은 콜드 드래프트 방지와 온돌을 이용 하므로 별도의 가열 열원설비가 필요 없고 천장속 고가 낮아 매립덕트가 어려운 시공상의 문제점을 동시에 해결 가능한 것으로 부산 A아파트에 적용을 검토하고 있는 것으로 알려져 있다.

이 온돌매입형 환기시스템은 급기방식 즉 제 2종 환기방식으로 구성되어 있으며 급기풍량은 119~125CMH(실험은 51평형 거실)로 32평 아파트를 기준으로 할 때 0.45회/시간 정도의 환기량을 가지게

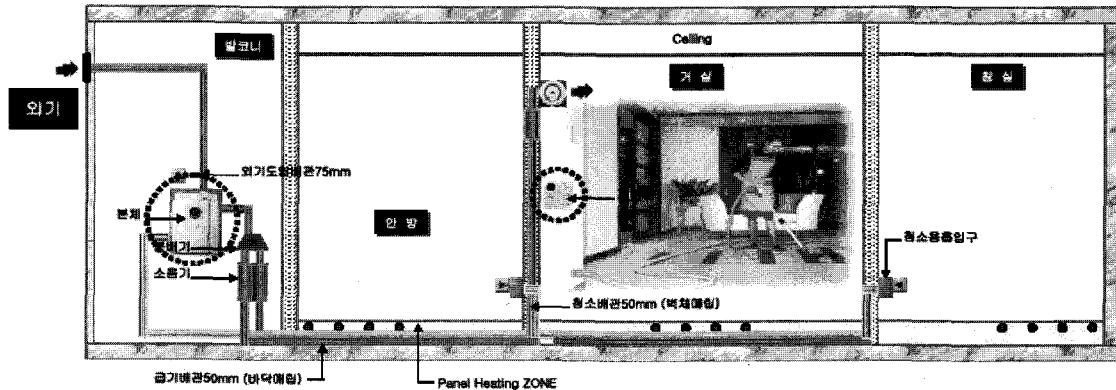


그림 4. D건설연구소 실험 온돌매입형 환기시스템 개요

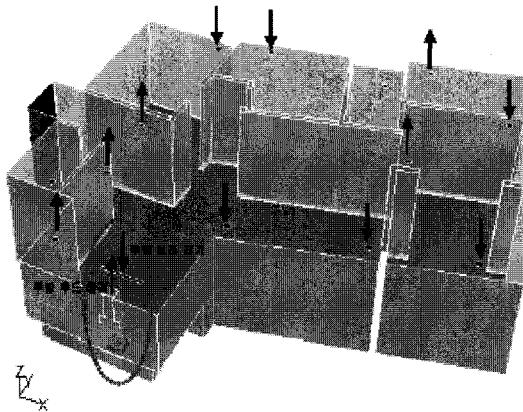


그림 5. P건설 거실+주방 환기 급배기 위치도

된다. 이는 일본의 건축기준법에서 제시하는 주택 거실의 0.5회/시간에 다소 못 미치는 것으로 급기구가 한 곳일 뿐만 아니라 급기배관의 단면적(50Φ)이 작고 온돌과의 열교환을 위한 길이가 길어 발생하는 정압과 동압 손실에 따른 풍량 저하가 원인으로 보인다. 소음측면에서 단면적 축소에 따른 풍속의 증가로 다소 문제가 발생할 여지가 있으므로 실험 결과에서도 제시하는 바와 같이 취출공기를 20°C로 맞추고 소음을 줄이기 위해서는 디퓨저 개수를 증

가시켜 매입배관 내의 풍속을 저감시키는 것이 좋을 것이다.

P건설에서는 A사의 환기제품을 이용하여 아파트에 실험한 결과를 소개한 바 있는데 이에 따르면 주방과 실내공간을 하나의 통합된 실내공기질 환경으로 접근하여 실내공기질 환경개선을 시도하고 있다. (그림 5)

상기 실험에서는 주방에서 발생한 오염물질 및 열에 대하여 연구영역을 주방으로 한정시킨 것이 아니라 주거공간 전체에 대하여 실제 시공된 사례를 토대로 수치해석 기법을 이용하여 실험을 진행한 것으로 제 1종 환기장치 가동여부가 실내온도 변화에 큰 영향을 미치지 않으며 전열교환기를 사용할 경우 실내의 급격한 습도변화를 방지하므로 환기장치 가동이 유리하다는 결과를 나타냈다. 그리고 주방의 레인지 배기후드(300CMH)와 주방보조급기(300CM)의 사용은 환기장치 사용여부에 관계없이 주방으로부터의 오염물질 확산 방지에 도움이 되고 있다. 즉, 환기장치 사용은 주방요리 시 실내 이산화탄소 농도의 급격한 증가를 방지해 주고 있으며 주상복합아파트에서 전열교환을 통한 환기

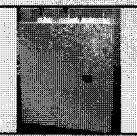
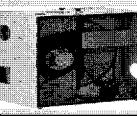
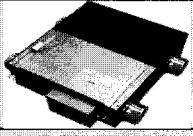
	업체명	제품 Image	특징
전 열	LG		<ul style="list-style-type: none"> • 전열교환기 Type • 전열교환환기(여름/겨울) 및 보통환기(봄/가을) • 절환 가능
	삼성		<ul style="list-style-type: none"> • 전열교환기 Type • 한방향 급배기구 구성
	STK		<ul style="list-style-type: none"> • Rotary Type (회전하는 드럼을 통한 전열교환 방식)
	Ace Lab		<ul style="list-style-type: none"> • 전열교환기 Type
	National		<ul style="list-style-type: none"> • 전열교환기 Type
현 열	알데스 코리아		<ul style="list-style-type: none"> • 별도 습도조절기 추가 가능
	웅진		<ul style="list-style-type: none"> • 중.대형 알루미늄 열교환 소자 개발

그림 6. 국내주요 업체의 열교환 방식 비교표

가 실내 온도와 습도 유지에 효과적인 것을 실험을 통해 증명한 것이다.

앞에서 살펴 본 건설사와 환기업체의 공동대응을 통한 실내공기질 확보 노력은 대표적인 경우로 이 외의 모든 건설사와 환기업체가 실내공기질 환경개선을 위한 노력을 기울이고 있다.

2.4 현열교환 방식과 전열교환 방식

국내에서 유통되고 있는 환기제품의 열교환 방식

을 정리해 보면 그림 6과 같다. 국내에 유통되고 있는 환기제품의 대부분은 전열교환 방식을 채택하고 있으나 일부 업체는 현열교환 방식을 채택하고 있다. 현열과 전열교환 방식은 그 나라의 특성에 따라 적용이 다르나 한국의 경우 여름에는 외기의 습도가 높고 겨울에는 실내의 습도가 높으므로 습도 보존 측면에서는 전열교환 방식이 더 바람직하다고 볼 수 있다. 그러나 중.대형의 환기제품에는 현열교환이 더 바람직한 경우가 있어 필요에 따라 알맞은

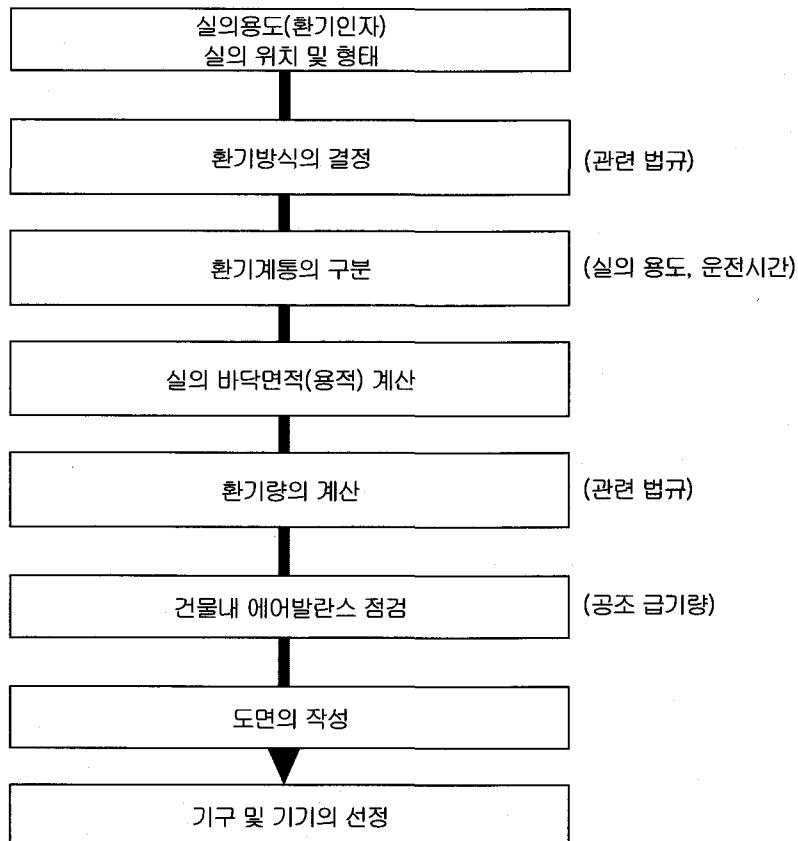


그림 7. 환기설계 프로세스

선택을 하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

2.5 사무공간에 대한 환기제품적용 사례

특정 건물에 환기제품을 적용하기 위한 프로세스는 통상 그림 7과 같은 흐름으로 진행되어 진다.

먼저 대상공간의 용도와 위치, 형태를 파악하여 환기방식을 결정하고 환기계통과 대상공간의 용적을 계산한 후 환기량을 결정하여 이후 건물 전체의 에어 밸런스를 고려하여 도면을 작성 후 적절한 환기제품을 선정하는 순으로 진행이 된다.

다음은 서울 종로구 농협에 설치한 LZ-H800

SB(L전자) 환기제품에 대한 실험결과를 소개하고 사무공간에 설치되었을 때의 효과를 검증해보고 올바른 제품선택에 대한 방향을 제시코자 한다.

그림 8은 리모델링(Remodeling)을 한지 얼마 되지 않은 곳의 대상공간 개략도로 환기제품이 2대 설치되어 있는 모습을 보여주고 있다.

대상공간에서 실험한 오염물질은 실내의 주요 오염원인 이산화탄소(CO₂), 포름알데하이드(HCHO)와 총휘발성유기화합물(TVOC)이며, 이산화탄소의 경우 그림 9와 같이 환기제품 정지 시와 운전했을 시의 차이가 나고 있음을 알 수 있다.

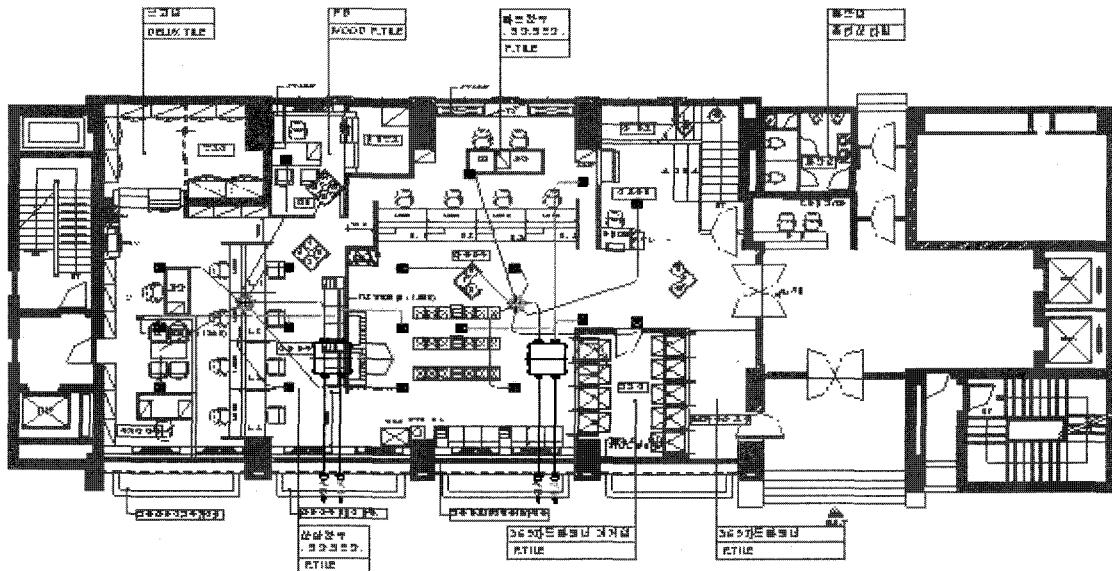


그림 8. 실험대상 공간의 환기제품 설치개략도

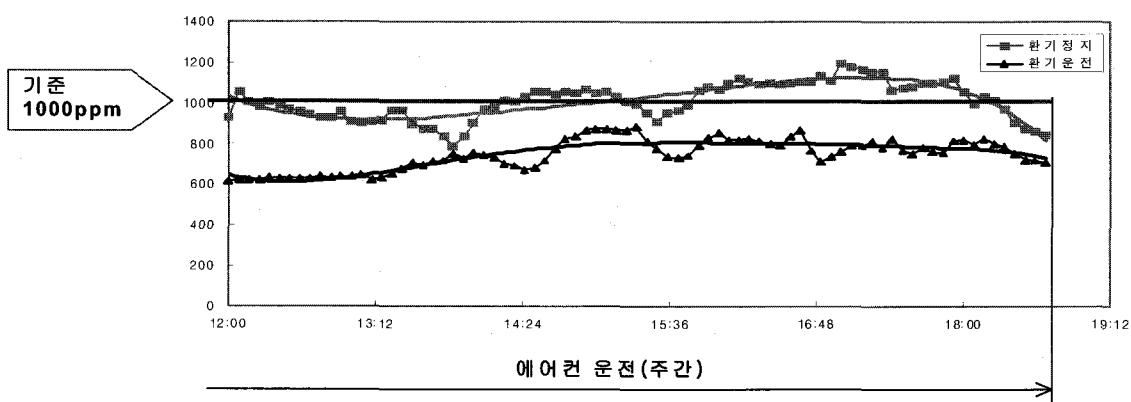


그림 9. 이산화탄소(CO₂) 측정 결과

상기 그래프를 보면 환기제품 정지 시에 다중이용 시설 등의 실내공기질 관리법에서의 유지기준인 1000ppm을 주간에 최대 1.2배가량 초과하는 것으로 나타났으나 환기제품을 가동시켰을 때는 전 시간대에 걸쳐 이산화탄소 기준을 만족하는 것으로

나타났다. 비록 최고치가 심각한 수준은 아니라고 판단되나 실험대상 공간에 월말 등에는 인원이 많이 몰리는 시기가 있으므로 다른 오염물질의 제거 성능을 파악한 후 적절한 용량을 결정하는 것이 바람직하다고 할 수 있겠다.

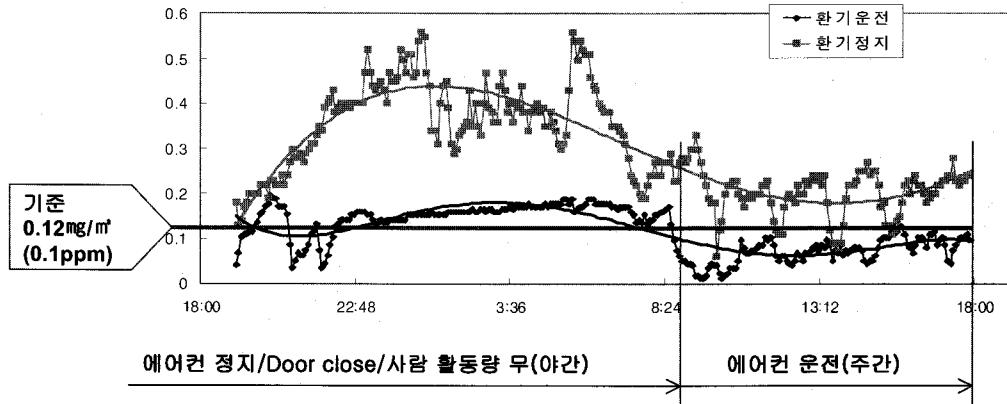


그림 10. 포름알데히드(HCHO) 측정 결과

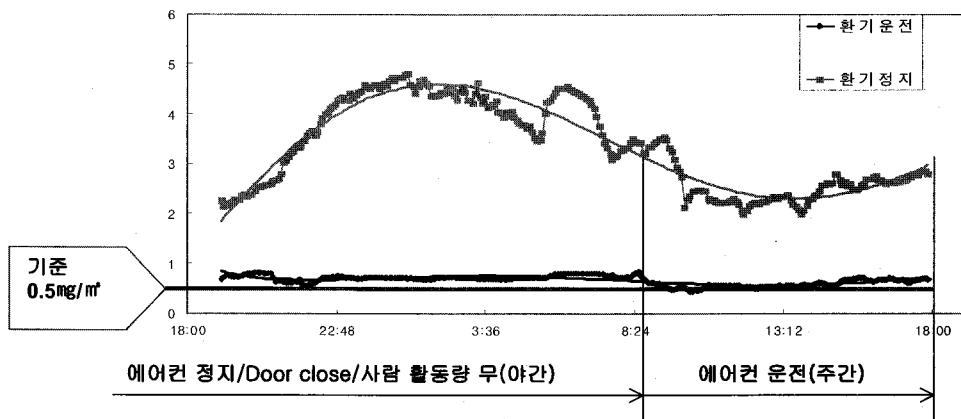


그림 11. 총휘발성유기화합물(TVOC) 측정 결과

포름알데히드(HCHO)의 실험결과는 그림 10에서와 같이 에어컨이 정지된 야간에는 최고치가 0.45 mg/m^3 으로 기준대비 4배 이상 상승하였고 에어컨이 가동되고 출입이 잦은 주간에도 기준보다 1.2~2배 정도의 포름알데히드가 방출되고 있음을 알 수 있다. 환기제품을 가동시켰을 때에는 주간에는 기준치보다 다소 낮은 상태를 유지하고 있으나 야간에는 기본적으로 방출량이 많아 환기제품으로도 기준

치 이하로 유지하지 못하고 있음을 볼 수 있다. 따라서 환기용량 결정 시에는 주요오염물질의 배출량과 농도를 근거로 환기용량을 선정하는 작업이 절대 필요하다고 보인다.

그림 11은 토탈 휘발성유기화합물을 측정한 실험결과로 에어컨이 정지된 야간에는 최고치가 4.7 mg/m^3 으로 기준대비 9배 이상 상승하고 출입이 잦은 주간에도 기준보다 5~6배 높은 $2.5\sim3.0 \text{ mg/m}^3$ 을

나타내고 있다. 총휘발성유기화합물의 경우 환기제 품을 가동시켰을 때에도 주간과 야간에 걸쳐 1~1.4배로 기준치를 초과하는 것으로 나타났다. 이로 미루어 환기제품의 용량보다 방출되는 휘발성 유기화합물의 량이 많아 이 제품으로는 적절하게 제거를 하지 못하고 있음을 알 수 있다.

비록 상기의 환기제품이 환기설계 프로세스에 따라 선정되었다고 하더라도 실제 발생하는 오염물질의 량을 측정하지 않고서는 정확한 필요환기량을 알기 어렵다는 것을 알 수 있다.

따라서 현재의 상태에서 가장 최선의 방법으로는 24시간 상시환기를 통해 휘발성 유기화합물과 포름알데히드를 지속적으로 제거하는 것이 가장 바람직한 방법으로 보인다.

상기 실험결과에서와 같이 사무 공간에서의 적절한 환기제품 선택이 중요함을 알 수 있는데 다양한 공간에서의 실내공기질 향상을 위해 건설사에서는 유해오염물질이 방출되지 않는 건축자재 등을 사용하여 유해물질의 절대량을 줄이는 노력을 해야겠고 환기업체는 실내공간에서 이차적으로 발생하는 오염원을 적절하게 제거할 수 있는 환기제품을 개발하여 제공하여야 할 것이다.

3. 맺음말

이제까지 살펴 본 주거용 공동주택에 대한 건설사와 환기업체의 대응실태와 사무공간에서의 환기제품 실험결과를 토대로 실내공기질 확보를 위한 동향을 정리해보면,

1) 환기업체는 각 건설사와 유기적인 관계를 가

지고 실내공기질 향상을 위한 다양하면서도 적극적인 대응책을 제시하고 있고,

2) 에너지 절약과 기후 특성을 고려하여 제 1종 환기방식과 전열교환방식 위주로 환기제품 개발을 시도하고 있으며,

3) 목적에 따라 전반환기와 국소환기에 대해 적절히 대응 하고 있다.

4) 사무공간뿐만 아니라 주거공간에서도 환기제품을 선택할 때 가장 고려되어야 할 오염물질은 이산화탄소보다는 포름알데히드(HCHO)나 휘발성유기화합물 등의 유해물질로 보인다.

실내공기질의 향상은 국민건강과 밀접한 관계를 가지고 있어 정부 관련기관 뿐만 아니라 건설사와 환기업체에서도 많은 노력을 기울이고 있으나 아직 국민들 사이에 이에 대한 인식은 부족한 상태이다. 이번 다중이용시설등의 실내공기질관리법 시행으로 이러한 인식에 다소 변화가 있으므로 정부관련 기관과 환기업체에서는 주거공간 실내공기질 확보를 위한 다양한 요구를 지속적으로 수렴하여 적절한 해결책을 제시해야 하겠다.

- 참고문헌 -

1. 한국공기청정협회, 2003, 공기청정편람 제6장 일반빌딩의 공기청정
2. 김재수.윤해동 공저, 2003, 공기조화설비, 제11장 환기 및 배연설비
3. 대한설비공학회, 2004, 2004년도 하계학술발표 대회 논문집