

건설업계의 다중이용시설 공기질 개선을 위한 대책방안

건설업계의 다중이용시설의 공기질 개선을 위한 대책방안을 아파트 환기시스템을 중심으로 소개한다.

박 명 식

현대건설(주)기술개발원 (mspark@hdec.co.kr)

류 호 열

현대건설(주)기술개발원 (hyryu@hdec.co.kr)

이 상 형

현대건설(주)기술개발원 (hdshlee@hdec.co.kr)

서론

최근 새집증후군과 관련하여 건설업체들의 움직임이 상당히 빨라지고 있다. 금년 5월부터 공동주택의 실내공기질 법규가 강화되어 발효되는 것에 발맞추어 신규 분양되는 아파트를 대상으로 그동안 개발되어 온 친환경 기술을 모두 적용하여 예상되는 법규의 가이드라인보다 강화된 선진국 수준의 청정한 실내공기환경 조성에 최선의 노력을 다하고 있다. 이것은 최근 관심이 고조되고 있는 “well-being”바람에 편승하여 소비자들의 많은 호응을 얻을 것으로 보인다. 즉 아파트 공기질과 관련한 사회적 수요조건이 창출되었다고 판단된다.

건축내장재중 가구나 합판, 마루판등에서 발생하는 포름알데히드에 일정농도이상으로 장기간 노출되는 경우 심하면 기억상실, 기관지 천식과 암에 걸릴 위험이 높아지며 페인트, 바닥재, 벽지에서 발생하는 벤젠, 톨루엔 등 휘발성 유기화합물 또한 각종 암을 유발하는 것으로 알려져 있어 그동안 주거환경의 공기질에 대해서 규제가 필요했던 것이 사실이다. 각 건설사들의 공통된 움직임은 실내공기질 관련 개선 전담팀 신설과 자체 노하우를 활용하여 실내공기질 가이드라인을 수렴 일차적으로 벽지, 바닥재, 가구등 주요 건축자재에 대해서 한국공기청정협회의 친환경 건축자재 품질인증을 획득한 오염물질 저방출자재를 주로 사용하고 이차적으로는 실내에서 발생하는 오염물질을 신속히 실외로 배출시키는 고성능 환기시스템을 설치하여 실내공기질을 쾌적하게 유지

시킬 계획이며 창이나 샷시의 일부분을 환기구로 활용하는 무동력 자연환기시스템도 적용할 예정인 것으로 알려져 있다. 또한 이미 분양되어 시공중인 아파트는 공정에 지장을 주지 않는 범위에서 가급적 친환경 자재로 변경하여 시공할 계획이다. 상승되는 공사비 부담에 대해서는 효율적인 경영관리와 부대비용 절감을 통해 가급적 소비자에게 전가하지 않는 방향으로 검토중인 것으로 알려져 있다.

한편 “다중이용시설등의 실내공기질 관리법”에 의하면 금년 5월 이후 사업승인을 신청하는 100세대 이상의 공동주택은 포름알데히드(HCHO)와 휘발성 유기화합물(VOCs)의 농도를 측정하여 게시하는 것이 의무화 되어 있어 소비자들의 비상한 관심을 모으고 있다.

이미 법적용을 받지 않고 건축되고 있거나 이미 입주한 아파트의 주민들도 실내공기질 측정요구가 잇따를 것으로 예상되며 건설회사별로 범시행에 대비한 대책수립에 고심하고 있는 것으로 알려져 있다. 예를 들어 신문매체(매일경제신문 4.18)에서 공지한 바와 같이 이와 관련된 일부 건설사들의 움직임이 두드러지게 나타나는데 삼성물산의 경우 아파트 주거성능 등급제를 도입하고 건강주택임을 가동하며 자체 개발된 판상형아파트 환기시스템을 시현해 보이고 있다. LG건설은 중앙정수, 집진시스템 적용 및 환기시스템 개발을 추진하고 있다. 대우건설은 환기유도를 설계에 적용하며 대림산업에서는 샘플하우스에서 친환경 마감재에 대한 실험 및 개발을 추진하고 있다. 또한 현대산업개발에서는 친환경 마감재



육선설치, 환기시스템 개발을 추진하고 있으며 주택 공사에서는 자연환기시스템 개발에 주력하고 있다. 한편 일본의 경우 2003년 7월 1일부터 건축기준법에 Sick House 대책에 관한 규제를 명기하여 기계환기 설비의 설치를 의무화하고 있다. 본 고에서는 아파트 공기질 관련 건설사들이 대처할 수 있는 일반적인 환기 방안에 관해서 소개하고자 한다.

아파트 실내에서 발생하는 오염물질

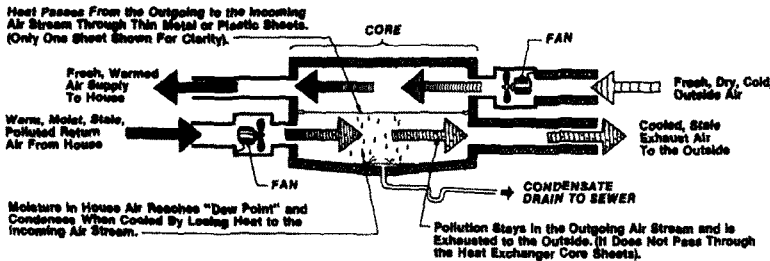
일반적으로 아파트 실내에서 발생하는 오염물질에는 다음과 같은 것들이 있다. 건자재, 내장 마감재 관계에서 합판은 포름알데히드가 많이 방출되는 편이고 천정타일도 역시 포름알데히드, 도료에서는 VOCs, 카펫, 커튼등에서는 포름알데히드, 유기화합물, 진균, 곰팡이, 진드기, 분진등이 검출된다. 콘크리트, 석고보드등에서는 라돈이 많이 방출되는 것으로 알려져 있다. 거주자의 활동관계에서도 오염물질이 방출되는데 우선 인간, 동물의 대상에서 암모니아, 알러젠등이 방출되고 청소기 사용시 유기가스, 냄새, 수증기, 분진등이 방출된다. 세제를 사용하는 청소시에는 곰팡이, 세균, VOCs등이 검출되며 살충제 사용시에도 VOCs가 방출된다. 흡연시에는 분진, CO, 질소산화물, 포름알데히드, 시안화수소, 방사성원소, VOCs등이 방출된다. 한편 토양에서도 라돈가스가 방출되는 것으로 알려져 있다. 실내에

존재하는 건축기계설비관계에서도 냉각탑에서 진균, 세균(레지오넬라균)이 검출된다. 정전기식 공기청정기, 복사기에서는 오존이 가습기에서는 진균, 세균등이 발생한다. 가스식 연소기구에서는 CO, CO₂, NO_x, SO_x, 알데히드류, VOCs등이 방출된다.

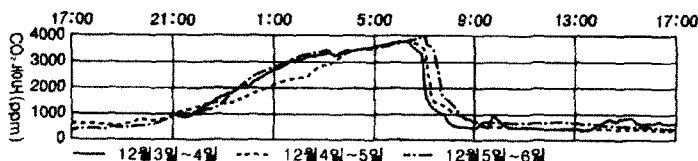
오염방지대책으로서의 환기시스템

오염방지대책으로서 생각할 수 있는 것 중, 가장 일반적이면서 또한 실용적인 것이 환기이다. 환기이외의 방법도 생각할 수 없는 것은 아니지만 현재까지 실용화된 것은 그다지 많은 것 같지 않다. 일본의 건축기준법에서는 “포름알데히드를 방출하는 자재를 사용하지 아니하는 경우에도 가구에서의 방출이 있기 때문에 원칙으로는 모든 건축물에 기계환기설비의 설치를 의무화한다.”고 명시되어 있다. 기계환기장치의 대표적인 예는 하절기나 동절기에도 환기를 실시하면서 에너지를 절감시킬 수 있는 “폐열회수기”이다. 이것은 공기가 급배기되는 장치의 중간에 열교환소자를 활용하여 실내의 에너지가 외부로 방출되는 것을 막아주고 이러한 과정에서 결로수가 생성되어 드레인을 통하여 배출되는 구조를 갖추고 있다. 대표적인 폐열회수기의 장치도를 그림 1에 나타내었다.

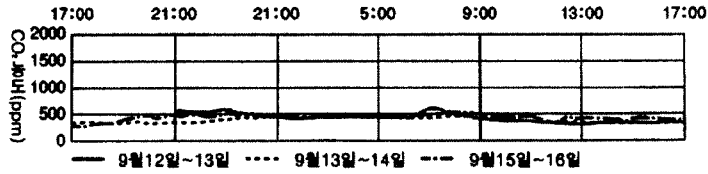
그림 2는 환기횟수가 0.1회/h정도가 되는 고기밀이면서 전술한 기계환기설비가 없는 아파트의 실내



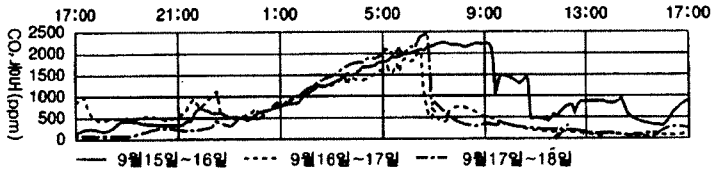
[그림 1] 폐열회수기



[그림 2] 고기밀아파트에서 기계환기설비가 없는 실내침실에서 CO₂측정결과

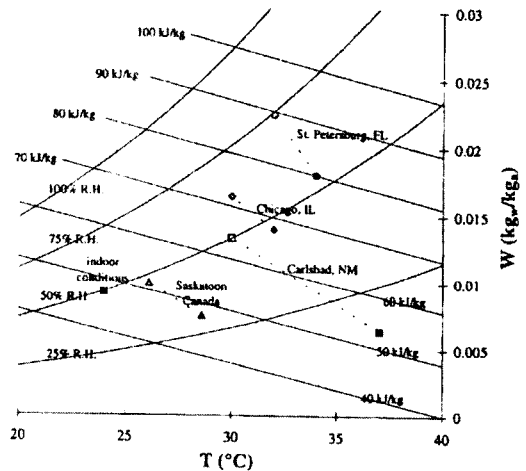


[그림 3] 고기밀아파트에서 기계환기설비가 정상운전되는 실내침실에서 CO₂측정결과



[그림 4] 고기밀아파트에서 기계환기설비가 정상운전되지 않는 실내침실에서 CO₂측정결과

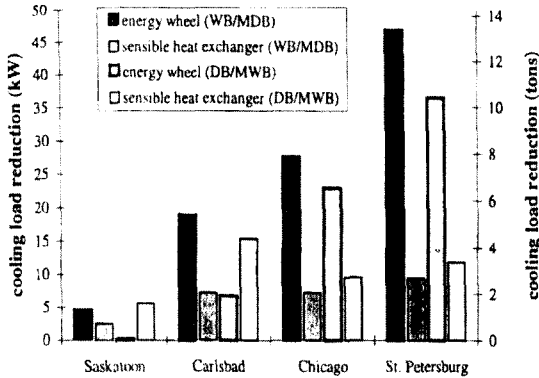
침실에서의 측정결과이다. 이 경우 부부가 9시경 창을 꼭 닫고 취침하는데 아침 7시에 창을 열 때에는 CO₂농도가 4000ppm에 달하고 있는 것을 알 수 있다. 참고적으로 국내에서 CO₂는 1000ppm이 기준치이다. 이 집의 경우 단지 2명이 지는 것 뿐인데 CO₂가 이 정도의 고농도가 된다고 하면 개방형의 연소기구를 사용하거나 흡연행위를 하거나 화학물질등을 대량으로 발생시키는 전자재나 가구를 실내에 설치하면 심각한 공기오염문제를 일으킬 우려가 있다고 할 수 있다. 한편 그림 3에 나타난 것은 이와 유사한 고기밀 아파트이지만, 기계환기시스템이 설치되어 있고 그것이 올바르게 사용된 경우의 측정결과이다. CO₂농도는 500ppm밖에 올라가지 않아 실내의 공기환경이 외기와 비슷하게 양호하게 유지되는 것을 알 수 있다. 그리고 동일하게 환기시스템이 갖추어져도 그것을 거주자가 꺼버리는 경우에는 그림 4에 나타난 바와 같이 해가 뜰 무렵에는 CO₂농도가 2500 ppm까지 올라가는 것을 알 수 있다. 즉 고기밀 아파트에 있어서 기계환기시스템이 갖추어져 있고, 이것이 항상 바르게 운전되어야 할 필요가 있다는 것이다. 당연하게 지켜지지 않는 것은 “전기요금이 아깝다”라는 느낌이 있기 때문이라고 생각된다. 고기밀아파트에서는 24시간의 상시환기가 반드시 필요한 것이며 이것을 아파트에서의 거주경험이 적은 거주자의 판단으로 중지시켜 버리는 것은 그림 4에 보이는 바와 같이 상당히 위험이 따르는 것이므로 고기밀아파트의 주거방식에 관한 지식을 철저히 이



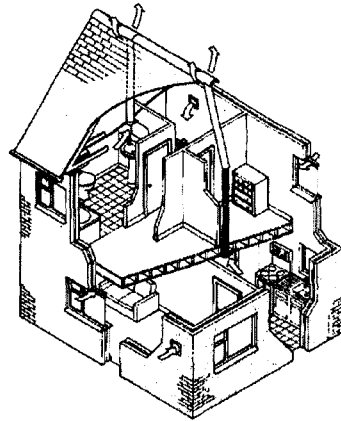
[그림 5] 미국에서 폐열회수기 사용시 공기선도상의 운전점 분포

해함과 동시에 이와같은 기계환기시스템은 거주자가 가볍게 생각하여 중지시키지 않도록 하는 배려가 필요하다고 생각된다.

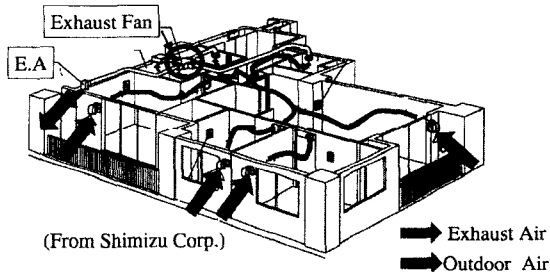
미국에서 각지역별로 폐열회수기를 사용할 경우의 실험결과를 그림 5에서 보여주고 있다. 미국에서는 지역별로 편차가 크게 나타나고 있다. 그림 6에서는 그림 5와 같은 상황에서 각 지역별 에너지 절감량을 도시하고 있다. 폐열회수기를 사용할 경우에 그림 2 ~ 6의 결과로 판단해보면 분명히 에너지도 절감되고 환기성능도 많이 향상되는 것을 알 수 있다.



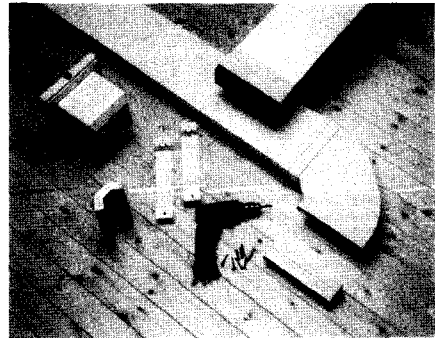
[그림 6] 미국에서 폐열회수기의 종류에 따른 지방별 냉방 부하감소량



[그림 7] 3종환기방식의 환기시스템



[그림 8] 전형적인 1종환기방식의 환기시스템



[그림 9] 단면의 중횡비가 큰 플랫덕트시스템

환기시스템의 소개

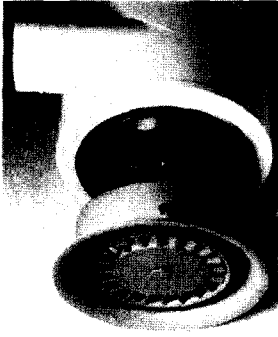
가장 기본적인 환기방식은 아마도 배기만 실시하는 3종환기 방식일 것이다. 이것은 그림 7에서 보이는 바와 같이 실내의 중앙부위에서 강제배기를 하고 자연환기구를 외벽이나 창에 설치하여 상시 신선외기가 실내로 도입되도록 하는 방법이다. 그러나 이 방법은 효율적으로 급배기하는 방법을 정량적으로 잘 나타내는 지수인 환기효율을 조정하기가 무척 어렵다. 즉 실내 구석구석까지 신선외기를 급기하는 것은 어렵다고 할 수 있다.

3종환기보다 조금 더 발전된 형태가 우리가 일반적으로 주상복합건물에 적용하고 있는 그림 8에 도시한 1종환기 방식이다. 이방법을 사용하면 원하는 곳의 급기와 배기의 위치에 따라 환기효율을 쉽게 조정할 수 있게 된다.

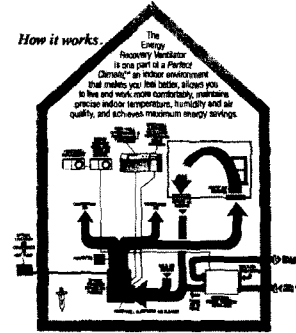
그러나 이러한 시스템을 일반 판상형 아파트에 도

입하기 위해서는 층고제한의 문제가 발생된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 개발된 덕트시스템이 그림 9와 같은 단면의 중횡비가 큰 플랫(flat) 덕트 시스템이다. 또한 그림 10에서 제시한 바와 같이 급배기구인 디퓨저도 일반 멤퍼만 달린 디퓨저가 아니라 필터링 기능이 있는 디퓨저로 개발되고 있다. 사진에서 소개된 디퓨저의 경우에는 SO₂, NO₂, O₃, BTX(벤젠, 톨루엔, 자일렌) 등의 필터링기능을 갖추고 있다.

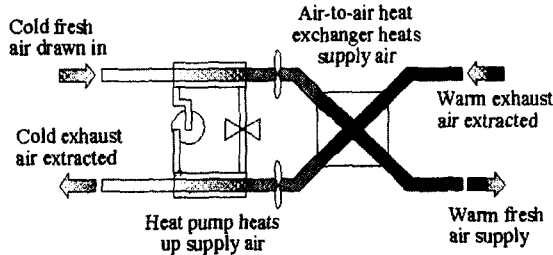
전술한 기계환기설비를 사용하기 위해서는 외기가 신선해야 된다는 제약조건이 있다. 만일 실내에서 방출되는 VOCs나 포름알데히드를 제거하기 위하여 외기를 도입하였는데 공교롭게도 교통량이 많은 지역이라서 외기로부터 신선한 공기가 아니라 CO, CO₂, NO₂, SO₂ 등의 자동차 배연가스가 실내로 유입될 가능성도 있다. 그러므로 아파트를 건립하기 이



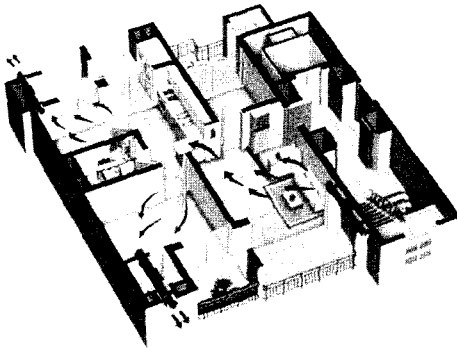
[그림 10] 필터가 부착된 디퓨저



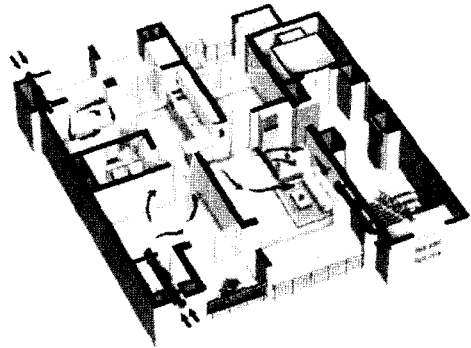
[그림 11] 공기정화기와 같이 사용하는 폐열회수시스템



[그림 12] 열펌프가 부착된 폐열회수기 개념도



(a) 정방향 순환류 형성



(b) 역방향 순환류 형성

[그림 13] 시간경과에 따른 무덕트시스템 운전

전에 외기의 신선도부터 조사해야 되는 것이 아닌가 싶다. 또한 실내에서 방출되는 물질중에서 전자재가 아닌 의복등에서 방출되는 부유분진등도 있으므로 그림 11에서 나타낸 바와 같이 실내에는 외기를 도입하는 폐열회수기 외에도 분진 및 다른 가스를 제거하는 공기정화기도 동시에 같이 사용하는 것이 바람직하다고 본다. 최근에는 그림 12에서 보이는 바와 같이 폐열회수기 자체에 열펌프(heat pump)가 부착되어 생산된 제품도 출시되고 있다. 이를 사용

하면 적은 용량의 전기에너지를 사용하여 동절기에는 실내에 따뜻한 공기를 하절기에는 실내에 시원한 공기를 급기할 수 있게 된다. 열펌프의 성적계수 COP가 일반적으로 3이 넘으므로 이는 효율적인 냉난방기의 역할도 병행할 수 있을 것이다.

이밖에도 더 좋은 방법들이 많이 있을 것이나 지면 관계상 한가지만 더 소개하고 마감을 할까 한다. 그림 13에는 일반 판상형 아파트(기존 아파트 포함)에 적용할 수 있는 무덕트 환기시스템을 소개하였



다. 이것은 시간의 변화에 따라서 바람의 방향을 변
환시켜 주므로 가장 저렴하게 환기횟수를 증대시킬
수 있을 것이다.

결 론

현대건설에서는 하이페리온급 고급 아파트의 경
우, 그동안 시공해 오고 있는 열교환 환기시스템을
기본 품목으로 지속 적용함은 물론, 공기청정, 향공
조(아로마테라피), 습도제어기능을 부가한 차세대
환기시스템을 개발, 설계 반영할 계획이다. 한편, 홈
타운급 일반 아파트에 대해서는 협소한 설치공간등
을 고려하여 콤팩트형 열교환 환기시스템을 제조업
체와 공동 개발하여 곧 시행할 예정이다.

참고문헌

1. 이케다 쿄우이치, "실내공기오염의 원인과 대
책", 수도프리미엄엔지니어링 출판부, 2004.
2. D. R. Irwin, C. J. Simonson, K. Y. Saw, R. W.
Besant, "Contaminant and Heat Removal
Effectiveness and Air to Air Heat/Energy Recovery
for a contaminated Air Space", TO-98-1-1, 1998.
3. S. C. Carpenter, J. P. Kokko, "Radiant Heating
and Cooling, Displacement Ventilation with
Heat Recovery and Storm Water Cooling : And
Environmentally Responsible HVAC System",
ASHRAE Transaction, TO98-24-1, 1998.
4. W. B. Cooper, "Warm Air Heating for Climate
Control", Prentice Hall, 1994. 