

# 공동주택에서의 폐열회수환기시스템 및 환기유닛

박창봉

(주)태영기전부(cbper@hanmail.net)

## 서론

최근 대도시를 기점으로 각 지방에서 초고층 공동주택의 보급이 증가되고 있다. 이와 함께 외피의 기밀 성능 향상에 따른 침기량(infiltration)과 누기량(leakage)이 감소되었다. 건물을 시공할 때 단열 및 기밀 시공은 필수 사항 중 하나가 되고 있다. 이러한 단열 및 기밀 시공으로 인하여 실내공기질의 악화를 피할 수 없게 되었다. 주거용 건물은 일반 건물과 달리 24시간 동안 재실하며 실내에서 다양한 활동이 행해지기 때문에 재실 인원에게 비해 오염물질이 발생할 가능성이 높다. 이때 발생하는 오염물질은 비록 저농도라 하더라도 건강측면에서 무시할 수 없다. 황사와 대기오염 등으로 인해 창문을 통한 환기가 불가능한 시간이 늘어나고 있는 시점에서 쾌적한 실내환기가 중요하다. 그리고 새집증후군(Sick House Syndrome)으로 인한 질병의 발생과 웰빙(Wellbeing)에 대한 관심의 증가 및 건설교통부가 2006년 2월 13일부터 시행하게 된 “건축물의 설비기준 등에 관한 규칙”(시간당 0.7회의 최소 환기량)으로 인하여 국민들이 환기에 대한 필요성 인식이 증대되었다.

공동주택의 환기 성능은 매우 다양한 요소에 영향을 받으며, 자연 환기의 한계가 있으므로 종래의 자연 환기 방식 및 주방과 화장실에 설치된 국부적인 강제배기 방식에 대한 방안으로 전열교환기 내장 환기시스템이 도입되고 있다. 폐열을 회수할 수 있는

전열교환기는 건물 내의 환기시스템에 비교적 쉽게 적용할 수 있으며 에너지 절약과 실내 공기 환경의 질적 향상이란 상반된 두 가지 입장을 동시에 만족시킬 수 있는 시스템이다. 환기장치에는 다양한 형태가 있으나 우리나라의 계절 특성상 여름철의 냉방 에너지와 겨울철의 난방에너지 손실을 막아줄 수 있는 폐열회수 환기장치가 국내에 가장 적합한 형태라고 생각된다.

## 공동주택에서의 환기

### 환기의 기본 개념

환기(ventilation)란 대표적인 실내공기오염 방지 및 제어방법으로, 실내공간에 요구되는 깨끗한 공기를 공급하는 것을 의미한다. 실내에 공급되는 깨끗한 공기가 오염된 공기와 완전하게 혼합되는 것으로 가정하면, 일정한 오염원의 발생량이 존재하는 실내에서 오염물질의 농도는 환기량과 긴밀한 관계를 나타낸다. 오염물질의 발생은 실내 공간에서 환기량을 증가시키면 실내의 오염물질농도는 감소한다. 오염물질은 배기를 통해서 감소시킬 수 있다. 그리고 환기 방식에는 1종, 2종, 3종 환기로 나누어지나 이번 건설교통부의 법규에서는 1종 환기를 요구하고 있다.

### 주거용 건물에서의 필요 환기량에 대한 기준

건물의 환기설비는 실내의 오염물질을 제거하거나



<표 1> 세계 각국의 주거(주택)용 건물에 대한 최소 필요 환기량

국가 및 기준명	주거용 건물 (전체 환기량)	거실	침실	주방	욕실, 화장실	화장실 (단독)
한국 (건설교통부)	환기횟수 0.7회/h	-	-	-	-	-
미국 (ASHRAE 62-2001)	환기횟수 0.35 회 이상, (7.5 l/sec · 인 이상 의 환기량 확보 요함)	-	-	간헐환기시 환기량 50 l/sec 또는 환기창 설치	간헐환기시 환기량 25 l/sec · 실 또는 연속환기시 10 l/sec · 실 확보	-
일본 (건축기준법)	환기횟수 1회/h	-	-	-	-	-
영국 (BS5720- 1979;BS5925- 1991:Build. Regs.Pt.F:CIBSE Guides A,B)	권장치: 12~18 l/sec · 인, 최소: 8~12 l/sec · 인	바닥면적의 1/20 이상인 환 기구설치, 환기구 면적은 최소 4000 mm <sup>2</sup> 이상일 것	바닥면적의 1/20 이상인 환기구설치, 최소면적 4000 mm <sup>2</sup> 이상인 자연환기구 설치	기계급기 60 l/sec 또는 30 l/sec 배기 후드 설치와 최소 4000 mm <sup>2</sup> 이상의 환기구 설치 또는 환기횟수 1회 확보	간헐환기시 15 l/sec 환기량	바닥면적의 1/200이상 환기구설치 또는 간헐적으로 3회 이상의 환기횟수 확보
독일 (DIN18017; DIN1946;VDI2088)	-	최소:60~120m <sup>3</sup> /h, 최대:60~180m <sup>3</sup> /h	-	최소 40 m <sup>3</sup> /h, 최대 60 m <sup>3</sup> /h	최소 40 m <sup>3</sup> /h, 최대 60 m <sup>3</sup> /h	최소 20 m <sup>3</sup> /h, 최대 30 m <sup>3</sup> /h
벨기에 (NBNB62-003)	0.7~1.0회/h, 20~30 m <sup>3</sup> /h · 인	-	0.1 m <sup>3</sup> /sec · m <sup>2</sup>	50~75 m <sup>3</sup> /h	1.4 m <sup>3</sup> /sec	0.7 m <sup>3</sup> /sec
캐나다 (CSAF3261-M1989; ASHRAE62-1989)	0.3회/h, 3 l/sec · 인	-	-	간헐배기:50 l/sec 연속배기:30 l/sec	간헐배기:25 l/sec 연속배기:15 l/sec	-
덴마크 (DS418)	-	0.4~0.6회/h	-	0.7회/h	0.7회/h	-
핀란드 (NBC-D2)	-	0.5 l/sec · m <sup>2</sup>	4.0 l/sec · 인 0.7 l/sec · m <sup>2</sup>	배기 20 l/sec	배기 15 l/sec	-
프랑스 (Arrete24.03.82)	-	-	-	20~135 m <sup>3</sup> /h	15~30 m <sup>3</sup> /h	15~30 m <sup>3</sup> /h
이탈리아 (MD 05.07.75)	0.35~0.5회/h	15 m <sup>3</sup> /h · 인	-	1.0회/h	1.0~2.0회/h	-
네덜란드 (NEN 1087)	-	0.1 m <sup>3</sup> /sec · m <sup>2</sup>	0.1 m <sup>3</sup> /sec · m <sup>2</sup>	2.1 m <sup>3</sup> /sec	1.4 m <sup>3</sup> /sec	0.7 m <sup>3</sup> /sec
뉴질랜드 (ASHRAE 62-1989)	각 실의 바닥 면적당 5%이상 의 개폐가능한 유리창 설치	-	-	-	25 l/sec.실(간헐) 10 l/sec.실(연속)	-
노르웨이 (NBC ch 47-1987)	-	급기:외벽에 100 cm <sup>2</sup> 이상의 개구부 설치	급기:외벽에 100 cm <sup>2</sup> 이상의 개구부 설치	배기:기계 배기시에 60 m <sup>3</sup> /h, 또는 자연 환기시 지붕선위에 단면적 150 cm <sup>2</sup> 이상의 닥트설치	배기:기계 배기시 60 m <sup>3</sup> /h, 또는 자연환기 시 지붕선위에 단면적 150 cm <sup>2</sup> 이상의 닥 트설치	배기:기계 배기시 40 m <sup>3</sup> /h 또는 100 cm <sup>2</sup> 자연환기 덕트 설치
스웨덴 (BFS 1988:ch4:1)	최소(급기) 0.35 l/sec · m <sup>2</sup>	0.35 l/sec · m <sup>2</sup> 급기	4.0 l/sec · 인 급기	10 l/sec실 배기	배기 10~30 l/sec	배기 10 l/sec

희석시키기 위하여 신선한 외부공기를 공급하기 위한 것이며, 기본적으로 건물의 용도에 알맞은 적절한 환기량을 확보할 수 있도록 설계되어야 한다. 필요 환기량은 실내의 공기환경을 적절한 수준으로 유지하기 위한 기본적인 요소이다. 세계 각국에서는 실내의 환경을 쾌적하게 유지하기 위하여 환기량에 관한 기준을 설정하고, 건물의 설계와 환기설비의 설계와 운전이 이를 반영하도록 유도하고 있다.

표 1은 각국에서 규정하고 있는 주거용 건물(주택)에 대한 최소 필요 환기량을 나타낸 것이다. 한국을 포함한 전체 15개 국가 중에서 9개국은 주거용 건물 전체에 대한 필요 환기량으로 환기기준을 마련하고 있으며, 대부분 국가에서 건물의 용도별 필요 환기량으로 기준을 제시하고 있다. 환기량의 표시는 국가별로 1인당의 필요 환기량[m<sup>3</sup>/인] 또는 실 전체에 대한 시간당 필요 환기량 [m<sup>3</sup>/hour], 환기회수 [회/hour] 등으로 표시하고 있다. 한국의 필요환기량 기준은 표 2에 나타내었다.

국가별로 규정하고 있는 최소 필요 환기량은 나라마다 추구하는 실내 환경의 수준이나 평가방법이 다르기 때문에 환기기준의 차이점에 대한 상관성을 찾기는 쉽지 않다. 여기서는 일반적인 주거용 건물을 대상으로 실의 체적과 재실율 등을 가정하고 건물 전체에 대한 환기량을 산출한 후에, 이것을 시간당 환기회수로 환산하여 비교하였다.

### 폐열회수 환기유닛

#### 폐열회수 환기유닛의 기본 개념

전열교환기는 환기장치에서 에너지 회수에 핵심적

<표 2> 한국의 필요환기량 기준과 실내공기질 권고기준

필요환기량 기준	0.7회 / 시간 (최소, 적정, 최대 조절 가능운전)	
실내공기질 권고기준	1. 포름알데히드	210 µg/m <sup>3</sup> 이하
	2. 벤젠	30 µg/m <sup>3</sup> 이하
	3. 톨루엔	1,000 µg/m <sup>3</sup> 이하
	4. 에틸벤젠	360 µg/m <sup>3</sup> 이하
	5. 자일렌	700 µg/m <sup>3</sup> 이하
	6. 스티렌	300 µg/m <sup>3</sup> 이하

인 역할을 한다. 건축설비의 여러 가지 요소 중에서 공기조화설비는 실내공기의 청정도와 적절한 온습도를 확보하기 위하여 많은 에너지를 소비하고 있으며, 건축물에서 소비하는 총 에너지량 중 상당한 비중을 차지하고 있다. 따라서 이러한 공기조화설비 분야에서의 에너지 절약은 매우 중요하며, 이를 위하여 각종 에너지 절감을 위한 시스템 등을 개발·채용하여 에너지의 효율적 사용에 노력하고 있다. 이러한 에너지 절약기기 중 전열교환기는 건물에서의 폐열을 회수하는 시스템으로 건물 내에서 발생하는 과열이나 버려지는 열을 효과적으로 회수하여 이를 이용한다. 또한 건물 내의 환기시스템에도 적용할 수 있어 에너지 절약과 실내공기환경의 향상이라는 두 가지 상반된 입장을 동시에 만족시킬 수 있는 시스템으로 선진국에서 널리 보급되어 적용되고 있다. 전열교환기를 사용하는 국가는 일본이 많이 사용하고 있다.

열교환기 채용의 효과는 두가지가 있으며 하나는 외기부하의 경감분에 상당하는 열원기기의 에너지 소비량의 감소이고 다른 하나는 피크시의 열원부하 용량이 외기부하 감소분 만큼 감소하는 것으로 열원기기 용량이 적어진다. 열교환기 도입에 따른 설비의 증가분보다도 열원기기 용량감소에 의한 설비비 및 운전비 감소 쪽이 일반적으로 더 크고 또한 열원기기 용량이 감소하므로 상대적으로 부분부하율의 값이 크게 되어 기기의 운전효율이 더욱 좋은 상태로 유지할 수 있는 효과를 초래한다.

<표 3> 폐열회수 환기유닛의 종류 및 방식

구분방법	종류	비고
설치위치별 방식	벽부착형	
	바닥설치형	
	천정매립형	
열교환기의 종류	현열교환형	
	전열교환형	
열교환 방식	판형 열교환식	
	로터리형 열교환식	
	히트파이프형 열교환식	
	런어라운드 루프 열교환식	
타용도 겸용	렌지후드겸용	
	진공청소겸용	폐열회수는 못함



그리고 기존의 환기는 열회수 환기를 중심으로 한 전열교환기 방식이 대세를 이루고 있으나, 전열교환기는 열교환소자의 수명으로 인하여 주기적인 교체가 필요함으로 유지비용의 상승과, 열교환기의 재질이 종이인 관계로 세균의 번식에 대한 위험 등 여러 가지 문제를 안고 있음에도 불구하고 에너지 절감이

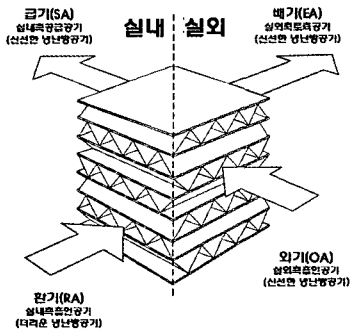
라는 차원에서 많은 현장에서 적용되고 있다. 이러한 상황과 유지비 등을 고려 할 때에 전열교환식 환기를 고집하기보다는 급·배기팬을 이용한 환기나 전열교환기보다는 수명이 길고 유지관리비용이 저렴한 현열교환 방식 등에 대한 검토도 필요한 것으로 판단된다.

<표 4> 열교환 방식별 전열교환기의 비교

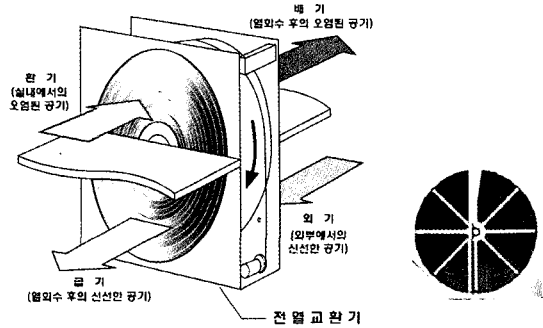
항 목	판형 열교환식	로터리형 열교환식	히트 파이프형 열교환식	런어라운드 코일 루프 열교환식
1. 온도 범위	-60℃~800℃	-55℃~800℃	-40℃~40℃	-45℃~500℃
2. 누기율	0~5%	1~10%	0%	0%
3. 열교환 효율	50~80%	50~85%	45~65%	55~65%
4. 제어	• 바이패스 밸브와 덕트	• 휠의 속도제어	• 틸트 앵글	• 바이패스 밸브와 펌프 속도제어
5. CFM의 범위	> 50	> 50	> 100	> 100
6. 장 점	• 잠열 교환 • 낮은 압력강하 • 동력이 필요없다	• 콤팩트 사이즈 • 낮은 압력강하 • 쉬운 청소	• 동력이 필요없다 • 휠 위치 제한 없음	• 급기, 배기 분리 가능 • 휠 위치 제한 없음
7. 제 한	• 높은 CFM에서 Size가 큼 • 판형이 적은 압력에도 변형됨	• 열교환시 누기 • 겨울철 유지비 증가	• 압력강하 • 비용의 문제 • 공급자 한정	• 고효율을 위해 정확한 시뮬레이션 모델이 필요함

<표 5> 판형과 로터리형 전열교환기의 비교

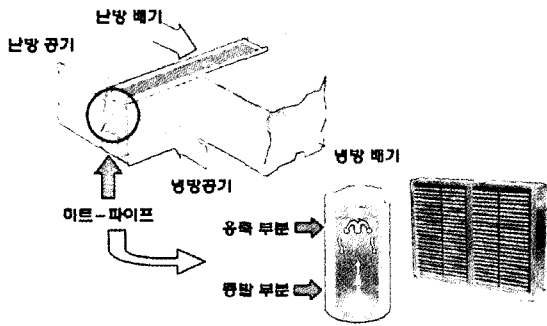
항 목	판형 전열교환기 (Model:EHE)	판형 현열교환기 (Model:PHE/AHE)	로터리형 전열교환기
1. 교환	현열 + 잠열 = 전열	현열	현열 + 잠열 = 전열
2. 방식	• 환기되는 공기내 포함된 열이 판과 판 사이를 지나면서 외기와 환기 사이에 위치한 열교환 매체를 가열하고 이 판의 열은 급기에 전달하는 방식		• 환기되는 공기에 포함된 현열 및 잠열은 회전하는 로터에 흡수되고 로터의 회전에 따라 급기쪽으로 이동하여 급기되는 공기에 열을 전달하는 방식
3. 재 질	Polymetric 합성재	Polypropylene 이거나 Aluminum	석면지
4. 제습제	RC134 함침(습)	없음	염화리튬 함침(습)
5. 특 징	• 별도의 동력이 필요 없음 • 주기적교체 필요 • 결로 발생 가능성이 없음 • 고온디습(한국, 일본, 동남아 등), 저온저습의 기후특성에 사용	• 별도의 동력이 필요 없음 • 제습제가 없으므로 오염원의 재유입 방지 • 부식에 강함 • 물 세척이 가능, 관리가 용이 • 장치내 결로 발생으로 별도의 드레인 라인이 필요함. • 고온건조, 온난디습한 지중해 기후에 적합	• 별도의 동력이 필요 • 사용시 눈막힘 현상으로 사용하기 힘들고, 유니트 내장시 크기가 커짐 • 주기적 교체 필요



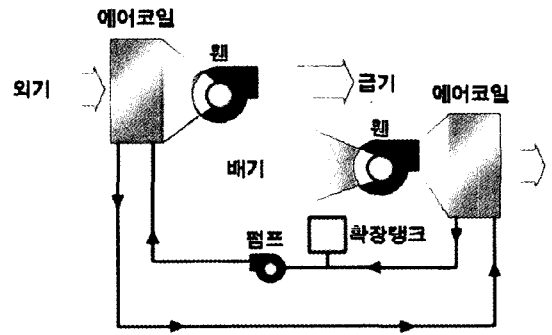
(a) 판형 전열교환기



(b) 로터리형 전열교환기

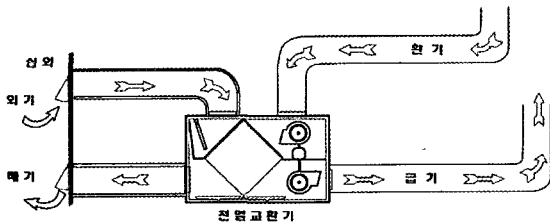


(c) 히트-파이프형 전열교환기



(d) 원어라운드 루프방식

[그림 1] 열교환 방식별 전열교환기



[그림 2] 전열교환기의 구조

**폐열회수 환기유닛의 종류**

폐열회수 환기유닛의 종류는 표 3과 같다.

**폐열회수 환기유닛의 시스템**

그림 2의 전열교환기 구조에서와 같이 열교환이 이루어지는 경로는 도입되는 신선한 외기와 실내의 오염된 배기 사이에서 이루어진다. 또한, 실내의 공

기를 단순히 재순환만 시키게 되면 실내의 분진, CO, CO<sub>2</sub> 등의 농도가 증가하여 실내공기의 오염 농도를 증가시키는 결과를 초래하게 된다. 이러한 실내공기의 오염은 인체에 나쁜 영향을 주어 천식, 두통, 현기증과 같은 빌딩증후군(Sick Building Syndrome)을 나타내게 된다. 이에 대한 대책으로서는 전열교환기를 이용한 환기시스템을 채용할 경우 일반 건물이나 주택에서의 상시적인 환기가 가능하게 되며, 냉난방 시 실내의 자연스러운 외기 도입의 효과를 유발하여 쾌적한 실내 거주환경을 확보할 수 있다.

그림 3에서는 환기 시스템이 세대별 전열교환기 내장 환기시스템을 통하여 급기와 배기가 서로 연동되어 운전된다. 각 침실이나 거실에 급기가 공급되며 화장실, 세탁실, 부엌에서 배기가 이루어진다. 급기와 배기의 과정에서 옥외로 배출되는 배열을 세대 내에 있는 전열교환기를 통하여 열교환 한다. 여름철의 경우



에는 겨울철과 비교하면 실내의 온도차가 극히 작아 지게 된다. 겨울철은 평균 실내외 온도차가 20~30℃ 이상이 되지만, 여름철은 5℃ 정도가 된다(그림 4).

결국 하계의 경우에는 창문을 상시개방하지 않는 이상 겨울철과 같이 침기나 연돌효과(표 6)에 의한 자연 환기량만으로는 충분한 환기효과를 얻을 수 없게 된다.

### 적용사례

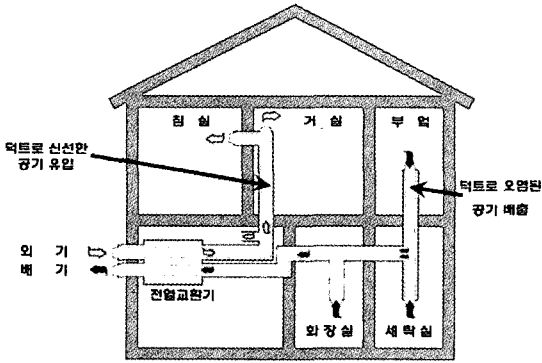
마산 양덕동 주상복합 공동주택의 적용사례를 보면 그림 5, 표 7~11과 같다.

### 결론

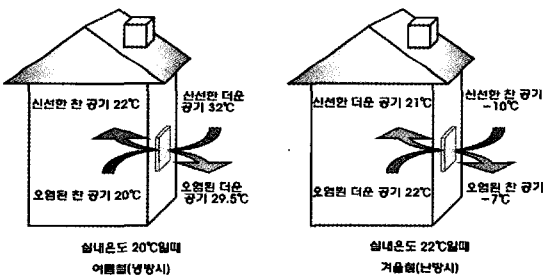
공동주택의 환기시스템 설치 의무화와 아파트 품

#### <표 6> 환기설비의 기본방향

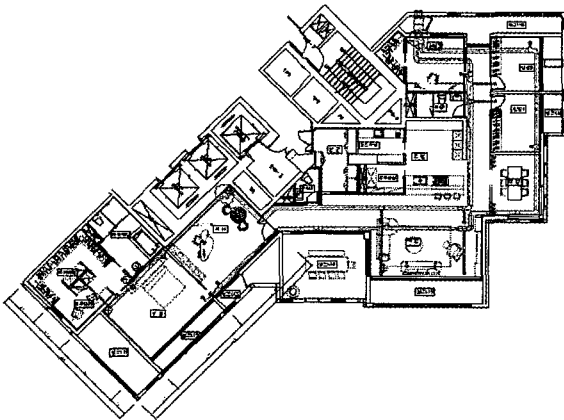
방식	개별 전열 교환기를 이용한 강제급배기 방식 (1중환기방식)
장비 배치	전열교환기는 실외기실의 천정설치 거실에 원형 풍량조절 덤퍼 내장 급기 디퓨저 및 거실, 드레스룸, 가족실에 배기 디퓨저 설치 연결 덕트(PVC)는 천장내 설치
• 입주자의 건강, 쾌적성, 거주성, 냄새제거 등 환기의 목적에 적합한 방식 채택	
• 에너지 절약적인 환기방식 채택	
• 세대내 음식냄새, 취기제거 및 확산방지	
• 환기에 의해 세대내의 온습도 환경 및 적정 Air Balance를 유지할 수 있는 시스템 계획	
• 초고층부의 연돌 효과에 대응할 수 있는 세대내 압력유지	



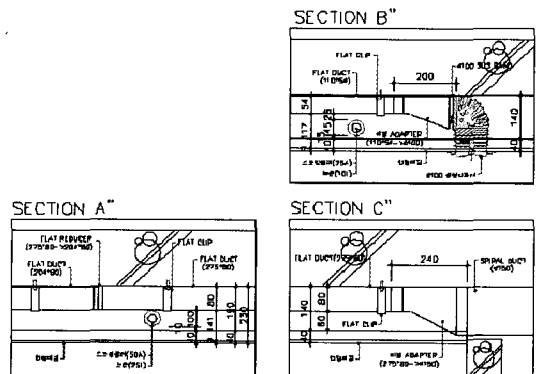
[그림 3] 전열교환기의 운전



[그림 4] 여름철과 겨울철 전열교환



[그림 5] 환기덕트 평면도(예: 102평)



<표 7> 환기 각 실별 풍량(예 : 102평)

실명	풍량(CMH)				종류		비고
	급기	수량	배기	수량	급기	배기	
거실	50	2	50	2	원형(φ100)	전열 교환기 (PHEX-400)	
침실 1	50	1	50	1			
침실 2	50	1	50	1			
침실 3	50	2	50	2			
안방/서재	50	1	50	1			
합계	350	7	350	7			

<표 8> 정압계산(예 : 102평)

항 목	계산값	비고
덕트	4.55	
엘보	2.16	
TEE	2.69	
리듀서	0.13	
기타	2.00	
정압합계	11.53	
안전율(20%)	13.83	
적정정압	13.83	

<표 9> 풍량산정표(예 : 102평)

구분	거실	안방	드레스룸	침실1	침실2	침실3	가족실 및 서재	공용욕실	부부욕실
면적(m <sup>2</sup> )	83.2	18.7	16.0	5.4	5.3	12.3	17.8	6.9	10.0
천정고	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
체적(m <sup>3</sup> )	199.7	44.9	38.4	13.1	12.6	29.5	42.6	16.4	24.0
환기횟수	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
풍량(CMH)	140	31	27	9	9	21	30	12	17
세대 총풍량(CMH)	296							350	

<표 10> 전열교환기의 사양

외형치수	사양			
	풍량(CMH)	소비전력(W)	접속구경	전원
849 L×560 W×270 H	300	165	φ150	1φ 220 V 60 Hz

자동환기용 콘트롤 패널(자동제어 포함)

- 온도교환효율 80% 이상(난방시)
- 누기율 10% 이하
- By-Pass기능(외기온도감지)
- 필터 세척주기 지시 기능
- 취침기능(시계자동인식)
- 풍량조절 기능(강, 중, 약)
- 외출기능(시간주기운전)
- DVS Control Panel
- 필터 점검기능
- BLDC 모터 사용
- 레인지 후드 연동
- 무선리모콘 포함



<표 11> 공동주택 주거시설의 기술적 과제 및 대책

문제점	현상	대책
연돌현상	• 건물 내외부의 압력차가 증가하여(특히 풍압이 증가하는 겨울철) 저층부에서의 창, 출입문 등에서 외기 침입량이 증대됨	• 출입문 방풍실 설치, 기압, 건축적 기밀성 확보 등의 연돌효과 방지 대책 필요
세대환기	• 고기밀, 고단열화(특히 타워형 아파트)에 따른 밀폐화로 환기량 절대부족	• 상시 소풍량 기계식 강제환기 시스템 검토
주방환기	• 입상풍도 내의 연돌효과 등으로 안정된 환기량 확보 곤란	• 상시 정풍량을 확보하고 실내 압력밸런스 유지를 고려한 주방 환기시스템 적용
역전층	• 100 m 이상의 높이에서 유해가스가 정체하는 공기층이 발생	• OA 흡입구에서의 청정화 대책이 필요

질 등급제의 시행으로 소비자들이 보다 더 쾌적한 조건의 아파트에서 살 수 있도록 권장 되었다.

따라서 시대적 요구에 부합되는 환기시스템의 개발은 이제 우리의 의무가 되었다. 황사의 대책으로 UV, 광촉매 등 오염물질 제거 내장형 필터의 개발, 새집증후군의 대책으로 강제환기를 이용한 환기시스템의 개발 등으로 공동주택의 환기설비를 효율적으로 제어시킬 수 있는 홈 오토메이션을 개발 구축하여 쾌적한 실내환경을 유지하였으면 한다.

### 참고 문헌

1. 2000 ASHRAE Handbook-HVAC Systems and Equipment, Chapter 44: Air-to-Air Energy Recovery.
2. John Dieckmann, Kurt W. Roth, James Brodrick, "Air-to-Air Energy Recovery Heat Exchangers", ASHRAE Journal, August, 2003,

pp56~57.

3. Robert Besant, Carey Simonson, "Air-to-Air Exchangers", ASHRAE Journal, April, 2003, pp42~50
4. ASHRAE, "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality," ANSI/ASHRAE Standard, 62-1999, pp3~13
5. Christopher S. Smith, "Ventilation in the Commercial Environment" October, 1999, pp73~76
6. Robert W. Besant, Carey J. Simonson "Air-To-Air Energy Recovery", ASHRAE Journal, May, 2000, pp31~38
7. '다중이용시설 등의 실내공기질관리법', 환경부, (법률 제7562호, 2005. 5. 31. 공포, 2006. 1.1. 시행)
8. '건축물의 설비기준 등에 관한 규칙', (건설교통부령, 건설교통부, 제497호, 2006. 2. 13 공포. 시행) ㉔