



실내공기질 향상을 위한 환기 시스템 기술

김광영, 백창인

(주)에이스랩 (kykim@acelab.co.kr)

서론

회의실이나 강의실에서 못 견딜 정도로 졸렸던 경험, 새로 이사한 아파트에서 페인트나 접착제 냄새로 머리가 아팠던 경험, 겨울철에 실내 습도가 낮아 목과 코가 메마르고 감기에 잘 걸렸던 경험 등, 우리는 실내공기와 관련된 제반 현상들을 일상생활 속에서 수없이 접하게 된다. 이러한 경험을 통해서 일반인들은 단지 이런 현상들이 공기의 순환이나 공기정화의 문제일 것이라는 막연한 생각을 갖는 것도 사실이다. 그러나 이는 엄격히 실내공기의 질(quality)이라는 개념에서 새롭게 재고해 보아야 하는 문제이다. 이러한 관점에서 공기조화에서 말하는 실내공기질은, 실내의 부유분진 뿐만 아니라, 실내 온도, 습도, 냄새, 유해가스 및 기류 분포에 이르기까지 사람들이 실내의 공기에서 느끼는 모든 것을 통칭하여 말한다.

실내공기는 인간이 일생동안 마시는 공기의 97%에 달한다고 한다. 그럼에도 불구하고, 우리는 그동안 급속한 산업화의 흐름속에 실내 공기질에까지 크게 관심 갖지 못하고 살아온 것이 사실이다. 그리고 최근의 많은 연구 결과들에 따르면, 신축 아파트에서 국제 기준의 최고 10배에 이르는 휘발성 유기화합물(VOC) 성분이 실내공기로 배출되고 있으며, 일상생활에서 이러한 강력한 오염물질에의 노출로 건강과 생산손실에 지불되는 비용이 실로 엄청난 것으로 나타나고 있다. 그러나 국내에서는 실내공기질과 관련된 허용기준치 마련되지 못하고 있는 실정이다.

또한 70년대 오일쇼크 이래로, 에너지 문제는 우리가 직면한 가장 큰 문제 중 하나로 대두되고 있다. 에너지 사용의 대부분을 차지하는 건물 냉난방 부하를

줄이기 위하여, 건축물은 계속 고단열화, 고기밀화로 만들어져 그나마 창을 통한 자연환기 마저 그 통로가 봉쇄되고 있어, 실내 공기질 환경은 더욱 더 악화되고 있다. 따라서 실내공기질의 개선을 위해서는 별도의 신선외기를 유입해야 한다.

그러나 겨울철 차가운 공기의 실내유입은 고가의 난방 에너지의 사용이 불가피하여 막대한 에너지 손실을 발생시키며, 여름철 고온다습한 실외공기의 실내유입은 냉방부하를 증대시켜 에너지 손실은 물론 여름철 전력 공급 문제를 야기시키게 된다. 아울러, 외기 부하는 전체 냉난방 부하의 약 30~40%정도를 차지한다고 알려져 있다. 이렇듯 건물에서의 에너지 절감과 실내 공기 환경은 서로 양립할 수 없는 관계에 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 개발된 것이 급기공기(실외공기)와 배기공기(실내공기)간의 전열교환을 적용시킨 건물 배기 열회수형 환기 시스템이다. 이러한 배기 열회수형 환기시스템은 배기공기가 지닌 열에너지의 약 60~70% 정도를 회수할 수 있으며, 기존에 설치되어 있는 공조기기에 간단히 전열교환형 환기 시스템을 설치하여 냉난방부하를 줄여 연간 운전경비를 약 20~30% 정도 줄일 수 있는 효과적인 에너지 절약기기이다.

실례로 선진외국에서는 공조기기 설치 시 환기장치의 병행 설치가 의무화되어 있어 환기시스템은 이미 상용화되어 (Z-DUCT(미국), HEATEX(스웨덴), PEMCO, ENERPAK(핀란드), HELIOS(독일), DAIKIN, TERAL, NATIONAL, MITSUBISHI(일본) 등) 공조, 산업, 화학, 플랜트 분야 등 광범위하게 적용하여 에너지 절감효과를 거두고 있다. 현재

국내의 주상복합빌딩, 고급아파트 등에 사용되고 있는 것은 전량 외국으로부터 수입에 의존하고 있으며, 국내의 대기오염상태를 고려하지 않아 사용 후 수개월 이내에 분진 및 미스트 등에 의해 열교환막이 오염되어 성능저하가 초래되고 있으며, 실내의 디퓨저까지 연결되는 덕트내의 오염을 가속화시켜 실내공기질의 악화를 초래할 수도 있는 실정이다.

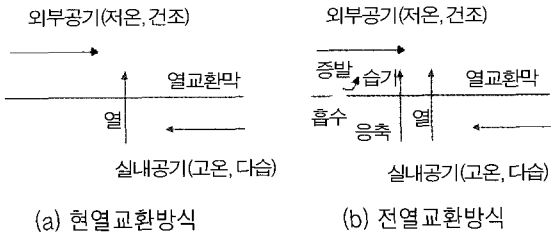
환기시스템의 원리 및 특징

그림 1에서 보는 바와 같이 열회수형 환기시스템은 열 교환 방식에 따라, 크게 현열교환환기와 전열교환환기로 나누어질 수 있다. 이들 환기시스템의 특징 및 열회수 효과를 표 1에 나타내었다. 현열교환 환기에서는 온도만의 차로 열교환 하여 열회수를 하는 것이며, 전열교환 환기이라 함은 공기중의 수증기가 지니고 있는 잠열도 동시에 교환하므로써, 온도 및 습도를 동시에 교환하여 열회수를 달성하는 시스템이라 할 수 있다.

현열교환 환기와는 다르게 전열교환 환기에서는 수분전달이 필수적으로 수반되는바, 여기서 핵심이 되는 것은 열을 회수할 때 두 유체간의 혼합을 방지하면서 열교환 할 수 있는 매질의 개발 및 운용이라 할 수 있다. 실제로 일본에서는 수분의 전달이 용이하도록 특별히 개발된 필터형 열교환막으로 제작된 전열교환기를 환기시스템에 적용하여 열회수율 70%에 육박한 시스템을 생산 시판하고 있다. 이는 mem-

<표 1> 환기 형식에 따른 열회수 효과 비교

		현열교환 환기		전열교환 환기	
		열교환 효과	기능	열교환 효과	기능
여름	현열	○	열회수	○	열회수
	잠열	×	-	○	제습효과
겨울	현열	○	열회수	○	열회수
	잠열	×	-	○	가습효과

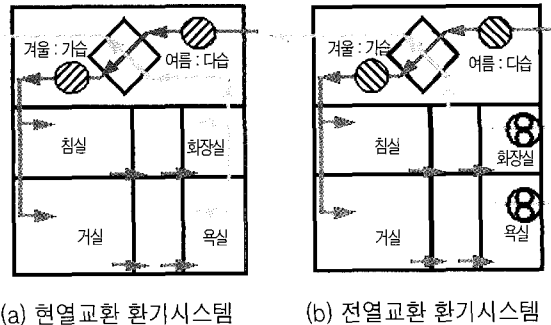


[그림 1] 1 열교환 원리

brane filter type 전열교환기로 알려져 있으며, 일본과 기후조건이 비슷한 한국의 실정에도 적합한 형태라고 사료된다.

여름철 고온 다습한 공기가 필터의 상부를 통과하며 이와는 상대적으로 저온 저습한 공기가 필터의 아래쪽으로 흐르게 되면, 필터를 통해 고온의 공기로부터 저온의 공기로 열에너지가 전달되고 이때 필터의 온도는 개략적으로 상부 및 하부 공기온도의 중간정도 온도가 될 것이다. 이 필터의 온도가 고온 다습한 공기의 노점온도 보다 낮게 되면 필터의 상부에 있는 고온 다습한 공기로부터 수분이 열교환막에 응축되고 이는 상대적으로 수분분율이 낮은 저온 건조한 공기쪽에서 증발되어 이동하게 되므로써 잠열교환을 하게되는 것이다. 따라서 여름철의 경우 외부의 고온 다습한 공기가 실내로 들어올때 실내로부터 배출되는 저온 건조한 공기쪽으로 열 및 수분을 동시에 전달함으로써 열에너지 회수를 극대화 할 수 있어 냉방 에너지 소비 절감 효과를 거둘수 있는 것이다. 또한 에너지 절약 측면뿐만 아니라, 잠열을 교환한다는 것은 겨울철의 실내 과건조를 방지할 수 있다. 즉 고단열·고기밀로 전실난방의 주택에 있어서 저온·저습의 외부 공기를 도입해 난방을 하게 되면 실내는 건조해지기 쉬우며 환기를 하면 할수록 실내는 더욱 더 건조해질 것이다. 그러나 전열교환 환기를 하면 과건조를 막을 수 있어 실내공기질을 개선시킬 수 있다. 전열교환 환기는 이와 같은 장점때문에 고단열·고기밀 주택의 열교환 환기시스템에서는 전열교환 환기시스템이 주류를 이루고 있다.

그림 2는 현열교환 환기시스템과 전열교환 환기시스템의 환기경로에 대한 예이다. 전열교환 환기시스템에서는 환기경로가 2개 만들어지고 욕실이나 화장



[그림 2] 열교환 환기시스템



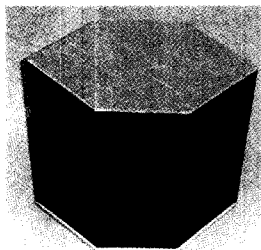
집 중 기 획 건물에서의 실내공기질 문제

실의 경로에는 일반적인 배기팬이 장착된다. 두 개의 계통으로 나누어진다는 것은 환기 계획에 있어 환기 밸런스에 영향을 미칠 수 있다.

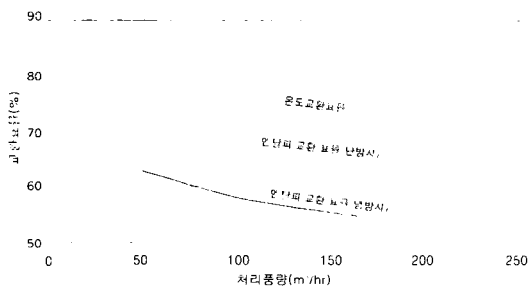
현열교환은 습기의 문제가 있으나, 그 결점을 가습과 제습으로 이 문제를 해소하고 있다. 이 장치는 전열교환 환기시스템에 비해 장치비의 부담이 크지만, 신선한 공기를 그대로 받아들이기 때문에 실내공기를 쾌적하게 유지한다. 일본의 경우 건축물의 고단열·고기밀화가 시작할 때에는 고기밀이 되면 실내가 다습하게 된다고 해서 수증기를 버리는 현열교환이 주류를 이루었지만, 고단열·고기밀 주택은 건조한 것으로 판명되어 전열교환형 환기시스템이 다시 주류를 이루가 되었다.

전열교환 환기시스템의 국산화

그림 3은 국산화에 성공한 국내 A社의 전열교환 환기시스템에 사용되는 고정형 전열교환기를 나타내었다. 외기가 실내로 들어오는 유로와 실내공기가 외부로 빠져나가는 유로 사이에 고분자 수지 또는 특수 펄프지로 열교환막을 만들며, 이 열교환막을 통하여 전열교환(잠열+현열)이 이루어진다. 고정형 전열교환기에서는 실내공기와 실외공기가 섞이지 않으나,



[그림 3] 고정형 전열교환기



[그림 4] 고정형 전열교환기의 효율 곡선

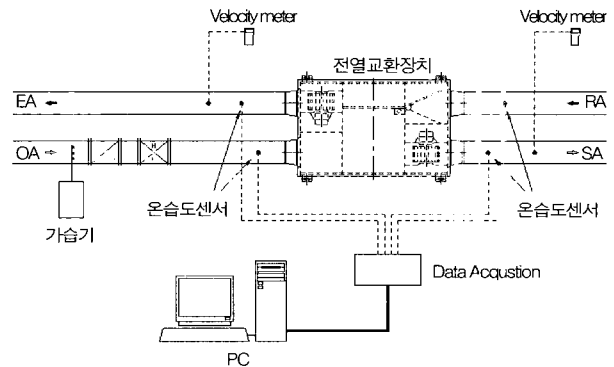
투습성은 지니고 있어야 한다. 그림 4는 이 전열교환기를 적용한 A社의 150cmh급 전열교환기의 효율곡선이다. 열교환기와 통과풍속과는 반비례하며, 전열교환효율을 늘보면 냉방할 때 보다 난방할 때가 효율이 더 좋은 것을 알 수 있다.

전열교환막의 특성

전열교환막 소재는 고분자 수지 또는 특수 펄프지 등으로 만들어진다. 종래에 A社는 고분자 수지를 열교환막 소재로 채택하였으나, 잠열교환효율을 향상시키기 위해 현재는 특수펄프지로 열교환막 소재를 채택하고 있다. A社의 열교환막은 섬유소재와 기능성 충전재인 항균재, 난연재를 배합하여 내수성, 항균성 및 난연성을 향상시켰으며, 전열교환효율을 선진국 수준까지 개선시켰다.

환기시스템의 성능시험

그림 5에서 보는 바와 같이 전열교환 환기시스템을



[그림 5] 실험 장치도

<표 2> 실험 조건 (풍속 강)

	OA	SA	RA	EA
온도(C)	31.65	22.65	21.17	26.20
상대습도(%)	31.57	48.49	43.08	36.42
절대습도(g/kg)	9.13	8.27	6.70	7.67
엔탈피(kJ/kg)	54.92	43.61	38.18	45.71

<표 3> 실험 조건 (풍속 약)

	OA	SA	RA	EA
온도(C)	28.41	22.32	21.14	25.35
상대습도(%)	41.11	51.35	47.37	40.36
절대습도(g/kg)	9.88	8.58	7.36	8.09
엔탈피(kJ/kg)	53.51	44.08	39.80	45.90



실내공기질 향상을 위한 환기 시스템 기술

설치하여 성능시험을 행하였다.

여름 조건

표 2와 표 3은 풍량이 강(150cmh)이었을 경우와 약(100cmh)이었을 경우의 실험조건이며, 그림 6과 그림 7은 실험결과이다.

겨울 조건

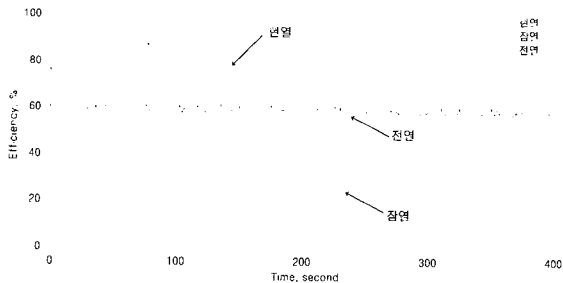
표 4와 표 5는 풍량이 강(150cmh)이었을 경우와 약(100cmh)이었을 경우의 실험조건이며, 그림 8과 그림 9는 실험결과이다.

<표 4> 실험 조건 (풍속 강)

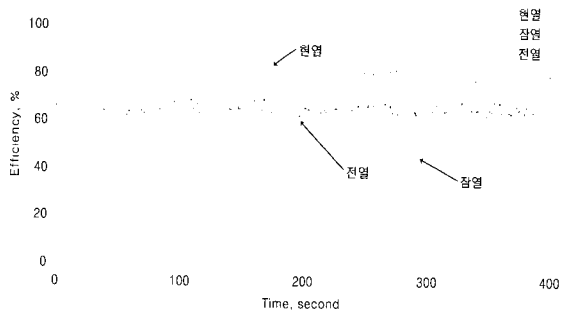
	OA	SA	RA	EA
온도(C)	5.79	19.03	19.33	12.19
상대습도(%)	75.55	37.75	45.00	61.74
절대습도(g/kg)	4.30	5.14	6.24	5.42
엔탈피(kJ/kg)	16.61	32.06	35.15	25.88

<표 5> 실험 조건 (풍속 약)

	OA	SA	RA	EA
온도(C)	5.62	20.79	20.70	12.24
상대습도(%)	72.77	33.69	40.08	59.31
절대습도(g/kg)	4.10	5.12	6.05	5.22
엔탈피(kJ/kg)	15.92	33.79	36.06	25.43



[그림 6] 시간에 따른 열교환 효율 (풍속 강)



[그림 7] 시간에 따른 열교환 효율 (풍속 약)

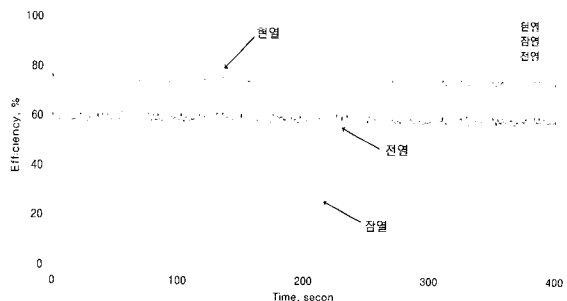
전열교환 환기시스템의 적용에

다음은 전열교환 환기장치의 적용 예이며, 운전은 상시 24시간이다. 열교환 유닛을 각층에 설치해 각실에 신선한 공기를 덕트로 송풍하는 덕트식 열교환 환기시스템이다.

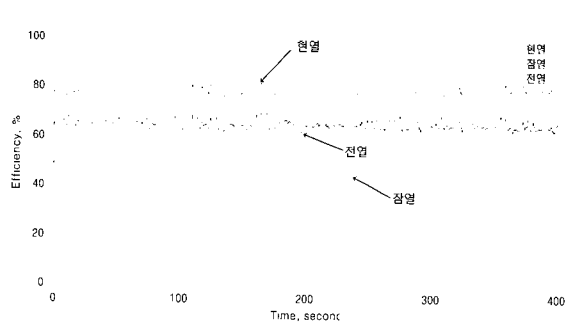
전열교환을 하여 바깥 공기를 실온에 가깝게 만들기 때문에 난방시에는 실외공기의 찬바람에 의한 불쾌감이 줄어들며 외부의 유해 물질이 침입하는 것을 막기 위해서 급기 되는 부분에 필터를 장착하여 외부의 유해물질이 실내로 들어오는 것을 막아준다. 건물이 고기밀, 고단열화 됨에 따라 창문의 여닫기를 할 수 없는 도시의 거주자에게 항상 쾌적한 실내 환경을 조성할 수 있다.

결론

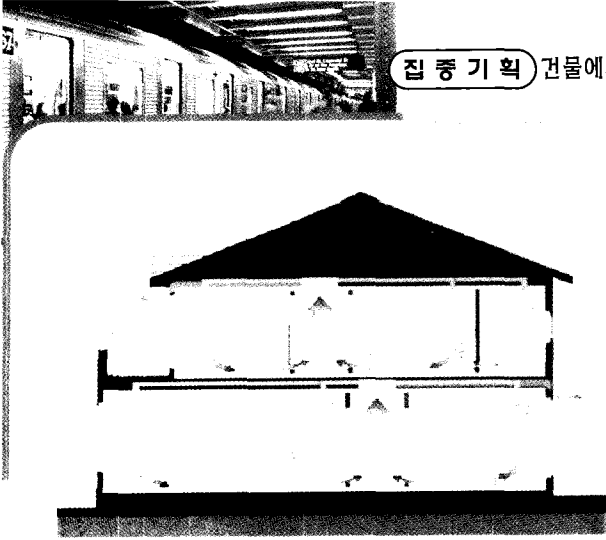
최근 주택의 고기밀·고단열화가 진행되어 거주자의 건강을 유지하기 위해서는 계획 환기의 필요성은 폭넓게 인식되어 거주자들도 환기의 관심이 날로 높아지고 있다. 그렇지만, 기후 조건이나 환경·생활



[그림 8] 시간에 따른 열교환 효율 (풍속 강)



[그림 9] 시간에 따른 열교환 효율 (풍속 약)



[그림 10] 전열교환 환기장치 적용 예

습관의 차이 등에 의해 요구되는 환기 요구는 여러 가지이다. 지역별로 보면 한랭 지구에서는 기울철에 발생하기 쉬운 결로를 억제해야 하며, B 한랭지구(준한랭지구·온난지구)에서는 담배연기나 가스 등과 같은 불쾌한 오염물질은 옥외에 배출해야 하기 때문에 환기시스템의 요구되는 사양은 여러 가지이다. 국내와 같이 여름에는 고온·다습하며 겨울에는 저온·저습한 기후를 나타내는 기후에서는 전열교환형 환기장치와 같이 온도뿐만 아니라 잠열까지 교환할 수 있는 환기장치가 필요하다. 예로, 서울과 같이 대기오염이 심한 경우에는 외기를 정화시켜 공기질을 향상시켜야 할뿐만 아니라, 외기 중의 분진 등을 제어하여 열교환기의 오염을 방지하여 열교환 성능을 유지해야 할 필요가 있다. *