

# 空調用 抗菌性·有害가스 除去필터

## SICK BUILDING 증후군의 예방에 대하여

エニチ力(株) 岩谷 浩樹

HIROKI IWAYA

### 1. 머릿말

1970년대의 세계적인 에너지위기 이래 성자원, 성에너지, 성력화를 목표로 기술혁신이 다방면에서 진행되었다. 건물의 구조나 설비시스템에도 예외없이 성에너지 대책으로 창은 비개폐형이 주가되고 공조설비는 최소공기량으로 운전하도록 되었다.

한편으로 사무실내에는 담배연기 뿐만 아니라 새로운 건축자재로부터는 휘발성 유기화합물이, 복사기로부터는 오존 등이 발생하여 이것이 외기 환기량의 감소와 더불어 실내에서 축적되었다.

또한 최신의 공조설비에 의해 실내의 온습도는 연간을 통하여 거의 일정하게 유지되고 카펫 등의 사용으로 실내는 세균이나 진균(眞菌)의 번식 및 생육에 좋은 조건이 되고 있다. 이와같이 실내의 공기질이 악화되기 때문에 두통, 현기증, 구역질과 같은 인간의 건강에 해를 끼치는 증세가

자주 나타나고 SICK BUILDING SYNDROME 이라고 하는 문제가 생겼다.

필자 등은 실내공기질의 개선을 하고 인텔리전트 빌딩에 있어서 SBS의 발생을 예방하기 위해 鹿島建設(株) 기술연구소와 공동으로 「공조용 항균성·유해가스 제거필터」를 개발하였다. 본고에서는 그 성능과 효과에 대하여 보고 한다.

### 2. SICK BUILDING 증후군(SBS)

SBS라고 하는 것은 사무소빌딩이나 통상의 건물내에서 발생하며 원인이 그리 간단하게 파악되지 않는 증상을 나타낸다. 예를 들면 거주자의 20% 이상이 2주간 이상에 걸쳐서 두통, 피로, 현기증, 눈의 통증, 인후의 부증, 구역질 등의 급성적 증상으로 불쾌감을 호소하는 경우로서 건물로부터 밖으로 나오면 바로 불쾌감이 사라지는 경우를 말한다. SBS는 죽음에 이르는 중대한 병

은 아니나 일반적으로 피로하지 않은 상태로 진행하고 있는 것에 문제가 있다. 특히 오염물질이 치사량에 이르기에는 너무 멀 정도로 희박하고 많은 종류의 희박물질의 복합효과에 의한 것이므로 그 원인규명은 매우 어렵다. 그러나 원인(原因)으로서는, 1일 대부분의 시간을 실내에서 지내는 것, 공조설비의 설계는 면밀하게 하였으나 건물의 보수관리는 설계대로 이행하지 않는 것, 성에너지 때문에 기밀화되고 환기량이 부족한 것 등을 생각할 수 있다.

EMBER에 의하면 미국의 환경보호국(EPA, ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY)은 신축빌딩의 휘발성 유기화합물의 실내외의 농도와 경시적 변화에 대하여 조사하고 있다. 그것을 [표 1]에 표시한다. 신축빌딩의 실내 유기화합물 농도는 실외보다 큰 것을 알 수 있다. 이것은 앞에서 말한 바와 같이 신건재나 가구로부터 휘발성 유기화합물이 발생하고 환기량이 적기 때문에 축적된다고 생각된다.

공중부유미생물균에 의한 SBS로 화제가 되었던, 필라델피아의 벨뷰스트라스포드 호텔에서 개최한 미국의 재향군인대회에서 폐렴과 흡사한 증상의 병이 발생하여 182인이 입원하고 29인이 사망한 사건이 생겼다. 그 병의 원인은 통상은

토양중에 존재하고 건물내부에 대량으로 침입하는 일은 거의 없는 레지오넬라균이 어떤 원인으로 이 호텔의 냉각탑으로부터 분산하여 이 근방의 외기도입구를 통하여 공조기로 들어와 전 건물에 공급되었다. 이 문제는 공조설비의 유지관리나 외기도입구 설계의 중요성을 나타내는 귀중한 교훈이 되었다.

일본의 실례로서, 菅原씨는 동경도내의 오피스 빌딩에서 부유미생물을 측정하였다. [그림-1]에 표시한 바와 같이 진균의 쪽이 세균보다 낮은 레벨인 것을 알 수 있다. 일반적으로 실내의 미생물농도는 옥외의 농도와는 관계 없으며, 거주조건이나 실내에서의 활동에 밀접하게 관련하고 있다고 말하지만 菅原씨는 진균에 관해서는 공조설비의 취출구로부터 배출되는 농도와 공중부유농도가 거의 일치하기 때문에 공조덕트의 안에서 증식한 진균이 방출되어 실내의 공중농도를 구성한다고 말한다.

이와 같이 SBS는 실내 휘발성 유기화합물농도의 증가와 공중부유미생물의 증식이 원인이라고 추측되나, Woods씨는 SBS에 대한 공조시스템 측의 예방책으로 다음과 같은 항목을 열거한다.

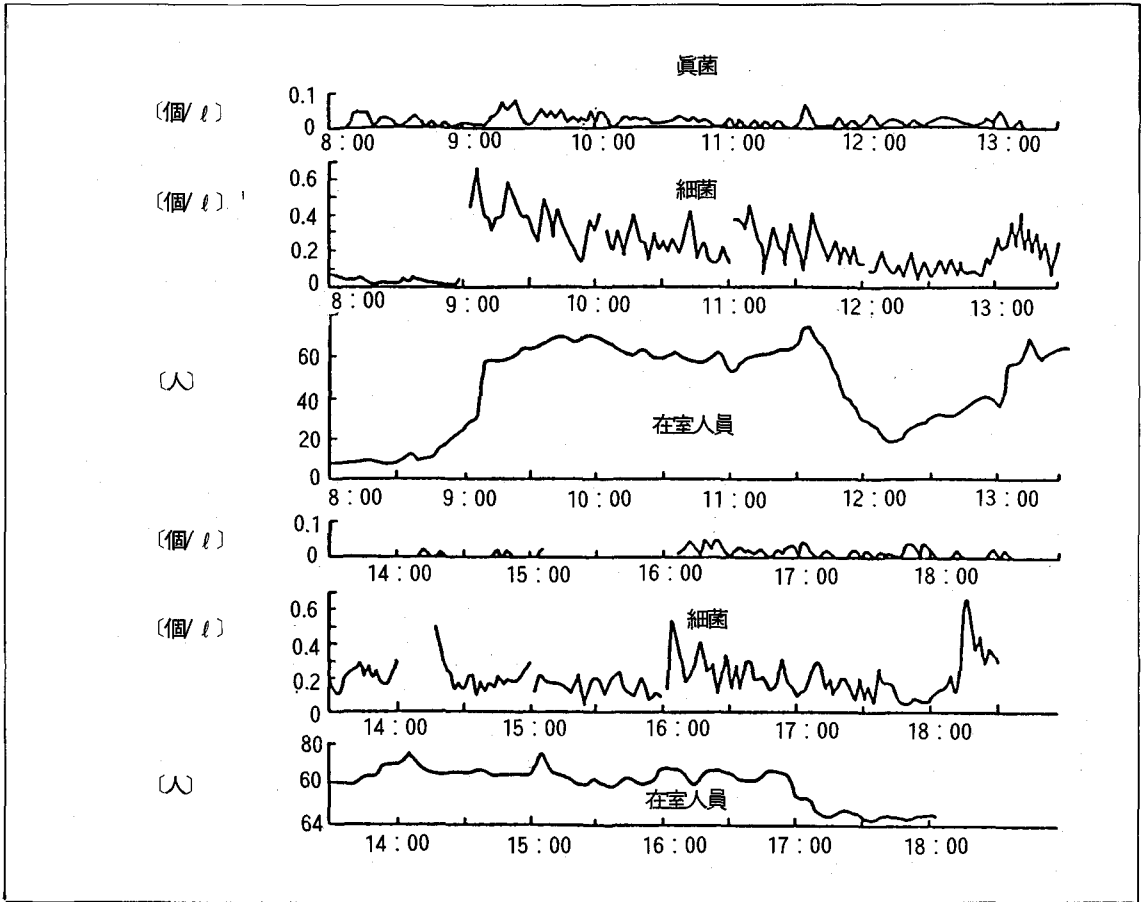
①스페이스마다 환기효율을 80% 이상으로 한다(현재상태의 평균은 33%).

[표-1] 신축빌딩의 실내 휘발성 유기화합물농도 [환경보호국 (EPA) 자료]

--: 검지 안됨  
\*: 계산 안됨

농도 ng/l	방향족탄화수소			지방족탄화수소			염소화탄화수소			산소화탄화수소			총계		
	실내	실외	실외	실내	실외	실외	실내	실외	실외	실내	실외	실외	실내	실외	실외
신축병원															
34 weeks	18	5.4	3.3	7.0	—	*	8.1	3.7	2.2	1.3	—	*	34	9.1	3.7
48 weeks	11	5.1	2.2	4.7	—	*	6.0	5.3	1.1	—	—	*	21	10	2.1
1.5 years	26	6.2	4.2	5.1	—	*	26	3.2	8.1	—	—	*	57	9.4	6.1
신축 오피스빌딩															
1 weeks	270	16	17	810	—	*	13	1	13	—	—	*	1100	17	65
14 weeks	54	13	4.2	98	—	*	56	3	19	8.5	—	*	220	16	14
신축 진료소															
4 weeks	93	8.5	1	173	—	*	9.9	2.8	3.5	9.6	—	*	286	11	26
23 weeks	22	17	1.3	7.3	—	*	3.9	2.5	1.6	1.2	—	*	34	20	1.7

[그림-1] 오피스 빌딩의 부유미생물 실측예



② 성에너지대책과 환경대책을 타협시키지 않는다.

③ 환기를 위한 취입외기는 다른 어떤 공기와도 접촉시키지 않는다.

④ 급기덕트는 오염물질이 많이 모여 있는 장소를 통과하지 않는다.

⑤ 배기풍량은 외기량과 맞춘다.

⑥ 시스템 제어는 보수관리가 용이하도록 설계한다.

경제면 또는 성에너지의 관점으로부터 상기 ① ② ③은 실현이 어렵다. 그래서 필자 등은 공조 설비 중에서 필터에 착안하여 SBS의 원인과 예상되는 물질을 제거하고 쾌적한 공기질을 공급하

는 것을 검토하였다.

### 3. 필터의 항균성

일반적으로 항균제는 유기물질이 주류이다. 이것들은 ① 제4급 암모니움염계 ② 페놀계 ③ 이미다졸 및 치아졸계 ④ 할로젠계로 분류한다. 그러나 이것들의 항균제는 균의 종류에 따라서 효과가 없는 것이 있고 안정성이나 안전성에도 문제가 있다.

한편, 금속이나 무기화합물의 항균작용은 오래 전부터 알려져 있다. 그 중에도 은(銀)은 광범위한 균에 대하여 항균성을 나타내고 식기, 의치, 화폐, 장식품 등에 사용되어 일반적으로 안정성

이 높고 안전하다고 말한다. 그래서 필자 등은 섬유상 활성탄에 은화합물을 부착시켜 공조용 항균성필터로 사용하는 것을 검토하였다.

[3-1] 정적항균시험

섬유상 활성탄에 부착되어 있는 은의 양과 항균능과의 관계를 명확히 하기 위하여 S. aureus 또는 E. coli를 사용하여 정적항균시험을 하였다. 시험은 항균섬유의 시험법을 참고로 하여 아래와 같이 행하였다.

샘플을 넣은 시험관을 121℃ : 1kg/cm<sup>2</sup>, 15분간 가열멸균하고, 황색포도상구균(S. aureus) 또는 대장균(E. coli)을 희석하여 10<sup>6</sup>개/ml로 조정된 것을 균액으로 하였다. 그 균액 50μl을 샘플에 접종하고 37℃에서 24시간 배양한다.

배양후 시험관에 0.2% - Tween 80을 포함한 인산완충용액을 가하여 볼텍스에서 1분간 진동시켜 샘플에 부착되어 있는 균을 떨어낸다. 여기에 그 액을 10분의 1로 희석한 10배 희석계열을 만들고, 보통한천플레이트에 접종하여 한천배지(寒天培地) 위에 생성한 콜로니(Colony)수의 계측에 의하여 남은 균수를 구한다.

시험결과를 [표-2]에 표시한다. 어느 균도 은함유량 50ppm 이상에서 남은 균수는 0이 되며, 은부착 섬유상활성탄이 우수한 항균성을 나타내는 것으로 판명되었다.

[3-2] 동적항균시험

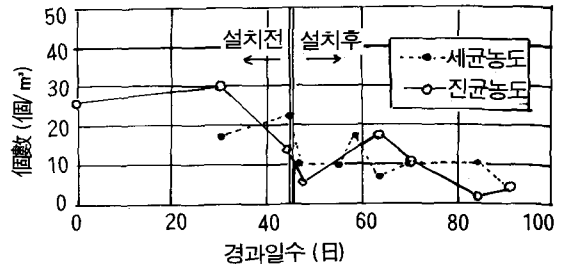
다음으로 필터의 동적항균성을 조사하기 위하여 연구소실험실의 순환식 공조기에 항균성섬유활성탄필터를 설치하고 실내의 공중부유균의

거동을 설치 전후에서 비교하였다. 공중부유균의 측정에는 다단다공판을 사용하여 아래와 같이 시행하였다.

실내공기를 펌프로 30 l/min을 흡입하고 언더센·에어샘플러내의 포테이토텍스트로스 한천배지(진균용) 또는 드리프트소이 한천배지(세균용)에 30분간 공기를 채취하고 공중부유균을 포획한다.

그후 배지(培地)를 20℃에서 7일간 배양하고 생겨난 콜로니수를 각 단계마다 계측하여 그 합

[그림-2] 동적항균성시험



계를 단위공기중(1m<sup>3</sup>)의 균수로 환산하였다. 또한 실험실에는 외기공기중 부유균의 침입이 예상되므로 환기설비는 정지하고 환기구는 봉하였다.

시험결과를 [그림-2]에 표시한다. 세균 및 진균 모두 설치후의 균수는 설치전에 비하여 약 절반이 되고, 항균성섬유상활성탄필터를 통과함으로써 실내공중부유균의 균수는 감소하는 것이 명확해졌다.

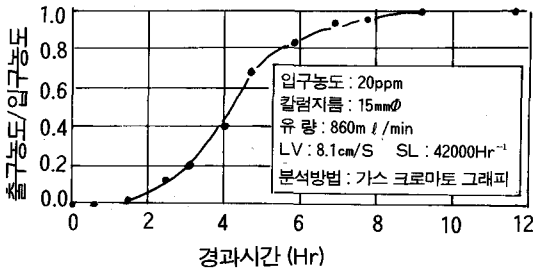
4. 필터의 유해가스 제거성

SBS의 원인물질이라고 생각되는 것중에 신건재로부터 발생하는 포름알데히드가 있다. 포름알데히드는 신건재 뿐만 아니라 가정용품이나 연소배기가스, 오염물질의 광화학반응으로부터 발생하고, 점막의 자극이나 호흡기질환의 원인물질로도 주목되고 있다. 松村씨는 오피스내 포름알데히드 농도는 1~41ppb, 三谷씨는 10~33ppb였

[표-2] 정적항균시험

섬유상활성탄의 은 함유량(ppm)	E. coli (個/ml)		S. aureus (個/ml)	
	초균수	잔균수	초균수	잔균수
블랭크	7.5×10 <sup>6</sup>	1.7×10 <sup>5</sup>	4.8×10 <sup>7</sup>	1.8×10 <sup>6</sup>
50	同上	0	同上	0
100	同上	0	同上	0
150	同上	0	同上	0

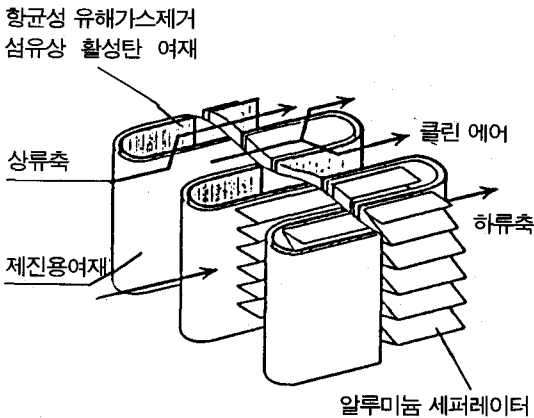
[그림-3] 포름알데히드의 흡착거동



[표-3] 「항균성·유해가스 제거필터」의 사양

외형치수(mm) 폭×높이×길이	정격풍량 (m³/min)	면풍속 (m/s)	압력손실 (mmH <sub>2</sub> O)		중량 (kg)
			초기	최종	
610×610×290	42	2.0	19	30	13

[그림-4] 「공조용항균성·유해가스제거필터」의 구조



다고 보고 하였다. 가스제거용으로 공조설비에 설치하는 필터는 수명이 길고 경량의 것이 바람직하지만 종래의 입상활성탄필터는 중량이 무겁고 교환이 번잡하였다.

한편, 섬유활성탄은 큰 비표면적과 빠른 흡착 속도를 가지고 경량화가 가능하기 때문에 공조용 필터로서는 매우 유용하다.

그래서 SBS의 원인물질로 생각되는 포름알데히드를 대상으로 하여 섬유상활성탄의 흡착거동

을 조사하였다. 또한 시험에 사용한 섬유상활성탄은 필자 등이 개발한 알데히드용 항균성섬유상활성탄을 사용하였다. 결과를 [그림-3]에 표시한다. 오피스에 있어서 포름알데히드의 농도를 20ppb로 가정하고 섬유상활성탄필터를 실제로 사용할 때의 수명을 경과곡선으로부터 추정하면 3,560시간이었다.

### 5. 필터의 제진성능

본 필터는 종래의 중성능필터에 사용되고 있는 유리섬유필터와 일체와 하고 있기 때문에 JIS Z 8901 11종 더스트에 대하여 비색법으로 90% 이상의 포집효율을 갖고 있다. 필터사양 및 압력손실을 [표-3]에, 필터의 구조를 [그림-4]에 표시한다.

### 6. 맺음말

실내공기질의 개선은 SICK BUILDING 증후군의 인식과 함께 주목되고 있다. 인간의 생활향상의식이 높아질수록 공기에 대한 요구는 점점 다양화 되고, 여기에 대응한 특징있는 공기필터를 금후에도 개발해 보고 싶은 생각이다.

본 개발은 鹿島建設(株) 기술연구소와 공동개발한 것이다.

### <參考文獻>

- Ember, L. R. : Survey finds high indoor levels of volatile organic chemicals. Chemical & Engineering News, Dec. 5, 23-25, 1988
- 三浦豊彦: 自然と人工環境. 労働科学, 68(3), 85-101 (1992)
- 菅原文子: 室内の微生物汚染. 空調調和・衛生工学, 62 (7) 17-21 (1988)
- 菅原文子: 室内空気の微生物汚染. クリーンテクノロジー-4 54-57(1994)
- 木村健一: 歐米のシックビル症候群とその對症. 建築設備技術會議, 21, 7.1.1-7.1.3(1988)
- 松村年朗 他: 室内空気が汚染に関する研究(第3報) 室内空気中のホルムアルデヒド濃度について. 日本公衆衛生誌, 30, 303-308(1983)
- 三谷一憲 他: 室内ホルムアルデヒド濃度とその人體影響. 公害と對策, 61, 385-390(1985)