

병원에서의 신개념 실내 공기질(Indoor Air Quality) 관리를 위한 Nano Silver기술 적용에 관한 실험연구

(Study of Nano Silver Technology Application
At Indoor Air Quality Control Of Hospital)

권 오 갑*, 유 홍 근(주,네페스)
곽 종 환(경기의학연구소센터)

1.서론

최근 실내공기 질에 대한 언론의 보도와 더불어 국민들의 참살이(Well-Being)의식이 고조됨에 따라 실내공기 오염에 의한 새집 증후군이 새로운 사회적인 관심의 대상이 되고 있다. 특히 신규건축물일 경우에는 사용된 건축자재로부터 각종유해 화학물질이 뿜어져 나와 인체에 매우 유해하고 거주자의 쾌적성과 건강에 영향을 주는 것으로 알려진 건물증후군(Sick Building Syndrome)이 나타나는데 이는 한정된 실내공간에서 발생하는 오염 물질이 정체되면서 상대적으로 환기량이 부족한 상태에서 오염물질의 농도 증가가 그 근원적인 원인이라 할 수 있다. 따라서 환경부에서는 실내공기 질을 일정수준이상으로 유지하는 “다중이용시설 등의 실내공기 질 관리법”을 2004년 5월부터 제정하여 이미 시행되고 있다. 여기서 이야기하는 실내공기 질(IAQ, Indoor Air Quality)이란 실내의 공기 질(온도, 습도, 압력, 부유분진, 화학물질, 부유세균, 냄새 등)을 가리키는 말이다. 인간의 주요 생활공간이 실내이고, 자연적인 희석률이 큰 대기오염과는 달리 실내에서 오염된 공기는 계속적으로 순환되면서 그 농도가 증가되며, 1970년대 에너지 파동 이후 등장한 단열성능이 뛰어난 각종 화학재료를 사용한 새로운 건축자재들이 실내오염을 가중시키고 있고, 고층 건물의 증가로 건물 내 거주자들이 일시적 또는 만성적인 질환을 앓는 사례가 증가되고 있는 상황에 비추어 실내공기는 인간의 건강과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다. 이러한 이유로 그동안 일부 다중 이용시설 즉 지하역사와 지하도 및 지하상가 (2천㎡이상)에만 적용돼온 실내공기 질 관리대상에 버스 터미널, 철도역사 대합실, 공항여객청사, 항만종합여객청사, 도서관, 미술관, 박물관, 종합병원, 실내주차장, 및 대통령령으로 정한 신규 공동주택(아파트)까지 포함되게 되었다. 그러나 병원에서의 실내 공기질은 각각의 방에 따라 사용조건, 온도조건, 환기회수 등이 다르고 일반건물과는 달리 공기의 질과 세균 수 환기회수 등이 엄격하게 관리되어야 한다. 그러나 아직은 병원의 환경표준 제도가 확립되어 있지 않고 다만 각 구역에 따라 외기량만이 규정되고 있는 상태이다. 따라서 본 연구를 통하여 병원실내의 중요구역인 고도청결구역, 준 청결구역, 일반구역, 오염관리구역의 실내공기 질 환경표준을 제시하고 재실인원인 의사, 간호사, 환자 및 사무원의 건강을 보호하기 위한 실제적인 연구가 절실하다. 이에 따라 현재 다중 이용시설 등의 실내공기 질 관리법에 규정되어 있는 일반적인 실내 환경조건 이외에 각 구역에 따른 실제의 실내 환경을 측정하고 보다 개선된 실내 환경을 제시함으로써 재실자를 보호하고 환자나 거주인원이 병원균이나 각종 오염물질로부터 차단할 수 있게 된다. 이러한 연구는 단속적으로 이루어져 왔으나 아직은 병원의 기준 환경 표준이 외국의 자료를 기준으로 설정되고 있으며 많은 에너지를 소모하고 재실환경 또한 기초수준에 머물러 있는 실정이다. 따라서 현재의 병원 공기 질 현황을 파악분석하고 실제 신기술인 Nano Silver를 이용한 살균성능을 적용 실험을 하므로써 병원의 각 구역별 공기 질에 대한 표준 총 부유 세균 관리를 위한 관리방안에 대한 기준을 제시하는 것이다. 따라서 보다 개선된 실내 환경 표준을 제시하기 위해서 본 연구를 통해 새로이 개발된 Nano Silver 용융 기술을 적용하여 병원의 환경개선을 이루고자 하는 목적이다.

2. 국내 실내 공기 질 및 환경기준 관리체계

2005년 기준으로 새로이 개정된 다중 이용시설 등의 실내공기 질 관리법의 관련법규를 보면 표 1와 같다.

☞ 다중이용시설의 실내공기질 유지기준

(다중이용시설 등의 실내공기질 관리법 시행규칙)

대상건물	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	CO ₂ [ppm]	HCHO [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	총부유세균 [CFU/m ³]	CO [ppm]
대합실, 여객터미널, 도서관, 박물관, 미술관 등	150이하	1000이하	120이하	-	10이하
의료시설, 보육시설, 요양시설 등	100이하			800이하	
실내 주차장	200이하			-	25이하

(다중이용시설 등의 실내공기질 관리법 시행규칙)

대상건물	NO ₂ [ppm]	Rn [pCi/l]	VOC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	석면 [개/cc]	오존 [ppm]
대합실, 여객터미널, 도서관, 박물관, 미술관 등	0.05이하	4.0이하	500이하	0.01이하	0.06이하
의료시설, 보육시설, 요양시설 등			400이하		
실내 주차장	0.03이하		1,000이하		0.08이하

표1. 다중 이용시설의 실내 공기질 유지 기준

3. 병원 내에 있어서 공기량의 기준

병원내의 공기오염 대책을 세우기 위해서는 먼저 병원내 공기질 실태를 파악할 필요가 있다. 병원 내에 있어서 청정도의 등급은 일반적으로 ①고도청결구역 ② 청결구역 ③준 청결구역 ④일반구역 ⑤오염관리구역으로 분류된다. 또 동일구역에서도 청정도, 기류, 기압 등을 고려하여야 한다.

☞ 청정도 등급과 환기조건(HEAS-02) : 의료시설

청정도 등급	명칭	적요	해당실	최소풍량 표준값(회/hr)		최중필터의 효율	참고자료 (평상작업시의 미생물수 평균)
				외기량	전풍량		
A. 의료구역							
I	고도정결 구역	종류방식에 의한 높은 청정도가 요구되는 구역. 주변실에 대해 정압 유지	바이오크린수술실 바이오콜린병실	5 ⁽¹⁾ 5	100~ 400	DOP계수법 99.97%	10CFU/m ³ 이하 ⁽⁷⁾
II	청결구역	만드시 종류방식이 아니어도 좋으나 I항 다음으로 고도의 청정도가 요구됨. 정압유지	일반수술실 수술용 배반실 정결복도 재료부문기밀균실 무균제조실 개장조사실 ⁽¹⁾ NICU	5 ⁽¹⁾ 5 5 5 5 5 3	30 20 15 20 20 20 12	DOP계수법 95% DOP계수법 90%	200CFU/m ³ 이하
III	중정결 구역	II항보다 약간 청정도가 낮아도 되지만 일반구역보다는 높은 청정도가 요구. IV항 이하의 구역보다는 정압을 유지	수술부 주변구역 (회복실, 세척실) ICU,CCU 미숙아실 특수검사 치료실 ⁽⁵⁾ 분만실,조유실	3 3 3 3 3 3	15 12 10 10 10 10	비색법 90%이상 비색법 80%이상	200CFU/m ³ 이하

☞ 청정도 등급과 환기조건(HEAS-02) : 의료시설

청정도 등급	명칭	적요	해당실	최소풍량 표준값(회/hr)		최중필터의 효율	참고자료 (평상작업시의 미생물수 평균)
				외기량	전풍량		
IV	일반구역	원칙적으로 수술상태가 아닌 환자가 있는 일반구역 특수한 실을 제외하면 대부분의 정압에도 좋다.	일반병실 데어룸 진료실 대합실 현관홀 재료부, 검사부의 일반구역 X선촬영실 인공투석실 통상신생아실 물리치료실 조제실	2 2 2 3 2 3 2 3 3 3 3	6 6 8 8 6 10 8 10 10 8 10	비색법 60%이상	
V	오염관리 구역	실내에서 유해물질을 취급하거나, 가스의 발생이 많은 실로 실내공기의 실외로의 누출방지를 위해 부압을 유지	RI관리구역 제균검사실 감염증진료실 ⁽⁶⁾ 해부실 영안실 환자용 화장실 오염처리실	전배기 전배기 전배기 전배기 전배기 전배기	12 ⁽⁶⁾ 12 10 15 10 15 15	비색법 60%이상	

☞ 청정도 등급과 환기조건(HEAS-02) : 의료시설

청정도 등급	명칭	적요	해당실	최소풍량 표준값(회/hr)		최중필터의 효율	참고자료 (평상작업시의 미생물수 평균)
				외기량	전풍량		
B. 일반구역							
VI	일반구역	공조면에서 병원의 특수성이 없는 일반적인 거실, 작업실	사무실, 원무과 회의실, 강당 식당	2 2 2	6 6 8	비색법 60%이상	
VII	오염확산 방지구역	가스나 분진 등이 다량으로 발생하는 실로서, 실외로의 확산을 방지하기 위해 부압을 유지	일반화장실 쓰레기처리실	- -	10 15		

- (1) 마취가스나 레이저 매스 사용시 가스를 배제하기 위하여 10회/hr이상이 요구되는 경우도 있다.
- (2) 조사부근의 방면류 높은 청정도가 확보되면 좋다.
- (3) 특수검사실에는 심장혈관 조영실, 심장검사실, 내시경실 등이 포함된다.
- (4) 각실별 분산화장실 등의 경우에 그 필요 배기량에 따라 외기량이 결정된다.
- (5) 공기접촉을 대상으로 한 병실이나 진료실을 기준으로 한다.
- (6) 실제로 필요한 환기량은 취급물질성물질의 종류나 양, 취급방법에 대하여 유효한 희석량을 고려하여 결정한다.
- (7) CFU: Colony forming unit, 공기의 단위용적 중에 함유된 미생물의 집약수(코로니수)에 해당.

또한, 주방에 대해서는 의사 협회 발행의 '병원급식시스템의 설계관리지침'(1996년6월)에 의한 것임.

표2 병원에서의 청정도 등급과 환기조건

4. 병원 공조 시스템 구성

일반적으로 종합병원의 기능을 대별하면 병동부문, 외래진료부문, 중앙 진료부문, 관리서비스 부분으로 나누어 질 수 있다.

병원에는 성질이 상이한 시설과 사용목적이 상이한 종류가 많고 공조시스템 구성은 각 실의 온습도 조건, 사용시간, 청정도, 부하특성, 배기량 및 상태를 충분히 파악되어야 한다.

일반적으로 세균의 생식상태는 상온부근에 있어서는 온도보다도 상대습도의 조건에 더욱 영향을 받는다. 즉, 50%일 때는 가장 빨리 사감하고, 보다 높은 습도나 보다 낮은 습도라도 세균의 생존비율이 증가한다. 따라서 재열방식 등에 의한 습도제어가 불가피하게 된다.

또 가슴에 있어서도 보일러 방청제에 의한 인체에서도 독성 영향을 피하기 위해서 드라이 스팀(Dry Steam)방식의 가슴장치를 채택하는 것이 바람직하다. 원내 각 실의 환기량은 실내의 청정도를 높이기 위한 환기회수와 실내의 유해가스 및 악취를 없애기 위해서 취하는 외기량에 의해서 결정된다.

이외에 시스템 설계를 계획할 때 유의점은 다음과 같다.

- ① 장래 검사부문 등 의료기기의 진보에 의해 공조부하의 증가에 대응할 수 있도록 양적인 여유를 고려한다.
- ② 장래의 증·개축에 있어서도 기능을 정지하지 않고 공사가 가능하도록 융통성 있는 시스템을 선정한다. 내진 계획으로 융통성 있는 시스템을 높이기 위해 시스템의 병렬화와 구획 등을 행하고, 전체의 기능이 정지하는 것을 피할 수 있도록 한다.

다음은 각 부문에 대한 공조시스템 계획의 유의점이다.

4-1. 병동부문

병실의 공조는 상호 오염방지가 고려되어야 한다. 또한 각 병실에 들어가는 환자의 증상에 가장 적합한 환경을 보유하는 것이 필요하다. 예로서 중병환자, 균에 대하여 저항력이 약한 환자, 소아전염병의 병력의 유무에 의한 다종의 상호 감염방지에 버려야 필요한 소아환자, 감염환자 등이 입실하는 특수병실과 일반병실 등은 실내의 청정도에 대한 요구정도, 공기분배, 온습도, 기류 및 취기 등 실내 환경에 관련된 제반조건이 상이하다.

4-1.1. 일반 병실

일반적으로는 1차 처리된 공기와 팬 코일유닛 병용 방식이 위해지고 있으나 팬 코일유닛의 냉각코일 표면과 배수 등에 세균의 번식이 확인될 수 있어야 한다.

환기회수는 6~8회/시간 이 필요하다. 계순환되는 경우는 고성능 필터의 설치 및 활성탄 필터에 의한 악취의 제거를 고려하여 신선공기량은 최소 6~8회/시간 이 필요하다.

4-1-2. 특수 병실

무균병실은 청정도 100에서 청정도 10,000의 청정도가 필요하다. 실내를 양압으로 하고 계순환해도 양호하다. 다만 에어필터는 고성능 필터가 필요하다. 격리병실은 전 외기 방식으로 하고 실내는 2mmAq정도의 음압을 유지시킨다. 공기 토출구는 고성능 필터가 부착된 비드레프트형의 것으로 한다.

4-1-3. 간호사 집무실 (Nurse-Station)

건축배치 설계상, 외기에 접하지 않는 경우가 많다. 중간기 및 동기에 냉방이 요구되는 것을 생각할 수 있기 때문에 냉, 난방이 자동적으로 선택되는 열원 히트펌프 유닛의 채택이 바람직하다.

4-1-4. ICU (중환자실)

급성기능부전의 환자를 수용하여 집중적으로 치료를 행하는 부문으로 평균 체재 일수는 3일 전후, 길어도 1주일 이내이다. 환기회수는 20회/시간 으로 하고 토출구에는 고성능필터를 부착하여 청정도를 높인다. 흡입구는 바닥면 근처에 설치하며 공기는 청정구역에서 오염구역으로 확실한 기류를 만든다.

4-1-5. 신생아실

전위기 방식으로서 청정도는 고성능 필터에 의해서 확보된다. 흡입구는 바닥면 근처에 설치하고, 먼 먼지 등이 발생하므로 흡입구에 프리필터를 설치하여 청소와 교환이 용이한 구조로 한다.

5. 병원에서의 공기질 관리

다중 이용시설 등의 환경관리기준 중에서도 의료시설, 보육시설, 요양시설은 다른 공공기관에서 볼 수 없는 총 세균수를 제한하고 있고 다른 물질의 기준도 비교적 엄격한 기준을 적용 받는다. 이러한 것은 현재의 전염성 세균 등으로 인한 실내오염 발생원의 증가와 환기부족으로 관심을 고조시켜주었다. 일반적으로 실내에서 발견되는 미생물에는 레지오넬라균, 대장균, 황색포도상구균, 곰팡이류 등이 있으며 대형의료시설, 호텔, 관공서, 지하시설, 백화점, 학교 등 대규모 다중 이용시설의 지속적 증가에 따라 실내공기오염 물질의 제거가 절실히 요구되고 있다.

실내의 미생물 오염의 원인은 다양하며, 공조시스템의 냉각코일표면은 높은 습도 등으로 인해 부적절한 관리 하에서 미생물 오염의 온상이 되고 이는 실내공기 오염의 주된 원인이 될 수 있으며, 특히 인체에 유해한 병원성 미생물의 증식을 조장할 수 있다. 공조 시스템에서 미생물의 발육, 번식을 억제하기 위해 일부에서 냉각코일에 동 코팅핀을 사용하였으며, 그 항균력 또한 확인되었다. 은나노 기술은 세탁기 등의 가전제품과 여러 제품에서 살균력이 입증된 것으로 본 연구에서는 은나노 기술을 이용하여 냉각코일의 핀에 은을 코팅하고 일정조건하의 밀폐된 공간에서 살균력을 측정, 비교하여 그 효능을 검정하고자 하였다.

본 효능 검정에서는 실내공기 오염의 지표라 할 수 있는 대표적 Gram(+) bacteria, Staphylococcus aureus(황색포도상구균)를 사용하여 균 제거 효율을 검토하였다.

6. 실험방법

6-1. 실험재료

6-1-1. 시험장비

실험에 사용한 장비 및 부품은 FCU를 응용한 알루미늄 핀 냉각기와 은 나노 코팅핀 냉각기, 그리고 은 나노 코팅 필터를 성능시험에 사용하였다.

6-1-2. 시험균주

실험에 사용한 균주는 다음과 같다.

Staphylococcus aureus subsp. aureus KCTC 1928

6-2. 기기 및 시약

6-2-1. 기기

- Autoclave ; LABO Autoclave (Sanyo)
- Incubator ; KMC Incubator (Vision Scientific CO., LTD)
- Clean bench ; CLEAN BENCH (대전 플랜트)
- Microscope ; Olympus CK40 (Olympus)
- Air sampler ; RCS Air sampler (Biotest HYCON)
- Colony counter ; RCS Colony-Counter set (Biotest HYCON)
- Digital camera ; Olympus CAMEDIA C-4040 ZOOM
- 초저온 냉동고 ; -86℃ ULT Freezer (Thermo Forma)

6-2-2. 시약

미생물의 배양 및 시험에 사용한 배지는 다음과 같다.

- Bacto™ Agar (BD)
- Difco™ Nutrient Broth (BD)

RCS air sampler용 전용배지는 Luftkeimindikator S (Staphylokokken) (Biotest HYCON)을 사용하거나 또는 Luftkeimindikator KIT (Leer folien) (Biotest HYCON) blank strip kit을 이용하여 Nutrient Agar 배지를 만든 후 시험에 사용하였다.

6-3. 실험방법

6-3-1. 실험조건

- 밀폐된 공간(격리 room) : w 1,500 × d 1,150 × h 1,200 (mm)
- 실내온도 : 27℃
- 습도 : 50%
- 시료채취시간
 - a. 실내공기 : 0분, 30분, 3시간, 6시간
 - b. 응 축 수 : 2시간, 3시간, 6시간

6-3-2. 실험군 1

(일반 filter를 장착한 알루미늄 핀 냉각기 : 냉방없이 건조운전)

일정수의 균주를 멸균 증류수에 혼합하고 분무용 용기를 이용하여 실내에 분무하였다. 분무 후 냉방없이 FCU를 운전하고, 가습기, 가열기를 작동하고 정해진 시간에 이중문이 설치된 Chamber 내에 적당한 전용배지가 장착된 Air sampler로 각각 4분 동안 검체를 채취한 후 적정 온도에서 적정시간동안 배양하여 실험군으로 하였다.

6-3-3. 실험군 2

(은 나노 filter를 장착한 알루미늄 핀 냉각기 : 냉방운전)

알루미늄 핀 냉각기에 은 나노 filter를 장착하고 일정 수의 균주를 분무한 후 FCU, 가습기, 가열기를 작동하고 정해진 시간에 실내 공기와 응축수를 취하였으며 실험군 1과 동일 조건으로 배양하였다.

6-3-4. 실험군 3

(일반 filter를 장착한 은 나노 코팅 핀 냉각기 : 냉방없이 건조 운전)

일반 filter를 장착한 은 나노 코팅 핀 냉각기에서 일정수의 균주를 분무한 후 실험군 1과 동일 조건, 동일 방법으로 그 효능을 검증하였다.

6-3-5. 방법

- ① 균주를 Nutrient Agar 배지에 접종하고 37℃ incubator에서 48시간 배양
- ② 격리 room에 1시간 동안 UV lamp를 켜서 공기 중의 일반 세균 제거
- ③ 배양균주 각각 1.5×10^9 을 멸균 증류수 30ml에 혼합
- ④ 가습기, 가열기를 작동하고, FCU의 Fan만 운전 또는 냉방 하에서 운전
- ⑤ 이중문이 설치된 Chamber를 통하여 균주를 분무
- ⑥ 0분, 30분, 3시간, 6시간에 각각 전용배지가 장착된 멸균 Air sampler를 이중문이 설치된 Chamber 내에 위치하고 4분 동안 시료채취
- ⑦ 냉방운전의 경우 응축수의 배출구에서 2시간, 3시간, 6시간에 각각 멸균된 용기를 위치시키고 50ml의

유출수를 채취

- ⑧ 일정 조건에서 agar strip을 각각 48시간 배양
- ⑨ 각각의 유출수에서 100 μ l를 취하고 적정 조건하에서 배양
배양 후 계산식에 따라 CFU(Colony Forming Units) 계산



사진 1. 시험용 균주의 집중

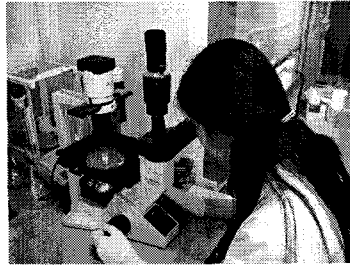


사진 2. 배양된 균주의 관찰

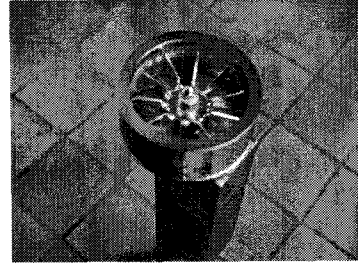


사진 3. Air sampler의 strip 배지 장착



사진 6. Chamber를 통한 균주의 분무

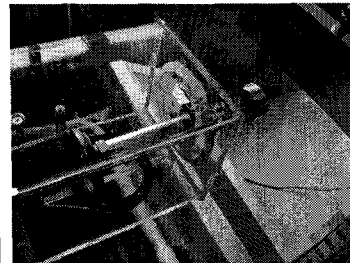


사진 5. 전용배지 장착 Air sampler를 이용한 시료 채취

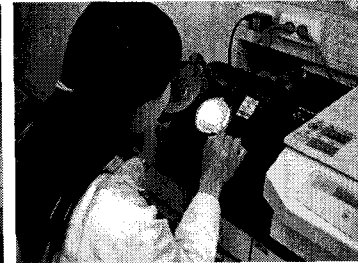


사진 6. Colony counter를 이용한 colony수 측정

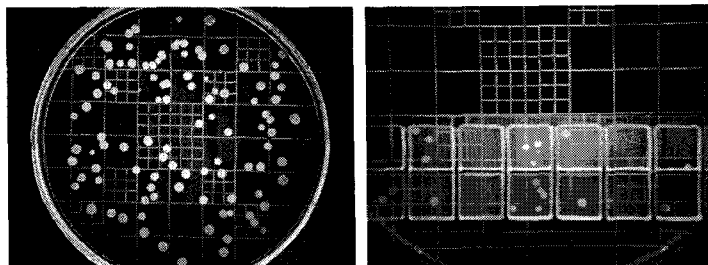


사진 7. Colony counter에서 본 황색포도상구균의 colony 형태

◎ 균 제거능(%)

$$= \frac{(0분에서의 CFU - 30분, 3시간, 6시간 각각에서의 CFU) \times 100}{0분에서의 CFU}$$

6-3-6. 배양조건

균주의 배양 조건 및 배지는 다음과 같다.

표-1. 사용균주의 배지 및 배양 조건

균주명	배지	배양온도
S. aureus subsp. aureus KCTC 1928	Nutrient Agar	37℃

균주의 전용배지(Agar strip)와 배양조건은 아래의 표에 기록하였다.

표-2. 사용균주의 전용배지 및 배양조건

균주명	전용배지(Agar strip)	배양조건
S. aureus subsp. aureus KCTC 1928	Mannitol-salt-Agar(Agar strip S)	30~35℃, 48hrs
	Nutrient Agar	37℃, 48hrs

배출수의 배양에 사용된 배지로는 S. aureus. subsp. aureus를 위해 Nutrient Agar가 사용되었으며 37℃에서 48시간 동안 배양하였다.

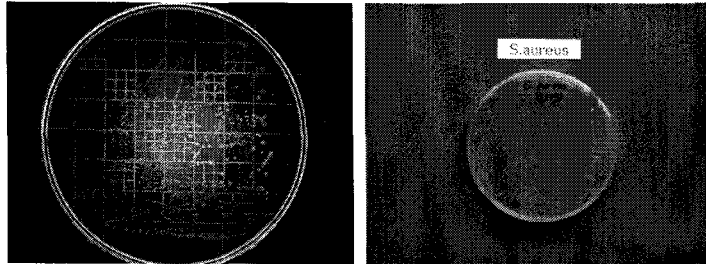


사진 8. 시험용 S.aureus의 배양

6-4. 실험결과

6-4-1. 일반 filter 장착 알루미늄 핀 냉각기의 건조 운전(무냉방) 시

황색포도상구균(S. aureus subsp. aureus)의 제거효능

황색포도상구균의 사용된 수는 각각 1.5×10^9 으로 540nm에서 OD값을 측정한 후 희석하여 그 수를 환산하였으며 각 균주는 멸균증류수 30ml에 혼합한 후 분무하였고 각각 2회 반복 시험하여 평균을 구하였다. 밀폐된 공간 내에서 황색포도상구균은 초기 0분에 31,875 CFU/m³가 관찰되었으며 30분 후에는 75, 3시간에 31, 6시간 후에는 13 CFU/m³가 관찰되었다.

표-3. 밀폐된 공간내의 공기 중 황색포도상구균에 대한 일반 filter 장착 알루미늄 핀 냉각기의 건조 운전(무냉방) 시 결과

항 목	균주 검출량(CFU/m ³)			
	0min	30min	3hrs	6hrs
실험군 1	31,875	75	31	13

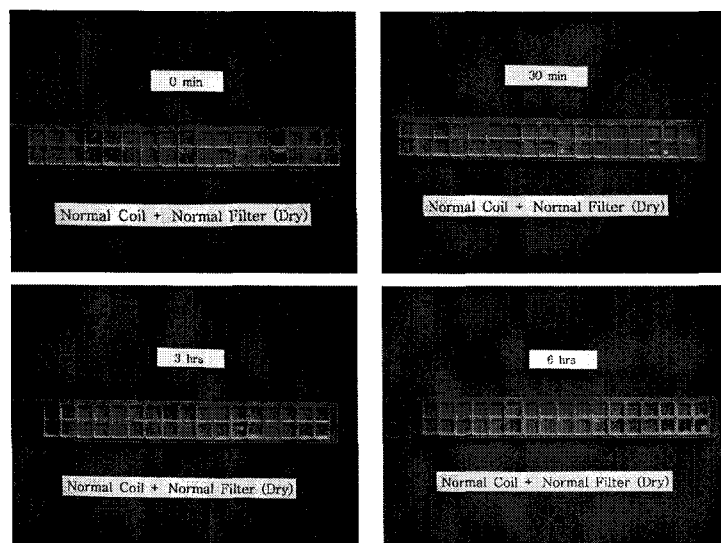


사진 9.. 실험군 1의 실내 공기 중 S. aureus (0min, 30min, 3hrs, 6hrs)

2. 은 나노 filter 장착 알루미늄 핀 냉각기의 냉방 운전 시
황색포도상구균(*S. aureus* subsp. *aureus*)의 제거효능

실험군 1과 동일하게 1.5×10^9 의 황색 포도상 구균을 멸균 증류수 30ml에 혼합한 후 분무하였다. 2회 반복 시험하여 평균을 구한 결과 은 나노 filter 장착 알루미늄 핀 냉각기에서 밀폐된 공간 내 황색포도상구균 은 초기 0분에 29,113, 30분 후에 50, 3시간, 6시간 후에는 각각 6, 0 CFU/min³가 나타났다. 응축수는 2시간, 3시간 및 6시간에 각각 2,000, 1,000, 500 CFU/50ml를 보였다.

표-4. 밀폐된 공간내의 공기 중 황색포도상구균에 대한 은 나노 filter 장착 알루미늄 핀 냉각기의 냉방 운전 시 결과

항 목	균주 검출량(CFU/m ³)			
	0min	30min	3hrs	6hrs
실험군 2	29,113	50	6	0

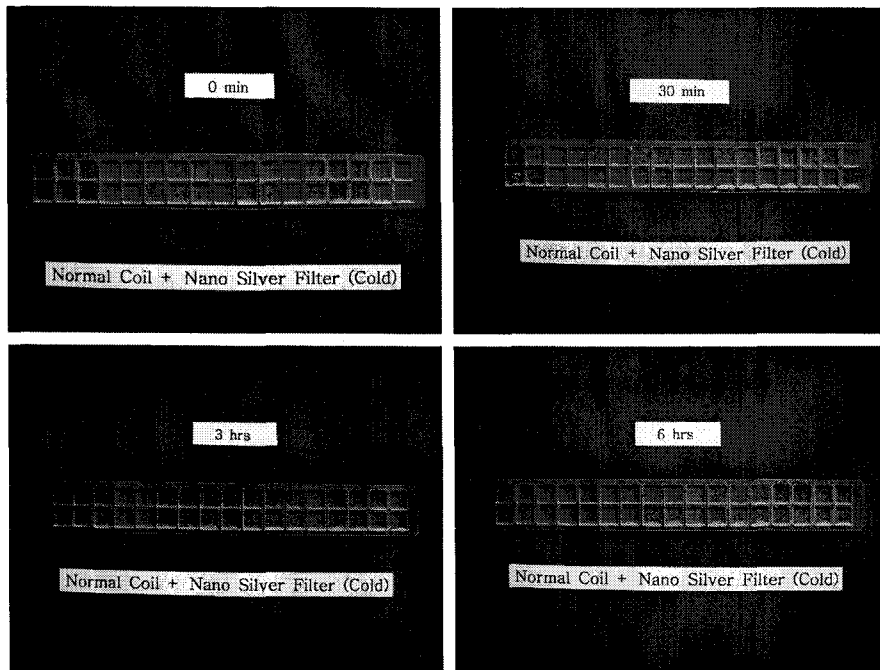


사진 10. 실험군 2의 실내 공기 중 S. aureus (0min, 30min, 3hrs, 6hrs)

표-5. 은 나노 filter 장착 알루미늄 핀 냉각기로부터 유출된 응축수에서 황색포도상구균의 결과

항 목	균주 검출량(CFU/50ml)		
	2hrs	3hrs	6hrs
실험군 2	2,000	1,000	500

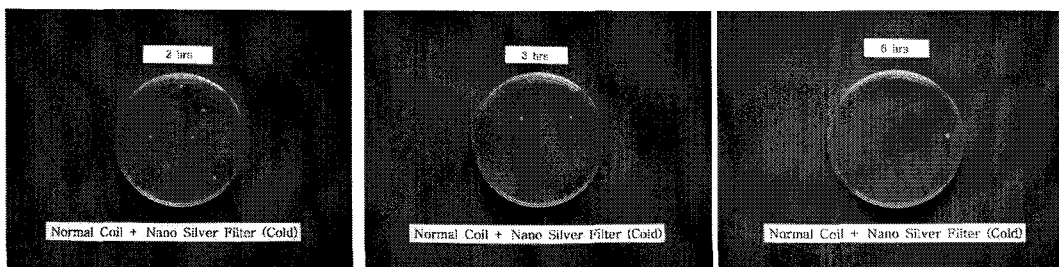


사진 11. 실험군 2의 응축수 중 S. aureus (2hrs, 3hrs, 6hrs)

3. 일반 filter 장착 은 나노 코팅 핀 냉각기의 건조 운전(무냉방) 시 황색포도상구균(S. aureus subsp. aureus)의 제거 효능

은 나노 코팅 핀 냉각기가 설치된 밀폐된 공간 내에 1.5×10^9 의 황색포도상구균을 분무하고 동일 시간 및 조건에서 시료를 채취한 결과 초기 0분에 29750 CFU/m³, 30분, 3시간, 6시간에 각각 63, 19 및 9 CFU/m³가 관찰되었다.

표-6. 밀폐된 공간내의 공기 중 황색포도상구균에 대한 일반 filter 장착 은 나노 코팅 핀 냉각기의 건조 운전(무냉방) 시 결과

항 목	균주 검출량(CFU/m ³)			
	0min	30min	3hrs	6hrs
실험군 3	29,750	63	19	9

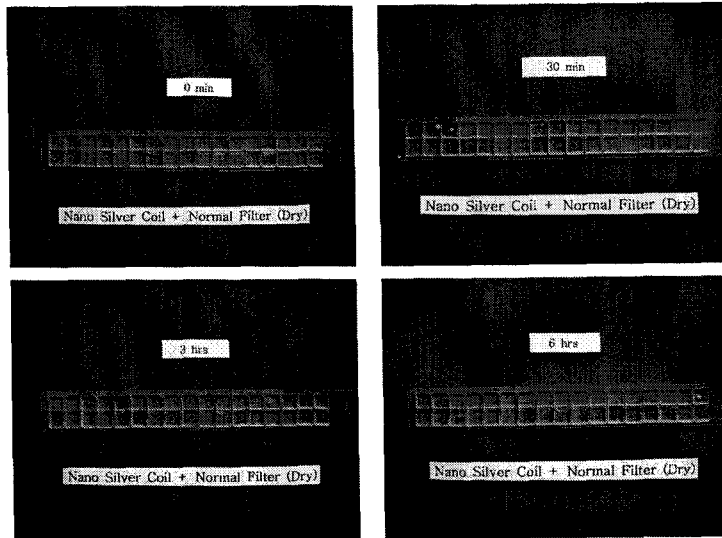


사진 12. 실험군 3의 실내 공기 중 S. aureus (0min, 30min, 3hrs, 6hrs)

IV. 결 론

현대인들의 실내 생활 증가와 지속적인 도시화 및 고층화에 따른 실내 공기 오염 문제는 날로 심화되고 있다. 실내 공기 오염 물질은 먼지, 세균, 휘발성 유기화합물질(VOC's), 악취, 라돈 등을 들 수 있는데 현재 대부분의 건물 내 공기는 자연 통풍보다는 공조시스템에 의한 냉난방 공기 순환에 의존하고 있는 실정이다. 따라서 냉난방기와 공조시스템의 부적절한 관리 또는 오염을 실내 공기 오염의 주된 원인이 될 수 있고, 특히 병원성 미생물 증식을 조장할 수 있을 것이다. 공조 시스템에서 미생물의 발육, 번식을 억제하기 위해 일부에서 동코팅 핀을 사용하였으며 그 항균력 또한 확인되었다. 은 나노 기술은 세탁기 등의 가전제품과 여러 제품에서 살균력이 입증된 것으로 본 제품에서는 은나노 기술을 이용하여 냉각기의 Fin에 은을 코팅하고 일정조건하의 밀폐된 실내에서 그 항균력을 측정, 비교하여 그 효능을 검증하고자 하였다.

황색포도상구균은 일반 filter를 장착한 알루미늄 핀 냉각기의 냉방 없는 건조 운전에서 분무 후 초기 측정에서 31,875 CFU/m³, 30분, 3시간, 6시간 후에 각각 75, 31 및 13 CFU/m³을 나타내었다. 은 나노 filter 장착 알루미늄 핀 냉각기의 냉방 운전에서 분무 후 바로 측정 시와 비교할 때 30분에 99.82%의 제거 효과를 보였으며 3시간 및 6시간 후에는 각각 초기와 비교하여 99.98%, 100%의 제거효과를 보였다. 유출된 응축수의 경우 2시간에 2,000 CFU/50ml, 3시간과 6시간에 각각 1,000 CFU/50ml 및 500 CFU/50ml이 관찰되었다. 일반 필터 장착 은 나노 코팅 핀 냉각기를 무냉방 건조 운전한 경우 30분에 63CFU/m³, 3시간에 19CFU/m³ 그리고 6시간 후에 9CFU/m³의 황색포도상구균이 검출되었다.

Gram 양성의 대표적 균주이며 주요 실내 공기 오염 미생물인 황색포도상구균으로 시험한 결과 은 나노 필터 장착 알루미늄 핀 냉각기에서 초기 균수와 비교 시 99% 이상의 현저한 균 제거 효과를 관찰할 수 있었으며 응축수 또한 적은 수의 균주만이 검출되었다. 이상과 같이 냉각공조 시스템에 은 나노 필터의 설치는 저렴한 비용에서 의미있는 미생물 오염원의 감소효과를 가져오리라 사료된다.