

# 항균처리를 한 공조기기의 항균성능 평가방법과 평가결과

○ 미우라 쿠니오 (Kunio Miura), 다카츠카 다케시(Takeshi Takatsuka),  
야나기 우(U Yanagi), 야마자키 쇼지(Shoji Yamazaki)

번역 : 명 현 국

국민대학교 기계자동차공학부

Email : myong@kookmin.ac.kr

## Abstract

Aluminum thin plate coated with epoxy resin containing about 20wt% brass powder, was applied to fins of heat exchanger. We carried out a series of detailed examinations to evaluate the anti-bacterial performance of the plate and heat exchanger (fan coil unit). In the presence of water or moisture, copper ions which have an anti-bacterial ability eluted from brass powder and showed sufficient effects on many kinds of bacteria. We also evaluated the anti-bacterial performance quantitatively by use of the index API (Anti-bacterial Performance Index) which has already been proposed by authors.

키워드 : 공기질(air quality), 항균성능 평가지표 (anti-bacterial performance index), 구리 이온(copper ion), 코팅(coating), 팬코일 유닛 (fan coil unit)

## 1. 서 론

건강, 쾌적성, 청결에 대한 요구가 높아짐에 따라 휘발성 유기화합물(VOC)을 중심으로 한 실내공기

질(Indoor Air Quality)과 함께 취기를 중심으로 한 지각성 공기질(Perceived Air Quality)의 개선이 강하게 요구되고 있다. 공조시스템에서 취기 원인물질의 하나로 세균이나 곰팡이 등의 미생물로부터 방출되는 MVOCs (Microbial/Metabolic Volatile Organic Compounds; 미생물에 유래된 휘발성 유기화합물)가 예전부터 지적되어 왔으며<sup>1)-3)</sup>, 알콜류나 케톤류 등 여러 종류의 화합물도 포함되어 있는 사실이 최근 연구를 통해 알게 되었다<sup>4)</sup>.

대다수의 미생물은 높은 습도를 선호해, 여름철 냉방시에 항상 높은 습도상태에 있으며 미생물의 영양원이 되는 유기물을 다량 포함하고 있는 먼지로 오염되어 있는 공조기 코일 또는 드레인 팬은 미생물이 살아 숨쉬고 번식하기 좋은 환경이다. 저자들은 실내 공기질과 함께 지각성 공기질의 개선을 목적으로 항균성능을 가진 공조기기를 개발, 평가해 왔다.

본 연구에서는 개발한 항균소재의 평가와 메커니즘, 항균소재를 짜 넣은 팬코일 유닛의 운전상태에서의 성능평가방법의 제안과 평가결과의 보고 및 항균성능의 정량적 평가지표의 제안을 하고자 한다.

## 2. 항균법에 관한 기존의 연구개요

항균법에는 산화제, 염소계 화합물, 제4급 암모

늄염으로 대표되는 계면활성제, 페놀계 화합물, 중금속 이온을 함유하는 무기계열 항균제 등 다종다양한 것이 개발되어, 사용목적에 따라 선택되고 있다. 쓰치도(土戸)<sup>5)</sup>는 일반론으로서 미생물의 종류와 항균제의 효과에 관해서 항균제의 작용면에서 해설하고 있다.

무기계열 항균제는 항균성을 가진 중금속 이온을 무기의 담체에 흡착시킨 화합물이다. 이것들은 넓은 항균 스펙트럼을 가져 많은 미생물에 효과를 발휘함과 동시에<sup>6)</sup>, 효과의 지속성도 길고 약제와 달리 내성균이 적은 이점을 가지고 있다.

공조분야에의 응용으로 카와이(河合) 등<sup>7)</sup>은 활성탄 섬유에 산화은을 침착시킨 공조용 필터소재를 시험제작하고, 항균성능과 각종 화학물질의 흡착성능을 모두 가진 필터개발을 수행하고 있다. 나카노(中野)<sup>8)</sup>는 은계통 항균제를 이용한 항균성 프리필터, 항균성 중성능 필터 및 항균성 HEPA 필터(HEPA 필터란 High Efficiency Particulate Air Filter의 약자로, 0.3 μm 입자 직경의 미립자를 99.97% 이상의 고효율로 집진하는 필터를 말함)를 개발하고, 이온효과에 보다 광범위하고 완전한 항균효과가 얻어지도록 하고 있다. 또한, 고카노(五高野) 등<sup>9)</sup>은 필터내에 증식하는 미생물의 2차 오염대책으로서 여재섬유 전체에 수식(修飾)용균효소(수식용균효소란 여재섬유와 결합시킨 균을 용해하는 효소를 말함)가 분자레벨에서 고정화된 효소필터를 이용해서 이차오염방지의 검증에 수행하고 있다.

공조기 내부의 항균화에 대해서 하마사키 등<sup>10,11)</sup>은 항균효과의 지속성의 관점에서 항균제를 선정하고 공조기내 부착미생물의 저감효과를 확인한 결과, 항균 곰팡이방지용으로 가공한 열교환기, 단열재, 드레인 팬 및 공기흡출부에서의 부착균수가 세균, 진균 모두 무가공한 것과 비교해서 1/10 미만이었다고 보고하고 있다. 기타마야시 등<sup>12)</sup>은 의료·복지시설의 실내환경 향상을 목적으로 메치실린 내성 황색포도상구균(이하 MRSA로 나타냄)과 대장균을 대상으로 한 항균기능이 부착된 공조기를 개발하였다. 또한 가타오카<sup>13)</sup>는 항균도장, 항균필터 등으로 항균화된 공조기내를 공조운전 정지시간대

를 이용해서 저농도 오존 또는 자외선으로 제균하는 시스템을 제안하고 있다.

그러나 항균 메커니즘 또는 항균성능을 정량적으로 평가한 연구는 거의 발견할 수 없다.

### 3. 항균성능 시험 및 평가

이전의 연구에서 기술한 바와 같이 중금속 이온이 매우 강력한 살균력을 가지고 있는 것은 예로부터 알려져 있고, 그 중에서도 인간이나 동물에 유해하지 않은 은이나 구리는 일상생활에 있어서도 식기나 수저, 치과치료 등에 사용되어 왔다.

그러나 이들 금속을 단체(單體)로 공조기에 사용하는 것은 비용, 가공성, 경량성의 면에서 적절하다고 말하기 어렵고, 예를 들어 공조용 코일(열교환기)은 동관·알루미늄 편이 일반적이고 항균성을 가지게 하기 위해 항균성을 가진 유기화합물 또는 유기금속화합물을 함유한 수지를 코팅하는 경우가 많다<sup>14)</sup>. 본 연구에서는 항균성을 가진 금속분체를 함유한 수지를 편 표면에 코팅시킨 팬코일 유닛의 항균성능 평가결과와 평가지표에 관해 보고한다.

#### 3.1 본 연구에서의 항균처리법

##### 3.1.1 항균처리제

본 시험에서 사용한 코일은 범용의 동관·알루미늄 편을 베이스로 해서, 알루미늄 표면에 항균제를 첨가한 수지를 코팅시킨 것이다.

코팅제 조성을 표 1에, 코팅 재원을 표 2에 나타냈다. 두께 110 μm의 알루미늄 박판에 황동분말을

표 1. Compositin fo the ink

Epoxy resin	~30%
Xylene	~30%
Diacetone alcohol	~20%
Cyclohexane	~15%
Brass powder	5~10%
Pigments	~1%

건중량(용제가 증발하여 수지가 경화된 후의 도포된 막인 도막 중량)으로 약 20%를 함유한 에폭시 수지를 두께 약 2  $\mu\text{m}$  로 코팅하고, 이것을 공시(供施)시료로 하였다. 항균제로서 구리와 아연의 합금인 황동을 사용하였으나, 이것은 구리와 아연 모두 항균효과를 가지고 있는 점, 황동 쪽이 구리보다 딱딱하게 분말화가 용이한 점 및 공업화를 고려한 경우의 비용 등을 모두 고려한 것이다.

표 2. The processing conditions of coating

Thickness of Aluminum fin	110 $\mu\text{m}$
Thickness of ink	2 $\mu\text{m}$
Size of brass powder	Max 2 $\mu\text{m}$
Baking temperature	270 $^{\circ}\text{C}$ (20seconds)

### 3.1.2 항균 처리방법

코팅방법을 그림 1에 나타냈다. 폭 1,500 mm인 알루미늄 박판 물을 되감고, 방식, 밀착성 향상을 위해 하지제를 코팅해서 이것을 건조시킨 후, 유기용제로 희석시킨 황동분말 함유 에폭시 수지를 양면에 롤코팅(수지액조에 물을 회전 침투시켜, 물을 끼워 알루미늄판에 코팅하는 방법)하고, 열처리로서 용제의 증발과 에폭시 수지 경화처리를 실시

하여 냉각시킨 뒤 다시 물에 감는다. 해당 표면처리 알루미늄 박판을 소재로서 통상의 방법에 의해 편 가공하여 코일에 짜 넣는다.

코팅 두께(막두께)의 제어는 적외선 막두께 측정기에 의해 행하며, 이것의 제어 정밀도는  $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 이다. 수지액조는 황동분의 침강을 방지하기 위해 계속 교반시킨다.

## 3.2 소재시험

### 3.2.1 시험방법

소재시험은 필름밀착법(JIS Z2801)에 따랐다<sup>15)</sup>. 필름밀착법의 개요를 그림 2에 나타냈다. 50mm  $\times$  50 mm 소재에 대상으로 하는 균액을 0.5 ml 적하시키고, 35 $^{\circ}\text{C}$ , 상대습도 90% 이상의 환경하에서 24시간 계속 유지시킨 후, 9.5 ml의 감균 인산완충액에서 소재 및 필름 표면을 씻어내고 그 중의 1 ml를 배지에 적하시키고 이것을 35 $^{\circ}\text{C}$ 에서 48시간 배양시켜 콜로니(세균의 집단) 수를 센다. 카운트한 콜로니수를 10배하여 균수(CFU/ml)로 한다. 여기서 CFU는 Colony Forming Unit(집락형성단위)의 약어로 배지에 일정량의 배양액을 살포하여 소정시간 배양할 때에 형성되는 콜로니(집락)의 수를 원액 단위용적당 수로 나타낸 것이다.

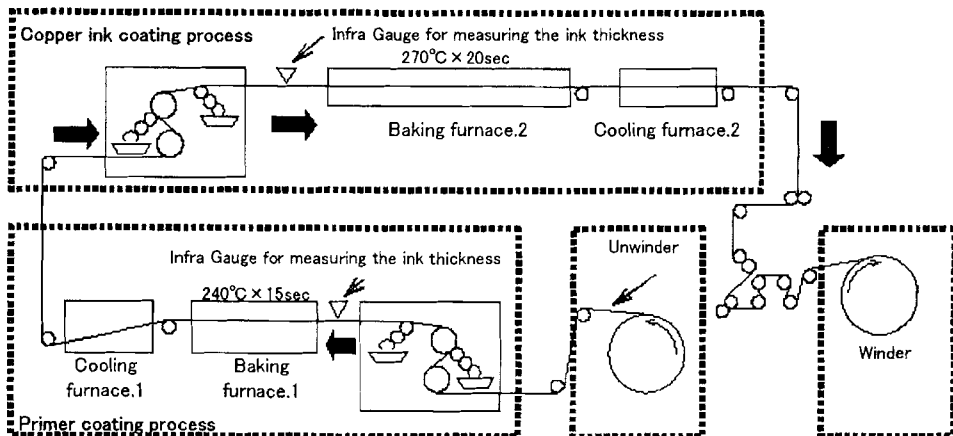


그림 1. Coating process

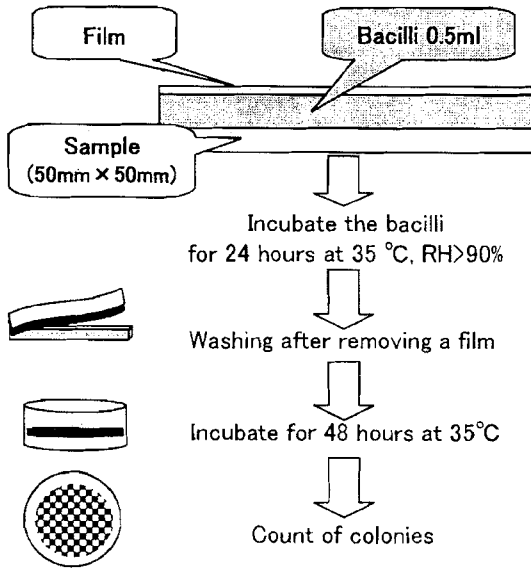


그림 2. Method of anti-bacterial test

통상, 건조운전은 10시간 정도로, 24시간 계속 유지시키면서 하는 효과평가만으로는 실용적이지 못하다고 생각되어, 여기서는 소정 시간별로 균수의 변화를 측정하였다. 시험소재로서 항균처리를 실시한 알루미늄 편을 대상으로 하여 통상의 알루미늄 편과 비교를 하였다. 이와 함께 유리살레에서의 균수변화도 동시에 측정하였다. 균액중의 초기 균수는 항균효과가 균수  $10^n$ 의 지수 n의 변화로 평가되는 사실로부터  $10^{5-6}$ [CFU/ml]로 하였다.

또한 균 종류로는 항균시험에서 표준 균인 간균으로서 대장균, 구균으로서 황색 포도상구균을 사용하였다. 본 측정은 전문 평가기관인 (재)동경현미경원(일본 동경도에 소재하며 식품, 미생물의 검사 등을 취급함)에 의뢰하였다.

### 3.2.2 결과의 평가방법

필름밀착법에서는 균수의 지수변화 자릿수에 따라 효과 유무의 판정을 하고 있으나, 효과의 정량성은 없다. 그림 3에 균과 시험소재의 접촉시간과 균수의 변화 관계를 모식적으로 나타냈다. 통상 시간이 경과함에 따라 균은 자연증식하나, 이 자연증식

이 억제된 정균상태, 균이 감소해 완전히 사멸되는 멸균상태, 그 중간의 균수는 감소하지만 사멸하지 않는 항균상태로 구분된다. 항균상태의 범위는 넓고, 항균성능은 이론적, 학술적으로 정의되어 있지 않는 것이 현상이다.

저자는 식 (1)로 항균성능지표 API(Anti-bacterial Performance Index)를 정의하고, API의 값으로 항균의 정도를 표현할 것을 제안하고 있다<sup>16)</sup>.

항균성능의 평가에 있어서는 균수의 변화는 역승의 자릿수로 평가하는 것이 일반적으로, 예를 들어  $2 \times 10^5$  CFU/ml와  $5 \times 10^5$  CFU/ml는 측정 정확도를 포함해서 차이가 있다고 볼 수 없는 것이 통례이다. 또한 항균효과는 기기의 사용상황에 따라 다르기 때문에 실용적으로 정량화를 하기 위해서는 균수의 변화와 함께 소정의 항균시간도 구할 필요가 있다. 이것들을 고려해서 식 (1)에서는 임의 시간에서의 평가를 비교기기의 자릿수 차이로 하는 것으로 하였다.

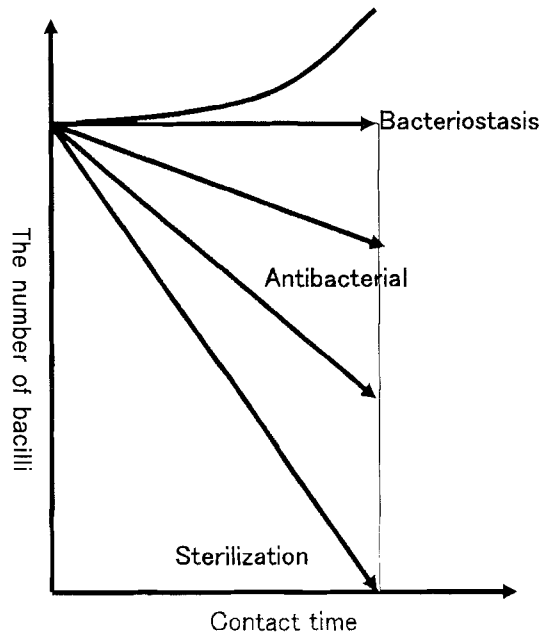


그림 3. Relationship between contact time and the number of bacilli

$$API = \log(A1/A2) - \log(B1/B2) \quad (1)$$

- A1: 균액을 도포한 직후의 대상기기의 균수
- A2: 균액을 도포한 임의 시간 후의 대상기기의 균수
- B1: 균액을 도포한 직후의 비교기기의 균수
- BA2: 균액을 도포한 임의 시간 후의 비교기기의 균수

JIS Z2801에서는 24시간 후의  $\log(B2/A2)$ 의 값을 항균 활성값으로 정의하고,  $\geq 2$ 를 항균효과가 있는 것으로 하고 있다. 이에 반해 저자는 임의 시간에서의 효과와 효과의 정도를 아래와 같이 정의할 것을 제안하고자 한다.

- $1 \leq API < 2$  항균성이 있을 가능성이 있다
- $2 \leq API < 3$  항균성이 있다
- $3 \leq API$  강한 항균성이 있다

단, 비교기기에 있어서도 균수가 2자리수 이상 저하하고 있는 경우에는 실험에 문제가 있다고 생각하여 시험 성립조건을  $\log(B1/B2) \leq 0$ 로 한다.

### 3.2.3 시험결과

필름밀착법에 따른 소재의 시험 결과를 대장균에 대해서는 표 3 및 그림 4에, 황색 포도상구균에 대해서는 표 4 및 그림 5에 나타냈다. 그림 4, 5 중의 괄호내 수치는 항균성능 평가지표 API값이다. 항균처리를 실시한 소재는 모두 공조운전 10시간 이상에서  $API \geq 3$ 으로 되어 강한 항균성을 가진 것이 실증되었다.

표 3. Results of anti-bacterial test *Escherichia Coli* (CFU/ml)

Sample contact time	Copper coating	Aluminum	Blank
0 hr	-	-	$2.4 \times 10^5$
1 hr	<20	$2.2 \times 10^5$	$2.4 \times 10^5$
3 hrs	<20	$7.2 \times 10^5$	$9.1 \times 10^5$
5 hrs	<20	$5.0 \times 10^6$	$4.0 \times 10^6$
8 hrs	<20	$1.9 \times 10^7$	$8.0 \times 10^6$

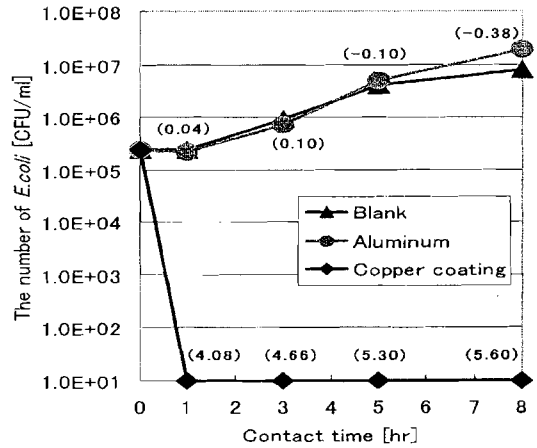


그림 4. Relationship between contact time and the number of *Escherichia coli*

표 4. Results of anti-bacterial test

Sample contact time	<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/ml)		
	Copper coating	Aluminum	Blank
0 hr	-	-	$2.2 \times 10^5$
8 hr	240	-	$3.1 \times 10^5$
18 hrs	<20	$6.4 \times 10^5$	$1.7 \times 10^5$
24 hrs	<20	$5.4 \times 10^5$	$1.4 \times 10^6$

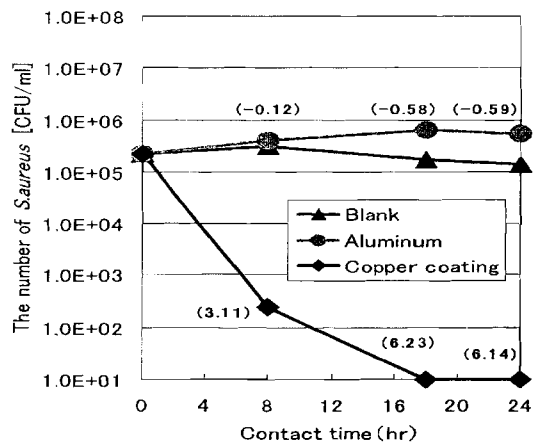


그림 5. Relationship between contact time and the number of *Staphylococcus aureus*

### 3.3 실제 기기 시험

#### 3.3.1 시험방법

필름밀착법은 소재의 상대평가는 가능하나, 실제 공조기기의 운전조건과는 온습도, 응축수 유무 등의 면에서 상당히 달라, 실제 기기에서의 효과의 평가는 할 수 없다. 그럼에도 불구하고, 실제 기기의 운전상태에서의 항균성능 평가방법은 아직 없다.

저자는 실제 기기의 운전상태에서의 항균성능 평가방법을 새롭게 제안하고, 그것에 기초하여 항균성능을 평가하였다. 그림 6에 평가방법의 개요를 나타냈다.

핀을 절곡시켜 균액을 핀 표면에 도포하기 용이하도록 한 후, 알코올로 표면을 살균·건조시키고, 소정 농도의 균액을 균등하게 도포한다. 코일에 냉수를 흘린 상태(공조기의 운전상태)에서 소정 시간 유지한 후, 일정한 면적에 부착한 균을 면봉으로 닦아내서 멸균 인산완충액으로 이동시킨다. 균을 포함한 완충액의 일부를 소정의 배지에 적하시키고,

35 °C에서 24~48시간 배양시킨 후 콜로니를 계측한다. 핀 표면에 부착된 균이 응축수에 의해 씻기는 것을 방지하기 위해 균액에 한천을 첨가해 점도를 높여 점착성을 증가시켰다.

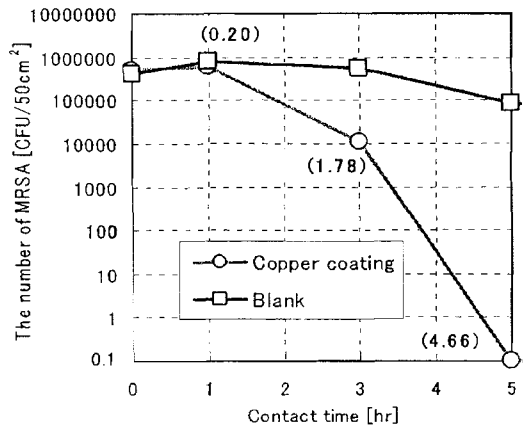


그림 7. Relationship between contact time and the number of MRSA

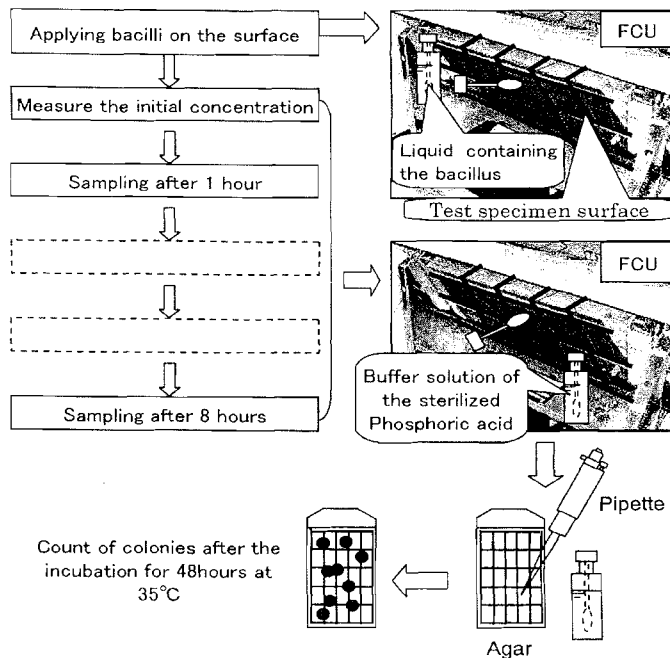


그림 6. The method for evaluating the anti-bacterial performance of the FCU(fan coil unit)

### 3.3.2 시험결과

3.3.1에 나타낸 코일의 평가법에 기초하여, 항균 처리를 한 소재를 조입시킨 FCU를 실제의 운전상태에서 평가한 결과를 그림 7에 나타냈다. 대상균으로서 실내감염의 원인균중 하나로 불려지는 MRSA를 이용하였다. API값은 3시간에 2를 나타내고, 5시간에서는  $\geq 3$ 으로 충분한 항균효과를 나타내고, 소재시험에서의 효과가 실제 기기에서도 유효한 것이 입증되었다.

사진 1에는 경과시간별 균수의 변화를 나타냈다.

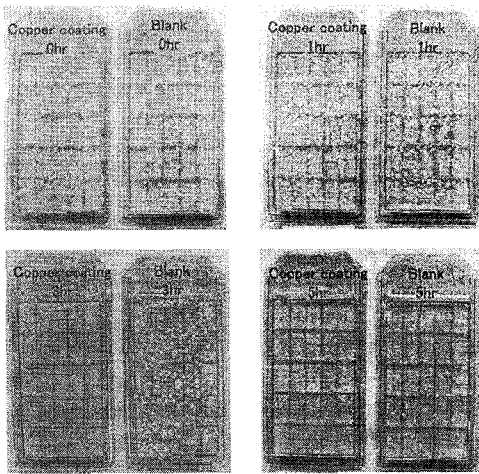


사진 1. Photographs between contact time and the number of MRSA

## 3.4 고찰

### 3.4.1 금속이온에 따른 항균 메커니즘과 금속이온의 용출량

중금속에 의한 항균 메커니즘에 관해서는 이하의 두 가지 점이 지적되고 있다<sup>17)</sup>.

1) 습식분위기에서 용출된 금속이온이 미생물의 단백질과 결합해서 세포를 파괴하고, 미생물의 증식을 억제 또는 사멸시킨다.

2) 금속의 촉매작용에 의해 공기 중의 산소 또는 수중의 부존산소가 활성산소로 변화해, 미생물의 표면구조에 손상을 준다.

어느 쪽이 지배적인지는 명확하지 않으나, 여기서 1)을 상정하여 동이온의 수중 용출량을 정량화하였다. 100 ml의 순수에 50mm × 50mm 시험편 2매를 24시간 침적시키고, 흑연로 원자흡광법에 따라 동이온, 아연이온을 정량화하였다. 흑연로 원자흡광법의 정량하한은 모두 0.001 mg/l이다. 분석결과를 표 5에 나타냈다. 항균처리를 실시하지 않은 알루미늄 판에 비해서 동이온량은 약 10배 용출되고 있다. 아연이온의 용출에는 차이가 없고, 알루미늄 판에서의 동, 아연이온의 검출이 콘테미네이션(오염)에 의한 것이라고 한다면 아연이온은 용출되지 않는다고 하는 것이 타당하다고 사료된다.

소재시험에 있어서 적하하는 균액 0.5 ml 중의 동이온 용출량이 소재와 (균)액의 접촉 면적만으로 정해진다고 하면, 균액 0.5 ml 중의 동이온량은 소재치수, 편면(소재시험)으로부터의 용출을 고려하고 또한 알루미늄 판의 값을 오염으로 보정하면 0.00024 mg으로 되며, 이것은 이온 숫자로  $2.2 \times 10^{15}$  개에 상당한다.

필름밀착법 소재 : 침투시험소재

× 침투시험에서의 용출량 × 침투용량

$$= (4\text{cm} \times 4\text{cm} \times 1\text{매}) \div (5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 2\text{매} \times 2\text{면} \{ \text{표리} \}) \times (0.017 - 0.002\text{mg/l}) \times 0.1\ell$$

$$= 2.4 \times 10^{-4} \text{ mg}$$

$$\rightarrow 2.4 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 6 \times 10^{23}$$

$$\div 63.5(\text{구리의 분자량})$$

$$= 2.2 \times 10^{15} \text{ 개}$$

한편, 0.5 ml 균액 속에는  $1.2 \times 10^5$  개의 균을 포함하므로 동이온의 숫자는 균에 대해서  $10^{10}$ 배 존재하는 것으로 되어, 항균에 대해서 충분한 값이라고 사료된다.

표 5에서는 순동으로부터의 이온 용출량도 제시하고, 항균처리소재의 50배의 용출량을 얻고 있으나, 소재의 24시간 항균시험에서는 순동과 항균처리소재의 항균성능은 동등하다는 결과를 얻고 있다. 이것은 균수에 대해서 어느 배율이상의 항균이온이 존재하면, 충분히 기능을 발휘하는 것을 의미하고 있다고 여겨진다.

표 5. Results of immersing test

Sample	Concentration (mg/l)	
	Cu <sup>++</sup>	Zn <sup>++</sup>
Copper coating	0.017	0.002
Aluminum	0.002	0.003
Water	<0.001	<0.001
Pure Copper	0.80	0.009

### 3.4.2 소재표면의 황동분말 분포

사진 2에 전자현미경에 의한 항균처리소재의 표면사진을 제시하였다.

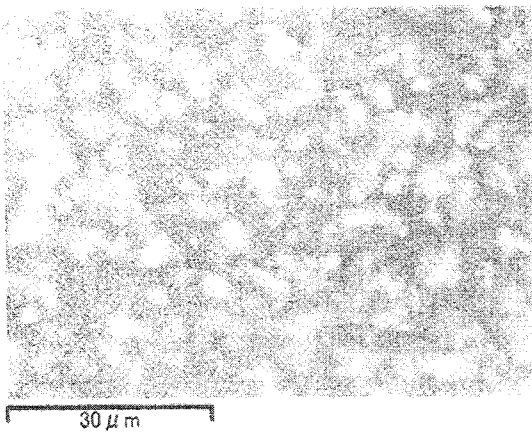


사진 2. Scanning electron microscope photograph of the copper coating surface

3~10 μm 정도의 황동분말이 관찰되어, 소재원료

로서 첨가시킨 분말이 응집되어 있다고 예측되었으나, 표면에 균일하게 분산되어 있고 효과적으로 이온이 용출되는 것이 입증되었다. 또한 주사형 전자현미경부착 형광 X선분석의 결과로부터도 동이온이 검출되었다.

### 3.4.3 코팅막의 강도

공조기로서 사용되기 위해서는 코팅막의 박리, 부식성 등에 대해서 충분한 내성을 가지는 것이 필요하다. JIS K 5400(도장 일반 시험방법)에 따라 코팅막의 박리성, 내식성, 내염수성 등의 평가를 수행하고, 결과를 표 6에 제시하였다. 모든 항목에 있어 충분한 초기내성을 나타내, 막으로서의 강도를 보유하고 있음이 확인되었다.

### 3.4.4 항균효과의 지속성

실제 사무실 빌딩에 설치해 가동 후 9개월이 경과된 FCU의 항균성능을 측정함으로써 효과의 지속성을 검증하였다. 하계 7월의 냉방운전 중에 코일 표면 및 결로수 중의 균수를 측정하는 것으로 평가하였다. 결과를 표 7에 제시하였다. 표 중에는 통상의 알루미늄 핀에서의 균수도 병행해서 제시하였다. 단시간의 사용이기는 하나 충분한 항균성능을 유지하고 있음이 확인되었다.

또한 결로수 중의 동이온 농도의 실측값으로서 0.1 mg/l가 얻어져, 대장균의 50%가 사멸된다고 말해지고 있는<sup>18)</sup> 농도인 0.04 mg/l 이상인 것도 확인되었다.

표 6. Efficiency of coating

Test Items	Efficiency	Result
Adhesion	Cross Cut 1mm × 1mm, 100/100	100/100
Flexion	Exfoliation phenomenon at the Bending area	No
Anti-virus	Colon, Pseudomonas aeruginosa, shigella, pneumonia, typhoid, o-157 bacilli etc.	Bacillus are deducted to 90%
anti-moisture	40℃ RH95%×24 Hours	No exfoliation
Anti-salinity	35℃, 5% salty water atomizing for 240 Hours	RN 9.5 over
Persistence	-25℃ × 8 Hours→70℃ × 8 Hours 1 Cycle to 20 Cycle	No exfoliation
Anti-hot water	Submerged in hot water/40℃ for 72 Hours	No exfoliation



표 7. Results of the anti-bacterial test of the FCU

No.	Sample	fin	Total number of bacilli (CFU/m <sup>3</sup> )	The number of fungi (CFU/m <sup>3</sup> )
1	FCU A	Copper coating	0	0
2	FCU B	Copper coating	0	0
3	FCU C	Copper coating	0	0
4	FCU D	Copper coating	0	0
5	FCU E	Aluminum	2.4E+08	6.54E+07
6	FCU F	Aluminum	2.5E+07	4.8E+07

#### 4. 결 론

#### - 참고문헌 -

팬코일 유닛의 알루미늄 코일 표면에 항균성을 부여하는 목적으로 황동분말을 함유한 에폭시 수지를 코팅시키고, 그 결과를 소재시험 및 실제의 기기에 조입시킨 공조운전상태에서 평가하고, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 필름밀착법에 의한 소재시험 결과, 대장균, 황색포도구균, MRSA에 대해서 높은 항균효과를 나타냈다.

2) 열교환기 코일의 핀에 항균처리를 실시한 팬코일 유닛에서의 항균성평가방법과 항균성능을 정량적으로 평가하는 지표 API를 제안하였다.

3) 상기 방법에서 실제의 공조운전시를 상정하여 평가를 수행하고, 필름밀착법의 결과를 검증함과 동시에 API 지표에서의 비교를 행한 결과, 충분히 높은 항균성능을 나타냈다.

4) 금속 이온에 따른 항균 메커니즘에 관해 언급하고, 금속이온의 정량으로부터 항균 메커니즘의 검증을 행하였다.

5) 효과의 지속성을 확인하기 위해, 사무실 빌딩에서 9개월간 사용한 팬코일 유닛의 항균성능을 코일 표면과 결로수에서 평가하고, 지속성을 확인하였다.

향후 장기간에서의 평가를 계속 실시함과 동시에 항균에 필요한 이온 농도의 정량화를 진행해 갈 예정이다.

1. 朴ら; 真菌由来揮発性有機化合物による空気調和機汚染に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.552, P.43 (2002).
2. Kaminski E., Stawicki S., Wasowicz E. ; Volatile flavor compounds produced by molds of *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fungi imperfecti*. *Appl. Environment Microbial.* 24 (1974).
3. Morey P., Worthan A., Weber A., Horner E., Black M., Muller W. ;Microbial VOCs in moisture damaged buildings. *Healthy Buildings IAQ '97*, Vol.1, P.245-250 (1997).
4. 朴 ; 微生物由来化学汚染物質による室内空気汚染, 空気清浄, No.39 (6), P. 40 (2002).
5. 土戸 ; 防菌防霉, Vol.26 (No. 10), P.565 (1998)
6. 松村 ; バイオサイエンスとインダストリー, Vol. 60 (No. 2), P.89 (2002).
7. 河合ら ; 鹿島技術研究所年報, Vol. 42, P.315 (1994).
8. 中野 ; 抗菌性フィルタの構成と特徴, 建築設備と配管工事, Vol.35 (No.2), P.147 (1997).
9. 五箇野ら ; エアフィルタ上における微生物二次汚染の検証とその対策, 第20回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, P.89 (2002).

10. 浜崎 ; 空調機内部の抗菌化による機内付着微生物数の低減効果, クリーンテクノロジー, Vol.10 (No. 2), P.53 (2000).
11. 浜崎ら ; 空調機内部の抗菌化による機内付着微生物数の低減効果, 第18回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, P.191 (2000).
12. 北林 ; 病院向け抗菌対応空調機の開発 建築設備士, Vol.29 (No. 8), P.48 (1997).
13. 片岡 ; 脱臭機能を有する空気清浄システムの開発動向, クリーンテクノロジー, Vol. 9 (No. 10), P. 37 (1999).
14. 例えば, 公開特許公報 ; 防かび性に優れた熱交換器用アルミニウムフレコートフィン材, 特開平 6-194091.
15. JIS Z2801 (2002), 抗菌加工製品—抗菌性試験方法・抗菌効果.
16. 劉, 三浦, 山崎 ; 空調設備における抗菌性能の試験と評価方法の提案, 第20回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会, P.253 (2002).
17. 西野ら著 ; 抗菌剤の科学, 工業調査会出版 (1997).
18. 日本銅センター ; 銅の性質と抗菌性, 日本トオン(株) HP (2003).