

# 제올라이트를 이용한 철도차량 내장재의 항균특성 연구

## Antimicrobial characteristics study of interior material of railway vehicle used zeolite

이철규\*                      이덕희\*\*                      정우성\*\*\*                      신동철\*\*\*\*  
Lee, Cheul-Kyu   Lee, Duck-Hee   Jung, Woo-Sung   Shin, Dong-Cheul

### ABSTRACT

It is social demands that we are now wanting to be more cozier and clean by the enhancement of the living standard recently. Antimicrobial is essential to the interior materials to prevent bacteria from spreading through passenger using the electric railway called environmentally friendly. In this paper, ion exchanged zeolite was added to the unsaturated polyester resin reinforced glass fiber. To investigate the antimicrobial performance, Staphylococcus aureus and Escherichia coli was used according to the FC TM-20-2003 method.

### 1. 서론

최근 생활수준 및 생활환경의 향상으로 청결 및 쾌적을 추구하는 것이 사회적 현상이다. 하지만 국내 전철 등 대부분의 철도에서는 이러한 사회적 요구를 무시하고 있는 실정이다. 수도권 전철 2호선의 경우 하루 평균 이용승객수가 1,800 천명에 달하는 데, 이러한 승객이 이용하게 되는 전철 내 손잡이 등의 내장 재료에서는 세균이 기준치 이상이 되기 마련이다. 친환경적 교통수단이라는 전철을 이용하는 승객을 통하여 세균이 전염되는 것을 방지하기 위해서는 내장재료에 항균성능이 필수적이다. 이러한 항균제에는 유, 무기 및 천연항균제가 사용되고 있는데 유기항균제의 경우 항균력 및 가공성 등이 우수하다는 장점으로 인하여 널리 사용되었다. 하지만 이들 대부분은 독성이 있거나 유전변이성이 있다고 밝혀져 최근에는 천연 항균제와 무기합성 항균제가 개발되어 사용되고 있다.<sup>1)</sup> 이미 항균제를 이용하여 다양한 항균제품, 항균가전제품, 항균가공재 및 신소재 등 이미 많은 제품이 개발되었으며<sup>2)</sup>, 이러한 항균제품이 호평을 받고 있음에도 불구하고 국내 항균제품의 개발기술은 초기단계로 많은 연구가 이루어지고 있는 실정이다. 특히 무기 항균제에는 최근 나노입자 및 광촉매 등 다양한 재료가 개발되고 있으나<sup>3)</sup>, 초기 및 유지비용 등의 문제로 인하여 적용이 어려운 상태이다. 본 연구에서는 이온교환을 통한 제올라이트계 항균제를 이용하여 철도차량 내장재의 주요 재료인 불포화 폴리에스터수지에 함침 하여 항균성능을 비교하였으며, 철도차량 내장재료의 적용성에 대하여 연구하고자 하였다.

\* 정희원·한국철도기술연구원 철도환경연구그룹 주임연구원·E-mail: cheul@krri.re.kr

\*\* 정희원·한국철도기술연구원 철도환경연구그룹 주임연구원·E-mail:duckleel@krri.re.kr

\*\*\* 정희원, 한국철도기술연구원 교통핵심기술개발사업단 단장·E-mail:wsjung@krri.re.kr

\*\*\*\* 비희원·(주)씨엔드씨 대표·E-mail:cnc@cchen.co.kr

## 2. 실험

### 2.1 실험재료

본 실험에 사용된 재료는 국내 (주)씨엔드씨에서 제조한 이온교환 제올라이트 항균제가 함유된 유리섬유강화 불포화폴리에스터 수지로 항균제의 조성은 1, 3, 6, 9, 12, 15, 20 wt% 로 수치자체에 항균제를 함유한 후 교반하여 렌드레이어 법으로 제조하였으며, 수치층 사이에 유리섬유를 적층하여 전도차양에 사용되는 내장판의 썸들을 제조 후 사용하였다. 표 1에 내장판 재료의 항균제 함유율을 구분하였다.

표 1 실험재료 구성

샘플	항균제 조성(wt%)	보강재	비 고
불포화 폴리에스터수지 (내장판)	1	유리섬유	항균제 입도크기 : 3.0 μm
	3		
	6		
	9		
	12		
	20		

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 항균제 입도분포 측정

실험에 사용된 Ag이온교환 제올라이트의 입도분포를 조사하기위하여 광산란방식의 Mastersizer X(Malvern Instruments Ltd., Malvern)를 이용하여, 평균입도( $d_{4.3}$ ) 및 표면적을 측정하였다. 평균입도는  $d_{4.3}$  이  $d_{3.2}$ 보다 큰 입자의 분포변화에 정밀하게 값을 보여주기 때문에  $d_{3.2}$  보다  $d_{4.3}$  (surface weighted mean diameter)으로 표시하였다.

#### 2.2.2 항균력 측정

항균 실험은 내장판과 같은 시편에 적합한 방식으로 필름필착법 시험방법(FC TM-20-2003)에 의하여 측정하였다. 실험에 사용된 균주는 황색포도상구균인 Staphylococcus aureus(ATCC 6538) 및 대장균인 Escherichia coli(ATCC 25922)을 사용하였으며, 표준회복필름은 Stornacher 400® POLY-BAG을 이용하였다. 시험균액을  $35 \pm 1$  °C 및 상대습도  $90 \pm 5$  %에서 24시간 정지 배양 후 균수를 측정하였다. 표준회복필름을 시험시료(표면적 25 cm<sup>2</sup>)에 밀착하고 난 후 균의 감소율 및 증가율은 다음식과 같이 계산하였다.

$$\text{감소율} = \left[ -\frac{(M_b - M_c)}{M_b} \right] \times 100$$

$$\text{증가율} = \frac{M_a}{M_b}$$

$M_a$ : 대조시료의 초기균수(평균치)

$M_b$ : 24시간배양후대조시료의균수(평균치)

$M_c$ : 24시간배양후시험시료의균수(평균치)

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 항균제 입도분포

Mastersizer X기기를 이용하여 실험에 사용된 Ag 이온교환 제올라이트의 입도분포를 측정된 결과를 그림 1에 나타내었으며, 평균입도( $d_{4,5}$ )는 3.5  $\mu\text{m}$ , 표면적은 2.5  $\text{sq.m/gm}$ 로 측정되었다.

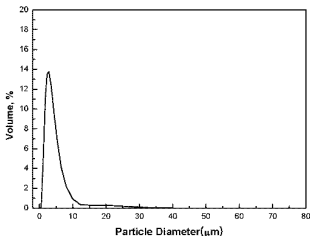


그림 1. 항균제 입도분포

#### 3.2 항균력 시험결과

그림 2에 항균제가 wt%별로 함유된 불포화폴리에스터수지 내장판 시편을 대표적으로 나타내었으며, 수지 표면은 항균제의 항균성능을 위하여 별도 표면처리를 하지 않은 상태에서 시험을 수행하였다. 항균력 시험 결과 항균제가 1% 이상 포함된 시편의 경우 FC TM-20-2003 시험법에 따라 24시간 배양 후 측정된 결과 초기  $6.9 \times 10^8$  CFU/ml 배양되었던 침중균의 감소율이 10 CFU/ml 미만으로 99.9% 이상 감소한 것으로 측정되었다. 각 조성별로 제조된 불포화폴리에스터 시편의 항균력 시험결과를 표 2에 정리하였다.



그림 2. 항균제가 함유된 불포화폴리에스터 수지

침중균이 항균제가 함유된 수지에 접촉할 경우 시험결과와 같이 강력한 항균력을 나타내는 성능은 제올라이트에 이온 교환된 Ag이온에 의한 것으로 이러한 은의 항균력은 오래전부터 적용되어 온 기술이나<sup>4)</sup>, 표면적이 큰 제올라이트 담체에 고루 이온교환을 함으로서 수지내 항균제가 1%의 존재 하에서도 99.9%의 항균력을 나타낼을 알 수 있었다.

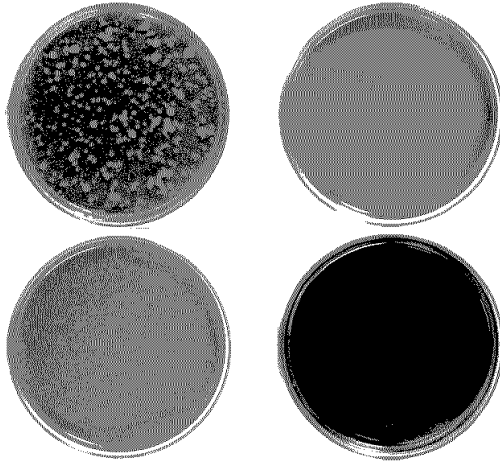


그림 3. 배양종균의 초기 및 항균시편 접촉 결과 비교  
(황색포도상구균, 대장균)

표 2. 항균제가 함유된 불포화폴리에스터수지의 항균력 결과  
(24시간 배양 후)

항균력	항균제 조성							
	0 %	1 %	3 %	6 %	9 %	12 %	15 %	20 %
황색포도상구균	0 %	99.9 %						
대장균	0 %	99.9 %						

### 3. 결 론

전동차 내장재 등에 주로 사용되는 불포화폴리에스터 수지에 Ag이온이 교환된 무기계 항균제를 함침하여 항균성능을 실험한 결과, 강력한 항균성능을 나타내었으며 또한 실험에 사용된 내장판 재료의 다양한 수지에 적용할 수 있음을 확인할 수 있었다. 실험에 사용된 유리섬유강화 불포화폴리에스터 수지의 경우 주로 철도차량 내장판에 적용되는 것으로 수지자체의 결함 및 실내디자인 등을 고려하여 표면피복을 하는 것을 감안할 때 수지자체에 적용시키는 것보다 표면피복체에 적용함으로써 비용을 절감할 수 있을 것이다.

이와같이 인체에 접촉되는 철도차량의 손잡이, 내장판 등의 재료에 항균제를 적용함으로써 인체에 무해하면서 병원균의 확산과 실내위생을 보다 향상시킬 수 있는 친환경 서비스를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 참고문헌

- 1) 안광덕 (2003년), “항균 고분자(Antibacterial Polymers)의 연구 동향”, 고분자과학과 기술, 14권, 3호, pp.336-337
- 2) 이용원, 민동진, 조준형, 이종만, 김형진 (2003년), “나노 Ag입자를 이용한 친환경성 항균 무기 복합 분체의 제조”, 한국재료학회 03 추계학술발표강연 및 논문개요집, pp.143-143
- 3) 공병기, 최창용, 나상권, 나재윤 (2004년), “졸-겔법에 의해 제조된 광촉매 화합물의 항균 및 탈취 특성”, Applied Chemistry, Vol. 8, No. 1, pp.343-346
- 4) 박동근, 진준환, 정숙현, 박정현 (1995년), “Zeolite - Ag 형 무기 항균제가 활성슬러지의 호흡활성에 미치는 영향”, 한국환경과학회 | 95년 가을 학술발표 초록집