



# 지스트(광주과학기술원) 보도자료

<http://www.gist.ac.kr>

배포일시	<b>배포 즉시 보도 부탁드립니다.</b>	
보도일	2021.02.18.(목)	
보도자료 담당	홍보팀 조동선 팀장	062-715-2061
	홍보팀 이나영 선임행정원	062-715-2062
자료 문의	지구·환경공학부 이운호 교수	062-715-2468

## 지스트, 수처리 소독 과정에서 항생제 내성 유전자 분해 속도 및 기작 규명

- 항생제 내성 유전자 오염물의 수처리 효율 예측과 공정 최적화 기술 개발에 기여
- 내성균, 바이러스와 같이 유전자로 구성된 환경 및 보건 오염물질의 효율적 제거 기술 개발을 위한 새로운 지식 제공 기대

- 지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 지구·환경공학부 이운호 교수팀은 미국 워싱턴 대학과 국제공동연구를 통해 다양한 수처리 소독 과정에서 항생제 내성 유전자의 분해 기작 및 속도를 연구하였다.
- 연구팀은 하수처리 소독에 널리 활용되고 있는 염소, 오존 및 자외선을 사용하는 수처리 과정에 대해 심도 있게 연구를 진행하였으며, 특히 자외선을 사용하는 수처리 과정에서 항생제 내성 유전자의 분해 정도를 이전에 비해 보다 정확하게 예측할 수 있는 모델을 처음으로 개발하였다.
- 오랜 항생제의 오남용에 의해 생활하수나 병원, 축산 폐수에는 항생제에 저항을 갖는 내성균들이 발생하게 되었으며, 이들은 항생제 내성의 정보가 저장된 항생제 내성 유전자를 사람에게 위험한 병원성 미생물에게도 전달함으로써 항생제 내성을 전파하였다. 이에 공공 보건 측면에서 항생제 내성 유전자는 새로운 유형의 환경 오염물로 인식되고 있다.

- 하수나 폐수의 적절한 소독을 통해 항생제 내성균 및 내성유전자를 처리함으로써 항생제 내성 전파를 효과적으로 차단시킬 수 있다. 하지만 항생제 내성 유전자가 수처리 소독제와 얼마나 빠르게 어떤 형태로 반응하는지에 대한 지식은 매우 부족한 상황이므로 현재 적용되고 있는 수처리 소독 방법이 충분한지에 대한 연구가 필요하다.

□ 연구팀은 대표적 항생제 내성균인 MRSA\*와 MRSA가 항생제에 대해 내성을 가지게 하는 *mecA*\*\* 유전자를 대표 균주 및 유전자로 두고 연구를 진행하였다.

\* MRSA(Methicillin-resistant Staphylococcus aureus) : 메티실린 내성 황색포도상구균(MRSA)은 여드름, 종기와 같은 피부질환부터 수술 부위 감염을 통한 감염증 및 폐렴까지 일으킬 수 있는 병원균이다. 일반적인 황색포도상구균과 달리 Beta-lactam 계열 항생제에 대해 내성을 가지므로 항생제를 통한 치료가 어렵고, 건강한 사람이라도 피부나 콧속에 존재할 수 있다고 알려져 있다.

\*\* *mecA* : 주로 포도상구균에서 발견되며, Beta-lactam 계열 항생제에 대한 내성과 관련된 유전자이다. 일반 비내성 병원균도 해당 유전자를 전달받음으로써 Beta-lactam 계열 항생제에 대해 내성을 보유할 수 있다.

- 각각의 소독제들은 *mecA* 유전자와 고유의 반응 특성을 보였으며, 염소는 ‘두단계 반응 모델’을, 오존은 ‘이차 반응 모델’, 자외선은 ‘중합체 형성 및 풀림 가역 반응 모델’로 *mecA* 유전자가 분해되는 속도를 잘 기술할 수 있음을 확인하였다.

□ 본 연구에서 개발한 반응 모델은 내성 유전자 염기서열 정보를 활용하여 소독 처리에 따른 내성유전자 제거 정도를 예측할 수 있게 해준다는 점에서 중요성을 갖는다.

- 개발된 모델을 활용한 결과, 일반적 하수처리 소독공정 조건에서 *mecA*의 처리 효율은 99.9% 이상으로 우수한 것으로 나타났다. 하지만, *mecA* 유전자가 MRSA 내부에 존재할 경우에는 분해 속도가 훨씬 느렸는데 이는 MRSA 균이 집합체를 형성하여 소독제와의 반응을 저해하기 때문으로 파악되었다. 따라서 실제 수처리 조건에서는 내성유

전자 처리 효율이 낮을 수 있음을 시사하며, 관련한 후속 연구가 필요하다.

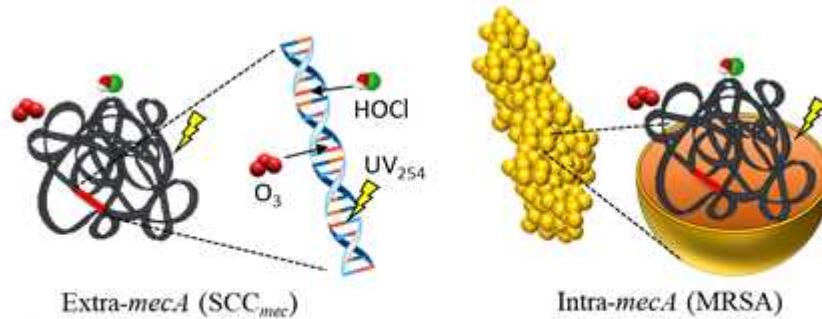
- 이윤호 교수는 “이번 연구는 유전자로 구성된 새로운 환경 오염물질의 수처리 효율을 분자 수준의 반응 이해를 통해 체계적으로 접근한 새로운 시도”이며, “향후 다양한 항생제 내성 유전자와 더불어 최근 문제가 되고 있는 신종 바이러스에도 적용할 수 있을 것으로 기대된다” 고 말했다.
- 본 연구는 미국 시애틀 워싱턴 대학의 Mike C. Dodd 교수팀과의 공동협력의 결과물로 지스트 박사과정의 최예균 학생이 6개월간 시애틀을 방문해 일부 실험을 수행하였으며, 한국연구재단 중견연구자 사업의 지원을 받아 수행되었다. 연구 성과는 환경과학 분야 저명 국제학술지인 Environmental Science and Technology에 1월 26일자로 온라인에 게재되었다. <끝>

## 논문의 주요 내용

### 1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Environmental Science and Technology(ES&T)\*  
※American Chemical Society가 발간하는 환경과학분야 국제학술지  
(2019년 Impact Factor: 7.864, JCR 환경과학분야 순위: 5.3%)
- 논문명 : Degradation kinetics of antibiotic resistance gene *mecA* of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) during water disinfection with chlorine, ozone, and ultraviolet light
- 저자 정보 : 최예균 (제1저자, 지스트 지구환경공학부 박사과정),  
Huan He (제2저자, University of Washington, 박사과정)  
Michael C. Dodd (제3저자, University of Washington, 교수)  
이윤희 (교신저자, 지스트 지구환경공학부 교수)

## 그림 설명



- Molecular-level reaction models
- Influence of cellular components
- Fundamental kinetic parameters
- Effect of cell aggregation

MRSA는 대표적인 항생제 내성균의 하나로, 수환경에도 존재하는 것으로 알려져 있다. MRSA의 내성유전자, *mecA*는 일반 비내성 병원균에게도 전달되어 항생제 내성을 전파할 수 있기 때문에, 항생제 내성 전파의 억제를 위해서는 필수적으로 처리되어야 한다. 하수처리장에서 사용되는 산화처리는 이러한 역할을 잘 수행할 수 있다. 다만 유전자가 수처리 소독제와 얼마나 빠르게, 어떤 형태로 반응하는지에 대한 지식은 매우 부족한 상황으로 따라서 현재 적용되고 있는 산화처리로 충분한지 판단이 어렵다. 이에 본 연구에서는 대표적 수처리 소독제인 염소, 오존 및 UV<sub>254</sub>에 의한 *mecA*의 분해 역학을 조사하였다. 염소의 경우, 소독제 노출이 증가함에 따라 세포 외 *mecA*(*extra-mecA*)의 분해 속도가 가속화되었으며, 이는 2단계 FAC 반응 모델로 설명되었다. 오존에 의한 *extra-mecA*의 분해는 2차 반응 역학을 따랐다. UV<sub>254</sub>에 의한 *extra-mecA*의 분해는 CPD 형성반응, CPD 광가역반응 및 64PP 형성을 고려하여 제안된 반응 모델에 의해 설명되었다. 세포 내 *mecA*(*intra-mecA*)의 분해 속도는 *extra-mecA*와 비교하여 낮은 염소 및 오존 노출에서는 빠르지만 높은 노출에서 상당히 느렸다. 관찰된 *extra-* vs. *intra-mecA*의 분해 역학의 차이는 감소된 DNA 회수 효율 및 소독제로부터 보호된 MRSA 응집체의 존재가 원인으로 생각된다.