

# アラゴナイトを用いたメカノ殺菌効果による 菌体外への溶出 DNA の検出

SATテクノロジー・ショーケース2024

## ■ はじめに

途上国を中心に微生物汚染された飲料水による水系感染症が問題となっている。その原因として、経済的要因による水浄化設備の未整備が挙げられる。一方で、こうした地域は低緯度に集中し、日射量が多いことから安価な酸化チタン光触媒による水浄化が可能と考えられている。しかし、光触媒による水浄化では太陽光が必要であり、天候に左右される問題がある。

近年、昆虫翅表面の針状構造が殺菌作用を示す(=メカノ殺菌現象(図1)<sup>1)</sup>)ことが見出され、その構造を模倣した針状構造体においても同様の殺菌作用を示すことが明らかとなった。水中安定性の高いセラミック光触媒に針状構造体を担持することで、メカノ殺菌と光触媒殺菌の相乗効果が得られることが示唆され<sup>2)</sup>、天候に左右されない水の殺菌技術として期待できる。しかし、水中におけるメカノ殺菌効果の発現はほとんど知られていない。

本研究では、水中細菌の殺菌技術としてメカノ殺菌現象に着目し、針状アラゴナイトを用いたメカノ殺菌効果により菌体外へ溶出したDNAの検出を試みた。

## ■ 活動内容

### 1. ナノサイズ針状アラゴナイトの合成法

アラゴナイトは、TiO<sub>2</sub>セラミック光触媒を充填したガラス管にアラゴナイト合成用水溶液(Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、Sr(OH)<sub>2</sub>、CaSO<sub>4</sub>、乳酸Ca混合溶液)をUV照射下で循環させることで合成した。種結晶の析出後、ミネラルウォーターのContrexを循環させることで、アラゴナイトナノニードルを成長させた。光触媒反応により、乳酸Caの有機酸部分が分解し、TiO<sub>2</sub>表面において結晶核を形成、その後CaSO<sub>4</sub>のCa<sup>2+</sup>とMg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>のHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が反応することでCaCO<sub>3</sub>がセラミック表面に析出する。この反応では、Mgが存在することでCaCO<sub>3</sub>は針状結晶を有するアラゴナイトとして析出する。

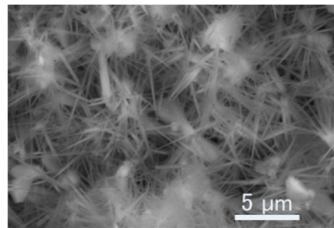
図2. TiO<sub>2</sub>セラミック光触媒

図3. 針状アラゴナイト

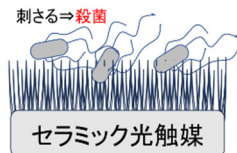


図1. メカノ殺菌現象

### 2. メカノ殺菌評価

針状アラゴナイト担持光触媒、無担持光触媒をそれぞれ入れたマイクロチューブに大腸菌液を分注し、暗条件下で24時間振盪した。24時間振盪後の大腸菌液をNBNaCl寒天培地で培養し、生菌数をカウントした。同時に遊離核酸を抽出し、定量PCRによりDNA量を確認した。また、大腸菌液 24時間静置後、針状アラゴナイト上の生菌死菌の様子を緑色に蛍光を示すSYTO9(生菌)と赤色に蛍光を示すPI(死菌)で染色し、共焦点レーザー顕微鏡で観察した。さらに、針状アラゴナイトによる細菌形態の変化をグルタルアルデヒド固定後、走査型電子顕微鏡で観察した。

### 3. 結果

生菌数による評価では、殺菌処理後の生菌率が無担持光触媒と比較して、アラゴナイト担持光触媒の方が低かった。また、定量PCRでは、アラゴナイトの系で遊離DNA量が多く検出され、これはメカノ殺菌により菌体外へ溶出したものと考えられる。さらに、走査型電子顕微鏡から針状アラゴナイトに大腸菌が刺さっている様子(図4)が観察された。共焦点レーザー顕微鏡による

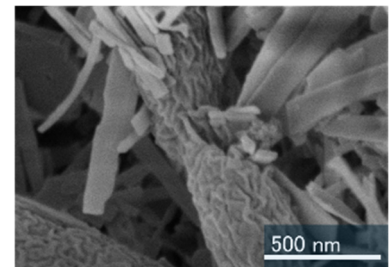
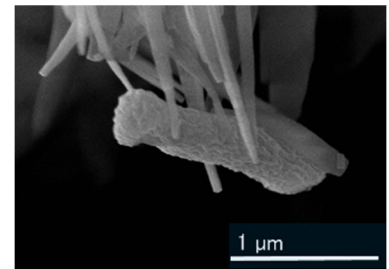


図4. アラゴナイト上大腸菌 SEM 像  
観察では、針状アラゴナイト上の大腸菌がほぼ死菌となっていることが明らかになった。

## ■ 関連情報等(特許関係、施設)

本研究は、産業技術総合研究所 環境創生研究部門で行われたものである。

### 参考文献

- 1) Ivanova, E. P. *et al. Small* 8(16),2489-2494 (2012).
- 2) Negishi, N., Inaba, T., Miyazaki, Y. *et al. Sci. Rep.* 11, 19218 (2021).

代表発表者 鳥羽 悟史(とば さとし)  
所属 千葉工業大学大学院 先進工学研究科  
生命科学専攻  
産業技術総合研究所 環境創生研究部門  
界面化学応用研究グループ  
問合せ先 〒305-8569 茨城県つくば市小野川16-1  
TEL:029-861-8165 FAX:029-861-8866  
E-mail:s19C2085AA@s.chibakoudai.jp

■キーワード: (1)メカノ殺菌  
(2)光触媒  
(3)水系感染症  
■共同研究者: 根岸 信彰(産業技術総合研究所)  
宮崎 ゆかり(産業技術総合研究所)  
山野 凌(千葉工業大学)  
五味 彩子(千葉工業大学)  
黒崎 直子(千葉工業大学)