

# Visible-light-induced antibacterial activity of copper-supplemented sulfur-doped TiO<sub>2</sub>

Tsubasa FUKUDA, Megumi MAEDA, Yuki IMAMURA, Takahiro SATOU, Mariko OONAKA  
and Hiroshi MORITA\*

Faculty of Environmental Engineering, The University of Kitakyushu,  
Hibikino 1-1, Wakamatsu-ku, Kitakyushu, Fukuoka 808-0135, Japan

## 可視光照射条件下における銅添加硫黄ドーパ型酸化チタンの抗菌活性

福田 翼, 前田 恵, 今村由希, 佐藤貴裕, 大中真莉子, 森田 洋\*

北九州市立大学 国際環境工学部 〒808-0135 福岡県北九州市若松区ひびきの1-1

### Abstract

The antibacterial activity of sulfur-doped titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) thin film was investigated under visible-light illumination. Sulfur-doped TiO<sub>2</sub> revealed visible-light-induced antibacterial activity against *Escherichia coli* that was higher than that of TiO<sub>2</sub>. The bactericidal activity increased further when various metals (e.g., copper, silver or nickel) were added to the sulfur-doped TiO<sub>2</sub> as supplements. Most notably, the antibacterial activity of the sulfur-doped TiO<sub>2</sub> was highest when supplemented with 4-7% copper. The antibacterial activity of the copper-supplemented sulfur-doped TiO<sub>2</sub> was strong even under daily-used light conditions. Thus, following only 5 min exposure to visible light (1,700 lx), no viable cells were detected on the copper-supplemented sulfur-doped TiO<sub>2</sub> coated surface that initially contained 10<sup>6</sup> CFU/mL *E. coli*. The utility of the copper-supplemented sulfur-doped TiO<sub>2</sub> coating as an antibacterial agent was further confirmed by testing its effectiveness on the restroom floors of a nursing home. This antibacterial feature of the copper-supplemented sulfur-doped TiO<sub>2</sub> makes it a suitable agent for applications in environmental decontamination.

### 要 旨

硫黄ドーパ型酸化チタンは、可視光応答型の光触媒である。本論文では、可視光照射条件下における薄膜処理した硫黄ドーパ型酸化チタンの *E. coli* に対する抗菌効果を評価した。その結果、薄膜処理した硫黄ドーパ型酸化チタンは、酸化チタンよりも高い抗菌活性を示した。しかしながら、硫黄ドーパ型酸化チタンは、可視光(1,700 lx)照射180分後においても、*E. coli*懸濁液(初発濃度: 10<sup>6</sup> CFU/mL)を完全に不活性化することは出来なかった。そこで、さらに抗菌活性を促進させる為に、銅・銀・ニッケルの添加効果を検討した。その結果、いずれの金属添加条件下においても、抗菌活性の増大が見込めた。特に、銅添加効果が最も高かった為、銅添加濃度における影響を調査した。その結果、至適添加条件は、4-7%の場合であった。この時、可視光(1,700 lx)照射5分後で、*E. coli*懸濁液(初発濃度: 10<sup>6</sup> CFU/mL)が検出限界以下となった。本論文によって提案された銅添加硫黄ドーパ型酸化チタンは、光強度に依存的に抗菌効果を発揮するが、日常的な光強度である650 lxにおいても、高い抗菌活性を發揮した。実際に、老人ホーム(福岡県北九州市)のトイレで実証試験を行った所、銅添加硫黄ドーパ型酸化チタンを施工したトイレでは高い抗菌効果を示した。これらの結果より、銅添加硫黄ドーパ型酸化チタンは非常に有効であり、新たな衛生素材としての可能性が示唆された。

**Key words:** copper-supplemented sulfur-doped TiO<sub>2</sub>(銅添加硫黄ドーパ型酸化チタン), antibacterial activity(抗菌活性), visible-light illumination(可視光照射)