

審査の結果の要旨

氏名 砂田 香矢乃

本論文は、7章より構成されており、酸化チタン薄膜光触媒による抗菌活性について、基礎的に、統一的に検討している。

第一章は、酸化チタン光触媒による抗菌性の今までの研究から本論文の方向づけが成され、それに続く五つの章で具体的な研究成果が示されている。最後の章では、全体の総括がなされ、酸化チタン光触媒による抗菌活性の特徴が述べられている。

第一章は序論であり、酸化チタン薄膜光触媒による抗菌性が実際の「抗菌タイル」として製品化されていて、有効性は十分に認められているが、安全性の確認のために、そのメカニズムや殺菌過程など基礎的なことを調べる必要性から本論文の研究の動機づけがなされている。

第二章では、酸化チタン薄膜光触媒の抗菌活性を評価する方法の確立がなされている。新規な材料であるためその評価方法も存在していなかったため、本論文の基礎をなす評価方法が新規に開発され確立された。

第三章においては、第二章で確立された評価方法を用いた抗菌評価の結果から、その殺菌過程が、評価の対象とした細菌の細胞表層構造とを関連させて明らかにされている。評価の結果である生存率変化は、速度定数の異なる2つの一次反応で近似でき、2段階の反応であることを示した。この特徴と細菌細胞の表層構造の濃度変化が対応していたことから、酸化チタン薄膜光触媒による殺菌過程の第1段階は、細胞外膜の部分分解、第2段階は、外膜の部分分解からの透過性変化による活性種の細胞質膜への攻撃としている。細胞質膜が活性種によって構造破壊・機能低下を起し、抗菌活性が得られるとしている。ターゲットである細胞質膜へ活性種がどのように至るかを示した点と生存率変化の特徴と対象とした細菌の細胞構造を考え合わせたところに新しい視点が伺える。

第四章においては、暗所下や微弱光下においても抗菌効果を示すように開発された酸化チタンと銅を組み合わせた薄膜の有用性が明らかにされ、この薄膜の殺菌過程を酸化チタン薄膜のみの場合の殺菌過程と比較検討している。暗所下や微弱光下における抗菌活性はもちろんのこと、銅耐性菌を用いて微弱光下における抗菌活性が確認されたことから、微弱光における酸化チタン光触媒の効果も明らかにされている。また、このことから、酸化チタンと銅を組み合わせた薄膜が、一般的な抗菌剤と違い、微弱光下において耐性菌に対しても有効な抗菌剤であることを示している。この銅耐性菌を用いた抗菌評価は、ユニークな視点で行われたと判断できる。殺菌過程については、銅耐性菌を用いた生存率変化が、酸化チタン薄膜単独の場合と同様な変化を示したことから、殺菌過程を推論し、その検証実験を行っている。すなわち、第1段階は、酸化チタン薄膜単独の場合と同様に、外膜の部分分解による活性種の透過性変化としている。第2段階も同様に、細胞質膜の構造破

壊・機能低下としているが、その活性種は、酸化チタン薄膜単独の場合が活性酸素であるのに対し、銅と組み合わせた薄膜の場合は、銅イオンであるとしている。このように、酸化チタン薄膜単独と酸化チタン+銅薄膜の殺菌過程を統一的に示した点が評価される。

第五章では、抗菌活性をもたらす活性種について、光触媒反応で生成する活性種と試薬により試験管のなかで生成する活性種と、その濃度・細菌に対する抗菌活性を比較検討し、抗菌活性をもたらすメインの活性種を明らかにしている。酸化チタン薄膜上で生成する活性種についての量子収率が既知であるので、その収率で生成したひとつの活性種（ヒドロキシラジカルあるいはスーパーオキシド）が試験管中でも細菌を殺菌するかについて検討している。その結果、ヒドロキシラジカルが少量でも連続的に生成していることが酸化チタン薄膜光触媒による抗菌活性をもたらすことが明らかにされた。

第六章については、今までの研究結果から明らかになった酸化チタン薄膜光触媒による抗菌活性を他の抗菌剤と比較し、酸化チタン光触媒による抗菌効果の特徴が多機能性にあるとしている。

最後の第七章は結論であり、酸化チタン薄膜光触媒による抗菌活性がまとめられ、今後の展望について述べている。

以上のように、本論文では酸化チタン薄膜光触媒による抗菌作用について基礎的に統一的に調べられ、光触媒の抗菌活性を利用した製品化されている物に対しての評価方法やその有効性を示すとともに、さらなる酸化チタンを用いた抗菌製品の材料設計の指針が得られている点で、材料化学をはじめ、それに関連する学際領域の発展に寄与するものと認められる。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。