The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	抗バイオファウリングコンポジットコーティング膜の構造と機能性に関する研究
Author(s)	佐野, 勝彦
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/67146
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　佐野　勝彦　）	
論文題名	抗バイオファウリングコンポジットコーティング膜の構造と機能性に関する研究

論文内容の要旨

衛生的・工業的問題を引き起こす生物付着(バイオファウリング)を解決するために，金属イオンを徐々に溶出する抗バイオファウリングコンポジットコーティング膜の開発をおこなった．バイオファウリングの過程の中で形成されるバイオフィルム(BF)と呼ばれる不均一な膜状物質が，バイオファウリングにおいて重要な役割を果たしていると考えられており，このBFの形成を抑制することが，バイオファウリング全体の抑制につながり，前出の問題を解決する手段となる．バイオフィルムは水回りなどで見られる”ヌメリ”の正体であり，多糖・タンパク質・核酸・脂質といった細胞外重合物質(EPS)と，細菌などから構成されている．従来，BFの形成の抑制には，抗菌性の金属や，抗菌剤を混練した成形体が使用されているが，効果の持続性，施工性や意匠性に課題があった．本研究では，これらの課題を解決するために，耐候性に優れたシラン系樹脂に，抗菌剤として，銅・銀・スズ・チタニウム各金属の，有機金属および金属ナノパウダーを含有させ，金属イオンを徐々に放出してBF形成を抑制するコンポジットコーティング膜の開発を目指した．BF形成抑制の理解には，BFの評価をおこなう必要があった．これまで多くの評価方法が検討されているが，本研究では，光学顕微鏡による形態観察，ラマン・赤外分光分析によるBF構成物質の分析，走査型電子顕微鏡・原子間力顕微鏡でのコーティング膜の表面および内部の構造分析を実施した．

本論文は以下の8章で構成される．

第1章では，バイオファウリングおよびバイオフィルムとは何かについて述べ，引き起こす問題と，その解決の必要性を述べた．そして，本研究で提案する抗バイオファウリングコンポジットコーティングについて説明をおこなった．

第2章では，先行研究でおこなわれているバイオフィルムの評価法についての説明をおこない，その中から本研究で使用した評価法について，その特徴と有用性について述べた．

第3章では，有機金属4種を用いて調製したコーティング剤を純鉄に塗布し，実験室的BF加速形成装置(LBR)で常在菌系のBFを形成させ，ラマン分光分析および赤外分光分析で分析をおこなった．これらの有機金属含有コーティング膜は，BFの形成を抑制できることが確認され，そして，分光学的手法で形成されたバイオフィルムの評価がおこなえることを示した．

第4章では，金属ナノパウダー4種を用いて調整したコーティング剤を純鉄に塗布して常在菌系のBFを加速形成し，ラマン分光分析および赤外分光分析をおこなった．銅・銀・スズのナノパウダー含有コーティング膜においてBF形成の抑制が確認されたが，銀ナノパウダー(AgNP)含有コーティング膜では，表面プラズモン共鳴によるノイズでラマン分光分析がおこなえなかった．赤外分光分析で得られたピークの強度比を用い，形成されたBFの相対的な形成量を評価できることを示した．

第5章では，第4章で見られた表面プラズモン共鳴は，コーティング中のAgNPの凝集が原因と考えられたため，AgNPの分散状態を改善したコーティング膜を作製し分析をおこなった．その結果，十分とは言えないが，ラマン分光分析での表面プラズモン共鳴によるノイズを減少させることができることを示した．

第6章では，コーティング膜の表面粗度とBF付着性の相関を，抗菌成分の有無で確認をおこなった．抗菌成分である銀ナノパウダーを含有しているコーティング膜では，表面の粗さが大きくなっても，BFの形成を抑制していることが示唆された．このことより，銀ナノパウダー含有コーティング膜のバイオフィルム形成抑制能力は，コーティング膜の表面形状によらず安定的に発揮できることを示した．

第7章では，有機金属および金属ナノパウダーを含有したコーティング膜中の，金属の存在状態について分析をおこなった．コーティング膜中の金属は，シラン系樹脂と結合せずに存在しており，イオン化してシラン系樹脂の自由体積を移動して溶出できる可能性を示した．

第8章は本論文の総括とした。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　佐野　勝彦　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教授	田中　敏宏
	副 査　教授	藤本　愼司
	副 査　教授	山下　弘巳

論文審査の結果の要旨

本研究では，衛生的・工業的問題を引き起こす生物付着(バイオファウリング)を解決するために，金属イオンを徐々に溶出する抗バイオファウリングコンポジットコーティング膜の開発を行っている．バイオファウリング形成過程において生成するバイオフィルム(BF)と呼ばれる不均一な膜状物質の生成を抑制することが，バイオファウリングの抑制につながるため，従来BFの形成の抑制には，抗菌性の金属や，抗菌剤を混練した成形体が使用されてきたが，効果の持続性，施工性や意匠性に課題があった．本研究では，これらの課題を解決するために，耐候性に優れたシラン系樹脂に，抗菌剤として，銅，銀，スズ，チタニウムの有機金属または金属ナノパウダーを含有させ，金属イオンを徐々に放出してBF形成を抑制するコンポジットコーティング膜の開発を目的としている．得られた成果は下記の通りである．

(1)　有機金属 4 種を用いて調製したコーティング剤を純鉄に塗布し，実験室的 BF 加速形成装置(LBR)を利用して常在菌系のBFを形成させ，ラマン分光分析および赤外分光分析を用いてBF形成の状況を調べている．その結果，分光学的手法を用いてバイオフィルムの形成の有無に関する評価が行えることを示し，これらの有機金属含有コーティング膜はBFの形成を抑制できることを明らかにしている．

(2) 金属ナノパウダー4種を用いて調製したコーティング剤を純鉄に塗布して常在菌系のBFを加速形成し，ラマン分光分析および赤外分光分析を行っている．銅，銀，スズのナノパウダー含有コーティング膜においてBF形成の抑制を確認しているが，銀ナノパウダー(AgNP)含有コーティング膜では，表面プラズモン共鳴によるノイズのためにラマン分光分析が行えなかったことを示している．さらに，赤外分光分析で得られたピークの強度比を用いて，形成されたBFの相対的な形成量を定量的に評価できることを明らかにしている．

(3) 上述の表面プラズモン共鳴は，コーティング中のAgNPの凝集が原因と考えられたため，分散剤を用いてAgNPの分散状態を改善したコーティング膜を作製し，その分散挙動に伴うBF形成の抑制能の分析を行っている．その結果，AgNPの良好な分散状態ではラマン分光分析での表面プラズモン共鳴によるノイズを減少できることを示している．

(4) 抗菌成分の有無を考慮して，コーティング膜の表面粗度とBF付着性の相関関係を調べている．抗菌成分である銀ナノパウダーを含有しているコーティング膜では，表面粗度が大きくなってもBFの形成を抑制していることを明らかにしている．これより，銀ナノパウダー含有コーティング膜のバイオフィルム形成抑制能力は，コーティング膜の表面形状によらず安定的に発揮できることを見出している．

(5) 有機金属および金属ナノパウダーを含有したコーティング膜中の金属の存在状態について分析を行っている．コーティング膜中の金属は，シラン系樹脂と結合せずに存在しており，イオン化してシラン系樹脂の自由体積を移動して溶出できる可能性を明らかにしている．

以上のように，本論文は，耐候性に優れたシラン系樹脂に抗菌剤として銅，銀，スズ，チタニウム各金属の有機金属または金属ナノパウダーを含有させ，金属イオンを徐々に放出してBF形成を抑制するコンポジットコーティング膜の開発に寄与する新たな知見を多数含んでおり，材料工学の発展に貢献するところが大きい．

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める．