

審査結果の要旨

論文題目 「紫外線励起活性酸素による高分子材料の表面改質に関する研究」

学位申請者 細谷 和輝

活性酸素とは励起された酸素原子あるいは分子のことであり、一般的にはプラズマや電子線などにより基底状態にある酸素分子を励起して生成される。これまでにプラズマや電子線などで励起した活性酸素により高分子材料表面を改質する技術が検討されてきた。本論文では低圧水銀ランプにより紫外光で励起した活性酸素により高分子材料の表面を改質する技術に関するものであり、活性酸素種の作用量を真空雰囲気下で計測する技術を開発し、高分子材料表面に活性酸素が作用し反応するメカニズム、さらには生物学の分野で使用されている細胞培養基板の表面改質技術、マイクロ流路などの細胞培養基板に使用されているシリコン基板の表面改質に関する技術について検討したものである。

研究の目的: 本研究では紫外線で励起された寿命の短い活性酸素が高分子材料の表面に作用し改質を行うメカニズムを明らかにするとともに、その表面作用量を定量化しようと試みたものである。また一般に使用されているプラズマで励起する場合と比べて、活性酸素が汎用性高分子材料であるポリスチレン (PS) やシリコンゴムの一種であるポリジメチルシロキサン (PDMS) など複数の高分子材料に対してどのような改質効果があるのかを明らかにするとともに、紫外光励起活性酸素を用いた高分子材料の表面改質の特長を生かした新規表面改質技術の確立を目指し検討を行った。

第1章の緒言では、現在工業的に用いられている表面改質技術についてまとめ、それぞれの特徴と問題点が述べられている。紫外光励起活性酸素の特徴と生成メカニズムについて十分な知識を有していることがうかがえる。また本研究の背景、目的並びに意義について述べられており、申請者がこの分野で十分な知識と経験を有していると判断できる。

第2章では申請者が開発したスピントラップ剤含有薄膜を利用した電子スピン共鳴 (ESR) スピントラップ法による真空環境下での活性酸素検知技術について述べられている。スピントラップ剤をヒドロキシプロピルメチルセルロース (HPMC) と混合して膜化することで真空環境でも高感度で活性酸素の表面作用量を計測する技術を開発した。また HPMC 内への活性酸素の拡散はフィックの法則にしたがうことを見出しており、得られた研究成果は学術面でもまた工業的にも有益な知見を与えている。

第3章ではポリエチレン (PE) と側鎖の構造が異なるポリプロピレン (PP)、PS を用いて活性酸素に曝露し、活性酸素による表面改質効果を比較することでその改質メカ

ニズムについて検討している。表面改質効果は側鎖の分子構造によって異なり、ベンゼン環や第三級水素を有する PS は表面改質効果が顕著であり、またこれらの改質は活性酸素による酸化反応を主体とする化学的な表面改質であることが明らかにした点で評価できる。

第 4 章では表面改質効果が顕著に表れた PS を用いて、PS 表面に形成される表面改質層を詳細に検討している。活性酸素に曝露した PS 表面と酸素プラズマ照射により改質された PS 表面を角度分解 X 線光電子分光によって比較した結果、活性酸素に曝露した PS 表面は比較的深くまで均一に酸素が導入され表面に導入される極性基の密度は小さいことを明らかにしたことは学術的な観点で評価できる。PS はディスプレイ用細胞培養基板材料として広く用いられており、工業的な観点でも価値がある。

第 5 章では柔軟な細胞培養基板として使用されるシリコンゴムの一種である PDMS を用いて活性酸素および活性酸素生成時に使用する UV 光を併用した表面改質効果を検討している。PDMS は分子構造の柔軟性から酸素プラズマ照射ではすぐに表面改質効果が失われることが報告されていることから、表面改質効果の経時的な変化を評価したところ、長期安定的な PDMS の表面改質技術としての有用性を見出している。この発見は工業的観点で有益な知見をもたらしているといえる。

第 6 章では各章の結果についてまとめ、本論文の結言が簡潔にまとめられている。

紫外光励起活性酸素を用いた高分子材料の表面改質のメカニズムについて検討を行い、新規表面改質技術の確立を目指した本論文は、高分子材料の表面改質の分野で学術的にも産業面でも意義のあるものと判断される。

以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判定された。

したがって、申請者 細谷和輝氏は東海大学 博士（工学）の学位を授与されるに値すると判断した。

論文審査委員

主査	博士（工学）	木村 啓志	工学部准教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	神崎 昌郎	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	岩森 暁	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	落合 成行	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	Ph. D.	槌谷 和義	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）