

■受領No.1348

短期間で樹立する歯科インプラントシステムの開発

代表研究者

小茂鳥 潤 慶應義塾大学 理工学部機械工学科 教授



1. 研究目的

現在、医療技術の発達により、人類の平均寿命は伸びている。日本では 65 歳以上の高齢者が全人口の 25% を占める超高齢社会である。また、今後も高齢者の人口の割合が増加していくことが予測されており、50 年後にはその割合が人口の 40 % 以上を占めることが予測されている。人は年を重ねることに連れて身体機能や回復能力が衰えていく。そのため、QOL(Quality of Life: 生活の質)の向上が重要視されていて、体の機能の回復を目的としたインプラント治療が着目されている。

レーザー誘起湿式改質法とは導入したい元素を含む溶液に基材を浸漬させ、レーザー照射を施すことで基材表面に浸漬液に含まれた元素の改質層を作製することが可能な加工法である。これまでこのシステムを用いた処理により、オーステナイト系ステンレス鋼 (SUS316L 鋼) に対して、硝酸アルミ溶液中で SUS316L 鋼に対し、数ワット (W) オーダーのレーザー出力で処理を施した結果、被処理面には Al および O 成分を含有する改質層が形成することが明らかになっている。また、純チタンを硝酸カルシウム水溶液に浸漬させレーザー照射を施した。その結果、基材表面にカルシウムを含有する酸化チタン層を形成されることも報告されている。

本研究は、人工歯根の素材として利用されているチタン合金 (Ti-6Al-4V 合金) を対象として、レーザー誘起湿式表面改質処理により、その表面を改質し、①感染防止のための抗菌性の付与および②骨と直接接合する特性の付与を実現するための表面処理プロセスを開発することを目的として実施した。

2. 研究内容

2.1 レーザ誘起湿式表面改質処理

この処理は、拡散させたい元素を含む溶液中に被処理体を浸漬した状態でレーザーを照射するものである。例えば、硝酸カルシウム溶液中に浸漬したチタン合金に対してレーザーを照射することで、その表面には溶液の成分を含む改質層が形成されることが明らかになっている。図 1 は処理システムの説明図である。このシステムでは、浴槽内に置かれた処理材に対して、レーザー照射を施すことができる。ステージはパソコン制御により XY 方向に移動可能であり、これにより所定の走査パターンでの処理も可能となる。

このシステムを用いて、予め円盤状に機械加工したチタン合金 (Ti-6Al-4V ELI) 表面に対して種々の条件で処理を施した。

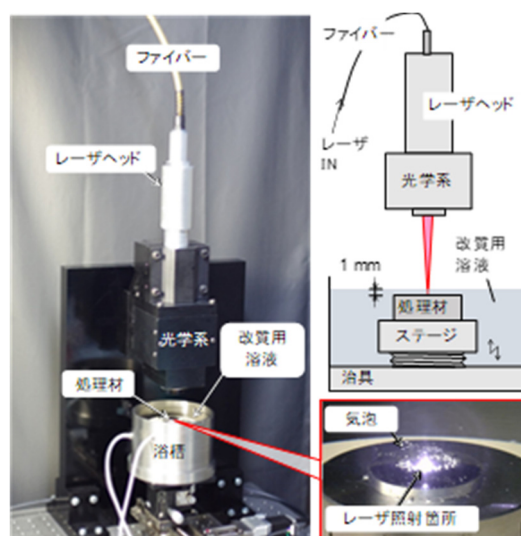


図 1 処理システムの説明図

2.2 実験結果および考察

図2に異なる浸漬液の濃度でレーザー誘起湿式改質処理を施した試験片表面における銀の濃度を測定した結果を示す。同図より、いずれの濃度で処理をした場合にも、表面には何らかの形で銀が存在することがわかる。一般に銀の存在は抗菌性をもたらすことが知られており、本研究で提案する処理により、被処理面への抗菌性の付与が可能となるものと推測できる。

図3に0.001 mol/L硝酸銀水溶液に浸漬させた基材を、レーザー誘起湿式改質処理により加工した試験片表面のSEMによる観察結果とEDX分析の結果を示す。同図のSEM写真から、試験片表面には小さい粒状の塊が形成されていることが分かる。この粒状の個所は、EDX分析による銀のマッピング結果処理により試験片表面に導入された銀であ

ることが明らかとなった。なお、銀が化合物で存在しているか、あるいは純粋な銀として存在しているかについては、その後TEMによる詳細な分析を実施し、単体の銀であることが明らかとなった。したがって、抗菌性という観点からは大きな期待が持てる。

図4に純水と0.001 mol/L、0.005 mol/L、0.05 mol/L濃度の硝酸銀水溶液のもとで、レーザー誘起湿式改質処理を施した試験片の表面でMC3T3-E1細胞を3日間培養した後、その細胞数を血球計算盤により測定した結果を示す。同図より、硝酸銀水溶液で加工された試験片の細胞増殖率は、純水で加工した試験片より低下していることがわかる。さらに、銀の濃度が増大するに連れて細胞の増殖率は減少している傾向が認められる。このことは、試験片表面の銀が細胞に毒性を示していることを

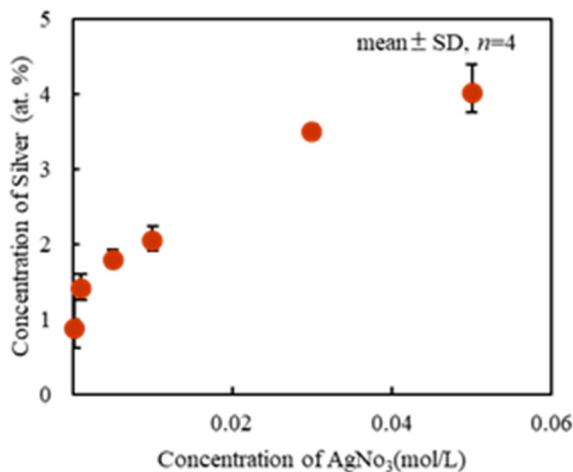


図2 被処理面における Ag 濃度の比較

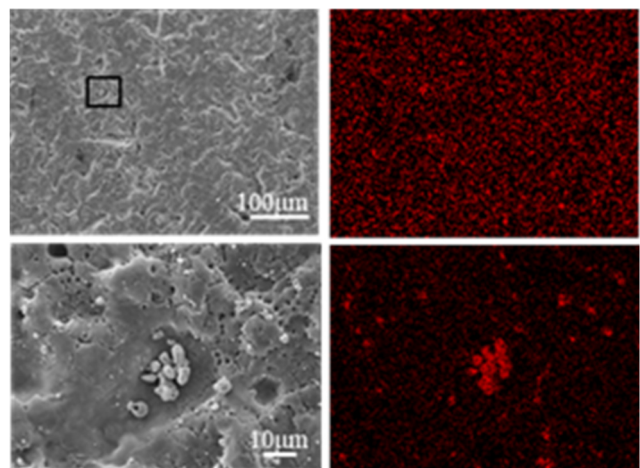


図3 SEM と EDX による被処理面の分析

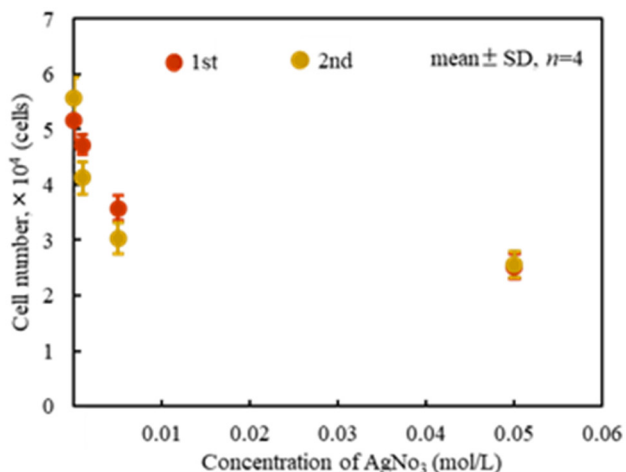


図4 処理溶液の Ag 濃度と細胞増殖性

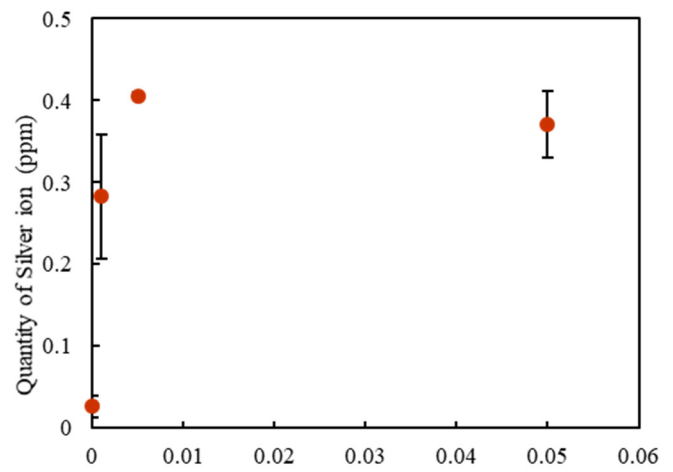


図5 処理溶液の Ag 濃度とイオン溶出量

示唆している。しかし、0.005mol/Lシリーズと0.05mol/Lシリーズでは硝酸銀水溶液の濃度の差は10倍、試験片表面に形成された銀の濃度の差は約2倍もあるが、細胞の増殖率にはほとんど差が認められないことが分かる。これは、細胞の増殖性は試験片表面に含有された銀の濃度に直接影響があるのではなく、銀が銀イオンとして溶出し、銀イオンが細胞の増殖性に影響を与えたものと考えられることができる。そこで、次に各試験片を一定期間生理食塩水中に浸漬し、その際の銀イオンの溶出量を測定した。

図5に、0.001 mol/L、0.005 mol/L、0.05 mol/L硝酸銀水溶液で加工された試験片の3日間の溶出結果を示す。同図より、銀イオンの溶出量は硝酸銀水溶液濃度が高くなるにつれて上昇し、0.005mol/Lシリーズおよび0.05mol/Lシリーズは同じく0.4 ppm溶出した。これは、生理食塩水中の銀イオンが飽和し、0.4 ppmは生理食塩水に対する銀イオンの溶出限界だと考えられる。

2.3 まとめ

硝酸銀水溶液を用いたレーザー誘起湿式表面改質処理により、チタン合金表面に一定量の銀を導入可能なことが明らかとなった。今後は、この銀による抗菌性を評価するためにバクテリアの培養試験を実施する予定である。これらの結果を総合して、細胞は通常通りに増殖するにも関わらず、バクテリアが死滅するような銀濃度を明確にする必要がある。

3. 発表 (研究成果の発表)

現時点での学外発表はなし。