

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19791395
 研究課題名（和文）
 レーザ歯科治療における酸化チタン粉末の殺菌とその作用メカニズムに関する研究
 研究課題名（英文）
 Study on bactericidal effect of a laser beam by using a reaction mediator of TiO₂ powder
 研究代表者
 古本 達明（FURUMOTO TATSUAKI）
 金沢大学・機械工学系・助教
 研究者番号：60432134

研究成果の概要：歯質表面にレーザー照射したときの様子を高速度ビデオカメラで撮影し、レーザー照射時に歯質表面で衝撃波が生じていることを明らかとすると共に、窩洞形成時の飛散物が歯質表面に対して鉛直方向に吹き飛ぶことを見出した。また、一次元弾性応力波理論に基づく衝撃応力測定方法を提案し、長棒材にひずみゲージを貼付した衝撃応力測定装置を製作した。そして、レーザー光の照射条件とレーザー照射に起因して生じる衝撃応力との関係や、吸収剤の違いによる衝撃応力を比較して、レーザー条件や吸収剤の種類と衝撃応力との関係を導くと共に、衝撃応力が歯質表面に形成された窩洞体積と相関があることを示した。さらに、Nd:YAG レーザおよび Er:YAG レーザを歯質表面に照射したときの歯質表面温度について、開発した赤外線輻射温度計を用いて測定を行い、レーザー照射条件と歯質表面の最高温度との関係を調べた。加えて、酸化チタン粉末と細菌を含有させた乳液中にレーザー照射を行い、レーザー照射の有無による細菌数の減少を調べ、酸化チタン乳液を懸濁させることで生菌数が著明に減少することを示し、その効果がレーザー照射に起因した熱作用や衝撃応力に起因した物理的な細胞壁の破壊である可能性を示唆した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	0	1,800,000
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	450,000	3,750,000

研究分野：生産工学・加工学

科研費の分科・細目：歯学・保存治療系歯学

キーワード：Nd:YAG レーザ，二酸化チタン粉末，レーザー誘起衝撃応力，Er:YAG レーザ，細菌，殺菌効果発現，

1. 研究開始当初の背景

う蝕患部表面にレーザー光を照射するとき、口腔内部の洗浄や歯質表面の冷却を目的として酸化チタン粉末を含む乳液が用いられる。このとき、レーザー照射した歯質表面では罹患部位に存在する原因菌が殺菌され、う蝕の進行が抑制されて再石灰化が促進することが報告されている。このような殺菌作用の発現に起因する因子としては、照射したレーザー光が歯質表面で吸収され、それにもなつて生じた熱で細菌の細胞壁が破壊されるとするもの、レーザー光が酸化チタン粉末に吸収され、それらが加熱・蒸散するときに発生する衝撃波により細胞壁が破壊されるとするものなど諸説考察されているが、レーザー照射によって罹患歯質表面が殺菌されるメカニズムや、酸化チタン乳液にレーザー照射して生じる物理現象と殺菌作用についての考察は述べられていなかった。

そこで、酸化チタン乳液を用いた侵襲処置において、レーザー光を照射してより効果的に罹患歯質を殺菌するためには、酸化チタン乳液にレーザー照射したときに生じる現象を解明し、歯質表面の殺菌に主体的に寄与する因子を特定すると共に、これらの結果から、レーザー照射条件や酸化チタン乳液の噴霧状態など、侵襲処置における各条件を適切に選定することが重要と考えられた。

2. 研究の目的

酸化チタン粉末にレーザー照射したときに生じる現象を実験的に調べ、レーザー照射によって生じる物理現象が歯質表面の殺菌に主体的に寄与する因子を考察すると共に、侵襲処置における各条件を考慮しながら酸化チタン粉末による罹患歯質表面の殺菌メカニズ

ムを実験的に解明することを目的とした。

3. 研究の方法

- (1) 酸化チタン粉末のレーザー光吸収特性を調べるため、フォトダイオードと積分球を組み合わせた吸収率測定装置を製作して、各条件におけるレーザー光の吸収率を調べた。(図1)
- (2) 歯質表面にレーザー照射したときの最高温度について、開発した赤外線輻射温度計を用いて測定した。(図2)
- (3) 歯質表面にレーザー照射したときの様子を高速カメラで撮影して観察した。
- (4) 次元弾性応力波理論に基づく衝撃応力測定方法を提案し、長棒材にひずみゲージを貼付した衝撃応力測定装置を製作し

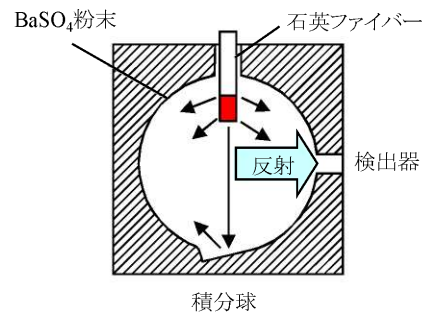


図1 積分球の断面

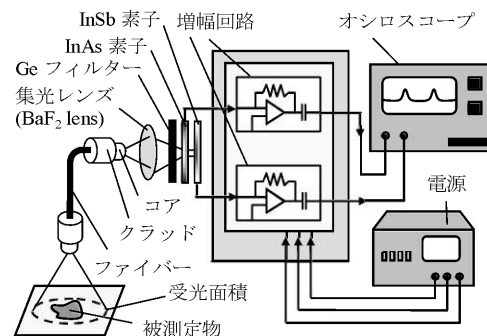


図2 赤外線輻射温度計の概要

た。そして、レーザー光の照射条件とレーザー照射に起因して生じる衝撃応力との関係や、吸収剤の違いによる衝撃応力を比較した。(図3, 図4)

- (5) 酸化チタン粉末と細菌を含有させた乳液中にレーザー照射を行い、レーザー照射の有無による細菌数の減少を調べた。

4. 研究成果

- (1) 用いた手法では酸化チタン粉末に対して2%程度しかレーザー光が吸収されず、レーザー照射条件を変えても大きな差違が見られないことが明らかとなった。そこで、酸化チタン粉末にレーザー照射したときの特性について、酸化チタン粉末を介して材料表面をレーザー加工したときの特性を調べることで代替評価を行った。評価材料として石英ファイバを用い、酸化チタン粉末を介しながらレーザー照射したときの各条件と加工性について評価した。その結果、レーザー光の照射条件や酸化チタン粉末の濃

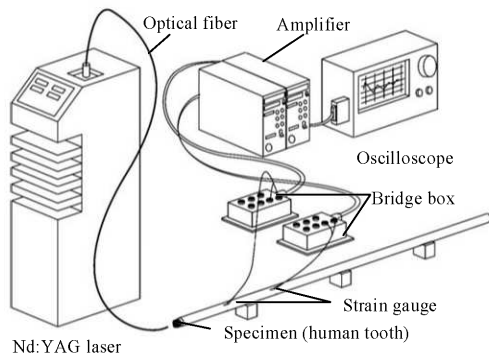


図3 衝撃応力測定装置外観

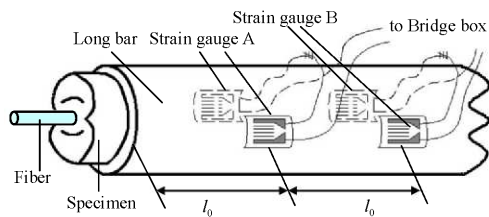


図4 レーザ照射部の拡大

度によって、材料表面の加工性に違いが見られることが明らかとなった。また、ジルコニア粉末や酸化マンガン粉末との加工性を比較し、酸化チタン粉末のレーザー加工性が優れていることがわかった。(図5)

- (2) Nd:YAG レーザ, Er:YAG レーザを歯質表面に照射したときの最高温度を測定した結果、レーザーエネルギーや照射回数を変えることで測定温度に違いが見られることが明らかとなった。また、Nd:YAG レーザとEr:YAG レーザの照射部温度を比較すると、Er:YAG レーザ照射時の温度がNd:YAG レーザ照射時のそれと比較して著しく低いことが明らかとなった。しかしながら、Nd:YAG レーザの場合に赤外線輻射温度計の温度校正方法に課題を有していることがわかり、その課題解決に向けた取り組みが必要であることもわかった。
- (3) 歯質表面の発光はレーザー照射直後から確認され、レーザー光の照射パルス幅の時間だけ継続していた。その後、歯質表面からの発光は確認できなかったが、熔融した飛散物が歯質表面に対して鉛直方向に吹き飛ぶ様子が観察された。また、レーザー照射直後から歯質表面に対して鉛直方向に衝撃波が広がり、それらが渦を巻いている様子が観察された。
- (4) レーザー光の照射条件とレーザー照射に起因して生じる衝撃応力との関係や、吸収剤

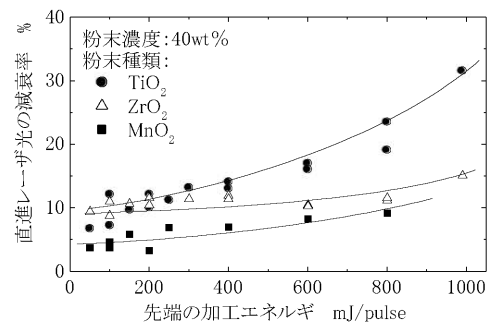


図5 粉末の違いによるファイバ加工性

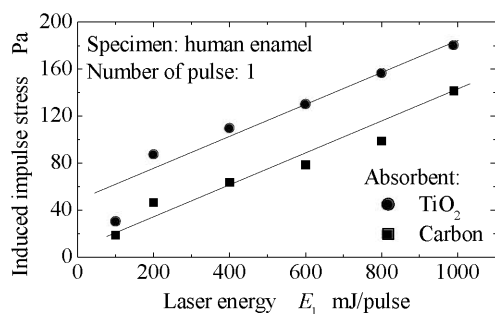


図6 レーザ条件と誘起衝撃力の関係

の違いによる衝撃応力を比較し、提案した手法がレーザー照射時に歯質表面で生じる衝撃応力を十分測定できることがわかった。また、レーザー条件や吸収剤の種類と衝撃応力との関係を導くと共に、衝撃応力が歯質表面に形成された窩洞体積と相関があることを示した。そして、歯質を単位体積除去するとき生じた衝撃応力を求めた。(図6)

- (5) 酸化チタン乳液と細菌を懸濁させた液中にレーザー照射を行うと、菌数が著明に減少した。その効果は、レーザー照射に起因した熱作用に加えて、衝撃応力に起因した物理的な細胞壁の破壊である可能性を示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件) すべて査読有

- (1) 杉原成良, 古本達明, 上田隆司: レーザ歯科治療に用いる光ファイバ先端の加工, 砥粒加工学会誌, 52, 3 (2008) 36-41.
- (2) 上田隆司, 古本達明: Nd:YAG レーザによる先進レーザー歯科治療, レーザ加工学会誌, 15, 1 (2008) 22-27.
- (3) 和賀正明, 上田隆司, 古本達明, 杉原成良: Nd:YAG レーザーと TiO₂ による in vitro での殺菌効果, 日本レーザー歯学会誌, 19, 1 (2008) 10-16.

- (4) 古本達明, 上田隆司, 青木慎太郎, 葛西惇士: レーザ歯科治療に用いる光ファイバ先端の加工 第2報: ファイバ先端の加工材評価, 砥粒加工学会誌, 52, 10 (2008) 595-600.

- (5) Tatsuaki FURUMOTO, Shintaro AOKI, Takashi UEDA and Akira HOSOKAWA: Fabrication of the Quartz Optical Fiber for Dental Treatment with Nd:YAG Laser - Proposal of the New Process with TiO₂ powder, Optics and Lasers in Engineering (Accepted)

[学会発表] (計4件)

- (1) 古本達明, 上田隆司, 細川晃, 田中隆太郎, 杉原成良, 和賀正明, 今野明: Nd:YAG レーザ照射時のレーザー誘起衝撃力の測定, 日本レーザー歯学会, 平成20年9月21日, 大阪大学
- (2) 青木慎太郎, 葛西惇士, 上田隆司, 古本達明, 細川晃, 田中隆太郎: Nd:YAG レーザによる高度歯科治療に関する研究, 精密工学会, H20年9月17日, 東北大学
- (3) 葛西惇士, 上田隆司, 古本達明, 青木慎太郎: レーザ歯科治療に用いる光ファイバ先端の加工 - 各種粉末による加工特性, 砥粒加工学会, H20年9月2日, 滋賀県立大学
- (4) 和賀正明, 上田隆司, 古本達明, 杉原成良, 今野明: Nd:YAG レーザーと TiO₂ による in vitro での殺菌効果, 日本レーザー歯学会 H19年11月25日, 鶴見大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古本 達明 (FURUMOTO TATSUAKI)
 金沢大学機械工学系・助教
 研究者番号: 60432134