パルスレーザーと生体組織相互作用

Interaction between Pulse Laser and Biotissue

久 保 宇 市

Uichi KUBO

近畿大学理工学部電気工学科

Kinki University

ABSTRACT

Pulse CO₂ laser was used to investigate the cutting mechanism of biotissue by KrF excimer laser. At macroscopic view, pulse CO₂ laser with low repetition rate was experimentally clarified to have same cutting ability to tissue without carbonization as KrF excimer laser. The high peak power laser with short pulse duration is supposed to have a great influence on the unnatural tissue layer near the irradiation surface and its cutting mechanism. The laser absorption by water involving in tissue will be important factor in analyzing the laser cutting mechanism.

1. はじめに

最近、エキシマレーザーの医療応用が注目を集め、生体組織に及ぼす影響が検討されている。このレーザーの特徴として、紫外ビーム、高尖頭値、短パルスの低繰返し発振であることが挙げられる。

このうち、どれが生体切開能に寄与するかを検討するため、エキシマレーザーに発振形態が類似し、波長のみ異なる繰返しパルス CO₂ レーザーを用いて生体照射実験を行い、両者の比較から切開作用の機構を検討した結果を報告する。

2. 実験装置及び方法

使用した繰返しパルスCO₂レーザーの主要特性を表1に示した。KrFレーザーの場合同様、発振ビームを円筒レンズで直線集光して試料に照射した。試料には牛肉(赤身)、牛骨などを模擬生体として用い、レーザー照射条件と穿孔の速さ、切開面の変性、炭化の有無などについて調べた。

3. 実験結果及び検討

KrFレーザーで照射した結果については前大会で報告した通り、牛肉、牛骨、歯牙では照射パルスの間隔を一定値以上に長くすると炭化層を生じることなく、変色層も殆んど見られない切開が可能である。一方、パルスCO₂レーザー照射の場合CW-CO₂レーザーの場合と全く異なる結果が得られた。KrFレーザーの場合と同様にパルス間隔を長くすると炭化を伴わない切開が行えることを見出した。図1に繰返しパルスCO₂レーザーによって切断した牛肉片を示した。これはパルス当りのエネルギー1.8J、パルス間隔200ms、照射時間14secで、試料肉片は10mm×10mm断面の角柱状である。照射パワーに直すと約4W、照射面積10mm×0.3mm、照射面でのパワー密度は約133W/cm²、肉片に照射された全エネルギーは約56Jになる。この実験結果より、同じ肉片を同じ時間で切断するのに、エネルギーは繰返しパルスCO₂レーザーではKrFレーザーの3倍を要することが判明した。

また、水分の少ない生体硬組織に対してもパルスCO₂レーザーはKrFレーザーと同様の切断作用を示すことが明らかになった。但し、この場合はパルス間隔を充分長くすることと共に水冷が必要である。パルスCO₂レーザーによって切断した牛骨の一例を図2に示した。炭化の形跡は全く見られず、外見上鋭利に切断されている。

パルスCO₂レーザーによってKrFレーザーの場合に近い結果が得られたことから、高尖頭値、低繰返し短パルス照射の効果が主であることが明確になった。高エネルギーを短時間に照射すると、生体組織は熱伝導による拡散より短い時間で瞬間的にablationを生じ、噴出するので熱効果を抑制した破壊が起こると考えられる。特に、KrFレー

表1 パルスCO₂レーザーの主要特性

波 長	Wavelength : 10.6 μm
ピーク出力	Peak power : 22MW
エネルギー	Energy : 1.8 J/pulse
パルス幅	Pulse width : 約80 ns
繰 返 し	Repetition : 最大10 pulse/s

図1 パルスCO₂レーザーによる牛肉片切開

図2 パルスCO₂レーザーによる牛骨切開

ザーにおいては水による吸収が小さいため、この効果が助長されると思われる。

4. まとめ

本報告でパルスCO₂レーザーでもKrFレーザーに近い切断能力を示すことを実証し、KrFレーザーの切開面に炭化層を生じないなどの切開特性は高尖頭値、短パルスビームであることが主な要因で、これに波長の特性が加った結果と結論される。