特集／消化器レーザー内視鏡の展望

ヤグダイセントラルシステムの実用化

Realization of Nd:YAG/Dye laser central supply system

伊藤 克昭¹⁾, 鈴木 正根²⁾, 桑山 一³⁾, 小林富美男⁴⁾, 戸田 信正¹⁾

1) 愛知県がんセンター内視鏡部

3) 寿工業(株)

2) 名古屋造形芸術大学

4) 富士写真光機(株)

Yoshiaki ITO¹⁾, Masane SUZUKI²⁾, Hajime KUWAYAMA³⁾, Fumio KOBAYASHI⁴⁾
and Nobumasa TODA¹⁾.

1) Aichi Cancer Center Hospital

3) Kotobuki Kogyo Co., LTD

2) Nagoya college of Creative Art

4) Fuji Photo Optical Co.,

要 旨

近年、多くの分野で種々のレーザーが利用されているが、レーザー装置を利用目的・使用場
所に応じて複数台数設置することは費用、スペース等の点から困難が多い。また、レーザーは
今後多様化することが予想される。そこで、私どもは多種類のレーザーを集中管理・分配する
システムが有用と考え、YAG レーザーによるシステムを導入した。本装置は、YAG を数カ
所で利用できるだけでなく、YAG レーザーの波長を半分にした KTP レーザーや、更には、
KTP から色素レーザーを発振させて光線力学治療を行うことが可能となる。このような試み
は、欧米では研究されてきているが、本邦では初めてのことである。レーザー内視鏡の新しい
試みの話題提供として、今回私どもが導入したシステムを紹介した。

キーワード：Nd : YAG レーザー、光線力学療法、レーザー集中管理

Abstract

A new system of Nd : YAG/Dye laser is reported.

A variety of lasers has been utilized in many field these days, but it is difficult to
install every laser for each purpose.

The system we developed can be used not only as Nd : YAG laser coagulator but
also for photodynamic therapy, in which the second harmony of Nd : YAG laser
generates dye laser.

The cost of the new system is equivalent to a system of high power Nd : YAG
laser.

Key words : Nd : YAG laser, photodynamic therapy (PDT) laser central supply
system

I. はじめに

近年、多くの分野で種々のレーザーが利用されているが、レーザー装置を使用目的・使用場所に応じて複数台設置することは費用、スペース等の点から困難が多い。また、レーザーは今後多様化することが予想される。そこで、私どもは多種類のレーザーを集中管理・分配するシステムが有用と考え、YAG レーザーによるシステムを試作した。本装置は、YAG レーザーを数カ所利用できるだけでなく、YAG レーザーの波長を半分にして色素レーザーを発振させ、光線力学治療も可能にしようという装置である。このような試みは本邦では初めてのことである。

本稿では、レーザー内視鏡の新しい試みとして、私ど

ものシステムを紹介したい。

II. 装置の概要

導入した装置の外観を図1に、その機能のブロック図を図2に、諸元を表1に示した。装置は、図1に示すように、2本のレーザー光学系および分配機を一つの定盤の上に配置した。搭載した2本のレーザーは、コアギュレーター用のNd:YAG(150W)レーザーとAOM:QSWによるパルス出力のNd:YAG第2高調波出力レーザーである。Nd:YAG第2高調波出力レーザーは、色素レーザー(Dye)の励起に用いる。色素レーザーの光は、励起光と同じ周波数の5~6KHzに変調され、PDTに使用される。本装置のコントローラは、YAG/Dyeの設定、端末の選定、端末との出力設定のやりとりをし、レーザー電源切り換え、分配機コントローラ、リモートコントローラ部、その他インターロックとつながっている。

III. 伝送路とファイバーの伝送効率

システムに使用した光ファイバーは、日立電線㈱製で、特に高出力伝送ファイバーとして開発されたものである。今回は、レーザー室と治療内視鏡室およびX線装置付内視鏡検査室との間に導光ファイバーを敷設した。敷設距離はそれぞれ38mと32mである。さらに、150m離れた婦人科外来にも敷設予定である。

本システムにおける入力パワーと出力パワーを比較したトータルな伝送効率を38mの固定ファイバーの先に5mのプロープファイバーをレンズ結合し、レーザー出力とプロープ先端出力をカロリメーターで測定した。結果は図3のごとくで、高出力側での伝送効率の低下がみられた。その原因はYAGレーザーの発散角の変化、横モードの悪化から入射効率下がったものと考えられ

表1 システム仕様

項 目		規 格 等	
レ ー ザ	Nd-YAGレーザ	150W	1064nm
	Nd-YAG-SHG /Greenレーザ	532nm 4 W以上 (5 KHz)	
	色素レーザ	連続発振タイプ (630)	
分 配 機		3 ch, パルスステージ送り レーザ伝送は1chずつ切り換え	
電 気 ・ 水	コントロール系	AC100V	
	レーザ電源	AC200V, 30A, 3φ	
	冷 却 水	16l/分, 断続5/25℃以下	
寸法 (光 学 部)		1850W×1540D×970Hmm	
寸法 (リモコン部)		400W×300D×1130Hmm	
フ ァ イ バ ー		別 表	
プロープ接続コネクター		SMA (プロープ) FC (敷設ファイバー)

a

b

図1 装置外観

図2 システムブロック図

図3 伝送効率

礎的な発振実験を行っている段階である。

V. 臨床的検討

現在、臨床応用可能なのは Nd : YAG レーザーである。Nd : YAG レーザーの集中管理システムを使って中心型肺癌による気管閉塞例（図4）2例、気管支の不良肉芽の治療1例、手術不能食道癌の狭窄解除1例（図5）および早期胃癌であるが高齢、高度不整脈のため手術不能な患者1例に治療を行った。治療効果は、従来使用していた市販の高出力 Nd : YAG レーザーと同様で、出力も安定している。また、出力100Wでの使用においても、当初懸念した光伝送ファイバーおよびファイバーとレンズ結合部での熱の発生はなかった。

VI. 考察

私どもの施設では、病院全面改築にあたり、医用レーザーの導入希望がいくつかの診療科から出た。そこで、レーザー装置の効率的な利用と、今後のレーザーの多様化およびレーザー医学の進歩に対応できるシステムを考慮することが必要となったため、対応策の一つとしてレーザー集中管理・分配システムについて調査・検討し、本稿で紹介したシステムを導入した。導入の背景として、新システム検討開始前5年間（1983-1987）に日本レーザー医学会において発表された論文から、医学研究および医療に利用されているレーザーの種類がいかにか¹⁾、そして、そのことがレーザーを利用する病院にとっ

ている。

IV. 色素レーザーについて

本システムの特長は、YAG レーザー本来のコアギュレーターとしての機能だけでなく、YAG レーザーの第2高調波で色素レーザーを励起することである。理想的なシステムは一本のレーザーで基本波発振と第2高調波発振の切り換えができることであるが、変換効率がまだ充分でなく、光路切り換え形式が構成できなかったため、基本波と第2高調波それぞれ専用のレーザーを必要としている。本システムでは、5 KHz に変調した Nd : YAG レーザーの第2高調波532nm の光で色素レーザーを励起しているが、現在、これに適したレーザー色素は開発されておらず、アルゴン色素レーザー用の色素を用い基

a) 気管閉塞する腫瘍塊

b) Nd:YAG レーザー治療後
腫瘍は消失し、呼吸困難は改善された

図 4

a) 手術不能食道癌による食道狭窄

b) Nd:YAG レーザー治療後
狭窄は解除された

図 5

てさまざまな問題を発生させていたことがあった。即ち、レーザー装置を使用目的に応じて複数台数を設置することは、費用、スペース、付帯設備の点から困難な面が多く、また、使用されるレーザーも今後更に多様化することが予想されていたため、多種類のレーザーが使用でき、しかも、それを使用する部屋のスペースを有効に利用できるレーザー集中管理・分配システムが有用と判断した。

実際、1985年に日本レーザー医学会会長である渥美和彦東京大学名誉教授が世界で初めてのレーザー専門病院（七里ハイテクノロジー・メディカル・センター）を大宮市に設立し、YAG レーザー、アルゴンレーザー、アルゴン色素レーザーの集中管理・分配システムの試みを行った²⁾。米国においては、カルフォルニア大学 Bechman Laser Institute and clinicにおいて大規模なレーザー集中管理・分配システムがとられ基礎的および臨床的研究が行われていた。また、当時、スタンフォード大学でフリーエレクトロンレーザーの研究が進められており、将来は1台のフリーエレクトロンレーザーですべての波長をカバーしうる可能性も示唆されていた。

私どもの新病院での利用予定のレーザーをアンケート調査したところ Nd:YAG、半導体、CO₂、アルゴン

色素、He-Ne、エキシマなどの要望が頭頸部外科、胸部外科、乳腺外科、婦人科、麻酔科、放射線科、消化器内科から出された。レーザー集中管理・分配システムは、異種・複数のレーザー光を、数カ所で利用することにより、レーザー機器と各診療スペースを有効に利用しようとするものである。YAG レーザーのみの集中・管理・分配システムでは導入する意味がない。しかし、半導体レーザーはすでに小型化されており、しかも使用出力が小さいため、光ファイバーによる伝送ではロスの方が多く中央化になじまない。また、CO₂レーザーは波長が長いので、光ファイバーでの伝送にはまだ課題を残していたので半導体、CO₂レーザーは集中管理・分配システムから除外した。そこで、本システムでは Nd:YAG レーザーと波長が可変の色素レーザーを中心に中央化することとした。LASER DESTINATION SELECTOR

SYSTEM⁴⁾は本構想の条件を満たすものと考え採用した。本システムは当時、YAG レーザーの波長転換による光線力学的治療装置の開発も進められており、従来のYAG レーザーとしての機能に加え、アルゴン色素レーザーでは得られない高出力のレーザーによる光線力学的治療も可能となるものと期待されていた。

以上の経緯で本システムを導入したが、以下の問題点が残されている。

- 1) 波長変換素子の改良(特に、表面粗さ)による高効率波長変換
- 2) Nd:YAG 第2高調波励起に適した色素による630nmの発振
- 3) 励起光を高出力化した時の色素レーザーの出力低下対策
- 4) 色素レーザーのビームクオリティーの改良
- 5) 高繰り返しパルスレーザーによるPDT効果の確認

今後、更に改良を加えシステムを完成したい。

最後に、本システムの価格であるが、市販の高出力Nd:YAG レーザー一台分と、コスト的には安価である。Nd:YAG レーザーの基本波と第2高調波が一本のレーザーで発振できるようになればコストも更に低くなるものと期待している。

VII. おわりに

レーザー内視鏡の新しい試みとして、私どもが導入したシステムを紹介した。本システムは、最も普及しているNd:YAG レーザーをベースに光線力学療法機能も備えており、コストの面からも有用と考える。

ご意見、ご批判を仰ぐ次第です。

尚、本論文の要旨は第6回日本レーザー医学会東海地方会、第10回消化器レーザー内視鏡研究会および第13回日本レーザー医学会総会において発表した。

文 献

- 1) 渥美和彦: レーザー病院—現状と問題点—, オプトロニクス, 10, 111-116, 1988.
- 2) 鈴木正根, 金谷元徳, 小林富美男, 橋本大定: 試作したレーザー光エネルギー Destination Selector, 昭和61年度精密工学会春季大会学術講演論文集, 443-444, 1986.
- 3) 鈴木正根, 伊藤克昭, 桑山 一, 小林富美男: LADESE (Laser Destination Selector) の実用化, 第13回日本レーザー医学会大会論文集投稿中
- 4) 伊藤克昭, 戸田信正, 小林世美: ヤグダイセントラ

ルシステムの試み, 日本レーザー学会誌投稿中(東海地方会抄録)