レーザ切断加工
レーザ実績27年
高品質／即、納期／キレイ
★LED看板・オリジナルデザイン・看板板金で対応します。
★LEDライトパネル、チャンネル文字サイン、各種サイズ、形状を製作いたします。
アウトレット看板のレーザー加工は、実績のある当社へお任せ下さい。
量産物・単品物はどこよりも早い！
3倍早い!!
•2次元・3次元CADデータですばやく各種パーツ、看板の形状切りや抜き、切り文字ができます！
•クリーンカットは「焦げなし、シャープだ」と、大好評です！
•量産物のレーザ加工は、超々早く、高品質、安心価格で大歓迎！
サイン　板金　パーツ
三菱炭酸ガス二次元　レーザ加工機NXシリーズ
一段上の加工もOK！　機械加工に迫る切断面
●レーザ加工機→5台　●パンチ＆複合機→1台
●曲げ、溶接加工機→4台
ドイツ・トルンプ社製レーザ＆パンチ複合機ご活用下さい。
•埼玉県"チャレンジ経営宣言!"　経営革新計画承認企業
•埼玉県指定 彩の国工場
•第２回 モノづくり部品大賞奨励賞受賞
•埼玉産業人クラブ西海記念賞受賞
(有)野火止製作所
NOBIDOME
〒352-0011 埼玉県新座市野火止3-2-48　担当：川上・今溝・山田
TEL048 (481) 2300　FAX048 (481) 2304
E-mail staff@nobidome.co.jp　http://www.nobidome.co.jp

多くの分野に応用展開される
レーザー加工機と加工技術

大阪大学　接合科学研究所
教授　片山　聖二

1960年に米国のメイマンによりルビーレーザーの発振が報告されて以来、いろいろな種類のレーザーが開発・改良されてきた。それに伴い、レーザー加工技術は自動車や重工業分野、電子・電機分野など広範囲に、着実に応用展開されてきている（**表**、**図1**）。各レーザーとも高出力になると、ビーム品質は悪くなる。したがって、各レーザー加工は装置の仕様・特性に従って遂行する必要がある。最近は集光光学系の小型化や長焦点化、高速・高生産のリモート加工を行うため、ビーム品質の重要性が認識されている。

各種レーザーの加工応用展開

レーザー加工に際し、まず、大出力化が可能で高輝度・高品位な炭酸ガス（二酸化炭素、CO_2）レーザーが鋼の変態硬化焼き入れ、切断、溶接、クラッディング（肉盛り）などに利用されてきた。最近、パルス発振タイプはプリント配線基板のビアホール加工に多用され、また、レーザー切断においては装置の低価格化が図られ、高品質な切断面を作製できることが再認識されている。

一方、ネオジム－イットリウム・アルミニウム・ガーネット（Nd－YAG）レーザーに関して、初期はパルス発振やQスイッチ極短パルス発振が中心となり、微小部のスポット溶接やシーム溶接、穴あけ、ハンダ付け、マーキング、トリミングなどに、ファイバー伝送方式または直接照射方式が利用された。

ランプ励起のYAGレーザーは、十数年前に高出力の連続発振の装置が開発され、自動車とその部品製造ラインにおいて、鋼板の切断や溶接、テーラードブランク溶接、アルミニウム合金や亜鉛メッキ鋼板の重ね溶接、車体ルーフの3次元溶接などに導入されてきた。しかし、ランプ励起の高出力YAGレーザーは発振効率が悪いという欠点から、最近は①発振効率が最も高く、高出力・小型化が可能な半導体レーザー（LD）②冷却を工夫し、レーザー発振源であるイッテルビウム（Yb）の固溶量を増加させてLDで選択励起し、高効率化が可能なディスクレーザー③励起用高出力LDの開発、ダブルクラッドYb含有ファイバー利用、励起方法やファイバーカップリングの工夫により高出力化・高輝度化が急速に展開されているファイバーレーザーが注目されている。特に、ファイバーレーザー装置とその加工技術の開発に、多数のメーカが参入し、活気がある。

切断や溶接で多用され、リモート／スキャナー溶接用熱源としても利用された高出力・高輝度のCO_2レーザー、自動車溶接用として多用されてきた高出力YAGレーザー、電子部品や電池など微細溶接用のパルスYAGレーザーなどについては、今後、ディスクレーザーやファイバーレーザーとの競合が激しくなることが予想される。

半導体レーザーは、最近、高集光化の研究開発が活発に行われ、高出力なファイバー伝送式装置が順次市販され、ブレージング（ロウ付け）用熱源に用いられている。一方、高パワー直接照射式の場合、長方形の片側の集光特性が依然として悪いため、それをうまく利用して、金属薄板やプラスチックの溶接、焼き入れ、クラッディングなどに活路を開きつつある。また、ディスクレーザーやファイバーレーザーもCO_2レーザーやYAGレーザーなどの代替として、高速溶接・高速切断用熱源に検討されるほか、微細加工用熱源としても展開が図られている。

エキシマレーザーは短パルス・高パワー密度で、光子エネルギーの高い紫外域（短波長）での発振であり、半導体露光（シリコンウエハーのステッパー）用、液晶製造プロセスでのアニーリング用、各種材料の微細加工用などに利用されている。さらに、エキシマレーザーよりも極短パルス発振のピコ秒レーザー（ピコは1兆分の1）やフェムト秒レーザー（フェムトは1000兆分の1）は、加工部周辺への熱影響がきわめて少ないと報告され、各方面で研究開発が活発である。特に、ピコ秒レーザーは高パワー化が可能で、インクジェットノズルの穴あけや自動車エンジンの加工に利用され、フェムト秒レーザーは半導体デバイスフォトマスクのアブレーション除去に利用され始めており、いずれも透明体内の加工、フラット・パネル・ディスプレー（FPD）や微小電気機械システム（MEMS）の加工として適用拡大が期待されている。

レーザー加工の新展開

最近のレーザー加工として、鉄鋼厚板の溶接、リモート高速溶接、電池ケース薄板の溶接、異材接合、太陽電池の分割パターニング、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）の切断などが活発に研究されている。太陽電池は結晶系、薄膜系、化合物系に大別される。現在、結晶系シリコン（Si）が主流であるが、今後、CIS（銅・インジウム・セレン）／CIGS（銅・インジウム・ガリウム・セレン）や有機系を含め、薄膜Si太陽電池の需要拡大が見込まれ、レーザー適用の拡大が期待されている。太陽電池の製造工程と構成図を**図2**に示すが、レーザーパターニング技術の適用がキーとなる。

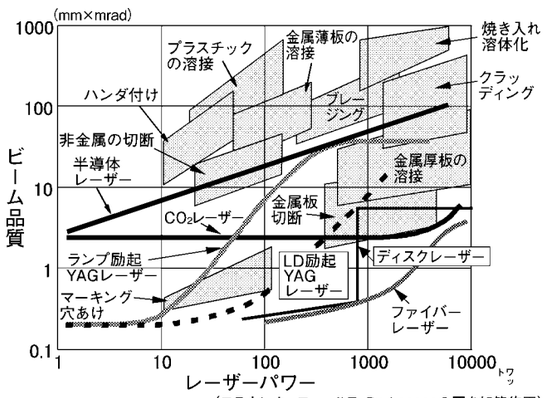
また、CFRPは軽量・高強度であることから、飛行機や高級自動車、風力発電用ファンなどに利用されており、環境とエネルギー問題の観点から今後の利用拡大が予想されている。その切断は通常、砥石利用機械加工やウオータージェット切断加工によって行われているが、工具の摩耗や吸水性による強度低下、長時間加工などの課題がある。

一方、レーザーには、高出力・高輝度の連続発振のレーザー、短波長化した高調波パルスレーザー、極短パルスのピコ秒レーザー、フェムト秒レーザーなどがある。特に高輝度レーザーによる切断・穴あけは高パワー密度、非接触、高生産性などの利点を有しており、CFRPに対して高速・高生産性の加工が期待できる。しかし、従来、切断面の品質が悪く、熱影響部が広いという問題点があった。

そこで、大阪大学接合科学研究所はCFRPに対して超高速度切断を行い、改善を図っている。その結果の一例を**図3**に示す。切断幅と熱影響部幅の狭いレーザー切断が可能であることが分かる。高輝度レーザーによる超高速度切断は品質の改善と高生産性の実現を目指す切断法で、今後の展開が期待される。さらに、各種金属材料とプラスチックやポリアミド（PA）基のCFRPのレーザー異材直接接合も可能であることが確認されており、レーザー加工技術の展開が図られている。

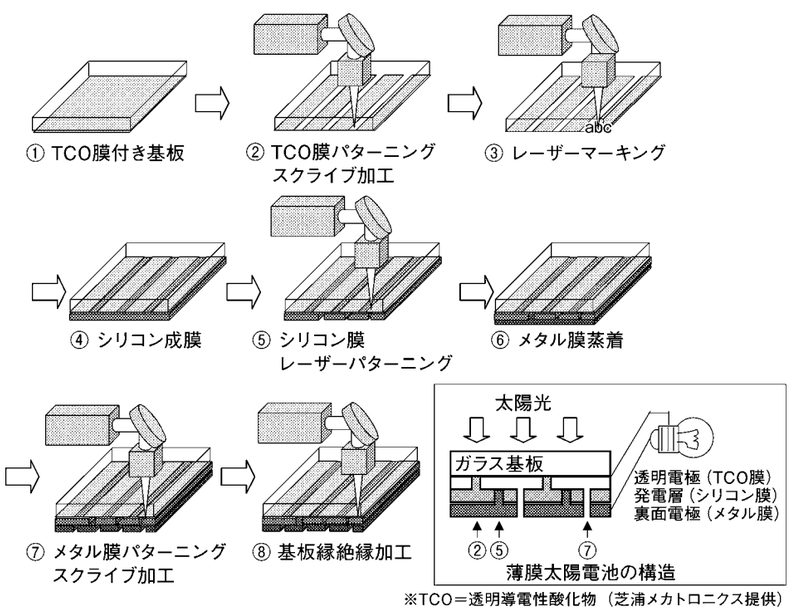
日本におけるレーザー装置と加工技術は高出力のCO_2レーザー、YAGレーザー、エキシマレーザー、LD励起固体レーザーの開発を目指した大型のプロジェクトとともに発展してきた。昨年度より始まった新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の大型プロジェクトでは、LDレーザーやファイバーレーザーの開発と、それを用いる加工技術の発展に期待したい。

図1　各種レーザーのビーム品質とパワーの関係、種々の加工法の条件範囲



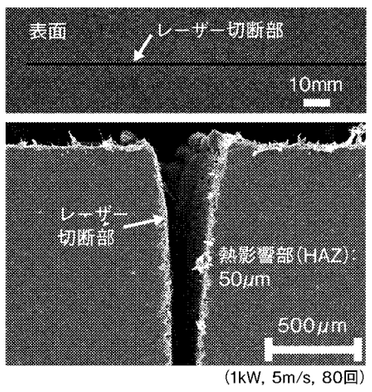
（フラウンホーファーILT, Dr. Loosenの図を加筆修正）

図2　薄膜太陽電池の製造工程と構造図



※TCO＝透明導電性酸化物（芝浦メカトロニクス提供）

図3　CFRPのレーザー切断結果 表面観察（上）、切断部断面観察（下）



（1kW, 5m/s, 80回）

加工用レーザーの種類と特徴（2011年１月現在）

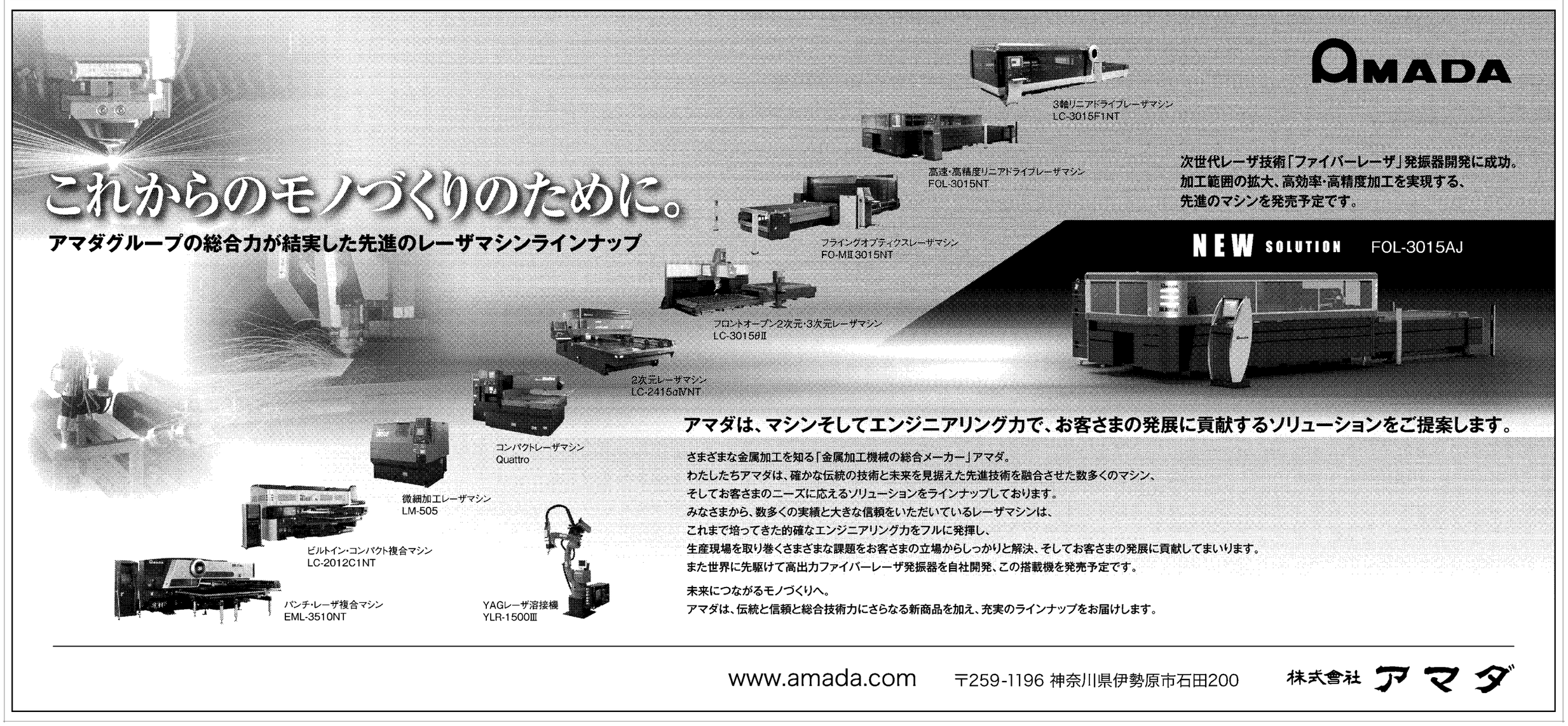
●CO_2レーザー（波長：10.6μm、遠赤外）
- レーザー物質：　CO_2-N_2-He混合ガス（気体）
- 平均出力［連続］：　45kW（最大）
- （通常）　500W－15kW
- メリット：　高出力化容易（高発振効率：10－20%）
- 主な応用：　切断、溶接、穴あけ、表面処理など

●YAGレーザー（波長：1.064μm、近赤外）
- レーザー物質：　Nd^{3+}:$Y_3Al_5O_{12}$ガーネット（固体）
- 平均出力［連続］：　10kW（カスケード型最大）
- ［パルス］：　300J、30ms（最大）
- （通常）　50W－4 kW（発振効率：1－4%、ランプ励起）
- メリット：　光ファイバー伝送可能、分岐容易、Qスイッチ、高調波
- 主な応用：　溶接、穴あけ、ダイシング、マーキングなど

●半導体レーザー（LD）（波長：0.8－1μm、近赤外）
- レーザー物質：　Al(In)GaAs、InGaAsPなど（固体）
- 平均出力［連続］：　10kW（スタック型最大）、6kW（ファイバー伝送最大）
- （通常）　50W－4kW
- メリット：　高効率（発振効率：25－60%）
- 主な応用：　溶接（薄板金属、樹脂）、ブレージング、表面処理など

●LD励起固体レーザー（波長：1.05μm、近赤外）（ディスクレーザーを含む）
- レーザー物質：　Nd^{3+}またはYb^{3+}:$Y_3Al_5O_{12}$ガーネット（固体）
- 平均出力［連続］：　12kW（カスケード型最大）、16kW（ディスクレーザー）
- ［パルス］：　6kW（スラブ型最大）
- （通常）　100W－4kW
- メリット：　光ファイバー伝送可能、高効率（発振効率：10－25%）
- 主な応用：　溶接、切断、穴あけ、マーキングなど

●ファイバーレーザー（波長：1.03－1.09μm、近赤外）
- レーザー物質：　Yb^{3+}:SiO_2など（固体）
- 平均出力［連続］：　50kW（最大）
- （通常）　100W－10kW
- メリット：　光ファイバー伝送可能、高効率（発振効率：15－30%）極細ビーム径（低パワー装置）
- 主な応用：　溶接、切断、マーキング、3次元造形

●エキシマレーザー（波長：0.175－0.518μm、紫外）
- レーザー物質：　ArF（193nm）、KrF（248nm）、XeCl（308nm）（気体）
- 平均出力［パルス］：　1J、2kW（最大）
- （通常）　10－100mJ/mm^2
- メリット：　高フォトンエネルギー（発振効率：4%）
- 主な応用：　ポリマーなどの微細加工（穴あけ）、Siウエハー加工など

●極短パルスレーザー［ピコ秒／フェムト秒レーザー］（波長：約0.8μm、近赤外）
- レーザー物質：　Tiサファイア、SiO_2ファイバー（固体）
- 平均出力［パルス］：　1kW（最大）、1.25PW（ピーク）
- （通常）　1－100W（10ps以下）
- メリット：　高ピークパワー密度（数十GW/cm^2）、極短パルス
- 主な応用：　各種材料の穴あけ、薄膜パターニング、表面改質など