「産業用高出力レーザー光源の現状と将来動向」解説小特集号によせて

安井 公治¹, 西前 順一², 岡本 達樹²

¹三菱電機(株) 先端技術総合研究所開発戦略部 (〒661-8661 兵庫県尼崎市塚口本町8-1-1)

²三菱電機(株) 先端技術総合研究所レーザ・電気加工技術部 (〒661-8661 兵庫県尼崎市塚口本町8-1-1)

Preface to Topical Papers on Industrial High-Power Lasers: Today and Future

Koji YASUI,¹ Jun-ichi NISHIMAE,² and Tatsuki OKAMOTO²

¹Mitsubishi Electric Corporation, Advanced Technology R&D Center, Strategic R&D Planning Department,
8-1-1 Tsukaguchi-Honmachi, Amagasaki, Hyogo 661-8661

²Mitsubishi Electric Corporation, Advanced Technology R&D Center, Lasers & Electrical Machining Department,
8-1-1 Tsukaguchi-Honmachi, Amagasaki, Hyogo 661-8661

(Received November 30, 2007)

Key Words: High-power lasers, Marketplace, Laser processing, Laser cutting, Laser marking

1. 特集号企画の背景

レーザー光源については、科学ドラマや科学アニメに登場するレーザー光線のイメージが強く、その一般への認知度は高い。CD-ROMやDVDの読み取り用の装置に出力mWクラスの半導体レーザー光源が組み込まれていることまで考慮すれば、レーザー光源は一家に一台を超えて、一人一台に至っているといっても過言ではない状況になっている。

また、家庭用よりもさらに出力の大きな数百mWからW級までのレーザー光源を例に取れば、研究開発現場において、測定器や実験装置の一部として欠かせない存在になってきており、研究開発者への認知度も高い状況にある。

一方、産業用途での普及が加速度的に進展してきている出力が数十W以上の高出力レーザー光源、なかでも加工用途に使用される数百WからkWクラスのレーザー光源については、レーザー学会創設時には議論が多数見られたが、現在では必ずしも報告件数が多い状況ではない。

このような情勢を背景にして、本特集号は高出力レーザー光源に的を絞って企画されたもので、産業現場での位置づけ、その適用範囲である市場動向、競合動向、市販で入手できるレーザー光源の動向、国内外の今後の開発動向を網羅することを狙っている。その導入部にあたる本解説では、高出力レーザー関連市場全体の情勢を概観した後、現在の開発動向についてまとめる。本論文に続く解説論文では、各種のレーザー光源に関する解説が、レーザー光源の新規導入を想定している新規ユーザーの認知度が高いと思われる順に配置されている。最後に

外国での開発状況について付け加えている。

2. 高出力レーザー市場の実態

高出力レーザー関連の主要市場は、これをエネルギー源として物の変形や改質を行ういわゆるレーザー加工分野であり、この市場を中心に今後説明する。

Fig. 1は最近のレーザー市場会議で開示された加工関連のレーザー市場規模と、今後の見込みを示すものである¹⁾。レーザー加工機市場全体は、この20年間年率10%を超える成長を継続的に続けており、市場規模自体が加速度的に拡大していると言える。次の節で、各市場動向を概説する。

2.1 切断・溶接市場

レーザー光をレンズで集光して、主として鋼板の切断・溶接を行うレーザー加工機を対象とした市場であり、現状ではレーザー加工機市場全体の半数以上を占め

Fig. 1 Laser market place.¹⁾

る。光源に要求される出力レベルは4 kWクラスが主流である。この要求出力は、組み合わせる加工装置の機械的駆動部の限界速度から決まる。従って、高速・高精度の機械制御技術の進展にともない、レーザー光源に要求される出力も向上し、現在は4 kWクラスから6 kWクラスへの移行段階にある。

20年前にこの市場で見られるレーザー光源は米国製が主流であったが、国家プロジェクトの成果等により、国内でもレーザー加工機の製造が各社で行われてきた。主流であるCO₂レーザーを発振器に用いたレーザー加工機を例にとると、市場の拡大に伴い国内だけでも10社以上が競合してきたが、激しいコスト競争の結果、現在、世界で日本メーカを含む数社が、しかも市場を住み分けて存在するという寡占状態になっている。

この分野ではドイツが強いとの風評も聞かれる。ドイツはレーザー適用範囲の拡大に先行投資を行ったため、欧州圏内での製造実績が拡大したという背景がある。切断分野のみならず、レーザー適用のための条件出しに経費のかかる溶接分野においても開発資金が投入されたため、溶接ラインへの適用で先行している。

2.2 マーケティング市場

半導体素子や、主としてプラスチック製の各種電気・機械部品にレーザーにより刻印を行うレーザー加工機を対象とする市場はマーケティング市場と呼ばれる。ここで要求されるレーザー装置に搭載されるレーザー光源としては、数十から百W程度のレーザー出力を持つもので十分である。このようなレーザー光源においては、装置の箱や電源、各種光学部品、制御部品というレーザー光源に共通する項目のコストが主要部を占める。レーザー光源の種類によらずレーザー装置に共有して必要となる固定費用が主体となる。従って、レーザー光源の種類によるコスト差が顕在化されにくい。このため、CO₂レーザーからファイバレーザーまで、幅広い種類のレーザー光源が用途や開発メーカの嗜好にしたがって適用されている。

2.3 マイクロ加工市場

主として電子部品や半導体関係へのレーザー光の適用が想定される市場である。Fig. 1で示すマイクロ加工分野の主要部はエキシマレーザーであるが、用途、およびユーザは半導体露光用に特定されているため、その最新動向については他の特集号に譲る。本特集号で対象とするのは、露光用に次ぐ規模の市場として認知されている、液晶のリペア、および、携帯電話のプリント基板の穴あけ用のレーザー加工機等を対象とする分野であり、前者では固体レーザーが、後者ではCO₂レーザーが現在主流として用いられている。ここでも激しいコスト競争の結果、現在、世界で日本メーカを中心とする数社が、しかも市場を住み分けて存在するという寡占状態になっている。

しかし、この応用用途では適用する工程ごとに要求されるレーザー光源の種類も異なり、多品種のレーザー光源が必要となる。このため、市場からの要望の元に多品

種少量のレーザー発振器が開発されることになる。

3. 高出力レーザー開発がわかりにくい理由

これまでに記した情勢から、レーザー市場がわかりにくいという構造的な問題が見えてくる。主要市場である切断・溶接市場、マイクロ加工市場では、数社が世界市場を分け合う寡占状態にあるため、その開発情報は寡占状態にある企業間で認知されることがあっても、一般の学会等で提供される機会が少ない。さらに、これらの市場ではエンドユーザが一般消費者ではないこともこの情勢を悪化させている。いわゆるBtoB (Business to Business) 市場であり、一般ユーザを対象にした情報提供の機会は発生しにくい。このような情勢の中では、コストダウンの切り札としてのレーザー導入を狙って製造エンジニア等が情報入手を試みるために学会や展示会に出向いても、思ったような情報が得られない。ここに、レーザーは分かりにくいという産業界からの声が聞かれる要因があると考ええる。

また、レーザーに関する情報を提供する学会やマスコミの注目する分野と、産業界が中心的に開発している分野の位置づけの違いも背景にあると考ええる。これについて次節で付け加える。

4. 高出力レーザー開発の位置づけ

Fig. 2には、現状の各種レーザー開発について、何のための開発であるかという目的を元に分類したまとめ例を示す。

左下の円内の応用分野に用いられるレーザー光源は、現在生産等に使用している他の手段に代わって、より便利なツールを提供するという社会ニーズに対応して開発されるものであり、従ってこの円で示す応用分野はニーズドリブン対応である。従来の手段を置き換えるという意味で「代替用途」市場狙いの分野であると位置づけられる。この分野に属するレーザー光源が対象とする応用は、切断、穴あけなどであり、具体的な用途そのものの種類は少ないが、多数のユーザを対象にできることが特長である。従って、レーザー光源は汎用光源として量産が可能となり、その光源を搭載したレーザー装置の生産

Fig. 2 Laser developments mapping.

規模が拡大し、産業化が他の分野に先行して進展することになる。

一方、Fig. 2の右下の円内部分は、特定のユーザ対応の「特注光源」である。この部分が対象とするのは、1つの種類の光源に対するユーザが少数というニッチ市場であり、高い収益が得られる場合には製品化が可能となる「ニッチリッチ」狙いの分野であると言える。逆に、高い収益性が得られないとなかなか製品化できないともいえる。この分野の光源が対象とする市場では、ユーザからの要求仕様は多種多様であり、小回りの効くベンチャー企業あるいはその集合体ともいえる組織構造をもつ企業が、高収益の得られる機種に限定して開発を推進している。展示会や学会等で多種のレーザー開発が見られるが、この市場を対象としたものが主流である。また、この市場への対応においては、少数生産の多品種を開発することから、収益確保のためには開発投資の抑制が重要であり、開発費の変動費化がポイントとなる。この点で人材の流動性の高い外国企業の経営形態とのマッチングが良いため、大学や研究機関が求める特注光源において輸入品が主流となる現状につながっていると考える。

Fig. 2の中央上の円内部分はレーザーの極限物理を狙ったレーザー核融合関連のレーザー光源である。これに関連してはレーザー学会でも繰り返し紹介されているので詳細の説明は割愛する。

産業化については、左の下から右上に向かって進展してきており、Fig. 2中に一点鎖線で示すようなラインを、いわば「産業化最前線」と表現する。今後、レーザーの発展にともない、前線が左下から右上方向に進展していくと考えるが、レーザー装置のエンドユーザでの使用期間が10年以上であること、およびレーザーの動作安定度に対する産業界からの要求が、学会等で議論されているレベルと比較すると桁違いに厳しいことを考えると、その前線の歩みは急ではなく、収益の確保が比較的に見通せる左下の代替用途を中心とした汎用レーザー光源の競争の激化および市場規模の拡大が他分野の拡大に先行して進んでいくと考える。一般的には、特注光源の開発で培われた先端技術が汎用光源に展開していく流れが想定されがちであるが、上記のような状況から、むしろ、競争の激しい汎用レーザー光源市場で厳しいユーザニーズに応えて開発された先端技術を特注光源へ適用したり、別の学問領域へ適用して新しい知見を生み出し学術界での新領域を開拓することも想定される。筆者の身近でもそのような動きが見られるようになってきた^{2,3)}。

5. 国際競争状況

高出力レーザーの開発については、米国が先行したが、20年前の大型プロジェクトをきっかけにわが国の国際競争力向上が図られた。しかし、その成果の事業への波及には20年という長期間を要している。その間に高出力レーザーが主用対象とする工作機械市場での覇権がドイツから日本に移動していくタイミングで、ドイツがレーザーによる工作機械市場での競争力高揚を画策し、日本の大型プロジェクトを追従する形でレーザーに関する大規模なプロジェクトを推進してきている。理論限界の技術開発実証を狙う開発と需要開拓に直結する開発が両輪で進められているのが特長である。その内容については解説5に詳しいが、ドイツの技術開発に的を絞った場合の破壊力を見る思いである。しかし、この競争環境は、高級市場で先導する海外メカを、高品質、低コストで追いつき追い越すという、医療、光学機器、自動車産業で日本が実践してきた成功パターンが適用できる競争環境である。ドイツの動きをしっかりと把握するとともに、着実な開発でわが国の開発力の強化を進めれば、わが国が最も得意な競争力が発揮可能であり、市場の席卷が見通せる分野であると考えられる。

6. まとめ

高出力レーザーの市場、競争状況および、これらと絡めてのレーザー開発の位置づけをまとめた。これからレーザーを産業用途に適用して行きたいと志向するユーザの皆様にも少しでも全体像の鳥瞰図に近いものが提示できればと思い企画したものであるが、日々レーザー開発を進めている研究者の皆様がレーザー光源開発の位置づけを整理する一助にもなれば幸いである。なお、ファイバレーザーについての解説は35巻12号も参考いただきたい。

参考文献

- 1) A. Mayer: 8th International Laser Marketplace, June 20th 2007, Munich, Germany, p.4.
- 2) K. Takeno, T. Ozeki, S. Moriwaki, and N. Mio: Opt. Lett. **30** (2005) 2110.
- 3) 森 勇介: 日本結晶成長学会誌 **34** (2007) 11.