

平成27年度
特許出願技術動向調査報告書（概要）

パワーレーザ

平成28年3月

特 許 庁

問い合わせ先
特許庁総務部企画調査課 知財動向班
電話：03-3581-1101（内線2155）

第1章 調査概要

第1節 調査目的

特許情報から技術全体を俯瞰し、経済情報・産業情報を踏まえた技術開発の進展状況・方向性を把握することは、特許庁における審査体制の構築や的確かつ効率的な審査等のための基礎資料整備、産業政策、科学技術政策の基礎資料の整備をする上で必要である。

また、今後、我が国の産業が持続的に発展していくためには、新規事業の創出が不可欠であり、そのためには、企業や大学・公的研究機関等の技術開発、知財戦略策定を支援していく必要がある。特許情報はこれら企業等の研究開発動向、知財戦略の表れであり、技術開発、知財戦略の方向性を決定していく上でも重要なものである。

本調査では、近年、特に注目されている「パワーレーザ」の分野について調査分析を行うものとする。パワーレーザとは、平均出力が高いレーザを示す。パルスレーザでは、高エネルギーパルスかつ高繰り返しのパルスレーザを示す。連続動作(CW)レーザでは高パワーレーザを示す。大出力化の実現によって、レーザピーニング、レーザフォーミング等の加工技術や、レーザ光と媒質の相互作用から生成されるX線等量子ビームを用いた計測技術の産業化が可能になり、新たな市場を創出する効果も期待されることから、パワーレーザ及びその応用技術の開発の重要性が認識されてきている。

このような背景のもと、パワーレーザに関する特許の動向を調査し、技術革新の状況、技術競争力の状況と今後の展望について検討する必要がある。本調査では、これらに基づき、(1)本テーマにおける国内外の技術発展状況、研究開発状況を含む技術動向を明らかにすること、(2)本テーマにおける日本及び外国の技術競争力、産業競争力を明らかにすること、(3)本テーマにおいて日本企業・政府機関が取り組むべき課題を整理し、今後目指すべき研究・技術開発の方向性を明らかにすること、を目指した。

第2節 調査範囲

本調査では、以下を調査範囲とした。

対象技術分野（パワーレーザ以下の要素技術を含む）

高出力レーザ光源

レーザ光から生成されるX線または量子ビームを利用した計測技術

レーザ光によるピーニング

レーザ光によるフォーミング（折り曲げ、3Dプリント）

レーザ光による溶接・切断¹

対応国際特許分類（IPC第8版）

H01S、G01N、H05G、B23K、C21D、B21D等

調査対象の文献等

¹本件調査では高出力レーザ光源が主題となっている文献を中心に調査をしたため、レーザ加工を総て網羅する調査にはなっていない。詳しくは第4章第1節を参照。

特許文献

PCT (特許協力条約) に基づく国際出願

日本、米国、欧州、中国、韓国をはじめとする各国 (各地域) への特許出願

日本、米国、欧州、中国、韓国をはじめとする各国 (各地域) での登録出願

欧州への特許出願とは、EPC(欧州特許条約)加盟国への出願及び欧州特許庁(EPO)

への特許出願を意味する。この場合の欧州国籍とは、EPC加盟国の国籍を意味する。

非特許文献等 (論文)

論文・学会誌、国際会議論文誌等をはじめとする公開資料

時期的範囲

特許文献：2004 - 2013 年 (優先権主張年ベース)

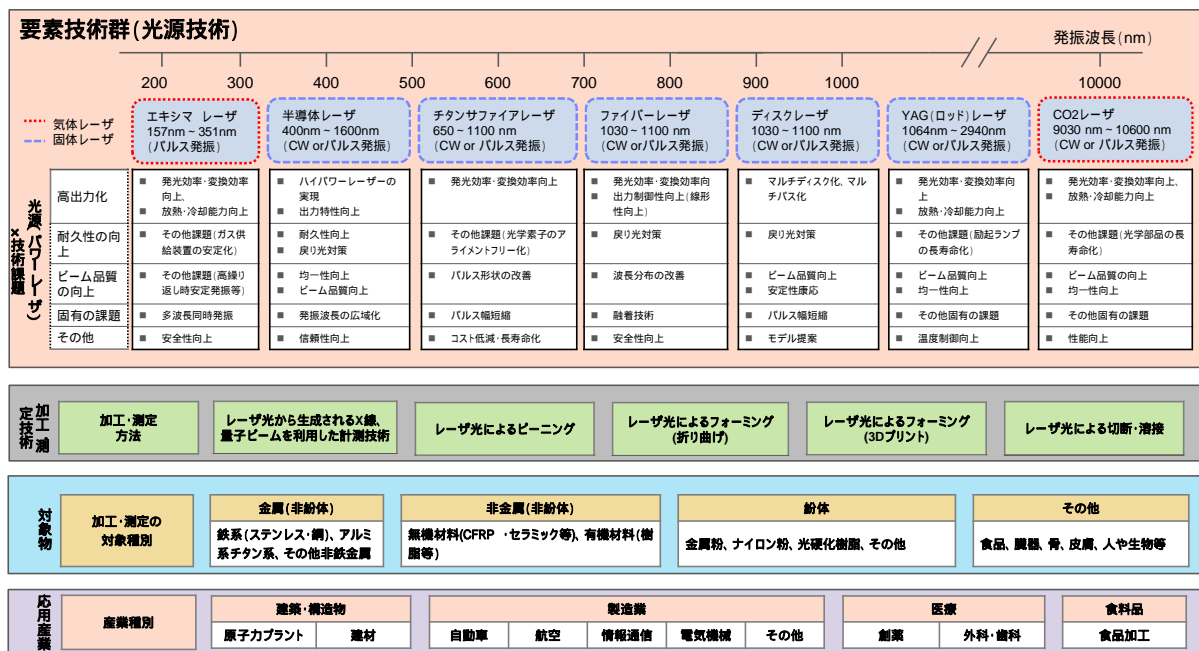
論文：2010 - 2014 年 (発行年ベース)

第3節 技術俯瞰

本調査で対象としたパワーレーザは、発振波長は 200 nm 帯から 10 μm 帯までと広い範囲にわたっており、それぞれ光源も気体レーザであるエキシマレーザ、CO2 レーザがあったり、固体レーザである半導体レーザ、チタンサファイアレーザ、ファイバーレーザ、ディスクレーザ、YAG レーザ等と多様である。加工・測定技術は、レーザ光から生成される X 線、量子ビームを利用した計測技術、レーザ光による切断・溶接等がある。対象物も非粉体の金属や非金属無機材料もあれば、粉体材料、また軟質の有機材料等がある。応用産業も幅広く、原子力プラント、建材、自動車、航空、情報通信、電気機械、創薬、外科・歯科、食品加工等と多岐にわたっている。

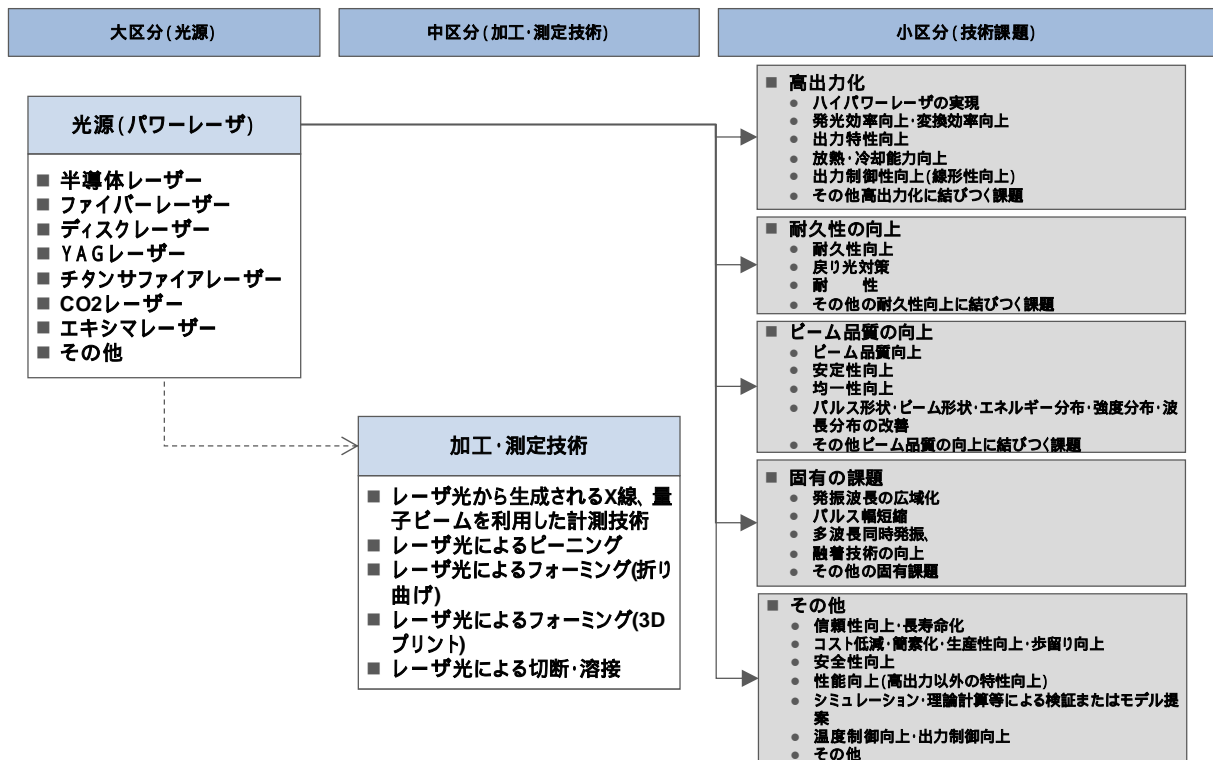
本調査では、技術区分別の分析を行っているが、その際には技術課題軸 (光源、加工・測定技術)、対象物軸、応用産業軸に分けて分析を行った。

図 1-1 パワーレーザに関する技術俯瞰図



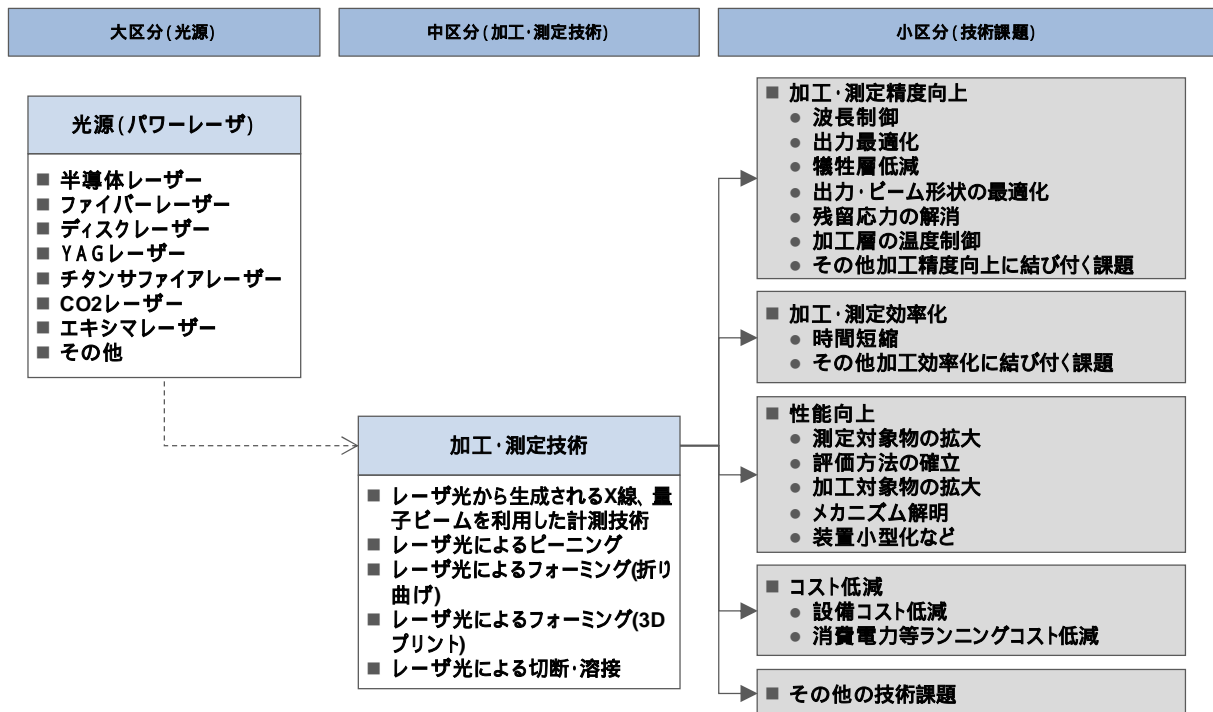
出典：三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

図 1-2 パワーレーザーの技術区分（技術課題軸：光源×技術課題）



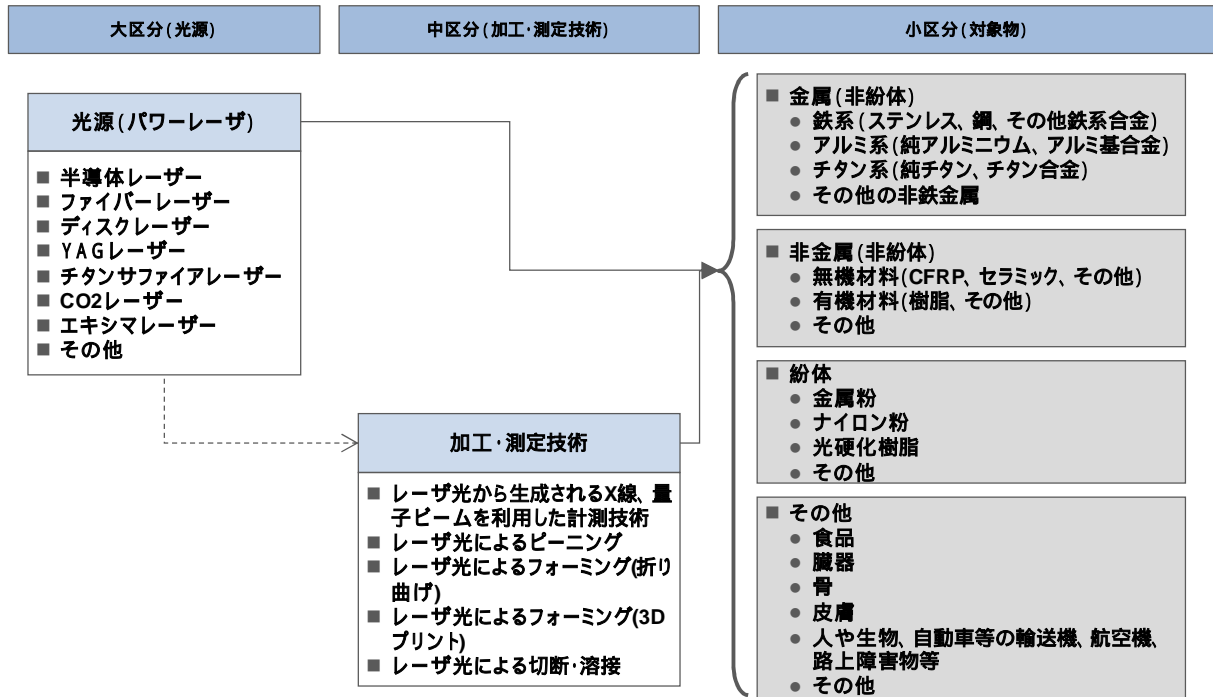
出典：三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

図 1-3 パワーレーザーの技術区分（技術課題軸：加工・測定技術×技術課題）



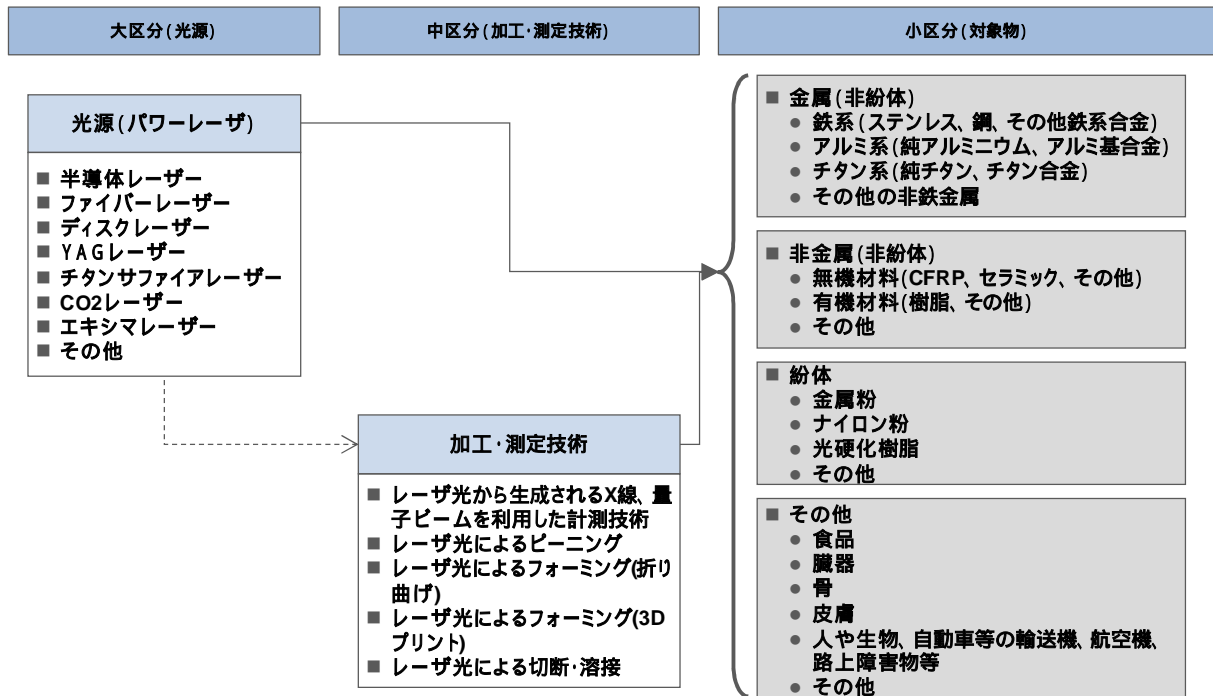
出典：三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

図 1-4 パワーレーザーの技術区分（対象物軸：光源 / 加工・測定技術 × 対象物）



出典：三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

図 1-5 パワーレーザーの技術区分（応用産業軸：光源 / 加工・測定技術 × 応用産業）



出典：三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

第2章 市場環境調査

第1節 パワーレーザー全体の市場動向

本市場環境調査で取り扱うレーザーの売り上げは、光源素子に加えて、光を取り回すための周辺デリバリ光学機器、電源回路、ケース等を含んだものを指す。レーザーが加工用機器に組み込まれて販売されている場合も、加工機全体の売り上げではなく、その中のレーザー対応分を売り上げとしてカウントしている。

1. パワーレーザー全体の世界市場動向見通し

パワーレーザー全体の世界市場動向を、図2-1に示す。本調査の対象とする光源についての区分と、それぞれの市場動向の概要は以下のとおりである。

(ファイバーレーザー)

イッテルビウム(Yb)をドープした光伝送ファイバーを媒質として用いる。励起用の光(主に900nm帯半導体レーザー)をファイバーに入射してYbイオンの励起状態を作り、レーザー発振させる。発振波長は主に1μm近辺である。金属切断、溶接、マーキング等の用途を中心に売り上げが増加傾向にある。

(半導体レーザー(特に高出力のもの))

媒質に半導体を用い、電流によって励起・直接遷移でレーザー発振をする半導体レーザーのうち、パワー出力が1W以上のものを高出力半導体レーザーとする。本調査では出力光を直接加工等に利用する物のみを高出力半導体レーザーとしてカウントし、ファイバーレーザーや固体レーザーの励起源として用いるものには含まない。主に照明・映像投影などの用途を中心に売り上げが増加している。

(固体レーザー(ディスクレーザー・YAGレーザー・チタンサファイアレーザー))

入手可能なデータの関係上、技術俯瞰図におけるディスクレーザー、YAGレーザー、チタンサファイアレーザーはまとめてここで取り扱う。YAG結晶(イットリウム・アルミニウム・ガーネット)、ルビー結晶、アレクサンドライト結晶、サファイア結晶といった固体を媒質に用い、ランプや半導体レーザー等で励起し、レーザー発振させる。センシング、研究開発、加工、医療など多岐にわたる使用用途において安定的に需要がある。

(CO₂レーザー)

媒質にCO₂ガスを利用し、電気放電によってN₂ガスを励起し、励起N₂からCO₂への衝突でCO₂を励起する。従来金属切断、溶接といった用途で用いられてきたが、近年ファイバーレーザーにシェアを奪われつつある。一方リソグラフィ分野では、パルスCO₂レーザーを1次励起源とする次世代のEUVを用いた方式の普及に伴い需要増加が見込まれている。

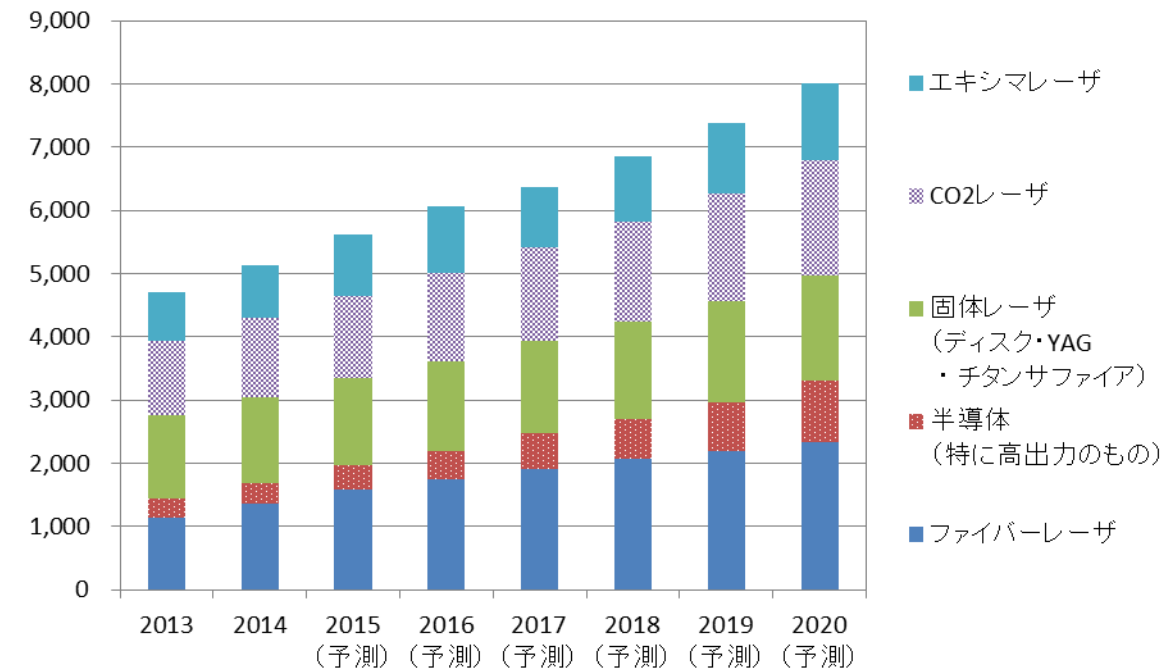
(エキシマレーザ)

希ガスとハロゲンの混合ガス中でパルス放電を行うことでエキシマを形成し、エキシマからパルス発振を行う。代表的なエキシマレーザとしては ArF、KrF、XeCl などが挙げられる。特にリソグラフィ用途で使用されている ArF レーザ(193 nm)に対する高い需要が継続的に見込まれる。

(その他レーザ)

上記以外のレーザとして、出力 1W 以下の低出力半導体レーザ、量子カスケードレーザなどがある。特に低出力半導体レーザはレーザ市場全体での売り上げの半分近くを占めるが、主に光通信、レーザプリンター用途が中心であり、本調査の対象には含まない。

図 2 1 パワーレーザの世界市場動向見通し



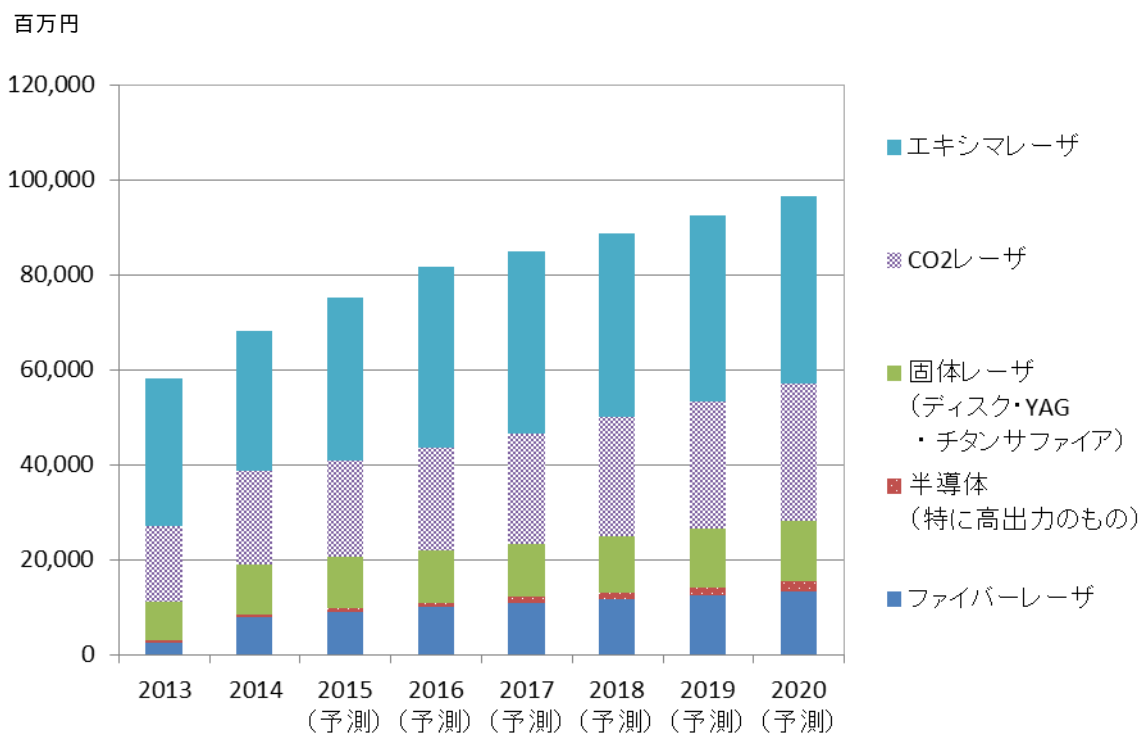
出典：三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング推計

2. パワーレーザー全体の日本市場動向見通し

(世界市場との主な差異)

パワーレーザー全体の日本市場動向を、図 2-2 に示す。日本においては、世界と比較してエキシマレーザー、CO₂レーザーの売上額の割合が大きい。エキシマレーザーは、主にリソグラフィ用光源で日本企業が高いシェアを誇っており、引き続き売り上げを維持しいくと見込まれる。CO₂レーザーも、金属加工応用が本格化した 1980 年代に高いシェアを持っていた企業が依然として一定のシェアを保っている。最近では電子回路基板のビアホール加工でも広く利用されている。従来の切断・溶接は海外や自動車分野ではファイバーに置き換えが進むと予測されるが、EUV 光源などの新用途開発が進んでおり、売り上げを維持すると考えられる。一方固体レーザー、ファイバーレーザーの売上額は世界と比較して相対的に小さい。

図 2 2 パワーレーザーの日本市場動向見通し



出典：三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング推計

第2節 パワーレーザーの光源種別市場動向

1. ファイバーレーザー

従来のガス、プラズマ切断に代わって、主に自動車、建材用の金属切断を目的として導入が進んでいる。レーザーによる金属切断では主にCO₂レーザーが使用されていたが、近年のファイバーレーザーの高出力化に伴い徐々にシェアが増加してきている。

溶接用途においても金属切断用途と同様、近年のファイバーレーザーの高出力化に伴い徐々にCO₂レーザーのシェアを奪いつつある。特に自動化が進んでいる産業においてはロボット・リモートレーザー加工等、取り回しがしやすいファイバーレーザーの導入が積極的に進められている。

今後ファイバーレーザーの需要増加が予想される用途として、3Dプリンタによる付加造形が挙げられる。選択的レーザー焼結法によるラピッドプロトタイピングは主に自動車、航空などの製造業において今後需要が増加することが予想される。

ファイバーレーザーの主要用途の一つとして、材料の表面に文字やラベルを印字するマーキングが挙げられる。多様な材質に処理が可能であり、インクジェットによる印字やラベルによるタグ付などの代替手段として導入が進んでいる。

その他のファイバーレーザーの用途として、レーザー溶接、センシング、研究開発、軍事応用などが挙げられる。このうちセンシング、レーザー溶接などは相対的な市場規模は小さいものの比較的高い伸び率を維持しており、今後もその傾向が続くものと予想される。

2. 半導体レーザー（特に高出力のもの）

医療用途内での相対的なシェアは小さいものの、歯科治療、皮膚治療において一定のシェアを占めており、近年売り上げは増加傾向にある。

照明・舞台演出などを目的として、かつてはガスレーザー（Arイオンレーザー）を組み合わせ用いるのが一般的であったが、近年は赤色・青色の半導体レーザーと緑色のLD励起固体レーザーを組み合わせ用いる。売り上げは増加傾向にあり、今後も需要は伸びると考えられる。

将来的に高出力半導体レーザーの需要を増加させる用途として、電気機器、特に映像投影（レーザーシネマ、プロジェクター）が考えられる。半導体レーザーの高出力化に伴い、映像投影に必要なRGBの3原色においてそれぞれ数W～十数Wの出力が得られるようになった。高出力半導体レーザーのその他の使用用途としては、センシング、印刷、軍事応用などが挙げられるが、いずれも相対的な市場規模は小さい。

3. 固体レーザー（ディスクレーザー・YAGレーザー・チタンサファイアレーザー）

固体レーザーの重要な用途として医療分野が挙げられる。YAGレーザーは強いピークパワーのパルス発振が可能であり、パルス幅をナノ秒にもできる。そのため切断処置に際して人体に対して与える痛みや熱的影響を、他の手法と比較して大幅に減らすことが可能である。

レーザーによる金属切断において主にNd:YAGレーザーが使用されている。波長10μmのCO₂レーザーと比較して、波長が1μmと短いため金属が効率的にレーザー光を吸収でき、工

エネルギー効率が良く、1 kW 以下の精密加工や切断と切削を同時に行うハイブリッド機器などに用いられてきた。しかし波長帯が近く、より安価であるファイバーレーザーの登場によって徐々にシェアが減少傾向にある。

固体レーザーは出力、周波数安定性、ビーム品質などにおいてすぐれており、また波長変換により緑、紫外といった波長領域にも変換できる。そのため超高出力、特殊波長、超短パルスといった高機能性が求められる基礎研究において広く用いられており、今後安定した売り上げが予想される。

固体レーザーのその他の使用用途としては、センシング、映像投影、照明、軍事、マーキングなどが挙げられる。いずれも相対的な市場規模は小さく、軍事、マーキングはそれぞれの規模を保って推移していくものと予想される。映像投影、照明用途においては緑色半導体レーザーの技術開発に伴いシェアが減少していくものと予想される。

4 . CO2 レーザ

従来のレーザーによる金属切断では主に CO2 レーザが使用されていたが、近年のファイバーレーザーの高出力化に伴い徐々にシェアが減少してきている。既に技術が成熟している、高出力の CW 発振が可能、設備投資が安価、厚みのある金属切断の加工スピードが速い、といったメリットが存在するものの、ファイバーレーザーと比較して加工の際のエネルギー効率が悪い、ファイバーでの取り回しができない、ガスレーザーのためメンテナンスが必要、といったデメリットからファイバーレーザーへの置き換えが進んでいる。

医療用途内での相対的なシェアは小さいものの、外科治療において一定のシェアを占めている。近年売り上げは一定の規模を保っており、この傾向が継続すると想定した。

将来的に CO2 レーザの需要を増加させる要因として、電気機器、特にリソグラフィ（EUV）用途が挙げられる。2012 年頃の実用化を目標としていたが、技術開発が遅れており、本格的な実用化は 2017 年頃となる予定である。

その他の使用用途としては、研究開発、マーキングなどが挙げられるが、いずれも相対的な市場規模は小さい。

5 . エキシマレーザー

エキシマレーザーの医療用途応用として、レーシックが挙げられる。レーシックは角膜の中央部分をエキシマレーザーで蒸散し、近視などの屈折異常を矯正する手術法であり、1990 年に米国で初の施術が行われて以降、徐々に普及してきている。普及に伴いエキシマレーザーの売り上げも増加傾向にあり、今後もこの傾向が続くものと予想される。

エキシマレーザーの主要な用途は電気機器、特に半導体リソグラフィ用の露光光源である。ArF レーザを用いた液浸露光は現行の半導体作成プロセスにおいて欠かすことのできない工程であり、近年のポータブルデバイスの増加に伴いエキシマレーザー売り上げも増加傾向にある。さらなる微細加工を目的とした次世代の EUV リソグラフィの開発が進行中であり、ロードマップで想定していた開発スケジュールから相当に遅れ市場投入が 2017 年ごろになる見込みである。EUV の市場投入直後は置き換えに伴い売り上げ増加率は鈍るが、その後も ArF レーザを用いた液浸リソグラフィの需要が見込まれることから、一定の売り上げが続くものと予想される。

第3節 パワーレーザーの用途別市場動向

1. レーザ光から生成されるX線、量子ビームを利用した計測技術

レーザーで電子の加速や励起を行い、これらの電子からX線や量子ビームを生成する。これらは、まだ研究途上であるが、加速器の超小型化や超短時間のダイナミクスを解析可能なスーパー電子顕微鏡、癌治療への適用に向けて研究が進められている。商用ベースになるとしても相当の時間を要すると予想されるため、本項目では取り扱わない。

2. レーザ光によるピーニング

航空、インフラなどメンテナンスコストが高額で長寿命化によるメリットが大きい産業において実用化が進んでいる。従来の微粒子を用いたショットピーニングと比較して、省エネルギーピーニングで、表面の粗さを増大させることなく圧縮残留応力を深部まで付与することができる、打ち込み材を回収する必要がない、表面のどの部分に処理を行うかを精密に制御することができる、といったメリットがある。従来のショットピーニングより疲労強度や耐応力腐食性が優れているため、航空機・原子力分野での利用が進んでいる。しかし、現状のレーザは高価でパワーが低く処理時間がかかり、コストも高い。そのことが、自動車への展開を阻んでいる。今後、半導体レーザ化により効率が向上し、ピーニング処理に必要なエネルギーが低減されると期待されている。

レーザピーニング装置の市販は始まったばかりであるが、米国のLSP-Tech社及びMIC社では基本波(約 $1\mu\text{m}$)、日本の最新レーザ技術研究センターでは2倍波($0.5\mu\text{m}$)を使用している。

3. レーザ光によるフォーミング(折り曲げ)

レーザを照射した際の熱変形を用いた金属板の折り曲げを行う技術であり、金型を用いなければ実現できないような滑らかな曲線を成型可能である。MIC社はボーイング747-8 Intercontinental & Freighterで2008年に実用化を開始している¹。将来的には一部の金型プレスの需要を取り込む可能性がある。

4. レーザ光によるフォーミング(3Dプリント)

レーザを用いた3DプリンタとしてはSelective laser sintering(SLS:選択レーザ焼結)方式が挙げられる。この方式においては、金属、セラミックの粉末をレーザによって一層ずつ焼結していくことで造形を行っていく。本方式は高い加工精度が実現可能である一方で、装置全体が高額になる。しかし本方式も2014年2月に特許が失効したため、将来的には価格が低下していくと予想される。

SLS方式を用いた3Dプリンタは主に航空産業、医療分野などでの利用が検討されている。少量多品種生産、形態最適化などにおいて非常に強い威力を発揮し、すでにインプラント用器具、航空機用ヒンジ金具などは3Dプリンタで作成されたものが実際に使用

¹ 同社のフォーミングはピーニング効果を用いた折り曲げであり、熱変形を用いるフォーミングとは加工原理が異なる。

されている。自動車産業でも、Ford社がエンジンのインテークマニホールドの試作に活用し、大幅な試作費の低減を図っている。今後も医療・製造業を中心に利用が広がることが予想され、光源の売り上げも増加していくと想定される。

5. レーザ光による切断・溶接

従来のレーザーによる金属切断では主にCO₂レーザーが使用されていたが、近年のファイバーレーザーの高出力化に伴い徐々にシェアが減少してきている。CO₂レーザーの優位点としては、既に技術が成熟し開発費用が回収できている、高出力のCW発振が可能、設備投資が安価、厚みのある金属切断の加工スピードが速い、といったものが挙げられる。一方ファイバーレーザーの優位点としては、波長10μmのCO₂レーザーと比較して、波長1μm近辺のため金属による光吸収が大きい、加工対象までファイバーで光を伝達できるため光学系を組む必要がなく、取り回しの良いといった点がある。

従来は薄い金属切断ではファイバーレーザーが用いられ、厚みのある金属切断にはCO₂レーザーが用いられてきたが、近年はその区分もなくなっており、より一層ファイバーレーザーがシェアを拡大していくものと思われる。

今後成長が見込まれる分野として、非金属の切断が挙げられる。CFRPは鉄などの金属以上の剛性を有しつつ、鉄と比較して重さが1/4程度と大変軽量であり、次世代の素材として航空、自動車分野などでの導入が進んでいる。すぐれた物性を持つ一方で切断加工が難しいという側面も有しており、現在ではウォータージェットで切断しているが切断スピードが遅く、ファイバーレーザーによる切断の技術開発が進められている。

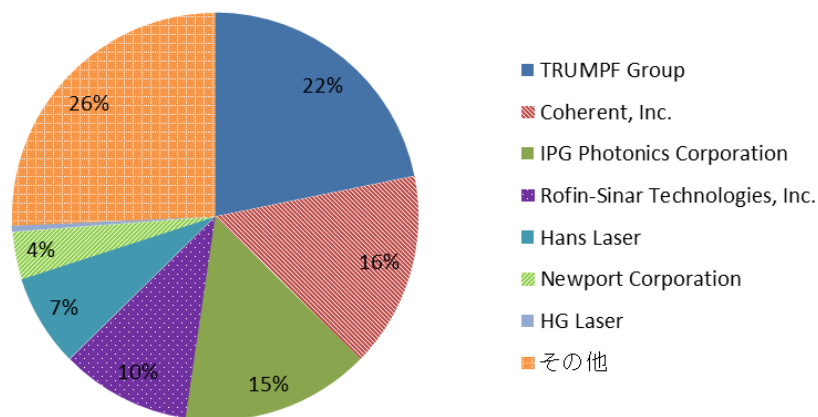
レーザーの切断用途の重要な応用として医療分野が挙げられる。強いピークパワーをもったパルス発振が可能なレーザーは切断処置に際して人体に対して与える痛みや熱的影響を、他の手法と比較して大幅に減らすことが可能である。レーザーの医療利用は多岐にわたり、対応する患部や治療方法に応じてそれぞれ異なったレーザーが使用される。いずれのレーザー種においても初期費用が高い、施術を実施するための技能習得に時間がかかるといったデメリットはあるものの、今後も安定して売り上げが増加していくと予想される。

金属切断用途と同様、溶接用途においても近年のファイバーレーザーの高出力化に伴い徐々にCO₂レーザーのシェアを奪いつつある。特に自動化が進んでいる産業においては取り回しがしやすいファイバーレーザーの導入が積極的に進められている。このような背景のもと、今後はファイバーレーザーの需要増大が見込まれる。

第4節 パワーレーザの主要メーカー動向

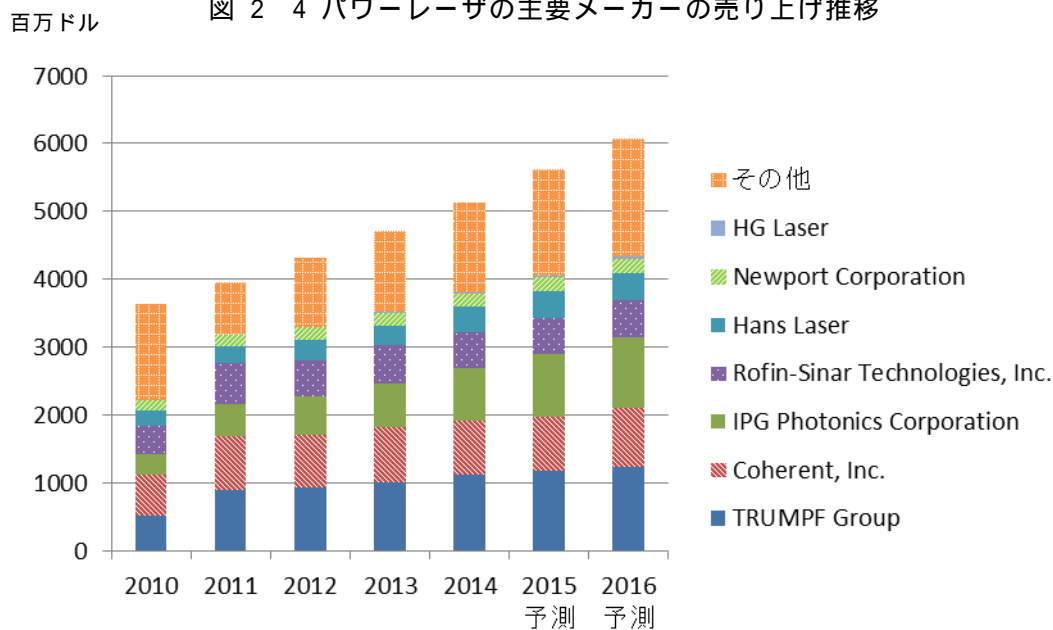
1. 主要メーカーのパワーレーザ市場シェア

図 2-3 パワーレーザ主要メーカーの市場シェア（2014年）



出典：各社のアニュアルレポートをもとに作成

図 2-4 パワーレーザの主要メーカーの売り上げ推移



出典：各社のアニュアルレポートをもとに作成

（主要メーカーのパワーレーザ市場シェア）

パワーレーザ市場のシェアの半分以上を主要企業6社が占めている。シェア3位のIPG Photonics社はファイバーレーザに注力している一方、他の主要企業は多様なレーザ種をラインナップしている。また近年は中国企業が加工用レーザ分野で売り上げを伸ばしている。

第3章 政策動向調査

第1節 日本の政策動向

日本におけるレーザに関連する政策の立案、施策の実施は主に経済産業省、NEDO及び文部科学省（内閣府）が推進している。日本でのレーザに関連する技術開発支援は、主として政府が行う大型の国家プロジェクトにより進められてきた。1977年には世界で最初となるレーザ加工技術に関する大型プロジェクトが旧通産省 工業技術院により実施され、2001年まで複数の大型プロジェクトが実施されている（図3-1）。

日本では2001年以降、政府主導による大型の国家プロジェクトが暫く実施されていなかった一方、欧州等では大型予算の国家支援が継続して実施されており、このことが一因となり、現在市場の主流となっている半導体ファイバーレーザ分野での開発において遅れを取ったことが指摘されている。こうした状況を受け、現在、NEDO、文部科学省（内閣府）が中心となり大型の予算をつけた複数の研究開発プロジェクトが進められているところである。

図3-1 過去に実施された経済産業省主管のレーザ関連国家プロジェクト一覧

PJ名	超高性能レーザ応用複合生産システム	超先端加工システムの研究開発	フォトン計測・加工技術の研究開発	次世代素材等レーザ加工技術開発プロジェクト
実施期間	1977～1985年度	1986～1994年度	1997～2001年度	2010年～2014年
研究開発費	約137億円	約161億円	約72億円	約47億円
PJ概要	超高性能レーザを用いて多品種少量生産の機械部品を、金属素材から一貫したシステムで柔軟に生産できる複合生産システムの確立	大出力エキシマレーザ、高密度イオンビーム、を利用した加工処理技術及び超精密機械加工装置技術の確立	フォトンビームによる先進的な計測技術、加工技術並びに高品質フォトンビーム発生技術を確立するための基礎的・基盤的な研究開発	半導体ファイバーレーザ発振技術及びそれを利用した加工技術の研究開発
PJメンバー	民間企業 レーザ応用複合生産システム技術組合、東芝機械、牧野フライス製作所、日立精機、山崎鉄工所、安川電機製作所、大隈製鋼所、新日本工機、IHI、神戸製鋼所、三菱重工、アイダエンジニアリング、豊田工機、三菱電機、松下技研、住友電気工業、堀場製作所、日本電気、ファナック 大学・研究所 機械技術研究所、電子技術総合研究所	民間企業 キヤノン、神戸製鋼所、小松製作所、住友電気工業、東芝、豊田工機、日新電機、日本電気、日本板硝子、ニコン、日本航空電子工業、日本真空技術、日本電子、日立製作所、不二越、松下技研、三菱電機、横河電機 大学・研究所 産業創造研究所、素形材センター、ファインセラミックセンター、工業技術院	民間企業 川崎重工業、松下電器産業、真空冶金、横河電機、クボタ、島津製作所、セイコーインスツルメンツ、東芝、ファナック、HOYA、浜松ホトニクス、光学技研、三菱電機 大学・研究所 大阪大学、甲南大学、筑波大学、東海大学、東京大学、電気通信大学、産業技術総合研究所、レーザ応用工学研究所	民間企業 浜松ホトニクス、古河電気工業、アルパック、ミヤチテクノス、新日本工機(株)、アスペクト、三菱化学、片岡製作所 大学・研究所 大阪大学、レーザー技術総合研究所、産業技術総合研究所、製造科学技術センター

出典：経済産業省「大型工業技術研究開発制度「超高性能レーザ応用複合生産システム」追跡評価報告書」（2000年5月）、産業構造審議会「光関係（超先端加工システム）研究開発プロジェクト追跡評価報告書」（2004年12月）、NEDO「「フォトン計測・加工技術の研究開発」事後評価報告書」（2003年2月）、NEDO「「次世代素材等レーザ加工技術開発プロジェクト」事業原簿」（2016年1月）をもとに作成

1. 主な研究開発プロジェクト等

(1) NEDO 次世代素材等レーザ加工技術開発プロジェクト

2001年に終了した「フォトン計測・加工技術の研究開発」以降、政府主導による大型の国家プロジェクトは途絶えていたが、2010年から2014年にかけてNEDOにより「次世代素材等レーザ加工技術開発プロジェクト」が実施されている。

当該プロジェクトでは市場の成長が進みつつあったファイバーレーザ分野において日本の競争力を高めることを目的に、ファイバーレーザを用いた新たな加工領域の開拓のために炭素繊維複合材料(CFRP)、金属粉末を対象とした加工技術の開発を実施している。

(2) NEDO 設計・製造・加工分野技術戦略マップの策定

2010年にNEDOが策定した技術戦略マップのシステム・新製造分野の内、設計・製造・加工の項目においてレーザ及びびレーザ加工に関する技術課題が整理されている。

技術課題の大分類として、先進的コア加工技術、資源・エネルギーミニマム加工技術、オンデマンド加工技術、マルチスケール・マルチフィジックス加工技術があげられている。

具体的な要素技術としては、レーザ複合加工技術、ロボティクマニュファクチャが、日本の技術競争力優位性、共通基盤性、ブレイクスルー技術、市場のインパクト等の複数の視点から重要技術としてあげられている。共通基盤性の点で特に重要技術とされているものとして、マイクロレーザ加工分野の短波長パルスレーザ、フェムト秒レーザがあげられている。

(3) 内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)

現在、内閣府が主導する府省の枠や旧来の分野の枠を超えた科学技術イノベーションを実施する国家プロジェクトである「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」が進められている。このプログラムは、科学技術イノベーション総合戦略(2013年6月7日閣議決定)及び日本再興戦略(2013年6月14日閣議決定)において創設されることが決定されたものである。

「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」は11分野に分かれており、その内の一つである「革新的生産技術(新しいものづくり2020計画)」の中でレーザに関連する研究開発項目が複数とりあげられている。

(4) 内閣府 革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)

内閣府は戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の他に、産業や社会のあり方に大きな変革をもたらす革新的な科学技術イノベーションの創出を目指す「革新的研究開発推進プログラム(ImPACT: Impulsing PARadigm Change through disruptive Technologies)」を実施している。

ImPACTの研究開発プログラムの一つに「ユビキタス・パワーレーザーによる安全・安心・長寿社会の実現」が採択されている。同プログラムはレーザー・プラズマ・加

速器の技術融合により、小型高出力でコピキタスな光量子ビーム装置を実現し、これを設備診断・セキュリティ、先進医療などに応用することで、安全・安心・長寿社会を実現することを目的としている。2014年度から2018年度にかけて、総額30億円の予算を投入される予定である。

具体的な研究開発の内容としては レーザ加速XFELの実証、超小型パワーレーザの開発、ニーズ調査・システム化評価の3つを研究開発の大項目として掲げている。

(5) 文部科学省・JST 革新的イノベーション創出プログラム(COI STREAM)

文部科学省は10年後の社会像を見据えた研究開発を進めることを目的として、革新的な研究開発課題を特定し、産学連携による研究開発を集中的に支援する、革新的イノベーション創出プログラム(COI STREAM)を2013年より実施している。計12件のCOI拠点が採択されており、期間は最長9カ年、研究開発費はJSTからの委託費が拠点当たり年間最大約10億円とされている。

COI拠点の一つにレーザに関連する開発拠点である「コヒーレントフォトン技術によるイノベーション拠点(ICCPT)」が採択されている。同拠点は東京大学を中核機関として理化学研究所、三菱電機、ギガフォトン、東レが参画している。同拠点は、製造業の工程で使われる全ての加工を光で行う生産システムの実現を大目標としている。

具体的な研究テーマとしては、波長可変レーザ光源の開発、難加工材・難加工形状の加工技術開発、材料の改質への応用、半導体製造の次世代露光機用光源の開発があげられており、実験とシミュレーションによる原理解明がセットで進められているところである。

第2節 諸外国の政策動向

1. 米国

米国におけるレーザに関連する政府主導の研究開発は、軍事利用を主目的として行われることが多い。最近の主な開発としては1994年から2001年にかけて国防高等研究計画局 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency: DARPA)による PLM(Precision Laser Machining)プロジェクトが実施されている。この開発プロジェクトでは敵ミサイルに対するレーザ攻撃といった軍事利用、自動車・航空機・造船等における溶接や切断等に加工等の産業利用の両方の技術開発が行われている。

産業用途におけるレーザ技術開発は民間企業の主導で実施される場合が多い。米国には Coherent 社、IPG Photonics 社、Newport 社等のレーザ光源、レーザ機器大手企業が所在しており、これらの企業が自身で研究開発を進めている。

光産業に対する明確な支援施策は打ち出されていないものの、オバマ政権発足以降、米国政府は国内の先進的な製造業を重視し、国の科学技術及び産業政策として製造業の競争力強化のための各種取組を進めてきている。レーザそのものに関する大型開発プロジェクト等は現在のところ見られないが、レーザ技術が関連する分野として3Dプリンターといった先進製造技術の開発支援等を積極的に行っている。

2. 欧州・ドイツ

欧州における科学技術政策は2010年に発表された最上位の成長戦略である「欧州2020戦略(Europe 2020)」に基づいて実施されている。個別技術の研究開発は、欧州2020戦略の下に位置する第7次欧州フレームワークプログラム(FP7)やFP7の後継となる Horizon 2020 等の科学技術・イノベーションの枠組みプログラムの一部として推進されている。

FP7や Horizon 2020 の枠組みプログラムにおいてレーザを含む光技術に関する研究開発プログラムが多数とりあげられており、欧州全体で戦略的に研究開発が進められている。

FP7においては2007年から2013年にかけて光技術体に対して約461百万ユーロ(約600億円)が投資され、その内レーザ光源及びレーザ製造技術に対して約47百万ユーロ(約60億円)が配分されている。

FP7の後継プログラムである Horizon 2020 では2014年から2020年までの全体予算が約786億ユーロ(約102,260億円)、その内光技術分野に対して約700百万ユーロ(約910億円)が投資される予定であり、FP7よりも大幅に増額される計画となっている。

ドイツにおける現在の科学技術政策の基本となるのが2006年に発表された「ハイテク戦略」であり、以降、同戦略を基本計画として科学技術政策が行われている。2010年には戦略の改訂が行われハイテク戦略の第二弾となる「ハイテク戦略2020」が発表され、さらに2014年には第三弾となる「新ハイテク戦略」が発表されている。

ドイツにおいてはレーザ技術を含む光技術を自国の強みとして重視しており、1980年代から現在に至るまで、継続した政府支援を実施してきている。具体的には1993年～1998年にかけて実施された「Laser 2000」、2002年～2006年にかけて実施された「Optical

Technology for 21st Century」等があげられる。

現在の科学技術政策の基本となる 2006 年のハイテク戦略においても戦略的に投資すべき 17 分野の一つとして光技術があげられており、今後も引き続き政策支援が行われる見通しである。特にドイツでは国を挙げたフォトンクス研究開発フレームワークとして「Photonik Forschung Deutschland」に取り組んでおり、2016 年 2 月から、高効率ハイパワーレーザ光源に関する 3 年間のプロジェクト(EffILAS)を新たにスタートされたところである。こちらのプロジェクトでは、直接加工向けキロワット級青色 LD 及び超短パルスレーザによる高精度加工技術が研究開発の柱となっている。

3 . 中国

中国における科学技術政策の最上位概念となっているのが 2006 年に国務院より発表された「国家中長期科学技術発展計画(2006-2020)」である。国全体の方針を示す計画として五ヵ年計画が策定されており、現在は第 12 次五ヵ年計画(2011-2015)の期間中であるが、同計画における科学技術分野の政策の多くは中長期計画の内容が踏襲されている。

国家中長期科学技術発展計画においては重点分野の枠組みの一つである先端技術において、研究開発項目の一つにレーザ技術があげられている。過去の科学技術発展計画においてもレーザ技術はとりあげられてきており、継続した投資が行われている。

中国では半導体やディスプレイ、太陽電池等の製造向けの基盤技術としてレーザを重視し、政府が積極的に研究開発を支援している。これまでは CO2 レーザや YAG レーザの開発が主流であったが、近年は製造の高速化、高品質化に対応するために、ディスクレーザやファイバーレーザを重視する流れにある。

4 . 韓国

韓国においては科学技術基本法に基づき科学技術基本計画が 5 年毎に策定されている。現在は 2013 年に発表された「第 3 次科学技術基本計画(2013-2017)」に沿った科学技術政策が行われている。

また、第 3 次科学技術基本計画の下位計画として産業通商産業省により「第 6 次産業技術革新五ヵ年計画(2014-2018)」が 2012 年 12 月に策定されている。さらに同計画のビジョンをサポートするために「2014 年度産技術革新事業統合施行計画」が 2014 年 1 月に発表されている。

韓国におけるレーザ技術開発は、半導体やモバイル機器、ディスプレイ製品の生産に寄与する技術として重視され、政府系研究所と大学が中心となって研究開発が進められてきている。

また、近年では国内製造業向けの技術開発に加え、大型医療設備や軍事用途も見据えた産業用の高出力レーザの技術開発にも力を入れ始めている。現在、世界最高出力のレーザ機器開発を目標として、慶尚北道と浦項市、韓東大学が共同で「レーザーバレープロジェクト」を進めている。同プロジェクトでは 2030 年までに総額約 1,300 億円を投じ、レーザに関連する企業が集まった先端産業団地を形成する計画となっている。

図 3-2 各国のレーザに関連する技術開発の方向性

	政策の方針	研究開発の主なトレンド			
		光源	加工技術	加工対象	応用産業
日本	<ul style="list-style-type: none"> ・ 難加工材や新規材料の加工を目指した技術開発 ・ 3D 造形技術による新分野への進展 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ファイバレーザ ・ 高出力半導体レーザ ・ 固体レーザ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ レーザアブレーション ・ アニール処理 ・ レーザコーティング ・ 積層成形/等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 炭素繊維複合材料 ・ 金属粉末 ・ ゲル材料 ・ ガラス ・ スーパーエンプラ/等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 航空機 ・ 自動車 ・ ロボット ・ 医療
米国	<ul style="list-style-type: none"> ・ 先進製造技術の開発支援を積極的に進める ・ 研究開発は民間企業が主導 	<ul style="list-style-type: none"> ・ - 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 積層成形 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 金属粉末 ・ 樹脂/等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 先進製造業
欧州 (独)	<ul style="list-style-type: none"> ・ レーザ光源及び加工技術の両方の研究開発をバランスよく実施 ・ 情報通信との融合により新たな価値の創出を狙う 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ファイバレーザ ・ 高出力半導体レーザ ・ kW 級青色 LD ・ 固体レーザ ・ 固体紫外・青色レーザ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ レーザアブレーション ・ 金属 - 樹脂接合 ・ ナノスケール微細加工 ・ レーザコーティング ・ 積層成形 ・ 超短パルスによる高精度加工/等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ダイヤモンド等の超硬質材料 ・ 炭素繊維複合材料 ・ 樹脂 ・ ガラス ・ 金属粉末 ・ 生体材料/等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 航空機 ・ 自動車 ・ ロボット ・ 医療、医薬 ・ バイオ
中国	<ul style="list-style-type: none"> ・ 将来性の高い基盤技術としてレーザを重視 ・ ハイパワーレーザの各種光源の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ファイバレーザ ・ 固体レーザ (Nd:YAG) ・ 固体紫外レーザ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ フェムト秒レーザ加工 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 金属 ・ 光硬化樹脂 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 半導体 ・ ディスプレイ ・ 太陽電池/等
韓国	<ul style="list-style-type: none"> ・ 半導体、モバイル機器、ディスプレイ製品の製造技術として重視 ・ 近年は産業用高出力レーザ開発も推進 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ファイバレーザ ・ 高出力半導体レーザ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 精密微細加工 (リソグラフィ) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 金属 ・ 光硬化樹脂 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 半導体 ・ ディスプレイ ・ 太陽電池/等

出典：各種資料をもとに三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング作成

第4章 特許出願動向調査

第1節 調査範囲・方法

1．調査範囲

日本及び海外に出願・登録されたパワーレーザの特許出願に関して、全体動向、技術区分別動向、出願人別動向、注目出願人の出願動向調査、注目特許の調査を行った。

(1) 調査対象国

出願先国別の出願・登録状況の調査対象国としては日本、米国、欧州、中国、韓国とし、これら5か国・地域での出願、登録を調査した。その場合、各国・地域の出願を個別にカウントする「出願単位」で集計を行った。

「欧州への出願」については、欧州特許庁(EPO)への出願及び欧州特許条約(EPC)加盟国38か国(2015年6月時点)と拡張国(Extension State)2か国の合計40か国・機関への出願を対象としている。

(2) 調査対象期間

出願及び登録動向の解析は、出願年(優先権主張年)が2004年から2013年までを対象に行った。

(3) 使用データベースと検索式

特許検索にはデータベース: THOMSON INNOVATION(トムソン・ロイター社の登録商標)を使用し、IPCとキーワードを用いて検索式を立て2015年11月に検索を行った。具体的な検索式は「資料編 検索式一覧」に示した。

2．調査方法

検索された公報の要約、請求の範囲、詳細な説明等を参考にノイズ落としを行い技術区分の解析を行った。1パテントファミリー内の各公報には、同じ技術区分を付与した。

解析の対象とした出願人国籍は、日本、米国、欧州、中国、韓国の5か国・地域であり、それ以外の国は「その他」とした。欧州国籍の定義は、欧州特許条約(EPC)加盟の38か国と拡張国2か国とした。出願人の国籍は、各公報に記載されている筆頭出願人の住所を筆頭出願人の国籍とし、パテントファミリーの中で最多の筆頭出願人の国籍をそのファミリーの筆頭出願人の国籍とした。また、米国公開公報に多く見られる出願人の記載のない公報については、パテントファミリーに出願人の記載がある場合はその国籍を、無い場合は筆頭発明者の住所を出願人の国籍とした。パテントファミリーの中の公報に、国籍情報が一切記載されていないパテントファミリーは最先の出願日の出願国を国籍とした。

3．留意点

特許出願の件数推移では、特許公開までの期間があること(例えば日本、米国、欧州、中国、韓国では出願後18か月)、PCT出願では国際出願公開が18か月後、国内移行期間

は原則優先日から 30 か月あること、またデータベース収録までの時間差が各国で異なることなどの理由により、検索期間並びに検索実施時点において未収録件数があることに注意を要する。即ち、2004 年から 2013 年までの出願年（優先権主張年）で調査しているが、2012 年以降の出願件数の全てが含まれていない可能性がある。

登録特許の件数推移においては、各国特許庁の審査制度や審査状況等により登録されるまでの時間が異なり、優先権主張年毎に集計整理した場合直近年に向かって右下がりとなる傾向があるので注意する必要がある。

本件調査では、技術俯瞰図（図 1-1）に示すように、対象となる技術範囲の中でも、高出力レーザー光源が主題となっている文献を中心に調査をした。ただし、「レーザー光から生成される X 線または量子ビームを利用した計測技術」、「レーザー光によるピーニング」、「レーザー光によるフォーミング（曲げ加工）」、「レーザー光によるフォーミング（3D プリント）」の各技術分野については、その計測技術や加工技術が主題となっている文献も網羅的に含むようにした。例えば、「レーザー光による切断・溶接」などは、レーザー加工（B23K 26/）を総て網羅する調査にはなっておらず、レーザー光源について特徴があるもの（IPC で H01S 3/ または H01S 5/ が付与されているもの）に限定されていることに留意されたい。

出願人属性については、Univ.、college、Corp. Co. Ltd、GMBH など、大学または企業などその属性が出願人名から明らかな場合は出願数が 1 件であっても必ず付与し、出願人名からは判断できない場合は日米欧中韓への出願数の合計が 6 件以上の出願人については必ずホームページなど web 上の情報からその属性を確認して付与した。しかし、それ以外の出願人については不明とした。共同出願の場合、筆頭出願人および二番目に記載された出願人についてその属性を付与した。共同出願の内訳（出願人属性の組合せ関係）は筆頭出願人および二番目に記載された出願人との間の関係とした。

第 2 節 全体動向

図 4-1 出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率
（PCT 出願、出願年（優先権主張年）：2004-2013 年）

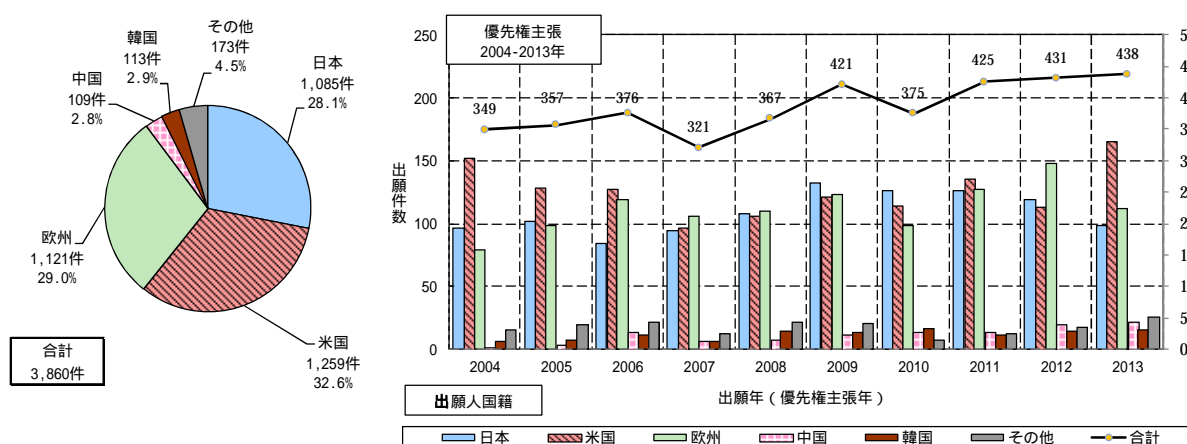
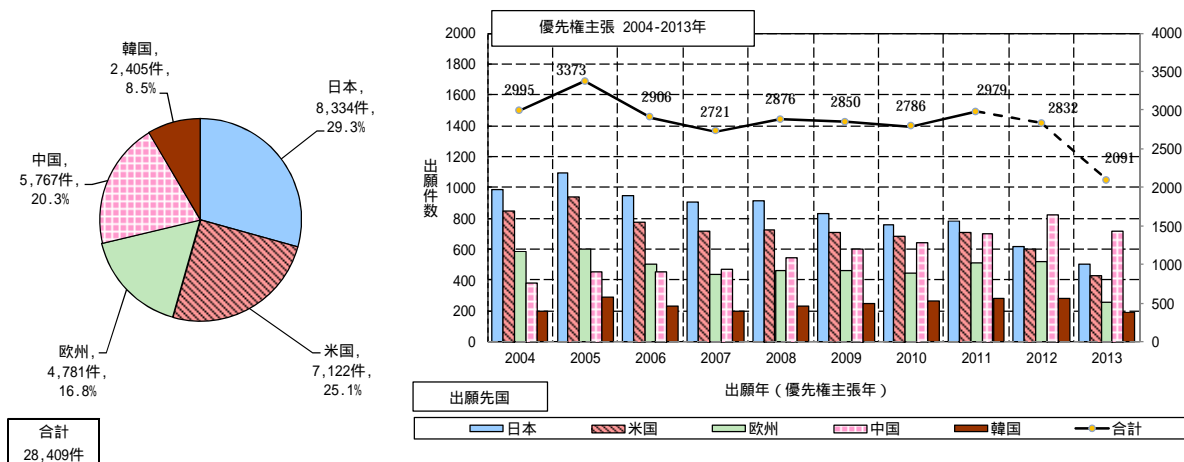


図 4-1 に示されるように、年間の PCT 出願数のここ 10 年間の推移には、漸増の傾向が

見られる。その約9割を、米国を筆頭に欧州、日本の各出願人でおよそ三分して、各出願人の年次推移も全体の推移とほぼ同様である。

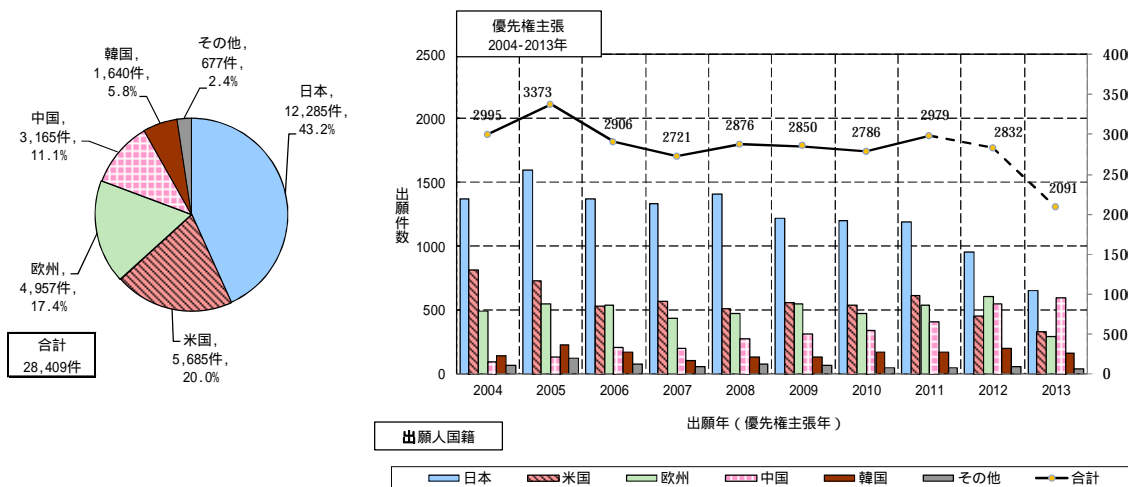
図4-2 出願先別出願件数推移及び出願件数比率（日米欧中韓）
（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2004-2013年）



注) 2012年以降は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

図4-2に示される出願先別の出願件数では、年間総数はここ10年のあいだ略一定といえるが、その構成比では、中国の比率が増し、日本、米国の比率が減少してきており、最近の数年では中国への出願が最も多くなっていると考えられる。

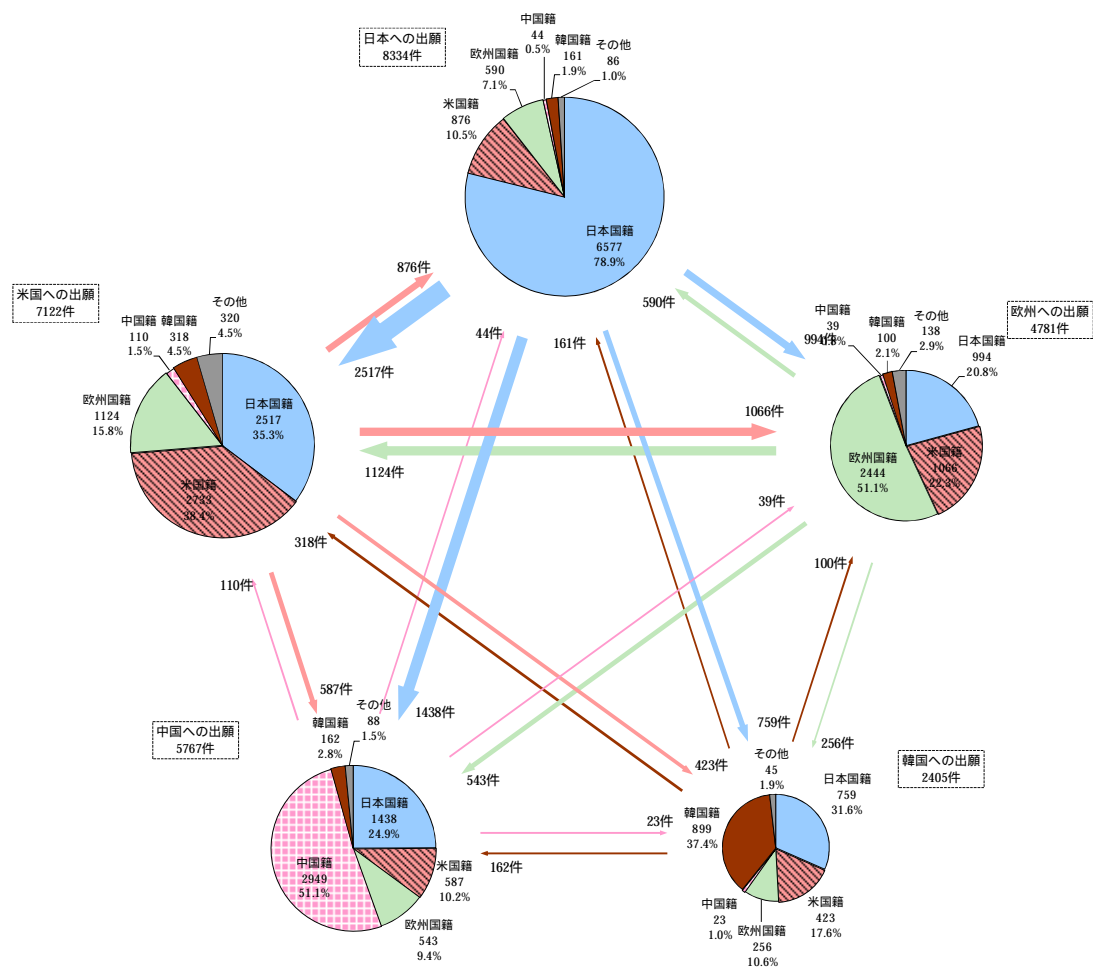
図4-3 出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率（日米欧中韓）
（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2004-2013年）



注) 2012年以降は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

図 4-3 に示される出願人国籍別の出願件数では、年間総数はここ 10 年のあいだ略一定といえる。そのうち日本の出願人の比率は 10 年間の累積総数で 40% を超えるが、年次の傾向としては漸減である。代わって中国の出願人が急速に増えており、10 年間の累積総数では 10% 強であるが、最近では日本と肩を並べている。米国および欧州の出願人の比率は、各 20% 内外で略一定である。

図 4-4 出願先国別 - 出願人国籍別出願件数 (日米欧中韓)
(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 2004-2013 年)

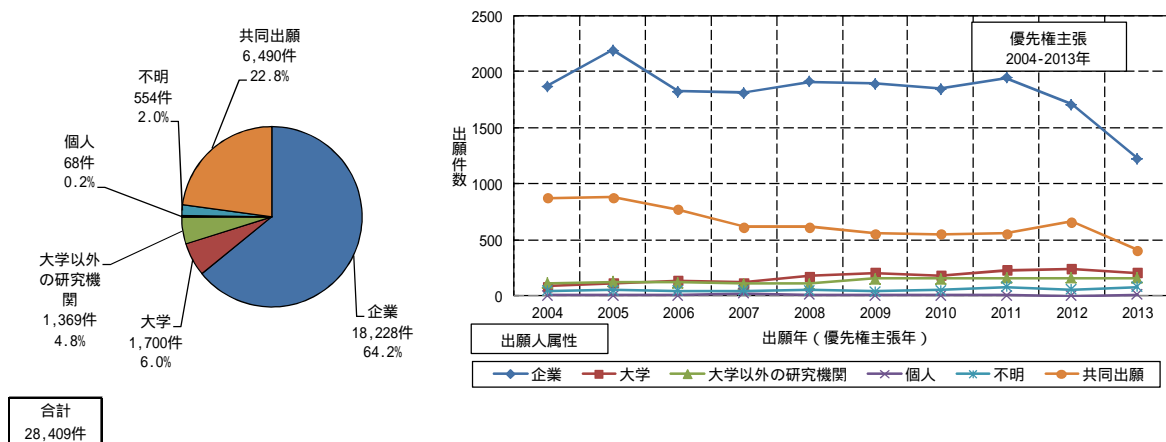


注) 図中の「日本への出願(円グラフ)」は、日本へ出願を行っている出願人の国籍内訳(日本へ向かう矢印)を示す。日本から他の国・地域へ向かう矢印はこの円グラフに含まれていないことに注意。日本以外の国・地域についても同様。

図 4-4 は、各国(各地域)相互の出願関係が見やすいように配置したものである。各国(各地域)とも、自国(自地域)への出願が突出している。そのなかで、中国の出願人はその 90% 以上を中国へ出願していることが特徴的である。また、日本の出願人は他国の出願人に比べて各国へ分散して出願しており、特に米国への出願に占める比率では、米国の出願人に迫っている。

図 4-5 出願人属性別出願件数推移及び出願件数比率

(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 2004-2013年)



注) 2012 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

共同出願の内訳

		出願人属性			
		企業	大学	大学以外の研究機関	個人
出願人属性	企業	1870			
	大学	327	103		
	大学以外の研究機関	193	134	166	
	個人	272	7	10	278

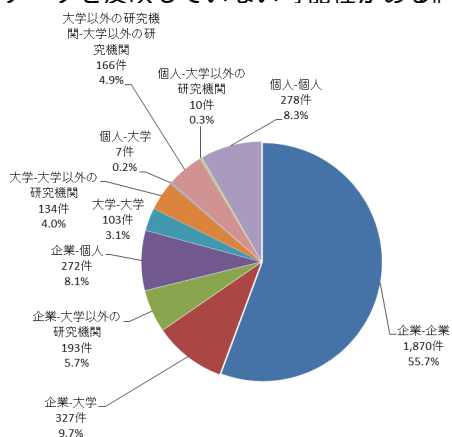


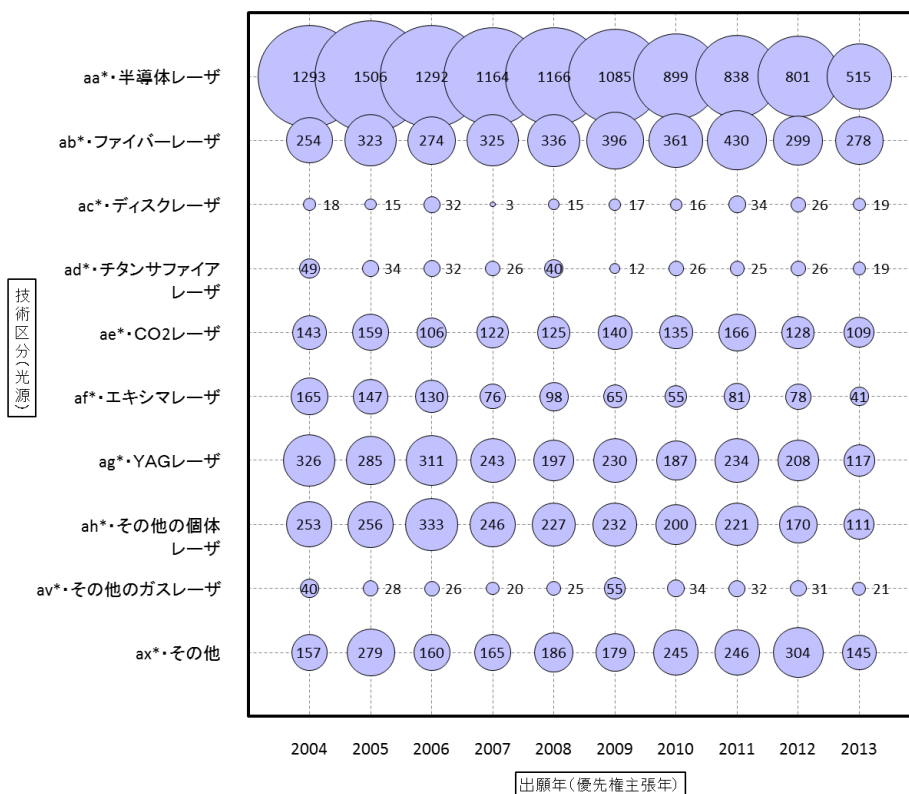
図 4-5 に、全筆頭出願人における、出願人属性別の出願件数推移及び出願件数比率(日米欧中韓への出願)を示す。企業の出願人が継続して約 3/4 を占める。大学等の研究機関は漸増している。全体の約 1/4 が共同出願であるが、これは 2005 年から 2007 年にかけて減少して、その後は横ばいとなっている。また、共同出願のうち 50%強は企業-企業の共同である。

第 3 節 技術区分別動向

1. 技術区分別出願件数推移 (出願先: 日米欧中韓)

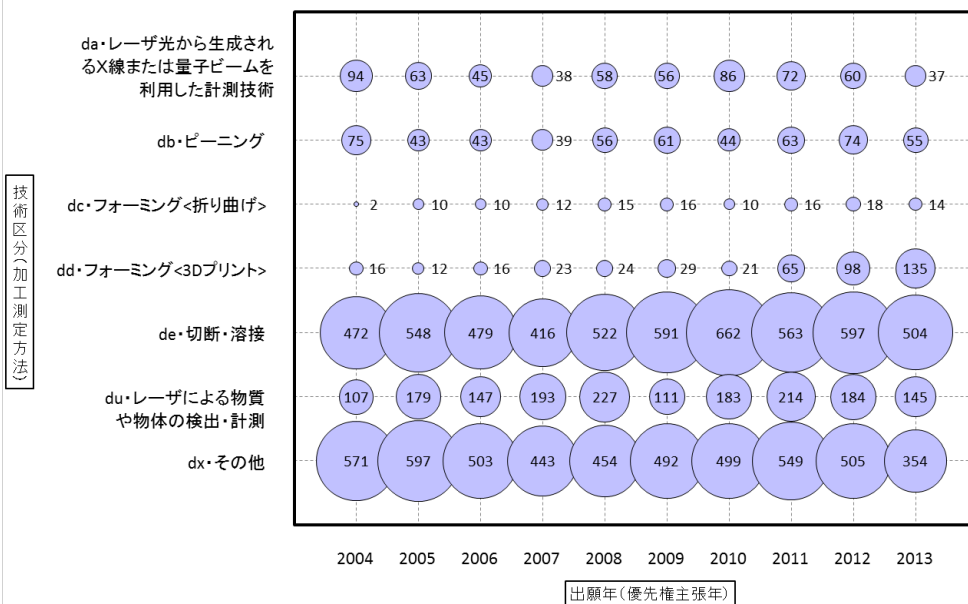
図 4-6 に、光源種別の出願件数推移を示す。半導体レーザが最も多くて約半数を占め、ファイバーレーザ、YAG レーザ、その他の固体レーザが続き、年度による変化は非常に少ない。半導体レーザは減少傾向にあるが、ファイバーレーザは増加傾向にあり、YAG レーザや CO2 レーザは横ばい傾向にある。

図 4-6 技術区分（光源種）別出願件数推移（出願先：日米欧中韓）
（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2004-2013 年）



注) 2012 年以降はデータベース収録の遅れ、P C T 出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

図 4-7 技術区分（加工測定方法）別出願件数推移（出願先：日米欧中韓）
（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2004-2013 年）

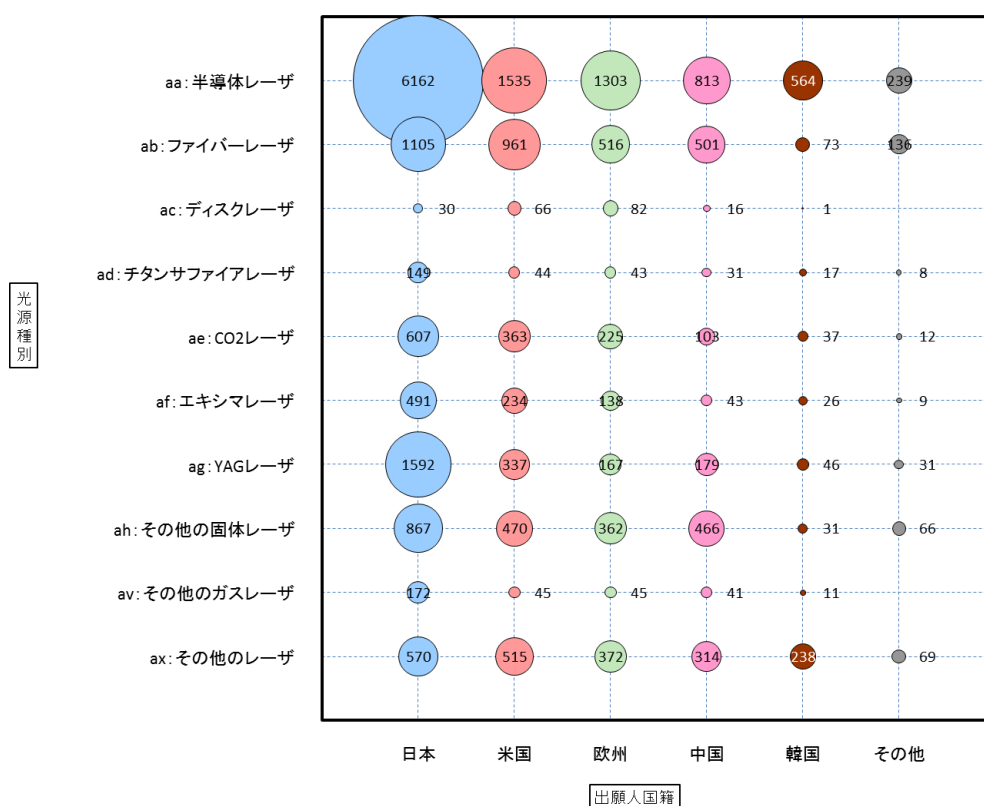


注) 2012 年以降はデータベース収録の遅れ、P C T 出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

図 4-7 に、技術区分（加工測定方法）別の出願件数推移を示す。約半数が切断・溶接の加工に関するものであり、物質や物体の検出・計測に関するものが続き、「その他」と分類されるものも多い。年度による比率の変化は非常に少ない。加工測定方法の各技術区分は概ね横ばい傾向であるが、フォーミング（3D プリント）が 2011 年以降急増している。

2 . 技術区分別 - 出願人国籍別出願件数（出願先：日米欧中韓）

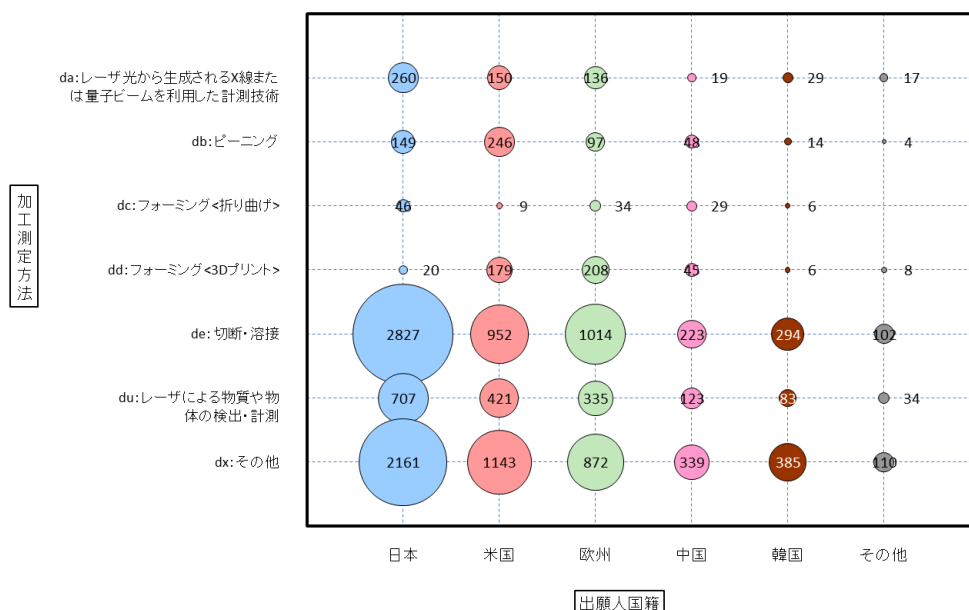
図 4-8 技術区分（光源種別）別出願件数推移（出願先：日米欧中韓）
（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2004-2013 年）



注) 2012 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

図 4-8 に、光源種別の出願件数を、出願人国籍別に示す。各地域とも半導体レーザーの比率が大きいが、日本ではこれが極端に大きいことが特徴的である。他では、日本での YAG レーザの比率が大きいいこと、韓国では半導体レーザー以外のものは大変少ないことも特徴的である。

図 4-9 技術区分（加工測定方法）別出願件数推移（出願先：日米欧中韓）
 （日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2004-2013 年）



注) 2012 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

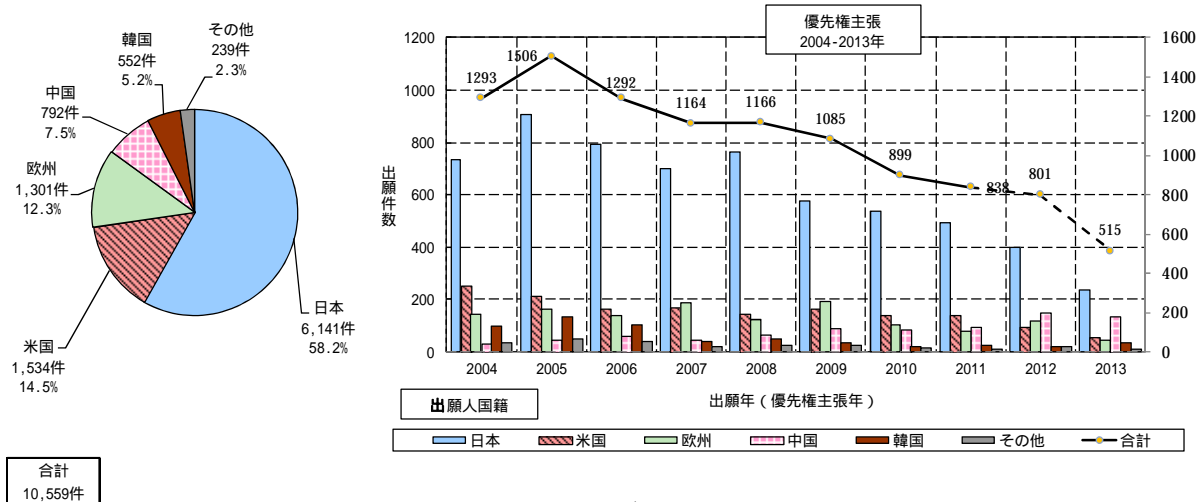
図 4-9 に、加工測定方法別の出願件数を、出願人国籍別に示す。どの地域についても、切断・溶接の加工に関するものが約半数を占め、物質や物体の検出・計測に関するものが続き、「その他」と分類されるものも多い。特に目立つのは、日本の切断・溶接が多いことである。また、フォーミング<3D プリント>に関する出願が欧州及び米国に集中していることも特徴的である。

3 . 技術区分毎の出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率（出願先：日米欧中韓）

図 4-10 に、半導体レーザーを光源とするものの出願人国籍別出願件数推移を示す。総数は明らかに漸減してきている。この 10 年間、日本からの出願が一貫して約 6 割を占め、米国、欧州がこれに続いている。ここ数年は、中国からの出願が増加している。

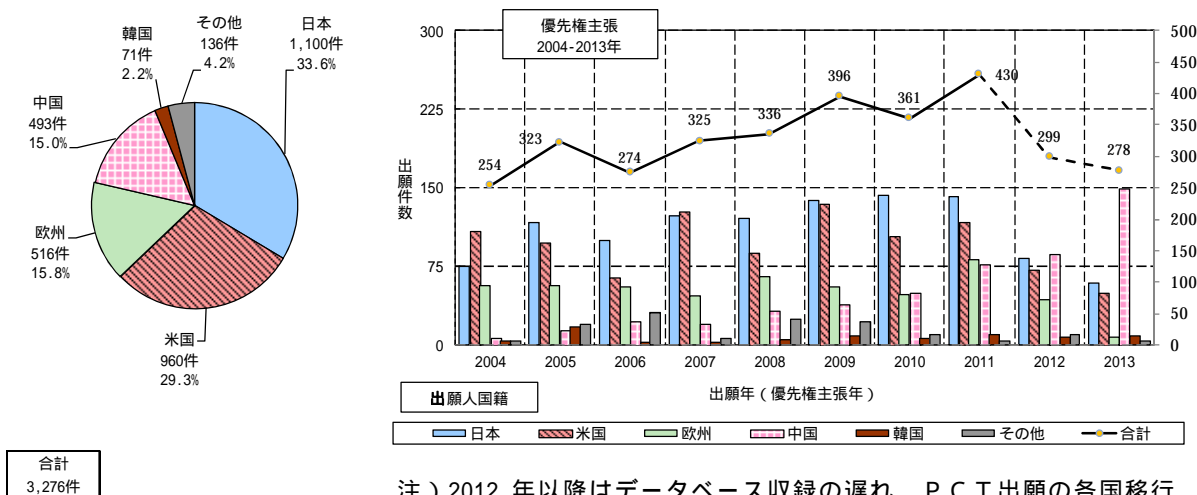
図 4-11 に、ファイバーレーザーを光源とするものの出願人国籍別出願件数推移を示す。総数は漸増してきていて、日本と米国が首位を競ってきた。中国からの出願が着実に増加してきており、特に 2011 年からの増加は著しく、2012 年以降は首位になっていると考えられる。

図 4-10 技術区分（光源種別：半導体レーザー）別の出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2004-2013年）



注) 2012 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

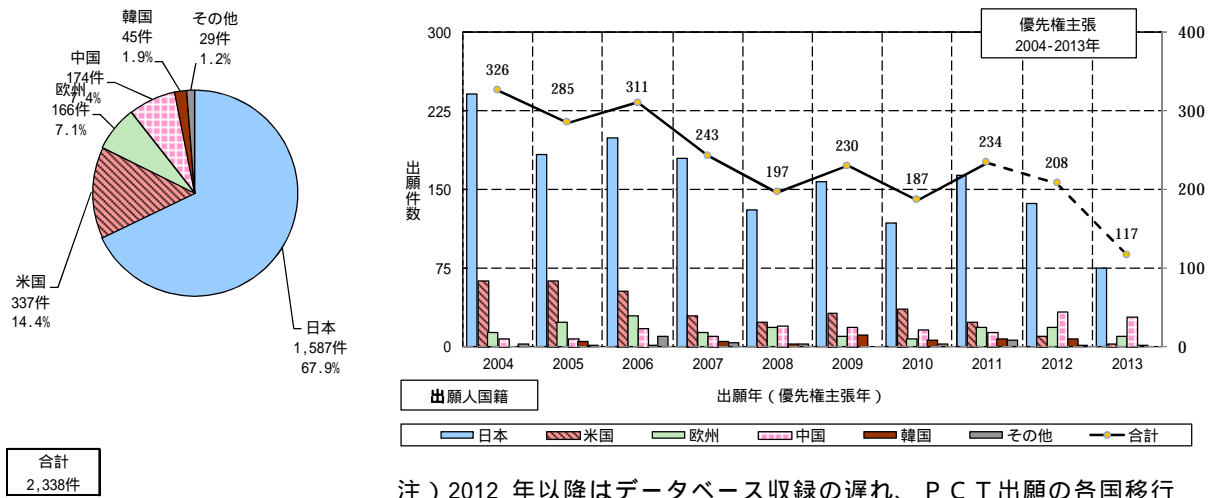
図 4-11 技術区分（光源種別：ファイバーレーザー）別の出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2004-2013年）



注) 2012 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

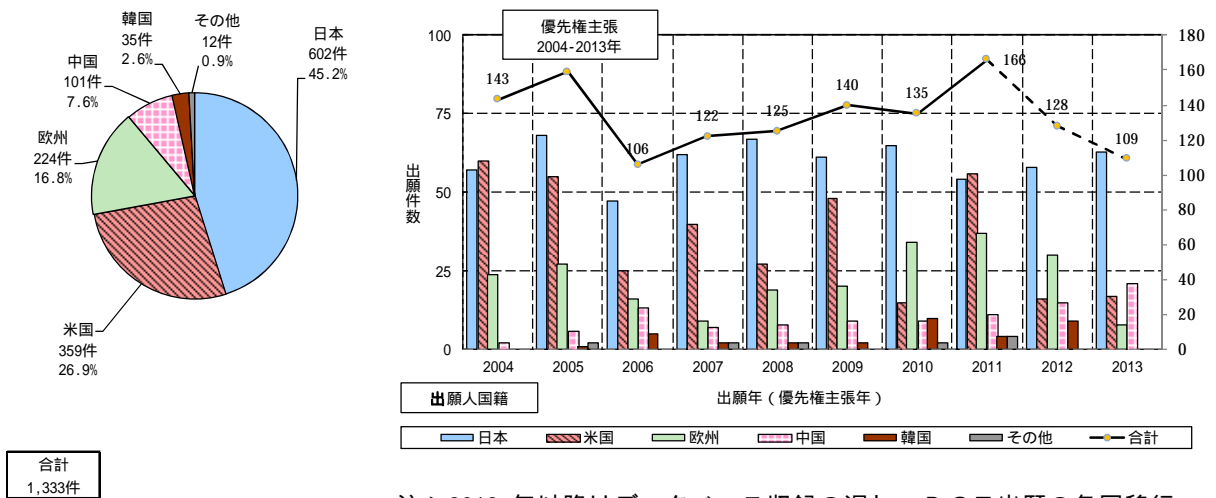
図 4-12 に、YAG レーザを光源とするものの出願人国籍別出願件数推移を示す。総数は漸減してきているが、ほぼ一貫して日本の出願が 7 割近くを占めてきている。他では、米国の比率が漸減し、中国の比率が漸増している。

図 4-12 技術区分（光源種別：YAG レーザ）別の出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2004-2013 年）



注) 2012 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

図 4-13 技術区分（光源種別：CO₂ レーザ）別の出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2004-2013 年）



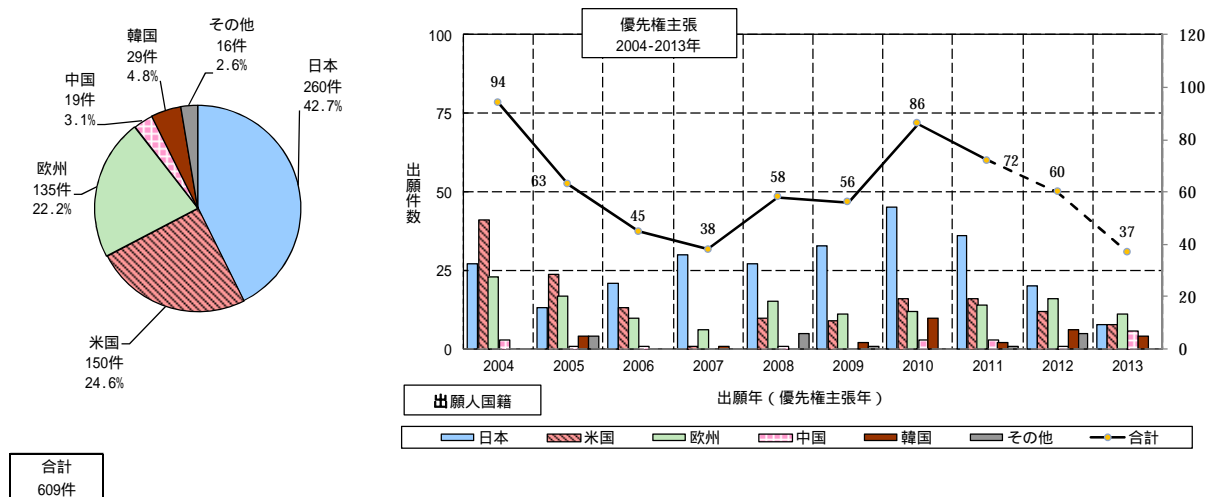
注) 2012 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

図 4-13 に、CO₂ レーザを光源とするものの出願人国籍別出願件数推移を示す。総数は、変動はあるもののほぼ一定と見られる。日本がほぼ一貫して首位であり、累積総数で半数近くを占める。米国がこれに次ぐが、変動が大きく、累積総数では 3 割弱であるが、2012 年以後は激減したと考えられる。中国は、一貫して 10%前後の比率を保ち、特に 2011 年以降の増加は顕著である。

(2) レーザ光による加工測定方法

図 4-14 レーザ光から生成される X 線または量子ビームを利用した計測技術の出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率

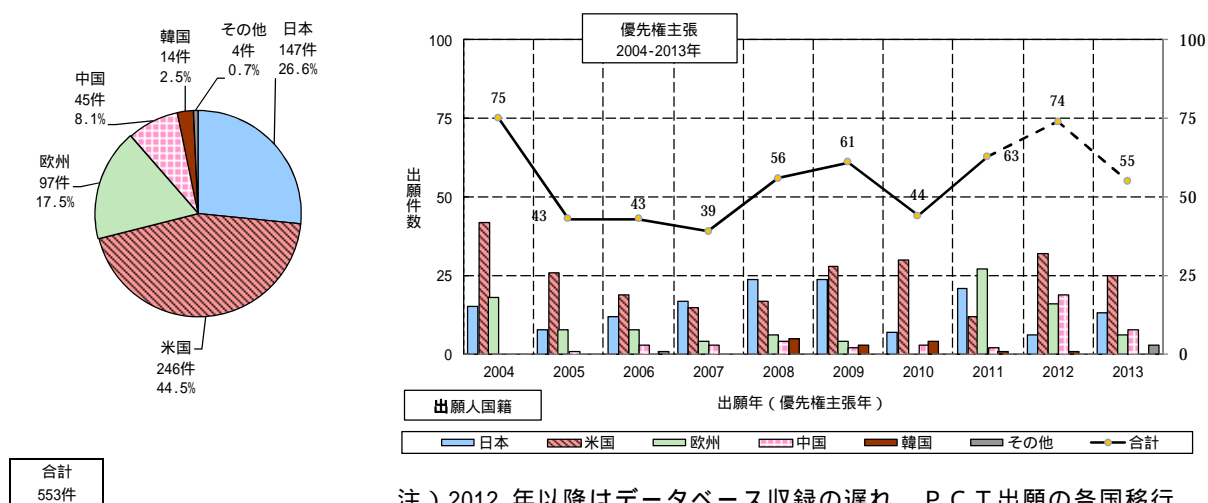
(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 2004-2013年)



注) 2012 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

図 4-14 に、レーザ光から生成される X 線または量子ビームを利用した計測技術に関するもの出願人国籍別出願件数推移を示す。総数では、2004 年頃と 2010 年にピークが見られる。2004 年のピークは米国(続いて日本, 欧州)が主導し、2010 年のピークは日本(続いて米国, 欧州)が主導している。累積総数では日本が最も多くて 40%強を占め、米国, 欧州が共に 20%強である。

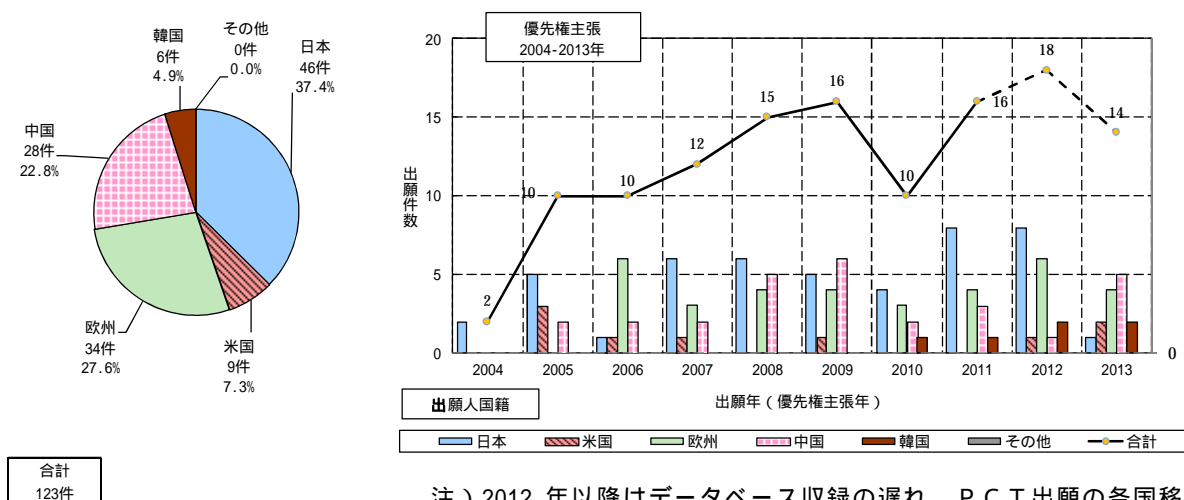
図 4-15 レーザ光によるピーニングの出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率 (日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 2004-2013年)



注) 2012 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

図 4-15 に、レーザ光によるピーニングに関するものの出願人国籍別出願件数推移を示す。総数は、一旦減少したのち若干漸増傾向と見られる。これは、主として累積総数で半数近くを占める米国の動向に依っているが、日本及び欧州においてもその傾向が少し見られる。

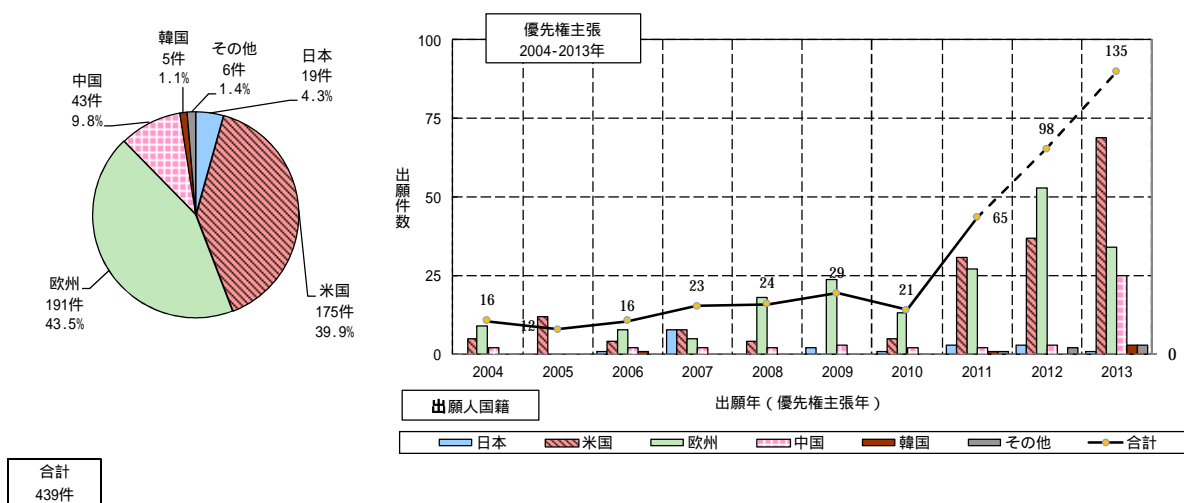
図 4-16 レーザ光によるフォーミング(曲げ加工)の出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率 (日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 2004-2013年)



注) 2012 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

図 4-16 に、レーザ光によるフォーミング(曲げ加工)に関するものの出願人国籍別出願件数推移を示す。母数が極端に少ないため、ばらつきがあると思われるが、漸増傾向である。累積総数で 4 割弱の日本、続いて欧州、中国がそれぞれ寄与しているが、米国は極めて少なく、これら各地域の 1/3 にも満たない。

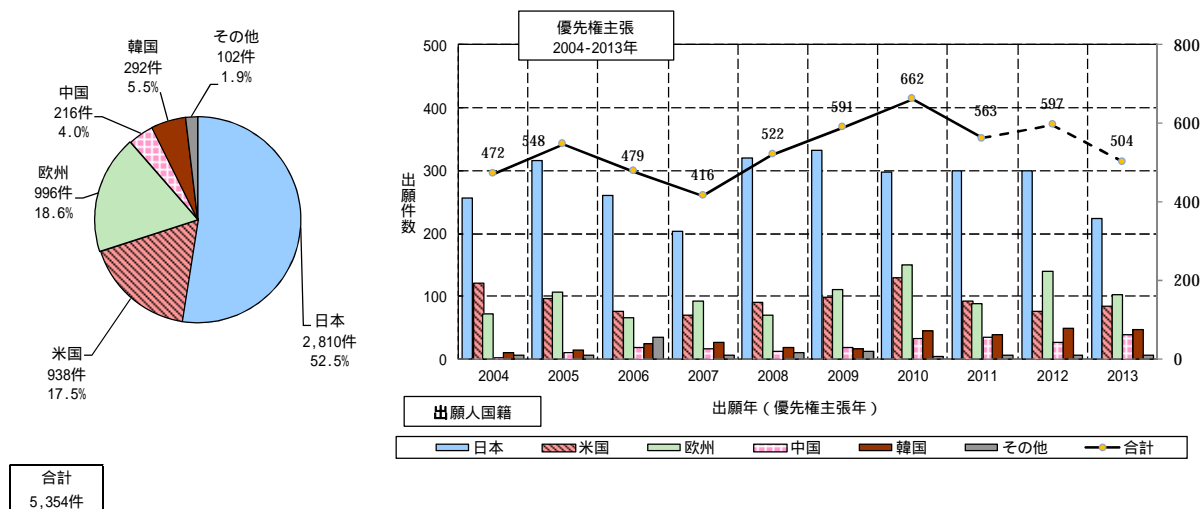
図 4-17 レーザ光によるフォーミング(3Dプリント)の出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率 (日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 2004-2013年)



注) 2012 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

図 4-17 に、レーザ光によるフォーミング（3D プリント）に関するもの出願人国籍別出願件数推移を示す。2010 年までほぼ同数で推移していたのが、2011 年に突然増加し、その後も等差数列的に増加している。累積総数のほぼ全てが米国及び欧州によるものであったが、2013 年には中国が突然増加し、欧州に迫る出願数を記録した。日本の寄与はたいへん小さい。

図 4-18 レーザ光による切断・溶接の出願人国籍別出願件数推移及び出願件数比率
（日米欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）：2004-2013 年）



注) 2012 年以降はデータベース収録の遅れ、PCT 出願の各国移行のずれ等で全出願データを反映していない可能性がある。

図 4-18 に、レーザ光による切断・溶接に関するもの出願人国籍別出願件数推移を示す。総数では若干漸増していると見られる。累積総数の半数以上が日本の出願であるが、特に増加傾向は無い。米国と欧州が、また比率は少ないながら中国も、漸増の傾向に寄与していると見られる。

第 4 節 出願人別動向

1. 全体の日欧米中韓及び各国への出願件数ランキング

図 4-19 に、調査対象の全技術分野について、全地域及び各地域への出願件数による、出願人ランキング（それぞれ 10 位まで）を示す。全地域及び日本，米国に対しては、パナソニックを筆頭とする日本の出願人が上位を独占している。欧州，中国，韓国へは、それぞれ自国（自地域）の出願人が上位に入っている。特に中国及び韓国の出願人は、それぞれ自国のランキングに現れるのみである。

図 4-19 全調査対象技術分野の日欧米中韓及び各国への出願件数ランキング
(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 2004-2013年)

日米欧中韓への出願			日本への出願			米国への出願			欧州への出願			中国への出願			韓国への出願		
順位	出願人名称	出願件数	順位	出願人名称	出願件数	順位	出願人名称	出願件数	順位	出願人名称	出願件数	順位	出願人名称	出願件数	順位	出願人名称	出願件数
1	パナソニック株式会社	936	1	パナソニック株式会社	531	1	パナソニック株式会社	223	1	BOSCH GMBH ROBERT(ドイツ)	130	1	CAS SHANGHAI INST OPTICS&FINE MECHANIC(中国)	156	1	SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD(韓国)	87
2	三菱電機株式会社	630	2	シャープ株式会社	340	2	住友電気工業株式会社	151	2	OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH(ドイツ)	124	2	パナソニック株式会社	126	2	浜松ホトニクス株式会社	83
3	シャープ株式会社	557	3	三菱電機株式会社	320	3	三菱電機株式会社	131	3	THALES SA(フランス)	95	3	CHINESE ACAD SCI SEMICONDUCTORS INST(中国)	124	3	ELECTRONICS&TELECOM RES INST(韓国)	74
4	住友電気工業株式会社	536	4	住友電気工業株式会社	270	4	ソニー株式会社	125	4	CENT NAT RECH SCI(フランス)	91	4	UNIV BEIJING TECHNOLOGY(中国)	98	4	ELECTRO SCI IND INC(米国)	64
5	ソニー株式会社	531	5	ソニー株式会社	261	5	シャープ株式会社	110	5	浜松ホトニクス株式会社	83	5	浜松ホトニクス株式会社	96	5	三星ダイヤモンド工業株式会社	60
6	浜松ホトニクス株式会社	528	6	セイコーエプソン株式会社	200	6	浜松ホトニクス株式会社	104	6	FRAUNHOFER GES FOERDERUNG ANGEWANDTEN EV(ドイツ)	64	6	ソニー株式会社	88	6	株式会社ディスコ	55
7	株式会社ディスコ	366	7	株式会社リコー	198	7	CORNING INC(米国)	88	7	GENERAL ELECTRIC CO(米国)	54	7	三菱電機株式会社	86	7	三菱電機株式会社	44
8	株式会社リコー	363	8	浜松ホトニクス株式会社	162	8	ELECTRO SCI IND INC(米国)	85	8	KONINK PHILIPS ELECTRONICS NV(オランダ)	53	8	シャープ株式会社	79	8	SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO(韓国)	42
9	セイコーエプソン株式会社	325	9	株式会社 東芝	161	9	キヤノン株式会社	80	9	ファナック株式会社	51	9	UNIV JIANGSU(中国)	78	9	EO TECHNICS CO LTD(韓国)	39
10	OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH(ドイツ)	318	10	日本電信電話株式会社	146	10	株式会社リコー	78	9	MERCK PATENT GMBH(ドイツ)	51	10	UNIV QINGHUA(中国)	73	10	CORNING INC(米国)	36

2. 技術区分別ランキング

図 4-20 全調査対象技術分野の光源種別別出願件数ランキング
(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 2004-2013年)

半導体レーザー			ファイバーレーザー			CO2レーザー			YAGレーザー		
順位	出願人名称	出願件数	順位	出願人名称	出願件数	順位	出願人名称	出願件数	順位	出願人名称	出願件数
1	パナソニック株式会社	617	1	株式会社フジクラ	180	1	ファナック株式会社	68	1	浜松ホトニクス株式会社	231
2	シャープ株式会社	464	2	OFS FITEL LLC(米国)	138	2	ELECTRO SCI IND INC(米国)	62	2	株式会社ディスコ	224
3	ソニー株式会社	463	3	IMRA AMERICA INC(米国)	126	3	三星ダイヤモンド工業株式会社	54	3	三星ダイヤモンド工業株式会社	61
4	住友電気工業株式会社	400	4	パナソニック株式会社	96	4	三菱電機株式会社	50	3	株式会社半導体エネルギー研究所	61
5	三菱電機株式会社	328	5	ELECTRO SCI IND INC(米国)	91	5	COHERENT INC(米国)	48	5	三菱電機株式会社	46
6	株式会社リコー	311	6	IPG PHOTONICS CORP(米国)	71	6	CORNING INC(米国)	41	6	新日鐵住金株式会社	39
7	OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH(ドイツ)	255	7	古河電気工業株式会社	62	7	株式会社 小松製作所	37	7	パナソニック株式会社	35
8	セイコーエプソン株式会社	234	8	住友電気工業株式会社	62	8	CYMER INC(米国)	33	8	株式会社IHI	32
9	SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD(韓国)	167	9	浜松ホトニクス株式会社	58	9	ASML NETHERLANDS BV(オランダ)	32	9	株式会社 東芝	30
10	富士ゼロックス株式会社	166	10	株式会社 東芝	51	10	パナソニック株式会社	23	9	株式会社ブイ・テクノロジ	30

図 4-20 に、光源種別の出願件数による、出願人ランキング(それぞれ 10 位まで)を示す。総数の多い半導体レーザー, ファイバーレーザー, YAG レーザに関しては、日本の出願人が上位に多く現れている。日本と米国は、多数の光源種でそれぞれ多数の出願人が

ランク入りしている。

図 4-21 全調査対象技術分野の測定加工方法別出願件数ランキング
(日米欧中韓への出願、出願年(優先権主張年): 2004-2013年)

レーザ光から生成されるX線または量子ビームを利用した計測技術			レーザ光によるピーニング			レーザ光によるフォーミング(曲げ加工)			レーザ光によるフォーミング(3Dプリント)			レーザ光による切断・溶接		
日米欧中韓への出願			日米欧中韓への出願			日米欧中韓への出願			日米欧中韓への出願			日米欧中韓への出願		
順位	出願人名称	出願件数	順位	出願人名称	出願件数	順位	出願人名称	出願件数	順位	出願人名称	出願件数	順位	出願人名称	出願件数
1	株式会社IHI	24	1	GENERAL ELECTRIC CO(米国)	96	1	富士通株式会社	14	1	ALSTOM TECHNOLOGY LTD(スイス)	34	1	株式会社ディスコ	289
2	株式会社 小松製作所	22	2	株式会社 東芝	40	2	UNIV JIANGSU(中国)	11	2	HONEYWELL INT INC(米国)	20	2	浜松ホトニクス株式会社	269
3	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	20	3	UNIV JIANGSU(中国)	23	3	新日鐵住金株式会社	6	3	GENERAL ELECTRIC CO(米国)	19	3	ELECTRO SCI IND INC(米国)	195
4	ASML NETHERLANDS BV(オランダ)	17	4	新日鐵住金株式会社	21	4	REINZ DICHTUNG GMBH(ドイツ)	6	4	ARCAM AB(スウェーデン)	14	4	三星ダイヤモンド工業株式会社	189
4	LAWRENCE LIVERMORE NAT SECURITY LLC(米国)	17	5	METAL IMPROVEMENT CO LLC(米国)	18	5	TRUMPF MASCH AUSTRIA GMBH & CO KG(オーストリア)	6	5	SIEMENS AG(ドイツ)	14	5	パナソニック株式会社	169
6	CENT NAT RECH SCI(フランス)	14	6	UNITED TECHNOLOGIES CORP(米国)	17	6	日本発条株式会社	5	6	MTT TECHNOLOGIES LTD(イギリス)	12	6	三菱電機株式会社	109
6	三菱電機株式会社	14	7	AMG INC(ドイツ)	12				7	3D SYSTEMS INC(米国)	11	7	ファナック株式会社	83
8	COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE(フランス)	12	8	LAWRENCE LIVERMORE NAT SECURITY LLC(米国)	11				8	PRATT & WHITNEY ROCKETDYNE INC(米国)	10	8	ソニー株式会社	64
8	浜松ホトニクス株式会社	12	9	三菱重工株式会社	11				9	UNITED TECHNOLOGIES CORP(米国)	10	9	新日鐵住金株式会社	58
8	ウシオ電機株式会社	12	10	富士重工株式会社	10				10	KONINK PHILIPS ELECTRONICS NV(オランダ)	9	10	TRUMPF WERKZEUGMASCHINE N GMBH&CO KG(ドイツ)	53

図 4-21 に、加工測定方法について、全地域及び各地域への出願件数による、出願人ランキング(それぞれ 10 位まで)を示す。「レーザ光から生成される X 線または量子ビームを利用した計測技術」分野については、全地域への出願において、IHI と小松製作所を始めとする日本の出願人が多くランク入りしている。日本に続いて欧州の出願人も、全地域への出願において多くランク入りしている。「レーザ光によるピーニング」については、GE を筆頭とする米国の出願人がと東芝を筆頭とする日本の出願人がそれぞれ多くランク入りしている。「レーザ光によるフォーミング(曲げ加工)」については、富士通を筆頭とする日本の出願人がランク入りしている。「レーザ光によるフォーミング(3D プリント)」については、ALSTOM を筆頭とする欧州の出願人及び HONEYWELL と GE を筆頭とする米国の出願人が全ランキングをほぼ占領している。「レーザ光による切断・溶接」については、ディスコ、浜松ホトニクス及び三星ダイヤモンド工業を筆頭とする日本の出願人が圧倒している。高付加価値の切断として、パルスレーザを用いた非金属(半導体、セラミックス、ガラス)を対象とした割断の市場が拡大しているものと考えられる。他には、米国の Electro Sci Ind と欧州の TRUMPF が上位にある。

第5章 研究開発動向調査

第1節 調査方法の概要

1. データベースの選定

トムソンロイター社提供の「Web of science (トムソンロイター社の登録商標)」を使用した。「Web of science (トムソンロイター社の登録商標)」に収録されている「Science Citation Index expanded (トムソンロイター社の登録商標)」は、多数の学術雑誌を収録し、論文の引用情報を把握でき、インパクトファクターの計算根拠になっているデータベースである。

2. 検索方針

基本的には特許検索と同じであるが、一般には論文データベースには分類コードが付与されていないので、特許検索よりは、キーワードを増やし、雑誌の技術分野を物理学、光学、材料科学、工学、科学一般に限定した。

検索で抽出した論文数は 24,499 件で、これらをの抄録を読み込んだ結果、20,223 件について、図 1-1 に示した技術区分の分類を付与し、これらについて、分析をした。

第2節 全体動向

図 5-1 研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率
(発行年：2010-2014年)

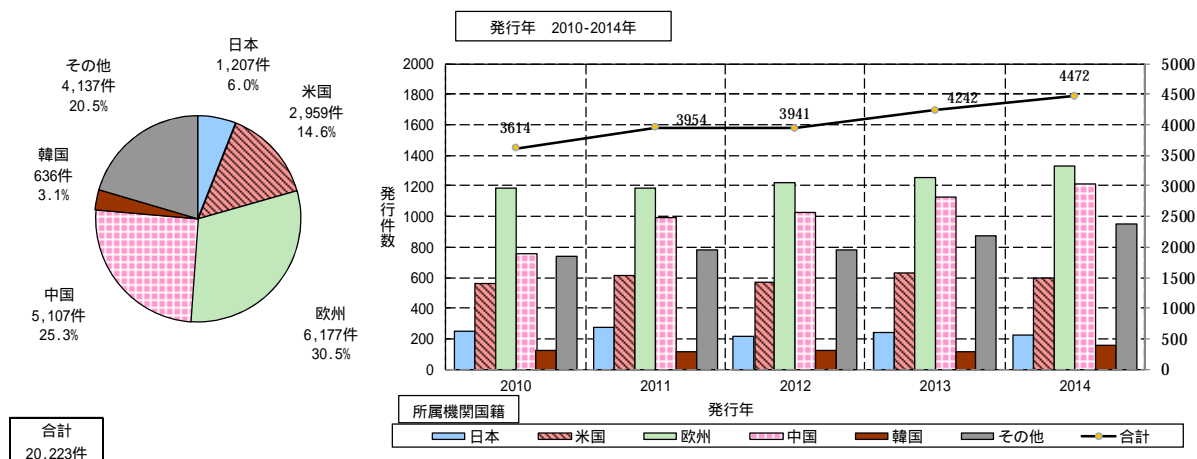


図 5-1 に研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率を示す。発表論文数の最も多い研究者所属機関国籍は欧州であり(約 30%)、中国が欧州とほぼ同程度である。次いで米国が多く、日本と韓国は上位 3 国・地域に比べるとかなり少ない。

発表論文数の推移は、国籍（所在地）が欧州および中国である研究者所属機関では堅調に増加しているが、国籍（所在地）が米国、日本および韓国の研究者所属機関はほぼ横ばいである。

特許出願動向と比べると、漸増であった PCT 出願と論文発表件数推移の傾向は一致するが日米欧中韓の合計の出願数（ほぼ横ばい）とはやや異なる。また、国籍（特許は出願人国籍、学术论文は研究者所属機関国籍）別では、学术论文数は上述のように欧中米日韓の順で多いが、特許は、出願先が日米欧中韓の合計（国籍別では日米中欧韓の順で多い）とも、PCT 出願（国籍別では米欧日韓中の順で多い）とも、明らかに異なる。図 4-1 参照。

第 3 節 技術区分別動向

1 . 技術区分別論文発表件数推移

図 5-2 技術区分（光源種別）別発表論文件数推移（発行年：2010-2014 年）

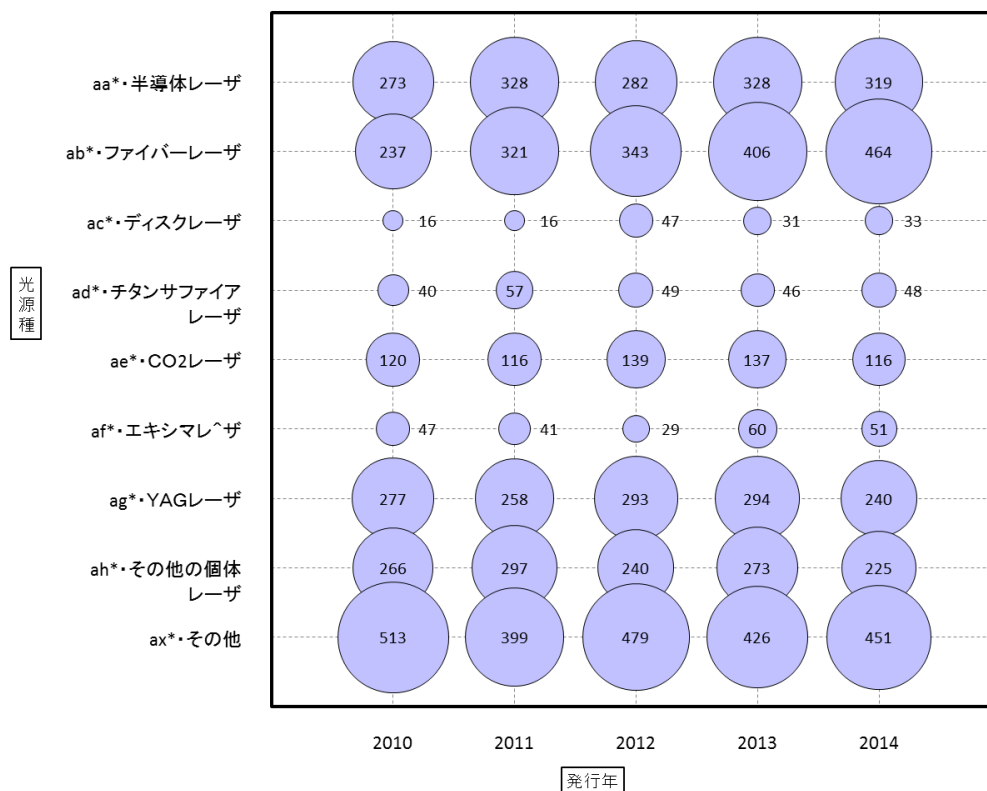


図 5-2 に技術区分（光源種別）別発表論文件数推移を示す。論文発表数の多い光源種は、ab*ファイバーレーザー、aa*半導体レーザー、ag*YAG レーザの順である。ab*ファイバーレーザーに関する論文数は、毎年堅調に増加している。一方、ag*YAG レーザや aa*半導体レーザーなど、他のレーザー光源に関する論文は、ほぼ一定である。

なお、レーザー種の ax*その他には、レーザー種を明記していない論文を多く含んでいる。特許出願動向と比べると、最多の光源種が、特許では半導体レーザーであったが、論文で

はファイバーレーザーである点は異なるが、ファイバーレーザーが漸増傾向であることは一致している。

図 5-3 技術区分（加工測定方法）別発表論文件数推移
（発行年：2010-2014 年）

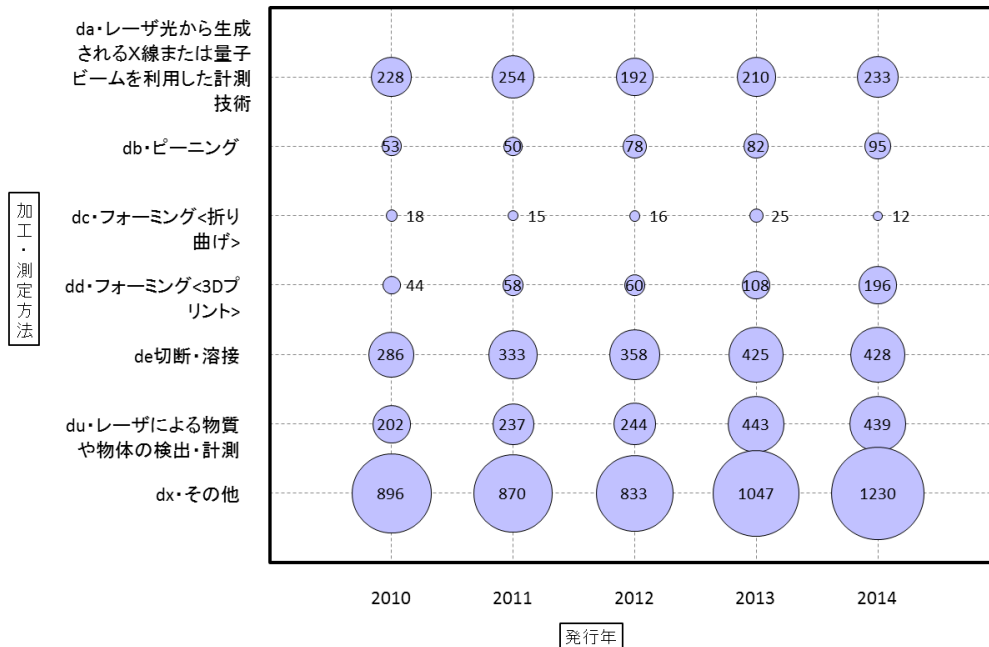


図 5-3 に技術区分（加工測定方法）別発表論文件数推移を示す。論文発表数の多い加工測定方法は、de 切断・溶接、du レーザによる物質や物体の検出・計測、da レーザ光から生成される X 線または量子ビームを利用した計測の順に多い。しかし、この 5 年の推移で見ると、dd フォーミング（3D プリント）は指数関数的に増加しており、増加比率は約 5 倍と最も大きい。db ピーニング、du レーザによる物質や物体の検出・計測、切断・溶接は、それぞれ約 2 倍となっている。一方、da レーザ光から生成される X 線または量子ビームを利用した計測、db ピーニング（折り曲げ）は横這いである。

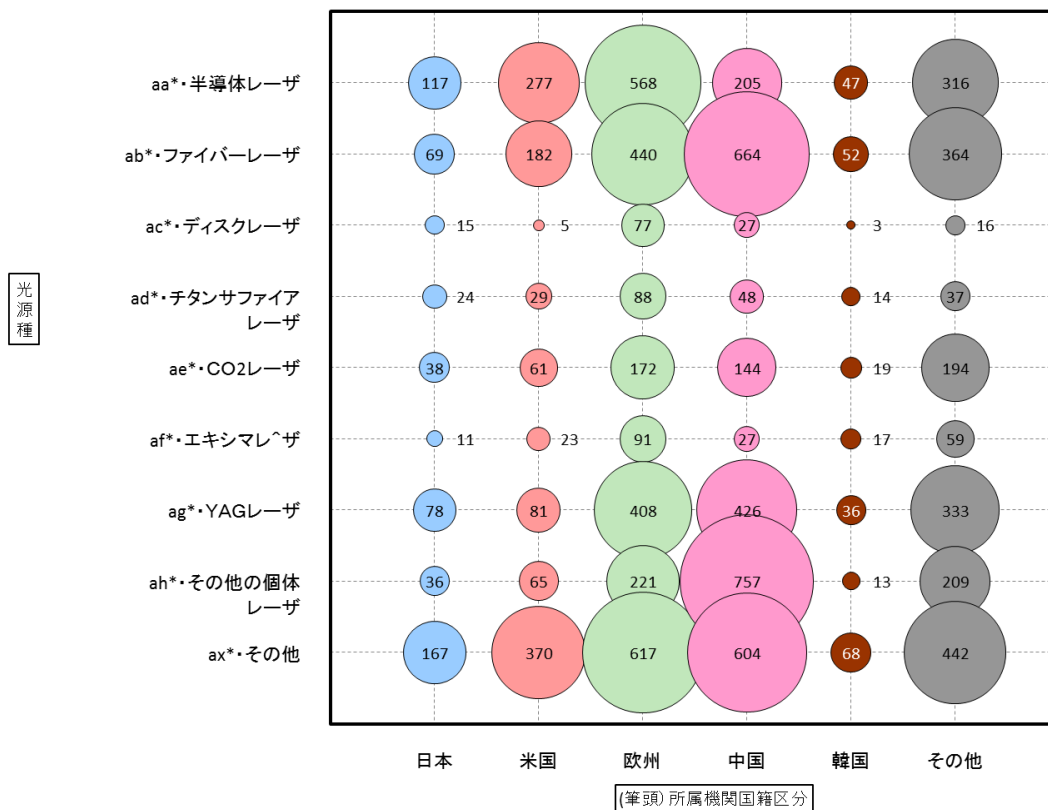
なお、dx その他には、方法を明記していない論文を多く含んでいる。

特許出願動向と比べると、加工測定方法間の件数割合が特許と論文では異なるが、最多の加工測定方法が切断・溶接であることや 3D プリントが近年が急増傾向であることは一致している。

2. 技術区分別 - 研究者所属機関国籍別論文発表件数

図 5-4 に技術区分（光源種）別研究者所属機関国籍別の論文発表件数を示す。国別に論文発表数の多い光源種を ax*その他を除いて見ると、日本、米国、欧州は、aa*半導体レーザーの比重が高く、次に、ab*ファイバーレーザー、ag*YAG レーザ等の順になる。韓国もほぼ似た順になる。一方、中国は、aa*半導体レーザーの比重が低く、ah*その他の個体レーザー、ab*ファイバーレーザーに比重がかかっている。特に、ah*その他の個体レーザーの論文数は、他の国、地域を圧倒している。

図 5-4 技術区分（光源種）別研究者所属機関国籍別論文発表件数
（発行年：2010-2014 年）

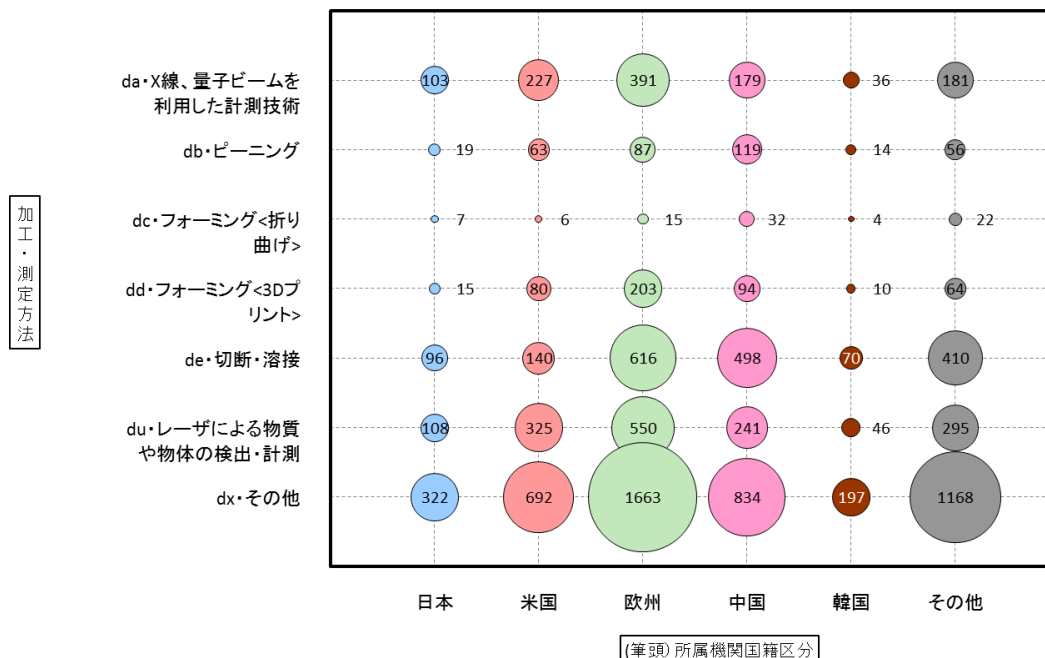


論文数的には、中国が一番であり、欧州よりやや多く、米国の3倍、日本の5倍、韓国の12倍と圧倒している。しかし、ax*その他を見ると、その比率は半分程度と縮まっている。特許出願動向と比べると、全体的に日本国籍の件数割合が少ない。特許との差異が特に大きいのは、半導体レーザーとファイバーレーザーであり、論文中のファイバーレーザーについては、光源種の中で比べても、日本国籍が中国籍など他の国と比べその割合がかなり小さい。

(2) 加工測定方法

図 5-5 に技術区分（加工測定方法）別研究者所属機関国籍別論文発表件数を示す。国別に論文数の多い順を、dx その他を除いて見ると、日本と米国は du レーザによる物質や物体の検出・計測、da X線、量子ビームを利用した計測技術、de 切断・溶接の順であるが、欧州、中国、韓国は、de 切断・溶接、du レーザによる物質や物体の検出・計測、da X線、量子ビームを利用した計測技術となって異なっている。また、db ピーニング、dc フォーミングは量的には未だ小さいが、この分野では中国が一番多い。

図 5-5 技術区分（加工測定方法）別研究者所属機関国籍別論文発表件数
（発行年：2010-2014 年）



論文数を見ると、欧州は殆ど分野で日本の約 5 倍であり、米国、中国の約 2 倍、韓国の 10 倍になる。

特許出願動向と比べると、全体的に日本国籍の件数割合が少ない。特許との差異が特に大きいのは、切断・溶接とピーニングであり、特許出願においても日本国籍の件数割合が少ないフォーミング（3D プリント）は差異が殆どない。

3 . 技術区分毎の研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率

(1) 光源種別

図 5-6 に技術区分が光源種別：半導体レーザーに分類される研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率を示す（発行年：2010-2014 年）。5 年間の合計 1,530 件に対する発表件数比率（円グラフ）に着目すると、発表論文数の最も多い研究者所属機関国籍・地域は欧州であり（約 37%）、次いで、米国（約 18%）、中国（約 13%）となっており、日本（約 8%）と韓国（約 3%）は上位 3 国・地域に比べるとかなり少ない。

発表論文数の年推移に着目すると、全体数は隔年で増減を繰り返しているが、年間 300 件程で微増する傾向にある。欧州からの発表件数がいずれの年も一番多いが、年次推移としては 2011 年をピークに減少する傾向にある。一方、中国からの発報論文数は、堅調に増加しており、2010 年には、米国の半分程であったものが、2014 年には、米国の 8 割を超える水準に達している。

図 5-6 技術区分（光源種別：半導体レーザー）における研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（発行年：2010-2014年）

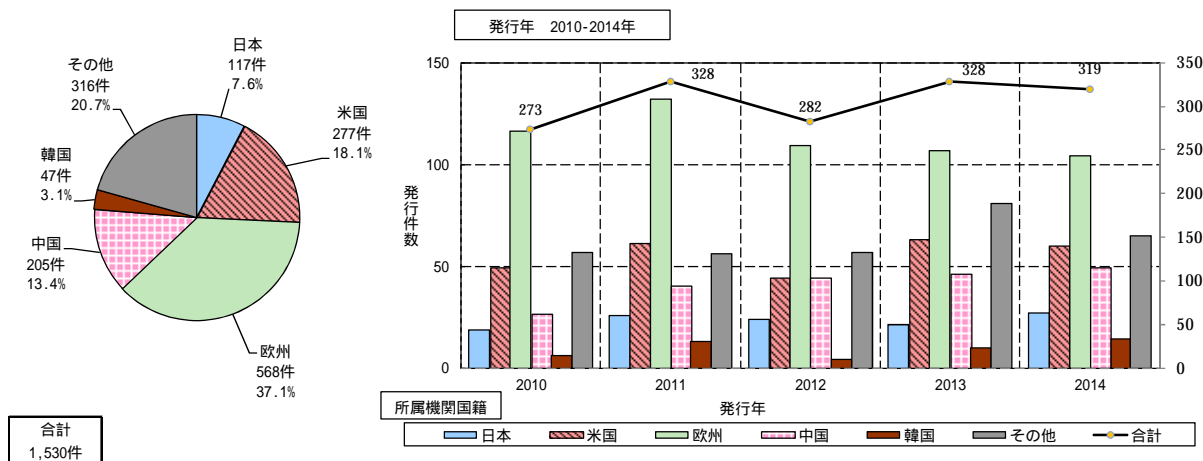


図 5-7 技術区分（光源種別：ファイバーレーザー）における研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（発行年：2010-2014年）

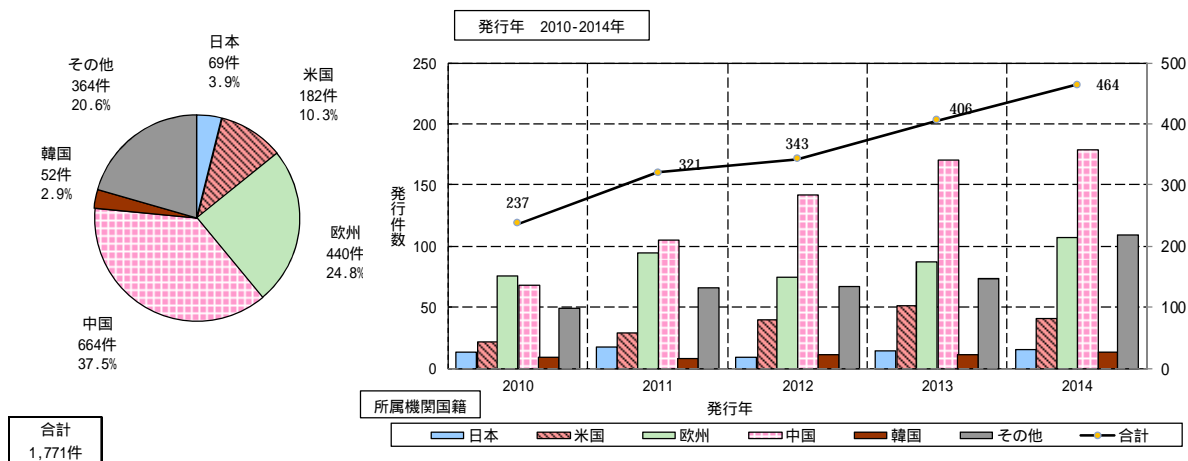


図 5-7 に技術区分が光源種別：ファイバーレーザーに分類される研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率を示す（発行年：2010-2014年）。5年間の合計1,771件に対する発表件数比率（円グラフ）に着目すると、発表論文数の最も多い研究者所属機関国籍は中国であり（約38%）、次いで、欧州（約25%）、米国（約10%）となっており、日本（約4%）と韓国（約3%）が続く。

発表論文数の年推移に着目すると、全体数は一貫して増加しており、2014年は、2010年の約2倍となっている。米国や欧州も増加傾向にあるが、中国からの発表が2倍以上

に伸びており、この分野の発表増加の主要因となっている。

特許出願動向と比べると、全体的に日本国籍の件数割合が少ない。特許では、ファイバーレーザ全体として緩やかな増加傾向であったのに対し、論文では、増加傾向がより明確である。特許出願数推移では、日米が増加の牽引役であったのに対し、論文では欧州と中国が牽引役で、特に中国の増加の影響が大きい点が異なる。ただし、近年、中国の増加が顕著で、ある点は特許と論文で一致している。図 4-3-1-3-1-2 参照。

図 5-8 技術区分（光源種別：YAG レーザ）における研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（発行年：2010-2014 年）

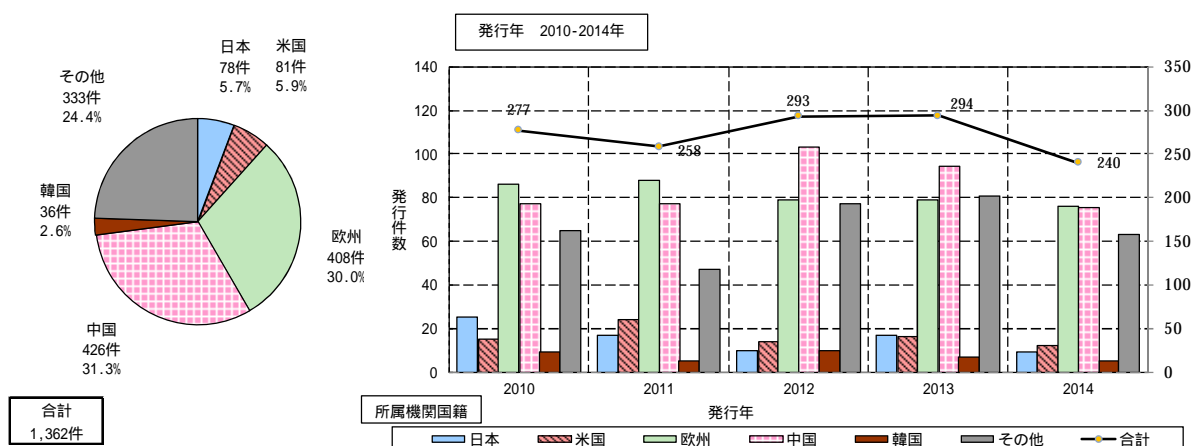


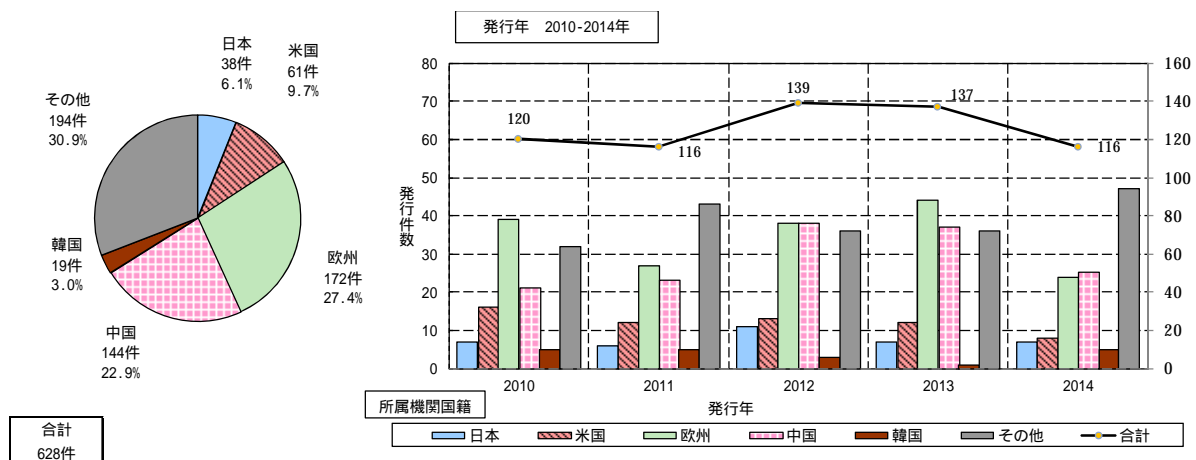
図 5-8 に技術区分が光源種別：YAG レーザに分類される研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率を示す（発行年：2010-2014 年）。5 年間の合計 1,362 件に対する発表件数比率(円グラフ)に着目すると、発表者の所属国籍が、中国(約 31%)と欧州(約 30%)からが大体同じ割合で多く、これに比較すると、米国(約 6%)、日本(約 6%)、韓国(約 3%)からは少ない。その他の国・地域からの論文発表がかなり多く約 24% ある。

発表論文数の年推移に着目すると、全体数は毎年 300 件弱で横ばいであり、この 5 年間では、いずれの年も中国と欧州、および、その他の国・地域からの発表が拮抗して多い傾向にある。

図 5-9 に技術区分が光源種別：CO₂ レーザの分類に含まれる研究者所属機関国籍別の論文発表件数推移及び論文発表件数比率を示す（発行年：2010-2014 年）。5 年間の合計 628 件に対する発表件数比率(円グラフ)に着目すると、発表者の所属国籍が、欧州(約 27%)が多く、拮抗して中国(約 23%)が多い。次いで、米国(約 10%)、日本(約 6%)、韓国(約 3%)となっている。但し、その他の国・地域からの論文発表件数が約 31%と最も多い比率となっている。

発表論文数の年推移に着目すると、全体数は毎年 120 件程度で横ばいとなっており、いずれの年も欧州、中国、ないしは、その他の国・地域からの論文発表件数が多い傾向にある。

図 5-9 技術区分（光源種別：CO₂ レーザ）における研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（発行年：2010-2014 年）



(2) 加工測定方法

図 5-10 レーザ光から生成される X 線または量子ビームを利用した計測技術における研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（発行年：2010-2014 年）

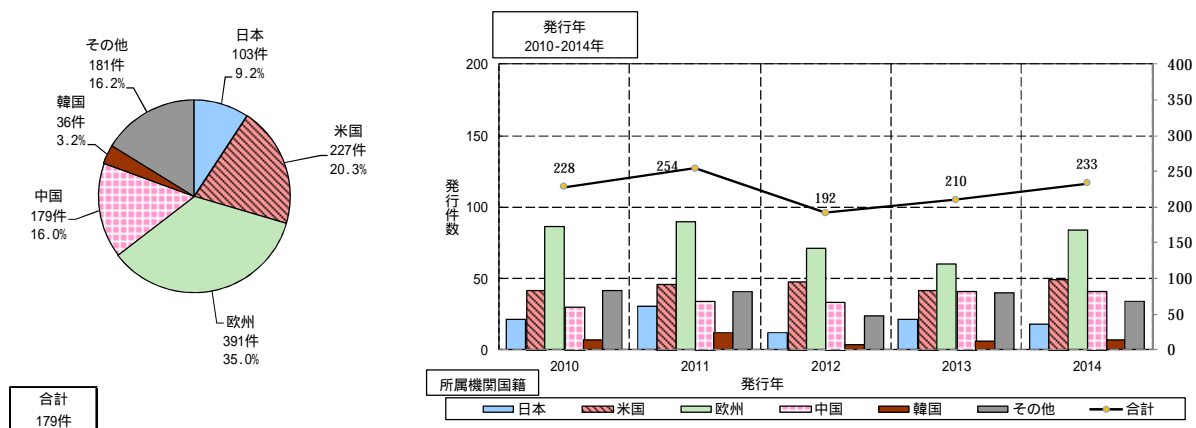


図 5-10 に技術区分がレーザー光から生成される X 線または量子ビームを利用した計測技術に分類される研究者所属機関国籍別の論文発表件数推移及び論文発表件数比率を示す（発行年：2010-2014 年）。5 年間の合計 179 件に対する発表件数比率（円グラフ）に着目すると、発表者の所属国籍・地域では、欧州（約 35%）が最も多く、次いで米国（約 20%）、中国（約 16%）、日本（約 9%）、韓国（約 3%）となっており、その他の国・地域からの論文発表件数が約 16% ある。

発表論文数の年推移に着目すると、発行件数の全体数推移は、年間 200～250 件で横ばいとなっており、所属機関国籍別の推移も比較的变化が少ない。

論文発表件数は、特許出願件数と比べると、各国籍の占める件数割合において、欧州籍と米国籍はあまり変わらないが、中国籍が大きく、日本国籍が小さい。各国籍の論文発表件数推移はほぼ横ばいな点が特許出願件数推移と同様の傾向である。

図 5-11 レーザ光によるピーニングにおける研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（発行年：2010-2014年）

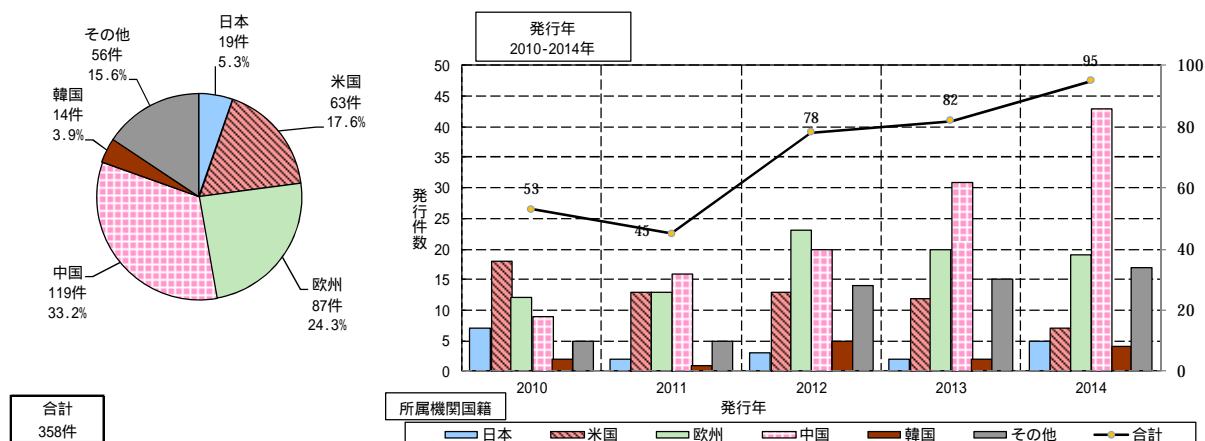


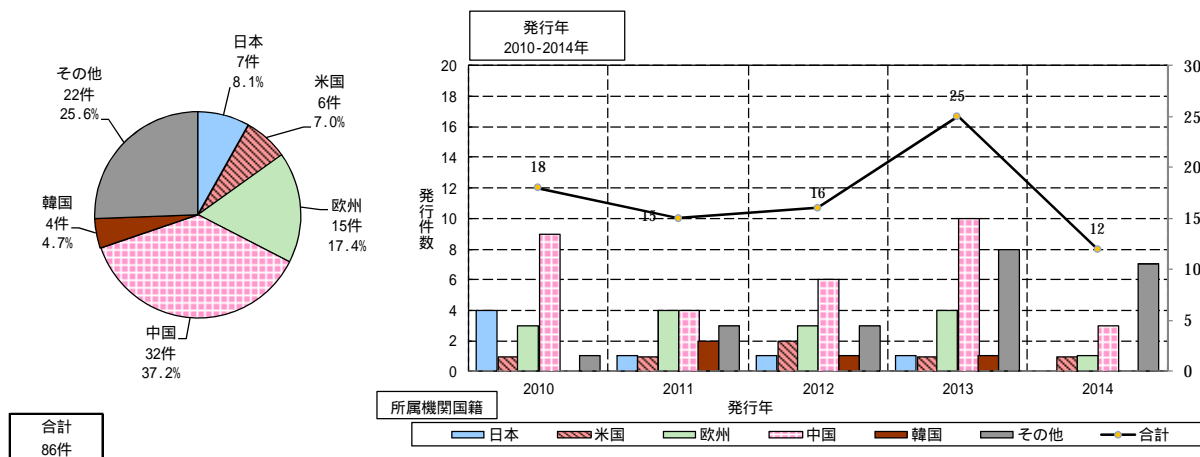
図 5-11 に技術区分がレーザ光によるピーニングに分類される研究者所属機関国籍別の論文発表件数推移及び論文発表件数比率を示す（発行年：2010-2014年）。5年間の合計 358 件に対する発表件数比率（円グラフ）に着目すると、発表者の所属国籍・地域では、中国（約 33%）が最も多く、次いで欧州（約 24%）、米国（約 18%）、日本（約 5%）、韓国（約 4%）と続く。その他が約 16%である。

発表論文数の年推移に着目すると、発行件数の全体数推移は、2011年より急激に増加しており、2014年には、2010年の倍程度に達している。とりわけ、研究者が中国に所属する発表論文の件数が伸びていることが分かる。

特許出願動向と比べると、日本国籍の件数割合が相当少ない。特許出願件数では少なかった中国籍が、最多である。一方で、特許では近年急増の発端が見えるのに対し、中国籍の発表論文数推移は、顕著な増加傾向がみられる。中国籍以外の件数推移はほぼ横ばいな点が特許出願件数推移と同様の傾向である。

図 5-12 に技術区分がレーザ光によるフォーミング（曲げ加工）に分類される研究者所属機関国籍別の論文発表件数推移及び論文発表件数比率を示す（発行年：2010-2014年）。5年間の合計は 86 件と少ないが、発表件数比率（円グラフ）に着目すると、発表者の所属国籍・地域では、中国（約 37%）が最も多く、次いで欧州（約 17%）、日本（約 8%）、米国（約 7%）、韓国（約 5%）と続く。その他の国・地域からの論文発表件数が約 26%を占めている。

図 5-12 レーザ光によるフォーミング(曲げ加工) における研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率 (発行年：2010-2014 年)



発表論文数の年推移に着目すると、発行件数の全体数は、毎年 12 件～25 件の範囲で増減しているが、いずれの年も研究者が中国に所属する発表論文の件数が多い傾向にある。研究者が日本に所属する発表論文の件数は、2010 年が最も多く減少する傾向にある。特許出願動向と比べると、日本国籍の件数割合が相当少ない。一方で、特許と同様に、各国籍において、発表論文数は顕著な増減傾向はみられない

図 5-13 レーザ光によるフォーミング(3Dプリント) における研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率 (発行年：2010-2014 年)

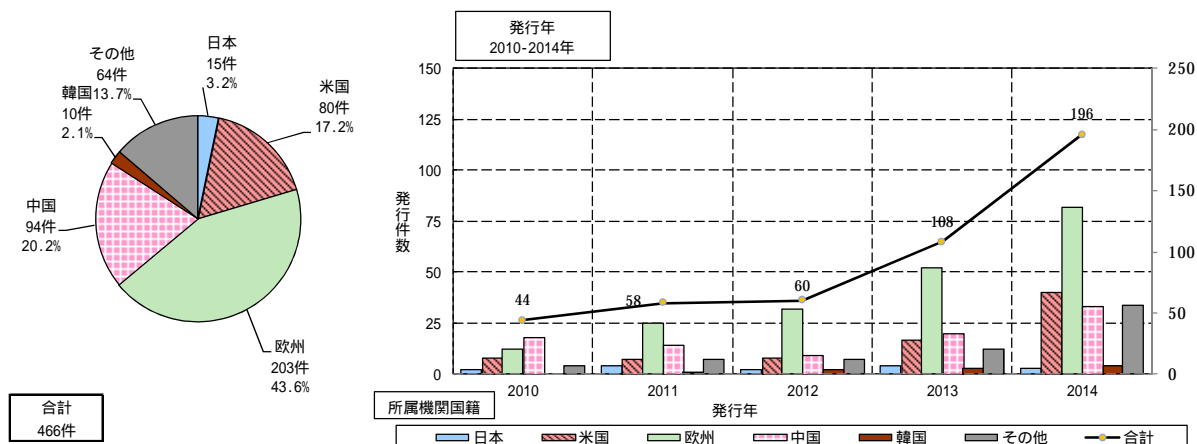


図 5-13 に技術区分がレーザ光によるフォーミング(3Dプリント) に分類される研究者所属機関国籍別の論文発表件数推移及び論文発表件数比率を示す (発行年：2010-2014 年)。5 年間の合計は 466 件であり、発表件数比率 (円グラフ) に着目すると、発表者の所属国籍・地域では、欧州 (約 44%) が最も多く、次いで中国 (約 20%)、米国 (約 17%)、

日本（約 3%）、韓国（約 2%）となっており、その他が約 14%ある。

発表論文数の年推移に着目すると、発行件数の全体数は、2012 年から毎年 2 倍のペースで著しく増加していることが分かる。国籍別では、欧州、中国、米国の上位 3 地域は発行数の伸びが大きく、日本と韓国からの論文発表数は少数に留まっている。

特許出願動向と比べ、ほぼ完全に傾向が一致しており、日本国籍の件数が低迷している一方で、特に近年において、欧州籍・米国籍・中国籍の件数急増が顕著である

図 5-14 レーザ光による切断・溶接における研究者所属機関国籍別論文発表件数推移及び論文発表件数比率（発行年：2010-2014 年）

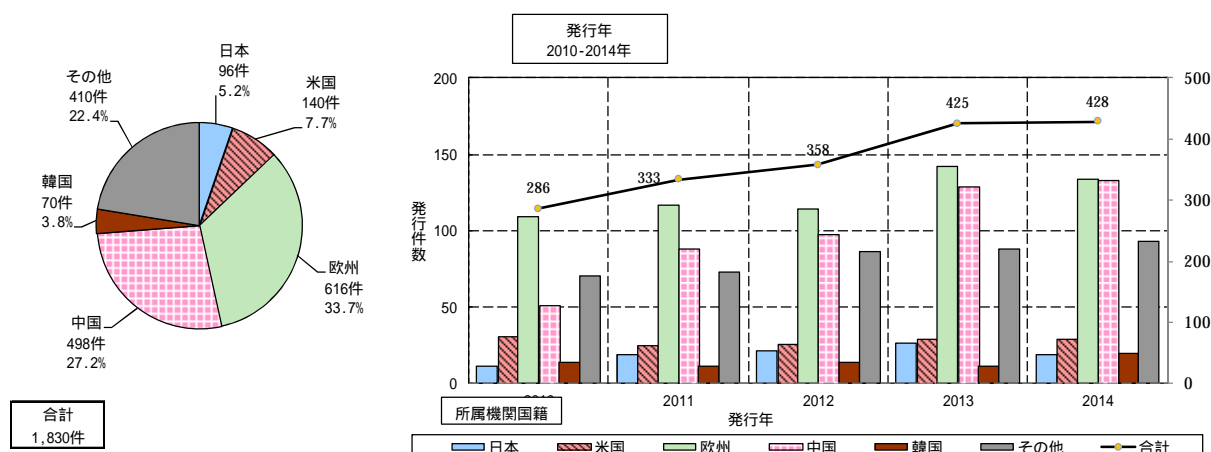


図 5-14 に技術区分がレーザー光による切断・溶接に分類される研究者所属機関国籍別の論文発表件数推移及び論文発表件数比率を示す（発行年：2010-2014 年）。5 年間の合計は 1,830 件であり、発表件数比率（円グラフ）に着目すると、発表者の所属国籍・地域では、欧州（約 34%）が最も多く、次いで中国（約 27%）、米国（約 8%）、日本（約 5%）、韓国（約 4%）と続く。その他の国・地域のものが、約 22%となっている。

発表論文数の年推移に着目すると、発行件数の全体数は、2010 年から年率 10%程度の増加傾向にある。とりわけ所属機関の国籍が中国の論文発行数の伸びが大きく、2010 年には、欧州の半分程度であったものが、2.5 倍程度に増加して 2014 年には、欧州と同数の水準に達している。

特許出願動向と比べると、日本国籍の件数割合が相当少ない。日本国籍の件数が低迷している一方で、欧州籍の増加が堅調であり、中国籍の件数急増が顕著で、トップの欧州に並ぶ勢いがある。

第 4 節 研究者所属機関別動向

1. 全体動向

図 5-15 に研究者所属機関別論文発表件数を示す。中国がトップ 10 のうち 8 機関を占めている。特に中国科学院が突出している。ロシア、日本はそれぞれ 1 機関入っている。

論文の数からみると図 5-15 に示したように、欧州は中国よりやや多いが、このランキングには 1 機関も入っていない。これは、欧州は多国籍であるので研究機関の数が多く、論文が分散したものと思われる。

図 5-15 研究者所属機関別論文発表件数ランキング（研究者所属機関国籍別）
（発行年：2010-2014 年）

全体		
順位	研究者所属機関名称	件数
1	中国科学院(中国)	843
2	ロシア科学アカデミー(ロシア)	409
3	山東大学(中国)	319
4	ハルビン工業大学(中国)	240
5	国防科学技術大学(中国)	206
6	長春理工大学(中国)	190
7	清華大学(中国)	155
8	華中科技大学(中国)	150
9	上海交通大学(中国)	150
10	大阪大学	136

特許出願件数ランキングでは、日本国籍企業が上位をほぼ独占していたが、論文（発表論文件数上位ランキング）では中国籍の研究者所属機関（大学または大学以外の研究機関）が上位をほぼ独占している点が異なる。

2. 技術区分別動向

（1）光源種別

図 5-16 に全調査対象技術分野の技術区分（光源種）別研究者所属機関別論文発表件数ランキングを示す。国別では中国は 34 機関と最も多く、次いで欧州が 14 機関、日本は 3 機関、米国が 1 機関である。図 5-1 に戻って全論文数を見ると、中国は、欧州の 80% 程度で、米国の 1.7 倍であったが、ランキングした研究機関の数では、中国が圧倒している。これは中国では、欧州、米国と比較してより少数の研究機関に発表が集中しているためと考えられる。

光源種別で見ると、中国の研究機関は、全ての光源種に存在する。一方、光源種を横断して研究をしている研究機関は、中国科学院とロシア科学アカデミーであり、共に、全体の 8 光源種中、7 光源種で発表を行っている。特にロシアは、この科学アカデミー以外にランキングをしている研究機関は無いので、研究の集中化が窺える。

図 5-16 全調査対象技術分野の技術区分(光源種)別研究者所属機関別論文発表件数ランキング(発行年:2010-2014年)

半導体レーザー			ファイバーレーザー			CO2レーザー			YAGレーザー		
順位	研究者所属機関名称	件数	順位	研究者所属機関名称	件数	順位	研究者所属機関名称	件数	順位	研究者所属機関名称	件数
1	中国科学院(中国)	65	1	国防科学技术大学(中国)	128	1	ロシア科学アカデミー(ロシア)	25	1	中国科学院(中国)	81
2	ロシア科学アカデミー(ロシア)	48	2	中国科学院(中国)	123	2	華中科技大学(中国)	15	2	山東大学(中国)	57
3	Leibniz Inst Hochstfrequenztech(ドイツ)	33	3	マラヤ大学(マレーシア)	56	2	上海交通大学(中国)	15	3	長春理工大学(中国)	31
4	Tampere Univ Technol(フィンランド)	19	4	ロシア科学アカデミー(ロシア)	47	4	Natl Cheng Kung Univ(台湾)	12	3	ハルビン工業大学(中国)	31
5	ETH(スイス)	17	5	フリードリヒ・シラー大学イェーナ(ドイツ)	37	5	長春理工大学(中国)	10	5	Raja Ramanna Ctr Adv Technol(インド)	16
6	イリノイ大学(米国)	14	6	Tsinghua Univ(中国)	34	6	ハルビン工業大学(中国)	9	5	ロシア科学アカデミー(ロシア)	16
7	ハーバード大学(米国)	13	7	サウサンプトン大学(イギリス)	32	6	Raja Ramanna Ctr Adv Technol(インド)	9	7	サンパウロ大学(ブラジル)	14
7	ノースウェスタン大学(米国)	13	8	天津大学(中国)	29	8	中国科学院(中国)	8	8	廈門大学(中国)	13
7	Tech Univ Berlin(ドイツ)	13	9	華中科技大学(中国)	23	8	ダブリンシティ大学(アイルランド)	8	9	天津大学(中国)	12
10			10	北京工業大学(中国)	21	10	サンパウロ大学(ブラジル)	6	10		

光源種ごと全般の特許出願件数ランキングでは、日本国籍企業が半数以上を占め、残りを欧州籍または米国籍の企業で、分け合っているような状態であったが、論文では中国籍と欧州籍の研究機関で多数を占めている点が異なる。

特にファイバーレーザーの特許出願件数ランキングでは日本国籍と中国籍の出願人で上位を独占していたが、中国籍の研究者所属機関の他に、欧州籍の研究者所属機関や日米欧中韓以外の国籍の研究機関も相当数ランキング上位に顔を出してりいる点が異なる。

(2) 加工測定方法別

図 5-17 は、加工測定方法別論文発表件数ランキングを示す。中国は、ここで分類した5つの加工測定方法の全ての分野で研究機関がトップ10に入っている。欧州は、3つの分野でトップ10に入っているが、特に、フォーミング(3Dプリント)の分野では、過半数を占める。米国も3つの分野に入っているが、X線、量子ビームを利用した計測技術では、半分を占めている。日本は、切断・溶接とX線、量子ビームを利用した計測技術の2つであり、ロシアは、X線、量子ビームを利用した計測技術である。このほか、サウジアラビア、イランの研究機関がトップ10に入っている。両国とも全体の論文数は少ないが、少数の突出した研究機関のあることが示される。

加工測定方法ごと全般の特許出願件数ランキングでは、日本国籍企業が半数以上を占め、残りを欧州籍または米国籍の企業で、分け合っているような状態であったが、論文では中国籍の研究機関が半数以上を占め、残りを中国籍以外の研究機関で分け合っている状態であり、日本国籍は2機関に過ぎない点が異なる。

図 5-17 加工測定方法別研究者所属機関別論文発表件数ランキング
(発行年：2010-2014年)

切断・溶接			レーザー光から生成されるX線または量子ビームを利用した計測技術			ビーミング			フォーミング<折り曲げ>			フォーミング<3Dプリント>		
順位	研究者所属機関名称	件数	順位	研究者所属機関名称	件数	順位	研究者所属機関名称	件数	順位	研究者所属機関名称	件数	順位	研究者所属機関名称	件数
1	華中科技大学(中国)	47	1	中国科学院(中国)	59	1	江蘇大学(中国)	27	1	上海交通大学(中国)	6	1	ルーヴェン・カトリック大学(ベルギー)	17
2	大連理工大学(中国)	38	2	ロシア科学アカデミー(ロシア)	31	2	バドュー大学(米国)	19	2	中国石油大学(中国)	5	1	Univ Loughborough(イギリス)	17
3	ハルビン工業大学(中国)	36	3	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	23	3	上海交通大学(中国)	10	2	大連理工大学(中国)	5	3	華中科技大学(中国)	12
4	大阪大学	34	4	ローレンス・リバモア国立研究所(米国)	20	4	中国科学院(中国)	9	4	江蘇大学(中国)	5	4	エクセター大学(イギリス)	9
4	上海交通大学(中国)	34	5	SLAC国立加速器研究所(米国)	18	5	空軍工程大学(中国)	8	5	Isfahan Univ Technol(イラン)	3	5	バドュー大学(米国)	8
6	北京工業大学(中国)	24	6	クィーンズ大学ベルファスト(イギリス)	16	6	Beijing Aeronaut Mfg Technol Res Inst(中国)	7	5	King Fahd Univ Petr & Minerals(サウジアラビア)	3	5	エアランゲンニュルンベルク大学(ドイツ)	8
6	マンチェスター大学(イギリス)	24	6	中国工務物理研究院(中国)	15	7			7			7	北京航空航天大学(中国)	7
8	King Fahd Univ Petr & Minerals(サウジアラビア)	23	6	カリフォルニア大学バークレー校(米国)	15	8			8			7	テキサス大学オースティン校(米国)	7
8	清華大学(中国)	21	6	カリフォルニア大学ロサンゼルス校(米国)	15	9			9			9		

特にフォーミング(3Dプリント)の特許出願件数ランキングでは欧州籍と米国籍の出願人で上位を独占していたが、欧州籍と米国籍の研究者所属機関の他に中国籍の研究者所属機関がランキング上位に顔を出している点が異なる。日本国籍が上位にランクインしていない点は特許と同じである。

第6章 総合分析と提言

第1節 総括

我が国に拠点をおくレーザーメーカーの世界市場における販売シェアは、光源別に見た場合、エキシマレーザー¹やCO2レーザーが高く、それぞれ34%、15%となっている(図6-1)。一方、昨今市場伸び率の著しいファイバーレーザーでは、5%のシェアを占めるにとどまっている。

図 6-1 レーザ光源別の世界市場規模と日本企業のシェア・日本市場規模(2014年)

レーザー種別	世界市場		日本市場規模 (百万円)
	市場規模 (百万円)	日本企業 シェア(%)	
ファイバー	143,490	5	7,744
高出力半導体	35,612	2	703
固体	142,855	7	10,437
CO2	132,355	15	19,711
エキシマ	88,194	34	29,554

(注)世界市場における日本企業シェアは、日本に本社を置く企業の全出荷額(海外への出荷も含む)のシェアを示す。

出典：三菱UFJリサーチ&コンサルティング推計

レーザー光源別に特許出願件数及び論文発表件数の伸び率をみると、ファイバーレーザーが件数及び伸び率ともに大きい(図6-2)。加工・測定技術別にみると、特許出願件数及び論文発表件数ともに切断・溶接等が多いが、伸び率ではフォーミング(折り曲げ・3Dプリント)が高い(図6-3)。応用産業別には、特許出願件数では製造業、論文発表件数では医療で件数が多く、特許出願では食品を除いて概ね横ばい傾向にあるが、論文発表では食品を除いていずれも概ね増加傾向にある(図6-4)。加工対象物別には、特許出願件数では非金属の塊等(非粉体)、論文発表件数では金属の板や塊等(非粉体)に関する件数が多い(図6-5)。板や塊の金属加工、また3Dプリンタ等に代表される粉体加工に関する特許出願および論文発表が伸びている。

まだ世界市場の規模は小さく、また日本企業のシェアも必ずしも高くはないが、光源別では日本国籍出願人による半導体レーザー及びYAGレーザーに関連した特許出願は常に大きな割合を占めている。これは日本への出願だけではなく、その他地域についても同様の傾向がみられ、欧州、中国、韓国では首位を現地国籍出願人に譲るも大きな存在を占めている。

¹半導体露光用光源(エキシマレーザーの主要用途)のメーカーは世界で2社(日本、米国)しかなく、両社でシェアを独占している。

図 6-2 技術区分（レーザ光源）別の特許件数・論文件数伸び率

技術区分		レーザ光源						
		半導体	ファイバー	ディスク	チタン サファイア	YAG	CO2	エキシマ
特許 件数	2004年	1293	254	18	29	326	143	165
	2011年 (2013年)	838 (515)	430 (280)	34 (19)	50 (77)	234 (117)	166 (109)	81 (41)
	伸び率	0.65	1.69	1.89	1.72	0.72	1.16	0.49
論文 数	2010年	273	237	16	40	277	120	47
	2014年	319	464	33	48	240	116	51
	伸び率	1.17	1.96	2.06	1.20	0.87	0.97	1.09

注：第4部特許動向調査から整理

2012年以降は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で特許の全出願データを反映していない可能性がある。そのため比較には2011年の数値を使用し、参考として2013年の数値を記載した。

図 6-3 技術区分（加工・測定技術）別の特許件数・論文件数伸び率

技術区分		加工・測定技術				
		X線または 量子ビーム を利用した 計測技術	ピーニング	フォーミング (折り曲げ)	フォーミング (3Dプリント)	切断溶接 等
特許 件数	2004年	94	75	2	16	472
	2011年 (2013年)	72 (37)	63 (55)	16 (14)	65 (135)	563 (504)
	伸び率	0.77	0.84	8.00	4.06	1.19
論文 数	2010年	228	53	18	44	286
	2014年	233	95	12	196	428
	伸び率	1.02	1.79	0.67	4.45	1.50

注：第4部特許動向調査から整理

2012年以降は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で特許の全出願データを反映していない可能性がある。そのため比較には2011年の数値を使用し、参考として2013年の数値を記載した。

図 6-4 技術区分（応用産業）別の特許件数・論文件数伸び率

技術区分		応用産業			
		製造業	建築	医療	食品
特許件数	2004年	1482	36	272	2
	2011年 (2013年)	1196 (855)	33 (29)	258 (150)	39 (9)
	伸び率	0.81	0.92	0.95	19.50
論文数	2010年	313	25	525	6
	2014年	376	30	720	6
	伸び率	1.20	1.20	1.37	1.00

注：第4部特許動向調査から整理

2012年以降は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で特許の全出願データを反映していない可能性がある。そのため比較には2011年の数値を使用し、参考として2013年の数値を記載した。

図 6-5 技術区分（加工対象物）別の特許件数・論文件数伸び率

技術区分		加工対象物		
		金属（非紛体）	非金属（非紛体）	粉体
特許件数	2004年	274	474	29
	2011年 (2013年)	479 (372)	434 (287)	50 (77)
	伸び率	1.75	0.92	1.72
論文数	2010年	605	392	78
	2014年	748	397	247
	伸び率	1.24	1.01	3.17

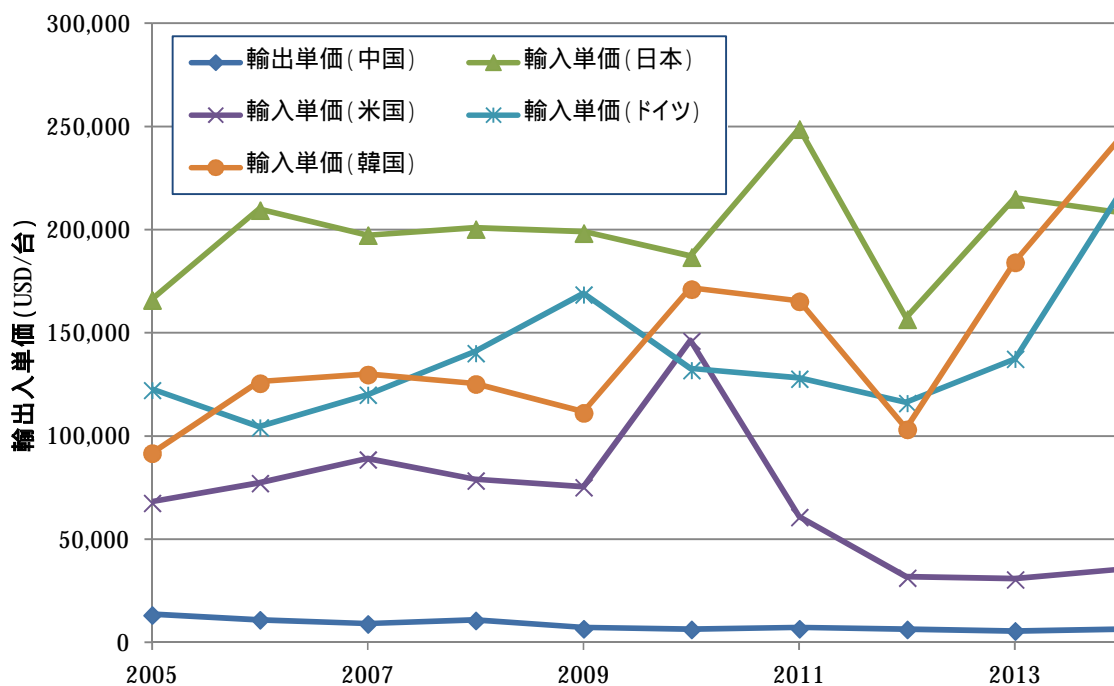
注：第4部特許動向調査から整理

2012年以降は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で特許の全出願データを反映していない可能性がある。そのため比較には2011年の数値を使用し、参考として2013年の数値を記載した。

各国の政策動向をみると、光源ではいずれもファイバーレーザー、高出力半導体レーザー、固体レーザーに注目しているものが多い。また、一部ではより短波長のレーザー光を発振できるレーザーを用いることで（半導体レーザーなどがこれに該当する）、より高い光子エネルギーでの加工、また波長が短くなることでの集光スポットの小ささを利用した微細加工に関連した技術開発がすすめられている。このほか、フェムト秒レーザー加工等といった繰り返し周波数を高くすることで加工特性を向上させようとする技術開発がすすめられている。

さらに技術開発競争以外の要素から、世界のレーザー市場における動向を注視すべき国の一つとして中国がある。中国から輸出されるレーザー加工機、諸外国から輸入されるレーザー加工機の単価の推移をみると、日本、ドイツ、韓国、アメリカなどから中国に輸入されるレーザー加工機と比較して、中国から輸出される加工機の単価は大幅に安くなっており、中国が価格競争において優位にある可能性が考えられる（図 6-6）。

図 6-6 中国におけるレーザー加工機の輸出単価と諸外国からの輸入単価の推移

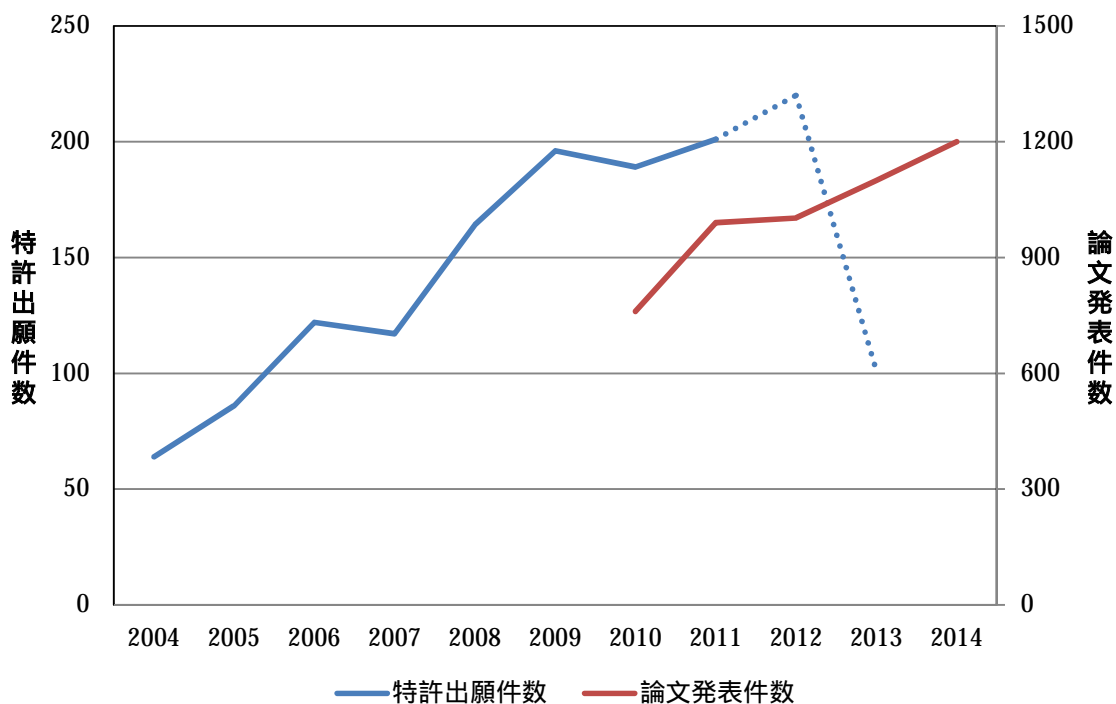


注) 輸入単価は CIF ベース、輸出単価は FIB ベース

出典：UN-Comtrade をもとに三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

なお、中国籍出願人からの特許件数はここ 10 年で 3.4 倍、筆頭著者の所属機関が中国籍である論文数はここ 5 年で 1.6 倍となっており(図 6-7)、研究開発にも力を入れていることが伺える。近年中国の光源・加工機メーカーが大きくシェアを伸ばしており、代表的な加工機メーカーである Hans Laser 社は 10 年で売り上げを 15 倍に延ばすなど急激な成長を遂げている(図 6-8)。価格優位性もさることながら、こうした研究開発への取り組み拡大がさらなる競争力の向上につながっている可能性がある。

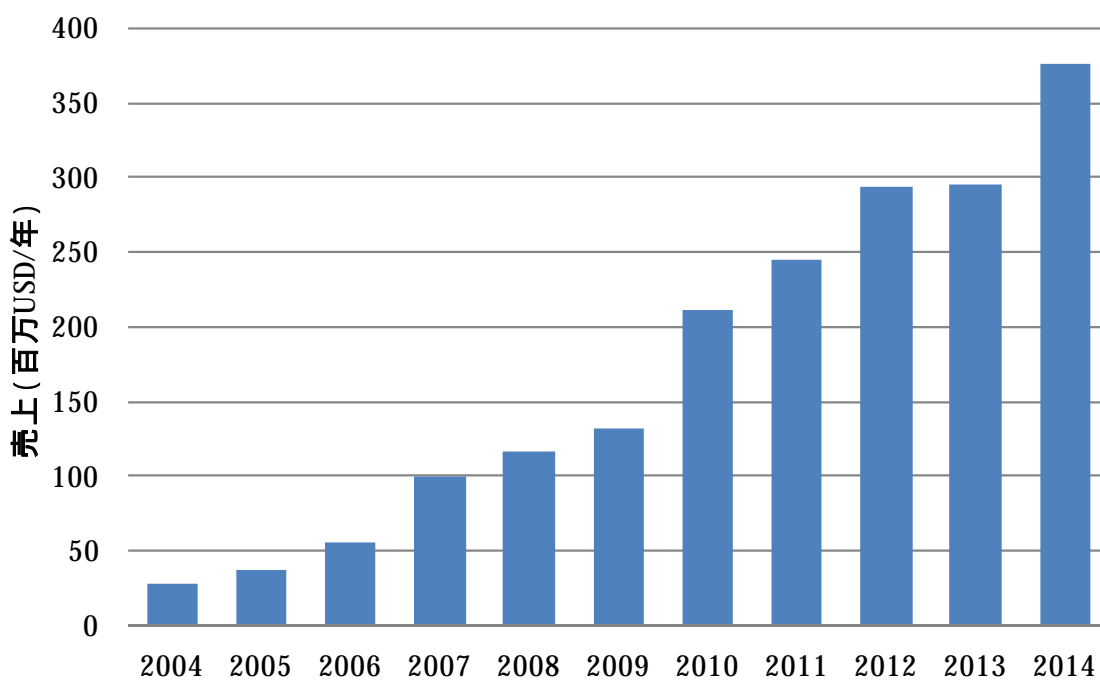
図 6-7 中国出願人からの特許出願件数および筆頭著者の所属機関が中国籍である論文数の推移



注：第4部特許動向調査から整理、第5部研究開発動向調査から整理

2012年以降の特許出願件数は、データベース収録の遅れ、PCT出願の各国移行のずれ等で特許の全出願データを反映していない可能性がある。

図 6-8 Hans Laser 社の世界市場売り上げ推移



出典：Hans Laser 社のアニュアルレポートを基に三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング作成

価格面で優位に立つ中国に対して、欧米は先端的なレーザ開発で先行していると考えられる。ガスレーザや半導体レーザなどと比べて比較的最近開発されたディスクレーザは、欧州や米国において特許出願・論文発行が盛んである。特にディスクレーザの開発がシュツットガルト大学で行われたこともあり、特許出願ランキング・論文発表数ランキングにおいてドイツ国籍の大学・企業・研究機関が目立つなど、この分野で先行していることが伺える。

日米独中韓の製造業の構成（付加価値額ベース）をみると、日本においては化学工業・電子機器・一般機械・自動車などの割合が高い（図 6-9）。ドイツも日本と同様に化学工業・一般機械・自動車の割合が高く、加えて金属製品の割合も高い一方、電子機器の割合は低い。アメリカにおいては化学工業・食品工業の割合が大きく、中国は化学工業・一次金属の割合が高い。韓国は電子機器の割合が特出して高いといった特徴がある。

図 6-9 日米欧中韓の製造業の構成（付加価値額ベース、2014 年）

	日本	アメリカ	ドイツ	中国*	韓国
食品工業	13%	14%	8%	10%	5%
繊維工業	2%	2%	1%	6%	3%
化学工業	12%	16%	11%	11%	10%
一次金属	6%	4%	4%	15%	7%
金属製品	6%	8%	10%	4%	6%
電子機器	12%	10%	5%	9%	25%
電気機器	5%	3%	8%	3%	4%
一般機械	11%	8%	16%	5%	7%
自動車	13%	5%	16%	6%	11%
航空・船舶	2%	5%	2%	7%	6%
その他	19%	24%	21%	23%	15%

出典：矢野恒太記念会「世界国政図会 2015/16」を基に三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

（注 1）付加価値額=出荷額-原材料費で産出されている。いずれも各国通貨ベース。

（注 2）中国のみ付加価値額の入手ができなかったため、出荷額ベースでの表示

各国の政策動向、主要企業の研究開発動向において注目されているユーザーニーズを整理すると、近年重要になっているユーザーニーズとして、紫外光など短波長の光を用いた微細加工が挙げられる（図 6-10）。ドイツフラウンホーファー研究所においては UV ピコ秒レーザを用いたレーザアブレーションによる、マイクロ・ナノサイズの表面微細加工技術の研究開発が実施されている。レーザ光源の主要企業もレーザの短波長化に着目しており、IPG 社はファイバーレーザによる青色・紫外光の発振、ディスクレーザで先行する Trumpf 社は固体レーザの波長変換による紫外レーザの実現を、それぞれ事業戦略として挙げている。

非熱的加工を見越した光源の短波長化・短パルス化といったニーズも挙げられる。日本では難加工材である CFRP をパルス発振するファイバーレーザで切断する技術開発がナシ

ヨナルプロジェクトにおいて実施されている。ドイツにおいても超短パルスレーザーを用いた CFRP の加工技術開発が実施された。

固体レーザーの一種であるディスクレーザーにおいて先行している Trumpf 社においては、固体レーザーによる短パルス発振に重きを置いた研究開発が行われている。特に高出力パルスレーザーの産業化に注力しており、コスト低減も視野に入れた開発が行われている。また Bosch 社、Jena 大学と協力して、インジェクター・酸素センサーなどエンジン部品に対して高付加価値を生む、超短パルスレーザーを用いた画期的な製造技術の開発を目指している。COHERENT 社においては超短パルスレーザーの熱影響層の小ささに着目した加工技術の開発が行われている。IPG 社はファイバーレーザーにおいて主要なシェアを占めているが、高出力による金属の熱加工が主流であり、短パルス化による非熱的加工は今後注力して取り組むべき課題である。

着目すべきそのほかのニーズとして、今後市場拡大が見込まれるフォーミング（3D プリント）が挙げられる。米国においては技術開発強化のためのパートナーシップにおいて、製造イノベーション研究所の一つとして 3D プリンティングの技術開発を行う「American Makers」を設置している。また、同技術は Coherent 社、NewPort 社などのレーザー主要企業も注目すべき重要技術として取り上げている。

その他に注目されているニーズとして、異種材料の接合などに用いるブレイジング（ろう付け）がある。ドイツにおいては自動車産業への応用（自動車のボディの接合）を目的としてレーザーを用いたろう付けプロセスの開発を実施している。また、IPG 社も高出力ファイバーレーザーの重要用途として、ブレイジング技術を取り上げている。

なお、我が国ではこうした動きに合わせてレーザー加工による切断現象の解明等といった原理的な研究も同時に並行して進めることで、レーザー加工の品質向上を目指す動きがある。

図 6-10 ユーザーニーズと関連するレーザ種別、各国の政策動向・企業の研究開発動向

ユーザーニーズ	レーザ種別	関連する各国の政策動向・企業の研究開発動向
微細加工	ファイバー	<ul style="list-style-type: none"> （企業動向：IPG 社）微細加工を見据え、紫外・青といった短波長の研究開発を実施 （企業動向：Hans Lasers 社）今後積極的に研究開発・知財獲得を目指す分野として紫外レーザを挙げる
	固体	<ul style="list-style-type: none"> （政策動向：ドイツ）UV ピコ秒レーザを用いたレーザアブレーションによる、マイクロ及びナノオーダーの微細加工技術開発を実施 （企業動向：Trumpf 社）高出力の固体レーザを波長変換することで紫外光を発生させ、高額なエキシマレーザの置き換えを狙う
	C02	<ul style="list-style-type: none"> （政策動向：日本）超短波長の EUV 高出力光源の開発、CFRP やガラス等の難加工材への応用、加工品質の向上に取り組んでいる
非熱的加工	ファイバー	<ul style="list-style-type: none"> （政策動向：日本）ファイバーレーザのパルス発振により難加工材である CFRP 切断の研究開発を実施
	固体	<ul style="list-style-type: none"> （政策動向：ドイツ）超短パルスレーザ (<10ps) を用いた CFRP 加工技術の研究を実施 （企業動向：Coherent 社）フェムト秒パルスレーザアブレーションにより、対象物に与える熱影響層を最小限にする加工技術に着目 （企業動向：Trumpf 社）自動車部品メーカー、大学と協力してフェムト秒パルスレーザの産業利用に向けた研究開発を実施
フォーミング (3D プリント)	半導体、ファイバー	<ul style="list-style-type: none"> （政策動向：米国）技術開発強化のためのパートナーシップにおいて、製造イノベーション研究所の一つとして 3D プリンティングの技術開発を行う「American Makers」を設置 （企業動向：Coherent 社）今後市場の大きくなる 3D プリント向けファイバーレーザに注力 （企業動向：Newport 社）着目すべき技術として 3D プリント関連技術を挙げる
ブレイジング (ろう付け)	ファイバー	<ul style="list-style-type: none"> （政策動向：ドイツ）自動車産業への応用を目的としてレーザを用いたろう付けプロセスの開発を実施 （企業動向：IPG 社）高出力ファイバーレーザの重要なマーケットとして、ブレイジングを挙げる

注：第 2 部市場動向調査、第 3 部政策動向調査から整理

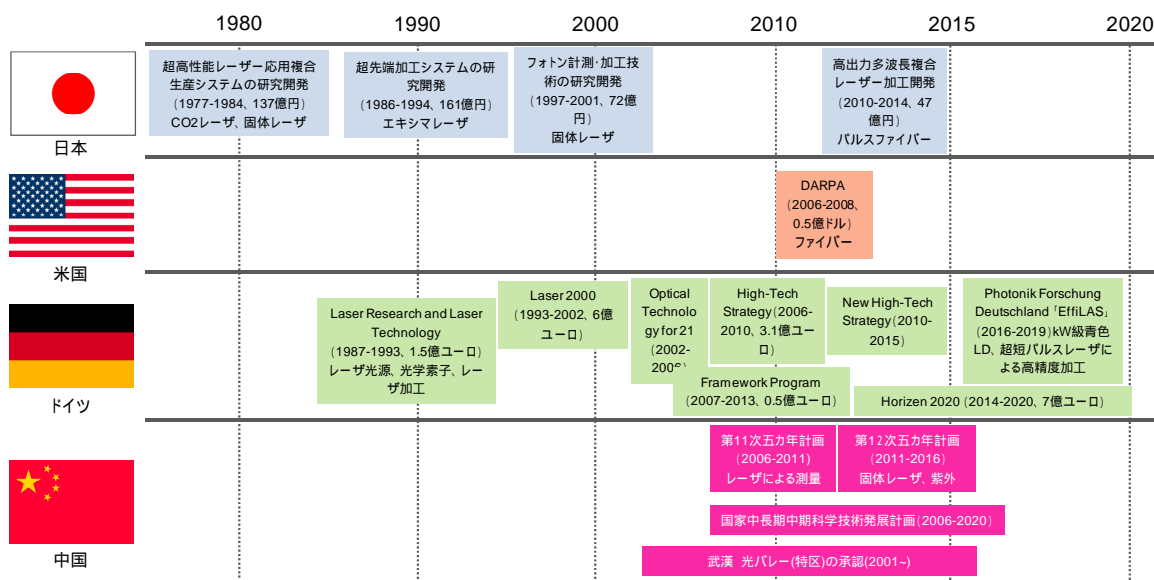
政策動向で着目すべき点として、日本における大型プロジェクトの中断が挙げられる。1970 年代以降日本においては大型のレーザ開発プロジェクトが実施されており、現在日本企業が比較的高い市場シェアを誇る C02 レーザやエキシマレーザの技術の基盤を作った。しかし 2001 年以降 10 年間大型のナショナルプロジェクトが途絶えてしまい、次世代

のファイバーレーザや高出力半導体レーザの開発が進まなかった(図 6-11)。

一方先端的なレーザ開発で先行しているドイツなどでは、レーザ開発のプロジェクトに 1990 年代以降継続して大規模な予算が投じられており(Laser2000(1993 年~1998 年)、Optical Technology for 21 century(2002 年~2006 年)、FP7(2007 年~2013 年))、これにより高出力のファイバーレーザ、固体レーザ、半導体レーザなど現在主流になりつつあるレーザ技術で市場優位を獲得したと考えられる。また、2016 年 2 月からは、直接加工向けキロワット級青色 LD、超短パルスレーザによる高精度加工技術の開発を研究の柱とした新たなプロジェクト(EffiLAS)が開始されている。

特許出願件数、論文発表件数が増加傾向にあり、自国企業の売り上げも急増している中国においては、2000 年代以降のレーザ関連政策が目立つ。2001 年に武漢にハイテク開発区(光バレー)を設置したほか、2011 年に策定した 12 次五カ年計画では自動車産業における硬質材料の加工技術といった課題に注力することが言及されている。

図 6-11 日本・米国・ドイツ・中国の国家プロジェクトの変遷



出典：NEDO 「次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト」(事後評価)分科会 資料 6-1-1、各種資料を基に三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

日本国籍出願人によるレーザ関連特許の出願とその他調査対象国籍出願人によるレーザ関連特許の出願とで大きく異なる点の一つとして、出願人の属性、また単独出願なのか共同出願なのかという点がある。

日本国籍の出願人が筆頭となっている特許では、出願人の属性が企業に集中し、かつ単独出願であることが多いのに対して、欧米国政の出願人が筆頭となっている特許では共同出願の割合が多いという特徴がある(図 6-12)。加工・測定ニーズに基づいたレーザ開発が実施されない要因として、日本のレーザ開発サイドとユーザーサイドの距離が離れており、レーザ開発サイドが気づいていない潜在的なニーズが明確化されていないといった課題が考えられる。過去に実施された我が国におけるレーザ関連国家プロジェクトをみると、最近のプロジェクトメンバーの顔触れは光源メーカーやレーザ加工機メーカーが多く、実際にレーザ加工を行う事業者が加わっていることは少ない傾向にある。レーザの最終ユー

ザーの潜在的なニーズを明確化するためにはレーザ開発サイドと最終ユーザーサイドの緊密な意思疎通が重要である。レーザ開発サイドと最終ユーザーサイドのプロジェクトを同時並行（concurrent strategy¹）に遂行する必要がある。

図 6-12 日米欧中韓における研究実施体制

日本			米国			欧州			中国			韓国		
出願形態	属性	割合	出願形態	属性	割合	出願形態	属性	割合	出願形態	属性	割合	出願形態	属性	割合
単願	企業	83.9%	単願	企業	53.8%	単願	企業	57.8%	単願	大学	33.4%	単願	企業	57.4%
共願	企業・企業	5.7%	共願	企業・企業	7.5%	共願	企業・企業	8.2%	単願	企業	26.9%	単願	大学以外の研究機関	10.3%
共願	企業・大学	1.7%	単願	大学	4.8%	単願	大学以外の研究機関	5.0%	単願	大学以外の研究機関	20.2%	単願	大学	6.2%
その他		8.8%	共願	個人・個人	2.5%	単願	大学	2.3%	共願	企業・企業	4.8%	共願	企業・企業	3.6%
			その他		31.5%	その他		26.7%	その他		14.7%	その他		22.5%

注：第4部特許動向調査から整理

¹ 最終ユーザーの要求と開発者が情報をやり取りして（フィードバックして）、時間効率良く開発を進め、目標を達成すること。

第2節 提言

総合分析を踏まえ、世界市場における我が国パワーレーザー技術の比較優位を維持・拡大させるため、以下のとおり提言する。

【提言1】日本が技術的優位を持つ高出力・高品質半導体レーザー等の研究開発の促進

紫外・青色等の短波長レーザー光を発振できる半導体レーザーなどの分野については、特許出願件数で見ると日本からの出願件数が諸外国よりも多く、当該分野では日本が技術競争において優位にあると考えられる。現時点で有している競争力を維持・強化していくために、今後も引き続き研究開発を維持していくことが望まれる。

これまで日本では政府資金を投入した産学官の連携でレーザーの先端技術開発を実施することで、大きな成果を上げてきた。2001年以降大型のレーザー開発プロジェクトが途絶えたことが、近年ハイパワーレーザーの開発で欧米に後れを喫している一因として指摘されている。

特に紫外・青色等の短波長レーザーは、短波長化による微細加工、また高い光子エネルギーによる非熱的加工性の向上（熱影響層の極小化）を期待できることから、各国が政策目標の中で研究開発課題として取り上げており、今後開発競争が激しくなることが予想される。こうしたニーズを満たす技術開発の傾向として、欧州における短パルス化を目指す技術開発もあるが、非熱的加工に特化した技術開発であり、大型加工への応用という意味では短波長化を目指す技術開発が重要である。

紫外・青色等の半導体レーザーは日本人がノーベル賞を受賞した青色LEDの発展技術でもあり、政府が主導する研究開発プログラムで青色半導体レーザーの金属加工への応用が検討されるなど、要素技術において現在世界をリードしていると言える。将来の加工ニーズを捉える可能性が高い半導体レーザー等については、技術的優位を維持し、また将来の市場獲得を目指し、引き続き産学官連携で研究開発に取り組んでいく必要がある。

なお、ドイツでは国を挙げて高効率ハイパワーレーザー光源に関するプロジェクトを開始させたところであり、そこでは直接加工向けキロワット級青色LDプロジェクトと超短パルスレーザーによる高精度加工技術が研究開発の柱とされているため、これに劣後しない研究開発目標の設定、またプロジェクトマネジメントが求められる。

【提言2】ユーザーニーズを先読みしたレーザー開発及び様々な加工対象物におけるレーザー光加工原理に関する基盤研究の強化

今後の日本のレーザー開発は、国内外のユーザーニーズを捉えながら、波長・輝度・パルス幅の異なる、新たな加工技術につながるレーザーの開発に取り組むべきである。また、これらの開発を行う上では、加工対象物におけるレーザー光加工原理に関する基盤研究も同時に進める必要がある。

パワーレーザーの世界市場においては性能面で強みを有する欧米企業、コスト面において優位な中国企業が高い売り上げを有しており、日本企業のシェアは必ずしも高くはない。特に加工用途において市場が大きくなっているファイバーレーザーを例にした場合、欧米メーカーが光源の開発で先行しており、現状では高いシェアを占めている。

日本の光源メーカーが今後、競争力を高めていくためには、世界市場でも一定のシェアを有する日本の自動車・工作機械メーカー等のユーザーの加工に対するニーズを捉えた技

術開発を行っていくことが重要である。IoT 社会の到来によってニーズが拡大すると考えられるカスタム加工に対応できるレーザー技術開発、従来の機械加工に比べて大幅な省エネルギーを達成することのできる従来加工技術と技術的にも経済的にも同等以上のレーザー技術（装置）開発は、そうしたものの一つでもある。

現在、世界市場で比較的大きなシェアを占めている CO2 レーザ、エキシマレーザは、それぞれ 1980 年代前半、1999 年代前半に我が国で産学官連携による研究開発に取り組んできた背景があり、ここからも 10～20 年先の加工ニーズを見越した研究開発が必要であると考えられる。

今後、具体的に取り組むべき研究開発課題として、各種レーザーの短波長化（この場合は特に半導体レーザーによる紫外・青色等の波長域）・高輝度化・短パルス化などが挙げられる。これらの課題は諸外国の有力メーカーにおいても今後の開発課題としてあげられているものである。

こうした研究開発を行う際には、どのようにすればレーザーによる加工品質を向上させることができるか、加工対象物とレーザー光との関係性や加工の原理等について同時に研究を進める必要がある。

【提言 3】加工・加工プロセスのモニタリングニーズを明確化し、研究開発を加速させる産学官連携の推進

加工・測定ニーズを明確化し、研究開発を加速させるための効率的かつ効果的な産学官連携体制を構築するとともに、これの強化を進め、大学・研究機関を含めたレーザー開発サイドと最終ユーザーサイドが緊密に意思疎通を行いながら研究開発を実施することが重要である。

本調査の結果を踏まえると、産学官連携によるレーザー開発がユーザーニーズをとらえ、また限られた研究開発リソースを効率的かつ効果的に配置するためには有効であると考えられる。産学官の連携では、光源開発者のみならず加工機開発者やレーザーの最終ユーザーまで含めた形とし、最終ユーザーのニーズを捉えた研究開発を行うことが肝要である。また、テーマ設定にも配慮が必要である。加工プロセスの原理解明といったようなチャレンジングなテーマ設定を行うことで企業が参加するモチベーションを高めることが望まれる。

