

平成 2 2 年度
特許出願技術動向調査報告書（概要）

レーザー加工技術

平成 2 3 年 4 月

特 許 庁

問い合わせ先

特許庁総務部企画調査課 技術動向班

電話：03 - 3581 - 1101（内線2155）

第1章 調査概要

第1節 調査目的

近年、紫外線レーザー、超短パルスレーザー等を用いた精密加工技術や、レーザーを用いた透明体の内部加工技術が急速な発展を遂げており、レーザーを用いた加工技術は、加工方法および加工対象の多様化とともに、大きな注目を集めている。また、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を整備する上で必要である。さらに、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を支援していく必要がある。特許情報はこれら企業等が研究開発動向を把握し、技術開発の方向性を決定していく上でも重要なものである。

このような観点から本調査では、近年、特に注目されている「レーザー加工技術」の分野について調査分析を行うものとする。具体的には、レーザー加工技術に関する特許動向、研究開発動向、政策動向、市場環境を調査し、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。

第2節 技術概要

1. レーザ加工技術の原理

レーザーは1917年に理論予測された後、1960年に最初のレーザー発振器が誕生した。その後、次のように短期間に多くの種類のレーザー発振器が次々と生まれた。

1960年 ルビーレーザー

1961年 He-Ne レーザ

1962年 Nd:ガラスレーザー、半導体レーザー

1964年 Ar イオンレーザー、CO₂ レーザ、Nd:YAG レーザ

1966年 Dye レーザ

1970年 エキシマレーザー

発生されるレーザー光は、光としての特徴に加え、単色（特定波長）、平行光線、干渉性の特徴を有する。例えばレンズのような光学系で微小領域に集中させることができるので、照射部には局部的に高いエネルギー（熱）を与えられるから、レーザーは多くの特殊熱加工に応用されてきた。

最初のレーザーが出現した1960年から実用化は急速に進み、わずか15年後には金属、ポリマー、繊維などにおける様々な加工に使用されるに至った。また、レーザーは加工以外の通信、医療、計測などの分野でも実用化が進んだ。

レーザー物質から見ると、固体、液体、気体のすべての状態でレーザー発振が可能で、出力はmW以下のものから数十kWの大出力まで得られている。また、波長は紫外線から可視領域、赤外線領域に至るまでのレーザー発振器がある。第1-1表には代表的なレーザー発振器の特徴を示す。レーザー加工を行うには、大きな出力が安定して得られる発振器が必要であり、固体レーザーではYAG、気体レーザーではCO₂、エキシマレーザーなどが使われている。

第 1-1 表 レーザ発振器の種類と特徴の例

種類	波長	レーザ物質	平均出力	特徴	主な用途
CO ₂ レーザ	10.6μm 遠赤外	CO ₂ -N ₂ -He 混合ガス (気体)	[連続] 45kW(最大) 500W~15kW(通常)	高出力化容易 (高発振効率: 10~20%)	切断 溶接 穴あけ 表面処理
YAGレーザ	1.064μm 近赤外	Nd ³⁺ :Y ₃ Al ₅ O ₁₂ ガーネット (固体)	[連続] 10kW(カスケード型最大) [パルス] 300J, 30ms(最大) 50W~4kW(通常)	光ファイバ伝送可能 分岐容易 Qスイッチ 高調波	溶接 穴あけ ダイシング マーキング
半導体レーザ (LD)	0.8~1μm 近赤外	Al(In)GaAs InGaAsP 等 (固体)	[連続] 10kW(スタック型最大) 6kW(ファイバ伝送最大) 50W~4kW(通常)	高効率 (発振効率: 25~60%)	溶接 (金属、樹脂) ブレージング 表面処理
LD励起固体レーザ ディスクレーザ	1.05μm 近赤外	Nd ³⁺ または Yb ³⁺ :Y ₃ Al ₅ O ₁₂ ガーネット (固体)	[連続] 12kW(カスケード型最大) 16kW(ディスクレーザ) [パルス] 6kW(スラブ型最大) 100W~4kW(通常)	光ファイバ伝送可能 高効率 (発振効率: 10~25%)	溶接 切断 穴あけ マーキング
ファイバーレーザ	1.03~ 1.09μm 近赤外	Yb ³⁺ :SiO ₂ 等 (固体)	[連続] 50kW(最大) 100W~10kW(通常)	光ファイバ伝送可能 高効率 (発振効率: 15~30%) 極細ビーム径 (低パワー装置)	溶接 切断 マーキング 3次元造形
エキシマレーザ	0.175~ 0.518μm 紫外	ArF(193nm) KrF(248nm) XeCl(308nm) (気体)	[パルス] 1J, 2kW(最大) 10~100mJ/mm ² (通常)	高光子エネルギー (発振効率:4%)	ポリマー等の 微細加工 (穴あけ) Si ウエハ加工
極短パルスレーザ [フェムト秒/ ピコ秒レーザ]	約 0.8μm 近赤外	Ti サファイヤ SiO ₂ ファイバ (固体)	[パルス] 800W(最大) 1.25PW(ピーク) 1~100W(通常) (10ps 以下)	高ピークパワー密度 (数十 GW/cm ²), 極短パルス	穴あけ 薄膜パタニング 表面改質

レーザ加工は、光を利用した材料加工であり、一部の特殊なケースを除き、次のような原則の下に使われる。

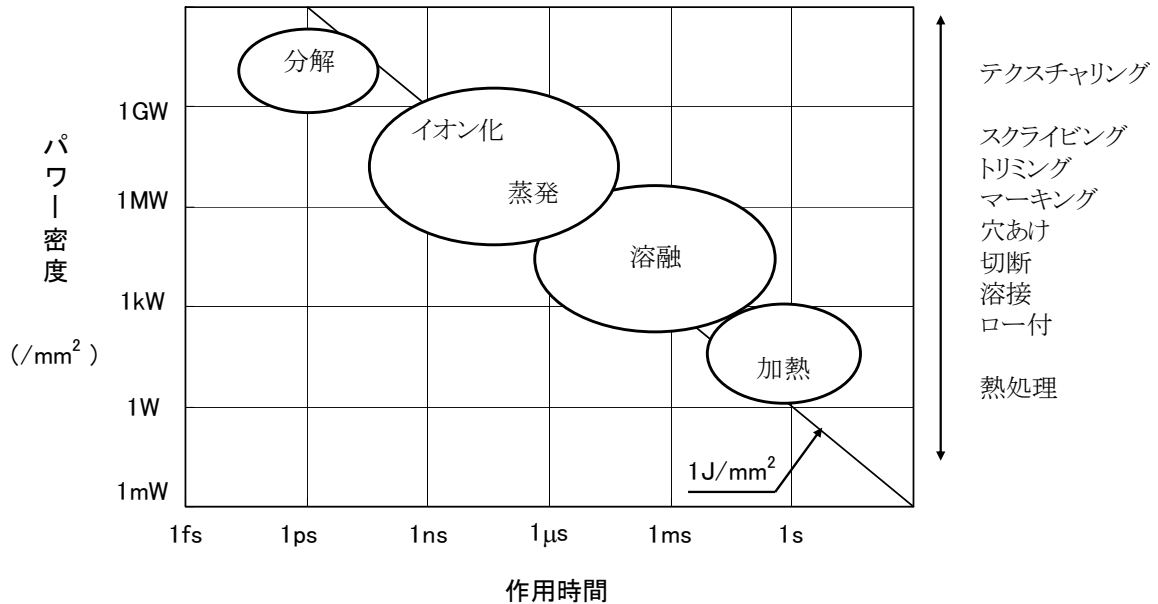
- (1) 光エネルギーを材料に付与するので、表面からの加工となる。
- (2) 光は材料表面で熱エネルギーに変換されてから加工に使われる。
- (3) 微小面積の局部加工が「単位加工」となる。多数繰返すことで大面積の加工となる。

ただし、特殊な例外として、光の波長(光子エネルギー)を反応に利用する加工では、レーザを比較的大きな線、面で与える加工がある。また、光を透明体の内部に集中させて、内部加工を行う方法もある。

上記(2)の熱エネルギーの観点から見ると、レーザ光は材料表面で熱エネルギーとなり材料を昇温する。その結果、材料の状態は温度に応じて溶融、蒸発、イオン化、昇華・分解のように変化する。レーザ加工とは、温度による材料の状態変化を利用して様々な加工形態を得る方法といえる。材料の昇温量はレーザ照射部の投入エネルギー(パワー×時間)と熱伝導によって決まるので、通常は、レーザパワー密度(単位面積当たりのパワー)と作用時間を基準にして加工方法が位置づけられる。これを第 1-2 図に示す。また、同図はパルス出力の重要なことを示す。現実のレーザ発振器のパワーには限度があるため、歴史的にはパルス出力を利用して高いパワー密度の加工を実現してきた。第 1-2 図では、様々な加工が 1J/mm² オー

ダの前後に位置づけられる。1J/mm²とは、加工面積 1mm²当たりの平均パワーが 1W に相当する。これから、パルス加工では平均出力が小さくとも、瞬時に大出力を行うことで加工のバリエーションが得られていることが分かる。さらにレーザのパルス性能が、加工用レーザ発振器の一つの重要な開発ポイントともなっている。

第 1-2 図 各種レーザ加工法におけるレーザ照射部のパワー密度と作用時間の関係



2. レーザ加工と応用産業

レーザ加工技術をビジネスとする産業を「応用産業」と定義すると、応用産業は大きくは(1)レーザ利用、(2)レーザ装置、(3)加工サービスに3区分される。例を以下に示す。

(1) レーザ利用産業：レーザ加工を利用して製品を製造する産業である。

自動車、造船、重工、電機、電子等の様々な製造業が該当する。

(2) レーザ装置：レーザ加工用の装置を製造・販売する産業である。

基本的に次の3種類の業態がある、複数の業態を兼ねる企業も多い。

(2)-① レーザ発振器

(2)-② レーザ発振器搭載加工装置

(2)-③ レーザ用光学機器、センサ等周辺機器

(3) 加工サービス産業：レーザ加工自体を事業とする受託加工業

加工のみを提供するビジネスである。しかし、単なる加工に留まらずレーザの利用分野拡大に寄与している。これはレーザの装置が特殊であり、高額であり、かつ操作が難しいといわれつつも、委託者の要請により研究開発の加工を行うことに多大の役割を果たしてきた。

上記(1)~(3)の応用産業は、すべてレーザ加工の技術開発に関わるので、本調査の目的である特許出願の当事者の産業となる。一方、レーザ加工技術のビジネスへの寄与では、応用産業の区分によって異なる。ここでは、(1)を「レーザ加工の利用産業」、(2)と(3)を「レーザ加工技術の産業」と呼び、必要に応じて区別する。

3. 調査対象

本調査は、国際特許分類 IPC「B23K26」の範疇内での技術の動向を調査するものである。特許分類の定義上、対象のレーザ加工は、通常においてレーザ加工とされる範疇と必ずしも同一ではない。IPC「B23K26」の位置づけは以下の通りである。

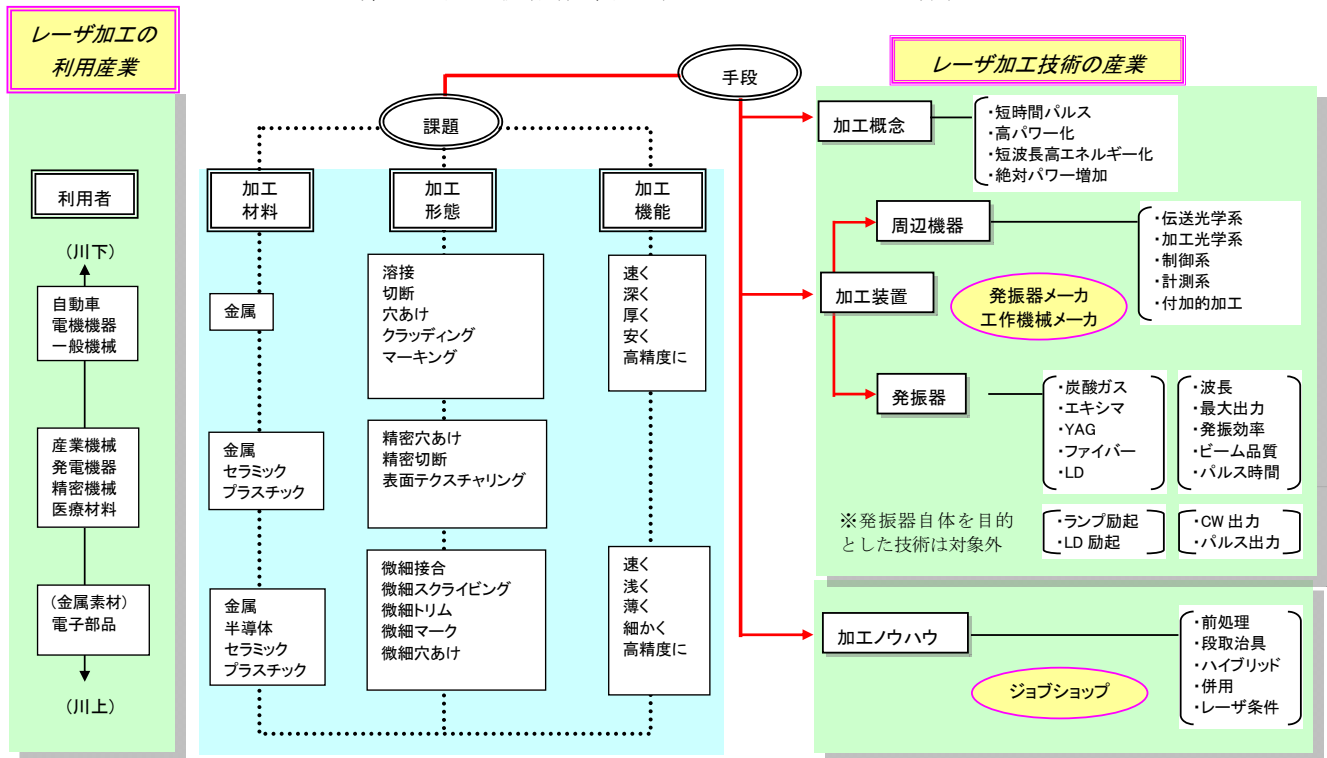
Bセクション（処理操作、運輸）

- ・分離；混合
- ・成形 >>> B23 工作機械
 - >>> B23K 溶接、クラッド、局部加熱による切断
 - >>> B23K26 レーザービームによる加工，例．溶接，切断，穴あけ
- ・印刷
- ・運輸

上位分類が成形であるので、実質的に形状の変化しない加工である熱処理、ピーニング、クリーニングなどは本調査範囲の対象外となる。また、レーザ加工技術に密接に関係するレーザ発振器自体の技術や、レーザ微細加工に類似した半導体のレーザ露光技術があるが、これらについても本調査範囲の対象外とする。

第 1-3 図には、当該技術の技術開発に関する「応用産業との関わり」及び「開発の観点」を説明する技術俯瞰図を示す。

第 1-3 図 技術俯瞰図（レーザ加工と応用産業）



注) 実質的に形状の変化しない加工は調査の対象外。例えば、熱処理、ピーニング、クリーニングなど。

第2章 特許動向

第1節 調査方法

特許情報収集に使用するデータベースは、INPADOC/Family and Legal Status（欧州特許庁）とした。調査対象は1995～2008年に出願された特許、具体的には、2010年7月21日時点でINPADOC/Family and Legal Statusに収録されている特許であって、収録対象国のいずれかにおいて、公開または登録されている特許を対象とした。なお、PCT出願は国内移行まで最大30ヶ月かかり、国内公開・公表が遅れるため、2007年以降のデータについては未収録データが多い可能性があり、注意を要する。米国については、公開制度導入（2000年11月29日）前の出願件数は登録公報発行件数のみを集計したものであるため、日本、欧州、中国および韓国への出願件数との比較には注意を要する。

また、欧州への出願（出願先国が欧州）とは、欧州特許条約（EPC）の加盟国の内、INPADOC/Family and Legal Statusの収録対象国である31ヶ国（オーストリア、ベルギー、ブルガリア、スイス、チェコ、ドイツ、デンマーク、エストニア、スペイン、フィンランド、フランス、イギリス、ギリシャ、クロアチア、ハンガリー、アイルランド、アイスランド、イタリア、リトアニア、ルクセンブルグ、ラトビア、モナコ、オランダ、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、ルーマニア、スウェーデン、スロベニア、スロバキア、トルコ）と欧州特許庁、合計32ヶ国（機関）への出願とし、欧州国籍（出願人国籍が欧州）とは、欧州特許条約（EPC）の加盟国である37ヶ国（アルバニア、オーストリア、ベルギー、ブルガリア、スイス、キプロス、チェコ、ドイツ、デンマーク、エストニア、スペイン、フィンランド、フランス、イギリス、ギリシャ、クロアチア、ハンガリー、アイルランド、アイスランド、イタリア、リヒテンシュタイン、リトアニア、ルクセンブルグ、ラトビア、モナコ、マケドニア旧ユーゴスラビア、マルタ、オランダ、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、ルーマニア、スウェーデン、スロベニア、スロバキア、サンマリノ、トルコ）の国籍とした。

第2節 全体動向

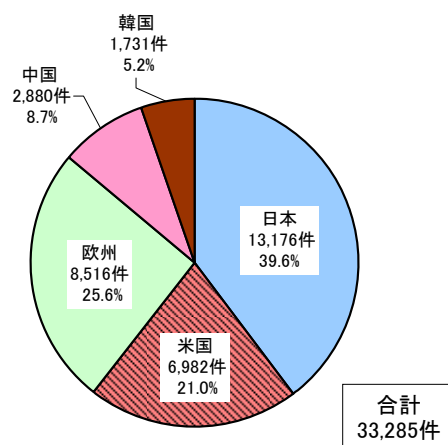
1. 日米欧中韓への出願状況

1995～2008年の特許出願は、日米欧中韓への出願全体で33,285件、その内、日本への出願は13,176件、米国への出願は6,982件、欧州への出願は8,516件、中国への出願は2,880件、韓国への出願は1,731件であった。日米欧中韓への出願における出願先国別の出願件数を第2-1図に、日米欧中韓への出願における出願先国別の出願件数推移を第2-2図に示す。

第2-1図によれば、日米欧中韓への出願の内、日本への出願が39.6%（13,176件）を占め、次いで欧州への出願が25.6%（8,516件）、米国への出願は21.0%（6,982件）を占めている。

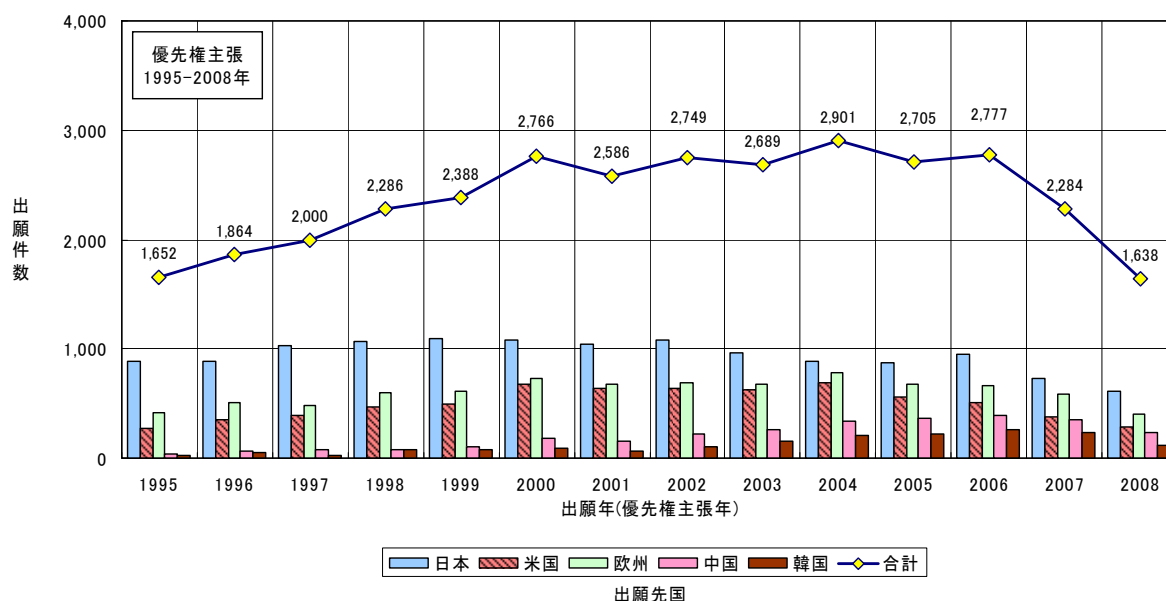
第2-2図によれば、日米欧中韓全体の出願件数は1995～2000年に増加傾向を示した後、2001～2006年では、年間2500～2900件の水準を維持している。また、1995～2008年の全期間14年間にわたって、日本への出願が最も多く、欧米への出願がそれに続く状況は変わ

第2-1図 日米欧中韓への出願における出願先国別の出願件数



らないが、近年は中国や韓国への出願件数も増加しており、日米欧への出願件数とは差は小さくなっている。

第 2-2 図 日米欧中韓への出願における出願先国別の出願件数推移

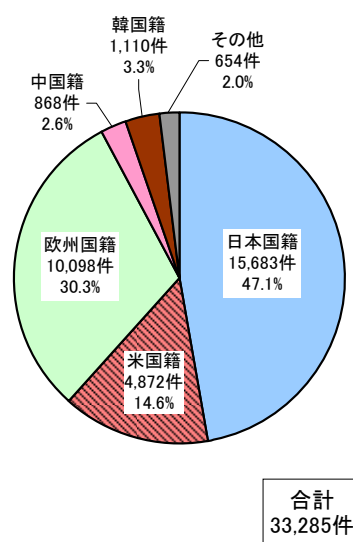


注) 2007～2008 年は、PCT 出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。各年の出願先国の表示順は凡例の表示順と同様である。

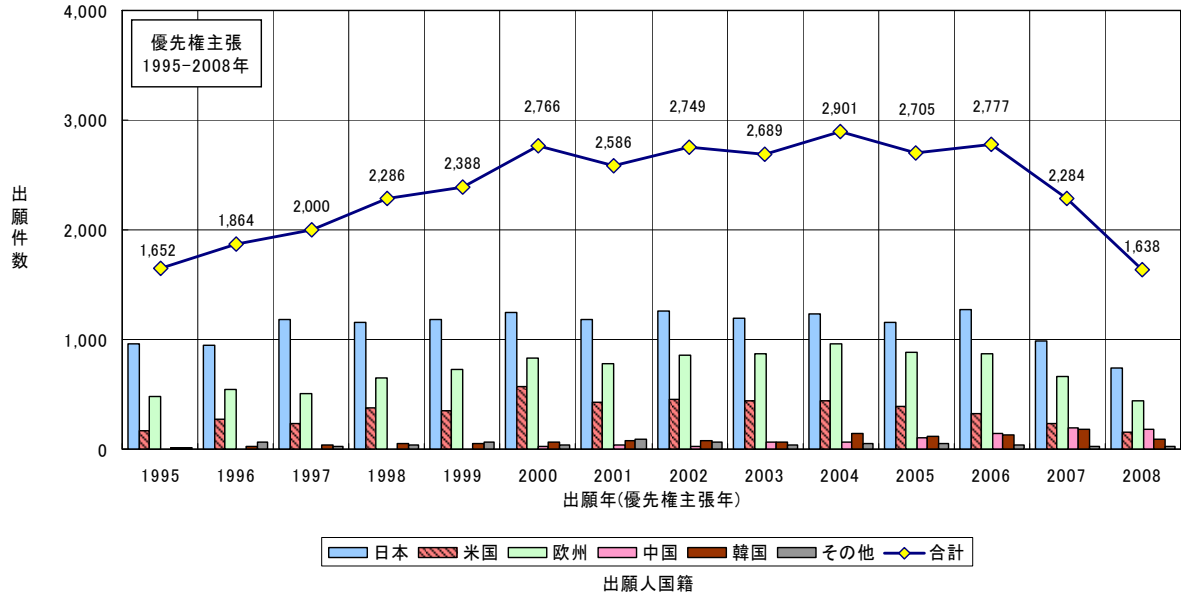
日米欧中韓への出願における出願人国籍別の出願件数を第 2-3 図に、日米欧中韓への出願における出願人国籍別の出願件数推移を第 2-4 図に示す。

第 2-3 図によれば、日米欧中韓への出願の 47.1% (15,683 件) が日本からの出願、次いで欧州からの出願が 30.3% (10,098 件)、米国からの出願が 14.6% (4,872 件) となっている。第 2-1 図の出願先国別の出願件数と比べると、日米欧中韓への出願全体に占める日本からの出願件数比率 (47.1%) は、日米欧中韓への出願全体に占める日本への出願件数比率 (39.6%) より高く、同様に、日米欧中韓への出願全体に占める欧州からの出願件数比率 (30.3%) は、日米欧中韓への出願全体に占める欧州への出願件数比率 (25.6%) より高い。日本、欧州とは反対に、米国、中国および韓国においては、日米欧中韓に占める各地域からの出願件数比率は、日米欧中韓に占める各地域への出願件数比率より低い。日本、欧州の企業が他の地域に参入している状況が窺える。

第 2-3 図 日米欧中韓への出願における出願人国籍別の出願件数



第 2-4 図 日米欧中韓への出願における出願人国籍別の出願件数推移



注) 2007～2008 年は、PCT 出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。各年の出願先国の表示順は凡例の表示順と同様である。

第 2-4 図でも、1995～2008 年の全期間 14 年間にわたって、日本国籍出願人の出願件数が最も多く、欧米の国籍出願人の出願件数がそれに続く状況は変わらない。第 2-2 図の出願先国別の出願件数推移と比べると、近年、中国や韓国への出願件数の伸びが大きいのに対し、中国籍出願人や韓国籍出願人の出願件数の伸びは比較的小さい。

2. 日米欧中韓相互の出願状況

1995～2008 年の全期間 14 年間の日米欧中韓相互の出願件数収支を第 2-5 図に示す。

・日本からの出願

日本への出願件数の 85.2% (11,231 件) を占め、日米欧中韓の中で自国への出願に占める比率が最も高い。日本以外の地域への出願では、欧州への出願件数が 12.4% (1,056 件) で当該国である欧州からの出願件数 73.7% (6,279 件) との差が大きい以外、米韓への出願件数においては当該国からの出願件数との差は小さく、中国への出願件数 33.1% (954 件) においては、当該国である中国からの出願件数 26.2% (755 件) を上回っている。また、日本と各地域との収支を見ると、日本から欧州への出願件数と欧州から日本への出願件数はほぼ同数であり、それ以外はいずれの地域との間でも日本からの出願件数が日本への出願件数を上回っている。

・米国からの出願

米国への出願件数の 39.1% (2,731 件) で、自国への出願に占める比率は韓国と同等で、日本、欧州より低い。米国と各地域との収支を見ると、日本、欧州との間では、米国からの出願件数が米国への出願件数を下回り、中国、韓国との間では、米国からの出願件数が米国への出願件数を上回っている。

・ 欧州からの出願

欧州への出願件数の 73.7% (6,279 件) で、自国への出願に占める比率は日本に次いで高い。欧州と各地域との収支を見ると、欧州から日本への出願件数と日本から欧州への出願件数はほぼ同数であり、それ以外はいずれの地域との間でも欧州からの出願件数が欧州への出願件数を上回っている。

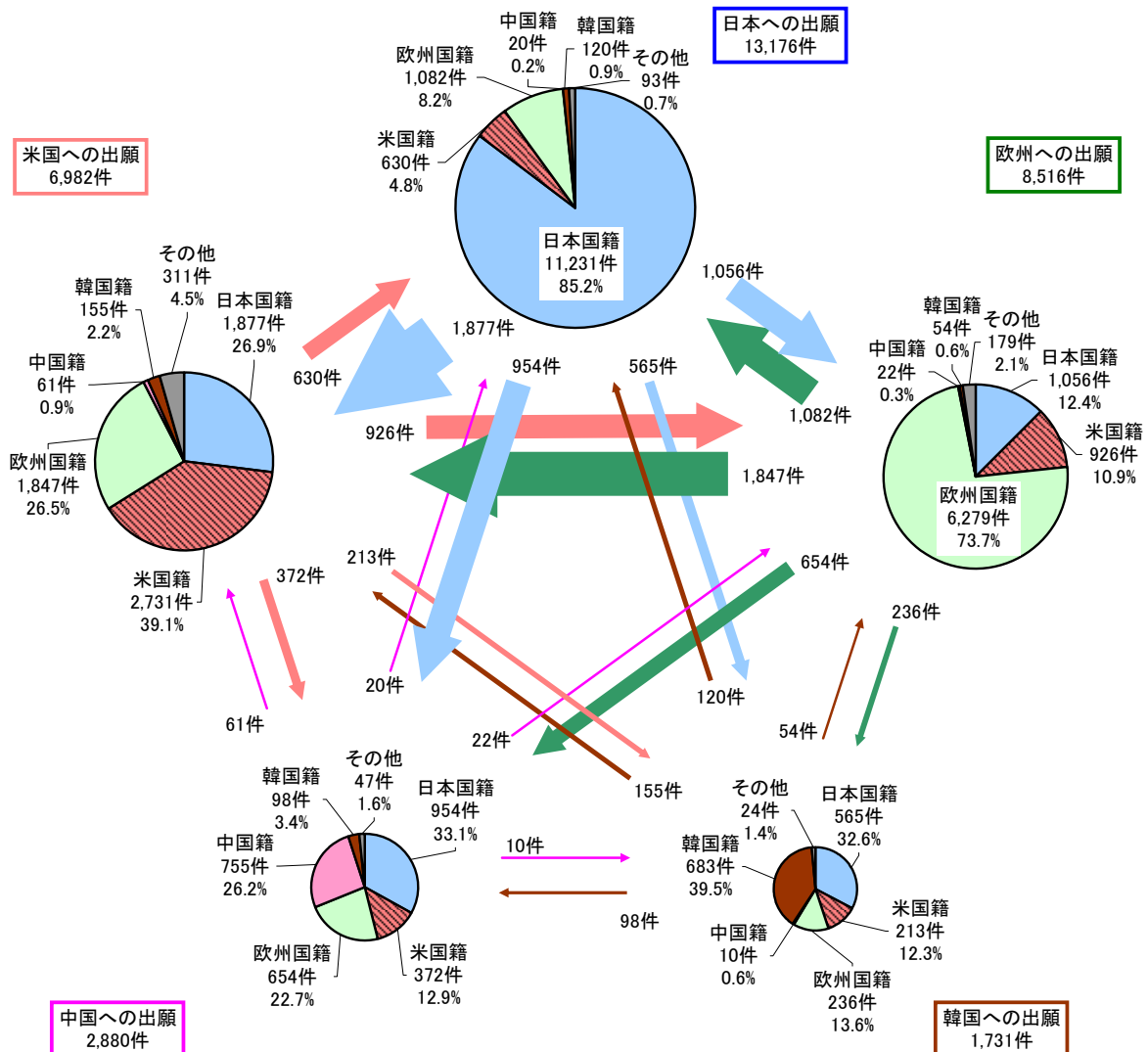
・ 中国からの出願

中国への出願件数の 26.2% (755 件) で、日米欧中韓の中で自国への出願に占める比率が最も低い。中国と各地域との収支を見ると、いずれの地域との間でも中国からの出願件数が中国への出願件数を下回っている。

・ 韓国からの出願

韓国への出願件数の 39.5% (683 件) で、自国への出願に占める比率は米国と同等で、日本、欧州より低い。韓国と各地域との収支を見ると、日本、米国、欧州との間では、韓国からの出願件数が韓国への出願件数を下回り、中国との間では、韓国からの出願件数が韓国への出願件数を上回っている。

第 2-5 図 日米欧中韓相互の出願件数収支



3. 出願人の状況

日米欧中韓への出願における日本国籍出願人の出願件数と出願人人数推移を第 2-6 図に、同様に、米国籍出願人、欧州国籍出願人、中国籍出願人、韓国籍出願人の各々についての出願件数と出願人人数推移を第 2-7～11 図に示す。

・日本国籍出願人

日本国籍出願人の出願件数と出願人人数推移の関係については、1996～1997 年において、出願件数と出願人人数が増加（出願件数：948 件→1,176 件、出願人人数：172 人→188 人）しており、1997～1999 年においては、出願件数の増加はほとんどなく、出願人人数のみが増加している。特に、1998～1999 年は出願人人数の増加（出願件数：1,154 件→1,181 件、出願人人数：196 人→233 人）が顕著である。また、2000 年以降は、出願件数と出願人人数の増減を繰り返している。

・米国籍出願人

米国籍出願人については、1997～2000 年において、出願件数と出願人人数が増加傾向で、その中で 1997～1998 年は出願件数の増加（出願件数：237 件→383 件、出願人人数：74 人→73 人）が、1998～1999 年は出願人人数の増加（出願件数：383 件→353 件、出願人人数：73 人→101 人）が顕著である。1999～2000 年は出願件数と出願人人数のいずれもが増加（出願件数：353 件→568 件、出願人人数：101 人→124 人）している。2001 年以降においては出願件数と出願人人数の増減を繰り返しながら、大きな傾向としてはともに減少傾向である。

・欧州国籍出願人

欧州国籍出願人については、1997～2000 年において、出願件数と出願人人数は増加傾向であり、その中では 1997～1998 年（出願件数：512 件→651 件、出願人人数：154 人→176 人）や、1998～1999 年（出願件数：651 件→730 件、出願人人数：176 人→203 人）の伸びが大きい。また、2000～2003 年においては、出願人人数が減少しているものの、出願件数は増加傾向である。その後は出願件数と出願人人数の増減を繰り返している。

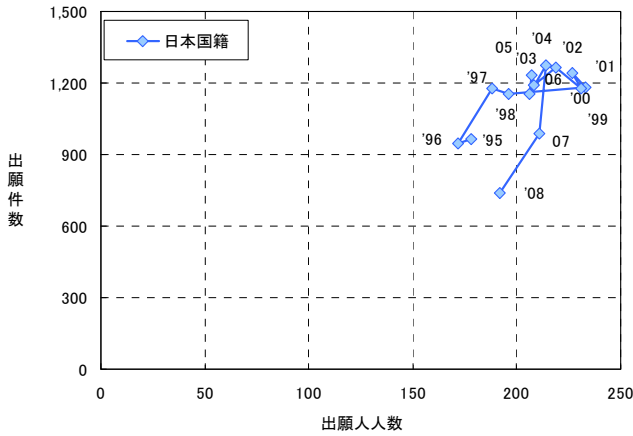
・中国籍出願人

中国籍出願人については、1999 年以前は、出願件数と出願人人数がともに低水準であったが、2000 年以降は、出願件数と出願人人数がともに急増傾向である。特に 2005～2006 年（出願件数：101 件→140 件、出願人人数：50 人→76 人）や、2006～2007 年（出願件数：140 件→200 件、出願人人数：76 人→101 人）の伸びが大きい。

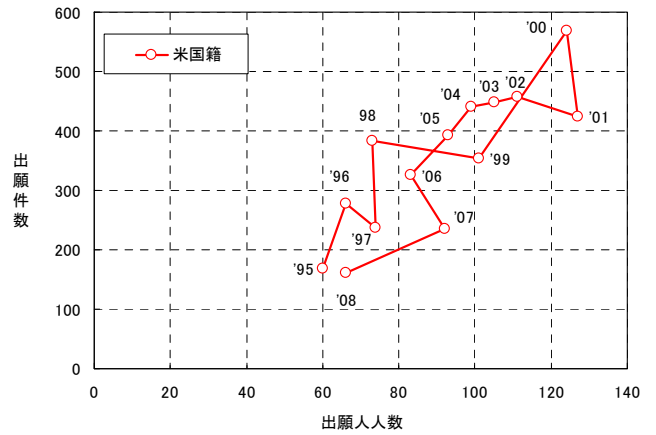
・韓国籍出願人

韓国籍出願人については、1996～2007 年において、1999 年、2003 年、2005 年の出願件数減少、2000 年、2003 年、2004 年の出願人人数の減少を除き、大きな傾向としては、出願件数と出願人人数がともに増加傾向である。その中で 2003～2004 年は出願件数の増加（出願件数：70 件→137 件、出願人人数：30 人→26 人）が、2005～2006 年は出願人人数の増加（出願件数：112 件→128 件、出願人人数：30 人→48 人）が顕著である。

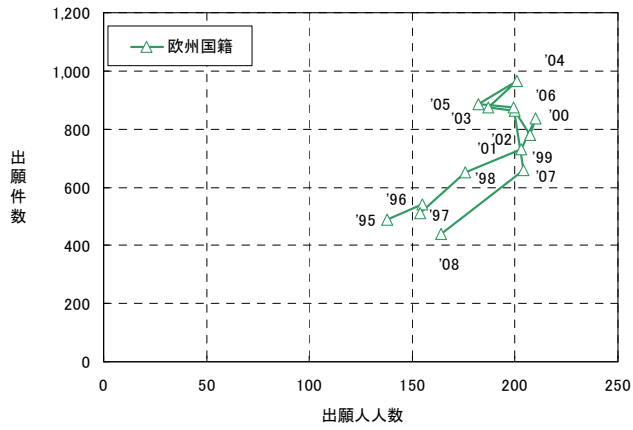
第 2-6 図 日米欧中韓への出願における日本国籍出願人の出願件数と出願人人数推移



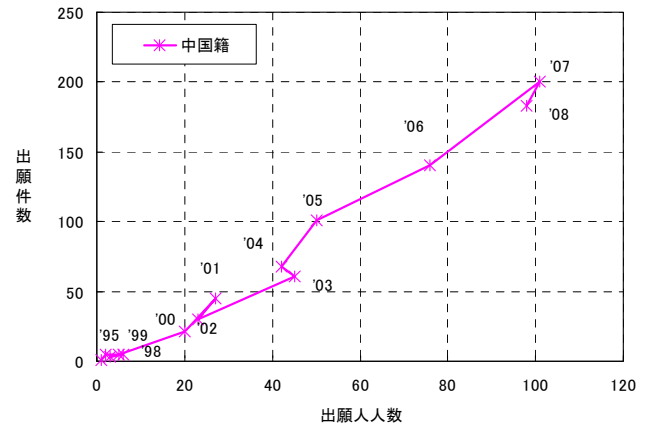
第 2-7 図 日米欧中韓への出願における米国籍出願人の出願件数と出願人人数推移



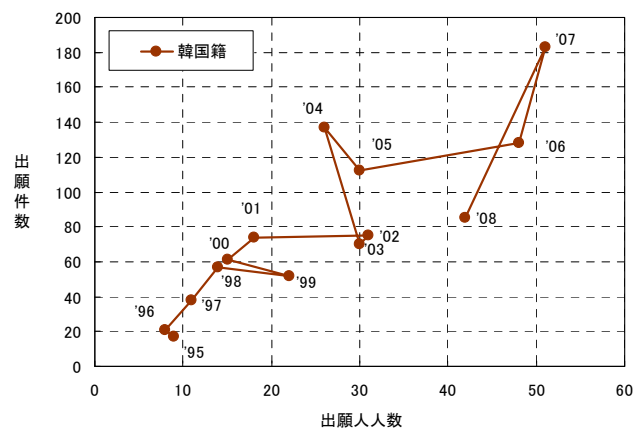
第 2-8 図 日米欧中韓への出願における欧州国籍出願人の出願件数と出願人人数推移



第 2-9 図 日米欧中韓への出願における中国国籍出願人の出願件数と出願人人数推移



第 2-10 図 日米欧中韓への出願における韓国国籍出願人の出願件数と出願人人数推移



注) 第 2-6 図および第 2-10 図において、図中の数字は西暦年の下 2 桁を示す。2007～2008 年は、PCT 出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。

第3節 技術区分別の動向

本節における分析では、1件の出願において、該当する技術区分が複数あれば、複数付与しているため、技術区分付与件数は出願件数より多い件数となることに注意を要する。

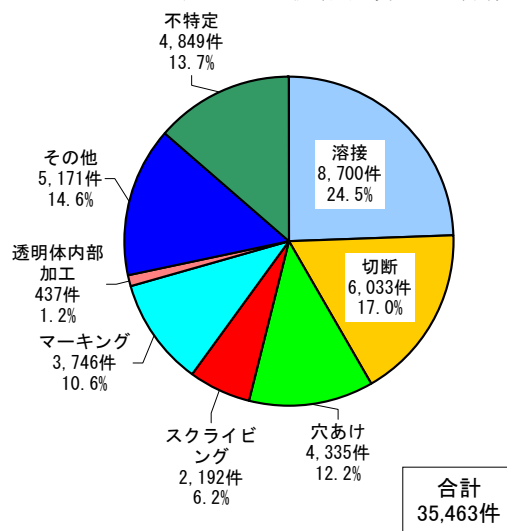
1. 加工種別別の出願状況

1995～2008年の全期間14年間の日米欧中韓への出願における加工種別別の技術区分付与件数を第2-11図に、日米欧中韓への出願における加工種別別の技術区分付与件数推移を第2-12図に示す。

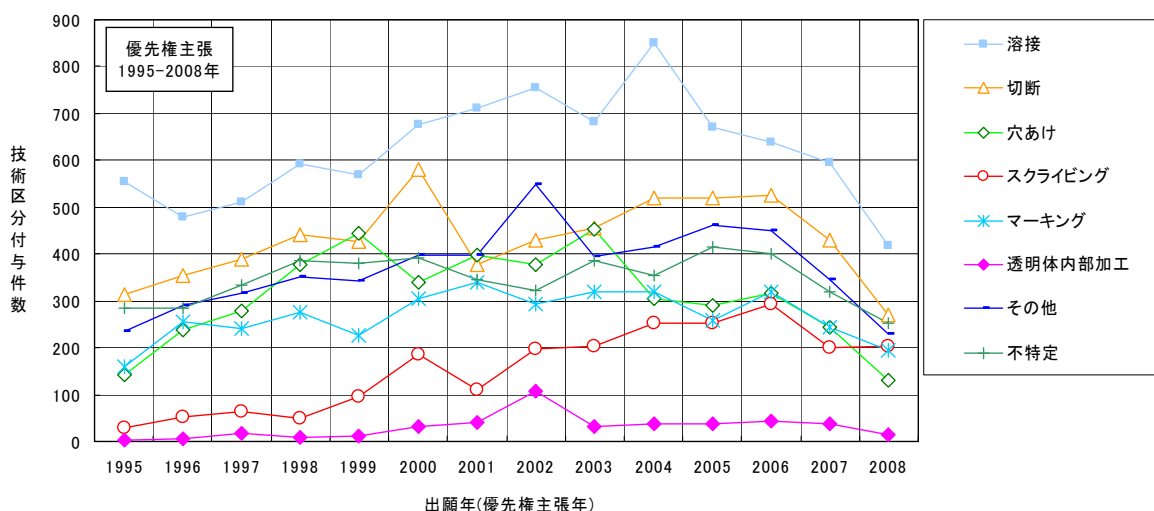
第2-11図によれば、全体の24.5%（8,700件）が溶接に関する出願で、次いで切断に関する出願が17.0%（6,033件）、不特定（加工種別を特には限定していない）である出願が13.7%（4,849件）、穴あけに関する出願が12.2%（4,335件）、マーキングに関する出願が10.6%（3,746件）、スクライビングに関する出願が6.2%（2,192件）となっている。

第2-12図によれば、溶接については1997～2004年に増加傾向を示した後、2005年以降は減少傾向、切断については1996～2000年に増加傾向を示し、一旦減少後、2002年以降は増加傾向を示している。穴あけについては増減を繰り返した後、2004年以降は減少傾向、マーキングについては1996～2001年に増加傾向を示した後は同水準で推移している。また、スクライビングについては1995～2008年の14年間をほぼ通して、大きな傾向としては増加傾向を示している。

第2-11図 日米欧中韓への出願における加工種別別の技術区分付与件数



第2-12図 日米欧中韓への出願における加工種別別の技術区分付与件数推移

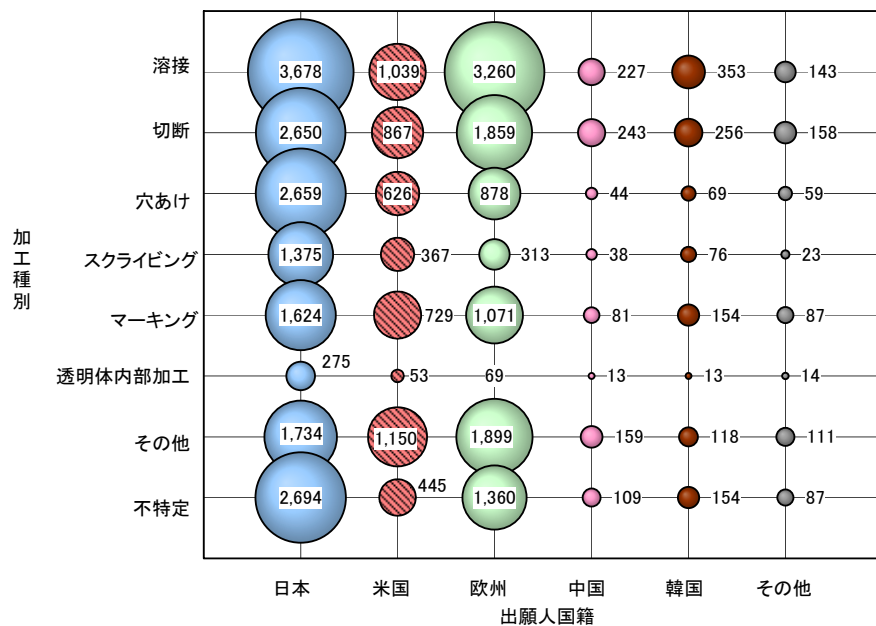


注) 2007～2008年は、PCT出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。

また、第2-13図に日米欧中韓への出願における出願人国籍別加工種別別の技術区分付与件数を示す。日本国籍出願人は、溶接、不特定（加工種別を特には限定していない）、穴あけ、

切断、マーキング、スクライビングに関する出願の順に、米国籍出願人は、溶接、切断、マーキング、穴あけ、不特定（加工種別を特には限定していない）、スクライビングに関する出願の順に、欧州国籍出願人は、溶接、切断、不特定（加工種別を特には限定していない）、マーキング、穴あけ、スクライビングに関する出願の順に多い。また、中国籍出願人は、切断、溶接、不特定（加工種別を特には限定していない）、マーキング、穴あけ、スクライビングに関する出願の順に、韓国籍出願人は、溶接、切断、マーキング、不特定（加工種別を特には限定していない）、スクライビング、穴あけに関する出願の順に、その他の国籍出願人は、切断、溶接、マーキング、不特定（加工種別を特には限定していない）、穴あけ、スクライビングに関する出願の順に多い。加工種別については、各出願人国籍別の特徴が表れている。

第 2-13 図 日米欧中韓への出願における出願人国籍別加工種別別の技術区分付与件数



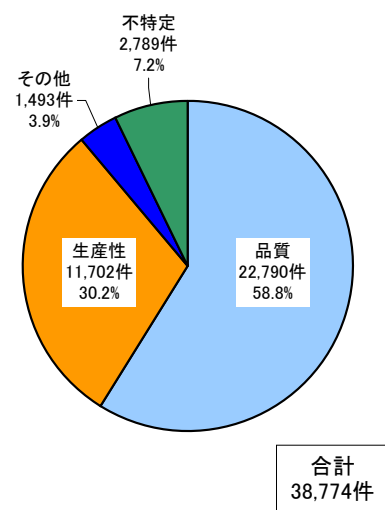
2. 加工課題別の出願状況

1995～2008 年の全期間 14 年間の日米欧中韓への出願における加工課題別の技術区分付与件数を第 2-14 図に、日米欧中韓への出願における加工課題別の技術区分付与件数推移を第 2-15 図に示す。

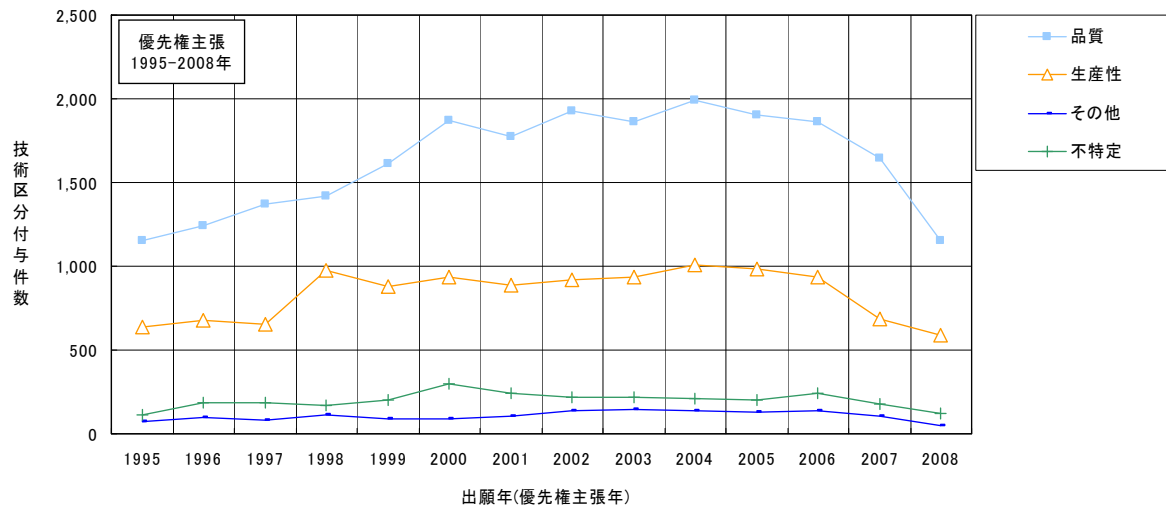
第 2-14 図によれば、全体の 58.8% (22,790 件) が品質に関する出願で、次いで生産性に関する出願が 30.2% (11,702 件)、不特定（レーザ加工以外に課題を持ち、レーザ加工に関する課題を特には限定していない）である出願が 7.2% (2,789 件) となっている。

第 2-15 図によれば、品質については 2004 年まで増加、その後はほぼ同水準で推移し、生産性については 1998 年に増加、同様にその後はほぼ同水準で推移している。加工課題別の技術については、1995～2008 年の 14 年間を通して、目立った増減は見られない。

第 2-14 図 日米欧中韓への出願における加工課題別の技術区分付与件数



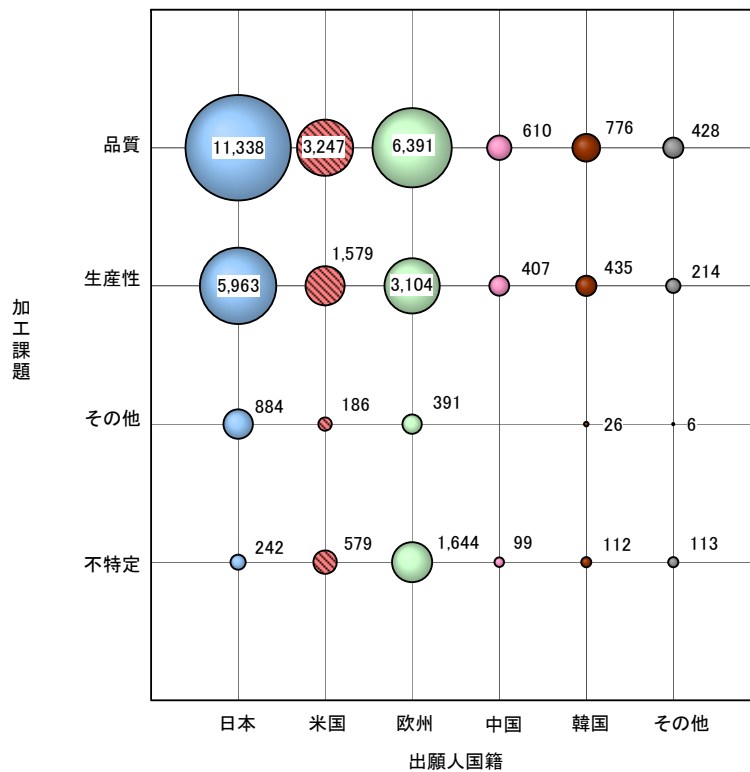
第 2-15 図 日米欧中韓への出願における加工課題別の技術区分付与件数推移



注) 2007～2008 年は、PCT 出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。

日米欧中韓への出願における出願人国籍別加工課題別の技術区分付与件数を第 2-16 図に示す。いずれの国籍出願人についても、品質、生産性、不特定（レーザ加工以外に課題を持ち、レーザ加工に関する課題を特には限定していない）に関する出願の順に多い。加工課題に関しては、出願人国籍別の特徴は見られない。

第 2-16 図 日米欧中韓への出願における出願人国籍別加工課題別の技術区分付与件数



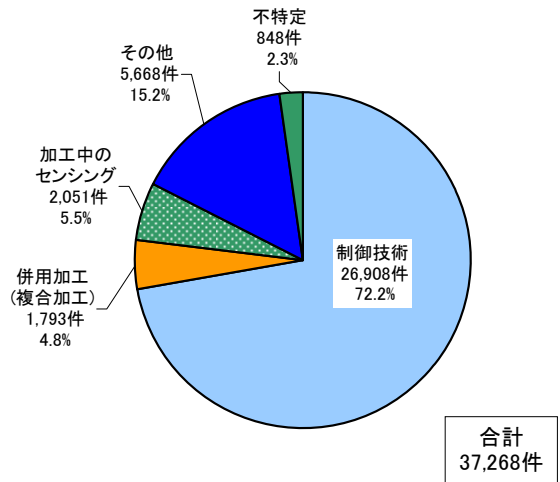
3. 解決手段別の出願状況

1995～2008年の全期間14年間の日米欧中韓への出願における解決手段別の技術区分付与件数を第2-17図に、日米欧中韓への出願における解決手段別の技術区分付与件数推移を第2-18図に示す。

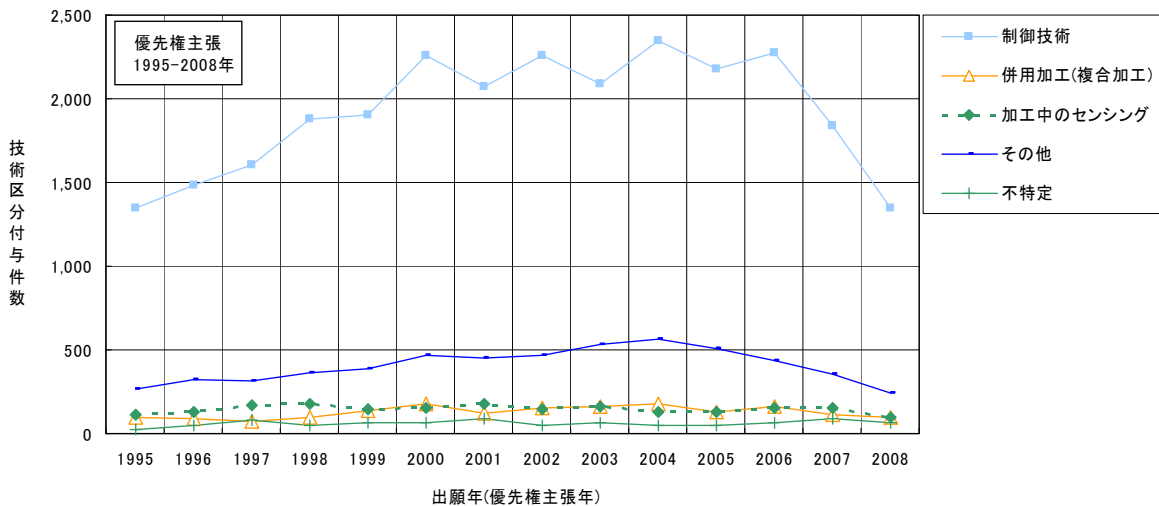
第2-17図によれば、全体の72.2%（26,908件）が制御技術に関する出願で、次いで加工中のセンシングに関する出願が5.5%（2,051件）、併用加工（複合加工）に関する出願が4.8%（1,793件）となっている。

第2-18図によれば、1995～2008年の14年間を通して、制御技術に関する出願が大半を占めており、2000年頃までは増加、その後はほぼ同水準で推移している。制御技術以外については目立った増減は見られない。

第2-17図 日米欧中韓への出願における解決手段別の技術区分付与件数



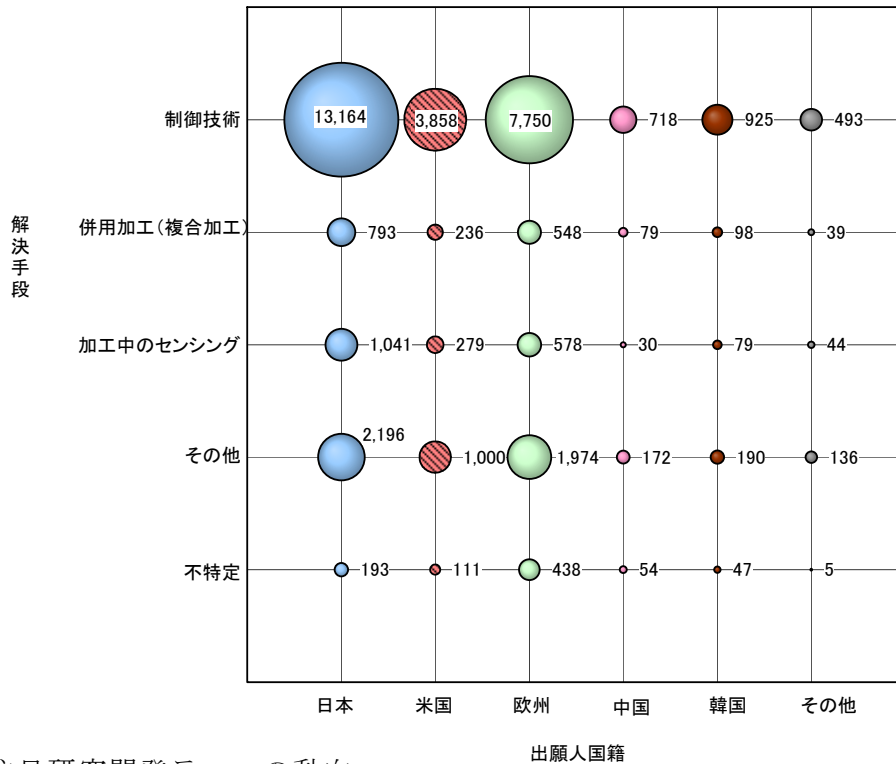
第2-18図 日米欧中韓への出願における解決手段別の技術区分付与件数推移



注) 2007～2008年は、PCT出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。

日米欧中韓への出願における出願人国籍別解決手段別の技術区分付与件数を第2-19図に示す。日本国籍出願人、米国籍出願人、欧州国籍出願人については、制御技術、加工中のセンシング、併用加工（複合加工）に関する出願の順に、中国国籍出願人については、制御技術、併用加工（複合加工）、不特定（解決手段を特には限定していない）である出願の順に、韓国国籍出願人については、制御技術、併用加工（複合加工）、加工中のセンシングに関する出願の順に多い。但し、いずれの国籍出願人においても、制御技術に関する出願件数が大半を占めており、加工中のセンシング、併用加工（複合加工）に関する出願件数の差は小さいことから、解決手段に関しては、出願人国籍別の特徴は見られない。

第 2-19 図 日米欧中韓への出願における出願人国籍別解決手段別の技術区分付与件数



第 4 節 注目研究開発テーマの動向

1. 注目研究開発テーマの選定

今後注目されると思われる技術分野（注目研究開発テーマ）として、自動車用溶接技術、太陽電池用切断およびスクライビング技術、併用（複合）加工技術の 3 分野を選定した。いずれも、日本がレーザー加工技術を革新的なものづくり基盤技術とするために、重要かつ不可欠な課題（テーマ）である。

第 2-20 表 に注目研究開発テーマとしての選定理由と各テーマにおける特許分析対象件数を示す。

第 2-20 表 注目研究開発テーマ一覧表

注目研究開発テーマ	特許分析対象件数	選定理由
自動車用溶接技術 技術区分コード:(B01~03)×(C01~10)	1,785 件	車体製造でのレーザー溶接は需要が大きく、日本が自動車産業において、技術競争力・産業競争力を維持するためにも重要な技術である。近年レーザー発振器のパワーが増大し、ビーム品質が向上したことにより、従来よりも高効率化、低コスト化が可能なリモート加工が提案されている。
太陽電池用切断およびスクライビング技術 技術区分コード: B04×(C11~14+C16)	414 件	太陽電池の市場規模は今後増大が期待される。レーザー切断およびスクライビング技術は基板の切断用として使われる。高精度化(寸法)、高品質化(切断面性状)、高効率化(切断速度)が重要となる。近年、透明体加工の原理による内部加工を利用する日本発の技術が注目されている。
併用(複合)加工技術 技術区分コード:(F01~04 + F07~09)×(G32~45)	1,526 件	同種または異種の複数加工を用いる技術は、加工品質や生産性の向上のみならず、レーザー加工の新用途開発に重要な役割を持つ。日本は炭素繊維材料等の新素材の難加工や太陽電池デバイス等の次世代製品の低コスト化が可能な多波長複合加工技術の確立を目指している。

なお、本節における分析では、1 件の出願において、該当する技術区分が複数あれば、複数付与しているため、技術区分付与件数は出願件数より多い件数となることに注意を要する。

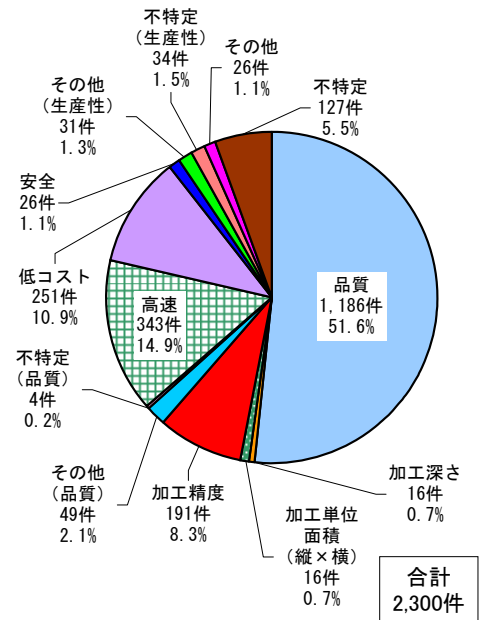
2. 自動車用溶接技術に関する出願状況

1995～2008 年の全期間 14 年間の日米欧中韓への出願における自動車用溶接技術に関する加工課題別技術区分付与件数を第 2-21 図に、日米欧中韓への出願における自動車用溶接技術に関する加工課題別技術区分付与件数推移を第 2-22 図に示す。

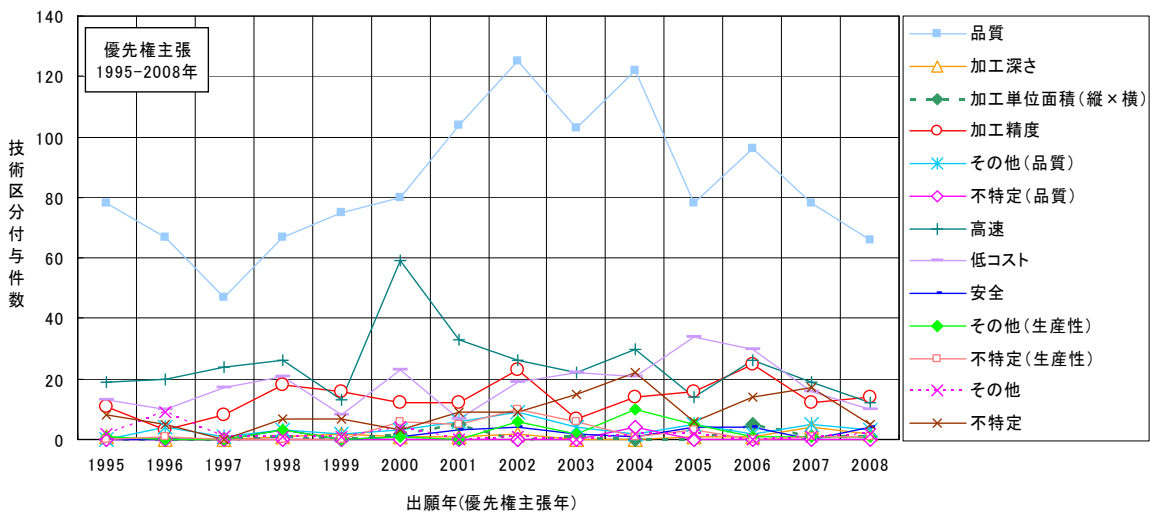
第 2-21 図によれば、全体の 51.6% (1,186 件) が品質に関する出願で、次いで高速に関する出願 14.9% (343 件)、低コストに関する出願 10.9% (251 件)、加工精度に関する出願 8.3% (191 件)、不特定 (レーザ加工以外に課題を持ち、レーザ加工に関する課題を特には限定していない) である出願 5.5% (127 件) となっている。自動車用溶接技術に関する加工課題では品質、高速、低コストの順に重視されていることが窺える。

第 2-22 図によれば、品質については 2002 年まで増加、その後は増減を繰り返しながら、大きな傾向としては減少傾向であり、高速については 2000 年にピークがあり、その後はほぼ同水準で推移している。低コスト、加工精度についても 1998 年以降、増減を繰り返しながら、大きな傾向としてはほぼ同水準で推移している。

第 2-21 図 日米欧中韓への出願における自動車用溶接技術に関する加工課題別技術区分付与件数



第 2-22 図 日米欧中韓への出願における自動車用溶接技術に関する加工課題別技術区分付与件数推移



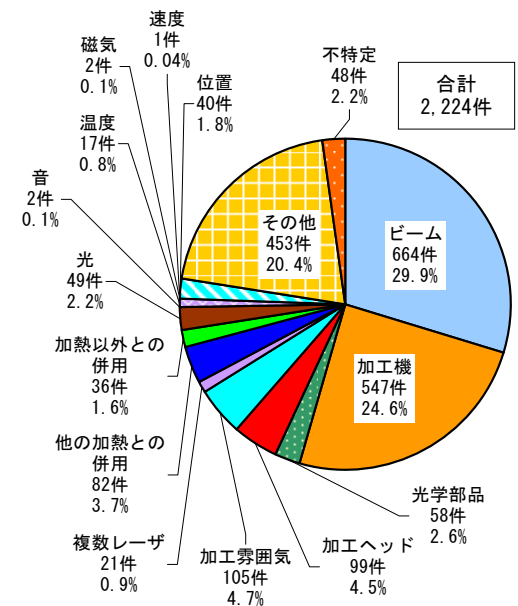
注) 2007～2008 年は、PCT 出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。

1995～2008年の全期間14年間の日米欧中韓への出願における自動車用溶接技術に関する解決手段別技術区分付与件数を第2-23図に、日米欧中韓への出願における自動車用溶接技術に関する解決手段別技術区分付与件数推移を第2-24図に示す。

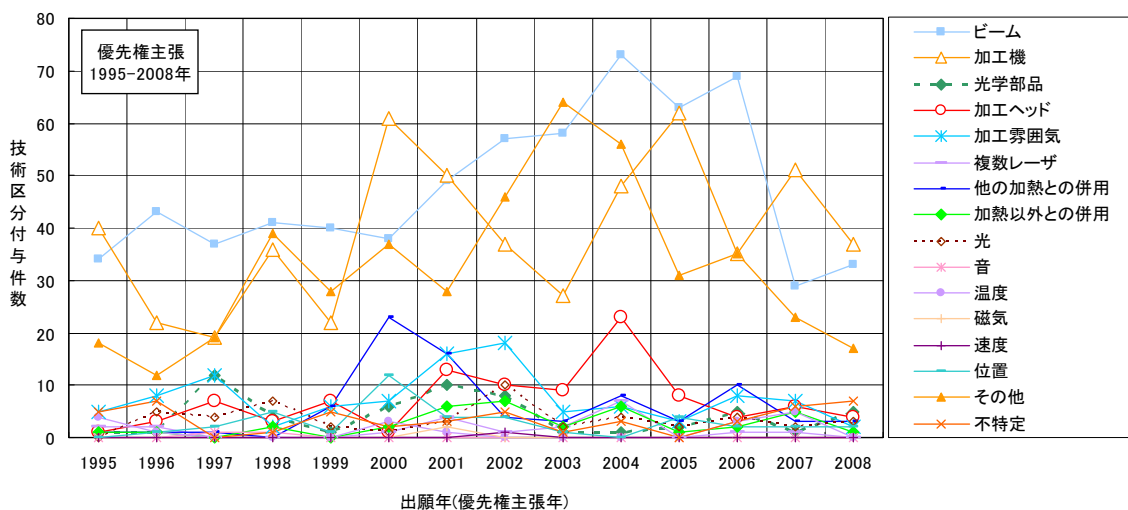
第2-23図によれば、全体の29.9%（664件）がビームに関する出願で、次いで加工機に関する出願24.6%（547件）、加工雰囲気に関する出願4.7%（105件）、加工ヘッドに関する出願4.5%（99件）、他の加熱との併用に関する出願3.7%（82件）となっている。自動車用溶接技術に関する解決手段ではビームの制御技術と同等に、加工機の制御技術が重視されていることが窺える。

第2-24図によれば、1995～2008年の14年間を通して、ビームおよび加工機に関する出願がそれ以外の出願に比べて多い。ビームについては2004年まで増加、その後は増減を繰り返しながら、大きな傾向としては減少傾向であり、加工機については2000年と2005年にピークがあり、ビームに比べ、増減の変動が大きい特徴がある。加工雰囲気については2002年、加工ヘッドについては2004年、他の加熱との併用については2000年にそれぞれ一時的にピークがあるが、その後は目立った増加はなく、低水準である。

第2-23図 日米欧中韓への出願における自動車用溶接技術に関する解決手段別技術区分付与件数



第2-24図 日米欧中韓への出願における自動車用溶接技術に関する解決手段別技術区分付与件数推移

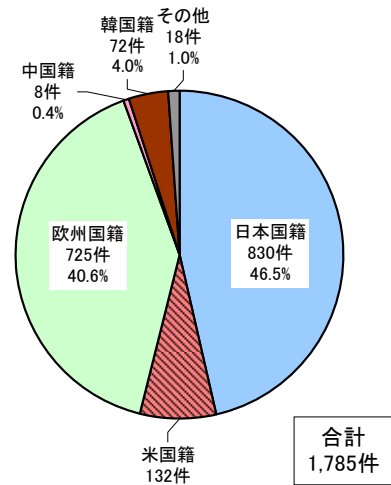


注) 2007～2008年は、PCT出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。

1995～2008年の全期間14年間の日米欧中韓への出願における自動車用溶接技術に関する出願人国籍別の出願件数を第2-25図に、日米欧中韓への出願における自動車用溶接技術に関する出願人国籍別の出願件数推移を第2-26図に示す。

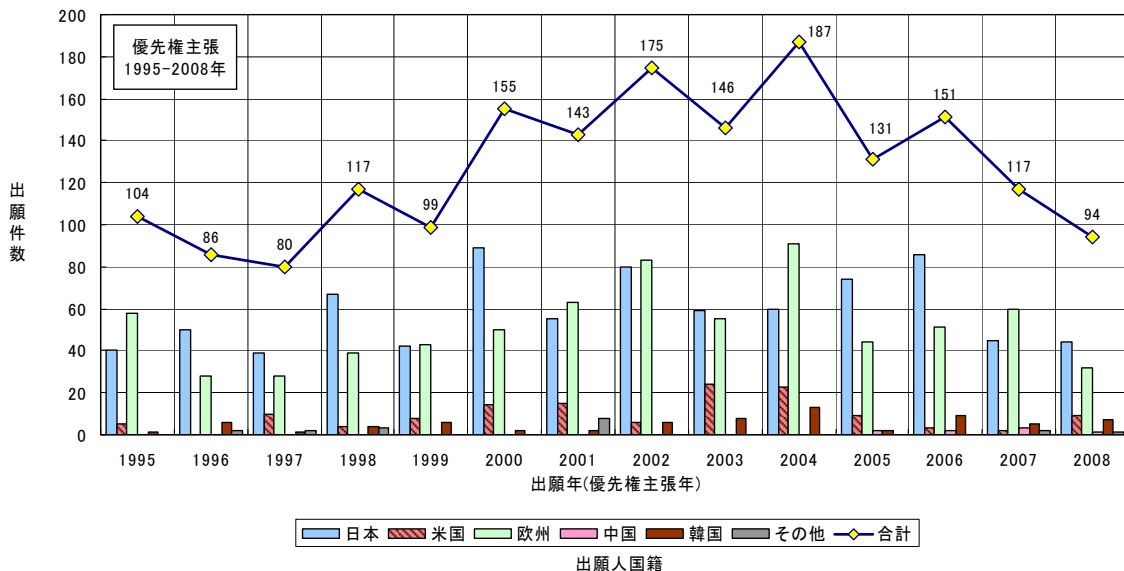
第 2-25 図 日米欧中韓への出願における自動車用溶接技術に関する出願人国籍別の出願件数

第 2-25 図によれば、全体の 46.5% (830 件) が日本からの出願、次いで欧州からの出願が 40.6% (725 件)、米国からの出願が 7.4% (132 件)、韓国からの出願が 4.0% (72 件)、中国からの出願が 0.4% (8 件) となっている。自動車用溶接技術に関する出願は、その大半を日本および欧州からの出願が占めている状況である。



第 2-26 図によれば、日米欧中韓への出願全体は増減を繰り返しながら、2004 年まで増加し、その後は減少傾向である。各年における出願件数は、1995～2008 年の 14 年間を通して、日本もしくは欧州からの出願が最も多く、出願件数の首位を競っている。

第 2-26 図 日米欧中韓への出願における自動車用溶接技術に関する出願人国籍別の出願件数推移



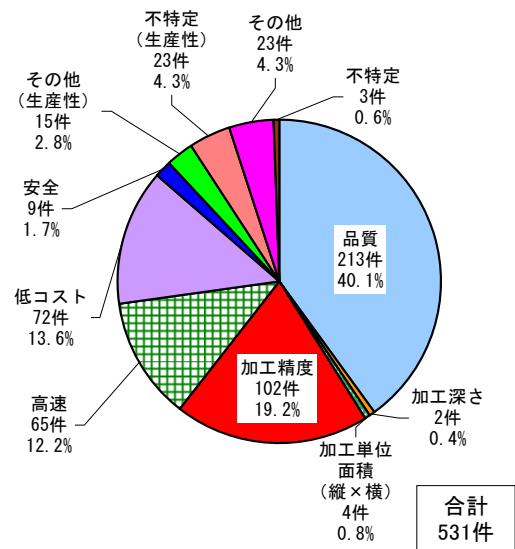
注) 2007～2008 年は、PCT 出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。各年の出願人国籍の表示順は凡例の表示順と同様である。

3. 太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する出願状況

1995～2008 年の全期間 14 年間の日米欧中韓への出願における太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する加工課題別技術区分付与件数を第 2-29 図に、日米欧中韓への出願における太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する加工課題別技術区分付与件数推移を第 2-28 図に示す。

第 2-27 図によれば、全体の 40.1% (213 件) が品質に関する出願で、次いで加工精度に関する出願 19.2% (102 件)、低コストに関する出願 13.6% (72 件)、高速に関する出願 12.2% (65 件) となっている。

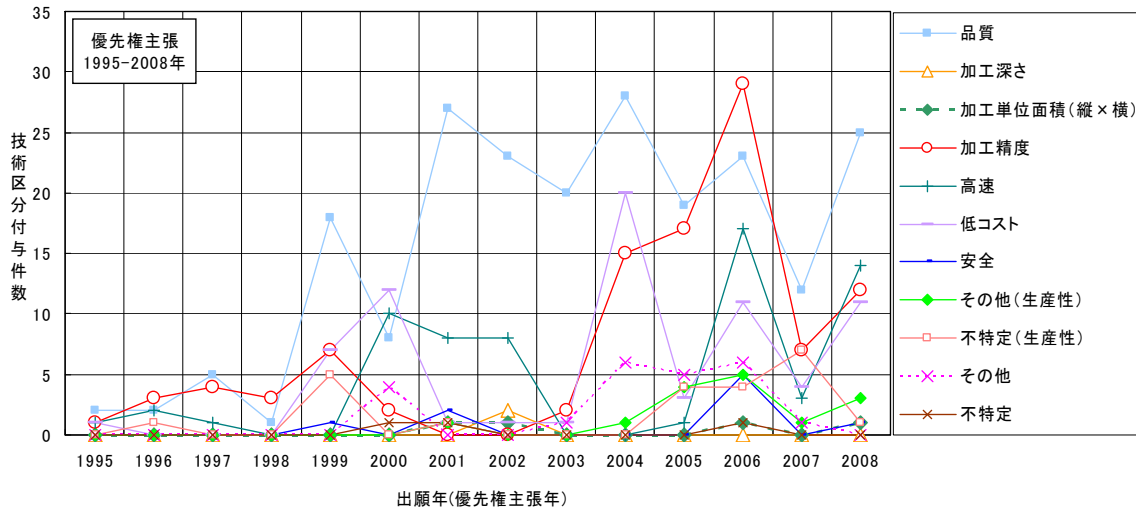
第 2-27 図 日米欧中韓への出願における太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する加工課題別技術区分付与件数



太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する加工課題では品質、加工精度、低コストの順に重視されていることが窺える。

第 2-28 図によれば、品質については 1999 年、2001 年に急増し、その後は増減を繰り返している。加工精度については 2004~2006 年にかけて急増している。低コスト、高速については増減を繰り返しており、低コストは 2004 年のピークが、高速は 2006 年のピークが最も多い。

第 2-28 図 日米欧中韓への出願における太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する加工課題別技術区分付与件数推移



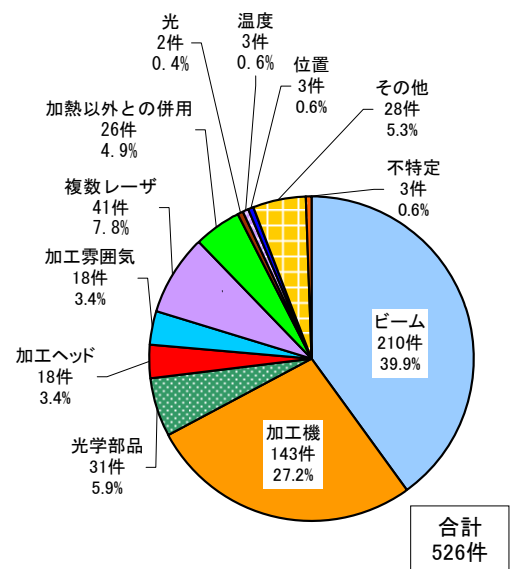
注) 2007~2008 年は、PCT 出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。

1995~2008 年の全期間 14 年間の日米欧中韓への出願における太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する解決手段別技術区分付与件数を第 2-29 図に、日米欧中韓への出願における太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する解決手段別技術区分付与件数推移を第 2-30 図に示す。

第 2-29 図によれば、全体の 39.9% (210 件) がビームに関する出願で、次いで加工機に関する出願 27.2% (143 件)、複数レーザーに関する出願 7.8% (41 件)、光学部品に関する出願 5.9% (31 件)、加熱以外との併用に関する出願 4.9% (26 件) となっている。太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する解決手段ではビームや加工機の制御技術とともに、複数レーザーの技術も重視されていることが窺える。

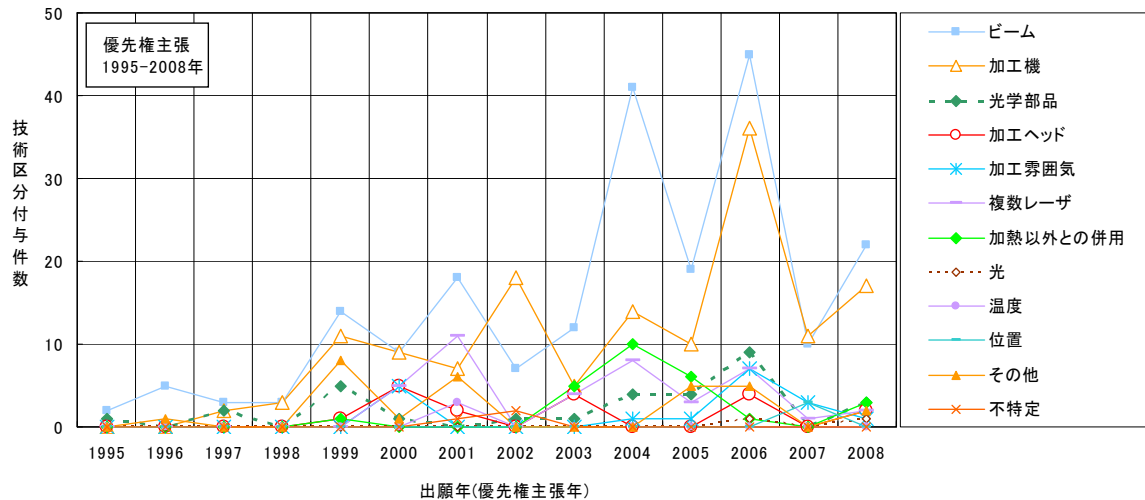
第 2-30 図によれば、ほぼ 1995~2008 年の 14 年間を通して、ビームおよび加工機に関する出願がそれ以外の出願に比べて多い。ともに 1999 年から増加傾向が顕著になり、その後も増減を繰り返しながら、大きな傾向としては増加している。特に、ビームに関する出願は 2004 年に急増し、2005 年に一旦急減するものの、

第 2-29 図 日米欧中韓への出願における太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する解決手段別技術区分付与件数



2006年には再度急増しており、加工機に関する出願も2006年に急増している。複数レーザーについては2000年以降に出願が認められる。

第2-30図 日米欧中韓への出願における太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する解決手段別技術区分付与件数推移



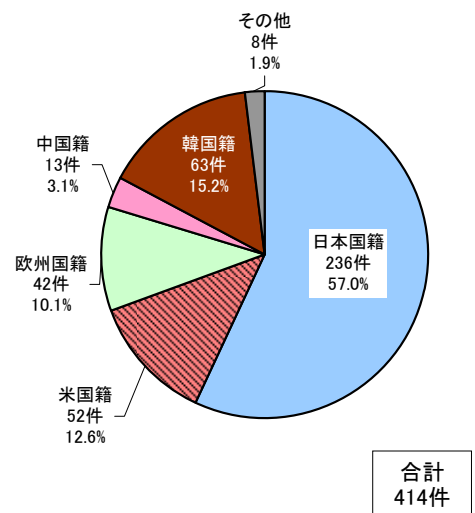
注) 2007～2008年は、PCT出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。

1995～2008年の全期間14年間の日米欧中韓への出願における太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する出願人国籍別の出願件数を第2-31図に、日米欧中韓への出願における太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する出願人国籍別の出願件数推移を第2-32図に示す。

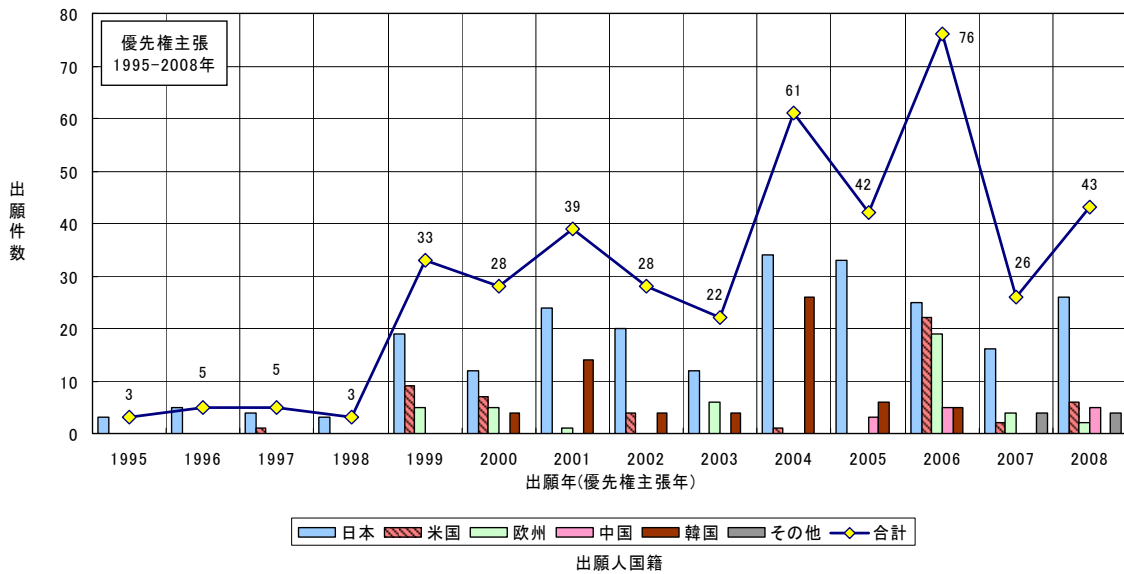
第2-31図によれば、全体の57.0% (236件) が日本からの出願、次いで韓国からの出願が15.2% (63件)、米国からの出願が12.6% (52件)、欧州からの出願が10.1% (42件)、中国からの出願が3.1% (13件)となっている。太陽電池用切断およびスクライビング技術に関しては、日本に次いで韓国からの出願が多いことが特徴である。

第2-32図によれば、日米欧中韓への出願全体は1999年に急増し、その後は増減を繰り返しながら、大きな傾向としては増加傾向である。各年における出願件数は、1995～2008年の14年間を通して、日本からの出願が最も多く、出願件数の首位を守っている。

第2-31図 日米欧中韓への出願における太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する出願人国籍別の出願件数



第 2-32 図 日米欧中韓への出願における太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する出願人国籍別の出願件数推移



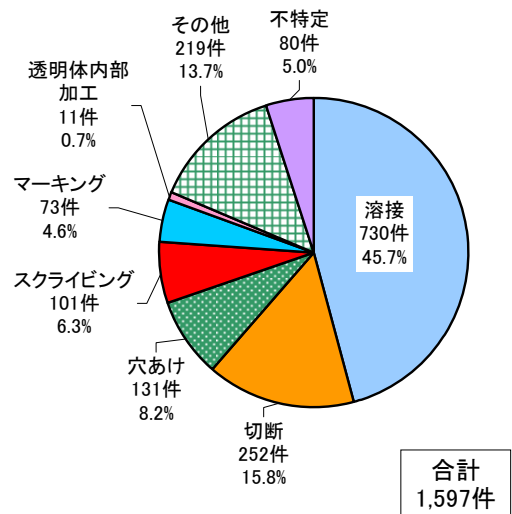
注) 2007～2008 年は、PCT 出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。

4. 併用（複合）加工技術に関する出願状況

1995～2008 年の全期間 14 年間の日米欧中韓への出願における併用（複合）加工技術に関する加工種別別技術区分付与件数を第 2-33 図に、日米欧中韓への出願における併用（複合）加工技術に関する加工種別別技術区分付与件数推移を第 2-34 図に示す。

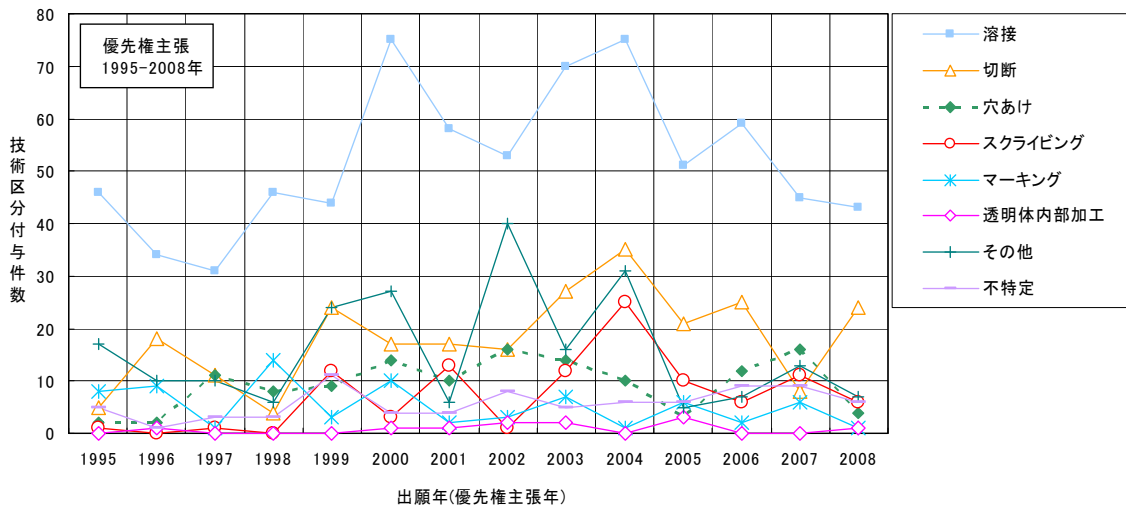
第 2-33 図によれば、全体の 45.7%（730 件）が溶接に関する出願で、次いで切断に関する出願 15.8%（252 件）、穴あけに関する出願 8.2%（131 件）、スクライビングに関する出願 6.3%（101 件）、不特定（加工種別を特には限定していない）である出願 5.0%（80 件）となっている。第 2-11 図の技術区分別動向における加工種別別の技術区分付与件数と比べて、溶接に関する出願が多く、不特定（加工種別を特には限定していない）である出願やマーキングに関する出願が少ないことがわかる。注目研究開発テーマとして取り上げた併用（複合）加工技術は、その多くが溶接を対象とした技術であることがわかる。

第 2-33 図 日米欧中韓への出願における併用（複合）加工技術に関する加工種別別技術区分付与件数



第 2-34 図によれば、1995～2008 年の 14 年間を通して、溶接に関する出願がそれ以外の出願に比べて多い。その動向については増減を繰り返し、2000 年、2004 年にピークがあるが、2005 年以降は概ね減少傾向である。切断やスクライビングについても 2004 年にはピークがあることから、それらの加工種別のいずれにも適用することができる共通技術的な併用（複合）加工技術の出願が多かったことが窺える。また、溶接以外の出願も、頻繁に増減を繰り返しており、併用（複合）加工技術については、多方面からのアプローチが行われていることが窺える。

第 2-34 図 日米欧中韓への出願における併用（複合）加工技術に関する加工種別別技術区分付与件数推移



注) 2007～2008 年は、PCT 出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。

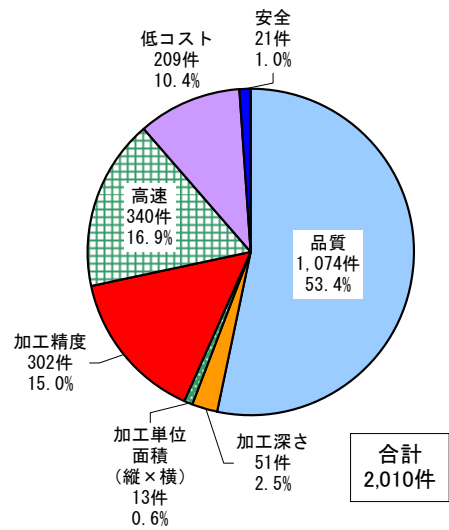
1995～2008 年の全期間 14 年間の日米欧中韓への出願における併用（複合）加工技術に関する加工課題別技術区分付与件数を第 2-35 図に、日米欧中韓への出願における併用（複合）加工技術に関する加工課題別技術区分付与件数推移を第 2-36 図に示す。

第 2-35 図によれば、全体の 53.4% (1,074 件) が品質に関する出願で、次いで高速に関する出願 16.9% (340 件)、加工精度に関する出願 15.0% (302 件)、低コストに関する出願 10.4% (209 件)、加工深さに関する出願 2.5% (51 件) となっている。併用（複合）加工技術に関する加工課題では品質、高速、加工精度の順に重視されていることが窺える。

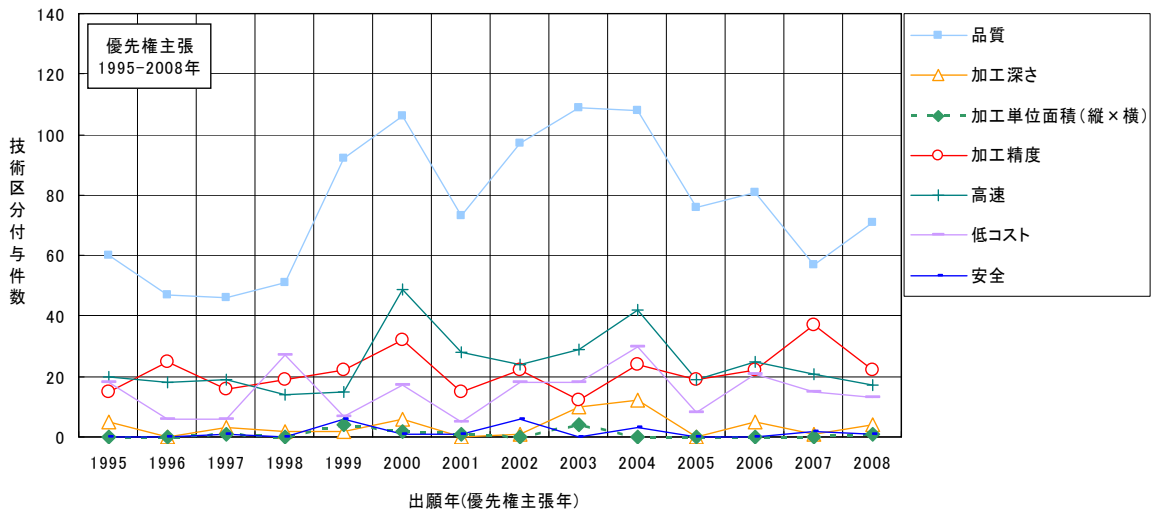
第 2-36 図によれば、品質については 2000 年まで増加、その後は増減を繰り返しながら、2005 年以降は減少傾向である。高速についても 2000～2004 年に比較的出願が多い時期があった後、2005 年以降は減少傾向である。加工精度については、小さな増減を繰り返しながら、ほぼ同水準で推移している。

1995～2008 年の全期間 14 年間の日米欧中韓への出願における併用（複合）加工技術に関する出願人国籍別の出願件数を第 2-37 図に、日米欧中韓への出願における併用（複合）加工技術に関する出願人国籍別の出願件数推移を第 2-38 図に示す。

第 2-35 図 日米欧中韓への出願における併用（複合）加工技術に関する加工課題別技術区分付与件数



第 2-36 図 日米欧中韓への出願における併用（複合）加工技術に関する加工課題別技術区分付与件数推移

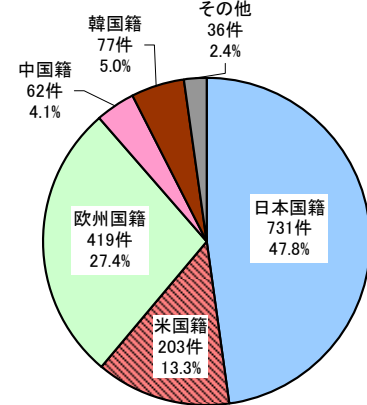


注) 2007～2008 年は、PCT 出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。

第 2-37 図によれば、全体の 47.8% (731 件) が日本からの出願、次いで欧州からの出願が 27.4% (419 件)、米国からの出願が 13.3% (203 件)、韓国からの出願が 5.0% (77 件)、中国からの出願が 4.1% (62 件) となっている。第 2-3 図に示す本調査対象全体の日米欧中韓への出願における出願人国籍別の出願件数と類似した件数比率である。

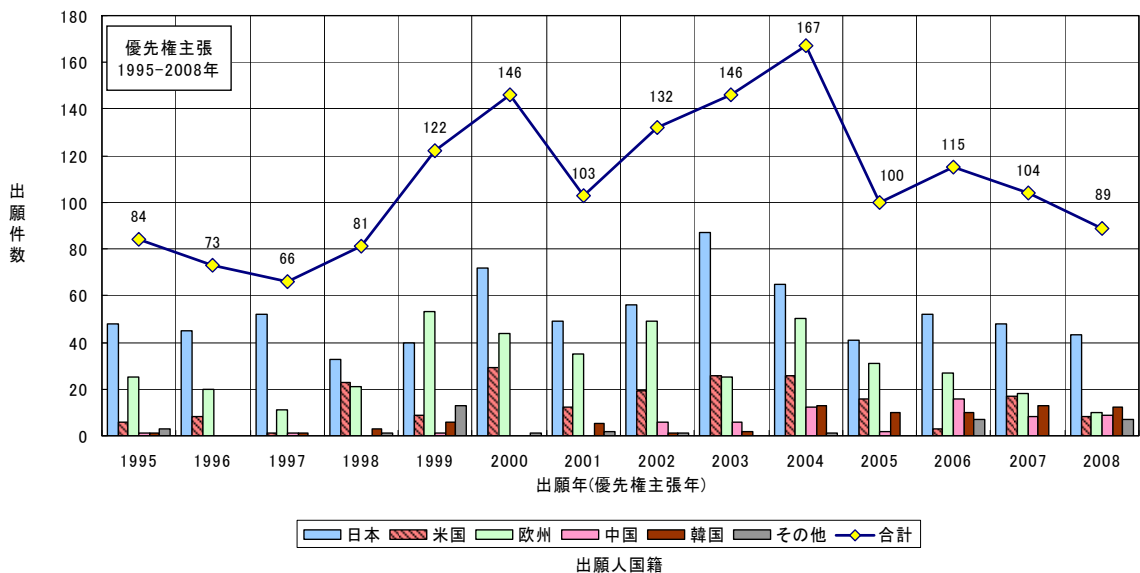
第 2-38 図によれば、日米欧中韓への出願全体は増減を繰り返しながら、2004 年まで増加し、その後は減少傾向である。各年における出願件数は、1999 年を除いて、日本からの出願が最も多い状況である。

第 2-37 図 日米欧中韓への出願における併用（複合）加工技術に関する出願人国籍別の出願件数



合計 1,528 件

第 2-38 図 日米欧中韓への出願における併用（複合）加工技術に関する出願人国籍別の出願件数推移



注) 2007～2008 年は、PCT 出願による国内移行までの期間が長いこと等によるデータベースの収録遅れに注意を要する。

第3章 研究開発動向

第1節 調査方法

論文から見た研究開発動向を調査するために、JSTPlus(独立行政法人 科学技術振興機構)のデータベースを使用した。調査対象期間は1995～2009年(発行年)とした。なお、本報告書では筆頭研究者の所属機関国籍を研究者所属機関国籍とした。

第2節 全体動向

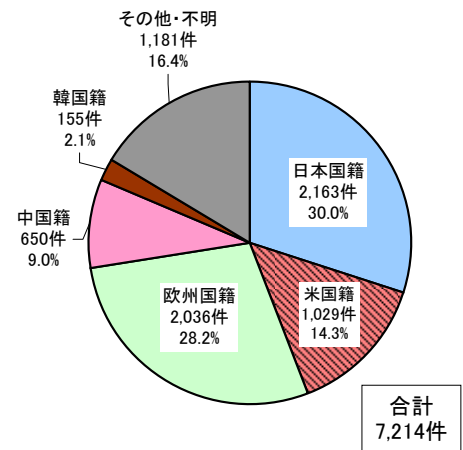
1995～2009年の全期間15年間の論文発表における研究者所属機関国籍別の論文発表件数を第3-1(a)図(全論文)と第3-1(b)図(英語論文)に示す。

第3-1(a)図によれば、全体の30.0%(2,163件)を日本からの発表が占め、次いで欧州からの発表が28.2%(2,036件)、米国からの発表が14.3%(1,029件)、中国からの発表が9.0%(650件)、韓国からの発表が2.1%(155件)となっている。第2-3図に示す特許に関する日米欧中韓への出願人国籍別の出願件数と比較すると、日本(第2-3図においては、日本国籍出願人の占める比率は47.1%)、韓国(第2-3図においては、韓国籍出願人の占める比率は3.3%)の占める比率が低く、反対に、中国(第2-3図においては、中国籍出願人の占める比率は2.6%)の占める比率が高い。米国(第2-3図においては、米国籍出願人の占める比率は14.6%)、欧州(第2-3図においては、欧州国籍出願人の占める比率は30.3%)の占める比率は大きくは変わらない。

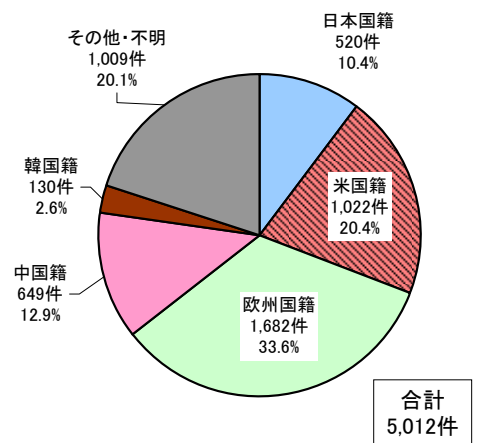
第3-1(b)図によれば、全体の33.6%(1,682件)を欧州からの発表が占め、次いで米国からの発表が20.4%(1,022件)、中国からの発表が12.9%(649件)、日本からの発表が10.4%(520件)、韓国からの発表が2.6%(130件)となっている。第2-3図に示す特許に関する日米欧中韓への出願人国籍別の出願件数と比較すると、日本(第2-3図においては、日本国籍出願人の占める比率は47.1%)の占める比率がかなり低く、反対に中国(第2-3図においては、中国籍出願人の占める比率は2.6%)の占める比率はかなり高くなっている。

また、第3-1(b)図では、第3-1(a)図と比較すると、日本からの発表の占める比率がかなり低く(全論文:30.0%→英語論文10.4%)、反対に日本以外の、米国(全論文:14.3%→英語論文20.4%)、欧州(全論文:28.2%→英語論文33.6%)、中国(全論文:9.0%→英語論文12.9%)、韓国(全論文:2.1%→英語論文2.6%)からの発表の占める比率は高くなっている。全論文に占める英語論文の比率が、日本からの発表ではわずか24.0%であるのに対し、米国からの発表(99.3%)、欧州からの発表(82.6%)、中国からの発表(99.8%)、韓国から

第3-1(a)図 研究者所属機関国籍別の論文発表件数(全論文)



第3-1(b)図 研究者所属機関国籍別の論文発表件数(英語論文)

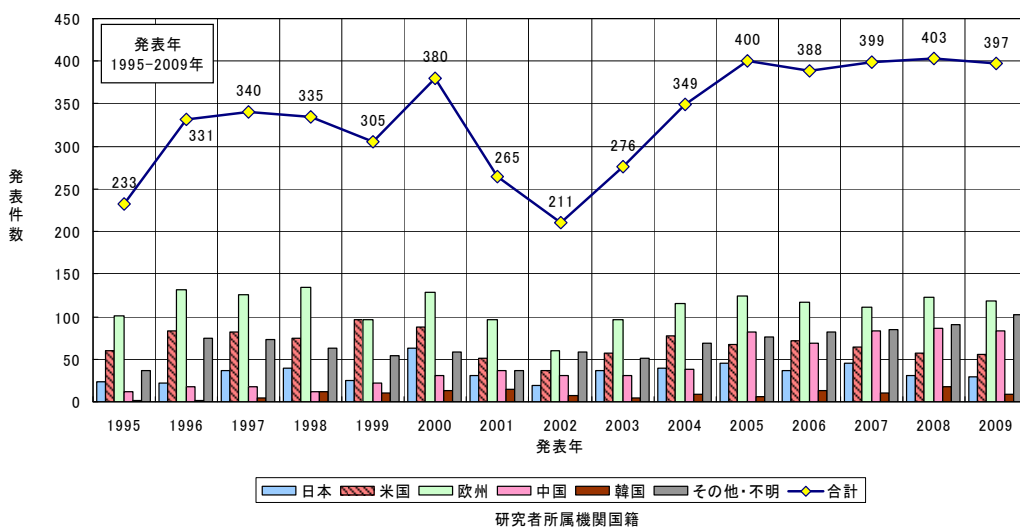


の発表（83.9%）であることがその理由である。

したがって、第 3-1(a)図および第 3-1(b)図から、本技術分野における論文発表件数の国際比較を行うことは、厳密な意味では難しいが、行うとすれば、第 3-1(b)図に示す英語論文の研究者所属機関国籍別の論文発表件数を評価する方が妥当であると考えられる。また、第 3-1(a)図および第 3-1(b)図では、日米欧中韓以外および所属機関不明の占める比率が高いため、それらのデータの評価にも注意を要する。

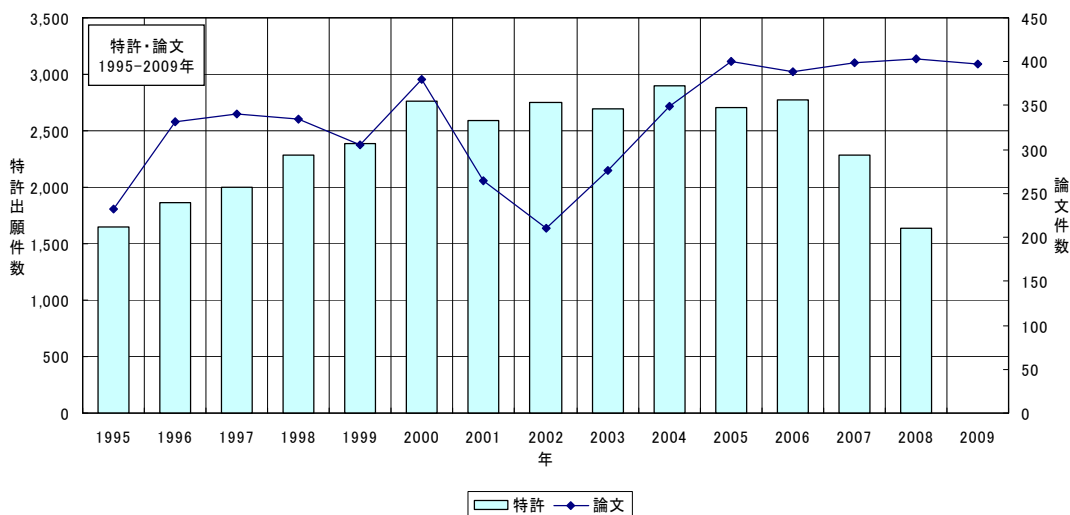
第 3-2 図には、研究者所属機関国籍別の論文発表件数推移（英語論文）を示す。それによれば、論文発表件数は、2001～2002 年にかけて急激に減少した後、2003～2005 年にかけて急増し、その後は一定水準を維持している。研究者所属機関国籍別に見ると、各年においても、欧州からの論文発表件数が最も多く、日本からの論文発表件数は、欧州、米国、中国からの論文発表件数と比べて、低調である。中国からの論文発表件数は、2005 年以降に急増し、その後は欧州からの論文発表件数に次ぐ水準を維持している。

第 3-2 図 研究者所属機関国籍別の論文発表件数推移（英語論文）



第 3-3 図には、特許出願件数推移と論文発表件数推移（英語論文）の対比を示す。それによれば、2001～2004 年の特許出願件数推移と論文発表件数推移には相関がない。

第 3-3 図 特許出願件数推移と論文発表件数推移（英語論文）の対比



第3節 技術区分別の動向

本節における分析では、1件の発表において、該当する技術区分が複数あれば、複数付与しているため、技術区分付与件数は発表件数より多い件数となることに注意を要する。

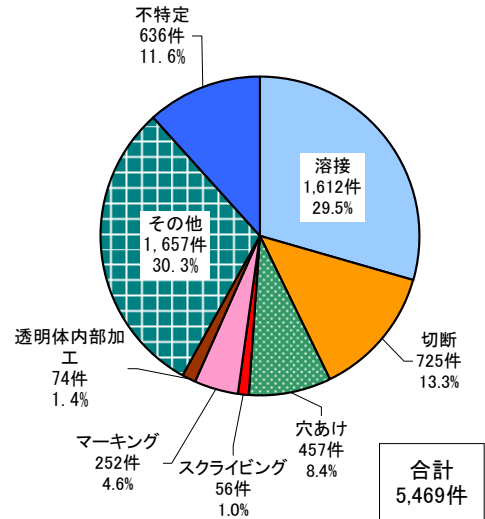
1. 加工種別別の発表状況

1995～2009年の全期間15年間の論文発表における加工種別別の技術区分付与件数（英語論文）を第3-4図に、加工種別別の技術区分付与件数推移（英語論文）を第3-5図に示す。

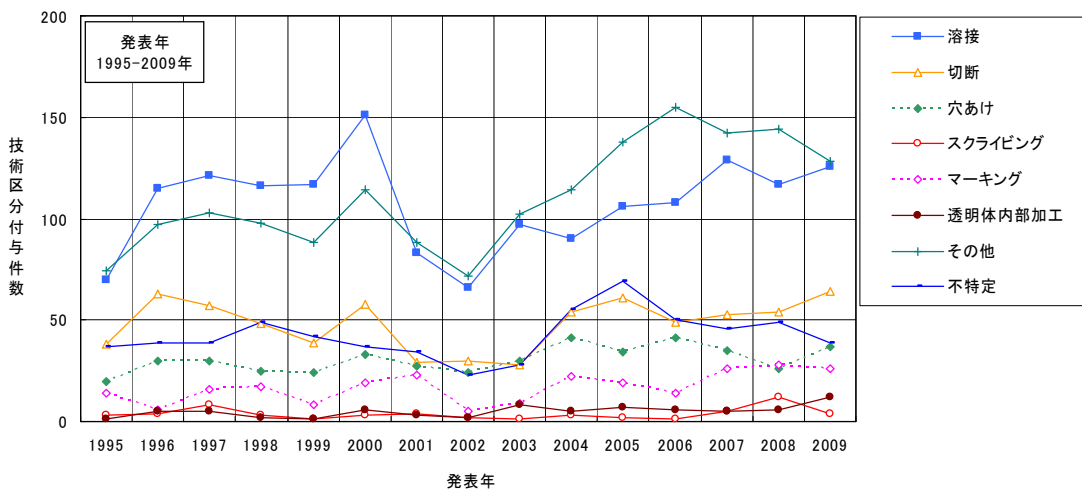
第3-4図によれば、全体の29.5%（1,612件）が溶接に関する論文で、次いで切断に関する論文が13.3%（725件）、不特定（加工種別を特には限定していない）である論文が11.6%（636件）、穴あけに関する論文が8.4%（457件）、マーキングに関する論文が4.6%（252件）となっている。第2-11図に示す特許に関する日米欧中韓への出願における加工種別別の技術区分付与件数と比較すると、溶接（特許に占める比率24.5%）が占める比率が高く、切断（特許に占める比率17.0%）、穴あけ（特許に占める比率12.2%）、マーキング（特許に占める比率10.6%）、スクライビング（特許に占める比率6.2%）が占める比率が低くなっている。

第3-5図によれば、溶接については2000年をピークに、2001～2002年に減少しているが、2003年以降は、増減を繰り返しながら、増加傾向で推移している。溶接以外の、切断、穴あけ、マーキング、スクライビングについては、1995～2009年の15年間を通して、大きな増減はなく、ほぼ同水準で推移している

第3-4図 論文発表における加工種別別の技術区分付与件数（英語論文）



第3-5図 論文発表における加工種別別の技術区分付与件数推移（英語論文）

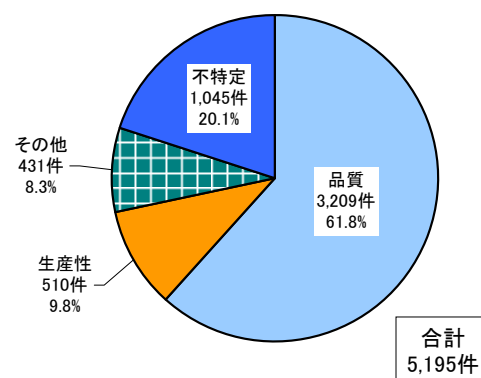


2. 加工課題別の発表状況

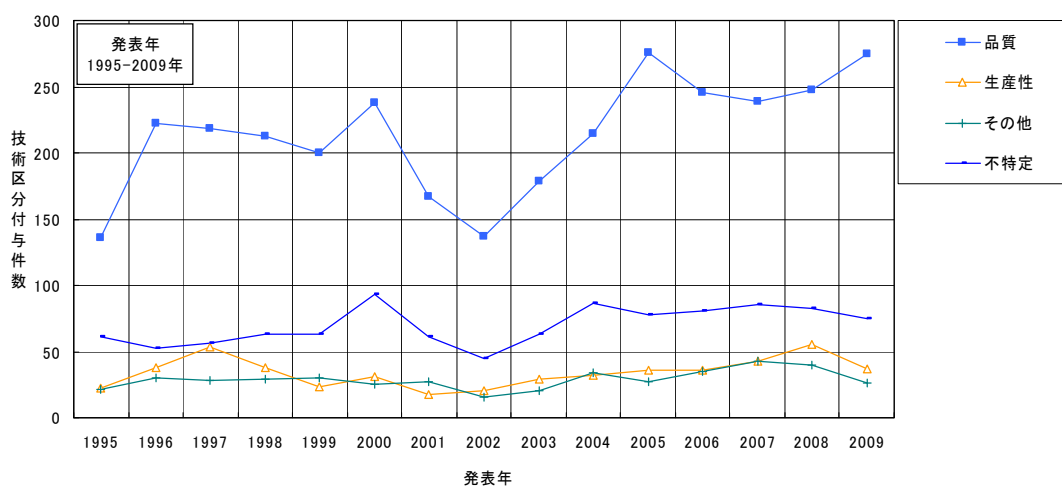
1995～2009年の全期間15年間の論文発表における加工課題別の技術区分付与件数（英語論文）を第3-6図に、加工課題別の技術区分付与件数推移（英語論文）を第3-7図に示す。

第3-6図によれば、全体の61.8%（3,209件）が品質に関する論文で、次いで不特定（加工課題を特に限定していない）である論文が20.1%（1,045件）、生産性に関する論文が9.8%（510件）となっている。第2-14図に示す特許に関する日米欧中韓への出願における加工課題別の技術区分付与件数と比較すると、不特定（特許に占める比率7.2%）が占める比率が高く、生産性（特許に占める比率30.2%）が占める比率が低くなっており、品質（特許に占める比率58.8%）が占める比率は、ほぼ等しい。

第3-6図 論文発表における加工課題別の技術区分付与件数（英語論文）



第3-6図 論文発表における加工課題別の技術区分付与件数推移（英語論文）



第3-7図によれば、1995～2009年の15年間を通して、品質に関する論文が上位を占めており、その推移は、第3-2図に示す本調査対象の論文発表件数推移に大きな影響を受けている。品質以外の不特定、生産性に関する論文については小さな増減を繰り返しながら、大きな傾向としては、1995～2009年の15年間を通して、同水準で推移している。第2-15図に示す特許に関する日米欧中韓への出願における加工課題別の技術区分付与件数推移と比較すると、品質を除いて、不特定や生産性の件数の変動が少ない傾向があることでは一致する。

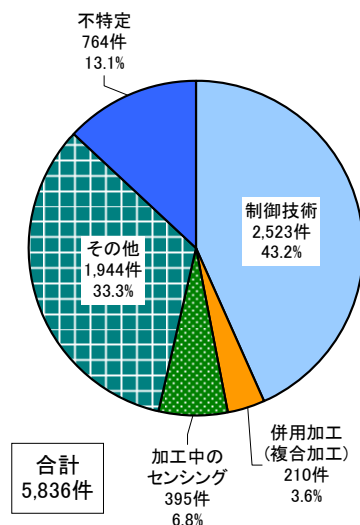
3. 解決手段別の発表状況

1995～2009年の全期間15年間の論文発表における解決手段別の技術区分付与件数（英語論文）を第3-8図に、解決手段別の技術区分付与件数推移（英語論文）を第3-9図に示す。

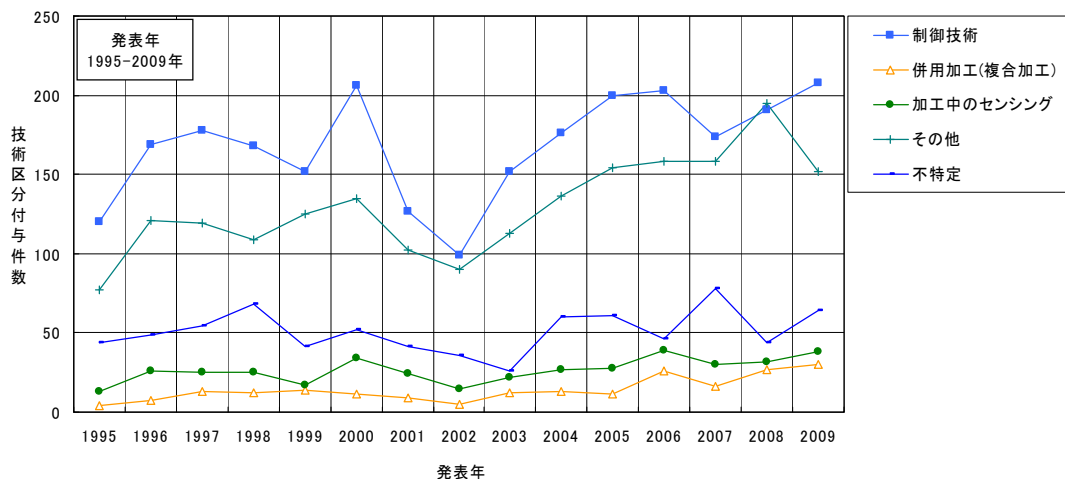
第3-8図によれば、全体の43.2%（2,523件）が制御技術に関する論文で、次いで不特定（解決手段を特に限定していない）である論文が13.1%（764件）、加工中のセンシングに関する論文が6.8%（395件）、併用加工（複合加工）に関する論文が3.6%（210件）となっている。第2-17図に示す特許に関する日米欧中韓への出願における解決手段別の技術区分付与件数と比較すると、論文においては、制御技術（特許に占める比率72.2%）が占める比率が低く、不特定（特許に占める比率2.3%）が占める比率が高くなっている。

第3-9図によれば、1995～2009年の15年間を通して、制御技術に関する論文が上位を占めており、その推移は、第3-2図に示す本調査対象の論文発表件数推移に大きな影響を受けている。また、不特定、加工中のセンシング、併用加工（複合加工）に関する論文については小さな増減を繰り返しながら、大きな傾向としては、1995～2009年の15年間を通して、同水準で推移、もしくは、増加傾向で推移している。第2-18図に示す特許に関する日米欧中韓への出願における解決手段別の技術区分付与件数推移との比較では、各解決手段における件数が1995年以降、近年まで、大きな傾向として、同水準で推移、もしくは、増加傾向で推移していることでは同様である。

第3-7図 論文発表における解決手段別の技術区分付与件数（英語論文）



第3-9図 論文発表における解決手段別の技術区分付与件数推移（英語論文）



第4章 政策動向

第1節 日本の政策動向

レーザ加工技術に関連する、日本における大規模政策プロジェクトを第4-1表に示す。

第4-1表の最上段に示した「超高性能レーザ応用複合生産システムの研究開発」は世界で最初に実施されたレーザ加工技術に関する大規模プロジェクトであり、その成果が80年代における世界をリードする日本のレーザ加工技術につながったと考えられている⁴⁻¹⁾。そして、これを含め、第4-1表中の2001年度までに実施されたプロジェクトが日本の産業用炭酸ガスレーザ、固体レーザ、エキシマレーザ、およびそれらを用いる加工技術の国際競争力獲得を支えたといわれている⁴⁻²⁾。

第4-1表 日本のレーザ加工技術関連大規模政策プロジェクト

名称	制度/推進機関/ 実施機関	期間	研究費総額	主要内容/目標 等(レーザ加工関連のみ)
超高性能レーザ 応用複合生産シ ステムの研究開 発	大型工業技術 研究開発制度 工業技術院 (当時) 2 国立研究機関 22 企業・団体	1977 年度 ～ 1984 年度	約 137 億円	<ul style="list-style-type: none"> 多品種少量生産の機械部品を素材から一貫システムで生産可能な複合生産システムに必要な要素技術確立 レーザによる切断、溶接、熱処理、計測技術 大出力(20kW)炭酸ガスレーザ発振器(26.5kWを達成) 中出力希ガスレーザ(200W)、固体レーザ(300W)発振器
超先端加工シ ステムの研究開 発	大型工業技術 研究開発制度 工業技術院 (当時) 6 国立研究機関 22 企業・団体	1986 年度 ～ 1994 年度	約 161 億円	<ul style="list-style-type: none"> 先端技術産業(エネルギー、精密機器、エレクトロニクス、航空宇宙)に必要なエキシマレーザ、イオンビームを用いる加工処理技術と、超精密機械加工の確率 大出力エキシマレーザ(2kW以上) その他
フォトン計測・加 工技術の研究開 発	産業科学技術 研究開発制度 NEDO 1 独立行政法人 1 国立大学 14 企業・団体	1997 年度 ～ 2001 年度	約 72 億円	<ul style="list-style-type: none"> フォトンによる革新的な計測技術・加工技術の実現 高信頼度のレーザ溶接技術 高エネルギー密度レーザによる超微粒子作成とその集積・堆積による量子レベル微小構造体作成技術 半導体レーザ励起による高出力、高効率、高集光固体レーザ発振技術
高出力多波長複 合レーザ加工基 盤技術開発プロ ジェクト	ロボット・新機 械イノベーション プログラム NEDO 1 国立大学 3 企業・団体	2010 年度 ～ 2014 年度	2010 年度： 7.0 億円 2011 年度： 11.7 億円	<ul style="list-style-type: none"> 高出力、高品位の半導体ファイバレーザ技術を開発し、加工難易度が極めて高い炭素繊維強化複合材料等の先進材料の加工、及び次世代製品の短時間、高品質、低コスト製造を実現する加工技術の確立 レーザ高出力化技術(シングルエミッタ：20W、アレイ：300W) レーザ高品位化技術 多波長複合加工技術

4-1) NEDO 報告書、「省エネルギー効果が期待されるレーザ加工に関する垂直統合型技術開発テーマ抽出のための調査報告書」、(財)レーザ技術総合研究所 他、2009年3月

4-2) 八木重典、電気学会誌、Vol.125、No.5、pp.296-299、2005年5月

第 4-1 表から明らかなように、2001 年度に終了した「フォトン計測・加工技術の研究開発」以降、日本では大規模政策プロジェクトが途絶えていた⁴⁻³⁾。しかし、後述のように欧米ではこの間も大規模な国家プロジェクトが継続され、例えば高強度固体レーザー(半導体レーザー、ファイバレーザー等)では、欧米での技術の進展に対して日本は遅れをとったことが指摘されている。その結果、高強度固体レーザーを国内で調達することができず⁴⁻¹⁾、現在のレーザー技術の最先端領域であり、市場拡大が著しいファイバレーザーの分野は欧米に席卷される状況となった⁴⁻⁴⁾との見解もある。また、海外から調達したレーザー加工装置を用いて国内で先進材料の新たな加工技術開発を進めているものの、装置導入コスト、迅速なメンテナンスサービス等における問題も散見されるようである。その結果、新たな加工技術の導入においても海外企業に遅れをとる懸念が指摘されるようになった⁴⁻⁴⁾。

このような背景のもとに、第 4-1 表の最下段に示す「高出力多波長複合レーザー加工基盤技術開発プロジェクト」が 2010 年度から 5 年計画で新たに開始された。

第 2 節 米国の政策動向

米国のレーザー関係技術の開発は、軍事応用を主目的とすることが大きな特徴であり、米国防務省(DOD)では軍事目的のレーザーに関する研究開発を以前から活発に進めている。DOD は基礎研究・応用研究・開発・評価など様々なフェーズにおいて多額の政府予算を投入している。また、空軍管轄のプロジェクト単位の研究開発に見られるように、極めて長期間にわたって継続されることも大きな特徴である。

DOD の研究開発の主目的は軍事応用であり、高効率・高出力レーザーによるレーザー兵器の開発を目標とする点で日本や後述の欧州の政策プロジェクトとは異なる。しかし、一部では開発した技術の産業界への波及を目指す研究開発も行われている。

1970 年代から米国海軍主導で金属加工用高出力(100kW 級)炭酸ガスレーザーの開発が行われ、また 1990 年代後半の空軍主体の SBIR (小規模事業革新的研究) 計画では、高出力レーザー(特に高出力ファイバレーザー)の開発と産業界への普及が推進されたといわれている⁴⁻⁵⁾。

1994 年には DARPA (国防高等研究計画局) によって PLM (Precision Laser Machining) が開始され、2001 年に終了した。これは、高出力半導体レーザー、高品質半導体レーザー励起固体レーザーのほか、ファイバ伝送技術やビームの高品質化技術を開発し、航空・宇宙、自動車、造船等の産業における溶接、切断等の加工に利用する技術を開発するものであった。研究費総額は約 37 億円⁴⁻⁵⁾といわれており、成果の例として 3kW、6kW の LD 励起 YAG レーザーの開発などが挙げられている。

また、造船業及び船用機械工業を対象として、軍の研究所が持つ膨大な設備と優秀な頭脳を民間技術へ転化することを狙った技術開発プログラムである MARITECH プログラムが 1994～1998 年度に DARPA の下で実施された。その後、民需への転換を一層促進するため、1999～2003 年度には後継プログラムである MARITECH ASE が実施された。

⁴⁻³⁾ (社)日本機械工業連合会、平成 19 年度 次世代社会構造対応型製造技術の体系・統計調査報告書、2008 年 3 月

⁴⁻⁴⁾ P10006 「高出力多波長複合レーザー加工基盤技術開発プロジェクト」基本計画、NEDO 機械システム技術開発部

⁴⁻⁵⁾ 平成 15 年度経済産業省委託調査報告書、光関係研究開発プロジェクトの技術・産業・社会へのインパクトに関する調査、株式会社 三菱総合研究所、2004 年 3 月

第3節 欧州の政策動向

欧州では1985年から1993年に行われたブライト/ユーラム(BRITE/EURAM)計画において、レーザによるエッチング、溶接、コーティング、表面処理等の技術開発が行われた。ブライト計画は新技術や新材料の伝統産業分野への応用促進を目的として1985年に創設され、ユーラム計画は新材料の開発を目的として1986年に創設されたもので、両者は欧州製造業の技術水準向上と世界市場における競争力強化を目的として1989年に統合された。このブライト/ユーラム計画は Framework Program の一環として実施された。

この Framework Program は EC/EU 加盟国が協力する基礎研究プログラムであり、1984年に第一次が開始された後、現在は第7次 Framework Program(FP7:2007~2013年)が進められている。現在進行中の FP7 では多くの光技術に関するプロジェクトが進められているが、レーザ加工技術に関連するものとしては8件のプロジェクトが進められており、総額で約72億円(EUの補助金は約48億円:何れも€1=¥110で換算)の研究費が投入されている。

一方、市場指向型の研究開発であり、欧州の産業育成政策ともいえる技術イノベーション制度 EUREKA(ユーレカ:欧州先端技術共同体構想)計画が1985年に開始され、例えば1986~1998年の「ユーロレーザプロジェクト」では、一般的な炭酸ガスレーザ、半導体レーザ、エキシマレーザのほか、自由電子レーザ等の多くの種類について、加工用レーザとしての評価と技術開発が行われた⁴⁻⁶⁾。

第4節 中国の政策動向

中国におけるレーザに関する技術開発は1963~1972年の「科学技術発展規画(計画)」に始まる40年以上の歴史があり、政府の支援を受けて充実した研究基盤を有しているといわれている。ただし、その初期においてはレーザ追尾・測定を中心とする軍事目的の研究開発であり、民生への応用は1990年代に入ってからとのことである。これまでの各5カ年計画に基づく国家科学技術計画や、2006年に中国国務院から発表された2020年までを対象期間とする「国家中長期科学技術発展規画綱要」において、レーザ技術はハイテク分野の開発項目の一つとして常に採り上げられてきた⁴⁻⁷⁾。

現在は、国家戦略技術として、大型・高エネルギーレーザの開発が国家ハイテク委員会の主導で進められており、米欧の超高強度レーザ開発を追いかけている模様である。また、高出力の極短パルスレーザの開発や上海放射光施設(SSRF)の建設に重点投資が行われるなど、広範囲の光技術に関する研究開発を積極的に進めている⁴⁻⁸⁾。なお、レーザ技術をはじめとして、ハイテク技術を手がける企業には税金面の優遇措置がとられている模様である。

このような流れの中で、2001年に武漢東湖新技術開発区(東湖ハイテクゾーン)を「国家光電子情報産業基地」とすることを決定し、研究・生産拠点として武漢・中国オプトニクスバレーを建設した。東湖開発区には武漢大学、華中科学技術大学などの大学、高等専門学校や研究機関、ハイテク企業が集中しており、中国最大のレーザ産業基地でもあることから、LEDや光ディスク関連のレーザ技術開発と共に、レーザ加工に関する技術開発も行われている。

⁴⁻⁶⁾ <http://www.eurekanetwork.org/project/-/id/6>

⁴⁻⁷⁾ 光産業の動向、財団法人 光産業技術振興協会、2006年3月

⁴⁻⁸⁾ 光科学技術の推進に関する懇談会 中間報告書—今後の光科学技術施策の進め方—、文部科学省、2007年7月、http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/19/08/07081406/002.htm

第5節 韓国の政策動向

韓国では、国と地方自治体(光州市)及び民間が連携し、光州市に「光産業クラスター」を構築して大学、研究所、企業を集中させ、技術開発や企業育成を進めている。このクラスターには韓国光技術院(KOPTI)や光州科学技術院(GIST)等の研究機関や韓国光産業振興会(KAPID)などがあり、日本企業も進出しているようである。

KOPTIは韓国国内の光産業の育成と発展を目的として、産業資源部(2008年以降は知識経済部)と光州市、民間企業が共同で設立した非営利の専門生産技術研究所である。また、GISTは国家戦略として設立された研究指向の大学院大学である。このように、韓国では国を挙げて光関連の技術開発や産業振興に注力しており、照明用LEDに関する活発な技術開発⁴⁻⁹⁾と共に、高出力レーザに関する研究・開発の進展も目覚ましい⁴⁻¹⁰⁾ようである。

GISTの特徴は研究・開発体制の積極的な国際化であり、国際共同研究を中心としていることである。外国からの研究者を招くだけでなく、若手研究者を欧米の一流研究所に派遣し、その育成、技術習得と同時に人的ネットワークの構築を行っている。GISTの先端光技術研究所(APRI)では、2008年に超短パルス高出力レーザ(PW⁴⁻¹¹⁾クラス)の研究を行うための施設(UQBF)を建設し、その応用に関するプロジェクトが急速に立ち上げられた。UQBFの建設費は4,000万ドル⁴⁻¹²⁾(\$1=¥90で換算して約36億円)の模様である。

第6節 ドイツの政策動向

ドイツはレーザ加工・発振技術の分野での大規模技術開発プロジェクトを1987年以来、欧州(EU)の中でも特に強力に進めてきた。

日本が世界に先駆けて1977年に開始した大型政策プロジェクトである「超高性能レーザ応用複合生産システムの研究開発」よりは10年遅れたが、その後は中断することなく継続的に実施されていることが特徴である。ドイツにおけるこれらの大型プロジェクトは連邦教育研究省(BMBF)の資金により、ドイツ技術者協会(VDI)の技術センターが推進している。BMBFの資金による助成の比率は全般的には50%前後の模様である。

ドイツではレーザ加工技術を含む光技術を重要視しており、2006年8月に策定された「ドイツハイテク戦略」では、将来性が高く、戦略的に投資すべき先端17分野の一つとして光技術が掲げられている。「ドイツハイテク戦略」によれば、光技術はイノベーションの源泉とされ、この分野での雇用増大と光産業規模の大幅拡大を目指すとしている⁴⁻¹³⁾。具体的には新規産業の創出により、2010年までに光産業関連企業1,000社、約36,000人の新規雇用創出と40%以上の成長率⁴⁻¹⁴⁾を掲げている。

ドイツでは1987年以来、継続的にレーザ加工関連の政策プロジェクトが進められており、巨額の公的資金が投入されている。その内容は産業界のニーズと密接に関連しており、レーザ光源技術、光学部品技術、および加工技術を一体として開発対象としている。

4-9) 平成21年度特許出願技術動向調査報告書－LED照明－、特許庁、2009年3月

4-10) 植田憲一、レーザ研究、Vol.38、No.9、pp661-668、2010年10月

4-11) ベタワット=1兆kW=1,000兆ワット：Pは1,000兆=10¹⁵を表す

4-12) APRI ホームページ、http://apri.gist.ac.kr/eng/sub_02/sub02_2.php

4-13) NEDO 報告書、「省エネルギー効果が期待されるレーザ加工に関する垂直統合型技術開発テーマ抽出のための調査報告書」、(財)レーザ技術総合研究所 他、2009年3月

4-14) 光科学技術の推進に関する懇談会 中間報告書－今後の光科学技術施策の進め方－、文部科学省、2007年7月、http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/19/08/07081406/002.htm

第7節 各国の政策動向まとめ

1. 日本

- ・世界に先駆けて 1977 年度にレーザ加工技術に関する大規模政策プロジェクトを開始し、1980 年代における世界をリードする日本のレーザ加工技術を創出。
- ・短期の中断を挟みながらも 2001 年度までは大規模政策プロジェクトが継続されたが、その後は暫く中断。
- ・2010 年度に新たな大規模政策プロジェクトを開始。

2. 米国

- ・レーザ関連技術(特に高出力レーザ)の開発は国防総省が主導。
- ・軍事応用が主目的であるが、開発技術の産業界への波及を目指す研究開発も実施。
- ・多額の予算と長期継続が特徴。

3. 欧州

- ・Framework Program(基礎研究中心)、EUREKA(市場指向型の開発)において、多くのレーザ加工に関連する技術開発を実施。
- ・各プロジェクトの代表機関国籍で見ると、ドイツ、フランス、オランダ、イタリア、イギリスが主導。
- ・参加機関国籍別の参加プロジェクト数ではドイツが圧倒的に多く首位。

4. 中国

- ・以前は現在の米国と同様にレーザ関連技術の開発は軍事主導。
- ・2020 年までの 15 年間を対象として科学技術政策の長期的方向性を示す「国家中長期科学技術発展規画綱要」では、レーザ技術は先端技術(8 分野)の一つとの位置づけ。
- ・現在は大規模プロジェクトや先端領域の開発が進められており、レーザ加工技術の開発に注力。

5. 韓国

- ・超短パルス超高出力レーザ(PW クラス)研究のための大規模施設が建設され、その応用に関するプロジェクトが進行中であるほか、レーザ微細加工技術に関する複数の大型政策プロジェクトが継続中であるとの情報もあり、公開情報は少ないが、積極的にレーザ加工関連の技術開発を推進。
- ・研究・開発体制の積極的な国際化が特徴。

6. ドイツ

- ・1987 年以来、レーザ加工技術に関連する大規模政策プロジェクトを連続的に実施。
- ・産業界のニーズと密接に関連した開発を行っており、レーザ光源技術、光学部品技術と加工技術を一体として開発。

第5章 市場環境

第1節 国内市場

1. 国内市場規模

- ・年度後半に世界的経済情勢悪化の影響を受けて前年より減少した2008年度のレーザ加工機国内生産額は約3,000億円であり、2009年度には更に大きく減少したと見込まれているが、2010年には再び増加が予想されている。
- ・レーザ加工機の国内生産額は経済情勢変化の影響を強く受けながらも、長期的には着実に成長している模様である。

2. 用途別・レーザ発振器種類別市場規模

- ・レーザ発振器種類別の国内生産額における首位は、本調査の対象外であるリソグラフィ装置が主用途であるエキシマレーザ加工機(シェア約60%)であり、2位の炭酸ガスレーザ加工機(シェア約30%)の2倍以上である。ただし、レーザ加工機の価格情報と生産額を用いると、台数ベースの国内生産規模では炭酸ガスレーザ加工機はエキシマレーザ加工機の約20倍と推定され、大きく逆転している模様である。
- ・経済情勢変化の影響で2007年度から2009年度にかけて全般に生産額が減少する中で、ファイバレーザを用いる加工機の内生産額は2009年度の僅かな減少を除いてほぼ一貫して増加を続けており、今後もその適用が確実に進展すると考えられている。

3. レーザ発振器の市場

- ・レーザ加工に使用されるレーザ発振器の2008年度国内生産額は約570億円であり、その約65%(約370億円)が炭酸ガスレーザ発振器である。
- ・レーザ発振器の種類別国内生産額の割合を世界市場における割合と比較すると、日本では炭酸ガスレーザとエキシマレーザの生産額比率が極めて大きく、逆に今後の適用進展が見込まれるファイバレーザを含む固体レーザの生産額比率が大幅に小さい。

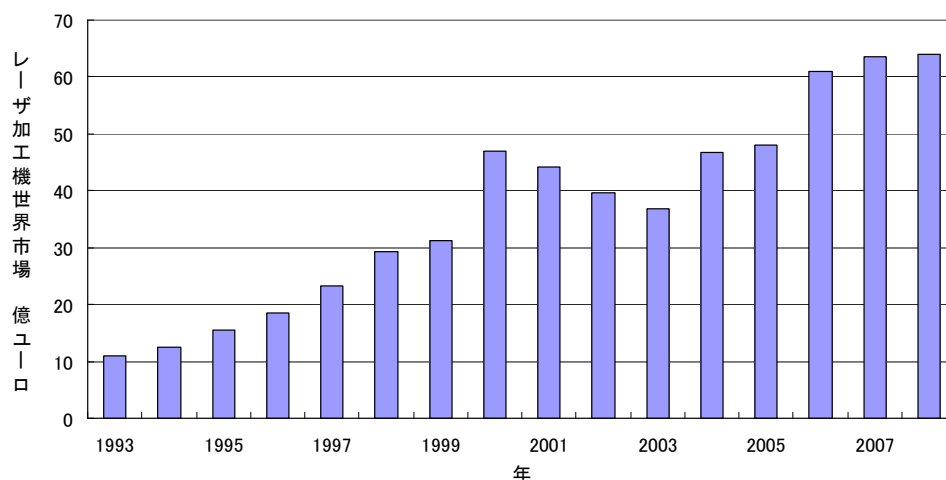
第2節 世界市場

1. 世界市場規模

- ・2008年のレーザ加工機の世界市場規模は約64億ユーロ(€1=¥110で換算すると約7,000億円)であり、日本国内レーザ加工機生産額(約3,000億円)の約2.3倍である。(第5-1図)
- ・工作機械の世界生産額が2008年には1993年の2倍強であるのに対し、2008年のレーザ加工機世界市場は1993年の6倍近くに達しており、経済状況の影響を強く受けながらも、長期的には大きな成長を続けている。(第5-1図)
- ・2008年の地域別市場規模は欧州が世界市場の約39%を占めて首位であり、次いで日本以外の東アジア約28%、日本約15%である。

第 5-1 図 レーザ加工機の世界市場規模推移

(半導体リソグラフィ用エキシマレーザ発振器単体を含むが、ステッパーは含まず)



【出典】World of Laser Technology、VDMA(ドイツ機械工業連盟、2009年)、World market for laser systems (p.17) の図中数値データを用いて作成

2. レーザ発振器種類および用途別の市場規模

- ・本調査の対象外であるリソグラフィ装置のステッパーは含まないが、リソグラフィ用のエキシマレーザ発振器単体を含むレーザ発振器種類別のレーザ加工機世界市場(売上高)では、炭酸ガスレーザを用いるレーザ加工機が 65%近くを占めて圧倒的に首位であり、2位の固体レーザを用いるレーザ加工機の 2.5 倍以上である。
- ・2008 年の世界市場におけるレーザ加工機の用途別内訳では、高出力の切断・溶接が約 33 億ユーロ(€1=¥110 で換算すると約 3,630 億円)で 50%強を占め、切断・穴あけ・溶接が約 60%を占める日本国内市場における状況と同様である。

3. レーザ発振器の市場

- ・2008 年の産業用レーザ発振器の世界市場規模は約 20 億ユーロであり、€1=¥110 で換算すると約 2,200 億円であり、日本国内のレーザ発振器生産額(約 600 億円)の約 3.7 倍である。(ただし、約 20 億ドル(\$1=¥90 で換算すると約 1,800 億円)との情報もあり。)
- ・レーザ種類別レーザ発振器生産額の比率について日本国内市場と比較すると、炭酸ガスレーザとエキシマレーザの生産額比率が日本国内に比較して小さく、逆に固体レーザ、特に今後の適用進展が見込まれるファイバレーザの生産額比率が大きい。

第 3 節 輸出入状況

1. 日本

- ・レーザによる材料除去加工機の輸出額では、日米欧中韓の中で欧州と首位を競う位置にあるが、一国の輸出額としては欧州を国単位に分割した時のドイツ、スイスに次いで 3 位である。(第 5-2 図)
- ・その他のレーザ加工機の輸出額では日米欧中韓の中で 2~3 位である。(第 5-2 図)
- ・半導体レーザ以外のレーザ発振器の輸出額では、日本は米欧よりも大幅に少なく、最近では中国にも抜かれて日米欧中韓の中で 4 位である。

2. 米国

- ・レーザ加工機輸出額は日米欧中韓の中では2～4位であり、首位を占めるものはない。(第5-2図)
- ・しかし、半導体レーザ以外のレーザ発振器の輸出額では首位を占める。

3. 欧州

- ・レーザ加工機輸出額において、日米欧中韓の中で何れも首位あるいは首位を競う位置にある。(第5-2図)
- ・半導体レーザ以外のレーザ発振器の輸出額では米国に次いで2位である。

4. 中国

- ・近年のレーザ加工機輸出額は何れも漸増傾向を示すが、日米欧に比較的大きくリードされている。(第5-2図)
- ・ただし、レーザ溶接機輸出額では、輸出額が減少傾向の米国を2009年に上回り、日米欧中韓の中で3位である。
- ・近年の半導体レーザ以外のレーザ発振器輸出額は日米欧中韓の中で米国、欧州に次いで3位である。

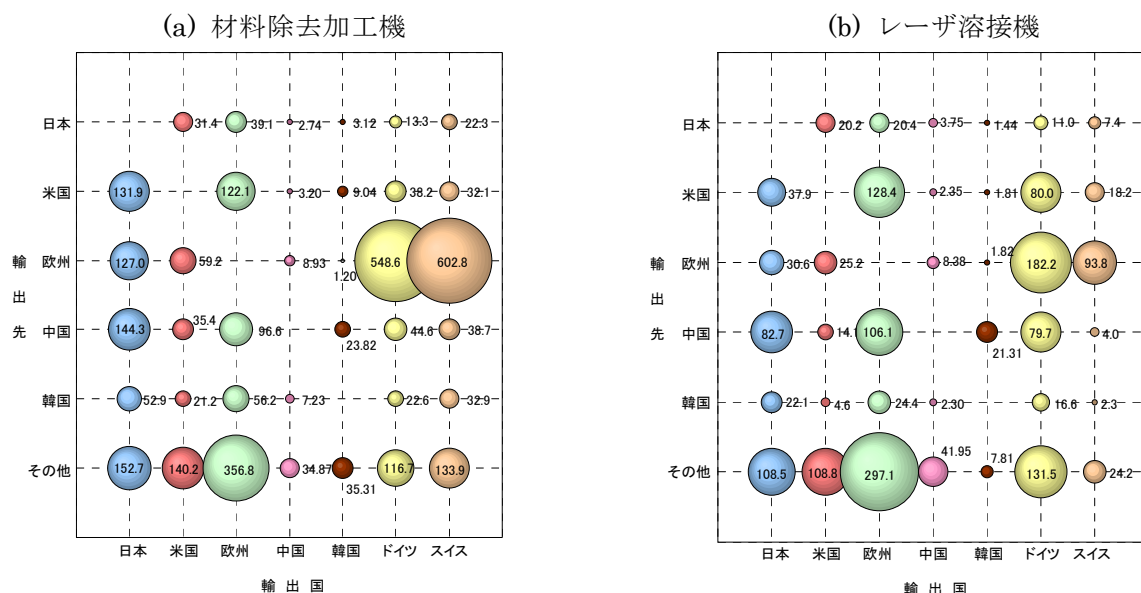
5. 韓国

- ・レーザ加工機輸出額は漸増傾向であるが、日米欧に比較的大きくリードされている。(第5-2図)
- ・半導体レーザ以外のレーザ発振器の輸出額でも同様である。

6. ドイツ

- ・欧州内他国への輸出を含めると、調査した範囲のレーザ加工機輸出額は全て首位である。(第5-2図)
- ・半導体レーザ以外のレーザ発振器の輸出額では、近年は米国と同等の位置にある。
- ・レーザ加工機、レーザ発振器の何れにおいても、輸出先別では自国以外の欧州への輸出額が最も大きい。

第5-2図 各国のレーザ加工機の輸出先別輸出額 (2007年, 数字は輸出額: 百万ドル)



第6章 総合分析

第1節 日本の技術競争力・産業競争力

これまでに分析した特許出願動向、研究開発動向、政策動向、市場環境の結果をもとに、日本の技術競争力・産業競争力を以下および表 6-1 にまとめる。

1. 特許出願動向分析

一部の用途を除き、大多数の技術区分および注目研究開発テーマで日本国籍出願人の出願件数が最も多く、次いで欧州国籍出願人の出願件数が多い状況であり、日本および欧州が本技術分野の技術開発を牽引していることがわかる。また、近年になって、中国からの出願、韓国からの出願が認められ、同様の状況は他のいくつかの技術区分でも見受けられる。今後中韓からの出願が増加する兆候と見ることができる。

2. 研究開発動向分析

国際的な主要誌（英語論文）を対象にした論文発表では、日本からの発表件数は欧州、米国、中国に比べて少なく、低調であることがわかる。日本語を含め、言語を問わない論文を対象にした分析でも、特許において、日本国籍出願人の占める比率には及ばない。日本では論文発表より特許出願を重視していることが窺える。

3. 政策動向分析

日本は世界に先駆けて 1977 年度にレーザ加工技術に関する大規模政策プロジェクトを開始し、1980 年代における世界をリードする日本のレーザ加工技術を創出していた。その後、プロジェクトは 2001 年度に中断、2010 年度に新たなプロジェクトが開始されている。ドイツを始めとする欧州、米国、中国ではその間もプロジェクトが継続されており、韓国を含め各国が戦略的にプロジェクトを進めている。

4. 市場環境分析

2008 年のレーザ加工機の世界市場規模は約 64 億ユーロ(€1=¥110 換算で約 7,000 億円)であり、日本国内レーザ加工機生産額(約 3,000 億円)の約 2.3 倍である。また、2008 年のレーザ加工機世界市場は 1993 年の 6 倍近くに達しており、経済状況の影響を強く受けながらも、長期的には大きな成長を続けている。それに対して、日本のレーザ加工機の輸出額の規模は、日米欧中韓の中で概ね 2~3 位であり、世界をリードしているとは言えない。

第 6-1 表 日本の技術競争力・産業競争力のまとめ

注目研究開発テーマ	特許出願動向		研究開発動向 (英語論文発表件数)		政策動向		市場環境	
	近年の動向 (日本)	米欧中韓と の比較	近年の動向 (日本)	米欧中韓と の比較	近年の動向 (日本)	米欧中韓と の比較	近年の動向 (日本)	米欧中韓と の比較
自動車用溶接技術	横ばい	優位 欧とは同等	—	劣位 中韓と同等	2002年度以降中断していた大規模政策プロジェクトを2010年度から新規開始	米欧中韓は継続的、戦略的に大規模政策プロジェクトを推進	日本国内のレーザ加工機生産額(2008年度)は約3,000億円(世界市場は約7,000億円)	レーザ加工機の日本の輸出額規模は、日米欧中韓の中で概ね2~3位
太陽電池用切断およびスクライビング技術	横ばい	優位	—	劣位				
併用(複合)加工技術	横ばい	優位	横ばい	優位 欧には劣位				

注) 研究開発動向は英語論文を対象にしたため、日本からの発表件数は少なく、評価不能な場合は「—」とした。

第2節 日本の取り組むべき課題と目指すべき方向性

今回の調査では、レーザ加工技術を対象に、1995～2008年までの14年間の特許出願動向分析を行った。また、合わせて論文発表から見た研究開発動向、政策動向および市場環境についての分析も行った。具体的には、レーザ加工技術について、用途別に、自動車、電子、加工種別別に、溶接、切断、穴あけ、スクライビング、マーキング、透明体内部加工、材料種別別に、金属、有機、無機、材料形態別に、板、棒状体、円筒、管、長尺材料、加工課題別に、品質、生産性、解決手段別に、制御技術、併用加工(複合加工)、加工中のセンシングに分けて調査した。

その結果、特許出願動向分析によれば、日本は、本調査報告書に取り上げた観点において、欧州とともに米中韓を特許出願件数でリードしていることがわかった。今後注目されると思われる技術分野である注目研究開発テーマ(自動車用溶接技術、太陽電池用切断およびスクライビング技術、併用(複合)加工技術)においても、日本が特許出願件数で優位な立場にあることがわかった。その一方で、研究開発動向分析、政策動向分析、市場環境分析によれば、それらの動向指標は特許出願件数ほど米中韓をリードしているとは言えないこともわかった。特に中国においては、特許出願以上に論文発表に積極的であり、国と研究機関を中心とする開発が進められているものと推測され、その動向には注意が必要である。

このような状況において、日本が将来にわたり、技術競争力、産業競争力で世界をリードしていくためには、新たな需要を創出する技術開発に加えて、現状において市場規模の大きい分野での技術開発も重要となる。例えば、現状において市場規模の大きい分野での技術開発として、従来の切断を中心とした炭酸ガスレーザ加工機の技術開発を忘れてはならない。炭酸ガスレーザ加工機の台数ベース国内生産規模はエキシマレーザ加工機の約20倍と推定され、世界市場(売上高)では炭酸ガスレーザを用いるレーザ加工機が65%近くを占めている。これらは本調査対象のレーザ加工機における炭酸ガスレーザ加工機の重要性を示していると言える。

また、レーザ加工の市場拡大のためにはコスト低減を図ることも重要である。一般的にレーザ加工は他の加工に比べ、イニシャルコスト、ランニングコストがともにかかる場合が多いため、コストは市場拡大における重要な因子の1つとなる。近年は中国を始めとする新興国の低価格加工機の台頭も著しく、より一層コスト低減技術の開発は重要である。一方、コストに左右されにくい、レーザの特長を活かせる新用途開発は、レーザ加工の適用範囲を拡大させることで、市場拡大を図るために重要である。

新たな需要を創出する技術開発と、現状において市場規模の大きい分野での技術開発、その両面での取り組みが、レーザ加工技術において今後の日本が目指すべき方向性と考える。

それらを踏まえて、以下に、具体的な3つの提言について述べ、本調査報告書のまとめとする。

【提言 1】

自動車製造分野におけるレーザ加工技術の開発は、出願件数で見ると日欧が世界をリードしている。このように技術競争力で日本が優位にある自動車分野において、競争力を維持および強化するには、今後とも重要なコア技術の 1 つであるレーザ加工技術の継続的な開発が必要である。ボディ、パワートレインの多くの部位に種々の加工が適用されるが、特に溶接が重要である。例えば、亜鉛めっき鋼板の溶接が基盤技術として注目されており、また、リモート加工の進化が認められる。これら技術を含む関連技術の開発が望まれる。

自動車用レーザ溶接技術の高度化は、日本が自動車産業において、技術競争力・産業競争力を維持するために、重要かつ不可欠な課題である。出願件数から見た日本の位置づけは次のようにまとめられる。

【自動車分野の特許出願は規模が大きく、日欧からの出願が多い】

- ・自動車用途に関する 1995～2008 年における日米欧中韓への出願は、用途分野別に見ると 8.1% (2,726 件) であり、独立した用途として、相当のウエイトを占めている分野である。その中で、注目研究開発テーマとした自動車用溶接技術の出願は 1,785 件であり、自動車全体の約 2/3 に及ぶ重要な技術である。この自動車溶接技術では、日本からの出願が最も多く、全体の 46.5%、次いで、欧州からの出願が 40.6% である。その大半を日本および欧州からの出願が占めている。
- ・注目研究開発テーマとした自動車用溶接技術に関する重要特許 34 件についても、欧州と日本が技術を牽引してきたことを示している。

【取組むべき課題の例】

このように、日本は自動車用レーザ溶接技術において、欧州と共に世界をリードしてきた。この優位性を今後とも維持するために、以下に例示する二つの重要技術とこれらを含む関連技術のさらなる適用開発を行うことにより、大きな効果が得られると考える。

【例①：亜鉛めっき鋼板の溶接】

- ・一つの技術は、亜鉛めっき鋼板の溶接である。上記重要特許 34 件の約半数が、亜鉛めっき鋼板の溶接の関連技術であり、自動車溶接にとってのキー技術と見なされるからである。

【例②：リモート溶接】

- ・もう一つの技術は、リモート溶接である。上記重要特許分析において、亜鉛めっき鋼板の溶接以外では様々なテーマが分散している。例えば、ドイツからは高炭素鋼溶接に着目した出願がされている一方で、日本はリモート溶接に早くから着目してきた。リモート溶接は出願件数は少ないが、近年のレーザ発振器の進歩により、高効率化、低コスト化が可能なりモート加工の現実性が増している。さらにリモート溶接では、日本が優位にあるロボット技術の高度化と連携した技術の進化が認められる。

【提言 2】

太陽電池製造分野におけるレーザ加工技術の開発についても、日本が世界をリードしていくことが期待される。地球環境問題やエネルギー問題の解決策の1つである太陽電池の需要拡大を図るために、太陽電池製造の高効率化と低コスト化が求められている。薄膜型太陽電池では、製造の高効率化の観点からは、短波長レーザ、短パルスレーザによる加工が重要であり、低コスト化の観点からは、ディスプレイ加工技術との技術の共用化が1つの対応策となりうる。

太陽電池用レーザ切断およびレーザスクライビング技術の高精度化（寸法）、高品質化（切断面性状）、高効率化（切断速度）は、今後太陽電池の市場規模の増大が期待される中で、重要かつ不可欠な課題であり、本調査では注目研究開発テーマとして扱った。本分野における出願件数から見た日本の位置づけは次のようにまとめられる。

【太陽電池は電子分野の代表的用途。日本からの出願が多いが、今後、韓国に要注意】

- ・太陽電池や FPD（フラットパネルディスプレイ）に関する 1995～2008 年における日米欧中韓への出願は、電子用途全体の 9.9%を占め、17.6%を占める半導体ウェハートともに、レーザの代表的な用途である。
- ・注目研究開発テーマである太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する 1995～2008 年における日米欧中韓への出願は、日本からの出願が最も多く、全体の 57.0%、次いで、韓国からの出願が 15.2%である。
- ・注目研究開発テーマである太陽電池用切断およびスクライビング技術に関する重要特許は 11 件と少ないが、その中では日本からの出願が 7 件と大半を占め、重要特許についても日本が技術を牽引してきたことが窺える。

このように、これまでは日本が技術を牽引してきた。そして、今後も日本が技術をリードしていくことが期待される。その一方で、日本とともに電子産業の技術競争力・産業競争力が高い韓国からの出願が日本に次いで多いことは日本にとっては要注意である。韓国は近年論文発表でも積極的な動向が見られる。

【コスト低減に着目した課題が重要】

このような競争下の技術開発には、コスト低減に関わる技術がとりわけ重要となるため、日本における当該技術の開発に関し、本調査結果から次のアプローチを提案する。

【課題①：短波長・短パルス加工】

- ・今後は、短波長、短パルスによるアプローチが重要になる。太陽電池に関する出願には、他の分野に比べ、エキシマ、YAG 高調波等の短波長加工の事例が多い。薄膜のパタニング溝加工では、単純な加熱蒸発の除去方式よりも、固体表面が爆発的に除去されるアブレーション除去方式が高効率で低コストにつながる。パルス大出力レーザが前提であり、さらに化学結合の直接切断に優れたレーザとして短波長レーザが指向されている結果と推測される。また、同様の薄膜溝加工において、ピコ秒レーザやフェムト秒レーザによる短パルス

ス加工についての出願件数はまだ少ないが、加工時間短縮による熱影響の極小化により、高品質アブレーションが実現できるとされるため、短波長加工と同様に短パルス加工も注目される技術である。

【課題②：太陽電池、FPD 共用技術】

- ・太陽電池を薄膜型に限定すると、FPD との比較で、次の考え方があり得る。すなわち、スクライビング技術は、薄膜に単位パターンを形成するための溝加工と、基板の割断分割のための初期溝加工の 2 つの技術が主体である。両加工ともに、基本的には Si 基板製品とガラス基板製品に共用できる技術であり、製造に同一技術原理が応用できる。そこで、両製品（薄膜型太陽電池と FPD）のパターン用スクライビング技術あるいは割断用スクライビング技術において、特に共通プラットフォームにつながる技術開発が重要であると考えられる。製造技術の共用化は大幅なコスト低減につながるからである。

【提言 3】

本来、レーザ加工技術と発振器技術の間には技術発展の相互関係がある。すなわち、発振器技術の高度化が加工技術の高度化や新しい加工技術の創生を促し、加工技術の進歩が発振器技術の高度化を要求するという相互関係である。しかしながら、現在の日本における両者の関係は、バランスを欠いており、その改善が必要である。

2010 年度から開始された大型政策プロジェクトでは発振器開発が採り上げられているが、今後もこの流れを継続させるべきで、さらに多くの発振器技術と連携した加工技術開発の推進に期待がかかる。具体的には、高出力化、極短パルス化などを発振器開発のキーとした、加工能力・効率の拡大、新たな加工メカニズムの開発、加工精度の向上などにつながる加工技術開発の推進である。

また、効率的なプロジェクトを実施するためには、官民協力体制の強化も必要である。

レーザ加工技術は、レーザ発振器の進歩とともにその適用範囲を拡大してきており、また、それらの技術開発は、各国の政策プロジェクトにより、支えられてきた側面がある。レーザ加工技術に関連するレーザ発振器技術の開発における日本の位置づけ、日本が目指すべき方向性は次のようにまとめられる。

【過去の日本のプロジェクトは、レーザ加工技術発展に大きく寄与した】

- ・日本は世界に先駆けて 1977 年度にレーザ加工技術に関する大規模政策プロジェクトを開始し、これが 1980 年代における世界をリードする日本のレーザ加工技術を創出していた。これに続いて 2 件の大規模政策プロジェクト実施され、これらが産業用炭酸ガスレーザ、固体レーザ、エキシマレーザおよびそれらを用いる加工技術の国際競争力獲得を支えたと言われている。レーザ加工技術はレーザの大出力化、短パルス化と共に進展してきたと言われ、これらのプロジェクトにもレーザ加工技術とレーザ発振器技術の両方が含まれてい

る。実際に、発振器技術の進歩が加工技術の応用拡大と進歩をもたらし、加工技術からの更なる高度化要請が発振器技術の進歩をもたらしている。

【日本では、プロジェクトは中断したが、外国ではプロジェクトを継続している】

- ・日本の大規模政策プロジェクトは1977年度から2001年度まで、途中で数年間の中断を挟みながらも継続されてきたが、2002年度以降は2010年度に新たな大規模政策プロジェクトが開始されるまでの8年間にわたって中断した。一方、ドイツを始めとする欧州、米国、中国ではその間もプロジェクトが継続されており、韓国を含め、各国が戦略的にプロジェクトを進めている。

【加工機ビジネスでは欧州が世界をリードし、日本は苦戦している】

- ・日本のレーザ加工機の輸出額を見ると、除去加工機では欧州の輸出額と同等もしくはやや劣る程度であるが、その他の加工機では2004年度以降、日本の輸出額は減少傾向にあり、欧州に大きくリードされている状況にある。これには、前記の大規模政策プロジェクトの長期中断が影響している可能性も考えられる。

【加工技術と発振器技術をバランスさせて、国産発振器につながるプロジェクト推進が必要】

- ・前述のように、レーザ加工技術とレーザ発振器技術は、それぞれの技術開発成果が相互に影響を及ぼしながら、いわば車の両輪のようにして進歩してきた。しかし、近年は日本でのレーザ発振器技術の開発が外国よりも遅滞し、一部のレーザ発振器については、それを外国から調達して新たなレーザ加工技術の開発を進めざるを得ない等、様々な問題が散見され、レーザ加工技術の開発に遅れをとる懸念が指摘されている。このような状況を打破するために、新たなレーザ加工技術の開発では、それに必要なレーザ発振器技術の開発をも緊密な連携の下に推進し、レーザ発振器技術を含めて国産の技術とすることが必要である。そのためには、技術開発を支援する各種施策やプロジェクトをこれまで以上に強化することも望まれる。
- ・2010年度から開始された大型政策プロジェクトでは発振器開発が採り上げられている。ここでは、半導体ファイバーレーザの高出力化と高品位化の点から発振器と共に、これを利用した多波長複合加工技術が目標とされる。今後もこの流れを継続させるべきで、さらに多くの発振器技術と連携した加工技術開発の推進に期待がかかる。具体的には、高出力化、短パルス化などを発振器開発のキーとした、加工能力・効率の拡大、新たな加工メカニズムの開発、加工精度の向上などにつながる加工技術開発の推進である。

【効率的なプロジェクトを実施するためには、官民協力体制の強化も必要】

- ・ドイツを代表とする海外の大規模政策プロジェクトには見習うべき点も多い。ドイツでは産業界のニーズと密接に関連した、レーザ光源技術、光学部品技術と加工技術を一体とした開発を1987年以降、継続的に行っている。プロジェクトで目指す目標の設定、成果の利用方法の明確化、効率的にプロジェクトを推進するための国と企業の協力体制の強化等が必要である。