

ドイツのイノベーション政策に学ぶ ～レーザ産業活性化の成功要因を例として～

南條有紀^(*)

ドイツでは産学官の連携が非常に緊密で、政府の促進政策や地域の自立的発展により、特定地域にある産業領域に関連する様々な機関がネットワークを構築して産業クラスターを形成、各機関がそれぞれの役割をきちんと果たすことで、効率的な研究開発、スムーズな技術移転、新産業の創出といったサイクルを繰り返しながら発展している。我が国の光産業を活性化には、国主導のまったく新しい「ネットワーク構築プログラム」が必要である。

・トップダウンのチャレンジングなテーマ設定

日本が劣勢にある「高出力半導体レーザ」などの領域で高度なレベルの国家プロジェクトを展開することで、研究者の意欲が高まり、研究開発に携わるすべての組織が結集し、我が国のポテンシャルを最大限に活用するための、強いドライビング・フォースが生まれる。

・起爆剤となる大規模な投資

「高出力半導体レーザ」などのリスクの高い研究開発に大規模な投資を行うことにより、民間企業が研究開発に安心して真剣に取り組むことができる。新しいレーザ技術の導入を支援することにより、ユーザー企業が積極的にレーザ技術の可能性を評価するようになる。

本稿は、2007年10月18日に開催された、日本大学法学部国際知的財産研究所 第1回特別講演会の講演資料に加筆して作成したものである。

1. 我が国における光産業の発展と現状……………	62	性と存在感……………	69
1.1 世界の光産業発展の経緯……………	62	(2) ドイツの「光学技術」促進政策の経緯……………	70
1.2 我が国における光産業のポテンシャル 衰退の危機……………	63	(3) 「ネットワーク構築プログラム」によるドイツ光産業の醸成……………	72
1.3 ドイツの光産業の成功～光産業クラスター の形成～……………	64	(4) ケーススタディ～“OpTecBB” ネットワークの創生と促進政策の 関わり～……………	72
2. ドイツにおける光産業……………	64	2.2 ドイツにおける光産業の実態と将来 展望……………	73
2.1 ドイツの光産業促進政策……………	64	2.2.1 ドイツのレーザ産業における研 究開発体制の特長……………	73
2.1.1 ドイツの科学技術政策……………	64	(1) 公的研究開発機関の果たす重要な 役割……………	74
(1) ドイツの研究開発投資……………	64	(2) 総合エンジニアリングメーカーの 存在……………	75
(2) ドイツの科学技術政策……………	66	3. 日本における光産業……………	75
(3) ドイツにおける科学技術政策の 目的と組織……………	66	3.1 日本のレーザ産業促進政策……………	76
(4) ドイツのイノベーション政策： 「ドイツ・ハイテク戦略」……………	67	3.2 日本のレーザ産業の実態と将来展望 ……………	76
(5) ドイツの公的研究開発機関・技術 移転機関……………	67	(1) グローバル市場における日本のレー ザ産業の存在感……………	76
2.1.2 ドイツにおける「光学技術」促 進政策の経緯……………	69	(2) 日本のレーザ産業の強み・弱み ……………	77
(1) ドイツにおける「光学技術」の重要			

(*) 株式会社日本総合研究所 総合研究部門 研究員

(3) 日本のレーザ産業の課題……………	78
4. 日本におけるレーザ産業ネットワーク構築	80
4.1 レーザ産業ネットワーク構築の有効性と阻害要因……………	80
(1) レーザ産業ネットワーク構築の有効性……………	80
(2) レーザ産業ネットワーク構築の阻害要因……………	80
4.2 国に期待される役割……………	80
(1) 国家プロジェクト・支援策の適切な設定……………	80
(2) 大学・公的研究開発機関と企業の連携促進……………	81
(3) 研究開発支援体制の拡充……………	81
5. 日本のレーザ産業ネットワーク構築：成功のポイント～国の機動的な支援体制の必要性～……………	81
5.1 トップダウンのチャレンジングなテーマ設定……………	81
5.2 起爆剤となる大規模な投資……………	82

メイマン(ヒュウズ社)のルビーレーザで、それでカミソリの刃に穴を開けたのがレーザ加工の始まりである。

1960年代には、Nd：ガラスレーザ、He-Neレーザ、半導体レーザ、CO2レーザ、Nd：YAGレーザ、1975年にはエキシマレーザの発振が行われ、現在市販されている方式のほとんどの技術が出揃った。1970年代にはCO2ガスレーザが実用化され、金属、プラスチック、木材、布など広範囲な材料の切断に利用されるようになり、電気、電子部品の溶接や自動車部品の表面硬化などへと用途が拡大した。

我が国にレーザ加工装置が導入されたのは、1971年に進和貿易が米国フォトンソーセス社の発振器を輸入し、大学や研究機関に紹介したのが最初であった。

我が国では、1968年に東芝、1972年に日本電気、1979年に三菱電機など、1960年代後半に国内での自社開発が活発化した。1975年、CO2レーザによる100～200W程度の小出力発振器の初の国産化に成功した。

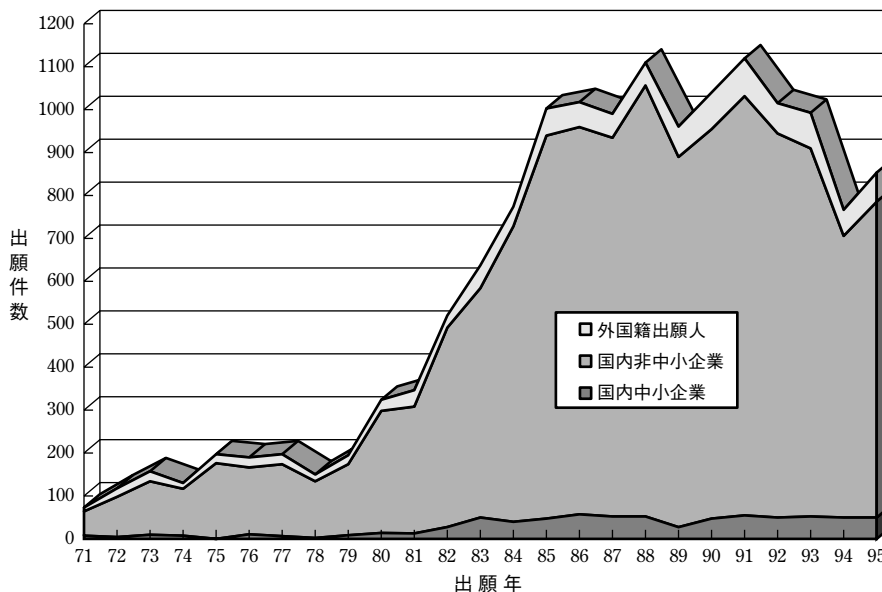
1980年代、我が国のレーザ技術は世界トップの座についたが、その後ドイツ政府、EUによる支援強化により、現在はドイツが世界をリードしている。

レーザ加工分野における日本国特許の出願件数の推移をみると、1980年代初頭から半ばにかけて、急激な件数の伸びがみられる。出願人区分では、日本企業のなかでも非中小企業が全体の約9割を占めていることが特徴的である。

1. 我が国における光産業の発展と現状

1.1 世界の光産業発展の経緯

世界初のレーザ光の発振は、1960年の米国のT.H.



図表 1-1 “レーザ加工”の日本国特許：出願人区分別出願件数の推移^(*)

(*)1) 特許庁「技術分野別特許マップ 機械 11 これてわかるレーザ加工」(1998年)

レーザ加工分野における日本国特許の出願人のうち、1998年時点で国内の非中小企業が全体の約9割を占め、中小企業の比率は5%に留まり、外国人出願人は7%である。

外国出願人の出願件数を国籍別にみると、1998年時点でレーザ技術のパイオニアである米国が45%と約半数を占め、次いでドイツ20%、フランス8%となっている。

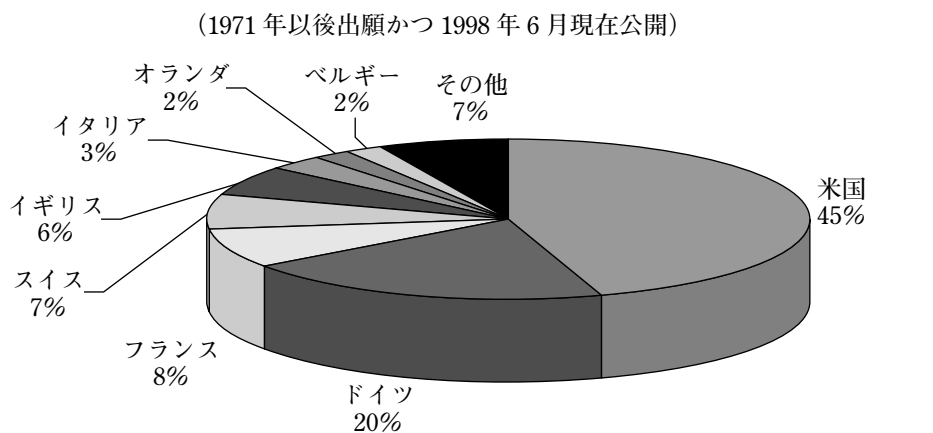
米国企業による日本国特許は、レーザ加工技術が中心である。レーザ加工技術の件数は着実に伸びているのに対し、1990年代には加工装置関連の出願件数の伸びは鈍化している。

米国特許登録件数と日本国特許出願件数で、その技

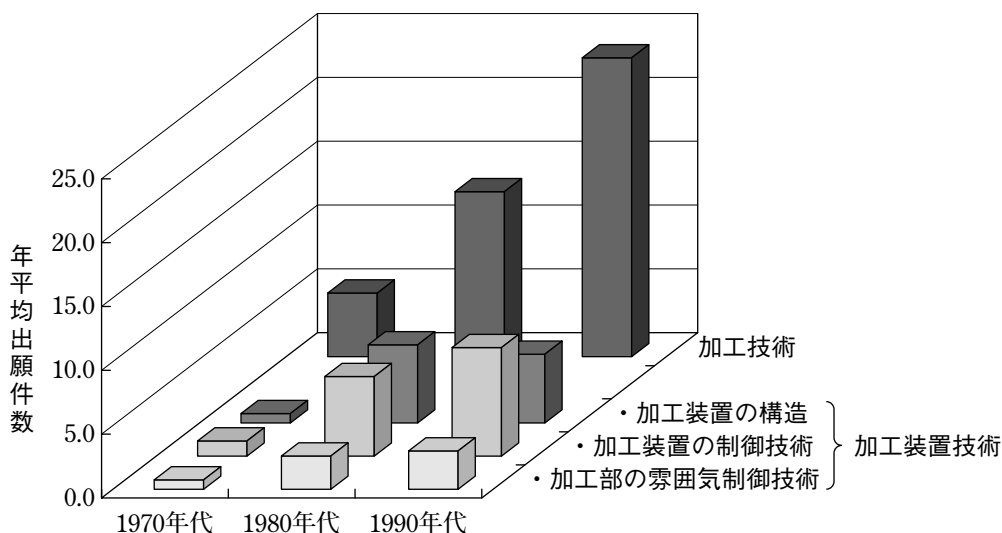
術領域を比較すると、米国では、切断、穴あけ、溶接などの加工に関する技術が全体の7割を占めるのに対し、日本では、加工装置の制御・構造などの技術が約6割を占めている。

1.2 我が国における光産業のポテンシャル 衰退の危機

我が国の光産業は、米国に先んじられたが、1977年以降の工業技術院による「超高性能レーザ応用複合生産システム研究開発」をきっかけとして、1980年代には世界でトップの座についた。ところが、ドイツ連邦政府やEUの支援策が強化されたことを背景に、現在ではドイツが世界のリーダーシップをとっている。



図表 1-2 “レーザ加工”の日本国特許：出願人国籍別出願件数比率^(*)

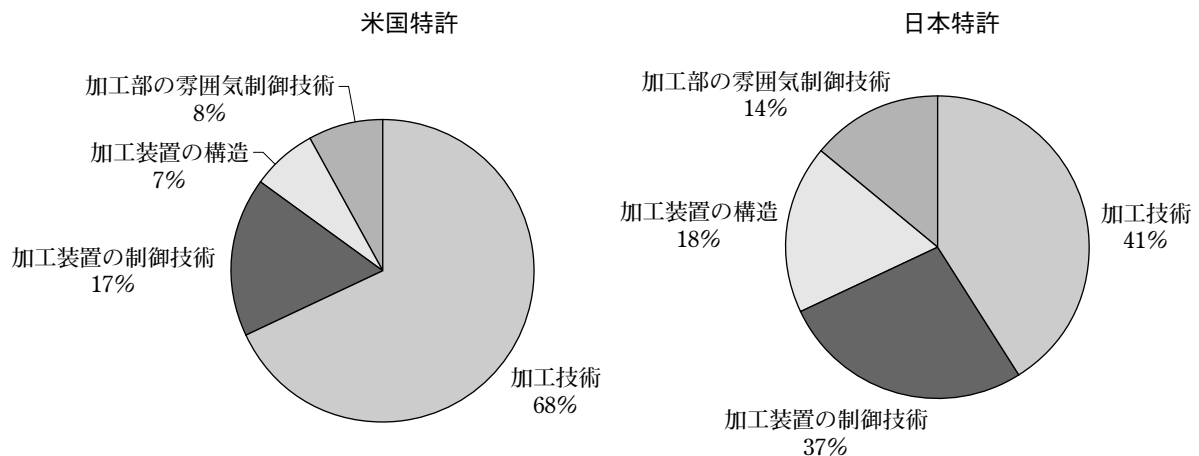


図表 1-3 “レーザ加工”の日本国特許：出願人国籍別出願件数比率^(*)

(*) 特許庁「技術分野別特許マップ 機械 11 これぞわかるレーザ加工」(1998年)

(*) 特許庁「技術分野別特許マップ 機械 11 これぞわかるレーザ加工」(1998年)

(米国の構成比率：1971～98年6月現在の特許件数比率)
 (日本の構成比率：1971年以後出願かつ1998年6月現在公開の件数比率)



図表1-4 “レーザー加工”の米国登録特許と日本国特許の技術領域の対比^(※4)

1990年代のバブル崩壊以降、日本企業の研究開発活動は、性急に成果を出すことが求められ、研究テーマが「基礎研究」より「応用・開発」に設定され研究期間も短期化、レーザーの新規技術に対する研究意欲は削がれた。最近では、自動車メーカーの一部が溶接プロセスにレーザー加工技術の導入を試みているが、国内では適当なレーザー加工機が調達できず、海外からの輸入に頼らざるを得ない。

このように、我が国は「光産業関連技術」にポテンシャルを持っていないながら、その高度なレベルを維持できない状況に陥りつつある。

1.3 ドイツの光産業の成功～光産業クラスターの形成～

日本に代わって、光産業のトップの座についたのはドイツであった。従来から光学技術に高度なポテンシャルを持っていたことに加えて、連邦政府や州政府、さらにはEUの促進政策を巧みに活用し、ドイツは世界のリーダーとなった。

特に高出力のファイバレーザでは、現在、ドイツのIPG社が世界市場をほぼ独占している。同社製品は安定した高出力(約40kW)、ファイバレーザ設計のノウハウに長けていること、レーザダイオード(LD)の寿命が長いなどのメリットがある。またYAGレーザの世界市場は、同じくドイツのロフィン(Rofin)社、ハース(Haas社)によって寡占状態にある。

ドイツでは産学官の連携が非常に緊密で、政府の促進政策や地域の自律的發展により、特定地域にある産業領域に関連する様々な機関がネットワークを構築して産業クラスターを形成、各機関がそれぞれの役割をきちんと果たすことで、効率的な研究開発、スムーズな技術移転、新産業の創出といったサイクルを繰り返しながら発展するという特徴がある。

我が国でもネットワーク構築のためのクラスター政策は行われているが、必ずしもすべてが成功しているとはいえない。「光学技術」に高度なポテンシャルを持ち、それをネットワーク構築によって産業として大きく発展させた成功事例として、ドイツの光産業発展の経緯を明らかにすることは、日本の光産業を活性化する上で貴重な示唆を与える。

2. ドイツにおける光産業

2.1 ドイツの光産業促進政策^(※5)

2.1.1 ドイツの科学技術政策

(1) ドイツの研究開発投資^(※6)

図表2-1にドイツ国内の研究開発投資(連邦政府・州政府・民間企業・その他研究機関による総額:GERD)、およびGERDの対GDP比率の推移を示す。

1990年代、GERDは増加傾向にあり、2004年のGERDは549億ユーロ(約6兆9千億円)、GERDの対GDP比は2.48%であった。連邦政府は、2009年ま

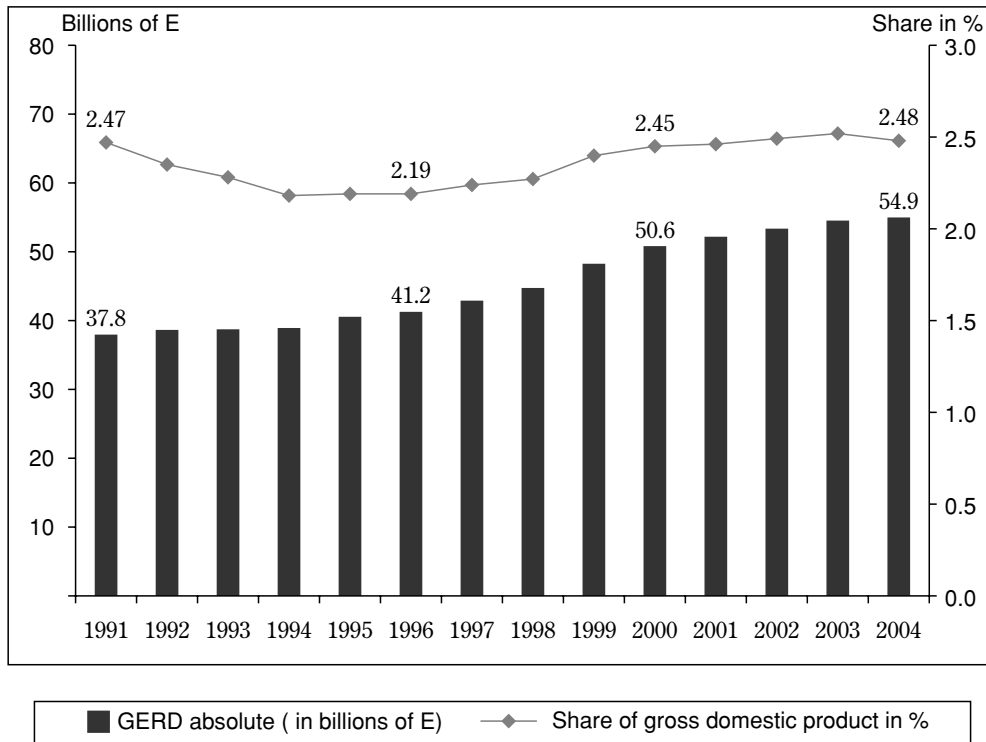
(※4) 特許庁「技術分野別特許マップ 機械11 これてわかるレーザー加工」(1998年)

(※5) ドイツ連邦教育研究省(BMBF)インターネットサイト(<http://www.bmbf.de/en>)

(※6) ドイツ連邦教育研究省(BMBF)“Research and Innovation in Germany 2006”(2006)

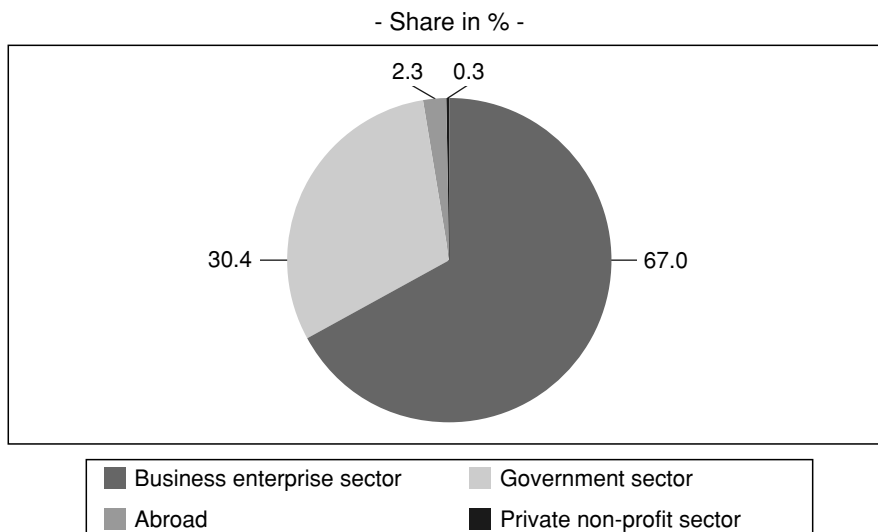
でにさらに 60 億ユーロの追加投資を行う予定で、これは EU の「リスボン戦略」の目標「2010 年までに EU 圏の研究開発費の対 GDP 比率を 3% とする」を念頭に置いている (2004 年の連邦政府投資額は約 109 億ユーロ)。

GERD の約 7 割は民間企業によるもので、連邦政府・州政府の負担額は約 3 割である。EU の「リスボン戦略」では「研究開発投資総額の少なくとも 3 分の 2 は民間企業が負担すること」とされており、ドイツではすでに目標を達成している。



(単位：10 億ユーロ、%)

図表 2-1 ドイツの国内研究開発投資 (GERD) と対 GDP 比率の推移



図表 2-2 ドイツの国内研究開発投資 (GERD) の各セクター負担割合 (%) (*7)

(*7) ドイツ連邦教育研究省 (BMBF) “Research and Innovation in Germany 2006” (2006)

連邦政府と州政府の負担割合は、ほぼ 50:50 である。

(2) ドイツの科学技術政策

前シュレーダー政権(1998~2005年)は、「持続的成長とイノベーションを通じて経済力を強化し、将来の雇用機会を創出する」との方針を明確に打ち出し、失業者の低減や旧東独との格差是正に科学技術が不可欠とし、労働市場・社会保障改革「アジェンダ 2010」では“教育・研究分野の投資拡充が豊かさの水準を維持する”と言明した。

メルケル現政権(2005年~)もこの基本方針を踏襲しつつ「ドイツ・ハイテク戦略」(2006年~)を策定。その骨子は「ドイツが真の『理想(知識)の国家 “a land of ideas in the future”』として存続することを目的とし、近い将来ドイツが科学技術分野において世界のリーダーに返り咲く」ことを明確な目標として設定した。従来の省庁縦割りの政策ではなく、研究開発政策としては初めて連邦各省各部署の枠を越えてとりまとめられた。

両政権とも科学技術、特にイノベーションを重視し、科学技術予算は 1998 年以降増加。

(3) ドイツにおける科学技術政策の目的と組織

科学技術・研究開発への取り組みは、ドイツ基本法(憲法)の 91 条 a および 91 条 b で、連邦政府と州政府とともに共同で遂行することが明確に示されている。

1975 年、連邦・州合同委員会(Bund-Länder-Kommission、BLK)が発足、連邦政府および各種の州政府の教育政策・科学技術・文化政策を調整している。

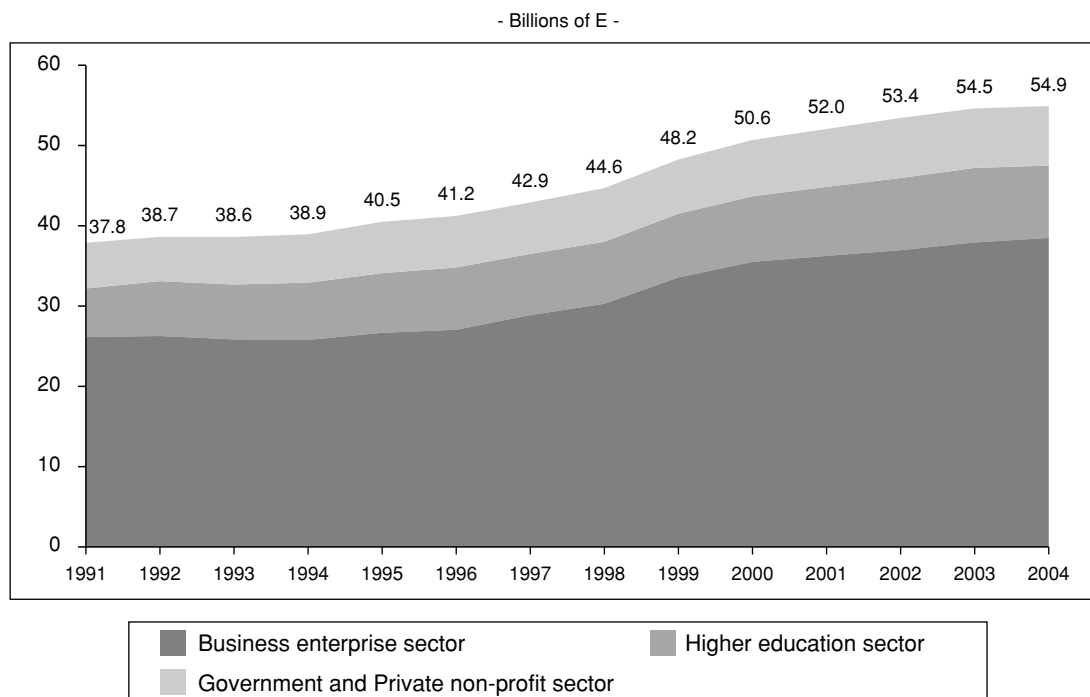
伝統的に州政府(16 州)には強い権限が与えられ、州独自の科学技術政策立案も可能。ドイツの公的研究開発費の負担率は、およそ連邦:州=50:50 である。

[連邦政府の重点目標]

- ①「プロジェクト助成」の重視 ②産学協同の推進
- ③研究開発の国際化 ④学术界と市民との対話の推進
- 1:「プロジェクト助成」:ターゲットを定めた短期的な研究への支援(≒競争的資金)
- 2:「機関助成」:中長期的な目標を掲げた研究、及び中核となる研究所への支援

[連邦政府の重点分野]

- ①情報・通信 ②バイオテクノロジー ③医療と健康
- ④環境に配慮した持続可能な発展のための技術
- ⑤素材 ⑥マイクロソフト ⑦ナノテクノロジー



Source: Stifterverband Wissenschaftsstatistik, Federal Statistical Office and calculations of the Federal Ministry of Education and Research (BMBF)

(単位: 10 億ユーロ)

図表 2-3 ドイツの国内研究開発投資 (GERD) 各セクター負担割合の推移^(*)

(*) ドイツ連邦教育研究省(BMBF) “Research and Innovation in Germany 2006” (2006)

- ⑧エネルギー ⑨交通とモビリティ ⑩航空と宇宙
- ・連邦経済技術省(BMWi)：研究環境の改善、中小企業支援、宇宙開発、国際協力など。
- ・連邦教育研究省(BMBF)：科学技術促進全般を担当、大学・公的研究機関の整備、民間産業を含む研究機関を支援。連邦省庁で科学技術関連支出、研究開発支出が最も多い。

(4) ドイツのイノベーション政策：「ドイツ・ハイテク戦略“The High-Tech Strategy for Germany”」^(*)
 グローバル化が急速に進むなか、ドイツは世界で有数の輸出国の地位を維持している。

一方、多くの国内企業が、低コストのインフラ、低賃金の労働力を求めて本社や生産拠点を海外に移転する傾向にある。ドイツはもはやコストでは競争できない状況にある。

今こそ「イノベーション」を通じて新製品・新サービスを提供し、成長の機会を捉え、世界において競争優位に立つべきである。

ドイツには優れた技術があり、特に以下の4分野では世界をリードしている。

- －機械や自動車の製造・エンジニアリング技術
- －レーザ技術
- －ナノテクノロジー
- －医療技術

〔基本方針〕ドイツは21世紀の課題にチャレンジし続

ける

〔活動内容〕ドイツは新たな起動力を創出し続ける：分野横断的な活動の重視

〔具体的な定量目標〕

- ・2010年までに、研究開発投資額の対GDP比3%を達成する。
- ・2020年までに、世界で最も研究環境の整った国家の実現を目指す。

〔期間〕2006～2009年

〔対象分野〕将来性の高い最先端の17分野を特定、「光学技術」が含まれている。

- ① ナノテクノロジー ② バイオテクノロジー
- ③ マイクロシステムズ ④ 光学技術 ⑤ 材料技術
- ⑥ 宇宙工学 ⑦ 情報通信 ⑧ 製造技術 ⑨ エネルギー
- ⑩ 環境保全 ⑪ 自動車・交通運輸 ⑫ 航空・飛行技術
- ⑬ 海運技術 ⑭ ヘルスケア・医療機器 ⑮ 植物
- ⑯ セキュリティ技術 ⑰ サービス

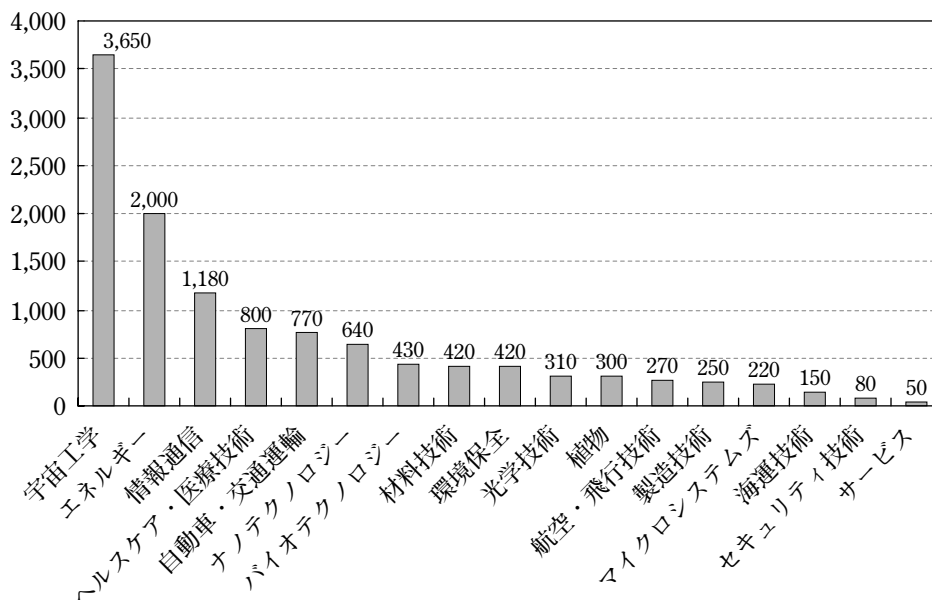
〔予算総額〕約146億ユーロ

- ・重点17分野の研究の促進と新規技術の普及(120億ユーロ)
- ・重要技術、技術全般、分野横断的な支援策など(27億ユーロ)

(5) ドイツの公的研究開発機関・技術移転機関

I. 高等教育機関(大学・専門大学)

ドイツの高等教育機関“Hochschulen”(higher



(単位：100万ユーロ)

図表2-4 「ドイツ・ハイテク戦略」重点17分野と予算額(2006～2009)

(*)9) ドイツ連邦教育研究省(BMBF) “The High-Tech Strategy for Germany” full version (2006)

education)には様々な形態があるが、大きくは以下の(1)と(2)の2つに分けられる。

(1) 大学、および大学と同等に位置づけられる高等教育機関

標準の修業年限は通常4年半だが、これを超えて6～7年在学する者が多い。

① 総合大学(Universitäten)：ドイツ高等教育の中心的機関で大学の大きな割合を占める。

②神学大学、③教育大学、④芸術大学 など

(2) 専門大学(Fachhochschulen)

技術・産業の発展に伴い質の高い技術者の養成、高等教育の多様化へのニーズが高まったことから、1968年、後期中等の職業教育学校が格上げされた機関。技術、経済、社会福祉、農業などの分野の教育にあたる。応用志向の実践的な教育が中心で、ほとんどの州で実習が課程の一部である。

ドイツでは、州立大学が上記高等教育機関の設置数の約7割を占め、大学における研究開発活動の中心的役割を果たしている。授業料は基本的に第一学位取得まで無料で、大学の「基礎的資金」は、連邦政府と州政府が1：9の割合で負担している。

II. 非営利・非民間研究機関(公的研究機関)

ドイツには、いずれも高度な科学水準を誇る非営利・非民間研究機関が多数あることが特徴的で、各研究機関の役割が明確に定められている。これらの機関は連邦政府と州政府が共同で機関助成を行っている。

・マックスプランク学術振興協会(MPG)：自然科学やライフサイエンス等の基礎研究を実施。産業界との協働は殆どない。

・フラウンホーファー応用研究促進協会(FhG)：58の研究所で、応用技術中心の自然科学、工学・技術の研究開発を実施、民間企業への技術移転の中心的存在。

・ライプニッツ学術連合(WGL) (ブルーリスト研究機関(BLE))：「連邦政府・州政府の研究促進に関する共同包括協定」(1975年)に基づいて資金を支給される79の研究機関。

〔「自然科学・工学」領域〕

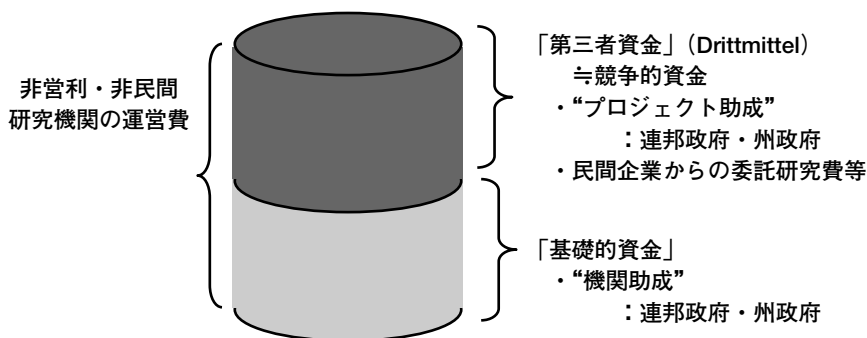
・ヘルムホルツセンター(HGF)：研究用原子炉等の大規模装置を配備する国策的な16の研究機関

III. 世界に誇るドイツの技術移転機関：シュタインバイス財団

大学等に設けられた500ヶ所以上の「トランスファー・センター」を組織、主に中小企業を顧客(約7割)とし、そのニーズ・研究課題に対し、センターで最適者によるチームを結成、具体的な研究成果を提供する仲介機関である。連邦や州からの助成は一切なく、経済的にも完全に独立した組織として機能。各センターは独立採算制で、産業界からのニーズがなく収益の上がないセンターは閉鎖される。ドイツの中小企業は大企業から完全に独立しており、保有する技術・ノウハウは、特にこの20年ほどでかなり高度化。その中で生じた課題を解決するのが同財団の活動である。「トランスファー・センター」には、大学(Universität)と専門大学(Fachhochschulen：実用・応用に近い研究を行う)の教授、研究室、ベンチャー企業等様々な形態がある。

国際的な技術移転も行っている(40カ国)。最も多

- ドイツには、高度な科学水準を誇る公的研究機関が多数ある
- 特に、連邦政府と州政府が共同で“機関助成”を行っている研究機関が特徴的



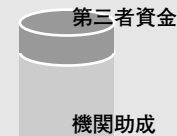
出所：ドイツ連邦教育研究省(BMBF) "Facts and Figures 2002"より日本総合研究所作成

図表2-5 ドイツの非営利・非民間研究機関(公的研究機関)の資金(*10)

(*10) ドイツ連邦教育研究省(BMBF) "Facts and Figures 2002" (2002)

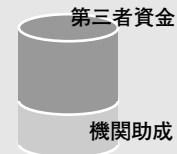
マックス・プランク学術振興協会(MPG)

- 自然科学やライフサイエンス等の基礎化学研究に特化
- 定款に産業界からの委託研究が記載されていない
- 運営費の8割以上を「機関助成」(連邦：州＝1：1)に頼る
- 設置数：79ヶ所、総人員数：約12,000人、スピンアウト企業：40社
- 活発な国際交流：外国人客員研究員は全体の約13%(1,600人、2004年)
：各研究所のディレクター4分の1が外国人



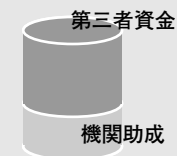
フラウンホーファー応用研究促進協会(FhG)

- 応用技術中心の自然科学、工学・技術の研究開発に特化
- 国や民間企業からの委託研究を主とする
- 「機関助成」の割合は4割程度(連邦：州＝4：1)
- 「第三者資金」の55%は産業界からの委託研究・収入、
残りは公的部門による委託研究や“プロジェクト助成”
- 設置数：58ヶ所、総人員数：1万人以上
フラウンホーファーレーザ技術研究所(ILT)、応用光学精密機器研究所(IOF)等



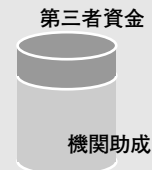
ライプニッツ学術連合(WGL)(ブルーリスト研究機関：BLE)

- 「連邦政府・州政府の研究促進に関する共同包括協定」
(1975年)に基づいて資金を支給される
- マックスプランク協会とフラウンホーファー協会の中間、
大学のパートナーともなる存在：「応用を目指した基礎研究」
- 「機関助成」の割合は4割程度(連邦：州＝1：1)
- 設置数：81ヶ所、総人員数：125,000人
マックスボルン非線形光学研究所、パウル・ドゥルレーデ固体エレクトロニクス研究所



ヘルムホルツセンター(HGF)

- 原子力技術や宇宙開発など、国家や社会のための長期的な研究や
大型装置・設備等を使う国策的な大規模研究センターとして設立
- 運営費の約75%が「機関助成」(連邦：州＝9：1)
- 設置数：15ヶ所、総人員数：24,000人
- 2001年頃から時代のニーズに合った研究所となるための改革を促進



図表2-6 ドイツの非営利・非民間研究機関(公的研究機関)の概要(*11)(*12)(*13)

いのはヨーロッパ各国で、急速に成長しているのが中国のマーケット。海外にも数箇所のトランスファー・センターがある。

2.1.2 ドイツにおける「光学技術」促進政策の経緯

(1) ドイツにおける「光学技術：Optical Technologies」の重要性と存在感

ドイツでは「光学技術は“実現技術(enabling technology：すべてを可能とする技術)”という強い認識がある(*14)。また“ペースメーカー技術(pace-

maker technologies：すべての分野を先導する技術)”とも呼んでいる(*15)。「光学技術」は、機械や自動車、造船・航空機のエンジニアリング、マイクロエレクトロニクス、照明から医薬品まで、ドイツがコア・コンピタンスを持つ領域でのイノベーションのトリガーとして重要視されている。

「光学技術」はドイツの雇用創出の重要なドライビング・フォースであり、ドイツ経済の根幹を成す技術である(*16)。

→2003年、国内企業の年間総売上高は230億ユーロ

(*11) 出所：ドイツ連邦教育研究省(BMBF)“Facts and Figures 2002”(2002)

(*12) ジェトロ・ベルリン・センター「ドイツの産業技術の動向」(2005)

(*13) 文部科学省科学技術政策研究所・日本総合研究所「主要国における施策動向調査及び達成効果に係る国際比較」(2004・2005)

(*14) ドイツ連邦経済技術省(BMWI)“Kompetenznetze.de - Networks of Competence in Germany; Optical Technologies”(2006)

(*15) ドイツ連邦教育研究省(BMBF)インターネットサイト(<http://www.bmbf.de/en/3591.php>)

“High Tech Strategy: Optical Technologies-With Light into the Future”

(*16) ドイツ連邦教育研究省(BMBF)“Kompetenznetze.de - Networks of Competence in Germany; Optical Technologies”(2005)

に達した。

—2004年、海外の売上高の成長率が、2ケタの台に乗った。

—製造業の雇用の10%（65万人に相当）以上が直接・間接的に光産業に携わっており、ダイレクトに光学分野に雇用されている労働者は約11万人^(※17)（2006年）。

（2005年発表資料では、製造業の雇用の16%（100万人に相当）が直接・間接的に光産業に携わっているとされており、若干の減少傾向にあることが窺える。）

—産業の主流は、レーザ装置製造、光学部品・システム製造、照明関連である。

—2010年までには、光産業関連の中小企業（SMEs）※は1,000社におよび、約36,000人の雇用を創出、雇用の成長率は40%以上に達すると期待されている^(※8)。

※ドイツでは中小企業が高度な技術力を持ち、社会的地位は大企業と対等にあり、独立して世界市場を目指す強い意欲があることが特徴的。

将来の用途としては、スーパーマーケットのレジのスキヤナー、自動車生産での精密で効率的なレーザ溶接、腫瘍などの手術における画像処理技術、痛みのない虫歯治療など、あらゆる分野での応用が期待される^(※18)。

（2）ドイツの「光学技術」促進政策の経緯

ドイツ連邦政府の支援は長い歴史を持つ。すでに80年代後半からレーザ技術を中心に、光技術の重要性・波及性を認識しており、1987年から2004年間に光技術の研究開発に7億7,000万ユーロ超の予算を投入してきた^{(※19)（※20）}。

・連邦教育研究省（BMBF）：科学技術促進全般を担当、大学・公的研究機関の整備、民間産業を含む研究機関を支援。連邦省庁で科学技術関連支出、研究開発

支出が最も多い。

—「光学技術」は第5局（Key Technologies-Research for Innovation）の513（Optical Technologies）が専従で担当^(※21)。第4局～第7局は、特定分野の技術振興を図る役割にあり、4つの公的研究機関・ドイツ研究協会（DFG）、大学をパートナーとして研究開発の促進を図っている。

〔BMBFのプロジェクト助成※〕

—近年特にナノテクノロジー分野に重点が置かれ、1998～2004年で同分野のネットワーク・プロジェクトの助成総額は4倍の1億2,000万ユーロに増大。

—「光学技術」の2005年予算は2,600万ユーロで、ナノ分野での支援額が「ナノ材料」（3,810万ユーロ）に次いで多い。

—「光学技術」の重点項目ナノ光学、超精密加工、顕微鏡、フォトニック結晶、分子エレクトロニクス、ダイオードレーザ、有機LEDなど。

※：「プロジェクト助成」：ターゲットを定めた短期的な研究への支援（≒競争的資金）

〔主要な光産業促進プログラム〕

①ドイツ連邦科学研究技術省（当時）（BMBF）“LASER 2000”^(※22)

〔第1期：1993～1998年〕

・固体レーザを中心として、レーザ発振技術、物質との相互作用に関する基礎的研究から応用研究まで幅広く取り組んだ。

〔第2期：1998～2002年〕

・半導体レーザ、加工用レーザ、フェムト秒レーザなどの研究開発が行われた。半導体レーザの高出力化に取り組み、10kWのダイオード励起固体レーザの開発が進められた。

②ドイツ連邦教育研究省（BMBF）（1999-2000）^{(※23)（※24）}

できるだけ多くの用途で光学技術を活用し、光産業

	2002	2003	2004	2005
「光学技術」への助成	18.5	25.2	26.0	26.0

図表2-7 「光学技術」へのBMBFプロジェクト助成予算の推移（百万ユーロ）

（※17）ドイツ連邦経済技術省（BMWi）“Kompetenznetze.de - Networks of Competence in Germany; Optical Technologies”（2006）

（※18）ドイツ連邦教育研究省（BMBF）“Kompetenznetze.de - Networks of Competence in Germany; Optical Technologies”（2005）

（※19）NEDO 海外レポート No.953「中核技術へと成長するドイツの光技術」（2005年）

（※20）ドイツ連邦教育研究省（BMBF）インターネットサイト（<http://www.bmbf.de/en/3591.php>）

“High Tech Strategy: Optical Technologies-With Light into the Future”

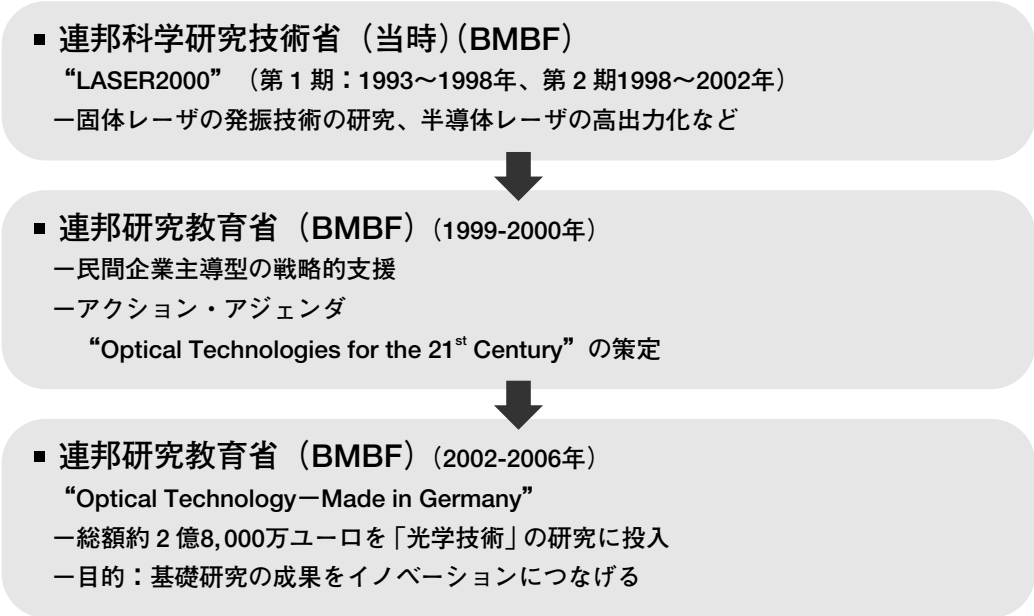
（※21）ドイツ連邦教育研究省（BMBF）“Organization Chart”（2007年）

（※22）新エネルギー産業技術総合開発機構・産業技術総合研究所・技術評価委員会「フォトン計測・加工技術の研究開発」事後評価報告書（2006年）

（※23）ドイツ連邦教育研究省（BMBF）“Kompetenznetze.de - Networks of Competence in Germany; Optical Technologies”（2005）

（※24）ドイツ連邦教育研究省（BMBF）インターネットサイト（<http://www.bmbf.de/en/3591.php>）

“High Tech Strategy: Optical Technologies-With Light into the Future”



図表2-8 ドイツの光産業促進政策の経緯

がドイツ経済の一部を形成できるように、BMBFでは民間企業主導型の支援戦略を行った。その結果、産学官それぞれの立場に対して100を超える提言がなされ、今後のアクション・アジェンダとして“Optical Technologies for the 21st Century”がとりまとめられた。これを受け連邦政府は、ドイツの光学技術を強化するための緊急手段を講じた。それが後述の“Optical Technology - Made in Germany”である^(*)13)。

③ ドイツ連邦教育研究省(BMBF) “Optical Technology-Made in Germany”^{(*)25) (*26) (*27)}

期間は2002～2006年で、総額約2億8,000万ユーロが光学技術の研究資金として投じられる。同プログラムは、基礎研究の成果をイノベーションにつなげることを主眼とした。“Optical Technology - Made in Germany”の一環として、同じく連邦教育研究省(BMBF)による“BRIOLAS(Brilliant Diode Lasers)”イニシアティブがスタートした。そのなかで“[光]はドイツ経済にイノベーションをもたらす機動力となり、「光学技術」関連の雇用は国内の約15%を占める”ことを明言し社会にアピールしている。

④ ドイツ連邦教育研究省(BMBF) “Competence Center Network(CCN)” (1998年～)^(*)28)

インフラの整備を進めるとともに、ネットワークを

形成して潜在的な実用者とナノテクノロジー研究者を最良の形でマッチングさせることを目的としている。1998年、BMBFは年間200万ユーロを投じて6つのコンピテンス・センターを設立した。

第3フェーズ(2003年～)では特にナノテクノロジーに重点が置かれ、9つのセンターが継続・新設された。第3フェーズで選ばれた9センターのひとつに「オプトエレクトロニクスにおけるナノ構造(NanOp(ベルリン))」がある。

⑤ ドイツ連邦教育研究省(BMBF) “Networks of Competence”

ネットワークを形成することで、ある特定の有望な技術領域でのイノベーション創出を促進する。学界・産業界の多岐にわたる専門家の知識・資源を結集することにより、最先端の領域・応用サービスの研究開発が可能となる^(*)29)。

⑥ 連邦経済技術省(BMWi) “[Kompetenznetze.de”イニシアティブ]

18の有望技術領域を対象とし、主要クラスターのさらなる活性化を図る(2006年以前は連邦教育研究省(BMBF)の担当)。

ドイツの光学技術の「実力」と「ポテンシャル」は、8つの地域ネットワーク(産業集積・クラスター)に結

(*)25) ドイツ連邦教育研究省(BMBF) “Kompetenznetze.de - Networks of Competence in Germany; Optical Technologies” (2005)
 (*)26) NEDO 海外レポート No.953「中核技術へと成長するドイツの光技術」(2005年)
 (*)27) Friedrich Bachmann, “Goals and status of the German national research initiative BRIOLAS”, SPIE, Jan 21-28, 2007
 (*)28) 経済産業省(委託先: JETRO)「海外技術動向調査・欧州編 第二部」(2006年)
 (*)29) ドイツ連邦教育研究省(BMBF) “Kompetenznetze.de - Networks of Competence in Germany; Optical Technologies” (2005)

集、活発な研究開発・産業化を行っている。

Optical Technologies / Laser Technology^(*)30)

- ・ bayern photonics e.v.
- ・ Laser Technology Region Nuremberg
- ・ Optec-Berlin-Brandenburg(OpTecBB)e.v.- Network of Competence Optical Technologies
- ・ OpTech-Net e.v. - Network for Optical and Optoelectronic Technologies and Systems
- ・ Optence e.v. - Network of Competence for Optical Technologies Hesse/Rhineland-Palatinate
- ・ PhotonAix - Competence Network for Optical Technologies and Systems
- ・ Photonics BW e.v.
- ・ PhotonicNet GmbH

⑦ 連邦政府「ドイツ・ハイテク戦略“High-Tech Strategy for Germany”」(2006年～)^(*)31)

メルケル現政権(2005年～)による連邦各省各部署横断プログラムで「ドイツが真の『理想(知識)の国家“a land of ideas in the future”』として存続することを目的とし、近い将来ドイツが科学技術分野において世界のリーダーに返り咲く」ことを目標とする。

「光学技術“Optical Technologies”」の戦略目標では、21世紀は「フォトンの世紀」であるとの認識が示されている。数々の支援プログラムを通じて光とそのあらゆる性質を統合して新規産業を創出する。

2010年までには、光産業関連の中小企業(SMEs)1,000社達成、約36,000人の雇用創出、雇用の成長率40%以上を目指す。

材料加工用の高出力レーザーの世界市場で25億ユーロの売り上げ、40%のシェアを獲得することを目標とする。

(3) 「ネットワーク(クラスター)構築プログラム」によるドイツ光産業の醸成^(*)32)

第二次世界大戦以前からドイツは非常に高い科学技術ポテンシャルを持っていたが、敗戦により優れた科学者が国外に追われ、深刻なダメージを受けた。

1980年代、世界的にエレクトロニクス、バイオテクノロジー等の新規産業が台頭したが、自動車・化学等の伝統的な工業を基盤とするドイツは新規産業に出遅れ、経済は低迷。

1990年、東西ドイツが統一。当時のコール政権は、

バイオテクノロジー等の新規産業分野に対する積極的な研究助成を開始した。

そのなかで、ドイツ初の試みとして“バイオクラスター創生プログラム”：“BioRegio”を実施(1996～2000年)が行われた。「バイオテクノロジー分野で欧州トップの座につく」という明確な目標を掲げ、レベルの低い地域のポテンシャルを引き上げるのではなく、世界に通用するトップクラスのバイオクラスターの構築を目指した。支援対象としてはミュンヘン、ラインラント、ライン・ネッカーの3地域が選定され、一地域あたり5,000万マルク/5年(約33億円)が支給された。

ドイツの「ネットワーク構築(クラスター創生)プログラム」の特徴は、コンテスト形式を用いて、各地域で主体的にネットワークを形成させて具体的なプロポーザルを提出、地域間の競争を促した上で対象地域を選定する。基本的には選定は三段階で、書類選考、面接の二次選抜を勝ち抜いた地域には小額の補助金を支給、さらに各プロポーザルの完成度を高める。それによってネットワーク形成が速やかに行われることに加え、最終選定に漏れた地域でもネットワークの形成が自発的に進むという利点がある。

「BioRegio」でも、上記3地域以外でもバイオクラスター形成が進み、ドイツはそれまでトップだった英国を抜き、バイオ関連企業数で欧州トップとなった。

その後も、個別の支援プログラムと並行して、各地で“ネットワーク構築プログラム”“クラスター創生プログラム”が行われ、ネットワーク/クラスターは拡大・成長を続けている。ドイツが伝統的に培ってきた高度な技術ポテンシャルを最大限に活用するために必要なのは、それらの有機的な結合であった。

(4) ケーススタディ～“Optec BB”ネットワークの創生と促進政策の関わり～^{(*)33)(*)34)}

〔“Optec BB”の設立経緯〕

- ・2000年9月14日、非営利協会“Optec BB”設立、設立メンバーは14機関。
- ・2001年3月23日、“Optec BB”は“Networks for Optical Technologies”のコンテストでプロジェクト対象に選出された。
- ・2001年7月1日、7つの地域ネットワークをベースとしてプロジェクトがスタート。


(*)30) ドイツ連邦経済技術省(BMWi) “Kompetenznetze.de - Networks of Competence in Germany; Optical Technologies” (2006)

(*)31) ドイツ連邦教育研究省(BMBF) “The High-Tech Strategy for Germany” full version (2006)

(*)32) 文部科学省科学技術政策研究所・(株)日本総合研究所「主要国における施策動向調査及び達成効果に係る国際比較分析」(2004・2005年)

(*)33) ドイツ連邦経済技術省(BMWi) “Kompetenznetze.de - Networks of Competence in Germany; Optical Technologies” (2006)

(*)34) Bernd Weidner, CEO, OpTecBB, Berlin, “OpTecBB-an example for a regional Competence Network for optical Technology in Germany”

Optec-Berlin-Brandenburg (OpTecBB) e.v.-Network of Competence Optical Technologies	
	目的・方針 ・ OptecBB は、ベルリンおよびブランデンブルグにおける効率的で広範囲におよぶ光学技術の発展に努める。 ・ 光学技術の発展をきっかけとして、同地域の経済の発展に貢献する。
	ネットワーク構成メンバー
	大企業 : 4社 中小企業(SMEs) : 45社 研究機関・アライアンス : 24機関 大学 : 4校 専門大学 : 2校(Fachhochschulen) 技術財団 : 2機関 銀行 : 1行 金融機関 : 1社 サービス企業 : 5社 協会 : 2機関 民間個人 : 2名
	コーディネータ
	Dr. Bernd Weidner OpTecBB Optec-Berlin-Brandenburg e.V.(登録組合)

図表 2-9 “OpTec BB” の概要 (2006 年) (*35)

メインの会合	年 1 回
取締役会	11 名で構成、四半期に 1 回 (CEO、各研究機関・技術財団の取締役など)
オフィス	専門領域を持つフルタイムスタッフ 4 名
重点領域の特定	投票で選ばれた議長によって進められる。
活動資金	50% : ドイツ連邦教育研究省(5年間) 15% : ベルリン市州・ブランデンブルグ州政府 35% : 会費、その他の収入

図表 2-10 “OpTecBB” の活動

- ・ “OpTecBB” は 2000 年以降、急成長を遂げ、いまやドイツ国内で最も多数のメンバーで構成される巨大ネットワークである。
 - ・ 2006 年時点では、民間企業のメンバー 54 社と最も多く、次いで 30 の研究機関が参加。
- “OpTecBB” に代表されるネットワーク・クラスターは、産業創出に不可欠な機関すべてが一地域に集結し、それぞれの役割を果たすことによってスムーズに価値を生み出している。

2.2 ドイツにおける光産業の実態と将来展望

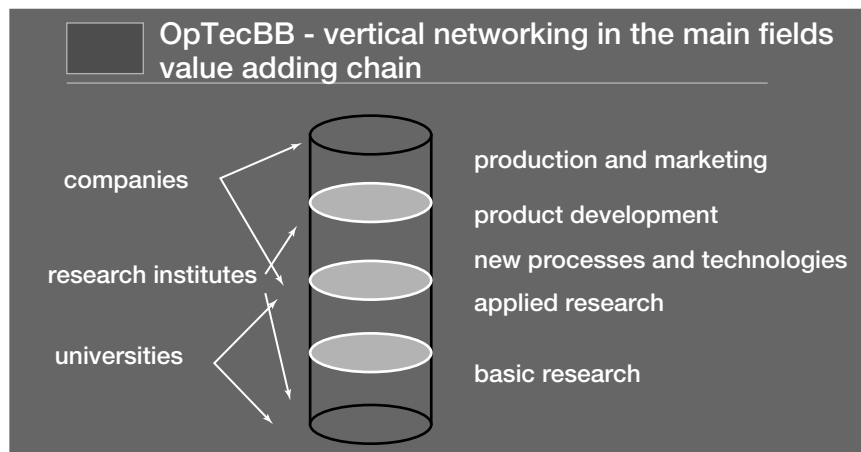
2.2.1 ドイツのレーザ産業における研究開発体制の特長(*37)

ドイツでは、民間企業・公的研究機関・大学などの研究組織が積極的にレーザ技術の研究開発に取り組んでおり、レーザ産業に関する高度な技術レベルを維持している。それに加えドイツは、活発な産学官連携など、国内のポテンシャルすべてを結集する力に長けており、国策として支援している体制が明確に現れている。

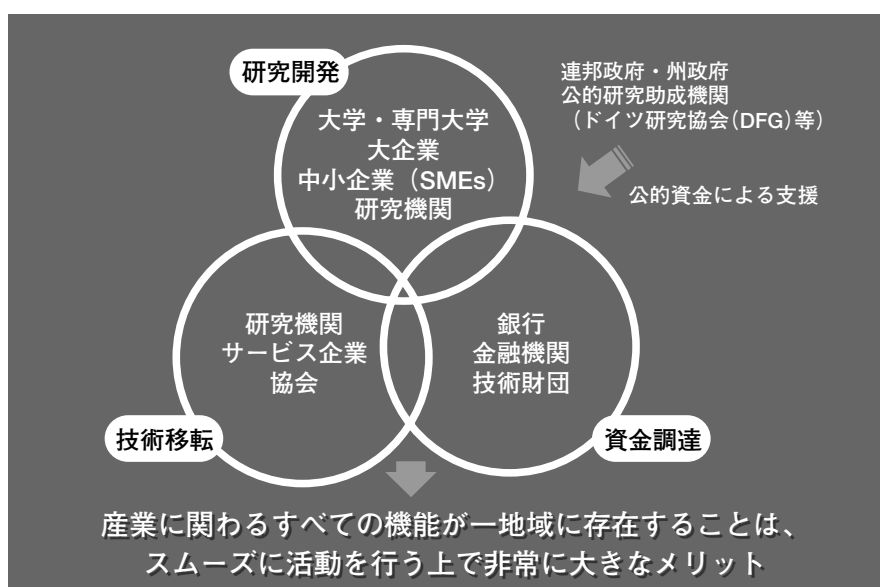
(*35) ドイツ連邦経済技術省(BMWi) “Kompetenznetze.de - Networks of Competence in Germany; Optical Technologies” (2006)

(*36) Bernd Weidner, CEO, OpTec, Berlin “OpTecBB - an example for a regional Competence Network for optical Technology in Germany”

(*37) レーザ関連メーカーインターネットサイト、インタビュー等による。



図表 2-11 “OpTecBB”における付加価値連鎖のイメージ^(*)36)



図表 2-12 “OpTecBB”にみられる光産業発展の仕組み

(1) 公的研究開発機関の果たす重要な役割

①フラウンホーファー協会によるアライアンス:「表面加工」と「フォトニクス」^(*)38)^(*)39)

フラウンホーファー協会(FhG)は、1949年に設立された公的・非営利の研究機関であり、連邦政府および州政府の支援を受けている。国内に58ヶ所の研究所を持ち、研究者は約12,000人、年間約10億ユーロの収益を上げている。

研究投資総額の構成比は、産業界のプロジェクト40%、政府支援の研究開発プログラム30%、政府による基礎的資金30%となっており、産業志向の生産技術に関わる研究開発を行っている。

フラウンホーファーでは「表面加工(Surface Engineering)」と「フォトニクス(Photonic)」の領域で、6つの研究所の教授をリーダーに据えたアライアンス(Alliance: Surface Engineering and Photonics)を組織している。

6つのアライアンスの役割分担は明確に定められており、国としての支援体制が徹底していることが窺える。ドイツでは、フラウンホーファー研究所を通じて、国策的に“生産技術”の研究開発を推進している。

フラウンホーファーの各研究所では、学生を積極的に受け入れ、学生にとっては大学では学ぶことのできない“生産技術”を身につける非常に貴重な機会と

(*)38) Fraunhofer verbund Oberflächentechnik und Photonik, for ALAW Pre-Conference, March 28, 2006

(*)39) Fraunhofer Institut Lasertechnik, “Performance and Results Annual Report 2005”

なっている。研究レベルも極めて高い。

この仕組みは企業にとっても大きなメリットがある。基本データの測定など各社に共通する業務は、フラウンホーファー研究所、およびそこで研究に携わっている学生が一括して行い結果を提供してくれるため、個別企業が自ら行う必要がなく大変効率が良い。フラウンホーファー研究所の研究開発費の約48%を民間企業が投じているが、金額は20億円程度であり、基礎データを活用できるメリットの方が価値は高い。

アライアンスのトップは教授(Professor)であり、極めて高度な研究開発が行われているため、ここでの成果を論文として発表し、実績を積んで、研究者は次のキャリアへと移ることができる。研究者の流動性が高まることで、研究開発が活性化される。

日本でも、政府が税制の優遇措置等を取り、大企業が“寄付”研究所を作るような動きが必要ではないか。現状では大学への“寄付”講座に留まっている。

②ハノーバーレーザーセンターによるレーザー関連の総合的な技術開発^(*)40)(*)41)

ハノーバーレーザーセンター(LASER ZENTRUM HANNOVER e. v.)とは、1986年、ニーダーザクセン州政府の産業科学振興省に設立された、ドイツで2番目に大きなレーザー関連の総合研究開発センターである(民間企業48%負担)。

世界最先端の様々なレーザー装置を評価し、その情報を各企業に提供している。

フラウンホーファーと同様、各社が個別にレーザー装置を評価する必要がないため、非常に効率が良い。各部門のヘッドには教授を据え、そのリーダーシップのもと、レーザー技術に関わるすべての技術を評価する部門が網羅的に組織されている。

このように、この2つの組織は、公的研究開発機関として、様々な領域についての研究開発、装置の評価といった共通・基礎的な分野を実施、成果を民間企業に提供している。民間企業はこの成果を活用することで、効率的な研究開発活動ができる仕組みになっている。

さらに、フラウンホーファー協会主催のレーザー技術

に関するワークショップが継続的に開催されており^(*)42)、ミュンヘンでは2年ごとに“World of Photonics Congress”というフォトニクス国際会議を開催している^(*)43)。このような定期的な技術会議の開催は、世界のレーザー技術の最先端の動向を把握できるとともに、ドイツの高度なレーザー技術のアピールの場ともなり、非常に重要な役割を果たしている。

(2) 総合エンジニアリングメーカーの存在^(*)44)(*)45) (*)46)

① ドイツ・FFT-EDAG社の実力

日本では、例えば自動車産業では、自動車メーカーは“部品”を提供する中小企業群をいわゆる“ケイレツ”を抱え込む傾向にある。一方、ドイツなどでは“部品”をさらに組み合わせた“モジュール”を提供することで、ある領域に特化しノウハウに長けた中小企業が数多く成長する構造になっている。例えばドイツのFFT-EDAG社は、4,000人規模のエンジニアリング会社で、エンジニアリングに関わるすべての技術を保有しており、同社の技術だけでかなりの程度まで自動車が製造できる。

ドイツ・FFT-EDAG社は、複数の自動車メーカー、航空機メーカーに“モジュール”を提供している。エンジニアリングに関わるすべての専門家が揃っており、グローバル市場をターゲットに事業を展開している。日本の大企業は、中小企業に“アウトソーシング”するという考えが希薄で、大企業の傘下に入った部品メーカーは“ケイレツ”を離れてのグローバル市場を視野に入れた開発ができない。

・ドイツでは、このような総合エンジニアリングメーカーがレーザー産業を底支えしている。

3. 日本における光産業

我が国の光産業は、1980年代には世界でトップの座についた。しかし最近では、「光産業関連技術」にポテンシャルを持っていながら、その高度なレベルを維持できない状況に陥りつつある。これまでの日本におけるレーザー産業促進政策の経緯、産業の事態・将来展

(*)40) LASER ZENTRUM HANNOVER e. v. “Jahrbuch 2006” (アニュアルレポート)

(*)41) LASER ZENTRUM HANNOVER e. v. “Organigramm” (組織図)
(http://www.laser-zentrum-hannover.de/en/about_us/organigram/index.php)

(*)42) Fraunhofer Gesellschaft, “Advanced Solid State Lasers: Status, Prospects and applications”, LASER 2007, World of Photonics, PHOTONICS Forum, Workshop 20-21 June 2007

(*)43) “18th International Congress on Photonics in Europe: World of Photonics Congress : Program Overview”, Munich ICM, co-located with LASER 2007, World of Photonics trade show, 17 June-22 June 2007

(*)44) 三瓶和久「自動車産業におけるレーザー加工の展開」(レーザー加工学会第68回講演資料)

(*)45) EDAG “EDAG-Partner to the International Mobility Industry”

(*)46) EDAG インターネットサイト (<http://www.edag.de/pr/downloads/fotos>)

望について述べる。

3.1 日本のレーザ産業促進政策

① 工業技術院「超高性能レーザ応用複合生産システム研究開発」(1977~1985年)

20kw級の大出力CO₂レーザ発振器が開発され、1980年初期には国産のレーザ加工装置が産業機械としての地位を獲得。CO₂レーザやYAGレーザは、レーザ加工機創出に大きく寄与し、1980年代には我が国のレーザ技術は、世界トップの座についた。

レーザ関連産業は、「発振器からレーザ加工装置まで一貫生産」する三菱電機、東芝、日立製作所、日本電気、一方「発振器のみを輸入・購入してレーザ加工装置を生産」する進和テック、コヒーレント三和など多くの企業が参画する一大産業へと成長。

② 通商産業省・NEDO・工業技術院「超先端加工システム研究開発」(1985~1993年)

大出力エキシマレーザ(主に半導体ステップのリソグラフィ用)、高密度イオンビーム、これらを利用した加工処理技術及び超精密機械加工装置技術を、産業用の新加工技術として確立した(研究開発費総額:約161億円)。

国立研究所と民間委託との共同で行われ、民間委託分は1986年度から1988年度までは、工業技術院から「超先端加工システム技術研究組合」(キヤノン、神戸製鋼所、ニコン、三菱電機など18社3団体)への委託として、26テーマについて研究開発が進められた。

③ 財団法人製造科学技術センター

フォトンセンター「フォトン計測・加工技術研究開発」(1997~2002年)

通商産業省工業技術院の産業科学技術研究開発制度のプロジェクトで、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)から1997~2002年にわたり研究委託を受けた。研究体制は、会員であり研究開発の再委託先である民間企業13社と1大学が、通商産業省工業技術院傘下の4つの国立研究所や多くの大学等と共同研究を行いつつ進行した。高出力LD励起YAGレーザ(微細加工・機械加工用)などの開発に成功。

④ 経済産業省・NEDO「高出力全固体UVレーザ研究」(2003年~)

大学は企業から再委託の形で参加。固体UVレーザが開発されたことに加え、メーカーに研究資金が提供されたことで、光学部品評価や設計技術等の基盤技術

開発が進んだ。

3.2 日本のレーザ産業の実態と将来展望^(*)47)

(1) グローバル市場における日本のレーザ産業の存在感^(*)48)

レーザ全体のグローバル市場全体は増加傾向にあるが、「半導体レーザ」は、2006年は光ディスク用の低迷などにより短期的には若干の減少傾向であった。

「半導体レーザ」は、さらなる高出力化・高信頼度化によって、イオンレーザ、固体レーザ、気体レーザなどに置き換わる大きな可能性を持っている。そのため、半導体レーザの高出力化・高信頼度化技術は非常に重要である。

「非半導体レーザ」市場を用途別にみると、加工用が最も多く、次いで医療用。「非半導体レーザ」の加工用について、どのような加工を行うかを見ると、「金属加工」が全体の5割以上を占め、次いで「半導体・電子部品加工」である。しかしこの2つの用途におけるレーザの仕様はまったく異なり、「金属加工」では例えば4kW程度の高い出力が必要で、高価となるが量産されており、金額ベースでの市場規模が大きい。一方「半導体・電子部品加工」は様々な工程から構成され、カスタマイズされた装置が多く、また必要となるレーザ装置の種類も多い。「半導体・電子部品加工」は、比較的低出力の多種の装置が使用されており、レーザは低価格で販売台数が多い。

「金属加工」用のレーザ市場をタイプ別にみると、CO₂レーザが6割以上を占めている。CO₂レーザ市場は大企業による寡占状態に近く、新規参入はほとんど不可能。日本の三菱電機はこの分野で世界第2・3位程度につけ、レーザ装置の輸出も行っている。「金属加工」用では「ファイバレーザ」が急速に成長しており、ランプ励起による「YAGレーザ」を代替しつつある。加工用「ファイバレーザ」は、日本が非常に弱い技術領域である。

「半導体・電子部品加工」(「マイクロエレクトロニクス加工」用のレーザ市場をタイプ別にみると、露光用「エキシマレーザ」が大半を占めている。露光用エキシマレーザは、ドイツでは開発が最近はほとんど行われておらず、米国のサイマー(Cymer)社が最大手であり、グローバル市場の約8割を占める。日本のギガフォトン株式会社(建設機械メーカー「コマツ」と世界

(*)47) レーザ関連メーカーインターネットサイト、インタビュー等による。

(*)48) Stephen G. Anderson, "Review and Forecast for Global Laser Markets", Associate Publisher/Editor in Chief, Laser Focus World (2007)

最大手の露光用ランプ・メーカー「ウシオ電機株式会社」の合弁会社も市場に参入している。

「固体レーザー」のグローバル市場は乱戦模様であり、世界規模のM&Aが繰り返され、海外市場では日本企業がとてども太刀打ちできない状況になっている。

日本は、国内市場がある程度大きいいため、国内一般消費者向けの光ディスク、ディスプレイなどの量産品の開発を優先し、加工用や医療用の高出力レーザーといった用途の限られた高額のハイテク製品の開発は避ける傾向にある。

「DPSS(半導体レーザー励起固体レーザー)」には、非常に幅広い用途がある([2] 46p)。

「ファイバレーザー」は急成長しているが、日本が非常に弱い技術領域である。米・IPG社でグローバル市場の約75%を占め、次いで英・SPI社が10%程度で、2～3社による寡占状態にある。

レーザー産業は、世界的に再編が進んでおり、主にドイツ、米国、フランス、英国、日本などの国々が中核となっている。

(2) 日本のレーザー産業の強み・弱み

レーザーの用途は多岐にわたり、それを構成する要素技術が非常に多いため、応用領域を特定して各国の強み・弱みを評価する必要がある。同じレーザー技術でも用途によって日本の強みは大きく異なる。

[日本のレーザー技術が優れている領域]^(*49)

①ディスプレイ、入出力、情報記録、通信の「半導体レーザー」等

「通信用半導体レーザー」の国内生産額は、2005年に74.1%と急速に成長し、2007年度予測では33,132百万円、成長率は11%である。

情報記録分野の「半導体レーザー」の国際生産額は2005年度ではマイナス成長であったが順調な成長を遂げ、GaN系紫色レーザー等の発展などにより、2007年度予測では92,424百万円、17.9%の成長率が見込まれている。

「半導体製造用エキシマレーザー」では、ギガフォトン株式会社(建設機械メーカー「コマツ」と世界最大手の露光用ランプ・メーカー「ウシオ電機株式会社」の合弁会社)がアジア市場の約40%を占めている。

日本企業は「青色レーザー」の技術に優れており、通信の分野では世界で50%以上のシェアを誇る。

[日本のレーザー技術が互角である領域]^(*50)

・高出力炭酸ガス(CO₂)レーザー

板金分野では、CO₂レーザー加工機が使用されている場合がほとんどである。このレーザー技術のトップメーカーは、ドイツのトルンプ社、バイストロニクス社、日本の三菱電機、アマダ社、マダック社などで、日本の存在感は大きい。

・高ピークパルス炭酸ガスレーザー

樹脂材料に約50～60ミクロンの穴を開けることができる。プリント基板穴あけ用では、三菱電機と日立ビアメカニクスが世界で圧倒的に強い。

[日本のレーザー技術が劣る領域]

・加工用の「高出力半導体レーザー」「固体レーザー」「ファイバレーザー」等

日本では、加工用に使用される「高出力半導体レーザー」がほとんど作られていない。「高出力半導体レーザー」は、励起用など特定用途向けで市場が限定され、量産志向で巨大市場を狙う日本企業の方針にそぐわない。「高出力レーザー」の“発振器”は海外、特にドイツからの輸入に頼らざるを得ない状況にある。「高出力ファイバレーザー」では、ドイツのIPG社が世界市場をほぼ独占している。IPG社の「高出力ファイバレーザー」は元々ロシアで開発されたもので、ロシアのレーザー分野の研究レベルは高いが、新たな発振原理をデバイスに作り上げ、事業化する企業が存在しないものと考えられる。「高出力レーザー」のグローバル市場をリードしているのはドイツであり、次いで米国、フランスとなっている。

日本の「固体レーザー」は、“サイエンス”(研究レベル)ではある程度の実績があるが、実用化開発が十分ではない。「固体レーザー」は、サイエンスレベルの発表の多い“ASSP2007”では、日本からの論文発表は22件と、独26件に比べてそれほど遜色なかったが、実用化開発レベルの発表が多い“Photonics WEST”(“LASE 2007”)では、オーラル講演件数はドイツの17件に対して、日本からは2件しかなく、かなり劣勢である^(*51)。

「高出力半導体レーザー」にいたっては、“Photonics WEST”(“LASE 2007”)ではドイツから18件のオーラル講演があったのに対して、日本からの発表はゼロであった。

「ファイバレーザー」については、“Photonics WEST”

(*49) 財団法人光産業技術振興協会「2006(平成18)年度光産業国内生産額調査結果について」(2007年3月5日)

(*50) レーザー関連メーカーインターネットサイト、インタビュー等による。

(*51) Optical Society of America“ASSP 2007”、“LASE 2000”、“Photonics WEST”における技術動向資料

（“LASE 2007”）でのオーラル講演件数は、ドイツ 8 件に対して日本からの発表（但し、IMRA America 等、日系米国現地法人からの発表は除く）は 2 件であった。

（3）日本のレーザ産業の課題^{（*52）}

日本は、「高出力レーザ」などの市場でドイツに圧倒されているが、日本のレーザ産業への取り組みにおける課題としては、以下のような点が挙げられる。

I. 日本のレーザ産業の特徴に由来する課題

① 加工用の「高出力半導体レーザ」「固体レーザ」

「ファイバレーザ」などの“発振器”を開発できない
例えば「YAG レーザ」の世界市場をほぼ独占しているのは、ドイツのロフィン(Rofin)社とハース(Haas)社。性能が高く、細いファイバに入射できるため、細いビームによる作業が可能。しかし価格は安くはない。日本でも芝浦メカトロニクス、NEC、三菱電機などが YAG レーザを製造しており、価格は安い性能は必ずしも十分とはいえず、性能を優先してドイツの製品を購入している。レーザ切断に使用する CO2 レーザ発振器だとドイツのトルンプ(Trumpf)社に性能は劣るが、ファナックや三菱電機などの低価格発振器が国内にて購入されている。

「高出力レーザ加工装置」の心臓部はレーザ“発振器”。それをデバイスに作り上げ、加工装置に仕上げるプロセスは国内でできるが、肝心の“発振器”は国内では調達できず、ドイツに頼らざるを得ない。「高出力レーザ加工装置」全体に占める“発振器”の価格の割合は高い。5～6kW クラスの“発振器”の金額は、CO2 レーザで 4,000 万円、YAG レーザで 7,000 万円、ファイバレーザで 7,000 万円程度と非常に高い。肝心の“発振器”が開発できないのは、ビジネスとして魅力が少ない。

② ビジネスとしての魅力度が低く大企業が参入しない

レーザ技術は、ガスから固体、最近ではファイバといったように技術の動きが早く、大企業はこのすばやさには追従できない。

レーザ加工装置は“手離れ”が悪い。メンテナンスが必要となるため体制作りが不可欠で、“売り切り”できない。

③ グローバル市場をターゲットとした新しいレーザ開発が必要

レーザの“発振器”は、最初からグローバル市場での勝負になるのが特徴だが、日本企業は、まず国内市

場で様子を見る傾向があり、結果として競争に出遅れて、世界展開のタイミングを逃すことになる。レーザ装置のユーザーは、装置を一度購入したら同じものは買わない。日本は、国のプロジェクトを含め、後追いで開発する傾向にあり、世界市場への参入が難しくなる。新しい発振技術などでこれまでとまったく異なる製品を作らない限り、グローバル市場で勝つことができない。

ドイツのレーザ産業は“輸出産業”。EU の統合が進むに従い、今後いかに EU 圏で優位に立つか、常にグローバルな市場を捉えてビジネスを展開している。一方、日本のレーザ企業はまず国内市場で様子見をする。日本の市場がある程度の規模があるため、国内市場で収益があがっていれば、敢えてグローバル市場へ展開しようとしにくい。加工用の半導体励起高出力固体レーザが売れなくても、日亜化学の青紫色 LED、ソニーのプレイステーションなど、その他の技術で世界を席卷し企業が収益をあげていけばその状態に安住し、チャレンジングな固体レーザ励起用高出力レーザの研究に取り組まなくなる。

④ ユーザー産業がレーザの導入に積極的でない

日本で金属加工向けの「高出力半導体レーザ」の開発がふるわない原因は、中核的なユーザーになり得る自動車産業などが、レーザ加工の導入にドイツに比べて積極的でないことが挙げられる。例えばドイツのフォルクスワーゲン(VW)社には、自動車の製造ラインには、溶接用にトルンプ社の固体レーザが導入されている。現段階では、従来技術であるスポット溶接の方が、溶接装置単体としてのコストがはるかに安く(1/10～1/20程度)、コストに厳しい日本の自動車メーカーは、VW社に比べるとレーザ溶接の適用率は低い。レーザを使用することでコストは高くなるが、VW社の最優先は自動車の“量産”であり、レーザ技術は大量生産に向けた技術と認識しているため、レーザを導入している。

一方、トヨタをはじめとする日本の自動車メーカーは、元々カスタマイズ技術に長けており、量産より“多品種・短納期”が優先する。また、電機産業分野などでは、セル生産を積極的に導入することで製造ラインを可能な限り縮小し、機種変更のニーズにすばやく対応する。日本では一般的に製品のサイクルタイムが短く、日本企業は設備投資を避ける傾向にある。高価なレーザ加工装置を製造ラインに導入し、そのメ

（*52）レーザ関連メーカーインターネットサイト、インタビュー等による。

リットを享受するまでには少なくとも数年かかる。日本のサイクルタイムとはバランスがとれない。

レーザー技術のメリットの1つは、従来のスポット溶接では金属板を貼り合わせる場合、合わせた板の両面から電極を押し当て電流を流す必要があったが、レーザーを利用すると片側からの照射だけで溶接ができることである。そのため治具(加工を補助するための道具)を含む溶接工程のシステム全体を、シンプルに構成することができる。このようにシステム全体として、コストを上回る付加価値が発揮できるようになれば、日本の自動車メーカーでもレーザー溶接の適用箇所が広がる可能性はある。

一般的に欧米諸国のメーカーの方が、新しい技術を積極的に取り入れる傾向にある。それに対し、日本のメーカーは信頼性、実績、コストを重視するため、新しい技術の採用に慎重である。

⑤ 「アジア圏のリーダー」としての戦略が必要

今後の日本のレーザー産業は、「アジア圏のリーダー」となるべく戦略的な展開が求められる。ドイツはすでに欧州圏でリーダーシップを握り(フランス・英国は若干独自の動きを見せているが)、さらにアジア圏も視野に入れ、中国に拠点を置く、オーストラリアで学会を開催しそのチェアマンをドイツ人が務めるなど、自国技術を標準化することをターゲットに、まさに“世界を動かしている”。学術研究でトップデータを出すことだけでなく、それを実際にグローバル産業に展開することを目的とした、しっかりと地に足のついたドイツ国家としての取り組みが窺える。

日本企業の装置開発は、ハイスペックの達成が最優先であり、品質は劣るが低価格の製品開発に取り組もうとはしない。今後日本が「アジア圏のリーダー」として、中国やインドといった急成長を遂げている国に進出するためには、今の日本製品では価格が高過ぎオーバースペックである。価格第一に開発を進め、最低限のスペックで低コストの製造にも取り組む必要がある。

II. 産学官連携など研究開発体制の課題

① 研究機関の高いポテンシャルを活かしきれていない

日本の大学・公的研究機関などの研究レベルは十分に高いが、特殊な用途向けのレーザーでは、規模の大きい日本企業にとっては潜在市場が小さく、商品化の動きにつながらない。それに対し米国は新規技術への対応が迅速であり、例えば日本の大学で研究されたセラミックレーザーに注目し、現在では米国の国立研究所で

積極的な研究が行われている、などのケースがある。

ドイツのトルンプ社は、専門大学(Fachhochschulen)にレーザー加工機を提供して研究に活用してもらい、普及に努めている。またドイツでは、企業経験がないと技術系の教授になれない大学も存在する。そのため大学教授は企業としての見方を身に付けており、実用化を意識した研究テーマも設定できる。

III. 研究開発人材の課題

① 若手人材の不足

最もチャレンジングな研究に取り組んで欲しい30代前後の若手研究者に、強い意欲が感じられない。優秀な人材を確保するため、ドクターやポスドクを採用し、高度なポテンシャルを活用することや、大学との「インターンシップ・プログラム」などへの積極的な取り組みが必要である。

② 「インターンシップ・プログラム」の体制が不十分

日本では、守秘義務を含めた大学と企業との契約手続きが十分に整っておらず、「インターンシップ・プログラム」を進めづらい。一方ドイツでは、インターンシップ活動が活発である。ドイツの大学は、契約内容は厳しいが、守秘義務、特許の帰属などに対するシステムが確立している。

IV. 国の支援政策・研究プロジェクトの課題

① 失敗を許容するマインド、フレキシビリティの不足

レーザー技術に限らず、国の研究開発プロジェクトでは失敗を許容するマインドがないため、国の設定するテーマ、企業や大学からの応募テーマいずれも確実に実現できる研究テーマになり、チャレンジングな研究開発が行われない。

プロジェクト進行中により良い方向性が見出されても、変更が認められないという融通のなさがある。ある程度のフレキシビリティが必要である。

② 体系立った支援体制になっていない

プロジェクトを立ち上げても、終了後どう展開するかが計画されておらず、支援体制に継続性がない。

③ 適切なテーマ設定ができていない

テーマ設定がオーバースペックであるケースが多い(技術力を底上げする効果は期待できる)。例えばNEDOの「フォトンプロジェクト」(平成9年度から5年計画で実施された「フォトン計測・加工技術」プロジェクト)では、10 kWのYAGレーザーの開発に成功したが、グローバル市場からするとすでにタイミングが遅く、参加した企業にあまり大きなメリット(利益)

はなかったというケースがある。

ドイツの国家プロジェクトは、その半分は民間企業がリーダーを務めており、企業がやりたいことができる仕組みになっている。一方日本では、大学の教授や官僚がリーダーとなり、産業界にメリットをもたらす仕組みになっていない。

4. 日本におけるレーザ産業ネットワーク構築

我が国の光産業は、1980年代には世界でトップの座についた。しかし最近では、「光産業関連技術」にポテンシャルを持っていながら、その高度なレベルを維持できない状況に陥りつつある。これまでの日本におけるレーザ産業促進政策の経緯、産業の事態・将来展望について述べる。

4.1 レーザ産業ネットワーク構築の有効性と阻害要因

(1) レーザ産業ネットワーク構築の有効性

① 産学官連携による効率的・効果的な研究開発

地理的に近い場所に立地することで、大学・公的研究機関と民間企業、大企業と中小企業、レーザ加工機メーカーとユーザー企業など、それぞれの組織間の協力が活発化する。

② 的確な研究開発による技術移転の促進

レーザ加工機メーカーとユーザー企業との緊密なやり取りにより、メーカーはユーザーのニーズを正確に汲み取り、製品開発に活かすことができる。

③ 金融機関の参画によるスムーズな資金調達

現在の日本のクラスターは、企業や大学などの研究機関、自治体のみで構成されており金融機関が入っていない。一方、ドイツのクラスターには銀行などの金融機関が参加しており、近くに金融機関があって研究開発のための資金調達がスムーズにできることは大きなメリットになる。

(2) レーザ産業ネットワーク構築の阻害要因

① 大企業と中小企業の協業が難しい

日本の大企業は、“中小企業の優れた技術を自社に取り込みたい”“中小企業を傘下に入れたい”という意欲はあるが、“中小企業と共同して開発を進める”“中小企業の技術を引き継いで事業化する”といった意識に乏しいため、相互補完的に共同で開発を進めることはあまり行われていない。

一方ドイツでは、大企業の規模がさほど小さくなく、

それに対して中小企業が優れた技術でグローバル市場を視野に入れたビジネス展開を図っており、両者が対等にビジネスを進める土壌がある。日本の中小企業は、ニッチな市場を狙った特殊なレーザ装置の開発に進みがちである。

② 大学・公的研究機関と民間企業の研究開発の乖離が大きい

大学・公的研究機関は、主として基礎的研究で成果を挙げており、企業のニーズを捉えたものになっていない。

③ レーザ産業特有の課題

「高出力半導体レーザ」「固体レーザ」「ファイバレーザ」などの“発振器”を開発できない。

ビジネスとしての魅力度が低く、大企業が参入しない。

グローバル市場をターゲットにした新しいレーザ開発が必要である。

ユーザー産業がレーザ技術の導入に積極的でない。

4.2 国に期待される役割

(1) 国家プロジェクト・支援策の適切な設定

① 失敗を許容するマインドでフレキシブルな遂行
ある程度の失敗を許容することで、企業や大学、研究機関のダイナミックな研究開発を促進し、研究者のポテンシャルを最大限に活かす。

プロジェクトの実施期間中に適宜内容を見直すことで、より有効な研究開発を行うことができる。

② チャレンジングなテーマの設定

高度な技術を要するテーマの設定は、ブレイクスルーを必要とするため、レーザ技術全体の底上げにつながる。“夢”のある大型プロジェクトが果たす役割は重要である。

一方、過度にオーバースペックにならないよう、ニーズを的確に捉えたテーマ設定が必要である。

かつての「ウラン濃縮プロジェクト」(1972年、原子力委員会が「ウラン濃縮技術の遠心分離法開発」をナショナルプロジェクトに指定)は、米国の後追いテーマではあったが、トップダウンのチャレンジングなテーマであり、研究者の意欲は高まり、このプロジェクトの実施によって、日本の技術は大きく底上げされた。

現に「レーザ核融合」への取り組みにより、日本のレーザ・光学技術のレベルはかなり高まり、要素技術でみれば世界でトップのものもある。「レーザ核融合」は軍事利用の懸念があるため、「磁場閉じ込め核融合」

へ日本は注力している。しかし、レーザ技術の底上げの観点で「レーザ核融合」開発が果たしてきた貢献も多かった。

③ 体系立ったプロジェクト構成

単発の支援策に留まらず、体系立ったプロジェクト構成により、将来を見据えて計画的にレーザ産業を支援することが不可欠。

(2) 大学・公的研究開発機関と企業の連携促進

① 国公立大学・公的研究機関における実用化・応用研究の促進

従来からの高度な基礎的研究の活動を維持しつつ、部分的には企業のニーズに合致した活動を取り入れる。例えばレーザ技術では、プロトタイプ(試作品)の製造までできるといったレベルを目指す。

② 「インターンシップ・プログラム」実施体制の整備

企業に対する守秘義務、特許の帰属などに関する契約内容を整え、「インターンシップ・プログラム」実施体制を整備する。「インターンシップ・プログラム」が活発に行われることで、大学は企業のニーズを理解でき、企業は大学の研究成果を活用できることに加え、企業で活躍できる人材を育成することも可能となる。

(3) 研究開発支援体制の拡充

最近、国による電子機器関連の支援は、ソフトウェア開発支援の方に重点を置く傾向にあるが、我が国のレーザ技術のポテンシャルを活用すべく、レーザ関連装置というハード機器開発の支援額の拡充が必要である。またレーザ装置は、メンテナンスを必要とするため、合わせてメンテナンス技術の開発支援も必要である。

税制上の優遇措置などの、大企業が加工用の「高出力半導体レーザ」の研究開発に自然と向かうような施策が必要である。その施策も決して単発の支援ではなく、継続的な研究開発を促進するような仕組みが不可欠である。

ドイツには、前述のフラウンホーファー協会やハノーバーレーザセンターなど、レーザ技術の公的研究機関が多数あり、官民合わせた取り組みが活発である。米国でも国立衛生研究所(NIH)や国防総省(DOD)などによる国主導の研究開発が行われている。韓国にはKATECという半官半民の研究機関があり、自動車向けエンジニアリング技術の研究機関があり、現代自動車などの大企業を顧客としている^(*)。

元々日本は機械系の技術では優位にあるが、優秀な人材が大企業に集中している。超一流企業が自主的に参画するような国家プロジェクトの設定、公的研究機関の設置が必要である。

5. 日本のレーザ産業ネットワーク構築：成功のポイント～国の機動的な支援体制の必要性～

〔レーザ産業ネットワーク構築の有効性〕

レーザ産業の発展のためには、「研究開発」「技術移転」「資金調達」といったすべての機能が一地域に集結することは、非常に有意義である。

〔日本のレーザ産業ネットワーク構築の有効性〕

日本のレーザ技術は、「高出力半導体レーザ」「固体レーザ」「ファイバレーザ」などの分野で、グローバル市場で劣勢にある。

レーザメーカーは、リスクの高い新しいレーザ技術の開発に取り組みず、一方ユーザー産業は、新規技術の導入に二の足を踏んでいる。

ネットワークに不可欠な産学官連携、国による従来型のネットワーク構築(クラスター形成)プログラムは十分に機能しているとは言い難い。

以上を勘案すると、日本のレーザ産業ネットワーク構築を成功させるためには、レーザ産業の現状を反映した、国主導のまったく新しい「ネットワーク構築プログラム」が必要である。

5.1 トップダウンのチャレンジングなテーマ設定

日本が劣勢にある「高出力半導体レーザ」「固体レーザ」「ファイバレーザ」などの領域で国家プロジェクトを展開すれば、日本の高いポテンシャルを活かして、グローバル市場で一躍トップの座に躍り出る可能性がある。

高度な技術レベルのテーマを設定することで、研究者の意欲が高まり、我が国のレーザ技術全体の大幅な底上げが期待できる。

困難な課題を設定することは、大学・公的研究機関・民間企業等、研究開発に携わるすべての組織が結集し、それぞれの持つポテンシャルを最大限に活用するための、強いドライビング・フォースとなる。

(*) Korea Automotive Technology Institute (KATECH) (<http://www.katech.re.kr/eng/index.asp>)

5.2 起爆剤となる大規模な投資

「高出力半導体レーザー」「固体レーザー」「ファイバレーザー」などのリスクの高い研究開発に大規模な投資を行うことにより、民間企業が研究開発に安心して真剣に取り組むことができる。

大学・公的研究機関に対する支援により、応用研究・人材育成を促進する。

新しいレーザー技術の導入を支援することにより、ユーザー企業が積極的にレーザー技術の可能性を評価するようになる。

潤沢な資金を投じることで高額な装置や人材などの研究環境を整え、民間企業や大学、研究機関が研究に邁進し研究が飛躍的に進めば、金融機関に対する強力なアピールとなり、銀行・ベンチャーファンドなどを誘致できる。

I. トップダウンのチャレンジングなテーマ設定

- 日本が劣勢にある領域での高度なレベルのテーマ設定：
「高出力半導体レーザー」「固体レーザー」「ファイバレーザー」
—日本のポテンシャルを活かして世界のトップに躍り出るチャンス
—ブレイクスルーを求めて我が国のレーザー技術全体がレベルアップ
—産学官連携の強力なドライビングフォース

II. 起爆剤となる大規模な投資

- リスクの高い研究開発に大規模な投資を行う
—民間企業がレーザーの研究開発に安心して真剣に取り組むようになる
- 大学・公的研究機関への支援により応用研究・人材育成を促進
- ユーザ産業への支援により新規レーザー技術導入を促進
- 企業の財政面の支援による金融機関の誘致

図表5-1 日本のレーザー産業ネットワーク構築 ～国の機動的な支援体制の必要性～
成功のため2つのポイント