

2.18 研究開発項目③ 多波長複合加工技術の開発

「(3) 粉末成形技術の開発」の成果

(アспект、産総研実施)

2.18.1 事業の背景・意義 (目的・概要)

最初に本項目で行う粉末成形技術の概要について記す。粉末成形技術としては、粉末冶金、射出成形 (Injection Molding) 等もあるが、次世代の加工法として期待され、レーザー加工を有効に利用できるシステムである積層造形法を用いた成形システムの開発を行うこととした。今回最終製品として医療用の部品を当初開発の目標品としたが、医療用部品では、ポーラス・緻密の使い分けや軽量化のための方策が求められ、さらに個人対応という点では一品生産が可能な事が求められる。これらを実現する方法として後述のように粉末積層成形技術は優れた手法である。

粉末積層成形技術は、古くは Rapid Prototype (RP) 技術や Rapid Manufacturing (RM) 技術として、素早く形状を作る技術として進展してきたが、最近は一歩進んだ形として通常の加工法では担えない形状を作る新しい加工技術との位置付けへと進化し、2009年1月の ASTM 国際会議で Additive Manufacturing (AM) 技術と呼ぶことに統一された。RP、RM と呼んでいた時代は 3D のデータから一品物を素早く作る技術として、切削や金型利用の加工技術の試作としての位置づけであった。すなわち基本は切削やプレス加工での成形であり、3D-CAD で作ったデータや、形状測定データを基に素早く形にする事が主体であった。一方 AM 技術としては、粉末積層造形法の特徴を生かし、切削や金型加工では実現できない構造の作成技術として、新しい加工技術の位置付けでのものづくり技術となっている。表Ⅲ-2.18.1 に一般的な加工法との比較、図Ⅲ-2.18.1 に粉末成形システムの目指す姿を示す。この表と図で示した通り、RP、RM 時代の一品加工にも特徴があるが、切削、鋳造、鍛造・板金プレス加工では実現できない製品を自由に作成できる事が AM 技術としての最大の価値である。この自由度は粉末積層成形技術の作成方法に因るものである。粉末積層成形技術は、図Ⅲ-2.18.2 および、図Ⅲ-2.18.3 に示したように、最初に作成する構造を 3D のデータとして用意し、これを積層厚さ毎にスライスしたデータとして再構築する。製造システムでは、積層厚さ分の粉原料を正確に敷き詰め、スライスデータの造形部分だけをレーザーや電子線により結合させる。これを一層ずつ造形データすべての層を積み重ねることにより形状を生み出す。加工の厚さが積層厚さのため、切削では工具が入らない、鋳造では中子が複雑すぎて作れない、鍛造・プレスでは不可能な構造の内部を自在な形状に作成することが可能である。さらに結合させる領域の最小のサイズは粉の原料寸法やレーザーや電子線のビーム径、分解能等で決まるが、 $10\mu\text{m}\sim 0.1\text{mm}$ 程度のオーダーとなる。粉の結合状態はレーザーや電子線によるエネルギーを変化させることにより調整可能であり、緻密な構造も、空孔を残すポーラス構造も作れる特徴がある。これらの特徴を生かして、複雑な内部構造により強度は十分だが軽量のユニット、熱交換の効率を最大化するような内部構造を持つ熱交換器、航空機・自動車等向けに、隙間を使った複雑形状の部品類等他の加工では実現できなかった部品を作成し、最終製品の高性能化や高機能化に資する技術としての真価が期待されている。特に医療用の人工関節等の製品は個人個人に応じた製品の実現が望まれるが、この粉末成形法を用いることにより実現可能であ

り、欧米を含め開発が進められている。

表Ⅲ-2.18.1 粉末成形法（積層造形）と一般的加工法の比較

	粉末積層成形	切削等	鑄造等	プレス等
原料	粉末	ブロック状	溶融体	板・ブロック
成形方法	積み上げ	削り出し	鑄込み	変形
精度	△	◎	△	○
量産	○	○	△	◎
一品加工	◎	○	○	×
材料調整	○	×	○	×
自由な形状作成	◎ 成形に使わなかった原料の分離が可能な事等 僅かな制約	△ 工具が入り加工が出来る形状で 有る事	△ 型の形状・中子の固定等 ライナー部必要	△ 加工（塑性変形）の限界以下 型から外れる 加工方向が基本的には1方向
構造の自由度	◎	×	×	△ (部分的強化)

粉末成形システムの目指す姿

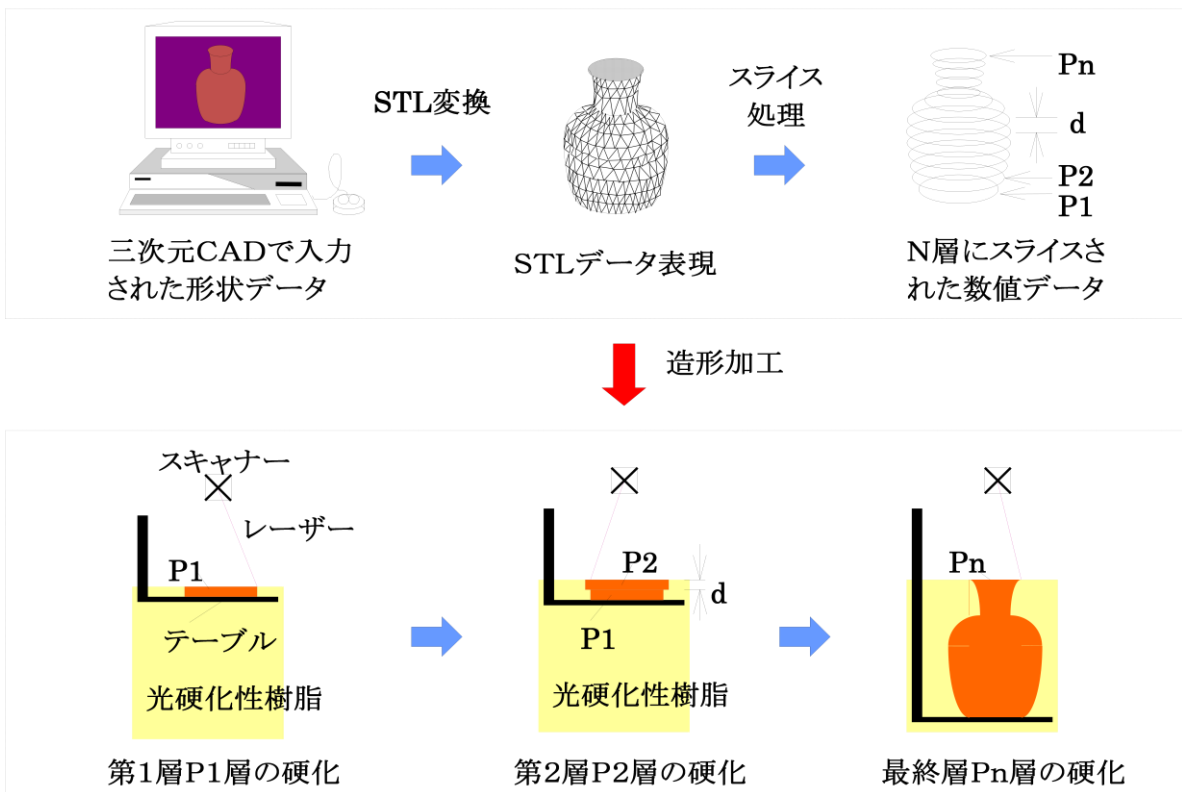
切削・鋳造・プレス
の代替加工ではなく
新しい加工システムとして
自由な製品設計に寄与する

粉末成形システム

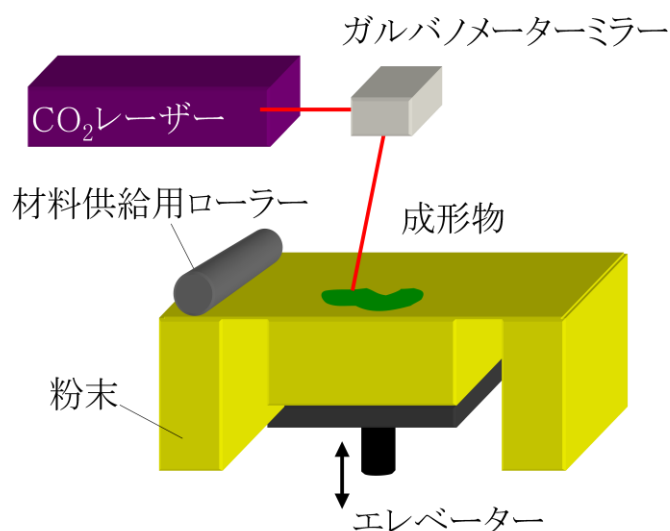
<薄い層構造を作成し積み上げる>
形状の自由度が高い3D-CADの形をそのまま実現
緻密・ポーラス等構造の違いを同時に作成
粉を混ぜる～材質を制御できる



図Ⅲ-2. 18. 1 粉末成形システムの目指す姿



図Ⅲ-2. 18. 2 粉末積層成形の成形方法概要図



図Ⅲ-2.18.3 粉末積層成形装置の概要

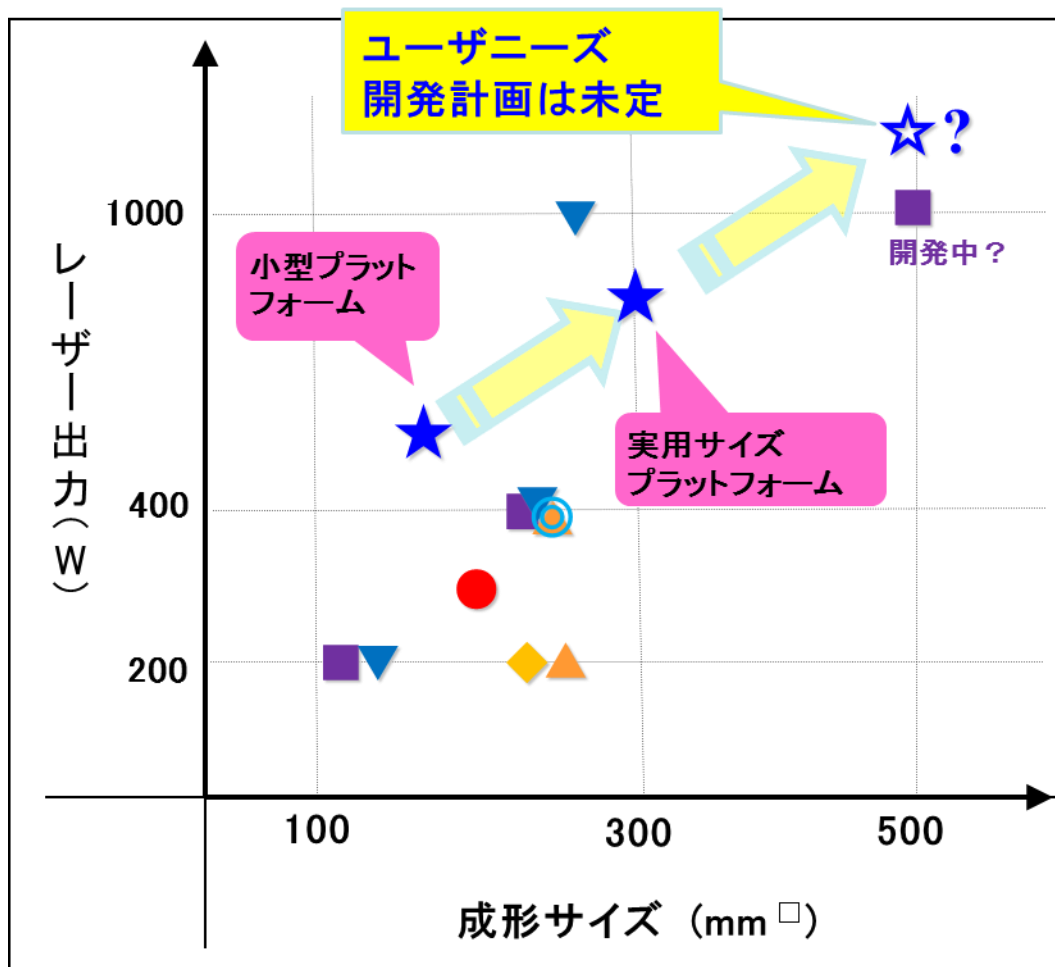
次に国内外での金属粉末による積層造形装置の開発動向について記載する。AM 技術はヨーロッパ、アメリカ、日本という先進国での開発が進んでいる技術であり、競合技術についてもこれらの地域・国による。図Ⅲ-2.18.4 に金属用粉末積層造形機の成形サイズとレーザー出力比較を示す。

ヨーロッパでは、ドイツに 3 社、イギリスに 1 社、スウェーデンに 1 社があり最大勢力となっている。A 社は 250×250 サイズのプラットフォームのみで、CW の 200W と 400W の 2 種類の装置が製品化されているが、造形環境は造形室内に強制的に加圧アルゴンガスを注入したアルゴン置換雰囲気であり、酸素は完全に除去できていない。B 社は A 社と同じく 250×250 サイズのプラットフォームで、CW の 200W のみが製品化されている。造形環境は A 社と同様である。C 社は 125×125、250×250、280×280 の 3 サイズのプラットフォームが製品化されており、それぞれ全て CW レーザーの 100W/200W、200W/400W、400W/1000W という構成で、Low/High 2 台のレーザーを搭載している。成形する部品の外郭は、低速度、Low Power、ガウシアンビームで走査し、内部構造の塗りつぶしは、高速度、High Power、ハットトップビームでレーザーを切り替えて走査をすることで高速性を高めるといった特徴を有している。D 社は現時点では 125×125 (CW200W)、250×250 (CW400W) の 2 サイズのプラットフォームを製品化している。500×500 (CW1000W) の大型サイズの開発をしているとの記事が 2 年ほど前に報じられていたが、いまだ製品化はされていないようである。C 社と D 社は真空注型装置も事業として手がけていることから、造形環境を一旦真空にしてから加圧アルゴンガスを注入しており、A 社や B 社の装置よりも造形環境における酸素濃度が低く抑えられているようである。F 社は 200×200 サイズとやや小さめのプラットフォームであるものの、光源としては唯一電子線描画を持ち、装置の能力としては非常に高出力で高速な電子ビーム走査が可能であるが、実ユーザーからの情報に依れば、実際の成形では 300W 程度の出力で走査しているとのことである。なお、F 社の装置は電子線を利用する関係で 10^{-2} Pa 程度の真空造形室での加工を行っている。

日本では E 社がある。E 社は加工精度を高めるため、造形室内に NC の工作機械を内蔵し、粉末造形と NC 切削加工を交互に行うシステムとして特徴がある。E 社の装置は金型の要求精度を満足するために開発された金型造形用の専用機として開発されたが、最近では部品の成形も可能なようになってきているようである。

アメリカでは G 社が D 社の OEM 供給を受けているが、自社開発はしていない。ただし、アメリカにおいては 2012 年より 3 年弱のプロジェクトとして、DoD (Department of Defense) , NASA, DoE、NSF 等が 300 万ドルの予算規模の開発を進めることになっている。したがって、日本国内の活性化を進めないと自動車・航空機・医療等の産業における最終製品での優位性が危惧される。

以上を踏まえ当初医療用の製品製造技術として、チタン合金をターゲットとした粉末成形システムの開発を行うこととした。人工関節では患者の体格によるが最大 250mm 程の大きさが求められることもあり、300mm クラスの製品を自在に作れることをターゲットとしている。この大きさであれば、波及効果として自動車や航空機等への展開も期待できる。



- ▲A社(独)
 - 250², 200W (CW)
 - 250², 400W (CW)
- ◆B社(独)
 - 250², 200W (CW)
- ▼C社(独)
 - 125², 100/200W (CW, 切替)
 - 250², 200/400W (CW, 切替)
 - 280², 400/1000W (CW, 切替)
- D社(英)
 - 125², 200W (CW)
 - 250², 400W (CW)
 - 500², 1000W (CW, 開発中?)

- ◎E社
 - 250², 400W (CW)

真空成形環境

- F社(スウェーデン)
 - 200², 50-3000W (電子線)
 - 300W (実使用出力)
- ★本プロジェクト
 - 150², 500W (QCW平均実力値)
 - 300², 500W+300W (重畳)

図Ⅲ-2. 18. 4 金属用粉末積層造形機の成形サイズとレーザー出力比較

2.18.2 研究開発目標と根拠

これらの開発状況等を踏まえ、既存技術より進化したシステムとして開発を行う事を目標に、1) 真空成形技術、2) パルスおよび重畳レーザー技術、という二つの特徴を持つ装置を開発することとした。また他社製品では、ベースプレートと呼ぶ金属板を設置し、その上に造形を進める手法を中心としているが、不連続な造形や、重ねて多数の製品の成形を行えるようにベースプレートを使わない技術としての確立を目指した。

具体的な目標としては、中間目標として

- ① 真空下においても動作可能な粉末焼結積層造形機構を開発すること。
- ② 異なる発振形式のレーザーを用いた複合レーザー照射方法を確立すること。
- ③ 複合レーザー照射による粉末積層造形メカニズムを明確にしつつ、加工プロセス（照射条件、予備加熱条件）を最適化すること。
- ④ レーザー加工試料の評価技術を構築すること。

の4項目である。真空中での成形装置は電子線を利用するF社製のものが唯一あるが、レーザーを使用した装置は存在していない。また、レーザーについても市場にある全ての装置はCWレーザーを利用しているものであり、複合レーザー照射の照射方法、プロセス条件は未知である。真空下での装置を目標としたのは、金属材料の造形において、粉末の金属材料は粒子径が小さくなると消防法上の危険物の指定を受けているように、空気中の酸素との反応が強く、場合によっては発火・爆発等の危険を伴うリスクがある他、製品についても酸化し品質の低下を招く。特に粉末成形では、製品を薄くスライスし積み重ねるため、製品の内部まで酸化した状態となるため、酸化防止の対処が必須である。通常市場の装置では不活性ガスを利用しているが、原料のストック部に大量に入れた粉の中に含まれる空気分を完全に除去することは難しい。一方真空では、 $1 \times 10^{-3} \text{Pa}$ オーダーの真空度を確保すれば、内部の分子の平均自由行程が1m程度となり、容易に酸素分圧を下げられる。さらに粉の表面の水分の吸着なども考慮しておくことが必要だが、真空下の方が蒸気圧が下がるため脱離しやすくなり、この点においても酸化リスクの低減が図れる。また仮に不活性ガスを導入する場合にも一度真空にしてからの導入する方が、酸素分圧を下げやすく安定した加工に繋がる。そこで今回の開発では真空での装置開発とした。一方、真空装置にも課題があり、積層造形の機構上、駆動部が多く、特に駆動機構の真空シール部への金属粉の影響は明らかではない。金属粉の装置内への浮遊（特に真空の引き始め・ベントによる大気解放時）の発生のしやすさ等の課題等解決が必要な内容を持つため、まずは装置を具現化し各種の条件に付いて最適化を進めることを第一の目標とした。その後その結果を踏まえ実用化サイズの装置を開発し、300mmクラスの人工関節等の試験作成を実現することとした。

加えてレーザー光源についても市販の装置は全てCW光を利用しているが、製品品質の向上を目的とし、パルス光の優位性を生かした装置開発とした。CW光では、製品製造時にはレーザーパワーと走査のパラメータが利用可能なパラメータとなる。一方パルス光では繰り返し周波数、duty というパラメータの利用が可能となる。熱を与えない時間が存

在することにより、材料の温度を下げる効果と、空間的に熱を与える領域、与えない領域を生み出す事が可能という違いがある。自由な形状をした製品は小さな領域だけを造形する場合と広い面積を造形する場合があり、造形の条件を変化させる必要がある。連続した線で塗りつぶす CW では均質化が難しいが、無数の点により描画するパルス光では安定した造形が可能となると期待できる。さらに、パルス光だけでは平均的な熱量が不足する場合、弱い CW 光と重畳することにより安定造形する手法について開発を目指す。パルスレーザーと重畳レーザーについては大阪大学を中心に開発し、ALPROT において開発する加工装置と組み合わせ実現する。既存の加工法と異なるため、レーザー光の照射方法の確立や、加工条件の最適化が重要であり、これを中間目標としている。

また、造形品についてその特性評価技術は、バルク材料と同等の試験方法はあるが、粉末造形では欠点として内部に空孔を持つような欠陥を生じるリスクがあり、このリスクに対して評価できる手法が望まれる。装置が完成し試験片の開始後評価方法について構築することとした。

最終目標としては

- ① 成形精度：±0.1 mm (100 mm サイズ基準パーツ)
- ② 成形時間：16 時間以内 (高さ 100 mm サイズ基準パーツ)
- ③ 引張強度：チタン合金 840 MPa 以上 (生体部品用途)

である。中間目標において造形技術が確立したのち、粉末造形技術を実用的な装置として利用可能にするための目標値として設定している。それぞれの目標値の位置づけとして、成形精度は粉末成形の欠点とされており、原料の粉の粗さが表面に残る点と、粉の隙間に生じる空孔を埋めるためと材料の縮小、残留応力等を原因とする精度の低下がある。現在市場の他社製品では実際の成形精度が±0.2mm 程度であり、その半分を成形目標とした。

成形時間は金属粉末積層造形装置のユーザーに事前ヒアリングしたところ、現在使用している金属粉末積層造形装置で高さ 100mm のものを造形するのに、現状 20 時間程度かかっているとのことなので、その能力の 2 割アップの設定とした。

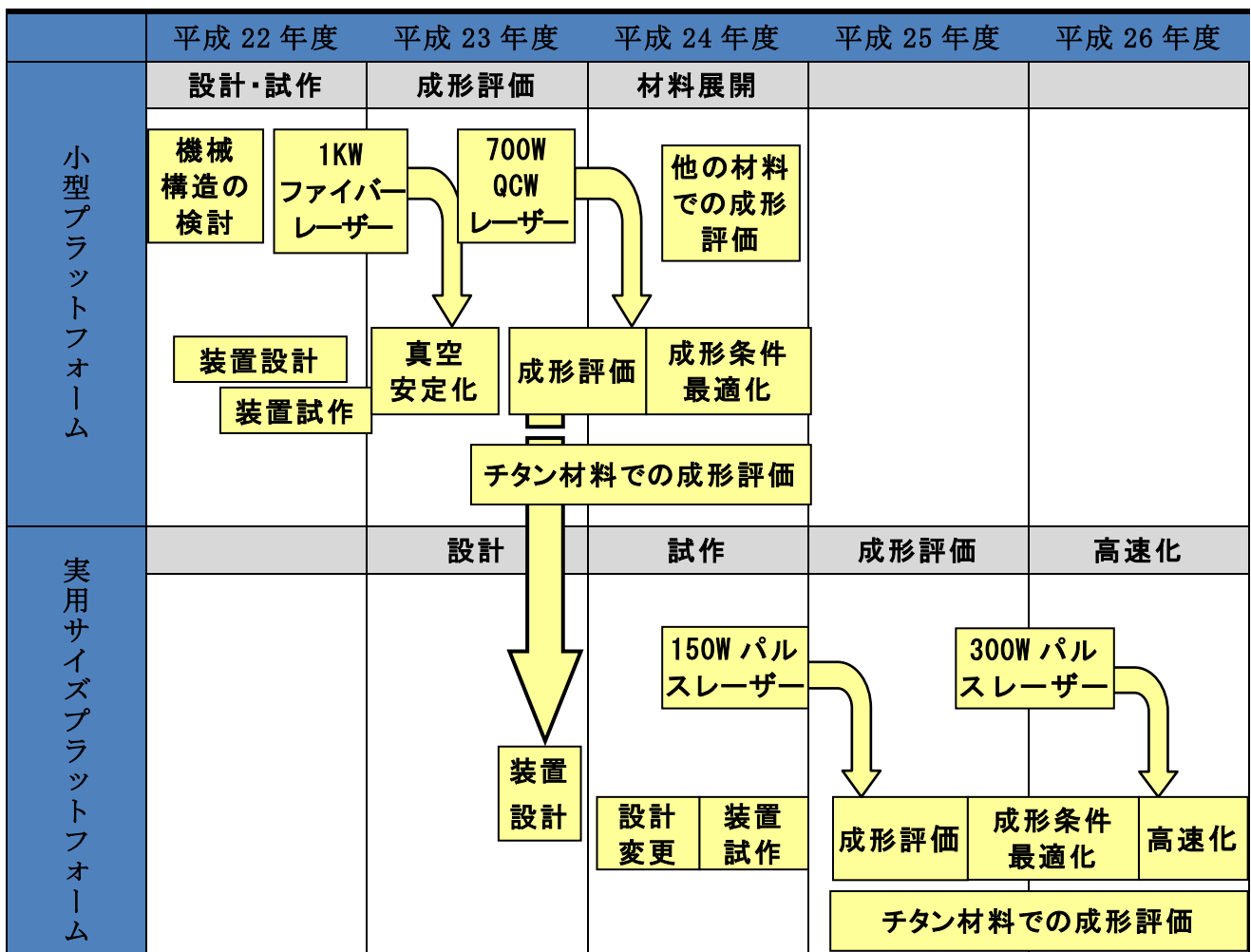
引張強度は、医療用チタン材に関する ASTM F136 の Ti-6Al-4V ELI 規定値 795MPa (0.2%耐力) の 5%増しの値とした。この規格を満足しないと製品化は実現できない。なお、国内で調達できるチタン原料粉は JIS 規格に基づき購入でき、バルクの規格として 930MPa である。その 1 割減である。なお、“ELI”は Extra Low Interstitial Elements で、エリー材と呼ぶ 64 チタンの材料の一種である。Ti-6Al-4V でも「酸素、窒素、水素及び鉄の含有率を特別に低く抑えている」材料である。

2.18.3 研究開発スケジュール

研究開発スケジュールを、表Ⅲ-2.18.2 研究開発スケジュール に示す。平成 22 年度と平成 23 年度は実用型のプラットフォームの作成に先立ち、小型のプラットフォームを用いた、真空装置、リコータ、シリンダ等の設計・試作・動作確認等を経て、同装置を用いた成形実験を行い評価および最適化を実施した。これらの結果を同時進行的に実用化サイズプラットフォームの設計へ反映させた。平成 24 年度には実用型プラットフォームの試作を完了し、ALPROT と大阪大学で開発する重畳型レーザーを搭載し、高品質な成形試験を行い実用化へ繋ぐ。

なお、平成 24 年度については、計画変更を行いチタン以外の材料についても成形の実験を行い、医療以外の分野への実用化展開を早期に実現できるようにする。そのためユーザーからのニーズ調査などを行い、ニーズの高い材料について検討する。

表Ⅲ-2.18.2 研究開発スケジュール



2.18.4 研究開発目標と達成状況

中間目標の達成度については現時点では以下の通りである。

(達成度の基準：◎大幅達成、○達成、△今年度達成見込み、×未達)

- ① 真空下においても動作可能な粉末焼結積層造形機構を開発すること。
真空下においても動作可能な粉末供給や積層動作に適合した部品選定と機械構造を検討し、成形環境を真空にした小型プラットフォームの試作を完了した。
したがって達成度は○とした。
- ② 異なる発振形式のレーザーを用いた複合レーザー照射方法を確立すること。
大阪大学と連携して、複合レーザー照射方法として、穴あきミラーを使用する方式や、偏光ミラーを使用する方式も検討したが、ダイクロイックミラーを使用して重畳する方式が2ビームの結合効率が一番良いことから、最終的にダイクロイックミラーを使用複合レーザー照射方法の確立を進めている。今年度中には完了見込みだが現時点では準備中であることから、達成度は△とした。
- ③ 複合レーザー照射による粉末積層造形メカニズムを明確にしつつ、加工プロセス（照射条件、予備加熱条件）を最適化すること。
QCW レーザーを小型プラットフォーム機に搭載し、CW レーザーと、パルスレーザーでの成形物の違いの評価と加工プロセスの最適化を実施中である。平行して大阪大学のパルスレーザーを用いて照射実験を実施することにより、粉末積層造形メカニズムの明確化を進めている。
今年度中には完了見込みだが現時点では完了していないことから、達成度は△とした。
- ④ レーザー加工試料の評価技術を構築すること。
チタン粉末による成形物の形状を定め、それを分析することにより、成形条件と成形物の組織、構造、密度、機械物性の評価と評価技術の構築を実施した。したがって達成度は○とした。

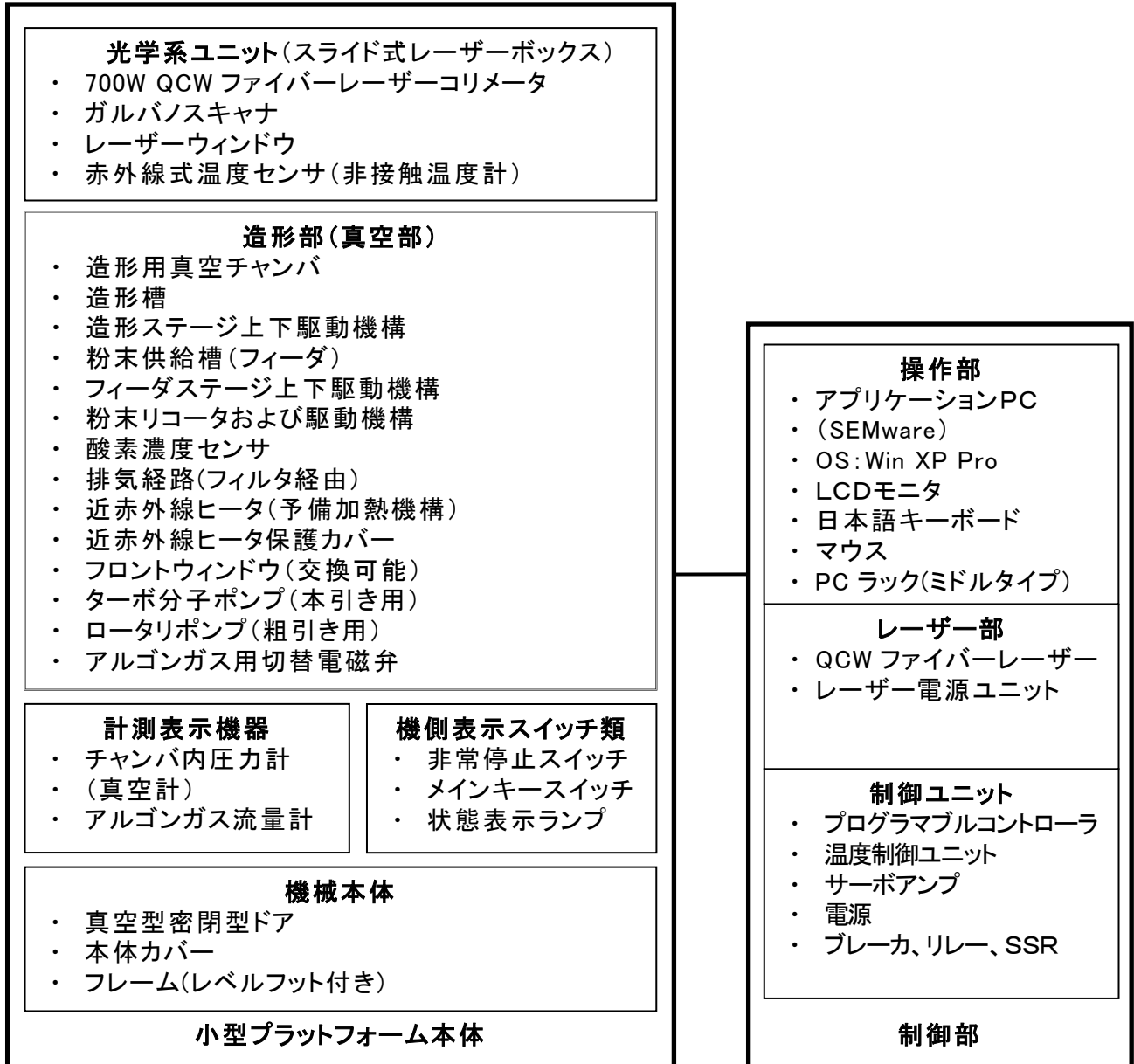
2.18.5 成果の詳細

以下現在までの開発の状況について記す。

真空下においても動作可能な粉末供給や積層動作に適合した部品選定と機械構造を検討し、成形環境を真空にした小型プラットフォームの試作を完了した。機械構造としては、ステンレスおよびアルミを使用した真空チャンバ内に造形用のシステムを組み込む方式を採用した。図Ⅲ-2.18.5 に小型プラットフォーム外観、図Ⅲ-2.18.6 に小型プラットフォーム試作機のシステム構成図、表Ⅲ-2.18.3 に小型プラットフォーム試作機の基本的な仕様を示す。



図Ⅲ-2.18.5 開発した小型プラットフォームの外観



図Ⅲ-2.18.6 開発した小型プラットフォーム試作機のシステム構成図

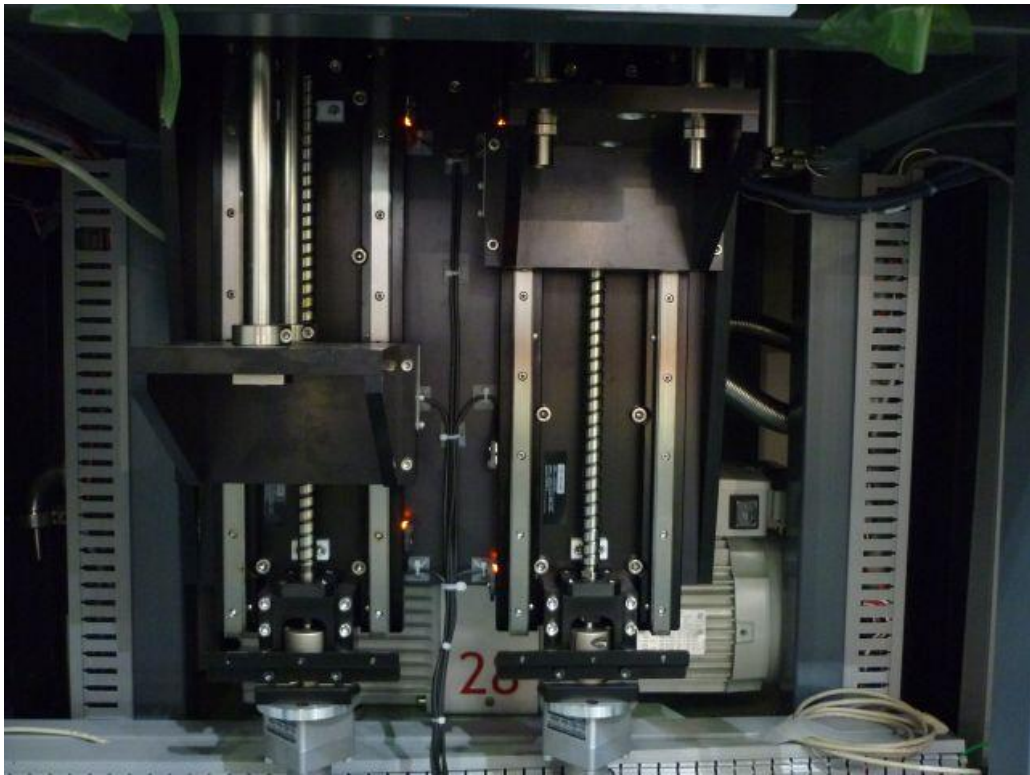
表Ⅲ-2.18.3 小型プラットフォーム試作機の基本的な仕様

機械本体	
有効ワークエリア	X:120 × Y:120 × Z:200 mm
造形ステージサイズ	X:150 × Y:150mm (レーザービーム最大照射範囲 X:135 × Y:135mm)
最小積層ピッチ	0.05mm
造形室構造	真空構造(真空圧 10 ⁻² Pa 以下) 真空ポンプは、ロータリポンプ(粗引き)とターボ分子ポンプ(本引き)の2種類を使用
材料酸化防止、真空開放機構	不活性ガス(アルゴンガス)充填(酸素濃度センサ付き)
造形ステージ駆動機構	AC サーボモーターボールネジ駆動方式
粉末積層機構	片持ち構造ブレードリコータ(ローラリコータ搭載可)
粉末材料供給方式	非交換カートリッジ方式
材料加熱	真空用近赤外線クォーツヒータ
レーザー光学系	
搭載レーザー	プロジェクト新規開発品 QCW ファイバーレーザー
レーザービーム走査	ガルバノミラー方式 (近赤外線仕様、リニアトランスレータ付き)
制御部	
機械制御装置	プログラマブルコントローラ
データ処理装置	デスクトップパソコン Pentium4 3GHz 以上 17 インチ液晶モニタ Windows [®] XP Professional
アプリケーションソフトウェア	日本語オリジナルソフトウェア SEMware
入力データ	STL フォーマット
その他	
電源	AC200V 三相 20A(ヒータ) AC200V 単相 30A(QCW レーザー用) AC200V 単相 10A(レーザーチラー用) AC100V 単相 30A(制御用)
動作環境	20℃～28℃(造形中は±2℃以内), 湿度 70%以下
寸法および重量	本体:1,260(W)×963(D)×662(H) 制御装置:853(W)×557(D)×700(H) 総重量:500kg

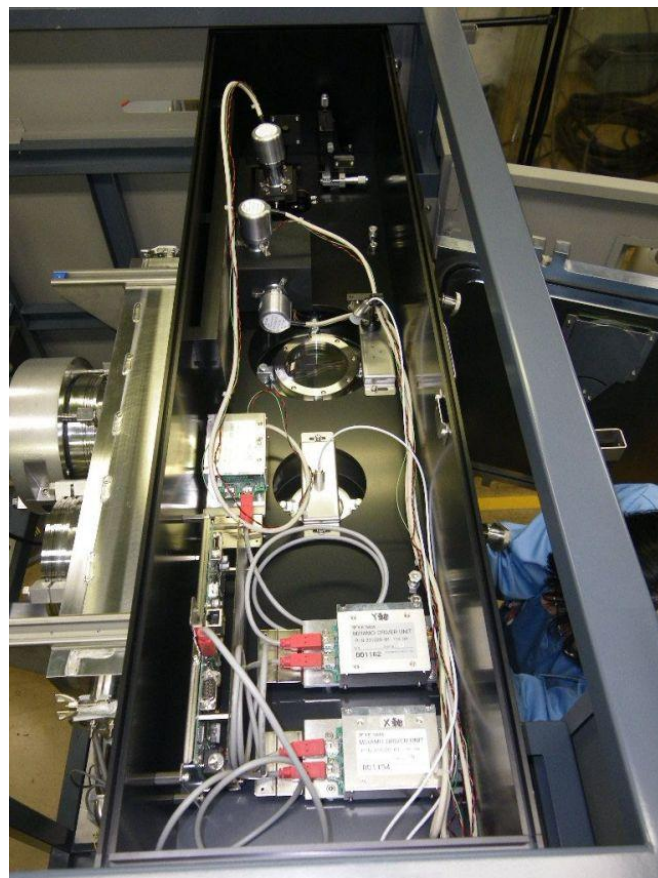
造形装置の構成としては、原料となる粉末を準備しておく粉末供給槽（フィーダ）、フィーダから造形場所に金属粉末を敷くりコータという粉末積層機構、真空装置外に設置したレーザー光源とガルバノ・ミラー・スキャナという光源関連装置、真空チャンバと真空ポンプの真空機構、制御用 PC や各種センサ類という制御機構から構成される。順次開発した内容を以下に記す。

粉末積層機構としては、金属粉末材料は樹脂粉末材料に比較して比重が大きく、同じ容量を取り扱おうと大荷重に耐える構造で製作する必要がある。たとえば今回の研究開発では 6-4 チタン (Ti-6%Al-4%V) 合金を使用しているが、この比重は 4.7 程度である。大気圧の窒素ガス雰囲気下の装置では樹脂材料を用いているが、その比重は最大でも 1.5 程度なので、3 倍以上重たいことになる。150×150×200 の造形ボリュームに多少の余裕分が加わり、単純計算では最大で 21kg 程度の重量となる。しかし、粉末のかさ密度は高くても 0.5 程度なので、実際の粉末の重量は「容積×比重」の約半分程度で、10kg 程度となる。なお、金属粉末材料は造形開始後に粉末供給槽（フィーダ）から徐々に造形槽に移動するため、造形ステージとフィーダステージは荷重の変動にも耐える構造になっていなければならない。したがって、造形ステージ駆動機構およびフィーダステージ駆動機構には、図 III-2.18.7 に示す通り、大荷重とその荷重の変動にも影響されにくく精度の高い位置決めが可能な AC サーボモータボールネジ駆動方式を採用した。粉末積層造形装置では造形エリアに取り付けたステージ機構を用いて 1 層分の厚さを下げる。逆にフィーダ側では一層分の粉の量に相当する厚さ分、ステージを持ち上げる。持ち上がった粉末はリコータを用いて造形エリアに敷くことになる。フィーダと造形部では、造形高さに安定分のボリュームを加えた量を保持し、かつ各層 0.1mm 以下で正確に動作させる必要がある。さらに粉末の出し入れのためカートリッジ式の造形構造を作る方が有利であり、そのための着脱機構および、真空容積をできる限り小さくする方が真空度を高くするのに有利であること、真空内は機械油などの利用が不適であり、駆動機構は真空外に設置する必要があることから、各種の機構を新規に開発し、チタンを設置した場合にも 0.01mm での精度での動作が可能となっている。

光源関係の構成としては、装置外に設置したレーザー光源から光ファイバーを利用し装置へ導入する。粉面上にフォーカスしたレーザー光を走査するため、デジタル制御式ガルバノ・ミラー・スキャナ装置（図 III-2.18.8）を設置し、レーザー光を X Y Z 方向に走査しながら必要な造形パターンへの照射を実現している。ガルバノ・ミラー・スキャナは真空外に設置されているため、真空内の造形粉面へは真空装置の上面境界に取り付けられたレーザーウィンドウ（光学窓）を経由して導入している。ガルバノスキャナでのレーザー光の走査速度は粉面上で最大 2m/s とし、最終目標である高速造形速度を確保できるようにしている。今回の装置では、金属造形の最適化として、造形形状や走査パターンに応じてレーザーパワーや走査速度を変化させる高度の制御を行えるようにしてある。



図Ⅲ-2.18.7 ACサーボモータボールネジ駆動方式



図Ⅲ-2.18.8 ガルバノ・ミラー・スキャナ装置

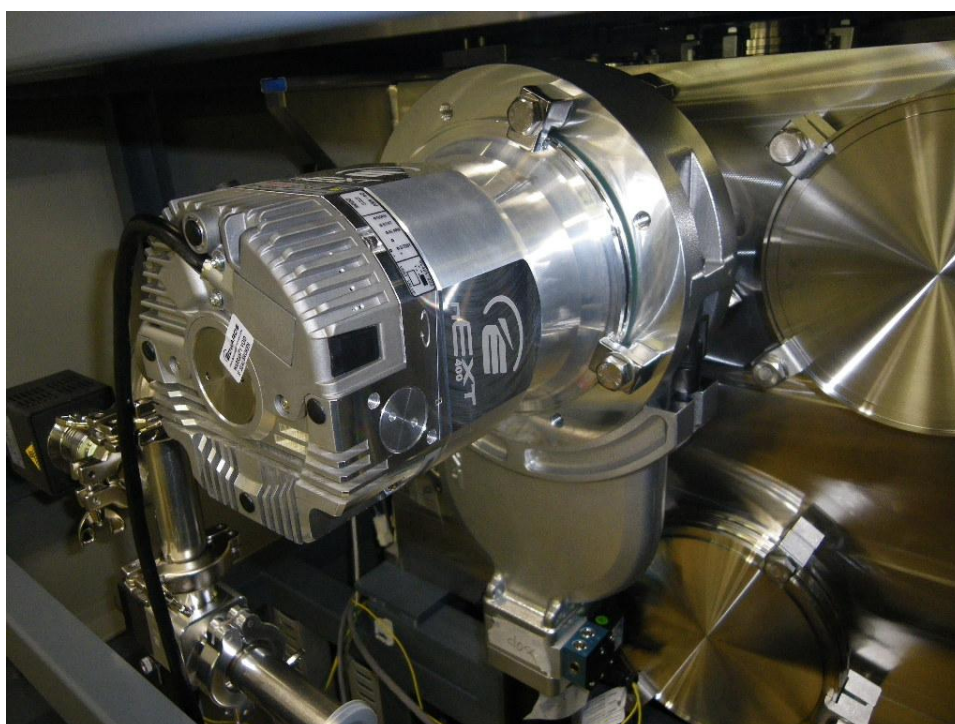
真空チャンバとしては、ステンレス製の容器とアルミ製の扉機構を持ち、内部に原料粉の供給様フィーダ、造形エリア、原料粉のリコータ、余分な原料粉を改修するボックスからなり図Ⅲ-2.18.9のような内部構造となっている。真空ポンプには、粗排気用ロータリベーンポンプ（図Ⅲ-2.18.10）と主排気用ターボ分子ポンプ（図Ⅲ-2.18.11）を設置し、実際の成形条件で 1×10^{-3} Pa程度が確保できている。真空計としては、ピエゾ式とホットフィラメント式真空計を設置してある。ターボ分子ポンプは400L/minクラスのポンプであり、装置サイズが小型といえる点からも十分な性能である。実際の成形試験では、ロータリベーンポンプクラス 2×10 Pa程度では、残留酸素の影響によると思われる製品の変色が見られ十分な成形とならなかった。ターボ分子ポンプの効果が見られる十分な真空度としては 2×10^{-2} Pa程度と見込んでおり、ここまでの真空度への到達時間は30分弱であった。真空到達時間は短いに越したことは無いが、真空引き開始後に他の造形準備作業があるため、実用上は全く問題がなく、製造装置としても十分な性能とすることができた。時間経過に対する真空圧のグラフを図Ⅲ-2.18.12および図Ⅲ-2.18.13に示す。図Ⅲ-2.18.12は粗排気用ロータリベーンポンプによる真空圧、図Ⅲ-2.18.13主排気用ターボ分子ポンプによる真空圧を示している。主排気用ターボ分子ポンプは粗排気用ロータリベーンポンプが動作開始して18分経過後に動作開始しており、図Ⅲ-2.18.13の横軸の時間はその後の経過時間を示している。



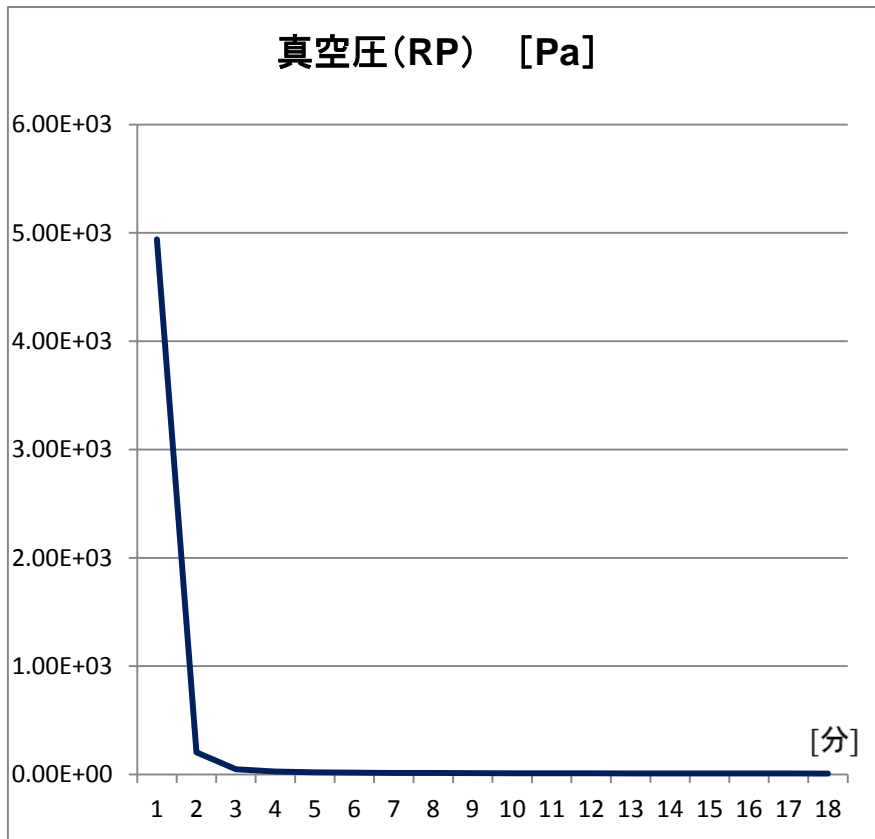
図Ⅲ-2.18.9 真空チャンバ内部の様子



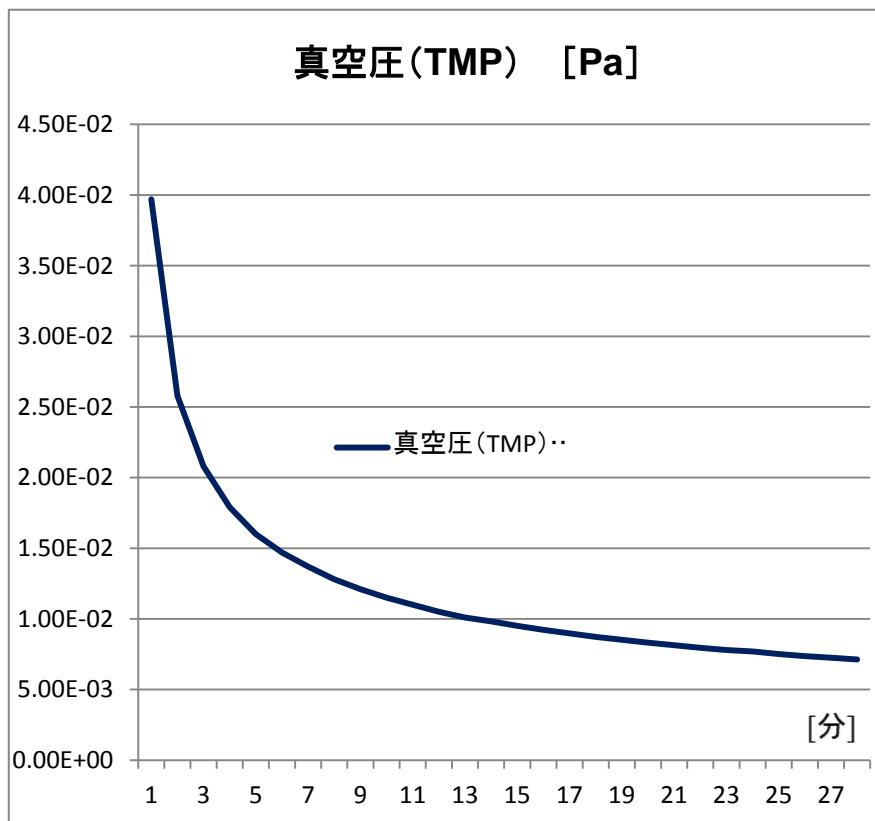
図Ⅲ-2.18.10 粗排気用ロータリベーンポンプ



図Ⅲ-2.18.11 主排気ターボ分子ポンプ



図Ⅲ-2. 18. 12 粗排気用ロータリベーンポンプによる真空圧



図Ⅲ-2. 18. 13 主排気用ターボ分子ポンプによる真空圧

ソフトウェアについては、アスペクト社製の粉末積層造形装置 SEMplice シリーズのアプリケーションソフトウェア SEMware をベースとし、真空型小型プラットフォームへの対応として、チタン成形の安定成形、成形物の高密度化や高精度化を図るための改良を実施した。

光源関係としては、プロジェクトで開発したレーザーが提供されるまでの期間において、当初は溶接用の 1KW ファイバーレーザー (CW) を搭載し開発を進めたが、レーザー出力をリアルタイムに変更できないことや、ガルバノ・ミラー・スキャナの走査速度に対しての出力応答に遅れにより、最適成形条件を十分に導くことができなかった。しかしながら、全体として大まかなパワーの算定や、スキャン方法等に関する知見を得ることができた。金属 (チタン) 粉末では樹脂粉末とは状況が異なり、細かな制御が必要であることが明らかとなった。実際にチタン粉末をしっかりと焼結させるレーザー出力でいきなり成形を行った例を図 III-2.18.14 に示すが、開発初期の成形品は表面がでこぼこしたり数珠玉のように丸まって溶けたりする現象が確認できた。この状況では製品の凹凸が大きく、リコータブレードによる粉敷きの際に積層厚さ 0.2~0.3mm はこの凹凸の方が高く、リコータブレードと成形物が接触し、粉内で動かしてしまい、安定した成形は実現できなかった。



図 III-2.18.14 開発初期の成形品

造形装置の高度化にはレーザー光源の変更が重要であった。パルスレーザーについては、短時間での熱吸収、熱伝導速度以下での加熱の終了という瞬間的な熔融凝固は表面張力による球状化を抑える、蒸発も抑える等の効果が期待できるので、プロジェクト内での開発を進めているが、現時点では未完成状況である。そこで、このパルス状加熱、安定加熱という状況を確保するため、計画を変更し、プロジェクト内で切断用として古河電工が開発していた QCW レーザーを利用した実験を行うこととした。平成 23 年度末にレーザー装置を導入しパラメータを自在に変更した実験を開始した。特に立体形状においては、作成形状での走査線の長短・それまでの成形形状ボリュームによる熱の蓄積、下層の造形物の有無等が異なる状況での造形が必須である。このような初期状態の違いを踏まえたうえで安定な造形を行う必要がある。

これらの結果を踏まえ、より複雑な形状を持つ製品の造形実験を行った。図Ⅲ-2.18.15は試作した小型プラットフォーム機で成形したチェスの駒のサンプルである。加工プロセス（照射条件、予備加熱条件）の最適化により反りのない形状が現されていることに加え、真空下で成形したことからチタンの金属色が損なわれていないことがわかる。



図Ⅲ-2.18.15 小型プラットフォーム試作機で成形したチェスの駒

以上述べたように小型プラットフォームの試作が完了し、成形条件の構築を進めている。装置性能としては現在十分なレベルである。この成果を踏まえ実用化プラットフォームの試作機の設計と製作にかかっている。現在詳細な設計の修正や本プロジェクトで光源グループが開発した 700W QCW レーザーを小型プラットフォーム機に搭載し、CW と、疑似パルスでの成形物の違いの評価を進めており、平行して大阪大学のパルスレーザーを使用した照射実験を進めることにより、粉末積層造形メカニズムの明確化を進めている。加工プロセス（照射条件、予備加熱条件）の最適化については引き続き実施中である。

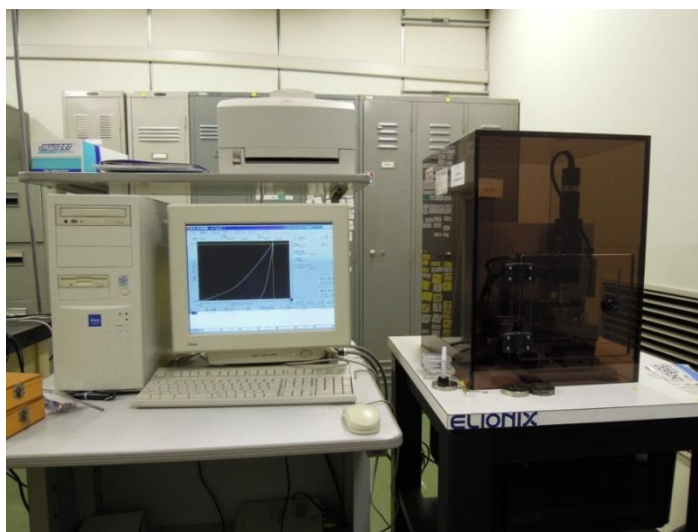
異なる発振形式のレーザーを用いた複合レーザー照射方法の確立については、大阪大学と連携しダイクロイックミラーを使用して重畳する方式で製作を進めている。

レーザー加工試料の評価技術としては、光学顕微鏡、SEM(Scanning Electron Microscope)等による観察、機械的強度評価およびX線CTスキャナによる内部構造評価等を実施している。機械的強度評価としては、マイクロ硬さ試験機を用いた硬さ測定、引張試験である。

密度測定は、現状として開放型ポーラス構造部があるためにアルキメデス法が不適當であることから、形状寸法と重量から求める手法とした。その結果、初期の溶接用レーザー用いたサンプルでは緻密な Ti6Al4V 合金の値に対し 50%程度と空乏が多いことが判った。その後造形条件の見直しから 70%程度に向上している。現在さらに高密度化するための条件出しを行っている。

硬さ測定には、エリオニクス社製、ENT-1100(図Ⅲ-2.18.16)を用い三角錐形 Berkovich 圧子 先端稜間角 115° を用い、荷重 5g、保持時間 10 秒で実験した。測定結果について、200W 造形の測定結果を図Ⅲ-2.18.17 に、レーザーパワー毎の平均値を図Ⅲ-2.18.4 に示す。図Ⅲ-2.18.17 の様に測定にばらつきが生じている。結果は $288\sim 369 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2$ と

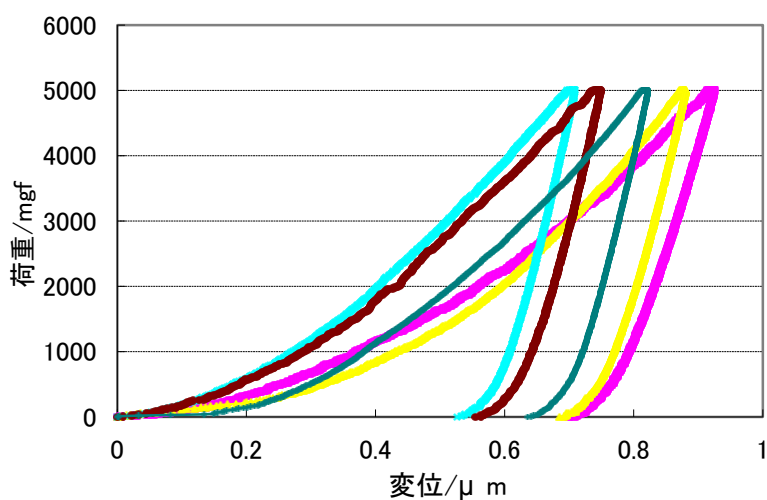
なった。測定方法の違いの影響があり相当値としての比較になるが、Ti6Al4V 合金の JIS 値 375 HV に比べ若干低い値と考えられる。内部の焼結が不十分であり、空孔が生じていることによる影響は測定結果の標準偏差の大きさに現れたと考えられる。



図Ⅲ-2.18.16 エリオニクス社製硬さ試験機 ENT-1100

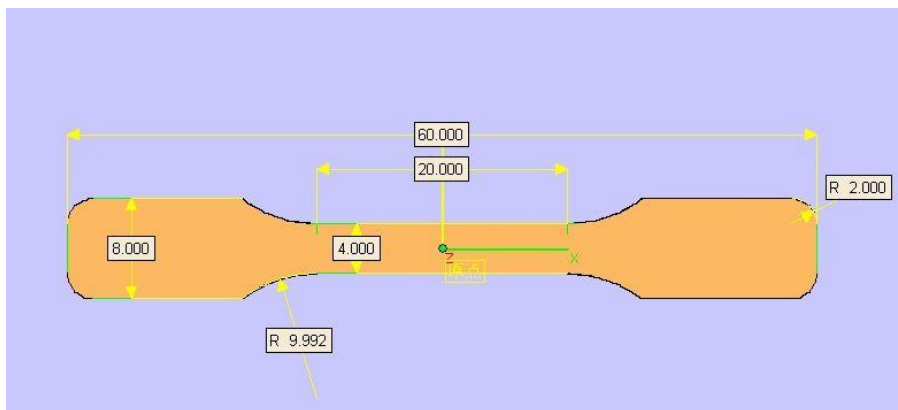
表Ⅲ-2.18.4 硬さ測定例

レーザーパワー(W)	硬さ (mgf/ μm^2)
120	305 ± 65
150	354 ± 61
200	288 ± 65
300	369 ± 33



図Ⅲ-2.18.17 硬さ測定例 (200W)

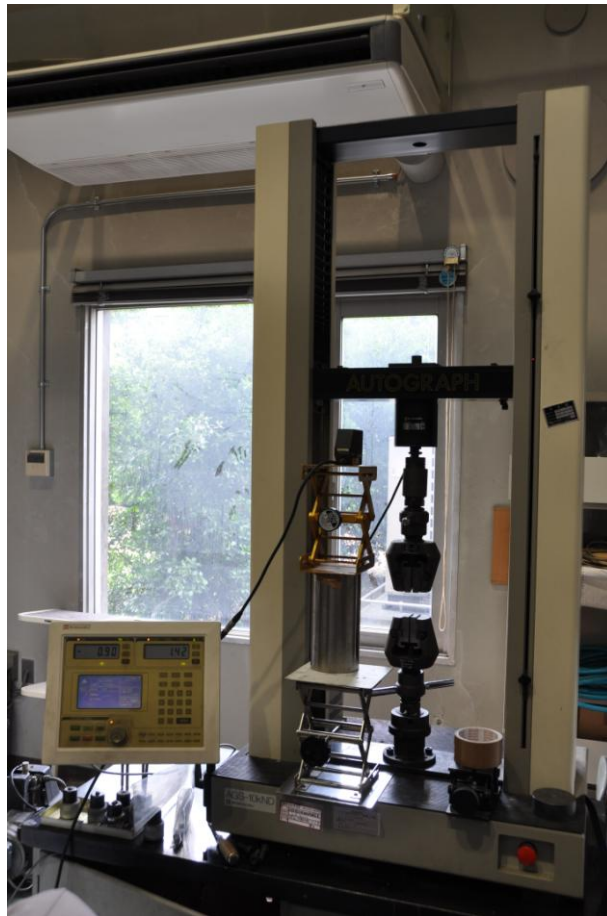
引張試験については、島津製作所製 Autograph AGS-10 kND を利用して行った。引張速度一定で実験し、5mm/min で実験した。ロードセルは 10kN の物を用いた。変位はキーエンス社製のレーザー変位計を用いて測定ベッドの位置を用いている。今回は試験片のサイズが小さいのと十分な強度が得られていないので、ひずみゲージや評点間の計測は行わず、概算による算出とした。図Ⅲ-2.18.18 にチタン粉末による成形物の機械物性評価形状、図Ⅲ-2.18.19 に実際の試験片、図Ⅲ-2.18.20 に試験装置の写真を示す。荷重変位線図の例を図Ⅲ-2.18.21 に示す。結果はほぼ直線的に伸び、破断している。破断面を観察すると、図Ⅲ-2.18.22 のように層状構造が見られ、全体の焼結となっていない事が分かる。そのため、空孔も多く実際の断面積が小さい点と、焼結が行われた薄膜層の集合体としての測定になったため、十分な強度となっていない事が分かった。破断強度は 190~198MPa になった。今後積層間隔を小さくして焼結状態を向上する必要がある。



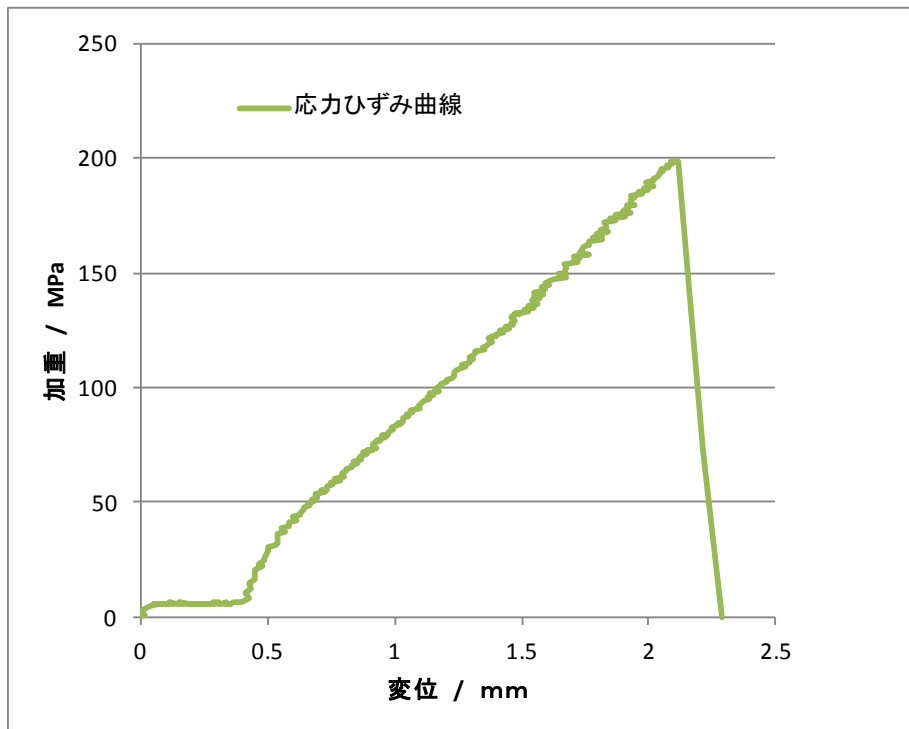
図Ⅲ-2.18.18 チタン粉末による成形物の機械物性評価形状



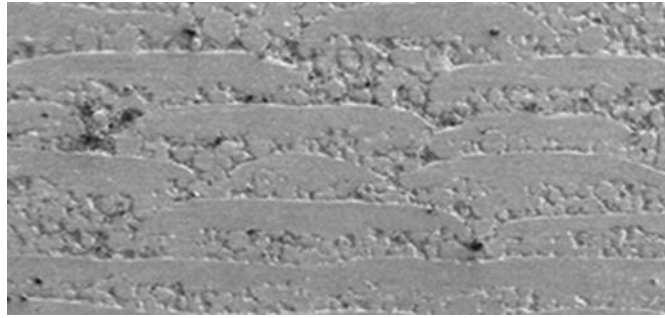
図Ⅲ-2.18.19 実際に作成した引張試験片



図Ⅲ-2.18.20 引張試験機（島津製作所 AGS-10kND）

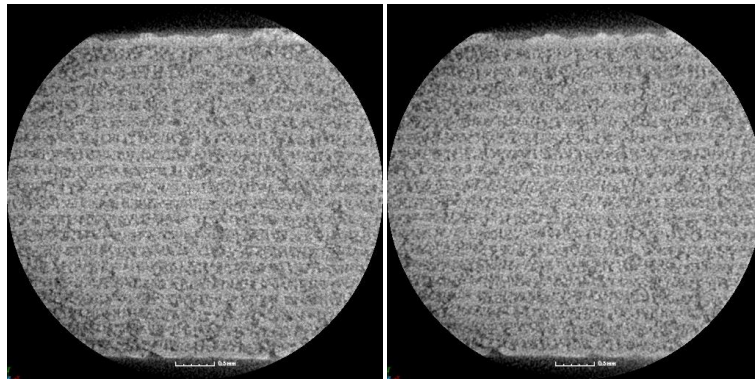


図Ⅲ-2.18.21 加重変位線図



図Ⅲ-2. 18. 22 試験片断面

さらに CT スキャナを用いた内部構造評価を行った。実験は XMS 社（ヤマト科学）TDM1000H-S μ / TDM1600H-II を用いている。タングステンフィラメントを用い、100keV の加速電圧である。サンプル中の Φ 5mm、長さ 5mm の領域を測定した。試験片の長手方向の位置の違いによる断面写真を図Ⅲ2. 18. 23 に示す。この試験片は溶接用レーザーを用いた 200W 造形サンプルである。位置が変わってもほぼ均一に溶融が進んだ面と不十分な面が積層構造となっている事が分かる。断面を切断し、光学顕微鏡・SEM で観察した場合と同じ結果であり、CT スキャナを用いると非破壊で内部構造が把握できる事が分かる。サンプルの層の間隔は 0.2mm であり、レーザーの溶融が表面に留まり、内部まで十分に結合できていない様子が分かる。レーザー光の吸収は表面で生じるため、表面の温度は十分に上がるが、粉の接触点からの伝熱がまだ不十分で内部まで十分な溶融には至っていない。積層間隔と粉末の粒度分布を変えて、リコート後のかさ密度を可能な限り向上する事が有効な解決策と予測している。



図Ⅲ-2. 18. 23 CT スキャナ測定例(200W 造形品)

測定位置で（左）26 層目、（右）256 層目

以上の結果から、粉末積層造形品の評価としては、非破壊で内部構造が大きく検討できる X 線 CT スキャナが非常に有効であること。引張試験も強度測定には有効であるが、硬さ試験は必ずしも実際の品質を表していない事が分かる。

2.18.6 最終目標の達成の見通し

最終目標の達成度については現時点では以下の通りである。

① 成形精度：±0.1 mm（100 mm サイズ基準パーツ）

現在のところ+0.2mm である。熱の伝わりにより想定より大きな領域が焼結しているためと考えられ、複合レーザーによる微妙な熱量の制御に加え、より正確な温度制御とそれに併せた描画条件の設定により最終目標値の達成を目指している。また造形寸法により成形精度が異なっている。補正プログラムの最適化等を検討し、最終目標値の達成を目指す。

② 成形時間：16 時間以内（高さ 100 mm サイズ基準パーツ）

一番大きなチェス駒（キング）の高さは 77mm で、成形時間は約 4 時間であることから、高さ 100 mm サイズ基準パーツを造形した場合には比例計算で 5 時間半程度と予測できる。現在密度が低く、焼結のためレーザー照射時間を延ばして対応する、粉の大きさを小さくして積層厚さを薄くする等による対応策を検討しているが、時間にして 2.9 倍の余裕があるので、目標値は達成できると考えられる。

③ 引張り強度：チタン合金 840 MPa 以上（生体部品用途）

190MPa ～198MPa と現状は低い。密度が低く、ミルフィーユ型の積層構造となっている事が原因である。積層間隔を小さくして厚さ方向の焼結状態の改善により最終目標値到達を目指す。

2.18.7 知的財産権及び成果の普及

(発表等)

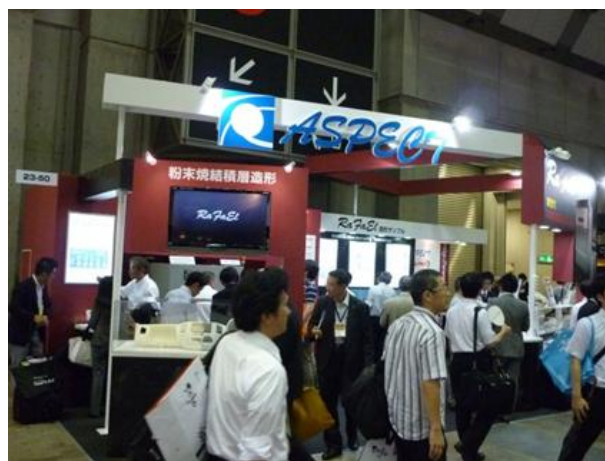
表Ⅲ-2.18.5 に示す通り、特許については平成 24 年度に国内出願 1 件、国際出願 1 件、論文については合計 3 件 (図Ⅲ-2.18.24 AM シンポジウムでの発表)、外部発表としては東京ビッグサイトで平成 24 年 6 月 20 日から 22 日において開催された設計製造ソリューション展で、今回開発した小型プラットフォームを出展し、潜在ユーザーの掘り起こしを実施した。会場の様子を図Ⅲ-2.18.25 に示す。なお、今年から設計製造ソリューション展に医療関係の展示会が合同開催となったため、医療ビジネスに携わっている潜在ユーザーがアスペクト社のブースを訪れ、興味深く話を聞く姿が連日見受けられた。

表Ⅲ-2.18.5 特許、論文、外部発表等の件数 (内訳)

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT 出願	査読付き	その他	
平成 22 年度	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
平成 23 年度	0 件	0 件	0 件	0 件	1 件 (口頭発表)	0 件
平成 24 年度	1 件	1 件	0 件	0 件	2 件 (口頭発表)	1 件 (設計製造ソリューション展に出展)



図Ⅲ-2.18.24 AM シンポジウム



図Ⅲ-2.18.25 設計製造ソリューション展

2.19 研究開発項目④「技術開発推進にかかる調査(先端技術、環境等)・評価・普及促進の成果」

(ALPROT)

実用化、事業化を研究開発と同時進行で推進する上で、プロジェクト関係者、必要に応じた外部有識者、プロジェクト成果活用ユーザー企業メンバーからなる技術調査委員会を構成。本研究開発の技術的な方向性や最新技術の動向把握、分析等国内外の情報をいち早く入手(例、応用物理学会、レーザー学会、ICALEO(International Congress on Application of Lasers and Electro-Optics)、Photonic West ASSP(Advanced Solid-State photonics)、LPM, E-mars(欧州材料学会)、Cleo等調査分析結果を開発計画内に反映する。また、本開発成果の活用による製品製造に関わる素材・製品加工・実用化生産システムの可能性評価、本開発技術およびそれら成果を利用した製品製造工程の環境対応等幅広い視点で、プロジェクトに対する進捗、環境影響等分析を行い、時々刻々変わる技術動向の中でより効率的な開発推進、高信頼性製品の確立、高ロバスト性を確保するため、外部有識者やエンドユーザー、レーザー加工機メーカーとの連絡を密にして技術開発項目の内容や進捗を明確にし、開発推進計画に織り込む。そのほか、本開発技術の幅広い普及を目指し、可能な範囲での技術交流を目的とした成果報告会、セミナー、シンポジウムを実施する。それら報告会等を通じ、可能な範囲で成果を活用したレーザー加工技術のエンドユーザー、レーザー加工機メーカーに利用してもらい、その評価を受け、今後の開発内容の見直し等に活用する。

[平成22年度]

プロジェクト関係者、外部有識者を中心として、本研究開発の技術的な方向性や最新技術の動向把握、分析等国内外の技術や市場等情報を入手し、調査分析を行い開発計画内に反映する。また、本開発に関わる評価、環境対応等幅広い視点で、プロジェクトに対する影響分析を行い、時々刻々変わる技術の進捗方向の正当性を明確にし、開発推進計画に織り込む。また、平成22年度の段階における、ユーザー参加企業、レーザー加工機メーカーが求めるスペック等の条件を記載した参加企業リストを作成し、プロジェクトでのアウトプットとエンドユーザー企業、レーザー加工機メーカーの要求スペックをリスト表として作成しプロジェクト内に発信を行なった。

[平成23年度]

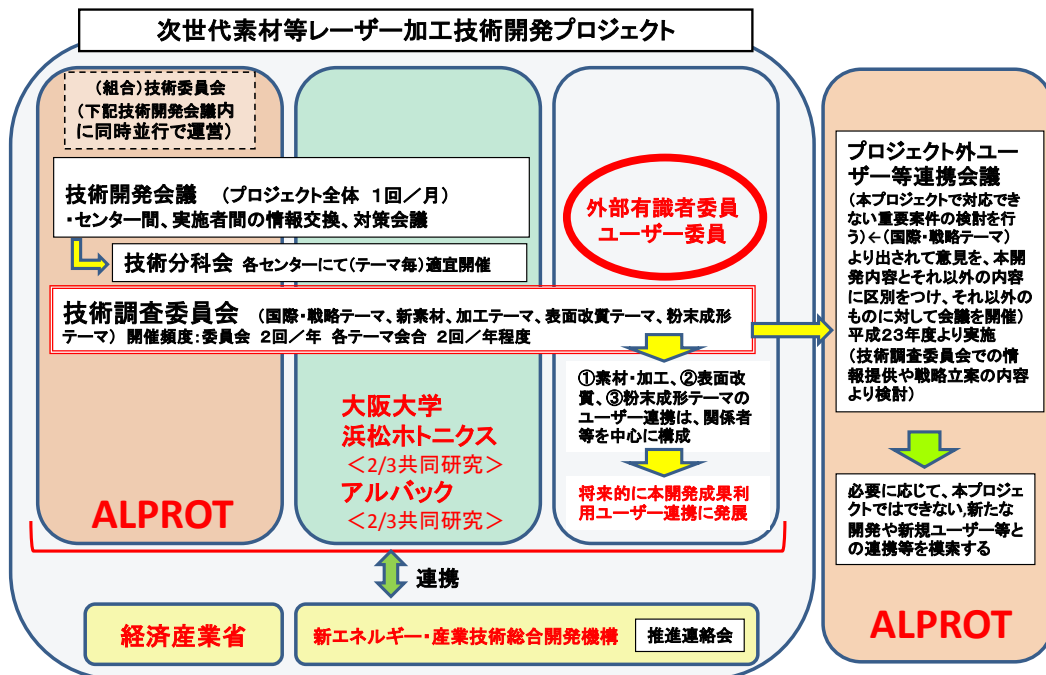
プロジェクト関係者、外部有識者を中心として、本研究開発の技術的な方向性や最新技術の動向把握、分析等国内外の技術や市場等情報を入手し、調査分析を行い開発計画内に反映する。また、本開発に関わる、評価、環境対応等幅広い視点で、プロジェクトに対する影響分析を行い、時々刻々変わる技術の進捗方向の正当性を明確にし、開発推進計画に織り込む。平成22年度に作成した、ユーザー参加企業、レーザー加工機メーカーが求めるスペック等の条件を記載した参加企業リストを拡充、整備し、プロジェクトでのアウトプットとエンドユーザー企業、レーザー加工機メーカーの要求スペックのリスト表を拡充、整備しプロジェクト内に発信を行なった。

[平成24年度]

プロジェクト関係者、外部有識者、エンドユーザー企業を中心として、本研究開発の技術的な方向性や最新技術の動向把握、分析等国内外の技術や市場等情報を入手し、調査分析を行い開発計画内に反映する。また、本開発に関わる評価、環境対応等幅広い視点で、プロジェクトに対する影響分析を行い、時々刻々変わる国内外の本開発の関連技術の進捗・内容を適宜確認する。本開発内容や進捗状況と比較、実用化製品化の活用可能な技術開発の方向性を見直しを行い、開発推進計画に織り込む。また、本開発の可能な範囲での技術の普及・促進を行うための報告会、セミナー、シンポジウムを実施する。それら報告会等を通じ、成果をレーザー加工技術のユーザーに利用してもらい、その評価を受け、今後の開発内容の見直し等に活用する。平成23年度までに作成した、ユーザー参加企業、レーザー加工機メーカーが求めるスペック等の条件を記載した参加企業リストを拡充、整備し、プロジェクトでのアウトプットとエンドユーザー企業、レーザー加工機メーカーの要求スペックのリスト表を拡充、整備しプロジェクト内に発信する。

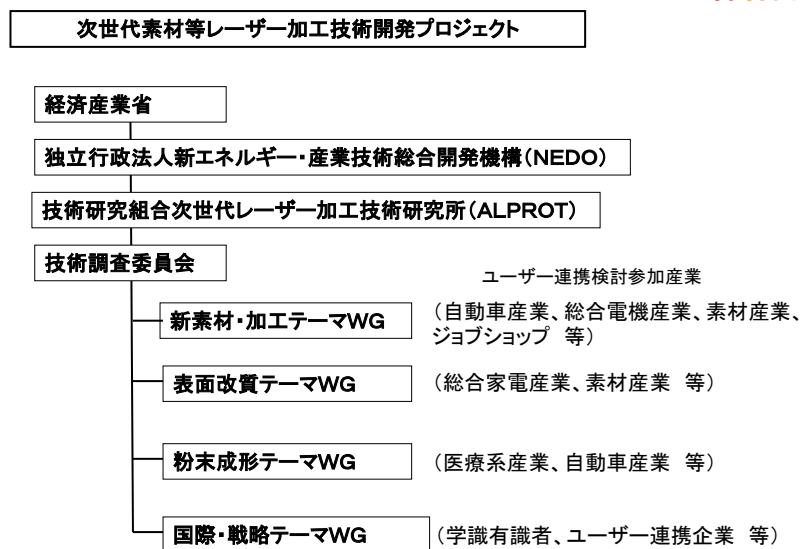
ユーザー、レーザー加工機メーカーとプロジェクトの窓口となり、ユーザーがプロトタイプ、デモ機を使用した結果を集約、課題、問題点を報告し、開発スペック等の見直しのベースとする。また、評価方法、守秘義務の扱い方、体制を構築する。

事業項目	22年度				23年度				24年度			
	第1 四半 期	第2 四半 期	第3 四半 期	第4 四半 期	第1 四半 期	第2 四半 期	第3 四半 期	第4 四半 期	第1 四半 期	第2 四半 期	第3 四半 期	第4 四半 期
④技術開発推進にかかる調査（先端技術、環境等）・評価・普及促進 1)最先端技術・市場調査 2)開発成果の利用促進検討 3)環境等検討 4)成果普及・促進シンポジウム		最先端技術の現状確認および市場調査	開発成果利用レーザー加工メーカーの調査		最先端技術の動向調査および市場調査	開発成果利用加工メーカーニーズスペック分析・検討	レーザー加工システム環境等動向評価調査		最先端システム化技術の動向調査および市場調査	ニーズスペックの實現性評価手法・体制の検討	レーザー加工システム環境等最適化調査	中間実証試験・シンポジウム



成果（ユーザー企業リストの作成：平成24年6月1日現在）

ユーザー企業として、技術調査委員会委員に各主要ユーザー産業企業をリストアップ、それぞれの企業のメンバーがリスト化されている。また、7月30日開催のプロジェクトとしては初めての中間成果報告会（ユーザー連携シンポジウム）により、広く一般に広報し、ユーザーニーズ等の収集等を行なった。



ニーズ表に関しては以下のような成果をとりまとめた（抜粋）

要求ニーズ	基本計画	ニーズと基本計画の違い
<p>会社別 自動車メーカー</p> <p>製品別 構造材</p> <p>部品別 プラントホーム(台車部) 外板(フード、ルーフ)</p> <p>加工手法別</p> <p>CFRP板(連続繊維、短繊維)の外形加工</p> <p>用途:車体形成(構造部品)</p> <p>要求スベック</p> <p>CFRP種別: PAN系、ビッチ系</p> <p>厚さ: 2~3mm</p> <p>タクトタイム: 1分以内</p> <p>レーザー出力</p> <p>波長</p> <p>評価手法</p> <p>強度試験(引張試験、圧縮試験、疲労試験、衝撃試験)</p>	<p>研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」</p> <p>研究開発の必要性</p> <p>本プロジェクトで開発するバルスファイバレーザーの高出力化技術ならびに高品位化技術を要用的に有用なものとするために、加工機システムとして機能を統合させて最適化するとともに、低炭素社会の実現に向けた製品の軽量化・高強度化・高機能化に大きな期待が寄せられている先進材料の活用促進のためのレーザー加工技術を開発する必要がある。特に、先進材料の非接触、高品位、高速加工を実現することによって、従来手法では困難であった精密加工のブレークスルー技術として実用に耐える次世代レーザー加工技術を確立する。</p> <p>1) 切断接合技術の開発</p> <p>CFRP(炭素繊維強化複合材料)等の複合材料は、自動車・航空機等の輸送機器の抜本的軽量化技術として期待されている。しかしながら、異種難削材であることから、革新的な製造技術として高精度な切断・接合技術の開発が要望されており、さらに製品製造タクトタイムの大幅短縮化が喫緊の課題である。本研究開発では、CFRPに代表される複合材料に対して自動車・航空機用途の基材を検討対象とし、高品位・高速のレーザー切断接合技術を開発する。具体的には、中型・小型部材を加工するため的高速導引リモート加工ヘッドの開発、自動車のフードやルーフ等の大型部材の加工を行う高速高精度制御加工ノズルの開発、ならびに、プロセス・評価技術の研究開発を行う。</p> <p>① 複合材料高速切断接合システム技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高速導引リモート加工ヘッドの開発: 複合レーザー照射によるリモート加工が可能な複合レーザー加工ヘッドの開発を行う。 ・高速高精度制御加工ノズルの開発: 可動部の軽量化と高剛性化ならびに高速微細技術の開発を行う(高速微細技術: ワークと加工ノズルのキャッチを一定に保つ技術)。 <p>② 複合材料加工プロセス・評価技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多波長複合レーザー加工プロセスの最適化: 高品位・高速加工を実現する高速走査重量照射技術の開発、ならびにインプロセスモニタリング技術を確立する。 ・レーザー加工に適したCFRP材料の構造最適化及び加工試験評価技術: レーザー照射時の反応層(熱損傷層)を極力低減する材料構造の最適化、ならびに、加工後試料の特性評価手法を確立する。 <p>最終目標(平成26年度)</p> <p>① 切断接合技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・切断および接合加工速度: 6 m/min以上(大型部材として1m級サイズ以上、中型・小型部材として50 cm級サイズ以上のCFRP基材に対して、基材厚み3 mm以上) ・加工品位 切断: 切断面において反応層の厚みが100 μ m以下 レーザー切断処理試料の引張り強度を10%未満の低減に抑制 接合: CFRPと金属板との接合において、凝集剥離で引張りせん断強度100 MPa以上 (CFRP基材厚み3 mm、金属板厚み2 mm) 	<p>(ニーズ)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・素材: CFRP2~3mm厚 ・外形加工(タクトタイム1分以内) <p>(基本計画)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・CFRP3mm厚、6m/min以上 ・切断面において反応層の厚みが100 μ m以下 <p>レーザー切断処理試料の引張り強度を10%未満の低減に抑制</p>

(委員会の開催状況)

技術調査（ユーザー連携）委員会及び各ワーキンググループ検討概要

出席者は委員とプロジェクト開発実施者、NEDO、METI、事務局

委員会、WG	委員数	回数	議事内容
技術調査委員会	25名	2回	実用化促進のため、ユーザーからのニーズの検討を行なった。レーザー及びレーザー加工の国際的な技術動向、標準化、新素材・加工、表面改質、粉末成形の各WGテーマのニーズについての報告、検討を行い、ユーザーニーズのマッチングを行なった。
国際・戦略テーマWG	10名	4回	現状のレーザー及びレーザー加工技術の動向と、今後どのようなレーザーとレーザー加工技術が必要とされるかの検討を行なった。ドイツの自動車産業におけるレーザー加工や世界的技術動向の現状を把握した。アジア地区の動向やPhotonics West2012（国際会議と展示）の報告から日本の標準化戦略やニーズにマッチしたレーザー及びレーザー加工のあるべき姿を検討し、開発スペックとの比較を行なった。
新素材・加工テーマWG	6名	3回	開発内容の確認し、ニーズ面からどのようなレーザーが必要か検討を行なった。CFRP素材の各種仕様とその加工や評価等についての報告が行なわれた。BMWや東レの取り組み等が紹介された。ユーザー側のニーズや加工スペック等が提示され、それらの加工が可能なレーザーや加工法についての検討を行い、開発スペックとの比較を行なった。
表面改質テーマWG	7名	4回	本WGでは、ディスプレイや太陽電池の製作に最適なレーザー加工のあり方を検討することになった。ディスプレイ用途のレーザーアニールの開発目標値とその背景が報告された。ディスプレイ領域の市場動向報告、フラットパネルメーカーの技術ニーズ、太陽電池領域におけるレーザー応用に関するニーズ検討を行い、開発スペックとの比較を行なった。
粉末成形テーマWG	2名	4回	本研究開発の目標を報告し、粉末成形の医療関連活用に関する技術情報を検討した。レーザーを活用した造形技術の現状を報告した。ニーズとしてチタン粉末を活用した医療用部品の仕様等についての検討を行い、開発スペックとの比較を行なった。ICAL02011（国際会議と展示）の粉末成形技術の状況の報告と、開発施策の小型プラットフォームの見学を行ない、ニーズに対しての目標の確認を行なった。Photonics2012の粉末成形、Additive Manufacturingシンポジウムの状況が報告された。

IV. 実用化、事業化の見通しについて

1. 実用化・事業化に向けた取り組みと見通し

このプロジェクトでは実用化・事業化を以下のように定義している。

「実用化」： 既存製品の性能向上や新製品の開発に活用できる段階まで、プロジェクトで開発した技術を整備する。

「事業化」： プロジェクトで開発した成果物を製品として販売し、会社の事業として展開していく。

要約すれば、実用化は技術の展開、事業化は製品の展開である。

これまでの開発より、3つの出口のCFRP切断接合、表面処理、粉末成形のどのテーマにおいても最終目標達成の見通しを得ている。最終目標を達成し、実用化と事業化への必要な基盤技術を確立し、事業化に向けた検討を進めていく方針である。

以下、実用化、事業化の詳細は各実施者の報告に譲るが、実用化、事業化の見通しについてプロジェクト全体を俯瞰して説明する。

1.1 研究開発項目別の取り組みと製品イメージ

本プロジェクトは「2/3 共同研究」と「委託研究」から成り、それぞれの実用化・事業化に向けた取り組みは異なっている。事業化を計画している項目は 2/3 共同研究の

- ・高出力半導体レーザー開発（浜松ホトニクス株式会社）
- ・ファイバーレーザー開発（古河電気工業株式会社）
- ・アニール用システム開発（株式会社アルバック）

である。各社の本プロジェクト成果から派生する製品はその製品イメージと市場が明確であり、各社の販売体制の中で製品展開が適確になされるものである。事業化に対する取り組みは、問題なく行われると確信している。

大阪大学、産総研で開発を行っている参加企業は、大阪大学、産総研と共に開発成果の実用化をめざしていく。

- ・レーザー増幅技術開発と波長変換技術開発
- ・多波長複合照射加工技術開発
- ・アニール用レーザー開発
- ・粉末成形用レーザー開発
- ・粉末成形システム開発

以上のプロジェクト成果技術は想定市場での技術的優位性の検討を行い、製品展開が可能であれば事業化に結び付けることを計画している。プロジェクトの成果そのものを事業化できなくても、プロジェクトで開発した技術を取り入れて既存製品の性能向上を図り、新製品の開発に活用していくことを積極的に進めていく。産総研で実施の多波長複合照射加工技術開発では、「高速高精度制御加工ノズル」と「リモート加工ヘッド」を実用化可能な成果として考えている。

粉末成形システムは展示会にも出品し、製品展開の可能性もすでに視野に入れている。製品イメージも明確で実施企業も意欲的であり、事業化に結び付けられるものであると期待している。

大阪大学、産総研においては、それぞれの先端的な研究にも本プロジェクトの成果

は活用できるものである。

研究開発項目別の取り組みと製品イメージの詳細は各実施者の記載に譲る。

1.2 実用化・事業化に向けた課題と課題解決の方針

事業化に向けた課題では、技術的課題と事業実施体制の課題の2つがあるものと考えられる。技術的課題については、これまで述べたように最終目標達成に向けての課題の見極めができ、最終目標達成の見通しを得ているため、大きな問題はないと考えている。事業化に向けては低コスト化やコンパクト化等の技術的課題が想定されるが、各社に蓄積された製品化のための技術を活用することで解決できるものである。実施体制についても販売やサポート等の体制は各社で整備されているため、問題なく体制の構築ができるものと考えられる。

実用化を想定した開発項目では、製品展開の可能性を見極め、事業化できるものは製品として販売していくスキームである。実用化においても事業化と同様の技術的課題と実施体制の課題が生じるものと考えられるが、事業化の場合と同様に各社のサポート体制によって解決できると考えている。

詳細は各実施者の記載に譲る。

1.3 事業化までのシナリオ

事業化の3項目については事業化までのシナリオは明確に描かれている。販売体制、サポート体制を含めて、事業化までの道すじは明瞭である。

実用化を想定した開発項目においても、製品展開の可能性を見極めたうえで、事業化に対応していく計画である。

詳細は各実施者の記載に譲る。

1.4 波及効果

以上述べたように、本プロジェクトで開発した技術や製品は広く産業界に普及可能であると考えている。表IV-1.1にプロジェクトの3つの出口成果の波及効果を示した。

CFRP切断接合技術の波及産業としては自動車産業と航空機産業を想定している。自動車産業では現在普通車にもCFRP素材導入の検討が行われているが、省エネ、CO₂削減の観点より高い確率でCFRP素材の導入が行われるものと考えられる。CFRP素材導入の場合には、生産性の高さよりレーザー加工技術が汎用的技術になるものと期待される。航空機産業においてはCFRP素材の導入はさらに加速されるものと考えられるが、加工方法の検討も重要な課題である。この分野においてレーザー加工技術がどこまで導入されるかは未定であるが、レーザー加工技術の優位性をアピールしていきたい。

表面処理技術の波及は家電産業と太陽電池産業を想定している。日本国内のテレビ産業はアジア勢の著しい進展に押されてしぼんでしまった感があるが、ITテレビやスマートフォン等への展開が期待されている。また太陽電池パネルの普及も加速されているため、表面処理技術はこれらの産業では重要な位置づけであり、本プロジェクト開発成果の波及も見込まれる。

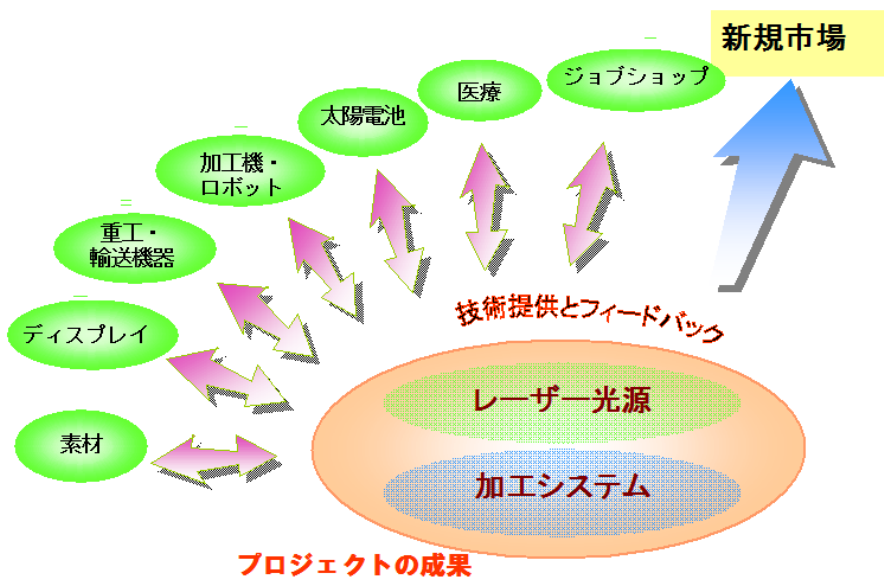
粉末成形技術の波及については多品種小量生産部品の生産を視野に入れ、医療産業

と航空・宇宙産業を想定している。医療産業では医療用パーツの実用化検討がなされている。厚生省の認可取得等の課題はあるが、人体代替部品という基本的には多品種小量部品への展開は非常に波及効果が大いものと考えられる。また、航空・宇宙分野においても、高機能で多品種小量生産部品が要求されるため、粉末成形技術は最適である。自動車産業や他産業においても切削・プレス等既存技術では製造不可能な製品が実現できるため、本プロジェクト成果の普及の可能性を秘めている。

図IV-1.1に示すように、本プロジェクトは様々な産業に対してレーザー加工手段を提供することで、産業界への波及効果は大いものと考えている。産業界との連携と情報のフィードバックにより、新規市場が生まれることにも期待している。

表IV-1.1 プロジェクト成果の波及効果

テーマ	波及産業	2010	2015	2020	2025
切断接合技術の開発	自動車	CFRP 素材導入の検討	試作、実用化試験 検証実験	実用化	
	航空機	レーザー加工技術導入の検討	試作、実用化試験 検証実験	実用化	
表面処理技術の開発	家電	IT テレビ、スマートフォン等への展開	実用化試験	実用化	
	太陽電池	太陽電池パネルへの展開	実用化試験	実用化	
粉末成形技術の開発	医療	医療用パーツの実用化検討	実用化試験	認定試験	実用化
	自動車 航空機	多品種小量生産部品への実用化検討	実用化試験	実用化	



図IV-1.1 様々な産業への普及効果

2. 研究開発項目毎の実用化、事業化の見通しについて

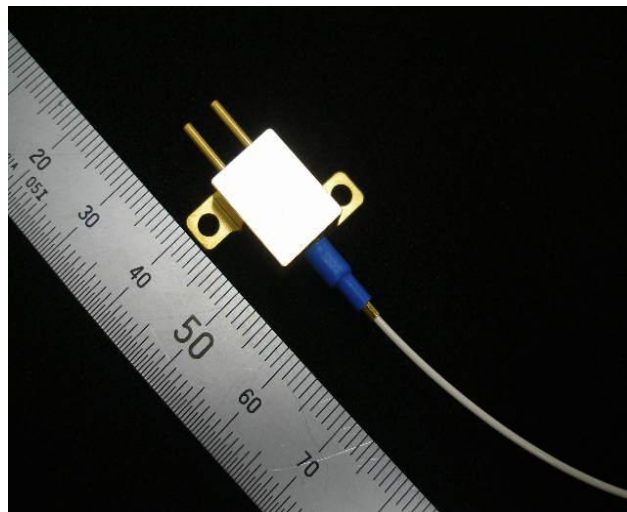
2.1、2.2 研究開発項目①「半導体レーザーの高出力化技術の開発」

「(1) 半導体レーザーの高出力化技術・高信頼化技術の開発」

「(2) 半導体レーザーのファイバーカップル技術の開発

(浜松ホトニクス株式会社)

本プロジェクトで開発した半導体レーザーの高出力化技術・高信頼化技術及びそのファイバーカップリング技術は、例えばファイバーモジュール（図IV-2.1.1）といった形で具現化されており、ファイバーモジュールは、ファイバーレーザーの励起源、レーザー半田付、樹脂溶着などに用いられる加工用LDモジュール（図IV-2.1.2）としての適用が考えられる。



図IV-2.1.1 シングルエミッタファイバーモジュール



図IV-2.1.2 加工用レーザーモジュール例

また今回得られた技術成果は、加工用レーザー装置（図IV-2.1.3）の性能向上、環境負荷軽減に寄与するものと考えられる。平成19年度に開催された次世代レーザー技術活用調査委員会報告資料にもあるように、従来のCO₂やYAGなどのレーザー光源より、半導体レーザーは他の加工用レーザーに比べエネルギー変換効率の点で優れており、省電力化（低炭素排出）、低ランニングコスト化の点で極めて導入効果が高い。今回開発された技術が適用されれば、エネルギーの効率的な利用に対してより高い効果が期待される。



図IV-2.1.3 加工用レーザー装置の例：ダイレクトダイオードレーザー(DDL)およびファイバ出力型DDL

例えばアレイの高出力化により、kW級を実現するためにスタックするアレイ数を低減出来る。これによりレアアース材料の省資源化が可能となる。また電気光変換効率が向上することでエネルギー消費量が抑制され、低炭素化社会に貢献できる。さらに水冷ヒートシンクにおける腐食防止効果は半導体レーザーの長寿命化を促進し、省資源につながるものと期待される。

こうした利点および低コスト化による競争力を活かし、プロジェクト終了後、本プロジェクトで得られた成果を既存製品へ反映させることにより競争力の高い半導体レーザー応用製品への展開が可能となる。

平成32年における高出力半導体ファイバーレーザー及びそれを搭載したレーザー加工機の国内年間生産額としては、2,200億円が期待されている。本プロジェクトの成果は、レーザー加工用光源およびファイバーレーザー用励起源に活かされる。レーザー加工機価格における半導体レーザーの占める割合は、おおよそ15~25%程度である。

2.3 研究開発項目②「レーザー高品位化技術の研究開発」

「(1) ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術の開発」

「1) ファイバーレーザーのパルス制御技術の開発」

(阪大接合研、古河電工)

2.3.1 実用化・事業家の見通し

IV-5 (②-(1)-2)) 2.4.1、IV-8 (②-(2)-1)) 2.7.1 実用化、事業化見通しに準じる。

2.3.2 実用化、事業化までのシナリオ

IV-5 (②-(1)-2)) 2.4.2 実用化、事業化までのシナリオに準じる。

2.3.3 波及効果

IV-5 (②-(1)-2)) 2.4.3、IV-8 (②-(2)-1)) 2.7.2 波及効果に準じる。

2.4 研究開発項目②「レーザー高品位化技術の研究開発」

「(1) ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術の開発」

「(2) ファイバーレーザーのモジュール化技術の開発」

(阪大接合研、古河電工、片岡製作所)

2.4.1 実用化・事業化の見通し

表IV-2.4.1 粉末成形シーダーと PCF増幅器の実用化、事業化の見通し

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	~	2018
1) 粉末成形シーダー		70 W@100ns 高平均出力	100W @10ns -100ns 高出力・パルス幅可変					
		50 W@10ns 短パルス・高ピークパワー					コスト低減・信頼性評価	
2) PCF増幅器		中間目標達成のための技術開発	最終目標達成のための技術開発				実用化準備	
							実用化	

プロジェクト終了後、コスト低減と信頼性評価を行い、実用化の準備に取り組んだ後、2018年度の実用化を目指す。

2.4.2 実用化・事業化までのシナリオ

- ・ 粉末成形システム用レーザー
- ・ 再生可能エネルギー及び省エネルギー市場への参入
- ・ 多品種少量生産への対応

2.4.3 波及効果

- ・ 省エネ、CO₂削減への貢献
- ・ 国際競争力の強化
- ・ 電子機器など新技術開発へ貢献

2.5 研究開発項目②「レーザー高品位化技術の研究開発」

「(1) ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術の開発」

「3) ファイバーレーザーの高出力化技術の開発」

(阪大レーザー研、阪大接合研、ALPROT(古河電工、片岡製作所))

2.5.1 実用化の見通し

本プロジェクトで開発したパルスファイバーレーザーは、従来に短パルス (<10ns) でかつ世界最高のパルスエネルギーと平均出力 (>200W) を実現しているだけでなく、高光-光変換効率 (>50%)、パルス幅可変性、繰り返し周波数可変性、波長可変性の特徴を併せ持っている。

実用機のプロトタイプとしては、阪大接合研サイトにおいて ALPROT(片岡製作所)が製作するファイバーレーザーに技術集約され、加工技術開発センター(産総研)に製品納入される予定である。今後、パルス幅、繰り返し周波数、出力平均パワー、波長をカスタマイズ供給することによって、エンドユーザーの要求仕様に適したコンパクトレーザーとして実用化が期待される。

2.5.2 波及効果

レーザー加工分野のみならず、表IV-2.5.1のように多様な科学技術・学術用のレーザーとして実用に供することができると期待される。また、波長変換技術との組み合わせによって、応用分野はさらに拡がると考えられる。

表IV-2.5.1 応用が期待される分野

		ファイバー技術	ブースター技術	波長変換
エレクトロニクス・ 機械分野	微細加工	高ビーム品質		加工対象拡大
	アニール	横モード制御		コヒーレンス制御
原子力分野	ピーニング	衝撃波圧力の増大		
	除染	ファイバー結合		除染対象拡大
	解体		解体速度向上	
航空・運輸分野	ピーニング	衝撃波圧力の増大		
	レーザー超音波		診断速度向上	検出感度向上
宇宙分野	太陽光励起レーザー		高温動作におけるビーム品質	
	デブリ除去		デブリ除去性能	
科学技術分野	分光	広帯域光源		広帯域光源
	超短パルス	コンパクトfs光源		
	VUV~XUV	ビーム結合による 高出力化		OPCPA fs光源
	THZ	コンパクトfs光源		

2.6 研究開発項目②「レーザー高品位化技術の研究開発」

「(1) ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術の開発」

「4) 励起半導体レーザーの高速変調とその応用技術の開発」

(古河電気工業株式会社)

2.6.1 実用化・事業化の見通し

QCW ファイバーレーザーは今回の開発当初から実用化を考慮した設計を配慮している。製品化にあたってはコストと信頼性についての検証が必要になってくる。

QCW ファイバーレーザーはランプ励起固体レーザー分野での置き換えがまず期待されており、レーザーの出力としては最大でも数 100W 程度、産業分野としてはマイクロレーザー加工に分類される市場で、最も大きな需要は金属溶接で、また切断についても微細加工や高反射材料での適用が期待される。

2.6.1 事業化までのシナリオ

図 VII-2.6.3 事業化までのシナリオ

製品イメージ	ユーザーニーズに合致した高品質、低コスト、高信頼、使い勝手
売り上げ見込み	(市場の規模、成長性) LPSSL、DPSSL、炭酸ガスレーザーの置き換え需要
効果	(シェアアップ、コスト削減、省エネ、CO2 削減) 電気 - 光変換高効率 ⇒省エネ、CO2 削減

2.6.3 波及効果

マイクロ加工分野とともに、kW 出力以上のレーザーが使われるマクロ加工市場についてもファイバレーザーの用途拡大が進んでいる。レーザー加工製品市場のなかで最も大きな市場が炭酸ガスレーザーによる二次元板金切断分野である。本開発の延長としてさらに多重化を行い、マクロ市場を睨んだ製品開発も可能である。

2.7 研究開発項目②「レーザー高品位化技術の研究開発」

「(2) パルスレーザー増幅（ブースター）技術の開発」

「1) kW級ブースター増幅器の開発」

(阪大レーザー研、ALPROT(浜松ホトニクス、レーザー総研))

2.7.1 実用化の見通し

本プロジェクトで開発している「kW級ブースター増幅器」は、国産のLDを励起源とし、レーザー材料としてこれも国産技術であるNd:YAGセラミックを用いている。また、増幅媒体としては、開発グループの特許に基づき、コンポジットセラミックを用いた全反射ジグザグ光路型のアクティブミラーを採用している。

一般的なアクティブミラーとジグザグスラブの利点を併せもった新しいタイプの増幅器であり、数100W～kW級の出力にフレキシブルに対応可能である。

2.7.2 波及効果

レーザー加工分野のみならず、表IV-2.7.1のように多様な科学技術・学術用のレーザーとして実用に供することができると期待される。

表IV-2.7.1 応用が期待される分野

		ファイバー技術	ブースター技術	波長変換
エレクトロニクス・ 機械分野	微細加工	高ビーム品質		加工対象拡大
	アニール	横モード制御		コヒーレンス制御
原子力分野	ピーニング	衝撃波圧力の増大		
	除染	ファイバー結合		除染対象拡大
	解体		解体速度向上	
航空・運輸分野	ピーニング	衝撃波圧力の増大		
	レーザー超音波		診断速度向上	検出感度向上
宇宙分野	太陽光励起 レーザー		高温動作におけ るビーム品質	
	デブリ除去		デブリ除去性能	
科学技術分野	分光	広帯域光源		広帯域光源
	超短パルス	コンパクトfs光源		
	VUV～XUV	ビーム結合による 高出力化		OPCPA fs光源
	THZ	コンパクトfs光源		

2.8 研究開発項目② 「レーザー高品位化技術の研究開発」

「(2) パルスレーザー増幅（ブースター）技術の開発」

「(2)アニーリング用ブースター増幅技術の開発」の実用化の見通し

(大阪大学レーザー研、ALPROT（浜松ホトニクス、アルバック）)

2.8.1 実用化の見通し

本アニーリング用レーザー装置はフラットパネルディスプレイの大型化に伴う 500mm 幅のワイドビームによるアニール加工ができるレーザー出力を有しており実用性が高い。500mm 以上のワイドビームにも適応できる出力があり今後の FPD 市場の拡大にも寄与すると考えられる。実用化に向けたスキームを表IV-2.8.1 に示す。

表IV-2.8.1 実用化への見通し

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	～	2020
②-(2)-2)アニーリング用ブースター増幅技術の開発			中間(最終)目標試作			実用化		
②-(3)-1)波長変換モジュール技術の開発			中間(最終)目標試作					

2012 年度中にアニーリング用レーザーの出力目標を達成させ、ホモジナイズドワイドビーム光学系によりアニールプロセスに必要な均一パターンを生成し加工評価試験を行う。そこで得られたデータを基にアニーリングレーザーシステム全体の実用化への課題を抽出する。

本レーザーアニーリング加工システムは、現在実用化されている海外製エキシマレーザー（ガスレーザー）を用いたアニーリングシステムと比べて、全固体レーザー化により、高効率・長寿命であり、メンテナンス性も高いものとなっており、国産技術により実現できるメリットは大きい。



図IV-2.8.1 製品イメージ写真

製品イメージを図IV-2.8.1 に示す。

このアニーリング用レーザー装置は、発展の予想される大型テレビやスマートフォン市場で有用であり、製造スループットの向上による製造コストの削減にも期待できる。

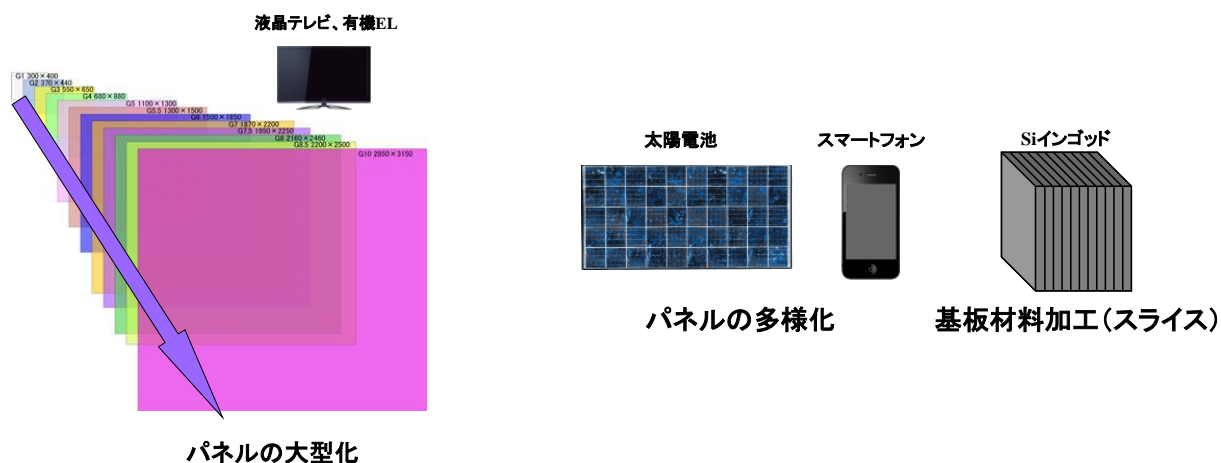
2.8.2 実用化に向けた技術課題

実用化にはレーザーの特性以外にレーザー装置の生産性、信頼性、メンテナンス性、低コスト化が求められる。信頼性向上、メンテナンスフリーにするには励起用半導体レーザーをCW駆動にした方が長寿命で有利となる。また、生産性やメンテナンス性を考えるとレーザーヘッドや光学素子といったコンポーネントの数を出来るだけ少なくした方が良く、これらを統合したレーザー装置の開発が重要となる。付加価値の高い高品位加工技術構築により世界をリードできると考えられる。

2.8.2 波及効果

FPDは40インチ市場から55インチ市場へ移行しつつある。今後さらなる大型化も考えられ、加速度的に大型化するFPD用アニールレーザー装置としてさらに進化させることが可能である。

予想される加工用途のイメージ図を図IV-2.8.2に示す。FPDや太陽電池のアニールのみならずスマートフォンなどの強化ガラスの湾曲切断や穴開け、太陽電池のP1~P4プロセスレーザー、シリコンインゴットのスライスによるカーフロス削減といったレーザー加工技術の応用が拡がり、今後要求されるレーザー加工用途の増加が予想される。また世界的にみてもトップクラスの性能を持つ加工装置であり、シリコン基板の加工における基礎データの取得や新素材の加工実証にも有望である。



図IV-2.8.2 予想される加工用途

2.9 研究開発項目②「レーザー高品位化技術の研究開発」

「(3) 高出力波長変換技術の開発」

「1) 波長変換モジュール化技術の開発」

「アニーリング用レーザーの波長変換モジュール」

(大阪大学レーザー研、ALPROT (浜松ホトニクス、アルバック))

2.9.1 実用化の見通し

本波長変換モジュールはアニーリング用レーザーに必要不可欠なコンポーネントであり、多くの加工技術に重要である高エネルギーグリーン光を発生させることが可能である。

実用化に向けた見通しを表IV-2.9.1 に示す。

表IV-2.9.1 実用化への見通し

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	～	2020
②-(2)-2)アニーリング用ブースター増幅技術の開発	中間(最終)目標試作					実用化		
②-(3)-1)波長変換モジュール技術の開発	中間(最終)目標試作							

2012 年度中にアニーリング用レーザー装置内に波長変換モジュールを組み込み、グリーン出力を得る。グリーン出力を均一なワイドビームに成形し加工評価を行い、実用化へ向けた課題を抽出し実用化へと結びつけていく。

2.9.2 波及効果

IV-2.8 節で示した Si 基板を中心とした FPD や太陽電池のアニーリングを始め、複合ガラス材料の加工にも利用でき、期待されている。

グリーン光はサファイヤ基板加工等の他のレーザー加工への適用にも有望であり、さらに本波長変換技術は他の波長にも展開でき、幅広い表面改質分野における生産性向上に寄与することが期待できる。

2.10 研究開発項目②「レーザー高品位化技術の研究開発」

「(3) 高出力波長変換技術の開発」

「1) 波長変換モジュール化技術の開発

「ファイバーレーザーの波長変換モジュール」

(阪大接合研、古河電工、片岡製作所)

2.10.1 実用化・事業家の見通し

IV - 5(②-(1)-2)) 2.4.1 実用化・事業化見通しに準じる。

2.10.2 実用化・事業化までのシナリオ

IV - 5(②-(1)-2)) 2.4.2 実用化・事業化までのシナリオに準じる。

2.10.3 波及効果

IV - 5(②-(1)-2)) 2.4.3 波及効果に準じる。

2.11 研究開発項目②「レーザー高品位化技術の研究開発」

「(3) 高出力波長変換技術の開発」

「2) 波長変換の高効率化技術の開発」

(阪大レーザー研、ALPROT(レーザー総研))

2.11.1 実用化の見通し

本プロジェクトで開発している波長変換は、数 100 入力に対して効率 60%の 2 倍高調波変換、40%の 3 倍高調波変換を可能とするものであり、kW 級入力にも対応可能な高平均出力可視・紫外レーザー技術である。また、この波長変換素子はスタンドアロンであり、Nd:YAG 以外の波長のレーザーにも簡単な設計変更によって対応可能である。

2.11.2 波及効果

レーザー加工分野のみならず、表 IV-2.7.1 のように多様な科学技術・学術用のレーザーとして実用に供することができると期待される。

表 IV-2.11.1 応用が期待される分野

		ファイバー技術	ブースター技術	波長変換
エレクトロニクス・ 機械分野	微細加工	高ビーム品質		加工対象拡大
	アニール	横モード制御		コヒーレンス制御
原子力分野	ピーニング	衝撃波圧力の増大		
	除染	ファイバー結合		除染対象拡大
	解体		解体速度向上	
航空・運輸分野	ピーニング	衝撃波圧力の増大		
	レーザー超音波		診断速度向上	検出感度向上
宇宙分野	太陽光励起 レーザー		高温動作における ビーム品質	
	デブリ除去		デブリ除去性能	
科学技術分野	分光	広帯域光源		広帯域光源
	超短パルス	コンパクトfs光源		
	VUV~XUV	ビーム結合による 高出力化		OPCPA fs光源
	THZ	コンパクトfs光源		

2.12 研究開発項目②「レーザー高品位化技術の研究開発」

「(3) 高出力波長変換技術の開発」

「3) 加工試験のための整備」

(阪大レーザー研)

この課題は、ALPROT（産総研）における CFRP 切断試験を加速（Ⅲ-15）するための取り組みのために、市販レーザーよりも高出力の基本波、2倍、3倍高調波を CFRP の切断加工実験に供給し、加工速度見積もりと最適レーザー条件（パルス幅、波長等）の探索に資することができた。

なお、この整備自体が実用化を目指すものではないため、実用化の見通し等に関する記載は割愛する。

2.13, 2.14 研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」

「(1) 切断接合技術の開発」

「1) 複合材料高速切断接合システム技術の開発」

「2) 複合材料加工プロセス・評価技術の開発」

2.13.1, 2.14.1 実用化の見通し

現時点における実用化の見通しについて図 IV-2.13.1 に示す。「③-(1)切断接合技術の開発」における技術課題は高出力レーザー装置に適用可能な照射システム技術ならびに加工プロセス・評価技術を構築することにある。そのためには高速削り技術を開発するための高速高精度制御加工ノズルの開発と、複合レーザー照射によるリモート加工を可能にする高速掃引リモート加工ヘッドの開発が必要であるとともに、実用化可能な成果として考えられる。これらの技術は、加工プロセス・評価技術の開発と連携して、今後2年間での試作および実用化試験を行ったのち、検証実験を得て実用化する見通しである。また、プロジェクト終了後すぐに実用化するための施策として、ユーザー連携を実施しており、ニーズに合致した技術や製品の実用化を計画している。

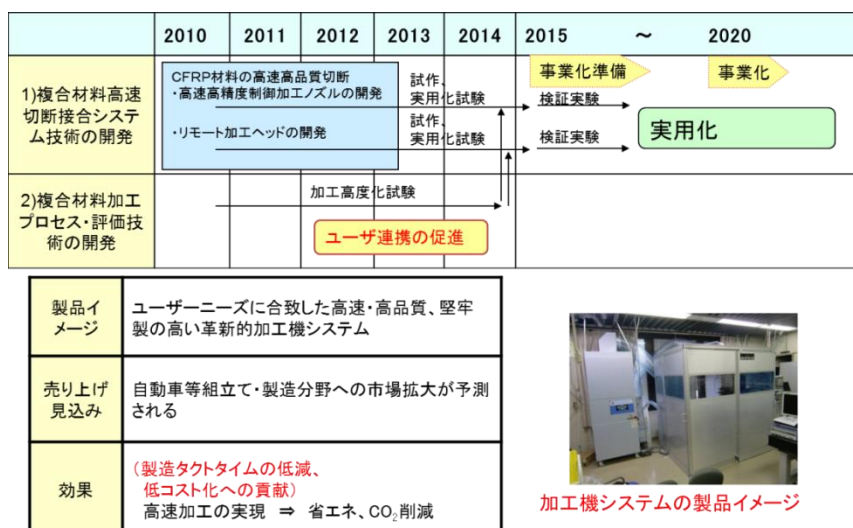


図 IV-2.13.1 実用化の見通し

2.13.2, 2.14.2 実用化までのシナリオ

現時点における実用化までのシナリオについて、ミヤチテクノスを中心とした高速掃引リモート加工ヘッドの開発では、開発される高出力パルスファイバーレーザーや高出力波長変換レーザー等を用いたリモート加工技術を構築し、スキャナ制御技術、スキャナ高耐力化技術、リモートロボット技術等を並行開発することによって、それぞれの技術が完成次第、同社の保有する既存分野への展開を想定している。また、市場動向により CFRP 加工分野への展開も図る。新日本工機を中心とした高速高精度制御加工ノズルの開発では、同社が自動車や航空機等輸送機器製造プロセスに展開する事業化能力を有することから、本開発終了後に事業化フェーズへの展開を進める。

2.13.3, 2.14.3 波及効果

本プロジェクトで開発した技術の波及産業としては自動車産業と航空機産業を想定している。自動車産業では現在量産自動車にも CFRP 素材の導入の検討が行われているが、省エネ・CO₂削減の

観点より前倒しで素材の導入が行われるものと考えられる。CFRP 素材の導入の場合には生産性の高さよりレーザー加工技術が汎用的技術になると期待される。航空機産業においては CFRP 素材の導入はさらに加速されるものと想定され、生産性の高い加工技術の導入の検討は重要な課題である。また、自動車や航空機等輸送機器製造業界の輸送機器製造プロセスに事業展開するだけでなく、以下の関連分野にも大きく波及すると考えている。

- ・ 汎用材料への高速レーザー切断
- ・ 汎用材料への高速レーザー穴あけ

信頼性ならびに堅牢性に優れたレーザー加工機システムは、広汎な製造業分野から開発が期待されており、今後ユーザー連携の取組みからも技術ニーズを吸収していきたい。

2.15 研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」

「(2) 表面処理技術の開発」

「1) 高度ホモジナイズワイドビーム成型の開発」

(株式会社アルバック)

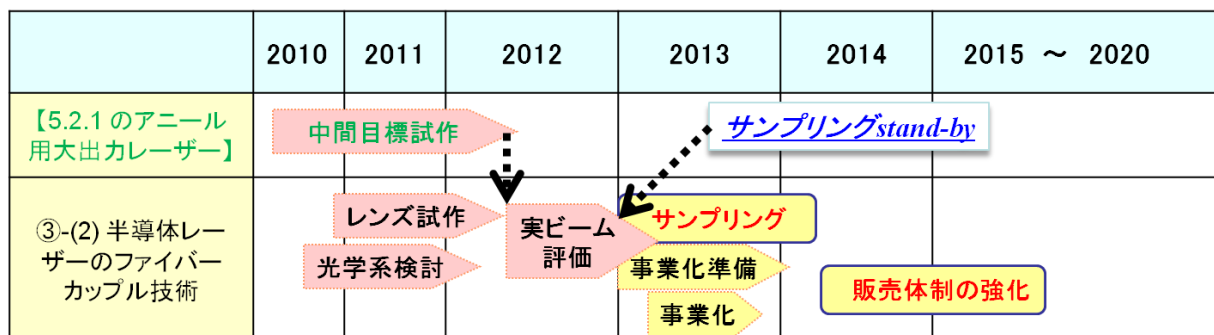
2.15.1 実用化・事業化の見通し

Ⅲ章の2.15において、開発成果について述べた。想定ユーザーとの密な情報共有と市場要求仕様等の観点で実践技術として開発レベルを高く堅持して邁進してきた。LTPSの市場において、極めて劣勢な状況下にあった工程を担う装置に対して、自国の技術を中心に加速的に引き上げた成果を報告できた。特に小規模の装置を用いた実験と他の多くの知見を基に高度なデザイン基礎を構築できたことは大いに評価したい。

2.15.2 実用化・事業化までのシナリオ

事業化への目処として、光学デザイン技術のみならず、実際にあわせて開発された大型異型レンズ研磨装置の開発も成功裏に終える見通しがつき、大型装置への搭載が可能な状況が構築できた。よって、早期のエンドユーザーとのパネル試作レベルでの実験的検討が行えると思われる。

事業化に向けた活動として、ユーザーに近い位置でのサンプリングを計画している。市場の最新情報を更新し、ニーズを正確に掴み、本技術を生産装置仕様にまで改良する事で本開発の目的である生産現場への貢献を果たす。(図IV-2.15-1参照)



図IV-2.15-1 事業化を目指したロードマップ

2.15.3 波及効果

ディスプレイ業界のみでなく、太陽電池(PV)分野での薄膜結晶化工程やその他の表面処理加工工程での応用範囲が期待できる。(図IV-2.15-2参照)

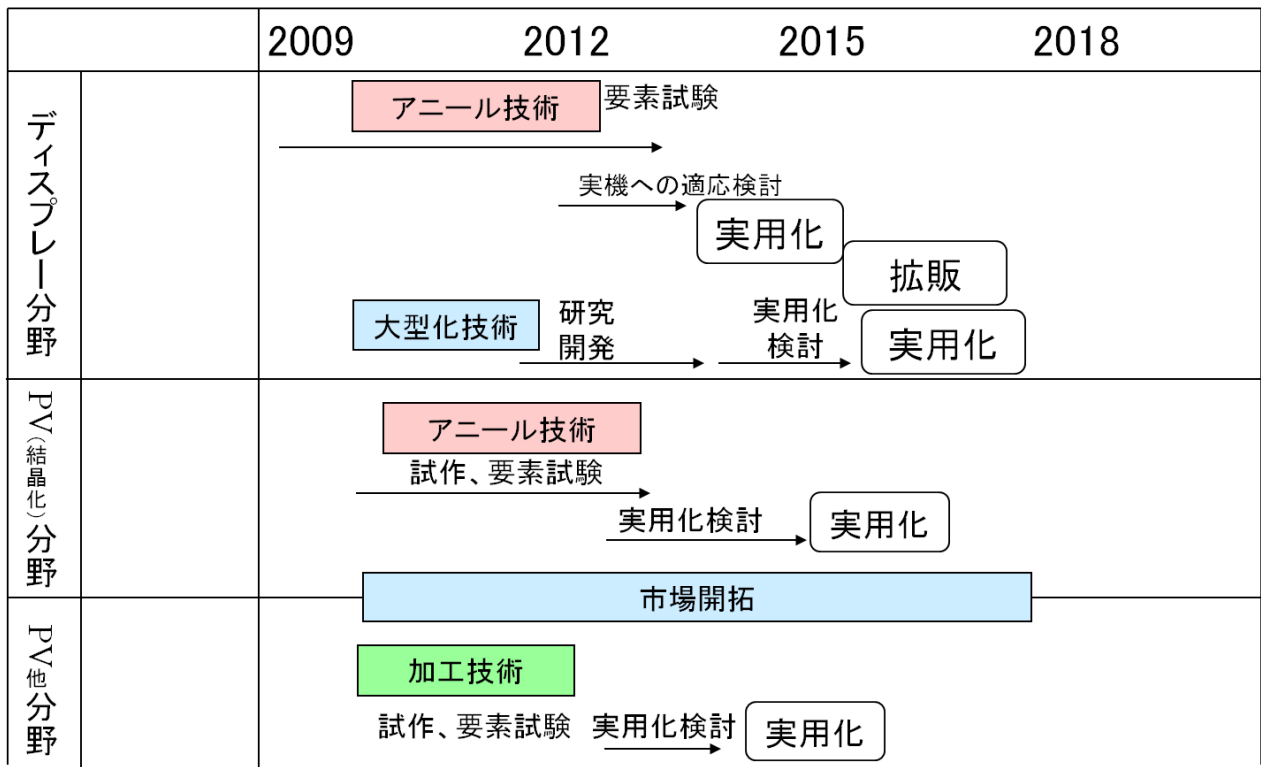


図 IV-2.15-2 多分野に向けたレーザー加工技術の開発ロードマップ

2.16 研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」

「(2) 表面処理技術の開発」

「1) 大型光学部品研磨技術の開発」

(株式会社アルバック)

2.16.1 実用化・事業化の見通し

Ⅲ章のⅢ-17 2.16において、開発成果について述べた。市場動向の情報をタイムリーにキャッチアップして、市場競争力のある装置提案が可能な開発環境を整えるに至ったと考えられる。また、この研磨機器の国内配備では、多くの応用アプリケーションへの展開が可能と思われ、国際的に技術優位の実力が示されるものと考えられる。

事業化への目処として、光学デザイン技術のみならず、実際にあわせて開発された大型異型レンズ研磨装置の開発も成功裏に終える見通しがつき、大型装置への搭載が可能な状況が構築できた。よって、早期のエンドユーザーとのパネル試作レベルでの実験的検討が行えると思われる。

2.16.2 実用化・事業化までのシナリオ

Ⅳ-16 2.15.2 参照。

2.16.3 波及効果

Ⅳ-16 2.15.3 参照。

2.17 研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」

「(2) 表面処理技術の開発」

「1) ビーム評価技術の開発」

(株式会社アルバック)

2.17.1 実用化・事業化の見通し

市場動向を鑑みて、当初の開発計画よりも到達値を大幅に上方修正して対応した。ワイドビームの設計とレンズ研磨に関する所で明らかにした様に、国内の陳腐化した、またはコモディティー化した装置群との決別を明らかにした。

本テーマでは、ワイドビームの300mm幅相当の中間目標に対して進められてきたが、急激な市場変化に伴う変化への対応を優先した。この為、周辺要素の上方修正が負荷となったことでビーム評価機器開発は本年度の後半着手へと優先順位をつけた。しかし、出口イメージを明らかにすることと、タイムリーな市場投入には間に合わせる段取りで対応中である。

2.17.2 実用化・事業化までのシナリオ

IV-16 2.15.2 参照。

2.17.3 波及効果

IV-16 2.15.3 参照。

2.18 研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」

「(3) 粉末成形技術の開発」

(アспект、産総研実施)

2.18.1 実用化・事業化の見通し

現在までのところ開発が順調に進んでいることもあり、早期の実用化が可能となると考えている。実用化としては、当初計画の医療用をはじめ、多様な用途向けへの波及についても後述のようにスムーズな実用化・事業化を目指す。

プロジェクト終了後、量産型造形技術の開発を完了させ、その直後から受託成形の販売活動を進めることにより、開発装置の市場評価を高め、年度末には装置も2台程度の販売を期待している。その後は年に5台から20台程度の販売を見込んでいる。さらに装置販売の台数に応じた材料販売と装置保守の販売も必然的に販売して行く。

実用化、事業化へ向けた技術的な課題と対策として、粉末積層技術に特化した形状やデザインの普及を促進する必要があると考えている。欧米では従来加工法では実現不可能で付加価値の高い形状のデザインへの適用事例などをシンポジウムで発表するなど積極的な活動が既に行われている。国内においてもシンポジウムや展示会などで適用事例を提供することにより、普及促進活動を地道に行う必要がある。並行してユーザーニーズに応じた成形品の品質の安定化を図る必要がある。特に日本のユーザーは保守的で従来加工法で得られる品質が常に保証されていないと新技術の採用にためらう傾向がある。従って、安定した品質が得られる成形条件の確立と、それを担保する評価技術の構築が必須である。さらに実用化、事業化へ非常に重要なのが材料のコストである。いくら付加価値の高い技術でもほぼ同じ形状で同じ品質の部品を作成するのに従来工法の数倍の費用がかかるようでは技術の普及が望めない。樹脂粉末の積層造形事業においても、10年前の材料価格に対して現在はほぼ半額となっているが、マーケットは4倍以上に広がっている。従って、材料メーカーに対して事業開始時期から普及促進のためにマージンを取りすぎないように交渉するとともに、当初は受託造形により普及活動に努め、生産量の拡大により、更なる材料価格の低減を推進していく必要がある。

2.18.2 実用化・事業化までのシナリオ

医療分野、特に人工関節の成形の実用化については、2019年までには医療機関に対し人工関節を提供することを計画している。現在、ある医療機器メーカーが、先端医療開発特区において、「革新的な医療機器の開発」という分野の「生体融合を可能とする人工関節の患者別受注生産モデルの構築」という課題で、人工関節の事業化へ向けて研究を進めている。同社はチタン合金粉末を電子ビームにより直接焼結できる海外メーカー製のラピッドプロトタイピング装置を導入しており、その装置による薬事法の認可の準備を進めている。今回開発している装置では電子ビームではなく、近赤外線レーザーを使用しており方式が異なることから、認可を受けるためには、動物実験（前臨床試験）で有効性や安全性を十分に確認した後に、健康な人やその疾患の患者に対しての治験を実施する必要がある。しかし、同じ材料を使用して同レベル以上の真空度の成形環境で成形された部品の認可は、全く初めて実施するよりも敷居は下がっていると予測している。とは言え、プロ

ジェットの研究開発完了から最低3年は見ておく必要があると考えているが、同社の協力を得て、当該装置により製造された人工関節や人工骨に要求される仕様を実現すべく、必要とされる機能を装置の開発段階から組み込んでおり、比較的順調に進めることができるかと予測している。薬事法の認可を得られた後は同社と協力して人工関節や人工骨を供給・販売開始すると同時に装置や材料を国内外へ販売を推進していく。同社のルートと競合しないエンドユーザーへは販売代理店経由で販売する予定である。

2.18.3 波及効果

一般産業分野における実用化については、2016年までに金属造形の受託造形を提供することを計画している。国内のマーケットは新しい技術に保守的なユーザーが多く、いきなりの装置販売は難しいと考えている。そのため、まずはユーザーが装置を購入せずに金属積層造形による部品を利用、評価できるしくみを提供することにより、普及を促進することが重要である。したがって、AMシンポジウムや設計製造ソリューション展などの展示会において、真空環境下で成形可能な国産の積層造形装置が製品化されたことを発表することで潜在ユーザーの掘り起こしを図る。同時にアспект社の富士技術センターに今回開発した金属造形装置を設置し、ユーザーからのさまざまなデータにより、部品を造形することで徐々に利用者の裾野を拡げていく。

自動車産業ではチタンよりもアルミニウム合金の方が需要が高いと予測される。従って、自動車業界のユーザーと連携しながらアルミ材料の成形技術の確立に向け、試作、要素試験により、実用化を推進する必要がある。幸い粉末成形ワーキンググループには大手自動車メーカーの研究員の方も参画しているので、課題解決のために協力していただけると考えている。

航空宇宙分野では既に2012年から欧米ではジェットエンジンにAM技術の適用が開始されている。特にブレードの部分は高温になるために複雑な冷却構造がブレード内部に組み込まれていることからAM技術を活用したチタン合金の成形が進められている。航空宇宙産業は要求品質が厳しく、品質の安定と安全性の確認に時間がかかると予測しているが、海外では実用化が進んでいくことから、いずれ今回開発した装置と技術が必要とされることは確実であると考えている。

さまざまな一般産業分野への新しい適用事例としてスペアパーツオンデマンドが今後伸びていくと予測している。スペアパーツオンデマンドは保守部品のデータのみ管理しておき、保守部品を必要とときに必要な場所で製作し基本的には保守部品を在庫しないという展開である。国土が狭く資源の無い日本において、いつ使用するかわからない保守部品のために、その部品やその部品を作るための金型を10年以上も保管しなければならないことは非効率的である。さらに保守部品が必要な場所は、保守部品を在庫している場所とは限らないため、当然保管場所から必要とされる場所へ輸送しなければならない。AM技術により必要な部品を必要とときに必要な場所に一番近いAM装置設置で保守部品を製作すれば、金型が不要となり、製造コストの削減のみならず、輸送にかかる費用も最低限となり、省エネ効果とCO2の削減に貢献することが可能となる。

なお、アメリカではH25fyからDOD (Department of Defense)、NASA他の公募により、粉末積層造形法に関するプロジェクトが開始されようとしている。これは約3年間で30

億円相当のプロジェクトであり、医療分野のほか、航空宇宙産業などの分野向けに金属部品等の開発を進めるものである。このようなプロジェクトがドイツでも実施されている模様であり、今後新規の市場の確立が進むと考えられる。特に本積層造形法では、既存の加工技術の切削・プレス成形・鋳造などに比較し、形状の自由度が高く効率を優先した冷却流路内臓部品や軽量構造、さらに緻密体とポーラス体の混合体や傾斜機能材料といった材料構造の選択性等、他の製造技術では実現できない構造を実現できることから、空間的な制約や軽量化が期待されるような航空機、宇宙機器に始まり、自動車、発電設備、化学プラント等への大きな展開が期待できる。展示会等を通じた普及活動により、これらの製品の設計者に新しい積層造形技術を認知してもらい、粉末積層造形法を新しい加工技術の位置づけとして普及し、大きな市場の確保を目指している。

(ロボット・新機械イノベーションプログラム)
「次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト」基本計画

技術開発推進部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

本事業は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）において、我が国のものづくりを支えるコア技術の国際競争力強化を目的とした「ロボット・新機械イノベーションプログラム」の一環として実施するものとする。我が国におけるものづくりは、高精度・高効率の加工技術と高度な材料技術等に支えられ、タクトタイムの短縮、省エネ・省資源の実現等により、製造コストを抑制し、国際競争力のある商品を生み出している。一方で、従来加工技術のブレークスルーとしてかつ先進材料の非接触、高品位、高速加工を実現する技術として、レーザー加工技術が急速な進展を見せており、これまでの生産技術を革新する新しい基盤技術となりつつある。「高出力・高品位」かつ「低コスト」な半導体ファイバーレーザー技術及びそれを利用した加工技術は、低炭素社会の実現に向けた次世代製品の軽量化、高強度化、高機能化に対応した次世代加工技術として期待されている。

②国内外の状況

2001年度以降、我が国においてレーザー技術に関する国家プロジェクトが実施されてこなかった一方で、欧米では莫大な開発予算による国家支援が継続されており、こうした背景を受けて、レーザー技術の最先端領域であり市場拡大が著しい半導体ファイバーレーザーの分野を欧米に席卷されているのが現状である。低炭素社会に資する次世代製品の実現に先進的な我が国ユーザー企業は、レーザー加工装置を海外から調達して、先進材料の新しい加工技術の開発に着手しているものの、装置の導入コスト高、メンテナンスサービスの遅延やコスト高、ブラックボックス化等により、安心して開発が進められないだけでなく、その導入競争においても海外ライバル企業から遅れをとる懸念が生じている。

③本事業のねらい

本事業では、我が国におけるレーザー技術を集積することによって高出力・高品位半導体ファイバーレーザー技術の開発を推進し、他国に先駆けて革新的なものづくり基盤技術として、軽くて強いが加工難易度が極めて高い炭素繊維複合材料等の先進材料の加工や、次世代製品の短時間で高品質な低コスト製造を実現する加工技術の確立を目指す。

④本事業のアウトカム

これらの取り組みにより、高出力半導体ファイバーレーザー及びそれを搭載したレーザー加工機の普及が見込まれ、2030年にレーザー加工機の国内市場を獲得したと想定した場合、約2,200億円の市場が期待される。

(2) 研究開発の目標

本事業では、「ユーザーニーズに適応した」かつ「国際競争力のある」をコンセプトに、高出力・高品位の半導体ファイバーレーザー発振技術及びそれを利用した加工技術を開発する

とともに、次世代製品に向けたレーザー加工の基盤技術を確立する。

具体的な目標としては、プロジェクト3年経過時点において（別紙）研究開発計画の研究開発項目①から③の中間目標を、プロジェクト終了時において（別紙）研究開発計画の研究開発項目の①から③の最終目標を達成することとする。

（3）研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について各項目間の連携にも配慮しながら、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

本研究開発は、実用化まで長期間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する事業であり、原則、委託事業として実施する。ただし、上記以外のもの^(※1)は、共同研究事業（NEDO負担率：2/3）として実施する。

※1 民間企業単独、民間企業のみでの連携、大学等の単独等、産学官連携とならないもの。
[委託事業、（共同研究事業（NEDO負担率：2/3））]

- ① レーザー高出力化技術の開発
- ② レーザー高品位化技術の開発
- ③ 多波長複合加工技術の開発

2. 研究開発の実施方式

（1）研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDOが単独ないし複数の企業、大学等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。）から公募によって研究開発実施者を選定後、必要に応じて共同研究契約等を締結する研究体を構築し、委託（または、共同研究）して実施する。

共同研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、研究体にはNEDOが委託先決定後に委嘱する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

本研究開発の実施にあたっては、NEDO機械システム部が研究開発の進捗を見ながら積極的に関与して推進する。

（2）研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及びプロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。また、外部有識者の意見を運営管理に反映させる。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成22年度から平成26年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成24年度、事後評価を平成27年度に実施し、中間評価結果を踏まえ、必要に応じその結

果を後年度の研究開発に反映することとする。なお、平成26年度までの各年度中に推進委員会等で各研究開発内容を評価し、必要に応じ、プロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他の重要事項

(1) 成果の取扱い

①成果の普及

得られた研究成果については、可能な限り、保有する特許等の活用も含め、NEDO、実施者とも普及に努めるものとする。

②成果の産業化

- a) 実施者は、本研究開発から得られる研究開発成果の産業面での着実な活用を図るため、本研究開発の終了後に実施すべき取組のあり方や研究開発成果の産業面での活用のビジネスモデルを本研究開発の目的・目標に沿って立案するとともに、立案した取組のあり方とビジネスモデルについて、研究開発の進捗等を考慮して、本研究開発期間中に必要な見直しを行う。
- b) 実施者は、上記a)で立案した取組とビジネスモデルを本研究開発終了後、実行に移し、成果の産業面での活用に努めるものとする。

③知的財産権の帰属

委託研究開発（および共同研究）の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第26条の規定等に基づき、原則として、すべて受託先に帰属させることとする。

なお、ユーザーニーズに適應し、かつ国際競争力を有する製品・サービスの構築を見据えた知財管理を適切に行うこととする。

(2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、産業技術政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号二に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 平成22年3月、制定。
- (2) 平成23年3月、研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」の中間目標の変更により、改訂
- (3) 平成24年3月、需給勘定への変更に伴うプロジェクト名及び根拠法、並びに所管部署名の変更による改訂

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目① 「レーザー高出力化技術の開発」

1. 研究開発の必要性

レーザーの発明以来50年が経過してこれまで様々な方式のレーザー技術が開発されてきた。その中で光ファイバー及び半導体レーザーを用いるレーザーの発振方式は、最も高輝度、高効率であり、同等の特性を得るために必要な消費電力も最も小さい。高出力化技術開発では光ファイバーから出射される最大限の特性を持つレーザーの開発を目指す。波長、偏光、空間モード、時間制御を自在に制御できるレーザー技術を、国際的にも競争力があるコストで実現する。開発の成果を根幹に発展させたレーザー技術は、今後幅広い応用が考えられ、低炭素化社会を実現する上で非常に重要であると考えられる。ここでは、光ファイバー及び半導体レーザーを用いるレーザーの高出力化技術開発として(1)半導体レーザーの高出力化技術、高信頼化技術の開発、(2)半導体レーザーのファイバーカップル技術の開発を行う。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 半導体レーザーの高出力化技術、高信頼化技術の開発

半導体レーザーは世界的に高出力化が進んでいる。高出力化には発熱の抑制と、発生した熱の排熱が2大テーマである。発熱抑制について、結晶成長技術及び作製プロセスの開発を行い、従来構造に比べ飛躍的な高出力化を図るための結晶構造、新規素子構造、作製プロセスの検討等により、高出力領域での効率と信頼性を両立した高出力半導体レーザーの実現を目指す。排熱については、これまで培った従来型の放熱技術を取り入れるとともに、最適化を図る。自動組立てが可能な高出力、低コストの半導体レーザーに資する技術開発を行う。

(2) 半導体レーザーのファイバーカップル技術の開発

素子の配置設計、光ファイバー構造の検討を行い、半導体レーザーから発生させたレーザー光を無駄なく光ファイバーに伝送出来る技術を開発する。精密自動制御技術の採用と高速調心ソフト開発により、国際競争力を有する製造プロセスを確立する。

3. 達成目標

(1) 最終目標 (平成26年度)

①半導体レーザーの高出力化技術、高信頼化技術の開発

- ・波長 : 近赤外帯 (研究開発項目②のレーザー励起に適していること。)
- ・シングルエミッタ

出力	: 20 W
電気-光変換効率	: 65%
信頼性 (寿命)	: 50,000 時間以上

- ・アレイ

出力	: 300 W
電気-光変換効率	: 60%
信頼性 (寿命)	: 50,000 時間以上

※アレイにおいて自動組み立てが可能であること。

②半導体レーザーのファイバーカップル技術の開発

- ・シングルエミッタ
ファイバー結合効率（ファイバーコア径 105 μ m、NA0.15 相当）： 90%以上
- ・アレイ
ファイバー結合効率（ファイバーコア径 105 μ m、NA0.15 相当）： 70%以上

(2) 中間目標（平成24年度）

①半導体レーザーの高出力化技術、高信頼化技術の開発

- ・波長：近赤外帯（研究開発項目②のレーザー励起に適していること。）
- ・シングルエミッタ

出力	:	15 W
電気-光変換効率	:	60%
信頼性（寿命）	:	20,000 時間以上

- ・アレイ

出力	:	200 W
電気-光変換効率	:	55%
信頼性（寿命）	:	20,000 時間以上

※アレイにおいて自動組み立てが可能であること。

②半導体レーザーのファイバーカップル技術の開発

- ・シングルエミッタ
ファイバー結合効率（ファイバーコア径 105 μ m、NA0.15 相当）： 80%以上
- ・アレイ
ファイバー結合効率（ファイバーコア径 105 μ m、NA0.15 相当）： 60%以上

4. 特記事項

- (1) 研究開発項目②、③と連携して、レーザー高出力化技術の開発を進めるものとする。
- (2) 研究開発項目③で得られた実証試験の結果をフィードバックしつつ研究開発を実施する。
- (3) 開発成果の有効性を実証できるユーザー機関を協力機関として確保し、適宜開発成果の実証試験を行い、その結果を研究開発項目②、③の開発に対してフィードバックしつつ研究開発を実施するのが望ましい。

研究開発項目② 「レーザー高品位化技術の開発」

1. 研究開発の必要性

CFRP（炭素繊維強化複合材料）に代表される複合材料の切断において、従来のウォータージェットやミリング機械加工は、素材構造の破壊や剥離等の障害が発生するため加工品質が不十分であるばかりでなく、量産に耐えうる生産性の達成が極めて困難である。さらに、複合材料と金属の接合においても既存技術での対応が困難とされている。このように、複合材料の高加工品質と高生産性を両立する新技術の開発が喫緊の課題となっている。機械加工に替わる手法として、金属等の切断、溶接に用いられてきた近赤外～赤外域の連続発振レーザーの適用が試みられているが、低融点材料と高融点材料が混在している複合材料では熱的変性の問題が大きく実用化は困難である。ここでは、加工品質が主にレーザーパルスの諸特性（波長、パルス幅、パルスエネルギー、集光スポットサイズ）に依存し、加工速度が平均出力（パルスエネルギー×繰り返し周波数）に依存することを利用し、複合材料の高加工品質と高生産性の両立を実現する高品位・高出力パルスファイバーレーザーの研究開発を行う。また、そのようなレーザー技術は、フラットパネルディスプレイ、太陽電池等デバイスの表面処理、チタン等の粉末成形に対しても有効である。具体的には、(1) ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術の開発、(2) パルスレーザー増幅（ブースター）技術の開発、(3) 高出力波長変換技術の開発を行う。

2. 研究開発の具体的内容

(1) ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術の開発

任意のパルス波形の発生が可能な光源とパルス波形整形された光をファイバー増幅し、所望のパワーまで出力を向上させるレーザー技術を開発する。本レーザー技術は、研究開発項目①で開発された半導体レーザーモジュールをファイバー増幅段で励起用光源として使用し、構成上後置されるパルスレーザー増幅技術、高出力波長変換技術と組み合わせることを想定している。任意波形制御パルスファイバーレーザー光源出力をパルスレーザー増幅器で増幅出来得る出力まで高めるための希土類元素添加レーザー用ファイバーで構成されるファイバーアンプを開発する。

(2) パルスレーザー増幅（ブースター）技術の開発

ファイバーレーザーからの出力を kW クラスまで増幅するための増幅器（半導体レーザー励起セラミック近赤外固体レーザー増幅器等）を開発する。増幅過程においてビーム品質を維持することにより、2倍高調波及び3倍高調波への波長変換効率のさらなる効率向上を目指す。将来的に実用機に搭載するためには、高効率、コンパクト、低コストのための新たな技術開発が不可欠である。その要求に応えるには、半導体レーザーモジュールの高輝度化による強励起密度の実現、新たなセラミックレーザー技術の開発、十分な冷却性能を有する増幅器構造、及びコンパクトな多重パス増幅光路の検討を行う。また、加工条件の最適化研究に供することを想定しているので、この増幅器には、加工品質及び高生産性に重点を置いた性能が求められる。すなわち、パルス繰り返し周波数は数 kHz～数百 kHz 程度に設定し、加工特性の評価や最適条件出しに必要なパルスエネルギーを比較的小型の増幅器で達成する。パルス幅の可変制御については、ファイバーレーザーの出力パルス幅を変化させることにより対応する。さらに、パルス光源及びファイバーアンプからの出力を増幅後、ビームポインティング安定性及び出力安定性等についての評価を行う。

(3) 高出力波長変換技術の開発

高出力のレーザー光が波長変換結晶に入射すると、波長変換結晶の光吸収による熱発生に伴い結晶内での温度分布が生じるため、2倍高調波及び3倍高調波への変換効率の低下を招く。ここでは、波長変換結晶により高出力レーザー光（基本波）を2倍高調波及び3倍高調波に高効率変換するための技術開発を行う。具体的には、変換効率向上のために、波長変換結晶のマウント技術、冷却方式の最適化技術等の温度分布制御技術の開発を行う。

3. 達成目標

加工目的に適した下記のような性能を達成する一つ又は複数のレーザーを開発すること。

(1) 最終目標（平成26年度）

①ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術の開発

- ・基本波長：1 μm 帯
- ・ビーム品質：シングルモード、 $M^2 < 1.5$
- ・平均出力：10 ～ 200 W
- ・パルス幅：0.5 ～ 200 ns
- ・周波数：1～1,000 kHz

上記①の最終目標は下記条件を満たすことが必須である。ただし、ブースターを用いずに下記②の最終目標が達成できるのであればこの限りではない。

※ブースターの種光として使用できること。ただし、ブースターを用いなくても開発項目③で使用できる場合は、種光として使用できなくても良い。

※開発項目③「多波長複合加工技術の開発」で使用でき、かつパルス波形制御ができること。

②パルスレーザー増幅（ブースター）技術の開発

- ・基本波長：1 μm 帯
- ・平均出力：1 ～ 2 kW
- ・パルス幅：0.5 ～ 100 ns
- ・周波数：1～150 kHz

※開発項目③「多波長複合加工技術の開発」で使用できるコヒーレンス制御が可能であること。

③高出力波長変換技術の開発

- ・kW級基本波パルス光に対して、基本波から2倍高調波への変換効率：30%以上
- ・kW級基本波パルス光に対して、基本波から3倍高調波への変換効率：10%以上

(2) 中間目標（平成24年度）

①ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術の開発

- ・基本波長：1 μm 帯
- ・ビーム品質：シングルモード、 $M^2 < 1.5$
- ・平均出力：5 ～ 100 W
- ・パルス幅：0.5 ～ 200 ns
- ・周波数：1～1,000 kHz

上記①の中間目標は下記条件を満たすことが必須である。ただし、パルスレーザー増幅（ブースター）を用いずに下記②の中間目標が達成できるのであればこの限りではない。

※ブースターの種光として使用できること。ただし、ブースターを用いなくても開発

項目③で使用できる場合は、種光として使用できなくても良い。

※開発項目③「多波長複合加工技術の開発」で使用でき、かつパルス波形制御ができること。

②パルスレーザー増幅（ブースター）技術の開発

- ・基本波長：1 μm 帯
- ・平均出力：200 ～ 700 W
- ・パルス幅：0.5 ～ 100 ns
- ・周波数：1～150 kHz

※開発項目③「多波長複合加工技術の開発」で使用できるコヒーレンス制御が可能であること。

③高出力波長変換技術の開発

- ・数百 W 級基本波パルス光に対して、基本波から 2 倍高調波への変換効率：20%以上
- ・数百 W 級基本波パルス光に対して、基本波から 3 倍高調波への変換効率：6%以上

4. 特記事項

- (1) 研究開発項目①、③と連携して、レーザー高品位化技術の開発を進めるものとする。
- (2) 研究開発項目③で得られた実証試験の結果をフィードバックしつつ研究開発を実施する。
- (3) 開発成果の有効性を実証できるユーザー機関を協力機関として確保し、適宜開発成果の実証試験を行い、その結果を研究開発項目①、③の開発に対してフィードバックしつつ研究開発を実施するのが望ましい。

研究開発項目③ 「多波長複合加工技術の開発」

1. 研究開発の必要性

本プロジェクトで開発するパルスファイバーレーザーの高出力化技術ならびに高品位化技術を実用的に有用なものとするためには、加工機システムとして機能を統合させて最適化するとともに、低炭素社会の実現に向けた製品の軽量化・高強度化、高機能化に大きな期待が寄せられている先進材料の利活用促進に貢献するためのレーザー加工技術を開発する必要がある。特に、先進材料の非接触、高品位、高速加工を実現することによって、従来手法では困難であった精密加工のブレイクスルー技術として実用に耐える次世代レーザー加工技術を確立する。先進材料の加工技術として、(1) 切断接合技術、(2) 表面処理技術、(3) 粉末成形技術の3つの研究開発を行う。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 切断接合技術の開発

CFRP(炭素繊維強化複合材料)等の複合材料は、自動車・航空機等の輸送機器の抜本的軽量化技術として期待されている。しかしながら、異種難削材であることから、革新的な製造技術として高精度な切断・接合技術の開発が要望されており、さらに製品製造タクトタイムの大幅短縮化が喫緊の課題である。本研究開発では、CFRPに代表される複合材料に対して自動車・航空機用途の基材を検討対象とし、高品位・高速のレーザー切断接合技術を開発する。具体的には、中型・小型部材を加工するための高速掃引リモート加工ヘッドの開発、自動車のフードやルーフ等の大型部材の加工を行う高速高精度制御加工ノズルの開発、ならびに、プロセス・評価技術の研究開発を行う。具体的には以下の通り。

①複合材料高速切断接合システム技術の開発

- ・高速掃引リモート加工ヘッドの開発：複合レーザー照射によるリモート加工が可能な複合レーザー加工ヘッドの開発を行う。
- ・高速高精度制御加工ノズルの開発：可動部の軽量化と高剛性化ならびに高速微細加工技術の開発を行う（高速微細加工技術：ワークと加工ノズルのギャップを一定に保つ技術）。

②複合材料加工プロセス・評価技術の開発

- ・多波長複合レーザー加工プロセスの最適化：高品位・高速加工を実現する高速走査重畳照射技術の開発、ならびにインプロセスモニタリング技術を確立する。
- ・レーザー加工に適した CFRP 材料の構造最適化及び加工試料評価技術：レーザー照射時の反応層（熱損傷層）を極力低減する材料構造の最適化、ならびに、加工後試料の特性評価手法を確立する。

(2) 表面処理技術の開発

有機 EL ディスプレイ、液晶ディスプレイに代表されるフラットパネルディスプレイ（以下 FPD）産業は、日本が世界に誇る産業基盤の一つである。次世代の高品位、省エネルギー、高画質 FPD の実現のために、多層膜ガラス基板におけるアモルファスシリコン膜の低温ポリシリコン（LTPS）技術が期待されている。優れた安定性、長寿命の特長を持つ大出力レーザーを用いてアモルファスシリコン膜の安定化多結晶処理を施すことにより、次世代 FPD の課題を達成できると期待されている。また、薄膜系太陽電池（以下 PV）も LTPS 技術の導入が検討されており、太陽電池の特性改善が期待されている。本研究開発では、

高品位なレーザー表面処理技術を開発する。具体的には以下のとおり。

①高度ホモジナイズワイドビーム整形の開発

FPD/PV 作製工程では極めて厳しいレーザー照射均一性が必要である。レーザー照射強度分布は、主に LTPS の多結晶性とその電気特性に影響を与える。ここでは、レーザー照射の均一性向上を目的とした高度ホモジナイズ技術と、ワイドビーム整形光学系の開発を行う。高精度加工された異形レンズ類を多用して加工ワーク近傍までレーザービームをデリバリーし、光学系の最適化を図ることにより、低コストで信頼性のある整形光学系を開発する。

②大型光学部品研磨技術の開発

現在、高精度で表面改質に適した大型異形レンズ加工技術は無い。ここでは、大型異形レンズの研磨加工におけるレンズ表面の粗さ低減を実現するため、研磨機器剛性の検討及び広域軸出し技術を開発し、高品位ワイドビーム整形に寄与する。

③高精度ビーム評価技術の開発

整形される高度なワイドビームの品質は独自に評価しなければならない。ワイドビームの形状を評価し、照射均一性を確保するためのビームプロファイラーの開発を行う。具体的には、ワイドビーム全域に渡り、ビームの集光性、輝度分布、パターンを高速、高分解能で診断する技術を開発する。

(3) 粉末成形技術の開発

省エネルギー・省資源の観点から、製品の軽量化・薄肉化、それに伴う高強度化が進められており、レーザー焼結積層造形法によるチタン合金等の製品の開発や少量多品種生産の需要が年々高まっている。しかしながら、軽量難加工材料であるチタン合金やアルミニウム合金のレーザー焼結積層造形は未だ実現されておらず、我が国産業界の要求仕様に応える技術の開発が急務である。特に、成形サイズ、成形精度、最小成形厚みに関して、実ユーザーの要求を反映した基本プラットフォームの開発が切望されている。本研究開発では、チタン合金等の軽量難加工材料のレーザーによる粉末成形を可能にする基本プラットフォームを開発し、粉末成形の精度向上と高速化を図るものとする。具体的には以下の通り。

①基本プラットフォームの開発及び成形精度の向上と高速化

チタン合金等のレーザー焼結積層造形においては、成形環境をできるだけ真空中に近い状態にする必要がある。ここでは真空中において動作可能な粉末供給システム及び積層システムを開発し、真空チャンバ型の粉末焼結積層造形技術及び基本プラットフォームの開発を行う。基本プラットフォームの開発では、パルスファイバーレーザーに適した光学系システムや効率的なレーザー照射のための予備加熱機構の検討を行うとともに、内部残留応力を軽減するレーザー照射パターンの最適化を行う。次段階として、高性能・高出力パルスファイバーレーザーの搭載による成形の高速化と成形条件の最適化、及びレーザー照射パターンの改善によりさらなる成形精度の向上を図る。

3. 達成目標

(1) 最終目標（平成26年度）

①切断接合技術の開発

- ・切断および接合加工速度：6 m/min 以上（大型部材として 1m 級サイズ以上、中型・小型部材として 50 cm 級サイズ以上の CFRP 基材に対して、基材厚み 3 mm 以上）
- ・加工品位
 - 切断：切断面において反応層の厚みが 100 μ m 以下
 - レーザー切断処理試料の引張り強度を 10%未満の低減に抑制
 - 接合：CFRP と金属板との接合において、凝集剥離で引張りせん断強度 100 MPa 以上（CFRP 基材厚み 3 mm、金属板厚み 2 mm）

②表面処理技術の開発

- ・ワイドビーム：幅 500 mm 以上、集光幅 40 μ m 程度（FWHM）@グリーンレーザー
- ・ビーム照射不均一性： \pm 7%以内（平均強度分布）
- ・ビーム測定精度： \pm 2%以内
- ・測定空間分解能：5 μ m 以下

③粉末成形技術の開発

- ・成形精度の向上と高速化
 - 成形精度： \pm 0.1 mm（100 mm サイズ基準パーツ）
 - 成形時間：16 時間以内（高さ 100 mm サイズ基準パーツ）
 - 引張り強度：チタン合金 840 MPa 以上（生体部品用途）

(2) 中間目標（平成 24 年度）

①切断接合技術の開発

- ・切断および接合加工速度：2 m/min 以上（CFRP 基材厚み 3mm 以上）
- ・加工品位
 - 切断：切断面において反応層の厚みが 500 μ m 以下
 - 引張り強度を 15%未満の低減に抑制
 - 接合：CFRP と金属板との接合において、凝集剥離で引張りせん断強度 50MPa 以上

②表面処理技術の開発

- ・高精度加工された異形レンズ類を用いた高度ホモジナイズ技術（基礎ホモジナイズ光学系技術）とワイドビーム整形光学系技術を開発するとともに、光学シミュレーション技術を確立すること。
- ・大型異形光学部品の研磨加工技術を開発すること。
- ・ワイドビームの形状の評価、及び照射均一性を確保するためのビームプロファイラーを開発すること。

③粉末成形技術の開発

- ・真空下においても動作可能な粉末焼結積層造形機構を開発すること。
- ・異なる発振形式のレーザーを用いた複合レーザー照射方法を確立すること。
- ・複合レーザー照射による粉末積層造形メカニズムを明確にしつつ、加工プロセス（照射条件、予備加熱条件）を最適化すること。
- ・レーザー加工試料の評価技術を構築すること。

4. 特記事項

- (1) 研究開発項目①、②と連携して、レーザー加工技術の開発を進めるものとする。
- (2) 開発成果の有効性を実証できるユーザー機関を協力機関として確保し、適宜開発成果の実証試験を行い、その結果を研究開発項目①、②の開発に対してフィードバックしつつ研究開発を実施するのが望ましい。
- (3) 達成目標にある材料特性値は、米国材料試験協会の ASTM 規格に準拠した試験方法で達成することが望ましい。

特許論文リスト

添付資料2

研究開発項目①「レーザー高出力化技術の開発」
浜松ホトニクス㈱

番号	出願者	出願番号	国内 国外 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	浜松ホトニクス株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開
2	浜松ホトニクス株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開
3	浜松ホトニクス株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開
4	浜松ホトニクス株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開
5	浜松ホトニクス株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開
6	浜松ホトニクス株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開
7	浜松ホトニクス株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開
8	浜松ホトニクス株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開

研究開発項目②「レーザー高品位化技術の開発」
古河電気工業株式会社

番号	出願者	出願番号	国内 国外 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	古河電気工業株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開
2	古河電気工業株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開
3	古河電気工業株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開
4	古河電気工業株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開
5	古河電気工業株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開
6	古河電気工業株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開
7	古河電気工業株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開
8	古河電気工業株式会社	非公開	国内	非公開	出願	非公開	非公開

研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」(切断接合・粉末成形)
技術研究組合 次世代レーザー加工技術研究所

番号	出願者	出願番号	国内 国外 PCT	出願日	状態	名 称	発明者
1	浜松ホトニクス株式会社 (ALPROT)	未定	国内	2012/7月出願予定	出願準備中	レーザー増幅媒質の冷却方法	伊山功一他
2	株式会社アスペクト (ALPROT)	未定	国内	2012/7月出願予定	出願準備中	粉末造形装置	萩原正他
3	ミヤチテクノス株式会社 (ALPROT)	未定	国内	2012/7月出願予定	出願準備中	高出力レーザー用スキャナ装置	長嶋崇弘他

【論文】

研究開発項目①「レーザー高出力化技術の開発」
浜松ホトニクス㈱

番号	所属・発表者	題名	発表誌名	査読	発表年月日
1	浜松ホトニクス株式会社・前田純也、森田剛徳、宮本昌浩、宮島博文、吉田治正	ファイバレーザー励起用半導体レーザーの開発動向	レーザー加工学会誌	有	2012/3/
2	HAMAMATSU PHOTONICS K.K.・Akira Higuchi, Hideyuki Naito, Kousuke Torii, Masahiro Miyamoto, Junya Maeda, Takenori Morita, Hirofumi Miyajima, and Harumasa Yoshida	High power density vertical-cavity surface-emitting lasers with ion implanted isolated current aperture,	Optics Express	有	2012/2/6
3	HAMAMATSU PHOTONICS K.K.・Nobuto Kageyama, Takenori Morita, Kousuke Torii, Motoki Takauji, Takehito Nagakura, Junya Maeda, Hirofumi Miyajima, Harumasa Yoshida	Newly developed high power laser diode bars	Proc. SPIE, 8241	有	2012/1/30
4	HAMAMATSU PHOTONICS K.K.・Nobuto Kageyama, Kousuke Torii, Takenori Morita, Motoki Takauji, Takehito Nagakura, Junya Maeda, Hirofumi Miyajima, Harumasa Yoshida	Efficient and reliable high power laser diode bars with low smile implementation.	IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS	有	2012/5/11
5	HAMAMATSU PHOTONICS K.K.・Hideyuki Naito, Masahiro Miyamoto, Yuta Aoki, Akira Higuchi, Kousuke Torii, Takehito Nagakura, Takenori Morita, Junya Maeda, Hirofumi Miyajima, Harumasa Yoshida	Short-Pulse Operation of a High Power-Density Proton-Implanted Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser Array	Applied Physics Express	有	2012年 accept済

研究開発項目②「レーザー高品位化技術の開発」(パルス制御、ブースター、波長変換)
大阪大学

番号	所属・発表者	題名	発表誌名	査読	発表年月日
1	阪大レーザー研 吉田英次他	Yb添加大口径ホトニッククリスタルファイバーを用いた高ピーク、高平均出力MOPAレーザーシステムの開発	レーザー研究	有	2012.6投稿中

研究開発項目③「レーザー高品位化技術の開発」
古河電気工業株式会社

番号	所属・発表者	題名	発表誌名	査読	発表年月日
1	古河電気工業株式会社 藤崎 晃	加工用ファイバレーザーの基礎と応用	応用物理2011年12月号	無し	2011/12/1
2	古河電気工業株式会社 藤崎 晃	シングルモードファイバレーザーの開発と加工事例	レーザー加工学会誌2012年	無し	2012/2/1
3	古河電気工業株式会社 藤崎 晃	シングルモードファイバレーザーの特性と加工応用	OplueE 2011年11月号	無し	2012/11/1
4	古河電気工業株式会社 藤崎 晃	シングルモードファイバレーザーの開発と加工事例	レーザー協会誌2012年2	無し	2012/2/1

研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」(切断接合・粉末成形)
技術研究組合 次世代レーザー加工技術研究所

番号	所属・発表者	題名	発表誌名	査読	発表年月日
1	産総研、ALPROT 新納 弘之、黒崎諒三	Laser cutting of carbon fiber reinforced plastics (CFRP) by UV pulsed laser ablation	Proc. of SPIE Vol. 7920 792019-1 (2011)	有	2011/5
2	産総研、ミヤチテクノス(株)、新日本工機(株)、三菱化学、ALPROT 新納弘之、川口喜三、佐藤正健、奈良崎愛子、黒崎諒三、原田祥久、中山伸一、加瀬純平、松下正文、古川航一、西野充晃	炭素繊維強化樹脂(CFRP)のレーザー精密加工	平成23年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集、OS11-5、p.956-959(2011)	無	2011/9
3	産総研、ALPROT、筑波大学 Y.Harada, K. Kawai, T.Suzuki, T.Teramoto	Evaluation of Cutting Process on the Tensile and Fatigue strength of CFRP Composites	Materials Science Forum, 06-709 (2012), pp.649-654	有	2012/1
4	産総研、ALPROT 新納弘之	特集「レーザー精密加工の最新動向」:総論	オプトロニクス2011年11月号、p.86-89(2011)	無	2011/11
5	ALPROT、産総研、三菱化学、筑波大学 Y. Harada, K. Kawai, M. Nishino, H. Niino, T. Suzuki and T. Teramoto	Effect of Fiber Orientation on Tensile Properties of Carbon Fiber Reinforced Plastic (CFRP) using Laser Cutting Process	Proceedings of 12th Japan International SAMPE Symposium & Exhibition (JISSE12), (2011), PMC-3.	有	2011/11
6	産総研、ALPROT Y. Harada, T. Suzuki, M. Nishino, H. Niino	Investigation on the Tensile Strength of CFRP/CFRTP Manufacturing using High-Power Lasers	Proceedings of International Symposium on Laser Processing for CFRP and Composite Materials, p.4-4 (2012).	有	2012/4
7	ALPROT、三菱化学、産総研 西野充晃、原田祥久、鈴木隆之、新納弘之	Acoustic damage detection in laser-cut CFRP composite materials	Proc. of SPIE, vol. 8243, p.82431C-1 (2012)	有	2012/5
8	ALPROT、産総研、三菱化学、筑波大学 Y. Harada, T. Ito, T. Suzuki, M. Nishino, H. Niino, T. Teramoto	Environmental Effects on Mechanical Behavior of CFRP using Laser Cutting Process	Proceedings of 15th European Conference on Composite Materials, (2012)	有	2012/6
9	ALPROT、産総研、アスペクト 中野禪、堀場欣紀、松崎邦男、佐々雅祥、清水透、萩原正	レーザー応用粉末積層造形法による金属成形装置の開発	平成24年度塑性加工春季講演会講演論文集	無	2012/6
10	ALPROT、AIST Osamu Matsumoto, Hiroyuki Niino, Hitoshi Ogata	High-power Pulsed Fiber Laser and Processing Technology Project	Proceedings of LPM2012 - the 13th International Symposium on Laser Precision Microfabrication	無	2012/7

【研究発表・講演】

研究開発項目①「レーザー高出力化技術の開発」
浜松ホトニクス(株)

番号	所属・発表者	題名	発表会・講演会名	発表・講演日
1	浜松ホトニクス株式会社・前田純也、鄭宇進、桂祐樹、森田剛徳、宮本昌浩、宮島博文、吉田治正	ファイバーレーザー用半導体レーザーの開発動向について	シンポジウム「パワーファイバーレーザーとその産業応用」【依頼講演】	2011/4/22
2	HAMAMATSU PHOTONICS K.K.・Nobuto Kageyama, Takenori Morita, Kousuke Torii, Motoki Takauji, Takehito Nagakura, Junya Maeda, Hirofumi Miyajima, Harumasa Yoshida	Newly developed high power laser diode bars	SPIE Photonics West 2012【発表審査有・口頭発表】	2012/1/22
3	浜松ホトニクス株式会社・影山進人、森田剛徳、鳥井康介、高氏基喜、長倉建人、前田純也、宮島博文、吉田治正	900nm帯高出力LDバーの開発	レーザー学会学術講演会第32回年次大会	2012/1/31
4	浜松ホトニクス株式会社・樋口彰、宮本昌浩、内藤秀幸、鳥井康介、青木優太、前田純也、森田剛徳、吉田治正、宮島博文	高輝度面発光レーザーの開発	レーザー学会学術講演会第32回年次大会	2012/1/31
5	浜松ホトニクス株式会社・前田純也、遠藤和幸、森田剛徳、宮本昌浩、宮島博文、吉田治正	ファイバ結合型ブロードエリア半導体レーザーの開発	レーザー学会学術講演会第32回年次大会	2012/1/31
6	HAMAMATSU PHOTONICS K.K.・Junya Maeda, Takenori Morita, Kazuyuki Endo, Kousuke Torii, Masahiro Miyamoto, Hirofumi Miyajima, Harumasa Yoshida	Investigation of High Efficiency Fiber-coupled Laser Diode Modules for Fiber Laser Pumping	The 1st Advanced Laser and Photon Sources (ALPS'12)【発表審査有・口頭発表】	2012/4/27
7	HAMAMATSU PHOTONICS K.K.・Takenori Morita, Nobuto Kageyama, Kousuke Torii, Takehito Nagakura, Motoki Takauji, Junya Maeda, Masahiro Miyamoto, Hirofumi Miyajima, Harumasa Yoshida	Developments of High-Power 9xx-nm Single Emitter Laser Diodes and Laser Diode Bar,	2012 IEEE Photonics Society Summer Topical Meetings【発表審査有・口頭発表】	2012/7/10予定
8	HAMAMATSU PHOTONICS K.K.・Takenori Morita, Takehito Nagakura, Kousuke Torii, Motoki Takauji, Junya Maeda, Masahiro Miyamoto, Hirofumi Miyajima, Harumasa Yoshida	High-Power and High-Efficiency 915 nm Broad-Area Laser Diodes with Window Structure	23rd IEEE International Semiconductor Laser Conference【発表審査有・口頭発表】	2012/10/9予定
9	吉田治正、森田剛徳、宮本昌浩、前田純也、宮島博文	加工レーザー開発	次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト「ユーザー連携実用化推進シンポジウム(成果(中間)報告会)」	2012/7/30予定

研究開発項目②「レーザー高品位化技術の開発」(パルス制御、ブースター、波長変換)
大阪大学(レーザー研)

番号	所属・発表者	題名	発表会・講演会名	発表・講演日
1	阪大レーザー研 Ravi Bhushan他	パルスレーザー増幅技術の開発(1)	第72回応用物理学会学術講演会	2011/8/30

2	阪大レーザー研 伊山功一他	パルスレーザー増幅技術の開発(2)	第72回応用物理学学会学術講演会	2011/8/30
3	阪大レーザー研 吉田英次他	高出力パルス動作 Ybファイバーレーザーシステム	レーザー学会学術講演会 第32回年次大会	2012/1/30
4	阪大レーザー研 伊山功一他	パルスレーザー増幅技術の開発(3)	第59回応用物理学関係連合講演会	2012/3/15
5	ALPROT, 片岡製作所 山村健他	高出力パルス動作 Ybファイバーレーザーシステムの開発	第59回応用物理学関係連合講演会	2012/3/16
6	ILE, Osaka Univ. H.Yoshida et al.	High-peak and high-average-power polarization-maintained Yb-doped PCF fiber laser system	Advance Lasers and Photon Source 2012	2012/4/27
7	ILE, Osaka Univ. R.Bhushan et al.	Development of a Compact Diode Pumped High Power Nd:YAG Amplifier	Advance Lasers and Photon Source 2012	2012/4/27
8	ILE, Osaka Univ. K.Tsubakimoto et al.	240W, 10kHz Green Laser from Harmonic Converted Nd:YAG MOPA	Advance Lasers and Photon Source 2012	2012/4/27
9	ILE, Osaka Univ. H.Fujita et al.	High-repetition and high-average-power Nd:YAG amplifier pumped by 4-kW LDs	Advance Lasers and Photon Source 2012	2012/4/27
10	ILE, Osaka Univ. H.Fujita et al.	High-repetition and High-average-power Nd:YAG Active Mirror Amplifier Pumped by High Power LDs	The 8th Asia Pacific Laser Sinposium	2012/5/29

研究開発項目②「レーザー高品位化技術の開発」(パルス制御、プースター、波長変換)
大阪大学(接合研)

番号	所属・発表者	題名	発表会・講演会名	発表・講演日
1	接合研 塚本雅裕	産学連携による多波長複合レーザー加工技術開発への取り組み	第75回レーザー加工学会講演会	2011/5/11
2	接合研 塚本雅裕, 阿部信行	産学連携による高出力レーザー加工基盤技術開発への取り組み	第8回 スマートプロセス研究センター産学連携シンポジウムー 産学連携の最新成果とスマートプロセス研究の新シーズー	2011/6/20
3	接合研 塚本雅裕	産学連携による高出力レーザー加工技術開発への取り組み	第10回レーザー学会「マイクロ固体フォトニクスの新展開ージャイアントマイクロフォトニクスの創成ー」専門委員会 第2回「ジャイアントマイクロフォトニクス II」研究会	2011/7/29
4	接合研 塚本雅裕	「次世代レーザー加工」特集号によせて	レーザー研究, 39, 9 (2011), 672-673.	2011/9/1

5	接合研 塚本雅裕	産学連携による次世代レーザー加工基盤技術開発への取り組み	レーザー学会、第419回 研究会「レーザー加工」	2011/10/17
6	接合研,2)近畿大学,3)レーザー総研 中井一樹, 2)成山達也, 2)中野人志, 塚本雅裕, 升野振一郎, 高橋謙次郎, 阿部信行, 3)藤田雅之	ナノ秒レーザーによる炭素繊維強化プラスチックの高品質加工	(社)高温学会 平成23年度秋季総合学術講演会	2011/11/21
7	接合研 塚本雅裕	次世代レーザー加工技術開発大型プロジェクト	日本光学会年次学術講演会	2011/11/29
8	接合研 塚本雅裕	紫外線ナノ秒レーザーを用いた炭素繊維強化プラスチック基板の切断	第76回レーザー加工学会講演会	2011/12/5
9	接合研,2)近畿大学,3)レーザー総研 2)成山達也, 2)中野人志, 塚本雅裕, 升野振一郎, 高橋謙次郎, 阿部信行, 中井一樹, 3)藤田雅之	炭素繊維強化プラスチックの高品質加工のためのナノ秒レーザー照射	第76回レーザー加工学会講演会	2011/12/5
10	接合研 塚本雅裕	期待される次世代加工用レーザー	先端光テクノロジー展2011	2011/12/9
11	接合研,2)近畿大学,3)レーザー総研 中井一樹, 2)成山達也, 2)中野人志, 塚本雅裕, 升野振一郎, 高橋謙次郎, 阿部信行, 3)藤田雅之	短パルスレーザーによる炭素繊維強化プラスチックの高品質加工 I - 熱硬化性樹脂により成形した炭素繊維クロス材の加工特性 -	レーザー学会学術講演会第32回年次大会 (TKP仙台カンファレンスセンタ、仙台)	2012/1/31
12	接合研,2)近畿大学,3)レーザー総研 2)成山達也, 2)中野人志, 塚本雅裕, 升野振一郎, 高橋謙次郎, 阿部信行, 中井一樹, 3)藤田雅之	短パルスレーザーによる炭素繊維強化プラスチックの高品質加工 II - 熱可塑性樹脂により形成したチョップド材の加工特性 -	レーザー学会学術講演会第32回年次大会 (TKP仙台カンファレンスセンタ、仙台)	2012/1/31
13	接合研 塚本雅裕	レーザー加工プロジェクト	大阪大学光科学研究企画 ワーキング/レーザー加工計測コンソーシアム	2012/2/11
14	接合研 塚本雅裕	産学連携による高出力レーザー加工技術開発	2011(平成23)年度第4回 光材料・応用技術研究会「レーザー非線形光学技術」	2012/3/2
15	接合研 塚本雅裕	期待される次世代加工用レーザー	レーザープラットフォーム協議会平成23年度第3回フォーラム「次世代レーザーによる高品質加工」	2012/3/13
16	接合研 塚本雅裕	CFRP切断技術について「短パルスレーザーを用いた炭素繊維強化プラスチック材料加工」	レーザー学会第10回「次世代産業用レーザー専門委員会」(㈱アマダ富士宮事業所、静岡)	2012/3/30
17	Joining and Welding Research Institute, Osaka University,2)Department of Electric and Electronic Engineering, Kinki University,3)Institute of Laser Technology K. Takahashi, S. Masuno, M.Tsukamoto, K. Nakai, 2)T. Nariyama, 2)H. Nakano, 3)M. Hujita	Study in 2nd and 3rd Harmonic Generations from the Fiber Laser and the CFRP Processing with the Laser Light	LPCC2012	2012/4/27
18	接合研 塚本雅裕	次世代レーザー加工の動向 - レーザの未来への可能性	AMADA Innovation Fair 2012 in Global 併催テクニカルセミナー	2012/5/18

研究開発項目②「レーザー高品位化技術の開発」
古河電気工業株式会社

番号	所属・発表者	題名	発表会・講演会名	発表・講演日
1	古河電気工業株式会社 藤崎 晃	シングルモードファイバ レーザーの開発と加工事例	LASR EXPO シンポジウム	2011/4/22
2	古河電気工業株式会社 藤崎 晃	シングルモードファイバ レーザーの特性と加工事例	レーザー学会第419研究会	2011/10/17
3	古河電気工業株式会社 藤崎 晃	シングルモードファイバ レーザーの特性と加工事例	レーザー学会東京支部 第13回 先進レーザー応用技術セミナー	2011/10/28
4	古河電気工業株式会社 柏木孝介	high power single mode fiber laser and a multimode delivery cable	Photonics West 2012 LASE	2012/1/29
5	古河電気工業株式会社 藤崎 晃	シングルモードファイバ レーザーの技術と加工応用	レーザー学会学術講演会第32 回年次大会シンポジウム	2012/2/1

研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」(切断接合・粉末成形)
技術研究組合 次世代レーザー加工技術研究所

番号	所属・発表者	題名	発表会・講演会名	発表・講演日
1	産総研 新納弘之	グリーンイノベーションを 実現するレーザープロセッ シング技術	第58 回応用物理学関係連合講 演会シンポジウム	2011/3/24
2	ALPROT 尾形仁士	次世代レーザー加工プロ ジェクト	レーザー EXPO 光科学フォー ラムサミット(パシフィック横浜、神 奈川)	2011/4/21
3	ALPROT 神谷保	ALPROTの多波長複合 レーザー加工技術開発へ の取り組み	レーザー EXPO シンポジウム (パシフィック横浜、神奈川)	2011/4/22
4	ALPROT 松本 修	レーザーによる新産業創 成-次世代レーザー加工 技術プロジェクト	レーザー学会総会(ホテル阪急 エキスポパーク、大阪)	2011/5/25
5	ALPROT 神谷保	1.5 kWパルスレーザーの概 要(国プロレーザー開発の概 要)	中部レーザー応用技術研究会 第 80回研究会(特別講演会)名古 屋大学VBL3階 ベンチャーホー ル	2011/5/25
6	産総研,筑波大学 Y.Harada, T.Suzuki and T.Teramoto	Evaluation of Cutting Process on the Tensile and Fatigue strength of CFRP Composites	THERMEC' 2011, International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials, (Quebec, Canada), COMP-1-5	2011/8/1
7	浜松ホトニクス、レーザー研、レー ザー総研 伊山 功一、Ravi Bhushan、古河 裕之、椿本孝治、吉田英次、藤田 尚徳、藤田雅之、宮永憲明	パルスレーザー増幅技術 の開発(2)	第72 回応用物理学学会学術講演 会(山形大学、山形)、30p-J-8	2011/8/30

8	ALPROT、産総研、ミヤチテクノス、新日本工機、三菱化学 新納弘之、川口喜三、佐藤正健、奈良崎愛子、黒崎諒三、原田祥久、中山伸一、加瀬純平、松下正文、古川航一、西野充晃	炭素繊維強化樹脂(CFRP)のレーザー精密加工	平成23年電気学会 電子・情報・システム部門大会(富山大学、富山)、OS11-5	2011/9/9
9	新納弘之 産総研	炭素繊維強化樹脂(CFRP)のレーザー精密加工	第5回複合材加工技術研究部会(栃木県産業技術センター、栃木)	2011/10/4
10	ALPROT、産総研、三菱化学、筑波大学 原田祥久、鈴木隆之、新納弘之、川井恭平、寺本徳郎、西野充晃	PAN系炭素繊維強化プラスチックの引張破壊特性とレーザー加工の影響	日本金属学会2011年秋期(第149回)大会(沖縄コンベンションセンター、沖縄)No.35	2011/11/8
11	ALPROT、産総研、三菱化学、筑波大学 Y. Harada, K. Kawai, M. Nishino, H. Niino, T. Suzuki and T. Teramoto	Effect of Fiber Orientation on Tensile Properties of Carbon Fiber Reinforced Plastic (CFRP) using Laser Cutting Process	12th Japan International SAMPE Symposium & Exhibition (JISSE12)、(東京ファッションタウンビル、東京)、PMC-3.	2011/11/9
12	ALPROT、産総研、ミヤチテクノス、新日本工機、三菱化学 H. Niino, Y. Kawaguchi, T. Sato, A. Narazaki, R. Kurosaki, Y. Harada, S. Nakayama, J. Kase, M. Matsushita, K. Furukawa, and M. Nishino	Laser cutting of carbon fiber reinforced plastics (CFRP)	11th INTERNATIONAL CONFERENCE ON LASER ABLATION(COLA2011), (Cancún, México), No.314	2011/11/14-17
13	ALPROT、産総研、三菱化学 原田祥久、鈴木隆之、新納弘之、西野充晃	レーザー加工後のCFRP強度特性評価	レーザー加工学会第76回講演会、東京大学生産技術研究所	2011/12/5
14	ALPROT、産総研、筑波大学 原田祥久、伊藤泰亮、鈴木隆之、寺本徳郎1,3	炭素繊維複合材料のレーザー加工と高温湿度環境耐久性評価技術	TXテクノロジー・ショーケース in つくば 2012(つくば国際会議場、茨城)、P-90	2012/1/13
15	ALPROT、産総研、アスペクト 中野禪、清水透、松崎邦男、堀場 欣紀、佐々 雅祥、萩原 正	真空中におけるチタン粉末レーザー積層造形	第2回AMシンポジウム 東京大学生産技術研究所 コンベンションホール	2012/1/25
16	ALPROT、産総研、三菱化学 西野充晃、原田祥久、鈴木隆之、新納弘之	Acoustic damage detection in laser-cut CFRP composite materials	PhotonicsWest2012国際会議(米国サンフランシスコ、モスコーン会議場)8243-49	2012/1/24
17	ALPROT、産総研、ミヤチテクノス、新日本工機、三菱化学 新納弘之、川口喜三、佐藤正健、奈良崎愛子、黒崎諒三、原田祥久、中山伸一、加瀬純平、松下正文、古川航一、西野充晃	Laser cutting of carbon fiber reinforced plastics (CFRP)	PhotonicsWest2012国際会議(米国サンフランシスコ、モスコーン会議場) 8243-42	2012/1/24
18	ALPROT、産総研、三菱化学 原田祥久、鈴木隆之、新納弘之、西野充晃	CFRPのレーザー加工技術とその強度特性評価に関する研究	レーザー学会学術講演会第32回年次大会、TKP仙台カンファレンスセンター	2012/1/30

19	新納弘之, 川口喜三, 佐藤正健, 奈良崎愛子, 黒崎諒三, 原田祥久, 長嶋崇弘, 加瀬純平, 松下正文, 古川航一, 西野充晃 ALPROT、産総研、ミヤチテクノス、新日本工機、三菱化学	炭素繊維強化樹脂のレーザー精密加工	レーザー学会学術講演会第32回年次大会、TKP仙台カンファレンスセンター、D.30pII-7	2012/1/30
20	産総研 新納弘之	炭素繊維強化樹脂のレーザー精密加工	産総研・電子光技術研究部門第1回電子光技術シンポジウム(産総研・臨海副都心センター別館)	2012/2/22
21	ALPROT 神谷保	ALPROTの多波長複合レーザー加工技術開発	産総研・電子光技術研究部門第1回電子光技術シンポジウム(産総研・臨海副都心センター別館)	2012/2/22
22	片岡製作所、レーザー研、接合研、レーザー総研 山村健、吉田英次、石川正博、椿本孝治、藤田尚徳、宮永憲明、塚本雅裕、酒川友一	高出力パルス動作Ybファイバーレーザーシステムの開発	第59回応用物理学会学術講演会(早稲田大学)	2012/3/15-18
23	浜松ホトニクス、レーザー研、レーザー総研伊山功一, Ravi Bhushan, 古河裕之, 椿本孝治, 吉田英次, 藤田尚徳, 藤田雅之, 宮永憲明	パルスレーザー増幅技術の開発(3)	第59回応用物理学関係連合講演会(早稲田大学早稲田中・高等学校 興風館)15p-GP6-8	2012/3/15
24	産総研、ALPROT Y. Harada, T. Suzuki, M. Nishino, H. Niino	Investigation on the Tensile Strength of CFRP/CFRTP Manufacturing using High-Power Lasers	International Symposium on Laser Processing for CFRP and Composite Materials(パシフィコ横浜、神奈川)	2012/4/27
25	ALPROT、産総研 新納弘之	レーザー加工技術の発展とイノベーションネットワークの構築	光エレクトロニクス第130委員会第282回研究会(森戸記念館、飯田橋)	2012/5/16
26	ALPROT、産総研、アスペクト 清水透、中野禪、松崎邦男、堀場欣紀、佐々 雅祥、萩原 正	チタン製品のレーザー積層造形(SLM)と造形雰囲気と製品に与える影響	粉体粉末冶金協会平成24年度春季大会(京都工芸繊維大学)	2012/5/23
27	ALPROT、産総研、アスペクト 清水透、中野禪、松崎邦男、堀場欣紀、佐々 雅祥、萩原 正	レーザー応用粉末積層造形法による金属成形装置の開発	平成24年度塑性加工春季講演会(コマツウエイ総合研修センター/石川県こまつ芸術劇場うらら)	2012/6/7
28	ALPROT 松本 修	High-power Pulsed Fiber Laser and Processing Technology Project	13th International Symposium on Laser Precision Microfabrication June 12-15, 2012, The Catholic University of America, Washington, DC	2012/6/12
29	ALPROT、産総研、三菱化学、筑波大学 Y. Harada, T. Ito, T. Suzuki, M. Nishino, H. Niino, T. Teramoto	Environmental Effects of Mechanical Behavior of CFRP using Laser Cutting Process	15th European Conference on Composite Materials (ECCM15), (Venice, Italy)	2012/6/27
30	筑波大、産総研、ALPROT、三菱化学 川井恭平、原田祥久、鈴木隆之、寺本徳郎、西野充晃、新納弘之	高出力レーザー加工を用いた炭素繊維強化複合材料の劣化・損傷機構	日本保全学会・第9回学術講演会、(一橋大学一橋講堂、東京)、E3-4	2012/7/27

【展示会】

研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」(切断接合・粉末成形)
技術研究組合 次世代レーザー加工技術研究所

番号	所属	展示会名	出願日
1	産業技術総合研究所	産総研オープンラボ	2011/10/13~10/14
2	株式会社アспект	第23回設計・製造ソリューション展	2012/6/20~6/22

事前評価書（案）

		作成日	平成22年1月5日
1. 事業名称	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 (ロボット・新機械イノベーションプログラム)		
2. 推進部署名	機械システム技術開発部		
3. 事業概要	<p>(1) 概要：</p> <p>我が国における低炭素社会の実現に向けた次世代製品の軽量化・高強度化、高機能化に対応した加工技術の確立が求められている。次世代レーザー加工技術は、従来加工技術のブレイクスルーとして、先進材料の非接触、高品位、高速加工を実現する技術として期待されている。また、我が国の製造業における国際競争力の維持・強化、技術安全保障などの観点からも次世代レーザーの技術開発を国として取り組む必要性に迫られている。本事業では、「ユーザーニーズに適応した」かつ「国際競争力のある」半導体ファイバーレーザー発振技術及びそれを利用した加工技術の研究開発を下記の開発項目により実施する。</p> <p>① レーザー高出力化技術の開発 ② レーザー高品位化技術の開発 ③ 多波長複合加工技術の開発</p> <p>(2) 事業規模：総事業費35億円（平成22年度事業費7億円）（予定） (3) 事業期間：平成22年度～26年度（5年間）</p>		
4. 評価の検討状況			
<p>(1) 事業の位置付け・必要性</p> <p>我が国におけるものづくりは、高精度高効率の加工技術と高度な材料技術などに支えられ、タクトタイムの短縮、省エネ・省資源の実現等により、製造コストを抑制し、国際競争力のある商品を生み出している。最近では、低炭素社会の実現に向けた次世代製品の軽量化・高強度化、高機能化に対応した次世代加工技術の必要性が年々高まっている。一方で、従来加工技術のブレイクスルーとして、先進材料の非接触、高品位、高速加工を実現する技術としてレーザー加工技術が急速な進展を見せており、これまでの生産技術を革新する新しい基盤技術となりつつある。日本のレーザー開発は、経済産業省の大型開発プロジェクトだけでも、1977年～2001年にかけてCO₂レーザー等の継続的な開発を行ってきた。海外では、産業技術としてのみならず、軍事技術としても盛んに研究開発が進められ、産業応用される中で、このような国家プロジェクトの取り組みにより、わが国のレーザー加工技術はかろうじて先行団の一角に位置し、わが国製造業の技術競争力を下支えしてきた。しかしながら、わが国での2001年度以降レーザー技術に関する国家プロジェクトが実施されてこなかった一方で、欧米では国家支援が継続されてきており、こうしたことを背景として、レーザー技術の最先端領域であり、市場拡大が著しい半導体・ファイバーレーザーの分野では欧米に席卷されているのが現状である。近年、産業用レーザー市場は海外で拡大し続けているものの、我が国は、装置コスト、メンテナンスコスト、レーザー加工技術等の開発面で大きく遅れをとっている。そのため我が国に導入されている有望なレーザー発振器は、ほぼ海外製であり完全にブラックボックス化されていることから、導入してもメンテナンス等を海外企業に頼らざるを得ない。このままでは我が国のレーザー技術の空洞化が懸念され、革新的な部材の製造ができて自力で次世代製品を製造できないという事態に陥る可能性があり、我が国の製造業における国際競争力の維持・強化、技術安全保障などの観点からも次世代レーザーの技術開発を国として取り組む必要性に迫られている。</p>			

そこで本プロジェクトでは、我が国におけるレーザー技術を集積することによって半導体ファイバーレーザー技術の開発を推進し、他国にはまねができない革新的なものづくり基盤技術として、軽くて強いが加工難易度が極めて高い炭素繊維複合材料等の先進材料の加工や、次世代製品の短時間で高品質な低コスト製造を実現する加工技術の確立を目指す。これにより本プロジェクト成果を活用した半導体ファイバーレーザー及びそれを搭載したレーザー加工機の実用化・事業化が見込まれ、レーザー加工機の国内市場を獲得したと想定した場合、約2,300億円の市場が期待される。

(2) 研究開発目標の妥当性

<目標>

本プロジェクトでは、「ユーザーニーズに適応した」かつ「国際競争力のある」をコンセプトに、高出力・高品位の半導体ファイバーレーザー発振技術及びそれを利用した加工技術を開発するとともに、次世代製品に向けたレーザー加工の基盤技術を確立する。

具体的には、以下の通り。

- ① レーザー高出力化技術の開発：半導体レーザーの高出力化技術及び高信頼化技術、半導体レーザーのファイバーカップル技術
- ② レーザー高品位化技術の開発：ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術、パルスレーザー増幅技術、高出力波長変換技術
- ③ 多波長複合加工技術の開発：切断接合技術、表面処理技術、粉末成形技術

<妥当性>

低炭素社会の実現に向けた次世代製品の軽量化・高強度化、高機能化が進む中、短時間で高品質な低コスト製造を実現する手段として、レーザー加工技術は必要不可欠であり、高出力・高品位の半導体ファイバーレーザー発振技術及びそれを利用した加工技術の開発は必須である。研究開発目標には、次世代の半導体ファイバーレーザーの産業化に向けて必要となる技術課題が抽出されている。

(3) 研究開発マネジメント

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、公募により最適な垂直統合型研究開発体制を構築し、経済産業省及びプロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。また、適宜外部有識者の意見を運営管理に反映させる。

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成24年度、事後評価を平成27年度に実施し、中間評価結果を踏まえ、必要に応じその結果を後年度の研究開発に反映することとする。なお、平成26年度までの各年度中に推進委員会等で各研究開発内容を評価し、必要に応じ、プロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

(4) 研究開発成果

本事業により得られた研究開発成果は、自動車・航空機、環境・エネルギー、情報家電、医療・福祉等の先端基盤技術のみならず、産業全体に幅広く波及効果が期待できる。

具体的には、低コストかつ高出力・高品位な励起用半導体光源やファイバーレーザー、及びそれを搭載した加工システムが市場に投入され、革新的なレーザー加工の実現とともに、低炭素社会の実現に向けて貢献が期待される炭素繊維複合材やチタン等の先進材料の切断・接合・成形加工や、薄膜太陽電池デバイス、有機ELディスプレイ等の表面処理加工が可能となり、それらを用いた次世代製品の実現が期待できる。

(5) 実用化・事業化の見通し

プロジェクト終了5年後の2019年以降に本事業成果を活用した半導体ファイバーレーザー発振器及びそれを搭載した加工システムの実用化・事業化が見込まれる。

(6) その他特記事項

特になし。

5. 総合評価

以上、4. の評価結果により、NEDOの実施する事業として適切である。