

平成 2 5 年度実施方針

技術開発推進部

1. 件名：プログラム名 ロボット・新機械イノベーションプログラム
 (大項目) 「次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト」
2. 根拠法：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 1 5 条第 1 項第 1 号二

3. 背景及び目的・目標

(1) 研究開発の目的

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り、特に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。しかしながら、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ファイバーレーザーの分野を欧米に席巻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取り組みを行う我が国企業は、レーザー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。

そこで本事業では、今後大きな市場の成長が期待されるファイバーレーザーの分野において我が国の競争力を高めることを目的に、ファイバーレーザーを用いた新たな加工領域を開拓することとし、自動車用として拡大が見込まれる炭素繊維複合材料 (CFRP) を対象としたファイバーレーザー加工技術、粉末成型技術を開発する。また、今後の需要の伸びが期待させる高精度ディスプレイ等の表面処理について、当該市場での我が国の競争力確保のため、既存のレーザー技術を凌駕する新しいレーザー用いた加工技術を開発する。

これらの取り組みにより、本プロジェクト成果を活用した高出力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。なお、本プロジェクトは、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図る「ロボット・新機械イノベーションプログラム」の一環として行う。

(2) 研究開発の目標

(最終目標) 平成26年度

本事業では、研究開発項目1から3を最終目標とし、各項目間で連携に配慮しながら、「ユーザーニーズに適応した」かつ「国際競争力のある」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。

研究開発項目1「CFRP切断加工技術の開発」

(1)高品位・高出力パルスレーザーの開発

①パルスレーザー高品位・高出力化技術の開発

- 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)パルスレーザー増幅(ブースター)技術の開発

②励起用半導体レーザー技術開発

(2)CFRP加工技術の開発

①CFRP高速切断技術の開発

②CFRP加工プロセス・評価技術の開発

(3)パルスレーザーCFRP用加工システムの開発

各種CFRP材の切断加工の適否等について系統的な加工データを取得し、代表的な材料を対象に、以下の加工条件品位が可能なCFRP加工(切断)装置のグランドデザインを完成させる。

- ・切断加工速度：6 m/min以上
- ・加工品位：切断面において反応層の厚みが100 μm以下。
(基材厚み3 mm以上)

【参考：高品位・高出力パルスレーザーに係る技術目標】

①パルスレーザー高品位・高出力化技術の開発

- ・ビーム品質：シングルモード、 $M^2 = 2.3$
- ・平均出力：1.5kW程度(1 μm帯)
- ・周波数：75-1000 kHz
- ・パルス幅：サブナノ秒 ~ 10 nsの範囲で選択

②励起用半導体レーザー技術開発

- ・シングルエミッタ：出力20W、電気-光変換効率65%、素子信頼性(寿命)20,000時間以上、ファイバー結合効率90%以上(ファイバーコア径105 μm、NA0.15相当)
- ・アレイ：出力300 W、電気-光変換効率60%

特記事項

- (1)社会情勢の変化、他国の動向等を踏まえ、必要に応じて目標の見直しを行うこととする。
- (2)開発する加工システムによる実証研究の結果を随時フィードバックしつつ研究開発を実施する。実証研究にあっては、成果の有効性を検証できるユーザー機関を協力機

関として確保する。

研究開発項目2 「大面積表面処理技術の開発」

- (1) 高度均質幅広ビーム整形技術の開発
- (2) 高精度ビーム評価技術の開発
- (3) 固体レーザー利用大面積表面処理装置の開発

開発した固体レーザー加工システムにより、幅 500mm 以上の表面処理を実現する。この際、ビームの目標は以下のとおりとし、表面処理後の LTPS の性能、処理速度については、ユーザーの要望に即したものとする。

- ・ビーム幅：幅 500 mm 以上、集光幅 20 μ 以内（グリーンレーザーによる）
- ・ビーム照射不均一性： $\pm 7\%$ 以内（平均強度分布）

特記事項

- (1) 社会情勢の変化、他国の動向等を踏まえ、必要に応じて目標の見直しを行うこととする。
- (2) 開発する加工システムによる実証研究の結果を随時フィードバックしつつ研究開発を実施する。実証研究にあっては、成果の有効性を検証できるユーザー機関を協力機関として模索する。
- (3) 開発した高出力固体レーザーについては、実証研究を通じて、実用化に向けた信頼性確保に努める。

研究開発項目3 「粉末成形技術の開発」

開発したパルスファイバーレーザーと装置を統合し、以下の加工を達成する、真空下において動作可能な粉末成形積層造型機構を開発する。

- ・成形精度と速度
成形精度： ± 0.1 mm（50 mm サイズ基準パーツ）
成形時間：16 時間以内（高さ 50 mm サイズ基準パーツ）

特記事項

- (1) 本研究におけるパルスファイバーレーザー技術は、研究開発項目1における技術と共通の要素が含まれていることから、本研究開発項目にて開発した技術を用いて実用化を図る企業と密接な連携を図り、必要に応じて研究開発項目1にフィードバックを図る。
- (2) 開発したパルスファイバーレーザーの実用化展開を促進するため、本研究開発項目にて開発した技術の実用化を図る企業へのフォローアップを行う。

4. 実施内容及び進捗（達成）状況

技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所 研究総括理事 尾形 仁士氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。実施体制については、別紙を参照のこと。

4. 1 平成24年度（委託または共同研究）事業内容

研究開発項目①レーザー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

端面発光 LD：平成 23 年度に抽出した問題に関して、対策を施した第二次試作を行い、中間目標であるシングルエミッタ 15W、アレイ 200W の出力を実現した。またアレイ用特性評価装置を導入し、プロセスされたアレイを早い段階で選別することにより、効率的な開発体制を築いた。

面発光型 LD：試作した面発光 LD アレイの冷却温度分布を評価し、熱的特性を改善することにより、アレイ 出力 200W を達成した。

（共同研究先：浜松ホトニクス（株））

(2)半導体レーザーのファイバーカップル技術の開発

シングルエミッタにおいては、平成 23 年度の調芯技術の確立に引き続き、固定技術を確立することで、中間目標値である結合効率 80%をクリアしたファイバー出力型モジュールについて評価を行った。

アレイについては、平成 23 年度に明らかとなった設計の問題点を解決し、調心および固定技術に活かすことで、中間目標である結合効率 60%をクリアしたファイバー出力型モジュールを実現した。

（共同研究先：浜松ホトニクス（株））

研究開発項目② レーザー高品位化技術の開発

(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

平成 23 年度に引き続き古河電気工業が大阪大学接合科学研究所を拠点としてシードレーザーの特性向上を推進し、②－（１）－２「ファイバーレーザーのモジュール化技術の開発」のモジュール化および②－（１）－３「ファイバーレーザーの高出力化技術の開発」の成果で得られる出力波形に対しシードレーザーのパルス形状をフィードバック制御する総合動作試験と全体最適化の作業を実施した。

２種類のシードレーザーに関してはファームウェア、ソフトウェアの改良を主体に行い、制御回路のハードウェア設計にこれを反映させた。3～10ns のシードレーザーについては波長多重化も行われるのでその同期動作も配慮した設計を進めた。10～200ns のシードレーザーに関してはパルス幅可変機能と任意波形生成機能についての最適化を行った。

シードレーザーの開発に関しては古河電気工業が行い、大阪大学接合科学研究所がその特性評価を進めた。

大阪大学接合科学研究所は、古河電気工業に協力して、開発されたそれぞれのシードレ

ーザーの評価を行い、それらのデータをシードレーザー開発にフィードバックを実施した。これにより、②－（１）－２）「ファイバーレーザーのモジュール化技術の開発」および②－（１）－３）「ファイバーレーザーの高出力化技術の開発」の中間目標を達成するために必要なパルス幅可変機能および任意波形制御技術開発を推進した。

（委託先：国立大学法人大阪大学、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所）

2) ファイバーレーザーのモジュール化技術の開発

古河電気工業は引き続きパッケージ化されたレーザーモジュールの信頼性も含めた特性の安定化に関する開発を推進した。②－（１）－１）「ファイバーレーザーのパルス制御技術の開発」の成果で得られた 10～200ns の範囲でパルス幅可変、さらに任意波形発生が可能なシードレーザーに対して最適動作するような出力 100W の多段 Yb ファイバー増幅器を作製し、パッケージ化する。半導体レーザーの信頼性試験設備を導入する事により、改良を進めた励起光源の信頼性の基礎特性を確認した。

片岡製作所は、PCF を用いた光増幅技術開発を行い、中間目標である 10～200ns、1MHz、150W 出力を達成した。PCF を用いた増幅技術の開発は、②－（１）－３）「ファイバーレーザーの高出力化技術の開発」を行う大阪大学レーザーエネルギー学研究センターと連携して進めた。

大阪大学接合科学研究所は、開発されたファイバーレーザーからのビームを評価するとともに、古河電気工業および片岡製作所と協力して②－（３）－１）「ファイバーレーザーの波長変換モジュール化技術の開発」の中間目標の波長変換効率を達成するために必要なビーム特性を有したファイバーレーザーモジュールを開発した。

（委託先：国立大学法人大阪大学、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所）

3) ファイバーレーザーの高出力化技術の開発

ファイバーレーザーシステム 1 の励起条件と伝搬モード制御を最適化し、中間目標（出力 150W、パルス幅 3～10ns、繰り返し周波数 75kHz、 $M^2 < 1.5$ ）を達成するとともに、②－（２）－１）「kW 級ブースター増幅器の開発」におけるブースター増幅器への注入に供した。これと併せて、もう 1 台のファイバーレーザーシステム 2 を構築した。2 台のファイバーレーザーシステムを同一波長で動作させて、低出力にて 2 ビーム偏光合成法の試験を行い、1 本に合成されたビームの安定性やビーム品質等の課題を明らかにするとともにその解決手法を開発した。

さらに、ファイバーレーザーシステム 2 をファイバーレーザーシステム 1 と異なる波長で動作させ、低出力にて 2 ビーム波長合成法の試験を行い、1 本に合成されたビームの安定性やビーム品質等の課題を明らかにするとともに最適な波長合成手法を開発した。

（委託先：国立大学法人大阪大学、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所）

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

a) 変調可能な励起半導体レーザーの開発（古河電気工業株式会社）

引き続き波長 900nm 帯のファイバーレーザー励起用ファイバー結合型半導体レーザーの開

発を進めた。特性としては出力 25W NA=0.15、コア径 105 μm において、信頼性(寿命)50,000 時間以上を確保する条件で、変調パルス幅 5 μsec ~CW、立ち上がり立ち下がり速度:2 μsec 以下の変調特性を実現する初期特性を目標とする。24 年度の開発ではレーザーモジュールの試作を行い、初期特性を確保すると共に連続駆動試験を通じて信頼性の評価も開始した。

b) 変調励起半導体レーザーのファイバー増幅器への応用開発 (古河電気工業株式会社)

前項の 4) - a) で開発された半導体レーザーを使って、② - (1) - ①で開発を進めている MOPA 構成のファイバーレーザーにおいて、最も消費電力が大きい最終段ファイバー増幅部分において連続駆動の場合と比較して 50%以上の効率向上を実現する事を目標とする。24 年度の開発ではレーザーモジュールの試作を行い初期特性を確保すると共に、100 個以上のレーザーモジュールの試作を行い、連続駆動試験を通じて信頼性の評価を完了し実用上問題ないレベルでの信頼性を確保した。

c) QCW ファイバーレーザーの開発

QCW レーザー本体開発 (古河電気工業株式会社)

4)-a)で開発した励起半導体レーザーを連続駆動用ファイバレーザーキャビティの励起に適用し、平均出力 250W、パルス駆動時ピーク出力 1600W、パルス幅 200 μsec ~CW、中心波長 1080nm \pm 20nm を実現するレーザーの開発を行った。23 年度で得られた試作結果を基に、加工特性を考慮したレーザー設計を行い、実際に筐体に実装されたレーザーを試作し、加工拠点での加工評価に供する。

ファイバー-ファイバー結合器 (東北学院大学)

デリバリーファイバーの接続装置であるファイバー-ファイバー結合器の試作を行い、本体装置との結合実験を実施した。

(共同研究先:古河電気工業株式会社、再委託先:東北学院大学)

(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

大阪大学レーザーエネルギー学研究センターが kW 級集積化ブースター増幅器を製作し、② - (1) - 3)「ファイバーレーザーの高出力化技術の開発」の成果に基づき供給されるファイバーレーザーシステムと結合し、3 機関が下記の分担で協力して動作試験を行った。ファイバーレーザーシステム 1 (最大出力 150W) との結合試験では、中間目標である出力 0.5-0.7kW に必要な LD 励起条件において、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所 (浜松ホトニクス) が中心となって利得特性、冷却特性、及びビーム特性を明らかにして、大阪大学レーザーエネルギー学研究センターがビーム伝搬光路を改良し、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所 (レーザー技術総合研究所) が LD 励起分布に起因するセラミック中での温度分布・応力分布を解析し、伝搬ビーム波面への影響を評価した。

さらに、大阪大学レーザーエネルギー学研究センターが、ビーム伝搬光路の最適化を図り、ファイバーレーザーの出力 160W をブースターへの入力として、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所 (浜松ホトニクス) と協力して 404W 出力までの増幅試験を行った。これらの成果に基づき、300W 入力時の増幅特性を予測し、最終目標達成のための指針を得た。

また、ブースターのコンパクト化については、平成 23 年度に試作した装置を試験することによって、ブースター増幅器の最終設計にフィードバックしている。
(委託先：国立大学法人大阪大学、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所)

2) アニール用ブースター増幅技術の開発

大阪大学レーザーエネルギー学研究センターにおいて、浜松ホトニクスが中心となってアニール用ブースター増幅システムを完成させ、その光源性能を評価した。

大阪大学レーザー研は、ブースター増幅システムの評価結果を基に、出力、ビーム品質、ビーム出射方向の安定性等の改善を図るための指針を提示した。

これにより、浜松ホトニクスは、アニールに必要とされるレーザー特性を満足させる付加機能を追加し、中間目標を達成した。

さらに、アルバックからの設計指針に基づき、アニール加工の実用化に必要なシステム性能(筐体の強靱性、防振対策などの安定性)を付加した。

(委託先：国立大学法人大阪大学、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所)

(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

「アニール用レーザーの波長変換モジュールの開発」において、浜松ホトニクスはアニール用波長変換モジュールの試作を完了し、その特性を評価した。大阪大学レーザーエネルギー学研究センターはその結果について検証した。アニール処理実用化の観点からアルバックが波長変換モジュールの総合性能を評価した。浜松ホトニクスは中間目標を達成したことを確認した後に、②- (2) - 2) の加工システム中に本波長変換モジュールの組込を行った。」

(委託先：国立大学法人大阪大学、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所)

2) 波長変換の高効率化技術の開発

大阪大学レーザーエネルギー学研究センターと技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所(レーザー技術総合研究所)が協力して、既設の高繰り返し、数 100W 級レーザー装置を用いて、高熱負荷状態での波長変換試験を行った。

レーザー技術総合研究所は主として波長変換装置の熱解析を行い、大阪大学レーザーエネルギー学研究センターは主として波長変換結晶の冷却構造の改良と基本波のビーム品質の改善を行い、中間目標(2 倍高調波変換効率>20%、3 倍高調波変換効率>6%)を達成した。また、大阪大学レーザーエネルギー学研究センターは kW 級基本波入力に向けた出力スケールングを評価し、レーザー技術総合研究所は発熱分布による変換効率の低下を評価して波長変換結晶の冷却構造と温度分布改善を検討した。

また、波長変換のさらなる効率向上については、平成 23 年度に得られた知見をもとに、ブースターの高ビーム品質化と結晶の最適化を行い、中間目標の早期達成と、最終目標値の上乗せのための波長変換装置の設計を行った。高耐力無反射コーティングを実現

するために、レーザー技術総合研究所と協力して無反射コーティング膜の評価を行い、高耐力化への指針を得た。

(委託先：国立大学法人大阪大学、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所)

3) 加工試験のための整備

現有パルス YAG レーザーから基本波、2倍高調波、3倍高調波パルスを供給して、加工システム技術開発センターと光源技術開発センターと連携して CFRP 加工試験を実施し、3倍高調波照射の有効性を確認した。また、パルス幅としては 2ns までを供給し、短パルスの有効性も確認した。

(委託先：国立大学法人大阪大学、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所)

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

「高速掃引リモート加工ヘッドの開発」においては、CFRP 加工の最適化を図るための加工品質を確保するビーム制御技術（ソフトウェア）を開発するとともに、デモ用加工システムを製作した。

「高速高精度制御加工ノズルの開発」においては、高速倣い技術を開発するための倣い加工ヘッドを設計製作し加工テストを実施した。

(委託先：技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所)

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」においては、ミヤチテクノスが高出力型 3倍高調波パルス光源を活用した熱損傷抑制型 kW 級レーザー重畳照射技術を確立するとともに、kW 級レーザー高速掃引時の加工プロセス現象の精密解析を X線 CT スキャン装置および高速度サーモカメラ等を駆使して 4 機関合同で行った。古河電工開発品の 1600W ピーク出力 QCW ファイバーレーザー装置、ならびに大阪大学レーザー研の現有パルス YAG レーザーを改造した装置の基本波、2倍高調波及び3倍高調波での加工検討を産業技術総合研究所が主導して実施し、高出力型パルスレーザーの有用性を明らかにした。三菱化学が最先端の各種 CFRP 材を準備・提供した。さらに、平成 24 年度末において、加工機システムとして機能を統合させて、切断・接合処理を行った加工面ならびに加工部周囲への熱損傷低減照射方法の最適化・高度化研究を新日本工機およびミヤチテクノスがすすめた。これら開発を進めている加工機システムは準備体制が整い次第、速やかにユーザー企業に開放して素材メーカー、加工機メーカー、ユーザー等の間の垂直連携を図るとともに、より多くのものづくり企業がレーザー加工技術を活用するための基盤プラットフォームの拠点を産業技術総合研究所が主導して環境整備を行った。

「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」においては、射出成形板およびプリプレグ積層板から構成される CFRP 材料を用いて、レーザーの諸特性

(波長、パルス幅、エネルギー、出力等)、加工速度などを変えたレーザー切断や接合加工後の力学特性を把握するため、産業技術総合研究所では JIS K7165 (ASTM-D3039) 等に準拠した静的引張試験、疲労試験、耐久性試験を行い、データを取得した。試験後のマクロ及びマイクロフラクトグラフィ的検討により、損傷部位、損傷モードを系統的に整理した。また、レーザー加工プロセスのモニタリング技術に関しては、三菱化学の担当により AE 評価からデータを取得するとともに、動的破壊挙動の判定指針および加工品位及び加工欠陥の評価手法を構築した。これらの試料評価から得られた結果を総合的に集約し、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を三菱化学が既存素材の組み合わせにより行い、中間目標を達成した。さらに、CFRP 材料のレーザー加工に係わる LCA 評価を産業技術総合研究所が取りまとめ、環境負荷の少ない加工工程設計および材料・製品の開発について指針を得た。

(委託先：技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所)

(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形の開発

大出力レーザー光源、ホモジナイズ光学系、大型ワイドレンズを配置して実機に搭載可能な他の光学部品、光学システムとして構築し、ワイドビームを成形して目標値を達成した。

2) 大型光学部品研磨技術の開発

3) 高精度ビーム評価技術の開発

市販のビームプロファイラーでは本プロジェクトで開発する極端な細長い形状のワイドビームの測定は不可能である。このため、ワイドビームの評価をおこなう専用のビームプロファイル測定器の開発が必要となる。ビームプロファイル測定機器は、ワイドビーム形状の測定とビーム整形時の調整監視モニターとしての機能が必要である。監視モニターとしてはリアルタイムなビーム形状測定が必要であり、これらの機能を有する専用測定器の設計に着手した。

アニール実験準備では、ステージ装置や光学ベンチのシステム化の準備が整った。また、本プロジェクトの研究項目②-(2)-②において開発されたアニーリング用大出力レーザー発振器と組み合わせた。レーザー発振器単体で目標のビーム出力を射出出来る事が確認された。

(共同研究先：(株) アルバック)

(3) 粉末成形技術の開発

株式会社アスペクトは自社の樹脂粉末用中型粉末焼結積層造形装置をベースにして、産総研と共同で成形環境を真空にした実用サイズプラットフォームの試作を実施した。さらに、レーザーの重畳手法やそれぞれのパワー、材料の温度計測等を精度良く行い、加工装置へのフィードバック装置の評価機構を追加した。また、複数光源利用のための光学系の高度化(光路の複数化や個別制御)等の装置改良を実施した。

産総研は実用サイズプラットフォームの真空下におけるチタン粉末の成形物を分析し、成

形条件と成形物の組織、構造、密度、機械物性との関係を把握することでアспектと共同でレーザー加工試料の評価技術を構築した。特に粉末成形の優位性として、非均質な製品（材料、構造）の成形が可能であることから、これらの加工・評価試験を実施し、その優位性を示すとともに、実用装置で必要となる性能を明らかにした。また、材料の粒子サイズをより微細にすることにより、成形物の密度や表面粗度が向上することを確認した。

なお、ユーザー連携の可能性を探るため、小型プラットフォームを展示会等で紹介した。（委託先：技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所）

4. 2 実績推移

	22年度	23年度	24年度
実績額推移			
① 一般勘定（百万円）	561	1492	
② 需給勘定（百万円）			
特許出願件数（件）	1件	10件	10件
論文発表数（報）	0件	13件	13件

5. 事業内容

技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所 研究総括理事 尾形 仁士氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施する。実施体制については、別紙を参照のこと。

5. 1 平成25年度（委託または共同研究）事業内容

研究開発項目1「CFRP切断加工技術の開発」

(1)高品位・高出力パルスレーザーの開発

①パルスレーザー高品位・高出力化技術の開発

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

・「ナノ秒パルスの固体ブースター増幅器への供給及びCFRP加工実験へのビーム供給」

平成24年度に完成したファイバー増幅器のナノ秒パルス出力を固体ブースター増幅器に供給する。また、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所（加工技術開発センター：産業技術総合研究所、新日本工機）が大阪大学レーザーエネルギー学研究センターで行うCFRP加工実験に1ビーム（基本波150W、パルス幅10ns、繰り返し周波数75-150kHz）を供給するとともに、その集光・照射特性をレーザー技術総合研究所と協力して評価する。

（委託先：国立大学法人大阪大学、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所）

・「150 W, 10 ns 75kHz ファイバーレーザーによる評価実験」

接合科学研究所は、新日本工機に協力し、平成22年度～平成24年度にレーザーエネルギー学研究センターにて開発された150 W, 10 ns, 75kHzのファイバーレーザー

を用いCFRP切断基礎実験を推進する。CFRP切断基礎実験のデータを積み重ねること
で、平成26年度に実施される1.5kWパルスレーザー開発および当レーザーによる
CFRP切断加工システム開発のための基礎データとする。

(委託先：国立大学法人大阪大学、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所)

- ・「150Wサブナノ秒ファイバーレーザー開発、モジュール化技術開発および評価
実験」

古河電気工業は、サブナノ秒ファイバーレーザー用のパルスシード光源開発を行
う。パルス幅を400psとした時の繰り返し周波数は1MHzとなる。

片岡製作所は、古河電気工業が開発したパルスシード光源から出力されるパルス
シード光を平均出力150Wにするためにフォトニッククリスタルファイバー増幅器
を開発する。

接合科学研究所は、開発されたサブナノ秒ファイバーレーザーを用いて雰囲気制
御下においてCFRP切断の基礎実験を行う。切断後の熱的影響部を評価することで、パ
ルス幅が400ps～10nsの間で、もっとも熱的影響部が小さいパルス幅を明らかにす
る。

(委託先：国立大学法人大阪大学、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所)

- ・「150W, 100ns, 1MHzファイバーレーザーの評価実験」

接合科学研究所と片岡製作所は、片岡製作所が平成22年度～平成24年に開発し
た150W, 100ns, 1MHzファイバーレーザーを古河電気工業が平成23年度～
平成24年度に開発したQCWファイバーレーザーと重畳させることができるプラ
ットフォームをアスペクトが開発した粉末成形装置と組み合わせる。接合科学研
究所は、アスペクトに協力し、本プラットフォームを用い実験を行うことで、粉
末成形における構造制御技術の開発を行う。

2) パルスレーザー増幅（ブースター）技術の開発

- ・「固体ブースター増幅器の開発」

集積化固体ブースター増幅器の増幅性能を浜松ホトニクスと協力して評価し、冷
却・ビーム伝搬性能についてはレーザー技術総合研究所が実施する数値シミュレー
ションによる熱解析・ビーム伝搬解析と比較して冷却構造の改良を図る。改良集積化固
体ブースター増幅器について、浜松ホトニクスと協力してナノ秒高出力動作試験を行
い、レーザー技術総合研究所と協力して波面計測および波面補正を行い、500-750W
(75-150kHz, 5-10ns)のシステムを完成させる。

(委託先：国立大学法人大阪大学、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所)

- ・「ビーム結合ファイバーブースター増幅器の開発」

平成24年度までに開発したファイバーレーザー増幅技術と平成24年度に試験した
ビーム合成技術を統合し、複数本のファイバー増幅器出力をコヒーレント結合するシ
ステムの開発をレーザー技術総合研究所と協力して行う。技術研究組合次世代レーザ
ー加工技術研究所（加工技術開発センター：産業技術総合研究所、他）が行うCFRP加

工の系統的データベースの構築とそれに基づいて選択される最適レーザー条件に対応するために、サブナノ秒で動作可能なシステムを製作し、ビーム結合出力として>500Wを目指す。また、レーザー技術総合研究所は、コヒーレントビーム結合に関する独自の知見に基づいて、ビーム結合制御の高速化の検討と評価、および結合ビーム出力の安定化のための検討を進める。

さらに、国産ファイバー技術の進展に資するために、大口径のフォトニック結晶ファイバーを新規に開発し、そのビーム伝送特性を測定し、レーザー技術総合研究所が行うビーム伝送性能の解析と比較する。

(委託先：国立大学法人大阪大学、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所)

・「波長変換の高効率化技術の開発」

平成24年度までに蓄積した波長変換効率の結晶サイズと冷却構造依存性に関する知見とレーザー技術総合研究所が進める結晶の熱解析・位相整合特性評価・反防止膜評価に基づき、波長変換素子のさらなる改良を進める。また、平成26年度に実施する多波長高出力合成に向けて、システム構成の検討・設計を行う。

さらに、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所（加工技術開発センター：産業技術総合研究所、新日本工機）が大阪大学レーザーエネルギー学研究センターで行うCFRP加工実験に際して、ファイバーレーザー出力の波長変換を行って2倍、3倍高調波を供給する。

(委託先：国立大学法人大阪大学、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所)

②励起用半導体レーザー技術開発

シングルエミッタ、アレイについては、最終目標（シングルエミッタ：出力20W、効率65%、アレイ：出力300W、効率60%）達成の見通しをつけるべく、本年度は結晶構造、素子構造、組立プロセス、冷却方法において技術的課題を検討して、試作を行い、その上で更なる技術課題を抽出し対応方法を検討する。更に高効率高出力LDの事業化に向けた検討に着手する。

またシングルエミッタに関しては、そのファイバー結合技術について、最終目標（ファイバーコア径105 μ m、NA0.15相当にて結合効率90%以上）を達成するための技術課題を抽出し、対応方法を検討する。

(共同研究先：浜松ホトニクス株式会社)

(2)CFRP加工技術の開発

①CFRP高速切断技術の開発

・「2波長重畳三次元リモート加工システムの開発」

高品位・高速の加工を実現するIRとUVの2波長複合レーザー照射による三次元リモート加工ヘッド（4軸スキャナー光学系）の設計ならびに製作を行う。加工ヘッドの冷却構造、Z軸+2軸移動制御機構、色収差補正を最適化する。

(委託先：技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所)

・「1m 級三次元加工機システムの開発」

平成 23～24 年度に製作した高速加工ノズル（倣い加工ヘッド）が付属する倣いセンサー評価システムを用いて、倣いシステム最適化試験を実施し、その結果を反映させて三次元ノズルユニットを組み込んだ 1m 級三次元加工機システム原型機的设计および製作を進める。

（委託先：技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所）

②CFRP 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」

4 機関合同（ミヤチテクノス、新日本工機、三菱化学、産総研）で今年度購入予定のパルス高出力用レーザービーム・プロファイラーを用いて、プロジェクト開発光源からの高出力レーザー光の集光状態を精緻に解析する。また、ミヤチテクノスが開発した重畳リモート加工システムならびに新日本工機が開発した倣いセンサー評価システムを用いて、熱損傷抑制型高速加工の実現を目指す系統的な加工データの取得を行う。これらの加工システム機はユーザー企業に開放し、素材メーカー、加工機メーカー等の間の垂直連携を図る基盤プラットフォームの拠点を産業技術総合研究所が主導して運用する。

（委託先：技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所）

・「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」

射出成形板、プレス成形板、プリプレグ積層板など厚みや繊維配向の異なる CFRP 材料を対象に、産業技術総合研究所が主導してプロジェクト開発レーザーの諸特性および加工手法を変えたレーザー切断試験片やレーザー穴あけ試験片の力学特性を把握するため、標準規格（JIS K7164, K7165 (ASTM D3039/3039M) 等）に準拠した静的引張圧縮試験、疲労試験を系統的に行い、データを取得する。疲労試験時には本年度購入する局所応力場解析装置を活用し、レーザー加工時の熱損傷域の応力状態を解析するとともに、各種諸条件を変えたレーザー加工試験片間での疲労限度の比較を試みる。また、試験時または試験後に、各種顕微鏡やマイクロ X 線 CT を駆使した損傷・劣化モニタリングを行う。これらの加工試料評価により得られた結果をもとに、レーザー切断加工に最適な CFRP 材料の構造（反応層の低減、繊維体積率、積層構造等）を三菱化学と産業技術総合研究所において検討する。

（委託先：技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所）

(3) パルスレーザーCFRP 用加工システムの開発

・「2kW-QCW ファイバーレーザー装置との統合加工システムの開発」

加工装置に実装可能な信頼性を持つ 2kW-QCW ファイバーレーザー装置を開発し、「1 - (2) CFRP 高速切断技術の開発」開発品の二波長重畳三次元リモート加工システムならびに 1m 級三次元加工機システムに実際に接続・統合することで、代表的な CFRP 材料の高速加工条件を探索する。

（委託先：技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所）

・「阪大実験用加工システムの開発」

大阪大学開発のレーザーを評価するための切断テスト装置を検討する。大阪大学に常設置し、大阪大学と連携して評価実験を実施する。高速でビーム照射でき、引張り試験片の加工が可能な大きさのテスト装置となるので、ガルバノスキャナと XY ステージを組み合わせた装置構成である。

(委託先：技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所)

研開発項目 2 「大面積表面処理技術の開発」

(1) 高度均質幅広ビーム整形技術の開発

平成24年度までの開発項目として、ステージ装置や光学ベンチのシステム化の準備が整った。また、本プロジェクトで開発されたアニーリング用大出力レーザー発振器をアルバックへ移設し、目標のビーム出力を射出出来る事が確認された (H25年3月)。引き続き、これらを組み合わせたシステム化を進め、実ビームでのワイドラインビームを形成し、高度ホモジナイズ光学系とラインビーム形状での集光性能を評価する。

(2) 高精度ビーム評価技術の開発

アニーリングシステムでのワイドラインビームの均一性能を確認するため、高精度ビームプロファイラーを開発する。これをアニーリングユニットに取り込み、ビーム観測系としてシステム化する。

(3) 固体レーザー利用大面積表面処理装置の開発

(共同研究先：株式会社アルバック)

・「アニール用グリーンレーザー評価・調整」

大阪大学レーザー研と浜松ホトニクスが共同して、アニール用グリーンレーザー光をアニール実証実験及び評価のための加工機に供給し、アニール用グリーンレーザーの性能評価及び信頼性の確認を行う。また、浜松ホトニクスは大阪大学レーザー研と共同して、アニール加工の高性能化に向けた大出力グリーンレーザー光の発生と制御の検討を行う。

(委託先：技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所、国立大学法人大阪大学)

研究開発項目 3 「粉末成形技術の開発」

アスペクトは平成 24 年度に試作した実用サイズプラットフォームに大阪大学で開発した複合重畳レーザーを搭載し、装置の評価と成形条件の最適化を実施する。

産総研は実用サイズプラットフォームを用いて、複合レーザーと CW レーザーでそれぞれ成形したチタン合金成形物について分析と評価を実施する。

・「150 W, 100 ns, 1 MHz ファイバーレーザーの評価実験」

接合科学研究所と片岡製作所は、片岡製作所が平成 22 年度～平成 24 年に開発した 150 W, 100 ns, 1 MHz ファイバーレーザーを古河電気工業が平成 23 年度～平成 24 年度に開発した QCW ファイバーレーザーと重畳させることができるプラットフォームをアスペクト

が開発した粉末成形装置と組み合わせる。接合科学研究所は、アスペクトに協力し、本プラットフォームを用い実験を行うことで、粉末成形における構造制御技術の開発を行う。

(委託先：技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所、国立大学法人大阪大学)

5. 2 平成25年度事業規模

エネルギー需給勘定 892百万円

(注) 事業規模については、変動があり得る。

6. その他重要事項

(1) 評価の方法

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。）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、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等の観点から、推進委員会等で各研究開発内容について内部評価を実施する。

(2) 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。具体的には、外部有識者の意見を運営管理に反映させるほか、プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

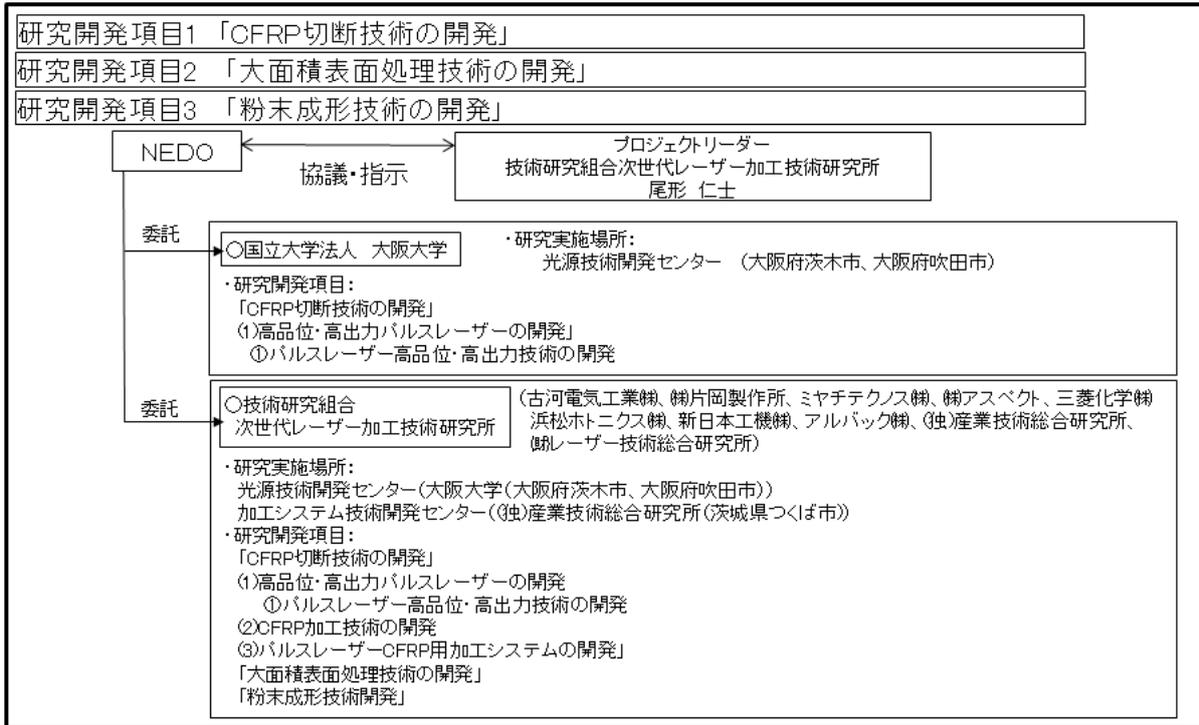
(3) 複数年度契約の実施

平成25年度～26年度の契約とする。

7. 実施方針の改訂履歴

(1) 平成25年3月、制定

【産学官連携基盤技術開発】



【要素技術実用化開発】

