

「次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト」 次世代レーザー加工技術の研究開発

(2010年度～2014年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO
技術開発推進部

2012年8月3日

報告内容

公開

- | | |
|--------------------------|--------|
| I 事業の位置付け・必要性について | ……NEDO |
| II 研究開発マネジメントについて | ……NEDO |
| III-1 研究開発成果について(全体概要) | ……PL |
| IV-1 実用化の見通しについて(全体概要) | ……PL |

事業目的

次世代製品製造の核となる新たなレーザー加工技術を、企業・大学・研究機関が有する技術を集約・システム化するコンソーシアム方式により確立する。



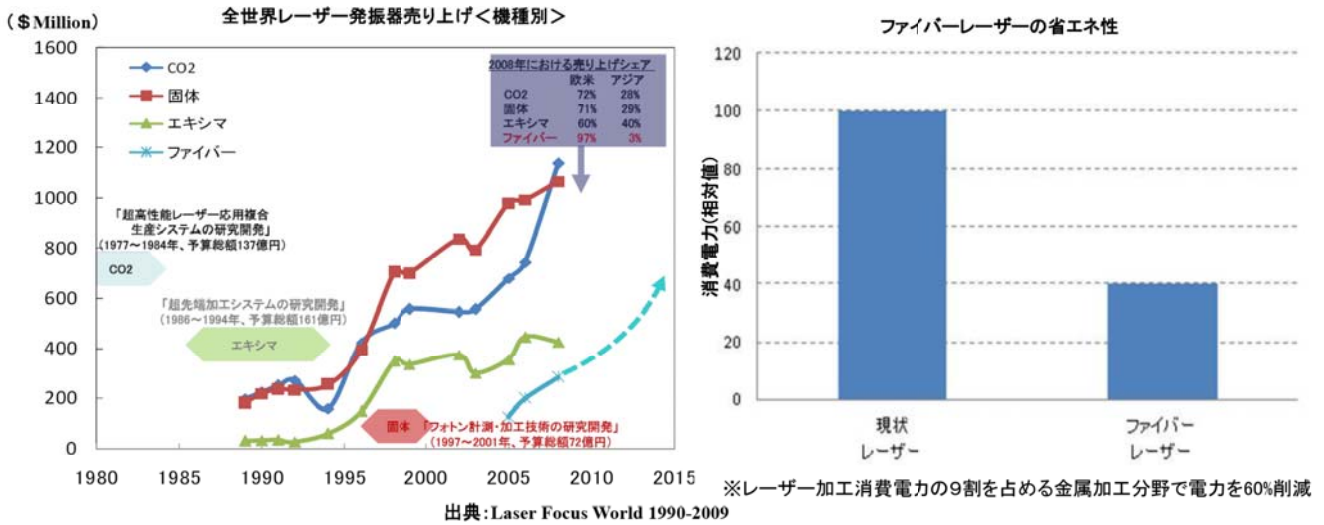
高出力多波長複合レーザーによる新加工技術の狙い

- 高品質:加工品に応じた諸特性(波長、パルス幅、パルスエネルギー、集光スポットサイズ等)の制御
- 高速化:平均出力(パルスエネルギー×繰り返し周波数)の高出力
- 省エネ:製品の軽量化等先端材料のための高効率な加工システム



我が国の企業・大学・研究機関が有するレーザー加工技術を集積することによって、高加工品質と高生産性を両立する加工システムの技術開発を実施

ファイバーレーザーを取り巻く環境

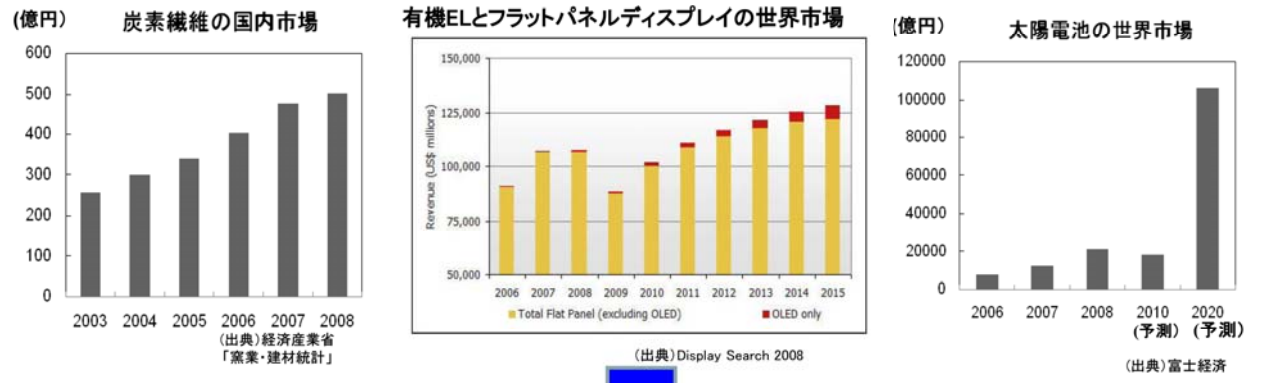


ターゲットとなる製品

- 炭素繊維の国内市場は、2008年に約500億円に達しており、2003年のほぼ2倍に成長。また今後、量産自動車に波及した場合さらなる成長を期待。
- 有機ELやフラットパネルディスプレイの市場は、2015年には約1250億ドルまで成長と予測。
- 太陽電池の世界市場は、2008年に約2兆円。今後、2020年には10兆円まで成長と予測。



これらの成長産業に本開発レーザー加工技術が適用された場合、レーザー市場は大きく拡大



ターゲットを明確にしたレーザー加工システムの開発

ユーザーからの意見

炭素繊維材料

- ボーイングなどの航空機の機体に50%以上の部品、MRJでは尾翼等に使用されようとしており、今後も増える見込み。しかし、現状の加工では、切削性が非常に悪く、工具の摩耗や切断面の品質劣化が本格的な普及への課題。レーザー加工のような非接触で、切断面の劣化の少ない加工機が必要。
(重工業メーカー)
- 切断や穴明け加工は、現状の機械加工では刃具の摩耗・損傷の問題や大きな固定ジグが必要で加工時間がかかる。レーザー加工は固定ジグが不要で、条件設定で出力等が変更ができ、効率的に行えるツールとして有用、加工ツールとして製造ラインに入れることができれば、普通車でも適用は拡大する。
(自動車メーカー A社、B社)

太陽電池

- 普及に向けた低コスト化と高品質化が重要。低コストプロセスと製品性能の向上が実現でき、かつメンテナンス性に優れた加工装置が必要。メンテナンス性に優れ、結晶制御が可能なレーザーが開発されれば、将来にわたり太陽電池市場での国内メーカーの国際競争力強化に役立つ。
(太陽電池メーカー A社、B社)



有識者*からの意見

21世紀は光の世紀。レーザーの最も重要な応用分野は民生用途。特に重要なのは、レーザー加工、光通信、外科手術、光記録が挙げられる。ものづくり技術を支える光技術の活用を期待。

※有識者：
 ・荒田吉明氏(日本学士院会員、大阪大学名誉教授)
 ・吉川弘之氏(科学技術振興機構 研究開発戦略センター長 前)産業技術総合研究所理事
 ・Charles H. Townes氏(ノーベル物理学受賞者 University of California/Berkeley 大阪大学にてインタビュー)
 ・Nicolaas Bloembergen氏(ノーベル物理学受賞者 University of Arizona, International Journal of Modern Physics B, 18(2004))

既存技術との比較(炭素繊維材料の切断加工)

現行加工法 <工具による機械加工>

- > 油・砥粒等の表面汚染の弊害発生
- > 切断面にバリやチップが発生
- > 工具が摩耗(ウォータージェット加工ではノズル内部が摩耗)
- > 加工時間がかかる(0.3~1m/分)

<現行レーザー(高出力CO₂)による加工>

- > 切断面から1mm程度まで焼けが発生
- > 切断面には剥離も発生
- > 有害な煙、臭いが発生

多波長複合レーザーによる切断加工(イメージ)

- > 表面汚染なし
- > きれいな切断面
- > 非接触(工具が不要)
- > 高速切断可能(5~10m/分)

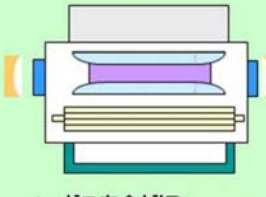
ブレークスルー

重量: ▲20%
 例えば、B767→B787
 60トン→48トン

重量: ▲30%
 例えば、1380kg→970kg

既存技術との比較(表面処理)


現行加工法 <ガスレーザー方式>



ブレードスル

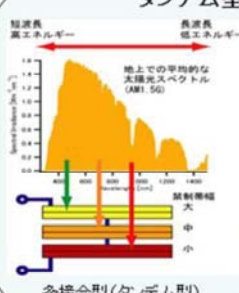
- ガス寿命が短い
- 制御された結晶成長が困難
- 放電磨耗品が多い
- 周期メンテナンスの頻度が多い

アニーリングレーザーによる表面改質加工(イメージ)



- 全固体レーザー(長寿命)
- 微結晶成長が可能
- エネルギー安定性が向上
- 高画質・高速動画再生性能の改善等

タンデム型薄膜シリコン系



吸収波長域の異なる層を積層させたもの


- ・変換効率(10~14%)
- ・原料が少なくて済む
- ・市場規模が急激に増加

↓

低コスト化
高効率化


多接合型(タンデム型)

アウトカム: 薄膜太陽電池、有機ELディスプレイなど



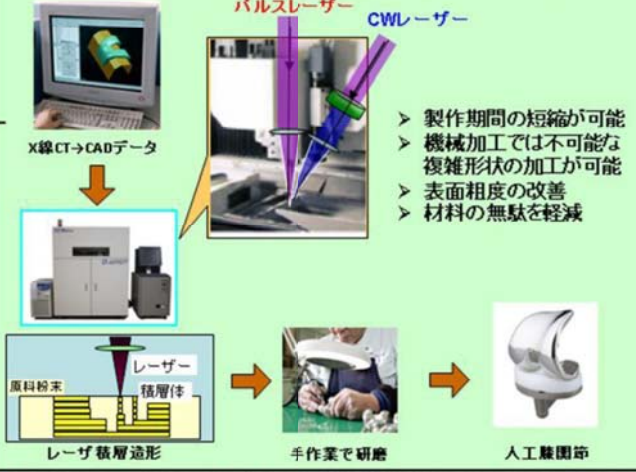
既存技術との比較(成型)

現行加工法(精密铸造→切削加工)




- 製作期間がかかる
- 複雑な形状は加工不可能
- 铸造品の表面粗度は粗いため機械加工必須
- 铸造品の機械加工の位置合わせのため大きめに製作して切削するため材料の無駄が多い

複合レーザー積層造形法による人工生体部品成型法



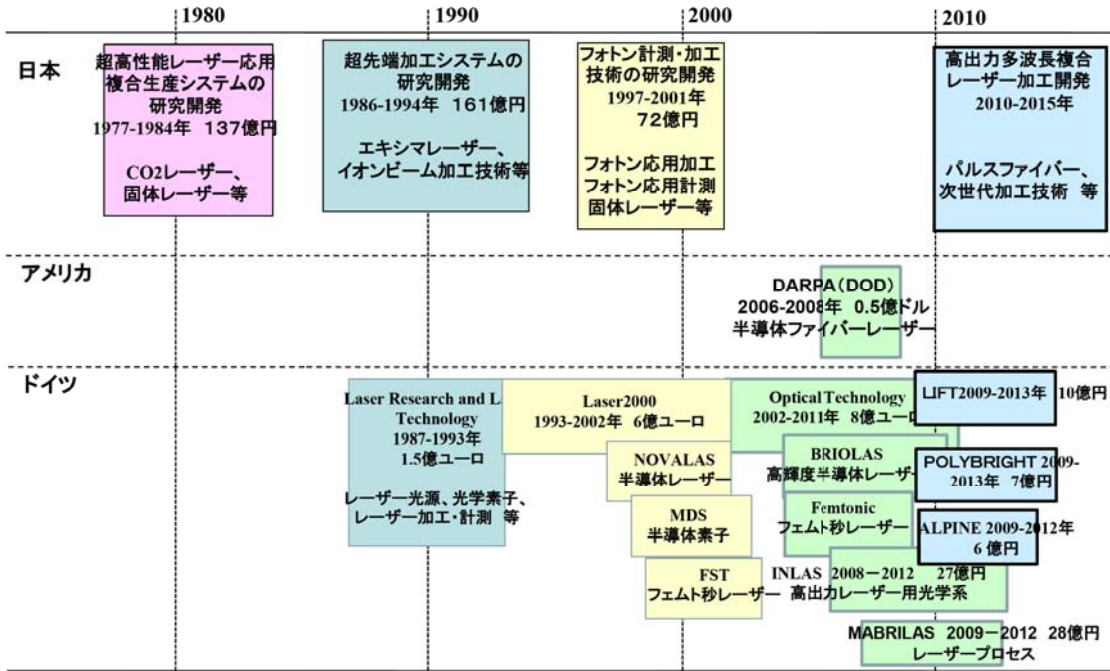
- 製作期間の短縮が可能
- 機械加工では不可能な複雑形状の加工が可能
- 表面粗度の改善
- 材料の無駄を軽減

アウトカム: 人工骨、人工関節などの製作期間短縮、材料の無駄の軽減



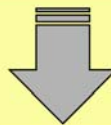
レーザー加工技術の国家プロジェクト

- ・ 日本は先行してプロジェクトを開始：炭酸ガスレーザーの開発では日本は世界をリード。
(現在、炭酸ガスレーザーのトップメーカーは、トルンプ(独)、アマダ(日)、ヤマザキマザック(日)、三菱電機(日))
- ・ ドイツは1987年以降継続してプロジェクトを推進：今やドイツが世界をリード。
- ・ アメリカは、IPG社がファイバーレーザーの開発では世界をリード。



政策的重要性

総合科学技術会議(第87回:2009年12月)
「優先度判定(SABC)の及び改善・見直し指摘の結果」



判定
“S”

S:特に重要で、府省連携等、効果的な実施体制が整備されるなど内容的にも極めて優れ、グリーンイノベーションなど、イノベーション創出・社会への展開の観点等から、特に重点的に資源を配分することで、積極的に実施すべきもの。

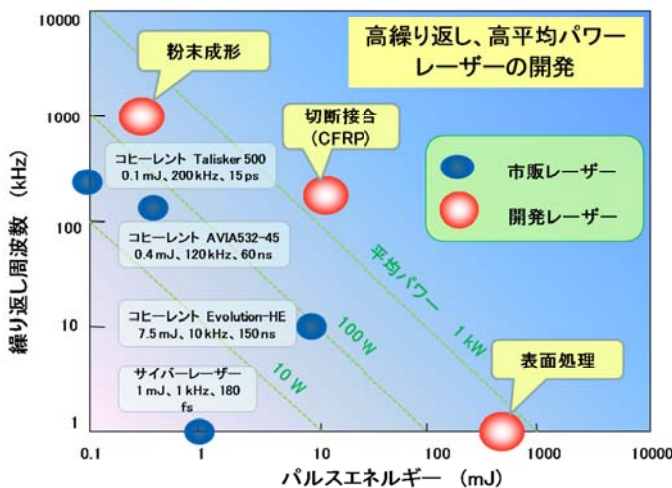
コメント:

- 今回開発しようとしているレーザーは長波長と短波長を組み合わせ、加工の精度、速度を高めたレーザーであり、難加工である炭素繊維複合材料や太陽電池などの機能性材料を高品位・高品質で加工することができるものであり、非常に重要である。
- レーザーの光源に近い企業とその応用に強い企業との連携として集中研究拠点体制で取り組む予定であり、効果の期待できる優れた施策である。
- 我が国製造業の国際競争力の維持・強化、技術安全保障の観点からも国産の次世代レーザー技術を国として取り組む意味は大きく、海外の動向を踏まえつつ、コストパフォーマンスに留意しつつ明確な商品化イメージを持って、積極的に実施すべきである。

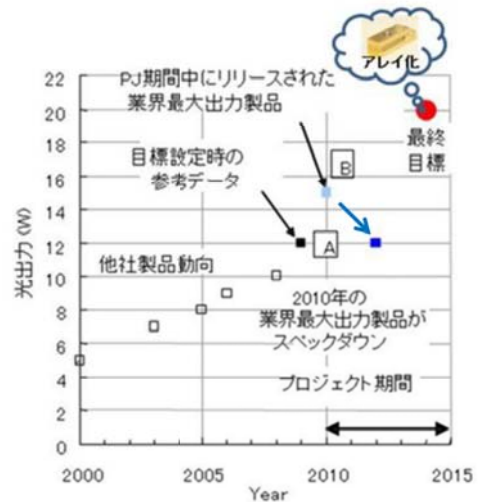
- I 事業の位置付け・必要性についてNEDO
- II 研究開発マネジメントについてNEDO
- III-1 研究開発成果について(全体概要)PL
- IV-1 実用化の見通しについて(全体概要)PL

2. 研究開発マネジメントについて 研究開発目標の妥当性

CFRP、表面処理および粉末成型用
レーザー加工装置に求められる性能



レーザー発振器に求められる性能
(シングルエミッタ)



各レーザー加工装置に求められる性能

項目		現行性能	開発ターゲット	備考	
切断接合技術	レーザー照射	—	高出力と二波長重畳等の多波長複合照射	—	
	加工速度	切削加工0.1m/分、W/J加工1m/分	6m/分:	自動車の部材加工のタクトタイム	
	切断	反応層の厚み	機械加工、W/Jは熱損傷を発生しない	反応層の厚み: 100 μ m以下	ユーザー企業からのリクエスト
		引張り強度	—	機械加工による引張り強度をゼロとして10%未満の低減に抑制	ユーザー企業からのリクエスト
接合	せん断強度	接着剤30MPa	100MPa	当該部材の実用的に求められる接合強度の最高値を設定	
表面処理技術	レーザー照射	エキシマレーザー	グリーンレーザー	—	
	ビーム幅	400mm	500mm以上	40inchTVクラスの基板加工が可能なサイズ以上	
粉末成形技術	レーザー照射	CW	CWとパルスの複合レーザー照射	—	
	成形精度	±0.2mm	±0.1mm	欧州製焼結積層成形装置の能力の50%向上。	
	成形時間	20 時間 (高さ100 mmサイズの基準パーツ)	16 時間以内	欧州製焼結積層成形装置の能力の20%アップ。	
	引張り強度	—	Ti 840Mpa以上	Ti-6Al-4Vの機械強度に関するASTM-F136とISO5832-3のいずれの規定値も満足する値を設定。	

事業原簿 I, II

15

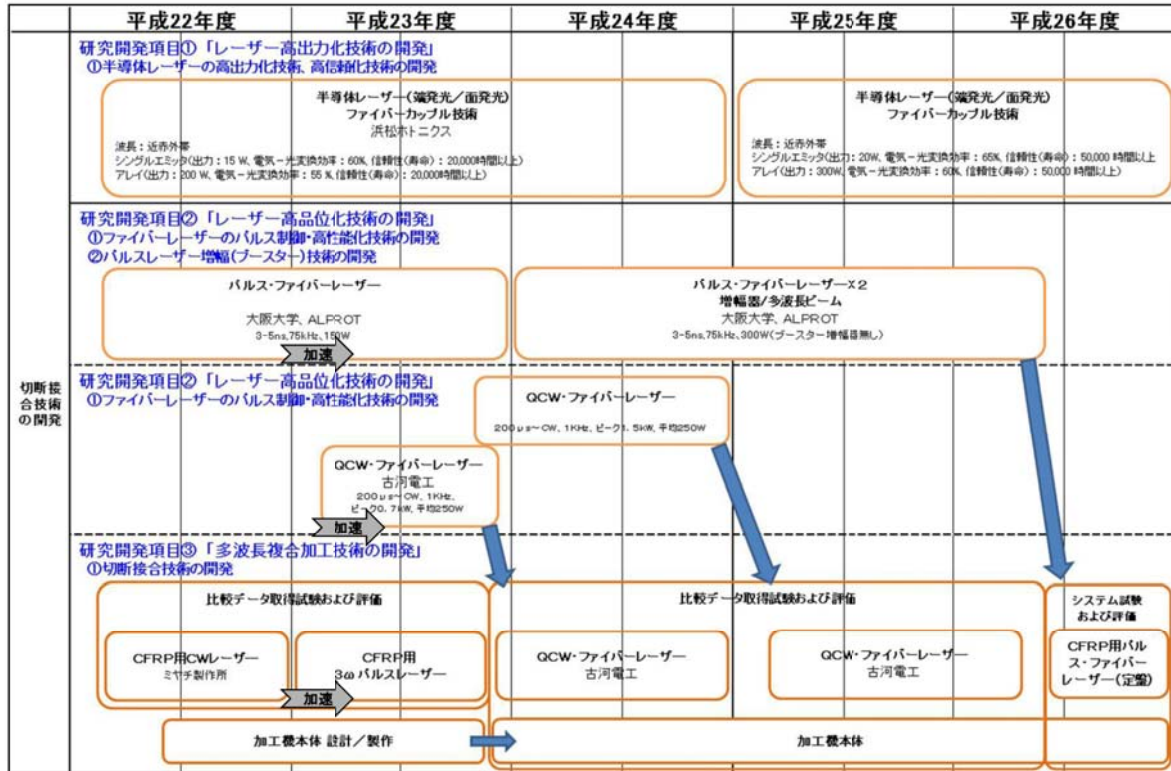
各加工技術に対する要求性能

	要求性能		研究開発分類
	項目	仕様	
切断接合技術	光源: シングル エミッタ	波長:近赤外帯(900nm帯)、出力: 20 W、効率: 65%、寿命: 50,000 時間	①レーザー高出力化技術 励起用半導体レーザーの高出力化・高信頼化 ファイバー導入におけるレーザー出力の損失低減
	光源: アレイ	波長:近赤外帯(900nm帯)、出力: 300 W、効率: 60%、寿命: 50,000時間 自動組立が可能であること	
	レーザー	繰り返し: 75-150kHz、出力パワー: 1.5kW、波長: 1064.1-1064.8nm パルス幅: 3-10ns	②レーザーの高品位化技術 レーザー出力増幅及びビーム品質の保持
	切断性能	切断加工速度 6m/min、反応層厚み 100μ m、引張強度 10%未満の低減、高出力レーザーと二波長重畳等の多波長複合照射	③多波長複合加工技術 加工システム、プロセスの構築
	接合性能	切断加工速度 6m/min、引張せん断強度 100MPa	
表面処理技術	レーザー	Green Laser、波長: 1μ m帯、平均出力: 200~700W、 繰り返し周波数: 1~150 kHz、パルス幅: 0.5~200ns	②レーザーの高品位化技術 レーザー出力増幅及びビーム品質の保持
	ビーム 性能	ワイドビーム: 幅500mm以上、	③多波長複合加工技術 ワイドビーム整形光学系技術の確立
粉末成形技術	レーザー	波長1μ m帯、平均出力: 200~700W、繰り返し周波数: 1~150 kHz パルス幅100ns	②レーザーの高品位化技術 レーザー出力増幅及びビーム品質の保持
	成形	材料: チタン(酸化防止技術)、成形精度: ±0.1mm、成形時間16時間 以内、CWとパルスの複合レーザー照射	③多波長複合加工技術 真空チャンバー型焼結積層造形技術

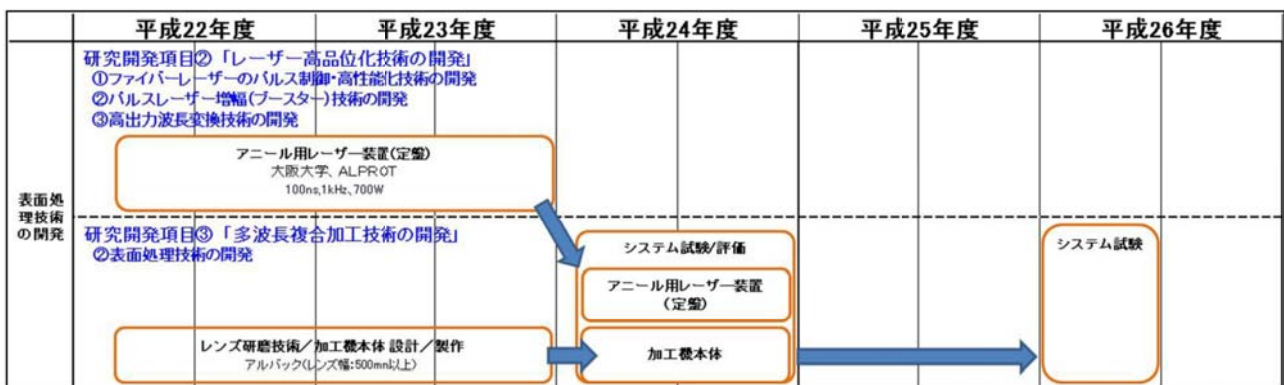
事業原簿 I, II

16

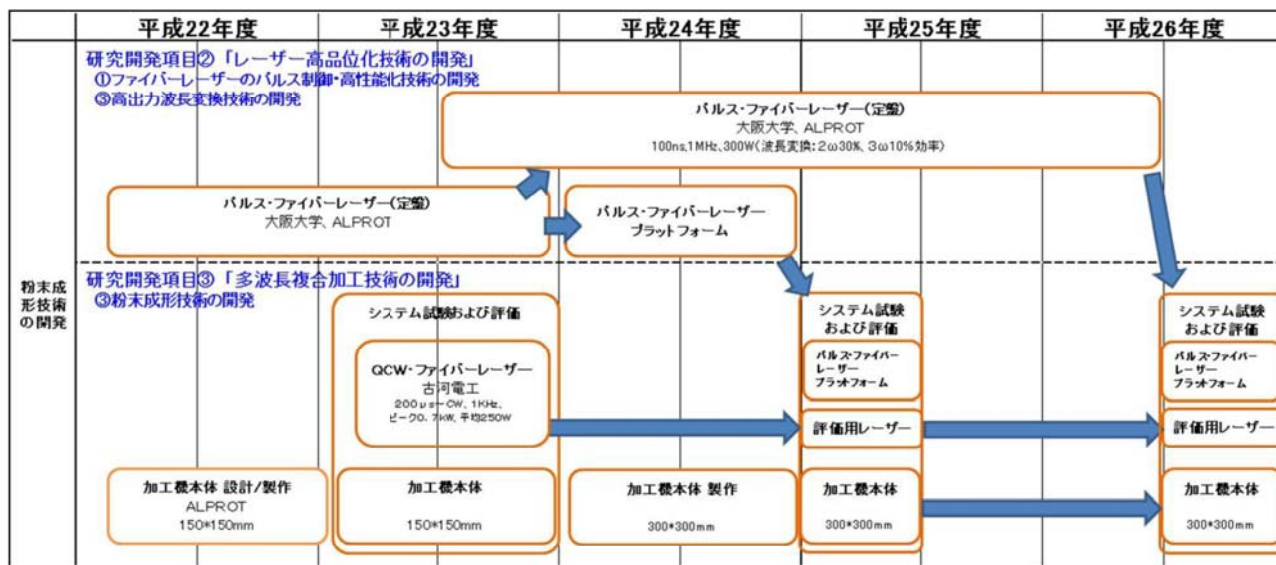
切断接合技術の開発計画



表面処理技術の開発計画



粉末成形技術の開発計画

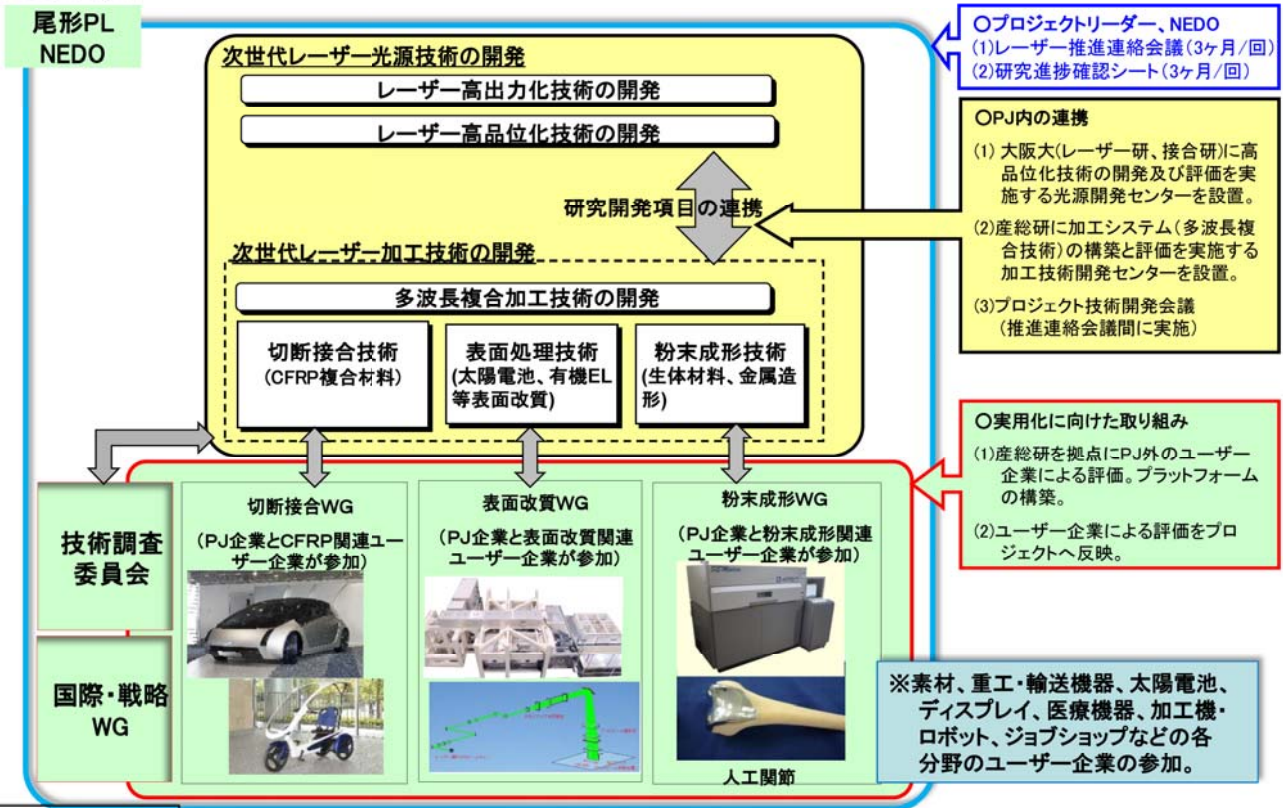


予算

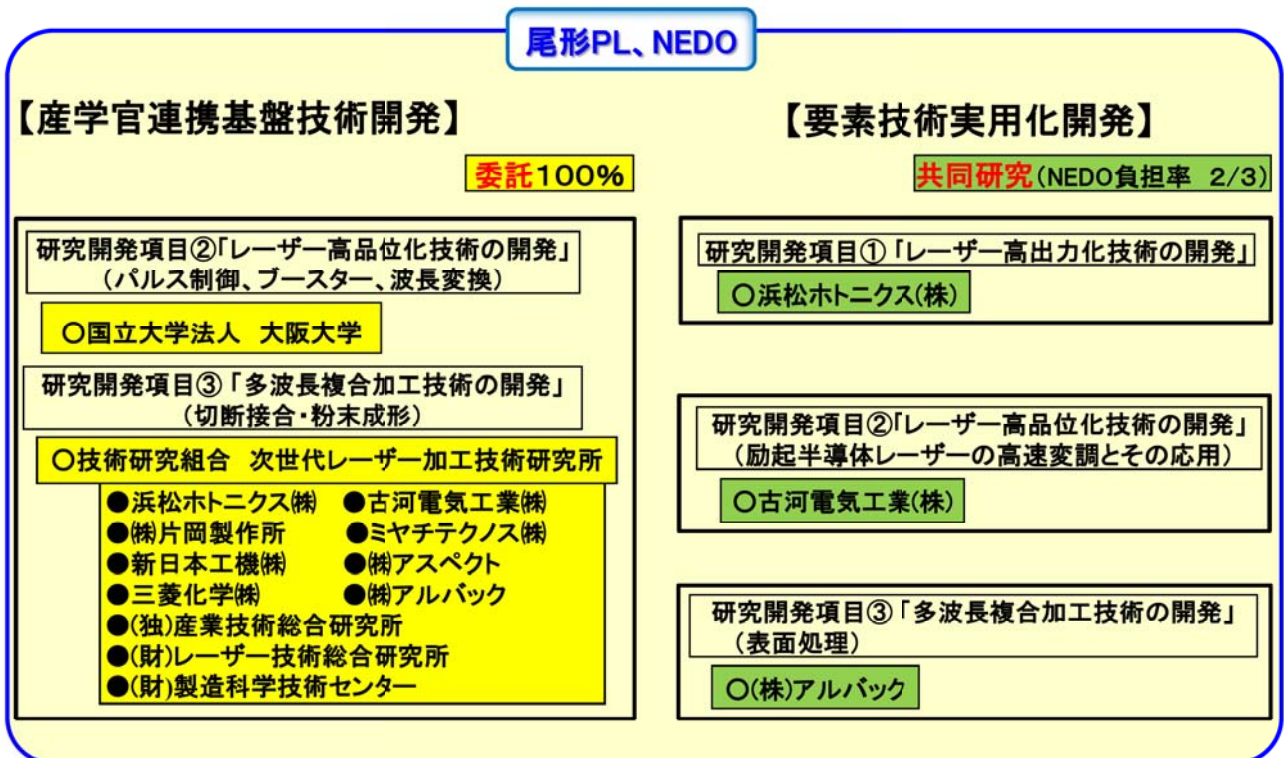
(単位:百万円)

		平成22年度	平成23年度	平成24年度 (予算)	総額
開発実績 (事業費合計)	総額	673	1,673	1,169	3,515
	(委託)	449	547	634	1,630
	(共同研究: 負担率2/3)	224	542	535	1,301
	(加速)	0	584	0	584

PJの運営



実施体制



加速制度の活用

件名	金額 (百万円)	背景	実施内容
①多波長複合加工技術の開発の前倒し及び、レーザー高品位化技術の開発の目標値向上	300	2010年12月にドイツの研究機関は、航空分野や自動車分野への応用を目指し、数kW級レーザーを利用したCFRP切断に関する研究成果を発表し、更なる研究開発の実施を示唆した。*PJの開発計画では、ドイツの研究機関に、先行される可能性が発生した。 また、レーザー高品位化技術を強化することにより、本技術分野における日本の国際競争優位を確保することができる。 ※LZH(Laser Zentrum Hannover e.V. ドイツ)が2010年12月の "74th Laser Materials Processing Conference(Tokyo)"で発表	○研究開発項目③「多波長複合加工技術の開発」 30W級パルス3ω光源システムを導入し、CFRPの切断実験を2011年度から実施。 ○研究開発項目②「レーザー高品位化技術の開発」 ・励起用半導体レーザー及び複合ビーム集光光学系ユニットを導入し、半導体レーザー特性評価及びレーザー安定性評価を実施し、ファイバーレーザー出力を200W⇒300Wに目標の向上を図った。 ・波長変換素子のコート及び均一冷却に関する最適化を実施し、2倍高調波への変換効率を30%⇒40%に、3倍高調波への変換効率を10%⇒13%に向上を波長変換効率の性能目標の向上を図った。
②「レーザー高品位化技術の開発」の事業化推進	284	2010年5月の "AKL 10-8th International Laser Technology Congress (Aachen, Germany)"において、IPG PHOTONICSは、励起用レーザーの消費電力の低減が実現可能なQCWファイバーレーザーに関する研究成果を発表し、更なる研究開発の実施を示唆していたため、現行の開発計画ベースでは、励起用レーザーにおいて、世界をリードする欧米に先行される可能性が発生した。	研究開発項目②「レーザー高品位化技術の開発」の目標値を高度化することにより研究開発を加速し、更に研究成果の実用化を推進するために、古河電気工業㈱のテーマの一部を2/3共同研究契約に変更し、研究開発成果によるファイバーレーザー発振機をQCWファイバーレーザーとしてパッケージ化し、実用化を図った。 ○ファイバー増幅部分に高速変調半導体レーザーを適用し、ファイバー増幅部分の消費電力を現行の連続駆動の場合と比較して50%以上の効率向上を目標にした。 ○(1)ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術 高速変調半導体レーザーを連続駆動用ファイバーレーザーキャビティの励起に適用し、ピーク出力の目標値を300Wから700Wに変更した。

開発方針の修正

年/月	修正内容
平成23年10月	「表面処理技術」では、55inch wide を製品化するマーケット情報入手し、計画していたレンズ幅より、さらに幅広いビームの形成を早期に実現する必要が発生した。そのため、ビーム幅を500mmから700mmに変更した。
平成23年12月	「開発項目① レーザー高出力化技術」で開発している光源については、既存のレーザー装置の光源に適用することによって、市場への早期展開を目指すことにした。

PJの運営

○基本計画、開発計画及び体制の見直し(検討中)

- ・これまでの研究開発結果や成果を受け、より出口を意識して目標を具体化する。
- ・また、中間評価結果および今後の情勢変化(研究進捗、計画の成立性および予算など)を総合的に鑑み、柔軟に対応する。
- ・ユーザーとのさらなる連携強化を図り、加工システム仕様へ反映する。

「次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト」
(中間評価)
2010年度～2014年度(5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

- Ⅲ-1 研究開発成果について (全体概要)
- Ⅳ-1 実用化の見通しについて(全体概要)

プロジェクトリーダー 尾形仁士

事業原簿 Ⅲ-1

2012年8月3日

1

Ⅲ. 研究開発成果について 目標の達成度

公開

4. プロジェクト概要説明
4.2 「研究成果」及び「実用化の見通し」

プロジェクトの3つの出口と技術調査
プロジェクトにおける連携

- 研究開発成果について
研究開発項目別の中間目標達成度
知的財産の取得および成果の普及
最終目標達成への見通し
- 実用化、事業化の見通しについて
事業化までのシナリオ
波及効果

事業原簿 Ⅲ-1

2

プロジェクトの3つの出口と技術調査

切断接合技術の開発 (大阪大学、ALPROT、浜松ホトニクス、古河電気工業)

高出力半導体レーザー開発

増幅技術開発と波長変換技術開発

QCWファイバーレーザー開発

多波長複合照射加工技術開発

CFRP加工システム

表面処理技術の開発 (大阪大学、ALPROT、アルバック)

アニール用レーザー開発

アニール用システム開発

表面処理システム

粉末成形技術の開発 (大阪大学、ALPROT)

粉末成形用レーザー開発

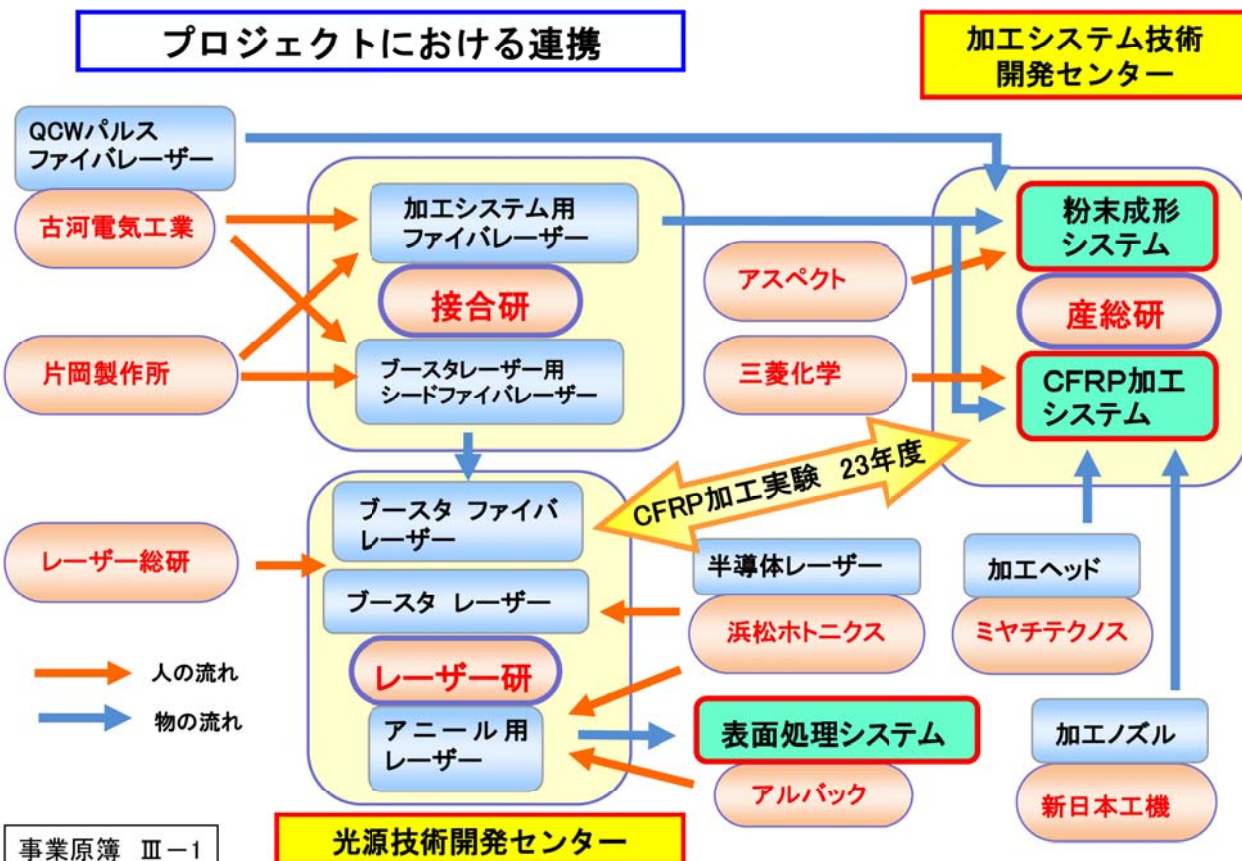
粉末成形システム開発

粉末成形システム

実用化
事業化

調査・普及促進

プロジェクトにおける連携



プロジェクト全体の目標、および達成状況

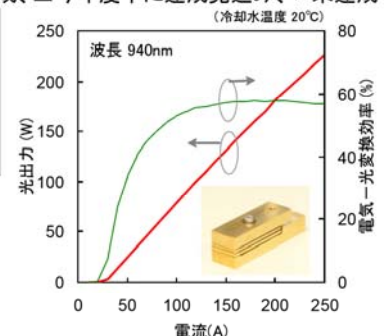
	目標	達成状況
切断接合技術の開発	CFRP等の次世代素材をレーザーにより、高品位に加工できる技術を開発する。	各種レーザーを用いてCFRP素材の加工実験と評価を行い、高品位のCFRP加工の見通しがついた。
表面処理技術の開発	フラットパネルディスプレイや太陽電池製造に適用できるレーザーSiアニール技術を開発する。	アニール用レーザーを光源とし、均一なワイドビームを実現する光学系の構築が、順調に進んでいる。
粉末成形技術の開発	チタン等の材料を用いて、医療などに貢献できる粉末成形技術を開発する。	小型プラットフォームを製作し、真空中でのチタン合金の成形技術を開発した。展示会に出品し、ユーザーにアピールすることができた。
調査・普及促進	プロジェクトの出口を幅広く外部に求めるため、有識者を含めてプロジェクトのテーマについて議論する。	調査委員からの幅広い意見を聞き、国際的な技術動向などの調査を行った。分科会(WG)では今後のプロジェクトの展開につながる議論ができた。

切断接合技術の開発 高出力半導体レーザー開発(浜松ホトニクス)

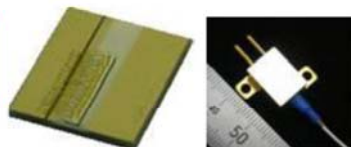
研究項目	評価目標			成果	達成度
	評価項目	中間目標(基本計画)	中間目標		
①-(1) 半導体レーザーの 高出力化技術・ 高信頼化技術の開発	シングル エミッタ	波長:近赤外帯 出力: 15 W 効率: 60% 寿命: 20,000 時間以上	波長:近赤外帯 出力: 15 W、効率: 60% 寿命: 20,000時間	900nm帯 15 W、60% 確認中	△
	アレイ	波長:近赤外帯 出力: 200 W 電気-光変換効率: 55% 寿命: 20,000 時間以上 自動組立が可能であること	波長:近赤外帯 出力: 200 W、効率: 55% 寿命: 20,000時間 自動組立が可能であること	900nm帯 200 W、55% 確認中 自動組立可能	△
①-(2) 半導体レーザーの ファイバーカプ ル技術の開発	シングル エミッタ	ファイバー結合効率(コア径105 μm、NA0.15相当): 80%以上	ファイバー結合効率: 80%以上	80%以上	○
	アレイ	ファイバー結合効率: 60%以上	ファイバー結合効率: 60%以上	仮組時60%以上	△

中間目標の達成度: ◎大幅達成、○達成、△今年度中に達成見込み、×未達成

課題	中間目標達成のための解決策
発熱の低減と熱の除去 高出力と高信頼性の両立 ファイバ結合効率向上(シングルエミッタ) (アレイ)	素子構造の最適化、ヒートシンク改良 端面劣化抑制構造の開発 素子特性・レンズ特性の最適化、 スマイル抑制、耐パワー性を有するコネクタ開発



中間目標に関しては
問題なく達成、もしくは達成見込み



シングルエミッタ素子 と ファイバモジュール

アレイの出力特性

切断接合技術の開発 増幅技術開発と波長変換技術開発 (大阪大学、ALPROT)

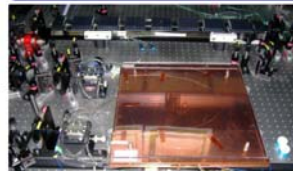
研究項目	評価目標			成果	達成度
	評価項目	中間目標(基本計画)	中間目標		
②-(1)-3) ファイバーレーザーの高出力化技術の開発	繰り返し周波数 平均出力 波長(可変) パルス幅、M ²		75kHz 150W (1ビーム) 1064.1-1064.8nm 3-10ns、<1.5	77kHz 170W 1064.1-1064.8nm 3-10ns可変、1.5	○
②-(2)-1) kW級ブースター増幅器の開発	繰り返し周波数 平均出力 波長(可変) パルス幅	1-150 kHz 200 - 700 W 1 μm帯 0.5 - 100 ns	75kHz 500-700W 1064.1-1064.8nm (最適化) 3-10ns	75kHz 実測利得と計算予測で700W達成見込み 最適化中 3-10ns	△
②-(3)-2) 波長変換の高効率化技術の開発	第2高調波変換効率 第3高調波変換効率	≥20% ≥6%	≥20% (基本波500W) ≥6% (基本波500W)	≥60% (基本波300W) ≥40% (基本波160W)	△
②-(3)-3) 加工試験のための整備			現有YAGレーザーの改造 実験エリアの整備 加工システム技術開発センターと連携してCFRP加工試験を実施	現有パルスYAGレーザーの改造した。実験エリアの整備を行った。加工システム技術開発センターと連携して、3回のCFRP加工試験を実施した。	○

中間目標の達成度: ◎大幅達成、○達成、△今年度中に達成見込み、×未達成

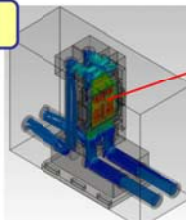
課題	解決策
システムコンセプトと発熱対策	高出力ファイバー コンポジットセラミック 波長変換結晶の独創的な熱対策

パーツごとに中間目標を達成又は達成にめど。年度後半に全システム組み上げ。

M²=2~3では200 W達成!



ファイバー増幅器



ブースター増幅器



SHG/THG

事業原簿 Ⅲ-1

切断接合技術の開発 QCWファイバレーザ開発 (古河電気工業)

研究項目	評価目標			成果	達成度
	評価項目	中間目標(基本計画)	中間目標		
②-(1)-4) QCWファイバレーザの作製	ピーク出力 平均出力 M ²		700W 250W 1.1以下	800W 500W 1.1以下	○

中間目標の達成度: ◎大幅達成、○達成、△今年度中に達成見込み、×未達成

課題	解決策
半導体レーザの輝度向上とファイバ非線形の低減	50W超LDの実現 ファイバのモードフィールド径の最適化

23年度中間目標を予定通り達成、産総研で試験運用を開始した



開発したファイバレーザ

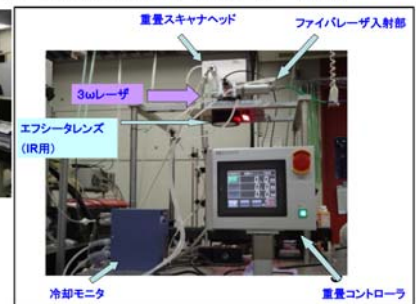
事業原簿Ⅲ-1

切断接合技術の開発 多波長複合照射加工技術開発 (ALPROT)

研究項目	評価目標		成果	達成度
	中間目標 (基本計画)	中間目標		
③-(1) 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	<ul style="list-style-type: none"> 複合レーザー照射方法を確立すること。 加工メカニズムを明確にしつつ、加工プロセスを最適化。 複合レーザー照射を可能とする光学系、及びリモート加工が可能な加工ヘッドを設計する。 レーザー加工試料の評価技術を構築すること。 	切断加工速度 2m/min以上 反応層厚み 500μ m 引張強度 15%未満の低減 (参照強度に対して)	1.5m/min (CFRP) 2m/min (CFRTP) 350μ m (CFRP) 300μ m (CFRTP) 10%未満(CFRP) 20%未満(CFRTP)	△
		接合加工速度 2m/min以上 引張せん断強 50MPa	要素技術見極め中。 今年度中に達成予定	△

中間目標の達成度: ◎大幅達成、○達成、△達成見込み(今年度中)、×未達

課題	解決策
(切断)加工速度の向上 (接合)接合要素技術の見極め	(切断)複合照射による速度向上 (接合)CFRP表面改質



一部の中間目標を達成、未達成項目もめどあり

事業原簿 Ⅲ-1

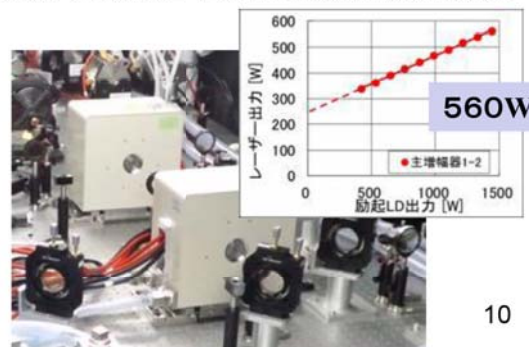
表面処理技術の開発 アニーリング用レーザー開発 (大阪大学、ALPROT)

研究項目	評価目標			成果	達成度
	評価項目	中間目標 (基本計画)	中間目標		
②-(2)-2 アニーリング用ブースター増幅技術の開発	波長 平均出力 繰り返し周波数 パルス幅		1μ m帯(基本波) 200~700W 1~150 kHzのうち、 最適周波数 0.5~200nsのうち、 最適パルス幅	1.064μ m 560W 1kHz 105ns	○
②-(3)-1 アニーリング用レーザーの波長変換モジュール	変換効率		20% (700Wの基本波から)	20% (360W基本波)	△

中間目標の達成度: ◎大幅達成、○達成、△今年度中に達成見込み、×未達成

課題	解決策
ロングパルスでの波長変換の高効率化	光損傷を考慮した設計により信頼性も向上する

基本波では中間目標を達成し、アニーリング評価へのめどが立った!



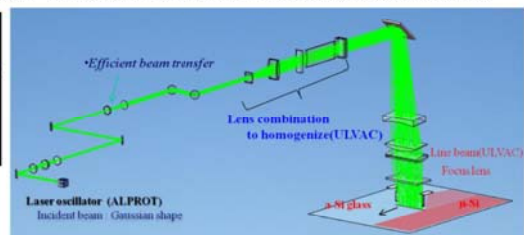
事業原簿 Ⅲ-1

表面処理技術の開発 アニール用システムの開発 (アルバック)

研究項目	評価目標			成果	達成度
	評価項目	中間目標 (基本計画)	中間目標		
③-(2) 表面処理技術の開発	大型レンズ研磨装置	・大型異形光学部品の研磨加工技術を開発すること。	研磨幅: 500mm	700mm	△
	ワイドビーム光学系のシミュレーション	・光学シミュレーション技術を確立すること。	ビーム幅: 500mm 集光幅: 20μ m 照射均一性: ±7%	700mm 20μ m ±2.5%	
	ワイドビームの形成	・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とワイドビーム整形光学系技術を開発する	ビーム幅: 500mm 集光幅: 20μ m 照射均一性: ±7%	未評価	
	ビームモニタリング	・ワイドビームの形状及び照射均一性を評価するためのビームプロファイラを開発する。	測定精度: ±2%以内 測定分解能: 5μ m以下	未評価	

中間目標の達成度: ◎大幅達成、○達成、△今年度中に達成見込み、×未達成

課題	解決策
ビーム集光面でのラインビームの均一性確保	各レンズの研磨精度と組合せによる光学系の設計



構成部品の各仕様は達成。組合せ評価で中間成果確認。

事業原簿 Ⅲ-1

大型レンズ研磨機は別用途向けレンズの研磨でも活用できる見込み

粉末成形技術の開発 粉末成形用レーザー開発(大阪大学、ALPROT)

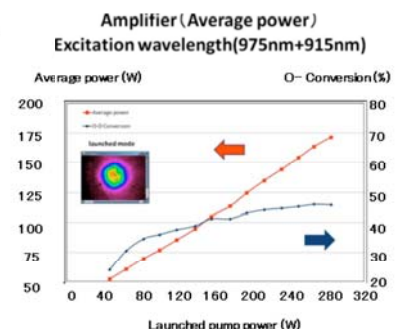
研究項目	評価目標			成果	達成度
	評価項目	中間目標 (基本計画)	中間目標		
②「レーザー高品位化技術の研究開発」 (1) ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術の開発	粉末成形シーダ 平均出力 繰り返し周波数		70W@パルス幅100ns 1MHz	70W@パルス幅100ns 1MHz	○
	ブースタシーダ 平均出力 繰り返し周波数		5W @パルス幅3-10ns 75kHz	5W @パルス幅3-10ns, 75kHz	
2) ファイバーレーザーのモジュール化技術の開発	平均出力 繰り返し周波数 基本波長 パルス幅 ビーム品質	5 ~ 100 W 1~1000 kHz 1 μ m帯 0.5 ~ 200 ns シングルモード M2 < 1.5	150 W@100 ns 1 MHz 1064 nm パルス幅可変: 10-200 ns 偏光: 保持	171 W@100 ns 1 MHz 1064 nm 100 ns 偏光: 保持	△

中間目標の達成度: ◎大幅達成、○達成、△今年度中に達成見込み、×未達成

課題	解決策
非線形効果の発生 フォトニック・クリスタル・ファイバー(PCF)の励起効率の向上	増幅率、コア径、ファイバー長の最適化、バンドパスフィルターの最適設計 PCF吸収波長と励起波長を最適化した

中間目標出力を達成し、他項目も達成のめど!

事業原簿 Ⅲ-1



粉末成形技術の開発 5.3.2 粉末成形システム開発 (ALPROT)

研究項目	評価目標			成果	達成度
	評価項目	中間目標(基本計画)	中間目標		
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	①粉末焼結積層成形機構開発 ②複合レーザー照射方法 ③加エプロセス ④評価技術構築	・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。 ・レーザー加工試料の評価技術を構築すること。	真空下においても動作可能 照射方法の確立 造形メカニズムの明確化 最適条件の確立 試料の評価技術を構築	製作・実験開始 6時間(外挿)程度達成、精度+0.2mm 検討終了・装置作成中(阪大) 検討中 プロセス条件確立 強度評価開始	△

中間目標の達成度：◎大幅達成、○達成、△今年度中に達成見込み、×未達成

課題	解決策
成形環境(真空度、温度)の安定化と成形品の強度向上	成形環境の正確な把握と制御への帰還、および成形形状によるレーザー出力最適制御の確立



小型プラットフォーム試作機および成形例

13

高速成形を実現できた

事業原簿 Ⅲ-1

5.4 調査・普及促進 (ALPROT)

研究項目	評価目標		成果	達成度
	中間目標(基本計画)	中間目標		
④技術開発推進にかかる調査(先端技術、標準化等)・評価・普及促進		・レーザー光源の開発状況や使用状況の調査 ・エンドユーザーニーズを取り入れた光源開発の必要性の把握、および本開発製品の実用化の可能性を明確にする ・製品実用化可能性を広げるため、開発中間時点での成果報告会をおこなう	技術調査委員会(2回) 国際・戦略WG(4回) 素材・加工WG(3回) 表面改質WG(4回) 粉末成形WG(4回) を開催し、レーザー光源等の調査を行った。またユーザーニーズについて議論した。 成果報告会 7/30開催	○

中間目標の達成度：◎大幅達成、○達成、△今年度中に達成見込み、×未達成

有識者の貴重な意見を聞くことができた



第2回技術調査委員会

事業原簿 Ⅲ-1

5.4 調査・普及促進 (ALPROT)

ユーザー連携 技術調査委員会



事業原簿 Ⅲ-1

5.4 調査・普及促進 (ALPROT)

技術調査委員会とWG

出席者は委員とプロジェクト開発実施者、NEDO、METI、ALPROT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テーマのニーズに関しての報告、検討を行なった。
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た。
新素材・加工テーマWG	6名	4回	開発内容を確認し、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関する報告が行なわれた。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関する検討を行なった。
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関する検討を行なった。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。

事業原簿 Ⅲ-1

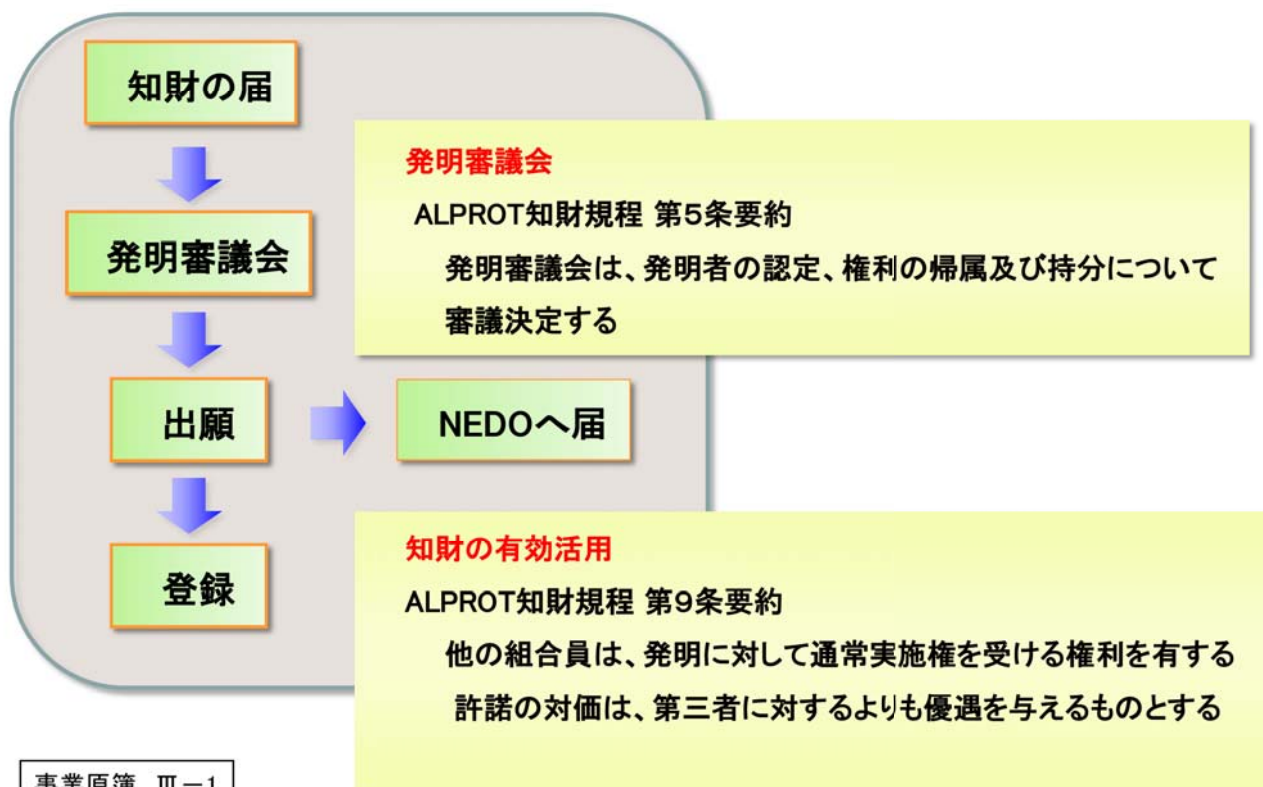
詳細は各実施者の報告へ

知的財産の取得、および成果の普及

	平成22年度	平成23年度	平成24年度	計
特許出願(うち外国出願)	1(0)	10(0)	8(1)	19(1) 件
研究発表・講演	2	53	15	70 件
論文(査読付き)	0(0)	9(7)	7(5)	16(12) 件
展示会への出展	0	1	1	2 件

平成24年度7月31日現在

ALPROTにおける知財マネジメント ALPROT知的財産権取扱規程にもとづく



「外部発表・展示会」

産総研オープンラボにおいて、研究組合の展示ブースを設定し、研究組合とプロジェクトの紹介パネルを展示した。来場者にプロジェクトの目的、内容、成果等について説明を行った。

日時：平成23年10月13～14日
場所：産業技術総合研究所 本部情報棟ロビー

「展示会への出展」

平成24年6月20日(水)～22日(金)、東京ビックサイトにて「第23回設計・製造ソリューション展(DMS)」が開催された。

アспект社ブースにおいて、本プロジェクトで開発した粉末成形装置の展示とデモを行い、好評を博した。



事業原簿 Ⅲ-1

「成果報告会の開催」

本プロジェクト開発の関連技術の普及・促進を図るため、プロジェクト中間時点での成果報告会を開催した。本プロジェクトの成果を幅広くレーザー加工技術関係のユーザーに利用してもらうため、これまでのプロジェクト成果について報告した。またユーザー企業側からの視点も重要と考え、ユーザー連携の技術調査委員に講演を行った。

日時：平成24年7月30日
場所：品川フロントビル会議室

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）」
～次世代レーザー加工システムに立脚する日本のものづくりの今後～

開催案内

日時：平成24年7月30日（月） 13：00～17：00
会場：品川フロントビル会議室A（品川フロントビル地下1階）
東京都港区港南2-3-13
<http://www.front-c.jp/access/index.html>

主催：技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所（ALPROT）
定員：120名（申込受付先着順、定員に成り次第締切らせて頂きます）
参加費：無料
申込方法：添付参加申込書にてお申し込み下さい。

開催趣旨

日本のものづくりは、国際競争力や自然災害、継続する円高等様々な課題が顕在化しており、また、国策等により著しい経済発展、技術発展を遂げているもしくは遂げようとしている中国、アジア等国は、新たな技術を見据え「ものづくり」の競争力を高める

研究項目	評価目標と成果			最終目標の達成見通し (課題とその対応)
	評価項目	最終目標	成果(現時点)	
高出力半導体レーザー開発 ①-(1) 半導体レーザーの高出力化技術・高信頼化技術の開発	シングルエミッタ アレイ	波長：近赤外帯 出力：20 W、効率65% 寿命50,000時間 出力300 W 効率60% 寿命50,000時間 自動組立が可能であること	900nm帯 15 W、60%以上 確認中 200 W 55%以上 確認中 自動組立可能	最終目標達成に向けての確認点である中間目標については、順調に開発が完了する見込みである。 最終目標は、素子の熱負荷が大きい状態で高出力化を実現し、かつ寿命を延ばすといった厳しい目標値となっている。 結晶構造、素子構造等について試作、検討を進め、課題の抽出とその解決策を見出すことで、最終目標を達成させる。
①-(2) 半導体レーザーのファイバカップル技術の開発	シングルエミッタ アレイ	ファイバ結合効率 90% ファイバ結合効率 70%	80%以上 仮組60%以上	最終目標達成に向けての確認点である中間目標については、順調に開発が完了する見込みである。 最終目標を達成に向けては、よりエネルギー伝送効率の高い結合技術、光学系および調心技術の開発が必要である。それらの技術課題の抽出とその解決策を見出すことで、最終目標を達成させる。

研究項目		評価目標			最終目標の達成見通し (課題とその対応)
		評価項目	最終目標	成果(現時点)	
増幅技術開発 と波長変換技術開発 ②-(1)-3) ファイバーレーザー の高出力化技術の開発	ブースター注入用	繰り返し 平均出力 波長(可変) パルス幅 M ²	75-150kHz 300W(2ビーム) 1064.1-1064.8nm 3-10ns <1.5	77kHz 170W 1064.1-1064.8nm 3-10ns可変 1.5	1ビーム出力150Wは達成済み。 2ビーム偏光合成で300Wは確実に達成。
	2ビーム波長合成	平均出力 波長	300W 1064, 1070nm	300W 1064, 1070, 1075nm	パワー、2波長ともに達成。 効率>90%の波長合成にめど
②-(2)-1) kW級ブースター増幅器の開発		繰り返し周波数 平均出力 波長(可変) パルス幅	75-150kHz 1.5kW 1064.1-1064.8nm (最適化) 3-10ns	75kHz 700W達成見込み 最適化中 3-10ns	4kW LD励起で>750W@75kHzを達成見込み。 よって、縦偏光750W、横偏光750Wの2ビーム偏光合成で1.5kW達成は確実。 出力1ビーム又は2ビームの選択は、波長変換の最適化と併せて決定。
②-(3)-2) 波長変換の高効率化技術の開発		第2高調波変換効率 第3高調波変換効率	≥30%(基本波1.5kW) ≥10%(基本波1.5kW)	≥60%(基本波300W) ≥40%(基本波160W)	冷却構造の改良と上記偏光合成(ビーム当たり750W入力)によって熱負荷を半減することで、目標達成は可能。

事業原簿 Ⅲ-1

研究項目	評価目標と成果			最終目標の達成見通し (課題とその対応)
	評価項目	最終目標	成果(現時点)	
②-(1)-4) QCWファイバーレーザーの開発	ピーク出力 平均出力 ビーム品質	1.5 kW 250W M ² <1.1	800 W 500W M ² <1.1	順調に開発は進んでいる。 励起半導体の輝度向上とファイバの非線形効果を低減し、ピーク出力を確保する。 最終目標は十分達成可能。

研究項目	評価目標と成果			最終目標の達成見通し (課題とその対応)
	評価項目	最終目標	成果(現時点)	
多波長複合照射加工技術開発 ③-(1) 1) 複合材料高速切断接合システム技術の開発	切断加工速度	6m/min	1.5m/min(CFRP) 2m/min(CFRTP)	順調に開発は進んでいる。 波長、パルス幅と熱損傷の関係が明確になりつつあり、最終目標は十分達成可能
	反応層厚み	100μ m	350μ m(CFRP) 300μ m(CFRTP)	
2) 複合材料加工プロセス・評価技術の開発	引張強度	10%未満の低減 (参照強度に対して)	10%未満(CFRP) 20%未満(CFRTP)	CFRPの表面改質をすることで、最終目標は十分達成可能。
	接合加工速度 引張せん断強度	6m/min 100MPa	要素技術見極め 接着剤20MPa	

研究項目	評価目標と成果			最終目標の達成見通し (課題とその対応)
	評価項目	最終目標	成果(現時点)	
アニール用レーザー開発 ②-(2)-2) アニール用ブースター増幅技術の開発	波長 平均出力 繰り返し周波数 パルス幅	1μ m帯(基本波) 200~700W 1~150 kHzのうち、 最適周波数 0.5~200nsのうち、 最適パルス幅	1.064μ m 560W 1kHz 105ns	最終目標は中間目標と同じで、今年度中に全項目達成の予定
②-(3)-1) アニール用レーザーの波長変換モジュール	変換効率	20% (700W基本波)	20% (360W基本波)	順調に開発は進んでいる。最終目標は十分達成可能。
アニール用システムの開発 ③-(2) 表面処理技術の開発	大型レンズ研磨装置 ワイドビーム光学系のシミュレーション ワイドビームの形成 ビームモニタリング	研磨幅: 500mm ビーム幅: 500mm 集光幅: 20μ m 照射均一性: ±7% ビーム幅: 500mm 集光幅: 20μ m 照射均一性: ±7% 測定精度: ±2%以内 測定分解能: 5μ m以下	700mm 700mm 20μ m ±2.5% 未評価 未評価	大型レンズ研磨機が完成したため、光学シミュレーションから導かれるサイズの大型レンズの製造が可能になった。 これらの光学系とアニール用レーザーを組み合わせて、実際のビームの整形評価を実施し、最終目標を達成できる見込み

研究項目	評価目標と成果			最終目標の達成見通し (課題とその対応)
	評価項目	最終目標	成果(現時点)	
粉末成形用レーザー開発 ②-(1)-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 ファイバーレーザーのパルス制御技術の開発	粉末成形シーダ 平均出力 繰り返し周波数 ブースターシーダ 平均出力 繰り返し周波数	中間目標を最終目標とする 70W @パルス幅100ns 1MHz 5W @パルス幅3-10ns 75kHz	70W @パルス幅100ns 1MHz 5W @パルス幅3-10ns 75kHz	最終目標は中間目標と同じであり、すでに達成
②-(1)-2) ファイバーレーザーのモジュール化技術の開発	平均出力 繰り返し周波数 基本波長 パルス幅 ビーム品質	150 W@100 ns 1 MHz 1064 nm 100 ns 偏光: 保持	171 W @100 ns 1 MHz 1064 nm 100 ns 偏光: 保持	順調に開発は進んでいる。 フィルターの最適化と吸収長と励起波長の最適化に成功したので、最終目標は十分達成可能。

研究項目	評価目標と成果			最終目標の達成見通し (課題とその対応)
	評価項目	最終目標	成果(現時点)	
③-(3) 粉末成形システム 開発	成形精度 成形速度 強度	±0.1mm(100mm基準パーツ) 16時間以内 860MPa(チタン合金)	+0.2mm 6時間(外挿) 190MPa	精度は補正で対応可能。 加工速度は問題なし。 強度は積層ピッチを縮めて 密度を向上することにより 実現可能と予測している。

研究項目	評価目標と成果		最終目標の達成見通し (課題とその対応)
	最終目標	成果(現時点)	
調査・普及促進 ④技術開発推進にか かる調査(先端技術、 標準化等)・評価・普及 促進	<ul style="list-style-type: none"> 開発光源および開発された光源を利用した加工システムのユーザーとの連携 広範囲なものづくりに活用されるレーザー加工技術の実用化の可能性を明確にする 本開発の成果報告会の開催 レーザー加工実証試験の開催 	技術調査委員会 (2回)と各WG(それ ぞれ4回)を開催し た。 成果報告会を開催 した。	技術調査委員会と各WGを 中心としてユーザー連携を 進める予定。 成果報告会、加工実証試 験をおこない、成果の普及 を図るが、最終目標達成は 十分可能である。

すべての研究項目で課題とその解決策が明確であり、達成見通しも得られている。

「事業化」の定義 : 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。

「2/3共同研究」の成果

事業化までのシナリオは明確に描かれている。製品イメージと市場も明確であり、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

「実用化」の定義 : 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。

「委託研究」の成果

成果想定市場での技術的優位性の検討を行い、製品展開の可能性を見極めて、可能であれば事業化に結び付ける

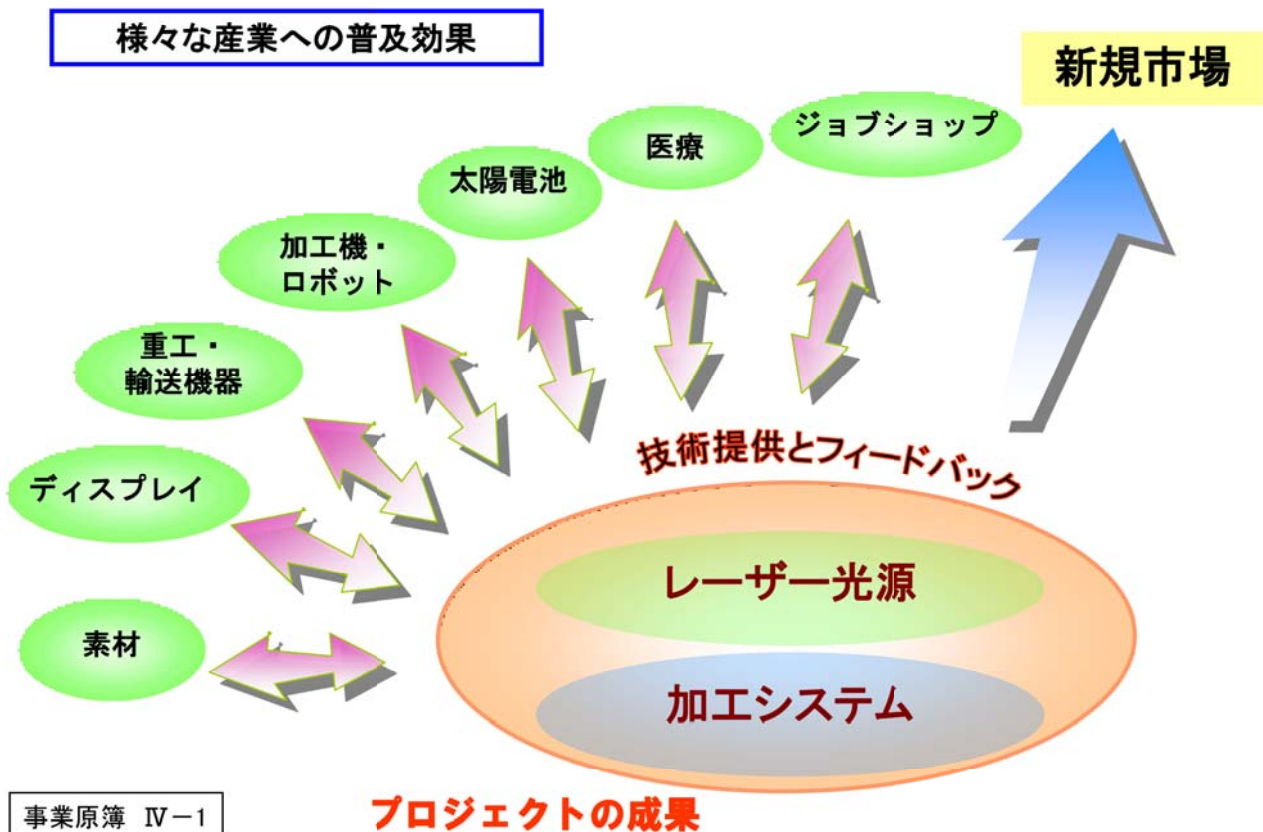
⇒ 実際の実用化、事業化の詳細は各実施者の報告へ

IV . 実用化、事業化の見通しについて 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	→	実用化事業化
	太陽電池	太陽電池パネルへの展開	→ 実用化試験	→	実用化事業化
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	→	実用化事業化
	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	→	実用化事業化

事業原簿 IV-1

IV . 実用化、事業化の見通しについて 波及効果



事業原簿 IV-1