

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

プロジェクト概要 I - II

- I - 事業の位置付け・必要性について
- II - 研究開発マネジメントについて

NEDO

ロボット・機械システム部

2015年8月20日

社会的背景と事業の目的

社会的背景

地球温暖化対策としての低炭素社会の実現



自動車・航空機等の輸送機器の抜本的軽量化技術を開発する必要性

事業の目的

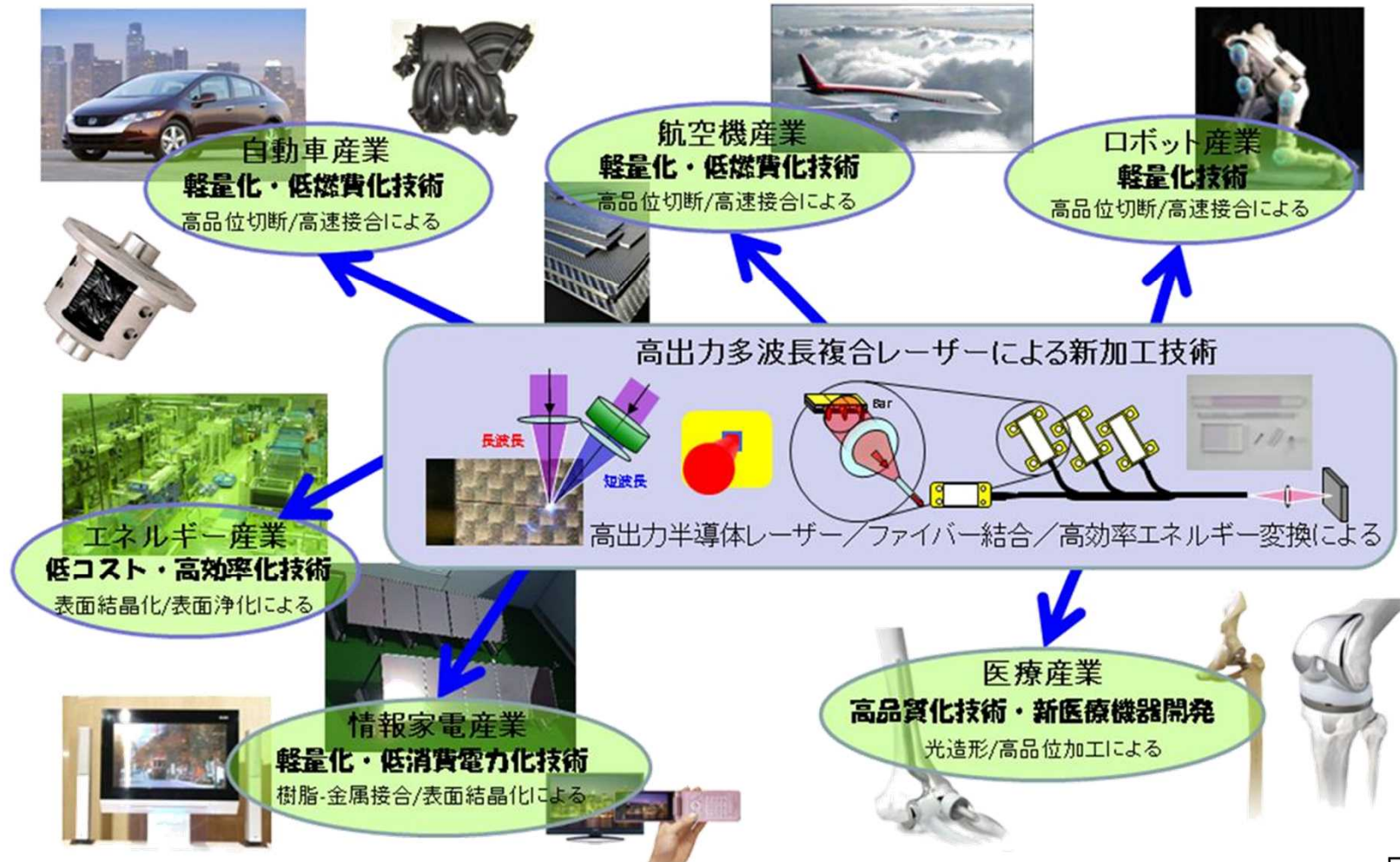
難切削素材の利活用促進に貢献するための革新的な切断・接合技術の開発および製品製造タクトタイムの大幅短縮化



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CFRP(炭素繊維強化複合材料)等に対して、高品位・高速・省エネルギーなレーザー切断・接合技術を開発

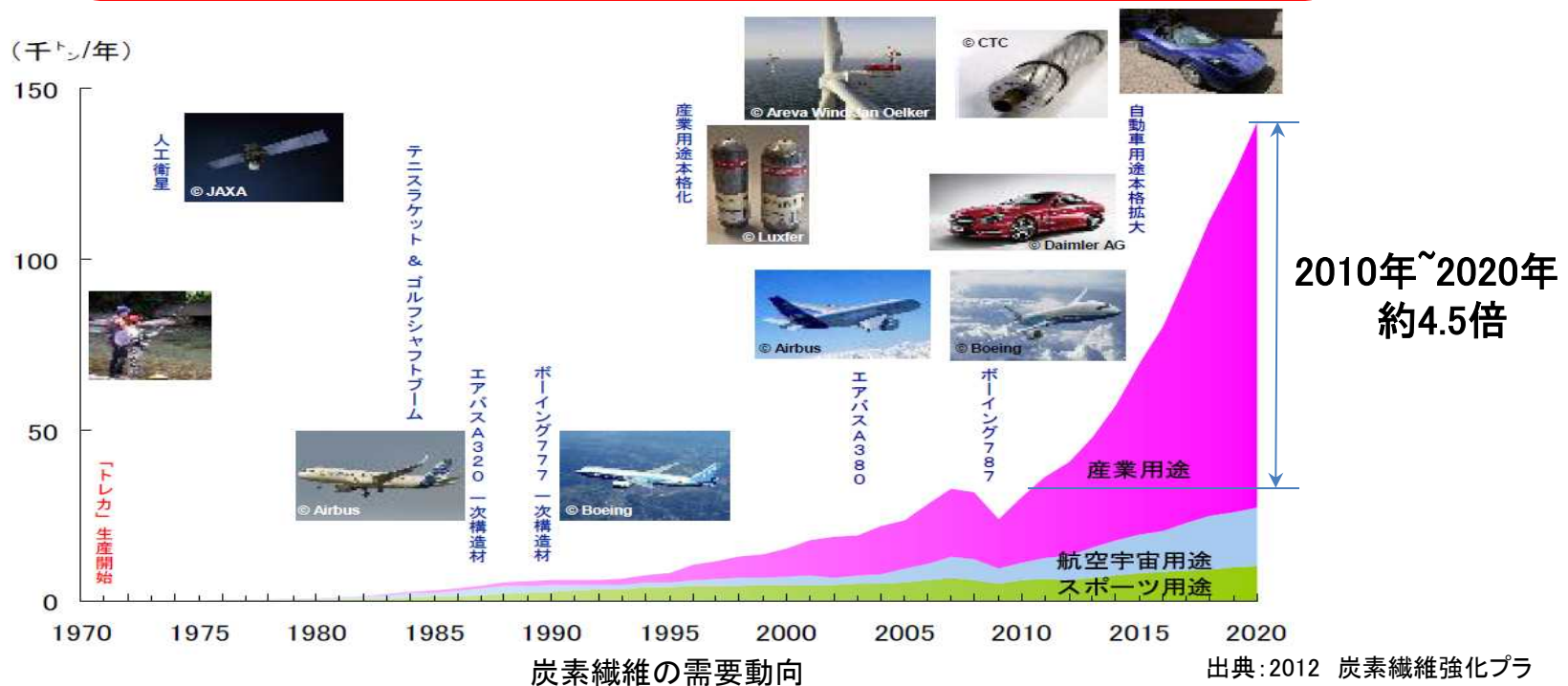
事業の目的

軽量・高強度な次世代素材の活用が期待される分野



CFRP切断接合

- CFRP普及拡大のためには、CFRP加工機が不可欠
- 主なユーザ候補:自動車・航空機メーカー



出典:2012 炭素繊維強化プラスチック市場の現状と将来展望
(富士キメラ総研)

CFRPの自動車適用へ向けた動きが本格化

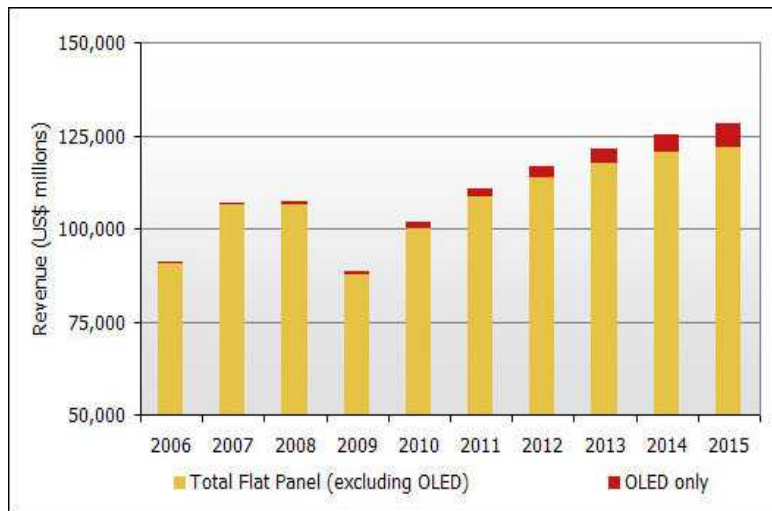
- ・ 東レ/ダイムラーの合併会社設立 (2011年)
- ・ 帝人、GM向けに量産開始 (2012年)
- ・ CFRP 100kg搭載のBMW i3販売発表 (2013年)

1. 事業の位置付け・必要性について (1) NEDOの事業としての妥当性

表面処理

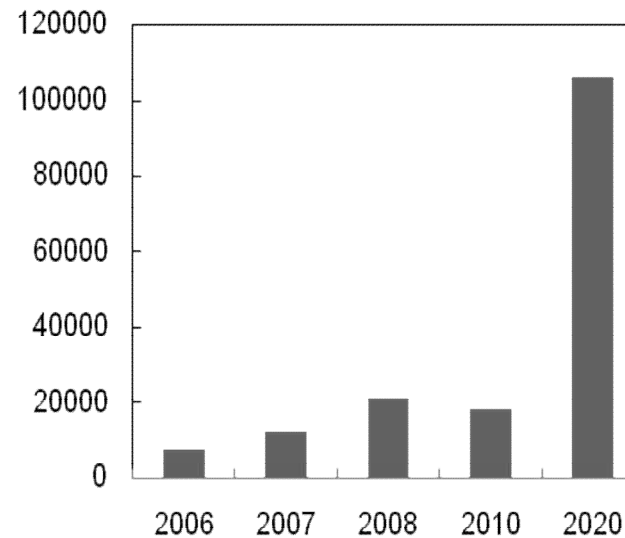
- フラットパネルディスプレイ市場は、2015年に1250億ドルまで成長と予測
- 太陽電池の世界市場は、2020年には10兆円まで成長と予測

フラットパネルディスプレイの世界市場



出典: Display Search 2010

(億円) 太陽電池の世界市場



出典: 富士経済

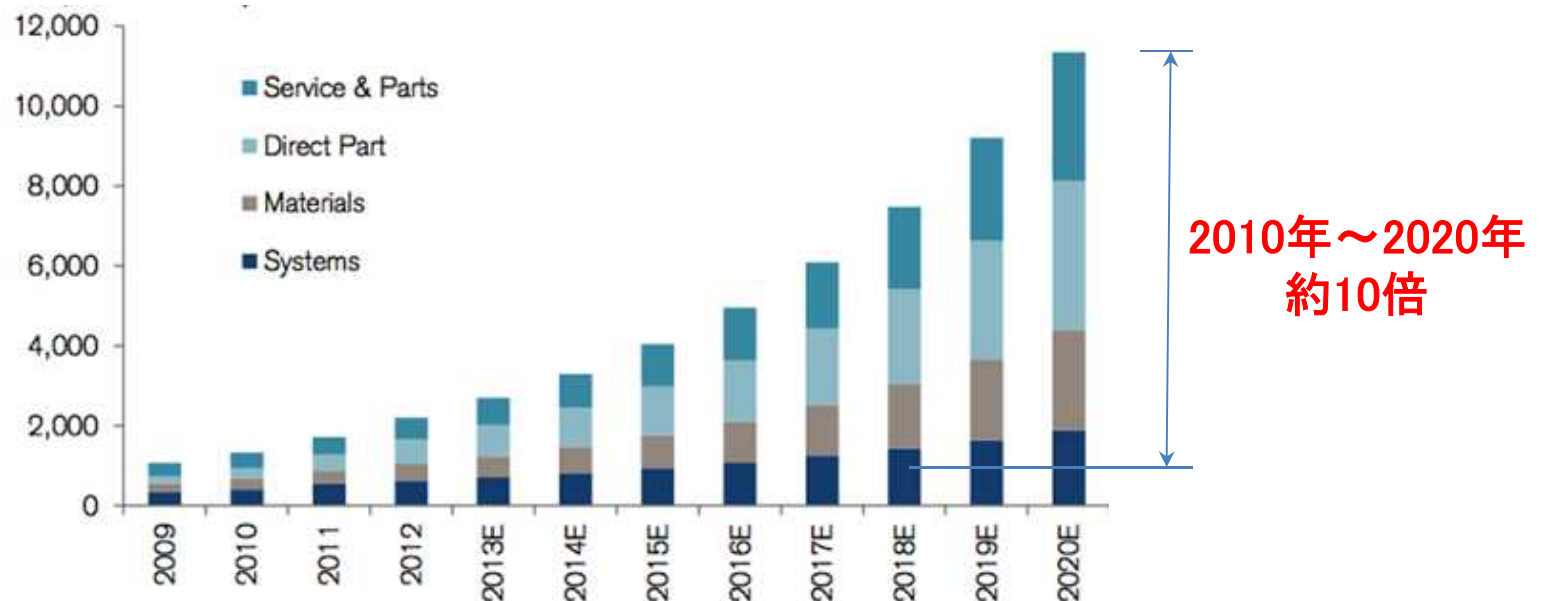
1. 事業の位置付け・必要性について (1) NEDOの事業としての妥当性

粉末成形

- 粉末成形によるカスタム品・試作サービス, 素材等で大きな伸びが期待
- 2020年のAM*世界市場規模: 120億ドル

* Additive Manufacturing


(US\$ millions)




出典: Wohlers Report 2013 およびNEDO独自調査をもとに作成

既存技術との比較 (CFRPの切断加工)

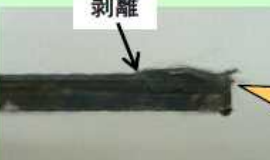
現行加工法 <工具による機械加工>



NCルータ



穴明け加工



剥離



バリや剥離


切断加工

- 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 (ウオ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

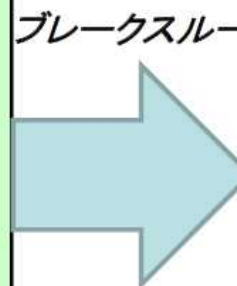


樹脂の溶解

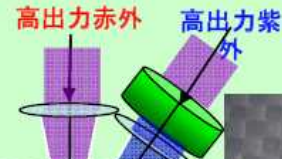


穴明け加工

- 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

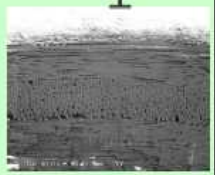


高出力赤外線

高出力紫外線

穴明け加工



切断面側壁

- 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)

アウトカム: 炭素繊維材料の適用による自動車・航空機の軽量化



重量: ▲20%
例えば、B767→B787
60トン→48トン

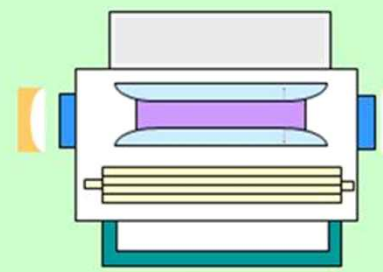
重量: ▲30%
例えば、1380kg→970kg

約100kgの軽量化効果

部品名	重量 (kg)
ルーフ	10kg
インパネ/シフト	3kg
フード	12kg
プラスチックフォーム	60kg
トランクリッド	5kg
リアスポイラー	4kg
ホイール	10kg
プロペラシャフト	5kg

既存技術との比較 (表面処理)

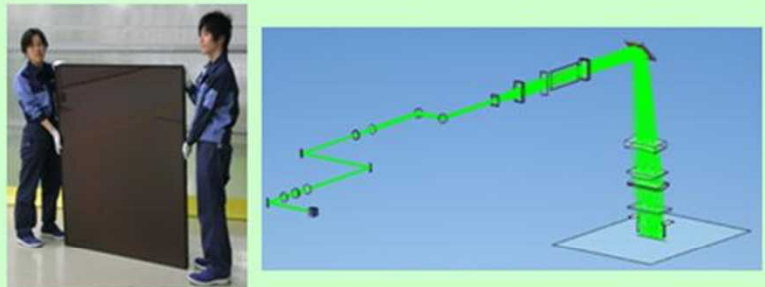
現行加工法 <ガスレーザー方式>



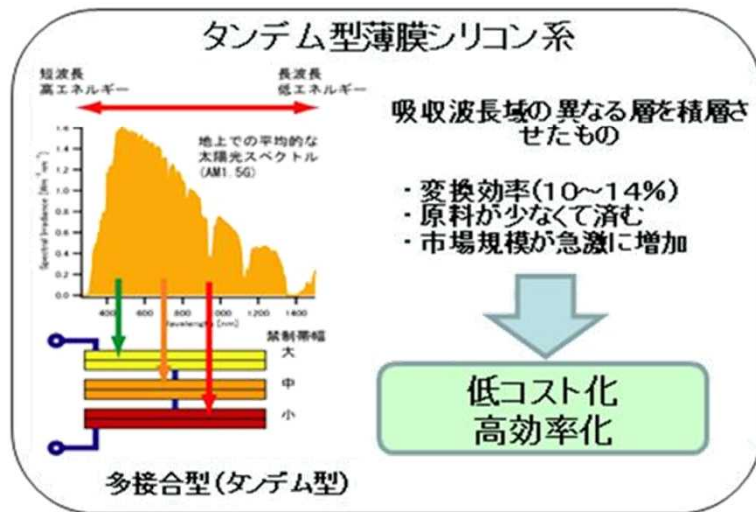
ブレークスル

- 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)



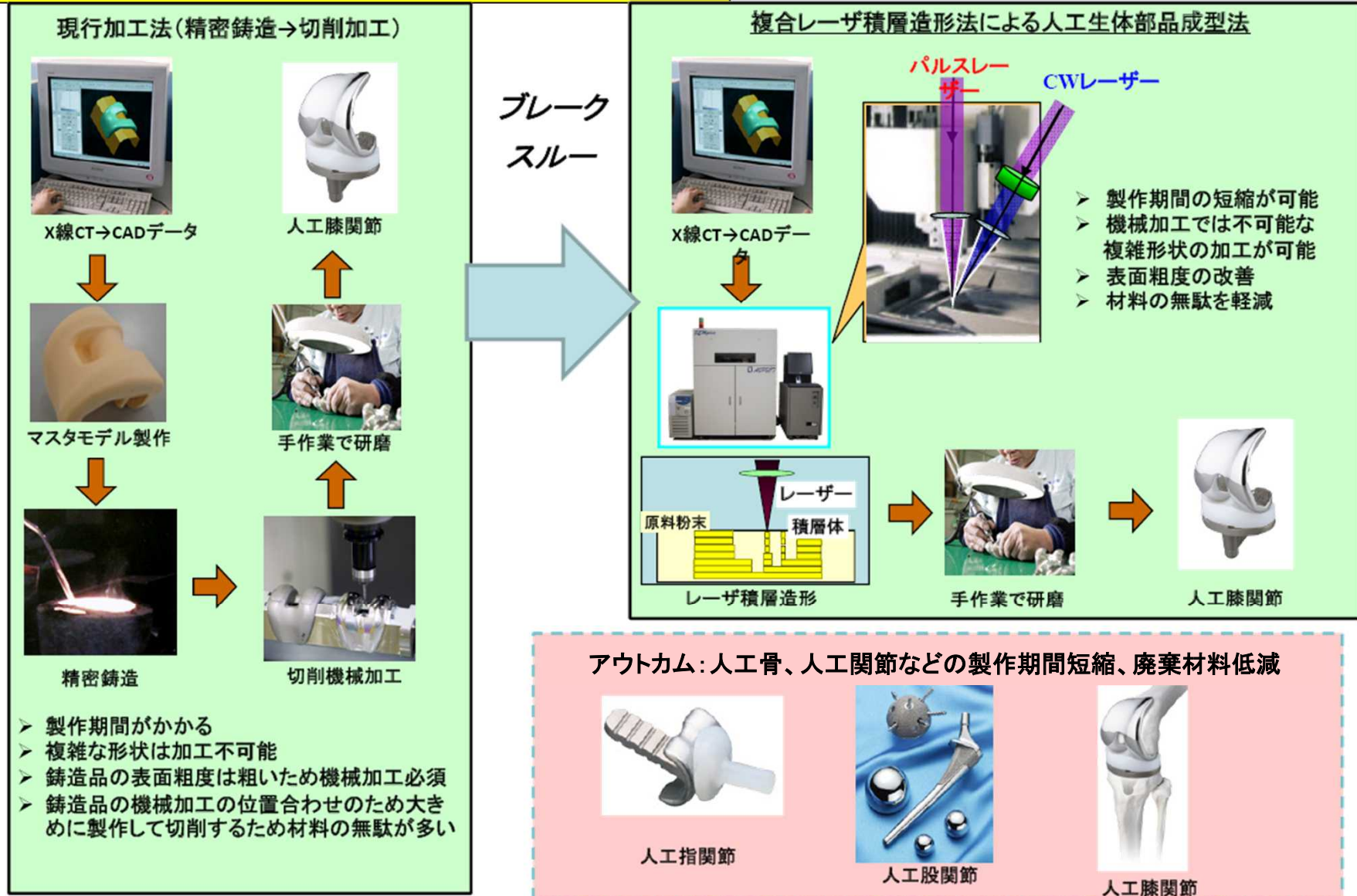
- 全固体レーザーは長寿命
- 微結晶成長が可能
- エネルギー安定性が向上
- 高画質・高速動画再生性能の改善等



アウトカム: 太陽電池、フラットパネルディスプレイなど



既存技術との比較 (粉末成形)



ユーザーの意見

CFRP切断接合

- CFRPはBoeing787の機体に50%以上、MRJでは尾翼等に使われようとしており**今後も増える見込み**。しかし、**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)
- レーザー加工は**固定治具が不要で、条件設定で出力等が変更でき、効率的に行えるツール**として有用。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)

表面処理

- 表面処理工程への導入には**低コストかつ製品性能の向上が可能で、メンテナンス性にも優れた加工装置**必要。(液晶パネルメーカー)
- レーザー照射による**結晶制御に期待**。国内メーカーの国際競争力強化に役立つ。(太陽電池パネルメーカー)

粉末成形

- 患者毎に異なる**複雑な形状の人工生体部品**を**高速カスタム製造**できることに期待。(医療器具メーカー)



レーザーの高出力化、高繰り返しパルス発振動作への期待大

政策的位置付け

新成長戦略(平成22年6月18日閣議決定)

グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略

- ✓ 次世代自動車(エコカー)の普及促進

第4回産業構造審議会産業競争力部会(平成22年4月23日)

次世代環境航空機の世界的拠点として、我が国航空機産業を高付加価値化

- ✓ 環境航空機向けの部品・素材ソリューションを提供
- ✓ 高い技術力で世界のトップランナーとして次世代旅客機等の開発を主導

平成23年度科学・技術重要施策アクション・プラン(平成22年7月8日総合科学技術会議)

エネルギー利用の省エネ化

- ✓ 次世代自動車等の普及による交通運輸分野の低炭素化

総合科学技術会議(第87回:2009年12月) S判定:優先的に取り組むべき課題

- 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。

NEDOが関与する意義

次世代素材に適したレーザー加工技術の開発

■ 社会的必要性

- ・省エネに寄与する軽量・高強度な先端新素材に適した加工法開発が急務

■ 効果

- ・CFRPの利用促進 ⇒ 軽量化による燃料削減、温室効果ガス排出抑制
- ・我が国の自動車 / 航空機産業の競争力強化に貢献

■ 研究開発の難易度

- ・分野を超えた技術体系の構築が必要 (レーザー、ロボット、素材等)

■ 投資規模

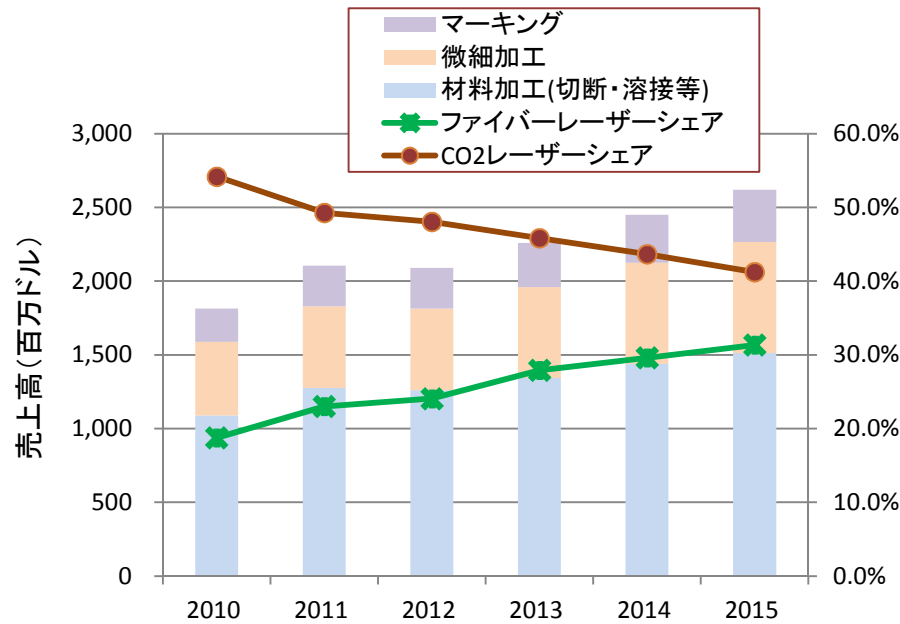
- ・レーザー加工機の開発には数億円規模の投資が必要 ⇒ 開発リスク

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結集して
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すべき



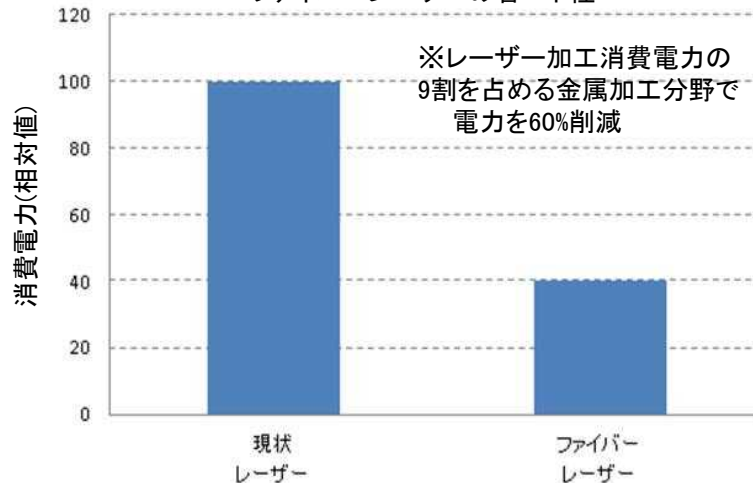
NEDOが関与して推進すべき事業

1. 事業の位置付け・必要性について (1) NEDOの事業としての妥当性

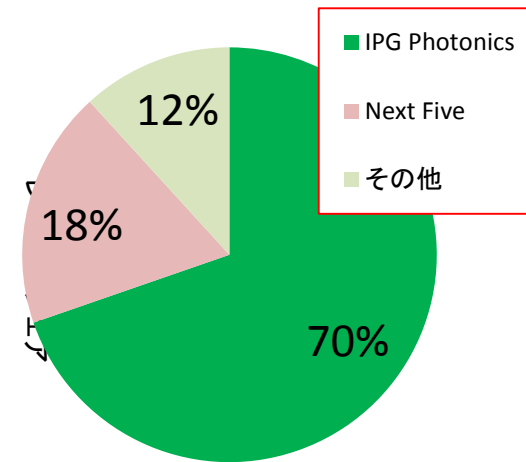


加工用レーザーの市場見通し

ファイバーレーザーの省エネ性



ファイバーレーザーの企業シェア (2011年:総額 637百万ドル)

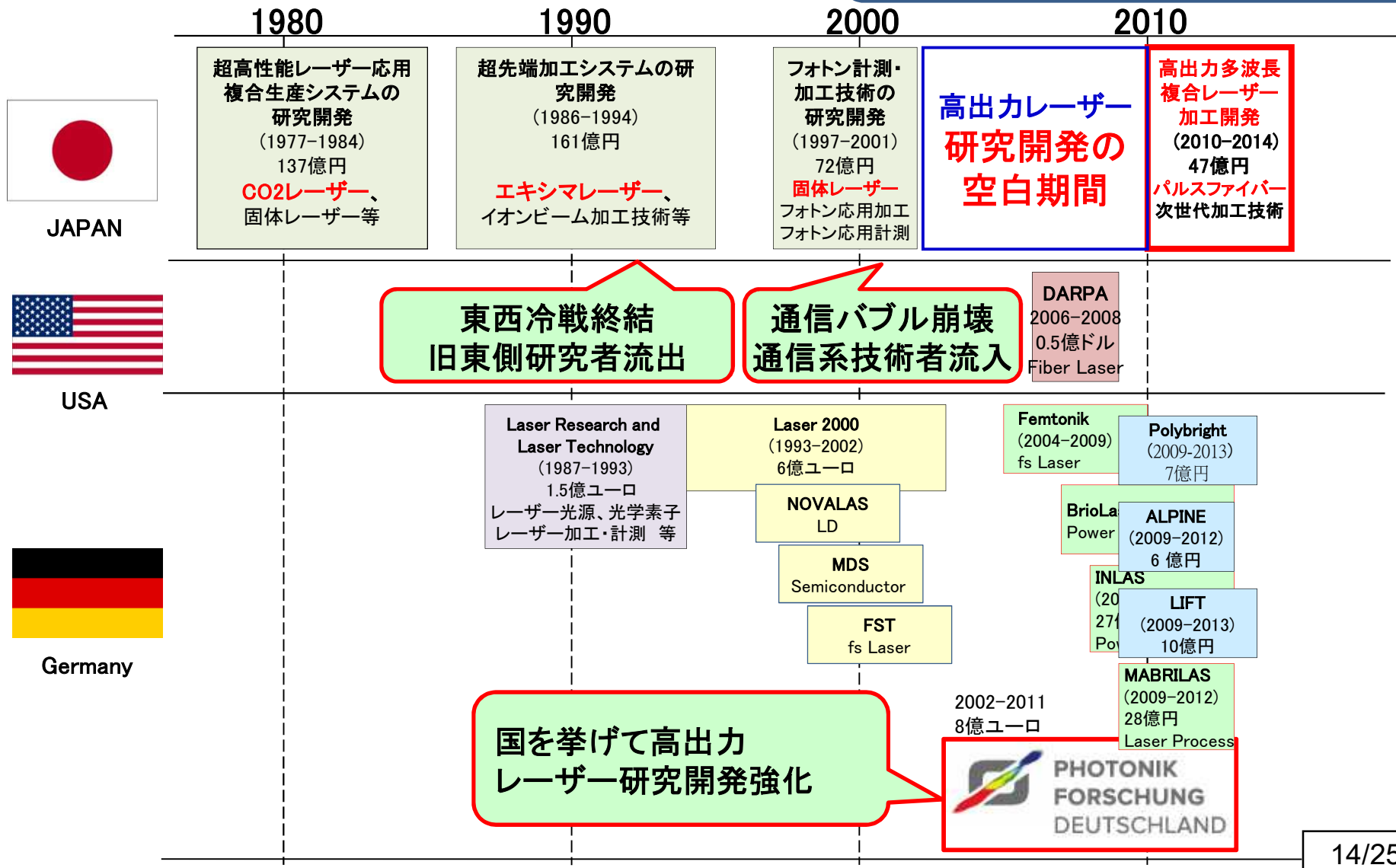


NEXT Five:
Coherent(USA), GSI Group(USA), JDS Uniphase(USA),
Rofin-Sinar(Switzerland), TRUMPF(Germany)

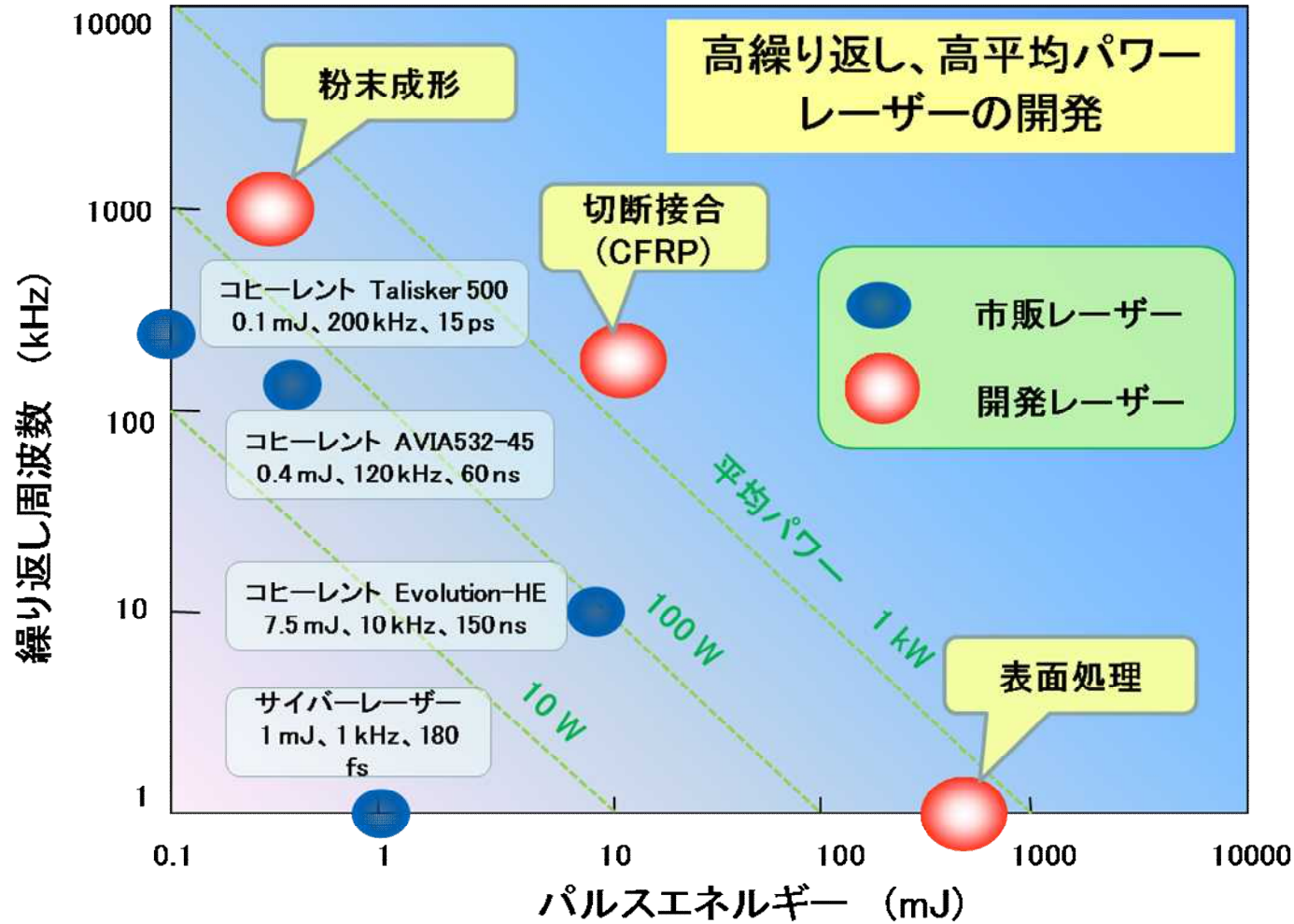
1. 事業の位置付け・必要性について (2) 事業目的の妥当性

国内外の研究開発の動向

CFRPの自動車適用の動き
 ・東レ/ダイムラーの合併会社設立 (2011年)
 ・帝人、GM向けに量産開始 (2012年)
 ・CFRP100kg使用のBMW3販売発表 (2013年)



研究開発の世界比較



2. 研究開発マネジメントについて (1) 研究開発目標の妥当性

研究目的

本事業では、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、炭素繊維複合材料(CFRP)を対象とした加工技術、粉末成形技術を開発する。**また、**高精細ディスプレイ等の表面処理について、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。**

プロジェクトの規模

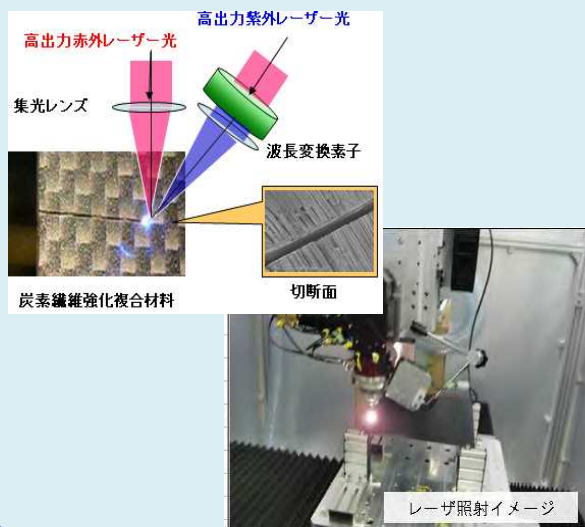
研究開発期間 5年

【委託及び共同研究(2/3 NEDO負担)】
(平成22年度～平成26年度 47億円)

研究内容概略

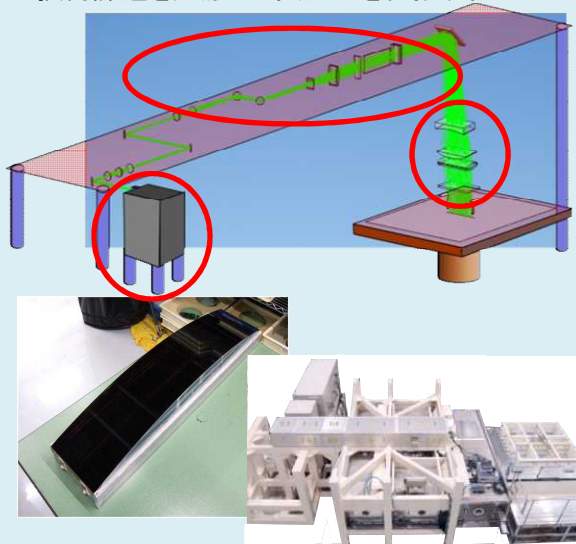
CFRP切断加工技術の開発

CFRPへ熱影響が無く、かつ高速な切断を実現するため、パルス・ファイバーレーザー+多波長変換(赤外光～紫外光)+多波長複合レーザーの開発および、そのレーザーに対応した加工ヘッドの開発を一体となって実施。



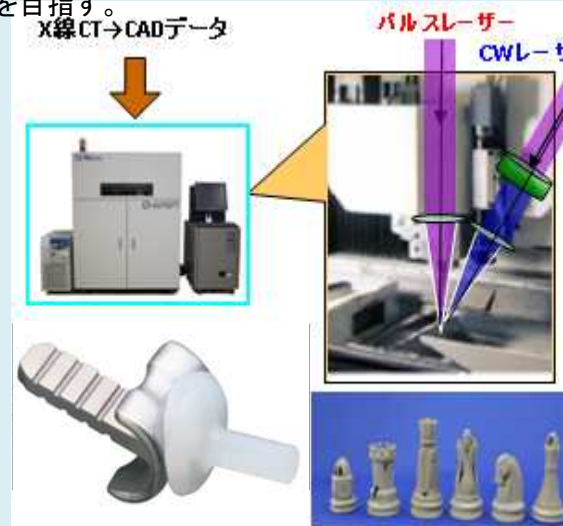
大面積表面処理技術の開発

固体レーザーは、メンテナンス性、製品性能の点において優位。大面積化のためのレーザー高出力化、ビーム広幅のための光学系の確立などの技術課題を克服して実用化を目指す。



粉末成形技術の開発(～H25.7)

新たな製造技術:3Dプリンティング
パルスレーザー+CWLレーザー(重畳複合照射レーザー)、高真空チャンバ型粉末焼結積層成形技術を用いた軽金属(Ti合金)加工の実用化を目指す。



2. 研究開発マネジメントについて (1) 研究開発目標の妥当性

研究開発目標と根拠

項目		現行性能	開発ターゲット	根拠	
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 μm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基準に10%未満の低下に抑制	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	照射レーザー	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。	

プロジェクト ロードマップ (プロジェクト開始時)

	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度
半導体レーザー 浜松ホトニクス			半導体レーザー アレイ200 W		半導体レーザー アレイ300 W
ファイバレーザー 接合研、古河電工 片岡製作所			ファイバレーザー 150W, 10~200ns, 1MHz ⇒ SHG THG		ファイバレーザー 300W, 10~200ns, 1MHz ⇒ SHG THG
ファイバレーザー 接合研、古河電工	ファイバレーザー 5W, 3~10ns, 75kHz				
ファイバレーザー 古河電工		QCWファイバレーザー 700Wpeak	QCWファイバレーザー 1500Wpeak		
ブースタレーザー レーザー研、レーザー総研、浜松ホトニクス		PCF増幅 300W	ブースタレーザー 3~10ns, 75~150kHz	(CFRP加工実証) 1.5kW, 3~10ns, 75~150kHz ⇒ SHG THG	
アニール用レーザー レーザー研、アルバック、 浜松ホトニクス		アニール用レーザー 200~700W, 1~150kHz, 0.5~100ns, ⇒ SHG			
表面加工システム アルバック				表面加工システム	
CFRP加工システム 産総研、ミヤチテクノス、 新日本工機、三菱化学		加工ノズル 加工ヘッド	CFRP加工システム テスト機	加工ノズル 加工ヘッド	CFRP加工システム
粉末成形システム 産総研、アспект			粉末成形システム テスト機		粉末成形システム

2. 研究開発マネジメントについて (2) 研究開発計画の妥当性

開発予算

単位:百万円

		H22	H23	H24	H25	H26	通算
開発実績 (事業費合計)	一般会計	598	948	95	0	0	1,641
	特別会計	0	0	890	876	696	2,542
	(加速)	0	450	0	80	72	522
	合計	598	1,398	985	956	768	4,705

	H22	H23	H24	H25	H26	通算
CFRP+粉末成形	442	1,019	878	870	705	3,914
表面処理	156	379	107	86	63	791
合計	598	1,398	985	956	768	4,705

研究開発の実施体制（中間評価後）

NEDO

協議・指示

プロジェクトリーダー
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

CFRP切断技術の開発

(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

委託:レーザー研、接合研
ALPROT (古河電工、浜ホト、片岡製作所、レーザー総研)

②励起用半導体レーザー技術開発

共同研究:浜松ホトニクス

(2)CFRP加工技術の開発

①CFRP高速切断技術の開発

委託:ALPROT (新日本工機、アマダミヤチ)

②CFRP加工プロセス・評価技術の開発

委託:ALPROT
(産総研、新日本工機、アマダミヤチ、三菱化学)

(3)パルスレーザーCFRP用加工システムの開発

委託:ALPROT
(産総研、新日本工機、アマダミヤチ、三菱化学、古河電工)

大面積表面処理技術の開発

(1)高度均質幅広ビーム成形技術の開発

(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

共同研究:アルバック

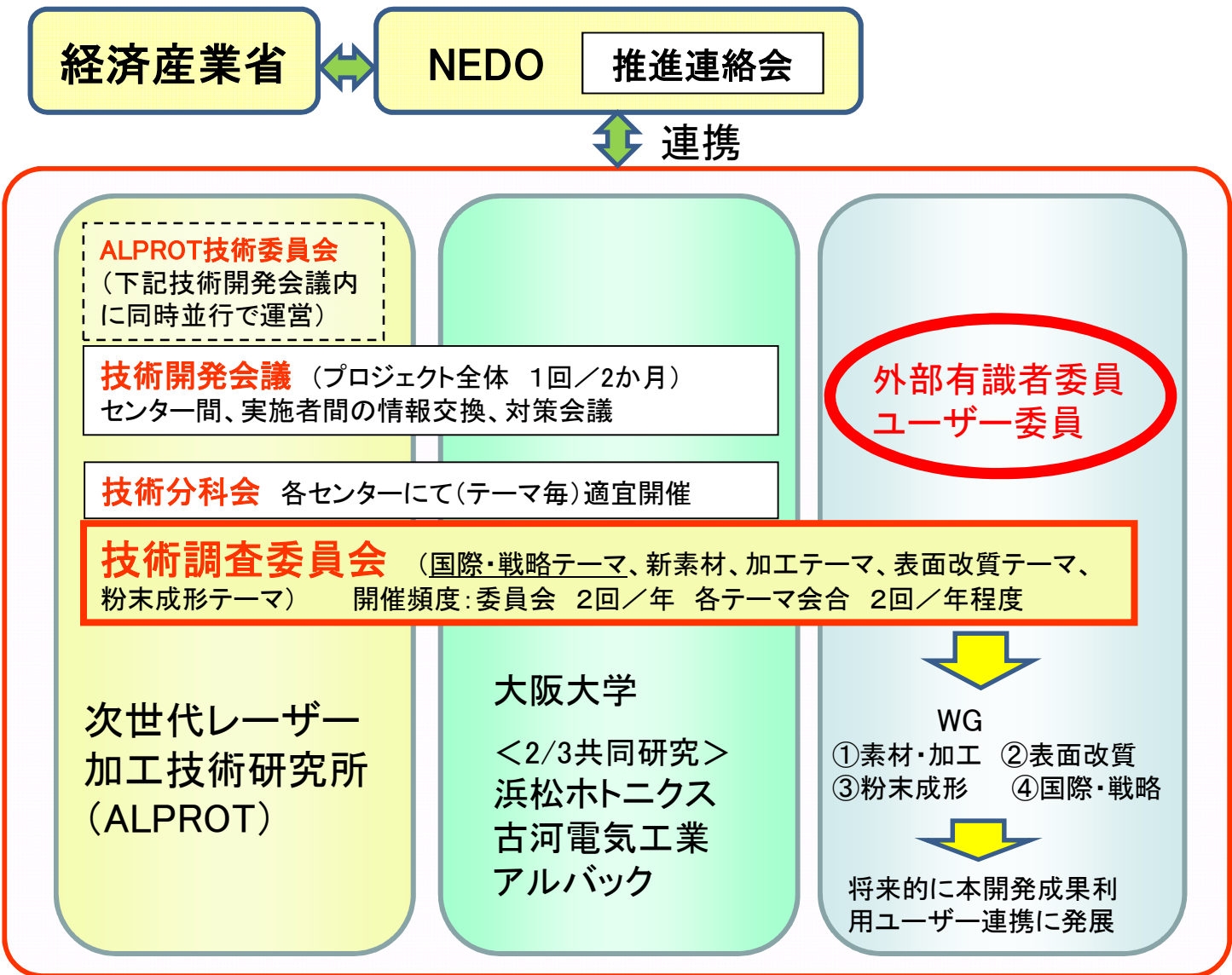
アニール用レーザー評価・調整

委託:レーザー研、浜松ホトニクス、アルバック

粉末成形技術の開発 H25.7末まで

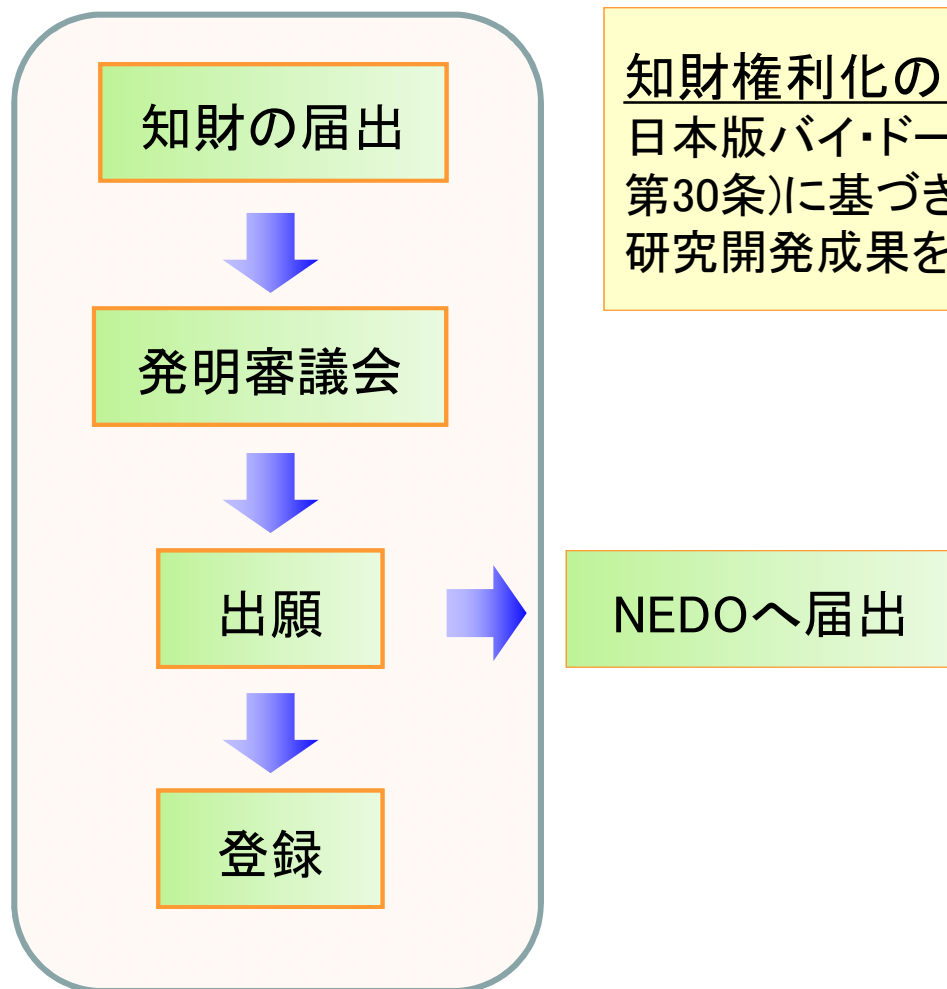
委託:ALPROT(アспект、産総研、古河電工、
片岡製作所)、接合研

実用化・事業化に向けたマネジメント



知財マネジメント

ALPROT知財管理



知財権利化の方針

日本版バイ・ドール条項 (産業活力再生特別措置法第30条)に基づき、企業や大学の知財権利化を認め、研究開発成果を広く活用できるようにする。

中間評価への対応

中間評価時の主な指摘

- ✓ 開発項目のいくつかがキャッチアップであるため、**独自性打ち出しが必要**
- ✓ **プロジェクト内および最終ユーザーとの連携体制の強化が必要**
- ✓ 総花的に目標を達成して良しとせず、**光るものをアピールすべき。集約化を期待**



見直しの方向性

- ✓ レーザーのブースターを**固体からPCFへ変更**、QCWレーザーの**高繰返し化と高出力化**に注力。
- ✓ **阪大一産総研の連携実験強化**、ユーザーと連携した加工実験を実施。
- ✓ 出口イメージを重視して**開発項目を再編成**。粉末成形については**早期実用化を目指す**べく、**本PJから切り離してNEDOイノベーション開発事業へ移行**

基本計画変更に伴う、研究開発項目新旧対照

旧研究開発項目(平成22年度～平成24年度)

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
- (2)半導体レーザーのファイバーカップル(F/C)技術の開発

研究開発項目②「レーザー高品位化技術の開発」

- (1)パルス制御・高性能化技術の開発
- (2)パルスレーザー増幅技術の開発
- (3)高出力波長変換技術の開発

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
- (2)表面処理技術の開発
- (3)粉末成形技術の開発

- 表面処理技術及び粉末成形技術に用いるレーザーについては、平成24年度までの開発において初期の目標性能を達成したため、終了。
- 但し、平成25年度以降の開発において必要となる調整、メンテナンスについては実施。

新研究開発項目(平成25年度～平成26年度)

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
- (2)CFRP加工技術の開発
- (3)パルスレーザーCFRP用加工システムの開発
※(3)はレーザー及び加工技術の統合を明確化

【目標】

- ・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厚 < 100 μm (t > 3 mm) 達成する加工技術の確立

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
※一テーマにて実施していた内容を細分化

【目標】

幅500mm以上の表面処理技術の確立

研究開発項目③「粉末成形技術の開発」(H25.7まで)

※H25.3まで開発したレーザー及び加工機を統合し、以下の目標を達成し終了

【目標】

- 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)

研究開発マネジメントの充実

■ 研究進捗管理シートの運用見直し

- ・実施者が四半期毎の進捗報告。
- ・尾形PLと推進部長が進捗状況を**ダブルチェック**
- ・両者がコメントを記入して**実施者へフィードバック**
⇒ 計画をタイムリーに見直し、**PDCAサイクルを回す**

■ サイトビジット

- ・進捗、予算活用、設備利用状況を**現地でチェック**し、対策を計画へ反映

■ 大型成果創出に向けた加速資金の獲得 (1.5億円)

- ・平成25年度 (80百万円):
CFRP熱的影響分析装置(40)、3次元倣い加工制御(20)、集塵装置等(20)
- ・平成26年度 (72百万円):
パルスFLモジュール化(20)、QCWレーザー高出力化(30)、評価設備(22)

■ 研究開発成果の普及に向けた広報

- ・NEDOフォーラムへの展示 (2015/2)
- ・LaserEXPO2015 ブース出展, シンポジウム開催, 成果報告会 (2015/4)
- ・プレスリリース 6件、TV取材 1件、受賞 2件