

# 「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」

(事後評価)

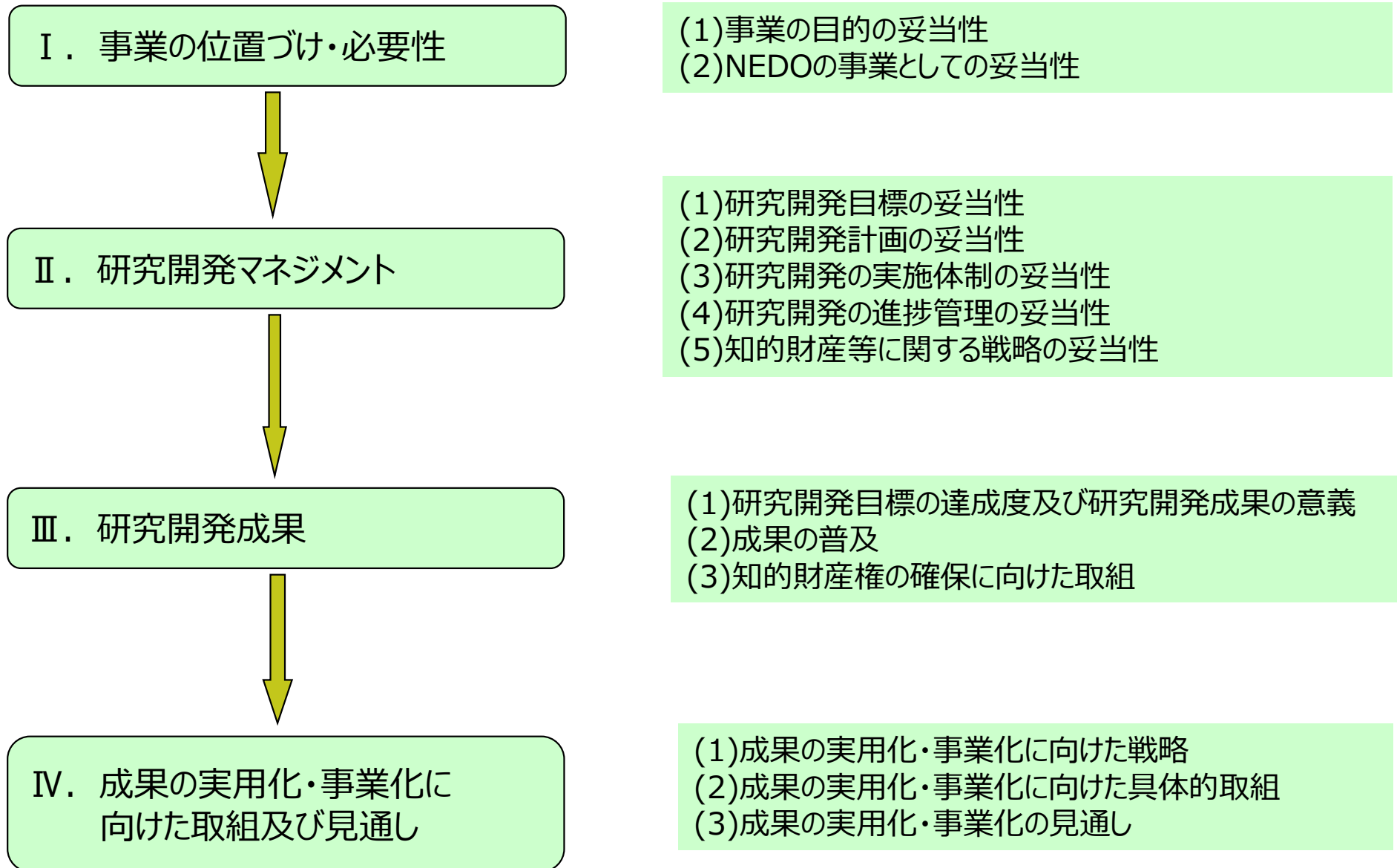
(2016年度～2021年度 6年間)

プロジェクトの概要 (公開)

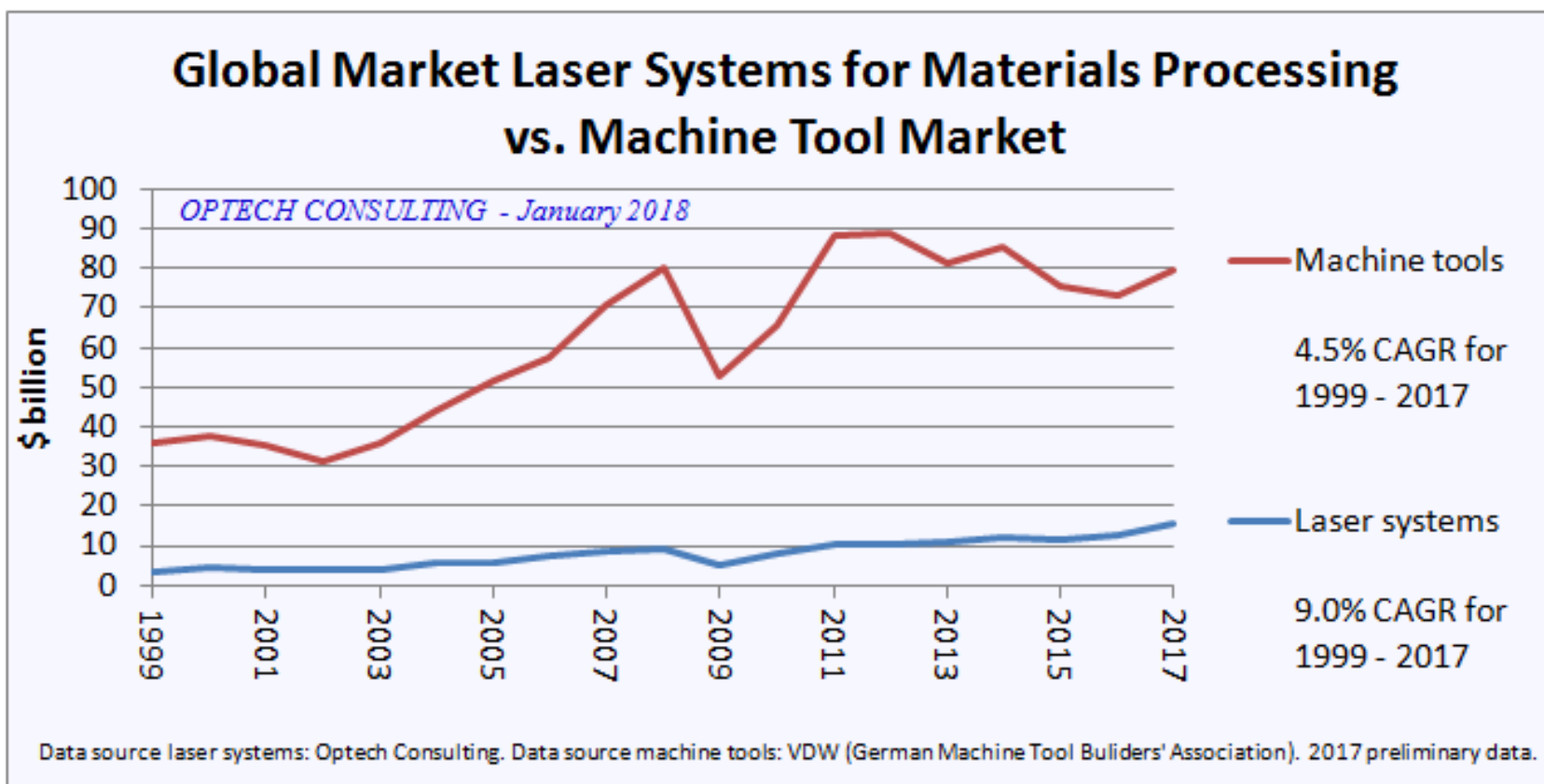
NEDO

IoT推進部

2021年12月17日



- IoT化が進む中で、ものづくり産業では、微細加工、遠隔操作及び少量多品種生産が可能な事が付加価値を生み、そのような加工を担う工作機械としてレーザー加工が重要な役割を果たすと考えられている。
- レーザー加工のニーズの高まりに合わせてレーザー加工市場が拡大している。



OPTECH CONSULTING HP : <https://optech-consulting.com/laser-market-data/#2020lasersystemsmarket>

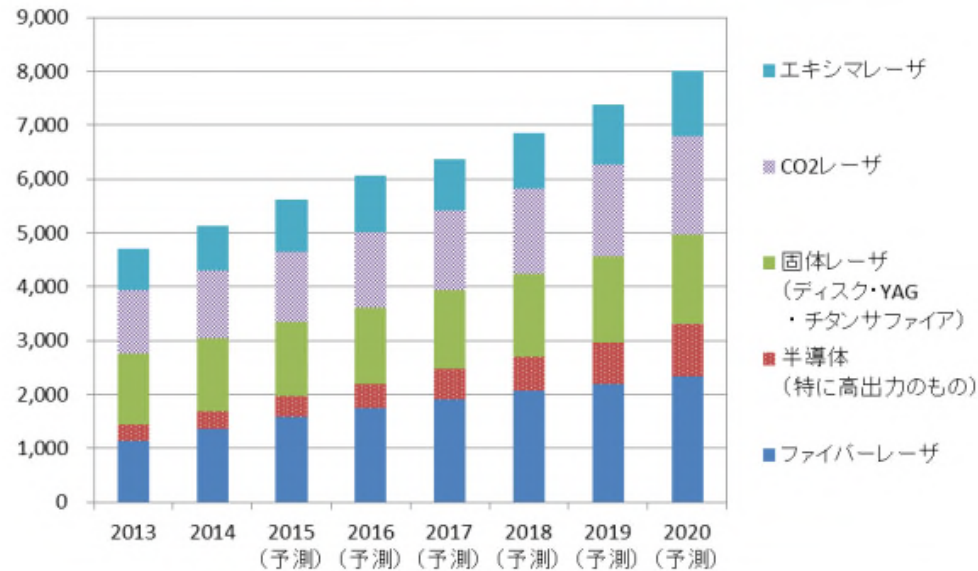
CAGR : compound average growth rate

レーザー加工技術が、今後の日本のものづくり産業を支える技術になると考えられる。

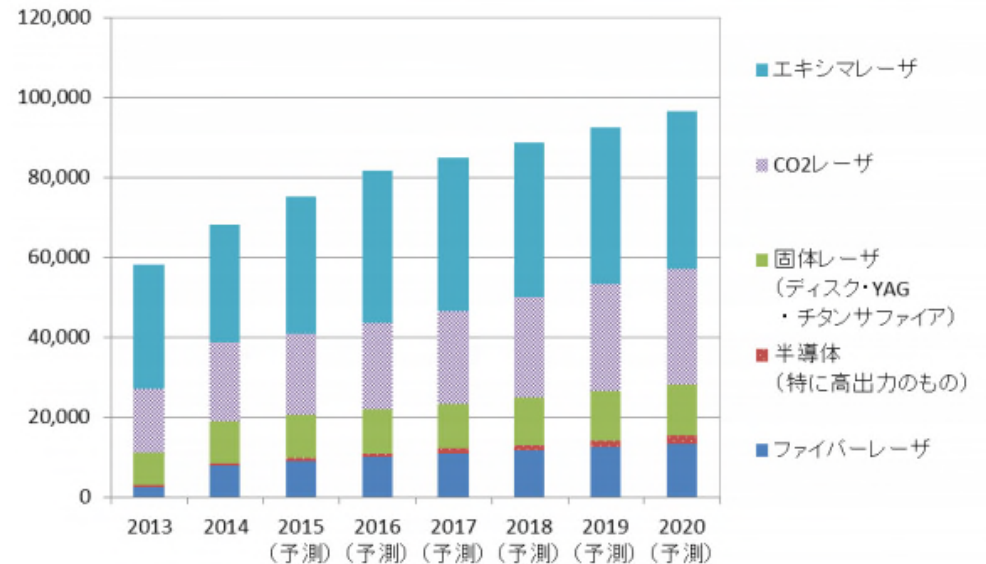
## 事業実施の背景と事業の目的

- レーザー加工技術の重要性が増す中で、レーザー市場はCO2レーザーからファイバレーザーへ、さらに半導体レーザーへ市場が移ってきている。
- 海外市場では、ファイバレーザーの割合が大きくなってきている。一方、日本はファイバレーザーの割合の伸びは海外市場ほど大きくなく、CO2レーザーの割合がまだ大きい傾向がある。

百万ドル パワーレーザーの世界市場動向



百万円 パワーレーザーの日本市場動向



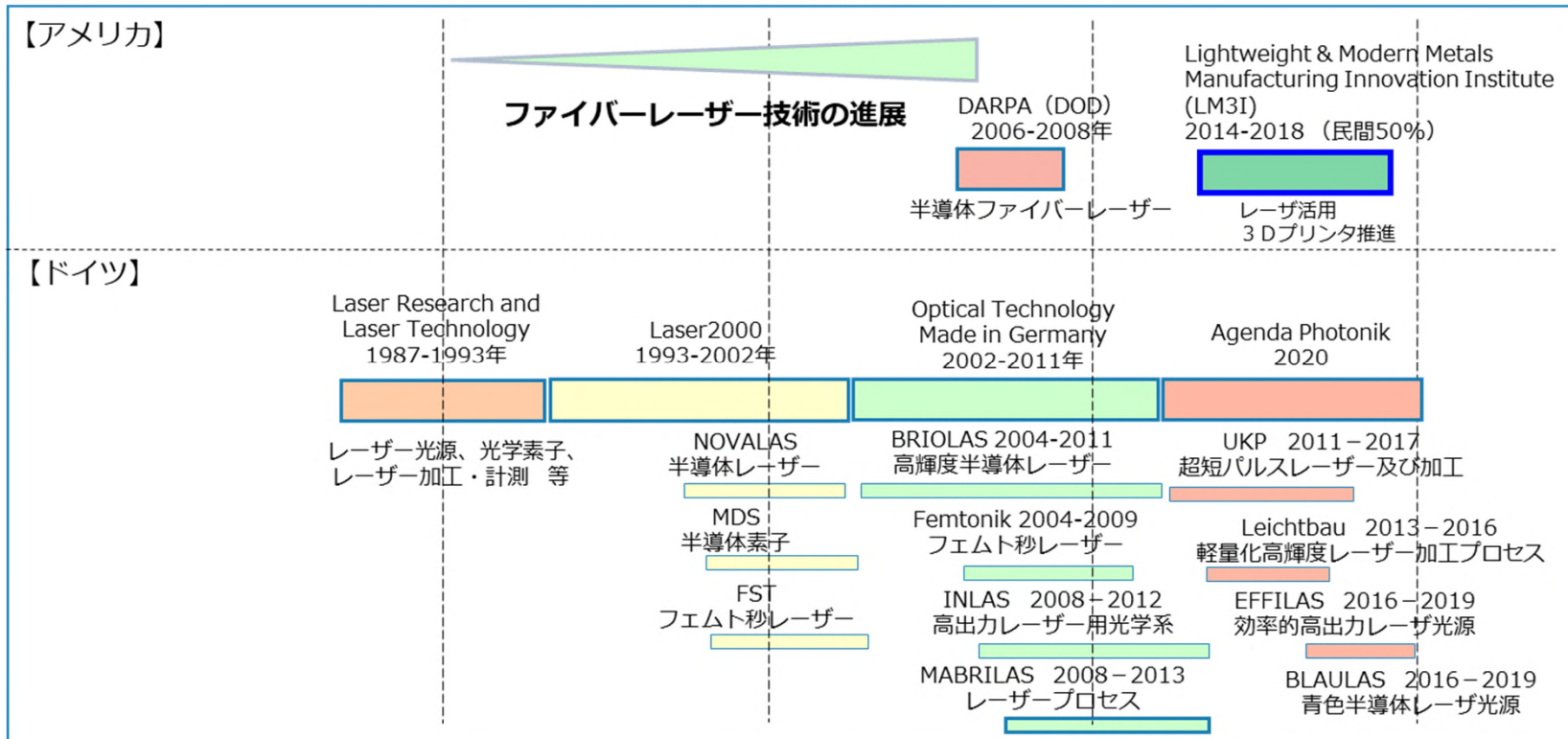
特許庁 平成27年度特許出願技術動向調査報告書(概要) パワーレーザー  
[https://www.jpo.go.jp/resources/report/gidou-houkoku/tokkyo/document/index/27\\_04.pdf](https://www.jpo.go.jp/resources/report/gidou-houkoku/tokkyo/document/index/27_04.pdf)

日本は、レーザー加工に関する優れた技術を有しており、市場を再度獲得していくポテンシャルを持っているが、現状のままでは、海外勢からの後れは広がってしまう。

# 海外の技術開発

- レーザー技術が進んでいる、アメリカ、ドイツも継続的なプロジェクトを実施している。

## 【経産省主管 ナショナルプロジェクト変遷（レーザー関係）】



## ■ TSC Foresight

### パワーレーザー分野の技術戦略策定に向けて(2015年)



- 我が国は固体レーザーのレーザー媒質や、通信用レーザーで培ったLD技術など、レーザーの個々の構成部品の技術力は高く、競争力がある。
- 今後市場拡大が予想される半導体レーザーでは、新材料や活性層構造、共振器構造など日本が得意とする技術を活かした開発が可能。
- パワーレーザーの技術の向上、革新によって、より高効率な加工を行うことができ、既存の製造工程を効率化することが可能。
- さらに、これまで加工が難しかった複合材料の加工も期待される。

**本プロジェクトは戦略を踏まえ、レーザー加工市場での日本技術競争力の奪還を目指した技術開発を行う**

## ■国の施策状況

施策	概要
第5期科学技術基本計画 (2016年1月閣議決定)	新たな価値創出のコアとなる基盤技術として、加工技術など光・量子技術とニーズに対応できるプラットフォーム構築を推進。 「革新的な計測技術、情報・エネルギー伝達技術、加工技術など、様々なコンポーネントの高度化によりシステムの差別化につながる「光・量子技術」の強化を図る。
科学技術イノベーション総合戦略2017 (2017年6月閣議決定)	新たな産業や技術基盤の創出の核となる先端レーザー等の量子ビーム利用技術の高度化は重点取り組みの一つ。

その後も、科学技術イノベーション総合戦略2018まで、レーザー等の技術高度化の重要性が取り上げられている。

# 開発対象となる波長域

レーザー加工市場で使用されるCO<sub>2</sub>レーザーや市場を伸ばしているファイバーレーザーは、赤外域の高出力連続波がメイン。加工効率や加工品質には課題もある。

## 項目 2

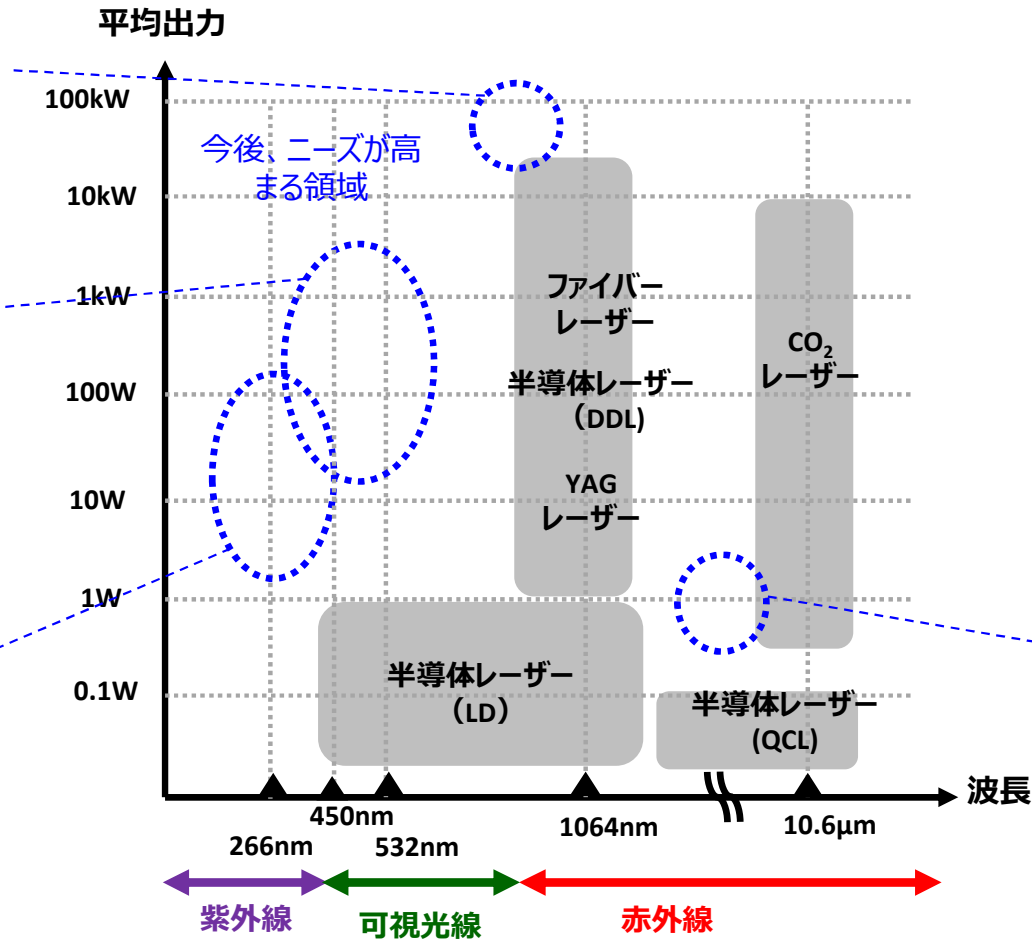
高出力レーザーによる加工技術の開発

## 項目 5

高効率加工用Ga<sub>N</sub>系高出力・高ビーム品質半導体レーザーの開発／高輝度青色半導体レーザー及び加工技術の開発

## 項目 1

高品位レーザー加工技術の開発



既存の加工用レーザーでカバーできない領域(例:短波長域など)を狙う  
また、高精度な加工ができる短パルス化を狙う



# 他事業との関係

注) CPS: サイバーフィジカルシステム

事業名称	期間	対象技術領域	フェーズ	実施期間
ImPACT／ユビキタス・パワーレーザーによる安全・安心・長寿社会の実現	2014-2018	レーザー技術(加工以外)	基礎研究～製品化向け研究 (基盤研究～ユーザーテスト)	内閣府
COI/ICCPT	2013-	レーザー技術(加工向け)	基礎研究	文部科学省
Q-LEAP	2018-	レーザー加工技術	基礎研究	文部科学省
次世代素材等レーザー加工技術開発	2010-2014	レーザー技術(加工向け)～レーザー加工技術	製品化向け研究 (基盤研究～ユーザーテスト)	NEDO
<b>本PJ</b> 高輝度・高効率次世代レーザー技術開発	2016-2021	レーザー技術(加工向け)～レーザー加工技術	製品化向け研究 (基盤研究～ユーザーテスト)	NEDO
SIP／光・量子レーザー加工	2018-	システムCPS	製品化向け研究 (基盤研究～ユーザーテスト)	内閣府、QST

## ■ 次世代素材等レーザー加工技術開発(NEDO、2010～2014)

1kWを超える高出力固体パワーレーザーが実現された。  
CFRP切断加工技術開発として、複合材料の高加工品質と高生産性の両立を実現する、ファイバーレーザーのパルス制御・高性能化技術の開発を行う。

## ■ SIP／光・量子レーザー加工(QST、2018～)

Society5.0実現には、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させるサイバーフィジカルシステム(CPS)の構築が鍵。光・量子技術を活用し、加工、情報処理、通信の技術を開発する。

### CPS型レーザー加工機システムによるスマート製造推進拠点

NEDOプロジェクトでは、レーザー開発とプラットフォーム・加工条件と結果を結ぶデータベース構築を行い、SIPではレーザー加工機のCPS型へのシステム化開発・実証を行う。NEDOでの開発成果とSIPでの開発成果によって、サイバー／フィジカルのサイクルを回すための技術開発を行い、将来的に目指す最適加工レシピの導出にあたる問題を明らかにする。

### フォトニック結晶レーザーの高輝度化およびスマート化の研究開発

フォトニック結晶のデザインにおいては、SIPおよびNEDO両者の共通技術だが、SIPではフォトニック結晶を、さらなる高出力化実現のために、さらに深化させる。また、パルス幅も、本プロジェクトでは数10ピコ秒程度の極短パルスなのに対して、SIPではナノ秒パルスをターゲットとしている。

観点	適切性
社会的必要性	労働人口の減少に伴い省人化・無人化する将来のものづくり現場でも生き残る技術の開発が必要。
経済的必要性	拡大するレーザー加工機市場でシェアを獲得できないと、製造業全体の競争力を失う恐れあり。早期に社会実装を進めることが必要。
国家プロジェクトとして実施する必要性	現状では、 <u>個社毎に技術やノウハウが蓄積しており、重複する研究開発も多い。</u> <u>業界全体の底上げには、産学官が協調して早々に共通基盤を確立し、その先の競争フェーズに入ることが必要。</u> また、民間単独ではハイリスクな研究開発を完遂することが必要。

NEDOがプロジェクトを実施する必要性あり

### 【インプット】

予算約100億円（～2020年）

### 【アウトプット】

研究開発成果レーザー光源、加工機などのプロトタイプ

### 【アウトカム／直接的な製品の売り上げ】

研究開発成果をもとにしたレーザー光源、加工機など  
2030年 約1000億円

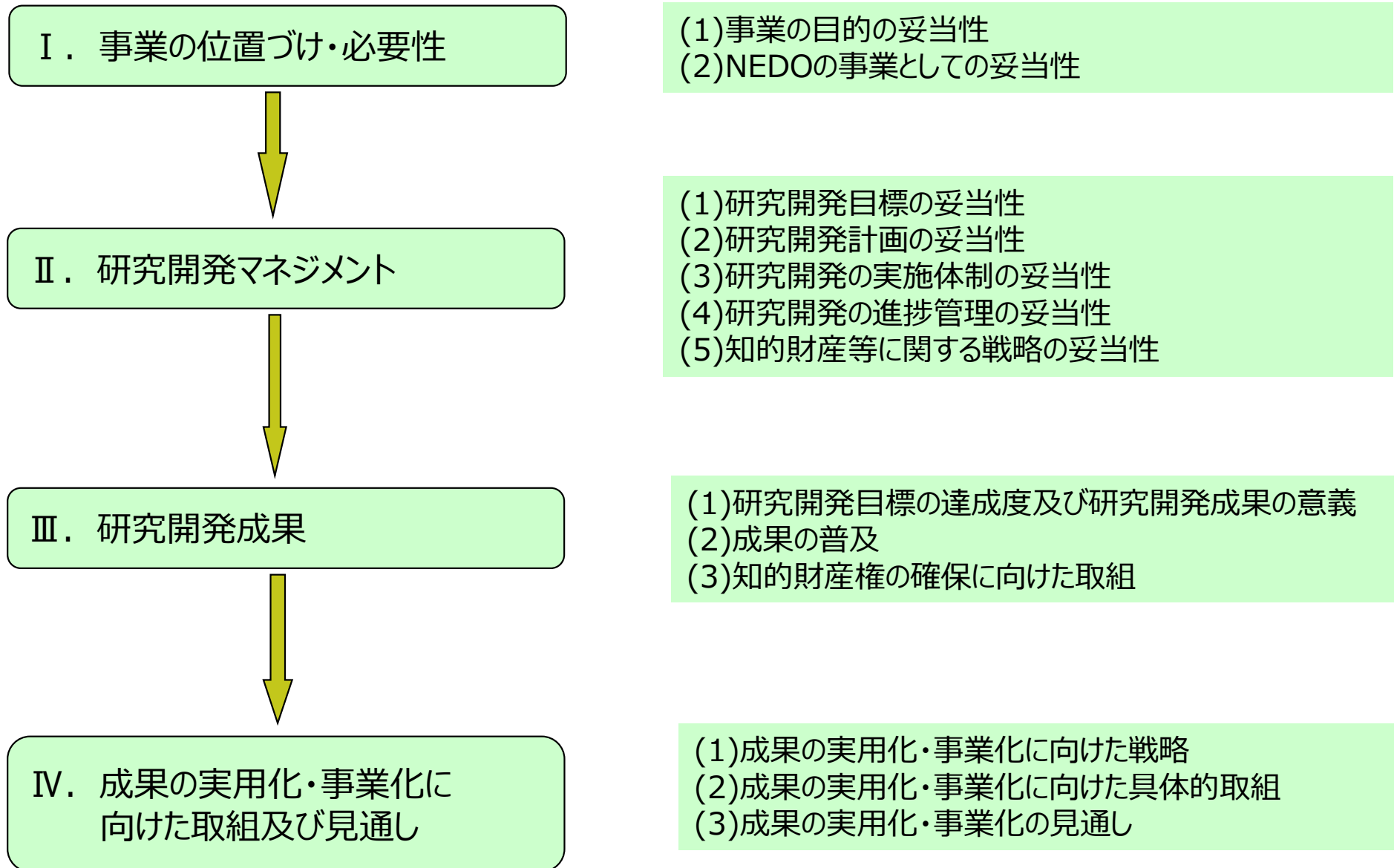
### 【アウトカム／波及効果】

2030年

加工機市場における日本の売り上げ 約7000億円

CO<sub>2</sub>削減効果 約655万トン／年

**プロジェクトの成果を、レーザー光源や加工機の事業化に展開  
インプットに対して妥当なアウトカムが見込める**



## 研究開発の実施体制

A:基礎研究、B:製品化向け基盤研究、C:プロトタイプ開発、D:ユーザーテスト、E:製品開発

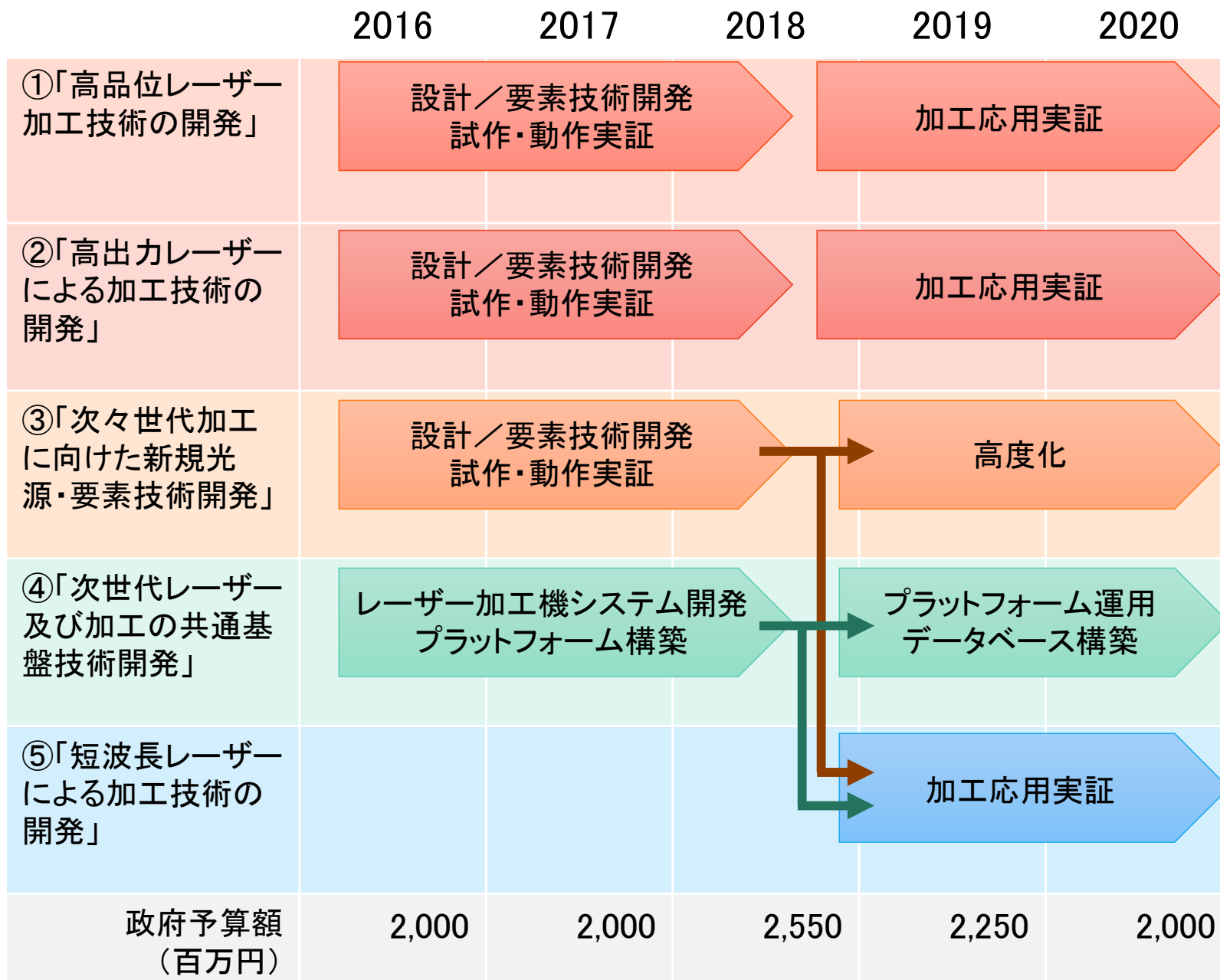
	番号	実施者	タイトル	フェーズ
①高品位レーザー加工技術の開発	1	三菱電気、阪大、スペクトロニクス	高品位レーザー加工技術の開発	C-D
②高出力レーザーによる加工技術の開発	2	浜ホト、阪大、産総研	高出力レーザーによる加工技術の開発	C-D
③次々世代加工に向けた新規光源・要素技術開発	3-1	京大、スタンレー	フォトニック結晶レーザーの短パルス化、短波長化	B
	3-2	理研、山口大	高品質AlN結晶基板を用いた最短波長領域・高出力深紫外LDの研究開発	B
	3-4	東工大、富士ゼロックス	高出力・高ビーム品質動作を可能とする新型面発光レーザーの研究開発	B
	3-5	東大、三菱電気	高効率・高出力量子ドットレーザーの研究開発	B
	3-7	東大	超高速利得スイッチLDをシードとするレーザー加工用光源の開発	B
	3-8	産総研、高エネ研、浜ホト	分子振動を利用する高効率加工プロセス用中赤外高出力レーザー光源開発	B
④次世代レーザー及び加工の共通基盤技術開発	4	東大、産総研	4次世代レーザー及び加工の共通基盤技術	B
⑤短波長レーザーによる加工技術の開発	5-1	パナソニック、PSFS	高効率加工用GaN系高出力・高ビーム品質半導体レーザーの開発	C-D
	5-2	金門光波、千葉工大、レーザー総研	革新的小型・高効率UVレーザー光源の開発	C-D
	5-3	ギガフォトン	極短波長領域のハイブリッドArFレーザー加工技術の開発	C-D
	5-4	阪大、島津	高輝度青色半導体レーザー及び加工技術の開発	C-D

# 研究開発項目と根拠

A:基礎研究、B:製品化向け基盤研究、C:プロトタイプ開発、D:ユーザーテスト、E:製品開発

	フェーズ	最終目標	根拠	備考
①高品位レーザー加工技術の開発	C-D	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 平均光出力50Wの深紫外ピコ秒パルスレーザー開発</li> <li>● 50W深紫外ピコ秒パルスレーザーを搭載したレーザー加工機システム開発</li> </ul>	電子機器部品や電池部品の実製造ラインに必要な性能	—
②高出力レーザーによる加工技術の開発	C-D	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 500J級固体パルスレーザー装置を想定した250J級高出力レーザー装置の開発</li> </ul>	他国の同様装置の数年後の到達点を上回る性能 (+非連続的な産業応用も期待)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 中間評価結果を受けて、目標を見直し</li> <li>● 将来的にキロジュール級レーザーの実現を目指す</li> </ul>
③次々世代加工に向けた新規光源・要素技術開発	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 出力orエネルギー効率等が既存技術(2018年度)と比較し10倍以上、あるいは従来の光源にはない性能を有することを示す</li> <li>● 実現可能性を示す。実用化に向けて残された課題を明確にする</li> </ul>	非連続的な成果創出を促すことを考慮	—
④次世代レーザー及び加工の共通基盤技術開発	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 最適加工パラメータの探索が可能なレーザー加工プラットフォームの構築と運用</li> <li>● 加工条件と結果とを対応付けるデータベース構築</li> </ul>	共通基盤として確実に産業界へフィードバックされるアウトプット	—
⑤短波長レーザーによる加工技術の開発	C-D	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 出力orエネルギー効率等が既存技術(2018年度)と比較し10倍以上、あるいは従来の光源にはない性能を有することを示す</li> <li>● 実現可能性を示す。実用化に向けて残された課題を明確にする</li> </ul>	非連続的な成果創出を促すことを考慮	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 中間評価以降、実用化・事業化に向けて開発を加速するために項目3、4から実用化・事業化を目指すべきテーマにより項目5を新設</li> </ul>

# 研究開発のスケジュール



2019年度(中間評価後)から5つの研究開発項目で開発を実施



## 研究開発の進捗管理

	参加者	目的	頻度
アドバイザー 委員会	外部有識者 全テーマ実施者 PL・サブPL NEDO	研究開発成果の社会への実装に向け、 <u>プロジェクト全体の方向性、妥当性を議論</u> する	年2回程度
推進会議	全テーマ実施者 PL・サブPL NEDO	全体での成果創出に向け、 <u>全関係者で進捗を共有し、テーマ間連携</u> を図る	年2回程度
個別テーマ打ち 合わせ	個別テーマ実施者 PL・サブPL NEDO	個別テーマの進捗状況を確認する	各研究開発 テーマで年1～2 回程度

	作成単位	目的	頻度
進捗報告レポ ート	個別テーマ	毎月の主な研究開発状況をスライド1枚に まとめ、成果と課題の整理を行う	月1回程度

**目的に応じて階層分けした会合を実施**  
**毎月の進捗報告レポートによってNEDO・PL⇔実施者で双方向コミュニケーション**

把握方法	内容
NEDOにおける情報収集	政策動向 市場動向 最新の研究開発動向
展示会へのNEDOブースの出展	ユーザーのニーズ動向
研究開発項目4における調査研究	ユーザーのニーズ動向 市場動向 標準化動向
個別テーマによる学会や展示会への参加	最新の研究開発動向

### ■ 対応例

情勢変化	対応
青色半導体レーザー分野における他国（特に米国）との競争がプロジェクト開始時よりも更に激化	当該テーマの実施体制を変更。（製品化に向けて機動的な対応が可能となるように、島津制作所を共同実施先から委託先へ変更）短波長レーザーによる加工技術の開発に関する開発テーマを新たに項目5として体制を変更し、実用化・事業化に向けた開発を加速。
レーザー光源、レーザー加工技術の発展状況の変化による今後重要性が増してくると考えられる加工対象材料の変化（情報アップデート）	今後重要になる加工技術、加工ターゲットなどについて推進会議内でアンケートを実施した上で、推進会議の場でレーザー加工技術に関するロードマップについて議論を実施。

## 加速予算例

時期	金額(百万円)	内容
2019年10月	14	フォトニック結晶レーザーの最終目標であるワンチップによるワット級の発振に向け、予定よりも早く効率・出力の増大が確認されつつあり、加速資金により、開発を促進し海外に先駆けて革新的な高出力・高ビーム品質の青色レーザー光源の実現をめざした。レーザー出力を向上を早期に達成し、製品化に向けた連続発振の確認や製造方法の開発、信頼性の向上を前倒しで実施。
2020年4月	75	開発したレーザー光源を、東京大学・産総研(項目4)と連携しながら柏プラットフォームに整備。加速予算で光源を追加製作したことにより、柏プラットフォームに、プロジェクトの項目1、2、4、5-1~5-4で開発したレーザー光源・加工機がすべて集約された。
2020年9月	35	青色半導体レーザーの開発について、海外企業の研究開発が活発化しているおり、国際的な競争力および実用化時のシェアを確保するために高出力化に必要な光源を追加で製作・評価。研究開発期間中において複数の研究開発課題に対して並行して課題解決に取り組むことで、研究開発スケジュールを短縮し、早期の実用化を目指した。

加速予算により、早期に開発成果が得られる／よりよい成果が得られると考えられる開発について、予算を追加。

## ■(対応1)期間延長

2020年度中の2回の緊急事態宣言発令を受け、研究開発進捗への影響について随時ヒアリングを実施。開発状況に大きく受けた事業者に2回の契約期間延長を実施。

時期	期間(延長前)	期間(延長後)	概要
2020年11月	～2021年2月28日	～2021年3月19日	2020年4月に発令された緊急事態宣言を受けて、研究開発進捗への影響について随時ヒアリングを実施。対策として、年度内で開発期間の延長を実施。研究期間の延長が必要と考えられたテーマについて、期間延長を実施。
2021年3月	～2021年3月19日	～(最大)2021年7月19日	2021年1月に発令された緊急事態宣言をうけて、研究開発進捗への影響について随時ヒアリングを実施。対策として、年度を跨いで開発期間の延長を実施。研究期間の延長が必要と考えられたテーマについて、期間延長を実施。

## ■(対応2)中小企業の間接経費率

新型コロナウイルスによる影響が大きいと考えられる中小企業の間接経費率の引き上げを検討・実施。

中間評価コメント	対応
最終目標の達成が難しいテーマは目標の見直し、テーマの改廃	開発の最終目標出力について、一部テーマは中間評価までの達成状況を鑑みた最終目標値に再設定を実施した。また、達成が難しいと思われる出力目標について、予算の有効活用の観点からプロジェクト期間内に達成見込みのある開発内容に絞り込みを実施。 <u>予算とリソースを再配分することにより、着実な成果創出を目指した。</u>
位置づけが明確でないテーマは再編成を実施	開発体制の見直しを行い、 <u>項目3及び項目4のうち、実用化へ向けた開発を進めるテーマについて、項目5「短波長レーザーによる加工技術の開発」を新設し移動した。</u> 製品化向け基盤研究を実施する項目3の中でも実用化に近い開発をしているテーマや共通基盤技術の開発をするテーマの中で、装置開発に特化したテーマについて、実用化を意識した開発テーマとしてまとめ、実用化・事業化へ向けて開発を加速した。その上で、基盤研究の項目3はレーザー技術の高度化を、プロトタイプ開発などを行う項目1、2、5は加工応用実証などをプロジェクトの後半で意識して開発を実施した。

### プロジェクト内でテーマの改廃を実施

## ニュースリリース

プロジェクトの研究開発成果について、世界最高級出力の達成や、早期製品化についてなど**20件以上のリリース**を実施。

2018年1月

世界最高クラスの高出力・高輝度青色半導体レーザーを**製品化**へ

世界最高クラスの高出力・高輝度青色半導体レーザーを製品化へ  
 一金や銅などの加工用光源への応用に期待

2018年1月25日  
 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
 株式会社島津製作所  
 国立大学法人大阪大学

NEDOプロジェクトの成果をもとに、(株)島津製作所は、世界最高クラスの高出力・高輝度青色半導体レーザーを製品化します。本製品は、NEDOプロジェクトで同社が大阪大学と共同開発した青色半導体レーザー技術を実用化したもので、出力100Wと輝度 $1.3 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$ の高出力・高輝度を実現しています。従来の青色半導体レーザーでは実現できなかった金や銅などの熱伝導溶接、レーザーマーキング、3Dプリンタでの積層向けの光源への応用が期待でき、加工時間の短縮や消費電力の低減に貢献します。  
 (株)島津製作所は、同社が展開する青色半導体レーザー「BLUE IMPACT」シリーズのラインアップに今回開発した製品を加え、1月30日から販売を開始します。



図1 高出力・高輝度青色半導体レーザー

早期実用化を行い、製品化を後押し

2021年3月

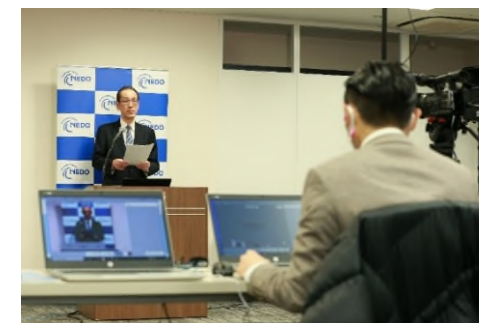
NEDOの事業成果を集約したプラットフォームを構築  
 ※**プロジェクトの13機関同時リリース**

装置名 (開発元)	波長・出力・ パルス幅	想定加工材料・ 加工種類	装置の特徴	写真
266 nm 20 Wピコ秒 レーザー加工装置 (大阪大学、 スペクトロニクス、 三菱電機)	波長	266 nm	材料: ガラス、複合材な どの難加工材料 加工種: 穴あけ、切断など	
	出力	20 W		
	パルス幅	7.3 ps		
レーザー加熱加工装置 (浜松ホトニクス)	波長	940 nm	材料: 鉄鋼材料など 加工種: 焼き入れなどの熱 処理加工	
	出力	最大2.5 kW		
	パルス幅	4 ms - 連続		
GaN系半導体 レーザー加工装置 (パナソニック、 パナソニック スマートファ クトリーソリューションズ)	波長	405-420 nm	材料: 銅箔など 加工種: 切断、溶接など	
	出力	最大130 W		
	パルス幅	連続		
UVファイバー レーザー装置	波長	318 nm	材料: 半導体、ガラス、	

TACMIコンソーシアムの活用促進に期待

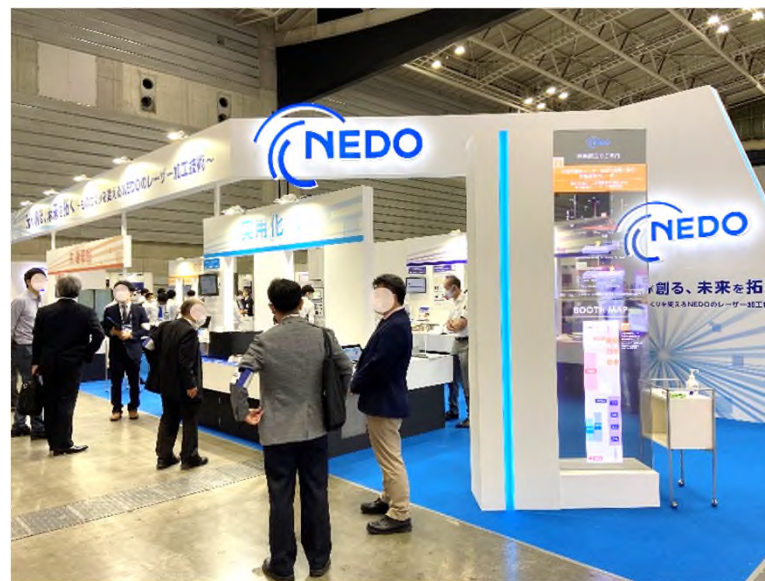
## 成果報告会

プロジェクト全体の成果発表の場を提供。  
 2021年2月にオンラインにて開催。300名を  
 超える一般の参加者を迎え、成果の公開  
 を実施。



## 展示会

実用化・事業化へ向けたマッチング促進のため、2021年6-7月、日本最大級の光産業技術総合展「OPIE'21」に出展。「光が創る、未来を拓く」をテーマにプロジェクトに参画する20法人がNEDOブースへ出展した。



- 個別相談やサンプル提供のみで61件のマッチング。今後動向について積極的にフォローアップを行い、成約事例を増やす。
- 来場者には、興味のある加工用途をヒアリング。今後の実用化・事業化を見据えた展開に活用。