

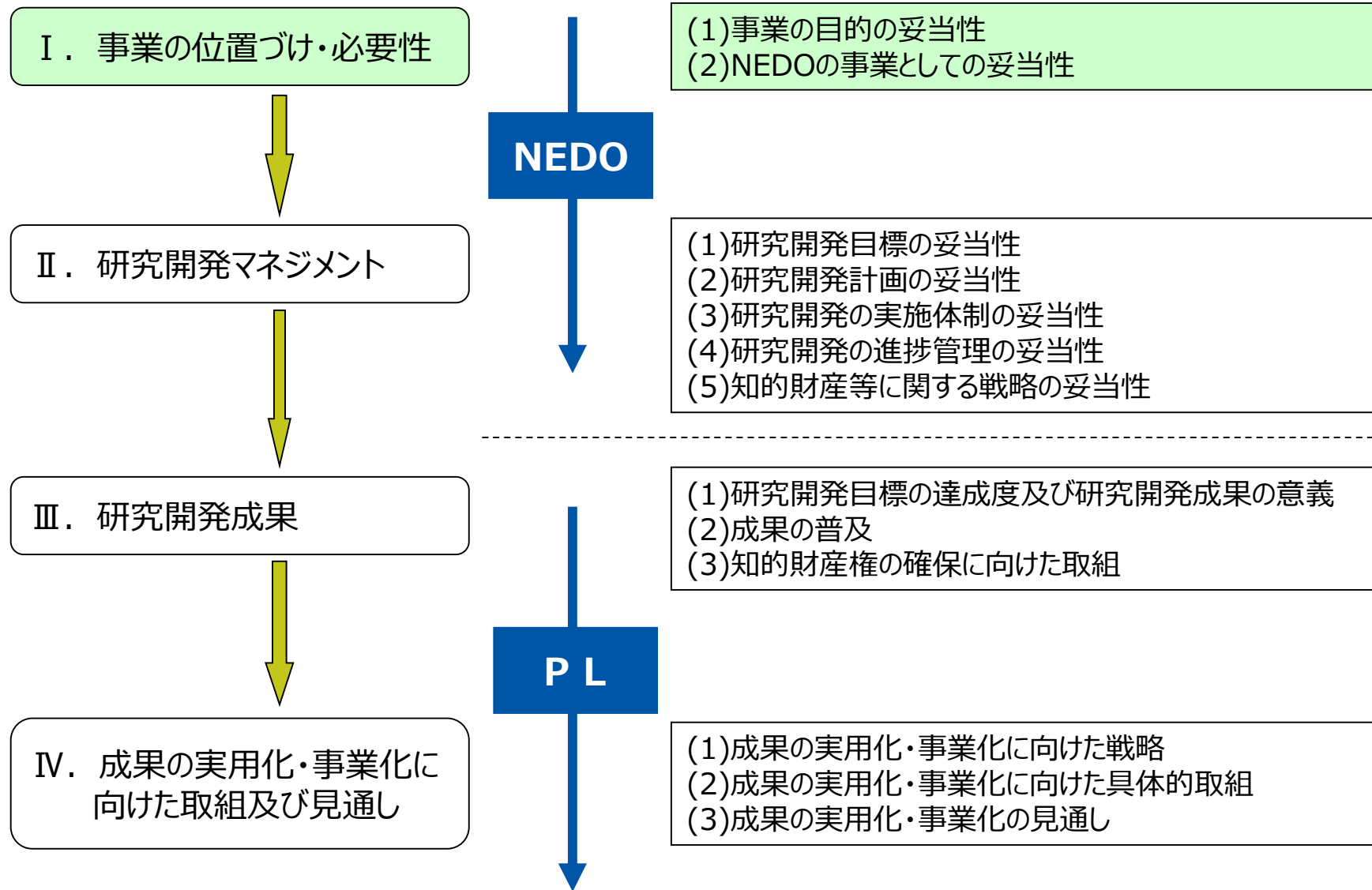
「積層造形部品開発の効率化のための  
基盤技術開発事業」(中間評価)  
(2019～2023年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO IoT推進部

2021年9月30日

# 発表内容



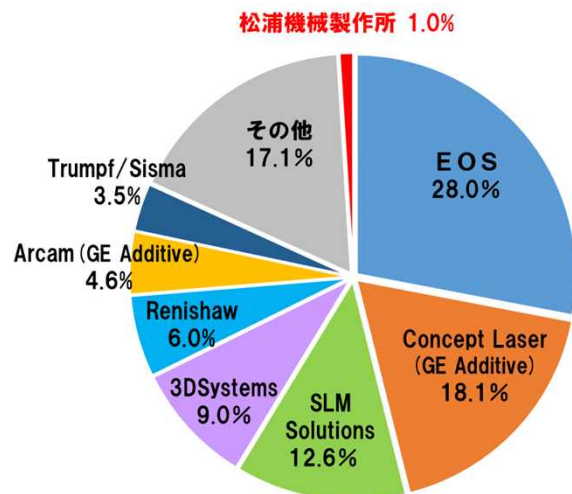
## ◆ 事業実施の背景と事業の目的

### 背景

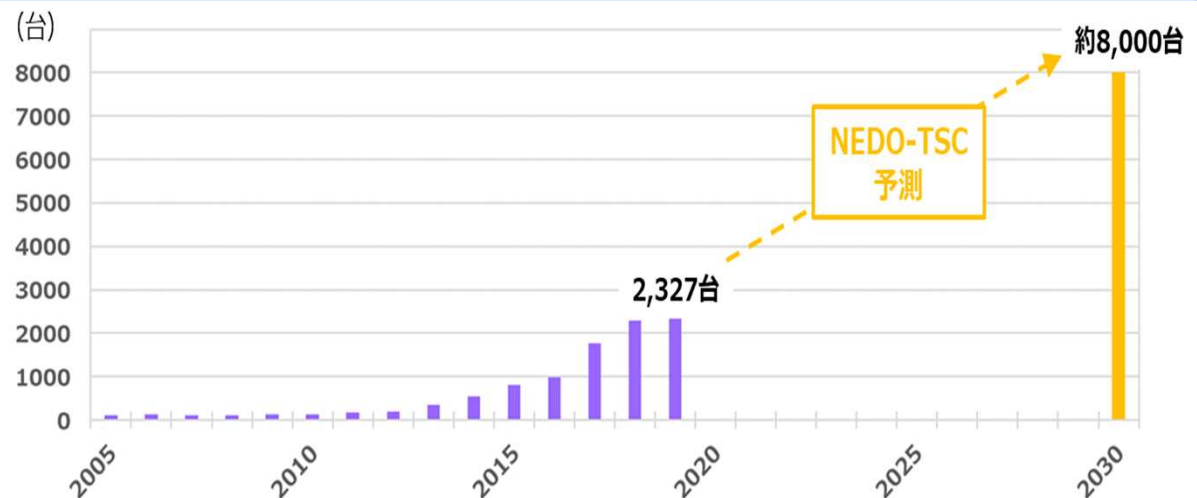
- ものづくりの付加価値を上げていくためには、複雑形状等が実現できる積層造形技術を積極的に活用することが有効である。
- 世界市場が積層造形技術の活用が進む中、我が国も早期に積層造形技術を活用した金属部品等の開発を促進することが重要となる。
- 一方、金属の積層造形技術では、現象解明さえ十分には進んでおらず、品質の再現性確保や新規開発に係るコストと時間が課題となっている。

### 目的

- 積層造形における金属の溶融凝固現象を解明するとともに、高度な計測・機械制御技術を開発し、金属積層造形部品等における開発の効率化及び高品質の確保を目指す。



金属積層造形装置シェア（2000～2017年）  
（出典）GlobeNewswire 発表を基にNEDOで作成



金属積層造形装置の世界販売台数推移と予測  
（出典）Wohlers Reports 2020を基にNEDOで作成

## ■ 科学技術イノベーション総合戦略2017

生産プロセスにおいては、多様化したユーザーニーズに迅速かつ柔軟に対応して、高性能、高品質な製品を提供するために、A Iを搭載し知能化された機械やロボット、複雑形状を高速かつ高精度で造形する**3Dプリンタ**など新たな付加価値を持ったもの・コトを創出する革新的な生産技術の開発とその導入支援に取り組む。

## ■ 未来投資会議2018

データ連携やIoT、**3Dプリンター**等を活用して、顧客の多様なニーズに対応する多品種少量生産等が可能となり、高い現場力を有し、小回りの利く中小企業ならではの新たな市場獲得のチャンスが生まれる。

## ◆ 海外の研究開発の動向

### America Makes

(出典：America Makesウェブサイト)

- **Open Project Call 2020** (7月公募) : 約0.9億円
  - 機械学習とAIのアプローチを活用したAM造形品の品質予測
  - 金属積層造形のための物理ベースモデリングとin-situプロセスモニタリング技術の交差検証
- **Open Project Call 2021** (6月公募) : 約1.8億円
  - AMプロセスのリアルタイム欠陥低減のための戦略
  - AMプロセスの生産性向上の機会の評価

### Horizon2020 (EU)

(出典：Horizon2020ウェブサイト)

- **PAM<sup>2</sup>** : 約5億円
  - 高精度の金属積層造形品の開発
  - より競争力のある製品設計とより高い精度の部品開発を可能にする高度な設計、モデリング、プロセス及び計測方法を開発。
- **MANUELA** : 約16.2億円
  - 金属積層造形用にオープンアクセスのパイロットラインを提供するサービス (PBFレーザー/電子ビーム使用)
  - MANUELAのパイロットラインを利用したのBusiness Development10案件のOpen Callを実施する。

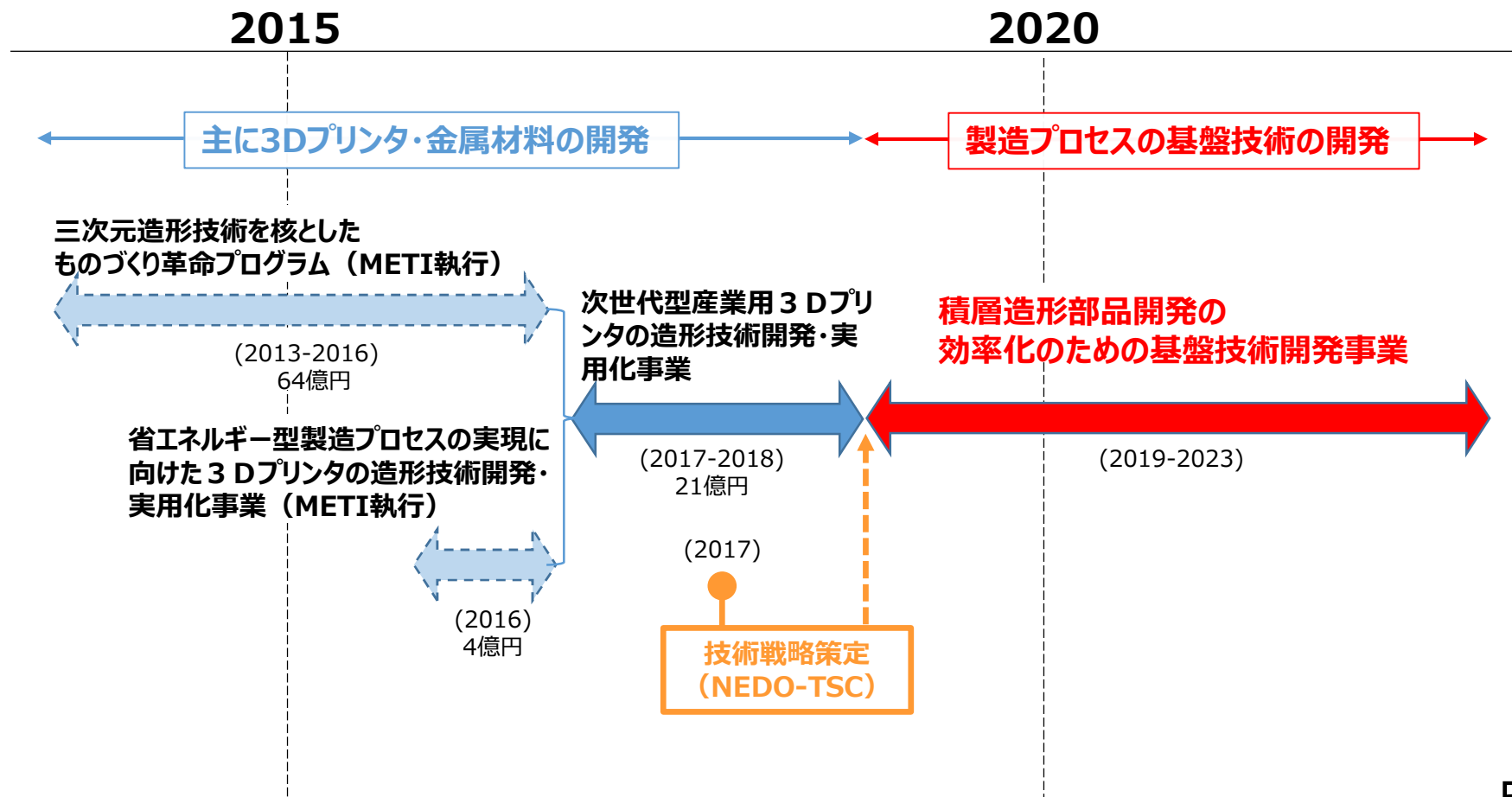
### 中国製造2025

(出典：「中国製造2025」の公布に関する国务院の通知の全訳)

- 3Dプリンタをインテリジェント製造設備として研究開発を展開。
- 3Dプリンタ技術・設備の生産プロセスにおける応用を加速、製造工程のシミュレーション・最適化、デジタル制御、製造状況のリアルタイムモニタリング、適応制御を促進。

## ◆他事業との関係

- NEDOでは、2017年度から金属の積層造形技術関連プロジェクトを推進。
- 現在では、過去のプロジェクトの成果（METI執行も含む）や技術戦略の策定を踏まえ、製造プロセスの基盤技術の開発を実施。



## ◆他事業との関係（参考）

- 次世代型産業用3Dプリンタの造形技術開発・実用化事業（METI執行事業も含む）では、TRAFAMのもとで複数の装置メーカーが参画し、国産金属3Dプリンタを製品化している。

電子ビーム方式	レーザービーム方式	バインダージェット方式 方式（砂型）
 <p>多田電機</p>  <p>三菱電機 EZ300</p>  <p>日本電子JAM-5200EBM 写真提供：日本電子</p>	 <p>東芝機械 ZK-T2010</p>  <p>松浦機械製作所</p>  <p>日本電産マシンツール (旧 三菱重工工作機械) LAMDA200</p>	 <p>シーメット SCM-800</p>  <p>シーメット SCM-1800</p>

## ◆NEDOが関与する意義

### ☑ 産業力強化

本事業の推進により、金属積層造形の基盤技術が社会実装されることで、我が国のサポーターイングインダストリーである素形材産業をはじめとするものづくり産業が高付加価値事業を獲得し、産業全体の底上げが期待される。

### ☑ 国際競争

金属積層造形は海外では急速に広まりつつあるが、日本は出遅れている状況であり、積層造形部品等の開発に必要な基盤技術開発に、迅速に取り組む必要がある。開発された成果が早期に社会実装されることで、国際競争力の強化に大きく貢献することが期待される。

### ☑ 産学連携の必要性

金属積層造形に係る共通基盤技術は、産学官連携による技術、知財及びノウハウを集約しての研究開発が必須である。



**NEDOのこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業**



## ◆実施の効果（費用対効果）

### 事業予算総額

7.7億円（予定）

### アウトカム目標

- ・ 積層造形部品の開発期間を1/5に短縮
- ・ 本システム搭載金属3Dプリンタの国内素形材企業への導入割合10%

### 経済波及効果 (2030年)

- ・ 造形装置：632億円
- ・ 造形品：1,900億円
- ・ 開発期間短縮に伴うコスト削減：+  $\alpha$

2,532億円  
+  $\alpha$

#### 経済波及効果（2030年）の算定根拠

##### 造形装置について

- ・ 2030年に本システム搭載金属3Dプリンタは、国内の791事業所に導入されると予測（経済産業省が平成29年度工業統計をもとに算定）。また、装置価格は0.8億円／台と仮定。

$$791 \text{事業所} \times 0.8 \text{億円} / \text{台} = 632 \text{億円}$$

##### 造形品について

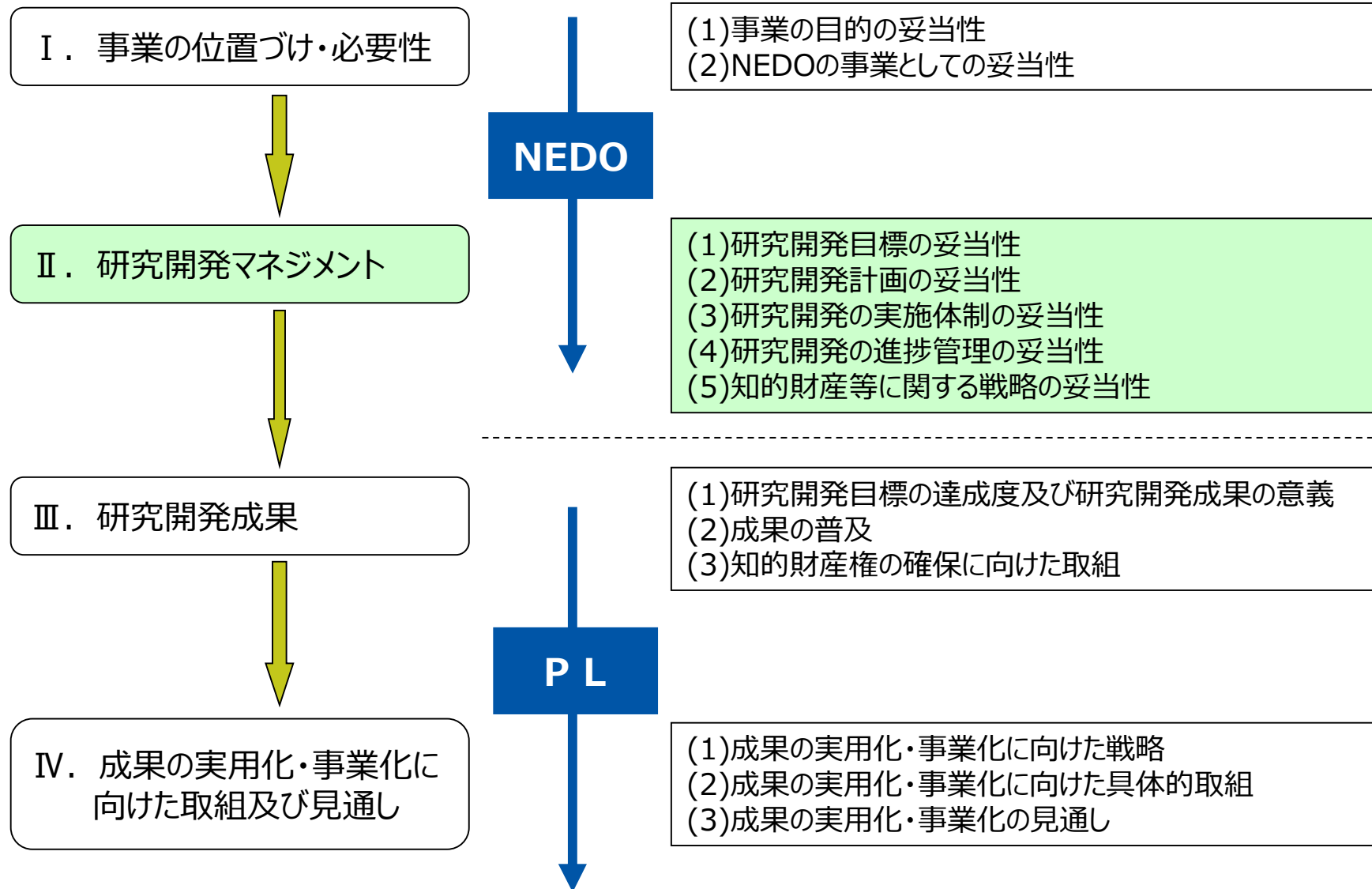
- ・ 2030年の金属積層造形関連の世界市場予測（NEDO-TSC）では、造形装置6,500億円、造形品2兆円となっている。
- ・ 造形品の市場規模は、造形装置市場に比例すると仮定。また、国内造形装置市場は上記より632億円。

$$2 \text{兆円} (\text{造形品市場}) \times 632 / 6,500 (\text{造形装置市場の比率}) \div 1,900 \text{億円}$$

##### 開発期間短縮に伴うコスト削減について

- ・ 「新ものづくり研究会 報告書」（平成26年 経済産業省）では、3Dプリンタ等（金属以外も含む）による経済波及効果（2020年）を21.8兆円と予測している。そのうち、装置・材料、造形品等の直接市場以外にも、生産性の革新によるコスト削減により10.1兆円の効果があるとしている。
- ・ したがって、「+  $\alpha$ 」については、相当な額の波及効果が期待される。

# 発表内容



## ◆事業の概要

### 研究開発項目①：溶融凝固現象の解明による欠陥発生予測技術の開発

造形プロセス中の溶融凝固現象を観察し、欠陥生成のメカニズムを解明し、欠陥予測システムを開発する。

### 研究開発項目②：高度モニタリング及びフィードバック制御機能の開発

積層造形プロセス中における造形前の粉末敷き詰め状態、造形後の表面を高分解能で三次元計測する機能及びメルトプールの温度分布を計測する機能を開発する。また、①の欠陥予測システムと連動した高度モニタリング及びフィードバック制御機能を開発する。

### 研究開発項目③：積層造形部品製作のための開発・評価方法の開発

レーザービーム式及び電子ビーム式の積層造形機により、造形サンプルの試作及び評価を行い、最適な造形条件、組織分析、材料特性を研究する。また、積層造形技術を活用した金属部品開発などを効率的に行うための開発・評価手法を開発する。



## ◆ 研究開発目標と根拠 (1/3)

### ■ 研究開発項目①：溶融凝固現象の解明による欠陥発生予測技術の開発（共通）

中間目標	最終目標	根拠
<ul style="list-style-type: none"> <li>欠陥発生予測システムの予測精度80%以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>欠陥発生予測システムの予測精度95%以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>欠陥率0%の実現には、欠陥予測システムの予測精度が高い必要があるため、最終目標を95%以上とした。</li> <li>また、中間評価の段階では、評価データ取得が不十分であるため、予測精度80%以上とした。</li> </ul>

### ■ 研究開発項目②：高度モニタリング及びフィードバック制御機能の開発（レーザービーム方式）

中間目標	最終目標	根拠
<ul style="list-style-type: none"> <li>積層造形プロセスにおける粉末敷き詰め状態及び造形面について、精度10<math>\mu</math>m以下で凹凸を計測</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>粉末の粒径が15~45<math>\mu</math>m程度であることを考慮して、粉末敷き詰め状態及び造形面を精度良く計測するために10<math>\mu</math>m以下とした。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>造形面の欠陥部分を再溶融する機能を開発</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>不慮の現象で欠陥が発生した場合に再溶融機構が必要になるため。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>フィードバック制御機能による造形プロセス中の50<math>\mu</math>m以上の欠陥率0%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>X線CTで計測可能な50<math>\mu</math>m以上を対象として欠陥率0%とした。</li> </ul>

## ◆ 研究開発目標と根拠 (2/3)

### ■ 研究開発項目②：高度モニタリング及びフィードバック制御機能の開発（電子ビーム方式）

中間目標	最終目標	根拠
<ul style="list-style-type: none"> <li>積層造形プロセスにおける粉末敷き詰め状態及び造形面について、精度30μm以下で凹凸を計測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>積層造形プロセスにおける粉末敷き詰め状態及び造形面について、精度10μm以下で凹凸を計測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>レーザービーム方式と同様に最終目標を10μm以下とした。</li> <li>また、電子ビーム方式では、装置構造上の難しさがあるため、中間目標を30μm以下とした。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>造形面の欠陥部分を再溶融する機能を開発</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>不慮の現象で欠陥が発生した場合に再溶融機構が必要になるため。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>メルトプール形状を画像化する機能を開発</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>電子ビーム方式の場合、従来技術（高速カメラ等）では、メルトプールを形成する現象を直接観察することが不可能であるため。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ビーム照射前に欠陥発生要因となる異常状態を検知する機能を開発</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>電子銃異常や粉末チャージアップ（スモーク）の発生が欠陥に繋がるため、異常検知機能が必要。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>フィードバック制御機能による造形プロセス中の50μm以上の欠陥率0%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>X線CTで計測可能な50μm以上を対象として欠陥率0%とした。</li> </ul>

## ◆ 研究開発目標と根拠 (3/3)

### ■ 研究開発項目③：積層造形部品製作のための開発・評価方法の開発（共通）

中間目標	最終目標	根拠
<ul style="list-style-type: none"><li>開発・評価手法の開発のために必要な積層造形物に関する評価データを、金属材料1種類以上について蓄積する。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>開発・評価手法の開発のために必要な積層造形物に関する評価データを、金属材料4種類以上について蓄積する。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>実際に多様な金属部品開発にも応用できるように、複数の種類の金属種でのデータ蓄積も重要であるため、中間目標として1種類以上、最終目標として4種類以上とした。</li></ul>

## ◆研究開発のスケジュールと予算

研究開発項目	2019	2020	2021	2022	2023
溶融凝固現象の解明による欠陥発生の予測技術の開発	欠陥発生原因と造形条件の関係性解明	各種条件・材料等によるモニタリングデータ等の蓄積	欠陥予測システムのプロトタイプ試作	蓄積データや機械学習を用いた欠陥予測システムの構築	
高度モニタリング及びフィードバック制御機能の開発	PB表面三次元計測技術の高度化	再溶融による欠陥補修技術の開発	欠陥予測システムと連携したフィードバック制御機能の開発	高度モニタリング・フィードバック機能の開発	
積層造形部品製作のための開発・評価方法の開発	自動化可能なプロセスマップ探索手法の確立	プロセスマップDBからの造形条件作成手法の開発	ユーザー検証 (概算要求中)	手順書・システム構築	
予算 (億円)	1.5	1.2	2.0		



# ◆ 研究開発の実施体制





## ◆研究開発の実施体制（参考）

- TRAFAMは、国内の装置メーカー、材料メーカー、ユーザーが組合員となっているため、本事業成果の普及展開が期待される。

大学・研究機関等	近畿大学、東北大学、産業技術総合研究所、宇宙航空研究開発機構
装置メーカー	シーメット、芝浦機械、多田電機、東芝、ニコン、日本電子、松浦機械製作所、日本電産マシンツール、C&Gシステムズ、先端力学シミュレーション研究所
材料メーカー	群栄化学工業、山陽特殊製鋼、大同特殊鋼、東洋アルミニウム、福田金属箔粉工業
ユーザー	IHI、木村鋳造所、金属技研、コイワイ、日本積層造形、三菱重工業、金属積層造形サポートシステム

## ◆ 研究開発の運営管理

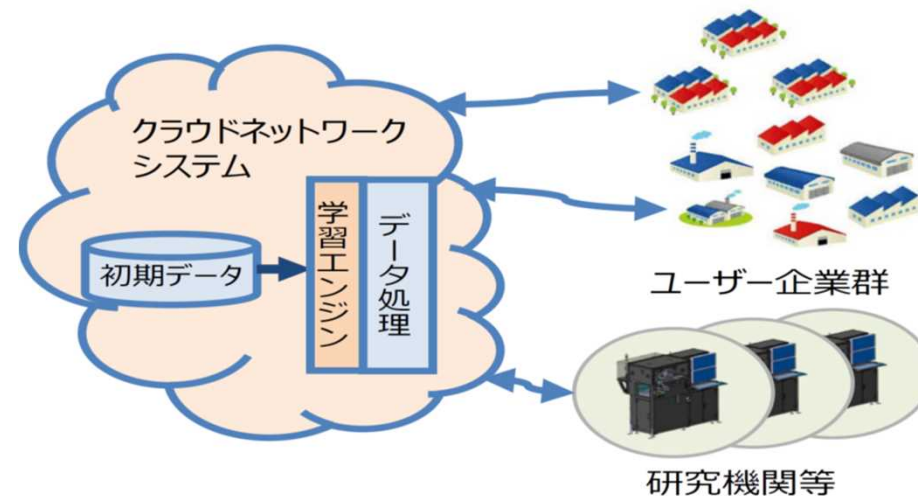
- 外部有識者からなる技術推進委員会による進捗確認と技術的評価と、サイトビジットによる進捗確認を通じて、目標達成に向けた適切な進捗管理を実施。
- コロナ禍でのニューノーマルな対応として、2021年度からリモートでの進捗報告会を四半期毎に実施することで進捗管理の強化を図る。

会議名	対象項目	実施時期	内容
技術推進委員会	全項目	2020/10月	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部有識者委員による、開発方針・推進計画、開発進捗、実用化・事業化に関する確認</li> </ul>
技術推進委員会	レーザー	2021/4月	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部有識者委員による、ユーザー検証に関する再委託先追加の審議</li> </ul>
サイトビジット(東北大)	電子ビーム	2019/10月	<ul style="list-style-type: none"> <li>進捗報告、確認、今後の予定等確認</li> <li>要素技術研究機、日本電子2次試作機確認</li> </ul>
サイトビジット(東北大)	電子ビーム	2020/7月	<ul style="list-style-type: none"> <li>進捗報告、確認</li> <li>電子顕微鏡故障対策に関する打合せ</li> </ul>
サイトビジット(近畿大)	レーザー	2021/1月 ⇒中止	<ul style="list-style-type: none"> <li>PR動画撮影、進捗報告、確認等を予定 ⇒緊急事態宣言の影響で中止</li> </ul>
進捗報告会	全項目	2021/8月	<ul style="list-style-type: none"> <li>四半期毎の研究進捗状況を共有</li> </ul>

## ◆ 成果の実用化・事業化に向けたマネジメント

- 本事業成果の実用化・事業化を加速する取り組みとして、これまでの研究開発の進捗状況を踏まえ、**2021年度からユーザー企業等による検証を追加した。**
- ユーザー検証では、金属積層造形における欠陥の最小化を実現するための造形条件を容易に作成するシステムの検証と初期データの蓄積を行う。
- NEDOは、2021年度の概算要求の状況を踏まえ、**タイムリーな開発促進財源等の投入を行いユーザー検証の実現に結び付けた。**また、検証を効果的に進めるため、**ユーザーの選定を主体的に検討した。**

【システム検証・データ蓄積イメージ】



出典：令和3年度経済産業省予算のPR資料

## ◆ 開発促進財源等投入実績

年度	項目	金額 (百万円)	内容	成果
2019	フィードバック制御 (レーザービーム方式)	12	海外競合の研究進捗を踏まえ、スパッタ等不慮による欠陥が発生した場合の欠陥発生を防止するフィードバック機能を開発を前倒して実施。	フィードバック精度の向上と、海外競合に対する優位性の確保。
2020	欠陥予測システム	18	欠陥予測システムにおける画像データ処理の自動化、欠陥判別機能及びプロセスマップの開発。	欠陥予測システムの精度向上及びユーザー検証の効率的な実施。
2020	マルチプルモニタリング (電子ビーム方式)	19	マルチプル観察用電子顕微鏡の電子銃の改良を前倒して実施	中間目標におけるマルチプル画像化の達成。さらには、前倒しに伴う予算の戦略的運用によるユーザー検証の着実な実施。

## ◆情勢変化への対応（コロナ禍対応）

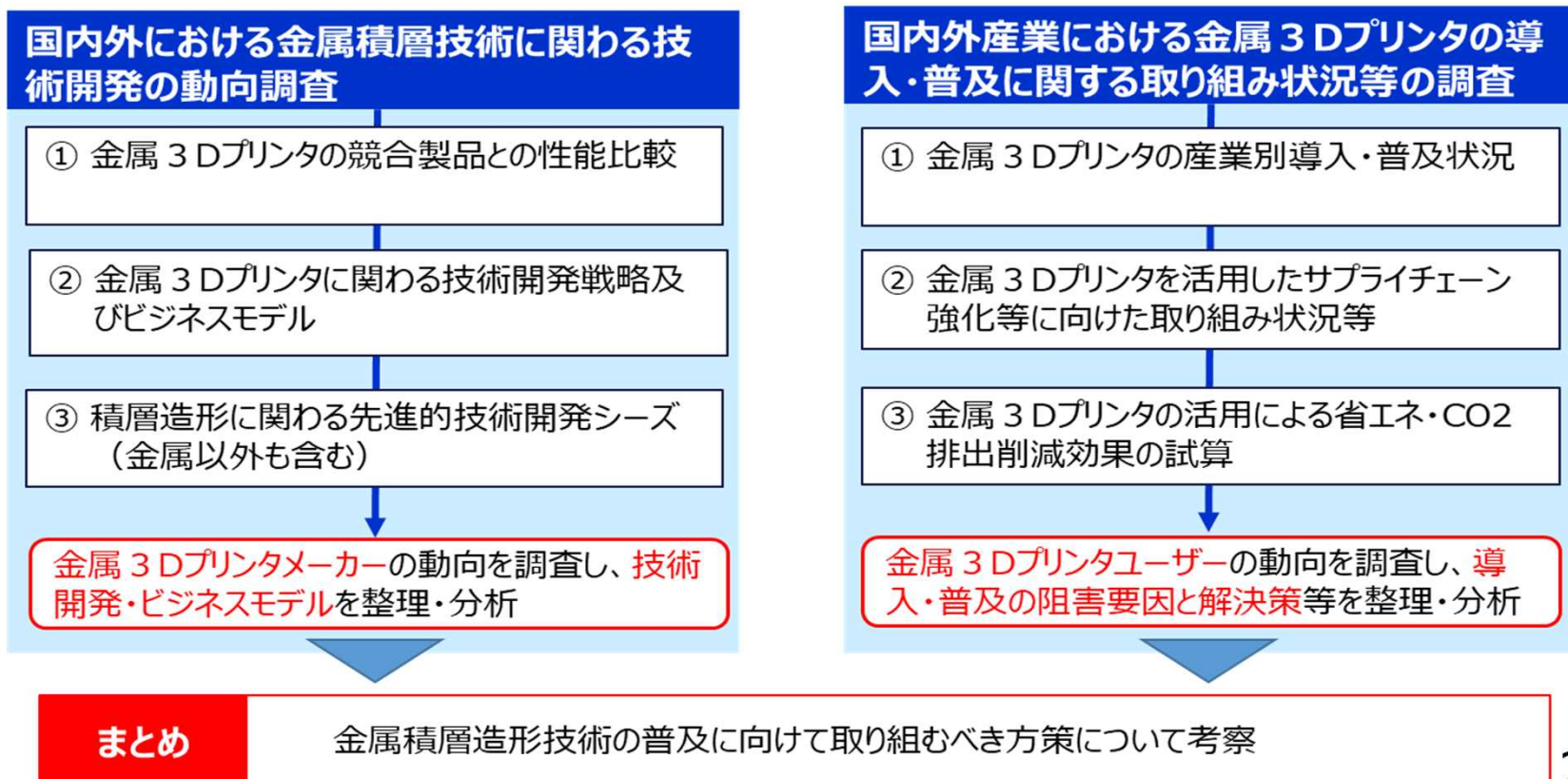
- コロナ禍において、研究開発の中断や遅延を回避するため、2020年度では定期的な状況確認を実施した。
- 2020年5月下旬、東北大学分室の電子顕微鏡が故障（老朽化のため修理不能）した際、コロナ禍の混乱で委託先だけでの解決が困難であったため、NEDOが自らナショプロ向けリースサービスを探し出し、委託先とリース業者との橋渡しをして研究開発の中断を回避した。

### ○ナショプロ向けリースサービスの特徴

- ▶ 大学、国プロ等使用期間が限定されているニーズに対応
  - 複数年の契約が認められない。
  - 年度毎に契約したい。 ※途中解約の違約金がない
  - 予算削減の可能性がある。
- ▶ 購入予算が確保出来ない場合の代替提案が可能
  - 購入予算が取れそうに無い（削減・凍結等）。
  - 急遽装置が必要になったが、予算化していない。
  - 装置導入の優先順位が低い

## ◆ 動向把握と対応（普及に向けた取り組み）

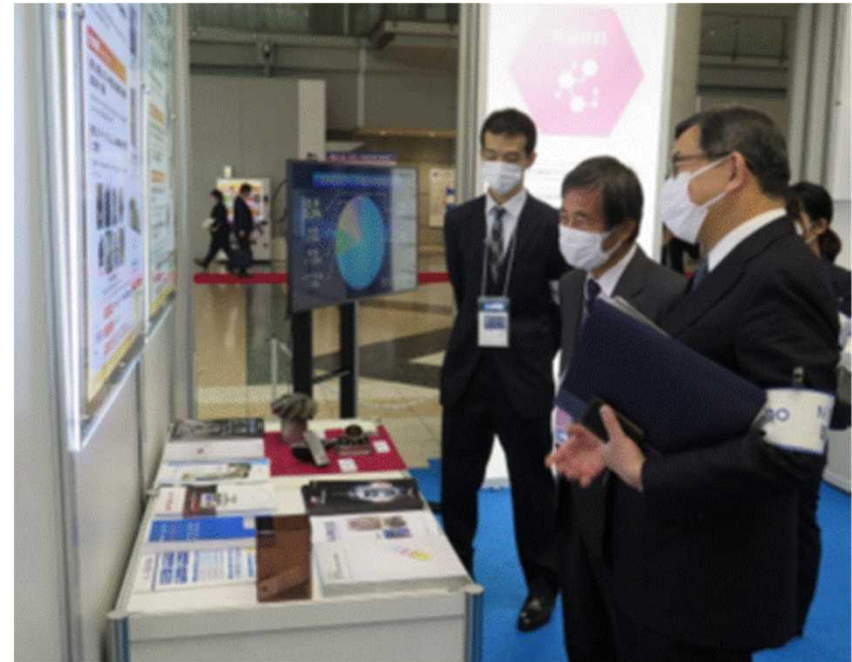
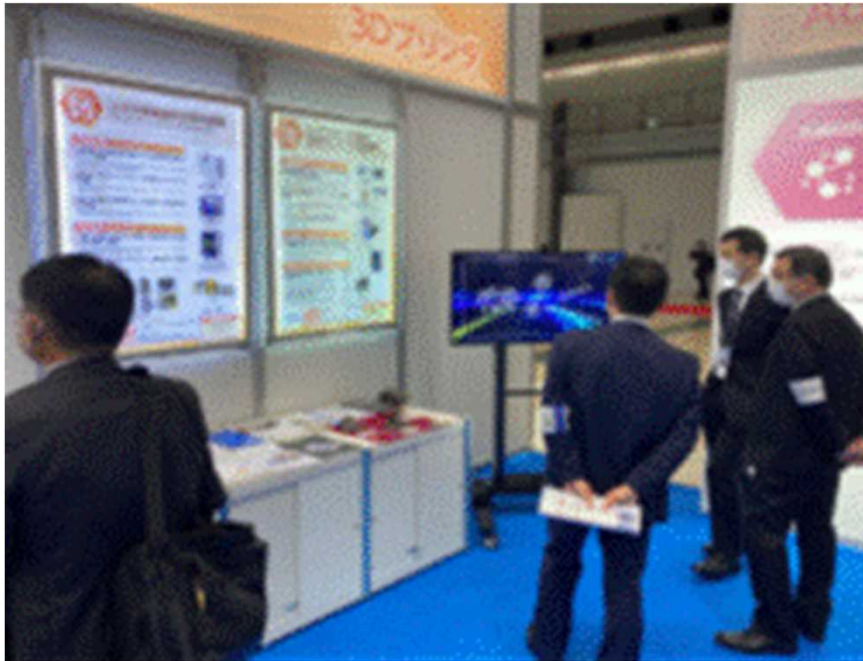
- 海外では自動車業界、航空宇宙業界等の実生産において、金属積層造形技術が活用されている。一方、国内製造業では積極的な活用が進んでいない。
- このような状況を踏まえ、金属積層造形技術の普及に向けて取り組むべき方策について検討するため、**2021年度に調査事業を実施**する（本事業とは別枠）。
- 調査結果は、**本事業の後半のマネジメント等の検討に活用**する。





## ◆ 成果の情報発信

- 昨年度のnano tech 2021において、次世代型産業用3Dプリンタの造形技術開発・実用化事業の成果を出展。
- 今後、本事業の成果についても、展示会やニュースリリース等での情報発信に積極的に取り組む予定。



## ◆ 知的財産管理

- 研究開発成果に関わる知的財産権は、原則として全て委託先に帰属させる。また、NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針を適用する。
- 技術研究組合では、知財審議会を設置するとともに、知的財産権取扱規程等を整備して本事業に参加する全ての組合員と知的財産権の帰属、実施許諾等について合意。
- 知財マネジメント強化のため、権利全般とその取り扱いは、技術研究組合が一元管理。

