

「積層造形部品開発の効率化のための基盤技術開発事業」 (終了時評価)

2019年度～2023年度 5年間

プロジェクトの説明 (公開版)

2024年9月26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

バイオ・材料部

積層造形部品開発の効率化のための基盤技術開発

バイオ・材料部 PMgr：柳本 勝巳 チーム長

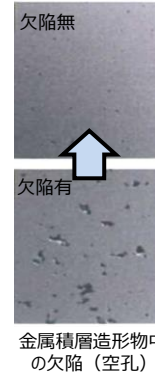
技術戦略次世代製造法積層造形プロセスVer.2.1

プロジェクトの概要

・素形材部品のものづくりに導入がはじまりつつある、金属積層造形において、現状では、品質を満足できるレベルまでの造形物を作り始めるまでには、多くの時間と経験が必要であり、中小事業者をはじめ装置導入の際の課題となっている。また、金属の積層造形技術は、そもそもの現象解明の研究さえも十分には進んでいないため、付加価値が高い複雑形状、高機能の部品や機能性合金の造形では、品質の再現性、均一性を確保することが難しく、新規開発に多大なコストと時間がかかることが課題となっている。

・本事業は、金属積層造形における品質の確保と部品開発の効率化を目指して、レーザービーム方式及び電子ビーム方式について以下の研究開発を実施する。

- ① 溶融凝固現象の解明による欠陥発生の予測技術の開発
- 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
- ③ 積層造形部品製作のための開発・評価手法の開発



想定する出口イメージ等

アウトプット目標	・造形物の欠陥発生予測システムの<u>予測精度 95%以上</u> ・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）（電子ビーム方式） ・粉末敷き詰め状態及び造形面について <u>精度10μm以下で凸凹を計測</u> ・フィードバック制御機能による造形プロセス中の<u>50μm以上の欠陥率0%</u> ・積層造形部品作製のための開発手法・評価手法の開発
アウトカム目標	本プロジェクトの成果により、品質の向上、造形プロセスの繰り返し安定性の確保とともに、積層造形部品作製のための開発・評価手法が確立されることで、<u>積層造形部品の開発期間が1/5に短縮</u>されることを目指す。また、それにより2030年度における本システムを搭載した金属3Dプリンタの<u>国内素形材企業への導入割合10%（事業所ベース）</u>を目指す。これにより年間500億円の開発コストの削減が見込まれる。

既存プロジェクトとの関係

・「次世代型産業用3Dプリンタの造形技術開発・実用化事業」（2017年度～2018年度）
装置、材料の開発
（本プロジェクトは品質の確保および保証のための技術開発）

事業計画

期間：2019～2023年度（5年間）
事業予算総額：11.8億円（委託）

＜研究開発スケジュール・評価時期・予算規模＞

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
溶融凝固現象解明による欠陥予測システム開発	溶融凝固現象観察・メカニズム解明 欠陥予測システム開発					
高度モニタリング及びフィードバック制御機能（レーザー・電子ビーム）	粉末敷き詰め状態、 造形表面計測 欠陥予測システム開発 計測・欠陥予測システムに基づく フィードバック制御技術開発					
開発・評価手法	作製フロー・手順策定 評価フロー・手順策定 実証試験 ユーザー検証					
評価時期			中間評価			終了時評価
予算（億円）	1.5	1.2	2.0	3.5	3.6	

ページ構成

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋



2. 目標及び達成状況



3. マネジメント

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- 知的財産管理

- 実用化・事業化の考え方と
アウトカム目標の設定及び根拠
- アウトカム目標の達成見込み
- ※費用対効果
- 非連続ナショプロに該当する根拠
- 前身事業との関連性
- 本事業における研究開発項目の位置づけ
- アウトプット目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の副次的成果等
- 特許出願及び論文発表

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 研究データの管理・利活用
- ※予算及び受益者負担
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：事前/中間評価結果への対応
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み
- 進捗管理：開発促進財源投入実績
- モティベーションを高める仕組み

＜評価項目 1＞ 意義・アウトカム（社会実装） 達成までの道筋

- ※ 本事業の位置づけ・意義
- （１）アウトカム達成までの道筋
- （２）知的財産・標準化戦略

ページ構成

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- 知的財産管理

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略



2. 目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況



3. マネジメント

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

事業の背景・目的・将来像

背景

- ものづくりの付加価値を高めていくためには、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。

将来像

- 高度な計測・機械制御により、高品質化・効率化を実現することで、**積層造形技術を活用した金属部品の開発期間を1/5に短縮**することにより、我が国における積層造形技術の普及を目指す。それにより2030年度における本システムを搭載した**金属3Dプリンタの国内素材企業への導入割合10%**（事業所ベース）を目指す。これにより年間500億円の開発コストの削減が見込まれる。

政策・施策における位置づけ

■ 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。

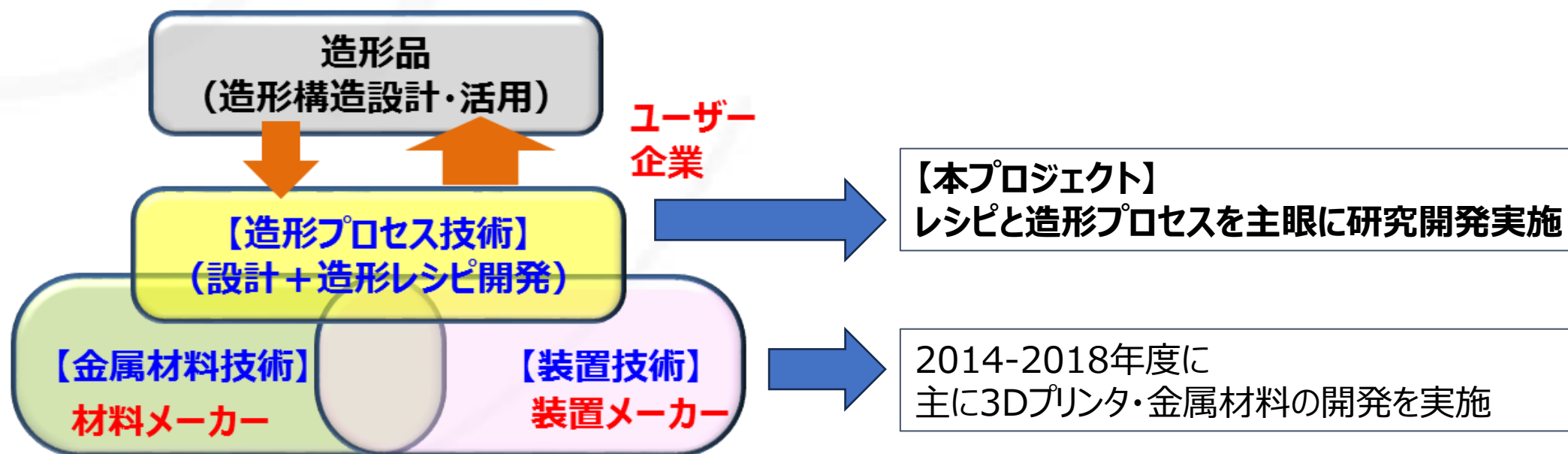
■ 未来投資会議2018

データ連携やIoT、**3Dプリンタ**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。

技術戦略上の位置づけ

- ・技術としては、装置/金属粉末材料/プロセス（レシピ）の3要素に大別。
- ・要素はそれぞれに密接に関連、独立に扱くと適切な造形品を得ることは困難。
- ・技術全体を統合化する（例えば装置企業がコントロール）方向にある。

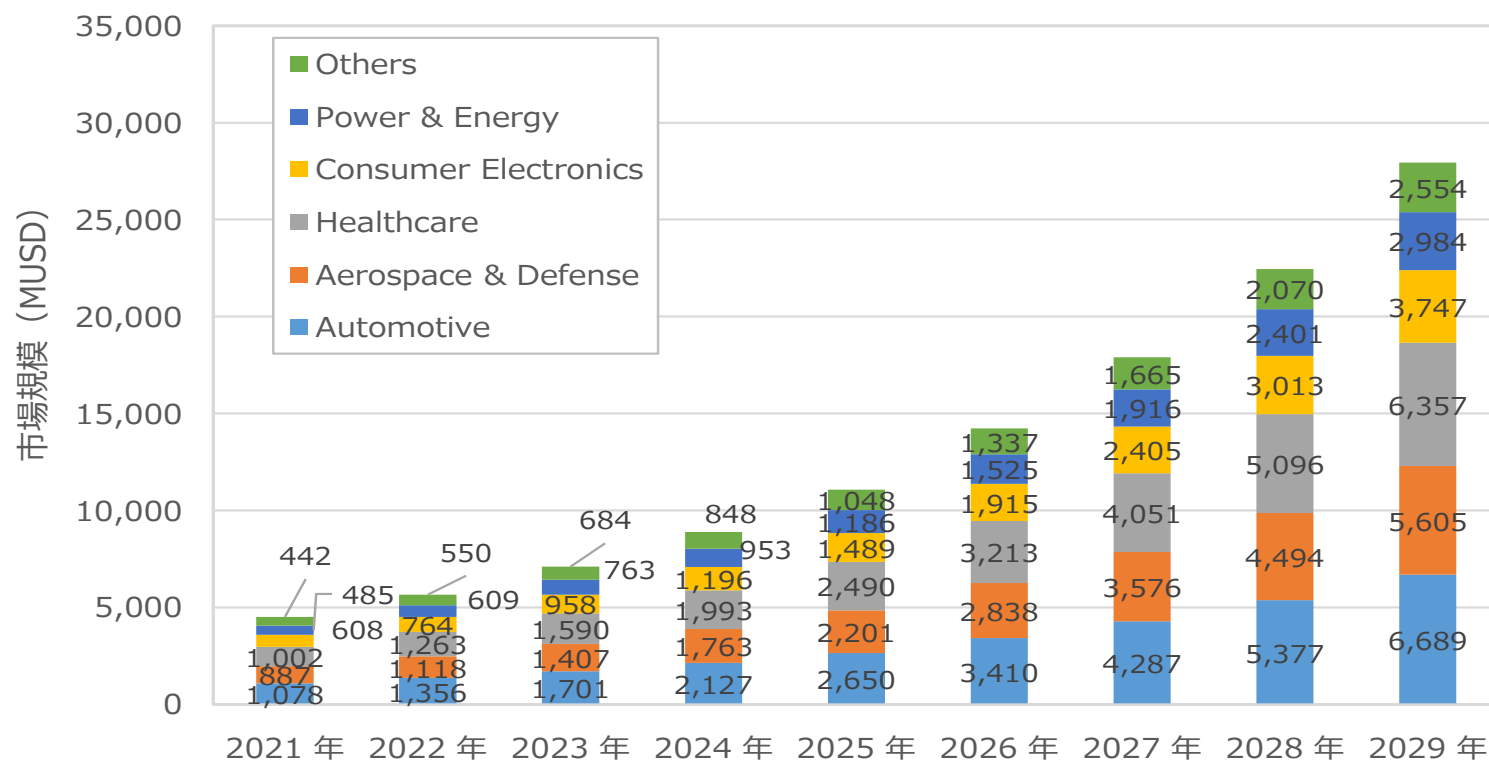
技術分野の関連性



外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）

金属積層造形装置の市場動向

- 2021年時点でのグローバル市場でのAM関連製品・サービス（装置、ソフトウェア、造形サービス等）の市場規模は約45億ドル
- 今後年率25.5%で成長し、2029年には約280億ドルになると予想。
- 自動車が最も大きな市場と考えられている。ヘルスケア、航空宇宙・防衛、エレクトロニクス、エネルギー機器、その他（産業機械、金型・工具等）が続く。



グローバル市場でのアプリケーション別の市場規模の推移

2022年度調査事業報告より

外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）

【2022-2023年度実施の調査に基づく市場/技術の最新動向】

米国 America Makes、EU Horizon2020 等の関連プロジェクト調査を実施。
以下の技術テーマを主眼に推進されている状況。

主要推進テーマ

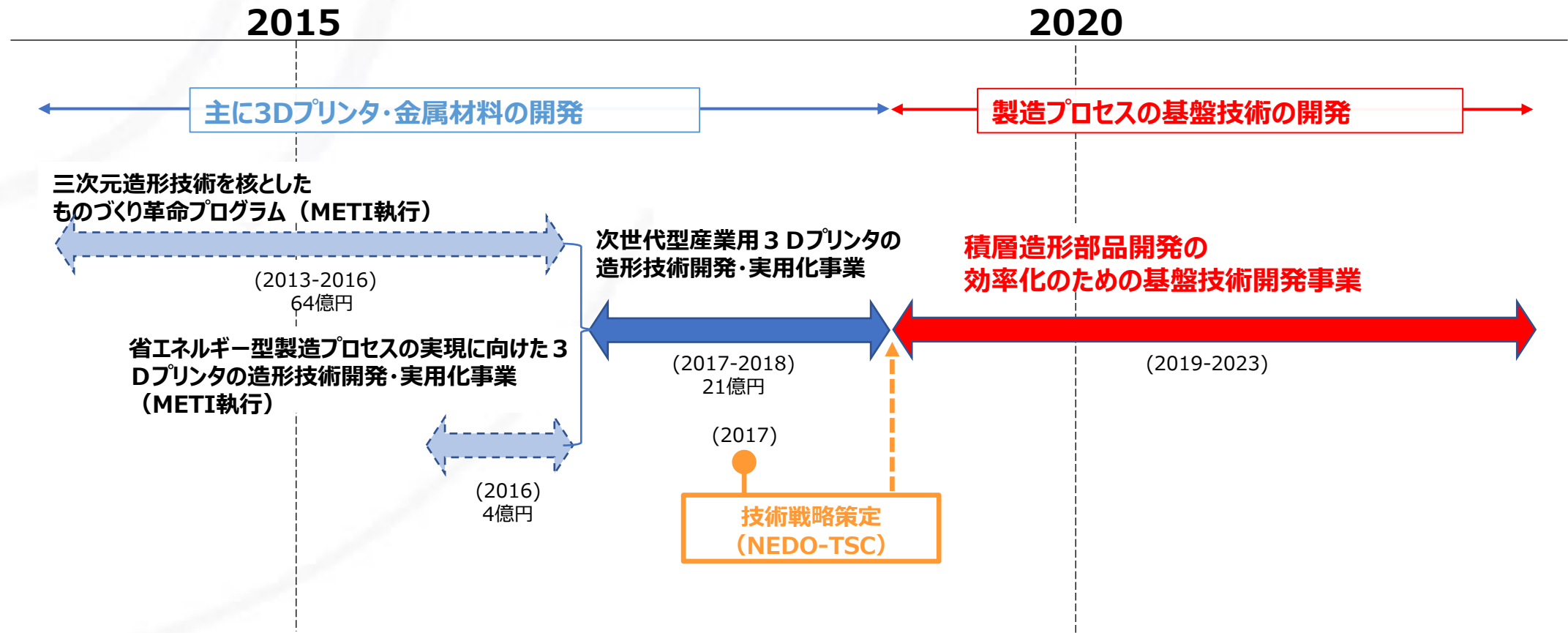
- ・欠陥の抑制・制御、欠陥発生予測等
- ・設計支援（AI/機械学習 の利用、データベース構築を含む）

重要構成要素技術

- ・インプロセスモニタリング技術
- ・プロセス制御技術
- ・欠陥や造形品の特性の予測技術（シミュレーション、AI 等）
- ・データを活用した設計支援技術
（AI・機械学習、データベース、シミュレーション、プロセス標準化等）

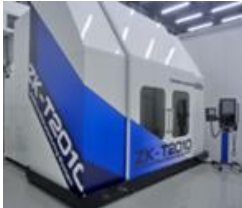
他事業との関係

- 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。
- 本事業では、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。



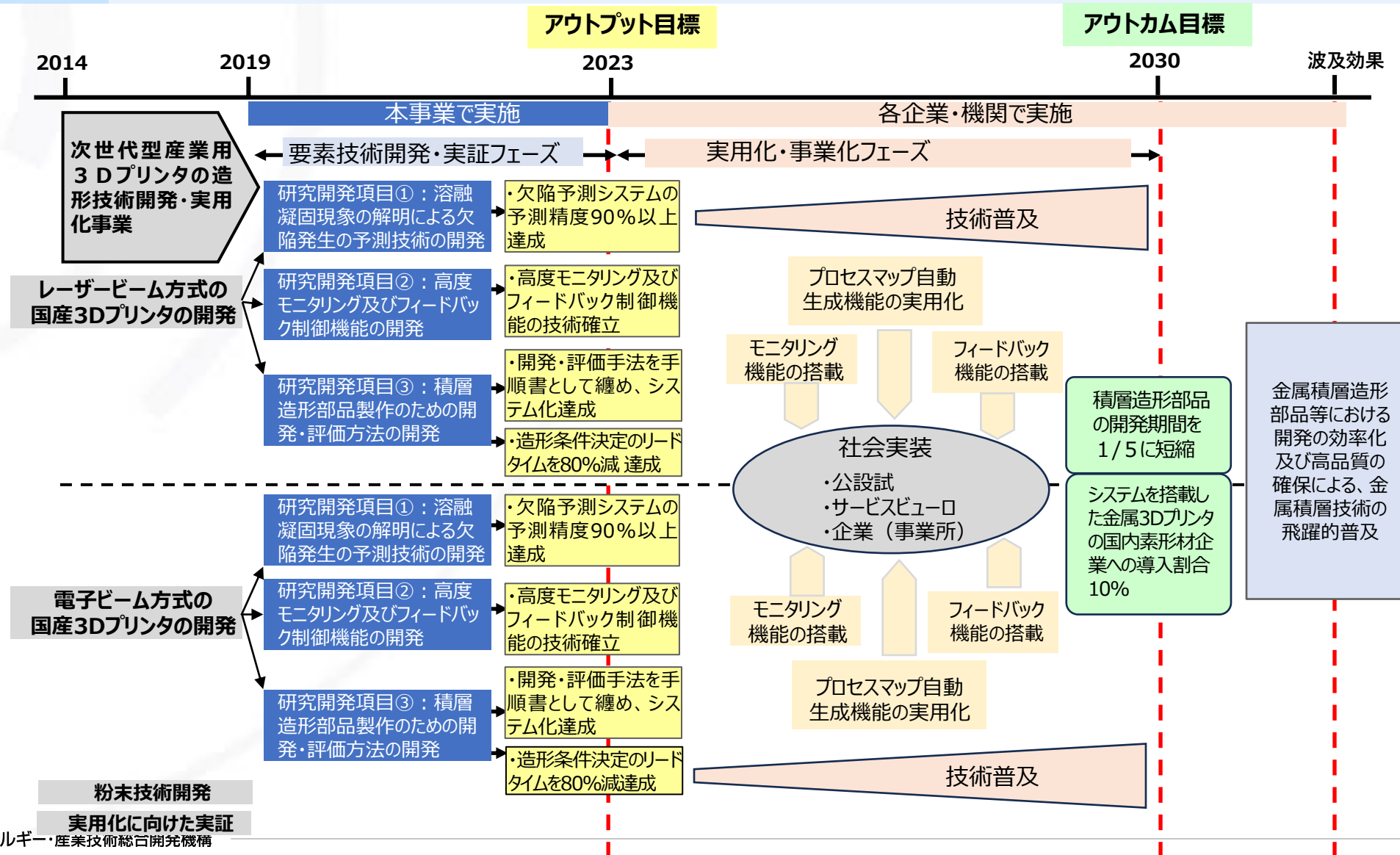
他事業との関係(参考)

- 次世代型産業用 3 D プリントの造形技術開発・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 3 D プリントを製品化している。

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イング方式（砂型）
 多田電機  三菱電機 EZ300  日本電子 JAM-5200EBM 写真提供：日本電子	 東芝機械 ZK-T2010  松浦機械製作所  ニデックマシンツール (旧 三菱重工工作機械) LAMDA200	 シーメット SCM-800  シーメット SCM-1800

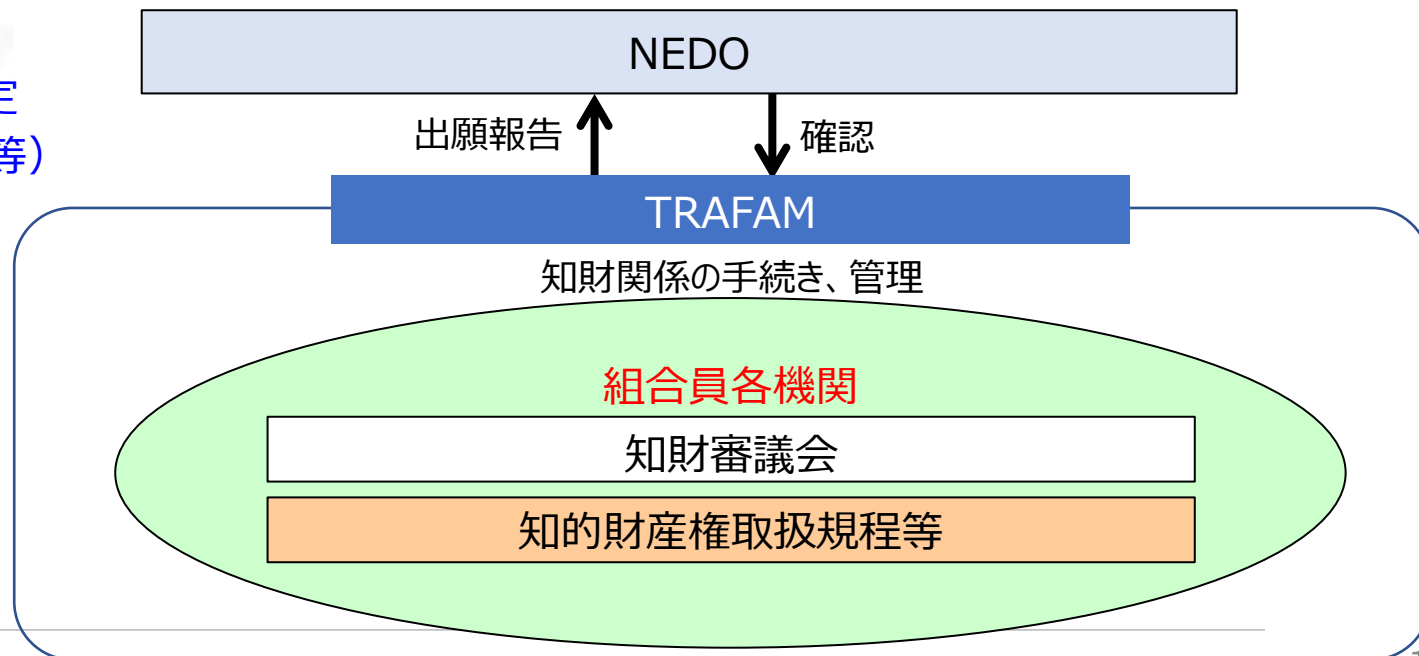
アウトカム達成までの道筋

※機密性の高い詳細版は「非公開版」に掲載



知的財産管理

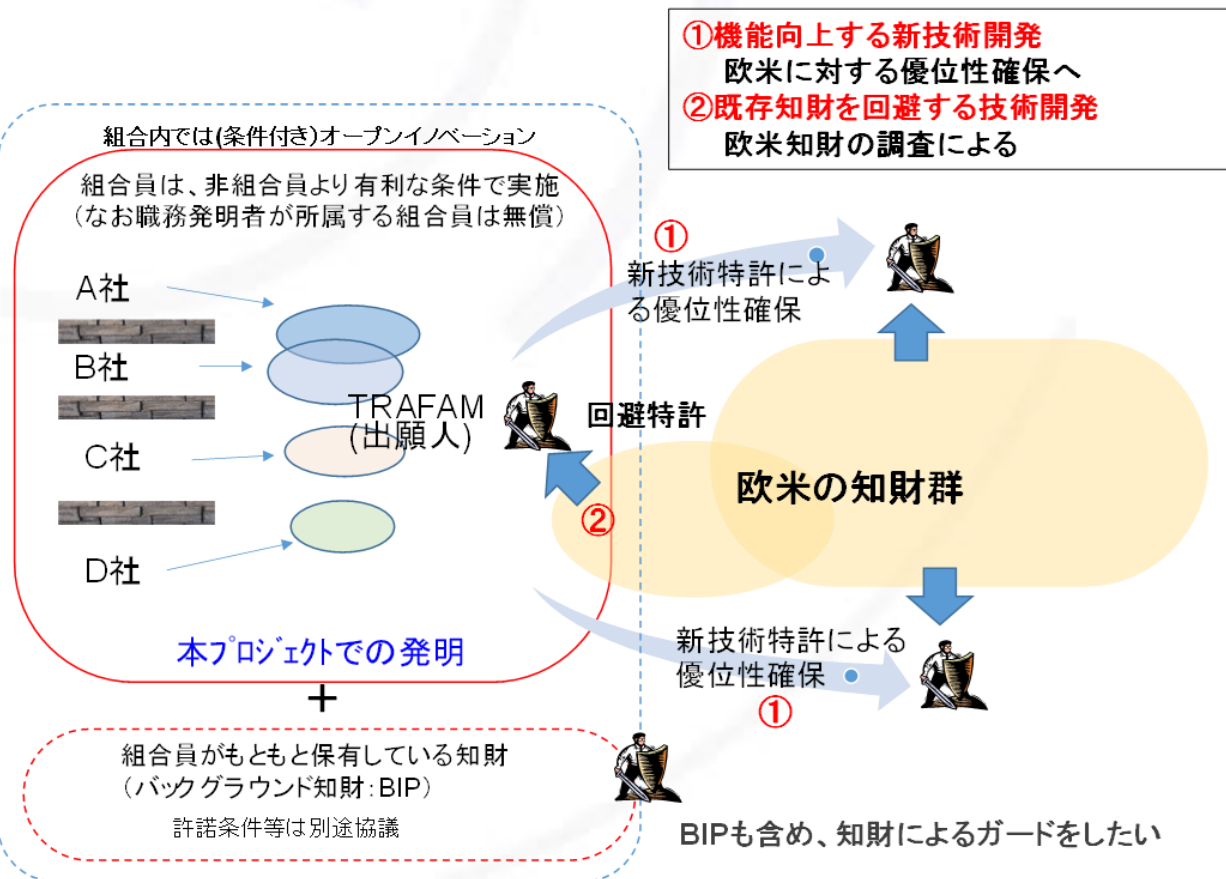
- 研究開発成果に関わる知的財産権は、原則として全て委託先に帰属させる。
また、NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針を適用する。
- 技術研究組合では、知財審議会を設置するとともに、知的財産権取扱規程等を整備して本事業に参加する全ての組合員と知的財産権の帰属、実施許諾等について合意。
知財基本方針：「本プロジェクト（委託研究）の範囲内及びプロジェクトの期間内で得られた知的財産（職務発明）は、技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構に帰属させる」
- 知財マネジメント強化のため、権利全般とその取り扱いは、技術研究組合が一元管理。
知財審議会、WG（ワーキンググループ）の開催
知財基本方針に基づいた、知財関連の規程、規則を設定
（職務発明等の規程、規則、実施許諾、特許権の譲渡等）
- 開発案件の特許化技術を抽出し、開発スケジュールに沿ってタイムリーな知財取得を図る。
- 海外での特許を念頭にPCT国際出願とする。



知的財産管理（技術研究組合での知財活動）

事業期間中

- 知財戦略に基づき、知財取得を積極的に推進。



事業終了後

- TRAFAM特許の有償譲渡
「積層造形部品開発の効率化のための基盤技術開発」プロジェクトの完了に伴い、特許譲渡を開始。
- 欧米特許
「欧州及び米国特許権の譲渡に係る細則」に従い、知財審議会で合意済方針に基づき、2024年度に有償譲渡を完了予定。
- 日本特許
「日本特許権の譲渡に係る細則」に従い、知財審議会で合意済方針に基づき、2024年度に有償譲渡を完了予定。必要に応じて、具体的な特許譲渡について知財審議会にて審議、合意の上で、該当する組合員と譲渡契約を締結。

＜評価項目 2＞ 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略



2. 目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

- 実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠
- アウトカム目標の達成見込み
- ※費用対効果
 - 非連続ナショプロに該当する根拠
 - 前身事業との関連性
 - 本事業における研究開発項目の位置づけ
 - アウトプット目標の設定及び根拠
 - アウトプット目標の達成状況
 - 研究開発成果の副次的成果等
 - 特許出願及び論文発表



3. マネジメント

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

実用化・事業化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠

アウトカム目標	根拠
積層造形部品の開発期間を1/5に短縮	ユーザーヒヤリングにより設定。積層造形部品において、（2019年提案時）の金属3Dプリンタを用いて造形条件等の最適化をするために必要な期間を母数とした開発期間を1/5（1-2週間）に短縮する。
2030年度における本システムを搭載した金属3Dプリンタの国内素形材企業への導入割合10%（事業所ベース）を目指す。	2017年度工業統計をもとに算定。 （素形材産業の範囲としては、2017年度の工業統計より、従業員30人以上の金属製品及び自動車部品等を製造する事業所数に対する導入割合として算出。791事業所）



社会実装

実用化・事業化	【実用化】 ユーザー企業による検証を行うことにより成果の有効性を確認。 さらに、レーザービーム方式については、製品化に向けた汎用型モニタリング装置の開発・検証も実施。 【事業化】 開発した個別機能のオプション化により段階的な市場投入を進める。 レーザービーム方式：モニタリング機能（2026年FY以降）、再溶融FB機能（2027年FY以降）、プロセスマップ自動生成機能（2027年FY以降） 電子ビーム方式：モニタリング機能（2024年FY以降）、再溶融FB機能（2025年FY以降） ※個別製品化計画等については非公開資料にて説明
---------	--

アウトカム目標の達成見込み

アウトカム目標	達成の見込み	課題
積層造形部品の開発期間を1/5に短縮	試験研究機において、プロセスマップ自動生成機能、モニタリング・フィードバックシステムを利用することにより、リードタイムが1/5程度まで短縮できることが確認できたため、これらの機能を商用機に搭載することで実部品の造形においても開発期間を1/5に短縮できる見込み。	商用機への搭載に向けたシステムの小型化・コスト削減を事業者が検討中。
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%	欠陥発生予測技術や高度モニタリング・フィードバック機能は海外製品と比較して性能的に優位性があり、プロセスマップ自動生成機能を有した装置は上市されていない。これらの画期的な研究開発成果を事業化することにより導入が促進され目標を達成できる見込み。	TRAFAMのユーザー会での議論や各種展示会への出展等を通じて、市場への導入に向けた活動を実施中。

費用対効果

事業予算総額

11.8億円

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：+ α

2,532億円
+ α

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事業所×0.8億円／台＝632億円

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。
- ・ 2兆円（造形品市場）×632／6,500（造形装置市場の比率）≒1,900億円

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、「+ α 」については、相当な額の波及効果が期待される。

本事業における研究開発項目の位置づけ(1)

研究開発項目	研究開発内容
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。
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。
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。

本事業における研究開発項目の位置づけ(2)



アウトプット（終了時）目標の設定及び根拠

■ 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）

最終目標	根拠
欠陥発生予測システムの予測精度 95% 以上	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。

■ 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）

最終目標	根拠
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%	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。

アウトプット（終了時）目標の設定及び根拠

■ 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）

最終目標	根拠
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 μ m以下で凹凸を計測	粉末の粒径が45～110 μ 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、最終目標を10 μ m以下とした。
フィードバック制御機能による造形プロセス中の50 μ m以上の欠陥率 0%	X線CTで計測可能な50 μ m以上を対象として欠陥率 0 %とした。

■ 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）

最終目標	根拠
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。	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、最終目標として4種類以上とした。
積層造形部品を効率的に開発・評価する手法をユーザーが活用できる手順書として纏める。	ユーザーが効率的に活用可能とするため。

アウトプット目標の達成状況

レーザービーム方式 (1)

研究開発項目	最終目標	達成状況
1. 溶融凝固現象の解明による欠陥発生予測技術の開発	欠陥予測システムの予測精度を95%以上にする。	・試験研究機による教師データを用いて、機械学習を利用した欠陥予測システムを開発し、予測精度95%以上を達成した。

レーザービーム方式 (2)

研究開発項目	最終目標	達成状況
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	フィードバック制御機能により造形プロセス中50μm以上の大きさの欠陥率を0%とする。	・試験研究機により、収集した造形表面の画像データを用いて表面性状パラメータを計算し、50μm以上の大きさの欠陥率0%を満足する特定の表面性状パラメータを見出し、フィードバックのための再溶融による欠陥補修機能を開発した。 ・試験研究機を用いて、ユーザー実証によるフィードバックのための欠陥補修機能を検証し、その有効性を確認した。 ・実用化のための汎用型モニタリング装置を開発し、試験研究機用のシステムを改良して搭載し、モニタリング・フィードバック機能の有効性を確認した。

アウトプット目標の達成状況

レーザービーム方式 (3)

研究開発項目	最終目標	達成状況
3. 積層造形部品作製のための開発・評価手法の開発	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。	・汎用型モニタリング装置により、インコネル718合金、Ti-6Al-4V合金、SUS316L合金、AlSi10Mg合金に加えて銅合金についても、リアルタイムでメルトプール、パウダーベット及び造形表面の評価データを蓄積した。
	積層造形部品を効率的に開発・評価する手法をユーザーが活用できる手順書として纏める。	・汎用型モニタリング装置によるユーザー造形品の造形を行い、開発した機能の有効性を確認し、ユーザーが活用できる手順書として纏めた。



アウトプット目標の達成状況

電子ビーム方式

研究開発項目	最終目標	達成状況
1. 溶融凝固現象の解明による欠陥発生の予測技術の開発	欠陥予測システムの予測精度を95%以上にする。	・造形後の表面形状データから欠陥の有無を予測するソフトウェアを試作し、欠陥予測システムの精度97.7%(95%以上)を達成した。
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	試験研究機に実装した状態でパウダーベッド表面及び造形表面を精度10 μm以下で計測できる三次元計測機能を開発する。	・BSE（反射電子）モニタリング機能を用いて試験研究機に実装した状態でパウダーベッド表面全域の造形表面について、精度10 μm 以下の表面凹凸形状が画像化できる機能を開発した。
	フィードバック制御機能により造形プロセス中の50μm以上の大きさの欠陥率を0%とする。	・フィードバック制御機能を試験研究機に実装し、欠陥率が減少することが確認できた。プロセスマップ自動生成ソフトウェアにより最適条件を決定し、それをベースにした最適再溶融条件を採用することで再溶融フィードバック機能を適用した造形により欠陥率0%を達成した。

アウトプット目標の達成状況

電子ビーム方式

研究開発項目	最終目標	達成状況
3. 積層造形部品作製のための開発・評価手法の開発	部品開発・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4種類以上の金属材料について蓄積する。	・4種類の金属種（Ti-6Al-4V合金、純銅、SCM440合金、AlSi10Mg合金）について表面性状データを収集し、開発手法を用いてプロセスマップを構築した。
	積層造形部品を効率的に開発・評価する手法をユーザーが活用できる手順書として纏める。	・開発システムを用いた積層造形部品開発手順を手順書としてまとめた。

研究開発成果の副次的成果等

	副次的成果、波及効果
産業分野への波及	本事業で開発したモニタリング機能により、欠陥の有無をリアルタイムまたは造形後短時間で確認することが可能になるため、高コストな外部特性評価への依存を最小限に抑えながら、Born-qualified(造形時点で品質が保証可能)が実現でき、高い品質レベルが要求される宇宙・航空機・自動車等の産業分野への波及が期待できる。
新規参入障壁の低減	本事業で開発したプロセスマップ自動生成機能により、金属積層造形技術のノウハウや経験が十分でなくとも、高品質な部品の造形が可能になるため、金属積層造形部品の採用や金属積層造形市場への新規参入の障壁が低くなり、金属積層造形の加速的な普及が期待できる。

特許出願及び論文発表

レーザー方式	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	小計
特許出願（うち外国出願）	0	2(2)	0	1(1)	0	3(3)
論文	0	1	2	4	3	10
研究会発表・講演	0	7	12	12	10	41
受賞実績	0	0	0	0	1	1
新聞・雑誌等の掲載	0	0	0	0	0	0
展示会への出展	0	1	0	2	1	4

電子ビーム方式	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	小計
特許出願（うち外国出願）	0	2(2)	0	3(3)	2(2)	7(7)
論文	8	5	4	7	6	30
研究会発表・講演	2	8	2	7	2	21
受賞実績	0	1	2	1	0	4
新聞・雑誌等の掲載	0	1	0	0	0	1
展示会への出展	0	1	0	2	2	5

＜評価項目 3＞ マネジメント

（１）実施体制

※ 受益者負担の考え方

（２）研究開発計画

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略



2. 目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況



3. マネジメント

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス
- 研究データの管理・利活用
- ※予算及び受益者負担
- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：事前/中間評価結果への対応
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み
- 進捗管理：開発促進財源投入実績
- モティベーションを高める仕組み

NEDOが実施する意義

✓ 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ディ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。

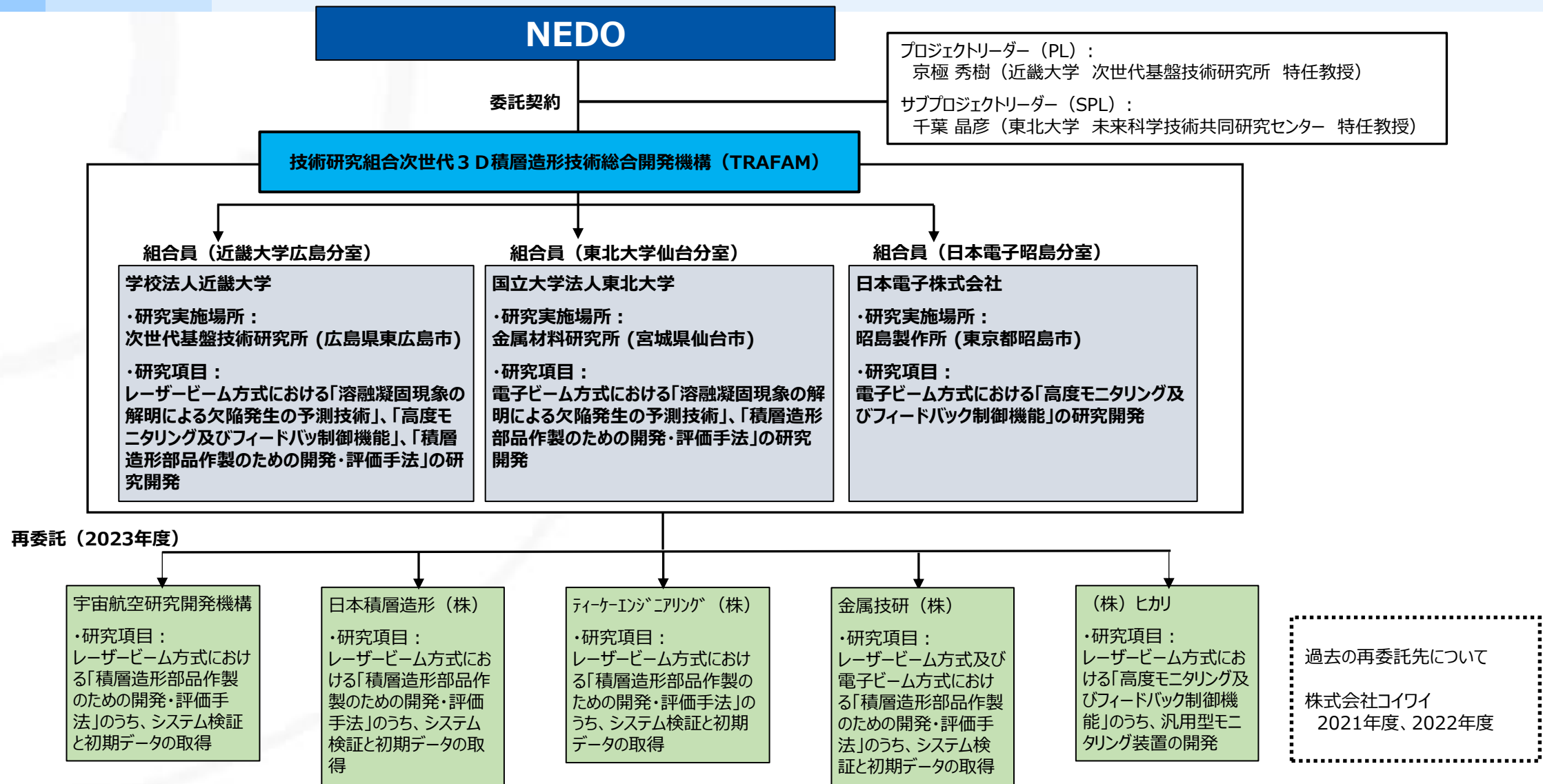
✓ 産学連携の必要性

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が持つこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業

実施体制



個別事業の採択プロセス

【公募】

- 公募内容：金属積層造形部品等の品質確保及び開発の効率化のために、金属の溶融凝固現象の解明、高度な計測・機械制御技術の開発、積層造形技術における開発・評価手法の開発を行う。
- 公募予告（2019年3月1日）⇒公募（2019年4月2日）⇒公募〆切（2019年5月9日）

【採択】

- 採択審査委員会（2019年5月18日）
- 採択審査項目；NEDOの標準的採択審査項目を基に、各項目の重要度に応じた重み付け係数（重要度に応じて傾斜配分。ii.技術評価項目については、技術の優位性の観点から重要であり重み付けを最も高い3点とした。続いて、iii.実用化、事業化評価項目、i.事業者評価項目の順に重要度に応じて割合を設定）を委員採点に乗じたものを採点結果とした。
- 採択条件；採択審査委員会での、採択条件は特になし。
- 留意事項；研究の健全性・公正性の確保に係る取組；公募の際にその他の研究費の応募・受入状況を確認し、不合理な重複及び過度の集中がないか確認した。(公募要領：留意事項(17))

予算及び研究開発のスケジュール

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				手順書・システム構 築
			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		
予算（億円）	1.5	1.2	2.0	3.5	3.6



進捗管理

- 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、サイトビジットによる開発状況確認を通じて、目標達成に向けた適切な進捗管理を実施。
- 月次の進捗管理として、登録研究員の従事日誌を確認し、また、実施者に対して予算執行状況の報告を求めることで、研究開発の課題、予算執行の遅滞などが発生していないことを確認。

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	・ 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
技術推進委員会	レーザー	2021/4月	・ 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
技術推進委員会	全項目	2022/3月 2023/3月	・ 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 ・ ユーザー検証及び汎用型モニタリング装置開発に関する再委託先追加の審議
技術推進委員会	全項目	2024/1月	・ 外部有識者委員による進捗・成果と実用化・事業化に関する確認
進捗報告会	全項目	2021/8月 2022/8月、12月 2023/7月、10月	・ 四半期毎の研究進捗状況を共有

進捗管理

会議名	対象項目	実施時期	内容
サイトビジット(東北大)	電子ビーム	2019/10月	- 進捗報告、確認、今後の予定等確認 - 要素技術研究機、日本電子2次試作機確認
サイトビジット(東北大)	電子ビーム	2020/7月	- 進捗報告、確認 - 電子顕微鏡故障対策に関する打合せ
サイトビジット(近畿大)	レーザー	2022/10月	- 装置見学・デモ、研究の進捗確認 - 国内における積層造形技術の普及について、意見交換
サイトビジット(日本電子)	電子ビーム	2023/8月	- 装置見学・デモ、研究進捗報告、確認 - 実用化・事業化に向けた打合せ
サイトビジット(近畿大)	レーザー	2023/9月	- 装置見学・デモ、進捗報告、確認 - 実用化・事業化に向けた打合せ
サイトビジット(東北大)	電子ビーム	2023/12月	- 装置見学・デモ、進捗報告、確認 - 実用化・事業化に向けた打合せ

進捗管理：中間評価結果への対応（1／2）

評価項目	評価コメント	対応方針	対応
事業の位置付け・必要性	【1】当該技術開発は、海外においても実用化に向けて加速されており、国際競争力を維持向上させ、実用化に向けて早期の目途を得るためにも、さらなる装置技術および製造技術の蓄積が重要である。	【1】本事業で開発を進めている欠陥予測システムやインプロセスモニタリング技術等については、現時点での国際競争において優位性が確保できている。その一方で、最近では海外における当該技術開発が加速していることも認識しており、実用化の面において海外に出遅れることのないよう引き続きマネジメントに取り組んで行く。	TRAFAM技術報告会での海外報告や2022年度調査事業にて海外技術動向を把握。
	【2】CO2 排出低減の面でも積層造形は優れているため、カーボンニュートラルの観点も意識することが望ましい。	【2】金属積層技術の活用や普及によるCO2排出削減効果は既に意識しており、現在実施中の調査事業においてCO2削減効果の試算等に取り組んでいる。	2022年度実施の調査事業でCO2削減効果の試算を実施。同調査で想定した将来市場見込に基づき自動車、金型等の分野に関し試算。製品使用時、原料使用量削減、製造プロセスを通して、144.2万t-CO2の削減効果と想定。
研究開発マネジメント	【3】今後は、常に最新の海外動向をフォローし、我が国の優位性を保つために必要となるものがあれば、国の予算措置や NEDO財源等を活用した研究開発内容の追加やユーザー企業を取り込んだ体制を引き続き検討する等、より幅広い対応を期待する。	【3】NEDO財源を積極的に活用するとともに、経済産業省と連携したR5年度概算要求により、国際競争における優位性の確保を意識して柔軟に研究開発内容等の追加を検討する。 なお、ユーザー企業を引き込んだ体制については既に今年度構築しており、来年度も継続する。	ユーザー検証実施を前提とした予算獲得。研究進捗加速するため加速予算を2021年、2022年獲得。ユーザー企業を2021年以降適宜再委託先として追加

進捗管理：中間評価結果への対応（2／2）

評価項目	評価コメント	対応方針	対応
研究開発成果	【4】設定された開発ベンチマークが不明瞭であるため、積極的にユーザー目線の意見を反映し、実施計画の見直しなども提案してほしい。	【4】海外の競合装置に関する最新の情報を収集するとともに、ユーザー意見を聴取し適宜実施計画書に反映する。	TRAFAM技術報告会での海外報告、2022年度調査事業でのユーザーヒアリングにより技術動向を把握。実施計画への反映は不要と判断。
成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見直し	【5】社会実装する主体がどこになるのか明確でなく、実用化・事業化に向けた戦略は十分とは言えないことから、企業と関係した体制を今一度検討してほしい。	【5】・【8】レーザービーム方式の研究開発成果を事業化する企業を早急に選定し、本事業と連携した体制を構築する。また、技術研究組合内で事業化検討会を立ち上げ、具体的な戦略や計画等の検討を進める。(補足参照)	2022年度からレーザー方式実用化・事業化加速するため、汎用モニタリングシステム開発のため再委託先を追加。2022-2023年に開発し、2024年度以降実用化・事業化を加速。
	【8】研究開発成果が全て得られてから事業化を進めるのではなく、本事業を通じて開発したもののから順次市場に投入していくことも検討頂きたい。		
	【6】市場やユーザーのニーズを広く把握した上で、そのニーズと現状の技術レベルとの間のギャップの分析や課題の対応策など、検討すべき点は多いといえよう。	【6】技術研究組合内のユーザー会を活用してユーザーニーズの収集と分析、課題抽出等を行い事業後半の研究開発に反映する。	技術研究組合内のユーザー会、2022年度NEDO調査事業などでユーザーヒアリングを実施し、課題を抽出。
	【7】今後は、実用化・事業化の加速および海外との競争力強化をより一層意識し、必要であれば財源を確保した上で研究開発等を前広に追加検討して頂きたい。	【7】NEDO財源を積極的に活用するとともに、経済産業省と連携したR5年度概算要求により、実用化・事業化の加速や海外との競争力強化を意識して柔軟に研究開発内容等の追加を検討する。	ユーザー検証を前提とした予算獲得。研究進捗加速するため加速予算を2021年、2022年獲得。

進捗管理：中間評価結果への対応（実用化・事業化取組）

＜中間評価への対応＞

- ・「事業化への対応が不十分」との指摘に対する対応策



汎用型モニタリング装置の開発による
実用化研究開発



＜課題＞

- ・研究機は、高度モニタリング用で、汎用型モニタリング装置として利用できない



＜2022～2023年度の対応＞

- ・汎用型モニタリング・フィードバックシステムを開発し、要素技術研究機を利用して検証を行う

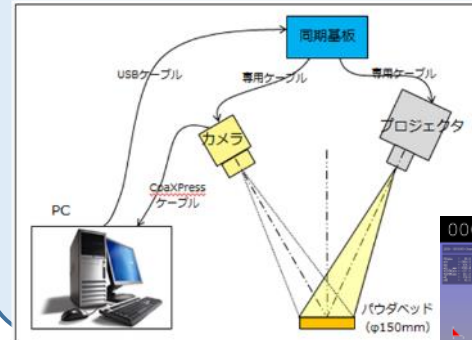


2024年度以降の事業化に対応

【汎用型モニタリング・フィードバックシステム】 （再委託先：ヒカリ）

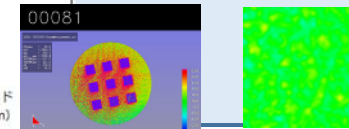
- ・高度モニタリングシステムとの比較検討
- ・パウダーベッド表面性状計測
- ・造形面表面性状計測

CMOSカメラとプロジェクタの
一体型システムの開発



【基本仕様】

- ・測定視野：200 mm×200 mm
- ・高さ分解能：10 μm以下



【2022年度】

1. 汎用型モニタリング装置の試作
 - ・汎用型モニタリング装置の試作
 - ・処理ソフトウェアの開発

【2023年度】

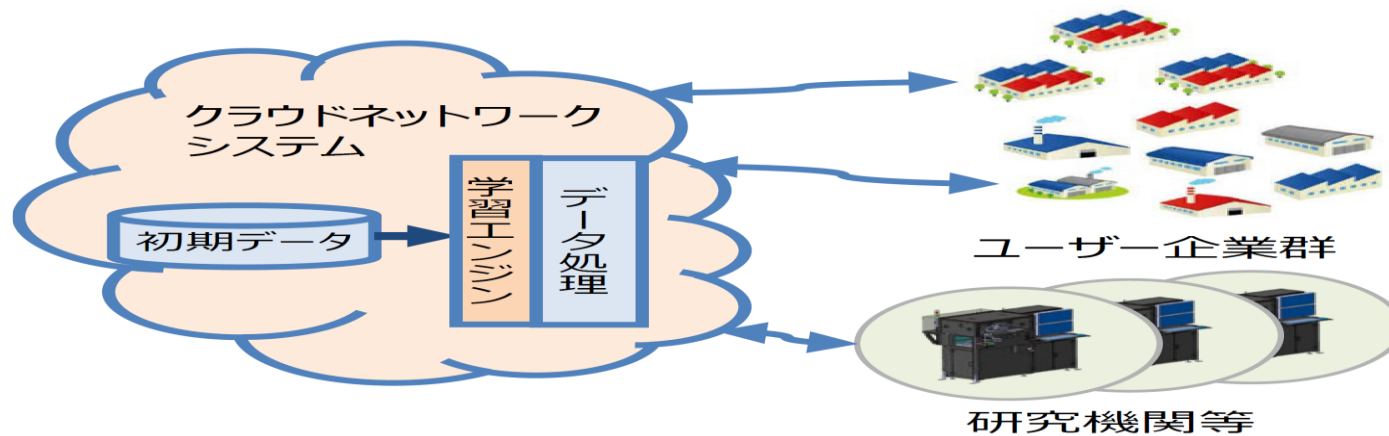
1. 要素技術研究機へ搭載した汎用モニタリング装置の検証
 - ・欠陥予測システムとの連携・検証
2. 汎用型モニタリング・フィードバックシステム開発・検証



進捗管理：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

進捗管理：動向・情勢変化への対応

- 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実施。最終年度後半については、月次で進捗状況を確認。
- 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。
- 単年度契約の汎用型モニタリング装置開発担当の再委託先ヒカリについて、次年度シームレスに研究継続を可能にするため、前倒しによる体制変更への対応を実施。
- 2023年度、コロナ禍開け後に、改めて進捗状況確認と実用化についての意見交換のため、各研究分室のサイトビジットを3件実施。
- 2023年度、ユーザーに対するヒアリング調査結果から、研究対象の金属種として銅合金を追加することを踏まえ、レーザー方式の研究加速のため、研究員1名増員の相談があり、対象者の現勤務先との関係を考慮した最適な登録方法にて対応を実施。

進捗管理：成果普及への取り組み

- 2021,2023,2024年 nano-tech NEDOブース内にてパネル展示及びビデオ紹介。
- 2022年JIMTOF TRAFAMブースにて成果を展示。2024年11月のJIMTOFで、本プロジェクトの成果報告を実施予定。



TRAFAAM展示ブース(2023年 Nano-tech)

- NEDO出展ブース内にて、TRAFAAMも展示。
- 現プロジェクトの事業概要や前プロジェクト（次世代型産業用3D）成果のパネル、ビデオによる紹介や造形サンプルの展示を実施。
- TRAFAAMと日本電子の説明員が来場者に対応。



TRAFAAM展示ブース(2022年 JIMTOF)

- 現プロジェクトの事業概要や前プロジェクト（次世代型産業用3D）成果のパネル、ビデオによる紹介や造形サンプルの展示を実施。

進捗管理：開発促進財源投入実績

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。
2021	電界放出型電子顕微鏡による元素マッピング	16	原料粉末の組成変化について化学分析による、正しく欠陥のないことを評価の実施。	X線CTでの評価だけでなく、酸化物などといった異物の評価実施により、造形材の欠陥評価をより正確にかつ効率的に実施。
2022	電子ビーム方式プロセスマップ自動生成機能の汎用化	52	開発中のプロセスマップ自動生成機能から出力される各種金属のプロセス条件を、各装置仕様に合わせて最適レシピに変換する手法を開発、検証の実施。	電子ビーム方式の「欠陥予測システム」の開発の内「自動プロセスマップ生成機能」の事業化を加速。