

「積層造形部品開発の効率化のための基盤技術開発事業」基本計画

材料・ナノテクノロジー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

①政策的な重要性

第4次産業革命が進展する中、ものづくりの付加価値を上げていくためには、多品種少量生産、複雑形状、高機能化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。また、世界市場が積層造形技術を活用した付加価値生産の流れに向かう中、その製造プロセスを前提とする機能を持った部品が一般化した場合、従来の工法（鋳造、鍛造等）では対応不可となる。このため、我が国のものづくり企業にとっても、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必然性が高まっている。

特に、我が国の素形材産業の競争力を強化していくためには、高い技術力を保有している企業群の稼働力を引き出し、産業の底上げを行うことや、我が国のみならずグローバル市場から付加価値の高い事業を取り込んで収益性を高めていくことが急務である。

政策文書においても、「未来投資戦略 2018」（2018年6月15日閣議決定）では、3Dプリンタを活用して、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市場獲得のチャンスが生まれるとしている。また、「科学技術イノベーション総合戦略 2017」（2017年6月2日閣議決定）では、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導入支援に取り組むとしている。

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。

②我が国の状況

国内では製品の試作までは行う企業が増加しているものの、実製品化・量産化に向けては、日本の品質要求レベルが非常に高いこともあり、ほとんど進んでいないのが現状である。ただし、装置・材料については、NEDOプロジェクト「次世代型産業用 3D プリンタの造形技術開発・実用化事業」で開発を行った。しかし、金属部品の積層造形を行うには、その材料、形状、大きさ等によって、ビームの出力量や速度、サポート材の配置等のパラメータを設定する必要があり、付加価値が高い複雑形状や高機能な部品の造形であるほど、最適なパラメータを見つけ出すことは容易ではなく、現在の積層造形技術では量産にあたっての品質の再現性を確保することが難しい。

その背景としては、品質に大きな影響を及ぼす金属の溶融凝固メカニズムが解明されていないことが挙げられている。このメカニズムが解明され、欠陥の発生要因が明確化できれば、高品質・高信頼の 3D プリンタが実現する。日本がこれを先んじて開発・社会実装し、高品質といった従来の日本のものづくりの強みを活かしつつ、短納期等のグローバルニーズにも対応することで、サポーターインダストリーとしての競争力強化が求められているところである。

③世界の取組状況

America Makes や Horizon2020 のプロジェクトを進める欧米に加えて、中国製造 2025 を掲げる中国等では、先進的な企業を中心に金属の積層造形部品を本格導入するため、溶融凝固メカニズムの解明、インプロセスモニタリング機能による高品質化への取組及び造形レシピの収集によるノウハウの蓄積を加速化しようとしており、今後 5 年で航空宇宙分野、医療分野を筆頭に高付加価値製品への活用が急速に進む見込みである。これにより、今後我が国の素形材産業の競争力が脅かされる可能性がある。

④本事業のねらい

本プロジェクトでは、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。

(2) 研究開発の目標

①アウトプット目標

本プロジェクトでは、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。

具体的な目標としては、(別紙 1) 研究開発計画の研究開発項目①～③の最終目標を達成することとする。

②アウトカム目標

本プロジェクトの成果により、積層造形による部品等の造形の品質の向上、造形プロセスの繰り返し安定性の確保とともに、積層造形部品製作のための開発・評価手法が確立されることで、積層造形部品の開発期間が 1/5 に短縮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 プリンタの国内素形材企業への導入割合 10%(事業所ベース) を目指す。

③アウトカム目標達成に向けての取組

NEDO は、本事業により開発された金属 3D プリンタを有効に活用する技術などの普及に向

け、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等に基づき、目標見直しを適宜行い、研究開発の進捗管理など、細やかなマネジメントを実行することで、社会ニーズに合った研究開発を推進し、確実な実用化へと繋げる。

加えて、本プロジェクトで開発した成果を広く社会に普及させるために、展示会やシンポジウム等を通じた成果発信を積極的に行う。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙1の研究開発計画及び別紙2の研究開発スケジュールに基づき研究開発を実施する。

研究開発項目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

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

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

本研究開発は、実用化まで長期間を要するハイリスクな基盤的技術に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して行う事業であり、委託事業として実施する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー（以下、「PMgr」という。）にNEDO 材料・ナノテクノロジー部 柳本勝巳（2023年8月～）を任命して、プロジェクトの進行全体の企画・管理や、プロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

NEDO は、公募により研究開発実施者を選定する。研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等（以下、「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDO は研究開発責任者（プロジェクトリーダー（以下、「PL」という。))を選定し、各実施者はPLの下で研究開発を実施する。

(2) 研究開発の運営管理

NEDO は、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

① 研究開発の進捗把握・管理

PMgr は、PL や研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見

通しを常に把握することに努める。

②技術分野における動向の把握・分析

PMgr は、プロジェクトで取り組む技術分野について、必要に応じて内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査の効率化の観点から、本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

3. 研究開発の実施期間

2019 年度～2023 年度までの 5 年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDO は、技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

評価の時期は、中間評価を 2021 年度、終了時評価を 2024 年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

また、中間評価結果を踏まえ必要に応じて研究開発の加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

①成果の普及

研究開発実施者は、研究成果を広範に普及するよう努めるものとする。NEDOは、研究開発実施者による研究成果の広範な普及を促進する。

②知的財産権の帰属、管理等取扱いについての方針

研究開発成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー・産業技術業務方法書」第 25 条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。なお、プロジェクトの初期段階から、事業化を見据えた知財戦略を構築し、適切な知財管理を実施する。

③知財マネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「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。

④データマネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「NEDO プロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針（委託者指

定データを指定しない場合)」を適用する。

(2) 基本計画の変更

PMgr は、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直す等の対応を行う。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 2 号及び第 9 号に基づき実施する。

6. 基本計画の改定履歴

(1) 2019 年 3 月、制定

(2) 2021 年 1 月、別紙 1 研究開発項目③ 2. 研究開発の内容修正、併せて PM 変更

(3) 2023 年 7 月、担当推進部、PMgr の変更

(別紙1) 研究開発計画

研究開発項目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

1. 研究開発の必要性

金属部品の積層造形を行うには、その材料、形状、大きさ等によって、ビームの出力量や速度、サポート材の配置等のパラメータを設定する必要があるが、付加価値が高い複雑形状や高機能な部品の造形であるほど、欠陥の無い高品質な造形パラメータを見つけて出すことは容易ではない。量産にあたっての品質の繰り返し安定性を確保するためには、品質に大きな影響を及ぼす金属の溶融凝固メカニズムの解明及び品質に悪影響を及ぼす積層造形物中の欠陥生成の予測が必要である。

2. 研究開発の具体的内容

パウダーベッド方式（レーザービーム式及び電子ビーム式）の積層造形試験研究機により、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。

3. 達成目標

【中間目標】

欠陥発生予測システムの予測精度 80%以上

【最終目標】

欠陥発生予測システムの予測精度 95%以上

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

1. 研究開発の必要性

造形プロセス中に予測された欠陥の生成を抑制し、欠陥の発生を抑えた高品質な積層造形物を製作するためには、研究開発項目①で開発された欠陥発生予測システムとともに、積層造形中の高度モニタリングシステムおよびフィードバック制御機能が必要である。

2. 研究開発の具体的内容

積層造形による部品等の造形にあたり、品質の向上、造形プロセスの繰り返し安定性を確保するため、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の開発、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の開発、レーザービーム式及び電子ビーム式の積層造形試験研究機に搭載可能にするための要素技術を開発する。

3. 達成目標

【中間目標】

(レーザービーム方式)

- ・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
- ・造形面の欠陥部分を再溶融する機能を開発

(電子ビーム方式)

- ・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 30 μ m 以下で凹凸を計測
- ・造形面の欠陥部分を再溶融する機能を開発
- ・メルトプール形状を画像化する機能を開発
- ・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

【最終目標】

(レーザービーム方式)

- ・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%

(電子ビーム方式)

- ・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
- ・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%

研究開発項目③ 積層造形部品作製のための開発・評価手法の開発

1. 研究開発の必要性

我が国のものづくり企業が積層造形技術を積極的に活用するためには、研究開発項目①及び②で開発された技術を用いて試作した積層造形部品の品質や性能に関するデータを蓄積し、積層造形部品の作製を効率的に開発・評価する手法の提案が必要である。

2. 研究開発の具体的内容

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と共に、研究開発項目①及び②で開発された技術を組み合わせ、ユーザーが造形条件を容易に作成するためのシステムを構築し、検証と初期データの蓄積を行う。

3. 達成目標

【中間目標】

- ・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。

【最終目標】

- ・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。
- ・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。

(別紙2) 研究開発スケジュール

項目 \ 年度	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					終了 時 評 価
	欠陥予測システム開発		中間	欠陥予測システム開発		
(レーザー・電子ビーム共通)			中			終了 時 評 価
インプロセスモニタリング 技術開発	粉末敷詰め状態、造形表面計測					
フィードバック制御機能開発	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					
造形部品の開発・評価手法 の策定	作製フロー・手順策定 評価フロー・手順策定					価
	データ蓄積・実証試験		価	データ蓄積・実証試験		