

# 「三次元造形技術を核としたものづくり 革命プログラム (次世代型産業用3Dプリンタ等技術開発)」

## 研究開発プロジェクトの概要

平成28年3月29日

製造産業局素形材産業室

# 目次

1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 当省(国)が実施することの必要性
5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
6. 研究開発の実施・マネジメント体制等
7. 費用対効果
8. 事前評価結果
9. 今後の研究開発の方向性についてご議論して頂きたい論点

# 1. 事業の概要

# 事業の概要

<p>概要</p>	<p>我が国ものづくり産業がグローバル市場において持続的かつ発展的な競争力を維持するために、少量多品種で高付加価値の製品・部品の製造に適した三次元積層造形技術や金属等の粉体材料の多様化・高機能複合化等の技術開発等を行う。また、鑄造鑄型用の砂やセラミックス等について、積層造形装置に使用できる部材としての開発や、材料複合化・高機能化、後加工技術、未使用材料の回収等の周辺技術についても開発を行う。さらに開発した3Dプリンタ装置等を我が国産業競争力強化に繋げるため、有識者やユーザー等の意見を聞いて、標準化や市場動向調査等を踏まえて実用化を図る。</p>																																														
<p>実施期間</p>	<p>平成26年度(砂型は平成25年度～平成29年度)～平成30年度(5年間)          2ないし3年間:試作機の開発と改造評価(中間評価)          2ないし3年間:開発機の開発・実証(終了後に事後評価)</p>																																														
<p>予算総額</p>	<p>当初計画:167億円(委託100%)</p> <table border="1" data-bbox="643 634 1402 729"> <thead> <tr> <th>H25</th> <th>H26</th> <th>H27</th> <th>H28</th> <th>H29</th> <th>H30</th> <th>年度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10.0</td> <td>37.5</td> <td>47.5</td> <td>30.5</td> <td>25.5</td> <td>16.0</td> <td>億円</td> </tr> </tbody> </table> <p>実績反映:(64億円)(平成28年度以降は委託と補助(補助率50%)に見直し)</p> <table border="1" data-bbox="475 833 1802 1029"> <thead> <tr> <th></th> <th>H25</th> <th>H26</th> <th>H27</th> <th>H28</th> <th>H29</th> <th>H30</th> <th>年度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>超精密(砂型)</td> <td>1.5</td> <td>4.3</td> <td>2.2</td> <td>(0.8)</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>億円</td> </tr> <tr> <td>三次元積層(金属)</td> <td>—</td> <td>33.2</td> <td>16.0</td> <td>(6.2)</td> <td>—</td> <td>—</td> <td></td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>1.5</td> <td>37.5</td> <td>18.2</td> <td>(7.0)</td> <td>—</td> <td>—</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	H25	H26	H27	H28	H29	H30	年度	10.0	37.5	47.5	30.5	25.5	16.0	億円		H25	H26	H27	H28	H29	H30	年度	超精密(砂型)	1.5	4.3	2.2	(0.8)	—	—	億円	三次元積層(金属)	—	33.2	16.0	(6.2)	—	—		合計	1.5	37.5	18.2	(7.0)	—	—	
H25	H26	H27	H28	H29	H30	年度																																									
10.0	37.5	47.5	30.5	25.5	16.0	億円																																									
	H25	H26	H27	H28	H29	H30	年度																																								
超精密(砂型)	1.5	4.3	2.2	(0.8)	—	—	億円																																								
三次元積層(金属)	—	33.2	16.0	(6.2)	—	—																																									
合計	1.5	37.5	18.2	(7.0)	—	—																																									
<p>実施者</p>	<p>技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構(TRAFAM)          (詳細については次ページ参照)</p>																																														
<p>プロジェクトリーダー</p>	<p>三次元積層造形兼レーザービーム方式:京極秀樹 近畿大学工学部教授          電子ビーム方式:千葉晶彦 東北大学金属材料研究所教授          超精密:岡根利光 産業技術総合研究所製造技術研究部門デジタル成形プロセス研究グループ長</p>																																														

平成28年3月29日時点

設立年月日:平成26年4月1日

理事長:前川 篤(三菱重エフオークリフト&エンジン・ターボホールディングス(株)代表取締役社長)

組合員:別添参照

事業の概要:金属積層用造形システムの技術開発及び砂型積層用造形システムの技術開発

## ○組合設立の目的

我が国ものづくり産業がグローバル市場において持続的かつ発展的な競争力を維持するために、少量多品種で高付加価値の製品・部品の製造に適した三次元積層造形技術や金属等の粉体材料の多様化・高機能複合化等の技術開発、鑄造技術の開発等を行う。

## ○実用化の方向性

開発した3Dプリンタ装置等を我が国産業競争力強化に繋げるため、製造企業だけでなく、有識者やユーザー企業等の意見を聞いて、標準化や市場動向調査等を踏まえて実用化を図る。

## ○事業化の目途の時期

### ①次世代型産業用3Dプリンタ技術開発(金属積層用造形システム)

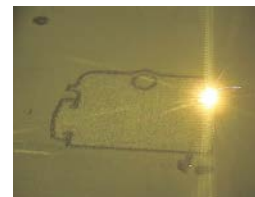
平成27年度までに試作機の開発を行い、平成30年度までに世界最高水準の造形速度、造形精度を有する次世代型産業用3Dプリンタを完成させ、平成31年度末までに装置の販売を開始する。

### ②超精密三次元造形システム技術開発(砂型用積層用造形システム)

平成27年度にプロトタイプ機を実用化し、平成28年度後期からは積層造形速度5万cc/hの三次元砂型積層造形装置の販売を開始する。最終形となる積層造形速度10万cc/hの三次元砂型積層造形装置は平成30年度より販売を開始する。



産業用3Dプリンタ



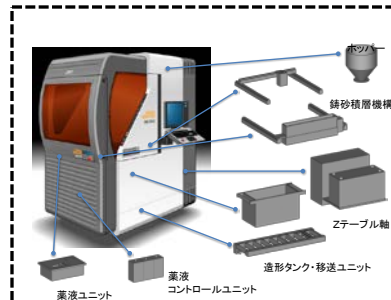
造形室内部(レーザー)



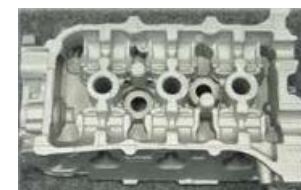
EV車用電装部品



ハニカム人工関節



鑄砂用積層造形装置



薄肉高効率シリンダヘッド

# (別添:TRAFAM体制図)

## 技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構(TRAFAM)

理事長:前川 篤(三菱重エフオークリフト&エンジン・ターボホールディングス(株)代表取締役社長)

①次世代型産業用3Dプリンタ  
技術開発プロジェクト  
PL 京極秀樹(近畿大学)

②超精密三次元造形  
システム技術開発  
プロジェクト  
PL 岡根利光(産総研)

電子ビーム方式  
PL 千葉晶彦(東北大学)

レーザービーム方式  
PL 京極秀樹(近畿大学)

装置開発  
東北大学、産総研、  
多田電機、日本電子、  
シーメット

装置開発  
近畿大学、産総研、  
松浦機械製作所、東芝、  
東芝機械、三菱重工工作  
機械、三菱重工業、古河  
電気工業、シーメット

装置開発  
産総研、シーメッ  
ト

材料開発  
大同特殊鋼、山陽特殊製鋼、  
福田金属箔粉工業、東洋アルミニウム

連携  
CAD→3D変換ソフト・粉体  
ハンドリング  
技術等の共同開発及び  
実用化促進

バインダ及び  
鋳型砂開発  
群栄化学工業  
伊藤忠セラテック

ユーザー  
JAXA、IHI、川崎重工業、金属技研、コイワイ、  
小松製作所、住友精密工業、東芝、帝人ナカシマ  
メディカル、本田技術研究所、三菱重工業、矢崎総業、  
トヨタ自動車

ユーザー  
IHI、コイワイ、  
小松製作所、コマ  
ツキャストックス、  
木村鋳造所、日産  
自動車

分析評価  
・早稲田大学  
・兵庫県立工業技術センター  
・北海道立総合研究機構工業試験場

再委託

# 3D(三次元)積層造形技術とは

## Additive Manufacturing: AM(付加製造技術)

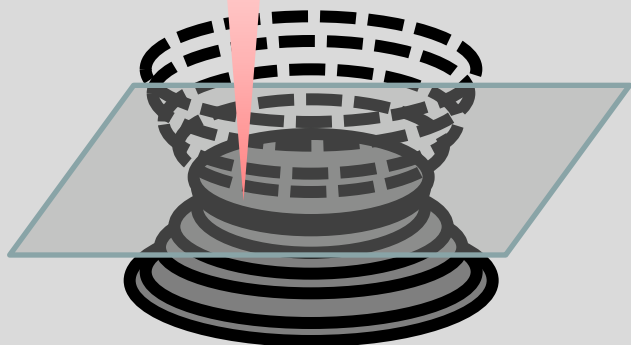
材料を付加することによって、三次元形状に作成する製造法。粉体材料等を積層しながらレーザー等で固めることによって製造し、金属等の塊から切削加工する製造法と対照的なもの。

### 積み上げ型の製造法



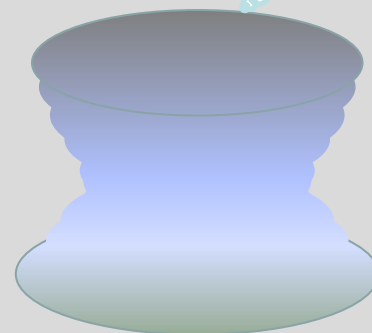
3D積層造形装置

レーザービーム or 電子ビーム



1層ずつ固めて積み上げる

複雑な内部構造も  
自由自在に作れる

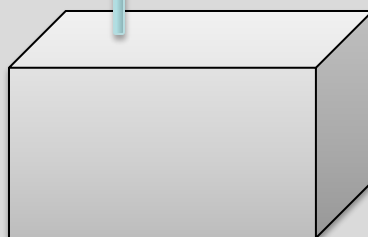


### 削り出し型の製造法(参考)



マシニングセンター(工作機械)

切削工具  
(ドリル等)



金属等の塊から削り出す

外から確認できる範囲  
のみでしか加工できない



駆動装置用部品



iPhone 4 筐体



# 3D(三次元)積層造形技術の強み(何がすごいのか?)

## ●究極の多品種少量生産ができる

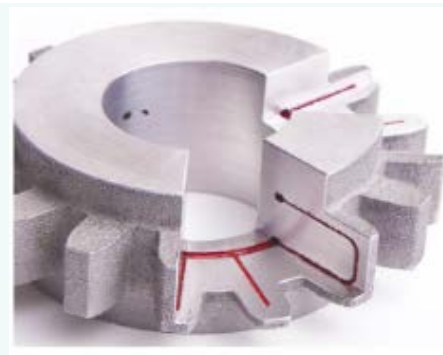
金型等を用いないため、安価で一定な製造コストで、一品一品違った製品を連続的に製造できる。



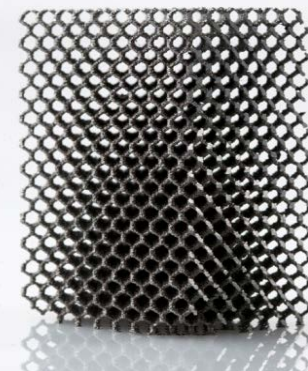
348個の人工歯  
(コバルトクロム合金)

## ●どんな形状の製品でも製造でき、あらゆる金属材料も加工できる

切削工具が届かず製造できないような部品(例:金属ブロック内に曲がった中空管構造を有した部品)も容易に製造できる。また、硬くて切削加工が難しい金属材料も自由に造形できる。最終製品に近い形状を得る成形の製造が可能(ニアネットシェイプ製造)。



冷却機構付き歯車

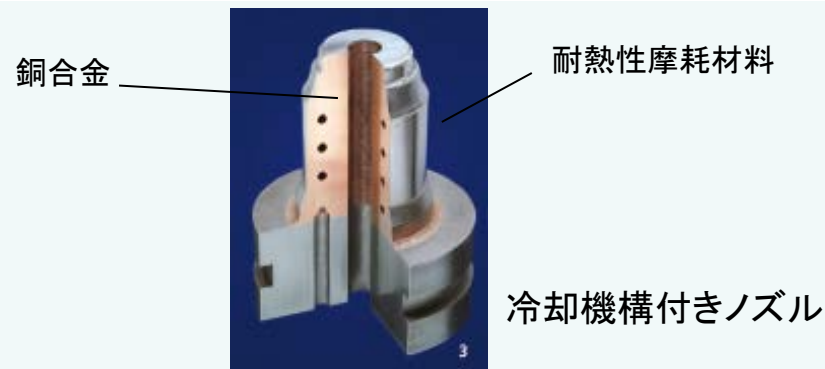


造形したメッシュ構造

出典:Fraunhofer IWU

## ●新しい機能が自由に付加できる

金属粉末を積層するので、一つの製品に複数の材料を組み合わせること(傾斜構造)や、焼結と溶融を使い分けることによって、多孔質金属と緻密金属の混合体の製造も可能。また、既存の製品に新たな機能を付加することができる。



銅合金

耐熱性摩耗材料

冷却機構付きノズル

出典:Fraunhofer ILT

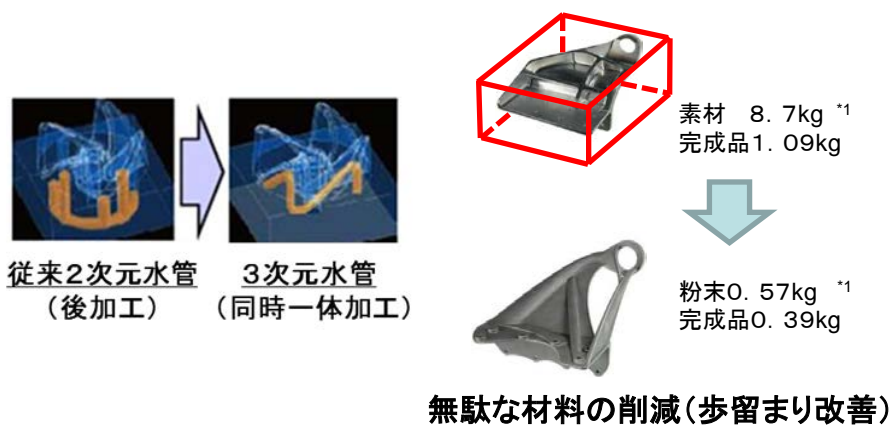


# 新しいものづくりの可能性

## ①ものづくりプロセスにおける革新

- 試作・設計工程の期間を短縮
- 高機能の型ができることで生産性向上
- 削り出しに比べ、材料のムダが出ない

→研究開発や製造プロセスの効率化・省エネ化



### 三次元積層造形による解決

- 内部冷却管等の作りこみが可能(部品数削減・工程削減)

- 必要部分だけ付加造形可能(異種接合可能、材料の削減)

## ②プロダクトの革新

- 形状や内部構造の複雑性、自由度
- 人体や自然物などとの親和性
- 少量生産品を比較的安く製造

→航空機、医療等を始め新たな可能性



- 異種金属の積層造形が可能
- 活性金属を使用した造形が可能
- 複雑形状部品(内部構造を含め)の製作が可能

- 患者の骨を削らず、体格に合うものが短時間で製造可能(人工骨)

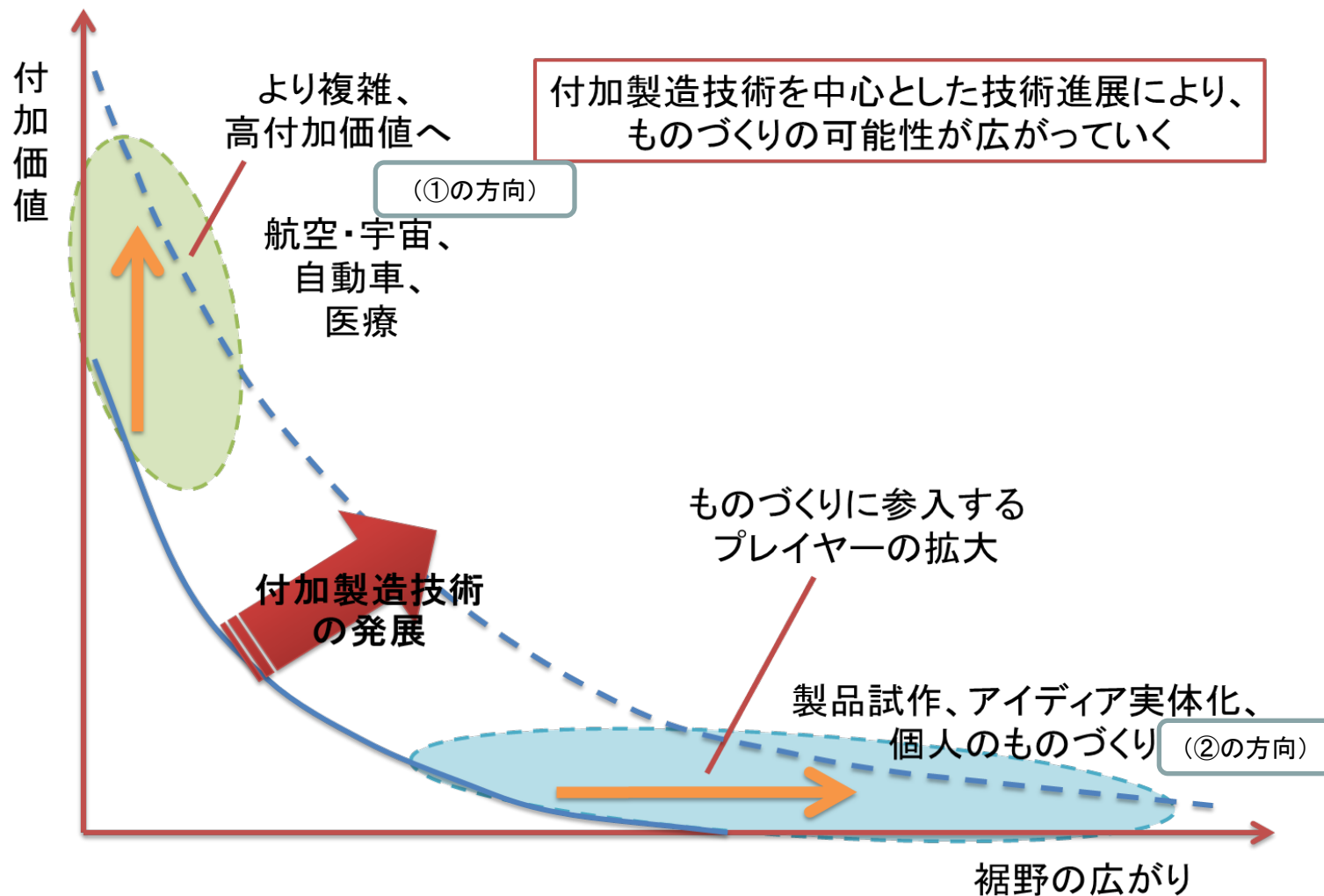
# 製造業の付加価値作りという観点から2つの方向性

◇3Dプリンタにより生まれる付加価値は大きく2方向。

①精密なものづくりによる高付加価値化

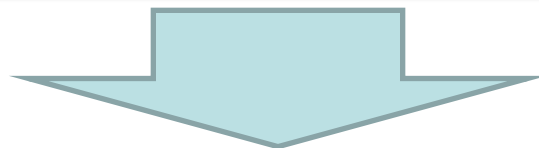
②ものづくりの裾野拡大

出典：平成26年2月 新ものづくり研究会報告書



# 樹脂系材料と金属系材料

- 樹脂系材料の3Dプリンタは実用化が進み、多くの製品が低価格で市販されている。
- 一方、金属系材料の3Dプリンタに関しては、既に内外で一部実用化されているものの、①精度が良くない(表面が粗い)、②速度が遅い、③造形物の大きさが限定的、④価格が高い(1億円以上)など開発要素は多い。
- また、3Dプリンタに関連したソフトウェア開発は欧米が先行しており、必ずしも我が国企業にとって使いやすいものではない。実際の活用にあたっては、精密な加工条件を設定しようと海外装置メーカーへ依頼しても、なかなか迅速な対応がなされなかったり、多くの場合3Dプリンタに使える材料が装置メーカー指定のものに限られ、割高な材料等を輸入せざるを得ないなど我が国企業は不利益な立場に置かれている。
- さらに、造形物の評価方法等に関する標準化も今後の課題であり、こうした議論に我が国も積極的に関与する必要がある。



国家プロジェクトにより、世界最高水準の金属系材料向け3Dプリンタの装置、材料、ソフトを、短期間で一体的に開発する必要。

## ①ものづくりプロセスにおける革新

## ②製品の革新

### 難製造部品

### 新製造部品

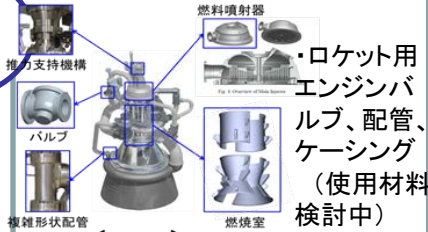
#### 特殊機能部品

#### 特殊材料部品

#### カスタム部品

#### 最適化設計部品

ユーザー  
ニーズ例



・建設機械・自動車用部品  
(鉄系)

従来技術  
の問題点

- 異種材料の接合が容易でない
- 複雑形状は単純形状金属塊から削り出す。(無駄が多い)
- 内部複雑構造/異種材料組合せのため部品を分割、接合する必要がある。

3D積層による解決

- 必要部分だけ付加造形可能 (異種接合可能、素材使用量の削減)
- 内部冷却管等が製造可能 (部品数削減・工程削減)
- 損傷部品の部分的補修可能

備えるべき  
3Dプリンタ  
の特長

部分積層 (デポジッション)  
(+後加工)

対応する  
試作機

異種材料積層  
複層レーザービーム・  
レーザートリミング  
(デポジッション)  
複層レーザービーム・  
マシニング  
(デポジッション)



- ・航空エンジン タービンブレード (チタン合金、ニッケル合金)
- ・発電用タービンブレード・燃焼器 (ニッケル合金、高クロム鋼)

- 酸化反応しやすい材料(活性金属)は生産性が極めて低い(TiAl 鋳造)
- 製造工程が複雑で生産性が低い(精密鋳造)

- 活性金属の造形が可能(真空中)
- 多数個同時加工ができ、生産性が高い(n個同時加工で造形速度n倍)

高純度組成(真空中造形)

大型電子ビーム  
(パウダーベッド)



- ・人工関節、人工背骨 (チタン合金、コバルトクロム合金)

- ・自動車用エンジン部品 (アルミ合金)

- 量産品に合わせて患者の骨を削るため、患者の負担が大きい(人工骨)
- 生産終了後も保守部品の金型を保管する必要(自動車等)

- 患者の体格に合ったカスタムメイドの製造が可能(人工骨)
- 3Dデータがあれば、金型を必要時に製造できるため、金型そのものの保管が不要(自動車等)

高速

高精度

(超)高精度

大型

大型レーザービーム  
(パウダーベッド)



- ・航空機用ヒンジ (チタン合金)



- ・航空エンジン燃焼器ノズル (ニッケル合金)

- 自由曲面等の適用が困難
- 設計変更した場合、実証試験を行う等、開発期間が長期にかかる。

- 複雑形状部品(内部構造を含めて)の製作が可能
- 新設計品の試作検証が容易になり、開発期間が短縮可能
- 一体化(部品数削減)、トポロジー最適化(軽量化等)の部品製作が可能

異種材料積層

高純度組成(真空中造形)

複層電子ビーム  
(パウダーベッド)

# 金属AM技術の最新動向と本プロジェクトの位置付け

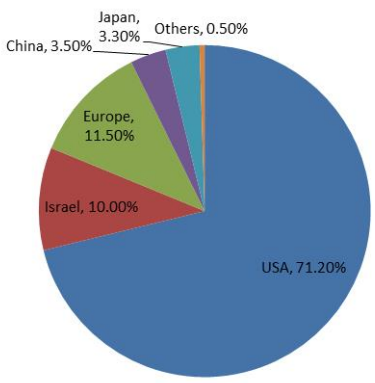
## ■ 金属3Dプリンタの現状(平成25(2013)年との比較)

- 販売台数の大幅な伸び及び新たな企業の参入
- 装置の高機能化(高出力化・高速化・大型化)
- 実用化製品への展開(航空宇宙分野等)

プロジェクト終了時(平成30年度末)、世界最高水準の見込み

**開発目標**

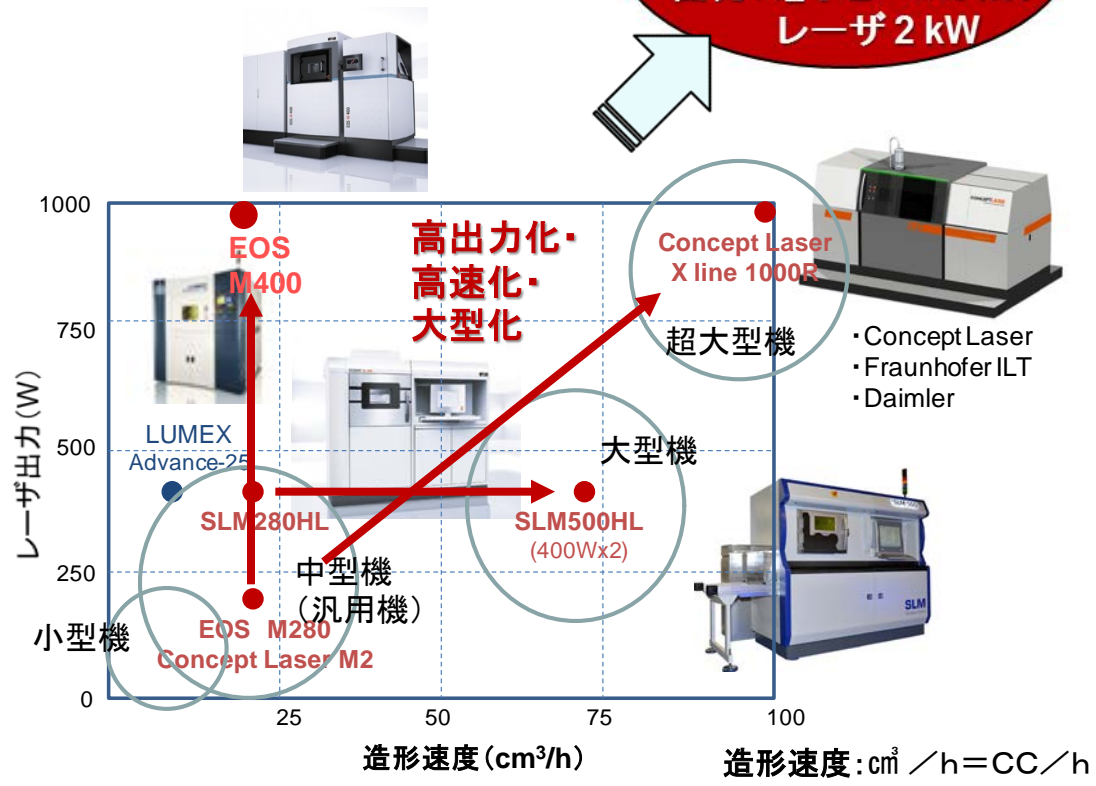
- ・造形速度: 500 cm<sup>3</sup>/h
- ・出力: 電子ビーム6 kW  
レーザー 2 kW



出典: (Wohlers report 2015による)

## 3Dプリンタの出荷台数の割合(～平成26(2014)年度まで)

世界の金属造形装置の販売台数  
 平成25(2013)年度は351台  
 平成26(2014)年度は543台



金属3Dプリンタの性能の変遷 (各メーカーの公表データを元に作成)



## 海外の動向①：米国（America Makes）における三次元積層造形技術を巡る開発動向

- America Makes（平成24（2012）年8月設立、平成25（2013）年10月に現名称に変更）は、118以上の企業・研究型大学・コミュニティカレッジ・非営利団体・学会が参加※1する研究開発拠点。  
（※1 平成26（2014）年10月時点。Ed Morris, "America Makes - National Additive Manufacturing Innovation Institute's Mission and R&D Portfolio"より）
- 中小企業・研究者・起業家・学生等がAmerica Makesに集い、共同利用インフラを活用しながら、多様な主体と連携し、イノベティブな製品や製造技術の開発、事業化、人材育成等を行っていく仕組み※2  
（※2 America Makesにおける研究開発体制は、America Makes が公募テーマを掲載し、企業、大学等がテーマに沿った具体的研究開発内容を提案して、採択されたものについて資金的手当がなされる。）
- America Makes での公募テーマ（Project Call #1～3：平成25年～）で採択された開発案件は、足許までで29件。現在までに、\$50Mの政府資金、\$60Mの民間資金が投入されている（邦貨100円/\$換算で合計約110億円）。

### 主なAmerica Makesの採択案件

Project Call #1	Project Call #2	Project Call #3
レーザー/電子ビームによる造形プロセス等の解明。	航空機部品のAM量産にむけた品質保証技術の開発。	金属粉末のパウダーベッド方式において、変形を抑制するための機能等を有するサポート構造の設計検討を系統的に実施。
レーザー/電子ビームによる造形プロセスのモニタリング及び制御のための熱イメージング技術の開発。	AM構造デザインを最適化するソフトウェアの開発。	パウダーベッド方式AMのオープンアーキテクチャーの制御システムの開発・実証。
低廉、高温対応の樹脂を材料とした、レーザービームによる造形プロセスの開発。航空宇宙分野や交通分野の部品、医療や商業向けを想定。（TRAFAMIは取り組んでいない）	造形に際しての物理ベースの熱歪予測と軽減するツールの評価・確認を実施。目標は、それらを利用した開発期間の大幅削減。	多種のAM製造性要求の設計支援と新トポロジー最適化能力を持った統合設計パッケージの開発。（TRAFAMIは取り組んでいない）

（出典）Ed Morris, "America Makes .National Additive Manufacturing Innovation Institute's Mission and R&D Portfolio", 2014 iNEMI Research Series

## 海外の動向②：欧州における三次元積層造形技術を巡る開発動向

- 欧州（EU）の研究・改革活動は1984年以降、「欧州研究開発フレームワーク計画」としてまとめられて実施されている（なお、1995年以降、20年間のAM技術への投資額合計は€2.26億（邦貨135円／€換算約305億円））。
- その7次計画となる「第7次研究開発フレームワーク計画」（FP7：平成18（2007）年～平成25（2013）年）※及び、その後継フレームワークプログラムとしての「HORIZON2020」において、AM（Additive Manufacturing）に関する研究開発プロジェクトが存在（※EUにおける科学分野の研究開発への財政的支援制度）。
- 当該プロジェクトは30件であり、7年間のプロジェクト予算の合計は€1.32億（EU負担率76%）（邦貨135円／€換算約178億円）。

### 主な研究開発プロジェクト

セラミック複合材について、AMの新アプローチを開発する。	高複雑形状のセラミック部品製造に向けたAM装置を開発する。	次世代3D金属パーツ製造のレーザーデポジション( <b>2000cc/h</b> )とアブレーションのハイブリッド装置を開発する。
AMプロセスのパラメータの関数として、機械特性を予測する、フルセットのソフトウェアを開発する。	航空機部品の補修に関する研究。	航空宇宙、自動車、原発向けに、 <b>最大2mサイズ</b> の無欠陥の金属AMパーツを製作。合わせて、品質保証、標準化等をカバー。工程ステップを減らし、従来より50%コストダウンを目指す。
傾斜機能コーティングのためのレーザービーム/デポジション方式によるAM技術を用いた産業向け製造システムを開発・実証する。	AM分野での標準化組織の設立と支援を通してヨーロッパ標準化を統合・調整し、AM技術を推進する。	高生産性電子ビームによるAM装置のための高出力電子銃開発やパウダーベッド関連高出力電子銃利用の実証。
高精度医療インプラント製造の電子ビーム方式のAM技術の共同研究。具体的には、高精度電子銃設計技術、高密度粉体AMの技術開発。	民間航空機エンジン部品への付加積層の適用研究（設計、パウダーリサイクル、インプロセス非破壊検査等）。空輸に係る環境への影響を低減させる。	カスタム部品や小ロットの部品効率よく製造するプロセス（粉末をレーザー溶融する）を開発。



## 2. 事業アウトカム

# 事業アウトカム

世界における三次元積層造形の市場規模は、平成42年(2030年)時点で2兆円程度( Wohlers Report 2013を基に推定)と推定され、本技術開発では、三次元積層造形装置の低コスト化も視野に入れており、技術開発が終了し、装置が量産体制に入った平成42年頃には、その半分の市場を我が国の製造業が獲得することを目標とし、その場合約1兆円の需要創出効果が見込まれる。

(出典)本事業における事前評価報告書より(平成25年9月時点)

## アウトカムが実現した場合の効果

- 複雑化形状の実現、材料の複層化による高付加価値、高機能製品の開発・生産
- 地域や個人発の複雑化形状等の新製品の開発・生産
- 製造プロセスの最適化
- 生産プロセスにおける低コスト化、納期の短縮化、省エネルギー化
- 補給品や少量生産品のための金型保管コストの低減



**我が国製造業の競争力強化**

# 政府全体の戦略における位置付け

- 「**日本再興戦略 -JAPAN is BACK-**」(平成25年6月14日閣議決定)において、**素材や機械制御技術等の日本の強みを活かし、3次元造形システムの研究開発を国家プロジェクトとして推進すると明記されている。**
- 「**科学イノベーション総合戦略～新次元日本創造への挑戦～**」(平成25年6月7日閣議決定)において、**三次元造形等の高度な生産技術を地域のものづくり産業に適用させると明記されている。**
  - **三次元積層造形技術や金属等の粉体材料の多様化・高機能複合化等の技術開発**
  - **金属の積層造形技術や積層造形技術だけでなく、三次元データ(3Dデータ)の次世代入力に係る先導的研究により、次世代のものづくり産業を支える三次元造形システムを核とした我が国の新たなものづくり産業の創出を目指す。**

## 3. 事業アウトプット

3-1 次世代型産業用3Dプリンタ技術開発

3-2 超精密三次元造形システム技術開発

## 3-1 次世代型産業用3Dプリンタ技術開発

# 金属積層用システムの開発方針

## 1. 装置、金属粉末材料、ソフトウェアの三位一体開発

市場投入可能な製品の造型をするためには、三次元積層造型の弱点となる造形物の大きさ・精度、造型の速さを劇的に改善する必要がある。これらの課題を解決するため、①装置本体、②金属粉末の製造、③制御ソフトウェアについて、技術を持つ企業が連携し、一体的に開発する。

具体的には、

- ①大きな造形物を精度良く、スピーディーに製造できる3Dプリンタ装置本体の開発
- ②3Dプリンタに最適な流動性および溶融・凝固挙動の最適化を実現できる特性を有する金属粉末材料製造技術の開発
- ③溶融凝固プロセスを健全化できる最適レシピ(造形条件)と、造形物形状データと最適レシピに基づき、必要な造形物形状を造形するための制御ソフトウェアの開発

## 2. 電子ビーム方式とレーザービーム方式の装置開発

既存の金属粉末に対応した産業用3Dプリンタでは、金属粉末を焼結・溶融するための熱源は、電子ビームとレーザービームの2つの方式があり、両方式が得意とする金属粉末材料・加工品質、生産性によって、適応分野を分ける傾向にある。

多種の金属材料について、積層造型が可能となる三次元積層造形システムを構築するため、本プロジェクトでは両方式について技術開発を行い、それぞれの特徴を最大限に発揮できる装置開発を推進する。

さらに金属粉末材料の複層化や造形物を後加工する技術などの周辺技術開発を実施する。

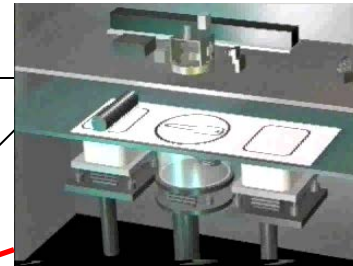
# 金属積層用システム(金属3Dプリンタ)の開発について 21

航空宇宙・自動車分野を中心とした次世代型産業用の高速・高精度・大型3Dプリンタの開発(既存海外装置の造形速度10倍、精度5倍、造形サイズ3倍)に向け、装置メーカー、材料メーカー、ユーザー企業、大学など関係者の英知を結集

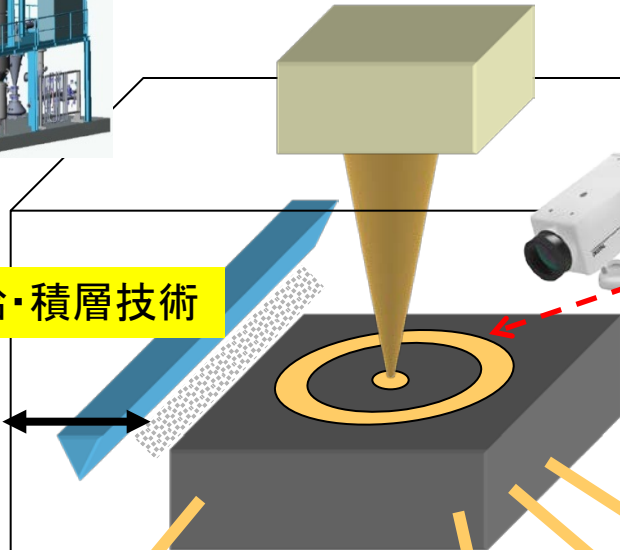
## 3D積層造形用金属粉末製造技術



熱源の高出力・高品質の出力機構の設計・製作



金属粉末供給・積層技術



・造形室(チャンバー)の雰囲気制御(真空、不活性ガスの使用)  
・駆動制御



3Dデータ変換

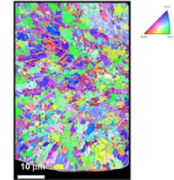
高精度化等のための制御システム

評価・条件  
フィードバック

金属粉末材  
料の多様化

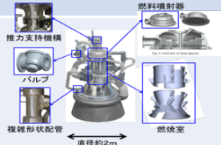
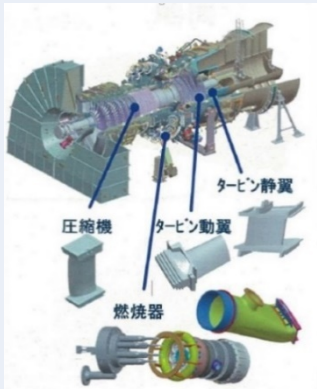


金属粉末の焼結・溶融凝固機構  
の解明





# 電子ビーム方式・レーザービーム方式の比較

	電子ビーム方式	レーザービーム方式
<p><b>主な特徴</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○エネルギー密度、エネルギー吸収率が高い。</li> <li>○真空中での造形のため、高融点や活性(酸化しやすい)金属の造形が可能。</li> <li>○高温強度・疲労強度の要求が厳しい部品に向く(高純度組成が可能)。</li> <li>●真空チャンバーが必要で高コスト、造形物の大きさに制限がある。</li> <li>●内部構造、複雑形状等は制限がある。</li> <li>●スモーク現象(金属粉末の飛散)を防ぐために仮焼結・予熱が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○レーザー強度と焦点の調整が容易、電子ビームに比較して装置構成が簡単。複雑形状、高精度な造形が可能。</li> <li>○大気中での造形が可能で、比較的lowコスト。</li> <li>○造形の大きさの制限は少ない。(デポジション方式)</li> <li>●活性な金属粉末の造形には不向き。(使用するにはヘリウムガス若しくはアルゴンガス若しくは真空状態が必要)</li> <li>●金属に反射するため、高エネルギーが必要でエネルギー使用効率が悪い。</li> <li>●造形時の応力歪みが大きく、サポートが多量に必要。</li> </ul>
<p><b>想定する製品例</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ロケットエンジンの燃焼室部品 (複層部品:インコネル718、銅合金)</li> <li>・航空機エンジン回転部品 (タービンブレード) (チタン合金(Ti6Al4V、TiAl))</li> <li>・人口歯、人工骨等 (チタン合金(Ti6Al4V)、 コバルトクロム合金(CoCr))</li> <li>・発電用タービン回転部品 (タービンブレード) (インコネル718、高クロム鋼)</li> </ul>    	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ロケット・航空機エンジンの燃料供給部品 低温環境から常温環境下での高圧力による使用 (インコネル718)</li> <li>・航空機用熱交換部品 軽量化コストダウンのため複雑形状の一体化部品 (アルミ合金(Al-10Si-0.45Mg))</li> <li>・建設機械用エンジン部品 排気ガスによる高圧吸気供給部品(ノズルリング) 従来工法よりコストダウンを期待。 (鉄系合金ステンレス(SUS304))</li> <li>・自動車(F1:モータースポーツ)のターボハウジング 効率的な吸・排気のための複雑・最適構造による馬力の向上。 (インコネル718)</li> </ul>   

# 事業アウトプット全体目標値

目標時期	目標	
最終時 (H30年度末)	(1) 電子ビーム方式の最終目標 ・積層造形速度:500cc/h以上 ・造形物の精度:±50μm以下 ・最大造形サイズ:1,000mm×1,000mm×600mm以上 ・装置本体の販売価格:5,000万円以下  (2) レーザービーム方式の最終目標 ・積層造形速度:500cc/h以上 ・造形物の精度:±20μm以下 ・最大造形サイズ:1,000mm×1,000mm×600mm以上 ・装置本体の販売価格:5,000万円以下	(3) 技術開発課題 ・異種金属を傾斜構造で積層することを可能とする等  (4) 制御ソフトウェア開発、金属等粉末開発及び粉末修飾技術開発  (5) 周辺技術開発
中間評価時 (H27年度末)	(1) 電子ビーム方式の中間目標 ・積層造形速度:250cc/h以上 ・造形物の精度:±100μm以下 ・最大造形サイズ:500×500×600mm以上  (2) レーザービーム方式の中間目標 ・積層造形速度:250cc/h以上 ・造形物の精度:±50μm以下 ・最大造形サイズ:500×500×400mm以上	(3) 技術開発課題 ・異種金属を傾斜構造で積層することを可能とする等  (4) 制御ソフトウェア開発、金属等粉末開発及び粉末修飾技術開発  (5) 周辺技術開発

# 開発スケジュール

項目	年度					
	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	
基盤技術	計測・評価設備導入					
		メカニズム解明(溶融・凝固プロセス)		メカニズム解明(溶融・凝固プロセス)		
		造形条件、材料データベースの開発/シュミレーション技術の開発			造形物試作・評価	
電子ビーム方式 装置技術開発	新型電子ビームコラム・ 粉体供給・複層システム開発	新型電子ビームコラム・粉体供給・ 複層システム高速・高精度化	新型電子ビームコラム・ 粉体供給・複層システム改良	実用化試験		
	新型電子ビームコラム・ 造形物後処理技術等開発	試験運用・改良	大型・高速・高精度化			
レーザービーム方式 装置技術開発	試作機・ノズル・モニタリ ング機能開発	性能評価・改良	試作機付加機能・造形品質の安定化技 術開発・複層ノズル改良	性能評価・改良		
	試作機・1KWレーザー・ CAD/CAMソフト開発	性能評価・改良 2KWレーザー開発	高速化・2KWレーザーの評価/改良・ 大型開発機設計製作	性能評価・改良		
ユーザー企業連携	設計・品質保証検討	試験運用・評価	応用試作・評価 導入検討			
制御用ソフトウェア 開発	STL・AMFデータ処理 ソフト開発	STL・AMFデータ処理ソフト 品質向上・機能追加		複層化ソフト開発	複層化ソフト 品質向上	
	加工条件設定・最適パス生成 ソフト開発	加工条件設定・最適パス生成ソフト 品質向上・機能追加				
金属粉末製造技術 及び修飾技術開発	粉末製造技術、粉末分級技術の開発、 粉末修飾技術の開発		高性能化・低コスト化のための試作・開発			

中間審査

## 3-2 超精密三次元造形システム技術開発

# 砂型積層用システムの開発方針

鑄造用砂型積層造形技術を実用化するためには、造形物の大きさ、速度を大きく改善する必要がある。また、砂型積層造形によって鑄造業のあり方を変革するためには、鑄造市場の7割を占めるにもかかわらず、未だ世界においても実現されていない鑄鉄用砂型の積層造形を実現することが重要である。

これらを実現するため、装置開発、材料開発(人工砂及びバインダ)の開発及び性能評価を一体的に進める。

## (1) 高速三次元鑄造用砂型積層造形装置の開発

- ・一定の量産を可能とする大型かつ高速の鑄造用砂型積層造形装置の開発
- ・局所的冷却性能制御技術を実現する複層化(2種類の人工砂)積層造形システム(リコーター：敷きならし機構)の開発

## (2) 砂型積層造形用材料の開発

- ・高融点金属である鑄鉄の鑄造に耐えられる耐熱用の人工砂及びバインダーの開発
- ・局所的冷却性能制御技術を実現する冷却特性の高い砂型材料の開発
- ・三次元鑄造用砂型の積層造形に適合し、かつ、製造コストを抑え、リサイクル可能で、有害ガスの発生を抑制した鑄型用砂の開発 等

## (3) 鑄造性評価および鑄型特性評価

- ・ユーザー企業による鑄造性評価(鑄鉄鑄造、アルミ鑄造)
- ・鑄型特性の分析評価(自硬性、高温柔軟性、崩壊性等)



# 鑄造用砂型積層造形システムの開発について

自動車・産業機械・発電部品などの性能を左右する複雑形状・高精度鑄造品の量産を実現可能な高速・大型の鑄造用砂型3Dプリンタの開発(造形速度10万cc/h)によって、装置メーカー、材料メーカー、ユーザー企業、大学、公設試験研究機関など関係者の英知を結集

高性能鑄型材料・硬化システムの開発

高融点金属の鑄造に対応可能な耐熱鑄型材料(=砂型:人工砂とバインダー)

環境負荷低減鑄型材料(無機)



人工砂 (高耐熱性)

バインダー:  
1液式硬化システム(無機及び有機)

造形装置への適用

鑄造用砂型積層造形装置の開発(10万cc/h)



鑄造用砂型



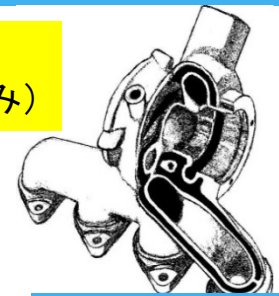
鑄造 (鑄込み)



電気自動車用EVモーターケース

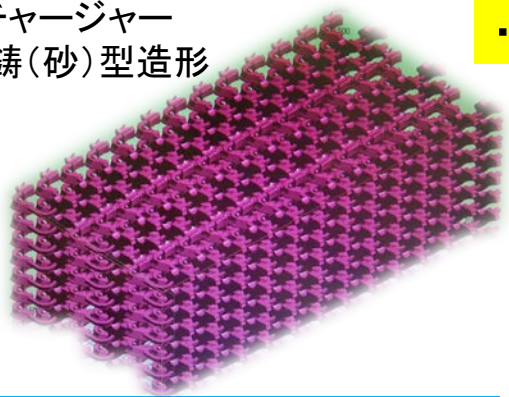
高性能・複雑形状の鑄造品

鑄造 (鑄込み)

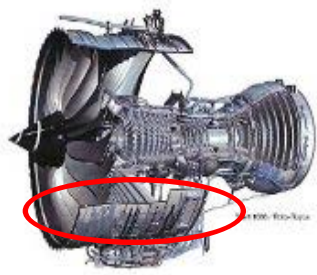


ダウンサイジングターボ部品

24時間で500個のターボチャージャー部品の鑄(砂)型造形の実現



- ・大型(1.8m×1m×0.75m)鑄造用砂型積層造形装置
- ・大型インクジェットヘッドによるバインダジェット方式



航空機エンジンギアボックス



自動車エンジンシリンダヘッド



発電部材(水力発電用インペラー)

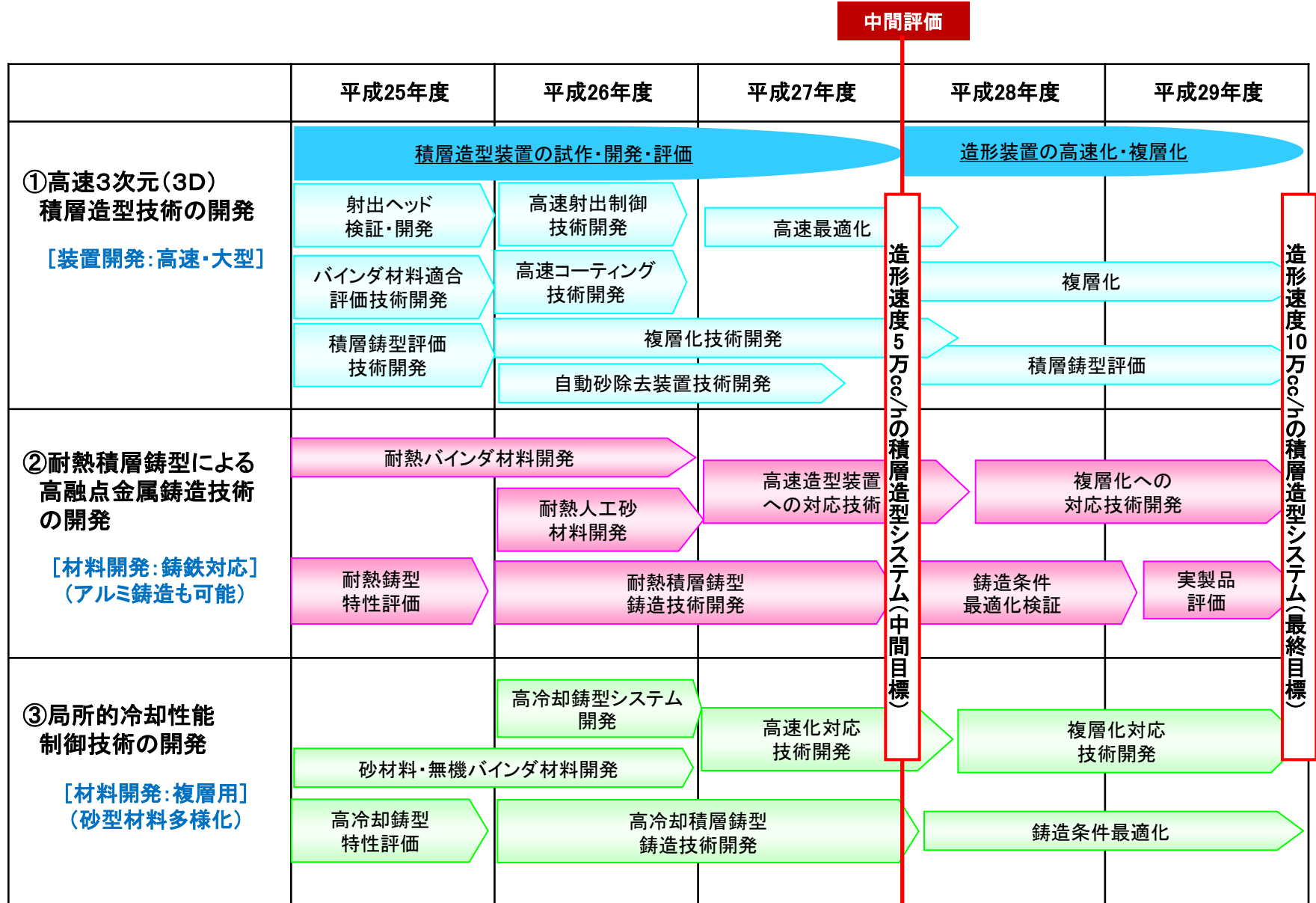
数千～数万/月の量産品へ対応

# 事業アウトプット全体目標値

目標時期	目標値
最終時 (H29年度末)	<ul style="list-style-type: none"><li>・積層造形速度: 10万cc/h以上</li><li>・最大造形サイズ: 1,000mm × 1,000mm × 600mm以上</li><li>・装置本体の販売価格: 2,000万円以下</li><li>・鑄型の製造コスト: 1,000円/kg以下</li></ul>
中間評価時 (H27年度末)	<ul style="list-style-type: none"><li>・積層造形速度: 5万cc/h以上</li><li>・鑄型の製造コスト: 1,200円/kg以下</li></ul>



# 開発スケジュール



## 4. 当省(国)が実施することの必要性

## 当省(国)が実施することの必要性

- ◇金属及び砂型の三次元積層技術は我が国製造業において基盤技術となりうる技術。しかしながら、現状において、我が国においては当該技術が確立されていない。
- ◇実用に耐え、複数の材料で金属及び砂型の三次元積層技術を開発するためには、装置だけでなく、材料、ソフトなど一体的に開発する必要。特に金属積層については、レーザー、電子ビーム双方について開発する必要。しかしながら、これらを一社で一体的に開発できる企業はなく、それぞれの得意分野を持つ大学、公的研究機関、企業が結集させることが必要。
- ◇また、三次元積層技術を普及させるためには、造型や造形物の品質評価、安全性評価等に関して研究開発を通じて標準を確立する必要。
- ◇少子高齢化の下、働き手の確保が困難となる素形材産業、特に中小企業において、金属及び砂型積層技術はこうした問題を解決しうる技術。また、将来的には、素形材産業特有の金型、木型の保管に関する問題に関しても、解決策を与えうる技術。



- 国が実施することにより、各要素技術を持つ大学、公的研究機関、企業を結集。開発成果を踏まえた標準化も実現。
- 三次元積層技術を活用した産業課題の解決、普及に関する方向性も確立。

## 5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

5-1 次世代型産業用3Dプリンタ技術開発

5-2 超精密三次元造形システム技術開発

## 5-1 次世代型産業用3Dプリンタ技術開発

# 5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

平成27年(2015年)

平成32年頃  
(2020年頃)

平成37年頃  
(2025年頃)

平成42年頃  
(2030年頃)

本研究終了(平成30年)  
(2018年)

フェーズ1: 技術課題への集中的対応

フェーズ2: 実用化に向けた開発・実証

フェーズ3: ニーズ等を踏まえた更なる技術の高度化等へ

アウトカム

(量産試作用途)

- 高放熱構造の金型 2020年頃
- シリンダブロック(自動車)
- コンプレッサーハウジング(自動車)

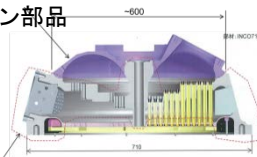


製品化・事業化推進(各企業)

- 1) 3Dプリンタの機種バリエーション拡大
- 2) ユーザーニーズに合わせた専用機の開発
- 3) 新材料・複合材料の開発、対応
- 4) 更なる高機能化の追求

(製品製造用途)

- ロケットエンジン部品 (2021年頃)



製品化・事業化に向けた開発等  
(各企業)

▼製造プロセスへの導入に向けた開発・実証

- 1) 最適な造形条件等の導出
- 2) 品質確保や保証方法等の確立 等

▼装置・ソフトウェア・材料の一体開発

一次試作機の開発・検証

フィールドテスト

最終目標機の開発・検証

▼基盤的・基礎的技術等の研究/知財標準化

基礎理論の発見・構築、データベース構築・標準化等  
(造型条件、材料と造形物の関係の理論化・シミュレーション化や標準的な指標づくり等)

造形物の信頼性に向けた研究や標準的な指標づくり、データベース構築の継続に加え、  
1) 新機能材料の研究  
2) 既存の金属加工品の品質等を上回る造形技術(金属組織制御技術等)の研究 等

- 航空機エンジン部品
- 航空機エンジンタービン翼
- 航空機機体部品2023年頃



- 量産が切れた部品(補給品)の製造等
- 保守・メンテナンス 等 2025年頃

金属積層造形技術

ユーザーでの対応

調査分析  
(国際標準化に向けた取組含む)

特許取得

一元管理等 (知財の適正配分による競争力向上)

標準原案提出と成立の向けての活動

応用試作・評価・導入検討  
(出口戦略の構築)

・研究での成果を、信頼性の確保や、標準化等に繋げる。

・ユーザーからのニーズを研究へフィードバック。  
(ニーズの多様性に対応)

欧州機の導入

国産開発機の導入

金属3Dプリンタの導入検討

実運用の開始と運用拡大

試作用途

製品製造用途

## 5-2 超精密三次元造形システム技術開発



# 5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

平成27年(2015年)

平成32年頃  
(2020年頃)

平成37年頃  
(2025年頃)

平成42年頃  
(2030年頃)

本研究終了(平成29年)  
(2017年)

フェーズ1: 技術課題への集中的対応

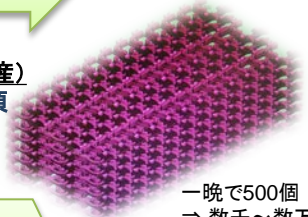
フェーズ2: 実用化に向けた開発・実証

フェーズ3: ニーズを踏まえた更なる実用性向上

アウトカム

(小型部品用鋳型の量産)  
2020年頃

- ターボチャージャー (自動車)



一晩で500個  
⇒ 数千~数万/月  
に対応

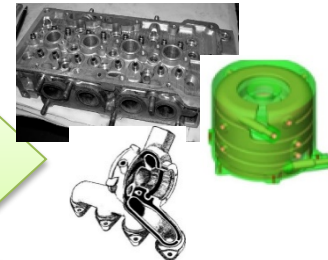
製品化・事業化推進(各企業)

- 1) 積層造形装置と砂型材料のバリエーション拡大
- 2) ユーザーニーズに合わせた専用機の開発
- 3) 新材料・複層化の開発、対応
- 4) 更なる高機能化の追求

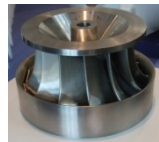
(複雑形状鋳型の一体造形)

2025年頃

- シリンダヘッド(自動車)
- モーターケース(EV)
- ダウンサイジングターボ(自動車)



●水力発電用水車  
2025年頃



- 量産が切れた部品(補給品)の製造等
- 保守・メンテナンス等  
2020年頃

製品化・事業化に向けた開発等(各企業)

- ・動作安定性向上
- ・操作性向上
- ・ランニングコストダウン
- ・イニシャルコストダウン

有効利用のためのステップ

- ・step1. 積層造形砂型と従来砂型の比較評価(手造形、シェルモールド法)
- ・step2. 積層造形砂型の特性に合わせた鋳造方案の調整(一体化、造形方向等)
- ・step3. 積層造形砂型の特長を活かした鋳物の最適設計(肉厚、曲線形状等)

一元管理等(知財の適正配分による競争力向上)

評価試験方法等の標準化 (TRAFAM標準) (JIS化、ISO化)

研究成果を信頼性確保や標準化等に繋げる

ユーザーニーズを研究にフィードバック(ニーズの多様性に対応)

▼装置開発

- 1万cc/h装置市場投入
- 試作機(5万cc/h)の開発・検証
- フィールドテスト
- 5万cc/h装置市場投入
- 10万cc/h装置市場投入
- 最終目標機(10万cc/h)の開発・検証

周辺装置(自動砂除去装置等)

▼材料開発

- 高耐熱性砂型積層造形システム ●**鉄対応積層造形材料市場投入**
- 高冷却性砂型積層造形システム
- 低環境負荷砂型積層造形システム ●**アルミ対応積層造形材料市場投入**

▼特性評価

鋳鉄鋳造試験

アルミ鋳造試験

鋳型特性評価試験

知財化・標準化

特許取得

調査分析

(出口戦略の構築)

欧米機の導入

国産開発機の導入

砂型積層造形装置の導入検討

実運用の開始と運用拡大

砂型積層造形技術

ユーザーでの対応

## 6. 研究開発の実施・マネジメント体制等

6-1 次世代型産業用3Dプリンタ技術開発

6-2 超精密三次元造形システム技術開発

## 6-1 次世代型産業用3Dプリンタ技術開発

# 研究開発の実施・マネジメント体制等

## 技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構(TRAFAM)

理事長:前川 篤(三菱重エフオークリフト&エンジン・ターボホールディングス(株) 代表取締役社長)

### ①次世代型産業用3Dプリンタ 技術開発プロジェクト PL 京極秀樹(近畿大学)

#### 電子ビーム方式 PL 千葉晶彦(東北大学)

##### 装置開発

東北大学、産総研、  
多田電機、日本電子、  
シーメット

#### レーザービーム方式 PL 京極秀樹(近畿大学)

##### 装置開発

近畿大学、産総研、  
松浦機械製作所、東芝、  
東芝機械、三菱重工工作  
機械、三菱重工業、古河  
電気工業、シーメット

#### 材料開発

大同特殊鋼、山陽特殊製鋼、  
福田金属箔粉工業、東洋アルミニウム

#### ユーザー

JAXA、IHI、川崎重工業、金属技研、コイワイ、  
小松製作所、住友精密工業、東芝、帝人ナカシマ  
メディカル、本田技術研究所、三菱重工業、矢崎総業、  
トヨタ自動車

### ②超精密三次元造形 システム技術開発 プロジェクト PL 岡根利光(産総研)

#### 装置開発

産総研、シーメッ  
ト

#### バインダ及び 鋳型砂開発

群栄化学工業  
伊藤忠セラテック

#### ユーザー

IHI、コイワイ、  
小松製作所、コマ  
ツキャストックス、  
木村鋳造所、日産  
自動車

連携

CAD→3D変  
換ソフト・粉体  
ハンドリング  
技術等の共  
同開発及び  
実用化促進

再委託

#### 分析評価

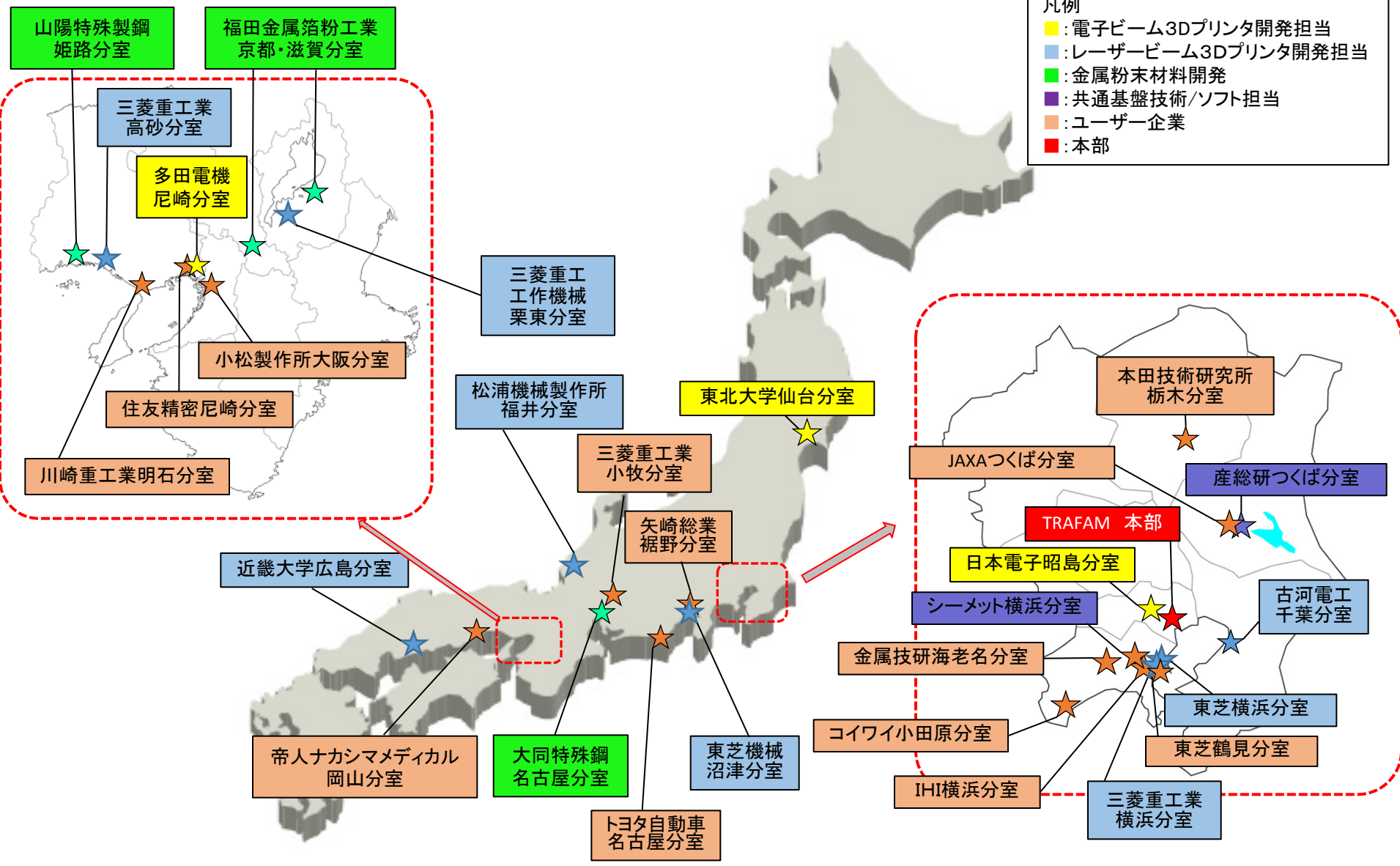
- ・早稲田大学
- ・兵庫県立工業技術センター
- ・北海道立総合研究機構工業試験場

# 研究開発の実施・マネジメント体制等

## <各分室の所在地>

凡例

- : 電子ビーム3Dプリンタ開発担当
- : レーザービーム3Dプリンタ開発担当
- : 金属粉末材料開発
- : 共通基盤技術/ソフト担当
- : ユーザー企業
- : 本部



## 6-2 超精密三次元造形システム技術開発

# 研究開発の実施・マネジメント体制等

## 技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構(TRAFAM)

理事長:前川 篤(三菱重エフオークリフト&エンジン・ターボホールディングス(株) 代表取締役社長)

①次世代型産業用3Dプリンタ  
技術開発プロジェクト  
PL 京極秀樹(近畿大学)

電子ビーム方式  
PL 千葉晶彦(東北大学)

装置開発

東北大学、産総研、  
多田電機、日本電子、  
シーメット

レーザービーム方式  
PL 京極秀樹(近畿大学)

装置開発

近畿大学、産総研、  
松浦機械製作所、東芝、  
東芝機械、三菱重工工作  
機械、三菱重工業、古河  
電気工業、シーメット

材料開発

大同特殊鋼、山陽特殊製鋼、  
福田金属箔粉工業、東洋アルミニウム

ユーザー

JAXA、IHI、川崎重工業、金属技研、コイワイ、  
小松製作所、住友精密工業、東芝、帝人ナカシマ  
メディカル、本田技術研究所、三菱重工業、矢崎総業、  
トヨタ自動車

②超精密三次元造形  
システム技術開発  
プロジェクト  
PL 岡根利光(産総研)

装置開発

産総研、シーメ  
ット

バインダ及び  
鋳型砂開発

群栄化学工業  
伊藤忠セラテック

ユーザー

IHI、コイワイ、  
小松製作所、コマ  
ツキャストックス、  
木村鋳造所、日産  
自動車

CAD→3D変  
換ソフト・粉体  
ハンドリング  
技術等の共  
同開発及び  
実用化促進

再委託

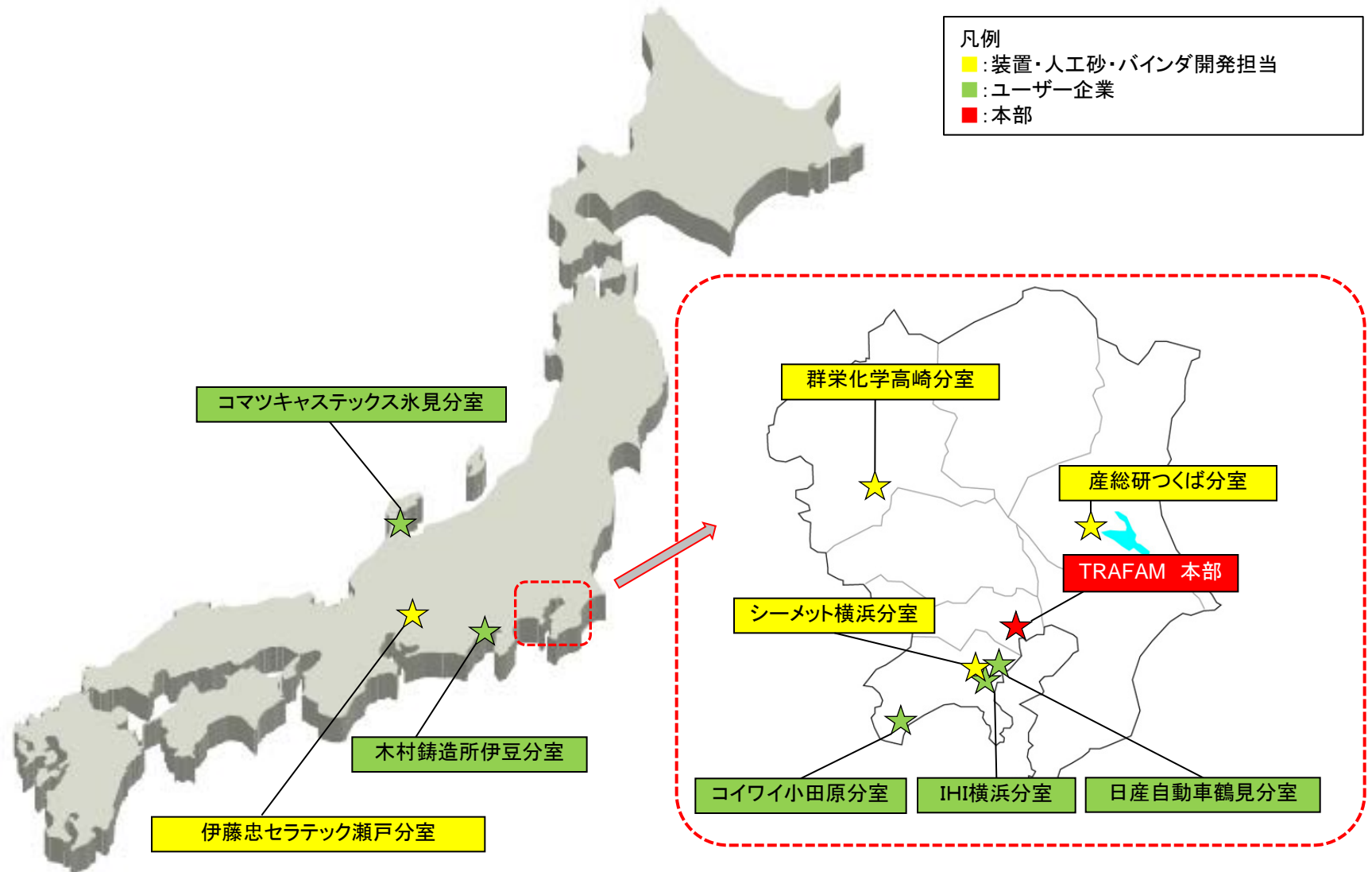
分析評価

- ・早稲田大学
- ・兵庫県立工  
業技術セン  
ター
- ・北海道立総  
合研究機構工  
業試験場



# 研究開発の実施・マネジメント体制等

＜各分室の所在地＞



## 7. 費用対効果

# 経済波及効果

本事業で産み出される装置・粉末の売上によって、平成42（2030）年でどれだけの経済波及効果があるか試算。

## 装置売上

- 2030年時点の販売装置台数「2,000台（金属1,800台、砂型200台）」（TRAFAM組合員へのヒアリングより）
- 装置の販売価格は最終目標である、金属5,000万円、砂型2,000万円とする。

$$(1,800\text{台} \times 5,000\text{万円}) + (200\text{台} \times 2,000\text{万円}) = \underline{\underline{940\text{億円}}}$$

## 粉末売上

- 装置1台あたりの金属粉末売上金額を“Wholers Report 2015”より試算。

$$(10,620\text{万ドル} \div 1,093\text{台} = 9.7\text{万ドル} \div 1,000\text{万円} / \text{台})$$

	2012年	2013年	2014年	計
金属粉末売上	2,490万ドル	3,260万ドル	4,870万ドル	10,620万ドル
金属積層装置	199台	351台	543台	1,093台

“Wholers Report 2015”より

- 2030年の販売装置台数より、同時期の粉末売上を算出。

$$1,000\text{万円} / \text{台} \times 1,800\text{台} = \underline{\underline{180\text{億円}}}$$

## 経済波及効果

- 「新ものづくり研究会 報告書」（平成26（2014）年2月 経済産業省）において、装置等の直接市場に対し、経済波及効果（関連市場、生産性の革新によるコスト削減等）は約20倍と試算している。（次ページ参照）
- 本事業で産み出される装置・粉末においても同等の市場が広がると想定し、2030年での経済波及効果を試算。

$$(940\text{億円} + 180\text{億円}) \times 20(\text{倍}) = \underline{\underline{2兆2,400\text{億円}}}$$

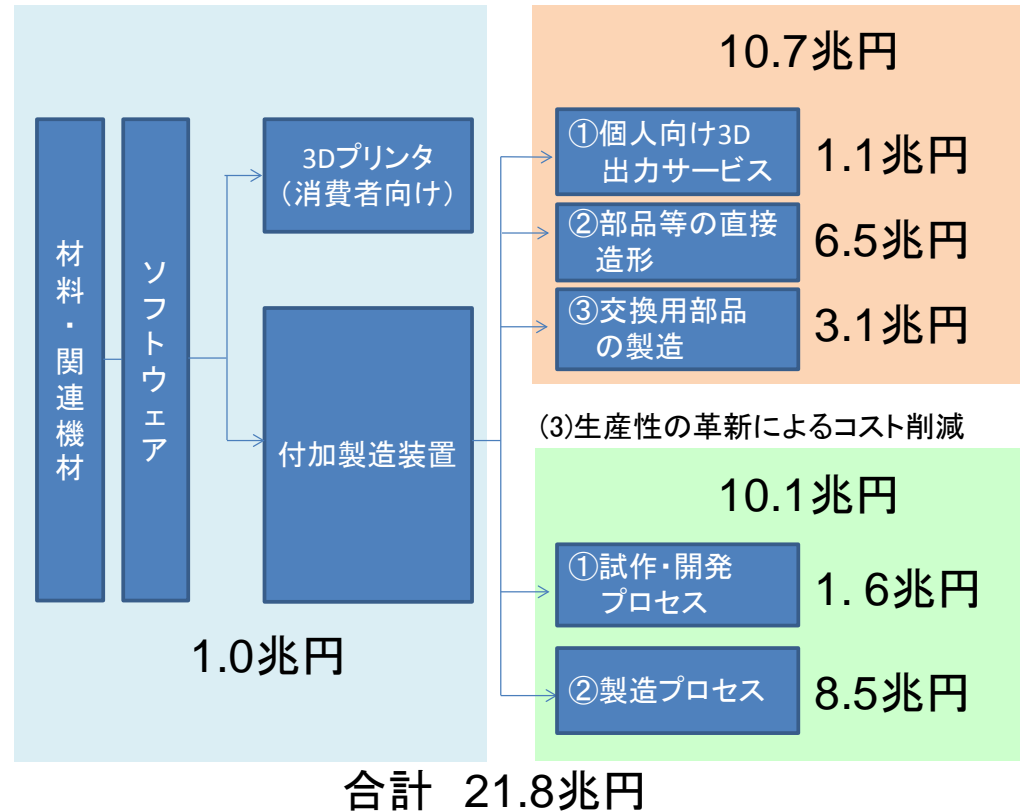
**2030年において、今回のプロジェクトで開発する成果に関して、最低でも2兆円程度の経済波及効果があると見込まれる。**

# <参考> 波及効果

「新ものづくり研究会 報告書」（平成26年2月 経済産業省）より抜粋

(1)付加製造装置・3Dプリンタ等の直接市場  
(装置、材料及びソフトウェア市場)

(2)関連市場(付加製造装置・3Dプリンタで  
製造した製品市場)



平成32(2020)年には付加製造装置・3Dプリンタは広く一般消費者、産業界で用いられるようになり、その経済波及効果は世界全体で合計約21.8兆円に達するものと考えられる。内訳は、付加製造装置・3Dプリンタ等の直接市場で約1.0兆円、関連市場で約10.7兆円、生産性の革新で約10.1兆円となる見込みである。

## 8. 事前評估結果

## 8-1 次世代型産業用3Dプリンタ技術開発

### 評価小委員会(平成25年9月)のコメント

- 我が国の技術開発が当該分野ではやや立ち遅れているとの認識のもと、プロジェクト終了時点で装置が完成することを目標とするのではなく、例えば、3年後には一部の装置は実用化しているというように順次成果を出せるよう、スピード感を持って技術開発を実施すべき。
- 製品機能のデジタル化の進展は、経験上、我が国産業の競争優位性を失うことにつながりやすく、また、既存産業との競合もありうる。我が国がターゲットとする市場の設定、マーケティング、ユーザーである中堅・中小の育成、知財戦略等、産業政策として真に戦略的な検討が必要。

### コメントに対する対処方針

- 本プロジェクトでは、開発期間5年間の中間時点での中間目標を設定し、実用化開発を行うものとしており、中間目標をクリアした技術については、プロジェクトの終了を待たずに、実用化の検討をしまいる所存。
- 本プロジェクトをより効果的なものにするため、ターゲットとする市場の設定や知財戦略等の重要性は認識しており、当該プロジェクトを進める技術研究組合に、市場を担うと思われる企業等にも広く参画を促すとともに、知財戦略については、平成25年度に行われている特許庁の技術動向調査等を参考に、標準化も含めて本組合の中で検討してまいる所存。  
また、平成25年10月から「新ものづくり研究会」を設置し、三次元造形技術のものづくりへの活用可能性やそれに対する対応等について、今後の産業を担う人材育成を含めて幅広い検討を行っているところ。本研究会の検討等を踏まえ、引き続き真に必要な戦略について検討してまいる所存。

## 8-2 超精密三次元造形システム技術開発

### 評価小委員会(平成24年6月)のコメント

#### 1. 技術戦略について

このプロジェクトの成果が大企業や中堅企業などの上の部分を引っ張り上げるための技術に留まることなく、どの様にすれば90%を占める中小企業の生産性を上げるために導入・普及(設備負担)することができるようになるか考えるべきである。

固有の技術的な課題に関しての把握をもう少し深め、適切な開発体制を組むことが必要であり、提案する技術を使うまでもなく、量産しているものもあるわけで、対象の素材との関係も視野に入れつつ、他の方法で砂型をオートマティックにつくる方法等も生かしながら、産業としてはすみ分けしていく、そういった素形材産業全体のあり方という視点も置きながら、進めることが重要である。

#### 2. 事業の実施について

プロジェクトの根幹に関わる部分では、ポイントとなる中核技術を有する者を外さないようにすることが重要である。

この種の装置開発では、装置としてまとめて試作装置をつくり上げていく者が中心になり、要素技術をもっているメーカーは要素技術で特許をとり、装置全体としてはまとめる者がそれに関わる特許をとるといった、要素技術と装置を分業しながらそれぞれが特許を取得できる体制とすることが必要である。

試作品から量産品に至るまでは一般に時間がかかるので、試作装置の作製を前倒しするなど、プロジェクトを加速化すべきである。

### コメントに対する対処方針

- 本技術の適用先はほぼ全ての casting メーカーが対象である。当初のターゲットは、試作メーカー、少量生産の精密 casting メーカー、自硬性 casting 型 casting メーカーであるが、金型 casting メーカー、砂型 casting メーカーにおいても本技術を中子製造に特化して適用することにより、 casting 品の複雑高付加価値化、省リードタイム、小ロット生産を可能にする。試作装置完成後は casting 設備メーカーとの連携開発により、これら砂型・金型 casting メーカーに広く普及を図る計画である。

- 本プロジェクトでは装置、バインダ材料、 casting 製造・ casting それぞれに要素技術があり、企業で一部基本的な特許は取得している。これらの要素技術を持つメーカーが参画する集中研方式でプロジェクトを進め、新たに要素技術、装置・技術としてまとめる過程において発生する特許の取得を効率的に図る。特にプロジェクト前期には装置制御機構、バインダ開発に集中して、試作装置開発の前倒しを図る計画である。



9. 今後の研究開発の方向性についてご議論して頂きたい論点

## 論点(1/3)

1. 今回のプロジェクトで開発した成果を実際の製造現場で活用し、製品作りに活かしていくためには、目標は今のままで良いか。国際競争を考慮すると、どうか。その上で、今後どの開発項目を重点的に進めるべきか。さらに、金属積層、砂型積層が活用される製造分野としてはどのような分野が期待され、これに関して、プロジェクトにおいてはどのような取組が重要となるか。こうした点の検討を前提に、今後の積層造形技術にかかる開発やその実用化に向けたロードマップを整備すべきではないか。その場合、どのようなゴールが適切か。
2. 今後、実用化を加速する上で、ユーザーとの間ではどのような取組を進めていくべきか。また、国際競争の中で、当該技術の活用を優位に進める上で、プロジェクト終了後どのような体制でどのような取組が必要か。
3. 官民役割分担の観点から、どのように事業を進めることが望ましいか。これまでのプロジェクトにおける開発実績やその進捗状況を踏まえ、プロジェクトに対する国費投入の必要性についてどのように考えるか。本事業については、これまで委託事業として実施されてきたが、実用化を加速する観点から参加企業の負担も得ながら実施すべきではないか。→次頁

## 論点(2/3)

また、上記の観点を踏まえつつ、TRAFAM各分室で実施している開発内容については、特に困難なもの、重要なものに重点化すべきではないか。その上で、各分室間で重複する開発内容については一本化すべきではないか。さらに、一定程度事業化が進んだものについては、本プロジェクトによる開発からは卒業し、各企業における実用化に向けたフェーズに移行すべきではないか。

4. 内外で「モノのインターネット」(IoT)が進む中、3D積層技術はどのような位置付けになるか。また、そうした位置付けを踏まえ、本プロジェクトにおいてはどのような取組が必要か。例えば、製品として求められる品質確保を前提とした上でのデジタルとものづくりの融合可能性の検証(3D積層技術とIoTを組み合わせることでのものづくり現場の変容可能性の検証やこうした経済社会を実現する上での課題の抽出、中小企業における導入を進める上での課題抽出等)等も必要となるのではないか。
5. 3D積層技術は、樹脂が先行しているが、樹脂、金属、砂型以外にも様々な材料についての研究も進められている。これらとの連携をどのように考えれば良いか(例えば、NEDOでは内閣府のSIP事業の革新的設計生産技術として金属以外の材料の3D積層に関する技術開発を実施している)。

## 論点(3/3)

6. 本プロジェクトで得られた知的財産権についてはどのように取り扱うことが有効か。特にプロジェクト終了後、実用化を進め、国際競争に勝つためにはどのように扱うべきか。また、3D積層技術、特に今回開発している金属積層に関して、成果を普及させるためには、標準化等に関してどのような取組が必要か。関連して、本プロジェクトで得られた様々な造形条件や造形物の品質検証等のデータ等については、どのように取り扱うことが有効か。特に、中小製造業における同技術も活用したものづくり力の更なる向上を図っていこうとする場合には、どのように扱うべきか。その際、協調領域・競争領域をどのように考え、区別していくべきか。
7. その他、実用化を促進、加速するためにはどのような取組が必要か。

以上