

「超複雑形状鋳造生産技術（ハイパー・キャスト  
ティング・テクノロジー）開発」事前評価報告書

平成24年6月

産業構造審議会産業技術分科会

評 価 小 委 員 会

## はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」(平成20年10月31日、内閣総理大臣決定)等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」(平成21年3月31日改正)を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

今回の評価は、超複雑形状鋳造生産技術(ハイパー・キャスティング・テクノロジー)開発の事前評価であり、評価に際しては、当該研究開発事業の新たな創設に当たっての妥当性について、省外の有識者から意見を収集した。

今般、当該研究開発事業に係る検討結果が事前評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(小委員長:平澤 冷 東京大学名誉教授)に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成24年6月

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会  
委員名簿

委員長	平澤 冷	東京大学 名誉教授
	池村 淑道	長浜バイオ大学 バイオサイエンス研究科研究科長・学部学部長 コンピュータバイオサイエンス学科 教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環 教授 東京大学生産技術研究所 教授
	太田 健一郎	横浜国立大学 特任教授
	菊池 純一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター 教授
	鈴木 潤	政策研究大学院大学 教授
	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所 所長
	森 俊介	東京理科大学理工学部経営工学科 教授
	吉本 陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部 主席研究員

(委員敬称略、五十音順)

事務局:経済産業省産業技術環境局技術評価室

超複雑形状鋳造生産技術(ハイパー・キャスティング・テクノロジー)開発の評価に当たり  
意見をいただいた外部有識者

神尾 彰彦 東京工業大学 名誉教授

木口 昭二 近畿大学 理工学部 機械工学科 教授

平塚 貞人 岩手大学 工学部 マテリアル工学科 教授

(敬称略、五十音順)

事務局:製造産業局素形材産業室

超複雑形状鋳造生産技術(ハイパー・キャスティング・テクノロジー)開発の評価に係る省内関係者

【事前評価時】

製造産業局素形材産業室長 田中 哲也(事業担当課長)

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 岡本 繁樹

超複雑形状鋳造生産技術(ハイパー・キャスティング・テクノロジー)開発事前評価  
審議経過

○新規研究開発事業の創設の妥当性に対する意見の収集(平成24年5月)

○産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(平成24年6月1日)  
・事前評価報告書(案)について

## 目 次

はじめに

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会 委員名簿

超複雑形状鋳造生産技術(ハイパー・キャスティング・テクノロジー)開発事前評価に当たり意見をいただいた外部有識者

超複雑形状鋳造生産技術(ハイパー・キャスティング・テクノロジー)開発の評価に係る省内関係者

超複雑形状鋳造生産技術(ハイパー・キャスティング・テクノロジー)開発事前評価 審議経過

### ページ

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1. 技術に関する施策の概要 .....             | 1 |
| 2. 新規研究開発事業の創設における妥当性等について ..... | 1 |
| 3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等 .....  | 7 |

第2章 評価コメント .....

8

第3章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針 .....

13

参考資料 超複雑形状鋳造生産技術(ハイパー・キャスティング・テクノロジー)開発」の概要(PR資料)

# 第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要

## 1. 技術に関する施策の概要

ものづくり産業におけるイノベーションの促進や、国際事業展開の支援、差別化・高付加価値化の促進、さらには環境問題の解決や安全・安心な国民生活に繋がるものづくり等を推進することによって、我が国の製造業の国際競争力を強化するとともに、我が国の経済活性化、国内雇用の維持・拡大、国民生活の質の向上を図る。

## 2. 新規研究開発事業の概要及び創設における妥当性について

(本事業の概要)

我が国の製造業を支えてきた基盤的なものづくり産業である鋳造業は、自動車のエンジン部品、発電所のガスタービン等産業機械用の中核部品などに広く用いられている。日本の鋳造業は、新興国の追い上げが急速に進んでいる中、昨今のグローバル化の急拡大に伴い、ものづくりに係る国際分業体制の構築が生き残りの鍵となっている。付加価値の高いコア部品は国内を中心としたハブ工場で生産し、汎用部品はLCC (Low Cost Country) で調達する。今後、我が国におけるものづくりの優位性を維持・拡大するためには、複雑一体化と言った高付加価値の鋳物製品の製造と同時に、中量多品種の固有部品を短納期で提供できる二つのニーズを満たすための鋳造技術開発が自動車メーカーを中心に求められている。

本提案事業では、自動車等の高効率エンジン用のシリンダーカバー、高効率ガスタービンの動翼や今後の需要増加が見込まれる電気自動車用軽量化モーターケースから省エネ・高速生産プロセスに対応する金型など、超複雑形状の鋳造部品を一体成形するための、以下の技術開発を行う。

- (1) インクジェット技術を用いた高速3次元積層造型技術の開発
- (2) 耐熱積層鋳型による高融点金属鋳造技術の開発
- (3) 局所的冷却性能制御技術の開発

### ①事業の必要性及びアウトカムについて(研究開発の定量的目標、社会的課題への解決や国際競争力強化への対応等)

#### ・事業の必要性(どのような社会的課題等があるのか?)

我が国の製造業の国際競争力の強化と経済の活性化を図るため、ものづくり技術を高度化させることが必要不可欠である。一方、東日本大震災を契機としてエネルギー供給制約や急激な円高など新たな課題が発生し、立地環境の「6重苦」の中で産業の空洞化と国内雇用の喪失に大きな懸念がある。

とりわけ鋳造業は、我が国の製造業を支えてきた基盤的なものづくり産業ではあるが、その基礎的な技術は、大仏、梵鐘を製造していた時代から原理的な進歩はあまりしていない。加えて、以下のような喫緊の課題が顕在化。

- ・新興国の追い上げ：日本の鋳物生産は、近年減少が続き、世界第4位。加えて、新興国と比べて生産コストが2割高く、単純形状の大量生産による鋳造品の分野では競争力を失いつつある。



- ・事業所数及び従業員数の減少：10年間で、従業員数5千人削減、事業所数2割減  
(H11：79,625人、2,815事業所、H21：74,153人、2,149事業所)
- ・鋳造製品の出荷額の減少：2兆4千億円 (H20) → 1兆7千億円 (H22)  
(生産量 H20：600万t、H22：496万t、トン当たりの出荷額 40万円 → 35万円)
- ・電力価格の高騰：鋳造業のトン当たりの製造原価に占める電力料金の割合は1割
- ・急激な円高
- ・労働環境の悪さ：砂を固める鋳型造り、溶けた金属を流し込む注湯作業など、手作業に頼る技術の難しさから、熟練工の技能に頼る部分が多い。また、融点の高い金属を電気炉で溶融（最大1,700度）するなど、工場内の作業環境は、熱・臭い・粉塵等でかなりきつい作業環境。
- ・熟練工等の人材不足：きつい作業環境による新規就業者の減少や、熟練工の高齢化・退職等により優良な人材の不足が継続。

我が国の鋳造業は、自動車、産業機械における製品の高性能化・省エネ化等の要求に対応すべく、部品の薄肉・軽量化、複雑形状化、低欠陥化に取り組んできた。また、その製造技法についても、低圧鋳造法や高真空ダイカスト法、フルモールド鋳造法などの生産技術の開発を行ってきた。それによって産み出される鋳造製品は、高強度、高剛性、耐圧性、高耐久性、耐熱性、高放熱性、耐摩耗性、高導電性などの優れた特性を有し、日本はこれまで高い技術力で優位な状況にあった。

しかし、近年では、単純形状の大量生産品を中心に、鋳型の製造技術、金属の溶解技術、及び生産管理技術などの鋳造の技術力においても、アジア新興国の追い上げが急速に進んでいる。

このような中、我が国はこれら新興国と差別化し、生き残りをかけて、グリーンイノベーションに対応する軽量部品や複雑・一体成型部品など利益率の高い高付加価値製品を中量生産することに重点を置くべきである。

本提案事業において開発する“超複雑形状鋳造生産技術（ハイパー・キャストینگ・テクノロジー）”は、複雑形状部品に対応する複雑形状の砂型（鋳造用鋳型）を、砂粒を積層して3次元造型し、そこに溶融金属を流し込み部品を鋳造する技術である。これまでの鋳造技法は、製品と同じ形状をした模型を最初に作り、その模型の形状を砂型に転写することにより鋳造用鋳型を作製するという、手間・時間・コストのかかる製法である。これに対して、本技術開発では、この模型を作らずに鋳型を造ること等により、これまで必要とされてきた複数の工程を1工程で代替する3次元積層造型装置を開発する。これにより、これまで実現できなかった画期的な超薄肉・軽量の部品ないし超複雑形状の部品を一体成形で鋳造できるものである。

現在、鋳造分野においては、EUを中心に、3次元積層造型技術の研究が加速している状況にあり、我が国は、これらに先駆けて、この技術を開発し、その生産システムにより高付加価値の鋳造製品を製造することで、国際競争力を確保し、国内生産の維持、雇用の確保と持続的な発展を目指したい。従って、本事業において提案する“超複雑形状鋳造生産技術（ハイパー・キャストینگ・テクノロジー）開発”に国として投資を行うことは極めて重要であると考えられる。

3次元積層造型技術開発に当たっては、鋳型の製造速度の高速化などの生産性を上げる、また、鉄など高融点金属の鋳造に対応できる強度・耐熱性を向上させる等とい

った様々な課題を克服する必要がある。しかし、鑄型の造型におけるスピードの向上や環境に配慮した無機バインダー（接着剤）・人工砂の開発等に、鑄造事業者、機械装置メーカー、ユーザーである自動車メーカー・産業機械メーカー、大学、産業技術総合研究所等の産学連携した体制で開発に当たることによって、これらの技術的課題を克服できるものとする。

## **・アウトカム(目指している社会の姿)の具体的内容とその時期**

本提案事業では、前述した高付加価値の鑄造部品の生産に向けて、高速3次元積層造型の技術開発等に5年間の期間で取り組む。

鑄造製品は、高強度、高剛性、耐圧性、高耐久性、耐熱性、高放熱性、耐磨耗性などの優れた特性により、自動車のシリンダーヘッド等のエンジン部品、発電所のガスタービン等産業機械用の部品などに広く用いられている。また、部品・部材を生産する金型にも用いられており、多くの産業分野において重要な中核部品として使用されている。

本提案事業において、開発された鑄造型装置を用いることにより、超複雑形状の鑄型が高速で製造可能となる他、砂型の冷却性能、耐熱性、強度、熱膨張特性を高めかつ局所的に冷却性能を可変できることとなる。このため、本生産システムによって製造される製品は、超複雑形状な製品であるばかりか、従来の製品と比べて、肉厚を薄くすることができ（最大で50%の軽量化）、耐磨耗性など強度の向上も可能となる。

今回の技術開発では、装置の低コスト化開発も視野に入れている。このため、技術開発が終了し装置の製造が量産体制に入った2030年頃には、当該装置は、国内の9割以上の事業者で導入が進み、国内で生産される自動車向け・産業機械向け等の高付加価値の鑄造製品のほとんどを担うものと予想される。

これにより、国内の鑄造事業者1社あたり営業利益率を、現在1.9%程度であるが、ユーザーである機械産業の利益率程度まで増加させる目標であり、鑄造製品に占める輸出比率も、現在の2%から10%程度まで引き上げる予定。このように、本技術開発は、従来技法を革新させ、日本の鑄造業の発展に大いに寄与するものである。

また、溶けた金属を固める際の冷却の高速化による低欠陥、鑄型の熱変形や割れを抑えることによる製品の高精度化などにより、現在のプロセスで必要となっている品質を保持するための余肉部分（押湯）を大幅に減少できる。従って、原材料を低減でき、そのために金属溶融のためのエネルギー・消費電力を大幅に低減できる。

なお、本提案技術は、鑄型に合わせた砂と接着剤（バインダ）の適正な選定法、これまで我が国の鑄造業者が蓄積した高い技術力を誇る鑄込み技術（湯流れの方向性、冷やし金の付加等）を含めた鑄型設計が重要な技術になる。この部分は鑄造事業者としてのノウハウが凝縮されており、秘匿性が高く、装置のみを新興国が用いたとしても、超複雑形状の高付加価値製品の製造には至らず、我が国の技術流出防止策の面でも優れている。また、砂と接着剤を供給する造型装置のヘッドの製造には、我が国が保有する特殊な金属加工技術等が用いられることも、我が国の強みとなっている。

## **・アウトカムが実現した場合の経済や競争力、問題解決に与える効果の程度**

本提案事業における、高速3次元積層造型技術開発により、これまで部品を何分割かに分けて造らざるを得なかった複雑形状の部品が一体成形で製造できる。加えて、模型の製造が不要、溶接等後工程が不要など、長年鑄造業が抱えていた課題を解決するものである。また、開発装置の販売価格も、現状の低いスペックの装置が数億円す

るのに比べ、その10分の1の価格に抑えることも本提案技術の目標の一つであるため、開発後、鑄造事業者の当該装置購入が促進し、それにより多くの鑄造製品が、本提案技術により生産されたものとなる。

また、前述の通り積層造型で鑄型を作ることから、より複雑形状の鑄型製作を可能にし、砂型の冷却性能、耐熱性、強度、熱膨張特性を高め局所的に可変できる革新的技術を付加できること等により、50%軽量化した自動車等構造部材の生産が可能となる。また、複雑形状で一体成形した高付加価値部品が短いリードタイム（現状の2週間から1日程度に短縮）で製造することが可能となる。さらに、現在のプロセスで必要となっている品質を保持するための余肉部分（押湯）を大幅に減少できることから、原材料（金属）を低減でき、その金属溶融のためのエネルギー消費・電力消費を大幅に低減できる。

これらの波及効果としては、現在の自動車エンジンの鑄物市場が500億円程度、発電用・船舶用のエンジンの鑄物市場がそれぞれ、40億円、50億円程度であり、これらの鑄物が全て当該技術により生産されたものになると想定される。

また、将来的に市場の成長が見込まれる電気自動車についても、そのモーターケースを同等品と比べて50%軽量化でき、かつ、冷却水の内部流路を設けた複雑形状の部品にすることが可能である。従って、この市場規模（100億円程度）の全量を獲得できるものと想定される。これら全ての合計では、1,300億円程度の波及効果を見込んでいる。

また、省エネ・高速プロセス対応の射出成形金型の製造が可能、電気自動車を始めとして製品の50%の軽量化、高効率エンジンの数%以上の効率向上、鑄造工程における製品体積に対する溶融金属必要量を現状から10%削減（したがって電力消費量も約10%削減）等ができることから、これらにより期待できるCO<sub>2</sub>削減量は総計で180万トンと見込まれる。

## ・アウトカムに至るまでに達成すべきいくつかの中間段階の目標(技術的成果等)の具体的内容とその時期

本提案事業終了時の2018年に、高付加価値の超複雑形状の鑄造製品の製造が可能となる、3次元ハイブリッド（積層造型）砂型を用いる鑄造生産システムが開発される。また、実用化装置は、事業終了7年後である2025年までに、「鑄型製作リードタイム：数分（現時点の複雑形状鑄型の製作リードタイムの100分の1）、鑄型製作コスト：シェル鑄型レベル（現在の量産鑄造品に用いられている鑄型と同等の生産コスト）」（経済産業省策定 素材技術戦略2008（鑄造技術：II⑥））の目標に合致させ、かつ、装置費用は現時点のもの10分の1以下がアウトカムとなる。

この目標を実現するために、本提案事業終了時の2018年には、鑄鉄及び軽合金鑄物部品の生産に適用可能なレベルとして、現在の試作用積層造型装置の10倍となる10万cc/時間の積層速度を挙げている。また、鑄鉄に対応できる耐熱性、現在の砂型の10倍の高冷却性を持つ砂型の作製技術を開発目標として掲げ、これを用いて超複雑形状の鑄鉄及びアルミ系合金鑄物の製造が可能であることを実証することを、本事業における成果目標とする。

このため、事業実施期間の中間目標としては、2016年までに5万cc/時間の積層速度において、鑄鉄の鑄造が可能となる3次元積層造型技術を用いる鑄造生産システムを実現することとする。

## ② アウトカムに至るまでの戦略について

## ・アウトカムに至るまでの戦略(研究開発のみならず、知財管理の取扱、実証や国際標準化、性能や安全性基準の策定、規制緩和等を含む実用化に向けた取組)

本提案事業では、産業技術総合研究所を中核に、大学、及び世界的に優位なコア技術を持つ素材メーカー（バインダ）、装置メーカー（部材、積層装置）、鋳鉄鋳物部品・軽合金鋳物部品の鋳造メーカー、部品のユーザーである自動車メーカー、産業機械メーカーによるオールジャパン体制を構築し、基盤研究から実用化研究までを取り組む。鋳造技術開発だけでなく、素材、部材、装置開発、ユーザーによる評価までを一体化して進める。

事業の実施においては、初期は3次元積層造型の高速化に要する材料と装置の基本技術の研究開発に集中的に取り組む。積層装置で用いる人工砂は100 $\mu$ m前後の直径であり、超複雑形状鋳造品の鋳型に最適な粒径で、かつ、製品に合わせた局所的冷却性能の制御も可能とするには、素材メーカー、鋳造メーカーだけでなく、大学、産業技術総合研究所の叡智を結集して取り組む必要がある。また、この人工砂を高速で接合するバインダの開発も、強度と崩壊性の相反する課題を克服し、かつ、有害なガス発生を極力抑えなければ、装置に適用することはできない。また、装置も、当該バインダの腐食環境に耐えうるものでなければならず、技術開発初期において解決すべき課題が多い。これら山積する課題に対処するため、産業技術総合研究所のプロジェクトリーダーのもとオールジャパン体制を構築し、集中研方式で、各企業等が1ヶ所に集まり、技術開発に取り組む予定である。

中期以降は、この開発した装置を用いる軽合金系及び鉄系の鋳造部品製造技術の開発に、積層技術の完成度の向上とともに取り組む方針である。

事業においては、部品のユーザーとなる関係各業界に適切にアドバイスを受けられるよう、また、開発部品の試用から実用化が速やかに促進されるような体制を構築することを想定している。また併せて戦略的に知財化・標準化に取り組む。

具体的には、基本的な材料、製造法、製造装置のキー部分について、国際特許を積極的に取得して、成果の海外流出を防止する。さらに、開発した技術を用いる鋳造法については鋳造業者が個々にノウハウとして蓄積できる仕組みの構築を図る。また、開発技術の優位性が数値的に明瞭になるよう、砂型の特性の評価法等について国際標準化を図る。

## ・成果のユーザーの段階的イメージ・仮説（技術開発成果の直接的受け手や社会的インパクトの実現までのカギとなるプレイヤーは誰か）

具体的には、有効かつ効率的な実施体制とするために、国内の学協会におけるディスカッションをリードしてきた産業技術総合研究所の岡根研究グループ長をプロジェクトリーダーとし、産業技術総合研究所を中核機関に、早稲田大学、東北大学等の協力を得て、素材メーカーとして群栄化学工業(株)、装置メーカーとしてシーメット(株)、鋳造メーカーとして(株)木村鋳造所、(株)コイワイ等を加えるとともに、実用化に向けた研究を加速する目的で日産自動車(株)、(株)IHI等といったユーザー企業も参画する、集中研方式により技術開発に取り組む体制を想定している。

### ③ 次年度に予算要求する緊急性について

鋳造は、最大1,700度で溶かした金属を型の中に注ぎ込み、冷却・凝固させて製品が造られ、自動車用部品、産業機械用部品など広く用いられている。鉄を高温で溶解する

ために電力を大量に使用し、トン当たりの製造原価に占める電気料金の割合は1割に達する電力多消費産業のうちの一つ。かかる状況において、東日本大震災を契機としてエネルギー供給制約があり、金属を溶融している途中で停電等が起これば、全ての原料が無駄になるほか、節電や電気料金の値上げ等、鑄造業にかかるダメージが大きい。

鑄造業は、我が国の製造業を支えてきた基盤的なものづくり産業であるが、急激な円高など新たな課題が発生し、立地環境の「6重苦」の中で産業の空洞化と国内雇用の喪失に大きな懸念がもたれており、企業の海外移転など、我が国の鑄造事業者の環境は極めて厳しい。

早急に、国内の鑄造事業者を日本に引き留め、国内雇用の安定等を図るためにも、次世代のコア技術となる新たな生産技術を開発し、当該立地環境の中においても海外と競争して勝てる、高付加価値の製品を作るシステムを確立することが急務である。

#### ④国が実施する必要性について

・科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性（我が国が強みを持ち、世界に勝てる技術分野か、また、他の研究分野等への高い波及効果を含む）

我が国の製造業を支えてきた基盤的なものづくり産業である鑄造業は、急激な円高など新たな課題に直面し、立地環境の「6重苦」の中で産業の空洞化と国内雇用の喪失に大きな懸念がある。加えて、我が国の鑄造事業者は、中小企業が多く、技術力は高いものの研究開発、設備投資、人材育成に要する資金力が不足している。これまでは、ものづくりの基盤となる分野よりもハイテク分野等に技術開発予算がまわり、我が国の基盤を支えてきた産業の体質が弱まってきている。早急に産学官の叡智を結集し、ものづくり基盤技術開発を行うべきである。

本提案事業では、ものづくり産業における高付加価値製品の製造に係る革新的な技術開発を行い、我が国の製造業の国際競争力を強化する。加えて、国内雇用の安定を図り、経済活性化や国民生活の質の向上を図る。そのために、国主導で研究開発を行う必要がある。

また、この生産技術による超複雑形状鑄造品は、電気自動車や発電機、医療機器などの非大量生産が求められる今後の成長分野において、軽量化・複雑形状化と高信頼性のある高付加価値製品（需要の創出効果は、自動車、船舶、エネルギー等で1300億円）を生み出すものであり、鑄造業のみならず、我が国の製造業全体にとって世界をリードし、かつ新たな産業の創出、競争力確保を実現するものであり、国が実施すべき、プロジェクトである。

#### ・未来開拓研究、民間とのデマケの整理

未来開拓研究の部素材分野の研究開発に登録。

鑄造業は、中小事業者が多く、研究開発、設備投資、人材育成に要する資金力が不足しているが、国主導の研究開発として取り組むことで、産学官の叡智を結集させることが可能となる。各大学の持つ基礎研究部分を活用し、それら要素技術をベースに、中小鑄造業者を含む民間企業が、公設試験研究機関、産業技術総合研究所等とも連携し、実用化につなげるべく研究開発を行う。

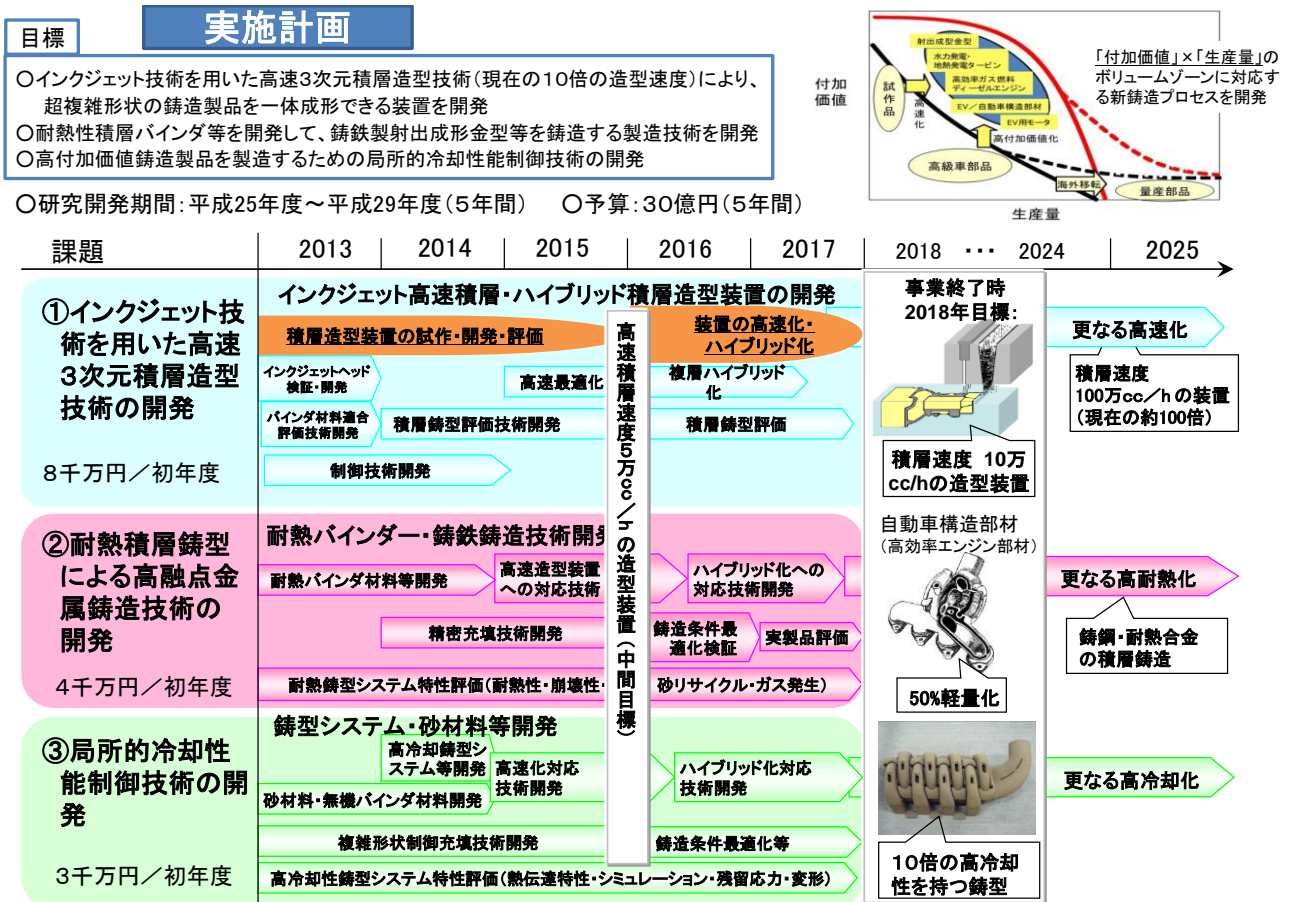
また、試作した鑄造品は、ユーザーである自動車メーカー、産業機械メーカー等から評価を受け、開発にフィードバックしながらプロジェクトを推進する。

⑤省内又は他省庁の事業との重複について

当該提案事業は、素形材産業の一つである鋳造業における生産技術の開発であり、経済産業省において素形材産業を所掌する製造産業局素形材産業室が率先して取り組む事業であり省内又は他省庁の事業との重複はないと認識。

一方で、本研究開発の成果を普及させていくフェーズでは、ユーザー企業である自動車、産業機械等を所管している同じ製造産業局内の自動車課、産業機械課等と強力な連携体制を取り事業化の推進に努める予定。

3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等



## 第2章 評価コメント

### 新規研究開発事業の創設の妥当性に対するコメント

#### ①政策的位置付けの妥当性について

自動車用部品、産業機械用部品などに広く用いられ、我が国の製造業を支えてきた鑄造技術において、近年、部品の薄肉・軽量化、複雑形状化、高精度化した超複雑形状鑄造技術の開発が求められている。新興国と差別化し高付加価値製品の製造を可能とする省エネ型の先進的ものづくり技術の研究として推進すべき事業である。

なお、できるだけ安価な積層造型装置の開発が望まれるとともに、研究開発の内容として3D-CAD データとのマッチングや鑄造シミュレーションと連動した研究を加えることにより、さらなるコスト低減やリードタイム短縮につながることを期待できる。

#### ○肯定的意見

- ・ 鑄造は、わが国の社会基盤産業である自動車産業、産業機械産業、輸送機器産業、電気機器産業等にとって、これらを支える不可欠な要素産業である。近年、鑄造産業は製造コストの面から新興国への技術の流出、追いつきが激しくなっている。従って、わが国においては他の追従を許さない新しい技術革新のもと、複雑形状の高機能鑄造品の高度な製造技術の確立とその製造の量産技術の確立、そして高付加価値ならびに高品質な鑄造品の製造が、日本がこれからの生き抜くために強く求められており、本提案事業の必要性は著しく高い。
- ・ 発電タービン用羽根車、エンジン部品など比較的多く生産されている工業製品で複雑形状部品は数多い。鑄造は製品・部品の形状が複雑であればあるほど素形材成形プロセスの中で最も適した成形プロセスである。  
今後、日本で生残れる素形材製品には、さらなる国際競争力が求められ、そのためには一にも二にも高付加価値化であり、これを実現する技術の飛躍的な向上を図ることが重要である。

#### ○問題点・改善すべき点

- ・ 本技術はわが国だけでなく海外に対しても大きなインパクトを与えるであろう。なお、できるだけ安価な積層造型装置の開発が望まれる。
- ・ 鑄造プロセスにおいては、
  - (1) 機械加工が省略できる複雑形状部品のネットシェープ化
  - (2) 成形工程を省略し軽量化をめざした部品の一体化が重要であり、ここに力点をおいて研究を進め、他の追従を許さない技術開発が喫緊の課題である。

## ②事業の目的及び実施によるアウトプット、アウトカムの妥当性について

事業の目的は明確であり、開発技術のアウトプットも目標値を含めて明瞭に設定できている。軽量で高剛性、性能の高効率ならびにコンパクトにして高付加価値をもった他には負けない超複雑三次元構造形状(中空構造を含む)の鋳造品の一体成型・一体鋳造生産技術とその量産プロセス技術を開発することは誠に大きな意義があり、本提案事業の重要性は明らか。

また、本事業の技術の達成により、金属溶解歩留りの向上、ディーゼルエンジンの効率向上、射出成形金型のサイクルタイムの低減、EV 自動車部材の軽量化等々による省エネルギーの結果、大量の二酸化炭素ガスの削減(およそ 180 万トン/年)が期待できることは、環境問題、地球温暖化問題に大きく貢献するものである。

なお、事業実施中には、常に開発技術を適用・導入したライン(モデルライン、パイロットプラント)を意識して行くと、事業のアウトプット、アウトカムをより明確にすることができる。

### ○肯定的意見

- ・事業の目的は明確であり、開発技術のアウトプットも目標値を含めて明瞭に設定できている。
- ・これまで、鋳造で高付加価値かつ中量生産部品のネットシェープ化を実現できるプロセスがなかった(単品ではフルモールド法、量産品ではシェルモールド法)。また、模型製作に時間がかかる鋳造の弱点を補い、3D 高速積層造型技術が完成すれば、他の成形プロセスに比べてどれよりも早く製品化することができ、多くのビジネスチャンスにつながるものといえる。
- ・高付加価値ならびに高品質な鋳造品の製造には、軽量で高剛性、性能の高効率ならびにコンパクトにして高付加価値をもった他には負けない超複雑三次元構造形状(中空構造を含む)の鋳造品の一体成型・一体鋳造生産技術とその量産プロセス技術を開発することは誠に大きな意義があり、本提案事業の重要性は明らかである。
- ・鋳造産業は自動車産業、産業機械産業、輸送機器産業、電気機器産業等にとって基盤的産業であるが電力多消費産業であるため、昨今のエネルギー供給の制約、急激な円高などの課題が発生し、企業の海外移転による産業の空洞化と国内における雇用の喪失は大きな社会的問題である。国際競争力の確固たる強化と経済の活性化を図るためには、新興国の追従を許さない高度な技術による高付加価値製品の製造を可能にし、持続的発展を遂げていかなければならない。本提案事業はそれに十分に値し、この事業は国の事業として緊急に推し進めなければならない。
- ・このための鋳造技術として、将来発展し高度な鋳造品製造技法の主流の一つとなる CAD・CAM 技術を駆使する迅速成形技術であるインクジェット法のラピッドプロトタイピングにより、中空構造やアンダーカットが存在する構造の 3D 構造化部材創造プロセスの技



術革新を目標としたことはまさに当を得ている。

- 超複雑形状鋳造品として、電気自動車用軽量化モーターケース、自動車等の高効率ディーゼルエンジン用ブロック、高効率ガスタービンブレード、省エネ・高速プロセス対応の射出成形金型等を対象とすることは、それぞれの分野の将来の技術進展を見据えた結果として誠に妥当であろう。
- 模型レスの砂型作製及び一体型複雑形状中子作製のために3次元の砂型を積層造型して作製するラピッドプロトタイピングのインクジェット方式においては、現状の技術では鋳型、中子の積層速度すなわち製造速度が極めて遅く、生産性が著しく低いため、試作品の製作程度にしか用いられてきていない。ラピッドプロトタイピングの積層装置は性能が良いのは現在外国製でかなり高価であり、中小企業では対応が難しい。さらにそれらの装置では、砂粒が1種類のみしか使用できないため自由度がなく、バインダも有機バインダのみでガス発生による環境問題があり、積層速度がおよそ3 cm/hと非常に遅く、生産性は悪い。バインダの耐熱性も低く、高融点金属に適用できない状況である。従って現状では低融点金属や樹脂などの試作用に用いられているに過ぎない状態である。本事業の提案では、短時間硬化バインダの開発、砂粒とバインダの同時供給技術の開発およびマルチヘッド制御システムの開発による現在の10倍の高速積層造型技術、1,700度の鋳鉄溶湯にも耐え強度と崩壊性を持ち合わせた低粘性無機バインダの開発とその適用技術、熱伝導率・熱膨張率・強度の異なる複数の砂粒、金属粒、バインダを用いて冷却性能を向上・制御する新しいハイブリッド積層技術等を開発する高いレベルの技術革新によって、現状の諸問題を解決し、ラピッドプロトタイピングにおいてこれまではできなかった中程度の量産製造プロセスが可能になると確信される。さらに製造コストの低減も大いに期待される。また、物性の異なる砂粒、金属粒、バインダを複合積層する技術は初めてのものであり、高度な技術が要求され、期待が大きい。
- 複合積層造型技術により積層材質を局所的に変更して造型し、鋳造された溶湯の冷却速度の向上、指向性凝固の促進により、低欠陥、高品質の鋳造品の製造を可能として製造歩留りを上げ、押湯の大幅な減少により材料消費量を低減してその溶融のためのエネルギー消費、電力消費の大きな低減を可能にすることは、今日のエネルギー・電力問題に対して大きな貢献ができる。
- 本事業の技術の達成により、金属溶解歩留りの向上、ディーゼルエンジンの効率向上、射出成形金型のサイクルタイムの低減、EV自動車部材の軽量化等々による省エネルギーの結果、大量の二酸化炭素ガスの削減（およそ180万トン/年）が期待できることは、環境問題、地球温暖化問題に大きく貢献するものである。
- 本事業の実施体制は、産業技術総合研究所を中核機関として、研究、開発、製造においてわが国の最先端をいく技術力を有する研究所、大学、素材メーカー、鋳造メーカー、ユーザー企業で構成されていて、本事業の達成と鋳造業界への普及は確実と思われる。
- 自動車メーカー、産業機械メーカーで使用する超複雑形状鋳造品の大きさは、大小様々である。素材メーカーや装置メーカーに自動車関連や産業機械関連ユーザーを巻き込んでオールジャパンで取り組んでいるので、将来の市場の様々な要望に応える形となっている。

○問題点・改善すべき点

- ・事業実施中には、常に開発技術を適用・導入したライン（モデルライン、パイロットプラント）を意識して行くと、事業のアウトプット、アウトカムをより明確にすることができる。

③事業の優先性について

これまで実現できなかった中空構造やアンダーカット部などを有する超複雑、超薄肉形状の鋳造品を一体鋳造できる3次元積層造型技術を根本的に進化させて活用する画期的な造型・鋳造プロセスは、付加価値と生産性の両方を著しく高めるもので、世界をリードする革新技術である。鋳造産業のみならずわが国の製造業全体にとっても活力ある生産を創出し、国際競争力を確保し、社会の活性化を可能とするもので、可及的速やかな達成が望まれ、その緊急性から国の指導のもと優先的に実施することが望ましい。

また、東日本大震災を契機にエネルギー供給の制約が求められており、電力節約のための省エネルギーの観点からも、省エネ・高速プロセスとなる研究開発として緊急性を要する事業である。

○肯定的意見

- ・これまで実現できなかった中空構造やアンダーカット部などを有する超複雑、超薄肉形状の鋳造品を一体鋳造できる3次元積層造型技術を根本的に進化させて活用する画期的な造型・鋳造プロセスは、付加価値と生産性の両方を著しく高めるもので、世界をリードする革新技術である。鋳造産業のみならずわが国の製造業全体にとっても活力ある生産を創出し、国際競争力を確保し、社会の活性化を可能とするもので、可及的速やかな達成が望まれ、その緊急性から国の指導のもと優先的に実施することが望ましい。
- ・東日本大震災を契機にエネルギー供給の制約が求められており、電力節約のための省エネルギーの観点からも、省エネ・高速プロセスとなる研究開発として緊急性を要する事業である。
- ・地球環境、エネルギーの観点から早急な実用化が期待されているEV/自動車用部材にも、モータや構造材など複雑形状部品が多くあり、これを成形可能な鋳造技術の確立が急務である。

④国が実施することの必要性について

鋳造産業は自動車産業、産業機械産業、輸送機器産業、電気機器産業等にとって基盤

的産業であるが電力多消費産業であり、その 90%が中小企業であるため、昨今のエネルギー供給の制約、急激な円高などの課題が発生し、企業の海外移転による産業の空洞化と国内における雇用の喪失は大きな社会的問題である。将来の産業の存亡を決するような技術開発は、鋳造業では難しく、国が先導して産学官の連携するスキームを作ることが必要。

国際競争力の確固たる強化と経済の活性化を図るためには、新興国の追従を許さない高度な技術による高付加価値製品の製造を可能にし、持続的発展を遂げていかなければならない。本提案事業はそれに十分に値し、この事業は国の事業として緊急に押し進めなければならない。

#### ○肯定的意見

- ・ 鋳造産業は自動車産業、産業機械産業、輸送機器産業、電気機器産業等にとって基盤的産業であるが電力多消費産業であるため、昨今のエネルギー供給の制約、急激な円高などの課題が発生し、企業の海外移転による産業の空洞化と国内における雇用の喪失は大きな社会的問題である。国際競争力の確固たる強化と経済の活性化を図るためには、新興国の追従を許さない高度な技術による高付加価値製品の製造を可能にし、持続的発展を遂げていかなければならない。本提案事業はそれに十分に値し、この事業は国の事業として緊急に押し進めなければならない。
- ・ 現在の PR (Rapid Prototyping) 装置やバイндаなどは外国製が主流であるので、新規研究開発事業で行う技術が実現できれば、短納期化、スムーズな量産移行などで我が国の高性能技術として優位にたてる。超複雑形状の精密鋳造において我が国が技術開発における主導権を確保し競争力を維持するためにも国の事業として強力に取り組む必要がある。
- ・ 我が国の鋳造業は 90%を超える中小企業の生産に負っている。将来の産業の存亡を決定するような技術開発は、いち企業いち機関では難しく、国が先導して産学官が連携するスキームの必要性は高い。すでに英国では、国が先導して、従来は多くの機関に振り分けていた資源を、バーミンガム大学を中心としたスキームに一極集中させ成功しているが、この事例を我が国でも参考にできる。

### 第3章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針

本研究開発事業に対する評価小委員会のコメント及びコメントに対する推進課の対処方針は、以下のとおり。

#### 【事業名：超複雑形状鋳造生産技術(ハイパー・キャスト・テクノロジー)開発事業】

##### 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つい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。

##### 対処方針

- ① 本技術の適用先はほぼ全ての鋳造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、少量生産の精密鋳造メーカー、自硬性鋳型鋳造メーカーであるが、金型鋳造メーカー、砂型鋳造メーカーにおいても本技術の中子製造に特化して適用することにより、鋳造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。試作装置完成後は鋳造設備メーカーとの連携開発により、これら砂型・金型鋳造メーカーに広く普及を図る計画である。
- ② 本プロジェクトでは装置、バインダ材料、鋳型製造・鋳造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。

**超複雑形状鋳造生産技術(ハイパー・キャストイング・テクノロジー)開発費**  
 平成25年度概算要求額 1.5億円(新規)

製造産業局 素形材産業室  
 03-3501-1063

**事業の内容**

○目的

ものづくり産業の基盤技術である鋳造業の生産プロセスについて、革新的技術開発を行い、エネルギー消費の大幅削減、グリーンイノベーションに対応する電気自動車用軽量部品や火力発電所の高効率ガスタービン部品などの高付加価値製品を、一体成形・中量生産を目指すと共に、省エネルギー化と総合的な温室効果ガスの削減を目指します。

○開発内容

上記目的を達成するため、超複雑形状鋳造品の高生産性技術開発として、以下の3テーマを実施します。

- ・高速3次元積層造型技術の開発
- ・耐熱積層鋳型による高融点金属鋳造技術の開発
- ・局所的冷却性能制御技術の開発

○事業期間、事業規模

平成25年度～平成29年度(5年間) 事業費総額 30億円

○期待される効果

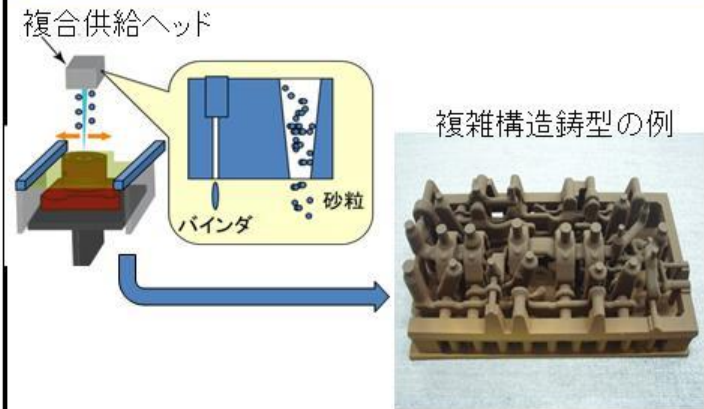
- ・鋳造品の特徴である高剛性のある部材を軽量化できる、さらに中空一体構造で生産することで、EV用部品等の重量を50%削減、自動車の燃費の向上、発電用ガスタービンの高効率化等による省エネ化が見込まれます。これらによるCO2削減量は180万トンを想定しています。
- ・自動車・船舶等の高効率エンジンへの当該製品の適用、鋳造品の金型等の新規需要の合計で、需要創出効果は、1,300億円。
- ・超複雑形状の鋳造品は、多方面に適用が可能。将来的には、航空宇宙分野、医療分野等への展開が期待されます。

**条件(対象者、対象行為、補助率等)**

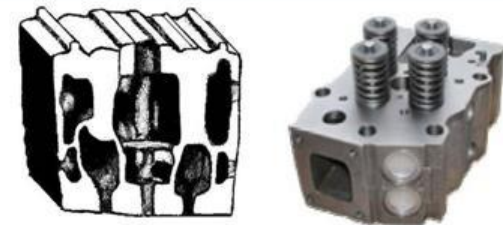


**事業イメージ**

**高速3次元積層造型技術の開発**



**超複雑形状鋳造品の波及効果**



次世代ディーゼルエンジン

- ・高速3次元積層造型システムの構築により模型レスのオーダーメイド鋳造製品の製造が可能
- ・従来製品に比べ、肉厚を薄くすること及び中空一体構造とすることで、重量比で50%の削減が可能
- ・従来よりも、熔解する金属を削減でき、使用する電力を約22億kwh削減(年間)することが可能

