

SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)

革新的構造材料

研究開発計画(案)

(平成26年3月27日版)

内閣府

研究開発計画の概要

1. 意義・目標等

我が国の輸出産業の中で工業素材の存在感は向上し、他産業の国際競争力をも牽引するものとなっている。しかし、新興国は猛追しており、工業素材の国際競争力の強化は、我が国全体の競争力維持に直結する課題である。また、我が国が直面するエネルギー問題においても、エネルギー転換・利用効率向上による省エネルギー、排出ガス削減が求められている。このため、強く、軽く、熱に耐える革新的材料を開発し、輸送機器・発電等産業機器への実装実現を行うとともに、エネルギー転換・利用効率向上をも実現する。また、これら材料技術を基盤に、航空機産業を裾野産業も含め、育成、拡大し、2030年までに部素材の出荷額を1兆円にしていこう。

2. 研究内容(一部非公表)

主な研究開発項目を以下に記す。

- (a) 航空機用樹脂の開発と CFRP の開発
- (b) 耐環境性セラミックスコーティングの開発
- (c) 耐熱合金・金属間化合物等の開発
- (d) マテリアルズインテグレーション

3. 実施体制

岸輝雄がプログラムディレクターとして研究開発計画の策定や推進を担う。同氏を議長、内閣府が事務局を務め、関係省庁や専門家で構成する推進委員会が総合調整を行う。独立行政法人科学技術振興機構交付金を活用して公募を実施する。同法人内に選考委員会を設置し、適切な評価のうえ、推進委員会と連携をしながら研究開発計画に基づき、最適な研究課題を臨機応変に選定し、大学、企業等によって構成される研究チームを構成し、研究課題を実施する。同法人のマネジメントにより、各課題の進捗を管理する。

4. 知財管理(P)

知財委員会を独立行政法人科学技術振興機構に置き、各受託機関で出願される知的財産の動向を把握・管理し、産業利用する際の利便性向上につながるよう、各受託機関と調整を行う。

5. 評価

ガバニングボードによる毎年度末の評価の前に、研究主体による自己点検及びプログラムディレクターによる自己点検を実施する。また3年をめぐりに研究課題の評価を実施し、必要に応じて研究チームを再編することで、高い研究開発レベルが維持できるようにする。

6. 出口戦略(一部非公表)

出口指向の研究推進として、輸送機器・産業機器等に使われる材料の研究開発を推進し、研究開発段階から社会実装を最短で実現する研究開発体制と仕組みを構築する。成果普及に際しては、利用される分野に応じた標準化・規格化・安全評価手法およびそれらの認定手法策定を推進するとともに、分野に応じた規制・基準等による導入促進策の展開を図る

1. 意義・目標等

(1) 背景・国内外の状況

20世紀末において、我が国の国際競争力を牽引してきたのは、自動車に代表される輸送機器、電子・電気・精密機器産業に代表される加工組立型産業が中心であった。特に日本独自の改良を加えた電気製品は、輸出商品として世界市場に浸透していった。しかし新興国の市場参入によるグローバル化により、企業間での覇権争いは激化しており、日本の産業・貿易構造は大きな転換期を向かえている。

また一方で、我が国はエネルギー問題に直面している。特に東日本大震災を機に、我が国でのエネルギーの利用のあり方が多くの国民の関心事項となっており、また世界的にも二酸化炭素削減とあわせて、重要な課題となっている。今後、エネルギーの転換・利用率の更なる向上は、国を超えて求められる課題となっている。

(2) 意義・政策的な重要性

日本の工業材料技術は日本全体の産業を支えるために重要な役割を担っており、産業上多くのイノベーションは材料技術の成果が材料技術の成果を利用してなされている。しかしながら、工業材料分野も新興国は猛追している。工業素材の競争力は、そのまま輸送機器等の他産業の競争力にも直結する課題であり、さらには工業素材の技術革新は、新産業創出に直結するものである。今後、この分野の競争力維持・向上させるためにも産・学の英知を結集させ、技術革新を行うことが強く求められている。

このような工業素材の中でも、我が国が特に強い競争力を有するのが構造材料である。特に、高い技術力を有するハイテン（高張力鋼）は我が国の自動車産業を下支えしている。今後もこれら競争力を維持していくためにも、競争力のある新たな材料創製は必要不可欠である。特に、我が国が技術力を有するPMC（高分子基複合材料）や、樹脂等での技術革新は、これら構造材料の軽量化に大きく貢献でき、自動車産業、さらには航空機産業の発達に直結する技術となる。また同様にセラミックや耐熱合金技術の技術革新は、材料の耐熱性・靱性を向上させ、航空機用エンジン・発電プラントなどのエネルギー転換・効率に大きな革新をもたらすことができる。

このように、強く・軽く・熱に耐える革新的材料を創製し、輸送機器、発電等産業機器等への実装を実現することは、我が国の競争力強化のみならず、各種機器のエネルギー転換・利用効率向上をも実現し、世界的な、省エネルギー、排出ガス削減に大きく貢献するものである。また得られた材料技術を基盤に、航空機産業を裾野産業も含め、育成、拡大することが期待でき、我が国の産業育成にも大きく貢献できる。

(3) 目標・狙い

①社会的な目標

- ・車体及び機体の構造重量を半減可能な材料の開発・実装、及び発電機器への耐熱材料の適用によるエネルギー利用の効率化・省資源化・環境負荷低減の推進
- ・新たな構造材料研究拠点・ネットワークを構築し、イノベーションのための国際連携、人材育成も促進、持続的イノベーションを可能にする社会システムの構築

②産業面の目標

- ・材料技術を基盤に、航空機産業を育成（中・小型機を中心に、材料～部材～設計・製造のバリューチ

エーンを掌握)

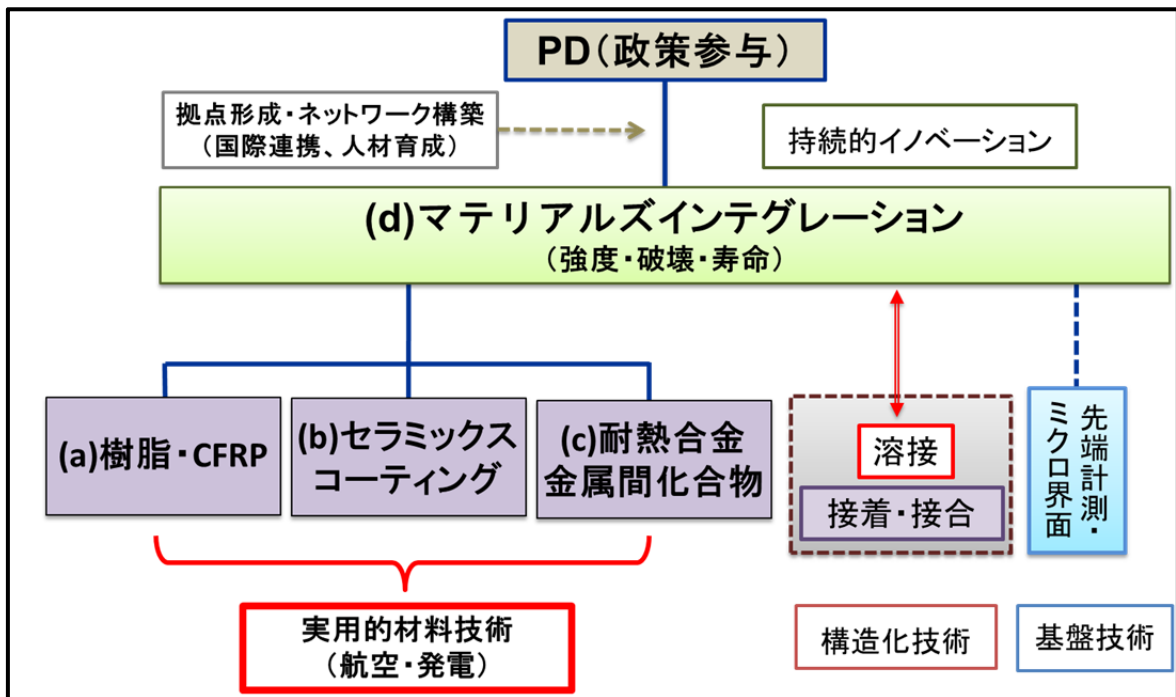
- ・2030年までに研究成果も生かした部素材の出荷額を1兆円規模への拡大に資する

③技術的目標

- ・あらゆる耐熱材料の世界トップレベルの製品を社会実装
- ・新しい材料を用途に応じて使いこなす革新的構造化技術を開発
- ・マテリアルズインテグレーションで材料開発期間を一桁短縮

2. 研究開発の内容

航空機機体・エンジン、発電設備、大型構造用 CFRP 材料開発を出口として、新材料利用技術の研究開発を行う。これを行うために、図表 2-1 に示した (a)樹脂・CFRP、(b)セラミックスコーティング、(c)耐熱合金・金属間化合物(生産技術も含む)、(d)マテリアルズインテグレーション、の4項目に取り組む。同時に、持続的イノベーションを生み出すための、先端計測・マイクロ界面、構造化技術(接着・接合・溶接)等の基盤技術や拠点形成とネットワーキングによる材料情報循環体制の構築も行う。



図表 2-1. 研究開発の概要

(a)航空機用樹脂の開発と CFRP の開発

(a-1) 研究開発の背景

熱可塑性樹脂を用いた CFRP は熱硬化性樹脂を用いた CFRP よりも鳥との衝突などに対する耐衝撃性に優れるために今後は航空機用エンジンのファンケースやファンブレードへの使用が拡大し、中小型機エ

ンジン等にも適用拡大や、燃費低減への貢献が期待できる材料である。また、現在一部のエンジンで使われている熱硬化 CFRP は製造に時間がかかるため、数物部品に向かないが、熱可塑 CFRP は製造時間が短く、生産性を大幅に向上することができる。

航空機用 CFRP の製造技術の動向としては、熱可塑性樹脂を用いた材料系への転換が国際的に検討されている状況にある。また、CFRP の成形コストを低減させることが、今後の本格的な FRP の適用部位拡大時に際して欧米にも勝てる国際競争力を持つために必要である。現在、CFRP の成形時間の短縮に関しては応用部位に応じて種々の技術開発が行われているが製品の競争力につながるために詳細は明らかにされていない。既存のオートクレーブを用いた技術に替わる方法は、いろいろな方法が試みられている。

(a-2) 研究開発の内容

本研究開発では、航空機用エンジン開発に必要な耐熱熱可塑性樹脂の開発と主に熱可塑性樹脂を用いた複合化プロセスや高成形サイクル・低価格成形の開発を行う。この他に、周辺技術として、樹脂材料等の開発にも取り組む。

【中間目標】(2016年度末時点)

- ・硬化時間ゼロで成形可能な新規熱可塑性樹脂及び樹脂を利用したFRP製造の基本プロセスの完成。
- ・大型設備投資を必要とせず、(設備投資が50%以下の)新規FRP製造プロセス技術の技術課題を明確化。

【最終目標】(2018年度末時点)

- ・開発する樹脂を用いたFRP製造技術が航空機用部品製造に展開可能に。
- ・従来のFRP製造プロセスをしのぐ簡易プロセス技術により、製造の高速化の達成。

(b) 耐環境性セラミックスコーティングの開発

(b-1) 研究開発の背景

航空機用エンジンにはより高温で材料を使うことが高効率燃焼や廃熱を最小限に抑え熱エネルギーの有効利用という観点からは欠かせない。軽量セラミックス部材の航空機エンジンへの適用は欧米と日本の国際的に競争のさなかにある。国際的に最高の性能を持つコーティングを開発適用することにより、航空機エンジン部材のタービン動翼・静翼、シュラウド等の大幅軽量化と使用環境下における部材の耐熱性、耐久性、並びに、信頼性の飛躍的向上を可能にできる。

(b-2) 研究開発の内容

国際的に未到達の 1400℃級の使用環境下で酸素遮蔽性や水蒸気遮蔽性を最大にすることができる新規セラミックス材料をコーティング材料として使いこなすために技術を開発し、材料開発だけでとどまることなく、工業材料としての社会実装に速やかにつなげる。同時に、コーティングと基材の接合の信頼性保証、重要関連技術として、開発するコーティングの使用時性能を最大限に発揮できる基材自体の開発と高性能化も同時に行う。

【中間目標】(2016年度末時点)

- ・1400°C級の耐高温過酷環境機能を持つコーティング材料の確定。
- ・コーティング技術の基本を完成し、効果の検証を完了。
- ・必要な周辺技術課題の開発方針を明確化。

【最終目標】(2018年度末時点)

- ・1400°C級コーティングが高温過酷雰囲気、部材の点検間隔時間以上機能するための材料及びプロセス技術の完成。
- ・コーティングを最大限活かすための周辺技術の完成と、応用技術へ速やかに展開を可能に。

(c) 耐熱合金・金属間化合物等の開発

(c-1) 研究開発の背景

Ti合金は航空機用エンジンのファンブレードなどの中高温部品、Ni合金はさらに高温度の部材として欠かせない最重要金属材料である。また、軽量で耐熱性のあるTiAl金属間化合物は低圧タービン翼へ適用され始め、今後は、前段の高温側への適用や高圧圧縮機後段翼への適用が検討されている。従来から、耐熱合金や金属間化合物の加工には鍛造や鋳造などの技術が用いられている。これらの材料の加工技術は部材のコストや信頼性と密接に関連しており、国際的に常に最新の材料加工技術を導入しようとする潮流が生じている。エンジン用材料の部材を短時間で精度よく、かつ、製造コストを抑えて作製するためには、従来技術を延長した研究では遅れをとることは明確である。

(c-2) 研究開発の内容

大型航空機部材製造のための鍛造技術構築のための実用鍛造プロセスに直接結びつく鍛造シミュレータ実験と解析を行う。また、新たな製造技術として、大型化・量産化につながる革新的鍛造技術や低コスト化に繋がる射出成形技術を開発する。これらの研究開発と並行して、使用を想定した試験、加速試験などを行う。

【中間目標】(2016年度末時点)

- ・1000t級大型精密鍛造シミュレータを用いた、鍛造シミュレータデータベースの作製手順の整備。
- ・難加工材料プロセス条件の最適化手法検討及びデータの取得。
- ・航空機エンジン部材用ニアネットシェープ成形技術及び射出成形技術の可能性検証。
- ・TiAl金属間化合物の部材製造プロセスの基本完成。

【最終目標】(2018年度末時点)

- ・精密鍛造シミュレータによる大型航空機用部材成型時の鍛造加工及び加工後の特性を予測可能に。
- ・最新の製造技術を利用した部材成形が完成し、工業的に応用できるレベルへの到達。

(d) マテリアルズインテグレーション

(d-1) 研究開発の背景

構造材料の開発には、多種多様の分野の知識が必要であり、しかも、構造材料は長い時間にわたり用いられる。例えば、一年間の使用であってもおよそ一万時間後の材料特性を知らなければならない。航空機

材料の中には、数十年の間使われ続けるものもある。このような場合、材料の使用環境下における、長時間後の材料の状態を知ることや、材料のパフォーマンスを理解し、研究開発にフィードバックすることが必要になる。しかし、シミュレーションのような計算機科学の延長だけでは、限られた範囲のデータから実用化に必要な未知の特性を予測したり、長時間使用した後の特性を予測することは難しい。現状では、経験や勘に基づく判断をしなければならないことが多い状況である。

最も重要なベンチマークとして、米国の「Integrated Computational Materials Engineering (ICME)」が挙げられる。ICME は様々な長さスケールの材料のモデリングをリンクさせて製品の設計やそれらを構成する材料設計にアプローチするもので、マテリアルズインテグレーションに近いコンセプトを有する。イノベーションの振興、先進製造技術の強化に向け、ICME の推進によって材料の開発期間を半分に短縮することを目指しており、「マテリアルゲノムイニシアチブ」として DOD、DOE、NSF、NIST の 4 機関に約 1 億ドル規模の予算を計上し、それらの機関およびそれにつながる大学、研究機関において様々な研究開発を進めているが、統合的なシステムの構築には至っていない。欧州でも、ドイツ Ruhr 大学の先進材料に関する融合研究センター「ICAMS」をはじめ、同様のアプローチが官民で進められているが、現象や空間スケールを統合したシステムには至っていない。また欧米では、材料や材料プロセスを限定した同様のシステム構築が商用ベースでも進められている。

(d-2) 研究開発の内容

本研究開発では、新規材料開発期間を短縮するために、近年の計算機科学、ネットワーク技術、データマイニング、数理解析、実験、データベースなどの技術・情報を融合し、構造体の使用環境における性能や性能の時間変化を予測可能とするシステムを開発する。このシステムを使うことにより、限られた範囲の特性測定から、材料全体の性能が俯瞰できるような計算機を利用した手法を提供する。

【中間目標】(2016年度末時点)

- ・マテリアルズインテグレーションの基本システムの完成。
- ・システムを金属加工プロセスに応用する手法の確定。
- ・重要構造材料分野での拠点を設立。

【最終目標】(2018年度末時点)

- ・マテリアルズインテグレーションシステムが材料開発の時間を一桁(開発時間を90%短縮)短縮するのに役立つことの証明。
- ・インテグレーションシステムを利用するための周辺技術の整備及び国内拠点を中心とした持続的イノベーションが行える体制の完成。

3. 実施体制

(1) 独立行政法人科学技術振興機構の活用

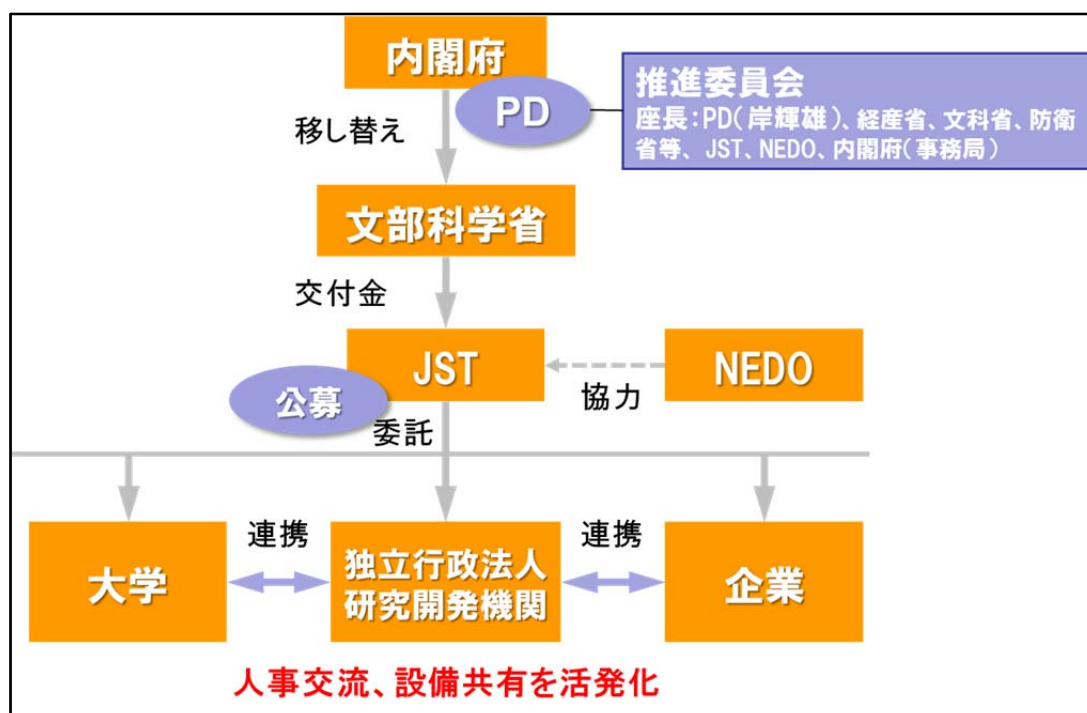
本件は、独立行政法人科学技術振興機構(以下 JST)への交付金を活用し、下図のような体制で実施する。JST は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下「NEDO」)の協力を得て、プログラムディレクターや推進委員会を補佐し、研究開発の進捗管理、自己点検の事務の支援、評価用資料の作成、関連する調査・分析などを行う。

(2) 研究主体の選定

JST は、本計画に基づき、研究課題、および研究課題を実施する研究主体を公募により選定する。選考に当たっての審査基準や審査員等の審査の進め方は、NEDO の協力を得て、JST がプログラムディレクター及び内閣府及び推進委員会と相談したうえで、決定する。審査には原則としてプログラムディレクター及び内閣府の担当官、外部有識者が参加する。応募課題に参加する研究者の利害関係者は当該課題の審査には参加しない。利害関係者の定義は JST が定める公募要領に明記するものとする。選考により研究課題が決まった後、本計画に研究課題、および研究主体、研究参加者を記載する。

(3) 研究主体を最適化する工夫

内閣府は、研究課題の進捗状況、および関係機関等で実施する技術調査等の調査結果や、社会情勢の変化に応じ、プログラムディレクターの判断で柔軟に研究体制を変化、対応させていく。具体的には、研究課題の変更、追加、研究主体の入れ替え、追加等を検討していく。



図表 3-1 実施体制

4. 知財に関する事項(P)

(1) 知財委員会

課題ごとに、知財委員会を独立行政法人科学技術振興機構に置く。

知財委員会は、研究開発成果に関する論文発表及び特許等（以下、「知財権」という。）の出願・維持等の方針決定のほか、必要に応じ知財権の実施許諾に関する調整などを行う。

知財委員会の担当範囲は、独立行政法人科学技術振興機構が執行する予算の範囲とする。

知財委員会は、PD または PD の代理人、主要な関係者、専門家から構成する。
知財委員会の詳細な運営方法等は、知財委員会を設置する機関において定める。

(2) 知財権に関する取り決め

独立行政法人科学技術振興機構は、秘密保持、バックグラウンド知財権（研究責任者やその所属機関等が、プログラム参加する前から保有していた知財権）、フォアグラウンド知財権（プログラムで発生した知財権）の扱い等について、予め委託先との契約等により定めておく。

(3) バックグラウンド知財権の実施許諾

他のプログラム参加者へのバックグラウンド知財権の実施許諾は、当該知財権者が定める条件に従い、知財権者が許諾可能とする。

当該条件などの知財権者の対応が、SIP の推進に支障を及ぼすおそれがある場合、知財委員会において調整し、合理的な解決策を得る。

(4) フォアグラウンド知財権の取扱い

フォアグラウンド知財権は、原則として産業技術力強化法第 19 条第 1 項を適用し、発明者である研究責任者の所属機関（委託先）に帰属させる。

再委託先等が発明し、再委託先等に知財権を帰属させる時は、知財委員会による承諾を必要とする。その際、知財委員会は条件を付すことができる。

知財権者に事業化の意志が乏しい場合、知財委員会は、積極的に事業化を目指す者による知財権、実施権の保有を推奨する。

参加期間中に自らの意志で脱退する者は、当該参加期間中にSIPの事業費により得た成果（複数年度参加していた場合には、参加当初からの全ての成果）の全部または一部に関して、脱退時に独立行政法人科学技術振興機構に無償譲渡させること及び実施権を設定できることとする。

知財権の出願・維持等にかかる費用は、原則として知財権者による負担とする。共同出願の場合は、持ち分比率、費用負担は、共同出願者による協議によって定める。

(5) フォアグラウンド知財権の実施許諾

他のプログラム参加者へのフォアグラウンド知財権の実施許諾は、知財権者が定める条件に従い、知財権者が許諾可能とする。

第三者へのフォアグラウンド知財権の実施許諾は、プログラム参加者よりも有利な条件にはしない範囲で知財権者が定める条件に従い、知財権者が許諾可能とする。

当該条件などの知財権者の対応が、SIP の推進に支障を及ぼすおそれがある場合、知財委員会において調整し、合理的な解決策を得る。

(6) フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転の承諾について

産業技術力強化法第 19 条第 1 項第 4 号を準拠し、フォアグラウンド知財権の移転、専用実施権の設定・移転の承諾には、合併・分割により移転する場合や子会社・親会社に知財権の移転、専用実施権の設定・

移転の承諾をする場合等(以下、「合併等に伴う知財権の移転等の場合等」という。)を除き、独立行政法人科学技術振興機構の承認を必要とする。

合併等に伴う知財権の移転等の場合等には、知財権者は独立行政法人科学技術振興機構との契約に基づき、独立行政法人科学技術振興機構の承認を必要とする。

移転後であっても当該実施権を独立行政法人 科学技術振興機構が保有可能とする。当該条件を受け入れられない場合、移転を認めない。

(7) 終了時の知財権取扱いについて

プログラム終了時に、保有希望者がいない知財権については、知財委員会において対応(放棄、あるいは、JST 等による承継)を協議する。

(8) 国外機関等(外国籍の企業、大学、研究者等)の参加について

当該国外機関の参加が課題推進上必要な場合、参加を可能とする。

適切な執行管理の観点から、研究開発の受託等にかかる事務処理が可能な窓口または代理人が国内に存在することを原則とする。

国外機関等については産業技術力強化法第19条第1項を適用せず、知財権は独立行政法人科学技術振興機構と外国機関等の共有とする。

5. 評価に関する事項

(1) 評価主体

PD と独立行政法人科学技術振興機構等が行う自己点検結果の報告を参考に、ガバニングボードが外部の専門家等を招いて行う。この際、ガバニングボードは分野または課題ごとに開催することもできる。

(2) 実施時期

- 事前評価、毎年度末の評価、最終評価とする。
- 終了後、一定の時間(原則として3年)が経過した後、必要に応じて追跡評価を行う。
- 上記のほか、必要に応じて年度途中等に評価を行うことも可能とする。

(3) 評価項目・評価基準

「国の研究開発評価に関する大綱的指針(平成24年12月6日、内閣総理大臣決定)」を踏まえ、必要性、効率性、有効性等を評価する観点から、評価項目・評価基準は以下のとおりとする。評価は、達成・未達の判定のみに終わらず、その原因・要因等の分析や改善方策の提案等も行う。

- ①意義の重要性、SIPの制度の目的との整合性。
- ②目標(特にアウトカム目標)の妥当性、目標達成に向けた工程表の達成度合い。
- ③適切なマネジメントがなされているか。特に府省連携の効果がどのように発揮されているか。
- ④実用化・事業化への戦略性、達成度合い。
- ⑤最終評価の際には、見込まれる効果あるいは波及効果。終了後のフォローアップの方法等が適切かつ明確に設定されているか。

(4) 評価結果の反映方法

- 事前評価は、次年度以降の計画に関して行い、次年度以降の計画等に反映させる。
- 年度末の評価は、当該年度までの実績と次年度以降の計画等に関して行い、次年度以降の計画等に反映させる。
- 最終評価は、最終年度までの実績に関して行い、終了後のフォローアップ等に反映させる。
- 追跡評価は、各課題の成果の実用化・事業化の進捗に関して行い、改善方策の提案等を行う。

(5) 結果の公開

- 評価結果は原則として公開する。
- 評価を行うガバニングボードは、非公開の研究開発情報等も扱うため、非公開とする。

(6) 自己点検

①研究責任者による自己点検

PD が自己点検を行う研究責任者を選定する(原則として、各研究項目の主要な研究者・研究機関を選定)。

選定された研究責任者は、5.(3)の評価項目・評価基準を準用し、前回の評価後の実績及び今後の計

画の双方について点検を行い、達成・未達の判定のみならず、その原因・要因等の分析や改善方策等を取りまとめる。

②PDによる自己点検

PD が研究責任者による自己点検の結果を見ながら、かつ、必要に応じて第三者や専門家の意見を参考にしつつ、5.(3)の評価項目・評価基準を準用し、PD 自身、独立行政法人科学技術振興機構及び各研究責任者の実績及び今後の計画の双方に関して点検を行い、達成・未達の判定のみならず、その原因・要因等の分析や改善方策等を取りまとめる。その結果をもって各研究主体等の研究継続の是非等を決めるとともに、研究責任者等に対して必要な助言を与える。これにより、自律的にも改善可能な体制とする。

これらの結果を基に、PD は独立行政法人科学技術振興機構の支援を得て、ガバニングボードに向けた資料を作成する。

6. 出口戦略

①出口指向の研究推進

○輸送機器・産業機器等に使われる材料の研究開発を推進

- ・ 材料技術の基盤から設計・製造を含めた航空機のバリューチェーン掌握を視野に開発を推進
- ・ 新規材料利用を促進するための周辺技術である、接合・加工・安全についても研究開発を実施

○研究開発段階から社会実装を最短で実現する研究開発体制と仕組みを構築

- ・ マテリアルズインテグレーション構築による構造材料の社会実装の迅速化
- ・ 産-産および産-学連携による拠点・ネットワークの形成、国際連携による長期イノベーション戦略の構築

②普及のための方策

○利用される分野に応じ、標準化・規格化・安全評価手法やその認定手法の策定を推進し、開発素材の利用を促進

○分野に応じた燃費規制、トップランナー基準等によるユーザーサイドでの適切な導入を促進

○今後の社会動向に合わせて、中長期的に産業界で求められる構造材料のあり方を展望し、必要に応じて研究課題の変更等を実施

- ・ メーカーや、有識者へのヒアリング、内外の技術動向の調査等を行い、最適な研究が実施されるようなマネジメントを遂行