

# 革新的構造材料



# 「革新的構造材料」のご紹介

## ご挨拶

SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)は、CSTI(総合科学技術・イノベーション会議)が司令塔機能を発揮し、科学技術イノベーションを実現するものとして創設されました。SIPは府省・分野横断型のプログラムであり、基礎研究から実用化・事業化までを見据えて推進します。その課題の一つが「革新的構造材料」です。

日本の工業材料、特に構造材料は日本の産業全体を支え続けてきました。しかし、欧米に加えて新興国も猛追し、その国際競争力の強化が重要課題です。一方、エネルギー・環境の観点からは、排出ガス削減が求められています。

SIP「革新的構造材料」は、強く、軽く、熱に耐える革新的材料を開発し、航空機を始めとする輸送およびエネルギー産業での実機適用、エネルギー転換・利用効率向上を目指しています。さらに材料技術を基盤に、裾野産業も含めた我が国の航空機産業を育成、拡大していきます。

この目標を達成するために、航空機のエンジンおよび機体に用いられる部材を主な対象に、

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

の4つの研究開発項目を挙げ、研究開発を推進します。

本課題には産学官72機関(企業27、大学35、公的(非営利)機関10)が参画します。これらは拠点となる機関を中心にネットワークを構成し、連携して研究開発、人材育成、国際連携などにも積極的に取り組んでいきます。

SIP「革新的構造材料」の研究開発成果が日本の産業・エネルギーの課題解決に貢献するよう、努力を続けてまいります。関連する省庁をはじめ、皆様のご指導、ご鞭撻を宜しくお願い申し上げます。



PD(プログラムディレクター)

岸 輝雄

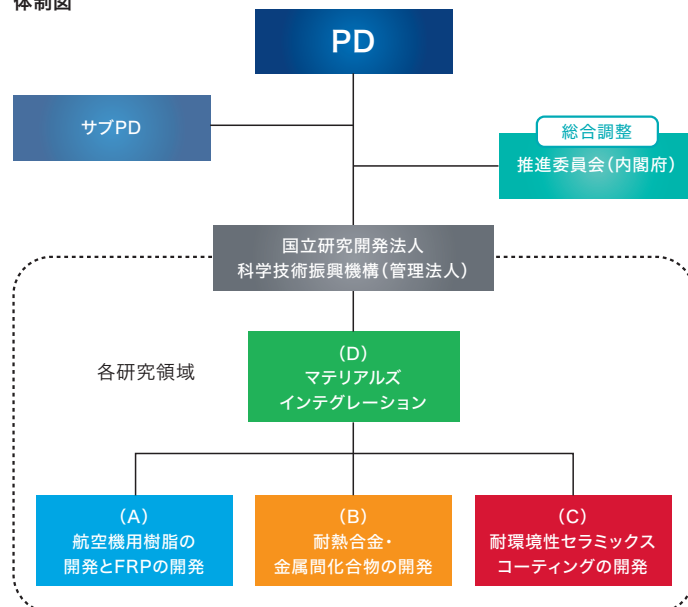
東京大学 名誉教授  
物質・材料研究機構 名誉顧問

## 概要

- PD 岸 輝雄(東京大学 名誉教授)
- サブPD 香川 豊(東京大学 教授)  
田中 千秋(元東レ代表取締役副社長)  
北岡 康夫(大阪大学 教授)
- 管理法人 国立研究開発法人 科学技術振興機構(JST)
- 研究開発項目
  - (A) 航空機用樹脂の開発とFRPの開発
  - (B) 耐熱合金・金属間化合物等の開発
  - (C) 耐環境性セラミックスコーティングの開発
  - (D) マテリアルズインテグレーション
- 参画機関(平成28年度) 全77機関  
(企業29・大学39・公的(非営利)機関9)
- 実施期間 平成26年度より5年間
- 事業費 平成28年度 36.90億円

- 革新的構造材料ホームページ  
<http://www.jst.go.jp/sip/k03/sm4i/index.html>
- 内閣府SIPホームページ  
<http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>
- JST SIPホームページ  
<http://www.jst.go.jp/sip/>

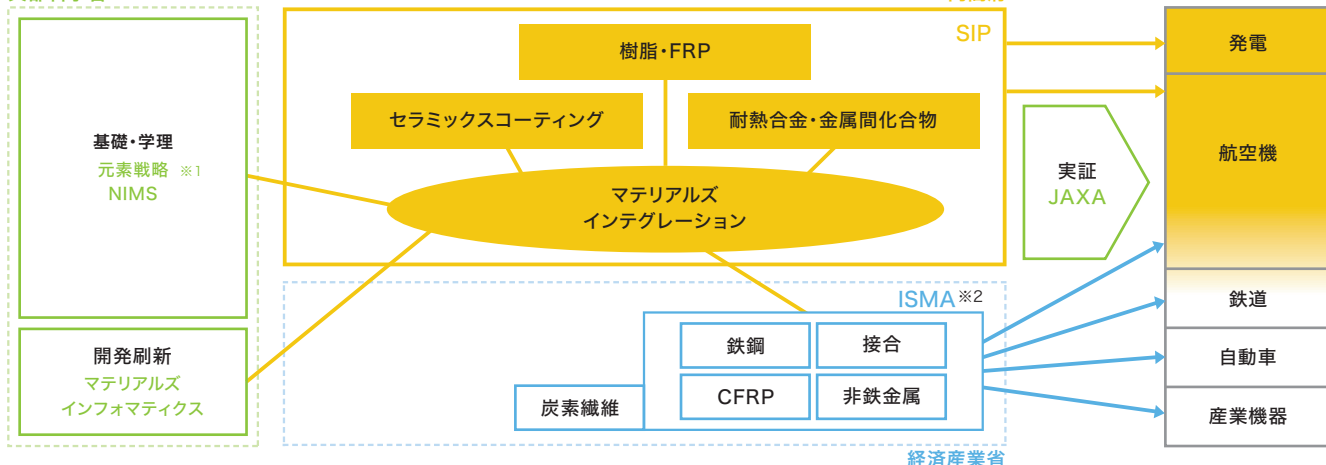
## 体制図



## 革新的構造材料研究の全体構想

内閣府、文部科学省、経済産業省が相互に補完して、包括的、全国的な構造材料研究を支援します。

文部科学省



## 研究拠点形成、人材育成、国際連携

本プロジェクト終了後も、日本の構造材料研究が持続的に発展するよう、各領域に研究拠点およびそれらを核とするネットワークを構築します。

それを基盤として、未解決課題のブレークスルーのための先端ナノ計測技術の活用、若手研究者のための人材育成、世界材料研究所フォーラム※などの協働による国際連携を推進します。

### 研究拠点に求められる機能

- コア・コンピタンス(Core Competence):  
他の追随を許さない技術、施設と、その共用  
・鍛造シミュレータ(1,500トン)、MIシステム、複合材料評価技術、セラミックスコーティング技術等
- 産学官共同研究・連携促進  
・研究者ネットワーク支援(ポータルサイトなど)  
・シンポジウム・ワークショップ企画運営  
・知財戦略・管理、調査・ベンチマーキング
- 人材育成プログラム企画運営
- 国際連携プログラム企画運営



※世界材料研究所フォーラム(WMRIF: World Materials Research Institute Forum)

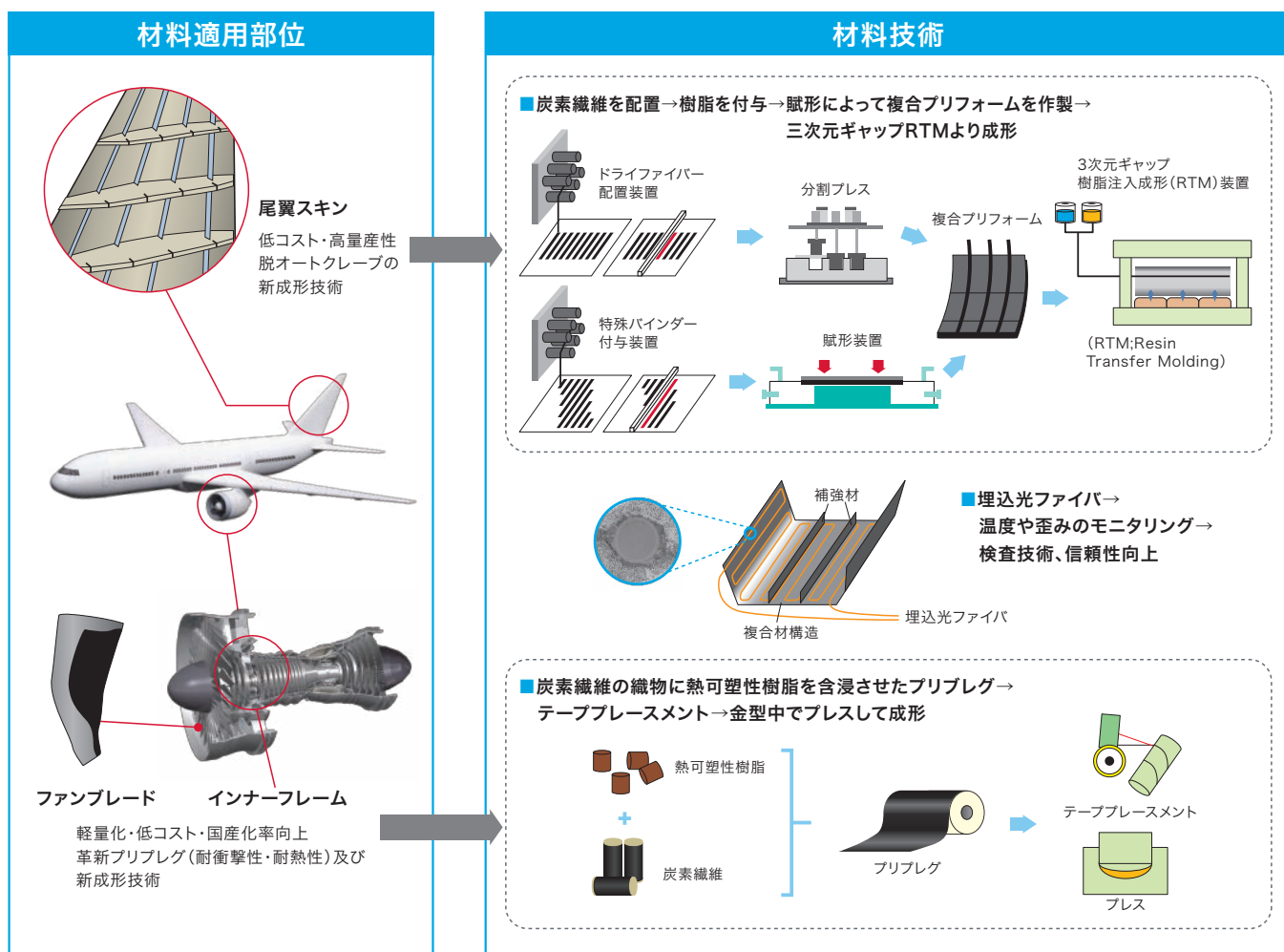
2005年、8カ国の15公的材料研究所長による世界研究所長会議をNIMSが主催、以来、世界の材料研究機関のネットワーク、共同研究、人材育成、ベンチマーキング等を促進する場として発展する。現在21カ国から50の材料研究所が加盟。



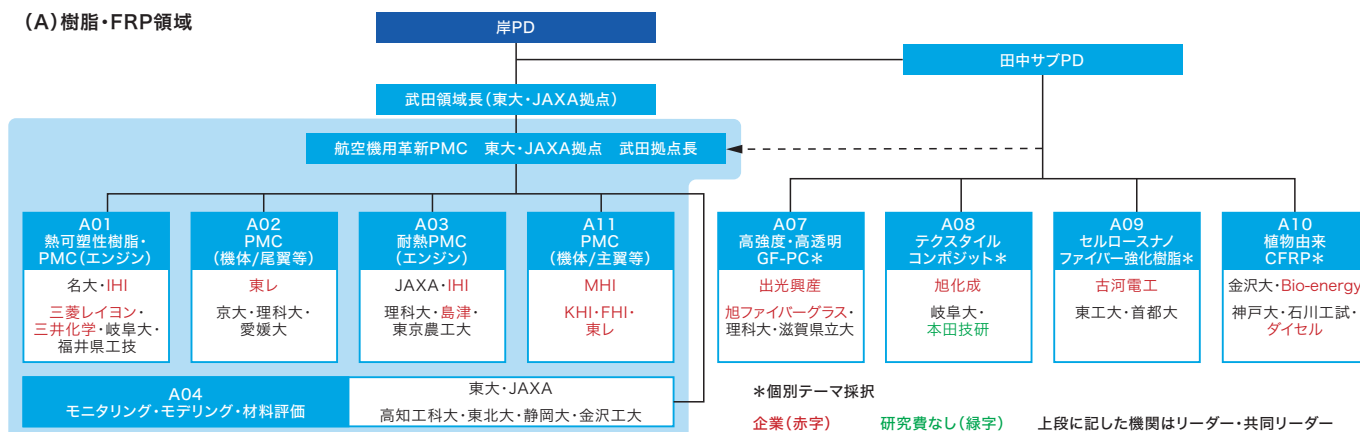
# 航空機用樹脂の開発とFRPの開発

- 既存のオートクレープ法に替わる主構造部材(尾翼等)の高品質、低コスト、高生産性を実現する材料とその製造技術の開発、および主構造部材(主翼等)への適用を狙った低コスト、高品質(強靱)なオートクレープ用プリプレグの開発
- 航空機エンジン部品に用いられる耐衝撃性・耐熱性に優れた熱可塑性プリプレグとその成形技術の開発、及び耐熱PMCの適用技術の開発による軽量化の達成
- 複合材構造の成形プロセスモニタリング、品質保証技術、非接触・非破壊検査技術、接合技術

PMC(Polymer Matrix Composites); 高分子基複合材

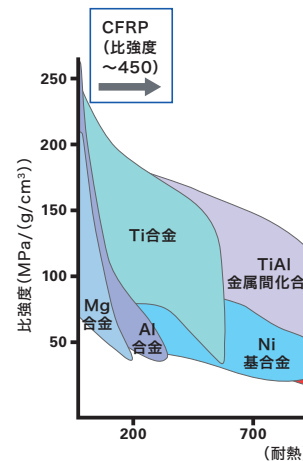
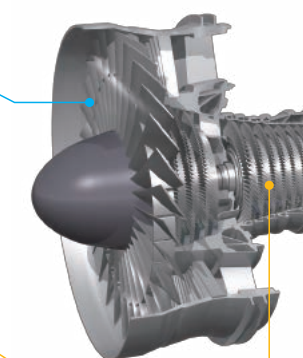
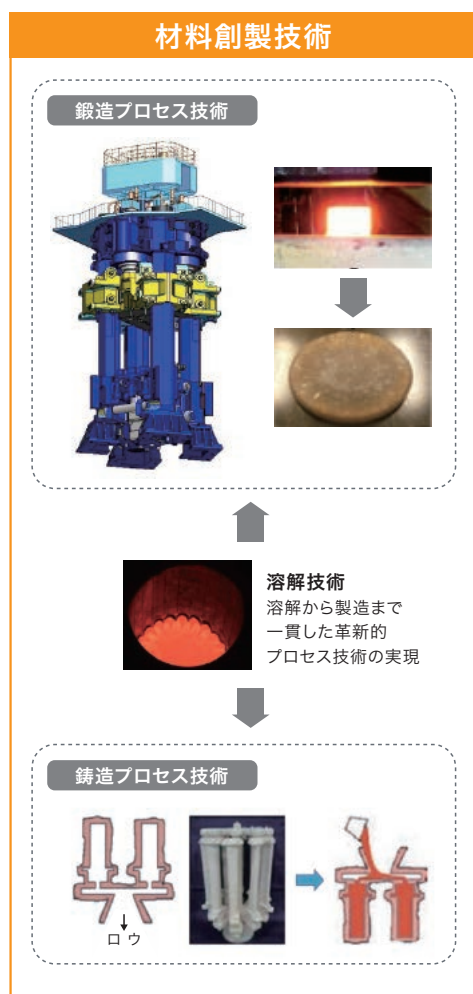
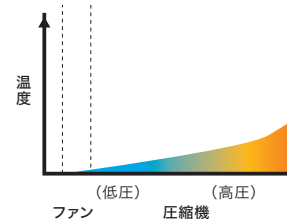


(A) 樹脂・FRP領域



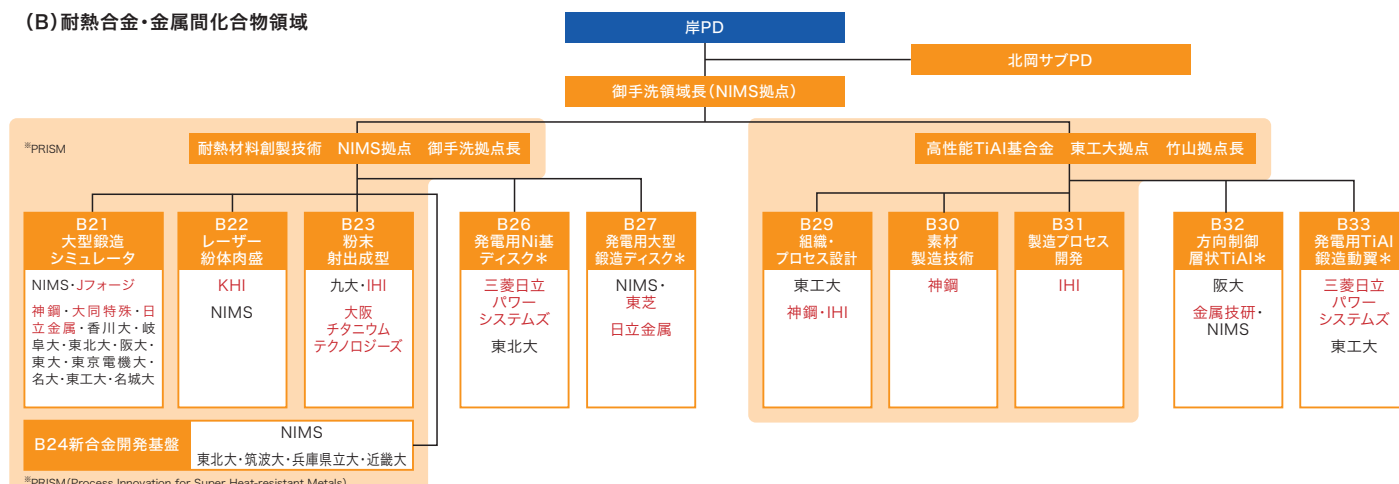
# 耐熱合金・金属間化合物等の創製技術開発

- 航空機エンジンや発電用タービンの主要材料であるTi合金やNi基合金等の革新的な大型・実用的鍛造技術、及びそれを支えるシミュレーション技術の開発やデータベースの構築
- 航空機・タービン部材への適用を目指した、施工性・生産性に優れたレーザー粉末肉盛技術や寸法精度・耐疲労特性に優れた粉末射出成形技術の開発
- Ti合金、Ni基合金等の次世代合金設計のための基盤技術開発
- 高圧圧縮機や低圧タービン翼向け、新材料として注目されるTiAl金属間化合物の材料設計、鑄造・鍛造技術の開発



対象材料

## (B) 耐熱合金・金属間化合物領域

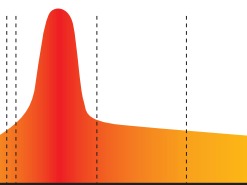


\*PRISM(Process Innovation for Super Heat-resistant Metals)

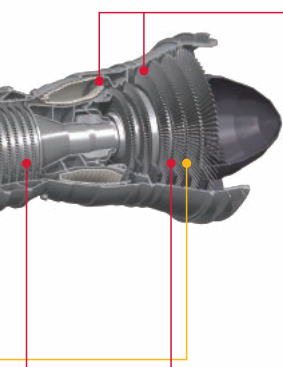


# 耐環境性セラミックスコーティングの開発

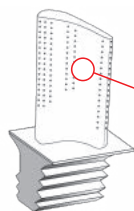
- 航空機エンジンの燃費改善とCO<sub>2</sub>排出削減に大きく貢献すると期待される  
耐熱・軽量セラミックス部材の実用化に向けて、高温の酸素・水蒸気環境からこの部材の表面を守り、  
長期使用を可能にする耐環境コーティング技術の開発
- 高靱性と耐熱性を併せもつ軽量セラミックス系部材へ適用可能な  
耐環境性コーティング技術の開発



(高圧) (低圧)  
燃焼器 タービン



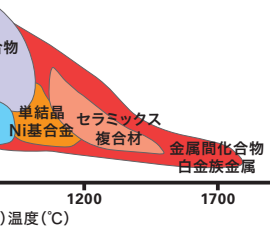
耐熱・軽量  
セラミックス部材



高圧タービン(動翼)  
その他、  
高圧タービン  
(静翼、シュラウド)  
燃焼器(ライナ)  
高温、酸素・水蒸気環境

表面を保護して部材の  
長期使用を可能とする  
高性能な環境性コーティング  
(EBC)が不可欠

EBC:  
Environmental Barrier Coating



の耐熱性

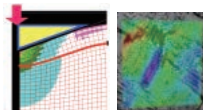
## 開発技術

### コーティング設計とそれを実現するプロセス技術

#### 耐環境性コーティング



電子ビームPVD成膜法によるEBC  
の構造制御と組成制御



熱応力解析や健全性評価  
解析等によるEBCの  
解析・評価

#### 界面制御コーティング



高強度レーザー 原料ガス

セラミック部材の力学特性・破壊特性から  
界面制御コーティングを解析・評価

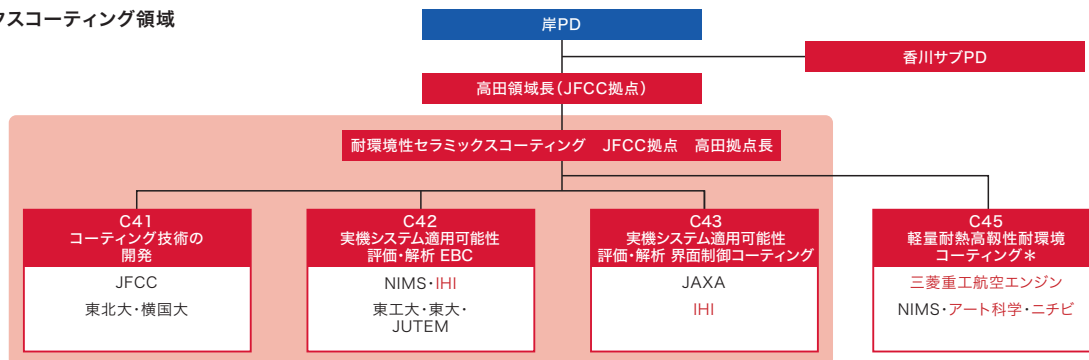
レーザーCVD法  
など

#### コーティングの評価

燃焼ガスによる熱サイクル試験で  
実機適用可能性を評価



## (C) セラミックスコーティング領域

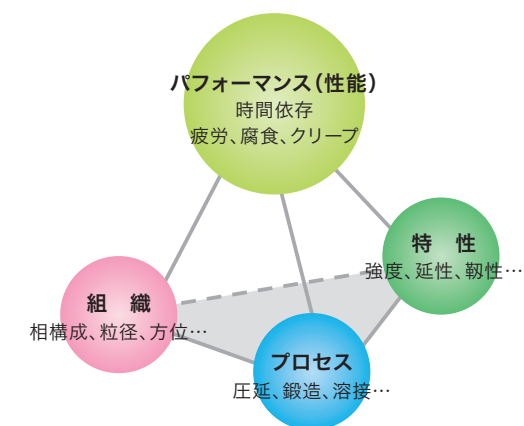




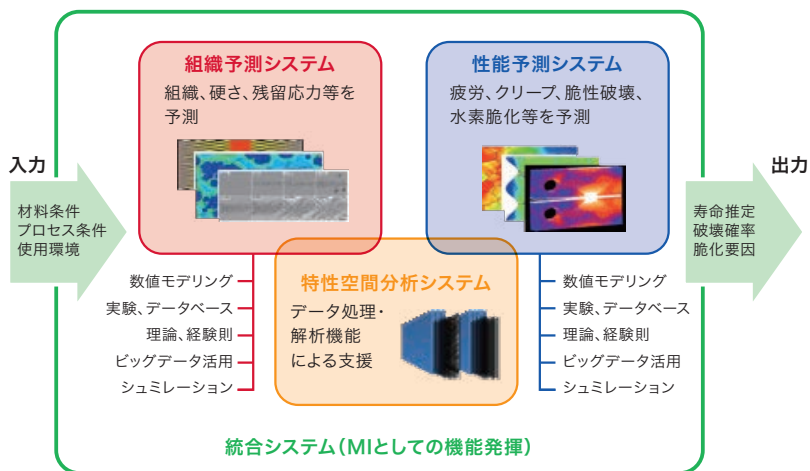
# マテリアルズインテグレーション(MI)

- これまでの材料科学の成果や経験知の活用と共に、データベース・実験・シミュレーション解析・ビッグデータなどの最先端の情報技術・科学技術を融合し、材料開発を工学的な視点に立って支援する総合的なシステムである「マテリアルズインテグレーション(MI)システム」の開発
- 開発時間の大幅短縮、開発の効率化・コスト削減、材料選択や利用加工プロセスの最適化、構造体の信頼性予測や診断・メンテナンス性の向上などに貢献
- 金属系MI、高分子MI、セラミックスMIの構築
- 研究拠点、人材育成、国際ネットワークの構築にも資するシステムの開発

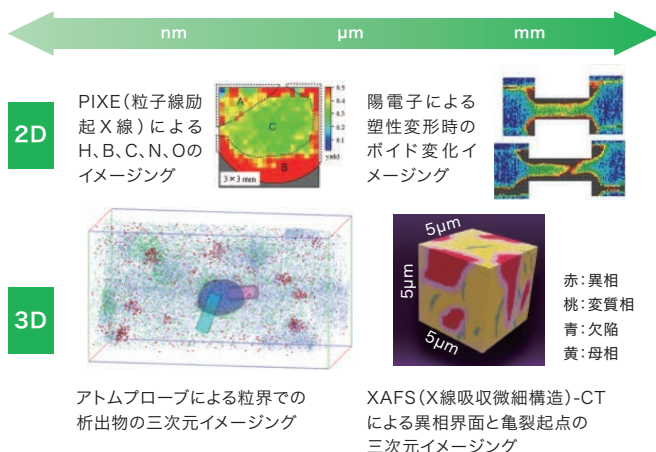
## MI;理論・実験・計算・データの融合



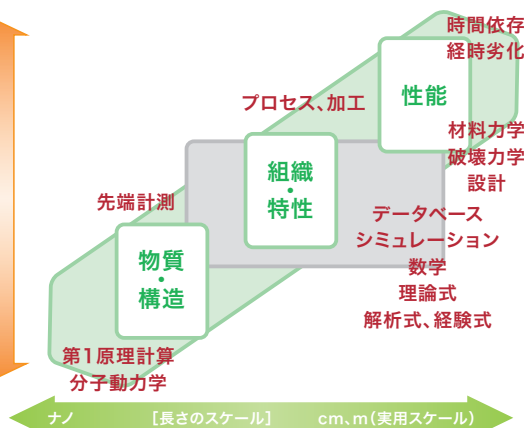
## 金属材料のMIシステム(高強度鋼の溶接継ぎ手性能を例題として先行実施)



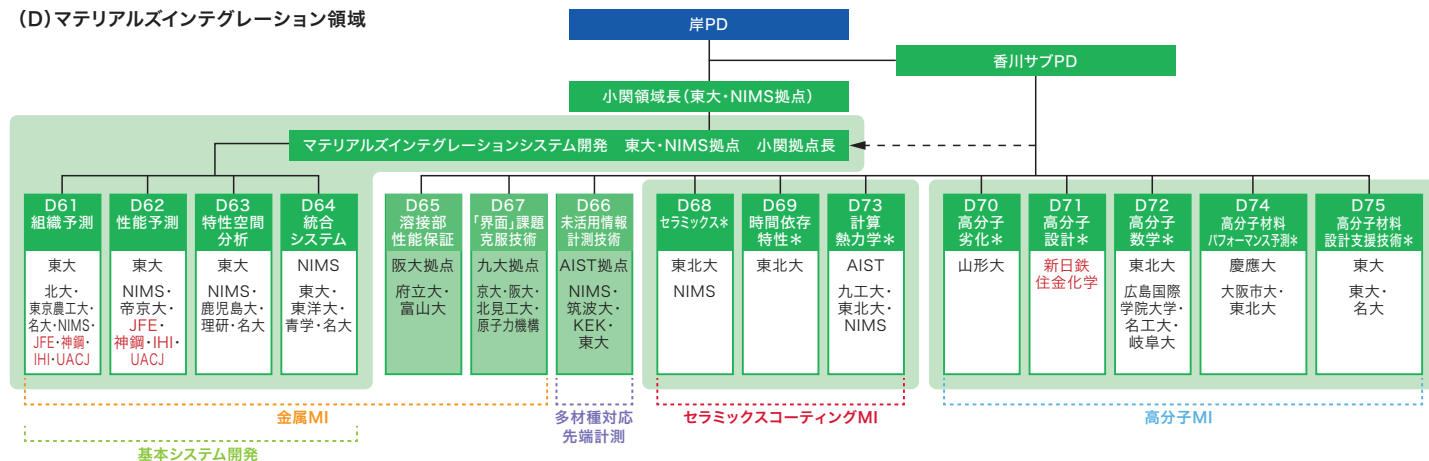
## 未活用材料情報を取得して、構造材料のパフォーマンスや寿命を予測



## 全ての構造系材料へMIを展開



## (D) マテリアルズインテグレーション領域



# 研究開発課題・ユニット一覧

## 航空機用樹脂の開発とFRPの開発

	No.	研究開発課題	ユニット名	ユニット代表者
拠点型課題	A01	航空機用高生産性革新PMCの製造・品質保証技術の開発	航空エンジン用途国産熱可塑性樹脂・CFRTP開発	荒井 政大(名古屋大学)、守屋 勝義(IHI)
	A02		高生産性・高信頼性脱オートクレープCFRP構造部材の知的生産技術の開発	遠藤 真(東レ)
	A03		耐熱高分子基複合材(耐熱PMC)の適用技術研究	石田 雄一(JAXA)、守屋 勝義(IHI)
	A04		成形プロセスモニタリング・モデリングの品質評価技術	◎○武田 展雄(東京大学)、岩堀 豊(JAXA)
	A11		高生産性・強靱複合材の開発	阿部 俊夫(三菱重工業)
個別テーマ実施型課題	A07	高強度・高透明GF-PC複合材料の開発		山尾 忍(出光興産)
	A08	構造部材用テキスタイルコンポジットの開発		山口 定彦(旭化成)
	A09	セルロースナノファイバー強化樹脂の開発		中島 康雄(古河電気工業)
	A10	植物由来の炭素繊維複合材料の開発		仁宮 一章(金沢大学)、濱 真司(Bio-energy)

領域長: 武田 展雄(東京大学)   ◎: 領域長   ○: 拠点長

## 耐熱合金・金属間化合物等の創製技術開発

	No.	研究開発課題	ユニット名	ユニット代表者
拠点型課題	B21	革新的プロセスを用いた	大型精密鍛造シミュレータを用いた革新的新鍛造プロセス開発と材料・プロセスDB構築	◎○御手洗 容子(NIMS)、石外 伸也(Jフォージ)
	B22	航空機エンジン用	航空機エンジン部品用レーザ粉体肉盛による革新的生産技術開発	井頭 賢一郎(川崎重工業)
	B23	耐熱材料創製技術開発	航空機エンジン部品用金属粉末射出成形技術の開発	三浦 秀士(九州大学)、黒木 博史(IHI)
	B24	(PRISM*)	新合金開発基盤	◎○御手洗 容子(NIMS)
個別テーマ実施型課題	B26	高強度Ni基ディスク材料の実用的加工プロセスの開発		今野 晋也(三菱日立パワーシステムズ)
	B27	発電用蒸気タービン向けの高強度大型鍛造ディスク部材の開発		木村 一弘(NIMS)、久保 貴博(東芝)
拠点型課題	B29	ジェットエンジン用	高性能合金の組織・プロセス設計指導原理の構築	○竹山 雅夫(東京工業大学)
	B30	高性能TiAl基合金の設計・製造技術の開発	高品位・低コスト素材製造技術開発	坂本 浩一(神戸製鋼所)
	B31		革新製造プロセス開発／検証	高橋 聰(IHI)
個別テーマ実施型課題	B32	方向制御層状TiAlタービン翼の製造技術開発		安田 弘行(大阪大学)
	B33	火力発電蒸気タービンプラント用TiAl鍛造合金動翼の開発		佐藤 順(三菱日立パワーシステムズ)

領域長: 御手洗 容子(NIMS)   ◎: 領域長   ○: 拠点長

\*PRISM(Process Innovation for Super Heat-resistant Metals)

## 耐環境性セラミックスコーティングの開発

	No.	研究開発課題	ユニット名	ユニット代表者
拠点型課題	C41	耐環境セラミックスコーティングの構造最適化及び信頼性向上	コーティング技術の開発	◎○高田 雅介(JFCC)
	C42		EBCの評価・解析	中村 武志(IHI)、垣澤 英樹(NIMS)
	C43		界面制御コーティングの評価・解析	後藤 健(JAXA)
個別テーマ実施型課題	C45	軽量耐熱高靱性耐環境コーティングの開発		牛田 正紀(三菱重工航空エンジン)

領域長: 高田 雅介(JFCC)   ◎: 領域長   ○: 拠点長

## マテリアルズインテグレーション(MI)

	No.	研究開発課題	ユニット名	ユニット代表者
拠点型課題	D61	マテリアルズインテグレーションシステムの開発	組織予測システムの開発	◎○小関 敏彦(東京大学)
	D62		性能予測システムの開発	榎 学(東京大学)
	D63		特性空間分析システムの開発	井上 純哉(東京大学)
	D64		統合システムの開発	渡邊 誠(NIMS)
拠点型課題	D65	溶接部性能保証のためのシミュレーション技術の開発	(金属MI)	○廣瀬 明夫(大阪大学)
拠点型課題	D67	「界面」を通じた、構造材料における未解決課題克服のための技術構築		○津崎 兼彰(九州大学)
拠点型課題	D66	構造材料の未活用情報を取得する先端計測技術開発		○大久保 雅隆(AIST)
個別テーマ実施型課題	D68	高温物質移動および組織の時間依存挙動のシミュレーション技術開発	(セラミックスコーティングMI)	松原 秀彰(東北大学)
	D69	計算機を用いた材料支援技術への時間依存特性導入技術		毛利 哲夫(東北大学)
	D73	構造材料開発に利用する計算熱力学に関する技術基盤構築		富蒲 一久(AIST)
	D70	高性能高分子材料の長期時間依存特性の予測技術の開発	(高分子MI)	栗山 卓(山形大学)
	D71	構造用高分子材料の実用型最適設計・総合評価支援ツールの開発		藤元 伸悦(新日鉄住金化学)
	D72	マテリアルズインテグレーションへの数学的アプローチ技術開発		西浦 廉政(東北大学)
	D74	非線形解析を用いた高分子材料のパフォーマンス予測技術(高分子材料パフォーマンス予測技術)		志澤 一之(慶應大)
	D75	原子・分子レベルからのアプローチによる高分子材料設計支援技術(高分子材料設計支援技術)		山下 雄史(東京大学)

領域長: 小関 敏彦(東京大学)   ◎: 領域長   ○: 拠点長



