



イノベーション拠点推進部 SIPグループ  
〒102-0076 東京都千代田区五番町7 K's五番町  
7, Gobancho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-0076, JAPAN

<http://www.jst.go.jp/sip/k03/sm4i/index.html>

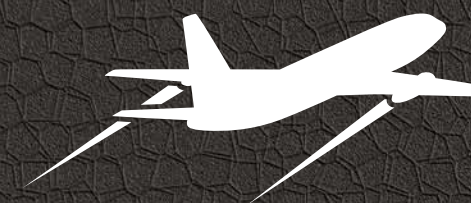


SIPとは、内閣府主導の下、府省の枠や旧来の分野を超えた横断的な取組みであり、産官学連携により基礎研究から実用化・事業化まで見据えた一気通貫で研究開発を推進しています。

Under the leadership of the Cabinet Office, the Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP) promotes interdisciplinary research and development covering from fundamental study to industrial application with industry-academia-government cooperation.

戦略的イノベーション創造プログラム  
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

# 革新的構造材料 Structural Materials for Innovation







強く、軽く、高温に耐える革新的構造材料の研究開発が日本の航空機産業の未来を拓く

Research and development of strong, light and heat resistant innovative structural materials is key for the future of Japanese aircraft industry

SIP「革新的構造材料」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

Program Director, SIP Structural Materials for Innovation

**Teruo KISHI**

Professor Emeritus, The University of Tokyo

Advisor Emeritus, National Institute for Materials Science (NIMS)

PD挨拶

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)は、総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)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ために創設した国家プログラムです。社会的に不可欠で、日本の経済・産業競争力にとって重要な11の課題について、府省連携、産学官連携を以て基礎研究から実用化・事業化を見据えて、一貫通貫で研究開発を推進しています。その課題の一つが「革新的構造材料」です。

「革新的構造材料」では、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、4つの領域で研究開発を推進しています。

(A) 航空機用樹脂の開発とCFRPの開発

(B) 耐熱合金・金属間化合物等の開発

(C) セラミックス基複合材料の開発

(D) マテリアルズインテグレーション

2014年度にスタートした本プログラムも最終年度に入り、残すところあと1年となりました。「革新的構造材料」の場合、米欧が席卷す

る航空機産業の一角に食い込むための出口戦略を構築し、SIP終了後もそれに沿った研究開発の継続及び事業化への取り組みが不可欠です。そのため、これからは、企業が実用化・事業化を見据えてより主導的に研究開発を率いていけるよう、各領域に企業を含む2名の長を置く、共同領域長制を導入いたしました。実用化・事業化に向けた知財戦略と拠点形成を同時並行で進めていきます。また、産業界の動向に対応し、セラミックス基複合材(CMC)の技術開発のため新たな研究開発テーマも開始しました。

平成29年度には内閣府ガバニングボードによる中間評価が行われ、おかげさまで大変高い評価をいただきました。これもひとえに関係者皆様のご支援とご協力の賜物と、心より感謝しております。後半も気を引き締めなおして、邁進し続ける所存です。

引き続き、皆様のより一層のご支援、ご協力をお願いいたします。

平成30年4月

Program Director's Greeting

SIP (Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program) is a national program led by the Council for Science, Technology and Innovation (CSTI) of the Government of Japan to realize scientific and technological innovation in Japan. SIP addresses 11 important science and technology subjects that are essential to society and important for Japanese economic and industrial competitiveness. Notably, the Program is based on close foresighted cooperation among industry, academia, and government agencies and covers a wide spectrum of projects ranging from basic research to practical application and commercialization.

One of the major subjects covered by SIP is “Structural Materials for Innovation (SM<sup>4</sup>I)”, which promotes research and development in four research domains, mainly for the components of aircraft engines and airframes.

(A) Development of polymers and CFRP

(B) Development of heat resistant alloys and intermetallic compounds

(C) Development of ceramic matrix composites

(D) Materials integration

This SIP was launched in FY 2014 and has entered the final year, leaving one more year before it ends.

In the case of "Structural Materials for Innovation", it is essential to establish an exit strategy which enables Japanese

industry to play a part in the global aircraft industry that is currently dominated by the United States and Europe, and to continue research and development even after SIP has finished.

To achieve this and enable companies to lead research and development with a view to commercialization, we have introduced the “co-leader system”, by assigning two leaders in each level of research group, including representatives from companies. We have also been promoting the strategy for intellectual properties and the establishment of the center of excellence concurrently, aiming at the industrial applications.

Furthermore, in response to industrial trends, we have also launched a new R&D unit on the processing technology of ceramic matrix composites (CMC).

In FY 2017, an interim assessment was conducted by the Governing Board of the Cabinet Office, and we received a very high evaluation thanks to everyone's support and cooperation. I am grateful for all your support to-date and appreciate your continued encouragement as we continue to push forward until the end.

April 2018

航空機産業において期待されるアウトカム  
Expected outcome in aircraft industry

航空関連生産実績  
Aviation production performance

1.82兆円 (2015年)  
1.82 trillion JPY (2015)

出典:一般社団法人日本航空宇宙工業界(世界市場 約50兆)  
Source: Society of Japanese Aerospace Companies  
(World market approximately 50 trillion JPY)

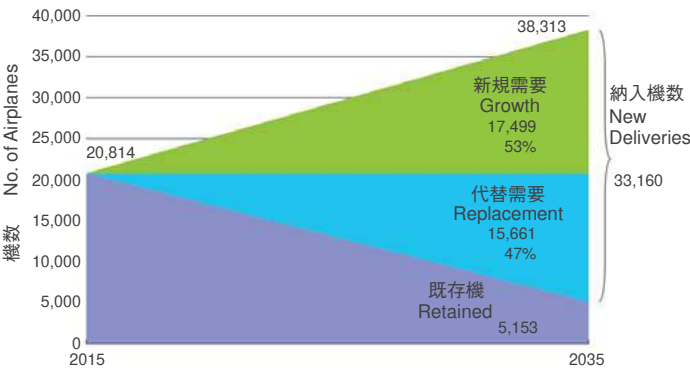
ターゲット:主に2030年以降の新規中・小型機  
Target: Mainly new small and medium-sized aircrafts manufactured after 2030

- ・材料～設計・製造のバリューチェーンを掌握
- ・国際競争力を有する材料プロセス技術を開発する
- ・Value chain of materials-design/manufacture
- ・Development of internationally competitive materials processing technology

2030年までに3兆円規模の  
アウトカム実現を目指す

Aim to realize 3 trillion JPY  
scale of outcome by 2030

ジェット旅客機の需要予測結果  
Fleet Developments of Passenger Jet



出典: (一財)日本航空機開発協会  
Source: Japan Aircraft Development Corporation

領域 Research Domain	テーマ (適用部位) Theme (Application Components)	2030年 出荷額試算 Estimated Shipment Value in 2030
(A) 樹脂・CFRP Polymers and CFRP	脱オートクレーブ(尾翼など) Out of Autoclave (Tail etc.)	1,800億円 180 billion JPY
	熱可塑性樹脂(ファン・ケース) Thermoplastic Resin (Fan / Case)	1,600億円 160 billion JPY
	CFRP(主構造) CFRP (Main Structure)	1.1兆円 1.1 trillion JPY
(B) 耐熱合金・金属間化合物 Heat Resistant Alloys / Intermetallic Compounds	Ti、Ni鍛造(圧縮機・タービンディスク等) Forged Ti Alloys / Ni-base Alloys (Compressor / Turbine Disk etc.)	4,800億円 480 billion JPY
	TiAl合金(高圧圧縮機・低圧タービン等) TiAl Alloys (High Pressure Compressor, Low Pressure Turbine etc.)	3,100億円 310 billion JPY
(C) セラミックス基複合材料 Ceramic Matrix Composites	CMC(高圧タービン等) CMC (High Pressure Turbines etc.)	2,200億円 220 billion JPY
合計 Total		2.4兆円 2.4 trillion JPY

内閣府 革新的構造材料の事業戦略動向に関する調査委託(2015) より  
Source: Survey on business strategy trends for Structural Materials for Innovation (2015)

# SIP「革新的構造材料」での取組み

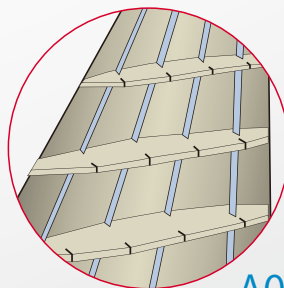
## SIP “Structural Materials for Innovation (SM<sup>4</sup>I)” Projects

強く、軽く、熱に耐える革新的構造材料を航空機に実装し、エネルギー効率向上の実現を目指す。日本の航空機産業を育成拡大するとともに、省エネルギー、CO<sub>2</sub>排出削減の実現によって世界に貢献する。

Implementation of strong, light, and heat resistant innovative materials structures into aircraft in order to realize improvement in energy efficiency. Nurture and expansion of Japan's aircraft industry and contribution to the world by saving energy and reducing carbon dioxide emission.

### (A) 樹脂・CFRP開発 (A) Development of Polymers and CFRP

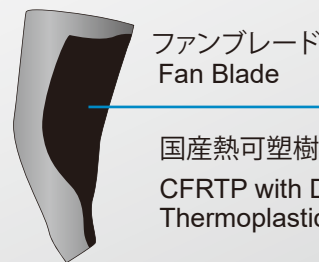
尾翼(脱オートクレーブ)  
Tail (Out of Autoclave)



A02

CFRP

尾翼スキン(主構造)  
Tail Skin (Main Structure)



ファンブレード  
Fan Blade

国産熱可塑樹脂CFRTP  
CFRTP with Domestic Thermoplastic Resin

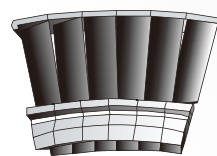
A01

A11 主構造  
Main Structure

### (B) 耐熱合金 (B) Heat Resistant Alloys

Ti合金・Ni基合金  
Ti Alloys and Ni-base Alloys

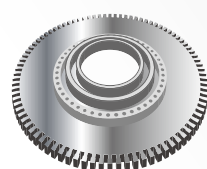
B23



タービン静翼  
(粉末射出成形)  
Turbine Stator Vane  
(Metal Injection Molding)

タービン圧縮機ディスク  
(鍛造)  
Turbine and Compressor  
Disk (Forging)

B21



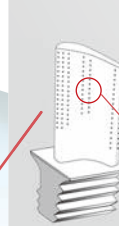
Ti合金  
Ti Alloys

B22



ファンケース  
(レーザー粉末肉盛)  
Fan Case  
(Laser Metal Deposition)

(C) セラミックス基複合材料  
(C) Ceramic Matrix Composites



熱衝撃緩和層  
Thermal shock reduction layer

水蒸気遮蔽層  
Water vapor shielding layer

酸素遮蔽層  
Oxygen shielding layer

結合層  
Bonding layer

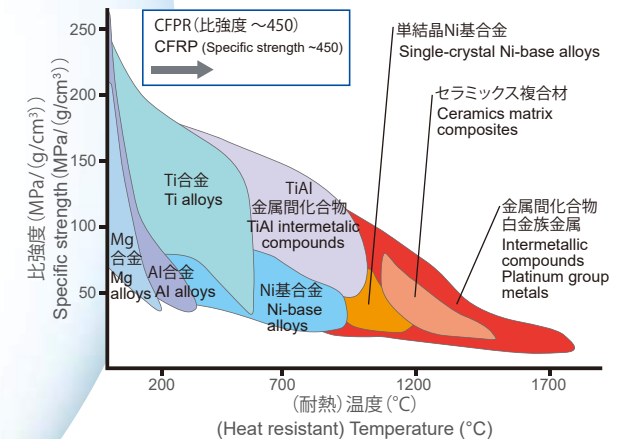
耐熱・軽量セラミックス  
Heat Resistant and Lightweight Ceramics

燃焼器・  
高圧タービン

Combustion  
Chamber and  
High-pressure  
Turbine

C41,42,46

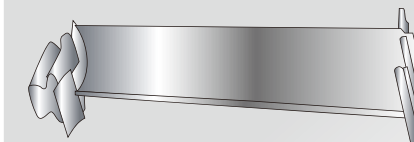
対象材料の耐熱性  
Heat Resistance of Target Materials



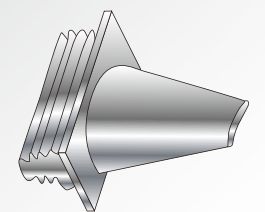
(B) 金属間化合物  
(B) Intermetallic Compounds

TiAl金属間化合物  
TiAl Intermetallic compounds

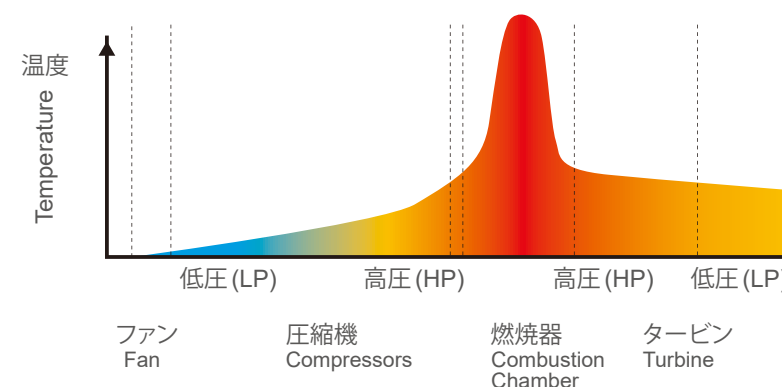
B29-31



低圧タービン静翼  
Low Pressure  
Turbine Stator



高圧圧縮機動翼  
High Pressure Compressor Rotor

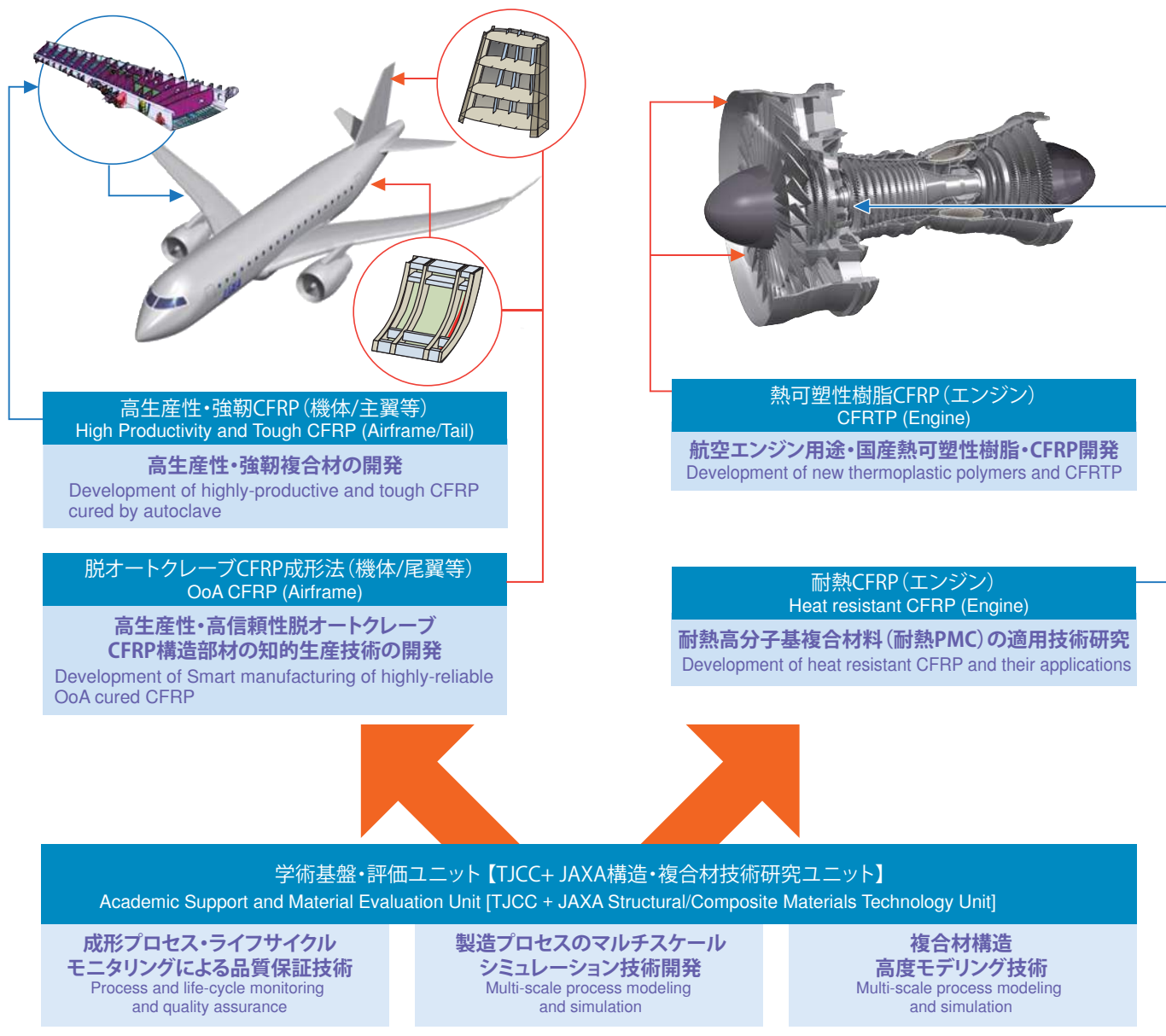




# A領域 航空機用樹脂の開発とCFRPの開発

## Development of Polymers and CFRP

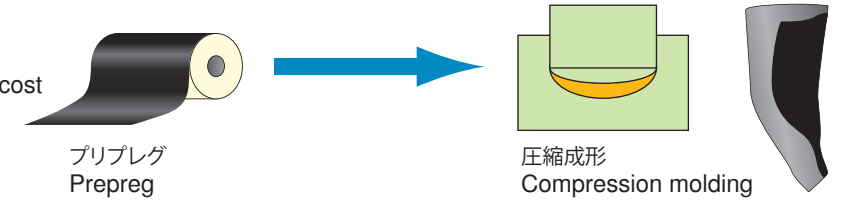
- 既存のオートクレーブ法に変わる主構造部材(尾翼等)の高品質、低コスト、高生産性を実現する材料とその製造技術の開発、および主構造部材(主翼等)への適用を狙った低コスト、高品質(強靱)なオートクレーブ用プリプレグの開発
- 空機エンジン部品に用いられる耐衝撃性・耐熱性に優れた熱可塑性プリプレグとその成型技術の開発、及び耐熱PMCの適用技術の開発による軽量化の達成
- 複合材構造の成型プロセスモニタリング、品質保証技術、非接触・非破壊検査技術、接合技術
- Development of materials and their manufacturing techniques for the realization of high quality, low cost, and high productivity of main structural parts (tail etc.) as an alternative to the existing autoclave method. And development of low cost, high quality (toughness) prepreg for autoclave with application to main structural parts (main wings etc.)
- Development of thermoplastic prepreg for the impact resistance and heat resistance for aircraft engine parts and its molding technology, and accomplishment of weight saving by development of technological applications of heat resistant PMC.
- Monitoring of molding process of composite structures, quality assurance technology, non-contact/non-destructive inspection technology, and bonding technology.



### 国産の熱可塑樹脂及び炭素繊維複合材によるプリプレグを用いたファンブレード

#### Fan blades using prepreg made of domestic thermoplastic resin and carbon fiber composite material

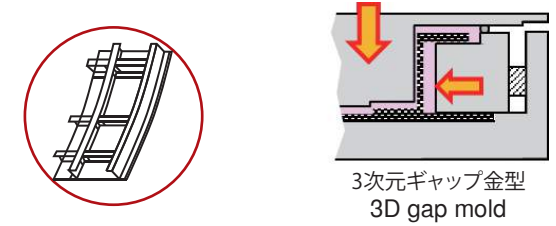
高衝撃強度、高品質、低コスト  
High impact strength, high quality, and low cost



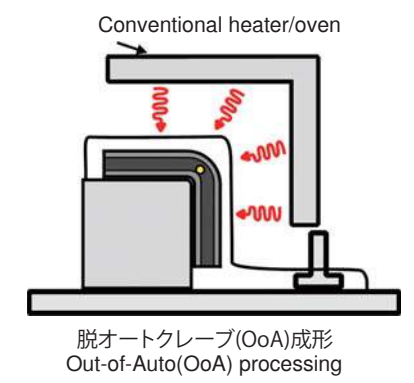
### 脱オートクレーブ成形による尾翼、ドア

#### Tail and door by the out of autoclave molding

**3次元ギャップRTM成形技術**  
成形時間: オートクレーブ比1/5  
**3D gap RTM (Resin Transfer Molding) technology**  
Molding time : 1/5 of molding by autoclave



**真空圧成形技術**  
Vacuum molding technology



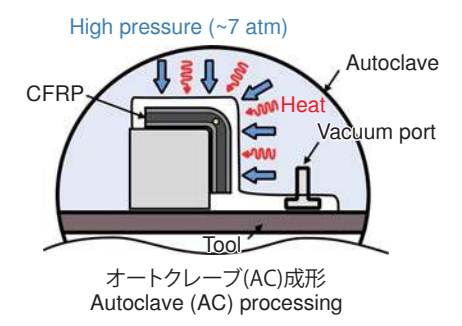
### オートクレーブ一体成形による主翼、機体構造

#### Co-cure autoclave manufacturing of main wing and body structures

強靱性複合材料の開発  
Development of novel tough CFRP

大型・複雑部材の一体成形の必要性  
Necessity of integral molding of large and complicated aircraft structures

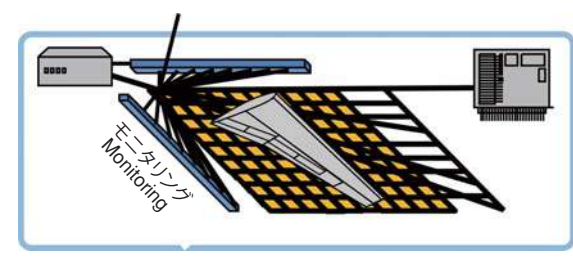
省エネ・低コスト成形技術への期待  
Energy-saving and low cost manufacturing technology



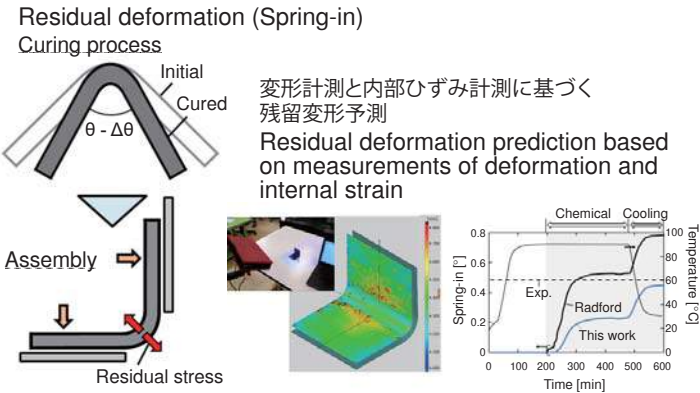
### CFRP材料の品質保証手法構築

#### Construction of quality assurance method for CFRP materials

光ファイバーによる成型中その場モニタリング技術と成型シミュレーションソフトウェア  
In-situ monitoring technology during molding with optical fiber and Molding simulation software



複雑形状部材残留変形のメカニズム定量解明と予測  
Quantitative elucidation and prediction of mechanism of residual deformation of complex shaped parts

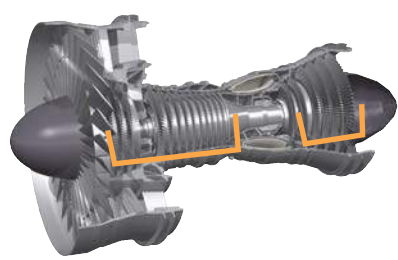




# B領域 耐熱合金・金属間化合物の開発

## Development of Heat Resistant Alloys and Intermetallic Compounds

- 大型鍛造シミュレータ (B21)、鍛造プロセス基盤 (B24)、発電用Ni基ディスク (B26)  
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
- レーザー粉末肉盛 (B22)、粉末射出成形 (B23)  
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
- Large-scale forging simulator (B21), Innovative forging process basis (B24), Ni-based wrought disk alloys for power generation (B26)  
Innovative large and practical forging technology for Ti and Ni-base alloys which are the main materials for aircraft engines and power generation turbines, and development of simulation technology and construction of database to support these materials.
- Laser Metal Deposition (B22), Metal Injection Molding (B23)  
Development of laser metal deposition technology with exceptional workability and productivity aiming for the application to aircraft and turbine components, and development of metal injection molding technology with outstanding dimensional accuracy and fatigue resistant characteristics.



### 【主な適用部位】 Main application components

- ・航空機エンジンの圧縮機のTi合金製部品全般およびタービンのNi基合金製ディスク
- ・発電用ガスタービンのNi基合金製ディスク
- ・For aircraft engines: compressor components of Ti alloys and turbine discs of Ni-based alloys
- ・For gas turbines for power generation: turbine discs of Ni-based alloys

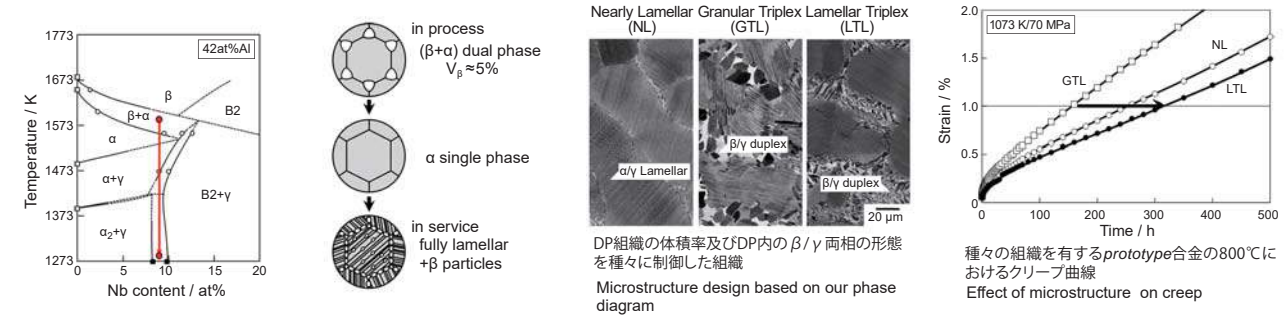
## 高性能TiAl合金の設計・製造技術の開発

### Development of design and production technology of novel TiAl alloys

軽量 (Ni基合金の約半分) で耐熱性 (~800℃) を特徴とするTiAl金属間化合物の加工性と品質向上、低コストを実現し、航空機エンジンへの実装を目指す

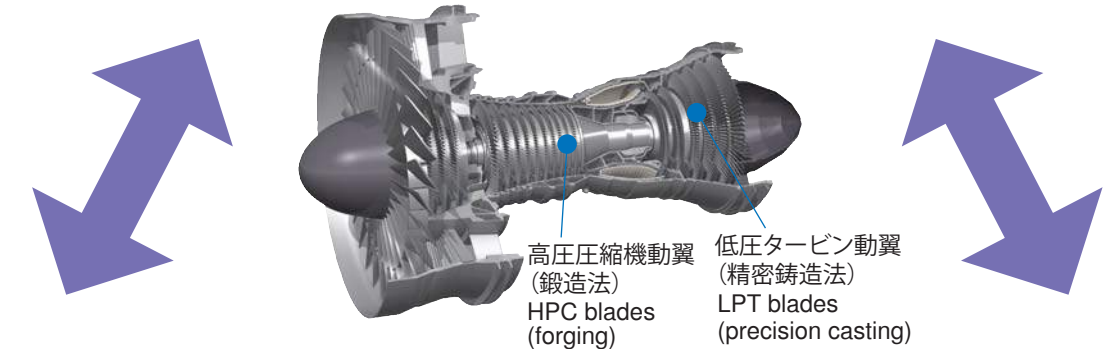
Realization of low cost, improved workability and quality for TiAl alloys characterized by lightweight (approximately half of Ni based alloys) and heat resistant (~ 800℃) and implementation on the aircraft engines.

- (1) 精緻な多元系状態図の決定  
およびデータベースの構築  
Determination of precise multi component phase diagrams and construction of database
- (2) クリープ、疲労亀裂進展、および酸化挙動  
を支配する材料因子の解明  
Elucidation of material factors dominating creep, fatigue crack growth, and oxidation behavior



東京工業大学  
Tokyo Institute of Technology

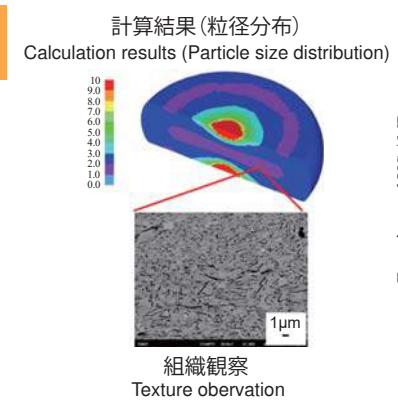
高性能合金の組織、製造プロセス設計指導原理の構築  
Construction of structure, manufacturing process design, and guiding principles for high performance alloys



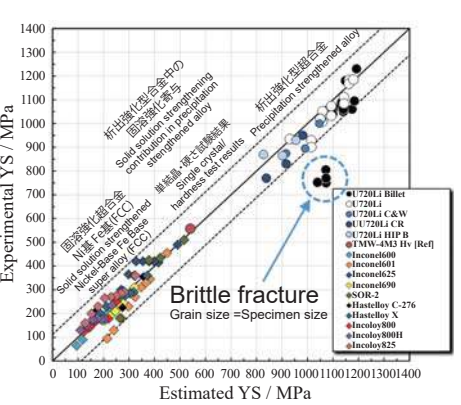
### 鍛造シミュレーション Forging simulation



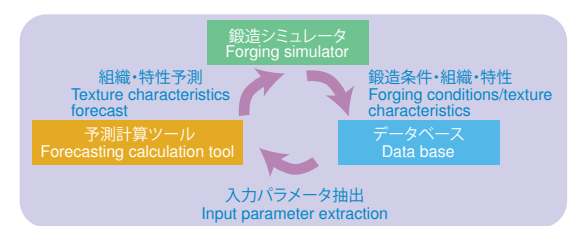
1500トンの鍛造シミュレータ@NIMS  
1500 tonne forging simulator@NIMS



鍛造組織予測計算 (Ti合金)  
Forged texture prediction calculation (Ti alloys)

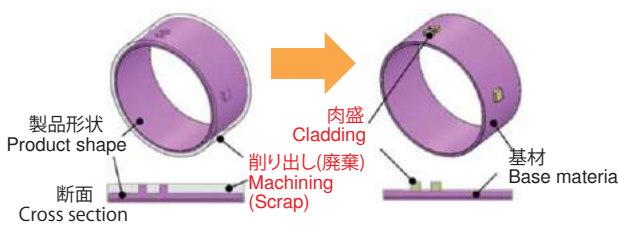


強度予測 (Ni基合金)  
Strength forecast (Ni based alloys)

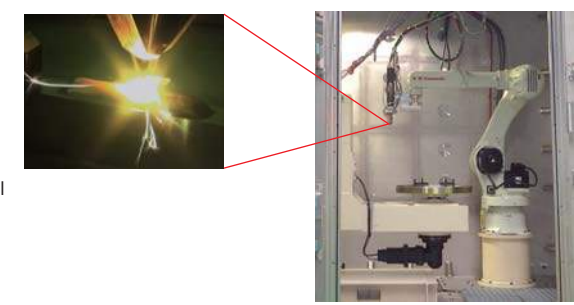


日本エアロフォージの5万トンプレス等、実生産設備への適用が可能  
Development of innovative forging process technology that can be applied to actual production equipment with the 50,000 ton press machine of Japan Aeroforge Ltd.

### レーザー粉末肉盛 Laser metal deposition



高価なTi合金部品の製造における廃棄率の低減  
Reduction of waste in manufacturing expensive Ti alloy parts



(株) 神戸製鋼所  
Kobe Steel, Ltd.

高品位・低コスト素材製造技術  
および量産化実証  
High-grade, low-cost material manufacturing technology and demonstration of mass production

- (1) 成分変動の少ない高品質鋳塊の製造  
Manufacture of high quality ingots with less deviation in composition
- (2) 高歩留まり製造プロセスによる低コスト化  
Cost reduction by high yield casting process
- (3) スクラップ処理プロセスによる低コスト化  
Cost reduction by scrap utilization



(株) IHI  
IHI Corporation

革新製造プロセス開発、評価・検証、  
および実用化に向けたDB整備  
Development of innovative manufacturing processes and DB preparation for evaluation, verification and practical application

- (1) 鋳造、鍛造及び熱処理プロセス開発と  
材料設計へのフィードバック  
Development of casting, forging and heat treatment process and the feedback on materials design
- (2) 実用化に向けた性能評価・検証  
Performance evaluation and verification for practical application
- (3) 実用化に向けたDB整備  
DB preparation for practical application





# C領域 セラミックス基複合材料の開発 Development of Ceramic Matrix Composites

## 耐環境性コーティング(EBC)および繊維コーティング材の開発

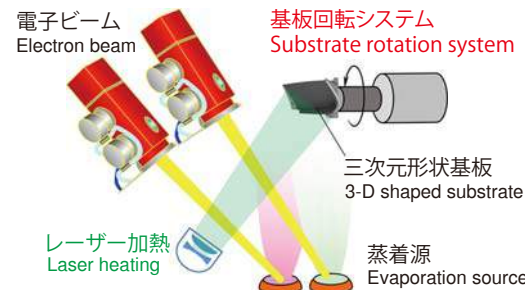
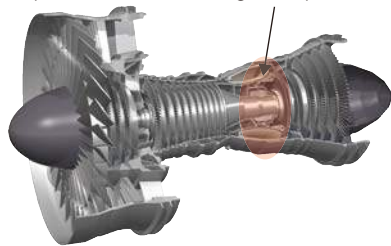
### Development of environmental barrier coating (EBC) and fiber coating technologies

- 航空機エンジンの燃費改善とCO2排出削減に向けて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性コーティング技術の開発
- 高靱性と耐熱性を併せ持つ軽量セラミックス系部材へ適用可能な耐環境コーティング技術の開発
- Development of EBC technology for protecting surfaces of heat resistant and light weight ceramic components from high temperature oxygen and water vapor environments and for their long-term use. Development of EBC technology is vital for the practical application for these components which are expected to contribute significantly to the improvement of fuel consumption and the reduction of carbon dioxide emissions of aircraft engines.
- Development of environmental resistance coating technology that is applicable to the lightweight ceramics with high toughness and heat resistance.

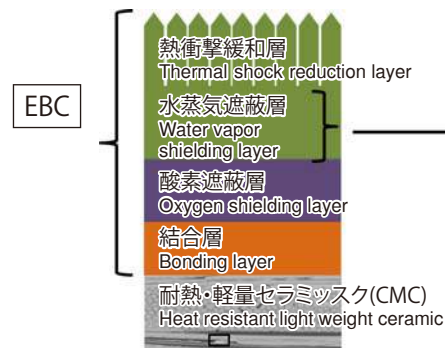
#### ダブル電子ビームPVD法 Double electron beam PVD method

- ベンチマーク材(実用化段階材)の適用が困難な高温過酷環境下での使用を可能にするEBC構造を決定
- EBC性能の発現に不可欠な構成層の微細構造を高精度に制御する技術を開発
- 実機使用を模擬した熱サイクル試験を可能にし、それを用いてEBCを評価
- 業界標準を目指した新しいEBCの耐剥離特性評価法を考案
- Developed EBC structure for the application of benchmark materials which are at commercialization stage, under severe environment in high temperature.
- Developed processing technologies for the high performance EBC layers.
- Evaluated the performance of EBC by enabling thermal cycle test simulation of actual machine.
- Devised a new peeling resistance evaluation methods of EBC layers aiming for an industry standard.

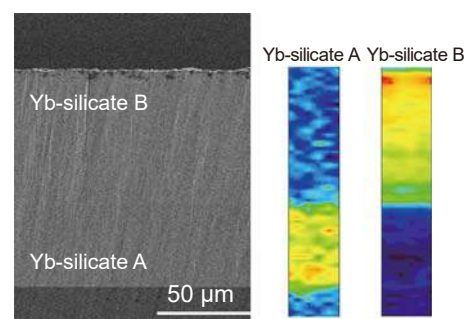
適用部位: 高圧タービン (シュラウド、静翼、動翼)  
Application parts: High pressure turbines (shroud, stator, moving blade)



CMC基板上に多積層構造EBCを形成  
Form EBC with multilayered structure on CMC substrate



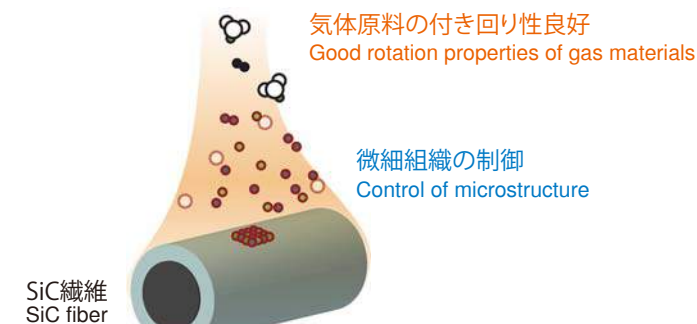
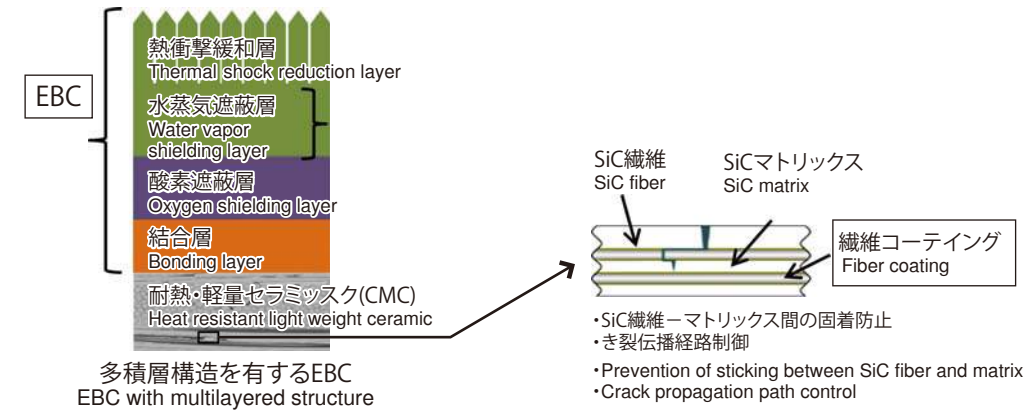
多積層構造を有するEBC  
EBC with multilayered structure



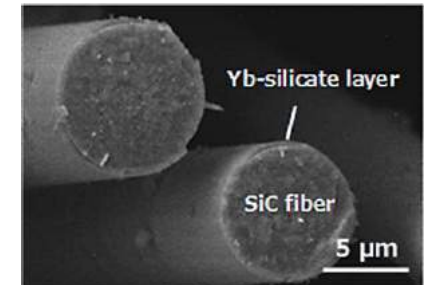
緻密質のYb-silicate A→Yb-silicate B傾斜組織 (水蒸気遮蔽層)  
Dense Yb-silicate A → Yb-silicate B gradient texture (water vapor shielding layer)

#### CVD法による繊維コーティング Fiber coating by CVD

- ベンチマーク材(実用化段階材)よりも耐環境性に優れる素材をSiC繊維上にコーティングし、小サンプルでの損傷許容性発現に成功。
- SiC fibers, coated with materials developed in this research, showed to have more environmentally resistance and damage tolerance than benchmark materials (materials at commercialization stage).



CVD法による繊維コーティング  
Fiber coating by CVD method



組織制御により、繊維強度を低下させずに繊維-マトリックス界面でき裂伝播させることに成功

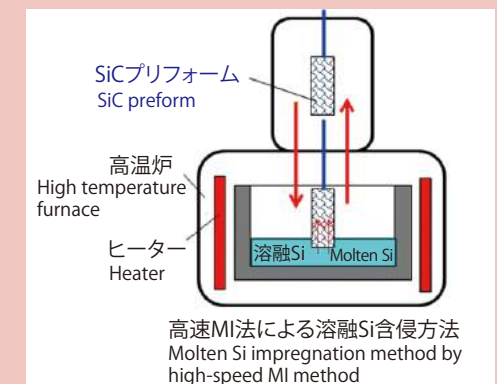
Interface control coating enabled crack propagation between fiber-matrix interface without lowering fiber strength.

## 高速基材製造プロセス技術の開発

### Development of Advanced Melt Infiltration for Ceramic Matrix Composites

次世代航空機エンジンがさらなる高効率化を目指す中、新たな耐熱材料として、セラミックス基複合材料(CMC)への期待がより一層高まっています。そこで、CMCの可能性を拡大すべく、その基材の低コスト・高信頼性プロセス技術の開発に新たに着手しました。

In seeking to achieve even higher efficiencies for next-generation aircraft engines, there are increasing expectations for Ceramic Matrix Composites (CMC) as new heat-resistant materials. Therefore, in order to expand the possibility of CMC, we have started to develop new low-cost and high-reliability process technology for the substrate materials.





# D領域 マテリアルズインテグレーション Materials Integration

- これまでの材料科学の成果や経験知を活用するとともに、理論、実験、シミュレーション、データベース等の最先端の科学技術を融合して、材料の時間依存の性能を予測する統合型開発支援システム「マテリアルズインテグレーション (MI)」の開発を進める
- 材料開発時間の短縮、効率化、コスト削減、材料選択やプロセスの最適化に貢献する
- 平成28年度までにMIシステム-α版が完成。平成30年度までにMIシステム-ver.1.0の完成を目指す
- Materials Integration (MI) is an infrastructure to pursue the development of MI system for predicting the time dependent performance of materials by utilizing accumulated result and empirical knowledge of materials science and by integrating the most advanced technologies on theory, experiments, simulation, database and so on.
- Main subjects are to contribute to the development time shortening, efficiency, cost reduction and to optimization of the materials selection and process
- The MI system α-version was completed in FY2016. The current aim is to accomplish its ver.1.0 by FY2018

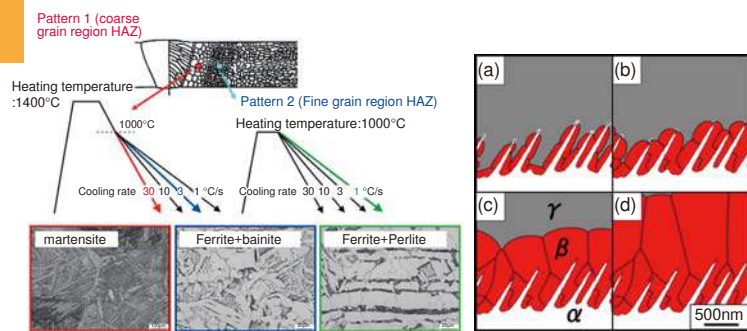
## MIを構成する各システムの開発

### Development of individual parts constituting the MI

#### 組織予測システムの開発 Development of microstructure prediction system

溶接熱サイクル中の鋼の組織変化を精度良く予測するシステムを開発する。

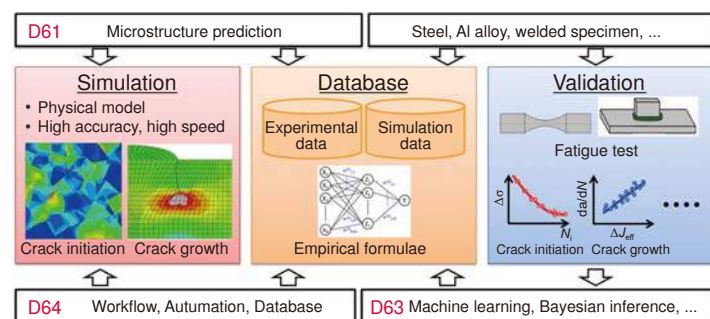
Development of a system to accurately predict the microstructural changes of steels during welding heat cycle.



#### 性能予測システムの開発 Development of performance prediction system

構造材料の疲労、クリープ、水素脆性、脆性破壊などの時間依存性能を予測するシステムを開発する。

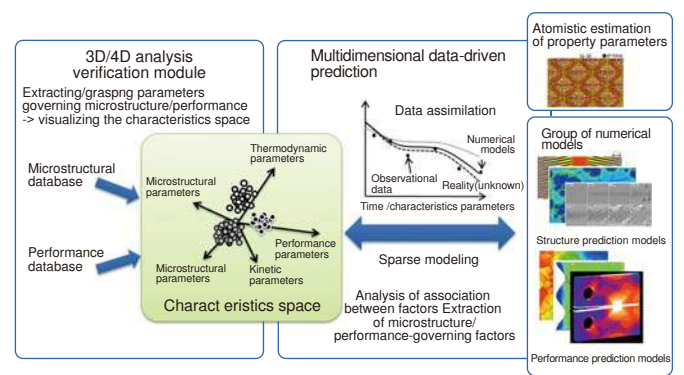
Development of a system to predict the time-dependent performance of structural materials such as fatigue strength, creep strength, hydrogen embrittlement and brittle fracture.



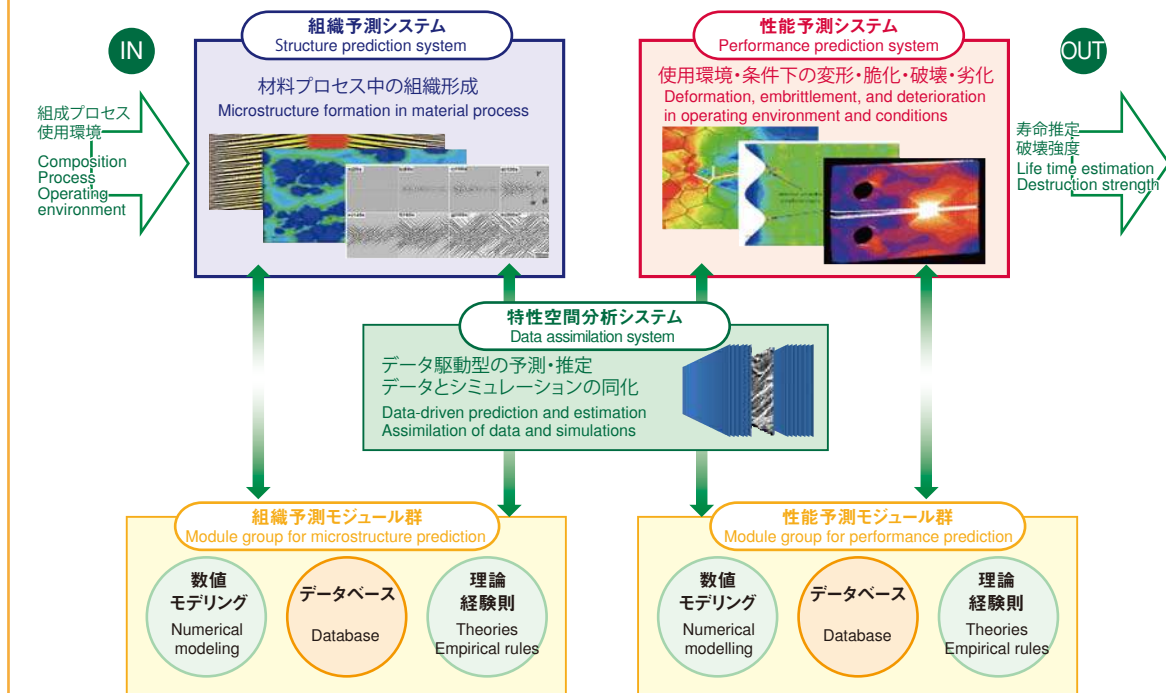
#### 特性空間分析システムの開発 Development of a system for data assimilation and machine learning

データ同化手法や機械学習を応用し、組織や性能の予測を支援するシステムを開発する。

Application to the data assimilation method and machine learning to develop a system to support prediction of microstructure and performance.



#### 統合システムの開発 Development of materials integration system



理論・経験則、計算科学、データベース等に基づく様々な解析モジュールを統合し、材料組成やプロセス条件を入力することで、材料の組織と時間依存の性能を一貫予測する統合システムの開発を行う。

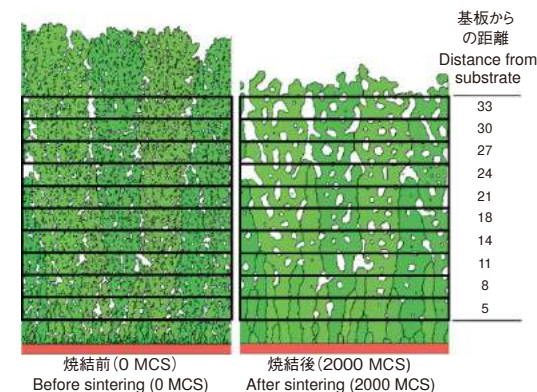
Develop materials integration system for predicting microstructure and time-dependent performance of materials by integrating various kinds of modules based on theories, empirical rules, computational simulations and databases from the input parameters such as chemical compositions of materials and processing conditions.

#### セラミックスコーティングMIクラスター Ceramics Coating MI Cluster

##### 【開発目標】 [Development aims]

航空機構造材料用セラミックスコーティングの剥離寿命を予測するシミュレーション技術の開発を行う。新しいセラミックスコーティング材料開発の効率化、時間短縮を目指す。

Development of simulation technology to predict life time peel off of ceramics coating for aircraft structural materials. Aim to improve efficiency and shortening time for the development of new ceramics coating materials.

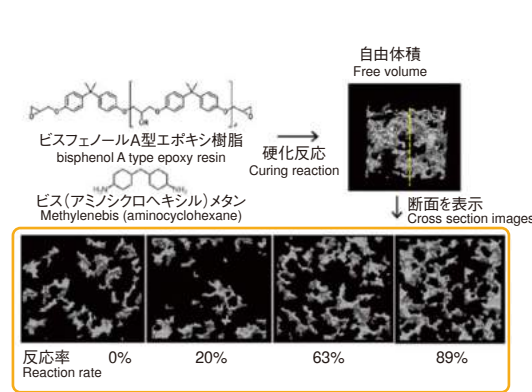


#### 高分子MIクラスター Polymer MI Cluster

##### 【開発目標】 [Development aims]

高分子系材料の硬化反応過程に関するシミュレーション技術を開発し、航空機用の高分子系複合材料の開発に貢献する。

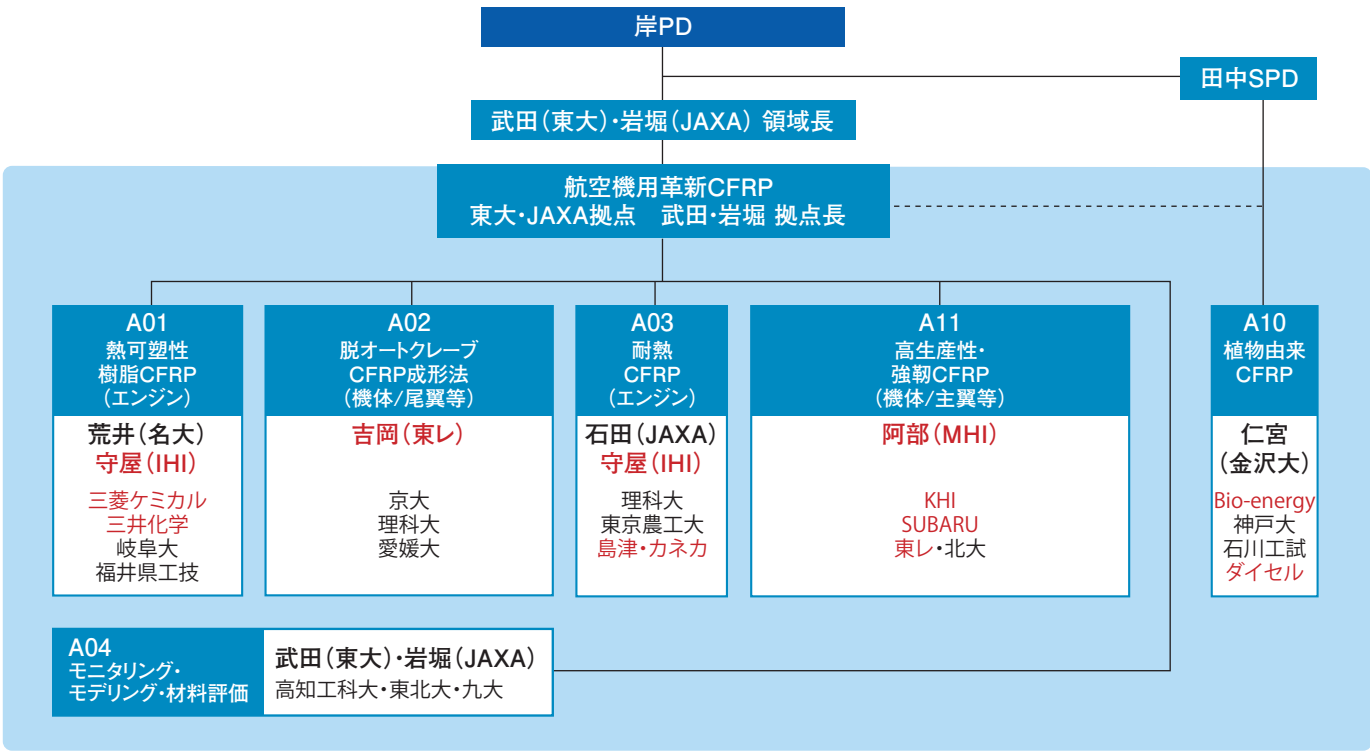
Development of simulation technology related to curing reaction processes of the polymeric materials to contribute to the development of polymer-based composite materials for aircraft.



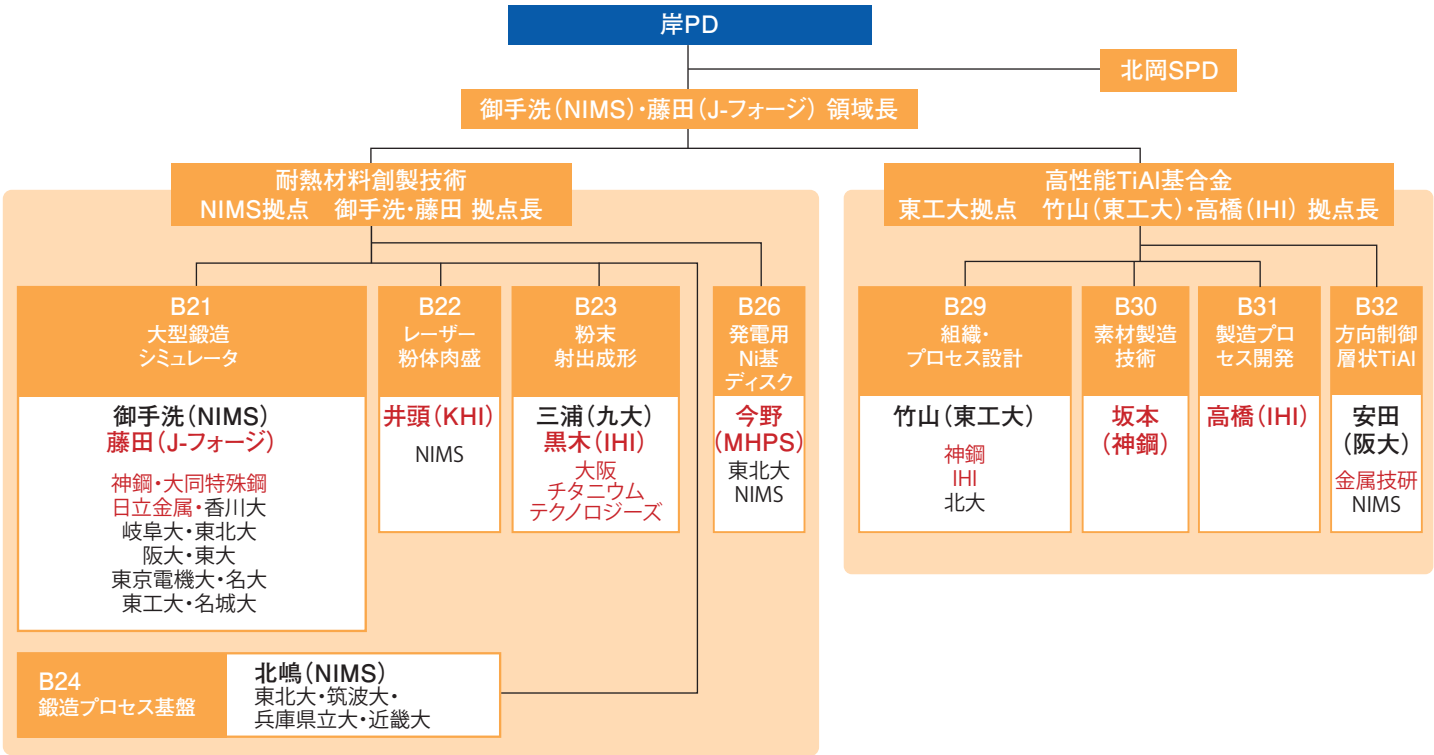
各領域の研究体制

SIP-SM<sup>4</sup>1には、現在、大学36校、企業26社、公的機関9機関、合計71機関が参画しています。  
これらは拠点を中心にネットワークを構成し、連携して研究開発に取り組んでいます。

A領域 航空機用樹脂の開発とCFRPの開発



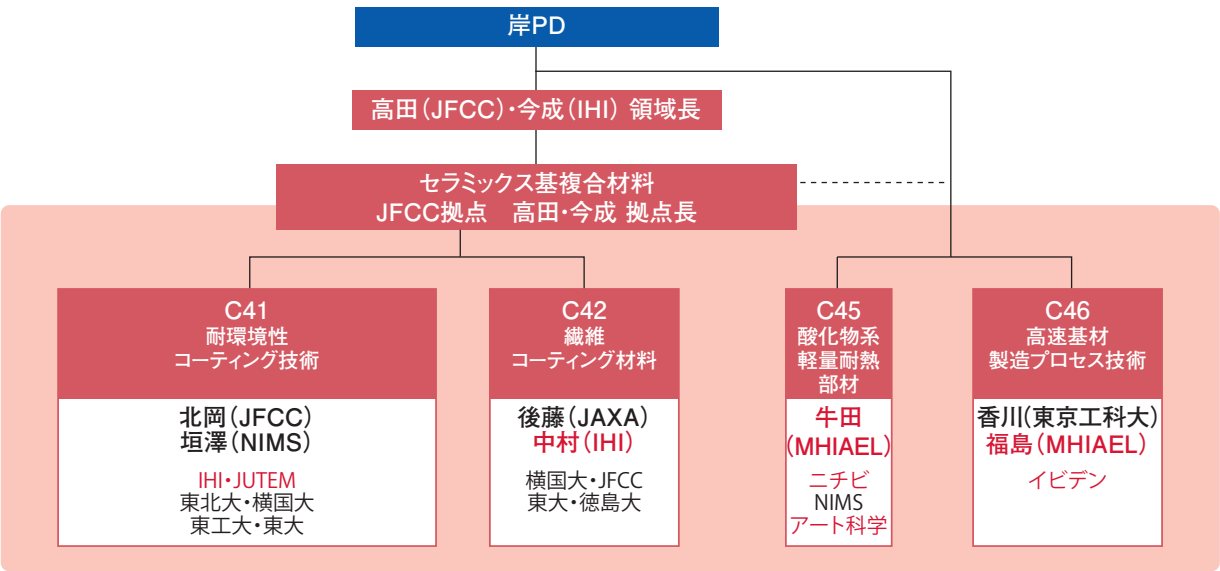
B領域 耐熱合金・金属間化合物の開発



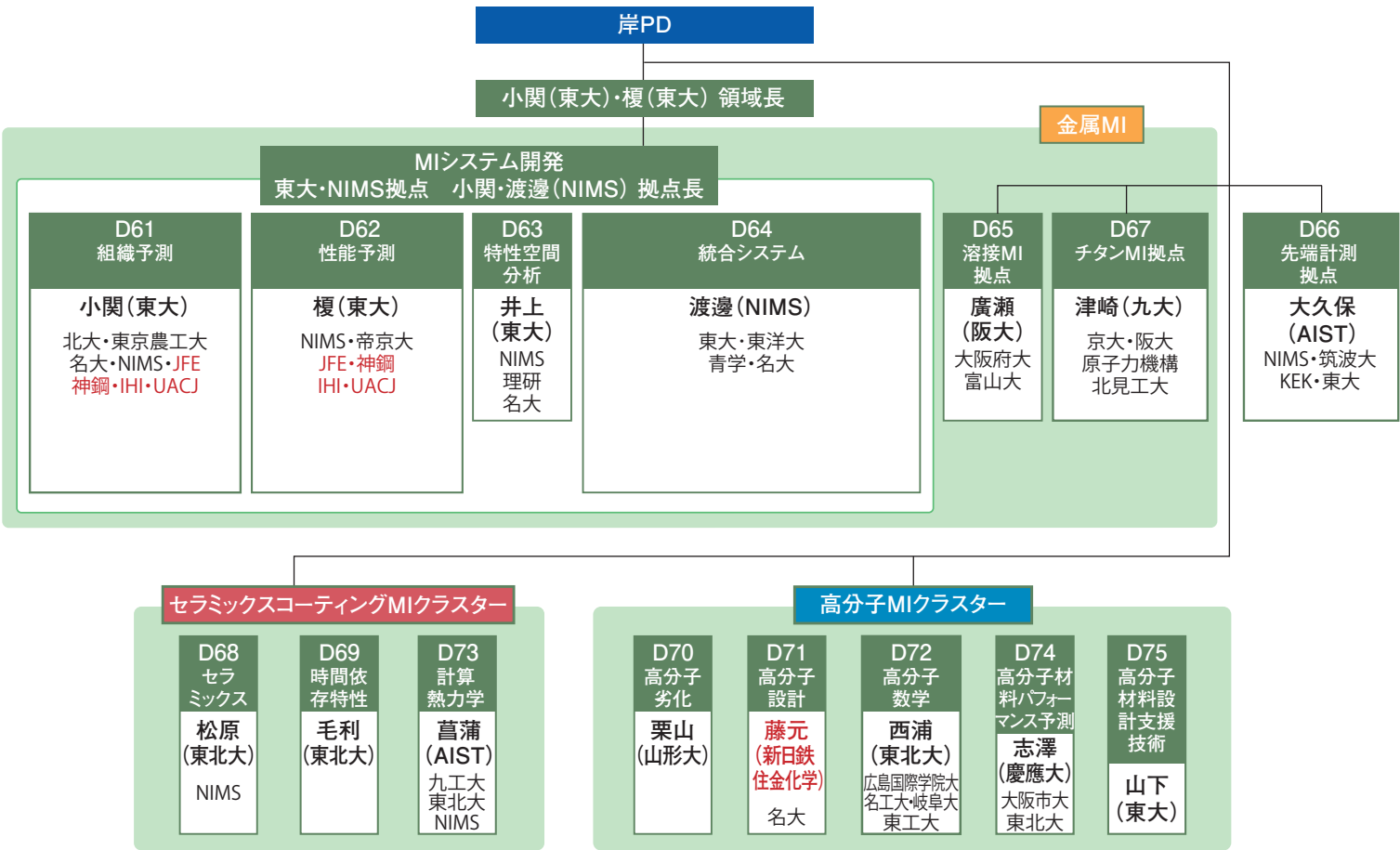
Research Organization of Each Area

71 organizations in total (36 universities, 26 companies, 9 public institutions) are currently participating in SIP-SM<sup>4</sup>1. They form networks based around “Centers of Excellence” to pursue collaborative research and development.

C領域 セラミックス基複合材料の開発

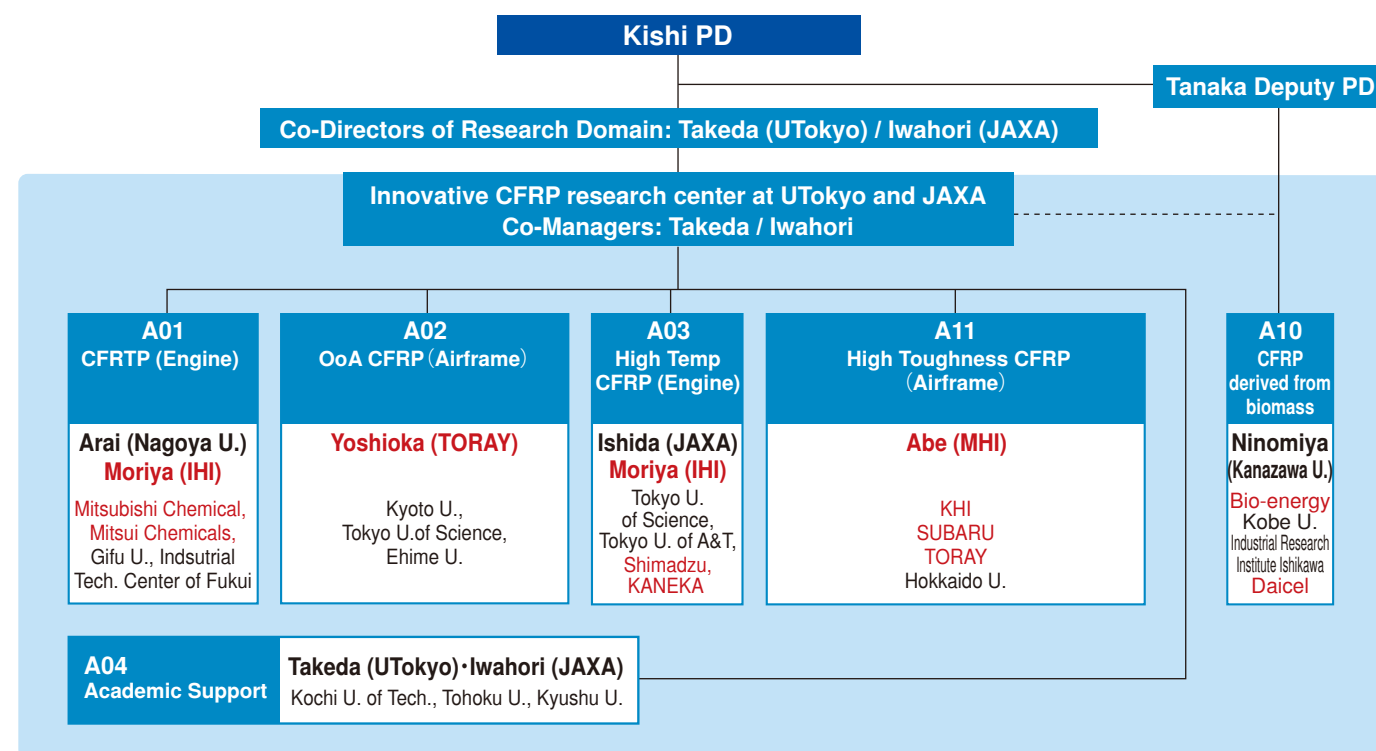


D領域 マテリアルズインテグレーション

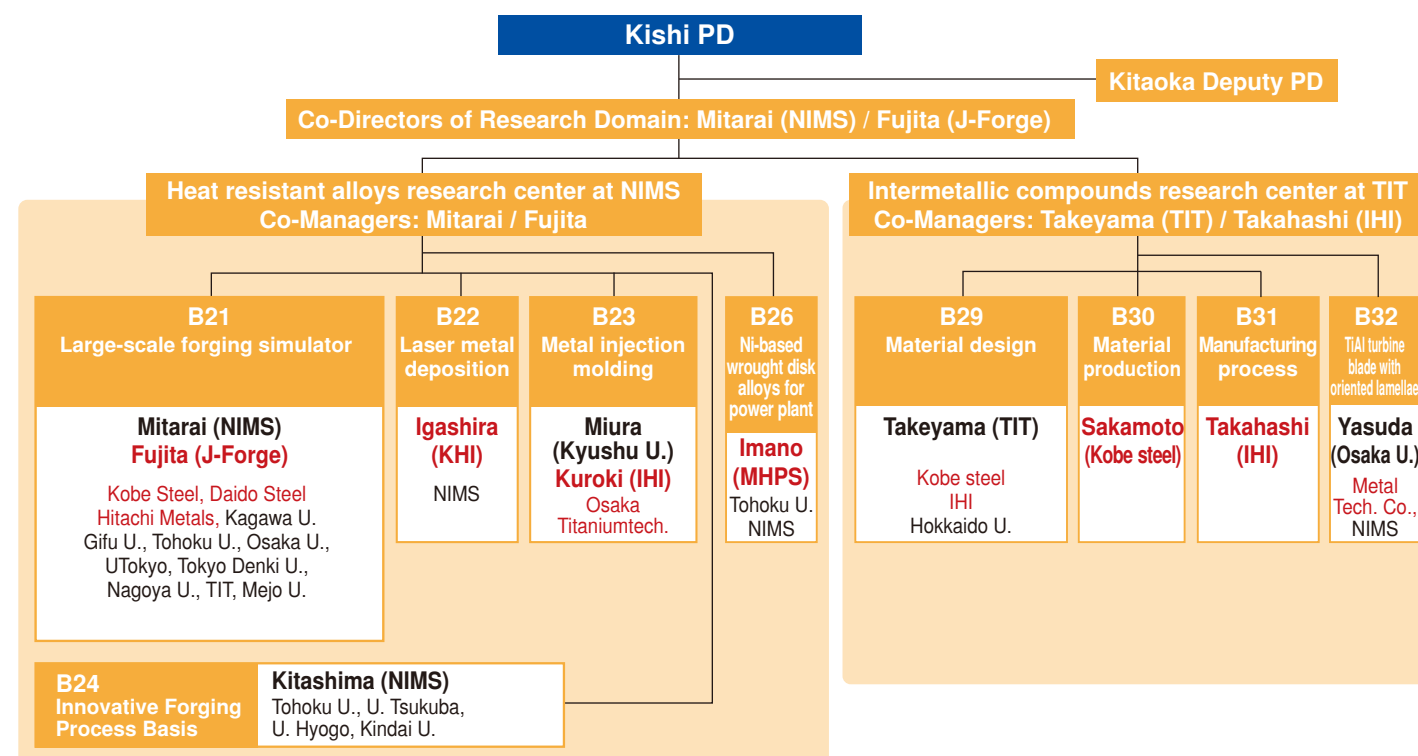




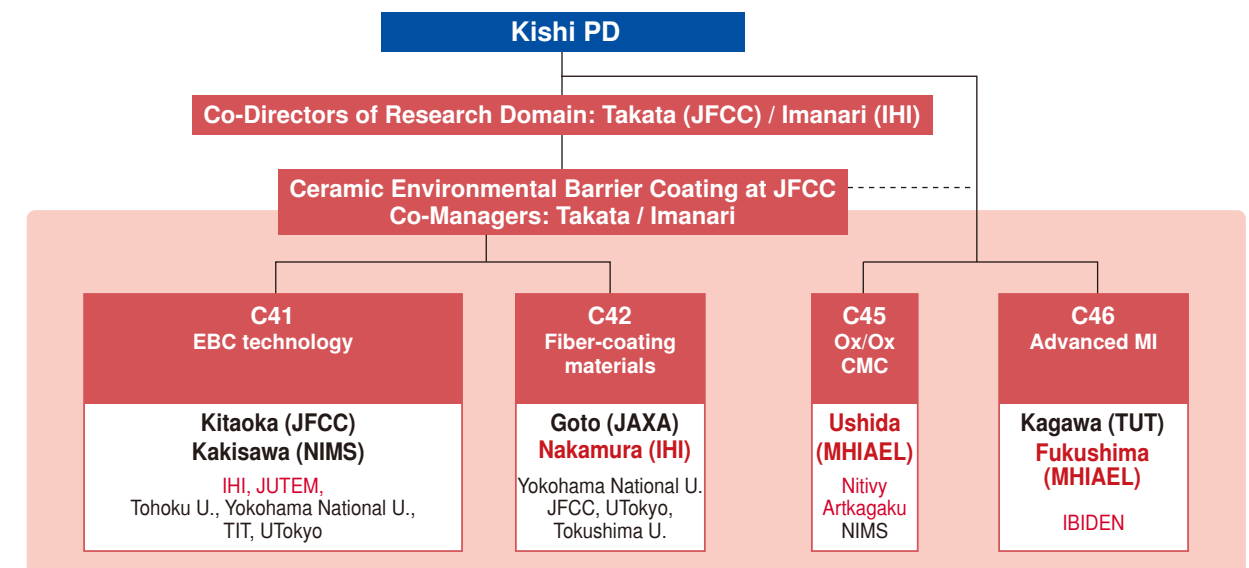
## A Development of Polymers and CFRP



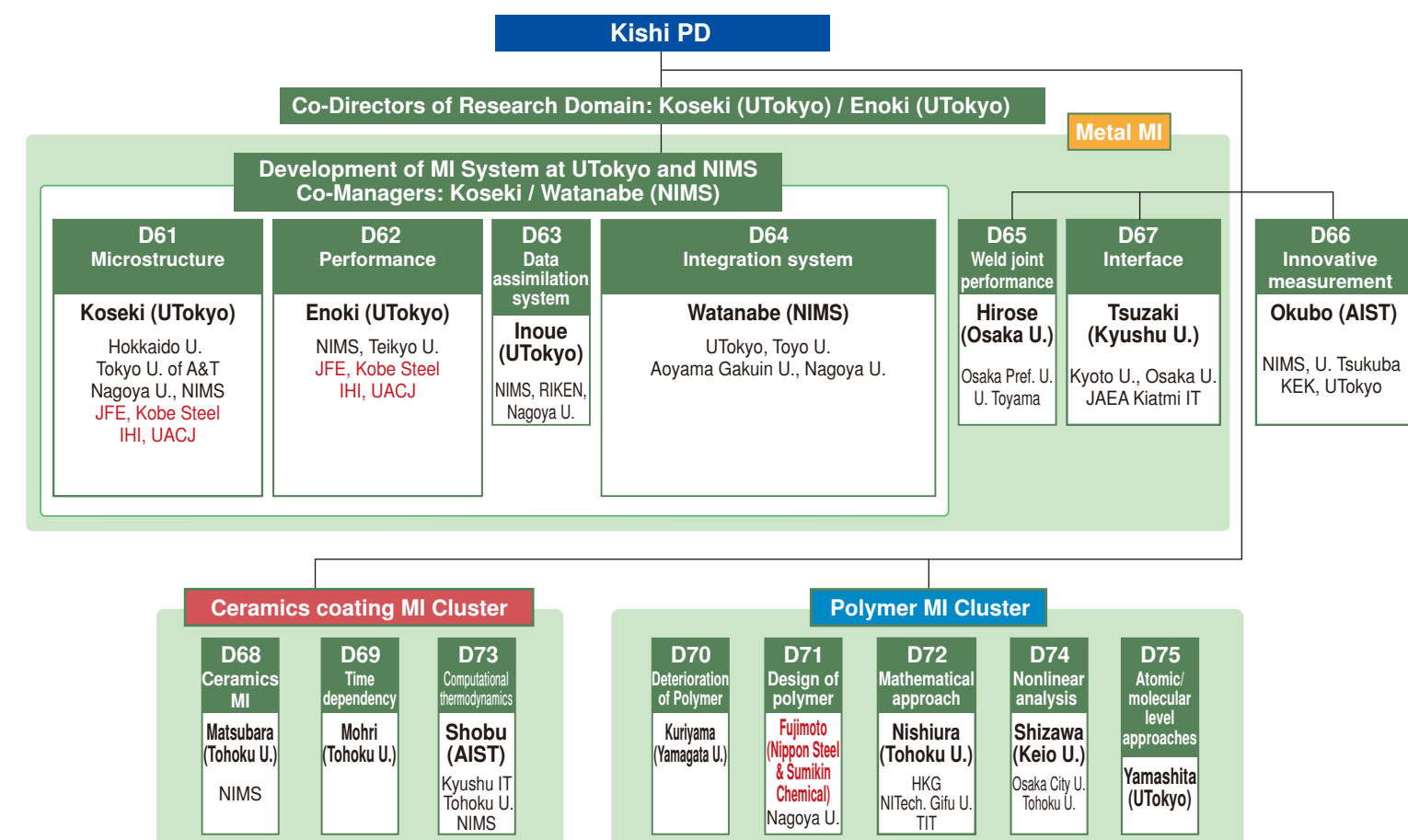
## B Development of Heat Resistant Alloys and Intermetallic Compounds



## C Development of Ceramic Matrix Composites



## D Materials Integration





# 研究開発課題・ユニット一覧

## A領域 航空機用樹脂の開発とCFRPの開発 領域長：武田展雄(東京大学)／岩堀豊(JAXA)

No.	研究開発課題	ユニット名	ユニット代表者
A01	航空機用高生産性革新CFRP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	吉岡健一(東レ)
A03		耐熱高分子基複合材(耐熱CFRP)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・モデリングと品質評価技術	武田展雄(東京大学)、岩堀(JAXA)
A11		高生産性・強靱複合材の開発	阿部俊夫(三菱重工業(中菱エンジニアリング))
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)

## B領域 耐熱合金・金属間化合物の開発 領域長：御手洗容子(NIMS)／藤田陽一(J-フォージ)

No.	研究開発課題	ユニット名	ユニット代表者
B21	革新的プロセスを用いた航空機エンジン用耐熱材料創製技術開発	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)、藤田陽一(J-Forge)
B22		航空機エンジン部品用レーザー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)、御手洗容子(NIMS)
B23		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		鍛造プロセス基盤	北嶋具教(NIMS)
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)
B29	ジェットエンジン用高性能TiAl基合金の設計・製造技術の開発	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	高橋聡(IHI)
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)

## C領域 セラミックス基複合材料の開発 領域長：高田雅介(JFCC)／今成邦之(IHI)

No.	研究開発課題	ユニット名	ユニット代表者
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	耐環境性コーティング技術の開発	北岡諭(JFCC)、垣澤英樹(NIMS)
C42		繊維コーティング材料の開発	中村武志(IHI)、後藤健(JAXA)
C46		高速基材製造プロセス技術の開発	香川豊(東京工科大学)、福島明(三菱重工航空エンジン)
C45	酸化物系軽量耐熱部材の開発		牛田正紀(三菱重工航空エンジン)

## D領域 マテリアルズインテグレーション 領域長：小関敏彦(東京大学)／榎学(東京大学)

No.	研究開発課題	ユニット名	分類	ユニット代表者
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	金属MI	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)
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			廣瀬明夫(大阪大学)
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)
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)
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			菰蒲一久(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			志澤一之(慶應大学)
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			山下雄史(東京大学)



# List of Research Projects

## A Development of Polymers and CFRP

Co-Directors of Research Domain: Takeda (UTokyo) / Iwahori (JAXA)

No.	Research Project	Research Unit	Unit Leader
A01	Development of High-Rate Production Innovative Aircraft CFRP Products and Quality Assurance Technology	Thermoplastic Polymers and CFRTP	Masahiro Arai (U. Nagoya) / Katsuyoshi Moriya (IHI)
A02		Smart Manufacturing of OoA CFRP	Kenichi Yoshioka (Toray)
A03		High Temperature CFRP and Validation	Yuichi Ishida (JAXA) / Katsuyoshi Moriya (IHI)
A04		Process Monitoring/Modeling for Quality Assurance	Nobuo Takeda (UTokyo) / Yutaka Iwahori (JAXA)
A11		High-rate Production/ High Toughness CFRP	Abe Toshio (MHI)
A10	Managers Takeda (U. Tokyo) / Iwahori (JAXA)	Development of Carbon Fiber Reinforced Plastic Derived from Plant Biomass	Kazuaki Ninomiya (U. Kanazawa)

## B Development of Heat Resistant Alloys and Intermetallic Compounds

Co-Directors of Research Domain: Mitarai (NIMS) / Fujita (J-Forge)

No.	Research Project	Research Unit	Unit Leader
B21	Process Innovation for Super Heat-resistant Metals	Development of Innovative Forging Process Technology and Construction of Material/Process Database with the Largescale and Precise Forging Simulator	Yoko Mitarai (NIMS) / Yoichi Fujita (J-Forge)
B22		Development of Innovative Production Technology Utilizing Laser Metal Deposition for Aero Engine Components	Kenichiro Igashira (KHI) / Yoko Mitarai (NIMS)
B23		Development of Metal Injection Molding Process Technique for Aero Engine Components	Hideshi Miura (Kyushu U.) / Hiroshi Kuroki (IHI)
B24		Development of Basic Technology for Innovative Forging Process	Tomonori Kitashima (NIMS)
B26	Managers Mitarai (NIMS) / Ishigai (J-Forge)	Development of Practical Forming Process Technology for High Strength Ni-Based Wrought Disk Alloys	Shinya Imano (MHPS)
B29	Innovative Design and Production Technology of Novel TiAl Alloys for Jet-engine Applications	Design Principle of Microstructure and Processing for Innovative TiAl Alloys	Masao Takeyama (TIT)
B30		Development of New Manufacturing Process for High Quality and Low Cost TiAl Ingot	Koichi Sakamoto (Kobe Steel)
B31		Development of Innovative Manufacturing Process for TiAl Blade	Satoshi Takahashi (IHI)
B32	Managers Takeyama (TIT) / Takahashi (IHI)	Development of Manufacturing Technique for TiAl Turbine Blade with Oriented Lamellae	Hiroyuki Yasuda (Osaka U.)

## C Development of Ceramic Matrix Composites

Co-Directors of Research Domain: Takata (JFCC) / Imanari (IHI)

No.	Research Project	Research Unit	Unit Leader
C41	Structural Optimization and Reliability Improvement of Ceramic Environmental Barrier Coatings	Development of environmental barrier coating technology	Satoshi Kitaoka (JFCC) / Hideki Kakisawa (NIMS)
C42		Development of fiber-coating materials	Takeshi Nakamura (IHI) / Ken Goto (JAXA)
C46		Development of Advanced Melt Infiltration for Ceramic Matrix Composites	Yutaka Kagawa (TUT) / Akira Fukushima (MHI/AL)
C45	Managers Takata (JFCC) / Imanari (IHI)	Development of Oxide Ceramic Matrix Composites	Masanori Ushida (MHI/AL)

## D Materials Integration

Co-Directors of Research Domain: Koseki (UTokyo) / Enoki (UTokyo)

No.	Research Project	Research Unit	分類	Unit Leader
D61	Materials Integration	Development of microstructure prediction system	Metal MI	Toshihiko Koseki (UTokyo)
D62		Development of performance prediction system		Manabu Enoki (UTokyo)
D63		Development of a system for data assimilation and machine learning		Junya Inoue (UTokyo)
D64		Development of materials integration system		Makoto Watanabe (NIMS)
D65	Managers Koseki (U. Tokyo) / Watanabe (NIMS)	Development of Simulation Technique for Performance Assurance of Weld Joints		Akio Hirose (Osaka U.)
D67		Fundamental Research Focusing on Interface for Overcoming Unsolved Issues in Structural Materials		Kaneaki Tsuzaki (Kyushu U.)
D66		Innovative Measurement and Analysis for Structural Materials		Masataka Ohkubo (AIST)
D68		Development of Simulation for Mass Transfer at High Temperature and Time Dependent Behavior of Microstructure	Ceramics Coating MI	Hideaki Matsubara (Tohoku U.)
D69		Development of Computational Tools to Predict Time Dependent Phenomena in Structural Materials		Tetsuo Mohri (Tohoku. U.)
D73		Establishment of Domestic Technology base for Computational Thermodynamics for Development of Advanced Structural Materials		Kazuhiisa Shobu (AIST)
D70		Development of Prediction Tools for Long-term Properties of High Performance Engineering Plastics	Polymer MI	Takashi Kuriyama (Yamagata U.)
D71		Development of Practical Optimal Design and Comprehensive Evaluation Support Tool for Advanced Structural Polymer Materials		Shin-etsu Fujimoto (Nippon Steel & Sumikin Chemical)
D72		Mathematical Approach Toward Materials Integration and its Applications		Yasumasa Nishiura (Tohoku. U.)
D74		Performance prediction for polymers by nonlinear analysis		Kazuyuki Shizawa (Keio U.)
D75		Atomic/molecular-level approaches for designing novel polymeric materials		Takefumi Yamashita (UTokyo)