



独立行政法人 物質・材料研究機構  
National Institute for Materials Science

## 超耐熱材料センター

### High Temperature Materials Center

超高効率複合発電、コージェネレーション、次世代ジェットエンジンなどの先進技術の途を開く高性能Ni基超合金をはじめ、各種の超耐熱材料や新コーティング材の開発・実用化を目指して、多くの国内外企業・研究機関と連携して研究を行っています。

We develop high temperature materials to realize ultra-efficient gas turbines for combined-cycle power generations, local power systems, next generation jet engines, and so on. These materials include Ni-base single crystal superalloys with new coating systems, Ni-base forged superalloys for turbine discs, platinum group metals (PGMs)-base refractory superalloys, and so on. We have world wide collaborations to enhance the research mentioned above.

**July / 2006**

- 新世紀耐熱材料プロジェクト -

- High Temperature Materials 21 project -

センター長 原田広史  
Director Dr. Hiroshi Harada

新世紀耐熱材料プロジェクトでは、経験的・理論的特性予測や原子レベルの組織解析に基づいた合金設計手法により、1700 級超高効率発電タービン、高効率コジェネレーション用タービン、次世代ジェットエンジンなどを実現するための高性能Ni基単結晶超合金および新コーティング技術、Ni-Co基タービンディスク合金、白金族高融点超合金、Cr基合金など先進耐熱材料の開発を行っています。また、実機環境を想定した動的・長時間の特性評価解析、バーチャルエンジン試験などを行うとともに、他省庁や国内海外企業との連携により、研究成果をジェットエンジンや発電ガスタービン実機に適用し二酸化炭素の削減や省エネルギー化への貢献に務めています。

In this project, we develop high temperature materials for 1700 ultra-efficient gas turbines with applications in power generation, small but efficient gas turbines for local power systems, next generation jet engines, and in other high temperature systems. These materials include Ni-base single crystal superalloys with new coating systems, as well as alloys with new concepts, e.g., platinum group metals (PGMs)-base refractory superalloys, Cr-base alloys. In addition, Ni-Co wrought alloys with the temperature resistance of 750 are developed for turbine disk applications. We design alloys by both empirical / theoretical approaches coupled with various analytical techniques to support the alloy developments. Our alloys are currently being tested in gas turbines to demonstrate the capability of these new alloys to improve engine efficiency and to reduce environmental impact.

合金やコーティング  
の設計・解析、シミュ  
レーションなど

Design/ Analysis  
Simulation for  
alloys and coating  
systems

材料設計  
Alloy Design

材料創製  
Processing

特性評価  
Evaluation

鑄造性評価  
熱処理条件探査  
コーティング技術など  
Castability  
Heat treatment  
condition, EB-PVD  
etc.

機械的特性  
クリープ、疲れ特性  
酸化/腐食評価など  
Mechanical properties  
Creep, Fatigue, Oxidation  
and Hot corrosion, etc.

部材化  
Components



技術移転  
Technology  
transfer

1700 級高効率複合発電用タービン  
高性能コジェネレーション用タービン  
次世代ジェットエンジンなど

実用化  
Application

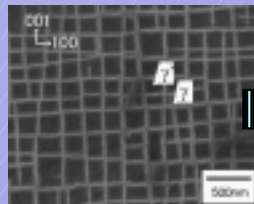
1700 ultra-efficient combined  
power generation systems  
High performance co-generation  
systems  
Next generation aero-jet engines

# 合金設計・解析 Alloy design, Simulation and Analysis

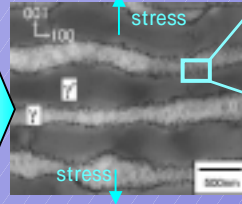
Ni基超合金および高融点超合金の設計・開発、組織シミュレーション、原始レベルの組織解析  
Alloy design for Ni-base and Platinum Group Metals Refractory Superalloys,  
Computational Simulation, Atomic-scale Analysis

$\gamma/\gamma'$  界面転位網微細化設計による強化

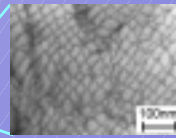
Strengthening by dense  $\gamma/\gamma'$  interfacial dislocation network



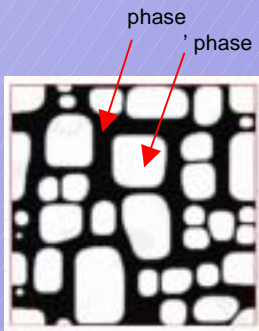
Ni基超合金の整合組織  
 $\gamma/\gamma'$  coherent structure



高温クリープ下のラフト化組織  
Rafted structure under high temperature creep



$\gamma/\gamma'$  界面転位網  
 $\gamma/\gamma'$  interfacial dislocation network

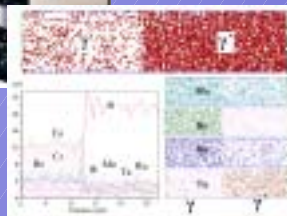


フェーズフィールド法による  
Ni基超合金の組織予測

Microstructural evolution of Ni-base superalloy calculated by the phase-field method



アトムプローブFIM  
Atom-Probe Field Ion Microscope



$\gamma/\gamma'$  相界面の解析例  
Analytical result of  $\gamma/\gamma'$  interface



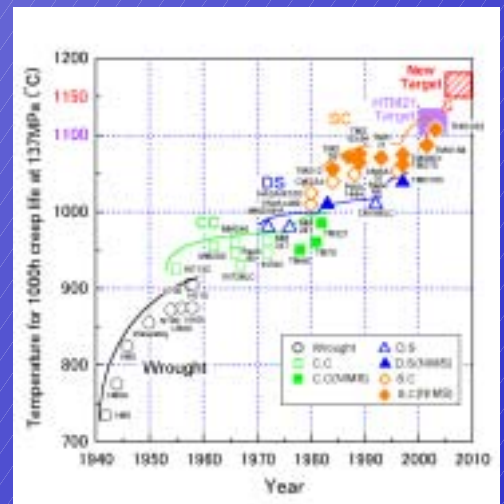
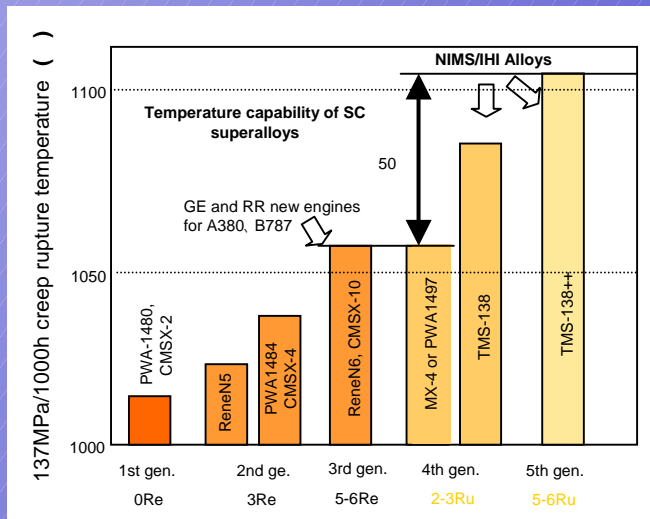
400kV 電顕  
400kV TEM



その場観察クリープホルダー  
In-situ creep holder

高性能Ni基単結晶超合金を開発  
Superior Ni-base SC superalloys have been developed.

次期開発目標 Next target 1150°C

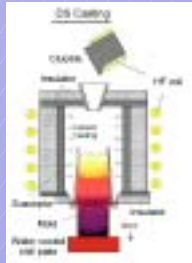


# 精密鑄造 Precision

## Ni基単結晶および一方向凝固超合金の精密鑄造 Precision Casting of Ni-base Single / Directionally Solidified Superalloys

一方向 / 単結晶凝固炉

Directionally solidified /  
Single crystal casting  
furnace



真空熱処理炉

Vacuum Induction  
furnace for heat  
treatment



単結晶試験片と鑄型

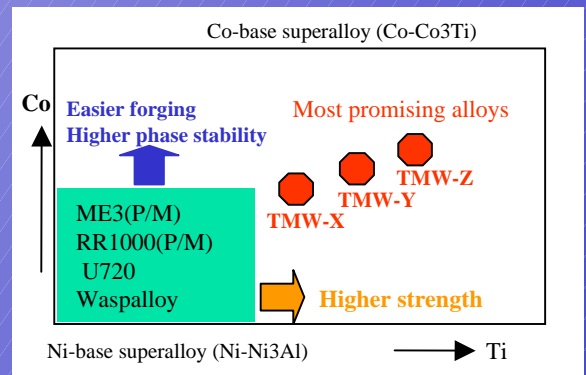
Single crystal rods  
and cast mould

# タービンディスク用鍛造・鑄造合金 Cast/Wrought Alloys for Turbine Discs

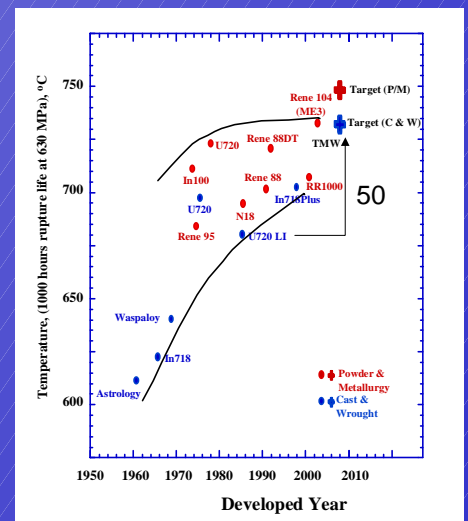
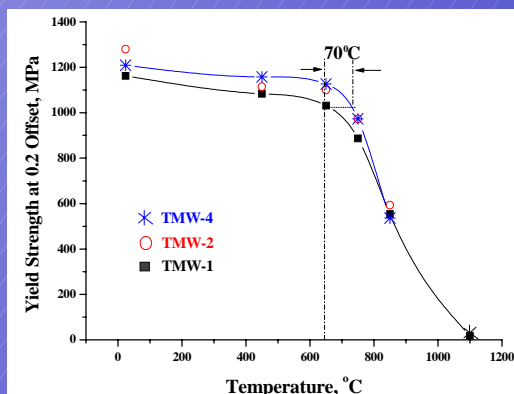
## タービンディスク用Ni-Co基鑄造/鍛造合金の開発 Development of Ni-Co base Cast/Wrought Alloys for turbine Discs

新しい合金設計コンセプト

Ni基およびXo基調合金をベースとした2種類の $\gamma/\gamma'$  2相組織を 高度に融合させる新しい合金設計概念  
We propose a new concept to design new turbine disc alloys by mixing the  $\gamma/\gamma'$  systems of Ni-base with those of Co-base.



従来のU720LI鍛造合金より70 °C 耐用温度向上した  
新ディスク合金を開発  
Temperature capability of our new disc alloys  
have 70°C benefit compared with that of U720LI  
alloys.



# 機械的特性評価 Evaluation of Mechanical properties

## 耐熱合金のクリープ強度、熱疲労特性評価 Evaluation of High Temperature Creep Strength and Thermal Mechanical Fatigue Property for Superalloys

各種試験装置により、開発合金の高温クリープ特性や熱疲労特性を高精度に評価  
We can effectively evaluate our new alloys against creep and thermo mechanical fatigue by our in-house mechanical testing machines.



非接触型  
クリープ試験装置  
Creep test machine using non-contact extensometer



熱疲労特性試験装置  
Thermal mechanical fatigue (TMF) test machine

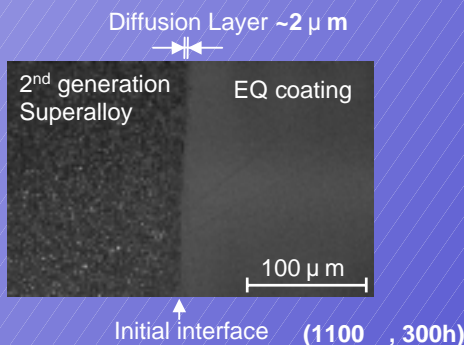
# コーティングシステム開発 Coating Development

## 耐熱合金の耐酸化性、耐腐食性評価、遮熱コーティングシステムの開発 Evaluation of Oxidation and Corrosion Resistance of Superalloys. Development of Thermal Barrier Coating System for Superalloys

合金開発と平行して、耐酸化・耐腐食性向上のための新コーティングシステムの開発およびEB-PVDコーティングの適用化研究  
The oxidation and corrosion resistance of superalloys are of great importance. In our center, new coating systems are being developed in parallel with our base alloys. We also have the capability of producing EB-PVD coating systems.

基材との界面で有害層を生じない“EQコーティング”技術  
We developed “EQ coating” system which suppresses SRZ formation.

EB-PVDセラミックスコーティング装置の開発  
We developed EB-PVD equipment for TBC coating.

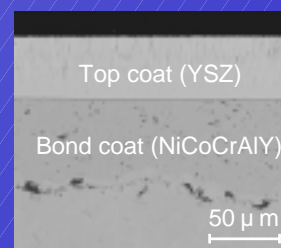


No Secondary Reaction Zone

EQコーティング / 第2世代合金  
EQ coating / 2nd gen. superalloy



EB-PVD装置  
EB-PVD equipment



YSZトップコート施工例  
YSZ top coat deposited.

# 実証研究 Industrial collaborations in Japan

## 開発合金実用化のための実機レベル実証試験

Practical turbine tests of the materials using gas turbines and jet engines are being conducted for industrial applications.

関連官庁・企業との連携によるジェットエンジンや発電用ガスタービン高効率化のためのコストパフォーマンスのよい高性能超合金の開発。仮想的なタービンをコンピュータ上に構築し、タービンシステム性能や材料の適否を評価できる仮想(タービン)ジェットエンジンの構築

To meet the increasing demand for higher efficiency in jet engine and land-based gas turbine applications, we collaborate with industries to develop alloys that meet not only the requirements for improved performance but also cost-efficiency. In addition, our collaborations in the project of virtual gas turbine program will allow efficient materials assignment and performance predictions.

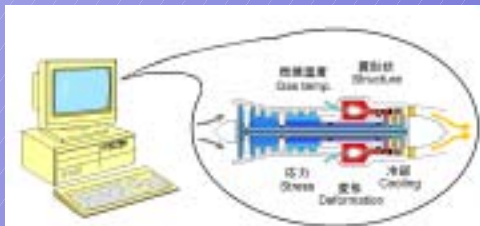
### 航空エンジン用 For civil jet engines



民間機用国産ジェットエンジン開発  
(経済産業省/IHI、物材機構参画)

Advanced civil jet engine made in  
Japan (METI, IHI and NIMS)

### 仮想(タービン)ジェットエンジン Virtual turbine / jet engine simulation program



### 中・大型発電タービン用 For land-based gas turbines



熱電併給コジェネレーションガスタービン  
(川崎重工と物材機構共同研究)

High efficiency gas turbine for Co-generation  
system (KHI and NIMS)



1700 級超高効率天然ガス複合発電ガスタービン  
(資源エネ庁/三菱重工と物材機構連携)

1700 -class high efficiency combined-cycle gas  
turbine (METI, MHI and NIMS)

## お問合せ先

独立行政法人 物質・材料研究機構  
〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1  
FAX: 029-859-2017  
URL: <http://www.nims.go.jp>

## Contact us

National Institute for Materials Science  
1-2-1 Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-0047 JAPAN  
FAX: +81 -29-859-2017  
URL: <http://www.nims.go.jp>

超耐熱材料センター  
〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1  
FAX: 029-859-2017  
URL: <http://sakimori.nims.go.jp>

High Temperature Materials Center  
1-2-1 Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-0047 JAPAN  
FAX: +81 -29-859-2017  
URL: <http://sakimori.nims.go.jp/htm21-e>