

## ジェットエンジンへの実用化を目指した超耐熱合金の研究開発

### 背景

CO<sub>2</sub> 削減による地球温暖化対策やエネルギー資源の有効利用の観点から、ジェットエンジン、ガスタービンなどの各種熱機関の高効率化は非常に重要です。熱機関類の高効率化には燃焼温度の上昇が最も効果的であるため、世界的により優れた耐熱材料の開発が進められています。

独立行政法人物質・材料研究機構(NIMS)は、その前身である金属材料技術研究所の創立(1956年7月1日)当初から、航空機関連の構造材料の性能を向上させるための研究開発に取り組んできました。特に1975年以降は、独自の合金設計コンピュータプログラムを開発、それによってNi基超合金開発に取り組み、1999年国内重工メーカー等と協力して、「新世紀耐熱材料プロジェクト」を推進し、2003年には、「第5世代単結晶超合金」の開発により、世界最高となる耐熱温度1100を達成しました。現在は、耐熱温度1150を目指し研究を続けています。

ニッケル基超合金研究において世界をリードするNIMSの合金は、国内の重工メーカー各社との協力で、超高効率大型ガスタービン、高効率コージェネレーション用小型ガスタービン、環境適合小型エンジン等のキーマテリアルとして期待されています。また、NIMSにおけるこれらのニッケル基超合金開発の成果は、論文、国際会議、公開特許などを介して海外でも注目され、今回のロールスロイス社との共同研究開始に至ったものです。従来海外の開発材料が用いられてきた高温タービンブレードに国産技術を用いた材料が使用されれば、我が国航空エンジン業界にとって初めてのこととなります。

### 共同研究について

CO<sub>2</sub>削減など環境面でのニーズに加え、燃料費の高騰に対処するためにも、ジェットエンジン効率向上へのエアラインからの要求は強くなっています。たとえば、2008年初飛行の予定のボーイング787では飛行効率を最新機種に比べて20%も向上させようとしています(図1)。またエアバス社においても同様に高効率機の開発が計画されています。それらの実現には高効率エンジンが不可欠であり、エンジン効率向上の最も有効な手段の一つとして、耐用温度の高いタービン翼の開発が期待されています。共同研究においてNIMSは、これまでの研究成果をベースに、従来以上の高温で使用可能なNi基超合金の開発を担当します。特に、合金組成や熱処理条件と、ミクロ組織や、クリープ強度、熱疲労強度などの高温特性などとの関係を基礎的な研究により明らかにし、その結果を用いて実用的な新Ni基超合金を開発します。

一方ロールスロイス社は新合金の特性データベース作成、部材成形など、より実用的な部分を担当し、両者協力して新合金の開発実用化を目指します。

図 1



## 研究の成果と展開

Ni 基超合金は、ニッケルをベースにコバルト、クロム、タングステン、アルミ、タンタル、レニウム、ルテニウムなど多くの元素を添加して得られる多元系の合金です。必要とされる特性も、クリープ、引張り、疲労、耐酸化性、耐高温腐食性など多岐にわたり、しかも複雑な形状のタービン翼に casting 可能であることなど、合金開発にあたっては相反する多くの特性を満足させねばなりません。

図 2 は、合金設計プログラムを用いることで界面転位網が微細化するよう合金組成を最適化し、クリープ強度を向上させた例を示しています。転位はそれ自体合金の変形の原因になりますが、転位が 相と 相という結晶の界面にネットワークを作ることによってそれ以上動けなくなり、従って強度が向上するというメカニズムです。このような方法を意図的に用いて強化する合金開発は NIMS のオリジナルによるものです。

図 2

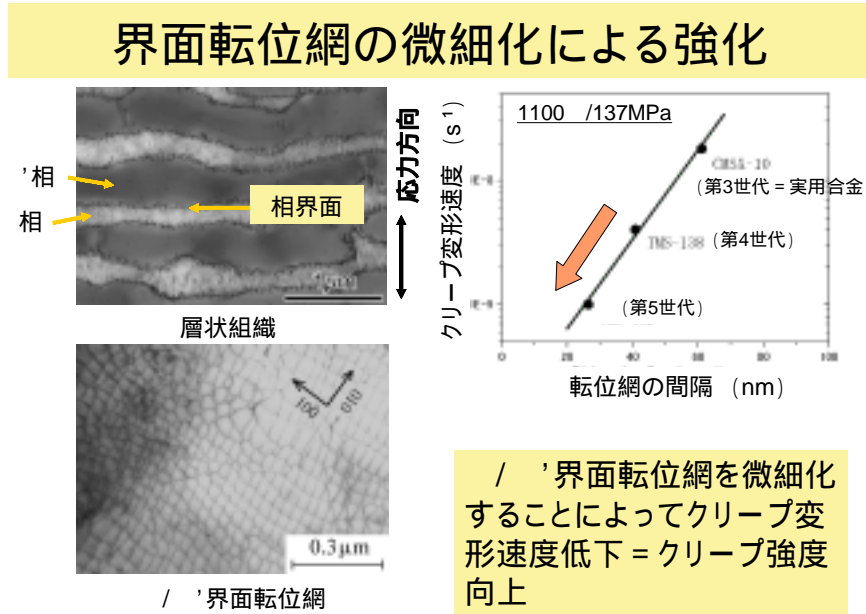
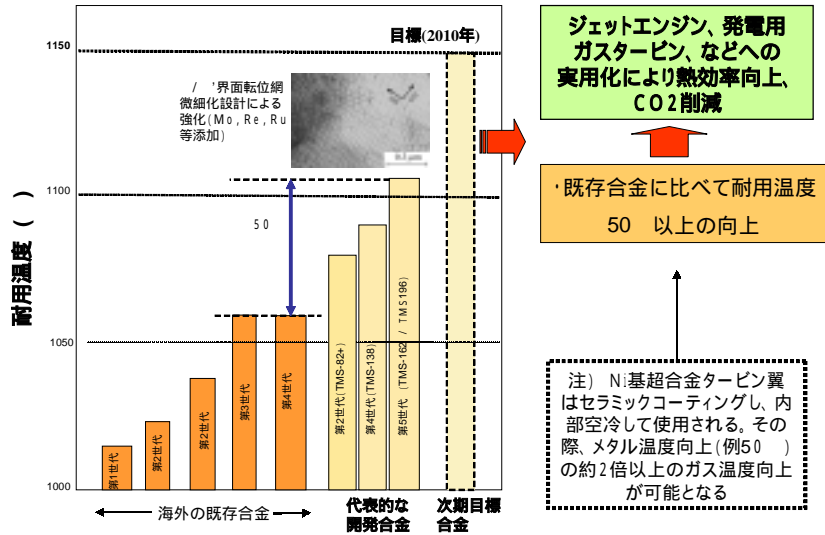


図 3 に示すように開発した第 5 世代合金は既存合金を約 50 上回る耐熱性(耐用温度)を有しています。耐用温度の向上は、ガス温度の向上や、冷却空気量の低減を通してエンジン効率向上に寄与します。50 の向上は、クリープ寿命に換算すると約 6 倍に相当する大きな効果を有しています。共同研究においては、さらに高い耐用温度の合金の開発と実用化を目指します。

図 3

### 開発合金と既存合金の耐用温度比較



NIMS には、このような合金を取り扱う独自のコンピュータソフトを用いた合金設計技術を有することに加え、本格的な単結晶凝固炉による合金製造技術、原子レベルの組織解析や電子顕微鏡の中でのクリープ試験などユニークな解析技術、そしてクリープ試験、熱疲労試験など一連の高温特性評価技術、など必要な研究設備とノウハウを有します。

NIMS とロールスロイス社は、開発合金が実用化された場合、部材提供に関して長期的にエアライをサポートしていく必要があることなどを考慮し、長期的な協力関係を視野に入れて共同研究を行っていく予定です。