

# プロジェクト中間評価報告書

評価委員会開催日：平成20年11月18日

評価委員：（敬称略、五十音順）

榎 学 東京大学大学院工学系研究科 准教授  
 村田 純教 名古屋大学大学院工学研究科 准教授  
 山崎 裕文 産業技術総合研究所エネルギー技術研究部門 リーダー

確定年月日：平成20年12月22日

プロジェクト名	新世紀耐熱材料プロジェクト
研究責任者の所属・役職・氏名	超耐熱材料センター センター長 ロールス・ロイス航空宇宙材料センター コーディネーター（兼務） 原田広史
実施期間	平成18年度～平成22年度
研究全体の目的、目標、概要	<p>研究目的及び具体的な研究目標：</p> <p>（研究目的）          発電ガスタービンやジェットエンジンの高温化・高効率化に必要な次世代の新耐熱材料を設計開発し、実機に適用することにより、燃料消費量の低減を通してエネルギー資源の節約や二酸化炭素排出削減に貢献することを研究目的とする。</p> <p>（研究目標）          開発目標として、耐用温度1150℃の空冷タービン翼用Ni基単結晶超合金、耐用温度1200～1800℃の無冷却タービン翼用高融点超合金、耐用温度750℃のタービンディスク用Ni-Co基鍛造超合金などを設計開発する。並行して、新世紀耐熱材料プロジェクト第I期（平成11～17年度）に得られた耐用温度1080～1100℃の空冷タービン用Ni基単結晶超合金などとともに順次技術移転・実用化し、高効率発電ガスタービンおよび次世代ジェットエンジンの一層の高効率化によるエネルギー資源の節約、二酸化炭素排出削減の効果を挙げることを目指す。</p> <p>研究計画概要：          実用化目標を、</p> <p>①超高効率コンバインドサイクル発電用1700℃大型ガスタービン          ②高効率コージェネレーション用小型ガスタービン          ③民間機用の国産小型ジェットエンジン          ④次世代の大型民間機用ジェットエンジン</p> <p>などとし、これら機器の高効率化によるエネルギー資源節約、二酸化炭素削減はもとより、国内重工・航空機産業等の活性化にも寄与する。</p>
平成18年度～平成20年度中間評価時までの成果等	<p>研究成果（アウトプット）、成果から生み出された効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）：</p> <p>1. 基礎・基盤研究</p> <p>①設計解析</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ni基超合金の主要8元系（Ni-Co-Cr-Mo-W-Al-Ta-Re）での<math>\gamma'</math>析出組織についてPhase Field法によるシミュレーションを可能にし、アトムプローブ解析による元素濃度プロファイルと一致することを示した。多元実用超合金の析出組織のPhase Field法は世界初である。</li> </ul> <p>②材料設計開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>クリープ耐用温度1100℃以上で、耐酸化性にも優れた第5世代単結晶超合金を開発した。</li> <li>クリープ耐用温度1150℃を目指した一連の第6世代Ni基単結晶超合金を設計し、クリープ試験等評価を実施中である。</li> <li>平衡(EQ)コーティングが第5世代超合金にも有効であることを確認した。</li> <li>耐用温度725℃のタービンディスク用Ni基鍛造超合金の大型インゴットならびに鍛造部材作成に成功した（NEDOプロジェクトにて三菱マテリアルと協力）。</li> </ul> <p>③材料評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>離着陸時の実機タービン翼の温度-応力変化を想定したクリープ試験を行い、</li> </ul>

	<p>動的環境での寿命低下傾向を把握した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>バーチャルジェットエンジン（エンジンシミュレーション）開発に着手した。</li> <li>国土交通省事故調査委員会専門委員として、民間ジェットエンジンの部材破壊原因解明への協力を行った。</li> </ul> <p><b>2. 技術移転・実用化</b></p> <p>① 1700℃ガスタービン（三菱重工委託）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>材料コスト低減の観点から Re+Ru 量を低減した合金開発を行い、クリープ特性と熱疲労特性の設定目標を満足する合金を得た。実用化に必要な 300mm 長の大型単結晶タービン翼鑄造が可能であることを示した。</li> </ul> <p>② コージェネレーション用中小型ガスタービン（川崎重工委託）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>第3世代一方向凝固開発合金を用いて小型タービン回転試験に成功した。</li> </ul> <p>③ 小型ジェットエンジン（国内航空エンジンメーカー）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>第4世代単結晶超合金技術の移転を18年度末に終了し、小型エンジン等への実用化をエンジンメーカーに任せた。</li> <li>代わって、ビジネスジェット用小型エンジンへの開発タービンディスク材の適用研究を開始し、候補合金の特性を評価した。</li> </ul> <p>④ 大型ジェットエンジン（ロールス・ロイス共同研究）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>開発単結晶超合金の高温特性評価をロールス・ロイスと分担して行った。候補合金のタービン翼を用いた商用飛行（2010年予定）に向けて当初予定を上回る速度で研究が進捗している。</li> </ul>						
【評価項目】	コメントおよび評価点						
① 研究開発の目的・目標管理・マネジメント	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究の方向性としては問題なく、5年間のプロジェクト期間中の目標管理も適切である。</li> <li>ガスタービンやジェットエンジンの動作温度の高温化により、高効率化・省エネルギー化を図るという目的が明確である。単結晶超合金の開発により、それを実現しようという道筋もしっかりしている。</li> <li>目標が明確であり、エネルギー問題を解決するための非常に有意義な研究である。開発している合金を実用化するために、企業との共同研究も十分計画して行っている。目標を実現するように、このままの体制で努力を続けてほしい。</li> <li>それほど多くない人員で研究成果がしっかり出ており、マネジメントも適切と思われる。</li> <li>4つのサブテーマに関して平均的には目標達成が可能と考えられる。</li> </ul> <table border="1" data-bbox="432 1361 1487 1769"> <tr> <td data-bbox="432 1361 592 1619">評価基準</td> <td data-bbox="592 1361 1487 1619">           評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の10点満点）を、下記評価基準を参考に記入してください。：            9：よく練られており、全く問題ない。            7：優れている。            5：概ね問題はない。            3：修正が必要である。            1：大きな問題がある。プロジェクトを中止すべきである。         </td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1619 592 1693">各委員の評価点</td> <td data-bbox="592 1619 1487 1693">9、9、9（順不同）</td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1693 592 1769">平均評価点</td> <td data-bbox="592 1693 1487 1769">9.0</td> </tr> </table>	評価基準	評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の10点満点）を、下記評価基準を参考に記入してください。： 9：よく練られており、全く問題ない。 7：優れている。 5：概ね問題はない。 3：修正が必要である。 1：大きな問題がある。プロジェクトを中止すべきである。	各委員の評価点	9、9、9（順不同）	平均評価点	9.0
評価基準	評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の10点満点）を、下記評価基準を参考に記入してください。： 9：よく練られており、全く問題ない。 7：優れている。 5：概ね問題はない。 3：修正が必要である。 1：大きな問題がある。プロジェクトを中止すべきである。						
各委員の評価点	9、9、9（順不同）						
平均評価点	9.0						

<p>②研究開発の進捗状況及び進め方</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本プロジェクトは実用化までを視野に入れた研究であるが、民間企業との共同研究や技術移転も順調に進捗している。5年間のプロジェクト期間中での実用化の可能性も高い。</li> <li>・基礎研究段階では既に最高使用温度の目標をクリアしている。また、多元素系の析出シミュレーションなど新しい試みにも成功している。実用化にあたっては、要素技術の移転も順調に進んでいる。ただ、直に実用化に近いA社やB社との共同研究に研究資源を集中させた方が、いいかもしれない。</li> <li>・バーチャルエンジンが材料設計に反映されているところが見えにくいですが、組織シミュレーションとシステムシミュレーションがともに進展していると感じられる。</li> <li>・高価な金属を減らした合金がプロジェクトの目標に対してどの位置にあるのかが示されるとよい。</li> <li>・この研究はぜひ国家戦略として進展させてほしい。</li> </ul>
<p>評価基準</p>	<p>評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の10点満点）を、下記評価基準を参考に記入してください。：</p> <p>9：極めて順調であり、研究資源の再配分を増やすべきである。  7：優れており、このまま継続すべきである。  5：進み具合は妥当である。  3：進み具合が遅れており、計画の見直しが必要である。  1：大幅に遅れており、研究を中止すべきである。</p>
<p>各委員の評価点</p>	<p>9、8、9（順不同）</p>
<p>平均評価点</p>	<p>8.7（小数第二位以下四捨五入）</p>
<p>③論文、特許等の直接の成果、効果・効用、波及効果</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎研究としても十分な研究成果が得られている。また実用化に関しても具体的な成果が見えている。費用対効果は十分高い。</li> <li>・実用化に向けて広い視野で研究が行われており、今後に期待する。</li> <li>・民間企業との共同研究の場合には論文発表ができない、という苦労があるようだが、論文数も十分なレベルである。</li> <li>・特許は出願・登録だけでなく、実施許諾されている案件が数件あり、評価できる。</li> </ul>
<p>評価基準</p>	<p>評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の10点満点）を、下記評価基準を参考に記入してください。：</p> <p>9：質・量共に世界的水準である。  7：優れた成果・効果が出ている（見込まれる）。  5：平均的水準である。  3：平均より少なく、対応策を練る必要がある。  1：質・量共に大いに問題があり、プロジェクトは中止すべきである。</p>
<p>各委員の評価点</p>	<p>8、9、9（順不同）</p>
<p>平均評価点</p>	<p>8.7（小数第二位以下四捨五入）</p>

④総合評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本プロジェクトは、世界的であるとともに、民間企業への技術移転がしっかりと進んでおり、大きなアウトカムが見込める。これだけ実用化への道筋が明確な研究は、独立行政法人型研究所における研究の中でも数少ないものの1つである。</li> <li>・優れた材料開発には成功していると判断できる。ただ、大型部材の作製にあたっての検討がもっと必要ではないかと考えられる。</li> <li>・天然資源のない日本で、超耐熱合金とそれを用いたジェットエンジン技術は、技術資源として重要である。従って、広く国家戦略として考えて益々の進展を期待する。そのための人材確保も必要である。欲を言えば、実用化への共同研究相手の企業がすべて日本企業であればよいが、この点はプロジェクトの責任ではない。</li> </ul>	
	評価基準	総合評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の10点満点）を、下記評価基準を参考に記入してください。： 9：すべての点において模範的に優れている。 7：総合的に優れている。 5：平均的なプロジェクトである。 3：期待されたほどではない。計画の見直しが必要である。 1：上記評価項目①～③の評価結果に大きな問題があり、研究を中止すべきである。
	各委員の評価点	9、9、8（順不同）
	平均評価点	8.7（小数第二位以下四捨五入）
その他 （気になる点、ヒアリングの第一印象など、なんでも） <ul style="list-style-type: none"> <li>・NIMSとして重要な研究プロジェクトであり、今後のプロジェクトの継続性について人員面で若干不安が残った。</li> <li>・ナノ材料ブームの中で、このような地道な材料開発を目指す研究人材の確保が大きな問題と思われる。本プロジェクトが成功したら、ぜひ、その成果を基にして、後進の確保にも努めてほしい。</li> </ul>		

なお平均評価点は、公表時一般にもわかり易いように、以下のようにS, A, B, Cを併記する。  
 評価委員の点数の平均点（小数点第二位以下四捨五入）をXとすると、S:  $X=10$ , S-:  $9 \leq X < 10$ , A+:  $8 \leq X < 9$ , A:  $7 \leq X < 8$ , A-:  $6 \leq X < 7$ , B+:  $5 \leq X < 6$ ,（以下同じ考え方）・・・とする。

平均評価点まとめ

研究開発の目的・目標管理、マネージメント	研究開発の進捗状況及び進め方	論文、特許等の直接の成果、効果・効用、波及効果	総合評価
S-	A+	A+	A+