

最先端・次世代研究開発支援プログラム
事後評価書

研究課題名	究極の耐熱性を有する超高温材料の創製と超高温特性の評価
研究機関・部局・職名	東北大学・大学院工学研究科・教授
氏名	吉見 享祐

【研究目的】

近年の高出力ガスタービンやジェットエンジンのタービン入口温度は 1500 °C を超えているが、高圧タービンブレードに使用されているニッケル基超合金の融点は 1400 °C 前後である。そこで、ニッケル基超合金を高圧タービンブレードに使用するために、ブレード表面には熱遮蔽コーティング、内部には冷却構造を施している。しかしこの冷却構造が、ニッケル基超合金の耐熱性を大きく低下させる原因となっている。この問題を根本的に解決し、高出力・高効率ガスタービンを実現するためには、1500 °C 以上でも無冷却・無遮熱コーティングで稼働可能な高圧タービンブレードを提案することであり、そのためにはニッケル基超合金の耐熱性を劇的に上回った「究極の耐熱性」を有する超高温材料を創製する必要がある。

この究極の耐熱性を有する新規な超高温材料の基本設計原理として、

- (1) すべての構成相の融点は 2200 °C 以上であること
- (2) すべての構成相は 1500 °C 以上で安定的に平衡すること
- (3) 密度はニッケル基超合金と同等以下すなわち 9 g/cm³ 以下であること

の 3 点が挙げられる。

そこで本研究では、基本設計原理 (1) ~ (3) に材料特性が比較的近い Mo-Si-B 三元系合金を基本形として、次の課題に取り組む。

- ①基本設計原理 (1) ~ (3) の要件を満足する材料系 (合金元素、合金組成等) を網羅的に探索し見出す。
- ②基本設計原理 (1) ~ (3) の要件を満たす材料系に対して、材料特性を調査する。特に本研究で挑戦的に取り組む課題として、1500 °C 以上の超高温度下における材料試験技術を確立し、その温度範囲におけるクリープ強度等を明らかにする。
- ③超高温材料の製造・加工プロセスについて検討し、健全で大型な試料作製に挑戦する。

また本研究で開発する新規超高温材料の材料特性の開発目標は、次のとおりである。

- 1) 1500 °C 以上で降伏応力が 1 GPa 以上
- 2) 1500 °C 以上, 137 MPa で破断寿命が 1000 時間以上のクリープ強度
- 3) 室温の破壊靱性値が 15 MPa(m)^{1/2}

【総合評価】	
	特に優れた成果が得られている
	優れた成果が得られている
○	一定の成果が得られている
	十分な成果が得られていない

【所見】	
① 総合所見	
<p>東日本大震災に遭遇する環境の下において省エネルギー化、温暖化ガス排出量削減などの社会的、経済的課題解決へ超高温材料開発と特性評価に関する研究に鋭意に取り組んでいる意義は大きい。タービンブレードと加工まで目的に挙げたため、ハードルが高くなりすぎた感があった。提唱した新規な超高温材料の基本設計原理とした特性に関して、完全に満足された結果は得なかった。</p> <p>当初計画した粉末冶金プロセスによる大型試料の作製を断念し、計画案とは異なった考え方で実験方法を選択せざるを得なかった。</p>	

② 目的の達成状況	
<p>・所期の目的が (<input type="checkbox"/>全て達成された ・ <input checked="" type="checkbox"/>一部達成された ・ <input type="checkbox"/>達成されなかった)</p> <p>研究目的が超高温材料の創成であれば、達成されていると考えられるが、必要な加工プロセスの開発までを目的に入れているため、辛目の評価であるが十分に達成されなかった。</p> <p>また、提唱した新規な超高温材料の基本設計原理とした特性に関して、完全には満足された結果は得なかった。</p>	

③ 研究の成果	
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が (<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない)</p> <p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が (<input checked="" type="checkbox"/>創出された ・ <input type="checkbox"/>創出されなかった)</p> <p>・当初の目的の他に得られた成果が (<input type="checkbox"/>ある ・ <input checked="" type="checkbox"/>ない)</p> <p>Mo-Si-B 3 元系材料などの従来材料と比較して、少なくとも高温圧縮強度において飛躍的に向上した Mo-Si-B-TiC, 4 元系材料を創製できている点は世界に先んじた成果であり、良好な高温圧縮強度、破壊靱性を有することが示されており、先進性・優位性を有しており、ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が創出された。</p> <p>当初の目的の他に得られた成果はない。</p>	

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(■見込まれる ・ □見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が
(■見込まれる ・ □見込まれない)

試作に成功した Mo-Si-B-TiC, 4 元系材料は、4 相からなる新規な微細構造を呈しており、優れた高温強度特性を有し、耐熱材料開発分野において新しい研究分野を提供することが期待でき、関連する研究分野への波及効果が見込まれる。

新しい耐熱材料の創製を目指す本研究の成果は、省エネルギー化、温暖化ガス排出量削減などの社会的、経済的課題の解決に大きな貢献ができるものであり、波及効果が見込まれる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (■行われた ・ □行われなかった)

研究目的を達成するため、試作材の高温引張クリープ特性の評価ならびに高温強度や破壊靱性特性評価の精緻化ならびに拡充などが実施された。

研究実施体制は適切に組織され、各年度、研究実施上必要な設備を随時導入されており、指摘事項への対応も適切に実施された。さらに、研究成果の発信は適切に行われ、国民との科学・技術対話についても効果的に実施され、適切な研究マネジメントが実施された。