

機 関 名	産業技術センター	課題コード	R020903	事業年度	R2 年度 ~ R4 年度				
課 題 名	導電性を持つ次世代型多機能セラミックスの開発								
機関長名	佐藤 明	担当(班)名	機能性材料・デバイスグループ						
連絡先	010-862-3414	担当者名	関根崇、菅原靖、杉山重彰						
政策コード	2	政策名	社会の変革へ果敢に挑む産業振興戦略						
施策コード	1	施策名	成長分野の競争力強化と中核企業の創出・育成						
指標コード	1	施策の方向性	競争力強化による航空機産業と自動車産業の成長促進						
種 別	重点(事項名)	地域の独創性を高め世界に通用する企業を育成する研究開発			基盤				
	研究	○	開発		試験		調査		その他
	県単	○	国補		共同		受託		その他
評 価 対 象 課 題 の 内 容									
<p>1 研究の目的・概要 本研究では、絶縁材料であるSi₃N₄、AlN、SiC等が持つ優れた熱伝導性、耐摩耗性、高温強度等の特性を維持し、導電性を付与した新たな複合セラミックスの開発を目的とする。Si₃N₄、AlN、SiC等は、単体では難焼結性であるため緻密な焼結が難しく、酸化物を添加して作製されているが、本研究では、導電性を有する炭化物等の原料の添加による緻密化を図り、これまでにない新たなセラミックスを作製する。従来のセラミックスは加工性が悪く切削加工が非常に難しい。さらに、絶縁性のために加工が困難である。このようなセラミックスに対して導電性を付与することにより、放電加工が可能になり、形状の自由度が広がり、生産コストの低減等が期待できる。また、従来のセラミックスは機械的性質も低く構造材料への応用が難しいが、複合化により強度に優れたセラミックスを開発することで、用途を拡大できる。本研究では、熱伝導性に優れた絶縁性のセラミック材料に対して、導電性の付与、および機械的性質を向上させた次世代型多機能セラミックスを開発し、新たな工具や構造材料への応用を目指す。</p>									
<p>2 課題設定時の背景(問題の所在、市場・ニーズの状況等) 近年、自動車や航空機のエンジン部品等へ用いられる材料として、耐熱性や耐食性に優れ、軽量、高強度等の特徴を持つ耐熱合金が注目されているが、これらは従来用いられている超硬合金による切削加工が非常に難しい。Si₃N₄、AlN、SiC等の材料は高温強度に優れており、耐熱合金の加工用工具材料として高い関心を集めている。しかし、これらの材料自体も切削加工による加工が困難である。Si₃N₄、AlN、SiC等は絶縁性のために半導体基板等に用いられるが、絶縁材料であるため放電加工ができない。このことにより、構造材料として用いる場合には、形状の制限や生産コストが高い等の課題がある。また、超硬合金に比べて機械的性質に劣る。これらの材料は高熱伝導率、高温強度や耐食性に優れているため、導電性を付与し、機械的性質を向上させることで、さらなる用途の拡大が期待できる。</p>									
<p>3 課題設定時の最終到達目標</p> <p>①研究の最終到達目標 熱伝導率、耐熱性、耐食性に優れたSi₃N₄、AlN、SiCをベースとし、導電性を付与し、機械的性質に優れた緻密な焼結体の作製指針を確立し、新たな複合セラミックスを開発する。複合組成による焼結体の導電性の付与、機械的性質の制御技術を確立し、輸送機器産業や機械産業における構造材料としての実用化を目指す。</p> <p>②研究成果の受益対象(対象者数を含む)及び受益者への貢献度 輸送用機器、機械部品関連企業へ技術移転し、県内企業の新製品開発および新たな市場拡大に貢献する。</p>									

<p>4 全体計画及び財源</p> <p>別紙のとおり。</p>
<p>5 課題設定時からの市場・ニーズの変化等</p> <p>自動車や航空機等のエンジン部品の高機能・高性能化は急速に発展しており、同様に使用する材料の特性(耐熱性、強度等)も発展している。これらの部材を高速かつ精密に加工するための工具が引き続き求められている。これを実現可能なセラミック材料が希求されており、市場のニーズは一層高まっていると言える。併せて、高い耐熱性や熱伝導率を持つセラミックスについては、従来の基板材料だけでなく、構造材料への応用が期待されている。これらのセラミックスは加工が難しく、また放電加工が困難である。このため、優れた特性(高硬度、高強度、高熱伝導率等)も持ち、導電性を有した放電加工が可能なセラミックスのニーズは非常に高い。</p>
<p>6 本県産業や県民生活への向上への貢献の見込み</p> <p>競争力強化のための輸送機産業の成長促進において、高性能・優れた加工性・低コスト等の付加価値の高い新たなセラミックスを開発することにより、秋田県輸送機産業や機械部品産業等で競争力の向上が期待できる。また、本県主力産業である電子部品においても新たなセラミックスとしての応用が期待でき、幅広い分野での展開が見込まれる。これにより、県内製造業における競争力の高い新製品開発、さらには新たな雇用創出が期待できる。</p>
<p>7 これまでに得られた成果</p> <p>高い熱伝導率や耐熱性を有し、工具材料や構造材料への展開が期待されるAINをベースとした複合セラミックスを検討、試作した。従来では焼結が難しく、さらには機械的性質が非常に低い材料であるが、硬質炭化物の複合化により緻密な焼結に成功し、硬さやヤング率、破壊靱性値等の機械的性質を大幅に改善することができた。AINの市販材に比べて、今回作製したAIN-WC複合セラミックスでは、硬さが1.5倍、ヤング率が1.5倍、破壊靱性値が2倍と大きく改善することができた。また、AIN-WCで放電加工が可能な抵抗率$1 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$以下となり、導電性を持つ複合セラミックスを作製することができた。得られた成果について学会発表および研究論文として発表した。また、関連する製造技術や評価・分析技術についても県内企業の技術支援および課題解決に活用した。</p>
<p>8 残る課題・問題点・リスク等</p> <p>構造材料として用いるには、導電性を維持しながら、他の性質(硬さ、強度、熱伝導率等)の更なる改善が求められる。これら課題については複合組成や焼結条件、組織学的評価・分析を活用して課題解決に取り組む。試料の製造については通電加圧焼結により作製しているが、幅広く企業展開をするためにはより低温での緻密な焼結や、常圧焼結による緻密化等が必要となってくる。このため、作製した焼結体の緻密化の条件やメカニズムを、得られた結果と対応させて詳細に解析し、最適な焼結条件を確立していく。</p>

9 評価

<p>観点</p> <p>1</p> <p>ニーズの状況変化</p>	<p style="text-align: center;">○ A ● B ○ C ○ D</p> <p>・従来のセラミックス材料には無い加工性を得ることで、本研究による開発材料の最大の特性である硬さと熱伝導性を生かして輸送機産業での用途があると考えられる。 ・導電性を持つセラミックス材であるジルコニアでは得られなかった高い熱伝導性は、本県の基幹産業である電子部品用の治工具や半導体製造に用いる静電チャックやステージ等の既存製品についてもニーズが広がると考える。 ・自動車や航空機等のエンジン部品は、燃費等の効率化の観点から、高機能・高性能化、迅速な加工が求められている。導電性セラミックスの加工は、基本的に、放電加工（表面からアーク放電によって削ることで成形する加工方法）およびワイヤカット加工（ワイヤに電流を流し材料を切断する加工方法）が主体となっている。そのため、熱伝導率が高く、導電性の低いセラミックスに導電性を付与することは、放電加工を可能とし、迅速かつ精密な加工ができるようになることから、今後、市場ニーズが益々高くなっていくものと考えられる。</p> <hr/> <p>A. ニーズの増大とともに研究目的の意義も高まっている C. ニーズの低下とともに研究目的の意義も低くなってきている B. ニーズに大きな変動はない D. ニーズがほとんどなく、研究目的の意義がほとんどなくなっている</p>														
<p>2</p> <p>効果</p>	<p style="text-align: center;">○ A ● B ○ C ○ D</p> <p>・本研究の成果である加工性に優れた多機能セラミックスは、「あきた自動車産業振興プラン」で求められる「加工技術の強化」や「産学官連携による新技術の開発」にマッチしたものであり、輸送機関連産業での高熱分野への展開が期待できる。 ・今後の再生エネルギー産業において、水素活用を含むエネルギー貯蔵が注目されているが、ここでは耐熱性のポンプ部品が必要となるため加工性に優れたセラミックス材料の新たな応用展開の可能性はある。 ・硬さ、熱伝導などの従来の優れた特徴を維持したまま、導電性を付加することにより、放電加工が可能になる。放電加工が可能となれば、迅速かつ精密な加工ができるようになり、電子部材としての応用範囲が広がると予想される。そのため、新製品開発および新規事業拡大など、今後の成長市場への参入機会を得ることができると考えられ、県内製造業へ</p> <hr/> <p>A. 大きな効果が期待される C. 小さな効果が期待される B. 効果が期待される D. 効果はほとんど見込めない</p>														
<p>3</p> <p>進捗状況</p>	<p style="text-align: center;">○ A ● B ○ C ○ D</p> <p>・セラミックス材の複合組成において相対密度100%の緻密な焼結体を実現できている。また放電加工に必要な抵抗率が得られていることから順調に進捗していると考えられる。 ・作製した複合セラミックス材の機械的性質がAIN材に比べて硬さが1.5倍、ヤング率が1.5倍、破壊靱性値が2倍の結果が得られており、目的である機械的性質と導電性が一定のレベルで確認できている。 ・今回作製したAIN-WC複合セラミックスでは、AINの市販材に比べ、硬さ、ヤング率、破壊靱性値ともに大きく改善することができた。さらに、抵抗率も放電加工が可能な$\times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$以下となり、導電性を持つ複合セラミックスを作製することができた。しかし、AIN-SiC複合セラミックスでは、AINの市販材に比べ、硬さ、ヤング率、破壊靱性値ともに大きく改善することができたが、抵抗率は放電加工が可能な$\times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$以下を達成することはできなかった。今後、AIN-WC複合セラミックスをベースに進めることを考慮すると、概ね計画とおりの進捗状況といえる。</p> <hr/> <p>A. 計画以上に進んでいる C. 計画より遅れている B. 計画どおりに進んでいる D. 計画より大幅に遅れている</p>														
<p>4</p> <p>目標達成の状況</p> <p>要因の状況</p>	<p style="text-align: center;">○ A ● B ○ C ○ D</p> <p>・構造材として用いるために機械的性質に改善が必要であるが、単なる材料探索にならない様に、課題解決に向けた複合材の評価・分析技術の活用が望まれる。 ・開発目標が達成された後の県内企業展開を見据えて、通電加圧焼結に限定しない作製法を確立する必要がある。 ・今回、AIN-WC複合セラミックスでは、放電加工が可能で抵抗率を得ることができた。しかし試料製造は、通電加圧焼結により作製しており、今後、幅広く企業展開をするためには、県内企業でも製造できる常圧焼結による手法が必要になってくる。このあたりの技術をどのように構築していくかが、大きな課題になると思われる。</p> <hr/> <p>A. 目標達成を阻害する要因がほとんどない C. 目標達成を阻害する要因がある B. 目標達成を阻害する要因が少しある D. 目標達成を阻害する要因が大きいにある</p>														
<p>総合評価</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>○ A 当初計画より大きな成果が期待できる</p> <p>○ B+ 当初計画より成果が期待できる</p> <p>● B 当初計画どおりの成果が期待できる</p> <p>○ C さらに努力が必要である</p> <p>○ D 継続する意義は低い</p> </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <p>判定基準</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>A</td> <td>全ての評価項目がA評価である課題</td> </tr> <tr> <td>B+</td> <td>各評価項目がB評価以上であり、A評価が2つ又は3つの課題</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>各評価項目がB評価以上である課題 (A評価、B+評価に該当する課題を除く)</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>いずれかの評価項目でC評価がある課題 (D評価に該当する課題を除く)</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>いずれかの評価項目でD評価がある課題</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	<p>○ A 当初計画より大きな成果が期待できる</p> <p>○ B+ 当初計画より成果が期待できる</p> <p>● B 当初計画どおりの成果が期待できる</p> <p>○ C さらに努力が必要である</p> <p>○ D 継続する意義は低い</p>	<p>判定基準</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>A</td> <td>全ての評価項目がA評価である課題</td> </tr> <tr> <td>B+</td> <td>各評価項目がB評価以上であり、A評価が2つ又は3つの課題</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>各評価項目がB評価以上である課題 (A評価、B+評価に該当する課題を除く)</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>いずれかの評価項目でC評価がある課題 (D評価に該当する課題を除く)</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>いずれかの評価項目でD評価がある課題</td> </tr> </table>	A	全ての評価項目がA評価である課題	B+	各評価項目がB評価以上であり、A評価が2つ又は3つの課題	B	各評価項目がB評価以上である課題 (A評価、B+評価に該当する課題を除く)	C	いずれかの評価項目でC評価がある課題 (D評価に該当する課題を除く)	D	いずれかの評価項目でD評価がある課題		
<p>○ A 当初計画より大きな成果が期待できる</p> <p>○ B+ 当初計画より成果が期待できる</p> <p>● B 当初計画どおりの成果が期待できる</p> <p>○ C さらに努力が必要である</p> <p>○ D 継続する意義は低い</p>	<p>判定基準</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>A</td> <td>全ての評価項目がA評価である課題</td> </tr> <tr> <td>B+</td> <td>各評価項目がB評価以上であり、A評価が2つ又は3つの課題</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>各評価項目がB評価以上である課題 (A評価、B+評価に該当する課題を除く)</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>いずれかの評価項目でC評価がある課題 (D評価に該当する課題を除く)</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>いずれかの評価項目でD評価がある課題</td> </tr> </table>	A	全ての評価項目がA評価である課題	B+	各評価項目がB評価以上であり、A評価が2つ又は3つの課題	B	各評価項目がB評価以上である課題 (A評価、B+評価に該当する課題を除く)	C	いずれかの評価項目でC評価がある課題 (D評価に該当する課題を除く)	D	いずれかの評価項目でD評価がある課題				
A	全ての評価項目がA評価である課題														
B+	各評価項目がB評価以上であり、A評価が2つ又は3つの課題														
B	各評価項目がB評価以上である課題 (A評価、B+評価に該当する課題を除く)														
C	いずれかの評価項目でC評価がある課題 (D評価に該当する課題を除く)														
D	いずれかの評価項目でD評価がある課題														
<p>評価を踏まえた研究計画等への対応</p> <p>・自動車のエンジン部品等、輸送用機器向けの材料の加工工具として、セラミック材料のニーズが一層高まっている。また、加工性が向上することで、近年注目されるエネルギー産業分野で用いるセラミックスとしての応用も期待できるため、引き続き新たな材料創出に向けて取り組む。 ・導電性と合わせて、用途別で必要になる特性（硬さ、破壊靱性値、熱伝導率等）の最適化を図る。 ・実用化に向けた製造条件の構築を見据えた研究開発を進める。</p>															
<p>(参考)</p> <p>過去の評価結果</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%;">事前</td> <td style="width: 15%;">中間(年度)</td> <td style="width: 15%;">中間(年度)</td> <td style="width: 15%;">中間(年度)</td> <td style="width: 15%;">中間(年度)</td> <td style="width: 15%;">中間(年度)</td> <td style="width: 15%;">中間(年度)</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	事前	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)							
事前	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)	中間(年度)									

令和 3 年度 ■ 当初予算 □ 補正予算 (月)

機関名	産業技術センター	課題コード	R020903	事業年度	R2	年度 ~	R4	年度
課題名	導電性を持つ次世代型多機能セラミックスの開発							

4 全体計画及び財源 (全体計画において ≡ 計画 —— 実績)									
実施内容	到達目標	R2 年度	R3 年度	R4 年度	年度	年度	R2到達目標	到達状況	
緻密な導電性セラミックスの開発	Si ₃ N ₄ 、AlN、SiC等の絶縁材料をベースとした導電性複合セラミックスの開発						窒化物-炭化物系複合セラミックスの緻密な焼結体作製	AlNをベースとした硬質炭化物との複合セラミックスで相対密度100%の緻密な焼結体が得られた。	
導電性・機械的性質の評価および制御技術確立	配合組成、焼結条件により導電性や機械的性質の制御技術を確立						複合セラミックスの配合組成毎の導電性の評価	AlNに対して硬質炭化物WCを添加した複合組成において、導電性を持つことを確認した。	
加工性の評価・解析	放電加工による加工性の評価および構造部材試作								
企業への展開	県内企業への展開と実用化						緻密な複合セラミックスの焼結条件の検討	緻密な焼結に必要な温度、時間、圧力等の焼結条件を得ることができた。技術移転に必要な組成や添加物による条件検討を進めていく。	
計画予算額(千円)		3,257	3,000	3,000			合計		
当初予算額(千円)		3,257	2,870				9,257		
財源内訳	一般財源	3,257	2,870				6,127		
	国費						6,127		
	その他								

導電性を持つ次世代型多機能セラミックスの開発（産業技術センター、R2～R4）
絶縁性のセラミックス材料に対して導電性を付与し、機械的性質や熱伝導率に優れた次世代型多機能セラミックスを開発し、輸送機器や電子部品等の産業分野において新たな特性を持つセラミックスの創出を目指す。

【従来のセラミックス】

AlN

Si₃N₄

SiC

【特徴】

- ・ 絶縁性
- ・ 耐熱性に優れる

- ・ 高熱伝導率
- ・ 半導体基板材料、放熱部材に応用

【課題】

- ・ 難焼結材料
- ・ 機械的性質（硬さ、強度等）が低い
- ・ 加工が難しい（絶縁性放電加工不可）

複合化

硬質・高強度炭化物

WC

TiC

TaC

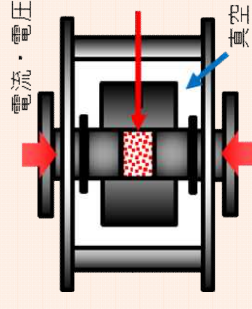
【特徴】

- ・ 優れた機械的性質
- ・ 導電性

新たな複合セラミックス材料

- ・ 高熱伝導率
- ・ 易加工性（放電加工可）
- ・ 優れた硬さ、破壊靱性値、強度、耐摩耗性等

＜緻密なセラミックス作製のための焼結技術＞



導電性を持ち、加工性・機械的性質・熱伝導率に優れた次世代型多機能セラミックスを開発

【研究成果の受益対象及び受益者への貢献度】

- ・ 輸送機器、機械部品、電子部品等の産業分野において、県内企業の新たな市場拡大が期待できる。