

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H03485

研究課題名(和文)チタンシリサイドをマトリクスとするSiC繊維強化複合材料の創出

研究課題名(英文)Processing and evaluation of SiC-fiber-reinforced TiSi₂ matrix composite

研究代表者

青木 卓哉 (Aoki, Takuya)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・航空技術部門・主任研究開発員

研究者番号：40358635

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,000,000円

研究成果の概要(和文)：1400 程度の温度域において優れた耐熱性・耐久性を有する実用的な耐熱材料として、SiC繊維並びに炭素繊維強化シリサイド基複合材料を溶融合浸法により試作するプロセスを開発し、試作複合材料の高温までの力学特性を評価した。SiC繊維/CoSi複合材料は1400 の曲げ試験において、最大応力はやや低下するものの、室温の剛性を維持した。炭素繊維/Si-V-Cr系シリサイド複合材料は1500 においても室温以上の最大応力を示すこと、負荷初期の剛性低下も室温と比べて小さく、高温力学特性に優れた複合材料であることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

航空機ターボファンエンジンでは、タービン部に多数の翼部品とシュラウドが使用されているが、これらの高温部品を軽量化できれば、エンジンの飛躍的な重量減と燃料消費率の改善が実現できる。各国のエンジンメーカーは、従来のニッケル合金(密度8 g/cm³)に代えて、軽量(密度2～3 g/cm³)で高耐熱なSiC繊維強化SiC基複合材料をエンジン高温部品に適用する研究開発に凌ぎを削っている。本研究では、従来よりも高耐熱となるSiC繊維強化複合材料を低コストで製造する技術創出を目的として、シリサイドを繊維織物に溶融合浸する手法を開発し、試作複合材料が優れた高温力学特性を示すことを検証した。

研究成果の概要(英文)：This study developed the processing of SiC-fiber-reinforced and carbon-fiber-reinforced silicide matrix composites by melt infiltration technique. Mechanical properties of the prepared composites were evaluated from room temperature to elevated temperatures. The SiC-fiber-reinforced CoSi matrix composite maintained its original stiffness at 1400 °C in the bending test although the maximum stress decreased slightly. The carbon-fiber-reinforced Si-V-Cr matrix composite showed higher bending strength and smaller stiffness reduction during loading at 1500 °C as compared to their original values.

研究分野：長繊維強化セラミックス基複合材料

キーワード：長繊維強化セラミックス基複合材料 シリサイド 溶融合浸

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

航空機エンジンの燃料消費効率向上は、環境問題への貢献に加えて、商品力を大きく高めるため、極めて高い社会要請がある。ターボファンエンジンでは、低圧タービンと高圧タービンに多数の静翼と動翼、シュラウドが使用されているが、これらを軽量化できれば、システム全体の飛躍的な重量減と燃料消費率の改善が実現できる。日米欧のエンジンメーカーは、従来のニッケル合金(密度 8 g/cm^3)に代えて、軽量(密度 $2\sim 3 \text{ g/cm}^3$)で高耐熱な SiC 繊維強化 SiC 基複合材料(SiC/SiC)をエンジン高温部品に適用することを緊急の課題と捉え、材料・プロセス技術の研究に凌ぎを削っている。

SiC/SiC 複合材料のマトリクス形成方法としては、CVI、PIP、シリコン(Si)MI という3つの技術がある。CVI (Chemical Vapor Infiltration) 法は、高温で SiC 繊維織物の空隙(気孔)に原料ガスを流し、時間をかけて CVI-SiC マトリックスを形成する。PIP (Polymer Impregnation and Pyrolysis) 法は、繊維織物に有機ポリマ溶液を含浸・焼成を繰り返すことで非晶質の SiC マトリックスを形成する方法である。いずれも、数週間～数ヶ月という時間を要するプロセスで、SiC/SiC のコストを押し上げる要因となっている。また、CVI、PIP 法で製造された SiC/SiC では通常は 10% を超える気孔が残存する。これら気孔は、空気や燃焼ガスの拡散パスとなることから、部品寿命を決定する耐酸化性を低下させる大きな要因ともなっている。

これに対して、米国 GE 社が多数の特許を持つ Si-MI (Silicon Melt Infiltration) 法は、織物内に C 粉末と SiC 粉末を分散させ、これに金属 Si を溶融合浸することで Si と C を反応させて Si と SiC で構成されるマトリックスを形成する。この方法は、プロセス時間が短く、気孔がほぼ無い緻密な複合材料が得られる点で CVI、PIP 法よりも優れている。しかしながら、Si-MI 法では複合材料中に未反応の Si が相当量残留する。Si の融点は 1414°C であることから、残留 Si を含む SiC/SiC の最高使用温度は 1350°C 以下に限られる。このため同材料の高圧タービンへの適用は、静止部品で、使用温度が比較的低く、抽気空気による冷却が容易なシュラウドや静翼に留まるとも考えられる。言い換えれば、より高耐熱で緻密なマトリックスを有する SiC 繊維複合材料が低コストで製造できるものづくり技術が開発できれば、高圧タービンの回転部品である動翼に軽量の SiC 繊維複合材料の適用が可能となり、システム全体の飛躍的な重量減に繋がる。更には、静翼やシュラウドへの適用においても冷却空気量の削減、燃料消費率の改善に貢献できる。

2. 研究の目的

本研究では、 1400°C 程度の温度域において優れた耐熱性・耐久性を有する実用的な耐熱材料として、チタンシリサイド(TiSi_2)等のシリサイドをマトリクスとする SiC 繊維強化シリサイド基複合材料を溶融合浸法を用いて創出することを目的とした。既存の代表的なマトリクス形成法である Si 単体の溶融合浸法や CVI 法で得られる SiC 繊維強化 SiC 基複合材料と比較して、耐熱温度の向上、製造コストと気孔率の大幅低減を同時に実現することを研究目標とした。

3. 研究の方法

(1) マトリクス候補となるシリサイド材料の探索

従来プロセスである“Si 単体の溶融合浸”によって得られる Si-SiC マトリクスと比較して高耐熱であり、かつ溶融合浸処理によって短工期で緻密なマトリクスを形成し得るシリサイド材料を、汎用の熱力学シミュレーションソフトウェアを使用して探索する手法を検討し、選定した。

(2) 模擬材料の試作と評価

繊維強化複合材料は素材費、試作費とも非常に高額となる。そのため、研究の初期段階では繊維強化複合材料の模擬材料として SiC 粒子多孔体を試作し、その気孔に対して TiSi_2 、 CrSi_2 、 CoSi 等のシリサイド、(1)で選定した Si-V-Cr 系シリサイドを溶融合浸した。このモデル実験を通じて、シリサイド融液を多孔質体に含浸する手法を確立するとともに、シリサイドを繊維強化複合材料のマトリクスとすることの有用性を調査した。

(3) シリサイドマトリクスを適用した繊維強化複合材料の試作と評価

SiC 繊維並びに炭素繊維を強化材とする直交三次元織物(繊維プリフォーム)に対して、(1)(2)で有望とされたシリサイド材料を溶融合浸し、複合材料を試作した。試作複合材料の緻密性を X 線 CT や組織観察により評価するとともに、形成したシリサイドマトリクスの溶融開始温度を DSC 法で取得した。更には室温から高温までの高温力学特性を 3 点曲げ試験により評価した。

4. 研究成果

(1) マトリクス候補となるシリサイド材料の探索

熱力学シミュレーションソフトウェア FactSage (株)計算力学研究センター)を使用して、 TiSi_2 、 CrSi_2 、 CoSi 、Si-V-Cr 系シリサイドの融液と SiC との反応性を計算した。その結果、 TiSi_2 は SiC との反応性が顕著で、 TiSi_2 融液と SiC が接触すると TiSi_2 、Si およ

び Ti_3SiC_2 を生成することが予測された。このことは、 $TiSi_2$ 融液を SiC 材料の気孔に含浸すると、得られる材料は Si と $TiSi_2$ の共晶温度である約 $1330^{\circ}C$ でその一部が溶融することを意味している。一方、 $CrSi_2$ および $CoSi$ の融液は SiC との反応性が乏しいこと、溶融含浸処理により得られる材料は $CrSi_2$ および $CoSi$ の融点 (約 $1430^{\circ}C$ 及び $1460^{\circ}C$) で溶融し、従来の Si 単体の溶融含浸と比べてより高温で溶融するマトリックスが得られる可能性が示された。また、Si-V-Cr 系シリサイドについては、組成によっては固相線温度が $1600^{\circ}C$ 以上となり、かつ SiC との反応性が小さいことが熱力学計算により見いだされた。

これらの計算結果から、適切なシリサイドを選択して溶融含浸することで、従来の Si 単体の溶融含浸と比較して高い耐熱性 (溶融開始温度) を有するシリサイドマトリックスが得られる可能性が得られた。

(2) 模擬材料の試作と評価

開気孔率約 50% の SiC 粒子多孔体を試作し、その気孔に $TiSi_2$ 、 $CoSi$ 、選定した Si-V-Cr 系シリサイドを溶融含浸した。これらの試作材料を、アルゴンフロー中で室温から $1500^{\circ}C$ まで加熱し、DSC 法により溶融開始温度を測定した。結果を図 1 に示す。Si 単体を溶融含浸した材料は Si 単体の融点 ($1414^{\circ}C$) に近い $1403^{\circ}C$ で溶融に伴う吸熱ピークが現れた。一方、 $CoSi$ を溶融含浸した材料は $1440\sim 1450^{\circ}C$ で吸熱ピークが現れ、Si 単体を含浸した材料と比べて溶融開始温度が向上する結果が得られた。また、Si-36at% V-4at% Cr 合金を溶融含浸して得られた Si-V-Cr 系シリサイド材料は、 $1500^{\circ}C$ まで吸熱ピークが見られないことから、 $1500^{\circ}C$ 以上の溶融開始温度を有することが確認された。なお、 $TiSi_2$ を溶融含浸した場合には熱力学シミュレーションで予測された通り、Si- $TiSi_2$ の共晶温度となる約 $1330^{\circ}C$ で材料の一部が溶融した。

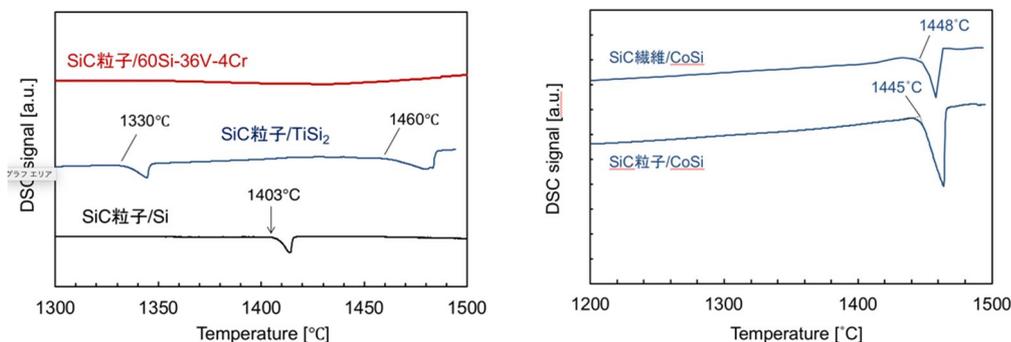


図 1 DSC 法により測定したシリサイド含浸材料の溶融開始温度

図 2 は、 $CoSi$ 、Si-36at% V-4at% Cr 合金を溶融含浸した SiC 粒子多孔体の室温から高温までの 3 点曲げ試験結果である。両材料とも室温と $1000^{\circ}C$ 程度までの温度域では脆性的に破壊するものの、高温域では応力-ひずみ関係に非線形性が現れ、剛性と最大応力は低下するものの、破壊ひずみが大きくなる結果となった。SiC/SiC 複合材料に引っ張り荷重が負荷されると、破壊ひずみの小さい SiC マトリックスが先行して微視破壊し、これらのマイクロクラックを通じて酸化劣化することが知られている。高温で大きな破壊ひずみを示す材料を繊維強化複合材料のマトリックスとすることができれば、負荷初期の損傷抑制にも有効となる可能性が考えられた。

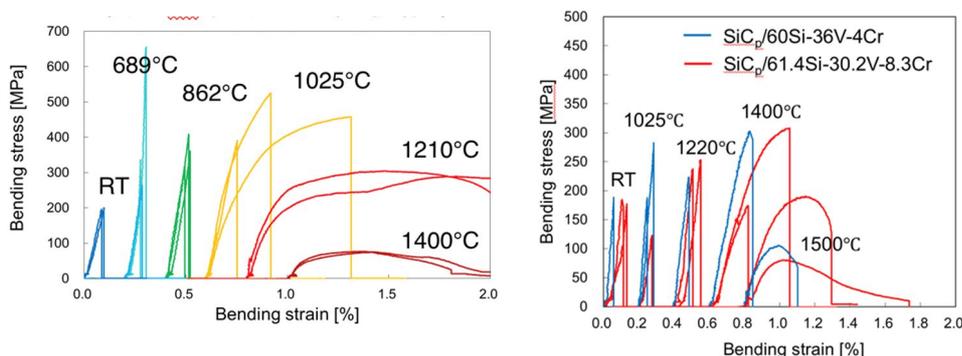


図 2 シリサイドを溶融含浸した多孔質 SiC 材料の 3 点曲げ試験結果 (左: $CoSi$ 含浸材料、右: Si-36at% V-4at% Cr 合金含浸材料)

(3) シリサイドマトリックスを適用した繊維強化複合材料の試作と評価

SiC 繊維（ハイニカロンタイプ S、NGS アドバンスファイバー製）を強化材とする直交三次元織物を製織し、その後に繊維と融液の接触を防ぐことを目的として CVI 法により SiC マトリックスを部分的に形成した繊維プリフォームを準備した。このプリフォームに対して 1550°C の溶融含浸処理により CoSi マトリックスを形成した SiC 繊維/CoSi 複合材料を試作した。また、炭素繊維（ベスファイト HTA、東邦テナックス製）を強化材とする直交三次元織物に CVI-SiC マトリックスを形成し、残留気孔に SiC 粉末（平均粒径 2~3 ミクロン、高純度化学製）を充填、最後に Si-36at% V-4at% Cr 合金を 1700°C で溶融含浸することで炭素繊維/ Si-V-Cr 系シリサイド複合材料を試作した。

図 3 は試作した 3 点曲げ試験片（40mm × 5mm × 3mm）の X 線 CT 写真である。図中の白色部はシリサイドマトリックスであり、CoSi、Si-36at% V-4at% Cr 合金とも繊維束間に存在した気孔に十分に含浸されていることが分かる。

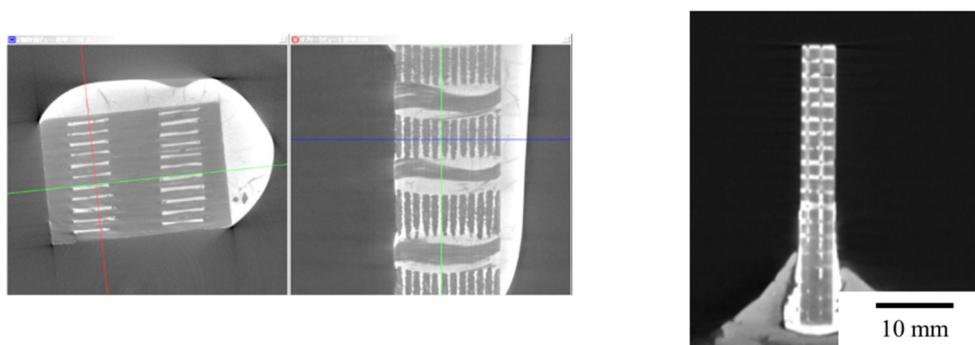


図 3 シリサイドを溶融含浸した繊維強化複合材料試験片の X 線 CT 画像
（左：CoSi 含浸材料、右：Si-36at% V-4at% Cr 合金含浸材料）

SiC 繊維/CoSi 複合材料、並びに炭素繊維/ Si-V-Cr 系シリサイド複合材料の 3 点曲げ試験結果をそれぞれ図 4 に示す。高温試験はアルゴン雰囲気で行っている。SiC 繊維/CoSi 複合材料は 1400 °C において最大応力はやや低下するものの、室温の剛性を維持することが分かる。同じ SiC 繊維プリフォームに Si 単体を溶融含浸した複合材料は 1400 °C の曲げ試験後に Si マトリックスが材料外に溶け出したことが確認されており、CoSi 適用による耐熱性向上効果を確認することができた。また、炭素繊維/ Si-V-Cr 系シリサイド複合材料は 1500 °C において室温以上の最大応力を示すこと、負荷初期の剛性低下も室温と比べて小さく、高温力学特性に優れた複合材料を試作することができた。

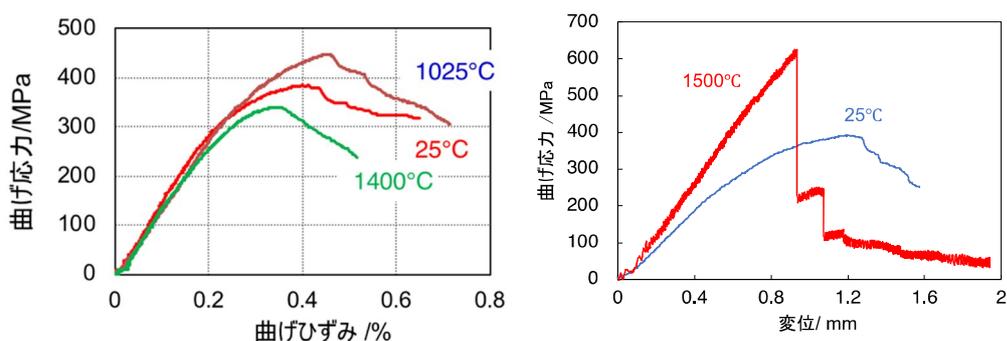


図 4 シリサイドを溶融含浸した繊維強化複合材料の 3 点曲げ試験結果
（左：SiC 繊維/CoSi 複合材料、右：炭素繊維/ Si-V-Cr 系シリサイド複合材料）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ikarashi Yoshito, Ogasawara Toshio, Aoki Takuya	4. 巻 40
2. 論文標題 Micromechanical model of time-dependent damage and deformation behavior for an orthogonal 3D-woven SiC/SiC composite at elevated temperature in vacuum	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the European Ceramic Society	6. 最初と最後の頁 3887 ~ 3896
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jeurceramsoc.2020.04.029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tsunoura Toru, Yoshida Katsumi, Yano Toyohiko, Aoki Takuya, Ogasawara Toshio	4. 巻 16
2. 論文標題 High temperature bending behavior of polycrystalline Si and SiC particle-reinforced Si matrix composites	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Today: Proceedings	6. 最初と最後の頁 78 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matpr.2019.05.303	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tsunoura Toru, Yoshida Katsumi, Yano Toyohiko, Aoki Takuya, Ogasawara Toshio	4. 巻 164
2. 論文標題 Fabrication and bending behavior of amorphous SiC-fiber-reinforced Si-Co eutectic alloy composites at elevated temperatures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Composites Part B: Engineering	6. 最初と最後の頁 769 ~ 777
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.compositesb.2019.01.103	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tsunoura Toru, Yoshida Katsumi, Yano Toyohiko, Aoki Takuya, Ogasawara Toshio	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Oxidation mechanisms of SiC fiber reinforced Si eutectic alloy matrix composites at elevated temperatures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Ceramic Society	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jace.16487	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikarashi Yoshito, Ogasawara Toshio, Aoki Takuya	4. 巻 39
2. 論文標題 Effects of cyclic tensile loading on the rupture behavior of orthogonal 3-D woven SiC fiber/SiC matrix composites at elevated temperatures in air	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the European Ceramic Society	6. 最初と最後の頁 806 ~ 812
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jeurceramsoc.2018.10.016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toru TSUNOURA, Yosuke OKUBO, Katsumi YOSHIDA, Toyohiko YANO, Takuya AOKI, Toshio OGASAWARA	4. 巻 126(1)
2. 論文標題 Oxidation behavior of monolithic HfSi ₂ and SiC fiber-reinforced composites fabricated by melt infiltration using Si-8.5at%Hf alloy at 800-1200 °C in dry air	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 27-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.17136	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計28件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 吉井 翔太郎、澤開 貴也、青木 卓哉、小笠原 俊夫、荻原 慎二
2. 発表標題 溶融合浸法を用いたSiC粒子分散Si-22at%Co複合材料の作製と機械的特性の評価
3. 学会等名 日本セラミックス協会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 澤開 貴也、吉井 翔太郎、青木 卓哉、小笠原 俊夫、荻原 慎二
2. 発表標題 Si-V-Cr合金を用いた溶融合浸法によるCMCの作製と曲げ挙動
3. 学会等名 日本セラミックス協会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉井 翔太郎、澤開 貴也、青木 卓哉、小笠原 俊夫、荻原 慎二
2. 発表標題 溶融合浸法を用いたSiC粒子分散Si-22at%Co複合材料の作製と機械的的特性の評価
3. 学会等名 第12回日本複合材料会議 (JCCM-12)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 澤開 貴也、吉井 翔太郎、青木 卓哉、小笠原 俊夫、荻原 慎二
2. 発表標題 Si-V-Cr合金を用いた溶融合浸法によるCMCの作製と曲げ挙動
3. 学会等名 第12回日本複合材料会議 (JCCM-12)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 五十嵐喜寅、小笠原俊夫、青木卓哉
2. 発表標題 Effect of unloading on crack propagation behavior of an orthogonal 3-D woven SiC fiber/SiC matrix composite under tensile load at elevated temperature in air
3. 学会等名 45th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八須光司、五十嵐喜寅、小笠原俊夫、青木卓哉
2. 発表標題 Multi-scale modeling for damage evolution behavior of an orthogonal 3-D woven SiC fiber/SiC matrix composite under tensile loading
3. 学会等名 45th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋尚斗、五十嵐喜寅、八須光司、小笠原俊夫、青木卓哉
2. 発表標題 切り欠きを有する直交三次元織物SiC繊維/SiC複合材料のき裂進展挙動
3. 学会等名 日本複合材料学会 第45回複合材料シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 五十嵐喜寅、高橋尚斗、小笠原俊夫、青木卓哉
2. 発表標題 高温大気中におけるSiC繊維/SiC複合材料のき裂進展挙動に及ぼす繰返し荷重の影響
3. 学会等名 日本機械学会 第28回機械材料・材料加工技術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 八須光司、五十嵐喜寅、小笠原俊夫、青木卓哉
2. 発表標題 三次元織物SiC 繊維強化SiC 複合材料のマルチスケールでの損傷進展シミュレーション
3. 学会等名 日本機械学会 第28回機械材料・材料加工技術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木卓哉
2. 発表標題 溶融合浸法 (MI) によるCMC製造に関わる基礎研究
3. 学会等名 先進セラミックス第124委員会 第160回研究会大会、日本学術振興会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木卓哉
2. 発表標題 SiC/SiC複合材料の耐酸化研究の現状と課題
3. 学会等名 日本金属学会2020年秋季大会、日本金属学会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuya Aoki, Toru Tsunoura, Katsumi Yoshida, Toshio Ogasawra
2. 発表標題 SiCf/CoSi matrix composites fabricated by melt-infiltration processing
3. 学会等名 10th International Conference on High Temperature Ceramic Matrix Composites（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 五十嵐 喜寅, 小笠原 俊夫, 青木 卓哉
2. 発表標題 直交三次元織物SiC繊維/SiC複合材料の高温における時間依存型の損傷累積・変形挙動のモデル化
3. 学会等名 第 44 回複合材料シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 五十嵐 喜寅, 小笠原 俊夫, 青木 卓哉
2. 発表標題 高温大気中における三次元織物 SiC 繊維/SiC 複合材料の疲労破壊挙動
3. 学会等名 第 27 回機械材料・材料加工技術講演会（M&P2019）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 津之浦 徹、吉田 克己、矢野 豊彦、羽 山 直輝、澤開 貴也、青木 卓哉、小笠原 俊夫
2. 発表標題 溶融合浸法による一方向SiC繊維強化複合材料の引張試験片の作製
3. 学会等名 日本セラミックス協会 2019 年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青木卓哉、津之浦 徹、澤開貴也、羽山直輝、小笠原 俊夫
2. 発表標題 SiC繊維強化シリサイド基複合材料の高温までの力学特性
3. 学会等名 JCCM10
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 澤開貴也、喜多村竜太、荻原慎二、津之浦徹、青木卓哉、羽山直輝、小笠原俊夫
2. 発表標題 SiC粒子強化CoSi 複合材料の高温までの破壊靱性値評価
3. 学会等名 JCCM10
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuya Aoki, Toru Tsunoura, Katsumi Yoshida, Toshio Ogasawara
2. 発表標題 SiCf/Eutectic silicon alloy matrix composites fabricated by melt-infiltration processing
3. 学会等名 ICACC2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Tsunoura, K. Yoshida, T. Yano, T. Aoki, T. Ogasawara
2 . 発表標題 Oxidation behavior of HfSi2 with boron addition
3 . 学会等名 ICACC2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 N. Hayama, S. Ogiwara, Kitamura, T. Tsunoura, T. Aoki, T. Ogasawara
2 . 発表標題 Fabrication of SiC/ternary silicon alloy matrix composites by melt infiltration method
3 . 学会等名 ICACC2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Tsunoura, N. Hayama, K. Yoshida, T. Yano, T. Aoki, T. Ogasawara
2 . 発表標題 Fabrication of SiC/silicides composites by melt infiltration method
3 . 学会等名 ICACC2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Ikarashi, T. Aoki, Y. Asakura, T. Ogasawara
2 . 発表標題 Effect of microcrack propagation on the creep deformation behavior of an orthogonal 3-D woven SiC fiber/SiC matrix composite under tensile loading at elevated temperatures
3 . 学会等名 ICACC2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 五十嵐 喜寅, 小笠原 俊夫, 青木 卓哉
2. 発表標題 SiC繊維強化SiC複合材料のクリープ変形挙動に及ぼす微視的損傷の影響
3. 学会等名 第26回機械材料・材料加工技術講演会(M&P2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 津之浦 徹、吉田 克己、矢野 豊彦、青木 卓哉、小笠原 俊夫
2. 発表標題 B4C添加HfSi2の水蒸気酸化挙動
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第31 回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 五十嵐 喜寅、小笠原 俊夫、青木 卓哉
2. 発表標題 高温中におけるSiC繊維強化SiC複合材料のクリープ変形挙動
3. 学会等名 2018 年度日本機械学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 津之浦 徹、吉田克己、矢野豊彦、羽山直輝、渡辺健太、青木卓哉、笠原新太、小笠原俊夫
2. 発表標題 溶融合浸法によるシリサイドマトリックスの形成
3. 学会等名 日本セラミックス協会2018年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡辺健太、森野美樹、津之浦徹、青木卓哉、小笠原俊夫
2. 発表標題 Si-Cr-V合金を用いた溶融合浸法による1500 超級炭化ケイ素複合材料の作製
3. 学会等名 日本セラミックス協会2018年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 羽山直輝、荻原慎二、喜多村竜太、津之浦 徹、青木卓哉、小笠原俊夫
2. 発表標題 SiC粒子分散CoSiマトリックス複合材料の高温曲げ挙動
3. 学会等名 日本セラミックス協会2018年年会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	吉田 克己 (Yoshida Katsumi) (20337710)	東京工業大学・科学技術創成研究院・准教授 (12608)	
研究分担者	小笠原 俊夫 (Ogasawara Toshio) (20344244)	東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (12605)	
研究分担者	久保田 勇希 (Kubota Yuki) (30737044)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・航空技術部門・宇宙航空プロジェクト研究員 (82645)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------