研究成果報告書 科学研究費助成事業

今和 5 年 5 月 3 0 日現在

機関番号: 34310

研究種目: 基盤研究(B)(一般)

研究期間: 2019~2022

課題番号: 19H02031

研究課題名(和文)ナノカーボンを用いた樹脂含浸に優れたCFRTP成形法の開発とその機構解明

研究課題名(英文)Development of resin impregnation method for CFRTP moulding using nano-carbon and elucidation of its mechanism

研究代表者

田中 和人 (TANAKA, kazuto)

同志社大学・生命医科学部・教授

研究者番号:50303855

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文):熱硬化性樹脂と比べて,熱可塑性樹脂は,短い成形サイクルでの生産が期待でき,リサイクル性にも優れているため,繊維強化複合材料のマトリックスとしての利用が期待されている.しかしながら,成形時の粘度が熱硬化性樹脂よりも高く,成形時における樹脂含浸が課題とされていた.本研究では,強化繊維である連続炭素繊維表面へカーボンナノチュープ(CNT)を析出させることで,炭素繊維表面のぬれ性を改善するとともに,高い繊維樹脂界面強度が得られ,これらを複合材料の強化材として用いることで樹脂含浸特性に優れた炭素繊維強化熱可塑性樹脂基複合材料が成形出来ることを明らかにした.

研究成果の学術的意義や社会的意義 繊維強化複合材料において,荷重を伝達する繊維樹脂界面特性の改善は重要な課題となる.ここでは,炭素繊維 表面にカーボンナノチューブを析出させる手法を開発し,通常の炭素繊維と比べて繊維樹脂界面強度だけではな く,ぬれ性も改善できることを明らかにした.この開発したカーボンナチューブ析出炭素繊維を用いること で,樹脂含浸特性に優れた炭素繊維強化熱可塑性樹脂複合材料の成形が可能であることを明らかにした.これら の材料を航空・宇宙機器や自動車をはじめとする輸送機器に採用することで,機体や装置の軽量化を実現することが出来る. とが可能となり,二酸化炭素排出量の削減に貢献することが出来る.

研究成果の概要(英文): Thermoplastic resins are expected to be used for matrix of fiber reinforced plastics due to the excellent recyclability and shorter production cycle time compared to thermoset resin. Since thermoplastic resins have a higher viscosity than thermosetting resin during the molding process, it is necessary to develop a method for impregnating resin into the carbon fiber bundle at the molding of carbon fiber reinforced thermoplastic (CFRTP). Grafting carbon nanotubes (CNTs) on the surface of carbon fibers improved not only the fiber/matrix interfacial shear strength but also the wettability. By using CNT grafted carbon fibers for reinforcement of CFRTP, CFRTP laminates with excellent impregnation can be obtained.

研究分野: 機械材料学

キーワード: 炭素繊維強化熱可塑性樹脂複合材料 カーボンナノチューブ ぬれ性 樹脂含浸 成形

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等に ついては、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1.研究開始当初の背景

熱可塑性樹脂は,熱硬化性樹脂とは異なり架橋反応に時間を必要としないため短い成形サイクルが期待でき,リサイクル性にも優れるため炭素繊維強化樹脂複合材料のマトリックスとしての利用が期待されている.特に連続炭素繊維を用いた炭素繊維強化熱可塑性樹脂複合材料は,量産自動車などへの利用拡大が期待されている.しかしながら,熱可塑性樹脂は熱硬化性樹脂と比べて成形時の粘度が高く,樹脂含浸性に優れた素材と成形方法の開発が待たれていた.

2.研究の目的

本研究では,炭素繊維強化熱可塑性樹脂複合材料の樹脂含浸性に優れた成形方法の開発とその機構を解明することを目的とした.具体的には,強化繊維である連続炭素繊維表面へカーボンナノチューブ(CNT)を析出させることにより,炭素繊維表面のぬれ性を改善させることで樹脂含浸に優れた成形を実現し,樹脂含浸性と機械的特性に優れた炭素繊維強化熱可塑性樹脂複合材料(CFRTP)の成形方法の開発を目的とした.

3.研究の方法

- (1)炭素繊維単体および炭素繊維織物の高温下でのぬれ性評価システムの構築とぬれ性評価 加熱炉と既設の高倍率デジタルマイクロスコープを組み合わせて,横からの高倍率観察によ りぬれ性評価が可能なシステムを構築した.
- (2)炭素繊維と樹脂の界面強度の測定が可能なマイクロドロップレット試験システムの構築と 試験片作製方法の開発

加熱炉と既設の微小荷重機械的特性評価装置を組み合わせて,炭素繊維と樹脂の界面強度の測定が可能なマイクロドロップレット試験システムを構築した.また,マイクロドロップレット試験システムを構築した.また,マイクロドロップレット試験においては,繊維単体の表面に樹脂玉を付着させた試験片を作製する必要がある.溶融させた樹脂に繊維を浸し樹脂玉を作製する従来の方法では,一度で多くの樹脂玉が作製できるものの,樹脂玉間の繊維も樹脂でコーティングされることになり,CNT 析出炭素繊維全体がコーティングされることになる.一方,繊維に糸状に加工した樹脂を結び付けた後,加熱して樹脂を溶融させて樹脂玉を作製する方法もあり,この場合,樹脂玉間の繊維は樹脂でコーティングされないが樹脂繊維の作製やそのハンドリングは困難を極める.そこで,繊維表面が樹脂でコーティングされることなく樹脂玉を作製できる手法を新たに開発するとともに,樹脂玉の作製方法がマイクロドロップレット試験で求められる炭素繊維とポリアミド6の界面せん断強度に及ぼす影響を明らかにした.

(3) パルス電流を用いた Ni 担持方法の開発

単繊維および平織炭素繊維のいずれにおいても、未処理の炭素繊維と比較して CNT 析出炭素繊維は高いぬれ性を示す一方、CNT 析出が過剰な部分で、炭素繊維間への樹脂の流入が抑制されることで、含浸性が低下する部分が見られたため、CNT の析出密度を最適化することが必要とされていた.これまで炭素繊維への電解 Ni めっきには直流電流を用いていた.直流めっきでは Ni 粒子の粒子数および粒子径がめっき時間とともに同時に増加するため、Ni に対応して析出する CNT の析出密度および径の制御が困難という課題があった.一方、パルス電流を用いるパルスめっきは、新たな核発生を抑制しながら核を成長させることができるめっき技術として注目されている.そこで、電解 Ni めっきにパルス電流を用い、炭素繊維表面に担持される Ni 粒子の単位面積当たりの粒子数および粒子径に及ぼすパルス電流の電流値(current)、パルス一周期あたりの通電時間(on time)、パルス一周期あたりの通電時間(on time)、パルスー周期あたりの通電休止時間(off time)、積算の通電時間(total)などの影響を明らかにした.

(4) CNT 析出炭素繊維平織を用いた CFRTP の成形

CNT 析出条件の異なる平織炭素繊維を強化繊維としてポリアミド 6 樹脂をマトリックスとした積層板をプレス成形し,樹脂含浸特性を評価した.

4.研究成果

(1) 炭素繊維単体および炭素繊維織物の高温下でのぬれ性評価システムの構築とぬれ性評価構築したぬれ性評価システムを用いることで,樹脂が溶融している高温下で炭素繊維単体や炭素繊維束,炭素繊維ファブリックの表面におけるぬれ性を評価することが可能であることを確認した(図1参照).炭素繊維表面にCNTを析出させることで,単繊維において未処理の炭素繊維と比較して高いぬれ性を示すこと,CNTの合成時間30分,60分のCNT析出平織炭素繊維は,未処理の平織炭素繊維と比較してPA6樹脂とのぬれ性が高くなることを明らかにした.

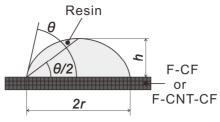


図 1 $\theta/2$ 法を用いたぬれ性評価[]

(2)炭素繊維と樹脂の界面強度の測定が可能なマイクロドロップレット試験システムの構築と 試験片作製方法の開発

炭素繊維とポリアミド 6 樹脂を用いて,溶融させた樹脂に繊維を浸し樹脂玉を作製する方法 (Dip 法)と粉末状の樹脂を繊維に付着させ溶融させることで樹脂玉を作製する方法 (Powder 法) の二種類の方法を用いてマイクロドロップレット試験片を作製し,その界面せん断強度を評価した結果,樹脂玉の破壊形態に差はなく,求められる繊維樹脂界面せん断強度にも有意な差がない[図2参照]ことが明らかとなった.

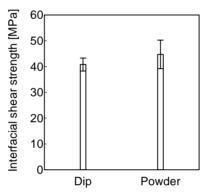
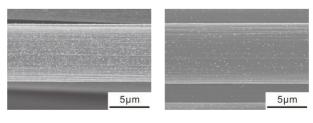


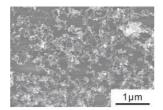
図2 繊維樹脂界面せん断強度[]

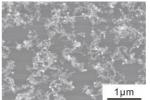
(3) パルス電流を用いた Ni 担持方法の開発

サイジング剤を除去した炭素繊維に対してパルス電流を用いて電解 $\rm Ni$ めっきを施すことにより,図 $\rm 3$ に示すように,直流電流を用いた場合と比較して密度が疎で径が大きい $\rm Ni$ 粒子を担持することに成功した.また,パルス電流を用いて電解 $\rm Ni$ めっきを行う場合,密度が疎で径が大きい $\rm Ni$ 粒子を担持するためには,特にパルス一周期あたりの通電時間 $\rm 10~ms$ 程度に短くし,パルス一周期あたりの通電休止時間を $\rm 100~ms$ 程度と長くとる必要があること,CNT は $\rm Ni$ 粒子を触媒として析出するため,密度が疎な $\rm Ni$ 粒子を用いることで疎な密度の CNT を析出させることができ(図 $\rm 4~$ 参照),径の大きい $\rm Ni$ 粒子を用いることで径の大きい CNT を析出させることができることが明らかとなった.



(a) 直流電流 (b) パルス電流 図 3 炭素繊維表面に担持した Ni 粒子[]





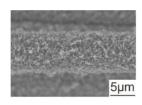
(a) 直流電流

(b) パルス電流

図 4 炭素繊維表面に析出させた CNT[]

(4) CNT 析出炭素繊維平織を用いた CFRTP の成形

積層板における樹脂の含浸性を評価した結果,繊維表面に CNT を析出させた平織炭素繊維を強化繊維として用いた積層板は CNT の合成時間 60分の CNT 析出平織炭素繊維を用いた場合,積層板における層内の CNT 析出が過剰な部分で,炭素繊維間への樹脂の流入が抑制されることで,含浸性が低下する部分が見られること,CNT の合成時間 30分の CNT 析出平織炭素繊維(L-CNT₃₀-CF,図5参照)を用いた場合,図6に示すようなボイド率が1%以下を示す含浸性に優れた積層板の成形が可能であることが明らかとなった.

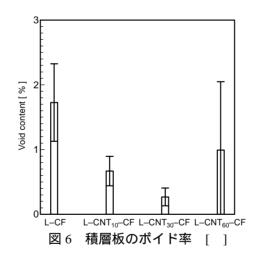




(a) 拡大図

(b) 織り目が見える倍率

図 5 CNT の合成時間 30 分の CNT 析出平織炭素繊維[]



< 引用文献 >

田中和人, 竹中俊城, 片山傳生, 森田有亮, 炭素繊維強化ポリアミド 6 の含浸特性に及ぼす炭素繊維への CNT 析出の影響, 材料, Vol.70, No. 9, pp. 670-677, 2021

京山周平,竹中俊城,川口正隆,渡辺公貴,田中和人,マイクロドロップレット試験により求めた炭素繊維とポリアミド6の界面せん断強度に及ぼす樹脂玉作製方法の影響,日本材料学会第70期学術講演会,2021

Kazuto Tanaka, Shuhei Kyoyama, The Effect of Pulse Current on Electrolytically Plating Nickel as a Catalyst for Grafting Carbon Nanotubes onto Carbon Fibers via the Chemical Vapor Deposition Method, J. Compos. Sci., 7(2), 2023

5 . 主な発表論文等

Tanaka Kazuto, Kyoyama Shuhei 7 2. 論文標題 The Effect of Pulse Current on Electrolytically Plating Nickel as a Catalyst for Grafting Carbon Nanotubes onto Carbon Fibers via the Chemical Vapor Deposition Method 3. 競話名 Journal of Composites Science 6. 最初と最後の頁 88 - 88 88 -	1.著者名	4 . 巻
The Effect of Pulse Current on Electrolytically Plating Nickel as a Catalyst for Grafting Carbon Nanotubes onto Carbon Fibers via the Chemical Vapor Deposition Method 3 . 雑誌名	Tanaka Kazuto, Kyoyama Shuhei	7
Carbon Nanotubes onto Carbon Fibers via the Chemical Vapor Deposition Method 3. distaS Jurnal of Composites Science 88-88 - 10.3390/jcs7020088 - オープンアクセス 国際共著 10.3390/jcs7020088 - オープンアクセスとしている(また、その予定である) - 著名名 TANKAK Kazuto, TAKENAKA Toshiki, KATAYAMA Tsutao, MORITA Yusuke - 1. 著名名 TANKAK Kazuto, TAKENAKA Toshiki, KATAYAMA Tsutao, MORITA Yusuke - 2. 論文機題 Fifect of Grafted CNT on Carbon Fibers on Impregnation Properties of Carbon Fiber Reinforced Polyanide 6 強動と 3. 雑誌名	2.論文標題	5.発行年
8. 計画名	The Effect of Pulse Current on Electrolytically Plating Nickel as a Catalyst for Grafting	
R載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)		6.最初と最後の頁
### 10.3390/jcs7020088 有	Journal of Composites Science	88 ~ 88
オープンアクセス I 著名名 TANAKA Kazuto、 TAKENAKA Toshiki、 KATAYAMA Tsutao、 MORITA Yusuke 2. 論文標題 Effect of Grafted CNT on Carbon Fibers on Impregnation Properties of Carbon Fiber Reinforced Polyamide 6 3. 雑誌名 Journal of the Society of Materials Science, Japan attication (デジタルオプジェクト識別子) 10.2472/jsms.70.670 I 著名名 TANAKA KAZUTO、 TAKENAKA TOSHIKI、 KATAYAMA TSUTAO、 MORITA YUSUKE、 WATANABE KIMITAKA、 KAWAGUCHI ASATAKA 2. 論文標題 FFECT OF AMOUNT OF GRAFTED CNT ON CARBON FIBER ON INTERFACIAL SHEAR STRENGTH BETWEEN CARBON FIBER AND POLYAMIDE RESIN BY MICRODROPLET TEST 3. 雑誌名 WIT Transactions on The Built Environment attications on The Built Environment built Environment attications on The Built Environment attications on The Built Environment built Environment attications of Carbon Fiber (a Law & State Partications of Carbon Fiber (a Law & State Partications of Carbon Fiber (a Law & State Partications of Carbon Fiber (a Law & State Particat	掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	<u></u> 査読の有無
オープンアクセスとしている(また、その予定である) 1. 著者名 TANAKA Kazuto、TAKENAKA Toshiki、KATAYAMA Tsutao、MORITA Yusuke 2. 論文標題 Effect of Grafted CNT on Carbon Fibers on Impregnation Properties of Carbon Fiber Reinforced Polyamide 6 3. 雑誌名 Journal of the Society of Materials Science, Japan 6. 最初と最後の頁 670~677 編載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.2472/jsms.70.670 1. 著者名 TANAKA KAZUTO、TAKENAKA TOSHIKI、KATAYAMA TSUTAO、MORITA YUSUKE、WATANABE KIMITAKA、KAWAGUCHI MASATAKA 2. 論文標題 EFFECT OF AMOUNT OF GRAFTED CNT ON CARBON FIBER ON INTERFACIAL SHEAR STRENGTH BETWEEN CARBON FIBER AND POLYAMIDE RESIN BY MICRODROPLET TEST 3. 雑誌名 WIT Transactions on The Built Environment 10.2495/HPSM200061 オープンアクセス 国際共著 6. 最初と最後の頁 51-60 第載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.2495/HPSM200061 オープンアクセス 国際共著 10.2495/HPSM200061 オープンアクセス 国際共著 「国際共著」 ・ 学会発表) 計5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1. 発表者名	10.3390/jcs7020088	有
1. 著者名 TANAKA Kazuto, TAKENAKA Toshiki, KATAYAMA Tsutao, MORITA Yusuke 2. 論文標題 Effect of Grafted CNT on Carbon Fibers on Impregnation Properties of Carbon Fiber Reinforced Polyamide 6 3. 雑誌名 Journal of the Society of Materials Science, Japan 6. 最初と最後の頁 670~677 最載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.2472/jsms.70.670 1. 著者名 TANAKA KAZUTO, TAKENAKA TOSHIKI, KATAYAMA TSUTAO, MORITA YUSUKE, WATANABE KIMITAKA, KAWAGUCHI MASATAKA 2. 論文標題 EFFECT OF AMOUNT OF GRAFTED CNT ON CARBON FIBER ON INTERFACIAL SHEAR STRENGTH BETWEEN CARBON FIBER AND POLYAMIDE RESIN BY MICRODROPLET TEST 3. 雑誌名 WIT Transactions on The Built Environment 6. 最初と最後の頁 51-60 8. 最初会のDOI(デジタルオブジェクト識別子)		国際共著
TANAKA Kazuto, TAKENAKA Toshiki, KATAYAMA Tsutao, MORITA Yusuke 2. 論文標題 Effect of Grafted CNT on Carbon Fibers on Impregnation Properties of Carbon Fiber Reinforced Polyamide 6 3. 雑誌名 Journal of the Society of Materials Science, Japan 6. 最初と最後の頁 670~677 and 10.2472/jsms.70.670 1. 著者名 7. 本ープンアクセスとしている(また、その予定である) 4. 巻 1986 1. 基本名と FIBER AND POLYAMIDE RESIN BY MICRODROPLET TEST 3. 雑誌名 WIIT Transactions on The Built Environment 10.2495/HPSM200061 第編論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.2492/9/HPSM200061 1. 基本名と 1. 基本子ブンアクセスとしている(また、その予定である) 2. 単元の有無 1. 2495/HPSM200061 1. 2495/HPSM200061 2. 第次表本名 1. 基本名と 1. 基本子ブンアクセスとしている(また、その予定である) 2. 単元・ブンアクセスとしている(また、その予定である) 2. 全発表も) 計5件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1. 発表者名		
2. 論文標題 Effect of Grafted CNT on Carbon Fibers on Impregnation Properties of Carbon Fiber Reinforced Polyamide 6 3. 雑誌名 Journal of the Society of Materials Science, Japan 書載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 1. 著者名 TANAKA KAZUTO, TAKENAKA TOSHIKI, KATAYAMA TSUTAO, MORITA YUSUKE, WATANABE KIMITAKA, KAWAGUCHI MASATAKA 2. 論文標題 EFFECT OF AMOUNT OF GRAFTED CNT ON CARBON FIBER ON INTERFACIAL SHEAR STRENGTH BETWEEN CARBON FIBER AND POLYAMIDE RESIN BY MICRODROPLET TEST 3. 雑誌名 WIT Transactions on The Built Environment 書載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.2495/HPSM200061 本ーブンアクセス 国際共著 またの予定である) 重読の有無 有 オーブンアクセス 国際共著 またの予定である) コ際共著 オーブンアクセス 国際共著 オーブンアクセス 国際共著 またの予定である) コ際共著 オーブンアクセス コ際共著 オーブンアクセス コ際共著		_
Effect of Grafted CNT on Carbon Fibers on Impregnation Properties of Carbon Fiber Reinforced Polyamide 6 3 雑誌名 Journal of the Society of Materials Science, Japan 4 ・最初と最後の頁 670~677 最載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	TANAKA Kazuto, TAKENAKA Toshiki, KATAYAMA Tsutao, MORITA Yusuke	70
Polyamide 6 3.雑誌名 Journal of the Society of Materials Science, Japan 6.最初と最後の頁 670~677 8載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.2472/jsms.70.670 a a a a a a a a a a a a a a a a a a a		
Journal of the Society of Materials Science, Japan 670~677 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)		2021年
電載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無 有 オーブンアクセス 国際共著 オーブンアクセスとしている(また、その予定である) 4 . 巻 196 ASATAKA AZUTO, TAKENAKA TOSHIKI, KATAYAMA TSUTAO, MORITA YUSUKE, WATANABE KIMITAKA, KAWAGUCHI MASATAKA 2. 論文標題 5 . 発行年 EFFECT OF AMOUNT OF GRAFTED CNT ON CARBON FIBER ON INTERFACIAL SHEAR STRENGTH BETWEEN CARBON FIBER AND POLYAMIDE RESIN BY MICRODROPLET TEST 5 . 銀誌名 6 . 最初と最後の頁 51-60	** *** **	
10.2472/jsms.70.670 有 オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) 1. 著者名 TANAKA KAZUTO, TAKENAKA TOSHIKI, KATAYAMA TSUTAO, MORITA YUSUKE, WATANABE KIMITAKA, KAWAGUCHI 196 MASATAKA 2. 論文標題 EFFECT OF AMOUNT OF GRAFTED CNT ON CARBON FIBER ON INTERFACIAL SHEAR STRENGTH BETWEEN CARBON FIBER AND POLYAMIDE RESIN BY MICRODROPLET TEST 3. 雑誌名 WIT Transactions on The Built Environment 最載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.2495/HPSM200061 オープンアクセス 学会発表】 計5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1. 発表者名	Journal of the Society of Materials Science, Japan	670 ~ 677
オープンアクセス 国際共著 オープンアクセスとしている(また、その予定である) 1 . 著者名 TANAKA KAZUTO, TAKENAKA TOSHIKI, KATAYAMA TSUTAO, MORITA YUSUKE, WATANABE KIMITAKA, KAWAGUCHI MASATAKA 2 . 論文標題 EFFECT OF AMOUNT OF GRAFTED CNT ON CARBON FIBER ON INTERFACIAL SHEAR STRENGTH BETWEEN CARBON FIBER AND POLYAMIDE RESIN BY MICRODROPLET TEST 3 . 雑誌名 WIT Transactions on The Built Environment 「最報論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.2495/HPSM200061 オープンアクセス 「国際共著 オープンアクセスとしている(また、その予定である) 「全会発表) 計5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1 . 発表者名	掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	 査読の有無
オープンアクセスとしている(また、その予定である) - 1. 著者名 TANAKA KAZUTO, TAKENAKA TOSHIKI, KATAYAMA TSUTAO, MORITA YUSUKE, WATANABE KIMITAKA, KAWAGUCHI MASATAKA 2 1 論文標題 EFFECT OF AMOUNT OF GRAFTED CNT ON CARBON FIBER ON INTERFACIAL SHEAR STRENGTH BETWEEN CARBON FIBER AND POLYAMIDE RESIN BY MICRODROPLET TEST 3 . 雑誌名 WIT Transactions on The Built Environment 日本・プンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) 学会発表 1 計5件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名	10.2472/jsms.70.670	有
1 . 著者名 TANAKA KAZUTO, TAKENAKA TOSHIKI, KATAYAMA TSUTAO, MORITA YUSUKE, WATANABE KIMITAKA, KAWAGUCHI MASATAKA 2 . 論文標題 EFFECT OF AMOUNT OF GRAFTED CNT ON CARBON FIBER ON INTERFACIAL SHEAR STRENGTH BETWEEN CARBON FIBER AND POLYAMIDE RESIN BY MICRODROPLET TEST 3 . 雑誌名 WIT Transactions on The Built Environment 6 . 最初と最後の頁 51-60 「「デジタルオブジェクト識別子」 10.2495/HPSM200061 オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) 「全発表】 計5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1 . 発表者名	=	国際共著
TANAKA KAZUTO, TAKENAKA TOSHIKI, KATAYAMA TSUTAO, MORITA YUSUKE, WATANABE KIMITAKA, KAWAGUCHI MASATAKA 2 . 論文標題	オープンアクセスとしている(また、その予定である)	-
MASATAKA 2. 論文標題 EFFECT OF AMOUNT OF GRAFTED CNT ON CARBON FIBER ON INTERFACIAL SHEAR STRENGTH BETWEEN CARBON FIBER AND POLYAMIDE RESIN BY MICRODROPLET TEST 3. 雑誌名 WIT Transactions on The Built Environment 信載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.2495/HPSM200061 オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) 学会発表] 計5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1. 発表者名	1.著者名	4 . 巻
EFFECT OF AMOUNT OF GRAFTED CNT ON CARBON FIBER ON INTERFACIAL SHEAR STRENGTH BETWEEN CARBON 2020年 FIBER AND POLYAMIDE RESIN BY MICRODROPLET TEST 3 . 雑誌名 WIT Transactions on The Built Environment 51-60 章載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.2495/HPSM200061 オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) 学会発表】 計5件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1 . 発表者名		
FIBER AND POLYAMIDE RESIN BY MICRODROPLET TEST 3. 雑誌名 6.最初と最後の頁 WIT Transactions on The Built Environment 51-60 掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 査読の有無 10.2495/HPSM200061 有 オープンアクセス 国際共著 オープンアクセスとしている(また、その予定である) - 学会発表] 計5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 0件) 1.発表者名 -		
WIT Transactions on The Built Environment 51-60 曷載論文のDOI (デジタルオプジェクト識別子) 査読の有無 10.2495/HPSM200061 有 オープンアクセス 国際共著 プ会発表] 計5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名		2020年
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)査読の有無10.2495/HPSM200061有オープンアクセス国際共著オープンアクセスとしている(また、その予定である)-学会発表] 計5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)1.発表者名		
10.2495/HPSM200061 有 オープンアクセス 国際共著 オープンアクセスとしている(また、その予定である) - 学会発表] 計5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名	WII Transactions on the Built Environment	51-60
10.2495/HPSM200061有オープンアクセス国際共著オープンアクセスとしている(また、その予定である)-学会発表] 計5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)1.発表者名	掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子)	<u>│</u> 査読の有無
オープンアクセスとしている(また、その予定である) 学会発表] 計5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件) 1.発表者名	10.2495/HPSM200061	有
学会発表〕 計5件(うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件) 1.発表者名	=	国際共著
1 . 発表者名	オーブンアクセスとしている(また、その予定である)	-
小山内 I , T 山山白,川日山性,似起公民,川丁州八		
	水山河下,17山阳音,川日止性,1822公员,山下州入	

2.発表標題 炭素繊維表面に析出させるCNTの本数と径に及ぼすパルス電解Niめっきの影響

3 . 学会等名

日本材料学会 第71期学術講演会

4.発表年

2022年

1. 発表者名
增子宣大,川口正隆,渡辺公貴,田中和人
0 7V ± 4 \$ A B Z
2 . 発表標題 CF / PA6積層板の樹脂含浸性に及ぼす プレス成形における真空アシストの影響
3.学会等名
第14回自動車用途コンポジットシンポジウム
4 . 発表年 2022年
1.発表者名
京山周平,竹中俊城,川口正隆,渡辺公貴,田中和人
2 . 発表標題 マイクロドロップレット試験により求めた炭素繊維とポリアミド 6 の界面せん断強度に及ぼす樹脂玉作製方法の影響
() ロ ロ)) レ) 政政にあり小いに次示機能とホッテム 0 0 0 1 国 と 10 団 国政に及ば 7 国 旧立 7 表 7 月 0 0 元 7 音
3 . 学会等名
日本材料学会第70期学術講演会
4 . 発表年
2021年
1.発表者名 竹中俊城,田中和人,片山傳生
2.発表標題
炭素繊維とPA6のぬれ性に及ぼす炭素繊維表面に析出させたCNT長さの影響
3 . 学会等名 日本材料学会第69期学術講演会
4 . 発表年
2020年
1. 発表者名
山本真輝,田中和人,片山傳生
3
2.発表標題 CNT析出平織炭素繊維の樹脂含浸評価
3 . 学会等名
第11回自動車用途コンポジットシンポジウム
4 . 発表年 2019年

(図書〕	計0件
•		H 1 - 1 1

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6.研究組織

	· 竹九組織		
	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
	片山 傅生	同志社大学・研究開発推進機構・嘱託研究員	
研究分担者	(KATAYAMA Tsutao)		
	(70161065)	(34310)	
	森田 有亮	同志社大学・生命医科学部・教授	
研究分担者	(MORITA Yusuke)		
	(80368141)	(34310)	

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
共同顺九伯子国	行子力が元後度