

バインダーを必要としない炭素繊維 三次元構造体の高速形成

龍谷大学 先端理工学部

機械工学・ロボティクス課程

講師 森 正和

2021年3月11日

従来技術とその問題点

炭素繊維の特徴・製品・用途

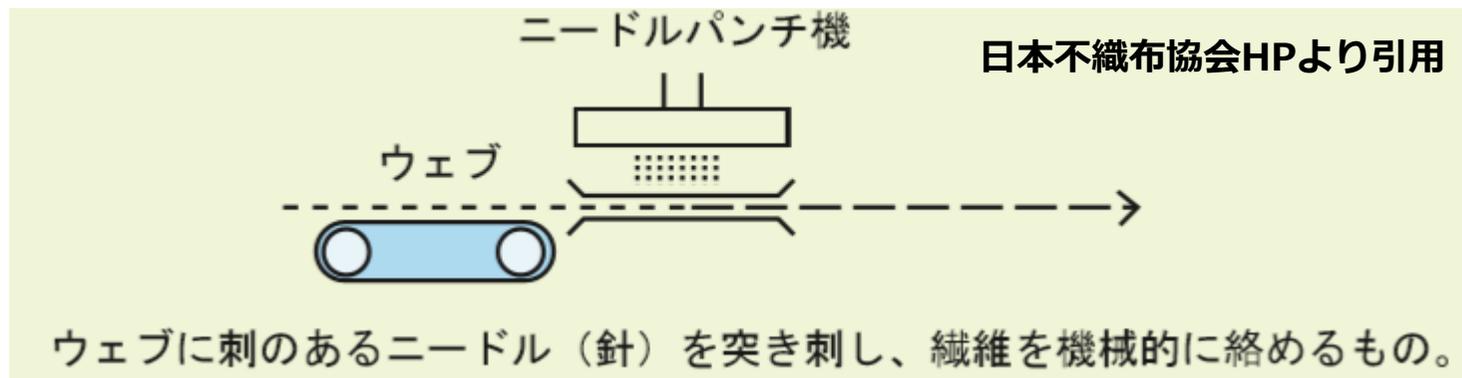
特徴：優れた耐熱性・導電性・化学的安定性・機械的特性

製品：不織布（炭素繊維構造体）など

用途：各種電極基材・センサー・繊維強化材など

従来技術

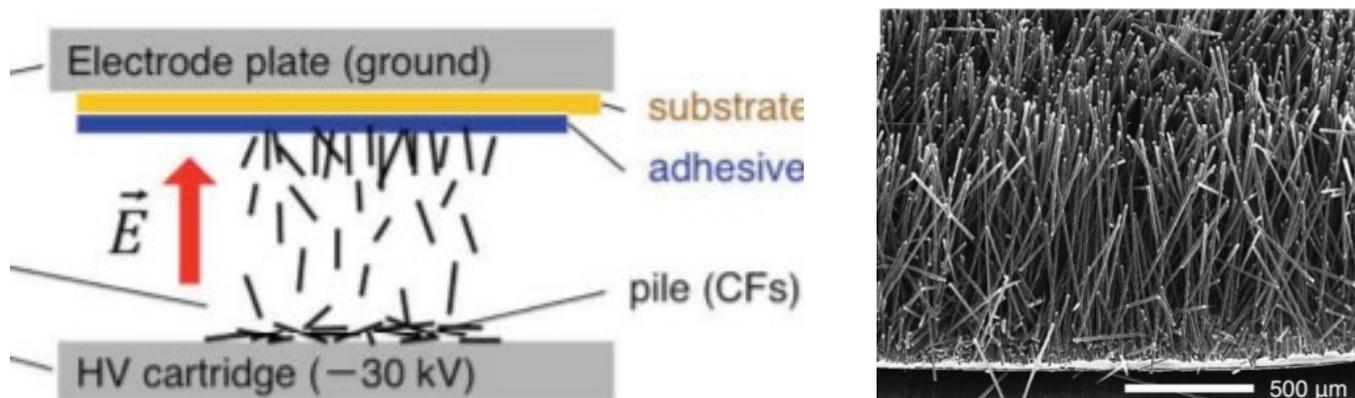
【不織布製造法】ウェブ作製し、繊維を機械的に絡める



従来技術とその問題点

従来技術

【静電植毛法】 電力の力を利用し、基材に短繊維を植え付ける



引用文献: K. Uetani, etc :Elastomeric Thermal Interface Materials with High Through-Plane Thermal Conductivity from Carbon Fiber Fillers Vertically Aligned by Electrostatic Flocking Vol26, 2014, p.5857-5862

【加圧成形】 バインダーと混合し、金型成形後に乾燥する



従来技術とその問題点

問題点（課題）の整理

不織布製造法：繊維を機械的に絡めるため短繊維には適用困難

静電植毛法：基材に接着剤必要・構造体形成（3次元化）困難

加圧成形法：成形にバインダー必要・長時間の乾燥工程必要

新技術への要求

① 接着剤・バインダーが不要であること

⇒ 炭素繊維の表面反応を有効活用できる・乾燥工程不要

② 炭素短繊維が適用可能であること

⇒ 高い充填率の実現が可能・安価な短繊維の活用

③ より簡易で簡単・短時間の成形技術の提案

⇒ 製造コストの削減

新技術の特徴・従来技術との比較

新技術の特徴

① 接着剤・バインダーが不要である

⇒ 接着剤・バインダーを添加することなく、炭素短繊維を真空中で基材に吹き付けるだけで成形が完了する

② 炭素短繊維が適用可能である

⇒ 繊維長1mm以下の短繊維（ミルドファイバー）が使用可能。また、リサイクルファイバーの応用も可能

③ より簡易で簡単・短時間の成形技術の提案

⇒ 成形工程が数分で完了

新技術の特徴・従来技術との比較

新技術の特徴

- ④ PAN系炭素繊維だけでなく、Pitch系炭素繊維も用いることが可能である。
- ⑤ 構造体の充填密度の制御が可能である。

⇒ 新技術は、炭素繊維の付着効率と充填率を共に高いレベルで両立することができる炭素繊維三次元構造体の製造方法、及び当該製造方法によって得られる炭素繊維三次元構造体を提供する。

新技術の紹介

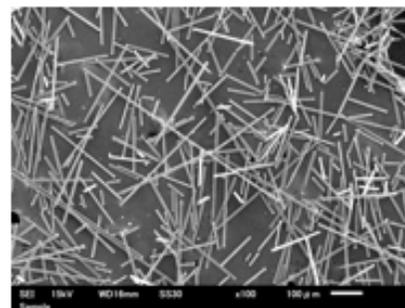
長繊維



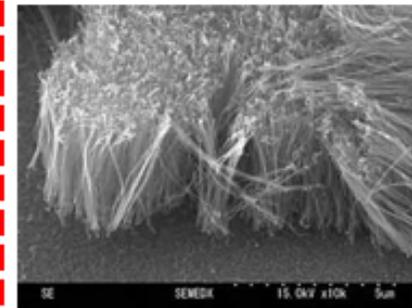
短繊維 (カット)



短繊維 (ミルド)



ナノ炭素材料



繊維長

1から数十mm

数 μm ~1mm

数 μm

成形法

ニードルパンチなど

困難

気相合成

充填密度

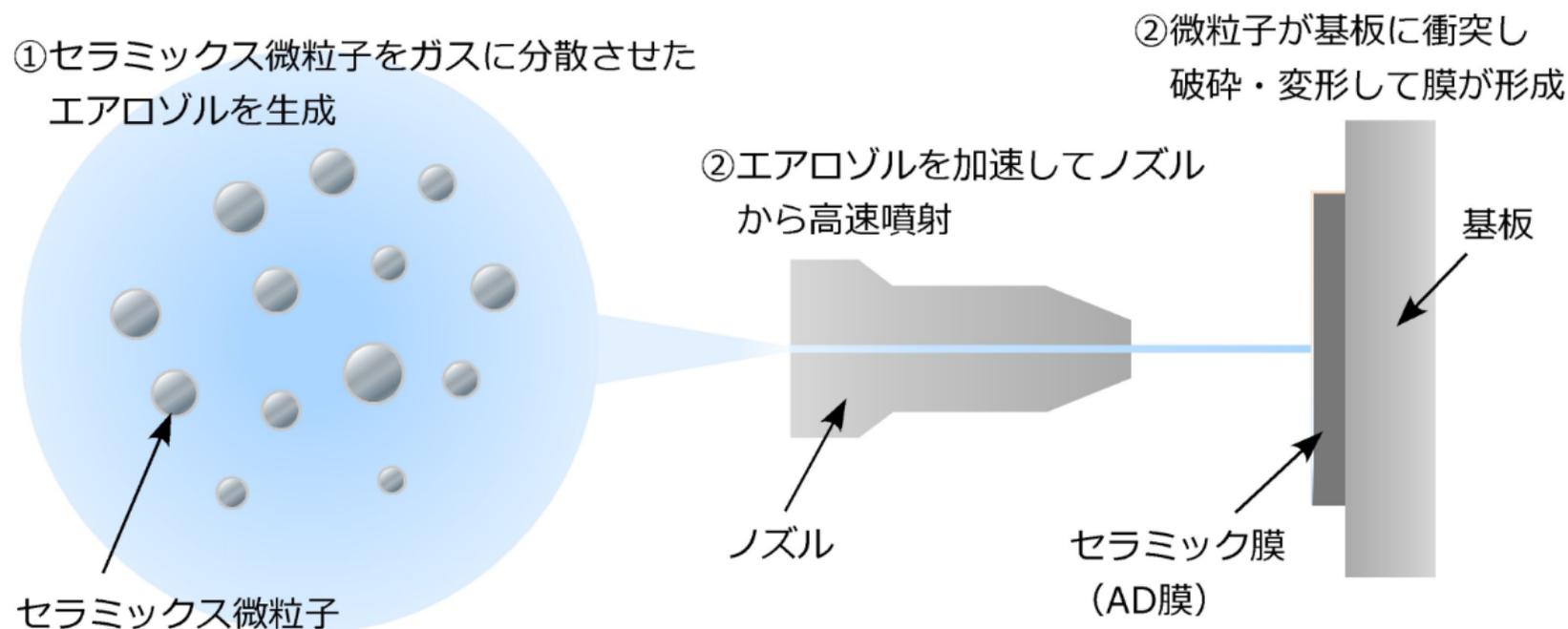
低

高

高密度炭素繊維成形体の形成→短繊維 (ミルド) に着目

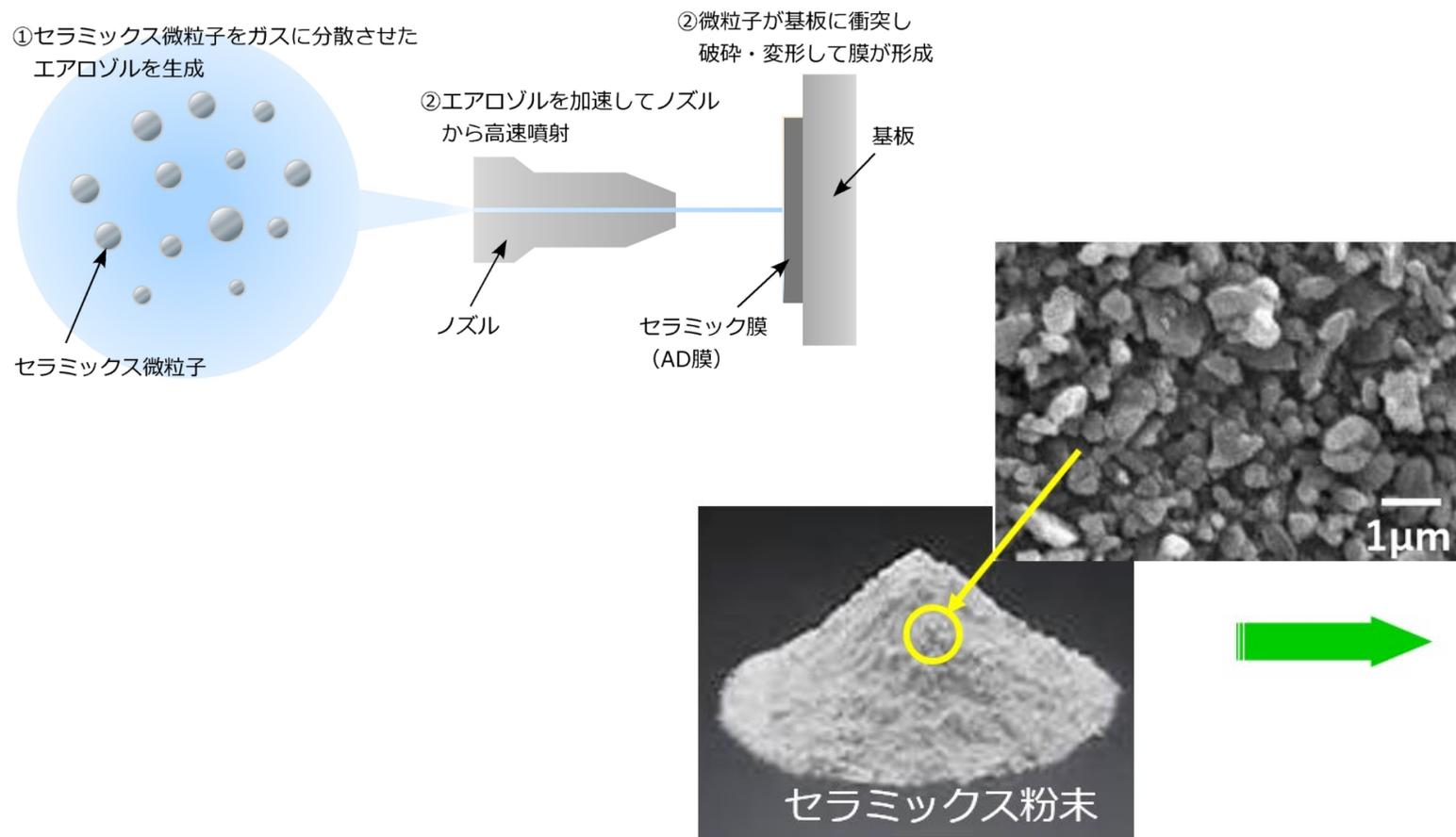
新技術の紹介

エアロゾルデポジション（AD）法<既存技術>：セラミックス微粒子をエアロゾル化して加速することで、個々の微粒子に変形・破砕に必要なエネルギーを運動エネルギーとして与える手法

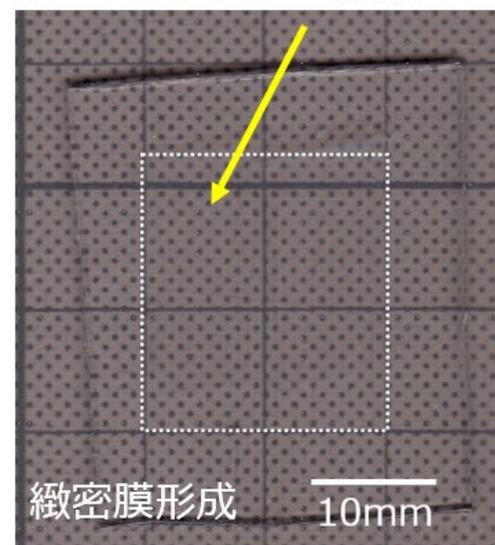


新技術の紹介

エアロゾルデポジション（AD）法<既存技術>：セラミックス微粒子をエアロゾル化して加速することで、個々の微粒子に変形・破砕に必要なエネルギーを運動エネルギーとして与える手法

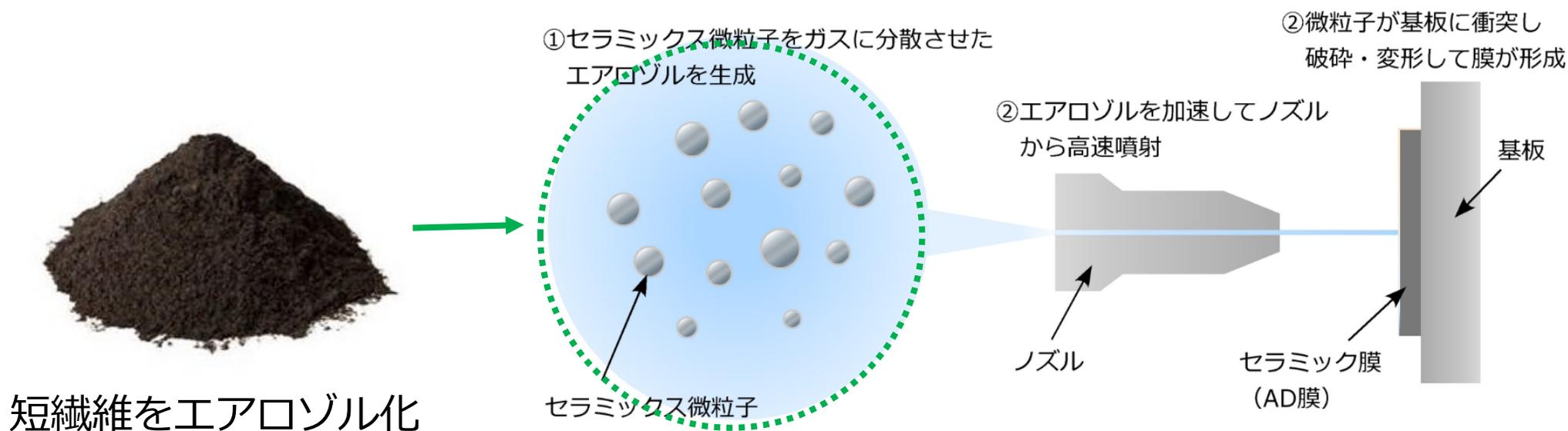


プラスチック基材上にも緻密なセラミックス膜形成



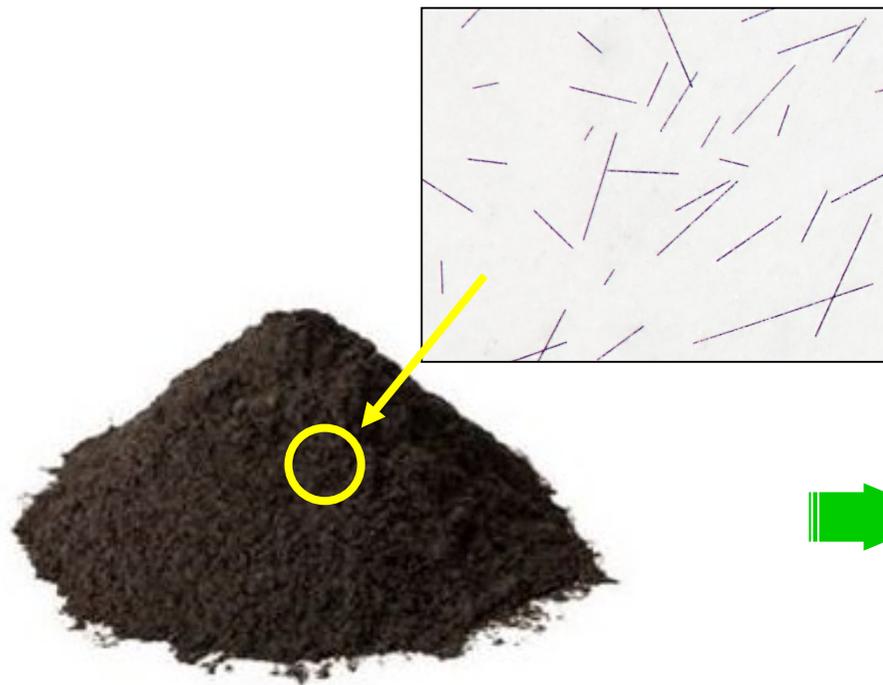
新技術の紹介

炭素短繊維をエアロゾル化することで、短繊維1本1本に運動エネルギーを与えて基材に供給することで、炭素短繊維の成形体（3次元構造体）ができないかと考えた。



新技術の紹介

炭素短繊維をエアロゾル化して基材に供給するだけで、炭素短繊維を自在に積み上げた繊維構造体を作製することが可能⇒**新技術：ファイバーエアロゾルデポジション（Fiber Aerosol Deposition（FAD））法**



短繊維（原料）



炭素短繊維が自在に積み上がる！



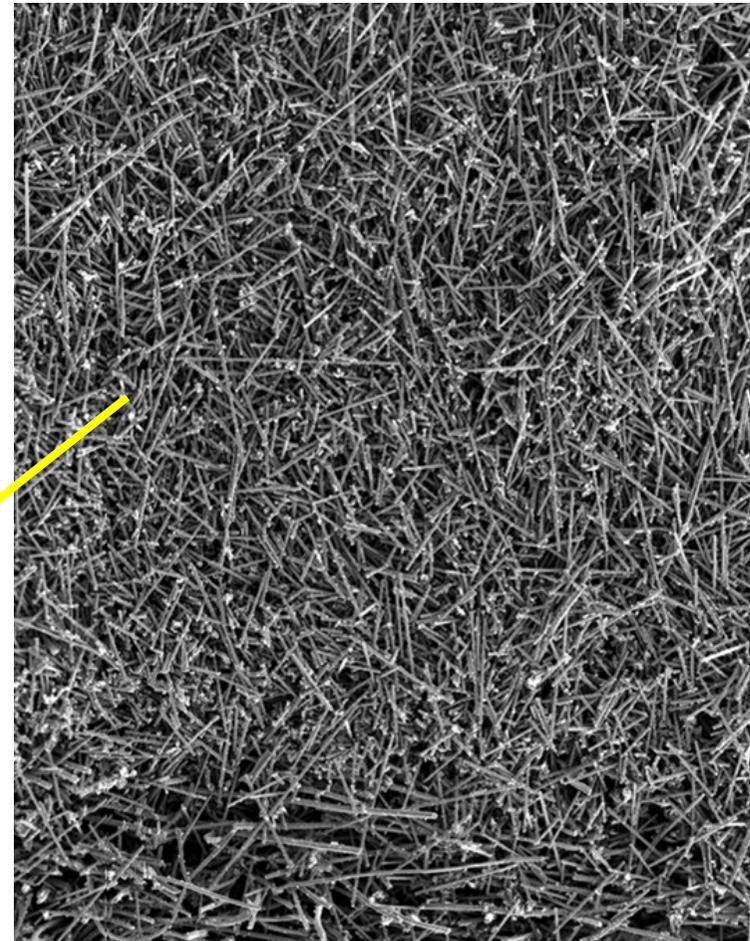
3次元構造体

新技術の紹介

繊維構造体の内部構造：

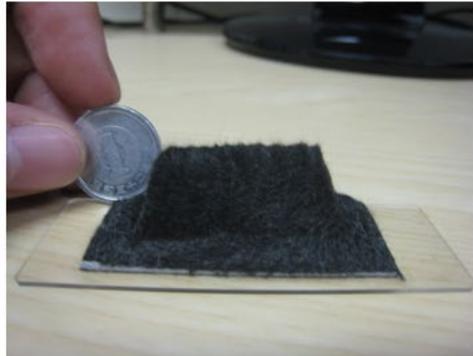
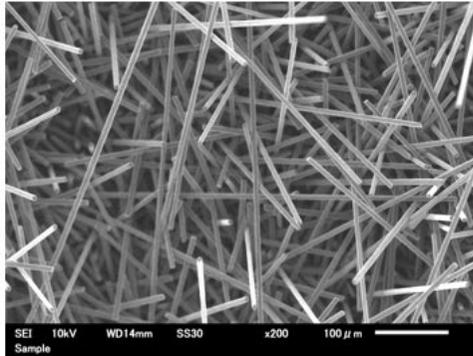
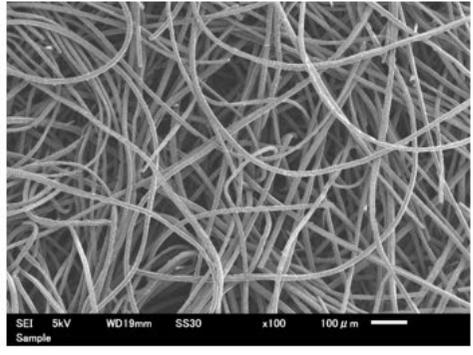
炭素短繊維が緻密に充填されている。

繊維同士の交絡（絡まり合い）が生じている。



新技術の紹介

炭素繊維構造体の密度は、一般的なカーボンフェルトの約3倍

	外観写真	内部構造 (SEM観察写真)	かさ密度 (g/cm ³)
FAD 3次元 構造体		 SEI 10kV WD14mm SS30 x200 100 μm Sample	0.3
カーボン フェルト		 SEI 5kV WD19mm SS30 x100 100 μm Sample	0.1

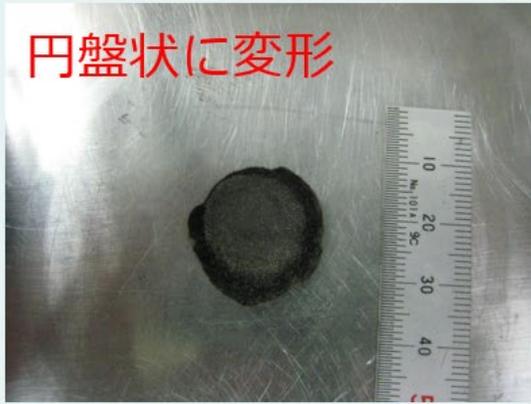
新技術の紹介

長尺のサンプルの作製も可能



新技術の紹介

FAD法で作成した炭素繊維構造体：圧縮試験で形状が崩れない（円盤状に変形する）

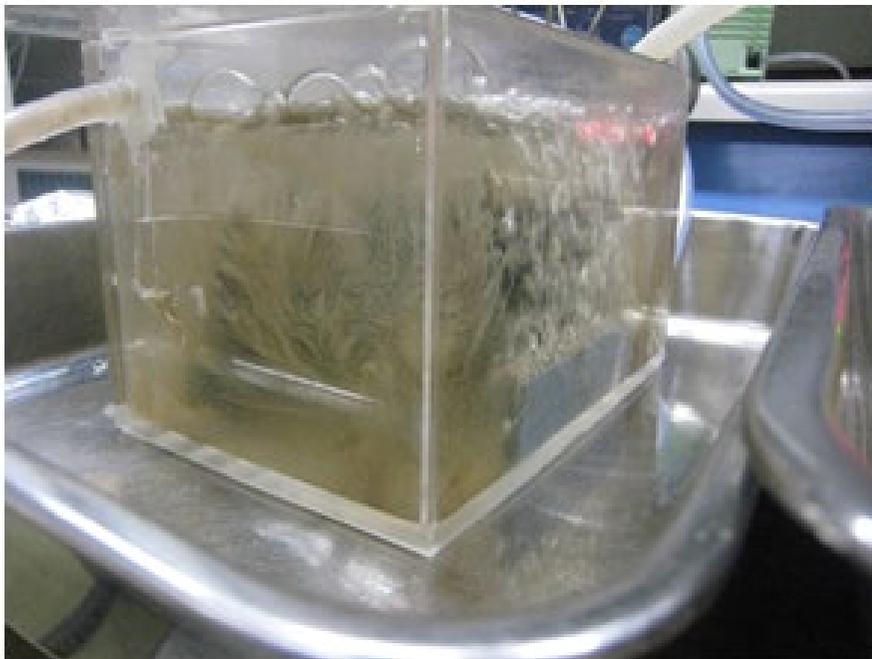
	圧縮試験前	圧縮試験後
FAD3次元 構造体		 円盤状に変形
金型成形体 (結着剤無し)		 ばらばらになる

想定される用途

- バインダーを用いていないため、炭素繊維表面における化学反応を利用する用途への適用のメリットが大きいと考えられる。
- 炭素繊維成形体を用いた水質浄化材料としての効果もされる。
- 炭素短繊維のみならず、種々の短繊維の構造化も可能と思われる。

関連技術

- 炭素繊維成形体を用いた、水質浄化機能を確認済。
(A: 炭素繊維成形体に人工汚水を定量供給した水槽。
C: 人工汚水のみ。人工汚水の透明度が変化していることが分かる。



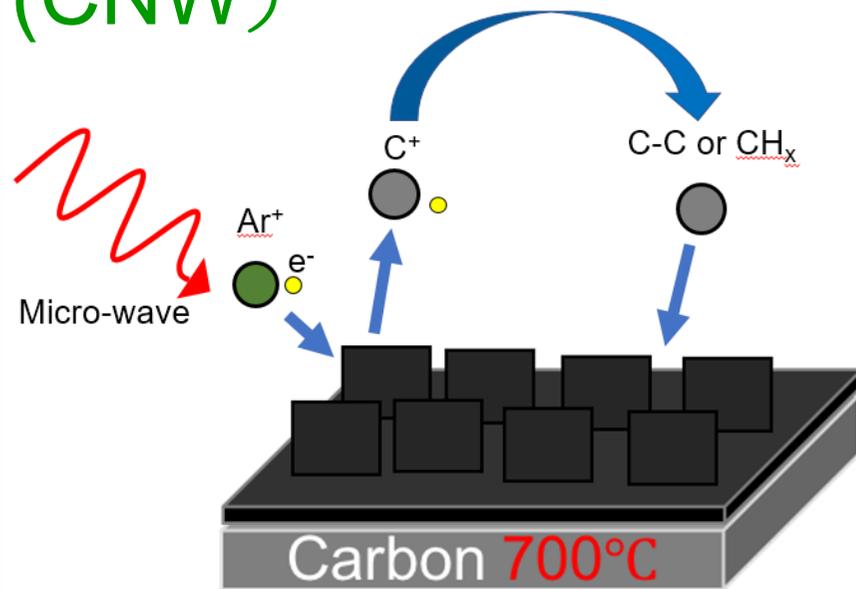
A



C

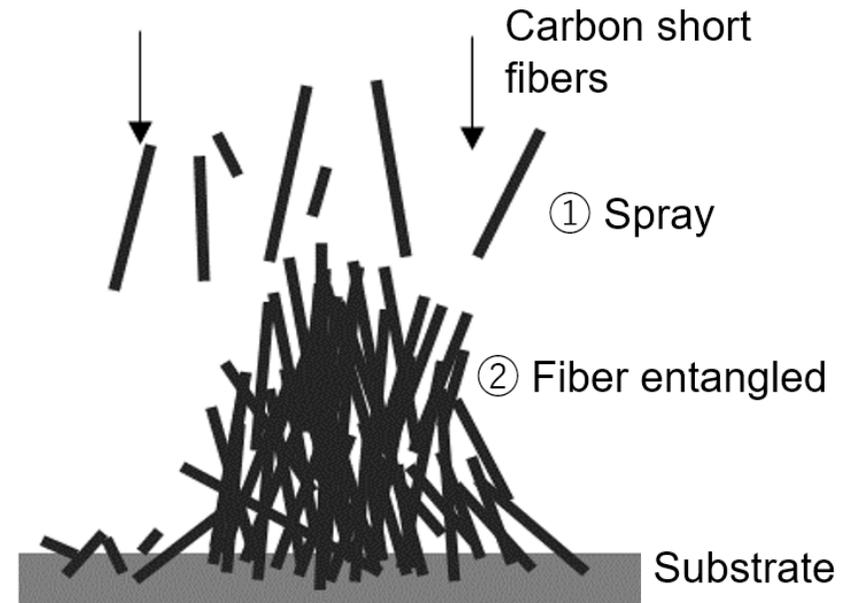
関連技術

Micro-wave irradiation (CNW)



- ① マイクロ波プラズマによるCNWの生成技術

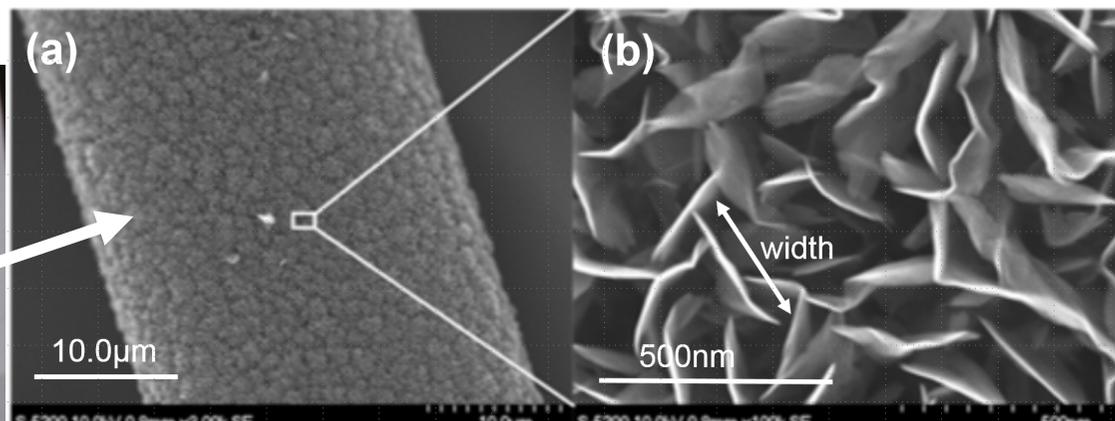
FAD method



- ② ファイバーエアロゾルデポジション (FAD) 法による3次元構造体の形成

関連技術

- カーボンナノウォール(CNW)との複合化によって、炭素繊維成形体の充填度・表面形態の制御可能



実用化に向けた課題

- 現在、炭素短繊維を構造化可能であることまで開発済み。しかし、電極材の特性などの評価が未実施である。
- 今後、ナノ炭素材料を表面修飾した材料を用いて、各種吸着材などに適用に向けた課題に取り組む。

企業への期待

- 本技術は、これまで成形が困難であった炭素短繊維の成形が容易に行える技術である。電極材、吸着剤などのアプリケーションに対してニーズを持つ、企業との共同研究を希望。
- また、炭素短繊維以外にも、アスペクト比の高い繊維形状の材料の集積化も可能と考えられる。このような企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 炭素繊維三次元構造体
及びその製造方法
- 出願番号 : 特願2019-019497
- 公開番号 : 特開2020-125526
- 出願人 : 学校法人龍谷大学
- 発明者 : 森 正和

産学連携の経歴

- 2018年-2019年 株式会社ハネックス・ロードと共同研究実施
- 2018年-2019年 トランスブート株式会社と共同研究実施
- 2019年- 株式会社大橋鉄工業と共同研究実施
- 2019年- 三恵技研工業株式会社と共同研究実施

お問い合わせ先

龍谷大学

Ryukoku Extension Center (REC)

TEL 077-544-7292

FAX 077-543-7771

e-mail rec@ad.ryukoku.ac.jp