

CFRP・炭素繊維の資源循環サイクルを 実現する材料プロセスの開発

産業技術総合研究所

構造材料研究部門

無機複合プラスチックグループ

研究員 杉本 慶喜

2019年7月2日

炭素繊維について

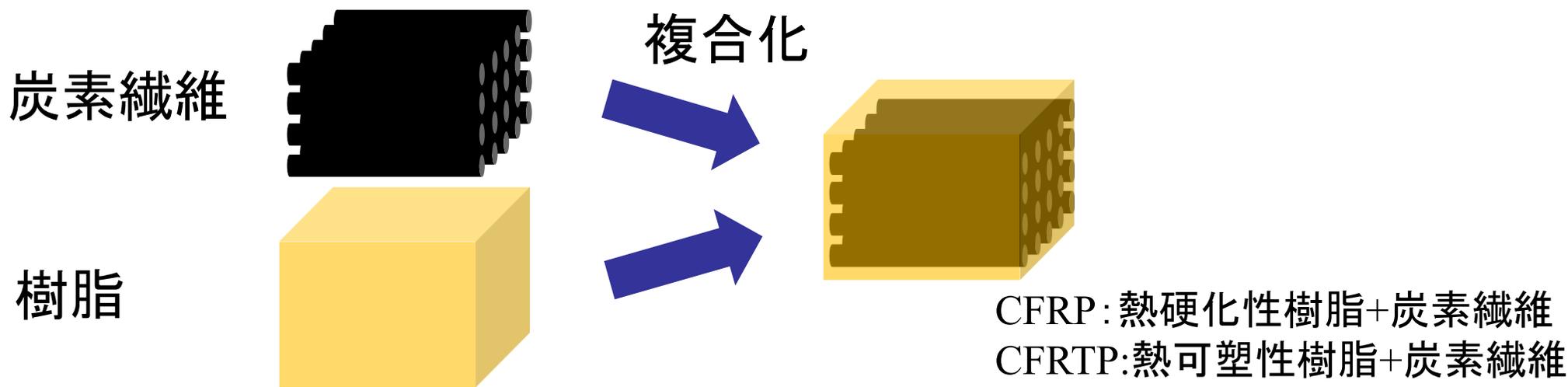
炭素繊維複合材料

高強度・高弾性率

鉄の1/4の軽さ

適用分野:

航空機、風力発電、スポーツ用品



欠点

高いコスト

リサイクル

← 長期にわたって使用することが重要

← 需要増加とともに廃棄量も増加

炭素繊維複合材料の処分

現在ほとんど埋め立て処分



国内外の法規制により埋め立て処分が制限

自動車リサイクル法

自動車重量の20%がシュレッダーダスト

処分場不足問題が深刻化



80%リサイクル
(鉄など)



20%埋め立て

EU: Circular Economy政策

一般廃棄物のリサイクル率を2025年まで55%(2035年65%)

2035年までに埋め立てを最大10%削減

炭素繊維複合材料のリサイクルやリユースは非常に重要

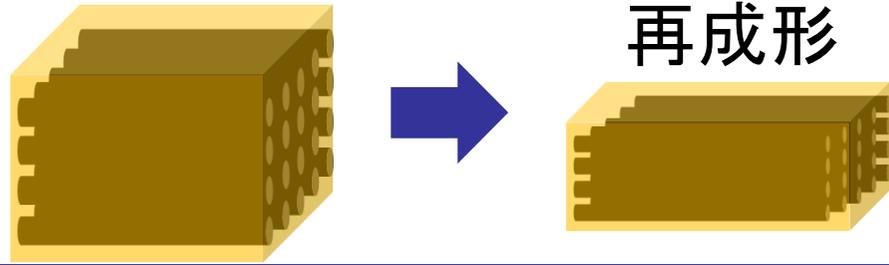
炭素繊維の資源循環



炭素繊維を長く使っていく仕組みが必要

炭素繊維・炭素繊維複合材料の リユース・リサイクル技術

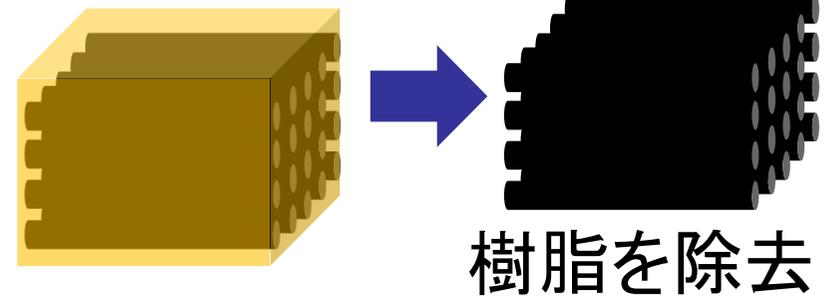
複合材料リユース(CFRTP)



熱履歴により樹脂劣化する
炭素繊維が劣化する(繊維長)

炭素繊維リサイクル(CFRP、CFRTP)

樹脂を分解して繊維を取り出して
再度繊維を使用

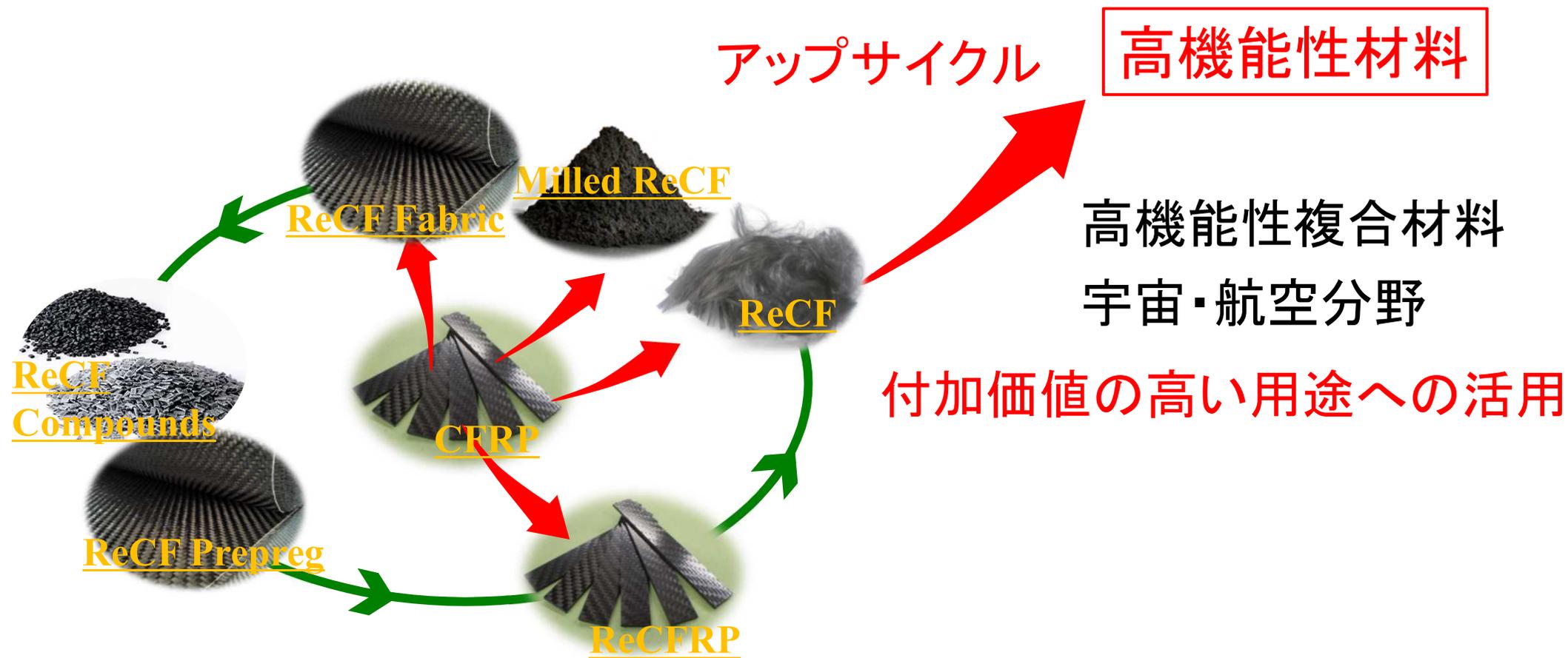


炭素繊維が劣化する(繊維長・強度)

熱的处理		化学的处理			
熱分解法	過熱水蒸気法	常圧溶解法	超臨界分解法	亜臨界分解法	電解酸化法
事業化	開発中	事業化	開発中	開発中	事業化

現状のリサイクル・リユース技術はダウンサイクル

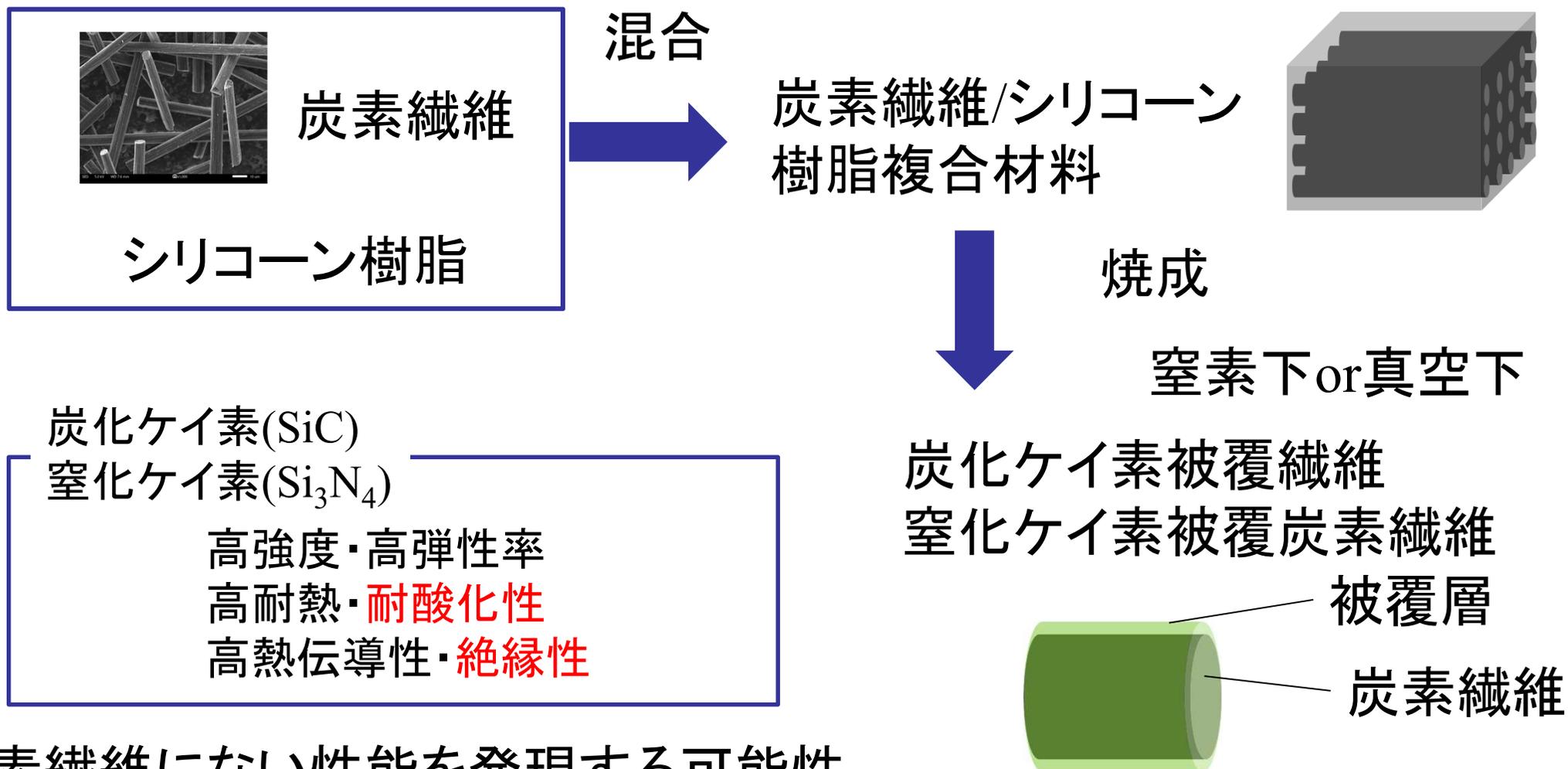
炭素繊維の活用のためリサイクル手法



- アップサイクルができれば炭素繊維を極限材料として活用することが可能
- リサイクル炭素繊維の高機能化、且つリサイクルの繰り返し等で構造材料として使用できなくなった炭素繊維の資源循環の実現につなげることが可能

新技術：高性能セラミックス被覆繊維

炭素表面に耐酸化性や絶縁性のある炭化ケイ素や窒化ケイ素で被覆する技術を開発



炭化ケイ素(SiC)
窒化ケイ素(Si₃N₄)

高強度・高弾性率
高耐熱・耐酸化性
高熱伝導性・絶縁性

炭素繊維にない性能を発現する可能性

新技術の特徴・従来技術との比較

被覆炭素繊維

従来技術では、化学気相蒸着法を用いて表面に炭化ケイ素被覆していたが、膜厚が厚くなりがちで被覆膜の割れも発生しやすかった。

本発明を用いた被覆繊維では、比較的密着性のよい窒化ケイ素被覆で表面が被覆された炭素繊維を生成することができる他、耐酸化性も付与でき、炭素繊維の活用の幅を広げることが可能となる。

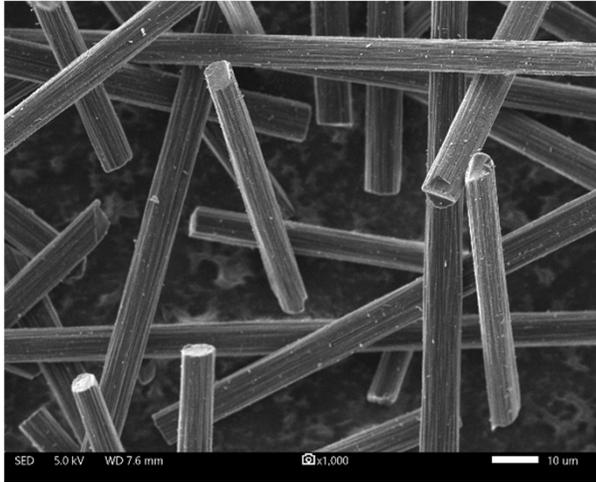


炭素繊維への絶縁性の付与
炭素繊維の耐酸化性向上
炭素繊維の資源循環の実現

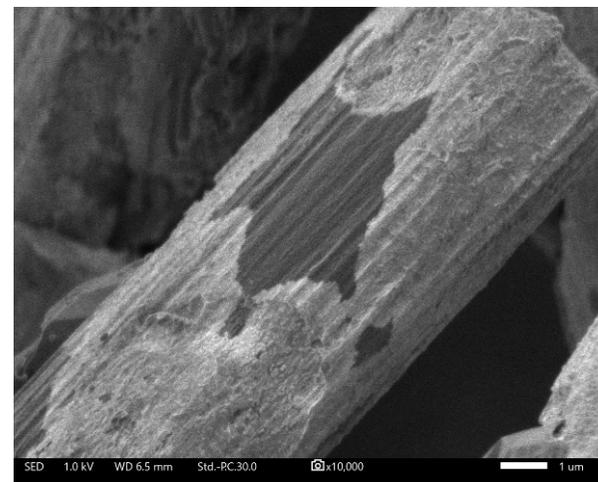
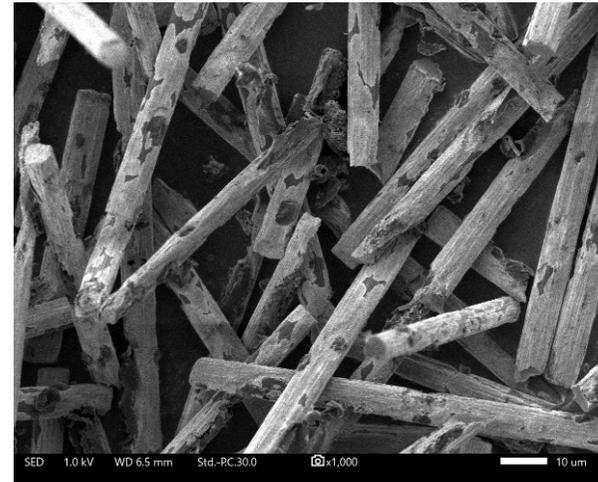
炭化ケイ素被覆炭素繊維

炭素繊維/シリコン樹脂複合材料を真空雰囲気中で焼成

焼成前の粉状炭素繊維



真空焼成後の
シリコン樹脂コンポジット

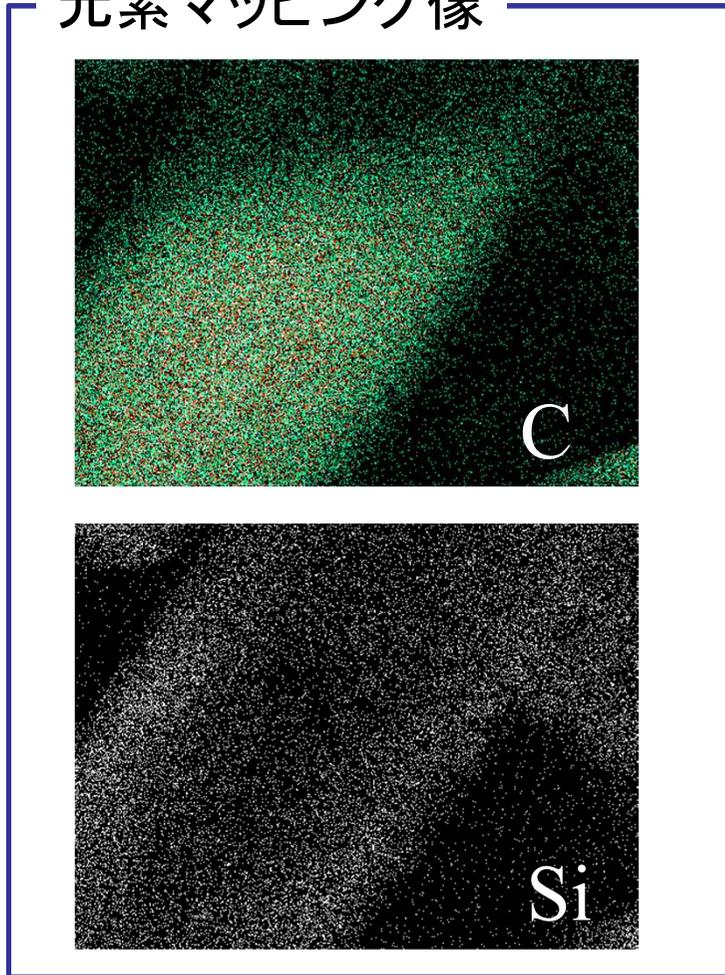


炭素繊維の形状は維持。
繊維表面に被覆
一部炭素繊維露出部あり

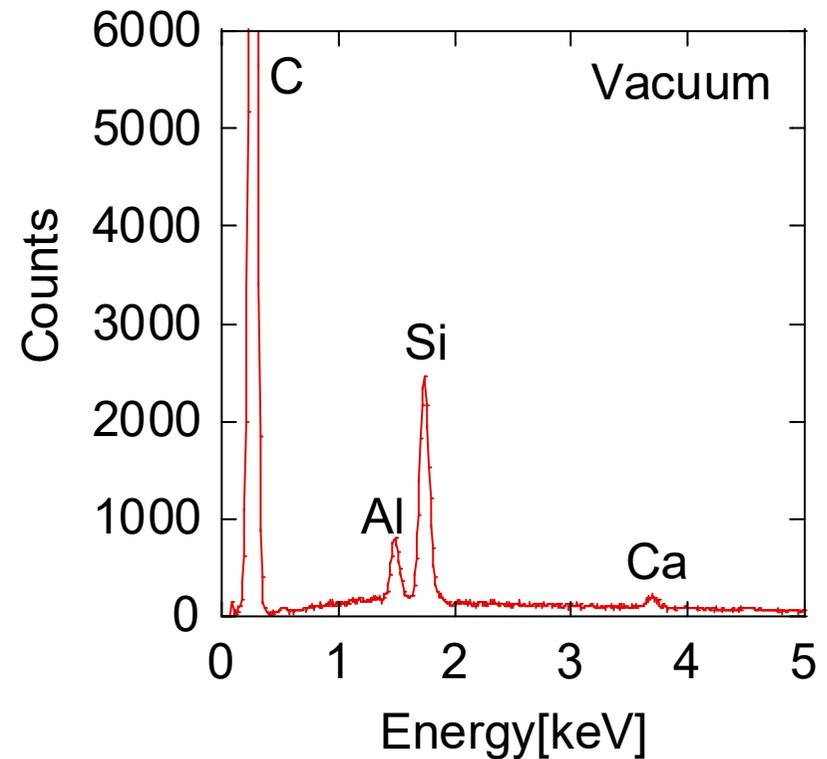
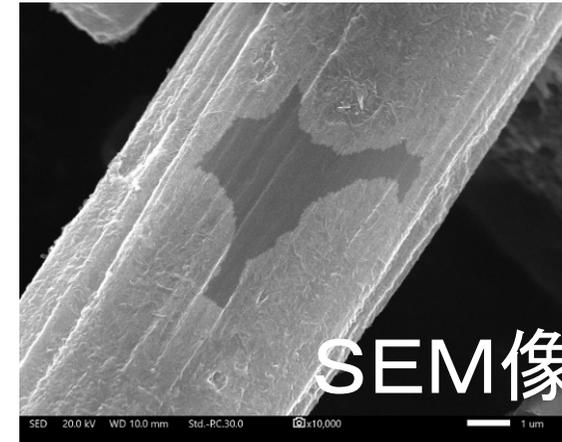
炭化ケイ素被覆炭素繊維

SEM-EDX

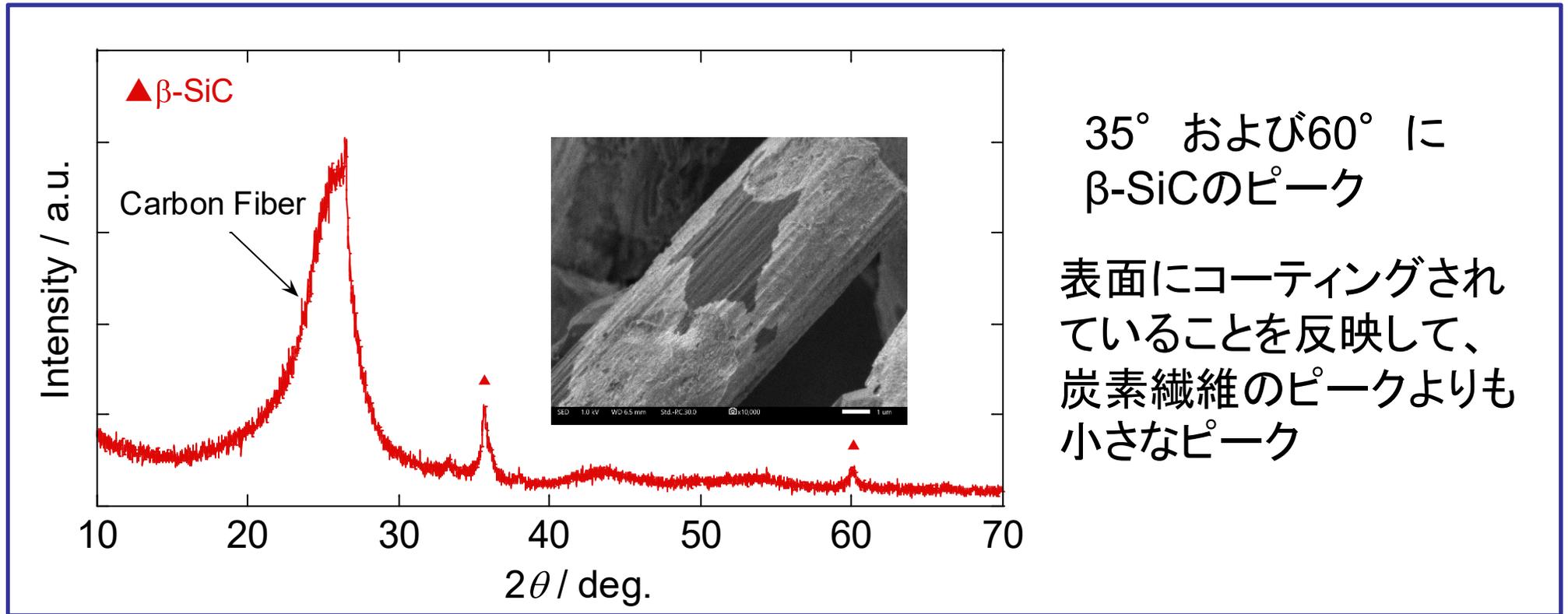
元素マッピング像



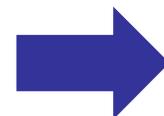
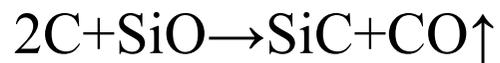
白い部分にSiとCが存在



炭化ケイ素被覆炭素繊維



反応機構

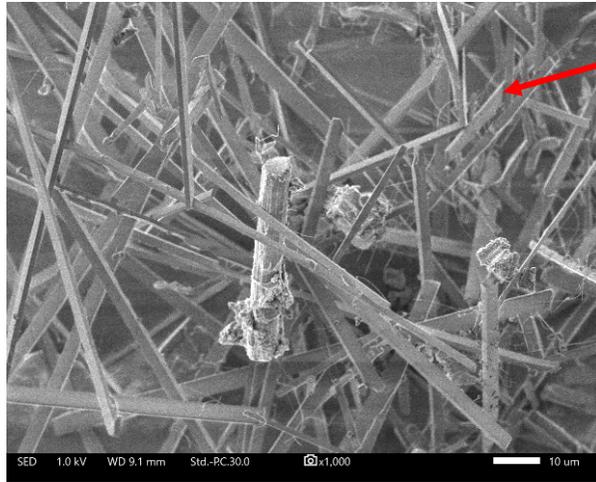


真空焼成することで繊維表面をSiCでコーティングされた炭素繊維

繊維表面の炭素がSiCに変化

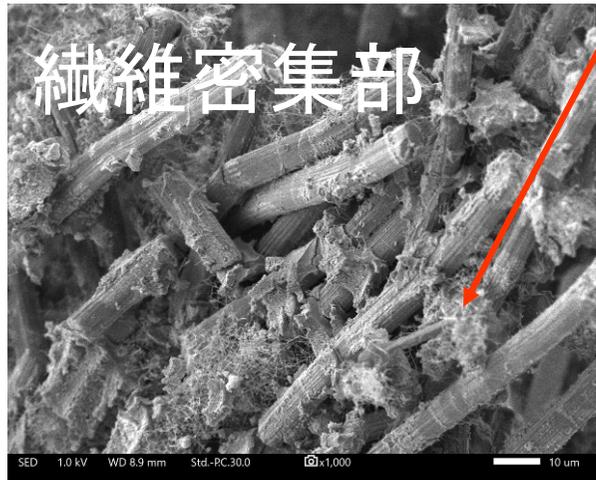
窒化ケイ素被覆炭素繊維

炭素繊維/シリコーン樹脂複合材料を窒素雰囲気中で焼成

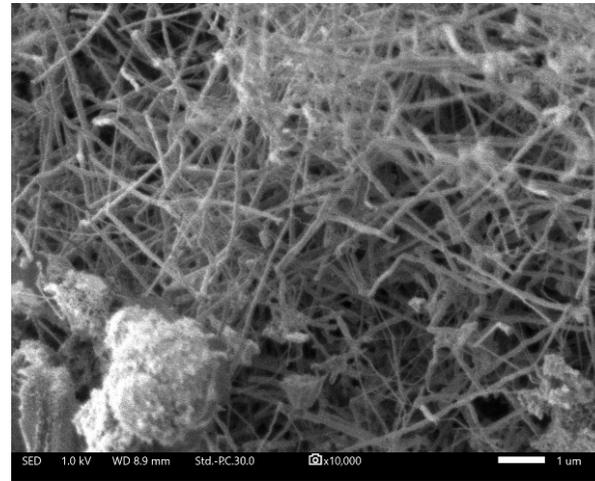


幅7 μm 、厚さ2 μm 大きさの板状の繊維
長さ150 μm 以上

綿状のナノファイバー



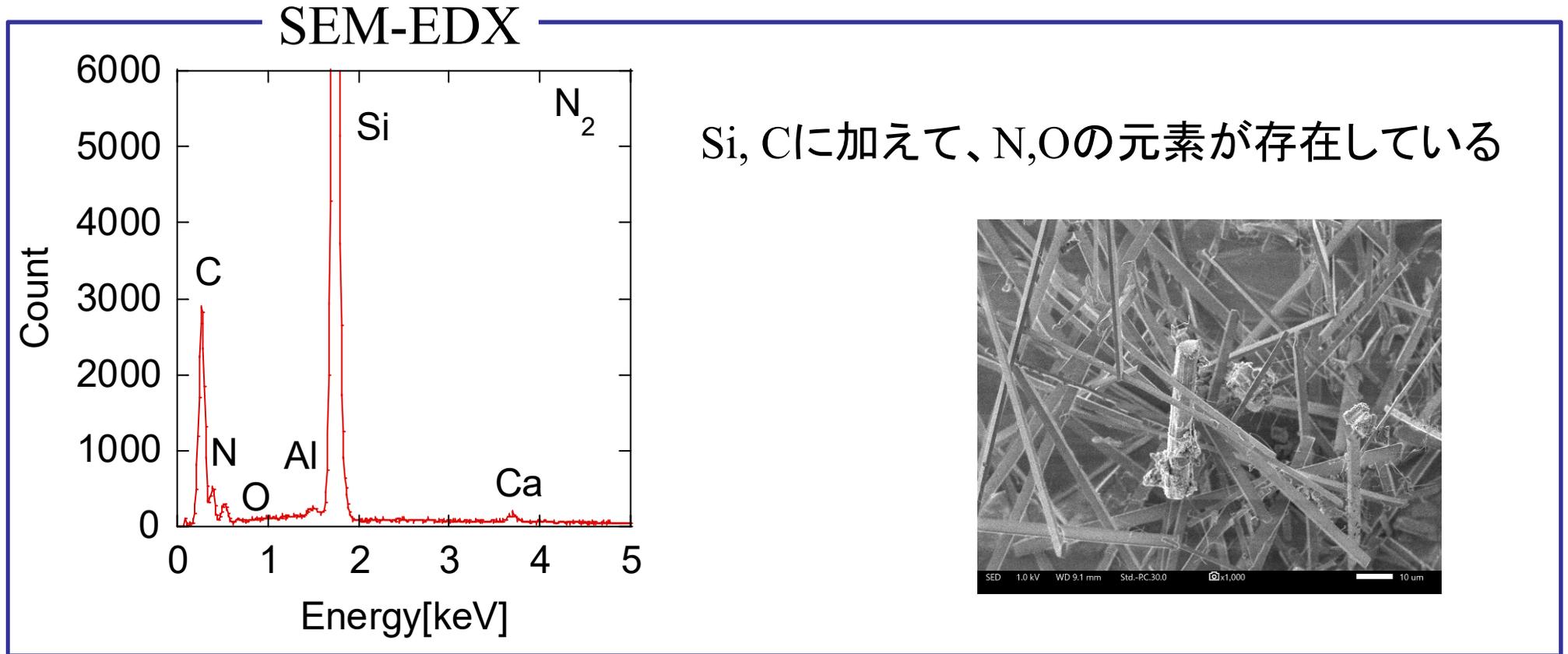
繊維密集部



200 μm 程度のナノファイバーが生成

様々な形態の生成物

窒化ケイ素被覆炭素繊維

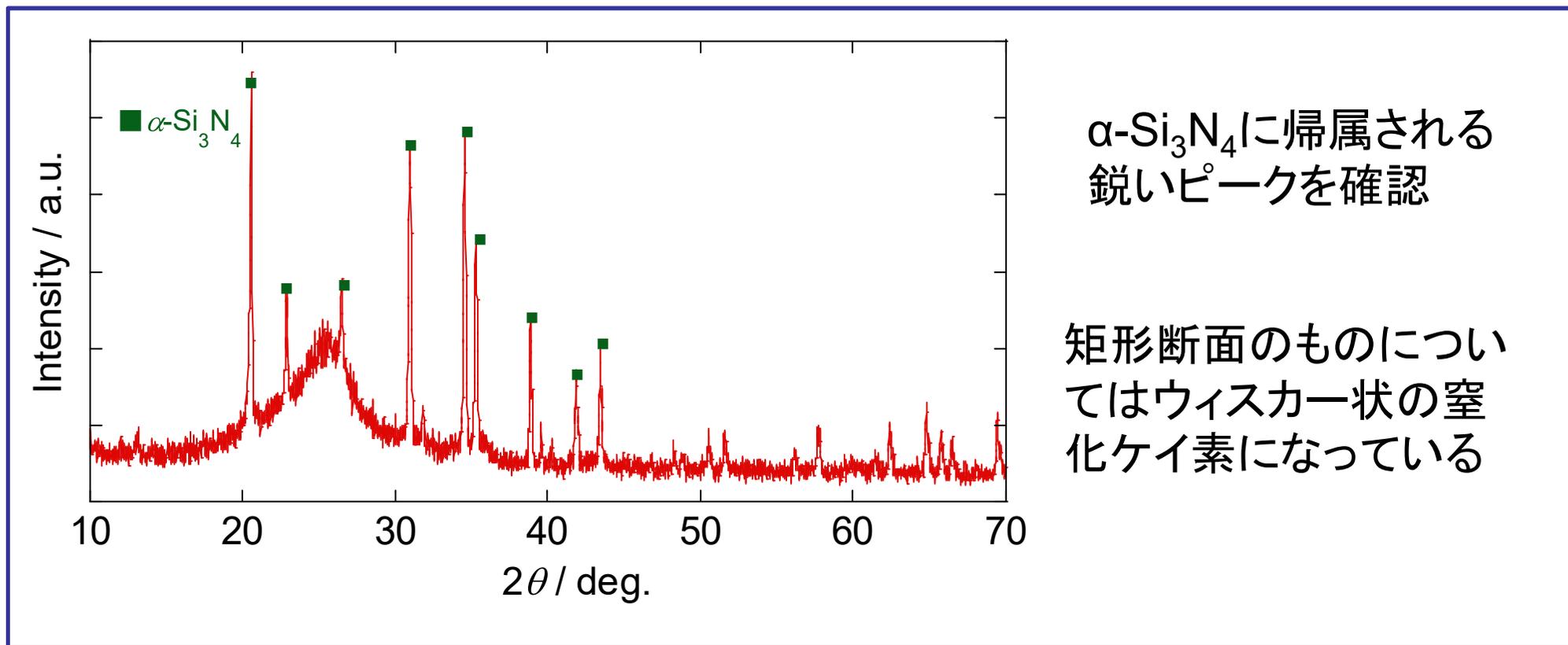


ZAF補正により求めた元素分率

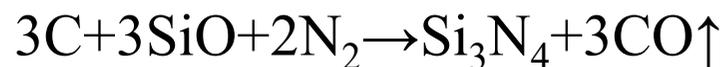
Atmosphere	C	Si	N	O	Ca	Al
N ₂	67%	8%	22%	2%	-	1%
Vacuum	96%	3%	-	-	-	1%

窒素がかなりの重量を占めていることが分かる

窒化ケイ素被覆炭素繊維

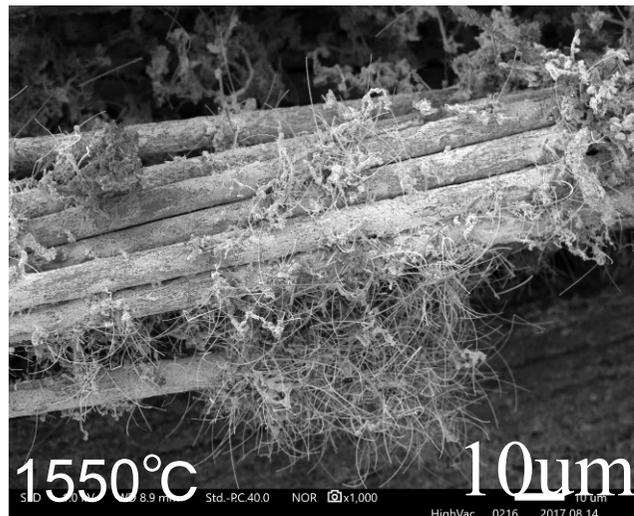
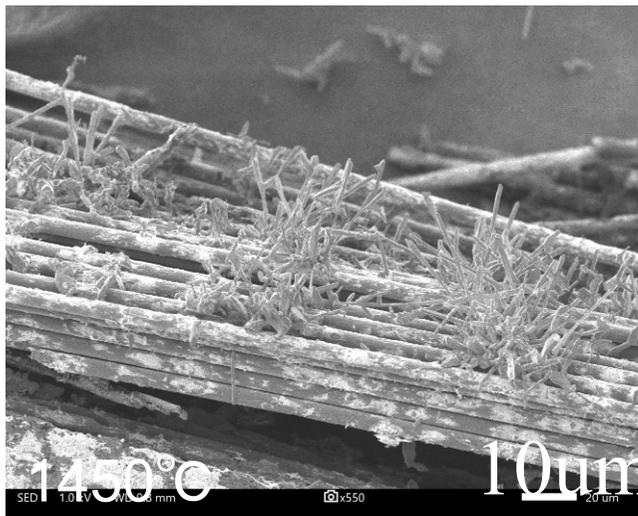
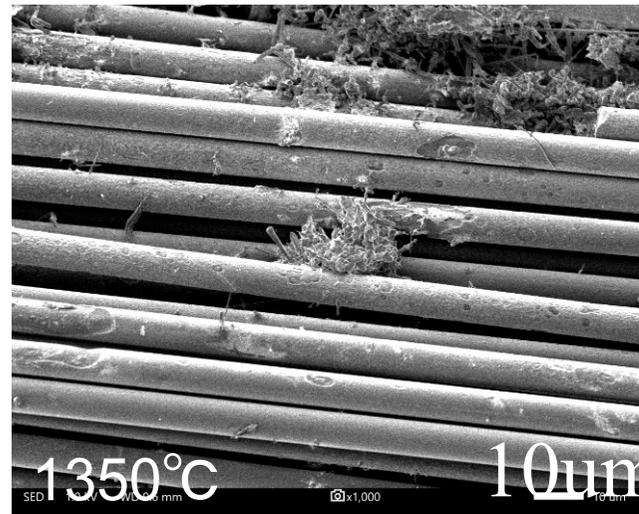
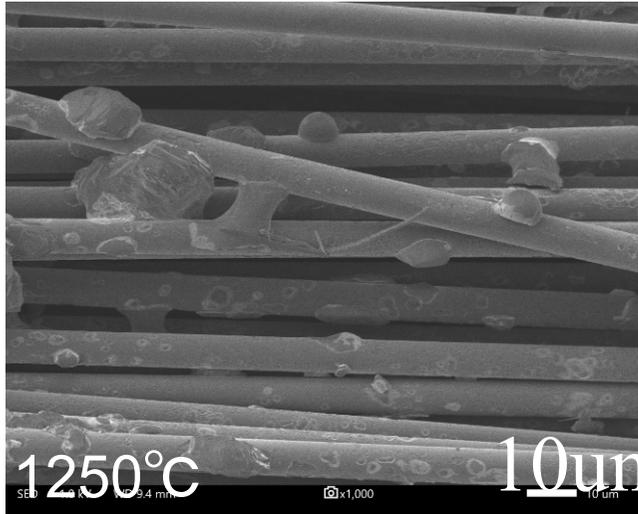


反応機構



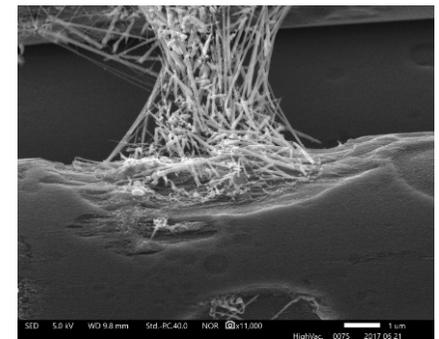
雰囲気中の窒素と炭素繊維を取り込んで窒化ケイ素を生成

窒化ケイ素被覆炭素繊維



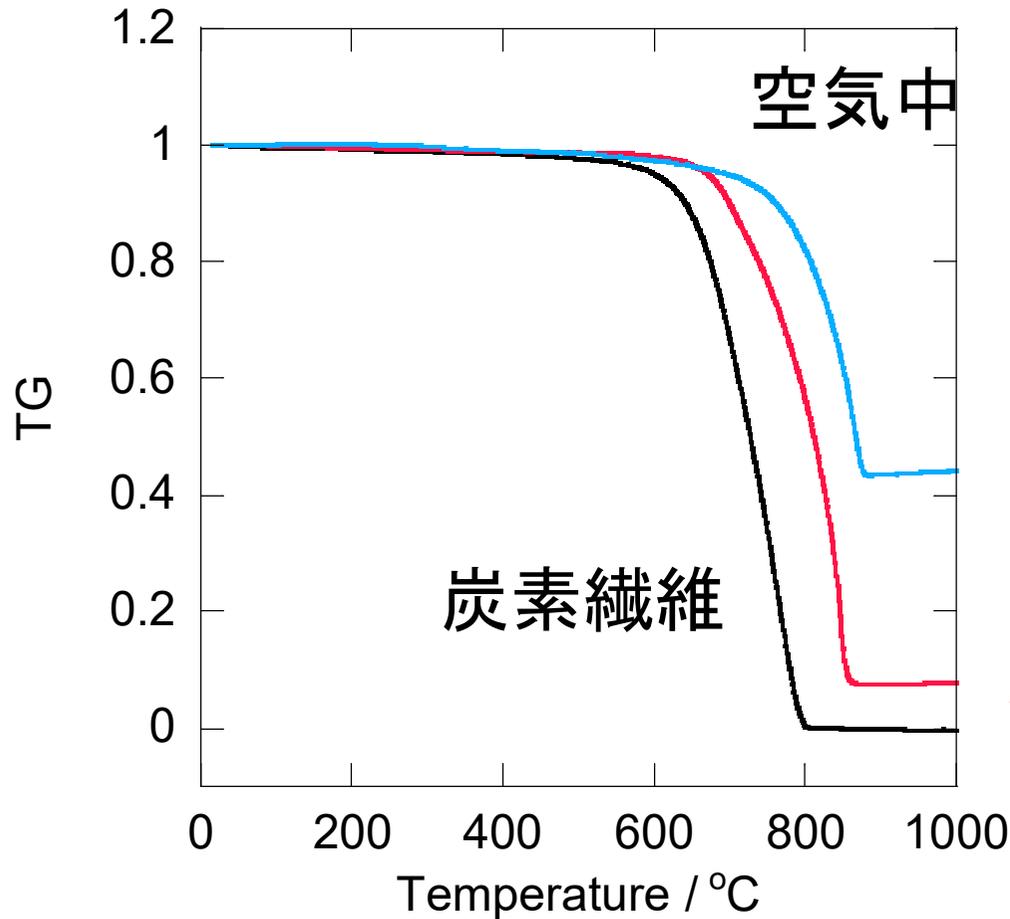
1350°C付近から
窒化ケイ素の繊維状の構造
が発達

繊維生成部



繊維表面の生成付近で
は炭素繊維の侵食が観
察された

耐酸化性



炭素繊維

500°C付近から炭素繊維の分解が開始

窒化ケイ素被覆炭素繊維

炭化ケイ素被覆炭素繊維

表面を被覆しているため、耐酸化性が向上している

完全被覆を実現できていないが、酸化開始温度が100度上昇

想定される用途

複合材料の高機能性フィラー

リサイクル等で粉末状になった炭素繊維の
アップサイクルとしての活用

絶縁性と高熱伝導性など高機能性と高機械特性を
併せ持った構造系複合材料

長繊維連続炭素繊維の表面のコーティング
による絶縁性の付与

宇宙・航空分野における極限環境下での炭素繊維材料

長繊維連続炭素繊維の表面のコーティング
による耐酸化性付与

実用化に向けた課題

- ・ 均一生成、生産量の改善を図る
- ・ 複合材料作製を検討
- ・ 長連続繊維への適用を検討
- ・ 複合化した際のフィラーとしての性能評価を予定

企業への期待

焼成雰囲気調整・焼成サンプルの形状等で均一生産は克服できると考えている

新しい被覆炭素繊維やリサイクル炭素繊維を利用した製品の開発を考えている企業との共同研究を希望

本技術に関する知的財産権

発明の名称:

炭化ケイ素被覆炭素繊維の製造方法、窒化ケイ素被覆炭素繊維およびその製造方法、窒化ケイ素の製造方法

出願番号 : 特願2018-033781

出願人 : 産業技術総合研究所

発明者 : 杉本慶喜、富永雄一、堀田裕司

お問い合わせ先

産業技術総合研究所
イノベーション推進本部
ベンチャー開発・技術移転センター
技術移転マネージャー 倉西 敏行

TEL 029-862-6209

e-mail toshiyuki-kuranishi@aist.go.jp