

炭化ケイ素多孔体

愛媛大学大学院 理工学研究科

物質生命工学専攻

准教授 **山室 佐益**

2021年8月17日(火)

新技術の概要(特徴)

過酷な環境下で使用可能なセラミックスナノ多孔体

→ (高温・酸化性雰囲気等)

特徴

- 炭化ケイ素
(高融点・高強度・高耐熱性・高耐酸化性)
- 世界初の炭化ケイ素多孔体製造技術
(有機→無機変換)
- 微細なナノサイズ孔径
(30~300 nm)

炭化ケイ素 (SiC) とは

□ 高融点 (分解点)

→ 2200~2700°C程度で昇華
(理化学辞典より)

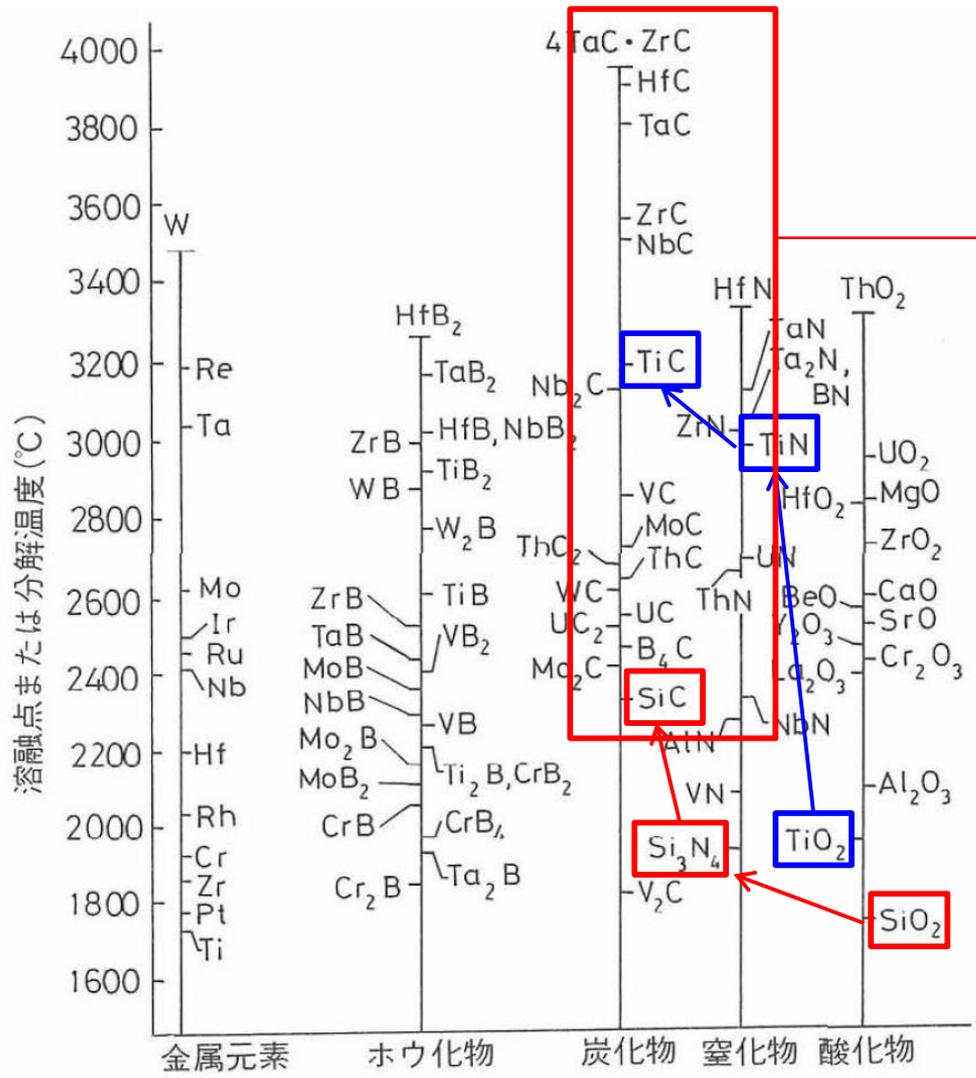
□ 高硬度 (修正モース硬度13)

→ ダイヤモンド, 炭化硼素 B_4C に次ぐ硬さ

□ 熱的・化学的に高い安定性

→ 1000°C超の高温で使用可能

炭化物系は高融点



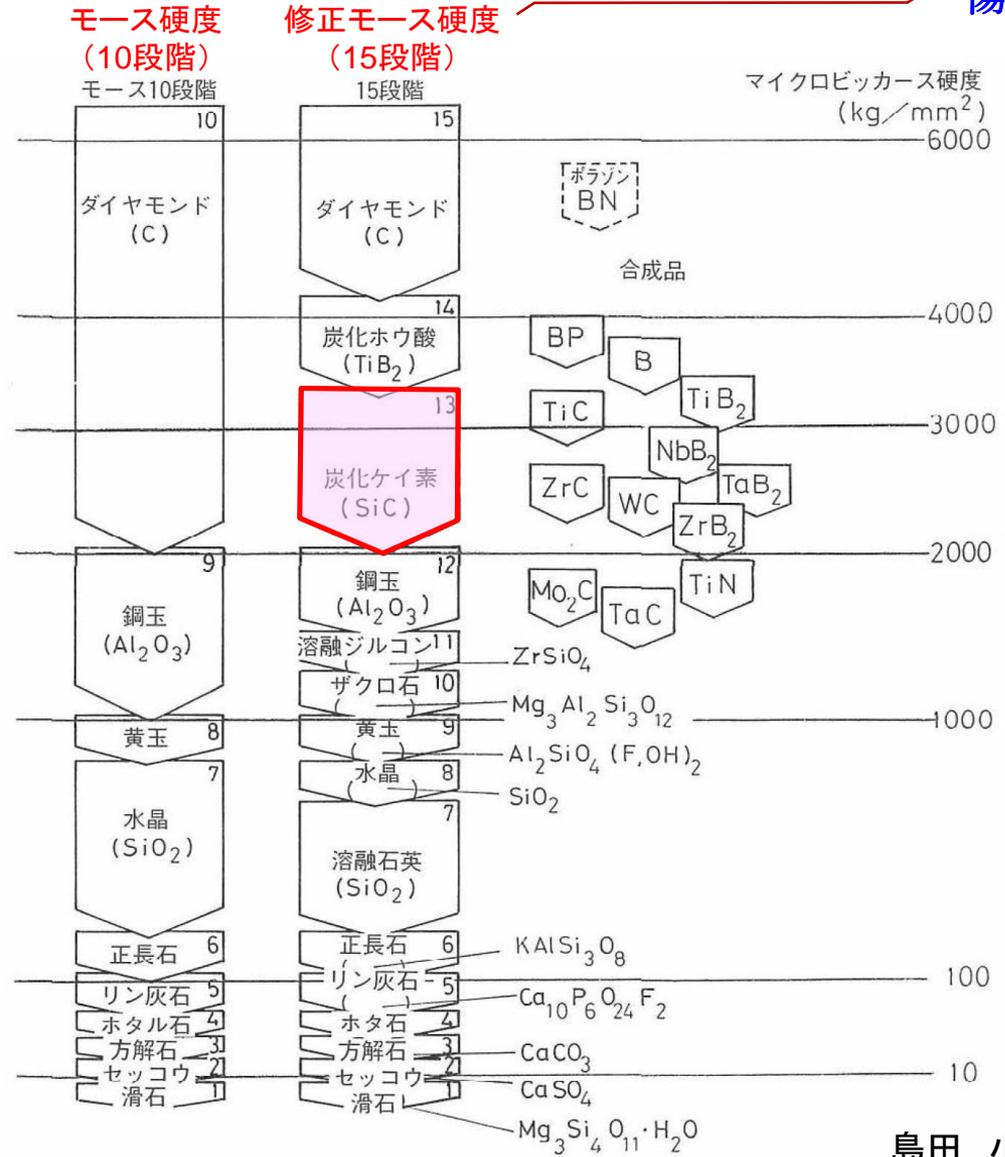
炭化物は高融点のものが多い

融点
炭化物 > 窒化物 > 酸化物

図4 各種金属の化合物の融点

各種セラミックスの硬さ

2つの異なる鉱石を擦り合わせた際の傷つきやすさで分類。



日本生まれの新素材を採用、次世代航空機エンジン 「LEAP」

炭化ケイ素(SiC)繊維

Aug 14, 2014

GE Reports JAPAN より転載



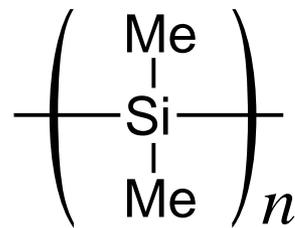
ここに採用しているのが、日本カーボンが開発した炭化ケイ素連続繊維。

耐熱性と耐久性に優れ、かつ軽量の「ハイニカロン」です。軽量な高強度素材として注目される「炭素繊維」と似ているようですが、炭素は高温大気中では燃えてなくなってしまうので、高温環境では使えません。一方、炭化ケイ素は炭素と異なり、高い耐熱性を有します。この特徴を利用してセラミックスを炭化ケイ素繊維で強化することで、高温になる航空機エンジンでの使用が可能になったというわけです。

有機—無機変換による炭化ケイ素繊維の合成

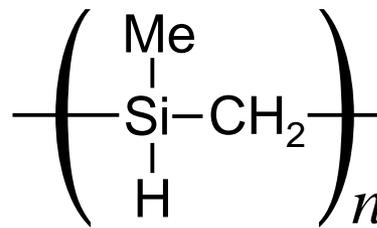
Yajima Process

有機ケイ素ポリマーである**ポリカルボシラン**を熔融紡糸後に焼成



ポリジメチルシラン
(PDMS)

加熱



ポリカルボシラン
(PCS)

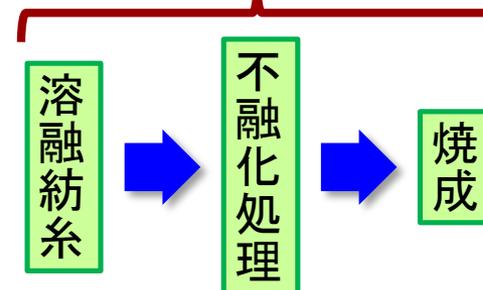
焼成

SiC繊維

炭化ケイ素

軽くて強い

(1000℃以上での高温強度が抜群！)



有機ケイ素ポリマーの主鎖に側鎖のメチル基を取り込んで炭化ケイ素の基本構造となる -Si-C- の配列を作ります。

その後、高温で焼き余分な側鎖(H)を除去して炭化ケイ素に変換します。

有機-無機変換によるSiC多孔体の作製例

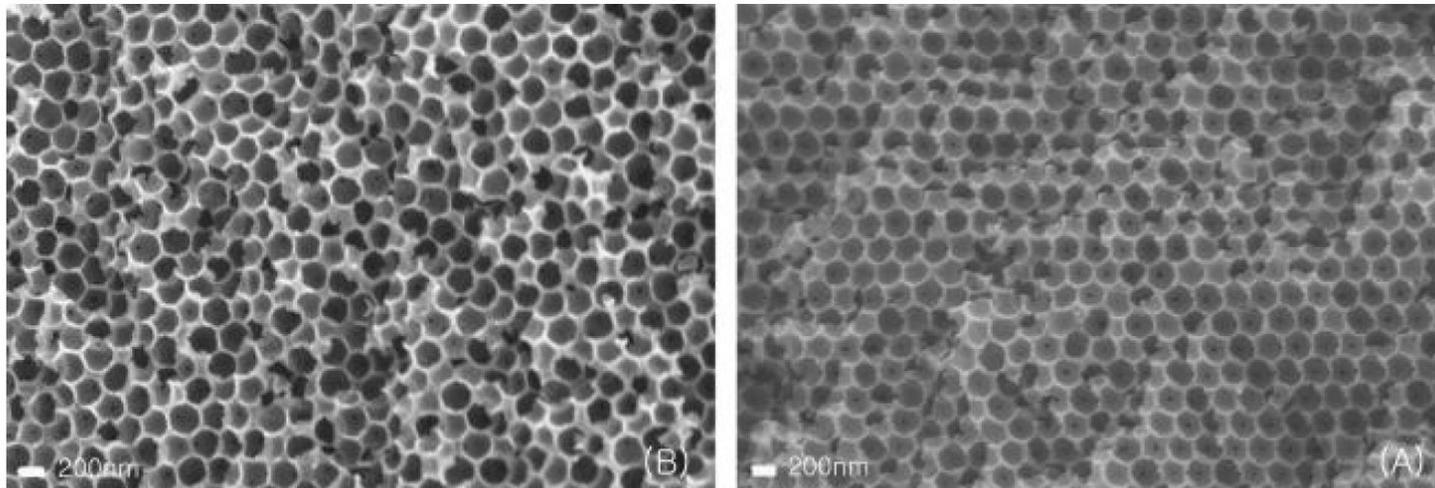
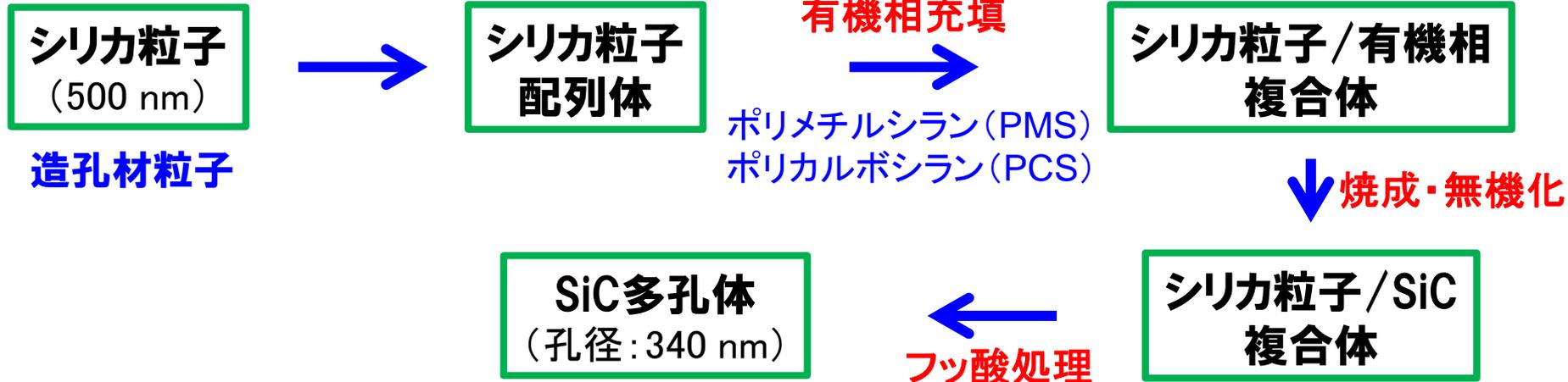


Fig. 1 SEM images of surface of macroporous SiC from PMS (A) and PCS (B). The images were obtained using a LEO 1455VP apparatus.

I. -K. Sung et al., "Fabrication of macroporous SiC from templated preceramic polymers", *Chemical Communications*, pp.1480-1481 (2002).

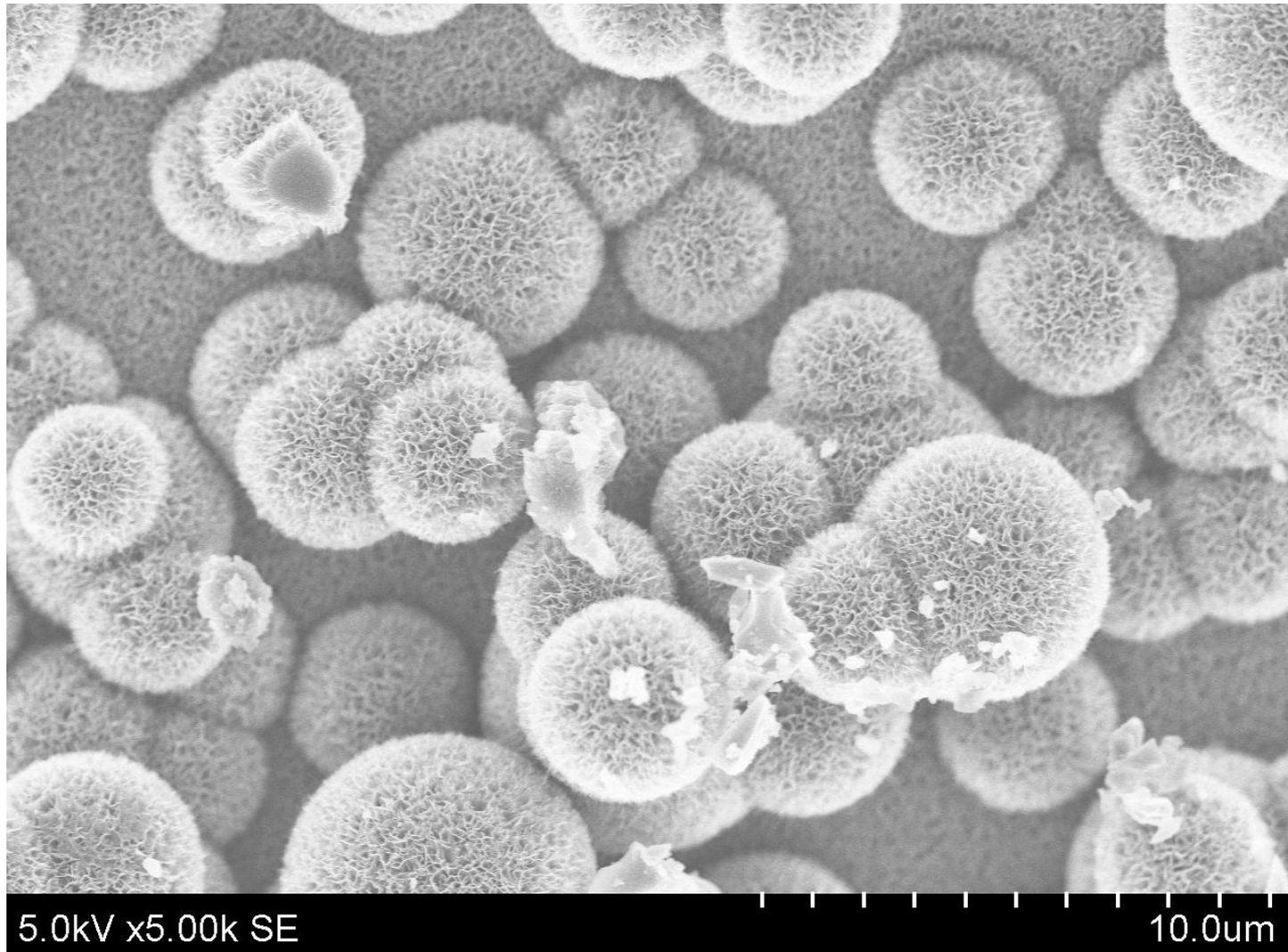
従来技術とその問題点

- 造孔材を使用
→ 例：シリカ粒子等
- 造孔材除去の後処理が必要
→ 毒劇物である「フッ酸」を使用
- 孔径の下限は約300 nm
→ 孔径範囲を300 nm以下へ拡大

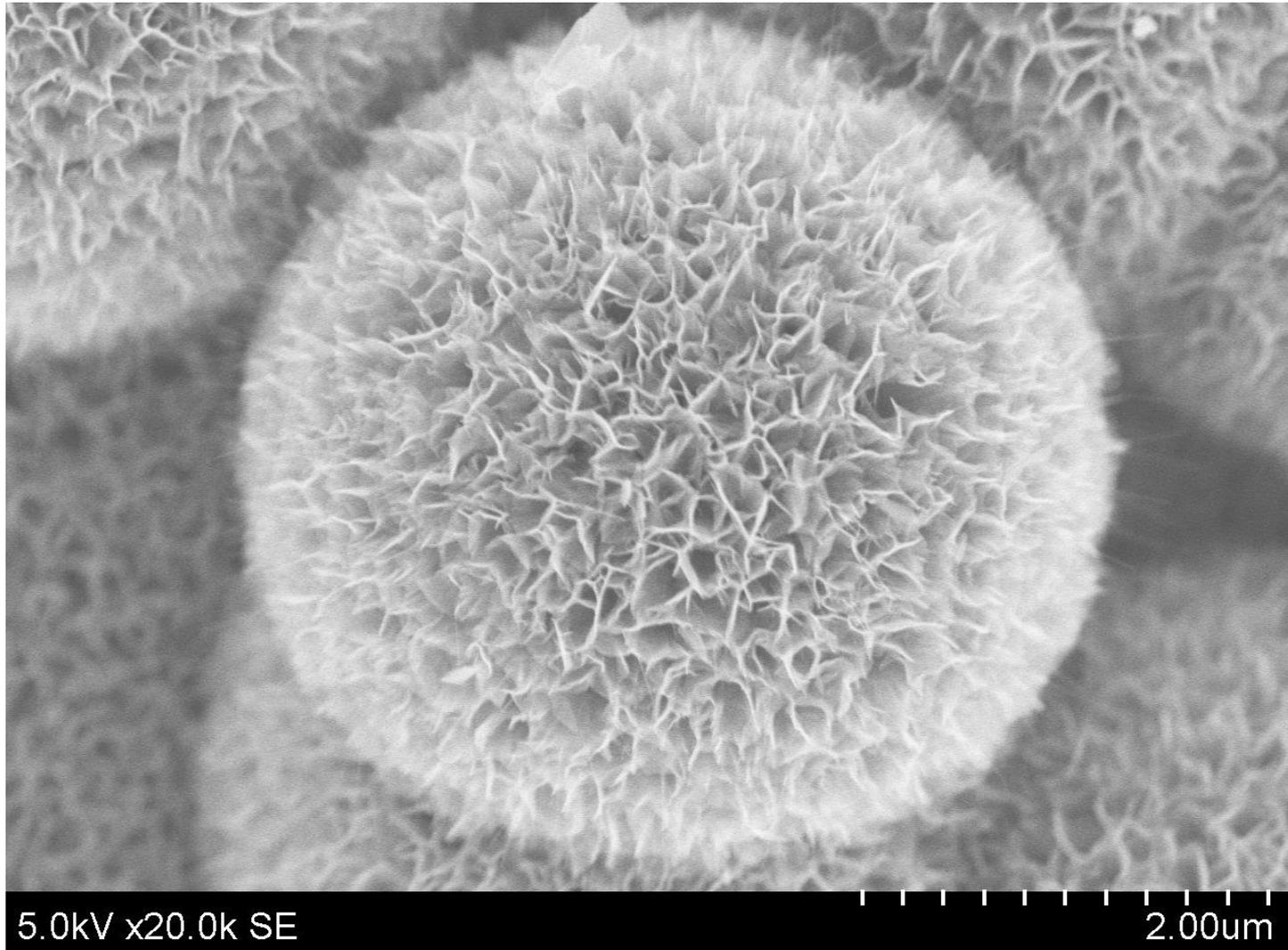
新技術と従来技術との比較

	従来技術	新技術
造孔材 粒子	有り 〔シリカ粒子〕 〔高分子粒子〕	無し
孔径	300 nm ~ 100 μm	30 nm ~ 300 nm

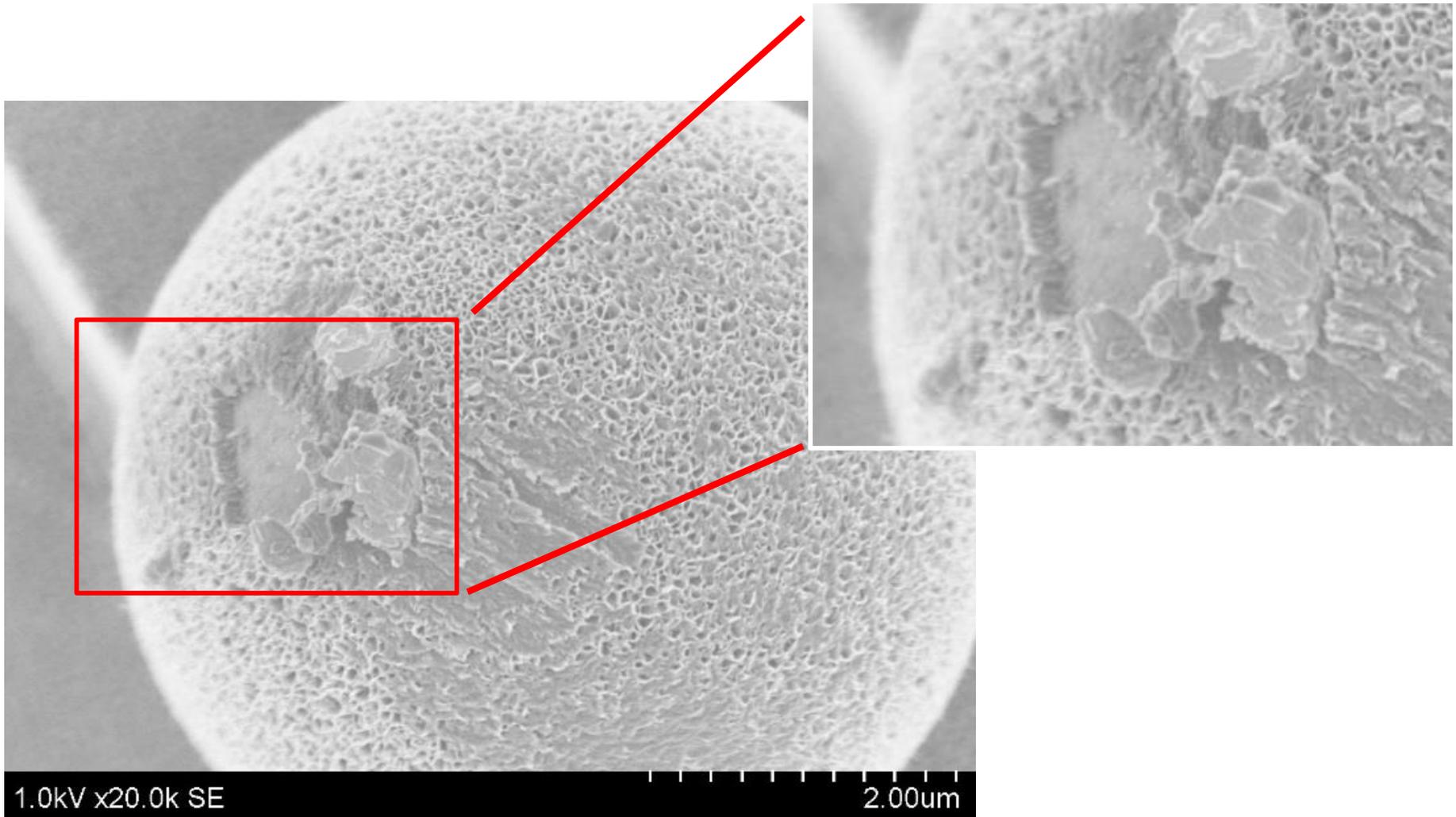
SiC多孔体のFE-SEM像(低倍率)



球状SiC多孔体の拡大像

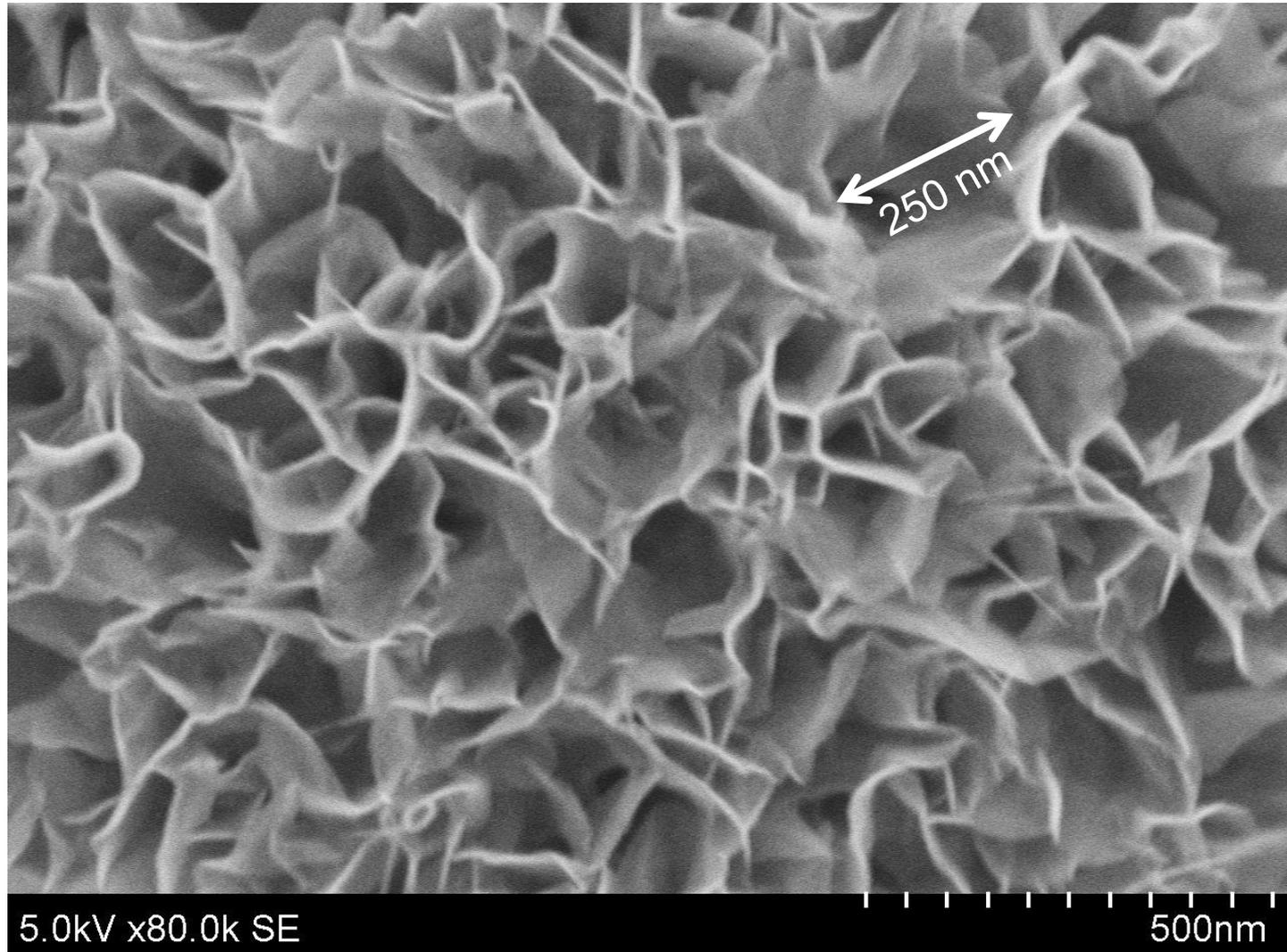


球状SiC多孔体の内部構造



粒子内部は多孔体構造ではない

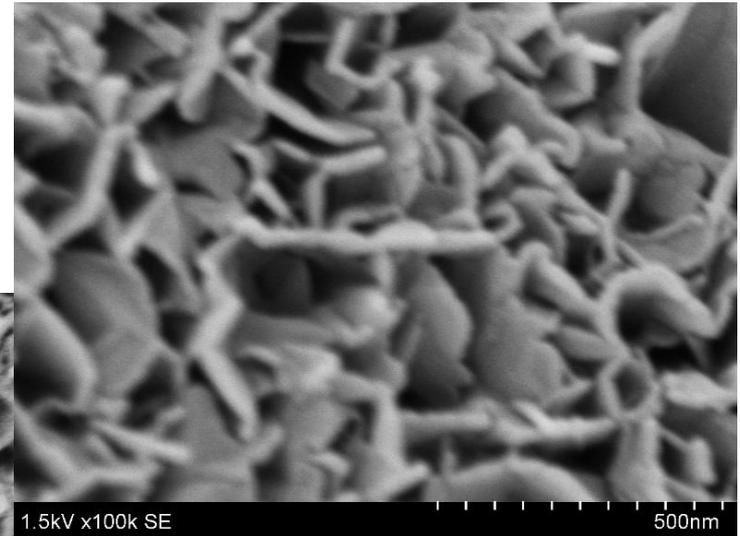
SiC多孔体の高倍率像



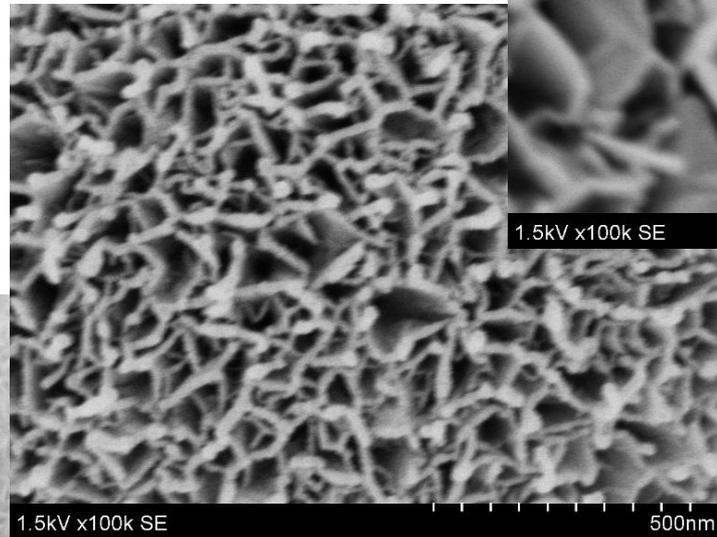
100～300 nm程度の開孔型多孔体構造を形成

孔径の調整

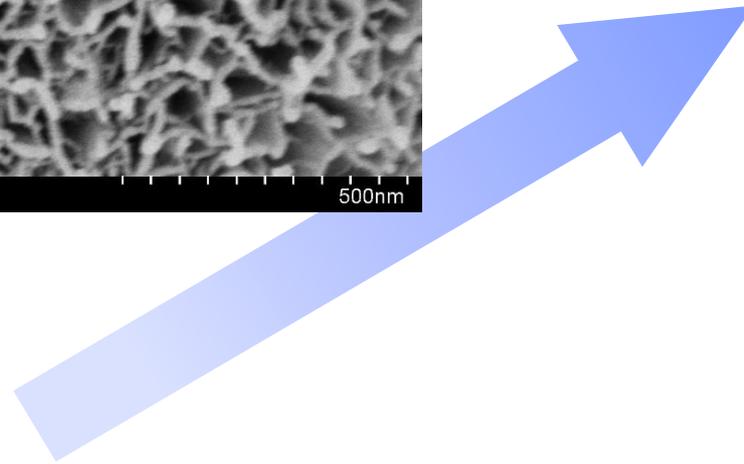
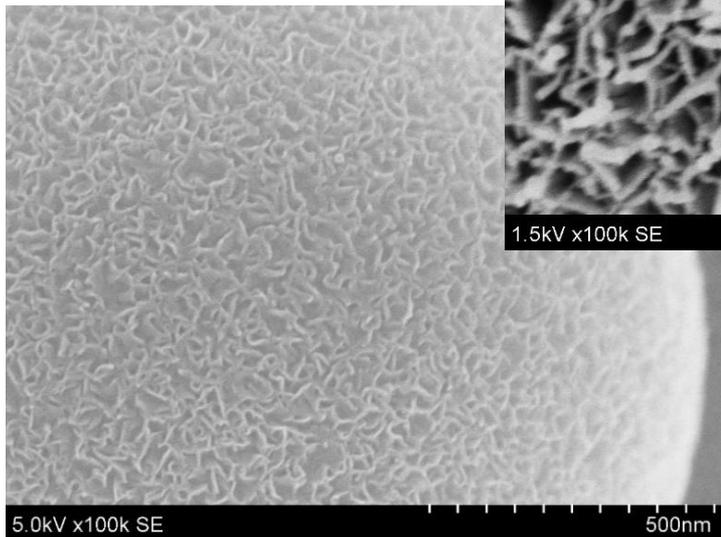
300 nm



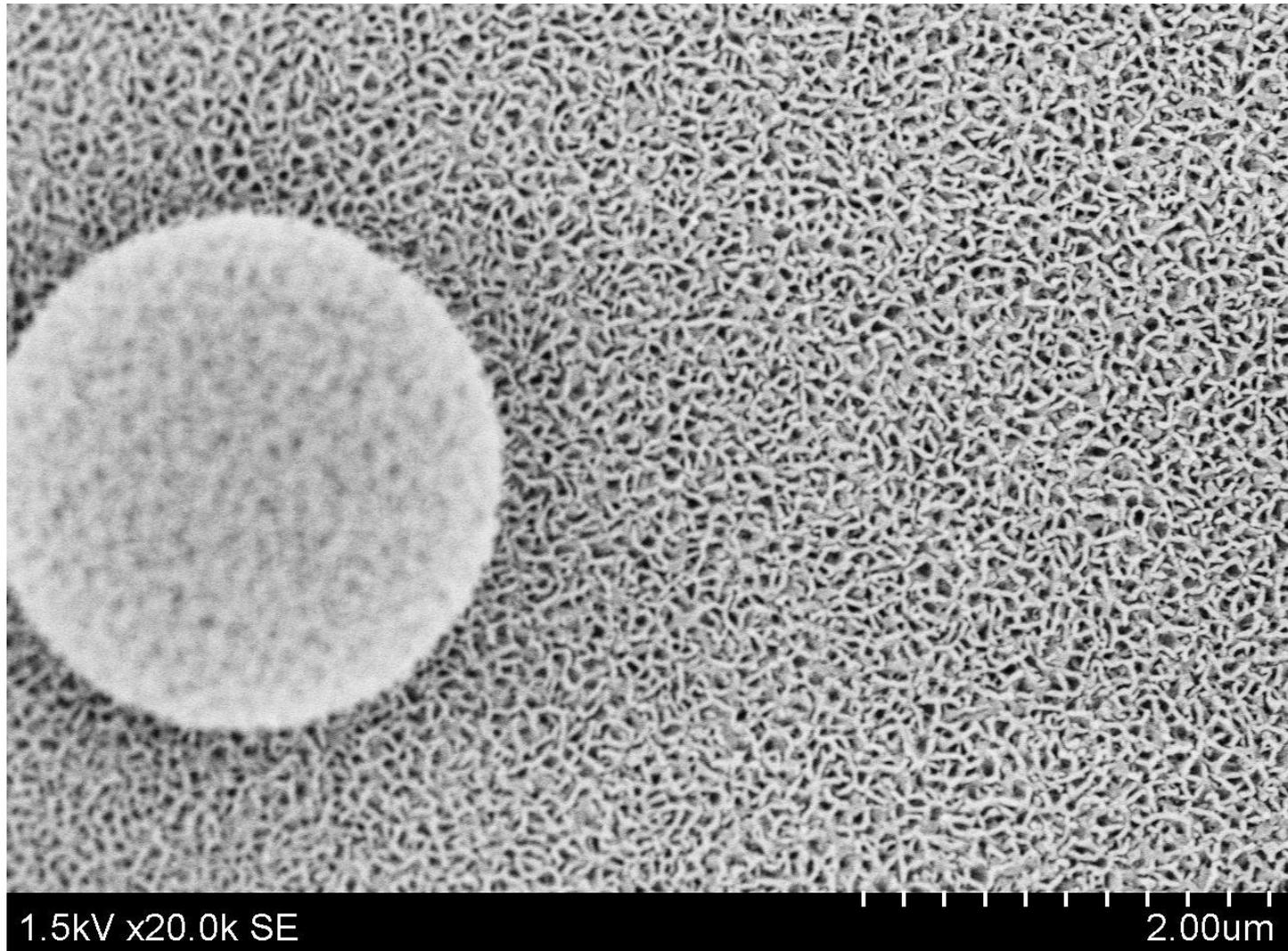
100 nm



50 nm



平面基板上への多孔体形成



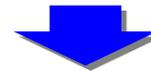
平面にも開気孔型の多孔体構造を形成可能

想定される用途 ①

フィルター

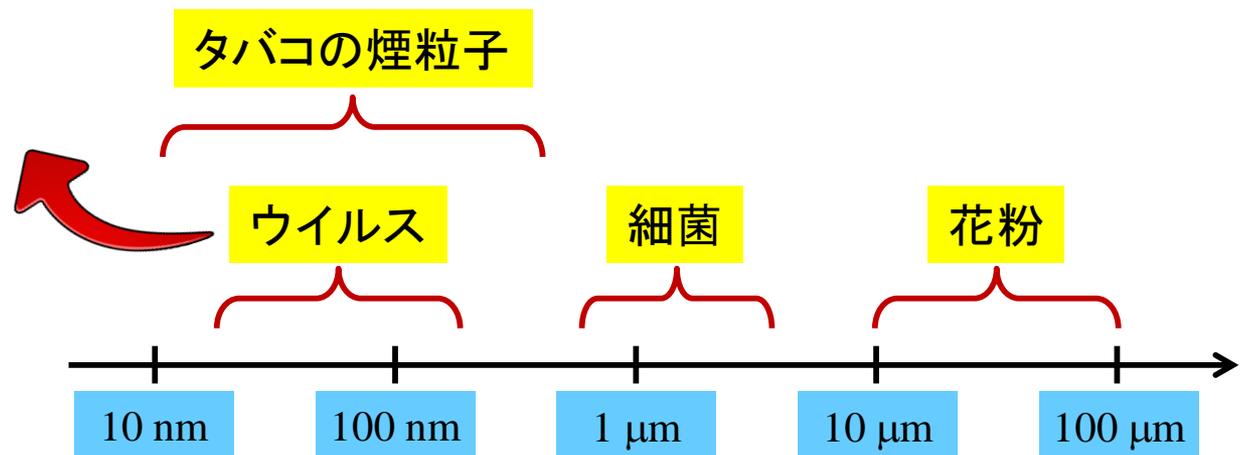
【特徴】

- ① ウイルスのサイズ領域
- ② 高温で使用可能



洗浄・交換不要なフィルター

種類	大きさ
ノロウイルス	約300 nm
インフルエンザウイルス	約80~120 nm
新型コロナウイルス	約100 nm

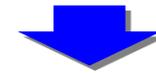


想定される用途 ②

触媒粒子等の担体

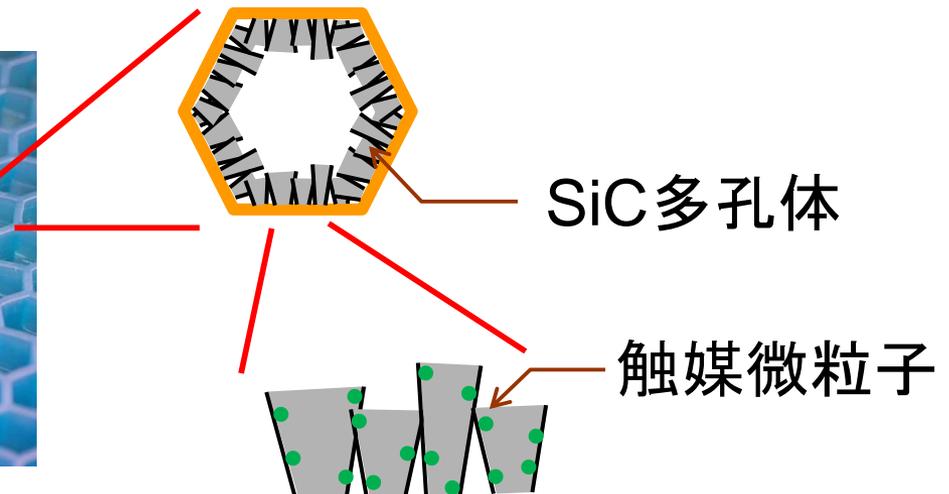
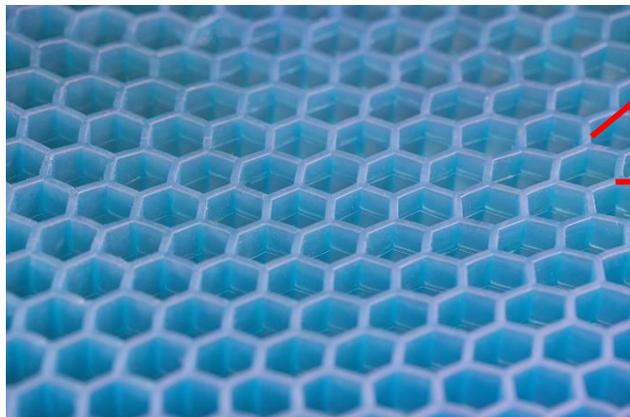
【特徴】

- ① 熱的・化学的に安定
- ② 大きな比表面積



担持触媒量の増大

ハニカム構造体



実用化に向けた課題

□ 余剰炭素の除去

現在，原料試薬に起因する制約から，SiC以外にも過剰の炭素が残存している。

□ 量産技術の開発

「バッチ合成 → 連続合成」の可能性を模索中。

□ 高温大気雰囲気中での安定性

まずは，1000°C程度までの高温大気雰囲気中における安定性について調査予定。

企業への期待

□ 3～5年先を見据えた協力関係の構築

まだ生まれて間もない技術のため、乗り越えなければならない課題が多々あります。

将来の実用化を見据えつつ、2人3脚の中長期的な協力関係を築くことを希望します。

まずは、周辺特許を押さえることを考えております。

□ 新用途の開発

私共も気づいていない新たな用途をご提案いただけますと助かります。

産学連携の経歴

2010年-2013年

電機会社と共同研究実施

2011年-2012年

JST A-STEP探索タイプ事業に採択

課題名：高周波アンテナ材料に適した高飽和磁化
磁性合金ナノ粒子の合成

2011年-2014年

自動車部品会社と共同研究実施

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 炭化ケイ素多孔体及びその製造方法
- 出願番号 : 特願2020-209673
- 出願人 : 愛媛大学
- 発明者 : 山室佐益、宮脇 一

お問い合わせ先

愛媛大学

社会連携推進機構

コーディネーター 原田 秀治（四国TLO）

TEL 089-927-8819

FAX 089-927-8820

e-mail harada@s-tlo.co.jp