

2026 年 9 月 25 日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学

世界に先駆け、ナノポーラス β -SiC を低温作製 —金属溶湯脱成分法で三次元ナノプレート構造を実現—

【発表のポイント】

- 金属溶湯脱成分法（Liquid Metal Dealloying: LMD）^{（注1）}を用いて、ナノポーラス^{（注2）} β -SiC^{（注3）}の作製に成功しました。
- 従来の高温 SiC 合成プロセスと比べて大幅に低い 1073 K（800 °C）で、ナノプレートが三次元的に連結した結晶性 β -SiC を形成しました。
- 前駆体の層状結晶構造がナノプレート形成に影響した可能性があり、LMD を共有結合性セラミックス^{（注4）}の創製へ展開する新しい材料プロセスとして期待されます。

【概要】

炭化ケイ素（SiC）は、優れた耐熱性および化学的安定性を有するセラミックスです。中でも β -SiC は、半導体・電子材料、触媒、エネルギー貯蔵材料など、幅広い分野への応用が期待されています。一方、SiC の合成には一般に高温処理が必要であり、ナノスケールの多孔質構造を同時に形成・制御することは非常に困難です。

東北大学金属材料研究所の卞筱（Bian, Xiao）学術研究員（研究当時、同大学大学院工学研究科博士課程学生）、和田武准教授、加藤秀実教授らの研究グループは、熔融金属を利用して特定の元素を取り除く「金属溶湯脱成分法」（Liquid Metal Dealloying: LMD）を SiC の作製に適用し、従来のナノ構造 SiC の作製で用いられる 1200 °C 以上の高温域に比べて大幅に低い 800 °C で、ナノメートルサイズの薄い板状構造（ナノプレート）が三次元的に連結したナノポーラス β -SiC の形成に成功しました。本研究は、これまで主に金属・金属間化合物・半金属などに適用されてきた LMD の適用範囲を、共有結合性セラミックスへ拡張する成果です。今後、前駆体の層状結晶構造とナノプレートの成長・結晶方位との関係を明らかにすることで、ナノポーラスセラミックスの構造制御へつながることが期待されます。

本研究成果は、2026 年 9 月 4 日に無機材料の構造・特性に関する国際専門誌 Scripta Materialia にオンライン掲載されました。

【詳細な説明】

研究の背景

炭化ケイ素（SiC）は、高い耐熱性、化学的安定性、機械的強度を有する代表的な共有結合性セラミックスです。 β -SiC は、半導体・電子材料、触媒、エネルギー貯蔵材料などへの応用が期待されています。これらの機能展開に向けて、ナノポーラス構造の形成は重要な課題の一つです。一方で、強固な Si-C 結合を形成する必要があるため、一般に高温処理を必要とし、ナノスケールの多孔質構造を同時に形成・制御することは容易ではありません。これまで、気体原料を用いる方法や、基材をテンプレートとして利用する方法、Si と C を含む有機ポリマーを熱処理する方法などが主に用いられてきましたが、簡便な低温プロセスによるナノ構造 SiC の創製が求められていました。

今回の取り組み

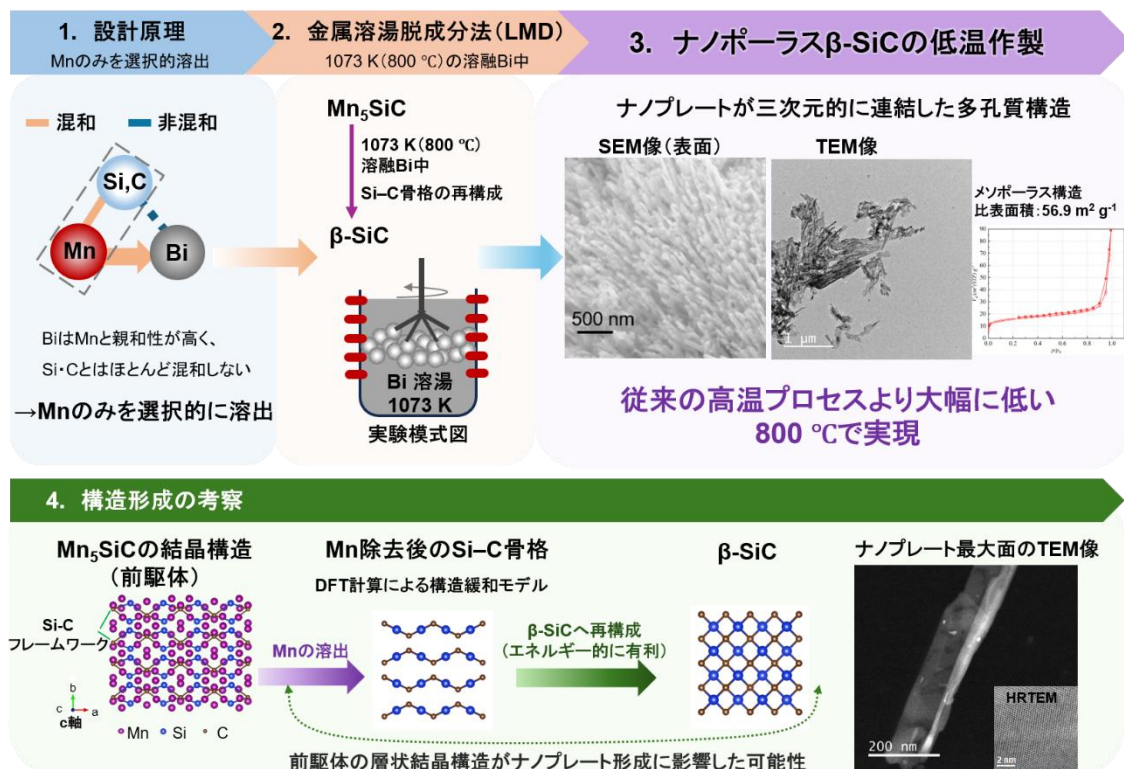
本研究グループは、マンガン（Mn）、ケイ素（Si）、炭素（C）からなる層状結晶構造の Mn_5SiC を前駆体とし、1073 K（800 °C）の溶融ビスマス（Bi）中で金属溶湯脱成分法（Liquid Metal Dealloying: LMD）を行いました。Mn のみを選択的に溶出させることで、残された Si-C 骨格が再構成し、結晶性 β -SiC が形成されました。その結果、ナノプレートが三次元的に連結した特徴的な共連続ポーラス構造が得られました。

層状前駆体から特定の元素を選択的に除去する点では、MAX 相^{（注5）}から二次元材料 MXene を形成するプロセスと概念的な共通性があります。一方、本研究では、Mn 除去後の Si-C 骨格が β -SiC へ再構成し、二次元シート状の MXene とは異なる三次元ナノプレートネットワークが形成されました。この違いは、除去後に残る骨格の性質や構造変化が、最終構造に影響することを示唆しています。また、前駆体の層状結晶構造がナノプレート形成に影響した可能性があり、今後の構造制御につながる手がかりとなります。

今後の展開

本成果は、これまで主として金属・金属間化合物・半金属などに適用されてきた LMD を、共有結合性セラミックスの創製へ拡張するものです。低温でナノスケールの多孔質構造を形成できることから、SiC をはじめとするセラミックスの新たな作製・構造制御法としての発展が期待されます。

今後は、前駆体と生成物の結晶方位関係やナノプレートの成長過程を明らかにし、構造制御につなげます。その上で、前駆体の組成や結晶構造を設計することにより、他のセラミックスや化合物系への展開を目指します。さらに、高い比表面積と三次元的に連結した多孔質構造を生かし、触媒やエネルギー関連材料などへの応用につながることを期待されます。



X. Bian *et al.*, *Scripta Materialia* 287 (2027) 117570 の図を一部再編集して作成。
© 2026 The Authors. Open Access under the CC BY-NC-ND 4.0 license.

図 1. 金属溶湯脱成分法によるナノポーラス β-SiC の作製と構造形成の概念図。
Mn₅SiC から Mn を選択的に除去することで、三次元的に連結したナノプレート構造を有する β-SiC が形成されます。

【謝辞】

本研究は、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム（JST SPRING 課題番号：JPMJSP2114）の支援を受けて実施されました。また、TEM 観察は東北大学金属材料研究所・先端ナノ解析支援センター（CINTS）の研究支援を受けて実施されました。掲載論文は『東北大学 2026 年度オープンアクセス推進のための APC 支援事業』の支援を受け Open Access となっています。

【用語説明】

- 注1. 金属溶湯脱成分法（Liquid Metal Dealloying: LMD）
二種類以上の元素からなる固体前駆体を溶融金属に浸漬し、特定の元素のみを選択的に溶出させ、残された成分から多孔質構造を形成する手法。
2010 年に東北大学金属材料研究所加藤、和田らによって発明された。
- 注2. ナノポーラス
ナノメートルスケールの細孔や骨格を有する多孔質材料。
- 注3. β-SiC
炭化ケイ素（SiC）の結晶多形の一つで、立方晶構造を有する。

注4. 共有結合性セラミックス

原子間の強い共有結合によって構成されるセラミックス材料。SiC はその代表例の一つ。

注5. MAX 相・MXene

MAX 相は層状構造を有する遷移金属系化合物で、特定元素を選択的に除去することで二次元材料 MXene を形成できる。

【論文情報】

タイトル : Liquid Metal Dealloying Enables Low-Temperature Synthesis of Nanoporous β -SiC with an Interconnected Nanoplate Network

著者 : Xiao Bian, Takeshi Wada, Hongyi Li, Ruirui Song, Mikiyoshi Fukuda, Nana Murata, Tetsu Ichitsubo and Hidemi Kato *

*責任著者 : 東北大学金属材料研究所 教授 加藤秀実

掲載誌 : Scripta Materialia

DOI : 10.1016/j.scriptamat.2026.117570

URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359646226004070>

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学金属材料研究所

教授 加藤秀実

TEL: 022-215-2110

Email: hidemi.kato.b7@tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学金属材料研究所

情報企画室広報班

TEL: 022-215-2144

Email: press.imr@grp.tohoku.ac.jp