

研究室紹介

物質・材料研究機構 構造材料研究センター セラミックス基複合材料グループ

1. はじめに

茨城県つくば市千現，つくば駅から徒歩 15 分（バスで 8 分）のところに国立研究開発法人物質・材料研究機構構造材料研究センターがあります。物質・材料研究機構は，物質・材料に関する基礎から応用に至る研究開発を推進し，科学技術の発展および社会への貢献を目的として設立された，我が国を代表する研究機関です。長年にわたる研究活動の蓄積を通じて，材料科学はナノテクノロジーやエネルギー，環境，電子デバイスなどの分野を支える重要な学問領域として発展してきました。

物質・材料研究機構では，原子・分子レベルからマクロスケールに至る階層的な構造制御とその機能発現の解明に取り組み，新材料の創製や高機能化を通じて，次世代の科学技術基盤の構築に貢献しています。構造材料研究センターは，このような物質・材料研究機構の中核拠点の一つとして，構造材料の強度，信頼性，および長期耐久性の向上を目的とした研究を推進しています。特に，微視的な欠陥構造や組織形成過程の解明を通じて，材料の破壊や劣化のメカニズムを明らかにし，その知見をもとに高信頼性材料の設計指針の確立を目指しています。さらに，先端計測技術や大規模シミュレーションを融合したマルチスケール解析により，実用環境下での材料挙動を高精度に予測する研究にも取り組んでいます。これらの成果は，航空宇宙，エネルギー，インフラなどの幅広い分野における安全・安心な社会の実現に貢献しています。

2. 研究テーマ

セラミックス基複合材料グループでは，航空機用ジェットエンジンの高温部材への適用を見据えたセラミックス基複合材料（CMC）の研究開発を推進しています。従来，高圧タービン部に用いられてきた Ni 基合金は耐熱性の限界（約 1150℃）に近づいており，さらなる高温化・高効率化，軽量化を実現するために，

CMC への材料置換が進展しています。このようなエンジン部材の材料転換は数十年に一度の大きな技術革新であり，CMC の開発は産業競争力および安全保障の観点からも極めて重要です。このような背景のもと，本グループはアカデミックな立場から我が国における CMC 研究の中核的役割を担っています。

本グループでは，国内外の重工，素材メーカーとの共同研究で実用化を志向した研究開発を推進するとともに，科研費，公的競争的資金プロジェクト等で基礎研究にも取り組んでいます。特に，繊維・マトリックス界面の制御，プロセス設計，および力学特性評価を通じて，高信頼性 CMC の設計指針の確立を目指しています。さらに，NIMS 内外の研究者との連携により，マルチスケール解析や先端評価技術を融合した研究を展開し，CMC の課題解決と新たな材料創製に貢献しています。

3. グループの研究成果

本グループでは，セラミックス基複合材料（CMC）および耐環境コーティング（EBC）の実用化に向けた研究開発において，顕著な成果を挙げています。

CMC の中でも，C/SiC や SiC/SiC 複合材料の高信頼性化に向け，サンドイッチ型プリプレグを用いた中間素材設計に基づく製造プロセスを開発しました¹⁾。さらにこのプロセスの適用範囲を拡張し，アモルファス繊維を用いた低コスト CMC 製造技術についても新たに確立しました²⁾。また，CMC および EBC の損傷過程を解明するための先端評価技術の開発にも注力しています。1400℃以上の高温環境下において材料表面のその場観察とひずみ分布計測を同時に実施可能な評価手法を開発し，EBC の高温損傷過程の可視化に成功しました³⁾。また，EBC の界面破壊靱性の評価手法を提案し⁴⁾，その成果を基に寿命予測技術の構築を実現しました⁵⁾。

近年では，放射光施設 SPring-8 やナノテラスを活用し，X 線 CT による三次元構造解析を導入すること

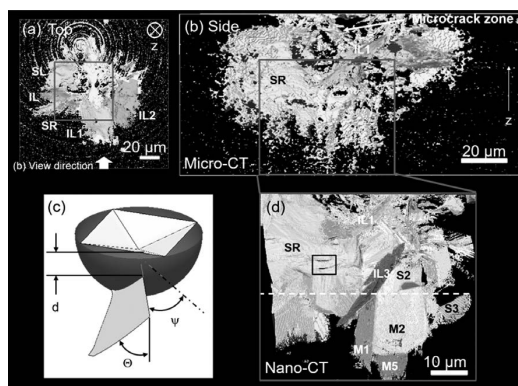


図1 結晶化ガラスにおけるピッカース圧子下の亀裂観察例：
(a)(b)マイクロCT像，(c)亀裂の模式図，(d)ナノCT像⁶⁾

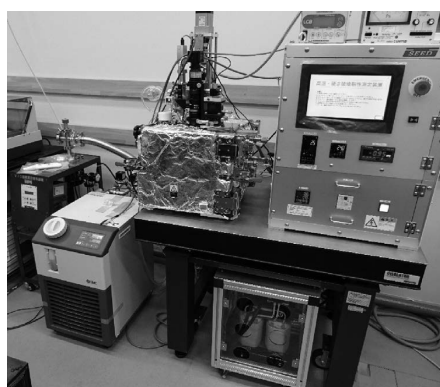


図2 高温その場観察機能付き高温硬さ試験機

で、従来困難であった内部損傷の進展挙動や複雑な欠陥構造の定量評価にも取り組んでいます(図1)⁶⁾。これにより、CMCおよびEBCにおける損傷・破壊メカニズムの理解を飛躍的に深化させるとともに、信頼性設計に資する新たな知見の創出を進めています。

4. 研究環境と研究設備

さまざまな分野の研究が行われる物質・材料研究機構で他グループの研究者とも協同しディスカッションを行いながら、研究員5名(定年制職員3名，特別研究員2名)，実験スタッフ4名を中心に活動しています。グループでは汎用的な電子顕微鏡，構造解析システム，機械試験機，熱処理炉などに加え，独自の高温機械試験機や硬さ試験機(図2)，その場観察顕微システム，新規プロセス設備など自前開発したオリジナリティのある装置を多数有し，ユニークな研究成果や新しいCMCを生み出しています。

5. さいごに

セラミックス基複合材料(CMC)は，高温環境での使用を可能とする革新的な構造材料であり，航空機

エンジンをはじめとするエネルギー機器の高効率化・低環境負荷化に大きく貢献することが期待されています。本グループは，産業界との連携と最先端の計測技術を基盤に，CMCおよび耐環境コーティング(EBC)の損傷メカニズムの解明と信頼性設計の確立に取り組んでいます。また，セラミックス材料は資源・環境面でも優れた特性を有しており，今後の材料技術の発展と持続可能社会の実現に重要な役割を担うと考えられます。本グループは，学術と産業の融合を通じて，次世代構造材料研究を牽引していきます。

文 献

- 1) K. Shimoda and H. Kakisawa, *J. Euro. Ceram. Soc.*, **43**[3], 805 (2023).
- 2) K. Shimoda and H. Kakisawa, *Ceram. Inter.*, **51**[5], 6206 (2025).
- 3) R. Inoue, Y. Arai and H. Kakisawa, *J. Mater. Sci.*, **54**, 2824 (2019).
- 4) H. Kakisawa and T. Nishimura, *J. Ceram. Soc. Jpn.*, **129**, 40 (2021).
- 5) E. Kawai, H. Kakisawa, A. Kubo, N. Yamaguchi, T. Yokoi, T. Akatsu, S. Kitaoka and Y. Umeno, *Coatings.*, **9**[11], 697 (2019).
- 6) G. Okuma and F. Wakai, *J. Am. Ceram. Soc.*, **107**[3], 1706-1724 (2024).

筆 者 紹 介

大熊 学(おおくま がく)



2018年9月東京工業大学物質理工学院材料系材料コース早期修了。博士(工学)。東京工業大学科学技術創成研究院フロンティア材料研究所特任助教を経て、物質・材料研究機構，構造材料研究センター，セラミックス基複合材料グループ，主幹研究員。

下田 一哉(しもだ かずや)



2008年3月京都大学大学院エネルギー科学研究科博士後期課程修了。博士(エネルギー科学)。仏国原子力庁サクレイ国立研究所博士研究員，京都大学エネルギー理工学研究所特任助教を経て，物質・材料研究機構，構造材料研究センター，セラミックス基複合材料グループ，主任研究員。

垣澤 英樹(かきさわ ひでき)



2000年3月東京大学大学院工学系研究科材料学専攻修了。博士(工学)。物質・材料研究機構，構造材料研究センター，セラミックス基複合材料グループ，グループリーダー。

[連絡先] 〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1 国立研究開発法人物質・材料研究機構
研究室 HP: <https://www.nims.go.jp/rcsm/about/groups/ceramic-matrix-composites-group/01.html>

顔写真内の『(C)NIMS』は削除いたしましたが、必要でしたらお知らせください。