

# セラミックス複合材料 (CMC) 研究開発の国際的動向 ～サンタフェ ECI 国際会議の技術動向から～

東京工科大学 Kagawa Yutaka 香川 豊\*、Tanaka Yoshihisa 田中 義久\*\*、Tokimoto Fumi 時本 扶美\*\*\*

\*学長、教授、CMCセンター長 \*\*片柳研究所 特別研究教授 \*\*\*片柳研究所 特任講師  
〒192-0982 東京都八王子市片倉町1404-1 ☎042-632-1566

## はじめに

CMC(セラミックス複合材料: Ceramic Matrix Composites)に対する高温構造用材料としての期待が高まる中、各国ではそれぞれの状況に応じた研究開発が進められている。2022年11月13日から11月18日までの6日間、アメリカのニューメキシコ州サンタフェで第2回航空機用セラミックス複合材料の会議「Advanced Ceramic Matrix Composites: Science and Technology of Materials, Design, Applications, Performance and Integration」が開催された(図1) (<http://engconf.us/conferences/materials-science-including-nanotechnology/ceramic-matrix-composites-ii/>)。会議では、主催者の香川豊をはじめ、セラミックス

複合材料の最新技術開発に携わる、欧米や日本国内の大学、国研、企業の研究者による講演が行われた。なお、第1回の会議は「<https://dc.engconfintl.org/acmc/>」に記録が残されているので、内容を知りたい方は参照していただきたい。

欧米からはGE社(General Electric Company)、P & W社(Pratt & Whitney Company)、Safran社(Safran Aircraft Engines)、RR社(Rolls-Royce Holdings)、ボルドー大学、バージニア大学、インペリアルカレッジ、カリフォルニア大学サンタバーバラ校(UCSB)、アクロン大学、Air Force、CNRS(フランス国立科学研究センター)、ONERA(フランス国立航空宇宙研究所)、NASA(アメリカ航空宇宙局)、DLR(ドイツ航空宇宙センター)、ATLなど、日本からは、東京工科大学、

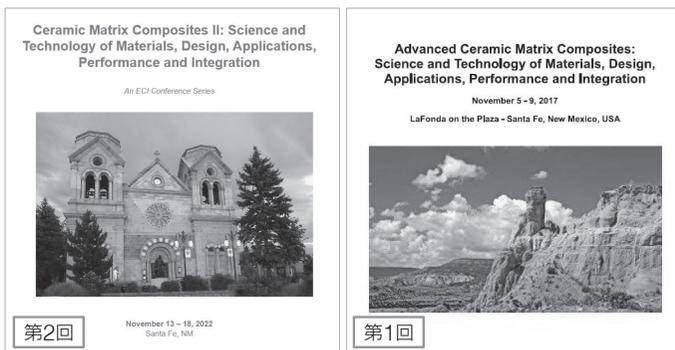


図1 サンタフェ ECI国際会議の案内

第1回は2017年に開催された。今回報告の第2回会議はコロナ禍を経て5年ぶりの開催となった。

一橋大学、東京大学、(国研)宇宙航空研究開発機構(JAXA)、(一財)ファインセラミックスセンター(JFCC)、(株)IHI、三菱重工航空エンジン(株)、東芝エネルギーシステムズ(株)、東ソー(株)から、招待講演46件、ポスター発表16件が行われた(図2)。概要と実用化、製造と特性、試験・評価、モデル・シミュレーション、新開発と応用、環境特性、耐環境コーティングの7セッションで最新の研究成果とその動向が発表された。発表以外にも、基礎から応用までの広範囲にわたる研究分野から85名のCMC関係者が集まり、開催期間を通してCMCに関するさまざまな問題について討論が行われた。



図2 発表会場の様子

今回は、この会議で発表された内容とその傾向からCMC研究開発に関する国際的動向を述べる。

## 発表内容から見るCMC研究開発のトレンドと課題

2017年に行われた第1回のサンタフェ ECI国際会議では、CMCに使用する材料自身の特性や性能に関する発表が多かった。また、この会議の特徴でもあるが、SiC繊維とSiC系マトリックスの組み合わせ(SiC/SiC)、酸化物系繊維と酸化物系マトリックスの組み合わせ(Ox/Ox)を材料系として取り扱った発表が大多数であった。それに比べて今回の第2回会議では、対象とするCMCの材料系は同じであるものの、性能や材料の「使い方」に関する報告が多くなっていった。また、材料そのものの開発に関する研究が少なくなり、それを取り扱う場合には、高温疲労やクリープのような使用時に必要となる性能に関しての発表が行われた。

特にアメリカでの研究は、実用的な側面を重視した開発段階に移行し、CMCの使用条件を加味した設計や信頼性確保を課題としている。また、材料自身については今までに研究が行われてきた材料系ではなく、1500℃クラスの新しい材料開発を目的とした研究開発にチャレンジしている。そして、この温度域では繊維の性能を改善する必要があることも大きな課題となっている。大学(研

究所)での基礎研究は使用環境下での挙動を対象としたものが中心であり、研究キーワードには「水蒸気+高温+劣化」が挙げられる。複雑環境下での現象の理解が重視されている。

ヨーロッパでは各国の事情に合わせた独自路線になっていると推測される。フランス・ドイツ・イギリスが研究開発の主要3カ国になっている。ヨーロッパ内でいくつかの国が協力してSiC/SiCの研究開発を行っている例もある。ドイツではOx/Oxに関してユーザーの特注を引き受けるようなベンチャー企業材料の汎用化が進んでいる。

このようなことを念頭に置いて、会議で取り上げられた内容から、最近の研究開発のトレンドとそこから見出される課題を要約すると下記のようなになる。

### 〈現在のトレンド〉

1. CMC(SiC/SiC)材料の製造技術から部品製造(3D)の技術開発へ。
2. CMC(SiC/SiC)の特性(Properties)理解は終了。性能(Performance)理解のための研究へ。
3. CMC(SiC/SiC)実用に向け、さまざまな問題(基礎～応用)の解決へ。
4. さらに高温を目指した1500℃クラスCMC(SiC/SiC)の開発と応用へ(アメリカ)。
5. Ox/Oxは汎用的材料の仲間入り(ただし、製造時はニアネットシェープあるいはネットシェープ)。

### 〈上記トレンドに伴う課題〉

1. CMCのさらなる性能向上に不可欠な繊維の特性向上(SiC/SiC、Ox/Ox:クリープと強度の両立か?)。
2. 製造時と使用時におけるCMC(SiC/SiC、Ox/Ox、C/SiC)の品質保証方法。