

航空宇宙分野における SiC/SiC 複合材料の役割とは？

人工衛星や惑星探査機などの姿勢制御や軌道の微調整に使用されるロケット推進用スラスタノズルには、長期かつ反復使用下での安定性が求められます。SiC/SiC 複合材料は軽量で高温強度に優れ、地球上から宇宙空間まで幅広い環境での安定性があり、最適な材料です。しかし、要求仕様を満たす製品を作製する事は困難であり、「あかつき」の開発計画においては使用に至りませんでした。NITE 法 SiC/SiC 複合材料の優れた特性は 2002 年には確認されていましたが、成型技術が未成熟でした。OASIS では進化した NITE 法 (DEMO-NITE 法) により、スラスタノズルを作製するとともに、基本特性評価およびラムジェットを用いた火炎暴露試験により優れた耐久性を確認しています。

「あかつき」でのセラミック複合材料応用を目指した材料開発

2002 年三菱重工で行われた熱サイクル試験

国家プロジェクト (AMG)
PIP 法 SiC/SiC 複合材料

CREST/ACE プロジェクト
NITE 法 SiC/SiC 複合材料



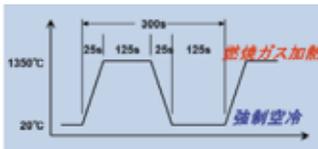
50 サイクル後

要求性能達成せず



100 サイクル後

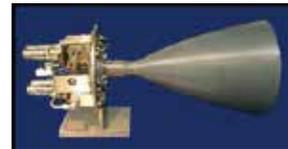
要求性能達成



NITE 法 SiC/SiC は製品化技術が未熟として、「あかつき」には採用されませんでした。AMG は 10 年間で 100 億円の開発事業でしたが、実用化に至らず、セラミック材料 (Si₃N₄) が用いられました。

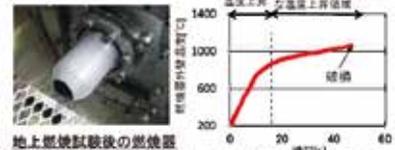
2010 年金星探査機「あかつき」はスラスタの故障により衛星軌道に投入失敗

(2015 年再チャレンジで軌道投入に成功)



使用された Si₃N₄ スラスタ (三菱重工製)

セラミック材料で危惧されていた、急激な温度上昇による破損が起こった?



地上燃焼試験後の燃焼器 (スラスタノズル) で確認している

参考文献: 文部科学省、第 24 号科学衛星 (PLANET-C)「あかつき」の金星周回軌道への投入失敗に係る原因究明及び今後の対策について

ラムジェットエンジン適用性試験 (燃料火炎暴露試験)

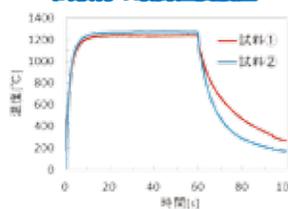
製品化技術進展の歴史

可視光カメラ画像

サーマルビジョン画像

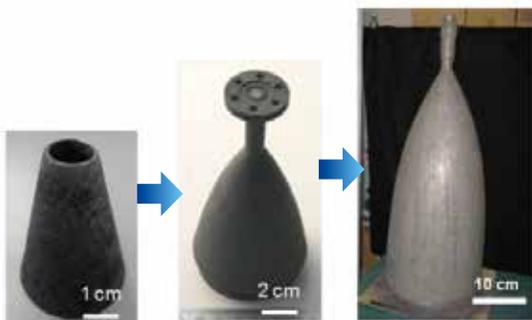


試験材の最高温度履歴



開始から 10 秒で 1200°C に加熱する過酷な試験でも形状維持できることを確認しました。試験は同じ試料で継続的に行われ現在は最大温度 1500°C で 10 回以上試験を行い健全性を確認しています。

急激な温度上昇でも繰り返し使用できる可能性が示唆された!



5Nクラス

20Nクラス

500Nクラス

DEMO-NITE 法による大型化・高品質化を段階的に実現

2002 年の時点では実用化できなかったスラスタノズルも、現在は DEMO-NITE 法により実用化可能な技術レベルを達成しています。燃料火炎暴露試験以外にも、1500°C の試料を室温の水で急冷する熱衝撃試験や繰り返し熱衝撃試験によっても優れた耐久性が確認されています。