

補助事業番号 2019M-152
補助事業名 2019年度 炭素繊維強化プラスチックCFRPの燃え拡がり挙動モデリング 補助事業
補助事業者名 岐阜大学 工学部 機械工学科 機械コース 熱エネルギー工学講座
助教 小林芳成

1 研究の概要

本事業は、炭素繊維配合方向が燃え拡がり挙動に及ぼす影響に重点を置き、炭素繊維強化プラスチックCFRPの燃え拡がりを調査した。初めに、実験試料となる炭素繊維強化プラスチックおよび燃え拡がり試験装置を製作し、それらを用いて燃え拡がり試験を実施した。その結果、炭素繊維配合方向によって、燃え拡がり限界や燃え拡がり速度などの燃え拡がり特性が大きく変化することが明らかとなった。これら得られた知見をもとに、CFRPの燃え拡がりモデルを構築し、燃え拡がり挙動を高精度で再現できるよう目指す。

2 研究の目的と背景

固体材料上の火炎の燃え拡がりは、燃焼科学としての学術的側面と防災という実務的側面から、これまで広く研究が行われてきた。しかし、従来の燃え拡がり研究は、高分子材料などの単一素材からなるモノマテリアルを対象としており、複合材料のような複数の素材から成る材料の燃え拡がりを調査した研究は非常に限られている。そこで補助事業者は、複合材料の燃え拡がり挙動を解明することを目的として、炭素繊維強化プラスチックCFRPの燃え拡がりを研究した。特に、炭素繊維配合方向が燃え拡がり挙動に及ぼす影響を重点的に調査した。

3 研究内容

炭素繊維強化プラスチックCFRPの炭素繊維配合方向が燃え拡がり挙動に及ぼす影響に関する研究 (<https://www1.gifu-u.ac.jp/~comblab/report.html>)

① 炭素繊維配合方向の異なるCFRPシート製作

エポキシ樹脂が含浸した一方向の炭素繊維シート(プリプレグ、日本グラファイトファイバー社製)二枚を積層し、それを真空加熱成形することでCFRPシートを製作した。積層の際に、二枚のプリプレグを交差させて重ねる(図1)ことで、炭素繊維の配合方向が異なるCFRPシートを製作した。

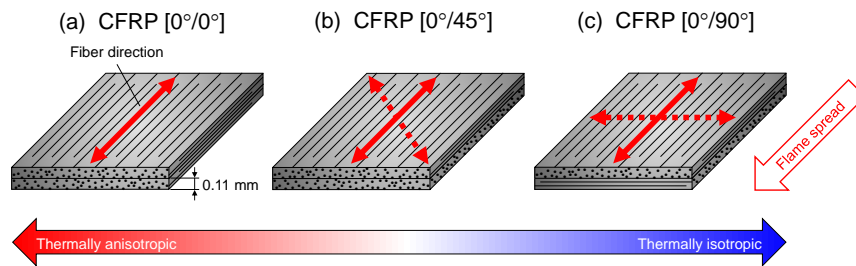


図1 炭素繊維配合方向の異なるCFRPシートの例

② 燃え拡がり試験装置の設計・製作

上記①で製作したCFRPシートの燃え拡がり試験を行うのに必要な風洞装置(図2)を設計・製作した。140×140 mm²の矩形断面を有する風洞で、上部にDCファンを取り付けてある。このファンへの印加電圧を変更することで、風洞内の流速を変更できる。なお、熱線流速計を試験片後方に設置し、実験中は流速を常にモニターした。試験片のCFRPシートはサンプルホルダーに装填し、風洞中央にマグネットにより垂直に設置する。点火は、試験片上部に赤熱させたニクロム線を接触させることで行う。また、この試験装置本体を1×1×1 m³のグローブボックス内に設置し、ボックス内の酸素濃度を変更することで、風洞内の酸素濃度を変更可能にした。

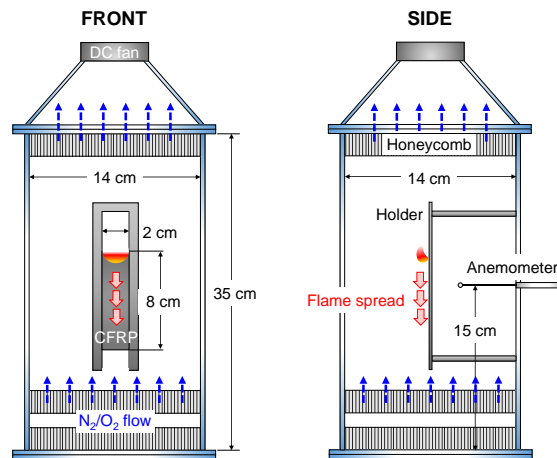


図2 燃え拡がり試験装置の概要

③ 熱的異方性の影響の評価

上記①, ②を用いて燃え拡がり試験を実施した。大気圧下では、炭素繊維配合角度が45°以上では、燃え拡がらず点火直後に消炎した。燃え拡がりが達成される最小の酸素濃度(限界酸素濃度)は、配合角度の増加に伴って急激に増加した(図3)。図4に、配合角度が0°と15°の場合における限界酸素濃度の流速依存性を示す。0°の場合、流速に関わらず限界酸素濃度は概ね31%であるのに対し、15°は単調に減少することが明らかとなった。この結果から、炭素繊維配合方向がCFRPの燃焼性に大きく関与していると言える。

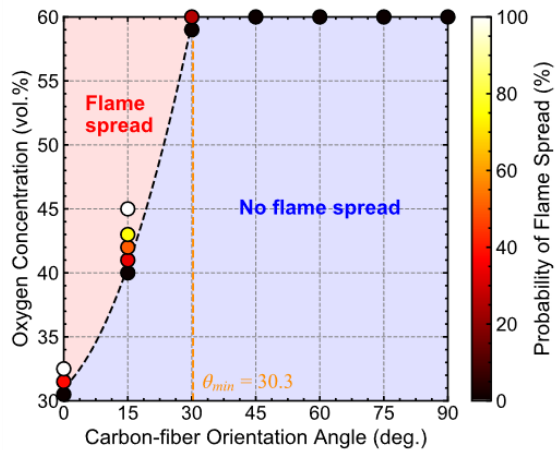


図3 炭素繊維配合方向に依るCFRPの燃焼性の違い

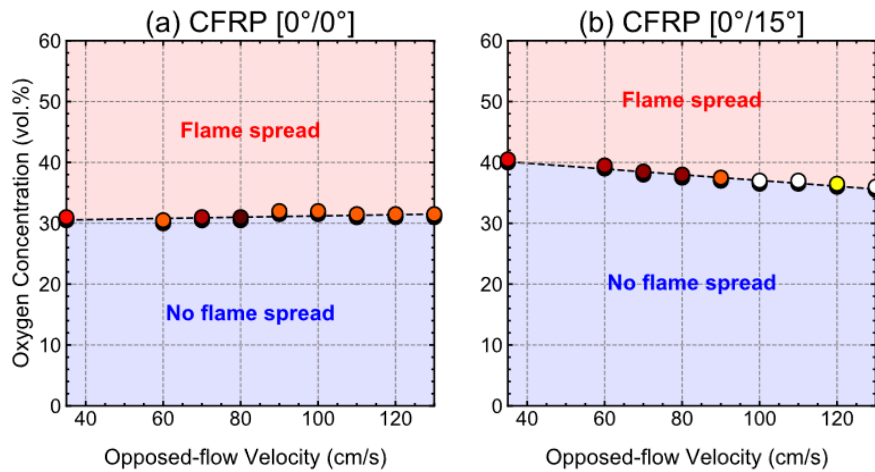


図4 限界酸素濃度の流速依存性の違い

④ CFRPの燃え拡がりモデルの構築

上記③の結果を踏まえ、CFRPの燃え拡がりモデルの構築を試み、現在も取り組んでいる最中である。従来の固体材料の2次元燃え拡がりモデルをベースとして、そこへ炭素繊維を介した熱伝導の効果を盛り込む形でモデル化を進めている。今後も研究を進め、最終的にはCFRPの燃え拡がり挙動(燃え拡がり限界や燃え拡がり速度など)を予測できるよう目指す。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本事業で得られた成果をもとに、従来の燃え拡がりモデルを改良することにより、材料の種類に依らない燃え拡がりモデルを構築することが可能になる。そして、そのモデルを用いてスケール解析を行うことにより、材料の燃え拡がり挙動を推定することができる。それは、材料の燃焼性評価技術に繋がるため、本事業の成果は火災安全など防災分野へ還元することができ、延いては構造物などの火災安全性向上に貢献し得る。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

補助事業者は現在の所属に採用されて以来、固体材料の燃え広がりについて研究してきた。これまで研究対象としてきたのは、アクリル樹脂やポリエチレンなどの高分子化合物であり、これらは等方材料に分類される。一方で、複数の素材から成る複合材料のような異方材料はこれまで扱っておらず、先行研究例も限られていることがわかった。そこで補助事業者は、本事業の支援を受けて異方性材料の燃え広がりを研究するに至った。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【学会発表】

- 寺嶋薫, 大岩力哉, 所美鈴, 小林芳成, 高橋周平, 「固体平板材料の異方性が限界酸素濃度に及ぼす影響」, 第57回燃焼シンポジウム, E213, 札幌・2019.
- 小林芳成, 寺嶋薫, 大岩力哉, 所美鈴, 高橋周平, 「炭素繊維強化プラスチックCFRPの燃え広がり—炭素繊維配合方向が燃え広がり挙動に及ぼす影響—」, 第57回燃焼シンポジウム, P113, 札幌・2019.

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

【シンポジウム講演論文集】

- 寺嶋薫, 大岩力哉, 所美鈴, 小林芳成, 高橋周平, 「固体平板材料の異方性が限界酸素濃度に及ぼす影響」, 第57回燃焼シンポジウム講演論文集, SP0020195213.
- 小林芳成, 寺嶋薫, 大岩力哉, 所美鈴, 高橋周平, 「炭素繊維強化プラスチックCFRPの燃え広がり—炭素繊維配合方向が燃え広がり挙動に及ぼす影響—」, 第57回燃焼シンポジウム講演論文集, SP0020199113.

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 岐阜大学 (ギフダイガク)

住 所: 〒501-1193

岐阜県 岐阜市 柳戸1-1

担 当 者: 助教 小林 芳成 (コバヤシ ヨシナリ)

担 当 部 署: 工学部 機械工学科 機械コース 熱エネルギー工学講座

(コウガクブ キカイコウガッカ キカイコース ネットエネルギーコウガクコウザ)

E - m a i l: kobaya_y@gifu-u.ac.jp

U R L: <https://www1.gifu-u.ac.jp/~comblab/>