

藤森科学技術振興財団 研究実施概要報告書

(西暦) 2022年 5月 31日

公益財団法人藤森科学技術振興財団
理事長 藤森 明彦 殿

藤森科学技術振興財団の助成金による研究が終了しましたので、下記のとおり報告をいたします。

所属機関 中部大学

職 名 講師

氏 名 中島江梨香



【提出書類】

(1)研究実施概要報告書(本紙)

添付書類(A4版3枚以内):研究状況を示す写真等の資料

(2)収支報告書

添付書類:助成金を充当した経費の領収書

領収書を添付しない場合:支払一覧表と支払部門担当者確認署名

(1)テーマ

※スペースが足りない場合は、枠を追加いただいて構いません。

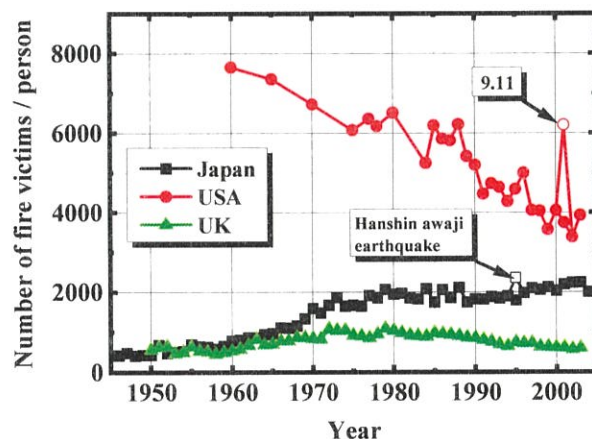
4次元燃焼解析を導入したシステムティックな不燃材料開発－高分子マトリックス構造変化による燃焼性抑制の新しい手法の確立－

(2)本研究の期間

(西暦) 2021年4月～2022年3月

(3)本研究の目的

1950年代から高分子材料（プラスチック）の工業的生産が始まり、金属材料に変わり、安価で軽い高分子材料は急速に我々の生活に普及し、人々の生活は豊かになった。その一方で、家電製品などの高分子材料が起因とする火災により日本では毎年2000人を超える方が亡くなっている。先進国では唯一日本だけが犠牲者数が増加傾向にあり、一刻も早い対策が求められている。



高分子材料の燃焼状態の解析は時間軸を加えた4次元解析は十分に解析されておらず、申請者は、高分子材料の熱分解、燃焼状態を理解し、データベース化し、それぞれの燃焼状態に応じて、時間軸に沿って燃焼抑制手法（難燃剤を含む）を多段にも処方し、消炎または燃焼性をシステムティックに抑制させることを研究の目標としている。本申請では、高分子材料のマトリックス構造を積極的に変化が及ぼす燃焼性（燃焼状態の理解）を理論的に実証することと、その燃焼抑制手法の有効性を確かめることを目的とする。

(4)本研究の概要

申請者らは、これまで十分に解析がされてこなかった時間軸での燃焼状態、熱分解を整理し、システムティックに不燃材料を開発するためのビックデータの構築を行っている。具体的には、高分子材料の燃焼状態を、1) 気相側の分解生成物、2) 固相側の熱分解過程中試料の分子量と燃焼性の解析、3) 燃焼状態の画像解析データを時間軸で解析してデータベースを作成している。3) については、近年映像解析技術の発展により数値的解析が可能となり、現在共同者と共にデータの構築を行っている (*Journal of Applied Polymer Science*, 138, 49845, 2020)。本助成では、2) の固相側の熱分解過程中試料の分子量と燃焼性の解析を中心に研究を行った。

申請者らは、分子量の変化が高分子材料のマトリックス構造を変化させ、燃焼性を著しく制御できる事を報告している (*Journal of Applied Polymer Science, 2011*)。この燃焼状態は、これまでの高分子材料の不燃性という概念とは全く異なる。通常ポリエチレンは、垂直燃焼試験において、試験片下部から炎を近づけると、図 1 左図のように、試験片を囲うように炎が上がり、試料下部では試料が炎をまとってドリップしている。しかし、分子量の低いポリエチレンは、全く着火することなく下に試料がドリップするのみであった (図 1 右図)。付加重合型高分子材料において高分子の絡み合いが少なくなることにより燃焼性に影響を及ぼしたと考えられる。また、この下にドリップした試料の分子量を測定してみると、全く着火しなかった試料では、ドリップした試料は燃焼前の分子量と変化は見られなかった。



図 1 分子量の異なるポリエチレンのUL燃焼試験 (左：平均分子量 76000、右：平均分子量 35000)

本研究では、分子量を変化させることによって高分子材料のマトリックス構造を積極的に変化させたとき、全く着火しないという現象がポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンなどの付加重合型高分子材料だけでなく、縮合重合型高分子材料であるポリカーボネートにおいても燃えない分子量域が存在しうるのか模索した。また、触媒の添加効果により分子量が低下し上記のように燃焼性が抑制される、添加剤の模索を行った。

(5)本研究の内容及び成果

第一に、分子量を変化させることによって高分子材料のマトリックス構造を積極的に変化させたとき、縮合重合型高分子材料であるポリカーボネートにおいても燃えない分子量域が存在しうるのか模索した。ポリエチレン同様、射出成型グレードの分子量域では炎を伴って燃焼したが、それよりも分子量の低いポリカーボネートでは、全く着火することなく下に試料がドリップするのみであった (図 2)。分子量を変化させることにより、高分子マトリックス構造が変化し、ポリカーボネートにおいても特定の分子量域では本質的に燃焼しないことが示唆された。また、これら分子量の異なるポリカーボネートを、TGA を用いて熱履歴を加え、その時の試料の分子量変化をGPC を用いて解析した。燃焼するポリカーボネートは、熱履歴を加えると徐々に平均分子量が低下していくが、燃焼しなかったポリカーボネート

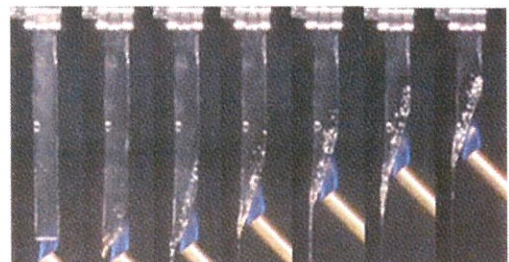


図 2 全く着火しないポリカーボネート

は、熱重量開始温度程度で平均分子量が増加し、さらに熱履歴を加えると燃焼温度域に達する前に一気に特定の分子量まで低下した。

第二に、触媒の添加によって、ポリカーボネートが全く着火することなく下に試料がドリップするという燃焼状態が起こりうるのか触媒の模索を行った。ハロゲン系化合物やリン系化合物の添加は、自己消火を促す作用があるが、本研究では熱重量減少開始温度から燃焼温度域に達するまでに、触媒効果によって一気に分子量を低下させる必要があった。そこで、固体酸触媒を添加することにより、全く着火することなく下に試料がドリップするという燃焼状態を確認できた。更にこのポリカーボネートに固体酸触媒を添加した試料に熱履歴を加えていくと、熱重量開始温度程度で平均分子量が増加し、さらに熱履歴を加えると燃焼温度域に達する前に一気に特定の分子量まで低下した。これは、先ほどの燃焼しなかったポリカーボネートに非常によく似た燃焼状態、分子量分布挙動を示した。すなわちこの結果は、これまでにはない新しい触媒効果による燃焼抑制手法の実例を示すことに成功した。

(6)本研究の考察

本研究結果から、縮合重合型高分子材料であるポリカーボネートでも全く着火しないという全く新しい燃焼状態が得られたことから、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンと付加重合型の高分子材料だけでなく、汎用樹脂全般にある特定の条件下では不燃物であることを示唆している。つまり、汎用樹脂全般に高分子の絡み合いが少ない場合には、外部から与えられた熱エネルギーは高分子の運動に使用され、燃焼性が著しく低下する。また、これは触媒の添加によっても同様の燃焼抑制効果が得られることから、これまでの気相で燃焼抑制するハロゲン系難燃剤、界面で拡散・輻射を阻害する炭化物の生成を促進する（イントメッセント法）リン系難燃剤に加え、新しい燃焼抑制手法を提案できたことは、難燃材料研究開発のブレイクスルーに一石を投じることになる。今後この新しい難燃手法での成功例を蓄積することによって、環境にも適応した新しい難燃材料をシステムティックに開発することが期待できる。

(7)共同研究者(所属機関名、役職、氏名)

名古屋大学 助教 上野智永

(8)本研究の成果の公表先

未定

[注]この報告書を当財団のホームページ等に掲載します。予めご了承ください。