

平成 28 年度  
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業  
戦略的基盤技術高度化支援事業

「安全・環境に配慮した高機能、低コストの難燃自動車シートの開発」

研究開発成果等報告書

平成 29 年 3 月

担当局 中部経済産業局  
補助事業者 一般財団法人ファインセラミックスセンター

## 目 次

第1章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	1
1-2 研究体制	2
1-3 成果概要	3
1-4 当該研究開発の連絡窓口	6
第2章 本論	
(1-1) アミノ酸-包接化合物複合体を利用した難燃剤の開発	7
(1-2) シクロデキストリン $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の最適比率の選定	8
(1-3) アミノ酸-包接化合物複合体を利用した繊維への 加工薬剤の製造方法の確立	9
(1-4) 超高分子量の包接化合物の構造解析と性能評価	9
(2-1) 繊維素材への難燃加工技術の開発	19
(2-2) 繊維製品への新規難燃剤の配合処方 of 確立	20
(2-3) 難燃加工繊維製品の構造解析と性能評価	21
(2-4) 新規難燃剤を利用した自動車用難燃シートの開発	23
(3-1) 難燃加工装置の開発	25
(3-2) 難燃加工シートの構造解析と性能評価	26
第3章 全体総括	
3-1 研究開発成果総括	27
3-2 研究開発後の課題	28
3-3 事業化展開	29

## 第1章 研究開発の概要

### 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

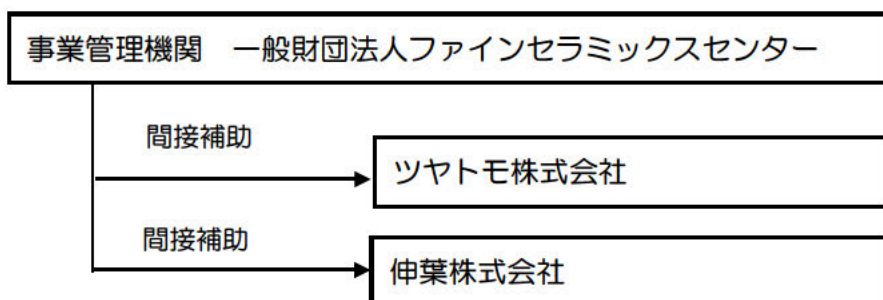
世界規模で拡大する自動車社会において、安全・安心な自動車の運行を保障するために、自動車シート材は、不慮の事故に伴う車両の火災発生時において人命を守るために難燃加工されている。難燃剤としては、「ハロゲン系難燃剤」や「リン系難燃剤」が用いられてきた。臭素、塩素やアンチモンなどを含むハロゲン系難燃剤は燃焼時に毒性の高いガスが発生するため人体および環境に対する大きな負荷をもたらすことから法規制が適用された。一方、リン系難燃剤は、ハロゲン系難燃剤の代替材料として現在利用されているが、資源の枯渇が懸念されており、それに伴って価格も上昇傾向にある。加えて、リン系の難燃剤は、加水分解（湿度で分解）しやすく、ベタツキや劣化の原因となり、耐候性に問題がある。したがって、自動車などの内装材および座席シート用難燃剤には、環境への負荷がなくコスト低減を可能とするための技術開発が必要である。自動車産業などから、環境に配慮し、低価格で安定供給を可能とする新規自動車難燃シート材の開発が早急に望まれている。

本研究開発では、脱ハロゲン、脱リン系難燃材を代替できる技術として、新規のアミノ酸系難燃剤を開発することにより、難燃機能の高度化を図ることを目的とした。さらに、新規難燃剤を繊維素材に難燃加工する一連の技術を確立することで難燃加工プロセスの高度化を図った。

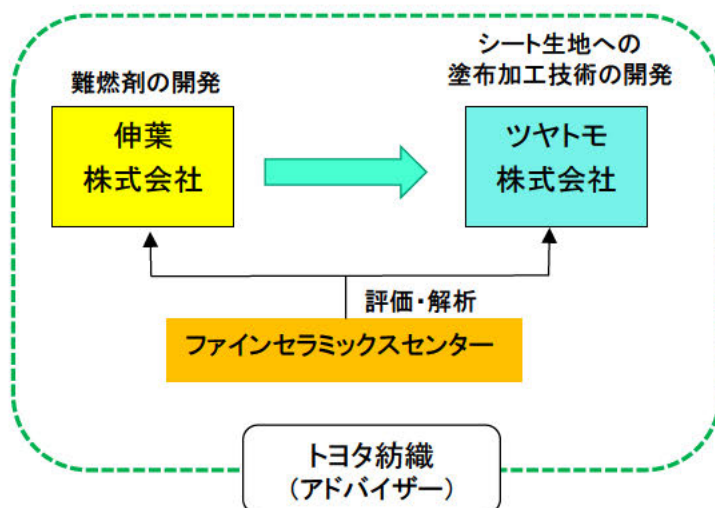
これらの目標に対して、アミノ酸を高分子化、複合化することにより、従来のリン系難燃剤では到達できなかった高度な難燃機能を有する新規難燃剤を開発した。また、開発した難燃剤は、燃焼時に有毒ガスの発生がなく、安定かつ安価で、環境に配慮した難燃剤である。さらに、開発した難燃剤をシート生地に均一に塗布する技術を確立することができた。

## 1-2 研究体制

### (1) 管理体制図



### (2) 研究体制図



PL：ツヤトモ株式会社 渡辺昭雄部長

SL：伸葉株式会社 中川了仁課長

#### [研究担当]

① 一般財団法人ファインセラミックスセンター ナノ構造研究所

佐々木優吉、幾原裕美、吉田要、フィッシャー・クレイグ、横江大作、小林俊介、川西美里

② ツヤトモ株式会社

渡辺昭雄、奥田善正、石田直美、堤大輔、藤田悟志、斉木健一、坂井和義、渡辺真知子

③ 伸葉株式会社

中川了仁、関谷豪修

### 1-3 成果概要

本事業では、安全・環境に配慮した高機能、低コストの難燃自動車シートを研究開発対象として、①アミノ酸を利用した高分子量の難燃剤の開発、および②難燃剤を繊維素材へ加工する技術、さらに③自動車用シート材として加工する技術開発を実施した。これらの研究開発を通じて、本事業で設定した目標を達成した。以下に項目ごとに具体的に述べる。

#### サブテーマ（1-1）アミノ酸一包接化合物複合体を利用した難燃剤の開発

技術目標：特定のシクロデキストリンに対してアミノ酸の種類および組成を選定し、高分子アミノ酸の創製を実現する。

成果：アミノ酸一包接化合物複合体の開発を進めるにあたり、各種アミノ酸について、複合化、重合化を検討した結果、グルタミン酸を用いた場合、最も難燃性が向上した。また、アミノ酸とシクロデキストリンを複合化することで高分子量の難燃剤の開発に成功した。

#### サブテーマ（1-2）シクロデキストリン $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の最適比率の選定

技術目標：アミノ酸に難燃性を発揮させるためのシクロデキストリン $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の最適な配合比率を選定し、架橋化反応手法を確立する。難燃性の効果を LOI 値で 40 以上（完全不燃化）にする革新的な難燃剤を完成する。

成果：グルタミン酸と $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ シクロデキストリンとの複合化および、組成を最適化した結果、開発した GP-10D、GP-34 いずれの難燃剤においても、LOI 値が 50 以上を達成でき、難燃特性に優れたアミノ酸一包接化合物複合体の開発に成功した。

#### サブテーマ（1-3）アミノ酸一包接化合物複合体を利用した繊維への加工薬剤の製造方法の確立

技術目標：合成した超高分子量のアミノ酸一包接化合物複合体を製造するための製造方法の確立を進める。

成果：難燃剤に使用するアミノ酸は、グルタミン酸が最適であることが判明したため、グルタミン酸の分子量をシクロデキストリンで包接化することにより高分子化した加工薬剤を製造した。量産試験は 100 kg で実施し、加工薬剤の製造方法を確立した。

#### サブテーマ（１－４）超高分子量の包接化合物の構造解析と性能評価

技術目標：合成した高分子量のアミノ酸－包接化合物複合体のミクロナノレベルでの構造解析と難燃性能評価を行い、ハイブリッド構造の最適化を行う。

成果：合成した難燃材の原料、中間体、最終生成物の結晶構造解析および分子構造解析により、実際の分子の特徴を把握することが可能となり、材料プロセスにフィードバックすることで合成技術の最適化を加速した。また、複合化難燃材を各濃度で調製した加工溶液をポリエステル生地に加工した試料の難燃特性を評価した。水平燃焼試験では、GP-34 の加工溶液が 10%濃度で十分難燃性能が維持できていることが明らかになった。さらに厳しい試験である垂直燃焼性試験を行った場合、GP-34 の溶液濃度が 15%の場合で残炎がすべて 0 秒になり、航空機用の規格についても合格となった。

#### サブテーマ（２－１）繊維素材への難燃加工技術の開発

技術目標：難燃成分が、環境条件（温度、湿度）で容易に移動、脱落、分解しない加工技術を実現する。

成果：導入した難燃加工装置を用いて、生地の上に難燃剤を均一に塗布することが可能となったため、様々な難燃加工方法を実施することができた。これらの加工によりポリエステル生地に高い難燃性能を付与することができた。

#### サブテーマ（２－２）繊維製品への新規難燃剤の配合処方の確立

技術目標：難燃剤を繊維に強固に結合させ、難燃性能を発現させる樹脂との配合処方を確立する。

成果：開発したアミノ酸系難燃剤 T-60、GP-10D をポリエステル生地に固定化させるために導入した硫酸アンモニウムは、金属腐食の要因となるため、加工助剤を添加することにより、錆化を改善させることができた。

#### サブテーマ（２－３）難燃加工繊維製品の構造解析と性能評価

技術目標：繊維に難燃剤を付与することでその接着性、均質付与性、膜厚等の構造評価、および難燃化度を評価する。新規のアミノ酸複合化難燃剤を利用して作製した難燃加工繊維製品の LOI 値が 40 以上（完全不燃化）とする。

成果： T-60 について、難燃性能を評価するために日本防災協会に試験を依頼した結果、「適合」との評価を頂いた。

#### サブテーマ（2-4）新規難燃剤を利用した自動車用難燃シートの開発

技術目標：新規難燃剤を適切に均一に生地の立体的な表面にもむらなく加工する方法を確立する。

成果：アミノ酸難燃剤を導入した難燃加工装置を用いて圧着した結果、難燃剤を繊維表面に均一に固着させ、難燃化のバラツキを減少させることに成功した。

#### サブテーマ（3-1）難燃加工装置の開発

技術目標：繊維表面全体に均一に難燃剤を塗布できる難燃加工装置を開発し、実用化に向けた自動車用シート材を実現する。

成果及び効果：本装置を用いることにより、多様な生地に対して難燃剤の配合されたコーティング層と、樹脂のコーティング層との圧着が可能になり、コーティングの密度を高める事で、より難燃性能を向上させる事ができた。したがって、本装置を応用することにより、圧着特性に優れた難燃性自動車用シート材の開発が期待できる。

#### サブテーマ（3-2）難燃加工シートの構造解析と性能評価

技術目標：作製した難燃加工シートの接着性、膜性等の構造解析を行い難燃特性との相関性を解析する。

成果及び効果：伸葉株式会社が開発したアミノ酸系難燃剤(GP-34)をツヤトモ株式会社において実機にて各車両メーカーの生地加工し、各車両メーカーの燃焼規格で難燃性能を評価した結果、各会社の生地に対して自動車シートの難燃性能の合格基準を満たしたことが判明した。しかし、生地の種類によって燃焼性が異なるため各社の生地に合った加工方法も模索していきたい。

#### 1-4 当該研究開発の連絡窓口

伸葉株式会社 技術部 中川了仁

電話：058676-6676

FAX：0586-76-6646

E-mail：shinyo04@orihime.ne.jp

ツヤトモ株式会社 営業開発本部 渡辺昭雄

電話：0586-45-2135

FAX：0586-43-1390

E-mail：awatanabe@t-s-k.co.jp

一般財団法人ファインセラミックスセンター ナノ構造研究所 幾原裕美

電話：052-871-3500

FAX：052-871-3599

E-mail：yumi@jfcc.or.jp



## 第2章 本論

### サブテーマ（1-1）アミノ酸-包接化合物複合体を利用した難燃剤の開発

（仲葉株式会社）

アミノ酸-包接化合物複合体の開発を進めるにあたり、各種アミノ酸について、複合化、重合化を検討した結果、グルタミン酸を用いた場合、最も難燃性が向上した。そこで、アミノ酸とシクロデキストリンの複合化について合成経路の最適化を進めた。出発物質であるグルタミン酸ナトリウムと硫酸を反応させることでナトリウムを脱離させたグルタミン酸を得る。このグルタミン酸と、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 各種のシクロデキストリンを混合してセラミックボールミルを用いて回転攪拌し、アミノ酸-シクロデキストリン複合体を作成した後、硫酸ナトリウムを添加してシクロデキストリンだけを系外に除去する手法を採用して、新規難燃剤（T-60）を開発した。ここで副生成する硫酸アンモニウムが潮解しやすいこと、さらに金属を腐食させる原因となるため、T-60の改良剤として以下のような合成法によりGP-10Dを開発した。

グルタミン酸にアンモニア水、シクロデキストリンを加えてグルタミン酸-シクロデキストリン複合体を合成する。また残留している硫酸アンモニウムの潮解性を低下させるため、炭酸マグネシウムを加えることで硫酸アンモニウムを分解する工程を加えた。これに、金属キレート剤を加えマグネシウム成分等を溶解除去して得られた最終生成物をGP-60とした。グルタミン酸の重合は促進し、潮解性も低下したが、FT-IR測定、XRD測定結果より、過剰の硫酸アンモニウムがまだ残留していた。

そこで、次に、硫酸アンモニウムの代替として高分子を用いることにより環境安定性に優れた難燃剤GP-34の開発を進めた。難燃剤GP-34の合成手法は、まず、出発物質としてカチオン系高分子（GP-34-1）の硫酸塩（GP-34-3）とアニオン系高分子（GP-34-2）を重合する。ここで得られた重合物（GP-34-4）に、グルタミン酸とシクロデキストリンの包接複合体を複合化させることにより最終生成物（GP-34-5）として難燃剤GP-34を作製した。

## サブテーマ（1-2）シクロデキストリン $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の最適比率の選定

（伸葉株式会社、（一財）ファインセラミックスセンター）

各種アミノ酸と、シクロデキストリン $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の配合比率を換えて架橋反応実験を行うことで、アミノ酸の分子量が向上できることを見出した。 $\alpha$ シクロデキストリン、 $\beta$ シクロデキストリン、 $\gamma$ シクロデキストリンの配合比率を、各組成で調製したアミノ酸一包接化合物複合体溶液にポリエステル生地を浸漬した後、マンガルで絞って 100°C で 30 分乾燥した。これらの生地について難燃特性を評価するため、図 1 に示すような自動車用の規格である FMVSS による水平式燃焼試験を行った。



図 1 FMVSS による燃焼試験

アミノ酸（グルタミン酸）単体では、ポリエステル生地に対して難燃性は付与できないが、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の 3 種のシクロデキストリンとアミノ酸を複合化した難燃材を生地にコーティングすることにより、難燃性能が向上した。また LC-MS を用いてアミノ酸難燃剤の分子量を測定したところ、図 2 に示すように分子量が 1000~1600 であり通常のアミノ酸（グルタミン酸 ( $M_w$ :147)）に比べ分子量が増加していることが明らかになった。

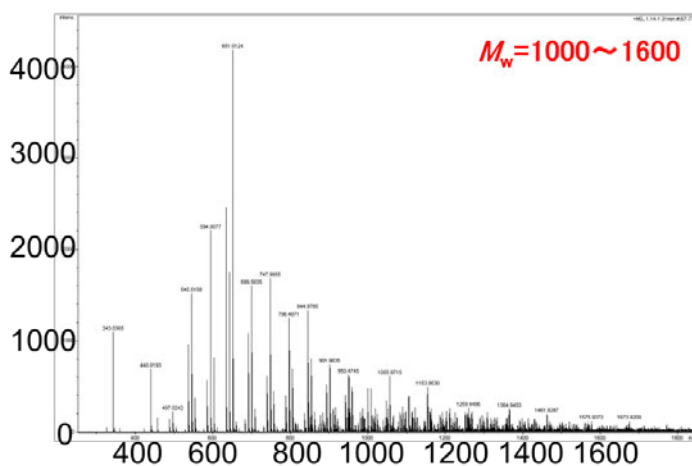


図 2 合成したアミノ酸難燃剤の分子量

## サブテーマ（１－３）アミノ酸－包接化合物複合体を利用した繊維への加工薬剤の 製造方法の確立（ツヤトモ株式会社、伸葉株式会社）

アミノ酸と包接化合物の混合により包接複合体の合成を行い、新規導入装置を利用して繊維への加工薬剤としての性能維持を目的とした製造方法の確立と、製造工程の効率化を行った。

本事業で導入した難燃剤秤量装置により、精密に原料、反応物を秤量することで、材料組成と特性の再現性の高い材料開発を進めることが可能となった。また、複数種のアミノ酸やシクロデキストリンの反応を促進するために、導入した難燃剤混合用攪拌装置を利用することで、粘度の高い複合溶液においても十分な攪拌を実現することができた。

## サブテーマ（１－４）超高分子量の包接化合物の構造解析と性能評価

（伸葉株式会社、（一財）ファインセラミックスセンター）

### ① 構造解析

ハイブリッド材料のミクロナノレベルの材料を高精度で解析するためには、解析試料の調製から、解析条件まで一連の解析手法を確立する必要がある。

合成した GP-10D の混合状態、反応性について、赤外吸収スペクトル（FT-IR）、X 線回折（XRD）、走査型電子顕微鏡およびエネルギー分散 X 線解析（SEM-EDX）による測定および解析を行った。

図 3 の XRD 測定結果より、GP-10D には、硫酸アンモニウム、リン酸水素アンモニウム、テレフタル酸が生成していた。

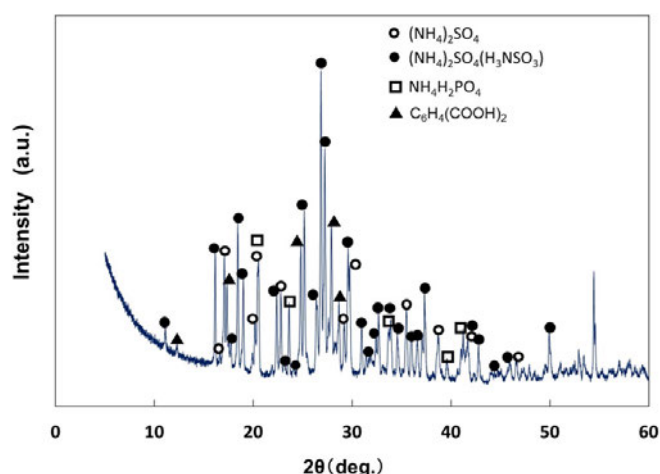


図 3 難燃剤 GP-10D の XRD 測定結果

シクロデキストリン(CD)は XRD 測定から判別不可能であったため、FT-IR により解析した(図 4)。3400  $\text{cm}^{-1}$  をピークとしたブロードな吸収は、 $\gamma$ -シクロデキストリン( $\gamma$ -CD)の C-6-OH の分子内水素結合等に由来するものと考えられる。グルコピラノース環(CH)の CH 結合に由来する 880  $\text{cm}^{-1}$  の吸収、および 1260  $\text{cm}^{-1}$  付近の CH 変角振動に由来する吸収が観察できる。また、ベンゼン環由来の C=C 環面外変角振動が、706  $\text{cm}^{-1}$  に、CH 面外変角振動が 803  $\text{cm}^{-1}$  783  $\text{cm}^{-1}$  に、ベンゼン環 CH 結合に由来する 1200  $\text{cm}^{-1}$ 、1130  $\text{cm}^{-1}$  のピーク、芳香環の CH 結合が 3020  $\text{cm}^{-1}$  に、それぞれ青色の矢印で示すように観測できる。1690  $\text{cm}^{-1}$  にエステル結合(C=O 伸縮)の強い吸収があることからアミノ酸由来のカルボン酸に含まれるエステル結合が多く形成されていることが確認できた。H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>由来の FT-IR の吸収ピークは、450、545、933、1055、1270、1420  $\text{cm}^{-1}$  に緑矢印で示すような吸収を確認した。また、P=O の伸縮振動が 1270  $\text{cm}^{-1}$  に観察できる。933  $\text{cm}^{-1}$  を最大として 970~910  $\text{cm}^{-1}$  に幅広い P-O-P 結合の吸収および、545  $\text{cm}^{-1}$  の吸収バンドの存在により、H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> の存在を決定できた。

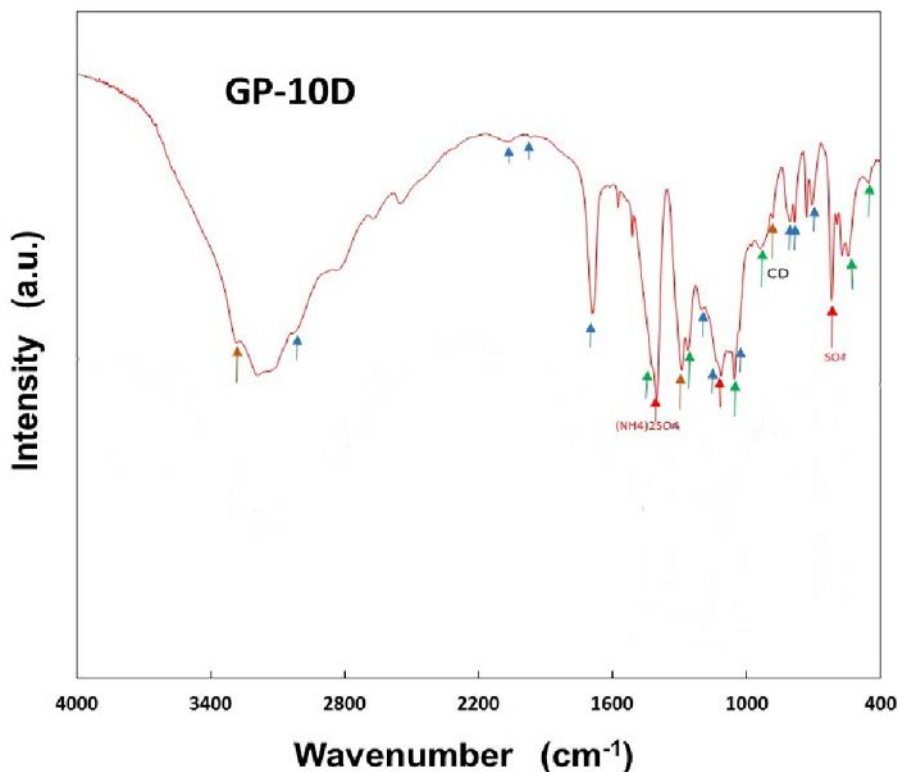


図 4 難燃剤 GP-10D の FT-IR 測定結果

また、図 5 は、GP-10D の反射電子像と、C、P、S 各元素のマッピング像である。XRD 測定および EDS 分析により、ピンク色の部分は S 元素を含む硫酸アンモニウム、水色部分は P 元素を含むリン酸水素アンモニウム、そして緑色部分は、C 元素を含むテレフタル酸  $C_6H_4(COOH)_2$  やシクロデキストリン由来の分布を示す。そこで、EDS スペクトルから換算した元素組成比から、各生成物の混合比を計算した結果、余剰の硫酸アンモニウムが残存していることが明らかになった。

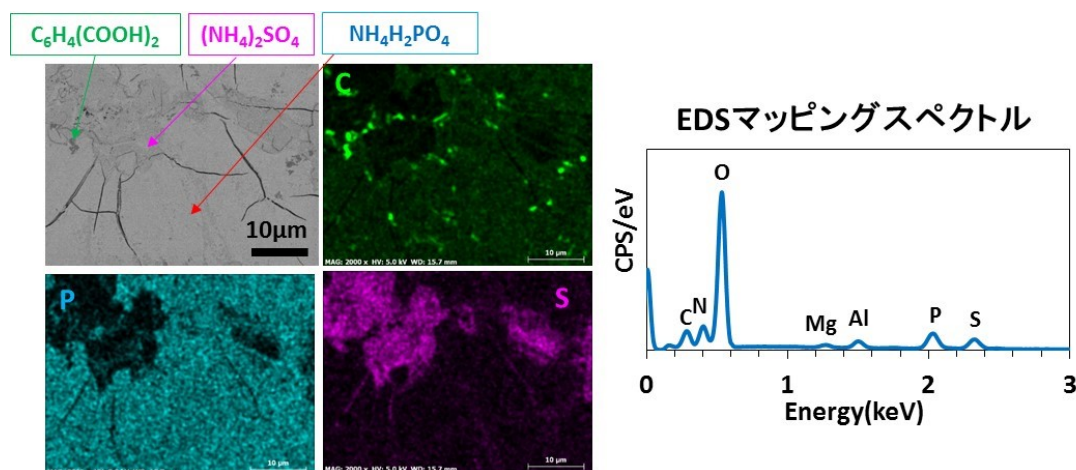


図 5 難燃剤 GP-10D の SEM-EDX 測定結果

一連の構造解析より、GP-10D には、硫酸アンモニウムが残存していることが判明したため、硫酸アンモニウムの代替として高分子を用いることにより環境安定性に優れたアミノ酸系難燃剤 GP-34 を作製した。

GP-34 の合成過程を確認するため、各合成段階での 5 試料について、FT-IR、XRD、SEM-EDX 解析を行った。観察試料は、出発物質である GP-34-1 試料（カチオン系高分子）、GP-34-2 試料（アニオン系高分子）、カチオン系高分子と硫酸を反応させた GP-34-3 試料、GP-34-4 試料（GP-34-3 と GP-34-2 重合物）、GP-34-5 試料（GP-34-4 にグルタミン酸とシクロデキストリンを複合化した最終生成物）である。

図 6 に合成試料の FT-IR 測定結果を示す。試料 GP-34-2 の FT-IR パターンでは、カルボン酸由来 C=O 伸縮振動の  $1700$ 、 $1250\text{ cm}^{-1}$  の強い吸収と  $3200\text{ cm}^{-1}$  の弱い吸収が観察できる。また、 $2946$ 、 $1648$ 、 $1633$ 、 $800\text{ cm}^{-1}$  に、 $CH_2=C<$  構造の C=C 伸縮振動に特異な吸収および、 $1451$ 、 $1411\text{ cm}^{-1}$  に CH 変角振動がみられる。試料 GP-34-3 では、カチオン系高分子由来の NH 伸縮振動である  $3500$ 、

3436  $\text{cm}^{-1}$ 、1655  $\text{cm}^{-1}$  の吸収スペクトルがみられる。また、1418、998、1099、613  $\text{cm}^{-1}$  は硫酸塩由来の強い O=S=O 吸収が観察された。これは、XRD 解析結果より、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  析出物の吸収と考えられる。GP-34-4 では、硫酸塩由来の O=S=O 吸収が消えて 1722  $\text{cm}^{-1}$  にアニオン系高分子由来の C=O 伸縮振動に対応する強い吸収がみられた。また、1012、1062  $\text{cm}^{-1}$  にカチオン系高分子由来の強い C-O 伸縮振動、さらに、3500、3439、1631、1151  $\text{cm}^{-1}$  に  $-\text{NH}_2-\text{CHK}$  の NH 伸縮振動に由来する吸収スペクトルが観察できた。試料 GP-34-5 では、3514、3440  $\text{cm}^{-1}$  の NH 伸縮、3293  $\text{cm}^{-1}$  の OH 伸縮、973  $\text{cm}^{-1}$  の OH 変角振動、2833、1459  $\text{cm}^{-1}$  の  $\text{CH}_2$  伸縮振動、1136、1088  $\text{cm}^{-1}$  付近のブロードな CO 伸縮振動が観察できた。また、カルボン酸由来の吸収と合わせて、1680–1450  $\text{cm}^{-1}$  および 761  $\text{cm}^{-1}$  周辺には、芳香族由来の吸収がみられた。以上より、重合して、分子量の大きくなった難燃剤が作製できたことが明らかとなった。

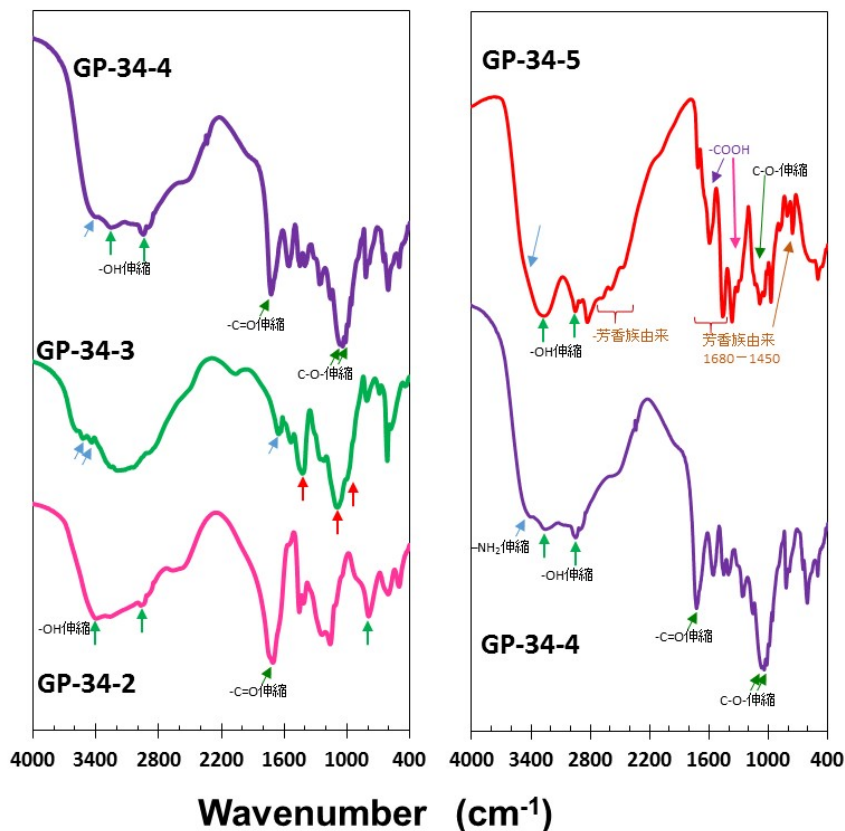


図6 GP-34系難燃剤の合成過程 (FT-IR測定)

次に、高分子難燃剤の XRD 解析、二次電子像、反射電子像、EDX マッピングおよび組成分析を行った結果を図 7 に示す。試料 GP-34-3 の XRD パターンでは、カチオン系高分子由来のアミノ基と硫酸が反応して形成した副生成物である硫酸アンモニウムのピークが確認できた。試料 GP-34-3 の反射電子像より、過剰の粒径  $5\ \mu\text{m}$  の硫酸アンモニウムが析出していることが分かった。S、O、N 元素マッピングより、緑色の C 元素部分と、ピンク色の S 元素部分が分離しており、S のコントラストの強い部分の粒子が、硫酸アンモニウムである。重合化により形成した GP-34-4 では、硫黄分は、ほとんど検出されず、分離精製できたことが分かった。

GP-34-4 と CD、グルタミン酸等を反応させた GP-34-5 では、C、N、O の元素は、ほぼ均一に分布していた。以上の構造解析により、新規に開発したグルタミン酸系難燃剤 GP-34 の高分子化に成功し、また、硫酸塩の代わりに高分子を用いることにより、金属腐食が発生しないようにしながら、アミノ酸を固定することに成功した。

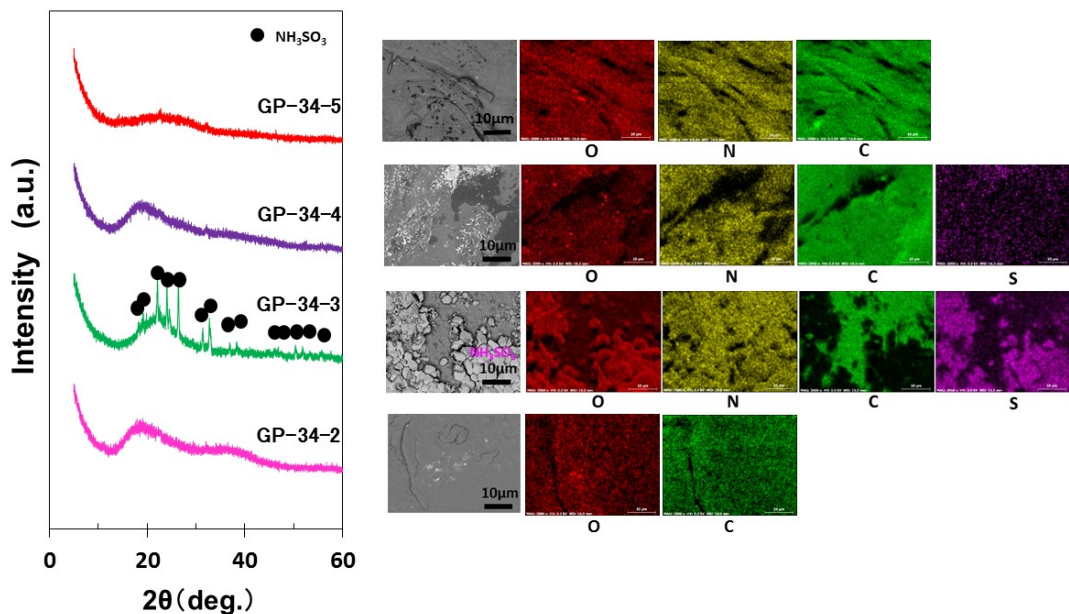


図 7 高分子難燃剤の XRD、SEM-EDX 分析

## ② アミノ酸系難燃剤の際付き試験

際付きは、熱湯を加工生地の上に滴下して、24 時間放置後に水溶性の物質が水分の蒸発とともに濃縮されて出現する加工ムラの現象であるが、これが発生するとカーシートとしての美観を損なうことになるので、事業化を進めるためには、この際付きを防止する必要がある。従来、市販されているリン系の難燃剤は水溶性のため、際付きが発生し、美観を損なうことが問題となっている。そこで、GP-34 の際付き試験を実施した。

図 8 は、GP-34 の 10%溶液を加工した布の水洗前後の写真である。本難燃剤は高分子樹脂であるため、一度繊維に接着すると固着する。図のように、水洗により、コーティング後、未反応物を除去することで、際付きの発生を完全に抑制することができた。

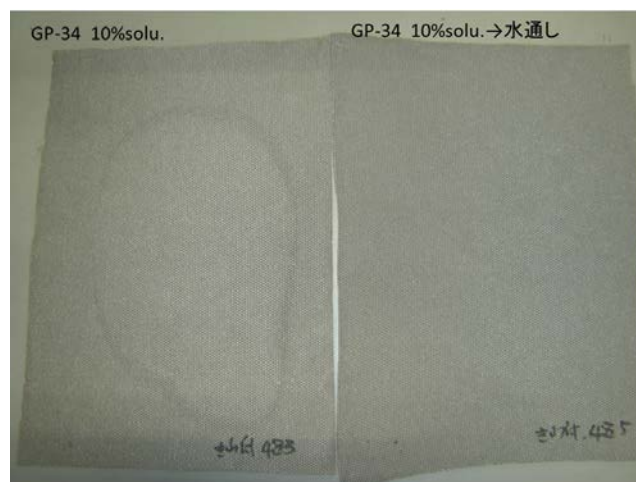


図 8 GP-34 の際付き試験

## ③ アミノ酸系難燃剤の難燃特性評価

自動車用内装材料の燃焼試験は、車内で火災が発生したとき、車外へ避難することができる時間を確保できるか確認する試験であり、Federal Motor Vehicle Safety Standards (FMVSS) として、水平燃焼試験が適用されている。材料に着火した後、炎が伝播する速度（燃焼速度）が遅いほど、難燃性が高い。試験片(350×100×t mm)を水平に保持し、ブンゼンバーナーにより 38mm 炎を 15 秒間接炎し、A 標線（右端より 38mm）から B 標線（292mm）の間 254mm に対す



る燃焼速度により判定を行う。燃焼試験用ブンゼンバーナーは、口径 9.5mm、燃焼試験用ガスは、メタンガス純度 99.9%、寸法が 395W×210D×420H の試験機内で試験を行った。以下のいずれかを満たすものが FMVSS No.302 規格適合となる。

- 試験片に着火しない又は A 標線手前で自己消化するもの
- 燃焼距離 51 mm 以内(且つ 60 秒以内)で自己消化するもの
- 燃焼速度が 102 mm/min 以下のもの

表 1 に、高分子化アミノ酸系 GP-34 の水平燃焼性試験による難燃性能特性結果を示す。

水平燃焼性試験は、mm/秒の数値は小さいほど難燃性がよい。

GP-34 の濃度が 5%、10%、15%の加工溶液を P E S 織物にそれぞれ加工した場合、いずれも燃焼距離 51 mm 以内(且つ 60 秒以内)で自己消化した。しかし、裏にウレタンフォームを接着した場合、5%の場合では、33/12 とあるように接炎してから 33mm燃え、12 秒間後に自己消化した。5%濃度の加工溶液を用いた場合に比べ、10%加工溶液の場合は、いずれのロットでも 24mm/3 秒レベルで個体差がないことから、GP-34 の加工溶液は、10%濃度で、十分難燃性能が維持できていることが明らかになった。

さらに、高分子化アミノ酸系難燃剤 GP-34 の難燃性を詳細に調べるため、垂直燃焼性試験を行った。垂直燃焼性試験は、燃焼試験の中で最も難燃性能が発現しにくい試験で、航空機用として規格化されている。垂直試験での合格の基準は、生地を垂直にぶら下げ、下方よりバーナーで接炎 12 秒後に残炎 0 秒、炭化長 100mm 以下である。ハロゲン系の難燃剤を使用しても、樹脂で接着しなければいけないため、ポリエステル生地に難燃性能を付与することがかなり難しいものである。

表 2、図 9 に示すように、GP-34 をポリエチレン(PET)製タフタ、あるいはカーテンにディップコーティングした難燃材について垂直燃焼性試験を行った場合、GP-34 の溶液濃度が 15%で残炎がすべて 0 秒になるため、GP-34 のポリエステル生地に対する難燃性能が非常に優れたものであることが明らかになった。

航空機業界では、この基準に合格する素材は、羊毛にザプロ加工をしたもの以外は存在していない。ところがザプロ加工はフッ化チタニウムカリウムやフッ化ジル

コニウムカリウムを使用する必要があるため、排水にこれらの物質を流すと水質を著しく汚染することになり、使用できなくなった。GP-34 はこれらの物質の代替に使用することができるため、水質汚染の心配がなくなり、環境に優しい材料として大きな期待が寄せられる。また、今までは、不可能であったポリエステル生地での基準を合格することができるので、将来航空機産業に難燃化ポリエステル素材が利用される可能性も広がった。

表 1 高分子化アミノ酸系難燃剤 GP-34 の難燃性能（水平燃焼性試験）

				(%solu.)	(%solu.)	(%solu.)
				1	2	3
GP-34				5	10	15
水平燃焼性試験						
			n	(mm/秒)		
PES織物	単体	縦	1	12/0	10/0	10/0
			2	20/3	13/2	8/0
			3	15/0	14/3	10/0
	横		1	21/4	12/0	13/0
			2	20/3	15/0	12/0
			3	18/0	18/0	10/0
裏面にウレタンフォーム接着	縦		1	25/8	22/6	20/5
			2	22/5	20/6	20/2
			3	13/2	25/6	25/4
	横		1	25/6	18/0	24/3
			2	30/10	15/0	18/0
			3	33/12	24/3	20/0
PESニット	単体	縦	1	12/0	10/0	10/0
			2	14/0	12/0	10/0
			3	16/0	8/0	8/0
	横		1	15/0	10/0	10/0
			2	13/0	10/0	10/0
			3	20/0	10/0	10/0



図9 GP-34 を加工したカーテン生地の垂直燃焼性試験

表2 高分子化アミノ酸系難燃剤 GP-34 の難燃性能 (垂直燃焼性試験)

				(%solu.)	(%solu.)	(%solu.)
				1	2	3
GP-34				5	10	15
垂直燃焼性試験(接炎12秒)						
			n	(mm/秒)		
PES織物 (カーシート)	単体	縦	1	全焼	112/12	56/0
			2	全焼	89/9	68/0
			3	全焼	108/11	45/0
	横	1	全焼	全焼	62/0	
		2	全焼	115/13	55/0	
		3	全焼	全焼	42/0	
PES織物 (カーテン生地)	単体	縦	1	88/8	80/0	55/0
			2	95/5	78/0	62/0
			3	101/12	82/0	49/0
	横	1	85/4	58/0	50/0	
		2	75/6	55/0	48/0	
		3	68/5	60/0	45/0	
PESタフタ	単体		1	全焼	55/0	38/0
			2	全焼	48/0	40/0
			3	全焼	60/0	38/0
			4	全焼	54/0	42/0
			5	全焼	56/0	43/0

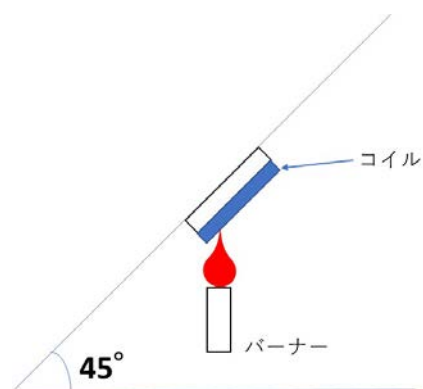


図 10 45度コイル法

コイル法の燃焼性試験は、ポリエステルのように熔融する素材に用いられる燃焼試験である。

図 10 に示すように、幅 100mm で 1g になるように試料を切り取り、丸めて試験するコイル内に入れて前処理後、バーナーを接炎し、試料が燃えなくなったら、燃え残った試料の下端がバーナーの炎が当たるようにコイルを移動する。これを繰り返して、試料上端から 10mm までを燃やし尽くすためのバーナーの接炎回数を測定する。試料 5 枚について、いずれの試料も 3 回以上であれば合格である。この試験では、コイルで生地を支えるため燃焼部分が熔融落下して消火することができない。難燃性高分子材料の難燃性能が十分に発現しないとコイル法はなかなか合格しない。

表 3 に、GP-34 の濃度が 5%、10%、15% の加工溶液をポリエステル製タフタ、カーテン生地それぞれ加工した試料の 45° コイル法の燃焼性試験結果を示す。GP-34 の加工溶液濃度が 10% で接炎回数が 3 回以上となり、試験に合格となったことから、ポリエステルタフタのような薄い生地にも安定した付着量を得ることができた。また、難燃剤 GP-34 は電解質の代わりに高分子が含まれているため、難燃剤 GP-10D と比べると金属の腐食などの問題は大きく改善した。

表 3 高分子化アミノ酸系難燃剤 GP-34 の難燃性能（コイル法燃焼性試験）

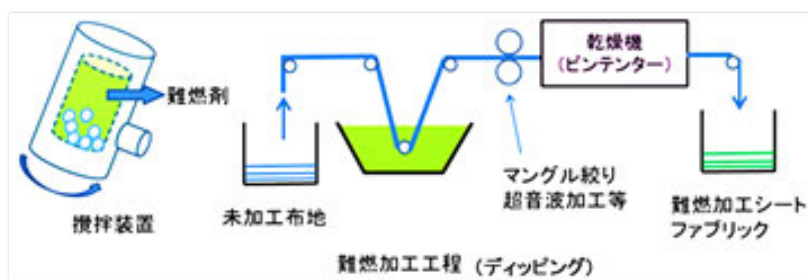
				(%solu.)	(%solu.)	(%solu.)
				1	2	3
GP-34				5	10	15
コイル法燃焼性試験						
			n	接炎回数(3回以上で合格)		
PESタフタ	単体		1	1	3	5
			2	2	4	4
			3	2	4	5
			4	1	5	5
			5	3	4	5
PESカーテン	単体		1	3	4	5
			2	4	5	6
			3	4	5	5
			4	4	5	5
			5	3	5	5

### サブテーマ（2-1）繊維素材への難燃加工技術の開発（ツヤトモ株式会社）

難燃剤を繊維素材への難燃加工手法としては、生地を溶液に浸漬するディッピング法、スプレーで塗布する方法および生地の裏面にナイフコーターでコーティングする方法がある。今回開発するアミノ酸一包接化合物複合体を利用した難燃剤は、高分子のアミノ酸から形成されているため、粘性が高い。そこで、新規難燃剤に適した難燃加工技術の構築化を進めた。

図 11 に示すように今回の新規難燃剤を用いてディッピング法、コーティング法による難燃加工を試みた。その結果いずれの手法においても生地に難燃性能を付与する技術を確立した。この方法を用いて開発したアミノ酸難燃剤を用いて実機での加工を行い、加工時または加工後の試作生地に発生する課題を抽出し、今後の難燃剤の改良の手がかりとする。また、26 年度に導入した難燃加工装置を用いて、熱ロールによるファブリック組織への難燃剤の圧着浸透と塗布量均質化効果を向上させる加工技術を開発し、開発されたアミノ酸系難燃剤を用いて様々な繊維への難燃加工を試作した。

・ディッピングによる難燃加工



・コーティングによる難燃加工

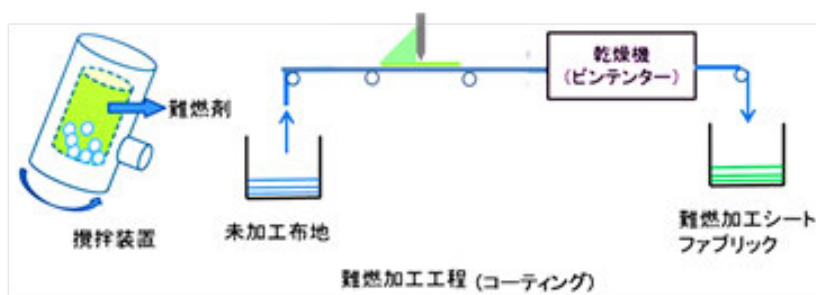


図 11 布地の難燃加工工程

サブテーマ（2-2）繊維製品への新規難燃剤の配合処方の確立

（ツヤトモ株式会社、伸葉株式会社）

実機での配合処方はツヤトモ株式会社で実施した。薬品の適正濃度、加工方法等の確立を行った。ポリエステルなどのシートモデル材や、アドバイザー企業から提供される自動車用シート材に新規難燃剤を難燃加工する際、新規難燃剤を強固に結合できるような樹脂を配合する必要がある。

伸葉株式会社が開発したアミノ酸系難燃剤(GP-10D)とツヤトモ株式会社で使用している各種繊維用薬剤と組み合わせて難燃性能や物性を比較した。表 4 に GP-10D を用いて生地にディッピング加工した結果を示す。薬剤 1~3 は、GP-10D の濃度を 3.5%、5%、10%と変化させた加工剤を調製し、薬剤 4~6 では各濃度の溶液に界面活性剤（平滑剤）を併用した加工剤を調製した。薬剤 1~6 を用いてディッピングした生地の燃焼試験を実施した結果、界面活性剤を添加しない GP-10D の濃度が 3.5%である1以外は不燃であった。したがって、GP-10D は、濃度が 5%以上で、非常に優れた難燃特性が発現できたことが明らかになった。し

かし、難燃性以外の物性（チョークマークや、際付き）が、課題となった。

表 4 GP-10D をディッピングした生地 of 燃焼試験、物性試験結果

加工方法	ディッピング	試験目的	GP-10の加工用溶液の調製										
			1	2	3	4	5	6					
薬剤名													
GP-10D			3.5%	5.0%	10.0%	3.5	5.0	10.0%					
アンモニア水(25%)			0.5%	1.0%	1.2%	0.5	1.0	1.2%					
エパフェノールHA-107C						0.5	0.5	1.0%					
燃焼性試験	タテ	燃焼距離(mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		燃焼時間(sec)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		燃焼速度(mm/min)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ヨコ	燃焼距離(mm)	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		燃焼時間(sec)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		燃焼速度(mm/min)	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
チョークマーク			×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
際付き			×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

### サブテーマ（2-3）難燃加工繊維製品の構造解析と性能評価

（ツヤトモ株式会社、伸葉株式会社、（一財）ファインセラミックスセンター）

27 年度においては、難燃加工性能の向上を目指すために、難燃剤安定試験装置を導入して、難燃剤の高分子化、粘性の向上、難燃加工剤の接着性、安定性を検討し、難燃剤の生地への均質付与性、膜厚の構造評価、および難燃化度を評価することにより難燃性の高い素材開発にフィードバックした。

28 年度はアミノ酸系難燃剤の腐食性を解決するために伸葉株式会社にて開発した高分子化アミノ酸系難燃剤を調製した加工溶液を用いて、ツヤトモ株式会社で実機において加工した難燃加工材の、燃焼性の評価を実施した。

難燃加工装置を用いて生地に、樹脂をバックコーティングする際に、圧着加工がある場合とない場合の難燃特性の比較を行った。難燃剤 T-60 と樹脂を圧着させた場合の加工条件を表 5 に示す。加工 1 の条件では圧着無、加工 2~4 の条件ではアクリル樹脂、ポリエステル樹脂、ポリウレタン樹脂をそれぞれ圧着した。

表5 難燃加工装置による難燃剤と樹脂の圧着

加工方法	コーティング	試験目的	得意先試作品への提案			
加工1	薬剤名	加工1	加工2	加工3	加工4	
	T-60	30部	30部	30部	30部	
	添加剤A(キレート剤)	20部	20部	20部	20部	
	増粘剤	5部	5部	5部	5部	
	水	45部	45部	45部	45部	
加工2	樹脂名					
	アクリル樹脂		40部			
	ポリエステル樹脂			40部		
	ポリウレタン樹脂				40部	
	増粘剤		5部	5部	5部	
水		55部	55部	55部		

難燃加工装置を使用し、圧着の有無による難燃性能の比較を行う。

圧着加工の有無による生地への燃焼試験を行った結果を表6に示す。

難燃加工機による圧着を行うことで、バックコーティング剤と生地への密着度が強化され、難燃性能が向上したことが明らかになった。また、加工4のポリウレタン樹脂を圧着したものの難燃性能が良好であることが確認できた。

表6 圧着の有無による生地への燃焼試験結果

			加工1	加工2	加工3	加工4
燃焼性試験 (圧着無し)	タテ	燃焼距離(mm)	0	39	23	33
		燃焼時間(sec)	0	32	26	28
		燃焼速度(mm/min)	0	73	53	71
	ヨコ	燃焼距離(mm)	0	47	39	41
		燃焼時間(sec)	0	36	30	32
		燃焼速度(mm/min)	0	78	78	77
燃焼性試験 (圧着有り)	タテ	燃焼距離(mm)	0	12	6	11
		燃焼時間(sec)	0	13	8	16
		燃焼速度(mm/min)	0	55	45	41
	ヨコ	燃焼距離(mm)	0	29	20	29
		燃焼時間(sec)	0	31	22	37
		燃焼速度(mm/min)	0	56	55	47



## サブテーマ（２－４）新規難燃剤を利用した自動車用難燃シートの開発

（ツヤトモ株式会社）

従来の新規難燃剤の繊維素材への加工方法は、生地を加工溶液に浸漬して、マンガルで絞って乾燥するというパッドドライ法と生地の裏面にナイフコーターでコーティングする方法とスプレーで塗布する方法などがある。

アミノ酸複合化難燃剤は高分子量になるため、溶液に粘性がある。27年度では、この難燃剤を適切に生地加工する方法を製造現場で試験することで繊維へ強固に難燃剤を固着し、安定した高い難燃性能を持つシートの開発を進めた。

28年度は、新規に開発したアミノ酸系難燃剤(GP-10D)の加工溶液を調製し、ディッピング加工したシート材について燃焼性試験を行った。

難燃剤 GP-10D を薬剤 1～9 のように調製し、ディッピング加工した生地について、燃焼性試験を行った結果を表 7 に示す。薬剤 1～6 は GP-10D とその他助剤、表の 7～9 は製品に通常使用される可縫性向上剤(CS-11)、溶剤(テキSPORT BG)、耐摩耗性の向上のための架橋樹脂(NK アシスト CI-O2)などの樹脂・ワックスを追加した場合の難燃性能の影響を比較した。

表 7 より、GP-10D 濃度が 10%以下で助剤のみの薬剤であれば、薬剤 2～6 のいずれの場合も、不燃で、優れた難燃特性が得られた。そこで、製品化のために必要な物性強化用の樹脂・ワックスを追加した場合、アミノ酸系難燃剤(GP-10D)が 10%の場合は、不燃であったが、5%以下では難燃性能が下がり、チョークマークも発生した。チョークマークとは、生地への薬剤の加工工程において、生地に不純物が残り、生地の表面の弾力性が悪くなって、わずかな摩擦でも白くなる不具合の一種である。このチョークマークは、長時間放置しておくで消失することから、不純物は湿度に敏感な材料である硫酸アンモニウムであることが想定された。そこで、難燃剤を改良するため難燃剤のプロセス開発にフィードバックを行った。

表 7 GP-10D の生地への実機における性能評価試験

加工方法	ディッピング	試験目的	GP-10の性能評価						
薬剤名			1	2	3	4	5	6	
GP-10D			3.5%	5.0%	10.0%	3.5	5.0	10.0%	
アンモニア水(25%)			0.5%	1.0%	1.2%	0.5	1.0	1.2%	
エパファノールHA-107C						0.5	0.5	1.0%	
燃焼性試験	タテ	燃焼距離(mm)	0	0	0	0	0	0	0
		燃焼時間(sec)	0	0	0	0	0	0	0
		燃焼速度(mm/min)	0	0	0	0	0	0	0
	ヨコ	燃焼距離(mm)	10	0	0	0	0	0	0
		燃焼時間(sec)	3	0	0	0	0	0	0
		燃焼速度(mm/min)	200	0	0	0	0	0	0
チェックマーク			X	X	X	X	X	X	
際付き			X	X	X	X	X	X	
薬剤名			7	8	9				
GP-10D			3.5%	5.0%	10.0%				
アンモニア水(25%)			0.5%	1.0%	1.2%				
エパファノールHA-107C			2.8%	2.8%	2.8%				
CS-11			1.1%	1.1%	1.1%				
テキスポートBG			0.5%	0.5%	0.5%				
NKアシスト CI-02			0.1%	0.1%	0.1%				
燃焼性試験	タテ	燃焼距離(mm)	0	0	37	0	0		
		燃焼時間(sec)	0	0	40	0	0		
		燃焼速度(mm/min)	0	0	56	0	0		
	ヨコ	燃焼距離(mm)	16	0	25	0	0		
		燃焼時間(sec)	10	0	25	0	0		
		燃焼速度(mm/min)	96	0	60	0	0		
チェックマーク			X	X	X				
際付き			X	X	X				

本事業の目標とする難燃性能は、水平燃焼試験において燃焼が試験機標線内で消火する「不燃」である。開発した難燃材 T-60 は水平燃焼試験において不燃であり目標を達していたものの、潮解性に問題があった。一方、難燃剤 GP-10D では、潮解性の原因となる硫酸アンモニウムを低減させたものの、難燃性能が低下した。これらの問題を解決するために開発した高分子化アミノ酸系難燃剤 GP-34 を 10%の濃度でポリエステル生地 に塗布した試料では、表 1 のように、ラボレベルで非常に優れた難燃特性が得られるとともに、際付き、潮解性の問題点も解決できた。

そこで、高分子化アミノ酸系難燃剤 GP-34 について、生産化に向けた実機加工試験を行い、得られた試料について同様に水平法による燃焼試験を行った。実機加工試験用に作製した試料は、コストの面も考えて、高分子化アミノ酸系難燃剤(GP-34)濃度を低く設定した 3%および 5%添加して調製した加工溶液を用いた。加工溶液を生地にディッピングした試料の水平法による燃焼試験結果を表 8 に示す。GP-34 を 5%添加加工材について、物性強化用の薬剤を使用した場合でも燃焼速度が基準内である「自己消火性」を示した。この自己消火性という難燃特性は、自動車

メーカーに対しては合格基準である。

今後は、GP-34 の濃度を 10%以上に調製した加工溶液のディッピング法の改善、あるいは、加工性の向上などを検討することで、標線以内で消火できるような性能に改良していきたい。

表 8 高分子化アミノ酸系難燃剤 GP-34 の実機加工時の評価試験結果

加工方法		ディッピング		試験目的		SYガードGP-34の実機加工の試験結果	
薬剤名				1			2
SYガードGP-34				3%			5%
試験方法	規格値						
燃焼性試験 (水平法)	トヨタ紡織 (株) 不燃	タテ	燃焼距離 (mm)	1	/		32
				2	40		25
				3	/		35
				4	31		24
				5	22		32
			燃焼時間 (sec)	1	/		37
				2	48		30
				3	/		58
				4	26		20
				5	28		19
			燃焼速度 (mm/min)	1	0		自己消火性
				2	自己消火性		自己消火性
				3	0		自己消火性
				4	自己消火性		自己消火性
				5	自己消火性		自己消火性
		ヨコ	燃焼距離 (mm)	1	22		5
				2	254		33
				3	195		/
				4	61		40
				5	35		/
			燃焼時間 (sec)	1	25		19
				2	205		41
				3	80		/
				4	56		44
				5	27		/
燃焼速度 (mm/min)	1	自己消火性		自己消火性			
	2	75		自己消火性			
	3	147		0			
	4	66		自己消火性			
	5	自己消火性		0			

### サブテーマ（3-1）難燃加工装置の開発（ツヤトモ株式会社）

26 年度に導入した難燃加工装置（図 12）による難燃加工シートの接着性、膜性等の構造解析を行い難燃特性との相関性について検討した。

各車両メーカーの生地でこの加工方法を検証し、その難燃効果を定期的に確認した。また、難燃加工装置を用いて生地に、樹脂を圧着加工できる条件について難燃剤 T-60 と樹脂を用いて（2-3）章に示した条件で加工法を検討した。難燃加工装置が導入できたことにより、様々な塗布方法での自動車用シートの加工を検討できるようになった。

本装置を用いることにより、多様な生地に対して難燃剤の配合されたコーティング層と、樹脂のコーティング層との圧着が可能になり、コーティングの密度を高め

る事で、より難燃性能を向上させる事ができた。したがって、本装置を応用することにより、圧着特性に優れた難燃性自動車用シート材の開発が期待できる。



図 12 難燃加工装置

### サブテーマ（3-2）難燃加工シートの構造解析と性能評価

（ツヤトモ株式会社、伸葉株式会社、（一財）ファインセラミックスセンター）

難燃加工シートの接着性、膜性等の構造解析を行い難燃特性との相関性を解析し、圧着の状態を確認した。伸葉株式会社が開発したアミノ酸系難燃剤(GP-34)をツヤトモ株式会社において実機にて各車両メーカーの生地加工し、各車両メーカーの燃焼規格で難燃性能を比較するとともに圧着性も確認した。

まず、アミノ酸系難燃剤(GP-34)をディッピングにより各社のトリコット生地加工した試料の難燃特性を評価した。合格基準である燃焼速度が 81mm/min に対し、ホンダ向け生地加工した場合の難燃加工シートは、自己消火性であり、日産向け生地を用いた加工シートでは不燃を示し、難燃特性が非常に優れていることが明らかになった。

次にバックコートにより各社の生地加工した場合、スズキ向けジャガード生地を用いた加工シートでは不燃を示したのに対し、ホンダ向けジャガード生地、ドビー生地加工した場合は、自己消火性であった。

これらの会社の生地に対して自動車シートの難燃性能の合格基準を満たしたことが判明した。生地の種類によって燃焼性が異なるため今後は、各社の生地合った加工方法も模索していきたい。

## 第3章 全体総括

### 3-1 研究開発成果総括

本研究開発では、新規のアミノ酸系難燃剤を開発することにより、燃焼時に有毒ガスの発生がなく、安定かつ安価な難燃剤を開発することを目的とした。また開発した難燃剤をシート生地に均一に塗布する技術を確立することにより安全・環境に配慮した高機能、低コストの難燃自動車シートの開発も同時に進行した。

初年度ではどのアミノ酸が難燃剤として効果が発現するか、また、シクロデキストリンによる包接化合物の作成方法などの調整を行った。ポリエステル素材に対してそのアミノ酸を接着して固定化するために最初はウレタン樹脂と反応する硫酸アンモニウム塩を使って、アミノ酸をポリエステル生地に接着していたが、3年目に無機塩が長期の高温高湿度条件で分解して金属を腐食するということがわかり、アミノ酸を直接樹脂に取り込ませる方法に変更した。これにより、本研究において、金属を腐食することなく耐久性に優れたポリエステルカーシート用の高分子難燃剤を作成することに成功した。

また、それをポリエステル生地に均一に加工する方法も検討することにより、同時進行で難燃カーシートの開発に成功した。

#### ① アミノ酸一包接化合物複合体を利用した難燃剤の開発

アミノ酸一包接化合物複合体の開発を進めるにあたり、各種アミノ酸について、複合化、重合化を検討した結果、グルタミン酸を用いた場合に、最も難燃性が向上した。また、アミノ酸とシクロデキストリンを複合化することで高分子量の難燃剤の開発に成功した。合成材料の構造解析を行い、プロセスにフィードバックした結果、グルタミン酸と $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ シクロデキストリンとの複合化および、組成を最適化できた。開発した GP-10D、GP-34 いずれの難燃剤においても、LOI 値が 50 以上を達成でき、難燃特性に優れたアミノ酸一包接化合物複合体の開発に成功した。

#### ② 新規難燃剤の繊維素材への加工技術の開発

開発したアミノ酸系難燃剤を、加工技術を駆使することにより繊維素材に効果的に難燃加工することを試みた。初年度は、アミノ酸系難燃剤(T-60)を繊維素材へ加工した。この難燃剤は優れた難燃性能を示したが、含有する硫酸アンモニウムの影響で金属に錆を生じさせることが分かった。そこで複数の配合処方を検討し、錆の発生を抑えることに成功し、防災協会より「適合」との評価を頂いた。

改良したアミノ酸系難燃剤(GP-10D)を用いて繊維素材に難燃加工した結果、潮解性は改善されたが、際付き、チョークマークの発生が確認された。また、ポリエステル生地に難燃剤を固定する役割の硫酸アンモニウムが錆の原因となることが構造解析により明らかになった。そこで、代替として高分子を用いて開発した GP-34 を難燃加工した場合、際付き、チョークマークの発生は確認されず、難燃特性とともに物性特性も向上したことが明らかとなった。

導入した難燃加工装置を用いて、生地の上に難燃剤を均一に塗布することが可能となったため、様々な難燃加工方法を実施することができた。これらの加工によりポリエステル生地に高い難燃性能を付与することができた。

### ③ 新規難燃剤を適用した難燃自動車シートの開発

アミノ酸系難燃剤を導入した難燃加工装置を用いて圧着した結果、難燃剤を繊維表面に均一に固着させ、難燃化のバラツキを減少させることに成功した。本装置を用いることにより、多様な生地に対して難燃剤の配合されたコーティング層と、樹脂のコーティング層との圧着が可能になり、コーティングの密度を高める事で、より難燃性能を向上させる事ができた。

各自動車メーカーの生地にアミノ酸系難燃剤を加工し、ディッピング加工の場合、ホンダ向け生地では「自己消火性」、日産向け生地では「不燃」、バックコート加工の場合、スズキ向け生地では「不燃」、他社の生地では「自己消火性」であり、各自動車メーカーの規格に適合することは達成できた。

## 3-2 研究開発後の課題

本事業ではアミノ酸系難燃剤を用いて難燃自動車シートの開発に取り組み、各自動車メーカーの基準を満たすことができた。しかし、新規難燃材 GP-34 においては、生地に難燃性能を付与させることはできたが、他の難燃剤に比べ多くの塗布量が必要であり、また、溶液加工後に時間をかけて調整するなど溶液の調製法についての課題が残った。今後は、難燃性能が短時間で発現できるよう薬剤の改良、加工方法を工夫する予定である。

開発した難燃剤について、さらに詳細な分子構造を特定化し、CAS No.の登録に向けて努力する。

アミノ酸系難燃剤は新規化学物質のため、法律の規制があり、下記の試験を実施する必要がある。

## 「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」 （化審法）

- a. 微生物等による化学物質の分解度試験
- b. 魚介類の体内における化学物質の濃縮度試験
- c. 哺乳類を用いる28日間の反復投与毒性試験並びに細菌を用いる復帰突然変異試験及び哺乳類培養細胞を用いる染色体異常試験による変異原性試験
- d. 化学物質の慢性毒性試験、生殖能及び後世代に及ぼす影響に関する試験、催奇形性試験、変異原性試験、がん原性試験、生体内運命に関する試験及び薬理学的試験

### 3-3 事業化展開

本研究開発の成果は、自動車内装材分野において新規な難燃ファブリック（難燃シート）を提供するものである。アミノ酸一包接化合物複合体を利用した難燃剤は、リン系難燃剤に代わる新規な難燃剤として安心、安全な社会の実現のためにその基盤技術の普及が可能である。新規アミノ酸系複合難燃剤が実現することで、これまで難燃剤として利用されることがないアミノ酸を難燃剤として利用することにより、自動車、新幹線、航空機などの輸送機分野への新技術に留まらず、衣料や住宅用、工業用のカーテンにも難燃加工を安価、安全に、また、環境を汚染することなく行うことができる。このことは、家庭での火災の危険や調理中のフラッシュによる火傷の危険を減少させるのに大いに役立つことになる。さらに、新規アミノ酸系複合難燃剤を利用した高機能付与についての当該技術は、新たな機能材料の開発に展開することができ、周辺産業への波及効果が期待できる。

想定する自動車業界の現状では、ハロゲン系難燃剤の使用が制限されているため、リン系難燃剤の需要が増加している。今後リン系難燃剤の価格の高騰が予想できるため、それに代わる新たな難燃剤の需要が見込まれ、次第に売り上げを増加していくことが期待できる。

#### 【販売促進戦略】

既存顧客である自動車内装表皮材製造業者へのサンプル出荷から展開し、自動車内装表皮材製造業者へ採用されることに努める。その後販売していき、さらに新規顧客獲得に向けては、リネン業界等にサンプル出荷から始め顧客の獲得に努めていく。