

【公開版】

令和元年度
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

「ポリアセタール樹脂によるコアシェル型二重構造糸を用いた高機能不織
布の開発」

研究開発成果等報告書

令和2年5月

担当局 近畿経済産業局
補助事業者 一般財団法人 大阪科学技術センター

目 次

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
 - (1-1-1) 背景とこれまでの研究開発動向
 - (1-1-2) これまでの取組み
 - (1-1-3) 従来技術の課題
 - (1-1-4) 新技術を実現するために解決すべき研究課題
- (1-2) 研究体制
- (1-3) 成果概要
- (1-4) 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論

- (2-1) 導入した機器設備
- (2-2) 補助事業の具体的実施内容と成果及び効果
 - (2-2-1) コアシェル型二重構造を形成する POM 樹脂の開発
 - (2-2-2) POM 樹脂の溶融紡糸の開発
 - (2-2-3) コアシェル型二重構造 POM 糸の細繊維化
 - (2-2-4) コアシェル型二重構造 POM 糸を用いた不織布の開発
 - (2-2-5) メルトブロー法による POM 不織布の開発
 - (2-2-6) 溶融紡糸法とメルトブロー法の比較と選択
- (2-3) 補助事業の成果に係る事業化展開
 - (2-3-1) 補助事業の成果として開発する製品
 - (2-3-2) 想定している具体的なユーザー、マーケット及び市場規模等に対する効果
 - (i) バイオエタノール混合ガソリン対応フィルターに関する市場
 - (ii) 車載用リチウムイオン二次電池用セパレータに関する市場
 - (iii) 抗菌性フィルターに関する市場
 - (iv) MBR膜支持体に関する市場
- (2-4) 事業化見込みとスケジュール
 - (2-4-1) 販売促進戦略
 - (2-4-2) 知的財産戦略
 - (2-4-3) 事業化体制
- (2-5) 補助事業の成果に係る知的財産権等
 - (2-5-1) 知的財産権の出願及び取得について
 - (2-5-2) 論文掲載の有無及び内容について
 - (2-5-3) ライセンス契約等による事業展開

第3章 全体総括

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

(1-1-1) 背景とこれまでの研究開発動向

合成樹脂を素材とするフィルターは、空気や水、廃水、溶剤、ガスなどあらゆる流体の濾過に用いられており、素材として PE(ポリエチレン)、PP(ポリプロピレン)、PET/PBT(ポリエステル)、PA(ポリアミド=ナイロン)、PTFE(テフロン)、PVDF(ポリフッ化ビニリデン)などの素材が用いられている。これらの樹脂に対して POM(ポリオキシメチレン=ポリアセタール)樹脂は耐溶剤性(特に耐アルコール性)、耐アルカリ性、耐熱性、抗菌性に優れており、しかも出発原料は天然ガスで、全世界で年間 120 万トンの生産実績を有する汎用エンジニアリングプラスチックであるにも関わらず、これまで繊維やフィルターとして工業的に利用されることは無かった。

この POM 樹脂を不織布に加工して新しい市場を創設することが本プロジェクトの目的である。具体的には次世代自動車において、バイオエタノール混合ガソリンのフィルターや車載用リチウムイオン二次電池のセパレータ用途での採用可能性について研究を行った。さらに POM 繊維が高い抗菌性や耐アルカリ性を持つことから、空気フィルター、衛生用フィルター、膜分離活性汚泥法(MBR 法: Membrane Bio Reactor)用フィルターに適用する事も検討した。

これらの用途に適応するには、融点の異なる 2 種類の POM をコアシェル型にして熔融紡糸し、これを熱融着して不織布を製造する為の新たな素材の開発、不織布の製造方法が必要となる。本研究では京都工芸繊維大学にコアシェル型の紡糸機を導入し、これを用いて POM コアシェル繊維の試作を行い、この繊維を圓井繊維機械に導入した捲縮機、ニードルパンチ装置を用いて不織布フィルターを試作し、ユーザーに POM 製フィルターの性能評価を依頼した。長繊維紡糸法より安価にコアシェル繊維の不織布が製造出来るメルトブロー法については外部の装置を用いてコアシェル繊維を試作して性能評価を進めた。

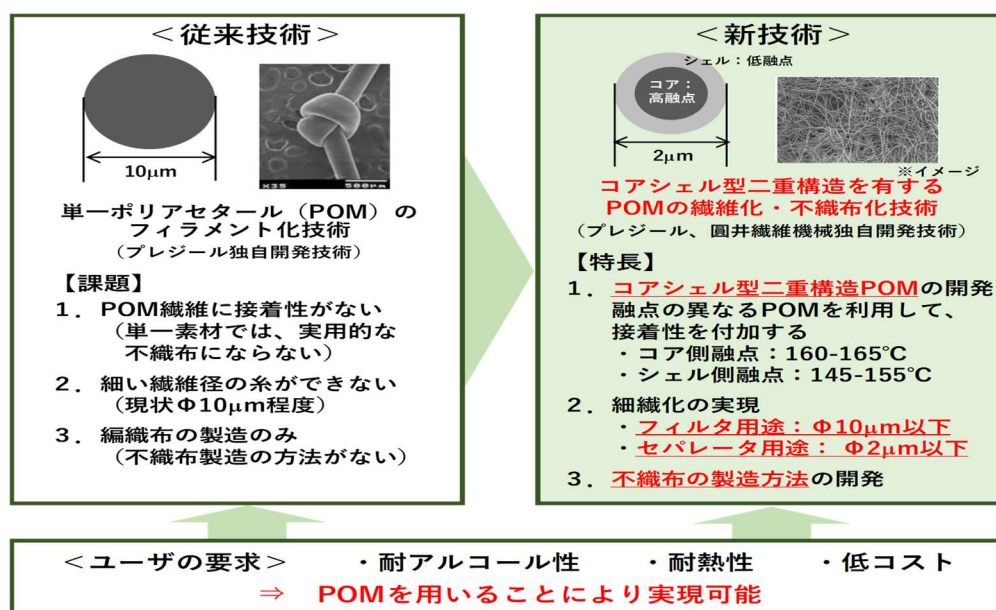


図1 研究開発概要

【公開版】

地球温暖化が進む中、省エネルギーや CO₂ 削減、エネルギー多様化への対応、石油依存度の低減等の観点から、次世代自動車は、非常に大きな役割を担っている。各国の環境規制が厳格化する中、自動車のパワートレインバリエーションは多様化が進んでおり、中でも従来のガソリンエンジンからバイオマス燃料(エタノール)混合ガソリン、HV(ハイブリッド)、EV(電気自動車)への転換が進められている。このような背景の中、プレジールではバイオエタノール混合ガソリンの車載用フィルターとして、安価で、かつ直径 5 μ m ~ 10 μ m のゴミが除去できる耐アルコール性フィルター素材として POM 樹脂製の不織布を用いることを提案して来た。

また、電気自動車(EV)やプラグイン・ハイブリッド自動車(PHEV)向けのリチウムイオン電池(LiB)では、軽量・小型で大容量というメリットがある一方、重量エネルギー密度が高く、使用されている材料の発火性や過充電による発火等の危険がある。安全性の確保という新たなテーマに対して、セパレータを必要としない固体型 LiB という技術が登場して来たが、電池の大型化が難しいという問題から、車載用に適応されるのは、さらに 10 年以上の研究開発が必要とされている。セパレータとして不織布を用いる方法は、Ni-Cd 電池や Ni-MH 電池で長年採用されている方法であるが、POM 不織布の採用事例はない。LiB のセパレータとして採用するには繊維の極細線化が必要であり、POM アロイ繊維が非常に細線化に適していることが発見され、これの適応の可否について検討した。

POM 樹脂に撥菌性や抗菌性があることは公知であり、射出成形用として水回りや水道部品に使われている。しかし従来、POM を繊維用途として用いることが無かった為に、POM 繊維の抗菌性についてこれを実用的に用いることは全く見当されていなかった。POM アロイをシェルに用いたコアシェル繊維を用いて丈夫な不織布を製造出来る事が分かり、この実用化について検討した。



図2 ガソリンフィルターの例



図3 試運転中の特斯拉EV車の発火事故



図4 抗菌性エアフィルター
(ニッタ株式会社提供)

(1-1-2)これまでの取組

株式会社プレジールは、これまでに、環境面に配慮した釣糸の開発を目的に、ポリアセタール(POM)樹脂/生分解性樹脂(PLA)アロイの繊維化に取り組んできた(中小企業庁平成 27 年度補正、ものづくり・商業・サービス新展開支援補助金により実施)。本取組により、プレジール社は POM/PLA アロイの紡糸、マルチファイバー化に成功し(単一ポリアセタール(POM)のフィラメント化技術、図 5 参照)、糸としての量産試作を行うまでの知見・ノウハウを得た。

この繊維はモノフィラメントもマルチフィラメントも単一の POM 樹脂を用いて製作しており、本件については特許出願を行っている(特願 2017-109870)。ポリアセタール樹脂が優れた耐汚染性・抗菌性を持つことから、この特性を生かした特許出願を行った。(特願 2018-32585)

この POM 樹脂の特性を生かした工業的用途として、①アルコール含有ガソリンのフィルター、②LiB 2 次電池セパレータ、③抗菌性フィルターでの採用を目標にして、POM をベースにした最適素材の開発、紡糸技術の開発、不織布製造技術の確立を行うことが本プロジェクトの目的である。



(a) POMモノフィラメント (b) POM/PLAアロイ繊維
図5 これまでに開発した POM 樹脂のフィラメント

(1-1-3)従来技術の課題

ガソリンフィルター、LiB セパレータ、抗菌性フィルターメーカー、さらにエンドユーザーの川下企業からは、耐アルコール性・耐熱性・抗菌性を保持した上で、フィルター用途としては直径 $10\mu\text{m}$ あるいはそれ以下の繊維による不織布が望ましく、LiB セパレータ用途としては $2\mu\text{m}$ あるいはそれ以下の繊維による不織布の要望がある。LiB 2 次電池については電池の薄肉化、軽量化、起電力の向上というセパレータにとっては厳しい要求があり、そのスペックの変化も早い。プレジール社は単一ポリアセタール(POM)の繊維化の技術は確立しており、POM 繊維を漁網や産業資材用途に応用する検討を行っている。

しかし単一 POM 繊維で不織布を作製する場合は、POM 繊維には接着性がないため、別途接着剤等を使用しなければ実用性のあるものが作製できない。また、現状の POM 繊維の繊維径は $10\mu\text{m}$ 程度であり、これを $2\mu\text{m}$ まで細繊維化する必要がある。さらに、POM 樹脂を用いて、これまでに編んだり織ったりする技術は開発してきたが、フィルターやセパレータに応用するためには、新たに不織布を製造開発する技術が必要である。繊維径を小さくした上で、かつ繊維同士が強固に接着することが必要である。POM 繊維には接着性がないため、単一素材では実用性のある不織布とはならない。

(1-1-4)新技術を実現するために解決すべき研究課題

本事業で取組む内容は、特定ものづくり基盤技術高度化指針の内、以下の項目に対応している。

- (九) 複合・新機能材料に係る技術に関する事項
- 1 複合・新機能材料に係る技術において達成すべき高度化目標
- (3) 川下分野横断的な共通の事項
- ① 川下製造業者等の共通の課題及びニーズ
- ア. 高機能化
- エ. 低コスト化

本事業では耐アルコール性・耐熱性に優れ、また抗菌性があり、低コストの材料であるポリアセタール(POM)樹脂を用いた不織布の開発を行う。接着剤を使用しないでも不織布作製を可能とする為に、コアシェル型二重構造を持つ POM の糸を開発する。融点の高い POM をコア材に、融点の低い POM をシェル材にすることで、不織布作製時に熱融着する際、繊維同士の接着性を高めることが可能となる。また、延伸性に優れた POM 樹脂を開発出来れば繊維径を $2\mu\text{m}$ 以下にすることが可能となり、前述の川下企業の要望をクリアすることに繋がる。

さらに、これまで POM 糸を用いた不織布は開発されていないことから、不織布の製造方法については熔融紡糸法とメルトブロー法の比較を行い、用途により最適な製法を選択する。コアシェル型二重構造 POM 糸と従来製品との性能比較を表 1、表 2 及び表 3 に示す。

表 1 バイオエタノール混合ガソリン対応フィルターとしての性能比較

		材料	耐アルコール性	コスト	長期接着性 (形状維持)
従来製品		フッ素樹脂	○	× ×	×
		ポリイミド	○	× ×	×
		ポリエステル	×	△	△
プレジール製品	従来技術	単一 POM	○	○	×
	新技術	コアシェル型 POM	○	○	○

表 2 車載用リチウムイオン二次電池用セパレータとしての性能比較

		材料	セパレータ形状	耐熱性	コスト
従来製品		ポリエチレン	微細孔フィルム	× (80℃)	×
		ポリプロピレン	微細孔フィルム	△ (100℃)	×
プレジール製品	従来技術	単一 POM	フィラメントにはできるがセパレータとして意味をなさない	○ (120℃)	× ×
	新技術	コアシェル型 POM	不織布	○ (120℃)	○

表 3 抗菌性フィルターとしての性能比較

		材料	抗菌性	耐久性	コスト
従来製品		ポリプロピレン	×	× (100℃)	○
		ポリエステル	×	△ (160℃)	○
プレジール製品	従来技術	単一 POM	○	×	○
	新技術	コアシェル型 POM	不織布	○ (120℃)	○

＜解決すべき研究課題＞

1. コアシェル型二重構造を有する POM 系の開発
2. コアシェル型二重構造 POM 系の細繊維化
 - ・フィルター用途：φ10μm 以下
 - ・セパレータ用途：φ 2μm 以下
3. コアシェル型二重構造 POM 系を用いた不織布の開発

(1-2) 研究体制

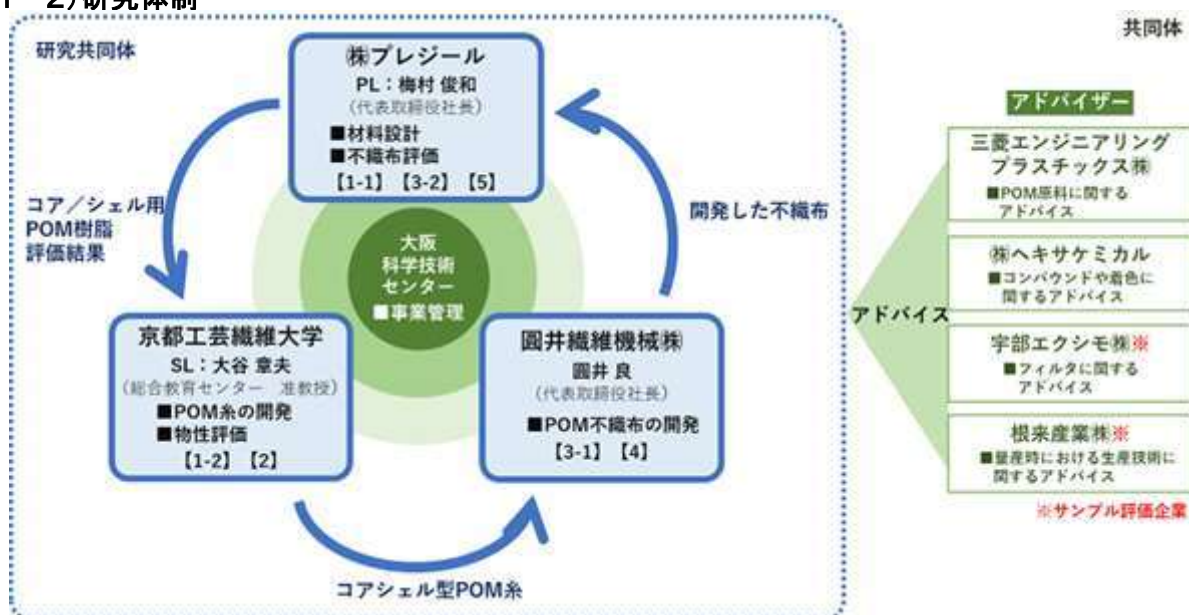


図 6 本プロジェクトの実施体制

■PL:梅村 俊和(株式会社プレジール 代表取締役社長)

研究の統括責任者であり、主に POM 材料の設計、開発したコアシェル型 POM 不織布の評価を担当する。研究開発後は販路開拓も行うことから、アドバイザー企業と意見交換を密に行い、「売れる」製品の開発を進める。

■SL:大谷 章夫(京都工芸繊維大学 繊維学系 准教授)

主にコアシェル型 POM 系の溶融紡糸と、その物性評価を担当する。ユーザーのニーズを満足する物性を実現するための評価検討を行い、POM 樹脂の組成や不織布の製造方法にフィードバックする。

■研究実施機関:圓井繊維機械株式会社

主にコアシェル型 POM 不織布の開発を担当する。自社繊維機械で製造することを想定した実施可能な製品の開発を行う。

■アドバイザー:

1) 宇部エクシモ株式会社:

耐アルコール性を有するバイオエタノール混合ガソリン対応フィルター、及びリチウム 2 次電池セパレータの素材に係る要求スペックを共同体に提供し、試作品の評価を行う。

2) 根来産業株式会社:

コアシェル型 POM 繊維の量産時における生産技術についてのアドバイスをを行う。特にメルトブロー法による POM 繊維の製造法についてアドバイスをを行う。

3) 三菱エンジニアリングプラスチックス株式会社:

POM 繊維の原料に関するアドバイスをを行う。

4) 株式会社ヘキサケミカル:

POM 樹脂のコンパウンドや着色に関するアドバイスをを行う。

(1-3) 成果概要

【1】 コアシェル型二重構造を有する POM 系の開発

【1-1】 コアシェル型二重構造繊維を形成する POM 樹脂の開発

コアシェル型の二重構造を持つ POM 系を形成する為に、コア側は融点の高い POM、シェル側は融点の低い POM あるいは POM アロイ樹脂を用い、不織布にした際、繊維同士が熱融着して接着強度が増す構造とした。コア側 POM は市販されている標準 POM で融点 160~165℃の樹脂を使うことが出来る。シェル側 POM の融点は 145~155℃であることが好ましく、用途によっては 110~155℃となるようにモノマー量を変化させるか、あるいは POM 樹脂と相溶性のある、ポリ乳酸(PLA)樹脂、ポリブチルサクシネート(PBS)樹脂、ポリウレタン(PU)樹脂とのアロイを用いる。この中では、シェルとして POM/PBS アロイを用いる事が熱融着性と繊維の延伸加工性が最も優れている。

■達成値:

- ・コア側 POM 融点:160~165℃
- ・シェル側 POM 融点:110~155℃

【1-2】 POM 樹脂の溶融紡糸の開発

コアシェル型二重構造を有する POM 系を溶融紡糸装置で紡糸する。ダイスは 2 重構造とし、融点の異なる 2 種類の POM 樹脂を同心円上に配置されたダイより溶融押出する。

■達成値:

- ・ダイのシェル内径は 450 μ m、コア 350 μ m が操作性も優れる。
- ・コアシェル厚さ比はそれぞれの断面積が 1:1 となるように設計する。

【2】 コアシェル型二重構造 POM 系の細繊維化

コアシェル型二重構造 POM 不織布を作製する為、コアシェル型二重構造 POM 系の細繊維化を行う。溶融押出しされた 2 重構造の POM 繊維を高速で巻き取り、10-20 μ m の繊維径にすることは可能である。

しかし、巻き取られた繊維には残留歪がある為に、ボビンから巻き戻しづらいなど操作上の問題がある。紡糸機に延伸機が直結されている装置であれば残留歪の問題はないが、延伸機が無い場合は、10-20 μm で製造した繊維を延伸装置を用いてオフラインで延伸することにより、2 μm 以下の繊維径にすることが好ましい。延伸機はヒーターで温めながら延伸できる機構とする。

■達成値:

- ・直径: 2 μm
- ・繊維度: 2~50DTex
- ・引張強度: 3~8cN/DTex

【3】 コアシェル型二重構造 POM 糸を用いた不織布の開発

【3-1】 熔融紡糸法による不織布の開発

延伸後のPOM糸を、捲縮、カット、開繊、ニードルパンチの工程を経て不織布とする。硬い性質のPOM糸に対して捲縮を行えるよう保温下における高圧圧縮機構とすることが好ましい。

■達成値:

- ・引張強度: 260N 以上
- ・重量: 500g/m² 以下

【3-2】 不織布の評価

コアシェル型二重構造 POM 不織布の評価を行い、川下企業の要求特性を満たしているか確認する。

■達成値:

- ・バイオエタノール混合ガソリン対応フィルター用途

耐アルコール性: 50℃の環境下で 200 時間置いた後引張強度: 初期値 (260N 以上) の 80%以上を保持できる。濾過精度についてはユーザー側で検証する予定。

- ・車載用リチウムイオン二次電池用セパレータ用途

耐熱性などの目標は達成したが、不織布の細孔径、及び厚みの要求値が変化した。即ち、細孔径は 1 μm → 100nm、厚みは 30-40 μm → 10-15 μm となり、不織布型のセパレータの採用の可能性は困難となった。

- ・安全衛生用途の抗菌性フィルター

JIS L1902:2015 菌液吸収法試験で抗菌活性値「A」2.0 以上を達成し、抗菌剤を用いなくても優れた抗菌性を有することが明らかになり、医療用途に大きな需要が見込まれる。

- ・膜分離活性汚泥法 (MBR 法: Membrane Bio Reactor) 用フィルター

耐塩水性: 室温で 1000 時間、8%塩水に浸漬した後の形状変化なし。

引張強度: 初期値 (260N 以上) の 80%以上を保持

これらの結果から MBR フィルター (支持体) として優れた性質を持つことが明らかであるが、既存のポリエステル不織布とのコスト差が問題となる。

【4】 メルトブロー法による POM 不織布の開発

メルトブロー法は熔融した樹脂を糸状に吹き出し、繊維の塊を形成し、綿あめのように絡み取って不織布を作製する方法である。外部のメルトブロー装置を用いて POM 樹脂のメルトブローを試みた。コアシェル繊維では無く、単層の繊維では POM の綿を製造できる条件が明らかとなった。コアシェル型メルトブロー装置を有するメーカーでも試作を予定しているがサポイン期間終了後となる。

■達成値:

- ・引張強度: 260N 以上 (熔融押出法では確認済、メルトブロー法コアシェル繊維の試作は 4 月予定)
- ・重量: 500g/m² 以下

【5】 熔融紡糸法とメルトブロー法の比較と選択

【3】及び【4】で開発した不織布作製方法はそれぞれ強みが異なる。小さい繊維径でかつ繊維径分布が非常に狭いスペックが要求されるガソリンフィルター用途や車載用リチウムイオン二次電池用セパレータ

【公開版】

用途では、熔融紡糸法が適していると考えられる。一方、繊維径分布がある程度広くても良い抗菌性フィルター用途であれば、低コストの強みがあるメルトブロー法が適している。その他の川下候補企業に対しては、製品への要求精度と製造コストの観点から、熔融紡糸法とメルトブロー法の比較分析を行い、最適な作製方法を選択する。

■達成値：

- ・製品に対する最適製造法の確認が出来た。

(1-4) 当該研究開発の連絡窓口

株式会社プレジール
〒561-0832 大阪府豊中市庄内西町1丁目1-8
電話：06-6333-1150 代表取締役社長 梅村俊和
Mail: toshikazu_plaisir@a.zaq.jp

第2章 本論

(2-1) 導入した機器設備

表-4 本プロジェクトで導入した機器

番号	導入装置		
1	コアシェル型溶融紡糸装置（京都工芸繊維大学） 導入した時期:2017 年度		
		導入 目的	POM 樹脂のコアシェル型繊維を製造するために導入した。
		活用 状況	溶融紡糸試験実施 溶融温度の異なる樹脂を用い、溶融紡糸試験を実施した。
2	捲縮機（圓井繊維機械株式会社） 導入した時期:2017 年度		
		導入 目的	繊維を捲縮させることにより、ニードルパンチング加工時に繊維同士の絡み具合を向上させる必要があり、ニードルパンチング加工の準備期として導入した。
		活用 状況	POM 繊維の捲縮実験実施 送りローラー、出口ランプ圧力、蒸気噴霧量を調整し、捲縮度合いの最適化実験を実施した。
3	ニードルパンチングマシン（圓井繊維機械株式会社） 導入した時期:2017 年度		
		導入 目的	綿状の繊維をフェルト状に加工するための設備として導入した。
		活用 状況	POM 繊維の不織布試作 POM 繊維をニット及び捲縮機でクリンプをつけた繊維とメルトブローシートを加工し、不織布でき映え状態の比較実験を実施した。

番号	導入装置		
4	繊維巻き取り装置(京都工芸繊維大学) 導入した時期 2018 年度		
		導入 目的	POM 樹脂のコアシェル型繊維の細繊維化と 運転の省力化の為に設置
5	コアシェル紡糸機紡糸ノズル及びダイブロックの変更(京都工芸繊維大学) 導入した時期 2019 年度		
		導入 目的	POM 樹脂のコアシェル型繊維の細繊維化と 運転の省力化の為に設置
		活用 状況	コアシェル型二重構造 POM 糸の細繊維化 (【2】)ダイス孔径を 400→350mm に変更し た。 このダイを取り付ける為のダイブロックも 同時に変更した。

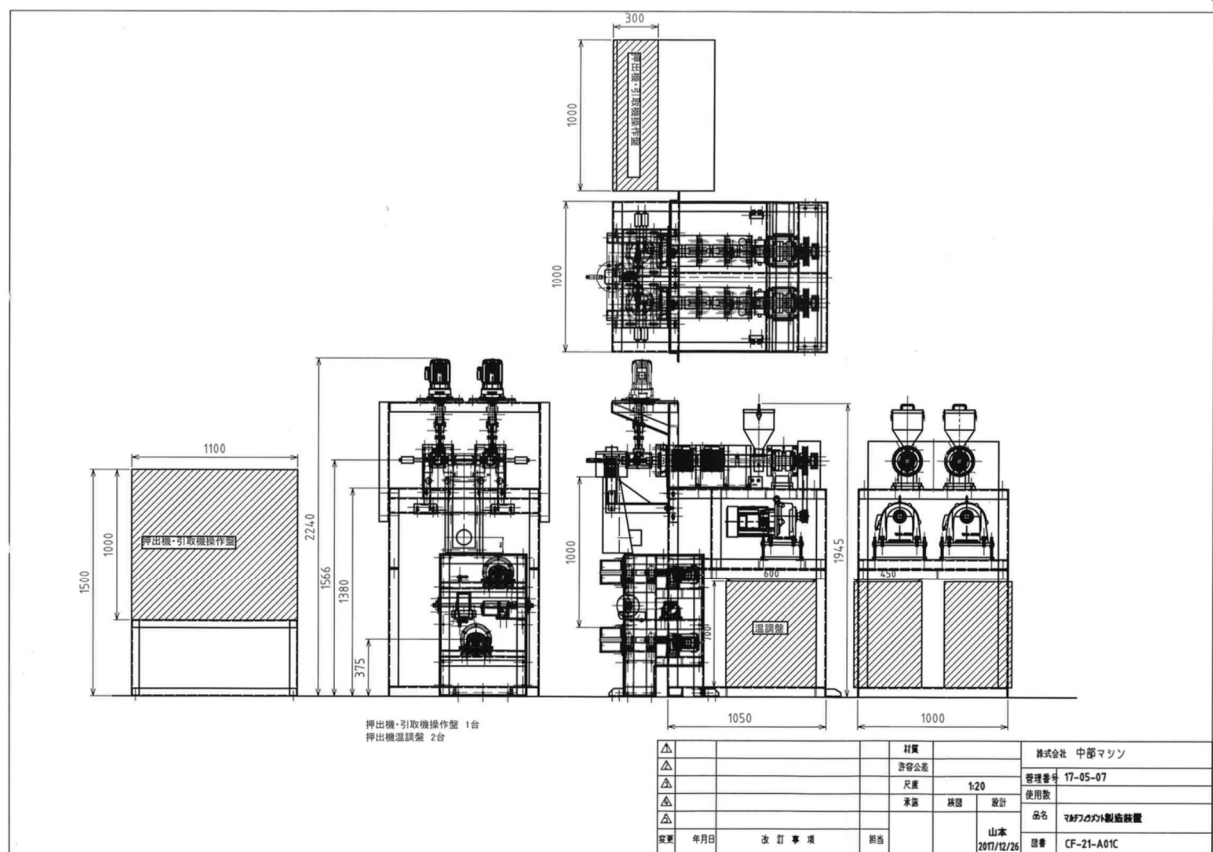


図-7 コアシェル紡糸機外観図

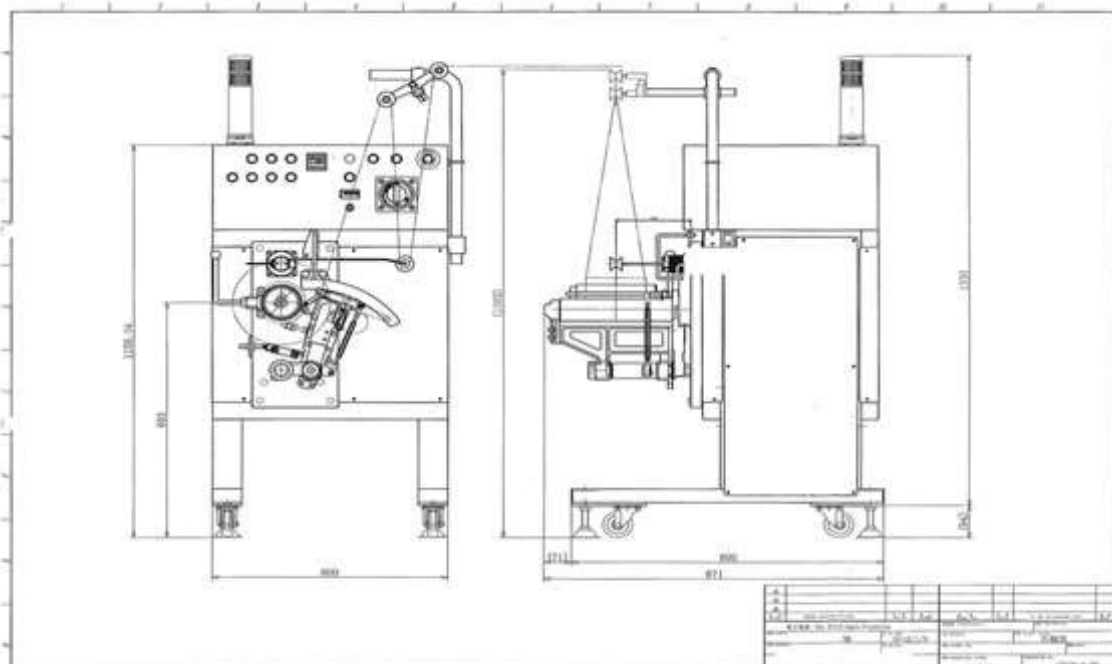


図-8 巻き取り機

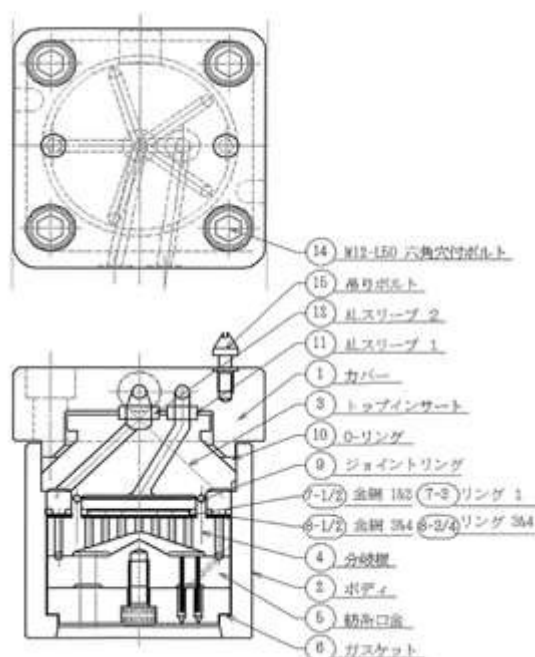


図-9 コアシェル紡糸機ダイのノズルパック

(2-2)補助事業の具体的実施内容と成果及び効果

(2-2-1) コアシェル型二重構造を形成する POM 樹脂の開発

本事業では、コア材に融点の高い POM、シェル材に融点の低い POM を組合せたコアシェル型の二重構造を有する POM 糸を開発する。これにより、不織布を作製時に融点の低いシェル側 POM が熱融着し、隣合う繊維との接着強度を高めることができ、接着材不要の不織布とすることが可能となる。その為に、先ず融点の異なる 2 種類の POM 樹脂を開発する必要がある。POM の融点を変化させる方法には以下の 2 つの手法がある。まず①モノマーの量を変化させる方法。②POM と相溶性の良い樹脂を混合してポリマーアロイを形成する二つである。三菱エンジニアリングプラスチックス社は世界で唯一モノマー量が 1% から 15% に変化させた POM 樹脂を製造販売している。この事によって融点が 150℃ から 171℃ の幅を持った POM 樹脂を入手できる。

また融点の問題に加えて POM 繊維を延伸して最終的に 2.0 μm 以下の太さの繊維を得るには、引張伸びが大幅に向上する配合組成を見出す必要がある。標準 POM 単独の場合、延伸倍率が 10~15 程度で破断が生じる。一方、POM とポリ乳酸 (PLA)、ポリブチルサクシネート (PBS)、ポリウレタン (PU) とポリマーアロイにすることにより、延伸倍率を 15 以上に出来ることを見出した。図-10 にあるように POM: 60~70%、PLA: 30~40% のポリマーアロイは非常に高い延伸性を与える。またこの構造解析を実施し、融点 (T_m)、ガラス転移点 (T_g) の変化、結晶化度 (結晶化速度)、球晶 (球晶成長過程) の解析を行った。これらの樹脂組成物から作製した繊維を用いて、100~200 時間の高温多湿環境 (50℃、50%RH) で行った耐久試験結果から、POM 及び POM アロイの繊維が実用に耐える組成物であることが分かった。

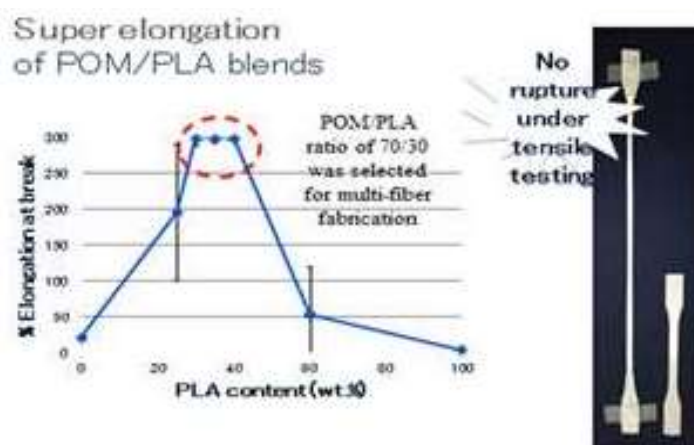
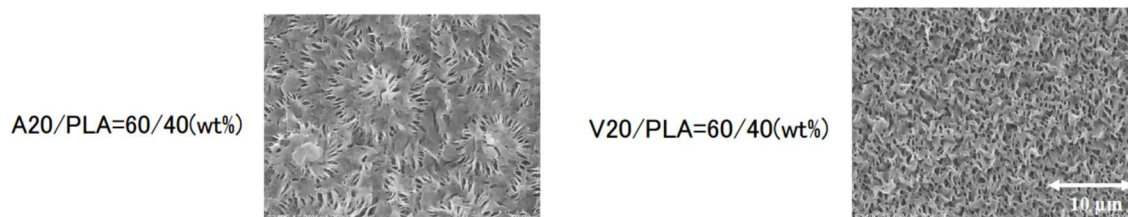


図-10 POM/PLA アロイの引張り伸び

また POM 繊維の特性として、直線強度はナイロンやポリエステルと同等であるが、結び目の強度、即ち結節強度が低いという特性がある。不織布では繊維の絡み合い、即ち結節部の強度も重要である。POM/PLA のアロイについては、等温結晶化によって結晶を拡大し、SEM 観察した結果、POM と PLA 結晶がお互いに侵入して結晶化した非常に特殊な構造の結晶を作ることが明らかになった。結晶成長の過程をより明確にするため、DSC を用いて等温結晶化実験を行うなどポリマーの基礎物性を明らかにすることにより、POM 繊維開発における信頼性の向上に努めた。



A20: 三菱エンジニアリングプラスチック製ポリアセタール高剛性グレード
 V20: 三菱エンジニアリングプラスチック製ポリアセタール柔軟性グレード
 PLA: ユニチカ製テラマック TP4000

図-11 POM/PLA アロイの結晶 SEM 写真

コアとシェルに各々どのような材料を選定するかは、紡糸時の製造安定性(発泡やヤケの発生で断線が起きない事)、延伸性(2 μ m 以下の細い繊維が作れる)、コストなどの実用的な判断を必要とする。コアを標準 POM に固定し、シェルを①コモノマーの量を増やした軟質 POM、②POM と相溶性の良い樹脂を混合したポリマーアロイの各々について検討した。これらを用いた不織布の熱融着性試験を実施した。

表-5 不織布熱融着試験

コア	シェル	温度(°C)	加熱時間(分)	引張強度(N)
F20-03	POM/PLA(70/30)	160	120	45
F20-03	POM/PLA(50/50)	160	120	35
F20-03	POM/PLA(30/70)	160	120	25
F20-03	V20-HE(軟質 POM)	160	120	115
F20-03	POM/PBS(90/10)	160	120	125
F20-03	POM/PBS(70/30)	160	120	180
F20-03	POM/PBS(50/50)	160	120	150

この結果、シェルに POM/PBS アロイを用いたコアシェル繊維が最も熱融着性が優れていることが分かった。POM/PBS アロイをシェルに用いたコアシェルにほぼ材料を絞り、これの量産試作を行ってユーザー（ガソリンフィルター、抗菌性フィルター）へのサンプル提供の準備を進めた。また安定した品質と量産性の確保には紡糸中の熱分解による糸切れを防ぐ為に、安定剤としてイミド系のジシクロヘキシルカルボジイミド、N,N ジイソプロピルカルボジイミド、また 1-エチル-3-(3-ジメチルアミノプロピル)カルボジイミド塩酸塩のグアナミンの 3 種類を検討した。いずれも紡糸状態はかなり安定していたが、1 時間の連続紡糸において 3~4 回程度の繊維切断が発生し、安定剤としてはイミド系が優れると判断した。

また POM アロイ繊維の抗菌性がある事が想定されるので、一般財団法人ニッセンケン品質評価センターで JIS L1902 による抗菌性試験を行った。具体的には菌液吸収法（定量試験）を実施し、試験菌種は、1. 黄色ぶどう球菌、2. 大腸菌を用いた。対照試料としては標準綿布を用い、試験前にオートクレーブ滅菌を行って試験した。この結果、POM 不織布が高い抗菌性を有することが証明された。抗菌剤を用いる必要がない POM アロイ繊維の抗菌性については、衛生用フィルターとしてユーザーから大きな期待が寄せられている。

表-6 POM 布（不織布含む）の抗菌性試験結果（ニッセンケン）

<試験菌液>

試験菌		1 又は 2
接種菌濃度	(CFU/ml)	2.4×10^5

<試験結果>

菌 種	区 分	生菌数の対数値	3 検体の最大最小差	増殖値「F」
1	標準綿布	接種直後	LogCo 4.67	0.11
		18Hr 後	LogCt 7.09	0.23
2	標準綿布	接種直後	LogCo 4.52	0.02
		18Hr 後	LogCt 7.39	0.23

$$「F」= \text{LogCt} - \text{LogCo}$$

<対象試料>

菌 種	区 分	生菌数の対数値	3 検体の最大最小差	抗菌活性値「A」
1	POM 不織布	接種直後	LogCo 4.47	0.04
		18Hr 後	LogCt 1.30	0
2	POM 不織布	接種直後	LogCo 4.42	0.006
		18Hr 後	LogCt 1.30	0
1	POM/PBS 不織布	接種直後	LogCo 4.48	0.17
		18Hr 後	LogCt 1.30	0
2	POM/PBS 不織布	接種直後	LogCo 4.41	0.17
		18Hr 後	LogCt 1.30	0

$$「A」= (\text{LogCt} - \text{LogCo}) - (\text{LogTt} - \text{LogT0})$$

表-6 に示した様に POM/PBS コアシェル繊維を用いた不織布は抗菌活性値[A] ≥ 2.0 となり、優れた抗菌効果がある事が分かった。抗菌剤を用いなくても抗菌性を有することは POM 繊維の大きなメリットである。

尚、抗ウィルス性についても JIS L1922:2016 プラーク測定法で試験ウィルス Influenza A virus 及び Feline calicivirus、stainF-9 を用いて試験を実施しているが効果は見られなかった。この理由としてウィルスが $1 \mu\text{m}$ 以下の大きさであるのに対し、POM 繊維が $2 \sim 10 \mu\text{m}$ の太さであるために、ウィルスが捕

集出来ていない可能性もあり、試験法の見直しが必要である。

また POM の抗菌性が水中ではバイオフィウリングの防止に効果があるのではないかと考えて、神戸大学の協力を得て連続 30 日の流通テストを行ったところ、従来のポリエステル不織布に比べて改善が見られた。これらの用途についても繊維径を $10\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $5\mu\text{m}$ 程度にする必要がある為、延伸性に優れた POM/PBS アロイをシェルに用いたコアシェル繊維が有用と考えられる。

さらに抗菌性フィルターのユーザーから用途に応じて色でフィルターを判別する必要がある、POM 繊維の染色性の向上を求められた。これについては山田晒染工業の協力を得て、POM 繊維の染色法を開発した。

POM コアシェル繊維は、ガソリンフィルター用途、LiB セパレータ用途、抗菌性フィルター用途に提供した。これらの用途に応じて最適な製造プロセスを選ぶ必要がある、熔融紡糸法とメルトブロー法の比較を行った。

(2-2-2) POM 樹脂の熔融紡糸の開発

平成30年2月末に京都工芸繊維大学へコアシェル型繊維の紡糸装置が導入され、同年4月より本格的なコアシェル繊維の試作を開始した。まず始めはシェルに軟質 POM 樹脂(三菱エンジニアリングプラスチックス製ユピタール V20-HE)を用い、コアに標準 POM 樹脂を用い、コアの POM 樹脂の流動性を変化させて、最も紡糸運転が安定で細いコアシェル繊維試作が可能であるコアの流動性最適値を検討した。この結果、コア樹脂に流れ値(MFR)が 9.0 g/10Min. の三菱エンジニアリングプラスチックス製ユピタール F20-02 を選定した。このシェルとコア樹脂の組み合わせで最適運転条件を探索し、押し出し樹脂温度、ギアポンプ回転数、巻き取り機回転数などを決め、繊維径が約 $10\sim 15\mu\text{m}$ のコアシェル繊維が試作可能となった。

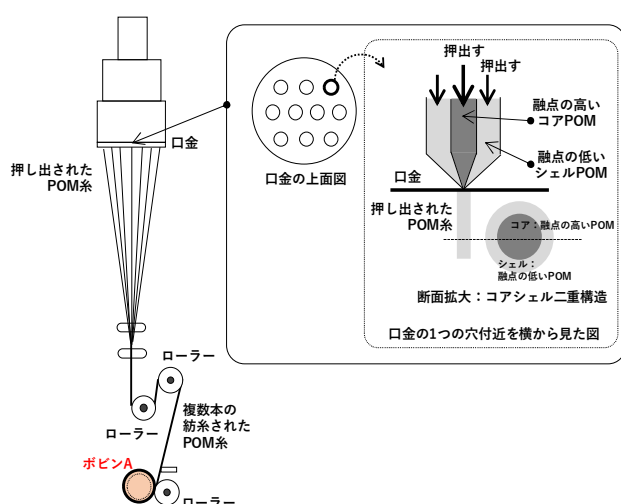


図-12 熔融紡糸法によるコアシェル型二重構造 POM 糸の紡糸(模式図)



図-13 コアシエル型紡糸機とギアポンプ

さらに繊維の細繊維化を目指して高延伸可能な樹脂組成を見出す為に、POM 樹脂と PLA(ポリ乳酸)樹脂のアロイ、POM/PBS(ポリブチルサクシネート)樹脂アロイ、POM/PU(ポリウレタン)樹脂アロイの紡糸を行った。これらの樹脂は標準 POM 樹脂に対して 5～50℃融点が低い為に、シェルに用いることにより良好な熱溶着性を示した。

コアシエルの厚さの最適化について、コアシエル断面積が同等であることが安定した紡糸条件であることが分かった。但し、繊維のコストダウンを考えるとシェルが薄いことが経済性には好ましいと考えられるので、将来の量産試作時の課題とする。

また紡糸したコアシエル繊維についてはまずきちんとコアシエル構造になっているかを、示差熱量計(DSC)あるいは走査型電子顕微鏡(SEM)で確認した。また得られたコアシエル繊維の繊維径については画像解析装置で約 1000 本の繊維径を調べ、平均径を求めた。(図 14～図 16)

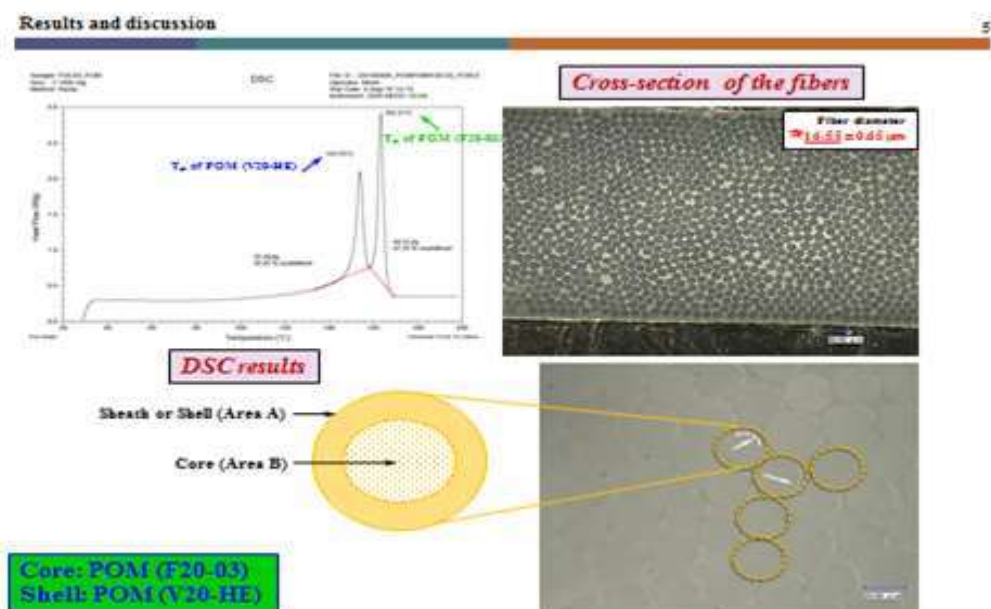


図-14 標準 POM コア/軟質 POM をシェルに用いたコアシエル繊維

Core: POM (F20-03)

Shell: POM70/PLA30(MI=13.5)

****Diameter of fibers: 13.90**

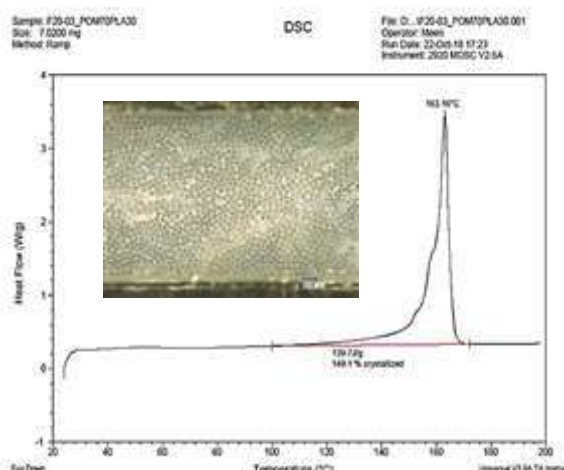
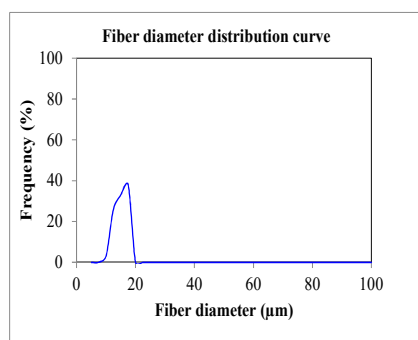


図-15 POM/PLA アロイをシェルに用いたコアシェル繊維

Core: POM (F20-03)

Sheath: POM90/PBS10(MI=23.5)

Diameter of fibers: 22.25

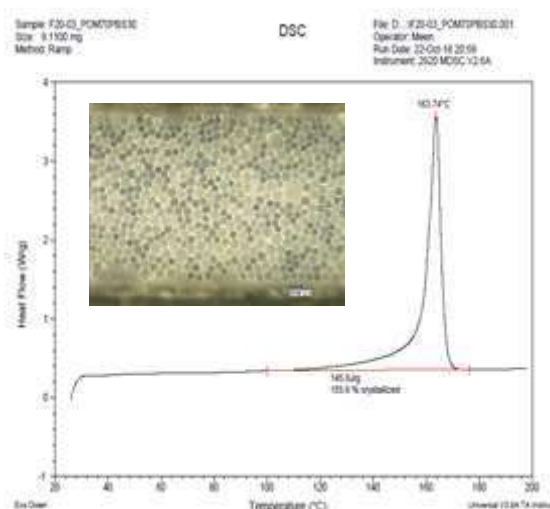
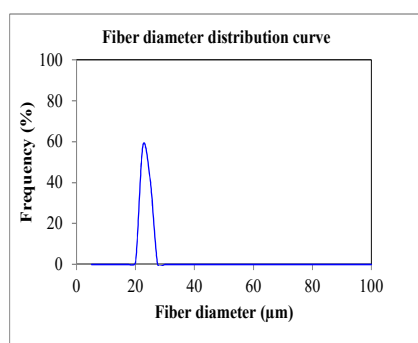


図-16 POM/PBS アロイをシェルに用いたコアシェル繊維

(2-2-3) コアシェル型二重構造 POM 系の細繊維化

抗菌性フィルターやセパレータ、MBR 支持体用の不織布の開発するためには、POM 系を極細にする必要がある。これまでの開発では単一 POM の繊維径が $10\mu\text{m}$ 程度であり、これを $2\mu\text{m}$ 以下にする為の技術開発を要する。京都工芸繊維大学に導入した紡糸機には延伸機が無いので、外部の延伸機を用いて、コアシェル型二重構造 POM 系の細繊維化を目的に、図-17に示すように延伸装置を用いる方法を試みた。

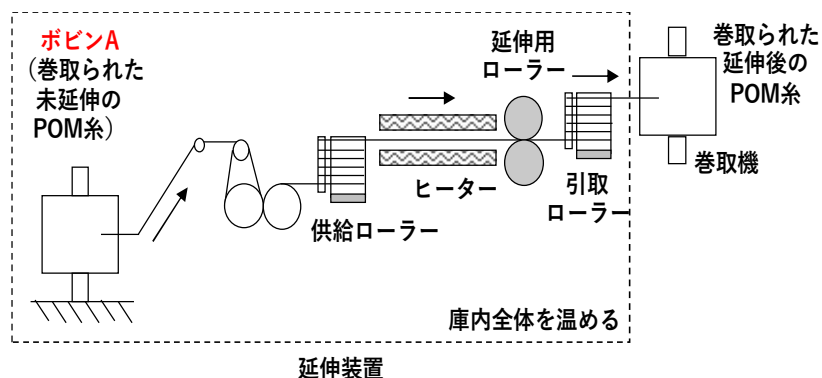


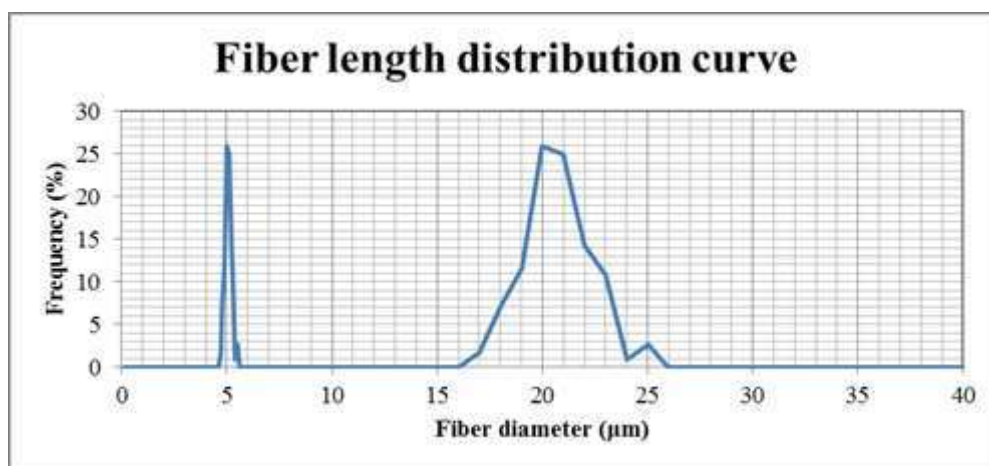
図-17 コアシェル型二重構造 POM 系の延伸(模式図)



図-18 岐阜県産業技術総合センターの加熱式延伸装置

京都工芸繊維大学の紡糸機で繊維径 15 から 25 μm のコアシェル繊維を作り、これを 5 μm 以下に細くすることを試みた。延伸は岐阜県産業技術総合センターの加熱式延伸装置によって行った。延伸は繊維径が約 20 μm のコアシェル繊維を持ち込み、まず 3 倍延伸し、これを一旦巻き取った後に再度 3 倍延伸した。延伸率は供給ローラーと引取りローラーの回転数差によって調節できる。この両ローラーの間には電気ヒーターにより加熱できる金属板があり、POM 繊維はこの金属板に接触させながら巻き取られる。

金属板の温度を 120 $^{\circ}\text{C}$ に設定して延伸を行った。図-19 に延伸前後の繊維径を示す。延伸後は約 5 μm の繊維径となっているが、目標の 2 μm 以下にはまだ達していない。これ以上の延伸倍率を取ると繊維が破断する為に熱板温度の調整が必要であるが、連続試験では最適温度を見つけるのが困難であったので、5 μm の繊維径のものを一旦、京都工芸繊維大学に持ち帰りバッチ法でさらなる延伸を行った。



延伸後

延伸前

図-19 POM/PBS アロイ繊維の延伸結果

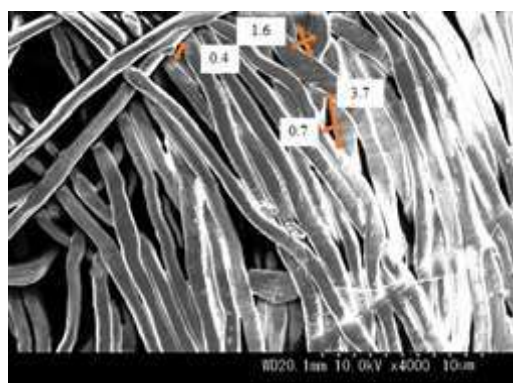
【公開版】



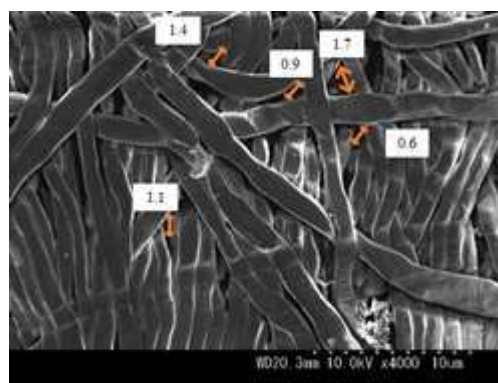
図-20 POM 繊維の延伸実験

POM/PBS をシェルに用いて、繊維径を約 $5\mu\text{m}$ まで延伸した繊維をボビンに巻き取り、室温でゆっくり引いて延伸することが出来た。延伸倍率は繊維の移動距離から推定し、延伸前後の繊維径をマイクロメーターで測定した。このようなバッチ方式で $1\sim 2\mu\text{m}$ の繊維径の POM コアシェル繊維を得た。

これをピンセットでシャーレの中でかき混ぜ 150°C に加熱したアルミ板に挟み、 20Kg の荷重をかけて 10 分圧縮し不織布を製造した。この不織布を SEM で観察した



SEM 画像（表）



同左（裏）

図-21 POM 極細繊維不織布 SEM 画像

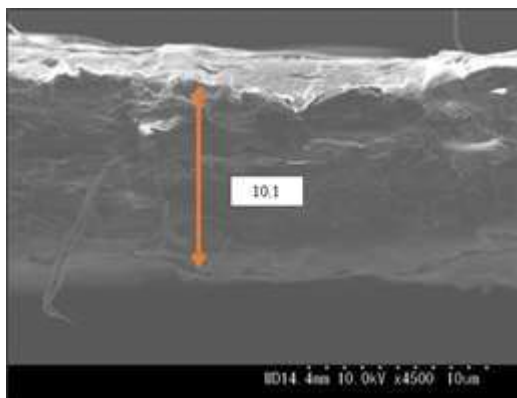


図-22 POM 極細繊維不織布厚み方向 SEM 画像

POM/PBS アロイをシェルに用いた POM コアシェル繊維を $1\sim 2\mu\text{m}$ に延伸することは可能であった。これを厚さ $10\mu\text{m}$ の不織布にした時には、細孔は繊維径近くの $1\sim 2\mu\text{m}$ となり、現在 LiB セパレータに要求されている 100nm の孔径にすることは困難であるとの結論となった。

(2-2-4) コアシェル型二重構造 POM 糸を用いた不織布の開発

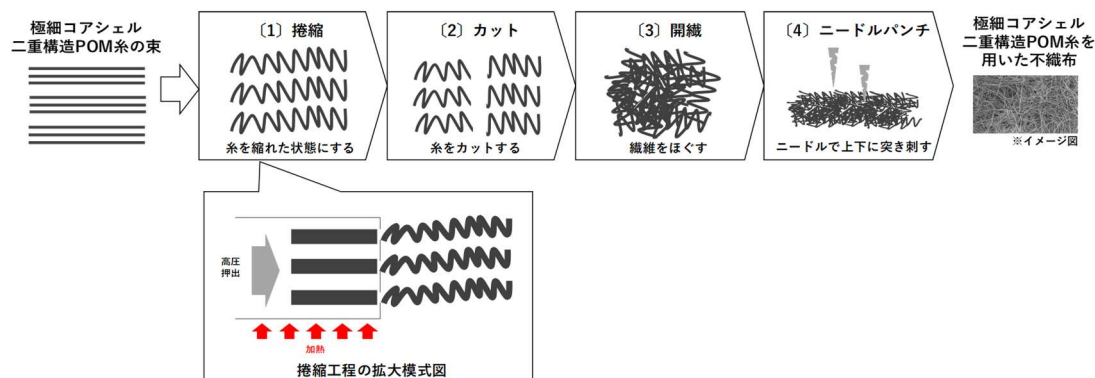


図-23 不織布の作製工程(模式図)

前述の(2-2-3)で作製した極細コアシェル型 POM 糸を用いて、不織布を作製する。図-23 に不織布の作製工程を示す。延伸した糸を〔1〕捲縮し、〔2〕適当な長さにカットし、〔3〕開繊を行い、〔4〕ニードルパンチ法により不織布を形成する。〔2〕から〔4〕は一般的な不織布作製工程と同じ手法を取るが、本項目のポイントは〔1〕捲縮工程である。ニードルパンチ法により不織布を形成するためには、捲縮すなわち縮れた糸の状態にすることが重要である。前述のように、POM 樹脂はポリエチレン等の樹脂よりも硬い為、糸としても硬い性質を持つ。この捲縮工程が不織布を用いた最終製品の精度にも影響を与える為、如何に捲縮度を高めることができるかがポイントとなる。本工程では、糸の押出し機構をヒーターで保温できるように改良し、押出し圧力、温める温度と時間を調整して捲縮度との相関関係を見出すことを試みた。

まず単一POM繊維を用いて、これを捲縮させるために組紐や編み物に加工し、それを解いてカットしたものを材料として、ミシン型簡易ニードルパンチングマシンを用いて不織布を試作した。その結果、組紐では捲縮度が弱くうまく不織布に加工できなかったが、編み物では繊維がループ状に縮れており、繊維同士が良く絡まることによって不織布を形成することができることが分かった。これらをアイロンにて熱圧縮したが、中低温では繊維間の溶着力が不十分で、高温では繊維全体が溶着してしまうため、単一POM繊維では不織布の形成が困難であることが実証された。

捲縮機(図 23)導入後は、81 本に収束させた POM 繊維を捲縮機に投入し、繊維束のクリンプ度合いに影響を及ぼすファクターである、蒸気量・送りローラー間圧・出口クランプ圧力の設定条件を変更して実験を行い、クリンプ度合いに与える影響を調査した。蒸気量の影響度は顕著に表れなかったが、送りローラー圧と出口クランプ圧は高圧にするほどクリンプ度合いが高くなる傾向にあることが分かった。



図-23 導入した捲縮機を用いた実験の様子

ニードルパンチングマシン(図-24)を用いた実験では、加工前の綿繊維の状態の違いが不織布のでき

映えに与える影響を確認するため、メルトブローで試作したシート、ニット加工でクリンプをつけた繊維、捲縮機でクリンプをつけた繊維に対してニードルパンチングを施し、不織布のでき映えを評価した。その結果、メルトブローシートは極薄のため 5 枚積層し、さらにそれを二つ折りにしてニードルパンチング加工したところ、全体的にムラのない外観上均一な品質の不織布を形成することができた。ニットでクリンプをつけた繊維では、一回のニードルパンチング加工でも密度の濃淡は認められるものの、繊維同士の絡みつきが捲縮機で加工した不織布よりも強くなっていることが確認された。これは捲縮機による加工では、クリンプのバラツキやクリンプされていない繊維が多数混在するため、不織布形成時に繊維同士の絡みが不足しているものと考えられる。



図-24 導入したニードルパンチングマシンを用いた実験の様子

以上のことから、捲縮時の繊維の状態とニードルパンチング加工時の繊維の均一性及び繊維間の融着が、高品質な不織布を作製するための要点であることが分かった。

POM 樹脂はポリエチレン等の樹脂よりも硬い為、糸としても硬い性質を持つ。この捲縮工程が不織布を用いた最終製品の精度にも影響を与える為、如何に捲縮度を高めることができるかがポイントとなる。試作した繊維を捲縮機へ投入する際は、繊維を収束し、束状にして捲縮機に投入する必要がある。繊維径が繊維細化したことで、従来の収束方法、即ち紡糸してボビンへ巻き取った繊維を小ボビンへ小分けし、収束して再度巻き取る方法では、繊維が分散し切断することが相次いだ。そこで、大径のカセを用い、その周囲を約 400 回巻き付けることで、繊維の分散を低減させる事が出来、繊維切れのない収束を実現することに成功した。10 μm 以下のさらなる繊維細化が進むことにより、新たな条件設定の模索が必要になると考えられる。

京都工芸繊維大学に設置されている開繊機(カーディングマシン)を用いて捲縮後の繊維の開繊実験を実施した。開繊機は、捲縮機によってクリンプし絡み合った繊維を数千本の針がついた複数のローラーに通すことにより、繊維を均一に分散させる役割を担う。ニードルパンチング加工後の不織布の目付(単位面積あたりの重量)はほぼ捲縮条件によって決定する。これの調整により、目付重量は容易に調整できる。また重量と不織布の引張り強度は比例しており、これも目付量で調整可能であることが分かった。目付量は例えばガソリンフィルターでは基本的には JIS 規格で規定されている。

当初、捲縮後の開繊綿をニードルパンチング加工することによって、良好な不織布が得られていたが、繊維の繊維細化により径が15 μm を下回ると、ニードルパンチングマシンの針が、不織布成形中に切損するという問題が発生した。この原因が、繊維径の繊維細化、樹脂滑剤油使用の有無等の紡糸条件またはニードルパンチングマシンの機械的不具合のいずれに起因するものなのかを検証するため、針が切損したものと同一の不織布を用いて、不織布メーカー(株)ツジトミのニードルパンチングマシンでクロスチェックを実施し、意見交換を行った。繊維径の繊維細化により捲縮後の繊維のクリンプ箇所が増大するとともに針に接する繊維の表面積が増大し、繊維と針間の摩擦抵抗力が増大した結果、針が折損したものと

推察された。

繊維径の繊維細化が進むことにより、捲縮機の設定条件およびニードルパンチング加工で使用する針の選定、POM 繊維表層の潤滑が重要ポイントであることが明らかになった。

具体的には先ず熔融紡糸された繊維を100本引き揃えた繊維束を作成し捲縮機に投入し、捲縮機では、投入前に蒸気で繊維を予備加熱しチャンバー内に繊維を押し込みチャンバー出口ゲートの圧力を超えた繊維が捲縮された状態となって排出される仕組みになっている。繊維の収束行程では、各繊維の張力を均等に巻き取る事が重要であり熔融紡糸時の繊維巻取状態の良否によって大きく影響を受けることが判明した。予備加熱の蒸気圧は、0.2MPa、チャンバー出口ゲートクランプ圧力は 0.45MPa とし、捲縮度合いの最適化を図った。

開織行程は、当初京都工芸繊維大学所有および岐阜県産業技術総合センターの開織機を利用して開織加工を実施したが、カーディングニードルが粗いため30 μ 以下の繊維を使用した際には繊維束がきれいに開織することが出来ず、完成した不織布が不均一な状態になった。そのためより細かいカーディングニードルを備えた金井重要工業株式会社の開織機を借用し、開織を実施した。その結果、17 μ m以下の繊維の開織が可能となった。

ニードルパンチング行程では、開織された繊維のウェブを積層して加工を実施したが、フィードローラーを使用した場合、ニードルパンチ加工時に繊維に引張張力が付与されるため出来上がった不織布に針筋が目立つことが判った。そのためニードルパンチ加工時には、フィードローラーは使用せずデリベリローラーのみで加工することにより均一な不織布を得ることが可能となった。



カットした繊維



カーディング後のウェブ



得られた不織布

図-25 開織機による不織布の製造

紡糸したコアシェル繊維をカーディング機で開織し、得られた綿を熱風乾燥機の中にガラスプレートで挟んで加熱し、取り出してから巾 20mm×長さ 60mm×厚み 1.5mm の短冊形状に切り出して、引張り試験機で強度を測定した。結果を表-7に示した。シェルに POM/PBS=70/30 アロイを用いたコアシェル繊維が高い引張り強度を示した。

表-7 不織布熱融着試験(開織後)

コア	シェル	温度(°C)	加熱時間(分)	引張強度(N)
F20-03	POM/PBS (90/10)	160	60	140
F20-03	POM/PBS (70/30)	160	60	180
F20-03	POM/PBS (50/50)	160	60	130
F20-03	POM/PBS (90/10)	160	30	125
F20-03	POM/PBS (70/30)	160	30	155
F20-03	POM/PBS (50/50)	160	30	145
F20-03	POM/PU (90/10)	140	30	45
F20-03	POM/PU (90/10)	160	30	80
F20-03	POM/PU (70/30)	160	30	100
F20-03	POM/PA エラストマー (90/10)	140	30	105
F20-03	POM/PA エラストマー (90/10)	160	30	125
F20-03	POM/ポリエステル エラストマー (90/10)	140	30	30
F20-03	POM/ポリエステル エラストマー (90/10)	160	30	30

不織布重量 200g/m² 長さ 40mm 巾 25.4mm (測定枚数 5 枚平均値)

(2-2-5) メルトブロー法による POM 不織布の開発

溶融紡糸法は、正確な繊維径制御するには好ましい紡糸法であるが、よりコスト競争力のある方法としてメルトブロー法についても検討を行った。メルトブロー法は、図 26 に示すように、押出機のダイスから押し出した樹脂を高温・高速の空気流で吹き飛ばしてこれを巻き取り、不織布を作製する方法である。溶融紡糸法では、シェル材が薄く、より均一な繊維度の糸が製造できるが、紡糸と不織布作製の 2 工程が必要となる。一方、メルトブロー法ではコアシェル型極細繊維の紡糸と不織布の形成を 1 工程で完結できる為、製造コストの低減が見込まれる。機械的な延伸を行わない為、一段で繊維径を 2 μm に細繊維化できるかが課題であるが、目標繊維径が 10 μm 程度であればメルトブロー法で作製ができる可能性が見込まれる。

メルトブロー法においても、融点の異なる 2 種類の POM を押出せるように二重ノズルのダイを有する装置が必要であるが、特殊な装置であり特定のメーカーのみが所有しており、しかも実用機なので簡単に実験することが出来ない。従って、コアシェル型ではないが、単層のメルトブロー装置を用いて樹脂の押出圧力・加熱温度・加熱時間、捲縮と開織の度合に影響する空気流の温度、速さ等の影響を調べる為に

外部の単層メルトブロー装置を用いて基礎的なデータを採取した。

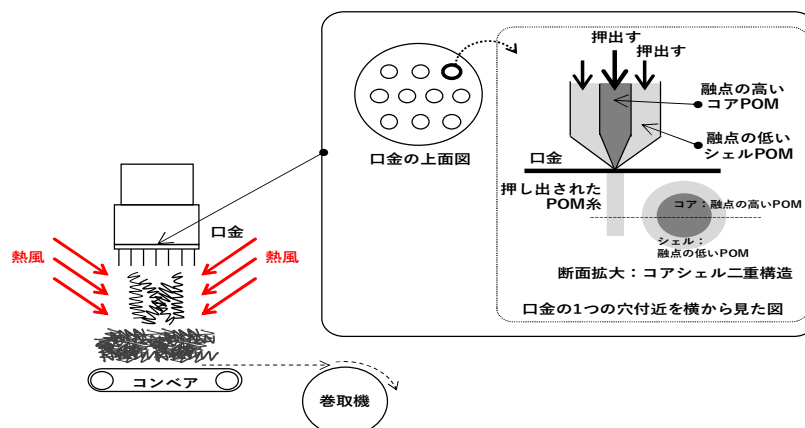


図-26 メルトブロー法におけるコアシェル POM 型不織布の作成

メルトブローの試作は当該プロジェクトアドバイザー所有の装置および日本ノズル株式会社の装置を借りて実施した。また岐阜県産業技術研究所でも実施している。メルトブロー装置は種々の型式があり、特にコレクターの形式が異なる。当該プロジェクトアドバイザーの装置は実験装置でコレクターは回転式の金網ドラムで、ダイスから金網間の距離が 100 から 150cm と広く、その分、細い繊維が得られるが繊維の捕集効率は極めて低い。日本ノズル及び岐阜県産業技術研究所のコレクターはキャタピラーの様に金網が回転して繊維を捕集する形式であるが、ダイと金網の距離は近く、細い繊維の製造が難しい。

当該プロジェクトアドバイザー所有の簡易型のメルトブロー成形機を借用して、POM 及び POM アロイの綿を試作した。試作に使用したのは、コアシェル型では無く単層の繊維であるが、不織布製造の為の基礎的な操作条件に関して、貴重なデータが得られた。特に POM の種類、POM/PLA、POM/PBS アロイの各樹脂の比率を変えて綿の試作を行い、繊維径に与える樹脂組成や押出温度の影響を調べた。



金網コレクター



メルトブロー装置



同左

図-27 簡易型メルトブロー成形機

表-8 簡易型メルトブロー装置(単層)による POM アロイ繊維の試作結果

POM/PLA 比率	距離(cm)	樹脂温度実測(℃)	平均径(μ)	最大径(μ)	最小径(μ)
100/0	130	215	13	21	10
80/20	130	213	10	18	8
70/30	130	213	8	14	8
0/100	130	210	8	13	7

POM/PBS 比率	距離(cm)	樹脂温度実測(℃)	平均径(μ)	最大径(μ)	最小径(μ)
100/0	130	225	12	24	10
90//10	130	224	10	20	8
80/20	130	226	24	14	13
0/100	130	224	25	35	18

距離:ダイスとコレクター網間

当該プロジェクトアドバイザー所有の成形機を借りて試作した POM、POM アロイ繊維について、顕微鏡や SEM によるモルフォロジーの観察、DSC を用いて結晶融解熱の挙動を調べている。

日本ノズルでは POM、POM/PLA、POM/PBS の樹脂を使用して口金ノズル穴径 $\phi 0.7\text{mm}$ のダイスを使用してテストしたが、樹脂の凝固が早く粒状の樹脂が混在したため、口金ノズル穴径を $\phi 0.2\text{mm}$ のダイスに交換し、9 水準の紡糸条件で試作を実施した。その結果、ティッシュペーパーレベルの厚みではあるが、線径 $2\sim 12\mu\text{m}$ の POM 不織布を得ることに成功した(図-28)。本結果はコアシェル型 POM を用いた実験の基礎データとして有効活用できるものであった。さらに肉厚で均一な繊維径の不織布実現の為に、流動性を向上させた POM 樹脂が必要と考えられるが市販されている POM 樹脂は MI=52 が最高であり、PP の様に MI=150 以上の樹脂はない。



図-28 使用したメルトブロー試験機(日本ノズル(株)提供)



図-29 メルトブロー試験機による不織布作品

コアシェルのメルトブロー装置を所有しているダイワボウポリテックで試作を行う予定となり、シェルに高流動軟質 POM(ユピタル V40-HE)、高流動 POM/PBS=70/30 アロイを各 50Kg 準備した。コアには両方とも標準 POM(ユピタル F40-03)を各 50Kg 準備した。試作は 2020 年 4 月に実施予定である。

(2-2-6) 熔融紡糸法とメルトブロー法の比較と選択

繊維径として $10\sim 15\mu\text{m}$ で直径のバラツキを $\pm 1.0\mu\text{m}$ 以下に抑えるには熔融押し出し法による紡糸が有利である。またこの方法では長繊維を作ることが出来るので、これを延伸して $10\mu\text{m}$ 以下の繊維にする事が可能である。本研究によって見いだされた POM/PBS アロイを用いた繊維は延伸性に優れている為に多段で延伸して、繊維径 $1\sim 2\mu$ の極細繊維を製造することが可能となった。但し、経済性が重要な抗菌性フィルター用途ではメルトブロー法が有利である。用途によって好ましい製造法を採用することが大切である。

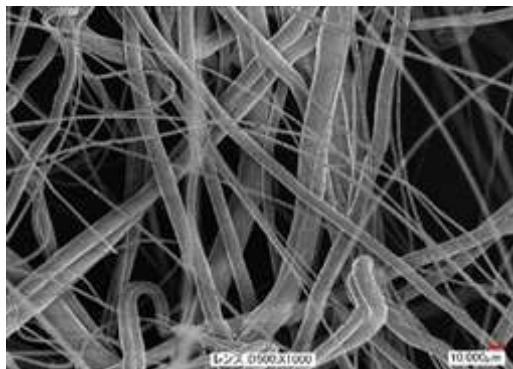


図-30 メルトブロー法で作成した POM 繊維(単層)
(於日本ノズル)

(2-3) 補助事業の成果に係る事業化展開

(2-3-1) 補助事業の成果として開発する製品

本事業で開発目標としたものは、バイオエタノール混合ガソリン対応フィルター及び車載用リチウムイオン二次電池用セパレータ、抗菌性フィルター、MBR 膜支持体用である。以下にそれぞれの製品について説明する。

【1】バイオエタノール混合ガソリン対応フィルター用 POM 不織布

用途: バイオエタノール混合ガソリン対応ポンプフィルター

概要: POM 繊維直径が $15\mu\text{m}$ 以下のものから直径約 $10\mu\text{m}$ のものまで任意に製造することが可能である。これらを組み合わせることでも過性能に優れたフィルターを製造する。今後アルコール含有率が高くなることを想定して、高い耐アルコール性を保有しており、従来から用いられているポリエステル系フィルターよりも優れた耐溶剤性を有し、PTFE やポリイミド等で作製される製品と比較してもコストがはるかに安い特長がある。POM 繊維に関しては他社の追従を許しておらず、今後 5 年間は市場優位性があると期待できる。

【2】車載用リチウムイオン二次電池用セパレータ用 POM 不織布

用途: 車載用リチウムイオン二次電池用セパレータ

概要: コアシェル型二重構造を持つ POM 不織布。POM 繊維は直径が $2\mu\text{m}$ 以下と非常に細かく加工出来る為に高耐熱セパレータとして採用の期待が高まった。しかし蓄電容量の増加や小型軽量化など市場要求が変化し、近年セパレータとして厚み $10\mu\text{m}$ 、細孔径 100nm 以下というスペックが採用され、不織布型セパレータの採用の可能性は困難となった。またセパレータを必要としない固体型 2 次電池の開発、あるいは液体型でも耐熱性が 200°C 以上要求されるセパレータの開発も一方で進行しているために技術動向について注意が必要である。

【3】抗菌性フィルター用 POM 不織布

用途：安全衛生な抗菌性フィルター

概要：抗菌技術を利用した抗菌加工製品は国内において年間 1 兆円を超える巨大市場を形成している。安全や衛生管理に対する意識が高い病院や介護施設、保育施設、食品工場などは勿論、一般家庭においても抗菌加工製品は浸透しており、その製品数は年々増え続けている。さらに昨年 12 月に中国から発した新型コロナウイルスの流行は多くの人命を奪い、その脅威は現在も続いている。抗菌性フィルターの市場は今後も拡大していくものと予測されており、繊維自体に抗菌性を有する POM 繊維フィルターは下表に示される大気・空質分野、ライフサイエンス分野に適用範囲と考えられ、コスト、耐久性、信頼性など抗菌剤を塗布あるいは添加しなければならない従来の製品に対して大きなメリットがある。この分野に既に市場を有している 3M 等と市場開発を進める。

【4】MBR 膜支持体

用途：下水処理用 MBR 膜の支持体

概要：MBR 膜は公共下水処理場向けが中心である。国・地域別では北米や欧州、中国の構成比が大きい。また、新興国で既設下水処理場の増設や新規設置などにより需要が拡大している。今後も新興国での需要増加などにより市場拡大が期待され、2020年の市場は2015年比31.5% 増の597億円が予測される。ただし、低価格製品を展開する中国メーカーなどの参入により製品単価年2～3%ずつ下落しているため、数量ベースの伸びに比べて市場の伸びは低くなるとみられる。市場からはバイオフィアウリングによる汚染の少ない支持体が切望されており、強アルカリでの洗浄が可能な POM 不織布には可能性があると考えられる。

(2-3-2) 想定している具体的なユーザー、マーケット及び市場規模等に対する効果

本事業で開発する製品のひとつは自動車業界、もうひとつは環境関連の製品である。両面の用途開発によって安定的な市場の形成を目指す。

(i) バイオエタノール混合ガソリン対応フィルターに関する市場

我が国では、2017 年時点で年間 50 万 kL(ガソリン消費の約 1.2%相当)のバイオエタノール導入義務(エネルギー供給構造高度化法)、2020 年時点でバイオ燃料をガソリン消費量の 3%以上導入するという政府目標(エネルギー基本計画(2010 年))が掲げられており、今後もバイオマス混合ガソリン対応車は増加すると予測されている。

一方、世界の自動車用フィルター産業は、今後も順調に推移すると見られ、2016 年から 2021 年にかけて年平均成長率 4.9%の規模で成長すると予測されている(Lucintel 市場調査「自動車用フィルター市場の将来動向：市場動向・将来予測・市場機会の分析」より)。中でもオイルフィルターは平均以上の成長が期待でき、地域別では自動車産業の増加、経済の改善、投資の増大等が要因となり、アジア太平洋地域が最大の市場となると見込まれている。また、バイオエタノールの主要生産国であるブラジルにおいても、フレックス燃料車(ガソリンとエタノールをどのような混合比率で給油しても走れる自動車)の新車販売台数に占める割合は、2014 年に 88%を超え、伸長を続けると予測されている(図-31)。

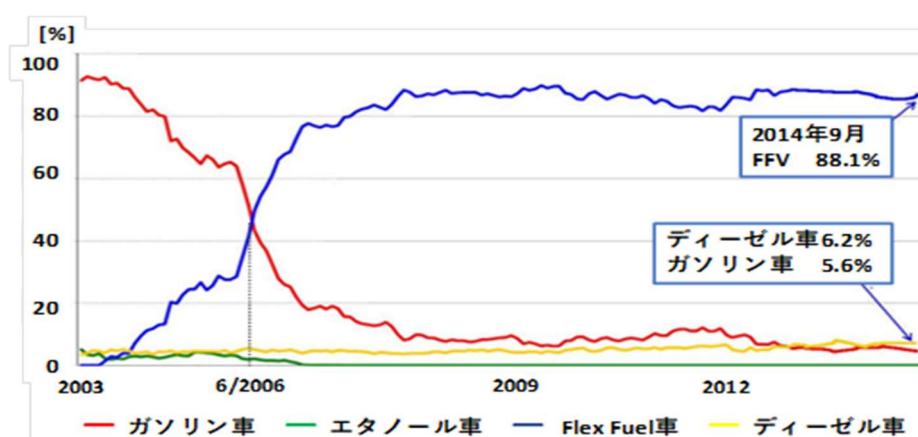


図-31 ブラジルでのフレックス燃料車の販売推移

(出展: 株式会社アイ・ビー・ティ「平成 26 年度主要エタノール生産国(ブラジル)における企業動向等に関する調査」)

(ii) 車載用リチウムイオン二次電池用セパレータに関する市場

富士経済の調査(表-9)によると、次世代環境自動車に搭載される大型二次電池市場は、2015 年は前年比 74.9%増の 1 兆 943 億円、その内、7,099 億円が EV(電気自動車)向け、3,314 億円が HV(ハイブリッド車)/PHV(プラグインハイブリッド車)向けである。2025 年には 2014 年比 10.2 倍の 6 兆 3,649 億円になると予測している(富士経済「エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望 2016 次世代環境自動車分野編」より)。地域別では中国、米国の占める割合が高く、今後は欧州／米国／中国の需要が大きく増加すると見込まれている。日本は現状、HV 向けのニッケル水素電池やリチウムイオン電池が中心だが、将来的には PHV 向けのリチウムイオン電池が大幅に増えると予想されている。

表-9 次世代環境自動車向けの大型二次電池、地域別需要動向(富士経済資料より)

	2015 年見込み	2025 年予測	
	市場規模	市場規模	2014 年比
北米、中南米(アメリカ)	2140 億円	2 兆 149 億円	10.7 倍
欧州	1645 億円	1 兆 8328 億円	17.7 倍
中国	5237 億円	1 兆 6124 億円	11.6 倍
日本	1681 億円	6214 億円	3.5 倍
アジア、オセアニア他	240 億円	2834 億円	17.2 倍

一方で、リチウムイオン二次電池材料セパレータの市場は、2014 年実績で 1,305 億円、2019 年予測で 2,270 億円(2014 年比 173.9%)と言われている(表-10)、富士経済「2015 電池関連市場実態総調査 下巻」より)。車載用電池の市場拡大に伴い、今後もセパレータの市場は拡大が見込まれている。

表-10 リチウムイオン二次電池材料セパレータ市場(富士経済推定)

	2014 年実績	2019 年予測	2014 年比
セパレータ	1,305 億円	2,270 億円	173.9%

(iii) 抗菌性フィルターに関する市場

抗菌技術を利用した抗菌加工製品は国内において年間 1 兆円を超える巨大市場を形成している。安全や衛生管理に対する意識が高い病院や介護施設、保育施設、食品工場などは勿論、一般家庭においても抗菌加工製品は浸透しており、その製品数は年々増え続けている。今後も市場は拡大していくものと予測されている。その中では下表に示される大気・空質分野、ライフサイエンス分野が POM 不織布の適用範囲と考えられ、これらの分野に既に市場を有している 3M と市場開発を進める。

表-11 は大気・空質分野、ライフサイエンス分野に絞って市場予測を行っている。

表-11 抗菌性フィルターの市場予測

合 計	2017 年実績	2025 年予測	2017 年比	対 象 品 目
	1,285 億円	1,362 億円	118.9%	
大気・空質分野 (6 品目)	629 億円	644 億円	102%	・エアフィルター (粗塵、中・高性能 HEPA/ULPA) ・ケミカルフィルター ・カーエアコンフィルター※ ・バグフィルター用ろ布
ライフサイエンス分野 (3 品目)	684 億円	718 億円	105%	・食品・医薬プロセス用膜 ・透析膜(ダイアライザー)※ ・ウイルス除去フィルター
(富士経済推定値) ※大気・空質分野のカーエアコンフィルター、ライフサイエンス分野の透析膜(ダイアライザー)、オイルフィルター、工業プロセス用分野の膜式エアドライヤーは国内市場のみを対象としている。				

(iv) MBR膜支持体に関する市場

MBR膜は公共下水処理場向けが中心である。国・地域別では北米や欧州、中国の構成比が大きい。(図-32)また、新興国で既設下水処理場の増設や新規設置などにより需要が拡大している。今後も新興国での需要増加などにより市場拡大が期待され、2020年の市場は2015年比31.5%増の597億円が予測される。ただし、低価格製品を展開する中国メーカーなどの参入により製品単価は毎年2~3%ずつ下落しているため、数量ベースの伸びに比べて市場の伸びは低くなるとみられる。

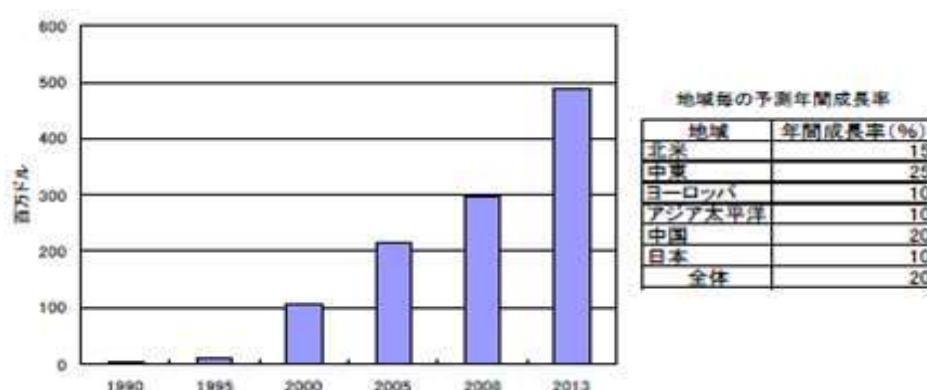


図-32 公共下水処理場向け MBR 膜需要予測

(2-4) 事業化見込みとスケジュール

POM 樹脂の取り扱いについて株式会社プレジールは多くの知識・経験を有する為、他社と比較して技術優位性がある。これまで、フィルターメーカー、エレメントメーカーとの検討を重ねており、川下企業と POM 不織布のスペックについて合意を重ねてきた。

エタノール混合ガソリン対応フィルターは、基本的なフィルターの濾過精度、耐久性については合格しているが、長期的な濾過精度についてはフィルターを4層構造とし、各層の繊維直径を14 μ mから1 μ mずつ細くし、最下層は繊維径が約10 μ mとした多層フィルターでの長時間循環試験を実施しなければならない。その様な精密な繊維径の制御は京都工繊大学の試作装置では出来ないため、繊維

メーカーの量産装置での試作を行う予定である。

車載用リチウムイオン二次電池用セパレータは、現時点は 100nm 以下の微細な穴を開けた PE あるいは PP の膜が主流となった。しかし液体型 LiB 電池の技術は急速に進んでいる。次に電池の大容量化が進むときに再度不織布型セパレータの市場参入のポイントとなる。種々の素材が検討されている分野である為、電池大容量化の時期までに耐熱性や耐久性の評価を行えば、事業化の可能性はある。但し、セパレータを要しない固体型2次電池の技術開発も急ピッチで進められており、また液体型でもセパレータの耐熱性が 200℃以上の要求も出ているために技術動向には注意が必要である。

安全衛生面でPOM繊維の優位性を生かした抗菌性フィルターや耐塩水性、耐アルカリ性を生かした MBR 膜支持体としての応用は新しい分野であり、大きな市場に育つ可能性がある。本年、世界をパンデミックに巻き込んだコロナウィルスによる疾病は、人々の安全・衛生に関する注意を一変させた。抗菌・抗ウィルス性フィルターの需要は今後飛躍的に大きくなることが予想される。

(2-4-1) 販売促進戦略

当初はバイオエタノール混合ガソリン対応フィルターからの上市を想定していたが昨年 12 月に起こった新型コロナウィルスの問題で市場から抗菌性フィルターに対する要望が急拡大している。不織布メーカーからサンプル提供が多く寄せられており、これに対応するには京都工芸繊維大学に導入した実験装置では間に合わない為、コアシェル型紡糸装置を所有している不織布メーカーでの量産試作を実施する予定である。抗菌性フィルターについては繊維径分布がある程度広いものでも使える為、メルトブロー法が適していると考えられる。海外メーカーからの問い合わせも多く、これらをプレジールで全部抑えることは不可能である為、原則として海外メーカーへはライセンス供与を予定している。

バイオエタノール混合ガソリンの分野は、E3 の普及、E10 への移行等、社会基盤と国の政策が連動しなければ、爆発的に大きくなる可能性は低い。しかし大手自動車部品メーカーではこの動きを先取りする形で POM コアシェル繊維のフィルターを 2022 年にも搭載するという考えで POM フィルターの採用に動いている。この用途は繊維径の制御が非常に難しい為、メルトブロー法では無く、熔融紡糸法での試作を行う。この用途については不織布メーカーへライセンス供与する方向で考えている。活性汚泥法の廃水処理に用いる MBR 膜は、汚染された膜の洗滌に強アルカリを用いる為、耐アルカリ性のある POM 不織布の適応が見込まれる。従来のポリエステル製不織布の代替を目指す。

ガソリンフィルター、MBR 膜支持体分野についてはノウハウの蓄積が重要であり、ユーザーとの特許共同出願の可能性も大きい。リチウム 2 次電池セパレータについては、これまで述べてきた様に、不織布型でのセパレータでは市場要求に対応することは困難と考えて断念する。但し、この用途に対応する為に 1~2 μm まで延伸できる POM/PBS コアシェル繊維を開発できたことは、抗菌性フィルター、高精度フィルター等に生かして行きたい。

(2-4-2) 知的財産戦略

将来、他社に対するライセンス供与を想定しているため、知的財産権の確保は非常に重要である。POM の繊維化の基本的なノウハウは、既に(株)プレジールが保有しているが、新たに得られる知見(POM アロイ繊維、コアシェル二重構造、材料の組成、コアシェル繊維の用途等)については、発明としてまとめ次第、順次出願を行って来た。今後はユーザーとの用途特許共願が増えると考えられる。発明は発明者の所属する機関に帰属し、共同体で実施する研究進捗会議において、発明者と出願人の

規定を行う。事業終了後、販売を行うのは、(株)プレジール及び圓井繊維機械(株)であるため、両社が将来において営業活動が行いやすいように、実施契約を締結する予定である。得られたライセンス料は、権利者で分配を行い、その詳細な条件については、別途実施契約を締結する予定である。

(2-4-3) 事業化体制

図-33 に示す体制で事業化を目指す。

開発した製品は、プレジール社が販売窓口となって、川下企業への販売やライセンス交渉を行う。

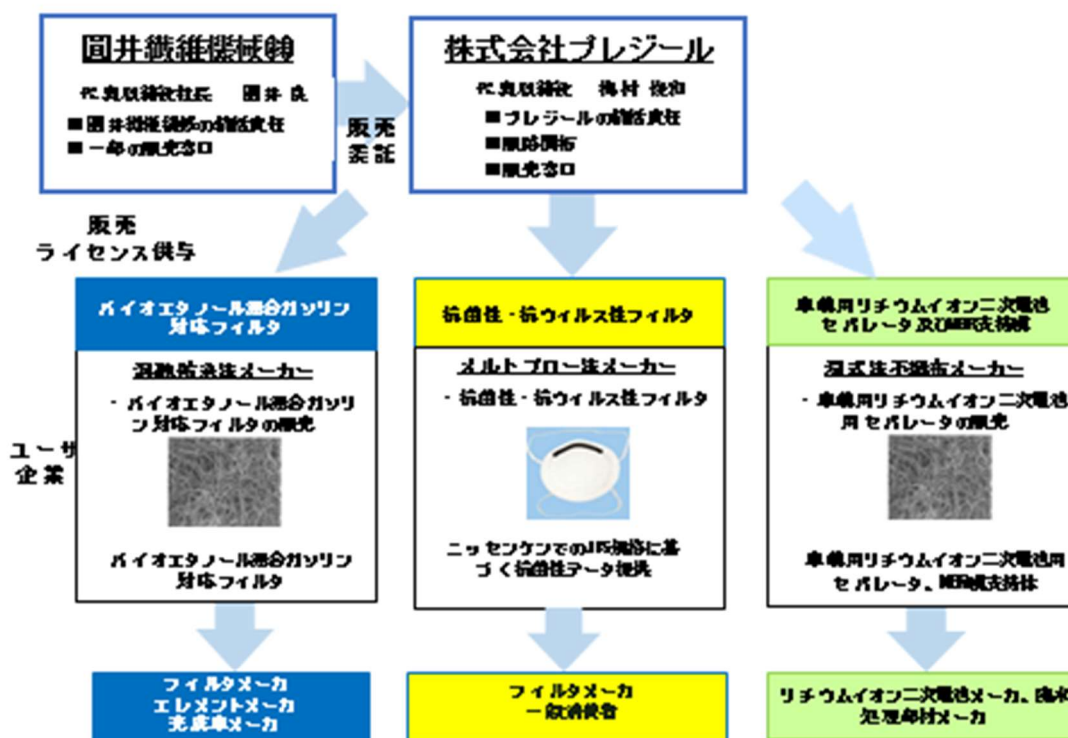


図-33 事業化体制

(2-5) 補助事業の成果に係る知的財産権等

(2-5-1) 知的財産権の出願及び取得について

本事業を遂行していく中で、2017 年度から 2019 年度において、6 件の特許出願を行った。以下に概要を示す。

表-12 本事業において出願した特許

	発明の名称	出願番号 (出願日)	発明者	発明の概要
1	多層複合繊維及び不織布	特願 2018-32586 (平成 30 年 2 月 26 日)	梅村 俊和 野村 学	芯鞘構造のポリアセタール樹脂繊維で鞘成分に芯成分より多くのポリブチルサクシネート樹脂を含む。
2	POM 及びその樹脂組成物からなる芯鞘構造を有する多層複合繊維、これを用いた不織布及び当該不織布を用いた製品	特願 2019-026441 (平成 31 年 2 月 18 日)	梅村 俊和 野村 学 大谷 章夫 圓井 良	芯鞘構造を有する POM 樹脂繊維で、鞘に POM/PBS アロイを用いる。
3	POM 樹脂とポリ乳酸樹脂のアロイを基材とする多層複合繊維、不織布及び製品	特願 2019-026497 (平成 31 年 2 月 18 日)	梅村 俊和 野村 学 大谷 章夫 圓井 良	芯鞘構造のポリアセタール樹脂繊維で鞘成分に芯成分より多くのポリブチルサクシネート樹脂を含む。
4	POM 及びその樹脂組成物からなる芯鞘構造を有する多層複合繊維、これを用いた不織布及び当該不織布を用いた製品	特願 2019-033517 (平成 31 年 2 月 27 日)	梅村 俊和 野村 学 大谷 章夫 圓井 良	芯鞘構造のポリアセタール樹脂繊維で鞘成分に芯成分より多くのポリウレタン樹脂を含む。
5	易染色性ポリアセタール樹脂繊維及びその染色方法	特願 2020-024877 (2020 年 2 月 18 日)	梅村 俊和 野村 学 山田季絵子	分散染料を用いる通常の染色方法により容易に染色できるポリアセタール樹脂(アロイも含む)繊維とその染色方法に関する
6	抗菌性樹脂繊維	特願 2020-028937 (2020 年 2 月 25 日)	梅村 俊和 野村 学 圓井 良	抗菌剤を使用せずに、ポリアセタール樹脂と特定のポリブチルサクシネート(PBS)樹脂またはポリ乳酸(PLA)樹脂とカルボジイミド化合物からなる組成物を活用した抗菌性繊維に関する

(2-5-2) 論文掲載の有無及び内容について

本事業においては、ユーザーとの秘密保持義務と特許出願を優先した為、对外発表は行っていない。

(2-5-3) ライセンス契約等による事業展開

本事業では、サンプル製作まで本事業の共同体で実施し、その後は知的財産(特許、ノウハウを含む)のライセンス供与の形で川下企業とアライアンスを組む予定である。事業終了後、製品の販売や知財のライセンス業務を行うのは、(株)プレジール及び圓井繊維機械(株)であるため、両社が将来において営業活動を実施しやすいように、実施契約を締結することを想定している。得られたライセンス料は、権利者で分配を行い、その詳細な条件については、別途実施契約を締結する予定である。川下企業とのライセンス契約は、POM 不織布の性能試験を川下企業が実施した後となる予定であり、2020 年度以降を想定している。それまでは、知財の確保、整理、パッケージ化を進めて行く。

第3章 全体総括

POM(ポリオキシメチレン＝ポリアセタール)樹脂は耐溶剤性(特に耐アルコール性)、耐アルカリ性、耐熱性、抗菌性に優れており、しかも出発原料は天然ガスで、全世界で年間 120 万トンの生産実績を有する汎用エンジニアリングプラスチックである。しかし POM 樹脂はこれまで繊維やフィルターとして工業的に利用されることは無かった。この POM 樹脂を不織布に加工して新しい市場を創設することが本プロジェクトの目的である。

具体的には次世代自動車において、バイオエタノール混合ガソリンのフィルターや車載用リチウムイオン二次電池のセパレータ用途での採用可能性について研究を行った。さらに POM 繊維が高い抗菌性や耐アルカリ性を持つことから、空気フィルター、衛生用フィルター、膜分離活性汚泥法(MBR 法: Membrane Bio Reactor)用フィルターに適用する事を検討した。POM を不織布とするために、コアシェル型二重構造の POM 糸を開発し、直径 $2\mu\text{m}$ 以下になるよう繊維を極細化出来なければならない。POM 樹脂を糸として利用することは新しい試みであり、さらに融点の異なる POM 樹脂を組み合わせるコアシェル型の繊維として利用することは世界初の試みである。これらの研究を(株)プレジールが全体のコーディネート、材料開発、不織布の評価、市場開発を担当し、京都工芸繊維大学が POM コアシェル繊維の熔融紡糸方法とその物性評価、圓井繊維機械(株)が熔融紡糸法及びメルトブロー法による不織布製造方法を検討するという役割分担で研究を実施した。熔融紡糸法とメルトブロー法の適否は、ユーザーからの情報に基づいて(株)プレジールが判断した。

【1】 コアシェル型二重構造を形成する POM 樹脂の開発

コアシェル型の二重構造を持つ POM 糸を形成する材料としてコア側 POM は融点 $160\sim 165^{\circ}\text{C}$ 、シェル側 POM の融点は $145\sim 155^{\circ}\text{C}$ 、さらに用途によっては $110\sim 155^{\circ}\text{C}$ となるような材料の開発を行った。またこの繊維は極めて容易に延伸して細繊維化出来ることが必要である。シェルに POM 樹脂のアロイを用いる事が出来ることを見いだされた。具体的にはシェルにポリ乳酸(PLA)樹脂、ポリブチルサクシネート(PBS)樹脂、ポリウレタン(PU)樹脂とのアロイを用い、コアに市販されている標準 POM 樹脂を用いてコアシェル繊維を形成する事が出来る。特に、PBS 樹脂とのアロイをシェルに用いた場合は熱融着性に優れている。

【2】 コアシェル型二重構造 POM 糸の細繊維化

繊維径が $10\mu\text{m}$ 以下の細い繊維を製造するには、一旦、 $10\sim 20\mu\text{m}$ の繊維を製造し、これを延伸機によって一段、または多段で延伸する方法が好ましい。延伸機は既存の装置の適応が可能である。本研究に置いては岐阜県産業技術総合センターにおいて POM コアシェル繊維の延伸を実施した。延伸は熱板ヒーターにより、POM 繊維を $100\sim 120^{\circ}\text{C}$ で加熱して延伸する。一段で $20\mu\text{m}$ 径の繊維を $5\mu\text{m}$ まで延

伸することが可能である。5 μ m 以下にするには冷間延伸が好ましく、極めてゆっくり延伸して 2 μ m 以下のコアシェル繊維を得る事が出来た。

【3】 コアシェル型二重構造 POM 糸を用いた不織布の開発

【3-1】 熔融紡糸法による不織布の開発

延伸後の POM 糸を、捲縮、カット、開繊、ニードルパンチの工程を経て不織布とする。硬い性質の POM 糸に対して捲縮を行えるよう保温下における高圧圧縮機構とすることがポイントである。POM 繊維を紡糸時に直接巻き取り機で引き取って 10~15 μ m 径に細繊維化した場合、繊維には残留歪があり、開繊工程で回転ドラムに繊維がまとわりつくというトラブルが起きる。従って、POM コアシェル繊維を 20~25 μ m で製造し、これを延伸機によって細繊維化の方が後工程のトラブルが軽減される。

【3-2】 不織布の評価

コアシェル型二重構造 POM 不織布の評価を行い、川下企業の要求特性を満たしているか確認する。その結果は以下に示した。

・バイオエタノール混合ガソリン対応フィルター用途

耐アルコール性:50℃の環境下で 200 時間置いた後、張強度:初期値(260N 以上)の 80%以上を保持する。但し、濾過性能は、10~15 μ m の繊維径で、各層が 1 μ m 毎の異なった繊維径を持つフィルターで試験しなければならない為、ユーザーにて性能評価される予定である。

・車載用リチウムイオン二次電池用セパレータ用途

POM アロイをシェルに用いた場合、コアシェル繊維を直径 2 μ m 以下に延伸することが可能である。この事により、高耐熱セパレータとして採用の期待が高まった。しかし蓄電容量の増加や小型軽量化など市場要求が変化し、近年セパレータとして厚み 10 μ m、細孔径 100nm 以下というスペックが採用され、不織布型セパレータの採用の可能性は困難となった。またセパレータを必要としない固体型 2 次電池の開発、あるいは液体型でも耐熱性が 200℃以上要求されるセパレータの開発も一方で進行しているために技術動向について注意が必要である。

・安全衛生用途の抗菌性フィルター

抗菌技術を利用した抗菌加工製品は国内において年間 1 兆円を超える巨大市場を形成している。さらに今年になって世界をパンデミックに巻き込んだ新型ウィルスの流行は、安全や衛生管理に対する意識が高い病院や介護施設、保育施設、食品工場などは勿論、一般家庭においても抗菌加工製品に対する関心が高まった。繊維自体に抗菌性を有する POM 繊維フィルターは下表に示される大気・空質分野、ライフサイエンス分野に適用範囲と考えられ、コスト、耐久性、信頼性など抗菌剤を塗布あるいは添加しなければならない従来の製品に対して大きなメリットがある。

・膜分離活性汚泥法(MBR 法:Membrane Bio Reactor)用フィルター

MBR 膜は公共下水処理場向けが中心である。国・地域別では北米や欧州、中国の構成比が大きい。また、新興国で既設下水処理場の増設や新規設置などにより需要が拡大している。今後も新興国での需要増加などにより市場拡大が期待され、2020年の市場は2015年比31.5% 増の 597億円が予測される。ただし、低価格製品を展開する中国メーカーなどの参入により製品単価年2~3%ずつ下落しているため、数量ベースの伸びに比べて市場の伸びは低くなるとみられる。市場からはバイオフィウリングによる汚染の少ない支持体が切望されており、強アルカリでの洗浄が可能な POM 不織布には可能性があると考えられる。

【4】 メルトブロー法による POM 不織布の開発

メルトブロー法では、樹脂を糸状に吹き出し、繊維の塊を形成し、綿あめのように不織布を作製するので一段で不織布が製造出来る為、熔融紡糸法よりより安価に POM 不織布を製造できる。但し、得られた繊維の繊維径分布が広く、精密濾過を必要とするガソリンフィルターには適さないと考えられる。

従って、ポリエステルやポリプロピレンなどの既存のフィルターと競合する抗菌性フィルター用途に用いることが出来る。

【5】 溶融紡糸法とメルトブロー法の比較と選択

【3】及び【4】で開発した不織布作製方法はそれぞれ強みが異なる。小さい繊維径でかつ繊維径分布が非常に狭いスペックが要求されるガソリンフィルター用途や車載用リチウムイオン二次電池用セパレータ用途では、溶融紡糸法が適していると考えられる。一方、繊維径分布がある程度広くても良い抗菌性フィルター用途であれば、低コストの強みがあるメルトブロー法が適している。その他の川下候補企業に対しては、製品への要求精度と製造コストの観点から、溶融紡糸法とメルトブロー法の比較分析を行い、最適な作製方法を選択する。

以上