耐熱性ポリエステルバインダー短繊維「キャスベン」の開発

Development of heat-resistant polyester binder fiber "CASVEN"

松 永 伸 洋・木 下 良 吉・徳 竹 政 仁

1. はじめに

バインダー短繊維とは比較的低温で溶融するポリマーを短繊維化したものである。多くの場合、主体となる高融点短繊維と混合して繊維集合体を形成した後、バインダー短繊維のみを加熱溶融して接着させることにより、繊維集合体に強度・剛性を与えたり、ある形状に成型するという使い方をする。

1981年、世界で初めて短繊維不織布分野向けにポリエステル系バインダー短繊維「メルティ」が上市された。

現在、類似のポリエステル系バインダー短繊維は全世界で10社以上、約10万トン/年、生産されている。そしてこのバインダー短繊維は、敷布団、椅子、ソファなどに用いる繊維クッション材、肩パッド、ブラジャーパッド、衛生材料の表面用不織布、包装紙、フィルターなどの幅広い分野で使用されている。

いっぽう、近年高温雰囲気下、例えば炎天下の車内使用、高温洗濯・殺菌あるいは高圧染色での使用時にも変形、硬化しないような不織布、紡績糸になりうるバインダー短繊維の要望がクローズアップされてきた。しかし、従来のポリエステル系バインダー短繊維のバインダー成分は非晶性のコポリエステルであり、そのガラス転移点65℃以上で軟化が始まる。そのため、高温雰囲気下での使用に耐え得るものではなかった。この要望に応えるべく、世界で初めて耐熱性に優れた画期的なポリエステルバインダー短繊維

「キャスベン」を開発した。

その開発概要は以下の通りである。

2. 開発の経緯

2.1 耐熱性バインダー短繊維使用ポリマー開発目標

まず、耐熱性ポリエステルバインダー短繊維のバインダー成分に用いるポリマーの開発目標を次のように定めた。

結晶性ポリマーであること：

(非晶性ポリマーではガラス転移点 T_g 以上で軟化)

融点 T_m ：約160℃

(一般的な熱接着加工可能温度は約180℃以下)

繊維コスト：400円/Kg以下：

(用途範囲の拡大とコストパフォーマンス)

2.2 ホモポリエステルの組成と融点の関係

安価なテレフタル酸(TPA)と脂肪族直鎖ジオールからなるホモポリエステルの融点と原料ジオールのメチレン基数との知られた関係を図1に示す。すなわち、この範囲では目標の160℃融点、結晶性ポリエステルは得られないこと

図1 TPA / 直鎖ジオール、ホモポリエステルにおけるジオールのメチレン基数と、ポリエステル融点(T_m)との関係

NOBUHIRO MATSUNAGA
ユニチカファイバー(株) 生産開発部
部長
〒541-0058 大阪市中央区南久宝寺町
3-6-6
Tel: 06-6282-5070 Fax: 06-6282-5073
E-mail: nm-matsunaga@unitika.co.jp
専門 合繊の素材開発、用途開発全般
趣味 読書(歴史、SF) ハイキング

RYOKICHI KINOSHITA
ユニチカファイバー(株) 繊維資材営業部
マネージャー
〒541-0058 大阪市中央区南久宝寺町
3-6-6
Tel: 06-6282-5061 Fax: 06-6282-5067
専門 合繊短繊維素材開発、同用途開発
趣味 バレーボール

MASAHITO TOKUTAKE
日本エステル(株) 岡崎工場 技術部第一
課 マネージャー
〒444-8511 愛知県岡崎市日名北町4-1
Tel: 0564-22-8463 Fax: 0564-22-1976
E-mail: masa-tokutake@unitika.co.jp
専門 各種ポリエステル樹脂、重合プロセスの開発
趣味 電子工作、天文学

が分かる。なお、図中、PET はポリエチレンテレフタレート、PTT はポリ-1,3-トリメチレンテレフタレート、PBT はポリブチレンテレフタレートである。

2.3 PET に直鎖ジカルボン酸を共重合したポリエステル の融点

次に、安価な PET をベースにイソフタル酸あるいは各種直鎖脂肪族ジカルボン酸を共重合した 3 成分系ポリエステルをテーブル試作し、DSC にて融点、結晶性を測定した。代表的な結果を図 2 に示す。

図 2 に示す以外にも多くの直鎖脂肪族ジカルボン酸共重合 PET を試作したが、いずれの場合も共重合率を上げると融点 200~180 付近で非晶性が強くなり、目標の 160 結晶性ポリエステルは得られなかった。

図 2 PET/ジカルボン酸共重合ポリエステルにおけるジカルボン酸共重合率と融点との関係(図中、AZ:アゼライン酸、AD:アジピン酸、SU:スベリン酸を示す)

2.4 PET に直鎖ジオールを共重合したポリエステルの融点

さらに、PET をベースに各種直鎖脂肪族ジオールを共重合した 3 成分系ポリエステルについても同様に調べた。代表的な結果を図 3 に示す。

図 3 PET/直鎖ジオール共重合ポリエステルにおけるジオール共重合率と融点との関係(図中、BD:1,4-ブタンジオール、HD:1,6-ヘキサジオール、ND:1,9-ノナンジオールを示す)

図 3 に示す以外にも多くの直鎖脂肪族ジオール共重合 PET を試作したが、それらのうち、1,4-ブタンジオール(BD)を共重合した場合、全共重合領域で良好な結晶性を示した。しかしながら、結晶融点は最低でも 180 であり、目標の 160 には至らなかった。

2.5 耐熱性バインダー短繊維用ポリマーの組成決定とバインダー短繊維の完成

PET に 50 モル%、BD を共重合した 3 成分系コポリエステルをベースとし、結晶性を大きくは損なわず、融点を 20 下げ得る第 4 成分を探索して特定の第 4 成分と共重合量を決定した。この 4 成分系ポリエステルの DSC チャートを図 4 に示す。図 4 から明らかなように、このコポリエステルは明確な結晶化および結晶融解ピークが認められ、結晶性が良好であることが分かる。このコポリエステルを鞘部、PET を芯部として、新規コポリエステルによるコストアップを抑え、耐熱性ポリエステルバインダー短繊維を完成した。

図 4 耐熱性バインダーポリマーの DSC チャート

3. 耐熱バインダー短繊維の特徴

表 1 に耐熱ポリエステルバインダー短繊維「キャスベン」の特徴を従来のポリエステルバインダー短繊維「メルティ」(4080 タイプ、芯部 PET/鞘部、流動開始温度 110 非結晶性コポリエステル)と対比して示す。

3.1 耐熱バインダー短繊維で接着した不織布の耐熱性

図 5 に欧州の自動車成型天井基材の規格試験に基づく不織布の耐熱性試験方法を示す。

また、図 6 にその試験結果をまとめる。

図 6 に示すように、メルティをバインダー繊維に用いた場合、ガラス転移温度の 65 を超える測定温度雰囲気下では不織布に大きな変形が認められるのに対し、キャスベン使用不織布は 150 でも大きな変形が無いことが分かる。

3.2 各種繊維素材との接着性

図 7 に各種繊維とバインダー短繊維の混合ウェブを加熱エアにて溶融接着処理して作成した不織布の引張強力を測

表 1 耐熱バインダー繊維の特徴

	メルティ<4080> 従来のバインダー繊維	キャспен<7080> 耐熱性バインダー繊維
結晶性	無し(非晶性)	有り(結晶性)
軟化点	DSC融点は認められず 65~75℃以上で軟化	DSC結晶融点約 160℃ 130℃くらいまで軟化せず
流動性	流動しにくい	流動しやすい(結晶性ポリ エステルの特徴で、高接着性)
室温固さ	PETと同等 (T _g 65℃)	PETより柔らか (T _g 34℃)
熱収縮性	15%(100℃-15分)	0.5%(100℃-15分)
耐薬品性	アルカリや有機溶剤に対し PETより相当弱い	アルカリや有機溶剤に対し PET同等以上の耐性あり
染色性	風合い変化なく染色するには 70℃以下染色(淡染)	130℃高圧染色しても風合い 変化なく染色可能
紡績適性	不良(精紡機回転数が 上げられない)	良好(オILINGをすれば レギュラーPET同等の回転数)
熱接着後の 成型品の耐久性	やや不良(繰返し変形で 型崩れ)	良好(接着性が良く、ポリマー が柔らかいため)
成型品の耐熱性	不良(70℃以上で変形)	良好(130℃でも形態保持)

不織布作成：PET 綿/バインダー綿 = 70/30、目付 800g/m²
 サイズ：25cm × 25cm × 1cm(厚さ)
 試験方法：上記不織布作成後、四角の固枠の上に置き、中央に 200g の錘を載せる。これを種々の雰囲気温度(測定温度)中に 1 時間放置してから取り出し、錘によって不織布が何 cm 撓んだかを測定する。

図 5 不織布の耐熱性測定方法

図 6 各種バインダー短繊維使い不織布の耐熱性試験結果

定し、接着性の尺度とした結果を示す。

これを見ると、各種繊維素材に対し、従来のメルティよりも耐熱性のキャспенの方が良好に接着していることが分かる。これは図8に示すように、結晶性の良好なキャспенのバインダー成分はメルティの非晶性のバインダー成

分ポリマーよりも剪断応力の低い状態では流動性が高く、そのため、バインダー成分が広がって接着面積が大きく

図 7 各種繊維とのバインダー短繊維接着性
 (但し、バインダー短繊維混率：50%、熱接着温度 180℃、棒グラフの左側「キャспен」使用、同右側「メルティ」使用)

なったものと考えられる。

3.3 バインダー成分ポリマーの耐薬品性

表2に各種溶剤に対するバインダー用ポリマーの耐久性を示す。キャспенの鞘部に用いるポリマーはメルティのそれに対し、広い範囲の溶剤に対する耐久性に優れていることが分かる。

3.4 バインダー短繊維を用いた不織布の耐洗濯性

表3に各種バインダー短繊維を用いた不織布の耐洗濯性データを示す。キャспенを用いた場合、メルティ使用不織布に比べ、洗濯前の強力が高く洗濯後の強力保持率も高

図8 メルティとキャスペンの脛部(バインダー成分)熔融粘度の、剪断応力依存性

いことが分かる。強力保持率が高いのはキャスペンのバインダー繊維成分のガラス転移点が35 と、メルティのその65 よりも低く、バインダー成分自体多少柔らかいため、繰り返し変形したときも接着点が外れにくいと思われる。

4. 耐熱バインダー繊維を用いた用途展開

4.1 自動車内装基材用途

自動車内装の表面材(天井表皮材、シート表皮材、カーペット、トランクルームマットなど)には多くのポリエステル繊維製品が使用されている。一方、内装基材には従来

熱硬化性樹脂やガラス繊維を主体とするボードが多用されている。ところで10年くらい前からリサイクルのしやすさや室内の吸音性能の向上を目的として、PET短繊維とポリエステルバインダー短繊維の繊維集合体を加熱し、バインダー短繊維を熔融、圧着させボード状に成型したオール熱可塑性ポリエステル繊維部材を内装基材として検討する動きが出てきた。

ところが、従来のポリエステルバインダー短繊維メルティを用いた成型品では、90・110 という高温雰囲気に変形しないことという要求性能水準を満たすことはできなかった。キャスペンはこれに耐える性能を有することは図6の結果に示すとおりである。当初、自動車成型天井基材やドアパネル基材用途に国内外で拡販した。さらにはエンジン廻りの吸音材としても使用が始まった。ただし、この用途についてはその後の自動車メーカーのコスト見直しもあって使用量は伸び悩み気味ではある。しかしながら環境問題を考えると環境負荷の比較的小さいポリエステル素材は将来的にはさらにこの用途に伸びていくものとする。

4.2 その他の不織布用途展開

表1に示した特徴を活かして各種不織布用途のバインダー短繊維として用途展開している。

耐熱性を活かして、塗装ブースのエアフィルター、台所のレンジフィルター、あるいは、暖房の吹き出しなどで相当高温になる車輛用クッション材としても用いられる。

また、高温洗濯や殺菌可能な病院用ベッドパッドにも

表2 各種溶剤に対するバインダー用ポリマーなどの耐久性

溶 剤	キャスペン脛部ポリマー	メルティ脛部ポリマー	Reg.PET
蒸留水(40)	変化なし	変化なし	変化なし
5%NaOH(60)	変化なし	ひずむ	ひずむ
20 塩酸(60)	変化なし	ひずむ	変化なし
トルエン	変化なし	変化なし	変化なし
メチルエチルケトン	変化なし	変化なし	変化なし
クロロホルム	完全溶解	完全溶解	変化なし
ジメチルホルムアミド	変化なし	完全溶解	変化なし
テトラヒドロフラン	変化なし	完全溶解	変化なし
ジオキサン	変化なし	完全溶解	変化なし
シクロヘキサン	変化なし	溶 解	変化なし
エチルアセテート	変化なし	変化なし	変化なし

表3 各種バインダー短繊維を用いた不織布の耐洗濯性

	メルティ使用不織布	キャスペン使用不織布
洗濯前	2.97Kg	4.91Kg
洗濯1回	2.84	4.74
洗濯2回	2.46	4.67
洗濯3回	2.27	4.42
洗濯3回後強力保持率	77%	90%

使用綿混率: PET短繊維/バインダー短繊維=70/30

不織布目付: 50g/m²

熱接着条件: 180 ・2分

洗濯条件: 家庭洗濯、化学洗剤使用、24

用途がある。

耐薬品性を活かして、溶剤や酸、アルカリ化合物を含む液体のフィルターとして用いられる。

ソフトでヘタりにくい特徴を活かして、寝装用のベッドマット、固綿敷布団の芯材として用いられている。

表 4 キャспен紡績糸を用いた資材用途展開

構造体	系	織 物	編 物
目 的	硬化、樹脂加工不要	目ズレ防止、樹脂加工不要	成型性付与
用途展開	ロープ、紐	養生シート、寒冷紗、芯地、ロールカーテン	帽子材料、ブラジャーカップ

4.3 紡績用途展開について

従来のメルティが、紡績適性が悪い（精紡機回転数が上げられない）、70 以下での淡染でしか染色できないといったことから、紡績用途展開は限られたものであった。キャспенの場合、通常の PET 繊維と同じように紡績、染色が可能であり、様々な紡績用途が広がった。

例えば、少量、混紡して加熱、接着させ春夏向けのシャリ感のある麻ライク衣料衣料とすることができる。

また、資材用途展開としては表 4 にまとめる。

5. むすび

従来のポリエステルバインダー短繊維は各種用途に全世界で 10 万トン/年以上使用されている。キャспенは従来のポリエステルバインダー短繊維で不十分であった耐熱

性能を補う形で自動車成型基材用途に開発したものである。様々な特徴を活かして各種用途展開を図ってきた。

ところで、自動車やバス、鉄道車輛用クッション材として、現状はウレタンフォームが国内で 20 万トン/年近く使用されている。この素材はコスト的には安価なものの、熱硬化性であることと次第に劣化するためリサイクルの困難さがある。また、燃焼すると NOx が発生する欠点がある。こういったクッション材をポリエステル繊維製クッション材に置き換えようとする場合、バインダー短繊維としてはキャспенのような耐熱性が必要となる。このような新しい市場に適合する機能を持った繊維として、今後の広がりが期待される。

第 27 回(財)石本記念デサントスポーツ科学振興財団学術研究募集

主 催：財団法人 石本記念デサントスポーツ科学振興財団

応募資格：①体育学、健康科学、人間工学、被服科学、運動施設工学等健康の増進と体力の向上に関わる学術、およびその他スポーツ振興に寄与する学術研究に関する講座を持った大学、およびこれに準ずる研究機関に所属する個人またはグループ。

②高校生から幼児までの教育機関に奉職しており、①に前述した分野で研究または調査活動を積極的に行っている個人またはグループ。

この場合、運動生理学的研究でなくとも、あくまで教育現場に於ける身近なテーマで、すぐにも役立つ研究テーマを求めている。

但し、研究報告等に不慣れな人は、報告書作成に習熟した人を共同研究者に加えて申請のこと。

学術研究課題の内容

第一部 課題学術研究

本年度テーマ 「身体能力の効果的向上法」

近年、トレーニング時にある種の負荷を加えることによる効果的なトレーニング方法、スポーツ用具・ウェアの提案が話題となっている。昨年度は、人体へのある種の負荷、刺激等による運動能力、回復力等を高める効果に関し、研究を募集したところ、多くの研究提案を頂いた。

勝負や記録を目指すトップアスリートから、健康の維持・増進を目指すスポーツ愛好家まで、能力の向上は、レベルの違いこそあれ、等しく求めるところである。各人の身体能力、運動の目的に合った服装、用具、器具、方法等の選択もますます重要な要素となっている。そこで、体力医学/被服・工学のそれぞれの分野から、適切なる提言を求めることとします。

第二部 自由課題学術研究

従来どおり本財団の主旨に添ったものであり、申請者がこれまで行って来た研究を助成することによって、調査・研究の発展・充実が期待されるものであること。

応募方法：本年度の公募締切日は平成 16 年 11 月 10 日です。

応募者は、所定の申請用紙に研究テーマ、第一部、第二部の区分、目的、内容および期待される成果等を簡潔に書き、平成 16 年 11 月 10 日(当日消印有効)までに下記宛提出すること。

(応募者多数の場合、申請書はコピーまたは当財団ホームページより、B4 サイズにてダウンロードしたものとする。但しコピー使用の場合、第 27 回申請書をコピーのこと、自作による作表および前回までの用紙は使用しないこと)

応募書類送付先・資料の請求および問合わせ

〒543-8921 大阪市天王寺区堂ヶ芝 1-11-3 (株)デサント生産企画開発室内

財団法人 石本記念デサントスポーツ科学振興財団編集局

TEL: 06-6774-0252 FAX: 06-6774-0399

ホームページアドレス: <http://www.descente.co.jp/ishimoto/>