高弾性率・低収縮ポリエステルタイヤコード製造技術

矢 吹 和 之

当社はフィルム、機能性ポリマー、バイオ・メディカル、繊維という大変広い分野で事業展開しているので、一大転換を促した技術という取り上げ方は難しい。少し範囲を狭めて繊維分野で、さらに私も関係していたポリエステルタイヤコード事業については、今回の本誌企画に相応しい話題があるのでそのお話をさせていただきたい。

〈前 史〉

東洋紡はポリエステル共重合技術を米国グッドイヤー社から導入した。その関係で日本におけるグッドイヤー社との共同事業として東洋紡ベツトコード(株)というポリエステルタイヤコード専門の製造会社を1969年に設立した¹⁾。それまで両社が独自に技術開発してきたポリエステルタイヤコード製造技術のコンペティションを行い、製造開始時の技術として、原料としては固相重合技術による高重合度化ポリエステルレジンをを用い、紡糸後に延撚機を用いて高強度繊維を作成するプロセスを選んだ。丁度日本におけるポリエステルタイヤコードの立ち上げ時期で、タイヤコード素材としてはナイロンがまだ主役の時代であった。従って新素材の立ち上げに苦しみ在庫の問題を抱えていたのが、第一次の石油危機の勃発で、もの不足感から在庫が一掃され工場がフル操業し始めた。

その後、最大顧客のタイヤメーカーが購買方針を変更し複数社からの均等購買に切り替えたため販売量が減少し、当社の国内シェアはそれまでの50%超から急落し40%を大きく割り込んだ。このことに危機感を持った当時の責任者は研究開発の強化を決心し、品質と製造コストの優位性の確保を目指すことになった。タイヤコードの品質の売り物はなんと言っても繊維強度であったので、品質の改善目標は強度/コストであった。当時の東洋紡ベツトコード(株)は当時世界最強のタイヤメーカーであったグッドイヤー社が一方の親会社であった関係もあり、他社比較で接着技術

において優位性を誇っていたことから、研究開発の主力を繊維物性の改善と工程の簡略化のため紡糸と延伸を直結するスピンドロー技術の開発に向けた。その結果生産速度としては他社同等の3000m/分クラスの製造方式であったものの、強度で7%の改善を行い国内シェアの38%台への回復を果たした。その後もポリエステルタイヤコードの改善要求項目の内、化学安定性の改善や発熱性の低下などに取り組んでいた。

〈その時〉

ところが1979年にセラニーズ社が高弾性率低収縮の新製品を投入するというニュースが入ってきた。当時すでに日本の繊維メーカー各社はPOY(Partially Oriented Yarn、3000m/分の紡糸速度で紡糸中に分子配向を進めた繊維)を用いることで低収縮性が得られることや、繊維強度が低下すること(高強度繊維の製造には延伸前の分子配向をなるべく低く保つのが鉄則であった)は常識として認知していたので、セラニーズの高弾性率・低収縮技術については否定的な見方をしていた。ところが定期的に継続していた海外のユーザーとの情報交換の中から浮かび上がったのは、ラジアルタイヤのカーカス材として使用されるポリエステルタイヤコードに求められる特性は強度一辺倒ではなく、低収縮・高弾性率は強度を多少犠牲にしても必要とされる特性であることと、タイヤから取り出されたコードの強度は現行品とそれほど変わらないという情報であった。この情報により市場ニーズの変化を確かなものとして感じ取り、我々のポリエステルタイヤコードの開発方針を高弾性率・低収縮糸に変更した。これこそ本稿の主題である「事業を変えたエポック」のその時であった。その後の30年近い年月における開発の方向性は以来変更されていない。ラジアルタイヤの生産量の飛躍的な伸びと共に補強材はベルト材料がスチールで、カーカス素材はポリエステル高弾性率・低収縮糸がその主役として君臨してきた。

当時我々は先行するセラニーズを追撃するための手段としてまず考えたのは、強度は犠牲にしても良いといっても補強材としては強度が高い方が良いに決まっているので、その改善ができないかということであった。一本のフィラメント内での分子配向分布を無くすることで強度の改善の余地があることに目を付けた。残念ながら当時のスピンドロー技術ではPOYを得られる紡速では延伸工程を直結さ

KAZUYUKI YABUKI

東洋紡績(株)、取締役兼執行役員、事業開発企画室長。工学博士

〒530-8230 大阪市北区堂島浜2-2-8

Tel: 06-6348-3374 Fax: 06-6348-3569

E-mail: kazuyuki_yabuki@kt.toyobo.co.jp

〈専門〉紡糸工学、繊維物理(構造・物性)

〈趣味〉山遊び

せることができなかった(必要とされる採取巻き取り速度が6000m/分を超え、当時1100dtex、1670dtexといった太デニールの糸が安定に巻き取れる高速ワインダーは存在しなかった)ので、紡糸と延伸を二工程に分けて生産する事とした。一方日本のタイヤメーカーでも新タイプ繊維を用いた開発は進められていたようであった。ただ日本ではタイヤコードの接着処理(ディップ工程と呼ばれる)温度が海外より高かった為、新タイプによる低収縮のメリットが顕著ではなくむしろ強度が低下する問題から、どちらかといえば否定的雰囲気、同じ方向性が実現でき強度のロスが少ない幾分重合度を下げたタイプに魅力を感じていた。

我々の開発コンセプトの高重合度のまま疲労性を犠牲にすることなく、強度の改善ができかつ高弾性率・低収縮になるという開発品の提示で、日本のタイヤメーカーにも新タイプの繊維に魅力を感じていただけ、その後開発が進み国内タイヤメーカーでも1982年頃から次第に採用されるようになった。同時に製造プロセスとしては紡糸と延伸を別工程とする生産方式は時代に逆行するものであったので、新タイプのスピンドロー化が開発陣の次の課題であった。当社の世界に先がけて実用化していた「溶融紡糸のシミュレーション技術」²⁾は紡糸されたフィラメント内の分子配向の分布まで議論できるところまで開発されていたので、当時の高速ワインダー開発メーカーが推定した開発可能最高速度5000m/分を固定条件として、目標とするPOY配向性が得られる紡糸条件について計算機を用いたシミュレーションを駆使して検討し、プロセスウインドウを探し出した。

次に計算で求めたプロセスウインドウ条件で、実際に目的の分子配向度と単繊維内のフラットな分子配向度分布を持つPOYが得られることを確認した後、2鍾分のフルセット試験紡糸延伸機を発注した。ただ当時としては装置の各スペックはメーカーが保証できる状況にはなく、延伸ローラは一度糸が切れてサーマルスイッチが働くとモーターの冷却のため30分は再糸掛けをしないでくださいと言った状態であり、最高速の5000m/分で太デニール糸を捲けるはずのワインダーも生産に耐える状態では無かった。出来上がった試験装置による開発を進めながら、機械メーカーの技術者と一緒になって装置の改良にも取り組み、フルスピンドロー技術による高弾性率・低収縮ポリエステル糸の開発が完了したのは1985年であった。その間毎日山のような屑を出し続けた。「おまえは屑糸作りの名手だ」と揶揄しながらも開発を支持してくれた当時の責任者には今でも感謝している。

世界で最速のスピンドロー法(追加延伸を必要としない)による新タイプのポリエステルタイヤコードの製造技術は、暫く他社の追随を許さなかったのではない、ライバルの技術者から当時脱帽と言われたり、POY経由タイヤコードの基本特許を持っていたセラニーズとは特許問題を話し合う必要があり、その交渉過程で先方の責任者から我々の技術への賞賛を受けたりしたので、多分間違いないと思わ

れるが、もし事実と異なるようであればご連絡ください。

この技術アドバンテージにより当社のタイヤコードの国内シェアの目標値(40%)の奪回が果たされた。1987年にゴールド・スミス卿によるグッドイヤー社のTOB騒動のとき企業防衛の一環としてグッドイヤー社はJVを解消し、東洋紡ベツトコード(株)が消滅し100%当社の事業になった後も、更に改良を進め生産性もさらに上げる努力を続けたため、海外からの輸入品が1/3を占めるようになった現在に到るまで国内シェアを概ね40%近傍でキープすることができている。残念ながら当時追従不可能といわれた技術でも達成された途端不可能で無いことが認識されるので必ず他社がキャッチアップする。さらに現在では市販されている紡糸機械でも高弾性率・低収縮ポリエステルタイヤコードが製造可能になったので、他のポリエステル繊維同様に十分収益を上げることのできる事業では無くなってしまっている。

くまとめ

この開発でも他のエボックメーカーな開発と同様な三要素があった。第一はユーザーニーズの変化の存在である。タイヤのラジアル化が進む中でタイヤのユニフォミティーへの要求が強くなったと云う環境の変化があったこと、そしてその変化が海外マーケットを通じて先取りできたことが挙げられる。当時海外の車の製造工程では、塗装工程後の塗装欠点の処理にタイヤを装着したまま車をオープンに入れて乾燥する事が行われていて、その時タイヤコードの収縮率が大きいとタイヤコードのジョイント部がタイヤ表面に凹部を形成するという問題があった。このような事は国内市場では同い知れない情報であった。海外との情報交換を定期的に行っていたからこそ入手できた情報であった。第二はコア技術の重要性が挙げられる。当社の加瀬、松尾両氏に端を発する溶融紡糸のシミュレーション技術の実用化²⁾と、それを発展させた後続の研究開発者の努力のたまものである分子配向の制御・予測技術により、計算機によるシミュレーション実験が可能となっていたため、物性的な改良方策が見いだされると共に、実際の実験検討を経ないでも生産プロセスウインドウを具体的に予測でき、試験機の設計ができた。このため技術開発の大きな時間短縮が図れた。第三に異業種の協業による開発の加速が挙げられる。昨今喧しく採り上げられるWin-Winの協業である。我々のアグレッシブなマシンスペック要求に真剣に取り組んでいただいた日本の繊維機械メーカーの技術者の協力がなければ、この開発はさらに数年遅れたのではなかったか。基本的なスピンドルの振動の問題の解決や、衣料用の一日に一回程度玉上げをする程度操業では問題にもならないスピンドルブレーキの耐久性の問題(繊維の太さが20倍以上あるので、玉上げが10分間隔になりディスクブレーキのパッドがあつという間に消耗してしまう)といった実用的な諸問題の解決に精力的に取り組んで開発を成功に導いていただいた機械メーカーの開発担当者の方々とは現在でも

付き合いがある。

もちろんこうした三要素に加え、開発を支持してもらった経営層の理解がなければ研究開発が目の目を見ることは有り得ないことを最後に付記しておきたい。

文 献

- 1) 東洋紡績(株)社史編纂室編、「百年史—東洋紡」下、p.310 (1976)
- 2) J. L. White, *Intern. Polym. Proc.*, **15**, 220 (2000)

第 27 回高分子の安定化入門講座

主 催：高分子学会、高分子の崩壊と安定化研究会
協 賛：(社)繊維学会ほか
日 時：平成19年 7 月30日(月)～7 月31日(火)
場 所：タワーホール船堀 4F 研修室
(東京都江戸川区船堀 4-1-1 TEL: 03-5676-2211)
プログラム、参加申込の詳細は、下記にお問い合わせ下さい。
(社)高分子学会 第 27 回高分子の安定化入門講座係
〒104-0042 東京都中央区入船 3-10-9 新富町東急ビル 6F TEL: 03-5540-3771 FAX: 03-5540-3737

第 28 回日本熱物性シンポジウム

主 催：日本熱物性学会
共 催：日本熱測定学会、(社)日本機械学会、(社)日本化学会
後 援：日本学術会議 **協 賛：**(社)繊維学会ほか
日 時：平成 19 年 10 月 24 日(水)～26 日(金)
場 所：北海道大学学術交流会館(〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目)
講演申込：平成 19 年 6 月 29 日(金)
論文投稿：平成 19 年 8 月 24 日(金)
参加申込：平成 19 年 9 月 21 日(金)
URL: <http://leaf-me.eng.hokudai.ac.jp/JSTP/index.html>
連絡・問合せ先：日本熱物性シンポジウム実行委員会
〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目
北海道大学大学院工学研究科 実行委員長 杉山憲一郎
E-mail: k-sugi@eng.hokudai.ac.jp 事務局 山田 雅彦
E-mail: myamada@eng.hokudai.ac.jp
TEL&FAX: 011-706-6425

第 12 回高分子分析討論会

主 催：日本分析化学会 高分子分析研究懇談会
協 賛：(社)繊維学会ほか
日 時：平成 19 年 11 月 6 日(火)、7 日(水)
場 所：工学院大学新宿校舎
内 容：高分子の分析及びキャラクタリゼーションを対象とした討論会
発表申込締切：7 月 9 日(月)
発表要旨締切：10 月 9 日(火)
詳細は、下記にお問い合わせ下さい。
〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2

(社)日本分析化学会 高分子分析研究懇談会
TEL: 03-3490-0051 FAX: 03-3490-3572
E-mail: hm_tanaka@jsac.or.jp

マテリアルライフ学会第 18 回研究発表会

主 催：マテリアルライフ学会 **協 賛：**(社)繊維学会ほか
日 時：平成 19 年 6 月 28 日(木)～29 日(金)
場 所：名古屋市工業研究所
(名古屋市熱田区六番 3-4-41 TEL: 052-661-3161)
詳細は、下記にお問い合わせ下さい。
マテリアルライフ学会
〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 2-6-8
TEL: 03-5695-6544 FAX: 03-5695-1939
E-mail: mls@kt.rim.or.jp

FRP 入門講習会

主催：(社)強化プラスチック協会 **企画：**情報・編集委員会
日時・場所：
〈東京会場〉平成19年 5 月11日(金) 10:00～16:50
東京工業大学 百年記念館
〈京都会場〉平成19年 5 月17日(木) 10:00～16:50
同志社大学 今出川キャンパス
プログラム、参加申込の詳細は、下記にお問い合わせ下さい。
(社)強化プラスチック協会 事務局(担当: 東海林)
〒101-0021 東京都千代田区外神田 6-2-8 日誠ビル
TEL: 03-5812-3370 FAX: 03-5812-3375
E-mail: headqtr@jrps.or.jp

第 43 回熱測定討論会

主 催：日本熱測定学会 **協 賛：**(社)繊維学会ほか
日 時：平成 19 年 10 月 1 日(月)～3 日(水)
場 所：札幌コンベンションセンター(〒003-0006 札幌市白石区東札幌 6 条 1 丁目)
詳細は、下記にお問い合わせ下さい。
日本熱測定学会事務局
〒101-0032 東京都千代田区岩本町 1-6-7 宮沢ビル
TEL: 03-5821-7120 FAX: 03-5821-7439
E-mail: netsu@mbd.nifty.com