

包装アーカイブス

表 1 1965 年当時の素材のマトリックス

ナイロン同時二軸延伸フィルム

素 材	繊 維	未延伸フィルム	延伸フィルム
セロース	○(レイヨン)		○(セロファン)
ポリプロピレン	○	○	○
PET	○	◎	○
ナイロン	○	○	◎
アクリロニトリル	○	◎	
ビニロン	○	○	◎
ビニリデン	○		○(収縮)
塩化ビニール	○		○(収縮)
ポリカーボネート		○	

はじめに

筆者は本年度の包装学会大会においてははからずも平成24年度日本包装学会賞を受賞する榮に浴した。そのため、予定していた包装用プラスチックフィルムの歴史に先んじて、受賞に直接関係したナイロン同時二軸延伸フィルムの歴史を述べてみたい。

○ 昭和40年当時
◎ 当時無くて現在あるもの

1. 開発初期 1965年当時の状況

ナイロン同時二軸延伸フィルム（ナイロン二軸延伸フィルムと略称）は、ユニチカ(当時の日本レイヨン)が1968年に、世界で初めて商業生産を開始し、その後興人、東洋紡、さらに三菱化成、出光石油化学なども参入して、包装用の基材フィルムとして大きな地歩を築いていることは、周知の通りである。

ナイロン二軸延伸フィルムはシーズから生まれた商品である。当時の各種プラスチック素材の一軸延伸品である繊維とフィルムの商品化の状況は表1「1965年当時の素材のマトリックス」の通りであった。当時四大合繊といわれたナイロン、ポリエステル、アクリロニトリル、ビニロンの各種繊維のなかで、日本が開発し、大量に使用されていたビニロン、アクリロニトリル、ナイロンの各素材が延伸

フィルム化はされておらず、かつ、溶融押し出しが一般的な素材であるナイロン、ポリエステル、ポリプロピレンの中ではナイロンのみが延伸フィルム化されていなかった。

2. ナイロン二軸延伸フィルムの開発

2.1 ナイロン二軸延伸フィルムの選定

1965年のセロファンの生産量は年間で約6万トンくらいであった。セロファン生産量のピークは1970年頃であるから、まさにセロファンの全盛期であった。

プラスチック延伸フィルムの生産状況は、PETについては、東レが1958年5月に試験生産設備を設置、1959年9月には1.5 t/dの生産開始している。その後、1960年は380トン程度の生産、1964年には190 t/mの設備を完成している。OPPに関しては、東レ

包装アーカイブス

は 1962 年に食品包装分野を中心とする包装関係用途へのフィルム事業拡大を目差して、ポリプロピレンフィルムの事業化を決定し、同年 2 月から試験機により二軸延伸ポリプロピレンフィルムの試験生産を開始し、1963 年 7 月、月産 150t 規模の生産機を完成している（東レ 50 年史から）。また、1965 年当時の生産量は、PET は年間 2 千トン程度と推定され、OPP が正確な数字がないが数百トン以下、量産体制が整ったのは 1967 年頃で 1 千トン程度とされている。各フィルムの 1965 年のおおまかな用途比率は表 2「1965 年当時の基材フィルムの用途比率 (%) 高橋儀作」の通りである。

当時の日本レイヨンはナイロン繊維は先発メーカーとして 55 年から生産をしており、PET 繊維は 64 年に生産開始をしたばかりであった。また、ナイロンについては樹脂の販売

も 58 年から開始していた。このような状況下で、セロファンは既に 12 社が生産をしていたこと、OPP、PET が既に上市されていたことも配慮して、ユニチカの得意な材料を生かして、まだ市場にないナイロン二軸延伸フィルムの開発を開始したわけである。

2.2 製造技術

手回しバッチ式の同時二軸延伸機による A4 版以下の大きさの枚葉のナイロンフィルムの顔を見たのが 1964～65 年にかけてで、連続延伸中間機が出来たのが 66 年 2 月で、同年 5 月実生産を開始した。幅は 510mm で 1967 年 1 月時点での生産可能量は 2t/m であった。生産用 1 号機が出来たのは 1968 年 7 月で幅は 1500mm であった。この製造技術は 1974 年に「ナイロン二軸延伸フィルムの製造研究と工業化」という表題で高分子学会賞を受賞し、

表 2 1965 年当時の基材フィルムの用途比率 (%) 高橋儀作

	セロファン	PET	OPP
包装用 (国内)	92	3	
内訳			
食品	65		
薬品	10		
繊維	12		
雑貨	5		
その他	8		
電絶材・コンデンサー		31	
テープ・磁気テープ		7	
製図・写真用		7	
離形・建材		6	
金銀系		35	
ラベル		7	
その他	8	4	

包装アーカイブス

翌年の高分子学会で受賞記念講演を行っている。その中からナイロン同時二軸延伸フィルム製造技術の特徴を述べると、先行技術のPET,OPPで採用されている逐次二軸延伸方法では、ナイロンの場合二段目の横延伸応力が大きく、ネック延伸となって均一な延伸が不可能であること、未延伸フィルムの水分含量を2%にすることにより、同時二軸延伸で均一な延伸が出来るのが特徴だとしている。この基本特許は1965年9月に出願され、68年に特許が成立している。また、同時二軸延伸であるため、フィルムを保持するチャックの間隔が逐次延伸の場合と異なり可変でなければならないことから、図1に示すような画期的な親子リンク方式を開発するなど延伸機の開発にも苦労している。

2.3 市場開発

当時、社内にはフィルムの市場のことを知っている人間は1人もなく、全てはゼロからのトライであった。したがって、バッチ試験機による枚葉の顔を見てすぐに市場調査を始め、中間機のサンプルで加工試験や用途開発のための試験販売を行っている。ナイロン二軸延伸フィルムはシーズからスタートしたため、商品のコンセプトをつかむまでにたいへん苦労をしている。

目標の1つは「先行するプラスチックフィルムの代替J」ということで全方面を探索した。「先行するプラスチックフィルムの代替（と言っても具体的にはPETしかなかった）」ということでPETフィルムの全用途について使用可能か否かのトライを行っている。当社の

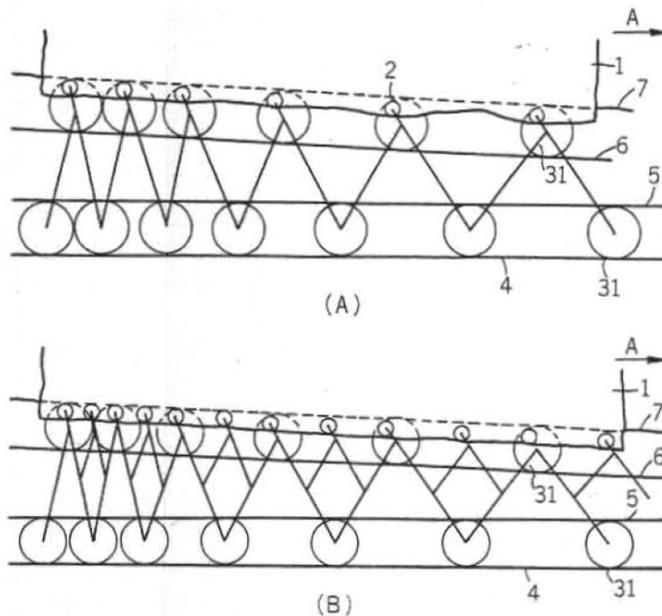


図1 同時二軸延伸用の従来型パンタグラフ式リンクと親子リンク

包装アーカイブス

ナイロン二軸延伸フィルムの最初のカラーパンフレットを見ると、磁気テープ、粘着テープ、金銀糸等の写真が載っており、ナイロンの特性を知らずにPETの後追いを考えていたことがわかる。当時、筆者は本社でフィージビリティスタディをしていたが、他部門の人からこのようなフィルム用途があるのを知っているかといわれた時、全てに既にトライしていると回答できる自信があったほどである。笑い話になるが、ナイロンフィルムが磁気テープに使えない一番単純な理由は、ナイロンフィルムが吸湿伸長すると磁気コート面を内側にしてカールが起り、磁気テープを垂れ下げるときれいな円状にならないということであった。

開発当初のユニチカが示したナイロンの用途は、上述のように延伸プラスチックフィルムの全ての用途であったが、ユニチカが1号機による生産を開始した1968年から10年後の78年、加工技術研究会が出版した「ラミネート加工便覧」の「延伸ナイロンフィルム」の項では用途は特化され、包装用しか記載されておらず、改めてユニークな素材を世界で初めて市場化する苦勞が理解できる。

2.4 当時のフィルム包装の技術背景

前にも述べたが、開発当初ユニチカにはフィルムの市場を知っている者は誰もいなかった。また、当時は現在と異なって参考になる図書がほとんどなかったのが担当者の吉勞を

いっそう大きくした。

日本包装技術協会ができたのが1963年の3月で、同協会が「包装技術便覧」を発行したのが65年11月である。その「刊行のこぼ」に「包装については、適切な指導書を欠き、この部門に携わる方々を困惑せしめておりました」と書かれている。この本は広範な領域にわたって非常によくまとまっている。また、第1回の東京パックが1966年（昭和41年）に開催されている。

プラスチックフィルムに関しては66年12月に高橋儀作氏の「プラスチックフィルム」が出版されており、桜田一郎先生が「新しい分野の開拓的一書」という推薦序文を記しておられる。食品の保存性については、木村進先生他2名による「食品の変色とその化学」という本が67年11月に発行されている。やはり、その始めに大島康義先生が、食品の加工、貯蔵時の色素変化について、既存の書物は記載が少なく、この本が明快に説明していると推薦の言葉を書かれている。

このように見ると、ナイロン二軸延伸フィルムの試作品が出だした頃が、いわゆる近代包装の技術が成文化されだした時であるといえることができる。

3. 食品包装用途開発

とは言うものの、素人集団による用途開発は決して容易なものではなかった。1968年7月、月産70トンの1号機が稼働し、71年には2

包装アーカイブス

号機の増設を行っているが、当時の拡販のための悪戦苦闘ぶりを思いつくままに並べてみる。このころになると、ナイロンフィルムの物性から、ポリエステルフィルムの後追いで駄目で、食品包装に特化すべきであるという認識が生まれ始めてきている。以下に並べる用途開発の苦労のほかに、このインフラともいうべきインキ、接着剤、加工機などにおける苦労も多かったが省略する。

3.1 ユーザーまわり(食品メーカーまわり)

当初、われわれはナイロン二軸延伸フィルムをコンバーター各社に紹介した。しかしながらコンバーターにとって二軸延伸ナイロンフィルムを使用することは単に例えばセロファンからの素材の変更であるケースが多いため、積極的な取組みが得られず、なかなか販売量が伸びなかった。そこで、食品メーカーに直接ナイロンの良さを理解してもらい、そこから逆にコンバーターにサンプル要求してもらおうということで、ユーザー(食品メーカー)まわりを始めることとした。また、それと並行して、食品包装の問題点を把握するため(当時、食品メーカーは、なかなか包装の問題点を言ってくれなかった)、各県で食品メーカーの指導をしている県の試験所などを訪問し問題点の調査を行った。食品総合研究所(当時は都内にあった)、愛知県、広島県の食品全般、新潟県の餅、徳島県の漬物、長野の味噌研究所、高知県の鯉生節、全漁連の海苔研究

所などである。また、このような試験所から使用ユーザーの紹介も受けて訪問したりした。

また、ユーザーまわりをすると、包装機械に対する知見も必要となる。味噌の縦ピロー機の川島製作所、ガゼット袋詰め機の横浜自動機、液体スープ充填機の小松製作所、その他の機械メーカーにもよく訪問して、ユーザーの使用機械の種類や、取扱い方の教示を受けた。

3.2 用途別実用試験

今から思うと、当然のことであるが、食品メーカーに行き、いわゆるフィルムの物性表を出してナイロンフィルムは引張り強度が大きいと言ってもなかなか理解してもらえないし、また我々もそれがどのように包装に寄与するのか理解できない。そこで実用試験をどんどん行うこととした。この試験により、ユニチカの人間は営業マンも含めて誰でも同じようにナイロンフィルムの説明ができ、かつお客さんにも容易に理解してもらうことができる。百の理屈より一つの事実というわけである。実用試験は、顧客とよく相談し、顧客の現実の問題が解決できるか、また他素材との差が明らかになるか、などを考えて試験方法を定めた。このような試験は大変手間もかかったが、われわれにとっても、ユーザーにとっても貴重な知識となったと考える。現在のエチレイ、ニチロと行った冷凍かぼちゃ、マルハと行った冷凍枝豆、ハナマルキ味噌と

包装アーカイブス

行ったピロー包装の味噌、双葉食品と行った平餅、ユニチカが独自に行った水漬物など、当時集中的に行った試験の一部である。

幸いなことに、いずれの試験においてもナイロンニ軸延伸フィルムは他素材に比較して非常に優れた性質を示したこともあり、これらの試験結果を積極的に業界誌に発表した。また、これが我々をさらに新たな実用試験に駆り立て、さらに次に述べる特性要因のモデル化試験に意欲を燃やした原因である。

3.3 特性要因のモデル化

このような実用試験の間に、実用試験の種々のファクターを分析・モデル化して各々の特性要因を個別に評価することも試みた。これにより、実用試験における乱因を排除するとともに、その簡略化や適切な評価にも寄与すると考えたわけである。その最初のもは、現在食品衛生法のレトルトパウチにも採用されている、ピンによる突刺しピンホール試験である。

現在の愛知県食品工業技術センターが1969年に行った「第1回食品包装展示会」に筆者が責任者となって、ユニチカが展示したものは、台秤の上の台に各種のフィルムを貼った木枠を置き、ポールペンで破れるまで突いてもらって台秤も針の位置を見てもらう突刺しピンホール試験、3×9尺の透明アクリル板の下に、空気膨らませた袋を6個置き、大勢の人に乘ってもらって袋の圧縮試験、洗濯カ

ゴにフィルムを張り、上から砲丸投げのボールを落としてもらう衝撃試験などであった。ユニチカ社内では、学園祭みたいなどと評判は悪かったが、当時の愛知県試験所の課長がこれは教育的だと喜んでくれ、テレビの取材グループを連れてきてくれたのも懐かしい思い出である。

本機稼働から約4年後に、同センターの包装食品技術協会の「食品の包装」1972年第1号に筆者が投稿した「包装用フィルムのピンホールについて」には、モデル試験結果として、ピンによる突刺しピンホール、落下衝撃試験機を用いたピンによる衝撃突刺しピンホール、ワッシャーとガラス板の間に置いたフィルムの衝撃カット試験、MIT試験機によるフィルムの折れ角の屈曲疲労によるピンホール、染色堅牢度試験機を改造した折れ角の摩擦ピンホール、手作りの6角回転ドラムによるピンホール試験などが記してあり、ピンホールについていろいろなモデル試験を行ったことがわかる。当時はまだ理論的解析は行っていなかったが、後述するように、その後、数式を用いた理論的な解析へと進んでいった。

3.4 食品衛生問題

今ではまったく常識になってしまっているが、開発当初はこの問題で非常に苦労をした。当時の状況を見ると、有名な告示第434号が1966年10月に公布され、規制項目がそれまでのフェノール、ホルムアルデヒドの2項目から

包装アーカイブス

重金属、蒸発残留物、過マンガン酸カリ消費量を加えた5項目になったばかりであった。業界団体としては「塩ビ食品衛生協議会」が1967年6月に設立されている。初の個別樹脂規格ができたのは73年6月の告示第178号による塩ビで、ポリオレフィン等衛生協議会は71年からの準備期間を経て73年9月に設立されている。ナイロン樹脂に関しては、73年にポリアミド樹脂技術研究会が設立され、79年ポリ衛協に加入している。個別樹脂規格ができたのは82年の告示20号である。告示20号制定時、筆者は輪番でポリ衛協ナイロン部会主査を仰せつかっており、制定に苦勞をした。

特に困ったのは海外規格である。ナイロン二軸延伸フィルムは前述の通りユニチカが世界で初めて企業化したものであるため、当初から海外販売を図った。68年10月のロンドン、70年4月のニューヨークの展示会に出品している。74年には輸出課を作り、76年からはニューヨークにフィルム専門の駐在員を置いている。当然FDAの規制の問い合わせがくるが、さっぱり分からない。FDA規格の原文を探してCFR21を試験機関や米国大使館を訪ね歩いている。そのような苦勞の末、76年にナイロン二軸延伸フィルムのFDAのマスターファイルNo.208をもらっている。現在、インターネットでFDAの規格が容易に入手できることを考えると夢のようである。

4. 特性把握の向上

ナイロンフィルムの特性をより深く理解し、かつ包装設計にも寄与させるため、ユニチカは開発当初から種々の努力を行ってきたのは前述の通りであるが、その後も解析能力を深める努力をしている。月刊「プラスチック」（工業調査会）の1982年5月号に、筆者は自社の小松崎と一緒にそれまでの理論的解析の試みをまとめている。

例えば、落下破袋については、77年の製化研報告を踏まえ、落下高さは、理論的にシール強力の2乗をラミネートフィルムのヤング率で除した数値に比例することを説明し、実験値と適合していることを示している。ナイロンフィルムによる水物包装の場合、充填直後よりしばらく放置した後のほうが落下強力が大きくなるのは、ナイロンフィルムが内容品の水分を吸湿して、ヤング率が低下するためであることがこれから説明できた。

そのほかに、薄肉鋼管の破裂強度の式を用いて、破裂強度及び圧縮強力が、シール強度と袋の厚さに関連する事を理論化し、実験と一致すること、さらにこの式を用いて袋全周のシール強さを袋に充填した空気の内圧で測定する方法も述べている。

また、これらの式を応用して、85年にはポテトチップの袋の設計指針として、段ボール箱にポテトチップ入りの袋を手で入れる場合に袋のパンクを防ぐのに必要なシール強力と、ポテトチップの割れた角によるフィルムのピ

包装アーカイブス

ンホールを防ぐのに必要なフィルムの破断強度を解析し、「工業材料」（日刊工業新聞社）の89年11月号に説明している。

2009年には、包装材料の特性評価法に絞った著作を、当学会の包装学基礎講座No.11として「包装材料評価法の科学」として刊行することが出来た。ここでは上記評価法のほかに、プラスチックのコロナ処理面の濡れ性評価法、間欠送りの場合のオイラーの定理の利用、イメージセンサーを用いたリアルタイム寸法変化測定法、含気ボイル袋の評価法詳細などを記している。

5. ナイロンフィルムのグローバル化

このような経過により、ナイロン同時二軸延伸フィルムは国内及び米国で順調に需要を伸ばし、その結果1985年頃に米国に製造技術輸出を行った。その販売の穴をふさぐためにヨーロッパでの拡販を始め、数年でヨーロッパへの技術輸出を行うまでになった。また、その後東南アジア、中国での拡販を行い、現在では、両地域でも生産が行われている。これらの国々での販促活動において、日本国内で行った、実用試験、モデル試験を英文技術資料として大いに役立てたのは言うまでもない。

7. おわりに

ナイロン同時二軸延伸フィルムはその後も順調な発展を見せ、その特徴ある性質により

包装材料として揺るぎのない地位を占めていて、2012年のシートを含めた国内出荷数量は4万3千トンとなっている。

ナイロンフィルムはシード型の開発であったと述べたが、セロファンからプラスチックフィルムの移行時によき競争相手であるOPPフィルム、PETフィルムと競合しながら市場を作ることが出来たのは、時流の後押しを受けたと言えよう。

また、価格差をカバーして現在の地位を占めているのは、その特徴ある性能によるものであるが、その特性を明確化する評価法の開発も一翼を担っていると思われる。シード型商品の用途開発の歴史例として、ナイロン同時二軸延伸フィルムについて記した。

大須賀技術士事務所 大須賀 弘

包装アーカイブス