

フィルム・シート成形装置の変遷と将来展望

History and Future Prospects of Film and Sheet Processing Equipment



田中 弘治*
Hiroharu Tanaka



二宮 俊幸*
Toshiyuki Ninomiya



辻 輝彦*
Teruhiko Tsuji



加藤 香*
Kaoru Kato



仁井 貴文**
Takafumi Nii

要 旨

当社のフィルム・シート成形の歴史は、1958（昭和33）年にポリ塩化ビニル(PVC)フィルム成形装置の開発を手がけたことから始まった。その後、1962（昭和37）年頃から二軸延伸フィルム成形装置の開発に着手し、1970（昭和45）年に、横延伸装置の内製化のためドイツのドルニエ社と技術提携を行い、2006（平成18）年には三菱重工業社のフィルム・シート成形機事業譲渡、2015（平成27）年には日立プラントメカニクス社より同時二軸延伸装置事業譲渡、2019（令和元）年には巻取機メーカーであるニチュマシナリー社を子会社化することで事業を拡大してきた。ここでは、フィルム・シート成形装置の各機器および二軸延伸装置の誕生から今まで辿ってきた技術の変遷と将来展望について解説する。

— Synopsis —

The history of film and sheet processing equipment in JSW dates back to 1959 when we first delivered a PVC film production equipment. We started to develop biaxial film stretching machines in 1962 and made the technical alliance with Dornier, Germany in 1970. Starting with the assignment of film and sheet business from Mitsubishi Heavy Industries in 2006, we have continued to enlarge our business. We took over the business related to simultaneous biaxial stretching equipment from Hitachi Plant Mechanics Co., Ltd in 2015 and acquired a winder manufacturer Nichiyu Machinery Co., Ltd. in 2019. We describe here the history of our technology from the beginning of the products and future prospects as well.

1. 緒 言

当社のフィルム・シート成形の歴史は、1958（昭和33）年から始まった。フィルム・シート成形装置の初号機は、同年にTダイによる塩化ビニル(PVC)フィルム成形装置一式の引き合いがあり、設計検討を含む開発を

開始した。引き合い当時はTダイの存在は知っているものの流路設計技術が皆無であり、顧客工場の既設機をスケッチさせてもらい、それに倣って設計・製作が行われた。この装置は、翌1959（昭和34）年に納入を行い、無事装置の立上げを行うことができ、実質的なフィルム・シート成形装置事業がスタートした。その後次第に

*: 広島製作所 樹脂加工機械部
Plastics Processing Machinery Department, Hiroshima Plant

** : 広島製作所 電装技術部
Electrical Engineering Department, Hiroshima Plant

Tダイの納入台数が増し、設計・製造手法を自ら習得するに至ると、徐々に様々な樹脂を対象とした新規受注案件にも対応出来る技術力が育まれてきた。なお、当時は口径が100mmを超える単軸押出機は広島製作所で製造を行ったものの、その大半は横浜製作所が手がけていた。

その後、1962（昭和37）年頃から二軸延伸フィルム成形装置の開発に着手すると、1964（昭和39）年にポリエチレンテレフタレート（PET）用途の二軸延伸装置の商用第1号機が完成した。ただ、当時は延伸装置のキーとなる横延伸装置は購入品であった。1970（昭和45）年に、フィルム・シート成形装置事業の伸長が見込めることから、その強化を目指してドイツのドルニエ社とキャスト・縦延伸装置・横延伸装置の技術提携を開始した。当初は、ポリプロピレン（PP）の延伸での技術提携であったが、結果としてはPPではなく、PETに多くの実績を有する事業となった。ドルニエ社との技術提携は1990（平成2）年まで続き、その後当社は独自の技術開発を継続して発展を続けてきた。平成に入ると、高生産性の需要の高まりとともに高速化（押出機やキャストロールの大口径化）や広幅化が進むことで装置が大型化し、製造能力の面で徐々に広島製作所が手がける工事を増してきた。2001（平成13）年には、フィルム・シート成形装置事業の効率化を図るため、横浜製作所分掌業務の広島製作所への完全移管が行われ、広島の地で一貫して製品開発・製造が行うようになった。

2006（平成18）年には三菱重工業社のフィルム・シート成形機事業の譲渡を受け、二軸延伸ポリプロピレン（BOPP）成形技術、無延伸ポリプロピレン（CPP）成形技術とそれらに伴った高吐出押出技術などを保有するに至った。そして、2015（平成27）年には日立プラントメカニクス（HPM）社より同時二軸延伸装置事業を譲り受け、逐次二軸延伸技術と同時二軸延伸技術の双方の延伸技術のニーズにも応えることができるようになった。2019（令和元）年にはジーエムエンジニアリング社を子会社化して単軸押出機によるシート成形技術の強化を図ると同時に、ニチユマシナリー社を子会社化することで幅広い製品を対象にした巻取機の内製化を可能にした⁽¹⁾。

本紙では、フィルム・シート成形装置において、各機器および二軸延伸装置の技術変遷と将来展望について解説する。

2. 各装置の技術変遷

図1に二軸延伸装置の変遷の概要を示す。図2に示すように、二軸延伸装置は押出機、Tダイ、キャスト装置、縦延伸装置、横延伸装置および引・巻取機で構成され、

溶融樹脂をシート状に吐出し、冷却固化し、延伸することで付加価値を付与する。この装置は、常に生産速度アップと製品厚み精度向上のニーズがあり各装置で高性能化、高速化のニーズに対応するための改善が行われてきた。

2.1 押出機

フィルム・シート成形装置用押出機には、単軸押出機と二軸押出機の双方のバリエーションを有する。単軸押出機は1950（昭和25）年に電線被覆用として国内で初めて製造・納入を行った歴史を有するが、フィルム用途としては1959（昭和34）年にPVCフィルム用に出荷されたことが始まりである。その後は、1972（昭和47）年にPPフィルム用単軸押出機、1990（平成4）年代にはラミネート用押出機やシュリンクフィルム用ベント付き単軸押出機、電線被覆用押出機、紡糸用押出機、チューブラ用押出機を次々に上市した。2006（平成18）年には三菱重工業社のフィルム・シート成形機事業の譲渡により、PPフィルム用タンデム押出機や高能力/低樹脂温度の性能を持つHM押出機（6角シリンダ）など特殊押出機も有した。

一方、二軸押出機TEXは、1979（昭和54）年に樹脂のコンパウンドと造粒を目的として開発・納入を行い、フィルム用としては1983（昭和58）年にPETフィルムのリサイクル用押出機として初採用された。二軸押出機は、原料食い込み性の良さや高い脱揮性能に特徴を有するため、吸湿しやすく加水分解を起こし粘度低下を生じやすいPETフィルム向けに実績を増していった。これは、単軸押出機の場合は事前に原料を乾燥する必要があったが、TEXでは水分を脱揮することが可能であるため乾燥工程を省いた未乾燥原料の押出ができることが特徴であり、これは世界初のプロセスであった。その後、TEXは1984（昭和59）年に紡糸用押出機に採用され、1985（昭和60）年にはフィルム成形ラインのサブ押出機として採用された。1991（平成3）年には非晶性PET（A-PET）シート用押出機として、さらに1996（平成8）年には二軸延伸フィルム成形ラインのメイン押出機として採用され、現在までにPET用途で300台近い実績を有するに至っている。また、2000（平成12）年には、コンパウンド直接成形用押出機として、2004（平成16）年にはポリアミド（PA）フィルム用押出機として世界で初めてTEXが採用された。その後、2006（平成18）年には超高吐出BOPP成形ニーズに応えるべく、高能力かつ低温押出、省スペースを可能にしたTEXを上市した。TEXは吐出量増大だけでなく、フラフ（エッジトリム）やフレーク原料を直接投入できるため、低コスト・省エネルギーでの生産が可能であり、採用台数が増加傾向にある。

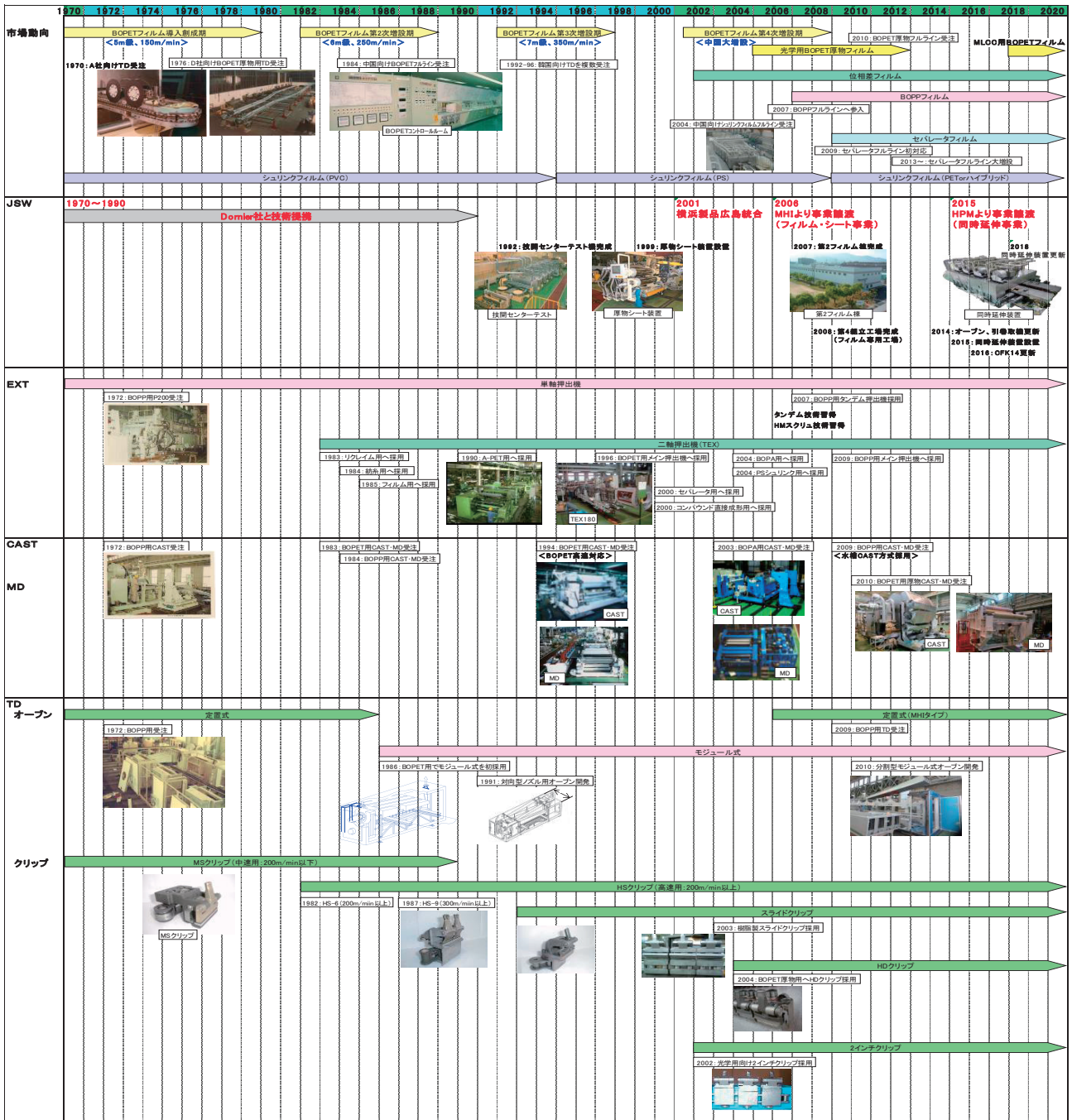


図1 二軸延伸装置の変遷

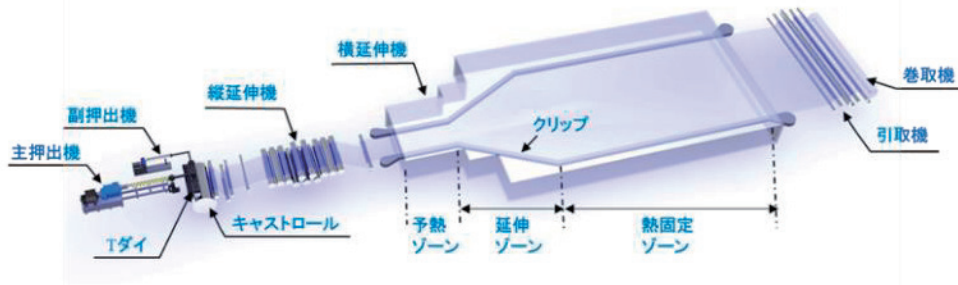


図2 二軸延伸装置(逐次)

2000年(平成12年)にはリチウムイオン電池のセパレータフィルム用押出機としてTEXを最初に納入し、2013(平成25)年以降のセパレータフィルムの需要急増により、その実績を急速に伸ばしてきた。セパレータフィルム用は、高分子量PEと多量の流動パラフィン(LP)を均質化に対応するため高い混練性能が必要であり、特殊混練スクリュの採用により顧客ユーザから高い評価をいただき、国内外向けに非常に高いシェアを占めている。図3に湿式セパレータの代表的な押出プロセスフローを示す。

プロセスフロー(湿式工程)

1) 押出成形→CAST

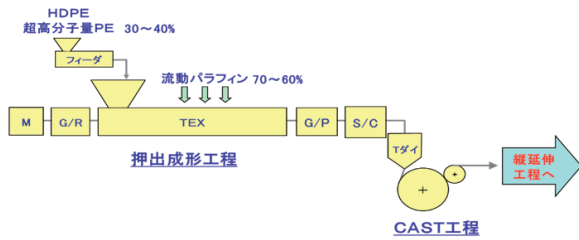


図3 湿式セパレータの代表的な押出プロセスフロー

2.2 Tダイ

当社のTダイは滞留時間を抑制したコートハンガーダイが主流であったが、三菱重工業社は本体の剛性が高くリップの口開き耐性がある傾斜ランドダイを標準としていた。2008(平成20)年に、これらの特長を組み合わせさせたハイブリッドダイを開発・上市した。フィルムの全幅厚み均一性や物性の均一性が高まる装置としてお客様からの評価が高く、2009(平成21)年以降多くの販売実績を有している⁽²⁾(表1、図4参照)。開発当初は高粘度樹脂を用いる太陽電池のセル封止シート向けに販売数量を伸ばし、その後はシートのみならず延伸・無延伸用途として多くのお客様に採用をいただいた。

表1 各Tダイお流路形状と特性比較

	流路形状	ユニフォームティ (厚み精度)	滞留時間 (耐劣化性、色替 性)	口開き耐性 (均一性、低減)
コートハンガー		○	◎	△
傾斜ランド		○	△	◎
ハイブリッド		◎	◎	○~◎

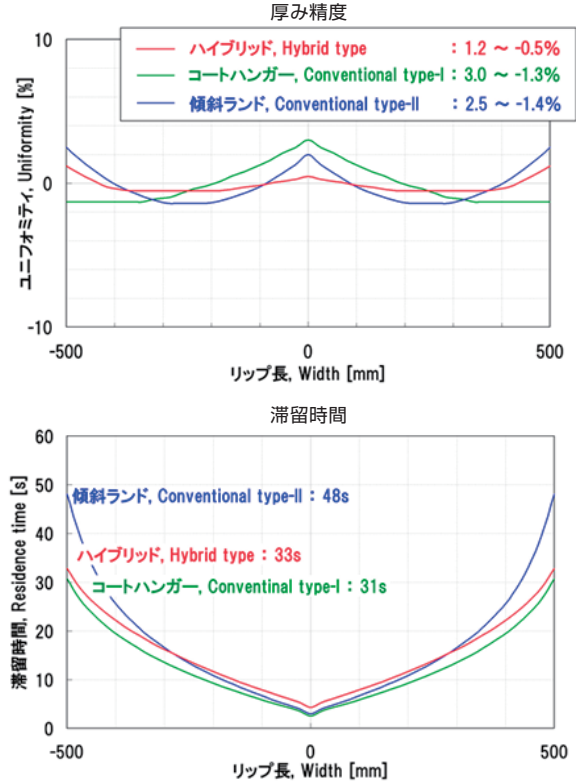
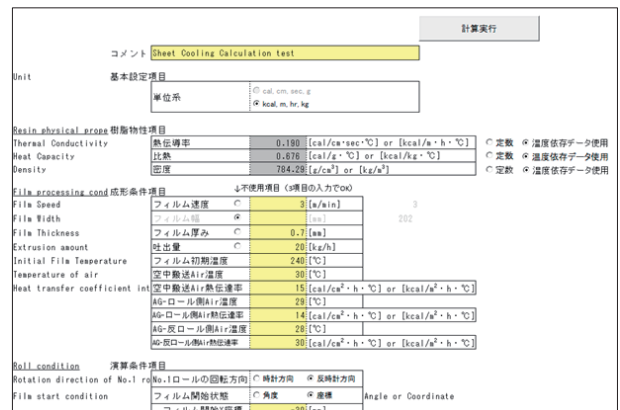


図4 各Tダイの厚み精度と滞留時間分布

2.3 キャスト装置

押出機の性能向上に伴いフィルム・シートの生産能力アップへの需要が高まる中、熔融吐出樹脂の十分な冷却能力を確保するためにキャストロールの大径化が進んできた。なかでも、BOPPフィルムでは原反の厚みが3mm程度であり、さらに成形速度も高速であるため、冷却性能を高めるために水槽キャスト装置が採用されるようになってきた。このロール径や水槽のサイズ的设计には単純な卓上計算では信頼性の確保が難しいため、自社独自のシミュレーションソフトウェアを開発し運用を開始した。図5に示すように、最新版では結晶化熱を考慮した計算も可能となるなどその技術も進歩しており、最適設計の助けとなっている。



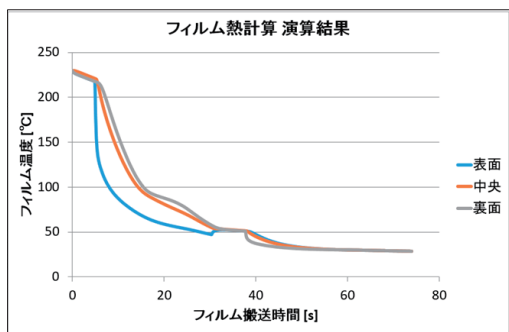


図5 冷却シミュレーション

さらに、高速化に伴いロールへのシートの密着技術も進歩している。ロールとシートの間エアが巻き込まれることを防止するバキューム装置は1BOXタイプから2BOXタイプへと進化し、より精度の良い調整が可能となった(本稿掲載の技報 No.71 の製品・技術紹介に掲載)。PETフィルム成形の場合は、PETが帯電しやすい特性を有するため、ロールへ静電密着させるピンニング装置が採用される。この静電ピンニング方式は、以前はシングルワイヤータイプが多く使用されていたが、高速化に伴いブレードタイプを採用することで100m/minまでの成形が可能になった。キャストロールの駆動方式では、以前は複リード式ウォーム減速機やローラー減速機が採用されてきたが、ロールの回転ムラがフィルム搬送方向(MD)のフィルム厚み精度低下となることが懸念されるようになり、近年では減速機を介さないダイレクトドライブ方式の採用が増えている。

2.4 縦延伸装置

成形の高速化に対する需要が増す中、ロール本数の増大、多段延伸の採用、装置の高剛性化などの対応が時代とともに図られてきた。延伸部では、高速延伸時の不安定なひずみ変形を抑えるため、延伸を複数回に分けて行う多段延伸方式の採用が増えている。品質面では、スクラッチ(表面への入傷)防止のため、各ロール速度のドロワー比をロールごとに個別調整可能な駆動方式が主流となり、かつての複数本のロールをベルトやギヤボックスでまとめて1つのモーターで駆動する方式は姿を消しつつある。また、高温延伸によるロールへのフィルム粘着およびスクラッチ傷抑制のため、ロール表面処理を従来のクロムめっき鏡面仕上げから必要に応じて梨地仕上げ、テフロン、セラミック等を選択するようになってきた。

2.5 横延伸装置

横延伸装置は加熱オープン内でフィルムの両端をクリップで把持し、クリップの走行レールに沿ってフィルムを横方向に延伸する装置である。横延伸装置では、高速化

に伴うクリップの開発や延伸精度向上のための高性能ノズルの開発が行われてきた。

(1) オープン

二軸延伸プロセスの中で大規模装置である横延伸オープンの構造は、当初定置式と呼ばれる構造のものであった。オープンを構成する部品(フレーム、パネルなど)を現地へ持ち込み、現地で一から組み立てる方式である。この方式では、現地据付の日数が莫大になることや、組立不具合の問題が多く現地で修正する工程が増加しがちな欠点があった。そこで写真1に示すノズル、フレーム、断熱パネルを弊社工場内で予め組み込むモジュールタイプのオープンを開発した。これは、約1.5m幅の比較的コンパクト化が達成でき海外への輸出も比較的容易となったことから、1986(昭和61)年の台湾納入向けから採用した。完成したモジュールは現地で締結するだけの画期的なものとなったため、これ以降、現地据付期間は飛躍的に短縮された⁽³⁾。



写真1 モジュール型オープン

しかしながら、2000年以降で生産性向上によるフィルム製品幅の幅広化の潮流が著しくなり、オープン幅も大規模化するようになり、海外への輸送コストの問題が生じた。これに対応するため、2010(平成22)年に図6に示すように大きな部位で分割し、コンテナ輸送が出来るタイプのオープン(分割型オープン)を開発することで、現地据え付け工数を犠牲にすることなくオープンの大規模輸出問題を解消することができた。

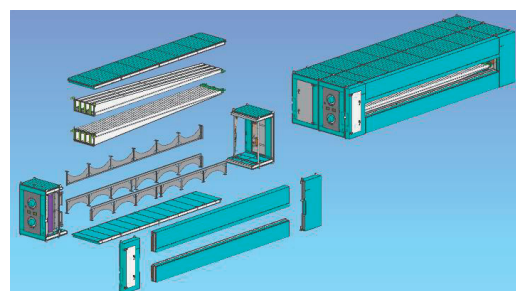


図6 分割型オープンの概略図

(2) 横延伸機用クリップ

ドルニエ社と技術提携を開始した1970年代初期のクリップ(JMS-2)は、ベアリング2個のシンプルな構造であった。ただ、ベアリングが2個のため走行時の姿勢安定性が悪く、レールの摩耗が著しかったことから速度を上げることが出来なかった。その後、1982年に6個のベアリングタイプであるJHS-6を経て、1987年に高速タイプとしてJHS-9を開発した。これは、9個のベアリングでレールを挟み込むことで走行時の姿勢を大幅に安定化することができ、高速成形への対応が可能となった。現在はJHS-9をさらに改良・進化させ、高速仕様としてダブルチェーンタイプを採用しており、速度500m/min以上にも対応出来るクリップとなっている。

その他にも、光学対応の2インチクリップJMS-4や厚物フィルム成形対応の耐高荷重クリップJHDなど特殊クリップも開発され、各用途に応じ最適なクリップを適用している。

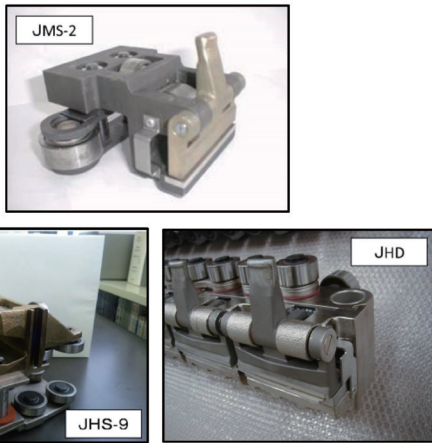


写真2 クリップ外観

(3) ノズル

オープン内では走行するフィルムを効率良く延伸温度まで加熱する事が求められる。オープンの加熱ノズルの形状は、当初スリット状のノズルが主流であったが、高速化に伴い搬送フィルムの随伴気流によって吹き付けられたエアが倒れ込んで熱伝達効果が低下する課題が生じてきた。この対応のため、多数の穴からエアを噴出するホールノズルが採用されるようになり、さらにはより伝熱効率を上げるためのノズル配置の検討を行ってきた。改良した結果の一例を図7に示す⁽⁴⁾。等間隔に直線状に配置されたノズルと、千鳥状に穴を配置されたノズルのフィルム表面への吹き付け圧力(解析値)を比較すると、直線状に配置したものはお互いのエアが干渉して圧力にムラが生じているものに対し、千鳥配置ではそれが改善でき、フィルムへの熱伝達率が15%向上した。これはBOPPをはじめとする超高速成形への適用性が高く、オープン内の熱量不足問題を解消するに至った。

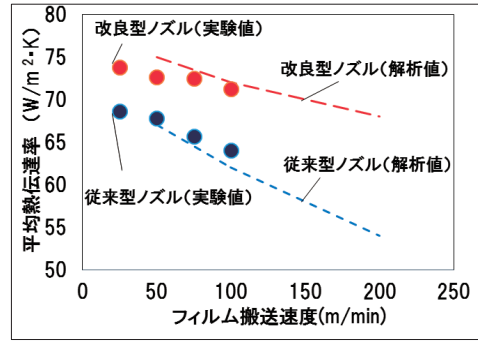


図7 ホールノズル形状とその配置の違いによるフィルムへの熱伝達率の比較

2.6 同時二軸装置

同時二軸延伸装置は、1工程でフィルムを縦横方向へ同時に延伸できる特徴を有しており、無延伸状態の物性や光学特性を連続して一気に変化させることができることや、ロール延伸などで表面にキズをつけることなく延伸できる点にある。

HPM社は、1960(昭和35)年代に顧客ユーザと共同でPPフィルム向けの同時二軸延伸装置の開発を開始したのが始まりで、その後はPAフィルム向け専用装置で実績を伸ばしてきた。2000(平成12)年頃からはリチウムイオン電池用セパレータフィルムの延伸機に参入し、その延伸性能が高く評価された。

さらに、その頃から光学系フィルムの延伸工程に同時二軸延伸機の適用が検討され始め、2005(平成17)年には、独自の機械式倍率変換装置機能付きの同時二軸延伸機を開発した⁽⁵⁾。

その後、当社が2015(平成27)年にHPM社から本事業の譲渡を受け、HPM社と弊社双方の技術融合を積極的に図り新型装置の開発を進めた。2018(平成30)年に高温・高倍率・縦弛緩対応可能な最新装置開発が完了すると、同年に弊社技術開発センターへテスト装置を設置し、大規模な試作評価が可能になった。

表2 テストラインの主仕様

テストラインの主仕様	
設定温度	Max360°C
縦(MD)倍率	1.5 - 5.5倍
横(TD)倍率	1.0 - 10.0倍
MD・TD倍率設定	自動(個別モータ)
入口幅	150-800mm
出口幅	150-1500mm
延伸調整部	左右個別
機械速度	100m/min
左右リンク同期	同期制御あり
MDリラックス	有り

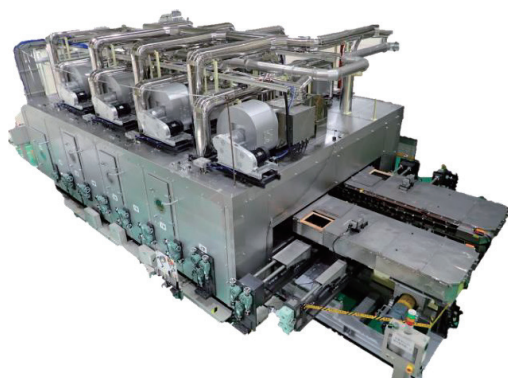


写真3 同時二軸延伸装置（テスト機）外観

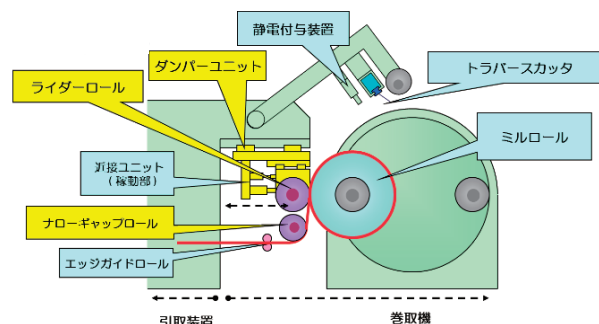


図8 高速広幅2軸ターレット巻取機の概略図

2.7 引・巻取機

シートやフィルム状に成形された樹脂は、そのまま巻き取られることは少なく、厚み測定、欠点検知、表面処理や製品幅への加工などを行った後に巻き取られる。無延伸シートや延伸フィルムに関わらず、成形するフィルムの最終用途に応じ検査装置類が変わるため、必要に応じた装置構成の検討と装置レイアウト決定を行っている。

巻取機は、1974（昭和49）年から横浜製作所にて製造を開始しており、電線のビニル被覆用巻取機としてスタートしている。その後、PVCやA-PET、低密度ポリエチレン(LDPE)、光学系フィルムなど適用の範囲が広がるとともに、巻取機もそれに合わせて最新技術の適用を図ってきた。これまでに、自社製のものと巻取機専門メーカーの協力によるものとを合わせ、300機を超える納入実績がある。2006（平成18）年に三菱重工業社からの事業譲渡を受けた後は、PPフィルム用の巻取機の製造を開始し、念願だった高速幅広機の市場への参入を果たした。2019（令和元）年に巻取機専門メーカーであるニチュマシナリー社を子会社化し、JSWのこれまでのラインナップに加えてニチュマシナリー社のラインナップを拡充することによって、現在は多種多様の巻取機を展開している。以下に特徴的な巻取機を紹介する。

(1) 高速広幅2軸ターレット巻取機（図8）

PPフィルム用として高速かつ幅広のフィルムを巻き取ることができる巻取機で、ライン速度525m/min、フィルム幅8.8mmに対応する。2軸ターレット式はシート巻取機と同じだが、装置が大きいので左右独立のターレットボックスと9mを超えるカーボンロールを有し、高速巻取が可能である。

安定して巻き取るには、巻換えの際に生じる小さな段差から生じる振動を抑制する必要がある。図8に示す、巻取り装置のナローギャップロールやライダーロールの改良、ダンピング用ダンパーの能力向上、フレーム剛性の向上などの改良を実施し、振動低減に努めている。

(2) 2軸ロータリ巻取機（図9）

2軸ロータリ式は、2軸ターレット式に比べて、巻替え時のロスを少なくし、エアの混入を抑えることが特徴であり、粘着テープなどの巻き取りに有利である。二つの巻軸(A軸、B軸)が交互に回転・移動しながら巻き取る仕組みで、巻替え時の巻軸間距離を短くすることや、カッターでの切断時にライダーロールがミルロールへタッチすることで、カット後の巻きずれを防ぐことができるのが特徴である。この巻取機は、近年セパレータフィルム用に採用され多くの実績を積んでいる。

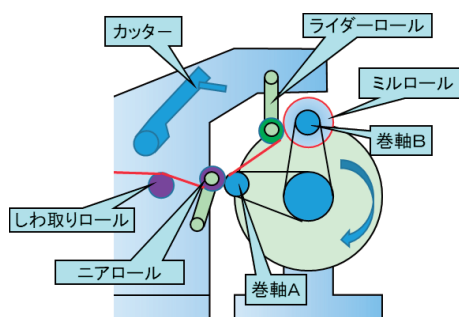


図9 二軸ロータリ巻取機の概略図

2.8 制御システム

フィルム・シート成形プロセスは複数の装置で構成されるため、オペレータの作業は広範囲である。また、条件変更・品種替えに要する時間を最小限に短縮する必要があることから、自動化が進められてきた。

二軸押出機TEXの運転立上げに関しては、原料供給装置、押出機スクリュ、ギヤポンプ操作をプロセス状態のバランスを監視しながら調整しなければならず、熟練者が操作する必要がある。TEX専用コントローラEXANETにおいては、2002（平成14）年から自動立上げシステムの納入を開始、容易に立上げ操作ができるものとしてユーザの運転ニーズに対応してきた。

二軸延伸装置では、ライン全てのプロセスデータを集中管理するHMI（ヒューマン・マシン・インターフェース）

を中央操作室に設置するプロセスコントローラ(略称プロコン)を装備し、オペレータの作業をサポートしている。押出機から下流装置へフィルムを通していく手順に合わせて処理能力アップやプロセス条件をワンボタン操作で変更できる通紙モード運転(SPEEDSET)機能を有している。

フィルム・シート成形ラインにおいて重要な制御システムとして製品厚みを均一にするためのフィルム厚み制御システムがある。1994(平成6)年にヒートボルト方式フィルム厚み制御システムJ-TACの開発を完了し納入を開始し、2010(平成22)年にはJ-TACと三菱重工業社より事業譲渡したAPCVを統合した新制御システムJ-TAC proを開発した。その後も新たな機能を加えながら多くのユーザに納入し評価を頂いている。2020(令和2)年には、最新技術を搭載したAI学習型厚み制御システムを上市する(本稿掲載の技報No.71の製品・技術紹介に掲載)。

横延伸装置においてはクリップレール幅の変更作業を自動化した横延伸自動幅出システム初号機を1995(平成7)年に納入した。その後、2003(平成15)年には高精度なパターン設定を可能とするサーボシステムを開発、2012(平成24)年にはメンテナンス性に優れたアブソシステムの納入を開始している。本システムは横延伸パターンをグラフィックにてモニタ・管理でき、設定パターンの登録や設定可否の判定も可能としている。

フィルム製造現場ではさらなる省人化やロスの低減が求められている。従来からの自動化技術をさらに拡大、ブラッシュアップするとともに、JSWのIoTソリューションであるJ-WiSeの最新技術により故障予知保全システムや運転条件の最適化技術などを順次上市していくことを計画している。

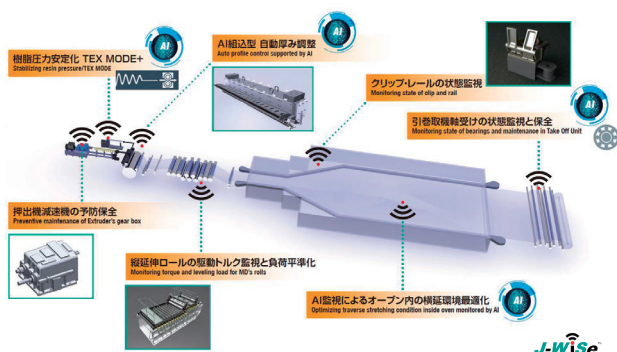


図10 フィルムラインのIoTソリューション

3. 二軸延伸フィルム成形装置の技術変遷

3.1 PET フィルム成形装置

二軸延伸PETフィルム(BOPET)は、耐熱性、耐薬品性、安定性に優れた特性を持つため、食品包装をはじめ電気・電子部品、薄型パネル関連の光学材、コンデンサなど幅広い工業分野で使用されている。

BOPETの歴史は、1970(昭和45)年代に主として包装材料用途向けの5m級幅、速度150m/minでスタートした。1980(昭和55)年代に入ると磁気テープ用途が主となり、6m級幅、速度250m/minが主な仕様であったが、1990(平成2)年代には7m級幅、速度350~400m/minへと高速広幅化が進んでいった。2000(平成12)年代に入るとデジタル化の改革が急速に進み、磁気テープの需要が激減するとともに液晶ディスプレイ(LCD)が台頭してきた。これによりLCD基材用途に250~350 μ m厚の厚物PETフィルム需要が増加した。これは、光学用途のために従来の用途よりも透明性や平滑性、異物管理などの要求が厳しく、キャストや延伸工程で高い温度精度が要求された。

3.2 PP フィルム成形装置

二軸延伸PPフィルム(BOPP)は、食品、衣料品、日用品などの包装品を主とし、コンデンサや合成紙などの商業用としても幅広く使用されている。そのニーズは年率6%以上のペースで成長し、今後も東南アジア地方での都市化や生活水準の向上により、需要増加が期待されている。

BOPPの歴史は、1962(昭和37)年に1号機を上市し、4.5m級幅、速度180m/minライン速度でスタートした。1989(平成元年)ごろから食品包装を主とした需要増加から6m級幅、速度350m/minに移行し、1998(平成10)年から2009(平成21)年の間には中国向けに市場が増加し、8m級幅にて速度は400~450~500m/minへと年々高速化が進んだ。2014(平成26)年には8.8m幅、525m/min装置として、東南アジア向けに食品包装用フィルム向けとした装置を納入した。これまでのBOPP装置の納入実績は250台以上となっている。

3.3 セパレータフィルム成形装置

スマートフォン・タブレット端末や電動工具、電気自動車などで、大容量・高出力のリチウムイオン電池を採用するようになり、そのニーズは増加の一途をたどっている。リチウムイオン電池のセパレータフィルムは、正極と負極の間でリチウムイオンだけを通過させる特異な機能を有する。セパレータフィルムは、フィルムに開いた微細孔が電池性能や電池の安全性に大きな影響を与え

るため、微細孔分布や強度、耐熱性などを如何にコントロールするかがポイントとなる。

セパレータフィルムの製造方式には、高分子量 PE とパラフィンオイル(LP)とを均一化して成形し、最後に LP を除去して開孔させる「湿式法」と、PE や PP を配向させながら結晶化を進め、縦延伸装置で結晶間を開孔させる「乾式法」がある。ここでは、強度面に優れ、極薄可能で大容量に適用可能な湿式法について述べる。

湿式セパレータフィルム製造プロセスの特徴は、基材樹脂である高分子量 PE と一緒に、多量の LP を供給して均質化する点にある。LP の役割は、PE を膨潤させて可塑化を容易にし、LP を除去した後に形成される微細孔を形成する点にある。LP の配合比率は 60 ~ 70wt% と高いため、PE と均一に混練分散させるために、混練性能の高い二軸押出機を採用する。湿式のセパレータ製造装置市場への参入は 2000 (平成 12) 年頃からで、当初は二軸押出機の納入だけに留まっていたが、現在は急速に需要が伸びつつある海外向けに押出機から巻取機までのフルラインを提供している。押出機的能力は年々増加を続け、2005 年から 2015 年の間に押出量は 3 倍以上になった。ライン速度においても、市場に参入した当時に比べ、最近では当初の 2 倍程度に及んでいる。フルラインの装置構成を図 9 に示す。装置は TEX、キャスト装置、縦延伸装置(MDO)、第 1 横延伸機(1stTDO)、抽出槽、第 2 横延伸機(2ndTDO)、引・巻取装置から構成されている。同時二軸延伸装置を採用する場合は MDO と 1st TDO が同時二軸延伸装置に置き換わる。逐次二軸延伸プロセスは、同時二軸延伸プロセスに比べて生産効率が高く増速化が容易である事が大きな特徴であり、同時二軸延伸プロセスではフィルムの等方性に優れた薄膜成形に有利とされている点に特徴を有する。

近年、大容量化や充電急速化などの更なる電池性能の向上要求があり、薄膜化や強度アップ等に対応すべく成形装置の性能向上に努めている。

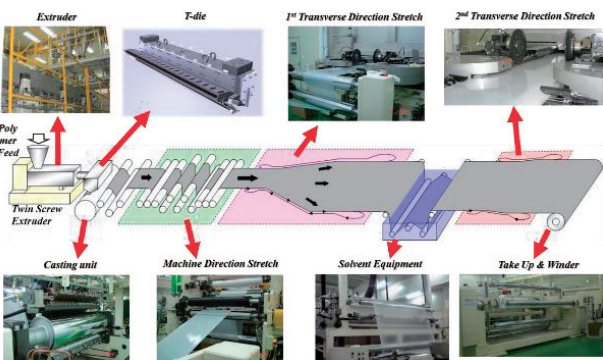


図 11 湿式セパレータラインの装置構成

4. フィルム・シート成形装置の将来展望

21 世紀に入ってデジタル化や電気通信社会化が進み、LCD の台頭、通信機器・電気自動車関連の部材が急成長し、フィルム・シート成形装置を急激に高精度化へ動かした。世界的にもこの需要は当分続くと考えられ、この流れについていくために、高精度化を合言葉に開発を継続していく必要がある。

また、食品ロスの低減や生活様式の変容による長期保存用のバリアフィルムの市場やプラスチック汚染による環境問題からリサイクルを考慮したモノマテリアル市場が伸びていくと予想しており、この分野にも力を入れていく。

更に、今後の通信技術の中核になる 5G 関連素材においては市場が拡大すると予測されており、弊社テストセンターの設備を活用し、技術開発することで総合樹脂加工機械メーカーとしてお客様のニーズにこたえられる事業としていく。

5. 結 言

本稿ではフィルム・シート成形装置における各装置の技術変遷、二軸延伸装置の変遷と将来展望について概説した。

お客様および市場ニーズに応えられるよう、フィルム・シート成形装置の性能向上および生産性向上に取り組んできた。今後も更なる技術の向上を図り、世界の樹脂加工機械メーカーの中で不動の地位を築いて行く所存である。

参 考 文 献

- (1) 山澤隆行, 木村嘉隆, 柿崎淳, 兼山政輝, 福島武, 藤原幸雄, 鎰谷敏夫, 井上茂樹: “樹脂機械の技術の変遷と将来展望”, 日本製鋼所技報, 66, (2015), p12
- (2) 岩村真, 上田政樹, 富山秀樹: “T ダイの最新技術”, 日本製鋼所技報, 60, (2009), p75
- (3) 水口英樹, 清水信明, 岩井淳一, 井上茂樹, 石橋正通, 宮内直孝, 大下真雄, 福田秀昭: “樹脂機械の技術の変遷と将来展望”, 日本製鋼所技報, 58, (2007), p31
- (4) 富山秀樹: “二軸延伸フィルム成形装置の最新技術”, プラスチックエージ, 61, 6, (2015), p62
- (5) 株式会社日立製作所: 特許 4379310 (2009)