

ラボ用フィルム・シート成形装置

Laboratory-scale Film and Sheet Equipment



博士(工学) 富山 秀樹*
Dr. Hideki Tomiyama



竹内 貴季*
Takahide Takeuchi



木下 文暢**
Ayanobu Kishita



小田 勝広**
Katsuhiko Oda

要 旨

新たな樹脂材料の開発やシート製品の開発を目的としたラボスケールのフィルム・シート成形装置について紹介を行う。装置は小型二軸押出機もしくは単軸押出機を用い、Tダイから成形装置へシートを搬送させることでサンプルを作製する。ロールは片持ち方式とすることで作業性を容易にし、スリーブ交換式ロールなどいくつかのオプション対応が可能である。この装置を研究開発用途に適用することで、少人数でかつ短時間での開発を可能にし、また実際の生産機へのスケールアップ検討も可能である。

— Synopsis —

This paper describes the laboratory-scale film and sheet equipment for the development of new resin materials and sheet products. The apparatus uses a small twin-screw extruder or a single-screw extruder to transport a sheet from a T-die to a chill roll and other rolls to make a sample. The roll with cantilever structure facilitates the operability. And several options such as sleeve replaceable rolls are available. By using this equipment for the research and development applications, it is possible to develop with fewer people for a short time and also to consider scale-up to actual production equipment.

1. 緒 言

フィルム・シート成形プロセスでは、新たな材料の開発やシート開発の段階で小型の試験装置を用いることが多い。これは分析や評価を行うことを主目的とするため、少量のサンプルを作製可能な取り回しの良い装置が有用なためである。また、近年ではエンブラを用いた機能性フィルムが開発が広がりを見せており、さらなる高機能化に向けた材料改質やフィルム物性評価のために小型のフィルム成形装置の需要がよりいっそう増している。

当社では小型の二軸押出機および単軸押出機を連結させたラボ用シート成形装置を開発し、販売している。この装置は、少人数で成形テストが可能となるように装置の操作系統を工夫しており、一方で生産機と同等の冷却・成形設備を有することで十分な品質のシート成形が可能である。本稿では、このラボ用フィルム・シート成形装置の概略と活用事例について紹介を行う。

2. 装置の概要

図1および表1にラボ用試験装置の概略を示す。装置仕様はφ26.5mmの二軸押出機(TEX25 aⅢ)とギアポンプ、Tダイと350mm幅の片持ちロールを有した冷却ユニットとで構成される。片持ちロールの利点としては、①通紙が容易なこと、②成形時のシートの状態確認が容易なこと、③サンプル採取が容易なこと、④装置の組み替え時間が短縮出来ること、がある。特に、シート成形に不慣れな研究開発者にとっては回転物が多い成形装置での作業には安全性確保の配慮が必要であるが、ロールの片側がアクセスフリーだとそのリスクが大きく改善される。ロール面長は350mmが基本仕様となり、最大400mmまでの対応が可能である。Tダイは320mm幅が基本であり、これも要求により任意の幅のTダイを設置することが可能である。実験内容によってはφ30からφ50程度の単軸押出機を併設した多層押出や、タッチ方式からエアナイフ方式への変更

*: 広島研究所
Hiroshima Research Laboratory

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

も容易であり、さらには縦延伸装置を加えた仕様にも応用が可能である。また、本装置には用途に合わせて計測機器を設置可能なスペースを有しており、赤外線式の厚み計などのオプション対応が可能である。

以下に、本装置にオプション装着が可能な特徴的な設備について説明を行う。

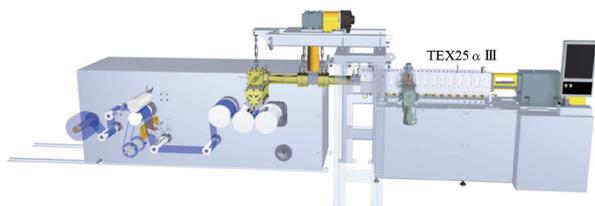


図1 ラボ用フィルム・シート成形装置

表1 ラボ用フィルム・シート成形装置の概要

成形方式 Casting method	タッチロール、エアナイフ Touch roll or Air knife
機械速度 Speed	~50m/min
シート厚み Sheet thickness	0.05~1.0mm
シート幅 Sheet width	300mm
駆動 Drive motor	サーボモータ Servo motor
昇降 Frame level adjusting	Up : 50mm Down : 100mm
走行 Frame travel	手動 By manual
耳カット部 Trimming	レーザー刃 By Razor blade
巻取 Winding	エアシャフト(3インチ) Air shaft (3in)

2-1 スリーブ方式のキャストロール

Tダイから吐出された熔融樹脂を冷却ロールに密着させ、固化させながらシート状に成形する工程において、冷却ロールの表面粗度はシート表面の光沢性に大きな影響を及ぼす。そのため、ロールには高い面粗度加工と表面処理の施工が必要であり、表面処理もクロムメッキを標準としながらも、特殊樹脂に対しては特別な施工が必要なケースがある。また、近年では脱溶媒化を推進するために、シート成形の後工程で粘着剤を塗布し粘着性を付与させていたものから、粘着性樹脂の多層シート成形法への転換を図るケースも増えている。このプロセスでは、粘着樹脂が冷却ロールに密着しすぎて剥離性が悪化し、シートの品質制御が困難となる状況も増えている。その際にはロール粗度を敢えて低下させることや、あるいは剥離性の良い表面処理の施工などを検討する必要がある。ロールに施工する表面粗度や表面処理は容易には変更することができないため、熔融樹脂の冷却による密着性や剥離性などの評価は引張り試験装置を用いた卓上評価が一般的であり、その結果最適と判断された施工方法でロールを製作し実際のシート成形テストに適用する手段が採用される。ただ、この手段では比較的長い期間の検討が必要となり、さらには卓上評価の結果

と実際のシート成形時の結果とが一致せず、最適なロール表面施工法の検討が困難性を増すリスクが生じる。

上記リスクを回避させるためには、表面施工の検討段階から実際にシート成形を行うことが最善である。本ラボ装置では冷却ロールに表面材だけ交換可能なスリーブ機構を有しており、低コストで種々の表面処理の評価検証が可能となっている。図2に装置概略図を示す。図は冷却ロール(No.2 ロール)のみがスリーブ式の構造となっているが、要求に応じタッチロールなど他のロールにも同様の構造を採用することが可能である。図3は実際の交換スリーブである。スリーブはロール本体とキー溝により一体型の回転が可能となっており、その交換もキーを取り外すだけで抜き差しできるため、概ね5分程度で作業が完了する。スリーブの交換作業が容易であることが最大の特徴であり、短時間でスムーズな検証を行うことが可能である。

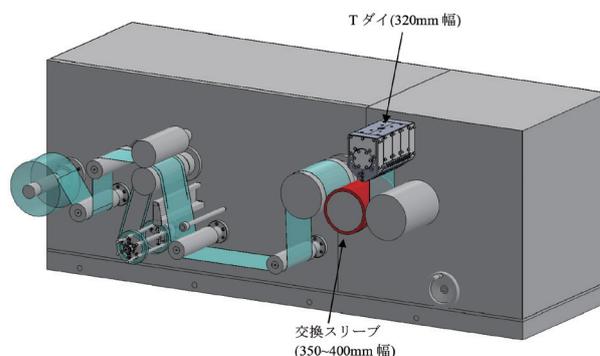


図2 交換式スリーブロールを設置した装置概略

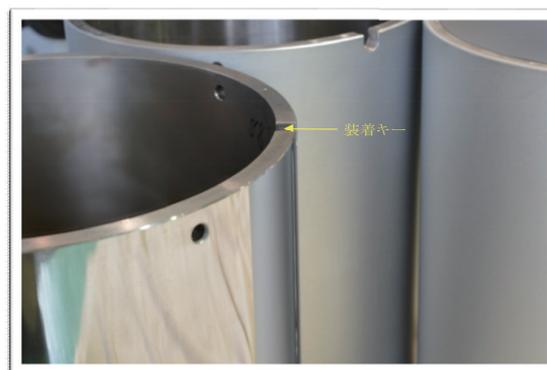


図3 スリーブ交換式ロールおよびスリーブ

2-2 インラインレオメータによる粘度測定

ラボ装置による小型押出試験装置ならではの活用事例として、図4に示すインラインレオメータによる樹脂の流動粘度測定がある¹⁾。この装置は狭小流路に圧力計を装着し、押出量(剪断速度)を変化させた条件で流路圧損を測定して動的な剪断粘度を推算するものとして、ラボ装置の付帯設備として新たに開発したものである。図5にPPとABS樹脂を対象に、回転式レオメータとインラインレオメータで測定した粘度データを示す。PPでは双方の粘度データはほぼ一致しているが、ABSではインラインレオメータのデータが回転式レオメータの値より大幅に低く見積もられている。実際のフィルム用Tダイの設計においても、PPは回転式レオメータで測定した粘度データを用いても実運転時の圧力損失にほとんど差異はみられず、ABSは大きな乖離が見られるケースが生じる(実運転時の圧力値が計算値よりも大幅に低下する)。この乖離の原因は流動時の分子配向性や分子間の絡み合い状態の影響、あるいは壁面での滑りや金属の表面処理との相性などいくつか考えられるが、本装置では壁面の滑り速度も測定・推算が行え、また流路の表面処理を変更した流路部品をいくつか用意し組み込みと測定を行うことも可能であるため、比較的少量の原料で樹脂の実成形時の流動状態を評価分析することが可能である。また、一般的な粘度測定装置では測定が困難な有機溶剤や発泡剤を含有した熔融樹脂の流動状態にも対応可能なため、装置設計だけでなく複合樹脂自体の流動性評価にも幅広い適用性を有する装置である。

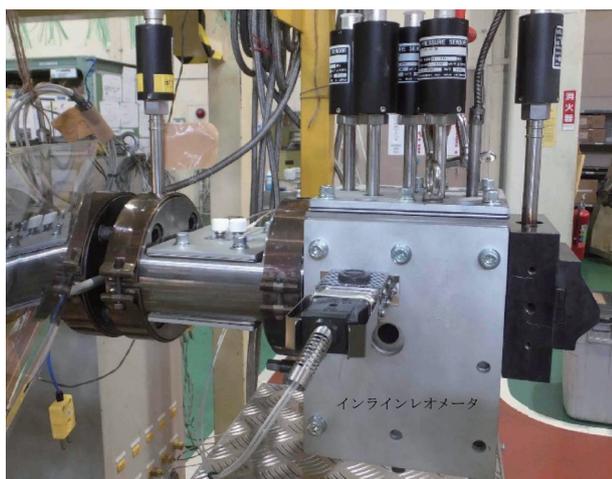


図4 押出機先端に装着したインラインレオメータ

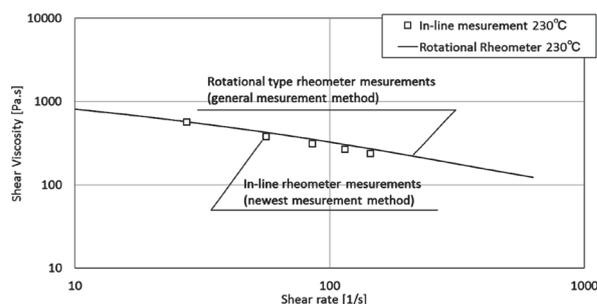


図5 (a) ポリプロピレン (PP)

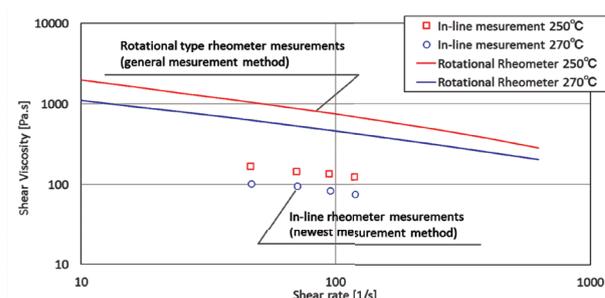


図5 (b) ABS

図5 インラインレオメータと回転式レオメータにて測定した剪断粘度の比較

3. ラボ用フィルム・シート成形装置の活用事例

ラボ装置を活用した材料・プロセス開発の一事例として、セルロースナノファイバー (CeNF) を含有したリチウムイオン電池 (LiB) のセパレータフィルム開発について述べる^{2), 3)}。CeNFはフィラーの一種として強度向上のための充填剤として活用が進められている材料であるが、非常に微細な粒子構造であることを活かし、ナノオーダーの微多孔形成が必要なセパレータフィルムへの適用を試みたものである。まず、二軸押出機のみでPEとCeNFとの複合化ペレットの製造を行うため、図6に示すようにPE供給後にCeNF水懸濁液を添加し、十分に混練が進んだ後に水分の除去を行い、ストランド押出を行うことでペレット作製を行った。その後二軸押出機をラボ装置にドッキングさせ、CeNF複合化ペレットと流動パラフィンオイルを30:70の重量比で熔融混練した後にTダイから押出を行い、フィルム成形を行った(図7)。そのフィルムを卓上延伸機で二軸延伸を行った後、パラフィンオイルを除去し再延伸を行うことで、おおよそ150mm四方のセパレータフィルムサンプルを採取した。このサンプルの種々分析を行ったデータを表2に示す。CeNF複合セパレータフィルムは突刺強度が一般的なセパレータフィルムに対し2倍近く上昇し、熱収縮率の低減効果も見られた。熱収縮率は市販品にアルミナ塗工を施したフィルムほどの効果は得られなかったが、CeNF複合セパレータフィルムにアルミナ塗工を施すことで、より熱

収縮率の低い高強度フィルムの製造が期待できる。図8はCeNF複合セパレータフィルムを用いた2032型のボタン電池を作製し、充放電評価試験を行った結果である。この結果、130℃でも70%以上の電池容量を維持しており、市販セパレータフィルムに対し格段に耐熱性が高まったことが確認できている。

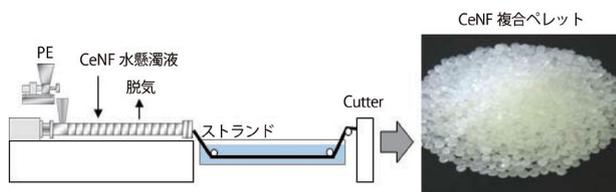


図6 CeNF複合化ペレットの製造装置構成図

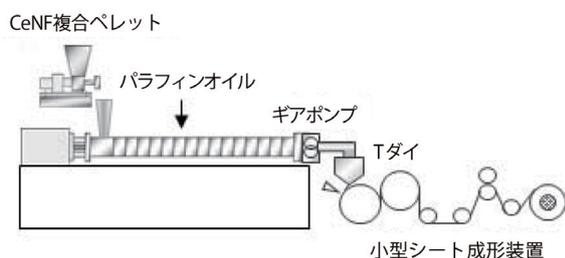


図7 湿式法によるセパレータフィルムの製造装置構成図

表2 セパレータ特性評価結果

サンプル	CeNF複合セパレータ	市販セパレータ	アルミナ塗工セパレータ
SEM			
厚さ[μm]	8.2	20.8	19
空隙率[%]	44.6	53.3	52.9
ガーレ値* [sec/100cc]	344.5	336.8	274
突刺強度* [gf]	1057	588.4	569
引張強度[MPa]	202.0(TD) 169.0(MD)	125.0(TD) 260.0(MD)	126.7(TD) 183.8(MD)
120℃熱収縮 (%)	4.5 (TD) 4.5 (MD)	6.0(TD) 18.0(MD)	1.9 (TD) 1.4(MD)

* ガーレ、突刺強度は25μm厚換算値

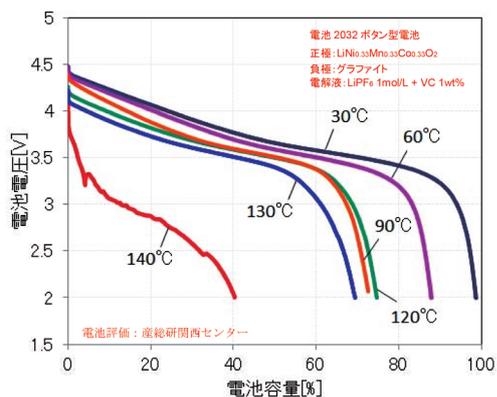


図8 CeNF複合セパレータフィルムの高温環境化での放電試験結果

4. 結 言

シートサンプルの試作あるいは樹脂材料の開発を主目的としたラボ用フィルム・シート成形装置について概要と実用例について紹介した。研究開発期間の短縮化や、高価な材料を少量で実験したいなどの要求に対しては、要素実験評価の段階を可能な限り省略し、実プロセスに近い環境で開発を推進することが好ましい。そのためには、よりコンパクトで取り扱いの容易なラボ装置を設備化することが理想であり、当社は種々の要求に応えることが可能な装置の開発が使命である。今後はより多くのお客様のニーズに対応するための改善・開発を進めていく所存である。

参 考 文 献

- 1) 富山秀樹：成形加工 27, 6, 204 (2015)
- 2) M. Yoshioka, Y. Nishio, S. Nakamura, Y. Kushizaki, R. Ishiguro, T. Kabutomori, T. Imanishi, N. Shiraiishi :Cellulose, Book 2 (2012)
- 3) 中村諭、石黒亮、串崎義幸、吉岡まり子、向井孝志、境哲男：日本製鋼所技報 64, 28 (2013)