

2軸延伸ブロー成形の最新動向

株式会社 フロンティア 技術部門 技術開発センター長
成形技術開発担当部長 甘利史哉
F. Amari

New Trends in 2-Axis Stretch-Blow Molding

Due to the environmental issues, the industry is currently working on to evolve two different approaches for PET bottles which are widely used for the enhanced usability: the 3Rs and bioplastics. It is required to use them appropriately and to meet the requirements for added value according to the diversifying demands. Our company develops and sells a variety of molding machines applying the 2-stage method 2-axis stretch-blow molding technique to provide high quality and weight-reduced bottles in mass production which can help settle the environmental issues. To reduce the environmental impact, a bottle with CNF compounded in PLA has been developed. PLA bottles are expected to be on the market by applying the compounded cellulose. In addition, we are proposing double (inner and outer) layered bottles. The delaminated bottles whose content can be shrunk along with the usage will reduce the plastic wastes thanks to the extended shelf life and freshness when barrier properties are improved. We have products range from specific molding machines to rotary type blow molding machines.

はじめに

(株)フロンティアはPET樹脂をはじめとする各種熱可塑性樹脂を2軸延伸ブロー成形する技術を駆使し、飲料用にとどまらず広くさまざまな分野に貢献する成形技術、および成形機の開発・販売を行っている。ワンオフの特殊な成形機から大量生産に対応するロータリー式ブロー成形機まで多種多様に取り揃えている。

当社が成形実績をもつプラスチックは、PET樹脂を筆頭に、PEN、PEF、PE、PP、PS、PC、さらにはPLA+CNF（セルロースナノファイバー）、LCP（液晶ポリマー）など幅広い。

本稿は2部構成とし、当社のブロー機およ

び成形技術を紹介する。

1～3ではこれら材料に対応可能な機種を紹介。国内ボトル用PET樹脂消費量約70万tの内の約25%を占める耐熱、食調容器に対応した高耐熱ダブルブロー機FXを紹介する。

この機種はスカラロボットを使用している。ロボット間にボトル検査、取手インサーターといった工程も入れることが可能、さらにシングルブロー機としても兼用できる。次にPET樹脂消費量約5%と少量ではあるがトイレットリー、化粧品向。2重プリフォームからなる2層、同技術の発展型となる積層剥離ボトルや特殊材料成形向けの機器を紹介する。

4～5ではブロー成形機メーカーフロンテ

イアとしての環境を考えた取組みについてPET ボトルが歩んできた歴史的背景も取り入れた上で環境に配慮した材料の成形技術を紹介する。

1. ダブルブロー成形

国内でシングルブローのヒートセット技術の基本とする耐熱ボトルは果汁入り清涼飲料として1983年頃に発売された。一方でPET樹脂の特性を充分生かし、充填温度が85℃以上の高耐熱用ダブルブロー成形機は1985年頃海外メーカーで上市された。

1次成形品を“リカバリーオープン”とよばれる約200℃の赤外線式オープンで90秒程(約8m)熱処理し、2次ブローで最終製品を得るものであった。この技術が世の中に出ってから35年経過しようとしている。当社もこの技術は幾多の経験がある。

ダブルブロー方式による耐熱ボトルは、最終製品より10~30%大きな1次成形品を作る。延伸配向結晶化度を高め、これに対しヒートセットすることで配向結晶の特徴を最大化し短時間で耐熱性を向上させる。ブロー金型に接面したボトルを2軸延伸状態のまま加熱することで分子間の結合を強化し、かつ残留応力を除去する方法で作られる。

2. FX-1LD の紹介

ダブルブローは1次ブロー、熱処理、オープン、2次ブローと各工程を分ける、または複合させるなど各社それぞれのコンセプトをもつ。ここで当社のダブルブロー機の紹介をする。プロセスは1次型で1次ブローとヒートセットを同時に行い、2次型で最終製品を得るものである。オプションとして中間加熱のオープンを付加する機種もある。1次ボト

図1 1次型のヒートセット温度と結晶化度の相関

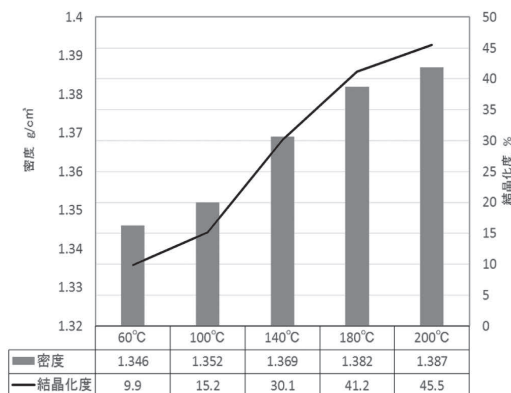


図2 PETボトル/熱処理型温度と破断変位の関係

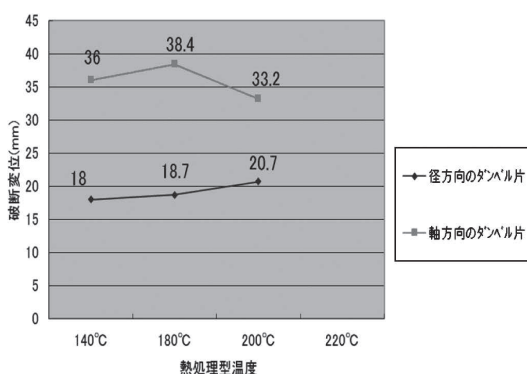
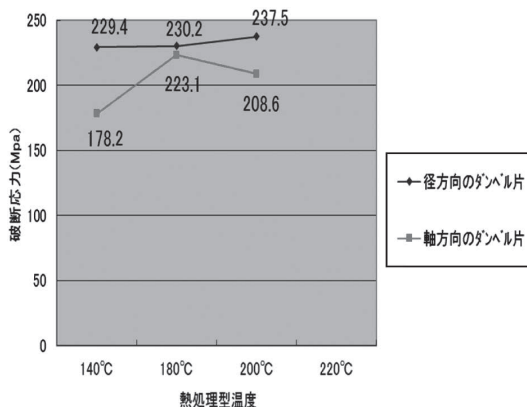


図3 PETボトル/熱処理型温度と破断応力の関係



注) 図1~3は当社測定データ

ルをいかに最終製品に対し大きく設定できるかがポイントでありオープン搭載機種タイプはヒートセット効果を高め収縮を促進させる

のに寄与する。

次に重要なのはヒートセット温度である。図1に1次型のヒートセット温度と結晶化度の相関を示す。図2と図3にはヒートセットしたボトルをダンベル片にして引張り試験を行ったときの破断変位と破断応力のデータを示す。PETのヒートセットは180℃付近で最も結晶化が速い特性をもつが製品の白化や不透明部が発生する。また200℃以上で融点に近くなると配向が緩和され物性も低下する。これらを加味し、当社機は要求に合った条件を設定することができる。

ダブルブローは軽量化、容器保管期間が長くできる有効な成形方法である。

FXはスカラ型ロボットをプリフォームとボトル搬送に採用した多機能型2軸延伸ブロー機である。プリフォーム加熱は複数のユニットを円周上に配したインデックス方式で移送単独回転を行う。多様性をもつロボットのアーム動作で移送の間にボトル検査、取手インサート、取出口ロボットは箱詰めやコンベヤー上への整列排出などが可能となっている(図4、写真1)。

3. FYB シリーズ (リニア式2軸延伸ブロー成形機のプリフォームネジ込み仕様)

化粧品、医薬品など、特にボトルの壁/底肉厚が3mmを超えるような化粧品容器等の成形機として開発した。加熱方式は、4ゾーンの並列設置とし省スペース化、各ゾーンを単独温度制御とし、標準から肉厚プリフォームまで最適な加熱制御が可能となっている。今回の紹介はネジ込み式仕様の特特殊機である。化粧品容器等に対するニーズは多様化し、より付加価値の高い2ステージ機への要求に対

図4 レイアウト例

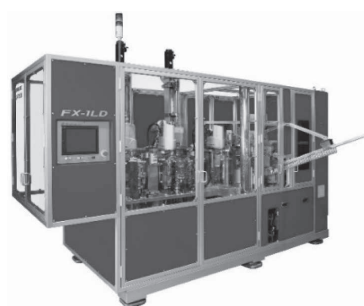
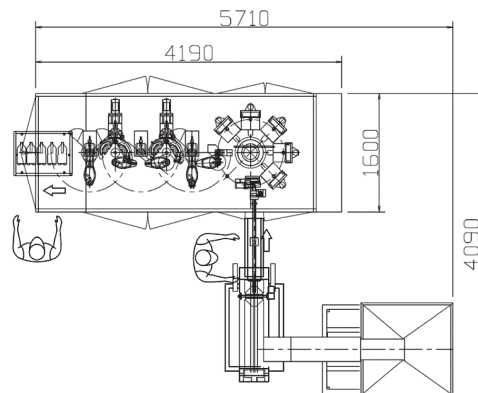


写真1 FX-1LDの外観

応した機種である。一般的にボトルと呼ばれる容器には素材を問わずハンドリングや充填に必要とされてきたサポートリングが付加されている。

一方、製品によってはサポートリングのないものもある。これに対応すべく新たな機構を搭載した新ブロー成形システムを開発した。特記すべき技術は、射出成形とブロー成形を異なる装置で行う2ステージ機において、サポートリングがなくネジのみのプリフォーム対応式であり、さらに容器底部に印刷などで必要な位置決め穴を付した製品のネジ切り位置をその穴に対し精度良く位置決めしブロー成形するものである。

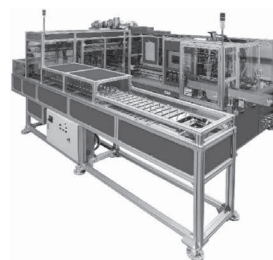
本機と組み合わせた成形システム概要を説明する。射出成形機から取出しされたプリフ



ネジ込み式マンドレル



製品例



FYB機と供給装置

写真2

フォームをピンコンベヤーで搬送し、その後プリフォームのネジ込み機能を備えた装置でブロー機の内ネジ付製品搬送用マンドレルへ自動供給を行う。倒立状態で保持されたプリフォームは2列配置された加熱オープンヒーターで適正温度に加熱し、最終的に2列から1列整列され位置決め後にブロー成形される。製品はマンドレルからネジ抜き工程を経て取出しされる。

底部の位置決め穴は製品の2次加工をするための基準であり、側面印刷をするときはこれを利用する。またキャップも側面印刷との位置合わせを要求するものがあり、そのためにはボトル口部のネジ切り始めと底部にある位置決め穴の位置合わせを精度良くできることが必要である。マンドレルを内ネジ付きにして供給することでポジショニングし、さらに搬送中にランダム方向になったマンドレルをブロー金型に対し位置決めする手法をとった。

射出成形とブロー成形を分離した2ステージ機でこの技術は難しいとされていたが当社は2009年に開発1号機を納入、FYB機はさらに進化した機構となっている。同様の引合い案件が徐々に増えつつあり今後期待できる分野であることを確認している。

製品によってはブロー型構造を抜き型にし、ボトル側面のパーティングラインをなくすことで品質を向上させるシステム機も納入している(写真2)。

4. ブロー成形機メーカーフロンティアとしての環境を考えた取組み

「プラスチック・スマート」は環境省が掲げるキャンペーンである。ポイ捨て撲滅を徹底した上で、不必要なワンウェイのプラスチックの排出抑制や分別回収の徹底など、“プラスチックとの賢い付き合い方”を推進していくものである。PETボトルはその利便性から広範囲に使用されている。それが今や環境を脅かす悪者にされる可能性があり40年以上歴史あるPETボトルを改めて振り返り、賢い使い方を考える必要がある。

4-1 PETボトル誕生の背景

1970年、米国の消費者商品安全コミッションが、炭酸飲料の64oz大型ガラスびんに対し“破裂する危険なびん”と判定した。One-wayガラスびんの破裂事故に伴う訴訟事件が発生したことでプラスチックボトル化の開発が進められた。当初はアクリロニトリル (AN) 樹脂から始まり、1960年代には塩ビ (PVC) 樹脂の延伸ブロー成形の開発が進められていた。ところが1975年に米国FDAにより塩ビ包装材による規制提案、日本においても厚生省による規制が法制化され大手食品メーカーはPVCボトルを差し控えるようになった。

その代替としてオレフィン系の多層ボトルが登場したが不透明という点ですべてには受け入れられなかった。PET樹脂の2軸延伸ボ

表1 PLA 単体と PLA+CNF 500ml ボトル落下試験 (1.5m) n=各3

※ PLA の耐落下衝撃を改善する効果がある

	1 SET			2 SET			3 SET			4 SET			5 SET		
	口部	底部	側面	口部	底部	側面	口部	底部	側面	口部	底部	側面	口部	底部	側面
PLA ①	○	○	○	○	割れ										
PLA ②	○	○	○	割れ											
PLA ③	○	○	割れ												
PLA+CNF ①	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PLA+CNF ②	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PLA+CNF ③	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注) 口部落下⇒底部落下⇒側面落下を 1 SET とする

表2 PLA 単体と PLA+CNF ボトルのブロー成形性比較 (延伸倍率を変えての確認)

※ブロー成形性を改善する効果がある

	ボトル A	ボトル B	ボトル C	ボトル D	ボトル E	ボトル F
縦倍率 (A1/A2)	1.6	1.7	2.0	2.2	2.5	2.6
横倍率 (B1/B2)	3.1	3.2	2.9	3.4	3.1	3.6
面倍率 (縦倍率×横倍率)	5.0	5.4	5.8	7.5	7.8	9.4
PLA ボトルの成形性	◎	◎	○	△	△	△
PLA+CNF ボトルの成形性	◎	◎	◎	◎	◎	◎

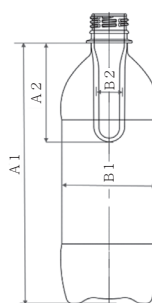
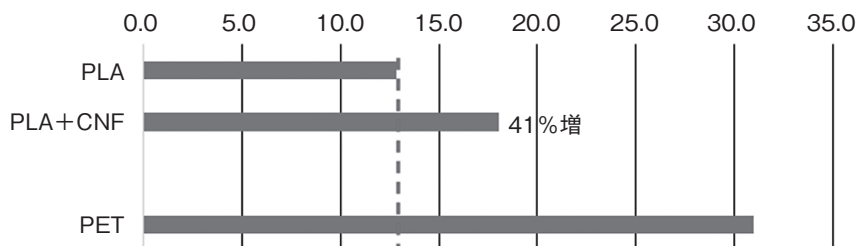


図5 PLA 単体と PLA+CNF ボトルダンベル片の引張強度試験

※破断変位が41%向上した

引張強度試験 破断変位 (mm) - ボトル縦方向



トルはそれらの問題点をすべてカバーするように登場してきた。1974年、米国で32ozの炭酸用 PET ボトルが第一歩を踏み出した。

わが国では1977年にキッコーマン500ml しょう油容器として採用されたのが始まりであり、その後急成長をとげた。当時は、衛生的で利便性の良い、環境にやさしい PET ボトルという位置付けだったと思われる。

1973年、長野県でも PET ボトルは産声を

上げた。当時はまだ PET という呼称はなく熱可塑性ポリエステル樹脂、ドイツヘキスト社からの輸入材であった。日本で初めてのインジェクションブロー成形での取組みであり当社にはその責任者であった先駆者がいる。

4-2 バイオマスプラスチックの成形技術

PLA は現在バイオマスプラスチックとして最も多用されている。分子構造は乳酸ユニットがエステル結合で連なり分子量が数万以

上あるポリエステル系樹脂である。当社はPLAのブロー成形で実績があるが、新たにCNFをコンパウンドした2軸延伸ブロー成形法でのボトルを開発した。環境にやさしい包装容器がPLAを基材としてセルロースを複合化することで効

率的に高強度化できればPLAボトルの実用化に繋がる。現時点でPETボトルと比較し強度、ガスバリア性、耐熱性は劣るがセルロース繊維が高い核剤効果をもつ可能性があり2軸延伸ブローでの検討をする価値が充分ある。表1～3、図5にPLA+CNFボトルのブロー成形性、バリア性など諸物性をデータで示す。これよりセルロースを複合することでボトルとしての落下強度、成形性の向上が確認できた。当社は外層にPLAなどの環境対応樹脂、リサイクルPETを用い内層にPETというコンポジットボトルも開発した。

PLAの課題であるバリア性を改善するため、内層をPETで2層化したボトルは酸素バリア性が7倍アップした。全重量の80%が生分解性樹脂、20%がPETの環境対応ボトルである。将来的には内層をバイオ100%のPETやPEFにすることも可能である。




5. 環境を考えた今後の取組み

5-1 ボトルからパウチへ、減量化の提案

1996年に成立した「容器包装リサイクル法」が制定される原動力になったのはごみ問題であり、減量化することが基本的に重要である。

表3 PLA単体とPLA+CNFボトルの酸素透過率測定

※PETと2層化することで酸素バリア性が7倍向上した

層構成	単層ボトル		2層ボトル
	組成	PLA	PLA+CNF /PET+バリア材
ボトル外観			
酸素透過率 (cc/bottle・day・0.21atm)	0.303	0.312	0.043

注) 表1～3、図5は当社測定データ



写真3 当社が提案する180mlパウチ7.5g

現在、包装材料としてさまざまな形態のものが使用されているが、その中でパウチが最も材料を効率よく生かせる形態である。最近では「ボトルからパウチへ」や「詰替え用パウチへ」という事例が急増している。パウチに充填した場合、容器の自立性と内容物の廃液性が重要である。写真3に当社開発中のソフトボトルを紹介する。材料は高透明PPで胴部の平均肉厚が0.2mmの容器として提案をしている。

口部はプリフォーム成形時に形成しシームレス、肩部は丸く手になじみソフトな印象を与える。例としてシャンプー容器は約70gの重量だが、市販の詰替え用パウチは約10gの使用量であり詰替え用はプラスチックの減量化に寄与する。



写真4 2017年 タイ T-PLAS 出展

5-2 軽量化の提案

事例として、当社は小型乳飲料で35%の軽量化をした容器を毎分400本で生産できる成形機を開発納入し顧客から高い評価を得ている。軽量化された容器は直接的環境問題の対応に大きな役目を果たしている。2ステージ成形法の最大のメリットは軽量化と生産スピードであり、いわゆる高品質な軽量ボトルが大量生産できることにある。

5-3 ガラスから樹脂へ

ガラスびんはプラスチック容器より重いいため、輸送する際に排出するCO₂が多い。最終的にどちらが環境に優しいか適材適所で素材を活用すべきである。当社は植物由来原料を使用した耐熱性樹脂でジャム容器、デザート容器の開発も行っている。

5-4 2重プリフォームからなる2層、積層剥離ボトル

しょう油等の調味料、シャンプーやリンス、液体石鹸などの内容液を入れるトレタリー容器として内側、外側のプリフォームを別々に成形し、組み合わせてブロー成形する2重容器も提案している。内容液の減少に伴い内袋がシュリンクする積層剥離ボトルである。逆止弁付の注出キャップと組み合わせたスクイズ式の注出容器、ポンプと組み合わせたポンプ付容器として使用される。内容液を外気と置換

することなく注出でき劣化や変質を抑制できバリア性を高めれば鮮度維持、賞味期限の延長は結果的に廃プラスチック削減にも寄与する。

また防腐剤等の添加剤も低減できアレルギーをもつ人にもやさしいといえる。

おわりに

「Replacement to plastic open a new world
(樹脂化で世界をかえる)」

このキャッチコピーで2017年の水素燃料電池展、海外ではタイ、インドネシアで展示会に出展した(写真4)。ASEAN諸国は人口約6億の、高成長、購買力をもった中間層、富裕層が拡大しつつある成長著しい市場である。ここにLPGコンポジットシリンダーの試作品、化粧びん、樹脂製消火器、ガロン容器を中心に展示した。これらの地域で都市ガスは多額のインフラ整備コストが掛かるため、家庭用はハンドリングの良い樹脂製ボンベが適する。今後期待できる市場である。

欧州、米国では、廃プラ問題の解決を目指す野心的な取組みが始まっている。それを支えているのは、企業、社会、消費者の連携である。今後もフロンティアには環境を含め、顧客の意識の変化を捉え開発を加速することが求められていると感じる。

参考文献

- 1) PET 延伸ブロー成形技術 中村喜則
プラスチックエージ
- 2) 小型2軸延伸ブロー成形システム 甘利史哉
プラスチックエージ2011MarVol.57
- 3) 国際商業 2019.8月 NO.615 国際商業出版(株)
- 4) 包装技術1999年10月号 (社)日本包装技術協会