リサイクル PET 材料にて成形した超大型容器と 射出延伸ブロー成形技術の開発

吉 池 豊*

1. はじめに

PET ボトルのリサイクル率予測 50% を目前とし、一方 PET 再製品への用途も繊維・シートを主に上昇している。つまり、PET ボトルを回収する生活習慣は堅実に浸透し、PET リサイクル技術開発も着実に実現化を果たしていることが伺われる。このことから、静脈産業の一つとなっている PET 資源循環産業において、幅広い分野での持続、地道かつ需要と供給における提携開発が進行していると原因を予測する。技術と意識の相互連携が着実な実績へと繋がってリサイクルの王者スチール・アルミ缶をしのぐ勢いへと将来に期待を掛ける。

今回ご紹介する技術は、PET ボトル資源循環コンセプト (PET ボトル to PET ボトルを基本) から発想されたリサイクル PET 製 90 L 大型容器 (図 1) を出現するものである。そのために、新たな射出延伸ブロー成形システムを模索し、支配理論であるプリフォーム温調理論をさらに応用展開させた技術と言える。リサイクル PET 材料を 90 L 大型回収容器へ適用した背景を図 2 へ示す。そしてこのリサイクル PET 材料を用いた 90 L 大型容器は PET 資源

循環製品として対応できると判断し、かつ環境付加価値を暗示させるデザインや形状は生活圏に見かける生活容器としてそのディスプレイ効果を呈している。

一方、従来よりも大きい重量のリサイクル PET フレーク材料の脱気向上に挑戦した射出装置には PET フレーク材料専用のベントスクリュを搭載した。このベントスクリュは、低かさ密度と質量流量の減少に起因するフレーク材料の喰い込み不良と材料輸送の非効率に対する改良を目指した。また、熔融 PET (1 ショット最大約 3000 g) の脱気に対して脱気ゾーンにおける熔融樹脂の大気接触表面積を増加することをスクリュ設計コンセプトに盛り込んだ。

リサイクル PET 材料を熔融可塑化し射出充填された全長約 600 mm プリフォームの肉厚は通例常識を超えた 7 mm にも達し、リサイクル PET 材料の不利な点である速い結晶化速度は成形品の形状化を困難へ導き、悪影響を及ぼした。これに対して独自のプリフォーム温調方式を適用して厚肉における速い結晶化問題を「理論と成形技術」両面を追及して解決した。

回収済 PET 容器を素材に用いた大型回収容器の出現は今日的にも話題性があり、この実用技術を広く示すものである。ここではリサイクル PET 製 90 L 大型容器とこれを実現に導いた射出延伸ブロー成形技術の要点を報告する。

2. 開発成形技術の新規性

1999 年当時、再生 PET フレーク材料を用いた射出延伸ブロー成形では最大製品は約 500 ml (プリフォーム全長約 80 mm) までであった。今回、全長約 600 mm プリフォームの温度調節法・プリフォーム厚肉化と結晶性への展開・リサイクル PET 材料の選択について改良と考案することにより、90 L 大型容器まで成形可能になった。

2.1 600 mm 長大プリフォームの 4 段階温調の適用

全長約 80 mm までのプリフォームの場合、インキャビ金型内の温調段数を 1 段に設定し延伸効果を出してきたが、全長 600 mm にも達するプリフォームでは温調領域面積が比較して 45 倍を超えるほど格段に増加した。このためインキャビ金型の長手方向に、4 個所の温調領域 (温度勾配を施した) を設置したプリフォーム 4 段階温調 (図 3) を適用して延伸部分別に自己治癒効果を向上させ良好な形状化を果たした (表 1)。このブロー成形法は延伸ブローに

図 1 リサイクル PET 製大型容器と上蓋

* Yoshiike, Yutaka
 (株)青木固研究所研究開発室
 長野県埴科郡坂城町南条 4963-3 (〒389-0603)
 2001. 10. 19 受理

図2 リサイクル PET 材料を大型回収容器へ適用した背景（構図）

従来の温調1段

開発した温調4段

図3 プリフォーム温調段数の比較図

図4 プリフォーム断面写真

表1 リサイクル PET 材料の成形新規性3要素

成形要素	500 ml 水ボトル 従来技術	90L容器 従来技術	90L容器 開発技術
温調段数	1 箇所	1 箇所	4 箇所
プリフォーム肉厚	3 mm	5.5 mm	7 mm
材料の種類	1 種類	1 種類	3 種類
製品化状態	良好	形状化難	良好
製品重量	17 g	2300 g	2300 g

最適状態のプリフォームをインキャビ金型内で事前に作りだしておくこと（プリヒートコントロール）が大切であり、したがって熔融プリフォームの温度コントロール技術を射出・冷却の過程で成形条件として見出すことは良好な製品化へのカギを握るといえる。

2.2 結晶性厚肉 7 mm プリフォームの結晶化抑制

リサイクル PET 材料は一般的に結晶化が速い難点を持

つ。この難点を考慮して可能な限り速い冷却速度を得るため延伸倍率を近似 1、肉厚を 5.5 mm（薄肉化を目指す）としたが冷却固化急進的過程となり、保有熱量の損失過多を招き、大型容器の形状化は困難であった。これに対してプリフォーム肉厚を 7 mm へ増加して冷却固化漸進過程を経て、保有熱量の増化と延伸性向上を発現した。また、肉厚増加により併発する冷却遅延への対策は表層部の冷却能力を高め解決し、表層付近の結晶化を遅らせることができた。全長 600 mm 長大プリフォームのコア層と表層における配色相異の観察を示す（図 4）。

2.3 リサイクル PET 材料 3 種類の混合と物性向上

500 ml ボトルでは再生 PET フレーク 100% 材料 1 種類を用いるだけで成形可能であり、90 L 大型容器の場合も当初 1 種類のみで成形した。しかし、再生 PET フレーク材料は材料 IV 値が PET バージン材よりも 7%~10% 程低く、このことが 2300 g 大重量プリフォームの延伸性と 90 L 大型容器の形状化へ悪影響を及ぼした。これに対し材料物性の向上を果たすために「3 種類の材料選択」（よ

のペット 60% 青木 20% 他 20%) を試みて結果として材料 IV 値を比較 3 % 程高め、溶融時の延伸性を向上することができた (図 5, 図 6, 図 7)。

以上から、次の 3 要素における相互関係のを見つけ出しとその実現化は本成形技術開発の中核と言える。

- ①2300 g 90 L 大型容器の形状化
 - ②2300 g 600 mm 肉厚 7 mm プリフォームにおける形状設計/温度コントロール/延伸ブロー/熱保有充填
 - ③再生材料の品質向上と上記要素に対する関与性の付与
- これら 3 要素の技術達成を可能にした大型射出延伸ブロー成形装置の回収容器成形状況を図 8-1, 図 8-2 に示す。

3. PET 資源循環製品 90 L 大型容器の特徴と評価

資源である PET ボトルが 100% 素材となって作られている 90 L 大型容器は、21 世紀の資源循環型社会においてその意義はおおいに存在する。この観点を主に置いて 90 L 容器の特徴と評価を示す。

3.1 90 L 大型容器の肉厚分布

大型容器 (大きさ寸法 370 mm×800 mm×320 mm) にもかかわらず容器肉厚が比較的均一で、全長約 600 mm 長大プリフォームにおける「4 段温調と 3 種類のリサイクル材料の混合」が溶融 PET 樹脂の自己治癒性に対して効果的に生かされていることがわかる (図 9)。前記の表 1 に示したようにプリフォーム温調 1 段, リサイクル PET 材

図 5 リサイクル材料とプリフォームの IV 値

図 6 リサイクル PET 混合材料から成形されたプリフォームの IV 保持率

図 7 リサイクル PET 材料の混合装置例

図 8-1 90 L 大型回収容器を成形する射出延伸ブロー成形装置

図 8-2 長大プリフォームの延伸ブローと大型回収容器の形状化

料1種類では製品の形状化が困難であることから比較効果は歴然と判断する。

3.2 PET ボトルの回収量増加に対する堅実な対応

製品重量 2300 g の 90 L 大型容器にリサイクル PET 材料を適用した場合の再利用効果は、水ボトル 500 ml (25 g) の場合で 90 L、大型容器 1 個に対して約 90 本分に相当し、これは 100 kg/時間（成形サイクル 80 sec）の消費量に換算できる（図 10）。また、「容器包装リサイクル法に基づく PET ボトル分別基準適合物の再商品化製品」の実動として平成 12 年 12 月に約 10 トンを示している。着色製品の PET 容器リサイクルは法的範囲では困難であるものの、再製品へのリターン化をシステムも含めて工夫すれば、PET 製品の循環（成形品・容器を廃棄せず粉砕して、そのままホッパ投入し、射出延伸ブロー工程を経て成形品化）は可能である。

3.3 リサイクル製品の機能を保持

回収ボックス規格（全国清涼飲料工業会）への適合，リサイクル製品としての印象度が向上，使用済後のリサイクル性確保もあることから判断して環境配慮への整合性は十分と評価する（図 11）。

4. おわりに

PET ボトルの資源循環に対する目標は「浸透と普及」にあると考え、そのためには「集める努力と使用する努力」の実行と意識循環が大切である。今回の開発技術によって話題性を貢献へと導く数々の環境克服技術を示すことができた。ここには、材料・販売・製造・技術各分野の提携やリサイクル PET 100% へのこだわりが意識コンセプトとして存在していたと確信する。

21世紀持続ある環境開発に携わる多くの方々への情報頒布の一助となれば幸いである。