1 ピース耐熱圧 PET ボトルの開発

深堀 穂高*

1. 目的と背景

飲料用の PET ボトルは、炭酸飲料用の耐圧ボトルと、お茶など加熱殺菌を必要とする耐熱ボトル、無菌充填用のアセプティックボトル、さらに炭酸飲料でありながら加熱殺菌を必要とする耐熱圧ボトルの 4 種類に大別される。

耐熱圧ボトルは果汁入り炭酸飲料など、充填後に加熱殺菌を必要とする内容物に対応した PET ボトルであり、PET の特性上加熱殺菌中は樹脂の機械的強度が弱くなり、同時に内圧も上昇するという過酷な条件でも自立性を確保するということが求められる。

ボトルに内圧のかかる耐圧ボトルと耐熱圧ボトルは当初は内圧に耐えるために半球状の底形状を持ち、自立性を確保するために別部材のベースカップを取り付けていた。その後耐圧性と自立性を両立させたペタロイド形状の導入により、ボトルに熱のかからない耐圧ボトルに関しては 1 ピース化が行われた。

しかし、耐熱圧ボトルの分野はその過酷な要求性能から 1 ピース化がもっとも遅れていた。この分野でも耐圧ボトル同様ペタロイド形状を採用した 1 ピース耐熱圧ボトルが一部採用されているが、様々な問題から全面的な移行には至っていなかった。

耐熱圧ボトルに関し 2 ピースボトル、従来 1 ピースボトルと今回新たに開発された COSMOS ボトルの特徴を表 1 にまとめた。また図 1 にそれぞれのボトルの写真を示す。図に示すように 2 ピースボトルは、底部は半球状で自立性がなく、自立性を確保するために別部材によるベースカップを取り付けている。底部が半球状になっているのは、優れた耐圧性能および均一な高倍率延伸を付与するためである。2 ピースボトルはボトル全体が均一に高倍率延伸されているため耐熱圧性等優れた性能を有するが、別部材のベースカップを取り付ける必要があり、リサイクル性の面、コストの面によるデメリットが大きい。一方従来の 1 ピースボトルの底部は、1 ピース耐圧 PET ボトル同様自立性のあるペタロイド形状である。この形状は、耐圧性能には優れているが底部を均一に高倍率延伸成形することが困難であり、厚肉の未延伸部分が残存する。底部に厚肉のまま

図 1

表 1 耐熱圧 PET ボトルの比較

ボトル	底部の状態	問題点
2 ピース	ベースカップ付き 半球状、高延伸 48 + 13 g	リサイクル性 コスト高
従来 1 ピース	ペタロイド 厚肉、低延伸 61 g	吸湿管理が必要 耐衝撃性(落下)
COSMOS 1 ピース	ペタロイド 薄肉、高延伸、熱結晶化 52.5 g	

未延伸な部分が残存していると、加熱殺菌時にはその部分の強度が低下し、自立性を確保することが難しくなるため、耐圧ボトルに比べてさらに底部の肉厚を厚くしている。しかしながらこのボトルでは殺菌可能温度や充填可能な炭酸ガスの圧力に限界があること、また厚肉な底部は吸湿による強度の劣化が大きく、夏場の高温多湿な雰囲気下などではボトル成形後から、内容物を充填、加熱殺菌するまでの間に未延伸部分が吸湿して耐熱圧性が不足するという問題があった。

その結果、従来の 1 ピースボトルでは耐熱圧性能そのものの不足のために所望のガス圧の製品を提供できず、また未延伸底部の吸湿による強度の劣化を防ぐために吸湿管理が必要であった。一方、耐熱圧性能を満足する 2 ピースボトルは別部材を使用するためコスト面、環境面からの問題があり、より高性能な耐熱圧 1 ピースボトルが望まれていた。

* Fukabori, Hotaka
東洋製罐グループ 総合研究所
横浜市保土ヶ谷区岡沢町 22 (〒240-0062)
1999. 12. 3 受理

今回開発されたボトルは、後述の新規成形法の採用により、これらの欠点が解消され、低コストでより高性能な耐熱圧性能を達成している。

2. コンセプト

PET 樹脂は、延伸により樹脂中の分子鎖が配向し、機械的強度が向上する。また加熱により熱結晶化を図ることでも機械的強度が向上する。従来の二軸延伸ブロー成形による PET ボトルの底部は厚肉のままほとんど延伸されない状態で残っていた。そのために内容物充填後の殺菌時における加熱で機械的強度が低下し十分な耐熱圧性能を付与することが難しかった。

そこで底部を胴部と同様に延伸、高配向結晶化させる検討が行われ、新規な 2 段ブロー成形法 (COSMOS) が開発された。

この新規 2 段ブロー成形法による耐熱圧 PET ボトル及びその成形法のコンセプトは、ボトル全体を底部も含めて高倍率延伸させ、さらに底部を加熱し熱結晶化させることでさらに高強度化を図る、というものである。底部の高強度化とともに、延伸薄肉化による底部の軽量化、高配向結晶化による吸湿の影響の低下などが期待できる。

3. 成 形 法

新規ボトル成形法は 2 工程でブロー成形を行う 2 段ブロー成形法を採用している。この工程は図 2 に示すように、(1)プリフォーム加熱、(2)1 次ブロー、(3)ヒートセット、(4)2 次ブローの 4 工程からなる。

プリフォーム加熱工程では、従来の延伸ブロー成形法と同様に、内部加熱、外部加熱を併用してブロー可能な温度である 100℃ 程度までプリフォームを加熱する。このとき所定の肉厚分布が得られるようにヒータの加熱条件を設定する。

1 次ブロー工程では、ストレッチロッド、プレスロッドを用いて二軸延伸ブローを行う。この際に従来のブロー成形と大きく異なる点は、底部も含めてボトル全体を比較的均一に延伸していることであり、ボトル底部は従来のものに比べて薄肉になっている。均一に延伸させるために底部は比較的単純な形状となっている。薄肉化されたため冷却時間を短縮でき、また形状も比較的単純なことからブロー圧力も 2 MPa 程度と比較的低圧での成形が可能である。

ヒートセット工程では、延伸された 1 次ブロー成形後のボトルの底部を赤外線ヒータを用いて非接触加熱し収縮さ

せる。この工程でのポイントは、2 次ブロー工程にてボトルの加工率ができるだけ小さくなるように 2 次ブロー用底部金型形状にできるだけ近い形状に収縮させることおよび、結晶化度を向上させるために底部にて 180℃ 程度まで加熱することである。そのためにヒータの配置や温度条件の設定が重要となる。1 次ブロー工程においてボトル底部は均一薄肉化されていることから PET の加熱に適した赤外線の波長域を用いることにより短時間で効率的なヒートセットが可能となった。また非接触加熱のためボトルを 2 次ブロー工程とは別工程で連続的にヒートセットできるため生産効率がよい。

2 次ブロー工程は、ヒートセット工程で底部が加熱収縮されたボトルを直ちに再度ブロー成形する工程であり、ここで最終製品形状に賦形される。製品に求められる主な性能として、耐熱圧性、足先端肉厚、耐転倒性の 3 つが挙げられる。耐熱圧性は文字通りこのボトルの基本性能というべきもので、内圧の上昇する加熱殺菌時でも自立性が保たれることである。足先端肉厚は、輸送時の軸荷重や変形(凹み等)に耐えられる最低限の肉厚であり、成形安定性の面からも考慮された最低肉厚である。耐転倒性は主に充填工程における空ボトルの搬送時等の転倒を防止する性能である。

これらの性能は、ボトル底部の形状に大きく依存し、最適な形状に賦形することが 2 次ブロー成形時の重要な点となる(図 5 参照)。

耐熱圧性を向上させるためには底の半球面状の部分(足ではなく谷の部分)の曲率半径は小さいほうが良い。耐熱圧性能は形状だけでなく、延伸倍率や結晶化度にも依存しており、これらは前工程である 1 次ブロー工程およびヒートセット工程でほぼ決まる。

足先端部は、従来のボトルに比べ底部が全体的に薄肉なことから、足先端部において極端に薄い部分が発生しやすく、形状による改善が必要であった。そのため足先端部において 2 次ブローでの加工率をできるだけ小さくする形状に設計されている。具体的には底部の谷面と足先端部との

表 2 各ボトルの重量分布(g)

	2 ピース	従来 1 ピース	COSMOS
肩 + 胴部	40.6	40.8	40.9
底部	7.4	20.2	11.6
全体	48.0	61.0	52.5

図 2 新規 2 段ブロー成形法 (COSMOS) の成形工程

図3 底部の肉厚分布

図4 底部の結晶化度

距離を短くするなどの工夫がなされた。

新規成形法によるボトルは表2に示すように、従来のボトルに比べて底部を薄肉、軽量化しており、重心が高くなっている。空ボトルの搬送時などの耐転倒性を確保するために従来よりも接地径を広げ、さらに図1に示すように6足形状とすることにより前述の3つの性能を満足することができた。これら耐熱圧性、足先端肉厚、耐転倒性はある性能を改善しようとすると別の性能が低下することもあり、すべてをバランス良く満足させることが重要であった。

4. 製品

図3、4に新規2段ブロー成形法により成形されたボトルと従来のボトルの底部の肉厚分布と結晶化度分布を示した。

図より新規成形法によるボトルは底部が従来のものに比べて高倍率に延伸され、ほぼ1 mm以下の厚みになっている。結晶化度は従来のものでは底中心部はほとんど結晶化

表3 耐熱圧ボトル（1500 ml）の性能の比較

	2-ピース	1-ピース	
		従来	COSMOS
耐熱圧性	70℃-40 min 2.6 G.V.	65℃-40 min 2.6 G.V.	75℃-40 min 3.0 G.V.
重量 (g)	48 + 13 (Base cup)	61	52
ESC*適性	○	△	○
水分吸収適性	0.7 wt% OK	0.4 wt% NG	0.7 wt% OK
落下試験	120 cm OK	70 cm OK	120 cm OK

* Environmental Stress Cracking

図5 ヒートセットボトルと2次ボトル

していないのに対し、新規成形法では底中心部付近は40～50%と高い結晶化度になっている。表3に従来の製品と新規成形法によるボトルの性能を示した。

従来の製品に比べて耐熱圧性に優れ、なおかつ使用材料の量を減らした環境に優しいボトルになっている。また底部が薄肉になっていることから、使用後にはつぶしやすく減容性に優れていることも特徴の一つである。

5. まとめ

新規2段ブロー成形法により、優れた耐熱圧性を有するPETボトルが開発された。

本開発によるボトルは1998年7月より上市されている。このボトルが出来たことにより、今まで不可能であった製品への1ピースPETボトルを用いた充填後の加熱殺菌が可能になり、適用範囲が広がった。さらにこの技術を他のボトルへ展開したいと考えている。

【お詫びと訂正】

『成形加工』第11巻第12号（1999年12月号）掲載の「平和問題と高分子、半世紀の回顧」（中島伸之著）に関して右の表記に誤りがありました。

関係各位にお詫び申し上げるとともに、訂正させていただきます。

（p 987. 右段 21 行目）

老人、子供等→老人、小人等

（p 987. 右段 小見出し）

3. 戦争の空白→3. 戦後の空白

（p 991. 左段 42 行目、右段 8 行目）

事務所→事業所