

# ミニボトル缶用ガスバリア性向上対策キャップの開発

大和製罐株式会社 総合研究所 分析測定室 草柳貴志

## 1. はじめに

ミニボトル缶の販売数量は2010年約6,500千C/Sの売り上げを計上していたが、年々減少している。更に2020年以降はコロナ感染拡大による外食減少、家飲み需要増加の影響によりアルコール摂取前の飲用を目的とする機能性飲料の販売も低調になり、販売数量が激減し半数以下になっている。

今後、ミニボトル缶の販売数量を維持回復する為には、主力製品である上記ジャンル以外の第2の柱が望まれている。

ミニボトル缶の内容物別に注目すると炭酸仕様のアイテムが少ないことが挙げられる。ミニボトル缶の炭酸仕様に関しては炭酸ガスが透過しやすく、GV (Gass Volume) が低減し、賞味期限を1年以上確保することが出来ない技術的課題がある。

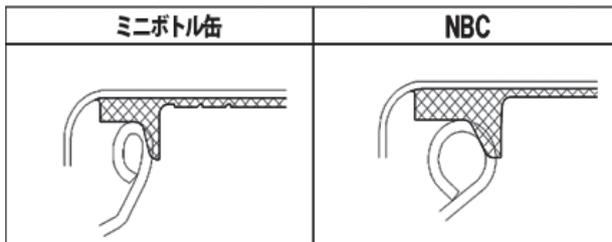
GVとは炭酸ガス吸収係数と呼び、飲料に溶け込んだ炭酸ガスの量を表す単位で、標準状態で1Lの液体に1Lの炭酸ガスが溶解していればGVは1.0となる。

ミニボトル缶の炭酸仕様に関しては大手製薬メーカーから栄養ドリンクを飲む年齢層が高齢化しており、若者やスポーツ分野へミニボトル缶の炭酸仕様での商品企画もありニーズがある。

今回、ミニボトル缶の販路拡大の為、炭酸ガスの透過を抑制し、賞味期限1年半以上を保証可能なガスバリア性向上対策キャップの開発に着手した。

## 2. GVの低下について

ニューボトル缶（以下NBCと記載）の炭酸仕様は販売して20年以上経過するが、GVの低下に関する問題は発生していない。



第1図 ミニボトル缶とNBCのキャップ形状比較

第1図でミニボトル缶とNBCのキャップと缶胴の嵌合を比較すると、NBCキャップはミニボトル缶キャップに比べてモールド樹脂の体積が多く、炭酸ガスが透過しやすいと言える。また、NBCキャップに使用している樹脂はミニボトル缶に比べ、エラストマーやオイルを多く配合しており、バリア性も低くなっている。それにも関わらずNBCと比較してミニボトル缶のGV低下が課題となっている理由は、以下が考えられる。

例えばGV2.0の炭酸飲料で缶内の炭酸ガスが60mL透過したと仮定し、NBCとのGV低下量を比較した場合についての算出結果を下式として示す。

100mL ミニボトル缶：

$$(100 \times 2.0 - 60) / 100 = 1.40 \text{ (30\%減少)}$$

500mL NBC：

$$(500 \times 2.0 - 60) / 500 = 1.88 \text{ (6\%減少)}$$

仮に炭酸ガス透過量が同じでも入味量の差によりミニボトル缶はGV低下が大きくなり、市場にて炭酸感の低下によるフレーバー指摘のリスクが高い容器となっている。

## 3. 対策案の検討

### 3-1. 巻締め条件の変更

ガスバリア性の高い瓶用キャップでは、高打栓圧(1,200N以上：ミニボトル缶は1,000N以下)の巻締めが可能であるが、ミニボトル缶では缶胴

がアルミニウムの為、瓶に比べ缶体強度が弱く座屈強度UPが必須となる。

また、現在使用しているホットパック仕様との共通巻締めが出来ない等の課題がある。

### 3-2. バリア層の付与

ポリエチレン単層シートにポリエチレンテレフタレートフィルムシートを付与することでバリア性を向上させることが可能であるが、新規設備導入が必要となる。

### 3-3. モールド樹脂組成変更

モールド樹脂の組成変更によるガスバリア性を向上させる。ただし、樹脂のコストUPは必須となる。

今回は充填先および設備等の状況を総合的に考慮し、開発に着手した。

## 4. 対策樹脂の検討およびシート物性評価

第1表に対策樹脂組成を示す。ガスバリア性に影響を及ぼす成分は樹脂の弾性に必要なエラストマーとポリマーの相溶性を向上させるオイル（流動パラフィン）である。

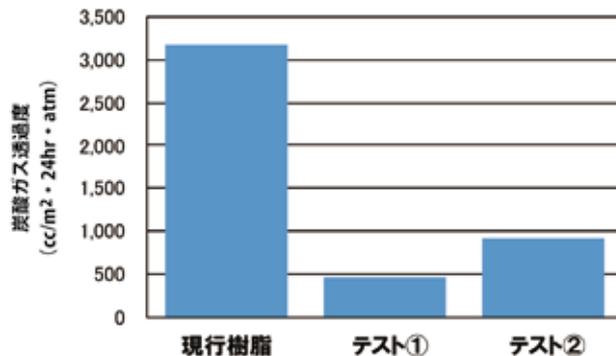
テスト水準①、②はポリマーを増量し、ハイバリアのエラストマーを添加することでガスバリア性の向上は期待出来るが、エラストマー変更による成型性と樹脂硬度が高くなることでの密封性の低下が懸念される。

組成変更しているエラストマーはイソブチレン系のエラストマーで、ポリイソブチレン由来のガスバリア性の高さ<sup>[1]</sup>と少量のオイルでポリエチレンと相溶しやすい特徴がある。

次に樹脂シートでの炭酸ガスの透過度の測定を

第1表 対策樹脂の組成

	現行樹脂	テスト①	テスト②
ポリマー (PE)	47	70	60
イソブチレン系エラストマー	—	30	25
エラストマーE	11.5	—	5
エラストマーF	11.5	—	—
流動パラフィン	29	—	10
D 硬度	20	32	26



第2図 炭酸ガス透過度測定結果

実施した。JIS K 7126-1法 差圧式（ガス圧 101.3kPa 23°C 1mm×φ45mm）で実施した結果、現行ホットパック仕様のミニボトル缶樹脂に比べ炭酸ガス透過量が減少することを確認した（第2図）。

## 5. 対策樹脂試製造キャップの機能性評価

成型性に関しては、自社工場で試製造を実施した結果、日々の生産性向上の取組みの影響もあり、現行条件で成型可能であることを確認した。

また、機能性評価結果を第2表に示す。

・テスト水準①の10°×50cm 単体落下で一部漏洩が認められたこと以外は、開栓性、密封性共に現行と同等性能であることを確認した。

10°×50cm 単体落下とは10°角のテーパーに50cmの高さからキャップ下向きに落下し、漏洩の有無を確認する方法である。

要因としては樹脂硬度が高い為、落下後に缶胴の変形に樹脂が追随出来ずに漏洩に至ったものと推察される。ただし、瓶容器の規格である(40cm)、NBCの規格(30cm)は確保していることから適

第2表 対策樹脂キャップの機能性評価結果

1stトルク：キャップが回り始める時のトルク  
2ndトルク：キャップのブリッジ（ミシン目）が切断する時の最大のトルク  
開栓角度：ブリッジ（ミシン目）が全て切断した時の、キャップが回った角度

	開栓性			密封性	
	1stトルク (Ncm)	2ndトルク (Ncm)	開栓角度 (°)	単体落下 10°×50cm	耐圧 (kPa)
現行樹脂	68.8	59.0	206	0/10	800 以上
テスト①	66.6	64.8	216	2/10	800 以上
テスト②	71.5	65.4	206	0/10	800 以上

用可能と考える。その他開栓性、密封性に関しては製品水準の性能であることを確認した。

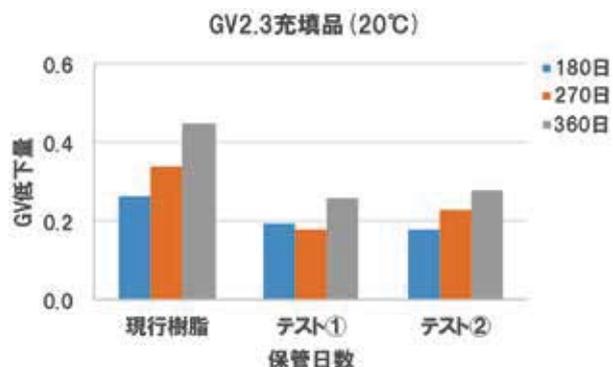
次に貯蔵試験によるGVの経時変化を測定した(装置：京都電子工業(株)GVA-500A)。当社総合研究所のオフラインカーボネーターを使用し、GV2水準(2.3と2.8狙い)を充填した。

テスト水準①、②共にGV低下量が現行キャップに比べ減少していることを確認した(第3・4図)。

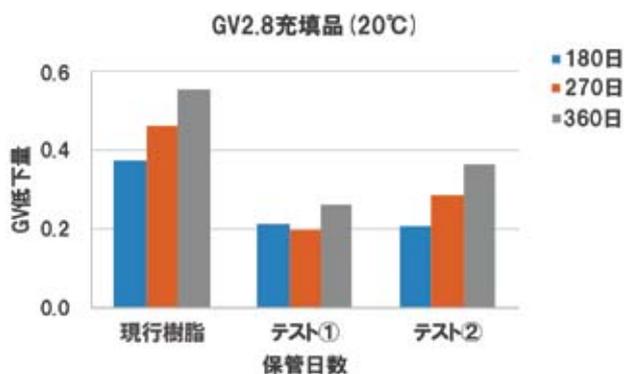
樹脂シートでの炭酸ガス透過度測定結果と比較し、テスト水準①、②の効果が小さい現象については第5図に示したキャップ巻締め後のX線CT(装置：YXLON社FF20 CT)の断面形状から説明が可能である。

樹脂硬度が高いことによりテスト水準①、②はキャップ天面のモールド樹脂潰れ量が小さく、厚くなっており炭酸ガスの経路としては現行ホットパック仕様樹脂よりも大きくなる為、ガスバリア効果が樹脂シートでの評価時に比べ、小さくなったものと推察する。

キャップモールド形状や巻締め条件を変更することで更なる向上は期待出来るが、設備投資によ



第3図 GVの低下量 (GV2.3狙い)



第4図 GVの低下量 (GV2.8狙い)



第5図 巻締め後のキャップの断面形状 (X線CT)

るコストアップや充填工場での工数負担が大きくなる。

今回、一定の炭酸ガスバリア効果を得ることが出来、前述の密封性評価結果を踏まえ、テスト水準②で仕様確立を進め、2024年エバースマイル炭酸とろみレモンスカッシュで製品化を実現した(第6図)。



第6図 対策キャップ(テスト②)製品外観

## 6. GV低下量の推定

現在GVの低下量は貯蔵試験による確認の為、効果検証のデータを得る為には長い期間を要している。樹脂シートでの透過係数を基にGV低下量の推定が可能か検証を行った。第7図に炭酸ガスの透過経路を示す。

計算の簡素化の為にキャップモールド天面部(第7図青色部)から炭酸ガスが透過すると仮定すると、キャップ天面のリング部全てから炭酸ガスが透過することになる。

樹脂シートで測定した透過係数D【cc/m<sup>2</sup>・24hr・atm】を用いると時間tの炭酸ガス量Vは(1)式となる。

$$V(t+1) = V(t) - D \times (2\pi BR) \times P(t) \times (1/T) \dots (1)$$

B：モールド厚 R：モールド外径

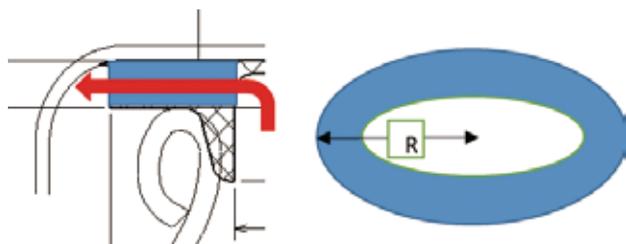
T：炭酸ガスの透過長さ P：容器内圧

また、時間tのGVは(2)式となる。

$$GV(t) = (V(0) - V(t)) / M \dots (2)$$

M：容器の入り味量

更に、P(t)も炭酸ガス減少に伴い変化する



第7図 炭酸ガスの透過経路（モデル）

ので

$$P(t) = (V(0) - (t)) / V(0) \times P(0) \dots (3)$$

となる。

(1) ~ (3) 式を繰り返し計算することでGV低下量を推定することが可能になり、推定値は実測値に近い数値を再現していることを確認した(第8・9図)。

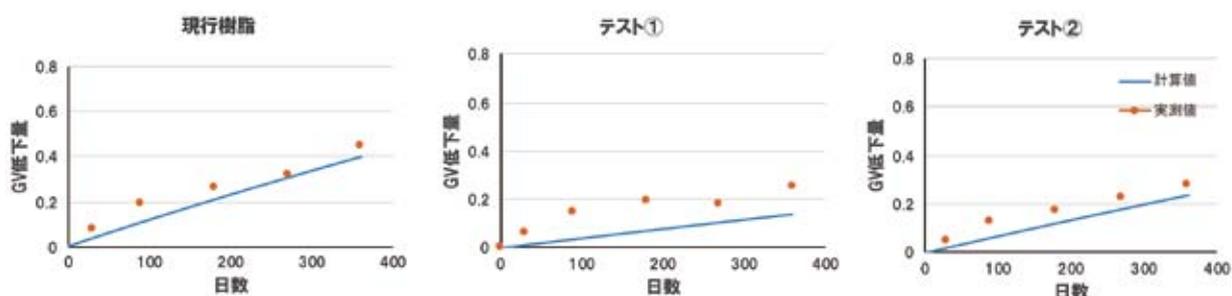
## 7. おわりに

以上の結果から、

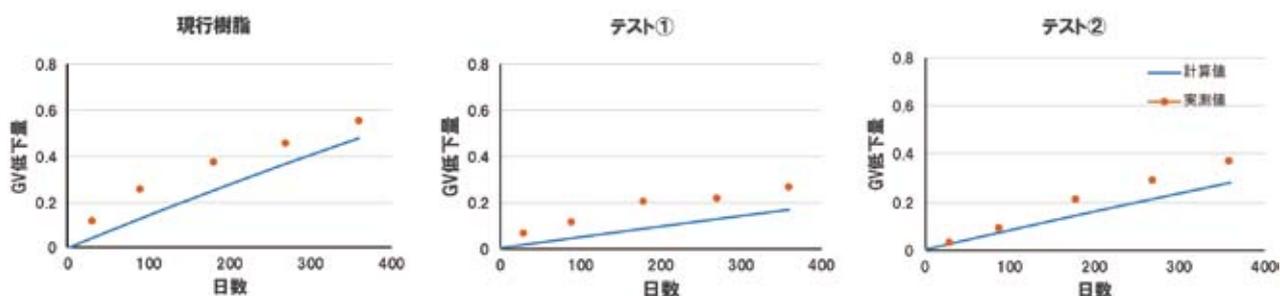
- (1) イソブチレン系エラストマーを添加し、ポリマー、オイルの配合比を変更することで、生産性、機能性を損なわず、GV低下量を抑制したガスバリア性向上対策キャップを開発した。
- (2) 樹脂シートでの炭酸ガス透過データを基にGV低下の推定値を算出し、貯蔵試験の短縮化の目途が立った。

## 参考文献

- [1] ADDIN Mendeley Bibliography CSL\_BIBLIOGRAPHY  
 総説特集 イソブチレン系熱可塑性エラストマーの基本特性と応用事例 中林 裕晴



第8図 推定値と実測値の比較 (GV2.3 狙い)



第9図 推定値と実測値の比較 (GV2.8 狙い)