

包装アーカイブス

ビールびんの軽量化の道

1. はじめに

1971年に米国で炭酸飲料びんの破びん事故を契機に日本でも顕在化した。ビール大びんの強度を向上するために30grの重量アップ(従来びんという)とびんの表面デザインで対応して、破びん問題を解決した。

1980年代になると、地球環境問題に対する関心の高まりから、リターナブルびんが見直され、省資源、省エネルギーの観点で環境に優しい包装容器の開発が求められていた。又、高齢化や住宅の高層化が進む社会の中で、消費者や流通段階で軽量化のニーズがあった。

1985年になって、具体的な軽量化を目的として研究開発を進めた。その結果、1990年にはCVD技術を利用したセラミックコーティングにより、従来びんと同等以上の強度を有し、20%軽量化された軽量リターナブルびんの開発に成功し、1993年に市場に導入した。現在、既に20年を経過しようとしている。ワンウェイガラスびんは、表面処理方法等により軽量化が図られてきたが、リターナブルびんの軽量化は世界に例が無く注目を集めている。そこでガラスびんの軽量化につき、一般的な技術を含め、リターナブルびんの重量アップ、軽量化の開発の背景、軽量化に至る経過について述べる。

2. びんの重量について

2.1 破びん事故対応に追われる

1971年アメリカのCoCa-Colaで炭酸飲料の破びん事故が顕在化した。メディアを通じて日本に飛び火して、日本でも1974年に消費生活用製品安全法が制定された。ビールびんは炭酸ガス圧が低いので、法の適用から免れたが、炭酸飲料びんは適用を受けた。しかしながら、ビールびんでも市場からの破びんのクレームが多発し、支店の営業マンはその対応に追われた。営業マンは、お客様の所へ行き、お詫びをして、原因究明のためにびんの大小のカケラを集めて持ち帰った。工場では、そのびんのカケラを組立てて、1本のびんに復元した。びんの割れの状況から、自然破損(大きなカケラが多い)か外部衝撃による破損(小さなカケラが多い)を推定した。その結果を持って、ある場合には、工場の担当者もお客様のところに出向き、割れの原因を説明した。筆者も業務用の寿司屋に行き説明をしてお客様に納得してもらった。ただ、そのまま帰るわけ行かず、今度はこちらがお客様となって、寿司とビールを注文した。会社に請求せず自分で処理した。

研究所では、衝撃による破びん状況を調査するために、高速度カメラを使用して2,000コマ/秒で撮影し、破びん診断の一助とした。

2.2 びんの重量アップとナーリング加工

ビール大びんの重量は、575gから30g増やして605gとした。又、びんの表面にナーリング(knurling、びん底についている様なこぶ)と呼ばれる小さな突起物をびん同士が最も衝突し易い場所の胴上部に施した。外部からの

包装アーカイブス

衝撃でナーリングが傷つき、びん全体の傷を防止することができた。その結果、実験室規模の実験で耐圧強度、転倒強度は格段に向上し、又、市場での破損事故は激減した。

2.3 ガラスが割れやすいのは何故か

ガラスは結晶構造を持たない無定形の固体で主成分はケイ酸 (SiO_2) である。酸化物系ガラスの種類は非常に多く、それを化学成分で分類すると、ソーダ石灰ガラス、鉛ガラス、ほう珪酸ガラス等である。ソーダ石灰ガラスは、窓ガラス、びんや多くの食器類に使用されている。原料は珪砂 (SiO_2)、ソーダ灰 (Na_2CO_3) と石灰石 (CaCO_3) である。鉛ガラスは、酸化鉛 (PbO) を入れて屈折率を大きく、カット模様をつけるとキラキラ輝く。ほう珪酸ガラスは、ほう酸 (H_3BO_3) を入れて、耐薬品性や耐熱衝撃性を高めている。いずれのガラスも割れやすい欠点を持っている。

例えば、実験室用の 5mm 外径ガラス管をヤスリで外表面の 1/3 位を傷つけて、傷面を表にして折り曲げると、簡単に折ることが出来る。しかし、傷面を裏にして折り曲げると大きな力でも折れない。何故なら、ガラスの圧縮強度は大きい、引張り強度、曲げ強度は、圧縮強度の 1/10 以下であるので、傷面を表にすると、引張りの力がかかり折れやすいのである。金属やプラスチックでは、圧縮強度と引張り強度は、ほぼ同じ数値であるので、ガラスとは違う。

3. ガラスびんの強度劣化防止と軽量化の技術

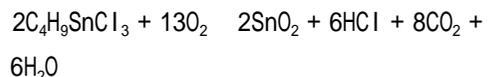
3.1 従来技術

均一な肉厚分布、コンピューターによるびん型設計やガラスびんの成形方法でびんの強度アップが行われてきた。ガラスびんの表面を傷つけない方法として、プラスチックによる被膜が行われた。例えば、1970 年の後半から 1980 年初めにかけて、スチレン・ブタジエン・ゴムやポリウレタン等のプラスチックコートびんやポリエチレンや塩化ビニルやポリスチレン等によるシュリンクフィルムびんが上市された。ワンウェイびんの強度劣化防止方法としては、ホットエンドコーティングと徐冷後のコールドエンドコーティングがある。

3.2 ホットエンドコーティング

大和芳宏著の「ガラス容器の科学」¹⁾ によれば、成形後徐冷炉へコンベアにより、一列で移動する高温のびんに図 1 に示すようにスズ或いはチタン化合物をチャンバー内に吹きつけ、 SnO_2 或いは TiO_2 膜を形成させる。一般的には SnO_2 が使用されている。びんの表面温度は 400~650 である。

コーティング材料としては、無機、有機化合物があるが、その代表的なものの反応式は次の通りである。



式 of 四塩化スズの場合、上式から分かる

包装アーカイブス

ように水分が必要であるが空気中に含まれる水蒸気で十分まかなえる。しかし、この反応は、ガラス表面近くで行われることが必要である。早く反応が起こりすぎると十分な膜厚は得られない。四塩化スズの場合、室温で容易に加水分解を起こすので、キャリアガスとして空気を使用する場合には高度な脱水が必要である。

コーティングの膜厚は、4~5nm が適当である。3nm 未満では、効果が少なく、9nm 以上になると光の波長のオーダーになるため膜の内外表面で反射光が干渉し、ひどくなると虹彩を呈するようになる。

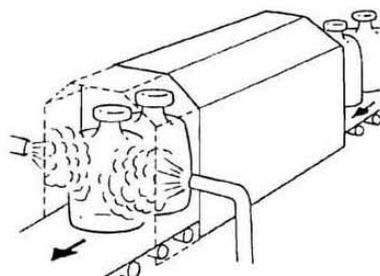


図1 ホットエンドコーティング²⁾

3.3 1970 年前後のガラスびんの研究

キリンビールは、1938年に山口県徳山市に製びん工場を建設し、1952年には横浜工場の製びん業務は閉鎖したが、1967年に群馬県高崎市の総合研究所にガラスびん研究室があった。

リターナブルガラスびんの強度劣化防止は、この間の継続的なテーマだった。テーマに沿

った取組みもあれば、アンダーテーブルのものもあった。CVDによるガラスびんの強度劣化防止は、製びん各社への依頼や、 $(\text{CH}_3)_2\text{SnCl}_2$ (ジメチルジクロロスズ) によるコーティングを富田製びん工場に依頼する等の形で色々な試験びんの評価を実施していた。しかし、どれも、熱アルカリにより簡単にその効果が失われ、とてもりターナブルびんの強度劣化防止方法として実用に耐えるとは思えなかった。

3.4 SnO_2 コーティングで傷がつかない理由

ガラスは、ステンレスの SUS304 より硬いが、前述したようにヤスリで、ガラスの表面は傷がつく。従って、ガラスより硬いものをガラスの表面にコーティングすれば、ガラスは傷がつかない。ピッカース硬度でガラスは、約 550kgf/mm であるが、 SnO_2 は 1,650kgf/mm で、ガラスより硬い。この硬さは、通常の金属より硬く、超硬合金 (WC-Co) とほぼ同じである。従って、ダイヤモンドでなければ SnO_2 膜を傷つけることは出来ない。しかも、ガラスとガラスの摩擦係数は 1 に近いので、滑りが悪く、びん同士の衝突でお互いに傷つきやすい。しかし、 SnO_2 のような酸化物をコーティングすると、摩擦係数が極端に低下して、滑りが良くなり、お互いに衝突しても衝撃が緩和されて、 SnO_2 の表面に殆ど傷がつかない。

ガラスの屈折率は、1.5 であるが、 SnO_2 や TiO_2 の屈折率はそれぞれ 2.0、2.5 以上であり、ガラスより高いので、厚みが厚くなると、干渉色が出て外観上黒光りがする。

包装アーカイブス

4. 軽量化びん開発の経緯と基礎実験

4.1 びんの吹製法

成形方法には高圧空気による Blow and Blow とプランジャーでプレスする Press and Blow があり、前者は飲料のびんのような細口びんに後者はジャムびんのような広口びん適用される。又、Press and Blow の中でも細口びんの場合には NNPB (Narrow neck press & blow) と呼んでおり、1967 年にドイツの Heye (ハイエ) 社は、世界に先駆けて NNPB を実施した³⁾。

これは肉厚をより均一にして軽量化するためのものである。1980 年当時としては、NNPB による細口びんの吹製は殆ど無く、1981 年に東洋ガラスがジュース 1000 丸 K 軽量びんを生産した³⁾。現在では、清涼飲料のワンウェイびんのような細口軽量びんの大半はこの吹製法である。

4.2 ドイツのハイエ社の試作びんの評価

1982 年に本社製造部直轄の包装センターを設置し、直面する課題の解決であった。リターナブルびんは、当面、重量アップとナールリング加工で破びん問題は解決したが、次のステップとして、軽量化と擦り傷防止を目的として、NNPB 吹製の先駆者であるドイツのハイエ社にびんを試作させた。

アルカリ洗びん機を含めた実ラインによる 30 回の繰り返しを送びんテストの結果、ハイエ社のびんは、耐圧強度、倒びん強度等が高かった。10 回程度で SnO₂ 膜が一部剥離や白化しており、水をはじいた油付着びんのよう

に汚れが目立った。ガラスと水の接触角は 15 度以下であり、従来びんは濡れやすいが、SnO₂ 膜は接触角が大きく水をはじくため濡れにくいのである。

しかし、日本のメーカーで試作した時よりはるかにコーティングは強固であった。このガラスの組成分析を社内の製びん工場で実施したところ、原料価格の高いソーダ分 (Na₂O) を少なくして、価格の安い石灰分 (CaO) を多くした組成であった。この結果、ガラスの中に無数の失透が見られたが、製びん機から排出されるびんの温度が極めて高くなる事が推定された。

4.3 軽量化のテーマ設定

1984 年に 21 世紀 (2000 年) に向けて、「21 世紀の容器包装の展望プロジェクトチーム」を発足させた。21 世紀に向けて、次世代技術について、物真似でない・世界がアット驚くもの・オンリーワン技術というコンセプトを掲げた。容器については、「リターナブルびんの軽量化」と「ガラスびん並みの性能を持つプラスチックボトルの開発」の二つに絞り込んだ。

当時のビールの容器別出荷量について、ビール酒造組合では古いデータがないので、ガラスびんリサイクル促進協議会の資料⁴⁾から引用する。業界全体のビール容器別出荷比率は、1989 年は、びんが 64%、缶が 29%、樽 7% であり、2006 年ではビールの他に発泡酒も含め、びんが 15%、缶が 68%、樽 17% である。従って、時代と共にびんの比率が下がってお

包装アーカイブス

り、1984年当時はびんの比率が64%をはるかに超えていた。

しかしながら、ワンウェイ化が進み、びんの比率が下がってきた。2010年度については、ビール酒造組合のホームページ⁵⁾によると、びんは22%であるが、発泡酒⁶⁾や新ジャンル⁷⁾ではびんが殆どなかった。筆者の試算によれば、ビール、発泡酒や新ジャンルの全体では、11%がびんで、缶71%、樽18%であった。

4.4 仮説と実験室での基礎開発業務

1985年、開発に着手した。本当にSnO₂膜はアルカリで落ちてしまうのかを徹底的に実験で確認することにした。自力で既存の電気炉を改造して、反応装置を組み上げた。厚みは2mmでタバコの箱の大きさ位にカットしたソーダ石灰ガラス板を準備した。

ドライエアーを作るための空気中の水分を除去する吸着装置は市販のものを購入し、圧力と流量をコントロールするために減圧弁と流量計を設置したくらいのものであったが、不要となっていた木製の棚を再利用して実験台として使用した。また、空気や反応物質を反応する経路は市販のテフロン製のチューブで、バルブ類も全てテフロン製のものを市販のカタログから購入してつなぎ合わせて製作した。勿論、実際に実験する際も全てマニュアルの手動操作であった。唯一の自動操作は反応温度を変化させる際に、電気炉の温度条件だけは電気炉の制御盤で自動で設定することができた。

出発物質の四塩化スズ(SnCl₄)を露天以下

にコントロールしたドライエアーで気化させ、反応装置の電気炉内へ移送させ、ガラス板にSnO₂の膜をつけた。反応式は次の通りである。



蒸着する際の温度や四塩化スズの流量や蒸着時間を変化させて種々の条件化で試料を作成した。ウォーターバスに入れた熱苛性ソーダ液(4%NaOH×80)にコーティングしたガラス板を浸漬させ、所定の時間ごとに取り出し、膜の性状を電子顕微鏡で観察した。予算の都合でエリプソメーターを一定期間リースし、膜の厚みや屈折率を測定し、データを蓄積した。数ヶ月の間ひたすら繰り返した。

1987年からは研究場所を横浜から山口県周南市の製びん工場(現在は閉鎖)に移し、担当者を増やして実験を行った。別グループの担当者からハイエ社の試作びんの特長を聞いて、アルカリ剥離実験を再開した。ハイエ社びんを熱アルカリに浸すと、アルカリ可溶部分と溶けない部分が存在していた。実験室でSnO₂膜を作成したガラス板サンプルとSnO₂膜被膜のハイエ社びんの熱アルカリ浸漬後の電子顕微鏡による観察結果から、次のような仮説を立てた。

SnO₂はアルカリに可溶ではない。アルカリによる剥離現象は、ガラスとSnO₂膜の界面で剥離しているのではないかと推測した。もし、界面剥離或いは界面破壊であれば、CVD条件によって、凝集破壊膜(ガラス面とSnO₂の界面で剥離することなく、ガラス母体からちぎれる剥離)を作り得るとの仮説を立てた。具体的には、SnO₂の膜をコーティングするとき

包装アーカイブス

のガラスの表面温度によって被膜の性質を作りうるのではないかと閃いた。

4.5 蒸着温度と蒸着厚み

コーティング膜の化学的耐久性に大きく影響を及ぼす要因は二つであることが分かった。その一つはコーティング処理を行う際のガラスびんの表面温度である^{8,9,10)}。図2に示す通りで、コーティング膜の熱アルカリの剥離による化学的耐久性は、びんガラスの転移点である550あたりから700まで著しく向上する。この理由について詳細に述べる。

前にも述べたが、四塩化スズにより次の反応式でSnO₂の被膜が形成される。



それと同時にガラス中のナトリウムイオンと反応ガス中の塩素イオンが反応し塩化ナトリウムを生成し、被膜に微小なピンホールを生じさせる。このピンホールがきっかけとなって熱アルカリによる剥離或いは白化が生じる。コーティング時の温度が転移点550の前後でそのメカニズムは異なる。

びんの表面温度が550より低いと、接着力が低いので、被膜とガラスの界面から界面剥離を起こす。550より高いと、被膜はガラス表面だけでなく中まで強固に結合しており、簡単には界面剥離を起こさず、ガラス母体の凝集破壊であり、剥離までに長時間を有する。

700以上になると、コーティング膜は共融化合物になり、化学的耐久性は無限大となるが、ガラスの軟化によるびんの変形が生じるので限界がある。4.2で述べたように、ハイ

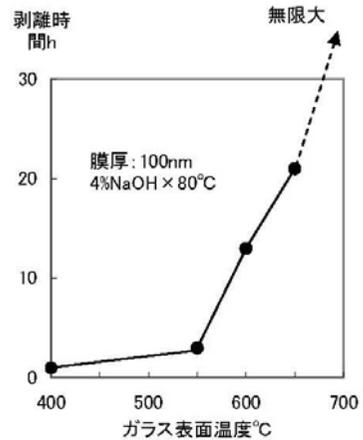


図2 ガラス表面温度と被膜剥離時間

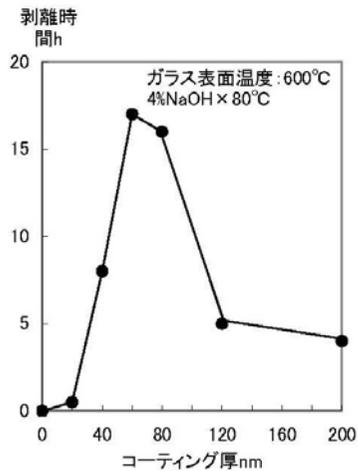


図3 コーティング膜厚と被膜剥離時間

エ社の試作びんの化学的耐久性が高かった事は、ハイエ社の試作びんが高温で成型され、高温でコーティングされた事で説明がつく。

二つ目は、図3に示す通りでコーティングの厚みである^{8,9,10)}。薄すぎると完全な膜になっておらず、厚すぎると被膜とガラスの熱

包装アーカイブス

膨張係数の差によりクラックが発生し被膜が剥離しやすくなる。適切な膜厚は 40 - 100nm である。

4.6 びん重量の決定

強度的には 450 g でも可能であった。605 g の従来びんとの混在状態でビール工場での充填ライン上で重量（胴径）の異なる 2 種類のびんを同一設備で充填する必要があったこと、当時主流であったトラック（11 t 車）への製品の積載効率を上げるために必要な軽量化率等を考慮し、戦略的に 475 g を決定した。

4.7 SnO₂ 以外の研究

SnO₂ 以外のジルコニア (ZrO₂)、窒化チタン (TiN)、ガラス表面に窒素注入を検討したが、カレットのリサイクル性、熱力学的な反応性や経済性などの観点で断念した。また、SnO₂ の出発物質である SnCl₄ については問題なかったが、(CH₃)₂SnCl₂ (ジメチル二塩化スズ)、C₄H₉SnCl₃ (モノブチル三塩化スズ) では良い被膜ができなかった。多分、高温の CVD 条件では、有機スズ化合物が途中で分解し、期待している化学反応が起きなかったことも考えられる。しかし、その後の研究でアルコキシド系のスズでは良い被膜ができた。TiO₂ については SnO₂ より屈折率が大きく、よりざらついで見えて外観的に劣り、さらに性能も悪く、製膜の制御がしにくいので断念した。

5. 現場の応用実験

5.1 基礎実験¹¹⁾

成型されたばかりの赤みを帯びたびんを、コーティングチャンバーが載ったバイパスコンベアに人手で移し、コーティングびんを試作した。びんの口部をヤットコで掴んで乗せ換えていたが、軍手越しにびんの放射熱が手に伝わり、数十本繰り返すと、手に低温火傷で赤く膨れ上がっていた。一方、アルカリ液の入ったステンレス容器をガスコンロで高温に沸かし、苦勞して作成したサンプルびんその中に浸して被膜の剥離具合を一喜一憂しながら観察した。

5.2 3 倍速コンベア¹²⁾

実用化の段階でもっとも重要な点は通常よりかなり高く、ある特定範囲に限定されたコーティング温度だった。実用化の検討は、製びんに詳しい自社の富田製びんの技術部門に委託されたが、この条件を達成するのは容易ではなかった。回転式の製びん機が殆ど使用されなくなり、現在使用されている成型機は殆ど IS マシンであった。回転式の成型機であれば、製びん機から排出されるびんは順番にコーティングチャンバーへ移送ができるので、びんの外表面温度を一定に保つ事が可能であった。しかも、成型機とコーティングチャンバーの距離を短くすれば、高温でコーティングが可能であった。

しかし、IS マシンで成型されたびんがチャンバーに到達するまでの時間はユニットによって異なった。コーティングチャンバーから遠いユニットで成型されたびんはガラスの表面温度が下がっていた。

包装アーカイブス

IS 製びん機は型を持った製びんユニットが通常 6~12 台並列されている横に長い製びん機である。この製びんユニットから成型された熱いびんが排出され、横に長い排出コンベア上に等間隔に乗せる構造になっている。上流と下流ではコーティング装置に流れてくるまでに時間差があるので、上流側は冷えてしまい、下流側は温度が高くなってしまふ。この温度を一定にするための解決方法が見当たらなかった。

製びん機から離れた場所に再加熱設備を設置することなども考えたが、設備に大変な改造が必要だったし、成算の見込みも得られなかった。数年間におよぶ基礎研究を続けてきたメンバーの努力も間近に見てきたので何とかしたかった。ここからは、現場の設備や運営に詳しい製びんプロパーの出番だと判っていたが、暫くはどこから手を付けてよいか見当もつかなかった。いろいろ検討しているうちに、コンベア上で製びん機から出てきた順にコンベア上に並べればよいことに気が付いた。

どのような方法で順序を変えるかはアイデア勝負だったので、紙と鉛筆さえあればどこでも考える事が出来た。会社にいる間は全く考えつかないのだが、風呂に入っている最中や、夜中にふと目覚めるとアイデアが出てくるのだった。忘れないように、メモ書きを作っては残す作業を続けていた。3 か月もすると結論が得られていた。上流側から出てきたびんを早く走らせて、下流から出てくるびんより先に下流に運んでしまえばよいのだ。こ

のためには、通常の 3 倍の速度でコンベアを走らせればよいことが分かった。3 倍速コンベアのアイデアだった。そのままでは、均等な間隔でびんは並ばないので、通常速度に落とすための移送装置が必要になったが、他の方法よりは簡易で均一な温度が確保できた。

5.3 コーティングチャンバー¹³⁾

被膜の厚さが局所によって異なると、外観的に見苦しくなる。局部的にむらのないようにびん全体に被膜を形成することは膜厚が厚いほど難しくなる。これまで市場にでている製品は厚くても 10nm である。この軽量びんにあっては 40-100nm の厚膜である。

吹出し口近傍では局所的に反応ガスの濃度が高くなるために、びんがチャンバー通過するとき吹出し口とで正対する部分の被膜が厚くなる。吹出し口及び吸込み口の面積、風量及び吹出し口の流速など試行錯誤の連続であった。

6. 軽量リターナブルびん

6.1 製造工程

図 4 は軽量リターナブルびんの製造工程を示したものである。軽量のワンウェイびんでは、成型工程と徐冷工程の間でコーティング処理を行うが、軽量リターナブルびんの製造においてコーティング工程の前でびん外表面温度調整操作を実施することが大きな特徴である。

包装アーカイブス

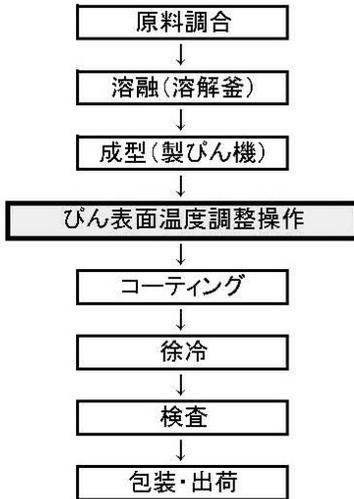


図4 軽量リターナブルびんの製造工程

より胴径はやや細い。写真2ではびんの胴断面であり、右側が軽量びんで肉厚が薄いことが分かる。びん重量は、前述したように605gから475gになり、軽量びんは21%軽量化された。外観はコーティングの影響で光沢がある。従来びんは擦り傷が付きやすいが、軽量びんでは付きにくい。

強度に関しては、軽量びんはガラスの厚さの差により耐圧強度はやや落ちる。しかし、衝撃強度は、図5から分かるように、従来びんでは送びん回数の推移と共に低下していくのに対し、軽量びんでは送びん回数を重ねてもほぼ同等の強度推移を示し、5回以降の送びん回数で従来びんより優れている⁸⁾。

6.2 軽量リターナブルびんの特徴



写真1 右側が軽量びん



写真2 右側が軽量びんの断面

写真1に示すとおりで、一寸区別が付きにくいようだが、右側が軽量びんで左側のびん

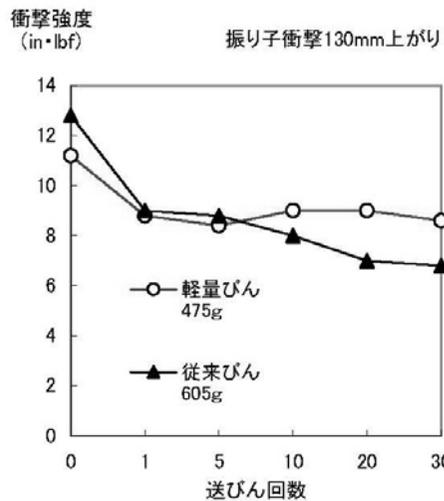


図5 送びん回数と衝撃強度推移

びん重量ダウンや輸送効率アップにより、大幅なコストダウンとなった。

包装アーカイブス

1994年に(社)日本包装技術協会から包装の研究・開発に顕著な業績をあげたものとして、木下賞を受賞した。キリン社の環境問題へのその他の取組みは内外から評価され、1995年第4回地球環境大賞受賞したが、軽量リターナブルびんの開発・導入も受賞に貢献した一つである¹⁴⁾。

6.3 製びん工程の品質管理

製びん工程で皮膜の均一性をオンラインで保証する検査機の開発も苦労した。たまたま晴海で開催された包装展で見つけた検査原理で、真珠の光沢均一性による識別やブラウン管の輝度の均一性を検査するものための画像処理技術があった。これを応用できないかと仕様打合せのため会社を訪ねたら、社長とスタッフ1人だけのベンチャー企業であった。両方で膜厚測定器を開発し、製びん工程におけるコーティング膜の膜厚管理¹⁵⁾に役立った。また、小型の洗びん機の機構を応用した耐アルカリ性評価試験機を製作し、日常の品質管理体制を整えた。

四塩化スズの反応は、空気中の除湿した水分が必要である。しかし、冬場の夜明け前後は、特に空気が乾燥している。絶対湿度が0に近づくと反応が起きにくくなる。この湿度管理の対処が重要であった。

6.4 ビール工場での品質管理

その他、ビール工場でのハンドリングについては、前述の通り従来びんとの混在過程を経て軽量化を進めていく必要があり、従来の

605gの大びんから475gの軽量びんに置き換えていくのに約8年を要している。軽量びんは従来びんに比べて倒びんしやすい等の様々な問題が顕在化した。

例えば、集合部後の単列の高速コンベアでは、ラインプレッシャーが強いと、従来びんより軽くて滑りがよいので時々軽量びんが浮きあがり、床に転げ落ちることがあった。通常、このような場合、びんは床に落ちて破損してしまうが、軽量びんの場合は、ガラスびん表面に傷が付いていないため、コンクリート床に落ちて割れずにコロコロと転がっていた。このトラブルに対し、ライン制御の見直しやコンベアガイドの調整等も含めて、各工場の協力を得ながら、1つずつ解消していった。

またコーティングびんと通常のガラスびんとでは、表面の性質が異なるため、洗びん機でやや洗いにくい。そこでコーティングに適した補助洗剤を開発した。また、繰り返し洗浄することでコーティングが熱アルカリに少し侵食され、強度は問題ないが、全体的に白くなる。それを検査する方法を開発した¹⁶⁾。

7. 市場導入

7.1 消費者調査とアンテナショップの評価

軽量びんは通常のガラスびんと比べ光沢を持っているため、当初、我々はこの外観がビールびんに似合わないのではないかと懸念を持っていたが、何度かの消費者調査の結果、いずれも、予想に反し、「非常にきれいだ」との好評を得た。

包装アーカイブス

市場導入に先立ち、JR 新宿駅西口のある 1 軒の居酒屋に出してその反応を確認した。お客様からの反応はなかったが、店員さんからは非常に好評であった。この居酒屋は 2 階建てで、驚いたことに 2 階の冷蔵庫まで運ぶ際、一度にビールびん 2 ケースを肩に担いで階段を運んでいたが、この軽量びんは非常に軽く助かると喜んでもらった。

7.2 北海道からの市場導入

軽量びんは、当初より従来びんとの混在使用を前提として設計したが、できるだけ回収びんが他のエリアと混在しないように、1993 年にまずは函館をスタートとして北海道全域に市場導入した。次いで、1995 年に九州全域に軽量びんを投入した。その後、1997 年に首都圏に導入し、順次全国エリアに拡大し、2003 年 6 月に全数切り替えを完了した。

当初びんの生産拠点であった山口県の製びん工場は 2001 年に閉鎖された。現在では日本山村硝子社の東京工場にて製造している。

また、軽量びんの開発は、当初は「ガラスびんを軽くしたい」とのニーズからであったが、約 10 年を経た市場導入に当たっては、地球環境対応（製びん時や物流過程での CO₂ 削減）が大きな推進力となった。

8. 軽量びん成功の理由

リターナブルびん軽量化の念願の目標を成功させた理由について振り返ってみると、

(1) ドイツのハイエ社にびんを試作させて、

その評価を客観的に行ってきたこと。

(2) 雑念のない新人研究者が絶え間なく、目標に対して挑戦してきたこと。

(3) 製びん工場が若い研究者の研究結果を評価して、新しい技術に挑戦したこと。当時の製びん工場は、ワンウエイ化の波の中で、ガラスびんの生産量が減少に直面し、合理化して何とか生き残ろうと模索していた。軽量びんこそが生き残る道だとして、必死に取り組んだこと。

(4) ビール工場における製造ラインにおける倒びんや撥水性の問題点を解決し、軽量びん被膜劣化のための検査システム¹⁶⁾を作り、「ゆりかごから墓場まで」の観点で、軽量びんの投入から廃棄までのライフサイクルのシステムを完成させたこと。

等が考えられる。

これは、あくまでも軽量びん開発の 1 例であるが、今後の技術開発においても参考になれば幸いと思われる。

9. おわりに

筆者はキリンビール時代に、破びん事故、擦り傷対策、軽量リターナブルびんの開発にタッチしてきた。軽量リターナブルびんの開発を開始して 25 年、商品化して約 20 年の歳月を経ようとしている。

実際の研究開発には基礎研究、現場での実

包装アーカイブス

証研究に多くの人々が参加した。又、研究開発のテーマを決める以前にもびんの評価を行ってきた人達もいる。特許、対外発表文献などの資料を中心に客観的にまとめた。更に、研究開発者としての思いや苦心談を記録として残すために、既に、退職している方々の他、現役として残っている当時の開発担当者からヒヤリングしてまとめたもので、できるだけ生の声を忠実に記載した積りである。従って、筆者の言葉と開発担当者の声が入り混じっており、お読みなりにくいと思われるがお赦し願いたい。

軽量リターナブルびんの開発が成功したのは、自社内に製びん部門を有していたことだと思っている。外注の製びんメーカーは強く長持ちするリターナブルびんにはあまり興味がない。何故なら、軽量びんを製造しても長持ちすれば、商売にならないからである。

例えば、PET ボトルの薄肉化における樹脂メーカー、アルミ缶の薄肉化におけるアルミの材料メーカー等は材料の販売量が減少するからである。資源の少ない日本にあっては、容器メーカーと中身メーカーの共同開発によって薄肉化は達成されるものである。CO₂削減、省資源という観点で容器包装業界が容器包装の薄肉化を目標に協力して進めていくことを望みたい。

国際市場における高速鉄道、上下水道等の売込みあっては、メーカーとユーザーが協力して受注合戦を行っている。

<参考文献>

- 1) 大和芳宏、“ガラス容器の科学”、日本包装学会、p.52-53 (2003)
- 2) 岩本正憲、上田定雄、“ガラス製造の現場技術、第4巻”、(社)日本硝子製品工業会、p93、(1993)
- 3) 国立科学博物館-産業技術の歴史、資料番号 105910671057、東洋ガラス株式会社、<http://sts.kahaku.go.jp/sts/detail.php?&key=105910671057&APage=781> (2011年2月9日)
- 4) “ガラスびんリサイクル促進協議会(ガラスびんの現状と容り法の見直し)”、平成16年9月28日
- 5) ビール酒造組合、ビール市場動向レポート <http://www.brewers.or.jp/data/doko-pdf/H22/1012.pdf> (2011年3月6日)
- 6) 発泡酒の税制を考える会、発泡酒市場動向レポート <http://www.happoshu.com/mr-8po/index.html> (2011年3月6日)
- 7) 発泡酒の税制を考える会、新ジャンル市場動向レポート <http://www.happoshu.com/mr-sjan/index.html> (2011年3月6日)
- 8) 中川学、横倉修一、天野勉、(麒麟麦酒) 特許第 2672391 号、特開平 3-131547
- 9) 中川学、野口彰、横倉修一、包装技術、31(12)、p.1276-1283 (1993)
- 10) N.Nakagawa, T.Amano and S.Yokokura, Journal of Non-Crystalline Solids, 218, 100-104(1997)

包装アーカイブス

- 11) 天野勉、“35年のあゆみ”、日本食品包装研究会 p.75-76 (1996)
- 12) 中川学、柴田正敏、(麒麟麦酒)、特許第 2529068、特開平 6-157062
- 13) 天野勉、中川学、今下勝博、小田朝巳、小林善行、中村勝久、(麒麟麦酒)、特許第 355826 号、特開平 11-100037
- 14) “キリンビールの歴史(新戦後編)”、キリンビール(株)(1999)
- 15) 今泉醇二郎、網野義人、天野勉、(麒麟麦酒)、特許 3304239、特開平 9-53920
- 16) 柴田浩志、(麒麟麦酒)、特許第 3607163 号、特開 2001-296250

鹿毛技術士事務所 鹿毛 剛