

製缶技術の最近の動向

今津 勝宏
Katsuhiro IMAZU

The Present Status and a Trend of Can Manufacturing

1 はじめに

包装は人類の発生とともに、生活の知恵として生み出されたものであり、物を保護し、貯蔵し、移動し、物の交換に役立たせてきた。包装の歴史は、人間生活様式の変遷の歴史であり、一方でその包装形態もおのずから変革してきたといえる。

最近のわが国の食品およびその包装容器は、“多様化”と“個性化”を基調とした高級化、ライト化、健康志向といった消費環境の変化に対応し、その種類はますます豊富になってきている。特に、食品包装容器は形態的にも材質的にも、さらにはその加工方法的にも新しいものが多数開発されてきている。

食品包装容器は内容物を安全かつ長期にわたり保存することが最も重要な機能であり、不変的な必要特性であるが、今日ではこの基本機能以外に簡便性、より高度な機能性、経済性、ファッション性などが付与されるようになり、内容物に適合したものが選択され使用されている¹⁾。

この食品包装容器のなかで、1809年に缶詰の原理が発明されて以来、缶詰用金属缶が長期保存方法として大きな地位を占め続け、かつその主要材料として鉄、アルミニウムに代表される金属材料は重要な位置を確保し続けている。

ここでは、最近の金属缶の現状を踏まえて、近年確実に生産量の増加してきている飲料・食品用容器の製缶技術の動向について概説する。

2 金属缶の生産推移

日本国内における缶詰総生産量は1975年代から着実に増え続け、1991年の総生産量は約320億缶にのぼる市場を形成するまでに発展してきている。この全缶詰の生産量のうち、

約90%強が飲料缶詰用の金属缶であり、残りの7%弱が魚肉類に代表される一般缶詰であり、この一般缶詰の生産量は過去10年間ほとんど変化なく横ばい状態が続いている。この市場傾向は今後とも大きく変動することはないと予想される。

言い換えれば、今日の国内における金属缶市場は飲料缶詰によって支えられ、年間生産増加量はその大部分が飲料缶詰であり、その成長程度によって左右されるといえる。

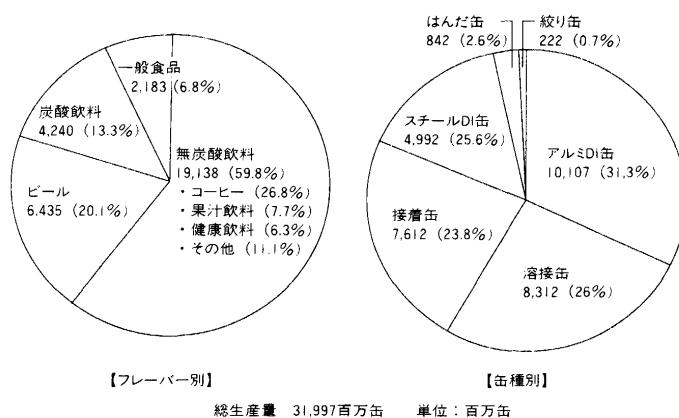


図1 1991年の日本における金属缶の生産量

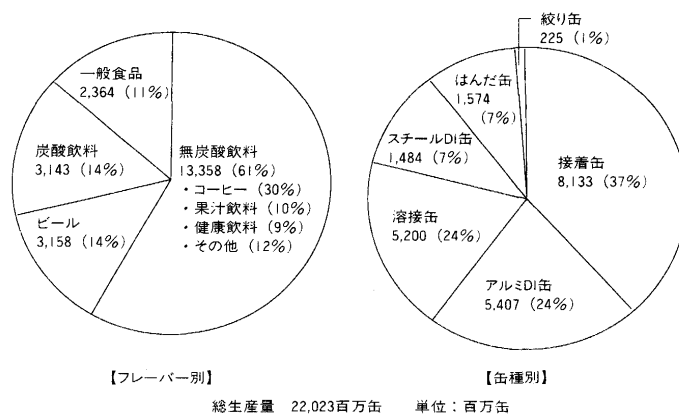


図2 1987年の日本における金属缶の生産量

東洋製罐グループ総合研究所主席研究員

平成4年5月14日受付 平成4年9月4日受理 (Received on May 14, 1992; Accepted on Sep. 4, 1992) (依頼解説)

* (Corporate Research & Development Toyo Seikan Group, 22-4 Okazawa-cho Hodogaya-ku Yokohama 240)

Key words: beverage can; DI can; DR can; cemented can; welded can; easy openable end(EOE); stay-on tab end(SOT); laminated TFS;

図1は昨年（1991年）の国内における一般食缶および飲料缶市場の生産量の動向を分析した結果を示した。また図2には5年前（1987年）の金属缶の生産量の分析結果を対比参考資料として示した²⁾。

図1、2の左側はフレーバー別の生産量と構成比率を示すが、全生産量のうちコーヒー、果汁飲料、健康飲料、お茶などに代表される無炭酸飲料が約60%を占めている。炭酸飲料には1978～1979年頃をピークにして減少傾向にあったが、近年は横ばい傾向にある。一方、ビールは炭酸飲料とは逆に確実に伸び続け、特にドライブームで拍車がかかり64億缶以上の生産量に達し、その缶化率も35%（1987年の缶化率は22.3%）前後になり、ここ数年のうちには40%台になると予想されている。このフレーバー別の生産量の今後の傾向は無炭酸飲料とビールが変動するにせよ大きく変わることはないものと推察される。

右側の図は全缶詰の缶種別構成に整理したものを示した。これによれば5年の間に缶種構成に大きな変化が生じてきた。5年前は接着缶が全体の約4割近くを占めており、溶接缶と合わせて全体の6割が3ピース缶となっていた。さらにこの時期はスチールDI缶が最も落ち込みの激しい時で、生産低下した量がアルミニウムDI缶に切り替わった状況であった。

しかし昨年の統計によると、2ピース缶の主流であるDI缶の台頭が著しいことがわかる。5年前に比較すると、スチールDI缶が約3倍強、アルミニウムDI缶が約2倍の伸びを示した。一方、接着缶が年毎に減少する傾向が見られ、2ピース缶と3ピース缶の構成比率がほぼ半々になってきている。この背景には、ビールの伸長、一部無炭酸飲料の窒素充填技術の導入、スチールDI缶の競合力アップ、マルチネックイン化などが盛んに行われたことが挙げられる。

このように最近の缶種構成から容器形態は機能面、充填面あるいは強度面から大きく二分極されてもちいられていることが理解される。すなわち、果汁飲料、コーヒー飲料などのようにホットパックあるいはレトルト殺菌を施すような内容品に対しては接着缶、溶接缶を使用し、炭酸飲料、ビール類、スポーツドリンク、ウーロン茶など内圧物にはDI缶が中心に用いられている。はんだ缶については一部の限られた飲料のみに使用され、飲料分野での生産量はほんの僅か残るだけと推察される。

一般缶詰の分野においても、まだ若干はんだ缶に依存しているものもあるが、接着缶、溶接缶あるいは2ピース缶へ移行する傾向が益々強く、今後ともはんだ缶の代替缶種の生産が増加するものと考えられる。

3 製缶方法

今日の金属缶は大きく二分極されてきていることは前述した通りである。図3は金属缶の形態、缶種、適用素材の

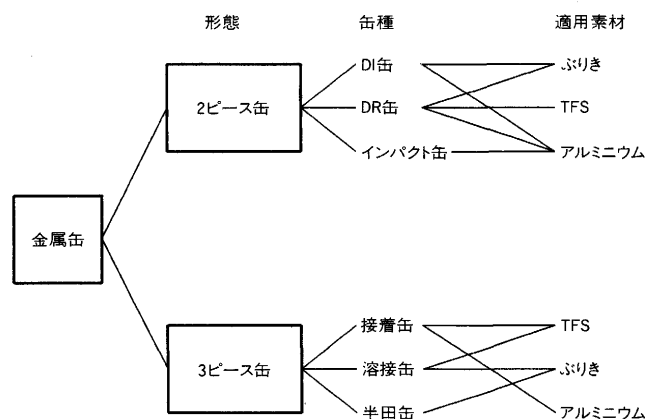


図3 金属缶の形態／缶種／適用素材の概念関連図

関連について示した。金属缶は普通その形態から2ピース缶および3ピース缶に大別されている。2ピース缶は缶胴部と缶底部がプレス加工により一体化成形されたもので、内容品が充填された後、金属蓋が二重巻締めされるものである。この種の2ピース缶にはDI缶、絞り缶を含むDR缶、インパクト缶などの種類がある。これに適用される金属素材はアルミニウム合金、ぶりき、ティンフリースチール（TFS）などがある。一方、3ピース缶は平板を円筒形にロール成形し、ロックシームあるいはラップシーム法によって缶胴部を接合し、天地両側に金属蓋を二重巻締めして容器とするものである。3ピース缶に用いられる金属素材としてはTFS、ぶりきが中心であるが、最近では接着技術の進歩によって接着缶の一部にアルミニウム合金板を用いて製品化を図ったものもある³⁾⁴⁾。

ここでは最近の製缶技術の動向について代表的な缶種を挙げて触れることにする。元来、金属容器は内容品に対する安全性と保存性の機能保持が基本であるが、近年特に便利性、機能性、経済性、それ以外にファッション性が要求され、消費者にアピールする金属缶が要求されてきている。これらのニーズとともに省資源、省エネルギーおよび環境保全の観点から、従来からの金属缶の問題解決と新しい製缶技術の開発が積極的に推進されてきている。

3・1 DI缶の製缶技術動向

一般に行われているDI成形法とその製缶工程を図4に示す。DI缶の特徴は、缶胴部と缶底部が一体で、しごき加工により缶胴部の板厚を薄くでき、使用材料が節約でき缶重量の軽減化が可能である。また製造上では素材供給から最終製品まで一連の機械設備で能率良く連続生産が可能であるところにある⁵⁾。

この大きな特徴を活かすために、缶重量の軽量化と生産性向上の努力が積極的に推進されている。このために金属素材そのものの改良、改善あるいは製缶技術上の改善、加工法などの開発が行われている。

●軽量化の指向

DI缶の軽量化を達成するためには缶底部、缶胴部の板厚を薄くすることが必要である。特に元板厚の減少が重要となる。例えばスチールDI缶の軽量化の場合には、国内で実

用化された当初（1970年代）の元板厚は0.32mm前後で1缶当たりの重量も35～40gであった。その後、1980年代には0.28～0.29mmになり、今日の1990年以降では0.23～0.24mmまで達成されている。同時に缶胴部の薄肉化も図られて、当初の板厚が0.14～0.15mm程度であったものが、0.09mm前後にまでなり缶重量も25～27gにまで軽量化され材料の節約がされてきている。このことから元板厚、缶胴部の板

厚を薄くすることは極めて重要な要素といえる。

しかし素材の板厚減少は缶底部の薄肉化になるために、内圧に対する変形抵抗、すなわち耐圧強度を低下させることになる。また缶胴部を薄肉化することは缶胴自体の軸強度を低下させることになり、ネックイン加工、フランジ加工あるいは二重巻締め加工などにおいて缶胴部が座屈し易い現象を誘発してしまうことになる。このために前者につ

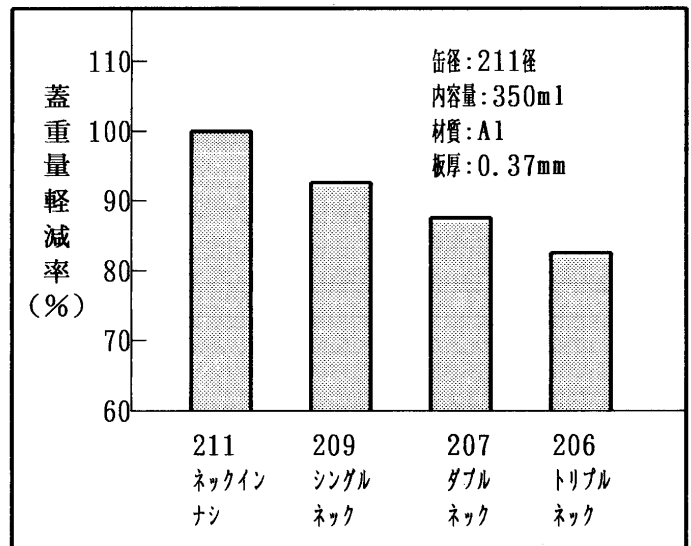
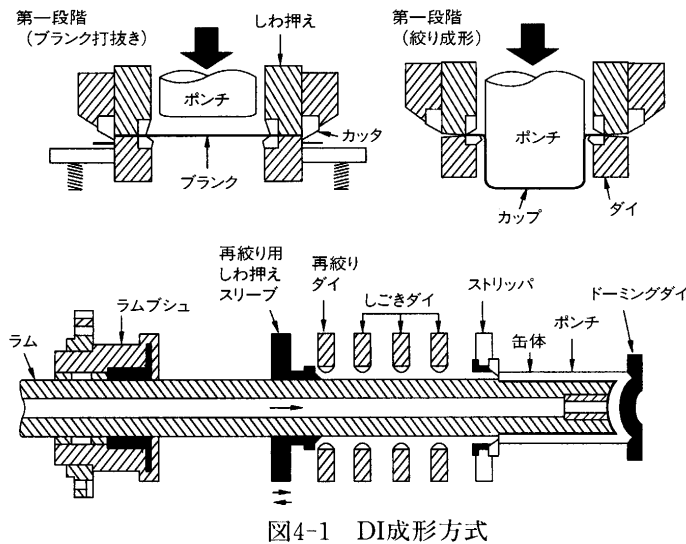


図6 ネックイン化と蓋の軽量化

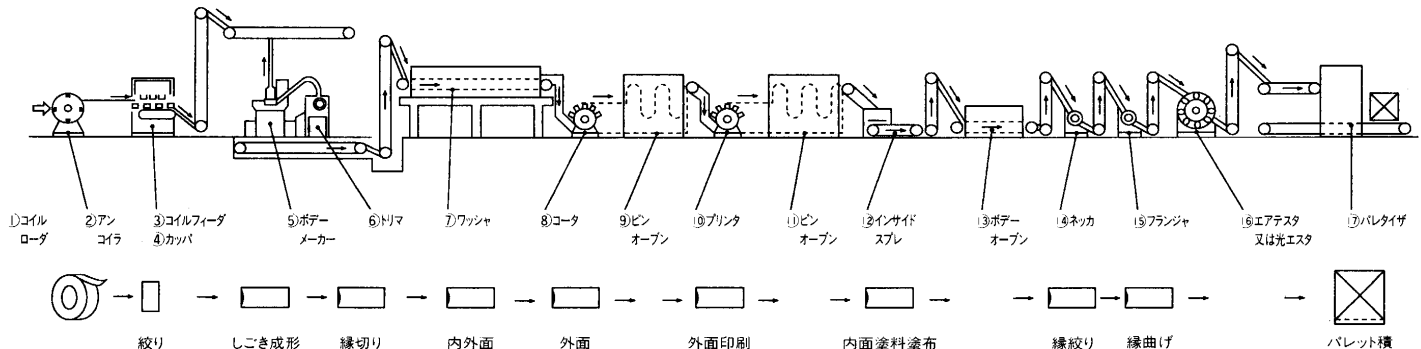


図4-2 DI缶の製造設備および工程概略図

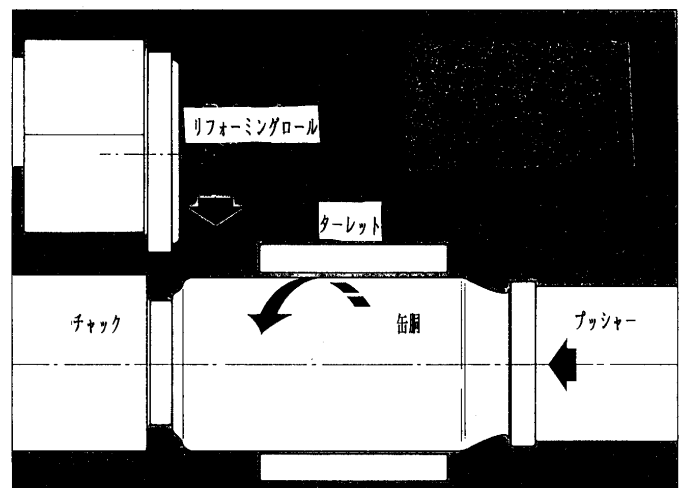
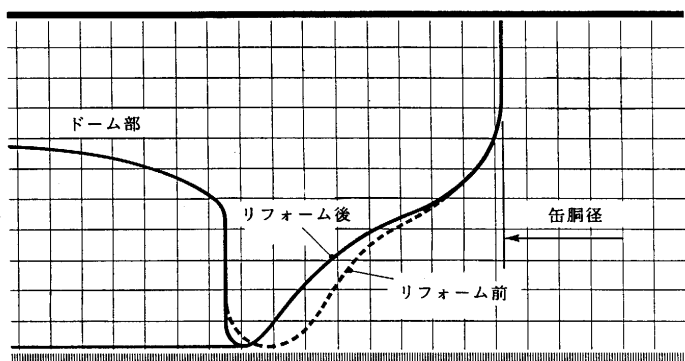


図5 耐圧性アップのボトムリフォーム原理⁶⁾

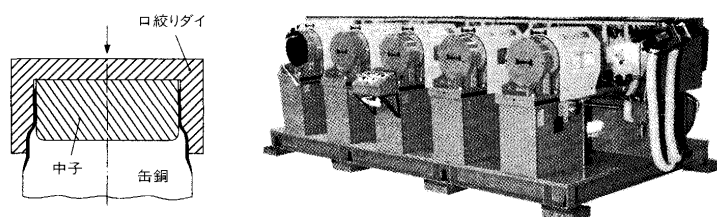


図7 ダイ方式の原理と4段ネッキングマシン

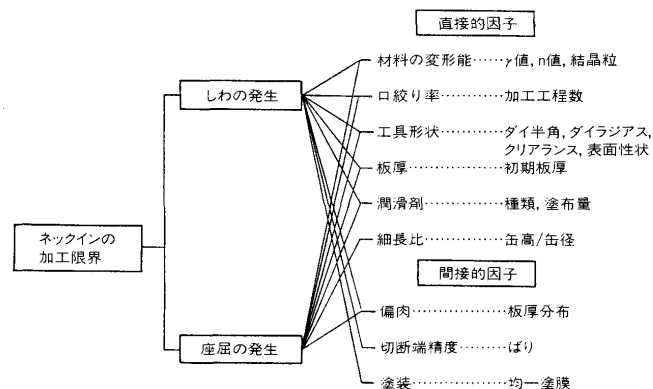


図8 ネックイン加工限界に及ぼす影響因子

いては金属素材そのものの強度アップと缶底部の形状についても併せて検討し実用化を図っている。図5はその一例を示すもので、通常のDI成形後に耐圧性アップのために缶底部をリフォーム成形する方法である。後者についても素材そのものの改善と併せて缶胴部の板厚構成、ネックイン部およびフランジ部形状の改善、加工力を軽減するためのネックイン方法、フランジ加工法などが開発され実生産に導入されてきている。

DI缶の缶胴重量を軽減化するためのアプローチについては、現状では材料特性上の限界あるいは加工上の限界があると予測される。そこで今後のDI缶は総体的な軽量化ならびに材料節約の模索が不可欠なと考えられる。

●ネックイン化の指向

材料節約の積極的なアプローチの一環としてDI缶のネックイン化、特にマルチネックイン化の指向が強くなり、そのための技術開発が盛んに行われてきた。

図6には飲料用に供されているアルミニウム蓋がネックイン化によって、どの程度軽量可能かを概算した結果を示した。通常350mlの缶胴を211径と呼称し、ネックインなしで使用する場合は蓋重量を100として、ネックイン化によって達成できる重量軽減率はシングルネックで7%、ダブルネックで12.5%、トリプルネックで17%程度の軽量化が可能であることを示唆している⁷⁾。

所望のネックイン形状を得るための加工方式も種々開発されてきたが、その代表的なものとして次のものが挙げられる。

①ダイ方式：最も一般的な加工方式で、図7にはダイ方式の原理と最近の4段ネッキングマシンの一例を示す。ダイ方式では特に薄肉化に対応するために、工程数の増加、成形工具の形状および寸法などが被加工材の種類、板厚構成、加工量を考慮して適宜選択されている。図8にはダイ方式

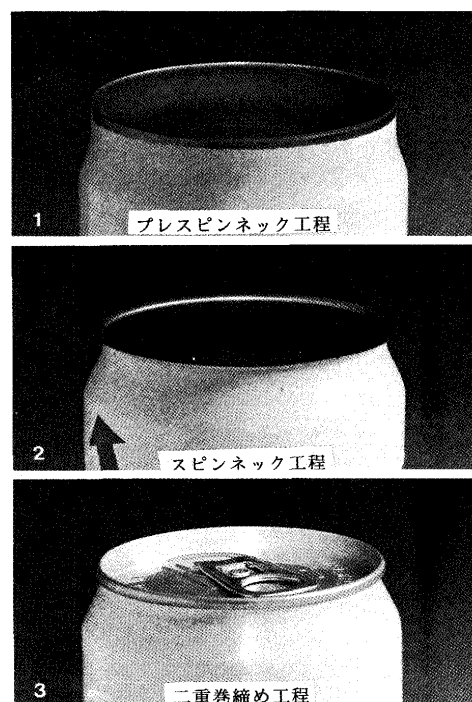


図9 2段スピンネック加工工程

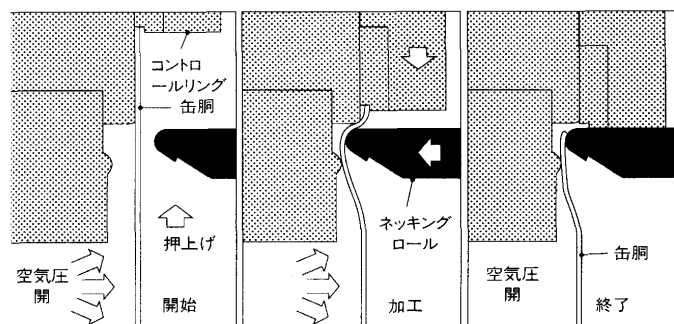


図10 プレスピンネック加工原理⁶⁾

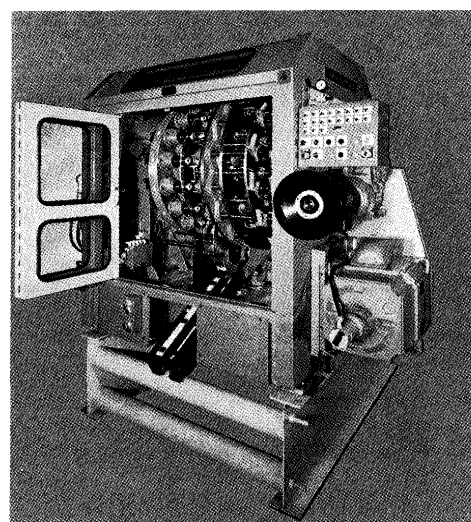


図11 スピンネッカー生産機⁸⁾

の場合の加工限界に及ぼす影響因子について整理したものを示した。成形板厚が極薄になるほど加工限界はきびしくなり、同時に間接的因子の影響の度合も大きくなる傾向があり留意する必要がある⁸⁾。

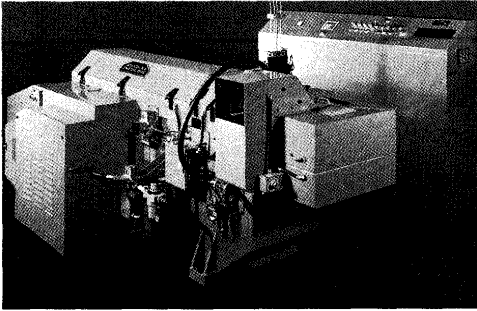


図12 最新の高速ボデーメーカー全体図

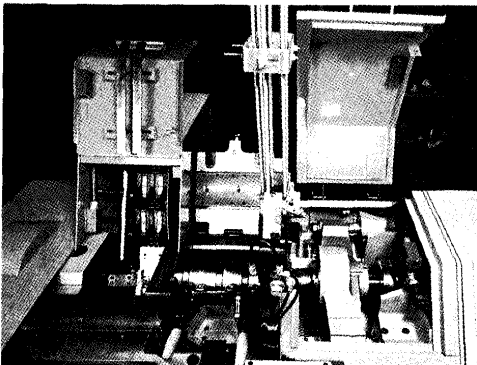
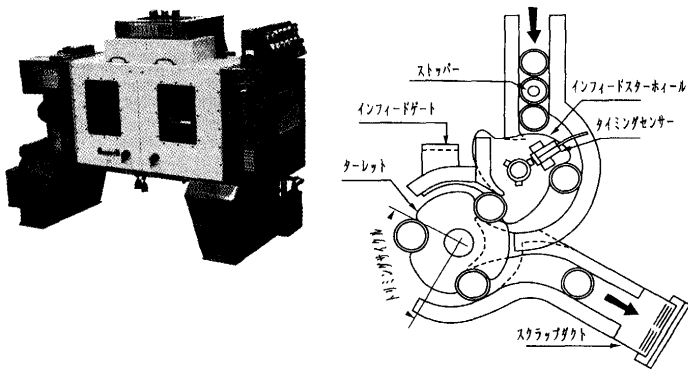


図13 高速ボデーメーカーツールパック部

図14 高速トリマーの例¹⁰⁾

②スピン方式：ネックイン形状をスムーズなものにして、かつ加工時の軸荷重が軽減できるために、DI缶の薄肉化に対応できる方式である。この方式では前段でダイ方式で形成し、最終段でスピン加工で仕上げを行う場合と2段のスピン加工（プレスピン加工＋スピン加工）を行う場合とがある。図9は2段スピンネック加工の工程を示し、図10にはプレスピンネックの原理を示した。図11はスピンネックの生産機の一例である。ただし、この方式では加工中で内外面の塗膜に対する損傷が懸念されるため塗料の選択、加工工程、工具形状などに十分配慮する必要がある。最近ではさらにネックインの高い加工量を確保するような新しいロール方式が開発されて実用化されてきている。

DI缶のネックイン化の指向は現状に留まらず、さらに204径、202径への開発が積極的に行われ、一部実用化がなされている。この開発では加工技術のみではすべての問題解決

は不可能で素材面の改良、特に材料の異方性の問題については十分管理する必要があるものと推察される。

●高速製缶性の指向

今日のDI缶の製造ラインは毎分1000缶以上のラインが増えている。DI缶の生産ラインの高速化は生産性、経済性などの観点から重要なことである。特にDIラインの個々の生産設備の中で、高速化の図られてきた装置はボデーメーカー、トリマー、プリンターおよびネッカー・フランジャーなどである。ボデーメーカーの高速化はここ数十年は1ボデーメーカー当たり毎分200～250缶の製缶能力で、かつ安定成形の達成が最大の目標であった。この課題は素材の改質、製缶条件の整備、製缶機械の精度の向上、工具材質および精度などが大幅に向上し、成形不良率がppmオーダーまで低下できている。また高速製缶下の品質保証を確保するための自動検査技術システムの向上も見逃すことのできない点である⁹⁾。

最近ではさらに高速化のボデーメーカーの開発が進められてきている。図12は最新の高速ボデーメーカー全体図の例とその成形部分のツールパック部を図13に示した。この装置はポンチ全体の剛性を維持しながら軽量化と摺動部の静水圧ベアリングの改造などにより毎分300缶の製缶が可能になっている。

このボデーメーカーに付随するトリマーもロータリー式のものが主流になっており、カッティングステーションも2ヘッドから3ヘッドに増やし高速化に対応できるようになった。その実例を図14に示した。

高速DIラインの中で生産速度を律している装置はプリンターで現在、最も高速なもので毎分1500缶程度のものである。したがって、今日の高速DIラインの構築はプリンターのスピードに合わせて設計されている。

DIラインのような一貫生産システムでのトラブルは生産能力を大きく阻害する。最近の生産性は旧来に比較すれば大幅に向上したが、それでもなお胴部破断、製品の表面損傷、工具焼付きなど未解決の課題が残ったままになっているのが現状である。これらは製缶技術上からすべて解決することは難しいといえる。今後はこれまで以上に材料メーカーと製缶メーカーとが有機的な協力で問題解決と技術開発を行うべきであろうと考える¹¹⁾。

3・2 3ピース缶の製缶技術動向

3ピース缶の製缶技術、特に接着缶、溶接缶の製缶技術の改善は高速連続製缶性を図ることに努力が注がれてきた。その結果、接着缶の製缶では毎分900缶以上の生産速度が達成されてきている。これは主として缶体の搬送技術の改良が大きく寄与している。例えば高速化達成のためにはラインの省人化、無人化を図ることも必須要件となる。図15にはブランク搬送のためにロボットを導入した例を示している。これにより人員の削減と素材供給の高速安定供給が可能になる。また溶接缶の製缶においてもニッケルめっき鋼板、極薄すずめっき鋼板などの溶接用新素材の開発、溶接

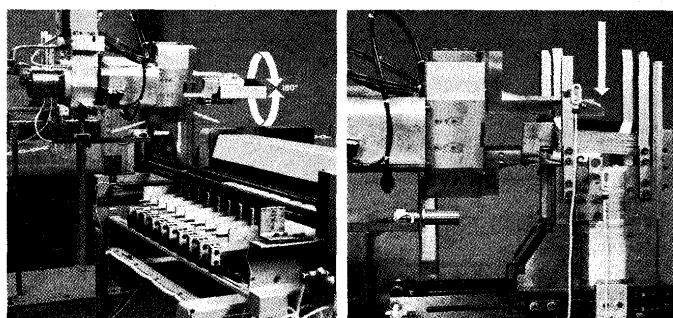


図15 ブランク搬送のロボット化

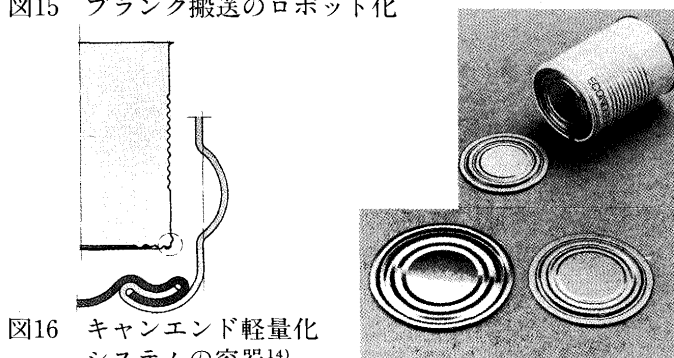


図16 キャンエンド軽量化システムの容器¹⁴⁾

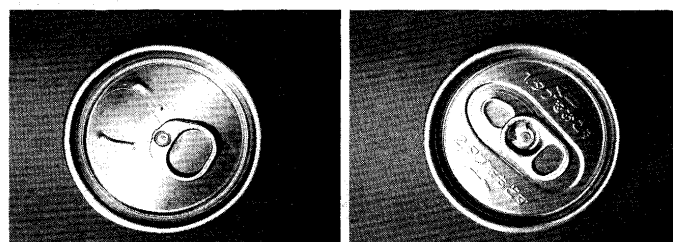
電流に低周波矩形電流の導入などによって60m/min以上の高速製缶が可能になっている。最近ではレーザー溶接法も一部実用化されているが、まだ飲料、食缶などへの展開には到っておらず、美術缶の分野にわずかに適用されているに過ぎない。レーザー溶接方法、溶接部の補正技術を含めた改良、開発が今後の課題であろう¹²⁾¹³⁾。

3ピース缶の軽量化は国内と国外では市場ニーズの点から若干異なっている。国内飲料市場の場合には、缶胴のマルチビード化が進んでないために、薄肉化への移行は停滞しているのが状況である。しかし缶コストの低減化は今後とも求められることであり、そのための素材、製缶技術についての検討は必要である。一方、国外では3ピース缶のマルチビード化は早くから採用されており、近年は底蓋の低減を図る巻締め形状を導入した缶形状が開発され、その実用機も完成している。図16は3ピースの軽量化を目指したキャンエンド軽量化システムによる新容器を示す。

今後の3ピース缶の製缶技術は、さらなる高速化の追求と缶胴および缶蓋のゲージダウン化に集約されと考えられる。

4 製蓋技術の動向

アルミ材を用いたイージーオープンタイプ (EOE) の金属蓋が誕生以来、その普及はめざましいものがある。今日の飲料缶詰のうち炭酸飲料のほとんど全部、無炭酸飲料および一般缶詰のかなりの部分に機能性、簡便性の点から多量に採用されている。この背景にはシェルフライフの短期化、流通機構の変化、ライフスタイルの変ぼうなどが大きく影響して、安易な機能性への指向に拍車がかけられてい



リングプルタブエンド スティオンタブエンド

図17 イージーオープンエンドの外観比較

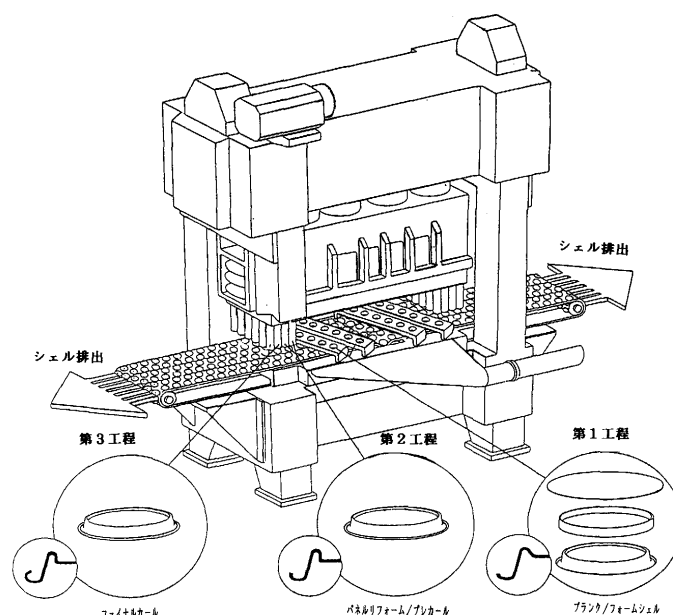


図18 代表的な高速シェल्पレス概略図¹⁵⁾

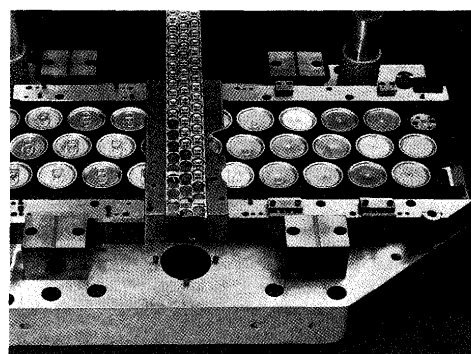


図19 スコア/タブ加工金型レイアウト

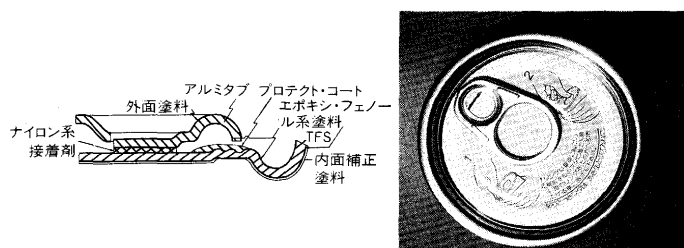


図20 TFS接着タブ方式のEOE

ると推察される¹⁾。

このような状況の中で、ここ数年における金属蓋の技術

革新は、飲料用金属缶のイーザーオープンエンドの分野において変革があった。

特にタブ公害、再資源化などの社会問題、環境問題などの提起に端を発し、それに対応するために従来のリングを引き上げるリングプルタブエンドに変わって、蓋を開口した際にタブの離れないスティオンタブエンド (SOT) が開発実用化されてきている。図17は従来のリングプルタブエンドと最近のスティオンタブエンドの外観比較を示す。

今後はこのスティオンタブエンドのニーズが益々強くなり飲料用金属蓋として主流を占めるものと考えられる。

一方では金属蓋の場合も缶胴同様にコスト低減のために、素材のゲージダウンを含めた生産性の向上を図るような高速製蓋システム創りが行われているのが現状である。この高速製蓋システムの基本的レイアウトは1台のシェルプレス (図18) に数台のコンバージョンプレスを連結するタイプが中心である。図19はスコア加工、タブ加工の金型レイアウトの一部を示した。1システムあたりの生産速度は毎分約5000枚前後の能力を有するものが一般的である。

また一般缶詰などに使用されているフルオープンタイプのEOEの需要も増加する傾向にある。この分野でのフルオープン化率は30%を越えようとしている。この蓋もコスト低減が課題であったが、これに対応するための金属蓋の開発がなされた。図20は実用化されている接着方式によるEOEを示す。この蓋は素材にTFSを使い、リベット加工を省きタブをナイロンで接着し、併せて開口部での危険防止のためにプロテクトコートを施したものである。これは開口性を上げた素材と接着技術などの開発により実用化ができた。

EOEタイプの金属蓋は圧倒的にアルミ材が主流であり、今後もこの傾向は変わらないと考えられる。EOEの技術課題は板厚の薄肉化のための、高強度材の方向が進むであろう。これによる開口性の改善、耐圧強度を考慮した蓋形状の改良、フルオープン性の改善、更なる高速システム化などが推進されるものと予想される。



図21 薄肉化深絞り缶

5 次世代の金属缶の技術革新“薄肉化深絞り缶”

世界的規模で、地球環境の危機が叫ばれている現代において、環境保全を考えながら新しい金属缶用素材と加工技術の複合によって、製造工程から可能な限り公害の要素を排除し、従来にない優れた省資源性と安全性を実現すべくコンセプトから誕生したのが、薄肉化深絞り缶と呼ばれる新しい2ピース缶である。(図21)¹⁶⁾

薄肉化深絞り缶は、高張力薄鋼板の両面にポリエステル

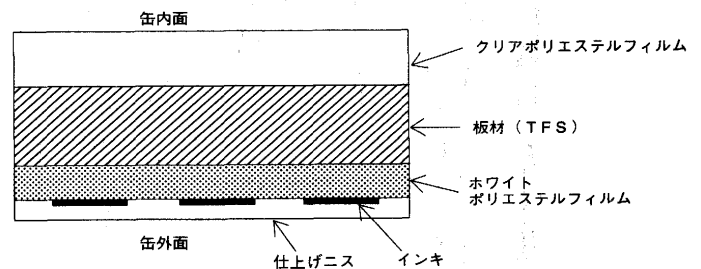
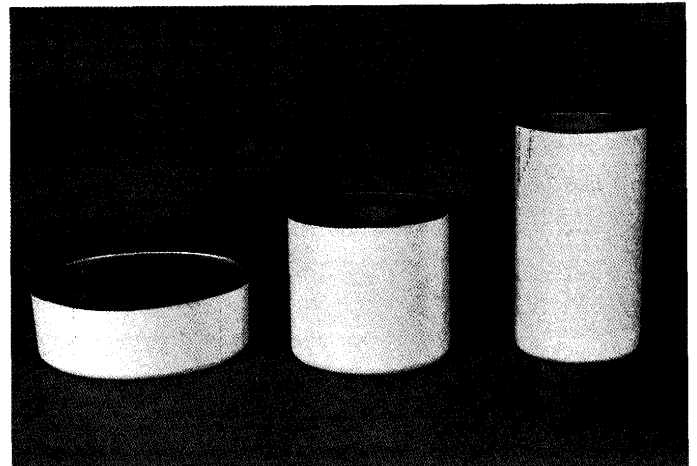


図22 薄肉化深絞り缶の材料構成



薄肉化深絞り缶の絞り成形工程

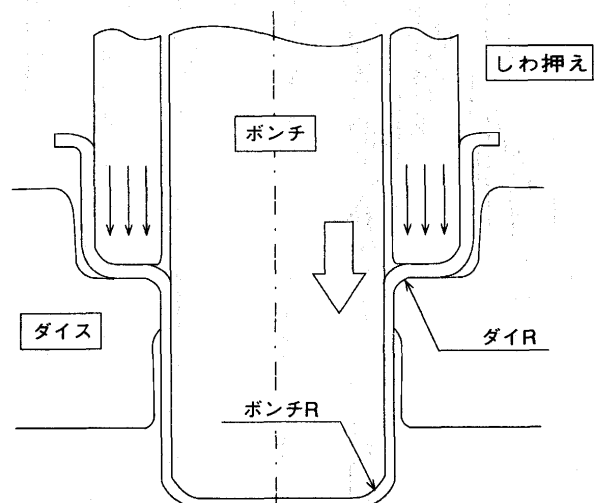


図23 ストレッチドロー成形の概念図

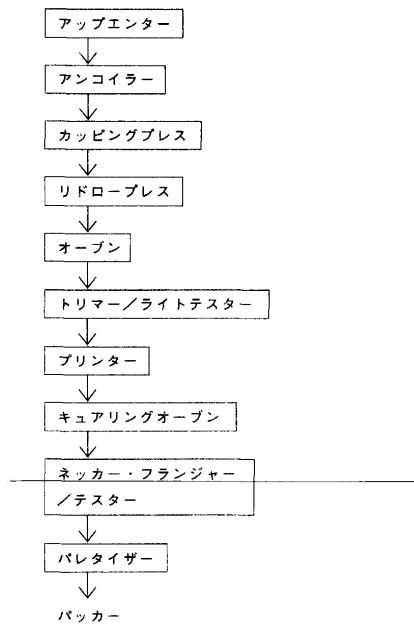


図24 薄肉化深絞り缶生産プロセスフローチャート

フィルムをラミネートし、ストレッチドロー成形により加工した金属缶である。以下、薄肉化深絞り缶の特徴的な点を列挙する。

- 1)材料構成：図22に示すように、高張力薄鋼板のTFS材の缶内面側にクリアなポリエステルを、缶外面側に酸化チタンを含有するホワイトポリエステルを熱接着したものである。
- 2)ストレッチドロー成形：図23にはストレッチドロー成形の概念図を示す。薄肉化深絞り缶は3回の絞り成形工程を基本として缶胴が成形される。ここでダイラジラス部の適正半径と適正しわ押え力を制御することにより、缶胴部の薄肉化が可能となる。この成形法は、従来のDI缶の場合と比較して、素材として高強度材を採用することにより達成される。また素材板厚も初めから薄くできることから缶胴の軽量化にも大いに役立つ成形法である¹⁷⁾。
- 3)生産システム：図24に薄肉化深絞り缶の生産プロセスのフローチャートを示す。前述したように、薄肉化深絞り缶の生産プロセスでは環境保全を徹底的に考慮し、製造方法を完成させた。

従来のDI缶の製造方法では、加工時に大量のクーラントを使用し、これを脱脂・洗浄するための装置並びにその排水、スラッジ処理設備が必要であり、また塗装・焼付け工程および排気処理設備などが不可欠であった。

本システムではこれらの課題を克服することができ、さらにDI缶ラインと同じ生産能力で設備面積、人員やエネルギー消費などの削減の点で優れたシステムを確立した。同一のラインシステムで、内圧缶と減圧缶の両方の製缶が可能である¹⁸⁾¹⁹⁾。

- 4)容器性能：ポリエステルフィルムでラミネートした素材を用いていることから、成形後の金属の被覆性に優れてい

ることから、良好な耐食性を得ることができ、同時に内容物の味、香りを長期間保持できる。板材の厚み選択、缶底形状のデザインにより炭酸飲料やビール用の内圧缶、コーヒーやお茶類などの真空、レトルトに耐える減圧缶として適用ができる。

薄肉化深絞り缶はこのように加工、材料、システムの総合的な技術開発によって誕生した容器である。今春から毎分1500缶の高速生産可能な商業ラインが稼動を開始した。

今後、地球に優しい“薄肉化深絞り缶”の技術革新が次世代に向けての製缶技術の流れを大きく変革することが期待されている^{20)~22)}。

6 おわりに

飲料缶を中心とした製缶技術について、特に最近技術的に革新のあった面にスポットを当て概説した。包装分野を取り巻く環境はますます厳しい状況になってきている。とりわけ飲料容器の市場が、今後も拡大することが予想されるときに空缶による環境汚染、廃棄物処理、リサイクル問題などの社会問題を避けて通れない課題をかかえている。

このことは前述した薄肉化深絞り缶のようなコンセプトの容器開発が、今後の技術開発の側面であろうと考える。限りある資源あるいはエネルギーを有効に活用し、新しい機能を付与させ品質的に、経済的にも優れた金属缶の追求がこれから技術面に課せられた命題であろう。そのためには、これまで以上に材料メーカーと製缶メーカーとの有機的な協力が必要になると考える。

文 献

- 1)今津勝宏：熱処理、30 (1990)、P.128
- 2)今津勝宏：軽金属学会第6回金属セミナー、(1988)、P.42
- 3)今津勝宏：プレス技術、22 (1984)、P.75
- 4)今津勝宏：軽金属学会第4回金属セミナー、(1986)、P.48
- 5)今津勝宏、宮坂寿雄：日本機械学会誌、84(1981)、P.44
- 6)CMB社カタログによる
- 7)今津勝宏：食品工業、27 (1984)、P.60
- 8)今津勝宏：塑性と加工、26 (1985)、P.698
- 9)今津勝宏：塑性と加工、28 (1987)、P.943
- 10)BELVAC社カタログによる
- 11)今津勝宏：第126回塑性加工シンポジウム、(1989)、P.63
- 12)乾 恒夫：鉄と鋼、76 (1990)、P.40
- 13)今津勝宏：プレス技術、25 (1987)、P.61
- 14)Krupp社カタログによる
- 15)Redicon社カタログによる
- 16)東洋製罐カタログによる
- 17)今津勝宏、小林具実、石鍋雅夫、岩本久夫：特開報平1-258822 (1989)
- 18)Shunji Kaneko：BEV-PAK'92、(1992)
- 19)THE CANMAKER、5 (1992)、P.34
- 20)佐藤信行、小松郁夫、今津勝宏：繊維学会ニューテック'92発表、(1992)
- 21)今津勝宏：プレス技術別冊、30 (1992)、P.82
- 22)今津勝宏：包装技術、30 (1992)、P.29