



容器分野における材料・技術動向

鶴丸 迪子*

A Review of Japanese Packaging Market and Its Technologies

Michiko TSURUMARU

Synopsis : The Japanese packaging market is reviewed and analyzed in terms of the materials, the products and the technologies. The shipment of packaging materials by value has been decreasing since 1991 and was counted about 6000 billion yen in 2001, whereas the amount has been almost constant with slight increases of plastics and paper. This means that the material and cost reductions are extremely demanded. The largest market for hermetically sealed packages is drinks. The share of PET bottles in the total non-alcoholic drinks was 51% followed by steel cans (25%), cartons (10%), aluminium cans (9%) and glass bottles (4%). In the alcoholic drinks sector aluminium cans are dominant. In the food and the general-use sectors flexible pouches have been increasing by replacing glass jars, cans and plastic bottles from the stand-points of convenience and waste reduction. It seems that there are two main trends in the development of packaging. One is differentiation and the other is rationalization. Differentiation by decoration, shaping, adding functions has commonly applied to the packages for soft drinks and other commodities. As for cost effective or mass consumption products such as "beer", low alcoholic drinks etc., rationalized packages are preferred. PET-coated 2pc cans, Hi-barrier PET bottles and improved filling systems etc. are introduced. Recycling of packages is also reviewed. As the role of packaging becomes increasingly important under increasing world population and the world warming, developing packages and packaging systems with less environmental and economical impact is essentially important.

Key words : package; packaging material; packaging system; steel; tinplate; tin free steel; TFS; ECCS; aluminium; can; 2pc can; 3pc can; glass bottle; plastic bottle; PET bottle; pre form; blow bottle; injection blow; 2 mold forming; flexible pouch; paper carton; D (W) I can; DRD can; impact can; TULC; welded can; stand-up pouch; refill pouch; oxy-guard pouch; lamination; extrude coat; can forming; draw; stretch-drawing; ironing; lubricant; coolant; shaping; lacquer coating; Dia-cut; PCCP; PET film; impact extrusion; soft drinks; beer; food; general use; filling method; MIST system; granulated CO₂ filling; environment; recycle; cost reduction; quality; LCA; package waste; sustainable society.

1. はじめに

一包装を取り巻く社会環境一

21世紀は生命の世紀といわれている。

20世紀後半の目覚ましい産業の“進歩”による大量生産、大量消費、大量廃棄は、取り返し難い環境汚染と地球温暖化を齎した。しかも、この負の遺産は物質文明の恩恵に浴していない地域の人々にも遍く課されているのである。

生態系破壊に対する警鐘は、ハイドロフルオロクロロカーボンによるオゾン層の破壊の警告に端を発し、石化燃料由来の地球温暖化防止のための気候変動枠組み条約に引き継がれ、更に、温暖化ガス規制の具体化へと、まだ世界的に一致に至らない乍らも、持続可能な社会構築への具体的な行動が不可欠であることについては世界的に一致した認識になっている。

日本は公害については度重なる悲惨な体験をもつ“先進国”であるが故にこの問題に対しては敏感であり、かつ、天然資源の乏しさの点でも持続可能な開発への取り組みに

関しては積極的である。

具体的には「リサイクルベースの持続可能な社会の構築」のため環境基本法（1993年制定）のもとに廃棄物処理法が改正され（2000年）、同年、資源有効利用促進法が整備された。更に家電製品、容器包装、建築物、食品については個別にリサイクル法が改訂あるいは制定され、グリーン購入法の制定も含めていずれも2001年4月までに発効した。

世界的には、1992年のリオ合意、1997年の京都議定書作成、マラケシュ合意（2001年）を経て、昨年のCOP8での京都議定書批准の具体化など、地球温暖化ガスの規制は不可避的現実となっている。

容器包装は、世界人口が2050年には93億人に達するとの予測に伴う食糧の確保、地球温暖化の影響による世界的な水不足の進行から、その意義と役割がますます重要になっている事は論を俟たない。しかし、以上の社会的環境から、容器包装の拡大、開発は、資源保護と環境保全を必要条件とし、特に大量に使用される容器包装に関しては、継続的に生産、消費が出来る持続可能な開発でなければならない

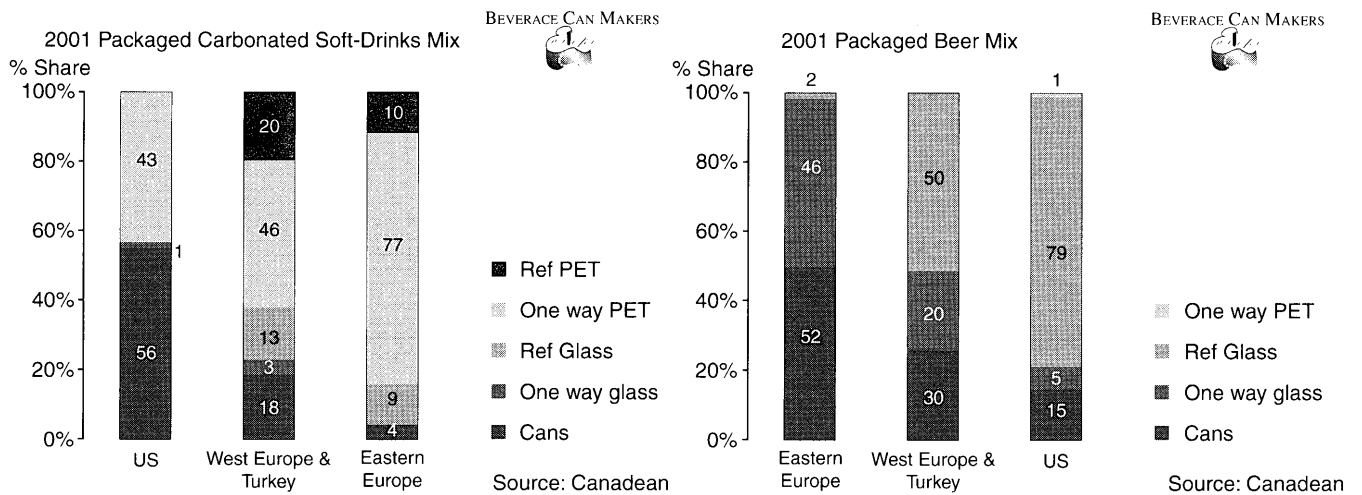


Fig. 1. Packages for carbonated drinks and beer in America and Europe (2001).

ことは常識化しつつある。

包装容器は、内容物の保護・保存、流通・販売・使用時の利便性、更に内容物の商品価値向上などの役割をもつが、容器のほとんどはその機能を果たした瞬間から直ちに廃棄物となるので、容器の開発に際しては使用後の価値をもあらかじめ考慮しておく必要がある。

近年、商品の多様化、差別化、容器の機能性向上その他の要請に伴い、成形加工方法の多様化に加えて仕様材料も増加しかつ複合化している。

本稿では、主に密封容器およびその材料の動向について概略を述べ、以上の視点から主な技術動向を紹介する。

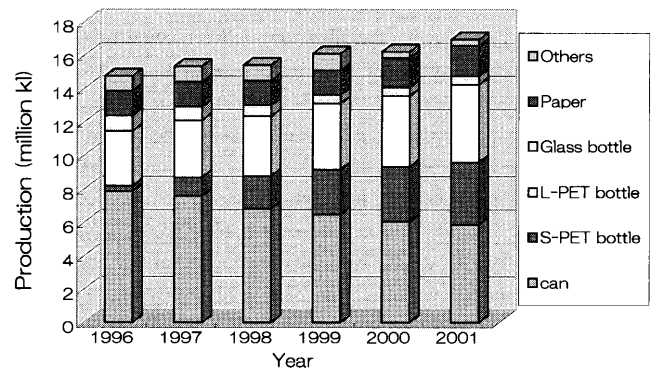


Fig. 2. Production of soft drinks in Japan by package.

2. 容器市場と包装容器の動向

2.1 容器市場の動向

密封容器の市場、すなわち、密封包装の対象物で最大の市場は飲料であり、有価飲料の市場は拡大の一途を辿っている。飲料の種類としては、非アルコール飲料では炭酸飲料、ジュース類、健康飲料、水、コーヒーおよび茶系飲料、乳飲料等である。欧米では炭酸飲料が圧倒的で、日本では茶系飲料、コーヒー飲料が多い。アルコール系飲料では世界的にビールがほとんどである。

Fig. 1は欧米におけるビールおよび炭酸飲料用容器の地域別比較である。容器は、ガラスびん、金属缶、PETボトルの順に発展してきており、アメリカではビール、炭酸飲料とも約半数が金属缶（1007億缶）で、残りがビールではガラスびん、炭酸飲料ではPETボトルで、いずれもワンウェイ容器がほとんどである。西欧では缶の占有率および市場はアメリカより小さく（380億缶）、ビールではリフィラブルガラスびんの使用率が高く、炭酸飲料ではワンウェイPETボトルが約半数を占めている。特に近年市場が著しく拡大している東欧では、ビールではリフィラブルガラスびんが多く、炭酸飲料ではガラスびんから缶を経ずに

PETボトルが使用されていることがわかる。飲料のPETボトル化は世界的傾向で、ガラスびんおよび金属缶は減少傾向にあるが、酸素や光に敏感なビールでは金属缶がガラスにとって替わり乍らなお伸長を続けている。日本における清涼飲料の容器別推移をFig. 2に示す。

清涼飲料は総量としては伸びを続けている。その中1996年に自主規制が解除された小容量(S)PETボトルは顕著な伸長を続け、缶およびガラスびんの一部を代替している。一方、900mL以上の大容量(L)PETボトルも増加傾向にあり、1999年以降、PETボトル入り飲料が缶入り飲料を量的に超えている。ビール類は日本においても缶化率が増大し、2000年累計で63.2%となっている。

Fig. 3に日本における食品缶詰および飲料缶の品種別生産量の推移を示す。図から明らかな様に日本においてはいわゆる食缶の約95%が飲料缶で、その約半数がミルク・コーヒー・紅茶、各種茶飲料などの加熱殺菌を要するレトルト飲料であり、欧米で大半を占める炭酸飲料は7.7%（2001年）である。缶飲料の中で伸長が見られるのは“ビール”であるが、これはFig. 4に示す様に、発泡酒の伸びに支えられている。発泡酒の容器は2002年には96.3%が缶で、更に伸長の様相を呈している。その他、いわゆる

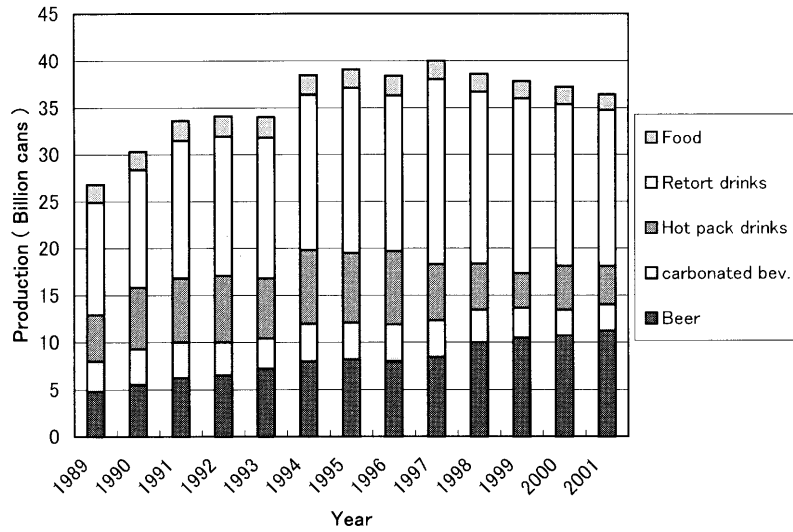


Fig. 3. Production of Japanese food and drinks cans.

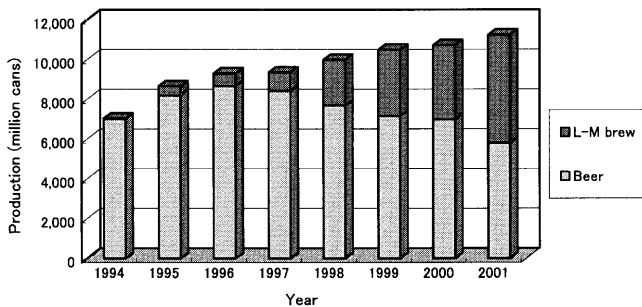


Fig. 4. Production of beer and low-malt brew cans in Japan.

“酎ハイ”と呼ばれる低アルコール飲料も最近著しい伸びを示しているが、容器としてはアルミ缶が大半である。

PETボトル入り飲料は炭酸飲料に始まったが、日本ではその占有率は16%に止まっており、茶系飲料が最大の占有率44%で、その他、スポーツ飲料、ジュース類に続き天然水など水系飲料が増大している。日本におけるPETボトル入り飲料のボトル種類別生産量の推移をFig. 5に示す。耐熱用途とアセプティック充填用が増大していることがわかる。

缶、PETボトル以外の密封容器としてはガラスびんおよび紙容器があるが、そのシェアは前二者に比べ非常に小さい。これらを含めた清涼飲料市場の飲料および容器の占有率をTable 1に示す。この他、紙容器では牛乳などの乳飲料、ガラスでは薬・ドリンク類が最大で、食品・調味料、アルコール飲料、飲料水の順である。

近年プラスチックボトルに替わりプラスチックパウチが増加傾向を示している。この市場の内容物別シェアをFig. 6に示すが、総数は180億袋強である。内容物としては調理食品40%強、飲料9%を含めて食品・飲料で3分の2以上であるが、洗剤、シャンプー・リンス等の詰め替え用品の市場の増大が目覚しい。

2.2 包装容器の動向

包装容器の動向は大局的に見れば二つの潮流にあるといえよう。すなわち、多様化と原点回帰の動向である。

多様化は商品の差別化を、印刷等の加飾、容器形状、機能の付与等によっている。特に、非アルコール飲料用金属缶、プラスチックボトル、生活用品用プラスチックボトルおよびパウチなど、被包装商品の内容処方の種類および変更が多く、容器の差別化をセールスアピールの主眼にしているものが多い。

他方、原点回帰あるいは合理化はビール・発泡酒，“酎ハイ”など低アルコール飲料、市場占有率の高い非アルコール飲料など、大量消費型飲料で、普遍性が高く処方変更などが比較的少ない商品で、経済性、環境負荷の低減等の基本的要請、社会性を重視しているものに多い。これらの容器では、印刷・デザインによる差別化は高生産性、成形プロセスおよび材料面での簡素化が同時に求められている。容器としては、2ピース缶、ガラスびん、PETボ、牛乳用紙器などである。前者の具体例としては、Fig. 7に示すボトル型缶や異形飲料缶 (Shaped Can)、Fig. 8に示す異形美術缶、その他、スパウト付きプラスチックパウチ類、各種ディスペンサー付きボトル類がある。後者の例としては、Fig. 9に示す素材および印刷を簡素化した缶、Fig. 10の様なデザイン製、機能性を付与しながらも量産性の高い飲料缶などが挙げられる。

以上の他、自己加熱機能をもつ缶が燗酒用に汎用されているが、この原理は薫蒸殺虫剤にも利用されている¹⁾。又、自己冷却缶の提案もなされており²⁾、容器への機能性の付与は利便性、商品価値向上の点で今後も開発が競われよう。

容器の基本的課題としては、省資源、エネルギーおよび環境負荷の軽減であるが、この点では前述のプラスチック容器の軽量化、ボトルからパウチへの移行、Fig. 11に示す

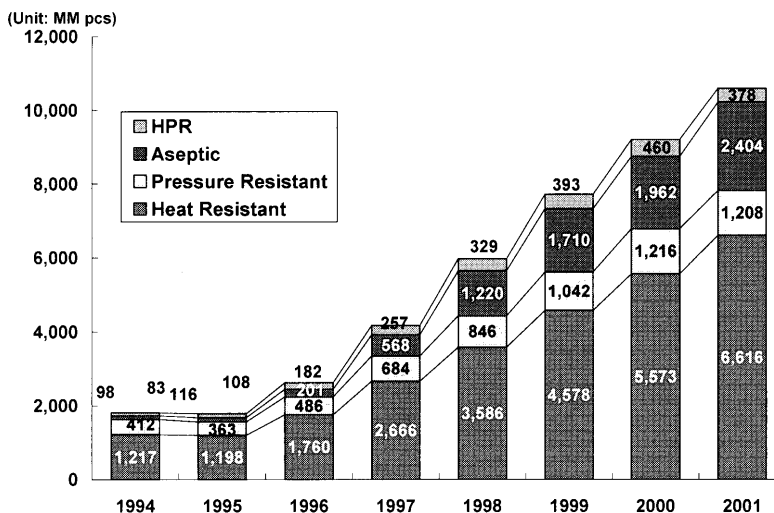


Fig. 5. Japanese PET bottle market for beverage.

Table 1. Shares of packages for non-alcoholic drinks in Japan (% , 2001).

Drinks	Aluminium can	Steel can	Glass bottle	PET bottle	Paper carton	Others
Carbonated drinks	26.1	10.3	12.3	51.3	—	—
Fruits juice	8.3	12.6	4.1	39.8	33.7	1.5
Coffee drinks	1.4	75.8	0.5	13.6	8.2	0.6
Tea drinks	4.3	20.5	0.6	67.1	7.4	0.1
Water	0.3	—	2.7	87.3	0.8	8.9
Tomato juice	—	51.6	0.2	39.9	8.3	—
Vegetable juice	2	20.2	0.9	34.5	42.4	—
Sports drinks	21.9	5.9	0.1	71	0.2	0.9
Milk drinks	6.7	17	8.7	53	12.4	2.2
Others	6.4	31.8	10	29.4	11.5	11
Total	9	24.8	3.6	51	10.4	1.2

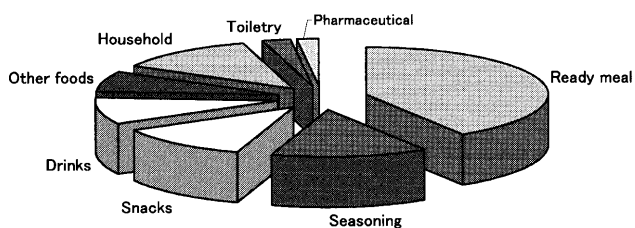
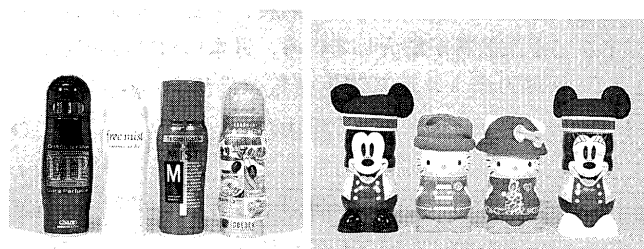
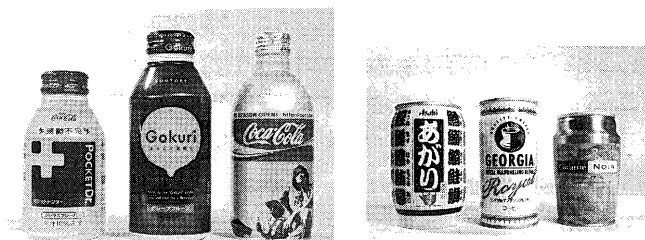


Fig. 6. Plastic pouch market in Japan by product (2001).



(a) Shaped aerosol cans (b) Shaped confectionery cans

Fig. 8. Various shaped cans for general uses.



(a) Bottle-shaped DI cans (b) Shaped 2pc and 3pc cans

Fig. 7. Various shaped cans for drinks.



Fig. 9. Cans printed with less colours.



Fig. 10. Dia-cut aluminium cans.

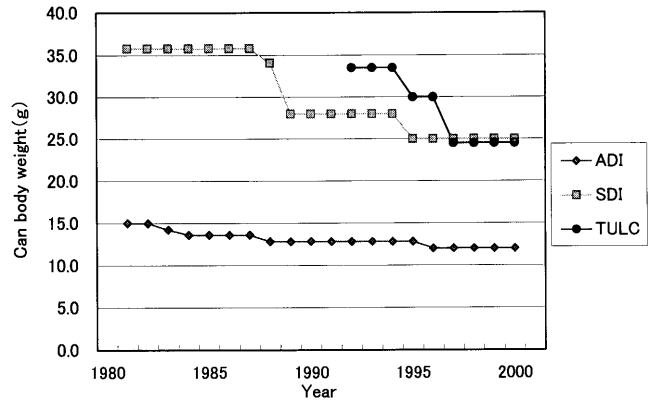


Fig. 12. Trends in can body weight of 2 pc cans.

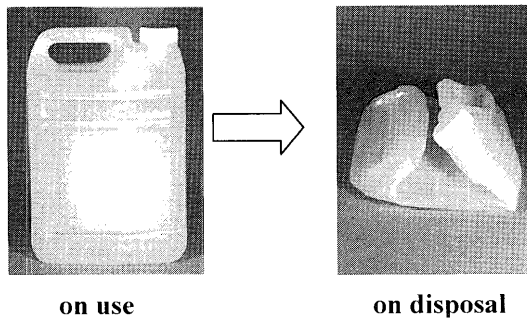


Fig. 11. Volume reduction of plastic bottle.

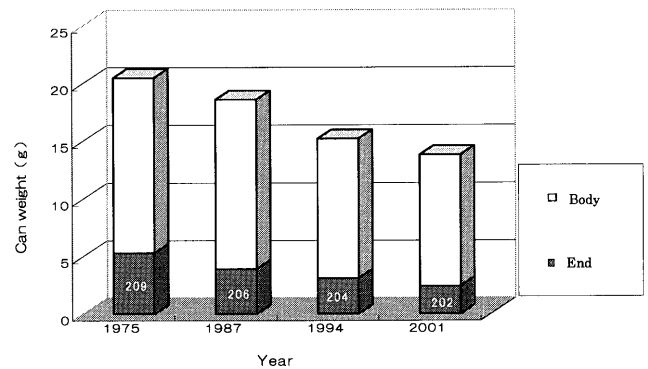


Fig. 13. Trends in weight of 350 ml Al DI cans.

減容化の他、例えば缶では3ピース缶から2ピース缶へ、更にFig.12, 13に示すように2ピース缶の缶体および蓋での薄板化や後述する加工度を上げることによる軽量化が進められている。

軽量化はガラスびんでも進められ、40%もの超軽量化リターナブルびんが開発実用化されている³⁾(Fig.14)。

3. 包装材料の動向

世界の包装市場は4170億ドルで、材料構成は紙類：36、プラスチック：34、金属：20、ガラス：10%といわれている⁴⁾。

包装に対する一人あたりの消費金額は世界的に日本が最大で約500ドル、二位のアメリカ(350ドル)を大きく超えている⁵⁾。

日本における資材別包装出荷額は1991年の7兆4616億円をピークに金額的にはFig.15に示す様に総じて減少傾向にある⁶⁾。一方、包装資材の出荷量はFig.16に示すように概ね横這い状態にある⁶⁾。これらのデータは、包装容器総数が増加している事実を考慮すれば容器の軽量化とコスト低減の動向を如実に反映している結果といえる。

材料的には、量、金額共に紙・板紙が最大でプラスチックがそれに次いでおり、微増傾向にある。

密封容器の主材料である金属、ガラスおよびプラスチッ



Fig. 14. Super light-weighted glass bottles.

ク材料についての動向を以下に述べる。

3.1 金属材料

容器用金属材料はスチール材では世界的にぶりき、TFS(ECCS)が主であり、非鉄ではアルミニウムおよびアルミニウム合金である。これらの世界的な地域別生産量はTable 2のとおりである。

日本における缶用ぶりき、TFSおよびアルミニウムの生産量の推移をFig.17に示す。

スチール材、特にぶりきの減少が顕著であるのに対して缶胴用アルミニウムは増加傾向にある。これらはFig. 3に示した缶の生産数の動向に対応している。アルミ缶の伸長

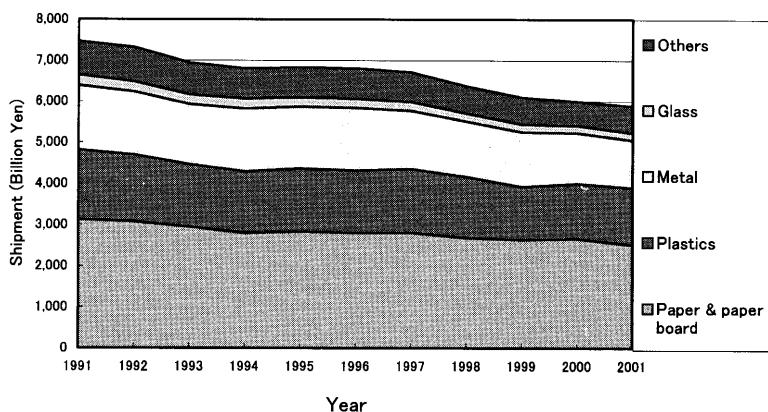


Fig. 15. Shipment of packaging materials in Japan by value.

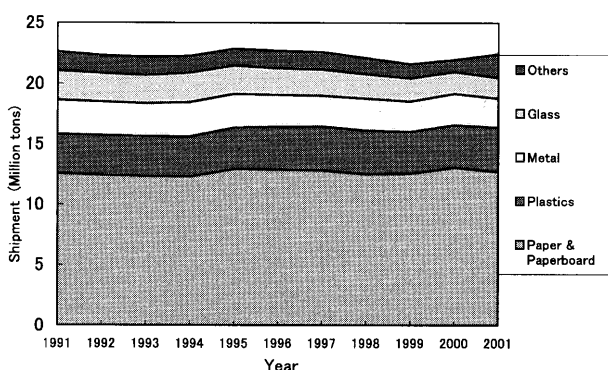


Fig. 16. Shipment of packaging materials in Japan by weight.

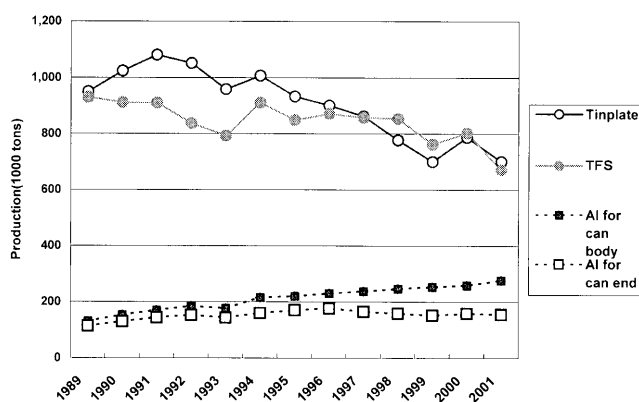


Fig. 17. Japanese production of metal materials for cans for domestic uses.

Table 2. Production of metal materials for cans.

Area	Tinplate & TFS	Aluminium alloy
World total	15~16 (million tons)	3400 (1000 tons)
North America	4.3	2340
Western Europe	4.7	630
Asia ; Japan	2.5	420
China	1.0	60 excl. Japan
Korea	0.8	

は Fig. 4 に示したように主に発泡酒の伸びに支えられている。

3.2 ガラス材料

容器用ガラス材の出荷量の推移を Fig.18 に示す。PET ボトルへの移行による数量の減少と軽量化の動向が顕著に認められる。

ガラス容器では少容量の薬用びんのみが伸長を続けており 2001 年の出荷数は前年比 105% となっている。

3.3 プラスチック材料

ブロー成形による密封可能なプラスチックボトルは 1960 年中頃ポリ塩化ビニル (PVC) ボトルの食品への適用に始まった。その後、ポリオレフィン/EVOH 系多層バリアーボトル、いわゆるラミコンボトル⁷⁾の開発により、マヨネーズ、ケチャップ、食用油などへプラスチックボトルの適用が可能になり、これらのボトルが食品では主流と

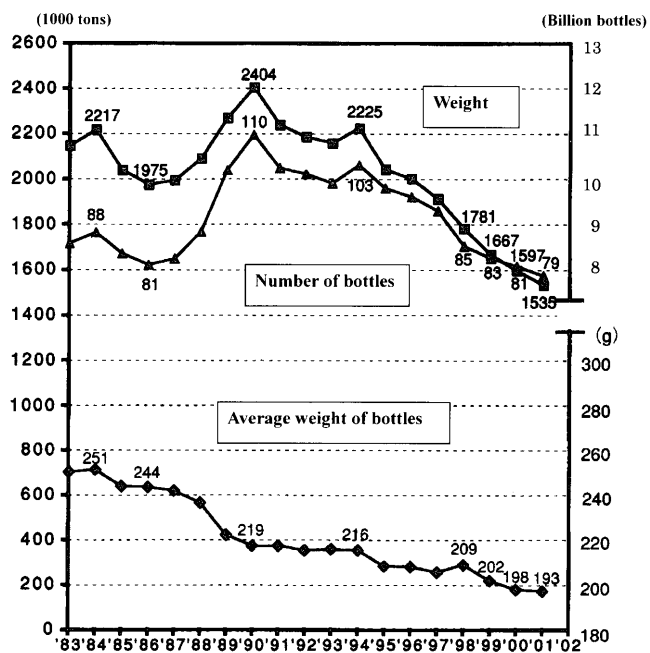


Fig. 18. Trends in shipment of glass bottles in Japan.

なった。

更にその後、飲料用に開発された PET ボトルは、炭酸飲料、ミネラルウォーターはじめ多くの飲料に適用され、そ

の市場は拡大を続けている。

PVC ボトルは塩ビモノマーの衛生問題、その後の環境問題で市場を失い、又、前記バリアーボトルも PET ボトルの汎用により PET ボトルに代替されつつある。

ブローボトル用材料は低密度ポリエチレン (LDPE)、高密度ポリエチレン (HDPE)、ポリプロピレン (PP)、ポリ塩化ビニル (PVC)、ポリエチレンテレフタレート (PET) が主であるが、日本におけるこれら樹脂の使用量の推移を Fig.19 に示す。PVC の減少と PET 樹脂の伸びが顕著である⁸⁾。

ボトル用 PET 樹脂の用途別需要量の推移を Fig.20 に示す⁸⁾ が、約90%が飲料用ボトルに向けられていることがわかる。

一方、日本においても伸長を示している軟包装体、すな

わち、フレキシブルパウチはそのほとんどが異種高分子材又はそれらとアルミ材の積層体である。日本における包装用プラスチックフィルムは全フィルム生産量約200万トンの60%近くを占めている⁹⁾。

4. 容器材料と成形技術の動向

既述の様に容器の多様化、経済性および環境許容性の向上に伴い、その成形加工法、製造システムもいっそう多様化しているが、基本材料別に主な動向を以下に述べる。

4.1 金属缶

合理性、社会性を主眼にした基本的方向と商品価値の向上を主にした差別化の方向がある。もちろん両目的を同時に達成出来ているものもある。

(1) 基本的動向

金属缶は密封性と内容物保護性の点で最も信頼性の高い容器であるが、その性能を保持しつつ経済性を高める視点から、基本的には3ピース缶から2ピース缶への流れにある。

これにより、Fig.21 に示す3ピース缶でのサイドシーム形成のための接合剤や接合助剤、更に接合部の補修材料が不要になる他、天あるいは地蓋用金属材およびシーリングコンパウンドが不要になる。又、これら材料および成形用機械工具が不要になるのみならず、サイドシームや巻き締めによる不良発生の可能性が減少する。

缶の製造方法の詳細については説明を省く¹⁰⁾ が、2ピース缶としては、一般食品用には、打ち抜き缶、絞り缶が主で、飲料用には、深絞りカップにしごき加工を加えた絞りしごき缶、すなわち、Drawn & (Wall) Ironed Can、通称 D (W) I Can が世界的には大半を占めているが、日本では

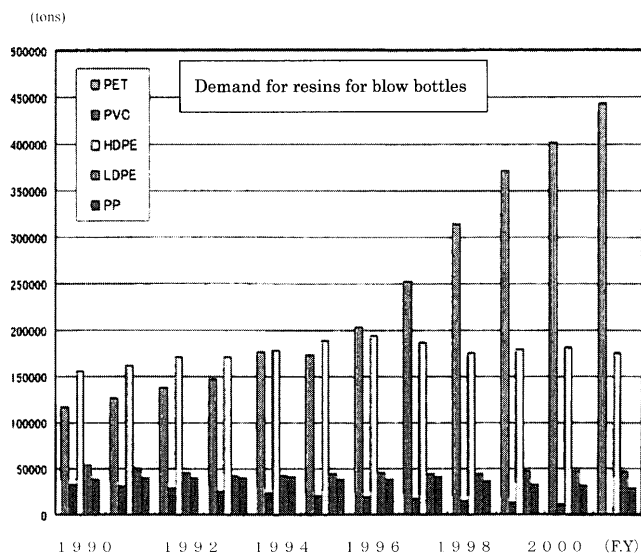


Fig. 19. Trends in demand for resins for blow bottles.

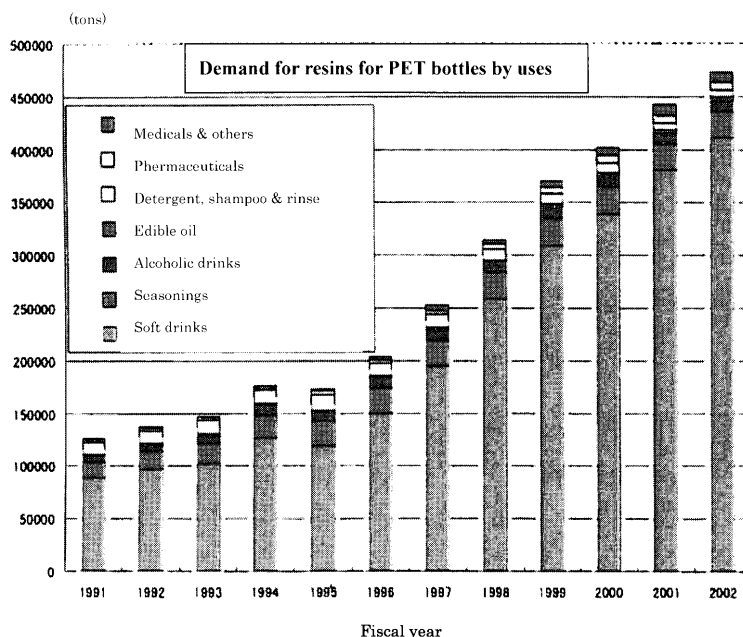


Fig. 20. Trends in demand for resins for PET bottles.

TULCと呼ばれる Stretch-drawn & Ironed Can¹¹⁾ が全食缶・飲料缶の20%近くを占めている。これは PET フィルムがラミネートされたTFSを深絞りによりカップに成形し、次いでカップの側壁を Stretch Ironing により減少させる加工法である。初期には Stretch Draw のみでの加工であったが¹²⁾、材料および加工法の改良により缶の軽量化が図られた。成形技術的には ironing 加工の付与とその改良により缶体上部の加高度を高め缶胴板厚と軽量化の減少を図った。その変遷を Fig.22 に示す¹¹⁾。

TULC は、成形にはDI缶成形に必要な液状の潤滑剤お

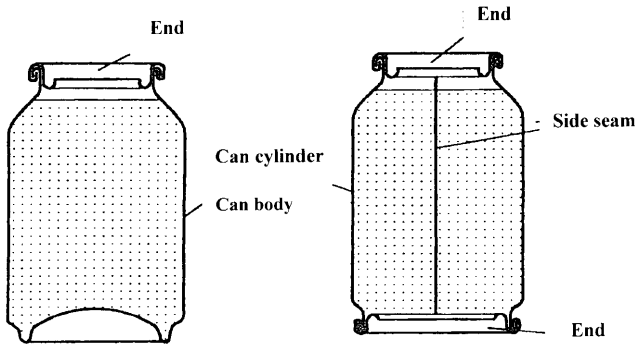


Fig. 21. Typical structures of 2 pc can (left) and 3 pc can (right).

よび/又は冷却剤(クーラント)を使用せず、かつ、内面へのスプレー塗装が不要であるため、製造エネルギーが小さく、しかも、製造工程からの排出物も著しく少ないので、環境適性の高い製缶システムである。

DI缶製造工程と比較してその製造工程の概要を Fig.23 に示す¹³⁾。

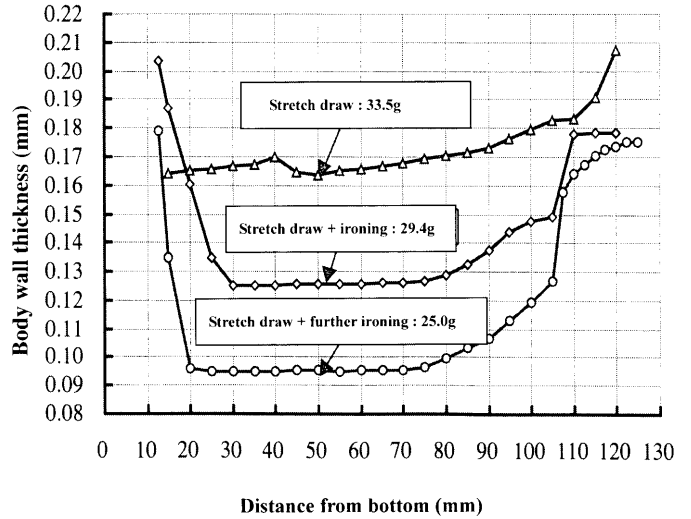


Fig. 22. Light weighting and wall-thinning of TULC by improved technology.

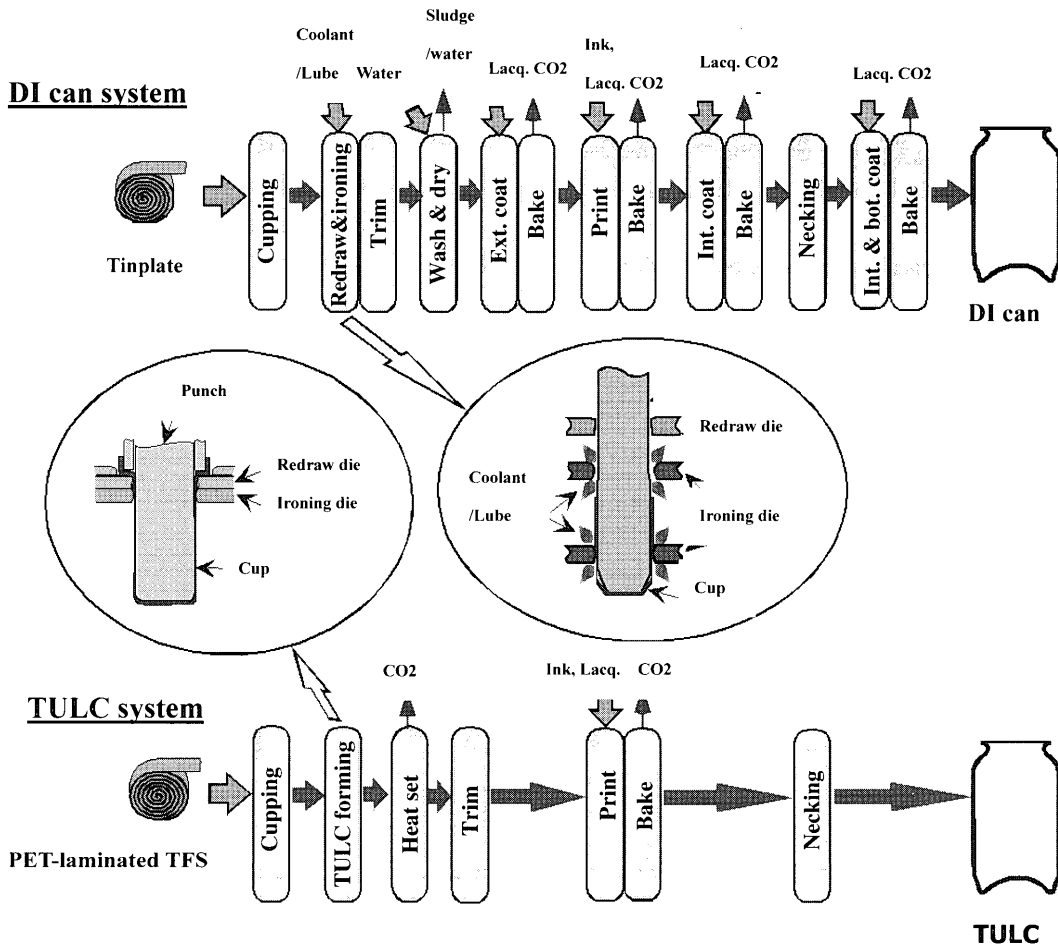


Fig. 23. Comparison of production system between DI can and TULC.

PET被覆アルミ材による液状潤滑剤、冷却剤を使わない2ピース飲料缶の成形システムも確立され¹⁴⁾、ビール缶として実用化されている。

LCAの手法により試算したこの缶の製造エネルギーは、Fig.24に示す通り、通常のDI缶製造のそれより著しく少ないことがわかる¹⁵⁾。

尚、日本においては、PETフィルムに接着剤を塗布して金属板にラミネートした材料が溶接缶に使用されている^{16),17)}。缶内面にはクリアフィルム、外面にはグラビア印刷したフィルムが使用されており、外観のアピール性は優れているが、材料およびプロセスの点で資材、環境面で負荷が大きい。

(2) 多様化技術

缶の多様化は主に缶胴の二次成形、すなわち、シェイピングとペットボトルとの競合を目的としたボトル型缶への成形によっている。

前掲のFig. 7(b)およびFig. 8(a), (b)は主に張り出し加工、バルジ加工によっているが、これらは加工率に上限はあるものの写真に示した程度では板厚は通常品と同等である。一方、Fig. 7(a)に示したボトル型缶には、写真右側、細口ノズルの大和製罐(株)方式¹⁸⁾のものと写真左および中の広口ノズルの武内プレス工業(株)方式¹⁹⁾の2種がある。前者はアルミDIカップの底部をトランスファープレスでノズルに成形、カップ端縁をトリム、フランジ成形後外面に印刷し、更にノズル部にスクリー・ビード成形した後、

ボトル底部に底蓋を二重巻き締めして2ピースボトル缶体にする工程によっている。一方、後者はDIカップ外面に印刷を施した後カップ端縁部を多段絞りによりノズルに成形、更にスクリー・ビード成形によりモノブロックボトル缶体成形するものである。両者とも通常のDI缶に多工程の成形を加える必要があると同時に、成形限界から板厚増加が必要で、Table 3に示すように内容容量あたり20%以上の質量増になっている。従って、価格競争の激しいビール、発泡酒では適用され難く、多様化で競合が激しいソフトドリンクの分野で伸長している。

Fig.10の缶は疑似円筒凹多面体(Pseudo-Cylindrical Concaved Polyhedra, PCCP)に加工された缶で、ダイヤカット缶²⁰⁾としてTULCにデザイン性を付与すると同時に缶壁のパネリング強度上昇による軽量化を図る目的で開発されたものである。スチール製TULCでは30%もの軽量化が達成された。写真はアルミDI缶に適用されたもので、デザイン効果と缶開口時のパネリング耐性上昇により、グリップ性が向上している¹³⁾。

この他、印刷画面と合わせて部分的にエンボス加工する方法¹³⁾、缶胴部にビード加工を施す方法など、新規な印刷技術開発による外観向上に加えて様々な技術が開発²¹⁾、提案されている。

4.2 ガラスびん

ガラスびんの最大の弱点は他容器に比べて重い事と破損時の危険性である。従って、最大の課題は強度を損なわずに軽量化することである。

Fig.14に示したような超軽量化リターナブルびんや50%もの軽量化を達成した牛乳びんが実用化されている。

軽量化にはくびれ形状、底形状の変更などにより応力集中を避けるデザインの採用、ガラスの偏肉を極力小さくする製びん技術開発などの基本技術の改良、口部の平滑性の向上、更に、破びん防止、破損時の危険性を減少させるための緩衝性の高い表面処理の開発が主である。

又、不良検知技術の開発の寄与も大きい。ガラスびんの場合はラインでの不良品はカレットとして即原料化できるので不良懸念のあるびんの排除は特に有意義である。

4.3 プラスチック容器

プラスチック容器としてはボトル、カップおよびパウチ(袋)があるが、その主な技術動向を以下に述べる。

(1) プラスチックボトル

ボトル成形技術としては、ブロー前段階のパリソン(PETボトルの場合はプリフォームと呼称)成形法の違い

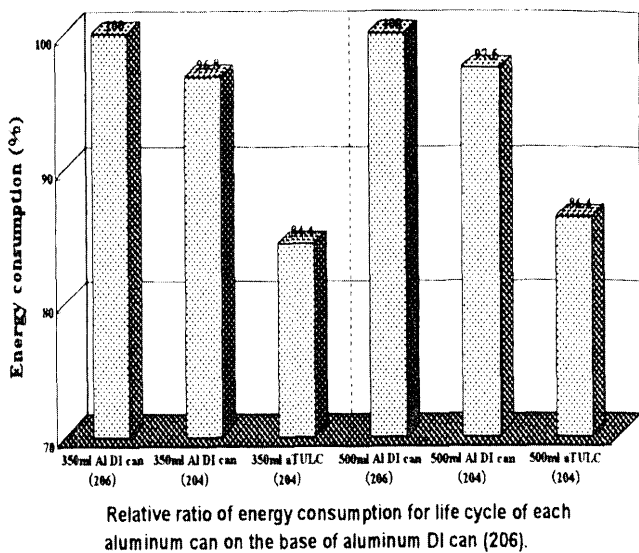


Fig. 24. Comparison of energy consumption between Al DI can and Al TULC.

Table 3. Features of bottle-shaped can vs. conventional Al DI can.

Can (Volume, ml)	Can weight (%) (body+end/cap)	Carton case (%)		Drop resistance
		Wt.	Vol.	
Bottle-shaped can (450)	121	133	109	< PET bottle
Conv. Al DI can (500)	100	100	100	

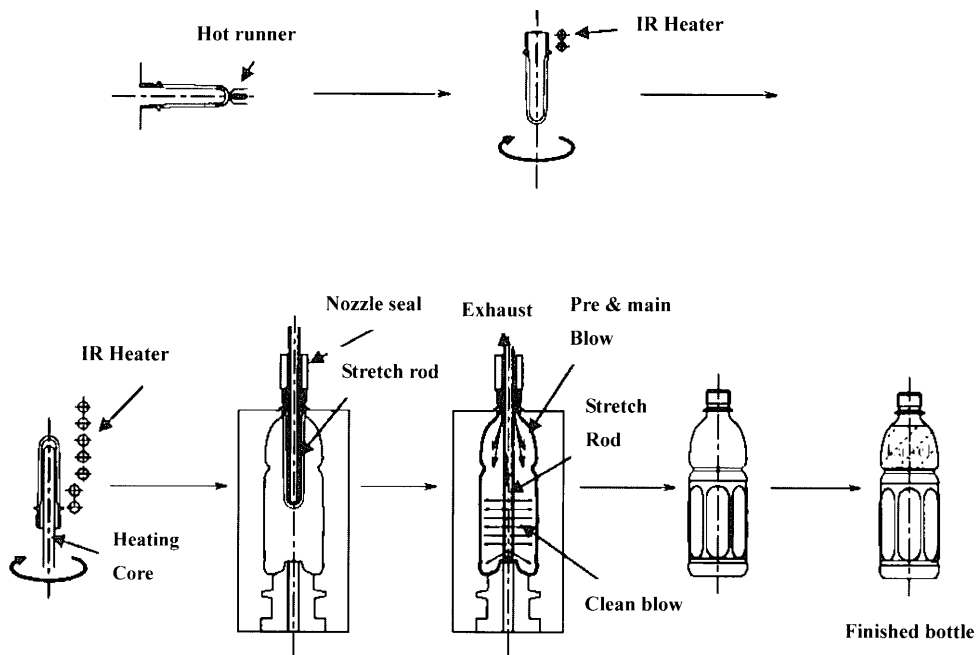


Fig. 25. Production flow of PET bottle for hot-pack drinks.

により、押し出しブロー法と射出ブロー法に大別される。

前者は主にポリオレフィンボトルの成形に、後者は主にポリエステル (PET) ボトルに適用されている。両者ともバリアー性向上やリサイクル樹脂を使用するため、多層ボトルに成形される事があるが、その場合は異種材料を同時押し出しあるいは射出する場合と逐次成形する場合がある。

ホットパック飲料用PETボトルの成形法の概略を模式的にFig.25に示す。

PETボトルは飲料およびその充填、滅菌条件により熱および圧力に対する耐性の点で耐熱、耐圧、耐熱圧に大別される。特にホットパック飲料の様に耐熱性が必要な場合はボトル口部を再加熱により結晶化して加熱下での強度、寸法安定性を保っている。

又、一度成形したボトルを再加熱し、再度ブローする二段ブロー方式により局部的に高強度化を図る方法²²⁾や、高強度・軽量化のためボトル全体を再加熱する方法が汎用化しつつある。

その他、プリフォーム成形の新技術としてガラスびん製造やカップ成形に採用されている圧縮成形による方法も実用化されている²³⁾。この方法では樹脂への熱履歴が射出成形より少ないのでボトルから内容物への溶出性を低く抑えることが出来る。

ボトル性能向上のためには炭酸ガスおよび酸素遮断性を向上させるいわゆるハイバリアー化の技術が種々提案され、一部実用化されている。

バリアー技術には主に多層化又はコーティングにより遮断性を上げてバリアー性を上げる受動的な方法 (Passive Method) と脱酸素反応により積極的に酸素を補足する能動的方法 (Active Method) の二法がある²⁴⁾。それら技術の概

要を以下に纏め、それらの炭酸ガスおよび酸素バリアー性を単層PETボトルと比較して概念的にFig.26に示す¹³⁾。この他、バリアー性の高いPENおよびPET/PENブレンド樹脂も実用化されている。

Passive Method;

- ・コーティング法：真空蒸着法(SiO_x, Al₂O₃ 等内面)
プラズマ法 (SiO_x, C等内面)
塗装法 (エポキシ系塗料, 外面)
- ・多層化：ハイバリアー中間層 (MXD6 Nylon, EVOH 等)

Active Method;

- ・多層化の中間層に酸化性添加物
(MXD6 Nylon+鉄, コバルト塩, 他)

(2) パウチおよびカップ、トレー

パウチとしては平パウチから自立性のあるスタンディングパウチ/スタンドアップパウチが主流になりつつある。食品用途としては酸素遮断のため使用されているアルミ箔から易廃棄性の観点で脱アルミ化が進められている。酸素バリアー性向上技術としてはボトル同様シリカ、アルミナのコーティングによるものが主であるが、柔軟性に欠ける嫌いがあり、改良が望まれている。

又、ボトル同様に積極的に脱酸素剤を添加した例えばFig.27²⁵⁾に示す様な容器もある。これは、内容物中の酸素を吸着層により積極的に捕捉すると同時に、外界からの酸素をバリアー層により遮断する構造のものである。

食品用パウチでは電子レンジ対応の容器が種々開発、実用化され、その用途が拡大している。技術としては加熱中に発生する圧力を安全に開放出来る工夫²⁶⁾が施されている。

非食品については、シャンプー、リンス、各種洗剤のボ

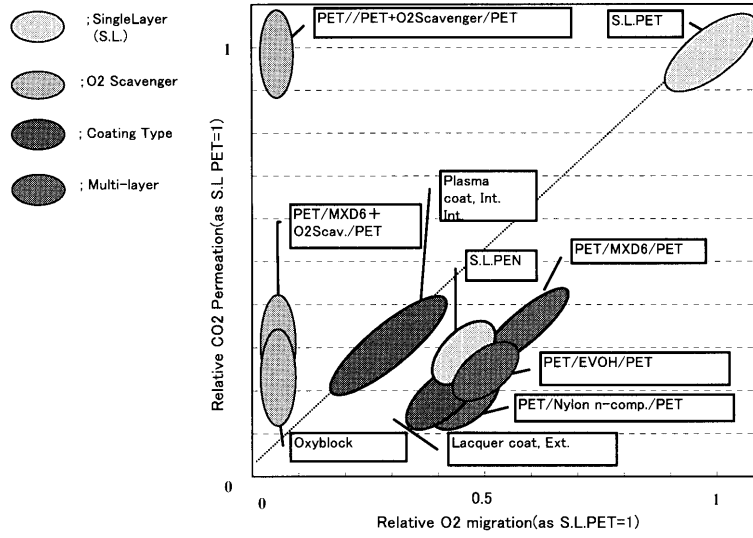


Fig. 26. Hi-barrier characteristics by various technologies.

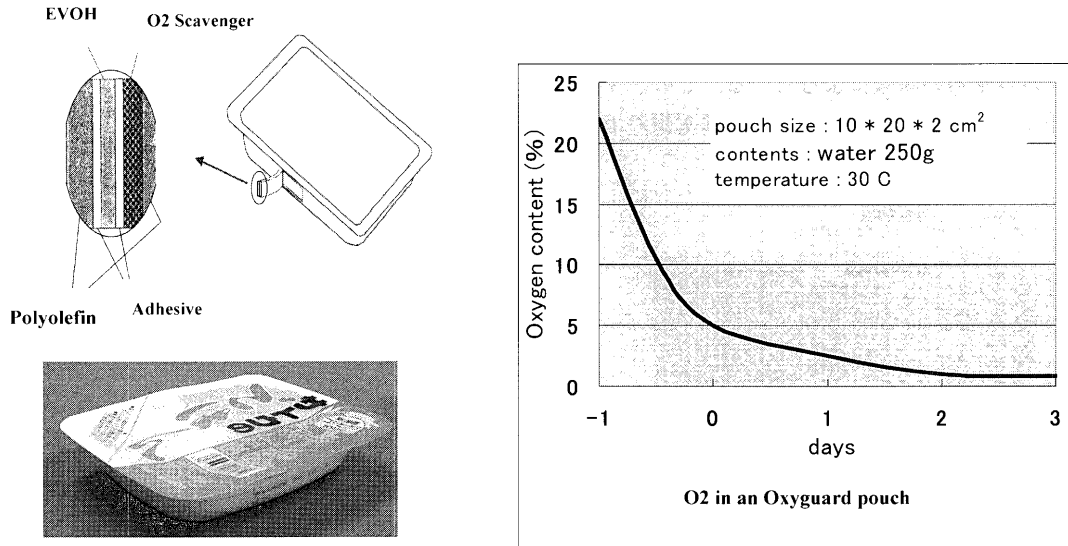


Fig. 27. Structure and characteristics of Oxyguard pouch.

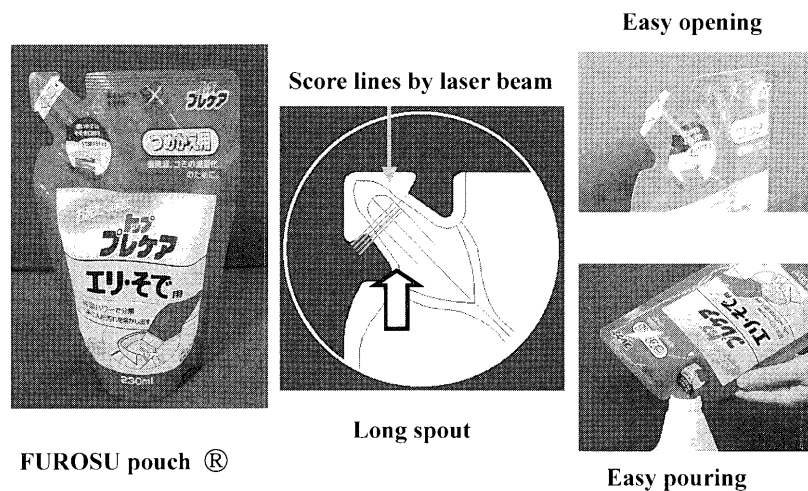


Fig. 28. Structure of easy open & easy fill refill pouch.

トルが詰め替えパウチへ移行している。例えば、スパウトを使用せずにボトルへ容易に詰め替えられる Fig.28 に示す技術²⁷⁾ が汎用されている。

その他、パウチおよびカップ、トレー製品市場は著しく伸長しているため、この他にも機能性向上、材料の合理化のための技術開発が盛んである。

4.4 複合技術

単一材料あるいは単一技術による密封容器包装体は既に皆無と言っても過言ではないが、近年特に技術の複合化、容器と充填法、検査法などがシステム化した技術開発がますます拡大している。以下に主な材料、製缶と充填・検査技術を例示する。

(1) PET樹脂被覆法

TULC用材料がポリエステルフィルムをTFSに熱ラミネートしたものであることは既に述べたが、過酷な加工に耐え、しかも高温加熱殺菌への耐性をも保持し、かつ、フィルムからの溶出、内容成分の吸着も極度に少ないのは、樹脂の選択の他にフィルムの物理・化学的構造、ラミネート過程でのフィルム構造の調整によっている。このフィルムラミネート法を Fig.29¹¹⁾ に示すが、膜構造は基板の加熱

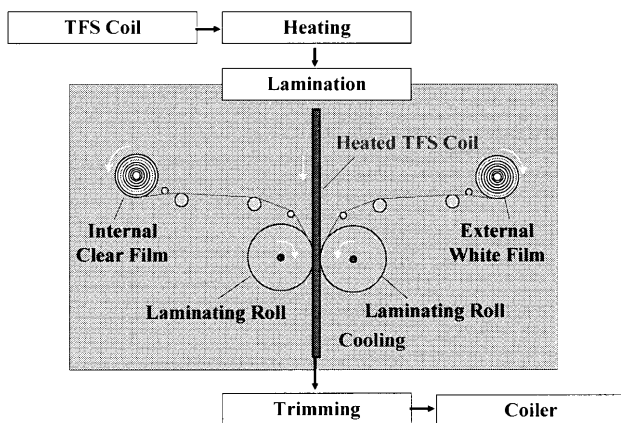


Fig. 29. PET film lamination method for TULC.

ラミネート後の冷却条件により Fig.30 に示す非晶層、配向層の2層構造が、板との密着性、加工性、バリアー性、剛性などの特性を最適に保つべく制御されている²⁸⁾。

この被覆法は前記溶接缶用フィルムラミネート材が接着剤を使用しているのに比べ、より合理的であり、省資源的でもある。

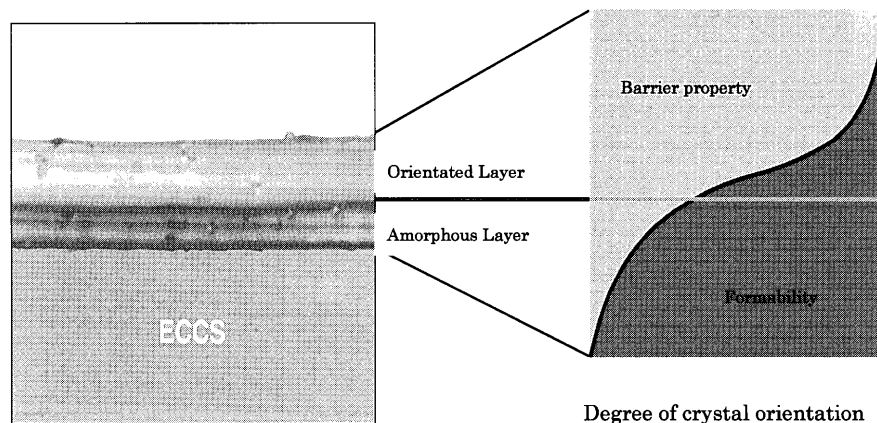
更に、経済性を高める目的で、フィルム製造工程を経ない樹脂被覆法すなわちエクストルドコート法が提案されている。日本では Fig.31 に示す基板への両面同時被覆法がアルミニウム TULC 用に、又、Fig.32 に示す片面コート法が DRD 缶、缶蓋および溶接缶用に実用化されている。いずれも樹脂、被覆方法に様々な工夫が加えられているが、加工により被覆層のバリアー性などの特性が著しく向上することが確かめられている。

(2) 内容物充填法の開発

高品質でしかも経済性のある充填法が開発され実用化している。

液体窒素充填法を改良し、軽量化しかつ缶内圧の検査が出来る底形状の TULC に適用した MIST システム²⁹⁾ である。これは液体窒素を霧化して缶に少量充填して残存酸素を除去し缶内を微陽圧に保つ方法で、フレーバー変化に敏感な緑茶、コーヒーなどに適用され、高品質と経済性を同時に満足させた缶と充填法、更に検査法を含めたシステムとして実用化されている。システムの概要を Fig.33 に示す。

又、一般に酸素に過敏な固形物などの充填には缶内を高真空に保つ方法が採用されているが、この高真空で変形しないように缶胴板厚は通常より厚く設定されている。酸素除去を効率よく行い、しかも缶内真空度を適度に保つための方法として、粉末ドライアイス充填法が開発された³⁰⁾。液化炭酸を粉末化して缶に詰め、その後内容物を充填、加熱により昇華して巻き締める方法である。炭酸が昇華する際に缶内の酸素が同時に除去されるので比較的低真空で



Cross-sectional view of laminated film

Fig. 30. Double layer structure of laminated film for TULC and characteristics of each layer.

も酸素の残存は著しく低く抑えられる。通常の高真空法に比べると、充填直後で酸素は約十分の一、真空度は直後で常圧、一日後で高真空缶の半分程度であるので、缶胴板厚を厚くする必要がなく経済的でもある。

本方法はカップ容器やプラスチックパウチにも適用されている。

その他にも容器の軽量化と加工技術の向上、又、密封性を保ちつつ易開封、電子レンジでの加熱中での脱気技術、

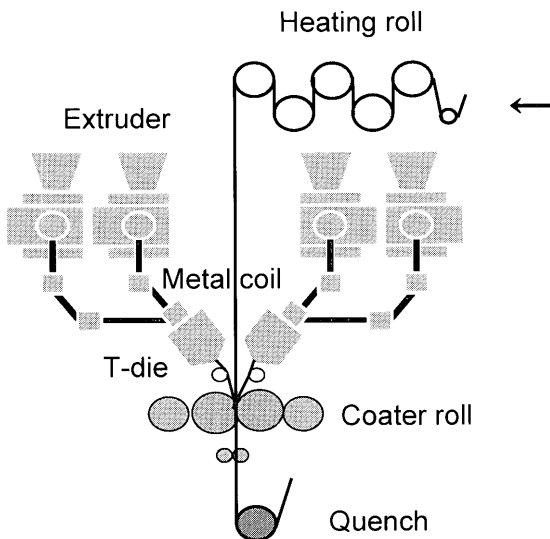


Fig. 31. Method of PET simultaneous extrusion coating for both sides of a coil.

インラインでの検査・監視法など様々な考案が実用化されているが、そのほとんどが材料と加工技術、電気・電子工学の複合化によっている。

5. 容器、材料と「リサイクル」

5.1 容器包装リサイクル法と「リサイクル」の動向

1992年リオサミットで世界的合意を得た「持続可能な社会」の構築は、日本においては周知のように「循環型社会形成基本法」という形で2000年5月に成立、具現化され、2001年4月までに相前後して発効した。

容器についてはいわゆる「容器包装リサイクル法」により紙、プラスチック製容器、ガラスびんおよびPETボトル

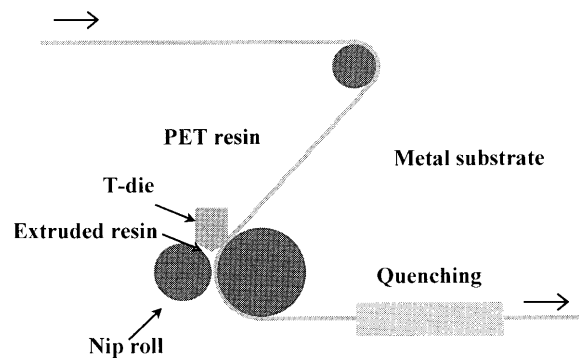
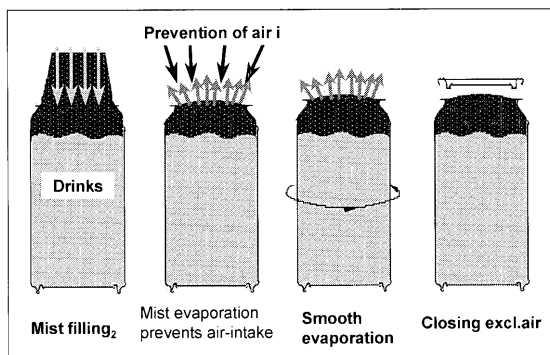


Fig. 32. Coating process for one side of metal coil.

LN₂ Mist Filling



Conventional LN₂ Filling

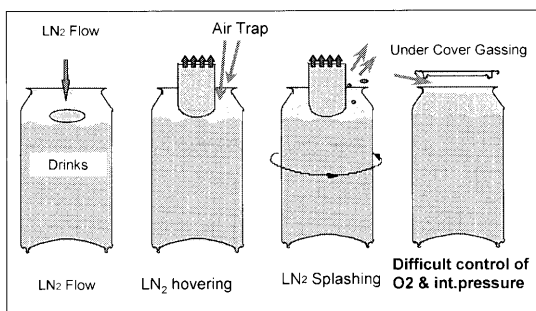
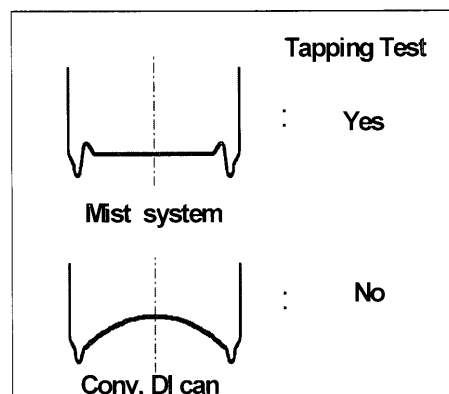


Fig. 33. Mist system compared with conventional LN₂ filling for DI cans.

Can bottom profiles



にリサイクル義務が課せられたが、既に高いリサイクル率を達成していた金属缶については産業構造審議会で85%以上の目標が設定されただけで同法による再商品化義務が免除されている。

この法律で再商品化の対象となる飲料容器についての義務内容は以下の通りである。

- ・スチール缶：対象外（高率でリサイクル実施中）
- ・アルミ缶：対象外（「」）
- ・ガラスびん：

リターナブルびん：独自回収ルートが確立され、認証されたものは対象外（酒類、清涼飲料用）

ワンウェイびん：対象
カレット化し、再商品化

- ・PETボトル：対象
ペレット、フレーク化し再商品化

- ・紙パック：
PEラミネート：対象外（リサイクル実施中）
アルミ箔付：対象（原料、燃料として再商品化）

日本における缶の再資源化は具体的には1973年の空き缶対策協会の設立に始まっており、当初から業界でのリサイクル意識は非常に高い。各種容器のいわゆるリサイクル率をFig.34に示すが、諸外国と比較して「リサイクル」率はその包装容器についても非常に高い水準にある。

金属缶に関してはアルミニウム、スチールともに約85%の再資源化率を示している。ちなみにスチール缶についてはリサイクルを標榜するドイツでも70%台に止まり、飲料ではすべてがアルミ缶のアメリカでは1992年の67.9%を最高に回収価格の関係でリサイクル率は低下している。

5.2 各種容器にリサイクルの実態

(1) スチール缶

ぶりき無塗装缶時代には錫が回収され半田に再生されていた。現在も僅かながら回収されてはいるものの有意な回収量にはなっておらず、商業的意味も事実上ない。又、当時はスクラップ中の錫の混在が回収スチール材の品質を低下させるのでスクラップ材としての価値が低かったが、塗装缶がほとんどで、ぶりきは低めつき化し、又、特にTFSの使用比率の高い日本では圧縮減容化された缶および缶材はそのまま転炉に投入されている。

日本ではリサイクルされたスチール缶の20.4%は高炉メーカーへ、76.8%が電炉メーカーへ廻った（2001年）。又、スチール缶消費量に対して材料リサイクルの系から外れたものは12.2%で主に埋め立て処分されている。

スチール缶の「リサイクル率」に関しては2001年から缶重量からアルミ蓋および水分残量を除いたものとなり、又、消費量には輸出入量を算入している。従って、前年までの計算方式のリサイクル率は低くなっているが、なお高効率化が進められている。

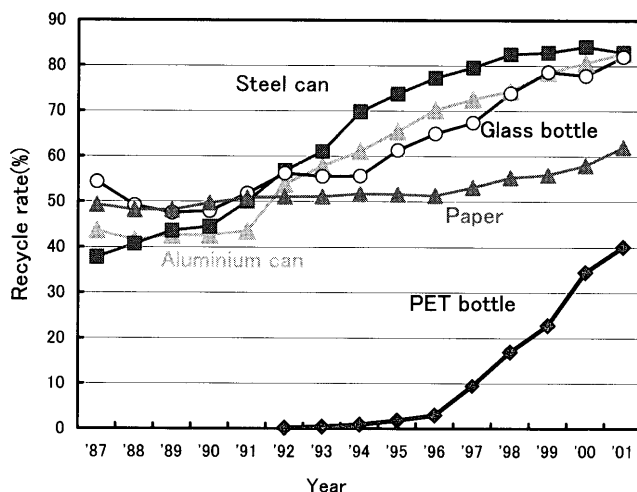


Fig. 34. Recycle rates of various packages in Japan.

(2) アルミ缶

日本におけるアルミ缶のCAN TO CANの割合は2001年67.8%（2001年）で、前年より6.7%減で伸び悩んでいる。アルミニウムの再生地金によるエネルギー削減は年間299億MJ、465kWhの電力量に相当するといわれており（アルミ缶リサイクル協会）、アルミニウムの再資源化はエネルギー節減の点で特に意義深い。

周知の様にアルミニウム地金製造には電力を著しく消費するので、回収利用には特に大きな意味がある。

缶用アルミニウムは大別して3種あり、これらが混在した場合、そのままではCAN TO CANになり難いので、再調整する事により適正な缶材に再生使用されている。

リサイクルされたアルミ缶の56.2%が缶材に再使用、19.4%がダイカスト・鋳物などに、その他7.4%を含めて83%が再利用され、17%が埋め立て等となっている。

アルミニウム缶の再生は、一般に、缶を破碎、加熱キルンにて塗料を燃焼除去、アルミニウムを融解、スラッジを除去して溶湯の場合により新地金と混合し用途別に成分調整して新規缶材料として出荷されている。スチール材の再生に比べ工程としては複雑であるが、収集が効率よくなされればエネルギー的には十分意義がある。

(3) ガラスびん

前記のようにワンウェイのガラスびんのリサイクル率は非常に高い。

リターナブルびんでは、ビールびんは99%以上、牛乳びんは97%以上が再使用されている。

ガラスびんの場合、カレットは即原料に再使用可能であり、リサイクルは他材料に比べて有意義である。

(4) PETボトル

日本におけるPETボトルリサイクル率は世界的に最高水準にあり、間もなく50%を超えると期待されている。この数字は再生フレークへのいわゆるマテリアルリサイクルであるが、この他にポリエステル樹脂原料へのケミカルリ

サイクルが実動を開始したほか、高炉やコークス炉原料へのリサイクルも実用化しており、PETボトルの再資源化および環境への負荷は大きく低減する見通しである。

(5) その他の材料

プラスチックの国内生産量の40%強が包装容器向けで、分野別では最大のウエイトを占めている³¹⁾。容器包装材料は各種材料が混在廃棄されるので実際にマテリアルリサイクルには限界がある。油化やガス化、高炉の還元剤にも実用化されている他、ケミカルリサイクルの実用化も開始されている。

紙容器のリサイクルの詳細は正確には把握しかねるが古紙の回収率は約60%になり、古紙の利用率はそれより数%低い実態である。

以上、容器のリサイクルの動向を述べたが、環境負荷に関しては、使用全材料の製造から容器製造工程でのエネルギー、各工程での廃棄物およびその処理過程、容器への充填・殺菌システム、流通工程、廃棄・収集、回収・再生エネルギー等、すべてにわたってのライフサイクルを考慮に入れ、エネルギー、環境負荷の評価を行う必要がある。LCA分析あるいは評価は20年以上も前に提唱されて以来、種々議論、試算はなされているものの、まだに確立されてはいないが、特定の条件下では比較手法として有効である。

6. おわりに

良い包装・容器とは、被包装物を安全、高品質に包みかつ便利に消費されるという要件を満たし、社会的、環境負荷ができる限り少ないものでなければならない。

持続可能な社会の構築には、包装容器分野では、材料、容器製造条件などの諸条件を考慮に入れ、包装関連システム内のサイクルを高効率に循環させ、系内、系外への物質、エネルギーを最小化するものでなければならない。さもなくば、持続可能な製造、持続可能な消費が期待できないばかりか、人々の願望をも持続的に維持できる良い包装の提供は困難と思われるからである。

文 献

- 1) The CANMAKER, Sayers Publishing Group Ltd., UK, (2001) Jan., 28.
- 2) A.D.Abramowicz: Proc. Canmaker Summit Conf., Sayers Publishing Group Ltd., UK, (2000).
- 3) “ニュース・コンテナ”, *JPI Journal*, **38** (2000), 1155.
- 4) A.Stupay: Proc. Canmaker Summit Conf., Sayers Publishing Group Ltd., UK, (2003).
- 5) H.Shinohara: Proc. Packaging Strategies Conf., Packaging Strayegies, USA, (2003).
- 6) 日本の包装産業生産出荷統計, 日本包装技術協会, 東京, (2002), 8.
- 7) 山田宗機, 平田貞夫, 岸本 昭, 平田俊策, 鈴木 通, 加納富美夫: 特開昭51-112694, (1976).
- 8) T.Katsura: *Japan Plastics*, **54** (2003), No. 5, 38.
- 9) 経済産業大臣官房調査統計部資料, 経済産業省, 東京, (2002).
- 10) 鶴丸迪子: 缶・びん詰・レトルト食品・飲料製造講義(1), 日本缶詰協会, 東京, (2002), 487.
- 11) M.Tsurumaru: Proc. Canmaker Conf., Sayers Publishing Group Ltd., UK, (1998).
- 12) S.Kaneko: Proc. 16th Ryder Conf. on Bev. Packaging, Secretariat of 16th Ryder Conf., Atlanta, (1992).
- 13) 鶴丸迪子: 第49・50回白石記念講座, 日本鉄鋼協会, 東京, (2002), 64.
- 14) K.Yamada: Proc. Metpack 2000 Congress, Messe Essen GmbH, Germany, (2000).
- 15) K.Nakazawa, K.Katayama, M.Kawasaki, H.Sakamura and I.Yasui: Proc. 5th. Int. Conf. on EcoBalance, Soc. of Non-Trad. Tech., Tokyo, (2002), 196.
- 16) N.Horikawa: *FOOD & PACKAGING*, **36** (1995), 532.
- 17) 宮崎俊三: ソフトドリンク技術資料112, 日本清涼飲料工業会, 東京, (1995), 110.
- 18) K.Tsujimoto: PACKPIA 2000/11, 日報, 東京, (2000), 56.
- 19) I.Ohashi, S.Tamura and H.Matsumasa: *JPI Journal*, **38** (2000), 868.
- 20) 石鍋雅夫: 特公平7-102417, (1995).
- 21) M.Tsurumaru: Proc. Canmaker Summit Conf., Sayers Publishing Group Ltd., UK, (2003).
- 22) N.Kato, K.Hamada, K.Takeuchi, H.Fukabori and K.Matsuno: *Seikei-Kakou*, **12** (2000), 489.
- 23) M.Etou: *Seikei-Kakou*, **13** (2001), 652.
- 24) D.Abramowicz: Proc. Nova Pack Americas 2000, Schot and Business Research, INC., USA, (2000).
- 25) 小山正泰, 小田泰宏, 山田宗機, 水谷邦彦, 中村臣慈: 特公平6-57319, (1994).
- 26) 神崎敬三, 安室久和: 特開2002-249176, (2002).
- 27) K.Ishizaka: *JPI Journal*, **40** (2002), 153.
- 28) 乾 恒夫: わが国における缶用表面処理鋼板の技術史, 日本鉄鋼協会編, 東京, (1998), 139.
- 29) 千本克己: 日本缶詰協会第47回技術大会, 日本缶詰協会, 東京, (2000), 6.
- 30) 田口善文, 田辺利裕: 特開平10-329808, (1998).
- 31) 循環型社会白書平成14年版, 環境省, 東京, (2003), 49.