



プラスチック包装・容器の使用樹脂の特長と成形技術

(2) プラスチック包装・容器の構成と製造方法

一般社団法人日本合成樹脂技術協会
理事 葛良 忠彦

1. はじめに

プラスチック包装・容器の使用樹脂と成形技術の第1回目として、プラスチック包装・容器の種類と使用材料について解説したが、第2回目では、プラスチック包装・容器の構成と製造方法について解説する。

2. フィルム包装

2. 1 フィルム包装の構成と用途

2. 1. 1 単体フィルム包装

フィルム包装としては、単体フィルムの使用される量が多く、生鮮食品、加工食品、菓子類など広い分野で用いられている。単体フィルム包装材料としては、ポリエチレン (PE) とポリプロピレン (PP) のフィルムの使用量が特に多い。野菜、穀物、豆類の包装には、低密度ポリエチレン (LDPE) のパウチが一般に使用されている。麺類やパンの包装には、LDPE や無延伸ポリプロピレン (CPP) フィルムのパウチが多用されている。

ポリスチレン (PS)、ポリエチレンテレフタレート (PET)、PE などのポリオレフィン、ポリ塩化ビニル (PVC) などの延伸フィルムで、熱固定されていないフィルムは、集合包装用の熱収縮性フィルム (シュリンクフィルム) としてやブロー成形ボトルのシュリンクラベルに適用されている。PVC は熱収縮特性が良好で多用されてきたが、塩素を含むため、環境問題から使用量が激減している。

スーパーマーケットなどで精肉や水産物などの販売用に使用されているトレイのプレパック用にはストレッチフィルムが使用されている。ストレッチフィルムにも PVC フィルムが、性能が良好であるため多様されてきた。しかし、環境問題からポリオレフィン系のストレッチフィルムが増加している。パレットストレッチ包装には、PE フィルムなどのポリオレフィン系のものが使用されている。

ラップフィルムとしては、PVDC のものの性能が優れているが、ポリオレフィン系のものが多数開発されており、使用量が増加している。

2. 1. 2 多層フィルム包装

加工食品や調理食品の包装にも、フィルム包装が使用されている。このような用途には、包材に要求される特性が多く、単体フィルム包装では不十分の場合が多い。そのため、複数のプ

ラスチックフィルムを複合化した多層フィルムが適用されている。

多層フィルム包装としては、袋（パウチ）の形態がとられるため、ヒートシール層（シーラント）が必須となる。食品の酸化を防ぐためにガスバリア層は重要である。また、パウチ包装では表示やデザインのため、印刷が施されている。したがって、パウチの構成としては、**図 1** に示すように、印刷基材／シーラント、印刷基材兼ガスバリア材／シーラント、印刷基材／ガスバリア材／シーラント、印刷基材／補強材／ガスバリア材／シーラントなどが基本となる。印刷基材としては、2軸延伸 PET、2軸延伸 PP（OPP）、2軸延伸ナイロン（ONY）が用いられる。ガスバリア材としては、EVOH*（*印の用語は用語解説を参照）や PVDC、あるいはアルミ箔、アルミ蒸着フィルム、シリカ・アルミナ蒸着フィルムが使用される。ガスバリア性を兼ね備えた印刷基材としては、ONY や PVDC コート（Kコート）された PET や OPP があげられる。LDPE、線状低密度 PE（LLDPE）、エチレン酢酸ビニル共重合体（EVA）はヒートシール性が良好であるため、シーラントとして使用されている。また、耐熱性の要求される場合には、無延伸 PP（CPP）が用いられる。補強材は大型の業務包装用パウチに追加される。補強材としては、PET や ONY が一般的である。**表 1** に、各種包装技法と使用される多層パウチの材料構成例および用途を示す。

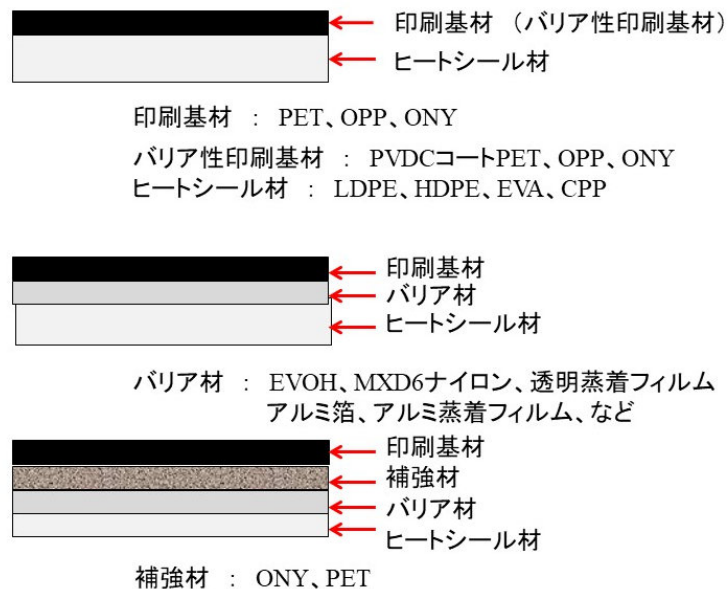


図 1 多層パウチの基本構成

表1 各種包装技法に使用される多層パウチの材料構成例および用途

包装技法	多層材構成例	主な用途
真空包装	KOP/LDPE, ONY/LDPE, KONY/LDPE, PET/LDPE	畜産加工食品 (ハム、ソーセージ)
	PET/EVOH/LDPE, ONY/EVOH/LDPE, NY/EVOH/LDPE	水産加工品 (かまぼこ類)、生種
ガス置換包装	OPP/EVOH/LDPE, PET/アルミ蒸着PET/LDPE	カット野菜、緑茶、コーヒー
	KOP/LDPE, ONY/LDPE, KONY/LDPE, NY/MXD/NY/LDPE	削り節、スナック類、緑茶、コーヒー
脱酸素剤 封入包装	PET/EVOH/LDPE, ONY/EVOH/LDPE, NY/EVOH/LDPE	チーズ、ハム、ソーセージ
	OPP/EVOH/LDPE, PVAコートOPP/LDPE, アルミ蒸着PET/LDPE	水産加工食品
軽度保持包装	OPP又はPET/アルミ蒸着CPP, シリカ (アルミナ) 蒸着PET/LDPE	和菓子、カステラ
	KOP/LDPE, ONY/LDPE, KONY/LDPE, NY/MXD/NY/LDPE	餅、和菓子、洋菓子
アセプティック (無菌)包装	PET/EVOH/LDPE, ONY/EVOH/LDPE, NY/EVOH/LDPE	米飯、水産加工食品
	OPP/EVOH/LDPE, シリカ (アルミナ) 蒸着PET/LDPE	珍味
冷凍食品包装	無機ファイラー充填LDPE, 微細孔LDPE	青果物
	表面活性化剤添加PP/PP	
乾燥食品包装	ONY/EVOH/LDPE, PET/EVOH/LDPE	スライスハム、餅
	ONY/LDPE, PET/LDPE, OPP/LDPE	加工食品 (シューマイ、ギョーザ、ピラフ)
レトルト食品 包装	KOP/LDPE, ONY/LDPE, KONY/LDPE, KPET/LDPE	野菜類、魚肉類
	OPP/EVOH/LDPE, PET/EVOH/LDPE, NY/MXD/NY/LDPE	海苔、削り節、米菓、スナック
飲料・液体食品 包装	PVAコートOPP/LDPE, シリカ (アルミナ) 蒸着PET/LDPE	インスタントラーメン、粉末食品
	ONY/CPP, PET/アルミ箔/CPP	カレー、シチュー、ミートソース
飲料・液体食品 包装	PET/アルミ箔/ONY/CPP, ONY/MXD/ONY/CPP	ハンバーグ、ミートボール、米飯
	ONY/LDPE, KONY/LDPE	液体スープ、ジュース
包装	PET/アルミ箔/LDPE, PET/1軸延伸HDPE/アルミ箔/CPP	

注1) LDPE:低密度ポリエチレン, CPP:無延伸ポリエチレン, OPP:2軸延伸ポリエチレン, PVDC:ポリ塩化ビニレン,
KOP:PVDCコートOPP, NY:ナイロン, ONY:2軸延伸NY, KONY:PVDCコートONY, PET:ポリエチレンテレフタート,
EVOH:エチレンビニルアルコール共重合体, PVA:ポリビニルアルコール, MXD:MXD6ナイロン(メタリリノアジナット)
注2) LDPEの代わりにLLDPE(線状低密度ポリエチレン)が多用されている。
低温ヒートシール性が必要な場合、EVA(エチレン酢酸エステル共重合体)が使用される場合がある。
また、耐熱性が要求される場合、CPPが使用される。

2. 1. 3 レトルトパウチ包装

表1の種々の包装技法の中で、レトルト食品包装は食品を常温で長期保存するのに適した技法である。レトルトパウチ包装の場合、カレーやハンバーグなどの調理食品をパウチ内に充填して密封シールを行い、その後に100~150℃の温度の高温高圧下でレトルト殺菌*が行われる。レトルトパウチの種類としては、アルミ箔を含むものと透明タイプのものがあり、レトルト温度の違いにより使用される材料も異なっている。

表2に、レトルトパウチの構成と用途を示す。アルミ箔タイプの使用量は多く、材料構成としては、12μmPET/7μmアルミ箔/70μmCPPのものが一般的である。CPPとしては、衝撃強度の高いエチレン・プロピレン・ブロッコ共重合体が用いられている。このフィルムの融点は157~160℃でPEより耐熱性が高い。しかし、145℃のレトルトを行うと、パウチ内面のCPPが互いに粘着するブロッキング現象が起こる場合がある。このため、特に高い温度でレトルトされる場合には、さらに融点の高いホモのCPPで、かつ結晶化度を上げたフィルムが使用される。

透明タイプのレトルトパウチの構成としては、ONY/CPPが一般的であり、ハンバーグやミートボール、おでんなどの食品に適用されている。

表2 レトルトパウチの構成と用途

構 成	用 途
PET(12)/アルミ箔(7)/CPP(70)	カレー、シチュー、ソース、スープ ミートソース、マーボー豆腐の素、など
透明蒸着PET / ONY / CPP	カレー、リゾット、など
PET(12)/ONY(15, 25) /アルミ箔(7)/CPP(70)	業務用カレー、ミートソース、など (業務用大型パウチ)
ONY(25)/CPP(50)	ハンバーグ、ミートボール、など
ONY(25)/PE(50~70)	もち、おでん、など
PET(12)/PE(70)	しゅうまい、など

() 内の数字はフィルム厚, μm

2. 2 フィルム包装材料の製造方法

2. 2. 1 フィルムの製造方法

プラスチックフィルムは、熱可塑性樹脂を押出機で熔融させ、T型形状のフラットダイ（Tダイ）、あるいは円筒状のサーキュラーダイから押出すことにより製造される。前者の製膜法はTダイ法あるいはキャスト法、後者はインフレーション法と呼ばれている。図2に、Tダイ（フラットダイ）フィルムの製膜プロセスを、図3にインフレーションフィルムの製膜プロセスを示す。PVCは、熔融製膜法でも得られるが、熱ロール間で樹脂を熔融・圧延してフィルムにするカレンダー法によっても製膜されている。

フィルムには、無延伸フィルムと延伸フィルムがある。Tダイ方式やインフレーション方式で押し出されたフィルムを延伸しないものが無延伸フィルムである。このフィルムをタテ方向あるいはヨコ方向にのみ延伸したものが1軸延伸フィルム、またタテおよびヨコ方向に延伸したものが2軸延伸フィルムである。2軸延伸の方法には、逐次2軸延伸法と同時2軸延伸法とがある。

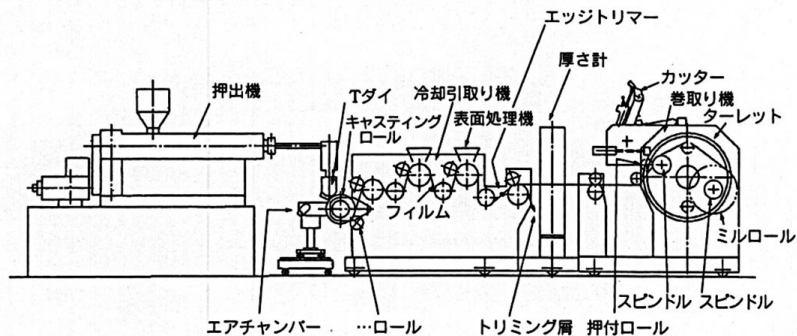


図2 Tダイ（フラットダイ）フィルムの製膜プロセス

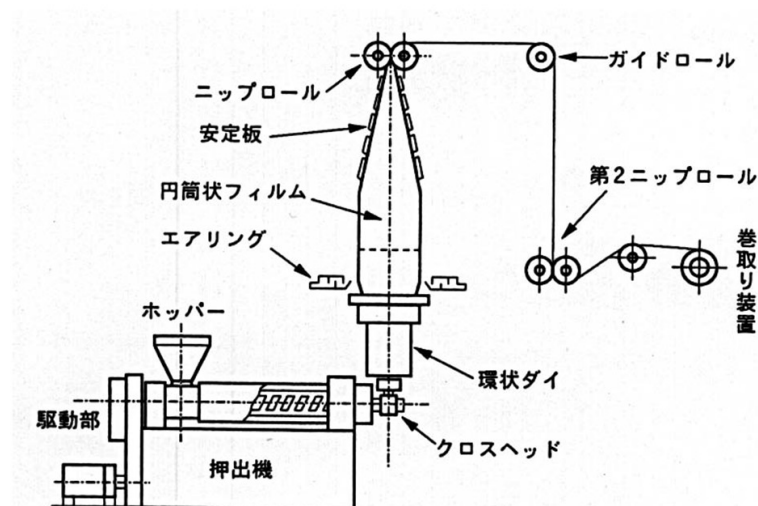


図3 インフレーションフィルムの製膜プロセス

2. 2. 2 フィルムの表面処理およびコーティング

フィルムなどを接着剤などを用いて多層化、すなわちラミネートする場合、フィルムの表面自由エネルギーが高いほど接着強度は高くなる。プラスチックの表面自由エネルギーは、金属やガラスに比べて低い。特に、ヒートシール材（シーラント）として多用される PE や PP などのポリオレフィンの表面自由エネルギーは低いので、表面自由エネルギーを高くし、接着性を改善するために、表面処理が行われる。

表面処理の方法には、洗浄、研磨、化学的処理（薬品処理）、物理的処理（コロナ処理、プラズマ処理、オゾン処理など）、プライマー処理などがあるが、包装用フィルムのラミネーションでは、コロナ処理が多用される。また、押出ラミネーションでは、基材にプライマー処理されるのが一般的である。

プラスチックフィルム表面の濡れ易さの程度は、臨界表面張力* γ 。(dyne/cm)で表される。PE や PP の γ の値は小さく、ともに 31 dyne/cm である。コロナ放電処理は、この値を 40 dyne/cm 以上、最低でも 38 dyne/cm となる条件で実施される。

プラスチックフィルムの表面に薄膜のコーティングを行って機能を高めたものが、包装用途にも使用されている。機能としては、ヒートシール性とガスバリア性の付与があげられる。2軸延伸 PP (OPP) は、単体での軽包装の用途があり、この場合ヒートシールコーティングが施されたものが使用される。コーティング剤としては、アクリル樹脂、塩化ビニル-酢酸ビニル共重合体樹脂、塩素化 PP、PVDC などが使用される。ガスバリア性付与を目的とした PVDC コーティングは、2軸延伸 PP (OPP)、無延伸 PP (CPP)、PET、2軸延伸ナイロン (ONY) などのフィルムに行われており、ポリオレフィンのシーラントがラミネートされて利用される。PVDC コートフィルムは、Kコートフィルムとも呼ばれる。アルミ蒸着フィルム、アルミナあるいはシリカの蒸着フィルムもガスバリア材料として多用されている。

2. 2. 3 ラミネーション方法

(1) ドライラミネーション

ドライラミネーションは、酢酸ビニル樹脂エマルジョンなどの水性接着剤を使用するウェットラミネーションに対する呼び方で、有機溶剤を使用するラミネート方法である。ドライラミネーションは、**図4**に示すようなラミネータによって行われる。この方法では、有機溶剤に溶解した接着剤を基材フィルムに塗布し、乾燥オーブンに通して溶剤を蒸発させ、他のフィルムと加熱圧着される。接着剤の塗布は、ロール表面に凹部（セル）があるコーティングロールを使用するグラビヤコート方式によるのが一般的である。接着剤としては、OH 基をもった主剤と NCO をもった硬化剤とを混合して用いる2液反応型のイソシアネート系（ポリウレタン系）接着剤が一般的に使用される。

食品包装分野におけるドライラミネート多層フィルムの用途としては、ドライラミネーションの耐熱水性を生かした表2に示したレトルトパウチが主要である。多層パウチのヒートシール強度は、層間のラミネート強度とも関係するが、ドライラミネーションは高い接着強度が得られるため、高いヒートシール強度が要求される水物の用途にも適している。スナック食品用などの一般構成には、後述する押出ラミネーションが広く用いられているが、PPは押出特性があまり良好でないため、ヒートシール層がPPの場合にドライラミネーションが適用される。その他の用途としては、蓋材や深絞り用などがある。

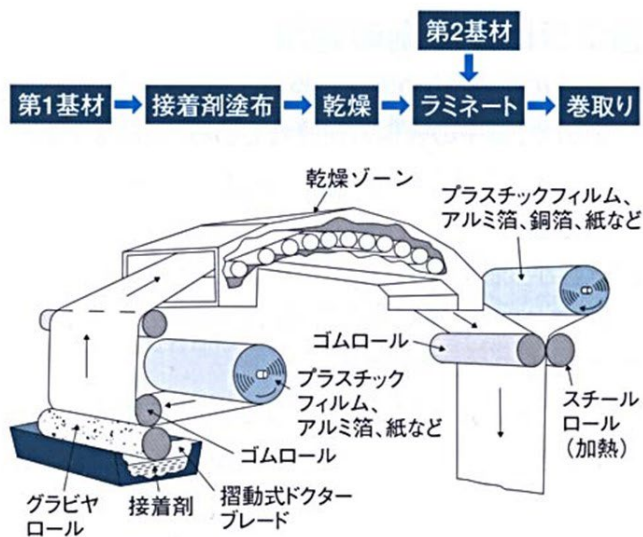


図4 ドライラミネータ

(2) 押出ラミネーション

押出ラミネーションは、押出コーティングとも呼ばれ、PE、PP、エチレン酢酸ビニル共重合体 (EVA)、アイオノマーなどを、Tダイからフィルム状に溶融押出しを行い、フィルムが溶融状態にあるうちに基材と圧着後冷却することによりラミネートする押出コーティングと、基材と第2のフィルムの間に溶融押出を行うサンドイッチラミネーションとがある。押出コーティング用の基材としては、PET、OPP、2軸延伸ナイロン、アルミ箔、紙などがある。サンドイッチラミネーションでは、これらの基材とPEやPPなどのシーラントフィルムの組合せが一般的である。

これら紙以外の基材フィルムと押出樹脂との接着を良好にするために、プライマー処理（アンカー処理）が行われるのが普通である。アンカー処理は、有機溶剤に溶解した有機チタネート系、ポリエチレンイミン、イソシアネート系（ポリウレタン系）のアンカー剤を基材表面に塗布して乾燥する方法がとられる。図5に、サンドイッチラミネーションの工程を示す。

押出ラミネーションで得られる多層フィルムは、耐熱水性が十分でないため、レトルト用途には適用できないが、スナック食品をはじめ、乾燥食品を中心として多用されている。また、牛乳容器として使用されている紙カートンには、板紙にLDPEを押し出コーティングしたものが用いられている。

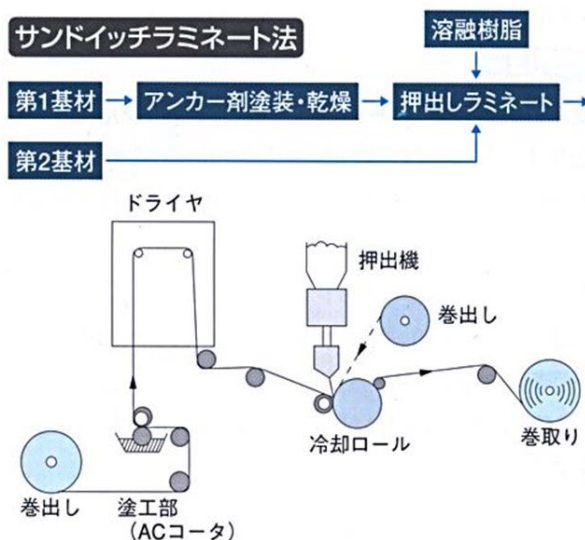


図5 押出ラミネーション（サンドイッチラミネーション）の工程

(3) ヒートラミネーション

ヒートラミネーションは、あらかじめフィルムに成形されたものに熱を加えて再び溶融させ、基材と接着させるラミネート方法である。このヒートラミネーションは、通常基材が金属箔や

金属板の場合に適用される。

このヒートラミネーションは、金属缶用の蓋材やポリエステルラミネート鋼板を用いた2ピース缶（TULC）の成形材料のラミネーションに用いられている。

（４） 共押出ラミネーション

共押出ラミネーションは、2台以上の押出機を用いて異種の樹脂を熔融状態でダイ内部あるいはダイの開口部において接合させ、多層フィルムやシートを1工程で製造する方法である。共押出ラミネーションには大別して、サーキュラーダイを用いたインフレーション法とフラットダイを用いたTダイ法がある。

共押出ラミネーションにおける層間の接着性は、樹脂の種類によって大きく異なる。表3に、共押出における樹脂間の接着性を示す。表に示されるように、ポリオレフィン（PO：PE、PPなど）とナイロン、PVDC、EVOH*などのガスバリア性樹脂との接着性は劣っている。これらの樹脂を共押出によって接着するには、接着材層を介在させる必要がある。代表的な接着材としては、ポリオレフィンに極性基を導入したアイオノマーや無水マレイン酸変性ポリオレフィンが使用される。

共押出フィルムとしては、EVOH系ガスバリア性フィルムが多くのメーカーから上市されており、代表的な構成としては、PO/EVOH/PO、NY/EVOH/POなどがある。ポリオレフィン（PO）としては、EVA、LDPE、LLDPE、アイオノマー、PPなどが用いられる。これらの多層フィルムの用途としては、スライスハム用などの深絞真空包装が一番多く、全体の需要の半分近く占めている。その次に、漬物、味噌などの水物食品類用が多く、畜肉加工品、スキンパックと続いている。

表3 共押出における樹脂間の接着性

素材の組み合わせ	接着性
LDPE/HDPE	◎
LDPE/LDPE	◎
EVA/HDPE	◎
EVA/LDPE	◎
アイオノマー/ナイロン	◎
アイオノマー/LDPE	◎
無水マレイン酸変性 LDPE/LDPE	◎
無水マレイン酸変性 HDPE/HDPE	◎
無水マレイン酸変性 PP/PP	◎
無水マレイン酸変性 LDPE/EVOH	◎
無水マレイン酸変性 HDPE/EVOH	◎
無水マレイン酸変性 PP/EVOH	◎
EVA/PVC	◎
アイオノマー/PP	○
EVA/PP	○
PE/PP	○
EVA/ナイロン	×
アイオノマー/ポリエステル	×
アイオノマー/PVDC	×
EVOH/PE	×
EVOH/PP	×
EVA/AN系ポリマー	×
PE/ナイロン	×
PP/PS	×

◎：非常に良好，○：良好，×：劣る

3. シート成形容器

3. 1 シート成形容器の構成と用途

3. 1. 1 プラスチックシート成形容器

フラットダイ（Tダイ）を用いた押出法によって得られるプラスチックシートは、真空成形や圧空成形などの熱成形によりカップやトレイ状の容器に成形され、食品容器として多用されている。

シート成形容器は、単層シートから成形されたものの使用量が多い。中でも、PS系のトレイが精肉、鮮魚、水産加工品などのトレイパックとして多用されている。硬質PVCの成形品は鶏卵パックなどに多く使用されてきたが、現在ではその多くが非晶性PET（A-PET）に代替した。鶏卵パックは、PETボトルのリサイクル樹脂の再生シートから成形されたものが多くなっている。

レトルト食品容器には、ガスバリア性が必要である。このため、レトルト用シート成形容器としては、PP/無水マレイン酸PP/EVOH/無水マレイン酸PP/PPの多層構成が使用されている。PP/EVOH系多層成形容器は、現在フルーツ、ゼリーなどのデザート食品、味噌、各種調理食品の電子レンジ食品容器として使用されている。

ハイガスバリア性容器として各種の酸素吸収性包装材料が開発されている。その中で、プラスチックに還元鉄の微粉を分散させた系の酸素吸収層をもつPP系の多層トレイが、無菌米飯容器として使用されている。

3. 1. 2 プラスチック金属箔複合容器

アルミ箔やスチール箔とプラスチックフィルムとのラミネートシートから成形されたカップやトレイが湯殺菌用あるいはレトルト容器として用いられている。アルミ箔にヒートシールコーティングしたタイプの成形容器は、ゼリーなどの湯殺菌用容器が主な用途である。スチール箔は、アルミ箔より剛性があるために変形しにくい利点があり、PP（40 μ m）/スチール箔（75 μ m）/PP（70 μ m）構成のものは、ベビーフード、フルーツゼリーなどのデザート食品、各種おつまみ類の容器として使用されている。

3. 2 シート成形容器の製造方法

3. 2. 1 シートの製造方法

シートの成形は押出成形で行われており、フィルム成形で用いられているTダイ法が適用されている。フィルムとシートとを区別する明確な定義はない。厚さが0.2mm以下のものをフィルム、0.2mm以上のものをシートとして区別したり、0.25～2.5mmの厚さのものをシートと呼んだりしている。また、0.8mm以下を薄物シート、0.8mm以上を厚物シートと呼んで区別される場合もある。

シート成形される樹脂としては、PS、PP、PET、PVCが主なものである。PETシートには、結晶化PET（C-PET*）と非晶性PET（A-PET*）シートがあり、最近では、PVC代替のA-PETシートが多くなっている。その他に、ASB、PMMA、PAN、PCなどのシートがある。

PSシートには、PSP（ポリスチレンペーパー）と呼ばれる発泡シートがある。このPSPの成形には、サーキュラーダイから押し出された円筒状の発泡成形品を切り開いてシート化するチューブラー法が用いられている。

3. 2. 2 シートの熱成形方法

熱可塑性樹脂のシートは、真空成形や圧空成形などの熱成形によってトレイやカップなどに成形されて使用されている。図6に真空成形と圧空成形の基本工程を示す。真空成形の工程は、まずシートをヒーターによって加熱軟化させた後、成形金型をシートに密着させてエアタイトにする。次に金型とシートとの間の空気を真空ポンプで排気し、大気圧で金型に密着させて冷却固化させる。最後に取り出した成形品のクランプ周辺をトリミングする手順で行われている。この真空成形の発展型とも言える圧空成形は、基本的な工程は真空成形と同様であるが、成形する際、金型と圧空ボックスをシートに密着させ、金型から真空排気すると同時に、圧空ボックスより圧縮空気で加圧して成形する方法である。上述の基本的な雌型成形は、ストレート成形と呼ばれているが、その他に種々の変形がある。よく用いられる方法にプラグアシスト成形がある。この成形法は、シートをプラグで雌型内に予張し、その後成形を行う方法である。プラグの大きさ、形状、材質、降下タイミングなどによって厚さ分布が変化する。プラグアシスト法は、雌型での深絞り成形に一般的に適用されている。シートを空気圧によって雌型と反対側に予張ブローした後、成形を行うリバースドロウ成形という方法もある。比較的深いものを成形するのに有効で、ストレート成形より肉厚が均一になる。プラグアシスト成形とリバースドロウ成形を組み合わせたプラグアシストリバース成形という方法もある。その他に、雄型を使用するドレープ成形という方法もある。

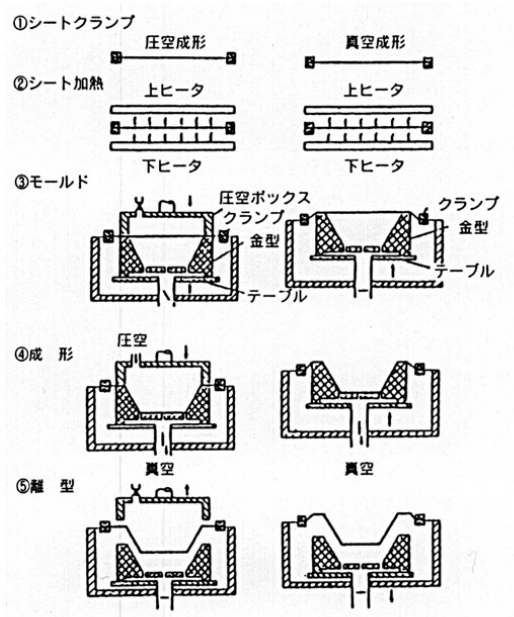


図6 真空成形と圧空成形の基本工程

4. 射出成形容器

4. 1 射出成形容器の構成と用途

射出成形容器は、プリン・ゼリー容器、マーガリン・チーズ容器、アイスクリーム容器、菓子・ケーキ容器、乳酸菌飲料容器、珍味・佃煮用トレイ容器、ドリンクカップなどに使用されている。使用樹脂材料は、そのほとんどが耐衝撃性ポリスチレン（HIPS）、汎用ポリスチレン（GPPS）およびポリプロピレン（PP）である。射出成形容器の用途の大半は、プリン・ゼリー、マーガリン用である。

また射出成形は、飲料用 PET ボトル、シャンプー、化粧品用ボトルなどのキャップの成形にも適用されている。

包装・容器には、表示やデザインのためにラベルや印刷が必要なことが多い。容器に直接印刷したり、ラベルを貼る方法が一般的であるが、ラベルを射出成形金型にインサートして成形するインモールドラベル法も適用されている。インサート成形の適用例としては、その他にガスバリア性容器の成形が挙げられる。プリン・ゼリーなど、チルド（冷蔵）流通でシェルフライフが比較的短いものであるため、ガスバリア性のない単層容器で対応できるが、パスタ用ソースなどのレトルト食品では、ガスバリア性が必要となる。インサートされるガスバリア材としては、アルミ箔の例もあるが、最近では PET フィルムにシリカやアルミナを蒸着したガスバリア材が用いられている。

4. 2 射出成形容器の製造方法

射出成形は、樹脂材料を加熱して可塑化溶解し、あらかじめ閉じられた金型キャビティに圧力を加えて射出充填し、冷却固化させた後、金型を開いて成形品を取り出す方法である。この成形法は、金型に忠実に、精度高く、安定した成形品が得られる利点がある。射出成形における射出装置には、プランジャー式とスクリー式がある。プランジャーで溶解した樹脂を射出するタイプのプランジャー式射出装置は初期の射出成形機に用いられていたが、現在ではインラインスクリー式が使用されている。

インラインスクリー式は、可塑化、計量、射出の機能を一本のスクリーに集約したものである。樹脂はスクリー回転により前方に送られてバンドヒーターの熱とスクリーの回転で発生した熱により溶解される。次にスクリーは後退し、後退ストロークにより樹脂の必要量を計測する。計量後スクリーは停止し、その状態でスクリーを前進させて樹脂を射出する。金型キャビティに樹脂を射出充填、保圧、冷却後、スクリーが後退し工程が完了する。

5. ブロー成形容器

5. 1 ブロー成形容器の構成と用途

表 4 に、現在使用されているブロー成形容器の用途、要求特性および材料構成を示す。単層ブロー成形ボトルとしては、以前食品用ボトルとして塩化ビニル（PVC）ボトルが多用されて

いたが、現在では環境問題から使用されなくなっている。飲料ボトルとしては、PET ボトルが主要であり、食品用にはガスバリア性多層ボトルが使用されている。

表4 ブロー成形容器の用途、要求特性および材料構成

用途	要求特性	材料	
飲料	炭酸飲料	耐圧、CO ₂ バリア性、透明性	PET
	果汁飲料	耐圧、O ₂ バリア性、透明性	PET
	コーヒー・茶飲料	O ₂ バリア性、透明性	PET
	ミネラルウォーター	透明性	PET
	ビール	耐圧、O ₂ ・CO ₂ ・アルコールバリア性	PET、アクティブバリアPET
	日本酒 ワイン	耐熱、透明性、O ₂ ・アルコールバリア性 透明性、O ₂ ・アルコールバリア性	PET、透明バリアコートPET PET、透明バリアコートPET
食品	しょう油	O ₂ バリア性、ファーマー保持	PET、PE/EVOH/PE
	ソース	O ₂ バリア性、ファーマー保持	PET、PE/EVOH/PE
	マヨネーズ	O ₂ バリア性、スクイーズ性	PE/EVOH/PE
	ケチャップ	O ₂ バリア性、スクイーズ性	PE/EVOH/PE
	ドレッシング	O ₂ バリア性、透明性	PET、PP/EVOH/PP
	食用油	O ₂ バリア性、透明性、強度	PET、PE/EVOH/PE
ヨーグルト・ヤクルト	広口、小型、安価	PS	
非食品	化粧品	美観、透明性	PET、PE、PS
	香粧品	耐化学品性	PE、PP
	シャンプー・リンス	耐化学品性、表面光沢、透明性	PE、PP、PET
	液体洗剤	耐化学品性、透明性	PE、PP、PET
	農薬	耐化学品性、有機溶剤バリア性	PE、PE/EVOH多層
	医薬品・輸液 工業用	耐化学品性、安全性、透明性 耐化学品性	PE、PP、PET PE

5. 1. 1 ポリオレフィン系ボトル

(1) 単体ボトル

ポリオレフィン単体ボトルはガスバリア性が無いため、食品用としては使用されていないが、非食品用のシャンプーや香粧品のボトルとして多用されている。PE としては、LDPE、HDPE ともに使用されている。PP は HDPE に比べて透明性、剛性に優れているため、HDPE に代わりに洗剤用ボトルに使用されている。エチレン-プロピレン・ブロックコポリマーは透明性は悪いが、低温耐衝撃性や表面光沢が良好であるため、着色ボトルとしての使用量が増加している。

医薬品分野の輸液ボトルは、従来ガラスびんが使用されてきたが、最近ではプラスチック化が進んでいる。ボトル材料としては、PE も使用されているが、PP の 2 軸延伸ブローボトルの使用量が増加している。

(2) 多層ボトル

マヨネーズ、ケチャップ、サラダオイルなどの酸化により品質が劣化し易い液状食品の容器として用いられるブローボトルには、酸素ガスバリア性の確保が必要である。このような用途には、ガスバリア性樹脂として EVOH* を使用した多層ボトルが多用されている。主材料は、PE や PP のポリオレフィンで、ブロー成形は多層共押出ブロー成形によって行われている。わさびやからしなどには、スクイーズ性* の良好なブローチューブが使用されている。

5. 1. 2 PET ボトル

PET ボトルは、現在では非常に多く使用されるようになり、なお増加の傾向にある。主要な用途は清涼飲料用である。清涼飲料用ボトルには、大別して一般の炭酸飲料用耐圧ボトル、アセプティック充填用ボトル、ホットフィル（熱間充填）用耐熱ボトル、耐熱圧ボトルの4種類がある。

炭酸飲料用 PET ボトルには、クリープ*変形に耐える耐圧性が要求されるため、樹脂として極限粘度*（IV 値）の高い、すなわち分子量の高いグレードを使用し、延伸倍率を高くする成形条件が適用されている

果汁入り飲料などの酸性飲料、スポーツ飲料、ウーロン茶などの茶類は比較的低い温度での加熱殺菌（パスツリゼーション）が必要である。このために、内容品を 85~91℃程度の温度に加熱してホットフィル（熱間充填）することが行われている。この場合、PET ボトルの熱収縮性が特に問題となる。ホットフィルによるボトルの収縮を防止するため、耐熱 PET ボトルの成形には、熱処理により残留ひずみを取り除くシステムが適用されている。

清涼飲料用としては、PET 単層ボトルが使用されているが、ビールなどの酸素の影響を受け易いものには、PET/MXD6 ナイロン*（メタキシリレンアジパミド）系や PET/EVOH 系、あるいは酸素吸収剤層をもつ共射出（コインジェクション）ブロー多層 PET ボトルが使用されている。

5. 2 ブロー成形法

5. 2. 1 ブロー成形法の分類

ブロー成形法は、「熱可塑性物質（樹脂）の加熱溶融」→「パリソン（プリフォームとも呼ばれる）の成形」→「圧縮ガスによる密閉金型内での膨張」→「冷却」→「成形品の取出し」の各過程からなる成形法である。ブロー成形は、まずパリソン（中空管状の予備成形体）の成形が行われる2段の成形法であり、パリソンの成形には押出成形と射出成形が一般に適用されている。その他に、圧縮成形も適用可能である。このように、ブロー成形法には各種の形式があるため、種々の分類が可能である。分類の方法としては、パリソン（プリフォーム）の成形方法による分類が一般的に行われている。また、パリソンの状態（熱履歴）による分類や工程数（ステージ数）による分類ができる。パリソンの成形方法としては、押出成形法と射出成形法が主流であり、その他の成形方法は特殊な方法である。パリソンが押出しで成形される押出ブロー成形法の場合はホットパリソン法であり、ダイレクトブロー成形法とも呼ばれる。一方、パリソンが射出成形される射出ブロー（インジェクションブロー）成形法の場合では、ホットパリソン法とコールドパリソン法が共に適用されている。

ブロー成形の方法として、パリソンを縦方向に延伸した後にブローする方法がある。この方法は、延伸ブロー成形法と呼ばれている。また、パリソンを多層で成形し、ブローする方法は、多層ブロー成形法と呼ばれている。その他に、工業部品の製造に適用されている多次元ブロー

成形法やエクステンジブロー成形法と呼ばれるブロー成形法がある。

5. 2. 2 押出ブロー成形法

歴史的に古く、現在でも広く用いられている方法である。押出ブロー成形の基本は、押出機で加熱溶融された樹脂をダイヘッドからチューブ形状（パリソン）に押し出し、溶融状態のパリソンを金型で挟んでパリソンの下部をピンチオフするとともに融着させ、内部に空気を吹き込んで冷却後、金型を開いて成形品を取り出す方法である。したがって、PE や PP などの結晶性プラスチック*では融点以上、PVC などの非晶性プラスチック*ではガラス転移点*以上の温度のパリソンがブローされる。

押出ブロー成形は、溶融押出したパリソンを冷却しないうちに直接ブロー成形するため、ホットパリソン式であり、ダレクトブロー成形とも呼ばれている。

押出ブロー成形法は、成形材料や成形品の大きさ、形状などに応じて種々の方式が開発されているが、現在では、**図 7**に示すようなシングルヘッド型の垂直回転式が一般的に使用されている。

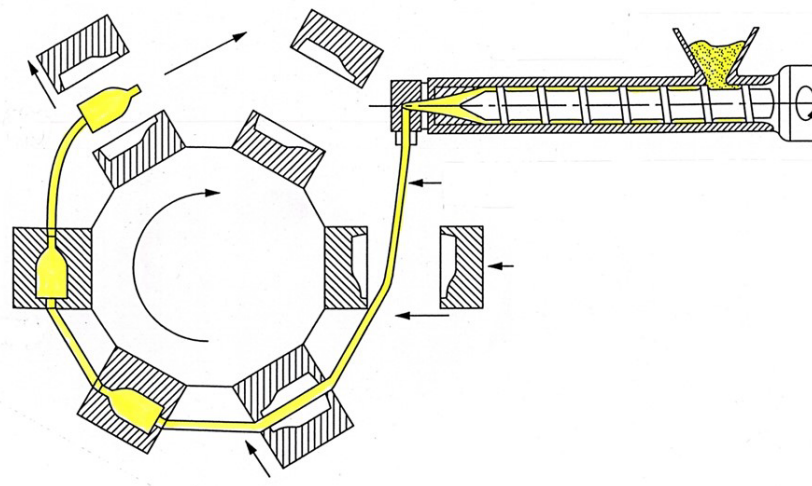


図 7 シングルヘッド型の垂直回転式押出ブロー成形機

5. 2. 3 射出ブロー成形法

射出（インジェクション）ブロー成形法は、射出成形によって試験管状の有底パリソン（プリフォーム）を成形し、このパリソンを成形樹脂のガラス転移点* (T_g) 以上の温度でブロー成形する成形法である。射出成形されたパリソンの熱履歴の違いにより、ホットパリソン法とコールドパリソン法とがある。

ホットパリソン法は、パリソンが完全に冷却しない状態で調温工程に移し、その後にブロー成形する方法である。ホットパリソン法は**図 8**に示すように、パリソン成形とブロー成形が連続的に同じ成形機で行われるので、1 ステージ式とも呼ばれる。一方、コールドパリソン法で

はパリソンを一度室温まで冷却し、ブロー成形機で再加熱して調温し、ブロー成形される。コールドパリソン法では延伸ブロー成形されるのが一般的である。コールドパリソン法は、パリソン成形とブロー成形が別の成形機で行われる2工程の方式であるため、2ステージ式と呼ばれる。2ステージ式は大量生産向きのシステムで多くにPETボトルメーカーで採用されている。

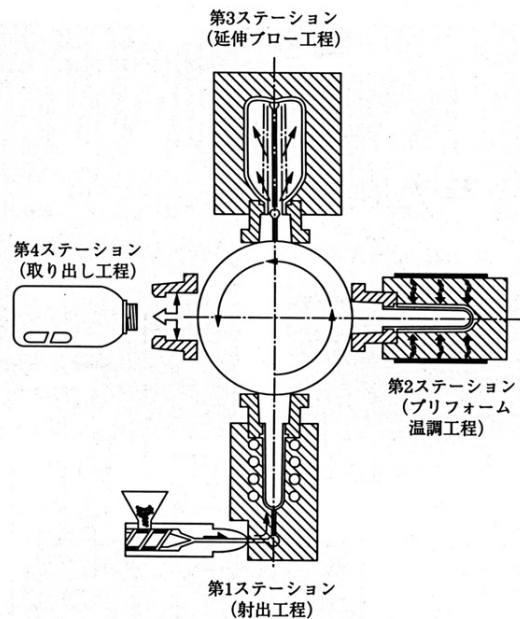


図8 ホットパリソン法（1ステージ式）射出延伸ブロー成形機の概要

<用語解説>

レトルト殺菌

食品を金属缶やプラスチック容器に充填・密封し、加圧・加熱殺菌すること。加熱殺菌するための高圧容器をレトルト釜という。加熱する媒体としては、加熱蒸気や熱水が使用される。パウチやプラスチック容器に食品を充填し、レトルト殺菌したものは、レトルト食品と呼ばれる。

臨界面面張力

一定の固体表面上に表面張力の異なる一連の液滴をつくり、接触角 θ を測るとき、液体の表面張力 γ_L のあまり大きくない範囲では $\cos \theta$ と γ_L の間に直線関係が成立する。ここで $\cos \theta = 1$ 、すなわち液体が完全にぬれ広がった状態へ外挿した時の γ_L の値を、その固体の臨界面面張力 γ_c という。 γ_c より γ_L が大きい液体は、この固体上で一定の接触角を保って平衡に達するが、 γ_L が小さな液体はこの固体表面を完全にぬらすことになる。したがって、 γ_c の大きい固体は多くの液体にぬれやすいことになる。

C-PET、A-PET

C-PETは、結晶化ポリエチレンテレフタレート樹脂 (crystallized PET) のこと。CPETとも書く。PETに核生成剤を添加し、加熱/冷却の過程で高速結晶化させて製造する。高温時の熱収縮率が低いため、オープン加熱調理用トレイとして用いられる。

一方、核生成剤を添加しないPET樹脂をシート成形したシートはA-PET (非晶性PET) シートと呼ばれている。PET樹脂は、結晶性プラスチックであるが、結晶化速度が遅く、通常の溶融成形法では非晶性の特性を示す。

EVOH (エチレンビニルアルコール共重合体)

エチレンとビニルアルコールの共重合体。エチレンと酢酸ビニルの共重合体を重合し、これを鹸化する方法で製造される。ガスバリア性が良好であるため、ポリオレフィンと多層化され、ボトルやシート成形容器あるいはフィルムのガスバリア材として使用される。

クリープ

材料に応力を加え、一定の応力を保った場合、時間と共に材料の変形量が増加する現象をいう。プラスチックなどの粘弾性体の場合にこの性質が強い。材料特性のほか温度などに支配される。

極限粘度 (IV)

固有粘度ともいう。IV (intrinsic viscosity) は略号。溶媒の粘度を η_0 、濃度C (g/100cm) の溶液の粘度を η とした時、

$$[\eta] = \lim_{C \rightarrow 0} \left\{ (\eta - \eta_0) / \eta_0 C \right\} = \lim_{C \rightarrow 0} \left[\frac{\ln(\eta / \eta_0)}{C} \right]$$

で定義される量。線状高分子の分子量Mは、その固有粘度 $[\eta]$ と一定の関係、 $[\eta] = KM^\alpha$ (K、 α は定数)にあるため、Kおよび α が既知の高分子については実験的に $[\eta]$ を求めることにより、その分子量を知ることができる。PET樹脂は、分子量の目安として、特にIV値を用いる。

MXD6 ナイロン (MX ナイロン)

メタキシリレンジアミンとアジピン酸を縮重合させた半芳香族系ナイロン (ポリアミド)。MX ナイロンとも呼ばれる。ガスバリア性が良好であるため、容器やフィルムのガスバリア材として使用される。PETと溶融成形温度や最適延伸温度が近いため、共射出延伸ブロー法で成形されるガスバリア性PETボトルのガスバリア材に適している。

結晶性プラスチック

固体状態で分子が秩序をもって配列した結晶を形成する高分子物質。明瞭なX線回折スペクトルを示す。結晶性プラスチックは一般に分子間力が強く、繊維状または薄層状の微結晶を形成し、融点がみられる。しかし、全体が結晶化することはない。結晶部分の全体に対する重量分率は結晶化度と呼ばれる。結晶性プラスチックの代表的なものとして、ポリエチレン、ポリプロピレン、ナイロン、PET、ポリビニルアルコールなどがある。

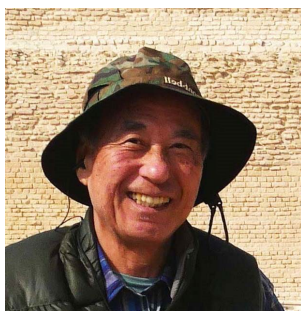
非晶性プラスチック

結晶状態をとりえない高分子をいう。一般に、高分子が結晶性であるためには、分子の立体規則性、分子の対称性が良く、側鎖が小さく、枝分かれがないことが要求されるが、非晶性高分子はこれら諸条件の一部あるいは全てを備えていない。明瞭な融点を示さず、ガラス転移点以上の温度にすると軟化し、熔融する。非晶性プラスチックの代表例としては、ポリ塩化ビニル (PVC)、アタクチックのポリスチレン (PS) やポリメタクリル酸メチル (PMMA) などがある。

ガラス転移点

高分子の温度を下げてゆくと分子の熱によるミクロブラウン運動が活発で分子が動きやすい状態から分子鎖運動が凍結されたガラス状態に移行する温度が存在する。この温度をガラス転移点あるいはガラス転移温度と呼び、 T_g という記号で表す。 T_g を境として熱膨張率や比熱の変化が見られ、力学的性質が変化するため、2次転移点とも呼ばれる。結晶性高分子では、 T_g 以上の温度では融点 (T_m) まで固体であるが、ゴム状弾性を示して柔らかくなる。非晶性高分子では、 T_g 付近の温度から軟化し、さらに温度を上げると熔融する。

著者情報



葛良忠彦 (KATSURA, Tadahiko)

1965年、京都大学工学部高分子化学科卒業。1971年、博士課程修了後、東洋製罐入社、東洋製罐グループ総合研究所勤務。2003年、東洋製罐定年退職。同年、包装科学研究所主席研究員。日本包装学会、SPE 日本支部、合成樹脂技術協会等に参画。

<趣味> 山登り、山スキー、チェロ演奏、旅行、野鳥撮影

〒247-0026 横浜市栄区犬山町 61-4

E-mail : katzkatsurakatsura@gmail.com