教養としての高分子加工技術

合成・物性研究者に望む

村上 健吉

Kenkichi Murakami, プラスチック工学研究所

高分子学会の設立された昭和 26 年頃は、新しい高分子材料が次々に登場し、高分子加工も原料樹脂の生産・樹脂製品の開発に随伴して続々と新しいものが考えられた時代であった。

当時の成形法は、高分子材料を扱う当業者にとって一見真新しいように見えたが、その基礎となる原理的なものは、すでに既存の他の材料に用いられていたものが多い。例えば押出成形は、マクロニやダイナマイト、ゴムなどの成形に使用されていたし、カレンダー成形はゴムの成形に広く使用されていたものである。

また今日の射出成形の基礎となるものは、軽合金のダイカストに、ブロー成形の原型はガラスの容器の成形に永らく使用されていた。

合成高分子材料として歴史的に古くから使用されていたものにフェノール樹脂、ユリア樹脂などの熱硬化性樹脂があるが、これら熱硬化性樹脂の成形法としてはもっぱら圧縮成形が使用されていた。圧縮成形は成形法のもっとも基礎をなすものと考えられており、せんべいをはじめ、あらゆる材料の賦型法として広く使用されていたものである。

このように他材料に使用されていた成形法は、新しい高分子材料の出現とともに、その材料の特性にいかにしてより適性を持ったものにモディファイするか、という試行錯誤の過程を経て改善発展を遂げ、今日の高分子加工技術に到達したものと考えられる。

昭和 30 年代に入って PVC, PE, PP, PS など汎用樹脂と称されるものが現われて、その消費量は驚異的發展を遂げる。合成高分子材料としては、その後優れた機械的性質や耐熱性を有するエンジニアリングプラスチック、選択透過性や感光性、特殊な電気的性質などを有する機能性高分子など種々のものが出現してい

るが、汎用樹脂の消費量が他の樹脂に比べて圧倒的に多いので、高分子加工技術の開発努力の多くはこの分野に注力されてきたように思う。

1. 熔融・賦型成形と融点以下の温度領域での成形

汎用高分子は、金属や陶磁器など他の構造材料に比べて融点が高いので、比較的低温で熔融させることができ、型（ダイもしくはモールド）で賦型すれば容易に所要の形状を持った製品をつくり出すことができる。したがってその加工しやすさが加工費の低減化につながり、コスト的に有利であるという結果をもたらす。このような環境下にプラスチックは他の材料にとって代わる代替需要を生み出すという形で昭和 30 年および 40 年代を通じて爆発的な量的伸長を遂げたものである。

熱硬化性樹脂は成形時に橋かけ反応を必要とするので、成形サイクルがより長くなり、加工費が割高になることを免れない。その用途分野は独自のものを有するが、今日量的に熱可塑性樹脂の後塵を拝するに至った理由はここにある。しかしながら、熱可塑性樹脂といえども成形品が大型になると、やはり熔融、冷却にかなりの時間を要し成形サイクルが延びてくる。

今日、自動車はわが国輸出品の花形として脚光を浴びており、自動車に使用されるプラスチックの量も（鋼材に比較して）飛躍的に伸びている。

しかしながら、その用途は主として小物部品に限られており、シャーシーやボデーなど構造材として使用される材料はあくまで鋼材である。その理由は大きく分けて二つ考えられるが、まず第一はプラスチック、特に汎用プラスチックの強度および剛性が鋼に比べて著しく劣ること。第二にプラスチックに一般に使用される成形加工法の加工速度が鋼板のプレス加工速度に比べて相当低いことである。

射出成形などでも肉厚の薄い小物部品では極めて高速で成形することができるが、大形品では成形サイクル中に樹脂を加熱し、ついで冷却するという熱の授受を必要とするので、製品の大型化に伴ってどうしても成形サイクルが延びてくる。

プラスチックを金属と同様に融点以下、ガラス転移点以上の比較的低温領域で塑性加工するという試みもなされており、一部実用化されているが、金属に比べて塑性加工適性において劣るように思われる。

まずプラスチックの場合、変形させたとき弾性領域を超えて塑性領域に入る変形率が比較的大きいこと、また外力を取り除いたときのスプリングバックの大きいことである。これは成形加工時の寸法精度の維持に劣ることを示している。この傾向は固相ではあるが、溶融点に近い温度にまで加温した状態では相当改善されるので、いわゆる温間成形として注目されているところである。

さらにプラスチックでは、塑性変形させた場合にわずかな変形率で白化したりき裂が入ったりする傾向があるが、これも融融点に近い温度にまで加熱した状態では改善される。室温で金属に劣らない塑性加工適性を有する高分子材料を開発することは無理かもしれないが、今後の興味あるテーマである。

最近、超塑性金属として一挙に数百%の塑性変形を与える金属が報道されているが、上記した諸点を改善した高分子材料が現われれば、プラスチックの塑性加工に革命をもたらすものである。

高分子材料の塑性加工適性を改善する他の方法として、シートを一度冷間圧延し、ついで絞り加工するものも考えられている。

さらに強度や剛性の向上を目的として、溶融状態から融融点以下の状態に冷却する間に非常に大きなせん断を加える方法、ノズルを通して溶融点以下の温度で高圧押出する方法などが試みられており、これらのプロセスによって特に強度の上昇では大きな効果をあげているが、加工された製品がせん断方向あるいは押出方向に配向し、物性が非等方性となる。

このような非等方性材料も研究対象として興味あるところであるが、今のところこれらに応用する対象製品が未開発であり、これら製品をいかに商品化するかが今後の課題となるであろう。

2. 溶融・賦型成形と今後の展開

熱可塑性材料、特に汎用樹脂は価格が安く、種々の用途に他の材料では望むべくもない適性を備えたものである。特に包装材料としてのプラスチックの役割は偉大なものがある。加工法別にどのような材料がどのよ

うな性質を備えていることが望ましいかを大ざっぱに述べると次の通りである。

i) 射出成形

射出成形では成形される製品の割合に機械の大きさが極めて大きいのが特徴である。その理由はなぜか？

射出成形では冷たいモールドの中にノズル、スプルー、ランナー、ゲートなどを経て溶融した樹脂を強圧をかけて短時間に押し込むものであるから、樹脂注入時に樹脂圧力に抗して型が十分な力で閉じられていなければならない。したがって、型開閉を行なうために加工エネルギーの大きな割合を使用する必要がある。最近の大型機では、型移動機構の一部を型閉め寸前まではメカニカルに行ない、同部をタイバーなど固定部にクランプし、最後の型閉鎖のみをハイドロリックで行なうメカニカルハイドロリック方式なども使用される。このように成形装置面でも省エネルギーがすすめられているが、本来樹脂の粘度が低ければ加工に要するエネルギーが低下し、成形機もはるかに小型化されるであろう。

このような観点から、射出成形に供される樹脂は本来加工温度において低粘度であることが望ましい。

硬質 PVC のような流れの悪い材料の射出成形はますます能率の悪いものとなり、大型機を用いてもごく小さい部品しか製造しえない。また硬質 PVC のような本来流れの悪い材料では、通常のシングルスクリーンを用いた可塑性機構では可塑性の均一性が悪く、したがって可塑性の均一性を促がす distributive mixing (位置交換混合) 機構を付加することが必要である。押出成形では以上の問題点を解決するために、二軸スクリーンが広く採用されているが、単軸スクリーンでも プラスチック工学研究所で開発した DIS (distributive mixing) スクリーン¹⁾ が上記の目的を達成しうる。

このスクリーンを用いるに際しては、従来の単軸スクリーン押出機の大部分をそのまま活用して、スクリーンのみを交換すればその性能を大幅に改善しうる。射出成形機の可塑性用には、硬質 PVC に対しても単軸スクリーンが使用されてきたが、DIS スクリーン採用によって単軸スクリーンでも二軸スクリーンに劣らない可塑性の均一性が期待できるようになった。

硬質 PVC に対しては、加工性を改善するために融点の低い内部滑性増加用安定剤を添加する方法と融点が比較的高い外部滑性増加用安定剤もしくは滑剤を添加する方法のいずれかが採用されてきた。このうち前者は軟化点を低下させ製品物性を工業用途には不向きなものとするものであった。

PVC の熱安定性を向上させれば加工温度をより高

くことができ、加工性の改善に寄与するところが大きい、これはレジンメーカーによって古くて新しい問題であろう。

ii) 押出成形

押出成形においては、スクリーによって可塑化された樹脂はダイに送り込まれ、ダイで断面形状を付与され、ついでフォーミング装置によってその形状を整えかつ維持しつつ固化するものである。

押出成形では射出成形のように熔融した樹脂が最終製品の形状をし、かつ密閉された型器壁に接触した状態で固化するのではなく、熔融状態より固化状態に至る間にダイによってほぼ断面形状を与えられた連続物体が総体的にはフリーの状態、かつ要所にフォーミング器壁をあてがって形状を補正しつつ整え、かつその形状を維持しつつ固化成形するものであるから、製品の寸法精度維持はより難しく、成形技術の確立にはサイエンスというよりアートに類するものが要求される。

特にパイプや異形製品のフォーミング過程では、樹脂の粘度が低すぎるとダイ先端より冷却固化するに至るまでの熔融樹脂の形状の維持が難しく、したがって成形が困難になる。押出成形ではダイ出口以降は粘度の低い樹脂より高い樹脂の方が成形しやすいのである。また弾性の寄与の大きい場合、あるいは発泡製品の場合ダイを出る際のスウェリングあるいは拡張が大きく、このような場合、逆にダイの出口の断面形状をスウェリングや拡張を見越してあらかじめ補正した形状にしておく必要があるが、これはもっぱら経験的基盤によって行なわれる。さらに粘度の低い樹脂の薄肉製品は特に成形が難しい。また熔融樹脂の表面が粘着性の場合、フォーミングプレートやサイジングマンドレルなど表面接触によって断面形状を矯正する金属器壁を使用しえないので、形状の補正や維持がいっそう困難となる。

器壁に接触させて断面形状を補正し整えようとする場合、器壁との摩擦によって押出製品はその引張りとは逆方向に抵抗を受けるので、樹脂の熔融体引張り強度(melt strength)の弱い場合、フォーミング部と引取部との間で押出製品が引張られてその断面積が著しく小さくなるか、引きちぎれるかのいずれかの状態となる。すなわち器壁によるフォーミングが可能かどうかは熔融樹脂の金属に対する摩擦係数と熔融体強度とのバランスによって決定される。もし前者が著しく大きく、後者が小さい場合、器壁によるフォーミングは不可能であって、ダイからフリーの状態での冷却し引取らなければならない。

これらは押出成形における樹脂の加工適性の選択の

仕方が射出成形に対比して大きく異なる点である。

またガラス繊維入り熱可塑性樹脂(FRTP)の押出成形は従来不可能とされていたが、これはダイ内で樹脂表面がこすられて表面がささくれだってくるためである。ガラス繊維でなくとも形状の大きな粒状充てん物の入った樹脂では表面状態が悪くなる。射出成形においても上記したようなものは表面状態が多少悪くなる傾向にあるが、両成形法での表面状態の良否に与える影響の差異は大きい。

フィルムやシート製品ではダイを出てからの形状維持は、パイプや異形製品に比べて違った観点から評価される。フィルムやシートではダイ先端部における吐出速度の違い(偏流)による製品のたるみ(幅方向のそれぞれの位置について押出方向の製品長さが異なっているときに生じる)や厚みの不均等などが生じると、製品の二次加工特性を害するため、一般的にたるみや厚みのバラツキのない製品が要望される。

以上の製品品質に影響する成形加工側の要素としては、スクリー押出機における可塑化の均一性、ダイの剛性や精度あるいは滞留の状態、温度管理、ダイを出てからの冷却風や冷却水、チルロールなどの時間依存および場所依存定常性など種々の要素がある。

樹脂側にとって問題となるのは、スクリーやダイ内に滞留する部分と熱安定性の問題であろう。一般にポリオレフィン、例えばポリエチレンは熱安定性の極めて良好な樹脂と考えられているが、実際には長期間使用しているとダイ内などで樹脂が滞留していたところは分解によって樹脂の流れが悪くなり、ひいては新しい樹脂の古い樹脂への更新が行なわれなくなって、所期のダイ性能とは異なったものへと変貌していく。セットされた成形設備のフリーメンテナンスという観点から、樹脂の熱安定性の向上はさらにいっそう期待されるところである。

さらにフィルムやシートで問題になるものに、フィッシュアイがある。フィッシュアイの生成原因は種々あると考えられるので、その対策も一様でないが、装置面では押出機先端とダイの間にスクリーンを設けて汜過する方法が一般的である。しかしながらスクリーンによる汜過は場合によって極めて短時間に目詰まりを起こし、スクリーン交換に手間を要するのと、場合によって目詰まりしていた異物の集合体が、何らかの機会に一挙にスクリーンを通過して製品にいっそう目立つ欠陥を生じさせることなどである。

フィッシュアイは、ポリマー重合過程で重合容器の掃除不良による残留物が原因になって発生する場合も多いときいているが、発生原因の除去にいっそうの努力が必要である。

iii) ブロー成形

成形加工技術のうちで、射出成形、押出成形は技術面からみてはほぼその成熟期に到達したものと思われる。これに対してブロー成形は技術的にもまだまだ発展期である。従来もっとも広く使用されてきた押出方式によるダイレクトブローにおいても装置面の改善が目覚ましい。

しかしながら、最近の技術進歩の中で特筆すべきは多層ブロー、延伸ブローの分野であろう。多層ブローはわが国独特の技術であって、最近、醬油、食用油をはじめとするスーパー向けの食品容器として PVC 単層容器に全面的に置き代わった。これに関連して新しいガスバリアー性材料、ガスバリアー性材料と水蒸気バリアー性樹脂とを接着するための接着性樹脂の開発などが盛んに行なわれている²⁾。

最近、多層ブロー容器の食品以外の分野への応用例として、特に注目されているものに耐薬品用途がある。ガソリンあるいはガソリン添加剤を入れる容器は将来膨大な需要があるであろう。その他医薬品、工業薬品用のびんとしてもそれぞれの薬品の種類に応じてその耐薬品性を最大に発揮する樹脂を最内層とし、剛性や強度を付与するための安価な材料 (HDPE や PP など) を外層とする多層ブロー容器が市場に出回りつつある。外層としてはより剛性を高め印刷性を改善しうる無機フィラー入りポリオレフィンが主流となるであろう。

このような用途にはそれぞれの内容物によってきめの細かいポリマーの選定と、場合によっては既存ポリマーの改質が要求されるので、樹脂をつくる側では小回りのきく研究開発態勢が必要であろう。

延伸ブローでは、このプロセスの開発初期においてまず PP が使用され、ついでアクリロニトリル、ポリエステルの順序で実用化がすすんでいる。これらの材料と成形法は互いに関連しており、PP は押出によってつくった無底パリソンをアクリロニトリルとポリエステルは射出によってつくった有底パリソンを使用し、いずれの場合にも、いったん冷却したパリソンを再加熱してブローするものが一般的である。

PP では融着適温と延伸適温が接近しているので、ブロー成形に際して延伸とモールドピンチ部による底部融着とを同時に行なうことができるが、他の二つの材料では上記した二つの温度領域が相当離れているので、熔融状態で底部もろともパリソンを成形できる射出法が広く採用されるようになってきた³⁾。現在、延伸ブローはコココーラ、ペプシーコーラをはじめとする炭酸飲料用に主として使用されているが、これらの用途に使用される成形機は能力的に大きくまた価格も

かなり高い。

一方、西ドイツにおいては主として PVC を対象とする小能力で価格の安い延伸ブロー成形機が開発されつつある。PVC は非結晶に近いポリマーであるから熔融温度から冷却過程で延伸適温にまで温度を下げ、直ちにブローすることができる。すなわち、いったん冷却後再加熱を必要としないので工程が簡易化される。

これらは従来の押出ブロー成形機をベースとしてこれに延伸ゾーンをくっつけたものもあり、構造が比較的簡単であり、小ロット製品の生産にも適するものである。いずれにしても延伸ブローは材料が結晶性であるか非結晶性であるか、熔融温度と柔軟温度との関係などポリマーの有する物性とその成形法が不可分の関係にあり、今後樹脂メーカーと機械メーカーとの協力によってさらに進歩を期待しうる分野である。

一般の押出ブロー成形では、ダイを出てからのパリソンのドローダウンを避けるため低粘度樹脂が好んで使用される。LDPE, HDPE, PP などのブローグレードは重合度の大きい高マルチンデックスのものが好んで使用されてきた。

ヨーロッパでは家庭用の屋外灯油タンクに分子量 20 万～30 万の超高分子量 PE が広く使用されているが、このような樹脂を押出して得られるパリソンはドローダウンが少なく、大型品成形用には向いている反面、表面状態が悪くなる問題点がある。一般に HDPE は押出製品の表面に凹凸を生じやすく、外観について繊細な神経を有する日本人にはあまり好まれない材料であるが、高分子量になるほどこの傾向は顕著になる。

最近、コエクストルージョンが盛んに行なわれるようになり、HDPE の表面に薄い LDPE の被膜を設けて外観をよくすることも試みられているが、HDPE 単体で押出したときに良好な表面状態が得られるようになれば画期的なことだと思われる。

シートの熱成形に際しても同様のことが言えるが、ブロー成形では樹脂の熱延伸性が良好でなくてはならない。熱延伸性に関しては、分子量分布のブロードなものがよいといわれているが、使用目的に応じたいわゆるテイラードポリマーが成形法に対応して品揃えされなければならない。

3. 複合材料の成形と材料開発

ポリマーを成形加工中に改質し特徴のある性質を与えるものとしては、発泡、橋かけ、延伸、複合などの方法がある。このうち発泡、橋かけ、延伸は長い歴史を有し、成形技術や材料開発も一応考えられるものは出尽くした観がある。これに対してポリマーどうしの複

合、ポリマーと異材質との複合はその永い歴史にもかかわらずまだ将来の大きな発展が残された分野である。

i) ポリマーどうしの複合⁴⁾

ポリマーどうしの複合では、混合段階におけるブレンド、成形加工段階における多層成形などがあるが、最近特に注目されているものがこのうちの後者に属するものである。

以前からポリマーどうしの多層フィルムなども使用されていたが、製造過程的に見るならば各層フィルムを単独につくり、後に表面を加熱して融着させるヒートラミネーションあるいは接着剤を塗布して接着するドライラミネーションによって貼り合わせるものであった。

これに対して最近、複数の押出機を使用してダイ内で複数の層を形成し、一挙に押出すコエクストルージョンが脚光を浴びている。コエクストルージョンによる場合、多層フィルムの製造に際して工程数が減るのが従来の方法と異なるところであるが、生産ロットが大きくなると従来法に比べ大幅なコストダウンが可能となる。

多層フィルムの最大の応用分野は食品包装であるが、食品保存用のフィルムは有極性のガスバリアー性樹脂と無極性の水蒸気バリアー性樹脂およびこの両樹脂の双方に結合力を有する接着性樹脂の3種類からなっている。わが国はガスバリアー性樹脂としてエチレン-ビニルアルコールをケン化したエパール、ポリオレフィンに極性基を導入して接着性を与えたアドマーなどコエクストルージョン専用の樹脂が開発されており、この方面の材料開発で世界をリードしている観がある。

ii) ポリマーと異材質との複合

ポリマーと異材質との複合材料では、ガラス繊維-ポリエステル強化樹脂 (FRP) が永い歴史を有している。FRP は将来の発展を約束されながら、その量的な伸びは比較的遅々としたものであった。

その原因の一つとして、FRP の生産規模が小さくガラス繊維生産に際し量産によるコストダウンができないので、これが FRP 製品の価格を押し上げ、需要の伸びを押さえってしまうという悪循環によるものであった。しかし徐々に堅実な FRP の需要の伸びに支えられてガラス繊維の価格も相対的には安いものになってきている。

また成形加工に際して、繊維本来の強度を十分いかしうるように配列させようと思えば手間と時間がかかり、量産に適しかつ繊維の強度を発揮させる繊維配列処理技術がなかったともいえる。繊維のフィラメン

トワインディングは繊維の強度を発揮させるうえでは有効であるが、ワインディングに時間がかかり加工コストが高いものとなる。フィラメントワインディングに次いで繊維の強度を発揮させるものにプリフォーム法があるが、これもあまり大型製品の成形には適しない。

ポリエステル樹脂とガラス繊維を混練機で混ぜた BMC (bulk molding compound) 法は生産性には優れるが強度において劣り、ハンドレイアップやスプレーアップは強度に対する信頼性に欠ける。強度と生産性の双方をかなりの程度で両立して発揮させる妥協の産物が SMC (sheet molding compound) 法であるが、今後とも繊維の強度を十分に発揮させることができ、かつコストの安い成形技術が待望される。

熱可塑性樹脂では、最近無機粉末充てんプラスチックが脚光を浴びている。これはオイルショック後、省エネルギーと易焼却性の意味から注目されたが、実用化はあまりはかばかしいものではなかった。その理由は充てん剤を多量に充てんした場合、樹脂の流れが悪くなり、成形機に摩耗を生じやすいこと、当初考えたほどコストダウンにつながらないことであった。

最近、アメリカで無機充てん剤とポリマーとの間のカップリング剤として有機チタネート系のもの⁵⁾、アジドシラン系のもの⁶⁾ などが開発されて無機充てんプラスチックは別の角度で注目されている。すなわち、強度、剛性および寸法安定性の著しい向上が期待されるのである。またこれらのカップリング剤を用いると多量の無機粉末を充てんしても樹脂の流れを極めて良好に保ちうることも利点である。

無機充てん剤と熱可塑性樹脂では著しい剛性の違いがあるが、複合材料として無機材料の大きな剛性と優れた寸法安定性を採り入れ、かつ簡便で生産性の高い従来のプラスチックの成形加工法をそのまま利用できるわけであるから、今後の極めて有用な材料として注目される。

現在のところ、カップリング剤の価格が高いので普及をさまたげているが、将来この点も徐々に解決されるであろう。高分子材料あるいはある種のポリマーの範疇の中でポリマーの物性を改善するののも一つの行き方であるが、本質的に全く異なった材料を相手に選り複合化することによって飛躍的に性質の異なる高分子材料が得られることが実証されつつある。複合の相手としては無限の組合せがあるわけであるから、今後複合によって現在の常識を超えた種々の材料が出現することが予想される。また複合材料の成形加工法はこれらの材料開発と連携して新しい展開がなされるであろう。

第1表 成形法の種類と進歩の趨勢

成形法	可塑化法の進歩	成形法全般の進歩	成形材料および製品開発の進歩
押出成形	スクリーン押出機がほとんどの場合に使用される。スクリーンはその直径に比べて長さ（比率を L/D ）で表わすが、しだいに長くなりつつある。また全長にわたってフライトを設けたフルフライトスクリーンに代わって、最近種々のミキシングスクリーンが用いられるようになってきた。また同一スクリーン直径の押出機に対して馬力の大きな駆動源が用いられるようになってきた。 二軸スクリーン押出機では同方向回転と異方向回転とがあるが、その用途が分化し、前者はある程度の集中的せん断力を要する用途、すなわち無機フィラーの混合用などに、また後者は硬質PVC用に広く用いられるようになってきた。	①スタートアップ時間が短縮するための温度の最適化 ②寸法精度を監視し、手動あるいは自動的により厚みや径をコントロールするシステム ③スクリーンづまりによるスクリュー交換時間を短縮するオートスクリューチェンジャー	①硬質PVCパイプでは耐熱、耐衝撃、耐侯性パイプなど特殊管の伸長 ②ポリオレフィンフィルムではHDPEフィルム、ストレッチフィルムの伸長 ③二軸同時延伸フィルムの用途開発（ナイロン、PVAなど） ④多層フィルムの実用化（PA/AD/PEなど）
射出成形		①射出圧力を下げかつ射出時間を短縮するための射出速度コントロールシステム ②適正充填量を確保し寸法精度を高めるためのクロードドループコントロールシステム（モールド内の圧力、型開き量などを測定） ③樹脂の粘度を一定に保ち品質を一定化するためのコントロールシステム（射出時間を測定） ④型締めの際の省エネルギーとなるメカニカルハイパードロリックシステム	①自動車部品の材質としてABSよりポリオレフィンへの移行 ②電気部品の材質として難燃剤入りプラスチックの普及 ③無機フィラー入りポリオレフィンの実用化 ④メッキ、塗装、印刷、ホットスタンピングをはじめスプレタリングなどによる表面処理技術の進歩 ⑤ダブルインジェクション、インサートインジェクション、サンディングなど色や材質組合せの多様化
ブロー成形		①バリソンブローグラミング法による容器厚みの均一化 ②バリソン長を必要かつ最小限に止めるバリソン長検査システム ③びんネックおよびびん底の仕上げに際しシアーカーテイングシステムを設けるシステム	①清涼飲料水などの用途に延伸ブローびんの実用化（PETなど） ②しょうゆ、食用油、薬品などの用途に多層ブローびんの実用化（PA/AD/PP, PE/EVAL/PEなど） ③超高分子PEによる大型容器の普及化
カレンダー成形	ミキシングロールによる可塑化法が相変わらず広く使用されているが、単一品種を量産する場合には混合・混練用のスクリーン押出機が使用されるようになってきた。	①ロール軸を交差させて製品肉厚の均一化をはかるクロスシンジシステム ②ロール表面近くに多数の錐孔を設け熱水を循環し温度の均一化をはかるドリルドロールシンジシステム ③各ロールごとに別個の駆動源より駆動しフリクショニング比を自由に選択しうるセクショナルドライバシステム	①ウェットプロセスによるHDPEの冷間カレンダーリングの実用化 ②合成紙をはじめとするポリオレフィンあるいはポリスチレン系樹脂のカレンダーリングの実用化

文 献

- 1) 村上健吉: プラスチックス・エージ, **21**, 75 (1975); **21**, 91 (1975); K. Murakami: *Plastics Engineering*, **30**, 51 (1974)
- 2) 村上健吉: プラスチックス, **28**, 5 (1977)
- 3) G. Pickering: *Plastics Technology*, **22**, 23 (1976)
- 4) 村上健吉: プラスチックス・エージ エンサイクロペディア, 進歩編 (1977) p 165
- 5) S. J. Monte, G. Sugerman: 35th SPE ANTEC Technical Papers (April 25~28, 1977, Montreal) p 228
- 6) G. A. McFarren, et al.: 34th SPE ANTEC Technical Papers (April 26~29, 1976, Atlantic City) p 19