

カーボンニュートラル志向のモノづくりに 貢献する射出成形ソリューション

UBEマシナリー株式会社
射出成形事業本部
名古屋射出成形機技術部 開発グループ

清水 康雅

1. はじめに

モノづくりの一つである射出成形の現場ではムダを省き、高品質な成形品をより安く効率的に生産することが日々追求されてきた。

一方、近年、世界共通の目標として掲げられた「カーボンニュートラル」を目指すべく、射出成形機ユーザーでは製品の品質向上や生産性改善だけでなく、生産におけるCO₂排出量（消費電力）の低減や使用済みプラスチックの再利用（プラスチックリサイクル）など、環境を配慮した取り組みが求められるようになった。

その顧客ニーズに着目し、本稿では環境負荷低減に貢献可能なマテリアルリサイクル技術、省エネ・省力化技術を紹介する。

2. マテリアルリサイクル技術 Direct-Sandwich

プラスチックリサイクルは3つに分類されるが、現在その中でも材料コストやCO₂排出削減量の観点より、マテリアルリサイクルを利用した技術開発が活発である。しかし、マテリアルリサイクルは製品の外観不良や臭いなど課題が多くあり、適用製品が限定的になっている。このような課題に対して有効な成形法が「Direct-Sandwich」である。成形品はサンドイッチのようなパン（表層）と具材（内層）の多層構造で、表層樹脂で内層樹脂を覆うことが特徴である。この多層構造により内層樹脂にリサイクル樹脂を用いることで先述した製品の外観や臭いの問題は解決できる。かつ、Direct-Sandwichの特長の一つとして、従来のサンドイッチ成形法で使用

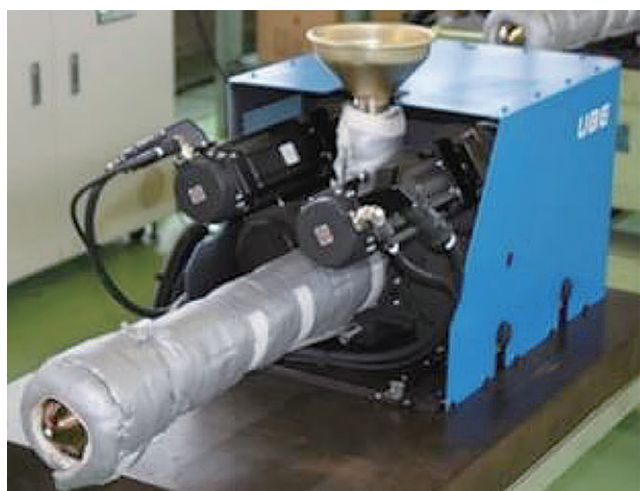


写真1 小型電動射出ユニット「ブチ射出」外観

必須となる特殊ノズルを用いる必要がないため、「専用の成形設備（特殊ノズル）」、「内層樹脂充填率（リサイクル樹脂利用率）」が低い、「特殊ノズルによる色替え性の悪さ」と言った課題を克服した成形法である。

Direct-Sandwichは表層樹脂と内層樹脂をそれぞれ射出充填するために合計2台の射出ユニットを備えた汎用機ベースの射出成形機と超精密型閉開自由制御「DIEPREST」と多点のバルブゲートを有する金型で構成されている。サブ射出ユニットとして低価格で省スペースの超小型電動射出ユニット「プチ射出」(写真1)を採用することで、多色射出成形機の課題であるコスト面や設置スペースの問題も解決できる。

成形工程は従来のサンドイッチ成形法に類似し、表層樹脂を先に射出充填し、内層樹脂を後から射出充填する(図1)。更にこの成形法の特徴はDIEPRESTを用いたコアバック動作にて金型キャビティ容積を拡張し、内層樹脂を更に充填することである。これによって内層樹脂の充填率を従来の工法に比べて大幅に向上させることが可能となった。

Direct-Sandwichを開発上市した2014年以降、昨今のマテリアルリサイクルのニーズへの貢献技術としてIPF2023に出展したところ、多くの射出成形機ユーザーからの問い合わせがあり成形トライを通じた技術支援を実施している現況にある。

3. 省エネ・省力化技術

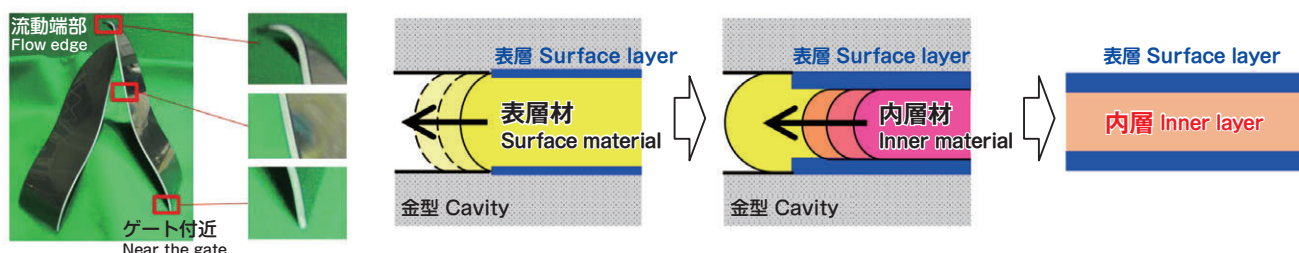
(1) 超高分散スクリュ「MF-UBスクリュ」

電動射出成形機における1サイクル内の各工程に占める消費電力の割合は可塑化工程、射出工程、ヒータ加熱、で多くの電力量を消費する傾向にある。その割合は一例ではあるが、可塑化工程（ヒータ電力含む）では成形全体に必要な電力量の約70%、射出工程では成形全体の約15%の割合となる。そこで今回は可塑化と射出の両工程の電力量低減に貢献する、当社の超高分散スクリュ「MF-UBスクリュ」の有効性を紹介する。

MF-UBスクリュは可塑化高品質にて好評を得ている標準スクリュ「UBスクリュ」のデザインをそのままにスクリュ先端に多段の多条フィン型ミキシングを備えることで超高分散を実現可能としたスクリュである。

一般的に、材料コスト削減のためにカラーマスターバッチの使用量を抑えようと、成形品にて色ムラ不良（分散不良）を誘発してしまう。色ムラ不良の対策として、可塑化工程の背圧を上げる、ミキシングノズルを使用するなどの方法があるが、それらの方法を用いると消費電力量が増大してしまう。

可塑化電力量は可塑化時のスクリュ回転動力及びスクリュ回転時間（可塑化時間）の積算値から求められる。一般的に背圧が高いほど、良好な色分散性が確保でき、



「Direct-Sandwich 成形品」

- ・ 表層樹脂：黒色 PP
- ・ 内層樹脂：ナチュラル PP
- ・ 内層充填率：61% (t=3.0mm)

図1 Direct-Sandwich 成形工程及び成形品

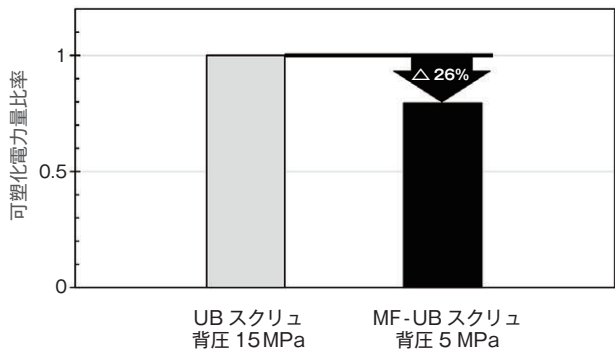


図2 「色分散良好」時の可塑化電力量の比較
(UBスクリュ／背圧15MPa基準の可塑化電力量比率)

可塑化電力量も大きくなる。この関係性は背圧を上げても1回転あたりのスクリュ回転動力には顕著な変動は見られない一方、可塑化時間が長くなることから可塑化電力量も増加するためである。本稿ではUBスクリュとMF-UBスクリュの背圧変化に対する色分散性並びに可塑化電力量の評価一例を紹介する。カラーマスターバッチ高倍率の色分散評価試験において、各スクリュの良好な色分散性を確保するために必要な背圧は、UBスクリュで15MPa、MF-UBスクリュで5MPaであることが確認された。それらの可塑化電力量を比較すると、低背圧にて色分散性が確保できるMF-UBスクリュでは、UBスクリュに対し26%の可塑化電力量低減効果が得られた(図2)。

一方でミキシングノズルの色分散性能も極めて高いが、ノズル内を樹脂が通過する際の流動抵抗(圧力損失)が大きくなるため、射出充填に必要な動力が増加する。樹脂特性や射出条件によって増加量は変動するが、

ミキシングノズルを使用しない場合と比べて最大20%高くなることが確認されている。MF-UBスクリュはミキシングノズルを使用せずとも高分散性を得ることができるため、射出時の電力量の損失低減の観点からも省エネで高機能なスクリュとして多くの当社射出成形機ユーザーにてご利用いただいている。

(2) 低压成形 SCS制御 及び DIEPREST

生産で使用する設備及び金型の集約による省力化技術として「ファミリーモールド成形」が挙げられる。この成形法ではホットランナーやバルブゲートの活用により1つの金型内に異形状のキャビティが配置されており、バルブゲートの開閉タイミングを調整することで同時に射出充填する手法である。1サイクルで複数製品が生産できる半面、全製品の総投影面積に応じた大きな型締力(型締ユニット)が必要となる他、形状差が多くなることでバルブゲートの開閉タイミングが複雑となり、射出条件調整の難易度が高くなる。

これらの課題を解決するために開発した順次射出制御「SCS制御」(Sequential Cavity Separation)(図3)について説明する。ファミリーモールド成形の利点である1サイクルで成形が完結する生産性は損なわず、順次射出により必要型締力は複数のキャビティの中から最大投影面積を有する製品の型締力にまで抑えること(省力化)が可能である。また、SCS制御では必要な樹脂量を一括計量する一方、単独成形と同じくキャビティごとに個別に射出条件(単独での計量完了

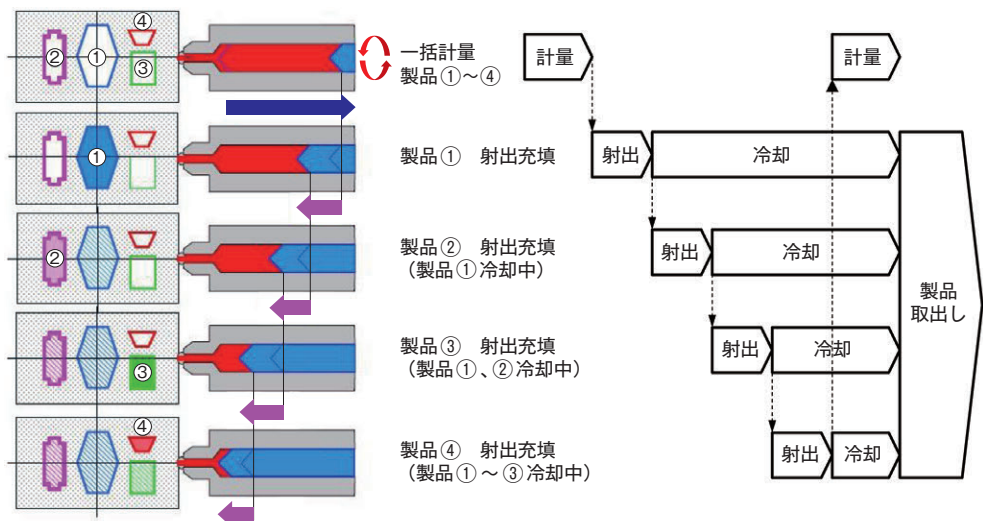


図3 SCS 制御による成形工程

位置、VP切替位置、等)の構築が可能で、一括計量の完了位置を基準に各キャビティへの射出充填のスクリュ位置を自動計算しつつフィードバック制御するため、バルブゲートの開閉タイミングの調整が不要となる。SCS制御は同色の異形状部品生産にて採用されており、省力化に加えて、生産設備や金型のコストダウンや成形サイクル短縮に大きく貢献している。

IPF2023ではSCS制御に加え、同じく当社の強みである超精密型閉自由制御DIEPRESTを併用した省エネ・省力化の提案を行った(図4)。展示内容として「省力化に貢献するUBEの成形システムエンジニアリング」をテーマの一つとし、電動2プラテン式射出成形機1050emⅢと自動車部品をイメージした2種の異形状製品のキャビティを有する金型にてSCS制御とDIPRESTによる射出圧縮成形を組み合わせた低圧成形を実演した。成形工程は図5にて示すとおり、SCS制御を用いて2製品を1サイクル内で成形している。成形品①は射出圧縮成形を行い、そのまま型締保持し、

成形品②を通常射出成形するという流れである。

前項 Direct-Sandwichでも紹介したDIEPRESTは、成形中に微小な型開量及び型締力を精密かつ自由に制御する技術であり、射出充填前の初期型開と射出充填後の型締圧縮の動作によって射出圧力及び必要型締力を下げることが可能となる。図6にIPF2023で成形実演した低圧成形による省エネ・省力化効果を示す。図6に示す成形モデル1、成形モデル2は各成形品を単独で成形した際の消費電力及びサイクル時間の合算値であり、成形モデル3はSCS制御を用いて同時成形した際の値である。先述の射出圧縮成形による型締力の低減率は、通常射出成形と比較した際、43%の低減率を得た。また、消費電力も通常射出成形と比べて、11%の低減効果がある(成形モデル2)。更にSCS制御と射出圧縮成形を組み合わせることで、消費電力は21%まで低減率が上がり、加えてサイクル時間が43%低減し、成形サイクル短縮にも貢献が可能である(成形モデル3)。

■ 省力化に貢献するUBEの成形システムエンジニアリング

UBE molding system engineering that contribute to cost savings and automation.

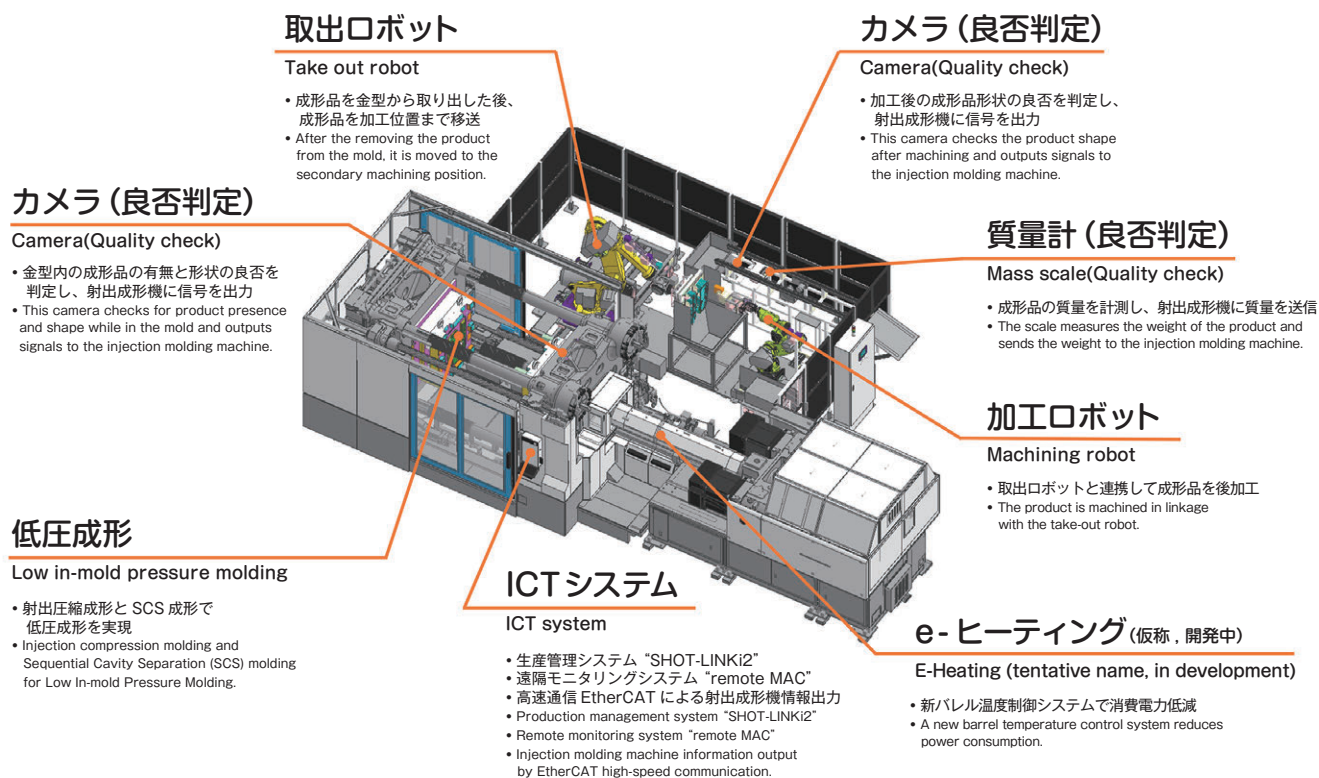


図4 IPF2023 成形実演内容

4. おわりに

世界に先駆け射出成形機の電動化が進んだ日本国内の射出成形業界に対して、当社は機械自体の省エネ性能を向上させるだけでなく、当社が強みとする可塑化技術や特殊成形技術によるカーボンニュートラル実現に向けた提案を行ってきた。カーボンニュートラル貢献技術に限らず、今後もモノづくりの一角を担う射出成形業界の

更なる期待に沿えるよう、生産性向上技術、軽量化技術、異色異材成形といった高機能化技術など、顧客ニーズに応える射出成形ソリューションの開発に引き続き取り組んでいく所存である。

※ Direct-Sandwich、DIEPREST、プチ射出、SCSは、UBEマシンリー株式会社の日本国内における登録商標です。

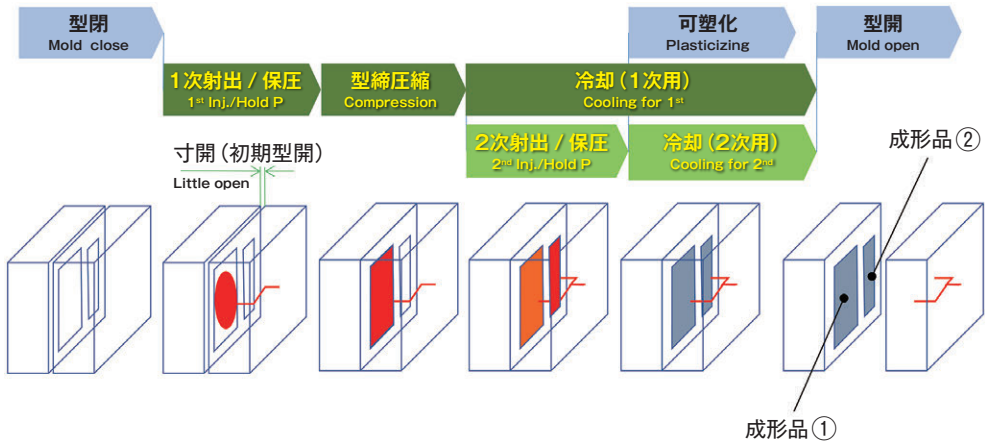


図5 IPF2023・低压成形の工程

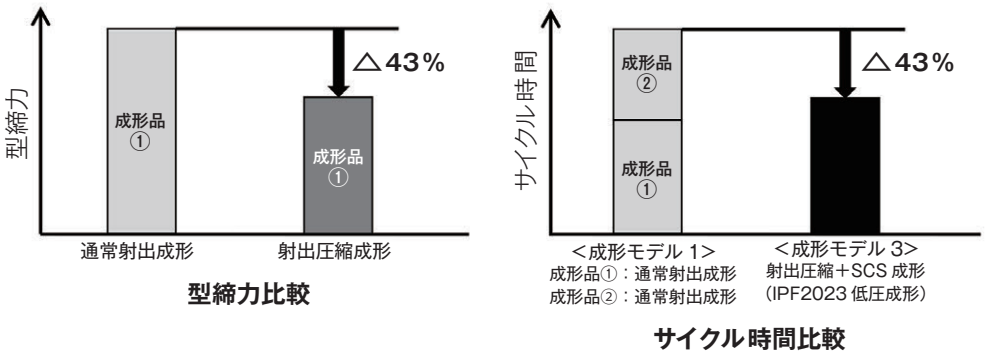
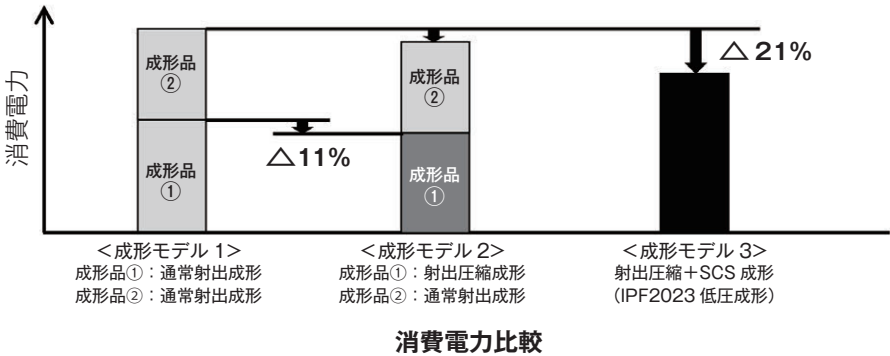


図6 IPF2023・低压成形による省エネ省力化効果 (消費電力・型締力・サイクル時間)