

現場を変えるスマートモールドィング —電動射出成形機Si-Vシリーズ—

Electric Injection Molding Machine Si-V Series

宮本 志郎

Miyamoto Shiro

行友 博司

Yukutomo Hiroshi

プラスチック製品は、まさに身の回りにあふれ、現在、「プラスチック部品が一切使われていない製品」を探すことのほうが困難であろう。このようなプラスチック部品を生産する最もポピュラーな方法が「射出成形」であり、そのための装置が「射出成形機」である。日立グループの東洋機械金属株式会社は、プラスチック射出成形機、アルミニウムダイカストマシンの専門メーカーとして、電気・電子、家電、自動車、食品から医療まで、国内外のあらゆる業界に、微細精密部品用の小型機から自動車部品用の大型機まで、幅広いラインアップの射出成形機を提供している。最新機Si-V（ファイブ）は、制御系を充実させることにより、簡単な設定で、すばやく、省エネルギーで、安定生産できる装置をめざして開発した。

1. はじめに

昨年2010年は、東洋機械金属株式会社（以下、TOYOと記す。）がプラスチック射出成形機の生産に着手して50年、電動機をスタートさせて25年の節目にあたる。TOYOは射出成形機の専門メーカーで、半世紀の長きにわたって「プラスチック射出成形」にこだわり、その間に試行錯誤を繰り返す中で、豊富な技術やノウハウを積み上げてきた。

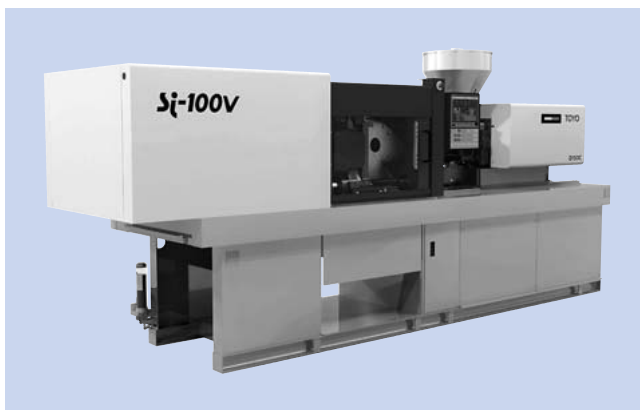


図1 | 電動射出成形機「Si-100V」
「Si-100V」（型締め力980 kN）の外観を示す。

今回の新機種開発においては、このようなこれまでの優れた「技術継承」と、最新のソフトウェア技術を取り入れた「進化」をテーマにしながら、「スマートモールドィング」というコンセプトを設定した。さらに昨今、海外向けのビジネスが6割を超える中、世界の諸地域で要求される「安全規格」に対応できることを視野にモノづくりを進めた。

ここでは、スマートモールドィングによる電動射出成形機「Si-V（ファイブ）シリーズ」について述べる（図1参照）。

2. スマートモールドィング

スマートモールドィングとは、ある特定の成形法や新機種の名称ではなく、「よりシンプルに、スマートに、安定生産を実現する」というSi-Vシリーズでめざした性能目標に沿った諸機能の総称である。

プラスチック射出成形のプロセスは、そのアウトプット（成形品）がオペレータの技量に左右されるところの大きい作業と言える。樹脂を可塑化して計量し、金型に充填して冷却固化させるという主要工程は、加熱筒やノズル、金型といった直接目視できない装置内部で進行し、オペレータは数値データによってのみ、そのプロセスに関与する。目視できるのは、結果としての成形品だけである。この成形作業の特性上、結果（成形品）から過程（成形プロセス）の不具合を想定し、データを的確に修正する能力である成形技能が問われることとなる。その技能をできる限り装置側で補い、オペレータの負荷を軽減させようというのが、スマートモールドィングの基本的な考え方である。

後述する「Vモード制御」や「ジャストバック制御」、「成形ナビ機能」は、そのための新制御機能と言える。いずれの機能も従来はオペレータの技能に頼っていた高度な条件設定を、モード選択など簡単な設定に集約し、作業の平準化、時間短縮、品質（成形品）の均一化を図ろうというも

のである。なお、製品開発のための装置として、加熱筒内部の可塑化状態を目視できるようにした可視化加熱筒は、TOYOが世界で初めて開発したものである。

3. 新制御「SYSTEM 500」

Si-Vシリーズの新規性を最も表しているのが、この新制御システムである。射出成形機はその機械系においてすでに成熟期に入っており、完全な新機軸というものは、あまり考えられない。これは射出成形機メーカー各社においても似た状況だと推察できる。しかし一方で、制御系はまだまだ成長期であり、新たなアプリケーションが登場する可能性がある。今回の「SYSTEM 500」がまさにそれである。

3.1 高速・高精度の射出行程モーション制御

高性能CPU (Central Processing Unit) を搭載することにより、業界最速クラスの制御速度を実現した。応答性において従来制御システム「PLCS-12」の約5倍の速度がある。これにより、射出行程から保圧行程への切り替え位置、時間、圧力などの「変化点」のばらつきを大幅に低減し、成形品の安定化に貢献する。Si-VとSi-IV (フォー) の同クラス機によって同じ製品を成形し、その重量ばらつきを比較したものを図2に示す。射出装置は両機とも同等スペックのものを搭載している。Si-Vにおいて明らかに偏差が少なくなることが同図から見てとれる。

3.2 匠の成形技術・技能をデジタル化

3.2.1 Vモード制御 (応答性可変機能)

以前からあった「速度多段制御」や「速度折線制御」に加え、射出・型開閉の自動加減速制御を追加した。特に、射出の設定においては、グラフ傾斜と成形品をにらみながら、最適条件を探しあてる「条件出し」という作業があったが、Vモード制御では3種類の加減速パターンからモード選択することで、ほぼ理想の加速・減速パターンを設定することができる。

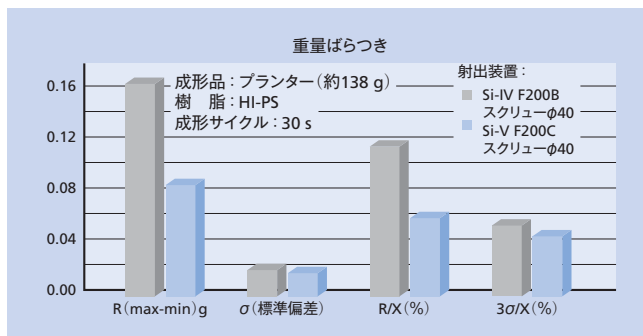


図2 | 従来制御システムとの比較

従来の制御システムに比べ、成形品の重量ほか、各偏差が大幅に低減している。

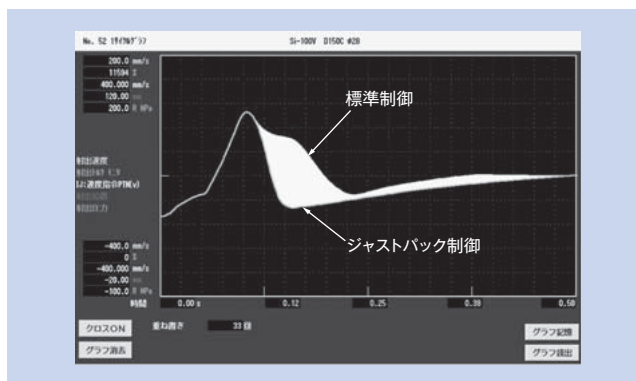


図3 | 標準制御とジャストバック制御の圧力差異

保圧行程の圧力変移を標準制御 (上側の線) とジャストバック制御 (下側の線) で比較して示す。白で表示された範囲の圧力が過剰であることがわかる。

3.2.2 ジャストバック制御 (高精度保圧制御)

1次射出完了直後に、独自の高精度保圧制御を行うことで、無理のないスムーズな完全充填を実現する。導光板などの薄物光学品の充填に有効である。この高精度保圧制御は、ばりの抑止、その原因となる残留応力の解消にも効果を発揮する。標準制御と「ジャストバック制御」による圧力の差異を図3に示す。上側の線が標準制御、下側が「ジャストバック制御」となる。その線の間を塗りつぶした範囲が過剰な圧力であったことがわかる。

3.2.3 成形ナビゲーション機能 (条件入力支援・診断)

ナビゲーション形式の画面指示に従い、必要事項を順次入力することで、成形に必要な最低限の条件設定ができる。成形ナビゲーションの起動画面と、型締力・ストローク計算画面を図4に示す。

TOYOの成形機に不慣れな場合はもとより、経験豊かなオペレータにも「条件設定の基本」を再度確認してもらうことができる。

ここでの「条件設定の基本」とは、毎年TOYO本社で実施されるプラスチック成形技能検定実技試験の講習会や、技術スクールで指導する成形マニュアルに則したデファクトスタンダードの方法である。



図4 | 成形ナビゲーション機能の画面例

起動画面では入力必要箇所はピンク色で表示される。

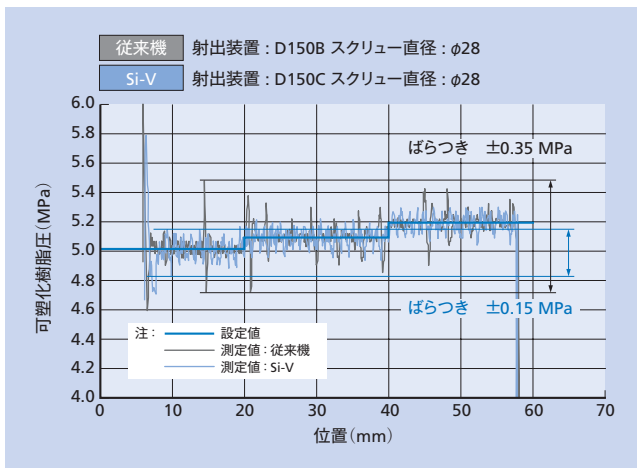


図5 | 実測値ばらつきの従来制御との比較
樹脂圧力設定値を0.1 MPaずつアップし、実測値のばらつきを従来制御と比較して示す。安定性は従来システムの約2倍である。

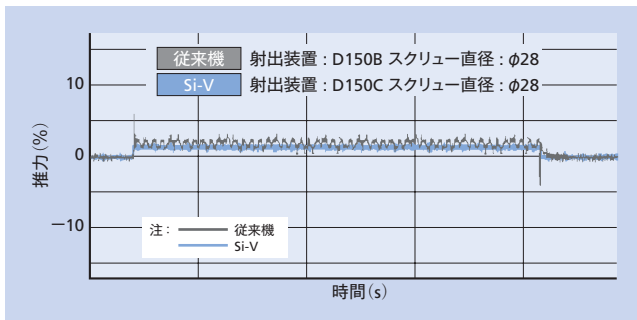


図6 | 射出低速域での駆動推進力の比較
射出低速域での駆動推力安定性が約2倍向上する。

4. 高性能デジタルロードセルを搭載した新射出装置

さらなる高速・高精度な圧力測定を実現するため、高性能デジタルロードセルを採用した。デジタルロードセルと低摩擦ガイド機構、先に述べた高性能CPUの相乗効果によって可塑化樹脂圧分解能が格段に向上した。0.1 MPaずつ設定圧力を変化させ、実測定値でのばらつきの比較を図5に示す。偏差の少ないほう(±0.15 MPa)がSi-Vの測定値である。射出低速領域での駆動推力ばらつきの比較を図6に示す。射出摺(しゅう)動部機構の低摩擦化により、もともと制御しにくい低速領域での推力安定性が2倍以上に向上している。

5. 技術継承した型締め装置

長年の産学共同研究を経て開発された「Vクランプ」型締め機構は、先行機種であるSi-IVシリーズからTOYOのプラスチック射出成形機に正式採用し、その効果を実証してきた。今回のSi-Vにも継承されている技術である。以下にその特徴を示す。

(1) センタープレス効果を高めた「V字形配置」の新型トグル

京都大学との共同研究によって生まれた新トグル機構は、従来よりもトグルの傾斜角を増し、横V字形に配置し

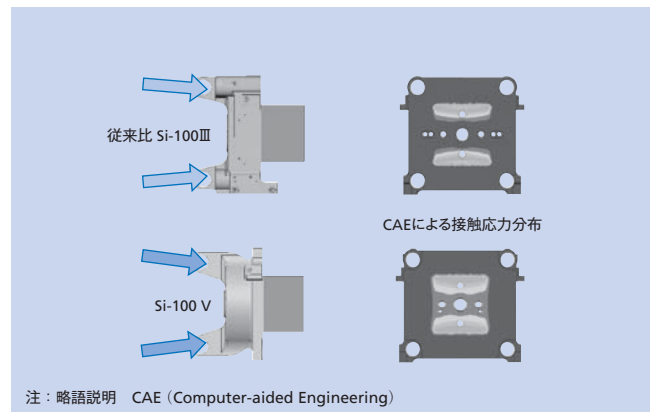


図7 | 可動盤の接触応力解析結果
Vクランプによる、より均一な接触応力分布を示す。

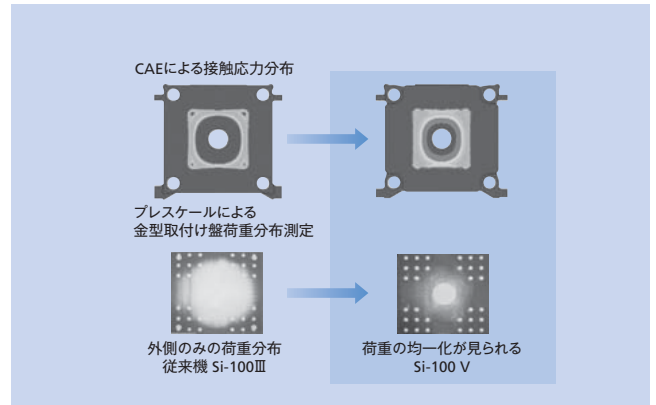


図8 | 固定版の荷重分布測定結果
金型面に、より均一な型締め力を発生させる。

たことから「Vクランプ」と命名された。このVクランプのセンタープレス効果により、型締め力が均一に金型に伝達される。

(2) 従来の金型取付け盤(プラテン)構造を最適化解析し、高剛性化とスリム化を両立

金型取付け盤の改良においても、京都大学と共同で取り組み、最適化解析モデルを制作し、ワイドプラテン仕様とし、高剛性ながら、スリムな形状の新しい金型取付け盤を開発した。おのおのの可動側、固定側の金型取付け面に、より均一に荷重分布している(図7、図8参照)。

6. 省エネルギーとエコ性能の向上

省エネルギーや環境対応についても、TOYOが歴代電動機において取り組んできたテーマであり、先行機種のSi-IVシリーズから継承した技術である。

6.1 給脂量88%減の独自開発グリース

摺動部の省潤滑設計と、TOYO独自開発による「プラスタグリースB3 No.2」の相乗効果によって、Si-Vシリーズにおける給脂量の平均値は従来機(Si-IIIシリーズ)と比較し、約1/5となった。「プラスタグリースB3 No.2」はグリースメーカーとの共同開発品であり、耐熱性、付着製

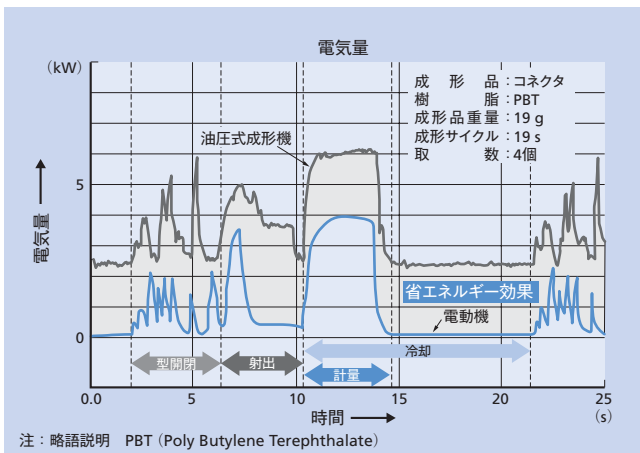


図9 | 油圧式成形機と電動式成形機の電気量比較
油圧式成形機と電動式成形機の各工程における電気量の差異を示す。

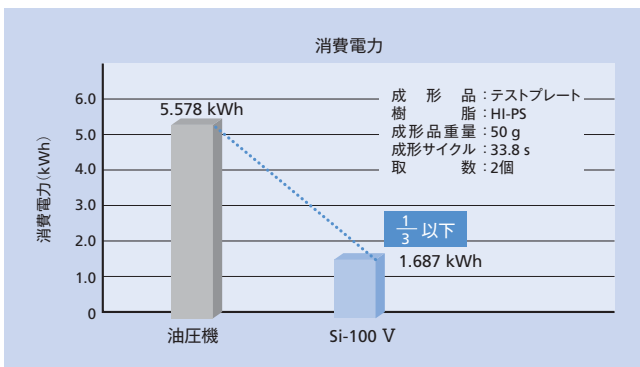


図10 | 油圧式成形機とSiシリーズの消費電力量比較
Siシリーズでは、油圧式に比べて消費電力量は約 $\frac{1}{3}$ になる。

耐水性、対摩耗性に特に優れたグリースである。

6.2 電動機こそ省電力

TOYO 電動機と油圧機におけるワンサイクルでの電気量の比較を図9に、Si-100 Vと当社同クラスの油圧機の消費電力量の比較を図10に示す。電動機、特にSi-Vにおける圧倒的な省電力効果が見てとれる。

6.3 鉛フリーへの取り組み(制御基板)

TOYOは地球環境保全に対する取り組みとして、グリーン調達・環境負荷低減活動を積極的に進めている。Si-Vシリーズにおける制御基板は、RoHS (Restriction of the Use of the Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment)指令に準拠した鉛フリー製品である。

7. グローバル安全規格に対応

海外向けのビジネスが6割を超える中、Si-Vは世界の主要な国や地域ごとに要求される「安全規格」への対応を前提に開発を進めた。オプション仕様では、表1に示す国、地域、業界団体の自主規格に即時対応できる。

表1 | 国や地域、主要業界団体ごとに求められる安全規格
主要な国や地域ごとに要求される安全規格に対応可能である。

| 国や地域(業界団体) | 規格名称 |
|------------------|---------|
| 日本(日本産業機械工業会) | K1001 |
| 中国 | GB22530 |
| 欧州 | CEマーク |
| 米国(米国プラスチック産業協会) | ANSI |
| 韓国 | KCマーク |

8. おわりに

ここでは、スマートモルディングを標榜(ぼう)する電動射出成形機「Si-Vシリーズ」について述べた。

今まで世界のプラスチック射出成形機、特に電動機のマーケットにおいて日本メーカーの技術力は世界をリードしてきた。しかし、次の10年間を考えると、その優位性はまったく予断を許さない。むしろ、その差異はなくなっていくと考えられる。メーカーとしては、次の手段を講じていかねばならないが、その前にできることは、これまで積み上げてきた電動成形機の優れた技術とノウハウを継承して磨きをかけることであり、「匠の技能・技術のデジタル化」とは、まさにそういうことである。

「スマートモルディング」という名称をつけるにあたっては、「スマート」にはもともと「賢い」という意味があり、匠(たくみ)の知恵をデジタル化した新機能はまさに「賢い機能」と言えるし、新採用のデジタルロードセルとSYSTEM 500による高速演算性能は、明らかに以前より賢くなったと言えよう。また、日本語で定着している「スマート=細い」という意味においても、「むだな圧力を省き、スッキリ充填できる」=「ジャストパック制御」や、省電力設計も「スマート」という言葉が適しているように思う。「スマートモルディング~射出成形をよりシンプルに、スマートに」のスローガンは、今回のSi-Vに限らず、TOYOがプラスチック射出成形機開発において、中長期的に取り組んでいくべきテーマであると考えている。

執筆者紹介



宮本 志郎
1984年東洋機械金属株式会社入社。開発技術本部 プラスター第1設計部 所属
現在、プラスチック射出成形機の機械設計を統括



行友 博司
1983年東洋機械金属株式会社入社。開発技術本部 電装設計部 所属
現在、制御ソフトウェア・ハードウェア設計を統括