

2010年プラスチック成形加工学会

「青木固」技術賞受賞

住友全電動機SE-DUZシリーズに搭載可能。



T-Rex Unit
新理論可塑化システム

www.spirallogic.com.hk

SPIRAL LOGIC LIMITED

Room G6, Ground Floor, Po Lung Centre, 11 Wang Chiu Road, Kowloon Bay, Hong Kong
Tel: +852-2796-2327 Fax: +852-2796-0064 E-mail: info@spirallogic.com.hk

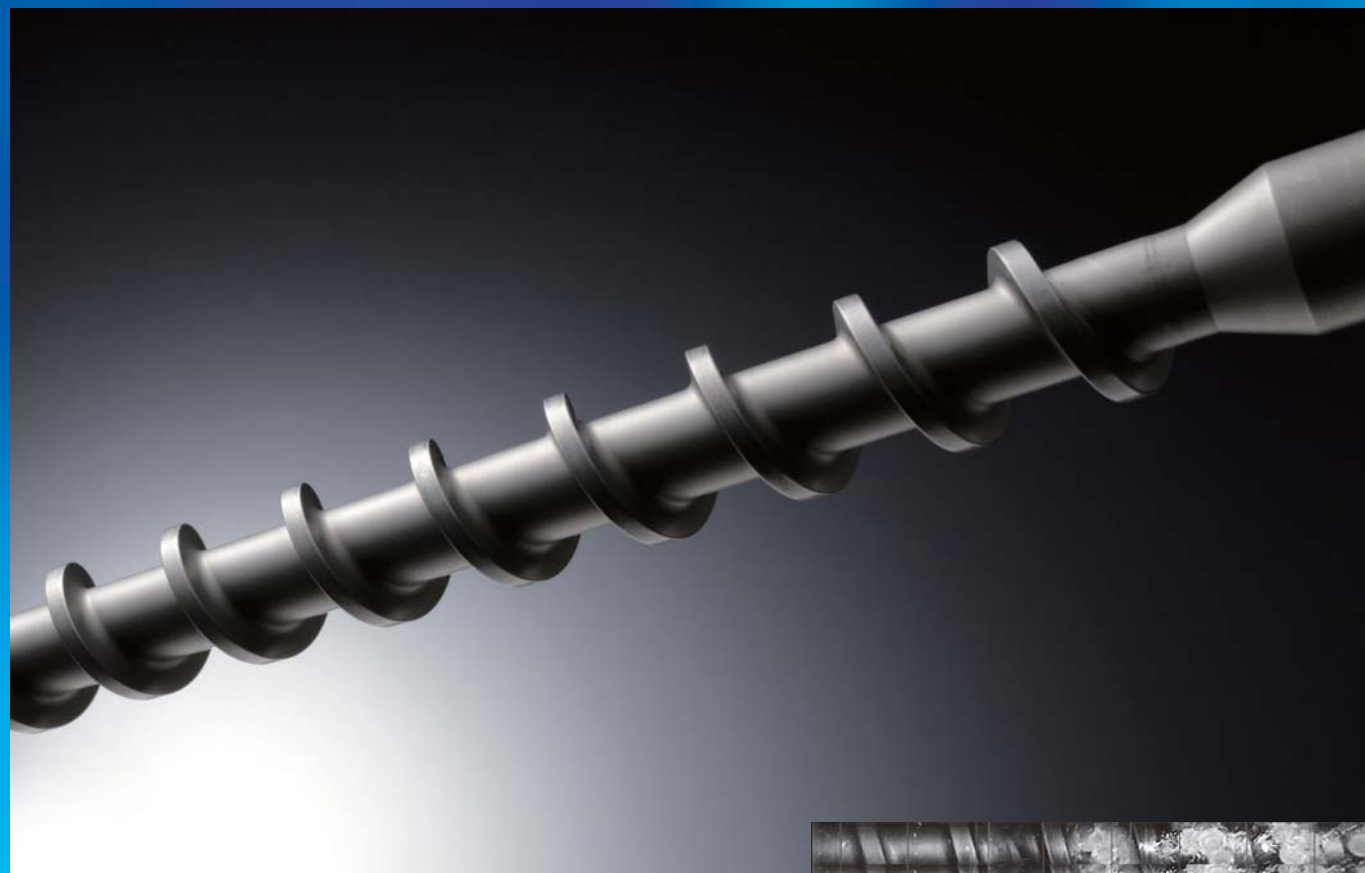


SPIRALLOGIC
TECHNOLOGY & EVOLUTION

SPIRALLOGIC
TECHNOLOGY & EVOLUTION

新しい融解理論から生まれるのは、改良ではなく、革命です。

射出成形を変える、SPIRAL LOGIC。



融解を極める。

SPIRAL LOGICは、独自の無剪断可塑化理論をベースに開発された、無圧縮ストレートスクリュをコアエレメントとする、まったく新しい可塑化システムです。

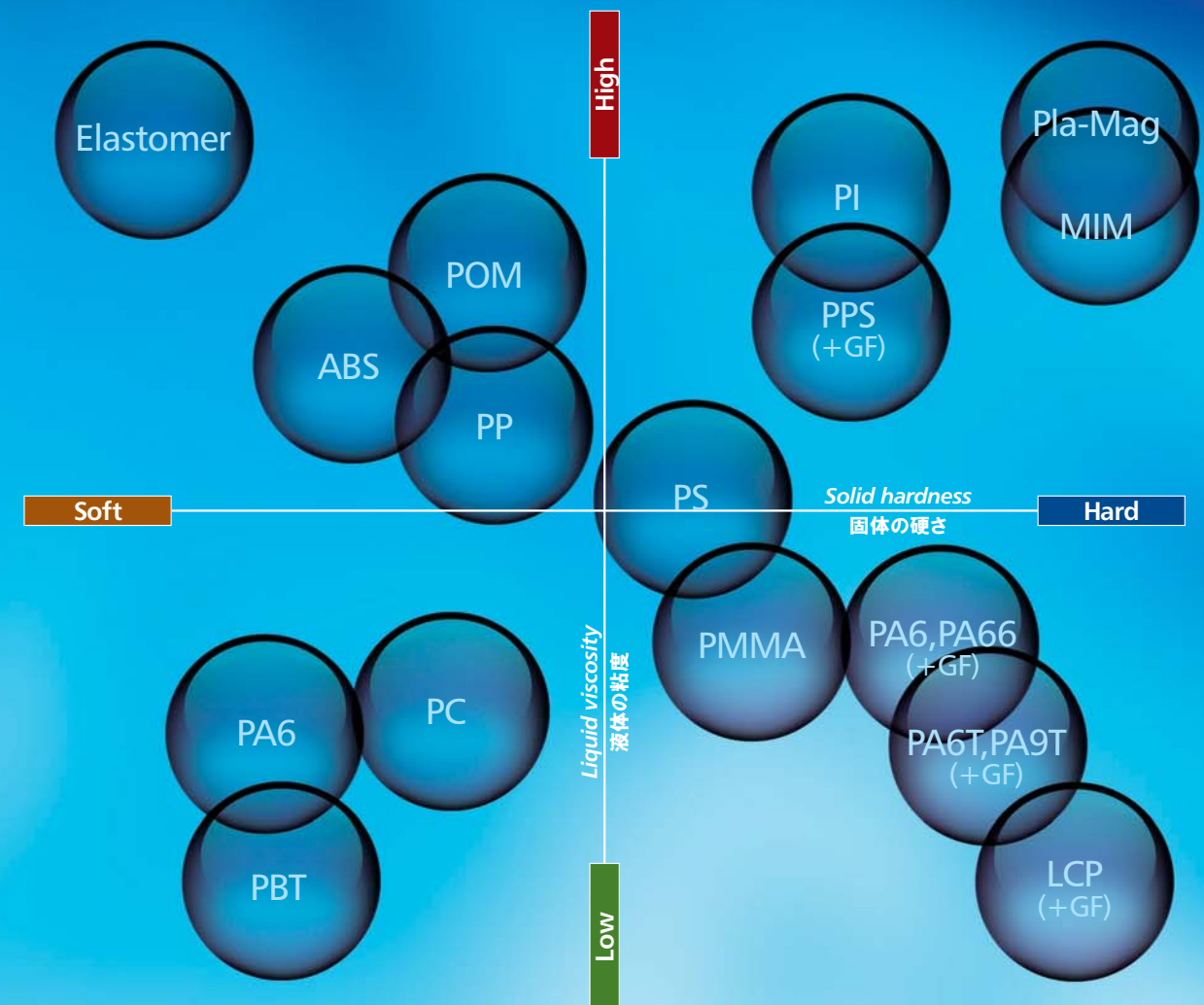
しかし、従来の理論で主役となっている剪断発熱を排除して、ヒータの熱量だけで樹脂が正常に融けて混錬されるのだろうか、という疑問も不思議ではありません。

それには、右の連続写真が答えとなるでしょう。透明ペレットにひとつだけ黒いペレットを混入し、融解の状態を実際に観察したものです。スムーズに融け、混錬されていく黒いペレットの痕跡が、理想の融解を実現したSPIRAL LOGICのすべてを語っています。



マテリアルマトリクス

エンジニアリングプラスチックのそれぞれが持つ特徴的な問題を的確に位置付けるために、独自に考案したチャートです。固体のペレットと液体のメルトを、同時に一本のインラインスクリュで取り扱うことで生じるさまざまな課題が、明らかになっています。



High

スクリュチップが共回りでは、バレルに摩擦が発生し、非共回りでは、押付力によってヘッドに摩擦を生じます。詳しい解析により、スムーズに樹脂がチェックリング部分を通過できるような、共回り・非共回りハイブリッド式のスクリュチップを開発、優れたシャットオフ性能と耐久性を実現しました。

Soft

エラストマに代表される固体の軟らかい樹脂は、計量が不安定ですが、これは自由落下による過剰供給が原因です。また、軟らかいペレットがホッパー口付近で挟まれるという現象も起き、フライトに貼り付いたペレットが計量時間のばらつきを引き起こしています。これらはすべて、SPIRAL LOGICの定量供給が解決します。



Hard

GFを加えたような硬い樹脂を、自由落下によって供給すると、バレルのホッパー口付近で過剰に充填して大きな圧力を生じ、バレルの摩擦を引き起こします。また、ペレットが閉塞した状態では、水分がうまく排出されません。SPIRAL LOGICは、定量供給を行うため、このような問題を回避することができます。



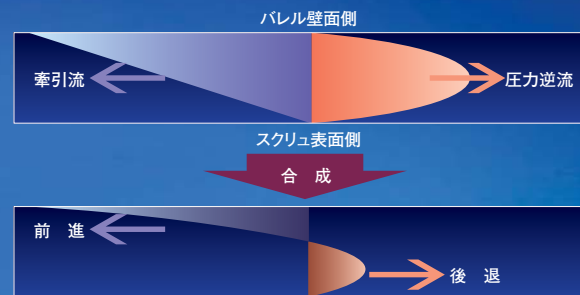
Low

メルト(液体)の搬送速度はペレット(固体)より遅く、メルトの粘度の低い樹脂では、特に遅くなります。従来のシステムでは、自由落下で供給されたペレットが後方からどんどん送られてくるため、スクリュ圧縮部の勾配で発生したメルトの渋滞が、ホッパー口付近まで続きます。これがいわゆる「噛み込みが悪い」という現象です。SPIRAL LOGICは、無圧縮ストレートスクリュと、メルトの搬送速度に合わせたペレットの定量供給により、樹脂の渋滞を起こしません。

SPIRAL LOGICが実現するのは、改善ではなく、根絶です。

例えば、これらの不良対策からの解放。

黒点(ヤケ)



バレル壁面側のメルトは、牽引流となって前進しようとする(上の青い三角形)。牽引流により前方の圧力が上がれば、断面積に対して圧力逆流が発生(上の赤いお椀型)。それぞれを合成すると、バレルの壁面側は前進し、スクリュ表面は逆流することが導かれます。

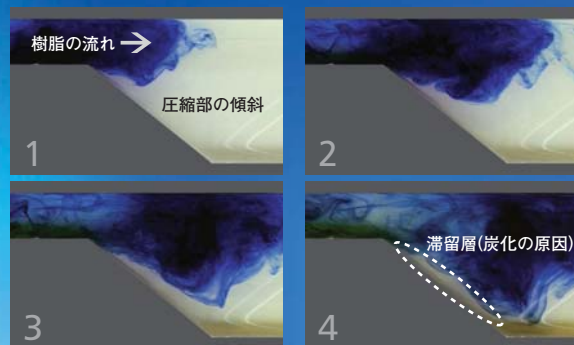


従来のコーティングスクリュ(上)とT-Rexスクリュの同一使用条件における比較。滞留層のないT-Rexスクリュでは、樹脂が炭化することなく、黒点は発生しません。

逆流成分が勾配にさしかかって力を失い、勾配の表面に達しないことを見るための、水を使った簡単なシミュレーション。圧縮部のあるデザインのスクリュは、必ず滞留層を形成するのです。

粘性流体の輸送理論——クエット流によれば、フライト間の空間でメルトに働く力を合成すると、メルトはバレル内壁側では前進し、スクリュ表面側では逆流成分のために後退しています。しかし、メルトが圧縮部にいたると、スクリュ表面側を後退する逆流成分は、傾斜で空間が広がったことで勢いを失い、動きを止めてしまいます。つまり、従来型スクリュでは、傾斜のある圧縮部の表面をメルトは流れず、滞留層を形成しているのです。この樹脂が脱水分解で炭化し、剥離して成形品に混入したものが黒点です。

SPIRAL LOGICは圧縮部のないストレートスクリュなので、全長にわたってスクリュ表面を後退する逆流成分が働き、滞留層を形成することはありません。

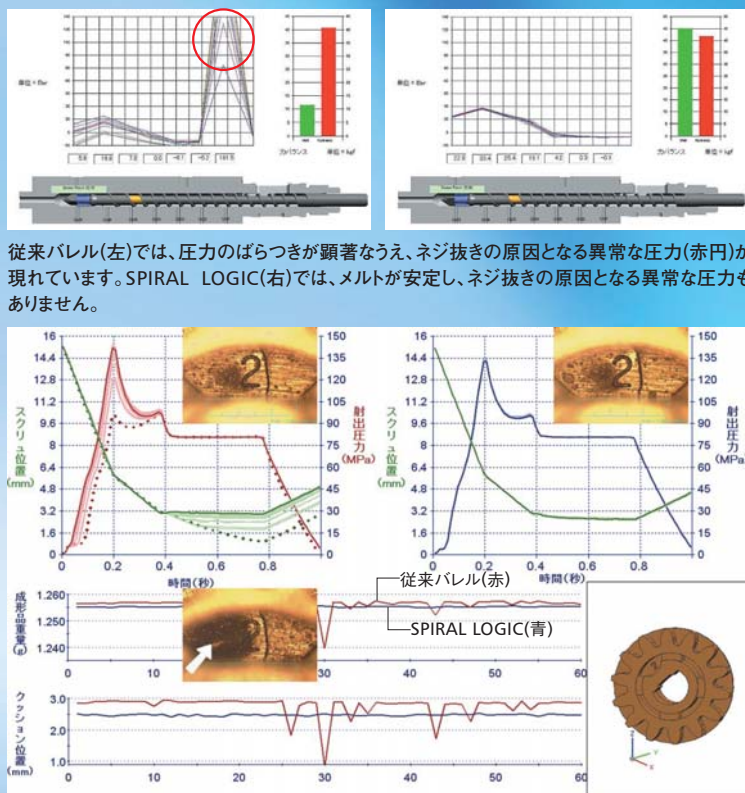


突発性ショートショット

突発性ショートショットは、LCPやナイロンなどの低粘度樹脂で頻繁に発生する不良ですが、これは、インラインスクリュ最大の問題であるネジ抜きが、直接の原因です。従来のバレルでは、圧縮部を起点とした低粘度のメルトの渋滞と、未熔融のペレットが、ホッパー口付近で強く押し合っています。この際、ペレットはバレル壁面と一体化して、スクリュに対してナットのように働くため、スクリュはメルトの力で後退するのではなく、ネジを回したように後退してしまうのです。これがネジ抜きです。

ネジ抜き状態では、メルトが減圧されるため、グラフ(上左)のように圧力のばらつきが現れます。SPIRAL LOGICは、ネジ抜きを起こさないで、メルトの圧力だけでスクリュが後退します。このため、突発性ショートショットは発生しません。

PCギアの実際の成形における60ショット分のデータの比較。従来バレルの波形(左)では、すべての要素が安定していないのに対し、SPIRAL LOGIC(右)では重ね描きがきれいに収束しています。メルトが安定している証拠です。下の重量・クッション位置のグラフを見ると、従来バレル(赤線)はばらつきが大きく、30ショット目でショートショットが発生しています(写真矢印部分)。



バレルの摩耗



硬い樹脂が充満した状態で発生する圧力(摩擦力)は、想像以上に大きいのです。このように摩耗したバレルでは、メンテナンスもさることながら、正常な安定成形が行えないことが大きな問題です。

腐食

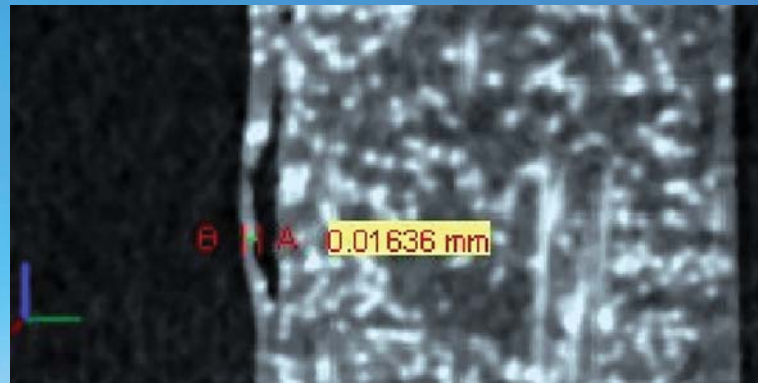
PA46・PA6T・PA9Tなどの成形現場では、きわめて短期間で進行するスクリュチップやスクリュ計量部の腐食が、大きな問題となっています。研究の結果、「樹脂から発生するガスが腐食を引き起こす」という定説を覆し、その原因として、次の3種類の「水」を特定しました。

1. ペレットに内包された水分
2. 圧縮部で脱水分解して発生する水分
3. 難燃剤が熱履歴で脱水分解して発生する水分

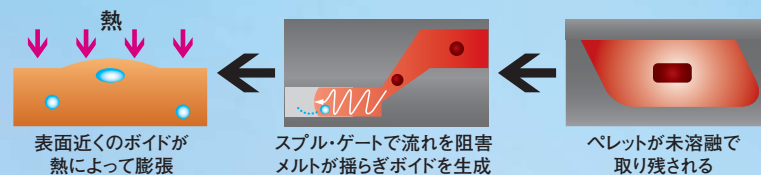
高温で成形する樹脂の場合、剪断発熱によって温度は320～340℃程度に上昇することがあり、圧力も100MPa以上に達します。このような高温高圧下にある水分は、超臨界水や亜臨界水に変化し、非常に強い腐食性を帯びます。高温高圧になるスクリュチップとスクリュ計量部が超臨界水・亜臨界水にさらされ、腐食が顕著に進行するのです。

SPIRAL LOGICでは、ペレットに内包する水分は定量供給の間隙を縫って排出され、圧縮部がないため滞留による脱水分解(炭化)もなく、さらにバレルの短縮によって熱履歴が短くなっています。原因となる水分がなければ、このような腐食は起きません。

ブリスタ



ブリスタを捉えたX線CTによる画像。ガスなどが原因ではなく、樹脂の熔融が不完全なために引き起こされていたのです。

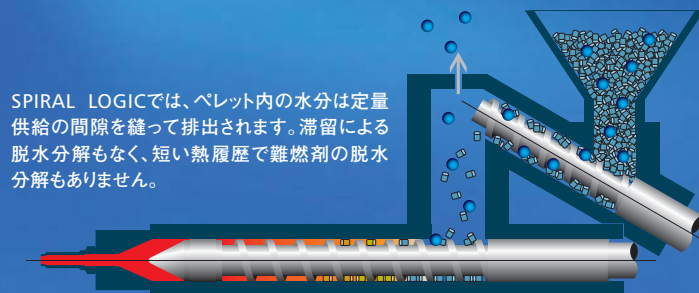


従来の自由落下によるペレット供給では、ペレットがホッパー口付近に充満し、大きな圧力が発生します。GF入りの樹脂などの硬いペレットは、その摩擦力によってバレル内壁やスクリュを摩耗させてしまいます。

SPIRAL LOGICは、スクリュの回転トルクをモニタしてペレットの供給量を調節し、メルトの前進速度に合わせた定量供給を行います。バレル内にペレットは充満しないので、バレルやスクリュが摩耗することはありません。



ナイロンは絶乾状態でも、1トンを使うと200ccの水がバレルに侵入する計算に。また、今後の主流となる分解温度の低い無機系難燃剤(水酸化マグネシウムなど)では、発生する水分が増えてしまいます。従来型バレルには、水があふれています。



SPIRAL LOGICでは、ペレット内の水分は定量供給の間隙を縫って排出されます。滞留による脱水分解もなく、短い熱履歴で難燃剤の脱水分解もありません。



特にLCPコネクタで問題になるブリスタ。この現象においても、発生のメカニズムは明らかにされていませんでしたが、融解という観点から以下のように説明することができます。

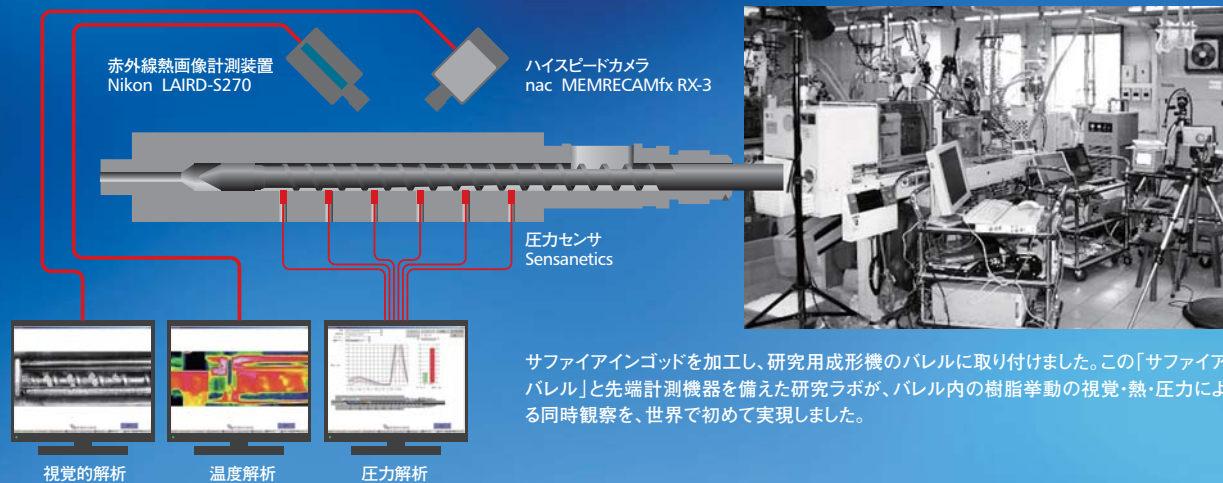
従来バレルでは、ブリッジ防止のためホッパ下を水冷することにより、ペレットが充分に加熱されません。そこに、急激な剪断発熱が加えられ、あるペレットがさっと融けて急速に粘度の低いメルトを形成すると、まだ熱量を十分に受けていない別のペレットがこのメルトに包まれ、未熔融の核となります。この未熔融の核がゲート部でメルトの流速と粘性に影響を与え、スパイラリングによるボイドを生成します。このボイドが成形品の表面近くにあると、熱によって膨張して表面を膨らませる、というのがブリスタ発生の流れなのです。

SPIRAL LOGICでは、未熔融の核の形成防止に特化するため、熱容量とスクリュフライト、そして条件設定ソフトを専用にデザインした低粘度樹脂専用のLSバレルを開発しました。完全に均一なメルトが、ブリスタの発生をなくします。

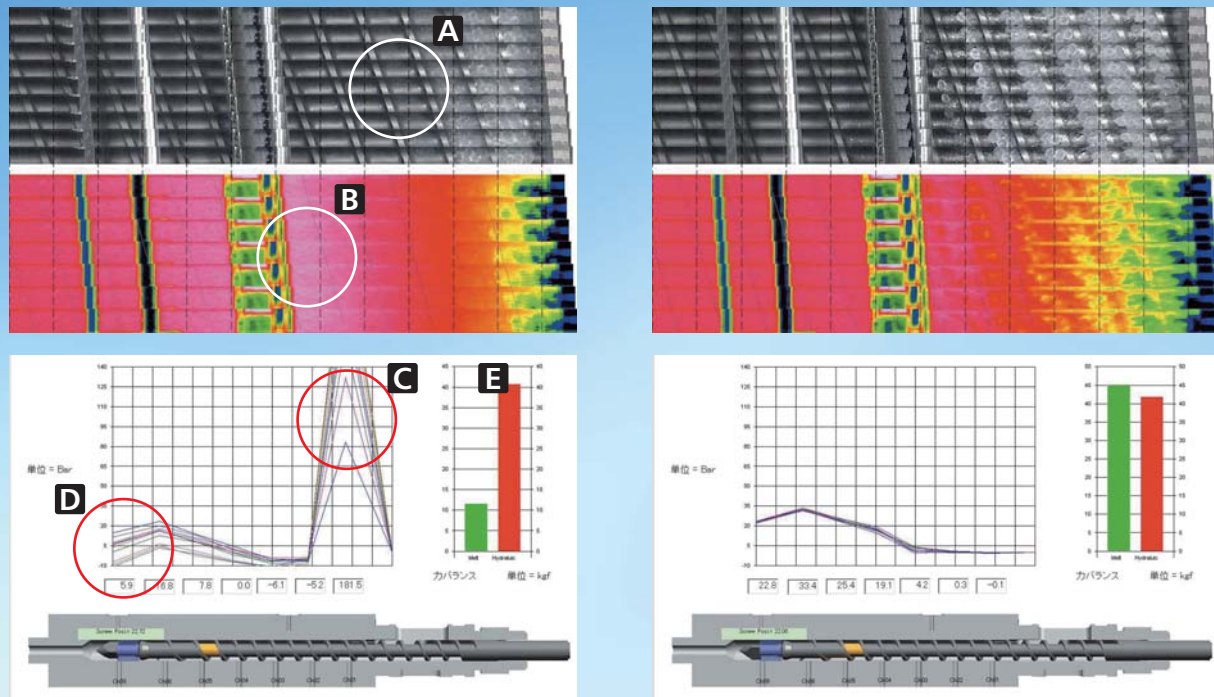
SPIRAL LOGICの誕生。

剪断発熱の罪科を明らかにし、新理論の構築へ。

射出成形の黎明期には想像もできないような進化と量的拡大を遂げた材料や製品にひきかえ、スクリュの基本デザインには1950年代から大きな変化が見られません。今まさに生産現場で直面しているさまざまな課題やトラブルは、この奇妙なギャップに根ざしているのではないか。この素朴な疑問が、SPIRAL LOGICの研究開発の契機です。サファイア単結晶を装着した特殊バレルを使い、バレルの中で実際に起こっている事象を明らかにする観察と解析を重ねました。



下の左側の画像とグラフは従来型バレルの解析です。ペレットはホッパ口から入って、すぐに融けているのがわかります(A)。赤外線では、剪断による過剰発熱を捉えました(B)。また、圧力解析では、ホッパ口近くに大きな圧力が現れています(C)。これは、渋滞したメルトにペレットが押し込まれているために発生した圧力で、この力が従来のインライン方式特有の現象である、ネジ抜きの原因となっているのです。棒グラフ(E)を見ると、メルト圧(緑)がスクリュ後退力(赤)よりも低いという圧力の異常な関係もわかります。スクリュはメルトの圧力で後退するのではなく、スクリュ回転モータのトルクで後退しているのです。折れ線グラフの左端(D)がメルトの圧力ですが、ショット毎の波形が大きくばらついています。ネジ抜きによりメルトが減圧されて、圧力変動が起きたのです。



このように、剪断発熱は樹脂の融解にとって不安定要因であり、剪断を前提とした構造の可塑化システムそのものに、さまざまな問題を引き起こす原因があることが明らかになりました。私たちは、この研究結果を踏まえ、剪断発熱を排したストレートスクリュをコアとする無剪断可塑化理論を構築、さらにこの理論を実践するハードウェアを開発し、2008年にSPIRAL LOGICとして発表しました。右側の画像とグラフでは、SPIRAL LOGICが剪断発熱の抱える問題を、すべて克服しているのがわかります。

SPIRAL LOGICの構成。

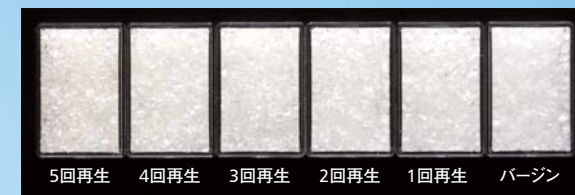
4つのエレメントによる完璧なハードウェア、T-Rexユニット。



SPIRAL LOGICを活かす。

黒点が出ず熱履歴の優しいランナ再生装置、Raptor22。

SPIRAL LOGICは、滞留炭化を起こさないため黒点が発生しません。この最大ともいえる効果を利用して、エンプラ専用ランナ再生装置Raptor22を開発しました。専用乾燥機・供給装置とシステムを組み、最高のパフォーマンスを発揮します。



Raptor22によるCOC(APEL5014DP)の連続再生の結果。

Raptor22主仕様

メインスクリュ径	22 mm
メインスクリュモータ電力	1.5 kW
ヒータ容量	2.7 kW
押出能力(参考値)	5 kg/hr
回転刃径	29 mm
ストランド	2 本
本体外形寸法(WxDxH)	1,900 x 500 x 1,400 mm
質 量	200 kg
電源規格	AC200V 3相4線 40A

Raptor22トライ実績

- レンズ用
COC 三井化学 APEL5014DP
COP 日本ゼオン ZEONEX 480R
COP 日本ゼオン ZEONEX F52R
OKP 大阪ガスケミカル OKP4HT
PC 帝人 Panlite SP-1516
- 導光板用
PC 出光興産 Taflon LC1500
PC MEP lupilon HL-4000
- ナイロン
PA46 DSM Stanyl TS200F6
PA66 東レ Amilan CM3004
PA9T クラレ Genestar N100A
- エラストマ
TPO 三井化学 Milastomer 5030NS
TPE ダイセル・エポニック Vestamid P7283-LD
- 高機能樹脂
PEEK VICTREX 450G
ULTEM SABIC UL-1010
PPA SOLVAY Amodel A-4422
LCP DIC OCTA LD-235

