

# TPXの押出成形技術

三井化学株式会社

## TPXの一般物性

TPXは、4-メチルペンテン-1を主原料とする、結晶性のオレフィン系ポリマーです。その特徴は以下の通りです。

- (1) 融点が220℃～240℃の耐熱性に優れたポリマーです。
- (2) 可視光線の透過率が90%以上の透明性の良好なポリマーです。可視光線のみならず、紫外線領域(300～400nm)でも優れた光線透過率を有しています。
- (3) 表面張力が24 dyne/cmと小さいため、離型性や耐被汚染性に優れています。
- (4) 分子構造上極性基を持たないため、耐薬品性に優れ、又耐油性も良好です。
- (5) 熱的性質に特長を有し、耐熱老化性、耐スチーム(沸水)性に優れています。
- (6) プラスチックの中で最も低密度のポリマーで、軽量化に適した材料です。
- (7) 電気絶縁性に優れ、低誘電率の電気特性を有しています。
- (8) 結晶密度が小さいために優れた気体透過性を有しています。

## TPXの押出銘柄

TPXは、すべての銘柄で押出成形は可能です。その代表的銘柄の特徴は下記の通りです。

### TPXの押出銘柄

銘柄	MX002	MX004	DX845	MX021	DX820
MFR 260℃, 5 kg	20	20	10	20	180
剛性	低剛性	中剛性	高剛性	中剛性	高剛性
用途	工業用	工業用	食品用	食品用	食品用
	・ 押出一般 ・ インフレーション	・ 押出一般	・ 押出一般 ・ インフレーション	・ 押出一般	・ ラミネーション

## TPXの押出装置

TPXは熱可塑性のポリオレフィンであるため、PPやPE用の汎用押出機での押出が可能です。しかし融点の高いTPXを押し出すためには幾つかの配慮が必要です。他材料の押出機を転用する場合には、次の点に留意して押出機を選定して下さい。

### a. 押出機

#### (1) 高温仕様

TPXは通常 $270^{\circ}\text{C}$ ~ $320^{\circ}\text{C}$ で押出成形を行うため、このような温度設定が可能な押出機が必要です。

#### (2) 4ゾーン以上の温度制御

押出機で原料ペレットに十分な熱量を付与するために、シリンダーの温度制御は4ゾーン以上必要です。

#### (3) L/D

押出機で原料ペレットに十分な熱量を付与するために、押出機のL/Dは、28以上、理想的には30程度が必要です。

### b. スクリュー

#### (1) ロング・フィード

可塑化を十分に行うためにフィード部（供給部）が $10\sim 12D$ の長いスクリューが適しています。

#### (2) 緩圧縮スクリュー

成形温度が高いために、未溶融樹脂に急激な剪断をかけないように緩圧縮タイプのスクリューで、圧縮比は、 $2.6\sim 3.8$ のデザインが適しています。従ってコンプレッション部（圧縮部）は、 $10D$ 程度が必要です。

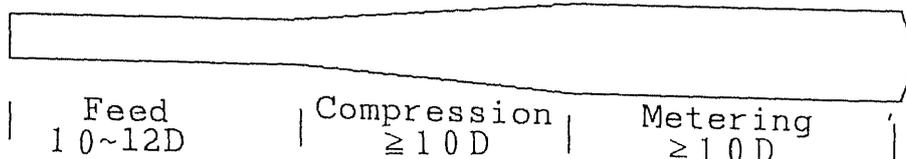
#### (3) ロング・メタリング

溶融樹脂の均質化と混練を十分に行うために、メタリング部（計量部）も $10D$ 以上のデザインが適しています。

#### (4) 溝深さ

TPXの場合、フィード部での溝が深くなるとバレル面からの熱量が十分に得られにくくなります。従って $60\text{mm}\Phi$ 以下の押出機では、フィード部の溝深さは、 $6\text{mm}$ 程度が適当です。

代表的フルフライト・スクリュー



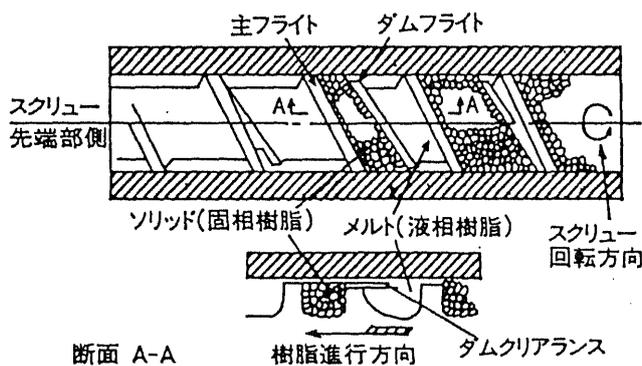
## TPX専用の押出装置

TPX専用の押出装置を設計する場合も基本的には、前述の点を配慮したデザインにすることが必要ですが、TPXは、通常のフル・フライトスクリーでは次のようなトラブルが生じる場合があります。

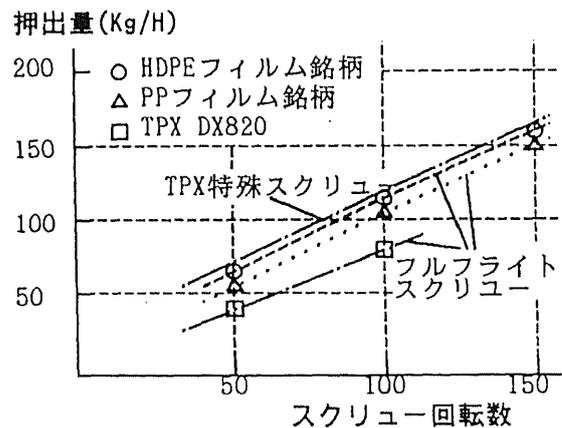
- (1) 押出量がPPやPEに比較して低下することがあります。
- (2) 高速回転（100rpm以上）では、サージングによる押出量の変動が起こる場合があります。
- (3) 成形品によっては、樹脂温度の不均質に由来するムラが発生することがあります。

このようなトラブルを避けるためにTPXの専用スクリーとしてダブル・フライトの特殊スクリーが適しています。これは溶融樹脂と未溶融樹脂を区分けして可塑化を進め、最終的に均質化を図るデザイン設計になっています。このようなスクリーを使用すれば同一スクリー口径でPE、PPと同等の押出量が得られ、しかもスクリー回転数100rpm以上でも安定した押出量が得られます（下図参照）。

TPX用特殊スクリー（例）



スクリー・タイプと押出特性



## TPXの溶融特性

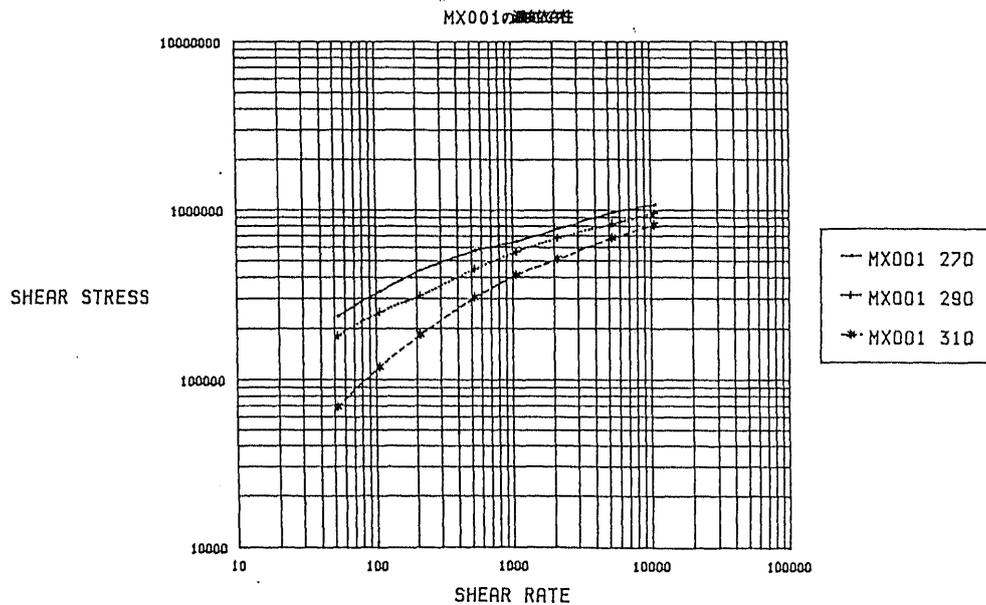
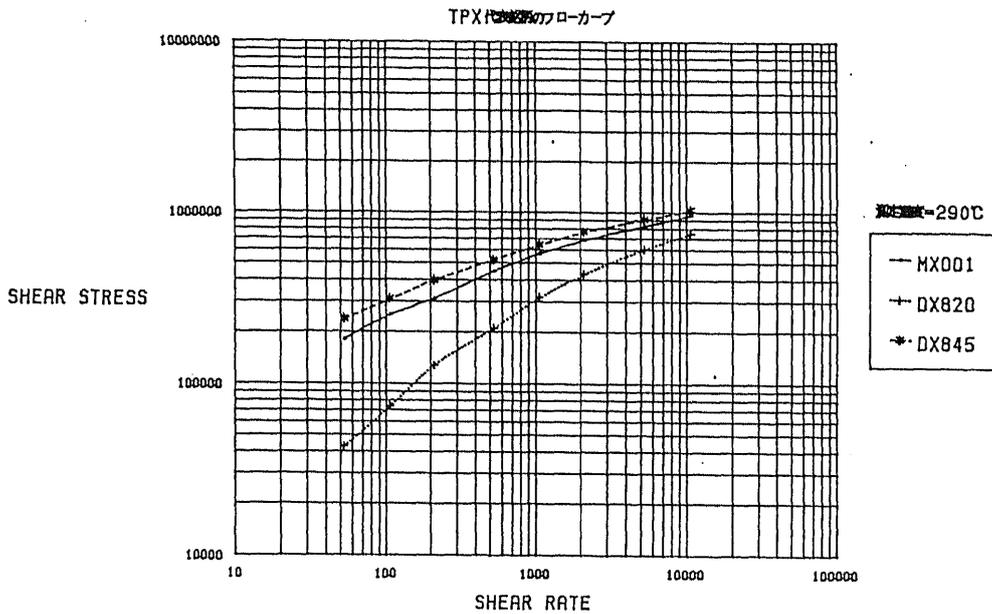
押出特性の目安となるTPXのフロー・カーブを図に示します。

- (1) TPXの見掛け溶融粘度\*<sup>1)</sup>は $10^2 \sim 10^3$  (poise) の範囲にあり、他のポリオレフィンに比較して低いレベルにあります。
- (2) TPXは、ポリアミドと同様に、溶融粘度の温度依存性が大きい傾向にあります。従って温度設定を変更することにより、広範囲の粘度を選択することが出来ます。

\* 1) ニュートン流体に成り立つ次式から求めた溶融粘度

$$\tau = \eta \gamma \qquad \tau : \text{剪断応力} \quad \eta : \text{見掛け粘度}$$

$$\therefore \eta = \tau / \gamma \qquad \gamma : \text{剪断速度}$$

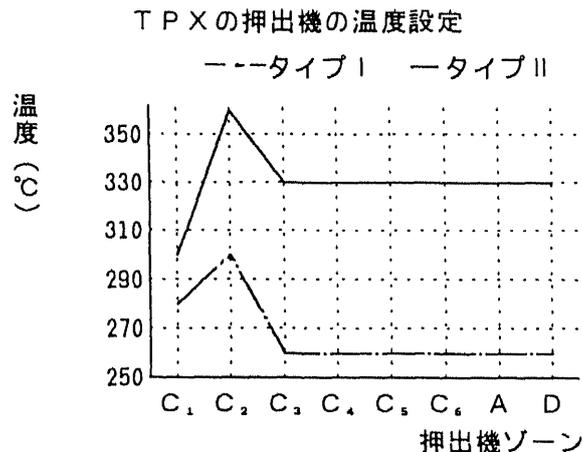


## TPXの成形技術

TPXの押出成形としては、パイプ（チューブ）、ラミネーション、インフレーション・フィルム（ブローン・フィルム）、シート、及び異型押出等が可能です。これらの成形法の概要は以下のとおりです。

### a. パイプ成形

- (1) TPXの中では比較的低温成形の可能な銘柄であるMX002やMX004が推薦されます。
- (2) TPXは、高温成形が必要なために押出機の温度設定には、フィード部を高温にし、原料樹脂に十分な熱量を与え、メタリング部やダイ部で最終的な樹脂温度に設定する温度パターンを採用します（タイプI）。



- (3) TPXのパイプ成形においては、インナー・ダイの温度が上がりやすく、そのためにパイプ内面に肌荒れが生じやすくなります。従ってインナー・ダイにヒーターを設置する必要があります。又、ダイ温度は肌荒れが起こらない範囲で可能な限り低温に設定することが、熔融粘度の低下を押さえ、成形の安定性を確保するのに有効です。

### b. ラミネーション

- (1) TPXのラミネーション成形には、MX002や高速成形可能なDX820が推薦されます。
- (2) 押出機の温度設定については、パイプ成形と同様なパターンにすることが必要ですがラミネーション成形の場合には生産性を上げるために、40～50℃高温側にシフトすることが必要です（タイプII）。
- (3) ラミネーションの場合、成形温度が高く押出機での背圧がかかりにくいため熔融樹脂の均質性が不足する場合があります。これを防止するために押出機先端にオリフィス（1～3mmφ）を設置したり、ダイにチョーク・バルブを設置する必要があります。

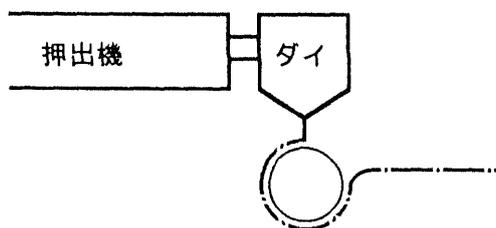
- (4) ラミネーションの場合、TPXはPEやPPに比較してネック・インが大きい傾向にあります。ネック・インを改良する方法としては、両端部への空気の吹き付けや、ダイ・リップ～冷却ドラム間の距離（エア・ギャップ）を可能な限り短くすることが有効です。

c. インフレーション・フィルム（ブラウン・フィルム）

- (1) TPXのインフレーション・フィルム成形には、熔融粘度の高いDX845や低温成形の可能なMX002が推薦されます。
- (2) 成形機の温度設定については、パイプ成形と同様です（タイプII）。
- (3) 空冷及び水冷インフレーション・フィルム共に成形は可能ですが、PEやPPに比較して熔融粘度が低いために成形条件幅は狭い傾向にあります。

d. シート成形

- (1) TPXのシート成形は比較的容易ですが、中剛性の銘柄（MX004）や低剛性の銘柄（MX002）が成形性は良好です。
- (2) 成形機の温度設定については、パイプ成形と同様です（タイプI）。
- (3) シート成形の場合、チル・ロールとの密着性を良くするためには、ロール温度は、40～80℃に設定することが必要です。
- (4) ロールとの密着性を付与する方法として、エアー・ナイフ、エアー・チャンバー、静電キャスト等が使用されます。
- (5) TPXは、熔融樹脂の粘度が低いために、一般に低粘度樹脂（PET, NY）に使用される垂直押し型のダイが適しています。



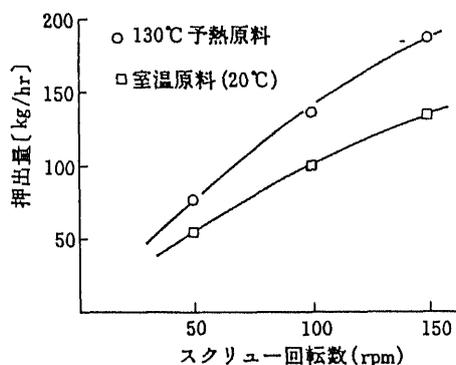
e. 異型押し成形

- (1) TPXの異型押しには、MX004やMX002等が成形性の点で適しています。
- (2) 成形機の温度設定については、パイプ成形と同様です（タイプI）。
- (3) 異型押しの場合、TPXは熔融粘度が比較的低いので、ダイ～サイジング間は可能な限り短くすることが安定成形に繋がります。
- (4) 中空の異型品の場合には、パイプ成形と同様に、インナー・ダイへのヒーターの設置が必要です。

## TPX成形上の注意事項及び留意点

- (1) TPXの押出成形には、スクリー冷却は使用しないで下さい。TPXの場合、スクリー冷却は可塑化熱量を阻害することになります。
- (2) 汎用のフル・フライト・スクリーによる押出の場合、TPXは、PEやPPに比較して押出量が減少します。これを補う方法として押出機にフィードするペレットの予熱が有効です。90mmφ押出機によるペレット予熱の効果を下図に示します。

原料予熱と押出量(φ90mm 特殊スクリー)



ただし、軟化点の低いMX002の場合、ペレット温度を90°C以上に上げるとホッパー内で塊化する可能性があるため、必ず90°C以下に設定して下さい。

- (3) TPXの押出成形では、原料に十分な熱量を付与するためにフィード部の温度を融点より大幅に高く設定するパターンが一般に採用されています。従って成形機を停止する場合には、必ずシリンダー内の原料を十分に押し出してから停止して下さい。フィード部で原料が溶融するとその後の押出が不可能となります。  
また、成形機を停止する場合には、シリンダー内をPPに置換して停止して下さい。
- (4) TPX樹脂を使用して再スタートする場合、成形温度が高いために成形機内の残留樹脂が液状になって押し出されます。スタートの際は樹脂の飛散による火傷の危険性があるために十分に注意して下さい。
- (5) TPXは熔融粘度が低く、しかも成形温度が高いために他樹脂からの樹脂替えは困難です。従って他樹脂からの置換の場合には、まずPPに置換し、次にTPXで置換して下さい。
- (6) TPXの押出に使用するスクリーン・メッシュは200メッシュより小さいものは使用しないで下さい。スクリーン部での剪断発熱により焼け焦げが発生しやすくなります。
- (7) TPXは、熔融粘度が低いためにダイ部分での樹脂漏れが起こりやすい傾向にあります。従って連結部は精度の良い合わせ面とし、締め付けも十分に行って下さい。成形中に樹脂漏れが発生した場合には、分解掃除を行うか、又は増し締めを行って再スタートして下さい。

## TPXのリサイクル

TPXは、成形品を再生利用しても機械物性等の低下は殆どありません。しかしながら高温成形の樹脂であるために溶融粘度の低下から成形性に弊害をもたらします。従ってリサイクル品の添加は最大20%程度に押さえて下さい。又、再スタート時のシリンダー滞留樹脂は大幅に粘度が下がっているため再利用率は避けて下さい。

## TPXの押出成形に関するトラブル・シューティング

問題点	原因	対策
(1) 成形品の透明性不良	(1) 他樹脂の混入  (2) 表面肌荒れ	(1) 成形機の樹脂置換を十分に行う。 (2) 成形機の分解掃除を行う。 (1) 切断速度を下げるように押出量を落とす。 (2) シリンダー温度またはダイ温度を上げる。 (3) チューブ状成形品の場合には、内面の肌荒れはコア温度が低い場合がある。コア・ヒーターを設置する。
(2) 成形品表面のスジが多い。	(1) ダイ先端の汚れ  (2) ダイ先端の傷	(1) ダイ先端の掃除を行う。場合によっては、先端部に汚れが付着しにくい様にシリコン・グリスを塗布する。 (2) 汚れが付きにくいデザインに変更する（Rを大きくする）。 (1) 再研磨を行う。 (2) メッキ等の部分脱落の場合には、再メッキが必要となる。
(3) 成形品に溶融ムラがある。	(1) 低樹脂温度 (2) スクリュー・デザインの不適	(1) シリンダー又はダイ温度を上げる。 (1) スクリューを変更する（前述）。
(4) 押出量が不安定である。	(1) スクリューでの喰い込み不良	(1) ペレットに対する熱量が不足している場合には、フィード部の温度を上げる。 (2) フィード部に溶融樹脂が付着している場合には、スクリューの掃除をする。 (3) 溶融粘度が低く漏洩流が大きい場合には、コンプレッション部及びメタリング部の温度を下げる。
(5) 目ヤニが発生する。	(1) 異種材料の影響  (2) 水分の影響	(1) 相溶性の悪い樹脂をブレンドすると目ヤニが発生しやすくなるので、異種材料の添加量を減らすか又は添加を避ける。 (1) ペレットが多量の水分を含んでいる場合に発泡を伴う目ヤニが発生する。ペレットの乾燥を行う。

# TPX／押出機口径と押出量

単位：kg／Hr

押出機口径 (mmΦ)	スクリュウタイプ			備 考
	フルフライト	特殊フライト		
		原料余熱無し	原料余熱有り	
40	5～ 10	10～ 20	20～ 30	1) 130℃×2Hr
50	10～ 20	30～ 40	40～ 50	
65	20～ 40	40～ 60	60～ 80	
90	50～ 80	100～130	130～160	
120	80～130	150～200	200～250	
150	100～150	200～250	150～300	

図. 押出量 v. s. スクリュー回転数

