二軸混練押出機 TEX™ による リサイクルプロセス事例集

1. 連続ケミカルリサイクル
2. 廃プラスチックリサイクル
3. 架橋切断
4. 脱塩素処理
5. 有機性廃棄物の熱分解
6. TRF 製造
7. 木粉コンパウンド
8. 古紙のリサイクル

JSW

連続ケミカルリサイクル

概要

持続可能な社会を実現するために、プラスチック製品のリサイクルは大きな課題となっています。そのリサイクル手法の一つに、プラスチックを化学的に分解し、化学製品の原料として再利用する「ケミカルリサイクル」があります。二軸押出機 TEX は、高品質なリサイクルプラスチックの生産と、効率的な連続生産を可能とします。

特長

■ 原料の供給

フィルム片や破砕片等、リサイクル原料は安定供給が難しい形状です。JSW では多彩な原料フィーダをラインナップしておりますので、様々な形状の原料を安定して押出機に供給することができます。

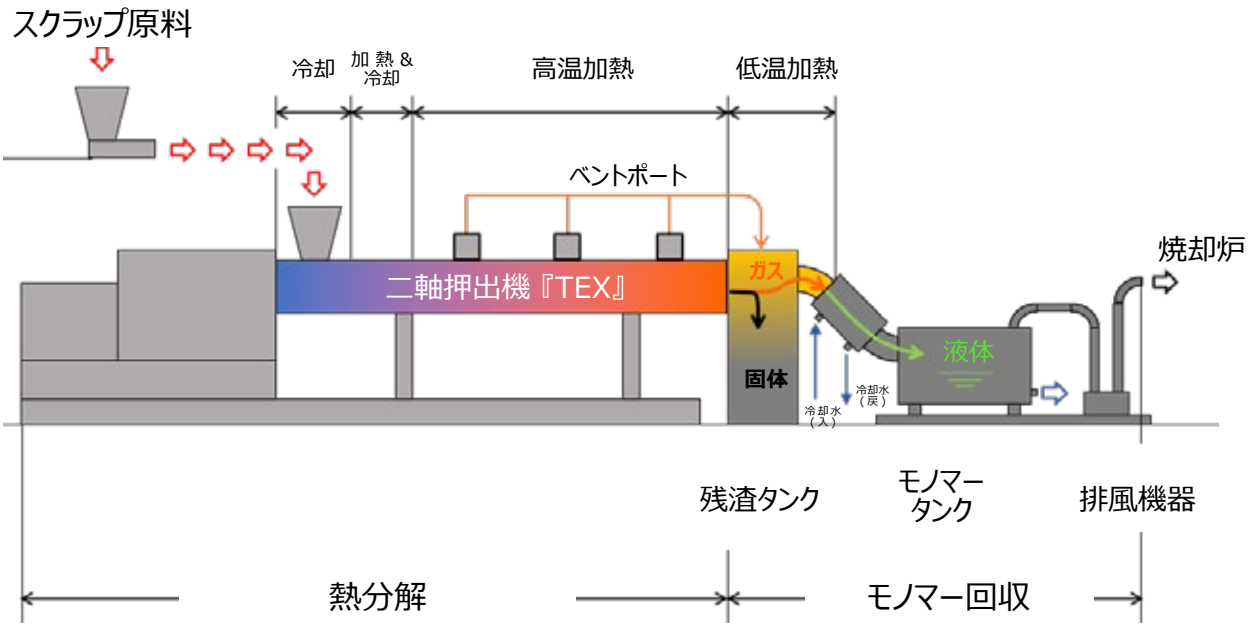
■ 原料の溶融・分解

スクリュによるせん断熱と、シリンダヒータからの伝熱により、原料の熱分解を連続的に行うことができます。

■ 分解ガスと残渣の回収

押出機下流で分解ガスを液状モノマーに凝縮し、回収します。分解ガスと分解残渣を効率よく分離できるため、有害物質や汚染物質を除去した高いモノマー品質を得ることができます。

プロセス例



廃プラスチックリサイクル

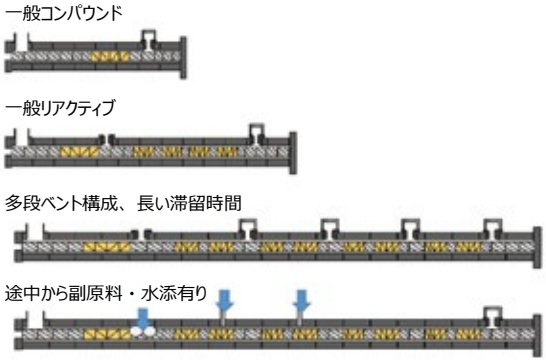
概要

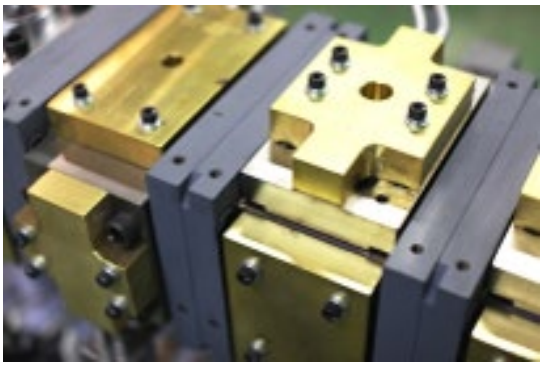
ESG の精神が世界的に大きな広がりを見せる中、地球環境との調和を目指す各種プラスチックリサイクル技術は一層注目されています。当社の二軸押出機はリサイクルプロセス用装置としても優れた特徴を備えており、基本的な装置の構造・仕様を従来の樹脂混練用押出機と同様とし、スクリュエレメントの種類や配列を最適化させることで、多様かつ広範なプロセスニーズへ的確に対応可能です。

特長

■ 高いフレキシビリティ

二軸押出機のバレルはリサイクルされる原料の状態やプロセス要求に応じて L/D の延長、ベント部の増加、サイドフィードバレルの追加といったように自由に構成を組み替えることが可能です。この柔軟性の高いバレル構成により、様々な原料に対して最も生産効率が高くなる最適な装置構成を設定することができます。





■ 高気密性と自由度の高い温度管理

二軸押出機のバレルは複数に分割され、それぞれ加熱用の電気ヒーターと冷却用の水冷ジャケットが設けられており、埋め込まれた熱電対によって個別に温度モニタリングされています。各バレルは独立して温度調整が可能であるため、幅広いプロセスニーズに対し最適な温度条件を与えます。また、混練される樹脂は強固かつ高気密のバレル内部を通過するため、外気の混入による樹脂の劣化、及び内部で発生した分解ガスの漏洩、発火などの事故や不具合を防止することができます。

■ 優れたエネルギー伝達効率

二軸押出機内での樹脂へのエネルギー伝達は、樹脂の圧縮とせん断によって生じるせん断発熱（自己発熱）が支配的となっています。せん断発熱は一般的な加熱装置による熱伝達・熱伝導よりも格段にエネルギー伝達効率が優れており、二軸押出機では広範な樹脂原料を均一かつ効率的に、大量に加熱溶融させることができるため、大きなエネルギーインプットが必要なケミカルリサイクルプロセスにも適しています。

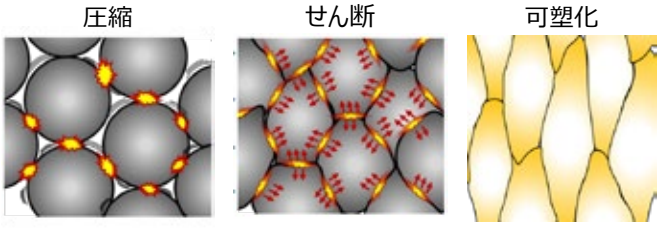


図１．　二軸押出機のエネルギー伝達方法
圧縮：原料は強い力で圧縮され密着状態になる。
　　自己発熱が開始する。
せん断：自己発熱が進み、樹脂全体が同時に溶け始める。
可塑化：全体が均一に溶ける。
加えられる熱量 (例 :TEX44)
ヒーター加熱：MAX 30kW　　せん断発熱：MAX 250kW

架橋切断

概要

大量生産・大量消費・大量廃棄」を核とした今までの社会環境は、廃棄物が年々増加し、深刻な廃棄物処理問題を引き起こしてきました。しかし、ISO14000 シリーズや、リサイクル法などに代表されるように、地球環境への負荷が少ない「環境調和型社会システム」の構築が求められるようになり、環境問題に対し真剣に取り組む社会へと移行してきました。プラスチックス工業の一角を担う弊社も、今後の企業活動における環境対策は、従来の公害防止型から、環境に配慮した企業戦略や環境対応製品の開発が必要になるという点にいち早く着目し、リサイクル技術の確立に力を注いできました。

この度、焼却による熱エネルギーの回収や埋め立て以外に処理方法が無かった廃棄架橋プラスチックス・架橋ゴムの、TEX によるリサイクル技術を開発しましたので紹介します。

特長

- 電線被覆材等の架橋プラスチックスの架橋切断を効果的に行えます。
- 架橋ゴム（タイヤ、ウェザーストリップ等）の架橋切断を効果的に行えます。
- 高品質なリサイクル品の連続生産が可能です。
- 先端にスクリーンチェンジャーを装着することにより、粉砕品と共に系内に混入するゴミを濾過できます。
  また運転中に簡単にフィルターを交換できるので連続運転が可能です。
- 架橋切断に重要な樹脂温度を精密制御することにより、安定押し出しが可能です。
- 架橋切断用液体助剤をシリンダの必要個所に必要量注入することにより架橋切断の更なる効率化が図れます。
  また、副生成物をベント、またはスリット等ですべて回収できます。

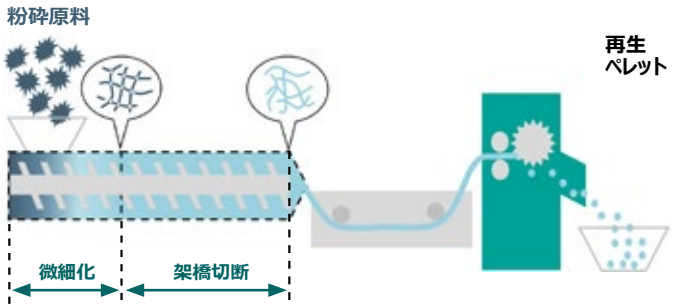
プロセス例

リサイクル用 TEX は、架橋切断に欠かせない次の運転条件を最適に制御することが可能です。また、スクリュはセグメントタイプです。廃棄架橋プラスチックス・架橋ゴムの種類に応じてスクリュ形状を変更し、最適化を図ることが可能です。

①樹脂温度　②滞留時間（スクリュ回転速度、L/D）　③樹脂圧力　④せん断応力　⑤充満率

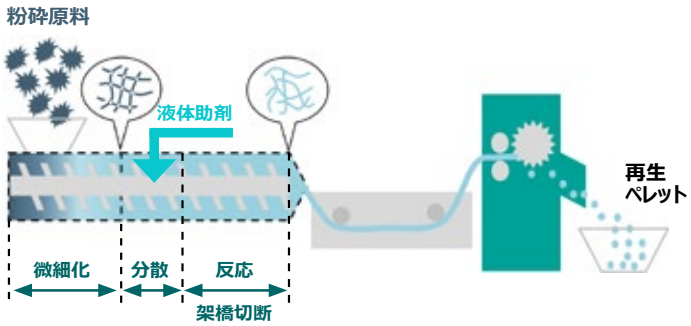
Case 1：スクリュのせん断による架橋切断

TEX のホッパーへ供給された粉砕架橋原料は、混練スクリュにより微粉砕後加熱・圧縮・せん断作用を効果的に与えられ、架橋が切断されます。



Case 2：架橋切断助剤（液体）による架橋切断

TEX のホッパーへ供給された粉砕架橋原料は、混練スクリュにより微粉砕後加熱され、それと同時にシリンダ途中へ供給された液体助剤が分散・反応し、架橋が切断されます。



脱塩素処理システム

概要

廃プラスチックを原燃料として再利用する為には、脱塩素処理を行い塩化水素または塩素の生成を抑制する必要があります。二軸混練押出機 "TEX"® では廃プラスチック中の塩素系ポリマーを効率的に熱分解させ塩化水素の効率的な除去が可能です。

特長

■効率的な溶融・可塑化・熱分解

シリンダの外部加熱とスクリュのせん断作用により、通常の加熱装置では難しい効率的かつ均一な廃プラスチックの溶融・可塑化・熱分解が可能です。

■高い脱塩素性能

スクリュの回転による高い表面更新性と大きなベント開口部により、塩化水素が迅速に脱揮除去されるので、高沸点塩化物の生成を抑制できます。

■装置内の固着の防止

同方向回転完全噛み合いスクリュによるセルフクリーニング機能が、熱分解時に発生する炭化物の固着を防止し、安定した運転が可能とします。

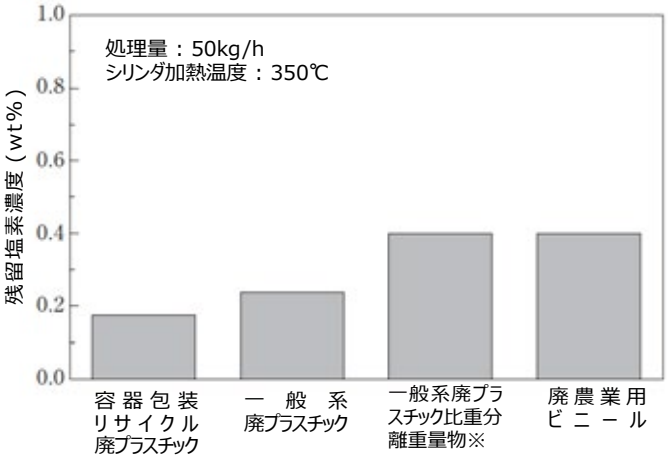
■原料に対する柔軟な適応性

廃プラスチック原料は、組成や含水率等の条件が常に変動しますが、本方式ではスクリュ構成や運転条件を容易に調整できるので、原料特性の変動に対して柔軟に適応できます。

■優れた燃料特性

塩化水素ガスの回収や原料の微粉化により、さらに効率的な燃料資源として廃プラスチックを活用することができます。

脱塩素処理の効果



※一般系廃プラスチックを比重分離し水中に沈殿した廃プラスチック

■ 優れた燃料特性

塩化水素ガスの回収や原料の微粉化により、さらに効率的な燃料資源として廃プラスチックを活用することができます。

■ 安定した脱塩素処理

プラスチックの種類に関わらず、脱塩素処理後の残留塩素濃度は、再利用可能な水準である 0.5 wt% 以下まで 低減されます。

有機性廃棄物の熱分解

概要

廃棄物リサイクル技術の発展は、持続可能な社会実現への大きな課題です。中でも、廃棄物の大きな割合を占める有機性廃棄物の再利用促進と、輸入規制の進む廃プラスチックの処理は、早急に解決策を見出す必要があります。有機性廃棄物の再利用促進と廃プラスチックの処理を同時に達成できるケミカルリサイクル技術として、二軸押出機 TEX を利用した熱分解プロセスをご紹介致します。

特長

■ 廃棄物処理の合理化

本プロセスでは、廃プラスチックを混練補助剤に利用し有機性廃棄物をバイオ燃料「チャー /BOF」として再生します。幅広い有機物を再生できることに加え、廃プラスチックスの削減にも活用できます。

■ 幅広い適用範囲

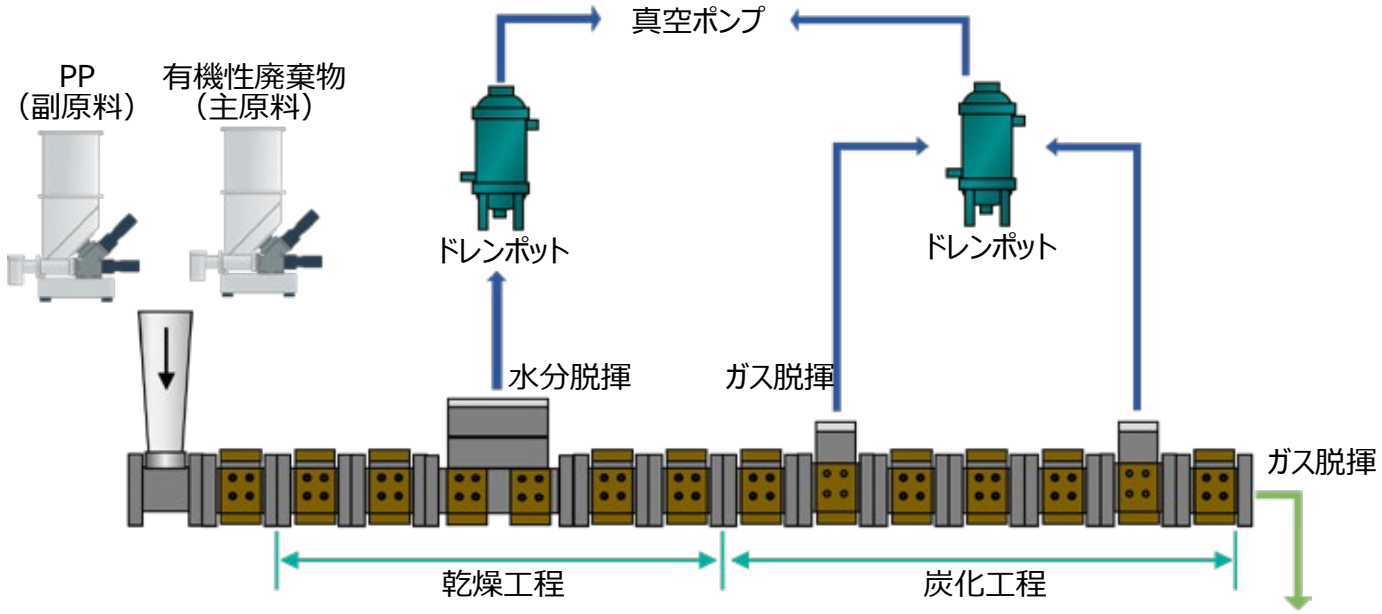
本熱分解プロセスは有機物の種類に関係なく適応することができます。原料や押出機出口での物性要求値に応じて最適な装置構成をご提案いたします。

■ 高エネルギー効率

TEX による熱分解プロセスでは、外部ヒーターの熱エネルギーに加え、スクリュのせん断エネルギーを生産に利用できるので、従来の手法よりも廃棄物の処理コストを低減することができます。また、生産された「チャー」からは、生産時の消費エネルギーを大きく上回るエネルギーを生産できます。

プロセス例

高温・無酸素条件下　機種：TEX54 αⅢ 原料：有機性廃棄物 (85wt%)+PP(15wt%)
※有機性廃棄物は 22% 含水



TRF 製造

概要

廃棄プラスチック処理問題や地球温暖化問題への対応は、喫緊の課題として世界的に注目を集めています。
当社ではプラスチック使用量、及び温室効果ガス排出量の削減に貢献するべく、木質バイオマス焙焼物（TRF）を高充填したトレファイドバイオコンポジットを日本製紙　株式会社と共同で開発しましたので、以下にご紹介いたします。

特長

■ 水蒸気・分解ガスの安定処理

高濃度フィラー / 樹脂コンパウンド品は、スクリュ内で固体に近い流動性を示すため、スクリュへ巻き付き難く、ベントポート周辺に付着・堆積しやすい傾向があります。本装置では、サイドベントスタッファを利用し、トレファイドバイオコンポジットの押出機外への漏出を抑制しつつ、トレファイドバイオコンポジットの混練中に発生した水蒸気・分解ガスを安定的に除去しています。

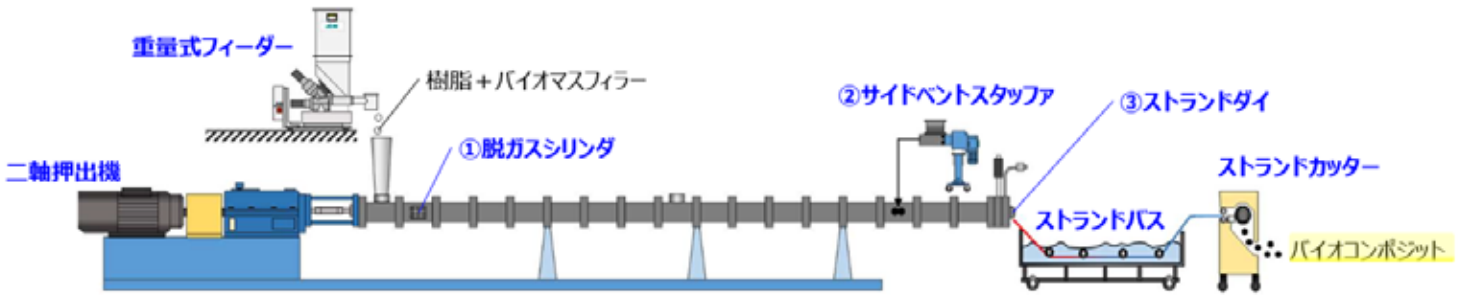
■ ダイス内での滞留抑制

高濃度フィラー / 樹脂コンパウンド品は流動性が低く、ダイス内で滞留しやすいため、過大な温度上昇が発生する恐れがあります。本装置では、滞留箇所を低減したダイスを採用してトレファイドバイオコンポジットの低温化を図ることで、安定的に良質なペレットを製造することができます。

■ 木質バイオマス焙焼物（TRF）の安定供給

TRF が押出機内に随伴する空気、及び TRF から生じる水蒸気がフィードポートに逆流した場合、TRF・樹脂の食い込みを阻害します。当社の二軸混練押出機『TEX』では、フィードポート周辺に脱ガスシリンダ（DGC）を設置し、水蒸気・随伴空気を除去しています。この効果によって、トレファイドバイオコンポジットの高能力化・TRF 高濃度化の両立に成功しています。

プロセス例



二軸混練押出機によるプロセスフロー

木粉コンパウンディング

概要

木材製品の製造工程では多量の微細な木粉が発生します。この木粉をプラスチックとコンパウンディングして新しい木材製品として再利用する動きが高まっています。木粉コンパウンディングには様々な制約があるため、TEX のような深溝スクリュで、且つ高トルクを持つ二軸押出機と高度な混練技術が必要とされます。

特長

① 木粉の搬送

木粉から発生する水蒸気がフィード部に逆流すると、木粉の食い込みネック（フィードネック）を起こします。そのためガス成分を下流のオープンベントで効率よく排出できるようなスクリュデザインが求められます。水蒸気の流れをコントロールすることで木粉の高含有化と高能力化が達成できます。嵩密度の小さい木粉原料に対しては DGC（脱ガスシリンダ）と組み合わせた高能力化も可能です。

② 木粉の分散

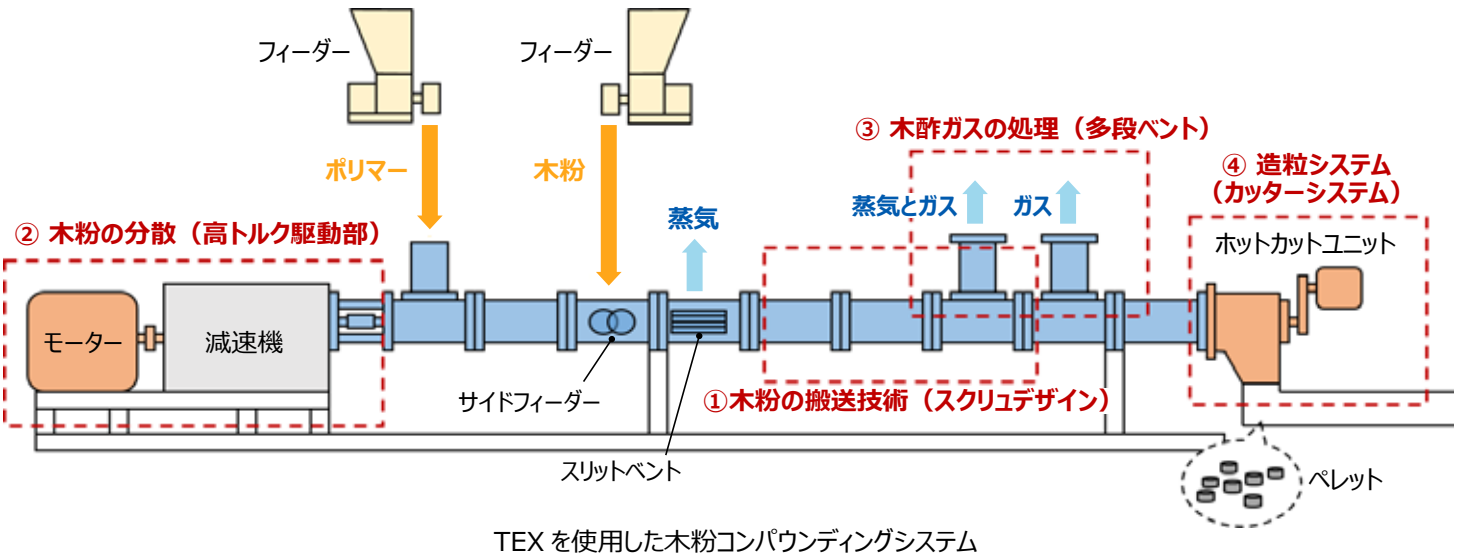
木粉は約 230℃で焼けを生じます。また混練時の樹脂温度が高いと樹脂の粘度が下がり、適切なエネルギーを木粉と樹脂に加えることができません。高トルク設計の TEX は低いスクリュ回転速度による樹脂温度上昇を抑えた運転が可能です。そういった運転により均一な木粉分散を行うことができます。

③ 木酢ガスの処理

木粉を混練する場合に発生する木酢ガスには刺激臭があり環境上好ましくありません。また製品ペレット中の気泡の原因となります。TEX に多段ベントを設置することで、このガスを効率よく脱揮除去することが可能です。

④ 造粒システム

木粉コンパウンドで得られたペレットにはホットカットシステムが用いられます。JSW では製品の要求に合わせた造粒システムを提供することが可能です。



TEX を使用した木粉コンパウンディングシステム

古紙のリサイクル

概要

古紙のリサイクルとしては主に再生紙が上げられますが、再生紙以外の古紙の用途として、古紙とプラスチックスをブレンドした緩衝材や包装材各種容器等があります。この古紙とプラスチックスとのブレンドは、環境保護の観点からも早急に確立すべき技術の一つであり、押出機を用いた古紙のリサイクルでは古紙の形態が様々でかさ密度が小さいため押出機への食い込み性が悪く、且つ紙は繊維状であるため絡みやすく、これを溶融したプラスチックスへ均一に分散させることが大きなポイントとなります。また、押出温度が高くなると紙の焼けが発生するため、低温混練押出しが必要となります。

この古紙とプラスチックスとのブレンド及びペレット化を、二軸押出機 TEX を用いて実現しました。

技術

- **原料食い込みの安定性**

  特殊ホッパーの使用により原料の食い込み性を良くする。

- **古紙の分散**

  ポリマーの粘度を低下させずに、大きなせん断応力を与える。

- **低温押出**

  高トルク減速機、超深溝のスクリュにより、低回転速度による低温高粘度状態での混練を行う。

- **脱揮**

  多段ベントを用い、古紙に含まれる水分を効果的に脱揮する。

- **ペレット化**

  古紙をブレンドすることにより、ポリマーの流動性が低下するため、スクリュ先端部からダイスまでスムースに流動させる構造がポイントとなる。カッティングは空冷ホットカット装置を用い、カッティング後のペレットの水分付着を防止する。

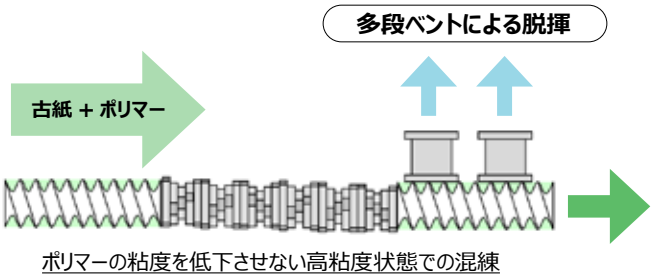


図１．古紙とポリマーの混練技術

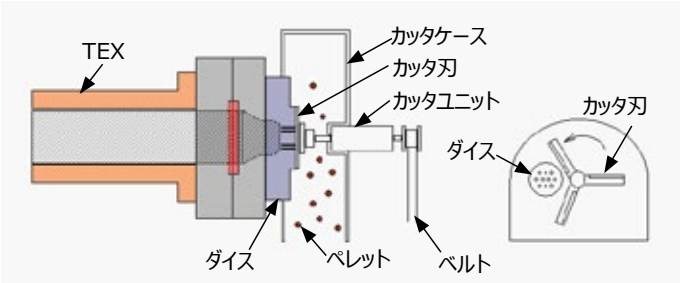


図２．カッティング装置

運転実施例

写真１．PP ＋古紙粉砕品（50wt%）

写真２．PP ＋古紙圧縮ペレット（51wt%）＋ TiO2

JSW 日本製鋼所

樹脂機械事業部
〒141-0032
東京都品川区大崎 1-11-1
ゲートシティ大崎ウエストタワー
TEL：03-5745-2072
FAX：03-5745-2076/77

西日本営業所
〒550-0004
大阪府大阪市西区靭本町 1-11-7
信濃橋三井ビル
TEL：06-6446-2480
FAX：06-6446-2488

中部営業所
〒451-0051
愛知県名古屋市西区則武新町 3-1-17
BIZrium 名古屋 4 階
TEL：052-564-3567
FAX：052-564-3568