

## 包装

包装 (packaging) とは、製造された製品の品質、価値および状態を保護するために適切な材料で製作した容器に入るまたは資材で包むなどの作業である。

包装の目的は、

- ① 製品を保護する。 包装により衝撃、温湿度、酸素、光、臭気、異物、汚れ、傷など製品の品質や価値を損なう様々な要因から製品を保護する。
- ② 製品に利便性をもたらす。 包装により製品を流通する際にその識別や分別を容易にして、輸送と保管に適した運び易さや置き易さがあり、販売や消費時には識別や携帯、開封、破棄、または再利用を容易にする。
- ③ 製品の情報を伝達する。 包装により製品の内容、効用と使用方法などを表示して、その情報を消費者に伝える。
- ④ 製品に付加価値を付ける。 包装により製品の高級さ、清潔さ、未使用であることを消費者にアピールして、購入欲を引き立てる。

肥料分野では、製造された肥料の識別や分別、品質保証、異物混入の防止、輸送と保管を容易にして、適正施用を行うために、通常、出荷する前に包装を施す必要がある。

### 一、包装容器の種類と材質

#### 1. 包装容器の種類

肥料の包装は、袋とフレコンのようなフレキシブル容器と硬質な樹脂容器に大別される。

##### 1-1. 袋 (bag)

袋とは、柔軟な素材で作られたフレキシブル容器の基本的な形状の一つである。用途によって様々な素材・大きさ・形状のものが利用されている。また用途に応じて様々な機能が追加された袋もあり、肥料の包装容器として広く使われている。

袋の特徴は、

- ① 軽くて柔軟であり、内容物のない時は折り畳むなどして使用前の保管と使用後の廃棄処分がしやすい。
- ② 袋は中のものを漏れないように開口部を締められやすく、肥料粒子のような細かいものを収めてひとまとめるに向く。
- ③ 内容物が外圧の影響を受け、変形しやすい。輸送や保管に際して粉末や粒状等形が流動的なものに適している。

肥料包装では、固体の粒状や粉状肥料にはポリエチレン、ポリプロピレン材質の樹脂フィルムで作った荷重 10~25kg の包装袋がよく使われている (図 1、図 2)。以前はクラフト紙の紙袋を使うところもあったが、機能とコスト、外観の良さなどが樹脂製の袋より劣るため、現在はほとんど淘汰された。



図 1. ポリエチレン製肥料袋(PE ポリ袋)



図 2. ポリプロピレン製肥料袋(PP クロス袋)

## 1-2. フレコン (フレキシブルコンテナバック、Flexible containers)

フレコンはフレキシブルコンテナバックの略称である。フレコンはポリプロピレン、ポリエチレン製の生地で作られる箱型や円柱型の袋で、上部に頑丈な吊りベルトが付属しており、クレーン、フォークリフトなどで吊り上げて運ぶことが可能である。また、多くのタイプは上部投入口の他に下部排出口も備えており、排出時にバッグを引っくり返す必要がないなど、利用時の使いやすさを配慮した多くの特性を持っている。

フレコンの特徴は、

- ① 充填荷重が大きく (0.5~3.0 トン)、粉粒体を大量輸送に適する。
- ② 軽くて (2~3kg/枚)、柔軟性があり、使用しない時には小さく折り畳むことができ、保管場所を取らない。
- ③ クレーン、フォークリフトなどで取り扱うことができ、包装、輸送、保管の各流通部門における合理化・省力化を実現し、トータル輸送システムによる流通コスト低減が可能である。



図 3. フレコン

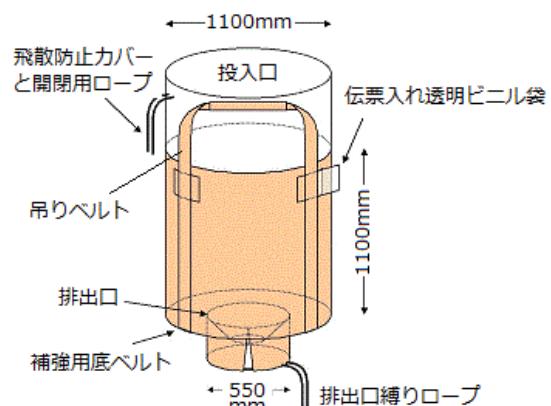


図 4. フレコン様式の 1 例(充填荷重 1 トン)

フレコンは、長期間繰り返して使用することを目的として造られたランニング用と、1回から数回の使用を目的として造られたクロス用がある。

肥料業界では、化成肥料原料やBB配合原料はフレコン包装を利用することが多い。また、大規模農場に大型施肥機械を使用する場合はフレコン包装の形で販売することもある。フレコンの実物写真と様式の一部は図3、図4に示す。

### 1-3. 樹脂容器 (plastic container)

ポリエチレンまたはポリプロピレン等の樹脂製の容器。耐水性、耐薬品性などに優れているため、液体や腐食性のあるものの包装に使われる。

樹脂容器の特徴は、

- ① 耐水性、耐薬品性が優れ、薬品や腐食性のものに侵されることが少ない。
- ② 軽くて強度が高い。中身を漏れないように完全に密閉できる。
- ③ 洗浄しやすく、繰り返し再利用ができる。
- ④ 大量生産が可能で、安値に提供できる。

肥料分野では、UAN(尿素硝安液肥)、施設栽培用液肥、ペースト肥料等の液体状、通常の袋で包装できないものは樹脂容器を使用する。その一部は図5、図6に示す。なお、フレキシブルな樹脂容器を使う場合は、輸送と保管の都合で段ボールと組合せることが多い(図7)。



図5. UAN用コンテナー



図6. 液肥容器



図7. フレキシブル容器と段ボール

## 2. 包装材料の材質

肥料の包装容器によく使われる材料がポリエチレン、ポリプロピレン、クラフト紙等である。

### 2-1. ポリエチレン (polyethylene、略称 PE)

ポリエチレンはエチレン単体が重合した構造を持つ高分子である。最も単純な構造を持ち、容器や包装用フィルムをはじめ、様々な用途に利用されている。基本的にはメチレン( $-\text{CH}_2-$ )のくり返しのみで構成されているが、重合法によって平均分子量や分枝数、結晶性に違いが生じ、密度や熱特性、機械特性などもそれに応じて異なる。一般に酸やアルカリに安定。低分子量のものは炭化水素系溶剤に膨潤するが、高分子量のものは耐薬性に非常に優れる。濡れ性は低い。絶縁性が高く、静電気を帯びやすい。

ポリエチレンは密度や製法により、次の4種類に分けられる。

#### 2-1-1. 低密度ポリエチレン (LDPE)

石油（ナフサ）からエチレンを分離し、高圧をかけて重合するので、高圧ポリエチレンともいう。特徴は繰り返し単位のエチレンがランダムに分岐を持って結合したため、その分岐構造から結晶化があまり進まず、融点が低く柔らかい性質を持つ。他のポリエチレンと比較し軟らかい性質から軟質ポリエチレンとも呼ばれる。密度 0.910 以上～0.930 未満のポリエチレンと定義されている。

乳白色半透明で、加工性に優れ、フィルム成形するとほぼ透明になる。酸素ガス、二酸化炭素などのガスバリヤー性はよくないが、防湿性は比較的よい。耐水性、耐酸性、耐アルカリ性、ヒートシール性、耐衝撃性、耐寒性に優れているが、耐候性、耐油性、耐有機溶剤性、耐熱性はよくない。手で引っ張ると伸びやすい。

#### 2-1-2. リニヤー低密度ポリエチレン (L-LDPE)

製造法や添加剤の工夫により、一般の低密度ポリエチレンより分子の枝分かれが少ない低密度ポリエチレンである。外観は LDPE と区別ができない。添加剤の炭素数により C4、C6、C8 などの種類がある。特徴は大きな強度、ホットタック性、夾雑物シール性、耐衝撃性などで、EVA15% 並の超低温シールタイプ、一般タイプ、セミレトルトも可能な耐熱タイプなどがある。

単体では、雑貨・食品の軽包装袋など汎用的に使用されている。ラミネートフィルムのシーラントとしては、強度、耐衝撃性（重量物包装・液体包装など）、ホットタック性（高速自動充填・タテピローによる重量物包装・ガスフラッシュ充填包装など）、夾雑物シール性（粘体自動包装・粉末包装など）の用途に使用されている。

#### 2-1-3. メタロセンポリエチレン (LLDPE)

メタロセン触媒を使用してエチレンを重合したポリエチレンのことで、L-LDPE の 1 種である。メタロセンポリエチレンは次のような特徴を持っている。

側鎖の分岐が少なく、分子量、コモノマーの分布が均一である。臭気、ベタツキ、ブロッキングなどの短所が少なく、耐衝撃性、低温シール性、ホットタック性、耐寒性などに優れている。L-LDPE に取って代わるものとして期待されている。

#### 2-1-4. 中・高密度ポリエチレン (MDPE、HDPE)

原料は低密度ポリエチレンと同じですが、触媒が異なり、中圧・低圧で重合されるので中・低圧ポリエチレンともいう。密度は 0.925～0.940（中密度）と 0.940～0.965（高密度）で、ヒートシールは LDPE より高温を必要とするが、その分、耐熱性と腰の強さが良くなれる。一般には LDPE よりサラサラとした感触で、白っぽい。ガス遮断性、耐有機溶剤性には劣るが、耐水性、耐アルカリ性、耐酸性、耐衝撃性、耐寒性には優れている。

本邦では、肥料包装用袋の材質に低密度ポリエチレンが主流である。通称ポリ袋と呼ばれるものは低密度ポリエチレンを原料とする袋である。その特徴は、表面が平滑で、綺麗な印刷ができる。融点が低く、ヒートシールに適する。

袋の重ね積む時の滑りを防止するため、袋の表面に凹凸をつけて、いわゆるエンボス加工を行うこともある（図7）。



図7. PE 包装袋表面のエンボス加工



図8. PP クロス生地

肥料用袋には空気を抜くための針穴を開ける、いわゆるピンホール加工をすることがあり、袋に入った空気を外へ抜き、膨張を防ぐことが出来る。穴のサイズは1mm以下と非常に小さく、穴の部分から内容物がこぼれてしまうということはない。

一方、中・高密度ポリエチレン、特に一軸に延伸した HDPE (OPE) は透明性も良く、腰もあり、液肥の樹脂容器、特にフレキシブルな樹脂容器に多く使われる。また、クロス袋の生地に使われることもある。

## 2-2. ポリプロピレン (polypropylene、略称 PP)

ポリプロピレンは単体のプロピレンが重合した高分子樹脂である。その特徴は透明性の高さ、光沢の強さ、剛性と耐衝撃性のバランスが優れていて、耐熱性（融点 160°C以上）が挙げられる。また、フィルム状にしては、防湿能力が非常に強く、ポリエチレンよりも高い防湿効果が得られるが、酸素透過度などのバリアー性能はさほど良くないため、バリアー性能を高めるために、コーティングやラミネートされて使用されることが多い。

ポリプロピレンフィルムはその製膜方法により、無延伸フィルム (CPP) と延伸フィルム (OPP) に分かれる。

### 2-2-1. CPP

CPPはTダイ成形で得た無延伸フィルムである。内部に水を循環する冷却ロールにダイより出たポリプロピレンの溶融膜を直接触れさせて冷却し、フィルムを得る方法で製造される。広幅かつ厚さが均一のフィルムが得られるので生産性が高い利点がある。

CPPの特徴は、引っ張り強度、引き裂き強度はOPPには劣るが、ポリエチレンより優れている。防湿性が高く、高湿度環境下でも安定した強度を維持するが、冷温環境下では強

度が落ちる。

### 2-2-2. OPP

OPPは押し出し機でダイより出た原反シートを冷却し、その後延伸装置で熱延伸して製造したポリプロピレンの延伸フィルムである。OPPにはタテヨコ二方向に延伸する二軸延伸フィルムと、タテまたはヨコ方向のみ一軸延伸するものがあるが、流通しているものはほとんど二軸延伸フィルムである。

OPPの特徴は、耐摩耗性、突き刺し強度、引っ張り強度、引き裂き強度に優れている。防湿性が高く、高湿度環境下でも安定した強度を維持するが、冷温環境下では強度が落ちる。ノッチ（切り込み）からの引き裂き抵抗は小さく、裂け目からは裂けやすい。

肥料包装に使うポリプロピレンは、原料を溶融してダイから押出してフィルムにしてからさらに糸状に分割して、延伸機を使って加熱延伸して片状の糸にしてから平織生地を作る。防湿性を高めるため、その生地にポリエチレン等でラミネートしてから裁断して袋またはフレコンを縫製する。平織生地が経糸と緯糸を交互に浮き沈みさせて織ったため、できあがった模様は左右対称のクロス状を呈するため、クロス袋とも呼ばれる（図8）。

PPクロス袋は、耐摩耗性、突き刺し強度、引っ張り強度、引き裂き強度に優れて、防湿性が高く、高湿度環境下でも安定した強度を維持するため、諸外国には化学製品の包装袋としてよく使われる。但し、融点がやや高く、ヒートシールに適しない。

また、ポリプロピレンは液肥用硬質樹脂容器の材料としても広く使われる。

### 2-3. クラフト紙 (Kraft paper)

クラフト紙は、針葉樹の木材チップに薬品（苛性ソーダ）を加え、熱処理手法により製造されたパルプを原料とした洋紙のうち、強度を落とさないため漂白工程を行なわない茶色の紙のことである。強度が高いため、主に重包装用途や段ボールの材料に使用される。



図9. クラフト紙袋

クラフト紙は厚み感、腰の強さがあり、バリヤー性は全くない。この短所を補うために、ポリエチレンでラミネートしているものがある。不透明だが、光はかなり透過でき、樹脂臭がなく、一定の通気性もあり、医薬品、砂糖、食塩、米、小麦粉、菓子、お茶などの包装に使用されている。戦前・戦後では肥料包装にもよく利用されていたが、20世紀70年代以降、石油化学工業の発達により、強度が高く、バリヤー性がよい廉価のポリエチレン材料に取って代わった。包装用クラフト紙袋は図9に示す。

ほかにポリエステル(PET)、延伸ナイロン(ON)、ポリ塩化ビニル(PVC)、ポリ塩化ビニリデン(PVDC)などの樹脂材料および2種類以上の樹脂を共押出すいわゆる共押出フィルムもあるが、肥料包装に使われることが稀である。

## 二、計量充填機

計量充填機は、充填物を所定の容積または重量で計量し、計量した充填物を包装容器に詰め込む機械である。計量方式により、容積計量充填機と重量計量充填機に大別される。

### 1. 容積計量充填機

容積計量充填機は充填物を所定の容積で計量した後、包装容器に詰める機械で、粉状や微細な粒状物質、液体に適する。容積計量充填機の特徴は、構造簡単、計量速度が速く、値段が安いが、計量精度がやや劣る。計量の正確さを厳しく要求しない製品の包装に適する。

容積計量充填機は計量方式により計量カップ充填機、シリンダー充填機、エアフロー充填機、スクリュー充填機、定量ポンプ充填機などに分けられる。

#### 1-1. 計量カップ充填機

計量カップの容量を利用して、充填物を量ってから包装容器に詰め込む機械である。計量カップの容量調整の可否により、固定容積カップ充填機と可変容積カップ充填機に分けられる。計量精度が±2~3%までに制御することができる。

##### 1-1-1. 固定容積カップ充填機

粉粒体用の固定容積カップ充填機の構造概略は図10に示す。

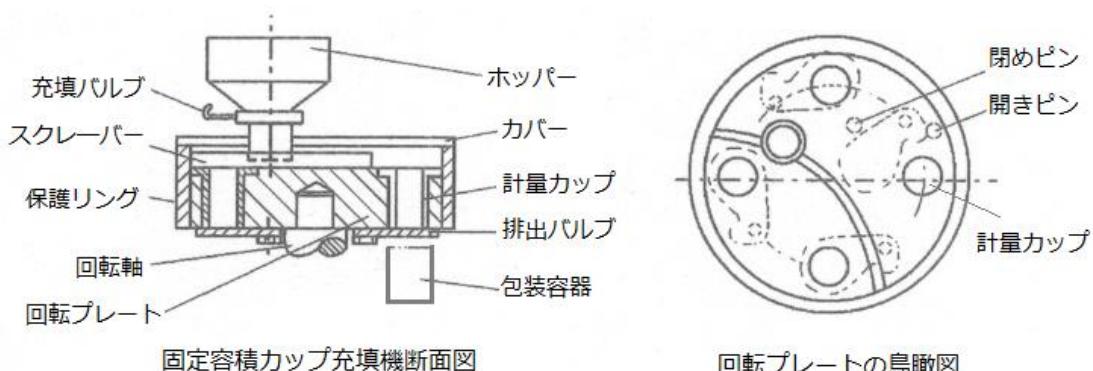


図10. 固定容積カップ充填機構造概略

回転プレートに複数個の計量カップ（図 10 は 4 個）が装着され、充填物がホッパーから充填バルブを通して重力により計量カップに落下し、回転プレートの回転でホッパーの下に付けてあるスクレーバーが計量カップから溢れた充填物を削り取る。回転プレートの回転で計量カップが包装位置に到達すると、開きピンが計量カップの底にある排出バルブを押し開き、中にある充填物が重力で下にある包装容器に落下する。内容物を落とした計量カップは閉めピンにより排出バルブが閉じられ、再びホッパーから充填物を受け入れる。

液体用の固定容積カップ充填機の構造概略は図 11 に示す。

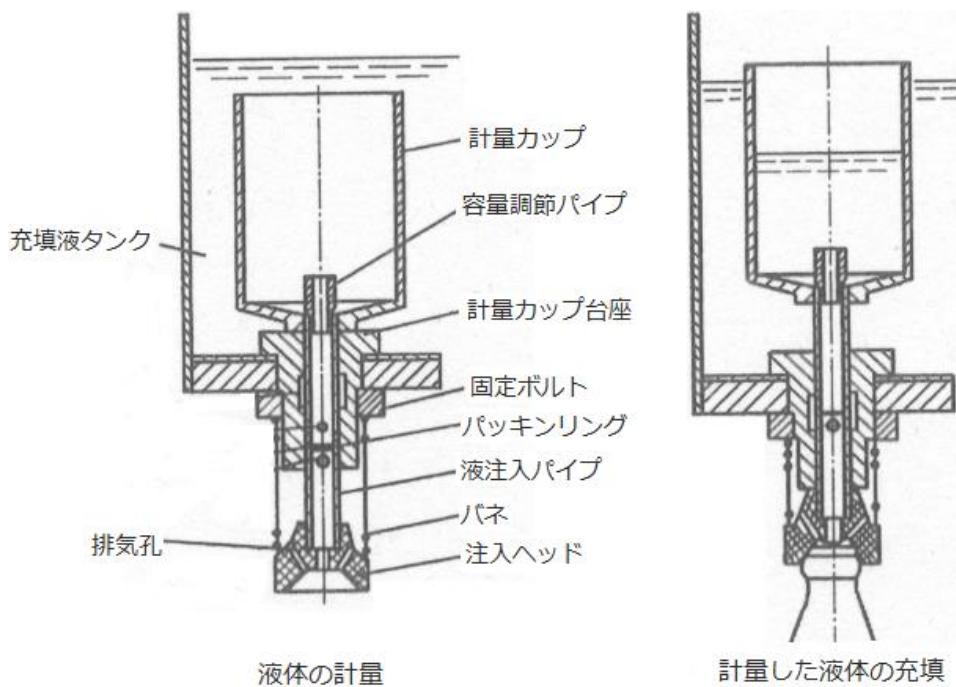


図 11. 液体用固定容積カップ充填機の構造概略

上下昇降できる計量カップが充填物の液体タンクに設置される。充填する前に計量カップが液面下に降下して、充填物をいっぱい充満させてから上昇し、液面上に出る。計量カップ底にある排出バルブが開く、内容物が包装容器に排出される。内容物が排出されてから排出バルブが閉めて、計量カップが再び液面下に降下して、充填物を充満させる。粘度の低い流動性液体の充填に適する。

固定容積計量カップ充填機は、充填物の種類または充填重量などが変わった場合には、計量カップを交換して対応する。

### 1-1-2. 可変容積カップ充填機

可変容積カップ充填機の構造概略は図 12 に示す。

計量カップが 2 段に分けられ、上下 2 段の相対位置を調節することによりその容積が変

えられる。計量カップの容積調整は手動と自動の 2 種類がある。手動式は調整ハンドルを左右に回すことにより、可動カップの昇降を司る台座が上下に移動し、可動カップと固定カップの相対的位置が変化し、カップ容積が調節される。自動式は、包装した充填物の重量を定期的に量り、その信号のフィートバックにより可動カップの位置が上下移動し、容積を自動に調節する。

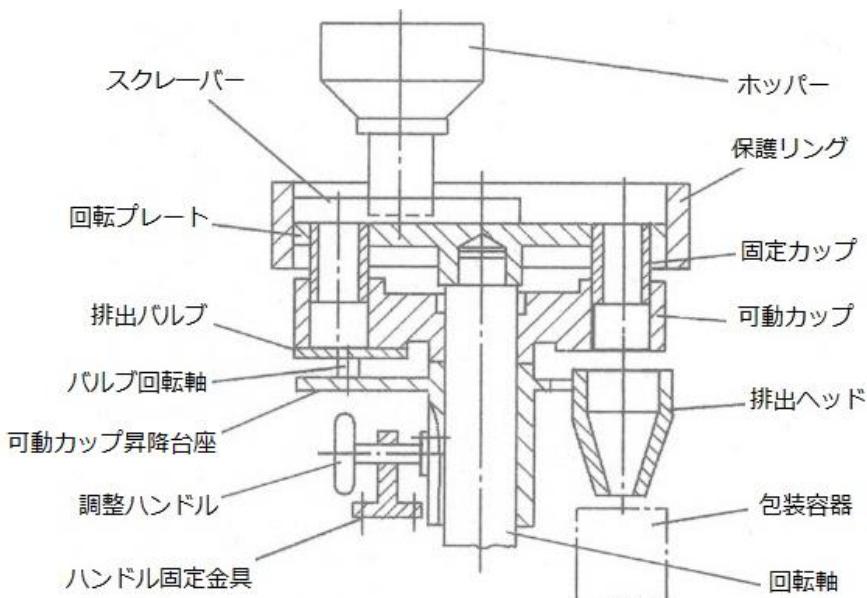


図 12. 手動式可変容積カップ充填機の構造概略

## 1-2. シリンダー充填機

シリンダー充填機は液体専用の充填機である。その計量原理と構造概略は図 13、図 14 に示す。

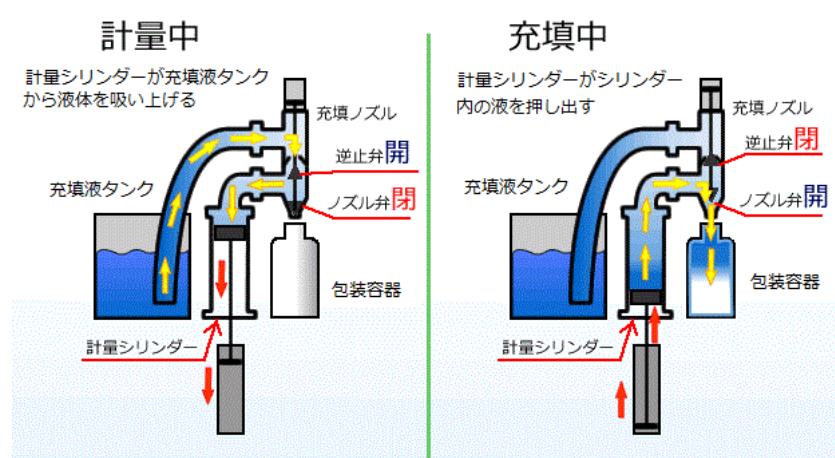


図 13. シリンダー充填機の計量と充填原理

計量シリンダーのピストンを引き、充填液タンクの液体がシリンダーに流入して充満す

る。シリンダーに液体が満杯になると、ノズル弁を開けてシリンダーブッシュロッドがピストンを押し上げて、逆止弁により液体がタンクへ戻らず、ピストンが押出した分だけの液体が包装容器に排出される。シリンダー容量の変更は外部にあるピストン調整ハンドルを回るだけで、その移動距離を調節して容量が簡単に変えられる。

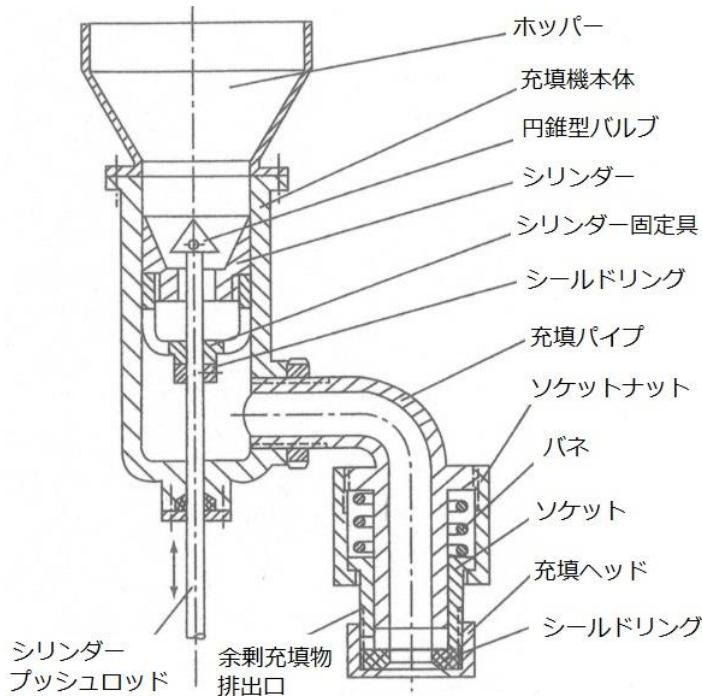


図 14. クリーム状充填物用シリンダー充填機の構造概略

### 1-3. エアフロー充填機（真空充填機）

エアフロー充填機は真空ポンプを使って、包装容器（通常はガラス瓶など気密性のよい硬質容器）または計量カップを真空にしてから所定容積の粉状または微粒子状の充填物を包装容器または計量カップに充満させる機械である。包装容器を真空にする方式は、充填精度は容器の変形など容積変化の影響を受け、±2~5%であるが、真空計量カップ方式は、充填精度が±1%に制御することができる。充填可能範囲は 5mg~5kg である。

真空計量カップ式エアフロー充填機の作動原理は図 15 に示す。計量カップを有する充填転輪（充填リング）が一定速度で断続的に回転して、回転により計量カップがホッパーに嵌め込んでいるとき、排気バルブが開き、計量カップを真空にしてから充填物が計量カップに吸い込まれる。計量カップが包装容器の上方に回してきたとき、排気バルブが再び開き、圧縮空気が計量カップにある内容物を包装容器内に吹き込む。

エアフロー充填機の最大特徴は充填時に粉じんの飛散がなく、圧縮空気が窒素ガスなど不活性ガスを使う場合は、充填物の酸化を防ぐこともできる。医薬品、化学薬品の充填によく使われる。

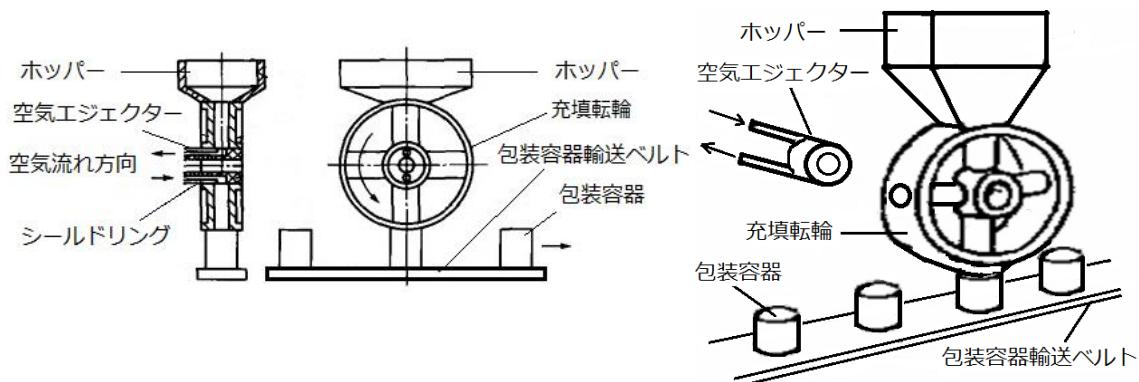


図 15. エアフロー充填機の構造概略

#### 1-4. スクリュー充填機（オーガ充填機）

スクリュー充填機は充填パイプの中にある充填スクリューの回転数または回転時間を制御することにより充填物の容積を計量し、包装容器に充填する機械である。流動性の良い粉体または微粒子の充填に適する。

スクリューの設置方式により縦型と横型がある。横型スクリュー充填機は図 16 に示す通り、上部ホッパーに入った充填物を攪拌機で下にある横スクリューに落とし込む。横スクリューの回転により充填物を包装容器に充填させる。

縦型スクリュー充填機は図 17 に示す通り、スクリューの回転により上部ホッパーの充填物が重力で下にある充填パイプに落ちて、包装容器に充填される。

スクリュー充填機の充填精度は充填物の流動性、スクリューの設計と製造品質、スクリューと充填パイプとの隙間、スクリュー回転数の制御精度などに影響される。通常、充填精度は±2~5%である。

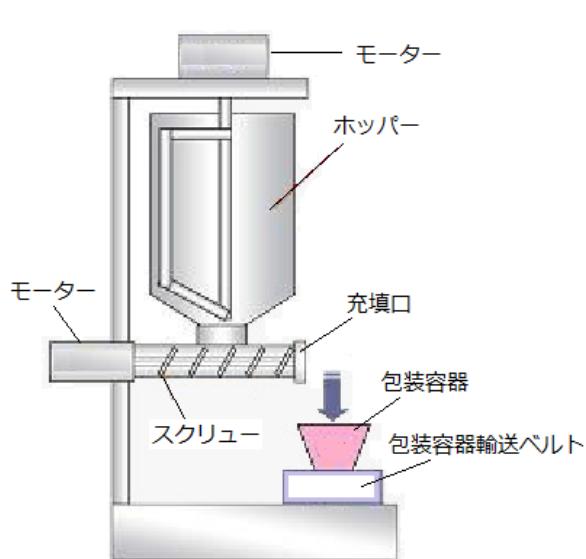


図 16. 横型スクリュー充填機の構造概略

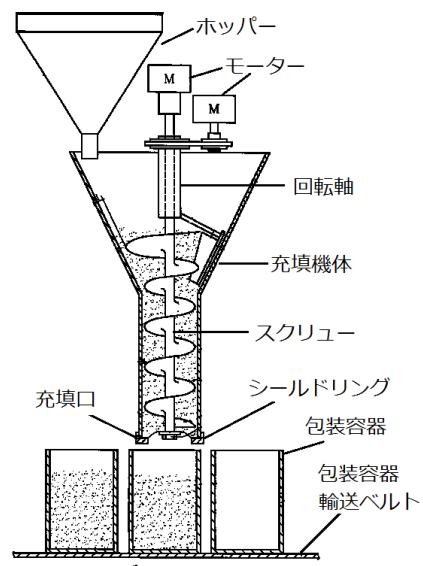


図 17. 縦型スクリュー充填機の構造概略

### 1-5. 計量ポンプ充填機

計量ポンプ充填機は充填ポンプを使って、その回転数の制御を通して充填物を計量してから包装容器に充填する機械である。粘性が高く、流動性の悪いクリーム状、ペースト状の製品の充填に適する。

充填ポンプは歯車ポンプ、シリンダーポンプ、スクリューポンプを使う。よく使われる歯車ポンプ式の計量ポンプ充填機の構造概略は図 18 に示す。

充填ポンプはステップモーターで回転する 1 組の歯車で構成される。ホッパーに入っている充填物が歯車のステップ回転により計量され、充填バルブを通して包装容器に注入される。充填容量は歯車の回転数を変えることで調節する。

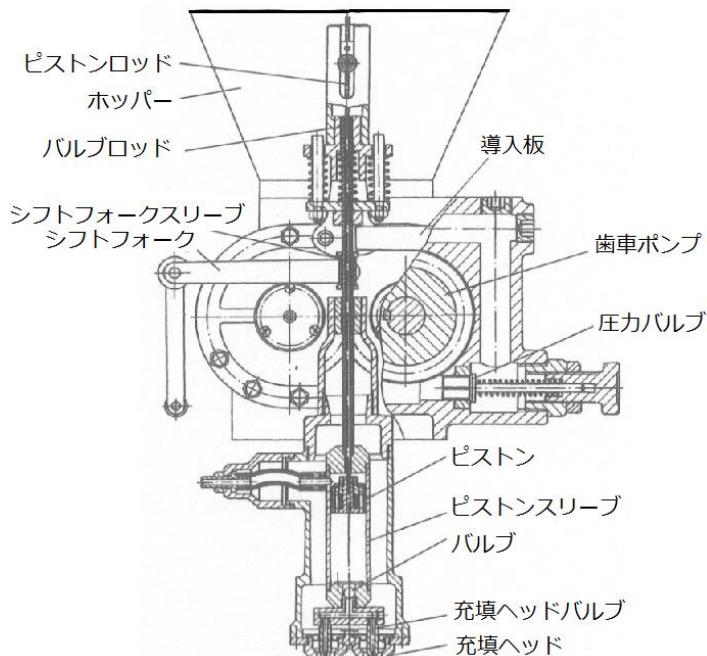


図 18. 歯車ポンプ式計量ポンプ充填機の構造概略

## 2. 重量計量充填機

容積計量充填機に比べ、重量計量充填機は充填物の重量を量ってから充填するため、充填精度が高く、密度が均一ではない流動性の悪いもの、固結しやすいものの充填に適する。

重量計量充填機は、計量方法により、グロスウェイト（風袋込重量）計量充填機とネットウェイト（正味重量）計量充填機に分けられる。

### 2-1. グロスウェイト計量充填機

グロスウェイト計量充填機は包装容器の重量を含めて一緒に計量する機械である。その計量原理は図 19 に示す。ホッパーから充填物が振動フィーダー等により充填ホッパーを通して包装容器に落とし込み、所定の重量に達したら、電子秤からの信号により振動フィーダーが止めて、充填動作が停止する。充填された包装容器がベルトで移動され、次の空容器が充填ホッパーの下にセットされる。充填重量は電子秤で調整する。

グロスウェイト計量充填機は構造簡単で、廉価であるが、包装容器の重量変動により充填された正味重量が変動する欠点がある。

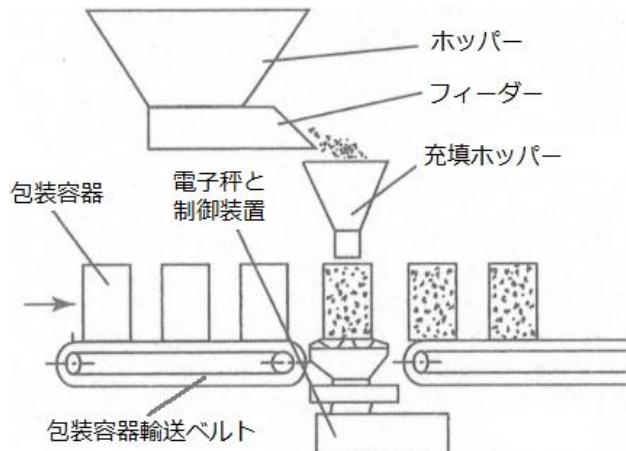


図 19. グロスウェイト計量充填機の構造概略

## 2-2. ネットウェイト計量充填機

ネットウェイト計量充填機は、充填物の正味重量を量ってから包装容器に充填するため、計量結果は包装容器の重量の変動に左右しない。その計量原理は図 20 に示す。

なお、計量速度と正確性を上げるため、通常、ホッパーには 2 台のフィーダーを取り付けている。まず、高速フィーダーを使って充填物を所定重量の 90~95% までに投入した後、もう 1 台の精密フィーダーを使って所定重量に達するまで投入する。計量した充填物が充填ホッパーから包装容器に充填する。電子秤からのフィードバックが高速フィーダーと精密フィーダーにそれぞれの投入量を制御するため、計量精度が  $\pm 0.1\%$  以内に抑えられる。

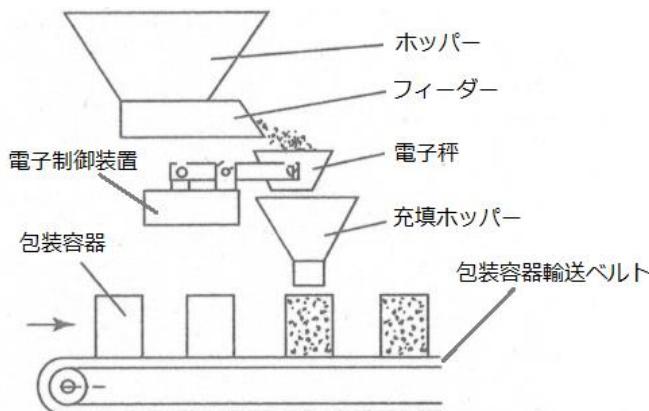


図 20. ネットウェイト計量充填機の構造概略

## 2-3. 連続式重量計量充填装置

上記の重量計量充填機は、1 個 1 個の充填物を量ってから包装容器に充填するいわゆる間欠式充填機で、計量精度が高いが、充填速度に限界がある。高速充填が必要な場合は、連

続式の重量計量充填装置を使用する。連続式重量計量装置はベルトまたはスクリューで充填物を一定量、一定速度で安定的に流し、単位時間の流れる量を区切って、包装容器に充填する装置である。電子式重量センサーからの重量情報を元に充填物の流れを監視して、単位時間の流れる量を所定重量に合わせるように重量の変化が発生した場合は即座に充填物の流れ速度または量を制御する。

連続式重量計量充填装置にベルトを使う電子計量方式とスクリューを使う電子計量方式が多用される。

### 2-3-1. ベルトを使う電子計量方式

ベルトを使う電子秤計量方式の連続重量計量充填装置はホッパー、秤皿、重量センサー、ダンバー、ベルト輸送装置、電子制御装置等で構成される。その構造概略は図 21 に示す。

計量は、充填物がホッパーから充填バルブを通してベルトに落とし、ベルトの移動により包装容器に運ぶ。連続回転のベルトが秤皿を通る際に、電子重量センサーが当該ベルト部分の重量を計測して、予め設定された重量と比較する。重量変化が生じた場合は、電子信号を出して、電子制御装置を通して充填バルブの開閉度またはベルトの回転速度を調節して、ベルト上に流れる充填物の重量を調整し、常に設定された重量を維持する。

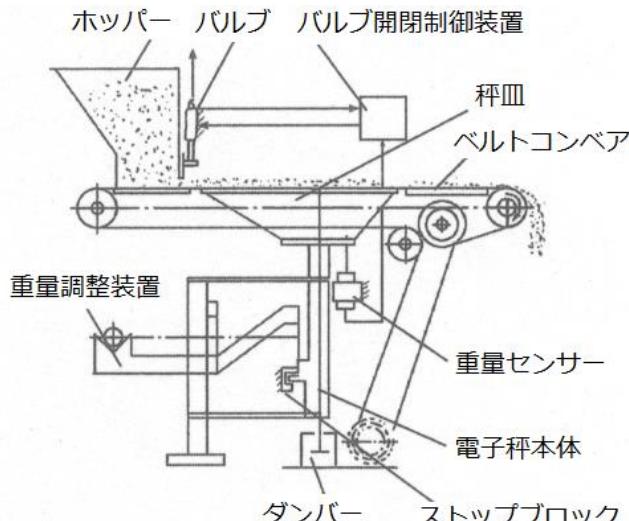


図 21. ベルト式連続電子計量装置の構造概略

### 2-3-2. スクリューを使う電子計量方式

ベルトを使う電子秤計量方式の連続重量計量充填装置はホッパー、充填バルブ、計量スクリュー、重量センサー、ステップモーター、調速モーター、支えバネ、電子制御装置等で構成される。その構造概略は図 22 に示す。

計量は、充填物がホッパーから充填バルブを通して計量スクリューに落とし、スクリューの回転により前方へ移動して、充填口から重力で包装容器に落下し、包装される。計量スクリューの片方が支えバネの上に載せて、片方が重量センサーの上に載せる。重量センサーが計量スクリューの重量変化を常に監視して、電子信号を電子制御装置に送る。電子

制御装置はその信号を元にステップモーターと調速モーターの回転数を制御し、計量スクリューの充填物移送量を調節する。

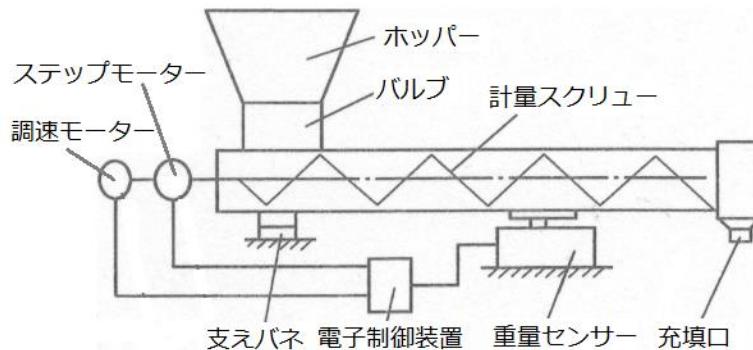


図 22. スクリュー式連続電子計量装置の構造概略

ベルト電子計量方式に比べ、スクリュー電子計量方式は充填物の輸送が均一にスムーズに行い、輸送装置への付着性が少なく、異物の混入も防ぐことができる。但し、秤皿の代わりにスクリューで流れる充填物全体の重量変動を計測するため、計量精度がやや劣る。現在、スクリュー電子計量方式が主流である。

### 三、シール（袋口閉じ）機械

充填された包装容器が保管・出荷するに当たって内容物を漏れないように開口部をしっかりと閉じる必要がある。フレコンは大体人手で投入口を紐で締め、機械を使用することが稀であるが、袋の場合はシール（袋口閉じ）が必要で、ほとんど機械で行う。一方、樹脂容器は蓋を締めることが手動の場合と機械を使う場合がある。本節は袋のシール機械だけを述べる。

袋のシールは袋の材質により異なり、ポリエチレン製の袋（PE ポリ袋）は融点が低く、柔軟性と融合性が良いため、ヒートシール（熱シール）が使用する。ポリプロピレン製のクロス袋（PP クロス袋）は融点が高く、柔軟性と融合性が劣るため、ミシンで縫い合わせる（ミシンシール）ことが多い。クラフト袋は紙でできたもので、溶融しないので、ミシンシールしかない。

また、ヒートシールは同じ素材同士でないと溶着しないことにも注意が必要である。例えば、ポリエチレンとポリプロピレンフィルムは見た目にはほとんど同じであるが、両者でヒートシールする際に溶着したと思っていても、ポリエチレンやポリプロピレンの自己粘着性で擬似溶着している状態なので、外力をかけるとすぐ剥がれる。よって、素材は外見で決め付けるのではなく、事前にしっかりとした試験で確認する必要がある。

#### 1. ヒートシール機械（ヒートシーラー）

ヒートシール機械は熱を使って、ポリエチレン等の低融点樹脂フィルム製の袋をシールする機械である。加熱・圧着方式の違いで下記のようなヒートシーラーがある。

### 1-1. プレートヒートシーラー

ヒートプレートを使用するヒートシーラーである。そのシール原理は図 23 に示す。樹脂フィルムをシリコーンゴムやフッ素ゴムなど耐熱ゴムシートに敷いた金属台に載せて、上から加熱され、高温を持つ金属製ヒートプレートを力強く押して、樹脂フィルムを溶着させる。プレートヒートシーラーが構造簡単で、値段も非常に安いため、手動式または足踏み式のヒートシール機としてポリエチレンやポリエチレンでラミネートされたフィルム製袋のヒートシールに広く使用される。

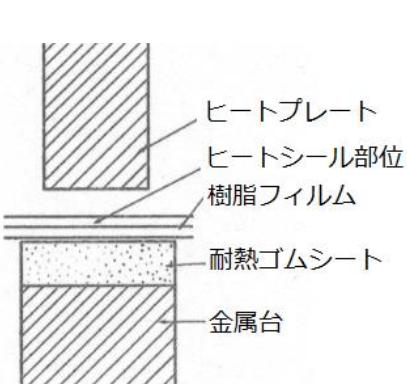


図 23. プレートヒートシーラー

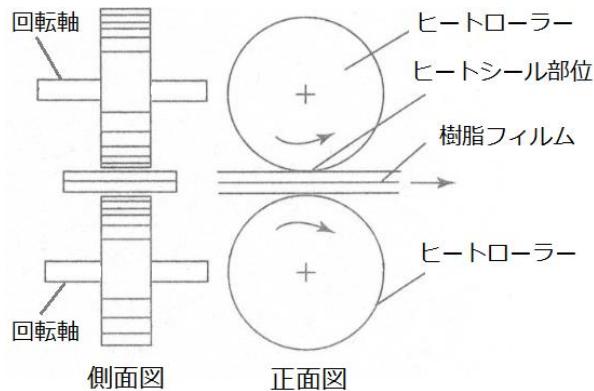


図 24. ローラーヒートシーラー

### 1-2. ローラーヒートシーラー

図 2 に示すように、同方向に回転する 1 組のヒートローラーの間に樹脂フィルムを通過させて、その熱と圧力を受けて溶着させる。連続作業できるが、樹脂フィルムがヒートローラーを通過する際に、熱で変形しやすく、シールの品質管理が難しく、現在ほとんど次に紹介するベルトヒートシーラーまたはローラー圧着ヒートシーラーに代替された。

### 1-3. ベルトヒートシーラー

図 25 に示すように加熱器と冷却器とベルトがそれぞれ 1 組で構成する。ベルトは駆動ローラーにより同方向に回転する。樹脂フィルムが回転する 1 組のベルトの間に挟み、移動しながら加熱器のあるヒートシール部位で加熱され、溶着してから冷却器のある部位で冷却され、シールされる。特徴は、フィルムがベルトに挟まれて一緒に移動するため、外力の影響が少なく、変形しやすい薄いフィルムもしっかりと溶着することができる。

### 1-4. ローラー圧着ヒートシーラー

図 26 に示すように、ヒート部とシール部が分離して、樹脂フィルムは 2 枚のヒートプレートの間を通過する際にその熱で溶融軟化し、次いで 1 組のローラーで強く圧着され、冷却しながらシールされる。特徴は、フィルムがヒートプレートを直接に接触しないため、熱変形がほとんどなく、フィルムの種類や厚さに合わせてローラーの圧力を調節すること

ができ、シール品質が保証される。

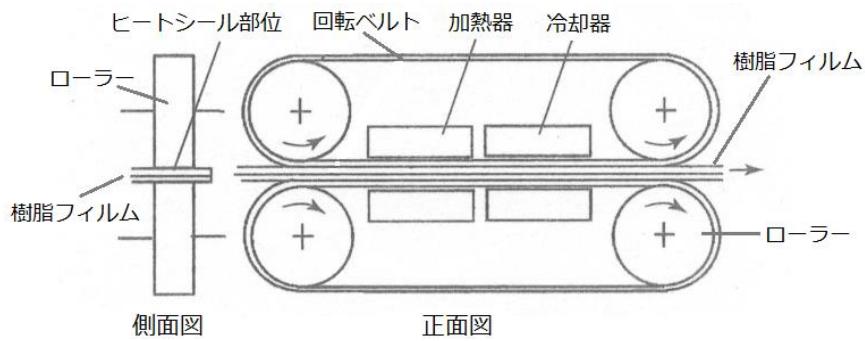


図 25. ベルトヒートシーラー

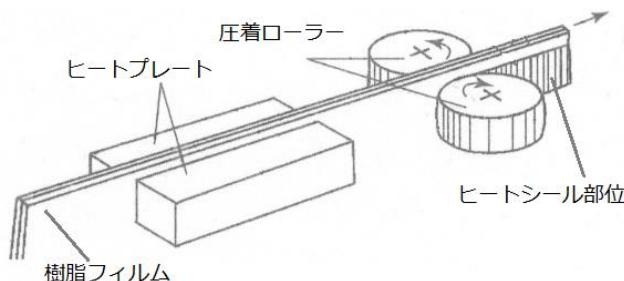


図 26. ローラー圧着ヒートシーラー

### 1-5. パルスヒートシーラー

プレートヒートシーラーの一種であるが、加熱に使うニクロム線またはセラミックヒーターがパルス通電を利用する。図 27 に示すように、スイッチを入れた時に大電流がニクロム線またはセラミックヒーターに流れて、瞬間に加熱される。所定時間を経過した後、電流が切れ、プレートが冷却される。電流の流れる時間がタイマーで設定する。常に高温を維持しなければならない普通のプレートヒートシーラーより電気消費量が少なく、冷却もできるため、シール品質がよいため、現在、プレートヒートシーラーがほとんどこの方式を使用している。

### 1-6. 超音波ヒートシーラー

ヒート機構はニクロム線またはセラミックヒーターを使用する直加熱ではなく、超音波の振動でフィルム自身を発熱させるいわゆる誘導加熱である。図 28 に示すように、シール機構は高周波発振器、高周波の電磁エネルギーを機械的振動に変換する圧電振動子、超音波の機械振動を增幅する増幅器から構成される。シールする際に、樹脂フィルムの合せ面に超音波増幅器から発した超音波を当てることにより、その振動を当てた部位だけが発熱して、溶着する。特徴は、超音波の当てた 2 枚フィルムの合せ面の間だけが加熱され、ほかに部位に影響を与えない。通常の方式ではシールしにくい熱収縮しやすい材質の薄いフ

イルムがうまくシールできる。

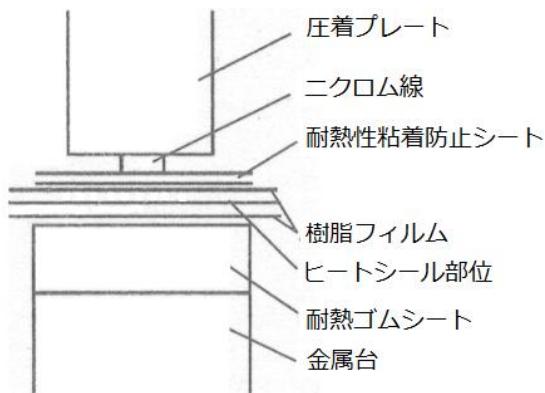


図 27. パルスヒートシーラー

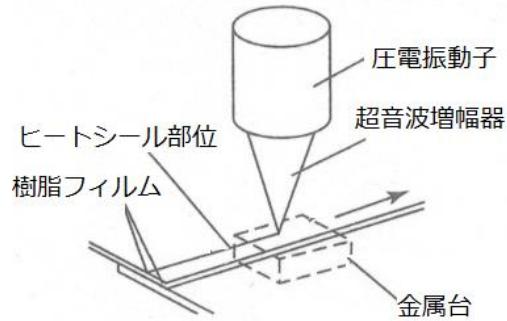


図 28. 超音波ヒートシーラー

## 2. ミシンシール（糸縫い）機械

ミシンは、織物、皮、紙などフィルム状のものを糸で縫い合わせるのに用いられる機械である。その構造は図 29 に示すようにフレームにはずみ車、針、ボビン等を取り付けている。モーターによるはずみ車の回転で、針の上下運動、糸をからませるボビンの回転運動、生地を送る送り歯などの運動が生まれる。

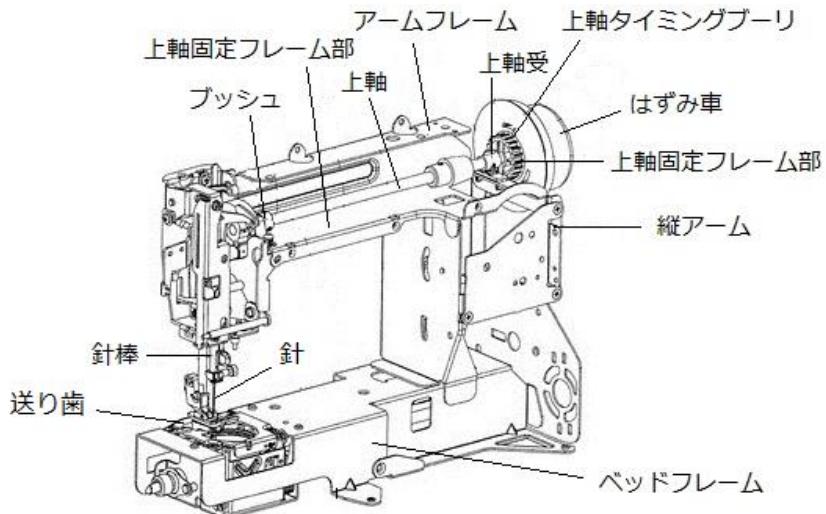


図 29. ミシンの構造概略

ミシンの縫い方は使う糸の数により 2 本糸と 1 本糸に大別される。通常アパレル業界に使用されるミシンは上糸と下糸の 2 本を使って本縫いという縫い目を形成するが、クロス袋やクラフト紙袋の口封じに使うミシンは 1 本の糸で環縫いという縫い目を形成する。

### 2-1. 本縫い

広く一般的に用いられている縫い方で、1 本の針と 2 本の糸を使い、上糸のループに下糸

をくぐらせる方式で縫い目を形成する。解けにくく強度に優れているが、伸縮性は乏しい。

本縫いは、針が生地を貫通するとき、穴のあいたミシン針の穴に通された糸（上糸）が針ごと生地を貫通して生地の裏側に引き込まれる。しかし、針が抜かれて生地の表側に戻るときには、生地との間の摩擦力により、上糸は生地の裏側にループを作つて残る。このとき、下糸がボビンの回転によってループ状の上糸に通り、2つの糸を交差させ、縫い目を作成する。この動作を機械により連続的に行うことにより、縫い目が作成される（図30）。縫い目の表裏が同じ、構成が1縫い目ごとに独立している。

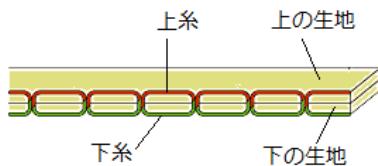


図30. 本縫いの縫い目



図31. 工業用本縫いミシンの写真

本縫いは下糸を扱うボビンがあるため、構造が複雑で、ミシンの体積が大きく、ほとんどが卓上式で、作業台などに置く必要がある。クロス袋、クラフト紙袋、麻袋の縫製、フレコンの縫製に使われる。図31は工業用本縫いミシンの写真である。

## 2-2. 環縫い

1本の針と1本または2本の糸で縫う方式で、一つ前の縫い目のループの中に次の縫い目のループを通すことにより、糸の抜けを阻止する。縫い目の伸縮性があるが、強度が弱く、糸が切れた場合に連続して解けやすい。

環縫いは縫い目を形成する環の形により単環縫いと2重環縫いに分けられる。

### 2-2-1. 単環縫い

単環縫いは上糸1本だけで作られる縫い目で、生地の裏面は針糸のループが互いに連続して、鎖目となって続いている（図32）。連続縫製に適する。一本環縫い方式でしっかりと口閉じ、縫い終りをカットすれば簡単に抜糸できる。

### 2-2-2. 2重環縫い

2重環縫いは上糸と下糸とが互いに交錯して縫う方式で、下糸が2重に上糸と交錯して鎖目となって続いている（図33）。鎖目が2重に交差しているため、糸が切れた場合でも単環縫いよりほどけ難いのが特徴である。

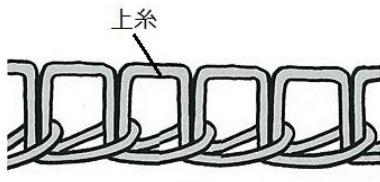


図 32. 単環縫いの縫い目

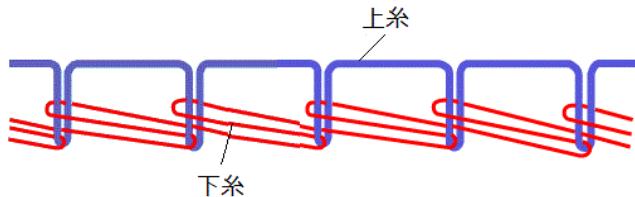


図 33. 2重環縫いの縫い目

環縫い用のミシン、特に単環縫い用ミシンは上糸 1 本だけで縫うため、構造が簡単で体積が小さく、重量も軽く、携帯式ミシンとして樹脂クロス袋、麻袋、紙袋などの各種袋口の閉じ縫いに広く使用される。図 34 は携帯式単環縫いミシン、図 35 は携帯式 2 重環縫いミシンの写真である。



図 34. 携帯式単環縫いミシン



図 35. 携帯式 2 重環縫いミシン

#### 四、包装ライン

肥料工場は連続多量生産のため、製品の包装は専用の包装ラインで行うことが普通である。その包装ラインは、上述の計量充填機とシール機にスクリューコンベア、バケットエレベーター、ベルトコンベア、印字装置などを組合せて、製品の投入から包装した製品の格納まで一つのラインで完了する装置である。その自動化の程度により半自動包装ラインと全自動包装ラインに分けられる。本邦は粉粒状肥料の使用量が圧倒的に多いため、本節では固形の粉粒状肥料の包装ラインだけを述べる。

##### 1. 半自動包装ライン

半自動包装ラインは、充填物の計量と充填、シール作業が機械で自動的に行うが、計量充填機への給袋、シールした包装物をパレットや格納倉庫への積込は人手で行う。生産能力が低いが、設備の据付面積が狭く、包装袋の種類と包装重量の変更が容易で、設備投資が少ないため、小規模の肥料工場に適している。

包装袋専用の半自動包装ラインの構造概略は図 36 に示す。流れとしては、充填物がスクリューコンベアやベルトコンベアで計量ホッパーに送り、計量ホッパーから重量計量充填

機で所定の重量で計量して、包装袋に詰め込む。充填された包装袋は送袋コンベアでシール機に運び、人手でその位置を確認してヒートシーラーかミシンでシールされる。シールした包装袋は送袋コンベアで所定の場所へ運び、人手でパレットや格納倉庫に積込む。計量充填機への包装袋の給袋は人手で行う。

図 37 は包装袋専用の半自動包装ラインの写真である。本体重量 500~800kg、据付面積が  $2 \times 5\text{m}$  だけで、価格は 100~150 万円内に抑えられ、包装能力は 120~180 袋／時間である。図 38 はある肥料工場が数台の半自動包装ラインを使って化成肥料を包装する様子である。

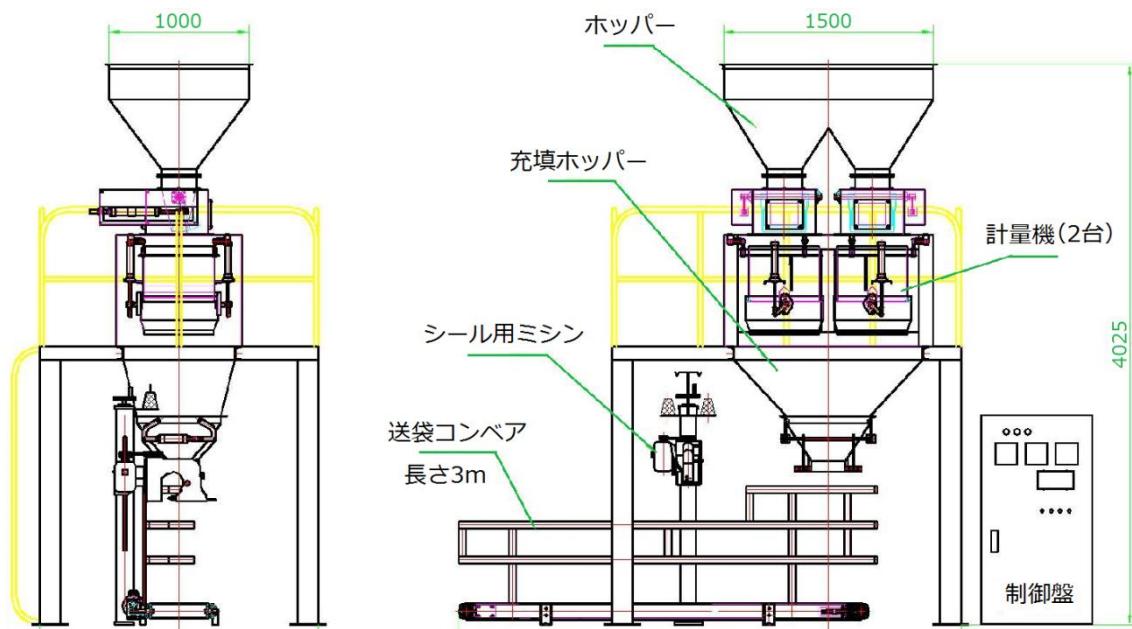


図 36. 半自動包装ラインの構造概略



図 37. 半自動包装ライン写真



図 38. 半自動包装ラインの操業風景

## 2. 全自動包装ライン

全自动包装ラインは給袋からシールした包装袋をパレットに載せるまでの全工程がすべて自動化され、人手の介入を必要しない包装ラインである。本邦では、ニューロング工業(株)は包装袋用自動包装装置の最大手で、その包装ラインが幅広く使用されている。

図 39 はニューロング社の全自动包装ラインの構造概略である。真空で包装袋を吸上げ、充填ホッパーへセッティングする。計量した充填物が充填ホッパーを経由して包装袋に詰め込む。充填した包装袋は送袋コンベアでシール機に送り、ヒートシーラーまたはミシンによりシールされる。シールした包装袋は印字装置で製造年月などの情報が印字されてから送袋コンベアで運び、最後にロボントパレタイザーのロボットアームで拾い上げ、パレットに積みこむ。包装能力は 600~2000 袋／時間で、効率が非常に高い。

図 40 は、ニューロング社 3CM-P 型全自动包装ラインの写真である。

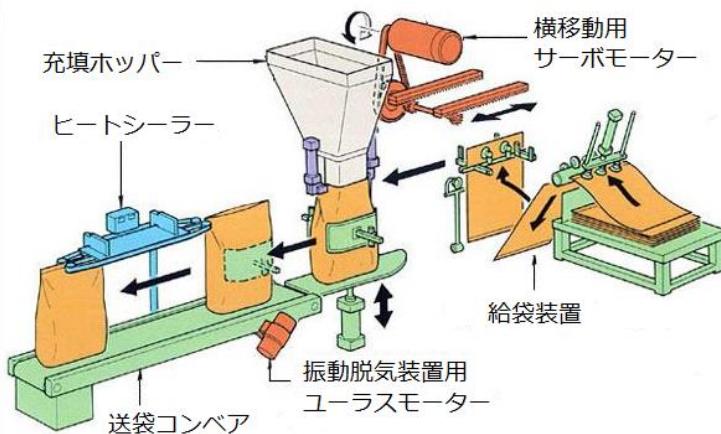


図 39. 全自動包装ラインの構造概略

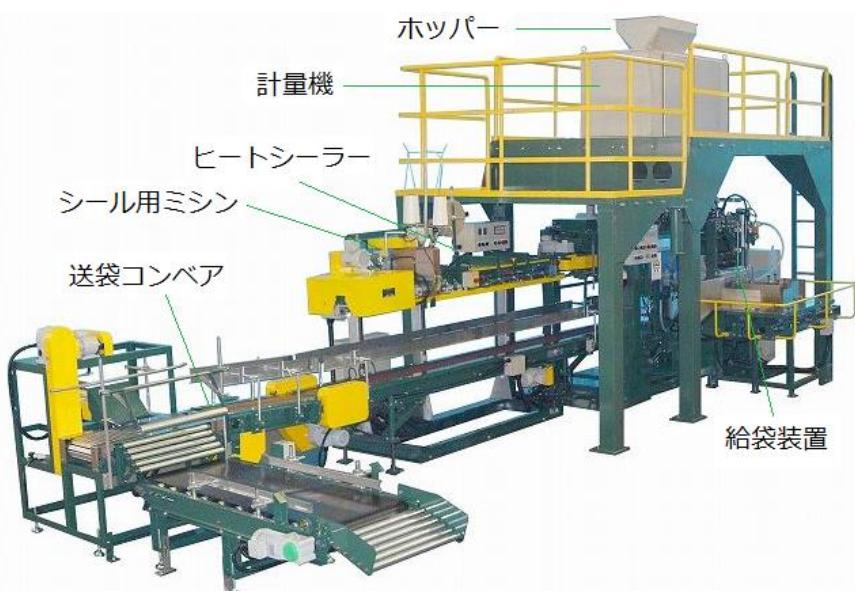


図 40. ニューロング社 3CM-P 型全自动包装ラインの写真