

File No. 79 肥料の造粒方法とその特徴 (2) 乾式造粒法

前編の「肥料の造粒方法とその特徴 (1) 湿式造粒法」に続き、本篇は乾式造粒法を簡単に紹介する。

乾式造粒とは、液体を一切使わず、原料粉粒体を粒子にする方法を指す。圧力と加熱溶解の有無により圧縮造粒法と熔融造粒法に大別される。

一、圧縮造粒法

圧縮造粒法は、杵やロールを使って原料粉体に高い圧力を加えることにより、粉体に塑性変形と脆性破壊を起こさせる。圧縮と変形により緻密化した粉体が分子間力、原子拡散または化学結合の作用と摩擦力により牢固に結合される。すなわち、圧力を使って粒子を形成する方法である。

杵を使う圧縮造粒は、シリンダ (臼) に粉体を充填して、上下から杵をピストンさせることで、粉体を圧縮し、シリンダと同じ形の粒子に成形する。生産効率が低い、粒径が揃った粒子が得られるので、医薬品の錠剤製造によく利用される。

一方、ロールを使う圧縮造粒は、低速で相対に回転する 2 つのロールの間に粉体を通過させ、ロールからの圧力により板状または粒状に成形する方法である。ロールを利用する圧縮造粒法は生産効率が高いため、品質要求の緩い肥料の造粒には適している。従って、本篇はロールを使う圧縮造粒のみを述べ、杵を使う圧縮造粒を割愛する。

圧縮造粒は水や液体バインダーを使わないため、乾燥の必要がなく、生産工程の短縮と生産コストの削減に役立つ。また、原料の適用範囲が広く、湿式造粒では配合できない原料も使用できる。但し、粉体間の結合は分子間力や摩擦力によるもので、形成した粒子の硬度が湿式造粒法より低く、粉化しやすい。圧縮造粒法は、湿式造粒法での造粒が難しい硫酸、塩安、塩化加里、硫酸加里などの造粒によく使われる。

圧縮用ロールの表面形態により、圧片法とブリケット法に分けられる。

1. 圧片造粒法

圧片造粒法は、ローラーコンパクター法とも呼ばれ、垂直または水平配置された 2 本ロールの間にスクリーフィーダーを用いて造粒原料を供給して、ロールから高い圧力を加えることにより、シート状に圧縮成形する。成形されたシートをさらに破碎装置で細かく破碎して、篩分けを経て粒状物を得る造粒方法である。篩下の粉粒体を原料ホッパーに戻して再び造粒に供する。圧片造粒設備の構造概略は図 1、実物写真は図 2 に示す。

圧片造粒法の特徴は

- ① 造粒過程に水や液体の添加がなく、乾燥が不要で、生産工程の短縮と生産コストの削減に役立つ。
- ② 原料の適用範囲が広く、湿式造粒では配合できない原料も使用できる。
- ③ 原料粉粒体はシートに成形されたため、粉碎・整粒機により片状の粒子に破碎される。
- ④ 圧縮率が高いため、成形された粒子の密度が高い。

- ⑤ 粒子の粒径が篩分け機の篩目を変えることで調整することができる。
- ⑥ 粒度分布が広い。
- ⑦ 粒子の形状が不規則で、硬度が低く、流通過程に粉化しやすい。

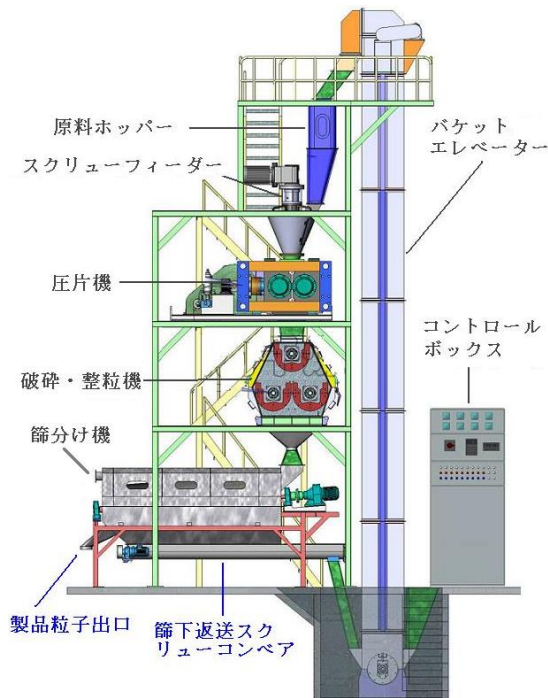


図 1. 圧片造粒装置の構造概略図



図 2. 圧片造粒装置（塩化加里造粒用）

2. ブリケット造粒法

ブリケット造粒法は、ロールにダイキャビティ（鑄型）を彫り、そこに入った粉粒体を高い圧力で圧縮して固めて粒状にする方法である。

投入した粉粒体はロールの表面にあるダイキャビティに嵌めこみ、高い圧力により塑性変形と脆性破壊を起こさせ、緻密化して粉粒体を牢固に結合させる。造粒した粒子がダイキャビティから脱型して下へ落ち、回転する破碎ブレードで一部繋がっている粒子をバラバラにしてから篩網を通す。造粒した粒子が篩分け機に送り、規格値に合う粒子が出荷するが、篩下の粉粒体を原料ホッパーに戻して再び造粒に供する。ブリケットマシンの構造概略は図 3、ダイキャビティを彫ってある圧縮ロールの実物写真は図 4 に示す。

ブリケット造粒法の特徴は、

- ① 造粒過程に水や液体の添加がなく、乾燥が不要で、生産工程の短縮と生産コストの削減に役立つ。
- ② 原料の適用範囲が広く、湿式造粒では配合できない原料も使用できる。また、粒子密度と硬度もロールの圧力を変えることで調整することができる。
- ③ 原料粉粒体はロールからの圧力により直接粒状物に成形されたため、圧片法の破碎・整粒機が不要である。

- ④ 粒子の形状と粒径がロールのダイキャビティに支配される。造粒した粒子の粒径がほぼ同じで、粒度分布が非常に狭い。
- ⑤ 造粒機本体が小さく、据付に必要な面積が小さくて済む。操作が簡単で、故障が少なく、メンテナンスが容易である。
- ⑥ ダイキャビティを利用するため、ダイキャビティのサイズが小さいと、成形が困難で、成形した粒子もダイキャビティから脱型しにくいいため、3mm 以下粒子の造粒が非常に困難である。
- ⑦ 造粒した粒子は卵状に近い不規則形が多く、バリがあり、摩耗により粉化しやすい。

ブリケットマシンの 1 台当たりの造粒能力が小さいが、大量生産の要求に応じて、造粒ラインにはブリケットマシン 6~10 台と共用の原料ホッパー、篩、ベルトコンベア等を組む方式が主流である。

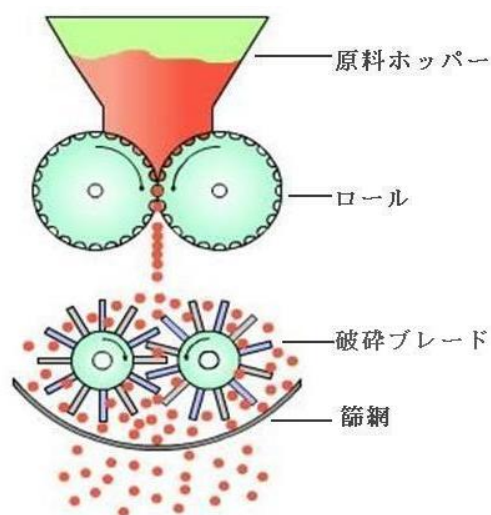


図 3. ブリケットマシンの構造概略図

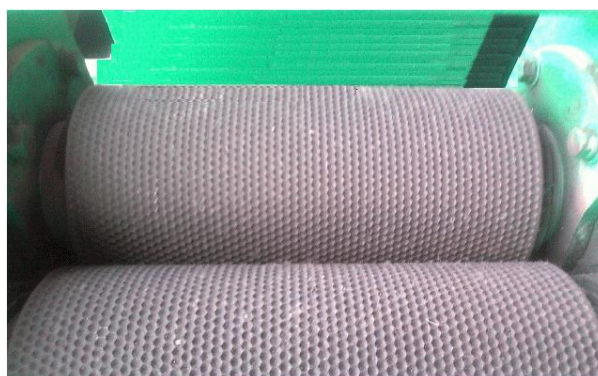


図 4. ブリケットマシンの圧縮造粒ロール

二、熔融造粒法

熔融造粒法は、低融点の原料を熱で融かし、ノズル等を使ってその熔融液を液滴にしてから冷却凝固させ、粒状にする方法である。熔融凝固造粒とも呼ばれる。水などの液体バインダーを使わないため、乾式造粒に属する。

低融点の原料だけを熔融して粒状に冷却凝固させるほか、低融点原料の熔融液にほかの高融点原料の粉を配合してスラリーにしてから造粒することもできる。熔融造粒法は設備の違いにより主に 5 種類に分けられているが、肥料造粒に於いてはほとんどプリリングタワー造粒法を使用する。

プリリングタワー造粒法の基本原理は、加熱して原料を熔融し、ノズルを使って熔融した造粒液を造粒タワーの上部から噴射して、スプレーされた液滴が重力でタワー内部に落下していく過程で、冷風と接触して冷却凝固し、固体粒子となってタワーの底部で受取り、篩分けして製品にする。プリリングタワー造粒設備の構造概略は図 5、実物写真は図 6、中

国山東省にあるプリリングタワーを使用する化成肥料工場の外観写真は図 7 に示す。

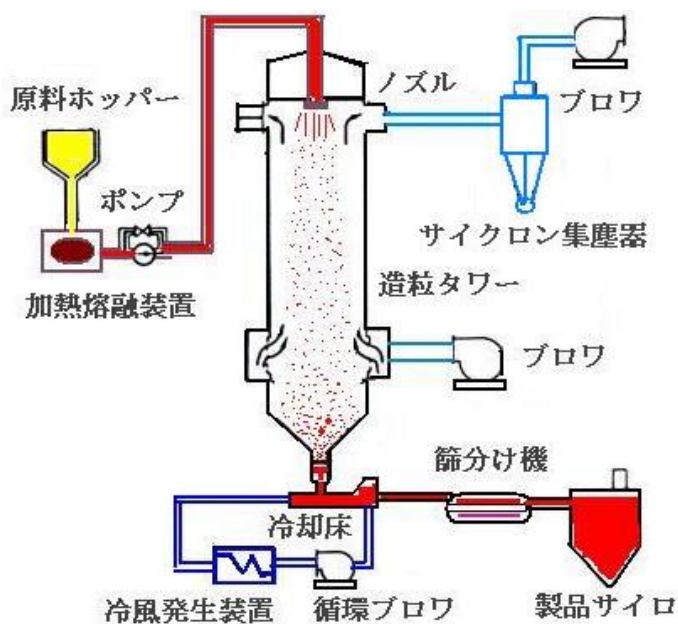


図 5. プリリングタワー造粒装置の構造概略図



図 6. 造粒タワー



図 7. 高窒素化成肥料を生産する肥料工場（中国山東省）

熔融造粒法の特徴は、

- ① 原料は加熱熔融されてから造粒されるため、造粒促進材の添加が不要で、製品の純度と

有効成分含有量が原料と同じである。

- ② 造粒過程に水や液体の添加がなく、乾燥が不要で、生産工程の短縮と生産コストの削減に役立つ。大量生産に適する。
- ③ 粒子が球状で、粒径がノズルの種類とノズルの孔サイズに支配されるため、コントロールしやすく、粒度分布が狭い。
- ④ 造粒用冷却タワーが大きく、据付に必要な面積が広く、初期投資が嵩む。
- ⑤ 低融点（融点が 350℃まで）の原料が必要で、高温で分解や化学反応が起きる原料は使えない。化成肥料を作る場合には低融点原料の割合は 50%以上を占める必要がある。
- ⑥ スプレーされた液滴が冷却凝固の際に内部液体と気泡が噴き出す可能性があり、粒径 5mm 以上の粒子の造粒に適しない。

熔融造粒法は尿素、硝安、硝酸加里など低融点の肥料の造粒に使われる。また、尿素を主体とする高窒素化成肥料の造粒にも適している。

上述 3 種類の乾式造粒法で造粒した粒子の特徴は表 1 に示す。乾式造粒法の詳細を知りたい方は、本研究所の「肥料加工法」にある関連章節をご参考ください。

表 1. 乾式造粒法で造粒した粒子の特徴比較

造粒法	粒子形状	粒度分布	粒子密度	硬度	造粒できる粒径
圧片造粒法	不規則状	非常に広い	高い	低い	1~10mm
ブリケット造粒法	卵状に近い不規則状	狭い	高い	低い	3~100mm
プリリングタワー造粒法	球状	狭い	低い	低い	0.5~4mm