

File No. 78

肥料の造粒方法とその特徴（1）湿式造粒法

肥料を粒状にすると、流通と機械施肥が便利になるだけではなく、肥料利用率の上昇と肥料焼けの回避などの利点もある（別編の「なぜ肥料が粒状にすることが多いか」を参照）。従って、市販されている肥料はほとんど粒状のものである。

肥料の造粒方法は水や液体バインダーを使う否かにより湿式造粒と乾式造粒に大別される。

湿式造粒は、水や液体バインダーを使って、原料粉末を湿潤させ、粒子間に液架橋を生成させ、付着や結合を経て粒子を形成する方法である。その故湿式造粒と呼ばれている。湿式造粒の方法は粒子の形成メカニズムと設備によりいくつかに分けられるが、肥料造粒には主に転動造粒（パン造粒、ドラム造粒）と押出造粒が利用されるが、極一部は攪拌造粒も使われている。

本篇は肥料の湿式造粒方法とその特徴を簡単に紹介する。詳細を知りたい方は、本研究所が作成した「肥料加工学」の湿式造粒に関する章節をご参考ください。

一、転動造粒法

転動造粒法は、低速回転するパンまたはドラムのような造粒容器に原料粉粒体を連続に投入して、水または液体バインダーを霧状にして吹き付け、粒子が造粒容器の回転に沿つて転動しながら別の粒子に衝突し、付着や結合をして大きくなり、最終に所要サイズの粒子に成長する。

転動造粒法の特徴は粒子が転動しながら成長していくため、できた粒子が球状または球状に近い形を有し、表面が滑らかで、湿潤状態では粒子の強度が高くないが、乾燥を通して形成した固架橋の結晶状態により硬度の高い粒子を得ることができる。わが国では、化成肥料の生産には転動造粒法が主流である。転動造粒法は造粒容器の形によりパン造粒法とドラム造粒法に分けられる。

1. パン造粒法

パン造粒法は、40～50°に傾斜して回転するパン（皿）に原料粉粒体を継続的に供給し、適宜に水または液体を吹き付け、湿潤させて転動しながら成長し、所定の粒径になってからパンから排出される方法である。その構造概略は図1、実物写真は図2に示す。

パン造粒の特徴は、

- ① 機械構造がシンプルで、操作が簡単、メンテナンスも容易である。特にパン内の造粒状態を直接見られるので、操作の変更と調節が迅速・簡単にできる。
- ② 分級作用がある。遠心力の作用により、形成した粒子がその粒度の増大に伴いパン内に於ける転動軌道が次第に小さくなり、所要粒度に達し次第、自動的にパンの縁から排出される。製品の粒度が比較的均一である。
- ③ 粒子が転動しながら次第に大きくなるため、球状に近い粒子がほとんどである。粒子表面が滑らかで、粉化しにくい。

④ 造粒機本体の価格が安く、必要な据付面積が小さい。ドラム造粒機に比べ、同様の生産能力では、パン造粒機本体の価格が $2/3$ 、据付面積が約半分である。

⑤ 開放式なので、造粒時に化学反応が起き、有害な気体を放出するものの造粒には向けない。

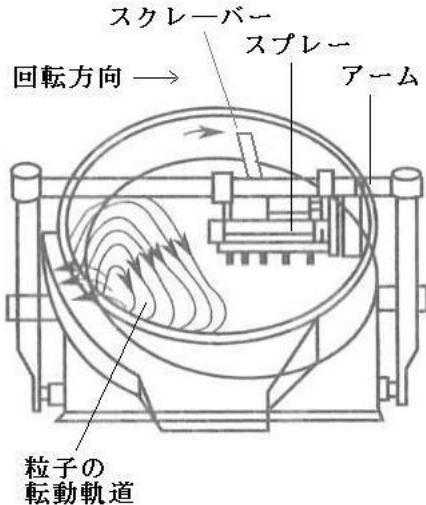


図 1. パン造粒機の構造概略図



図 2. パン造粒機

2. ドラム造粒法

ドラム造粒法は、傾斜配置された円筒形のドラムを回転させながら、ドラムの上端から原料粉粒体および水または液体バインダーを投入し、転動させて造粒する方法である。ドラム内では原料粉粒体が粒子核の形成、粒子の成長と整形・完成の段階を経てドラムの下端から排出される。ドラム造粒機の構造概略は図 3、写真は図 4 に示す。

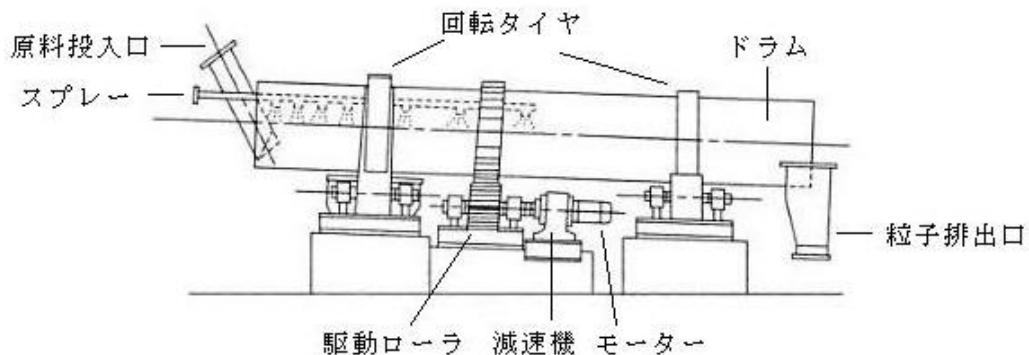


図 3. ドラム造粒機の構造概略

① ドラムが密閉され、造粒時に化学反応が発生しても有害物質が漏洩することが防げる。また、造粒時に発生した粉塵やガスの回収処理が簡単である。リン安 (MAP、DAP) およびケミカル造粒はほとんどこの方法を採用する（図 5）。

② ドラムが長いほど、粒子の転動距離が長くなり、粒子の形状が丸くなる。短いドラムか

ら造粒された粒子は不規則状のものが多い。

- ③ 生産能力が大きく、操業コストが安い。
- ④ 造粒した粒子の大きさに対する分級作用がなく、投入した原料から造粒した粒子がすべて排出される。粒度分布が広い。粒径の不合格品の戻り造粒が必要である。
- ⑤ 設備の価格が高く、据付に必要な面積が広く、造粒工程中に粒子の状況が見られない。



図 4. 化成肥料用 ドラム造粒機



図 5. DAP 用 ドラム造粒機

現在、ケミカル造粒を除き、肥料の造粒ラインを新規導入する場合にはパン造粒機を優先的に選択することが多い。

二、押出造粒法

押出造粒法は、原料粉粒体に造粒促進材と水または液体バインダーを添加して、混合・混練してから、スクリュー、プランジャーまたはローラ等を使って、圧力で混練した軟料を強制的に多数の孔を開いている板（スクリーンダイ）に押し出し、カッターで一定の長さで切断し、円柱状の粒子にする方法である。ペレット造粒法とも呼ばれる。押出方式によってスクリュー押出機、プランジャー押出機、ローラ押出機（ディスクペレッターを含む）等に大別されるが、生産効率、製品質質、メンテナンス、消費エネルギー等を勘案して、スクリュー押出機（図 6）とローラ押出機（図 7）を使用することが多い。



図 6. スクリュー押出機



図 7. ディスクペレッター（左：本体、右：押出ローラ部）

押出造粒法の特徴は、

- ① 設備導入コストが安く、据置面積が小さくて済む。小規模の肥料製造には適する。
- ② 操作が簡単、技術とノウハウがほとんど要らない。
- ③ 粒子の粒度がスクリーンダイに開いている孔のサイズに依存するため、粒度の調整が簡単で、粒度分布が狭い。
- ④ 繊維質が多く、転動造粒に適しない有機質原料も利用できる。
- ⑤ 水と液体バインダーの使用量が多く、できた粒子の水分が多く、乾燥に必要な熱エネルギーが多い。
- ⑥ スクリーンダイ、カッターなど機材の摩耗が激しい。
- ⑦ 生産能力が小さく、大量生産に向いていない。

三、攪拌造粒法

攪拌造粒法は、原料粉粒体を造粒容器に投入して、回転するブレードで攪拌しながら水または液体バインダーを添加して、回転するブレードの攪拌作用により原料が強いせん断力と圧縮力を受けて、混合、切返し、分散を行い、遠心力により造粒容器の内壁に衝突運動等で転動しながら粒子に凝集させる方法である。攪拌造粒機の基本構造は図8、実物が図9に示す。

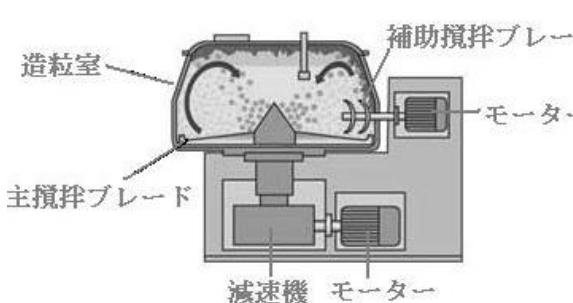


図8. バッチ式攪拌造粒機構造概略



図9. パッチ式攪拌造粒機

攪拌造粒はその粒子核の形成、粒子の成長メカニズムが転動造粒とほぼ同じであるが、転動造粒は粒子が重力と遠心力の影響により規則的に転動しながら一次粒子を付着・結合して次第に大きくなることに対して、攪拌造粒はブレードの回転により粒子が不規則的に転動しながら互いに衝突し凝集して大きくなる。凝集力の弱い粒子がブレードとの衝突または互いに衝突して崩壊するが、碎片が再び凝集して成長するところが異なる。

攪拌造粒法の特徴は

- ① 造粒時間が短く、ワンロットの造粒時間が原料の投入、混合、液体の添加を入れても大

体 30~45 分である。高速搅拌造粒機の場合は搅拌時間が 3~5 分だけで十分である。

- ② 搅拌ブレードの回転抵抗及び造粒室の造粒物の重量による造粒した粒子の崩壊を防ぐため、造粒室のサイズと原料投入量が制限され、一回造粒できる量が少なく、造粒能力が低い。大きな粒子を造粒できない。
- ③ 造粒した粒子の粒度分布が広い。
- ④ 造粒した粒子の密度が高い。
- ⑤ 連続造粒に向けず、バッチ式がほとんどである。生産効率が劣る。
- ⑥ 強制搅拌に使うエネルギーが多く、生産コストが高い。

搅拌造粒法は生産効率と生産コストの面では劣るため、主に食品調味料、医薬品や農薬の造粒に使用されるが、化成肥料の造粒には極一部のメーカーしか使わない。

上述の湿式造粒法で造粒した粒子の特徴は表 1 に示す。

表 1. 湿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
パン造粒法	球状	狭い	低い	高い	1~50mm
ドラム造粒法	球状または不規則状	非常に広い	低い	高い	1~10mm
押出造粒法	円柱状	非常に狭い	高い	低い	ダイの孔による
搅拌造粒法	卵状または不規則状	広い	高い	高い	0.5~5mm