

篩い分け

篩い分け（sieving）とは、篩網による粉粒体の分離操作である。すなわち、網目をバリヤとして粒子 1 個ずつを網目の大きさと照合して、粉粒体の混合物から網目を通過する細粒子集団と通過できない粗粒子集団に仕分ける操作である。分級作業の一つである。

肥料分野では、肥料成分の調整、作物の種類や生育ステージに合わせる必要な栄養分の供給、機械施肥の対応、施肥時粉じんの飛散防止、肥料性能の改善と肥料効果の延長、保管時の吸湿や重圧による固結の防止などの理由で、肥料を一定粒径の粒子に造粒してから施用することが多い。造粒後、規格から外れた大きすぎまたは小さすぎの粒子を分離して取除き、所定粒径の肥料粒子を商品として出荷するために、篩い分け工程を欠かせない。

一、篩い分け原理

固体粒子の篩い分けは、一定の大きさの網目を有する篩を使って、その網目を標準に通過するか否かにより分級する作業である。篩の上に残った粒径の大きい粒子を篩上物、篩を通過して下に落ちた粒径の小さい粒子を篩下物と呼ばれ、篩の網目により粒径の異なる 2 つの集団に分ける。網目の異なる篩を幾つか重ねて行くと、その篩の数+1 の粒子集団に分けることができる。

1. 篩の網目とメッシュ

篩の網目（目開き）サイズは国際標準化機構（ISO）と日本工業規格（JIS）で決められている。その単位はメッシュで表示する。メッシュとは縦線および横線 1 インチ（25.4mm）の長さに囲まれている範囲にある網目の数を表しており、100 メッシュは 1 インチ四角の範囲に 100 の網目があることを示している（図 1）。

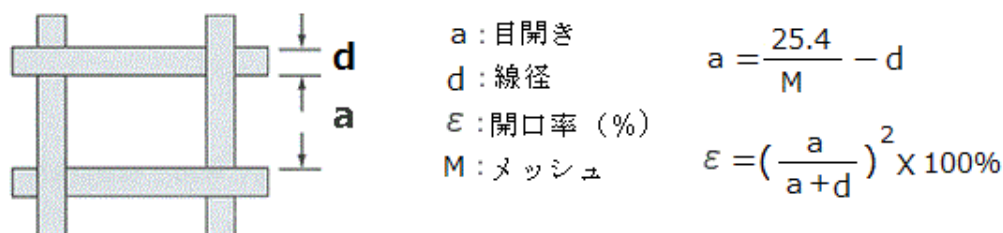


図 1. 篩網のメッシュ、目開きおよび開口率の関係

メッシュ数が多ければ多いほど目開きの小さい網目となる。目開き a 、線径 d 、篩の開口率 ε との間には下記の式に示すように関係する。

$$\varepsilon = \left(\frac{a}{a+d} \right)^2 \times 100\%$$

日本では肥料の粒子は特殊の場合を除き、粒径 2~4mm（アメリカや中国では 2~5mm）に大部分が収まるのが原則であるため、それに関する篩の網目とメッシュ、篩網を形成する針金直径、開口率の参考値を表 1 にまとめた。

表 1. 肥料によく使われる主な標準篩の JIS 規格とその参考特性値

メッシュ (目数/インチ)	JIS 規格による篩の目 開き (μm)	JIS 規格で決められた 針金の直径 (μm)	開口率 (%)
3.5	5600	1660	59.5
3.85	5000	1600	57.4
4.0	4750	1600	56.0
4.7	4000	1400	54.9
8.6	2000	953	45.9
16	1000	588	39.7
30	500	340	35.4
60	250	173	34.9
100	100	104	34.9

2. 粒子の網目を通る確率

肥料の篩い分けによく使用される篩はその網目が針金から構成された正方形の孔である。図 2 に示すように針金の線径を d 、目開きが a として、その対角線の長さが $D = \sqrt{2} a$ である。

理想的な球状粒子の粒径が b とすれば、理論上はその網目の目開き d より小さい粒子しか通過できないが、楕円状、円柱状、棒状粒子の場合は、その短径が網目の対角線 D より小さい粒子、すなわち $b < \sqrt{2} a$ の粒子が篩を通ることもできる。

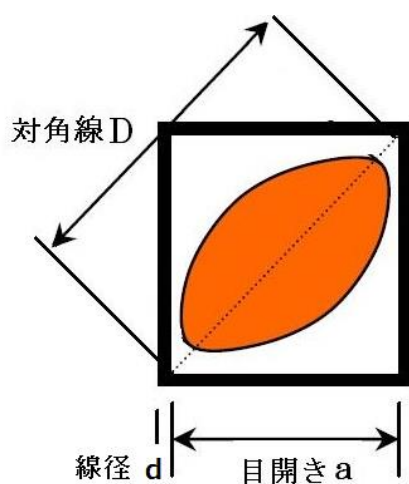


図 2. 網目の目開きと粒子粒径との関係

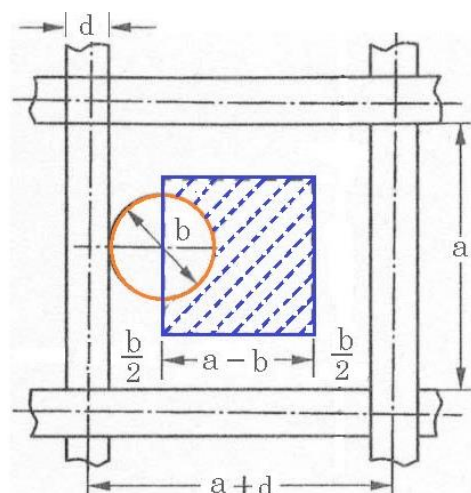


図 3. 粒子が順調に網目を通過できる範囲

しかし、篩い分け時に粒子が篩に垂直に落下と仮定して、その球状粒子が抵抗なく網目を通すには粒子の中心が破線で示す範囲 $(a-b)^2$ に落下しなければならない (図 3)。この範

囲以外に落下した場合は、たとえ粒子の中心が網目 $(a+b)^2$ の範囲に落下しても、針金に衝突して弾けられ、網目を通過することができない。確率理論によれば、ランダムで落下する球状粒子が網目を通過する確率が $P = (a-b)^2 / (a+b)^2$ である。

上記の式から、目開き a が大きく、針金の直径 d と粒子の粒径 b が小さいほど粒子が網目を通す確率が高くなる。表 2 には針金直径 d と目開き a の比を 0.25 と 0.5 に設定する篩に於いて、粒径 b の異なる球状粒子が 1 回の落下と繰り返し連続 10 回の落下で篩を通過する確率 P を示す。

表 2. 粒径(b) の異なる粒子が針金直径(d)、目開き(a)の篩を通過する確率(P)

b/a	P(%)				b/a	P(%)			
	1 回落下		連続 10 回落下			1 回落下		連続 10 回落下	
	d=0.25a	d=0.5a	d=0.25a	d=0.5a		d=0.25a	d=0.5a	d=0.25a	d=0.5a
0.1	51.92	36.00	99.93	98.95	0.6	10.24	7.14	66.05	52.33
0.2	41.00	28.44	99.49	96.48	0.7	5.76	4.00	44.75	33.52
0.3	31.41	21.77	97.70	91.42	0.8	2.56	1.77	22.84	16.35
0.4	23.08	16.00	92.75	82.51	0.9	0.64	0.45	6.22	4.41
0.5	16.10	11.11	82.72	69.20	1.0	0.00	0.00	0.00	0.00

表 2 に示すように、粒子が篩に落下した回数が増えると、その網目を通過する確率が高くなる。また、粒径が小さいほど網目を通しやすく、通過する確率が高くなる。実際の篩い分け工程では、篩を振動するまたは回転するように粒子を篩の上に積極的に転動させ、網目を通過する確率 P を高めることが分離効率と生産効率の向上に非常に有効である。なお、表 2 に示すように粒径 b と目開き a との比率が 0.7 倍までの粒子が一応網目を通過することが可能で、 b/a 比が 0.8 倍以上の粒子では、25 回落下しても通過確率が 50%未満で、網目を通過する確率が低く、篩を通過しにくい粒子と分類される。

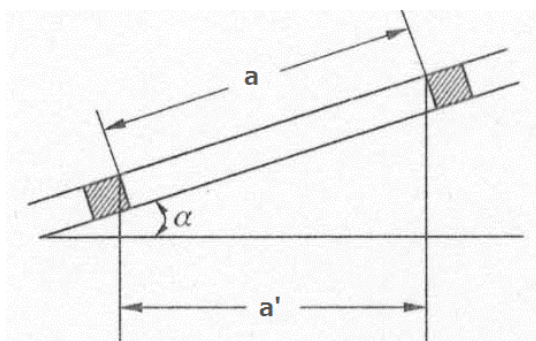


図 4. 篩面の傾斜角度と目開きとの関係

篩い分け作業には、篩面が水平に設置することが稀で、一定の傾斜を有する場合には、図 4 に示すように目開きがその投影面 $a' = a \cos \alpha$ しかなく、粒子の通過確率がさらに下がる。

る。また、粒子の形状が球形以外の角型、円柱型、不規則型の場合は、網目を通過する確率も下がる。

篩を構成する針金の直径もあり、篩の網目を無制限に小さくすることができない。篩い分けによる粒子の分離限界の粒径は、 $3\mu\text{m}$ 程度であるといわれている。効率的に分離できる粒子の粒径は $100\mu\text{m}$ 以上で、それより細かい粒子の分離は空気、水などの流体を利用して、重力、遠心力または慣性力による分級を利用する。

3. 篩い分け機の分離効率と篩の長さ、面積、網目のサイズ、運動との関係

3-1. 篩い分け機の分離効率

篩い分け機の分級性能を評価するため、もっとも一般的な方法として下記の 3 種類がある。

- ① 特定粒径以下の粒子の回収率
- ② ニュートン効率 (newton 効率)
- ③ 部分分級効率

特定粒径以下の粒子の回収率は、設定した篩の網目サイズに対して、篩い分けして回収した篩下物の重量が対象物に含まれている当該サイズ未満の粒径の粒子重量との比率である。その計算式は

$$\eta_s = \frac{m}{m_0} \times 100\%$$

η_s : 特定粒径以下の粒子の回収率、 m_0 : 対象物中の網目サイズ未満粒子の重量、 m : 回収した篩下物の重量

網目サイズより小さい粒子でもその粒径が網目サイズに近いものが表 2 に示すように 100%篩を通過することが不可能であるため、 η_s が常に 100%より低い。

ニュートン効率とは、篩い分けした製品への有効粒子の回収率から製品への不要粒子の混入率を引いたものである。即ち、篩の網目サイズを境界にしてそれより大きな粒子（粗粒子）および小さな粒子（細粒子）をどの程度篩上物と篩下物として回収できたかを示すものである。総合分離効率とも呼ばれる。その計算式は

$$\gamma_0 = \frac{x_0 O}{x_f F}$$

$$\gamma_u = \frac{(1-x_u) U}{(1-x_f) F}$$

$$\eta_N = \gamma_0 + \gamma_u - 1$$

η_N : ニュートン効率、 F : 対象物重量(kg)、 O : 篩上物重量(kg)、 U : 篩下物重量(kg)、 x_f : 対象物中の粗粒子比率(%）、 x_0 : 篩上物中の粗粒子比率(%）、 x_u : 篩下物中の細粒子比率(%)

ニュートン効率とは篩分け機を含む分級設備の分級性能を確実に評価する指標として広く応用される。

部分分級効率とは、粒度を分級して、各粒径の粒子に対する捕集効率である。篩い分けした後に篩上と篩下に分けた各粒径区分の粒子を計測して、それぞれの粒径範囲にある特定粒径の粒子数に対して分級装置で分離された粒子数の割合を示す。その計算式は

$$\Delta\eta = \frac{m_1 f_1 \Delta D_p}{m_1 f_1 \Delta D_p + m_2 f_2 \Delta D_p}$$

その結果を図にプロットして各粒径範囲の粒子の分離状態を示す部分分離効率曲線が得られる。部分分級効率曲線は主に気流による分級設備の分級性能の評価に使用される。

3-2. 分級精度

篩の網目サイズを境界にして固体粒子混合物の分離状態を示す。網目サイズより小さい粒子がすべて篩下に分離して、篩上に残されたものはすべて網目サイズより大きな粒子の場合は、分級精度が 1 である。実際に完全に分離されることが不可能で、篩上に必ず少量の小さい粒子、特に粒径 b と目開き a との比率 (b/a) が 0.8 以上の篩にくい粒子が残されている。篩い分け生産効率を上げるため、分級精度をある程度犠牲しなければならない。

3-3. 篩面

篩面は篩網を張る部分で、対象物を篩分けするところである。篩面の形状、網の材質と目開きは対象物の種類、粒度及び篩分け作業の要求により決定する。篩面の形状は長方形と円形が一番多く見られる。また、網の材質はステンレス、銅等の金属のほか、ゴム、ナイロンなどの高分子材料も使われている。網の形も金属棒状、パンチングメタル（抜き打ち金属板）、織り網、スリット成形等があるが、ステンレス網と合成繊維網が代表的なものである。

金属棒状網は大きい塊状の粗い対象物、パンチングメタルは粒径が中くらいの対象物、織り網は粒径が 10mm 未満の小粒子や粉の篩分けに適する。スリット網は中小粒状物の脱水、脱泥作業に使われる。

3-4. 開口率

目開き部分の面積と篩面の面積との比率は開口率と呼ばれる。開口率が目開きを構成する針金の直径と負の相関関係があり、針金の直径が細いほど、開口率が大きくなる。また、開口率が大きいほど篩の生産効率と分離効率が高くなる。但し、針金直径が細い場合は篩面の強度が下がり、使用寿命も短くなるので、開口率がある程度に抑えた方がよい。

3-5. 篩面の長さ

篩い分け設備の生産効率と分離効率は篩の幅と長さに関係する。篩面の幅は主に生産効率に影響する。幅が広いほど、時間当たりには載せられる対象物の量が多く、篩い分け量も増え、生産効率が上がる。一方、篩面の長さは対象物の篩上に滞留時間に関連して、篩面が長いほど対象物の滞留時間が長くなり、分離効率が高くなる。但し、その効果が無制限ではない。対象物が篩面に滞留時間が長くなると、逆に生産効率が悪くなる。ある実験では、篩面の長さを均等に 6 段に分けて各段を通過した篩下物を回収して、その総回収量を 100%にして各段の回収率を確認する結果では、最初の 1 段目に網目を通過し、回収した篩下物がもっとも多く、約 45%を占めるが、次第に網目を通過する粒子が少なくなり、6 段目には 5%しか回収できなかった（図 5）。即ち、最初は目開きに対して粒径の小さい粒子が順調に篩を通過したが、一定時間経過後、粒径 b と目開き a との比率 b/a が 0.8 未満の粒子がほとんど通過してしまい、残った粒径の大きい粒子は篩を通過しにくく、篩下物が急速に減少する。通常、分離効率と生産効率のバランスを考慮して、篩面の長さは篩面の幅の 2.5～3.0 倍を超えないように設計する。

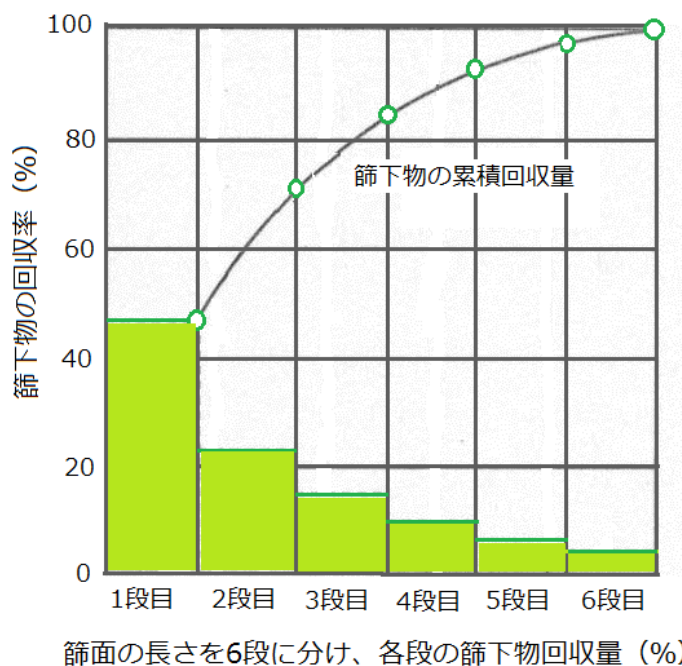


図 5. 篩面の長さが篩を通過した粒子の量に及ぼす影響

3-6. 網の目開きサイズ

目開きが大きいほど、対象物が網目を通過しやすく、篩面積当たりの生産効率が高くなる。通常、2～4mm 粒子を篩分ける場合は、目開きが上段篩では 4.75mm または 5.0mm (4 メッシュまたは 3.85 メッシュ)、下段篩では 2.0mm (8.6 メッシュ) に設定して、対象物中の粒径 2～4mm 粒子がほぼ 100%回収され、回収物中の 2～4mm 以外の粒径の粒子比率が 10%未満に抑えられる。

3-7. 網目の形状

網目の形状は正方形、長方形（トンキャップ）、円形が一番多く見られる。そのほか、菱目、亀甲（六角形）の形状もある。

正方形網目は、開口率が大きく、篩分け効率が高いが、対象物の粒度が細かく、水分が多い場合には網目の 4 つの角付近には微細粒子の凝集・付着が発生しやすく、網目を塞ぐ事故が多発する。正方形網目の開口率は、

$$\varepsilon = \frac{a^2}{(a+d)^2} \times 100\%$$

ε : 開口率 (%)、 a : 目開き、 d : 針金の直径

長方形網目は、開口率が一番大きく、粒径が小さく、片状粒子の少ない対象物にはその篩分け効率が高い。通常、長方形網目はその長辺が対象物の篩面に於ける運動方向に一致するが、水を多量含む対象物では、網目の長辺が対象物の篩面に於ける運動方向にクロスすれば、水と微小粒子の通過に有利である。長方形網目の開口率は、

$$\varepsilon = \frac{a \times a'}{(a+d)(a'+d)} \times 100\%$$

ε : 開口率 (%)、 a : 長辺の目開き、 a' : 短辺の目開き、 d : 針金の直径

円形網目は、開口率が一番小さいが、角がないため、粒度が小さく水分の多い対象物の篩分けに適する。

平行配列の円形篩網目はその開口率は、

$$\varepsilon = 0.7854 \frac{r^2}{(r+d)^2} \times 100\%$$

交互配列（三角形配列）の円形篩網目はその開口率は、

$$\varepsilon = 0.905 \frac{r^2}{(r+d)^2} \times 100\%$$

r : 目開きの直径、 d : 隣接 2 つ網目の平均距離

3-8. 篩面の運動

篩い分けに於いて対象物が篩面に接触することが先決条件である。つまり、対象物と篩網との間に相対的に運動することが必要である。対象物と篩面との相対的運動は落下運動と転動運動に分けられる。粒子はフィーダーから篩に落下する瞬間だけで落下運動であるが、その後は篩面の運動状況により落下運動または転動運動に強制される。

落下運動は粒子が篩面に落下する運動で、篩面の上下振動により粒子が跳ね上がり、篩面に落下することで、振動篩がその代表である。転動運動は、粒子と篩面が相対的に平面を移動する運動で、篩面の動きにより粒子が篩面に転がることで、搖動篩がその代表であ

る。なお、回転篩のように落下運動と転動運動を組み合わせたものもある。

実際の生産では、粒子の落下運動は転動運動より篩い分けの生産効率が高い。その理由は、篩面の振動により対象物が跳ね上がりバラバラに分散され、網目を通過する確率が高くなる。また、篩面の上下振動により網目に詰まっている粒子がその振動で網目から離脱し、目詰まり現象が軽減される。篩面の振動数と振動幅が粒子の運動速度と通過確率に影響を及ぼす。粒径の小さい粒子では高い振動数と小さい振動幅がその篩い分け生産効率に有利な働きをする。対象物の物性、要求される粒径と篩い分け機の種類により篩面の最適な振動数と振動幅が異なり、実験で確定する必要がある。

3-9. 振動の成層作用

固体粉粒体の混合物に振動を与えると、大きな粒子が上へ、小さな粒子が下へ移動し、次第に上層の粗粒子層と下層の細粒子層に分離する。この現象は成層作用と呼ばれる。これは振動により大きな粒子の隙間を通して小さな粒子が落下して、粒径の小さい粒子ほど粉粒体層の下部に集めると同時に大きな粒子を上層へ押し上げるためである。成層作用は振動数が高いほど起きやすくなる。

成層作用により、対象物中の粒径が網目サイズに近い粒子を篩面に導き、篩分けの分離効率と生産効率の向上に重要な要素にもなる。振動篩はこの現象を活用するために開発された篩機である。

二、 篩機

対象物の物性、要求される分離効率と生産効率に対応するため、市販される篩機の種類が多い。通常、篩面の運動様式により固定篩、振動篩、回転篩、揺動篩に分類される。

1. 固定篩

枠に貼った網面が固定されて、運動しないものである。形状が非常に単純でコストが安いので、古くから使われてきた。固定篩は大体篩面が $30\sim 45^\circ$ の傾斜角度に設置され、対象物が重力で篩面の上端から下端に転がり落ちる過程に、小さな粒子が網目を通過して、大きな粒子が篩上に残る。分離効率が 60 % 未満で、生産効率も悪い。



図 6. 砂利、土用の木枠篩



図 7. BB 肥料混合装置原料ホッパーの篩

建築現場で見かける杵篩は金網を木杵または金属杵に張り、その篩面を $35\sim 45^\circ$ くらいに傾斜して、砂を篩分けするものはその代表である（図 6）。肥料業界では BB 肥料混合装置の原料投入ホッパーに設置され、原料中の固結物などの異物除去に使用される（図 7）。

2. 振動篩

篩面がモーター、電磁石などの振動体により上下、水平・垂直・斜めの動きをする篩機である。振動体に取り付けたアンバランスウェイト（重り）の位相調整によって、振動数、振動幅等が制御され、対象物の粒度・比重等に合わせた効率の良い篩分けを可能にする。分離効率と生産効率が優れ、篩の目詰まりを軽減する効果もあり、もっとも広く使用されている。肥料生産に一番よく使用されている篩である。

振動篩の振動の基本形は篩面に対して円、楕円、直線などである（図 8）。肥料の篩い分けには円運動または楕円運動の振動篩機が適するといわれる。

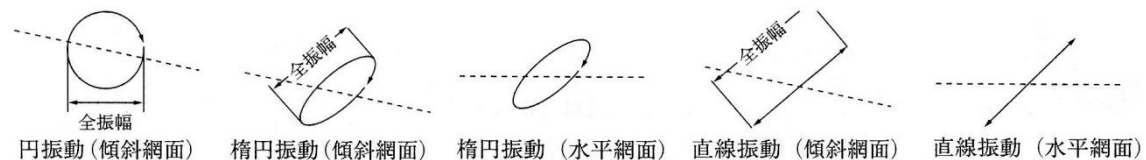


図 8. 振動篩の篩面振動基本形

円運動傾斜式振動篩機は構造簡単、故障の少ないアンバランスウェイト駆動重心貫通型を採用することが多い。その振動発生原理は篩機の重心部に設けられるシャフトにアンバランスウェイト（重り）を付けて、これをモーターで回転することにより発生する力と振動部重量（リビングウェイト）のつり合った振動幅の円振動または楕円振動が発生する。シャフトの数により 1 軸と 2 軸に分けられる。図 9 に示すように 1 軸アンバランスウェイト駆動重心貫通型篩機の構造概略は図 9 に示す。

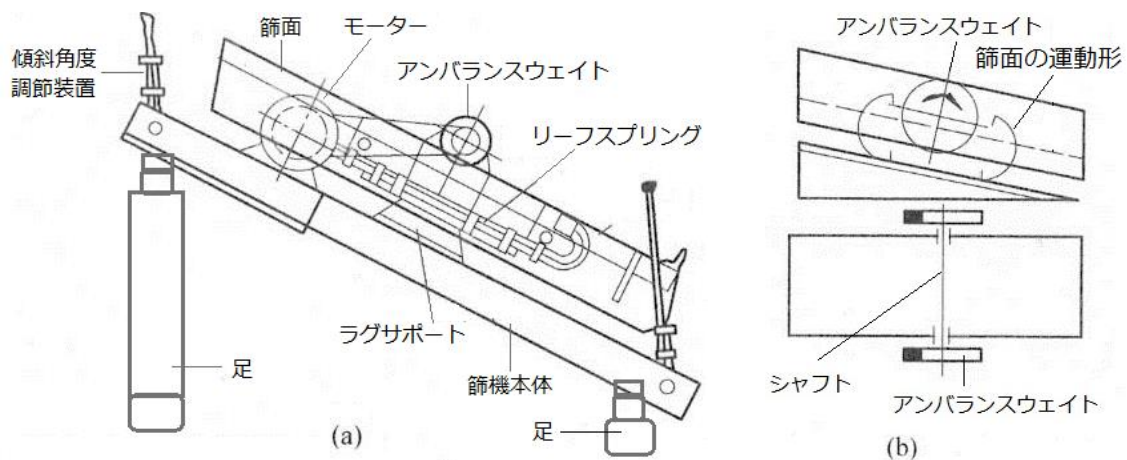


図 9. 1 軸アンバランスウェイト駆動重心貫通型振動篩機の構造概略

1 軸アンバランスウェイト駆動型篩機は篩面の振動が単純な円振動であるため、振動力だけでは対象物を搬送する力が乏しいので、篩面を傾斜させ、その傾斜角によって篩面にある対象物の搬送速度を調整する。篩面の傾斜角が $10\sim 15^\circ$ に設定することが多い。図 10 は 1 軸アンバランスウェイト駆動型振動篩機の実物写真である。

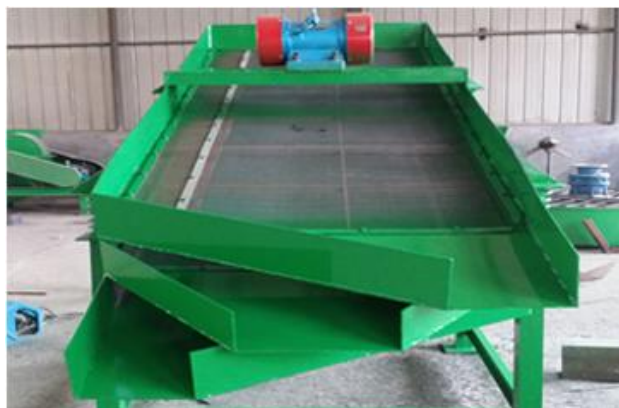


図 10. 肥料用 1 軸アンバランスウェイト駆動型振動篩機の写真

アンバランスウェイト駆動型振動篩機の水平方向搬送力を増強するため、2 軸アンバランスウェイト駆動の振動篩機を考案された。その構造概略は図 11 に示す。篩機にアンバランスウェイトを装着しているシャフトを 2 軸設ける。シャフトの回転方向が相反であるが、回転速度が同じであるため、斜めに設置されたアンバランスウェイトが発生する力の合力で篩面が前方への楕円形振動が発生する。従って、2 軸アンバランスウェイト駆動型振動篩機は篩面を傾斜に設置する必要がないが、一部の機種は篩面に於ける対象物の流れをよくして、生産効率を上げるため、篩面の傾斜角を調整する機能を付けて、ある程度の傾斜角を設定することが可能である。

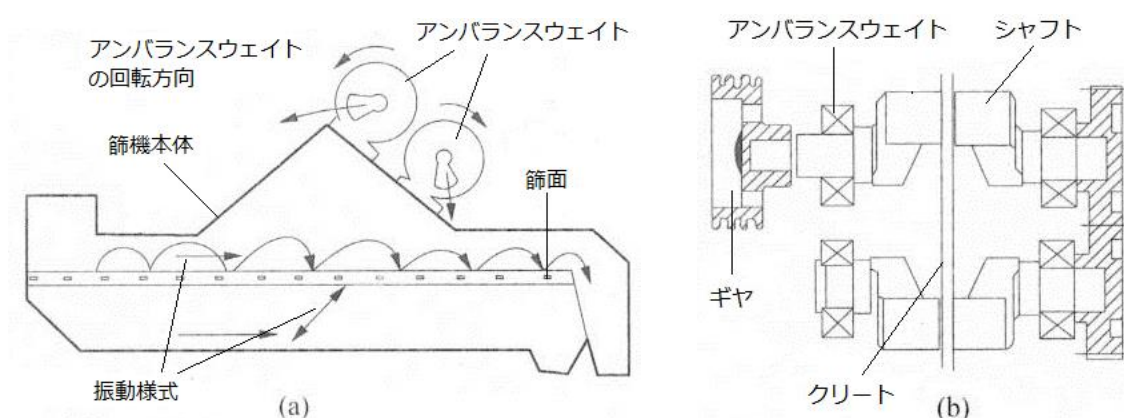


図 11. 2 軸アンバランスウェイト駆動重心貫通型振動篩機の構造概略



図 12. 2 軸アンバランスウェイト駆動型振動篩機の写真

3. 回転篩

円筒または円錐、多角形の中空筒体の外周に篩網を張って、筒体が一つの篩となる。筒体が水平面に対して $8\sim 20^\circ$ に傾斜して設置し、モーターで筒体をその軸線に沿って回転させる。筒内に供給された対象物は篩の回転により、篩面にらせん状に転動して前方へ転がり、小さい粒子が網目を通過して、筒外に出て、篩下物として回収する。網目を通過できない大きな粒子や塊は筒体の前端から篩上物として排出される。網目に詰まっている粒子は篩面が回転して逆さになった際に重力と振動で再び筒内に落下する。通常、回転筒体が 2 つまたは 3 つの区域に分けて、後端には目開きの小さい金網、前端には目開きの大きい金網を張る。投入された対象物が目開きの小さい金網区域を通過する際に細粒子が分離され、その後、目開きの大きい金網区域を通過する際に粗粒子が分離される。残った大きい粒子や塊が金網を通過できないため、篩上物排出口から排出される。その篩い分けメカニズムは図 13、構造概略は図 14 に示す。

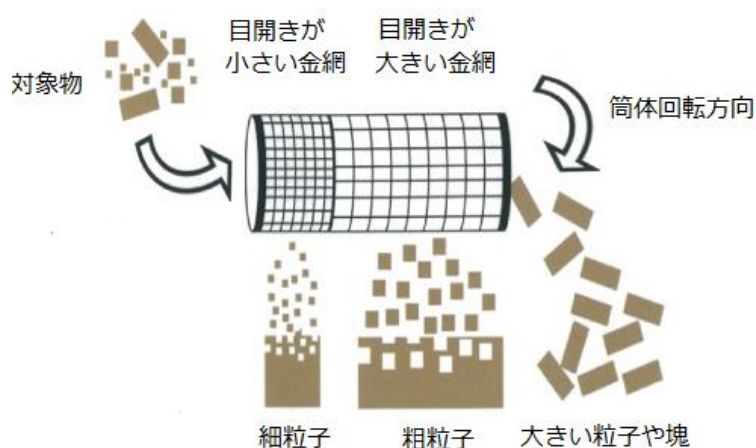


図 13. 回転篩の篩い分けメカニズム

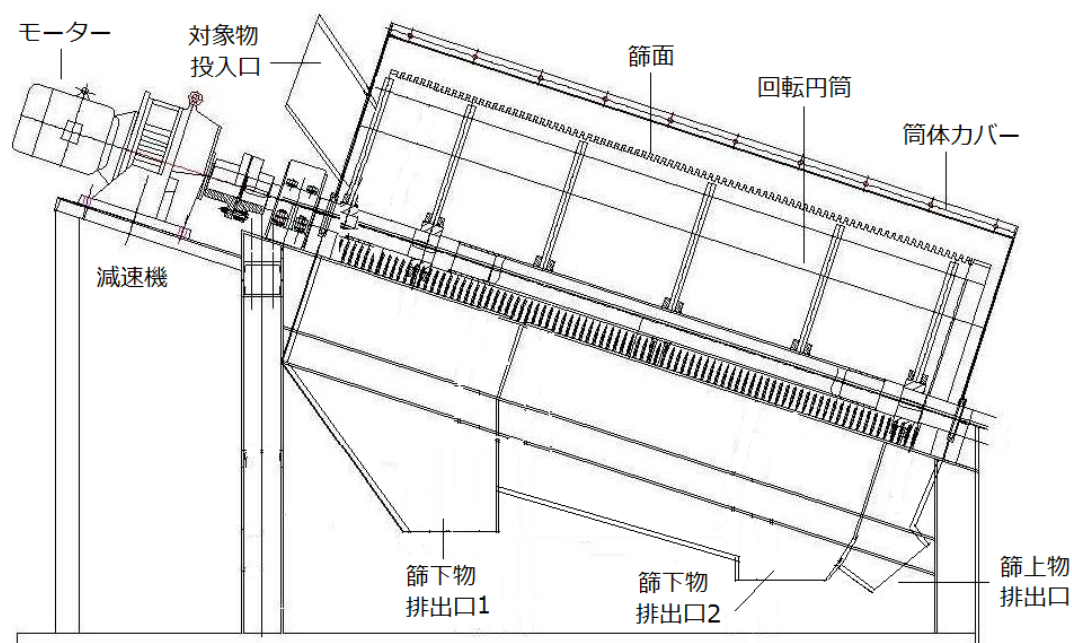


図 14. 回転篩の構造概略

回転篩は構造が簡単で、消費電力が少なく、粒子に与える衝撃が少なく、分離効率と生産効率がよく、篩網の目詰まりを軽減する効果もあり、肥料の篩い分けにも多く使用されている。肥料に使用される回転篩の実物写真は図 15 に示す。



図 15. 肥料用回転篩の写真

4. 揺動篩

篩面がモーターや電磁石により 2 次元または 3 次元に揺れる。篩面の運動軌跡により直線往復運動、円周運動と複雑運動に分けられる。対象物が篩面の揺れにより転動し、網目を通る。粒子の落下運動がほとんどないため、粒子に与える衝撃が少なく、脆い粒子の分離に適する。

直線運動を往復に行う平面揺動篩の構造概略を図 16 に示す。トグルリンクを篩面の運動

伝達機構として、モーターが伝動ベルトとプーリを通して、トグルリンクの偏心軸を回転させる。トグルリンクの力方向変換機能により、回転力が水平にスライドする力に転換し、篩面を直線に往復運動させる。平面揺動篩の実物写真は図 17 に示す。

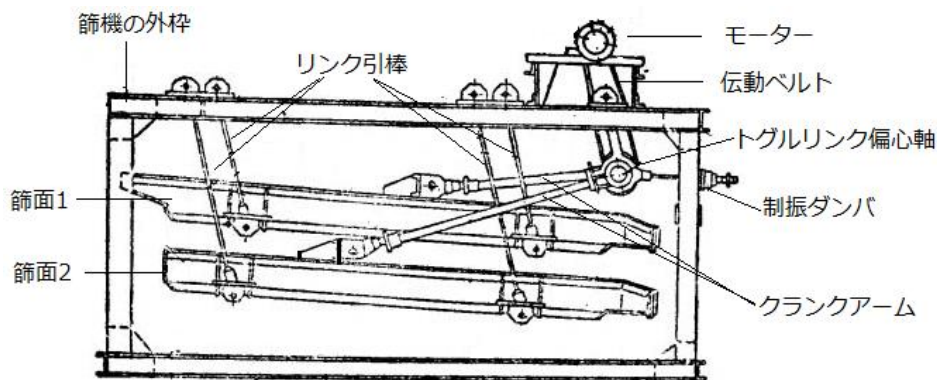


図 16. 平面揺動篩の構造概略



図 17. 平面揺動篩の写真

平面直線往復型の揺動篩は、振動篩に比べ、分離効率と生産効率が劣るため、現在ほとんど淘汰された。

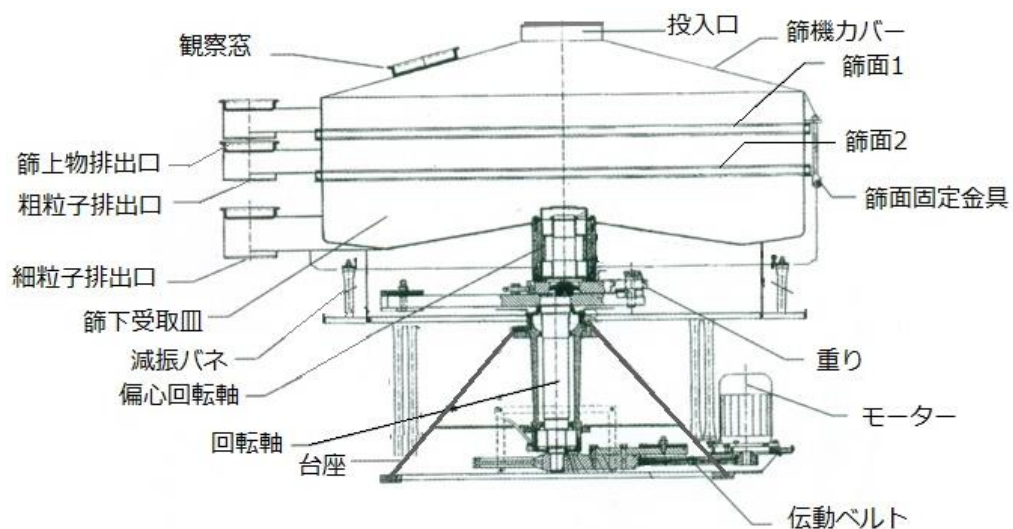


図 18. 円形 3 次元多段式揺動篩機の構造概略

円周運動をする揺動篩は、篩面が円形で、モーターと偏心回転軸、バネの組み合わせに

より篩面が円周の軌跡を描くように 2 次元の回転運動を行う。偏心回転軸の位相とバネの位置を調節すれば、円周運動に加え、左右傾斜に揺れる 3 次元の運動もできる。投入した対象物がらせん状に回転しながら篩面の中心から縁側へ転動し、網目を通過する。粒子に与える衝撃が非常に少なく、脆い粒子の分離に適する。分級精度が高く、高付加価値製品の分級に最適である。機械の大型化が困難で、分離効率と生産効率がやや劣る。医薬品、食品の篩い分けに使用されるところが多い。その構造概略と実物写真は図 18、図 19 に示す。



図 19. 円形 3 次元多段式揺動篩機の写真

四、 篩分け工程の注意事項

ほかの対象物と違い、造粒した肥料粒子は次のような特徴がある。

- ① 特別の場合を除き、対象物が粉～10mm 未満の粒子で、非常に大きな粒子がなく、粒径がほぼそろっている。
- ② 乾燥が行われたため、粒子の水分率が低い。粒子の付着性や凝集性を少なく、流動性がよい。
- ③ 粒子の硬度が低いものが多く、強い衝撃で粉化する恐れがある。

従って、造粒後の肥料粒子の篩分け工程に於いて次の事項を注意すべきである。

1. 篩機を選定と設定

篩分けの対象物量が多く、生産効率を要求する場合は、アンバランスウェイト駆動型振動篩機を選択する。篩分けの対象物量が少なく、分離効率を要求する場合は、円筒式回転篩機を選択する。

振動篩機を使用する場合は、篩面の振動頻度を高く、振動幅を小さくするように設定すれば、生産効率の向上と粒子の粉化抑制に有利である。

円筒式回転篩機を使用する場合は、回転速度を抑えれば、生産効率が低くなるが、分離精度が高くなる。

2. 篩面の傾斜角

水平に対する篩面の傾斜角が大きいほど、対象物が篩面を通過する速度が速く、生産効率が高くなる。しかし、篩面の傾斜角が大きいほど、対象物が篩面に於ける滞留時間が短く、分離精度が悪くなる。篩面の最適傾斜角は実験結果と現場の経験で決定すべきである。

3. 対象物の投入量と均一投入

対象物の投入量が少ないほど、篩面に堆積される対象物の層が薄く、粒子が網目に接触する機会が増え、分離効率が良くなるが、生産効率が下がる。一方、投入量が過大の場合は、篩面にある対象物の堆積層が厚くなり、網目を塞ぎ、分離効率が悪くなり、生産効率も上がらない。対象物の適正な投入量は排出端の篩網の上に残った篩上物層の厚みで推定することができる。

肥料用振動篩機は大体目開きが異なる 2 段の篩網で構成する。上段の目開きが大きい篩網を通過して、下段の目開きが小さい篩網を通過しない粒子が製品とする。排出端の下段篩網に於ける製品とする篩上物層の厚みを計測し、それを篩の目開きサイズで割り、目開きとの比率倍数 δ を計算する。 $\delta \leq 1$ は排出端の篩上物の厚みが篩の目開きより小さく、すべての粒子が篩面に接触しているので、篩分けの分離精度が非常に良いが、生産効率が非常に悪い。逆に $\delta \geq 1$ は排出端の篩上物の厚みが篩の目開きより大きく、篩面を完全に遮り、篩上の一部粒子が篩面に接触せず、そのまま排出される可能性がある。通常、肥料粒子の篩分けでは δ を 3~5 に設定して、規格要求が緩い場合は 5~10 にしても問題ない。

一方、円筒式回転篩機では、排出端の篩上物が粒径オーバー品で、その δ が参考にならない。通常、円筒後端の目開きの小さい篩網と前端の目開きの大きい篩網との境目、即ち、第 1 段の細粒子の篩分けが終った時点に篩面に残った篩上物の層の厚さを測り、その δ を 3~10 に設定する。

最適な δ 値が判明されれば、対象物の投入量が次式で計算することができる。

$$W_{of} = 0.523 D_p \rho_p \mu \delta B$$

W_{of} : 篩機の篩上物処理能力(kg/h)、 D_p : 粒子粒径(m)、 ρ_p : 粒子密度(kg/m³)、 μ : 篩面に於ける粒子の移動速度(m/h)、 δ : 排出端の篩上物の厚み/篩の目開き、 B : 篩面の幅(m)

上式で計算して得た W_{of} に篩下物として回収した細粒子量 (kg/h) および粒径オーバー品の量(kg/h)を足せば、単位時間当たりの篩分け能力となり、それに合わせて対象物の投入量と投入速度を設定することができる。

一方、対象物を均一に篩機に投入することも重要である。均一投入の意味は、単位時間当たりの投入量が均一だけではなく、篩面の幅に合わせて均一に分布するように投入することである。これにより篩面全体が常に安定な状態で働き、良い生産効率と分離効率を保つことができる。

4. 目詰まり対策

篩の目詰まりが生産効率に大きな影響を及ぼす。目詰まりの原因が多様で、よくみられる目詰まりの種類と原因、対策は次に纏める。

4-1. 突き刺さり

現象：粒子が篩の針金と 3～4 点で接触して、網目を塞ぐ状態となる。

原因：粒子の粒径が目開きに近い。

対策：① 振動篩機では粒子を網目に刺さらないように篩面の振動幅を強くする。

② 円筒回転式篩機では回転筒体にタッピングボールまたはゴムハンマーを設けて、時々篩面に強い振動を与え、刺さった粒子を離脱させる。

③ 網目をトンキャップ（長方形の目開き）に変えて、粒子の刺さを軽減する。

④ 網面の張りを適切にして、粒子に対する反発力を強める。

⑤ 金属網を合成樹脂網に変える。

4-2. 付着

現象：微粉が塊となり、目開きの角、篩枠の縁等に付着している。

原因：対象物の水分が高い。静電気の影響。

対策：① 振動篩機では篩面の振動幅を強くして、付着している微粉の塊を振り落とす。

② 円筒回転式篩機では円筒にタッピングボールまたはハンマーを設けて、時々篩面に強い振動を与え、付着している微粉の塊を離脱させる。

③ エアフロー等を設け、予め微粉を吹き飛ばす。

④ 乾燥をよくして、対象物の水分率を減らす。

⑤ ゴムライニングなどを行う。

⑥ アース線を設置し、静電気を逃す。

4-3. 引っ掛かり

現象：篩面に針金や繊維状のものが引っ掛かり、粒子の通過を妨げる。

原因：対象物に針金や繊維状の異物が混入している。

対策：① 対象物ホッパーに目開きの大きい固定篩を設置して、異物を除去する。

② 篩機の投入端に櫛歯等を有するスクリーンを増設して、異物を除去する。

③ 篩面を定期的にブラッシングして、繊維状異物を除去する。