Ⅱ　調製施設

1．調製の目的

調製の目的は、収穫された大豆子実を市場性のある製品にすることである。図 2-1-1 に基本的な大豆調製のフローを示す。

広義には収穫後の脱粒、荷受け、粗選、乾燥、精選、品質向上、粒径選、検査、計量、包装、保管の全てを含むが、狭義では、粗選、精選、品質向上、粒径選となる。つまり、大豆子実以外のもの、あるいは製品とならない大豆子実を除去する作業で、具体的には、風力選別機による風力選、比重選別機による比重選、形状選別機による形状選、粒径選別機による粒径選、色彩選別機による色彩選である。

良好な調整を行うためには、各調製装置の原理と技術的な基礎と性能、また、組合わせ方、運転能力、さらに大豆子実に関する知識を持つことが重要で、加工者の技量によっては、多少欠点のある収穫物を荷受けした際でも十分な調製が行われ、良好な製品とすることができる。

次にそれぞれの選別機の原理、種類、特徴、使用方法等を記す。

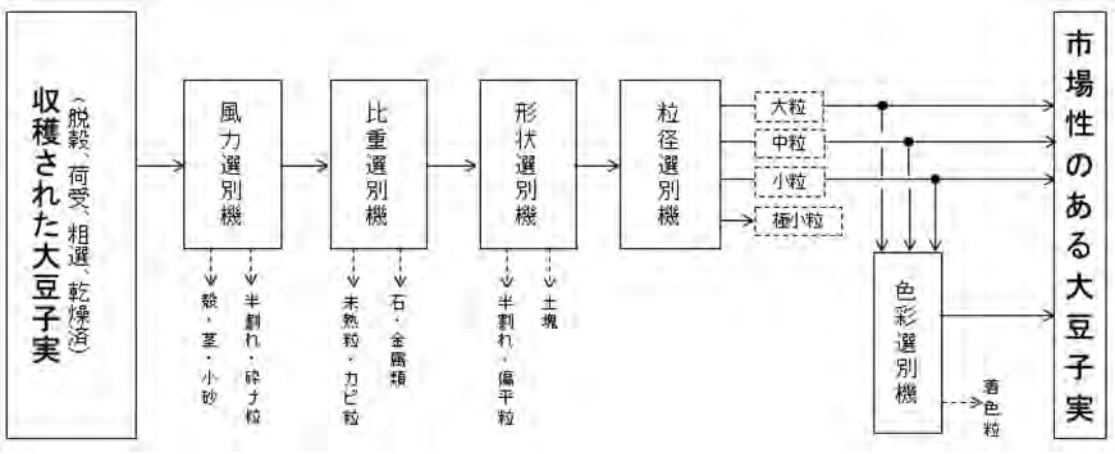


図 2-1-1　大豆調製のフロー

2．風力選別機（粗選機）

1）原理

全ての選別機は、目的とする製品になり得るものと、除去しなければならないものとの間の性質（特に物理的）の違いを、選別に利用するように設計されている。風力選別機では、選別物それぞれの固有の終末速度（終速度、終端速度、終末沈降速度）の違いを効果的に利用している。ある物体が空気中を自由落下するとき、重力加速度による落下速度の加速が空気抵抗とつり合い、一定の速度である「終末速度」に達する。その速度と同じ風速で下方から吹き上げれば、その物体は空気中に浮遊するので「浮遊速度」ともいえる。したがって以後は「浮遊速度」ということにする。図 2-2-1 のように、垂直な筒の下方から送風機で風を送り物体を上方から投入し、その風速より浮遊速度が大きいものは下方へ、小さいものは上方へと移動することで分離ができる。この送風機の送る風速を、回転数あるいはダンパーで調整することにより、浮遊速度が違う 2 種類以上のものの選別ができる。浮遊速度は実験でも求められるが、流体力学の数式により求められる。その数式の中の係数には、形状、比重、容積、表面状態（ざらつき）、内部形状（空洞）、前面状態、全体寸法が要因として含まれる。例えば、同じ形状・容積でも、比重が違えば浮遊速度は違うのである。また、逆に同じ比重のものでも、その形状が違えば浮遊速度は違う。大豆子実

の浮遊速度は、整粒で 11 ～ 12m/sec、半割では 6 ～ 7m/sec であるので、風速 10m/sec で同比重でも分離選別できる。

2）風力選別機の種類と特徴

風力選別機には、吹上げ式・吸引式・密閉式の 3 種類あり、それぞれのおおまかな機構及び特徴は次のとおりである。

(1) 吹上げ式風力選別機

風力選別機の原理に一番近く下部に吹上げ送風機があり、筒（以後はコラムという）内はプラス圧になっていて風の流れは下方から上方である。そのコラムの途中から、できるだけ垂直方向の運動エネルギーがゼロになるように選別するものを投入する。

図 2-2-2 のように、送風機は風の脈流が少ない多翼扇（シロッコファン）で両吸込型である。選別物の投入は振動フィーダーで水平方向にされ、重い製品は中網上を滑り排出され、軽いものは拡散室で風と分離され落下捕集される。

図 2-2-3 は特に乾燥後の粗選機として考えられた機種で、製品の排出は図 2-2-2 とほぼ同じであるが、軽量物は拡散室で分離され捕集されるが、それぞれの持つ浮遊速度の違いを効果的に利用し、有価物（売れるもの）と無価物（捨てるもの）に選別している。

図 2-2-4 は、荷受け時の粗選機として考えられた機種で、風力選別機の大型化と重量物の粒選機構があり、重くて大きい夾雑物の除去も行っている。大豆荷受け用としては最適である。

(2) 吸引式風力選別機

図 2-2-5 のように、サイクロン上部に吸上げ排風機があり、下部はロッカーバルブでエアーロックされている。サイクロンとつながっているコラムはマイナス圧になり、風の流れは下方から上方である。選別物の投入方法は、吹上げ式と同様であるが、重量物の排出はコラム下部から落下し中網などはない。軽量物は、サイクロンで風と分離されロッカーバルブを介して排出される。同じコラム断面積で同じ風速を設定する場合は、吹上げ式風力選別機の 2 倍以上の動力が必要となる。

これは、コラム内への風の吸引は下部以外からもあり、またサイクロン内の圧力損失が大きいからである。軽量物をサイクロン捕集するので埃がでない。

(3) 密閉式風力選別機

図 2-2-6 のように送風機の吸引と排気がつながっていてその途中がコラムとなり、そこに投入された選別物のうち重量物はそのまま落下し、軽量物は拡散室で風と分離しロッカーバルブ又はスクリューコンベアーを介して排出される。製品はロッカーバルブ又はウエイトダンパーを介して排出される。

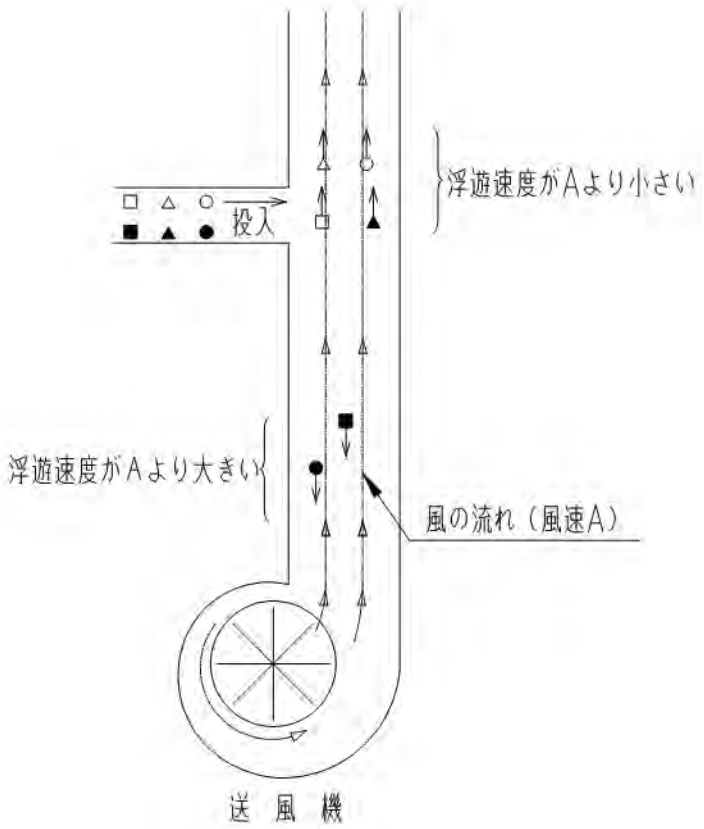


図 2-2-1　風力選別原理

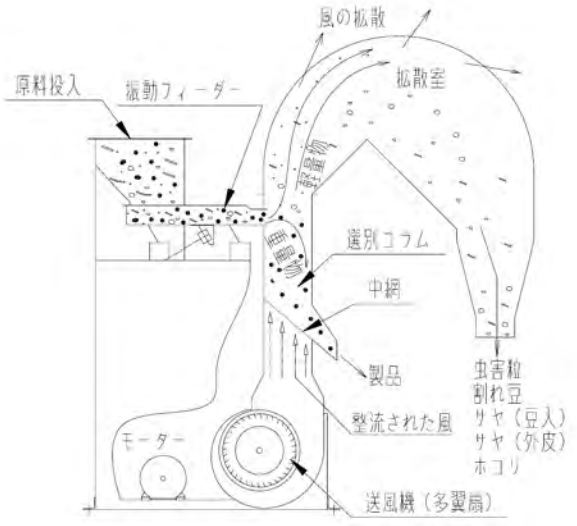


図 2-2-2　吹上式風力選別機（提供：株式会社原島電機工業）

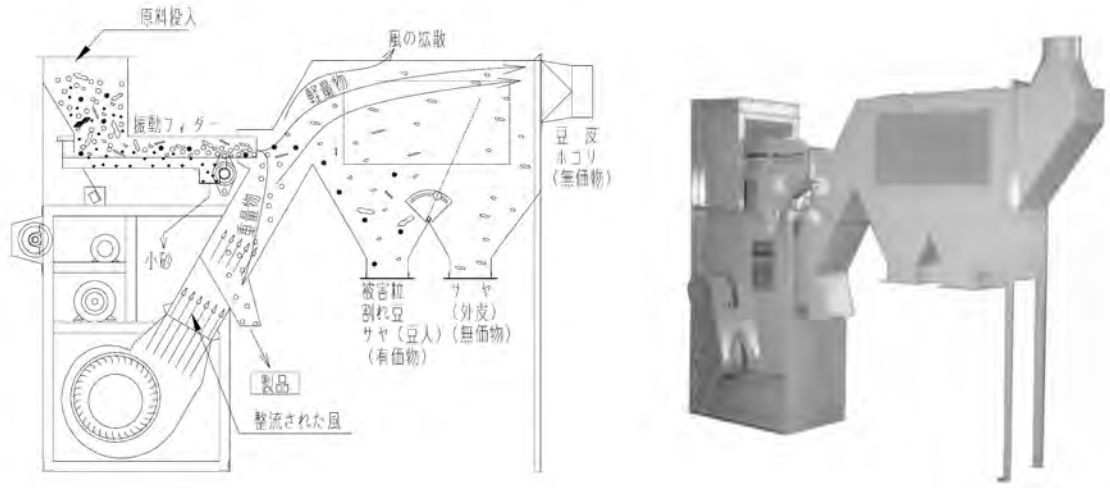


図 2-2-3　乾燥大豆用選別機（提供：株式会社原島電機工業）

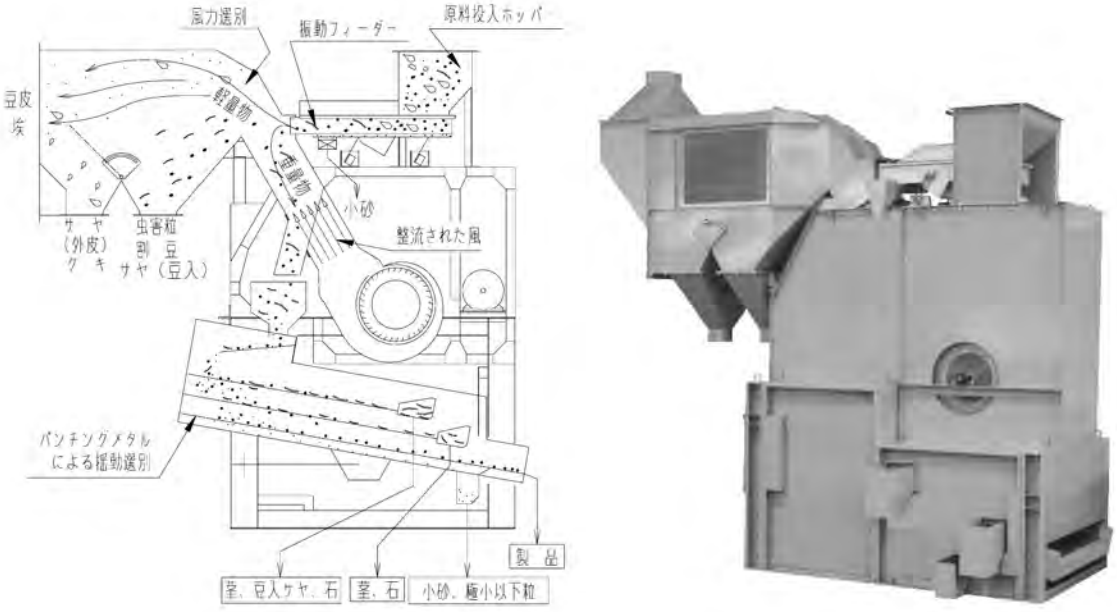


図 2-2-4　荷受用粗選機（提供：株式会社原島電機工業）

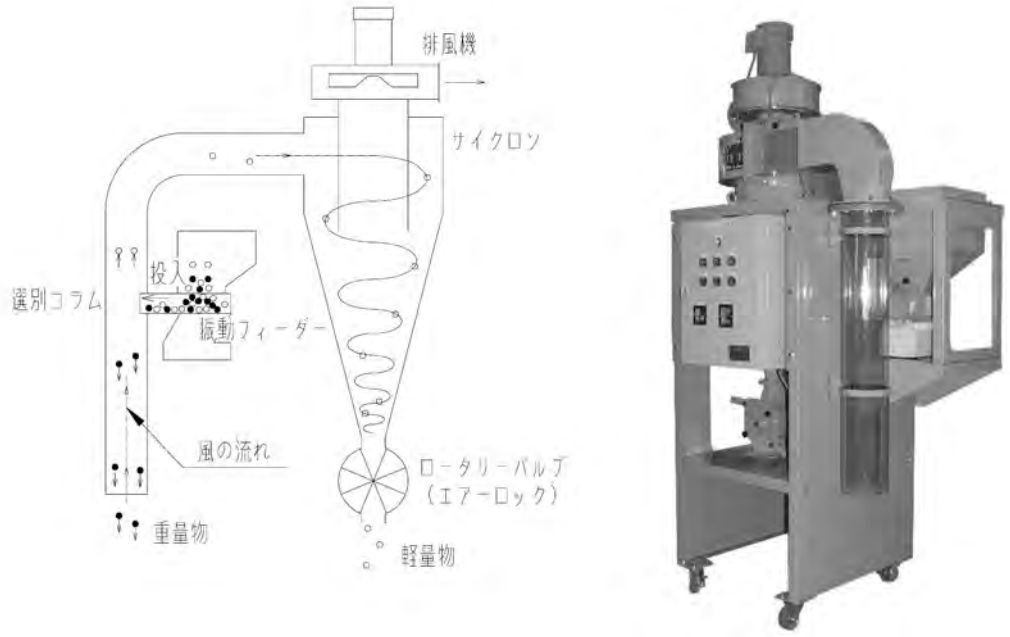


図 2-2-5　吸引型風力選別機（提供：株式会社原島電機工業）

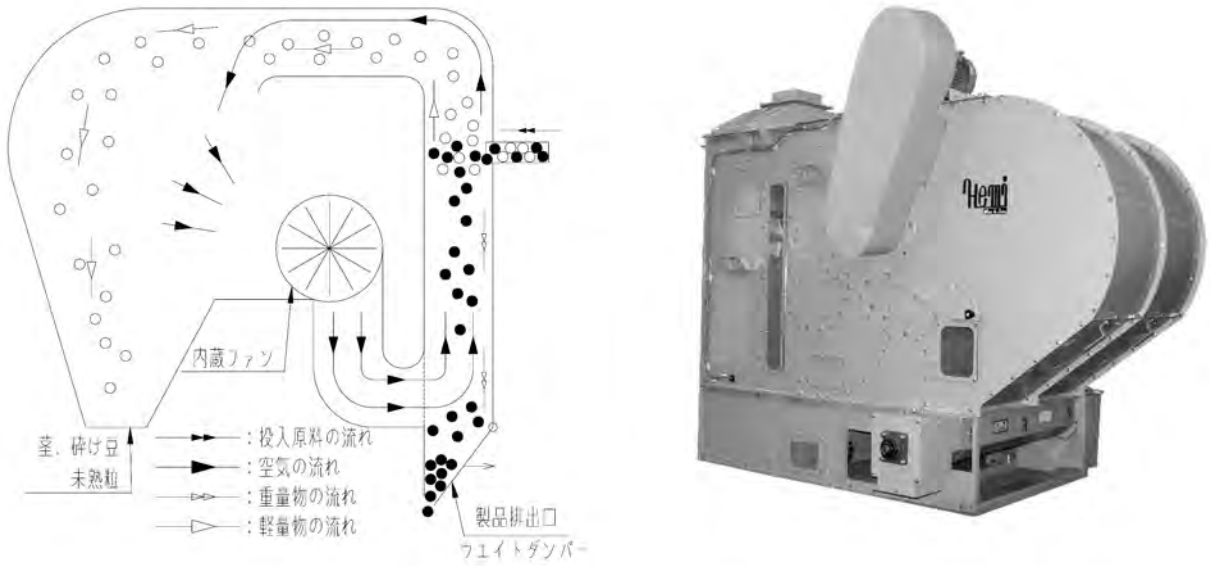


図 2-2-6　密閉式風力選別機（提供：株式会社原島電機工業）

３．比重選別機

１）原理

比重選別機とは、比重液の代わりに風力を利用する機械である。一般に比重選別は、種子籾等の塩水選でよく行われているので理解できるであろう。比重液（塩水）の比重は水に対する食塩の量で定め、その比重より大きい比重のよい種子は沈み小さい比重の未熟籾は浮かぶ。沈んだ種子籾のみを苗床に播種している。

しかし、この比重選別は水につけてしまうので播種直前にしか出来ず大量に行って保管しておくことができない。そこで乾式比重選別機が考えられた。

風力選別機の原理（II-2）でも説明したように、それぞれの物体には固有の「浮遊速度」があるので、たとえば

あるスクリーン（網のようなもの）上に下方から、多種類の物体の浮遊速度の中間の風速を設定すれば、浮遊速度が大きい方（重い方）は下方に、小さい方（軽い方）が上方に層を形成する。このことを図 2-3-1 で説明する。

図 2-3-1 で示すように、下方に送風機があり、ダンパー又は風車の回転数で風速が設定でき、整流格子をとおして特殊なスクリーンを張ったデック上に風がでる機構を作る。A では、ダンパーが全閉又は風車の回転が遅い為、スクリーン上に風の流れがないので、選別物体は混在のままである。B は、ダンパーの開度又は風車の回転数が適正に設定され「浮遊速度」に近い最適な風速設定をしたので、選別物体は下方から重い順に積層する。C はダンパーを開き過ぎ又は風車の回転数が速すぎる為、風速が速すぎて積層が乱れかつ軽いものは飛散してしまう。

すなわち、B のように適切な風速を設定することで比重差による選別ができる。ただし、風力選別機の原理（II-2）でも説明したが「浮遊速度」の決定係数（要因）は数多くあり、比重のみで定まらないので、大豆子実の比重選別機は見掛け比重の選別となる。そのことを図 2-3-2 の典型的なモデルで説明する。

A は大きさが均一で比重が異なる 2 種類のものを、図 2-3-2 の機構に投入した場合に下方に重い比重のもの、上方に軽い比重のものが積層する。B は比重は同じだが大きさが不均一なものの場合は、下方に大きいもの、上方に小さいものが比重差ではなく、大小の差で積層してしまう。C は大きさが不均一で比重が大小の 2 種類のものの場合で、下方から比重が大で形が大きいもの、比重の大小と大きさの順の混在、比重が小で小さいものに積層する。

このように比重差とものの大小による重さとが選別の効果として作用するので、真比重の選別とはならない。もちろん風のあたる面積の大小等も影響する。しかし実際の選別作業において、そのことを理解して比重選別機を操作調整すれば、比重選別能力を十分に発揮できる。

例えば、前処理として粒度選別を行って、粒度分布の範囲を狭めてから比重選別を行うとか、風力選別で表面積の大きくて薄い軽いものを除去してから行うとよいのである。

2）比重選別機の種類と特徴

(1) 左右 2 方向比重選別機（石取機型）

図 2-3-3 のように、図 2-3-2 の機構を発展させ、デックを傾斜させかつ振動させる。このことにより積層した下層部の重比重物は振動により、傾斜上方（右）に移動し、上層部の軽比重物は風の流れが摩擦を少なくするので、傾斜下方（左）へ移動する。

この層を乱さないように排出させれば連続的な比重選別ができる。このことが、実際の比重選別機の原型で、一番シンプルな機種である。この機種は主として、穀物中の石、金属等の重比重物の除去に使用され、もちろんその逆に、穀物中の殻付子実や、風選で除去できない比較的重い茎等の軽比重物の除去にも使用される。

(2) 三角型比重選別機（前後、左右方向選別）

図 2-3-4 のように、デックの形状が三角形に近い。選別物は後方左から投入し、各作用域が重なり合わず拡散しながら積層、選別されていく。従って、より比重差の近接したものの選別が可能であり、中間に排出されるものを投入口に戻すことにより、2 種類に選別する。

世界的に見て、一番広く使用されている機種で、メーカーも多い。特にヨーロッパ、アメリカ等で多用されている。

麦の調製に使用され、デック面積に比較し処理能力が大きい。しかし我が国では、特別な用途の機械を除いて、鉱工業用に使用されることが多い。農業（種子を含めて）には、次に説明するより選別精度の高い機種が圧倒的に多い。

(3) 長方形型比重選別機（前後、左右方向繰り返し選別）

図 2-3-5 のように、三角形型比重選別機の三角の頂点を切断し、重比重物の広がって行く方向を堰き止めた形となっている。また前後方向に延長して選別物のデック上の滞留時間を長くさせ、積層して下部に沈んだものが右へ、上部に浮かんだものが左へ、の動作を連続して繰り返させてより精度良く選別させる機構となっている。すなわち三角型の発展型なのである。

大豆子実の選別には、この機種が最適であり、デックメッシュの選定により麦との兼用も可能である。

この機種は、デックが長いので、送風機は１台ではなく並列に数多く付いていて、それぞれに風速調整用のダンパーが取り付けてある。また、全体の風速調整には、インバーターでモーターの回転を調整する方法もある。振動は、バリダイヤプーリーあるいはインバーターで調整する。デック角度はインデックスハンドルで調整できる。

３機種の中で一番精度が高く安定していて、操作も簡単である。ただ同じ処理能力では、一番形状が大きくなり、価格も高くなる。しかしその選別効果は非常に大きいので十分使用できる。

被害粒（カビ粒、未熟粒、虫食い粒、口欠け粒）の除去、石・ドロ塊の除去、その他風力選別機では比重差が少なくて除去できなかったものを除去することができる。

改良型として形状の一部及び原料投入位置が変化したデックもあり、用途に応じて使い分けをしている。

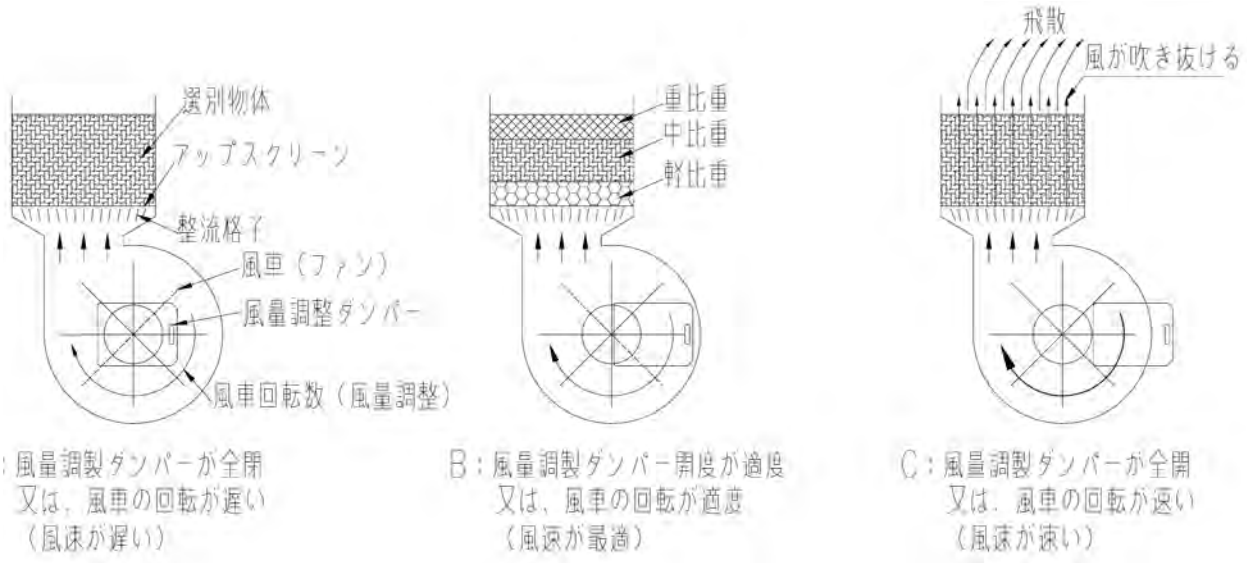


図 2-3-1　比重選別機の原理（風速の設定）

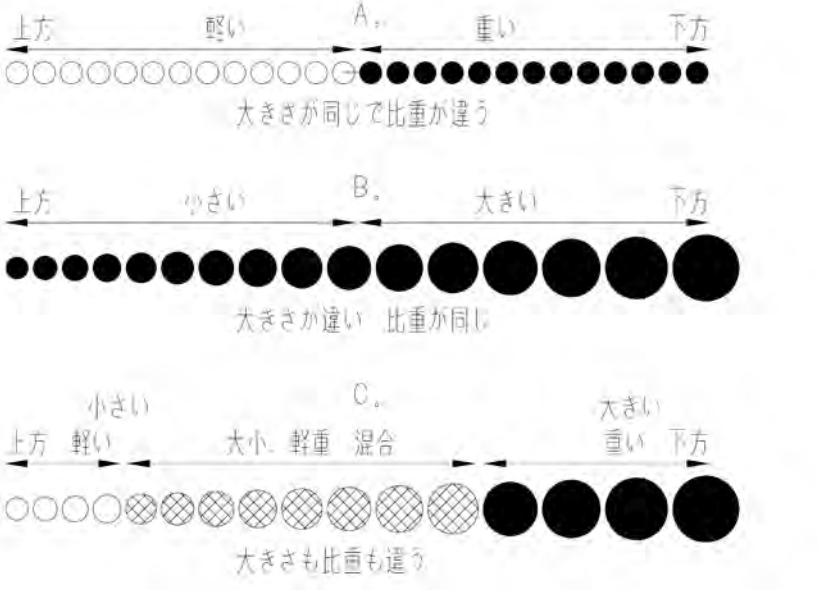
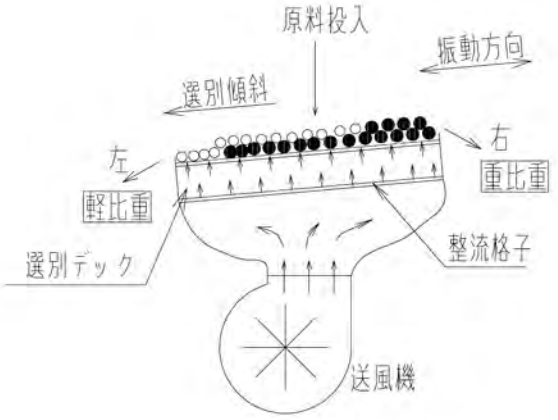
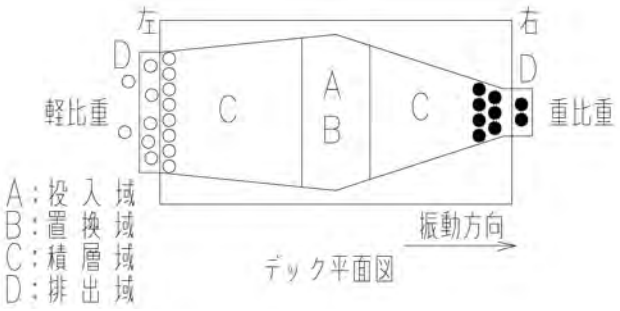


図 2-3-2　比重選別機のモデル（見掛比重による積層）

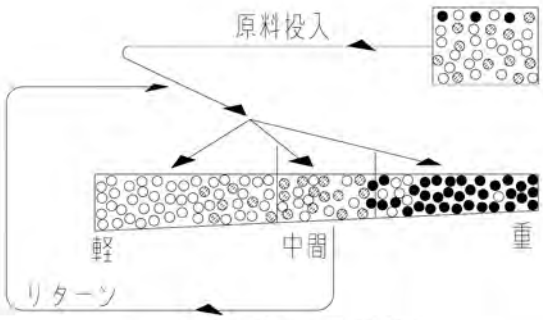


選別機断面図

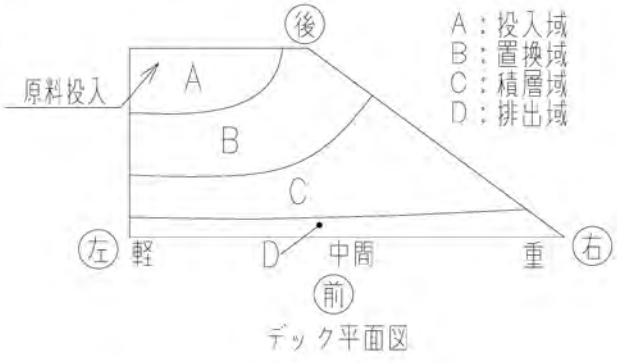


デック平面図

図 2-3-3　左右２方向比重選別機（提供：株式会社原島電機工業）



デック排出域での選別状況



デック平面図

図 2-3-4　三角形型比重選別機（提供：株式会社原島電機工業）

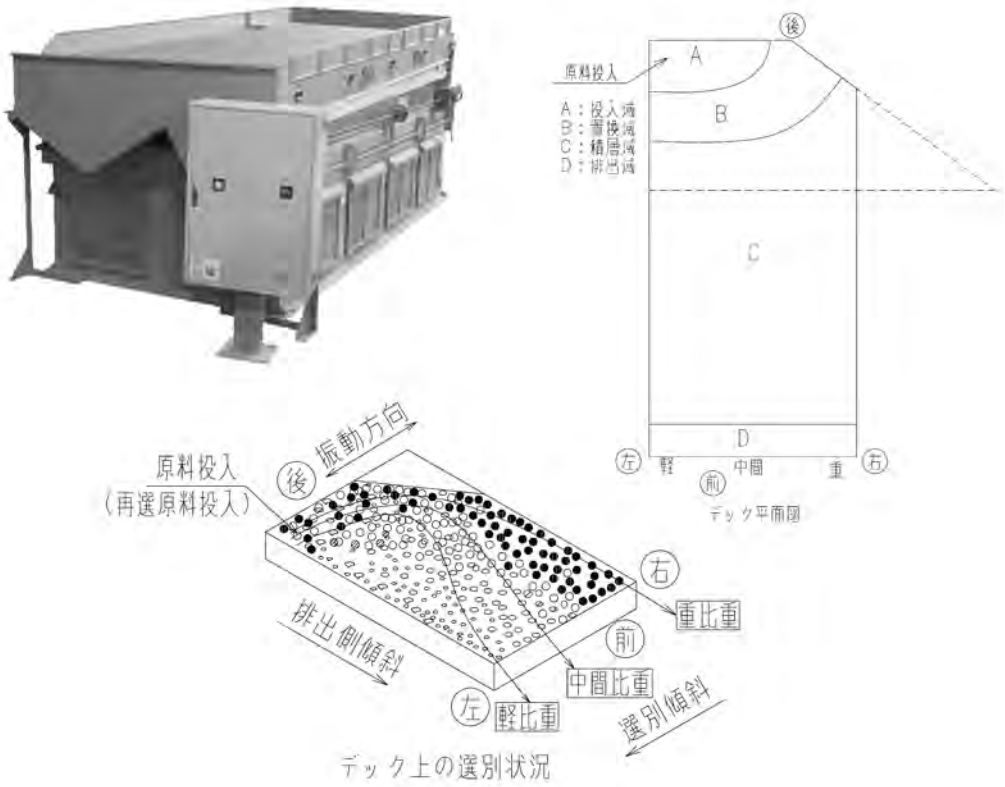


図 2-3-5　長方形型比重選別機（提供：株式会社原島電機工業）

4．形状選別機（転選機）

1）原理

大豆子実の形状が球形であることを利用した選別機である。すなわち、整粒で球形形状が良好である大豆子実は良く転がり、偏平粒・欠け粒・半割れ粒等の形状が悪いものはあまり転がらないので、その差を利用して選別する。したがって転がして選別する機械ということで「転選機」と呼ばれることが一般的である。いわゆる転選機には、スパイラルシュート方式とベルトコンベア方式とがある。

2）転選機の種類と特徴

(1) スパイラルシュート方式

一般にスパイラルセパレーターと呼ばれている機械で、図 2-4-1 のようにスパイラル状のシュートを垂直にし、その上部から大豆を投入すると、球形形状が良好な大豆子実は良く転がり、その速度が速くなって遠心力でシュートから飛び出す。形状が悪い大豆子実は、転がりが悪いので速度が速くならず遠心力が小さいので、シュートから飛び出さず、滑り落ちてゆく。スパイラルシュート上で飛び出した大豆子実と滑り落ちてくる大豆子実とに選別できる。ただし調整機構は投入量のみで、シュートの角度・大きさ等も固定であり、選別精度は比較的低い。

機構が簡単で、動力（電気）もいらず価格も安いので、一部前処理に使用されることもあった。一部に稼働しているものもあるが、最近はベルトコンベア方式になっている。

(2) ベルトコンベア方式

① 左右 2 方向選別方式

図 2-4-2 のように、傾斜したベルトコンベアを傾斜上方（左）に回転させ、中央から大豆子実を投入すれば、整粒は良く転がりベルト速度に打ち勝って傾斜下方（右）に転がり落ちる。半割れ粒、偏平粒、未熟粒はあまり

転がらずベルトコンベアに搬送されて上方に行く。傾斜角度とベルト速度を調整することで、任意に形状を選別できる。

しかし、投入位置周辺では、ベルトに搬送されてゆく転がりの悪いものと、転がりの良いものの進行方向が正反対のためにぶつかり合うものが出てくる。このため、整粒が、半割れ粒に転がりを止められて傾斜上方（左）に搬送されたり、逆に半割れ粒が転がりの良い整粒にはじき飛ばされて傾斜下方（右）に行ったりする。このぶつかり合う確率を低くするためには、投入量を少なくせざるを得ない。初期の転選機はこの方式であったが、現在はその欠点を改良した次に説明する機種が使用されている。

②前後・左右方向選別方式

図 2-4-3 のように、右後方から大豆子実を投入し、後方から前方への傾斜により整粒を転がし、かつ右から左方向へ回転しているベルトで転がりの悪い粒を搬送する。転がりの中位のものは、前方へ転がりながら左方へ搬送されるので中間粒として取り出せる。整粒、中間粒、不整粒と扇状に広がって分離されるので、ぶつかり合いが少なく良好な選別ができ、かつ処理能力も大きい。

一段で処理能力が不足の場合は、図 2-4-4 のように多段に積み重ねて増大し、必要処理能力を確保する（多段転選機）。また中間粒は最下段に再投入し、ベルト角度、ベルト速度の設定を変更して、再選別し歩留まりを向上させることもできる。

新設施設は、この方式が主流を占めている。

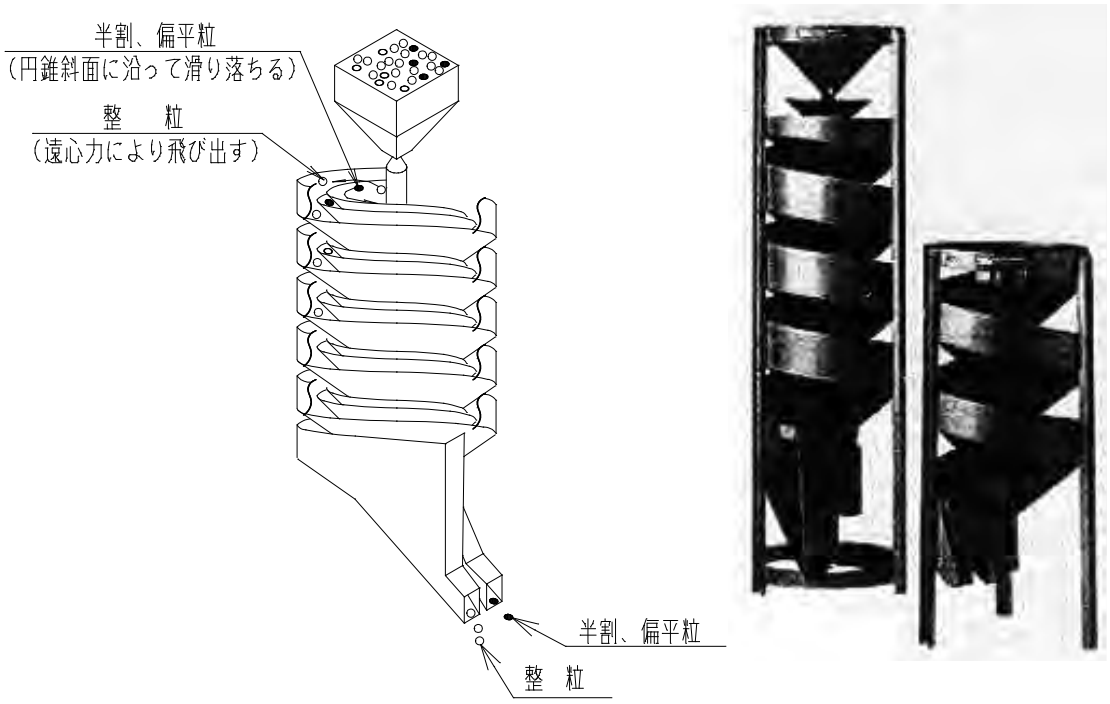


図 2-4-1　スパイラルシュート方式（提供：株式会社原島電機工業）

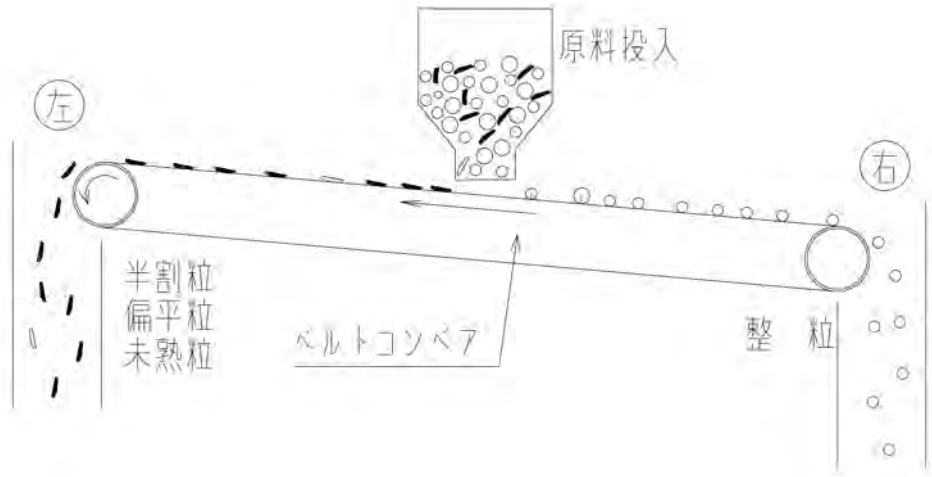


図 2-4-2　左右二方向選別方式（提供：株式会社原島電機工業）

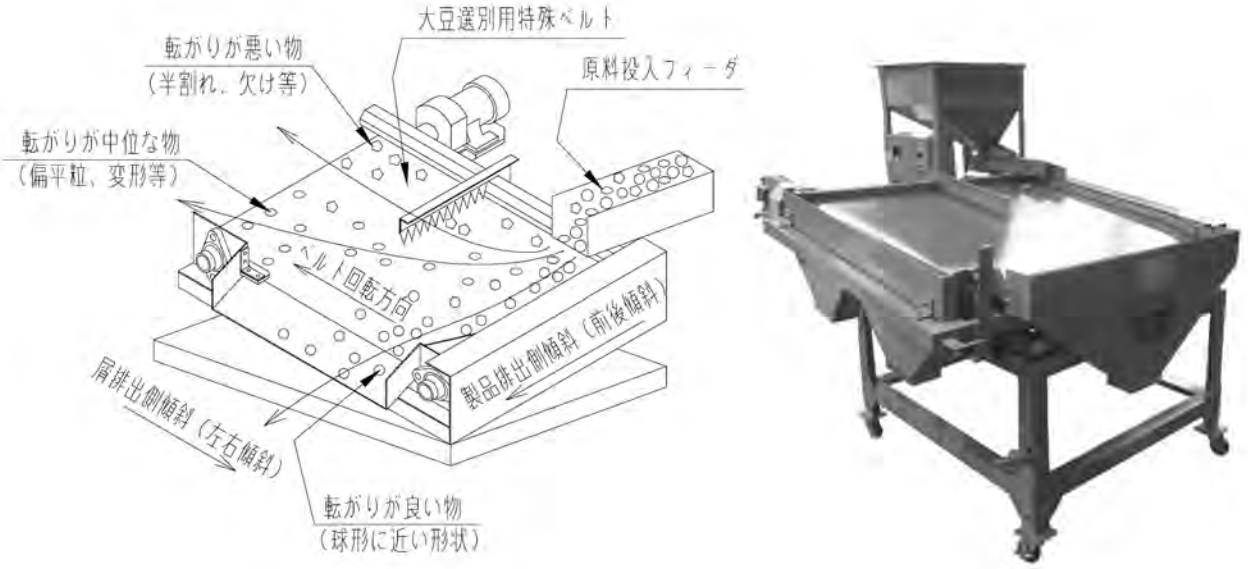


図 2-4-3　前後・左右方向選別方式（提供：株式会社原島電機工業）

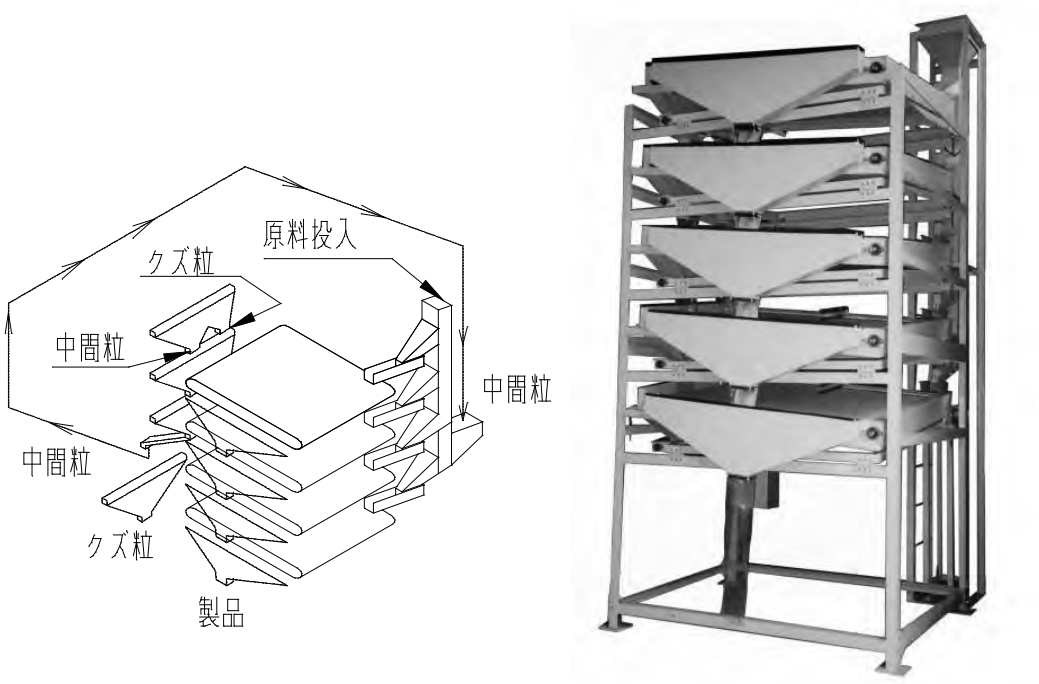


図 2-4-4　多段転選機（提供：株式会社原島電機工業）

５．粒径選別機

１）原理

大豆子実の粒径選別は、金属板に円形の穴をあけたパンチングメタルのふるいを通過するものと、しないもので分けることである。目開きは、農産物検査法における農産物規格規定に準じて、φ 8.5mm、7.9mm（大粒大豆）、7.3mm（中粒大豆）、5.5mm（小粒大豆）、4.9mm（極小粒大豆）とするのが一般的である。このパンチングメタルのふるいを揺動させて、粒径選別を行う。

２）粒径選別機の種類と特徴

(1) 回転式選別機（回転ふるい）

図 2-5-1、図 2-5-2 のように、円筒状、角筒状の丸目ふるいに傾斜をつけて回転させ、大豆子実を内部に投入し、穴より小さい大豆を外に出すことで、粒径選別をする装置である。ふるいの回転数と傾斜を変えて選別精度、処理能力を調整する。目詰まり防止のため、ゴム板や棒状ブラシ、ローラー等を筒の外面をこするように配置し、穴に引っかかっている大豆子実を内側に押し戻す工夫がなされている。

(2) 前後傾斜揺動式

図 2-5-3 のように、平板のスクリーンを前後に傾斜させ、前後の水平方向に揺動させることで、投入した大豆子実を前下方に移動させながら、穴径より小さいものを落下させて粒径選別をしている。主として揺動数を変えて調整するが、傾斜角度も可変できる機種もある。選別対象に、上下運動が与えられないので、小粒が下に沈む現象（パーコレーション）が発生しにくいので、選別品の層厚を厚くできない。スクリーン上を薄く速く通過させる選別方式である。

タッピングボールと呼ばれる良く弾むボールをスクリーン下面に入れ、揺動によってボールを飛び跳ねさせてスクリーンに当てて、ふるい穴に引っかかっている大豆子実を上面にはじきとばすことで、目詰まり防止を行っている。

(3) 水平振動式

図 2-5-4 のように、平板のスクリーンを水平にし、前後及び上下に振動させ、大豆子実を飛び跳ねさせながら前

方へ移動し穴径より小さい大豆を落下させて粒径選別する。振動数を変えて調整するが、バリダイヤ方式（機械式）とインバーター方式（電気式）とがある。

選別時に上下運動が与えられるので、小粒が下に沈み易く（パーコレーション）、層厚を厚くしても良く、かつまた各スクリーンを多段に積み重ねる方式を取っても、十分選別精度が保持できる。

機構も簡単で、一台で大・中・小・極小と４種類に選別ができ、ランニングコストも安い。目詰まり防止は前後傾斜揺動式と同様にタッピングボール方式である。新設設備はこの方式が主流を占めている。

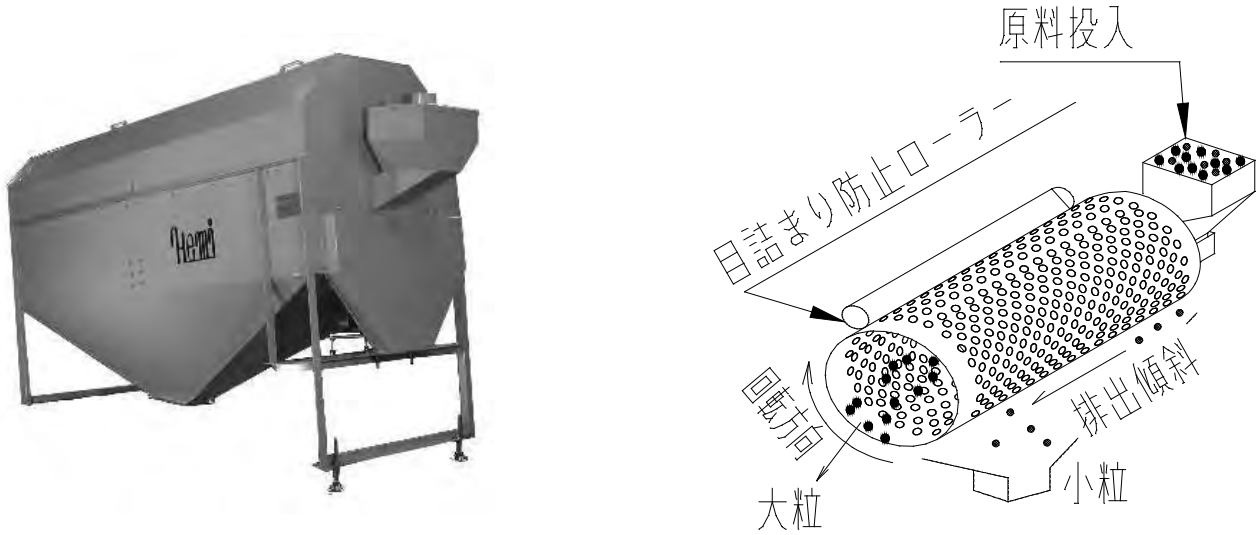


図 2-5-1　回転式選別機（円筒ふるい）（提供：株式会社原島電機工業）

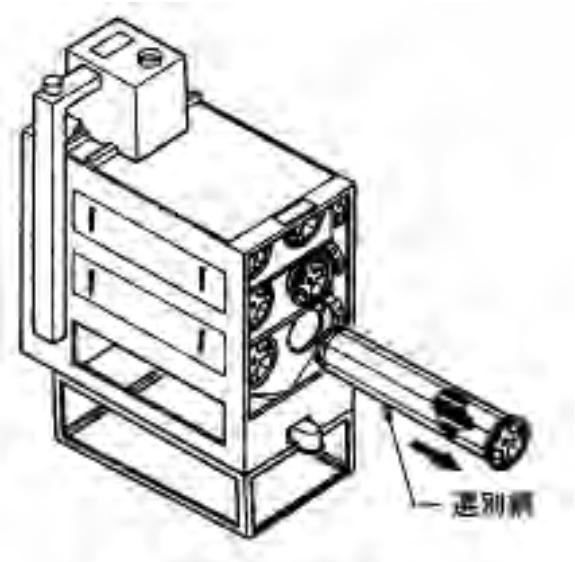


図 2-5-2　回転式選別機（六角筒ふるい）

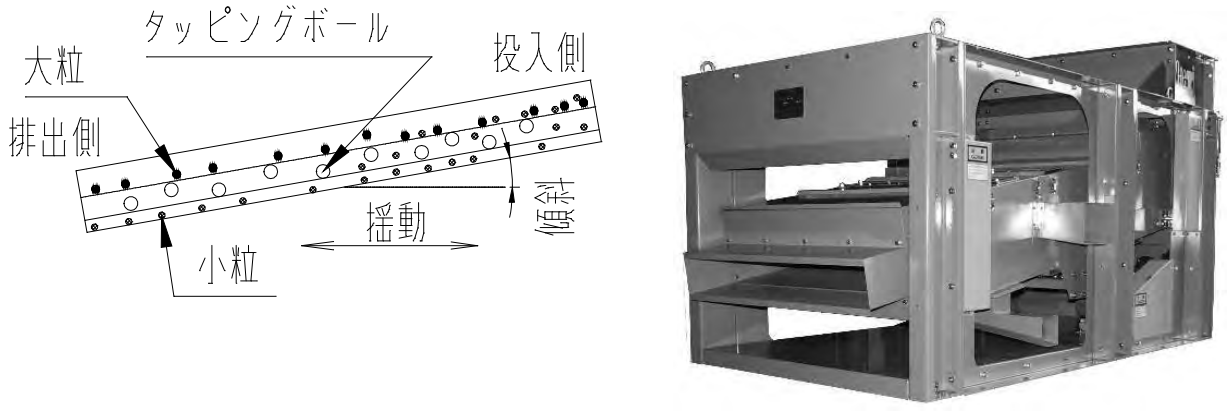


図 2-5-3　前後傾斜揺動式（提供：株式会社原島電機工業）

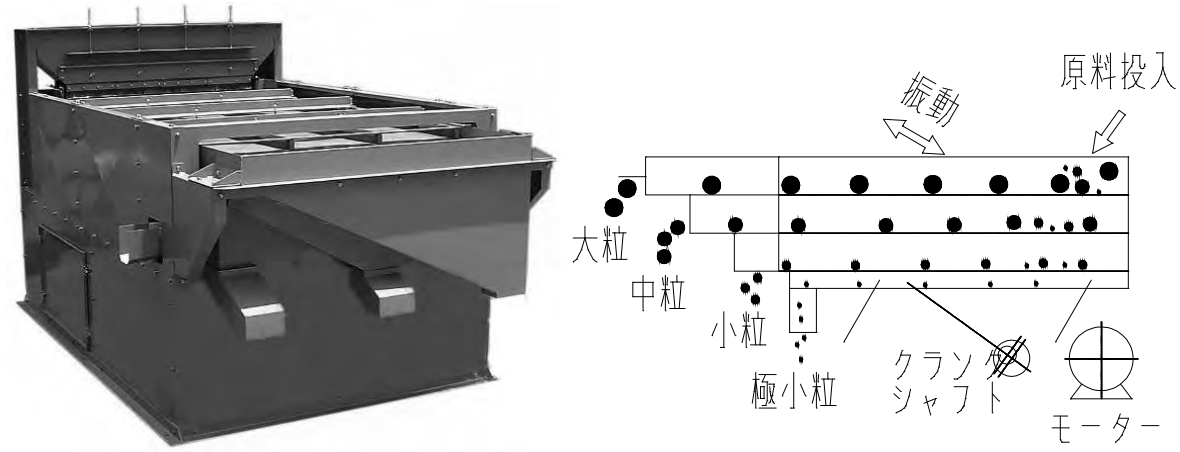


図 2-5-4　水平振動式（提供：株式会社原島電機工業）

６．色彩選別機

１）原理

色彩選別機の原理を図 2-6-1 に示す。大豆子実は、振動フィーダからシュートまたはベルトコンベアに供給され、光学部へ供給される。光学部では大豆に向けて、光を照射し、カメラにて検査する。カメラから送られた信号を画像処理し、良品として定めた範囲から外れたものを不良品として判定する。フルカラーカメラでは、良品と色の違うものを、近赤外線（NIR）カメラを有したモデルでは、同色の異物や透明のガラスなどを識別することができる。不良品として判定されたものは、圧縮空気の噴射により除去される。色彩選別機は、不規則かつ短時間に多量に流れてくる原料を高速で検査し、不良品を選別除去する装置である。

２）色彩選別機の種類と特徴

大豆子実用の色彩選別機は、光学部への供給方式によって、主にシュート式とベルト式の２種類に分けられる。一般的にシュート式は、コンパクトで処理能力が高く、ベルト式は供給が安定しており、選別精度が高い。センサー

は、フルカラーカメラが主流となっており、明暗の違いだけではなく、色の違いを識別できるため茶豆や紫斑粒などの不良品に対して、それぞれ個別に不良品判定レベルを調整することが可能になっている。また、カメラから送られた信号を高速で画像処理することで、対象物の大きさや長さ、円形度など形状の違いに基づいて、不良品を識別する形状認識機能を備えた機種もある。NIR（近赤外線）カメラを備えた機種では、成分の違いにより大豆子実と同色の異物や透明のガラスなどを識別する。不良品が検出されると、電磁弁を駆動させて圧縮空気を噴射することで、不良品を除去する。噴射時間を調整することで、確実に不良品を検出、除去しながら、不良品除去のための圧縮空気の巻き添えで誤って除去される良品を減らして、歩留りを高めることが求められる。

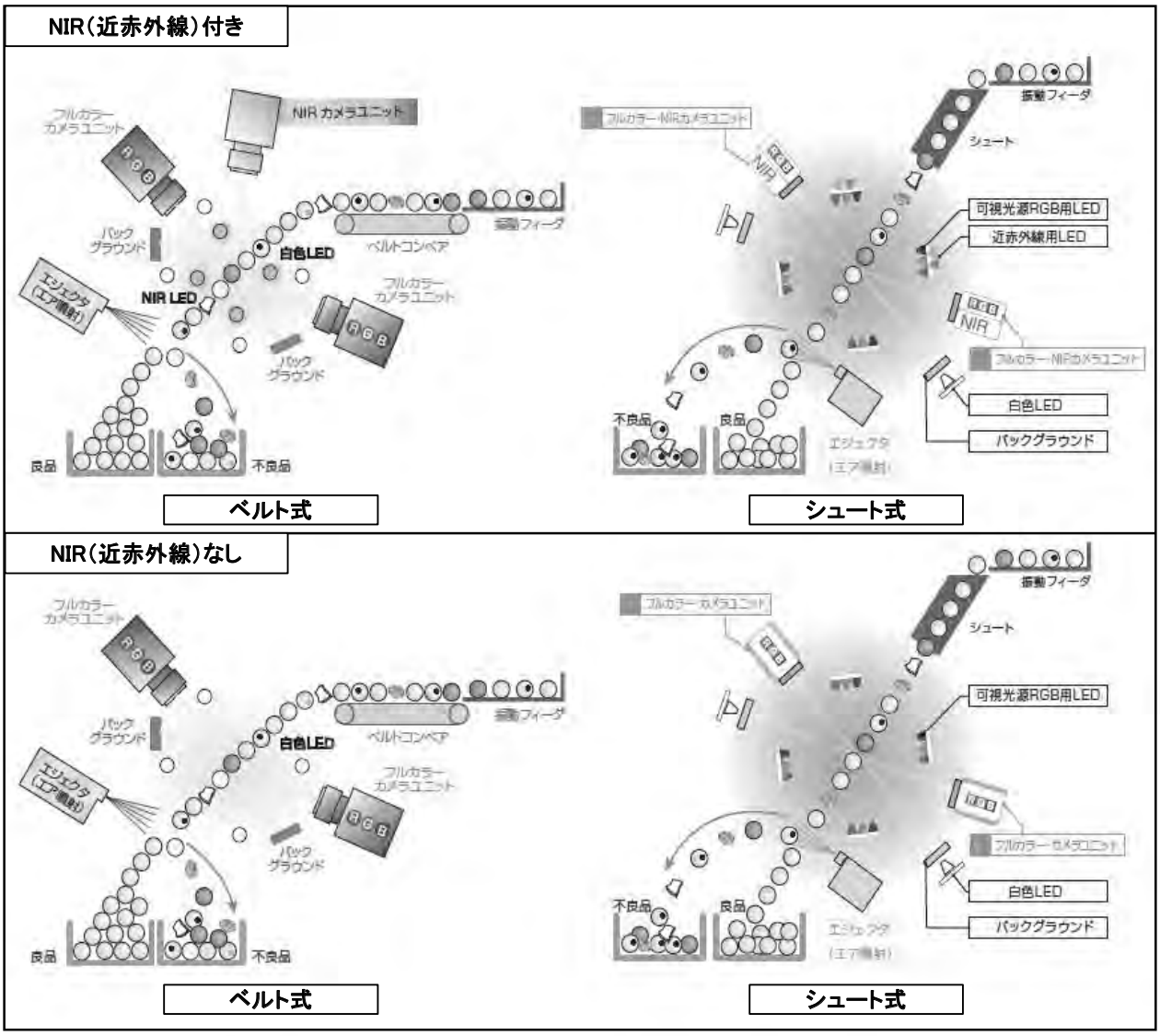


図 2-6-1　色彩選別機の原理

7．転選機と粒径選別機の複合機

現在では、形状選別機と粒径選別機の複合機も使用されている。図 2-7-1 のように上部から大豆を投入し、第一段階でベルトコンベア方式の形状選別を行い、半割れ粒、扁平粒、未熟粒を取り除く。第二段階で円筒ふるい回転式の粒径選別を行う。円筒ふるいはパンチングメタルに 2 種類の目開きの丸穴を設けて、大粒、中粒、小粒の選別を行う。

■機械の構造と大豆の流れ

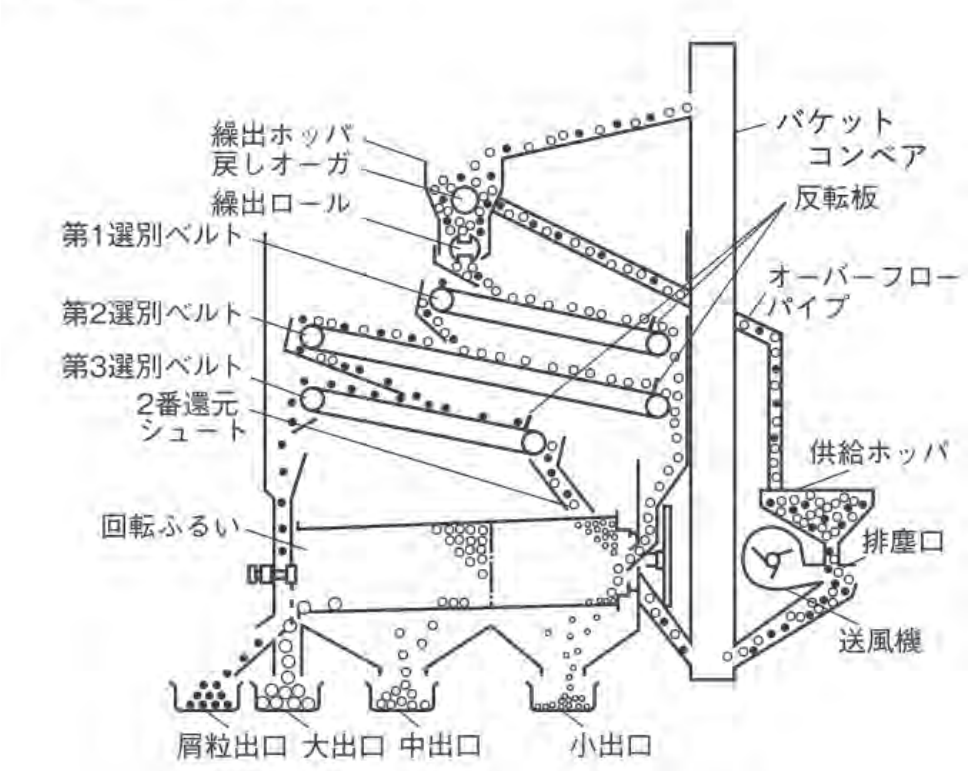
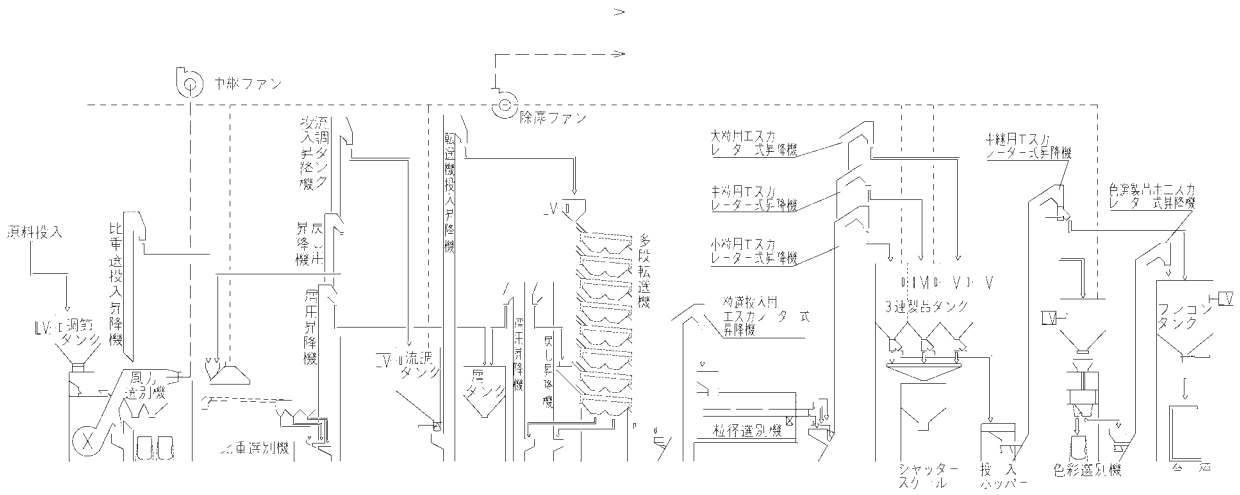


図 2-7-1　転選機と粒径選別機の複合機

写真 2-7-1　複合機の外観

８．調製ライン

調製ラインの原理を図 2-8-1 に示す。



＊地面に近いところまで刈取りをする小豆では、泥塊が混入することがある。大型の施設で小豆と大豆の兼用ラインで、その除去を目的に色彩選別機以降の箇所に軟 X 線、磁力選別機を設置する場合がある。

＊大豆専用設備であっても金属、泥塊除去のため、風力選別機の後に磁力選別機を設置する場合がある。

図 2-8-1　大豆調製施設ライン例

９．選別機利用上の留意点

乾燥大豆子実は、乾燥ビンから引き出しコンベア、昇降機を介して調節タンクに搬送される。調節タンクで投入量を調整しながら粗選型風力選別機にかけられる。

１）風力選別機

風力選別機では、図 2-2-3 でもわかるように、振動フィーダーのスクリーンで小砂を落としながら、コラム内に供給され、①製品、②被害粒、割れ豆、豆入りの莢（さや）、③豆なしの莢（さや）、茎の３種類に選別できる。製品は次工程に送るが、被害粒、割れ豆、豆入りの莢は飼料原料として販売できるので保管すること。

投入量は投入ホッパーのシャッターで調整し、選別程度はインバーターでモーターの回転を変えて風速（風力）を調整する。その際、強すぎると歩留まりが低下し、弱すぎると次工程の選別に影響するため、適切な強さに調整すること。

２）比重選別機

比重選別機では、原理を良く理解し取扱説明書を良く読んで操作すること。特に白カビ粒の除去には有効であり、適切に調整し、確実な選別を行うこと。軽比重物として除去された大豆子実も販売できるので保管すること。

３）形状選別機

形状選別機では品種が同じであっても、生産年によって大豆子実の形状が変わることもあるため、良品と不良形状とのしきい値を生産年によって決定する必要がある。市場性を良く判断して決定すること。年次によっては、偏平粒を除去しないこともある。除去された不良形状の大豆子実も販売できるので別に保管すること。

４）粒径選別機

粒径選別機では、大豆子実がスクリーン（ふるい）上を通過する速度が、選別精度と処理能力に大きく影響する。遅くすると選別精度は向上するが、処理能力は減少する。速くすると選別精度は落ちるが処理能力は増大する。要求される粒度とするために必要な選別精度と作業上、必要な処理能力を考慮し、適切な調整を行うこと。選別精度

の低下には、スクリーンの目詰まりも大きく影響するので、目詰まりさせないよう、タッピングボールなどの目詰まり防止機構の点検が重要である。また目詰まりしたスクリーンは、はずして掃除する。極小粒も有価物であるので保管すること。

5）色彩選別機

色彩選別機の役割は、汚粒、紫斑粒、褐斑粒、カビ粒などの着色粒が発生した場合のみである。したがって、通常は荷受した大豆子実の全量が選別対象となることはない。また、他の機械に比較して高価ということもあり、色彩選別機の処理能力は、施設の処理能力より小さいものを導入することが多い。フロー図にもあるように、色彩選別ラインはバイパスになっていて、処理量が過大となった場合は、夜間運転などで時間を延長することで対応している。機械の機構上、除去物の中に整粒の混入は避けられず、利用すると歩留が低下するため、着色粒の発生程度に応じて、適切に使用を検討する。

10. 大豆クリーナー

1）大豆クリーナー概要

コンバインによる収穫作業を行うとき、汚粒が発生しないように細心の注意を払う必要があるが、収穫時期や天候等の都合によってやむなく汚粒が発生することもある。農林水産省の調査によれば、汚粒は大豆子実の検査で規格外に格付けされる主な原因の一つとなっている。このような場合、発生した汚粒に対しては、商品価値や検査等級のアップを考えるとなんらかのクリーニング処理が必要となる場合がある。

平成３年度の生研機構の汎用コンバイン利用農家の汚粒発生後の処置を見ると、アンケート回答数の約半数がなんらかの大豆クリーニングを実施している。但し、クリーニングを適正に行わないと、たとえクリーニングをしても商品価値が上がらないこともあるので注意が必要である。

大豆子実のクリーニングを行う大豆クリーナーには、乾式クリーナーと湿式クリーナー、あるいは乾式と湿式を併用したものがある。市販されている大豆クリーナーの概要は次のとおりである。

2）乾式クリーナー

(1) S 式大豆クリーナー

本機は、図 2-10-1 に示すように、円筒（ドラム）型のクリーニング部内において、ドラム内面に張り付けた研布とドラム内部で回転する羽根による研摩方式の乾式クリーナーである。なお、このクリーナーは、「張込み－クリーニング－排出」の作業サイクルを自動的に繰り返す、連続バッチ処理方式である。1 回の投入量が 80kg 程度、処理量は 1 時間当たり 300 ～ 480kg である（カタログ値）。

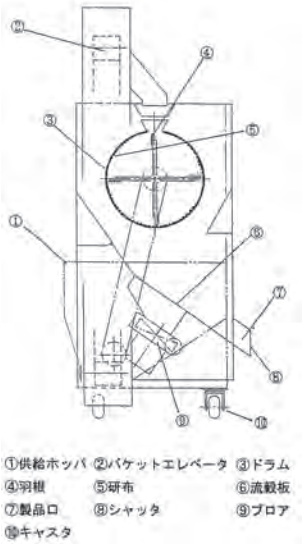
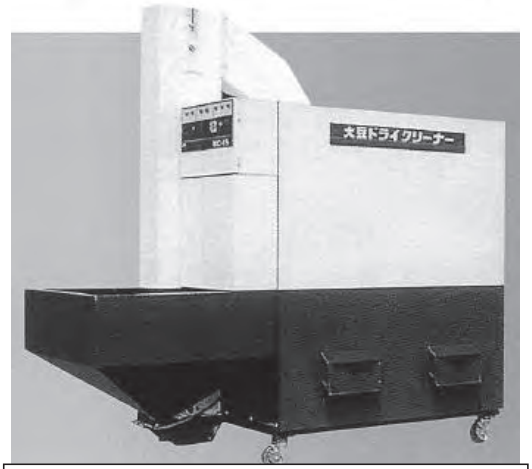


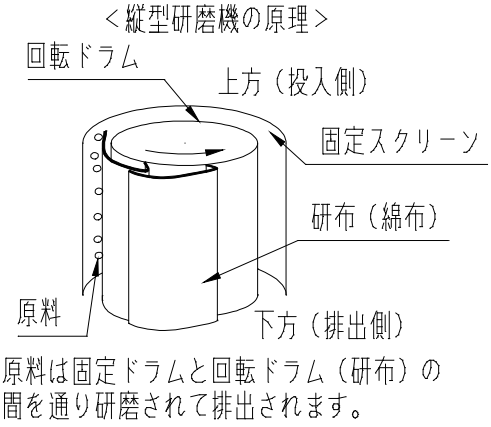
図 2-10-1　S 式クリーナー



株式会社斎藤製作所カタログ（MC-45T）より抜粋

(2) H式大豆クリーナー

本機は、図2-10-2の＜縦型研磨機の原理＞に示すように、原料が回転ドラムと固定スクリーンの間を上方から下方へ通過する際に、回転ドラムに取り付けた研布（綿布）に接触する事により大豆子実表面を磨くクリーナーである。磨きの程度は原料排出口の開閉量と回転ドラムの回転数により調整する。本機は、連続排出が可能で磨きの程度にもよるが最大で２ｔ／ｈ程度の処理が可能である。その他研磨には綿布を使用しており、布切れや糸くず等が原料と一緒に排出される為、通常、布・割れ取フルイと吸引コラム（風力選別）を組合せた設備が必要となる。なお、大豆子実に染み付いた汚れは除去出来ない。



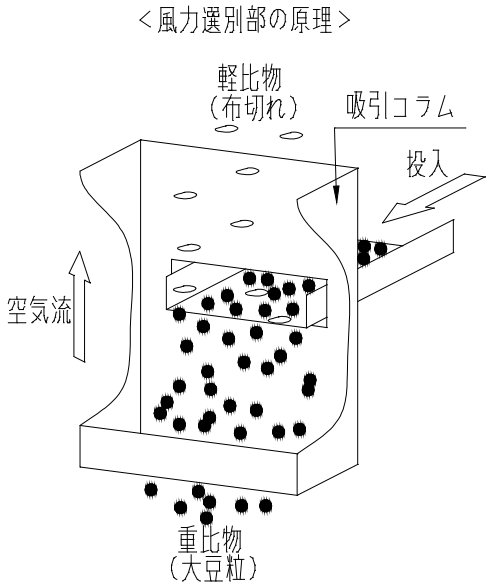
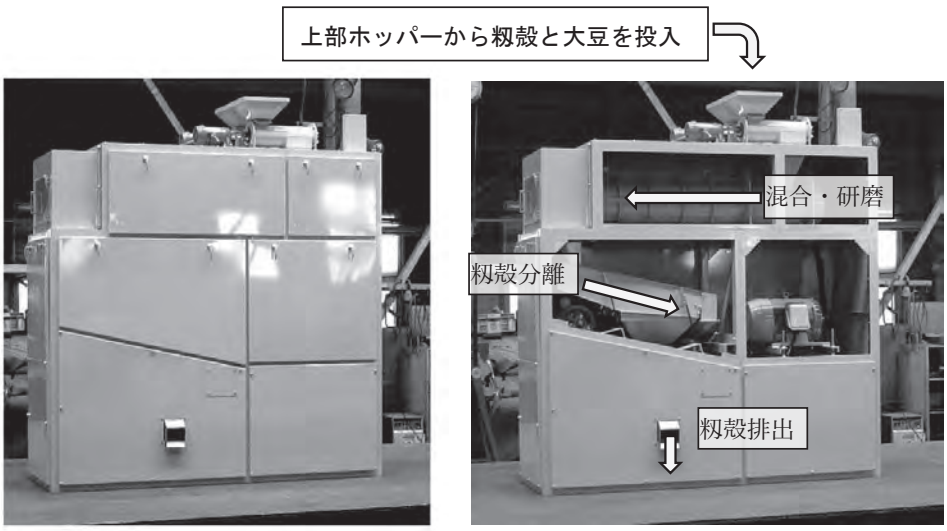


図2-10-2　H式大豆クリーナー（提供：株式会社原島電機工業）

(3) NS式大豆クリーナー

本機は、乾いた籾殻を研磨剤として利用する乾式タイプで、連続式であるためラインに配置して利用できる。通常は風力選別機と比重選別機の間、転選機がある場合はその前に配置する。粒径選別の後に配置する方法もある。籾殻と大豆は上部ホッパーから投入され、円筒状のケーシング内部で傾斜羽の回転により、混合、研磨される。その後、混合物は籾殻と大豆にふるい分けされ、研磨された大豆子実を得る。籾殻１m^3で、４ｔ程度の大豆の研磨を行うことができる。



(a)外形写真　　(b)カバーを取外したところ

図 2-10-3　NS 式大豆クリーナー　（提供：日本車輌製造株式会社）

3）湿式クリーナー

(1) N 式大豆クリーナー

本機は、図 2-10-4 に示すように傾斜したポリッシングボックスの下側より大豆子実と少量の水を含ませたコーンコブ（とうもろこしの芯を乾燥後、粉砕し、一定のメッシュのスクリーンを通過したもの）を入れ、撹拌パドルで撹拌し、大豆子実をクリーニングしながら傾斜上方に搬送する。その後、ポリッシングボックスの下方に位置するスクリーンに流れ込み、大豆子実とコーンコブは分離され、大豆子実は製品出口へ、コーンコブはポリッシングボックスへ還元され、新たな大豆子実のクリーニングに利用される方式の連続供給型の湿式大豆クリーナーである。このクリーナーの処理能力については、処理量が 1 時間当たり 600 ～ 1000kg 程度、コーンコブ 30kg で 3.5 ～ 4.5t の大豆子実が処理でき、その場合の加水量はコーンコブ 20kg 当たり 6 ～ 8L 程度である。

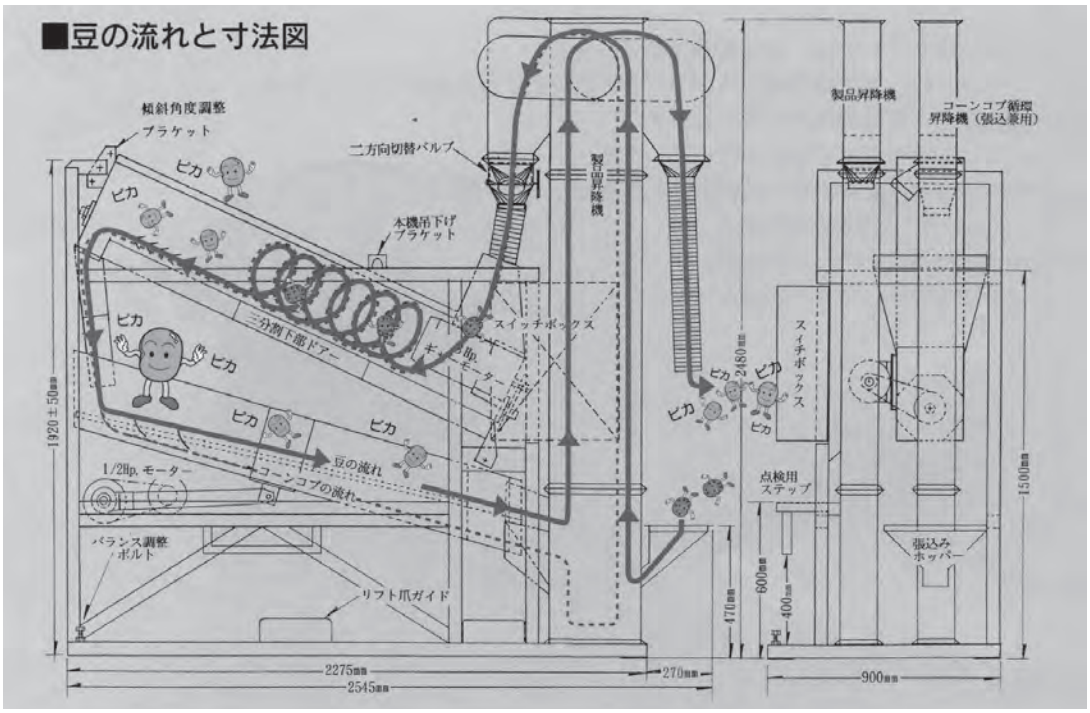


図 2-10-4　N 式大豆クリーナーの構造（日本ニューホランド株式会社カタログより抜粋）

(2) Sa 式大豆クリーナー

本機は、図 2-10-5 に示すように、横型かつ円型のクリーナー部において、研磨剤と汚粒大豆を混合撹拌し大豆子実の汚れを除去した後、粒径差により研磨剤と精品大豆を分離する連続供給型の湿式大豆クリーナーである。研磨剤には食物由来のタピオカを使用しており、安心・安全な汚れ除去が可能となっている。

クリーニング工程は 2 工程に分かれており、第 1 工程では原料に付着した砂や埃を取り除き、第 2 工程では微量の水を添加し、原料に固着した汚泥を取り除く。選別機により分離された研磨剤は、専用の乾燥機に運ばれ、熱風により最適な水分まで乾燥することで再利用が可能となっている。

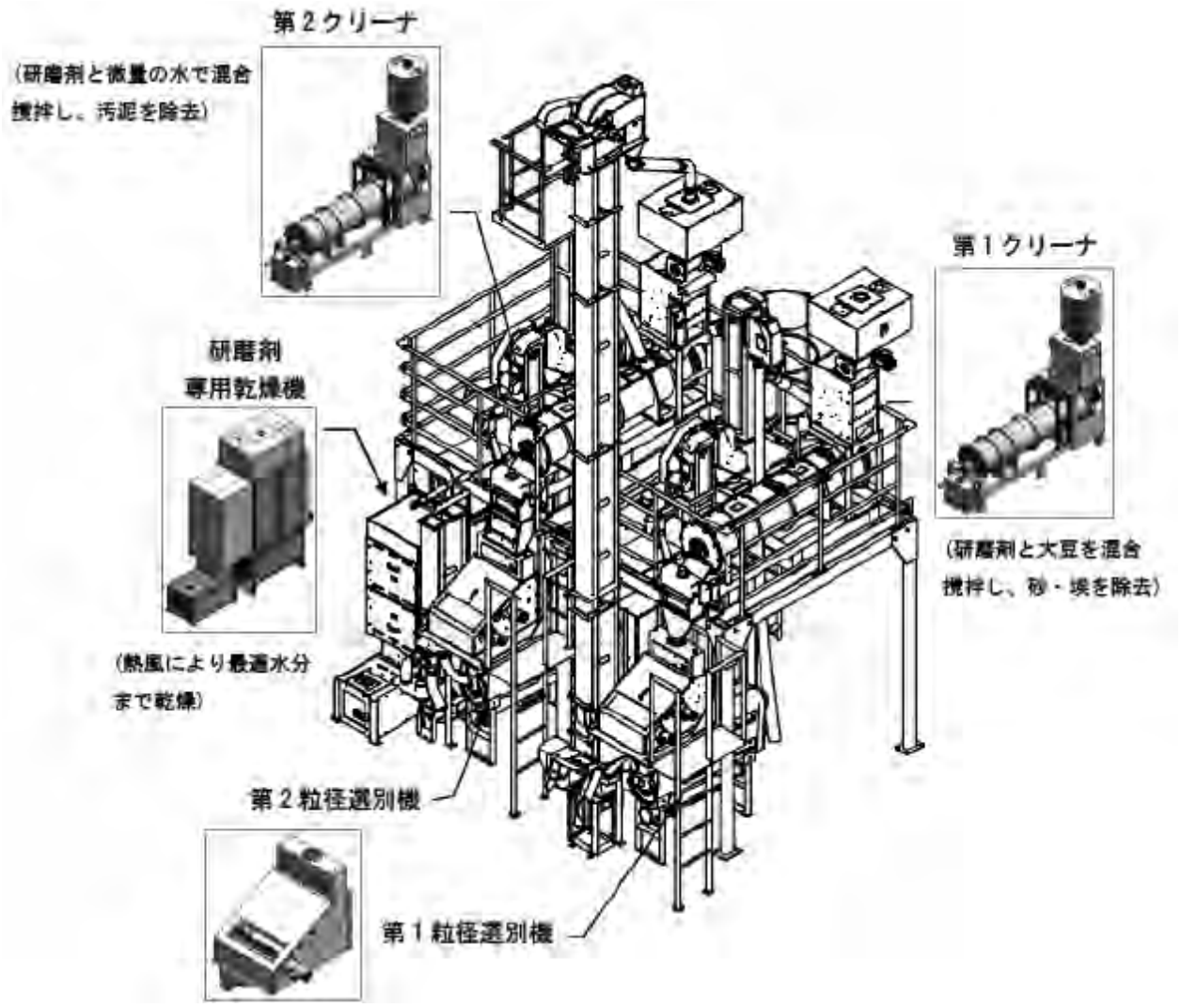


図 2-10-5　Sa 式大豆クリーナー（提供：株式会社サタケ）

4）大豆の汚粒指標

大豆クリーナーの性能を評価するためには、大豆の汚粒の指標が必要である。ここでは、生研機構（現 農研機構）市川らが作成した汚粒の指標及び表示法を紹介する。 写真 2-10-1 に汚粒の指標を示す。

汚粒発生割合：収穫した大豆子実のうち、汚れた粒はどのくらいの割合であるかを示す指標で、0 ～ 100％の範囲で示される。

汚粒発生割合（D1）=（N1+N2+N3+N4）x100/（N0+N1+N2+N3+N4）

＊ Nx：汚粒指標 x の粒数

汚染度：収穫した大豆子実のうち、汚れた大豆子実を取り出して、汚れの程度がどのくらいであるかを示す指標

で 1 ～ 4 の範囲で示される。

汚染度（D2）=（1xN1+2xN2+3xN3+4xN4）/（N1+N2+N3+N4）

＊ Nx：汚粒指標 x の粒数

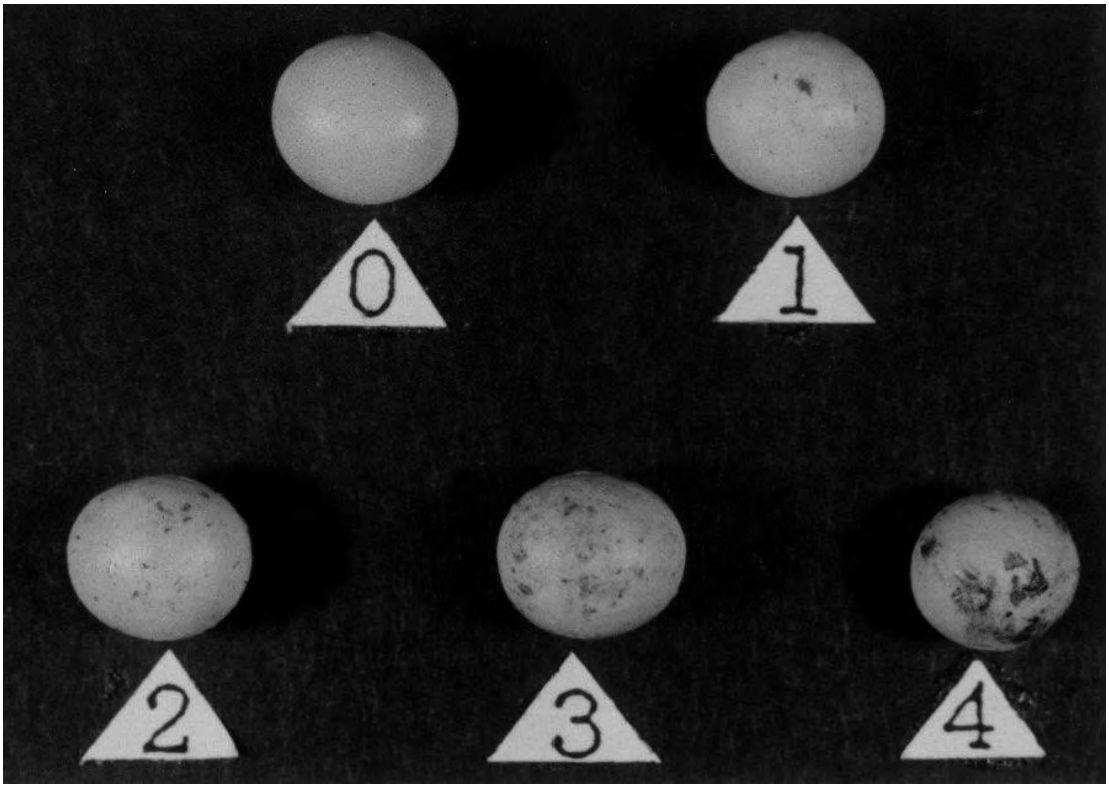


写真 2-10-1　汚粒の指標

5）大豆クリーナーの使用上の留意事項

(1) 大豆クリーナーは、仕上げ乾燥を行い、大豆選別機で選別した後の大豆子実についてクリーニング処理を行う装置であることを認識し、体系を組む必要がある。

(2) 大豆クリーナーは汚れた粒の「クリーニング」という非常手段であり、大豆子実自体の品質向上手段ではないことから、必ずしもクリーニングによって等級が上がるとはいえないことを念頭におき、作業を行うことが必要である。

(3) 湿式の連続式クリーナーの場合、クリーニング効果を高めるため過度にクリーニング処理を繰り返すと、大豆子実の条件によっては皮切れ粒やしわ粒が発生することがあるので適切な処理回数になるように留意する必要がある。

(4) 乾式のバッチ式クリーナーの場合、汚れの程度に応じて処理時間を設定しているが、クリーニング効果を高めるため過度に処理時間を長くすると、大豆子実の条件によっては皮切れ粒や破砕粒が発生することもあるので適切な処理時間になるように留意する必要がある。

11. 磁力選別

比重選別機でも除去の難しい異物である石や土塊について、鉄が含まれることを利用して選別する装置である。製品と異物の鉄分差を利用するため、磁力が強いほうが選別に有利である。例えば、写真 2-11-1 の装置では 1.7 テスラ（17000 ガウス）のネオジム永久磁石を採用している。

選別原理（図 2-11-1）に示すように、原料はベルトコンベア上に安定的に供給され、コンベア端において、鉄分

が少ない大豆子実はマグネットプーリーの影響を受けずに遠くまで飛び、非磁性体の製品口から排出されるが、鉄分の多い石・土塊はコンベア端のマグネットプーリーに引き付けられて手前側に巻き込まれるように磁性体出口に落下する仕組みである。

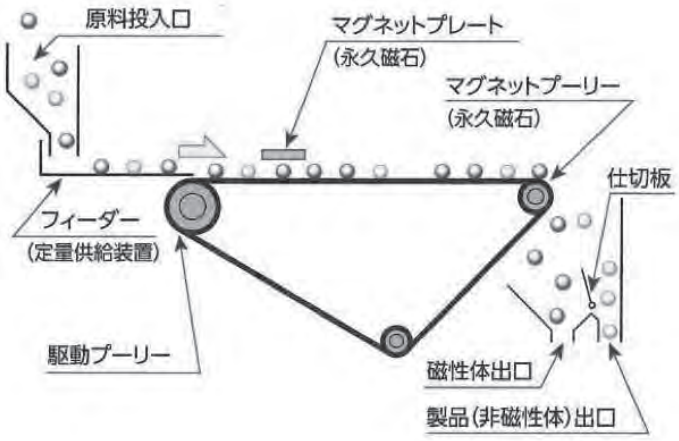


図 2-11-1　選別原理（提供：株式会社安西製作所）

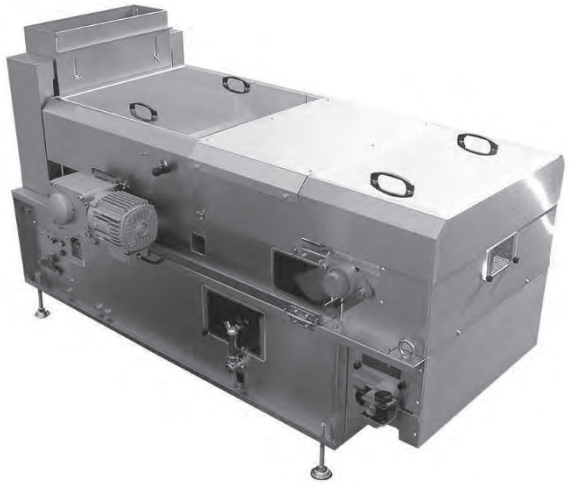


写真 2-11-1　磁力選別機外観　（提供：株式会社安西製作所）

12. 出荷設備

出荷用設備とは、施設内調製設備で選別調製された大豆を計量・袋詰めする設備である。袋詰めには、計量機を使用し、紙袋及びフレキシブルコンテナ（以下、フレコン袋）に大豆をいれる。紙袋については、ミシン及び紐で袋とじする 2 タイプがある。

最近では、設備のコストはかかるものの、労働負荷低減、人手不足対応のため、紙袋よりフレコン、紙袋でも自動化されたものが好まれる傾向がある。

1）計量機の種類

出荷設備としての計量器には、以下の 4 種類がある。①～③は紙袋、④はフレコン用の機械である。以降、それぞれ説明する。紙袋での取扱では、おおむね 1 袋 30 ｋｇ、フレコンでは 1 袋 900kg が標準である。

①個袋詰め計量機

②全自動計量包装機

③全自動計量結束機

④フレコン計量機

2）個袋詰め計量機（図 2-12-1）

個袋詰めは、計量ホッパーにロードセルを配置した計量機で、①大投入②小投入③定量の３工程で行われる。まず、「大投入」で、供給ゲートを全開させ、計量ホッパーに高速供給し、次に「小投入」として、供給ゲートを半開として、供給速度を抑え、定量値に近づける。定量が供給されたら、「定量」として供給ゲートを全閉させ、計量が終了する。計量機には、サンプリング機能を有したものなど数多くの機種がある。計量→充填後、別置きのミシン（図 2-12-2）にて袋口閉じを行う。計量機から袋口閉じまで紙袋の取り回しを手作業で行うため、労働負荷が高い。

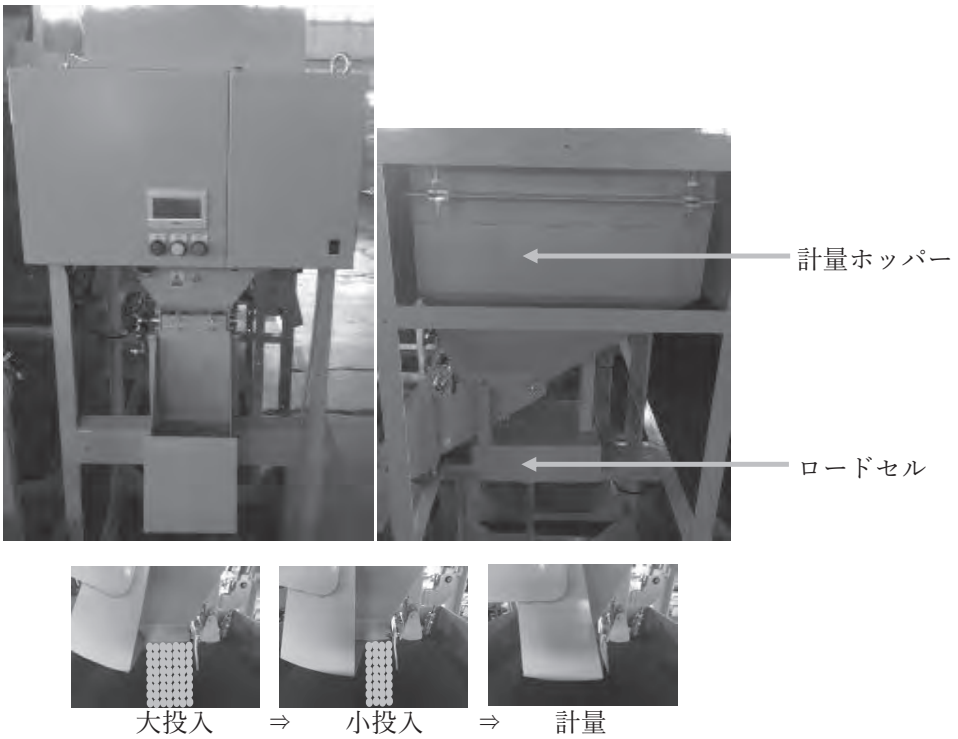


図 2-12-1　個袋詰め計量機（左：正面、右：右側面、下：計量工程）

図 2-12-2　袋口ミシン（提供：ニューロング株式会社）

3）全自動計量包装機（図 2-12-3）

計量・充填・袋口ミシン工程を自動化したものであり、袋転倒装置、金属検出機、パレタイザーと組合せた施設がある。

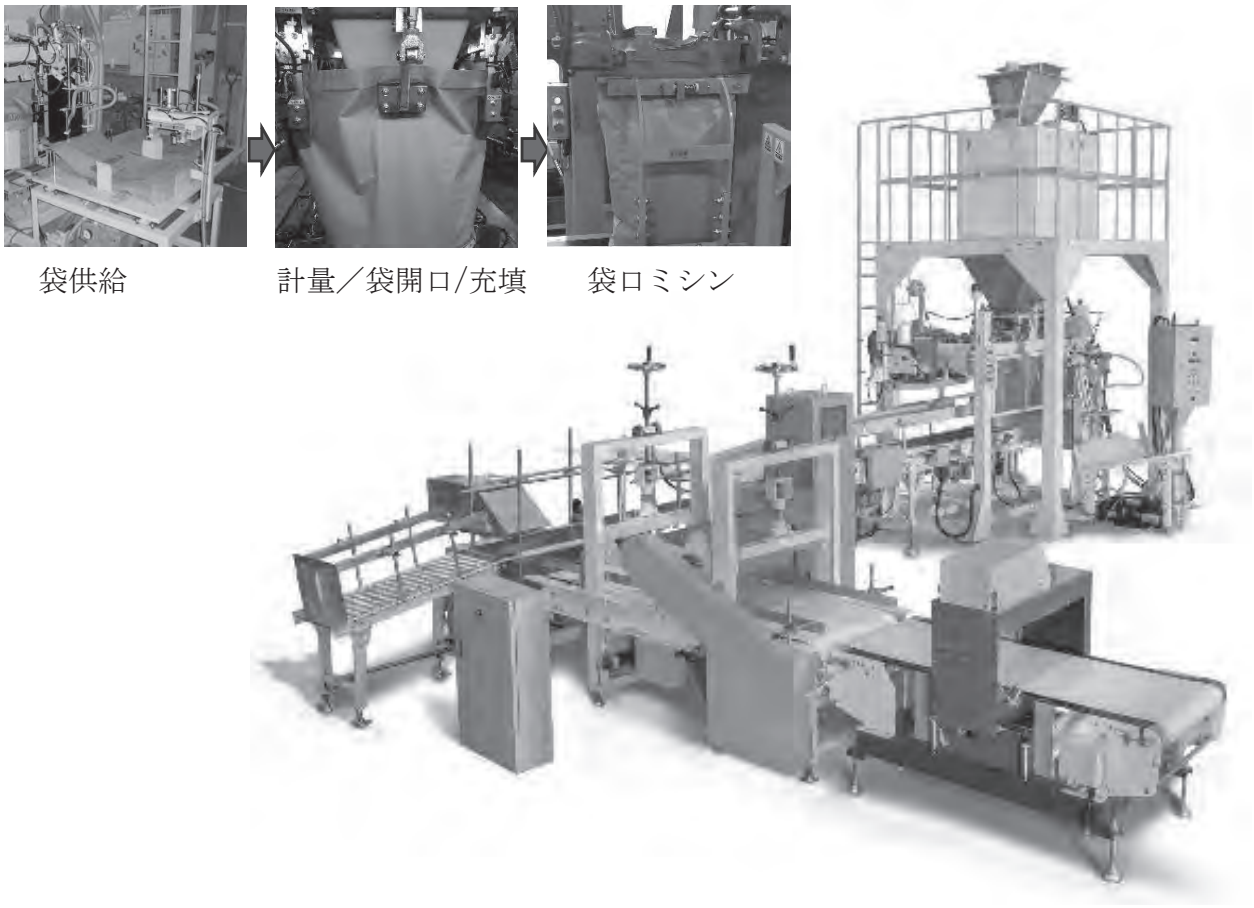


図 2-12-3　全自動計量包装機
（左上：計量～包装工程、右下：装置全体）

4）全自動計量結束機（図 2-12-4）

計量・充填・紐結束工程を自動化したものであり、袋転倒装置、金属検出機、パレタイザーと組合せた施設がある。図は計量・充填・紐結束工程からなる装置例である。

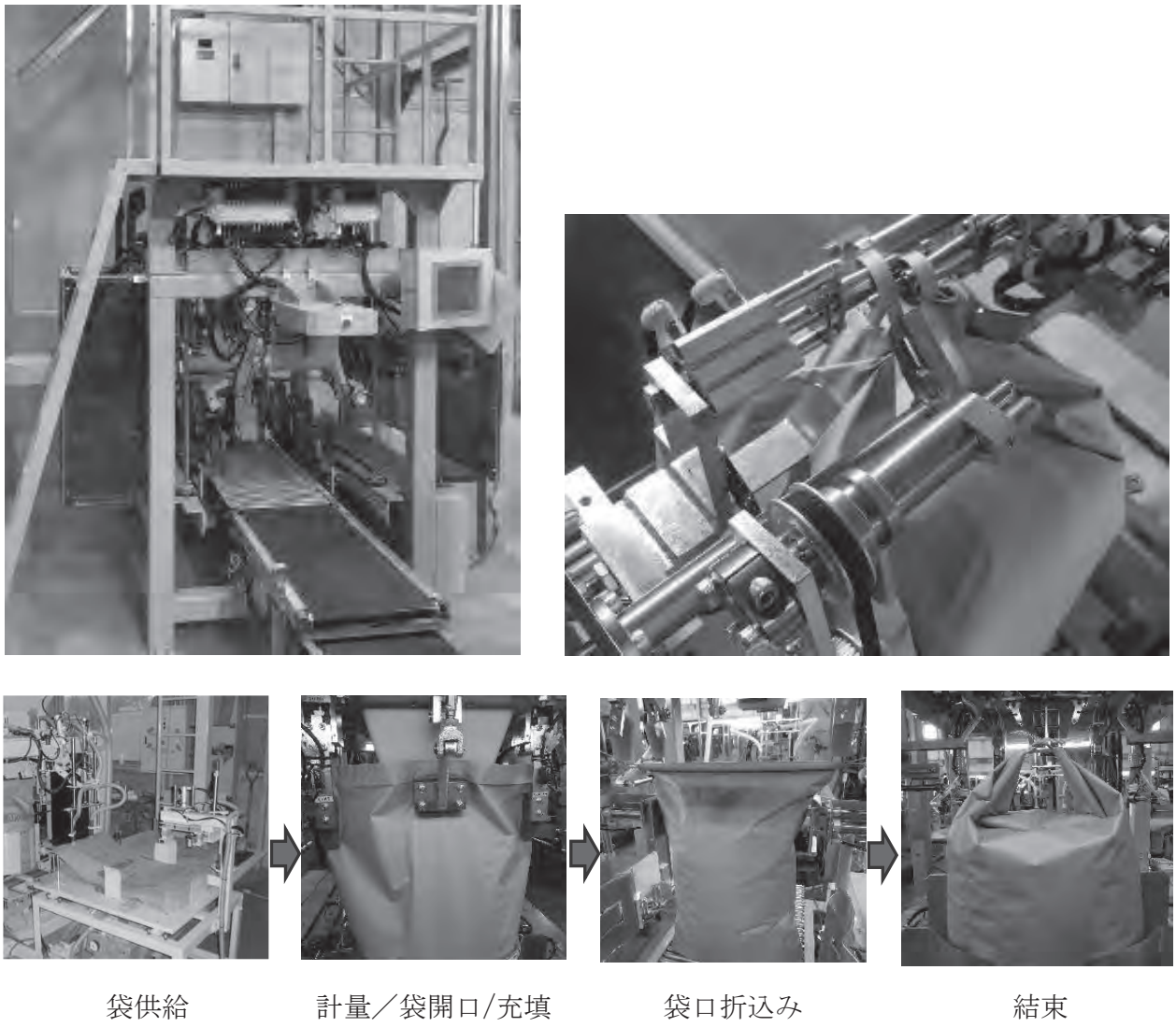


図 2-12-4　全自動計量結束機
（左：全体写真、右：結束装置部分、下：計量～結束工程）

5）フレコン計量機（図 2-12-5）

手作業による荷役が重労働となっていること、また、出荷先で解袋後の紙袋の一部が廃棄されることが、廃棄物処理および省資源の観点から課題となっており、物流の安定的な確保、流通経費の抑制および環境負荷の低減をはかることを目的に、フレコン袋による流通が拡大しつつある。

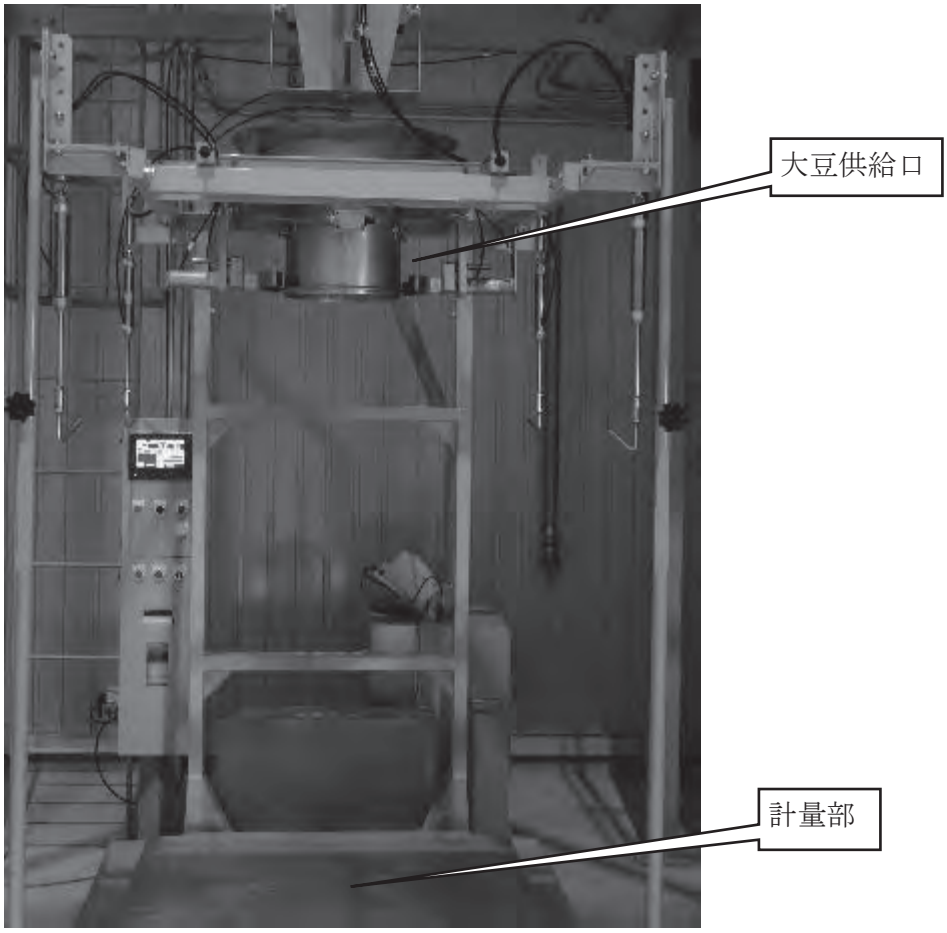


図 2-12-5　フレコン計量機

13. 施設稼動上の留意事項

1）品質事故防止と施設の点検・整備

各作業段階において、事故原因の発生を未然に防止することが必要であることから、常に施設の適正な稼働に心がける。

施設稼動前には、穀温計・水分計の点検および補正を必ず行う。

施設の清掃を十分行う。

2）他の作物と共用する場合の留意点

ライスセンター･カントリーエレベーター内に大豆用機器を設置した場合、米麦での稼動時に塵埃が降りかかる。大豆調製終了後点検と防塵対策（シートで覆う等）が必要である。

既設の空きスペースに設置すると、通路部分が狭くなり通行時に機械装置に触れることが多くなり危険である。安全対策をするとともに、関係者以外の立入禁止も検討する。

大豆と他作物での稼動切り替え時、異種穀粒が混じらないよう十分な清掃を行い、特に籾乾燥前は籾殻を流す、次に飯米を受ける等対策を徹底する。

大豆の割れ防止用に取り付ける部品類（荷受ホッパーの莢雑物防止網等）があれば、その着脱を的確に行う。

大豆荷受時は破砕・割れ粒発生防止から、昇降機の回転数を 20 ～ 30m ／分に落として使用する。各部点検し確実に調整するとともに、稼動中の点検もおろそかにしてはならない。

荷受用自動水分計の測定レンジ、乾燥機の温度設定切り替え、張り込み量設定等各機器に大豆用・米用・麦用の設定基準があれば切り替える。