

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-311214
(P2003-311214A)

(43) 公開日 平成15年11月5日(2003.11.5)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
B 0 7 B	4/08	B 0 7 B	B 4 D 0 2 1
	9/00		A
	13/08		Z

審査請求 有 請求項の数11 OL (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-124037(P2002-124037)

(22) 出願日 平成14年4月25日(2002.4.25)

(71) 出願人 394025980

岡山大学長

岡山県岡山市津島中一丁目1番1号

(72) 発明者 押谷 潤

岡山県岡山市学南町一丁目5-25 オルセ
ーメゾン山川C301

(72) 発明者 田中 善之助

岡山県岡山市三野三丁目3-20-3

(74) 代理人 100072051

弁理士 杉村 興作

Fターム(参考) 4D021 FA09 FA12 GA08 GA16 GA17

GA21 GA29 GB01 HA01 HA10

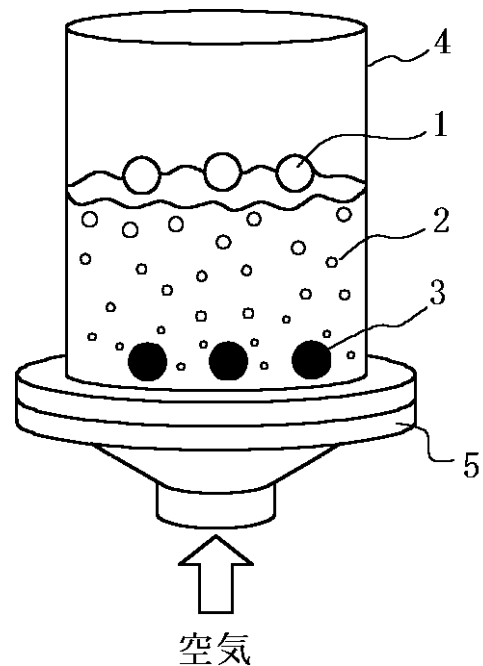
JA05 NA02 NA04

(54) 【発明の名称】 プラスチック類の乾式分離方法

(57) 【要約】

【課題】 効率的にリサイクルを行なうことが可能であり、環境に優しい乾式分離方法を提供することにある。

【解決手段】 本発明の乾式分離方法は、粉体を流動化させた固気流動層にプラスチック類を投入し、固気流動層の見掛け密度を利用して、前記プラスチック類を成分毎に分離することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 粉体を流動化させた固気流動層にプラスチック類を投入し、固気流動層の見掛け密度を利用して、前記プラスチック類を成分毎に分離する乾式分離方法。

【請求項 2】 粉体の流動化を、前記固気流動層の下部からの送風により行なう請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】 空塔速度を u_0 として粉体の最小流動化空塔速度を u_{mf} とした場合、 u_0 / u_{mf} が 1 ~ 3 の範囲において前記送風を行なうことを特徴とする請求項 1 又は 2 項に記載の方法。

【請求項 4】 固気流動層の見掛け密度を、分離しようとするプラスチック類中の各成分の最大密度と最小密度との間に設定することを特徴とする請求項 1 ~ 3 項のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】 粉体が、ユニビーズ、ガラスビーズ、ジルコンサンド、ポリスチレン粒子、及びグラニュー糖からなる群から選択される少なくとも 1 種である請求項 1 ~ 4 項のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】 粉体を複数とする請求項 1 ~ 5 項のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】 粉体の平均粒径が、100 ~ 500 μm であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 項のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】 粉体を流動化させる固気流動層を含んでおり、かつ、底面に多孔性分散板を設けた分離槽と、前記固気流動層内に少なくとも一部が入り込むように傾斜して配置された回転可能な収集手段と、前記固気流動層内に少なくとも一部が入り込む運搬手段と、を含む乾式分離装置。

【請求項 9】 前記収集手段によって、前記固気流動層に沈降した沈降物を収集する請求項 8 記載の装置。

【請求項 10】 前記運搬手段によって、前記固気流動層に浮揚した浮揚物を運搬し、分離槽外へ排出する請求項 9 記載の装置。

【請求項 11】 回転により固気流動層上面の少なくとも一部を傾斜させるとともに、傾斜により浮揚物を前記運搬手段へ誘導する請求項 10 記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液体を用いることなくプラスチック類の比重分離を行なう乾式分離方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、地球環境保全及び資源の有効活用の観点から、資源のリサイクルが重要視され、再利用再資源化技術の開発が望まれている。加えて家庭ごみの処理も深刻な社会問題となっており、ごみに含まれるプラスチック類の回収、再利用が望まれている。プラスチック類には、ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (P

P)、ポリスチレン (PS)、ポリ塩化ビニル樹脂 (PVC)、ナイロンなどが含まれる。

【0003】これらのプラスチックを再利用するには、プラスチック類を各成分毎に分離することが必要である。このようなプラスチックの分離技術として、振動フィーダー法、赤外線吸収を利用した方法、遠心分離法、湿式比重分離法などが知られている。

【0004】振動フィーダー法は、プラスチックに振動を与えて分離する方法である。また、遠心分離法は、遠心力を利用してプラスチックの比重差により分離する方法である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記振動フィーダー法、赤外線吸収を利用した方法及び遠心分離法はいずれも、装置コストが高く、効率も低いなどの問題がある。加えて、廃液処理による環境汚染の問題や、水資源の少ないところでは利用できず、また、湿式の比重分離法においては、廃液処理や分離後の乾燥工程を必要とするなどの問題を抱えている。

【0006】そこで、本発明は、安価で、効率的に分離することが可能であり、環境に優しい乾式分離方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】発明者らは、粉体を流動化させた固気流動層が密度や粘度などの液体に類似した性質を持つことに着目し、特に、流動化状態中の種々の密度を有する物体の挙動について検討した結果、本発明の乾式分離方法を見出すに至った。

【0008】すなわち、本発明の乾式分離方法は、粉体を流動化させた固気流動層にプラスチックを投入し、固気流動層の見掛け密度を利用して、前記プラスチックを成分毎に分離することを特徴とする。

【0009】また、本発明の乾式分離方法の好ましい実施態様において、粉体の流動化を、前記固気流動層の下部からの送風により行なうことを特徴とする。

【0010】また、本発明の乾式分離方法の好ましい実施態様において、空塔速度を u_0 として粉体の最小流動化空塔速度を u_{mf} とした場合、 u_0 / u_{mf} が 1 ~ 3 の間で前記送風を行なうことを特徴とする。

【0011】また、本発明の乾式分離方法の好ましい実施態様において、固気流動層の見掛け密度を、分離しようとするプラスチック中の各成分の最大密度と最小密度との間に設定することを特徴とする。

【0012】また、本発明の乾式分離方法の好ましい実施態様において、粉体が、ユニビーズ、ガラスビーズ、ジルコンサンド、ポリスチレン粒子、及びグラニュー糖からなる群から選択される少なくとも 1 種であることを特徴とする。

【0013】また、本発明の乾式分離方法の好ましい実施態様において、粉体を複数とすることを特徴とする。

【0014】また、本発明の乾式分離方法の好ましい実施態様において、粉体の平均粒径が、100～500 μmであることを特徴とする。

【0015】また、本発明の乾式分離装置は、粉体を流動化させる固気流動層を含んでおり、かつ、底面に多孔性分散板を設けた分離槽と、前記固気流動層内に少なくとも一部が入り込むように傾斜して配置された回転可能な収集手段と、前記固気流動層内に少なくとも一部が入り込む運搬手段と、を含むことを特徴とする。

【0016】また、本発明の乾式分離装置の好ましい実施態様において、前記収集手段によって、前記固気流動層に沈降した沈降物を収集することを特徴とする。

【0017】また、本発明の乾式分離装置の好ましい実施態様において、前記運搬手段によって、前記固気流動層に浮揚した浮揚物を運搬し、分離槽外へ排出することを特徴とする。

【0018】また、本発明の乾式分離装置の好ましい実施態様において、回転により固気流動層上面の少なくとも一部を傾斜させるとともに、傾斜により浮揚物を前記運搬手段へ誘導することを特徴とする。

【0019】

【発明の実施の形態】まず、本発明の分離の原理について説明すると、以下ようになる。すなわち、粉体を流動化させ、液体系の比重選別と同様な粉体流動化媒体、すなわち固気流動層を利用してプラスチック類を主としてその密度によって、分離するものである。ここで、固気流動層とは、粉体を流動化させて液体に類似した性質を持つものを意図する。

【0020】まず、固気流動層による分離の概念を以下に説明する。粉体に気体を送り浮遊流動化させた場合、粉体からなる流動層は、液体と同様の挙動を示す。従って、流動層の見掛け密度 f_b は下記の式で表される。

$$\text{【0021】 } f_b = W_p / V_f = (1 - f) \rho$$

ここで W_p は流動化媒体の粒子重量、 V_f は流動化時の体積、 f は流動化時の空隙率、 ρ は流動化媒体の粒子密度である。

【0022】このような見掛け密度 f_b を有する流動層中に密度 s のプラスチック類を混在させたとき、 $s < f_b$ のプラスチック類成分は流動層上部に浮揚し、 $s > f_b$ の当該プラスチック類成分は流動層下部に沈降する。そして $s = f_b$ の当該プラスチック類成分は流動層中間部を浮遊する。このことを利用してプラスチック類の比重選別を行なうのである。

【0023】このようにしてプラスチック類中の各成分、例えば、ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、ポリスチレン (PS)、ポリ塩化ビニル樹脂 (PVC)、ナイロンなどを分離することが可能である。これによって、分離された各成分を容易にリサイクルすることも可能となる。

【0024】このような分離原理に基づいて、本発明に

おいて分離可能なプラスチック類は特に限定されない。したがって、廃プラスチックに限定されるものでもない。再利用再資源化という観点から、プラスチック類としては、家庭用ごみ、自動車、家電製品等からのシュレッダーダスト、プラスチック製品作製時の残渣等由来のものを挙げるができる。なお、このようにいずれか由来のプラスチック類であっても良いが、プラスチック類が汚れている場合は、洗浄した後に分離するのが好ましい。これは本発明の分離方法によれば、主としてプラスチック類の成分をその比重差によって分離するため、プラスチック類が汚れていると比重が変動するおそれがあるからである。なお、洗浄後にプラスチックを乾燥させて分離することも必要である。乾燥後は、装置の大きさ等の関係から、プラスチック類をシュレッダー等で粉碎したものを分離に使用するのが好ましい。

【0025】また、本発明の乾式分離方法の好ましい実施態様において、粉体の流動化を、前記固気流動層の下部からの送風により行なうことができる。分離することが可能な成分がより多くなるからである。但し、下部からの送風に限定される意図ではなく、たとえば、比較的軽い発泡ウレタン等においては横風を送っても分離は可能である。明らかに軽い成分が存在する場合、横風でも飛散距離が大きいため高効率で分離可能である。したがって、まず、横風で発泡ウレタン等の軽い成分を除去した後、残存するプラスチック類の各成分を除去してもよい。

【0026】また、プラスチック類の他に不純物として密度の低い成分が存在する場合も同様の手順で、不純物を除去することができる。

【0027】本発明において、空塔速度を u_0 として粉体の最小流動化空塔速度を u_{mf} とした場合、 u_0 / u_{mf} が分離を制御する1つの要因となる。なぜなら、空塔速度を調節することにより、例えば、2つの非常に近接した密度差を有する成分を容易に除去できたり、逆に、密度差の大きい成分の分離には、空塔速度を上げることで、短時間で分離することができるからである。

【0028】一般に、空塔速度を最小流動化空塔速度以上で当該最小流動化空塔速度近傍に設定すると、固気流動層内に浮遊する被分離対象物の成分の密度分布は狭くなり、空塔速度をさらに上げていくと、固気流動層内に存在する被分離対象物の成分の密度分布は広がる。

【0029】したがって、本発明においては、従来では分離が困難とされていた密度差の小さな2成分 (2物体) を分離することができるという利点を有する。このように微妙に空塔速度をコントロールするには、固気流動層下部の気体を分散させる部分に気体の通気性が低いものを用いることなどが挙げられる。

【0030】大まかに成分を分離する場合は、基本的に、成分が浮揚、中層に位置、沈降の3種類に分けて分離可能である。しかしながら、最終的には、分離の困難

な密度差の小さい成分同士の分離となる場合が多いので、中層に位置する成分の密度分布をできる限り小さくして成分が浮揚するか沈降するかのどちらかになるように上記 u_0 / u_{mf} すれば、より分離精度及び回収率の高い分離を行なう事ができる。

【0031】当該 u_0 / u_{mf} の値としては、例えば、1～3の範囲とすることができる。かかる範囲であれば、安定した固気流動層を形成することができるからである。但し、かかる範囲に限定されるものではなく、密度差の大きい成分同士を迅速に分離する場合には、 u_0 / u_{mf} の値が3以上であってもよい。

【0032】密度差が小さい成分同士を分離する場合、使用する粉体にもよるが、 u_0 / u_{mf} の値は、できるだけ1に近い値とするのが好ましい。 u_0 / u_{mf} の値を、1～1.5、好ましくは、1～1.2、さらに好ましくは、1～1.1とすることができる。

【0033】また、粉体の種類についても、分離するプラスチック類の種類により特に限定されないが、例えば、粉体を、ユニビーズ、ガラスビーズ、ジルコンサンド、ポリスチレン粒子、及びグラニュー糖からなる群から選択される少なくとも1種とすることができる。

【0034】使用する粉体の平均粒径についても特に限定されないが、粉体の流動化を比較的小さな空塔速度で行うことと、付着性に起因する粉体の凝集を抑制するという観点から、100～500 μm とするのが好ましい。

【0035】以上のように分離されたプラスチック類の各成分を、最終的に、浮揚させるか、沈降させることにより適当な方法によって、回収することができる。

【0036】次に、本発明の乾式分離方法を一実施態様を示す添付図面に基いて説明する。図1は、固気流動層内での物体の浮沈を示した図である。1は、流動層の見掛け密度より軽い物体である。2は、固気流動層である。3は、流動層の見掛け密度より重い物体である。4は、分散槽である。5は、気体分散板である。この図から明らかなように、粉体の流動化状態においては、固気流動層の見掛け密度によって、物体を分離できることが分かる。

【0037】分離手順の一例を示すと、前記分離槽内に流動化媒体であるガラスビーズ、ユニビーズ、ジルコンサンド、ポリスチレン粒子などを仕込み、分離槽4の下面から気体分散板5を通して均一に分離槽4内に気体を送り込み粉体を流動化させ、流動層を形成する。そこで分離槽4の上面開口からプラスチック類を投入すると、使用する粉体よりも密度の大きいプラスチック類成分は沈降する。図2は、分離したプラスチック類成分を回収する装置の一例を示す。図2(A)は、概要を示し、図2(B)は、装置を横から見た図を示し、図2(C)は、装置を前から見た図を示す。

【0038】図2(A)において、6は収集手段、7は

運搬手段、8は保護板、9は誘導板、10は気体室である。図2において収集手段6は、矢印(図2(C)中のc)の方向へ可動しており、ゆっくりした速度で回転し、沈降してくるプラスチック類中の重い成分3を回収し、分離槽4外へ排出する。即ち、誘導板9がプラスチック類中の重い成分3を、前記収集手段6へ誘導し、それによって、収集手段中に設置されたバスケット11内へ重い成分3を収集する。バスケット11内の重い成分3は、収集手段の回転と共に分離槽上部へ移動し、上部において、重い成分3の自重によって排出口12へ移動する。

【0039】一方、運搬手段7は矢印(図2(C)中のd)の方向へ移動しており、ゆっくりした速度で回転し、浮揚するプラスチック類中の軽い成分1を回収し、分離槽4外へ排出する。この時、保護板8がプラスチック類中の軽い成分1を前記運搬手段へ誘導を容易にする。すなわち、この保護板は特に設置しなくとも軽い成分を回収することができるが、回収率を上げて効率的に回収するのに必要である。このように誘導された軽い成分1は、例えばコンペアーのような運搬手段7によって、分離槽4外へ排出される。

【0040】なお、図2中の5は、気体分散板であり、金網等の多孔性材料より成るが、分離しようとするプラスチック類成分が通過しない程細かいメッシュにしておく必要がある。なお、流動層を形成するための気体は空気に限らず、他のものでもよい。

【0041】また、保護板、誘導板は、それぞれ、軽い成分、重い成分を運搬手段、収集手段へ誘導しやすくするような作用を有していれば、図2の形態に限定されるものではなく適宜変更可能である。例えば、複数の多孔板を設けて、浮揚する成分と沈降する成分とが回収途中で混在しない様にすることもできる。また、保護板の代わりに、浮揚成分用にプロペラを設けてもよく、誘導板の代わりに、固気流動層の底にプロペラを設けて沈降成分を効率よく収集手段に誘導するようにしても良い。

【0042】

【実施例】以下、本発明を実施例により更に具体的に説明するが、本発明は、下記実施例に限定して解釈される意図ではない。

【0043】実施例1

まず、流動化状態での物体のかさ密度と h'_{sp} について測定するのに、内容15.3cm、高さ40cmのアクリル円筒管で分離槽を作製した。分離槽底部には、穴径0.2cm、ピッチ0.3cm、開孔率40.3%のステンレス多孔板2枚で布を挟んだ空気分散板を設けた。分離槽内に粉体を仕込み、ブローにより空気を送り込んで流動化させ、モーターパルプの開閉により空塔速度を微調整した。オリフィス流量計の圧力及び流動層底部と大気間の圧力差を圧力センサーにより電圧値として読み取り、あらかじめ得られている電圧 - 空塔速度及び電圧 - 圧力損失の関係式を用いて空塔速度 u_0 と圧力損失

Pを求めた。ここで、圧力損失 Pとは、気体が粉体を流動化させる際に、気体が粉体に応じて受ける圧力をいう。例えば、下方から気体を送風すると、気体は粉体の重さに相当する圧力を受けるが、この場合に圧力を圧力損失 Pという。ある空塔速度以上になると、粉体が流動化し始め、圧力損失が一定となる。言い換えると、圧力損失が一定の場合が粉体の流動化状態を示す。

【0044】 u_0 を徐々に減少させる過程で Pを測定し、Pが一定値から減少し始める u_0 を最小流動化空塔速度 u_{mf} とした。

【0045】実際に、層内に様々なかさ体積割合V

粒子	大きさ D_{fb} (μm)	真密度 ρ_{tfb} (kg/m^3)	$u_{mf} \times 10^{-2}$ (m/s)
ガラスビーズ	160-180	2490	2.9 ± 0.1
ポリスチレン	355-425	1050	4.7 ± 0.4

【0046】

【表1】

【0047】 $300 \sim 1500 \text{ kg}/\text{m}^3$ の範囲で $10 \text{ kg}/\text{m}^3$ 毎に密度 ρ_{pp} を調節したピンポン球($D_{sp} = 3.75 \text{ cm}$)を糸でつるし、層内に投入した。1分後、層底部からの球の上表面高さ h_{sp} を測定し、式(1)で定義される球高さ h'_{sp} を得た。ここで、 h_{fb} は各条件での層高さを表す。球高さ h' は、 $h_{sp} = h_{fb}$ 即ち、球が浮揚する場合を1.0とし、球が層下部に沈降するほど0.0に近づくように定義した。各条件下で h'_{sp}

【数1】

$$h_{sp} = \frac{1.0}{(h_{fp} - D_{sp})} \times (h_{sp} - D_{sp}) \quad (1)$$

の値を5回求め、それらの平均値と標準偏差を求めた。図3に $u_0/u_{mf} = 2.5$ 、 $V_{G.B.} = 0.65$ での種々の密度のピンポン球の球高さ h'_{sp} を示す。軽い球は浮揚し、重い球は沈降しているが、層内で漂う球($0.05 < h'_{sp} < 0.95$)も存在する。これらのピンポン球の浮沈から各条件での流動層の見掛け密度 b_{fb} を図に示すように球が漂う密度範囲(網掛け領域)の中心の密度とした。また、球が漂う密度範囲を見掛け密度幅 b_{fb} とした。

【0048】図4に $u_0/u_{mf} = 1.1, 2.0, 4.0$ でのかさ体積混合割合 $V_{G.B.}$ に対する見掛け密度 b_{fb} と見掛け密度幅 b_{fb} を示す。なお、見掛け密度幅 b_{fb} は、図中に示すように各 b_{fb} のプロット点にある横線の長さで示した。いずれの空塔速度においても、G.B.の混合割合を増加させることによって b_{fb} は増加し、空塔速度によって若干異なるが約 $400 \text{ kg}/\text{m}^3 \sim 1300 \text{ kg}/\text{m}^3$ の見掛け密度が得られた。しかし、 b_{fb} は空塔速度とによって大きな違いが見られた。

【0049】 $u_0/u_{mf} = 1.1$ の場合、 $V_{G.B.} = 0.0$ 及び $V_{G.B.} > 0.6$ での b_{fb} は小さいが、 $0.2 < V_{G.B.} < 0.6$ での b_{fb} は大きい値を示した。 u_0/u_{mf}

G.B.で混合したガラスビーズ(G.B.)とポリスチレン(P.S.)の2成分粒子を層高が約 10 cm となるように仕込み流動化させ、空塔速度 u_0 を最小流動化空塔速度 u_{mf} の1.1、1.5、2.0、2.5、3.0、4.0倍に固定して試験を行なった。なお、最小流動化空塔速度は2成分粒子が完全に混合している u_0 から、偏析が起こらないように u_0 を下げる過程で得られた空塔速度-圧力損失の関係より求めた。表1に用いた粒子の物性を示す。

$u_0/u_{mf} = 4.0$ では、いずれの $V_{G.B.}$ においても b_{fb} は大きくなった。一方、 $u_0/u_{mf} = 2.0$ ではいずれの $V_{G.B.}$ においても b_{fb} は小さい値を示した。

【0050】これらの結果の要因を明らかにするために、 u_0/u_{mf} において流動層の層表面の揺れ幅 h_v を目視により測定した。また、サンプリングにより各層 i でのG.B.とP.S.のかさ体積割合 $\times G.B.$ 、 $\times P.S.$ を測定した。図5に $u_0/u_{mf} = 1.1$ 、 $V_{G.B.} = 0.4$ でのサンプリング結果を示す。軽いP.S.が流動層上部に多く、重いG.B.は下部に多く存在し、偏析傾向が見られた。以下ではこれらの偏析状態を偏析係数 C_s で表した。偏析係数 C_s と各層での $\times G.B.$ 値の標準偏差として得られる値であり、偏析雅激しいほどその値は大きくなり、均一に混合している場合0.0となる。

【0051】図6に $V_{G.B.} = 1.0$ 及び 0.4 での各空塔速度に対する見掛け密度幅 b_{fb} 、層表面の揺れ幅 h_v 及び偏析係数 C_s を示す。単成分粒子系である $V_{G.B.} = 1.0$ では、 u_0/u_{mf} の増加に伴い b_{fb} は増加する傾向が見られた。これは、 u_0/u_{mf} の増加に伴い h_v が増加し、流動化状態が激しくなることによって球の浮沈がばらつくためであると考えられる。一方、2成分粒子系である $V_{G.B.} = 0.4$ では、単成分系とは異なる傾向が見られた。1.1 u_0/u_{mf} 2.5では、 u_0/u_{mf} の増加に伴い b_{fb} は減少し、2.5 u_0/u_{mf} では逆に b_{fb} が増加する傾向が見られた。多成分粒子系の特徴である偏析は流層層の上下層に密度差を生じさせるため、 C_s の値が大きく偏析が著しい $u_0/u_{mf} = 1.1$ での b_{fb} は大きい値を示すと思われる。しかし、 u_0/u_{mf} の増加に伴い C_s は減少するため、1.1 u_0/u_{mf} 2.5では偏析が著しく抑えられた。しかし、 u_0/u_{mf} の増加に伴い h_v が増加するため、

bfbは増加する傾向が見られたのではないかと考えられる。従って、球の浮沈に大きく影響を及ぼすと考えられる層表面の流動化状態や偏析状態が空塔速度や $V_{G.B.}$ によって異なることが挙げられる。

【0052】実験の結果、ガラスビーズの混合割合を増加させることによって見掛け密度は増加し、約 $400\text{ kg/m}^3 \sim 1300\text{ kg/m}^3$ の見掛け密度が得られた。空塔速度を変化させることによって、比重分離に大きな影響を及ぼす流動層表面の流動化状態及び粒子の偏析を制御することが可能であることが判明した。

【0053】実施例2

次に、プラスチック類として、廃プラスチックの分離を試みた。分離には実施例1と同様の分離槽を用いて試験を行なった。具体的に、廃プラスチックとして、ポリエチレン(PE)、6-ナイロン、PVCの3成分を用いた。プラスチック($D_{sp} = 1.91\text{ cm}$)の物性を表2に示す。

【0054】

【表2】

プラスチック	密度 ρ_{sp} (kg/m^3)
ポリエチレン	900
6-ナイロン	1120
PVC	1460

【0055】所定のかさ体積混合割合 $V_{G.B.}$ で混合したG.B.とP.S.の2成分粒子を層高約 10 cm となるように仕込み流動化させ、空塔速度 u_0 を所定速度に固定した。層内に各プラスチックを1個ずつ同時に投入し、1分後に送風を止めた。層底部からのプラスチックの上表面高さ h_{sp} を測定し、下記式(1)

【数2】

$$h_{sp} = \frac{1.0}{(h_{fp} - D_{sp})} \times (h_{sp} - D_{sp})$$

で定義されるプラスチック高さ h'_{sp} を得た。各条件下で h'_{sp} の値を5回求め、それらの平均値と標準偏差を求めた。

【0056】実施例1における図4の結果から、 $u_0 / u_{mf} = 2.0$ はいずれの $V_{G.B.}$ においてもbfbが小さく分離に適していると思われる。そこで、 $u_0 / u_{mf} = 2.0$ において $V_{G.B.}$ を変化させて各プラスチックの浮沈を調べた。図7に、各プラスチックの h'_{sp} を示す。PEは $V_{G.B.} = 0.6$ で浮揚し、6-ナイロンは $V_{G.B.} = 0.75$ で沈降した。従って、 $0.6 < V_{G.B.} < 0.75$ においてPEと6-ナイロンが流動層の上下層に分離可能であった。また、6-ナイロンとPVCは $V_{G.B.} = 0.85$ で流動層の上下層に分離可能であった。

【0057】実験の結果、見掛け密度及び流動化状態を制御することで、密度差が小さなPE、6ナイロン及びPVCを流動層の上下層に分離可能であることが判明した。

【0058】実施例3

図2にDrewboy型流動層の概要図を示す。縦 45 cm 、横 66 cm 、高さ 50 cm の流動層に浮揚物を取り出すコンベアと沈降物を取り出すバスケットを設置した。その他の部分は円筒型流動層(図1)と同様である。層内にG.B.を層高が約 30 cm となるように仕込み流動化させ、空塔速度 u_0 を所定速度に固定した。4種類の円柱型プラスチック(直径・高さ 3.0 cm)を1個ずつ同時に 4 s 間隔で投入した(合計200個)。本条件では投入したプラスチックはすべてコンベアあるいはバスケットから排出され、そのうちコンベアから排出された個数より浮揚率 f_l を求めた。表3に用いたG.B.の物性を、表4に分離対象物である円柱型プラスチックの物性を示す。

【0059】

【表3】

大きさ D_{fb} (μm)	250~300
真密度 ρ_{tfb} (kg/m^3)	2490
$u_{mf} \times 10^{-2}$ (m/s)	6.8

【0060】

【表4】

プラスチックシリンダー番号	密度 ρ_{c1} (kg/m^3)
A	1320
B	1360
C	1420
D	1560

【0061】図8に各空塔速度における円柱型プラスチックの浮揚率 f_l を示す。 $u_0 / u_{mf} = 1.05$ 及び 1.1 でプラスチックA、Bが高い浮揚率で浮揚し、プラスチックDはすべて沈降した。 $u_0 / u_{mf} = 1.1$ では空塔速度の増加に伴いプラスチックA、Bが浮揚しにくい傾向が得られた。これは、空塔速度の増加に伴い層内の流動化が激しくなるためであると思われる。Drewboy型流動層は層内の流動化を妨げられると思われるコンベアやバスケットなどの装置が設置されているが、微小密度差 200 kg/m^3 のプラスチックを連続分離することが可能であった。また、本装置での処理量は 108 kg/h であり、今後多方面での乾式比重分離の実用化が期待されると思われる。

【0062】Drewboy型流動層を用いて、密度差の小さなプラスチックの連続比重分離を検討した結果、以下の結論を得た。

【0063】すなわち、空塔速度を細かく調節することによって、密度差約 200 kg/m^3 のプラスチックをDrewboy型流動層により連続分離が可能であることが判明した。

【0064】実施例4

次に、分離するプラスチック類として、ポリプロピレン、ポリエチレン、6-ナイロン、ポリアセタール、塩化ビニルを用い、粉体として、ポリスチレン、グラニュー糖、ガラスビーズを用いることを除いて、実施例2と同様の方法により、プラスチックの分離を試みた。

【0065】各プラスチック類の大きさは、直径約19.1mmであり、密度は、ポリプロピレンが860kg/m³、ポリエチレンが900kg/m³、6-ナイロンが1120kg/m³、ポリアセタールが1360kg/m³、塩化ビニルが1460kg/m³であった。一方、用いた粉体の物性を以下の表5に示す。

【0066】

【表5】

粉体の種類	真密度(kg/m ³)	かさ密度(kg/m ³)
ポリスチレン	1000	650
グラニュー糖	1600	1000
ガラスビーズ	2500	1500

【0067】ここで、真密度とは、空隙を考慮しない実際の密度を示し、かさ密度とは空隙を含んだ密度をいう。円筒カラムに粉体をいれると粉体間に空隙ができるので、その空隙も併せて、(粒子+空隙)の密度がかさ密度という。

【0068】流動化状態では、送風により層全体が膨らむために、空隙が若干大きくなる性質がある。

【0069】まず、2種類の粉体、すなわち、ガラスビーズ(150-180μm)及びグラニュー糖(355-425μm)を混ぜて流動層を形成し、前記流動層内へ前記5種類のプラスチックを投入し、1分後の各プラスチックの浮沈の様子を調べた。ガラスビーズの体積混合割合を増加させて、種々の割合でのプラスチックの分離の様子を調べた。なお、 $u_0/u_{mf} = 1.1$ とした。ここで、ガラスビーズの体積混合割合について説明すれば、20%というのは、粉体混合物を100%としたとき、グラニュー糖80%+ガラスビーズ20%である事を意味する。また、100%というのは、グラニュー糖0%(全く含まず)+ガラスビーズ100%を意味し、0%というのは、グラニュー糖100%+ガラスビーズ0%(全く含まず)を意味する。

【0070】結果を、図9に示す。この結果から明らかに、ポリプロピレン、ポリエチレン間の密度差はわずか40kg/m³であるにもかかわらず、ガラスビーズ約0%~約10%の間において両者を分離することが可能であることが分かる。さらに、混合割合を変化させることにより、比重順にプラスチック類を分離することが分かる。

【0071】実施例5

次に、粉体としてガラスビーズ(150~180μm)及びポリスチレン粒子(355~425μm)を用いること、 $u_0/u_{mf} = 2.0$ としたこと以外、実施例4と同様にプラスチック

類の分離を試みた。

【0072】結果を図10に示す。今度は、ポリプロピレン及びポリエチレンの分離が多少困難であるものの、その他のプラスチックの分離は良好であることが判明した。

【0073】実施例6

次に、実施例4と同様のプラスチック類を用いて、今度は、粉体の粒径を変化させて分離を試みた。粉体としては、ガラスビーズを用いた。また、 $u_0/u_{mf} = 1.1$ とした。

【0074】結果を図11に示す。図11から明らかなように、実施例4及び5の結果では、分離が困難と思われたPA及びPVCの分離が、ガラスビーズの粒径が約200~約350mmのところで行なえることが判明した。これは、粒径を変化させたことにより、流動化状態が変化し、見掛け密度に違いが生じたためと考えられる。なお、実施例4、5を実施した後、本実施例を行なうことで、5種類のプラスチックを1種ずつ分離することが可能である。

【0075】

【発明の効果】本発明によれば、装置コストが安価で、効率が高く、廃液処理や分離後の乾燥工程が不要であって、環境への影響もほとんどないという有利な効果を奏する。

【0076】また、本発明によれば、いわゆる乾式分離であるため、水資源の少ないところでも利用することができる。

【0077】本発明によれば、プラスチックの回収に際してロータを分離槽内で回転させ、沈降した粒子を掻き上げて排出するようにできるので、簡単な機構で連続分離選別を自動的に行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】プラスチック類の成分を分離する装置の概略図を示す。

【図2】プラスチック類の成分を回収する概略図を示す。

【図3】流動化状態での物体のかさ密度と h'_{sp} との関係を示す。

【図4】流動化状態での物体のかさ密度とばらつきとの関係を示す。

【図5】各層*i*でのG.B.及びP.S.のかさ体積割合 $x_{G.B.}$ 、 $x_{P.S.}$ を示す。

【図6】 $V_{G.B.} = 1.0$ 及び 0.4 での各空塔速度に対する見掛け密度幅 b_{fb} 、層表面の揺れ幅 h_v 及び偏析係数 C_s を示す。

【図7】 $V_{G.B.}$ を変化させた場合の各プラスチックの h'_{sp} を示す。

【図8】各空塔速度における円柱型プラスチックの浮揚率 r_{fl} を示す。

【図9】ガラスビーズの体積混合割合に対する各プラ

スチックの分離の挙動を示す図である。

【図 10】 ガラスビーズの体積混合割合に対する各プラスチックの分離の挙動を示す図である。

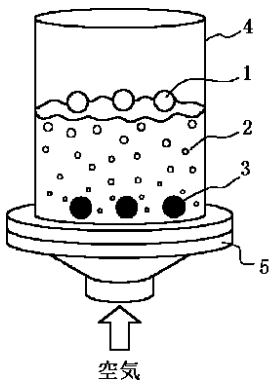
【図 11】 ガラスビーズの平均粒径に対する各プラスチックの分離の挙動を示す図である。

【符号の説明】

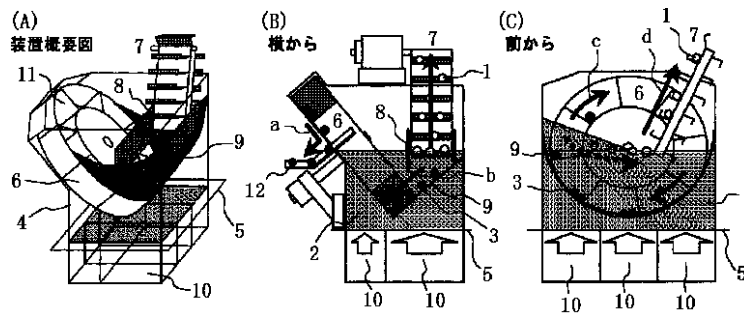
- 1 流動層の見掛け密度より軽い物体
- 2 固気流動層
- 3 流動層の見掛け密度より重い物体

- 4 分離槽
- 5 気体分散板
- 6 収集手段
- 7 運搬手段
- 8 保護板
- 9 誘導板
- 10 気体室
- 11 バスケット
- 12 排出口

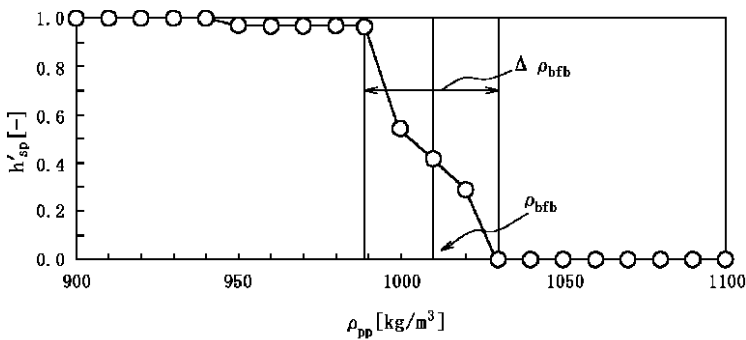
【図 1】



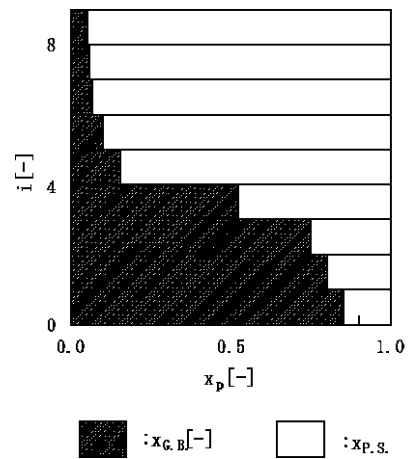
【図 2】



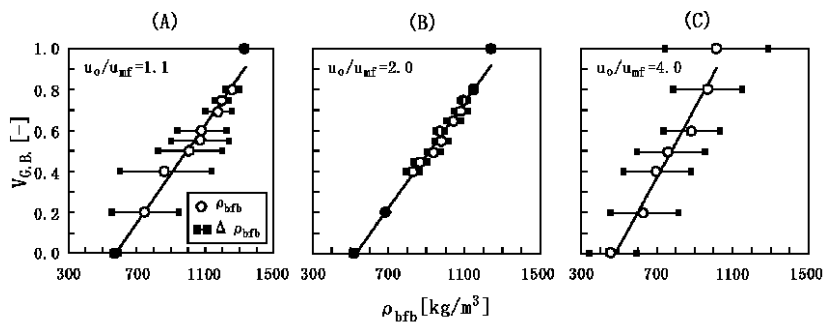
【図 3】



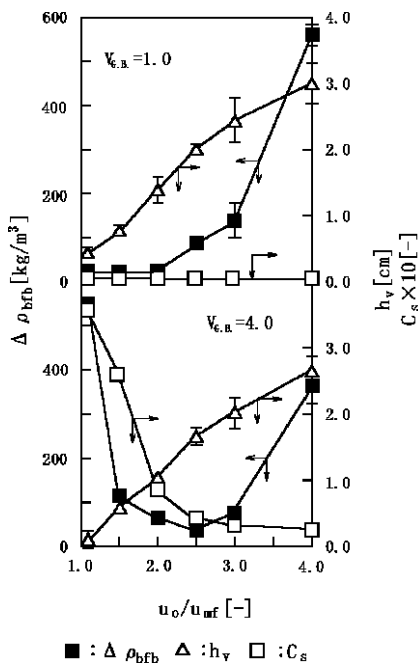
【図 5】



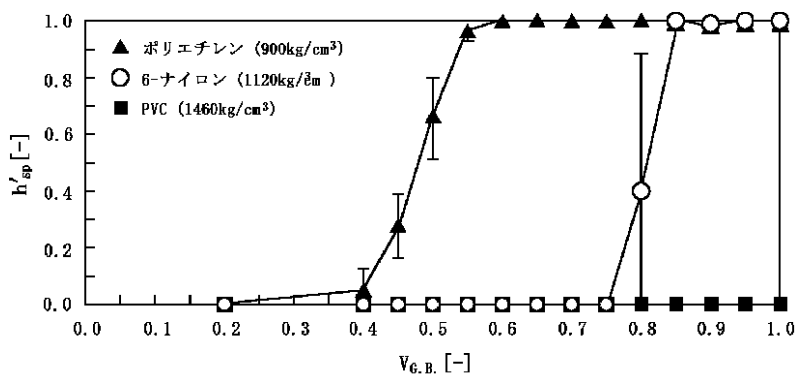
【図 4】



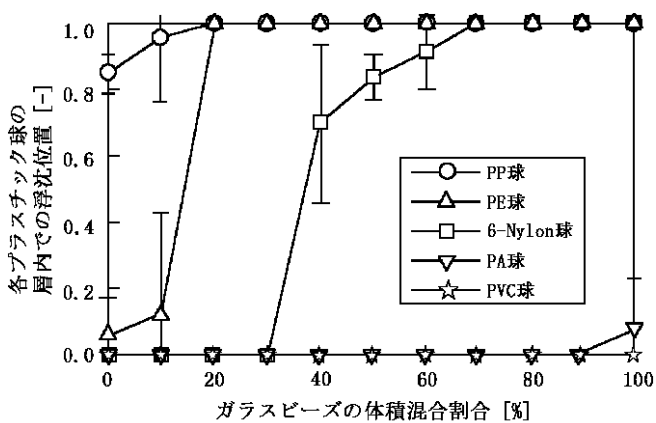
【図6】



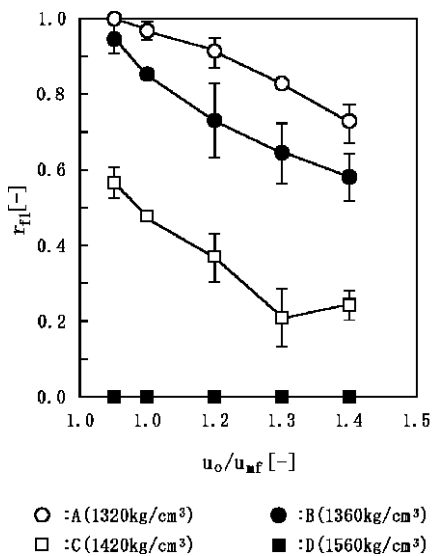
【図7】



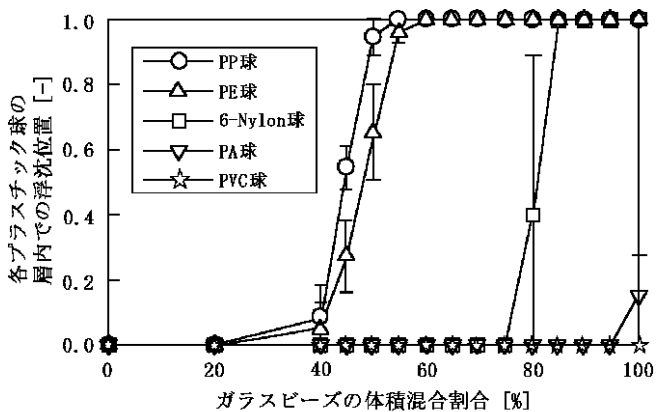
【図9】



【図8】



【図10】



【図11】

