

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6756951号  
(P6756951)

(45) 発行日 令和2年9月16日(2020.9.16)

(24) 登録日 令和2年9月1日(2020.9.1)

(51) Int. Cl.	F I
CO4B 14/02 (2006.01)	CO4B 14/02 C
BO7B 4/08 (2006.01)	BO7B 4/08 Z
CO1B 33/26 (2006.01)	CO1B 33/26
CO1G 49/00 (2006.01)	CO1G 49/00 A
CO4B 14/14 (2006.01)	CO4B 14/14

請求項の数 7 (全 46 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2018-223822 (P2018-223822)	(73) 特許権者	591155242
(22) 出願日	平成30年11月29日(2018.11.29)		鹿児島県
(62) 分割の表示	特願2016-91671 (P2016-91671) の分割		鹿児島県鹿児島市鴨池新町10番1号
原出願日	平成28年4月28日(2016.4.28)	(73) 特許権者	508120167
(65) 公開番号	特開2019-69894 (P2019-69894A)		株式会社プリンシプル
(43) 公開日	令和1年5月9日(2019.5.9)		鹿児島県鹿児島市鴨池1丁目17番8号
審査請求日	平成31年3月28日(2019.3.28)	(74) 代理人	100096714
(31) 優先権主張番号	特願2015-92388 (P2015-92388)		弁理士 本多 一郎
(32) 優先日	平成27年4月28日(2015.4.28)	(74) 代理人	100124121
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		弁理士 杉本 由美子
		(74) 代理人	100176566
			弁理士 渡未 巧
		(74) 代理人	100180253
			弁理士 大田黒 隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 細骨材、軽石、火山ガラス材、混合セメント及びパーライト

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

火山噴出物堆積鉱物から粒径5mm超の礫分を除去し、残部を水平方向から所定の角度で傾斜させた多孔板を振動させつつ下方から多孔板に向けて送風するエアテーブル式の比重差選別装置に供給して、前記比重選別装置の前記多孔板の上手側の排出口より排出された密度  $2.5 \text{ g/cm}^3$  以上の重比重分と、前記比重選別装置の前記多孔板の下手側の排出口より排出された密度  $2.5 \text{ g/cm}^3$  未満の軽比重分と、前記比重選別装置の前記多孔板から送風により浮上し気流に乗って排出された集塵分と、前記比重選別装置の前記多孔板の孔を通して落下して排出された多孔板落下分とに選別して、

選別された重比重分から細骨材を回収して得られたことを特徴とする密度  $2.5 \text{ g/cm}^3$  以上の細骨材。 10

【請求項2】

火山噴出物堆積鉱物から粒径5mm超の礫分を除去し、残部を水平方向から所定の角度で傾斜させた多孔板を振動させつつ下方から多孔板に向けて送風するエアテーブル式の比重差選別装置に供給して、前記比重選別装置の前記多孔板の上手側の排出口より排出された密度  $2.5 \text{ g/cm}^3$  以上の重比重分と、前記比重選別装置の前記多孔板の下手側の排出口より排出された密度  $2.5 \text{ g/cm}^3$  未満の軽比重分と、前記比重選別装置の前記多孔板から送風により浮上し気流に乗って排出された集塵分と、前記比重選別装置の前記多孔板の孔を通して落下して排出された多孔板落下分とに選別して、

選別された重比重分及び多孔板落下分から細骨材を回収して得られた密度  $2.5 \text{ g/cm}^3$  以上の細骨材。 20

$m^3$ 以上の細骨材。

【請求項3】

火山噴出物堆積鉱物から粒径5mm超の礫分を除去し、残部を水平方向から所定の角度で傾斜させた多孔板を振動させつつ下方から多孔板に向けて送風するエアテーブル式の比重差選別装置に供給して、前記比重選別装置の前記多孔板の上手側の排出口より排出された密度 $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上の重比重分と、前記比重選別装置の前記多孔板の下手側の排出口より排出された密度 $2.5\text{ g/cm}^3$ 未満の軽比重分と、前記比重選別装置の前記多孔板から送風により浮上し気流に乗って排出された集塵分と、前記比重選別装置の前記多孔板の孔を通過して落下して排出された多孔板落下分とに選別して、

選別された重比重分から、又は、重比重分及び多孔板落下分から細骨材を回収することにより細骨材を分離して得られた残余の火山ガラス材であって、かつ、粒径 $0.3\text{ mm}$ 以上に分離されたことを特徴とする軽量骨材用の軽石。

【請求項4】

火山噴出物堆積鉱物から粒径5mm超の礫分を除去し、残部を水平方向から所定の角度で傾斜させた多孔板を振動させつつ下方から多孔板に向けて送風するエアテーブル式の比重差選別装置に供給して、前記比重選別装置の前記多孔板の上手側の排出口より排出された密度 $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上の重比重分と、前記比重選別装置の前記多孔板の下手側の排出口より排出された密度 $2.5\text{ g/cm}^3$ 未満の軽比重分と、前記比重選別装置の前記多孔板から送風により浮上し気流に乗って排出された集塵分と、前記比重選別装置の前記多孔板の孔を通過して落下して排出された多孔板落下分とに選別して、

選別された重比重分から、又は、重比重分及び多孔板落下分から細骨材を回収することにより細骨材を分離して得られた残余の火山ガラス材であって、かつ、粒径 $0.05\text{ mm}$ 以上 $0.3\text{ mm}$ 以下に分離されたことを特徴とする火山ガラス材。

【請求項5】

火山噴出物堆積鉱物から粒径5mm超の礫分を除去し、残部を水平方向から所定の角度で傾斜させた多孔板を振動させつつ下方から多孔板に向けて送風するエアテーブル式の比重差選別装置に供給して、前記比重選別装置の前記多孔板の上手側の排出口より排出された密度 $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上の重比重分と、前記比重選別装置の前記多孔板の下手側の排出口より排出された密度 $2.5\text{ g/cm}^3$ 未満の軽比重分と、前記比重選別装置の前記多孔板から送風により浮上し気流に乗って排出された集塵分と、前記比重選別装置の前記多孔板の孔を通過して落下して排出された多孔板落下分とに選別して、

選別された重比重分から、又は、重比重分及び多孔板落下分から細骨材を回収することにより細骨材を分離して得られた残余の火山ガラス材であって、かつ、分離された粒径 $0.05\text{ mm} \sim 0.3\text{ mm}$ の火山ガラス材、 $0.05\text{ mm}$ 未満の火山ガラス材及び粒径 $0.3\text{ mm}$ 以上の火山ガラスからなる軽石のうち少なくとも一つを粉砕して得られたことを特徴とするポゾラン効果を有する混和材用の火山ガラス材。

【請求項6】

請求項4又は5記載の火山ガラス材に、ポルトランドセメントを混合または混合したあと粉砕して製造したことを特徴とするポゾラン効果を有する混合セメント。

【請求項7】

火山噴出物堆積鉱物から粒径5mm超の礫分を除去し、残部を水平方向から所定の角度で傾斜させた多孔板を振動させつつ下方から多孔板に向けて送風するエアテーブル式の比重差選別装置に供給して、前記比重選別装置の前記多孔板の上手側の排出口より排出された密度 $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上の重比重分と、前記比重選別装置の前記多孔板の下手側の排出口より排出された密度 $2.5\text{ g/cm}^3$ 未満の軽比重分と、前記比重選別装置の前記多孔板から送風により浮上し気流に乗って排出された集塵分と、前記比重選別装置の前記多孔板の孔を通過して落下して排出された多孔板落下分とに選別して、

選別された重比重分から、又は、重比重分及び多孔板落下分から細骨材を回収することにより細骨材を分離して得られた残余の火山ガラス材であって、かつ、分離された粒径 $0.05\text{ mm}$ 以上の火山ガラス材をそのまま又は粉砕した後、焼成膨張させて得られたこと

を特徴とするパーライト。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、火山噴出物堆積鉱物、例えば普通シラスを乾式分離する乾式分離方法により分離された細骨材、軽石、火山ガラス材、混合セメント及びパーライトに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、コンクリート用細骨材としては、川砂、海砂のような天然砂が用いられていたが、川砂は、長年にわたる乱掘の結果、枯渇をきたしているし、また海砂の採取が環境破壊につながるためその採取が制限され、一部を輸入に頼らざるを得ない事態が生じている。海砂の依存度の高い西日本では、特に深刻であり、天然砂に代わるべき原料の入手が緊急の課題となっている。

【0003】

ところで、シラスは、南九州に広く分布する火山噴出物堆積鉱物の1種であって、大量に入手可能な資源であることから、シラスをコンクリート用の骨材として活用できれば天然砂の代りになり得る。特に、川砂などの無塩砂は、コンクリート、特に鉄筋コンクリートの長寿命化に寄与するため、塩分の混入が避けられない海砂よりも付加価値が高いが、川砂の採取は、淡水生物や水生植物などの生態系の破壊をもたらす、環境負荷が大きい。シラスは、陸上にある約3万年前の火砕流堆積物であり無塩なので、シラスから取り出された細骨材は、無塩砂として付加価値が高い。

【0004】

コンクリート用細骨材として、普通シラス、すなわち、南九州のシラス台地を形成するもので、天然のままで加工されていないシラスを用いる場合の最大の課題は、鹿児島県土木部が監修した「シラスを細骨材として用いるコンクリートの施工マニュアル(案)」(2006年発行)によれば、シラス中に極めて多くの微粒分が含まれていることにある。普通シラス中の粒径0.150mm以下の微粒分の含有量は、20~40%の範囲であり、平均で30%程度と、天然砂に比べて異常に多くなっている。微粒分が多いのは、水による淘汰作用を受けた川砂などと異なり、普通シラスが水の淘汰作用を受けていない巨大な火砕流堆積物であるということに由来する。土木学会「コンクリート標準示方書」には、普通砂の場合は粒径0.150mm以下の粒子含有量を10%以下とし、砕砂及び高炉スラグ砕砂については同含有量を15%以下とすることができるとしているから、普通シラスをそのままでは普通砂に用いることはできない。仮に、粒径0.150mm以下の微粒分を大量に含む細骨材を用いた場合は、まだ固まらないフレッシュコンクリートの流動性が阻害され、単位水量の増大につながる。このため、粒径0.150mm以下の微粒分を、望ましくは砕砂と同じ15%以下、少なくとも15%未満にまで除去する必要があるが、その除去には多大の経費を要し、コスト高になるために、これまで実現できなかった。

【0005】

すなわち、シラスから粒径0.150mm以下の微粒分を除去するには、乾式ふるい分け法と湿式ふるい分け法があるが、前者をシラスが未乾燥のままで行うと、含まれる水分が粒子同士の接着を保持する働きをしたり、ふるい過程で振動により水分がしみ出してくる場合があることから、微粒分は凝集したり粗粒子に付着したまま、ふるいの網にも付着してしまい、ふるいが目詰まりを起こして微粒分の除去が不可能となる。そのため、ふるい分けに先立って乾燥する必要があるが、それには多大のエネルギー消費を伴う上に長い処理時間を必要とし、実用化の上で大きな障害となるのを免れない。また、後者の湿式ふるい分け法は、大量の水を用いなければならない上に、整粒後に乾燥処理を行う必要があるため、前者と同様の不利を伴う。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 6 】

シラスを整粒する際のもう一つの課題として、除去された粒径0.150mm以下の微粒分、すなわち不要残分の処分の問題がある。JIS-A1204「土の粒度試験方法」によれば、粒径2~4.75mmが細礫分、粒径0.850~2mmが粗砂分、粒径0.250~0.850mmが中砂分、粒径0.075~0.250mmが細砂分、粒径0.005~0.075mmがシルト分、粒径0.005mm以下が粘土分と規定されている。したがって、粒径0.150mm以下の微粒分は、粒度分布が広く、細砂分の一部とシルト分と粘土分とが混在していることになり、付加価値も低く、その用途が無い。そのシルト分と粘土分のうち、特に粘土分は、粒子が細かく水中で沈降し難いので、濁ったまま川や海に流すことができず、ため池でコストのかさむ凝集剤を使って沈降速度を高めて沈殿分離したものを廃棄処分しなければならず、その処分費用も無視できない。また、その上澄液の排水も凝集剤の成分が混入しているので、自然環境への放流は、環境上も好ましくない。一度、水に浸された粘土分やシルト分と粘土分の凝集体は、乾燥過程で、凝固してしまい、利用する場合に、単粒子に分散させて用いたくても、単粒子に分散しにくいので、たとえ混和材などに用いようとしても凝集構造が邪魔をして、本来有する可能性のあるポゾラン効果を発現し難い。更に、凝集剤の成分が混入している場合には、混和材としての効果が低減する。

## 【 0 0 0 7 】

所望の粒度に整えることを整粒というが、普通シラスを整粒して上記のように粒径0.150mmを基準に2分割した場合に、その一方が製品として有用であっても、他方の不要残分が発生して、その処分費用を製品に転嫁することになるため、価格競争で不利になる。また、整粒による分割数が少ないと、自ずと粒度幅が広いものとなり、付加価値が低くなるので、採算が合わなかった。

## 【 0 0 0 8 】

したがって、吉田シラスや加久藤シラスのような、水による天然の淘汰作用を受けて粒度が細かく揃っている資源量の極めて少ないシラスは例外として、シラス台地を形成する普通シラスについては、工業的には整粒すると採算がとれないのが現状であった。

## 【 0 0 0 9 】

普通シラスの整粒方法に関して、第一サイクロンないし第四サイクロンとバグフィルタとを組み合わせて、第一サイクロンで細骨材、第二サイクロンで粗砂分及び中砂分、第三サイクロンで中砂分及び細砂分、第四サイクロンで細砂分及びシルト分、バグフィルタで粘土分を、それぞれ回収する方法がある（特許文献1）。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 1 0 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 0 - 2 6 9 9 5 1 号 公 報 （ 特 許 請 求 の 範 囲 そ の 他 ）

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 1 】

特許文献1に記載の整粒方法は、煩雑で多量の熱エネルギーの消費を伴う原料シラス又は製品の乾燥処理や、大量の水を使用する水簸処理を行うことなく、火山噴出物堆積鉱物から所望の粒度に整えられた付加価値の高い整粒物を、簡単かつ効率的に、多種類にて同時に大量生産することが可能である。しかしながら、普通シラスを原料に、第一サイクロンで回収される細骨材は、そのままではJIS A5308の「砂」で規定する密度 $2.5 \text{ g/cm}^3$ 以上のものの収率が低く、収率を高めるために更なる改良が求められていた。

## 【 0 0 1 2 】

本発明は、従来の普通シラスの整粒方法の改良を図り、密度が $2.5 \text{ g/cm}^3$ 以上の細骨材の収率を高めることができる火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法と乾式分離方法により得られた細骨材、軽石、及び火山ガラス材、混合セメント及びパーライトを提供する

ことを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明者らは、火山噴出物堆積鉱物、例えば普通シラスから、粒径5mm以上の礫分を取り除いたのち、特定の気流分級装置、特定の比重差選別装置又は両者を組み合わせた装置により乾式分離することで、密度が $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上の細骨材の収率を高めることができることを見出し、この知見に基づいて本発明をなすに至った。

【0014】

本発明の一側面は、火山噴出物堆積鉱物から粒径5mm超の礫分を除去し、残部を常温または高温の気流に搬送させ、循環する気流経路に接続された少なくとも2個のサイクロン分級機を有する粗粒回収用のサイクロン分級機群と、このサイクロン分級機群に連結した細粒回収用のサイクロン分級機と、このサイクロン分級機に連結した微粉回収用のバグフィルタとを有する気流分級装置により、粗粒回収用のサイクロン分級機群にて粗粒を、細粒回収用のサイクロン分級機にて細粒を、微粉回収用のバグフィルタにて微粉を回収し、

回収された粗粒から細骨材を回収することを特徴とする火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法である。

【0015】

上記発明において、粗粒回収用のサイクロン分級機群のうちの一つのサイクロン分級機は、上部が円錐形状を有し、この円錐形状の頂部で管路と接続することが好ましく、また、粗粒回収用のサイクロン分級機群の上流側に、サイクロン解砕機を有することが好ましい。

【0016】

本発明の別の側面は、火山噴出物堆積鉱物から粒径5mm超の礫分を除去し、残部を水平方向から所定の角度で傾斜させた多孔板を振動させつつ下方から多孔板に向けて送風するエアテーブル式の比重差選別装置に供給して、重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とに選別して、

選別された重比重分から細骨材を回収することを特徴とする火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法である。

上記発明において、細骨材は、選別された重比重分ばかりでなく多孔板落下分からも回収することができる。

【0017】

上記発明において、エアテーブル式の比重差選別装置により選別された多孔板落下分を、作業条件が異なる同一又は別のエアテーブル式の比重差選別装置に供給して、重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とに更に選別して、更に選別された重比重分から細骨材を回収することが好ましい。

複数の比重差選別装置を用いる上記発明において、細骨材は、更に選別された重比重分ばかりでなく、更に選別された多孔板落下分からも回収することができる。

また、複数の比重差選別装置を用いる上記発明において、下流側の比重差選別装置では、多孔板落下分を選別することなく、重比重分と、軽比重分と、集塵分とに選別することもできる。

また、複数の比重差選別装置を用いる上記発明において、上流側の比重差選別装置で選別された軽比重分を下流側の比重差選別装置に供給して、重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とに更に選別して、更に選別された軽比重分から軽量骨材用の軽石を回収することができ、この場合、下流側の比重差選別装置では、多孔板落下分を選別することなく、重比重分と、軽比重分と、集塵分とに選別して、更に選別された軽比重分から軽量骨材用の軽石を回収することもできる。

更に、複数の比重差選別装置を用いる上記発明において、上流側の比重差選別装置で選別された集塵分を下流側の比重差選別装置に供給して、重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とに更に選別して、更に選別された集塵分から火山ガラス材を回収する

10

20

30

40

50

ことができ、この場合、下流側の比重差選別装置では、多孔板落下分を選別することなく、重比重分と、軽比重分と、集塵分とに選別して、更に選別された集塵分から火山ガラス材を回収することもできる。

【 0 0 1 8 】

本発明の別の側面は、火山噴出物堆積鉱物から粒径 5 mm 超の礫分を除去し、残部を常温または高温の気流に搬送させ、循環する気流経路に接続された少なくとも 2 個のサイクロン分級機を有する粗粒回収用のサイクロン分級機群と、このサイクロン分級機群に連結した細粒回収用のサイクロン分級機と、このサイクロン分級機に連結した微粉回収用のバグフィルタとを有する気流分級装置により、粗粒回収用のサイクロン分級機群にて粗粒を、細粒回収用のサイクロン分級機にて細粒を、微粉回収用のバグフィルタにて微粉を回収し、

回収された粗粒を水平方向から所定の角度で傾斜させた多孔板を振動させつつ下方から多孔板に向けて送風するエアテーブル式の比重差選別装置に供給して、重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とに選別して、

選別された重比重分から細骨材を回収することを特徴とする火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法である。

上記発明において、細骨材の回収は、選別された重比重分ばかりでなく多孔板落下分からも回収することができる。

【 0 0 1 9 】

上記発明において、粗粒回収用のサイクロン分級機群のうちの一つのサイクロン分級機は、上部が円錐形状を有し、この円錐形状の頂部で管路と接続することが好ましく、粗粒回収用のサイクロン分級機群の上流側に、サイクロン解砕機を有することが好ましく、エアテーブル式の比重差選別装置により選別された多孔板落下分を、作業条件が異なる同一又は別のエアテーブル式の比重差選別装置に供給して、重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とに更に選別して、更に選別された重比重分から細骨材を回収することが好ましい。

【 0 0 2 0 】

上記気流分級装置を備える上記発明において回収された粗粒の粒径が 0 . 3 0 ~ 5 mm であり、細粒の粒径が 0 . 0 5 ~ 0 . 3 0 mm であり、微粉の粒径が 0 . 0 5 mm 以下であることが好ましい。

上記比重差選別装置を備える上記発明において、重比重分を密度 2 . 5 g / c m <sup>3</sup> 以上で選別し、それ未満を軽比重分として選別することが好ましい。

上記気流分級装置及び上記比重差選別装置のうち少なくとも一方を備える上記発明において、軽比重分及び細粒の少なくとも一方をふるい分けして、ふるい上とふるい下とに分級することが好ましい。ふるい上は軽量骨材として回収することができ、特に火山噴出物堆積鉱物がシラスである場合に、軽比重分及び細粒の少なくとも一方をふるい分けして、ふるい下をパーライト原料又はシラスバルーン原料として回収したりすることが好ましい。このふるい分けに用いられるふるいの網目は、75 μ m 以上であることが好ましい。

【 0 0 2 1 】

本発明の一側面は、循環する気流経路に接続された少なくとも 2 個のサイクロン分級機を有する粗粒回収用のサイクロン分級機群と、このサイクロン分級機群に連結した細粒回収用のサイクロン分級機と、このサイクロン分級機に連結した微粉回収用のバグフィルタとを有する気流分級装置を備えることを特徴とする火山噴出物堆積鉱物の乾式分離装置である。

【 0 0 2 2 】

上記発明において、粗粒回収用のサイクロン分級機群のうちの一つのサイクロン分級機は、上部が円錐形状を有し、この円錐形状の頂部で管路と接続することが好ましく、粗粒回収用のサイクロン分級機群の上流側に、サイクロン解砕機を有することが好ましく、粗粒回収用のサイクロン分級機群のうちの一つのサイクロン分級機及び細粒回収用のサイクロン分級機の少なくとも一方が吸気調整手段を備え、この吸気調整手段により気流上昇速

度を調整することが好ましい。

上記発明において、更に水平方向から所定の角度で傾斜させた多孔板を振動させつつ下方から多孔板に向けて送風する1又は2以上のエアテーブル式の比重差選別装置を備えることが好ましい。

また、エアテーブル式の比重差選別装置では、重比重分を密度 $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上とし、それ未満を軽比重分として選別することが好ましい。

更に、軽比重分及び細粒の少なくとも一方を粒径 $0.3\text{ mm}$ でふるい分けして、ふるい上を軽量骨材として回収することができる。火山噴出物堆積鉱物がシラスである場合には、ふるい分けして、ふるい下をパーライト(JIS A5007相当)原料又はシラスバルーン原料又は混和材原料として回収することができる。このふるい分けに用いられるふるいの網目は、 $75\text{ }\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。

#### 【0023】

本発明の一側面は、上記本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法により得られた細骨材である。

本発明の一側面は、上記本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法により細骨材を分離して得られた残余の火山ガラス材であって、粒径 $0.3\text{ mm}$ 以上に分離された火山ガラス材からなる軽量骨材用の軽石である。

#### 【0024】

本発明の一側面は、上記本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法により細骨材を分離して得られた残余の火山ガラス材であって、粒径 $0.05\text{ mm}$ 未満に分離された火山ガラス材である。この粒径 $0.05\text{ mm}$ 未満に分離された火山ガラス材は、ポゾラン効果を有する混和材とすることができる。また、粒径 $0.05\text{ mm}$ 未満の火山ガラス材、 $0.05\text{ mm} \sim 0.3\text{ mm}$ の火山ガラス材及び $0.3\text{ mm}$ 以上の火山ガラスからなる軽石の少なくとも一つを粉砕することで、粉砕していない火山ガラス材より優れたポゾラン効果を有する混和材とすることができる。

また、この残余の火山ガラス材及び粉砕した火山ガラス材の少なくとも一方に、ポルトランドセメントを混合してポゾラン効果を有する混合セメントとすることができる。

#### 【0025】

本発明の一側面は、上記本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法により細骨材を分離して得られた残余の火山ガラス材であって、分離された粒径 $0.05\text{ mm}$ 以上の火山ガラス材をそのまま又は粉砕した後、焼成膨張させて得られたパーライトである。

#### 【0026】

本発明によれば、例えば、普通シラスを乾式分離することにより、重比重分を細骨材として、軽比重分及び細粒のふるい上を軽量骨材として、軽比重分及び細粒のふるい下をパーライト、パーライト原料又はシラスバルーン原料として、微粉を混和材原料またはポゾラン効果を有する混和材またはポゾラン効果を有する混合セメント原料として、付加価値の高いものをそれぞれ回収することができ、普通シラスの有効活用が図られる。換言すれば、本発明は、普通シラス等の火山噴出物堆積鉱物を乾式分離することにより細骨材や、軽量骨材や、パーライトや、パーライト原料又はシラスバルーン原料や、混和材原料またはポゾラン効果を有する混和材またはポゾラン効果を有する混合セメント原料を製造することができる製造方法である。

#### 【発明の効果】

#### 【0027】

本発明によると、従来の整粒方法に比べて密度が $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上の細骨材の収率を高めることができ、しかも、大量の原料を処理して、所望の粒度、密度に整えられた高品位の回収物を、多種類にて得ることができるという効果が奏される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0028】

【図1】参考例1の乾式分離方法を実施する乾式分離装置の一例の概略図である。

【図2】参考例2の乾式分離方法に用いて好適な乾式分離装置の一例を示す概略図である

10

20

30

40

50

【図 3】図 1 の変形例である。

【図 4】図 2 の変形例である。

【図 5】図 3 の変形例と図 4 の変形例との組み合わせの例である。

【図 6】本発明の乾式分離方法に用いられる乾式分離装置の一例を示す概略図である。

【図 7】比重差選別装置の原理を説明する模式図である。

【図 8】図 6 の変形例である。

【図 9】本発明の乾式分離方法に用いられる乾式分離装置の一例を示す概略図である。

【図 10】図 9 の変形例である。

【図 11】本発明の乾式分離方法に用いられる乾式分離装置の一例を示す概略図である。

10

【図 12】本発明の乾式分離方法に用いられる乾式分離装置の一例を示す概略図である。

【図 13】本発明の乾式分離方法に用いられる乾式分離装置の一例を示す概略図である。

【図 14】実施例 3 により得られた重比重分の粒度分布を示すグラフである。

【図 15】実施例 4 ~ 9 の圧縮強度を比較例と共に示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、図面に従って、本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法、乾式分離装置、細骨材及び火山ガラス材の実施形態を、火山噴出物堆積鉱物の一種である普通シラスを原料に用いた例で説明する。

【0030】

20

(実施形態 1)

本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法及び装置の一実施形態を説明する。

図 1 は、本発明の乾式分離方法に用いて好適な乾式分離装置の一例を示す概略図である。

図 1 に示す乾式分離装置は、気流分級装置 10 を備えている。この気流分級装置 10 は、粗粒回収用のサイクロン分級機群 12 ~ 14 と、細粒回収用のサイクロン分級機 15 と、サイクロン分級機に連結した微粉回収用のバグフィルタ 16 とを有している。

【0031】

図示した乾式分離装置において、普通シラスは、ベルトフィーダ 3 からふるい 4 に供給され、ふるい 4 により、粒径 5 mm 超の礫分が、ふるい上として除去され、残部がふるい下として気流分級装置 10 に供給される。図示した例では、粒径 5 mm 超の礫分の除去のためにふるい 4 を用いているが、ふるい 4 の代わりに、原料である普通シラスの粒径を 5 mm 以下に粉砕する機械を用いることもできる。また、5 mm 以下に粉砕する機械を用いて粉砕することにより、普通シラスに含まれる軽石の内部が露出し、分離されて回収された軽石製品の白色度が向上するという利点もある。粉砕された軽石が回収された、小さな軽石や火山ガラス粒子は、軽石粒子内部のガラス表面が露出しており、焼成して膨張発泡させて製造した発泡軽石や、概ね 0.15 mm 以上のパーライト同等品や、概ね 0.15 mm 以下のシラスバルーンの白色度が、粉砕工程を経ていない軽石や火山ガラス粒子起源の発泡軽石やパーライト相当品やシラスバルーン相当品に比べて白色度が高くなるという利点がある。

30

40

【0032】

気流分級装置 10 は、複数のサイクロン解砕機 11 A、11 B、11 C と複数のサイクロン分級機 12 ~ 15 と、バグフィルタ 16 とを備えるとともに、これらを接続する管路 17 A ~ 17 I を備えている。

【0033】

気流分級装置 10 において、ふるい下として分級された粒径 5 mm 以下の普通シラスを、まずサイクロン解砕機 11 A に導き、サイクロン解砕機 11 A から管路 17 A を経由してサイクロン解砕機 11 B に導き、サイクロン解砕機 11 B から管路 17 B を経由してサイクロン解砕機 11 C に導く。サイクロン解砕機 11 A の投入口では、排気ブロウ 18 に起因する管路 17 A ~ 17 I への吸引力が働き、大量の吸気 G が、サイクロン解砕機 11

50

Aの最外周に設置された角パイプの引き込み口から導入されて下方向への螺旋状の旋回流となり、上方から少量の吸気と共にシラス原料が投下されると、螺旋状の下方向への気流の流れに乗って凝集体が分散されて配管内壁をなぞるようにして次のサイクロン解砕機11Bに送られ、詰まりのないスムーズな、大量の原料投入が可能となっている。原料の搬送及び乾燥、単粒子化、分離に必要な主なエネルギーは、排気ブロウ18の吸引力を動力源としており、サイクロン解砕機とサイクロン分級機を立体的に組み合わせて、コンパクトながら経路の直線距離以上に原料粒子の移動距離を最大化する構造を有しており、原料と空気の接触が多くなることにより、気流乾燥と粒子の単粒子化を効率よく発現できる。

#### 【0034】

サイクロン解砕機11A～11Cは、普通シラス粒の凝集を遠心力により分散するためのサイクロンである。サイクロン解砕機11A～11Cを経て分散された普通シラスを、管路17Cを経てサイクロン分級機12に導く。11A～11Cを経るサイクロン解砕機とそれらを繋ぐ管路内では、付着粒子や凝集粒子のサイクロン解砕機内壁面や管路内壁への衝突、摩擦、接触やそれら粒子同士の衝突、摩擦、接触が強制的に働き、粗粒に付着した細粒や微粉の剥離、解離と凝集体の解砕が促進され、粒子に付着した水分や粒子間に介在している水分が空気との接触により空気へ移動し、粒子の乾燥が進む。したがって、原料の普通シラスが概ね4パーセント以上の水分を含んでいる場合には、サイクロン解砕機11A～11Cを有しサイクロン解砕機11A～11Cにて乾燥させる本実施形態の乾式分離装置を用いることが好ましい。

#### 【0035】

サイクロン解砕機11A～11Cによる剥離、解砕、乾燥の相乗効果により、粗粒、細粒及び微粉の単粒子化が促進する。サイクロン解砕機11Cに接続しているサイクロン分級機12は、普通シラスから粗粒と、粗粒以外とに分級する。粗粒、細粒及び微粉の単粒子化を促進するため、図3や図5に示すようにサイクロン解砕機を合計4個や5個やそれを超える数のサイクロン解砕機を設けてもよい。

#### 【0036】

サイクロン分級機12により粗粒はサイクロン分級機12の下方に接続する管路から回収される。粗粒は、粒径が0.30～5mmであり、ベルトフィーダ5を経由して後述する比重差選別装置21に供給される。サイクロン分級機12による粗粒の回収量に比べて比重差選別装置21の選別能力が大きい場合、サイクロン分級機12による粗粒を一旦貯蔵し、比重差選別装置21にバッチ式で供給することもできる。なお、サイクロン分級機12により分級された粗粒の粒径の値0.30～5mmは、概略値である。また、後述するように吸気調整手段としてサイクロン分級機12の下側の管路に備えられた開口12aの大きさを調整することにより、粗粒の粒径の値又は回収率は調整可能である。

#### 【0037】

サイクロン分級機12の上部は円錐形状を有し、この円錐形状の頂部で管路17Dと接続している。サイクロン分級機12の上部は円錐形状を有していることにより、サイクロン分級機12から上方へ上昇する旋回流の流れをスムーズにして、所定の粒径の粗粒をサイクロン分級機12の下方に落下させ、粗粒よりも小さな粒径のものはサイクロン分級機12から上方へ上昇する気流に乗って管路17Dに搬送されるようにしている。

サイクロン分級機12の下方に接続する管路には、開口12aを備えている。この開口12aは吸気調整手段であり、開口12aの大きさを調整することにより、開口12aを備える管路内の上昇気流の流速を調整することができる。より具体的には開口12aを大きくしてサイクロン分級機12の下方から上方に向かう上昇気流の流速を速くすることにより、ひいては粗粒中における密度 $2.5 \text{ g/cm}^3$ 以上のものの割合を向上させることができる。開口12aは、例えばフランジ継手の間の隙間であり、この隙間の間隔を厚さの異なるワッシャー等で調整することにより、開口12aから取り込まれる吸気Hの空気を調整し、サイクロン分級機12の下方から上方に向かう上昇気流の流速を調整することができる。

サイクロン分級機12の下方に接続する管路には、開口12aよりも下方に、2個の開

開閉弁 1 2 b を有している。図示した乾式分離装置の作業中に、粗粒はサイクロン分級機 1 2 の下方に接続する管路内に堆積する。この粗粒を作業中に回収するために、まず上側の開閉弁 1 2 b を開いて下側の開閉弁 1 2 b を閉じ、これにより粗粒を上側の開閉弁 1 2 b と下側の開閉弁 1 2 b との間に落下させ、次に上側の開閉弁 1 2 b を閉じて下側の開閉弁 1 2 b を開き、これにより上側の開閉弁 1 2 b と下側の開閉弁 1 2 b との間の粗粒を回収する。ここで、開閉弁 1 2 b の代わりに同じ機能を有するロータリーバルブを用いることもできる。

#### 【 0 0 3 8 】

単粒子化した粗粒の収率を高めるために、サイクロン分級機 1 3 及び管路 1 7 D、管路 1 7 E を設け、サイクロン分級機 1 2 のオーバーフロー分を、管路 1 7 D を経由してサイクロン分級機 1 3 に導き、このサイクロン分級機 1 3 のアンダーフロー分を、管路 1 7 C に接続した管路 1 7 E を経由してサイクロン分級機 1 2 に導く一番目の循環経路を形成している。また、単粒子化した粗粒の収率を更に高めるために、サイクロン分級機 1 4 及び管路 1 7 F、管路 1 7 G を設け、サイクロン分級機 1 3 のオーバーフロー分を、管路 1 7 F を経由してサイクロン分級機 1 4 に導き、このサイクロン分級機 1 4 のアンダーフロー分を、管路 1 7 D に接続した管路 1 7 G を経由してサイクロン分級機 1 3 に導く二番目の循環経路を形成している。これらの気流の循環経路内を循環することにより、付着粒子や凝集粒子のサイクロン分級機内壁面や管路内壁への衝突、摩擦、接触やそれら粒子同士の衝突、摩擦、接触が強制的に働き、粗粒に付着した細粒や微粉の剥離と凝集体の解砕が促進され、粒子に付着した水分や粒子間に介在している水分が空気との接触により空気へ移動し、粒子の乾燥が進む。これらの剥離、解砕、乾燥の相乗効果により、粗粒、細粒及び微粉の単粒子化が促進する。以上の効果により、管路内及びサイクロン分級機内が常温の気流であっても普通シラスは水分が低減されて乾燥する。サイクロン解砕機 1 1 A に導入される吸気 G が、乾燥した空気又は温風であれば、更にシラスの乾燥と単粒子化が促進する。

#### 【 0 0 3 9 】

図 1 に示した本実施形態では、2 つの循環経路を形成するためにサイクロン分級機 1 3 及びサイクロン分級機 1 4 を設けているが、循環経路を 3 個や 4 個やそれを超える数で形成し、そのために図 4 や図 5 に示すように合計 3 個や 4 個やそれを超える数のサイクロン分級機を設けてもよい。

#### 【 0 0 4 0 】

サイクロン分級機 1 4 のオーバーフロー分を、管路 1 7 H を経由してサイクロン分級機 1 5 に導く。サイクロン分級機 1 5 は、サイクロン分級機 1 4 のオーバーフロー分から細粒と、細粒以外の微粉とに分級する。細粒は、粒径が 0 . 0 5 ~ 0 . 3 0 mm であり、後述するふるいに供給される。なお、サイクロン分級機 1 5 により分級された細粒の粒径の値 0 . 0 5 ~ 0 . 3 0 mm は、概略値である。また、吸気調整手段としてサイクロン分級機 1 5 の下側の管路に備えられた開口 1 5 a の大きさを調整することにより、細粒の粒径の値又は回収率は調整可能である。

#### 【 0 0 4 1 】

サイクロン分級機 1 5 の下方に接続する管路には、開口 1 5 a を備えている。この開口 1 5 a は吸気調整手段であり、開口 1 5 a の大きさを調整することにより、開口 1 5 a を備える管路内の上昇気流の流速を調整することができ、ひいては細粒の粒度分布又は平均粒径又は回収率を調整することができる。開口 1 5 a は、例えばフランジ継手の隙間であり、この隙間の間隔を厚さの異なるワッシャー等で調整することにより、開口 1 5 a から取り込まれる吸気 I の空気量を調整し、サイクロン分級機 1 5 の下方から上方に向かう上昇気流の流速を調整することができる。

#### 【 0 0 4 2 】

サイクロン分級機 1 5 の下方に接続する管路には、開口 1 5 a よりも下方に、2 個の開閉弁 1 5 b を有している。図示した乾式分離装置の作業中に、細粒はサイクロン分級機 1 5 の下方に接続する管路内に堆積する。この細粒を作業中に回収するために、まず上側の

開閉弁 15 b を開いて下側の開閉弁 15 b を閉じ、これにより細粒を上側の開閉弁 15 b と下側の開閉弁 15 b との間に落下させ、次に上側の開閉弁 15 b を閉じて下側の開閉弁 15 b を開き、これにより上側の開閉弁 15 b と下側の開閉弁 15 b との間の細粒を回収する。ここで、開閉弁 15 b の代わりに同じ機能を有するロータリーバルブを用いることもできる。

#### 【0043】

回収された細粒を、ふるい 19 によりふるい分けする。ふるいの網目は  $300\ \mu\text{m}$  であり、粒径  $0.3\ \text{mm}$  を超える細粒はふるい上に、粒径  $0.3\ \text{mm}$  以下の細粒はふるい下に分離される。サイクロン分級機 15 のアンダーフロー分として分級された細粒は、主に火山ガラスであり、粒径  $0.3\ \text{mm}$  以上の軽石を含んでいる。この粒径  $0.3\ \text{mm}$  以上の軽石は、軽量骨材として有用である。そこで、ふるい 19 により粒径  $0.3\ \text{mm}$  でふるい分けすることで、軽量骨材を回収することができる。

#### 【0044】

また、ふるい 19 のふるい下は、粒径  $0.3\ \text{mm}$  未満の火山ガラス材である。特に火山噴出物堆積鉱物が本実施形態のようにシラスである場合には、粒径  $0.3\ \text{mm}$  未満の火山ガラス材は、加熱により発泡するので、パーライト原料又はシラスバルーン原料として有用である。また、粒径  $0.3\ \text{mm}$  未満の火山ガラス材を粉砕することにより混和材として用いることができる。本実施形態の乾式分離方法は、粒径が  $0.05\ \text{mm}$  以下の微粉をサイクロン分級機 15 のオーバーフロー分として分級していることから、ふるい 19 のふるい下は微粉をほとんど含んでいない。したがって、ふるい 19 のふるい下は粒径が概略  $0.05\ \text{mm} \sim 0.3\ \text{mm}$  の、粒径が整った火山ガラス材 B2 を得ることができる。

#### 【0045】

サイクロン分級機 15 のオーバーフロー分として、細粒以外の微粉を、管路 17 I を経由してバグフィルタ 16 に導く。バグフィルタ 16 は、微粉 C を回収する。微粉 C は、粒径が  $0.05\ \text{mm}$  以下である。なお、微粉 C の粒径の値  $0.05\ \text{mm}$  以下は、概略値である。微粉 C は、主に火山ガラスよりなり、ポゾラン効果を有する混合セメント原料、より具体的には混和材又はその原料として有用である。ここで、バグフィルタ 16 の部分は、電気集塵装置に取り替えても同様に機能する。

#### 【0046】

バグフィルタ 16 には排気ブロウ 18 が接続され、バグフィルタ 16 のろ布を通過した気流は、排気ブロウ 18 で排気 J が排出される。また、サイクロン解砕機 11 A、11 B、11 C 及びサイクロン分級機 12 ~ 15 は、この排気ブロウ 18 により駆動され、搬送気流は排気ブロウ 18 より外部に排出される。

図 1 に示した本実施形態の乾式分離方法及び乾式分離装置によれば、普通シラスを粗粒 A と細粒 B と微粉 C とに分離することができ、更に細粒 B を粒径  $0.3\ \text{mm}$  超え (B1) と粒径  $0.3\ \text{mm}$  以下 (B2) に分離することができる。密度  $2.5\ \text{g}/\text{cm}^3$  以上の細骨材は粗粒 A 中に含まれているから、粗粒 A を回収することにより密度が  $2.5\ \text{g}/\text{cm}^3$  以上の細骨材の収率を高めることができる。

#### 【0047】

##### (実施形態 2)

火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法及び装置の別の実施形態を説明する。

図 2 は、本発明の乾式分離方法に用いて好適な乾式分離装置の一例を示す概略図である。なお、図 2 において、図 1 と同一部材については同一符号を付している。したがって、本実施形態において、先に実施形態 1 で説明したのと同じの部材についての重複する説明は省略する。また、図示したふるい 4 の代わりに、原料である普通シラスの粒径を  $5\ \text{mm}$  以下に粉砕する機械を用いることもできる。

#### 【0048】

図 2 に示した乾式分離装置が図 1 に示した乾式分離装置と相違する点は、粗粒回収用のサイクロン分級機群 12 ~ 14 に普通シラスを供給するロータリーフィーダ 20 を有している点である。原料の普通シラスの水分が概ね 4 パーセント未満である場合には、サイク

ロン解砕機 11A ~ 11C を経由して乾燥させなくても、粗粒回収用のサイクロン分級機群 12 ~ 14 内をスムーズに循環させることができ、粗粒回収用のサイクロン分級機群 12 ~ 14 内を循環する過程で乾燥させることができる。そこで、定量的に供給が可能なロータリーフィーダ 20 により普通シラスを、サイクロン分級機 13 の頂部に供給する。

【0049】

ロータリーフィーダ 20 は、密閉性が高く、空気による搬送を必要とせずにシラス原料を定量的に供給できる。ロータリーフィーダ 20 からサイクロン分級機 13 の上部に投入された普通シラスは、管路 17F から気流に乗って、サイクロン分級機 14 に送られる。サイクロン分級機 14 で遠心分離により単粒子化した微粉は、オーバーフロー分として上方の管路 17H に搬送される。細粒と微粉が分離しきれず、それらが付着した粗粒や凝集体は、解砕した単粒子とともに管路 17D を経て、サイクロン分級機 13 で遠心分離される。サイクロン分級機 13 において、下方に落下した粗粒は、サイクロン解砕機 11A の吸気口から導入されてサイクロン解砕機 11A ~ 11C を経て流れてきた気流と接触し、管路 17C を経て、サイクロン分級機 12 に送られる。その後は、実施形態 1 で述べたのと同様に、サイクロン分級機の循環経路システムにより、管路中で普通シラスの解砕と分離を繰り返してサイクロン分級機 12 から細骨材が分離される。

【0050】

原料の普通シラスの水分が概ね 4 パーセント未満である場合に、普通シラスの供給はロータリーフィーダ 20 に限るものではない。普通シラスの一部又は全部を、サイクロン解砕機群 11A ~ 11C を経由させることもできる。また、原料の普通シラスの水分が概ね 4 パーセント以上である場合に、普通シラスはサイクロン分級機群 12 ~ 14 を経由させることに限るものではない。普通シラスの一部をロータリーフィーダ 20 から供給することもできる。

【0051】

図 2 に示した本実施形態の乾式分離方法及び乾式分離装置によれば、図 1 に示した実施形態 1 の乾式分離方法及び乾式分離装置と同様に、普通シラスを粗粒と細粒と微粉とに分離することができ、更に細粒を粒径 0.3 mm 超えと粒径 0.3 mm 以下に分離することができる。

【0052】

図 3 は、図 1 の変形例であり、サイクロン解砕機を、サイクロン解砕機 11A、11B、11C、11D 及び 11E の合計 5 個を有する例である。図 1 及び図 3 から分かるように本発明の乾式分離装置において、サイクロン解砕機の個数は問わない。

【0053】

図 4 は、図 2 の変形例であり、サイクロン分級機を、サイクロン分級機 12、13、14、31 及び 32 の合計 5 個を有する例である。図 2 及び図 4 から分かるように本発明の乾式分離装置において、サイクロン分級機の個数は 2 個以上であれば問わない。

【0054】

図 5 は、図 3 の変形例と図 4 の変形例との組み合わせの例であり、サイクロン解砕機を、サイクロン解砕機 11A、11B、11C、11D 及び 11E の合計 5 個を有し、サイクロン分級機を、サイクロン分級機 12、13、14、31 及び 32 の合計 5 個を有する例である。

【0055】

(実施形態 3)

本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法の一実施形態を説明する。

図 6 は、本発明の乾式分離方法に用いられる乾式分離装置の一例を示す概略図である。図 6 において、先に図面を用いて説明したのと同じ部材については同一符号を付しており、以下では重複する説明を省略する。

【0056】

図 6 に示す乾式分離装置は、エアテーブル式の比重差選別装置 21 を備えている。比重差選別装置 21 は、多孔板 21a 及び振動装置 21g を有し、水平方向から所定の角度で

10

20

30

40

50

傾斜させた多孔板 2 1 a を振動装置 2 1 g により振動させつつ下方から多孔板 2 1 a に向けて風胴 2 1 h 内の送風ファン 2 1 b により送風するエアテーブル式の比重差選別装置である。比重差選別装置 2 1 の原理を図 7 に示す模式図を用いて説明する。

【 0 0 5 7 】

多孔板 2 1 a は、水平方向から所定の角度で傾斜している。また多孔板 2 1 a の上面は断面が鋸刃状の凹凸を有し、その凹凸の高低差は、おおよそ 3 ~ 1 0 m m である。また多孔板 2 1 a には所定形状の孔を多数有している。多孔板 2 1 a は、偏心クランクによる振動装置 2 1 g により下手側から上手側に向けてサイクロイド又はそれに近似した曲線状に送り出してすぐ引っ込めるような独特の前後長  $\pm 3 \sim 7$  m m の独特な振動運動が可能であり、鋸刃状の凹部に引っかかった重比重分を上方に押し出す力を加えることが可能になっている。振動装置 2 1 g により多孔板 2 1 a を振動させつつ多孔板 2 1 a の孔に向けて風胴 2 1 h 内の送風ファン 2 1 b により送風可能になっている。多孔板 2 1 a の上面に複数比重粉の混合物が供給されると、比重の重たい粉（図 7 中黒丸印で示す）、多孔板 2 1 a の上面の鋸刃状の凹凸に引っ掛かりつつ、振動装置 2 1 g による多孔板 2 1 a の振動により多孔板 2 1 a の上手に向かって移動する。比重の軽い粉は多孔板 2 1 a の孔を通じた気流により舞い上がる。舞い上がった比重の軽い粉のうち、比較的比重が重たい粉（図 7 中白丸印で示す）は多孔板 2 1 a の下手に向かって移動する。舞い上がった比重の軽い粉のうち、比較的比重が軽い粉（図 7 中点で示す）は気流に乗って比重差選別装置 2 1 外に搬送される。

【 0 0 5 8 】

したがって、比重差選別装置 2 1 に、普通シラスを供給して、多孔板 2 1 a を振動させつつ下方から多孔板 2 1 a に向けて送風することにより、多孔板 2 1 a の上手側に重比重分を、下手側に軽比重分を選別することができる。また、多孔板 2 1 a に供給された普通シラスのうち粒度が小さいもの（以下「集塵分」という。）は、送風により多孔板 2 1 a から浮上する。また、多孔板 2 1 a に供給された普通シラスの一部は多孔板 2 1 a の孔を通過して落下する。

【 0 0 5 9 】

多孔板 2 1 a は、普通シラスのうち密度  $2.5 \text{ g} / \text{cm}^3$  以上のものを重比重分として選別するように作業条件を設定する。作業条件の設定は、例えば時間当たりの原料供給量、送風量、多孔板 2 1 a の傾斜角度、多孔板 2 1 a の孔の大きさ、孔の形状、孔の数、多孔板の凹凸の形状、多孔板 2 1 a の振動数、排出口 2 1 e に係る吸出風量等の少なくとも一つを調整することにより行う。

【 0 0 6 0 】

多孔板 2 1 a で選別された重比重分を、比重差選別装置 2 1 の排出口 2 1 c から排出させて回収する。回収された重比重分は、密度  $2.5 \text{ g} / \text{cm}^3$  以上である。この重比重分は、J I S A 5 3 0 8 の「砂」で規定する密度  $2.5 \text{ g} / \text{cm}^3$  以上を満たし、そのまま細骨材として使用することができる。

【 0 0 6 1 】

多孔板 2 1 a で選別された多孔板落下分は、排出口 2 1 f から排出させて回収する。回収された多孔板落下分は、原料や作業条件によって密度  $2.5 \text{ g} / \text{cm}^3$  以上とすることができる。この多孔板落下分は、J I S A 5 3 0 8 の「砂」で規定する密度  $2.5 \text{ g} / \text{cm}^3$  以上を満たす場合には、そのまま細骨材として使用することができる。

【 0 0 6 2 】

多孔板 2 1 a で選別された多孔板落下分が、密度  $2.5 \text{ g} / \text{cm}^3$  以下である場合には、J I S A 5 3 0 8 の「砂」で規定する細骨材として使用することはできない。この場合には、後述するように、多孔板落下分を更に比重差選別装置で比重分離を行うことができる（図 9、1 0 参照）。

【 0 0 6 3 】

多孔板 2 1 a で選別された軽比重分を、比重差選別装置 2 1 の排出口 2 1 d から排出させる。排出された軽比重分は、ベルトコンベア 6 及びベルトフィーダ 9 を経由して後述す

るふるい23にかけられる。

【0064】

多孔板21aから浮上した集塵分を、比重差選別装置21の排出口21eに接続する管路7Aを経てサイクロン分級機22に導く。サイクロン分級機22は、集塵分から、より軽量の微粉をオーバーフロー分として分級する。アンダーフロー分のサイクロン回収分を、シラスバルーン原料または混和材原料として回収する。また、サイクロン分級機22のオーバーフロー分の微粉を、管路7Iを経てバグフィルタ16に導いて回収する。バグフィルタ16については、既に説明したとおりである。

【0065】

ふるい23は、所定の網目の大きさを有している。ふるい23の網目は例えば300 $\mu$ mとすることができる。ふるい23に、比重差選別装置21の軽比重分を導いて、ふるい上とふるい下とに分ける。

【0066】

比重差選別装置21の軽比重分は粒径0.3mm以上の軽石を含んでいる。この粒径0.3mm以上の軽石は、軽量骨材として有用である。そこで、ふるい23により粒径0.3mmでふるい分けすることで、軽量骨材を回収することができる。

【0067】

また、ふるい23のふるい下は、粒径0.3mm未満の火山ガラス材である。特に火山噴出物堆積鉱物が本実施形態のようにシラスである場合には、粒径0.3mm未満の火山ガラス材は、加熱により発泡するので、パーライト原料又はシラスバルーン原料として有用である。本実施形態の乾式分離方法は、比重差選別装置21により粒径が0.05mm以下の微粉を予め分級していることから、ふるい23のふるい下は微粉をほとんど含んでいない。したがって、ふるい23のふるい下は発泡性が良好なシラスバルーン原料を得ることができる。

【0068】

比重差選別装置21の軽比重分における粒径0.3mm未満の火山ガラスを活用するに当たり、必ずしもふるい23にかけられることを要しない。図8は、図6の変形例である。図8に示す乾式分離装置は、ふるい23を有してない。

図8に示すように、軽比重分は、ふるい23により粒径0.3mmでふるい分けしなくても、JIS A5002「構造用軽量コンクリート骨材」の規格に適合する場合には、ふるい23を省いて、簡素化して軽量骨材を回収することができる。

【0069】

図6及び図8に示した本実施形態の乾式分離方法によれば、比重差選別装置21を用いて普通シラスを重比重分Dと軽比重分Eとを微粉Fとに分離することができ、更に軽比重分をふるい23により例えば粒径0.3mm超え(E1)と粒径0.3mm以下(E2)に分離することができる。密度2.5g/cm<sup>3</sup>以上の細骨材は重比重分D中に含まれているから、重比重分Dを回収することにより密度が2.5g/cm<sup>3</sup>以上の細骨材の収率を高めることができる。

【0070】

本実施形態の乾式分離方法及び乾式分離装置は、実施形態1や実施形態2の乾式分離方法で用いたサイクロン解砕機やサイクロン分級機を有していないため、サイクロン解砕機やサイクロン分級機による原料の乾燥は期待できない。もっとも、原料をふるい4で礫分を分離する前に、乾燥機による強制乾燥により多大なコストを費やして含水率を概ね2%未満に乾燥させなくても、太陽光の差し込む屋内に数cm敷き詰めて数日以上放置して、一定間隔をおいて天地返しをして乾燥させるなど、別の経済的な乾燥手段により原料をある程度乾燥させ、原料の普通シラスの含水率を概ね2%以下に低減することにより、本実施形態の乾式分離方法及び乾式分離装置を効率よく実施することができる。ここで、原料の普通シラスの含水率が2%を超す場合でも、本実施形態の乾式分離方法及び乾式分離装置を実施することができるが、十分に乾燥した普通シラスの原料に比べて、分離効率は低減し、原料の普通シラスの含水率が多いほど、それらの分離効率は低減する。

## 【0071】

(実施形態4)

本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法の一実施形態を、図9を用いて説明する。

図9は、本発明の乾式分離方法に用いられる乾式分離装置の一例を示す概略図である。図9において、先に図面を用いて説明したのと同じ部材については同一符号を付しており、以下では重複する説明を省略する。

## 【0072】

図9に示す乾式分離装置は、一段目のエアテーブル式の比重差選別装置21Aと二段目のエアテーブル式の比重差選別装置21Bとの合計2台の比重差選別装置を備えている。一段目の比重差選別装置21Aは実施形態3で説明した比重差選別装置21と同じ構造及び作業条件とすることができる。 10

## 【0073】

一段目の比重差選別装置21Aの多孔板21aの孔を通過して落下した粗粒は、その孔径以下に粒径制御されているが、密度 $2.5 \text{ g/cm}^3$ 以上の重鉱物を含む重比重分を主成分とする場合が多く、火山ガラス分と若干の軽石分と微粉を含んでいるので、原料や分離条件によって密度 $2.5 \text{ g/cm}^3$ 以下となる場合がある。

この場合、この多孔板落下分から密度 $2.5 \text{ g/cm}^3$ 以上の重鉱物を選別するために、二段目のエアテーブルで比重選別する。

## 【0074】

一段目の比重差選別装置21Aの多孔板21aから落下した多孔板落下分を、ベルトフィーダ8を経由して二段目の比重差選別装置21Bに供給して選別する。二段目の比重差選別装置21Bの多孔板21aは、普通シラスのうち密度 $2.5 \text{ g/cm}^3$ 以上のものを重比重分として選別するように作業条件を設定する。もっとも、二段目の比重差選別装置21Bは、一段目の比重差選別装置21Aとは、作業条件を異ならせることができる。例えば時間当たりの原料供給量、送风量、多孔板21aの傾斜角度、多孔板21aの孔の大きさ、孔の形状、孔の数、多孔板の凹凸の形状、多孔板21aの振動数、排出口21eに係る吸出风量等の少なくとも一つを一段目の比重差選別装置21Aとは異ならせることができる。具体的に、本実施形態では一段目の多孔板の孔径を $1 \text{ mm}$ ( $1 \text{ mm}$ メッシュ)としているのに対して、二段目の多孔板の孔径を $105 \mu\text{m}$ ( $150$ メッシュ)としている。 20 30

## 【0075】

ただし、一段目の多孔板に関しては、 $1 \text{ mm}$ の孔径に限定されるものでなく、 $2 \sim 0.5 \text{ mm}$ の孔径を選択することができる。また、二段目の多孔板の孔径に関しても、 $105 \mu\text{m}$ に限定されるものでなく、 $75 \sim 500 \mu\text{m}$ の孔径を選択することができる。

## 【0076】

本実施形態の乾式分離方法は、二段目の比重差選別装置21Bの多孔板21aで選別された重比重分を、比重差選別装置21Bの排出口21cから排出させて回収する。回収された重比重分は、密度 $2.5 \text{ g/cm}^3$ 以上である。この重比重分は、JIS A5308の「砂」で規定する密度 $2.5 \text{ g/cm}^3$ 以上を満たし、そのまま細骨材として使用することができる。 40

## 【0077】

二段目の比重差選別装置21Bの多孔板21aで選別された軽比重分を、比重差選別装置21Bの排出口21dから排出させる。排出された軽比重分は、ベルトフィーダ9を経由して後述するふるい23にかけられる。

## 【0078】

二段目の比重差選別装置21Bの多孔板21aから浮上した集塵分を、比重差選別装置21Bの排出口21eに接続する管路7Bを経てサイクロン分級機22に導く。サイクロン分級機22は、既に説明したとおりである。

## 【0079】

二段目の比重差選別装置21Bの多孔板21aの孔を通過して落下した細粒を、比重差選 50

別装置 2 1 B の排出口 2 1 f から排出させて、シラスバルーン原料または混和材原料として回収する。二段目の比重差選別装置 2 1 B の多孔板 2 1 a の孔径などの作業条件の違いや原料の種類によっては、多孔板 2 1 a の孔を通して落下し、排出口 2 1 f から排出した細粒が、J I S A 5 0 0 2 「構造用軽量コンクリート骨材」の規格に適合する場合があります、この場合には、当該細粒を軽量骨材として回収することができる。

【 0 0 8 0 】

二段目の比重差選別装置 2 1 B の多孔板 2 1 a の孔を通して排出口 2 1 f から排出された多孔板落下分は、原料や作業条件によっては、密度  $2.5 \text{ g / cm}^3$  以上のものが回収される場合がある。この場合は、多孔板落下分を細骨材 D に混ぜて使用することができる。

10

【 0 0 8 1 】

ふるい 2 3 は、所定の網目の大きさを有している。ふるい 2 3 の網目は例えば  $300 \mu\text{m}$  とすることができる。ふるい 2 3 に、一段目の比重差選別装置 2 1 A の軽比重分と、二段目の比重差選別装置 2 1 B の軽比重分とを導いて、ふるい上とふるい下とに分ける。

【 0 0 8 2 】

一段目の比重差選別装置 2 1 A の軽比重分及び二段目の比重差選別装置 2 1 B の軽比重分は粒径  $0.3 \text{ mm}$  以上の軽石を含んでいる。この粒径  $0.3 \text{ mm}$  以上の軽石は、軽量骨材として有用である。そこで、ふるい 2 3 により粒径  $0.3 \text{ mm}$  でふるい分けすることで、軽量骨材を回収することができる。

【 0 0 8 3 】

また、ふるい 2 3 のふるい下は、粒径  $0.3 \text{ mm}$  未満の火山ガラスである。特に火山噴出物堆積鉱物が本実施形態のようにシラスである場合には、粒径  $0.3 \text{ mm}$  未満の火山ガラスは、加熱により発泡するので、パーライト原料又はシラスバルーン原料として有用である。本実施形態の乾式分離方法は、一段目の比重差選別装置 2 1 A と二段目の比重差選別装置 2 1 B の排出口 2 1 e により粒径が概ね  $0.05 \text{ mm}$  以下の微粉を予め多く分級していることから、ふるい 2 3 のふるい下は微粉をほとんど含んでいない。したがって、ふるい 2 3 のふるい下は発泡性が良好なパーライト原料又はシラスバルーン原料を得ることができる。

20

【 0 0 8 4 】

一段目の比重差選別装置 2 1 A の軽比重分及び二段目の比重差選別装置 2 1 B の軽比重分における粒径  $0.3 \text{ mm}$  未満の火山ガラスを活用するに当たり、必ずしもふるい 2 3 にかけることを要しない。図 1 0 は、図 9 の変形例である。図 1 0 に示す乾式分離装置は、ふるい 2 3 を有していない。

30

図 1 0 に示すように、軽比重分は、ふるい 2 3 により粒径  $0.3 \text{ mm}$  でふるい分けしなくても、J I S A 5 0 0 2 「構造用軽量コンクリート骨材」の規格に適合する場合には、ふるい 2 3 を省いて、簡素化して軽量骨材を回収することができる。

【 0 0 8 5 】

図 9 及び図 1 0 に示した本実施形態の乾式分離方法によれば、図 6、図 8 で示した実施形態 3 の効果を有するばかりでなく、一段目の比重差選別装置 2 1 A 及び二段目の比重差選別装置 2 1 B を使用することにより、収率及び選別能力を高めることができる。よって回収された重比重分 D の割合を向上させることができ、ひいては密度が  $2.5 \text{ g / cm}^3$  以上の細骨材の収率をより高めることができる。

40

【 0 0 8 6 】

二段目の比重差選別装置 2 1 B は、必ずしも別個の装置である場合に限られない。一段目の比重差選別装置 2 1 A を用いて所定量の乾式分離作業を行ったのち、その比重差選別装置 2 1 A の多孔板を交換して、二段目の比重差選別装置 2 1 B の代わりに用いることもできる。

【 0 0 8 7 】

(実施形態 5)

本実施形態の乾式分離方法に用いられる乾式分離装置は、図 9 に示した例では一段目の

50

比重差選別装置 2 1 A の多孔板 2 1 a から浮上した集塵分と二段目の比重差選別装置 2 1 B の多孔板 2 1 a から浮上した集塵分を、排出口 2 1 e に接続する管路 7 A 及び 7 B を経て一つのサイクロン分級機 2 2 に導き、火山ガラス材細粒 E 2 を分離回収し、バグフィルタ 1 6 により火山ガラス材微粉 F を分離回収している。

【 0 0 8 8 】

一段目の比重差選別装置 2 1 A と二段目の比重差選別装置 2 1 B は、同じ性能の装置を図 9 のように 2 段連結して用いる場合もあるが、投入する原料の性質や装置として多孔板 2 1 a の傾斜角度、多孔板 2 1 a の孔の大きさ、孔の形状、孔の数、多孔板の凹凸の形状、多孔板 2 1 a の振動数、排出口 2 1 e に係る吸出風量等の少なくとも 1 つ以上の作業条件を変更して用いる場合が多い。そのため、二段式の比重差選別装置からなる比重分離をより高精度に行うためには、上記の作業条件を細かく高精度に制御する必要がある。

【 0 0 8 9 】

比重差選別装置における分離性能は、排出口 2 1 e に係る吸出風量にも影響を受けることが分かっている。図 9 における排出口 2 1 e に係る管路 7 A と管路 7 B に係る吸出風量は、サイクロン分級機 2 2 とバグフィルタ 1 6 及び排気ブロウ 1 8 の性能と運転条件により、配管内に設置されたバタフライバルブなどで 7 A または 7 B に係る吸出風量をいずれか調整しようとするとお互いに影響してしまい、一段目と二段目の吸出風量の微調整が困難な場合がある。そこで、一段目と二段目でそれぞれ独立してサイクロン分級機とバグフィルタ及び排気ブロウが操作できれば、高精度な比重分離が可能となる。そこで、図 9 の二段式の比重分離装置に、サイクロン分級機 2 2 とバグフィルタ 1 6 と排気ブロウ 1 8 を 1 セット追加した本実施形態の変形例を図 1 0 に示す。

【 0 0 9 0 】

図 1 0 において、一段目の比重差選別装置を 2 1 D、二段目の比重差選別装置を 2 1 E としている。一段目の比重差選別装置 2 1 D の軽比重分及び二段目の比重差選別装置 2 1 E の軽比重分は、粒径 0 . 3 mm 以下の火山ガラスを含んでいるが、図 1 0 においては、ふるい 2 3 によるふるい分けをしていない。ふるい 2 3 により粒径 0 . 3 mm でふるい分けしなくても、J I S A 5 0 0 2 「構造用軽量コンクリート骨材」の規格に適合する場合には、ふるい 2 3 を省いて、図 1 0 に示した変形例のように簡素化して軽量骨材 E 1 を回収することができる。もっとも、図 1 0 において、ふるい 2 3 により例えば粒径 0 . 3 mm でふるい分けをしてもよい。

【 0 0 9 1 】

また、図 9、図 1 0 において、二段目の比重差選別装置 2 1 E の作業条件によっては、排出口 2 1 f から排出される多孔板落下分の排出量をゼロにすることも可能であり、この場合、二段目の比重差選別装置 2 1 E では多孔板落下分を選別する必要がなく、二段目の比重差選別装置 2 1 E とそれに連結させたサイクロン分級機 2 2 B とバグフィルタ 1 6 B により、重比重分、軽比重分、集塵分（サイクロン回収分、バグフィルタ回収分）の合計 4 分割の選別にして簡素化することができる。

【 0 0 9 2 】

(実施形態 6)

本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法の一実施形態を、図 1 1 を用いて説明する

。図 1 1 は、本発明の乾式分離方法に用いられる乾式分離装置の一例を示す概略図である。図 1 1 において、先に図面を用いて説明したのと同じ部材については同一符号を付しており、以下では重複する説明を省略する。

【 0 0 9 3 】

図 1 1 に示す乾式分離装置は、一段目のエアテーブル式の比重差選別装置 2 1 D と二段目のエアテーブル式の比重差選別装置 2 1 E との合計 2 台の比重差選別装置を備えている。一段目の比重差選別装置 2 1 D は実施形態 3 で説明した比重差選別装置 2 1 と同じ構造及び作業条件とすることができる。

【 0 0 9 4 】

原料や作業条件によって、一段目の比重差選別装置 2 1 D の排出口 2 1 d から排出される軽比重分に、密度  $2.5 \text{ g / cm}^3$  以上の細骨材が混入している場合がある。この場合には、図 1 1 に示した本実施形態のように、一段目の比重差選別装置 2 1 D で選別された軽比重分を、二段目の比重差選別装置 2 1 E に供給して、当該比重差選別装置 2 1 E で、重比重分、多孔板落下分、軽比重分、集塵分（サイクロン回収分、バグフィルタ回収分）に分離回収することができる。

【 0 0 9 5 】

また、図 1 1 において、二段目の比重差選別装置 2 1 E の作業条件によっては、排出口 2 1 f から排出される多孔板落下分の排出量をゼロにすることも可能であり、この場合、二段目の比重差選別装置 2 1 E では多孔板落下分を選別する必要がなく、二段目の比重差選別装置とそれに連結させたサイクロン分級機 2 2 B とバグフィルタ 1 6 B により、重比重分、軽比重、集塵分（サイクロン回収分、バグフィルタ回収分）の合計 4 分割の選別にして簡素化することができる。

ここで、二段目の比重差選別装置 2 1 E は実施形態 3 で説明した比重差選別装置 2 1 と同じ構造及び作業条件とすることができる。

【 0 0 9 6 】

（実施形態 7）

本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法の一実施形態を、図 1 2 を用いて説明する。

図 1 2 は、本発明の乾式分離方法に用いられる乾式分離装置の一例を示す概略図である。図 1 2 において、先に図面を用いて説明したのと同じ部材については同一符号を付しており、以下では重複する説明を省略する。

【 0 0 9 7 】

図 1 2 に示す乾式分離装置は、一段目のエアテーブル式の比重差選別装置 2 1 D と二段目のエアテーブル式の比重差選別装置 2 1 E との合計 2 台の比重差選別装置を備えている。一段目の比重差選別装置 2 1 D は実施形態 3 で説明した比重差選別装置 2 1 と同じ構造及び作業条件とすることができる。

【 0 0 9 8 】

原料や作業条件によって、一段目の比重差選別装置 2 1 D の排出口 2 1 e から排出されるサイクロン回収分に、粒径  $0.3 \text{ mm}$  以上の軽石が混入している場合がある。この場合には、図 1 2 に示した本実施形態のように、一段目の比重差選別装置 2 1 D で選別された集塵分のうちサイクロン分級機で回収されたサイクロン回収分を、二段目の比重差選別装置 2 1 E に供給して、当該二段目の比重差選別装置 2 1 E で、重比重分、多孔板落下分、軽比重分、集塵分（サイクロン回収分、バグフィルタ回収分）に分離回収することができる。

【 0 0 9 9 】

また、二段目の比重差選別装置 2 1 E の作業条件によっては、排出口 2 1 f から排出される多孔板落下分の排出量をゼロにすることも可能であり、二段目の比重差選別装置とそれに連結させたサイクロン分級機 2 2 B とバグフィルタ 1 6 B により、重比重分、軽比重、集塵分（サイクロン回収分、バグフィルタ回収分）の合計 4 分割の選別にして簡素化することができる。

【 0 1 0 0 】

本実施形態の乾式分離方法に用いられる乾式分離装置は、図 9 に示した例では一段目のエアテーブル式の比重差選別装置 2 1 A と二段目のエアテーブル式の比重差選別装置 2 1 B との合計 2 台の比重差選別装置 2 1 を備えている。

図 1 0 から図 1 2 に示した例では一段目のエアテーブル式の比重差選別装置 2 1 D と二段目のエアテーブル式の比重差選別装置 2 1 E との合計 2 台の比重差選別装置 2 1 を備えている。

もっとも、本実施形態の乾式分離方法及び乾式分離装置は、比重差選別装置が合計 2 台に限定されず、合計 3 台以上であってもよい。例えば、一段目の比重差選別装置による重

10

20

30

40

50

比重分Dの密度が $2.5 \text{ g/cm}^3$ 以上にならなかった場合や、2段目の比重差選別装置による重比重分Dまたは多孔板落下分の密度が $2.5 \text{ g/cm}^3$ 以上にならなかった場合等においては、3段目の比重差選別装置によって重比重分Dの密度を $2.5 \text{ g/cm}^3$ を確実にすることができるので好ましい。また、原料の水分が多い場合や、1段目又は2段目の比重差選別装置において重比重分と軽比重分との分離が不十分な場合や、原料の鉱物組成（結晶質と火山ガラス質の比率）が実施例と大きく異なる場合等においても、3段目の比重差選別装置又はそれ以上の比重差選別装置を備える乾式分離装置を用いて乾式分離方法を行うことができる。

#### 【0101】

（実施形態8）

本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法及び乾式分離装置の一実施形態を説明する。図13は、本発明の乾式分離方法に用いられる乾式分離装置の一例を示す概略図である。図13において、先に図面を用いて説明したのと同じ部材については同一符号を付しており、以下では重複する説明を省略する。

#### 【0102】

図13に示す乾式分離装置は、気流分級装置10を備えている。この気流分級装置10は、粗粒回収用のサイクロン分級機群12~14と、細粒回収用のサイクロン分級機15と、サイクロン分級機に連結した微粉回収用のバグフィルタ16とを有している。より詳しくは、気流分級装置10は、複数のサイクロン解砕機11A、11B、11Cと複数のサイクロン分級機12~15と、バグフィルタ16とを備えるとともに、これらを接続する管路17A~17Iを備えている。この乾式分離装置は、更に一段目のエアテーブル式の比重差選別装置21Aと二段目のエアテーブル式の比重差選別装置21Bとの合計2台の比重差選別装置21を備えている。

#### 【0103】

図13に示した気流分級装置10は、実施形態1及び実施形態2で説明した気流分級装置10と同じである。なお、サイクロン解砕機の個数は図示した3個に限られず、また、粗粒回収用のサイクロン分級機群のサイクロン分級機の個数も図示した3個に限られない。

#### 【0104】

気流分級装置10は、ロータリーフィーダ20を有していて、普通シラスの水分に応じて、ロータリーフィーダ20からサイクロン分級機13に普通シラスを供給するか、サイクロン解砕機11Aに普通シラスを供給するか、又は両方から普通シラスを供給するかを選択できるようにしている。普通シラスは乾燥させない場合、20%程度の水分を有している。原料の普通シラスが10~20%程度の水分を有する場合には、サイクロン解砕機11Aに普通シラスを供給して、サイクロン解砕機11A~11Cで解砕及び乾燥させるのが好ましい。原料の普通シラスが10~4%程度の水分を有する場合には、サイクロン解砕機11A~11Cを用いたり、ロータリーフィーダ20とサイクロン解砕機11A~11Cとを併用したりすることができる。原料の普通シラスが4%未満の水分を有する場合には、ロータリーフィーダ20から普通シラスを供給してサイクロン分級機13に供給することができる。

#### 【0105】

図示したふるい4により粒径5mm超の礫分が、ふるい上として除去され、残部がふるい下として気流分級装置10に供給される。ふるい4の代わりに、原料である普通シラスの粒径を5mm以下に粉碎する機械を用いることもできる。

#### 【0106】

気流分級装置10による普通シラスの分級は、実施形態1及び実施形態2で説明した気流分級装置10と同じであり、サイクロン分級機12により粒径0.3~5mm程度（平均粒径0.4mm程度）の粗粒を回収し、サイクロン分級機15により粒径が0.05~0.3mm程度（平均粒径0.1mm程度）の細粒を回収し、バグフィルタ16により粒径0.05mm以下（平均粒径0.033mm程度）の微粉を回収する。

10

20

30

40

50

## 【0107】

粗粒は、一段目の比重差選別装置21Aに供給する。一段目の比重差選別装置21Aと二段目の比重差選別装置21Bは、実施形態4で説明した一段目の比重差選別装置21A及び二段目の比重差選別装置21Bと同様の構造及び作業条件とすることができる。

## 【0108】

本実施形態の乾式分離方法に用いられる乾式分離装置は、図13に示した例では一段目のエアテーブル式の比重差選別装置21Aと二段目のエアテーブル式の比重差選別装置21Bとの合計2台の比重差選別装置21を備えている。もっとも、本実施形態の乾式分離方法及び乾式分離装置は、比重差選別装置が合計2台に限定されず、合計3台以上であってもよい。例えば、一段目の比重差選別装置による重比重分Dの密度が $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上にならなかった場合や、二段目の比重差選別装置による重比重分Dの密度が $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上にならなかった場合等においては、三段目の比重差選別装置によって重比重分Dの密度を $2.5\text{ g/cm}^3$ を確実にすることができるので好ましい。また、原料の水分が多い場合や、一段目又は二段目の比重差選別装置において重比重分と軽比重分との分離が不十分な場合や、原料の鉱物組成（結晶質と火山ガラス質の比率）が実施例と大きく異なる場合等においても、三段目の比重差選別装置又はそれ以上の比重差選別装置を備える乾式分離装置を用いて乾式分離方法を行うことができる。

## 【0109】

一段目の比重差選別装置21Aの多孔板21aで選別された重比重分を、比重差選別装置21Aの排出口21cから排出させて回収する。回収された重比重分Dは、密度 $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上である。この重比重分Dは、JIS A5308の「砂」で規定する密度 $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上を満たし、そのまま細骨材として使用することができる。

## 【0110】

一段目の比重差選別装置21Aの多孔板21aで選別された軽比重分を、比重差選別装置21Aの排出口21dから排出させる。排出された軽比重分は、ベルトコンベア6及びベルトフィーダ9を経由して後述するふるい23にかけられる。

## 【0111】

一段目の比重差選別装置21Aの多孔板21aから浮上した集塵分を、比重差選別装置21Aの排出口21eに接続する管路7Aを経てサイクロン分級機22に導く。サイクロン分級機22は、集塵分から、より軽量の微粉をオーバーフロー分として分級する。アンダーフロー分のサイクロン回収分を、シラスバルーン原料又は混和材原料E2として回収する。また、サイクロン分級機22のオーバーフロー分の微粉を、管路17Iに接続する管路7Cを経てバグフィルタ16に導いて回収する。バグフィルタ16については、既に説明したとおりである。

## 【0112】

一段目の比重差選別装置21Aの多孔板21aから落下した普通シラスを、二段目の比重差選別装置21Bに供給して選別する。

二段目の比重差選別装置21Bの多孔板21aで選別された重比重分Dを、比重差選別装置21Bの排出口21cから排出させて回収する。回収された重比重分Dは、密度 $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上である。この重比重分は、JIS A5308の「砂」で規定する密度 $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上を満たし、そのまま細骨材として使用することができる。

## 【0113】

二段目の比重差選別装置21Bの多孔板21aで選別された軽比重分を、比重差選別装置21Bの排出口21dから排出させる。排出された軽比重分は、ベルトフィーダ9を経由して後述するふるい23にかけられる。

## 【0114】

二段目の比重差選別装置21Bの多孔板21aから浮上した集塵分を、比重差選別装置21Bの排出口21eに接続する管路7Bを経てサイクロン分級機22に導く。サイクロン分級機22は、既に説明したとおりである。サイクロン分級機22のオーバーフロー分の微粉を、管路17Iに接続する管路7Cを経てバグフィルタ16に導き、バグフィルタ

16により微粉Fを回収する。微粉Fは、主に火山ガラスよりなり、ポゾラン効果を有する混合セメント原料、より具体的には混和材又はその原料として有用である。

【0115】

二段目の比重差選別装置21Bの多孔板21aの孔を通過して落下した細粒を、比重差選別装置21Bの排出口21fから排出させて、シラスパルーン原料又は混和材原料E2として回収する。二段目の比重差選別装置21Bの多孔板21aの孔径によっては、多孔板21aの孔を通過して落下し、排出口21fから排出した細粒が、JIS A5002「構造用軽量コンクリート骨材」の規格に適合する場合があります、この場合には、当該細粒を軽量骨材として回収することができる。

【0116】

ふるい23は、所定の網目の大きさを有している。ふるい23の網目は例えば300 $\mu$ mとすることができる。ふるい23に、気流分級装置10のサイクロン分級機15のアンダーフロー分の細粒と、一段目の比重差選別装置21Aの軽比重分と、二段目の比重差選別装置21Bの軽比重分とを導いて、ふるい上とふるい下とに分ける。

【0117】

気流分級装置10のサイクロン分級機15のアンダーフロー分として分級された細粒は、主に火山ガラスであり、粒径0.3mm以上の軽石を含んでいる。この粒径0.3mm以上の軽石は、軽量骨材E1として有用である。また、一段目の比重差選別装置21Aの軽比重分及び二段目の比重差選別装置21Bの軽比重分もまた、粒径0.3mm以上の軽石を含んでいる。この粒径0.3mm以上の軽石は、軽量骨材E1として有用である。そこで、ふるい23により粒径0.3mmでふるい分けすることで、軽量骨材E1を回収することができる。

【0118】

また、ふるい23のふるい下は、粒径0.3mm未満の火山ガラスである。特に火山噴出物堆積鉱物が本実施形態のようにシラスである場合には、粒径0.3mm未満の火山ガラスは、加熱により発泡するので、パーライト原料又はシラスパルーン原料又は混和材原料E2として有用である。本実施形態の乾式分離方法は、気流分級装置10により粒径が0.05mm以下の微粉を予め分級していることから、ふるい23のふるい下は微粉をほとんど含んでいない。したがって、ふるい23のふるい下は発泡性が良好なシラスパルーン原料E2を得ることができる。パーライト原料又はシラスパルーン原料E2は、更に粉碎して微粉Fにして、混和材に使用することができる。

【0119】

本実施形態の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法は、普通シラスを気流分級装置10により粗粒と、細粒と、微粉とに分級し、次いで当該粗粒をエアテーブル式の一段目の比重差選別装置21Aにより重比重分と、軽比重分と、多孔板落下分と集塵分とに選別し、次いで二段目の比重差選別装置21Bにより重比重分と、軽比重分と、多孔板落下分と集塵分とに選別し、細粒とに軽比重分とをふるい分けすることにより、普通シラスを重比重分Dと、ふるい上E1と、ふるい下E2と、微粉Fとの4つに分離することができる。重比重分Dは、主に結晶鉱質よりなり、火山ガラスをほとんど含んでいない。したがって、重比重分Dは、密度が高く、2.5g/cm<sup>3</sup>を超える。また、ふるい上E1と、ふるい下E2と、微粉Fとは、主に火山ガラスよりなり、結晶鉱質をほとんど含んでいない。したがって、重比重分となり得る結晶鉱質が、ふるい上E1と、ふるい下E2と、微粉Fとに、ほとんど混入していない。よって、本実施形態の乾式分離方法によれば、密度が2.5g/cm<sup>3</sup>以上の細骨材の収率を高めることができる。また、重比重分は、粒径0.150mm以下の集塵分の含有量が少なく、JIS A5308の「砂」に規定された、0.15mm~5mmの幅広い粒度分布の要求を満たしている。更に、重比重分は、吸水率の高い軽石のような多孔質粒子をほとんど含んでいないので、吸水率が細骨材として求められるJIS A5308の「砂」の基準を満たしている。

【0120】

また、本実施形態の乾式分離方法によれば、重比重分Dは、細骨材として、ふるい上E

10

20

30

40

50

1 は火山ガラスのうちの軽量骨材として、ふるい下 E 2 は火山ガラスのうちのパーライト原料又はシラスバルーン原料として、微粉 F は火山ガラスのうちの混和材又はポゾラン効果を有する混合セメント原料として、それぞれ有効活用でき、換言すれば、不要残分がない。

#### 【 0 1 2 1 】

本実施形態の乾式分離方法によれば、比重差選別装置 2 1 で選別する前に、予め気流分級装置 1 0 により表面乾燥した粗粒と、細粒と、微粉とに分級していることから、比重差選別装置 2 1 に供給する粗粒には、多孔板 2 1 a の目詰まりを招く微粉がほとんど含まれておらず、よって目詰まりによる操業トラブルの発生を抑制することができる。また、比重差選別装置 2 1 による比重差選別は、選別する粉粒物の粒度分布幅が狭いほど選別し易いところ、本実施形態の乾式分離方法によれば、予め気流分級装置 1 0 により分級された粗粒のみを当該比重差選別装置 2 1 による比重差選別で選別することから、比重差選別装置 2 1 の選別能を高めることができる。

#### 【 0 1 2 2 】

従来技術では、普通シラスの整粒に関して、2006年発行の「シラスを細骨材として用いるコンクリートの施工マニュアル(案)」でも、実用上、普通シラスの整粒が困難である理由が記載され、粒径 0.15 mm 以下の集塵分を除去しない普通シラスの利用方法を提案していることから、普通シラスの整粒は採算が合わないものであることが半ば常識化していたが、本発明により、低コストで高付加価値の整粒物を同時に多量生産できた。

#### 【 0 1 2 3 】

##### ( 細骨材 )

本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法により得られた粗粒 A 又は重比重分 D は、密度が  $2.5 \text{ g/cm}^3$  以上であり、細骨材に使用することができる。

なお、本発明の方法により得られた粗粒 A 又は重比重分 D が、細骨材として従来公知の川砂や海砂と相違する点は、粗粒 A 又は重比重分 D は、水棲生物の痕跡が無いことである。指標生物の水生植物またはプランクトン、微生物、貝類、両生類、甲殻類、魚の卵、鱗などの痕跡が全くないのが、本発明で得られる細骨材(砂)であり、水棲生物や植物の生態系の環境を破壊せずに環境負荷が少ないという利点を有している。シラスは、山砂の一種であるが、火砕流堆積物が天然の水で移動せず、入戸火砕流の発生した約 3 万年間前から陸上に整然と堆積し、一度も水の淘汰作用を受けていない、乱されていない状態で 750 億立方メートルという莫大な量存在している。これに対して鹿児島島の川砂や海砂は、シラス台地が水の作用で、淘汰されてシラス中の磁鉄鉱、長石、石英、角閃石、輝石などの重鉱物粒子を中心に川底または海底に堆積したものであり、粘土分や微粉分は流失して環境に拡散してしまっている。よって起源は一緒であるが、生態系の環境負荷への影響が異なる。このような痕跡が有るか無いかを、生物学的又は植物学的に判定すれば、違いが明確である。

#### 【 0 1 2 4 】

また、従来公知の海砂は、軽石を少し含む場合があり、塩分を含んでいるのに対して、本発明の方法により得られた細骨材(砂)は、約 3 万年前に地表に堆積した火砕流堆積物を乾式分離して得た重比重分である塩分を含まない無塩砂であり、塩分の有無でも海砂との違いは明確である。

更に、従来公知の川砂との違いは、淡水生物、淡水植物の痕跡があるかないかで、本発明の「砂」か否かの違いは明確である。

本発明の方法で得られた細骨材だけでなく、軽石や火山ガラス、微粉も同様な違いで判別できる。

#### 【 0 1 2 5 】

##### ( 火山ガラス材 )

また、本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法により細骨材を分離して得られた残余の火山ガラス材は、ふるい分け及び集塵によって粒径別に 0.3 mm 超え、0.05 mm

m ~ 0.3 mm、0.05 mm未満の3種に分離することができる。このうち0.3 mm超えのものは軽量骨材として使用でき、0.05 mm ~ 0.3 mmのものはパーライト原料又はシラスバルーン原料として又は更に粉碎して混和材として使用でき、0.05 mm未満のものは、混和材として又は更に粉碎して超微細な混和材として使用できる。0.05 mm ~ 0.3 mmのものを更に粉碎した混和材や、0.05 mm未満のものを更に粉碎した混和材は、よりポゾラン効果を有している。これらの粒径の火山ガラス材の粉碎をする装置は、振動ミルを例示することができる。振動ミルの他、ローラミル、JETミルなどの各種ミルを用いることもできる。

火山ガラス材のうち微粉回収用のバグフィルタによって回収された粒径0.05 mm未満のものは、密度が $2.30 \text{ g/cm}^3$ 以上であり、かつ、強熱減量が3.5%以下である。

#### 【0126】

また、上述した混和材、すなわち、火山噴出物堆積鉱物を本発明に従う乾式分離方法により分離して得られた粒径0.05 mm未満のもの、分離して得られた粒径0.05 mm ~ 0.3 mmのものを粉碎したものと、得られた粒径0.05 mm未満のものを更に粉碎して超微細にしたものと、ポルトランドセメントを混合した混合セメントは、普通セメントより耐海水性、耐温泉性、耐化学薬品性、緻密性、長期耐久性に優れ、また、ポゾラン効果を有している。混合セメントは、火山ガラス材とポルトランドセメントを混合したものを粉碎して製造した方が、2種類の粒子同士が均一に混合して乾燥し、更に、メカノケミカル反応と微粉末化の効果により反応性が高まり、より高強度を発現する混合セメントとなる。混合セメントに用いるために、粒径0.05 mm ~ 0.3 mmの火山ガラス材を粉碎したり、粒径0.05 mm未満の火山ガラス材を更に粉碎して超微細にしたりするときの粉碎をする装置は、振動ミルを例示することができる。振動ミルの他、ローラミル、JETミルなどの各種ミルを用いることもできる。

#### 【0127】

本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法により細骨材を分離して得られた残余の火山ガラス材であって、分離された粒径0.05 mm以上の火山ガラス材を、そのまま又は粉碎した後、焼成膨張させてパーライトを得ることができる。粒径0.05 mm以上の火山ガラス材は、火山ガラス材のうちバグフィルタ16により回収された粒径0.05 mm以下の微粉を除いた分であり、具体的には、気流分級装置10により回収された細粒や、比重差選別装置21により選別された軽比重分などである。かかるパーライト原料は、前述したふるい23のふるい下E2に限られず、ふるい上E1の「軽石」を、ふるい下E2とは別途に又はふるい下E2と一緒に、用いることができる。ふるい上E1の「軽石」を焼成発泡することにより、軽量骨材よりも軽量化した、大粒のJIS A5007相当の軽石「パーライト」になる。

#### 【0128】

この粒径0.05 mm以上の火山ガラス材は、ふるい23によりふるい上とふるい下とにふるい分けしてもよいし、ふるい分けをしなくてもよい。また、粒径0.05 mm以上の火山ガラス材は、必要に応じて粉碎してもよい。更に、0.105 mm以上のものを原料に使用してパーライトを得るように、0.105 mm以上と0.105 mm未満とを、ふるい分け等の選別手段により選別してもよい。

#### 【0129】

分離された粒径0.05 mm以上の火山ガラス材をそのまま、又は粉碎した後、焼成することにより膨張させて、パーライトが得られる。火山ガラス材は、火炎中または高温雰囲気下の焼成で膨張・発泡し、平均粒径が1.5倍ほど増加する。例えば、0.105 mmの火山ガラス材は焼成により膨張して粒径0.15 mm程になる。焼成により得られたパーライトは、JIS A5007に規定する粒度を満たしたパーライトである。

パーライトを得る際の焼成は、静置式豎型炉や水平回転炉（ロータリーキルン）を用いることができる。

#### 【0130】

10

20

30

40

50

本発明の火山噴出物堆積鉱物の乾式分離方法により細骨材を分離して得られた残余の火山ガラス材のうちの粒径0.05mm以上のものを、そのまま又は粉碎した後、焼成膨張させて得られたパーライトは、発泡しない重比重分の結晶質（磁鉄鉱、長石、石英、輝石、角閃石など）が、取り除かれた高純度火山ガラスであるため、不良品となる無駄な結晶質に焼成時にエネルギーを加えるロスを無くして、化石燃料を効率よく使って無駄のないパーライトが製造できる。また、不良品の混入が最小限なので、JIS A5007相当の「パーライト」製品としての品質が向上する。更に、焼成炉として例えば移動が容易で、構造が簡単で、低コストである静置式竪型炉を用いることができ、この静置式竪型炉の直下バーナーの火炎の上から、高純度火山ガラス材（0.105mm以上+軽石）を直接流し込むだけの簡単な方法で、JIS A5007相当のパーライトが製造できる。また

更に、僅かに含まれる重比重物（結晶鉱物）や未発泡（発泡の程度が小さい）の火山ガラス原料などの不良品は、焼成炉の直火バーナーの下に重力分離されるので、排気ガスとともにサイクロンで回収されるシラスパーライト製品の品質が向上する竪型炉との組み合わせ効果が、より発揮できる。

#### 【実施例】

##### 【0131】

次に、実施例により、本発明をさらに詳細に説明するが、本発明は、これらの例によってなんら限定されるものではない。

##### 【0132】

##### （参考例1）

図1に示した実施形態1の装置及び方法を用い、原料の火山噴出物堆積鉱物である普通シラスとしては、鹿児島県鹿屋市串良町に産出する串良シラス（含水率4.6%）を目の開き5mmのふるい4で選別したものをを用いた。普通シラスである串良シラスの5mmふるい下は、密度が2.37g/cm<sup>3</sup>であった。

##### 【0133】

ふるい4で選別した串良シラスを、サイクロン解砕機11Aの投入口から27.3kg/hの投入速度で投入したところ、投入口では排気ブロウ18に起因する管路17A~17Iへの吸引力が働き、詰まりのないスムーズかつ大量の原料投入が可能であった。

##### 【0134】

普通シラスはサイクロン解砕機11A~11Cを経て、サイクロン分級機12で粗粒Aを回収した。粗粒Aの平均粒径は1.52mm、含水率は3.5%、比重は2.50であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する密度2.50g/cm<sup>3</sup>以上の粗粒Aの質量百分率は12.0%であった。これは、細骨材に使用できる密度2.50g/cm<sup>3</sup>以上の粗粒の収率が12.0%であったことを意味する。

##### 【0135】

粗粒以外はサイクロン分級機13、14及び管路17D~17Hを経てサイクロン分級機15に送られた。サイクロン分級機15において、細粒を回収した。細粒を網目300μmのふるい19によりふるい分けした。ここで、開口12aのフランジ継手の間の隙間は1.8mm、開口15aのフランジ継手の間の隙間は0mmとした。細粒のうち、ふるい上の部分B1は、含水率は2.3%、密度は1.54g/cm<sup>3</sup>であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対するふるい上の部分B1の質量百分率は8.4%であった。

##### 【0136】

また、ふるい下の部分B2は、平均粒径は0.16mm、含水率は1.2%、比重は2.40g/cm<sup>3</sup>であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対するふるい下の部分B2の質量百分率は74.4%であった。

##### 【0137】

細粒以外の微粉は、気流に搬送されて、管路17Iを経てバグフィルタ16において、微粉Cを回収した。バグフィルタ16のろ布を通過した搬送気流は、排気ブロウ18で排出された。

##### 【0138】

10

20

30

40

50

この微粉Cの平均粒径は0.0033mm、含水率は3.0%、密度は2.48g/cm<sup>3</sup>であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する微粉Cの質量百分率は2.4%であった。

【0139】

なお、粗粒Aの質量百分率と、ふるい上の部分B1の質量百分率と、ふるい下の部分B2の質量百分率と、微粉Cの質量百分率を合計しても100%にならないのは、装置内に2.8%が残留したからである。

【0140】

(参考例2)

図2に示した実施形態2の装置及び方法を用い、原料の火山噴出物堆積鉱物である普通シラスとしては、鹿児島県鹿屋市串良町に産出する串良シラスを乾燥させたもの(含水率2.3%)を目の開き5mmのふるい4で選別したのを用いた。普通シラスである串良シラスの5mmふるい下は、密度が2.37g/cm<sup>3</sup>であった。

【0141】

ふるい4で選別した串良シラスを、ロータリーフィーダ20からサイクロン分級機13に20.4kg/hの投入速度で投入した。この普通シラスは含水率が低かったためサイクロン解砕機群を経なくてもサイクロン分級機で分級できた。ここで、開口12aのフランジ継手の間の隙間は1.8mm、開口15aのフランジ継手の間の隙間は0mmとした。

【0142】

普通シラスはサイクロン分級機12で粗粒Aを回収した。粗粒Aの密度は2.51g/cm<sup>3</sup>であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する密度2.50g/cm<sup>3</sup>以上の粗粒Aの質量百分率は11.0%であった。これは、細骨材に使用できる密度2.50g/cm<sup>3</sup>以上の粗粒の収率が11.0%であったことを意味する。

【0143】

粗粒以外はサイクロン分級機13、14及び管路17D~17Hを経てサイクロン分級機15に送られた。サイクロン分級機15において、細粒を回収した。細粒を網目300μmのふるい19によりふるい分けした。細粒のうち、ふるい上の部分B1は、含水率は1.7%、密度は1.53g/cm<sup>3</sup>であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対するふるい上の部分B1の質量百分率は8.6%であった。

【0144】

また、ふるい下の部分B2は、平均粒径は0.173mm、含水率は0.8%、密度は2.40g/cm<sup>3</sup>であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対するふるい下の部分B2の質量百分率は75.1%であった。

【0145】

細粒以外の微粉は、気流に搬送されて、管路17Iを経てバグフィルタ16において、微粉Cを回収した。バグフィルタ16のろ布を通過した搬送気流は、排気ブロワ18で排出された。

【0146】

この微粉Cの平均粒径は0.0036mm、含水率は1.8%、密度は2.47g/cm<sup>3</sup>であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する微粉Cの質量百分率は3.0%であった。

【0147】

なお、粗粒Aの質量百分率と、ふるい上の部分B1の質量百分率と、ふるい下の部分B2の質量百分率と、微粉Cの質量百分率を合計しても100%にならないのは、装置内に2.3%が残留したからである。

【0148】

(実施例1)

図6に示した実施形態3の装置及び方法を用い、原料の火山噴出物堆積鉱物である普通シラスとしては、鹿児島県鹿屋市串良町に産出する串良シラスを105で24時間乾燥

させたもの（含水率 0.1%）を目の開き 5 mm のふるい 4 で選別したものをを用いた。

【0149】

この普通シラスをエアテーブル式の比重差選別装置 21 により重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とを選別した。作業条件は、普通シラスの供給速度が 240 kg/h、多孔板の孔径が 1 mm（1 mmメッシュ）、振動装置による振動の振幅が ± 5 mm で、振動させる偏心クランクの回転速度が 495 rpm、送風ファンの流量を 37 m<sup>3</sup>/min、多孔板の傾きを 12.5° とした。また多孔板 21a の上面は断面が鋸刃状の凹凸を有し、その凹凸の高低差は 5 mm である。

【0150】

比重差選別装置 21 の重比重分は、排出口 21c から排出され、そのまま回収した。その乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する密度 2.50 g/cm<sup>3</sup> 以上の重比重分のその質量百分率は 0.6% であった。また、多孔板 21a から落下した分は、排出口 21f より排出され、重比重分に加えた。多孔板 21a から落下した分は、乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する密度 2.50 g/cm<sup>3</sup> 以上の質量百分率は 19.3% であった。この重比重分に多孔板落下分を合わせた重比重分 D の、乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する質量百分率は 19.9% であった。これは、細骨材に使用できる密度 2.50 g/cm<sup>3</sup> 以上の粗粒の収率が 19.9% であったことを意味する。

【0151】

比重差選別装置 21 の軽比重分は、排出口 21d から排出された。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する軽比重分の質量百分率は 35.8% であった。軽比重分はふるい 23 にかけてふるい上 E1 とふるい下 E2 とにふるい分けした。ふるいの網目は 300 μm であった。

【0152】

ふるい上の部分 E1 は、密度は 1.43 g/cm<sup>3</sup> であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対するふるい上の部分 E1 の質量百分率は 7.6% であった。

また、ふるい下の部分 E2 は、密度は 2.33 g/cm<sup>3</sup> であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対するふるい下の部分 E2 の質量百分率は 28.2% であった。

【0153】

比重差選別装置 21 の集塵分は、排出口 21e から排出された。集塵分は管路 7A を経てサイクロン分級機 22 により分級してから、オーバーフロー分を、管路 7I を経てバグフィルタ 16 に導いて微粉 F を回収した。サイクロン分級機 22 のアンダーフロー分のサイクロン回収分はふるい下 E2 に加えた。微粉 F は、密度 2.41 g/cm<sup>3</sup> であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する微粉 F の質量百分率は 40.9% であった。

【0154】

なお、重比重分 D の質量百分率と、ふるい上の部分 E1 の質量百分率と、ふるい下の部分 E2 の質量百分率と、微粉 F の質量百分率を合計しても 100% にならないのは、装置内に 3.4% が残留したからである。

【0155】

（実施例 2）

図 9 に示した実施形態 4 の装置及び方法を用い、原料の火山噴出物堆積鉱物である普通シラスとしては、鹿児島県鹿屋市串良町に産出する串良シラスを 105 で 24 時間乾燥させたもの（含水率 0.1%）を目の開き 5 mm のふるい 4 で選別したものをを用いた。

【0156】

この普通シラスを一段目の比重差選別装置 21A により重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とを選別した。作業条件は、普通シラスの供給速度が 355 kg/h、多孔板の孔径が 1 mm（1 mmメッシュ）、振動装置による振動の振幅が ± 5 mm で、振動させる偏心クランクの回転速度が 505 rpm、送風ファンの流量を 36 m<sup>3</sup>/min、多孔板の傾きを 13.5° とした。また多孔板 21a の上面は断面が鋸刃状の凹凸を有し、その凹凸の高低差は 7 mm である。

【0157】

比重差選別装置 2 1 A の重比重分は、排出口 2 1 c から排出され、そのまま回収した。その乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する密度  $2.50 \text{ g/cm}^3$  以上の重比重分のその質量百分率は  $6.1\%$  であった。

【 0 1 5 8 】

比重差選別装置 2 1 A の軽比重分は、排出口 2 1 d から排出された。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する軽比重分の質量百分率は  $22.9\%$  であった。軽比重分はベルトコンベア 6 及びベルトフィーダ 9 を経由してふるい 2 3 にかけてふるい上 E 1 とふるい下 E 2 とにふるい分けした。ふるいの網目は  $300 \mu\text{m}$  であった。

【 0 1 5 9 】

比重差選別装置 2 1 A の集塵分は、排出口 2 1 e から排出された。集塵分は管路 7 A を 10  
 経てサイクロン分級機 2 2 により分級してから、オーバーフロー分を、管路 7 I を経てバグフィルタ 1 6 に導いて微粉 F を回収した。サイクロン分級機 2 2 のアンダーフロー分はふるい下 E 2 に加えた。微粉 F は、密度  $2.40 \text{ g/cm}^3$  であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する微粉 F の質量百分率は  $17.9\%$  であった。

比重差選別装置 2 1 A の多孔板落下分は、排出口 2 1 f より排出された。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する多孔板落下分の質量百分率は  $43.1\%$  であった。

なお、比重差選別装置 2 1 A に供給された粗粒に対して、比重差選別装置 2 1 A 内に  $10.0\%$  が残留した。

【 0 1 6 0 】

多孔板 2 1 a から落下した分を、ベルトフィーダ 8 を経由して二段目の比重差選別装置 2 1 B に供給し、この二段目の比重差選別装置 2 1 B により重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とを選別した。作業条件は、原料（多孔板落下分）の供給速度が  $153 \text{ kg/h}$ 、多孔板の孔径が  $105 \mu\text{m}$ （ $150$ メッシュ）の金属ワイヤー製の織網、振動装置による振動の振幅が  $\pm 5 \text{ mm}$ 、振動させる偏心クランクの回転速度が  $493 \text{ rpm}$ 、送風ファンの流量を  $28 \text{ m}^3/\text{min}$ 、多孔板の傾きを  $9^\circ$  とした。 20

【 0 1 6 1 】

比重差選別装置 2 1 B の重比重分は、排出口 2 1 c から排出され、一段目の比重差選別装置 2 1 A より選別された重比重分 D に加えた。比重差選別装置 2 1 B に供給された多孔板落下分  $100\%$  に対する比重差選別装置 2 1 B の重比重分の質量百分率は  $54.8\%$  であった。 30

比重差選別装置 2 1 B の軽比重分は、排出口 2 1 d から排出された。比重差選別装置 2 1 B に供給された多孔板落下分  $100\%$  に対する軽比重分の質量百分率は  $11.4\%$  であった。

この軽比重分は排出口 2 1 d から排出され、ベルトフィーダ 9 を経由して一段目の軽比重分と共にふるい 2 3 にかけてふるい上 E 1 とふるい下 E 2 とにふるい分けした。ふるいの網目は  $300 \mu\text{m}$  であった。

比重差選別装置 2 1 B の集塵分は、排出口 2 1 e から排出された。集塵分は管路 7 B を 40  
 経てサイクロン分級機 2 2 により分級してから、オーバーフロー分を、管路 7 I を経てバグフィルタ 1 6 に導いて微粉 F を回収した。比重差選別装置 2 1 B に供給された多孔板落下分  $100\%$  に対する微粉 F の質量百分率は  $15.6\%$  であった。

サイクロン分級機 2 2 のアンダーフロー分はふるい下 E 2 に加えた。二段目の比重差選別装置 2 1 B の多孔板落下分は、排出口 2 1 f より排出され、ふるい下 E 2 に加えた。比重差選別装置 2 1 B に供給された多孔板落下分  $100\%$  に対する比重差選別装置 2 1 B の多孔板落下分の質量百分率は  $0.3\%$  であった。

なお、比重差選別装置 2 1 B に供給された多孔板落下分  $100\%$  に対して、比重差選別装置 2 1 B 内に  $17.9\%$  が残留した。

【 0 1 6 2 】

一段目の比重差選別装置 2 1 A の重比重分と二段目の比重差選別装置 2 1 B の重比重分とを合わせた重比重分 D の密度は  $2.53 \text{ g/cm}^3$  であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する比重  $2.50 \text{ g/cm}^3$  以上の重比重分 D の質量百分率は  $29.8\%$  50

であった。これは、細骨材に使用できる比重  $2.50 \text{ g/cm}^3$  以上の重比重分の収率が  $29.8\%$  であったことを意味する。

【0163】

ふるい上の部分 E 1 は、密度は  $1.44 \text{ g/cm}^3$  であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対するふるい上の部分 E 1 の質量百分率は  $8.8\%$  であった。

また、ふるい下の部分 E 2 は、密度は  $2.29 \text{ g/cm}^3$  であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対するふるい下の部分 E 2 の質量百分率は  $19.0\%$  であった。

【0164】

微粉 F は、密度  $2.40 \text{ g/cm}^3$  であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する微粉 F の質量百分率は  $24.7\%$  であった。

なお、重比重分 D の質量百分率と、ふるい上の部分 E 1 の質量百分率と、ふるい下の部分 E 2 の質量百分率と、微粉 F の質量百分率を合計しても  $100\%$  にならないのは、装置内に  $17.7\%$  が残留したからである。

【0165】

(実施例 3)

図 13 に示した実施形態 8 の装置及び方法を用い、原料の火山噴出物堆積鉱物である普通シラスとしては、鹿児島県鹿屋市串良町に産出する串良シラス(含水率  $4.7\%$ )を目の開き  $5 \text{ mm}$  のふるい 4 で選別したものをを用いた。普通シラスである串良シラスの  $5 \text{ mm}$  ふるい下は、密度が  $2.37 \text{ g/cm}^3$  であった。

【0166】

ふるい 4 で選別した串良シラスの一部を、サイクロン解砕機 11A の投入口から  $65.0 \text{ kg/h}$  の投入速度で投入したところ、投入口では排気ブロウ 18 に起因する管路 17A ~ 17I への吸引力が働き、詰まりのないスムーズかつ大量の原料投入が可能であった。ここで、開口 12a のフランジ継手の間の隙間は  $0 \text{ mm}$ 、開口 15a のフランジ継手の間の隙間は  $0.8 \text{ mm}$  とした。

【0167】

普通シラスはサイクロン分級機 12 で粗粒 A を回収した。粗粒以外はサイクロン分級機 12、13、14 及び管路 17D ~ 17H を経てサイクロン分級機 15 に送られた。サイクロン分級機 15 において、細粒 B を回収した。細粒 B 以外の微粉は、気流に搬送されて、管路 17I を経てバグフィルタ 16 において、微粉 C を回収した。バグフィルタ 16 のろ布を通過した搬送気流は、排気ブロウ 18 で排出された。

粗粒 A の回収率は、 $71.2\%$ 、細粒 B の回収率は  $18.9\%$ 、微粉 C の回収率は  $9.9\%$  であった。細粒 B は、ベルトフィーダ 9 を通じて、2 段式のエアテーブル式の比重差選別装置における軽比重分と合わされて  $300 \mu\text{m}$  のふるい 23 で、選別される。細粒 B の  $18.9\%$  に限ってのふるい 23 によるふるい選別の内割は、その粒径  $0.3 \text{ mm}$  以上の軽石の回収率は  $2.5\%$ 、粒径  $0.3 \text{ mm}$  以下の火山ガラスの回収率は  $16.4\%$  であった。

【0168】

粗粒 A を一段目の比重差選別装置 21A により重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とを選別した。作業条件は、粗粒 A の供給速度が  $300 \text{ kg/h}$ 、多孔板の孔径が  $1 \text{ mm}$  ( $1 \text{ mm}$  メッシュ)、振動装置による振動の振幅が  $\pm 5 \text{ mm}$ 、振動させる偏心クランクの回転速度が  $505 \text{ rpm}$ 、送風ファンの流量を  $28 \text{ m}^3/\text{min}$ 、多孔板の傾きを  $13^\circ$  とした。また多孔板 21a の上面は断面が鋸刃状の凹凸を有し、その凹凸の高低差は  $7 \text{ mm}$  である。

【0169】

比重差選別装置 21A の重比重分は、排出口 21c から排出され、そのまま回収した。比重差選別装置 21A に供給された粗粒に対する重比重分のその質量百分率は  $10.4\%$  であった。

【0170】

比重差選別装置 21A の軽比重分は、排出口 21d から排出された。比重差選別装置 2

10

20

30

40

50

1 A に供給された粗粒に対する軽比重分の質量百分率は 18.4% であった。軽比重分はベルトコンベア 6 及びベルトフィーダ 9 を経由してふるい 23 にかけてふるい上 E 1 とふるい下 E 2 とに分けした。ふるいの網目は 300  $\mu\text{m}$  であった。

【0171】

比重差選別装置 2 1 A の集塵分は、排出口 2 1 e から排出された。集塵分は管路 7 A を経てサイクロン分級機 2 2 により分級してから、オーバーフロー分を、管路 7 C を経てバグフィルタ 1 6 に導いて微粉 F を回収した。サイクロン分級機 2 2 のアンダーフロー分はふるい下 E 2 に加えた。微粉 F は、密度 2.46  $\text{g}/\text{cm}^3$  であった。比重差選別装置 2 1 A に供給された粗粒 A に対する微粉 F の質量百分率は 14.0% であった。

【0172】

比重差選別装置 2 1 A の多孔板落下分は、排出口 2 1 f より排出された。比重差選別装置 2 1 A に供給された粗粒 A に対する多孔板落下分の質量百分率は 46.4% であった。

なお、比重差選別装置 2 1 A に供給された粗粒 A に対して、比重差選別装置 2 1 A 内に 10.8% が残留した。

【0173】

多孔板 2 1 a から落下した分を、ベルトフィーダ 8 を経由して二段目の比重差選別装置 2 1 B に供給し、この二段目の比重差選別装置 2 1 B により重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とを選別した。作業条件は、原料（多孔板落下分）の供給速度が 160  $\text{kg}/\text{h}$ 、多孔板の孔径が 105  $\mu\text{m}$ （150メッシュ）の金属ワイヤー製の織網、振動装置による振動の振幅が  $\pm 5\text{mm}$ 、振動させる偏心クランクの回転速度が 493  $\text{rpm}$ 、送風ファンの流量を 28  $\text{m}^3/\text{min}$ 、多孔板の傾きを 9° とした。

【0174】

比重差選別装置 2 1 B の重比重分は、排出口 2 1 c から排出され、一段目の比重差選別装置 2 1 A の重比重分 D に加えた。比重差選別装置 2 1 B に供給された多孔板落下分 100% に対する比重差選別装置 2 1 B の重比重分の質量百分率は 73.1% であった。

比重差選別装置 2 1 B の軽比重分は、排出口 2 1 d から排出された。比重差選別装置 2 1 B に供給された多孔板落下分 100% に対する軽比重分の質量百分率は 6.3% であった。

この軽比重分は排出口 2 1 d から排出され、ベルトフィーダ 9 を経由してサイクロン分級機 1 5 からの細粒及び一段目の軽比重分と共にふるい 23 にかけてふるい上 E 1 とふるい下 E 2 とに分けした。ふるいの網目は 300  $\mu\text{m}$  であった。

比重差選別装置 2 1 B の集塵分は、排出口 2 1 e から排出された。集塵分は管路 7 B を経てサイクロン分級機 2 2 により分級してから、オーバーフロー分を、管路 7 C を経てバグフィルタ 1 6 に導いて回収した。比重差選別装置 2 1 B に供給された多孔板落下分 100% に対する微粉 F の質量百分率は 4.5% であった。

サイクロン分級機 2 2 のアンダーフロー分はふるい下 E 2 に加えた。二段目の比重差選別装置 2 1 B の多孔板落下分は、排出口 2 1 f より排出され、ふるい下 E 2 に加えた。比重差選別装置 2 1 B に供給された多孔板落下分 100% に対する比重差選別装置 2 1 B の多孔板落下分の質量百分率は 0.8% であった。

なお、比重差選別装置 2 1 B に供給された多孔板落下分 100% に対して、比重差選別装置 2 1 B 内に 15.3% が残留した。

比重差選別装置 2 1 B に供給された多孔板落下分 100% に対する比重差選別装置 2 1 B の重比重分の質量百分率は 73.1% であった。

【0175】

サイクロン分級機 1 2 により回収した粗粒 A に対する一段目の比重差選別装置 2 1 A の重比重分と二段目の比重差選別装置 2 1 B の重比重分とを合わせた重比重分 D の質量百分率は 44.3% であった。

サイクロン分級機 1 2 により回収した粗粒 A を 100% に対する、サイクロン分級機 1 5 からの細粒と一段目の軽比重分と二段目の軽比重分とを合わせたふるい上 E 1 の質量百分率は 8.2% であった。

10

20

30

40

50

サイクロン分級機 1 2 により回収した粗粒 A を 1 0 0 % に対する、サイクロン分級機 1 5 からの細粒と一段目の軽比重分と二段目の軽比重分とを合わせたふるい下 E 2 の質量百分率は 1 3 . 1 % であった。

サイクロン分級機 1 2 により回収した粗粒 A を 1 0 0 % に対する、バグフィルタ 1 6 で回収した微粉 F の質量百分率は 1 6 . 1 % であった。

なお、サイクロン分級機 1 2 により回収した粗粒 A を 1 0 0 % に対する、一段目の比重差選別装置 2 1 A と二段目の比重差選別装置 2 1 B とに残留した合計の質量百分率は 1 8 . 3 % であった。

【 0 1 7 6 】

一段目の比重差選別装置 2 1 A の重比重分と二段目の比重差選別装置 2 1 B の重比重分とを合わせた重比重分 D の密度は  $2.53 \text{ g/cm}^3$  であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する比重  $2.50 \text{ g/cm}^3$  以上の重比重分 D の質量百分率は 3 1 . 6 % であった。これは、細骨材に使用できる比重  $2.50 \text{ g/cm}^3$  以上の重比重分の収率が 3 1 . 6 % であったことを意味し、投入シラス原料の含水率が 4 . 7 % と他に比べて水分を多く含んだ原料であったにも係わらず、他の実施例に比べて最も優れた収率であった。

【 0 1 7 7 】

この重比重分 D の密度は  $2.53 \text{ g/cm}^3$  であり、 $2.50 \text{ g/cm}^3$  を超えていた。J I S A 1 1 0 9 による吸水率は 1 . 8 5 % であった。実施例 3 により得られた重比重分 D の、ふるいを通るものの質量百分率を図 1 4 にグラフで示す。本実施例で得られた重比重分は、J I S A 5 3 0 8 の「砂」で規定する標準粒度分布の範囲内に含まれていた。これらの特性から、重比重分は、細骨材として適切であることが分かった。

【 0 1 7 8 】

ふるい上の部分 E 1 は、密度は  $1.45 \text{ g/cm}^3$  であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対するふるい上の部分 E 1 の質量百分率は 8 . 4 % であった。

また、ふるい下の部分 E 2 は、密度は  $2.33 \text{ g/cm}^3$  であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対するふるい下の部分 E 2 の質量百分率は 3 7 . 1 % であった。

【 0 1 7 9 】

微粉 F は、比重  $2.46 \text{ g/cm}^3$  であった。乾式分離装置に投入前の普通シラスに対する微粉 F の質量百分率は 9 . 9 % であった。

【 0 1 8 0 】

なお、重比重分 D の質量百分率と、ふるい上の部分 E 1 の質量百分率と、ふるい下の部分 E 2 の質量百分率と、微粉 F の質量百分率を合計しても 1 0 0 % にならないのは、装置内に 1 3 . 0 % が残留したからである。この装置内に残留した割合は、未使用の気流分級装置、未使用の一段目の比重差選別装置 2 1 A、未使用の二段目の比重差選別装置 2 1 B で初めて作業したときの値であって、これらの装置に残留する量はそれぞれ一定であるため、最初に使用した時以外は既に装置内に一定量が残留しているため、装置に供給した普通シラスからの減分は問題とならない。

参考例 1 ~ 2、実施例 1 ~ 3 の原料、作業条件及び分離結果について表 1 及び表 2 に示す。

【 0 1 8 1 】

【表 1】

シラス原料 含水率 (%)	原料供給				振動フルイ				気流分級装置 10				二段式比重差選別装置 21		乾式分離方法による回収率				
	ペルト ファイダ 3	供給 量 kg/h	目開き 5mm	サイクロン 解砕機群 原料投入	サイクロン 解砕機群 吸気 G	サイクロン 解砕機群 吸気 H	サイクロン 解砕機群 吸気 I	ロータリー ファイダ 20	サイクロン 分級機群 12~ 14	供給 量	一段目 比重差選別装置 21A	二段目 比重差選別装置 21B	細骨材 %	軽石 %	火山ガラス %	混和材 %	装置残留 %		
参考例1 4.6%	○	27.3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12.0%	8.4%	74.4%	2.4%	2.8%		
参考例2 2.3%	○	20.4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	11.0%	8.6%	75.1%	3.0%	2.3%		
実施例1 0.1%	○	240	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	19.9%	7.6%	28.2%	40.9%	3.4%		
実施例2 0.1%	○	355	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	29.8%	8.8%	19.0%	24.7%	17.7%		
																		一段目投入240kg/hを 100%とした場合の割合	一段目投入355kg/hを 100%とした場合の割合
実施例3 4.7%	○	65	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	31.6%	8.4%	37.1%	9.9%	13.0%		
																		一段目投入300kg/hを 100%とした場合の割合	二段目投入160kg/hを (一段目の多孔板落下分) 100%とした場合の割合

【表 2】

	一段目比重差選別装置21A					二段目比重差選別装置21B				
	原料供給量 (kg/h)	多孔板 (孔径)	振動装置 偏心クランク rpm	送風ファン 流量 m <sup>3</sup> /min	テーブル 傾き (°)	原料供給量 (kg/h)	多孔板 (孔径)	振動装置 偏心クランク rpm	送風ファン 流量 m <sup>3</sup> /min	テーブル 傾き (°)
実施例1	240	1mmMesh (1mm)	495	37	12.5					
実施例2	355	1mmMesh (1mm)	505	36	13.5	153	105μm (150Mesh)	493	28	9
実施例3	300	1mmMesh (1mm)	505	28	13	160	105μm (150Mesh)	493	28	9

【0183】

(実施例4～9)

実施例3で得られた微粉Fと、この微粉Fを更に粉碎して得られた粉碎微粉F2を普通ポルトランドセメントに混合した混合セメントの強度を測定した。

微粉Fは平均粒径0.033mmであった。粉碎微粉F2は、微粉Fを中央化工機製のBMC-15型の振動ミルにより4.4kg/hで供給して粉碎したものであり、平均粒 50

径 0 . 0 1 2 mmであった。

【 0 1 8 4 】

比較例として、普通ポルトランドセメントと標準砂と水との重量比が 1 : 3 : 1 のセメント材 4 5 g を用意した。実施例 4 ~ 9 として、混合セメントの原料として上記の微粉 F 及び / 又は粉碎微粉 F 2 を用いたもの ( 各試料 4 5 g ) を用意した。

【 0 1 8 5 】

比較例及び実施例 4 ~ 9 は、原料をペーストミキサーにて混合した。ペーストミキサーはジャパンユニックス社製の U M 1 0 2 であった。混合条件は直径 8 mm のアルミナボールを混合媒体として投入して回転速度 2 0 0 0 r p m で 3 0 秒間混練した。

混合後、生モルタルの各試料を非接触赤外線温度計で温度測定した。その後、油を薄く塗布した 2 c m 角のプラスチック型の 3 個にそれぞれ流し込んで成形した。

成形後、飽和水蒸気デシケータにて 4 週間経過させた後、室温で乾燥させ、3 日後にプラスチック型から脱型して室温で放置した。その後、端面仕上加工して圧縮試験用試料を作製し、圧縮試験を行った。

比較例及び実施例 4 ~ 9 の組成及び圧縮試験の結果を表 3 に示す。また、図 1 5 に圧縮結果を棒グラフで示す。

【 0 1 8 6 】

【表 3】

試料	混合セメント中の (微粉F+粉碎微粉 F2/普通ポルトラン ドセメント) 比率	モルタル配合 (g)					モルタル 温度℃	圧縮強度 (MPa)		
		標準砂	水	混合セメント				1個目	2個目	2個平均値
				普通ポルトラン セメント	微粉F	粉碎微粉 F2				
比較例	0%	27.00	9.0	9.0	0.00	0.00	32.0	26.7	28.8	27.7
実施例4	5%	26.55	9.0	9.0	0.45	0.00	32.4	29.3	29.5	29.4
実施例5	10%	26.10	9.0	9.0	0.90	0.00	32.4	31.2	30.0	30.6
実施例6	20%	25.20	9.0	9.0	1.80	0.00	32.2	28.6	29.8	29.2
実施例7	5%	26.55	9.0	9.0	0.00	0.45	32.4	33.2	30.4	31.8
実施例8	10%	26.10	9.0	9.0	0.00	0.90	32.4	33.4	29.7	31.6
実施例9	10%	26.10	9.0	9.0	0.45	0.45	34.4	30.9	33.5	32.2

【 0 1 8 7 】

表 3 及び図 1 5 から、微粉 F 及び / 又は粉碎微粉 F 2 を添加することにより、圧縮強度が向上した。本発明の分級により得られた微粉 F よりも、この微粉 F を粉碎した粉碎微粉 F 2 の方が、圧縮強度が、より向上した。微粉 F と粉碎微粉 F 2 を等量ずつ普通ポルトランドセメントに混合した混合セメントを用いたモルタルが、最大の平均圧縮強度を発現した。

【 0 1 8 8 】

( 実施例 1 0 )

図 8 に示した実施形態 3 の装置及び方法を用い、原料の火山噴出物堆積鉱物である普通シラスとしては、鹿児島県鹿屋市串良町に産出する串良シラス ( 含水率 5 . 7 % ) を目の開き 5 mm のふるい 4 で選別したものをを用いた。

【 0 1 8 9 】

この普通シラスを一段目の比重差選別装置 2 1 D により重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とを選別した。作業条件は、普通シラスの供給速度が 9 3 . 4 k g / h 、多孔板の孔径 1 mm ( 一辺 1 mm の角の丸いルーローの三角形 ) 、振動装置による振動の振幅が ± 5 mm で、振動させる偏心クランクの回転速度が 3 0 4 r p m 、送風ファンの流量を 1 6 m <sup>3</sup> / m i n 、多孔板の傾きを 1 2 . 6 ° とした。また多孔板 2 1 a の上面は断面が鋸刃状の凹凸を有し、その凹凸の高低差は 1 0 mm である。

【 0 1 9 0 】

比重差選別装置 2 1 D の重比重分は、2 1 c から排出され、回収された。重比重分の質

量百分率は11.9%であり、密度 $2.62\text{ g/cm}^3$ 、含水率0.3%であった。21fから排出された多孔板落下分は、質量百分率は20.9%であり、密度 $2.52\text{ g/cm}^3$ 、含水率0.5%であった。この多孔板落下分は、JIS A5308の「砂」で規定する密度 $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上を満たすため、そのまま細骨材として使用できた。これらの重比重分と多孔板落下分を合わせた細骨材の質量百分率は32.8%であった。

【0191】

比重差選別装置21Dの軽比重分は、21dから排出された。軽比重分の質量百分率は19.2%であり、密度 $1.54\text{ g/cm}^3$ 、含水率0.9%であった。

【0192】

比重差選別装置21Dの集塵分は、21eから排出された。集塵分は管路7Aを経てサイクロン分級機22により分級してから、オーバーフロー分を、管路7Iを経てバグフィルタ16に導いて微粉Fを回収した。サイクロン分級機22のアンダーフロー分の質量百分率は46.2%であり、密度 $2.35\text{ g/cm}^3$ 、含水率0.3%であった。

バグフィルタ16に回収された微粉Fの質量百分率は1.8%であり、密度 $2.37\text{ g/cm}^3$ 、含水率3.5%であった。

【0193】

なお、比重分離のサンプリングを行う前に、同じシラス原料と同じ比重分離条件で平衡状態に達するまで予備運転させてから、測定用のシラス原料供給を開始した。これは、測定用のシラス原料投入前に多孔板21aの上に残留する細骨材相当分などからなる数cm厚さのベッド層を予め形成しておくことで、シラス原料投入初期からの分離効率を向上させることができると、投入量と回収量の差分となる装置内残留分のロスを最小限にすることを目的として行った。

【0194】

(実施例11)

図10に示した実施形態4の装置及び方法を用い、原料の火山噴出物堆積鉱物である普通シラスとしては、鹿児島県鹿屋市串良町に産出する串良シラス(含水率5.7%)を目の開き5mmのふるい4で選別したものをを用いた。

【0195】

この普通シラスを一段目の比重差選別装置21Dにより重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とを選別した。作業条件は、普通シラスの供給速度が $96.9\text{ kg/h}$ 、多孔板の孔径1mm(一辺1mmの角の丸いルーローの三角形)、振動装置による振動の振幅が $\pm 5\text{ mm}$ で、振動させる偏心クランクの回転速度が $304\text{ rpm}$ 、送風ファンの流量を $12\text{ m}^3/\text{min}$ 、多孔板の傾きを $12.6^\circ$ とした。また多孔板21aの上表面は断面が鋸刃状の凹凸を有し、その凹凸の高低差は10mmである。

【0196】

比重差選別装置21Dの重比重分は、21cから排出され、回収された。重比重分の質量百分率は17.8%であり、密度 $2.54\text{ g/cm}^3$ 、含水率0.9%であった。

【0197】

比重差選別装置21Dの軽比重分は、21dから排出された。軽比重分の質量百分率は8.6%であり、密度 $1.38\text{ g/cm}^3$ 、含水率1.3%であった。この軽比重分は、JIS A5002「構造用軽量コンクリート骨材」の規格に適合するものであった。

【0198】

比重差選別装置21Dの集塵分は、21eから排出された。集塵分は管路7Aを経てサイクロン分級機22Aにより分級してから、オーバーフロー分を、管路7Iを経てバグフィルタ16Aに導いて微粉Fを回収した。サイクロン分級機22Aのアンダーフロー分の質量百分率は45.5%であり、密度 $2.31\text{ g/cm}^3$ 、含水率0.6%であった。

バグフィルタ16Aに回収された微粉Fの質量百分率は1.9%、密度 $2.36\text{ g/cm}^3$ 、含水率3.5%であった。

なお、比重分離のサンプリングを行う前に、同じシラス原料と同じ比重分離条件で平衡状態に達するまで予備運転させてから、測定用のシラス原料供給を開始した。これは、実

施例 10 で述べた同じ理由による。

【0199】

排出口 21f から排出された多孔板落下分は、質量百分率は 26.2% であり、密度 2.36 g/cm<sup>3</sup>、含水率 0.7% であった。

この多孔板落下分を、ベルトフィーダ 5 を経由して二段目の比重差選別装置 21E に供給し、この二段目の比重差選別装置 21E により重比重分と、多孔板落下分と、軽比重分と、集塵分（サイクロン回収分、バグフィルタ回収分）とに選別した。作業条件は、原料（多孔板落下分）の供給速度が 23.9 kg/h、多孔板の孔径が 105 μm（150 メッシュ）の金属ワイヤー製の織網、振動装置による振動の振幅が ±5 mm、振動させる偏心クランクの回転速度が 303 rpm、送風ファンの流量を 39 m<sup>3</sup>/min、多孔板の傾きを 10.8° とした。 10

【0200】

比重差選別装置 21E の重比重分は、21c から排出され、一段目の比重差選別装置 21D より選別された重比重分 D に加えた。この重比重分の質量百分率は 44.6% であった。比重差選別装置 21E の軽比重分は、21d から排出された。軽比重分の質量百分率は 52.6%、密度 1.79 g/cm<sup>3</sup>、含水率 0.5% であった。この軽比重分は、JIS A5002「構造用軽量コンクリート骨材」の規格に適合するものであった。

比重差選別装置 21E の集塵分は、21e から排出された。集塵分は管路 7B を経てサイクロン分級機 22B により分級してから、オーバーフロー分を、管路 7D を経てバグフィルタ 16B に導いて微粉 F を回収した。サイクロン分級機 22B で分離されたサイクロン回収分は、1.9% であった。微粉 F の質量百分率は 0.8% であった。 20

二段目の比重差選別装置 21E の多孔板 21a から落下した多孔板落下分は、ごく僅か回収され 0.1% であった。

【0201】

一段目の比重差選別装置 21D の重比重分と二段目の比重差選別装置 21E の重比重分とを合わせた重比重分 D の一段目に投入した普通シラスに対する質量百分率は 29.5% であった。これは、比重 2.50 g/cm<sup>3</sup> 以上の細骨材の収率が 29.5% であったことを意味する。

【0202】

軽比重分 E1 の一段目に投入した普通シラスに対する質量百分率は 22.4% であった。これは、軽量骨材の収率が 22.4% であったことを意味する。 30

また、火山ガラス材細粒 E2 の一段目に投入した普通シラスに対する質量百分率は 46.0% であった。これは、シラスバルーン原料または混和材原料の収率が 46.0% であったことを意味する。

【0203】

火山ガラス材微粉 F の一段目に投入した普通シラスに対する質量百分率は 2.1% であった。これは、混和材または混合セメント原料の収率が 2.1% であったことを意味する。

（実施例 12）

図 11 に示した実施形態 6 の装置及び方法を用い、原料の火山噴出物堆積鉱物である普通シラスとしては、鹿児島県鹿屋市串良町に産出する串良シラス（含水率 5.5%）を目の開き 5 mm のふるい 4 で選別したものをを用いた。 40

【0204】

この普通シラスを一段目の比重差選別装置 21D により重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とを選別した。作業条件は、普通シラスの供給速度が 98.3 kg/h、多孔板の孔径 1 mm（一辺 1 mm の角の丸いルーローの三角形）、振動装置による振動の振幅が ±5 mm で、振動させる偏心クランクの回転速度が 304 rpm、送風ファンの流量を 20 m<sup>3</sup>/min、多孔板の傾きを 12.6° とした。また多孔板 21a の上面は断面が鋸刃状の凹凸を有し、その凹凸の高低差は 10 mm である。

【0205】

比重差選別装置 2 1 D の重比重分は、2 1 c から排出され、回収された。重比重分の質量百分率は 0 . 8 % であり、密度  $2 . 6 5 \text{ g / cm}^3$  であった。2 1 f から排出された多孔板落下分は、質量百分率は 7 . 9 % であり、密度  $2 . 5 8 \text{ g / cm}^3$  であった。この多孔板落下分は、J I S A 5 3 0 8 の「砂」で規定する密度  $2 . 5 \text{ g / cm}^3$  以上を満たすため、そのまま細骨材として使用できた。

【 0 2 0 6 】

比重差選別装置 2 1 D の集塵分は、2 1 e から排出された。集塵分は管路 7 A を経てサイクロン分級機 2 2 A により分級してから、オーバーフロー分を、管路 7 I を経てバグフィルタ 1 6 A に導いて微粉 F を回収した。サイクロン分級機 2 2 A のアンダーフロー分であるサイクロン回収分の質量百分率は 6 0 . 5 % であり、密度  $2 . 3 6 \text{ g / cm}^3$  であった。

10

バグフィルタ 1 6 A に回収された微粉 F の質量百分率は 1 . 9 % であった。

なお、比重分離のサンプリングを行う前に、同じシラス原料と同じ比重分離条件で平衡状態に達するまで予備運転させてから、測定用のシラス原料供給を開始した。これは、実施例 1 0 で述べた同じ理由による。

【 0 2 0 7 】

比重差選別装置 2 1 D の軽比重分は、2 1 d から排出された。軽比重分の質量百分率は 2 8 . 9 % であり、密度  $1 . 9 4 \text{ g / cm}^3$  であった。

【 0 2 0 8 】

この軽比重分を、ベルトフィーダ 5 を経由して二段目の比重差選別装置 2 1 E に供給し、この二段目の比重差選別装置 2 1 E により重比重分と、軽比重分と、多孔板落下分、集塵分（サイクロン回収分、バグフィルタ回収分）とに選別した。作業条件は、原料（軽比重分）の供給速度が  $9 6 . 7 \text{ kg / h}$ 、多孔板の孔径 1 mm（一辺 1 mm の角の丸いルーローの三角形）、振動装置による振動の振幅が  $\pm 5 \text{ mm}$  で、振動させる偏心クランクの回転速度が  $3 0 4 \text{ rpm}$ 、送風ファンの流量を  $1 6 \text{ m}^3 / \text{min}$ 、多孔板の傾きを  $1 2 . 6^\circ$  とした。また多孔板 2 1 a の上面は断面が鋸刃状の凹凸を有し、その凹凸の高低差は 1 0 mm である。

20

【 0 2 0 9 】

比重差選別装置 2 1 E の重比重分は、2 1 c から排出され、一段目の比重差選別装置 2 1 D より選別された重比重分 D に加えた。この重比重分の質量百分率は 4 4 . 2 % であった。比重差選別装置 2 1 E の軽比重分は、2 1 d から排出された。軽比重分の質量百分率は 4 5 . 7 %、密度  $1 . 7 3 \text{ g / cm}^3$  であった。

30

比重差選別装置 2 1 E の集塵分は、2 1 e から排出された。集塵分は管路 7 B を経てサイクロン分級機 2 2 B により分級してから、オーバーフロー分を、管路 7 D を経てバグフィルタ 1 6 B に導いて微粉 F を回収した。サイクロン分級機 2 2 B で分離されたサイクロン回収分は、1 . 2 % であった。微粉 F の質量百分率は 0 . 4 % であった。

二段目の比重差選別装置 2 1 E の多孔板 2 1 a から落下した多孔板落下分の質量百分率は 8 . 5 %、密度  $2 . 6 7 \text{ g / cm}^3$  であった。

【 0 2 1 0 】

一段目の比重差選別装置 2 1 D の重比重分と多孔板落下分及び二段目の比重差選別装置 2 1 E の重比重分と多孔板落下分を合わせた重比重分 D の一段目に投入した普通シラスに対する質量百分率は 2 4 . 0 % であった。これは、比重  $2 . 5 0 \text{ g / cm}^3$  以上の細骨材の収率が 2 4 . 0 % であったことを意味する。

40

【 0 2 1 1 】

二段目の比重差選別装置 2 1 E の軽比重分 E 1 の一段目に投入した普通シラスに対する質量百分率は 1 3 . 2 % であった。これは、軽量骨材の収率が 1 3 . 2 % であったことを意味する。

また、火山ガラス材細粒 E 2 の一段目に投入した普通シラスに対する質量百分率は 6 0 . 8 % であった。

【 0 2 1 2 】

50

火山ガラス材微粉 F の一段目に投入した普通シラスに対する質量百分率は 2.0%であった。これは、混和材または混合セメント原料の収率が 2.0%であったことを意味する。

【0213】

(実施例 13)

図 12 に示した実施形態 7 の装置及び方法を用い、原料の火山噴出物堆積鉱物である普通シラスとしては、鹿児島県鹿屋市串良町に産出する串良シラスを室内乾燥させたもの(含水率 1.6%)を目の開き 5 mm のふるい 4 で選別したものをを用いた。

【0214】

この普通シラスを一段目の比重差選別装置 21D により重比重分と、軽比重分と、集塵分と、多孔板落下分とを選別した。作業条件は、普通シラスの供給速度が 103 kg/h、多孔板の孔径 1 mm (一辺 1 mm の角の丸いルーローの三角形)、振動装置による振動の振幅が ± 5 mm で、振動させる偏心クランクの回転速度が 304 rpm、送風ファンの流量を 16 m<sup>3</sup>/min、多孔板の傾きを 12.6° とした。また多孔板 21a の上面は断面が鋸刃状の凹凸を有し、その凹凸の高低差は 10 mm である。

ここで、排気ブロワの能力を高めて管路 7A の吸出風量を実施例 10 よりも多い 120 m<sup>3</sup>/min にして、サイクロン回収物の回収率向上を図った。

【0215】

比重差選別装置 21D の重比重分は、21c から排出され、回収された。重比重分の質量百分率は 0.4% であり、密度 2.69 g/cm<sup>3</sup> であった。21f から排出された多孔板落下分は、質量百分率は 11.1% であり、密度 2.64 g/cm<sup>3</sup> であった。この多孔板落下分は、JIS A5308 の「砂」で規定する密度 2.5 g/cm<sup>3</sup> 以上を満たすため、そのまま細骨材として使用できた。

【0216】

比重差選別装置 21D の軽比重分は、21d から排出された。軽比重分の質量百分率は 11.8% であった。

【0217】

比重差選別装置 21D の集塵分は、21e から排出された。集塵分は管路 7A を経てサイクロン分級機 22A により分級してから、オーバーフロー分を、管路 7I を経てバグフィルタ 16A に導いて微粉 F を回収した。サイクロン分級機 22A のアンダーフロー分であるサイクロン回収分の質量百分率は 73.8% であり、密度 2.32 g/cm<sup>3</sup> であった。

バグフィルタ 16A に回収された微粉 F の質量回収率は、2.9% であり、密度 2.38 g/cm<sup>3</sup> あった。

なお、比重分離のサンプリングを行う前に、同じシラス原料と同じ比重分離条件で平衡状態に達するまで予備運転させてから、測定用のシラス原料供給を開始した。これは、実施例 10 で述べた同じ理由による。

【0218】

サイクロン分級機 22A のアンダーフロー分であるサイクロン回収分には、0.3 mm 以上の軽石分などが含まれており、このサイクロン回収分を、ベルトフィーダ 5 を経て二段目の比重差選別装置 21E に供給し、この二段目の比重差選別装置 21E により重比重分と、多孔板落下分と、軽比重分と、集塵分(サイクロン回収分、バグフィルタ回収分)とに選別した。作業条件は、原料(サイクロン回収分)の供給速度が 21.8 kg/h、多孔板の孔径が 105 μm (150 メッシュ)の金属ワイヤー製の織網、振動装置による振動の振幅が ± 5 mm、振動させる偏心クランクの回転速度が 303 rpm、送風ファンの流量を 39 m<sup>3</sup>/min、多孔板の傾きを 10.8° とした。

【0219】

比重差選別装置 21E の重比重分は、21c から排出され、一段目の比重差選別装置 21D より選別された重比重分 D に加えた。この重比重分の質量百分率は 5.1% であった。比重差選別装置 21E の軽比重分は、21d から排出された。軽比重分の質量百分率は

31.3%であった。

比重差選別装置21Eの集塵分は、21eから排出された。集塵分は管路7Bを経てサイクロン分級機22Bにより分級してから、オーバーフロー分を、管路7Dを経てバグフィルタ16Bに導いて微粉Fを回収した。サイクロン分級機22Bのアンダーフロー分として分離されたサイクロン回収分は、60.2%、密度2.35 g/cm<sup>3</sup>であった。微粉Fの質量百分率は3.4%であった。

二段目の比重差選別装置21Eの多孔板21aから落下した多孔板落下分は、ごく僅か回収され0.05%未満であった。

【0220】

二段目のサイクロン分級機22Bで回収された火山ガラス材細粒E2の一段目に投入した普通シラスに対する質量百分率は44.4%であった。これは、シラスバルーン原料または混和材原料の収率が44.4%であったことを意味する。 10

【0221】

火山ガラス材微粉Fの一段目に投入した普通シラスに対する質量百分率は2.9%であった。これは、混和材または混合セメント原料の収率が2.9%であったことを意味する。

。

実施例10～13の原料供給量及び分離結果については、表4に示す。

【0222】

【表 4】

	比重差選別装置	シラス原料 含水率 (%)	原料供給量 (kg/h)	重比重分	多孔板落下分	軽比重分	集塵分	
							サイクロン回収分	バグフィルタ回収分
実施例10	1段目 21D 5分割	5.7	93.4	11.9%	20.9%	19.2%	46.2%	1.8%
				D=32.8%		E1=19.2%	E2=46.2%	F=1.8%
実施例11	1段目 21D 5分割	5.7	96.9	17.8%	26.2%	8.6%	45.5%	1.9%
	2段目 21E 5分割 (1段目の多孔板落下分を2段目投入)	0.7	23.9	44.6%	0.1%	52.6%	1.9%	0.8%
	全回収率			D=29.5%		E1=22.4%	E2=46.0%	F=2.1%
実施例12	1段目 21D 5分割	5.5	98.3	0.8%	7.9%	28.9%	60.5%	1.9%
	2段目 21E 5分割 (1段目の軽比重分を2段目投入)	3.3	96.7	44.2%	8.5%	45.7%	1.2%	0.4%
	全回収率			D=24.0%		E1=13.2%	E2=60.8%	F=2.0%
実施例13	1段目 21D 5分割	1.6	103.1	0.4%	11.1%	11.8%	73.8%	2.9%
	2段目 21E 5分割 (1段目のサイクロン回収分を2段目投入)	0.2	21.8	5.1%	0.0%	31.3%	60.2%	3.4%
	全回収率			D=15.3%		E1=34.9%	E2=44.4%	F=5.4%

【 0 2 2 3 】

( 実施例 1 4 ~ 1 6 )

実施例 1 0 で得られた微粉 F 3 と、実施例 1 0 で得られた火山ガラス材細粒 E 2 を更に 50

粉碎して得られた粉碎微粉 F 4 と、実施例 3 で得られた微粉 F を更に粉碎して得られた粉碎微粉 F 5 とを、それぞれ普通ポルトランドセメントに混合した混合セメントの強度を測定した。

微粉 F 3 は、平均粒径 0.0041 mm であった。粉碎微粉 F 4 は、微粉 F 3 を I H I 製の I S - 1 5 0 型のローラミルにより 5 kg / h で供給して粉碎したものであり、平均粒径 0.0051 mm であった。粉碎微粉 F 5 は、実施例 3 で得られた微粉 F を日本ニューマチック製の D S F - 2 型の J E T ミルに 5 kg / h で供給して粉碎したものであり、平均粒径 0.0011 mm であった。

【 0 2 2 4 】

比較例 2 として、宇部三菱セメント製の普通ポルトランドセメントと標準砂と水との重量比が 1 : 1.4 : 0.6 のセメント材 60 g を用意した。実施例 1 4 ~ 1 6 として、混合セメントの原料として上記の微粉 F 3 又は粉碎微粉 F 4 又は粉碎微粉 F 5 を用いたもの (各試料 60 g) を用意した。

【 0 2 2 5 】

比較例 2 及び実施例 1 4 ~ 1 6 は、原料をペーストミキサーにて混合した。ペーストミキサーはジャパンユニックス社製の U M 1 0 2 であった。混合条件は直径 8 mm のアルミナボールを混合媒体として投入して回転速度 2 0 0 0 r p m で 3 0 秒間混練した。

混合後、生モルタルの各試料を非接触赤外線温度計で温度測定した。その後、油を薄く塗布した 2 c m 角のプラスチック型の 3 個にそれぞれ流し込んで成形した。

成形後、飽和水蒸気デシケータにて半日放置し、湿布を被せてから更に 1 日放置後、プラスチック型から脱型して、水中にて 4 週間経過させた後、端面仕上加工して圧縮試験用試料を作製し、圧縮試験を行った。その結果を表 5 に示す。

【 0 2 2 6 】

【表 5】

	混合セメント中の 混和材比率	モルタル配合 (g)						圧縮強度 (MPa) 3個平均値
		標準砂	水	普通ポルト ランドセメン ト	混合セメント			
					微粉 F3	粉碎微粉 F4	粉碎微粉 F5	
比較例2	0%	28.0	12.0	20.0	0.0	0.0	0.0	56.5
実施例14	10%	28.0	12.0	18.0	2.0	0.0	0.0	55.0
実施例15	10%	28.0	12.0	18.0	0.0	2.0	0.0	56.2
実施例16	10%	28.0	12.0	18.0	0.0	0.0	2.0	59.8

\* : 混合セメント中の混和材比率 (%) = (微粉 F3 + 粉碎微粉 F4 + 粉碎微粉 F5) / 混合セメント × 100

【 0 2 2 7 】

表 5 の普通ポルトランドセメントの 1 0 % を微粉 F 3 又は粉碎微粉 F 4 又は粉碎微粉 F 5 で置換した圧縮強度を比較すると、実施例 1 4 では比較例 2 に比べて普通ポルトランドセメントが 1 0 % 少ないにも係わらず 1.5 M P a の強度低下に収まっており、実施例 1 5 では 0.3 M P a とごく僅かな低下で、実施例 1 6 では 3.3 M P a も上回る結果となった。

【 0 2 2 8 】

これらの混和材の普通ポルトランドセメントに対する圧縮強度発現率を比較した。実施例 1 4 から実施例 1 6 は、比較例 2 に比べて普通ポルトランドセメント配合比が 9 0 % であるので、普通ポルトランドセメント 9 0 % の圧縮強度として、56.5 M P a の 9 0 % に相当する 50.85 M P a を基底値とする。また、普通ポルトランドセメント 1 0 % 当たり圧縮強度発現効果は、56.5 M P a の 1 0 % である 5.65 M P a とする。

実施例 1 4 から実施例 1 6 の圧縮強度から基底値 50.85 M P a を差し引いた値を、5.65 M P a で除して百分率とした値を、普通ポルトランドセメントに対する混和材の圧縮強度発現率とする。

【 0 2 2 9 】

10

20

40

50

その結果、圧縮強度発現率は、微粉F3が73.5%、粉碎微粉F4が94.7%、粉碎微粉F5が158.4%となる。本発明の高純度の火山ガラス材は、混合セメントの原料となる混和材として、粉碎することによって、強度発現率が高くなり、平均粒径0.001mm程度にまで粉碎すると普通ポルトランドセメントを大きく上回る強度発現率を示した。

また、本発明のこれらの混和材は、普通ポルトランドセメントと異なり自硬性は無いので、ポゾラン効果を発現したものと考えられ、4週強度の向上に寄与するだけでなく、長期強度発現や耐水性、塩害抵抗性、耐酸性などの優れた効果が期待できる。

#### 【0230】

(実施例17)

実施例10で得られた火山ガラス材細粒E2は、平均粒径0.0789mm、かさ比重1.13であった。この火山ガラス材細粒E2を、県工業技術センターで開発した炉内径130mmの媒体流動層炉において、ムライト粒子を熱媒体として、原料供給量20kg/hにて1050で焼成した。炉に直結したサイクロン分級機により分離回収した結果、平均粒径0.0985mm、かさ比重0.34の焼成発泡体を得られた。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0231】

重比重分は、密度が $2.5\text{ g/cm}^3$ 以上であり、粒度分布もJIS A5308の「砂」の規定に準ずる分布であるので、コンクリート用細骨材として利用できる。

ふるい上は、粒径0.3mm以上の主に軽石よりなり、天然軽量骨材として利用できる。この粒径0.3mm以上の主に軽石からなる火山ガラス材は、粉碎すれば、ポゾラン効果を有する混和材やポゾラン効果を有する混合セメントの原料として利用できる。

ふるい下は、粒径0.3mm未満、0.05mm以上の主に火山ガラスよりなり、パーライト原料又はシラスパルーン原料として利用できる。粉碎すれば、ポゾラン効果を有する混和材やポゾラン効果を有する混合セメント原料として利用できる。微粉は、粒径0.05mm未満の主に火山ガラスよりなり、混和材又は粉碎することで、より優れたポゾラン効果を有する混和材になり、また粉碎したものをポルトランドセメントと混合した混合セメントの原料として利用できる。

#### 【0232】

本発明の特徴は、微粒子と粗粒子とが混在する比重分離が困難な未乾燥あるいは乾燥した原料を低コストで比重選別できることにあり、普通シラスのような火砕流堆積物や鹿沼土、鹿屋土のような降下軽石、加久藤シラス、吉田シラスのような火山噴出物の天然淘汰物などの世界中に大量に且つ広く分布している火山噴出物堆積物の他、碎石、砂、土壌はもちろん真珠岩、黒曜岩、松脂岩、石灰岩などの天然物及び人工物の破砕物や凝集物及び建築廃材やコンクリート廃材などの産業廃棄物の乾式比重分離が可能となっている。

また、パーライトやシラスパルーンやパーミキュライトなどの人工の焼成発泡体に含まれる未発泡の火山ガラスまたはひる石などの重比重の原料又はセラミックスなどの熱媒体や錆などの異物を分離して、軽比重で高付加価値の焼成発泡体を精製することが可能となっている。

#### 【符号の説明】

#### 【0233】

3、5、8、9 ベルトフィーダ

6 ベルトコンベア

4、19、23 ふるい

7A～7C、7D、7I 管路

10 気流分級装置

11A～11E サイクロン解砕機

12～15、22、31、32 サイクロン分級機

12a、15a 開口

12b、15b 開閉弁

10

20

30

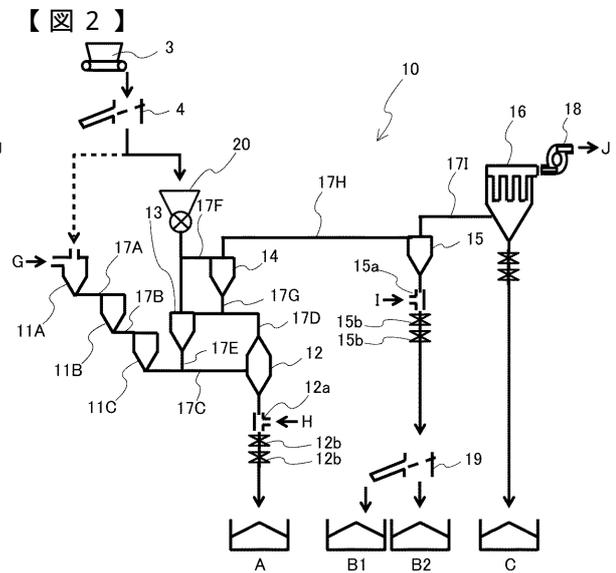
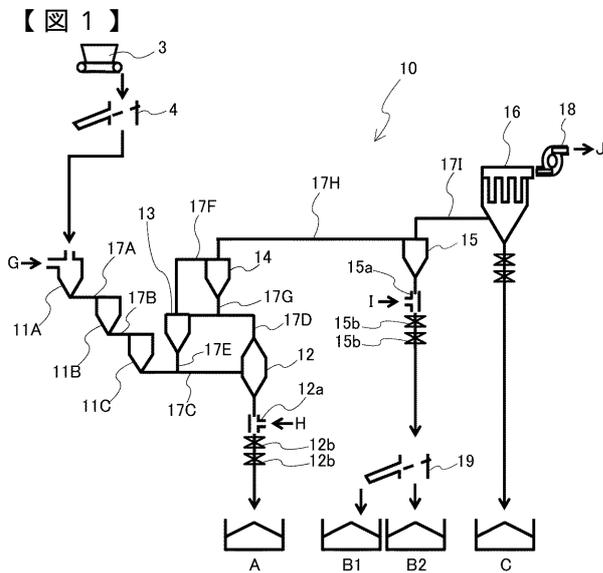
40

50

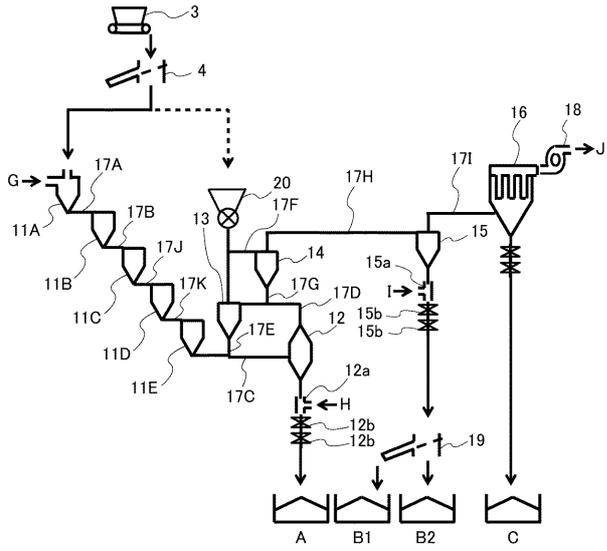
- 16、16A、16B バグフィルタ
- 17A～17O 管路
- 18 排気ブロワ
- 20 ロータリーフィーダ
- 21、21A、21B、21D、21E 比重差選別装置
- 21a 多孔板
- 21b 送風ファン
- 21c、21d、21f、21e 排出口
- 21g 振動装置
- 21h 風胴
- 22、22A、22B サイクロン分級機
- A 粗粒
- B1 細粒のふるい上(軽石)
- B2 細粒のふるい下(火山ガラス)
- C 微粉
- D 重比重分
- E1 ふりい上の軽比重分または軽比重分
- E2 ふりい下の軽比重分及び/又はサイクロン回収分
- F 微粉
- G、H、I 吸気
- J 排気

10

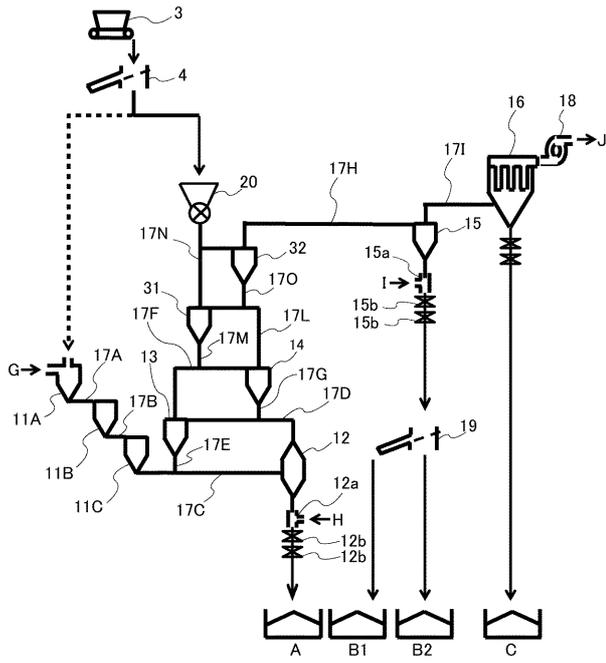
20



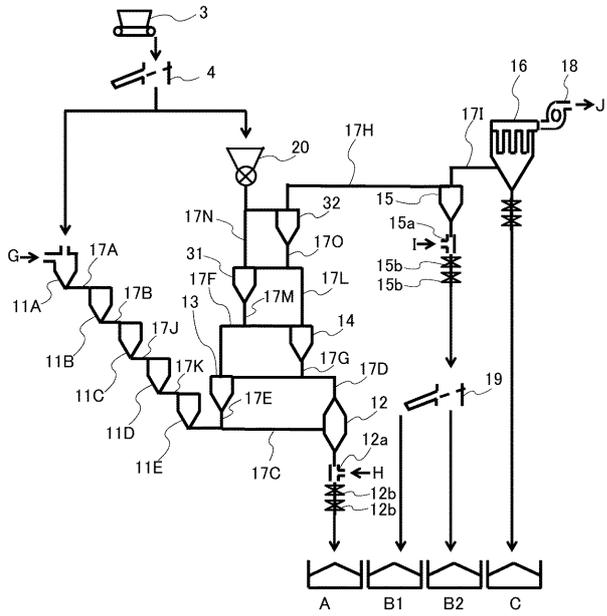
【図3】



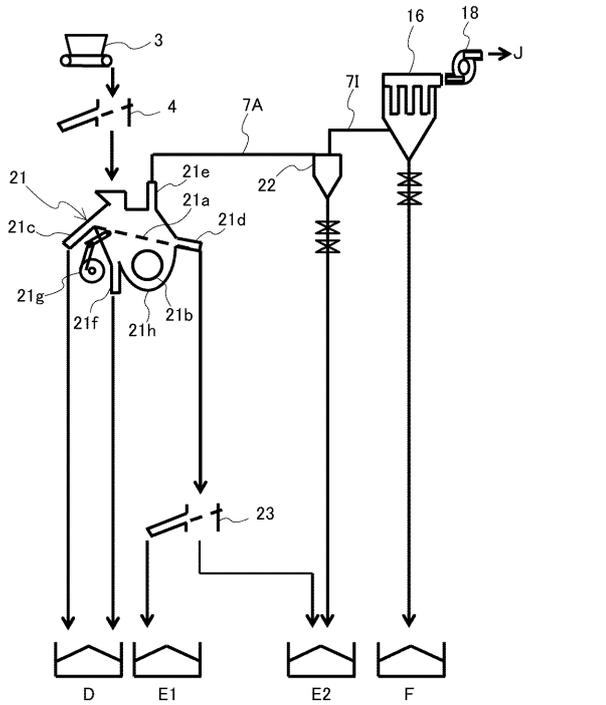
【図4】



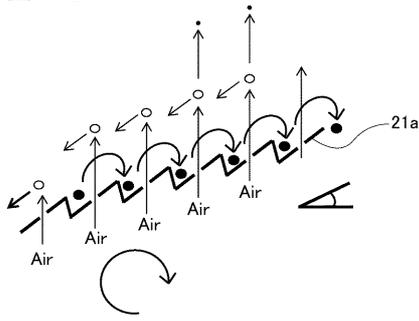
【図5】



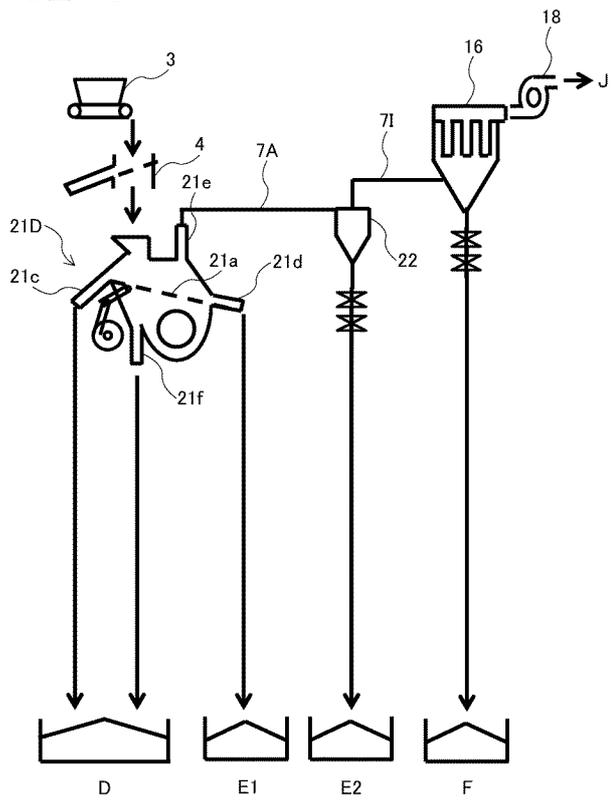
【図6】



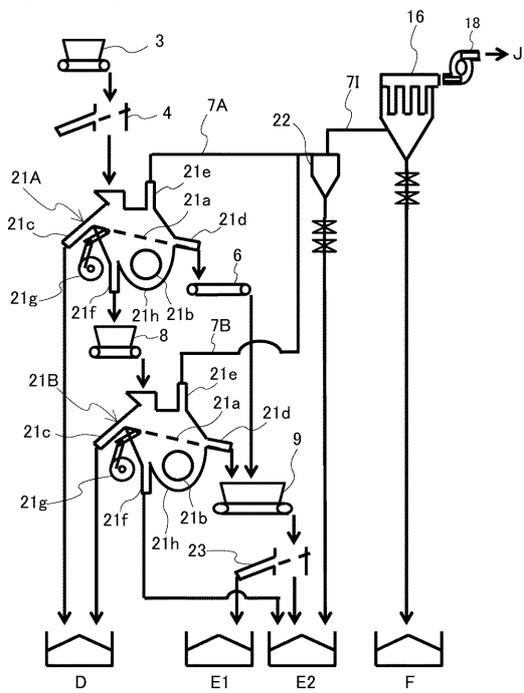
【 図 7 】



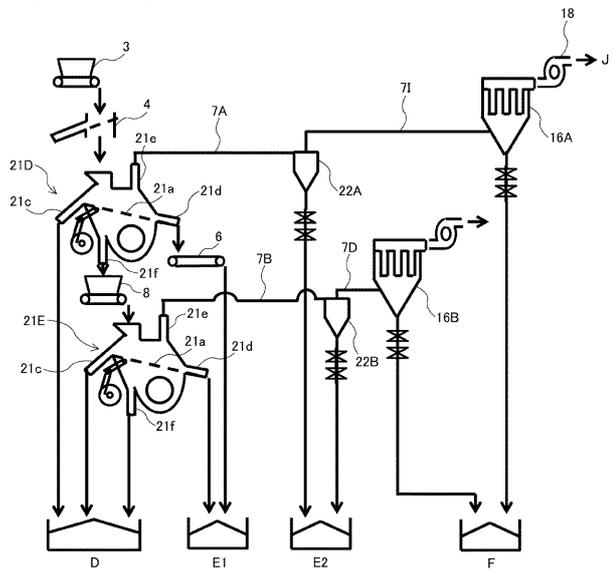
【 図 8 】



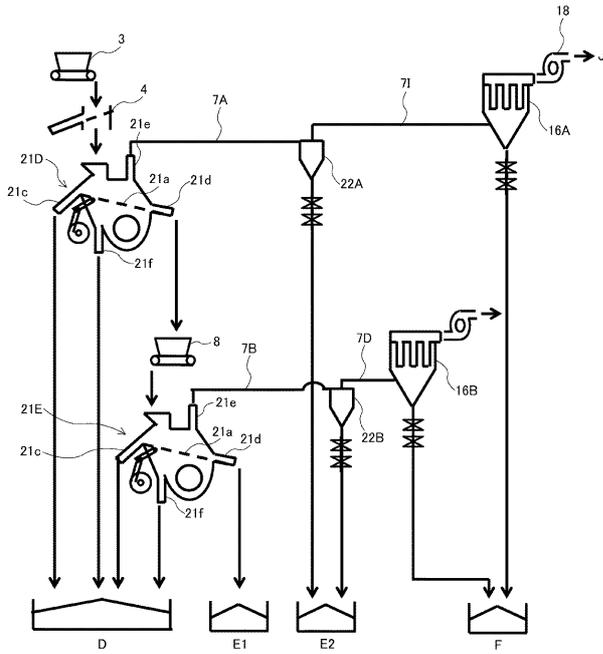
【 図 9 】



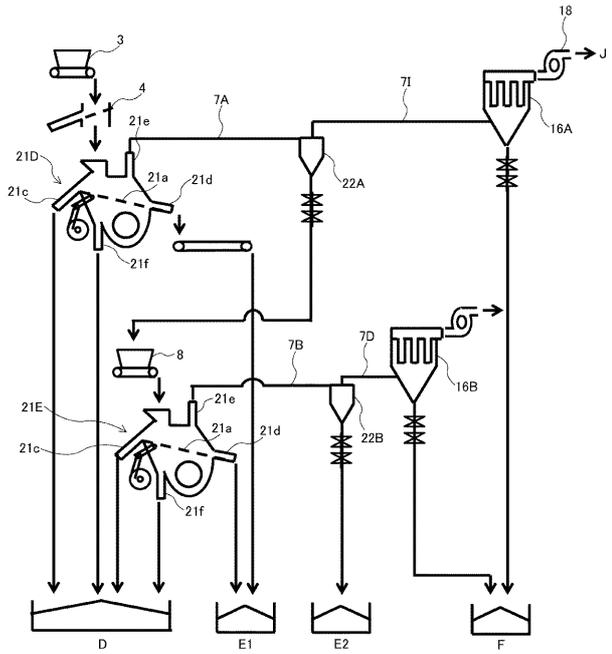
【 図 10 】



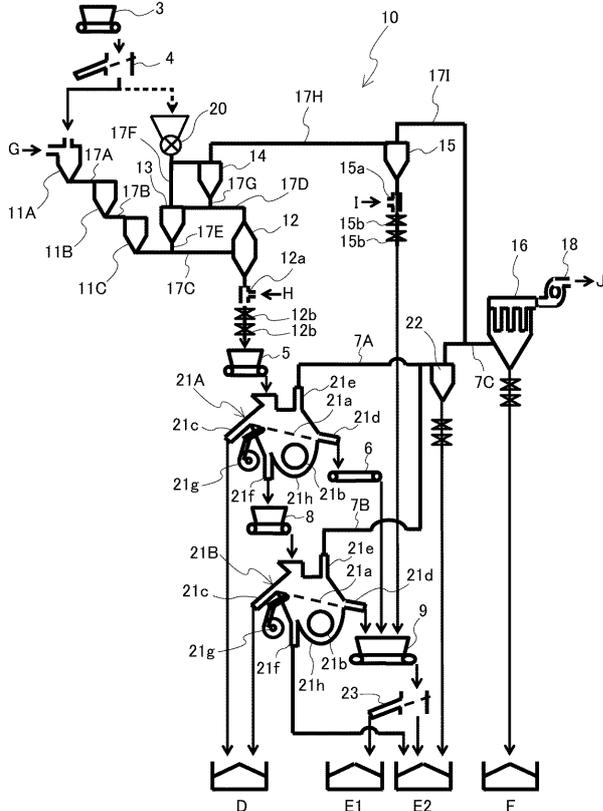
【図11】



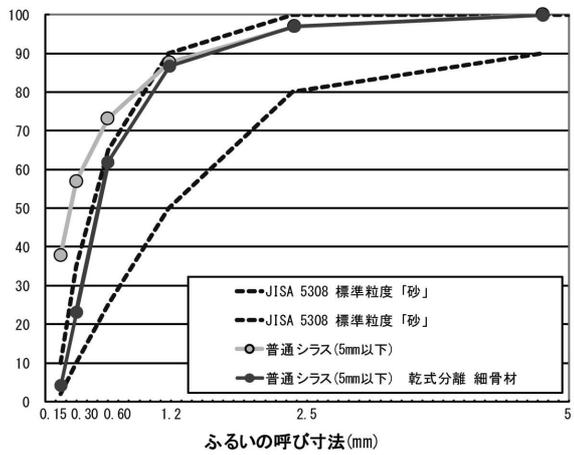
【図12】



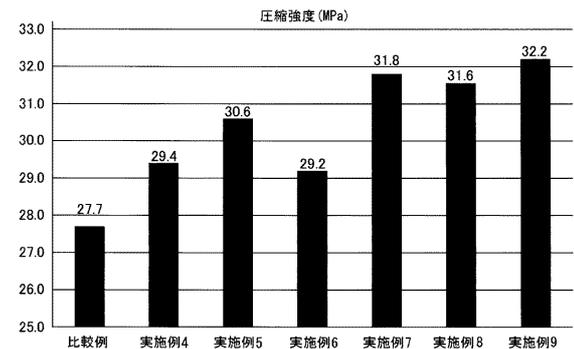
【図13】



【図14】



【図15】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 0 4 B 14/16 (2006.01) C 0 4 B 14/16  
C 0 4 B 14/18 (2006.01) C 0 4 B 14/18  
C 0 4 B 28/22 (2006.01) C 0 4 B 28/22

(72)発明者 袖山 研一  
鹿児島県霧島市隼人町小田1445番地1 鹿児島県工業技術センター内  
(72)発明者 吉村 幸雄  
鹿児島県霧島市隼人町小田1445番地1 鹿児島県工業技術センター内  
(72)発明者 東 和朗  
鹿児島県鹿児島市鴨池1丁目17番8号 株式会社プリンシプル内

審査官 西垣 歩美

(56)参考文献 特開2010-269951(JP,A)  
特表2005-531484(JP,A)  
特開2006-290714(JP,A)  
特開2005-132661(JP,A)  
特開平11-062053(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 2 8 B 1 / 0 0 - 1 5 / 0 0  
B 0 4 C 1 / 0 0 - 1 1 / 0 0  
B 0 3 B 1 / 0 0 - 1 3 / 0 6  
C 0 4 B 2 / 0 0 - 3 2 / 0 2  
C 0 4 B 4 0 / 0 0 - 4 0 / 0 6  
B 0 7 B 4 / 0 8  
C 0 1 B 3 3 / 2 6  
C 0 1 G 4 9 / 0 0