

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7541294号
(P7541294)

(45)発行日 令和6年8月28日(2024. 8. 28)

(24)登録日 令和6年8月20日(2024. 8. 20)

(51)Int. Cl.	F I	
C 0 4 B 14/14 (2006. 01)	C 0 4 B 14/14	
C 0 4 B 14/02 (2006. 01)	C 0 4 B 14/02	C
B 0 2 C 15/04 (2006. 01)	B 0 2 C 15/04	
B 0 7 B 4/08 (2006. 01)	B 0 7 B 4/08	Z
B 0 3 B 4/02 (2006. 01)	B 0 3 B 4/02	

請求項の数 7 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2023-39976(P2023-39976)	(73)特許権者	508120167 株式会社プリンシプル 鹿児島県鹿児島市鴨池1丁目17番8号
(22)出願日	令和5年3月14日(2023. 3. 14)	(73)特許権者	591155242 鹿児島県 鹿児島県鹿児島市鴨池新町10番1号
(62)分割の表示	特願2019-87874(P2019-87874) の分割	(74)代理人	100096714 弁理士 本多 一郎
原出願日	令和1年5月7日(2019. 5. 7)	(74)代理人	100124121 弁理士 杉本 由美子
(65)公開番号	特開2023-88941(P2023-88941A)	(74)代理人	100176566 弁理士 渡未 巧
(43)公開日	令和5年6月27日(2023. 6. 27)	(74)代理人	100180253 弁理士 大田黒 隆
審査請求日	令和5年4月10日(2023. 4. 10)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】火山ガラス微粉末の製造方法及び製造装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

火山ガラス材をローラミルで平均粒径3.0~6.5µmに粉碎した後、ジェットミルで粉碎することなく遠心力場分級機で平均粒径1.0~2.5µmの微粉と、平均粒径2.5µm超~8.0µmの粗粉とに分級し、前記平均粒径1.0~2.5µmの微粉を回収することを特徴とする火山ガラス微粉末の製造方法。

【請求項2】

火山ガラス材をローラミルで平均粒径3.0~6.5µmに粉碎した後、ジェットミルで粉碎することなく遠心力場分級機で平均粒径2.5µm超~3.5µmの微粉と、平均粒径3.5µm超~8.0µmの粗粉とに分級し、前記平均粒径2.5µm超~3.5µmの微粉を回収することを特徴とする火山ガラス微粉末の製造方法。

【請求項3】

火山ガラス材をローラミルで平均粒径3.0~6.5µmに粉碎した後、ジェットミルで粉碎することなく遠心力場分級機で平均粒径3.5µm以下の微粉と、平均粒径3.5µm超~8.0µmの粗粉とに分級し、前記平均粒径3.5µm超~8.0µmの粗粉を回収することを特徴とする火山ガラス微粉末の製造方法。

【請求項4】

前記火山ガラス材が、火山噴出物堆積鉱物から乾式分離装置により結晶質及び粘土質を分離して得られたものである請求項1~3のいずれか一項に記載の火山ガラス微粉末の製造方法。

【請求項 5】

火山ガラス材を粉砕するローラミルと、該ローラミルにより粉砕されたガラス材をジェットミルで粉砕することなく微粉と粗粉とに分級する遠心力場分級機とを備えることを特徴とする火山ガラス微粉末の製造装置。

【請求項 6】

火山噴出物堆積鉱物から結晶質及び粘土質を分離して火山ガラス材を得る乾式分離装置を更に備える請求項 5 記載の火山ガラス微粉末の製造装置。

【請求項 7】

前記遠心力場分級機が、サイクロン分級機又は気流分級機である請求項 5 又は 6 記載の火山ガラス微粉末の製造装置。

10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、新規な火山ガラス微粉末、その製造方法及び製造装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

高性能のコンクリート用混和材の一つにシリカフェームがある。シリカフェームは、金属シリコン又はフェロシリコンをアーク式電気炉で生産するとき発生する排ガス中のダストを集塵して得られる超微細粒子である。シリカフェームは、コンクリートの高強度化、耐久性の向上、加工性の改善などに顕著な効果が認められる。しかし、シリカフェームは我が国ではほとんど生産しておらず、全量を輸入に頼っており、高価であることのほかに自給できないことで緊急（貿易戦争）時に資源防衛上の問題があること及び産業副産物といえども生産時に大量の電力消費を伴うこと、海外からの船舶輸送時に多量の二酸化炭素排出を伴うことが、混和材としての使用の課題と制約となる。このことに、シリカフェームの代替となり得る材料の国産化、低コスト化の要請がある。

20

【0003】

コンクリート用混和材に関し、本発明者らは、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、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代替、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、それぞれ回収する技術を開発した（特許文献 1）。当該微粉は、火山ガラス質の材料であるから、混和材に用いることができる。また、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、特許文献 1 の技術により、大量かつ安価に混和材を得ることができ、しかも従来は用途が少なかった普通シラスの有効活用を図ることができる。

30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】 特許第 6 4 5 8 2 6 7 号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】**【0005】**

火山噴出物由来の火山ガラス材からシリカフェームと同等の高性能の混和材が得られるならば高性能の混和材を大量かつ安価に得ることができるので産業上の利用価値は極めて高い。またシリカフェームと同等でなくても、セメント級やフライアッシュ級の混和材が火山ガラス材から得られるならば、用途が少なかった火山噴出物堆積鉱物を有効活用することができ、しかも混和材を大量かつ安価に得ることができるので産業上の利用価値は極めて高い。

【0006】

そこで、本発明は、火山噴出物由来の火山ガラス材から得られ、シリカフェームと同等

50

の高性能の混和材、セメント級やフライアッシュ級の混和材に用いることができる火山ガラス微粉末を、その製造方法及び製造装置と共に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】

【0007】

本発明者は、先の研究（特許文献1）から、より高性能のシリカフェーム級混和材を得るための更なる研究を進めた結果、火山ガラス質の粉末をローラミルで粉砕した後、微粉と粗粉とに分級して得られた当該微粉は、反応性の高い粉末であり、この反応性の高い粉末をコンクリート用混和材として用いるとシリカフェームと同等以上の優れた性能を有することを見出した。また、上記粗粉はフライアッシュ級の混和材の性能を有すること、さらに、上記微粉は、原料や分級条件によってはシリカフェーム級の性能が得られない場合もあり得るが、その場合でも少なくともセメント級の混和材の性能を有することを見出した。本発明は、上記知見に基づくものである。

10

【0008】

本発明のシリカフェーム級の火山ガラス微粉末は、コンクリート用混和材に用いられる火山噴出物由来の微粉末であって、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有し、比表面積が $8 \text{ m}^2 / \text{g}$ （BET法）以上であることを特徴とする。

また、本発明のシリカフェーム級の火山ガラス微粉末は、コンクリート用混和材に用いられる火山噴出物由来の微粉末であって、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有し、JIS A 6207のモルタルによる活性度指数が28日で105%以上であることを特徴とする。

20

上記した本発明のシリカフェーム級の火山ガラス微粉末は、平均粒径が $1.0 \sim 2.5 \mu\text{m}$ であるものとすることができる。

【0009】

また、本発明のセメント級の火山ガラス微粉末は、コンクリート用混和材に用いられる火山噴出物由来の微粉末であって、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有し、比表面積が $4 \text{ m}^2 / \text{g} \sim 8 \text{ m}^2 / \text{g}$ 未満（BET法）であることを特徴とする。

また、本発明のセメント級の火山ガラス微粉末は、コンクリート用混和材に用いられる火山噴出物由来の微粉末であって、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有し、JIS A 6207のモルタルによる活性度指数が28日で100%以上であることを特徴とする。

30

上記した本発明のセメント級の火山ガラス微粉末は、平均粒径が $2.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 3.5 \mu\text{m}$ であるものとすることができる。

【0010】

また、本発明のフライアッシュ級の火山ガラス微粉末は、コンクリート用混和材に用いられる火山噴出物由来の微粉末であって、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有し、比表面積が $1 \text{ m}^2 / \text{g} \sim 4 \text{ m}^2 / \text{g}$ 未満（BET法）であることを特徴とする。

また、本発明のフライアッシュ級の火山ガラス微粉末は、コンクリート用混和材に用いられる火山噴出物由来の微粉末であって、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有し、JIS A 6207のモルタルによる活性度指数が28日で90%以上であることを特徴とする。

40

上記した本発明のフライアッシュ級の火山ガラス微粉末は平均粒径が $3.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 8.0 \mu\text{m}$ であるものとすることができる。

【0011】

上記した本発明の火山ガラス微粉末は、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有するものである。また、火山ガラス微粉末は、火山ガラス材の粉碎粉であるものとすることができ、また、火山ガラス含有率が80～100質量%であるものとすることができ、さらに、 SiO_2 を67～75質量%、 Al_2O_3 を11～17質量%含む組成のものとするすることができる。

50

【0012】

本発明の火山ガラス微粉末の製造方法は、火山ガラス材をローラミルで平均粒径 $3.0 \sim 6.5 \mu\text{m}$ に粉碎した後、遠心力場分級機で平均粒径 $1.0 \sim 2.5 \mu\text{m}$ の微粉と、平均粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 8 \mu\text{m}$ の粗粉とに分級し、前記平均粒径 $1.0 \sim 2.5 \mu\text{m}$ の微粉を回収することを特徴とする。

また、本発明の火山ガラス微粉末の製造方法は、火山ガラス材をローラミルで平均粒径 $3.0 \sim 6.5 \mu\text{m}$ に粉碎して粉碎粉を得た後、遠心力場分級機で平均粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 3.5 \mu\text{m}$ の微粉と、平均粒径 $3.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 8.0 \mu\text{m}$ の粗粉とに分級し、前記平均粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 3.5 \mu\text{m}$ の微粉を回収することを特徴とする。

さらに、本発明の火山ガラス微粉末の製造方法は、火山ガラス材をローラミルで平均粒径 $3.0 \sim 6.5 \mu\text{m}$ に粉碎した後、遠心力場分級機で平均粒径 $3.5 \mu\text{m}$ 以下の微粉と、平均粒径 $3.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 8.0 \mu\text{m}$ の粗粉とに分級し、前記平均粒径 $3.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 8.0 \mu\text{m}$ の粗粉を回収することを特徴とする。

上記本発明の火山ガラス微粉末の製造方法は、上記火山ガラス材が、火山噴出物堆積鉱物から乾式分離装置により結晶質及び粘土質を分離して得られたものであるものとすることができる。

【0013】

本発明の火山ガラス微粉末の製造装置は、火山ガラス材を粉碎するローラミルと、該ローラミルにより粉碎されたガラス材を微粉と粗粉とに分級する遠心力場分級機とを備えることを特徴とする。

上記本発明の火山ガラス微粉末の製造装置は、火山噴出物堆積鉱物から結晶質及び粘土質を分離して火山ガラス材を得る乾式分離装置を更に備えることができ、また、上記遠心力場分級機が、サイクロン分級機又は気流分級機であるものとすることができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、火山噴出物由来の火山ガラス材から得られた火山ガラス微粉末であって、シリカフェームと同等の高性能の混和材やセメント級やフライアッシュ級の混和材に用いることができる火山ガラス微粉末を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】火山ガラス材をローラミルにより粉碎した粉末粒子の電子顕微鏡写真である。

【図2】火山ガラス材をローラミルにより粉碎した後、サイクロン分級機により分級した微粉RF及び粗粉RCの粒度分布を示すグラフである。

【図3】ローラミルにより破碎して得られた粉体をサイクロン分級機で分級した微粉の一例の電子顕微鏡写真である。

【図4】ローラミルにより破碎して得られた粉体をサイクロン分級機で分級した粗粉の一例の電子顕微鏡写真を示す。

【図5】乾式分離装置の一例の模式図である。

【図6】乾式分離装置の比重差選別装置の原理の説明図である。

【図7】火山ガラス微粉末の製造装置の一実施形態の模式図である。

【図8】火山ガラス微粉末の製造装置の別の実施形態の模式図である。

【図9】気流分級機の一例の模式図である。

【図10】気流分級機の別の例の模式図である。

【図11】火山ガラス材をローラミルにより粉碎した後、気流分級機により分級した微粉RAF及び粗粉RACの粒度分布の一例を示すグラフである。

【図12】火山ガラス微粉末の比表面積と平均粒径との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の火山ガラス微粉末、火山ガラス微粉末の製造方法、火山ガラス微粉末の製造装置の実施形態をより具体的に説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

[火山ガラス微粉末]

本発明の火山ガラス微粉末は、火山噴出物由来の火山ガラスを主成分とする粉体である。本発明の火山ガラス微粉末は、シラスなどの火山噴出物堆積鉱物や火山灰から結晶質や粘土質を分離した高純度の火山ガラス質のもの、又は黒曜石、真珠岩、松脂岩などの火山ガラス質の火山噴出物（本明細書では、これらを総称して「火山ガラス材」という。）を粉砕した後に分級したものである。乾式で粉砕することにより、粒子形状が角張っており粒子表面にハックルマークを有する反応性の高い粉末が得られ、この反応性の高さにより、コンクリート用混和材に用いたときの性能が高いと考えられる。

【 0 0 1 8 】

粉砕は、ローラミルで行う。ローラミルによる粉砕は、低コストで大量に製造することができ、しかも乾式の圧縮粉砕であるので反応性の高い粉末を得ることができるからである。ジェットミルによる粉砕は、製造コストに対して生産量が相対的に少ない。

【 0 0 1 9 】

ローラミルにより粉砕して得られた火山ガラス微粉末は、粒子が、鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有している。ハックルマークは、ガラスが強い衝撃で破砕された羽状または繊毛状の模様（痕跡）である。本発明の火山ガラス微粉末は、このような粒子形状が特徴の一つである。ハックルマークを有する粒子形状の火山ガラス微粉末は、角張った粒子径状と凹凸状の複雑な粒子表面により粒子の大きさのわりには大きな比表面積を有するため反応性が高く、ガラス質の粒子表面を有しており、産業副産物ではないので、吸着性の高い有機質等の不純物も含まれていないため高性能 A E 減水剤などの高価な化学混和剤の吸着量が、同等の活性度指数のシリカフュームやフライアッシュに比べて少ない。この点も本発明の火山ガラス微粉末の特徴の一つである。

【 0 0 2 0 】

図 1 に、火山ガラス材をローラミルにより粉砕した粉末粒子の電子顕微鏡写真を示す。図 1 の粉末は、分級前の粉末である。図 1 から粉末粒子が、鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有していることがわかる。

【 0 0 2 1 】

(シリカフューム級火山ガラス微粉末)

本発明のシリカフューム級火山ガラス微粉末は、コンクリート用混和材に用いられる火山噴出物由来の微粉末であって、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有し、比表面積が $8 \text{ m}^2 / \text{g}$ (B E T 法) 以上であるものである。又は、コンクリート用混和材に用いられる火山噴出物由来の微粉末であって、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有し、J I S A 6 2 0 7 のモルタルによる活性度指数が 2 8 日で 1 0 5 % 以上であるものである。

【 0 0 2 2 】

比表面積が $8 \text{ m}^2 / \text{g}$ (B E T 法) 以上であることにより、シリカフュームと同等又はそれ以上の性能を得ることができる。好ましくは $1 0 \text{ m}^2 / \text{g}$ 以上である。比表面積 $1 5 \text{ m}^2 / \text{g}$ 程度までは工業上で量産可能である。

【 0 0 2 3 】

J I S A 6 2 0 7 のモルタルによる活性度指数が 2 8 日で 1 0 5 % 以上であることは、シリカフュームと同等又はそれ以上の性能であることをコンクリート用混和材の直接的な指数として示している。モルタルによる活性度指数は、J I S A 6 2 0 7 の J I S A 6 2 0 7 の「附属書 C (規定) シリカフュームのモルタルによる活性度指数の試験方法」に準拠して計測することができる。

【 0 0 2 4 】

シリカフューム級火山ガラス微粉末は、火山ガラス材をローラミルにより粉砕した後に微粉と粗粉とに分級したときの当該微粉として得ることができる。分級して得られた微粉は、平均粒径がおよそ $1 . 0 \sim 2 . 5 \mu \text{m}$ である。平均粒径がおよそ $2 . 0 \mu \text{m}$ であるときの粒度分布は、粒径 $1 . 0 \mu \text{m}$ 以下が 1 5 . 0 体積 % 以上、 $3 . 0 \mu \text{m}$ 以上が 1 0 . 0

10

20

30

40

50

体積%以上であるような、比較的ブロードな粒度分布をしている。このような比較的ブロードな粒度分布は、ローラミルにより破碎して得られる粉体を遠心力場分級機を用いて分級して得た本発明の火山ガラス微粉末の特徴の一つであり、生コンクリートの流動性向上させる要因の一つでもあり、ジェットミルにより破碎された粉末が、比較的ナローな粒度分布を有していることとは区別することができる。

【0025】

図2に、火山ガラス材をローラミルにより粉碎した後、サイクロン分級機により分級した微粉RF及び粗粉RCの粒度分布の一例を示す。図2の微粉RFの平均粒径は $1.8\mu\text{m}$ 、粒径 $1.0\mu\text{m}$ 以下が 15.0 体積%以上、 $3.0\mu\text{m}$ 以上が 10.0 体積%以上である。

10

【0026】

図3に、ローラミルにより破碎して得られた粉体をサイクロン分級機で分級した微粉の一例の電子顕微鏡写真を示す。図3の微粉は平均粒径が $1.8\mu\text{m}$ の粉体に含まれる比較的大きな粒子を拡大したものであり、大きさの異なる粒子が折り重なっている様子が観察でき、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有している。

【0027】

(セメント級火山ガラス微粉末)

本発明のセメント級火山ガラス微粉末は、コンクリート用混和材に用いられる火山噴出物由来の微粉末であって、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有し、比表面積が $4\text{m}^2/\text{g} \sim 8\text{m}^2/\text{g}$ (BET法)未満であるものである。又は、コンクリート用混和材に用いられる火山噴出物由来の微粉末であって、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有し、JIS A6207のモルタルによる活性度指数が28日で 100% 以上であるものである。

20

【0028】

比表面積が $4\text{m}^2/\text{g} \sim 8\text{m}^2/\text{g}$ (BET法)未満であることにより、セメントと同等の性能を得ることができる。

【0029】

JIS A6207のモルタルによる活性度指数が28日で 100% 以上であることは、セメントと同等の性能であることをコンクリート用混和材の直接的な指数として示している。モルタルによる活性度指数は、JIS A6207の「附属書C(規定)シリカフュームのモルタルによる活性度指数の試験方法」に準拠して計測することができる。セメントと同等の性能として、活性度指数の上限は特に制約されないが、概ね28日で 105% 未満である。

30

【0030】

セメント級火山ガラス微粉末は、火山ガラス材をローラミルにより粉碎した後に微粉と粗粉とに分級したときの当該微粉として得ることができる。分級して得られた微粉は、平均粒径がおおよそ $2.5\mu\text{m}$ 超 $\sim 3.5\mu\text{m}$ である。平均粒径がおおよそ $2.6\mu\text{m}$ であるときの粒度分布は、粒径 $2.0\mu\text{m}$ 以下が 20.0 体積%以上、 $4.0\mu\text{m}$ 以上が 20.0 体積%以上であるような、比較的ブロードな粒度分布をしている。このような比較的ブロードな粒度分布は、ローラミルにより破碎して得られる本発明の火山ガラス微粉末の特徴の一つであり、生コンクリートの流動性向上させる要因の一つでもあり、ジェットミルにより破碎された粉末が、比較的ナローな粒度分布を有していることとは区別することができる。

40

【0031】

(フライアッシュ級火山ガラス微粉末)

本発明のフライアッシュ級火山ガラス微粉末は、コンクリート用混和材に用いられる火山噴出物由来の微粉末であって、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有し、比表面積が $1\text{m}^2/\text{g} \sim 4\text{m}^2/\text{g}$ 未満(BET法)であるものである。又は、コンクリート用混和材に用いられる火山噴出物由来の微粉末であって、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有し、JIS A6207

50

のモルタルによる活性度指数が28日で90%以上であるものである。このフライアッシュ級火山ガラス微粉末は、コンクリート用混和材としてフライアッシュ又は高炉スラグ微粉末と同等の性能を有している。

【0032】

比表面積が $1\text{ m}^2/\text{g} \sim 4\text{ m}^2/\text{g}$ 未満(BET法)であることにより、フライアッシュと同等の性能を得ることができる。

【0033】

JIS A6207のモルタルによる活性度指数が28日で90%以上であることは、フライアッシュと同等の性能であることをコンクリート用混和材の直接的な指数として示している。モルタルによる活性度指数は、JIS A6207のJIS A6207の「10 附属書C (規定)シリカフェームのモルタルによる活性度指数の試験方法」に準拠して計測することができる。フライアッシュと同等の性能として、特に制約されないが、概ね活性度指数の上限は28日で100%未満である。

フライアッシュ級火山ガラス微粉末は、火山ガラス材をローラミルにより粉碎した後に微粉と粗粉とに分級したときの当該粗粉として得ることができる。分級して得られた粗粉は、平均粒径がおよそ $3.5\text{ }\mu\text{m}$ 超 $\sim 8.0\text{ }\mu\text{m}$ である。平均粒径がおよそ $6.7\text{ }\mu\text{m}$ あるときの粒度分布は、粒径 $3.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下が20.0体積%以上、 $10.0\text{ }\mu\text{m}$ 以上が15.0体積%以上である、比較的ブロードな粒度分布をしている。このような比較的ブロードな粒度分布は、ローラミルにより破碎して得られる粉体を遠心力場分級機を用いて20 分級して得た本発明の火山ガラス微粉末の特徴の一つであり、ジェットミルにより破碎された粉末が、比較的ナロウな粒度分布を有していることとは区別することができる。

【0034】

先に示した図2の微粉RF及び粗粉RCの粒度分布の一例において、粗粉RCの平均粒径は $5.6\text{ }\mu\text{m}$ 、粒径 $3.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下が20.0体積%以上、 $10.0\text{ }\mu\text{m}$ 以上が15.0体積%以上である。

【0035】

図4に、ローラミルにより破碎して得られた粉体をサイクロン分級機で分級した粗粉の一例の電子顕微鏡写真を示す。図4の粗粉は平均粒径が $5.6\text{ }\mu\text{m}$ の粉体に含まれる比較的大きめの粒子を拡大したものであり、粉末粒子が鋭利な角を有する破片状であり、破面にハックルマークを有している。30

【0036】

上述したシリカフェーム級、セメント級、フライアッシュ級の火山ガラス微粉末は、いずれも火山ガラス含有率が80~100質量%である。火山ガラス以外の不純物は原料の火山噴出物堆積鉱物に由来する結晶質や粘土質などが挙げられる。火山ガラス微粉末の火山ガラス含有率は、火山噴出物堆積鉱物から火山ガラス材を乾式分離する工程における分離の精度や、自然の淘汰作用で火山ガラス含有率が高くなった高純度の火山ガラス質堆積物の純度や、ガラス質の火山噴出物の起源、堆積形態や純度などによって変動し得るが、80質量%以上であることがコンクリート用混和材として好ましい。

【0037】

上述したシリカフェーム級、セメント級、フライアッシュ級の火山ガラス微粉末は、40 いずれも、 SiO_2 を67~75質量%、 Al_2O_3 を11~17質量%含む組成である。火山ガラス微粉末は、天然の火山噴出物由来であるため組成は変動し得るが、概ね SiO_2 を67~75質量%、 Al_2O_3 を11~17質量%含んでいて、コンクリート用混和材としてシリカフェームとは明確に組成が異なる。

【0038】

[火山ガラス微粉末の製造方法]

上述したシリカフェーム級の火山ガラス微粉末は、一例では火山ガラス材をローラミルで平均粒径 $3.0 \sim 6.5\text{ }\mu\text{m}$ に粉碎した後、遠心力場分級機で平均粒径 $1.0 \sim 2.5\text{ }\mu\text{m}$ の微粉と、平均粒径 $2.5\text{ }\mu\text{m}$ 超 $\sim 8.0\text{ }\mu\text{m}$ の粗粉とに分級し、前記平均粒径 $1.0 \sim 2.5\text{ }\mu\text{m}$ の微粉を回収することで得ることができる。50

【0039】

上述したセメント級の火山ガラス微粉末は、一例では火山ガラス材をローラミルで平均粒径 $3.0 \sim 6.5 \mu\text{m}$ に粉碎した後、遠心力場分級機で平均粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 3.5 \mu\text{m}$ の微粉と、平均粒径 $3.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 8.0 \mu\text{m}$ の粗粉とに分級し、前記平均粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 3.5 \mu\text{m}$ の微粉を回収することで得ることができる。

【0040】

上述したフライアッシュ級の火山ガラス微粉末は、一例では火山ガラス材をローラミルで平均粒径 $3.0 \sim 6.5 \mu\text{m}$ に粉碎した後、遠心力場分級機で平均粒径 $3.5 \mu\text{m}$ 以下の微粉と、平均粒径 $3.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 8.0 \mu\text{m}$ の粗粉とに分級し、前記平均粒径 $3.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 8.0 \mu\text{m}$ の粗粉を回収することで得ることができる。

10

【0041】

フライアッシュ級の火山ガラス微粉末は、上述したシリカフェーム級の火山ガラス微粉末を製造する際に分級して回収された平均粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 8.0 \mu\text{m}$ の粗粉、及び上述したセメント級の火山ガラス微粉末を製造する際に分級して回収された平均粒径 $3.5 \mu\text{m}$ 超 $\sim 8.0 \mu\text{m}$ の粗粉のいずれも用いることができる。つまり、本発明の火山ガラス微粉末の製造方法によれば、1つの火山ガラス材から、粉碎とそれに続く分級により、シリカフェーム級の火山ガラス微粉末とフライアッシュ級の火山ガラス微粉末とを同時に製造することができ、又はセメント級の火山ガラス微粉末とフライアッシュ級の火山ガラス微粉末とを同時に製造することができる。したがって、原料の火山ガラス材を無駄に廃棄することなく、すべてコンクリート用混和材に用いることができる。

20

【0042】

粉碎及び分級を行う原料の火山ガラス材を得るために、シラスなどの火山噴出物堆積物から乾式分離装置により結晶質及び粘土質を分離する前処理を行うことができる。前処理としては、本発明者らが開発した特許文献1に記載された技術がある。かかる前処理を行うことで、シラスなどの火山噴出物堆積物からコンクリート用混和材として用いられる本発明の火山ガラス微粉末を得ることができる。

【0043】

図5に、前処理を行う乾式分離装置の一例を模式的に示す。

図5に示す乾式分離装置10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傾斜させた多孔板21aを振動装置21gにより振動させつつ下方から多孔板21aに向けて風胴21h内の送風ファン21b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21の原理を図6に示す模式図を用いて説明する。

30

【0044】

多孔板21aは、水平方向から所定の角度で傾斜している。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、おおよそ $3 \sim 10 \text{mm}$ である。また多孔板21aには所定形状の孔を多数有している。多孔板21aは、偏心クランクによる振動装置21g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 $\pm 3 \sim 7 \text{mm}$ 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21gにより多孔板21aを振動させつつ多孔板21aの孔に向けて風胴21h内の送風ファン21bにより送風可能になっている。多孔板21aの上面に比重の異なる複数の粒粉の混合物が供給されると、比重の重たい粒(図6中黒丸印で示す)は、多孔板21aの上面の鋸刃状の凹凸に引っ掛かりつつ、振動装置21gによる多孔板21aの振動により多孔板21aの上手に向かって移動する。比重の軽い粒は多孔板21aの孔を通じた気流により、流動化しながら浮き上がったような状態になる。浮き上がった比重の軽い粒のうち、比較的比重が重たい粒(図6中白丸印で示す)は多孔板21aの下手に向かって移動する。浮き上がった比重の軽い粒のうち、比較的比重が軽い粒(図6中点で示す)は気流に乗って比重差選別装置21外に搬送される。

40

【0045】

50

したがって、比重差選別装置 21 に、粒径 5 mm 以下の火山噴出物堆積鉱物の一例として普通シラスを供給して、多孔板 21 a を振動させつつ下方から多孔板 21 a に向けて送風することにより、多孔板 21 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 21 a に供給された普通シラスのうちの粒度が小さいもの（以下「集塵分」という。）は、送風により多孔板 21 a から浮上する。また、多孔板 21 a に供給された普通シラスの粒径 1 mm 以下の比較的比重が重い粒の一部は多孔板 21 a の孔を通して落下する。

【0046】

重比重分は主に粒度の大きな結晶質であり、軽比重分は主に粒度の大きな火山ガラス質の軽石であり、集塵分は、主に粒度の小さな火山ガラス質であり、多孔板からの落下分は主に粒度の小さな結晶質である。本発明の火山ガラス微粉末の原料である火山ガラス材は、集塵分を原料とし、更に集塵分から粒度が非常に細かい粘土質を、次に説明するサイクロン分級機 22 で分離して得られる。

10

【0047】

多孔板 21 a から浮上した集塵分を、比重差選別装置 21 の排出口 21 e に接続する管路 7 A 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。サイクロン分級機 22 による分級により、集塵分から粘土質の大部分を分離することができる。アンダーフロー分のサイクロン回収分 E2 を、本発明の火山ガラス微粉末の原料の火山ガラス材として用いる。普通シラスから乾式分離装置 10 を用いて分離した、アンダーフロー分のサイクロン回収分 E2 は、一例では平均粒径が $83.5 \mu\text{m}$ であり、以下の説明では「S80」ともいう。なお、サイクロン分級機 22 のオーバーフロー分の微粉は、管路 7 I を経てバグフィルタ 16 に導いて回収される。

20

【0048】

S80 のガラス含有率は、一例では 87.7% であった。S80 を X 線回析測定したところ、ガラス（非晶質）特有のハローピークを示した。S80 は、一例では SiO_2 含有率が 73.1 質量% であり、 Al_2O_3 含有率が 12.5 質量% であった。

【0049】

[火山ガラス微粉末の製造装置]

上述した火山ガラス微粉末の製造方法に適合する製造装置は、火山ガラス材を粉碎するローラミルと、該ローラミルにより粉碎された火山ガラス材を微粉と粗粉とに分級する遠心力場分級機とを備える。遠心力場分級機は、動力によって回転するロータを備える強制渦型の分級機と、上記ロータを備えない自由渦型の分級機とに大別できる。火山ガラス微粉末の製造装置としてどちらも用いることができる。自由渦型の分級機は、動力が不要な構造で相対的に分級コストが低いことから本発明の火山ガラス微粉末の製造装置に用いて好ましい。

30

【0050】

図 7 に、火山ガラス微粉末の製造装置の一実施形態の模式図を示す。

火山ガラス微粉末の製造装置は、ローラミル 30 と自由渦型のサイクロン分級機 40 とを備える。ローラミル 30 は、粉碎室 31 内に鋼鉄製のローラ 32 を複数備え、モータ 33 - 1 により駆動されて回転する鋼鉄製テーブルライナ 34 上で、ローラ 32 を回転可能に保持しつつ当該ローラ 32 を上下に移動可能な昇降装置 35 により当該ローラ 32 を押しつけながら、この鋼鉄製テーブルライナ 34 とローラ 32 との間にスクリーフィーダ 36 から火山ガラス材を投入して粉碎する。粉碎室内で噴き上った粉碎物は、モータ 33 - 2 で駆動される高速回転式のエアセパレータ 37 で微粒分が選別され、ブロウ 38 で吸引排気されるバグフィルタ 39 で回収される。粗粒分は、粉碎室 31 内で落下してローラ 32 の位置に戻され、繰り返し粉碎される。バグフィルタ 39 で回収された粉末は、平均粒径が $3.0 \sim 6.5 \mu\text{m}$ である。

40

【0051】

このバグフィルタ 39 から回収された粉末をサイクロン分級機 40 で分級する。そのた

50

めに回収された粉末を定量供給機 4 1 により気流中でサイクロン分級機 4 0 に送り、サイクロン分級機 4 0 で微粉と粗粉に分級する。粗粉はサイクロン分級機 4 0 の下方から二段式開閉弁 4 2 の開放により回収される。微粉は、バグフィルタ 4 3 に導かれ、ブロウ 4 4 により吸引されて排気されつつ微粉を捕集し、バグフィルタ 4 3 の下方の二段式開閉弁 4 5 の開放により回収される。サイクロン分級機 4 0 のサイズや運転条件により本発明の火山ガラス微粉末に適合した微粉及び粗粉のそれぞれの平均粒径等の粉体物性を調整することができる。図 5、図 7 に示した粉体排出用の二段式開閉弁は、連続排出可能なロータリーバルブでもよい。

【 0 0 5 2 】

図 8 に、火山ガラス微粉末の製造装置の別の実施形態の模式図を示す。先に図 7 に示した火山ガラス微粉末の製造装置は、ローラミル 3 0 とサイクロン分級機 4 0 とが連続的に接続されている構造であった。図 8 に示す火山ガラス微粉末の製造装置は、ローラミル 3 0 とサイクロン分級機 4 0 とが一体的な構造となっている。より具体的に説明すると、ローラミル 3 0 のエアセパレータ 3 7 と集塵機 3 9 との間の流路の途中にサイクロン分級機 4 0 が設けられていて、このサイクロン分級機 4 0 によって、集塵機 3 9 に回収される前の微粉分が微粉と粗粉に分級される。ローラミル 3 0 の運転条件やサイクロン分級機 4 0 のサイズや運転条件により本発明の火山ガラス微粉末に適合した微粉及び粗粉のそれぞれの平均粒径等の粉体物性を調整することができる。

10

【 0 0 5 3 】

図 7 及び図 8 に示した火山ガラス微粉末の製造装置のように、ローラミル 3 0 とサイクロン分級機 4 0 とが組み合わされた装置はこれまで見られなかった。本発明者らが本発明の火山ガラス微粉末を得るための創意工夫の結果、新たに創作された装置である。そして火山ガラス微粉末の製造装置により、シリカフェーム級の火山ガラス微粉末を得ることが可能になった。

20

【 0 0 5 4 】

図 7 に示した火山ガラス微粉末の製造装置においては、遠心力場分級機がサイクロン分級機 4 0 の例を示したが、自由渦型の気流分級機であってもよい。気流分級機の一例を図 9 に模式的に示す。図 9 の気流分級機 5 0 は、円筒状の分級ゾーン 5 1 を備え、この分級ゾーン 5 1 に向けて分級前の粉末 P、具体的にローラミルで粉碎された後の火山ガラス材を搬送する空気 A c が、一次空気 A 1 と共に、分級ゾーン 5 1 の上方において旋回気流 S を形成して当該粉末 P が分散され、分級ゾーン 5 1 においては二次空気 A 2 がガイドベーンによって導入されて高速旋回気流を形成して遠心力により周辺側の粗粉と、中心側の微粉とに分級される。粗粉は分級ゾーン 5 1 の下方から二段式開閉弁 5 2 の開放により回収される。微粉は、バグフィルタ 5 3 に導かれ、ブロウ 5 4 により吸引されて排気 A e を排出しつつ微粉を捕集し、バグフィルタ 5 3 の下方の二段式開閉弁 5 5 の開放により回収される。

30

【 0 0 5 5 】

火山ガラス微粉末の製造装置に用いることができる気流分級機の別の例を図 1 0 に示す。図 1 0 の気流分級機 6 0 は、円筒状の分級ゾーン 6 1 を備え、この分級ゾーン 6 1 に向けて分級前の粉末 P、具体的にローラミルで粉碎された後の火山ガラス材を搬送する空気 A c が、一次空気 A 1 と共に、分級ゾーン 6 1 の上方において旋回気流 S を形成して当該粉末 P を解砕させ、分級ゾーン 6 1 においては二次空気 A 2 がガイドベーンによって導入されて高速旋回気流を形成して遠心力により周辺側の、解砕が十分ではない凝集粉と、中心側の、解砕された粉末とに分級する。凝集粉は分級ゾーン 6 1 の下方から一次空気 A 1 により分級ゾーン 6 1 に導かれるように形成された循環経路を循環して順次に解砕が進行する。解砕された粉末は、サイクロン分級機 6 2 に導かれ、粗粉と微粉に分級される。微粉はバグフィルタ 6 3 に導かれ、ブロウ 6 4 により吸引されて排気 A e を排出しつつ微粉が捕集され、バグフィルタ 6 3 の下方の二段式開閉弁 6 5 の開放により回収される。粗粉はサイクロン分級機 6 2 の下方の二段式開閉弁 6 6 の開放により回収される。

40

【 0 0 5 6 】

50

図9に示した気流分級機50及び図10に示した気流分級機60の特徴は、単純な構造のサイクロン分級機40と異なり、二次空気A2をガイドベーンの間隙を大小に調整することにより、旋回気流Sの速度を加減速して調整することのほか、分級性能に寄与する分級ゾーン51、61内の円錐形の二重の傘状の間隙を段階的に調整できるなどの機構を駆使することにより、微粉と粗粉の粒度を自在にコントロールできることにある。

【0057】

図11に、火山ガラス材をローラミルにより粉碎した後、気流分級機により分級した微粉RAF及び粗粉RACの粒度分布の一例を示す。図11の微粉RAFの平均粒径は2.6 μm 、粒径2.0 μm 以下が20.0体積%以上、4.0 μm 以上が20.0体積%以上である。粗粉RACの平均粒径は5.0 μm 、粒径3.0 μm 以下が20.0体積%以上、10.0 μm 以上が15.0体積%以上である。

10

【0058】

本発明の火山ガラス微粉末の製造装置は、火山噴出物堆積鉱物から結晶質及び粘土質を分離して火山ガラス材を得る乾式分離装置を更に備えることができる。この乾式分離装置は、図5に示した乾式分離装置10を用いることができる。乾式分離装置10の具体的な構造は、先に図5を用いて詳述した。

【実施例】

【0059】

(実施例1)

火山ガラス材をローラミルで粉碎した。粉碎後の粉末を全粉碎粉Rという。この全粉碎粉Rを汎用サイクロン分級機で分級して微粉及び粗粉を得た。微粉をRGF、粗粉をRGCという。

20

火山ガラス微粉末RGFは、収率33%であり、比表面積は12.0 m^2/g (BET法)であった。またRGFの組成はSiO₂が73.7質量%であり、Al₂O₃が12.4質量%であった。平均粒径は1.8 μm であり、1.0 μm 以下が16.5体積%であり、3.0 μm 以上が21.0体積%であった。

火山ガラス微粉末RGCは、収率が67%であり、平均粒径5.6 μm 、比表面積は3.6 m^2/g (BET法)であった。RGCの組成はSiO₂が73.7質量%であり、Al₂O₃が12.4質量%であった。平均粒径は5.6 μm であり、3.0 μm 以下が28.0体積%であり、10.0 μm 以上が24.8体積%であった。

30

比較のためにシリカフュームSFを用意した。シリカフュームSFは、JIS規格品であり、活性度指数(7日)は97%、活性度指数(28日)は109%であった。

また、比較のためにフライアッシュFAを用意した。フライアッシュFAはJIS規格のII種品であり、JISA6201の活性度指数(28日)は82%、活性度指数(91日)は97%であった。

【0060】

RGFについてのモルタル試験を、JISA6207付属書Cコンクリート用シリカフュームのモルタルによる活性度指数の試験方法に準拠して行った。結合材はRGFとポルトランドセメントとし、水結合材比(W/B)を30%、RGFのセメント置換率を10%とした。

40

【0061】

基準モルタルは、練混ぜ時間を5分とし、モルタルフローは257.5mmであった。

これに対して、RGFを用いた例は、練混ぜ時間が5分のときにモルタルフローが240.0mmであり、活性度指数は7日で101.7%、28日で103.1%であった。また、練混ぜ時間が10分のときにモルタルフローが258.0mmであり、活性度指数は7日で101.9%、28日で111.1%であった。これにより、シリカフューム同等又はそれ以上の活性度指数を有していた。

【0062】

次に、コンクリート試験を行った。コンクリート試験の練混ぜには強制二軸練りミキサーを用い、水結合材比は、20%と50%の2条件とした。練混ぜ時間はそれぞれ注水後

50

210秒、240秒とした。混和材のセメント置換率は、R G Fは10パーセント、R G Cは25%とした。比較のためにシリカフェームSFを用いた例及びフライアッシュFAを用いた例も実施した。使用条件を表1に示し、調合条件と目標フレッシュ性状を表2に示す。化学混和剤量を調整し、フレッシュ試験をした後に圧縮強度試験体を作製した。標準養生材齢1週と4週とで圧縮強度試験を行った。

【0063】

【表1】

本 位 操	セメント	普通ポルトランドセメント	N
		低熱ポルトランドセメント	L
	混和材	火山ガラス微粉末4種、SF、FA	SCM
石灰砕砂	大分県津久見産、密度2.67g/cm ³	S1	
硬質砂岩砕砂	鹿児島県日置市産、密度2.62g/cm ³	S2	
石灰砕石	大分県津久見市産、密度2.70g/cm ³	G1	
硬質砂岩砕石	鹿児島県日置市産、密度2.64g/cm ³	G2	
高性能 AE減水剤	超高強度用、ポリカルボン酸系		SP1
	ポリカルボン酸系		SP2
AE剤	アルキルエーテル系		AF
シリカフェーム	JIS品、活性度指数97%(7d)、109%(28d)		SF
フライアッシュ	II種品、活性度指数82%(28d)、97%(91d)		FA

【0064】

【表2】

W/B (%)	ト セ メント	W (kg/m ³)	細骨材 重量比	使用 混和材	化学 混和剤	目標 Air (%)	目標 スランプ (cm)
20	L	160	S1=4 S2=6	RXF RF、SF	SP1	2.0 ±1.0	フロー 65±10
50	N	167	S1=2.5 S2=7.5	RXC RC、FA	SP2 AE	5.0 ±1.0	スランプ 18±2.5

表2中のRFは、R G Fを略したものであり、RCはR G Cを略したものである。

【0065】

水結合材比20%の場合、圧縮強度は、R G Fを用いた例が1週で68N/mm²、4週で120N/mm²であった。これに対してSFを用いた例が1週で63N/mm²、4週で118N/mm²であった。これにより、シリカフェームSFよりもR G Fが高強度であった。

【0066】

また、水結合材比50%の場合、圧縮強度はR G Cを用いた例が1週で23N/mm²、4週で35N/mm²であった。これに対してFAを用いた例が1週で24N/mm²、4週で35N/mm²であった。これによりR G Cは4週でフライアッシュと同等であった。

【0067】

(実施例2)

入戸シラスを5mmのふるいを通した粒分を原鉱とした。含水率1%以下とした原鉱から図5に示した乾式分離装置で分離した火山ガラス材を原料として、ローラミルにより粉砕した後、気流分級機により分級した平均粒径1.1 μ mの微粉(RAF)と平均粒径3.8 μ mの粗粉(RAC)、ローラミルにより粉砕した後、サイクロン分級機により分級した平均粒径1.8 μ mの微粉(RGF)と平均粒径5.6 μ mの粗粉(RGC)を用意した。また、参考のため図5に示した乾式分離装置で分離した火山ガラス材を原料として、ローラミルにより粉砕した後、ジェットミルにより分級した平均粒径1.1 μ mの粉(RJF)と平均粒径3.1 μ mの粗粉(RJC)も用意した。RJFの1.0 μ m以下は、43.0体積%、3.0 μ m以上は2.5体積%であった。RJCの3.0 μ m以下は48.0体積%、10.0 μ m以上は1.4体積%であった。

10

【0068】

微粉(RAF)の収率は19%、粗粉(RAC)の収率は81%、微粉(RGF)の収率は33%、粗粉(RGC)の収率は67%であった。微粉(RJF)の収率は22%、粗粉(RJC)の収率は78%であった。

各微粉及び各粗粉の基本特性、比表面積、活性度指数を表3に示す。

【表3】

Rの基本物性		火山ガラス微粉末の基本物性			
密度(g/cm ³)	2.36		BET 比表面積 (m ² /g)	活性度指数	
ガラス率(%)	88.6			JIS A 6207 附属書 C (%)	JIS A 6201 附属書 C (%)
SiO ₂ (%)	73.7				
Al ₂ O ₃ (%)	12.4	RJF	16.1	98(7d) / 105(28d)	-
Fe ₂ O ₃ (%)	1.75	RJC	4.2	97(7d) / 100(28d)	-
MgO(%)	0.35	RAF	15.2	100(7d) / 100(28d)	-
K ₂ O(%)	3.86	RAC	5.1	-	76(28d) / 92(91d)
Na ₂ O ₃ (%)	3.86	RGF	12.0	101(7d) / 103(28d)	-
Ig.loss(%)	2.25	RGC	3.6	-	72(28d) / 89(91d)

【0069】

(実施例3)

火山ガラス材を原料として、ローラミルにより粉砕した後、気流分級機により分級した微粉(RXF、実施例2におけるRAF)と粗粉(RXC、実施例2におけるRAC)、ローラミルにより粉砕した後、サイクロン分級機により分級した微粉(RF、実施例2におけるRGF)と粗粉(RC、実施例2におけるRGC)を用意した。また、参考のため図5に示した乾式分離装置で分離した火山ガラス材を原料として、ローラミルにより粉砕した後、ジェットミルにより分級した微粉(RJF)と粗粉(RJC)も用意した。

これらの粉末の比表面積と平均粒径を測定した結果を図12に示す。

【0070】

(実施例4)

火山ガラス材を原料として、ローラミルにより粉砕した後、気流分級機により分級した火山ガラス微粉末の微粉(RAF)とローラミルにより粉砕した後、サイクロン分級機により分級した火山ガラス微粉末の微粉(RGF)を用意した。火山ガラス微粉末RAFの平均粒径は1.6 μ mであり、1.0 μ m以下が20.0体積%、3.0 μ m以上が14.0体積%であった。比表面積は12.7m²/g(BET法)、組成はSiO₂が72.9質量%であり、Al₂O₃が12.8質量%であった。火山ガラス微粉末RGFの平均粒径は2.2 μ m、1.0 μ m以下が12.5体積%、3.0 μ m以上が32.5体積%であった。比表面積は10.1m²/g(BET法)であり、組成はSiO₂が72.4質量%であり、Al₂O₃が12.9質量%であった。比較のためにシリカフュームSFを用意した。シリカフュームSFは、JIS規格品であり、活性度指数(7日)は95%以上、活性度指数(28日)は105%以上である。

30

40

50

【 0 0 7 1 】

これらの混和材を用いてコンクリート試験を行った。コンクリート試験の練混ぜには強制二軸練りミキサーを用い、水結合材比は20%とした。練混ぜ時間は注水後180秒とした。混和材のセメント置換率は10パーセントとし、比較のためにシリカフュームSFを用いた例も実施した。使用条件については、表1に示すセメント、石灰砕砂S1、硬質砂岩砕砂S2、石灰砕石G1、超高強度用のポリカルボン酸系の高性能AE減水剤SP1、アルキルエーテル系AE剤SP2を用いた。調合条件については、単位水量160kg/m³、嵩容積520L/m³、実績率59.5%とし、高性能AE減水剤SP1は結合材比1.60%に統一した。AE剤SP2は、2種類の火山ガラス微粉末ともに結合材比0.1%で、フロー値65cm以上を達成し、シリカフュームSFの場合のみフロー値65cm以上を達成するために結合材比0.3%を必要とした。生コンクリートのフレッシュ試験をした後に圧縮強度試験体を作製した。標準養生材齢1週と4週とで圧縮強度試験を行った。

10

【 0 0 7 2 】

生コンクリートのフレッシュ試験の結果を示す。火山ガラス微粉末RAF10%置換の場合は、空気量2.0%、フロー値75.2cm、火山ガラス微粉末RGF10%置換の場合は、空気量2.0%、フロー値73.9cm、シリカフュームSF10%置換の場合は、空気量6.3%、フロー値66.1cmであった。この結果から、火山ガラス微粉末を混和材として用いるとシリカフュームの場合よりもフロー値が大きくなりやすく流動性が向上し、ワーカビリティが改善する効果を確認した。また、火山ガラス微粉末は、AE剤の添加量が結合材比で0.1%とシリカフュームSFの場合の0.3%と比べて少ない量で必要なワーカビリティを発現したことから、高価な化学混和剤を減らす効果があることが分かった。

20

【 0 0 7 3 】

1週養生と4週養生の圧縮強度の試験結果を示す。火山ガラス微粉末RAF10%置換の場合は、64.7N/mm²、96.2N/mm²、火山ガラス微粉末RGF10%置換の場合は、65.1N/mm²、100.9N/mm²、シリカフュームSF10%置換の場合は、57.9N/mm²、96.5N/mm²であった。コンクリートの圧縮強度は、火山ガラス微粉末の比表面積が小さいRGFの方が高強度を示しており、比表面積と比例するわけではなく、粒度分布の影響も大きいと考えられるが、少なくとも比表面積10.0m²/g(BET法)以上の火山ガラス微粉末が、JIS規格品のシリカフュームと同等または同等以上の強度を発現し、セメント級を超えたシリカフューム級の強度発現性能を有することが分かった。このコンクリート試験の結果から、火山ガラス微粉末のRAFとRGFは、JISA6207を評価基準とすれば、28日の活性度指数は100%以上または105%以上の性能を有すると言える。

30

【 0 0 7 4 】

(実施例5)

火山ガラス材をローラミルにより粉碎した後、気流分級機により分級した火山ガラス微粉末のセメント級の微粉RAF及びフライアッシュ級の粗粉RACの物性例を示す。微粉RAFの平均粒径は2.6μm、粒径2.0μm以下が37.5体積%、4.0μm以上が33.0体積%であった。比表面積は7.9m²/g(BET法)であり、セメント級の性能を示した。粗粉RACの平均粒径は5.0μm、粒径3.0μm以下が22.0体積%、10.0μm以上が20.0体積%であった。比表面積は3.3m²/g(BET法)であり、フライアッシュ級の性能を示した。

40

【 符号の説明 】

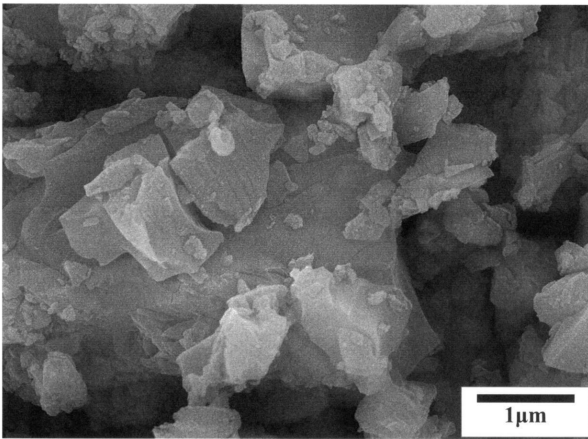
【 0 0 7 5 】

- 10 乾式分離装置
- 21 比重差選別装置
- 21a 多孔板
- 21b 送風ファン

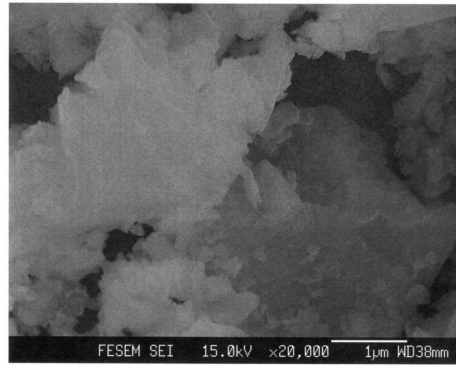
50

- 2 1 c、2 1 d、2 1 f、2 1 e 排出口
- 2 1 g 振動装置
- 2 1 h 風胴
- 2 2 サイクロン分級機
- 3 0 ローラミル
- 4 0 サイクロン分級機
- D 1 重比重分
- D 2 落下分
- E 1 軽比重分
- E 2 集塵分
- F 微粉
- J 排気

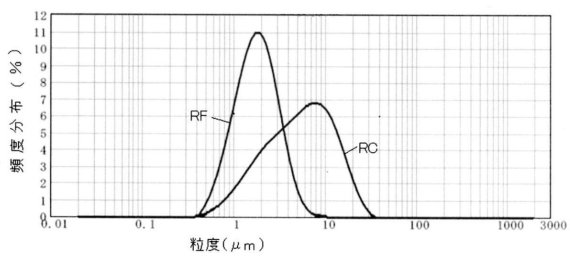
【図 1】



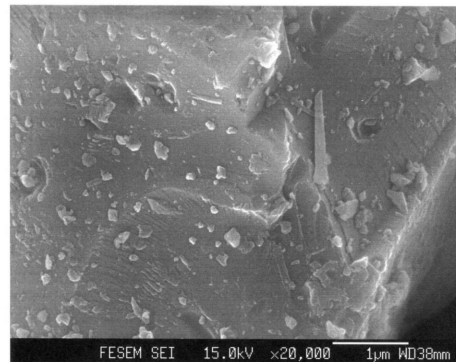
【図 3】



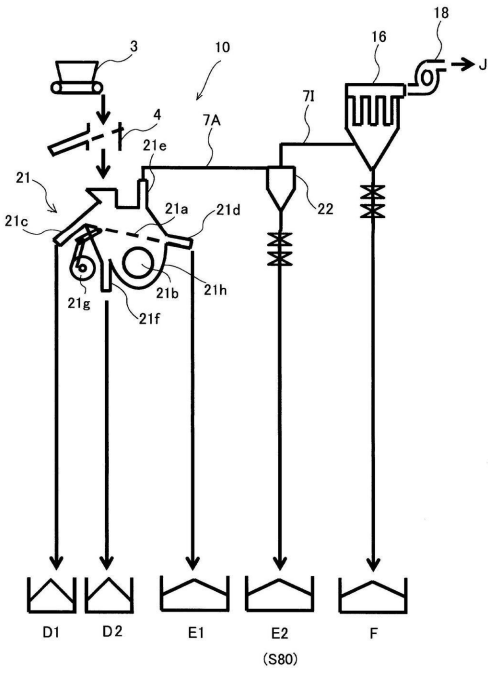
【図 2】



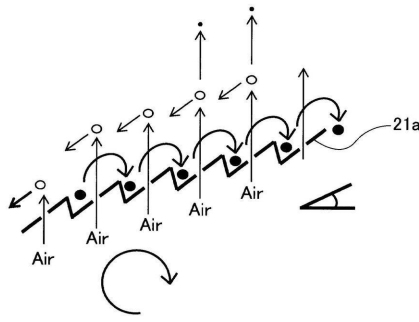
【図 4】



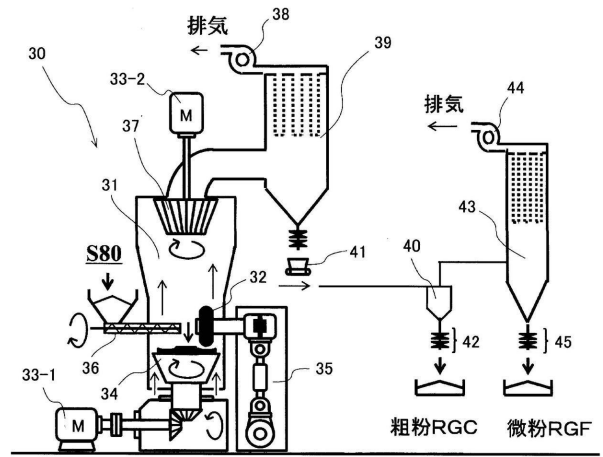
【 図 5 】



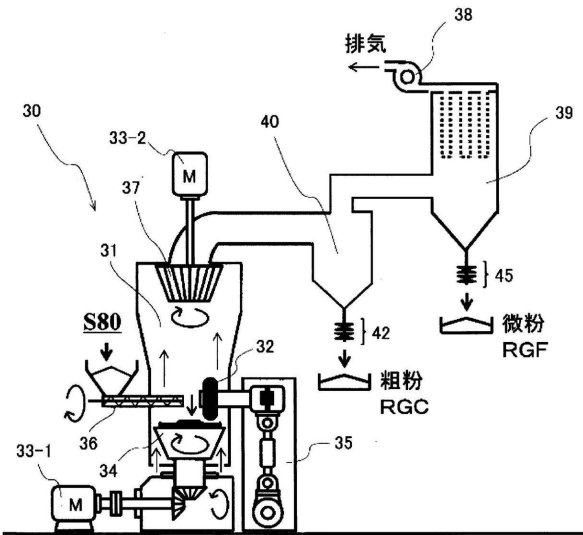
【 図 6 】



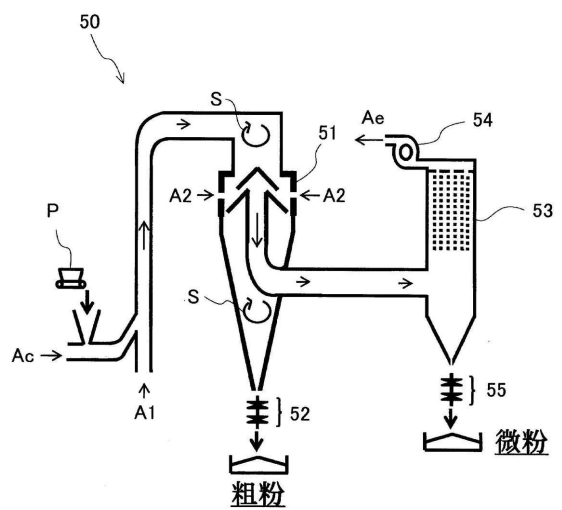
【 図 7 】



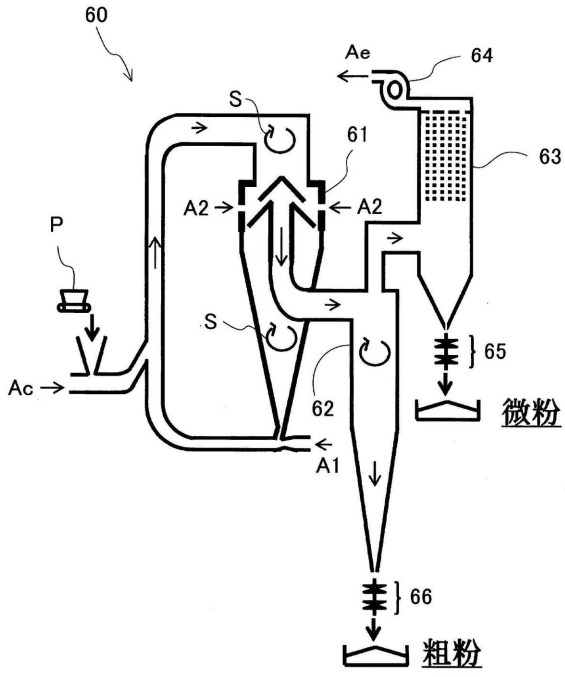
【 図 8 】



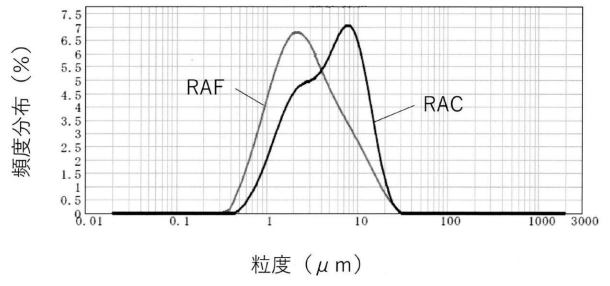
【 図 9 】



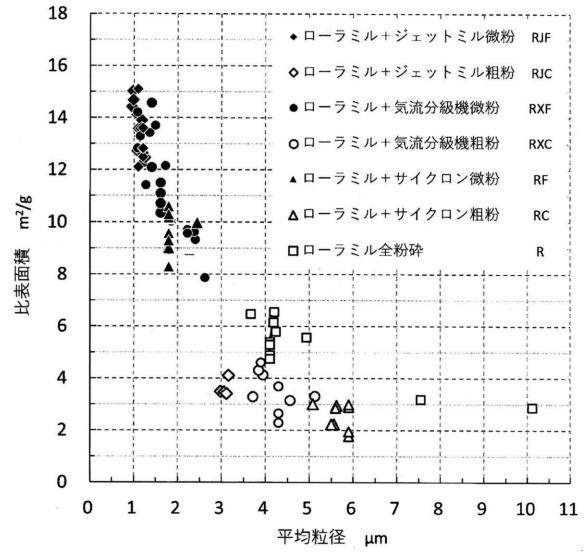
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 0 7 B 7/08 (2006.01) B 0 7 B 7/08

特許法第30条第2項適用 [発行者名] 一般社団法人 セメント協会 [刊行物名] 第72回セメント技術大会講演要旨 [発行年月日] 2018年4月30日 [集会名] セメント協会 第72回セメント技術大会 [開催日] 2018年5月10日 [発行者名] 公益社団法人 日本コンクリート工学会 [刊行物名] コンクリート工学年次論文集, Vol. 40, No. 1, 2018 [発行年月日] 2018年6月15日 [集会名] コンクリート工学年次大会2018(神戸) [開催日] 2018年7月4日 [発行者名] 一般社団法人 日本建築学会 [刊行物名] 日本建築学会学術講演梗概集 [発行年月日] 2018年7月20日 [集会名] 日本建築学会大会(東北)学術講演会 [開催日] 2018年9月4日 [発行者名] 一般社団法人 セメント協会 [刊行物名] セメント・コンクリート論文集 平成30年度第72巻第1号 [発行年月日] 2019年3月29日

(74)代理人 100169236
弁理士 藤村 貴史

(74)代理人 100096714
弁理士 本多 一郎

(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

(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

審査官 小川 武

(56)参考文献 特開2019-006610(JP, A)
特開2002-367819(JP, A)
特開平03-112862(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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