(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年11月21日(21.11.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/236981 A1

(51) 国際特許分類:
C04B 28/02 (2006.01) *C04B 22/10* (2006.01)
C04B 7/52 (2006.01) *C04B 22/14* (2006.01)
C04B 14/10 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/015029

(22) 国際出願日： 2024年4月15日(15.04.2024)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2023-080560 2023年5月16日(16.05.2023) JP

(71) 出願人：ＵＢＥ三菱セメント株式会社 (**MITSUBISHI UBE CEMENT CORPORATION**) [JP/JP]；〒1008521 東京都千代田区内幸町二丁目１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者：後藤 卓 (**GOTO Suguru**)；〒1008521 東京都千代田区内幸町二丁目１番１号 ＵＢＥ三菱セメント株式会社内 Tokyo (JP). 山下 牧生 (**YAMASHITA Makio**)；〒1008521 東京都千代田区内幸町二丁目１番１号 ＵＢＥ三菱セメント株式会社内 Tokyo (JP). 大崎 雅史 (**OSAKI Masashi**)；〒1008521 東京都千代田区内幸町二丁目１番１号 ＵＢＥ三菱セメント株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人：長谷川 芳樹，外 (**HASEGAWA Yoshiki** et al.)；〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ（明治安田生命ビル） ９階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能)：ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：
— 国際調査報告（条約第21条(3)）

(54) Title: CEMENT COMPOSITION AND PRODUCTION METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称： セメント組成物及びその製造方法

(57) Abstract: This cement composition contains a cement clinker, an inorganic mineral, a carbonate, and gypsum. The inorganic mineral has a BET specific surface area reduced by pulverization. The content of the inorganic mineral in the cement composition is 0.5-14.0 mass%, the total content of the inorganic mineral and the carbonate is more than 5 mass% and at most 15 mass%, and the total content of the cement clinker and the gypsum is at least 85 mass% and less than 95 mass%.

(57) 要約：セメント組成物は、セメントクリンカー、無機鉱物、炭酸塩、及びせっこうを含む。無機鉱物は、粉砕によってＢＥＴ比表面積が小さくなるものである。セメント組成物における無機鉱物の含有量は０．５～１４．０質量%、無機鉱物及び炭酸塩の合計含有量は５質量%超且つ１５質量%以下、並びに、セメントクリンカー及びせっこうの合計含有量は８５質量%以上且つ９５質量%未満である。

WO 2024/236981 A1

明　細　書

発明の名称 ： セメント組成物及びその製造方法

技術分野

[0001]　本開示は、セメント組成物及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002]　低炭素化を推進する取り組みとして、製造時のCO_2排出量が大きいセメントクリンカーの一部を混合材で置換したセメント組成物が使用されている。石灰石は、セメントに添加される混合材として、入手しやすく、安価でもあるため、広く使用されている。

[0003]　現状、普通ポルトランドセメントに添加される混合材の配合量は、ＪＩＳＲ　５２１０：２００９によって５質量％以下と定められている。しかしながら、地球温暖化防止及び低炭素化の観点から、セメントクリンカーの使用量を減じるため、セメントクリンカーの混合材による置換割合をさらに増加させ、より低炭素型のセメントにすることが望まれている。一方で、単に石灰石を現状の５質量％を超えて添加すると、現状の普通ポルトランドセメントと比較して強度低下を生じることが知られている（例えば、非特許文献１）。

[0004]　混合材の種類について、ＪＩＳ規格では、少量混合成分として、石灰石に加えてフライアッシュ、高炉スラグ、シリカフュームを使用することができるが、それ以外の有望な混合材が探索されている。例えば、天然の材料であるカオリンをか焼したメタカオリンをセメントに添加すると良好な強度発現性が得られることが知られている（非特許文献２）。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：中口歩香他、“少量混合成分を増量したセメントの品質評価”、セメント技術大会講演要旨、２０１８、ｐ．２７０－２７１

非特許文献2：Ｋａｒｅｎ　Ｓｃｒｉｖｅｎｅｒ　ｅｔ　ａｌ．：　Ｃａｌｃ

ｉｎｅｄ ｃｌａｙ ｌｉｍｅｓｔｏｎｅ ｃｅｍｅｎｔｓ （ＬＣ３），Ｃｅｍｅｎｔ ａｎｄ Ｃｏｎｃｒｅｔｅ Ｒｅｓｅａｒｃｈ，Ｖｏｌ．１１４，ｐｐ．４９－５６ （２０１８）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、非特許文献２で挙げられているメタカオリンの原料となるカオリンについては産出される地域及び国が限定される。このため、カオリン以外で混合材として使用可能な材料があれば、低炭素型のセメントの開発に極めて有用である。

[0007] 本開示は、上記事情に鑑みてなされたものであり、優れた強度発現性を有する低炭素型のセメント組成物及びその製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の一側面は、セメントクリンカー、無機鉱物、炭酸塩、及びせっこうを含むセメント組成物であって、

前記無機鉱物は、粉砕によってＢＥＴ比表面積が小さくなるものであり、

前記無機鉱物の含有量が０．５～１４．０質量％、

前記無機鉱物及び前記炭酸塩の合計含有量が５質量％超且つ１５質量％以下、並びに

前記セメントクリンカー及び前記せっこうの合計含有量が８５質量％以上且つ９５質量％未満である、セメント組成物を提供する。

[0009] 上記セメント組成物は、粉砕によってＢＥＴ比表面積が小さくなる無機鉱物を含有する。このような無機鉱物は、粉砕前に微小な細孔を有し、その細孔内に窒素を吸着するため大きいＢＥＴ比表面積を有する。このような無機鉱物を粉砕すると、細孔を形成する微細構造が破壊されるため、ＢＥＴ比表面積が小さくなる。このような微細構造が破壊されると、セメントの水和反応が進行し易くなり、セメント組成物の強度発現に寄与する。上記セメント組成物は、セメントクリンカー及びせっこうとともに、このような無機鉱物

と炭酸塩を所定量含有する。このため、低炭素型でありながら、優れた強度発現性を有する。なお、本明細書において、低炭素型のセメント組成物とは、セメントクリンカーを混合材で代替することによって、セメント組成物を製造する際のCO_2排出量を低減できるセメント組成物を意味する。

[0010] 本開示の一側面は、粉砕によってＢＥＴ比表面積が小さくなる無機鉱物、セメントクリンカー、炭酸塩、及びせっこうを混合し、前記無機鉱物の含有量が０．５～１４．０質量％、前記無機鉱物及び前記炭酸塩の合計含有量が５質量％超且つ１５質量％以下、並びに、前記セメントクリンカー及び前記せっこうの合計含有量が８５質量％以上且つ９５質量％未満であるセメント組成物を得る混合工程を有し、

前記混合工程では、前記セメント組成物のブレーン比表面積が３０００ｃｍ^2／ｇ以上となるように粉砕しながら混合する、セメント組成物の製造方法を提供する。

[0011] 上記セメント組成物の製造方法は、粉砕によってＢＥＴ比表面積が小さくなる無機鉱物、炭酸塩、セメントクリンカー、及びせっこうを混合して、これらを所定の比率で含有するセメント組成物を得る混合工程を有する。上記無機鉱物は、粉砕すると、細孔を形成する微細構造が破壊されるため、ＢＥＴ比表面積が小さくなる。このような微細構造が破壊されると、セメントの水和反応が進行し易くなり、セメント組成物の強度発現に寄与する。上記セメント組成物の製造方法は、混合工程においてセメント組成物のブレーン比表面積が３０００ｃｍ^2／ｇ以上となるように粉砕しながら混合するため、無機鉱物を適度に粉砕されてセメントの水和反応を促進できるようになる。これによって、低炭素型でありながら、優れた強度発現性を有するセメント組成物を得ることができる。

[0012] 本開示の一側面は、無機鉱物を粉砕して、前記無機鉱物よりも低いＢＥＴ比表面積を有する粉砕物を得る第１粉砕工程と、

セメントクリンカー、せっこう及び炭酸塩の少なくとも一つを粉砕する第２粉砕工程と、

少なくとも、前記第１粉砕工程及び第２粉砕工程で得られた粉砕物同士を混合する混合工程と、を有し、

前記無機鉱物の含有量が０．５～１４．０質量％、前記無機鉱物及び前記炭酸塩の合計含有量が５質量％超且つ１５質量％未満、並びに、前記セメントクリンカー及び前記せっこうの合計含有量が８５質量％以上且つ９５質量％未満であり、ブレーン比表面積が３０００ｃｍ^2／ｇ以上のセメント組成物を得る、セメント組成物の製造方法を提供する。

[0013] 上記セメント組成物の製造方法は、第１粉砕工程で無機鉱物を粉砕し、粉砕前の無機鉱物よりも低いＢＥＴ比表面積を有する粉砕物を得る。このような粉砕物は、無機鉱物の細孔を形成する微細構造が破壊されて得られるものであることから、セメントの水和反応が進行し易く、セメント組成物の強度発現に寄与する。少なくとも、第１粉砕工程及び第２粉砕工程で得られた粉砕物同士を混合することによって、無機鉱物の含有量、無機鉱物と炭酸塩の合計含有量、及びセメントクリンカーとせっこうの合計含有量が所定の比率であるセメント組成物が得られる。このようにして、低炭素型でありながら、優れた強度発現性を有するセメント組成物を得ることができる。

発明の効果

[0014] 本開示は、優れた強度発現性を有する低炭素型のセメント組成物及びその製造方法を提供することができる。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本開示の実施形態について説明する。ただし、以下の実施形態は、本開示を説明するための例示であり、本開示を以下の内容に限定する趣旨ではない。なお、以下の説明では、「Ｘ～Ｙ」（Ｘ、Ｙは、Ｘ＜Ｙを満たす任意の数値である。）と記載した場合、特に断らない限り「Ｘ以上Ｙ以下」を意味する。複数の数値範囲が段階的に例示されている場合、第１の数値範囲における上限値又は下限値を、第１の数値範囲よりも狭い第２の数値範囲における上限値又は下限値で置き換えた数値範囲も、本開示に含まれる。数値範囲の上限又は下限を実施例の数値で置き換えて得られる数値範囲も本開示

に含まれる。例示する材料は特に断らない限り、１種を単独で又は２種以上を組み合わせて用いることができる。組成物中の各成分の含有量は、組成物中の各成分に該当する物質が複数存在する場合には、特に断らない限り、組成物中に存在する当該複数の物質の合計量を意味する。

[0016] ＜セメント組成物＞

一実施形態に係るセメント組成物は、無機鉱物、炭酸塩、セメントクリンカー、及びせっこうを含む。このセメント組成物は、無機鉱物を含むことによって、セメントクリンカーの含有量を低減することができる。これによって、製造時のCO_2排出量を低減できる低炭素型のセメント組成物にすることができる。

[0017] セメント組成物のブレーン比表面積は、３０００ｃｍ^2／ｇ以上であり、好ましくは３１５０ｃｍ^2／ｇ以上であり、より好ましくは３３００ｃｍ^2／ｇ以上であり、さらに好ましくは３５００ｃｍ^2／ｇ以上であり、特に好ましくは３７００ｃｍ^2／ｇ以上である。セメント組成物のブレーン比表面積は、好ましくは６０００ｃｍ^2／ｇ以下であり、より好ましくは５０００ｃｍ^2／ｇ以下であり、さらに好ましくは４６００ｃｍ^2／ｇ以下である。セメント組成物のブレーン比表面積が上記範囲にあると、強度発現と発熱抑制を十分に高い水準で両立しつつ、粉砕コスト及びCO_2排出量を十分に低減することができる。セメント組成物のブレーン比表面積は、ＪＩＳ　Ｒ　５２０１：２０１５「セメントの物理測定方法」の記載に準拠して測定することができる。

[0018] （セメントクリンカー）

セメントクリンカーは、ＪＩＳ　Ｒ　５２１０：２００９「ポルトランドセメント」に規定の各種ポルトランドセメントを調製するため使用されるポルトランドセメントクリンカーを使用することができる。ポルトランドセメントクリンカーとしては、例えば、普通ポルトランドセメントクリンカー、早強ポルトランドセメントクリンカー、中庸熱ポルトランドセメントクリンカー、低熱ポルトランドセメントクリンカー、油井ポルトランドセメントクリンカー等が挙げられる。ポルトランドセメントクリンカーは、普通ポルト

ランドセメントクリンカー及び早強ポルトランドセメントクリンカーからなる群より選択される少なくとも一種を含んでよく、普通ポルトランドセメントクリンカーを含むことが好ましい。

[0019] セメントクリンカーは、鉱物組成としてC_3S、C_2S、C_3A、及びC_4AFを含む。C_3S、C_2S、C_3A、及びC_4AFのそれぞれの含有量はＢｏｇｕｅ式によって算出することができる。Ｂｏｇｕｅ式とは、化学組成の含有比率からセメントクリンカー中の主要鉱物の含有率を算定する式として広く用いられる式である。以下に示すＢｏｇｕｅ式を用いることによって、セメントクリンカー中のケイ酸三カルシウム（$3CaO \cdot SiO_2$，C_3Sで示す。）、ケイ酸二カルシウム（$2CaO \cdot SiO_2$，C_2Sで示す。）、アルミン酸三カルシウム（$3CaO \cdot Al_2O_3$，C_3Aで示す。）、及び鉄アルミン酸四カルシウム（$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$，$C_4AF$で示す。）の含有量を算出することができる。以下のＢｏｇｕｅ式における各化学式は、ＪＩＳ　Ｒ　５２０４：２０１９「セメントの蛍光Ｘ線分析方法」による化学分析値が示す各化合物の含有比率（質量％）を表す。

[0020] ＜Ｂｏｇｕｅ式＞

C_3S［質量％］＝（４．０７×ＣａＯ［質量％］）－（７．６０×SiO_2［質量％］）－（６．７２×Al_2O_3［質量％］）－（１．４３×Fe_2O_3［質量％］）－（２．８５×SO_3［質量％］）

C_2S［質量％］＝（２．８７×SiO_2［質量％］）－（０．７５４×C_3S［質量％］）

C_3A［質量％］＝（２．６５×Al_2O_3［質量％］）－（１．６９×Fe_2O_3［質量％］）

C_4AF［質量％］＝３．０４×Fe_2O_3［質量％］

[0021] セメントクリンカー中のC_3S量は、好ましくは３０．０～７０．０質量％であり、より好ましくは４０．０～６６．０質量％であり、さらに好ましくは５０．０～６５．０質量％である。C_3S量の下限値を上記範囲内とすることによって、セメント組成物の硬化における初期強度をより向上させること

ができる。またC_3S量の上限値を上記範囲内とすることによって、セメント組成物の硬化時における発熱を抑制することができる。

[0022] セメントクリンカー中のC_2S量は、好ましくは５．０～６５．０質量％であり、より好ましくは８．０～５０．０質量％であり、さらに好ましくは１０．０～４０．０質量％であり、さらにより好ましくは１２．０～３０．０質量％であり、特に好ましくは１２．０～２５．０質量％である。C_2S量の下限値を上記範囲内とすることによって、セメント組成物の硬化における長期強度をより向上させることができる。またC_2S量の上限値を上記範囲内とすることによって、セメント組成物の硬化における初期強度をより向上させることができる。

[0023] セメントクリンカーにおけるC_3A量は、好ましくは７．０質量％以上であり、より好ましくは８．０質量％以上であり、さらに好ましくは８．５質量％以上であり、さらにより好ましくは９．０質量％以上であり、特に好ましくは９．５質量％以上である。C_3A量を上記範囲内とすることによって、セメントクリンカーの原料となる石炭灰等の廃棄物・副産物の使用量を増やすことができる。セメントクリンカーにおけるC_3A量は、好ましくは１３．０質量％以下であり、より好ましくは１２．０質量％以下であり、さらに好ましくは１１．０質量％以下であり、さらにより好ましくは１０．５質量％以下である。C_3A量を上記範囲内とすることによって、エトリンガイト（$3CaO\cdot Al_2O_3\cdot 3CaSO_4\cdot 32H_2O$で表される化合物）の再生成を抑制することができ、またセメント組成物の硬化時における断熱温度上昇の増加を抑制することができる。

[0024] セメントクリンカーにおけるC_4AF量は、好ましくは７．０質量％以上であり、より好ましくは８．０質量％以上であり、さらに好ましくは９．０質量％以上であり、さらにより好ましくは９．５質量％以上であり、特に好ましくは９．８質量％以上である。C_4AF量を上記範囲内とすることによって、セメントクリンカーの原料となる石炭灰等の廃棄物・副産物の利用量を増やしたセメント組成物を製造することができる。セメントクリンカーにおけ

るC_4AF量は、好ましくは１４．０質量％以下であり、より好ましくは１３．０質量％以下であり、さらに好ましくは１２．０質量％以下であり、さらにより好ましくは１１．０質量％以下であり、特に好ましくは１０．４質量％以下である。C_4AF量を上記範囲内とすることによって、セメント組成物の硬化時における断熱温度上昇の増加を抑制することができる。

[0025] セメント組成物の全量を基準とするセメントクリンカーの含有量は、例えば、８０～９３質量％、８３～９２質量％、又は８５～９１質量％であってよい。セメント組成物におけるポルトランドセメントクリンカーの含有量が８０質量％以上、８３質量％以上又は８５質量％以上であることで、より良好な圧縮強さを得ることができる。セメント組成物におけるポルトランドセメントクリンカーの含有量が９３質量％以下、９２質量％以下又は９１質量％以下であることで、CO_2排出量をより削減することができる。

[0026] （無機鉱物）

無機鉱物は、火山噴出物の風化により生成された鉱物、すなわち火山噴出物に由来する鉱物であってよい。火山噴出物としては火山灰、火山礫、軽石、火砕流堆積物等を挙げることができる。無機鉱物は火成岩の風化により生成された鉱物であってよい。火成岩としては、花崗岩等を挙げることができる。火山噴出物又は火成岩が風化することによりアロフェンが生成し、アロフェンがさらに風化することによりハロイサイトが生成し、ハロイサイトがさらに風化することによりカオリンが生成する。これらカオリン、アロフェン及びハロイサイトは粘土鉱物である。

[0027] 無機鉱物としては、アロフェン、ハロイサイト、イモゴライト、イライト、モンモリロナイト、パイロフィライト等が挙げられる。これらの無機鉱物のSiO_2／Al_2O_3の質量比は０．５～３．０であってよい。セメントクリンカーとの反応性を高くする観点から、無機鉱物はアロフェン又はハロイサイトを含有することが好ましく、アロフェンを含有することがより好ましい。アロフェンは非晶質の無機鉱物である。アロフェンを含有する無機鉱物としては、鹿沼土及びセカードＰ１（商品名、品川ゼネラル株式会社製）等が

挙げられる。

[0028] 本明細書において単に「無機鉱物」という場合は、塊状及び粒状のもの、塊状物又は粒子を粉砕して得られる粉砕物、粒子が凝集した凝集物、並びに造粒物等、種々の形態のものが含まれる。このような無機鉱物のＢＥＴ比表面積は、混練性を良好にする観点から、好ましくは３０～３５０ｍ^2／ｇである。セメント組成物の強度発現性を向上させる観点から、無機鉱物のＢＥＴ比表面積は、好ましくは３５０ｍ^2／ｇ以下であり、より好ましくは３００ｍ^2／ｇ以下であり、さらに好ましくは２７０ｍ^2／ｇ以下であり、さらにより好ましくは２００ｍ^2／ｇ以下であり、特に好ましくは１８０ｍ^2／ｇ以下である。無機鉱物又はセメント組成物の粉砕に要する時間を低減する観点から、無機鉱物のＢＥＴ比表面積は、好ましくは５０ｍ^2／ｇ以上であり、より好ましくは７０ｍ^2／ｇ以上であり、さらに好ましくは１００ｍ^2／ｇ以上であり、さらにより好ましくは１５０ｍ^2／ｇ以上である。本明細書におけるＢＥＴ比表面積は、窒素ガスを用いたＢＥＴ多点法によって相対圧０．０５～０．３５の範囲でのＢＥＴプロットより得られる値である。

[0029] 無機鉱物のブレーン比表面積は、ＪＩＳ　Ｒ　５２０１：２０１５「セメントの物理測定方法」の記載に準拠して測定することができる。無機鉱物のブレーン比表面積は、例えば８０００ｃｍ^2／ｇ以上であり、好ましくは１００００ｃｍ^2／ｇ以上であり、より好ましくは１２０００ｃｍ^2／ｇ以上であり、さらに好ましくは１４０００ｃｍ^2／ｇ以上であり、さらにより好ましくは１８０００ｃｍ^2／ｇ以上である。これによって、セメント組成物の強度発現性を一層高くすることができる。無機鉱物のブレーン比表面積は、例えば３００００ｃｍ^2／ｇ以下であり、好ましくは２８０００ｃｍ^2／ｇ以下であり、より好ましくは２６０００ｃｍ^2／ｇ以下である。これによって粉砕コストを低減することができる。

[0030] 無機鉱物は、粉砕によってＢＥＴ比表面積が小さくなるものである。また、無機鉱物は、粉砕によってブレーン比表面積は大きくなるものであってよい。アロフェンの場合、細孔を構成するＳｉＯ$_2$とＡｌ$_2$Ｏ$_3$の層構造等の微細

構造が粉砕によって破壊される。また、ＡＩ原子の配位数が六配位から四配位に変化し、原子の結合状態も変化する。このように微細構造及び分子構造が変化することによって、セメントの水和反応が進行し易くなり、セメント組成物の強度発現性を向上するものと考えられる。

[0031] 無機鉱物の粉砕物は、ミル等の粉砕機によって、粒子又は造粒物を粉砕して得られる粉砕物であってよいし、セメント組成物を調製する際に粉砕されて粉砕物となってもよい。例えば、セメント組成物を調製する際に予め粉砕した無機鉱物を配合すること、又は、セメント組成物を調製する際に無機鉱物が粉砕されるような条件を選定することによって、強度発現性に優れるセメント組成物にすることができる。

[0032] 無機鉱物の粉砕物のＢＥＴ比表面積は、好ましくは１８０ｍ^2／ｇ以下である。セメント組成物の強度発現性を向上させる観点から、粉砕物のＢＥＴ比表面積は、より好ましくは１６０ｍ^2／ｇ以下であり、さらに好ましくは１００ｍ^2／ｇ以下であり、さらにより好ましくは８０ｍ^2／ｇ以下である。粉砕に要する時間を低減する観点から、無機鉱物の粉砕物のＢＥＴ比表面積は、好ましくは３ｍ^2／ｇ以上であり、より好ましくは３０ｍ^2／ｇ以上であり、さらに好ましくは５０ｍ^2／ｇ以上であり、さらにより好ましくは７０ｍ^2／ｇ以上である。

[0033] 粉砕前の無機鉱物のＢＥＴ比表面積に対する無機鉱物の粉砕物のＢＥＴ比表面積の比αは好ましくは０．１０～０．８０である。当該比αは、好ましくは０．２０以上であり、より好ましくは０．３０以上である。これによって粉砕コスト及び粉砕に要する時間を低減することができる。当該比αは、好ましくは０．７０以下であり、より好ましくは０．６０以下である。これによって、セメント組成物の強度発現性を一層高くすることができる。

[0034] 粉砕前の無機鉱物のブレーン比表面積に対する粉砕物のブレーン比表面積の比βは好ましくは１．１０～１．５０である。当該比βは、好ましくは１．１５以上であり、より好ましくは１．２０以上である。これによって、セメント組成物の強度発現性を一層高くすることができる。当該比βは、好ま

しくは１．４０以下であり、より好ましくは１．３０以下である。これによって粉砕コスト及び粉砕に要する時間を低減することができる。

[0035] 無機鉱物の粉砕物のブレーン比表面積は、好ましくは１００００ｃｍ^2／ｇ以上であり、より好ましくは１２０００ｃｍ^2／ｇ以上であり、さらに好ましくは１４０００ｃｍ^2／ｇ以上であり、特に好ましくは１８０００ｃｍ^2／ｇ以上である。無機鉱物は、粉砕によってブレーン比表面積が３０００ｃｍ^2／ｇ以上増加することが好ましい。このような粉砕物を含むことによって硬化体の圧縮強さを十分に高くすることができる。

[0036] ＪＩＳ Ｒ ５２０２：２０１０の塩酸－炭酸ナトリウム方法による不溶残分の定量方法によって測定される無機鉱物の不溶残分は、好ましくは１～５０質量％以下であり、さらに好ましくは５～４０質量％以下であり、特に好ましくは１０～３３質量％以下である。不溶残分が５０質量％以下であることで、無機鉱物の反応性を高め、セメント組成物の強度発現性を一層高くすることができる。また、不溶残分となる不純物を除去するための労力・コストを低減する観点から、無機鉱物は不溶残分を１質量％以上含んでいてもよい。

[0037] 無機鉱物のSiO_2量は、ポルトランドセメントクリンカーとの反応性の観点から、好ましくは１５～５５質量％であり、より好ましくは２０～４５質量％であり、さらに好ましくは２５～３５質量％である。無機鉱物のAl_2O_3量は、ポルトランドセメントクリンカーとの反応性の観点から、好ましくは１５～５５質量％であり、より好ましくは２０～４５質量％であり、さらに好ましくは３０～４０質量％である。

[0038] セメント組成物の全量を基準とする無機鉱物の含有量は、例えば、０．５～１４質量％であってよい。無機鉱物の当該含有量は、好ましくは１．０質量％以上であり、より好ましくは１．５質量％以上であり、さらに好ましくは２．０質量％以上である。これによって、セメント組成物におけるセメントクリンカーの含有量を低減し、CO_2排出量を一層低減することができる。無機鉱物の当該含有量は、好ましくは１０．０質量％以下であり、より好ま

しくは８．０質量％以下であり、さらに好ましくは５．０質量％以下であり、特に好ましくは４．０質量％以下である。これによって、硬化体の材齢２８日における圧縮強さを十分に高くすることができ、また、良好な混練性を得ることができる。

[0039]（炭酸塩）

炭酸塩は、ポルトランドセメントクリンカーと無機鉱物との水和反応を促進することができる。炭酸塩としては、アルカリ金属の炭酸塩、アルカリ土類金属の炭酸塩、それらの水和物等が挙げられ、例えば、炭酸ナトリウム、炭酸ナトリウム１０水和物（$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$）、炭酸カリウム（K_2CO_3）、炭酸カルシウム（石灰石）、炭酸マグネシウム等が挙げられる。炭酸塩として、セスキ炭酸ナトリウム２水和物（$Na_3H(CO_3)_2 \cdot NaHCO_3 \cdot 2H_2O$）を用いることもできる。

[0040] 石灰石としては、例えば、一般に販売されている石灰石粉、寒水石粉等の炭酸カルシウムを主成分とする粉末を使用することができる。石灰石は、好ましくは、ＪＩＳ　Ｒ　５２１０：２００９「ポルトランドセメント」に記載の少量混合成分に適合するものを含む。

[0041] セメント組成物の全量を基準とする炭酸塩の含有量は、流動性を良好にする観点から、好ましくは１．０質量％以上であり、より好ましくは２．０質量％以上であり、さらに好ましくは４．０質量％以上であり、さらに好ましくは５．０質量％以上である。セメント組成物における炭酸塩の含有量は、硬化体の圧縮強さを十分に高くする観点から、好ましくは１４．５質量％以下であり、より好ましくは１４．０質量％以下であり、さらに好ましくは１３．０質量％以下であり、特に好ましくは１１．５質量％以下であり、一層好ましくは９．５質量％以下である。

[0042] セメント組成物の全量を基準とする、炭酸塩と無機鉱物の合計含有量は、CO_2排出量を低減するとともに強度発現性を高くする観点から、５質量％超且つ１５質量％以下である。CO_2排出量を一層低減する観点から、炭酸塩と無機鉱物の合計含有量は、好ましくは６質量％以上であり、より好ましくは

７質量％以上であり、さらに好ましくは８質量％以上である。セメント組成物の強度発現性を一層高くする観点から、炭酸塩と無機鉱物の合計含有量は、好ましくは１３質量％以下であり、より好ましくは１２質量％以下であり、さらに好ましくは１０質量％以下である。

[0043]（せっこう）

せっこうとしては、例えば、二水せっこう、半水せっこう、及び無水せっこう等が挙げられる。せっこうは、二水せっこう、半水せっこう及び無水せっこうのうちの１種を単独で含んでよく、複数を組み合わせて含んでもよい。セメント組成物がせっこうを含むことによって、水和反応速度を調整することができる。

[0044] セメント組成物の全量を基準とするせっこうの含有量は、SO_3換算で、セメント組成物の全量を１００質量％として、好ましくは０．５～３．５質量％であり、より好ましくは０．７～３．０質量％であり、さらに好ましくは０．８～２．５質量％である。

[0045] セメント組成物の全量を基準とする、せっこう及びセメントクリンカーの合計含有量は、CO_2排出量を低減するとともに強度発現性を高くする観点から、８５質量％以上且つ９５質量％未満である。無機鉱物の含有量を十分に高くする観点から、せっこう及びセメントクリンカーの合計含有量は、好ましくは９４質量％以下であり、より好ましくは９３質量％以下であり、さらに好ましくは９２質量％以下である。セメント組成物の強度発現性を一層高くする観点から、せっこう及びセメントクリンカーの合計含有量は、好ましくは８６質量％以上であり、より好ましくは８７質量％以上であり、さらに好ましくは８８質量％以上である。

[0046]（他の成分）

セメント組成物は、無機質微粉末、水酸化カルシウム、水酸化カルシウム以外のカルシウムを含む粉末、コンクリート用減水剤、促進剤、遅延剤等の他の成分（但し、せっこう、炭酸塩及び無機鉱物を除く）を含んでいてもよい。セメント組成物が無機質微粉末を含むと、圧縮強さがより向上する。他

の成分の含有量は、セメント組成物の全量を基準として１０質量％以下とすることができ、８質量％以下であってもよく、６質量％以下であってもよい。無機質微粉末としては、例えば、珪石、砕石等の粉末状の材料が挙げられる。セメント組成物における無機質微粉末の含有量は、セメント組成物の全量を基準として、流動性の観点から０質量％超又は５質量％以上であってよく、圧縮強さの観点から１０質量％以下、８質量％以下又は６質量％以下であってよい。

[0047] ＜硬化体＞

硬化体は、上記のセメント組成物及び水を含むペーストを硬化させたものであってもよいし、水及び骨材を配合して硬化したモルタル又はコンクリートであってもよい。硬化条件は特に制限されない。硬化体は、ＪＩＳ　Ｒ５２０１：２０１５「セメントの物理試験方法」に記載の方法に準拠して調製することができる。

[0048] ペースト中の水の量は、流動性の観点から、セメント組成物の全量１００質量部に対し、１５質量部以上であることが好ましく、硬化体の空隙構造を密にし易くする観点から８０質量部以下であることが好ましい。これらの観点から、当該水の量は、好ましくは２５～８０質量部であり、より好ましくは３５～６０質量部である。

[0049] ＜セメント組成物の製造方法（１）＞

一実施形態に係るセメント組成物の製造方法は、例えばＢＥＴ比表面積が３０～３５０ｍ^2／ｇである無機鉱物を粉砕して、当該無機鉱物よりも低いＢＥＴ比表面積を有する粉砕物を得る第１粉砕工程と、セメントクリンカー、せっこう及び炭酸塩の少なくとも一つを粉砕する第２粉砕工程と、少なくとも、第１粉砕工程及び第２粉砕工程で得られた粉砕物同士を混合する混合工程と、を有し、無機鉱物の含有量が０．５～１４．０質量％、無機鉱物及び炭酸塩の合計含有量が５質量％超且つ１５質量％以下、並びに、セメントクリンカー及びせっこうの合計含有量が８５質量％以上且つ９５質量％未満であるセメント組成物を得る。

[0050] 第１粉砕工程では、無機鉱物を粉砕する。粉砕前の無機鉱物のＢＥＴ比表面積は、好ましくは１６０ｍ^2／ｇ以上であり、より好ましくは１７０ｍ^2／ｇ以上であり、さらに好ましくは１８０ｍ^2／ｇ以上である。このような粉砕を行うことによってセメント組成物の強度発現性を十分に高くすることができる。粉砕前の無機鉱物のＢＥＴ比表面積は、３５０ｍ^2／ｇ以下であり、より好ましくは３００ｍ^2／ｇ以下であり、さらに好ましくは２７０ｍ^2／ｇ以下である。これによって、粉砕に要する時間及びコストを低減することができる。

[0051] 第１粉砕工程では、粉砕前の無機鉱物のＢＥＴ比表面積に対する粉砕物のＢＥＴ比表面積の比αが０．１０～０．８０となるように粉砕する。当該比αは、好ましくは０．２０以上であり、より好ましくは０．３０以上である。これによって粉砕コスト及び粉砕に要する時間を低減することができる。当該比αは、好ましくは０．７０以下であり、より好ましくは０．６０以下である。これによって、セメント組成物の強度発現性を一層高くすることができる。

[0052] 第１粉砕工程では、粉砕前の無機鉱物のブレーン比表面積に対する粉砕物のブレーン比表面積の比βが好ましくは１．１０～１．５０となるように粉砕する。当該比βは、好ましくは１．１５以上であり、より好ましくは１．２０以上である。これによって、セメント組成物の強度発現性を一層高くすることができる。当該比βは、好ましくは１．４０以下であり、より好ましくは１．３０以下である。これによって、粉砕に要する時間及び粉砕コストを低減することができる。

[0053] 粉砕は、粉砕機を用いて行ってよい。粉砕機としては、標準ミル、ボールミル、竪型ローラーミル、及びローラープレス等が挙げられる。粉砕時間を調整することによって、粉砕物のＢＥＴ比表面積、比α及び比βを調整することができる。

[0054] 第２粉砕工程では、無機鉱物以外の原材料、すなわち、炭酸塩、セメントクリンカー及びせっこうの少なくとも一つを、上記粉砕機を用いて粉砕して

よい。炭酸塩、セメントクリンカー及びせっこうのそれぞれを個別に粉砕してもよいし、これらの少なくとも二つを一緒にして粉砕してもよい。炭酸塩、セメントクリンカー及びせっこうの全てを一緒に粉砕してもよいし、炭酸塩、セメントクリンカー及びせっこうの少なくとも一つは粉砕しなくてもよい。このようにして第２粉砕工程では、炭酸塩、セメントクリンカー及びせっこうの少なくとも一つを含む粉砕物が得られる。

[0055] 混合工程では、少なくとも、第１粉砕工程および第２粉砕工程で得られた粉砕物同士を混合して、ブレーン比表面積が３０００ｃｍ^2／ｇ以上のセメント組成物を得る。セメントクリンカー及びせっこうのうち、第２粉砕工程で粉砕されなかったものは、そのまま混合工程で粉砕物と混合してよい。混合工程は、例えば、パン型ミキサー、傾胴式ミキサー、リボンミキサー等の混合機、並びに、ボールミル、竪型ローラーミル、及びローラープレス等の粉砕機を用いて行ってもよい。これらのうちの一種を単独で用いて粉砕又は混合を行ってもよいし、複数を組み合わせて、粉砕しながら混合してもよい。

[0056] セメント組成物のブレーン比表面積は、好ましくは５０００ｃｍ^2／ｇ以下であり、より好ましくは４５００ｃｍ^2／ｇ以下であり、さらに好ましくは４０００ｃｍ^2／ｇ以下である。セメント組成物のブレーン比表面積が上記範囲にあると、強度発現と発熱抑制を十分に高い水準で両立しつつ、粉砕コスト及びCO_2排出量を十分に低減することができる。

[0057] セメント組成物の製造方法では、第１粉砕工程、第２粉砕工程及び混合工程の他に、任意の工程を有していてもよい。例えば、粉砕工程の前又は後に選別工程を有していてもよい。選別工程では、強度発現性の高い無機鉱物を選別する目的で、不溶残分が大きく反応性が低い砂や鉄くずのような不純物等を、ふるい分け、比重選別、空気分級、磁選等の方法により、無機鉱物の粒度・成分を調整する。その際に、ＪＩＳ　Ｒ　５２０２：２０１０の塩酸－炭酸ナトリウム方法による不溶残分の定量方法によって測定される前記無機鉱物の不溶残分が５０質量％以下となるように選別することが望ましい。

[0058] 上述の＜セメント組成物＞の実施形態の説明内容は、本実施形態の製造方

法にも適用される。このため重複する説明を省略する。

[0059] ＜セメント組成物の製造方法（２）＞

別の実施形態に係るセメント組成物の製造方法は、例えばＢＥＴ比表面積が３０～３５０ｍ^2／ｇであり、粉砕によってＢＥＴ比表面積が小さくなる無機鉱物、セメントクリンカー、炭酸塩、及びせっこうを混合し、無機鉱物の含有量が０．５～１４．０質量％、無機鉱物及び炭酸塩の合計含有量が５質量％超且つ１５質量％以下、並びに、セメントクリンカー及びせっこうの合計含有量が８５質量％以上且つ９５質量％未満であるセメント組成物を得る混合工程を有し、混合工程では、セメント組成物のブレーン比表面積が３０００ｃｍ^2／ｇ以上、より好ましくは４０００ｃｍ^2／ｇ以上となるように粉砕しながら混合する。

[0060] この製造方法では、混合工程においてセメント組成物のブレーン比表面積を大きく３０００ｃｍ^2／ｇ以上、好ましくは４０００ｃｍ^2／ｇ以上にしていることから、粉砕した無機鉱物を用いなくても、優れた強度発現性を有するセメント組成物を得ることができる。セメント組成物のブレーン比表面積は、好ましくは６０００ｃｍ^2／ｇ以下であり、より好ましくは５０００ｃｍ^2／ｇ以下であり、さらに好ましくは４６００ｃｍ^2／ｇ以下である。セメント組成物のブレーン比表面積が上記範囲にあると、強度発現と発熱抑制を十分に高い水準で両立しつつ粉砕コスト及びCO_2排出量を十分に低減することができる。

[0061] 混合工程において、混合及び粉砕の順序は特に限定されない。すなわち、各原料を混合した後に粉砕を行ってもよく、各原料を個別に粉砕した後に混合してもよく、また各原料の混合及び粉砕を同時に行ってもよい。上記原料のうち一部を粉砕しながら混合し、その後その他の原料を別途粉砕及び／又は混合してもよい。混合工程は、例えば、パン型ミキサー、傾胴式ミキサー、リボンミキサー等の混合機、並びに、ボールミル、竪型ローラーミル、及びローラープレス等の粉砕機を用いて行ってもよい。これらのうちの一種を単独で用いてもよいし、複数を組み合わせて、粉砕しながら混合してよい。

[0062] 本実施形態の製造方法では、無機鉱物を粉砕する粉砕工程を有していてもよいし、有していなくてもよい。粉砕工程を行わない場合、粉砕工程に要する時間及びコストを低減することができる。このような観点から、混合工程で用いる無機鉱物のＢＥＴ比表面積は、好ましくは１６０ｍ^2／ｇ以上であり、より好ましくは１８０ｍ^2／ｇ以上であり、さらに好ましくは１９０ｍ^2／ｇ以上である。セメント組成物の強度発現性を一層高くする観点から、用いる無機鉱物のＢＥＴ比表面積は、好ましくは３５０ｍ^2／ｇ以下であり、より好ましくは３００ｍ^2／ｇ以下であり、さらに好ましくは２８０ｍ^2／ｇ以下であり、さらにより好ましくは２００ｍ^2／ｇ以下である。また、粉砕工程を行う場合、粉砕前の無機鉱物のＢＥＴ比表面積に対する粉砕後の無機鉱物（粉砕物）のＢＥＴ比表面積の比αが０．１０～０．８０となるように粉砕することが好ましい。当該比αは、好ましくは０．２０以上であり、より好ましくは０．３０以上である。これによって粉砕コスト及び粉砕に要する時間を低減することができる。当該比αは、好ましくは０．７０以下であり、より好ましくは０．６０以下である。これによって、セメント組成物の強度発現性を一層高くすることができる。

[0063] 混合工程で各原料の混合及び粉砕を同時に行う場合、無機鉱物が他の原料と同時に粉砕される。その際、粉砕前の無機鉱物のＢＥＴ比表面積に対する粉砕後の無機鉱物のＢＥＴ比表面積の比αが０．１０～０．８０となるように、各原料を粉砕することが好ましい。当該比αの好ましい範囲は上述したとおりである。

[0064] セメント組成物中に含まれる粉砕後の無機鉱物のＢＥＴ比表面積は、粉砕後のセメント組成物のＢＥＴ比表面積より求められる。すなわち通常ブレーン比表面積が３，０００～５，０００ｃｍ^2／ｇのセメント組成物のＢＥＴ比表面積が１ｍ^2／ｇ程度であるところ、ＢＥＴ比表面積の大きい無機鉱物を含有することで、セメント組成物のＢＥＴ比表面積を十分に大きくすることができる。（例えば、セメント組成物が、ＢＥＴ比表面積が１５０ｍ^2／ｇである無機鉱物を２質量％含む場合、セメント組成物のＢＥＴ比表面積は３ｍ^2／

ｇ程度大きくなる。）また、上記無機鉱物を含む場合、粉砕によりセメント組成物全体のＢＥＴ比表面積が小さくなっていくため、セメント組成物をさらに粉砕し、ＢＥＴ比表面積を測定し、外挿することで粉砕前後の無機鉱物のＢＥＴ比表面積の比を得ることができる。また、アロフェンなどの上記無機鉱物の添加率はＸＲＤリートベルト法、蛍光Ｘ線による化学分析、湿式分析、比重選別法、ＳＥＭ－ＥＤＳ、及びＴＥＭ－ＥＤＳ等を適宜組み合わせて求めることが可能である。

[0065] 上述の＜セメント組成物＞の実施形態の説明内容は、本実施形態の製造方法にも適用される。このため重複する説明を省略する。また、セメント組成物の製造方法（１）と同様に混合工程の前に選別工程を有していてもよい。

[0066] 以上、本開示の実施形態を説明したが、本開示は上記実施形態に限定されない。本開示は以下の実施形態を含む。

[0067] ［１］セメントクリンカー、無機鉱物、炭酸塩、及びせっこうを含むセメント組成物であって、

前記無機鉱物は、粉砕によってＢＥＴ比表面積が小さくなるものであり、

前記無機鉱物の含有量が０．５～１４．０質量％、

前記無機鉱物及び前記炭酸塩の合計含有量が５質量％超且つ１５質量％以下、並びに

前記セメントクリンカー及び前記せっこうの合計含有量が８５質量％以上且つ９５質量％未満、である、セメント組成物。

［２］前記無機鉱物はＢＥＴ比表面積が１８０ｍ^2／ｇ以下の粉砕物であり、

粉砕前の前記無機鉱物のＢＥＴ比表面積に対する前記粉砕物のＢＥＴ比表面積の比が０．１０～０．８０であり、

前記セメント組成物のブレーン比表面積が３０００ｃｍ^2／ｇ以上である、［１］に記載のセメント組成物。

［３］前記無機鉱物は、ＢＥＴ比表面積が３０～３５０ｍ^2／ｇであり、

前記セメント組成物のブレーン比表面積が４０００ｃｍ^2／ｇ以上である、［１］又は［２］に記載のセメント組成物。

［４］前記無機鉱物がアロフェンを含有する、［１］～［３］のいずれか一つに記載のセメント組成物。

［５］ＪＩＳ　Ｒ　５２０２：２０１０の塩酸－炭酸ナトリウム方法による不溶残分の定量方法によって測定される前記無機鉱物の不溶残分が５０質量％以下である、［１］～［４］のいずれか一つに記載のセメント組成物。

［６］前記炭酸塩の含有量が１．０～１４．５質量％である、［１］～［４］のいずれか一つに記載のセメント組成物。

［７］粉砕によってＢＥＴ比表面積が小さくなる無機鉱物、セメントクリンカー、炭酸塩、及びせっこうを混合し、前記無機鉱物の含有量が０．５～１４．０質量％、前記無機鉱物及び前記炭酸塩の合計含有量が５質量％超且つ１５質量％以下、並びに、前記セメントクリンカー及び前記せっこうの合計含有量が８５質量％以上且つ９５質量％未満であるセメント組成物を得る混合工程を有し、

前記混合工程では、前記セメント組成物のブレーン比表面積が３０００ｃｍ^2／ｇ以上となるように粉砕しながら混合する、セメント組成物の製造方法。

［８］前記混合工程では、前記無機混合物の粉砕前のＢＥＴ比表面積に対する粉砕後のＢＥＴ比表面積の比が０．１０～０．８０となるように、前記無機鉱物を粉砕する、［７］に記載のセメント組成物の製造方法。

［９］前記無機鉱物を粉砕して、前記無機鉱物よりも低い１８０ｍ^2／ｇ以下のＢＥＴ比表面積を有する粉砕物を得る粉砕工程をさらに有し、

前記粉砕工程では、粉砕前の前記無機鉱物のＢＥＴ比表面積に対する前記粉砕物のＢＥＴ比表面積の比が０．１０～０．８０となるように粉砕する、［７］に記載のセメント組成物の製造方法。

［１０］前記粉砕工程では、前記無機鉱物のブレーン比表面積が３０００ｃｍ^2／ｇ以上増加するように粉砕する、［９］に記載のセメント組成物の製造方法。

［１１］無機鉱物を粉砕して、前記無機鉱物よりも低いＢＥＴ比表面積を有

する粉砕物を得る第１粉砕工程と、

セメントクリンカー、せっこう及び炭酸塩の少なくとも一つを粉砕する第２粉砕工程と、

少なくとも、前記第１粉砕工程及び第２粉砕工程で得られた粉砕物同士を混合する混合工程と、を有し、

前記無機鉱物の含有量が０．５～１４．０質量％、前記無機鉱物及び前記炭酸塩の合計含有量が５質量％超且つ１５質量％未満、並びに、前記セメントクリンカー及び前記せっこうの合計含有量が８５質量％以上且つ９５質量％未満であり、ブレーン比表面積が３０００ｃｍ^2／ｇ以上のセメント組成物を得る、セメント組成物の製造方法。

［１２］前記第１粉砕工程では、粉砕前の前記無機鉱物のＢＥＴ比表面積に対する前記無機鉱物の粉砕物のＢＥＴ比表面積の比が０．１０～０．８０となるように粉砕する、［１１］に記載のセメント組成物の製造方法。

実施例

[0068] 以下、実施例、比較例及び参考例を参照して本開示の内容をより詳細に説明する。ただし、本開示は、下記の実施例に限定されるものではない。

[0069] ［セメント組成物の原料］

（セメントクリンカー）

セメントクリンカーとしては、Ｂｏｇｕｅ式の計算による鉱物組成が下記表１に記載された数値となる２種類のポルトランドセメントクリンカーを用いた。Ｂｏｇｕｅ式の計算に用いたセメントの化学組成は、ＪＩＳ Ｒ ５２０４：２０１９「セメントの蛍光Ｘ線分析方法」に記載の方法に準拠して測定した。

[0070] [表1]

	Bogue式による鉱物組成(質量%)			
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
セメントクリンカーA	56.4	20.0	9.8	10.2
セメントクリンカーB	64.2	12.3	9.8	10.4

[0071]（せっこう）

せっこうとしては、ＪＩＳ　Ｒ　９１５１：２００９「セメント用天然せっこう」に記載の要件を満たすせっこうを用いた。

[0072]（混合材）

混合材としては、石灰石及び無機鉱物を準備した。石灰石としては、炭酸カルシウム含有量が９０質量％以上、酸化アルミニウム含有量が１．０質量％以下であり、ＪＩＳ　Ｒ　５２１０：２０１９「ポルトランドセメント」に記載の少量混合成分の要件を満たす石灰石を粉砕した石灰石微粉末（ブレーン比表面積値：７４７０ｃｍ^2／ｇ）を用いた。無機鉱物としてはアロフェンを含むもの用いた。アロフェンを含む無機鉱物としては、セカードＰ１（商品名、品川ゼネラル株式会社製）又は鹿沼土（あかぎ園芸株式会社製）を用いた。

[0073]　各無機鉱物の不溶残分、強熱減量（ｌｇ．ｌｏｓｓ）、及び化学成分の測定結果を表２に示す。ｌｇ．ｌｏｓｓは、ＪＩＳ　Ｒ　５２０２：２０１０の方法に準拠して測定し、不溶残分は塩酸－炭酸ナトリウム方法によって測定した。化学成分は、ＪＩＳ　Ｒ　５２０２：２０１０の蛍光Ｘ線のファンダメンタルパラメーター法による化学分析より求めた（使用機器：リガク社製　ＺＳＸ－１００ｅ）。表２中のR_2Oは、アルカリ含有量であり、Na_2O含有量＋０．６５８K_2O含有量で算出した。

[0074]　上述の各無機鉱物を、標準ミルで６０分間粉砕して無機鉱物の粉砕物を調製した。粉砕前の無機鉱物と粉砕後の無機鉱物（粉砕物）の密度、ブレーン比表面積、及びＢＥＴ比表面積の測定結果を表３に示す。ブレーン比表面積は、ＪＩＳ　Ｒ　５２０１：２０１５「セメントの物理測定方法」の記載に準拠して測定した。その際、密度の値として自動密度計（機器：ＭＡＴ-７０００、セイシン企業株式会社）による測定値を用いた。ＢＥＴ比表面積は、マイクロトラック・ベル社製のＢＥＬＳＯＲＰ　ＭＩＮＩ（商品名）を用い、窒素ガスを用いたＢＥＴ多点法によって、相対圧０．０５～０．３５の範囲での窒素ガスの吸着量の測定結果から算出した。

[0075] [表2]

無機鉱物	不溶残分	Ig.loss	化学成分 [質量%]				
	[質量%]	[質量%]	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	R_2O
セカードＰ１	29.3	26.8	32.1	36.7	3.0	0.5	0.5
鹿沼土	36.9	20.7	36.9	36.5	2.9	0.9	0.7

[0076] [表3]

無機鉱物		粉砕	密度 [g/cm^3]	ブレーン比表面積 [cm^2/g]	BET比表面積 [m^2/g]	粉砕前後のBET比表面積の比	粉砕前後のブレーン比表面積の比
Ａ－１	セカードＰ１	粉砕前	2.74	21040	272	-	-
Ａ－２	セカードＰ１	粉砕後	2.74	25200	158	0.58	1.20
Ｂ－１	鹿沼土	粉砕前	2.45	11760	190	-	-
Ｂ―２	鹿沼土	粉砕後	2.45	14880	79	0.42	1.27

[0077] 表３には、粉砕前のＢＥＴ比表面積に対する粉砕後のＢＥＴ比表面積の比、及び、粉砕前のブレーン比表面積に対する粉砕後のブレーン比表面積の比を示した。表３に示すとおり、セカードＰ１及び鹿沼土は、どちらも粉砕によってＢＥＴ比表面積が小さくなり、ブレーン比表面積は大きくなった。

[0078] ［セメント組成物の調製（１）］

表１に示す化学組成のセメントクリンカーＡに対し、せっこうをSO_3量換算で１．０質量％添加して粉砕しながら混合し、ベースセメントを得た。その後、ベースセメントに、表４に示す配合のとおり、石灰石微粉末、及び、表３の無機鉱物（粉砕前又は粉砕後）を添加し、混合して、実施例１～５及び比較例１の各セメント組成物を調製した。比較例１は、表３の無機鉱物を配合しなかった。参考例１は、石灰石微粉末を４質量％含有し、ＪＩＳ　Ｒ５２１０：２００９「ポルトランドセメント」の普通ポルトランドセメントに相当するセメント組成物である。

[0079] ［ブレーン比表面積の測定］

各セメント組成物の各種成分のブレーン比表面積を、ＪＩＳ　Ｒ　５２０１：２０１５「セメントの物理測定方法」の記載に準拠して測定した。結果は表４に示すとおりであった。

[0080] ［硬化体の調製］

調製したセメント組成物に、細骨材として一般社団法人セメント協会のセメント強さ試験用標準砂及び水を配合し、ＪＩＳ　Ｒ　５２０１：２０１５「セメントの物理試験方法」に記載の方法に準拠して硬化体を調製した。調製した硬化体は材齢７日又は２８日まで２０℃の恒温室で水中養生を行った。

[0081] ［圧縮強さ比の測定］

ＪＩＳ　Ｒ　５２０１：２０１５「セメントの物理試験方法」に準拠して、上述の硬化体の材齢７日及び２８日のそれぞれの圧縮強さを測定した。結果を表４に示す。なお、圧縮強さ比とは、基準硬化体の圧縮強さに対する測定対象の硬化体の圧縮強さの比（百分率）である。基準の硬化体は、普通ポルトランドセメントに細骨材として一般社団法人セメント協会のセメント強さ試験用標準砂及び水を配合し、ＪＩＳ　Ｒ　５２０１：２０１５「セメントの物理試験方法」に記載の方法に準拠して調製した。

[0082] [表4]

	セメント組成物					硬化体	
	セメントクリンカーA＋石膏	混合材			ブレーン比表面積	圧縮強さ比 [%]	
		石灰石微粉末	無機鉱物			7日	28日
	配合	配合	種類	配合	[cm^2/g]		
	［質量%］	［質量%］		［質量%］			
実施例１	91	7	A-2	2	3600	101	102
実施例２	91	4	A-2	5	3980	109	107
実施例３	91	7	A-1	2	3620	104	97
実施例４	91	7	B-2	2	3450	101	99
実施例５	91	7	B-1	2	3480	100	97
参考例１	96	4	－	0	3210	100	100
比較例１	91	9	－	0	3330	98	95

[0083] 表４に示すとおり、実施例１～５の硬化体の材齢７日と材齢２８日の圧縮強さは、通常の普通ポルトランドセメント（参考例１）と同等レベルであった。この結果から、実施例１～５のセメント組成物であれば、セメントクリンカー量を低減して低炭素化を可能にしつつ、従来と同等の圧縮強さを有す

る硬化体を得られることが分かった。

[0084] ［セメント組成物の調製（２）］

表１に示す化学組成のセメントクリンカーＢの粉砕物に対し、せっこうをSO_3量換算で２．０質量％添加して混合し、ベースセメントを得た。その後、ベースセメントに、表５に示す配合のとおり、石灰石微粉末、及び、表３の無機鉱物（粉砕前）を添加し、混合して、実施例６，７及び比較例２，３の各セメント組成物を調製した。比較例２，３は、表３の無機鉱物を配合しなかった。

[0085] 上述の実施例１と同様にして、各セメント組成物のブレーン比表面積を測定するとともに、各セメント組成物の硬化体を調製して圧縮強さ比の測定を行った。結果は表５に示すとおりであった。

[0086] [表5]

	セメント組成物					硬化体	
	セメントクリンカーB＋石膏	混合材			ブレーン比表面積	圧縮強さ比［%］	
		石灰石微粉末	無機鉱物			7日	28日
	配合	配合	種類	配合	[cm^2/g]		
	［質量%］	［質量%］		［質量%］			
実施例６	90	8	A-1	2	4520	107	108
実施例７	90	8	B-1	2	4080	102	101
比較例２	95	5	－	0	3740	100	100
比較例３	90	10	－	0	4110	99	95

[0087] 表５に示すとおり、実施例６，７の硬化体の材齢７日と材齢２８日の圧縮強さは、比較例２，３よりも高かった。この結果から、実施例６，７のセメント組成物であれば、セメントクリンカー量を低減して低炭素化を可能にしつつ、従来品以上の圧縮強さを有する硬化体を得られることが確認された。

請求の範囲

[請求項1] セメントクリンカー、無機鉱物、炭酸塩、及びせっこうを含むセメント組成物であって、

前記無機鉱物は、粉砕によってＢＥＴ比表面積が小さくなるものであり、

前記無機鉱物の含有量が０．５～１４．０質量％、

前記無機鉱物及び前記炭酸塩の合計含有量が５質量％超且つ１５質量％以下、並びに

前記セメントクリンカー及び前記せっこうの合計含有量が８５質量％以上且つ９５質量％未満である、セメント組成物。

[請求項2] 前記無機鉱物はＢＥＴ比表面積が１８０m^2／ｇ以下の粉砕物であり、

粉砕前の前記無機鉱物のＢＥＴ比表面積に対する前記粉砕物のＢＥＴ比表面積の比が０．１０～０．８０であり、

前記セメント組成物のブレーン比表面積が３０００ｃm^2／ｇ以上である、請求項１に記載のセメント組成物。

[請求項3] 前記無機鉱物は、ＢＥＴ比表面積が３０～３５０m^2／ｇであり、

前記セメント組成物のブレーン比表面積が４０００ｃm^2／ｇ以上である、請求項１に記載のセメント組成物。

[請求項4] 前記無機鉱物がアロフェンを含有する、請求項１～３のいずれか一項に記載のセメント組成物。

[請求項5] ＪＩＳ　Ｒ　５２０２：２０１０の塩酸－炭酸ナトリウム方法による不溶残分の定量方法によって測定される前記無機鉱物の不溶残分が５０質量％以下である、請求項１～３のいずれか一項に記載のセメント組成物。

[請求項6] 前記炭酸塩の含有量が１．０～１４．５質量％である、請求項１～３のいずれか一項に記載のセメント組成物。

[請求項7] 粉砕によってＢＥＴ比表面積が小さくなる無機鉱物、セメントクリ

ンカー、炭酸塩、及びせっこうを混合し、前記無機鉱物の含有量が０．５～１４．０質量％、前記無機鉱物及び前記炭酸塩の合計含有量が５質量％超且つ１５質量％以下、並びに、前記セメントクリンカー及び前記せっこうの合計含有量が８５質量％以上且つ９５質量％未満であるセメント組成物を得る混合工程を有し、

前記混合工程では、前記セメント組成物のブレーン比表面積が３０００ｃｍ^2／ｇ以上となるように粉砕しながら混合する、セメント組成物の製造方法。

[請求項8] 前記混合工程では、前記無機鉱物の粉砕前のＢＥＴ比表面積に対する粉砕後のＢＥＴ比表面積の比が０．１０～０．８０となるように、前記無機鉱物を粉砕する、請求項７に記載のセメント組成物の製造方法。

[請求項9] 前記無機鉱物を粉砕して、前記無機鉱物よりも低い１８０ｍ^2／ｇ以下のＢＥＴ比表面積を有する粉砕物を得る粉砕工程をさらに有し、

前記粉砕工程では、粉砕前の前記無機鉱物のＢＥＴ比表面積に対する前記粉砕物のＢＥＴ比表面積の比が０．１０～０．８０となるように粉砕する、請求項７に記載のセメント組成物の製造方法。

[請求項10] 前記粉砕工程では、前記無機鉱物のブレーン比表面積が３０００ｃｍ^2／ｇ以上増加するように粉砕する、請求項９に記載のセメント組成物の製造方法。

[請求項11] 無機鉱物を粉砕して、前記無機鉱物よりも低いＢＥＴ比表面積を有する粉砕物を得る第１粉砕工程と、

セメントクリンカー、せっこう及び炭酸塩の少なくとも一つを粉砕する第２粉砕工程と、

少なくとも、前記第１粉砕工程及び第２粉砕工程で得られた粉砕物同士を混合する混合工程と、を有し、

前記無機鉱物の含有量が０．５～１４．０質量％、前記無機鉱物及び前記炭酸塩の合計含有量が５質量％超且つ１５質量％未満、並びに

、前記セメントクリンカー及び前記せっこうの合計含有量が８５質量％以上且つ９５質量％未満であり、ブレーン比表面積が３０００ｃｍ^2／ｇ以上のセメント組成物を得る、セメント組成物の製造方法。

[請求項12] 前記第１粉砕工程では、粉砕前の前記無機鉱物のＢＥＴ比表面積に対する前記無機鉱物の粉砕物のＢＥＴ比表面積の比が０．１０～０．８０となるように粉砕する、請求項１１に記載のセメント組成物の製造方法。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/015029

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C04B 28/02(2006.01)i; ***C04B 7/52***(2006.01)i; ***C04B 14/10***(2006.01)i; ***C04B 22/10***(2006.01)i; ***C04B 22/14***(2006.01)i
FI: C04B28/02; C04B7/52; C04B14/10 B; C04B22/10; C04B22/14 B

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C04B28/02; C04B7/52; C04B14/10; C04B22/10; C04B22/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-172264 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO., LTD.) 08 November 2018 (2018-11-08) entire text	1-12
A	JP 2023-505199 A (THE BOARD OF TRUSTEES OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY) 08 February 2023 (2023-02-08) entire text, all drawings	1-12
A	CN 108455961 A (UNIV JINAN) 28 August 2018 (2018-08-28) whole document	1-12
A	JP 2003-128450 A (KAJIMA CORPORATION) 08 May 2003 (2003-05-08) entire text, all drawings	1-12
P, A	JP 2023-131119 A (TAIHEIYO CEMENT CORPORATION) 21 September 2023 (2023-09-21) entire text, all drawings	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
28 May 2024	**11 June 2024**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/015029

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2018-172264 A	08 November 2018	(Family: none)	
JP 2023-505199 A	08 February 2023	WO 2021/113737 A1 whole document, whole drawing US 2023/0013411 A1 EP 4069657 A1 CN 114761369 A	
CN 108455961 A	28 August 2018	(Family: none)	
JP 2003-128450 A	08 May 2003	(Family: none)	
JP 2023-131119 A	21 September 2023	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/015029

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

C04B 28/02(2006.01)i; C04B 7/52(2006.01)i; C04B 14/10(2006.01)i; C04B 22/10(2006.01)i; C04B 22/14(2006.01)i
FI: C04B28/02; C04B7/52; C04B14/10 B; C04B22/10; C04B22/14 B

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

C04B28/02; C04B7/52; C04B14/10; C04B22/10; C04B22/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２４年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2018-172264 A (住友大阪セメント株式会社) 08.11.2018 (2018-11-08) 全文	1-12
A	JP 2023-505199 A (ザ　ボード　オブ　トラスティーズ　オブ　ザ　レランド　スタンフォード　ジュニア　ユニバーシティー) 08.02.2023 (2023-02-08) 全文,全図	1-12
A	CN 108455961 A (UNIV JINAN) 28.08.2018 (2018-08-28) whole document	1-12
A	JP 2003-128450 A (鹿島建設株式会社) 08.05.2003 (2003-05-08) 全文,全図	1-12
P, A	JP 2023-131119 A (太平洋セメント株式会社) 21.09.2023 (2023-09-21) 全文,全図	1-12

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
28.05.2024	11.06.2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
田中　永一 4T 9539
電話番号 03-3581-1101 内線 3465

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/015029

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-172264 A	08.11.2018	（ファミリーなし）	
JP 2023-505199 A	08.02.2023	WO 2021/113737 A1 whole document, whole drawing US 2023/0013411 A1 EP 4069657 A1 CN 114761369 A	
CN 108455961 A	28.08.2018	（ファミリーなし）	
JP 2003-128450 A	08.05.2003	（ファミリーなし）	
JP 2023-131119 A	21.09.2023	（ファミリーなし）	