

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6043853号
(P6043853)

(45) 発行日 平成28年12月14日 (2016. 12. 14)

(24) 登録日 平成28年11月18日 (2016. 11. 18)

(51) Int. Cl.		F I	
CO4B	38/06 (2006.01)	CO4B	38/06 D
CO4B	33/138 (2006.01)	CO4B	33/138
AO1G	1/00 (2006.01)	AO1G	1/00 303A
AO1G	9/10 (2006.01)	AO1G	9/10 B

請求項の数 9 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2015-197013 (P2015-197013)	(73) 特許権者	000184687
(22) 出願日	平成27年10月2日 (2015. 10. 2)		小松精練株式会社
(62) 分割の表示	特願2012-534042 (P2012-534042) の分割		石川県能美市浜町ヌ167番地
原出願日	平成23年9月14日 (2011. 9. 14)	(74) 代理人	100064908
(65) 公開番号	特開2016-29013 (P2016-29013A)		弁理士 志賀 正武
(43) 公開日	平成28年3月3日 (2016. 3. 3)	(74) 代理人	100146835
審査請求日	平成27年10月2日 (2015. 10. 2)		弁理士 佐伯 義文
(31) 優先権主張番号	特願2010-208458 (P2010-208458)	(74) 代理人	100175802
(32) 優先日	平成22年9月16日 (2010. 9. 16)		弁理士 寺本 光生
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100094400
			弁理士 鈴木 三義
		(74) 代理人	100126664
			弁理士 鈴木 慎吾

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多孔質セラミックス焼結体及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

原料として粘土を含む焼結体であり、
直径 3 nm ~ 360 μm の細孔と、直径 360 μm 超の孔隙と、直径 3 nm ~ 360 μm の細孔又は直径 360 μm 超の孔隙が相互に連通する連通孔が形成され、
直径 3 nm ~ 360 μm の細孔の容積の合計値である細孔容積が 0.2 cm³ / g 以上であり、前記細孔容積における直径 0.01 μm 以上 1 μm 未満の細孔の容積の合計値である微細孔容積の割合が 30 体積% 以上であり、
かさ比重が 0.7 g / cm³ 未満である非稠密層を有し、かつ、かさ比重が 0.7 g / cm³ 以上である層状の稠密層を有し、

前記非稠密層は、前記稠密層の両面に設けられていることを特徴とする多孔質セラミックス焼結体。

【請求項 2】

直径 3 nm ~ 360 μm の細孔におけるメジアン細孔直径が 40 μm 未満である請求項 1 に記載の多孔質セラミックス焼結体。

【請求項 3】

緑化基盤材料であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の多孔質セラミックス焼結体。

【請求項 4】

原料として粘土を含む焼結体であり、直径 3 nm ~ 360 μm の細孔と、直径 360 μ

m超の孔隙と、直径3nm～360μmの細孔又は直径360μm超の孔隙が相互に連通する連通孔が形成され、直径3nm～360μmの細孔の容積の合計値である細孔容積が0.2cm³/g以上であり、前記細孔容積における直径0.01μm以上1μm未満の細孔の容積の合計値である微細孔容積の割合が30体積%以上である多孔質セラミックス焼結体の製造方法であって、

粘土類、有機汚泥及びスラグを含む混合物を得る混合工程と、前記混合物を成形して成形体を得る成形工程と、前記成形体を焼成する焼成工程とを有することを特徴とする、多孔質セラミックス焼結体の製造方法。

【請求項5】

前記多孔質セラミックス焼結体は、直径3nm～360μmの細孔におけるメジアン細孔直径が40μm未満であることを特徴とする、請求項4に記載の多孔質セラミックス焼結体の製造方法。

10

【請求項6】

前記多孔質セラミックス焼結体は、かさ比重が0.7g/cm³以上である層状の稠密層を有することを特徴とする、請求項4又は5に記載の多孔質セラミックス焼結体の製造方法。

【請求項7】

前記多孔質セラミックス焼結体は、かさ比重が0.7g/cm³未満である非稠密層を有することを特徴とする請求項4～6のいずれか1項に記載の多孔質セラミックス焼結体の製造方法。

20

【請求項8】

前記多孔質セラミックス焼結体は、かさ比重が0.7g/cm³以上である層状の稠密層を有し、前記非稠密層は、前記稠密層の両面に設けられていることを特徴とする請求項7に記載の多孔質セラミックス焼結体の製造方法。

【請求項9】

前記多孔質セラミックス焼結体は、緑化基盤材料であることを特徴とする請求項4～8のいずれか1項に記載の多孔質セラミックス焼結体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多孔質セラミックス焼結体及びその製造方法に関する。

本願は、2010年9月16日に、日本に出願された特願2010-208458号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

【0002】

一般に、多孔質セラミックス焼結体は、耐火断熱材料、水質浄化材料、調湿材料、及び揮発性有機化合物(VOC)吸着材料等に用いられているものである。このような多孔質セラミックス焼結体の構造としては、独立気泡型、格子構造型、アグリゲート型、微小な亀裂孔隙を有するもの、及び連続貫通気孔を有するもの等が挙げられ、用途に応じて選択される。

40

【0003】

格子構造型の多孔質セラミックス焼結体としては、発泡ウレタン樹脂の気孔内へセラミックス組成物を注入充填した後、樹脂成分を分解し、焼結されたものが知られている。

アグリゲート型の多孔質セラミックス焼結体としては、組成物中の素粒子の骨材の間隙を気孔としたものが知られている。

独立気泡型の多孔質セラミックス焼結体としては、焼成工程において、組成物中の高温分解揮発成分により気孔を生成させたものが知られている。

微小な亀裂孔隙を有する多孔質セラミックス焼結体としては、加熱時に収縮する粘土質等の原料と、加熱時に膨張するスラグ類とを混合した組成物を焼結し得られるものが知られている。

50

また、連続貫通気孔を有する多孔質セラミックス焼結体としては、含水組成物内に、金属アルミニウムにアルカリ溶液を加えて水素を発生させ、これを焼結して得られるものが知られている。

【0004】

近年、多孔質セラミックス焼結体は、緑化基盤材料としても利用されている。緑化基盤材料は、地被植物等を生育させるための土壌の下に敷設されるものであり、緑化基盤材料には、水が浸透しやすく、かつ適度な保水性を有することが必要とされる。このような緑化基盤材料は、建物の屋上等に敷設され、その上に植物を生育させることで、建物の冷却効果を向上できる。

緑化基盤材料として用いられる多孔質セラミックス焼結体として、例えば、原料として珪藻土を用い、珪藻土の成形体を焼結したものが提案されている（例えば、特許文献1）。この多孔質セラミックス焼結体は、珪藻土由来のマクロ気孔と、人工的に生成されたミリメートルサイズのトンネル構造孔隙とが相互に連結された二元構造を有するため、水が浸透しやすくかつ保水性が良好である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2005-239467号公報

【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、緑化基盤材料として用いる多孔質セラミックス焼結体には、水が浸透しやすく、保水性が良好であることに加え、良好な水の拡散（拡散性）、特に水平方向への拡散性が求められる。加えて、多孔質セラミックス焼結体の気孔内に保持された水が、生育させる植物に利用できなくてはならない。さらに、多孔質セラミックス焼結体には、冷却効果のさらなる向上が求められている。

そこで、本発明は、植物の生育に適し、かつ冷却効果の高い多孔質セラミックス焼結体を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の多孔質セラミックス焼結体は、原料として粘土を含む焼結体であり、直径3nm～360μmの細孔と、直径360μm超の孔隙と、直径3nm～360μmの細孔又は直径360μm超の孔隙が相互に連通する連通孔が形成され、直径3nm～360μmの細孔の容積の合計値である細孔容積が0.2cm³/g以上であり、前記細孔容積における直径0.01μm以上1μm未満の細孔の容積の合計値である微細孔容積の割合が30体積%以上であることを特徴とする。

直径3nm～360μmの細孔におけるメジアン細孔直径が40μm未満であることが好ましく、かさ比重が0.7g/cm³以上である層状の稠密層を有することが好ましく、かさ比重が0.7g/cm³未満である非稠密層を有することが好ましく、前記非稠密層は、前記稠密層の両面に設けられていることがより好ましく、緑化基盤材料であってもよい。

本発明の多孔質セラミックス焼結体の製造方法は、前記の本発明の多孔質セラミックス焼結体の製造方法であって、粘土類、有機汚泥及びスラグを含む混合物を得る混合工程と、前記混合物を成形して成形体を得る成形工程と、前記成形体を焼成する焼成工程とを有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明は、植物の生育に適し、かつ冷却効果の高い多孔質セラミックス焼結体を目的とする。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

【図 1】本発明の一実施形態にかかる多孔質セラミックス焼結体の断面写真である。

【図 2】(a) 図 1 に示す多孔質セラミックス焼結体の稠密層の断面の電子顕微鏡写真 (3 0 倍) である。(b) 図 2 (a) の一部を拡大撮影した電子顕微鏡写真 (2 0 0 0 倍) である。

【図 3】比較例の多孔質セラミックス焼結体の断面写真である。

【図 4】実施例の多孔質セラミックス焼結体の稠密層の細孔容積の測定結果を示すチャートである。

【図 5】実施例の多孔質セラミックス焼結体の第一の非稠密層の細孔容積の測定結果を示すチャートである。

10

【図 6】比較例の多孔質セラミックス焼結体の細孔容積の測定結果を示すチャートである。

【図 7】拡散性 (水平) の試験方法を説明する模式図である。

【図 8 A】拡散性 (1 5 ° 傾斜) の試験方法を説明する模式図である。

【図 8 B】拡散性 (1 5 ° 傾斜) の試験方法を説明する模式図である。

【図 9】植物生育試験の結果を示すグラフである。

【図 1 0 A】蒸散量の測定結果を示すグラフである。

【図 1 0 B】蒸散量の測定結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

20

(多孔質セラミックス焼結体)

本発明の一実施形態である板状の多孔質セラミックス焼結体 (以下、板状セラミックスということがある) について、以下に図面を用いて説明する。図 1 は、本発明の一実施形態にかかる板状セラミックス 1 の断面図である。

図 1 に示すように板状セラミックス 1 は、稠密層 1 0 と、稠密層 1 0 の一方の面に設けられた第一の非稠密層 2 0 と、稠密層 1 0 の他方の面に設けられた第二の非稠密層 3 0 とで概略構成されている。即ち、板状セラミックス 1 は、稠密層 1 0 と、第一の非稠密層 2 0 と、第二の非稠密層 3 0 とからなる 3 層構造を有する。

第一の非稠密層 2 0 の面である第一の面 2 2 には、第一の非稠密層 2 0 に形成された気孔が露出した開口部が形成され、第二の非稠密層 3 0 の面である第二の面 3 2 には、第二の非稠密層 3 0 に形成された気孔が露出した開口部が形成されている。

30

板状セラミックス 1 の厚み T 1 は、用途に応じて決定でき、例えば、0 . 5 ~ 1 5 c m の範囲で決定できる。より好ましくは、1 . 5 ~ 1 0 c m の範囲で決定できる。

【 0 0 1 1 】

< 稠密層 >

稠密層 1 0 は、直径 3 n m ~ 3 6 0 μ m の細孔 (以下、単に細孔ということがある) が形成された層である。

稠密層 1 0 には、図 2 (a) に示すように、直径 3 6 0 μ m 超の気孔である孔隙 1 2 が 2 以上形成されていると共に、図 2 (b) に示すように、細孔 1 4 が 2 以上形成されている。

40

稠密層 1 0 に形成されている細孔 1 4 又は孔隙 1 2 は、相互に連通した連通孔を形成している。連通孔が形成されることで、保水性、拡散性、及び冷却効果の向上が図れる。

【 0 0 1 2 】

稠密層 1 0 の細孔容積、即ち全ての細孔 1 4 の容積の合計値は、0 . 2 c m ³ / g 以上であり、0 . 2 5 c m ³ / g 以上が好ましく、0 . 3 c m ³ / g 以上がより好ましい。上記下限値未満であると、板状セラミックス 1 内での拡散性が不十分になったり、保水性が不十分となったりする。また、細孔容積の上限値は、板状セラミックス 1 の用途に応じて決定でき、例えば、0 . 8 c m ³ / g 以下が好ましく、0 . 6 c m ³ / g 以下がより好ましく、0 . 4 c m ³ / g 以下がさらに好ましい。上記上限値超であると、水が蒸散しにくくなって冷却効果が低下するおそれがある。

50

細孔容積は、JIS R 1655 - 2003に準拠し、計測される値である。

【0013】

稠密層10における単位体積当たりの細孔14の容積の合計値(体積比細孔容積)は、板状セラミックス1の用途等を勘案して決定でき、例えば、 $0.1 \sim 0.5 \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$ が好ましく、 $0.2 \sim 0.4 \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$ がより好ましい。上記下限値未満であると、保水性や拡散性が不十分になるおそれがあり、上記上限値超であると、板状セラミックス1の強度が不十分になるおそれがある。

【0014】

細孔14の内、直径 $0.01 \mu\text{m}$ 以上 $1 \mu\text{m}$ 未満の細孔(以下、微細孔ということがある)の容積の合計値である微細孔容積の細孔容積に占める割合(微細孔割合)は、細孔容積の30体積%以上であり、40体積%以上がより好ましく、50体積%以上がさらに好ましい。上記下限値未満であると、保水性や拡散性が不十分となる。微細孔割合の上限値は、特に限定されず、100体積%であってもよい。微細孔割合は、下記(1)式により求められる。

【0015】

微細孔割合(体積%) = 微細孔容積 ÷ 細孔容積 × 100 ……(1)

【0016】

稠密層10の微細孔容積は、微細孔割合が30体積%以上であれば板状セラミックス1の用途等を勘案して決定でき、例えば、板状セラミックス1を緑化基盤材料とする場合、 $0.1 \text{ cm}^3 / \text{g}$ 以上が好ましく、 $0.12 \text{ cm}^3 / \text{g}$ 以上がより好ましく、 $0.14 \text{ cm}^3 / \text{g}$ 以上がさらに好ましく、 $0.2 \text{ cm}^3 / \text{g}$ 以上が特に好ましい。上記下限値未満であると、板状セラミックス1内での拡散性が不十分になったり、保水性が不十分となったりする。また、稠密層10における微細孔容積の上限値は、板状セラミックス1の用途等を勘案して決定でき、例えば、 $0.8 \text{ cm}^3 / \text{g}$ 以下が好ましく、 $0.6 \text{ cm}^3 / \text{g}$ 以下がより好ましく、 $0.4 \text{ cm}^3 / \text{g}$ 以下がさらに好ましい。上記上限値超であると、水が蒸散しにくくなって冷却効果が低下するおそれがある。

微細孔容積は、細孔容積と同様の方法で測定される値である。

【0017】

稠密層10の孔隙12の容積は、小さすぎると断熱性が低下するおそれがあり、大きすぎると保水性が低下するおそれがある。従って、孔隙12の容積は、板状セラミックス1の用途等を勘案して決定できる。

【0018】

直径 $3 \text{ nm} \sim 360 \mu\text{m}$ の細孔におけるメジアン細孔直径が $40 \mu\text{m}$ 未満であるとよい。好ましくは $30 \mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $20 \mu\text{m}$ 以下であり、さらに好ましくは $10 \mu\text{m}$ 以下であるとよい。また、直径 $3 \text{ nm} \sim 360 \mu\text{m}$ の細孔におけるメジアン細孔直径は 10 nm 以上であるとよい。好ましくは 100 nm 以上であるとよい。

$40 \mu\text{m}$ 未満であれば、保水性に優れ、長期間、セラミック焼結体から水を蒸散し続けることができる。

また、 10 nm 未満となると保水性が低下し、長期間、セラミック焼結体から十分な量の水を蒸散し続けることができなくなるおそれがある。

【0019】

稠密層10のかさ比重は、 $0.7 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上であり、 $0.75 \sim 0.95 \text{ g} / \text{cm}^3$ が好ましく、 $0.8 \sim 0.9 \text{ g} / \text{cm}^3$ がより好ましい。上記下限値未満であると、板状セラミックス1の強度が不十分になったり、保水性が低下したり、拡散性が低下したりするおそれがある。上記上限値超であると、水が蒸散しにくくなって冷却効果が低下したり、水が浸透しにくくなったりするおそれがある。

【0020】

稠密層10の気孔率は、板状セラミックス1の用途等を勘案して決定でき、例えば、40%体積%以上が好ましく、60~90体積%が好ましく、65~80体積%がより好ましく、70~80体積%がさらに好ましい。上記下限値未満であると、板状セラミックス

10

20

30

40

50

1内での水の拡散速度が低下するおそれがあり、上記上限値超であると、保水性が低下したり、板状セラミックス1の強度が低下したりするおそれがある。

【0021】

稠密層10の厚み t_1 は、用途や、板状セラミックス1の厚み T_1 等を勘案して決定でき、例えば、厚み T_1 の20~60%の範囲で決定することが好ましい。

【0022】

<第一の非稠密層>

第一の非稠密層20は、細孔が形成された層である。図1に示すように、第一の非稠密層20には、2以上の孔隙24と、図示されない2以上の細孔とが形成され、孔隙24と細孔とが相互に連通した連通孔が形成されている。

【0023】

第一の非稠密層20における細孔容積は、 $0.2\text{ cm}^3/\text{g}$ 以上であり、 $0.3\sim 0.6\text{ cm}^3/\text{g}$ が好ましく、 $0.4\text{ cm}^3/\text{g}$ 超 $0.5\text{ cm}^3/\text{g}$ 以下がより好ましい。上記下限値未満であると、板状セラミックス1内での拡散性が不十分になったり、保水性が不十分となったりする。上記上限値超であると、水が蒸散しにくくなって冷却効果が低下するおそれがある。

【0024】

第一の非稠密層20における体積比細孔容積は、稠密層10における体積比細孔容積と同様である。

本実施形態において、第一の非稠密層20における体積比細孔容積は、稠密層10における体積比細孔容積よりも小さいものとされている。第一の非稠密層20における体積比細孔容積を稠密層10における体積比細孔容積よりも小さいものとするので、板状セラミックス1の強度を十分なものとしつつ、保水性、拡散性の向上が図れる。

【0025】

第一の非稠密層20の微細孔割合は、稠密層10の微細孔割合と同様である。

第一の非稠密層20の微細孔容積は、用途等を勘案して決定でき、例えば、 $0.1\text{ cm}^3/\text{g}$ 以上が好ましく、 $0.12\sim 0.8\text{ cm}^3/\text{g}$ がより好ましく、 $0.14\sim 0.4\text{ cm}^3/\text{g}$ がさらに好ましい。上記下限値未満であると、拡散性が低下するおそれがあり、上記上限値超であると、水が蒸散しにくくなって冷却効果が低下するおそれがある。

【0026】

第一の非稠密層20の孔隙24の容積は、小さすぎると断熱性が低下したり、水が浸透しにくくなる場合がある。また、孔隙24の容積が大きすぎると、板状セラミックス1の強度が低下する場合がある。従って、孔隙24の容積は、板状セラミックス1の用途等を勘案して決定できる。

【0027】

直径 $3\text{ nm}\sim 360\text{ }\mu\text{m}$ の細孔におけるメジアン細孔直径が $40\text{ }\mu\text{m}$ 未満であるとよい。好ましくは $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、さらに好ましくは $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下であるとよい。また、直径 $3\text{ nm}\sim 360\text{ }\mu\text{m}$ の細孔におけるメジアン細孔直径は 10 nm 以上であるとよい。好ましくは 100 nm 以上であるとよい。

$40\text{ }\mu\text{m}$ 未満であれば、保水性に優れ、長期間、セラミック焼結体から水を蒸散し続けることができる。

また、 10 nm 未満となると保水性が低下し、長期間、セラミック焼結体から十分な量の水を蒸散し続けることができなくなるおそれがある。

【0028】

第一の非稠密層20のかさ比重は、 $0.7\text{ g}/\text{cm}^3$ 未満であり、 $0.4\text{ g}/\text{cm}^3$ 以上 $0.7\text{ g}/\text{cm}^3$ 未満が好ましく、 $0.5\sim 0.65\text{ g}/\text{cm}^3$ がさらに好ましい。上記上限値超であると、透水性が低下したり、水が蒸散しにくくなったりし、良好な冷却効果を得られないおそれがある。加えて、上記上限値未満であれば、板状セラミックス1の断熱性や防音性が向上する。上記下限値未満であると、板状セラミックス1の強度が低下したり、水の蒸散が早すぎて冷却効果が持続しなくなったりするおそれがある。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

第一の非稠密層 2 0 の気孔率は、板状セラミックス 1 の用途等を勘案して決定でき、例えば、5 0 % 体積 % 以上が好ましく、6 0 ~ 9 0 体積 % が好ましく、8 0 体積 % 超 9 0 体積 % 以下がより好ましい。上記下限値未満であると、水が浸透しにくくなるおそれがあり、上記上限値超であると、板状セラミックス 1 の強度が低下するおそれがある。

本実施形態において、第一の非稠密層 2 0 の気孔率は、稠密層 1 0 の気孔率より大きいものとされている。稠密層 1 0 の気孔率より大きいことで、板状セラミックス 1 の断熱性や防音性のさらなる向上が図れる。

【 0 0 3 0 】

第一の非稠密層 2 0 の厚み t_2 は、用途や、板状セラミックス 1 の厚み T_1 等を勘案して決定でき、例えば、厚み T_1 の 2 0 ~ 4 0 % の範囲で決定することが好ましい。

10

【 0 0 3 1 】

< 第二の非稠密層 >

第二の非稠密層 3 0 は、細孔が形成された層である。図 1 に示すように、第二の非稠密層 3 0 には、2 以上の孔隙 3 4 と、図示されない 2 以上の細孔とが形成され、孔隙 3 4 と細孔とが相互に連通した連通孔が形成されている。

【 0 0 3 2 】

第二の非稠密層 3 0 の細孔容積は、第一の非稠密層 2 0 の細孔容積と同様であり、第二の非稠密層 3 0 の体積比細孔容積は、第一の非稠密層 2 0 の体積比細孔容積と同様である。

20

第二の非稠密層 3 0 の微細孔容積は、第一の非稠密層 2 0 の微細孔容積と同様であり、第二の非稠密層 3 0 の微細孔割合は、第一の非稠密層 2 0 の微細孔割合と同様である。

第二の非稠密層 3 0 の直径 3 nm ~ 3 6 0 μ m の細孔におけるメジアン細孔直径は、第一の非稠密層 2 0 の直径 3 nm ~ 3 6 0 μ m の細孔におけるメジアン細孔直径と同様である。

第二の非稠密層 3 0 のかさ比重は、第一の非稠密層 2 0 のかさ比重と同様であり、第二の非稠密層 3 0 の気孔率は、第一の非稠密層 2 0 の気孔率と同様である。

第二の非稠密層 3 0 の厚み t_3 は、第一の非稠密層 2 0 の厚み t_2 と同様である。

【 0 0 3 3 】

(製造方法)

板状セラミックス 1 の製造方法は、原料を混合して混合物を得る混合工程と、前記混合物を成形し成形体を得る成形工程と、前記成形体を焼成する焼成工程とを有する。

30

【 0 0 3 4 】

< 混合工程 >

混合工程は、珪藻土、粘土類、有機汚泥及びスラグを混合し、混合物を得る工程である。このような配合とすることで珪藻土に形成された細孔と、有機汚泥が焼結時に減量して形成された細孔とを有する板状セラミックスを得られる。

【 0 0 3 5 】

珪藻土

本発明に用いられる珪藻土は、珪藻の遺骸からなる堆積物であり、マイクロメートルオーダーの気孔を有する多孔質である。

40

珪藻土は、特に限定されず、従来、耐火断煉瓦、及び濾過材等に使用されていたものと同様のものを用いることができる。例えば、狭雑している粘土鉱物（モンモリロナイト等）、石英、及び長石等を分別精製する必要はなく、これらの含有率を認識した上で、混合物への配合量を調整することができる。

珪藻土の含水率は特に限定されず、例えば、自然乾燥状態での含水率が 2 0 ~ 6 0 質量 % が好ましく、3 0 ~ 5 0 質量 % が好ましく、3 5 ~ 4 5 質量 % がさらに好ましい。上記範囲内であれば、含水率を認識しながら、混合の際に狭雑物中の粗粒子分を除去して使用することで、成形性が良好な混合物を得られるためである。

含水率は、乾燥減量方式である下記仕様の赤外線水分計を用い試料を乾燥（ 2 0 0 、

50

12分間)し、下記(2)式により求めた値である。

【0036】

<仕様>

測定方式：乾燥減量法(加熱乾燥・質量測定方式)

最小表示：含水率；0.1質量%

測定範囲：含水率；0.0～100質量%

乾燥温度：0～200

測定精度：試料質量5g以上で、含水率±0.1質量%

熱源：赤外線ランプ；185W

【0037】

含水率(質量%) = $[(m_1 - m_2) / (m_1 - m_0)] \times 100 \dots (2)$

m_1 ：乾燥前の容器の質量と乾燥前の試料の質量との合計質量(g)

m_2 ：乾燥後の容器の質量と乾燥後の試料の質量との合計質量(g)

m_0 ：乾燥後の容器の質量(g)

【0038】

混合物中の珪藻土の配合量は、稠密層10、第一の非稠密層20又は第二の非稠密層30における細孔容積、及び微細孔容積等を勘案して決定でき、例えば、55質量%以下が好ましく、1～45質量%がより好ましい。上記範囲内であれば混合物の成形性を損なわず、稠密層10、第一の非稠密層20又は第二の非稠密層30の細孔容積及び微細孔割合を好適なものにできる。

【0039】

粘土類

本発明における粘土類は、一般的に窯業原料として用いられる粘土状の性状を示す鉱物材料であり、珪藻土以外のものである。粘土類は、セラミックス焼結体に用いられる公知のものを用いることができ、石英、長石、及び粘土系等の鉱物組成で構成され、構成鉱物はカオリナイトを主とし、ハロイサイト、モンモリロナイト、又はイライトを含むものが好ましい。中でも、焼結時のクラックの進展を抑え、板状セラミックス1の破壊を防ぐ観点から粒子径が500μm以上の石英の粗粒を含むものがより好ましい。前記石英の粗粒は、粒子径が5mm以下であることが好ましい。このような粘土類としては、例えば、蛙目粘土等が挙げられる。粘土類は、1種単独で又は2種以上を適宜組み合わせる。

【0040】

混合物中の粘土類の配合量は、板状セラミックス1の用途や、成形性を勘案して決定することができる。例えば、5～60質量%が好ましく、5～45質量%が好ましく、10～40質量%がより好ましい。

上記範囲内であれば混合物の成形性を損なわず、かつ円滑に成形できると共に、板状セラミックス1の強度を十分なものにできる。

【0041】

有機汚泥

有機汚泥は、主成分として有機物を含有する汚泥である。有機汚泥は、任意のものを用いることができ、下水や工場等の排水処理に由来する活性汚泥が特に好ましい。活性汚泥は、活性汚泥法を用いた排水処理設備から、凝集及び脱水工程を経て排出される。このような有機汚泥を用いることで、細孔または微細孔を形成できる。さらに、廃棄物の位置付けであった排水処理由来の活性汚泥を原料として再度利用することができる。

【0042】

有機汚泥の含水率は、例えば60～90質量%が好ましく、65～85質量%がより好ましい。上記範囲内であれば、後述の混合工程で均質な混合物が得られると共に、成形工程においても良好な成形性を維持できるためである。

【0043】

有機汚泥の有機物の含有量は特に限定されないが、例えば、有機汚泥の固形分中の有機

10

20

30

40

50

物の含有量（有機物含有量）として70質量%以上が好ましく、80質量%以上がより好ましい。前記有機物含有量は上限値として100質量%であってもよい。前記有機物含有量が多いほど、細孔の形成が容易となるためである。有機物含有量は、乾燥後の汚泥をJIS M8812-1993に準じ、炭化温度700で灰分（質量%）を測定し、下記（3）式により求まる値である。

【0044】

有機物含有量（質量%）= 100（質量%）- 灰分（質量%）・・・（3）

【0045】

有機汚泥の平均粒子径は、板状セラミックス1の用途に応じて決定でき、好ましくは1～5μm、より好ましくは1～3μmとされる。平均粒子径が小さいほど、稠密層10における細孔の形成が容易である。平均粒子径は、粒度分布測定装置（LA-920、株式会社堀場製作所製）により測定される体積基準のメディアン径（体積50%径）である。

10

【0046】

混合物中の有機汚泥の配合量は、板状セラミックス1の用途や、成形性を勘案して決定することができ、例えば、1～50質量%が好ましく、5～30質量%がより好ましく、5～20質量%がさらに好ましい。上記範囲内であれば混合物は適度な流動性と可塑性とを備え、成形性が向上し、成形装置を閉塞することなく円滑に成形できるためである。加えて、稠密層10、第一の非稠密層20及び第二の非稠密層30の細孔容積と微細孔割合とを好適なものにできる。

【0047】

20

スラグ

スラグは、特に限定されず、例えば、金属精錬時に発生する高炉スラグ、都市ゴミの溶融時に発生する都市ゴミ溶融スラグ、下水汚泥の溶融時に発生する下水汚泥溶融スラグ、及びダクトイル鑄鉄等の鑄鉄時に発生する鑄鉄スラグ等のガラス質スラグ等が挙げられ、中でも、組成が安定しているため安定した発泡状態が得られると共に、他のスラグに比べ1.5～2倍程度の発泡率である鑄鉄スラグがより好ましい。スラグを配合することで、孔隙12、24及び34を形成し、透水係数（水を通す速度）の低下を抑制できる。

【0048】

混合物中のスラグの配合量は、板状セラミックス1の用途や、成形性を勘案して決定することができ、例えば、80質量%以下が好ましく、30～70質量%がより好ましく、40～60質量%がさらに好ましい。上記範囲内であれば、混合物の成形性を損なわず、かつ円滑に成形できると共に、板状セラミックス1の気孔率又はかさ比重を好適な範囲とすることができる。

30

【0049】

任意成分

混合物には、本発明の目的を阻害しない範囲で、任意成分を配合してもよい。任意成分としては、例えば、マイティ2000WH（商品名、花王株式会社製）等のナフタリン系の流動化剤、メルメントF-10（商品名、昭和電工株式会社製）等のメラミン系の流動化剤、ダーレックススーパー100pH（商品名、グレースケミカルズ株式会社製）等のポリカルボン酸系の流動化剤等、銀、銅、及び亜鉛等の抗菌剤、ゼオライト、及びアパタイト等の吸着剤、並びに金属アルミニウム等が挙げられる。

40

【0050】

混合物に任意成分を配合する場合、任意成分の配合量は、例えば、5～10質量%の範囲で決定することが好ましい。

加えて、混合工程において、有機汚泥が好適な配合比で配合されている場合には、有機汚泥に含まれる水により混合工程にて水を添加しなくてもよいし、混合物の流動性の調整等を目的として、適宜、水を配合してもよい。

【0051】

混合物の含水率は特に限定されないが、例えば、25～45質量%が好ましく、25～30質量%がより好ましい。上記範囲内であれば、混合物は適度な可塑性と流動性を有し

50

、良好な成形性を維持できるためである。

【 0 0 5 2 】

混合工程における各成分の混合順序は特に限定されず、例えば、珪藻土、粘土類、有機汚泥及びスラグを一度に混合装置へ投入し、混合する方法が挙げられる（一段混合方式）。また、例えば、珪藻土と有機汚泥とを混合し一次混合物を得（第一の混合操作）、前記一次混合物と粘土類とスラグとを混合し混合物を得てもよい（第二の混合操作）（以上、二段混合方式）。有機汚泥は、粘土類に比べて流動性が高いため、混合時に珪藻土の気孔へ優先して進入すると推測される。このような混合物を成形し焼成することで、珪藻土の気孔に充填された有機汚泥の有機物が揮発し、有機汚泥が充填された分に応じて珪藻土の気孔が維持されると考えられる。

10

第二の混合操作では、珪藻土をさらに添加してもよい。

【 0 0 5 3 】

混合工程は、第一の混合操作と第二の混合操作とを有することが好ましい。まず、第一の混合操作では、珪藻土と有機汚泥とを混合することで、適度な流動性の一次混合物が得られると共に、珪藻土の気孔に有機汚泥が充填される。続く第二の混合操作では、適度な流動性を有する一次混合物と粘土類とスラグとを混合することで、均質な混合物を安定的に得られる。第二の混合操作では、珪藻土の気孔に有機汚泥が既に充填されているため、粘土類は珪藻土の気孔に容易に進入できない。このため、二段混合方式で得られた混合物は、一段混合方式で得られた混合物に比べて、有機汚泥が充填された珪藻土の気孔の割合がさらに高くなる。この結果、混合工程を二段混合方式とすることで、より多くの珪藻土の気孔が閉塞せずに維持されると考えられる。

20

【 0 0 5 4 】

混合工程に用いる混合装置は特に限定されず、公知の混合装置を用いることができる。

例えば、混合装置としては、ミックスマラー（東新工業株式会社製）等の混練機や、ニードラー（株式会社モリヤマ製）、及び混合機（日陶科学株式会社製）等が挙げられる。

【 0 0 5 5 】

混合工程における混合時間は、珪藻土と粘土類と有機汚泥とスラグとの配合比や、混合物の流動性等を勘案して決定することができ、混合物が可塑状態となるような混合時間を決定することが好ましい。混合時間は、例えば、15～45分間の範囲とすることが好ましく、25～35分間の範囲とすることがより好ましい。

30

【 0 0 5 6 】

混合工程における温度は特に限定されず、珪藻土と粘土類と有機汚泥とスラグとの配合比や含水率等を勘案して決定することができ、例えば、40～80の範囲とすることが好ましく、50～60の範囲とすることがより好ましい。

【 0 0 5 7 】

< 成形工程 >

成形工程は、混合工程で得られた混合物を任意の形状に成形する工程である。

成形方法は、公知の成形方法を用いることができ、混合物の性状や多孔質セラミックス焼結体の形状を勘案して決定することができる。成形方法は、例えば、成形機を用いて、任意の板状の成形体を得る方法、混合物を任意の形状の型に充填し成形体を得る方法、あるいは、混合物を延伸又は圧延した後、任意の寸法に切断する方法等が挙げられる。

40

成形機としては、真空土練成形機、平板プレス成形機、及び平板押し成形機等が挙げられ、中でも、真空土練成形機が好ましい。真空土練成形機を用いて成形体中の空気を除去することで、稠密層10の微細孔割合を制御できる。

【 0 0 5 8 】

< 焼成工程 >

焼成工程は、成形工程で得られた成形体を乾燥し（乾燥操作）、乾燥した成形体を焼成し（焼成操作）、珪藻土及び粘土類等を焼結して多孔質セラミックス焼結体を得る工程である。

【 0 0 5 9 】

50

乾燥操作

乾燥操作は、特に限定されず、公知の方法を用いることができる。例えば、成形体を自然乾燥してもよいし、50～220の熱風乾燥炉で任意の時間処理することで乾燥してもよい。乾燥の成形体の含水率は、特に限定されないが、例えば、5質量%未満が好ましく、1質量%未満がより好ましい。乾燥の成形体の含水率は、下限値として0質量%であってもよい。

【0060】**焼成操作**

焼成の方法は特に限定されず、公知の方法を用いることができる。例えば、ローラーハースキルン等の連続式焼結炉、及びシャトルキルン等の回分式焼結炉を用い、任意の温度で焼成する方法が挙げられる。中でも、焼成には、生産性の観点から連続式焼結炉を用いることが好ましい。

10

【0061】

焼成温度（到達温度）は、珪藻土及び粘土類が焼結され、有機汚泥に含まれる有機物が熱分解により揮発して減量し、スラグが膨張する条件であればよく、珪藻土と粘土類と有機汚泥とスラグとの配合比や有機汚泥の成分等を勘案して決定できる。例えば、焼成温度は、950～1200が好ましく、1000～1100がより好ましい。有機物の多くは、700前後より分解が始まり、950において有機汚泥特有の臭いは、臭気成分が熱分解され解消されると共に、有機汚泥中の有機物の大部分が揮発して減量する。また、スラグの多くは800～850で結晶化により膨張する。

20

焼成温度が1200を超えると、多孔質セラミックス焼結体の組織全体のガラス化が進み、成形体が破損したり、細孔又は孔隙が閉塞したりするおそれがある。

【0062】

焼成工程では、焼成温度に達するまでに、成形体からまず水分が蒸発し、その後活性汚泥の有機物が熱分解を経て揮発する。この過程で、温度上昇（ヒートカーブ、温度勾配）を適性に調整することにより、急激な水分の蒸発又は急激な有機物の揮発を抑え、形成物の粉碎（爆破）を防止できる。加えて、焼成温度に達した後の急激な冷却により、多孔質セラミックス焼結体に割れや粉碎等の破損が生じることがある。このような現象は、特に連続式焼結炉において顕著に現れる。このため、焼成工程には、温度勾配を設けることが好ましい。

30

【0063】

温度勾配は、焼成装置の規模等を勘案して決定することができる。例えば、焼成部の有効長が15mの連続式焼結炉を用いて焼成する場合、連続式焼結炉の入口及び出口を常温（20 ± 15）とし、連続式焼結炉の中央部における焼成温度を950～1200とし、成形体の連続式焼結炉内の通過速度を3～4mm/secとし、以下の温度勾配条件とすることが好ましい。

温度勾配は、連続式焼結炉を均等な距離の10のゾーンに区分し、連続式焼結炉の温度勾配を入口側より0.4～0.6/sec、0.1～0.2/sec、0.3～0.4/sec、0.4～0.6/sec、0.7～1.0/sec、0.004～0.005/sec、-0.4～-0.2/sec、-0.8～-0.5/sec、-0.4～-0.3/sec、及び-0.3～-0.1/secとすることが好ましい。

40

【0064】

連続式焼結炉において、投入時における成形体の含水率が3質量%を超える場合、焼成工程での含有水分の急激な気化により、成形体に破裂もしくは爆砕が生じたり、活性汚泥の急激な揮発に伴う破損が生じたりするおそれがある。従って、例えば、連続式焼結炉内を上述のような温度勾配に制御することで、成形体の焼成工程における破損を抑えることができる。加えて、適切な温度勾配を設けることで、3層構造を形成し、あるいは連通孔を形成し、板状セラミックス1の保水性、拡散性、透水性又は冷却効果を高めることができる。

50

【 0 0 6 5 】

焼成時間は、焼成温度や混合物の含水率等を勘案して決定することができ、例えば、焼成温度における滞留時間が、好ましくは4～10分間、より好ましくは6.5～7.5分間である。上記範囲内であれば、板状セラミックス1の破損を防止しつつ、良好に焼成できる。

【 0 0 6 6 】

こうして得られた板状セラミックス1は、そのまま、あるいは4つの側面に沿って、側端から5cm程度切除して、緑化基盤材料等に用いることができる。板状セラミックス1を並べて用いる場合、側面同士の接触状態を良好にする観点から、4つの側面に沿って、側端から5cm程度切除することが好ましい。

10

板状セラミックス1はグラインダー等で表面を削ってもよい。板状セラミックス1は表面を削ることで、吸水速度を向上させる。また、板状セラミックス1を緑化基盤材料等に用いる場合には、板状セラミックス1の表面を削ることで、植物の根が板状セラミックス1の中に入り込みやすくなり、植物の枯死を防ぎ、植物の成長を促進させる。

【 0 0 6 7 】

本実施形態の板状セラミックスは、細孔容積が $0.2\text{ cm}^3/\text{g}$ 以上、微細孔割合が30体積%以上であるため、保水性及び拡散性が高い。これは、連通孔の毛細管現象により、水を速やかに吸収し保持するためである。加えて、板状セラミックスに浸透した水が徐々に蒸散し、長期にわたって冷却効果を維持できる。

このように、本実施形態の板状セラミックスは、保水性及び拡散性に優れるため植物の生育に適すると共に、保水した水を長期にわたって蒸散するため冷却効果が高いものである。

20

【 0 0 6 8 】

本実施形態の板状セラミックスは、かさ比重 $0.7\text{ g}/\text{cm}^3$ 以上の稠密層と、稠密層の両面に形成されたかさ比重 $0.7\text{ g}/\text{cm}^3$ 未満の非稠密層とからなる3層構造を有するため、断熱性及び防音性に優れると共に、透水性を維持しつつ保水性と拡散性の向上が図られている。例えば、第一の面22を鉛直方向上方とし、第一の面22に水を注ぐと、低いかさ比重の第一の非稠密層20は透水性が高いため、注がれた水が速やかに流下し、稠密層10に到る。稠密層10に至った水は、稠密層10に形成された連通孔の毛細管現象により、鉛直方向下方のみならず、水平方向にも拡散する。こうして、第一の面22に注がれた水は、板状セラミックス1内に速やかに拡散し、かつ板状セラミックス1に維持される。

30

【 0 0 6 9 】

本実施形態の板状セラミックスは、保水性及び拡散性に優れると共に、良好な冷却効果を長期に維持できるため、緑化基盤材料、植物栽培器、及び建物の内外の断熱材料の他、建築物又は地表の温度上昇を抑制するため、屋根材、外壁材、又は歩道若しくは駐車場等の地表若しくは地中に埋設される敷設材料等の用途に好適であり、特に緑化基盤材料に好適である。

【 0 0 7 0 】

また、本実施形態の製造方法によれば、板状セラミックスは、有機汚泥が珪藻土の気孔に充填された状態の成形体を成形し焼成するため、焼結時に前記有機汚泥の有機物が揮発し、珪藻土の気孔を維持できる。加えて、板状セラミックスには、成形体中の有機汚泥の有機物が、焼成時に揮発して形成された細孔が形成される。さらに、板状セラミックスには、成形体中のスラグが焼成時に膨張することで、孔隙が形成される。この結果、細孔と孔隙とを有する板状セラミックスを得ることができる。

40

有機汚泥は、粘土類に比べて流動性が高いため、混合工程では優先的に珪藻土の気孔に進入すると推測される。有機汚泥が充填された珪藻土の気孔では、焼結時に有機汚泥の有機物が揮発し、珪藻土の気孔が維持されると考えられる。加えて、有機汚泥を含有する成形体を焼成することで、有機汚泥の有機物の揮発により板状セラミックスに多くの細孔が成形され、さらには連通孔が形成される。さらに、混合工程は、第一の混合操作と第二の

50

混合操作とを有することにより、珪藻土の気孔への粘土類の進入を効果的に防止し、細孔の形成を容易にする。

【0071】

本実施形態の製造方法によれば、3層構造の板状セラミックスを得ることができる。3層構造が形成される理由は、次のように推測できる。焼成工程において、まず、成形体は、表面近傍が任意の温度となり、細孔及び孔隙が形成され、焼結されて第一及び第二の非稠密層が設けられる。次いで、成形体の中心近傍が任意の温度となり、中心近傍に細孔及び孔隙が形成される。この際、表面近傍に気孔が形成され、既に焼結されているため、中心近傍に存在するスラグが十分に膨張できず、孔隙の容積が増大しにくい。このため、第一の非稠密層と第二の非稠密層との間に、非稠密層よりもかさ比重の高い稠密層が形成され

10

【0072】

本実施形態の製造方法によれば、従来、廃棄物としてみなされていた有機汚泥を原料として活用できるため、環境面への配慮にも好適に対応できる。加えて、有機汚泥は容易かつ大量に入手可能な原料であり、原料調達面で優位である。さらに、有機汚泥は含水率が高いため、混合工程において水を添加する作業を省略できる。

【0073】

本発明は上述の実施形態に限定されるものではない。

上述の実施形態では、多孔質セラミックス焼結体が板状とされているが、本発明は細孔容積 $0.2 \text{ cm}^3 / \text{g}$ 以上、微細孔割合が30体積%以上であればよく、多孔質セラミックス焼結体の形状を用途に応じて選択できる。例えば、多孔質セラミックス焼結体の形状は、植木鉢の形状とされていてもよいし、ペレット状であってもよいし、板状セラミックスを1~50mm角程度に粉碎した顆粒状であってもよい。また、あらかじめ、1~50mm角程度の顆粒状に焼結したものであってもよい。顆粒状のものは、そのまま、又は壁材や路面材に用いられるブロックやタイルの原料としても用いることができ、保水、拡散、冷水、断熱、及び遮音性などに優れる建築又は土木材料が得られる。

20

【0074】

上述の実施形態では、第一及び第二の非稠密層が設けられているが、本発明はこれに限定されず、多孔質セラミックス焼結体は、稠密層のみで構成されていてもよいし、非稠密層のみで構成されていてもよいし、稠密層の一方の面のみ非稠密層が設けられていてもよい。稠密層のみで構成された多孔質セラミックス焼結体は、各原料の配合割合、焼成条件を調節することで得ることができる。

30

【0075】

上述の実施形態では、稠密層と非稠密層とが積層されたものであるが、本発明はこれに限定されず、例えば、稠密層を核とし、この稠密層を被覆するように非稠密層が形成されたものであってもよい。

【0076】

上述の実施形態では、稠密層に孔隙が形成されているが、本発明はこれに限定されず、稠密層に孔隙が形成されていなくてもよい。

また、上述の実施形態では、非稠密層に孔隙が形成されているが、本発明はこれに限定されず、非稠密層に孔隙が形成されていなくてもよい。

40

孔隙が形成されていない稠密層又は非稠密層は、成形体にスラグを配合しないことにより得ることができる。

【0077】

上述の実施形態では、混合物に珪藻土が配合されているが、本発明はこれに限定されず、混合物に珪藻土が配合されていなくてもよい。珪藻土を配合しないことで、珪藻土由来の細孔容積を低減することができる。

【実施例】

【0078】

以下、実施例を示して本発明を詳細に説明するが、本発明は以下の記載によって限定さ

50

れるものではない。

(使用原料)

実施例に用いた原料は、次のとおりである。

<有機汚泥>

以下の実施例における有機汚泥には、染色工場（小松精練株式会社、美川工場）の活性汚泥法による排水処理設備から凝集・脱水工程を経て排出された活性汚泥を用いた。この活性汚泥の有機物含有量（対固形分）は83質量%であった。

【0079】

<粘土類>

粘土類には、蛙目粘土（岐阜県産又は愛知県産）を用いた。

10

<珪藻土>

珪藻土には、能登地区産の耐火煉瓦の原料で、含水率が5質量%の粉末状の珪藻土を用いた。

<スラグ>

スラグには、鑄鉄スラグを用いた。この鑄鉄スラグは、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 MnO 、 K_2O 、及び Na_2O を主成分とするダクタイル鑄鉄スラグである。

【0080】

(実施例1)

表1の混合物の組成に従い、有機汚泥と珪藻土とをミックスマラー（東新工業株式会社製）で混合し一次混合物を得（第一の混合操作）、一次混合物に粘土類とスラグとを添加し、さらに混合し、可塑状態の混合物を得た（第二の混合操作）。得られた混合物を真空土練成形機（高浜工業株式会社製）で成形し、幅60cm、厚み2cmの帯状の一次成形体を得た。この一次成形体を任意のピッチと幅で切断し、厚み2cmの略正方形の平板状の成形体を得た（成形工程）。

20

得られた成形体を熱風乾燥機で乾燥（180、0.5時間）し、含水率1質量%以下とした後、連続式焼結炉を用いて、表1に示す焼成条件にて焼成した。焼成後、板状セラミックスの4つの側面に沿って、側端を切除し、幅50cm×長さ50cm×厚み4cmの板状セラミックス（Aサイズ）と、幅25cm×長さ25cm×厚み4cmの板状セラミックス（Bサイズ）と、幅16.7cm×長さ16.7cm×厚み4cmの板状セラミックス（Cサイズ）とを得た（焼成工程）。得られた板状セラミックスは、前記正方形の両平板面において構造上差異はなく、どちらの面を表面又は裏面として使用することもできる。得られた板状セラミックスをグラインダーで削った面を表面、削らない面を裏面とした。得られた板状セラミックスは、グラインダーで表面のみを1mm程度削って、裏面は削らずに用いた。

30

得られた板状セラミックスの稠密層及び第一の非稠密層について、それぞれの細孔容積、体積比細孔容積、微細孔容積、微細孔割合、かさ比重、及び気孔率を求めると共に、板状セラミックスの曲げ強度、飽和含水率、pF値別水分量、及び熱伝導率を測定した。

また、得られた板状セラミックスの断面は、図1に示すものであった。

連続式焼結炉としては、ローラーハースキルン（焼結炉の有効長：全長15m、焼結炉を各1.5mのゾーン1～10に分割）を用いた。

40

【0081】

(比較例1)

表1の混合物の組成に従い、珪藻土と粘土類とスラグとをミックスマラーで混合し混合物を得た（混合工程）。得られた混合物を実施例1と同様にして成形体を得、焼成して、A～Cサイズの板状セラミックスを得た。得られた板状セラミックスは、実施例1と同様に、グラインダーで表面のみを1mm程度削って、裏面は削らずに用いた。

得られた板状セラミックスについて、実施例1と同様に細孔容積、体積比細孔容積、微細孔容積、微細孔割合、かさ比重、気孔率を求め、その結果を表1に示す。また、得られた板状セラミックスの断面写真を図3に示す。

50

【0082】

(測定方法)

<かさ比重>

各層の試験片の外形寸法をノギスにより測定し体積を求めた。同試験片を絶乾状態にし、電子天秤にて質量を測定(絶乾状態質量)し、下記(4)式により比重を算出した。各例の試料(N)数は $N = 10$ とした。

【0083】

$$\text{比重} (\text{g} / \text{cm}^3) = [\text{絶乾状態質量} (\text{g})] / [\text{体積} (\text{cm}^3)] \quad \dots (4)$$

【0084】

<気孔率>

気孔率は、JIS R 2614 - 1985に準拠し、下記(5)式により求めた。真比重は、試験片を粉碎し、気孔をなくした状態で測定した比重である。

【0085】

$$\text{気孔率} (\text{体積}\%) = (\text{真比重} - \text{かさ比重}) \div \text{真比重} \times 100 \quad \dots (5)$$

【0086】

<細孔容積、微細孔容積、微細孔割合、メジアン細孔直径>

各例の板状セラミックス(Aサイズ)を厚さ方向に切断し、稠密層、第一の非稠密層及び第二の非稠密層の各層を幅15mm×長さ40mm×厚み7mmに切り出し、試験片とした。この試験片について、JIS R 1655に準拠し、下記測定条件で細孔の容積及びメジアン細孔直径を測定した。測定結果のチャートから、細孔容積、微細孔容積、及び微細孔割合を算出した。

【0087】

測定条件

使用装置：オートポア9420(マイクロメリテックス社製)

使用水銀：再生水銀

水銀表面張力：485 dynes/cm(0.485 N/m)

水銀接触角：130°

測定圧力：0.5~60000 psia(0.003~414 MPa)

【0088】

算出の方法につき、図4を用いて説明する。図4は、実施例1の稠密層の細孔容積の測定結果を示すチャートであり、横軸に細孔は直径を示し、縦軸右側は横軸の直径の細孔の容積(単位細孔容積)を示し、縦軸左側は細孔の容積の合計(細孔容積合計)を示す。図4に示すように直径3nm~360µmの細孔の容積の合計、即ち細孔容積は0.29 cm³/gであった。直径1~360µmの細孔の容積の合計は、0.14 cm³/gであり、直径0.01~360µmの細孔の容積の合計は、0.28 cm³/gであった。

以上の結果を下記(6)式に当てはめ、微細孔容積を求めた。求めた微細孔容積と細孔容積とから微細孔割合を求めた。

第一の非稠密層の測定結果を図5に示し、比較例1の測定結果を図6に示す。

【0089】

$$\text{微細孔容積} = [\text{直径} 0.01 \sim 360 \mu\text{m} \text{の細孔の容積の合計}] - [\text{直径} 1 \sim 360 \mu\text{m} \text{の細孔の容積の合計}] \quad \dots (6)$$

【0090】

<体積比細孔容積>

体積比細孔容積は、下記(7)式により求めた。

【0091】

$$\text{体積比細孔容積} (\text{cm}^3 / \text{cm}^3) = \text{細孔容積} \div (1 \div \text{かさ比重}) \quad \dots (7)$$

【0092】

<曲げ強度>

JIS R 5201に準拠して測定した。

【0093】

10

20

30

40

50

< 飽和含水率 >

比重を測定したサンプル (N = 10) を水に 60 分間浸漬した後、前記表面を上に向けて、水からサンプルを傾けずに取り出し、質量を測定 (飽和状態質量) し、下記 (8) 式により求めた。前記表面を上に向けて、水からサンプルを傾けずに取り出したことにより、サンプルから水が流れ出すことを防ぐことができる。

【 0094 】

飽和含水率 (質量 %) = [(飽和状態質量 - 絶乾状態質量) / 絶乾状態質量] × 100
 . . . (8)

【 0095 】

< p F 値別水分量の測定 >

各例の板状セラミックス (A サイズ) について、中央部及び四角の近傍部を直径 42 mm × 厚み 40 mm の略円柱形にくり抜き、飽和含水状態にしたものを試料柱 (5 個) とし、この試料柱を専用のロータ治具に装着した。遠心分離機 (型式 : 50B - 5、株式会社佐久間製作所製) に装着されたロータ (土壌用 p F 測定用 15B - R8) に、試料柱が装着されたロータ治具を装着し、650 rpm、30 分間で遠心処理をした。この際、試料柱から分離された水量を p F 値 1.5 以下の水分量とした。

次いで、試料柱を 1540 rpm、30 分間で遠心処理し、試料柱から分離された水量を p F 値 1.5 超 2.7 以下の水分量とし、試料柱に残存した水量を p F 値 2.7 超の水分量とした。

試料柱 5 個の乾燥時の平均質量は 46.4 g、試料柱 (飽和含水状態) 5 個の平均質量は 73.8 g、試料柱 5 個の p F 値 1.5 以下の水分量の平均値は 16.5 g、試料柱 5 個の p F 値 1.5 超 2.7 以下の水分量の平均値は 3.4 g、試料柱 5 個の p F 値 2.7 超の水分量は 7.5 g であった。

【 0096 】

< 熱伝導率の測定 >

J I S A 1412 - 2 - 1999 に準拠し、試験体を長さ、幅、及び厚さ方向にスライスし、長さ 20 cm × 幅 20 cm × 厚み 21.6 mm として測定した。その結果、熱流密度 : 45.7 W / m²、高温側の温度 : 26.1、低温側の温度 : 16.8、試験体平均温度 : 21.5、熱抵抗 : 17.5 (m² · K) / W、及び熱伝導率 : 0.123 W / (m · K) であった。

【 0097 】

10

20

30

【表 1】

		実施例1	比較例1	
混合物組成	有機汚泥 (質量部)	10	—	
	珪藻土 (質量部)	5	5	
	粘土類 (質量部)	30	35	
	スラグ (質量部)	55	60	
焼成条件	焼成温度 [到達温度] (°C)	1050	1050	
	焼成時間 (min)	65	65	
	温度勾配	ゾーン1 (°C/sec.)	0.57	0.57
		ゾーン2 (°C/sec.)	0.16	0.16
		ゾーン3 (°C/sec.)	0.33	0.33
		ゾーン4 (°C/sec.)	0.52	0.52
		ゾーン5 (°C/sec.)	0.86	0.86
		ゾーン6 (°C/sec.)	0.005	0.005
		ゾーン7 (°C/sec.)	-0.34	-0.34
		ゾーン8 (°C/sec.)	-0.72	-0.72
ゾーン9 (°C/sec.)	-0.35	-0.35		
ゾーン10 (°C/sec.)	-0.26	-0.26		
構造	稠密層	細孔容積 (cm ³ /g)	0.29	0.43
		体積比細孔容積 (cm ³ /cm ³)	0.26	0.21
		微細孔容積 (cm ³ /g)	0.14	0.11
		微細孔割合 (体積%)	48	26
		かさ比重 (g/cm ³)	0.89	0.48
		気孔率 (体積%)	67.8	82.5
	第一の非稠密層	メジアン細孔直径 (μm)	1.00	40.1
		細孔容積 (cm ³ /g)	0.33	—
		体積比細孔容積 (cm ³ /cm ³)	0.20	—
		微細孔容積 (cm ³ /g)	0.15	—
		微細孔割合 (体積%)	47	—
		かさ比重 (g/cm ³)	0.62	—
結果	曲げ強度 (N/mm ²)	3.3	—	
	飽和含水率 (質量%)	59	—	
	pF値別水分量	1.5以下 (質量%)	60.2	—
		1.5超2.7以下 (質量%)	12.4	—
		2.7超 (質量%)	27.4	—
熱伝導率 (W/(m·K))	0.123	—		

【0098】

表1及び図1に示すように、実施例1の板状セラミックスは、稠密層と、稠密層の両側に設けられた非稠密層からなる3層構造のものであり、細孔容積が0.2cm³/g以上で、かつ微細孔割合が30体積%以上であった。

一方、図3に示すように、比較例1の板状セラミックスは、単層構造であり、孔隙、特にミリメートルオーダーの巨大な孔隙が断面全体に見られるものであった。また、比較例1の板状セラミックスは、微細孔割合が、26体積%であった。

【0099】

表1に示すように、本発明を適用した実施例1は、曲げ強度が3.3N/mm²以上であり、緑化基盤材料への適用が十分な強度であった。また、pF値2.7以下の水分量が72.6質量%であった。一般的に、pF値2.7以下の水は、植物が生育に利用しうるものである。このことから、実施例1の板状セラミックスに保水された水は、緑化基盤材料として利用できる状態で、保水されていることが判った。

【0100】

(実験例1) 拡散性(水平)

図7に示すように、実施例1の板状セラミックス(Bサイズ)100を4枚並べて試験床101とした。この試験床101の頂部102の近傍の位置Pに、チューブ120により水 4000 cm^3 を注水(供給速度: $50\text{ cm}^3/\text{min}$ 、80分間)した。注水は、板状セラミックスの前記表面に行った。

注水開始から注水終了までの間、試験床101からの水の漏洩は見られなかった。また、注水した水は、試験床101全体に浸透していた。

この結果から、本発明を適用した板状セラミックスは、水平方向への拡散性に優れることが判った。

【0101】

(実験例2) 拡散性(15°傾斜)

図8Aに示すように、実施例1の板状セラミックス(Cサイズ)110を9枚並べて試験床112とした。図8Bに示すように、この試験床112を、第一の辺114から第一の辺114に対向する第二の辺116へ向かって下がるように、水平面に対する傾斜角度 $=15^\circ$ として設置した。第一の辺114の近傍の位置Qに、チューブ120により水 4000 cm^3 を注水(供給速度: $50\text{ cm}^3/\text{min}$ 、80分間)した。注水は、板状セラミックスの前記表面に行った。注水開始から注水終了までの間、試験床112からの水の漏洩は見られなかった。また、注水した水は、試験床112全体に浸透していた。

この結果から、本発明を適用した板状セラミックスは、 15° に傾斜させても水平方向への拡散性に優れることが判った。

【0102】

(実験例3) 植物生育試験

実施例1の板状セラミックス(Aサイズ、乾燥質量: 6.9 kg)を飽和含水状態とし、板状セラミックスの前記表面上に緑化用人工土壌を 1 cm 厚に敷き、セダム類を植栽して緑化基盤(kg)とした。この緑化基盤を2つ(緑化基盤A、B)用意し無灌水で保管し、セダムの生育状況を観察すると共に、毎日午前10時に緑化基盤の質量を測定した。質量測定の結果を図9に示す。

本試験に用いた緑化用人工土壌は、ヤシ殻熟成堆肥: 50 質量%、パーミキュライト: 20 質量%、鹿沼土(細粒): 20 質量%、ピートモス: 10 質量%、ユニミックスマスII: $750\text{ g}/\text{m}^3$ 、及びマグアンプIIIBB-SS: $1\text{ kg}/\text{m}^3$ の混合物である。

【0103】

図9は、横軸に保管日数、縦軸に緑化基盤の質量を示すグラフであり、グラフ中、凡例(a)は緑化基盤A、凡例(b)は緑化基盤Bを示す。図9に示すように、保管開始初日の緑化基盤Aの質量は 9.2 kg 、緑化基盤Bの質量は 10.1 kg であった。28日間の無灌水保管後、緑化基盤Aの質量は 7.35 kg 、緑化基盤Bの質量は 7.75 kg であった。また、植栽したセダム類は、28日経過後においても枯死していなかった。これらの結果から、28日の無灌水保管において、板状セラミック内に微量の水分が残存していると推測された。

【0104】

(実験例4) 蒸散量の測定

以下、実験例4-1~実験例4-2については、実施例1で得られる板状セラミックスの表面及び裏面を削らずに用いた。

<実験例4-1>

前記板状セラミックス(Aサイズ、乾燥質量: 9.6 kg)の前記表面に、 2.64 kg の水を灌水したものを試料とした。この試料を屋外に設置し、試料の質量推移を2日間にわたり測定した。灌水は、午前5時に行い、1時間毎に試料の質量を測定し、1時間毎の試料の質量の減少量を求めた。図10Aに、1日目の試料の質量の減少量の推移を示す。さらに、2日目の午前5時に 2.64 kg の水を試料に灌水した後、1時間毎に試料の質量を測定し、1時間毎の試料の質量の減少量を求めた。図10Bに、2日目の試料の質

10

20

30

40

50

量の減少量の推移を示す。

【0105】

<実験例4-2>

板状セラミックス単体に換え、前記板状セラミックス(Aサイズ)の前記表面上に緑化用人工土壌を1cm厚で敷き、セダム類を植設したものを試料とした以外は、実験例4-1と同様にして、試料の質量の減少量を求めた。その結果を図10A及びBに示す。

【0106】

<実験例4-3>

前記板状セラミックスを用いずに、緑化用人工土壌を80mm厚で敷き試料とした以外は、実験例4-1と同様にして、試料の質量の減少量を求めた。その結果を図10A及びBに示す。

10

【0107】

<実験例4-4>

前記板状セラミックスを用いずに、緑化用人工土壌を80mm厚で敷き、その上に高麗芝を植栽し試料とした以外は、実験例4-1と同様にして、試料の質量の減少量を求めた。その結果を図10A及びBに示す。

【0108】

図10Aは、1日目の試料の質量減少の推移を示すグラフであり、横軸に測定時刻、縦軸に試料の質量の減少量を示したものである。図10Bは、2日目の試料の質量減少の推移を示すグラフであり、横軸に測定時刻、縦軸に試料の質量の減少量を示したものである。図10A及びB中、凡例(c-1)は、実験例4-1の結果を表わし、凡例(c-2)は、実験例4-2の結果を表わし、凡例(c-3)は、実験例4-3の結果を表わし、凡例(c-4)は、実験例4-4の結果を表わす。

20

図10A及びBに示すように、板状セラミックスのみの実験例4-1、及び板状セラミックスにセダム類を植栽した実験例4-2は、高麗芝を植栽した実験例4-4よりも、単位時間当たりの水の蒸散量が多かった。また、実験例4-1及び4-2は、緑化人工土壌を用いた実験例4-3よりも、単位時間当たりの水の蒸散量が少なかった。

これらの結果から、実験例4-1及び4-2は、実験例4-3より水の蒸散が長期に維持され、かつ実験例4-4よりも水の蒸散による冷却効果が高いものと推測できる。

【産業上の利用可能性】

30

【0109】

本発明は、植物の生育に適し、かつ冷却効果の高い多孔質セラミックス焼結体を提供するため、産業上極めて有用である。

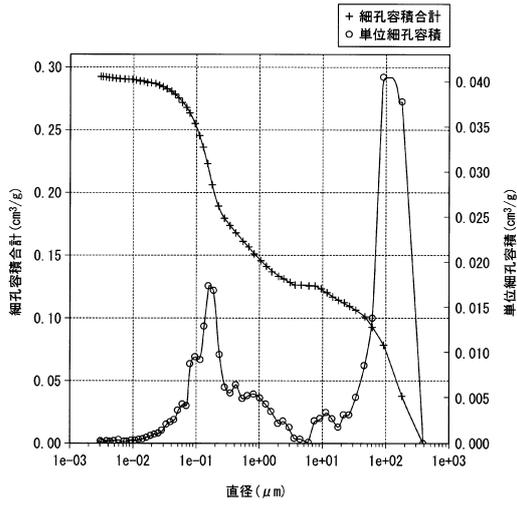
【符号の説明】

【0110】

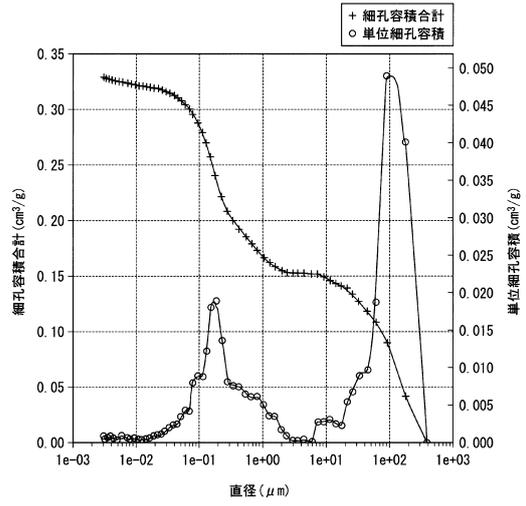
- 1、100、110 板状セラミックス
- 10 稠密層
- 14 細孔
- 20 第一の非稠密層
- 30 第二の非稠密層

40

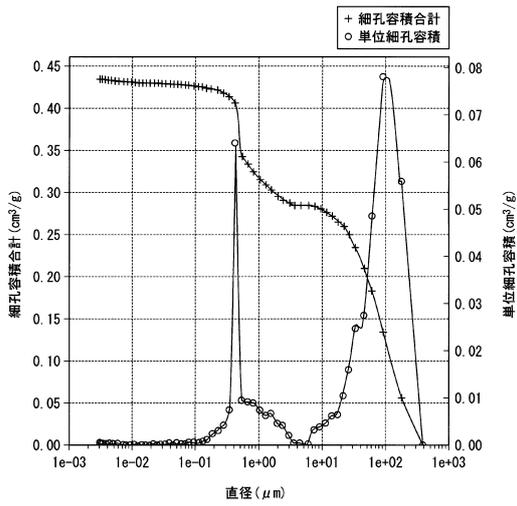
【 図 4 】



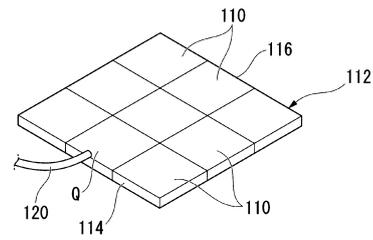
【 図 5 】



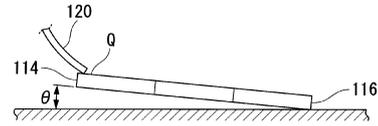
【 図 6 】



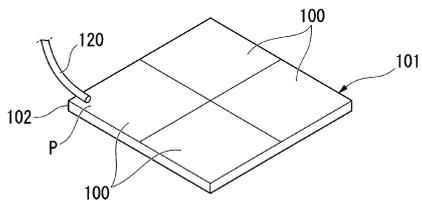
【 図 8 A 】



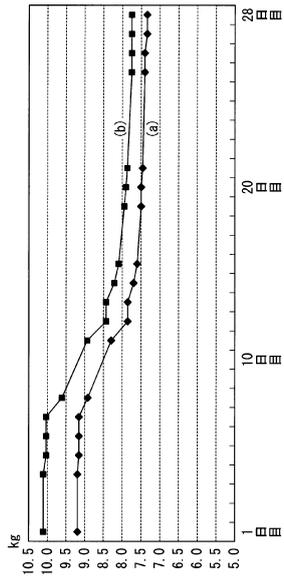
【 図 8 B 】



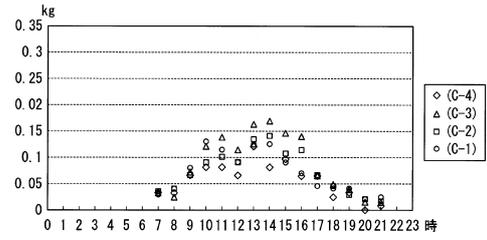
【 図 7 】



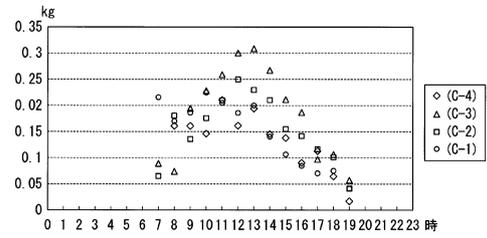
【 図 9 】



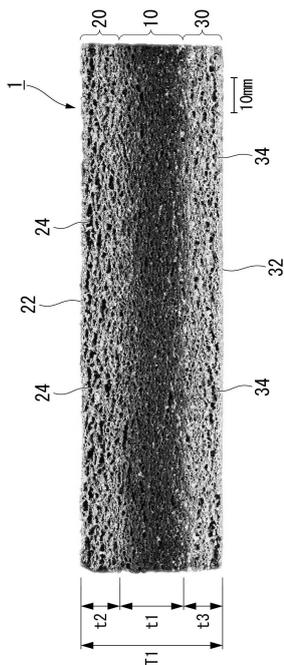
【 図 10 A 】



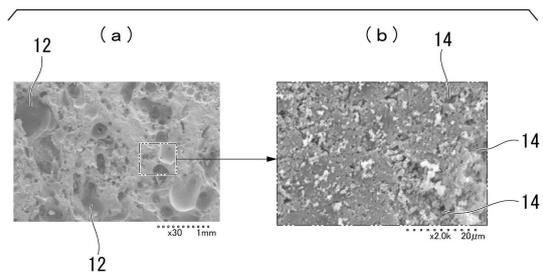
【 図 10 B 】



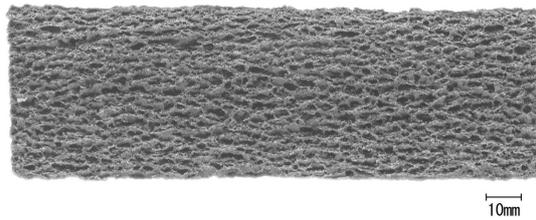
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 奥谷 晃宏

石川県能美市浜町又167番地 小松精練株式会社内

(72)発明者 大西 和弥

石川県金沢市鞍月二丁目2番地 株式会社アースエンジニアリング内

審査官 末松 佳記

(56)参考文献 特開2009-274040(JP,A)

特開2005-239467(JP,A)

特開2002-153119(JP,A)

特開2002-142556(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C04B 38/00 - 38/10

A01G 1/00 - 1/12

A01G 9/00 - 9/26

C04B 33/00 - 33/36

B28C 1/00 - 9/04