

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-13013

(P2009-13013A)

(43) 公開日 平成21年1月22日(2009.1.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C04B 38/00 (2006.01)	C04B 38/00 303Z	2D051
C04B 38/06 (2006.01)	C04B 38/06 C	4G019
C04B 33/132 (2006.01)	C04B 33/13 D	
C04B 33/13 (2006.01)	C04B 33/13 P	
E01C 5/04 (2006.01)	E01C 5/04	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2007-176540 (P2007-176540)
 (22) 出願日 平成19年7月4日(2007.7.4)

特許法第30条第1項適用申請有り 2007年1月22日 社団法人 日本セラミックス協会 基礎科学部会発行の「第45回セラミックス基礎科学討論会講演要旨集」に発表

(71) 出願人 394025555
 荒木窯業株式会社
 福岡県久留米市荒木町荒木823番地
 (71) 出願人 591065549
 福岡県
 福岡県福岡市博多区東公園7番7号
 (71) 出願人 507227500
 株式会社地域システム研究所
 福岡県福岡市中央区薬院4丁目1番10号
 (74) 代理人 100090697
 弁理士 中前 富士男
 (74) 代理人 100139262
 弁理士 中嶋 和昭

最終頁に続く

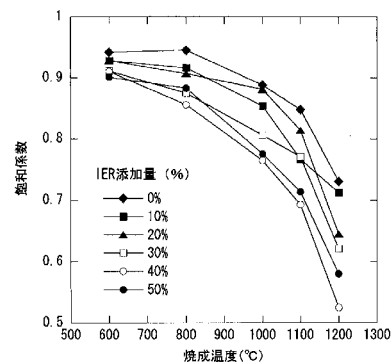
(54) 【発明の名称】 多孔質レンガ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 吸水性、保水性及び揚水性に加えて耐凍害性を併せ持つ多孔質レンガ及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 多孔質レンガは、毛細管現象による揚水性を有する連続孔と、直径50μm~700μmの球状の空孔とが組織内に形成されており、飽和係数が0.5~0.9である。多孔質レンガは、焼成温度よりも低い温度で分解して毛細管現象による揚水性を有する連続孔を組織内に形成する繊維状の連続孔形成材、焼成温度よりも低い温度で分解して直径50μm~700μmの球状の空孔を前記組織内に形成する球状空孔形成材及び原料土の混合物を成形し、焼成することによって製造される。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

毛細管現象による揚水性を有する連続孔と、直径 $50\ \mu\text{m} \sim 700\ \mu\text{m}$ の球状の空孔とが組織内に形成されていることを特徴とする多孔質レンガ。

【請求項 2】

請求項 1 記載の多孔質レンガにおいて、飽和係数が $0.5 \sim 0.9$ であることを特徴とする多孔質レンガ。

【請求項 3】

請求項 1 及び 2 のいずれか 1 項に記載の多孔質レンガにおいて、焼成温度よりも低い温度で分解して前記連続孔を前記組織内に形成する繊維状の連続孔形成材と、焼成温度よりも低い温度で分解して前記球状の空孔を前記組織内に形成する球状空孔形成材とを原料土に混合して成形及び焼成して得られることを特徴とする多孔質レンガ。

10

【請求項 4】

焼成温度よりも低い温度で分解して毛細管現象による揚水性を有する連続孔を組織内に形成する繊維状の連続孔形成材と、焼成温度よりも低い温度で分解して直径 $50\ \mu\text{m} \sim 700\ \mu\text{m}$ の球状の空孔を前記組織内に形成する球状空孔形成材と、原料土とを混合する工程と、混合された前記連続孔形成材と前記球状空孔形成材と前記原料土とを含む混合物を成形する工程と、成形された前記混合物を焼成する工程とを有することを特徴とする多孔質レンガの製造方法。

【請求項 5】

請求項 4 記載の多孔質レンガの製造方法において、前記球状空孔形成材の添加量が、前記原料土の $10 \sim 40$ 体積%であることを特徴とする多孔質レンガの製造方法。

20

【請求項 6】

請求項 4 及び 5 のいずれか 1 項に記載の多孔質レンガの製造方法において、前記連続孔形成材が、パルプ、パルプスラッジ、天然繊維、化学繊維、い草、もみ殻、稲わら、麦わら、及びおがくずからなる群より選択される 1 又は複数の有機繊維質であることを特徴とする多孔質レンガの製造方法。

【請求項 7】

請求項 4 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の多孔質レンガの製造方法において、前記球状空孔形成材がイオン交換樹脂であることを特徴とする多孔質レンガの製造方法。

30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、多孔質レンガ及びその製造方法に係り、更に詳細には揚水性、吸水性、及び保水性に優れ、かつ高い耐凍害性を有する多孔質レンガ及びその製造方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

窯業建材としてのレンガは、強度及び耐久性に優れており、独特な温かみのある色彩や風合いを有している。レンガは、ヨーロッパを中心に古くから舗装材及び建材として利用されているが、近年、日本においても、快適な都市環境の創出の観点から舗装材としての利用が拡大している。

40

更に、レンガはリサイクル性にも優れており、資源及び廃棄物の有効利用の観点からも、各種廃棄物を利用したレンガ製品の開発及びその新規用途の開発が盛んに行われている。

【0003】

また、道路等の舗装材には、夏季に路面温度が高熱化することに起因するヒートアイランド現象の抑制、地下水の涵養、路面の吸水性低下に起因する都市型水害の抑制等の新たな機能が求められている。こうした機能発現のために、雨水等を保持しあるいは地中に通水し、かつ晴天時には、保持した水又は地中より揚水した水の気化熱により路面温度を低下させることができるように、揚水性、吸水性、及び保水性を具備する舗装材が求められている。

50

【 0 0 0 4 】

焼成過程を経て生産されるレンガ等のセラミックス材料には、揚水性、吸水性及び保水性を具備するために必要な連続孔が少ないため、従来のレンガ材料は、保水性等において十分ではなく、上記のような新たな機能を有しないばかりではなく、雨天時には水たまりを生じ、歩行時の水はねや転倒等の問題を生じることがあった。また、天然粘土を原料とするセラミックス材料においては、得られる連続孔は微細なものとなり、特に表面張力の大きな水に対する毛細管現象を発現することが困難である。

【 0 0 0 5 】

これらの課題を解決するために、これまでに下記のような提案がなされている。

特許文献 1 には、路面温度の上昇を抑制する機能を有する舗装用路盤材として用いられる、セラミックス焼結体を用いた有孔表層に関する発明が開示されている。

特許文献 2 には、加熱によって容積を膨張した各種廃棄物に由来するケイ酸塩質粗粒子を骨格粒子とし、加熱によって容積を収縮したケイ酸塩質組成物で焼結結合されており、骨格粒子間に多数の貫通間隙が生成されている材質構造を有することを特徴とする多孔質焼結体及びその製造方法に関する発明が開示されている。

特許文献 3 には、原料となる無機質粒体の一部に廃陶器質、スラグ、下水汚泥等の廃棄物由来のものを含む、適度な保水性を有し、吸水性、揚水性、強度面で優れたブロック及びその製造方法に関する発明が開示されている。

また、特許文献 4 には、連続孔形成材として、パルプスラッジ等の有機繊維質を原料土に混合して焼成することにより、有機繊維質を鑄型とする連続孔が組織内部に形成された多孔質セラミックス部材及びその製造方法に関する発明が開示されている。

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】特開平 9 - 9 5 9 0 4 号公報

【特許文献 2】特開平 8 - 3 1 9 1 7 9 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 3 - 1 4 6 7 7 2 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 7 - 6 3 1 0 4 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、特許文献 1 ~ 4 に開示された発明に従い、舗装材内の連続孔の量を増大させることにより揚水性、吸水性及び保水性の増大を図った場合、連続孔内に保持された水分が寒冷時に凍結すると、凍結に伴う体積の膨張によりレンガが破壊される凍害が発生するおそれがある。寒冷地に属するが、内陸性気候やフェーン現象により夏季には高温となる地域においても、暑熱時における路面温度の低下に対するニーズが存在するが、寒冷時の凍害の問題があるため、こうした地域においてこれらの舗装材を用いることは従来困難であった。

したがって、揚水性、吸水性、及び保水性に加えて耐凍害性を併せ持つ舗装材用レンガの開発が望まれている。しかしながら、吸水性、保水性及び揚水性と耐凍害性とはトレードオフの関係にあり、両者を満足する多孔質レンガ及びその製造方法は存在しなかった。

【 0 0 0 8 】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたもので、吸水性、保水性及び揚水性に加えて耐凍害性を併せ持つ多孔質レンガ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】

【 0 0 0 9 】

前記目的に沿う第 1 の発明に係る多孔質レンガは、毛細管現象による揚水性を有する連続孔と、直径 5 0 μm ~ 7 0 0 μm の球状の空孔とが組織内（レンガの焼結組織内）に形成されている。

球状の空孔は、毛細管現象の発現には寄与しないが、連続孔内に保持された水分が凍結する際の応力を緩和する作用を有する。また、球状の空孔が連続孔を寸断するように形成された場合には、水の凍結に伴う水柱の体積膨張が球状の空孔によって緩和されるため、凍

10

20

30

40

50

結に伴う応力の発生を更に緩和することができる。

【0010】

第1の発明に係る多孔質レンガにおいて、飽和係数が0.5～0.9であることが好ましい。

「飽和係数」とは、レンガ等の耐寒性（耐凍害性）を示す係数で、レンガの有する全ての気孔のうち、毛細管現象により水の吸い上げ及び組織内への保持に寄与しうるもの（表面に開口を有する連続孔）の体積の占める割合をいう。飽和係数を上記の割合にすることにより、高い吸水性、揚水性及び保水性並びに耐凍害性を併せ持つ多孔質レンガを得ることができる。

【0011】

第1の発明に係る多孔質レンガにおいて、焼成温度よりも低い温度で分解して前記連続孔を前記組織内に形成する繊維状の連続孔形成材と、焼成温度よりも低い温度で分解して前記球状の空孔を前記組織内に形成する球状空孔形成材とを原料土に混合して成形及び焼成して得られるものであることが好ましい。

繊維状の連続孔形成材及び球状空孔形成材の両者共が、焼成温度よりも低い温度で分解するので、連続孔形成材及び球状空孔形成材が鑄型となって、それらの形状を保持した連続孔及び球状の空孔が組織内に形成される。

【0012】

第2の発明に係る多孔質レンガの製造方法は、焼成温度よりも低い温度で分解して毛細管現象による揚水性を有する連続孔を組織内に形成する繊維状の連続孔形成材と、焼成温度よりも低い温度で分解して直径50μm～700μmの球状の空孔を前記組織内に形成する球状空孔形成材と、原料土とを混合する工程と、混合された前記連続孔形成材と前記球状空孔形成材と前記原料土とを含む混合物を成形する工程と、成形された前記混合物を焼成する工程とを有する。

繊維状の連続孔形成材及び球状空孔形成材の両者共が、焼成温度よりも低い温度で分解するので、これらが鑄型となって、それらの形状を保持した連続孔及び球状の空孔が形成される。したがって、連続孔形成材及び球状空孔形成材の形状等を適宜選択することにより、多孔質レンガ内の連続孔及び球状の空孔の形状を制御することができる。また、連続孔形成材及び球状空孔形成材は分解して多孔質レンガ内に残らないため、これらの材料として廃棄物を使用した場合にも、それらの品質によって形成された多孔質レンガの品質が左右されにくい。

【0013】

第2の発明に係る多孔質レンガの製造方法において、前記球状空孔形成材の添加量が、前記原料土の10～40体積%であることが好ましい。

球状空孔形成材の添加量を上記の割合にすることにより、吸水性、揚水性及び保水性と耐凍害性とをバランスさせ、これらの機能を併せ持つ多孔質レンガを得ることができる。

【0014】

第2の発明に係る多孔質レンガの製造方法において、前記連続孔形成材が、パルプ、パルプスラッジ、天然繊維、化学繊維、い草、もみ殻、稲わら、麦わら、及びおがくずからなる群より選択される1又は複数の有機繊維質であることが好ましい。

これらの有機繊維質は、レンガの焼成温度よりも低い温度で分解し、毛細管現象を有する連続孔の形成に適した繊維径を有しているので、連続孔形成材として好適に用いることができる。また、農業、製糸業、繊維工業等の現場における廃棄物であるので、比較的安価に入手でき、多孔質レンガの製造コストの低減にも寄与しうる。

【0015】

第2の発明に係る多孔質レンガの製造方法において、前記球状空孔形成材がイオン交換樹脂であることが好ましい。

イオン交換樹脂は、レンガの焼成温度よりも低い温度で分解し、空孔形成材として好適な直径を有しているので、球状空孔形成材として好適に用いることができる。イオン交換樹脂は、発電所、水処理施設等において廃棄物として大量に発生しており、その処理が問題

10

20

30

40

50

となっている。廃イオン交換樹脂は、廃棄物として比較的安価に入手可能であるので、球形空孔形成材としての廃イオン交換樹脂の使用は、多孔質レンガの製造コストの低減にも寄与すると共に、廃棄物の有効利用の観点からも好ましい。

【発明の効果】

【0016】

請求項1～3記載の多孔質レンガにおいては、吸水性、揚水性及び保水性と耐凍害性を併せ持つので、夏季には高温となる寒冷地においても舗装材として使用可能である。

また、多孔質レンガを舗装材として用いることにより、路面温度の上昇を抑え、都市部のヒートアイランド現象の抑制効果が期待できる。多孔質レンガ中に水が素早く取り込まれることから、地下水の涵養、都市型水害の抑制に対する効果が期待できる。また、自然との調和性が高い、暖かみがある風合いを有する多孔質レンガを舗装材に適用することにより、快適な都市景観の創出が期待できる。

10

【0017】

特に、請求項2記載の多孔質レンガにおいては、吸水性、揚水性及び保水性を損なうことなく、併せて耐凍害性を付与することができる。

請求項3記載の多孔質レンガにおいては、連続孔形成材及び球状空孔形成材が鑄型となつて、それらの形状を保持した連続孔及び球状の空孔が形成されるので、吸水性、揚水性及び保水性と耐凍害性を併せ持つ多孔質レンガを簡便に得ることができる。

【0018】

請求項4～7記載の多孔質レンガの製造方法においては、繊維状の連続孔形成材及び球状空孔形成材の両者共が、焼成温度よりも低い温度で分解するので、連続孔形成材及び球状の空孔形成材が鑄型となつて、それらの形状を保持した連続孔及び球状の空孔が組織内に形成される。したがって、吸水性、揚水性及び保水性と耐凍害性を併せ持つ多孔質レンガを簡便かつ安価に得ることができる。

20

また、連続孔形成材及び球状空孔形成材の形状等を適宜選択することにより、多孔質レンガ内の連続孔及び球状の空孔の形状を制御することができる。更に、連続孔形成材及び球状空孔形成材は分解して多孔質レンガ内に残らないため、これらの材料として廃棄物を使用した場合にも、それらの品質によって形成された多孔質レンガの品質が左右されにくい。

【0019】

請求項5記載の多孔質レンガの製造方法においては、吸水性、揚水性及び保水性と耐凍害性とをバランスさせ、これらの機能を併せ持つ多孔質レンガを得ることができる。

30

【0020】

請求項6及び7記載の多孔質レンガの製造方法においては、連続孔形成材及び球状空孔形成材として、それぞれ、連続孔及び球形の空孔の形成に適した形状を有し、熱分解温度が焼成温度よりも低い有機繊維質及びイオン交換樹脂を使用することにより、吸水性、揚水性及び保水性と耐凍害性を併せ持つ多孔質レンガを簡便かつ安価に得ることができる。

また、これらの材料は、多孔性を付与するための「鑄型」として利用されており、分解して多孔質レンガ内に残らないため、その品質により多孔質レンガの品質が左右されにくい。

40

【0021】

特に、産業廃棄物である、パルプ、パルプスラッジ、天然繊維、化学繊維、い草、もみ殻、稲わら、麦わら、及びおがくずからなる群より選択される1又は複数の有機繊維質、及び廃イオン交換樹脂をそれぞれ連続孔形成材及び球状空孔形成材として使用する場合には、これら廃棄物の有効利用を図ることができ、循環型社会の構築に貢献できるという効果を有する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

続いて、本発明を具体化した実施の形態につき説明し、本発明の理解に供する。

本発明の一実施の形態に係る多孔質レンガ（以下、単に「多孔質レンガ」という）は、毛

50

細管現象による揚水性を有する連続孔と、直径 $50\mu\text{m}$ ～ $700\mu\text{m}$ の球状の空孔とが組織内に形成されている。

連続孔は直線状であってもよく、任意の曲率を有していてもよい。また、複数の連続孔が分岐を形成していてもよく、或いは互いに交差していてもよい。更に、連続孔は球状の空孔を貫通するように配置していてもよい。

球状の空孔は、互いに独立していてもよく、少なくとも一部が融合していてもよい。なお、複数の球状の空孔が融合してより大きな空孔を形成している場合、その最大長さが $700\mu\text{m}$ 以内でなければならない。

【0023】

多孔質レンガの製造方法は、焼成温度よりも低い温度で分解する繊維状の連続孔形成材と、焼成温度よりも低い温度で分解する球状空孔形成材と原料土とを混合する工程と、連続孔形成材と空孔形成材と原料土とを含む混合物を成形する工程と、成形された混合物を焼成する工程とを有する。

以下、用いられる原料及び各製造工程について詳細に説明する。

【0024】

(1) 原料土

原料土としては、多孔質レンガの製造に通常用いられる任意のものを用いることができ、例えば、赤レンガ用として使用されているアルバイト(Albite、曹長石)系 $[(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_8]$ 粘土等が挙げられる。また、使用済みの耐火物、アルミニウム、ケイ素及び鉄の酸化物を含む粉粒体等の、レンガの吸水性及び圧縮強度を向上

させることが知られている無機系添加物を原料土に配合してもよい。焼結特性を改善するために、原料土を 0.5mm 以下の粒径に予め粉碎しておくことが好ましい。粉碎には、自動乳鉢等の任意の粉碎機を用いることができる。

【0025】

(2) 連続孔形成材

原料土に添加される連続孔形成材は、多孔質レンガの焼成温度よりも低い温度で熱分解して細管現象による揚水性を有する連続孔を組織内に形成する有機繊維質であることが好ましい。連続孔形成材として用いることができる有機繊維質としては、パルプ、パルプスラッジ、綿、絹、羊毛等の動物性又は植物性の天然繊維、ポリアミド、ビニロン、ポリエステル、ポリアクリロニトリル等の合成繊維及びレーヨン等の再生繊維からなる化学繊維、い草、もみ殻、稲わら、麦わら、おがくず等のバイオマス系繊維質が挙げられる。これらの有機繊維質は単独で用いてもよく、任意の2以上を組み合わせ用いてもよい。また、天然繊維及び化学繊維については、これらよりなる糸を裁断して用いてもよいが、織物工場等で発生する繊維くずを用いてもよい。多孔質レンガの原料として好ましい有機繊維質は、例えばパルプスラッジである。

【0026】

連続孔形成材の好ましい添加量は、原料土に対して $5\sim 50$ 体積%であり、より好ましい添加量は $10\sim 30$ 体積%である。連続孔形成材の添加量が 5 体積%を下回ると、組織内に十分な連続孔が形成されず、吸水性、保水性及び揚水性のいずれについても十分な値が得られない。また、連続孔形成材の添加量が 50 体積%を上回ると、多孔質レンガの機械的強度が低下すると共に、成形性も悪化する。

原料土に対する混和性を改善すると共に、組織内に適当な長さの連続孔が形成されるようにするため、連続孔形成材を乾燥後粉碎し、適当な大きさのものを分級して用いることが好ましい。粉碎には、自動乳鉢等の任意の粉碎機を用いることができる。

【0027】

(3) 球状空孔形成材

原料土に添加される球状空孔形成材は、多孔質レンガの焼成温度よりも低い温度で熱分解して直径 $50\mu\text{m}$ ～ $700\mu\text{m}$ の球状の空孔を組織内に形成する物質である。なお、「球状」とは必ずしも真球状であることを必要とせず、例えば、多面体状、回転楕円体、洋ナシ状等の形状であってもよく、表面に凹凸があってもよい。

10

20

30

40

50

球形空孔形成材の材質は特に制限されないが、多孔質レンガの焼成温度よりも低い温度で完全に分解して、炭素、タール状物等の残留物を残すことなく完全に消失する材質のものであることが好ましい。好ましい材質の具体例としては、ポリスチレン、ポリ(-メチルスチレン)等が挙げられる。

【0028】

用いることができる球形空孔形成材の具体例としては、活性炭ビーズ、樹脂ビーズ、イオン交換樹脂等が挙げられるが、イオン交換樹脂が好ましい。

イオン交換樹脂は、直径50 μ m～700 μ m程度の球状の架橋ポリスチレン樹脂に、スルホン酸基等の陽イオン交換基、或いは第四級アンモニウム基等の陰イオン交換基を導入したもので、球形空孔形成材として好適に用いることができる。イオン交換樹脂は、発電所等において水処理のために大量に用いられており、定期的に交換される度に廃イオン交換樹脂が発生する。そのため、供給量が比較的安定しており、安価に入手可能な球形空孔形成材として使用できる。

10

【0029】

球形空孔形成材の好ましい添加量は、原料土に対して10～40体積%であり、より好ましい添加量は20～30体積%である。球形空孔形成材の添加量が10体積%を下回ると、組織内に十分な球状の空孔が形成されず、十分な耐凍害性が得られない。また、球形空孔形成材の添加量が40体積%を上回ると、多孔質レンガの機械的強度、吸水性、保水性及び揚水率が低下すると共に、成形性も悪化する。

廃イオン交換樹脂を球形空孔形成材として用いる場合、陽イオン交換樹脂及び陰イオン交換樹脂のいずれについても、同様に用いることができる。この場合において、廃イオン交換樹脂が重金属やフッ化物等を多量に含む水の処理に使用されていた場合には、必要に応じて洗浄等の処理を行っておくことが好ましい。また、原料土との混合に先立ち、加熱乾燥しておくことが好ましい。

20

【0030】

(4) 混合

連続孔形成材と、球形空孔形成材と原料土との混合は、攪拌棒を備えた攪拌機、混合機又はモルタルミキサー等により行うことができる。また、適量の水を加えて加水混練してもよく、加水混練後、所定時間養生してもよい。

【0031】

(5) 成形

連続孔形成材と、球形空孔形成材と原料土との混合物の成形は、振動プレス機、高圧プレス機等を用いたプレス成形、2軸押し成形機、2軸真空押し機、土練機等を用いた押し成形等の任意の成形装置及び方法により行うことができる。

30

【0032】

(6) 焼成

成形された混合物の焼成は、必要に応じて、トンネルキルン、ローラーハースキルン、電気炉等を用いて行うことができる。焼成により、連続孔形成材及び球形空孔形成材は熱による炭化、空気酸化等を受けて消失し、所望の連続孔及び球状の空孔が組織内に形成される。

40

焼成温度は、600～1300、好ましくは700～1200、最も好ましくは1000～1100である。焼成温度が600を下回ると焼成が十分に進まず、舗装材として必要な機械的性質が発現しない。また焼成温度が1300を上回ると、連続孔及び球形空孔が収縮するため、吸水性及び保水性が著しく低下する。

【0033】

このようにして得られた多孔質レンガは、揚水性、吸水性、及び保水性に加えて、耐寒性(耐凍害性)を有している。以下、これらの諸特性について説明する。

【0034】

(1) 揚水性

建築材料の揚水性について一般的な評価方法は確立されておらず、開発現場毎に独自の基

50

準を定めてその評価が行われている。本発明においては、多孔質レンガが室温下で吸収できる水の質量に対する毛細管現象によって揚水することができる水の質量の割合に相当する揚水率(%)を、揚水性の尺度として用いることとした。なお、揚水率(%)の具体的な測定方法については、実施例において詳しく説明する。

多孔質レンガの揚水率は、60分経過後に30%以上、120分経過後に50%以上であり、飽和することなく100%に到達しうることが好ましい。また、多孔質レンガの乾燥質量に対して9%以上の水を揚水できることが好ましい。

【0035】

(2) 吸水性

舗装材等として用いられる建築材料の吸水性の尺度としては、JIS R 1250に規定されている方法(実施例において詳しく説明する)で測定される吸水率(%)が広く用いられている。多孔質レンガは、6~15%、好ましくは7~13%の吸水率を有している。吸水率が15%を上回ると透水性が低下するので、豪雨時等の水はけが悪くなる。また、吸水率が7%を下回ると、揚水性も併せて低下するため、地中から揚水した水の蒸散による路面温度の低下が不十分になる。

10

【0036】

(3) 保水性

社団法人インターロッキングブロック舗装技術協会が公表した「保水性舗装用コンクリートブロック品質規格」(平成17年7月)に規定されている方法(実施例において詳しく説明する)に準拠して、単位体積当たりの含水量を多孔質レンガの保水性の尺度として用

20

いることとした。
多孔質レンガは、1cm³当たり0.08~0.3gの水を保持することができる。

【0037】

(4) 耐寒性

多孔質レンガにおいて、飽和係数は0.5~0.9、好ましくは0.5~0.8、更に好ましくは0.5~0.6である。

上述したとおり、飽和係数とは、レンガ等の耐寒性(耐凍害性)を示す係数であり、レンガを24時間水中に浸漬した後の吸水量を、レンガを沸騰水中に浸漬して5時間煮沸した後の吸水量で割ることにより求めることができる(例えば、「新版 窯業辞典」(社団法人窯業協会編、丸善株式会社)を参照)。

30

飽和係数が0.9を上回るレンガは凍害を起こす危険があるため、飽和係数は0.9以下でなければならない。また、飽和計数が0.5を下回ると、毛細管現象により揚水に關しうる連続孔の割合が低下するため、揚水性が低下する。

【0038】

(5) その他の機械的特性

また、多孔質レンガは、3MPa以上の曲げ強度、及び30MPa以上の圧縮強さを有する。これらの機械的特性は、それぞれ、JASS 7M-101(社団法人日本建築学会)において規定される保水性インターロッキングブロックに求められる曲げ強度の最低値、及びJIS R 1250において規定される第4種レンガに求められる圧縮強度の最低値に相当し、これらの値を下回ると、舗装材として十分な強度を有しないため、舗装材

40

【0039】

多孔質レンガは、車道や歩道等の道路、広場や公園等の舗装材として好適に用いることができる。施工は通常多孔質レンガを用いた場合と同様に行うことができるが、地盤の保水性が乏しい場合等には、地盤に適量の水分を供給し、舗装材の裏面を常に湿潤に保つことで、蒸発潜熱による路面温度上昇抑制効果を維持するために、適宜給水システムを設置してもよい。

【実施例】

【0040】

次に、本発明の作用効果を確認するために行った実施例について説明する。ここで、図1

50

は、本発明の実施例に係る多孔質レンガの断面の顕微鏡写真、図2は原料中の球状空孔形成材の添加量及び焼成温度と多孔質レンガの嵩比重との関係を示すグラフ、図3は原料中の球状空孔形成材の添加量と多孔質レンガの揚水率との関係を示すグラフ、図4は原料中の球状空孔形成材の添加量及び焼成温度と多孔質レンガの吸水率との関係を示すグラフ、図5は原料中の球状空孔形成材の添加量と多孔質レンガの単位体積当たりの保水量との関係を示すグラフ、図6は原料中の球状空孔形成材の添加量及び焼成温度と多孔質レンガの飽和係数との関係を示すグラフである。

【0041】

(1) 多孔質レンガの作製

原料土として用いるアルバイト系 $[(Na, Ca)(Si, Al)_4O_8]$ 粘土は、自動乳鉢で粉碎し、目開き0.5mmの篩で分級した。連続孔形成材として用いるパルプスラッジ(以下「PS」と略称する)は、110で乾燥後粉碎し、0.59~1.4mmに分級した。球状空孔形成材として用いる廃イオン交換樹脂(以下「IER」と略称する)(アンバーライトIRA900(陽イオン交換樹脂、平均粒径約500 μ m))は、110で乾燥したものを使用した。

これらの原料を、下記の表1に示す割合で配合し、それぞれ加水混練した後一晩養生した。

【0042】

【表1】

原料名	粘土 (mL)	IER (mL)	PS (mL)
C	2000	0 (0体積%)	300 (15体積%)
A10	2000	200 (10体積%)	300 (15体積%)
A20	2000	400 (20体積%)	300 (15体積%)
A30	2000	600 (30体積%)	300 (15体積%)
A40	2000	800 (40体積%)	300 (15体積%)
A50	2000	1000 (50体積%)	300 (15体積%)

【0043】

こうして得られた混合物を湿式2軸真空押出機により押出成形し、円柱状の成形体を得た。これを110で24時間乾燥後、600、800、1000、1100、及び1200にて大気雰囲気下で焼成した。焼成後、室温になるまで放冷し、両端を切り落として、24mm x 100mmの円柱状の多孔質レンガを得た。

【0044】

このようにして得られた多孔質レンガの断面の顕微鏡写真を図1に示す。なお、図1中の数字(%単位)は、IERの添加量(体積%)を表す。レンガ構造内に、鑄型として使用したIERとほぼ同一直径の(500 μ m程度)球形の空孔が形成されていることがわかる。また、押出成型時に、粘土とIERの比重差に由来する重量偏析などの欠損はあまり起こらず、空孔が組織内に均一に分布していることが確認された。なお、中心部付近において空孔量がやや少ない傾向が見られるが、押出成型時に断面垂直方向に応力がかかるため、流動抵抗の大きなIERが流動速度の小さな周辺部へ移動する傾向に起因するものと推定される。更に、観測された球状の空孔の数がIERの添加量にほぼ比例することから、IERの添加量によって球状の空孔の数を容易に制御できることが確認された。

【 0 0 4 5 】

各試験片の質量を測定し、試験片の体積（ $14.4 \times 45.24 \text{ cm}^3$ ）で除することにより、嵩比重を求めた。結果を図2に示す。IERの添加量が大きくなるほど、より多くの球状空孔が形成されることに伴い多孔質レンガの嵩比重が減少していることと、焼成温度が1000を超えると、焼成による組織の緻密化が促進されて嵩比重が増大していることがわかる。

【 0 0 4 6 】

(2) 揚水率の測定

C、A10、A20、A30、A40、及びA50を原料として、1000で焼成して得られた試験片の乾燥質量 m_0 を測定した。次いで、これらの試験片を、深さ10mmの水中に直立した状態で浸漬させ（水深が常に10mmになるよう水を補給した）、所定時間 t （分）経過後の試験片の質量 m_t を測定した。併せて、室温で水中に24時間浸漬した試験片の質量 m_s を測定し、下式より、 t 分経過後の揚水率を求めた。

$$\text{揚水率}(t)(\%) = (m_t - m_0) / (m_s - m_0) \times 100$$

【 0 0 4 7 】

結果を図3に示す。いずれの試験片についても、時間の経過と共に放物線的な揚水率の増加が観測され、良好な揚水特性を有していることがわかる。

IERの添加量が粘土の20体積%の場合において揚水率が最大となり、更にIERの添加量を増大させると揚水率が逆に低下していることから、IERを鑄型として多孔質レンガ組織内に形成される球状の空孔は、必ずしも揚水率の向上に寄与するものではないことがわかる。

【 0 0 4 8 】

(3) 吸水率の測定

C、A10、A20、A30、A40、及びA50を原料として、600、800、1000、1100、及び1200で焼成して得られた試験片の吸水率を、JIS R 1250に準拠して下記の方法により測定した。

各試験片の乾燥質量（110で24時間乾燥後に測定） m_0 （g）、及び24時間水に浸漬後静かに水中から取り出し、水滴が落ちなくなるまで放置後測定した湿潤質量 m （g）から、下式より吸水率（%）を求めた。

$$\text{吸水率}(\%) = (m - m_0) / m_0 \times 100$$

【 0 0 4 9 】

結果を図4に示す。いずれの焼成温度においても、IERの添加量の増大につれて吸水率も増大する傾向が認められたが、600～1100で焼成した試験片においては、IERの添加量が粘土の20体積%付近で、増加量が飽和する傾向が併せて観測された。一方、1200で焼成した試験片においては、IERの添加量の増大につれて、吸水率も単調に増加する傾向が見られた。これらの結果から、焼成温度1100以下で形成された球状の空孔は、吸水量の増大に寄与できないが、焼成温度が1200になると、組織の緻密化に伴って空孔が収縮し、毛細管現象による吸水性が発現するサイズになると考えられる。

【 0 0 5 0 】

(4) 保水率の測定

C、A10、A20、A30、A40、及びA50を原料として、600、800、1000、1100、及び1200で焼成して得られた試験片の保水率を、「保水性舗装用コンクリートブロック品質規格」（社団法人インターロッキングブロック舗装技術協会、平成17年7月）に準拠して下記の方法により測定した。

吸水率の測定で述べた方法と同様の方法を用いて、各試験片の乾燥質量 m_0 （g）及び湿潤質量 m （g）を測定した。 m_0 と m の差（ $m_0 - m$ ）を、試験片の体積（ 45.24 cm^3 ）で除することにより、単位体積当たりの保水量（単位 g / cm^3 ）を求めた。

結果を図5に示す。IER添加量は、試験片の単位体積当たりの保水量に殆ど影響を与えておらず、球状の空孔には殆ど水が充填されていないことがわかる。また、焼結温度が1

10

20

30

40

50

000 を超えると保水率の減少が観測された。これは、連続孔が収縮して毛細管現象による水の取り込み量が減少したことによると考えられる。

【0051】

(5) 耐寒性の評価

C、A10、A20、A30、A40、及びA50を原料として、600、800、1000、1100、及び1200で焼成して得られた試験片の耐寒性を評価するために、下記の凍結融解試験を行った。

試験片(各原料及び焼成温度毎に2本ずつ作製した)を水中に浸漬し、十分に水を吸収させた後、-20の恒温状態で一定時間保存した。これを1サイクルとし、試験片が破損するまでこのサイクルを繰り返し、破損するまでのサイクル数を求めた。

10

結果は下記の表2に示すとおりであった。

【0052】

【表2】

原料名	焼成温度(°C)				
	600	800	1000	1100	1200
C	5	5, 7	11	6, 11	>20
A10	6	5, 10	10	14	>20
A20	5	8, 12	12, 13	9	>20
A30	6	16, 19	>20	19	>20
A40	5, 6	16, 17	19, 20	>20	18
A50	6	14, 18	15, 17	>20	>20

20

【0053】

複数種類の市販の保水性レンガを用いて同様の凍結融解試験を行ったところ、いずれも1回目の凍結時に著しい亀裂の発生を伴って破損した。

一方、IERを添加しなかった場合も含め、あらゆる原料組成及び焼成温度において、試験片は複数サイクルの凍結融解試験に対し耐久性を示し、寒冷地においても好適に使用されうるものであることが強く示唆された。更に、800以上で焼成した場合、IERの添加量の増大に伴い、耐寒性が著しく改善されていること、及びIERの添加量が粘土の20~30体積%の場合(A20及びA30)、耐寒性の改善効果が特に顕著であることがわかる。

30

【0054】

保水性舗装材が凍結時に破損するのは、凍結した水が膨張することによる内部応力が原因である。多孔質レンガにおいては、IERが鑄型となって形成された球状の空孔の内部には水が浸入しないため、発生する内部応力に対するバッファとして作用すると考えられる。また、球状の空孔を貫通する連続孔が存在する場合には、連続孔内で4以下に冷却され膨張した水が球状の空孔内に浸入することによっても、連続孔内で凍結した水による内部応力の発生が軽減されると思われる。

40

【0055】

(6) 飽和係数の測定

C、A10、A20、A30、A40、及びA50を原料として、600、800、1000、1100、及び1200で焼成して得られた試験片の飽和係数を、下記の方法を用いて測定した。

各試験片の乾燥質量(110で24時間乾燥後に測定) m_0 (g)、室温で24時間水に浸漬後静かに水中から取り出し、水滴が落ちなくなるまで放置後測定した試験片の湿潤質量 m (g)、及び沸騰水中に浸漬し、5時間煮沸した後静かに水中から取り出し、水滴

50

が落ちなくなるまで放置後測定した試験片の飽和湿潤質量 m_B (g) から、下式より飽和係数を求めた。

$$\text{飽和係数} = (m - m_0) / (m_B - m_0)$$

【0056】

試験片を浸漬した水を煮沸すると、通常は吸水や保水に関与しない空孔中の空気も水と置換される。したがって、飽和係数は、多孔質レンガ内の全空孔のうち、毛細管現象による吸水や保水に関与するものの割合を表しており、その値が小さいほど、吸水や保水に寄与しない空孔の量が多いことを意味する。

そのため、飽和係数は建材の耐寒性を測る指標として利用されており、一般に飽和係数が 0.91 以下のときは理論的には凍害が起こらないとされ、飽和係数が小さいほど凍害に対する抵抗性は大きいこととなる。

10

【0057】

結果を図6に示す。IERの添加量に関わらず、焼成温度が上昇すると共に飽和係数が小さくなることがわかる。このことは焼結の進行に伴い、表面の空孔のサイズ縮小や閉口が起きるため試験片内部に一方閉気孔や独立気孔の生成量が増えていくためと推定される。また、IERを添加した原料を用いて作製された試験片(A10、A20、A30、A40、及びA50)において、IERを添加していない試験片(C)よりも飽和係数が小さくなる傾向がある。特にIERの添加量が粘土の40体積%以下である場合には、数値に多少バラツキがあるものの、添加量の増大にしたがって飽和係数が小さくなる傾向が確認できた。

20

なお、IERを粘土の50体積%添加した場合における飽和係数が、IERを粘土の40体積%添加した場合と比べてむしろ増大しているのは、試験片内部でIERによって形成される球状の空孔同士が連結し、大きな開気孔として水の吸引及び保持に寄与できなくなるものと推定される。

【0058】

(7) その他の機械的特性

C、A10、A20、A30、A40、及びA50を原料として、600、800、1000、1100、及び1200で焼成して得られた試験片の曲げ強度及び圧縮強度を、それぞれJASS 7M-101(社団法人日本建築学会)、及びJIS R 1250にそれぞれ準拠して測定したところ、いずれの試験片も3MPa以上の曲げ強度、及び30MPa以上の圧縮強さを有していることが確認された。

30

【0059】

また、球状空孔形成材として陰イオン交換樹脂(アンバーライト200C)を用いて試験片を作製したところ、本実施例と同様の結果が得られた。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】本発明の実施例に係る多孔質レンガの断面の顕微鏡写真である。

【図2】原料中の球状空孔形成材の添加量及び焼成温度と多孔質レンガの嵩比重との関係を示すグラフである。

【図3】原料中の球状空孔形成材の添加量と多孔質レンガの揚水率との関係を示すグラフである。

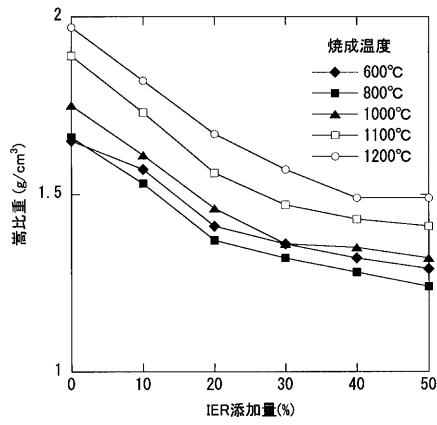
40

【図4】原料中の球状空孔形成材の添加量及び焼成温度と多孔質レンガの吸水率との関係を示すグラフである。

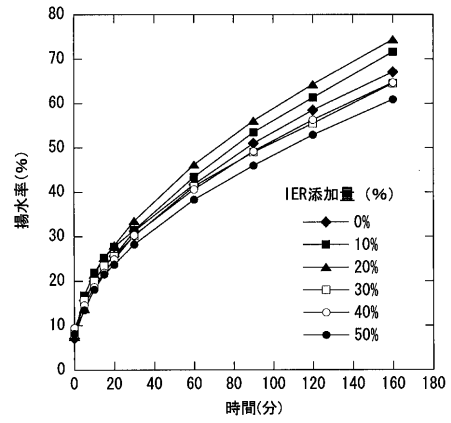
【図5】原料中の球状空孔形成材の添加量と多孔質レンガの単位体積当たりの保水量との関係を示すグラフである。

【図6】原料中の球状空孔形成材の添加量及び焼成温度と多孔質レンガの飽和係数との関係を示すグラフである。

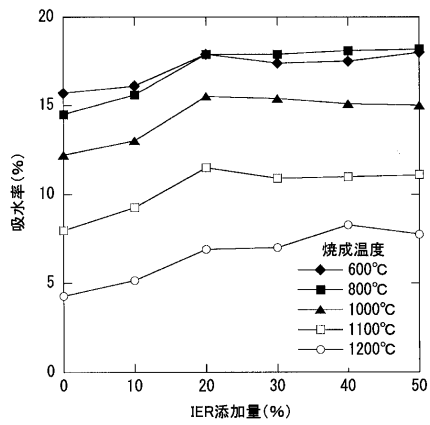
【 図 2 】



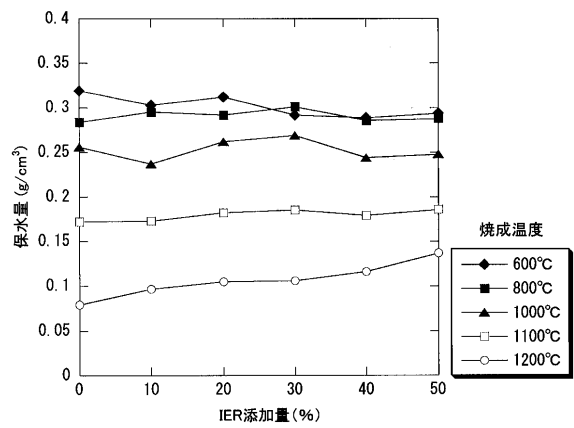
【 図 3 】



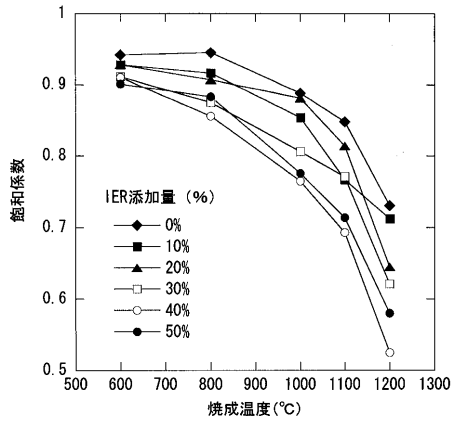
【 図 4 】



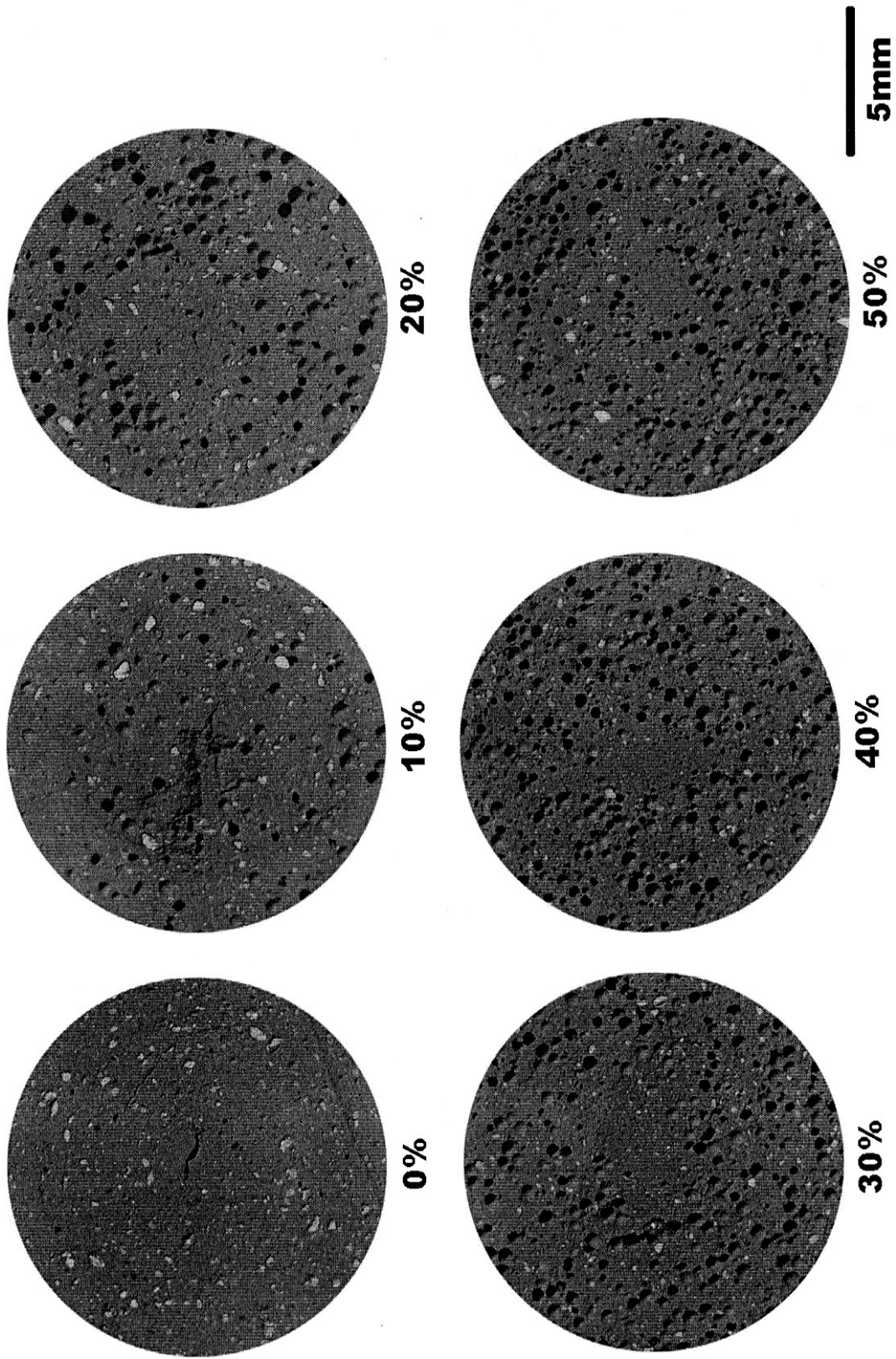
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 1 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
E 0 1 C 5/22 (2006.01) E 0 1 C 5/22

- (72)発明者 福山 茂
 福岡県久留米市荒木町荒木 8 2 3 番地 荒木窯業株式会社内
- (72)発明者 中野 辰博
 福岡県久留米市荒木町荒木 8 2 3 番地 荒木窯業株式会社内
- (72)発明者 田中 浩
 福岡県久留米市荒木町荒木 8 2 3 番地 荒木窯業株式会社内
- (72)発明者 阪本 尚孝
 福岡県北九州市八幡西区則松 3 丁目 6 - 1 福岡県工業技術センター 機械電子研究所内
- (72)発明者 親川 夢子
 福岡県筑紫野市上古賀 3 丁目 2 番 1 号 福岡県工業技術センター 化学繊維研究所内
- (72)発明者 池浦 太莊
 福岡県太宰府市大字向佐野 3 9 番 福岡県保健環境研究所内
- (72)発明者 梶原 佑介
 福岡県太宰府市大字向佐野 3 9 番 福岡県保健環境研究所内
- (72)発明者 米田 正人
 福岡県福岡市中央区薬院 4 丁目 1 番 1 0 号 株式会社地域システム研究所内
- (72)発明者 藤井 伴彦
 福岡県福岡市中央区薬院 4 丁目 1 番 1 0 号 株式会社地域システム研究所内
- F ターム(参考) 2D051 AA01 AA05 AD03 AD07 AD08 AE04 AE06 AF01 AF07 AF09
 AF13 AG11 AG16 AG19 AG20 AH02 DA01 DB01 DB03 DC09
 4G019 FA01 FA13 KA01 KA02