

(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  
2013年11月14日(14.11.2013)



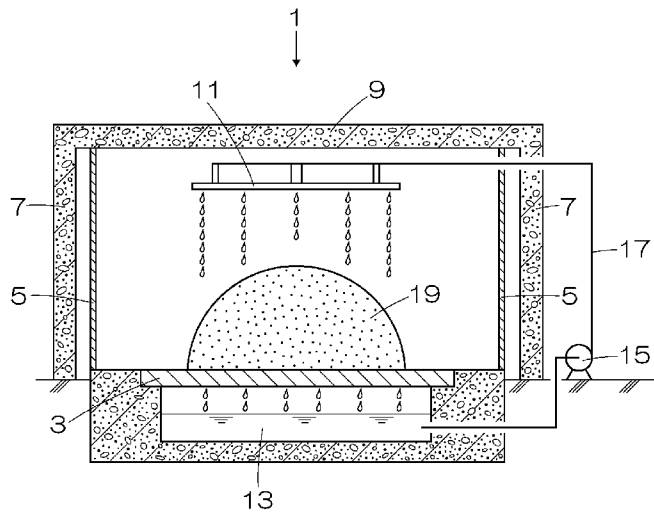
(10) 国際公開番号  
WO 2013/168673 A1

- (51) 国際特許分類:  
G21F 9/12 (2006.01) C02F 1/28 (2006.01)  
B01J 20/18 (2006.01) C04B 28/12 (2006.01)  
B09B 3/00 (2006.01) E02D 3/12 (2006.01)  
B09C 1/02 (2006.01) G21F 9/06 (2006.01)  
B09C 1/08 (2006.01) G21F 9/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/062759
- (22) 国際出願日: 2013年5月2日(02.05.2013)
- (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 2012-105793 2012年5月7日(07.05.2012) JP
- (71) 出願人: 学校法人近畿大学(KINKI UNIVERSITY)  
[JP/JP]; 〒5778502 大阪府東大阪市小若江3丁目  
4番1号 Osaka (JP). 株式会社建築舎ゆわんと村  
(ARCHITECTUAL STUDIO YUWANTOMURA INC.)  
[JP/JP]; 〒7372516 広島県呉市安浦町中央6丁目  
5番6号 Hiroshima (JP).
- (72) 発明者: 森村 毅(MORIMURA, Tsuyoshi); 〒  
7370101 広島県呉市広石内3丁目8番64号  
Hiroshima (JP). 多賀 淳(TAGA, Atsushi); 〒5778502  
大阪府東大阪市小若江3丁目4番1号 学校法  
人近畿大学 薬学部内 Osaka (JP). 緒方 文彦  
(OGATA, Fumihiko); 〒5778502 大阪府東大阪市小  
若江3丁目4番1号 学校法人近畿大学 薬学  
部内 Osaka (JP). 石渡 俊二(ISHIWATA, Shunji);  
〒5778502 大阪府東大阪市小若江3丁目4番1  
号 学校法人近畿大学 薬学部内 Osaka (JP). 佐  
藤 陽一(SATO, Yoichi); 〒7372516 広島県呉市安  
浦町中央6丁目1番29号 Hiroshima (JP).
- (74) 代理人: 専徳院 博(SENTOKUIN, Hiroshi); 〒  
7300017 広島県広島市中区鉄砲町1番20号  
第3ウエノヤビル5F Hiroshima (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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,

[続葉有]

(54) Title: PLASTER MATERIAL, ADSORBENT MATERIAL OBTAINED FROM PLASTER MATERIAL, AND METHOD FOR PURIFYING CONTAMINATED WATER OR CONTAMINATED SOLID OBJECT USING ADSORBENT MATERIAL

(54) 発明の名称: 漆喰材料、漆喰材料を用いた吸着材、吸着材を使用した汚染水及び固体状汚染物の浄化方法



(57) Abstract: Provided are an adsorbent material which can be used for purifying either water contaminated with a radioactive substance or a contaminated solid object such as soil contaminated with a radioactive substance, a raw material for the adsorbent material, a method for purifying contaminated water and a contaminated solid object using the adsorbent material, and a disposal facility employing the adsorbent material. This plaster material comprises burnt lime and/or hydrated lime, an adsorbent, and an aqueous solution having a high Ca ion content. A cured object obtained by curing the plaster material has adsorbing ability and water permeability. Furthermore, this cured object has higher strength than cured objects obtained by curing conventional plaster materials, and is suitable for use as an adsorbent material. The cured object is used as a flooring material (3), and contaminated soil (19) is heaped on the flooring material (3). Water is sprinkled from above the contaminated soil (19), and the contaminant contained in the contaminated soil (19) is transferred to the water to purify the contaminated soil (19). The water which contains the contaminant is allowed to pass through the flooring material (3), and the contaminant contained in the water can be adsorbed on the flooring material (3).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2013/168673 A1



IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラ

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

放射性物質に汚染された汚染水、放射性物質に汚染された土壌などの固体状汚染物の浄化に使用可能な吸着材、該吸着材の原材料、該吸着材を使用した汚染水及び固体状汚染物の浄化方法、該吸着材を使用した処分施設を提供する。本発明に係る漆喰材料は、生石灰及び／又は消石灰と吸着剤と高 Ca イオン含有水溶液とを含み、該漆喰材料を硬化させてなる硬化体は、吸着能及び透水性を有する。さらに該硬化体は、従来の漆喰材料を硬化させてなる硬化体に比較して強度が大きく、吸着材として好適に使用することができる。前記硬化体を床材 3 とし、該床材 3 上に汚染土壌 19 を堆積し、該汚染土壌 19 の上部から散水し、前記汚染土壌 19 に含まれる汚染物質を水側に移行させることで汚染土壌 19 を浄化し、汚染物質を含む水は前記床材 3 を通過させ、水に含まれる汚染物質を前記床材 3 に吸着させることができる。

## 明 細 書

発明の名称：

漆喰材料、漆喰材料を用いた吸着材、吸着材を使用した汚染水及び固体状汚染物の浄化方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、放射性物質に汚染された汚染水、金属類を含有する汚染水、放射性物質に汚染された土壌などの固体状汚染物の浄化に使用可能な吸着材、該吸着材の原材料、該吸着材を使用した汚染水及び固体状汚染物の浄化方法、該吸着材を使用した処分施設に関する。

### 背景技術

[0002] 東日本大震災に伴い発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故により、放射性物質が飛散し、あるいは放射性物質によって汚染された水蒸気や水が空气中、海中に漏れ出し、近隣の農作物、土壌、家屋等が放射性物質によって汚染された。この放射性物質によって汚染された地域を除染すべく、最近、大規模な除染作業が開始されている。

[0003] 除染方法としては、道路や家屋の屋根・外壁等に付着している放射性物質を高圧洗浄機で洗い流し、草木等は摘み取って焼却処分に、土壌は汚染部分を剥ぎ取る方法が一般的であり、除染を実施する際に必要な技術を取りまとめた除染技術カタログも開示されている（例えば非特許文献1参照）。

[0004] 上記除染方法以外に吸着剤を使用する除染方法もある。例えば人工ゼオライトをセメントで造粒固化した固化体、ブロックを使用し、汚染水中の放射性物質を吸着・除去する方法がある（例えば非特許文献2参照）。またゼオライトに代る吸着剤として、プルシアンブルーを使用した吸着剤も開発されている（例えば非特許文献3参照）。

### 先行技術文献

#### 非特許文献

[0005] 非特許文献1：[www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/20111122nisa.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/20111122nisa.pdf)

非特許文献2 : [www.kaihatsu-c.co.jp/katarog-syokai/zeolite.pdf](http://www.kaihatsu-c.co.jp/katarog-syokai/zeolite.pdf)

非特許文献3 : [www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2012/pr20120208/pr20120208.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2012/pr20120208/pr20120208.html)

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] 放射性物質を高圧洗浄機で洗い流す、汚染部分を剥ぎ取る方法などの場合、除染に伴い発生する汚染水、焼却灰、又は土壌中に放射性物質が残ったままであるのでその処分が問題となる。吸着剤を使用し除染する方法の場合、汚染水、汚染土壌等から放射性物質を吸着除去するので、浄化された水、土壌等は、再利用が可能となり好ましいが、効率的に汚染物質を吸着除去する、あるいは使い勝手を良くするにはさらなる改良が必要である。

[0007] 除染に伴い発生する汚染水、焼却灰、土壌等は、身近な所で格納する完結型最終処分場施設を建設し、その中で処理して無害化することが好ましい。ここで完結型最終処分場とは、放射性物質除去手段を備え、施設内に放射性物質に汚染された土壌や焼却灰などを野積みにして長期間施設内に留め置き、無害化（基準値以下）を達成した時点で一般ごみとして処理を可能とする、もしくは安全に長期保管を可能にする施設をいう。

[0008] 本発明の目的は、放射性物質に汚染された汚染水、金属類を含有する汚染水、放射性物質に汚染された土壌などの固体状汚染物の浄化に使用可能な吸着材、該吸着材の原材料、該吸着材を使用した汚染水及び固体状汚染物の浄化方法、該吸着材を使用した処分施設を提供することである。

### 課題を解決するための手段

[0009] 本発明は、生石灰及び／又は消石灰と吸着剤と高Caイオン含有水溶液とを含むことを特徴とする漆喰材料である。

[0010] 本発明に係る漆喰材料において、さらに珪藻土を含むことが好ましい。

[0011] また本発明に係る漆喰材料において、前記吸着剤がゼオライトであることが好ましい。

[0012] また本発明に係る漆喰材料において、前記高Caイオン含有水溶液は、重量

百分率濃度で生石灰及び／又は消石灰を酸性水溶液に0.6～2.0%溶解させたものであることが好ましい。

[0013] また本発明に係る漆喰材料において、前記酸性水溶液が酢酸水溶液であることが好ましい。

[0014] また本発明に係る漆喰材料において、前記生石灰及び／又は消石灰は、カキ殻を900～1200℃で焼成したものを使用することができる。

[0015] また本発明は、前記漆喰材料を硬化させてなる吸着材であって、該吸着材は、吸着能を有し、かつ透水性を有することを特徴とする吸着材である。

[0016] また本発明に係る吸着材は、前記漆喰材料を養生し硬化させるとき表面に噴出する酸化カルシウムの結晶が除去されていることが好ましい。

[0017] また本発明に係る吸着材は、前記漆喰材料を養生し硬化させるとき、表面に酸化カルシウムの結晶が噴出したら該漆喰材料の裏表を反転させ、反転後の表面に酸化カルシウムの結晶が析出するまで養生し、両面に析出した酸化カルシウムの結晶が除去されていることが好ましい。

[0018] また本発明に係る吸着材において、前記酸化カルシウムの結晶は、水洗又は該吸着材の表面の研削、研磨により除去することができる。

[0019] また本発明は、前記吸着材を用いた汚染水の浄化方法であって、汚染水を前記吸着材を通過させ、前記汚染水に含まれる汚染物質を前記吸着材に吸着させ、汚染水を浄化することを特徴とする汚染水の浄化方法である。

[0020] 本発明に係る汚染水の浄化方法において、汚染物質として放射性物質及び／又は金属類が挙げられる。

[0021] また本発明は、前記吸着材を床材とし、該床材上に汚染土壌、汚染瓦礫などの固体状汚染物を堆積し、堆積した前記固体状汚染物の上部から散水し、前記固体状汚染物に含まれる汚染物質を水側に移行させることで固体状汚染物を浄化し、汚染物質を含む水は前記床材を通過させ、前記水に含まれる汚染物質を前記床材に吸着させることを特徴とする固体状汚染物の浄化方法である。

[0022] 本発明に係る固体状汚染物の浄化方法において、前記床材を通過した水を

散水する水として循環使用することができる。

- [0023] また本発明は、汚染土壌、汚染瓦礫などの固体状汚染物を搬入、堆積し、堆積した前記固体状汚染物に散水し、前記固体状汚染物に含まれる汚染物質を水側に移行させることで固体状汚染物を浄化し、浄化した土壌、瓦礫などの固体状物を搬出する処分施設であって、前記吸着材で形成された床材と、前記床材の下方に設けられた前記床材を通過した水を貯留する貯水槽と、前記貯水槽の水を汲み上げ、前記床材上に堆積した前記固体状汚染物に散水する散水手段と、を含むことを特徴とする処分施設である。

### 発明の効果

- [0024] 本発明の漆喰材料を使用することで放射性物質に汚染された汚染水、金属類を含有する汚染水、放射性物質に汚染された土壌などの固体状汚染物の浄化に好適に使用することができる吸着材を製造することができる。また該吸着材を使用することで効率的に汚染水及び固体状汚染物を浄化することができる浄化方法、処分施設を実現することができる。

### 図面の簡単な説明

- [0025] [図1]本発明のゼオCa漆喰体の表面に噴出した酸化カルシウムCaOを模式的に示す図である。
- [図2]本発明のゼオCa漆喰板及び瀬戸漆喰板の透水実験における透水カーブである。
- [図3]本発明のゼオCa漆喰板及び瀬戸漆喰板の透水実験における水位と透水速度との関係を示す図である。
- [図4]本発明の実施の一形態としての汚染土壌を処理する処分施設1の構成を示す図である。
- [図5]試験体のゼオライト／石灰比と吸着量との関係を示す図である。
- [図6]本発明のゼオCa漆喰体の吸着実験結果を示す図である。
- [図7]吸着実験で使用した吸着実験装置20の構成図である。
- [図8]本発明の試験体の吸着実験結果を示す図である。
- [図9]本発明の試験体の曲げ強度測定結果を示す図である。

[図10]本発明の試験体の圧縮強度測定結果を示す図である。

[図11]本発明の試験体の曲げ強度測定結果を示す図である。

[図12]本発明の試験体の圧縮強度測定結果を示す図である。

### 発明を実施するための形態

- [0026] 漆喰は、水酸化カルシウムを主成分とする建材である。以下に示す実施形態、実施例において、「漆喰材料」とは、漆喰の基となる原材料（素材）の集合体又はこれを混練したもの、「漆喰体」とは、漆喰材料を混練し、養生し硬化させたものであり硬化体とも言う。また「漆喰板」とは、「漆喰体」のうち板状のもの、「ゼオCa漆喰」とは、少なくとも石灰とゼオライトと高Caイオン含有水溶液とを含む漆喰（漆喰材料、漆喰体、漆喰板）、「瀬戸漆喰」とは、少なくとも石灰と石灰砂（砂）と高Caイオン含有水溶液とを含む漆喰（漆喰材料、漆喰体、漆喰板）を言う。
- [0027] 本発明に係る吸着材は、以下に説明する漆喰材料を常法に則り施工、硬化させてなる漆喰体である。まず本発明に係る吸着材の原料である本発明に係る漆喰材料について説明する。
- [0028] 本発明に係る漆喰材料は、石灰と吸着剤と高Caイオン含有水溶液とを含むことを特徴とする。石灰は、生石灰（CaO）、消石灰（Ca(OH)<sub>2</sub>）の他、生石灰と消石灰との混合物であってもよい。生石灰又は消石灰の素材として、カキ殻やホタテ貝などの貝殻を900~1200℃で焼成したものを使用することもできる。
- [0029] 一般的な漆喰では、細骨材として山砂、川砂、石灰製砂が使用されるが、本発明に係る漆喰材料では、山砂、川砂、石灰製砂に代え、吸着剤を使用する。本発明に係る漆喰材料では、山砂、川砂、石灰製砂を全く使用することなく、山砂等の代わりに吸着剤を使用することを基本とするが、山砂等と吸着剤とを共存させてもよい。吸着性能を優先する場合は、山砂等の代わりに吸着剤を使用し、吸着性能を多少犠牲にしても漆喰の強度を高めたい場合には、山砂等と吸着剤とを共存させればよい。山砂等の割合が多いほど漆喰の機械的強度が大きくなる。

- [0030] 吸着剤は、被吸着物に応じて適宜選択して使用することができるが、生石灰及び／又は消石灰との親和性の点から無機系吸着剤が好ましい。生石灰及び／又は消石灰と吸着剤との親和性が悪い場合には、硬化体（漆喰体）としたときの機械的強度が小さくなる。無機系吸着剤としては、活性炭、シリカゲル、ゼオライト、アルミナ、酸化チタン、珪藻土、天然鉱石などが例示されるが、中でもゼオライトを好適に使用することができる。
- [0031] ゼオライトは、公知のように多孔質で非常に大きな比表面積を有し、高い吸着能を有する。ゼオライトは、骨格構造などの違いにより多数のゼオライトが存在するが、被吸着物の大きさに対応した細孔径を有するゼオライト等、被吸着物の吸着に適したゼオライトを使用することが好ましい。ゼオライトは、天然ゼオライトと人工ゼオライトとに大別できるがいずれのゼオライトであってもよい。
- [0032] 高Caイオン含有水溶液は、本発明において特に限定するものであり、以下に説明する。なお、本漆喰材料において、上記成分の他、漆喰において一般に使用される麻の繊維や藁の繊維（すさ）、草本や海藻から得る接着剤又は合成樹脂からなる接着剤等を使用することができる。
- [0033] 公開されているデータ（例えば、[http://www.takenet-eco.co.jp/pages/jitsurei/sokai\\_senjo.html](http://www.takenet-eco.co.jp/pages/jitsurei/sokai_senjo.html)、<http://www.questions.gr.jp/chem/odoroki1.htm>）によると、CaOやCa(OH)<sub>2</sub>は、重量百分率濃度で純水に0.2%程度溶解するとされる。本発明においては、CaO及び／又はCa(OH)<sub>2</sub>が0.2%よりもさらに多く溶解したものを使用する。このため、例えば、先ずCaOを溶解させやすい酢酸水溶液などに溶解させ、Caイオンが高い濃度で存在する溶液を製造する。このような溶液は、Caイオン濃度が高いので本発明においては、高Caイオン含有水溶液と呼ぶ。
- [0034] 高Caイオン含有水溶液は、例えば、10%酢酸水溶液を用いると重量百分率濃度でCaOを常温で2%程度溶解させることができる。本発明においては、CaO及び／又はCa(OH)<sub>2</sub>を0.6~2.0%溶解させた高Caイオン含有水溶液を使用するのが好ましい。なお、CaOやCa(OH)<sub>2</sub>の溶解が困難である場合は、炭酸水素ナトリウ



ム ( $\text{NaHCO}_3$ ) を添加することができる。また、酢酸水溶液以外にクエン酸水溶液、ギ酸水溶液などの酸性水溶液を用いて、 $\text{CaO}$ 及び／又は $\text{Ca(OH)}_2$ を溶解させてもよい。但し、溶解能力等を考えれば酢酸水溶液が好ましい。また、使用に際し、高Caイオン含有水溶液のpHを調整することもできる。

[0035] 高Caイオン含有水溶液の製造の際に使用する $\text{CaO}$ 及び／又は $\text{Ca(OH)}_2$ は、特定の $\text{CaO}$ 及び／又は $\text{Ca(OH)}_2$ に限定されるものではなく、後述の実施例で示すように $900\sim 1200^\circ\text{C}$ で焼成したカキ殻粉末を使用することができる。カキ殻に代え、他の貝殻を焼成し使用することもできる。

[0036] 上記石灰と吸着剤と高Caイオン含有水溶液とを混練することで本発明に係る漆喰材料（混練状態）を得ることができる。高Caイオン含有水溶液は、必要に応じて水で希釈し、濃度を調整して使用してもよい。希釈水は、特に限定されず、上水、イオン交換水又は純水などいずれであってもよい。

[0037] 本漆喰材料は、生石灰及び／又は消石灰、吸着剤及び高Caイオン含有水溶液を個別に在庫しておき、使用時にこれらを混練して使用するものであってもよく、また予め生石灰及び／又は消石灰、吸着剤に高Caイオン含有水溶液を加えたものであってもよい。なお予め生石灰及び／又は消石灰、吸着剤に高Caイオン含有水溶液を加えたものは、気密に梱包して保管され、使用時に練り直したうえで使用される。

[0038] 本発明の漆喰材料を常法に則り硬化させた硬化体（漆喰体）は、優れた吸着能を有する吸着材となる。吸着能は、原料である漆喰材料に含まれる吸着剤によるものである。本発明の漆喰材料を硬化させてなる本発明に係る吸着材は、吸着剤が生石灰及び／又は消石灰でバインディングされているが、吸着剤の吸着能は失うことなく保持される。

[0039] さらに本発明の漆喰材料を硬化させた硬化体（漆喰体）は、透水性を有する。このため該漆喰体を透水板として使用し、汚染物質を含む汚染水の浄化に好適に使用することができる。例えば汚染物質を含む汚染水を該漆喰体を通過させると、汚染水に含まれる汚染物質を吸着除去し浄化した水を得ることができる。漆喰体を貫く空隙（流路）が小さいので、汚染水がショートパ

スすることもなく、効率的に汚染水に含まれる汚染物質を吸着除去することができる。

[0040] また本発明の漆喰材料を硬化させてなる漆喰体を吸着材として使用する場合には、透水板として使用する方法の他、汚染物質を含む汚染水中に該漆喰体を投入し、汚染物質を吸着させることができる。汚染物質を含む汚染水には、有害金属類を含有する汚染水、排水、廃水、廃液が含まれる。汚染水の他、汚染物質を含む海水、汚染物質を含む水溶性の溶媒などの浄化にも本発明の漆喰材料を硬化させてなる漆喰体を使用することができる。さらに漆喰体を吸着材として使用し、レアメタルを含む廃水から金属類を回収することもできる。

[0041] 吸着剤にゼオライトを用いた本発明のゼオCa漆喰材料を硬化させてなるゼオCa漆喰体の場合、汚染物質として放射性物質、重金属類を含む金属類を吸着除去することができる。放射性物質、金属類としては、鉄Fe、鉛Pb、ストロンチウムSr、カドミウムCd、ナトリウムNa、マグネシウムMg、カリウムK、クロムCr、ヒ素As、アルミニウムAl、亜鉛Zn、ニッケルNi、バリウムBa、マンガンMn、銅Cu、セシウムCs、ビスマスBi、水銀Hgが挙げられる。これら汚染物質が複数共存していても同時に吸着できることは、後述の実施例に記載の通りである。

[0042] ゼオCa漆喰体は、生石灰及び／又は消石灰とゼオライトと高Caイオン含有水溶液、さらに必要に応じてスサや糊等を加え、これらを混練し、型枠に入れ、1月程度養生することで得られる。1月程度の養生を経て得られるゼオCa漆喰体は、図1に示すようにゼオCa漆喰体の表面（A面）に白い酸化カルシウムCaOが噴出する。このときゼオCa漆喰体の裏面（B面）には、酸化カルシウムCaOは噴出しない。しかしながら1月程度養生しA面に酸化カルシウムCaOが噴出したゼオCa漆喰体を、裏表を逆にし、B面を上にしてさらに1月程度養生すると、B面にも酸化カルシウムCaOが噴出する。

[0043] このような要領で養生するとゼオCa漆喰体の内部に連通する酸化カルシウムCaOの噴出道が形成される。ゼオCa漆喰体に噴出した酸化カルシウムCaOは

、水洗、ブラッシング、グラウンダー等による研磨、研削により簡単に取り除くことができる。ゼオCa漆喰体の表面（A面）及び裏面（B面）に噴出した酸化カルシウムCaOを取り除くことによって、酸化カルシウムCaOの噴出道を透水道として使用することができる。よって、ゼオCa漆喰板を透水板として使用する際には、ゼオCa漆喰板の裏表の両面に酸化カルシウムCaOが噴出するまで養生し、その後、噴出した酸化カルシウムCaOを取り除き使用することが好ましい。実験により、噴出した酸化カルシウムCaOを取り除くことで透水量が大幅に増加することを確認済みである。なお、ゼオCa漆喰体の他、本発明の漆喰材料を硬化させてなる漆喰体も同様に考えることができる。

- [0044] ゼオCa漆喰板の透水性について説明する。以下の要領でゼオCa漆喰板及び瀬戸漆喰板の透水実験を行った。
- [0045] ゼオCa漆喰板は、生石灰100重量部と、ゼオライト300重量部と、1.2重量%の高Caイオン含有水溶液140重量部とを混練し、型枠に入れ、約1月間気中養生し、さらに裏表を反転させた後、約1月間養生した。ゼオCa漆喰板の裏表両面に噴出した酸化カルシウムCaOを水洗して取り除き、これを透水板とした。ゼオCa漆喰板は、厚さが30mm、縦横260mmである。なお、生石灰等は、後述の実施例に示すものと同じものを使用した。
- [0046] 瀬戸漆喰板は、生石灰100重量部と、石灰砂300重量部と、0.8重量%の高Caイオン含有水溶液140重量部とを混練し、以下、ゼオCa漆喰板と同様の要領で透水板を得た。瀬戸漆喰板は、縦横260mmで、厚さが10mm、20mm、30mm、40mmの4種類を準備した。なお、生石灰等は、後述の実施例に示すものと同じものを使用した。
- [0047] ゼオCa漆喰板、瀬戸漆喰板の上に各々透明塩化ビニル製のパイプ（高さ600mm、内径100mm）を立て、パイプとゼオCa漆喰板、パイプと瀬戸漆喰板との境界から水が漏洩しないように樹脂製の接着剤で固定した。
- [0048] パイプ内に高さが500mmとなるように水を張り込み、ゼオCa漆喰板は、パイプ内の水位が100mm低下する毎の時間を、瀬戸漆喰板は、パイプ内の水位が25mm低下する毎の時間を測定した。なお、ゼオCa漆喰板の場合、同時に吸着性

能も確認したため濃度10mg/Lに調整した硝酸セシウム $CsNO_3$ 水溶液を使用した。吸着性能の結果については、後述の吸着実験その4－流通式に記載した。

[0049] 図2及び図3に結果を示した。図2は、透水時間 $\theta$ （累積）とパイプ内水位 $H$ との関係を示す透水カーブである。図3は、図2の透水カーブから各水位 $H$ におけるゼオCa漆喰板、瀬戸漆喰板の透水速度（ $dH/d\theta$ ）を求め、両対数グラフにプロットしたものである。ゼオCa漆喰板、瀬戸漆喰板の透水速度（ $dH/d\theta$ ）は、パイプ内水位 $H$ の減少速度とした。図2及び図3において、厚さ20mmの瀬戸漆喰板は、予め浮遊物を含んだ溜め水で透水実験を行った後、水洗し使用した。

[0050] ゼオCa漆喰板の透水性と瀬戸漆喰板の透水性は、ほぼ同じであった。ゼオCa漆喰板及び瀬戸漆喰板の透水速度は、漆喰板に加わる圧力、つまり水位 $H$ （ $mH_2O$ ）に比例して増加し、漆喰板の厚さに逆比例した。ゼオCa漆喰板の透水速度は、ゼオCa漆喰板に加わる水位 $H$ の2.15乗に比例した。瀬戸漆喰板の透水速度は、厚さが10、30、40mmの場合、透水速度は、それぞれ $H^{2.5}$ 、 $H^{2.15}$ 、 $H^{1.7}$ に比例し、漆喰板の厚さが薄い程、圧力の依存性が高い結果となった。

[0051] 図3の結果を基に、厚さ30mmのゼオCa漆喰板を透水板として使用したときの透水速度を算出すると、透水板に加わる圧力（水位）が0.5 $mH_2O$ のとき約28（ $m^3/m^2/day$ ）となる。さらに水位を高くすれば透水速度が増加することは、図3の結果から容易に理解することができる。なお、厚さ30mmのゼオCa漆喰板に0.5mの水位を掛けて汚染水を通過させたときの汚染物質（セシウム）の除去率は、99.8%以上であった。

[0052] 瀬戸漆喰板のデータではあるが、厚さ20mmの瀬戸漆喰板は、厚さ30mmの瀬戸漆喰板よりも透水速度が低下している。この結果から漆喰板を透水板として使用したとき、漆喰板が目詰まりを起こすと、透水速度が大きく低下することが分かる。これはゼオCa漆喰板にも当てはまる事象であり、浮遊物等を含む汚染水を処理する場合には、前段に汚染水に含まれる浮遊物等を除去するろ過装置を設けることが好ましい。

[0053] 本発明の漆喰材料を硬化させた硬化体（漆喰体）は、従来の漆喰材料を硬

化させた硬化体（漆喰体）と比較し機械的強度が大きい。ゼオCa漆喰体と、ゼオライトを混入した従来の漆喰材料を硬化させた硬化体（以下、ゼオライト漆喰体と記す）との曲げ強度及び圧縮強度を比較すると、後述の実施例に示すようにゼオCa漆喰体は、曲げ強度及び圧縮強度ともゼオライト漆喰体の2.5倍以上の強度を示した。

[0054] ゼオCa漆喰体が、ゼオライト漆喰体に比較して数倍の強度を示すのは、高Caイオン含有水溶液を用いることによって、酢酸カルシウムの針状結晶や空気中のCO<sub>2</sub>と消石灰とが反応して炭酸カルシウムCaCO<sub>3</sub>になり、曲げ強度の増加につながったと考えられる。さらに漆喰中の空隙が空気中のCO<sub>2</sub>と反応した炭酸カルシウムCaCO<sub>3</sub>で充填されるため、圧縮強度の増加につながったと考えられる。

[0055] ゼオCa漆喰板を、汚染水を浄化する透水板として使用する場合、ゼオCa漆喰板は、長時間水と接することとなる。またゼオCa漆喰体を吸着剤として用い、水中の金属等を吸着させる場合、ゼオCa漆喰体は、長時間水中に没することとなる。以上のことを考えれば、ゼオCa漆喰板、ゼオCa漆喰体の水中強度を高めることが好ましい。さらにゼオCa漆喰板を透水板として使用することを考えれば、ゼオCa漆喰板の吸着材及びフィルタとしての機能を損なうことなく水中強度を高めることが必要である。この点は、ゼオCa漆喰板に限らず、他の吸着剤を使用した本発明に係る漆喰材料を硬化させてなる漆喰板、漆喰体についても同様である。

[0056] ゼオCa漆喰板、ゼオCa漆喰体の水中強度を高めるためには、珪素土を添加することが効果的である。珪藻土は、壁に使用した場合、吸放出調湿性能が非常に高く、室内湿度が高い場合は、壁がかなりの水分を吸収することができ、乾燥すれば壁から水分を放出する性質がある。珪素土の配合割合（重量比）は、石灰：ゼオライト：珪藻土=1:3:1が好ましい。このような割合であれば、ゼオCa漆喰板、ゼオCa漆喰体の吸着性能を変化させることなく、水中での強度を高めることができる。

[0057] 詳細は、後述の実施例に記すが、ゼオCa漆喰体とゼオCa漆喰材料に珪素土

を加えて硬化させた硬化体（以下、珪藻土ゼオCa漆喰体）との曲げ強度及び圧縮強度を比較すると、曲げ強度には差がないが、圧縮強度は、珪藻土ゼオCa漆喰体がゼオCa漆喰体の約1.4倍以上であった。

[0058] 漆喰の硬化機構が、主成分である消石灰が二酸化炭素と反応し、炭酸カルシウムが生成することによるものであることは良く知られているところである。また従来から漆喰の硬化を促進するため、炭酸ガス中、又は炭酸ガス雰囲気中で漆喰材料を養生する炭酸ガス養生も採用されている。このような炭酸ガス養生は、本発明の漆喰材料を硬化させてなる漆喰体においても効果的であり、従来から用いられている炭酸ガス養生方法を本発明の漆喰材料を硬化させてなる漆喰体の硬化に使用することで養生期間を短縮することができる。炭酸ガス養生方法は、例えば、特開2010-64902号公報の「発明を実施するための最良の形態」、特開2005-145808号公報の「発明を実施するための最良の形態」に記載されている。

[0059] 以上のように本発明の漆喰材料を硬化させた硬化体（漆喰体）は、優れた吸着能を有すると共に透水性を有するので吸着材として好適に使用することができる。また該漆喰体は、フィルタとしての機能も備えるため効率的に汚染物質を吸着除去することができる。さらに本発明の漆喰材料を硬化させてなる漆喰体は、曲げ強度及び圧縮強度が大きいので、使用方法、使用範囲が広がる。

[0060] 上記本発明の漆喰材料を硬化させた硬化体（漆喰体）を吸着材として使用する例を示す。ここでは漆喰体からなる吸着材を床材として使用し、汚染土壌を処理する汚染土壌浄化方法を説明する。図4は、本発明の実施の一形態としての汚染土壌を処理する処分施設1の構成を示す図である。なお、処分施設1は、汚染土壌の他、汚染物質に汚染された瓦礫、焼却灰、木材などの固体状汚染物を以下の方法で処理することができる。

[0061] 処分施設1は、汚染土壌に散水し、土壌に含まれる汚染物質を水側に移行させ汚染土壌を浄化すると共に、水側に移行した汚染物質を吸着材で吸着、除去する施設である。

- [0062] 処分施設 1 は、床材 3 の回りを内装壁 5 が囲み、内装壁 5 の外側にコンクリート製の外壁 7 が設けられている。床材 3 及び内装壁 5 は、本発明の漆喰材料を硬化させてなる漆喰体である。コンクリート製の天井 9 には、散水用のスプレーノズル 11 が設けられ、床材 3 の下方には、貯水槽 13 が設けられている。貯水槽 13 とスプレーノズル 11 とは、循環ポンプ 15 が介装された循環ライン 17 を介して連結されている。
- [0063] 処分施設 1 の使用方法を説明する。搬送装置（図示を省略）を介して汚染土壌 19 を搬入し、床材 3 の上に汚染土壌 19 を堆積する。この汚染土壌 19 に対して、スプレーノズル 11 から水を散水する。これにより汚染土壌 19 内の汚染物質は、水に取り込まれる。なお、散水は、少量の水を長時間にわたり行うことが好ましい。床材 3 は、透水性を有するので汚染物質を含む水は、床材 3 を通過し貯水槽 13 に貯留される。このとき水中の汚染物質は、床材 3 に吸着される。床材 3 の空隙が作り出す水の流路は、狭いので汚染物質を含む水がショートパスすることもなく、床材 3 を通過した水には、汚染物質が全くあるいは殆ど含まれない。このように貯水槽 13 には、汚染物質を全くあるいは殆ど含まない水が流入するので、この水を散水用の水として再利用することができる。なお、必要に応じて床材 3 を補強材で補強してもよいことは言うまでもない。
- [0064] 散水により汚染物質が基準値以下に除去された土壌は、処分施設 1 から搬出され、代わりに汚染土壌 19 を搬入し浄化することができる。このような処分施設 1 は、汚染物質を処分施設内に留め置き、外部に出さないので、放射性物質に汚染された土壌などの処分に好適に使用することができる。
- [0065] 本発明の吸着材に類似の吸着材に、（１）高Caイオン含有水溶液を使用しない従来の漆喰材料にゼオライトを混入、これを硬化させたゼオライト漆喰体、（２）セメントにゼオライトを混入し、これを固化させたゼオライト混入ブロック、（３）セメントにゼオライトを混入し、これを固化させた多くの空隙を有するゼオライト混入ポーラスコンクリートがある。
- [0066] ゼオライト漆喰体は、後述の実施例で示すように本発明の吸着材と同様に

、吸着能と透水性とを備えるが、機械的強度が小さく、特に透水後には極端に強度が低下するため汚染水を処理するなどの湿式処理には適さない。

[0067] ゼオライト混入ブロックは、透水性を有していないので内部のゼオライトが有効に使用され難く、単位容積当たりの吸着能が小さい。さらに透水性を有していないので吸着速度も小さい。ゼオライト混入ポーラスコンクリートは、孔開きコンクリートで20%程度の空隙率を有するため透水性は良いが、汚染水がショートパスし易く接触効率が悪い。また汚染水とゼオライト混入ポーラスコンクリートとの接触時間が短いため吸着能が小さい。

### 実施例

[0068] <漆喰材料>

生石灰とゼオライトと高Caイオン含有水溶液とを混練し、組成割合の異なる4種類のゼオCa漆喰材料を作製した（実施例1～4）。併せて比較例1としてゼオライトの代わりに石灰砂を用いた瀬戸漆喰材料を作製した。また比較例2～5として高Caイオン含有水溶液の代わりに水を用いたゼオライト漆喰材料を作製した。

[0069] 生石灰は、中山石灰工業株式会社製で粒度が0.15mm以下のものを使用した。組成を表1に示した。ゼオライトは、カサネン工業株式会社 イズモライト（0.25～1.0mm）を使用した。

[0070] [表1]

生石灰の組成 (%)					
CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
97.84	0.87	0.38	0.44	0.04	0.43

[0071] 高Caイオン含有水溶液は以下のように作製した。酢酸（和光純薬工業株式会社製一級、コードNo.014-00266）100gを900gの純水に加えた酢酸水溶液（10%濃度）に、カキ殻を1200℃で焼成して得られた白色の粉末20gを加えて完全に溶解させた。この溶液を半日放置した後に上澄み液を採取し、これを原液として水で希釈し所定のCaイオン濃度の高Caイオン含有水溶液を製造した。



ここで、高Caイオン含有水溶液について、例えば、1%Caイオン濃度とは、高Caイオン含有水溶液100g中にカキ殻焼成粉末が1g溶解しているものをいう。カキ殻を1200℃で焼成して得られた白色の粉末の成分分析結果を表2に示す。

[0072] [表2]

焼成カキ殻の組成 (%)								
Ca	Sr	K	Mg	Al	Si	P	Fe	Mn、Ba
98.80	0.35	0.26	0.22	0.21	0.05	0.05	0.03	微量

[0073] 実施例1のゼオCa漆喰材料の作製方法は、次の通りである。生石灰100重量部と、ゼオライト300重量部と、0.8重量%の高Caイオン含有水溶液140重量部とを混練し、漆喰材料を得た。比較例1で使用した石灰砂は、中山石灰工業株式会社製で粒度が2.5mm以下のものである。表3に各漆喰材料の製造条件を示した。表3においてゼオライト（石灰砂）／石灰は、ゼオライト／生石灰、又は石灰砂／生石灰の重量比(wt/wt)を示し、ゼオライト（石灰砂）混合比と呼ばれる。また表3において水／石灰の水は、水又は高Caイオン含有水溶液であり、高Caイオン含有水溶液／生石灰、又は水／生石灰の重量%を示し、水石灰比と呼ばれる。

[0074] [表3]

実施例 ／ 比較例	名称	ゼオライト(石灰砂)／石灰 (wt/wt)	水溶液中の Caイオン水濃度 (wt%)	水／石灰 (wt/wt%)
比較例1	瀬戸漆喰材料	3(石灰砂)	0.8	120
比較例2	ゼオライト漆喰材料	2(ゼオライト)	0	130
比較例3	ゼオライト漆喰材料	2(ゼオライト)	0	140
比較例4	ゼオライト漆喰材料	3(ゼオライト)	0	140
比較例5	ゼオライト漆喰材料	3(ゼオライト)	0	150
実施例1	ゼオCa漆喰材料	3(ゼオライト)	0.8	140
実施例2	ゼオCa漆喰材料	3(ゼオライト)	1.2	140
実施例3	ゼオCa漆喰材料	4(ゼオライト)	0.8	160
実施例4	ゼオCa漆喰材料	4(ゼオライト)	1.2	160

[0075] <吸着実験その1>

各漆喰材料を28日養生し、試験体(漆喰体)を作製した。この試験体を50mg切り取り、これを、硝酸セシウムCsNO<sub>3</sub>(和光純薬社製)を用いて作製した濃度10mg/Lのセシウム水溶液50mL中に投入し、25℃で24時間振とうした後の吸着量を調べた。セシウム水溶液の初期pHは、5.87であった。

[0076] 実験結果を表4及び図5に示した。表4において、平衡濃度は、24時間振とうした後のセシウム水溶液中のセシウム濃度であり、漆喰1g当たりの吸着量は、(初濃度－平衡濃度)×セシウム水溶液量／試験体重量より求めた。ゼオCa漆喰1g当たりの吸着量は、約8.9～9.6mgであり、吸着量は、ゼオライトの含有量に比例して増加する傾向が見られた。ゼオライト／石灰が3.0の場合、ゼオCa漆喰とゼオライト漆喰とで吸着量に差は見られなかった。このことから高Caイオン含有水溶液は、吸着性能に悪影響を与えないことが分かる。ゼオライトを含まない瀬戸漆喰材料を硬化させた瀬戸漆喰は、1g当たりの吸着量が0.6mgであり、殆ど吸着能を示さなかった。

[0077] [表4]

試験体 No	漆喰材料	名称	ゼオライト(石灰砂)／石灰 (wt/wt)	平衡濃度 (mg/L)	吸着量mg /漆喰g	吸着後pH
1	比較例1	瀬戸漆喰	3(石灰砂)	9.39	0.60	10.7
2	比較例2	ゼオライト漆喰	2(ゼオライト)	1.02	8.91	11.2
3	比較例3	ゼオライト漆喰	2(ゼオライト)	1.15	8.91	10.8
4	比較例4	ゼオライト漆喰	3(ゼオライト)	0.81	9.21	10.9
5	比較例5	ゼオライト漆喰	3(ゼオライト)	1.06	8.97	10.8
6	実施例1	ゼオCa漆喰	3(ゼオライト)	1.20	8.85	10.6
7	実施例2	ゼオCa漆喰	3(ゼオライト)	0.70	9.29	10.6
8	実施例3	ゼオCa漆喰	4(ゼオライト)	0.40	9.58	10.2
9	実施例4	ゼオCa漆喰	4(ゼオライト)	0.85	9.13	10.3

[0078] <吸着実験その2>

実施例2と同じ組成割合のゼオCa漆喰材料を28日養生し、試験体(漆喰体)を作製した。この試験体を50mg切り取り、これを0.1mg/Lに調整した水溶液(含有金属:Fe,Pb,Sr,Cd,Na,Mg,K,Cr,As,Al,Zn,Ni,Ba,Mn,Cu,Cs,Bi)50mL中に投入し、25℃、100rpmで24時間振とうした。その後、0.45μmメンブランフ

ィルター（ADVANTEC社製）により吸引ろ過し、ろ液中のCs等の濃度を誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP-MS、島津製作所社製）により測定した。

[0079] 結果を図6に示した。Pb, Cd, Zn, Ni, Ba, Mn, Cu, Csの除去率は、92%以上であった。中でもNi, Mn, Csの除去率は99%以上、Znの除去率は100%であった。この結果から溶液中に重金属等が共存してもゼオCa漆喰体でCsを十分に吸着することができることが分かる。

[0080] <吸着実験その3－流通式>

図7に吸着実験装置20を示した。厚さ40mm、縦横260mmの型枠内に上記漆喰材料を流し込んだ後、上面に塩化ビニル製パイプ23（直径150mm、高さ160mm）を10mm埋め込み、この状態で漆喰材料を28日気中養生し試験体（硬化体）21を作製した。

[0081] 吸着実験は、吸着実験装置20を使用し、次の要領で行った。硝酸セシウムCsNO<sub>3</sub>（和光純薬社製）を用いて初濃度10mg/Lに調整した溶液500mL（pH5.87）を、塩化ビニル製パイプ23内に投入し、試験体21を通過させた。試験体21を通過した溶液を孔径0.45μmメンブランフィルター（ADVANTEC社製）によりろ過し、ろ液のpHをデジタルpHメーター（メトラートレド社製）により、セシウム濃度を誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP-MS、島津製作所社製）により測定した。

[0082] 各試験体とも上記500mLの溶液を2回、計1000mL通過させた。さらに試験体No6は、上記500mLの溶液を5回、合計2500mL、試験体No7は、上記500mLの溶液を8回、合計4000mL通過させた。

[0083] 実験結果を表5、表6及び図8に示した。表5及び表6は、それぞれ500mL通水後及び1000mL通水後の実験結果である。表5、表6において、平衡濃度は、ろ液中のセシウム濃度であり、除去率は、 $(\text{初濃度} - \text{平衡濃度}) / \text{初濃度} \times 100$ より求めた。ゼオCa漆喰板の試験体No6～9は、溶液を1000mL通過させた後においても除去率が99.0%以上と高い除去率を示した。さらに試験体6は、溶液を2500mL通過させた後も除去率が99.9%以上であり、試験体7は、溶液を4000mL通過させた後も除去率が99.2%以上であり、共に除去率が低下する

傾向も見られなかった。

[0084] ゼオライト漆喰板（試験体No 2～5）は、溶液を1000mL通過させた後においても除去率が99.9%と高い除去率を示した。一方、ゼオライトを含まない瀬戸漆喰板（試験体No 1）の除去率は、溶液を500mL通過させたとき除去率が34.9%、溶液を1000mL通過させたとき除去率が-28.4%であり、吸着能は殆どないと言える。

[0085] [表5]

試験体 No	漆喰材料	漆喰板通過前	漆喰板通過後		
		初濃度(mg/L)	平衡濃度(mg/L)	除去率(%)	通水後pH
1	比較例1	10.198	6.639	34.9	12.33
2	比較例2	10.198	0.013	99.9	12.55
3	比較例3	10.198	0.010	99.9	12.54
4	比較例4	10.198	0.011	99.9	12.38
5	比較例5	10.198	0.010	99.9	12.45
6	実施例1	9.831	0.101	99.0	12.49
7	実施例2	10.447	0.041	99.6	12.46
8	実施例3	10.193	0.008	99.9	12.01
9	実施例4	10.198	0.039	99.6	12.20

[0086] [表6]

試験体 No	漆喰材料	漆喰板通過前	漆喰板通過後		
		初濃度(mg/L)	平衡濃度(mg/L)	除去率(%)	通水後pH
1	比較例1	10.198	13.099	-28.4	12.48
2	比較例2	10.198	0.009	99.9	12.54
3	比較例3	10.198	0.009	99.9	12.46
4	比較例4	10.198	0.010	99.9	12.51
5	比較例5	10.198	0.008	99.9	12.50
6	実施例1	9.831	0.092	99.1	12.54
7	実施例2	10.447	0.005	100.0	12.40
8	実施例3	10.193	0.006	99.9	12.34
9	実施例4	10.198	0.011	99.9	12.20

[0087] <吸着実験その4－流通式>

実施例2と同じ組成割合のゼオCa漆喰材料を28日養生し、厚さ30mmの試験体（ゼオCa漆喰板）を得た。実験装置は、吸着実験その3で使用した吸着実験装置20と同じであるが、塩化ビニル製パイプ23として高さ約600mm（直径100mm）の透明塩化ビニル製パイプを使用し、水溶液を500mmの高さまで張り込み実験を行った。なおこの吸着実験は、透水性を確認する透水実験も兼ねて行った。

[0088] 実験要領は、次の通りである。硝酸セシウムCsNO<sub>3</sub>（和光純薬社製）を用いて初濃度10mg/Lに調整した溶液3925mLを、透明塩化ビニル製のパイプ23内に投入し、試験体21を通過させた。試験体21を通過した後のCs濃度を誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS、島津製作所社製)により測定した。

[0089] 結果を表7に示した。実験の結果、ゼオCa漆喰板によりCsを99.8%以上除去することができた。このときの最高透水速度は、約0.7 (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h)であった。

[0090] [表7]

通過層(mm)	水位が100mm減少するに要する時間(min)	合計通水時間(min)	通過後のCs濃度(μg/L)	除去率(%)
0	0	0	—	—
100	8.65	8.65	10.3	99.9
200	10.83	19.48	24.8	99.8
300	14.70	34.18	19.5	99.8
400	15.77	49.95	8.1	99.9
500	58.50	108.45	3.1	100.0

[0091] <強度試験>

各漆喰材料を60日気中養生し、曲げ試験及び圧縮試験用の試験体を作製した。曲げ試験用の試験体の形状は、40×40×160mmの角柱状、圧縮漆喰試験体の形状はφ50mm×100mmの円柱状とした。試験体の作製、曲げ強度試験と圧縮強度試験は、JISA1171（ポリマーセメントモルタルの試験方法）に準じた方

法で行った。

- [0092] 曲げ試験結果を図9に示した。図9に示すようにゼオライト漆喰体の曲げ強度が $0.19\sim 0.42\text{N/mm}^2$ であるのに対して、ゼオCa漆喰体の曲げ強度は、 $0.47\sim 0.94\text{N/mm}^2$ であり、ゼオライト／石灰=3、水／石灰=1.4の条件下で、ゼオCa漆喰体とゼオライト漆喰体とを比較すると、ゼオCa漆喰体はゼオライト漆喰体の約2.6～3.0倍の曲げ強度を示した。ゼオCa漆喰体の曲げ強度は、水溶液中のCaイオン濃度に比例して増加した。ゼオCa漆喰体の曲げ強度がゼオライト漆喰体に比較して高いのは高Caイオン含有水溶液を用いることによって、酢酸カルシウムの針状結晶や空気中の $\text{CO}_2$ と消石灰とが反応した炭酸カルシウム $\text{CaCO}_3$ の生成により、曲げ強度が増加したものと考えられる。
- [0093] 圧縮試験結果を図10に示した。図10に示すようにゼオライト漆喰体の圧縮強度が $1.0\sim 2.0\text{N/mm}^2$ であるのに対して、ゼオCa漆喰体の曲げ強度は、 $2.0\sim 2.81\text{N/mm}^2$ であり、ゼオライト／石灰=3、水／石灰=1.4の条件下で、ゼオCa漆喰体とゼオライト漆喰体とを比較すると、ゼオCa漆喰体はゼオライト漆喰体の約2.6～2.8倍の圧縮強度を示した。ゼオCa漆喰体の圧縮強度は、水溶液中のCaイオン濃度 $0.8\sim 1.2\text{wt}\%$ の範囲内では、水溶液中のCaイオン濃度が高くなると僅かに低下した。ゼオCa漆喰体の圧縮強度がゼオライト漆喰体に比較して高いのは、高Caイオン含有水溶液を用いることによって、漆喰中の空隙が空気中の $\text{CO}_2$ と消石灰とが反応して生成した炭酸カルシウム $\text{CaCO}_3$ で充填されるため、圧縮強度の増加につながったと考えられる。
- [0094] 生石灰100重量部と、ゼオライト300重量部と、1.2重量%の高Caイオン含有水溶液140重量部とを混練した後、約1月間気中養生しゼオCa漆喰体（気中養生）を得た。同様に約1月間水中養生し、ゼオCa漆喰体（水中養生）を得た。さらに生石灰100重量部と、ゼオライト300重量部と、1.2重量%の高Caイオン含有水溶液140重量部と、100重量部の珪藻土（稚内珪藻土、2.5ミリアンダー）とを混練した後、約1月間気中養生し珪藻土ゼオCa漆喰体（気中養生）を得た。同様に、約1月間水中養生し珪藻土ゼオCa漆喰体（水中養生）を得た。

[0095] 上記4種類のゼオCa漆喰体、珪藻土ゼオCa漆喰体は、曲げ試験及び圧縮試験用の試験体であり、先に示した曲げ強度試験と圧縮強度試験と同じ要領で試験を行い、曲げ強度及び圧縮強度を得た。結果を図11、図12に示した。

[0096] 図11に示すように曲げ強度を、ゼオCa漆喰体と珪藻土ゼオCa漆喰体とで比較すると、珪藻土ゼオCa漆喰体を気中養生したケースで若干低下しているが、ゼオCa漆喰体の気中養生品、水中養生品、珪藻土ゼオCa漆喰体の水中養生品で曲げ強度に差は見られなかった。珪藻土ゼオCa漆喰体の気中養生品及び水中養生品の曲げ強度は、 $0.97\text{N/mm}^2$ 及び $1.03\text{N/mm}^2$ であった。

[0097] 一方、図12に示すように圧縮強度を比較すると、ゼオCa漆喰体及び珪藻土ゼオCa漆喰体とも水中養生品に比較して気中養生品の方が高い。ゼオCa漆喰体の場合、水中養生品は気中養生品に比較して約18%、珪藻土ゼオCa漆喰体の場合、水中養生品は、気中養生品に比較して約27%強度が低下した。ゼオCa漆喰体及び珪藻土ゼオCa漆喰体の気中養生品を比較すると、珪藻土ゼオCa漆喰体の方が約62%高い値を示した。同様にゼオCa漆喰体及び珪藻土ゼオCa漆喰体の水中養生品を比較すると、珪藻土ゼオCa漆喰体の方が約42%高い値を示した。珪藻土ゼオCa漆喰体の気中養生品及び水中養生品の圧縮強度は、 $1.89\text{N/mm}^2$ 及び $1.38\text{N/mm}^2$ であった。

[0098] 以上のとおり、図面を参照しながら好適な実施例を説明したが、当業者であれば、本明細書を見て、自明な範囲内で種々の変更及び修正を容易に想定するであろう。従って、そのような変更及び修正は、請求の範囲から定まる発明の範囲内のものと解釈される。

### 符号の説明

- [0099]
- 1 処分施設
  - 3 床材
  - 5 内装壁
  - 7 外壁
  - 9 天井

- 1 1 スプレーノズル
- 1 3 貯水槽
- 1 5 循環ポンプ
- 1 7 循環ライン
- 1 9 汚染土壌
- 2 0 吸着実験装置
- 2 1 試験体
- 2 3 塩化ビニル製パイプ



## 請求の範囲

- [請求項1] 生石灰及び／又は消石灰と吸着剤と高Caイオン含有水溶液とを含むことを特徴とする漆喰材料。
- [請求項2] さらに珪藻土を含むことを特徴とする請求項1に記載の漆喰材料。
- [請求項3] 前記吸着剤がゼオライトであることを特徴とする請求項1又は2に記載の漆喰材料。
- [請求項4] 前記高Caイオン含有水溶液は、重量百分率濃度で生石灰及び／又は消石灰を酸性水溶液に0.6～2.0%溶解させたものであることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の漆喰材料。
- [請求項5] 前記酸性水溶液が酢酸水溶液であることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の漆喰材料。
- [請求項6] 前記生石灰及び／又は消石灰は、カキ殻を900～1200℃で焼成したものであることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の漆喰材料。
- [請求項7] 請求項1から6のいずれか1項に記載の漆喰材料を硬化させてなる吸着材であって、  
該吸着材は、吸着能を有し、かつ透水性を有することを特徴とする吸着材。
- [請求項8] 前記漆喰材料を養生し硬化させるとき表面に噴出する酸化カルシウムの結晶が除去されていることを特徴とする請求項7に記載の吸着材。
- [請求項9] 前記漆喰材料を養生し硬化させるとき、表面に酸化カルシウムの結晶が噴出したら該漆喰材料の裏表を反転させ、反転後の表面に酸化カルシウムの結晶が析出するまで養生し、両面に析出した酸化カルシウムの結晶が除去されていることを特徴とする請求項8に記載の吸着材。
- [請求項10] 前記酸化カルシウムの結晶は、水洗又は該吸着材の表面の研削、研磨により除去されていることを特徴とする請求項8又は9に記載の吸

着材。

[請求項11] 請求項7から10のいずれか1項に記載の吸着材を用いた汚染水の浄化方法であって、

汚染水を前記吸着材を通過させ、前記汚染水に含まれる汚染物質を前記吸着材に吸着させ、汚染水を浄化することを特徴とする汚染水の浄化方法。

[請求項12] 前記汚染物質が放射性物質及び／又は金属類であることを特徴とする請求項11に記載の汚染水の浄化方法。

[請求項13] 請求項7から10のいずれか1項に記載の吸着材を床材とし、該床材上に汚染土壌、汚染瓦礫などの固体状汚染物を堆積し、堆積した前記固体状汚染物の上部から散水し、前記固体状汚染物に含まれる汚染物質を水側に移行させることで固体状汚染物を浄化し、

汚染物質を含む水は前記床材を通過させ、前記水に含まれる汚染物質を前記床材に吸着させることを特徴とする固体状汚染物の浄化方法。

[請求項14] 前記床材を通過した水を散水する水として循環使用することを特徴とする請求項13に記載の固体状汚染物の浄化方法。

[請求項15] 汚染土壌、汚染瓦礫などの固体状汚染物を搬入、堆積し、堆積した前記固体状汚染物に散水し、前記固体状汚染物に含まれる汚染物質を水側に移行させることで固体状汚染物を浄化し、浄化した土壌、瓦礫などの固体状物を搬出する処分施設であって、

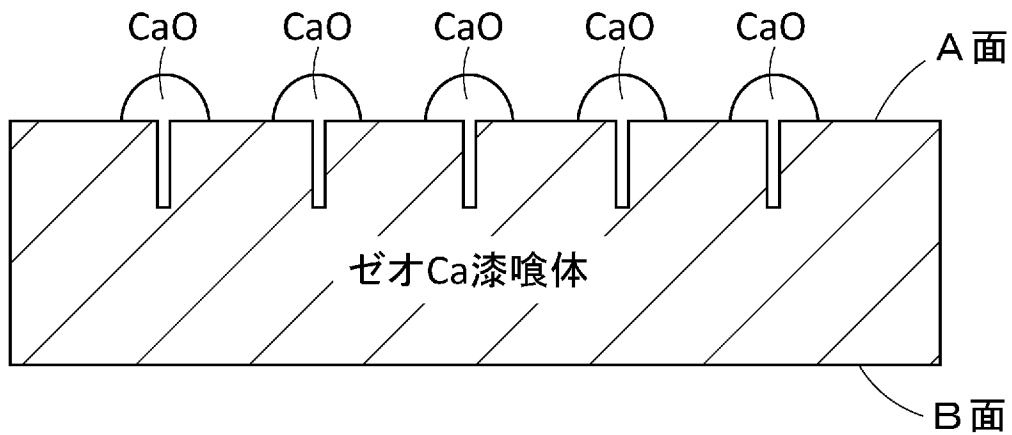
請求項7から10のいずれか1項に記載の吸着材で形成された床材と、

前記床材の下方に設けられた前記床材を通過した水を貯留する貯水槽と、

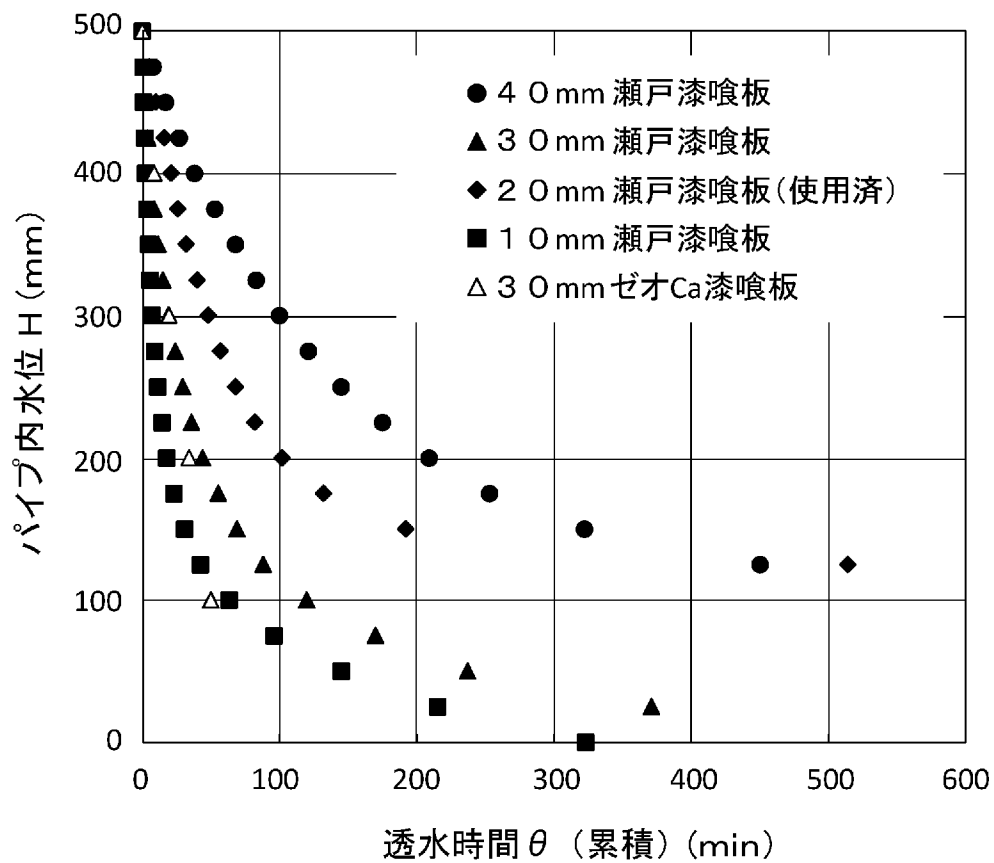
前記貯水槽の水を汲み上げ、前記床材上に堆積した前記固体状汚染物に散水する散水手段と、

を含むことを特徴とする処分施設。

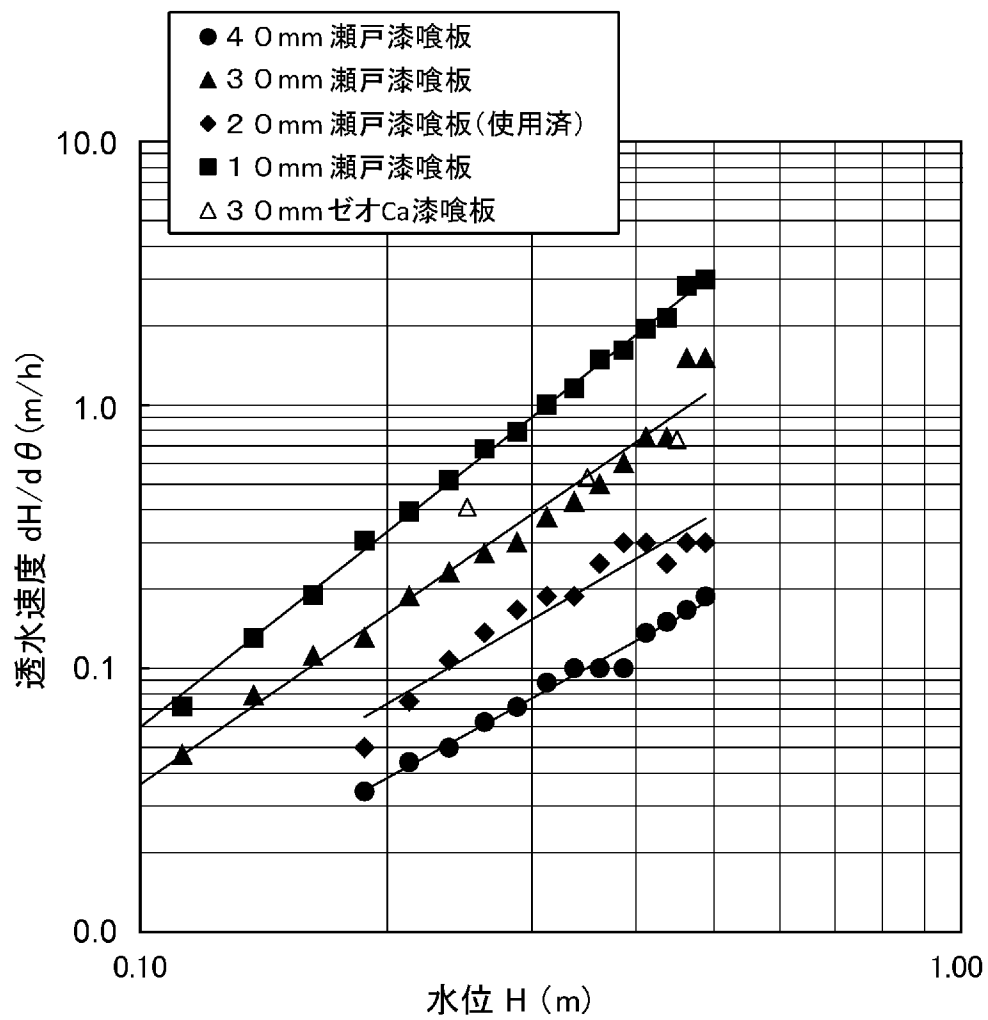
[図1]



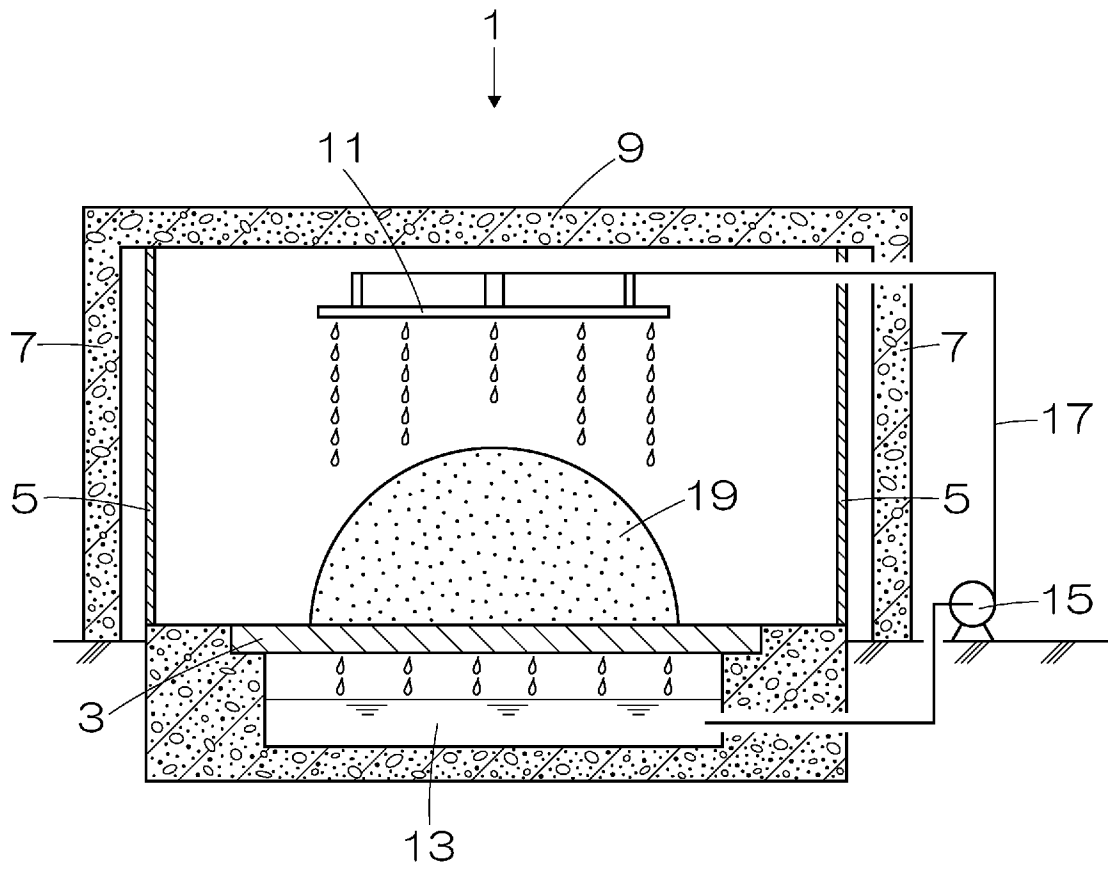
[図2]



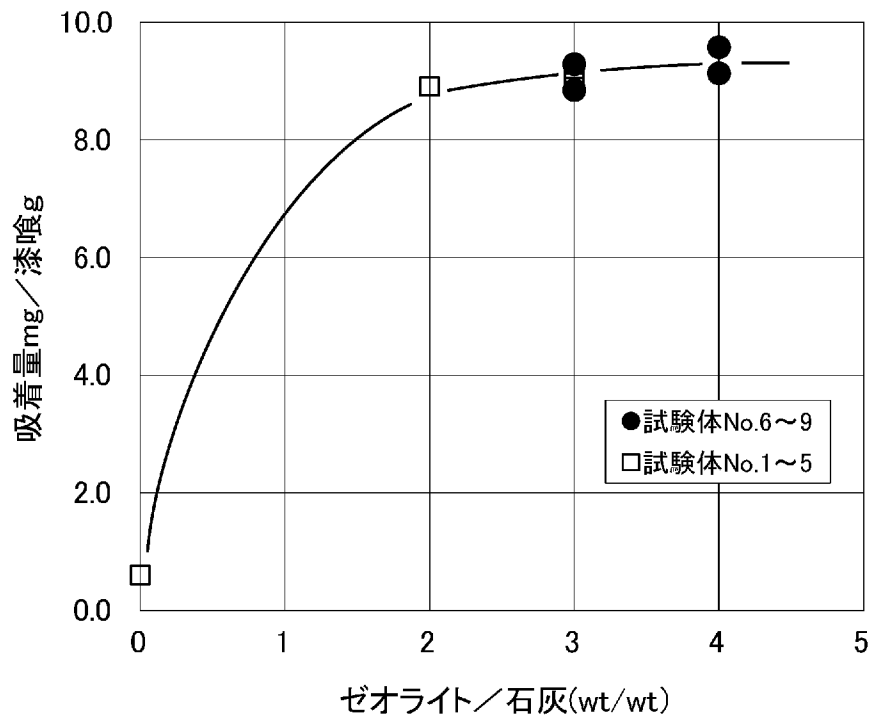
[図3]



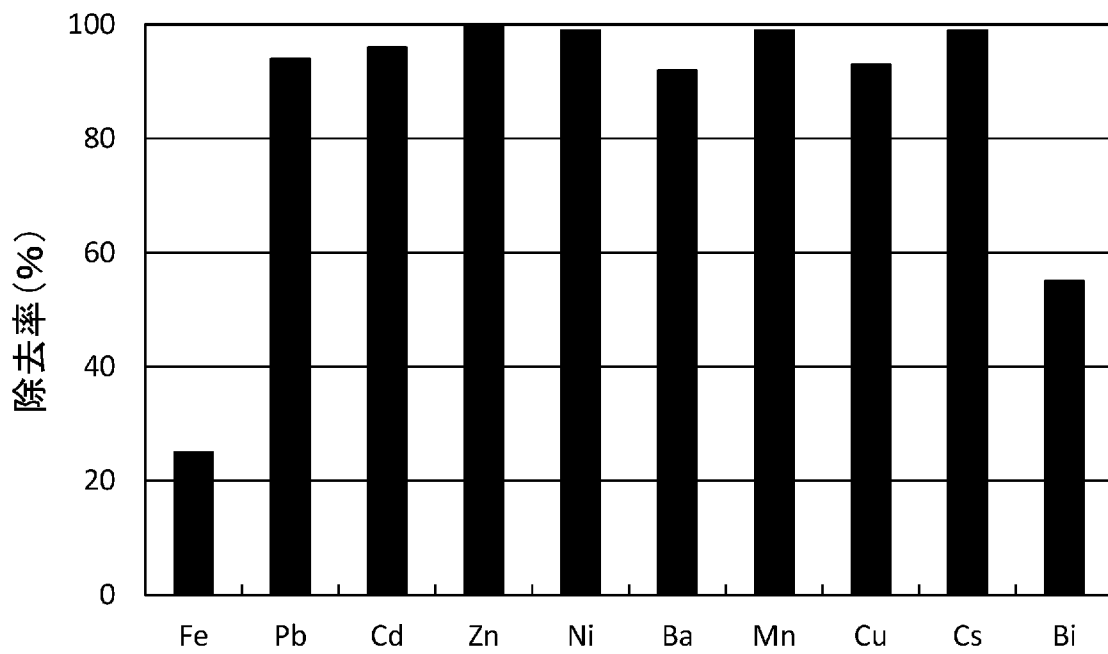
[図4]



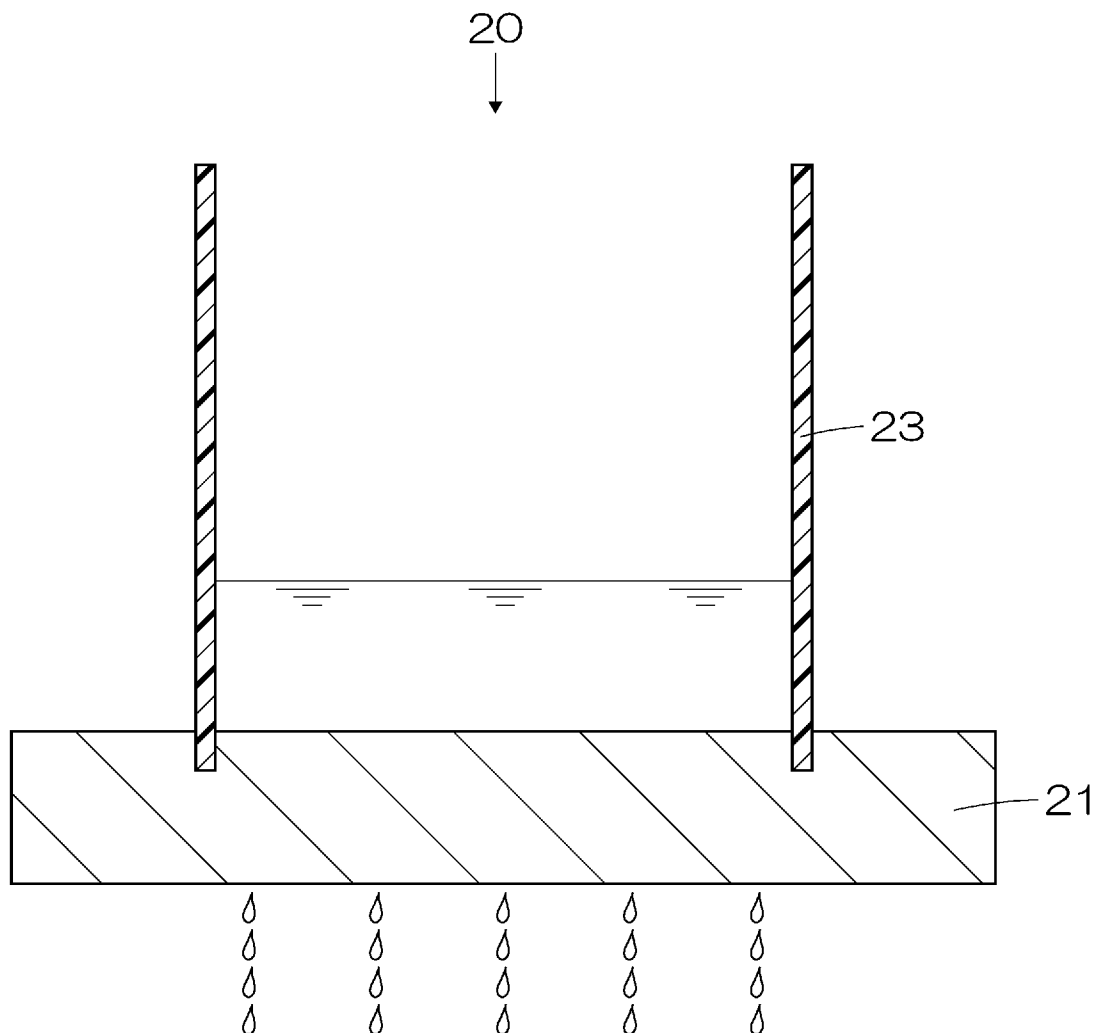
[図5]



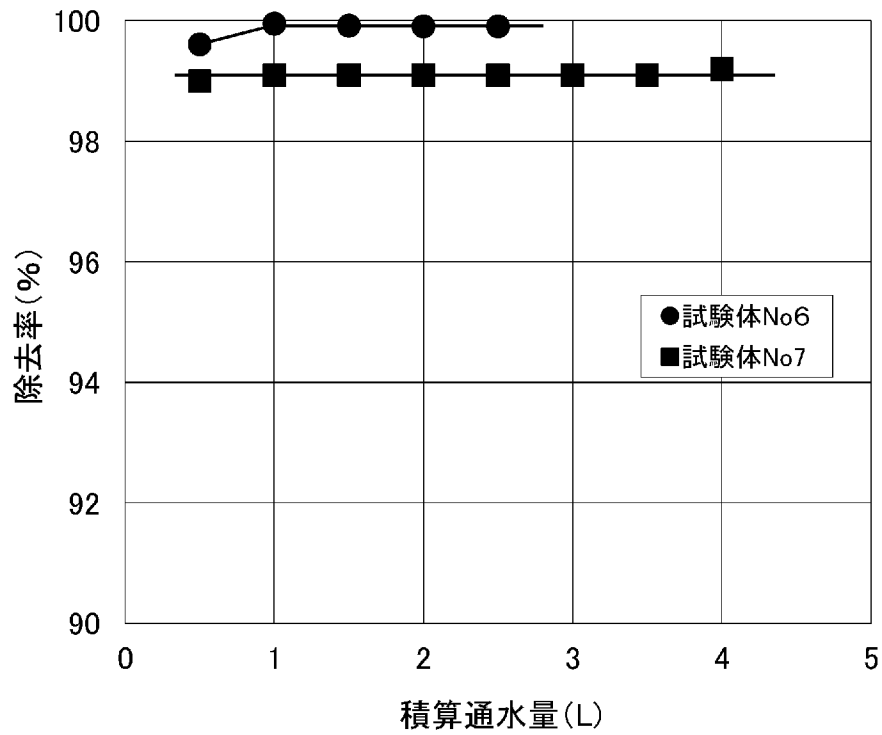
[图6]



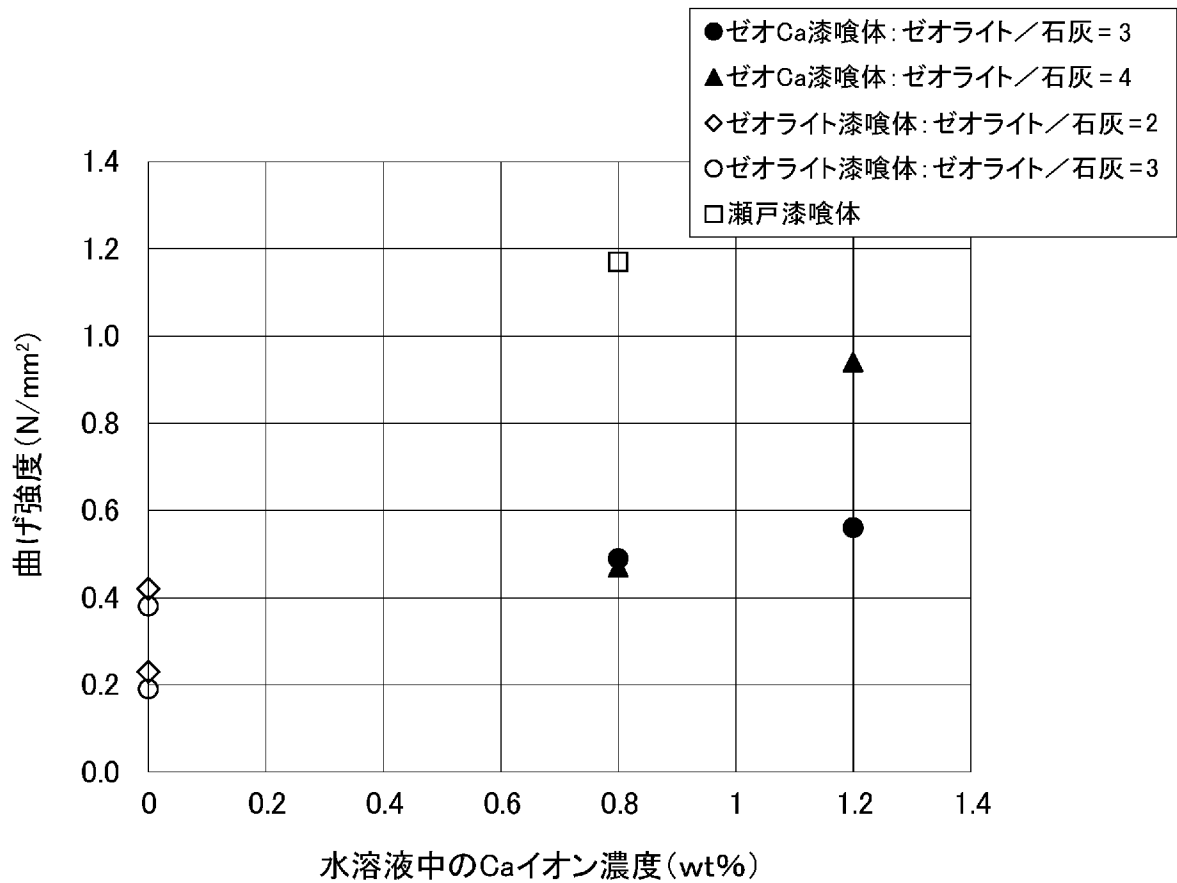
[图7]



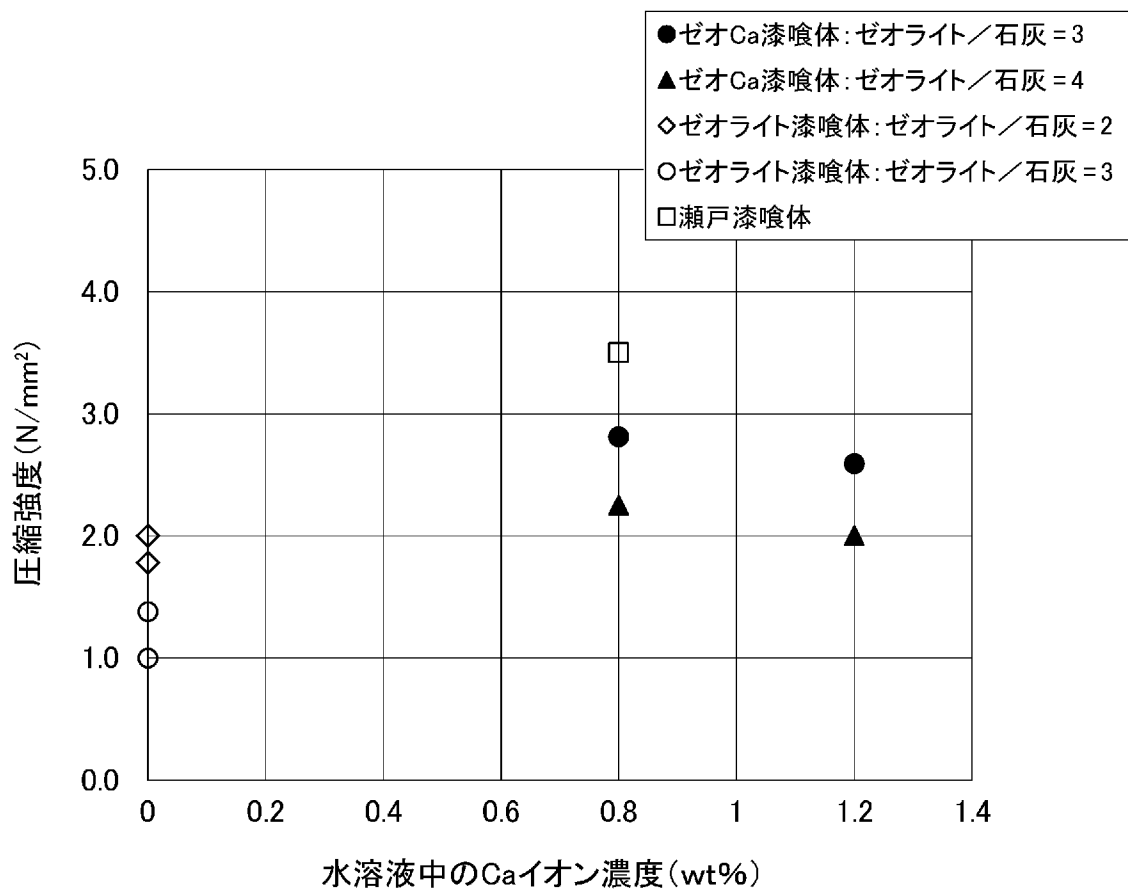
[図8]



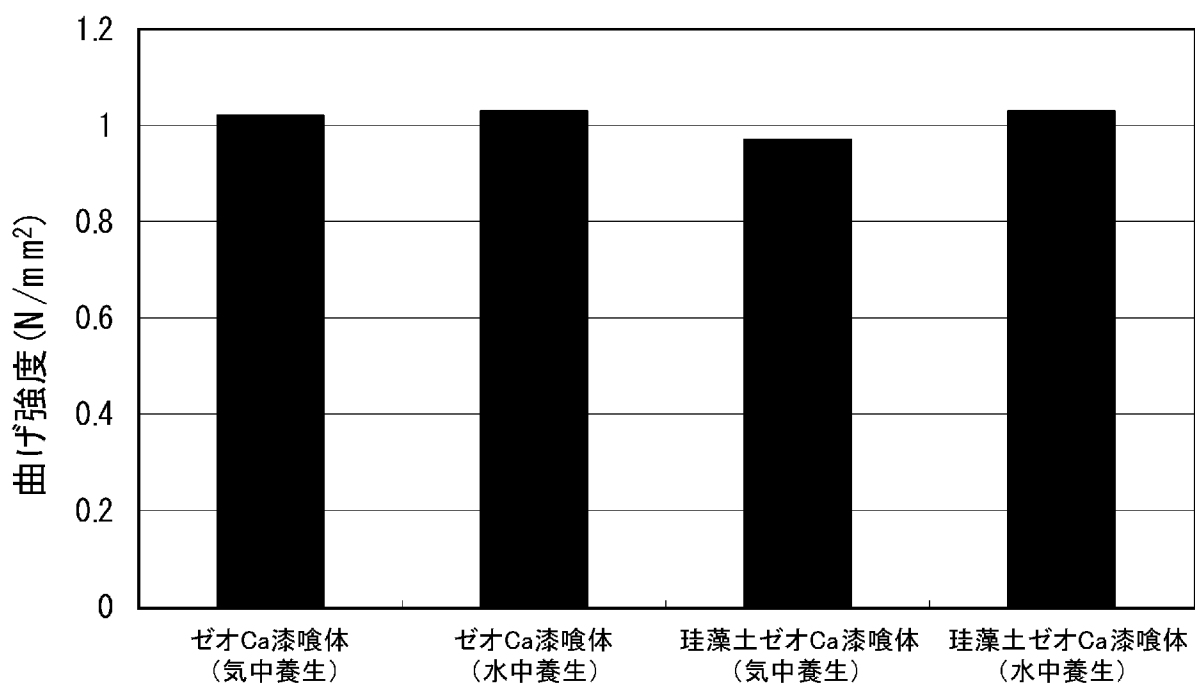
[図9]



[図10]

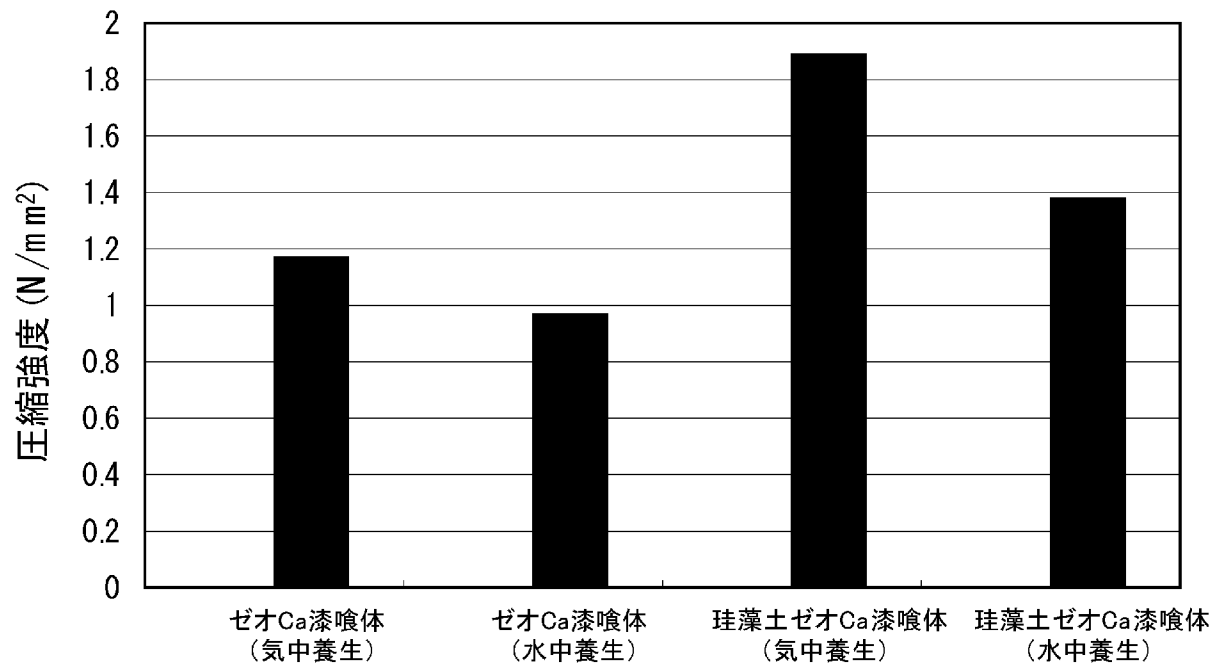


[図11]





[図12]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/062759

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G21F9/12(2006.01)i, B01J20/18(2006.01)i, B09B3/00(2006.01)i, B09C1/02(2006.01)i, B09C1/08(2006.01)i, C02F1/28(2006.01)i, C04B28/12(2006.01)i, E02D3/12(2006.01)i, G21F9/06(2006.01)i, G21F9/28(2006.01)i

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)

G21F9/12, B01J20/18, B09B3/00, B09C1/02, B09C1/08, C02F1/28, C04B28/12, E02D3/12, G21F9/06, G21F9/28

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
X Y A	JP 4843733 B2 (Kinki University), 21 December 2011 (21.12.2011), entire text; all drawings & JP 2012-121770 A	1, 4-7 1-7 8-15
Y A	JP 2008-115376 A (Himeno Innovec Kabushiki Kaisha), 22 May 2008 (22.05.2008), claims 3 to 4; paragraphs [0022] to [0023], [0036] to [0039], [0049] & JP 2008-115375 A	1-7 8-15
Y A	JP 8-73253 A (National House Industrial Co., Ltd.), 19 March 1996 (19.03.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-7 8-15

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

"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  
18 July, 2013 (18.07.13)

Date of mailing of the international search report  
30 July, 2013 (30.07.13)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2013/062759

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 5-254910 A (Taisei Corp.), 05 October 1993 (05.10.1993), entire text; all drawings (Family: none)	1-7 8-15

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2013/062759

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The invention of claim 1 of the present application cannot be considered to have novelty and inventiveness in the light of the document 1 (JP 4843733 B2), which is cited in this international search report, and does not make a contribution over the technique which is disclosed in the document 1, and therefore, the invention of claim 1 does not have a special technical feature.

Consequently, the inventions of claims 1-15 do not involve one or more of the same or corresponding special technical features, and therefore, unity of invention cannot be considered among the inventions of claims 1-15.

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G21F9/12(2006.01)i, B01J20/18(2006.01)i, B09B3/00(2006.01)i, B09C1/02(2006.01)i, B09C1/08(2006.01)i, C02F1/28(2006.01)i, C04B28/12(2006.01)i, E02D3/12(2006.01)i, G21F9/06(2006.01)i, G21F9/28(2006.01)i

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))  
 Int.Cl. G21F9/12, B01J20/18, B09B3/00, B09C1/02, B09C1/08, C02F1/28, C04B28/12, E02D3/12, G21F9/06, G21F9/28

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 1971-2013年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2013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
X Y A	JP 4843733 B2 (学校法人近畿大学) 2011.12.21, 全文, 全図 & JP 2012-121770 A	1, 4-7 1-7 8-15
Y A	JP 2008-115376 A (ヒメノイノベック株式会社) 2008.05.22, 請求項 3-4, 段落 0022-0023, 0036-0039, 0049 & JP 2008-115375 A	1-7 8-15
Y A	JP 8-73253 A (ナショナル住宅産業株式会社) 1996.03.19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7 8-15

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  
 「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矛盾するものではなく、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 18.07.2013	国際調査報告の発送日 30.07.2013
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 山口 敦司 電話番号 03-3581-1101 内線 3273	21	9216
---	--	----	------

C (続き) . 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
Y A	JP 5-254910 A (大成建設株式会社) 1993. 10. 05, 全文, 全図 (フェアミリーなし)	1-7 8-15

## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1.  請求項 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
  
2.  請求項 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
  
3.  請求項 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

この出願の請求項1に係る発明は、国際調査報告で引用された文献1（JP 4843733 B2）から新規性・進歩性が認められず、文献1に記載された技術に対して貢献をしているとはいえないから、特別な技術的特徴を有しない。したがって、請求項1-15に係る発明の間には、一以上の同一又は対応する特別な技術的特徴が含まれず、発明の単一性を認めることができない。

1.  出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2.  追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3.  出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4.  出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。