

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6536268号
(P6536268)

(45) 発行日 令和1年7月3日(2019.7.3)

(24) 登録日 令和1年6月14日(2019.6.14)

(51) Int. Cl. F 1
C 2 3 F 15/00 (2006.01) C 2 3 F 15/00
E 0 2 D 31/06 (2006.01) E 0 2 D 31/06 Z

請求項の数 2 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2015-155637 (P2015-155637)	(73) 特許権者	000006655
(22) 出願日	平成27年8月6日(2015.8.6)		日本製鉄株式会社
(65) 公開番号	特開2017-31494 (P2017-31494A)		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(43) 公開日	平成29年2月9日(2017.2.9)	(74) 代理人	100104444
審査請求日	平成30年4月4日(2018.4.4)		弁理士 上羽 秀敏
		(74) 代理人	100112715
			弁理士 松山 隆夫
		(74) 代理人	100125704
			弁理士 坂根 剛
		(74) 代理人	100120662
			弁理士 川上 桂子
		(72) 発明者	加藤 祐介
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 防食工法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

鋼製材料の防食工法であって、
 土壤に穴を掘る工程と、
 J I S 1 2 0 4 : 2 0 0 9 の粒径区分で粗砂又はそれよりも小さい土粒子を前記穴に詰める工程と、
 前記鋼製材料を前記土粒子に打ち込む工程とを含み、
 前記土粒子は、前記粒径区分で、粗砂、中砂、細砂、シルト、及び粘土からなる群から選ばれる単一の粒径区分の土粒子であり、
 前記鋼製材料は、土壤に位置する部位全面が前記単一の粒径区分の土粒子によって覆われている、防食工法。

10

【請求項2】

請求項1に記載の防食工法であって、
 前記打ち込まれた鋼製材料から前記穴の内面までの距離が30mm以上である、防食工法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、防食工法に関し、より詳しくは、土壤改質による鋼製材料の防食工法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

屋外で使用される鋼製材料は、厳しい腐食環境に曝されることがある。例えば、鋼矢板は、連続的に並べて地中に打ち込まれ、矢板壁を形成して、河川、海岸、港湾などの護岸に用いられる。また例えば、鋼管杭は、地中や海底などに打ち込まれて、構造物などの基礎に用いられる。その結果、鋼矢板や鋼管杭などの鋼製材料は、地中や海中の土砂、泥、瓦礫などに直接激しく接するので、著しい腐食が起こりやすい。特に、地中は非常に過酷な腐食環境であるため、効果的な防食対策が望まれている。さらに、鋼製材料を酸性硫酸塩土壌環境に用いる場合には、土中に含まれるパイライトの酸性反応によりpHが著しく低下するため極めて腐食性が高く、より効果的な防食対策が望まれる。

10

【0003】

従来から用いられる防食対策は、鋼製材料の表面に樹脂からなる防食被膜を形成する方法、防食電流を付与する電気防食方法、コンクリート、モルタル及びレンジモルタルなどで鋼材表面を被覆する防食工法、鋼製材料の接する土壌を改質する方法などがある。防食被膜を形成する方法は、鋼製材料を土壌に打ち込む際に被膜の一部が剥がれ、十分な防食効果が得られなくなることがある。電気防食方法は、土壌の電気抵抗が非常に大きいため、大きな防食電流を流す必要がある。また、電気防食方法は、周囲の通信設備に障害を生じたり、周囲の他の鋼材に迷走電流による腐食を生じたりすることがある。鋼材表面を被覆する防食工法は、コンクリートなどにひび割れが生じた場合、ひび割れからコンクリートなどの内部に酸素及び水素イオンが容易に侵入することができる。その結果、鋼材が著しく腐食する可能性がある。また、この被覆する防食工法は、例えば、特開平5-171658号公報(特許文献1)や特開平7-054336号公報(特許文献2)の防食工法がある。特開平7-054336号公報には、地下空間を囲う壁体用鋼材と壁体用鋼材の外側を囲う鋼製隔壁体との間に鉄筋コンクリートを打設して、壁体用鋼材の外側の表面をコンクリートで被覆する防食工法が開示されている。この工法では、壁体用鋼材と鋼製隔壁体とが必要になるため、鋼の使用量が非常に多くなり、施工費用が著しく増大する。

20

【0004】

土壌を改質する方法は、例えば、特開2001-11668号公報(特許文献3)の防食工法がある。同公報には、施工の際、鋼製材料に接する土壌に、アルカリ性の土壌改質剤を混合して、鋼製材料から少なくとも10mmまでの範囲にある土壌のpHを6~13にする土壌改質を行う防食工法が開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平5-171658号公報

【特許文献2】特開平7-054336号公報

【特許文献3】特開2001-11668号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

40

前記防食工法は、土壌改質剤を添加して酸性土壌のpHを中性~アルカリ性に変えることで、鋼製材料を防食している。しかしながら、この技術は、土壌の土粒子に関する観点からは開発がなされていない。そのため、土粒子同士の隙間が大きい場合には、たとえ土壌のpHを中性~アルカリ性に改質されたとしても、地表面からの酸素が十分に供給されていると、パイライトの酸化反応により土壌のpHが低下して、鋼製材料に著しい腐食損傷を生じる恐れがある。

【0007】

本発明の目的は、土壌改質により鋼製材料を防食可能な防食工法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

50

【0008】

本発明の一実施形態による防食工法は、鋼製材料の防食工法である。土壤に穴を掘る工程と、JIS 1204:2009の粒径区分で粗砂又はそれよりも小さい土粒子を穴に詰める工程と、鋼製材料を土粒子に打ち込む工程とを含む。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、土壤改質により鋼製材料を防食することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、パイライトと土粒子とが存在する土壤系の鋼製材料の腐食反応の模式的な説明図である。 10

【図2】図2は、防食工法開始前の土壤の模式図である。

【図3】図3は、防食工法のフローチャートである。

【図4】図4は、工程S1完了時の土壤の模式図である。

【図5】図5は、工程S2で土粒子を入れた模式図である。

【図6】図6は、工程S2で土粒子を締め固めた模式図である。

【図7】図7は、工程S2完了時の土壤の模式図である。

【図8】図8は、工程S3完了時の土壤の模式図である。

【図9】図9は、浸漬試験の模式図である。

【図10】図10は、浸漬日数と重量減との関係を示すグラフである。 20

【図11】図11は、浸漬日数とpHとの関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明者らは、土壤に接触する鋼製材料を土壤改質により防食するため、種々の検討を行い、以下の(A)~(D)の知見を得た。

【0012】

(A)土壤腐食環境において、酸性硫酸塩土壤(以下、酸性土という)は、時間経過でpHが低下しやすく、腐食環境が非常に厳しい。pHの低下は、土壤中に含まれるパイライト(FeS_2)の酸化反応により硫酸を生成するためである。パイライトと水と土粒子とが存在する環境(以下、土壤系という)は、パイライトと水とからなるパイライト分散溶液の環境(以下、溶液系という)に比べて腐食速度が小さくなることが分かった。土壤系では、例えば、図1に示すように、土粒子3が酸素や水素イオンの拡散の障害となり、土粒子3間に生じる隙間が酸素や水素イオンの拡散経路9になることで、パイライト8への酸素の供給や鋼製材料1への酸素及び水素イオンの供給が遅くなり、腐食速度が小さくなると考えられる。 30

【0013】

(B)土壤系では、土粒子3の平均粒径が小さくなると、鋼製材料1の腐食速度が小さくなり、平均粒径が大きくなると、溶液系の腐食速度に近づく傾向があることが分かった。これは、土粒子3が細かいほど、拡散経路9が減少したり狭まったりするなどで拡散が制限され、土粒子3が粗いほど、拡散経路9が増加したり広がったりするなどで拡散が容易になるためと考えられる。ここで、土壤系及び溶液系において、酸素及び水素イオンの拡散速度を測定した結果、土壤系は溶液系に比べて酸素及び水素イオンの拡散速度が遅くなることが確認された。 40

【0014】

(C)溶液系では腐食が進行しても低pHを維持するのに対し、土壤系では日数経過に伴い土壤と鋼製材料との界面のpHが上昇し、界面を低pHに維持できなくなることが分かった。さらに、土壤系では、界面のpHが上昇しても、土壤の鋼製材料から30mm離れた位置(以下、バルク部という)のpHが低pHを維持することが分かった。これは、鋼製材料の腐食により水素イオンが消費されることでpHが上昇に向かうところ、溶液系では、パイライトの酸化反応により水素イオンが継続的に供給されることで、低pHに維 50

持されるものであると考えられる。そして、土壌系では、酸素や水素イオンの拡散が制限される（遅れる）ことで、鋼製材料の周囲において水素イオンの消費に水素イオンの供給が追いつかず、界面のpHが上昇するものであると考えられる。

【0015】

(D)また、土壌2は、例えば、図2に示すように、通常、酸性土の層6と中性土の層7などの複数の異質の土の層が積み重なるものである。そのため、鋼製材料は、十数mの深さまで土壌2に打ち込むと、複数の層に接触して、層間でのマクロセル腐食を生じることが分かった。

【0016】

本発明者らは、前述の知見に基づいて本発明を完成させた。まず、本発明の一実施形態の概要を説明する。

10

【0017】

防食工法は、鋼製材料の防食工法である。土壌に穴を掘る工程と、JIS1204:2009の粒径区分で粗砂又はそれよりも小さい土粒子を穴に詰める工程と、鋼製材料を土粒子に打ち込む工程とを含む。

【0018】

この防食工法は、土壌における鋼製材料の設置場所及び周囲の領域を、粒径区分で粗砂又はそれよりも小さい土粒子に交換することで、土壌を改質する。その結果、土壌中の鋼製材料の周囲で酸素及び水素イオンの拡散が制限され、例えばパイライトを含む酸性土であっても鋼製材料の周囲のpHが上昇する。

20

【0019】

好ましくは、土粒子が、粒径区分で、粗砂、中砂、細砂、シルト、及び粘土からなる群から選ばれる1種である。

【0020】

この防食工法は、1種だけの土粒子を穴に詰めることで、例えば2種以上の土粒子を混合して詰める場合に生じる混合むら（不均一性）などを回避することができる。その結果、不均一性などに伴うマクロセル腐食の発生を抑制することができ、鋼製材料の腐食を抑制することができる。

【0021】

好ましくは、打ち込まれた鋼製材料から穴の内面までの距離が30mm以上である。

30

【0022】

この防食工法は、土粒子を交換していない領域（既存の土の層）から鋼製材料を十分離すことができ、鋼製材料への水素イオンと酸素の供給がさらに遅くなり、腐食速度をさらに遅くすることができる。

【0023】

[防食工法]

以下、本発明の一実施形態による鋼製材料1の防食工法について詳細に説明する。

防食工法を用いる土壌2は、例えば、図2に示すように、酸性土の層6と中性土の層7とが積み重なるものであるが、酸性土の層6のみや3以上の層が積み重なるものであってもよく、特にこれらに限定されない。防食工法に用いる鋼製材料1は、例えば、H形鋼、鋼管杭、あるいは鋼矢板などであるが、特にこれらに限定されない。鋼製材料1は、土壌2に打ち込まれることで、土壌2に設置される。

40

【0024】

防食工法は、土壌改質により鋼製材料1を防食する施工方法である。防食工法は、図3に示すように、土壌2に穴4を掘る工程S1と、土粒子3を穴4に詰める工程S2と、鋼製材料1を土粒子3に打ち込む工程S3とを含む。

【0025】

工程S1は、例えば、図4に示すように、ボーリング機材により土壌2の所定の領域を掘削して、大気中に開放された穴4を土壌2に形成する。土壌2を掘削する（穴4を掘る）方法は、ボーリング機材による掘削に限らず、周知の方法が適用され、特に限定されな

50

い。

【0026】

工程S2は、工程S1後に行われる。工程S2は、例えば、図5に示すように、穴4に所定量の土粒子3を入れた後、例えば、図6に示すように、穴4に重錘5を落とす重錘落下締め固め工法などで、穴4に入れた土粒子3を締め固める。工程S2は、図7に示すように、締め固めた土粒子3の表面が土壌2の表面と並ぶまで、穴4に土粒子3を入れて締め固めることを所定回数(1回以上)行う。その結果、穴4には、土壌2の穴4の周辺と同程度あるいは鋼製材料1を支持可能な程度の固さで、新たな土粒子3が詰められる。工程S2の土粒子3を詰める方法は、例示のものに限らず、周知の方法を適用でき、特に限定されない。

10

【0027】

穴4に詰める土粒子3は、JIS 1204:2009の粒径区分で粗砂又はそれよりも小さい土粒子3である。つまり、工程S2は、土壌2の所定の領域(穴4)の土粒子3を、粒径が調整された土粒子3に交換する。粗砂又はそれよりも小さい土粒子3とは、JIS 1204:2009において、粒径2mm以下の土粒子である。粒径2mm以下とは、JIS 1204:2009の土粒度試験方法に基づき、土粒子3を格子状のふるいにかかけ、2mm×2mmの格子を通過した土粒子3の重量比率が50%以上を表す(有効粒径 D_{50})。そして、粒径区分は、JIS 1204:2009に基づき、0.850~2mmが粗砂、0.250~0.850mmが中砂、0.075~0.250mmが細砂、0.075mm以下の細粒分であるシルト及び粘土である。シルトは0.075~0.005mmであり、粘土は0.005mm以下である。穴4に詰める土粒子3は、知見のとおり粒径が小さいほど好ましく、より好ましくは細砂以下である。

20

【0028】

工程S3は、例えば工程S2後に行われる。工程S3は、例えば、図8に示すように、鋼製材料1が鋼管杭である場合、鋼管杭を穴4に充填した土粒子3に打ち込み、鋼管杭を土壌2に設置する。鋼製材料1は、土壌2に埋まる部位全面が工程S2で入れた土粒子3に接触する。その結果、鋼製材料1は、粒径が調整された土粒子3に囲まれて土壌2に設置される。鋼製材料1が土粒子3に囲まれる領域11は、鋼製材料1を設置した後に土粒子3が存在する領域(置換土壌外周領域ともいう)である。具体的には、領域11は、打ち込まれた鋼製材料1から穴4の内面までの領域であり、穴4の内面は穴4の周壁及び底面を含む。さらに、鋼製材料1から穴4の内面(周壁及び底面)までの距離はいずれも、30mm以上であることが好ましい。つまり、工程S1において、この距離を確保可能な寸法で穴4を掘ることが好ましい。鋼製材料1を打ち込む方法は、周知の方法を適用でき、特に限定されない。

30

【0029】

以上の通り、防食工法は、土壌2における鋼製材料1の設置場所及び周囲の領域を、粒径区分で粗砂又はそれよりも小さい土粒子3に交換する。その結果、土壌2における鋼製材料1の周囲で酸素及び水素イオンの拡散が制限され、パイライトを含む酸性土であっても、鋼製材料1の周囲の領域11(置換土壌外周領域)における土粒子3でのpHが上昇して、土壌2に設置した鋼製材料1を防食することができる。そして、防食工法は、同一条件に整えた1つの土の層(粒径を調整した土粒子3)で鋼製材料1の土壌2に位置する部位全面を覆うことができる。その結果、例えば複数の異質の層を有する土壌2であっても層間のマクロセル腐食の発生を抑制することができ、鋼製材料1を防食することができる。さらに、防食工法は、土粒子3を交換していない領域(既存の土の層)から領域11により鋼製材料1を十分離すことができる。その結果、防食工法は、鋼製材料1への水素イオンと酸素の供給がさらに遅くなり、腐食速度をさらに遅くすることができる。

40

【0030】

さらに、防食工法は、工程S2において、単一の粒径区分の土粒子3(1種の土粒子3)を入れることが好ましい。その結果、土壌2の鋼製材料1の周囲において、例えば土粒子3の不均一性などに伴うマクロセル腐食の発生をさらに抑制することができ、鋼製材料

50

の腐食をさらに抑制することができる。なお、単一の区分範囲の土粒子3とは、例えば、粗砂、中砂、細砂、シルト、及び粘土からなる群から選ばれる1種を指すが、特にこれに限定されない。

【実施例】

【0031】

次に、実施例について説明する。実施例での条件は、本発明の実施可能性及び効果を確認するために採用した一条件例であり、本発明は、この一条件例に限定されるものではない。本発明は、本発明の要旨を逸脱せず、本発明の目的を達成する限りにおいて、種々の条件を採用し得るものである。

【0032】

表1は、No. 1~4の試験片における、土粒子3の条件および実験結果である。No. 1~3はパイライト8を含む土壌系での浸漬試験を行い、No. 4はパイライト8を含む溶液系での浸漬試験を行った。溶液系は、図9に示すように、水及びパイライト8からなる175mLのパイライト分散溶液10(4.9g/L FeS₂)に、試験片11の全面を接触させてパイライト分散溶液10の中央付近に浸漬した。土壌系は、溶液系と同じ条件で67mLのパイライト分散溶液10に、溶液系と同量の体積となるよう土粒子3を加えたものに、試験片11の全面を接触させて土壌2の中央付近に浸漬した(埋め込んだ)。No. 1の土粒子3は粒径2mm以下で構成され平均粒径0.2mmの細砂であり、No. 2の土粒子3は粒径2mm以下で構成され平均粒径0.85mmの粗砂であり、No. 3の土粒子3は平均粒径3mmの礫である。平均粒径には、JIS 1204:2009の土粒度試験方法に基づき、粒径加積曲線の通過質量百分率が50%に該当する粒径(有効粒径D₅₀)を用いた。試験片11は、JIS S5400の鋼材から得たもの(25mm×50mm×6mm)を供試材とした。試験条件は、初期pHが4.0、試験温度が40℃、雰囲気が大気開放とした。

【0033】

【表1】

No.	土粒子	重量減(g/cm ²)		pH(界面)		pH(バルク部)	
		7日後	14日後	7日後	14日後	7日後	14日後
1	細砂	0.00044	0.00047	5.13	6.27	4.13	4.31
2	粗砂	0.00063	0.00072	5.23	6.46	4.6	5.48
3	礫	0.00089	0.00129	5.2	5.96	4.7	5.32
4	-	0.00126	0.00259	3.9	4.37	-	-

【0034】

No. 1~4は、図10に示すように、7日後及び14日後、回収した試験片11から腐食生成物を除去した重量減(g/cm²)を測定した。図11に示すように、No. 1~3は、7日後及び14日後、試験片11と土壌2との界面(位置P1)のpH及びバルク部(位置P2)のpHを測定し、No. 4は、7日後及び14日後、パイライト分散溶液10(位置P1)のpHを測定した。図11において、No. 1A, 2A, 3AがNo. 1, 2, 3の界面の測定結果であり、No. 1B, 2B, 3BがNo. 1, 2, 3のバルク部の測定結果である。なお、位置P2は、土壌2内において試験片11との界面(位置P1)から側方に30mm離れた位置である。また、No. 4は位置P1と位置P2とでpHに差を生じないため、位置P2での測定を行っていない。

【0035】

7日後の重量減は、No. 1~3が0.001g/cm²未満であったのに対し、No. 4が0.001g/cm²以上であった。そして、14日後の重量減は、No. 1及び

2 が 0.001 g/cm^2 未満であったのに対し、No. 3 及び 4 が 0.001 g/cm^2 以上であった。

【0036】

7 日後の各 pH は、No. 1 ~ 3 の各位置 P 1 が 5 以上であったのに対し、No. 4 が 5 未満であった。そして、位置 P 2 での各 pH はいずれも 5 未満であった。また、14 日後の各 pH は、No. 1 及び 2 の各位置 P 1 が 6 以上であったのに対し、No. 3 の位置 P 1 及び No. 4 が 6 未満であった。そして、位置 P 2 での各 pH は、No. 1 が 5 未満であり、No. 2 及び 3 が 6 未満であった。

【0037】

このように、No. 1 及び 2 は、位置 P 1 において、14 日後の各 pH が初期 pH から中性程度に上昇した。さらに、No. 1 及び 2 は、7 日後以降の腐食速度が小さくなった。また、No. 1 は、位置 P 2 において 14 日後も低 pH を維持した。

10

【産業上の利用可能性】

【0038】

本発明によれば、鋼矢板や鋼管杭の施工に利用できる。

【符号の説明】

【0039】

1 : 鋼製材料

2 : 土壌

3 : 土粒子

4 : 穴

5 : 重錘

6 : 酸性土の層

7 : 中性土の層

8 : パイライト

9 : 拡散経路

10 : パイライト分散溶液

11 : 領域

P 1 : 位置 (界面)

P 2 : 位置 (バルク部)

S 1 : 工程

S 2 : 工程

S 3 : 工程

20

30

【図1】

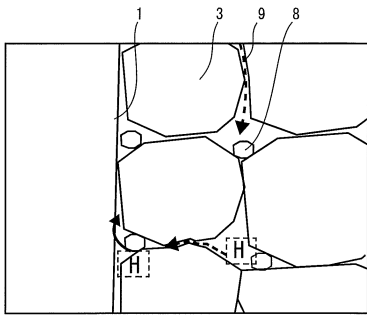


FIG. 1

【図3】

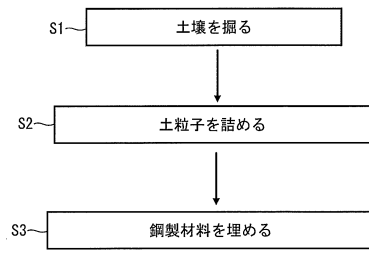


FIG. 3

【図2】

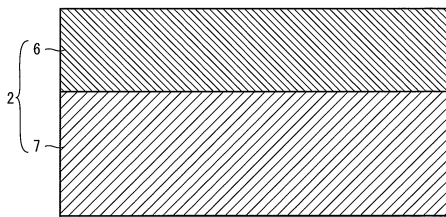


FIG. 2

【図4】

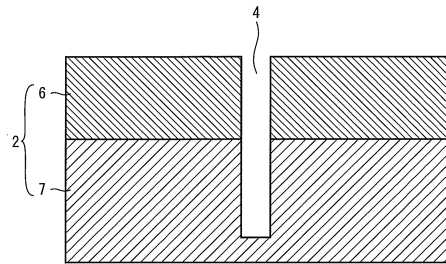


FIG. 4

【図5】

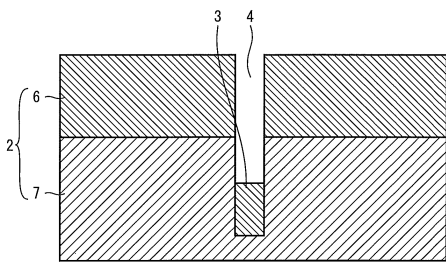


FIG. 5

【図7】

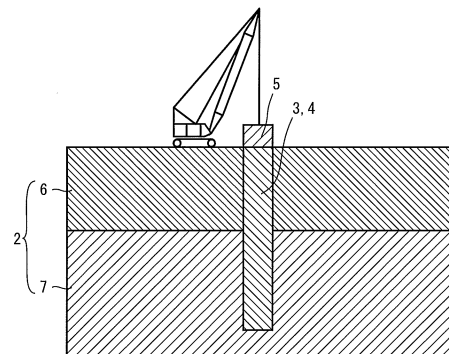


FIG. 7

【図6】

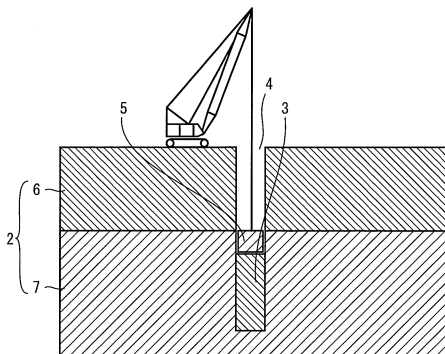


FIG. 6

【 図 8 】

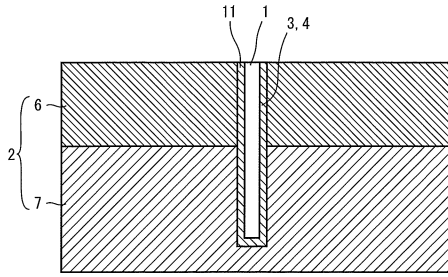


FIG. 8

【 図 9 】

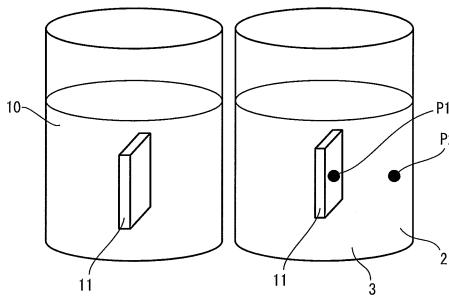


FIG. 9

【 図 10 】

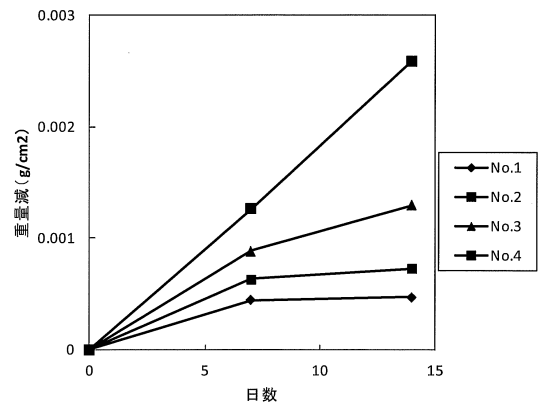


FIG. 10

【 図 11 】

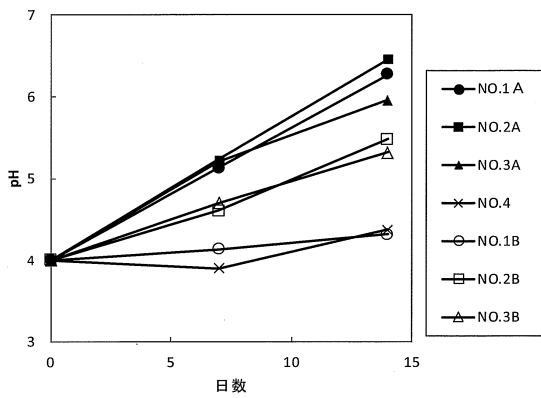


FIG. 11

フロントページの続き

審査官 萩原 周治

- (56)参考文献 特開平09 - 013359 (JP, A)
特開2001 - 335976 (JP, A)
特開平08 - 296227 (JP, A)
特開2001 - 011668 (JP, A)
特開昭62 - 260914 (JP, A)
特開2009 - 264048 (JP, A)
特開平06 - 287934 (JP, A)
実公昭48 - 004574 (JP, Y1)
特開2012 - 057356 (JP, A)
特開平06 - 321603 (JP, A)
米国特許第05263797 (US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23F 11/00 - 11/18
C23F 14/00 - 17/00
E02D 29/00 - 37/00