



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1014832-9 B1



(22) Data do Depósito: 02/03/2010

(45) Data de Concessão: 31/03/2020

(54) Título: MÉTODO DE ATERRAMENTO DE ÁREAS DE EMPRÉSTIMO

(51) Int.Cl.: C02F 11/00; B09B 1/00; E02B 1/00.

(30) Prioridade Unionista: 30/03/2009 JP 2009-083560.

(73) Titular(es): NIPPON STEEL CORPORATION.

(72) Inventor(es): OSAMU MIKI; TOSHIAKI KATO; YUUZOU AKASHI; MASAO NAKAGAWA.

(86) Pedido PCT: PCT JP2010001421 de 02/03/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/116602 de 14/10/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 28/09/2011

(57) Resumo: "MÉTODO DE ATERRAMENTO DE ÁREAS DE EMPRÉSTIMO". Trata-se de um método de aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar que inclui um processo de mistura para misturar solo dragado à primeira escória de aço para adquirir uma mistura de solo dragado e um processo de formação de camada de mistura de solo dragado para a introdução da mistura de solo dragado na área de empréstimo de modo a formar uma camada de mistura de solo dragado.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO DE ATERRAMENTO DE ÁREAS DE EMPRÉSTIMO**".

A presente invenção refere-se a um método de aterramento de uma área de empréstimo com solo dragado.

- 5 É reivindicada a prioridade sobre o Pedido de Patente Japonesa nº 2009-083560, depositado em 30 de março de 2009, cujo conteúdo está incorporado no presente documento a título de referência.

TÉCNICA ANTECEDENTE

- 10 Primeiramente, serão descritas uma "área de empréstimo" em um mar profundo de uma baía interna de uma área marinha e uma influência negativa da "área de empréstimo" no ambiente aquático.

- Terrenos dragados criados por prévios trabalhos de dragagem nas baías internas para adquirir areia, como material de reparação costeira a baixo custo ou para recolher pedras marinhas, são deixados em diversos lugares. Nos terrenos dragados, um terreno dragado de depressão que foi cavado mais fundo que o fundo do mar periférico é referido como uma "área de empréstimo". Sabe-se que existe cerca de cem milhões de m³ de tais áreas de empréstimos, por exemplo, em Tokyo Bay. Na "área de empréstimo", sulfureto (e fósforo) é facilmente gerado e acumulado no verão. O sulfureto consome o oxigênio na água do mar como expressado pela Fórmula de Reação 1, que indica uma reação de sulfureto com oxigênio dissolvido. Consequentemente, uma massa de água (referida como massa de água anóxica) não contendo oxigênio pode ser facilmente criada. Quando a massa de água anóxica (como uma maré azul) surge dentro de uma área costeira, peixes e moluscos se tornam extintos, e causam grande dano à pesca.
- 15 20 25



- Consequentemente, a necessidade de restauração de uma área de empréstimo através de aterramento da área de empréstimo ou similares, tem sido fortemente requerida nos últimos anos (ver Documento não patente 1).
- 30

Mecanismos para criação de sulfureto e área de água de deficiência de oxigênio na "área de empréstimo" serão então descritos. Como

mostrado na tabela 1, 28 mM (2,7 g/l) de íon de sulfato (SO_4^{2-}) (930 mg/l de $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$) estão presentes na água do mar. Consequentemente, quando materiais orgânicos suficientes estão presentes nos materiais do fundo do mar e uma condição ambiental (referida como uma condição anaeróbica) em que oxidantes (oxigênio dissolvido e similar) maiores que SO_4^{2-} desaparecem, é proporcionado que, bactérias de redução de sulfato (SRB) são ativadas e uma reação de redução sulfatada, expressada pela Fórmula 2, facilmente procede. A bactéria de redução de sulfato (SRB) é um termo genérico para grupos de bactéria de oxidação de materiais orgânicos que utilizam íons de sulfato (SO_4^{2-}) como um oxidante. A bactéria de redução de sulfato reduz os íons de sulfato (SO_4^{2-}) na água do mar que utilizam materiais orgânicos (CH_2O) como expressados pela Fórmula 2. Como um resultado, a geração de sulfeto de hidrogênio (H_2S) é promovida (figura 1).



Desta forma, a presença de sulfeto de hidrogênio (H_2S) que é criada nos materiais do fundo e extraída na água do mar depende do pH como descrito abaixo.

$$[\text{H}^+][\text{HS}^-]/[\text{H}_2\text{S(g)}] = 10^{-7} \quad (3)$$

$$[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]/[\text{HS}^-] = 10^{-13} \quad (4)$$

A concentração total de sulfureto na água é como o seguinte.

Sulfureto total = sulfureto suspenso ((FeS, MnS, e similares) + sulfureto dissolvido (5)

Na Fórmula 5, o sulfureto dissolvido é a soma de sulfeto de hidrogênio [$\text{H}_2\text{S(g)}$] e íon de sulfureto. Ou seja, a seguinte fórmula é estabelecida.

$$\text{Sulfureto Dissolvido} = [\text{H}_2\text{S(g)}] + [\text{HS}^-] + [\text{S}_2^-]$$

$$\approx [\text{H}_2\text{S(g)}] + [\text{HS}^-] \text{ (pH de área de água do mar normal)} \quad (6)$$

A razão de presença de sulfeto de hidrogênio livre [$\text{H}_2\text{S(g)}$] considerado como sendo o mais tóxico no sulfureto dissolvido, é igual ou maior que 50% com pH de 7 ou menos, mas é reduzido para 10% ou menos com pH maior que 8. Por outro lado, em uma área com pH de 7 a 13, o razão de presença de íons de sulfureto dissolvido [HS^-] é a maior. Em geral, desde que

o pH da água do mar seja de cerca de 8 a 8,5, é considerado que a maioria do sulfureto dissolvido está presente como íons de sulfureto dissolvido $[\text{HS}^-]$.

Tabela 1

Componentes importantes na água do mar

	Componente	Concentração (g/l)	Concentração (mM)
Cátions	Na^+	10,6	460
	Mg^{2+}	1,27	53
	Ca^{2+}	0,4	10
	K^+	0,38	9,7
Ânions	Cl^-	19	535
	SO_4^{2-}	2,7	28
	HCO_3^-	0,14	2,3
	alcalinidade		2,5

5 De qualquer forma, desde que o sulfureto consuma oxigênio dissolvido em pouco tempo como expressado pela Fórmula 2 e seja tóxico a organismos aquáticos, é preferível que a liberação de sulfureto dentro da água do mar seja suprimida tanto quanto extremamente possível.

10 Florescência algácea em uma área marinha (referida como uma maré vermelha) resulta do aumento de concentração de sais nutrientes tais como nitrogênio e fósforo na água e o excesso de nutrição, que é referido como eutroficação. Fósforo contido em esgoto urbano ou drenagem industrial é uma das fontes de materiais de eutroficação da área marinha, sendo que o fósforo é removido do esgoto ou drenagem a partir do ponto-de-vista de

15 conservação ambiental. Com o recente fortalecimento de regulamentos para qualidade de água, a carga de fluxo de fósforo para a área marinha a partir de periferias tem sido reduzida. Porém, fósforo é acumulado nos materiais do fundo de uma área marinha contaminada, sendo que, no decorrer de um longo período de tempo o fósforo é extraído de materiais do fundo anaeróbico

20 no verão em que a temperatura da água aumenta, que serve como uma causa para a ocorrência de maré vermelha. Particularmente, em uma área de empréstimo, as algas criadas podem ser facilmente depositadas depois que as algas se tornam extintas, e as algas depositadas se decompõem e se

tornam anaeróbicas, por onde fósforo pode ser facilmente extraído novamente. Consequentemente, é considerado que é possível suprimir a florescência algácea na área marinha através da prevenção da liberação de fósforo da área de empréstimo.

- 5 Consequentemente, o aterramento das “áreas de empréstimo” atualmente acontece em várias regiões. Neste caso, o “solo dragado” gerado em massa na área marinha pela manutenção de rota, construções de porto e refúgio, e similares, é frequentemente usado como materiais de aterramento. Já que “solo dragado” não é “desperdício”, “solo dragado” pode ser facilmente e efetivamente utilizado na área marinha. Porém, o “solo dragado” sozinho é muitas vezes insuficiente para aterrar a “área de empréstimo”. Consequentemente, têm sido relatados casos em que “areia de sedimentação de uma represa”, “escória de aço e ferro”, ou similares são utilizados como o material de aterramento que não seja o “solo dragado” (ver Documento de Patente 1 e Documento não Patente 1).

15 Documento de Patente 2 revela um método de tratamento de escória de aço estável produzido a partir de fábrica de produtos de aço e similares.

DOCUMENTOS DA TÉCNICA RELACIONADA

- 20 Documentos de Patente
 [Documento de Patente 1] Pedido de Patente Japonesa não examinado, Primeira Publicação nº 2004-223514
 [Documento de Patente 2] Pedido de Patente Japonesa não examinado, Primeira Publicação nº 2005-47789
- 25 Documento de não Patente
 [Documento de não Patente 1] Directionality and New Method for Environmental Recovery in Inner Bay, H20 Fall Symposium of the Japanese Society of Fisheries Engineering, 2008.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

- 30 Problemas a serem resolvidos pela invenção
 Estima-se que uma área de empréstimo seja originalmente formada pela areia do mar contendo materiais inorgânicos de boa qualidade

como um componente principal. Consequentemente, originalmente, materiais inorgânicos tais como areia natural que contém materiais orgânicos tão pouco quanto possível, podem ser preferencialmente utilizados como os materiais usados para aterrar a área de empréstimo do fundo do mar. Porém, na prática, uma grande quantidade de areia natural é difícil de adquirir, e é então considerado que o “solo dragado” gerado a partir da área marinha local é um meio prático para aterrar a área de empréstimo do ponto de vista de fácil aquisição, baixo custo, e uma quantidade facilmente assegurada.

Por outro lado, na área de empréstimo do fundo do mar, a reação de redução de sulfato é a principal causa para a geração de sulfureto e a causa determinante da reação de redução de sulfato na água do mar não é sulfato na água do mar, mas materiais orgânicos contidos no solo. Consequentemente, para evitar a alteração para um estado anóxico resultante da geração de sulfureto, é preferível que o “solo dragado” utilizado como o material de aterramento tenha um conteúdo orgânico muito pequeno.

O objetivo técnico da invenção é proporcionar um método de melhorar notoriamente um efeito de aprimoramento ambiental de uma área marinha através de aterramento de uma área de empréstimo com solo dragado que utiliza escória de aço produzida por um processo de fabricação de aço em um método de aterramento da “área de empréstimo” do fundo do mar com o “solo dragado” para aprimorar o ambiente da área marinha.

RECURSOS PARA RESOLVER OS PROBLEMAS

A invenção emprega o seguinte recurso de alcançar o objetivo técnico supracitado.

(1) De acordo com um primeiro aspecto da invenção, é proporcionado um método de aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar, quem inclui: um processo de mistura da mistura do solo dragado com primeira escória de aço a adquirir uma mistura de solo dragado; e uma camada de mistura de solo dragado de processo de formação para introduzir a mistura de solo dragado na área de empréstimo para formar uma camada de mistura de solo dragado.

(2) No método de aterramento de uma área de empréstimo de

um fundo de mar, de acordo com o recurso (1), o processo de mistura pode incluir o solo dragado com a primeira escória de aço, para que a taxa de mistura da primeira escória de aço esteja na faixa de 10% em massa a 50% em massa.

5 (3) No método de aterramento de uma área de empréstimo de acordo com o recurso (1), o processo de mistura pode incluir mistura do solo dragado com a primeira escória de aço na taxa de mistura em que a água do mar é desnaturada em pH igual ou maior que 8 e menos que 9,5.

10 (4) O método de aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar, de acordo com o recurso (1), pode adicionalmente incluir um processo de execução de tratamento de cabonatação na primeira escória de aço antecipadamente.

15 (5) O método de aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar, de acordo com qualquer um dos recursos de (1) a (4), pode ainda incluir uma processo de formação de camada de escória de aço de arrumação de uma segunda escória de aço na camada de mistura de solo dragado para formar uma camada de escória de aço.

20 (6) No método de aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar de acordo com o recurso (5), a segunda escória de aço pode conter 50 % em massa ou mais de escória de aço com um diâmetro de partícula menor que 10 mm.

25 (7) No método de aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar de acordo com o recurso (5), a camada de mistura de solo dragado e a camada de escória de aço podem ser alternativamente e repetidamente sobrepostas.

 (8) O método de aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar de acordo com o recurso (5), pode ainda incluir um processo de execução de tratamento de cabonatação na segunda escória de aço, antecipadamente.

30 (9) No método de aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar de acordo com o recurso (5), a camada de escória de aço pode ainda ser coberta com areia natural.

(10) De acordo com um segundo aspecto da invenção, é proporcionado um método de aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar, que inclui: uma camada de solo dragado que forma processo de introdução de solo dragado para a área de empréstimo para formar uma camada de solo dragado; e uma camada de mistura de solo dragado ou processo de formação de camada de escória de aço de arrumação de uma mistura de solo dragado ou escória de aço na camada de solo dragado para formar uma camada de mistura de solo dragado ou uma camada de escória de aço.

10 (11) No método de aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar de acordo com o recurso (10), a camada de solo dragado e a camada de mistura de solo dragado ou a camada de escória de aço podem ser alternadamente e repetidamente sobrepostas.

15 (12) O método de aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar de acordo com o recurso (10), pode ainda incluir um processo de execução de tratamento de carbonatação na escória de aço, antecipadamente.

20 (13) No método de aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar de acordo com o recurso (10), a camada de escória de aço pode ser ainda coberta com areia natural.

25 (14) No método de aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar de acordo com qualquer um dos recursos de (10) a (13), quando a área de empréstimo é aterrada com uma pluralidade de camadas, escória de aço carbonatada difícil de solidificar pode ser utilizado como a escória de aço para a camada mais alta e escória de aço fácil de solidificar pode ser utilizada como a escória de aço para as outras camadas.

EFEITOS DA INVENÇÃO

30 No método de acordo com a invenção, descrito no recurso (1), desde que a escória de aço seja misturada com o solo dragado utilizado para aterrar a área de empréstimo, é possível suprimir a geração de sulfureto ou fósforo.

No método de acordo com a invenção, descrito no recurso (2), é

possível aprimorar a maciez natural do solo dragado. É possível suprimir o pH da água do mar de ser temporariamente maior que 9,5.

No método de acordo com a invenção, descrito no recurso (3), desde que o pH da água do mar seja mantido igual ou maior que 8 e menor que 9,5, é possível reduzir o razão de presença de sulfeto de hidrogênio livre [H₂S(g)] e suprimir Mg²⁺ na água do mar de ser extraído como Mg(OH)₂.

No método de acordo com a invenção, descrito no recurso (4), é possível suprimir o aumento no pH da água do mar.

No método de acordo com a invenção, descrito no recurso (5), é possível suprimir a geração de sulfureto ou fósforo na camada de mistura de solo dragado, devido ao efeito de cobertura da camada de escória de aço. É também possível suprimir a liberação de sulfureto dentro da água do mar mesmo quando sulfureto ou fósforo é produzido.

No método de acordo com a invenção, descrito no recurso (6), é possível suprimir a velocidade de dissolução de íons de cálcio ou sílica de ser reduzido.

No método de acordo com a invenção, descrito no recurso (7), é possível ainda alcançar o efeito de cobertura da camada de escória de aço.

No método de acordo com a invenção, descrito no recurso (8), é possível suprimir o aumento no pH da água do mar.

No método de acordo com a invenção, descrito no recurso (9), é possível proporcionar um espaço de habitação para seres vivos tais como poliqueta e moluscos.

No método de acordo com a invenção, descrito no recurso (10), é possível suprimir geração de sulfureto ou fósforo na camada de solo dragado devido ao efeito de cobertura da camada da escória de aço. É ainda possível suprimir liberação de sulfureto dentro água do mar mesmo quando sulfureto ou fósforo é produzido.

No método de acordo com a invenção, descrito no recurso (11), é possível ainda alcançar efetivamente o efeito de cobertura da camada de escória de aço.

No método de acordo com a invenção, descrito no recurso (12), é

possível suprimir o aumento no pH da água do mar.

No método de acordo com a invenção, descrito no recurso (13), é possível proporcionar um espaço de habitação para seres vivos tais como poliqueta e moluscos.

- 5 No método de acordo com a invenção, descrito no recurso (14), é possível evitar sulfureto ou fósforo de ser extraído pela utilização da escória de aço fácil de solidificar e proporcionar a parte mais alta com ambiente em que seres vivos possam viver.

- 10 Como descrito acima, de acordo com a invenção, é possível de forma mais eficaz suprimir a geração de sulfureto de fósforo na área de empréstimo e a liberação do mesmo na água, e com isso, evitar a geração de um estado anaeróbico na área marinha.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

- 15 A figura 1 é um diagrama que ilustra um mecanismo de geração de sulfureto que utiliza bactéria de redução de sulfato (SRB).

A figura 2 é um diagrama que ilustra um exemplo em que uma área de empréstimo é aterrada com solo dragado, escória de aço, e areia natural.

- 20 A figura 3 é um diagrama que ilustra outro exemplo em que uma área de empréstimo é aterrada com solo dragado, escória de aço, e areia natural.

A figura 4 é um diagrama que ilustra um exemplo em que geração de sulfureto é suprimida pela mistura de escória de aço com o solo dragado.

- 25 A figura 5 é um diagrama que ilustra um exemplo em que o número de bactéria de redução de sulfato é suprimido pela mistura de escória de aço com o solo dragado.

- 30 A figura 6 é um diagrama que ilustra um exemplo em que pH e uma concentração de íon Ca são aumentados pela mistura de escória de aço com o solo dragado.

A figura 7 é um diagrama que ilustra uma alteração na concentração T-S (sulfureto total) na água do mar.

A figura 8 é um diagrama que ilustra um exemplo em que a liberação de sulfureto é suprimida pela utilização da escória de aço como um material de arrumação.

5 A figura 9 é um diagrama que ilustra um exemplo em que liberação de I-C (carbono inorgânico) é suprimido pela utilização da escória de aço como material de arrumação.

10 A figura 10 é um diagrama que ilustra um exemplo em que geração e liberação de sulfureto são comprimidas pela mistura de escória de aço não submetida a tratamento de cabonatação com o solo dragado e solidificação da mistura.

A figura 11 é um diagrama que ilustra um exemplo em que liberação de fósforo é suprimida pela mistura de escória de aço não submetida a tratamento de cabonatação com o solo dragado e solidificação da mistura.

DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES

15 Na invenção, o ambiente marinho é aprimorado pelo aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar com solo dragado.

A seguir, uma modalidade exemplar da invenção será descrita em detalhes. Nesta modalidade, geração de sulfureto pela utilização efetiva de escória de aço juntamente com solo dragado como um material para a-
20 terramento da área de empréstimo do fundo do mar.

Primeiramente, escória de aço e utilização da mesma será esquematicamente descrita.

Escória de aço e de ferro produzida a partir de trabalhos fabricação de aço é criada como um subproduto em um processo de fabricação de aço. A escória de aço pode ser rudemente classificada dentro de escória
25 de alto-forno e escória de aço, que são utilizadas como materiais úteis em diversos campos.

(i) Escória de alto-forno

30 A escória de alto-forno é um termo genérico para escória produzida no tempo de fabricação de ferro gusa em um alto-forno. Componentes diferentes de ferro de minério de ferro fundido no alto-forno e calcário ou cinza de coque de materiais auxiliares constituem a escória de alto-forno. A

escória de alto-forno é produzida por cerca de 290 a 300 kg por 1 t de ferro gusa (kg de razão de escória/t-ferro gusa). A escória apenas extraída do alto-forno está em um estado de fundição de cerca de 1500°C, e é classificada dentro de dois tipos de escórias, de escória de alto-forno granulada e escória de alto-forno de resfriamento lento, dependendo do método de produção (método de resfriamento).

A escória de alto-forno granulada é escória produzida por aspersão de água pressurizada para a escória em estado de fundição de cerca de 1500°C, para resfriar rapidamente a escória, sendo que é sem forma (vítreo) e granular. A escória granulada é frequentemente utilizada como um material de cimento. Adicionalmente, a escória granulada é amplamente utilizada como uma mistura de cimento, um agregado de cimento fino, e similares.

A escória de alto-forno resfriada lentamente é escória produzida pela indução de escória de alta-pressão para escoar em um pátio ou uma área, sendo que a escória é resfriada lentamente pelo resfriamento natural e aspersão apropriada de água, sendo que é cristalina e rochosa. A escória de resfriamento lento é frequentemente utilizada como agregado de concreto grosso ou materiais de clínquer (materiais alternativos de terra). A escória de resfriamento lento é submetida a uma medida preventiva contra geração de odor sulfúrico ou água barrenta sulfúrica, sendo que é realizado pelo tratamento de cura ao ar livre (a seguir, referido como envelhecimento) de 1 a 3 meses e é, então, utilizado como um material de sub-base e estrada e similares.

25 (ii) Escória de aço

A escória de aço é um termo genérico criado no tempo de produção de aço de ferro gusa ou sucata em um forno de fabricação de aço (um forno conversor, um forno elétrico). A seguinte descrição será centralizada na escória de aço de forno conversor principalmente utilizado em ferro gusa. Recentemente, para lidar com o aumento na qualidade de aço, a remoção de impurezas não é suficiente apenas através de fundição utilizando o forno conversor, então um método de fundição de adição de pré-conversão e pro-

cessos de pós-conversão (pré-tratamento de metal quente, fundição secundária) é geralmente utilizado. Escória de pré-tratamento de metal quente ou escória de fundição secundária criada através do processo de produção de aço de classe elevada é também incluída na escória de aço de forno conversor, semelhantemente, para a escória de forno conversor. A escória de aço de forno conversor é produzida por cerca de 110 a 130 kg por 1 t de aço cru. Semelhantemente, para a escória de alto-forno de resfriamento lento, a escória de aço é produzida pela indução de escória de alta temperatura para escoar no pátio ou na área para resfriamento lento da escória, através de resfriamento natural e aspersão de água adequada. Já a escória de aço tem uma alta concentração de f-CaO (cal solúvel) e tem uma característica que pode facilmente expandir através do contato com a água, a escória de aço é submetida a uma medida de prevenção de expansão que utiliza tratamento de envelhecimento ao ar livre ou tratamento de envelhecimento promovido com vapor e é então, utilizado como um material de sub-base de estrada e similares. Adicionalmente, a escória de aço é também utilizada como um material de clínquer (material de alimentação FeO), um estabilizador de solo, e um material de trabalho de engenharia.

Dos dois tipos de escória de aço e ferro, a taxa de reciclagem da escória de alto-forno é quase de 100% e a escória de alto-forno é então utilizada como recursos reciclados, mas a taxa de reciclagem da escória de aço não alcança 100% para razões de expansibilidade, alta concentração de ferro ou semelhante. Consequentemente, em registro da escória de aço, uma aplicação efetiva em áreas de água tais como áreas marinhas, que utilizam os méritos da escória de aço além de uma extensão das aplicações passadas, tem sido amplamente estudada.

A escória de ferro e de aço utilizada para restauração de uma área de empréstimo de um fundo de mar na invenção não é a escória de alto-forno, mas a escória de aço. Pela utilização das características da escória de aço, é possível suprimir a geração de sulfureto na área de empréstimo e para evitar a geração de massas de água anaeróbica nas áreas marinhas.

Ideias básicas de geração de supressão e liberação de sulfureto

de acordo com a invenção serão, primeiramente, descritas.

Como mostrado na figura 1, bactéria de redução de sulfato reduz íons de sulfato (SO_4^{2-}) na água do mar que utiliza um material orgânico (CH_2O) para produzir sulfureto como sulfeto de hidrogênio (H_2S).

5 Portanto, o seguinte meio pode ser considerado como uma medida preventiva contra a geração de sulfureto ou a liberação de sulfureto dentro da água com a reação de redução de sulfato.

(a) A atividade da bactéria de redução de sulfato é diminuída para suprimir a geração de sulfureto.

10 (b) A quantidade de materiais orgânicos e o número de bactérias de redução de sulfato são reduzidos para suprimir a geração de sulfureto.

(c) A quantidade de íons de sulfato é reduzida para suprimir a geração de sulfureto.

15 (d) Sulfureto é evitado de ser liberado dentro da água mesmo quando o sulfureto é gerado.

Em relação à ideia (a) de reduzir a atividade da bactéria de redução de sulfato, um método de aumento da quantidade de oxigênio dissolvido (O_2) através do arejamento ou similares e um método de adição de íons de nitrato (NO_3^-) e semelhante, são amplamente conhecidos. Porém, é difícil
20 ampliar estes métodos para uma área de empréstimo. Já que o pH também influencia a atividade da bactéria de redução de sulfato, um método de ajuste de pH é também conhecido. Em geral, a bactéria tem a atividade mais elevada em pH de cerca de 7 a 9 e o mesmo é verdadeiro em relação à bactéria de redução de sulfato. Pode ser facilmente estimado que a atividade da
25 bactéria de redução de sulfato em um fundo de mar é a maior em pH de 8 a 8,5 próximo ao pH da água do mar. Consequentemente, em relação ao ajuste de pH, a atividade da bactéria de redução de sulfato pode ser reduzida apenas quando o pH de 9,5 ou maior é mantido por um longo período de tempo. Porém, já que a medida de aumento de pH também influencia outra bactéria
30 geral, a medida de redução da atividade da bactéria de redução de sulfato não é realista.

As vantagens da invenção são baseadas nas ideias de (b) a (d).

Primeiramente, a medida (b) de supressão da geração de sulfureto pela redução da quantidade de materiais orgânicos e o número de bactérias de redução de sulfato, serão descritos. Especificamente, a quantidade pré-determinada de escória de aço que é misturada dentro do “solo dragado” e o resultante, são utilizados como material de aterramento. Consequentemente, em comparação com o caso em que apenas o “solo dragado” é utilizado como o material de aterramento de uma área de empréstimo, é possível reduzir a quantidade de materiais orgânicos incluídos no material de aterramento. Já que a escória de aço é formada por compostos de Ca, Si, Al, Fe e similares, e é processada em uma temperatura elevada de 1500°C, a escória de aço não inclui materiais orgânicos. A bactéria de redução de sulfato reproduz, em solo comum e também reproduz no “solo dragado”. Porém, já que a escória de aço é processada em uma alta temperatura de 1500°C e dificilmente inclui umidade, a bactéria de redução de sulfato dificilmente reproduz na escória de aço. Isto é, pela utilização de escória de aço, é possível reduzir a razão de materiais orgânicos e o número de bactérias de redução de sulfato no solo dragado, e com isso, suprimir a geração de sulfureto. Caso contrário, já que outros materiais de aterramento naturais como “areia de sedimentação de uma barragem” incluem materiais orgânicos naturais e também materiais inorgânicos e tem consideráveis bactérias de redução de sulfato reproduzidos no mesmo, não é possível alcançar o mesmo efeito de supressão de geração de sulfureto como na escória de aço.

Como resultados de vários estudos, pela mistura da escória de aço dentro do solo dragado, os inventores descobriram que a razão de conteúdo de material orgânico é diminuída na proporção da taxa de mistura da escória de aço, sendo que o número de bactérias de redução de sulfato é diminuído, e com isso, a quantidade de sulfureto produzido é diminuída. Os inventores também descobriram que é também possível evitar a queda de pH com a decadência dos materiais orgânicos no solo dragado pela mistura da escória de aço.

Em geral, mesmo quando a escória de aço é misturada dentro do solo dragado, pH da água do mar periférica é dificilmente aumentada devido

ao efeito de diluição da água do mar. Porém, quando a taxa de mistura da escória de aço é excessivamente elevada, o pH da água do mar periférica pode ser temporariamente aumentado para ser maior que 9,5 no caso em que a taxa de troca de água do mar é pequena, e similares. Consequentemente, a taxa de mistura da escória de aço tem um limite superior de cerca de 50% em massa. Quando o pH é maior que 9,5, Mg^{2+} na água do mar, é alterado para $Mg(OH)_2$, a qual pode ser facilmente extraída. A escória de aço (escória de aço carbonatado) tem sido submetida a tratamento de carbonatação a ser descrito posteriormente, e suprime o aumento no pH da água do mar e então, pode adicionalmente, aumentar a taxa de mistura da escória de aço.

Quando a escória de aço é misturada no solo dragado, a maciez natural do solo dragado é aprimorada. Consequentemente, a natureza do terreno é aprimorada. A partir deste ponto-de-vista, é preferível que a escória de aço seja misturada dentro do solo dragado. Do ponto-de-vista do aprimoramento da natureza do terreno, é preferível que a taxa de mistura da escória de aço seja ajustada para ser igual ou maior que 10% em massa.

Em qualquer caso, é preferível que a taxa de mistura da escória de aço dentro do solo dragado seja determinada para que o pH da água do mar periférica seja igual ou maior que 8 ou menor que 9,5, pela execução de um experimento em lote, com antecedência, na taxa de mistura de 10% em massa a 50% em massa.

O método (c) de redução da quantidade de íons de sulfato para suprimir a geração de sulfureto e o método (c) de impedir sulfureto de ser extraído na água, mesmo quando o sulfureto é produzido, serão descritos abaixo.

Quando a água do mar não é facilmente penetrada dentro do “solo dragado”, íons sulfatados na água do mar não são fornecidos para o “solo dragado”, com isso, suprimem a geração de sulfureto. Isto é, quando a superfície inteira do “solo dragado” é coberta com um material de baixa permeabilidade de água, íons de sulfato não são fornecidos a partir da água do mar e então, os íons de sulfato servem como uma causa determinante, e

com isso, suprimem a geração de sulfureto no “solo dragado”. Caso contrário, sulfureto produzido e acumulado no “solo dragado” não pode ser facilmente liberado dentro da água do mar. A escória de aço pode ser utilizada como o material de cobertura para reduzir a permeabilidade de água. A permeabilidade de água do solo indica a facilidade com que a água move em poros do solo e é geralmente avaliada como um coeficiente de permeabilidade de água k (cm/segundo) mostrado na tabela 2. A escória de aço tem uma propriedade hidráulica fraca e a permeabilidade de água do mesmo é diminuída a até $k=10^{-5}$ a 10^{-6} cm/segundo com o decorrer do tempo.

10

Tabela 2

	Coeficiente de permeabilidade de água k (cm/segundo)
Permeabilidade de água	1×10^{-4} ou mais
Permeabilidade de água insatisfatória	1×10^{-4} a 1×10^{-6}
Impermeabilidade de água	1×10^{-6} ou menos

15

20

25

Os inventores descobriram que a liberação de sulfureto é efetivamente evitada quando a espessura da escória de aço coberta está em uma faixa de 5 mm a 1cm. Porém, na atual área marinha, já que é difícil cobrir uniformemente a superfície inteira com a escória de aço com uma espessura menor que 1 cm, é preferível que a escória de aço seja posicionada para ter uma espessura de 1 a 10 cm. Com esta faixa de densidade da escória de aço, pH da água do mar nas proximidades da camada de escória é difícilmente aumentada, devido ao efeito de diluição da água do mar. Quando a espessura da escória de aço é aumentada, o efeito de cobertura é aprimorado, mas pH da água do mar periférica na camada de escória pode ser temporariamente aumentado para ser maior que 9,5 no caso em que a taxa de troca de água do mar é pequena, e similares. Consequentemente, é preferível que a espessura da camada de escória de aço não seja maior que 10 cm. Uma medida de empilhamento alternado e repetitivo da camada de solo dragado e a camada de escória de aço em um formato de sanduíche, pode ser efetivamente utilizada como meio de suprimir o aumento no pH da água do mar. A escória de aço (escória de aço carbonatado) submetida a tratamento de ca-

bonatação a ser descrito posteriormente, suprime o aumento no pH da água do mar e, então, é um exemplo excepcional.

Em qualquer caso, é preferível que a taxa de mistura da escória de aço dentro do solo dragado seja determinada para que a liberação de sulfureto seja suprimida e pH da água do mar periférica seja igual ou maior que 8 ou menor que 9,5, através da execução de uma experiência em lote antecipadamente.

A escória de aço utilizada para a cobertura, de preferência, inclui escória de aço que tem uma elevada fração de grãos finos com um diâmetro de partículas menor que 10 mm por 50% em massa ou mais, a partir do ponto-de-vista de promoção de solidificação da escória e aço. Já que a escória de aço com um diâmetro de partícula maior que 10 mm dificulta o aumento de pH, mas diminui a taxa de dissolução de íons de cálcio ou sílica necessários para a promoção de solidificação, a taxa de solidificação é diminuída. Consequentemente, é preferível que a escória de aço utilizada para cobertura inclua a escória de aço que tem uma elevada fração de grãos finos com um diâmetro de partícula menor que 10 mm por 50% em massa ou mais, em que a taxa de dissolução de íons de cálcio ou sílica são elevados.

Quando a escória de aço é misturada dentro do solo dragado, é mais fácil promover a solidificação, em comparação com o caso em que a escória de aço sozinha é utilizada. É considerado que isto aconteça porque a sílica solúvel do solo dragado reage com íons de cálcio fornecidos da escória de aço para produzir silicato de cálcio (CSH) para então, promover a solidificação. Quando a intenção é promover a reação de solidificação, é preferível que a escória de aço não submetida ao tratamento de cabonatação seja, de preferência, utilizada como a escória de aço e a escória de aço que tenha uma elevada fração de grãos finos com um diâmetro de partícula menor que 10 mm em que a taxa de dissolução de íons de cálcio seja maior e seja incluída por 50% em massa ou mais. Neste caso, o coeficiente de permeabilidade de água é diminuído até 1×10^{-6} a 1×10^{-7} cm/segundo.

Com o objetivo de alcançar efetivamente o efeito de cobertura utilizando a camada de escória de aço ou uma camada em que o solo dra-

gado e a escória de aço estão misturados, é preferível que a camada de solo dragado e a camada de escória de aço ou a camada em que o solo dragado e a escória de aço estão misturados, sendo que estão alternadamente e repetidamente sobrepostos.

- 5 O topo da área de empréstimo aterrada pode ser coberto com uma camada de escória de aço ou a camada em que o solo dragado e a escória de aço estão misturados, sendo que a parte superior dos mesmos pode ser coberta com areia natural para instalar um espaço de habitação para seres vivos tais como poliqueta e moluscos. Areia de barragem de boa
- 10 qualidade que tem uma quantidade pequena de materiais orgânicos pode ser utilizada.

A medida acima mencionada será descrita em mais detalhes com referência aos desenhos em anexo.

- Como mostrado na figura 2, solo dragado e solo dragado 3 dentro de cada escória de aço misturada é aplicado no fundo de uma área de
- 15 empréstimo 2 de um fundo de mar 1. Quando a escória de aço é misturada, uma experiência em lote em que o solo dragado, a escória de aço e a água do mar são misturados, é executada com antecedência para determinar a taxa de mistura da escória de aço dentro do solo dragado para que o pH da
- 20 água do mar seja igual ou maior que 8 e menor que 9,5. Escória de aço 4 sozinha com uma espessura de 1 a 10 cm é aplicada no topo superfície inteira do solo dragado ou o solo dragado 3 dentro do qual a escória de aço é misturada. Quando a escória de aço 4 é escória de aço carbonatada, a possibilidade de aumento de pH da água do mar é baixa e então a espessura da
- 25 mesma pode ser elevada. Isto é, quando a escória de aço carbonatada é utilizada, pH da água do mar não é maior que 9,5 mesmo com uma espessura de 100 cm. Pela elevação da espessura, é possível ainda suprimir a liberação de sulfureto. Areia natural 5 é posta como espaço de habitação para seres vivos no topo da escória de aço 4. A espessura da areia natural é,
- 30 de preferência, na faixa de 30 a 100 cm.

Atualmente, o solo dragado pode ser frequentemente introduzido no fundo da área de empréstimo 2 do fundo do mar 1. No caso em que o

volume da área de empréstimo é maior e a quantidade de introdução de solo dragado é pequena, um longo período de tempo é necessário até que a depressão esteja completa. Neste caso, a alteração para um estado anaeróbico no verão não é evitada e a supressão de geração e sulfureto ou fósforo não é esperada. Porém, neste caso, através da arrumação de uma mistura de solo dragado na introdução de solo dragado para formar uma camada de mistura de solo ou arrumação da escória de aço para formar uma camada de escória de aço, é possível suprimir a liberação de sulfureto ou fósforo.

Como mostrado na figura 3, a camada do solo dragado ou o solo dragado 3 dentro do qual a escória de aço é misturada e a camada da escória de aço 4 pode ser repetidamente colocada no formato de um sanduíche. Neste caso, é possível ainda suprimir a liberação de sulfureto dentro da água do mar.

Quando o solo dragado 3 no qual a escória de aço é misturada é quase completamente solidificado, a superfície inteira não pode ser coberta com a escória de aço 4. Quando a intenção é promover a reação de solidificação, a liberação de cálcio é importante e é então preferível que escória de aço não submetida ao tratamento de carbonatação seja utilizada a escória de aço 4. A escória de aço que tem uma elevada fração de grãos finos com um diâmetro de partícula menor que 10 mm, em que a taxa de dissolução de íons de cálcio é elevada, pode ser preferivelmente incluída no mesmo por 50% em massa ou mais.

Quando a área de empréstimo do fundo do mar é aterrada com múltiplas camadas, escória de aço carbonatada difícil de solidificar pode ser utilizada como a escória de aço utilizada na camada superior, e escória de aço fácil de solidificar pode ser utilizada para as outras camadas. Do ponto-de-vista de prevenção da liberação de sulfureto ou fósforo, acamada solidificada é, preferencialmente, utilizada. Porém, do ponto-de-vista de habitação de seres vivos, a escória de aço carbonatada difícil de solidificar pode ser utilizada para a camada mais alta.

As ideias básicas sobre liberação de fósforo na invenção serão descritas abaixo.

Em geral, quando íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) são extraídos dos materiais do fundo do mar sob uma condição anaeróbica, é considerado que íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) absorvidos pelo Fe(III) são extraídos. Neste caso, é necessário causar uma reação de redução de Fe(III) e é difícil de extrair íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) no estado em que oxigênio dissolvido está presente. Isto é, sob uma condição anaeróbica em que materiais orgânicos estão excessivamente presentes, a reação de redução de Fe (III) primeiro procede e íons de Fe(II) e íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) são extraídos. Bactérias que causam esta reação são bactérias de redução de ferro. A bactéria de redução de ferro é um termo genérico para grupos de bactérias oxidante Fe (III) como oxidante.

Portanto, as seguintes ideias para prevenção da geração de íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) acompanhado com a reação de redução de ferro e a liberação de íons de fosfato dentro da água podem ser consideradas.

(e) A atividade de bactéria de redução de ferro é reduzida para suprimir a geração de íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$).

(f) A quantidade de materiais orgânicos e o número de bactérias de redução de ferro são reduzidos para suprimir a geração de íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$).

(g) A liberação de íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) dentro da água é evitada mesmo quando íons de fosfato são produzidos.

Primeiramente, em relação à ideia (e) de reduzir a atividade da bactéria de redução de ferro, um método de aumentar a concentração de oxigênio dissolvido (O_2) pelo arejamento, um método de adicionar íons de nitrato (NO_3^-), e similares são conhecidos, mas é difícil aplicar os métodos à área de empréstimo. Já que pH influencia a atividade de bactéria de redução de ferro, um método de ajuste de pH pode também ser considerado. Em geral, bactéria tem a maior atividade em pH de cerca de 7 a 9 e o mesmo acontece na bactéria de redução de ferro. Pode ser facilmente estimado de forma que, para que a atividade da bactéria de redução de ferro seja a maior em pH de 8 a 8,5 próximo a pH da água do mar. Consequentemente, em relação ao ajuste de pH, a atividade de bactéria de redução pode ser reduzida apenas quando pH de 9,5 ou maior é mantido por um longo período de tempo. Porém,

já que a medida de aumento de pH também influencia outra bactéria geral, a medida de redução da atividade da bactéria de redução de ferro não é realista.

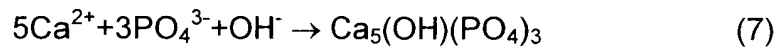
As vantagens da invenção são baseadas nas ideias de (f) a (g).

- 5 Primeiramente, a medida (f) de supressão da geração de íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$), pela redução da quantidade de materiais orgânicos e o número de bactérias de redução de ferro, será descrita. Especificamente, uma quantidade pré-determinada de escória de aço é misturada dentro do “solo dragado” e o resultante é utilizado como material de aterramento. Consequentemente, em comparação com o caso em que apenas o “solo dragado” é utilizado como material de aterramento de uma área de empréstimo, é possível reduzir a quantidade de materiais orgânicos incluídos no material de aterramento. Já que a escória de aço é formada de compostos de Ca, Si, Al, Fe, e similares e é processada em uma temperatura elevada de 1500°C , a escória de aço não inclui materiais orgânicos. A bactéria de redução de ferro reproduz, em solo comum e também reproduz no “solo dragado”. Porém, a escória de aço é processada em uma temperatura elevada de 1500°C e dificilmente inclui umidade, a bactéria de redução de ferro dificilmente reproduz em escória de aço. Isto é, pela utilização de escória de aço, é possível reduzir o índice de materiais orgânicos e o número de bactérias de redução de ferro no solo dragado, e com isso, suprimir a geração de sulfureto. Caso contrário, já que outros materiais de aterramento natural, como “areia de sedimentação de uma barragem”, incluem materiais orgânicos naturais e também materiais inorgânicos, e têm considerável reprodução de bactéria de redução de ferro no mesmo, não é possível alcançar os mesmos íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) de efeito de suprimir a geração como a escória de aço. Como resultado de diversos estudos, os inventores descobriram que a razão de conteúdo de materiais orgânicos é reduzida na proporção da taxa de mistura da escória de aço e o número de bactérias de redução de ferro é também reduzido pela mistura de escória de aço dentro do solo dragado, e com isso, reduz a quantidade de íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) produzidos.

Finalmente, será descrito o método (g) de impedir íons de fosfato

de serem extraídos em água mesmo que os íons de fosfato sejam produzidos.

Íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) formam apatita de cálcio que tem baixa solubilidade como expressado pela Fórmula 5, quando pH é aumentado na presença de uma quantidade suficiente de íons de cálcio (Ca^{2+}).



Com o objetivo de promover a fórmula de reação, é importante aumentar a quantidade de Ca^{2+} fornecida e pH. 400 mg/L of Ca^{2+} está presente na água do mar antecipadamente, mas Ca^{2+} é adicionalmente fornecido da escória de aço pela mistura da escória de aço no solo dragado. Quando apenas o solo dragado é utilizado, pH é reduzido devido a decadência de materiais orgânicos, mas pH pode ser mantido na faixa de 8 a 9,5 pela mistura da escória de aço. Como um resultado, mesmo quando íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) são produzidos, é considerado que íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) podem ser feitos para ser insolúvel como apatita de cálcio.

Como descrito acima, a escória de aço tem uma propriedade hidráulica fraca e a permeabilidade da água da mesma é também reduzida com o lapso de tempo. O coeficiente da permeabilidade de água é reduzido a $k=10^{-5}$ a 10^{-6} cm/segundo. Quando a escória de aço é misturada no solo dragado, sílica solúvel é extraída do solo dragado e cálcio é extraído da escória de aço. A sílica solúvel extraída e o cálcio extraído reagem um com o outro para produzir silicato de cálcio (CSH) e a solidificação procede para formar uma camada de impermeável a água com um coeficiente de permeabilidade de água de k (cm/segundo) $=10^{-6}$ a 10^{-7} cm/segundo. Pelo efeito de cobertura devido à formação de camada de impermeabilidade à água, é considerado que íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) produzidos e acumulados no “solo dragado” não podem ser facilmente extraídos na água do mar.

Finalmente, será descrito um método de carbonatar escória de aço.

Como descrito acima, em geral, a escória de aço tem uma elevada razão de f-CaO (cal solúvel) presente como corpos simples e tem uma característica que pH na água é facilmente aumentado temporariamente.

Consequentemente, o "tratamento de cabonatação" pode ser executado para formar a "escória de aço carbonatado" em que f-CaO é convertido em CaCO_3 e então para reduzir pH da água extraída. O tratamento de cabonatação da escória de aço pode ser executado por trazer a escória de aço em contato
5 com dióxido de carbono ou água contendo carbono.

Por exemplo, o documento de Patente 2 apresenta um método de ajuste de um volume de água ou um volume de água carbonatada na atmosfera de ar, na atmosfera pressurizada, ou na atmosfera de vapor, então, para ser um valor menor de umidade em que a água livre inicia sua presença
10 na escória de aço e para ser igual ou maior que um valor que é menor em 10 % em massa do que o valor de umidade, sendo que causa gás contendo dióxido de carbono com umidade relativa de 75% a 100% a carbonato de escória de aço.

Água livre será descrita abaixo. Quando é adicionado ao pó, o pó
15 absorve água por um curto período de tempo (que é referido como água ligada). Quando a entrada de volume de água é maior que um valor pré-determinado, o pó não absorve a água e a água está presente ao redor do pó. A água neste estado é referida como "água livre". Quando a água livre está presente, o pó é alterado para uma fase de pasta e o gás que contém
20 dióxido de carbono dificilmente passa através da área em que a água livre está presente. Documento de Patente 2 relata que a taxa de cabonatação máxima pode ser alcançada na etapa de água ligada em que superfícies de poro da escória ou a superfície exterior da mesma aparece molhada, e com isso, eficientemente, executa a cabonatação. Por esta operação, CaO é
25 convertida em CaCO_3 para tornar a razão de CaO e Ca(OH)_2 igual ou menor que 0,9 % em massa e CaCO_3 é formado na superfície da escória de aço. Consequentemente, é possível suprimir a rápida liberação de restos de CaO e Ca(OH)_2 . Pela execução do tratamento de cabonatação na escória de aço, é possível evitar o aumento temporário de pH. O método de cabonatação da
30 escória nesta modalidade não é limitado ao método supracitado. Enquanto CaO pode ser estabilizado como CaCO_3 , qualquer método de cabonatação pode ser empregado.

EXEMPLOS

(Exemplo 1) Verificação de supressão de liberação de sulfureto devido à cobertura com escória de aço.

- 5 Solo dragado foi centrifugado em 3000 rpm por 20 minutos e então foi utilizado nos experimentos. Escória de aço de forno conversor não submetido ao tratamento de cabonatação foi utilizada como escória de aço. O solo dragado e a escória de aço satisfizeram os padrões de qualidade para água pesqueira (Tabela 3).

Tabela 3

- 10 Comparação de solo dragado, escória de aço e padrão de qualidade para água pesqueira.

	Razão de Conteúdo (%)	Gravidade específica bruta (-)	Perda de ignição (%)	COD (mg/g de lama seca)	Sulfureto (mg/g de lama seca)
Solo	7,5	1,24	4,6	14,5	0,17
Escória de aço	1,7	1,5	-	0,7	0,02
Padrão de qua- lidade para água pesqueira	-	-	-	20	0,2

- O solo dragado (úmido) e a escória de aço (com um diâmetro de partícula 50% de 2 mm) com um diâmetro de partícula de 5 mm ou menos ou hidróxido de cálcio, foram adicionados a garrafas de vidro (com um volume de 100 ml) sob as condições mostradas na tabela 4. A espessura da escória de aço a ser adicionada foi de cerca de 1 cm. Depois disto, o resultante é arejado com nitrogênio, água do mar sintética da qual o oxigênio dissolvido (DO) foi retirado e adicionado às garrafas de vidro, sendo que as garrafas de vidro foram preenchidas com água do mar, e as garrafas de vidro foram po-
sicionadas e fechadas em uma temperatura ambiente (em 20°C) por 20 dias. Depois que 20 dias se passaram, o pH da água do mar das garrafas de vidro foram medidos. Já que sulfureto pôde ser facilmente espalhado e desaparecido, o pH=10 foi ajustado apenas após amostragem da água do mar. A amostra de água do mar foi filtrada pelo uso de um injetor que utiliza um filtro

Millipore de 0,45 μm e sulfureto dissolvido (D-S) na água filtrada foi fixado com acetato de zinco e então o resultante foi medido.

Tabela 4

Condição Experimental

Experimento nº	Quantidade de solo (g: peso úmido)	Escória de aço (g: peso úmido)	Hidróxido de Cálcio (g: peso úmido)
1	30 g	0 g	0 g
2	30 g	0 g	5 g
3	30 g	5 g	0 g

5 O pH da água do mar e as concentrações do sulfureto dissolvido (D-S) após 20 dias passados, são mostrados na tabela 5.

Em um sistema nº 1 em que o solo dragado sozinho é utilizado, pH da água do mar é reduzido de 8,3 a 6,7 após 20 dias passados e a concentração de sulfureto dissolvido foi acumulado a 2,3 mg/l. Em um sistema nº
10 2 em que hidróxido de cálcio foi adicionado, pH da água do mar foi aumentado de 8,3 a 12,2 após 20 dias passados e a concentração de sulfureto dissolvido foi acumulado a 7,7 mg/l. Isto é, o efeito de redução da atividade de bactéria de redução de sulfato devido ao aumento de pH não foi esclarecido.

15 Por outro lado, em um sistema nº 3 em que a escória de aço foi colocada na superfície do solo dragado, pH da água do mar foi aumentado de 8,3 a 9,0 após 20 dias passados, mas foi mantido a menos que 9,5. A concentração de sulfureto dissolvido na água do mar foi de 0,8 mg/l e foi a de maior supressão em comparação com os outros dois sistemas.

20 A partir destes resultados, ficou claro que foi possível manter o pH da água do mar periférica para que seja igual ou menor que 9,5 e para suprimir a liberação de sulfureto em comparação com o caso em que apenas o solo dragado foi utilizado, pela arrumação da escória de aço no solo dragado com uma espessura de 1 cm.

Tabela 5

Comparação de qualidade de água após 20 dias

Experimento nº.	pH (-)	D-S (mg/l)	Observações
1	6,7	2	Apenas solo dragado
2	12,2	7,7	Aumento em pH com adição de hidróxido de cálcio
3	9	0,8	Arrumação de escória de aço no solo dragado

(Exemplo 2) Verificação de supressão de geração de sulfureto devido à mistura de escória de aço carbonatada no solo dragado

- 5 Solo dragado foi centrifugado em 3000 rpm por 20 minutos e então foi utilizado no experimento. Escória de aço, (a seguir, referido como escória de aço carbonatada) submetida ao tratamento de carbonatação foi usada como escória de aço. O solo dragado e a escória de aço satisfizeram os padrões de qualidade para água pesqueira (Tabela 6).

10 Tabela 6

Comparação de solo dragado, escória de aço carbonatada e padrão de qualidade para água pesqueira.

	Razão de Conteúdo (%)	Gravidade Específica Bruta (-)	Perda de Ignição (%)	COD (mg/g de lama seca)	Sulfureto (mg/g de lama seca)
Solo	7,5	1,24	4,6	14,5	0,17
Escória de Aço Carbonatada	1,7	1,5	-	0,9	0,03
Padrão de Qualidade para água pesqueira	-	-	-	20,0	0,2

- 15 O solo dragado (úmido) e a escória de aço (com um diâmetro de partícula de 50% de 2 mm) com um diâmetro de partícula de 5 mm ou menos foram adicionados em garrafas de vidro (com volume de 1 l) sob uma con-

dição mostrada na tabela 7. Desde então, o resultante é arejado com nitrogênio, água do mar sintética da qual o oxigênio dissolvido (DO) foi retirado e foi adicionado às garrafas de vidro, sendo que as garrafas de vidro foram preenchidas de com água do mar, e as garrafas de vidro foram posicionadas

5 fechadas em uma temperatura ambiente (em 20 °C) por 35 dias. Após 35 dias passados, pH da água do mar nas garrafas de vidro foi medido. Já que o sulfureto pôde ser facilmente espalhado e desaparecido, o pH=10 foi ajustado após amostragem da água do mar. A amostra de água do mar foi filtrada pelo uso de um injetor que utiliza um filtro Millipore de 0,45 µm e sulfureto dissol-

10 vido (D-S) na água filtrada foi fixado com acetato de zinco e então o resultante foi medido. Íons de cálcio do líquido residual foram medido. O número total de bactérias foi medido pela utilização de um método ATP (trifosfato de adenosina) e o número de bactérias de redução de sulfato foi medido pelo uso de um método de tempo real PCR (Reação em cadeia de polimerase).

15

Tabela 7

Condição Experimental

Experimento nº.	Quantidade de solo (g: peso úmido)	Quantidade de escória de aço carbonatada (g: peso úmido)	Razão de adição de escória de aço carbonatada no solo (% em p/p)
1	100 g	0 g	0
2	70 g	30 g	30
3	50 g	50 g	50
4	0 g	100 g	100

A relação (após 35 dias passados) entre a taxa de mistura da escória de aço contra sulfureto na água do mar e o COD baseado no sulfureto é mostrado na figura 4.

20

No caso em que apenas o solo dragado foi utilizado, a concentração de sulfureto na água do mar foi de 7,5 mg/l. A concentração de sulfureto é reduzida quase na proporção da taxa de mistura da escória de aço carbonatada. No caso onde a escória de aço carbonatada foi de 100%, o sulfureto extraído foi igual ou menor que o limite de detecção. Sulfureto foi

medido como um COD (Demanda de Oxigênio Químico) e 1 mg/l de sulfureto corresponde a 2 mg/l do COD. No caso em que apenas o solo dragado foi utilizado, o COD baseado no sulfureto foi de cerca de 15 mg/l e o COD é também reduzido pela utilização da escória de aço carbonatada como o material do fundo, e com isso, reduz o consumo de oxigênio.

A biomassa microbiana total do solo dragado (a sistema nº 1) foi de cerca de 3×10^8 CELL/g, mas foi reduzido com o aumento na taxa de mistura da escória de aço carbonatada. A razão presente da biomassa microbiana total foi reduzida em igual ou maior que a taxa de mistura da escória de aço carbonatada. O resultado de medição do número de bactérias de redução de sulfato (o valor quantitativo relativo de genes provenientes das bactérias de redução de sulfato de cada amostra) é mostrado na figura 5. A razão presente de bactéria de redução de sulfato satisfeito em nº. 1>nº. 2>nº. 3>nº. 4 e a razão de concentração relativa de bactéria de redução de sulfato foi reduzida pela taxa de mistura da escória ou mais com o aumento na taxa de mistura da escória de aço carbonatada.

No caso em que apenas o solo dragado foi utilizado, foi observado que ácidos orgânicos foram produzidos devido à decadência e a acidificação da água do mar. Porém, quando a taxa de mistura da escória de aço carbonatada no solo dragado foi aumentada, o pH da água do mar foi suprimido (ver figura 6). Por exemplo, quando 50 % em massa da escória de aço carbonatada foi adicionada, o pH do mesmo pôde ser mantido no mesmo nível de pH (pH inicial de água do mar de 8,0 a 8,3) como a água do mar.

A partir destes resultados, foi visto que, pela mistura de cerca de 50% em massa de escória de aço carbonatada no solo dragado, foi possível manter o pH no mesmo nível como a água do mar, e reduzir o potencial de geração de sulfureto pela metade em comparação com o caso em que apenas o solo dragado foi utilizado, e reduzir o consumo de oxigênio por causa do sulfureto pela metade.

(Exemplo 3) Verificação de supressão de liberação de sulfureto devido à cobertura com escória de aço

Pela mistura da escória de aço carbonatada no solo dragado, foi

possível baixar o potencial de geração de sulfureto em comparação com o caso em que apenas o solo dragado foi utilizado, mas a geração de sulfureto não poderia ser zero, enquanto que a escória de aço carbonatada não foi reposicionada com 100% de solo dragado (Exemplo 2).

5 Consequentemente, foi verificado o efeito de prevenção da liberação de sulfureto na água do mar, junto com a utilização do método de cobertura da superfície inteira do solo dragado com a escória de aço.

10 Solo dragado foi centrifugado em 3000 rpm por 20 minutos e então foi utilizado no experimento. Escória de aço foi submetida ao tratamento de cabonatação (a seguir, referido como escória de aço carbonatada) ou escória de aço de forno conversor (a seguir, referido como escória de aço) submetida ao tratamento de cabonatação foi utilizada como escória de aço. O solo dragado, a escória de aço carbonatada, e a escória de aço satisfizeram os padrões de qualidade para água pesqueira (Tabelas 3 e 6).

15 Garrafas de vidro com um volume de 5 l foram preenchidas com 2 kg do solo dragado (úmido). Um sistema (sistema nº 1) em que apenas o solo dragado foi utilizado, um sistema (sistema nº 2) em que o solo dragado foi coberto com a escória de aço carbonatada, um sistema (sistema nº 3) em que o solo dragado foi coberto com a escória de aço carbonatada e areia
20 natural, e um sistema (sistema nº 4) em que o solo dragado foi reformado com a escória de aço carbonatada e então foi coberta com a escória de aço e a areia natural, foram preparados e comparados uns com os outros. Escória com um diâmetro de partícula máximo de 5 mm e 50% de diâmetro de partícula de 3 mm foram utilizados como escória de aço carbonatada e escória
25 de aço. Areia natural com um diâmetro de partícula de 2 a 5 mm foi utilizado como areia natural.

 A escória de aço carbonatada, a escória de aço, ou a areia natural foram uniformemente aplicadas na superfície inteira sob as condições mostradas na tabela 8.

Tabela 8

#Condição Experimental

Experi- mento nº	Solo	Condição de arrumação	Espessura de mate- rial de arrumação
1	Solo 2 kg	Nenhum material de ar- rumação	-
2	Solo 2 kg	500 g de escória de aço carbonatada são arruma- dos	1 cm
3	Solo 2 kg	250 g de areia natural são arrumados em 250 g de escória de aço carbona- tada	1 cm (escória: 5 mm)
4	Solo 1 kg de Escória de aço carbonatada a 1 kg	250 g de areia natural são arrumados em 250 g de escória de aço	1 cm (escória: 5 mm)

Posteriormente, 5 L de água do mar sintética foi lentamente in-
troduzido nas garrafas de vidro e garrafas de vidro foram posicionadas na
5 temperatura ambiente (22°C a 24°C) por cerca de um mês enquanto protege
as garrafas de vidro da luz. O pH, DO (oxigênio dissolvido), ORP (Potencial
de redução de oxidação), e a temperatura na água do mar do solo dragado
ou a escória de aço carbonatada (a seguir, referida como água do mar), fo-
ram continuamente monitoradas e gravadas (a cada 10 segundos). O teste
10 de avaliação foi executado por 35 dias.

O pH da água do mar foi introduzido de 8,3 a 7,5 no sistema nº 1
em que nenhum material de arrumação foi colocado. Por outro lado, no sis-
tema nº 2 em que a escória de aço carbonatada foi colocada, o pH foi au-
mentado de 8,3 a 8,6 a 8,8. No sistema nº 3 em que a escória de aço car-
15 bonatada e a areia natural foram arrumadas, o pH esteve na faixa de cerca
de 8,3 a 8,4, em que foi quase o mesmo do atual pH da água do mar. No
sistema nº 4 em que a escória de aço e a areia natural foram colocadas, o

máximo de pH aumentado foi de 8,3 a 8,8 a 9,1, mas foi mantido igual ou menor que 9,5.

DO e ORP da água do mar foram abaixados a $DO=0$ mg/l e $ORP=-400$ mV (com referência a uma prata/eletrodo de cloreto de prata) no sistema nº 1 em que nenhum material de arrumação foi colocado. Por outro lado, no sistema nº 2 em que a escória de aço carbonatada foi arrumada, no sistema nº 3 em que a escória de aço carbonatada e a areia natural foram arrumadas e no sistema nº 4 em que a escória de aço e a areia natural foram arrumadas, $DO=0,2$ mg/l ou menos e ORP (Potencial de redução de oxidação)=+50 a +100 mV (com referência a uma prata/eletrodo de cloreto de prata) foram mantidos.

100 ml da água do mar foi periodicamente retirada de modo a não perturbar o solo dragado, pH=10 foi ajustado uma vez, e I-C (Carbono inorgânico) foi medido. Posteriormente, sulfureto foi fixado com acetato de zinco para formar sulfureto de zinco e a concentração do sulfureto foi analisada (a seguir, referido como T-S). Aqui, T-S significa a soma de íons de sulfureto (a seguir, referido como D-S) dissolvido na água do mar e sulfureto de ferro insolúvel e similares. Água intersticial excedente obtida pela centrifugação do solo dragado no tempo do final do experimento foi ajustada a pH=10 uma vez e o carbono inorgânico (a seguir, referido como I-C) foi medido. O resultante foi filtrado com um injetor que utiliza filtro Millipore de 0,45 μ m e D-S produzido no solo dragado foi medido.

A variação em T-S na água do mar com o lapso de dias é mostrado na figura 7. Como um resultado, T-S foi detectado na água do mar no sistema nº 1 e não foi detectado nos sistemas nº 2 e nº 4 em que a escória de aço carbonatada ou a escória de aço foram adicionadas como material de cobertura.

D-S na água do mar e a água intersticial excedente no tempo do final dos experimentos são mostrados na figura 8. Sendo que D-S não foi detectado nos sistemas nº 2 e nº 4 em que a escória de aço foi arrumada. Por outro lado, elevada concentração de D-S foi detectada na água intersticial excedente em todos os sistemas, mas a geração de D-S foi claramente su-

primida no sistema em que a escória de aço carbonatada foi misturada no solo dragado como no sistema nº 4, em comparação com os outros sistemas.

5 Desta forma, através da utilização da escória de aço ou a escória de aço carbonatada como material de cobertura, foi confirmado que é possível suprimir a liberação de D-S. Através da mistura de escória de aço no solo dragado, foi confirmado que é possível reduzir a quantidade de D-S produzido por si próprio.

10 I-C na água do mar e a água intersticial excedente no tempo final do experimento são mostrados na figura 9. Sendo que I-C é acumulado quando a reação de redução de sulfato mostrada na figura 1 procede. I-C foi acumulado na água do mar do sistema nº 1, mas o I-C foi reduzido na água do mar nos sistemas nº 2 a nº 4 em que a escória de aço carbonatada ou a escória de aço foi utilizada como material de cobertura. Isto acontece porque o Ca^{2+} e íons de carbonato extraídos da escória de aço carbonatada ou
15 escória de aço em reação uma com a outra formam CaCO_3 que tem baixa solubilidade. Como mostrado na figura 9, I-C com uma considerável e elevada concentração como sulfureto foi detectada na água intersticial excedente de todos os sistemas, mas a geração de I-C foi claramente suprimida no sistema em que a escória de aço carbonatada foi misturada no solo dra-
20 gado como o sistema nº 4, em comparação com os outros sistemas.

 Desta forma, pela utilização da escória de aço ou da escória de aço carbonatada como material de cobertura, foi confirmado que foi possível suprimir a liberação de I-C. Pela mistura da escória de aço no solo dragado, foi confirmado que foi possível reduzir a quantidade de I-C produzido por si
25 próprio. Desta forma, através da utilização da escoria de aço carbonatada ou a escória de aço como o material de cobertura, foi confirmado que a liberação de I-C foi suprimida, semelhantemente ao D-S.

 A partir destes resultados, é considerado que, mesmo quando o sulfureto é produzido e acumulado no solo dragado, é possível efetivamente
30 suprimir a liberação de sulfureto na água do mar através da cobertura da superfície do solo dragado na utilização da escória de aço ou escória de aço carbonatada como material de cobertura.

(Exemplo 4) Verificação de supressão de liberação de sulfureto e fósforo devido à formação de camada solidificada em que escória de aço não submetida a tratamento de cabonatação é misturado no solo dragado.

Pela mistura de 50% em massa de escória de aço carbonatada
5 no solo dragado, foi possível reduzir a potencial geração de sulfureto em comparação com o caso em que apenas o solo dragado foi utilizado, mas a geração de sulfureto não pôde ser zero enquanto a escória de aço carbonatada não foi substituída com 100% de solo dragado (Exemplo 2). Foi considerado que isto acontece porque a escória de aço carbonatada fornece uma
10 quantidade menor de íons de cálcio e é difícil de solidificar mesmo quando está misturada no solo dragado.

Consequentemente, através da mistura de escória de aço não submetida a tratamento de carbonatação no solo dragado para formar uma camada solidificada, foi verificado que é possível evitar a liberação de sulfu-
15 reto e fósforo na água do mar. A escória de aço não submetida a tratamento de cabonatação extrai uma quantidade maior de íons de cálcio do que a escória de aço carbonatada e é então, considerado que íons de cálcio extraídas reagem com sílica extraída do solo dragado para promover a solidificação.

O experimento foi realizado na seguinte ordem.

20 O solo dragado (úmido) e a escória de aço (com um diâmetro de partícula de 50% de 2 mm) com um diâmetro de partícula de 5 mm ou menos, são misturados e adicionados nas garrafas de vidro (com um volume de 1 l) sob as condições mostradas na tabela 9. Posteriormente, o resultante é arejado com nitrogênio, a água do mar sintética da qual o oxigênio dissolvido
25 (DO) foi retirado, e foi adicionado às garrafas de vidro, as garrafas de vidro foram preenchidas com água do mar, e as garrafas de vidro foram posicionadas fechadas em um temperatura ambiente (em 20°C) por 30 dias. Quatro sistemas foram preparados para cada experimento.

Após 3, 10, 20 e 30 dias passados, a qualidade de água da água
30 do mar das garrafas de vidro foi medida. Já o sulfureto pôde ser facilmente espalhado e desaparecido, o pH=10 foi ajustado apenas após amostragem da água do mar. A amostra da água do mar foi filtrada através do uso de um

injetor que utiliza um filtro Millipore de 0,45 μm e sulfureto dissolvido (D-S) na água filtrada foi fixado com acetato de zinco e então o resultante foi medido. Os íons de sulfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) extraídos do líquido residual foram medidos.

Tabela 9

5 Condição experimental

Experimento nº.	Quantidade de solo (g: peso úmido)	Quantidade de escória de aço (g: peso úmido)	Razão de adição de escória de aço no solo (% em p/p)
1	50 g	0 g	0
2	50 g	50 g	50

As variações de sulfureto dissolvido (D-S) e íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) na água do mar com o lapso de dias são mostrados nas figuras 10 e 11.

10 Como um resultado, no sistema de solo dragado, sulfureto dissolvido (D-S) foi detectado a partir da água do mar após 3 dias e foi alterado para 1 mg/l até o 30º dia após o 10º dia. Íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) são detectados após 3 dias passados e foram alterados para 0,9 a 1,2 mg/l até o 30º dia após o 10º dia.

15 Por outro lado, no sistema em que 50% em massa se escória de aço foi misturado para solidificar o solo dragado, sulfureto dissolvido (D-S) e íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) foram completamente alterados para serem iguais ou menores que o limite de detecção até o 30º dia.

20 A partir destes resultados, foi considerado que mesmo quando sulfureto dissolvido (D-S) e íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) são produzidos e acumulados no solo dragado, foi possível efetivamente suprimir a liberação de sulfureto dissolvido (D-S) e íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) na água do mar através da mistura da escória de aço no solo dragado para promover a solidificação. O coeficiente de permeabilidade de água k do solo de escória misturada foi reduzido a $1,2 \times 10^{-7}$ cm/segundo.

25 (Exemplo 5) Verificação de supressão de liberação de sulfureto e fósforo devido à formação de camada de solo em que escória de aço é arrumada no solo dragado.

De fato, solo dragado pode ser frequentemente e parcialmente introduzido no fundo da área de empréstimo do fundo do mar. Neste caso, pela arrumação da mistura de solo dragado ou a escória de aço na introdução de solo dragado para formar uma camada de mistura de solo, é considerado que é possível suprimir a liberação de sulfureto e fósforo.

Portanto, através da mistura da escória de aço (com um máximo de diâmetro de partícula de 20 mm e um diâmetro de partícula de 50% de 9 mm) não submetido ao tratamento de cabonatação com o solo dragado no topo da camada de solo dragado para formar uma camada solidificada, foi verificado que foi possível evitar a liberação de sulfureto e fósforo na água do mar. A escória de aço não submetida ao tratamento de cabonatação e que tem um diâmetro de partícula menor que 10 mm extraem uma ampla quantidade de íons de cálcio e sílica extraídos do solo dragado e reagem com íons de cálcio para promover a solidificação.

O experimento foi executado na seguinte ordem. A mistura de escória em que o solo dragado (úmido) e a escória de aço (com um diâmetro de partícula de 50% de 9 mm) foram misturadas, foi adicionada às garrafas de vidro (com um volume de 1 l) sob as condições mostradas na tabela 10. Posteriormente, o resultante é arejado com nitrogênio, água do mar sintética da qual o oxigênio dissolvido (DO) foi removido, e foi adicionada às garrafas de vidro, sendo que as garrafas de vidro foram preenchidas com água do mar, e as garrafas de vidro foram posicionadas fechadas em uma temperatura ambiente (em 20°) por 30 dias. Quatro sistemas foram preparados para cada experimento.

Após 3, 10, 20 e 30 dias passados, a qualidade de água da água do mar das garrafas de vidro foi medida. Já que o sulfureto pôde ser facilmente separado e desaparecido, o pH=10 foi ajustado apenas após amostragem da água do mar. A amostra da água do mar foi filtrada através da utilização de um injetor que utiliza um filtro Millipore de 0,45 μm e sulfureto dissolvido (D-S) na água filtrada foi fixado com acetato de zinco e então o resultante foi medido. Os íons de sulfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) extraídos do líquido residual foram medidos.

Tabela 10

Condição experimental

Experimento nº.	Quantidade de solo (g: peso úmido)	Quantidade de solo contendo escória de aço misturada (g: peso úmido)
1	50 g	0 g
2	50 g	50 g

Como um resultado, no sistema de solo dragado, sulfureto dissolvido (D-S) foi detectado a partir da água do mar após 3 dias passados e foi alterado para 1 mg/l até o 30º dia após o 10º dia. Íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) foram detectados após 3 dias passados e foram alterados para 0,9 a 1,2 mg/l até o 30º dia após o 10º dia. Por outro lado, no sistema em que a camada solidificada contendo 50% em massa de escória de aço misturada com a mesma foi disposta no solo dragado, sendo que o sulfureto dissolvido (D-S) e íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) foram completamente alterados para ser igual ou menor que o limite de detecção até o 30º dia.

A partir destes resultados, foi considerado que mesmo que sulfureto dissolvido (D-S) e íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) foram produzidos e acumulados no solo dragado, foi possível efetivamente suprimir a liberação de sulfureto dissolvido (D-S) e íons de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$) na água do mar pela arrumação da camada em que a escória de aço foi misturada no solo dragado para promover a solidificação no solo dragado. O coeficiente k de permeabilidade de água do solo de escória misturada foi reduzido a $1,0 \times 10^{-7}$ cm/segundo.

20 APLICABILIDADE INDUSTRIAL

De acordo com a invenção, é possível acentuadamente realçar o efeito do aprimoramento do ambiente marinho através do aterramento utilizando solo dragado e escória de aço produzida através de um processo de fabricação de aço, que proporciona elevada aplicabilidade industrial.

25 LISTAGEM DE SINAIS DE REFERÊNCIA

1: FUNDO DO MAR

2: ÁREA DE EMPRÉSTIMO

3: SOLO ESCAVADO OU SOLO ESCAVADO QUE TEM ESCÓ-

RIA DE AÇO MISTURADA NO MESMO

4: ESCÓRIA DE AÇO

5: AREIA NATURAL

REIVINDICAÇÕES

1. Método de aterramento de uma área de empréstimo de um fundo de mar, caracterizado pelo fato de que compreende:

5 um processo de mistura para misturar um solo dragado com uma primeira escória de aço não submetida a um tratamento de carbonatação, para que uma taxa de mistura da primeira escória de aço esteja em uma faixa de 10% em massa a 50% em massa, para adquirir uma mistura de solo dragado; e

10 um processo de formação de camada de mistura de solo dragado que introduz a mistura de solo dragado na área de empréstimo para formar uma camada de mistura de solo dragado.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o processo de mistura inclui misturar o solo dragado com a primeira escória de aço a uma taxa de mistura em que a água do mar é desnaturada com um pH igual ou maior que 8 e menor que 9,5.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a primeira escória de aço contém 50% em massa ou mais de escória de aço com um diâmetro de partícula inferior a 10 mm.

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, 20 caracterizado pelo fato de que compreende ainda um processo de formação de camada de escória de aço que assenta uma segunda escória de aço na camada de mistura de solo dragado para formar uma camada de escória de aço.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo 25 fato de que a segunda escória de aço contém 50% em massa ou mais de escória de aço com um diâmetro de partícula menor que 10 mm.

6. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a camada de mistura de solo dragado e a camada de escória de aço são alternada e repetidamente sobrepostas.

30 7. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um processo para a execução de um tratamento por carbonatação na segunda escória de aço antecipadamente.

8. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a camada de escória de aço é coberta ainda com areia natural.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende:

5 um processo de formação de camada de solo dragado para a introdução de um solo dragado no fundo da área de empréstimo para formar uma camada de solo dragado; e

 um processo de formação de camada de escória de aço ou de camada de mistura de solo dragado para assentar uma mistura de solo dra-
10 gado, ou a segunda escória de aço na camada de solo dragado para formar uma camada solidificada de mistura de solo dragado ou uma camada de escória de aço.

 10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a camada de solo dragado e a camada de mistura de solo dra-
15 gado ou a camada de escória de aço são alternada e repetidamente sobrepostas.

 11. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a camada de escória de aço é coberta ainda com areia natural.

 12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a
20 11, caracterizado pelo fato de que, quando a área de empréstimo é aterrada com uma pluralidade de camadas, a escória de aço carbonatada difícil de solidificar é utilizada como a escória de aço para a camada mais alta, e a escória de aço fácil de solidificar é utilizada como a escória de aço para as outras camadas.

FIG. 1

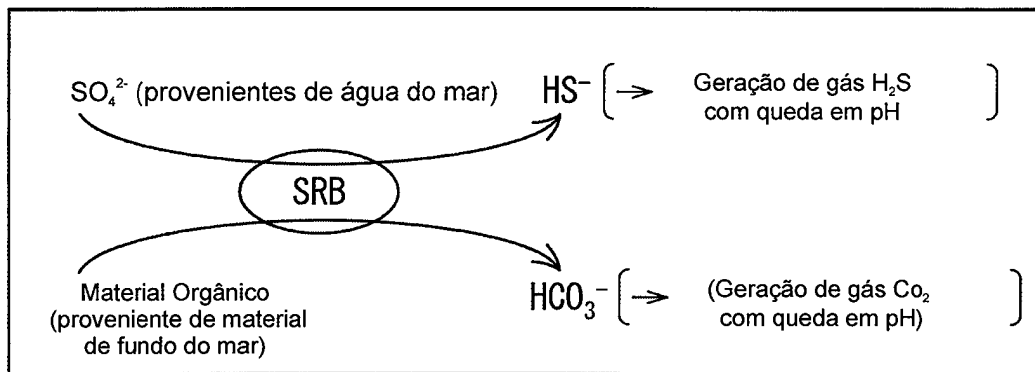


FIG. 2

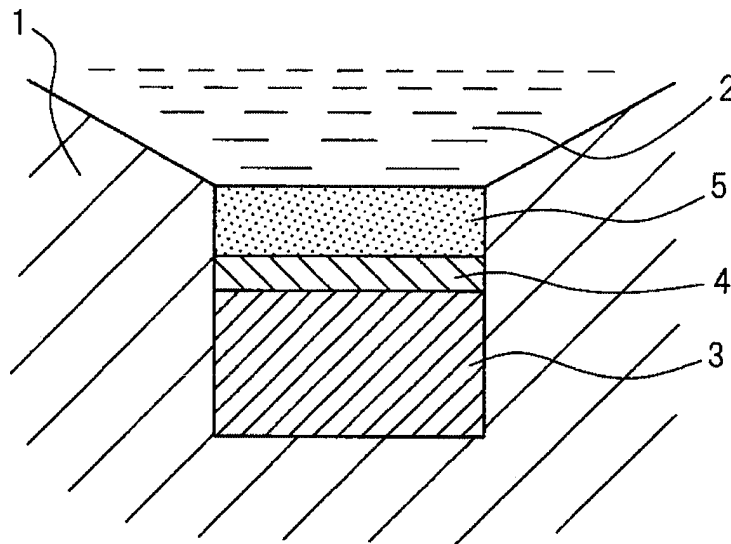


FIG. 3

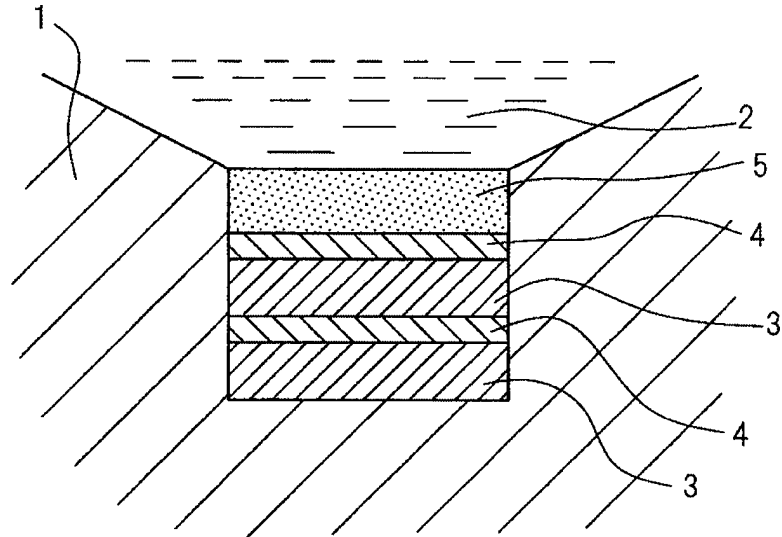


FIG. 4

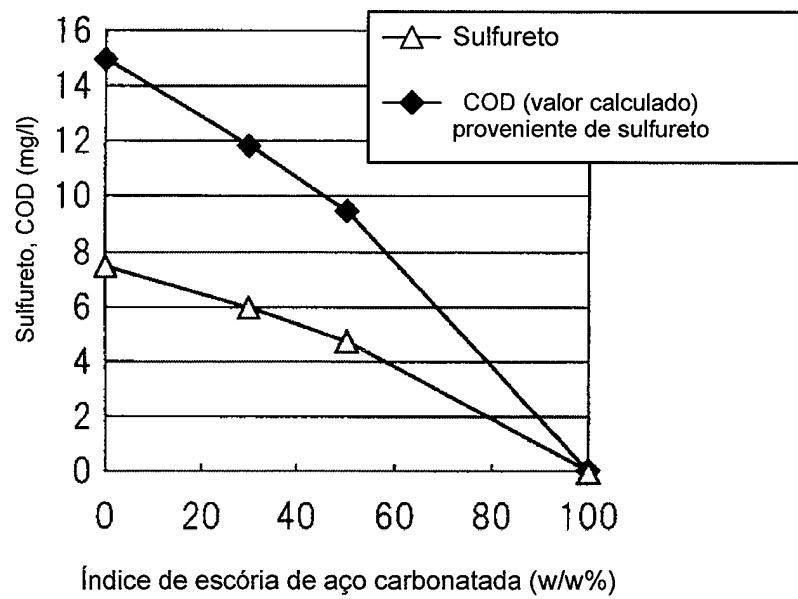


FIG. 5

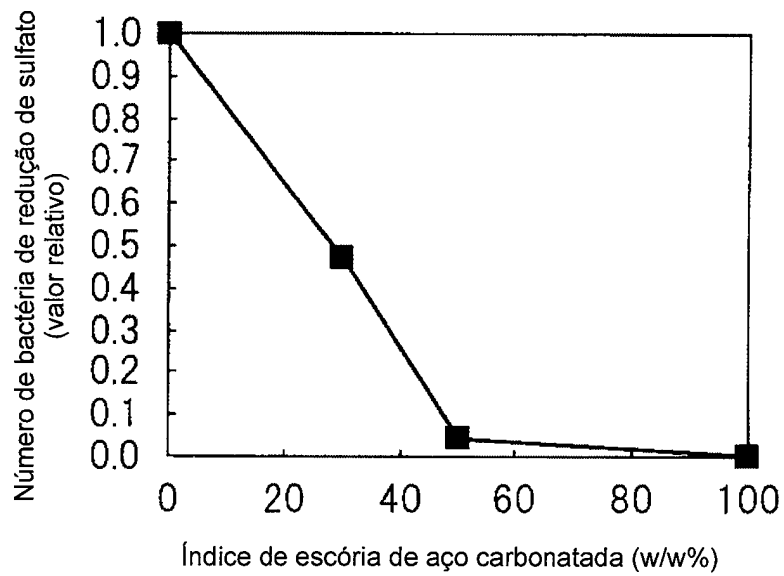


FIG. 6

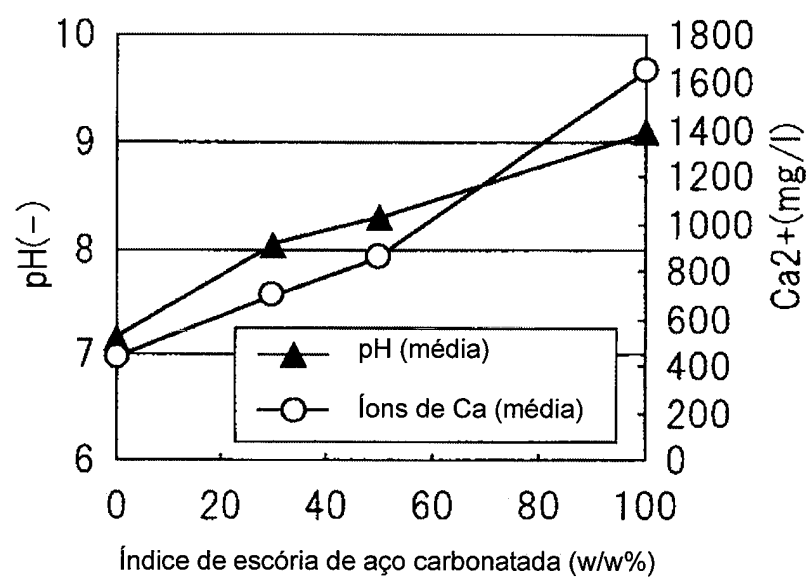


FIG. 7

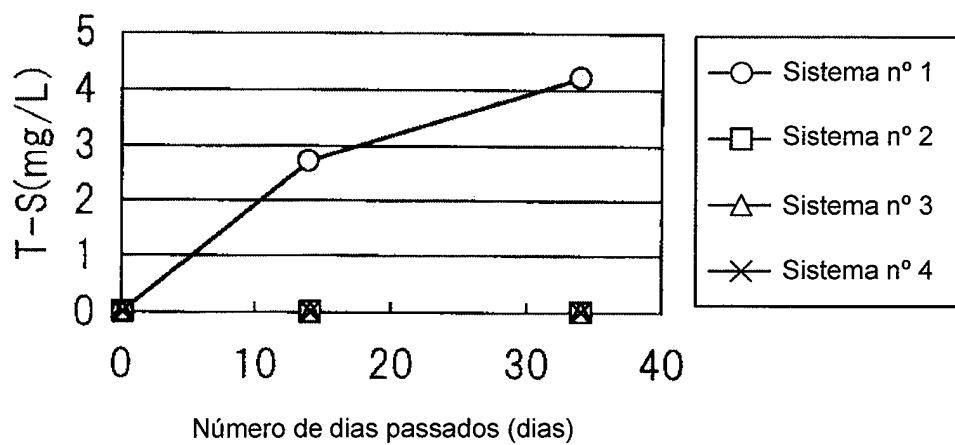


FIG. 8

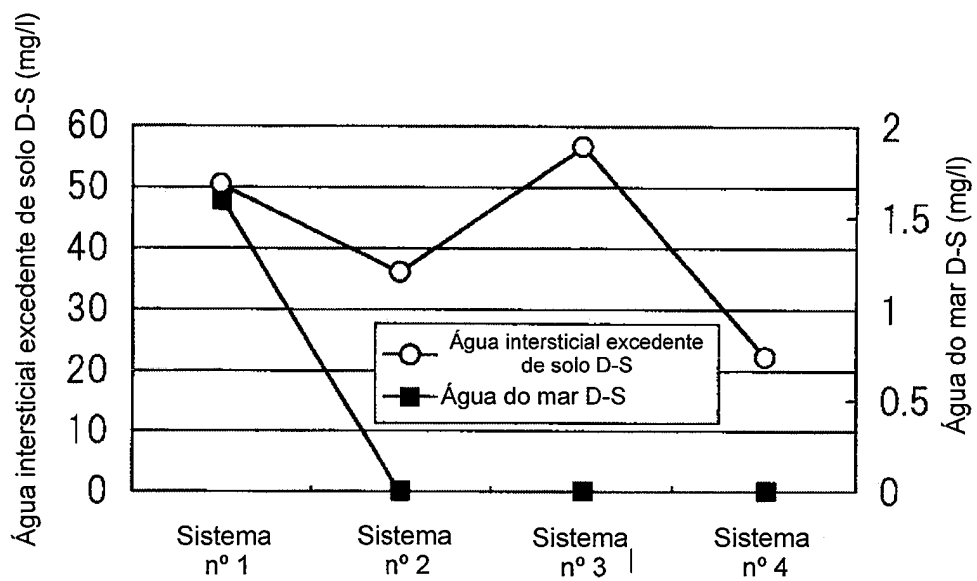


FIG. 9

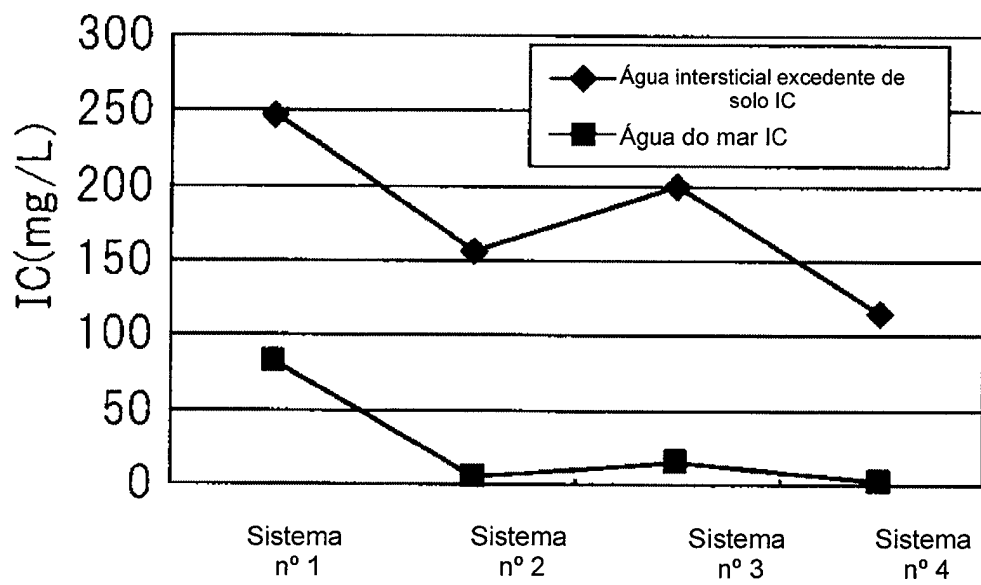


FIG. 10

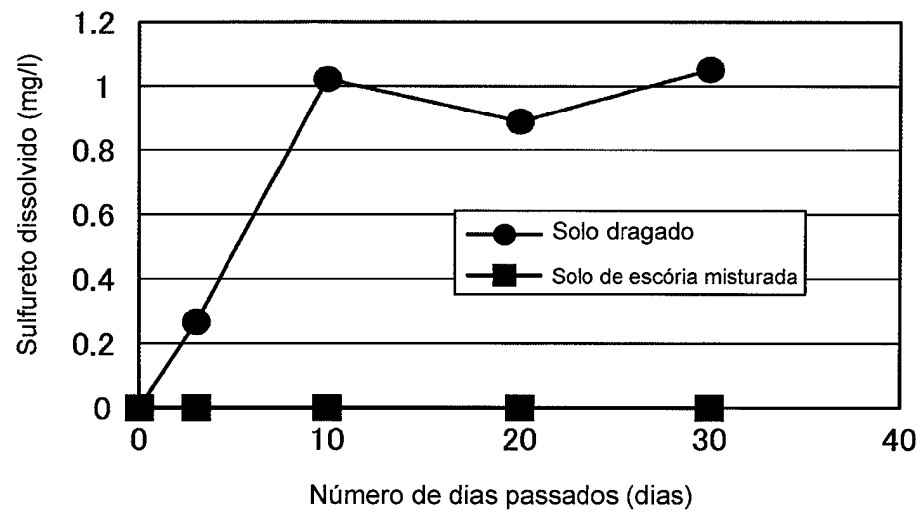


FIG. 11

