

(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
2020年1月2日(02.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/003551 A1

(51) 国際特許分類:
E21B 43/00 (2006.01)

東京都新宿区大久保 3-4-1 51 号館 1
2 階 03 室 栗原研究室内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/033532

(22) 国際出願日: 2018年9月11日(11.09.2018)

(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 2018-119449 2018年6月25日(25.06.2018) JP

(72) 発明者; および

(71) 出願人: 劉雨晨(Yuchen Liu) [CN/JP]; 〒1698555
東京都新宿区大久保 3-4-1 55 号館 S
棟 7 階 05 A 室 栗原研究室内 Tokyo (JP). 栗
原 正典(Masanori Kurihara) [JP/JP]; 〒1698555

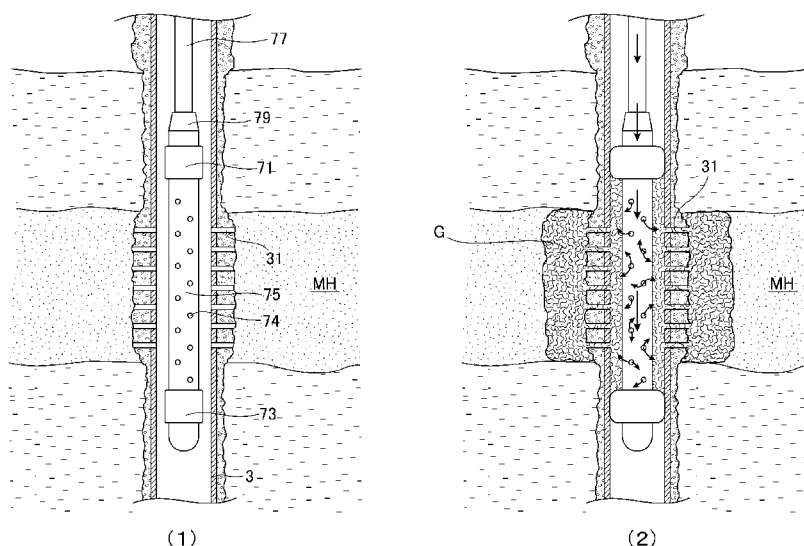
(74) 代理人: 植村 貴昭 (UEMURA Takaaki);
〒3300802 埼玉県さいたま市大宮区宮町 3-3
6-1 ガルボ大宮宮町 402 号 Saitama (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: PRODUCTION METHOD FOR METHANE HYDRATE USING BED IMPROVEMENT

(54) 発明の名称: 地層改良を用いたメタンハイドレート生産方法。

[図3]



(57) Abstract: [Problem] In the production of sand-layer methane hydrate, there are problems in terms of bed compaction and production of sand within mines, and the effect of existing methods to counter sand production is inadequate. [Solution] The present invention prevents the fluidization of sand generated when methane hydrate is cracked, by injecting an improving agent which can adequately anchor sand particles into the space (particles) between sand particles which are unsolidified or weakly solidified and that constitute the bed to be developed. In addition, provided is a technique

[続葉有]

WO 2020/003551 A1

QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

(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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

for suppressing the production of sand within mines, contributing to the stable production of gas, by injecting a filling material into the target bed in the periphery of a well, to create a porous improved body having adequate strength and good permeability. The present invention also performs permeability restoration measures such as fracturing or chemical processing on a bed which has been subjected to the abovementioned improvements, and thereby combine stabilization of the bed with gas productivity.

(57) 要約: 【課題】砂層型メタンハイドレートの生産では、地層圧密や坑内出砂という問題点があるが、既存の出砂対策手法は効果が不十分である。【解決手段】本発明は、開発対象となる地層を構成する未固結または固結の弱い砂粒子の隙間(孔隙)に、砂粒子を十分に固着できる改良剤を注入することで、メタンハイドレートが分解時に発生する砂の流動化を防ぐ。また、坑井周辺の対象地層に充填材を注入し、十分な強度と良好な浸透性を有する多孔質改良体を作成することで、坑内出砂を抑え、ガスの安定生産に寄与する技術を提供する。さらに、上記の改良を施した地層を対象に水圧破碎(フラクチャリング)やケミカル処理等の浸透率回復措置を行い、地層の安定化とガスの生産性の両立を実現させる。

明 細 書

発明の名称： 地層改良を用いたメタンハイドレートの生産方法。

技術分野

[0001] 本発明は、陸上凍土層及び海底地層等に賦存する砂層型メタンハイドレートの産出方法に関する。

背景技術

[0002] メタンハイドレートは、次世代のエネルギー資源として世界中に注目され、各国の研究チームにより様々な開発方法が検討されている（特許文献１）（特許文献２）。そのうち、日本の研究者らは複数回のフィールド産出試験を実施し、メタンハイドレートの分解手法として減圧法が有効であることを検証できた（非特許文献１）。

[0003] しかし、過去国内外で行われたフィールド産出試験では、いずれも地層の圧密や出砂が問題とされ、メタンハイドレートの安定生産を実現するまでの最大難関と視される（非特許文献２）。これは、固体のメタンハイドレートは砂粒子が未固結または固結の弱い地層に賦存しており、粒子間の孔隙を充填することで砂粒子を支える役割も果たしている。一方、メタンハイドレートがメタンガスと水へ分解すると、砂粒子間は固着力が喪失し、流動性が生じてしまう。流動性が生じた砂は水やガスの生産により坑内に運搬され、坑内機器にダメージを与えることになる。

[0004] 出砂による生産障害を回避するために、直近の第二回海洋産出試験では、従来の石油・ガス生産で実績のあるグラベルパック・スクリーン法が投入された。しかし、この手法は単純に流出した砂をフィルタリングするものであり、砂に流動性の発生を抑制できず、メタンハイドレート生産の出砂対策としては効果が極めて限定的である。その不十分さは、同産出試験により明らかにされた（非特許文献３）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2009-030378号公報

特許文献2：特開2011-012451号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：山本晃司「メタンハイドレート資源の開発方法」、メタンハイドレート資源開発国際シンポジウム、2010

非特許文献2：メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム「第1回海洋産出試験の結果報告について」、経済産業省メタンハイドレート開発実施検討会（第8回）、2007

非特許文献3：メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム「第2回海洋産出試験について」、メタンハイドレートフォーラム2017

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 従来の産出方法では、地層圧密や坑内出砂という問題点がある。本発明は、地層圧密や坑内出砂を解決できる、メタンハイドレートの新しい産出方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明は、陸上の凍土層又は海底地層の砂粒子間に存在する砂層型メタンハイドレートを対象とした、下記（a）～（e）の工程を有する産出手法である。

（a）開発対象となるメタンハイドレート地層内に改良剤または充填材を注入する地層改良工程。

（b）前記地層改良工程（a）の前に、注入改良剤の種類、操業の方法と条件及び諸パラメータ等の算出、決定する計画工程。

（c）前記地層改良工程（a）の後に、地層改良を施した地層からメタンハイドレートをメタンガスと水に分解させ、メタンガスを回収する生産工程。

（d）前記地層改良工程（a）の後、前記生産工程（c）の前に、必要に応じて、地層改良を施した地層の浸透率を向上させる、水圧破碎及びケミカル

処理工程。

(e) 前記計画工程 (b) の後、前記地層改良工程 (a) の前に、充填材により改良体を造成するスペースを作るために、予め出砂を意図的に起こし、空洞を作る前処理工程。

上記 (a) ～ (e) の工程のうち、経済性の最大化のために、一部の工程を省略したり、複数回を実施したり、または実施手順を変えてもよい。

[0009] 好適には、前記改良剤は、地層の浸透率が大きく下がらない範囲で、地層を構成する固結の弱い砂粒子を十分に固着できる改良剤から選ばれる。例えば、セメント系、水ガラス系、高分子系（アクリルアミド系、尿素系、ウレタン系等）、又は炭酸カルシウムをはじめとする沈殿や、ポリマー及びその他の固形物の生成により、砂粒子を固着することができる改良剤から選ばれる。

好適には、前記充填材は、自然または人工出砂によりできた空洞に、十分な強度と良好な浸透性を有する改良体を造成できるものから選ばれる。例えば、樹脂被覆プロパント、樹脂被覆セラミック粒、樹脂被覆ガラスビーズ、及び前記改良剤を表面にコーティングした砂、ガラスビーズまたはセラミック粒子から選ばれる。

好適には、地層に改良剤または充填材を注入する工法として、改良剤を砂粒子の間隙を浸透させる薬液注入工法と、高圧のジェット流により砂を切削し、改良剤または充填材を強制的に地層に注入する高圧噴射工法を採用する。

発明の効果

[0010] 本発明は、未固結または固結の弱い砂層を人工的に固着させる、及び坑井周辺に十分な強度と浸透率を有する改良体を造成することにより、メタンハイドレート生産時における地層圧密や坑内出砂を解決でき、メタンハイドレートの新しい生産技術を提供することが可能になる。

また、本発明により改良後のメタンハイドレートの地層は、従来の石油・ガス貯留層と類似した性質を持つようになり、既存の石油・ガス開発技術を最大限に活用でき、経済面で有利である。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]本発明の第1の実施形態に係る生産方法の説明図である。
- [図2]砂層型メタンハイドレートが賦存する地層の状況の説明図である。
- [図3]坑内注入装置及びそれを用いた改良剤注入イメージの一例の概念図である。
- [図4]本発明を用いたメタンハイドレート生産フローの一例である。
- [図5]水平坑井の概念図である。
- [図6]複数水平坑井により対象地層を全面改良する場合の概念図である。
- [図7]単一垂直坑井により対象地層を部分的に改良する場合の一例の概念図である。
- [図8]本発明の第2の実施形態に係る、充填材による多孔質改良体造成の概念図である。
- [図9]本発明の第2の実施形態に係る、坑井周辺に多孔質改良体を造成する方法の説明図である。

発明を実施するための形態

[0012] <第1の実施形態>

図1は、本発明の第1の実施形態に係る生産方法の説明図である。

- [0013] 例えば、日本近海の南海トラフの海底地層にメタンハイドレートが賦存している。ここで、海底は水深1000m程度と想定している。さらに、海底面より300m程度深い砂質の地層MHにメタンハイドレートの濃集帯を有している。この対象地層MHは、開発対象地層とされ、層厚が約数十メートルと想定される。

- [0014] メタンハイドレートの生産では、図1の様に、作業船1により海底から対象地層MHまでの坑井を掘削する。坑口にBOP108（防噴装置）を設け、坑内にケーシング3を設置し、坑壁とケーシングとの隙間にセメンチングを施す。さらに、対象地層MHに相当する深度において、ガンパーフォレーションにより、ケーシングとセメンチング部を貫通したガンパー孔を作成する。これにより、対象地層MHと坑内との物質交換が可能になる。

作業船 1 には、改良剤タンク 102、ポンプ 103、ウインチ 104、泥水処理装置 105 が搭載されている。ウインチ 104 は、注入用ホース 107 を巻き取って収納しており、必要に応じて伸ばしたり巻き取ったりすることができる。注入用ホース 107 は、改良剤タンク 102 内の改良剤 G を送り込むために使用される。また作業条件により、ホースの代わりに掘管を使うことも可能である。

他方、泥水ホース 106 は、坑井内から戻ってきた泥水を作業船 1 へ輸送するために使用される。泥水ホース 106 からの泥水は、泥水処理装置 105 で適切な処理が行われる。

坑内注入装置 109 は、対象地層に改良剤を注入するために使われる。

ただし、これはあくまで一例である。これに限定されず、深度が異なる海底、地層でも、又は異なる層厚を有する対象地層 MH でも応用可能である。また、対象地層 MH にケーシングを設置せず、坑壁に他の支保対策または裸坑での生産も可能である。更に、本方法は、海底の対象地層 MH だけではなく、陸上のメタンハイドレート地層に対しても応用可能である。

[0015] 図 2 は、対象地層 MH の状況の説明図である。

[0016] 対象地層 MH は、主に砂粒子 11 から構成する地層であり、砂粒子 11 の隙間にメタンハイドレート 13 が存在していると想定される。ここで、メタンハイドレートは安定領域にあるため、固体状態となっている。また、砂粒子同士は、固体のメタンハイドレートの存在でしっかりと固着されている。

この状態において、圧力を下げると、メタンハイドレートは水とメタンガスに分解するため、減圧法によってメタンハイドレートからメタンガスを生産することが可能である。

しかし、この場合何も対策をしないと、メタンハイドレートの分解により、砂粒子間の固着力が喪失し、砂粒子に流動性が生じてしまう。その結果、メタンガスや水と共に、砂 11 も大量に流出することになり、大きな生産障害となる。

そこで、メタンハイドレートの安定生産の為に、対象地層 MH の浸透率が

大きく下がらない範囲で、砂１１の流出を防ぐことができる方法が求められている。

本発明における地層改良は、砂粒子１１を十分に固着できる改良剤を対象地層MHの孔隙に注入し、砂粒子を人工的な固着する。注入条件のコントロールにより、改良後の対象地層MHはメタンハイドレートの生産に十分な浸透率を有し、かつ、メタンハイドレートが分解しても、砂粒子の流動や地層圧密、出砂が起こらない性質を有する。

[0017] 図３は、改良剤Gの注入の説明図である。

[0018] 図３のように、ケーシング３が坑内に挿入されている。坑壁とケーシング３の間にセメンチングが施されている。また、ケーシング３及びセメンチング部には、ケーシング内と対象地層MHを貫通する複数のガンパー孔３１が開けられている。ガンパー孔３１を通して、地層とケーシング内との物質（流体はまた固形粒子）交換が可能になる。

坑内注入装置１０９は、本体、連結部（吊り具）、上側パーカ７１、下側パーカ７３を有しており、ホース７７を通じて地上（または船上）装置まで繋ぐ。本体は中空の円筒状であり、壁面に改良剤や泥水が出る流出孔が設けられる。なお、作業条件により、ホース７７の代わりに掘管を使うことも可能である。

[0019] 改良剤の注入は、下記の手順で実施する。なお、現場状況により異なる手順で実施することもある。

- ・上側パーカ７１及び下側パーカ７３が収縮した状態で、坑内注入装置１０９を所定の深度まで降下させる。
- ・油圧または圧縮気体により、上側パーカ７１及び下側パーカ７３を膨らませ、ケーシング３の内壁と密着させる。
- ・地上（又は船上）設備から、改良剤Gをホース（または掘管）７７を通して坑内注入装置に送り込む。坑内注入装置内の改良剤Gは、流出孔から上側パーカ７１及び下側パーカ７３の間に充満され、やがてガンパー孔３１を通じて対象地層MHに注入される。

・改良剤Gのゲルタイムを経つと、砂粒子同士は固化した改良剤Gを介して固着され、メタンハイドレートが分解しても、砂に流動化が生じなくなる。

なお、改良剤の種類やゲルタイムにより、ホース（または掘管）77や坑内注入装置109内に固化し、該当装置を再度使用不能に陥る可能性がある。その場合、改良剤注入が完了後に、ホース（または掘管）77を通じて泥水を循環させ、装置内に残余した改良剤Gを排出する。

[0020] 図4は、本実施形態の生産フローの一例である。

[0021] <ステップ1（計画工程）>

ステップ1では、開発対象の地質、貯留層条件等の情報に基づいて、生産シミュレーションや経済性評価等により、注入改良剤の種類、作業の方法と条件及び諸パラメータ等を算出、決定しなければならない。

上記の計画工程では、予め、下記情報（a）～（e）の全部又は一部を入力データ又は判断材料として知っておく必要がある。

（a）地質構造、地層連続性、岩相、粒径、推定可採埋蔵量

（b）貯留層の形状、境界、各所の深度、層厚、孔隙率、浸透率、飽和率、温度、圧力

（c）メタンハイドレートの安定領域、分解条件

（d）各改良剤の適用対象、適用条件、適用限界

（e）各改良剤の反応メカニズム、及び反応の進行に伴う、温度、圧力、孔隙率、各相流体の飽和率、浸透率の定量的な変化等

上記の情報（a）、（b）は、メタンハイドレートの開発事業者（石油会社等）から入手できるほか、独自で探査、測定することも可能である。情報

（c）は、既往文献から調査できる。情報（d）は、改良剤メーカーから入手できるほか、独自の試験で得ることもできる。情報（e）は、本発明のキーポイントの一つであり、独自の実験又はシミュレーションにより確立するものである。

なお、個別案件により、上記以外の情報を必要とすることもある。

[0022] 上記の既知情報の全部または一部を用い、生産シミュレーションや経済性

評価により、地層改良の計画を策定する。計画策定の際は、下記（a）～（n）の一部又は全部を検討する。

（a）改良剤の種類

（b）最適な改良位置と範囲。範囲は、地層内の改良半径又は改良剤到達範囲で表す

（c）改良剤の濃度、使用量と配合比

（d）改良剤の注入位置、注入工法、注入順序、注入圧力、注入レート等

（e）改良剤の最適なゲルタイム

（f）改良剤と配合使用する添加材の種類、濃度、使用量、使用タイミング等

（g）改良剤反応による生成物の種類、質量、濃度、化学特性、濡れ性等

（h）改良後の対象地層MHの浸透率、孔隙率、圧力、温度、強度等

（i）残りの未反応改良剤の量、濃度、粘性との変化傾向

（j）改良後の地層流体の組成、粘性、pH等

（k）未反応の改良剤を排出する為の作業工法、泥水の密度、粘性、泥水循環レート等

（l）対象地層の浸透率の回復作業の必要性の有無、及びその作業の種類、方法等

（m）メタンガスや水の見込み生産量、地層の性状を表す各パラメータの見込み推移

（n）上記の条件やパラメータによる操業コスト、経済性を表す諸指標

上記のうち、（a）改良剤の種類は、生産井を通して地層に注入することが可能であり、かつ、地層を構成する固結の弱い砂粒子を十分に固着できるものが選定される。また、場合によって、途中から異なる改良剤Gに切り替えることも可能である。

現在のところ、改良剤Gは、セメント系、水ガラス系、高分子系（アクリルアミド系、尿素系、ウレタン系等）、又は炭酸カルシウムをはじめとする沈殿、ポリマー、及びその他の固形物の生成により、砂粒子を固着できるタ

イプを用いることを想定している。

ただし、上記の種類に限定されず、今後より良いものを開発予定である。開発の際にも、生産井を通して地層に注入することが可能であり、かつ、地層を構成する固結の弱い砂粒子を十分に固着できるという観点で選択することになる。

[0023] <ステップ2（地層改良工程）>

ステップ2において、対象地層MHに、図3に示すような方法で改良剤を注入する。

改良剤の注入は、対象地層MHを全面改良するパターンと、一部のみ改良するパターンがある。前者（全面改良）は、交互注入・交互生産（図6にて説明する）により、対象地層MHが従来の石油・ガスの貯留層と似たような性質（砂粒子に流動性を生じにくい性質）を持つように改良し、既存を石油・ガスの生産技術を最大限に活用できる利点がある。

一方、後者（一部改良）は、坑井周辺の限られた範囲に改良剤を注入するパターン（図7にて説明する）である。改良された地層は、外周からの砂流入を阻止しつつ、水やメタンガス等の流体のみが坑内に入れるフィルターのような役割を果たす。このパターンは、出砂防止効果を得られると同時に、改良範囲（予算）を最小限に抑えられる利点がある。

[0024] <ステップ3（水圧破碎及びケミカル処理工程）>

ステップ3において、上記ステップ2で改良された対象地層MHを対象に、坑井テストを実施し、主に地層の浸透率や生産能力を評価する。必要に応じ、対象地層MHを対象に浸透率を向上させる作業を行う。例えば、水圧破碎（a）又はケミカル処理（b）を行う。

水圧破碎（a）は本来、主にシェールガスやシェールオイルの開発の為に、浸透率の低い頁岩層に割れ目を作る（フラクチャリング）技術であるが、本発明においては、改良剤の固化または反応生成物により浸透率が大きく下がった改良部を対象に実施する。

一方、ケミカル処理（b）は、主に塩酸またはフッ酸を利用し、孔隙内の

細粒分等を除去し、浸透率を向上させる作業である。その他、地層改良過程における過剰反応物や反応の副生成物による浸透率の低下を解消するために、該当物質と反応し、生成物は液体、気体または地層流体に溶けるように促す薬剤を投入することも可能である。

なお、上記ステップ2で改良が施された対象地層MHは十分な浸透率を有する場合、このステップを実施しなくてもよい。

[0025] <ステップ4（生産工程）>

ステップ4において、上記ステップにより改良された対象地層MHから、減圧法等によりメタンハイドレートを分解させ、メタンガスを回収する。

また、実際のガス生産の実施結果などから、地層改良の有効性や当初の生産計画を評価し、後続生産計画の策定や改良剤Gの開発・改良に資する。

[0026] 図5は、複数の水平坑井101を用いる場合、その水平坑井の概念図である。

[0027] 坑井101は、対象地層MH内を延びる水平部111が設けられる。水平部111には、図3に示すようなガンパー孔31が多数設けられ、坑内と地層の間に改良剤や生産物の物質交換が可能である。

[0028] 確実な地層改良及び生産範囲の最大化を追求するため、坑井101は、図5（2）の様に、対象地層MH内を一定の方向に沿い、複数本並べて掘削される（第1坑井101a、第2坑井101b及び第3坑井101c）。

なお、実際の開発では、坑井配置は図示のように限定されず、地質条件、貯留層条件や経済性評価等に基づき、図4に示すフローにより決められる。

[0029] 図6は、複数の水平坑井による交互注入・交互生産により、対象地層MHを全面改良する場合の概念図である。

[0030] 図6（1）は、交互注入の第1段階の説明図である。

貯留層の条件により、坑井101を1本おきに、生産井、注入井とグループに分ける。

第1坑井101aから、改良剤Gを注入しつつ、第2坑井101b及び第3坑井101cから、減圧法によりメタンガスの生産を行う。

[0031] 図6(2)は、交互注入の第2段階の説明図である。

図6(1)のように、第2坑井101b及び第3坑井101cから生産を続けると、地層の圧密や出砂の懸念が生ずる。そこで、ある程度メタンハイドレートが分解した段階で、図6(2)に示す第2段階の生産に移行する。

具体的には、第1坑井101aをメタンガスの生産井に切り替え、第2坑井101b及び第3坑井101cを改良剤Gの注入井に切り替える。これにより、両グループの坑井とも、地層の圧密や出砂が生じずに、ある程度均一で安定的に改良することができる。

[0032] 図6(3)は、交互注入の第3段階の説明図である。

図6(2)の改良を進めると、図6(3)のように、第2坑井101b及び第3坑井101cにおいて、図6(1)の第1坑井101aより上回る改良範囲まで進めることができる。

[0033] 図6(4)は、交互注入の第4段階の説明図である。

第1坑井101aは、ある程度メタンハイドレートが分解した後、図6(4)のように再度注入井に切り替え、改良剤を注入する。一方、第2坑井101b及び第3坑井101cは、再度、生産井に切り替える。このように、対象地層MHが全面改良されるまで、交互注入・交互生産を実施する。

[0034] 図6(5)は、交互注入の第5段階の説明図である。

図6(4)まで進むと、対象地層MHの全面改良が完了し、通常の石油・ガス貯留層と相似した性質を持つようになる。地層の圧密や出砂を生じにくくなるので、第1坑井101a、第2坑井101b、第3坑井101cの全てからメタンガスの生産が可能となる。

[0035] 以上のような手法では、交互注入で改良しつつメタンガスの交互生産が可能であり、水平坑井の適用により改良・生産範囲の最大化や回収率の向上を目指すことが可能である。

なお、図6はあくまで一例である。坑井本数や形態、改良剤注入の交互回数は、現場の状況に合わせ変更可能である。また、減圧法とは異なる増進回収法の利用も可能である。

[0036] 図7は、単一の垂直坑井により、対象地層MHに一部改良を施す場合の説明図である。

対象地層MHを通す垂直坑井（101）の適切深度において、図3の坑内注入装置を用いて改良剤の注入作業を行う。この際、改良剤は浸透性を有する対象地層MHの坑井周辺に拡散し、図2に示す原理で砂粒子を人工的に固着し、生産時の地層圧密や出砂が生じなくなる。その後、改良体を対象に、必要に応じて水圧破碎（フラクチャリング）やケミカル処理を行い、地層改良部の浸透率を向上させる作業を行う。このように、十分な浸透率と強度を有する改良部を造成できる。

この改良部は、外周からの砂流入を阻止しつつ、水やメタンガス等の流体のみが坑内に流入できるフィルターのような役割も果たす。坑井周辺のみので地層改良で出砂防止効果を得られると同時に、地層改良に使う予算を最小限に抑えることができる。

[0037] <第2の実施形態>

本発明の第2の実施形態では、坑井周辺の対象地層において充填材により多孔質改良体を造成し、メタンハイドレート生産時における坑内出砂を防ぐ。図8は、本発明の第2の実施形態に係る、充填材による多孔質改良体造成の概念図である。

本発明における充填材は、粒子21の表面に固着剤22をコーティングして作られた材料である。粒子21は、直径0.1mm～10mmの珪砂、セラミック、ガラスビーズである。固着剤22は、常温、乾燥状態において固体であるが、熱、水、配合剤または触媒により化学反応が起こり、炭酸カルシウムや高分子物質等の固形物を生成することにより、粒子21を固着する性質を有する。

充填する際は、充填材をその運搬媒体となる液体24に分散させ、適切な粘性を有する液状またはスラリー状の注入材を作製する。この注入材を坑内注入装置により坑内に送り込み、対象地層の空洞に注入する。注入された注入材は、液体24が対象地層に浸透していき、残りの充填材は粒と粒が密着す

るように空洞を充填できる。注入材の注入量、注入レート、注入圧等から、空洞の充填率を推定できる。

空洞が十分に充填されれば、固着材 22 による化学反応を促進する熱水、配合剤または触媒を地層に注入する。これにより、固着材 22 により化学反応が起こり、固形物を生成し、粒子 21 を固着できる。固着された粒子 21 同士の間隙 23 を有しており、流体を通すことができる。これにより、十分な強度と良好な浸透性を有する多孔質改良体を作成でき、出砂を防止しつつ、安定したガス生産を実現できる。

好適には、前記充填材は、メタンハイドレートが賦存する地層環境において、十分な強度と良好な浸透性を有する改良体を造成できるものから選ばれる。例えば、樹脂被覆砂（レジンコーテッドサンド）、樹脂被覆セラミック粒、樹脂被覆ガラスビーズ、及び前記改良剤を表面にコーティングした砂、ガラスビーズまたはセラミック粒子から選ばれる。

好適には、前記運搬媒体となる液体 24 は、地層圧力とのバランスをとるために比重を調整した、かつ、分散された充填材が容易に沈殿しないように粘度を調整した泥水または他の液体を使用する。

[0038] 図 9 は、本発明の第 2 の実施形態に係る、坑井周辺に改良体を造成する方法の説明図である。

図 9 のように、対象地層 MH まで坑井を掘削する。坑内にケーシング 3 を設置し、坑壁とケーシング 3 の間にセメンチングが施されている。また、ケーシング 3 及びセメンチング部には、ケーシング内と対象地層 MH を貫通する複数のガンパー孔 31 が開けられている。ガンパー孔 31 を通して、地層とケーシング内との物質（流体はまた固形粒子）交換が可能になる。

改良体の造成は、以下の手順で実施する。

・水中ポンプ（ESP ポンプ）41 による減圧を実施し、対象地層 MH に含まれるメタンハイドレートを分解させる。メタンハイドレートの分解に伴い、地層を構成する砂粒子は固着力を喪失し、水の産出に伴い坑内に運搬され、水中ポンプ 41 により地上（船上）に排出される。砂の排出により、坑井周辺

の対象地層MHに地層流体で充満された空洞Cが形成される。

- ・ 地上（船上）において、砂と水の排出レートや累積排出量を監視し、坑井周辺に形成された空洞の推定規模（高さ、半径等）をモニタリングする。
- ・ 空洞の推定規模が計画値に達すれば、砂排出作業を中止し、水中ポンプ41を地上（または船上）まで回収する。
- ・ 図3の坑内注入装置を用い、第1の実施形態における改良剤の注入方法と同様に、出砂で形成された空洞に注入材、及び充填材Fの固化を促進する熱水、配合剤または触媒を注入する。
- ・ 注入作業が完了後、ホース（または掘管）77を通じて水または泥水を循環させ、注入装置内に残余した注入材を排出する。
- ・ 坑内注入装置を地上（または船上）まで回収する。

これにより、坑井周辺の対象地層に充填材Fを注入できる。充填材Fは固結後、十分な強度と良好な浸透性を有する多孔質改良体になり、出砂を防止しつつ、安定したガス生産を実現できる。

なお、前記意図的に出砂を起こす手法として、水中ポンプによる減圧以外、熱水循環やインヒビター等化学物質の投入によりメタンハイドレートを分解させてもよい。また、対象地層に空洞を作る手法として、前記メタンハイドレートを分解させる手法以外に、高圧流体噴射による地層切削や、坑内に送り込む機械による地層切削を用いてもよい。更に、充填材を地層空洞に注入する方法として、図3の坑内注入装置以外に、他の装置や工法を用いてもよい。

このような実施形態を有することから、メタンハイドレートの生産の際に砂を必要以上に生産することを防ぐことが可能となる。

[0039] 本発明の、構造、システム、プログラム、材料、各部材の連結、使用する化学物質、などは、本発明の要旨を変更しない範囲で、様々に変更可能である。

材質も、金属、プラスチック、複合材、セラミック、コンクリート等を自由に選択することが可能である。

例えば、2つ以上の部材を1つにすることも可能であるし、逆に、1つの部材を2つ以上の別の部材から構成して接続することも可能である。

また、改良剤には、改良剤をうまく効かせるための添加剤（吸着促進剤、界面活性剤、触媒等）を配合使用しても、または、改良後の地層に滲透性を持たせるよう、改良剤にN₂やCO₂等ガスの気泡やマイクロバルブを混和しても良い。

また、一つの地層に対して一回の改良に限らず、複数の箇所でも多段階で改良を実施しても良い。逆に、複数の薄層に対して一括で改良を実施することも可能である。

また、上記実施形態は、あくまでも、現在のところの最良の形態の1つにすぎない。

また、制御などは、掘削船や地上現場の制御部分によって制御されても良いし、海中、坑口、坑内 に設置する制御部分によって制御されても良い。

また、工程の順序なども、所定の効果を有するのであれば、適宜変更可能である。

符号の説明

- [0040] 1 : 作業船
3 : ケーシング
7 : 坑内注入装置
1 1 : 砂粒子
1 3 : メタンハイドレート
2 1 : 充填材の粒子
2 2 : 充填材の固着剤
2 3 : 孔隙
2 4 : 充填材の運搬媒体となる液体
3 1 : ガンパー孔
4 1 : 水中ポンプ
7 1 : 上側パーカ

- 7 4 : 孔
- 7 3 : 下側パーカ
- 7 5 : 坑内注入装置本体
- 7 7 : ホース
- 7 9 : 連結部
- 1 0 1 : 坑井
- 1 0 2 : 改良剤タンク
- 1 0 3 : ポンプ
- 1 0 4 : ウインチ
- 1 0 5 : 泥水処理装置
- 1 0 6 : 泥水ホース
- 1 0 7 : 注入用ホース
- 1 0 8 : B O P (防噴装置)
- 1 0 9 : 坑内注入装置
- 1 1 1 : 水平部
- C : 空洞
- F : 充填材
- M H : 対象地層
- G : 改良剤

請求の範囲

- [請求項1] 陸上の凍土層又は海底地層の砂粒子間に存在するメタンハイドレートを対象とし、前記対象地層内に改良剤を注入する地層改良工程を有する生産手法。
- [請求項2] 陸上の凍土層又は海底地層の砂粒子間に存在するメタンハイドレートを対象とし、前記対象地層内に自然または人工で発生した空洞に、充填材を注入し改良体を作る地層改良工程を有する生産手法。
- [請求項3] 前記地層改良工程の前に、注入改良剤または充填材の種類、操作の方法と条件及び各パラメータ等の算出、決定する計画工程を有し、前記地層改良工程は、前記計画工程で決定された条件等で改良剤または充填材を注入する請求項1と請求項2に記載の生産方法。
- [請求項4] 前記地層改良工程の後に、地層改良を施した地層からメタンハイドレートをメタンガスと水に分解させ、メタンガスを回収する生産工程を有する生産手法。
- [請求項5] 前記地層改良工程の後に、必要に応じて、地層改良を施した地層の浸透率を向上させる、水圧破碎又はケミカル処理工程を有する請求項4に記載の生産方法。
- [請求項6] 前記計画工程では、少なくとも、改良剤または充填材の種類を決定する請求項3に記載の生産方法。
- [請求項7] 前記改良剤は、生産井を通して地層に注入することが可能であり、かつ、地層を構成する固結の弱い砂粒子を十分に固着できるものから選ばれる請求項6に記載の生産方法。
- [請求項8] 前記改良剤は、セメント系、水ガラス系、高分子系（アクリルアミド系、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、フラン樹脂系、尿素系、ウレタン系等）、又は炭酸カルシウムをはじめとする沈殿、ポリマー、及びその他の固形物の生成により、砂粒子を固着できるタイプの改良剤から選ばれる請求項7に記載の生産方法。
- [請求項9] 前記充填剤は、生産井を通して地層に注入することが可能であり、

かつ、十分な強度と良好な浸透性を有する改良体を作成できるものから選ばれる請求項 6 に記載の生産方法。

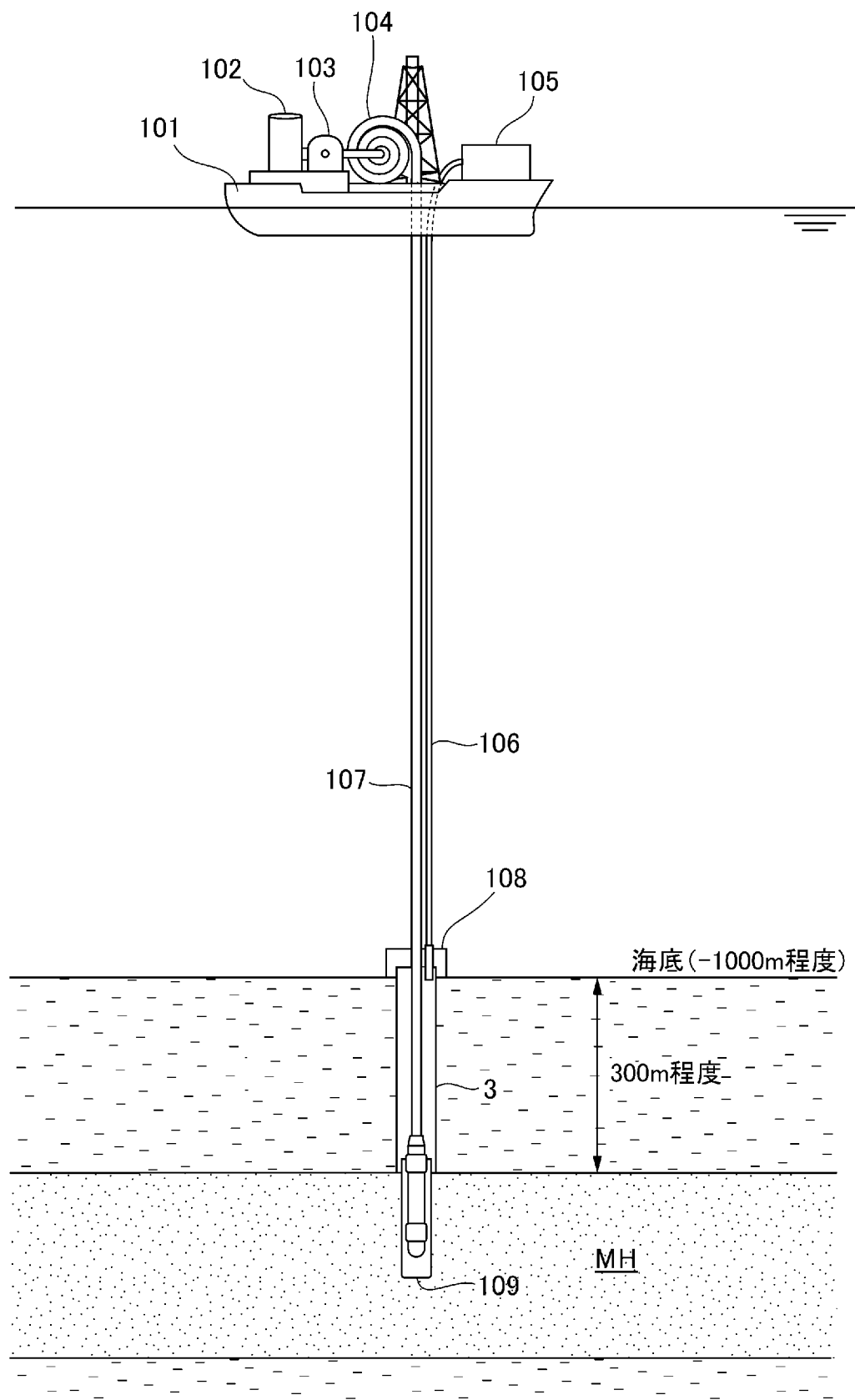
[請求項10] 前記充填剤は、樹脂被覆砂（レジンコーテッドサンド）、樹脂被覆セラミック粒、樹脂被覆ガラスビーズ、及び請求項 8 に記載の改良剤を表面にコーティングした砂、ガラスビーズ、セラミック粒子または他の粒子状物質から選ばれる請求項 9 に記載の生産方法。

[請求項11] 前記計画工程では、少なくとも、改良剤または充填材の注入に伴う地層の挙動を含むシミュレーションをし、注入の条件を決定する請求項 3 に記載の生産方法。

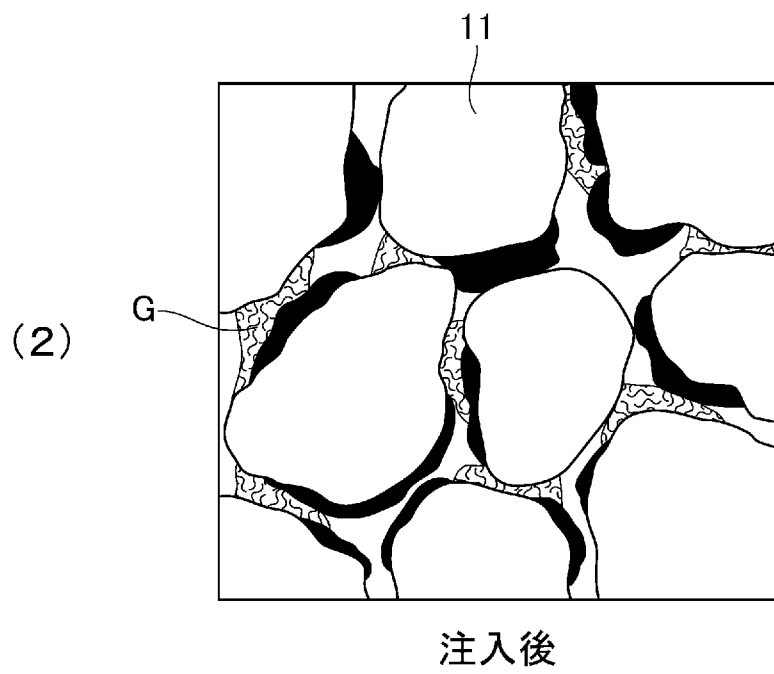
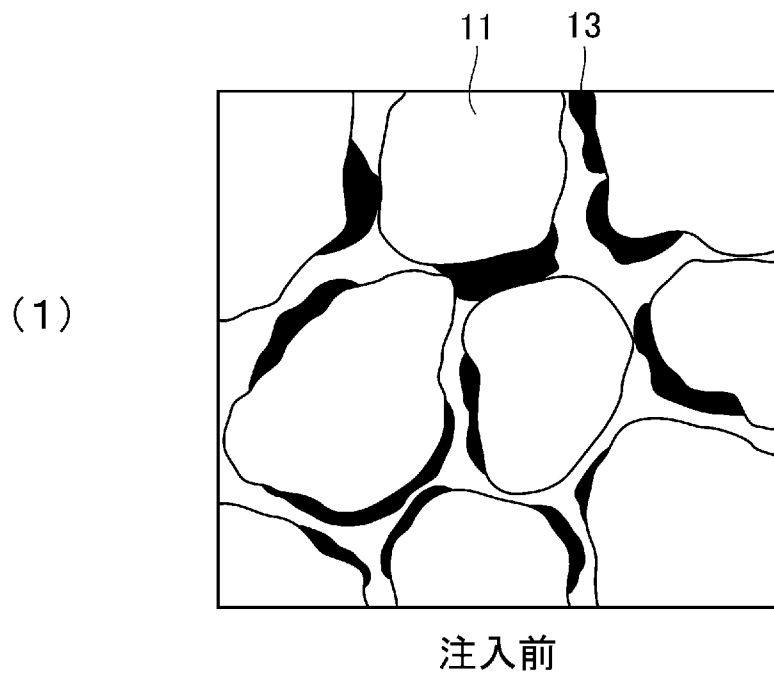
[請求項12] 前記計画工程では、少なくとも、請求項 1 に記載の生産方法により改良を施した地層からメタンガスを生産するシミュレーションをし、注入の条件を決定する請求項 3 に記載の生産方法。

[請求項13] 前記計画工程では、少なくとも、請求項 2 に記載の生産方法により改良を施した地層からメタンガスを生産するシミュレーションをし、注入の条件を決定する請求項 3 に記載の生産方法。

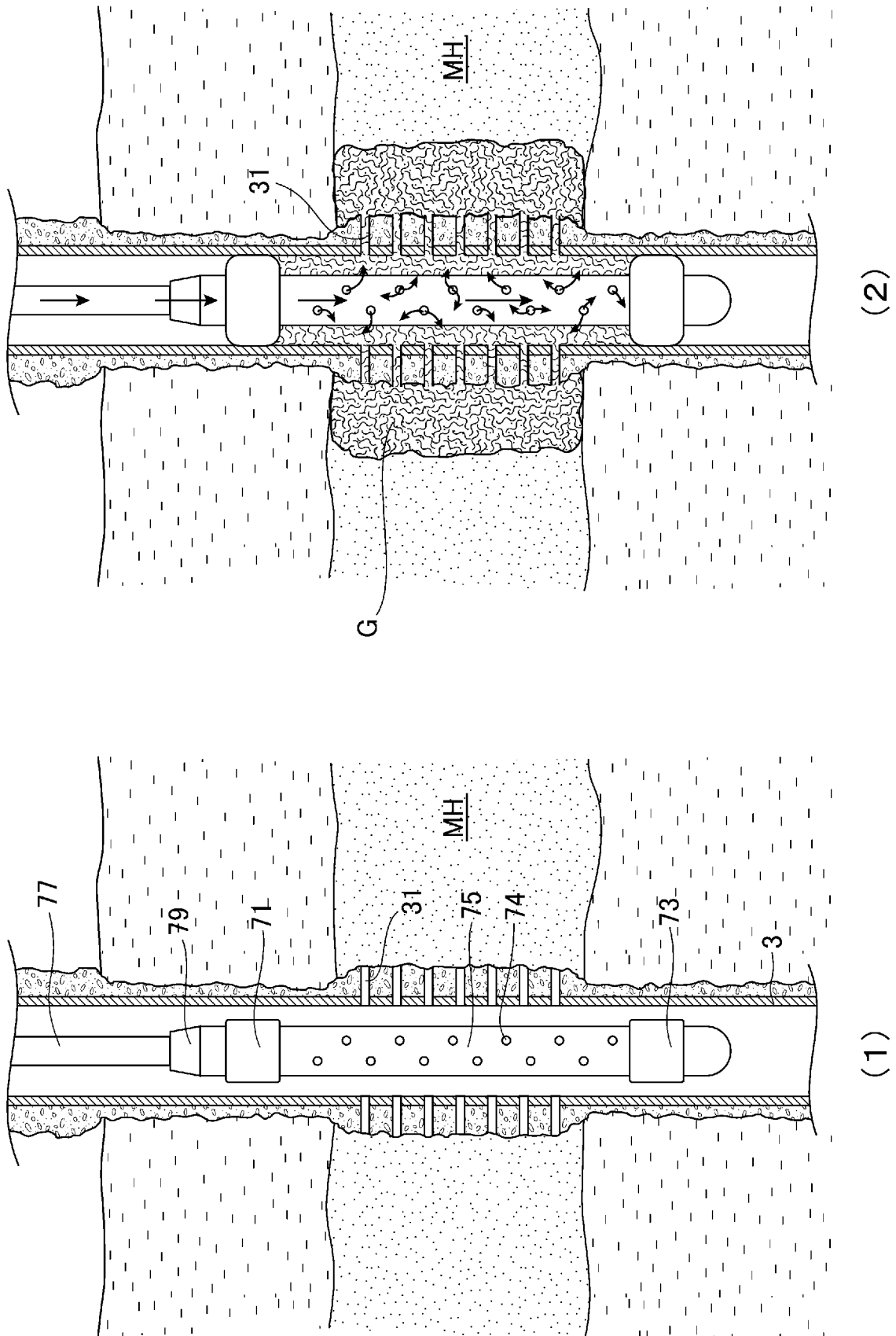
[図1]



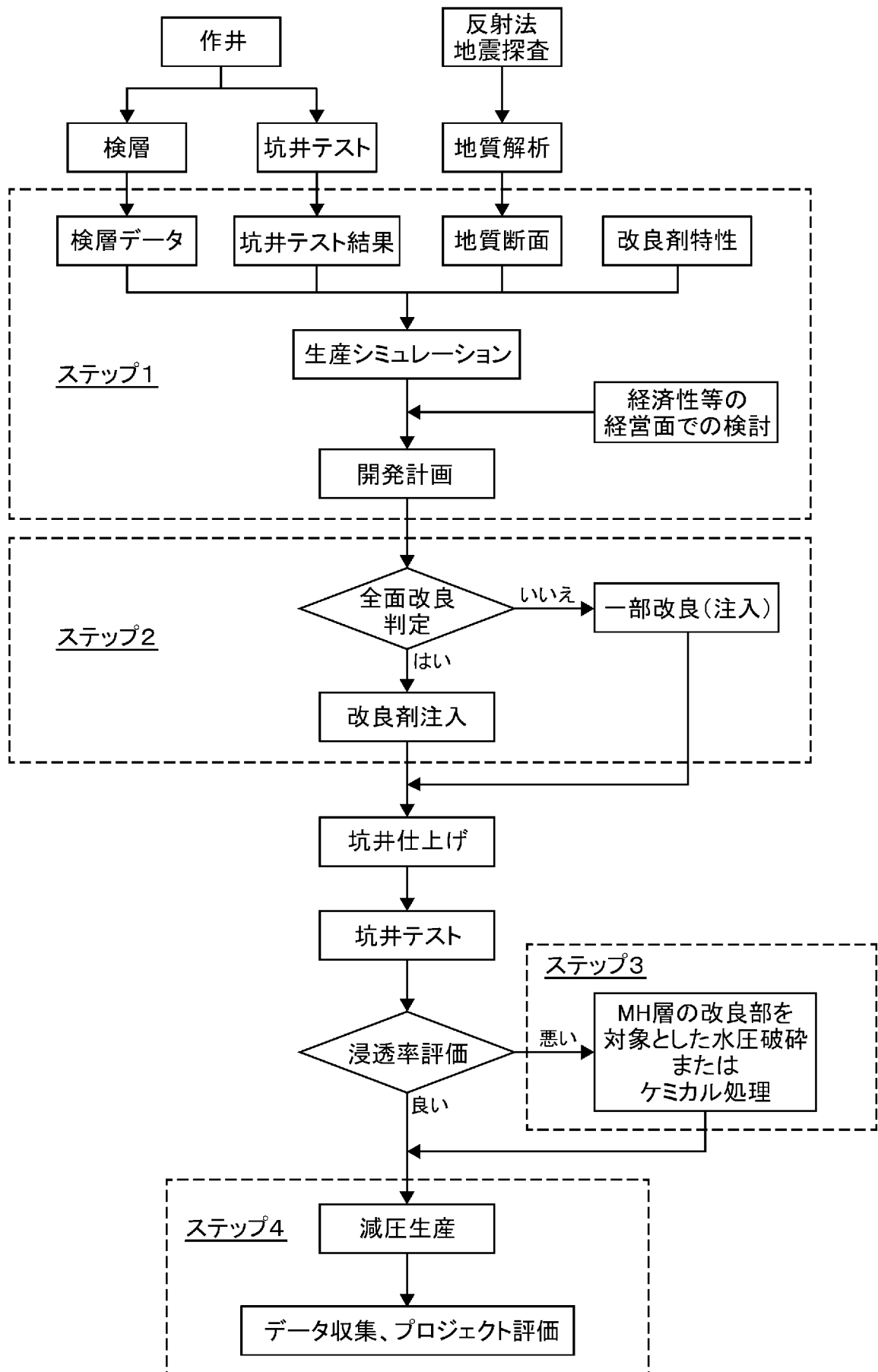
[図2]



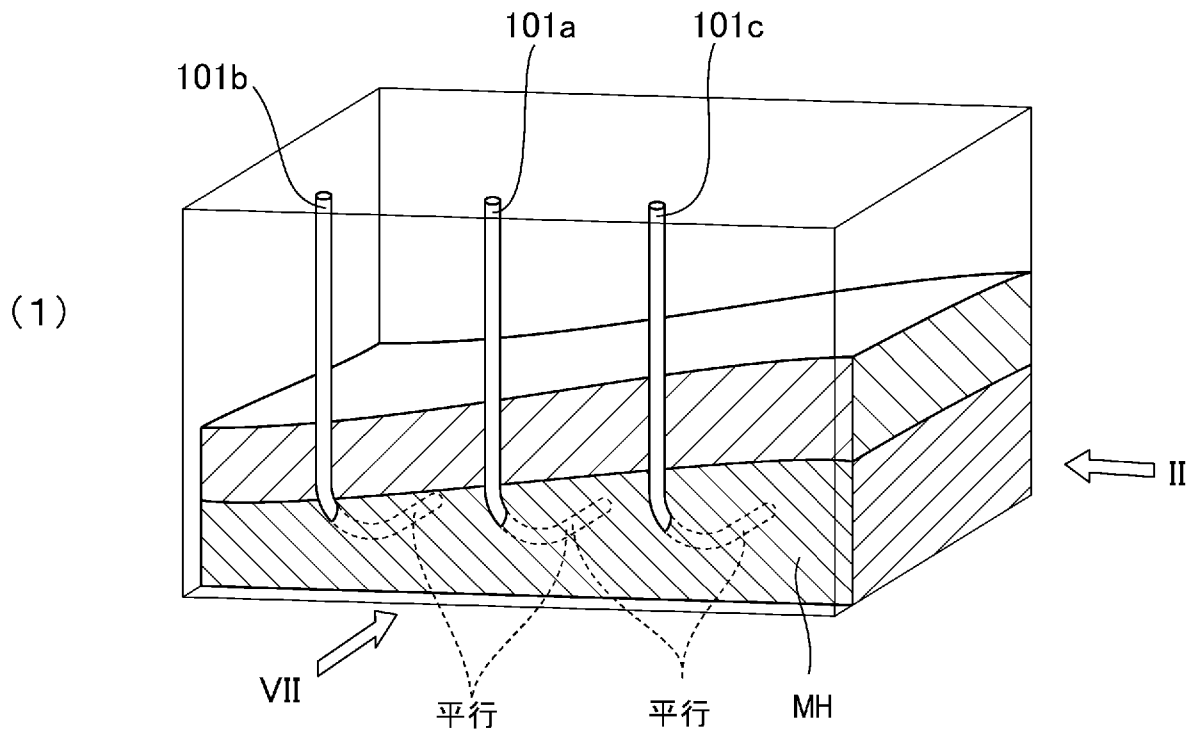
[図3]



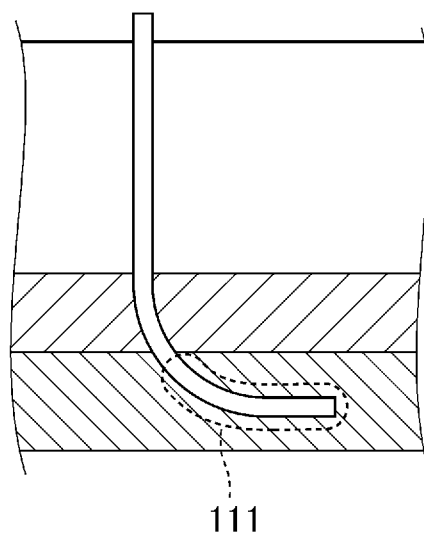
[図4]



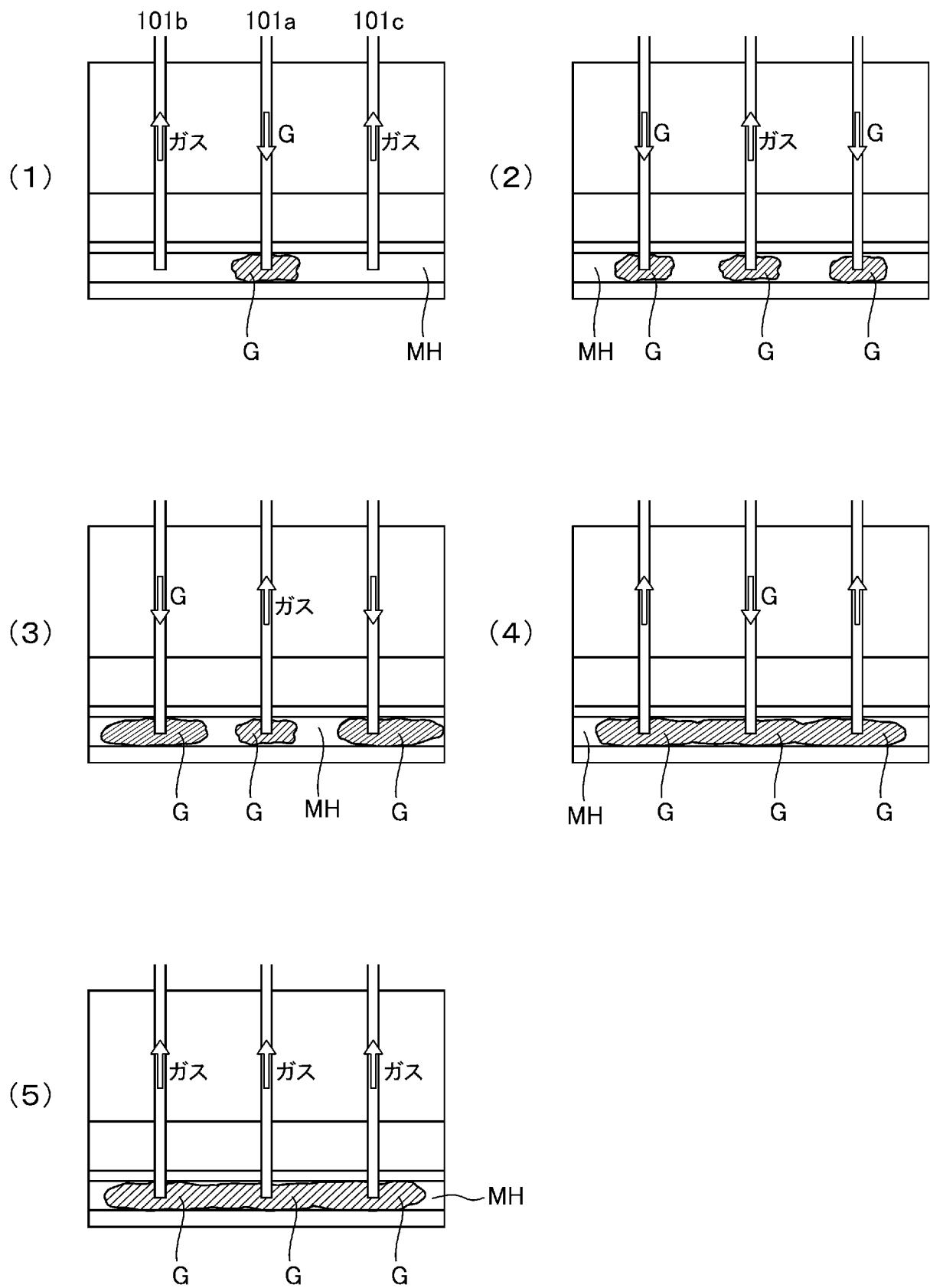
[図5]



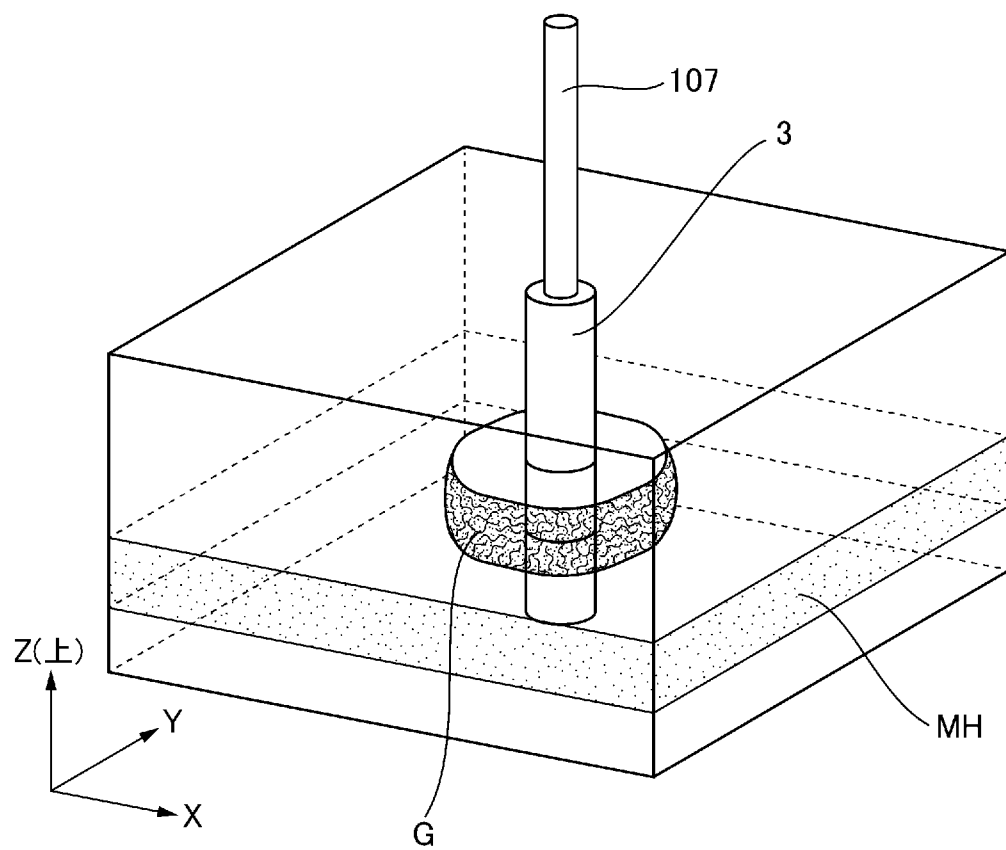
(2)



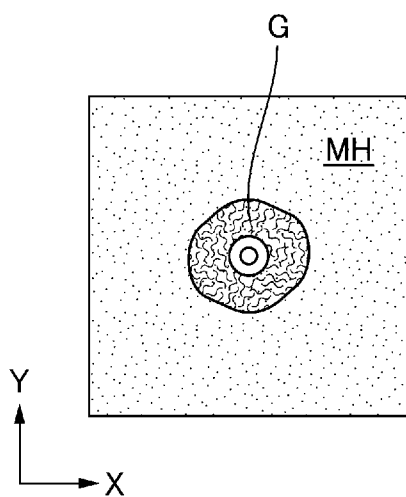
[図6]



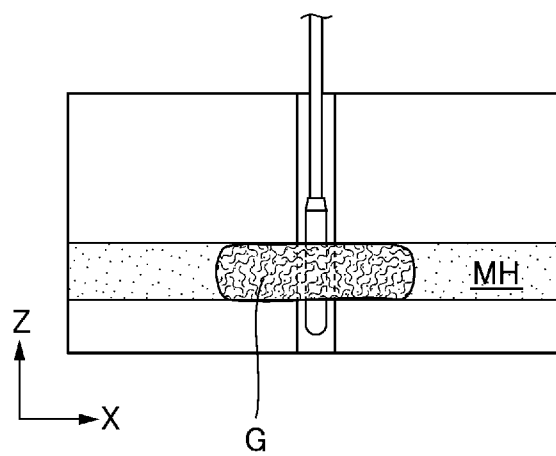
[図7]



(1)

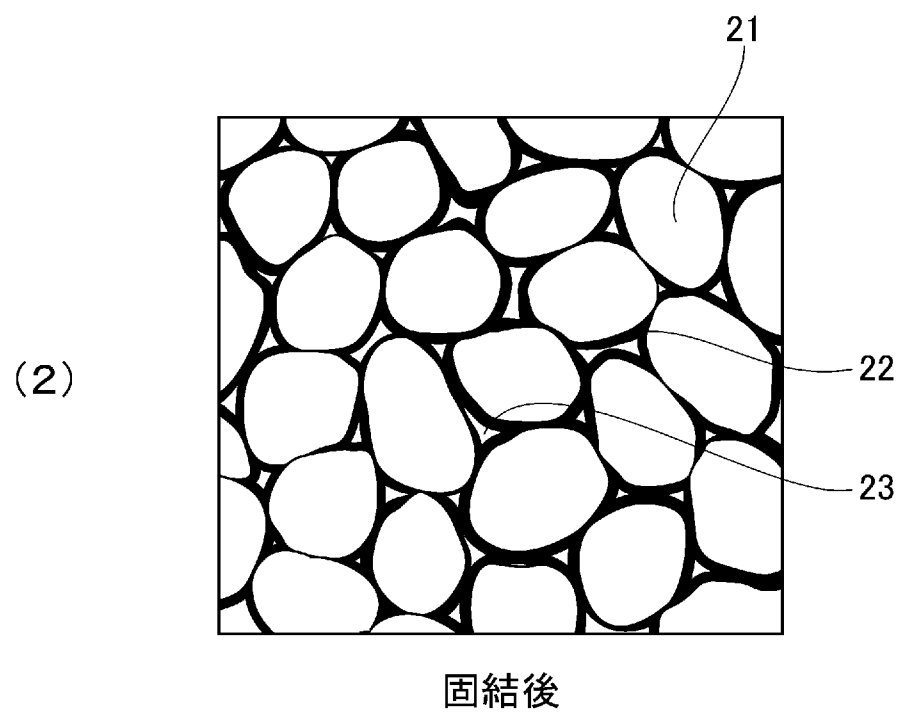
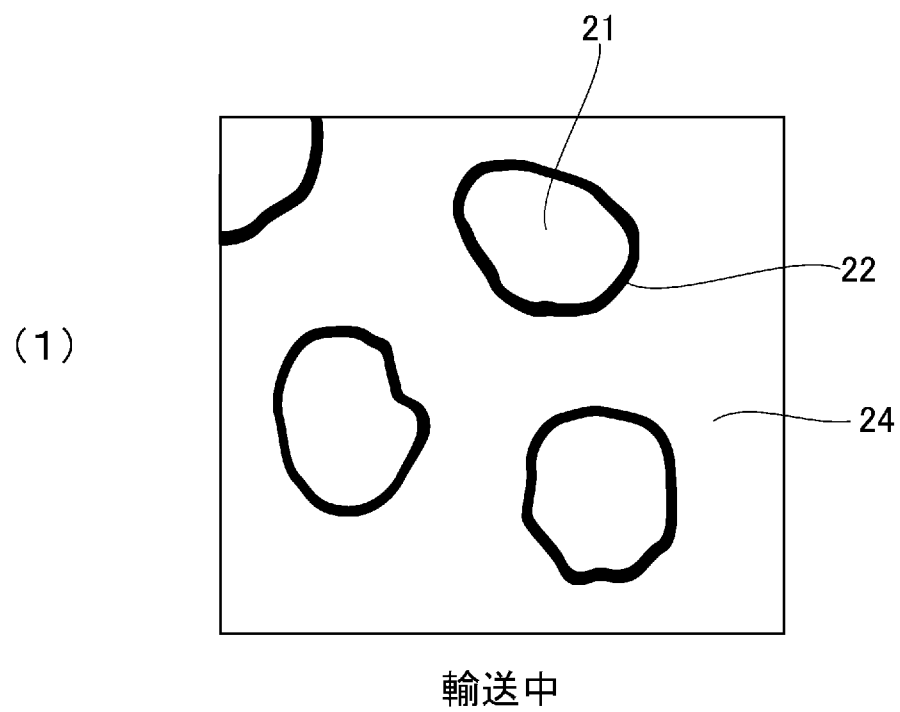


(2)

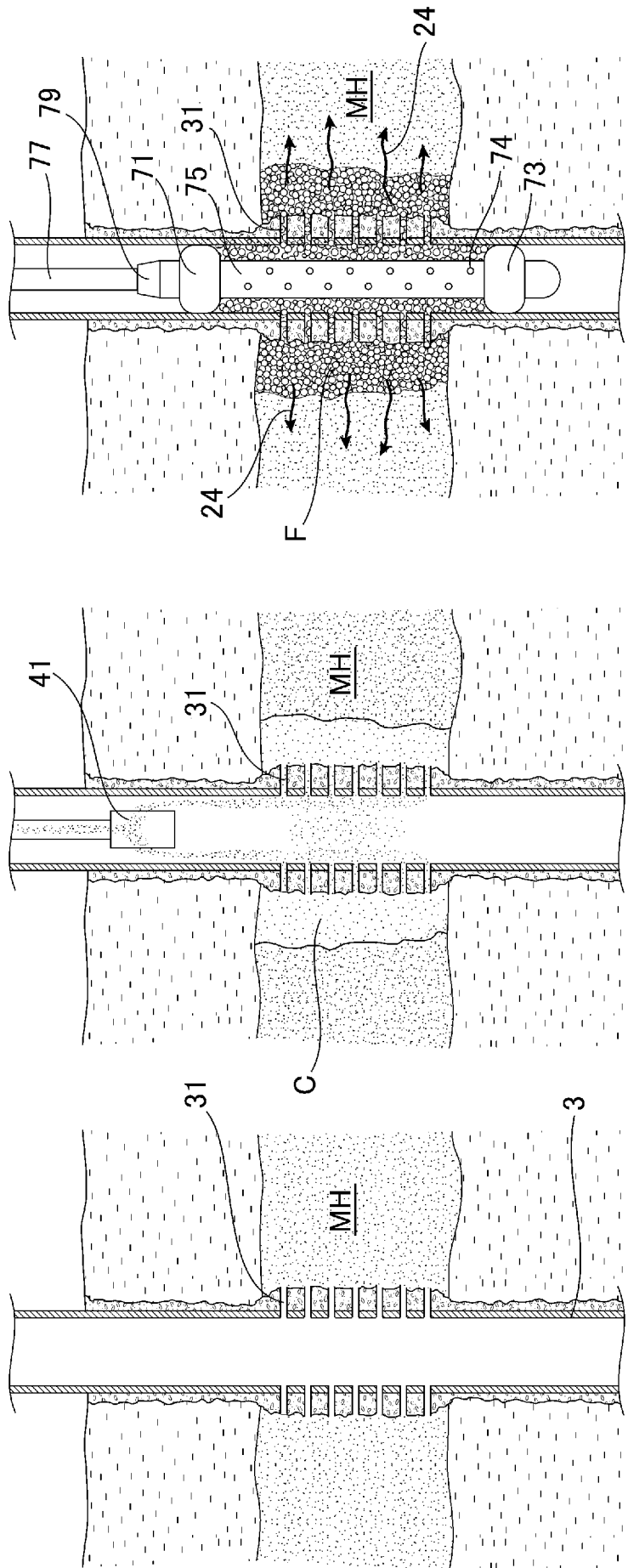


(3)

[図8]



[図9]



(1) 造成前
(2) 前処理
(3) 造成中

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/033532

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. E21B43/00 (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)

Int. Cl. E21B43/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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	JP 2003-214082 A (TOBISHIMA CONSTRUCT CO., LTD., ET AL.) 30 July 2003, paragraphs [0038]-[0052], fig. 1 & US 2003/0136585 A1, paragraphs [0050]-[0064], fig. 1	1-13
A	JP 2006-214164 A (KAJIMA CORP.) 17 August 2006, paragraphs [0027]-[0047], fig. 1-8 (Family: none)	1-13

☐ 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
27.11.2018

Date of mailing of the international search report
04.12.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. E21B43/00(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. E21B43/00

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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	JP 2003-214082 A（飛島建設株式会社，外1名）2003.07.30，[0038]－[0052]，図1 & US 2003/0136585 A1，[0050]－[0064]，Fig. 1	1-13
A	JP 2006-214164 A（鹿島建設株式会社）2006.08.17，[0027]－[0047]，図1－8（ファミリーなし）	1-13

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

の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

27.11.2018

国際調査報告の発送日

04.12.2018

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）

石川 信也

2B

3707

電話番号 03-3581-1101 内線 3237