(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5383824号
(P5383824)
(45)発行日　平成26年1月8日(2014.1.8)　(24)登録日　平成25年10月11日(2013.10.11)

(51)Int.Cl.　F I
E21B 43/16 (2006.01)　E21B 43/16

請求項の数 14　(全 7 頁)

(21)出願番号	特願2011-544505 (P2011-544505)
(86)(22)出願日	平成21年12月22日 (2009.12.22)
(65)公表番号	特表2012-514147 (P2012-514147A)
(43)公表日	平成24年6月21日 (2012.6.21)
(86)国際出願番号	PCT/US2009/069269
(87)国際公開番号	WO2010/078162
(87)国際公開日	平成22年7月8日 (2010.7.8)
審査請求日	平成23年10月31日 (2011.10.31)
(31)優先権主張番号	61/141,877
(32)優先日	平成20年12月31日 (2008.12.31)
(33)優先権主張国	米国 (US)

(73)特許権者　503148834
シェブロン　ユー．エス．エー．　インコーポレイテッド
アメリカ合衆国、カリフォルニア州　９４５８３、サン・ラモン、ボリンジャー・キャニオン・ロード　６００１
(74)代理人　110000855
特許業務法人浅村特許事務所
(74)代理人　100066692
弁理士　浅村　皓
(74)代理人　100072040
弁理士　浅村　肇
(74)代理人　100112243
弁理士　下村　克彦

最終頁に続く

(54)【発明の名称】スイープガスを用いてハイドレート貯留層から炭化水素を生産する方法及びシステム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
炭化水素含有ハイドレート貯留層から炭化水素を生産する方法であって、
（ａ）生産施設及び炭化水素含有ハイドレート貯留層と流体連通している生産井であって、該ハイドレート貯留層が、ハイドレート地層の上に配置され解離した炭化水素及び水を含むヘッドスペースと、流体連通している、上記生産井を備えること、並びに
（ｂ）スイープガスを該ヘッドスペースを通り抜けさせて、該解離した炭化水素及び水を該ヘッドスペースから除去し、該解離したガス及び水を該生産井に輸送すること
を含む、上記方法。
【請求項２】
注入井を用いて前記スイープガスを前記ヘッドスペースに導入することをさらに含む、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記生産井の周りに配置された複数の注入井を用いて前記スイープガスを前記ヘッドスペースに導入することをさらに含む、請求項２に記載の方法。
【請求項４】
前記スイープガスが天然ガス及びメタン及び窒素の１つ又は複数からなる群から選択される、請求項１に記載の方法。
【請求項５】
前記スイープガスが天然ガスである、請求項１に記載の方法。

【請求項６】
前記スイープガスがメタンである、請求項１に記載の方法。
【請求項７】
前記スイープガスが窒素である、請求項１に記載の方法。
【請求項８】
前記スイープガスがヘッドスペースに熱を加え、
該ヘッドスペースへの熱の導入により、前記生産井が加熱スイープガスが供給されない場合より高い生産速度で生産することが可能になる、請求項１に記載の方法。
【請求項９】
前記スイープガスが、前記少なくとも１つの注入井に導入される前に加熱される、請求項２に記載の方法。
【請求項１０】
炭化水素含有ハイドレート地層から炭化水素を生産するシステムであって、
地下炭化水素含有ハイドレート貯留層、
該ハイドレート貯留層の上に配置され、かつこれと流体連通し、該ハイドレート貯留層からの解離したガス及び水を含むヘッドスペース、
該ハイドレート貯留層、及び該ヘッドスペースから生産施設までと流体連通し、該ハイドレート貯留層からの解離したガス及び水を生産する生産井、並びに
スイープガスを該ヘッドスペースに供給して、該解離したガス及び水を該生産井に輸送することを促進する導管
を含む、上記システム。
【請求項１１】
前記スイープガスを供給する前記導管が少なくとも１つの注入井を含む、請求項１０に記載のシステム。
【請求項１２】
前記スイープガスを供給する前記導管が複数の注入井を含む、請求項１１に記載のシステム。
【請求項１３】
前記少なくとも１つの注入井が、前記スイープガスから熱が周囲の地下の地層又は海に放出されることを防ぐための断熱配管を含む、請求項１１に記載のシステム。
【請求項１４】
前記スイープガスが、天然ガス、メタン及び窒素の少なくとも１から選択される、請求項１１に記載のシステム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、地下炭化水素含有ハイドレート貯留層からの炭化水素の生産に関する。
【背景技術】
【０００２】
天然ガスハイドレート（ＮＧＨ又は天然ガスのクラスレートハイドレート）は、水及び特定のガス分子が比較的高圧及び低温の適切な条件下で結合する場合に形成される。これらの条件下で、「ホスト」水分子が「ゲスト」ガス分子を内部に捕捉するかご（ｃａｇｅ）又は格子構造を形成する。このメカニズムにより、大量のガスが密に詰まっている。例えば、１立方メートルのメタンハイドレートは、０．８立方メートルの水及び一般的には１６４立方メートルであるが、最大１７２立方メートルのメタンガスを含む。地球上で最も一般的な天然に存在するクラスレートはメタンハイドレートであるが、エタン及びプロパンなどの炭化水素ガス並びに二酸化炭素（CO_2）及び硫化水素（H_2S）などの非炭化水素ガスを含む他のガスもハイドレートを形成する。
【０００３】
ＮＧＨは、天然に存在し、北極圏環境における深部永久凍土及び一般的に中から低緯度

では５００メートル（１６００フィート）を超え、且つ、高緯度では１５０～２００メートル（５００～６５０フィート）を超える水深の大陸縁辺に伴う堆積物中に広く見出される。ハイドレート安定区域の厚さは、温度、圧力、ハイドレート形成ガスの組成、基礎をなす地質的条件、水深及び他の要因によって異なる。

【０００４】

メタンハイドレートの天然ガス資源の世界の推定量は、７０００００兆立方フィートにほぼ等しく、これは、世界の現在証明されているガス埋蔵量をなす５５００兆立方フィートと比較して驚くほど大きい値である。

【０００５】

現在までのメタンハイドレート研究の大部分は、基礎研究並びにハイドレート堆積物の検出及び特性評価に焦点を合わせたものであった。商業的に実現可能であり環境的に受容できる抽出方法は、まだ初期段階にある。メタンハイドレートを生産する安全且つ費用対効果の高い方法を開発することは、依然としてハイドレート堆積物の開発における重要な技術的及び経済的課題である。

【０００６】

増加しつつある一連の研究で、ハイドレート貯留層が生成されるとき、解離フロント（ｄｉｓｓｏｃｉａｔｉｏｎ　ｆｒｏｎｔ）がハイドレート層の底部及び上部の双方で生成することが示されている。ハイドレート層の底部における解離フロントの出現は、地球のより深い部分はより浅い部分より一般的に熱いためである。ハイドレートの解離（ｄｉｓｓｏｃｉａｔｉｏｎ）は、高度の吸熱過程である（すなわち、ハイドレートは周囲環境から熱を吸収しなければならない）。さらに、ハイドレート貯留層の下の地球は、下のより熱い層によってその熱が連続的に供給され、かつ補充され、それにより、ハイドレート貯留層への新たな熱の本質的に絶え間ない供給をもたらす。

【０００７】

ハイドレート層の上部の解離フロントの出現は、それに比べれば自明な現象でないが、ハイドレート解離の高度の吸熱性を考慮すると、ハイドレート層の上の地球からの熱もハイドレート貯留層に吸い込まれることが明らかになる。重要な相違は、ハイドレート層の上の地球浅部がハイドレート貯留層の下の地球深部より測定できるほどに低温であることである。さらに、ハイドレート層（深い海底堆積物であるか北極圏凍土であるかにかかわりなく）の上の地球浅部は、上から連続的に冷却されている。熱は、下のハイドレート層に一旦吸い込まれたならば、容易には補充されない。

【０００８】

ハイドレート層の上部及び底部の双方での解離フロントがほぼ水平であり、掘削穴から半径方向に大きな距離を急速に移動することは注目に値する。解離フロントが確立される初期の解離段階の後、解離フロントは、互いの方向に向かうそれらの道を徐々に生じさせ、最終的にハイドレート堆積物の中間部のある場所で出会い、その時点にハイドレート貯留層が完全に解離する。

【０００９】

いかなる貯留層における生成ガスも、その自然浮力により上昇する。ハイドレートの解離により生成したガスは、上方に流れ、ハイドレート貯留層の上部にたまる傾向がある。相対的な初期の寒冷性とハイドレート貯留層の上の地球浅部からの補充熱の欠如が、「ヘッドスペース」ガスが非常に冷たく、最も軽微な圧力降下で容易にハイドレートに容易に再転換する状態をもたらす。

【００１０】

したがって、小さい圧力降下（例えば、ガスが掘削穴に向かって流れることを可能にする生産井（ｐｒｏｄｕｃｅｒ　ｗｅｌｌ）における必然的に比較的により低い圧力に伴う圧力降下）でさえも、上部のヘッドスペースにおいてハイドレートが再形成されるジュールートムソン効果に起因して結果として生ずる十分な温度低下を引き起こしうる。ハイドレートのこの形成は、さらなる生産を本質的に阻止又は制限しうる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】
【００１１】
紛れもなく残されている唯一の解決策は、ハイドレートの再形成が起こらない時点まで圧力降下を少なくする（すなわち、生産速度を低くする）ことであった。そのような低生産速度の負の経済的影響は、自明である。
【課題を解決するための手段】
【００１２】
炭化水素含有ハイドレート貯留層から炭化水素を生産する方法を開示する。該方法は、生産施設及び炭化水素含有ハイドレート貯留層と流体連通している少なくとも１つの生産井を備えることを含む。ハイドレート貯留層は、ハイドレート地層の上に配置されているヘッドスペースと流体連通している。ヘッドスペースは、解離した炭化水素及び水を含む。該方法は、スイープガス（ｓｗｅｅｐ　ｇａｓ）をヘッドスペース全域に押し流して、解離したガス及び水をハイドレート貯留層から除去し、解離したガス及び水を少なくとも１つの生産井に輸送することをさらに含む。生産井は、理想的には解離した炭化水素及び水を生産施設に輸送する。
【００１３】
好ましくは、スイープガスは、１つ又は複数の注入井（ｉｎｊｅｃｔｏｒ　ｗｅｌｌ）を用いてヘッドスペースに導入する。スイープガスの注入により、解離したガスを生産井に押し流す助けとなる圧力勾配が確立される。新たなハイドレートの形成を防ぐために、スイープガスの注入圧力が貯留層ヘッドスペース温度体制に対して高くなりすぎることを防ぐように注意を払わなければならない。
【００１４】
スイープガスは、自然に熱い状態でも、若しくはヘッドスペースに導入する前に人工的に加熱してもよく、又は加熱しなくてもよい。スイープガスによってもたらされる付加的な熱は、解離したヘッドスペースガス中のハイドレートの再形成を抑制する助けとなる。さもなければこのようなハイドレートの再形成は、生産井からの生産の速度を制限するような貯留層における閉塞をもたらす可能性がある。加熱されたスイープガスは、ハイドレート貯留層の解離速度も増加させる。スイープガスの非限定的な例としては、天然ガス、メタン、窒素又はこのガスの混合物などでありうる。
【００１５】
炭化水素含有ハイドレート地層から炭化水素を生産するためのシステムについても述べる。システムは、地下の炭化水素含有ハイドレート地層、ヘッドスペース、生産井、及びスイープガスをヘッドスペースに導入する導管を含む。炭化水素含有ハイドレート地層は、理想的にはメタン、エタン及びプロパンなどの炭化水素を含む。ヘッドスペースは、上に配置されており、ハイドレート貯留層と流体連通（ｆｌｕｉｄ　ｃｏｍｍｕｎｉｃａｔｉｏｎ）している。ヘッドスペースは、ハイドレート貯留層からの解離したガス及び水を含む。生産井は、ハイドレート貯留層並びにヘッドスペースから生産施設までと流体連通し、ハイドレート貯留層からの解離したガス及び水を生産する。導管は、スイープガスをヘッドスペースに供給して、解離したガス及び水を生産井に輸送することを促進する。場合によって、スイープガスは、解離したガス及び水を加熱することも促進しうる。導管は、少なくとも１つの注入井を含んでいてよい。少なくとも１つの注入井は、スイープガスから熱が周囲の地下の地層又は海に放出されることを防ぐための断熱配管を含んでいてよい。
【００１６】
本発明のこれら及び他の目的、特徴及び利点は、以下の説明、添付の特許請求の範囲及び添付図面に関してより十分に理解されるようになるであろう。
【図面の簡単な説明】
【００１７】
【図１】「スイープガス」をハイドレート貯留層のヘッドスペースに導入して、ヘッドスペース内の解離ガス中に熱を加え、且つ／又は圧力勾配を確立させて解離ガスを生産井に

押し流す１対の注入井の概略図である。スイープガスは、ハイドレートの解離速度の増加を促進し、生産井に入る解離ガスの生産をさもなければ遅くする可能性があるハイドレートの再形成を抑制する。

【発明を実施するための形態】

【００１８】

本発明は、一般的に、１つ又は複数の注入井を用いて、「スイープガス」をハイドレート地層のヘッドスペースに導入し、すべての新たに解離したガスを生産井に押し流す方法及びシステムに関する。「スイープガス」は、圧力勾配を確立して解離ガスを物理的に押すように作用することができ、或いは熱をヘッドスペース供給するために用いることができ、或いはこの両方であってもよい。これは、ハイドレート貯留層全体の生産速度の顕著な改善をもたらす。スイープガスは、熱天然ガス、メタン若しくは窒素を含むが、これらに限定されない多くのガスのいずれか又はガスの組合せでありうる。（例えば、近隣の従来のガス生産からの）熱天然ガスは、その使用がハイドレートガスの希釈をもたらさず、ほとんど又は全く追加の加熱を必要としないので、特に好ましいスイープガスであろう。比較的少量のそのようなスイープガスを活用してハイドレート貯留層の顕著な生産速度をもたらすであろう。

【００１９】

例として、また限定する意図でなく、１つの具体例としての実施形態を図１に示す。代替構成では、交互又は整列グリッドパターンを含む様々な配置のいずれかで１つ又は複数の注入井及び１つ又は複数の生産用のものを使用することを含むことができる。

【００２０】

図１に地下地層から炭化水素を生産するためのシステム２０を示す。システム２０は、ハイドレートに同伴された炭化水素を含むハイドレート地層２２を含む。理想的には、炭化水素は、ハイドレート地層に適切な温度及び圧力を生じさせるときにハイドレートから放出又は解離されるメタン、エタン及びプロパンを含む。ハイドレート地層２２の上に上部の密封をもたらし、地温勾配のためその場（ｉｎ　ｓｉｔｕ）ハイドレート地層２２より一般的に低温であるが、生産が始まったならばハイドレートの吸熱性解離を支持するために限られた熱をハイドレート地層２２の上部に供給する岩又は永久凍土などの上を覆う層序層（ｓｔｒａｔｉｇｒａｐｈｉｃ　ｌａｙｅｒ）２４が存在する。ハイドレートが水とガスに解離した一般的に砂時計形の解離区域２６が生産井３６に対して半径方向に外側に、ハイドレート地層２２に対して半径方向に内側に位置する。ハイドレート地層２２と解離区域２６の中間に、ハイドレートがとりわけ水及び天然ガスを含む成分に解離する解離フロント２８が位置する。ハイドレート地層２２及び解離区域２６の真下に支持層序層３０が位置する。一般的に、支持層序層３０は地核により近いので、地温勾配のため支持層序層３０はハイドレート区域２２より温度が高い。支持層序層３０は、生産が始まったならば、比較的により大量の熱をハイドレート地層２２の底部に供給する。支持層序層３０は、遊離ガス（すなわち、クラス１ハイドレート貯留層システムを含む）若しくは可動性帯水層（すなわち、クラス２ハイドレート貯留層システムを含む）を含むか、又は密閉地物（ｓｅａｌｉｎｇ　ｆｅａｔｕｒｅ）として働く（すなわち、クラス３ハイドレート貯留層システムを含む）。

【００２１】

この例において、１対の注入井３４は、加熱された又は加熱されていないスイープガスをハイドレート地層２２の上に配置されているヘッドスペースに導入する。生産及び／又は注入井の構成は、交互又は整列グリッドパターンを含む様々な配置のいずれかでの１つ又は複数の注入用のもの及び１つ又は複数の生産用のものを含みうる。ハイドレート地層２２から解離したガス及び水は、生産井３６により収集され、生産される。生産井３６は、ハイドレート地層２２と生産施設（図示せず）が生産された流体を処理する表面との間の流体連通を可能にする生産配管中に穿孔３８を有する。加熱されたスイープガスにより供給された付加的な熱は、解離ガスが炭化水素含有ハイドレートに再形成されることを防ぐ助けとなり、ハイドレート地層２２の上部の解離速度を増加させる。注入井３４におけ

るスイープガスの注入は、解離ガスを生産井３６に押し流す助けとなる圧力勾配を形成させる。ヘッドスペース内でハイドレートを形成させるほど注入圧力が高くなりすぎないように制御するように注意を払わなければならない。

【００２２】

１つ又は複数の注入井を用いて「スイープガス」をヘッドスペース３２に導入する方法を開示する。スイープガスは、新たに解離したガスを生産井に押し流す。「スイープガス」は、生成したガスを物理的に押すように作用することができ、或いは熱を供給するために用いることができ、或いはこの両方であってもよい。スイープガスによってもたらされるこの影響は、ハイドレート貯留層全体の生産速度の顕著な改善をもたらすと思われる。スイープガスは、熱天然ガス、メタン若しくは窒素を含むが、これらに限定されない多くのガスのいずれか又はガスの組合せでありうる。（例えば、近隣の従来のガス生産からの）自然に高温の天然ガスは、その使用がハイドレートガスの希釈をもたらさず、ほとんど又は全く追加の加熱を必要としないので、特に好ましいスイープガスであると思われる。地質学的及び他の特徴に依存するが、比較的少量のそのようなスイープガスを活用してハイドレート貯留層の顕著な生産速度をもたらすと考えられる。

【００２３】

前述の明細書において本発明をその特定の好ましい実施形態に関して述べ、例示の目的のために多くの詳細を示したが、本発明が変更を受け入れる余地があり、本明細書で述べた他の特定の詳細は、本発明の基本的原理から逸脱することなく、かなり変化しうることは、当業者には明らかであろう。

【図１】

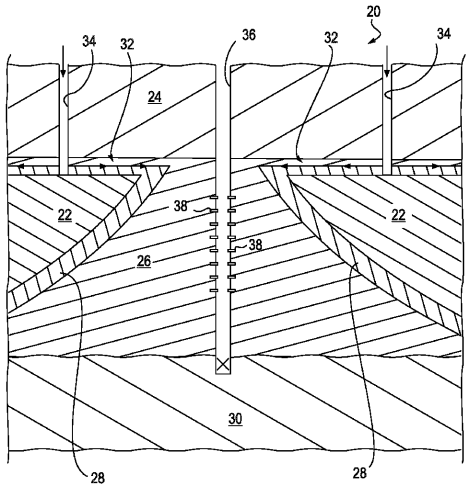


FIG. 1

フロントページの続き

(74)代理人 100088926
弁理士 長沼 暉夫
(74)代理人 100102897
弁理士 池田 幸弘
(74)代理人 100097870
弁理士 梶原 斎子
(74)代理人 100140556
弁理士 新村 守男
(74)代理人 100114719
弁理士 金森 久司
(74)代理人 100143258
弁理士 長瀬 裕子
(74)代理人 100124969
弁理士 井上 洋一
(74)代理人 100132492
弁理士 弓削 麻理
(74)代理人 100163485
弁理士 渡邉 義敬
(74)代理人 100162411
弁理士 井上 慎一
(72)発明者 バルチェウスキー、ジョン、ティー.
アメリカ合衆国、カリフォルニア、ダンヴィル、ステットソン ドライブ ２６３

審査官 藤澤 和浩

(56)参考文献 米国特許出願公開第２００５／０２５２６５６（ＵＳ，Ａ１）
国際公開第２００８／１３６９６２（WO，Ａ１）
米国特許出願公開第２００３／００５１８７４（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２００５／０２８４６２８（ＵＳ，Ａ１）
特開２００６－０９６７７９（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－００３３２６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｅ２１Ｂ ４３／１６
Ｅ２１Ｂ ４３／２９５