

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-535271

(P2010-535271A)

(43) 公表日 平成22年11月18日(2010.11.18)

(51) Int.Cl.
C10G 99/00 (2006.01)F1
C10G 99/00テーマコード (参考)
4H129

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2010-519933 (P2010-519933)	(71) 出願人	309010025
(86) (22) 出願日	平成20年8月1日 (2008.8.1)		サバンナ リバー ヌークリア ソリュー
(85) 翻訳文提出日	平成22年4月1日 (2010.4.1)		ションズ リミテッド ライアビリティ
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/009289		カンパニー
(87) 国際公開番号	W02009/017810		アメリカ合衆国 29808 サウスカロ
(87) 国際公開日	平成21年2月5日 (2009.2.5)		ライナ州 エーケン サバンナ リバー
(31) 優先権主張番号	11/888,463		サイト (番地なし)
(32) 優先日	平成19年8月1日 (2007.8.1)	(74) 代理人	100077481
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 谷 義一
		(74) 代理人	100088915
			弁理士 阿部 和夫
		(72) 発明者	ロビン エル. ブリグモン
			アメリカ合衆国 29841 サウスカロ
			ライナ州 ノース オーガスタ サン サ
			ルバドール ドライブ 512
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 炭化水素抽出の生物学的増進

(57) 【要約】

含油岩石層から原油を回収するための微生物原油増進回収方法が、提供される。この手法では、界面活性剤産生細菌および非界面活性剤酵素産生細菌の混合物を含み、ピチューメン含有サンドから炭化水素を放出できる細菌コンソーシアムを使用する。記載のバイオプロセスは、現行の石油回収手順と共に機能することができる。コンソーシアム微生物は、上方のオイルサンド、地上の廃棄テール、地中の原油回収および類似材料の処理により、レメディエーションおよび／またはその材料からの付加的炭化水素の回収を促進するためにも有用である。

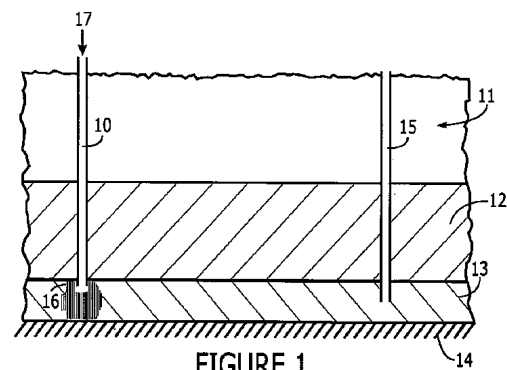


FIGURE 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

含油岩石層、オイルサンド、含油廃棄テール、タールサンドおよび炭化水素含有排出水の少なくとも 1 種から選択される炭化水素含有基質を処理する方法であって、

炭化水素含有基質を供給するステップ、

A T C C 番号 P T A - 5 5 7 0 から P T A - 5 5 8 1 までおよびそれらの組合せからなる群から選択される少なくとも 1 種の細菌を、前記炭化水素含有基質中に導入するステップ、ならびに

所望量の炭化水素処理が行われるまで、前記炭化水素含有基質の存在下に前記少なくとも 1 種の細菌を増殖させるステップ

を含むことを特徴とする方法。

10

【請求項 2】

A T C C 番号 P T A - 5 5 7 0 から P T A - 5 5 8 1 までおよびそれらの組合せからなる群から界面活性剤産生微生物を選択することを含む、コンソーシアムを注入するステップを更に含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記微生物培養物の注入前に前記栄養素を注入することを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

1 つの入口を含む含油岩石層から原油を回収するための微生物原油増進回収方法であって、A T C C 番号 P T A - 5 5 7 0 から P T A - 5 5 8 1 までからなる群から選択される、細菌の混合物を含有する水を注入するステップ、

20

前記微生物を、前記原油を主要炭素源として用いて前記含油岩石層内にコロニー形成させることにより、前記岩石層から前記原油を解離させるように作用するバイオマス層を定着させるステップ、および

前記入口または別の出口のいずれか一方を介して解離原油を取り出すステップ

を含むことを特徴とする方法。

【請求項 5】

前記微生物を栄養混合物と同時に導入することを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記微生物の少なくとも 1 種が、含油岩石層またはオイルサンドから原油を遊離させるように作用する界面活性剤を産生することを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 7】

前記微生物の少なくとも 1 種が、酵素を産生し、前記酵素活性が、前記含油基質から原油を遊離させるように作用する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

地上のテール廃棄物またはオイルサンドの少なくとも 1 つから原油を回収する方法であって、

A T C C 番号 P T A - 5 5 7 0 から P T A - 5 5 8 1 までからなる群から選択される微生物の実質的に純粋な培養物から選択される微生物コンソーシアム、および前記微生物の増殖を支持できる栄養水溶液を含む栄養組成物を炭化水素基質中に導入するステップであって、前記微生物が、約 20 °C から約 65 °C の温度範囲にて前記炭化水素基質上で増殖できるステップ、

40

前記微生物コンソーシアムが、前記基質内でコロニー形成し、炭化水素を代謝するのに十分な量の時間、前記微生物コンソーシアムを前記炭化水素基質内に維持するステップ、ならびに

前記炭化水素基質から非炭化水素含有基質を分離することにより、炭化水素汚染廃棄物または分離炭化水素分画の減少体積の少なくとも一方を得るステップ

を含む方法。

【請求項 9】

50

前記微生物培養物の少なくとも１種が、酵素を産生し、前記酵素活性が、前記注入井内の含油岩石層から原油を遊離させるように作用する、請求項１に記載の方法。

【請求項１０】

前記廃棄テールまたは前記オイルサンドが、パラフィン材料を更に含む、請求項８に記載の方法。

【請求項１１】

前記注入水が、前記取り出された解離原油から回収された前記細菌の生存混合物を含有する、リサイクル水を更に含む、請求項４に記載の方法。

【請求項１２】

少なくとも１つの注入井および少なくとも１つの産油井を有する含油貯留層から原油を回収する方法であって、

貯留層の注入井中に、ＡＴＣＣ番号ＰＴＡ－５５７０からＰＴＡ－５５８１までからなる群から選択される微生物の実質的に純粋な培養物から選択される微生物コンソーシアム、および前記地層の前記微生物の増殖を支持できる栄養水溶液を含む栄養組成物を導入するステップであって、前記注入微生物が、約２０℃から約６５℃の温度範囲にて前記貯留層中で増殖できるステップ、

前記微生物コンソーシアムが前記貯留層内でコロニー形成するのに十分な量の時間、前記微生物コンソーシアムを前記注入井内に維持するステップ、ならびに

前記微生物コンソーシアムを維持する前記ステップの後、置換した原油を前記産油井に押し出すために、前記注入井中に流体を注入するステップを含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

連邦政府後援の研究開発の下でなされた発明に対する権利に関する声明

本発明は、米国エネルギー省により授与された契約番号ＤＥ－ＡＣ０９９６－ＳＲ１８５００の政府援助によりなされた。米国政府は、本発明に特定の権利を有する。

【０００２】

本発明は、微生物により炭化水素の抽出、処理および回収を増進させる方法に関する。本発明は、炭化水素、工程副生物、ならびに油田および石油抽出施設に付随する炭化水素廃棄物を分解する方法にも関する。

【背景技術】

【０００３】

関連出願

本出願は、参照により本明細書に組み込まれている２００７年８月１日に提出した米国出願第１１／８８８，４６３号の一部継続出願である。

【０００４】

地下の岩石層中に存在できる石油は、一般に、掘削し、油田内の圧力で原油を試錐孔まで押し上げることにより、取り出すことができる。存在する過剰圧が減少する際、二次採集の名で知られている方法で追加の遊離原油を流出させるために、その地層中に水を注入することにより、人工的な油圧を実現することができる。

【０００５】

タールサンド中に存在する原油は、一般に、浮選により原油を取り出す方法において、攪拌、加熱および混合によって取り出すことができる。この方法の水性流出液中にある追加の原油を取り出すために、スキミングを使用することができる。こうした処理済みタールサンドのテールは、高率（％）の炭化水素をなおも含有することが知られている。

【０００６】

多種の土壌について、二次採集後に多量の原油が残存する。ある種の地質物質については、二次採集後に残存する原油が、取出し済み原油の体積の５０％を容易に超えることができる。残存油含有地層は、その間隙または流路内に相当量の原油を含有する。

【0007】

この残存油の一部は、微生物原油増進回収（MEOR）を用いて微生物により置換させることができるが、その場合、微生物の代謝が原油の置換を起こし、その後原油を産油井によって回収することができる。

【0008】

原油の可溶化に有用な界面活性剤産生バチルス・リチェニホルミス（*Bacillus licheniformis*）を使用することが、開示されている（参照により本明細書に組み込まれている特許文献1参照）。こうした界面活性剤は、詰まりの問題を避けるために、貯油層中に直接注入することにより使用してもよい。しかし、原油の回収率を上げるために、微生物を産油井中に注入することも知られている。

10

【0009】

含油貯留層から追加の原油を得るために、微生物を栄養液と共に注入井によって導入する微生物原油増進回収法が記載されている（参照により本明細書に組み込まれている特許文献2参照）。この工程には、界面活性剤を分泌する第1の微生物種、溶媒を分泌する第2の微生物種の使用が含まれ、油井から追加の原油を回収できるように、共同して原油の置換を起こす。

【0010】

土着細菌を刺激するように、ビタミン、リン酸塩および多様な電子供与体などの多様な栄養素を使用すること、または岩石／土壌層から原油を解離させることにより、解離原油の採集が可能となるように作用する十分なバイオマス層を創製するように、細菌を導入することも、当技術分野で公知である。このような一方法が記載されている（参照により本明細書に組み込まれている特許文献3参照）。

20

【0011】

現行の工程から出る廃棄炭化水素は、大きな環境問題となっている。こうした非効率な原油回収法由来のテールおよび含油流出液は、生成したばかりの地表水、地下水、沈積物および土壌を長年に亘り、潜在的に汚染することができる。それに加え、パラフィンなどの他の化学物質も、炭化水素の取出しを増進するために、タールサンドに頻繁に添加される。こうしたパラフィンの一部を除くために通気を使用するが、残存パラフィンが残り、排水を汚染する。そのため、パラフィンは益々規制上の問題となっている。

【0012】

30

地上回収法の一部として、炭化水素抽出はタールサンドの採鉱にも関与できることも、当技術分野で公知である。タールサンドは、従来の処理や処置の後でも、容易には抽出できない高率（％）の炭化水素を含有している。タールサンド回収法からの廃棄物は、従来技術を用いて容易に分離できない高率（％）の炭化水素をなお含んでいる。更に、タールサンドからの炭化水素回収および類似の方法によって、環境上有害な高濃度の炭化水素をやはり含むビチューメン質フロステールが生成すると見込まれることも、知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】米国特許第4,522,261号明細書

40

【特許文献2】米国特許第4,905,761号明細書

【特許文献3】米国特許第6,758,270号明細書

【特許文献4】米国特許出願第10/712,491号明細書

【特許文献5】米国特許第6,074,558号明細書

【特許文献6】米国特許第5,968,349号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

このような廃棄テールおよび炭化水素回収廃棄物による環境汚染を防止するために、そのテールから利用可能な生成物の回収も増進でき、同時に回収不能な炭化水素分を全て分

50

解することもできる必要性がなお存在している。

【0015】

石油回収を増進するための微生物の使用を対象とした多くの教示があるが、改良および変更の余地が、当技術分野内にはなお存在している。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本実施形態の少なくとも1つの一態様は、微生物原油増進回収方法を提供することである。

【0017】

本発明の本実施形態の少なくとも1つの更に別の態様は、タールサンド、含油岩石、含油砂質原料および他の含油スラリーの地上または地下いずれかの処理による、有用な原油分画を回収する方法を提供することである。

【0018】

本発明の本実施形態の少なくとも1つの更に別の態様は、微生物が約65℃までの温度に耐え、地上または地下の含油岩石基質中に、加熱水または低温蒸気の使用によりその微生物を導入できる、微生物原油増進回収を提供することである。

【0019】

本発明の少なくとも一実施形態の更に別の態様は、少なくとも1種の界面活性剤産生微生物を含み、複数種の微生物が、含油岩石層内の原油に対して代謝能を有する微生物コンソーシアムを提供することである。

【0020】

本発明の少なくとも一実施形態の更に別の態様は、少なくとも1つの注入井および少なくとも1つの産油井を有する含油貯留層から原油を回収する方法であって、貯留層の注入井中に、ATCC番号PTA-5570からPTA-5581までからなる群から選択される微生物の実質的に純粋な培養物から選択される微生物コンソーシアム、およびその地層の微生物の増殖を支持できる栄養水溶液を含む栄養組成物を導入するステップであって、注入微生物が、約20℃から約65℃の温度範囲で貯留層中で増殖できるステップ、微生物コンソーシアムが貯留層内でコロニー形成するのに十分な量の時間、微生物コンソーシアムを注入井内に維持するステップ、ならびに微生物を維持するステップの後、置換した原油を産油井に押し出すために、注入井中に流体を注入するステップを含む方法を提供することである。

【0021】

本発明の少なくとも一実施形態の更に別の態様は、微生物コンソーシアムを導入する前記ステップが、ATCC番号PTA-5570からPTA-5581までおよびその組合せからなる群から界面活性剤産生微生物を選択することを含む、コンソーシアムの導入を更に含む方法を提供することである。

【0022】

本発明の少なくとも一実施形態の更に別の態様は、微生物の培養物を注入する前に、微量栄養素を注入する方法を提供することである。こうした栄養素は自然界では微量である（即ちミネラル）ので、処理工程において定体積で導入されない。

【0023】

本発明の少なくとも一実施形態の更に別の態様は、タールサンド処理の下流工程で残存パラフィンを除くために、微生物コンソーシアムを添加できる方法を提供することである。サンドテール内のパラフィンの処理は、パラフィン成分の部分的除去に従来から使用される通気ステップ中に、実現することができる。

【0024】

本発明の少なくとも一実施形態の更に別の態様は、タールサンドから分離した後の炭化水素の品質向上に、微生物コンソーシアムを使用できる方法を提供することである。炭化水素の品質向上には、処理コストを低下させるために分離PAHSの環構造を開環するための、微生物酵素活性を制御する段階的処理を伴う。

10

20

30

40

50

【0025】

本発明の少なくとも一実施形態の更に別の態様は、1つの入口を含む含油岩石層から原油を回収するための微生物原油増進回収方法であって、ATCC番号PTA-5570よりATCC番号PTA-5581までからなる群から選択される、細菌の混合物を含有する水を注入するステップ、主要炭素源として原油を用いて含油岩石層内に、微生物のコロニーを形成させ、それにより岩石層から原油を解離させるように作用するバイオマス層を定着させるステップ、および入口または別の出口のいずれか一方を介して解離原油を取り出すステップを含む方法を提供することである。

【0026】

本発明の少なくとも一実施形態の更に別の態様は、微生物を栄養混合物と同時に導入する方法を提供することである。

10

【0027】

本発明の少なくとも一実施形態の更に別の態様は、微生物の少なくとも1種が、含油岩石層から原油を遊離させるように作用する界面活性剤を産生する方法を提供することである。

【0028】

本発明の少なくとも一実施形態の更に別の態様は、微生物の少なくとも1種が、タールサンドから原油を分離するように作用する界面活性剤を産生する方法を提供することである。

【0029】

本発明の少なくとも一実施形態の更に別の態様は、微生物の少なくとも1種が、タールサンドを含めた含油岩石層から原油を分離するように作用する、界面活性剤または酵素のうち少なくとも一方を産生する方法を提供することである。

20

【0030】

本発明の少なくとも一実施形態の更に別の態様は、ATCC番号PTA-5570よりATCC番号PTA-5581までからなる群から選択される少なくとも1種の細菌を、地下の産油田中に導入し、少なくとも1種のその細菌により、燃料油への変換がし易い化学種に相当する軽質炭化水素構造へと当該炭化水素の品質向上を行い、場合により、所望間隔の品質向上処理の後、品質向上工程を実質的に停止させるために、少なくとも1種のその細菌の環境条件を変える方法を提供することである。

30

【0031】

本発明の少なくとも一実施形態の更に別の態様は、ある供給量の含油岩石層と、ATCC番号PTA-5570よりATCC番号PTA-5581までからなる群から選択される少なくとも1種の細菌とを反応させ、少なくとも1種のその細菌により、ガソリン、ディーゼル油または他の石油系燃料などの最終燃料への処理を促進する特性を有する低分子量側炭化水素へと、含油岩石層内に存在する炭化水素の品質向上を行う方法を提供することである。

【0032】

本発明の少なくとも一実施形態の更に別の態様は、微生物コンソーシアムと、オイルサンド廃水および／またはテールポンドの流出液とを混合し、細菌と、土および残存炭化水素を含む懸濁固体とを反応させ、沈降および水の浄化を可能にする方法を提供することである。この作用によって、水質が改善され、環境影響が最小限に抑えられる。

40

【0033】

本発明の以上および他の特徴、態様および利点は、以下の説明および添付した特許請求の範囲を参照して理解が深められよう。

【0034】

当業者にとって最良のその方式を含む、本発明の十分有効な開示を、本明細書の残りにおいて、付属の図面の参照を含めより詳細に提示する。

【図面の簡単な説明】

【0035】

50

【図 1】含油層から原油を得るための本発明による方法を示す概略的断面図である。

【図 2】本発明の一態様による含油サンドの地上処理の方法を示す概略図である。

【図 3】本明細書に開示する微生物とのインキュベーション後における、サンドからの原油分離の改善比較を示すチャートである。

【図 4 A】65℃の温度で、炭化水素源としてオイルサンド内の石油を用いた有用微生物の代謝活性を表示するグラフである。

【図 4 B】30℃の温度で、炭化水素源としてオイルサンド内の石油を用いた有用微生物の代謝活性を表示するグラフである。

【図 5】本発明の代替的实施形態における含油タールサンドの地上処理の方法を示す概略図である。

【図 6】共代謝試験における指示微生物の代謝活性を表示するグラフである。

【図 7】共代謝試験における指示微生物の代謝活性を表示するグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0036】

本発明の実施形態を詳細にこれから言及するが、その1つまたは複数の実施例を以下に示す。各実施例は、本発明の説明のために示すのであって、本発明を限定するものではない。実際、本発明において、本発明の範囲または趣旨から逸脱せずに多様な改変および変更を加えることができることは、当業者には明らかとなろう。例えば、一実施形態の一部として例示または記載される特徴は、別の実施形態に対して使用することにより、更に別の実施形態を作ることができる。したがって、本発明は、添付した特許請求の範囲およびその等価物の範囲内に入るような改変および変更を包含することを意図している。本発明の他の目的、特徴および態様は、以下の詳細な記述に開示されている。本考察は、例示的な実施形態を記述するに過ぎず、例示的な構成において具体化される本発明のより広い態様を限定するものとは意図していないことを、当業者は理解すべきである。

【0037】

本明細書における様々な図について記述する際に、同じ参照番号は、同じ材料、装置または工程経路を表現するために全体を通じて使用される。重複を避けるために、ある図に関連して一度述べた、装置に関わる多くのことの詳細な説明は、以後の図の説明では繰り返さないが、このような装置または工程は、同じ参照番号で標識されている。

【0038】

図1は、注入井10を有する油井を示す。様々なコア層12の内部に、含油層14があり、下側の岩盤16の上に位置している。

【0039】

抽出井（試錐孔）18および注入井10は、地層14内まで延びている。地層14は、固結砂岩を含む多種の含油基質の形態を取ることができる。それに加え、地層14は、二次採集作業に伴って存在する注入水も有することができる。

【0040】

他の典型的な含油層は、徹底的な冠水またはブラインもしくは塩水液の使用後に、含油層内に残る原油を含んだ含油貯留岩を任意の個数で含むことができる。

【0041】

微生物補助原油回収法に有用な細菌は、2003年10月9日にメリーランド州ロックビルの American Type Culture Collection (ATCC) に寄託されており、表1の分離株1から12に対して示した指示通りの ATCC 指定番号を有する。

【0042】

10

20

30

40

【表 1】

分離株番号	識別	ATCC受入	
1) CZOR-L1B (KN-1)	アルカリゲネス-ピーチョウディ (ALCALIGENES-PIECHAUDII) SRS	PTA-5580	
2) BP-20 (KN-2)	ラルストニア・ピケットティ (RALSTONIA PICKETTII) SRS	PTA-5579	
3) CZOR-L1Bsm (KN-3)	シュードモナス-プチダ (PSEUDOMONAS-PUTIDA) バイオタイプB SRS	PTA-5581	10
4) BPB	フレキシバクターCF. サンクティ (FLEXIBACTER CF. SANCTI) SRS	PTA-5570	
5) BPC	シュードモナス・フレドリクスベルゲンシス (PSEUDOMONAS FREDRIKSBERGENSIS) SRS	PTA-5571	
6) BPE	ワルネリブドウ球菌 (STAPHYLOCOCCUS WARNERI) LMG19417SRS	PTA-5572	
7) BPF	スフィンゴモナス (SPHINGOMONAS) SRS	PTA-5573	
8) BPH	スフィンゴモナス (SPHINGOMONAS) S37種 SRS	PTA-5574	20
9) BPI	ファイロバクテリウム (PHYLOBACTERIUM) SRS (α プロテオバクテリウム (PROTEOBACTERIUM) TA-A1)	PTA-5575	
10) BPJ	セラチア・フィカリア (SERRATIA FICARIA) SRS (α プロテオバクテリウム (PROTEOBACTERIUM) TA12-21)	PTA-5576	
11) BPK	アグロバクテリウム・トゥームファシエンシス (AGROBACTERIUM TUMEFACIENS) SRS	PTA-5577	
12) BPL	リゾビウム (RHIZOBIUM) SDW045種SRS	PTA-5578	30

表1.

分離株の識別

【0043】

ATCC受入番号PTA-5570からPTA-5581までで識別される分離株に関する詳細は、参照により本明細書に組み込まれている、2003年11月13日に出願された特許文献4に詳細に記載されている。

【0044】

上記で識別される分離株は、岩石層およびタールサンドからの原油回収に有用である。別途指示していない限り、以下に示す全ての実施例は、上記表1に引用した12分離株全ての総コンソーシアムを利用している。分離株中特定のものは、原油の放出および可動化を補助する生物性界面活性剤を産生する。それに加え、分離株は全て、好気性条件下で原油に結合し、代謝する能力を有する。微生物の活性は、ビタミン、電子供与体および他の添加剤による最小限の補給を最小限に保つのに十分に頑健である。本発明によれば、利用可能な酸素供給量の調節により、微生物の活性量を制御できることが判明した。

【0045】

原油基質を炭素源として使用する微生物の能力を前提にすれば、補給炭素源を餌とし、岩石層から原油を回収するために従来の研究で使用されてきた、微生物の過剰増殖による油田の詰まりに伴う問題は、最小限に抑えられると考えられる。

【実施例1】

10

20

30

40

50

【0046】

石油産業内で汎用される原油／水／沈積物浮選試験を用いて、微生物コンソーシアムを予めインキュベーションした場合と、しない場合とのオイルサンドの熱水抽出を比較した。非植菌対照と比較して、微生物で処理したオイルサンド堆積物の試料は、4時間処理後に分離効率の50%の改善、および24時間インキュベーション後に7倍の増加を示した。図3に関して見られるように、サンドに結合して残存する石油残渣の量が減少する一方、ビチューメン回収量（g）で測定した場合の回収原油生成物（「フロス」）は増加する。

【実施例2】

【0047】

10

ビチューメン質オイルサンド（カナダ産アサバスカタールサンド）からの炭化水素の分離効率も、オイルサンドを含有するフラスコでの炭化水素分離を比較することにより示した。対照フラスコに、増殖培地を添加した以外に変更を加えなかったのに対し、実験フラスコには、培地中のBioTiger（商標）微生物をフラスコに導入した。タールサンドに植菌するために、増殖中の培養物からのBioTiger（商標） 10^6 細胞を、タールサンド1gあたりに24時間必要とした。両フラスコについて、一定の攪拌を全体で24時間行った。24時間の処理間隔後、視覚的証拠により、BioTiger（商標）含有フラスコでは、炭化水素がサンド基質から分離しつつあることが立証された。こうした種類のフラスコ条件は、該基質から追加の原油放出を起こすために、二次採集工程からの溢出油田をBioTiger（商標）コンソーシアムで処理できる地下条件を模倣している。注入した蒸気および／または水の攪拌および洗い流し作用は、地下の岩石層からの放出原油を回収するために、使用することができる。ここで使用する微生物コンソーシアムの一利点は、その微生物が、注入蒸気および／または加熱水を使用しても、該微生物の効力を台無しにしないような、高温に対する耐性を示したことである。現在では、タールサンド現場においては、40℃を超える温度でその微生物が不活性化されることが一因となって、従来のMEOR微生物は使用されていない。それに加え、地下抽出に使用される従来の微生物は、タールサンド現場における増殖のために高価な栄養素をより多量に必要とするため、その工程が不経済になる。

20

【実施例3】

【0048】

30

図4Aおよび4Bに示すように、BioTiger（商標）微生物は、オイルサンド中に導入したとき代謝活性を示す。植菌試料の発生CO₂ガスから分かるように、代謝活性は、BioTiger（商標）微生物の活発な増殖および代謝を反映している。光学顕微鏡による調査から、BioTiger（商標）微生物は、オイルサンドに付着していたことが確認される。理論に制約されることは欲していないが、微生物を用いた石油回収研究内での従来の考え方によれば、微生物が基質に付着する能力は、自然に産生される界面活性剤の組合せと、それだけでなく微生物による基質への物理的増殖およびコロニー形成で起こる原油粒子の遊離とを用いて、該地層から原油をその後で放出する上で重要であることが示唆されている。図4Aおよび4Bに示したデータは、微生物がオイルサンド内に存在する原油を代謝できることを実証している。処理条件は、65℃および30℃であり、試料に栄養上の変更は何ら加えなかった。微生物が存在する炭化水素を分解し、代謝する能力により、より複雑な炭化水素分画を、より低分子量でより望ましい化合物に分解することが可能になる。それに加え、追加の栄養素を微生物に補給する必要性が最小限で済むことは、そうでない場合に起こる恐れがある、注入部位の生物付着または詰まりを低減すると考えられる。BioTiger（商標）微生物が使用する唯一の炭素源が、基質内に見出される炭化水素でもよい。

40

【実施例4】

【0049】

図6および7に示すように、分離株PTA-5574および微生物の全コンソーシアムの代謝活性（図7）を、アセトン（ACE）、ガソリンに見出されるような直鎖アルカン

50

(nAlk)、フェナントレン(PHE)およびピレン(PY)の化学成分に対する共代謝について評価した。5mmolの指示した化学基質をマイクロタイタープレートに含有させた後、指示した微生物および／または微生物コンソーシアムを5%体積で導入した、96ウェルマイクロタイタープレート上で評価を行った。導入した微生物は、1%酵母エキスの増殖培地により滋養した。示した通り、微生物は、増殖培地の吸光度測定で評価したところ、図6および7に示すように化学種を共代謝することができた。

【0050】

別途示していないが、ディーゼル燃料に関する類似の共代謝試験から、様々な微生物において可変的な増殖遅延時間が生じた。数種の化学種については、類似の共代謝活性が、有意な共代謝が起こる前に40時間までの時間差間隔を経て観察された。

10

【0051】

図6および7に示すデータが指し示すように、本明細書に示した微生物は、ピレンなどの重質炭化水素をフェナントレンなどのより軽質な炭化水素へと品質向上する能力を示す。ピレンからフェナントレンへのこの生物学的変換は、それ以外の場合には精油所におけるエネルギー集約的石油分解が必要になると思われる、原油品質の代謝的向上を微生物が起こせるため、有用である。本明細書で同定した微生物は、より重質な炭化水素成分をより軽質でより望ましい炭化水素成分へ化学修飾するために、原油を含有する岩石、砂および他の基質の地下処理ならびに地上処理の双方において使用できると想定される。

【0052】

炭化水素の品質向上度は、栄養素の供給、温度、酸素供給、混合、または微生物の増殖に必要な他の環境条件を調節することにより、制御することができる。このようにして、対象炭化水素の処理または品質向上の所望度を、供給源炭化水素の過剰な代謝または分解を起こさずに実現することができる。

20

【0053】

試験によれば、非生物的方法を用いると、フェナントレンはジベンゾチテンへの変換を受けることになることも示されている。これまでの試験によれば、これは、非生物的過程であり、本明細書に記載の微生物では直接実行されないことが示されている。

【実施例5】

【0054】

微生物の全コンソーシアムの代謝活性を、懸濁固体をオイルサンド／水混合物に変える能力について評価した。評価は、フラスコにオイルサンド25gを含有させた後、微生物コンソーシアムを5%体積の導入で添加した、250mlフラスコ中で行った。導入した微生物は、幾らかのリン酸塩と共に、炭素およびエネルギーの唯一源としてオイルサンド中の栄養素だけで滋養した。1週間後、微生物は、大部分の懸濁固体を沈降させることができた(微生物の存在しない対照と比較して、目視観察で評価した場合)。

30

【0055】

より迅速な応答を得るには、テール、オイルサンドまたは他の廃棄物の地下注入または地上処理における適用前に、BioTiger(商標)微生物を対象マトリックス炭化水素、即ち地表下炭化水素で予備処理できると考えられる。BioTiger(商標)微生物は、原油および炭化水素を回収するために、多様な地中層に適用できることも考えられる。このような層には、現存または新規の油井と共に使用する際の土、岩石、砂、地下水、沈積物およびシェールを挙げることができる。

40

【0056】

更に、該微生物は、約20℃から約65℃の範囲の温度で原油／炭化水素の回収に有効である。温度範囲が低いほど、エネルギーコストの削減に有益である。それに加え、40℃を超える温度に耐える能力は、導入微生物の個体数が、微生物の導入または遊離原油の取出しに必要な高温により減失しないような、他の微生物補助処方に優る改良である。

【0057】

微生物コンソーシアムは、ビチューメン質オイルサンドを代謝し、本明細書に示す温度範囲下で有用な代謝活性も示す独特な能力を提供すると考えられる。オイルサンドの炭化

50

水素が、原油および他の炭化水素の分離を困難にする、タール様多核芳香族炭化水素の組成を有することは、良く知られている。本微生物コンソーシアムは、該炭化水素の基質からの迅速で高収率の分離を起こすことができる。岩石、シェール、土、沈積物、砂礫および他の層に配置されているような問題のより少ない炭化水素から同等に有効に分離することも、該微生物による処理により実現すると考えられる。この工程の最適化によって、タールサンドからの石油回収が増加すると思われる。

【0058】

好気性細菌として、分離した原油生成物における該微生物の代謝活性は、温度の低下および／または利用できる酸素の除去だけで抑制することができる。他の微生物についてこれまで実証されており、当技術分野で知られているように、該微生物は、新たな適用のために、プロセス水または回収原油からリサイクルしてもよい。

10

【0059】

BioTiger（商標）微生物に対する付加的使用は、環境浄化に伴う土壌洗浄法または炭化水素含有タールの処理に関して見出し得る。BHP Minerals International, Inc. に譲渡され、参照により本明細書に組み込まれている「Biochemical Treatment of Bitumen Froth Tailings」という名称の特許文献5に提示されているように、土、微細砂、水およびビチューメンのスラッジからなるプロセスタールの処理に使用される、タールサンド炭化水素代謝性天然微生物の使用が開示されている。特許文献5の教示では、タールサンド内の天然細菌が利用されているが、本明細書で報告した本微生物コンソーシアムを使用すれば、炭化水素の回収および分離の増進を提供すると共に、体積の減少した廃棄物を産生すると考えられる。上記の方法は、炭化水素の回収効率を高めるために導入されたこともあるパラフィン添加剤の処理にも有効であると考えられる。これまでの知見によれば、該微生物コンソーシアムは、側鎖または芳香族基が追加として結合したパラフィンを減少させることが示されている。パラフィンは、より複雑なパラフィン含有化合物の代謝分解の結果、蓄積しないので、パラフィンが完全に分解することは明らかである。発明者の観測に基づけば、該微生物コンソーシアムは、燃料成分を以下の順：ナフタレンおよびメチルナフタレン、軽質n-アルカン（パラフィン）、次いで次第に重質となるn-アルカンで、選択的に分解する。廃棄物内のパラフィン含量を減らすことにより、廃棄物からの流出水が起こす汚染を有意に低下させることができる。

20

30

【0060】

該微生物コンソーシアムは、産生され、タールサンド内に含まれるビチューメンを土および砂の固体からより効率的に分離することを可能にする生物性界面活性剤および酵素のために、タールサンドの調節および採掘に馴染むと考えられる。コンソーシアム懸濁液の1つの使用では、部分減失または非減失原油貯留層を含むタールサンド堆積物中への直接注入を伴う。微生物によるその後の増殖およびコロニー形成によって、タールサンドは、注入井／抽出井による回収、またはビチューメンをその中に含まれる砂および土から実質的に分離することで、処理済みタールサンドを採掘することによる回収を含めた処理に馴染み易くなる。

【0061】

該微生物コンソーシアムは、特許文献5に開示され、図2に見られるようなタールサンドの地上処理ステップにおいても有用である。このようにして、ビチューメンフロス生成の副生物として生成するタールサンドテールは、タールサンドテールの貯留池において固体の沈降を妨害すると思われる、分配された土を含有していない。更に、後続の処理の前に、タールサンドと共に該微生物コンソーシアムを使用することにより、テールへのビチューメン損失が減少し、ビチューメンフロスの生産量が増加する。

40

【0062】

「Extraction of Bitumen From Bitumen Froth and Biotreatment of Bitumen Froth Tailings Generated From Tar Sands」という名称で、参照

50

により本明細書に組み込まれている特許文献6にも、水、固体、沈殿アスファルテンおよびビチューメンフロステールを実質的に含まないビチューメン生成物を製造するために、抽出および回収工程において天然微生物を使用する方法が記載されている。自生微生物の代わりに、またはそれに加えて本明細書に記載の微生物コンソーシアムを利用する類似の方法は、有利であると考えられる。該微生物コンソーシアムは、より広い温度範囲で活性を有すると考えられ、芳香族炭化水素の所望の分離を起こす界面活性剤の生成において効力を実証しており、その炭化水素源を唯一の代謝用炭素源として用いることができる。

【0063】

図5に関して見られるように、タールサンドならびに石油回収法に伴う各種の廃棄物および廃棄流の多様な地上処理工程のために使用できる概略的経路が存在する。概略図に見られるように、バイオリアクターは、既述した微生物コンソーシアムの所望の混合物を收容するために使用することができる。図5から分かるように、微生物コンソーシアムは、浮揚タンクにおける一次分離細胞中への調節済みスラリーの使用、浮選テールの処理、フロス処理、二次テール、およびテールポンド基質の処理、ならびにテールポンドからの水のリサイクルにおける調節済みスラリーの使用を含む、多様な工程経路中に多くのレベルで導入することができる。表示したように、微生物は、工程処理内の多数の箇所で導入することができる。それに加え、工程経路中に導入した後、導入した微生物の一部を様々な分離帯に分配することにより、既に導入した微生物が、所望の工程流れを介して工程段階を順次循環するように、処理工程を強化できると想定される。このようにして、工程全体の効率が高められる。それに加え、微生物が工程流れ内の炭化水素成分に馴化した範囲内

10

20

【0064】

しかし、必要があれば、または有益であれば、バイオリアクターからの追加の微生物を導入することにより、更にその工程を促進してもよい。

【0065】

炭化水素の取出しを増進するように、タールサンド混合物にパラフィンを追加すること、タールサンドの処理内では知られている。タールサンドの後続の処理中に、パラフィンを部分的に除去する通気工程が使用される。しかし、パラフィンの重要な成分が、タールサンドテール中に残存する。こうしたテールは、流出水にパラフィンを放出することが知られているが、これは、環境問題として大きくなりつつある。パラフィン炭化水素は、該微生物コンソーシアムの使用により分解できると考えられている種類の炭化水素である。したがって、従来の廃棄テールに、およびタールサンド工程流れの処理に添加した該微生物コンソーシアムは、タールサンド残渣から添加パラフィンを実質的に除去する上で、有効になり得ると考えられる。

30

【0066】

注入井および他の炭化水素回収技法は、分離を要する水と炭化水素との混合物をしばしば生成することになる。追加の工程段階に使用するために回収水をリサイクルする必要性は、頻繁に存在する。微生物コンソーシアムが回収水中に存在する限りは、コンソーシアムを含有するその分離水を井戸内に再び戻し注入することができる。従来の油水分離工程は、水回収工程の後に微生物が生き残るのに十分穏やかである。回収水は、直接使用してもよいし、あるいは井戸内に再注入する前に、追加の微生物および／または栄養素の導入を受けてもよい。

40

【0067】

回収水を再使用せず、地上の貯留池に導入するか、そうでなければ排出する予定の範囲内では、廃水内に存在する微生物コンソーシアムは、その回収水を更に「磨き上げる」または処理するために使用することにより、残存する炭化水素分を更に分解することができる。

【0068】

炭化水素回収法における微生物コンソーシアムの更なる使用には、各種炭化水素分画の芳香族結合を還元する微生物の能力が関与する。それに加え、本明細書に記載の微生物は

50

、炭化水素内に存在する硫黄、窒素およびリンの結合も還元できると考えられる。芳香族結合を還元し、原油混合物中の他の成分と反応する能力は、後続の下流処理、ならびに回収生成物のパイプライン内輸送の双方から見て、回収生成物の品質を高める。芳香族結合を還元する（開環する）能力によって、より容易に流動し、パイプラインシステム中の移動にエネルギーが少なく済む粘性の低下した生成物が得られる。

【0069】

したがって、微生物コンソーシアムの実証された特徴は、地下岩石層からの炭化水素の処理および回収、ならびに廃棄テールまたは採掘タールサンドの地上処理のために有用であると考えられる。このような使用によって、有用な炭化水素の収率の増加が実現されると共に、廃棄物の生成が最小限に抑えられる。上記の工程は、有害な溶媒の使用を必要とせず、自然に生成する生物性界面活性剤と、微生物コンソーシアムによる含油基質のコロニー形成によって実現する有益作用との組合せを拠り所としている。酸素供給、栄養素添加、温度（即ち、温水）および混合による地中のコンソーシアム活性の制御は、処理可能な任意の基質を最適化するために行うことができる。酸素含量、栄養素含量、処理温度および混合程度を変化させる技能は、過度の実験をせずに実現でき、当業者の技量内に十分入る。

10

【0070】

したがって、微生物コンソーシアムの実証された特徴は、廃水およびテールポンドタールからの排出液における懸濁固体の処理のために有用であると考えられる。懸濁固体の多くは、水質問題にとって環境上懸念されることのある土質粒子である。このような使用には、環境影響を最小限に抑えることのできる、廃水および排出液の質を向上させるための適用が含まれる。上記の工程は、有害な薬品（例えば、沈殿剤）の使用を必要とせず、自然に生成する生物性界面活性剤と、微生物コンソーシアムの増殖特性との組合せを拠り所としている。酸素供給、温度（即ち、温水）および混合による水処理におけるコンソーシアム活性の制御は、任意の水処理系を最適化するために行うことができる。生物的水処理を制御する技能は、過度の実験をせずに実現でき、当業者の技量内に十分入る。

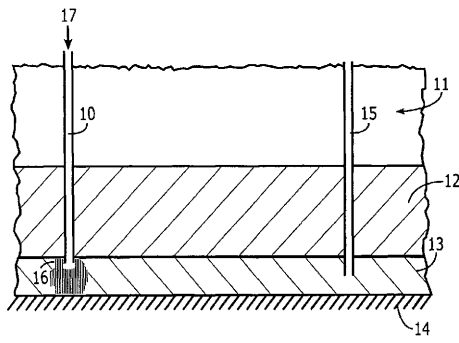
20

【0071】

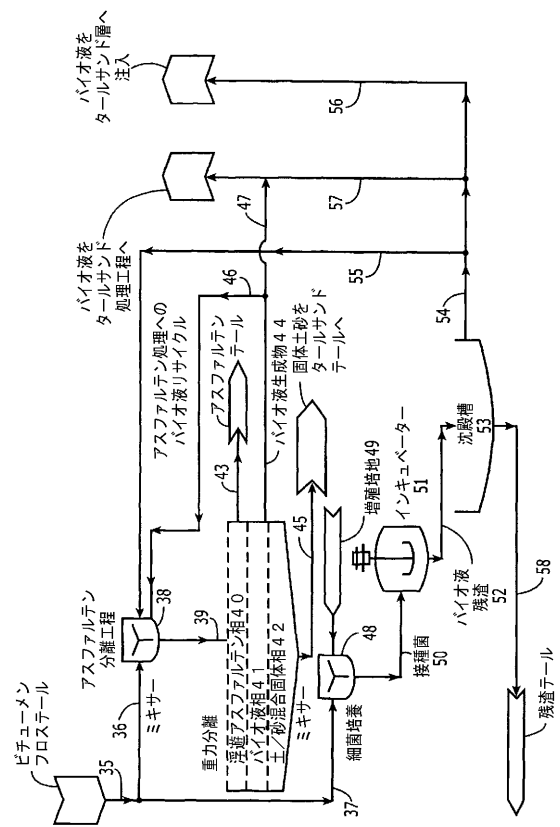
本発明の好ましい実施形態について、特定の用語、装置および方法を用いて記述してきたが、このような記述は例示だけを目的としている。使用した語句は、限定語句ではなく説明語句である。以下の特許請求の範囲に提示される本発明の趣旨または範囲を逸脱せずに、当業者により変更および変化をなし得ることは理解されたい。それに加え、多様な実施形態の態様は、全体的または部分的のいずれでも互換し得ることも理解されたい。したがって、添付する特許請求の範囲の趣旨および範囲は、その中に含まれる好ましい変形形態に関する記述に限定すべきではない。

30

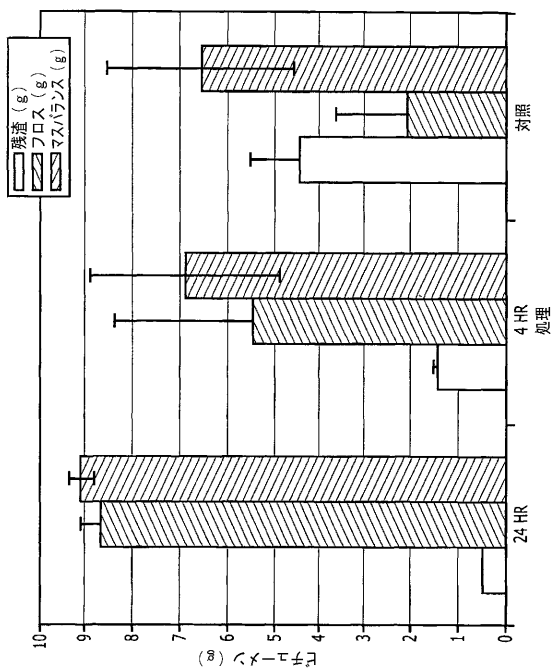
【図 1】



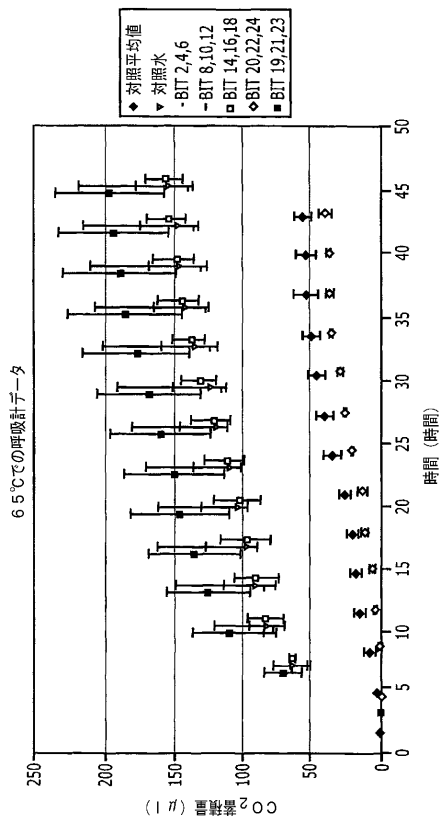
【図 2】



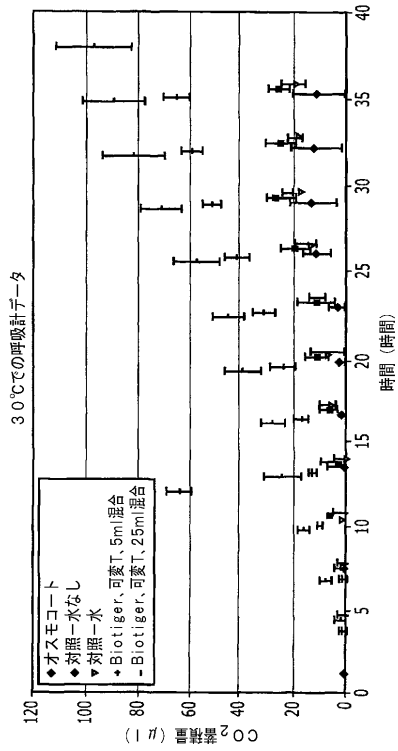
【図 3】



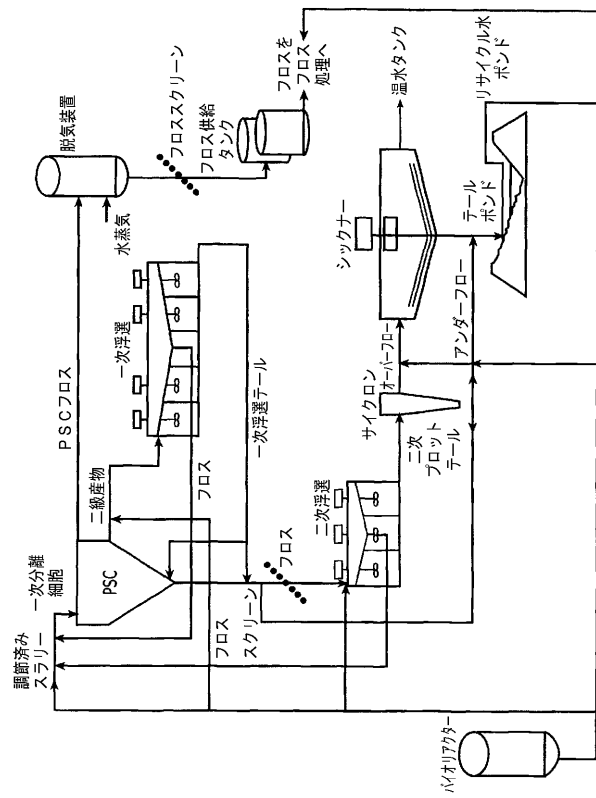
【図 4 A】



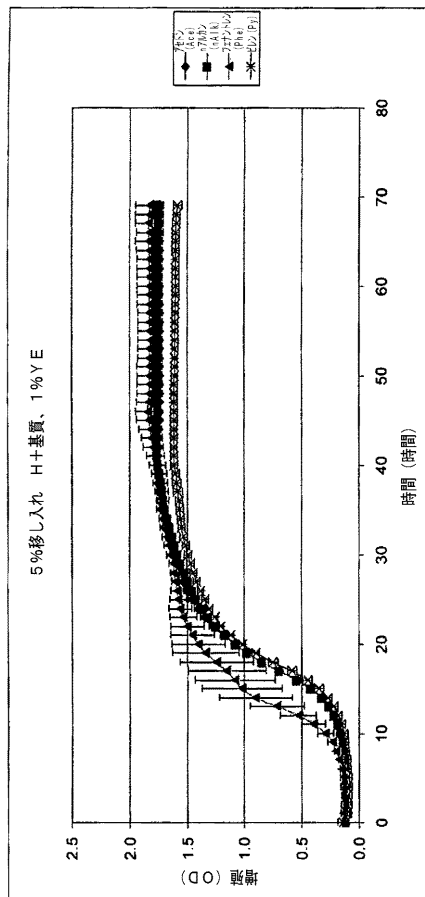
【図 4 B】



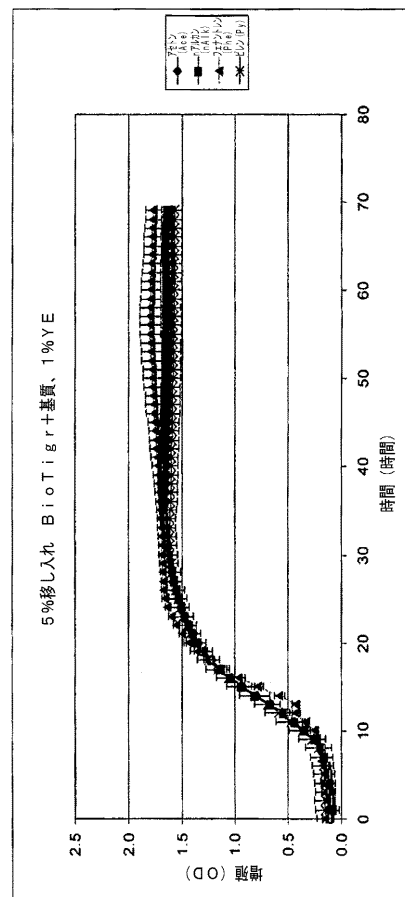
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2008/009289	
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. C12Q1/68 C02F3/34 C12P7/64 C09K8/60 E21B43/16 C10G1/00 C09K8/582	
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) C12Q C02F C12P C09K E21B C10G Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, BIOSIS, WPI Data	
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT	
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages Relevant to claim No.
X	WO 2006/085848 A (WESTINGHOUSE SAVANNAH RIVER CO [US]; BRIGMON ROBIN L [US]; STORY SANDR) 17 August 2006 (2006-08-17) example 1 1-3, 5-7, 9
X	ALMEIDA P F ET AL: "Selection and application of microorganisms to improve oil recovery" ENGINEERING IN LIFE SCIENCES, vol. 4, no. 4, August 2004 (2004-08), pages 319-325, XP002501723 ISSN: 1618-0240 page 321 - page 323; figure 1; table 1 4, 8, 10-12 --- -/--
☒ 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 document 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 11 November 2008	Date of mailing of the international search report 19/11/2008
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Aslund, Fredrik

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2008/009289

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PARTIDAS C J ET AL: "MICROBES AID HEAVY OIL RECOVERY IN VENEZUELA" OIL AND GAS JOURNAL, PENNWELL, HOUSTON, TX, US, vol. 96, no. 24, 15 June 1998 (1998-06-15), pages 62-64, XP000792944 ISSN: 0030-1388	
A	WO 01/33040 A (NORSKE STATS OLJESELSKAP [NO]; REES DAVID CHRISTOPHER [GB]; SUNDE EGIL) 10 May 2001 (2001-05-10) page 5; claim 1	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2008/009289

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2006085848 A	17-08-2006	CA 2596386 A1	17-08-2006
		CN 101184836 A	21-05-2008
		EP 1848796 A1	31-10-2007
		JP 2008528029 T	31-07-2008
WO 0133040 A	10-05-2001	AU 1160601 A	14-05-2001
		EA 3892 B1	30-10-2003
		EP 1228288 A1	07-08-2002
		NO 20022114 A	18-06-2002
		US 6758270 B1	06-07-2004

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 クリストファー ジェイ. ベリー

アメリカ合衆国 29803-5743 サウスカロライナ州 エイケン アルパイン ドライブ
1724

Fターム(参考) 4H129 AA02 CA01 CA11 DA11 NA21 NA46