

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02013/051569

発行日 平成27年3月30日 (2015. 3. 30)

(43) 国際公開日 平成25年4月11日 (2013. 4. 11)

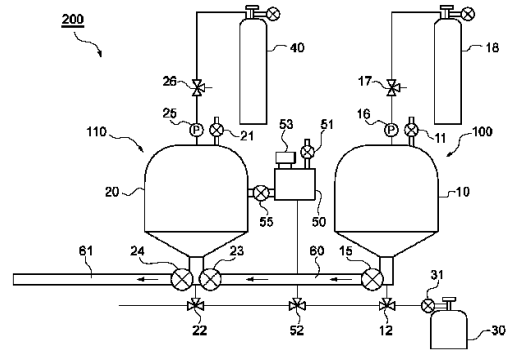
(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
C 1 2 M	1/00	(2006. 01)	C 1 2 M	1/00	H	4 B 0 2 9		
C O 2 F	3/28	(2006. 01)	C O 2 F	3/28	A	4 B 0 6 4		
C O 2 F	3/34	(2006. 01)	C O 2 F	3/28	Z	4 D 0 4 0		
H O 1 M	8/06	(2006. 01)	C O 2 F	3/34	Z	5 H 0 2 7		
H O 1 M	8/04	(2006. 01)	H O 1 M	8/06	R			
			審査請求 未請求 予備審査請求 有			(全 33 頁) 最終頁に続く		

出願番号	特願2013-537517 (P2013-537517)	(71) 出願人	304023318 国立大学法人静岡大学 静岡県静岡市駿河区大谷836
(21) 国際出願番号	PCT/JP2012/075535	(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(22) 国際出願日	平成24年10月2日 (2012. 10. 2)	(74) 代理人	100108257 弁理士 近藤 伊知良
(31) 優先権主張番号	特願2011-220274 (P2011-220274)	(74) 代理人	100124800 弁理士 諏澤 勇司
(32) 優先日	平成23年10月4日 (2011. 10. 4)	(74) 代理人	100176773 弁理士 坂西 俊明
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	木村 浩之 静岡県静岡市駿河区大谷836 国立大学 法人静岡大学理学部内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 バイオリアクター、それを用いたメタン生成方法及び水素ガス生成方法、並びに水／ガス／電気
の自家的供給システム

(57) 【要約】

本発明は、リアクタータンクと、リアクタータンクに開閉自在のバルブを介して接続された不活性ガス供給装置と、リアクタータンク及び不活性ガス供給装置に開閉自在のバルブを介して接続されると共に第1のガス回収装置に接続された反応液貯蔵タンクと、リアクタータンク及び不活性ガス供給装置に開閉自在のバルブを介して接続され、基質液供給部を有する基質液貯蔵タンクと、リアクタータンクに接続された第2のガス回収装置と、を備える、密閉型のバイオリアクターを提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

リアクタータンクと、
 該リアクタータンクに開閉自在のバルブを介して接続された不活性ガス供給装置と、
 前記リアクタータンク及び前記不活性ガス供給装置に開閉自在のバルブを介して接続されると共に第 1 のガス回収装置に接続された反応液貯蔵タンクと、
 前記リアクタータンク及び前記不活性ガス供給装置に開閉自在のバルブを介して接続され、基質液供給部を有する基質液貯蔵タンクと、
 前記リアクタータンクに接続された第 2 のガス回収装置と、を備える、密閉型のバイオリアクター。

10

【請求項 2】

前記反応液貯蔵タンクが前記リアクタータンクの底部に接続されており、かつ前記基質液貯蔵タンクが前記リアクタータンクの側面上部に接続されている、請求項 1 に記載のバイオリアクター。

【請求項 3】

前記リアクタータンクを加熱する加熱装置を更に備える、請求項 1 又は 2 に記載のバイオリアクター。

【請求項 4】

反応液が付加帯の深部地下水であり、かつ基質液が有機物を含む溶液である、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のバイオリアクター。

20

【請求項 5】

回収されるガスが、水素ガス又はメタンを含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のバイオリアクター。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のバイオリアクターを用いるメタン生成方法であって、

前記不活性ガス供給装置により前記リアクタータンクの内部に不活性ガスを供給し、前記リアクタータンクの内部のガスを不活性ガスで置換するステップと、

前記不活性ガス供給装置により前記反応液貯蔵タンクの内部に不活性ガスを供給し、前記反応液貯蔵タンクの内部の圧力を前記リアクタータンクの内部の圧力よりも高くするステップと、

30

前記不活性ガス供給装置により前記基質液貯蔵タンクの内部に不活性ガスを供給し、前記基質液貯蔵タンクの内部の圧力を前記リアクタータンクの内部の圧力よりも高くするステップと、

前記基質液貯蔵タンクを前記リアクタータンクと接続し、圧力差を利用して、前記基質液貯蔵タンクから前記リアクタータンクの内部に嫌氣的に基質液を供給するステップと、

前記反応液貯蔵タンクを前記リアクタータンクと接続し、圧力差を利用して、前記反応液貯蔵タンクから前記リアクタータンクの内部に嫌氣的に反応液を供給するステップと、

前記リアクタータンクの内部で、前記基質液に含まれる基質を前記反応液に含まれる微生物により発酵させてメタンを生成するステップと、を備え、

40

前記基質液が、有機物を含み、

前記反応液が、微生物として水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌を含み、かつ塩濃度が 1 . 5 % 以下、溶存酸素濃度が 0 . 0 1 % 未満、硫酸イオン濃度が 5 . 0 mg / L 以下、硫化物イオン濃度が 0 . 0 1 mg / L 未満、ヨウ素イオン濃度が 5 . 0 mg / L 以下、及び前記微生物の細胞数が $10^1 \sim 10^7$ cells / mL である、メタン生成方法。

【請求項 7】

前記反応液が、付加帯の深部地下水である、請求項 6 に記載のメタン生成方法。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のバイオリアクターを用いる水素ガス生成方法であ

50

って、

前記不活性ガス供給装置により前記リアクタータンクの内部に不活性ガスを供給し、前記リアクタータンクの内部のガスを不活性ガスで置換するステップと、

前記不活性ガス供給装置により前記反応液貯蔵タンクの内部に不活性ガスを供給し、前記反応液貯蔵タンクの内部の圧力を前記リアクタータンクの内部の圧力よりも高くするステップと、

前記不活性ガス供給装置により前記基質液貯蔵タンクの内部に不活性ガスを供給し、前記基質液貯蔵タンクの内部の圧力を前記リアクタータンクの内部の圧力よりも高くするステップと、

前記基質液貯蔵タンクを前記リアクタータンクと接続し、圧力差を利用して、前記基質液貯蔵タンクから前記リアクタータンクの内部に嫌氣的に基質液を供給するステップと、

前記反応液貯蔵タンクを前記リアクタータンクと接続し、圧力差を利用して、前記反応液貯蔵タンクから前記リアクタータンクの内部に嫌氣的に反応液を供給するステップと、

前記リアクタータンクの内部で、前記基質液に含まれる基質を前記反応液に含まれる微生物により発酵させて水素ガスを生成するステップと、を備え、

前記基質液が、有機物及び水素資化性メタン生成菌阻害剤を含み、

前記反応液が、微生物として水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌を含み、かつ塩濃度が1.5%以下、溶存酸素濃度が0.01%未満、硫酸イオン濃度が5.0mg/L以下、硫化物イオン濃度が0.01mg/L未満、ヨウ素イオン濃度が5.0mg/L以下、及び前記微生物の細胞数が $10^1 \sim 10^7$ cells/mLである、水素ガス生成方法。

【請求項9】

前記反応液が、付加帯の深部地下水である、請求項8に記載の水素ガス生成方法。

【請求項10】

請求項1～5のいずれか一項に記載のバイオリアクターから構成されるメタン生成部と、
請求項1～5のいずれか一項に記載のバイオリアクターから構成される水素ガス生成部と、

前記メタン生成部と接続された、大深度掘削井戸から付加帯の深部地下水を汲み上げるポンプと、

前記メタン生成部に接続されたメタンタンクと、

前記水素ガス生成部に接続された水素ガスタンクと、

前記メタンタンクに接続されたガスエンジンを有する発電機と、

前記水素ガスタンクに接続された燃料電池と、を備える、水/ガス/電気の自家用供給システム。

【請求項11】

前記水素ガス生成部及び前記メタン生成部を加熱する加熱装置を更に備え、

前記加熱装置が、前記発電機又は前記燃料電池からの排熱を利用して前記水素ガス生成部及び前記メタン生成部を加熱する装置である、請求項10に記載の水/ガス/電気の自家用供給システム。

【請求項12】

前記メタン生成部と前記メタンタンクとの間に配置される二酸化炭素除去装置、又は前記水素ガス生成部と前記水素ガスタンクとの間に配置される二酸化炭素除去装置を更に備える、請求項10又は11に記載の水/ガス/電気の自家用供給システム。

【請求項13】

前記メタン生成部と前記メタンタンクとの間に配置される脱硫装置、又は前記水素ガス生成部と前記水素ガスタンクとの間に配置される脱硫装置を更に備える、請求項10～12のいずれか一項に記載の水/ガス/電気の自家用供給システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、バイオリアクター、それを用いたメタン生成方法及び水素ガス生成方法、並びに水/ガス/電気の自家供給システム (Self-generating water/gas/electricity supply system) に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

南西日本の太平洋側は、「付加帯」という地形からなる。付加帯は地下10km以上にもおよぶ厚い堆積層からなる。この堆積層は、プレートテクトニクスによって海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込む際に、海洋プレート上の海底堆積物がはぎ取られて大陸プレートに付加して形成されたものである。付加帯の堆積層は、白亜紀(1億4000万年前~6500万年前)又は第三紀(6500万年前~250万年前)の太古の海底堆積物に由来する(図10及び図11参照)。さらに、付加帯は海洋プレートが大陸プレートに沈み込む際にできる海溝と平行して分布していることから、東海・東南海・南海地震といった大地震の災害想定区域に指定されている。

10

【 0 0 0 3 】

付加帯の深部帯水層には大量のメタンが溶存していることが知られている。このメタンは、堆積層中の有機物を分解して水素ガスと二酸化炭素を生成する水素生成型発酵細菌と、水素ガス及び二酸化炭素からメタンを生成する水素資化性メタン生成菌からなる“微生物共生システム”によって、短時間で生成されることが知られている(非特許文献1)。

20

【 0 0 0 4 】

一方、従来、下水処理施設の活性汚泥、家畜の糞尿、生ゴミ、及び廃材等をバイオマスとして利用する、微生物によるメタン/水素ガス生成システムが知られている(例えば、特許文献1参照)。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 7 - 1 3 0 5 1 1 号 公 報

【 非特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 非特許文献 1 】 The ISME Journal , 2 0 1 0 年 , 4 巻 , p p . 5 3 1 - 5 4 1

30

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

特許文献1に記載のメタン/水素ガス生成システムは、発電機及び燃料電池と直結させることにより、ガスと電気を自家的に生成できる。しかしながら、水、ガス及び電気の3つのインフラを同時に供給することは不可能である。このため、特許文献1に記載のメタン/水素ガス生成システムは、災害時の緊急ステーションとして十分な機能を果たすことはできない。

40

【 0 0 0 8 】

天然の資源である付加帯の深部帯水層の地下水、及びこれに含まれる“微生物共生システム”を効率よく利用することのできるシステムはこれまで知られていなかった。

【 0 0 0 9 】

そこで、本発明は、付加帯の深部地下水を効率よく利用することのできるバイオリアクターを提供することを目的とする。本発明はまた、上記バイオリアクターを用いたメタン生成方法、及び水素ガス生成方法を提供することも目的とする。さらに、本発明は、上記バイオリアクター、及び付加帯の深部地下水を利用して、地下水、ガス及び電気の3つのインフラを同時にかつ自家的に供給できる水/ガス/電気の自家供給システムを提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

50

【 0 0 1 0 】

本発明者らは、付加帯の深部地下水中で上記“微生物共生システム”によるメタン生成及び水素ガス生成が極めて短時間で行われ得ることに加え、付加帯の深部地下水は、溶存酸素濃度が極めて低いことを今般新たに見出した。本発明はこれらの知見に基づくものである。

【 0 0 1 1 】

すなわち、本発明は、リアクタータンクと、該リアクタータンクに開閉自在のバルブを介して接続された不活性ガス供給装置と、上記リアクタータンク及び上記不活性ガス供給装置に開閉自在のバルブを介して接続されると共に第1のガス回収装置に接続された反応液貯蔵タンクと、上記リアクタータンク及び上記不活性ガス供給装置に開閉自在のバルブを介して接続され、基質液供給部を有する基質液貯蔵タンクと、上記リアクタータンクに接続された第2のガス回収装置と、を備える、密閉型のバイオリアクターを提供する。

10

【 0 0 1 2 】

上記バイオリアクターは、不活性ガス供給装置によりリアクタータンク、反応液貯蔵タンク及び基質液貯蔵タンクの内部のガスを不活性ガスで置換することが可能である。また、上記バイオリアクターは、不活性ガス供給装置の動作により、リアクタータンク、反応液貯蔵タンク及び基質液貯蔵タンクの内部圧力を制御することが可能であるため、密閉したまま、リアクター内の圧力差によって反応液及び基質液をリアクタータンクへと供給及び攪拌することが可能となっている。このため、従来バイオリアクターでは酸素が消費された後に嫌氣的微生物発酵が生じるのに対し、上記バイオリアクターではバイオリアクター内に酸素がほとんど存在しないため、直ちに嫌氣的微生物発酵が生じる。したがって、高い発酵効率を達成することができる。また上記バイオリアクターは、上記反応液貯蔵タンクが上記第1のガス回収装置に接続されているため、反応液に含まれるガスを上記第1のガス回収装置により回収することができる。例えば、反応液として付加帯の深部地下水を用いたとき、付加帯の深部地下水に溶存しているメタンを上記第1のガス回収装置により回収することができる。

20

【 0 0 1 3 】

上記バイオリアクターは、上記反応液貯蔵タンクが上記リアクタータンクの底部に接続されており、かつ上記基質液貯蔵タンクが上記リアクタータンクの側面上部に接続されているものであってもよい。このような構成を有することにより、攪拌することなく、反応液及び基質液の供給と同時に、反応液及び基質液をリアクタータンク底部で効率よく混合することができる。

30

【 0 0 1 4 】

上記バイオリアクターは、上記リアクタータンクを加熱する加熱装置を更に備えていてもよい。リアクタータンクを加熱することにより、発酵効率をより一層高めることが可能となる。

【 0 0 1 5 】

上記バイオリアクターは上述のような構成を備えているため、反応液が付加帯の深部地下水であり、かつ基質液が有機物を含む溶液であることが好ましい。本発明における「付加帯の深部地下水」は、付加帯の地下100m以深の帯水層に由来する溶存酸素濃度が検出限界以下の嫌氣的な地下水であればよく、付加帯の地下1,000m以深の帯水層に由来する嫌氣的な地下水であることが好ましい。なお、「地下100m」等とは、鉛直方向に向かう地表面からの距離を意味する。また、「付加帯」とは、海洋プレートが海溝で大陸プレートの下に沈み込む際に、海洋プレートの上の堆積物がはぎ取られ、大陸プレートに付加して形成される堆積層である。「付加帯」は上記条件を満たす堆積層であればよく、西日本の付加帯に限定されるものではない。

40

【 0 0 1 6 】

本発明はまた、上記バイオリアクターを用いるメタン生成方法であって、上記不活性ガス供給装置により上記リアクタータンクの内部に不活性ガスを供給し、上記リアクタータンクの内部のガスを不活性ガスで置換するステップと、上記不活性ガス供給装置により上

50

記反応液貯蔵タンクの内部に不活性ガスを供給し、上記反応液貯蔵タンクの内部の圧力を上記リアクタータンクの内部の圧力よりも高くするステップと、上記不活性ガス供給装置により上記基質液貯蔵タンクの内部に不活性ガスを供給し、上記基質液貯蔵タンクの内部の圧力を上記リアクタータンクの内部の圧力よりも高くするステップと、上記基質液貯蔵タンクを上記リアクタータンクと接続し、圧力差を利用して、上記基質液貯蔵タンクから上記リアクタータンクの内部に嫌氣的に基質液を供給するステップと、上記反応液貯蔵タンクを上記リアクタータンクと接続し、圧力差を利用して、上記反応液貯蔵タンクから上記リアクタータンクの内部に嫌氣的に反応液を供給するステップと、上記リアクタータンクの内部で、上記基質液に含まれる基質を上記反応液に含まれる微生物により発酵させてメタンを生成するステップと、を備え、上記基質液が、有機物を含み、上記反応液が、微生物として水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌を含み、かつ塩濃度が1.5% (w/v) 以下、溶存酸素濃度が0.01% (w/v) 未満、硫酸イオン濃度が5.0 mg/L 以下、硫化物イオン濃度が0.01 mg/L 未満、ヨウ素イオン濃度が5.0 mg/L 以下、及び上記微生物の細胞数が $10^1 \sim 10^7$ cells/mLである、メタン生成方法を提供する。

10

20

30

40

50

【0017】

本発明はさらに、上記バイオリクターを用いる水素ガス生成方法であって、上記不活性ガス供給装置により上記リアクタータンクの内部に不活性ガスを供給し、上記リアクタータンクの内部のガスを不活性ガスで置換するステップと、上記不活性ガス供給装置により上記反応液貯蔵タンクの内部に不活性ガスを供給し、上記反応液貯蔵タンクの内部の圧力を上記リアクタータンクの内部の圧力よりも高くするステップと、上記不活性ガス供給装置により上記基質液貯蔵タンクの内部に不活性ガスを供給し、上記基質液貯蔵タンクの内部の圧力を上記リアクタータンクの内部の圧力よりも高くするステップと、上記基質液貯蔵タンクを上記リアクタータンクと接続し、圧力差を利用して、上記基質液貯蔵タンクから上記リアクタータンクの内部に嫌氣的に基質液を供給するステップと、上記反応液貯蔵タンクを上記リアクタータンクと接続し、圧力差を利用して、上記反応液貯蔵タンクから上記リアクタータンクの内部に嫌氣的に反応液を供給するステップと、上記リアクタータンクの内部で、上記基質液に含まれる基質を上記反応液に含まれる微生物により発酵させて水素ガスを生成するステップと、を備え、上記基質液が、有機物及び水素資化性メタン生成菌阻害剤を含み、上記反応液が、微生物として水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌を含み、かつ塩濃度が1.5% (w/v) 以下、溶存酸素濃度が0.01% (w/v) 未満、硫酸イオン濃度が5.0 mg/L 以下、硫化物イオン濃度が0.01 mg/L 未満、ヨウ素イオン濃度が5.0 mg/L 以下、及び上記微生物の細胞数が $10^1 \sim 10^7$ cells/mLである、水素ガス生成方法を提供する。

【0018】

上記メタン生成方法及び上記水素ガス生成方法では、本発明のバイオリクターを用いているため、嫌氣的微生物発酵及び嫌氣的微生物メタン生成が直ちに生じる。したがって、メタン及び水素ガスを効率よく生成することが可能である。また、反応液の上記組成は、付加帯の深部地下水の組成に近似しているため、ヨウ素による微生物の増殖阻害が抑制され、硫酸還元菌の増殖が抑制される。このため硫酸還元菌による硫化水素の発生が抑制され、また水素生成型発酵細菌と硫酸還元菌とによる有機物の競合が起こりにくいという利点がある。

【0019】

上記メタン生成方法及び上記水素ガス生成方法においては、上記反応液が、付加帯の深部地下水であることが好ましい。

【0020】

付加帯の深部地下水中に含まれる微生物は好熱性のものが多く、いずれも30 ~ 65の高温培養が可能である。このため、高温培養することで、地表付近で混入した雑菌等の増殖を抑制することができる。また、深部地下圏における地下水の流動は非常に遅く、このような環境に適応した微生物であるため、ガス生成の際にリアクター内を攪拌させる

必要がない。さらに、深部地下環境は季節変動がほとんどないため、大深度掘削井戸から年間を通じて安定的に地下水とそこに含まれる微生物を入手することが可能である。

【0021】

本発明は、上記バイオリクターから構成されるメタン生成部と、上記バイオリクターから構成される水素ガス生成部と、上記メタン生成部と接続された、大深度掘削井戸から付加帯の深部地下水を汲み上げるポンプと、上記メタン生成部に接続されたメタンタンクと、上記水素ガス生成部に接続された水素ガスタンクと、上記メタンタンクに接続されたガスエンジンを有する発電機と、上記水素ガスタンクに接続された燃料電池と、を備える、水/ガス/電気の自家的供給システムをも提供する。

【0022】

本発明の水/ガス/電気の自家的供給システムは、上記構成を備えるため、水、ガス及び電気の3つのインフラを同時にかつ自家的に供給することができる。すなわち、外部からの水、ガス及び電気の供給がなくても自立的にこれらを供給することが可能となる。

【0023】

上記水/ガス/電気の自家的供給システムは、上記水素ガス生成部及び上記メタン生成部を加熱する加熱装置を更に備え、上記加熱装置が、上記発電機（特に、ガスエンジン）又は上記燃料電池からの排熱を利用して上記水素ガス生成部及び上記メタン生成部を加熱する装置であることが好ましい。

【0024】

上記加熱装置は、発電機（特に、ガスエンジン）及び燃料電池からの排熱を奪い、発電機（特に、ガスエンジン）及び燃料電池を冷却するとともに、奪った排熱を利用して水素ガス生成部及びメタン生成部を加熱するものである。このような加熱装置を備えることにより、より一層水素ガス生成及びメタン生成効率が向上し、水/ガス/電気の自家的供給システム全体の効率が向上する。

【0025】

上記水/ガス/電気の自家的供給システムは、上記メタン生成部と上記メタンタンクとの間に配置される二酸化炭素除去装置、又は上記水素ガス生成部と上記水素ガスタンクとの間に配置される二酸化炭素除去装置を更に備えることが好ましい。

【0026】

二酸化炭素を除去することにより、生成ガスに含まれるメタン分圧又は水素ガス分圧を高めることが可能となる。これにより、ガスエンジンと発電機又は燃料電池による発電効率をより一層高めることが可能である。

【0027】

上記水/ガス/電気の自家的供給システムは、上記メタン生成部と上記メタンタンクとの間に配置される脱硫装置（硫化水素除去装置）、又は上記水素ガス生成部と上記水素ガスタンクとの間に配置される脱硫装置を更に備えることが好ましい。

【0028】

硫化水素を除去することにより、生成ガスに含まれるメタン分圧又は水素ガス分圧を高めることが可能となる。これにより、ガスエンジン及び燃料電池の腐食を防ぐことが可能となる。

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、付加帯の深部地下水を効率よく利用することのできるバイオリクターを提供することができる。また本発明によれば、上記バイオリクターを用いたメタン生成方法、及び水素ガス生成方法を提供することができる。さらに、本発明によれば、上記バイオリクター、及び付加帯の深部地下水を利用して、地下水、ガス及び電気の3つのインフラを同時にかつ自家的に供給できる水/ガス/電気の自家的供給システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

10

20

30

40

50

- 【図 1】一実施形態に係るバイオリアクターの模式図である。
 【図 2】一実施形態に係るバイオリアクターの模式図である。
 【図 3】一実施形態に係る水 / ガス / 電気の自家的供給システムの模式図である。
 【図 4】一実施形態に係る水 / ガス / 電気の自家的供給システムの模式図である。
 【図 5】付加帯の深部地下水を用いたメタン生成を示すグラフである。
 【図 6】付加帯の深部地下水を用いた水素ガス生成を示すグラフである。
 【図 7】一実施形態に係るリアクタータンク（中型嫌気培養槽）の斜視図である。
 【図 8】付加帯の深部地下水を用いたメタン生成を示すグラフである。
 【図 9】付加帯の深部地下水を用いた水素ガス生成を示すグラフである。
 【図 10】付加帯の形成メカニズムを説明する図である。
 【図 11】南西日本の付加帯の分布を示す図である。
 【発明を実施するための形態】

10

【0031】

以下、図面を参照しつつ本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。ただし、本発明は以下の実施形態に限定されるものではない。

【0032】

〔バイオリアクター〕

図 1 は、本実施形態に係るバイオリアクターの模式図である。図 1 に示すバイオリアクター 200 は、リアクタータンク 20 と、リアクタータンク 20 に開閉自在のバルブ 31 を介して接続された不活性ガス供給装置 30 と、リアクタータンク 20 及び不活性ガス供給装置 30 に開閉自在のバルブ 15、23 及び 31 を介して接続されると共にガス回収装置 18 に接続された反応液貯蔵タンク 10 と、リアクタータンク 20 及び不活性ガス供給装置 30 に開閉自在のバルブ 31 及び 55 を介して接続され、基質液供給部 53 を有する基質液貯蔵タンク 50 と、リアクタータンク 20 に接続されたガス回収装置 40 と、を備える。

20

【0033】

リアクタータンク 20 の内部で微生物による発酵が行われる。リアクタータンク 20 を形成する材料としては、バイオリアクターに通常用いられる材料を好適に用いることができる。発酵の際にリアクタータンク 20 の内部に 0.1 ~ 0.25 MPa 程度の圧力をかける場合は、リアクタータンク 20 はこの圧力に耐えられる材料で形成されていることが好ましい。このような材料としては、例えば、ステンレスが挙げられる。

30

【0034】

反応液貯蔵タンク 10 及び基質液貯蔵タンク 50 は、それぞれ微生物を含む反応液及び当該微生物の発酵基質となる基質液（基質溶液）を貯蔵するタンクである。反応液貯蔵タンク 10 及び基質液貯蔵タンク 50 を形成する材料としては、通常用いられる材料であれば特に限定されるものではないが、タンク内部に 0.5 MPa 程度の圧力をかけたときに耐えられる材料であることが好ましい。具体的には、リアクタータンク 20 を形成する材料として例示したものが挙げられる。

【0035】

不活性ガス供給装置 30 は、バイオリアクター 200 の系内の雰囲気嫌気にするため、並びに反応液貯蔵タンク 10 及び基質液貯蔵タンク 50 の内部の圧力を高めるために用いられる。不活性ガスとしては、例えば、窒素ガス、アルゴンガス及びヘリウムガスが挙げられる。不活性ガスはこれらの 1 種を単独で、又は 2 種以上を混合して用いることができる。不活性ガス供給装置 30 に含まれる不活性ガスの圧力に特に制限はないが、例えば、1.0 ~ 1.5 MPa とすることができる。

40

【0036】

本実施形態に係るバイオリアクター 200 は、反応液貯蔵タンク 10 がリアクタータンク 20 の底部と接続されており、かつ基質液貯蔵タンク 50 がリアクタータンク 20 の側面上部に接続されている。しかしながら、本発明のバイオリアクターは、このような態様に限定されるものではない。図 2 は他の実施形態に係るバイオリアクターの模式図である

50

。図 2 に示すバイオリアクター 210 は、反応液貯蔵タンク 10 及び基質液貯蔵タンク 50 がいずれもリアクタータンク 20 の側面上部に接続されている。また、反応液貯蔵タンク及び基質液貯蔵タンクの少なくとも一方がリアクタータンクの頂部に接続されていてもよい。

【0037】

〔バイオリアクターの動作方法〕

次に、バイオリアクター 200 を例にとり、その動作方法について説明する。なお、図 2 に示すバイオリアクター 210 も同様の動作方法である。

(i) 三方コック 22 を切り替えて、不活性ガス供給装置 30 によりリアクタータンク 20 の内部に不活性ガスを供給する。バルブ 23、24 及び 55 は閉じられている。このとき、バルブ 21 を開放し、バルブ 21 を介してリアクタータンク 20 内部のガスを排出し、リアクタータンク 20 内部を不活性ガスで置換する。不活性ガスで置換後、バルブ 21 を閉じ、かつ三方コック 22 を切り替えることによってリアクタータンク 20 を閉鎖系にする。このときのリアクタータンク 20 内部の圧力は、通常、大気圧 (0.1 MPa) 程度である。

10

【0038】

(ii) 反応液貯蔵タンク 10 の反応液供給部 (図示せず) から、反応液貯蔵タンク 10 の内部に反応液を注入する。バルブ 15 は閉じられている。このとき、加圧ポンプ 16 により反応液貯蔵タンク 10 の内部を引圧にし、反応液に含まれる溶存ガスをガス回収装置 18 に回収してもよい。次に、三方コック 12 を切り替えて、不活性ガス供給装置 30 により反応液貯蔵タンク 10 の内部に不活性ガスを供給し、反応液をバブリングする。このとき、バルブ 11 を開放し、反応液貯蔵タンク 10 内部を不活性ガスで置換する。反応液に溶存しているガスもバブリングにより不活性ガスで置換される。次に、バルブ 11 を閉じ、更に不活性ガスを供給することにより、反応液貯蔵タンク 10 の内部の圧力をリアクタータンク 20 の内部の圧力よりも高くする。その後、三方コック 12 を切り替え、反応液貯蔵タンク 10 を閉鎖系にする。このときの反応液貯蔵タンク 10 内部の圧力は、通常 0.1 MPa を超え、0.5 MPa 程度以下である。

20

【0039】

(iii) 基質液貯蔵タンク 50 の基質液供給部 53 から、基質液貯蔵タンク 50 の内部に基質液を注入する。バルブ 55 は閉じられている。三方コック 52 を切り替えて、不活性ガス供給装置 30 により基質液貯蔵タンク 50 の内部に不活性ガスを供給し、基質液をバブリングする。このとき、バルブ 51 を開放し、基質液貯蔵タンク 50 内部を不活性ガスで置換する。基質液に溶存しているガスもバブリングにより不活性ガスで置換される。次に、バルブ 51 を閉じ、更に不活性ガスを供給することにより、基質液貯蔵タンク 50 の内部の圧力をリアクタータンク 20 の内部の圧力よりも高くする。その後、三方コック 52 を切り替え、基質液貯蔵タンク 50 を閉鎖系にする。このときの基質液貯蔵タンク 50 内部の圧力は、通常 0.1 MPa を超え、0.5 MPa 程度以下である。

30

【0040】

上記 (i)、(ii) 及び (iii) の操作は、任意の順序で行うことができる。(i)、(ii) 及び (iii) の操作のうち 2 以上の操作を同時に行ってもよい。

40

【0041】

(iv) バルブ 55 を開放し、基質液貯蔵タンク 50 をリアクタータンク 20 と接続する。基質液貯蔵タンク 50 とリアクタータンク 20 との圧力差により、基質液貯蔵タンク 50 からリアクタータンク 20 の内部に基質液が供給される。外部から閉鎖されているため、この基質液の供給は嫌氣的に行われる。

【0042】

(v) バルブ 15 及び 23 を開放し、反応液貯蔵タンク 10 をリアクタータンク 20 と接続する。反応液貯蔵タンク 10 とリアクタータンク 20 との圧力差により、反応液貯蔵タンク 10 から、流路 60 を通って、リアクタータンク 20 の内部に反応液が供給される。外部から閉鎖されているため、この反応液の供給は嫌氣的に行われる。

50

【 0 0 4 3 】

上記 (i v) 及び (v) の操作は、任意の順序で行うことができる。(i v) 及び (v) の操作を同時に行ってもよい。好ましくは、(i v) の操作の後に (v) の操作を行う。このように圧力差を利用して反応液及び基質液をリアクタータンク 2 0 に供給することにより、リアクタータンク 2 0 内でこれらが自発的に混合される。したがって、攪拌装置等が不要となり、バイオリアクター 2 0 0 の構造を単純化することができ、コンタミネーションのリスク低減、及び低コスト化が可能となる。

【 0 0 4 4 】

(v i) 次いで、バルブ 2 1、2 3、2 4 及び 5 5 を閉じた状態で、嫌氣的に微生物による発酵を行う。通常のバイオリアクターでは、この段階では溶存酸素等の影響があるため、直ちには嫌氣的な発酵が始まらないが、本実施形態に係るバイオリアクター 2 0 0 は、上記のとおり作動するものであるため、直ぐに嫌氣的な発酵を開始することができる。したがって、発酵効率が極めて高い。

10

【 0 0 4 5 】

発酵により生成したガス(以下「生成ガス」ともいう。)は、ガス回収装置 4 0 によりリアクタータンク 2 0 から回収される。回収された生成ガスは、ガス回収装置 4 0 に他の機器を接続しておき、直接その機器に供給してもよい。また、ガス回収装置 4 0 をガス貯蔵用タンクとしておき、当該ガス貯蔵用タンクに貯蔵してもよい。

【 0 0 4 6 】

バルブの開閉、三方コックの切り替え、及びバルブの開閉のタイミング制御等は手動で行ってもよいし、コンピュータプログラム等により自動で行ってもよい。

20

【 0 0 4 7 】

本実施形態に係るバイオリアクターは、リアクタータンク 2 0 の加熱装置を更に備えていてもよい。加熱装置としては、反応液及び基質液の混合液の温度を制御できるものであれば任意のものを用いることができる。例えば、電熱コイル又はリアクタータンク 2 0 の外部に熱媒体(例えば、水等)を含むパイプ等を巻きつけるものであってもよい。

【 0 0 4 8 】

本実施形態に係るバイオリアクターは、嫌氣的な微生物発酵、特に付加帯の深部地下水を反応液として用いる嫌氣的な微生物発酵、に適している。したがって、本実施形態に係るバイオリアクターは、嫌氣的微生物発酵用バイオリアクター、又は付加帯の深部地下水用バイオリアクターとして好適に使用することができる。

30

【 0 0 4 9 】

〔メタン生成方法〕

次に、本実施形態に係るメタン生成方法を、図 1 に示すバイオリアクター 2 0 0 を参照しながら説明する。

【 0 0 5 0 】

本実施形態に係るメタン生成方法は、

(a) 不活性ガス供給装置 3 0 によりリアクタータンク 2 0 の内部に不活性ガスを供給し、リアクタータンク 2 0 の内部のガスを不活性ガスで置換するステップと、

(b) 不活性ガス供給装置 3 0 により反応液貯蔵タンク 1 0 の内部に不活性ガスを供給し、反応液貯蔵タンク 1 0 の内部の圧力をリアクタータンク 2 0 の内部の圧力よりも高くするステップと、

40

(c) 不活性ガス供給装置 3 0 により基質液貯蔵タンク 5 0 の内部に不活性ガスを供給し、基質液貯蔵タンク 5 0 の内部の圧力をリアクタータンク 2 0 の内部の圧力よりも高くするステップと、

(d) 基質液貯蔵タンク 5 0 をリアクタータンク 2 0 と接続し、圧力差を利用して、基質液貯蔵タンク 5 0 からリアクタータンク 2 0 の内部に嫌氣的に基質液を供給するステップと、

(e) 反応液貯蔵タンク 1 0 をリアクタータンク 2 0 と接続し、圧力差を利用して、反応液貯蔵タンク 1 0 からリアクタータンク 2 0 の内部に嫌氣的に反応液を供給するステッ

50

ブと、

(f)リアクタータンク20の内部で、基質液に含まれる有機物を反応液に含まれる微生物により発酵させてメタンを生成するステップと、を備える。

【0051】

反応液は、微生物として水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌を含む。水素生成型発酵細菌は、有機物を嫌氣的に分解し水素ガス(H_2)を生成する細菌である。水素資化性メタン生成菌は、水素ガス(H_2)と二酸化炭素(CO_2)からメタンを生成する細菌である。反応液に水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌が含まれているため、基質液に含まれる有機物を水素生成型発酵細菌が嫌氣的に分解することにより生成する水素ガスと二酸化炭素とを用いて水素資化性メタン生成菌がメタンを生成する。

10

【0052】

水素生成型発酵細菌としては、有機物を嫌氣的に分解し水素ガスを生成する細菌であれば、特に制限なく用いることができる。水素資化性メタン生成菌としては、水素ガス(H_2)と二酸化炭素(CO_2)からメタンを生成する細菌であれば、特に制限なく用いることができる。高温(例えば、 $30 \sim 65$)及び高圧(例えば、 $0.1 \sim 15$ MPa)で嫌氣的発酵が可能であることから、水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌としては、それぞれ付加帯の深部地下水に含まれる細菌が好ましい。高温で嫌氣的発酵を行うことにより、雑菌の増殖を抑制することができる。

【0053】

反応液は、塩濃度が 1.5% (w/v)以下、溶存酸素濃度が 0.01% (w/v)未満、硫酸イオン濃度が 5.0 mg/L以下、硫化物イオン濃度が 0.01 mg/L未満、ヨウ素イオン濃度が 5.0 mg/L以下、及び上記微生物の細胞数が $10^1 \sim 10^7$ cells/mLとの条件を満たすものである。反応液の上記組成は、付加帯の深部地下水の組成に近似しているため、ヨウ素による微生物の増殖阻害が抑制され、硫酸還元菌の増殖が抑制される。このため硫酸還元菌による硫化水素の発生が抑制され、また水素生成型発酵細菌と硫酸還元菌とによる有機物の競合が起こりにくいという利点がある。

20

【0054】

反応液の塩濃度は、 1.5% (w/v)以下であることが好ましく、 1.3% (w/v)以下であることがより好ましく、 1.2% (w/v)以下であることが更に好ましく、 1.1% (w/v)以下であることが更に好ましい。

30

【0055】

反応液の溶存酸素濃度は、 0% (w/v)、すなわち検出下限以下であることがより好ましい。

【0056】

反応液の硫酸イオン濃度は、 4.5 mg/L以下であることが好ましく、 4.0 mg/L以下であることがより好ましい。

【0057】

反応液の硫化物イオン濃度は、 0 mg/L、すなわち検出下限以下であることがより好ましい。

【0058】

反応液のヨウ素イオン濃度は、 4.0 mg/L以下であることが好ましく、 3.0 mg/L以下であることがより好ましく、 2.0 mg/L以下であることが更に好ましい。

40

【0059】

反応液に含まれる微生物の細胞数(細胞密度)は、 $10^2 \sim 10^6$ cells/mLであることが好ましく、 $10^3 \sim 10^5$ cells/mLであることがより好ましい。微生物の細胞数とは、リアクタータンクに供給する際の反応液に含まれる水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌の合計細胞数である。

【0060】

本実施形態に係るメタン生成方法に用いられる反応液としては、上述の諸条件を満たすものであれば、特に制限されないが、付加帯の深部地下水であることが好ましい。付加帯

50

の深部地下水では、水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌を含む微生物共生システムが構成されており、かつ付加帯の深部地下水の組成は、上述の反応液組成の条件を満たす。微生物共生システムは、50以上の温度で生育することが可能である。また、付加帯の深部地下水は、季節変動及び天候による影響がないため、安定供給が可能である。

【0061】

付加帯の深部地下水に含まれる水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌としては、これに限定されるものではないが、例えば、*Clostridium thermo cellum*、*Thermodesulfovibrio yellowstonii*、*Desulfotomaculum salinum*、*Desulfotomaculum ruminis*、*Desulfotomaculum putei*、*Thermotoga lettingae*、*Moorella thermoacetica*、*Syntrophus gentianae*、*Prolixibacter bellarii vorans*、*Olsenella uli*、*Syntrophothermus lipocalidus*、*Brumimicrobium mesophilum*、*Methanobacterium aarhusense*、*Methanobacterium alcaliphilum*、*Methanothermobacter therautotrophicus*、が挙げられる。

10

【0062】

基質液には、微生物の炭素源となる有機物が含まれる。有機物としては、水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌により利用されるものであれば特に制限されない。具体的には、例えば、グルコース、ペプトン及び酵母エキス、並びにこれらの混合物が挙げられる。

20

【0063】

有機物として、米、芋類及び麦類等の穀類を粉末化した穀類粉も好適に用いることができる。特に、輸入事故米及び汚染米等の食品として利用できない米を使用すれば、バイオマスの有効利用につながる。さらに、食料需給と競合しないセルロース系バイオマスも好適に利用できる。

【0064】

本実施形態に係るメタン生成方法(a)～(e)の各ステップにおける具体的操作は、上記〔バイオリアクターの動作方法〕欄で説明したとおりである。

30

【0065】

(f)ステップでは、リアクタータンク20の内部で、基質液に含まれる有機物を反応液に含まれる微生物により発酵させてメタンを生成する。発酵の際の具体的な条件は、これに限定されるものではないが、例えば、以下のように設定することができる。

反応圧力：0.1MPa(大気圧)～0.25MPa

反応温度：30～65

反応時間：1日～35日

【0066】

反応液として付加帯の深部地下水を用いる場合、付加帯の深部地下水には通常10～20MPa程度の圧力がかかっているため、反応圧力をより高く設定することが好ましい。また、付加帯の深部地下水は通常高温(例えば、～100)であるため、より高い反応温度に設定するのが好ましい。具体的には、例えば、30～65とすることができる。このように高温で反応することにより、雑菌の増殖を抑制することができる。

40

【0067】

本発明のバイオリアクターは、もともとリアクタータンクに反応液(又は基質液)を注入する際に、反応液と基質液が混合する設計になっているため、反応時に攪拌は不要である。また、付加帯の深部地下水を反応液として用いる場合、付加帯の深部地下水は通常流動が非常に遅いため、攪拌しなくても、効率よくメタン生成が可能である。

【0068】

50

本実施形態では、反応液と基質液を別途用意して混合する形態について述べたが、反応液中に基質となる有機物を予め添加した混合液を用意し、当該混合液をリアクタータンク20内部に供給してメタン生成を行ってもよい。

【0069】

〔水素ガス生成方法〕

次に、本実施形態に係る水素ガス生成方法を、図1に示すバイオリアクター200を参照しながら説明する。

【0070】

本実施形態に係る水素ガス生成方法は、

(a') 不活性ガス供給装置30によりリアクタータンク20の内部に不活性ガスを供給し、リアクタータンク20の内部のガスを不活性ガスで置換するステップと、

(b') 不活性ガス供給装置30により反応液貯蔵タンク10の内部に不活性ガスを供給し、反応液貯蔵タンク10の内部の圧力をリアクタータンク20の内部の圧力よりも高くするステップと、

(c') 不活性ガス供給装置により基質液貯蔵タンク50の内部に不活性ガスを供給し、基質液貯蔵タンク50の内部の圧力をリアクタータンク20の内部の圧力よりも高くするステップと、

(d') 基質液貯蔵タンク50をリアクタータンク20と接続し、圧力差を利用して、基質液貯蔵タンク50からリアクタータンク20の内部に嫌氣的に基質液を供給するステップと、

(e') 反応液貯蔵タンク10をリアクタータンク20と接続し、圧力差を利用して、反応液貯蔵タンク10からリアクタータンク20の内部に嫌氣的に反応液を供給するステップと、

(f') リアクタータンク20の内部で、基質液に含まれる基質を反応液に含まれる微生物により発酵させて水素ガスを生成するステップと、を備える。

【0071】

本実施形態に係る水素ガス生成方法は、基質液に有機物に加えて水素資化性メタン生成菌阻害剤が含まれる点を除いて、上記メタン生成方法と同様の方法により行うことができる。

【0072】

本実施形態に係る水素ガス生成方法では、反応液に水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌が含まれており、基質液に含まれる有機物を水素生成型発酵細菌が嫌氣的に分解することにより水素ガスが生成する。また、基質液に水素資化性メタン生成菌阻害剤が含まれるため、水素資化性メタン生成菌によるメタン生成が阻害されるため、水素ガスが最終生成物として得られる。

【0073】

水素資化性メタン生成菌阻害剤としては、本技術分野で通常用いられているものを好適に用いることができる。具体的には、例えば、クロロホルム、2-プロモエタンスルホン酸ナトリウムが挙げられる。

【0074】

本実施形態に係る水素ガス生成方法では、水素資化性メタン生成菌阻害剤を用いているため、水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌を分離する必要がない。しかしながら、水素生成型発酵細菌のみが含まれる反応液(すなわち、水素資化性メタン生成菌を含まない)を調製し、上記〔メタン生成方法〕に記載したものと同一基質液を用いて水素ガス生成を行うこともできる。

【0075】

すなわち、他の実施形態に係る水素ガス生成方法として、

上記バイオリアクターを用いる水素ガス生成方法であって、

不活性ガス供給装置30によりリアクタータンク20の内部に不活性ガスを供給し、リアクタータンク20の内部のガスを不活性ガスで置換するステップと、

不活性ガス供給装置 30 により反応液貯蔵タンク 10 の内部に不活性ガスを供給し、反応液貯蔵タンク 10 の内部の圧力をリアクタータンク 20 の内部の圧力よりも高くするステップと、

不活性ガス供給装置 30 により基質液貯蔵タンク 50 の内部に不活性ガスを供給し、基質液貯蔵タンク 50 の内部の圧力をリアクタータンク 20 の内部の圧力よりも高くするステップと、

基質液貯蔵タンク 50 をリアクタータンク 20 と接続し、圧力差を利用して、基質液貯蔵タンク 50 からリアクタータンク 20 の内部に嫌氣的に基質液を供給するステップと、

反応液貯蔵タンク 10 をリアクタータンク 20 と接続し、圧力差を利用して、反応液貯蔵タンク 50 からリアクタータンク 20 の内部に嫌氣的に反応液を供給するステップと、

リアクタータンク 20 の内部で、基質液に含まれる基質を反応液に含まれる微生物により発酵させて水素ガスを生成するステップと、を備え、

基質液が、有機物を含み、

反応液が、微生物として水素生成型発酵細菌を含み、かつ塩濃度が 1.5% 以下、溶存酸素濃度が 0.01% 未満、硫酸イオン濃度が 5.0 mg/L 以下、硫化物イオン濃度が 0.01 mg/L 未満、ヨウ素イオン濃度が 5.0 mg/L 以下、及び微生物の細胞数が $10^1 \sim 10^7$ cells/mL である、水素ガス生成方法とすることもできる。

【0076】

〔水/ガス/電気の自家的供給システム〕

本発明の水/ガス/電気の自家的供給システムは、上記バイオリアクターから構成されるメタン生成部と、上記バイオリアクターから構成される水素ガス生成部と、メタン生成部と接続された、大深度掘削井戸から付加帯の深部地下水を汲み上げるポンプと、メタン生成部に接続されたメタンタンクと、水素ガス生成部に接続された水素ガスタンクと、メタンタンクに接続されたガスエンジンを有する発電機と、水素ガスタンクに接続された燃料電池と、を少なくとも備える。

【0077】

図 3 は、一実施形態に係る水/ガス/電気の自家的供給システムを示す模式図である。図 3 に示す水/ガス/電気の自家的供給システム 1000 は、大深度掘削井戸から付加帯の深部地下水を汲み上げるポンプ 600 と、ポンプ 600 と接続されたメタン分離槽 120 並びにメタン分離槽 120 と開閉自在のバルブ 15 及び 23 を介して接続されたメタン生成槽 130 を有するメタン生成部と、メタン生成槽 130 並びにメタン生成槽 130 と開閉自在のバルブ 24 及び 28 を介して接続された水素ガス生成槽 140 を有する水素ガス生成部と、を少なくとも有する。

【0078】

メタン生成部は、メタン分離槽 120 が上記バイオリアクターの反応液貯蔵タンク 10 に相当し、メタン生成槽 130 が上記バイオリアクターのリアクタータンク 20 に相当する。メタン生成槽 130 は、基質液貯蔵タンク 50 と開閉自在のバルブを介して接続されている。また、メタン分離槽 120 及びメタン生成槽 130 はメタンタンク 40 (上記バイオリアクターのガス回収装置 40 に相当する) と接続されている。メタン生成部では、メタン分離槽において付加帯の深部地下水に含まれるメタンを分離しメタンタンク 40 に回収するとともに、メタン生成槽 130 で生成させたメタンを同様にメタンタンク 40 に回収する。

【0079】

水素ガス生成部は、メタン生成槽 130 が上記バイオリアクターの反応液貯蔵タンク 10 に相当し、水素ガス生成槽 140 が上記バイオリアクターのリアクタータンク 20 に相当する。水素ガス生成槽 140 は、基質液貯蔵タンク 50 と開閉自在のバルブを介して接続されている。また、水素ガス生成槽 140 は水素ガスタンク 41 (上記バイオリアクターのガス回収装置 40 に相当する) と接続されている。水素ガス生成部では、水素ガス生成槽 140 で生成させた水素ガスを水素ガスタンク 41 に回収する。

【0080】

10

20

30

40

50

本実施形態に係る水/ガス/電気の自家供給システム1000では、上述のとおり、メタン生成槽130が、上記バイオリアクターのリアクタータンク20及び反応液貯蔵タンク10を兼ねているが、これに限られるものではなく、それぞれ別個のものとして備えていてもよい。

【0081】

ポンプ600は、大深度掘削井戸に配置されており、付加帯の深部地下水を汲み上げる。汲み上げられた付加帯の深部地下水は、配管610を通して、バルブ620の開放とともにメタン分離槽120に送液される。メタン分離槽120では、付加帯の深部地下水に溶存しているメタンを分離してメタンタンク40に回収する。メタンの分離は、メタンタンク40とメタン分離槽120との間の加圧ポンプ(P)にてメタン分離槽120の内部を引圧にすることにより行う。分離できなかったメタンは、不活性ガス供給装置30から不活性ガスを供給し、付加帯の深部地下水をバブリングすることにより、メタン分離槽120上部のバルブから排出する。

10

【0082】

メタンを分離した付加帯の深部地下水は、続いて、上述のようにメタン分離槽120とメタン生成槽130の圧力差を利用して、メタン生成槽130に送液される。メタン生成槽130には、基質液貯蔵タンク50から有機物を含む基質液が供給される。基質液の供給によりメタン生成反応の効率が向上するが、必ずしも基質液の供給は必須ではなく、付加帯の深部地下水に含まれる有機物を発酵基質としてメタン発酵を行ってもよい。メタンを分離した付加帯の深部地下水と、基質液との供給順序は任意であるが、基質液をメタン生成槽130に供給した後にメタンを分離した付加帯の地下水をメタン生成槽130に送液することが好ましい。これにより、反応液と基質液を効率的に混合することができる。

20

【0083】

メタン生成後の反応液は、続いて、上述のようにメタン生成槽130と水素ガス生成槽140の圧力差を利用して、水素ガス生成槽140に送液される。水素ガス生成槽140には、基質液貯蔵タンク50から有機物及び水素資化性メタン生成菌阻害剤を含む基質液が供給される。有機物の供給により水素ガス生成反応の効率が向上するが、必ずしも有機物の供給は必須ではなく、メタン生成後の反応液に残存する有機物を発酵基質として水素ガス生成を行ってもよい。メタン生成後の反応液と、基質液との供給順序は任意であるが、基質液を水素ガス生成槽140に供給した後に反応液を水素ガス生成槽140へと送液することが好ましい。これにより、反応液と基質液を効率的に混合することができる。

30

【0084】

メタン分離槽120及びメタン生成槽130から排出されたメタンは、加圧ポンプ(P)を介してメタンタンク40に回収される。メタンタンク40は、ガスボンベ等とすることができる。回収されたメタンは、ガスコンロ、ガストーブ、及び風呂釜等のガス燃料として用いることができる(図示せず)。また、ガスエンジン300の燃料とし、発電機310による発電に用いてもよい。

【0085】

水素ガス生成槽140から排出された水素ガスは、加圧ポンプ(P)を介して水素ガスタンク41に回収される。水素ガスタンク41は、ガスボンベ等とすることができる。回収された水素ガスは、燃料電池400に供給され、発電に用いられる。

40

【0086】

発電機310及び燃料電池400で発電された電気は、その一部がポンプ600、及び加圧ポンプ(P)の作動エネルギーとして用いられる(図3中、電気の流れを一点鎖線で示した)。すなわち、水/ガス/電気の自家供給システム1000は外部からの電源供給がなくても動作可能である。

【0087】

ガスエンジン300を有する発電機310、及び燃料電池400には、特に制限なく、通常用いられるガスエンジン及び発電機、並びに燃料電池を好適に利用できる。

【0088】

50

本実施形態に係る水/ガス/電気の自家供給システム1000は、水素ガス生成部（特には、水素ガス生成槽140）及びメタン生成部（特には、メタン生成槽130）を加熱する加熱装置を更に備えていてもよい。付加帯の深部地下水はもともと高温であるため、これに含まれる水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌は好熱性である場合が多い。付加帯の深部地下水に含まれる水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌は、常温（例えば、25）でも水素ガス生成及びメタン生成が可能であるが、加熱により反応温度を高くすることでより効率よく水素ガス生成及びメタン生成を行うことが可能となる。反応温度としては30～65が好適である。反応温度を高温にすることで、地上付近に存在する雑菌の増殖を抑えることも可能となる。

【0089】

加熱装置は、例えば、ラジエタ500及び520と、図3中破線及び点線で示した熱媒体の流路と、ファン510とを備えるものとすることができる。ラジエタ520から冷却した熱媒体を注入する。冷却した熱媒体の注入は任意であるが、これにより過熱しすぎた熱媒体を適切な温度に調整することができる。

【0090】

熱媒体は、水素ガス生成槽140及びメタン生成槽130を通過してラジエタ500に到達する。熱媒体の流路は、例えば、チューブ形状のものとし、水素ガス生成槽140及びメタン生成槽130の本体周囲に巻きつけるように配置することで効率よく水素ガス生成槽140及びメタン生成槽130を加熱することができる。

【0091】

続いて熱媒体は、ラジエタ500においてファン510により一定程度冷却される。冷却された熱媒体は、ガスエンジン300及び燃料電池400を通過し、これらからの排熱により加熱される。このとき、同時に、熱媒体によりガスエンジン300及び燃料電池400の冷却が行われる。図3中、破線で示した流路は比較的加熱された熱媒体が流れていることを示し、点線で示した流路は比較的冷却された熱媒体が流れていることを示している。熱媒体としては、比熱が高いことから水であることが好ましい。

【0092】

本実施形態に係る加熱装置は、上述のように、ガスエンジン300及び燃料電池400からの排熱を奪い、これらを冷却するとともに、この排熱を利用して水素ガス生成槽140及びメタン生成槽130を加温するものである。水素ガス生成槽140及びメタン生成槽130を加温することでより一層水素ガス生成及びメタン生成効率が向上することから、水/ガス/電気の自家供給システム1000全体の効率が向上するという好ましい効果を奏する。

【0093】

本実施形態に係る水/ガス/電気の自家供給システム1000は、二酸化炭素除去装置700を更に備えていてもよい。二酸化炭素除去装置700は、メタン生成部（特には、メタン生成槽130）とメタンタンク40との間に配置される場合と、水素ガス生成部（特には、水素ガス生成槽140）と水素ガスタンク41との間に配置される場合とがある。二酸化炭素除去装置700は、このいずれか一方のみに配置されていてもよく、双方に配置されていてもよい。

【0094】

メタン生成槽130から排出されるガスは、メタンと二酸化炭素を含む。二酸化炭素除去装置700により二酸化炭素を除去することによって、回収されるガスに含まれるメタンの分圧を高めることができる。二酸化炭素除去後のメタンの分圧には特に制限はないが、75モル%以上とすることが好ましく、80モル%以上とすることがより好ましい。これにより、ガスエンジン300及び発電機310での発電効率を高めることができる。

【0095】

また、水素ガス生成槽140から排出されるガスは、水素ガスと二酸化炭素を含む。二酸化炭素除去装置700により二酸化炭素を除去することによって、回収されるガスに含まれる水素ガスの分圧を高めることができる。二酸化炭素除去後の水素ガスの分圧には特

10

20

30

40

50

に制限はないが、60モル%以上とすることが好ましい。これにより、燃料電池400での発電効率を高めることができる。

【0096】

二酸化炭素除去装置700は、生成したメタン（又は水素ガス）及び二酸化炭素を含むガスから二酸化炭素を選択的に除去するものである。二酸化炭素を除去する方法としては、特に限定されず、例えば、化学吸収法、物理吸収法、膜分離法、及び吸着剤による分離法を好適に用いることができる。

【0097】

化学吸収法は、二酸化炭素を選択的に溶解できるアルカリ性溶液（例えば、アミン及び炭酸カリ水溶液）を吸収液として利用し、二酸化炭素を化学反応によって吸収させる方法である。

10

【0098】

物理吸収法は、吸収液（例えば、メタノール及びポリエチレングリコール）を使用して、高圧及び低温下で物理的に二酸化炭素を吸収させる方法である。

【0099】

膜分離法は、膜（例えば、高分子膜及びセラミック膜）による、各気体の透過速度の違いを利用して、混合ガスから二酸化炭素を分離する方法である。

【0100】

吸着剤による分離法は、多孔質の吸着剤（例えば、ゼオライト及び活性炭）を用い、高い圧力下で吸着剤に二酸化炭素を吸着させる方法である。

20

【0101】

本実施形態に係る二酸化炭素除去装置は、より安価でかつ単純な装置になることから、化学吸収法を利用した装置が好ましい。

【0102】

本実施形態に係る水/ガス/電気の自家的供給システム1000は、脱硫装置710を更に備えていてもよい。脱硫装置710は、二酸化炭素除去装置700と同様、メタン生成部（特には、メタン生成槽130）とメタンタンク40との間に配置される場合と、水素ガス生成部（特には、水素ガス生成槽140）と水素ガスタンク41との間に配置される場合とがある。脱硫装置710は、このいずれか一方のみに配置されていてもよく、双方に配置されていてもよい。

30

【0103】

また、脱硫装置710と二酸化炭素除去装置700とを併用する場合は、脱硫装置710と二酸化炭素除去装置700との配置の順番は任意に設定することができるが、メタン生成部又は水素ガス生成部に近い方に脱硫装置710を配置することが好ましい。

【0104】

脱硫装置710は、培養（発酵）の過程で発生する可能性のある硫化水素を除去する装置である。硫化水素を除去することにより、ガスエンジン、燃料電池等の腐食を防ぐことができる。脱硫装置710としては、例えば、酸化鉄等を利用した装置が挙げられる。

【0105】

なお、図3の水/ガス/電気の自家的供給システム1000は、大深度掘削井戸に対してメタン生成部及び水素ガス生成部が直列に接続された態様を示すものであるが、本発明に係る水/ガス/電気の自家的供給システムは、この態様に限られるものではなく、例えば、大深度掘削井戸に対してメタン生成部及び水素ガス生成部が並列に接続されたものであってもよい。

40

【0106】

図4は、他の実施形態に係る水/ガス/電気の自家的供給システムの模式図である。図4に示す水/ガス/電気の自家的供給システム1000は、深度掘削井戸に対してメタン生成部及び水素ガス生成部が並列に接続されたものである。すなわち、図4に示す水/ガス/電気の自家的供給システム1000は、大深度掘削井戸から付加帯の深部地下水を汲み上げるポンプ600と、ポンプ600と開閉自在のバルブ620を介して接続された2

50

つのメタン分離槽 120 を備える。一方のメタン分離槽 120 はメタン生成槽 130 と接続され、他方のメタン分離槽 120 は水素ガス生成槽 140 と接続されている。図 4 に示す水 / ガス / 電気の自家供給システム 1000 は、メタン分離槽 120、メタン生成槽 130 及び水素ガス生成槽 140 の配置が異なること以外は図 3 に示すものと同様の構成を有しており、その動作方法等も上述したとおりである。

【0107】

図 4 に示す水 / ガス / 電気の自家供給システム 1000 では、メタン分離槽 120 は 1 つのみであってもよい。この場合、メタン分離槽 120 は、メタン生成槽 130 及び水素ガス生成槽 140 の双方に接続される。

【0108】

大深度掘削井戸に対してメタン生成部及び水素ガス生成部が並列に接続された構成を採用することにより、水素ガス生成の効率がより一層向上する。この理由については、これに限定されるものではないが、本発明者らは次のように推察している。すなわち、一旦、水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌により“微生物共生システム”が形成されメタン発酵が開始されると、水素生成型発酵細菌と水素資化性メタン生成菌とが鞭毛で繋がれ、種間水素伝達が生じるようになり、水素資化性メタン生成菌阻害剤が効かなくなる（すなわち、水素ガス生成効率が低下する）と考えられる。これに対し、大深度掘削井戸に対してメタン生成部及び水素ガス生成部が並列に接続された構成を採用した場合、水素資化性メタン生成菌阻害剤による効果が十分に得られ、水素ガス生成を効率よく行うことができるものと考えられる。

【0109】

本発明に係る水 / ガス / 電気の自家供給システムは、水、ガス及び電気の 3 つのインフラを同時に、かつ自家的に供給することができるため、災害時緊急ステーションとして好適に利用できる。

【実施例】

【0110】

以下、本発明を実施例に基づいてより詳細に説明する。

【0111】

〔付加帯の深部地下水の成分解析〕

静岡県島田市に位置する、付加帯を地下 1,500 m まで掘削した温泉（島田市田代の郷温泉・伊太和里の湯； $34^{\circ}52.283'N$ ， $138^{\circ}09.150'E$ ）にて、付加帯の深部地下水を採取し、深部地下水に含まれる成分を解析した（図 11 のサンプリングサイト）。

アニオン種（ HCO_3^- ， Cl^- ， Br^- ， I^- ， SO_4^{2-} ， CH_3COO^- ， $HCOO^-$ ）の濃度は、TSK gel Super IC-AZ カラムを備えた IC-2001 イオンクロマトグラフィー（東ソー株式会社製）により解析した。

カチオン種（ Na^+ ， K^+ ， Mg^{2+} ， Ca^{2+} ）の濃度は、TSK gel Super IC-CR カラムを備えた IC-2001 イオンクロマトグラフィー（東ソー株式会社製）により解析した。

硫化物の濃度はメチレンブルー法により解析した。

溶存有機炭素（DOC）濃度は、ガラス繊維濾紙 GF/F（ワットマン）で濾過した深部地下水を TOC-V 全有機体炭素計（島津製作所）により解析した。

溶存酸素濃度は、ポータブル溶存酸素計（東亜ディーケーケー株式会社製）及びウインクラ法により解析した。

【0112】

結果を表 1 に示す。

10

20

30

40

【表 1】

成分	採取日:2007年12月21日	採取日:2008年7月25日
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	581	592
Cl ⁻ (mg/L)	1,007	940
Br ⁻ (mg/L)	2.4	2.1
I ⁻ (mg/L)	1.7	1.7
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	3.5	3.3
Na ⁺ (mg/L)	960	890
K ⁺ (mg/L)	6.5	6.6
Mg ²⁺ (mg/L)	0.4	0.4
Ca ²⁺ (mg/L)	7.7	5.3
硫化物 (mg/L)	<0.01	<0.01
CH ₃ COO ⁻ (mg/L)	1.8	2.0
HCOO ⁻ (mg/L)	0.1	0.2
DOC (mg/L)	37.7	36.5
溶存酸素濃度 (%)	<0.01	<0.01

10

20

【0113】

採取日(季節)が異なっても、深部地下水に含まれる成分濃度はほぼ一定であった。溶存酸素濃度が非常に低いため、メタン生成及び水素ガス生成が短時間のうちに始まる。塩及び硫化物濃度が低いため、井戸壁面のケーシングパイプ、タンク、配管、及びエンジン等の腐食が起こりにくい。

【0114】

付加帯の深部地下水はヨウ素(I⁻)をほとんど含まない(表1参照)。よって、リアクター内でヨウ素による微生物の増殖阻害が起こることはない。また、付加帯に由来する地下水の多くは淡水であるため、メタン及び水素ガス生成リアクター内で硫酸還元菌が増殖して硫化水素を発生させる可能性は低い。また、発酵細菌と硫酸還元菌による有機物の競合が起こりにくいという利点もある。

30

【0115】

〔付加帯の深部地下水を用いたメタンの生成(1)〕

上記サンプリングサイトで採取した付加帯の深部帯水層に由来する地下水30mLに、グルコース、ペプトン及び酵母エキスからなる混合有機物(グルコース18mg、ペプトン90mg、酵母エキス90mg)を嫌氣的に添加した。この溶液を嫌氣的に培養瓶にインジェクトした。その後、培養瓶のヘッドスペースを窒素で満たし、2.5気圧(0.25MPa)まで加圧した。次に、45、55又は65で各培養瓶をインキュベートした。ヘッドスペース中に生成した水素ガス、メタン及び二酸化炭素濃度を24時間毎に熱伝導率検出計を装着したガスクロマトグラフィー(GC-2014、島津製作所製)で測定した。

40

【0116】

結果を図5に示す。図5(A)、(B)及び(C)は、培養温度45、55及び65で培養したときの水素ガス、メタン及び二酸化炭素濃度をそれぞれ示すグラフである。その結果、最大63.8リットル(0、1気圧)/地下水m³/dayのメタンの生成が確認できた(図5)。

【0117】

〔付加帯の深部地下水を用いた水素ガスの生成(1)〕

50

上記地下水 30 mL に、上記混合有機物に加えて水素資化性メタン生成菌に特異的な阻害剤（2 - プロモエタンスルホン酸ナトリウム：20 mM）を添加したこと以外は、上記メタンの生成と同様にして、水素ガスの生成を行った。

【0118】

結果を図6に示す。図6(A)、(B)及び(C)は、培養温度45、55及び65で培養したときの水素ガス、メタン及び二酸化炭素濃度をそれぞれ示すグラフである。その結果、最大73.0リットル(0、1気圧)/地下水 m^3 /dayの水素ガスの生成が確認できた(図6)。

【0119】

〔付加帯の深部地下水を用いたメタンの生成(2)〕

図7は一実施形態に係るリアクタータンク(中型嫌気培養槽)を示す斜視図である。図7に示す中型嫌気培養槽2000は12L(気相7L、液相5L)の容量を有する。中型嫌気培養槽2000には、開閉自在のバルブ部2600が備えられており、バルブ部2600と連結した管の一端は、例えばホースとの接続が可能となっており、他端は培養槽の底部付近に達している。バルブ部2600にホース(図示せず)を接続することで、当該ホースを通して付加帯の深部地下水を嫌氣的に中型嫌気培養槽2000に供給することができる。また、弁2100は、付加帯の深部地下水を供給する際の水素及び付加帯の深部地下水の排出口、基質液(混合有機物等)貯蔵タンクとの接続部、安全弁口、センサー設置口等として利用可能である。また、弁2200、2300及び2400等は、不活性ガスタンクとの接続部、他のリアクタータンクとの接続部、生成ガスの取り出し口、反応液

10

20

【0120】

上記サンプリングサイトで採取した付加帯の深部地下水5Lを図7に示す中型嫌気培養槽2000にバルブ部2600に接続されたホースを通して嫌氣的に供給した。付加帯の深部地下水を弁2100より排出しながら、20分程度オーバーフローさせ、空気の混入を極力抑えた。弁2200より窒素ガスを注入しながら弁2300より嫌氣的に付加帯の深部地下水を抜き出し、深部地下水相(5L)及びヘッドスペース(7L)を作った。次に、弁2100より、グルコース、ペプトン及び酵母エキスからなる混合有機物(グルコース1g、ペプトン5g、酵母エキス5g)を嫌氣的に添加した。再度、弁2200より窒素ガスを注入し、弁2400より窒素ガスを排出することにより、中型嫌気培養槽2000のヘッドスペースを窒素で満たした。次に、55で中型嫌気培養槽2000をインキュベートした。ヘッドスペース中に生成した水素ガス、メタン及び二酸化炭素濃度を24時間毎に熱伝導率検出計を装着したガスクロマトグラフィー(GC-2014、島津製作所製)で測定した。

30

【0121】

結果を図8に示す。図8は、55で培養したときの水素ガス、メタン及び二酸化炭素濃度をそれぞれ示すグラフである。図8中、矢印で示したタイミング(培養開始時、14日目及び26日目)で、ヘッドスペースを窒素ガスで置換し、かつ上記混合有機物を中型嫌気培養槽2000に添加した。その結果、最大101リットル(0、1気圧)/地下水 m^3 /dayのメタンの生成(培養16日目)が確認できた(図8)。

40

【0122】

〔付加帯の深部地下水を用いた水素ガスの生成(2)〕

上記地下水5Lに、上記混合有機物に加えて水素資化性メタン生成菌に特異的な阻害剤(2 - プロモエタンスルホン酸ナトリウム：20 mM)を添加したこと以外は、上記メタンの生成(2)と同様にして、水素ガスの生成を行った。

【0123】

50

結果を図9に示す。図9は、55で培養したときの水素ガス、メタン及び二酸化炭素濃度をそれぞれ示すグラフである。図9中、矢印で示したタイミング（培養開始時及び13日目）で、ヘッドスペースを窒素ガスで置換し、かつ上記混合有機物を中型嫌気培養槽2000に添加した。その結果、最大39.5リットル（0、1気圧）/地下水m³/dayの水素ガスの生成（培養15日目）が確認できた（図9）。

【産業上の利用可能性】

【0124】

本発明の水/ガス/電気の自家供給システムによれば、例えば、水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌を含む付加帯の深部地下水を利用したメタン生成バイオリアクター及び水素ガス生成バイオリアクターと、大深度掘削井戸、水中ポンプ、ガスエンジン、発電機、及び燃料電池を直結させることにより、地下水、ガス及び電気の3つのインフラを同時に自家的に供給することが可能となる。したがって、例えば、東海・東南海・南海地震等の災害時に緊急ステーションとして行政機能、救急医療、避難所生活等をサポートする役割を担うことが可能である。また、南西日本の付加帯は、電力の需要が高い東海工業地帯及び中京工業地帯等の分布域とほぼ重なる。よって、付加帯の深部地下水を利用することで、送電ロスのないエネルギーの地産地消も可能となる。

10

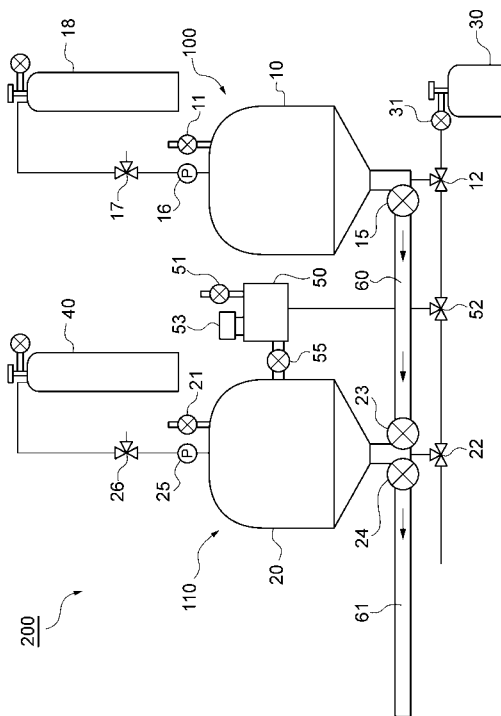
【符号の説明】

【0125】

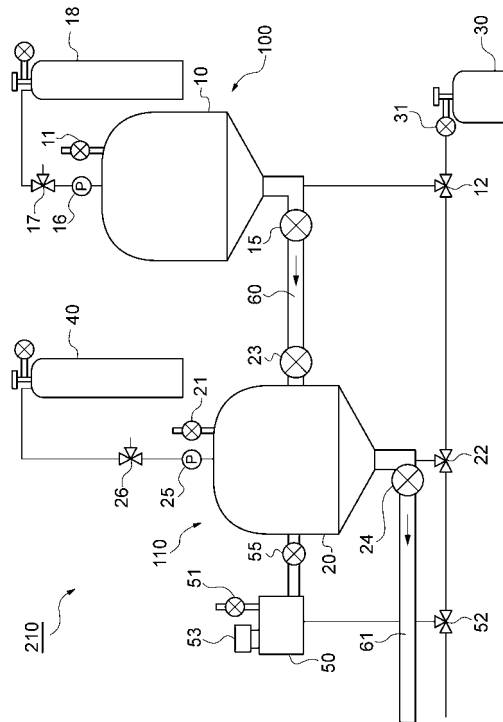
10...反応液貯蔵タンク、15, 23, 31, 55...バルブ、20...リアクタータンク、30...不活性ガス供給装置、18, 40...ガス回収装置、50...基質液貯蔵タンク、53...基質液供給部、120...メタン分離槽、130...メタン生成槽、140...水素ガス生成槽、600...ポンプ、700...二酸化炭素除去装置、710...脱硫装置、1000...水/ガス/電気の自家供給システム。

20

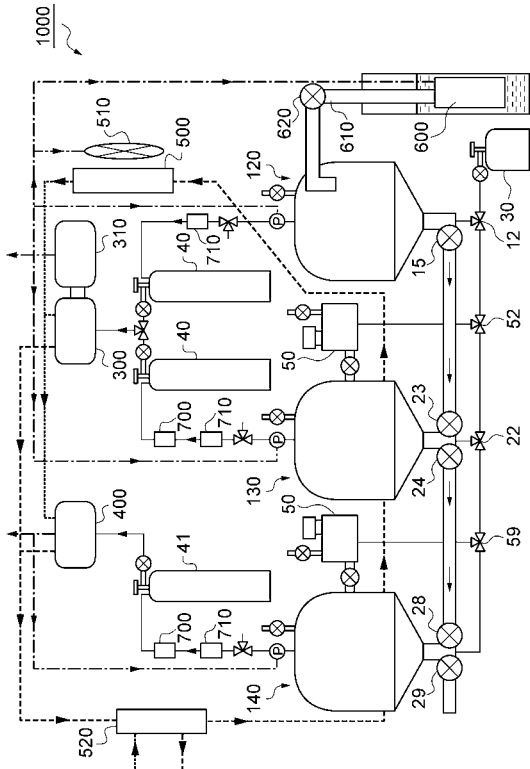
【図1】



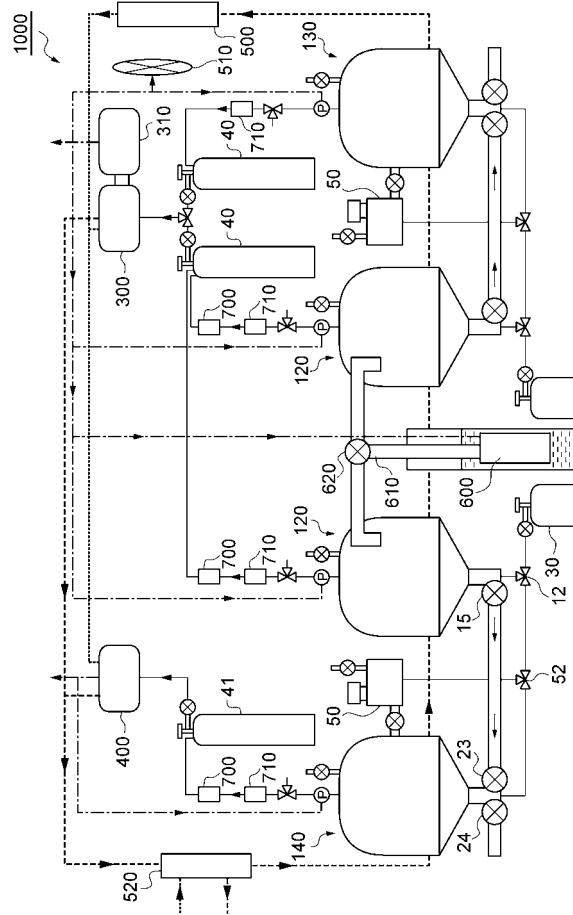
【図2】



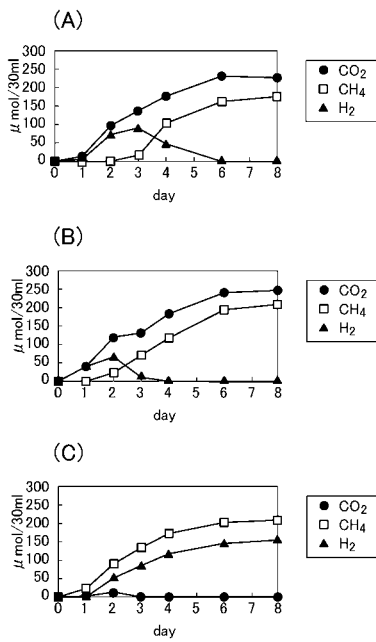
【 図 3 】



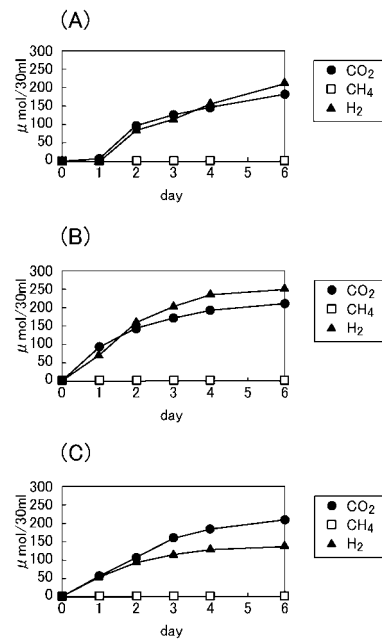
【 図 4 】



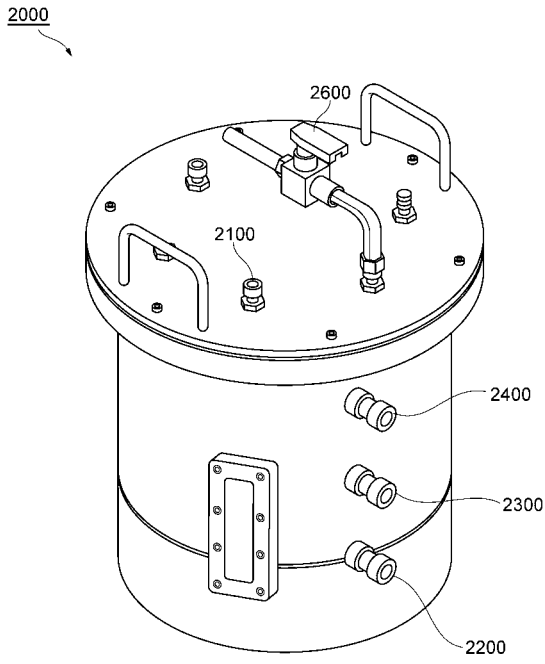
【 図 5 】



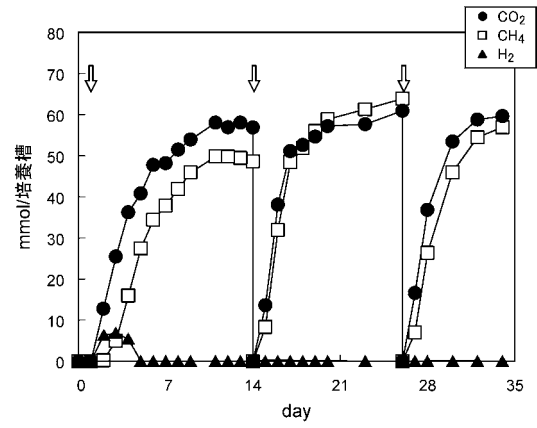
【 図 6 】



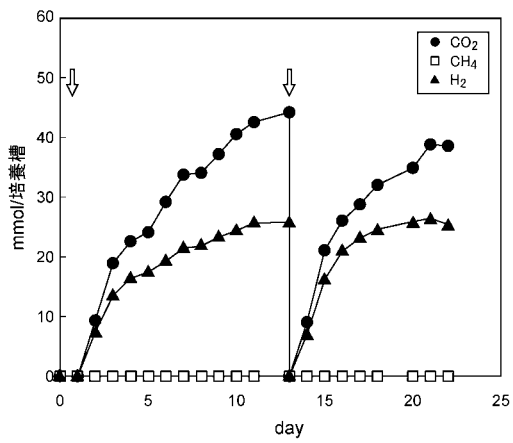
【 図 7 】



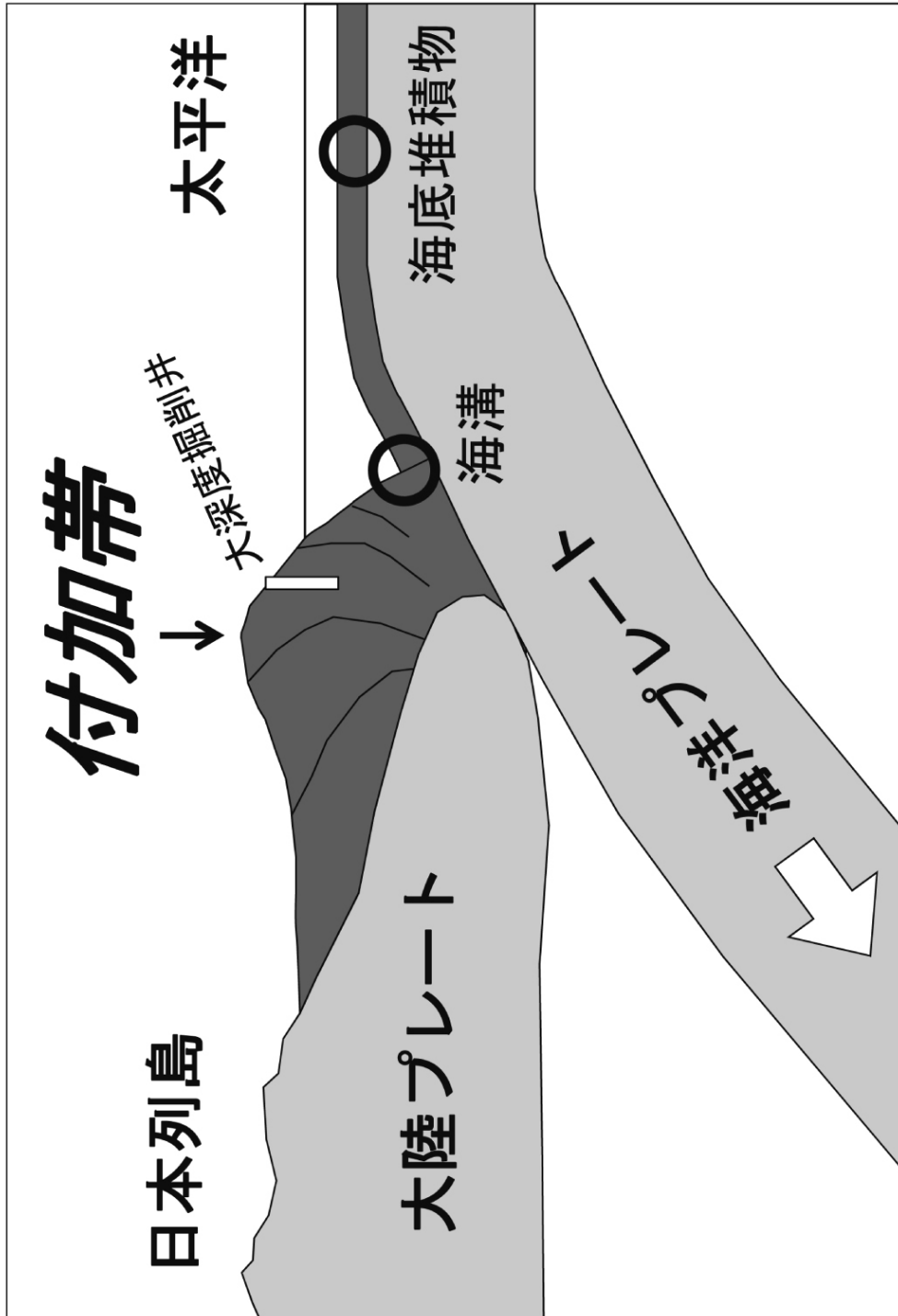
【 図 8 】



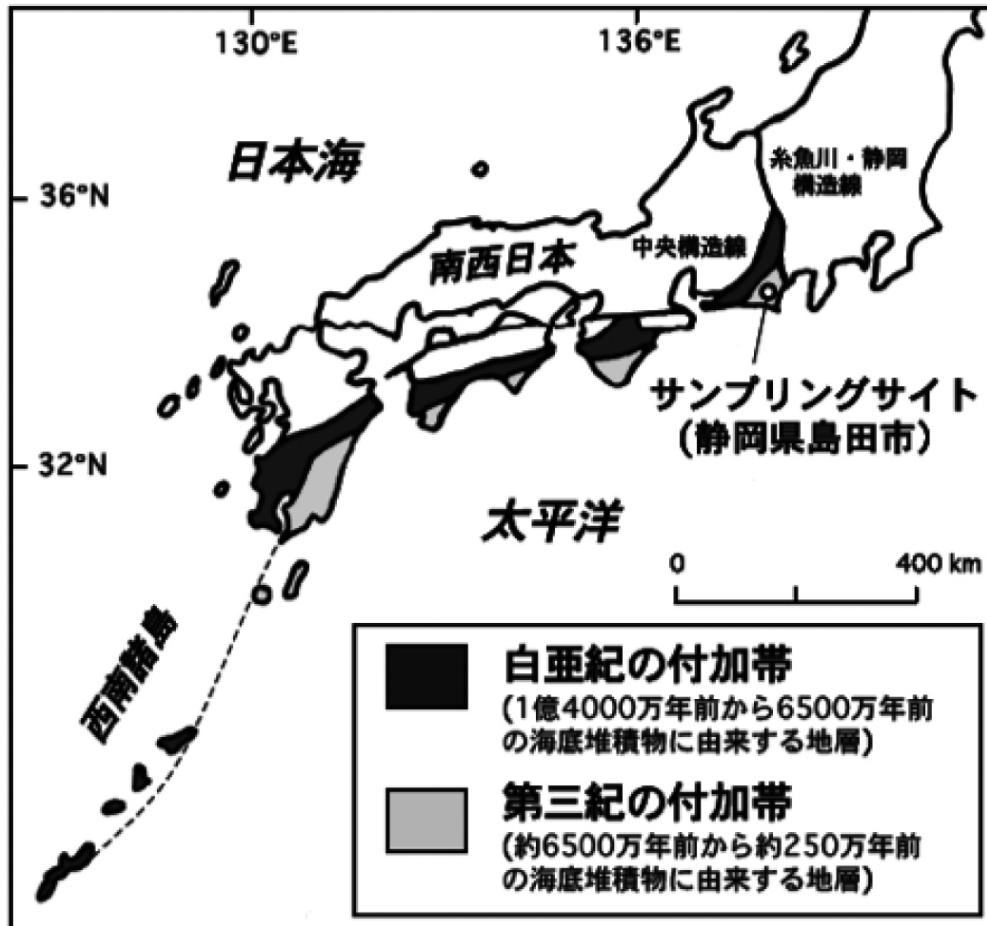
【 図 9 】



【図 10】



【 図 1 1 】



【提出日】平成25年8月2日(2013.8.2)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

リアクタータンクと、

該リアクタータンクに開閉自在のバルブを介して接続された不活性ガス供給装置と、
前記リアクタータンク及び前記不活性ガス供給装置に開閉自在のバルブを介して接続されると共に第1のガス回収装置に接続された反応液貯蔵タンクと、

前記リアクタータンク及び前記不活性ガス供給装置に開閉自在のバルブを介して接続され、基質液供給部を有する基質液貯蔵タンクと、

前記リアクタータンクに接続された第2のガス回収装置と、を備え、

前記反応液の溶存酸素濃度が0.01%未満である、密閉型のバイオリアクター。

【請求項2】

前記反応液が、微生物として水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌を含み、かつ塩濃度が1.5%以下、硫酸イオン濃度が5.0mg/L以下、硫化物イオン濃度が0.01mg/L未満、ヨウ素イオン濃度が5.0mg/L以下、及び前記微生物の細胞数が $10^1 \sim 10^7$ cells/mLである、請求項1に記載のバイオリアクター。

【請求項3】

前記反応液貯蔵タンクが前記リアクタータンクの底部に接続されており、かつ前記基質液貯蔵タンクが前記リアクタータンクの側面上部に接続されている、請求項1又は2に記載のバイオリアクター。

【請求項4】

前記リアクタータンクを加熱する加熱装置を更に備える、請求項1～3のいずれか一項に記載のバイオリアクター。

【請求項5】

反応液が付加帯の深部地下水であり、かつ基質液が有機物を含む溶液である、請求項1～4のいずれか一項に記載のバイオリアクター。

【請求項6】

回収されるガスが、水素ガス又はメタンを含む、請求項1～5のいずれか一項に記載のバイオリアクター。

【請求項7】

請求項1～6のいずれか一項に記載のバイオリアクターを用いるメタン生成方法であって、

前記不活性ガス供給装置により前記リアクタータンクの内部に不活性ガスを供給し、前記リアクタータンクの内部のガスを不活性ガスで置換するステップと、

前記不活性ガス供給装置により前記反応液貯蔵タンクの内部に不活性ガスを供給し、前記反応液貯蔵タンクの内部の圧力を前記リアクタータンクの内部の圧力よりも高くするステップと、

前記不活性ガス供給装置により前記基質液貯蔵タンクの内部に不活性ガスを供給し、前記基質液貯蔵タンクの内部の圧力を前記リアクタータンクの内部の圧力よりも高くするステップと、

前記基質液貯蔵タンクを前記リアクタータンクと接続し、圧力差を利用して、前記基質液貯蔵タンクから前記リアクタータンクの内部に嫌氣的に基質液を供給するステップと、

前記反応液貯蔵タンクを前記リアクタータンクと接続し、圧力差を利用して、前記反応液貯蔵タンクから前記リアクタータンクの内部に嫌氣的に反応液を供給するステップと、

前記リアクタータンクの内部で、前記基質液に含まれる基質を前記反応液に含まれる微

生物により発酵させてメタンを生成するステップと、を備え、

前記基質液が、有機物を含み、

前記反応液が、微生物として水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌を含み、かつ塩濃度が1.5%以下、溶存酸素濃度が0.01%未満、硫酸イオン濃度が5.0mg/L以下、硫化物イオン濃度が0.01mg/L未満、ヨウ素イオン濃度が5.0mg/L以下、及び前記微生物の細胞数が $10^1 \sim 10^7$ cells/mLである、メタン生成方法。

【請求項8】

前記反応液が、付加帯の深部地下水である、請求項7に記載のメタン生成方法。

【請求項9】

請求項1～6のいずれか一項に記載のバイオリアクターを用いる水素ガス生成方法であって、

前記不活性ガス供給装置により前記リアクタータンクの内部に不活性ガスを供給し、前記リアクタータンクの内部のガスを不活性ガスで置換するステップと、

前記不活性ガス供給装置により前記反応液貯蔵タンクの内部に不活性ガスを供給し、前記反応液貯蔵タンクの内部の圧力を前記リアクタータンクの内部の圧力よりも高くするステップと、

前記不活性ガス供給装置により前記基質液貯蔵タンクの内部に不活性ガスを供給し、前記基質液貯蔵タンクの内部の圧力を前記リアクタータンクの内部の圧力よりも高くするステップと、

前記基質液貯蔵タンクを前記リアクタータンクと接続し、圧力差を利用して、前記基質液貯蔵タンクから前記リアクタータンクの内部に嫌氣的に基質液を供給するステップと、

前記反応液貯蔵タンクを前記リアクタータンクと接続し、圧力差を利用して、前記反応液貯蔵タンクから前記リアクタータンクの内部に嫌氣的に反応液を供給するステップと、

前記リアクタータンクの内部で、前記基質液に含まれる基質を前記反応液に含まれる微生物により発酵させて水素ガスを生成するステップと、を備え、

前記基質液が、有機物及び水素資化性メタン生成菌阻害剤を含み、

前記反応液が、微生物として水素生成型発酵細菌及び水素資化性メタン生成菌を含み、かつ塩濃度が1.5%以下、溶存酸素濃度が0.01%未満、硫酸イオン濃度が5.0mg/L以下、硫化物イオン濃度が0.01mg/L未満、ヨウ素イオン濃度が5.0mg/L以下、及び前記微生物の細胞数が $10^1 \sim 10^7$ cells/mLである、水素ガス生成方法。

【請求項10】

前記反応液が、付加帯の深部地下水である、請求項9に記載の水素ガス生成方法。

【請求項11】

請求項1～6のいずれか一項に記載のバイオリアクターから構成されるメタン生成部と、

請求項1～6のいずれか一項に記載のバイオリアクターから構成される水素ガス生成部と、

前記メタン生成部と接続された、大深度掘削井戸から付加帯の深部地下水を汲み上げるポンプと、

前記メタン生成部に接続されたメタンタンクと、

前記水素ガス生成部に接続された水素ガスタンクと、

前記メタンタンクに接続されたガスエンジンを有する発電機と、

前記水素ガスタンクに接続された燃料電池と、を備える、水/ガス/電気の自給システム。

【請求項12】

前記水素ガス生成部及び前記メタン生成部を加熱する加熱装置を更に備え、

前記加熱装置が、前記発電機又は前記燃料電池からの排熱を利用して前記水素ガス生成部及び前記メタン生成部を加熱する装置である、請求項11に記載の水/ガス/電気の自

家的供給システム。

【請求項 13】

前記メタン生成部と前記メタンタンクとの間に配置される二酸化炭素除去装置、又は前記水素ガス生成部と前記水素ガスタンクとの間に配置される二酸化炭素除去装置を更に備える、請求項 11 又は 12 に記載の水 / ガス / 電気の自家的供給システム。

【請求項 14】

前記メタン生成部と前記メタンタンクとの間に配置される脱硫装置、又は前記水素ガス生成部と前記水素ガスタンクとの間に配置される脱硫装置を更に備える、請求項 11 ~ 13 のいずれか一項に記載の水 / ガス / 電気の自家的供給システム。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2012/075535
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER C12M1/00(2006.01)i, C01B3/02(2006.01)i, C12P3/00(2006.01)i, C12P5/02(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) C12M1/00, C01B3/02, C12P3/00, C12P5/02 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII), PubMed		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KIMURA, H. et al., Microbial methane production in deep aquifer associated with the accretionary prism in Southwest Japan., The ISME Journal, 2010, Vol.4, P.531-541	1-13
Y	JP 2007-159457 A (Hrein Energy, Inc., Tokyo Gas Co., Ltd.), 28 June 2007 (28.06.2007), (Family: none)	1-13
Y	JP 2008-080336 A (Naomichi NISHIO, Shimadzu Corp.), 10 April 2008 (10.04.2008), (Family: none)	1-13
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 04 December, 2012 (04.12.12)		Date of mailing of the international search report 11 December, 2012 (11.12.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/075535

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-073519 A (H2 Japan Kabushiki Kaisha, Aleph Inc.), 24 March 2005 (24.03.2005), (Family: none)	1-13
Y	JP 2002-280045 A (Kajima Corp.), 27 September 2002 (27.09.2002), (Family: none)	1-13
Y	JP 2007-130511 A (MIC Inc., Hrein Energy, Inc.), 31 May 2007 (31.05.2007), & US 2007/0264697 A1 & EP 1767284 A1 & WO 2005/123286 A1	1-13
P, Y	Hiroyuki KIMURA et al., "Energy Riyo no License Shin Gijutsu Chikaken Biseibutsu o Riyo shita Fukatai Energy Seisan System", Chemical Engineering, 01 July 2012 (01.07.2012), vol.57, no.7, pages 526 to 529	1-13

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2012/075535									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. C12M1/00(2006.01)i, C01B3/02(2006.01)i, C12P3/00(2006.01)i, C12P5/02(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. C12M1/00, C01B3/02, C12P3/00, C12P5/02											
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2012年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2012年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2012年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2012年	日本国実用新案登録公報	1996-2012年	日本国登録実用新案公報	1994-2012年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2012年										
日本国実用新案登録公報	1996-2012年										
日本国登録実用新案公報	1994-2012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) JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII), PubMed											
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									
Y	KIMURA, H. et al., Microbial methane production in deep aquifer associated with the accretionary prism in Southwest Japan., The ISME Journal, 2010, Vol.4, P.531-541	1-13									
Y	JP 2007-159457 A (株式会社フレイン・エナジー、東京瓦斯株式会 社) 2007.06.28, (ファミリーなし)	1-13									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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		の日の後に公表された文献									
「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		「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									
「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		「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									
「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)		「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									
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」同一パテントファミリー文献									
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願											
国際調査を完了した日 04.12.2012		国際調査報告の発送日 11.12.2012									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 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) 鈴木 崇之	4B 4152								
		電話番号 03-3581-1101 内線 3448									

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 2 / 0 7 5 5 3 5
C (続き) . 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
Y	JP 2008-080336 A (西尾尚道、株式会社島津製作所) 2008.04.10, (ファミリーなし)	1-13
Y	JP 2005-073519 A (エイチ・ツー・ジャパン株式会社、株式会社アレフ) 2005.03.24, (ファミリーなし)	1-13
Y	JP 2002-280045 A (鹿島建設株式会社) 2002.09.27, (ファミリーなし)	1-13
Y	JP 2007-130511 A (有限会社エムアイシー、株式会社フレイン・エナジー) 2007.05.31, & US 2007/0264697 A1 & EP 1767284 A1 & WO 2005/123286 A1	1-13
PY	木村浩之、他、 エネルギー利用のライセンス新技術 地下圏微生物を利用した付加 帯エネルギー生産システム、 ケミカルエンジニアリング, 2012.07.01, Vol. 57, No. 7, P. 526-529	1-13

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
C 1 2 P 5/02 (2006.01)	H 0 1 M	8/04	J	
C 1 2 P 3/00 (2006.01)	H 0 1 M	8/04	N	
	C 1 2 P	5/02		
	C 1 2 P	3/00	Z	

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC

(72) 発明者 増田 俊明

静岡県静岡市駿河区大谷 8 3 6 国立大学法人静岡大学理学部内

Fターム(参考) 4B029 AA01 BB01 DF04 DF07 DG10

4B064 AA03 AB03 CA01 CC05 CC09 CD04 DA16 DA20

4D040 AA12 AA26 AA42 AA48 DD03

5H027 AA02 BA13 BA16 DD05

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。