

(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2017-531441

(P2017-531441A)

(43) 公表日 平成29年10月26日 (2017. 10. 26)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
C 1 2 M 1/34 (2006. 01)	C 1 2 M 1/34 B	4 B 0 2 9
C 1 2 N 1/20 (2006. 01)	C 1 2 N 1/20 D	4 B 0 6 5

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 40 頁)

(21) 出願番号	特願2017-521983 (P2017-521983)	(71) 出願人	516084697 ランザテク・ニュージーランド・リミテッド
(86) (22) 出願日	平成27年10月21日 (2015. 10. 21)		ニュージーランド国 オークランド, オネフンガ, オネフンガ モール 2 3 9, ジェービーシー アソシエイツ内
(85) 翻訳文提出日	平成29年6月8日 (2017. 6. 8)	(74) 代理人	100092783 弁理士 小林 浩
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/056783	(74) 代理人	100120134 弁理士 大森 規雄
(87) 国際公開番号	W02016/065085	(74) 代理人	100141025 弁理士 阿久津 勝久
(87) 国際公開日	平成28年4月28日 (2016. 4. 28)	(74) 代理人	100104282 弁理士 鈴木 康仁
(31) 優先権主張番号	62/067, 392		
(32) 優先日	平成26年10月22日 (2014. 10. 22)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガス試験装置及び方法

(57) 【要約】

C 1 含有基質の効率的な評価のため、及び、特に、C 1 炭素源を使用する所望される最終生成物のための生物学的変換プロセスの実施用の予想される設備での、その場で、または現場で行われるこのような評価のための装置及び関連方法が説明される。所与の産業用 C 1 含有基質の正確な組成、ならびに組成変動における範囲は、商業的にスケールアップするための巨資の支出を正当化するための、商業実績の正確な予測 / モデリングのために必要とされるように、遠隔設備（例えば、研究所またはパイロット規模の、またはデモンストレーション規模のプロセス）で再現するのが一般的に困難である。

【選択図】 1 B

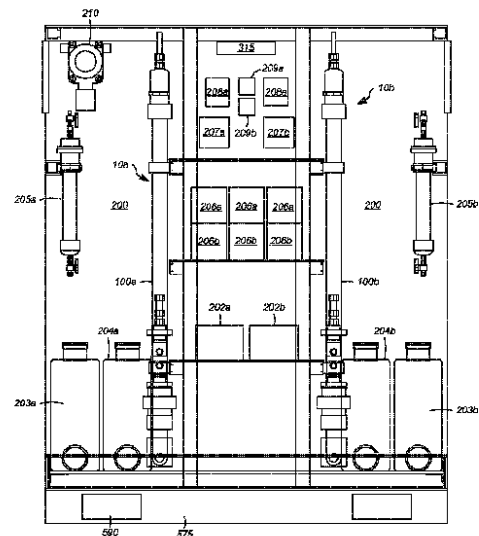


FIG. 1B

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ガス試験装置であって、
基準 C 1 含有基質の性能を評価するための第 1 のバイオリアクタのステージと、
試験 C 1 含有基質の性能を評価するための第 2 のバイオリアクタのステージと、
前記第 1 及び第 2 のバイオリアクタのガス及び液体生成物の両方の分析用に構成された
分析部と、を備え、
前記ガス試験装置は、約 6 m^3 未満の体積を有し、複数の場所に輸送可能なコンテナ内
に収容されることが可能である、
ガス試験装置。

10

【請求項 2】

前記ガス試験装置が、それぞれ約 1 . 8 メートル未満の長さ、幅、及び高さ寸法を有す
る箱内に収容されることが可能である、請求項 1 に記載のガス試験装置。

【請求項 3】

前記箱が、それぞれ約 1 . 6 メートル未満の長さ、幅、及び高さ寸法を有する、請求項
2 に記載のガス試験装置。

【請求項 4】

前記箱が、約 1 . 6 メートル未満の長さ、幅、及び高さ寸法のうちの 1 つを有し、約 1
. 3 メートル未満の、長さ、幅、及び高さ寸法のうちの他の 2 つを有する、請求項 3 に記
載のガス試験装置。

20

【請求項 5】

前記分析部が、前記ガス及び前記液体生成物の分析用にそれぞれ構成された第 1 及び第
2 のクロマトグラフィーカラムを有する、ガスクロマトグラフィー (GC) 分析装置を備
える、請求項 1 に記載のガス試験装置。

【請求項 6】

前記第 1 及び第 2 のバイオリアクタのステージが、循環ループバイオリアクタをそれぞ
れ備える、請求項 1 に記載のガス試験装置。

【請求項 7】

前記第 1 及び第 2 のバイオリアクタのステージが、前記バイオリアクタの下端の近接か
ら、前記バイオリアクタの反対の上端の近接まで引き出された液体を再生利用するための
、外部の再生利用ループと、再循環ポンプとをそれぞれさらに備える、請求項 6 に記載の
ガス試験装置。

30

【請求項 8】

新鮮培地の付加速度、ガス C 1 含有基質供給速度、リアクタ温度、及びリアクタ pH か
らなる群から選択される 1 つ以上の操作パラメータを制御するための操作制御システムを
さらに備える、請求項 1 に記載のガス試験装置。

【請求項 9】

前記 1 つ以上の操作パラメータが、リアクタ pH を含み、前記制御システムが、測定さ
れたリアクタ pH に基づいて、前記バイオリアクタへの塩基性中和剤の流れを制御するた
めの器具を含む、請求項 8 に記載のガス試験装置。

40

【請求項 10】

閾値濃度を上回る環境 C 1 炭素源濃度の測定に応じて、少なくとも前記試験 C 1 含有基
質または前記基準 C 1 含有基質の流れを一時停止するための安全制御システムをさらに備
える、請求項 1 に記載のガス試験装置。

【請求項 11】

生物学的変換プロセスにおける使用のための試験 C 1 含有基質の好適性を評価するた
めの方法であって、

(a) 基準 C 1 含有基質を C 1 固定性微生物の第 1 の培養物を含む第 1 のバイオリアク
タに供給する工程と、

(b) 前記試験 C 1 含有基質を前記 C 1 固定性微生物の第 2 の培養物を含む第 2 のバイ

50

オリアクタに供給する工程と、

(c) 前記第1及び第2のバイオリアクタの性能を判断するために、前記第1及び第2のバイオリアクタのガス及び液体生成物の両方を分析する工程と、を含み、

前記試験C1含有基質の前記好適性は、前記第2のバイオリアクタの性能に対する、前記第1のバイオリアクタの性能の比較から確立される、方法。

【請求項12】

工程(a)及び工程(b)の少なくとも一部が同時に実行される、請求項11に記載の方法。

【請求項13】

工程(a)で前記試験C1含有基質を前記第2のバイオリアクタに供給する前に、前記基準C1含有基質を前記第2のバイオリアクタに供給することを含む、請求項11に記載の方法。

【請求項14】

前記試験C1含有基質が、汚染物質を除去するために前処理された工業用C1含有排ガス流である、請求項11に記載の方法。

【請求項15】

分析する工程(c)が、前記第1及び第2のバイオリアクタの前記ガス生成物におけるC1炭素源の濃度を測定する工程と、前記第1及び第2のバイオリアクタの前記液体生成物におけるエタノール及び少なくとも1つのさらなる代謝物質の濃度を測定する工程とを含む、請求項11に記載の方法。

【請求項16】

酸化炭素質化微生物の前記第1及び第2の培養物のうちの少なくとも1つは、現地の水源で調製された、または現地の水源が補われた、培地を含む、請求項11に記載の方法。

【請求項17】

試験C1含有基質が生物学的変換プロセスを補助するかどうかを判断するための方法であって、

(a) 基準C1含有基質を、エタノール及び少なくとも1つのさらなる代謝物質を生成するための栄養として利用して、酸化炭素質化微生物の別々の第1及び第2の培養物を維持する工程と、

(b) 前記第2の培養への栄養として、前記基準C1含有基質から、試験C1含有基質へと変える工程と、

(c) 同じ一連の対象操作条件下であるが、異なる基準及び試験C1含有基質を使用して、前記第2の培養の性能と比較して、前記第1の培養の性能を評価する工程と、

(d) 工程(c)における前記第2の培養物の最小限の性能低下を得ない場合、前記試験C1含有基質が前記生物学的変換プロセスを補助すると確認する工程と、

(e) 工程(c)における前記最小限の性能低下を得る場合、工程(c)において性能を評価するために使用される前記試験C1含有基質と比較して、より高い質の試験C1含有基質を提供するために、前記試験C1含有基質を前処理する、または前処理を強化する工程と、を含む、方法。

【請求項18】

(f) 前記同じ一連の対象操作条件下であるが、異なる基準及びより高い質の試験C1含有基質を使用して、第3の培養物の性能と比較して、前記第1の培養物の性能を評価する工程と、

(g) 工程(f)における前記第3の培養物の最小限の性能低下を得ない場合、前記より高い質の試験C1含有基質が生物学的変換プロセスを補助すると確認する工程と、をさらに含む、請求項17に記載の方法。

【請求項19】

前記第1及び第2の培養物を調製するため、または前記第1及び第2の培養物を補うために異なる水源が使用される、請求項17に記載の方法。

【請求項20】

10

20

30

40

50

工程(c)において、前記第1及び第2の培養物の性能が、少なくとも約7日の試験期間にわたって同時に評価される、請求項17に記載の方法。

【請求項21】

前記C1含有基質が、CO、CO₂、及びCH₄からなる群から選択される少なくとも1つのC1炭素源を含む、請求項1、請求項11、または請求項17に記載の方法。

【請求項22】

前記C1固定性微生物が、クロストリジウム属からの酸化炭素資化微生物である、請求項11に記載の方法。

【請求項23】

前記C1固定性微生物が、クロストリジウムオートエタノゲナム、クロストリジウムリュングダリイ、及びクロストリジウムラグスダレイからなる群から選択される、請求項22に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の態様は、試験CO含有基質と基準CO含有基質との間で比較性能を評価するための別々のバイオリアクタステージを含む装置に関する。有利なことに、このような装置は、(例えば、工業用CO含有排ガスが生成される場所への)輸送に好適なコンテナ内に収容されてもよい。

【背景技術】

【0002】

化石燃料温室効果ガス(GHG)排出の環境への懸念は、再生可能なエネルギー源への増加する重要性につながっている。結果的に、エタノールが急速に、世界中で、水素に富む主要な液体輸送燃料となっている。燃料エタノール産業に対する世界市場における継続した成長が、欧州、日本、及び米国、ならびにいくつかの発展途上国におけるエタノール生成への増加した重要性に基づいて、近い将来に予測される。例えば、米国では、エタノールは、ガソリン中のエタノールの10%混合物である、E10を生成するために使用される。E10混合物では、エタノール成分は、酸素化剤として働き、燃焼の効率を改善し、大気汚染物質の生成を減少させる。ブラジルでは、エタノールは、ガソリンに混ぜられる酸素化剤として、及びそれ自体で純燃料としての両方で、輸送燃料の需要の約30%を満たす。また、欧州連合(EU)は、バイオマス由来のエタノールなどの持続可能な輸送燃料の消費について、加盟国の各々に対し、定められた目標値を有する。

【0003】

燃料エタノールの大半は、サトウキビから抽出されたスクロース、または穀類作物から抽出されたスターチなどの、作物由来の炭水化物を、主要な炭素源として使用する、従来の酵母による発酵プロセスを介して生成される。しかしながら、これらの炭水化物供給原料の費用は、競合する使用のため、即ち、人間及び動物の両方用の食糧源として、市場での価値による影響を受ける。また、エタノール生成のためのスターチまたはスクロースを生成する作物の栽培は、これが現地の土地価格及び気候の両方の関数であるため、あらゆる地理において経済的に持続可能ではない。これらの理由のため、低費用の、及び/またはより豊富な炭素源を燃料エタノールに変換するための技術を開発することは特に興味深い。これについて、一酸化炭素(CO)は、石炭、油、及び油由来の生成物などの有機材料の不完全燃焼の、エネルギーに富む主要な副産物である。COが豊富な排ガスは、様々な産業プロセスから生じる。例えば、オーストラリアにおける鋼産業は、毎年、500,000メートルトンを超えるCOを生成し、大気に放出していると報告されている。

【0004】

さらに近年、産業規模でCOからエタノールを生成するための、微生物(バクテリア)ベースのプロセスの代替手段は、商業的な利益及び投資の対象となってきた。COを唯一の炭素源として用いて増殖する、微生物培養物の能力は、1903年に最初に発見された。この特徴は、独立栄養増殖(Woods-Ljungdahl pathway及び一

10

20

30

40

50

酸化炭素デヒドロゲナーゼ/アセチルC o Aシンターゼ(C O D H / A C S)経路としても知られる)のアセチル補酵素A(アセチルC o A)生化学的経路の有機物の使用にあることが、後に決定された。カルボキシド栄養性生物、光合成生物、メタン生成生物、及び酢酸生成生物を含む多数の嫌気性生物は、C Oを代謝することがすでに示されている。クロストリジウム属からのものなどの嫌気性細菌は、アセチルC o A生化学的経路を介してC O、C O₂、及びH₂からエタノールを生成することが知られている。例えば、ガスからエタノールを生成するクロストリジウムリュングダリイの様々な株は、W O 0 0 / 6 8 4 0 7号、E P 1 1 1 7 3 0 9号、U S 5 , 1 7 3 , 4 2 9号、U S 5 , 5 9 3 , 8 8 6号、U S 6 , 3 6 8 , 8 1 9号、W O 9 8 / 0 0 5 5 8号、及びW O 0 2 / 0 8 4 3 8号において説明される。細菌クロストリジウムオートエタノゲナム菌種は、ガスからエタノールを生成するということも知られる(A b r i n iら、A R C H I V E S O F M I C R O B I O L O G Y 1 6 1 : 3 4 5 - 3 5 1 (1 9 9 4))。

10

【0005】

有機物の各酵素は、本質的に完璧な選択性でその指定された生物学的変換を促進し、微生物合成ルートは、従来の触媒ルートに比べてより低いエネルギー費用で、より高い収量を達成することができる。例えば、所望される生成物から、非選択性の副反応によって生じる副産物を分離するためのエネルギー要件が減少され得る。また、反応培地における不純物による、触媒の中毒への懸念が減少する。これらは明らかに利点であるが、本技術は、C Oからのエタノールの微生物合成に関連する現在の特定の課題、特に、生成率が他の技術との競争力をもつことを確実にすることに関する課題に、取り組まなければならない。C Oを炭素源として使用する場合、上述の嫌気性細菌は、発酵によってエタノールを生成するが、例えば、C O₂、メタン、n - ブタノール、及び/または酢酸など、少なくとも1つの代謝物質も生成する。これらの代謝物質のうちのいずれかの形成は、利用可能な炭素が代謝物質へと失われ、所望される最終生成物の生産効率性が落ちるため、所与のプロセスの生産性及び経済的な実現可能性全体に、大きな影響を与える可能性を有する。また、代謝物質(例えば、酢酸)自体が、微生物発酵プロセスの時及び場所において、価値を有さない限り、廃棄問題を引き起こし得る。エタノールを作るためのC O含有ガスの嫌気性発酵における所望される最終生成物以外の生成物の形成に取り組むための様々な提案が、国際特許出願公開第2007/117157号、国際特許出願公開第2008/115080、及び国際特許出願公開第2009/022825号において述べられる。

20

30

【0006】

所与の発酵プロセスが経済的に魅力的であるかについての重要な決定要因である、エタノール生成率は、細菌増殖のための適切な条件を管理することに大きく依存する。例えば、C O含有基質が、最適な細菌増殖及び/または所望される代謝物質生成をもたらす速度で、微生物培養に提供されなければならないことが、国際特許出願公開第2010/093262から知られている。不十分な基質が提供される場合、細菌増殖は遅くなり、発酵生成物の収量は、エタノールを使って、酢酸へと変化する。過剰な基質が提供される場合、不良な細菌増殖、及び/または細胞死をもたらす得る。これらのプロセスにおける操作パラメータ間の関係に関するさらなる情報が、国際特許出願公開第2011/002318号で見られる。

40

【0007】

C Oからエタノールを生成するための生物学的プロセスに関する技術、特に、鋼製造において及び一般的に化学産業において放出されるガス排出物などの、C Oを含有する排流に関する技術は、プロセス経済性全体(及び、したがって産業上の競争力)を改善する、及び/または産業規模での比較的新しい技術の採用におけるより高い確実性をもたらす、解決策を継続的に求めている。これに関して、所与の細菌培養物の商業的性能は、C O含有基質の特定の源に、より詳細には、ガスの組成の種類に加えて、特定の産業の運用者(例えば、鋼の製造者)のガス排流にあり得る不純物の種類及び量、に感応性があり得る。商業用の生物学的変換プロセスに対する多額の投資は、未試験の、現地のC O含有基質及びユーティリティ(例えば、水源)に関連して認識されるリスクが過剰である考えられる

50

場合、請け負うことが難しい資金投入である。そのため、所与の技術における顧客／投資家の信用を達成する効率的な手段は、エタノール生成用の生物学的変換プロセスを商業的な実現へと進めることにおいて非常に重要である。

【発明の概要】

【0008】

本発明は、C 1 含有基質の効率的な評価のための、特に、C 1 炭素源からのエタノール生成用の生物学的変換プロセスの実施用の予想される設備での、現地で、または現場で行われる評価のための、装置及び関連する方法の発見に関連する。典型的に、C 1 含有基質は、CO、CO₂、及びCH₄からなる群から選択される、少なくとも1つのC 1 炭素源を含む。重要なことに、所与の産業用C 1 含有基質の正確な組成は、少なくとも商業的な成果の正確な予測に必要とされる程度まで、遠隔の設備（例えば、研究所またはパイロット規模もしくはデモンストレーション規模のプロセス）で再現することがしばしば難しいことが知られている。重要なことに、所与のプロセスが成果目標を達成することができるという十分な信用がなければ、スケールアップ（例えば、プロセス設計及び工学）に必要とされる多額の資本支出は、正当化されることができない。これについて、特定の汚染物質（例えば、炭水化物またはヘテロ原子を含有する炭水化物）のわずかな量でも、このようなより重い分子をC 1 含有基質から抽出しがちな液体ベースのシステムである、細菌培養物に悪影響を与え得、このような分子がバイオリアクタの内部及び外部の液体再生利用ループに蓄積させる。さらに、現地のガス組成における変動は、同様に、現場以外の試験設備において再現することが難しく、多くの場合では、このような変動の程度は、直接C 1 含有基質に現地でアクセスしなければ知ることができない、または理解することができない。さらに、予想される、商業的な生物学的変換設備の現地性（例えば、細菌培養培地において使用される現地の水源）に重要であり得る他の態様の好適性が、大きな投資判断の前に、さらに評価され、確認されるべきである。

10

20

【0009】

有利に、本明細書で説明される装置及び方法は、最適を下回る性能（例えば、代謝物質生産性及び／または基質の利用）の要因を識別する、及び修正するために、使用されることができる。C 1 含有基質、及び／または他の、現地が源であるプロセスへの付加物の前処理が実施されなければならない、または強化されなければならない度合いは、商業規模の操作の前に有利に決定されることができ、商業設計及び関連する費用の見積りの正確さを向上させる。さらに、現場での有効性のデモンストレーションは、提供者及びユーザの両方に同様に、C 1 含有基質及び可能性のある他の現地の付加物の現地での（即ち、実際の、または産業用の）供給で操業する、予想される生物学的変換プロセスの再保証の重要度を提供する。

30

【0010】

本発明の特定の実施形態は、2つのバイオリアクタステージを含むガス試験装置に向けられ、多くの場合では、試験C 1 含有基質を比較評価するための、十分な器具、プロセス用機器、及び分析能力を有する、及び重要には、輸送性を可能にする十分な大きさの制約を有する、2つのみのバイオリアクタステージを使用する。

40

【0011】

1つの態様では、本開示は、(a)基準C 1 含有基質の性能を評価するための第1のバイオリアクタステージと、(b)試験C 1 含有基質の性能を評価するための第2のバイオリアクタステージと、(c)第1及び第2のバイオリアクタのガス及び液体の生成物の両方の分析用に構成された分析部とを含む、ガス試験装置を提供し、ガス試験装置は、約6 m³未満の体積を有し、複数の位置に輸送可能な、コンテナ内に収容されることができる。

【0012】

ガス試験装置は、各約1.8メートル未満、または各約1.6メートル未満、または各1.3メートル未満の、長さ、幅、及び高さ寸法を有する箱内に収容されることができる。特定の実施形態では、箱は、約1.6メートル未満の、長さ、幅、及び高さ寸法のうち

50

の 1 つ、及び、約 1 . 3 メートル未満の、長さ、幅、及び高さ寸法のうちの他の 2 つを有する。

【 0 0 1 3 】

ガス試験装置の分析部は、ガス及び液体生成物の分析用にそれぞれ構成された、第 1 及び第 2 のクロマトグラフィーカラムを有する、ガスクロマトグラフィー (G C) 分析装置を含む。

【 0 0 1 4 】

第 1 及び第 2 のバイオリアクタステージのバイオリアクタは、循環したループバイオリアクタをそれぞれ含む。第 1 及び第 2 のバイオリアクタステージは、バイオリアクタの下端の近接から、バイオリアクタの反対の上端の近接に取り出された液体を再生利用するための、外部の再生利用ループ及び再循環ポンプをそれぞれさらに含む。

10

【 0 0 1 5 】

ガス試験装置は、新鮮な培養培地付加速度、ガス C 1 含有基質供給速度、リアクタ温度、及びリアクタ p H からなる群から選択される、1 つ以上の操作パラメータを制御するための操作制御システムをさらに含んでもよい。特定の実施形態では、1 つ以上の操作パラメータは、リアクタ p H を含み、制御システムは、測定されたリアクタ p H に基づいて、塩基性中和剤の流れをバイオリアクタに制御するための器具を含む。

【 0 0 1 6 】

特定の実施形態では、ガス試験装置は、閾値濃度を上回る環境 C 1 濃度の測定に応じて、少なくとも試験 C 1 含有基質または基準 C 1 含有基質の流れを一時停止するための安全制御システムを含む。

20

【 0 0 1 7 】

第 2 の態様では、本開示は、生物学的変換プロセスにおける使用のための試験 C 1 含有基質の好適性を評価するための方法を提供し、本方法は、(a) 基準 C 1 含有基質を C 1 固定性微生物の第 1 の培養物を含む第 1 のバイオリアクタに供給する工程と、(b) 試験 C 1 含有基質を C 1 固定性微生物の第 2 の培養物を含む第 2 のバイオリアクタに供給する工程と、(c) 第 1 及び第 2 のバイオリアクタの性能を判断するために、第 1 及び第 2 のバイオリアクタのガス及び液体生成物の両方を分析する工程とを含み、試験 C 1 含有基質の好適性は、第 2 のバイオリアクタの性能に対する、第 1 のバイオリアクタの性能の比較から確立される。特定の実施形態では、工程 (a) 及び工程 (b) の少なくとも一部は、同時に実行される。

30

【 0 0 1 8 】

特定の実施形態では、C 1 固定性微生物は、クロストリジウム属からの酸化炭素資化微生物である。好ましくは、C 1 固定性微生物は、クロストリジウムオートエタノゲナム、クロストリジウムリュングダリイ、及びクロストリジウムラグスダレイからなる群から選択される。

【 0 0 1 9 】

特定の実施形態では、本方法は、工程 (b) で試験 C 1 含有基質を第 2 のバイオリアクタに供給する前に、基準 C 1 含有基質を第 2 のバイオリアクタに供給することを含む。

【 0 0 2 0 】

試験 C 1 含有基質は、汚染物質を除去するように前処理された産業用 C 1 含有排ガス流である。特定の実施形態では、試験 C 1 含有基質は、原料産業用ガス流である。特定の実施形態では、本方法は、生物学的プロセスが未処理の排ガス流で実行可能であることを判断するために、原料 C 1 含有基質を試験することを含む。

40

【 0 0 2 1 】

1 つの実施形態では、分析工程 (c) は、第 1 及び第 2 のバイオリアクタのガス生成物における C 1 の濃度を測定する工程と、第 1 及び第 2 のバイオリアクタの液体生成物におけるエタノール及び少なくとも 1 つのさらなる代謝物質の濃度を測定する工程と、を含む。さらに、本発明によると、C 1 固定性微生物の第 1 及び第 2 の培養物のうちの少なくとも 1 つは、現地の水源で調製された、または現地の水源が補われた、培地を含んでもよい

50

。いくつかの実施形態では、第 1 及び第 2 の培養物の性能が少なくとも約 7 日の試験期間にわたって同時に評価される。

【0022】

さらなる態様では、本開示は、試験 C 1 含有基質が生物学的変換プロセスを補助するかどうかを判断するための方法を提供する。本方法は、(a) 基準 C 1 含有基質を、エタノール及び少なくとも 1 つのさらなる代謝物質を生成するための栄養として利用し、C 1 固定性微生物の別々の第 1 及び第 2 の培養物を維持する工程と、(b) 基準 C 1 含有基質から、第 2 の培養物への栄養として、試験 C 1 含有基質へと変える工程と、(c) 同じ一連の対象操作条件下であるが、異なる基準及び試験 C 1 含有基質を使用して、第 2 の培養物の性能と比較して、第 1 の培養物の性能を評価する工程と、(d) 工程 (c) において第 2 の培養物の最小限の性能低下を得ない場合、試験 C 1 含有基質が生物学的変換プロセスを補助すると確認する工程と、(e) 工程 (c) において最小限の性能低下を得る場合、工程 (c) において性能を評価するために使用される試験 C 1 含有基質と比較して、より高い質の試験 C 1 含有基質を提供するために、試験 C 1 含有基質の前処理をする、または前処理を強化する工程と、を含む。

10

【0023】

1 つの実施形態では、本方法は、(f) 同じ一連の対象操作条件下であるが、異なる基準及びより高い質の試験 C 1 含有基質を使用して、第 3 の培養物の性能と比較して、第 1 の培養物の性能を評価する工程と、(g) 工程 (f) における第 3 の培養物の最小限の性能低下を得ない場合、より高い質の試験 C 1 含有基質が生物学的変換プロセスを補助すると確認する工程とをさらに含む。

20

【0024】

特定の実施形態では、第 1 及び第 2 の培養物を調製するため、または第 1 及び第 2 の培養物を補うために、異なる水源が使用される。

【0025】

本発明に係る、これらの、及び他の実施形態、態様、及び利点は、次の詳細な説明から明らかである。

【0026】

本発明の例示の実施形態、及びその利点のより完全な理解は、添付の図面を考慮して下記の説明を参照することによって得ることができ、これらの図面において、同様の特徴は同様の参照符号によって識別される（例えば、図 1 A のバイオリアクタ 100 及び図 2 のバイオリアクタ 100 a、100 b）。

30

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図 1 A】本明細書で説明されるような代表的な、輸送可能なガス試験装置の、断面側面図を示す。

【図 1 B】本明細書で説明されるような代表的な、輸送可能なガス試験装置の、背面図を示す。

【図 2】本明細書で説明されるようなガス試験装置における使用のための代表的なバイオリアクタの拡大図を示し、その操作に係る追加の詳細を提供する。

40

【図 3】本明細書で説明されるような 1 つ以上の修正方法（例えば、純度を上げる）に選択的に従う試験 C 1 含有基質が、生物学的変換プロセス用に好適であるかどうかを判断するために、本明細書で説明されるようなガス試験装置で実行され得る、代表的な方法論を例証するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0028】

図 1 ~ 3 は、本開示、及び / または含まれる原理の例証を表すことが理解されるべきである。説明及び理解を容易にするために、単純化された機器及びプロセスフローが図 1 及び 2 に示され、異なる機器の相対的な寸法は、必ずしも正寸ではない。本開示の理解に不可欠ではない、いくつかの弁、器具、及び他の機器及びシステムを含む詳細は、示されな

50

い。本開示の知識を有する当業者には容易に明らかであるように、所与の C 1 含有基質及び / または現地の付加物が生物学的変換プロセスを補助するかどうかの試験を行うための装置、及び方法は、特定の使用によって、一部が、決定される構成及び構成要素を有する。

【 0 0 2 9 】

本発明は、所望の生成物の最大の生産性及び収量を伴う生物学的 C 1 変換プロセスを実施するために別途使用される機器の選択される部分のみを使用して、上記で明らかにされた目的のために、試験（または現地）C 1 含有基質が有効に評価され得るという重要な認識に関連する。C 1 含有基質は、典型的に、CO、CO₂、及び CH₄ からなる群から選択される少なくとも 1 つの C 1 炭素源を含む。例えば、C 1 含有基質は、CO を含有するガス状の基質であってもよい。C 1 含有基質はまた、H₂ 及び / または N₂ を含んでもよい。例えば、別々の、試験ガス及び基準ガスの比較試験用の第 1 及び第 2 のバイオリアクタを有する平行バイオリアクタステージシステムは、現地で利用可能なガス供給及び / または付加物が、性能の商業的な度合いに達していないとしても（例えば、液体生成物のエタノール力価について）、商業的なプロセスを補助することを確認するために必要な情報を提供することができる。実際のバイオリアクタ構成成分、プロセス容器、器具、及び分析器のサブセットのみが必要とされ、代表的なガス試験装置が、収容され、予想される設備に輸送される（例えば、747 ジェット旅客機の貨物室で）ことを可能にする。例えば、液体を外部の再生利用ループからバイオリアクタの上部に供給するための選択的な液体分配装置（例えば、シャワーヘッド）を除いて、リアクタ内部分配装置を有さない、試験及び基準ガスをそれぞれ評価するための 2 つのみのバイオリアクタを有することによって、特定の効率性が得られ得る。ガス生成物及び液体生成物の両方の分析用のガスクロマトグラフィー（GC）を使用することによって、他の効率性が得られ得る。C 1 固定性微生物の分離、及び再生利用を各バイオリアクタステージで避けることによって、さらなる効率性が得られ得る。これら、及び他の効率性を活用することによって、ガス試験装置は、有利に、エタノールを C 1 含有基質から生成するために、生物学的変換プロセスの予想される商業規模の設置の遠隔地へ、輸送可能（例えば、空路、海路、または陸路で）にされてもよい。ガス試験装置は、現地で利用可能な C 1 含有基質、及び水などのプロセス付加物の、現場での評価用の十分な機器を含むが、(i) 生産性の最大化のために必要とされるリアクタシステム、及び / または (ii) 包括的な監視、及びすべてのプロセス変数の制御のための、分析システム及び器具の、要件のうちのすべてを有さない。このような要件は、一般的に、輸送可能性の目的に合わせられない、有利に、定量的結果に対して、定性的結果（例えば、基準試験との比較で）が、ガスの質の確認目的の、及び / または修正測定が性能低下に対処するために必要な領域の識別のための、意義のある評価を提供することができることが分かっている。

【 0 0 3 0 】

本発明は、ガス C 1 含有基質における C 1 炭素源の生物学的変換による、エタノールなどの、所望される最終生成物の生成によって動作するガス試験装置、及び、一方で、その所望される最終生成物の生成を含む関連する方法に関する。ガス試験装置の第 1 及び第 2 のバイオリアクタステージには、特定の、試験 C 1 含有基質が所与のプロセスにおいて好適であることを確立することに関する有益な情報を提供する比較を確立するために、例えば、並行、または同時の性能評価のための、基準（または制御）C 1 含有基質、及び試験（または産業上利用可能な）C 1 含有基質が、供給され得る。バイオリアクタステージの各々は、動作において、C 1 固定性微生物（細菌培養）を含有する液体培地を含むバイオリアクタを含む。所望される最終生成物に加えて、バイオリアクタステージの各々において生じる生物学的変換プロセスは、所望されない、または、より望ましくない代謝物質をさらに生成し、これは、所望される生成物（例えば、エタノール）のように、これらのステージから引き出された液体生成物において検出され得る。このような代謝物質の例は、アセテート（例えば、酢酸の形状で）及び 2, 3 ブタンジオールである。「アセテート」または「酢酸塩」という用語は、陰イオン（解離された）形状（即ち、アセテートイオン

10

20

30

40

50

または CH_3COO^-)か、自由な、システムのpHに依存する形状の比を有する分子酢酸(CH_3COOH)の形状のいずれかで、培地に存在するアセートの合計を指す。下記に述べられるように、含水水酸化アンモニウム(NH_4OH)または水酸化ナトリウム水溶液(NaOH)などの塩基性中和剤は、形成された酢酸を中和することによって、所与のバイオリアクタ(例えば、 $\text{pH} = 4.5 \sim \text{pH} = 8.0$ の任意の特定のpH値であり得るpH設定点値まで)において、培地のpHを制御するために使用されてもよい。バイオリアクタが本明細書で説明されるプロセスを実行するために維持される(または制御される)代表的なpH範囲は、約 $5.0 \sim$ 約 6.5 (例えば、 $\text{pH} = 5.0$ 、 5.5 、または 6.0)など、一般的に約 $4.0 \sim$ 約 8.0 の範囲内の任意のpH値(設定点)である。

10

【0031】

代表的なC1固定性細菌は、ムーレラ、クロストリジウム、ルミノコッカス、アセトバクテリウム、ユウバクテリウム、ブチリバクテリウム、オキシバクター、メタノサルキナ、メタノサルキナ、及びデスルホトマクルムの属からのC1固定性細菌である。

【0032】

「微生物」は、特に、細菌、古細菌、ウイルス、または真菌である、微生物である。本発明の微生物は、典型的に、細菌である。本明細書で使用されるように、「微生物」の記述は、「細菌」を包括するとされるべきである。

【0033】

本発明の微生物は、機能特性に基づいてさらに分類されてもよい。例えば、本発明の微生物は、C1固定性細菌、嫌気性菌、酢酸生成菌、エタノロジェン、カルボキシド栄養細菌、及び/またはメタン資化細菌であってもよく、またはこれらから由来してもよい。表1は、微生物の代表の一覧を提供し、その機能特性を明らかにする。

20

【表 1】

表 1

	C1 固定性	嫌気性菌	酢酸生成菌	エタノロジェン	独立栄養生物	カルボキシド栄養細菌	メタン資化細菌
アセトバクテリウムウッディ	+	+	+	+ / - ¹	-	+ / - ²	-
アルカリバクラムバッチィ	+	+	+	+	+	+	-
ブラウチアプロダクト	+	+	+	-	+	+	-
ブチリバクテリウムメチロトロフィクム	+	+	+	+	+	+	-
クロストリジウムアセチカム	+	+	+	-	+	+	-
クロストリジウムオートエタノゲナム	+	+	+	+	+	+	-
クロストリジウムカルボキシディボラン ス	+	+	+	+	+	+	-
クロストリジウムコスカッティ	+	+	+	+	+	+	-
クロストリジウムドラケイ	+	+	+	-	+	+	-
クロストリジウムフォルミコアセチカム	+	+	+	-	+	+	-
クロストリジウムリュングダリイ	+	+	+	+	+	+	-
クロストリジウムマグナム	+	+	+	-	+	+ / - ³	-
クロストリジウムラグスダレイ	+	+	+	+	+	+	-
クロストリジウムスカトロゲネス	+	+	+	-	+	+	-
ユウバクテリウムリモサム	+	+	+	-	+	+	-
モーレラサーマウトトロフィカ	+	+	+	+	+	+	-
モーレラサーモアセチカ（以前のクロ ストリジウムサーモアセチカム）	+	+	+	- ⁴	+	+	-
オキソバクターフェニジイ	+	+	+	-	+	+	-
スポロミュサオバータ	+	+	+	-	+	+ / - ⁵	-
スポロミュサシルバセチカ	+	+	+	-	+	+ / - ⁶	-
スポロミュサスフェロイデス	+	+	+	-	+	+ / - ⁷	-
サーモアナエロバクタキウヴィ	+	+	+	-	+	-	-

¹ アセトバクテリウムウッディは、フルクトースからエタノールを生成することができ、ガスからはできない。

10

20

30

40

50

² アセトバクテリウムウッドィは、CO上で増殖できることが報告されているが、方法は疑わしい。

³ クロストリジウムマグナムがCO上で増殖できるかどうかは調査されていない。

⁴ モーレラサーモアセティカ、モーレラ菌種HUC22-1の1つの株が、ガスからエタノールを生成することが報告されている。

⁵ スポロミュサオバータがCO上で増殖できるかどうかは調査されていない。

⁶ スポロミュサシルバセティカがCO上で増殖できるかどうかは調査されていない。

⁷ スポロミュサスフェロイデスがCO上で増殖できるかどうかは調査されていない。

【0034】

「C1」は、例えば、CO、CO₂、CH₄、CH₃OHなどの1つの炭素分子を指す。
「C1酸化」は、例えば、CO、CO₂、またはCH₃OHなどの、少なくとも1つの酸素原子をさらに含む1つの炭素分子を指す。「C1炭素源」は、部分的に、または単一で、本発明の微生物用の炭素源としての役割をする1つの炭素分子を指す。例えば、C1炭素源は、CO、CO₂、CH₄のうちの1つ以上を含んでもよい。好ましくは、C1炭素源は、COとCO₂のうちの1つまたは両方を含む。「C1固定性微生物」は、C1炭素源から1つ以上の生成物を生成することができる能力を有する微生物である。典型的に、本発明の微生物は、C1固定性細菌である。好ましい実施形態では、本発明の微生物は、表1で明らかにされたC1固定性微生物由来の微生物である。

10

【0035】

「嫌気性菌」は、増殖するために酸素を必要としない微生物である。嫌気性菌は、酸素が特定の閾値を超えて存在する場合、負の反応をし得る、または、さらには死に得る。典型的に、本発明の微生物は、嫌気性菌である。好ましい実施形態では、本発明の微生物は、表1に明らかにされた嫌気性菌に由来する。

20

【0036】

「酢酸生成菌」は、アセテート（または酢酸）を嫌気呼吸の生成物として、生成する、または生成することができる、微生物である。典型的に、酢酸生成菌は、ウッドリュングダリイ経路を、エネルギー保存用の、及びアセチルCoA、及びアセテート（Ragsdale, Biochim Biophys Acta, 1784:1873-1898, 2008）などのアセチルCoA由来の生成物の合成用の、主な機構として使用する、絶対的嫌気細菌である。酢酸生成菌は、アセチルCoA経路を、（1）CO₂からのアセチルCoAの還元的合成のための機構として、（2）最終電子受容、エネルギー保存プロセスとして、（3）セル炭素の合成におけるCO₂の固定（同化）のための機構（Drake, Acetogenic Prokaryotes, The Prokaryotes内、第3判、p.354、New York、NY、2006）として、使用する。すべての自然に生じる酢酸生成菌は、C1固定性、嫌気性、独立栄養性、及びメタン資化性である。典型的に、本発明の微生物は、酢酸生成菌である。好ましい実施形態では、本発明の微生物は、表1において明らかにされた酢酸生成菌に由来する。

30

【0037】

「エタノロジェン」は、エタノールを生成する、または生成できる微生物である。典型的に、本発明の微生物は、エタノロジェンである。好ましい実施形態では、本発明の微生物は、表1において明らかにされたエタノロジェンに由来する。

40

【0038】

「独立栄養生物」は、有機炭素がなくても増殖できる微生物である。その代わり、独立栄養生物は、CO及び/またはCO₂などの無機炭素源を使用する。典型的に、本発明の微生物は、独立栄養生物である。好ましい実施形態では、本発明の微生物は、表1において明らかにされた独立栄養生物に由来する。

【0039】

「カルボキシド栄養細菌」は、炭素の単一源としてCOを利用することができる微生物である。典型的に、本発明の微生物は、カルボキシド栄養細菌である。好ましい実施形態では、本発明の微生物は、表1において明らかにされたカルボキシド栄養細菌に由来する

50

。

【0040】

「メタン資化細菌」は、炭素の単一源及びエネルギーとしてメタンを利用することができる微生物である。特定の実施形態では、本発明の微生物は、メタン資化細菌に由来する。

。

【0041】

さらに広く、本発明の微生物は、表1に明らかにされた任意の属、または種に由来してもよい。

【0042】

好ましい実施形態では、本発明の微生物は、クロストリジウムオートエタノゲナム、クロストリジウムリュングダリイ、及びクロストリジウムラグスダレイの種を含む、クロストリジウムのクラスタに由来する。これらの種は、最初に、Abrini, Arch Microbiol, 161:345-351, 1994 (クロストリジウムオートエタノゲナム)、Tanner, Int J System Bacteriol, 43:232-236, 1993 (クロストリジウムリュングダリイ)、及びHuhnke, WO 2008/028055 (クロストリジウムラグスダレイ)によって報告され、特徴付けられた。

10

【0043】

これらの3つの種は、多くの類似性を有している。詳細には、これらの種は、すべて、クロストリジウム属の、C1固定性、嫌気性、酢酸生成菌、エタノール生成菌、及び一酸化炭素資化性菌の、成分である。これらの種は、同様の、遺伝子型及び表現型、ならびにエネルギー保存及び発酵代謝の態様を有する。さらに、これらの種は、99%以上同一である16S rRNA DNAを有するクロストリジウムrRNAホモロジー群Iにおいてクラスタ化され、約22~30モル%のDNA G+C含有量を有し、グラム陽性であり、同様の形態及びサイズ(0.5~0.7×3~5µmの対数増殖セル)を有し、中温性であり(30~37℃で最適に増殖する)、約4~7.5の同様のpH範囲を有し(約5.5~6の最適pHを有する)、シトクロムを欠いており、Rnf複合体を介してエネルギーを保存する。また、カルボン酸の対応するアルコールへの還元が、これらの種において示された(Perez, Biotechnol Bioeng, 110:1066-1077, 2012)。重要なことには、これらの種はまた、すべてが、CO含有ガス上での強い独立栄養生物の増殖を示し、主な発酵生成物としてエタノール及びアセテート(または酢酸)を生成し、特定の条件下で少量の2,3-ブタンジオール及び乳酸を生成する。

20

30

【0044】

しかしながら、これらの3つの種はまた、多数の相違点を有する。これらの種は、異なる源、即ち、ウサギの腸からのクロストリジウムオートエタノゲナム、養鶏場の廃棄物からのクロストリジウムリュングダリイ、淡水底質からのクロストリジウムラグスダレイから分離された。これらの種は、様々な糖(例えば、ラムノース、アラビノース)、酸(例えば、グルコネート、シトレート)、アミノ酸(例えば、アルギニン、ヒスチジン)、及び他の基質(例えば、ベタイン、ブタノール)の利用において異なる。さらに、これらの種は、特定のビタミン(例えば、チアミン、ピオチン)への栄養要求性において異なる。これらの種は、ウッドリュングダリイ経路遺伝子及びタンパク質の核及びアミノ酸配列において相違点を有するが、これらの遺伝子及びタンパク質の一般的な組織及び数は、すべての種において同じであることが発見されている(Kopke, Curr Opin Biotechnol, 22:320-325, 2011)。

40

【0045】

したがって、要するに、クロストリジウムオートエタノゲナム、クロストリジウムリュングダリイ、またはクロストリジウムラグスダレイの特徴の多くは、その種に特化しないが、むしろ、クロストリジウム属の、C1固定性、嫌気性、酢酸生成菌、エタノール生成菌、及び一酸化炭素資化性菌の、成分のクラスタに関する一般的な特徴である。しかしな

50

がら、これらの種は、実際、明確に異なるため、これらの種のうちの1つの遺伝子組み換え、または操作は、これらの種のうちの別の種と同一の効果を有さないかもしれない。例えば、増殖、性能、または生成物生成における相違点が見られ得る。

【0046】

本発明の微生物はまた、クロストリジウムオートエタノゲナム、クロストリジウムリュングダリイ、またはクロストリジウムラグスダレイの分離体または変異体に由来してもよい。クロストリジウムオートエタノゲナムの分離体及び変異体は、J A 1 - 1 (D S M 1 0 0 6 1) (A b r i n i , A r c h M i c r o b i o l , 1 6 1 : 3 4 5 - 3 5 1 , 1 9 9 4)、L B S 1 5 6 0 (D S M 1 9 6 3 0) (W O 2 0 0 9 / 0 6 4 2 0 0) 及び L Z 1 5 6 1 (D S M 2 3 6 9 3) を含む。クロストリジウムリュングダリイの分離体及び変異体は、A T C C 4 9 5 8 7 (T a n n e r , I n t J S y s t B a c t e r i o l , 4 3 : 2 3 2 - 2 3 6 , 1 9 9 3)、P E T C T (D S M 1 3 5 2 8 , A T C C 5 5 3 8 3)、E R I - 2 (A T C C 5 5 3 8 0) (U S 5 , 5 9 3 , 8 8 6)、C - 0 1 (A T C C 5 5 9 8 8) (U S 6 , 3 6 8 , 8 1 9)、O - 5 2 (A T C C 5 5 9 8 9) (U S 6 , 3 6 8 , 8 1 9)、及び O T A - 1 (T i r a d o - A c e v e d o , P r o d u c t i o n o f b i o e t h a n o l f r o m s y n t h e s i s g a s u s i n g C l o s t r i d i u m l j u n g d a h l i i , P h D t h e s i s , N o r t h C a r o l i n a S t a t e U n i v e r s i t y , 2 0 1 0) を含む。クロストリジウムラグスダレイの分離体または変異体は、P I 1 (A T C C B A A - 6 2 2 , A T C C P T A - 7 8 2 6) (W O 2 0 0 8 / 0 2 8 0 5 5) を含む。

10

20

【0047】

本発明の微生物は、1つ以上の生成物を生成するように培養されてもよい。例えば、クロストリジウムオートエタノゲナムは、エタノール (W O 2 0 0 7 / 1 1 7 1 5 7)、アセテート (W O 2 0 0 7 / 1 1 7 1 5 7)、ブタノール (W O 2 0 0 8 / 1 1 5 0 8 0 及び W O 2 0 1 2 / 0 5 3 9 0 5)、ブチレート (W O 2 0 0 8 / 1 1 5 0 8 0)、2, 3 - ブタンジオール (W O 2 0 0 9 / 1 5 1 3 4 2)、ラクテート (W O 2 0 1 1 / 1 1 2 1 0 3)、ブテン (W O 2 0 1 2 / 0 2 4 5 2 2)、ブタジエン (W O 2 0 1 2 / 0 2 4 5 2 2)、メチルエチルケトン (2 - ブタノン) (W O 2 0 1 2 / 0 2 4 5 2 2 及び W O 2 0 1 3 / 1 8 5 1 2 3)、エチレン (W O 2 0 1 2 / 0 2 6 8 3 3)、アセトン (W O 2 0 1 2 / 1 1 5 5 2 7)、イソプロパノール (W O 2 0 1 2 / 1 1 5 5 2 7)、脂質 (W O 2 0 1 3 / 0 3 6 1 4 7)、3 - ヒドロキシプロピオン酸 (3 - H P) (W O 2 0 1 3 / 1 8 0 5 8 1)、イソブレン (W O 2 0 1 3 / 1 8 0 5 8 4)、脂肪酸 (W O 2 0 1 3 / 1 9 1 5 6 7)、2 - ブタノール (W O 2 0 1 3 / 1 8 5 1 2 3)、1, 2 - プロパンジオール (W O 2 0 1 4 / 0 3 6 9 1 5 2)、及び 1 - プロパノール (W O 2 0 1 4 / 0 3 6 9 1 5 2) を生成する、または生成するように加工され得る。1つ以上の目標生成物に加え、本発明の微生物はまた、エタノール、アセテート、及び/または 2, 3 - ブタンジオールを生成してもよい。特定の実施形態では、微生物バイオマス自体が、生成物と見做されてもよい。

30

【0048】

一般的に、第1及び第2のバイオリアクタにおいて同じ微生物が使用されるが、いくつかの実施形態では、異なるバイオリアクタにおいて異なる C 1 固定微生物を使用することも可能である。

40

【0049】

代表的な C 1 含有基質、及び、詳細には、本明細書で説明されるような試験 C 1 含有基質は、幅広く、任意の C 1 炭素源を含む。C 1 炭素源は、本発明の微生物に対する部分的な、または単一の炭素源としての役割をする1つの炭素分子を指す。例えば、C 1 炭素源は、C O、C O₂、または C H₄ のうちの1つ以上を含んでもよい。好ましくは、C 1 炭素源は、C O 及び C O₂ のうちの1つまたは両方を含む。本基質は、H₂、N₂、または電子などの他の非炭素成分をさらに含んでもよい。

50

C 1 含有基質は、大きな割合の C O、好ましくは、少なくとも約 5 容量% ~ 約 99.5 容量% の C O を含有してもよい。このような基質は、鋼製造プロセス、または非鉄製品製造プロセスなどの、産業上のプロセスの廃棄物としてしばしば生成される。ガス C O 含有基質が生成される他のプロセスは、石油精製プロセス、バイオ燃料生成プロセス（例えば、熱分解プロセス及び脂肪酸 / トリグリセリド水素化変換プロセス）、石炭及びバイオマスガス化プロセス、電力生成プロセス、カーボンブラック生成プロセス、アンモニア生成プロセス、メタノール生成プロセス、及びコークス製造プロセスを含む。多数の化学産業排水、ならびに種々の基質から生成される合成ガス（C O 及び H₂ の両方を含有する）は、同様に、潜在的な C O 含有基質としての役割をすることができる。特定の例は、リン酸及びクロム酸塩の生成からの排水を含む。有利に、これらのプロセスからの廃棄物（例えば、排気ガス）は、エタノールなどの利便性のある最終生成物の有益な生成のために、本明細書で説明されるように使用されてもよい。基質、及び / または C 1 炭素源は、産業上のプロセスの副産物として、または、自動車の排気ガスまたはバイオマスガス化からなどの、いくつかの他の源から得られる、廃棄物、またはオフガスであってもよく、またはそれらに由来してもよい。特定の実施形態では、産業上のプロセスは、製鋼工場での製造、非鉄製品製造、石油精製プロセス、石炭ガス化、電力生成、カーボンブラック生成、アンモニア生成、メタノール生成、及びコークス製造などの、鉄鋼製造からなる群から選択される。これらの実施形態では、基質、及び / または C 1 炭素源は、任意の利便性のある方法を使用して、大気中に放出する前に産業上のプロセスから得られてもよい。

10

20

【0050】

基質、及び / または C 1 炭素源は、石炭または精製残油のガス化、バイオマスまたはリグノセロース材料のガス化、または自然ガスの再形成によって得られた合成ガスなどの、合成ガスであってもよく、合成ガスに由来してもよい。別の実施形態では、合成ガスは、一般固形廃棄物または産業固形廃棄物のガス化から得られてもよい。

【0051】

基質、及び / または C 1 炭素源に関して、「由来する」という用語は、何かしらの方法で組み換えられた、または混合された、基質、及び / または C 1 炭素源を指す。例えば、基質、及び / または C 1 炭素源は、特定の成分を追加する、または除去するように処理されてもよく、他の基質、及び / または C 1 炭素源流と混合されてもよい。

30

【0052】

基質の組成は、反応の効率及び / または費用への大きな影響を有し得る。例えば、酸素（O₂）の存在は、嫌気性の発酵プロセスの効率を減少させ得る。基質の組成によって、毒素、所望されない成分、または塵粒子などのあらゆる所望されない不純物を除去するために、及び / または所望される成分の濃度を増加させるために、基質を処理する、こすり取る、またはフィルタすることが所望され得る。

【0053】

基質は、一般的に、約 1、2、5、10、20、30、40、50、60、70、80、90、または 100 モル% の C O など、少なくともいくつかの量の C O を含む。基質は、約 20 ~ 80、30 ~ 70、または 40 ~ 60 モル% の C O など、ある範囲の C O を含んでもよい。好ましくは、基質は、約 40 ~ 70 モル% の C O（例えば、製鉄工場または高炉ガス）、約 20 ~ 30 モル% の C O（例えば、塩基性酸素転炉ガス）、または約 15 ~ 45 モル% の C O（例えば、合成ガス）を含む。いくつかの実施形態では、基質は、約 1 ~ 10 または 1 ~ 20 モル% の C O など、比較的低量の C O を含んでもよい。本発明の微生物は、典型的に、基質における C O の少なくとも一部を生成物に変換する。いくつかの実施形態では、基質は、C O を全く、または実質的に全く含まない。

40

【0054】

基質は、いくつかの量の H₂ を含んでもよい。例えば、基質は、約 1、2、5、10、15、20、または 30 モル% の H₂ を含んでもよい。いくつかの実施形態では、基質は、約 60、70、80、または 90 モル% の H₂ など、比較的多い量の H₂ を含んでもよい。さらなる実施形態では、基質は H₂ を全く、または実質的に全く含まない。

50

【 0 0 5 5 】

基質は、いくらかの量の CO_2 を含んでもよい。例えば、基質は、約 1 ~ 80 または 1 ~ 30 モル % の CO_2 を含んでもよい。いくつかの実施形態では、基質は、約 20、15、10、または 5 モル % 未満の CO_2 を含んでもよい。別の実施形態では、基質は CO_2 を全く、または実質的に全く含まない。

【 0 0 5 6 】

基質は典型的にガス状であるが、基質は代替の形状で提供されてもよい。例えば、基質は、微小気泡分散体発生器を使用して CO 含有ガスで飽和された液体に溶解されてもよい。さらなる例として、基質は固形支持体上に吸着されてもよい。

【 0 0 5 7 】

所与の産業上の $\text{C}1$ 含有基質の正確な組成は、少なくとも商業的な成果の正確な予測に必要とされる程度まで、遠隔の設備（例えば、研究所またはパイロット規模もしくはデモンストラーション規模のプロセス）で再現することがしばしば困難であることが決定されている。重要なことに、所与のプロセスが成果目標を達成することができるという十分な信用がなければ、スケールアップ（例えば、プロセス設計及び工学）に必要とされる多額の資本支出は、正当化されることができない。これについて、特定の汚染物質（例えば、炭水化物またはヘテロ原子を含有する炭水化物）のわずかな量でも、このようなより重い分子を $\text{C}1$ 含有基質から抽出しがちな液体ベースのシステムである細菌培養に悪影響を与え得、このような分子がバイオリアクタの内部及び外部の液体再生利用ループに蓄積させる。さらに、現地のガス組成における変動は、同様に、現場ではない試験設備において再現することが難しく、多くの場合では、このような変動の程度は、直接 $\text{C}1$ 含有基質に現地でアクセスしなければ知ることができない、または理解することができない。さらに、現地性の、予想される、商業的な生物学的変換設備（例えば、細菌培養培地において使用される現地の水源）に重要であり得る他の態様の好適性が、大きな投資判断の前に、さらに評価され、確認されるべきである。

【 0 0 5 8 】

生物学的変換プロセスにおける産業用 $\text{C}1$ 含有基質の使用が、数々の課題を提示するために示されてきた。主要なガス構成成分（ CO 、 H_2 、 N_2 、 CO_2 など）以外の物質の存在は、発酵プロセスに有害な影響を有し得る。さらに、産業プロセスからのガスの流量は、そのプロセスの操作パラメータに依存し、下流の発酵プロセスへの一貫した体積のガス供給量（例えば、 Nm^3 / 時間で）を提供するように合わせられない。構成する成分（主要な成分及び汚染物質の両方）の各々の相対量に関するガスの化学的性質は、しばしば急速に、操作パラメータに従って時間と共に変化し、上流の産業プロセスに入る。

【 0 0 5 9 】

おそらく、生成物合成用のガス発酵プロセスへの単一炭素及びエネルギーフィードストックとしての産業用オフガスの使用の、最も大きな課題は、広範囲の殺菌性または毒性の汚染物質の存在である。微生物発酵における、産業上生成された、ガス化されたバイオマスの合成ガス生成物による汚染物質の負の影響は、十分に証明されている。これらのガスは、特に、 CO 及び H_2 を炭素の単一源及びエネルギーとして使用する一酸化炭素資化性生物内で、細菌増殖及び生産性を抑制することが一貫して立証された（Ahmed et al. 2006）、タール及び窒素化合物の両方を含有する。合成ガスに見られる一酸化窒素は、40 ppm もの低い濃度で、 C 、カルボキシディバランス及び C 、ラグスダレイなどの一酸化炭素資化性生物を抑制することがいくつかの研究において示されている（Datar ら 2004、Lewis ら 2006、Ahmed 及び Lewis 2007、Kundiya ら 2010）。他の研究は、ベンゼン、トルエンエチルベンゼン、及び p -キシレン（表 2 に示された鋼製造からのオフガスにおいて見られるすべての化合物）からなるタールも、一酸化炭素資化性生物の生産性及び生存能力を抑制することを証明した（Ahmed ら 2006、Lewis ら 2006）。

【 0 0 6 0 】

例えば、鋼製造プロセスの不可避の結果として生成されたオフガスは、 CO と、いくつ

10

20

30

40

50

かの場合では H_2 とを、含有し、上述されたような産業用オフガスを使用することに関連する課題の典型となる。典型的に、鋼製造プロセスからの排気ガスは、少しの水素を含有する、または全く含有しない。さらに、これらのオフガスに見られる複数の汚染化合物がよく知られており、証明されている（表2を参照）。鋼オフガス流に見られる汚染物質の数及び種類は、バイオマス由来の合成ガスなどの他の産業用ガスに存在すると報告されているものよりも、確実に、かなり多い。汚染物質の数及び種類の両方におけるこの増加は、発酵システムへの、より重大な課題を提示する。生物学的プロセスにおける汚染物質の「付加」効果は正確に予測することが難しいが、有害効果はさらに深刻になることが予想される。鋼製造プロセスからのオフガスの一部として、通気口または排気筒内を通る15の最も多い汚染物質は、細菌に毒性があると考えられる、窒素酸化物、二酸化硫黄、ベンゼン、トルエン、シアン化物、及びフッ化物化合物などの化合物である。

10

【0061】

上述のように、ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、及びp-キシレンからなるタールは、C-カルボキシディボランスの生存性及び生産性への大きな悪影響を有すると見られている（Lewisら 2006）。ベンゼン及びトルエンならびにキシレンの嫌気性細菌への相対的な毒性は、Payne及びSmith（1983）によって説明された。しかしながら、上述のように、この化合物及び他の化合物が、様々な他の潜在的な毒性化合物と共に製鋼工場ガスに存在する。カドミウム、ニッケル及び亜鉛などの重金属の、トルエンの毒性への付加の影響は、（Amorら 2001）によって説明された。これらのデータは、トルエンの存在における微生物の性能が、これらの重金属の付加によって、個別に、多大な悪影響を受けることを明らかに立証する。製鋼工場オフガスにおいて、これらの金属は共に存在し、細菌の性能及び生産性にさらに大きな課題をもたらすと予測するであろう。

20

【0062】

重大なことに、産業ガス流の適正な代表である、試験流を研究室のセットにおいて提供することは難しい。重要なことに、同様の産業からのガス流においても、個別のガス流に存在する汚染物質の種類及び量は、大きく異なる。単一の工場または設備内でも、排気ガスの組成は、上流の条件、及び産業プロセスに提供される源とされた原材料によって変化し得る。さらに、圧縮ガスは、典型的に、ガスの組成を変える。特に、高圧では、汚染物質は、気相から離脱しがちである。これは、現場での排ガスと、研究所に提供される試験試料との間の差/変化を引き起こす。

30

【0063】

表2は、National Pollution Inventory (NPI) (<http://www.npi.gov.au>)で報告された、BlueScope Steel Port Kembla Steelworks - Port Kembla, NSW, Australiaから、すべての大気放出をキログラムで示す（点線源+漏洩1）。これは、BlueScope Steel Port Kembla Steelworks - Port Kembla, NSW, Australiaからのオフガスの、典型的な汚染を引き起こす成分の詳細を示す。

【表 2】

表 2

物質	気体量合計 (k g)
窒素酸化物	7 9 2 7 7 7 9
二酸化硫黄	7 4 9 8 9 1 5
粒子状物質 1 0 . 0 μm	1 7 2 2 1 7 5
アンモニア (合計)	7 3 5 5 5 1
硫酸	2 5 9 1 6 3
揮発性有機化合物の合計	2 4 0 3 0 5
塩酸	1 9 0 9 5 3
ベンゼン	1 3 0 9 0 5
粒子状物質 2 . 5 μm	1 1 0 0 6 3
硫化水素	8 1 7 4 8
トルエン (メチルベンゼン)	2 0 2 2 0
シアン (無機) 化合物	1 9 4 8 3
フッ化物	1 6 7 8 0
メタノール	1 2 1 3 1
メチルイソブチルケトン	1 0 7 7 5
亜鉛及び化合物	8 2 2 8
マンガン及び化合物	4 0 0 1
塩素及び化合物	3 2 2 1
キシレン (個々の、または混合異性体)	2 5 8 3
鉛及び化合物	2 3 9 1
n-ヘキサン	1 1 4 2
スチレン (エチニルベンゼン)	9 0 0
銅及び化合物	5 7 5
カドミウム及び化合物	4 2 5
ニッケル及び化合物	3 2 3
ホウ素及び化合物	2 4 7
多環芳香族炭化水素 (B [a] P e q)	1 9 2
クロム (I I I) 化合物	1 7 6
水銀及び化合物	1 6 8
エタノール	1 2 3
1, 3-ブタジエン (ビニルエチレン)	1 2 0
フェノール	1 1 5
セレン及び化合物	1 1 2
クロム (V I) 化合物	6 9

10

20

30

40

ビフェニル（1，1－ビフェニル）	6 0
ヒ素及び化合物	4 7
ホルムアルデヒド（メチルアルデヒド）	4 7
アセトン	2 6
アンチモン及び化合物	1 8
エチルベンゼン	1 8
二硫化炭素	1 3
コバルト及び化合物	8
ベリリウム及び化合物	2
硝酸	1
ポリ塩化ダイオキシン及びフラン（TEQ）	1. 3 5 E－0 4

10

¹ 点線源放出は、通気口または排気筒内へ流れ、単一の点線源を通して大気に放出される。ボイラの排気システムまたは定置式燃焼エンジン動力機器が、例である。

20

漏洩排出は、通気口または排気筒を介して放出されない排出である。漏洩排出の例は、車両からの排気物質、車両の燃料タンクからの蒸発ガス、バットからの蒸気の揮発、または燃料及び他の揮発性有機液体貯蔵タンク、開放容器、流出物及び材料の取り扱いを含む。リッジラインルーフ通気口、ルーバー、建物の開き扉、機器の漏れ、弁の漏れ、及びフランジからの排出が、漏洩排出の他の種類である。

【 0 0 6 4 】

下記で説明されるように、本明細書で説明されるガス試験装置及び方法において特に便利である、特定の種類のバイオリアクタは、ガスC 1含有基質が、連続する液相における細菌培地を含有するリアクタの下端で、またはその近くで、ライザー部の底内へ典型的に分配される（例えば、散水される）循環ループリアクタである。上昇する気泡は、あらゆる消費されない、及び溶解されないガスが、液面の上方であり、リアクタの上端に延びる、連続する気相に放出される（即ち、蒸気空間またはヘッドスペース）まで、連続する液相を通して上向きの動き中にライザー部に留められる。ライザー部における連続する液相の循環は、比較的低密度の中央部に、誘発されてもよく、少ないガスホールドアップを有する、または全くガスホールドアップを有さない、比較的高密度の周辺（外）部との組み合わせで、その中央部を通して上昇する気泡の大半が通る。したがって、内部の液体循環は、中央部における液体の正味の上方移動、及び周辺部における正味の下方移動を通して確立されることができる。下記でより詳細に説明されるように、循環ループリアクタを含むバイオリアクタステージは、好ましくはリアクタの底端からの液体の取り出しと、リアクタの上端への取り出された液体の導入とを通して、リアクタの外部に、強制的な液体循環をさらに含み、それによって、リアクタヘッドスペースにおいてガス - 液体の流れの逆流を提供してもよい。

30

40

【 0 0 6 5 】

「バイオリアクタ」という用語、ならびにガス試験装置の「バイオリアクタステージ」の一部として含まれてもよい所与のバイオリアクタは、循環ループリアクタに限定されないが、より幅広く、本明細書で説明される生物学的プロセスを実行するために使用されてもよい、C 1固定性微生物を有する培地の液体の体積を維持するための、任意の好適な容器、または容器内の部分を含み、これは、一般的に嫌氣的に行われる程度まで、発酵プロセスと呼ばれてもよい。バイオリアクタの特定の種類は、2つの相（ガス - 液体）の接触

50

、例えば、逆流フローリアクタ（例えば、上向きに流れる気相及び下向きに流れる液相を有する）、または並流フローリアクタ（例えば、上向きに流れるガス及び液体の相を有する）に好適な任意の容器を含むことができる。このような2つの相の接触容器において、液体の動いているカラムを通して流れる気泡の場合のように、液相が連続相になることが可能である。そうでなければ、蒸気空間を通して流れる分散された液体（例えば、液滴の形状で）の場合のように、気相が連続相になることが可能である。循環ループリアクタの場合におけるように、バイオリアクタの異なる域は、連続液相及び連続気相を含有するように使用されてもよい。

【0066】

バイオリアクタの具体的な例は、連続攪はん槽反応器（CSTR）、固定化細胞リアクタ（ICR）、トリクルベッドリアクタ（TBR）、移動床型生物膜リアクタ（MBBR）、気泡塔、ガスリフト発酵槽、及び中空系の膜バイオリアクタ（HFMBR）などの膜リアクタを含む。好適なバイオリアクタは、ガス状CO含有基質を液体細菌培地（例えば、生物学的変換を実行するために好ましい溶解及び大量輸送動力を有する）接触のために構成された、静的ミキサ、または他の容器、及び/または装置（例えば、塔または配管配置）を含んでもよい。「複数のバイオリアクタ」または「複数のバイオリアクタステージ」に含まれてもよい、バイオリアクタという句は、いくつかの場合では、複数のバイオリアクタは1つの種類のものであり得るが、単一の種類以上のバイオリアクタを含むことを意味する（例えば、循環ループリアクタ）。

【0067】

本明細書で説明される生物学的プロセスにおける使用のための、いくつかの好適なプロセス流、操作パラメータ、及び機器は、全体が参照によって本明細書に組み込まれる米国特許出願公開番号2011/0212433で説明される。

【0068】

特定の実施形態は、試験C1含有基質の性能を評価するための第1のバイオリアクタステージと、基準C1含有基質の性能を評価するための第2のバイオリアクタステージとを含むガス試験装置に関係する。分析部は、第1及び第2のバイオリアクタのガス及び液体の両方の生成物の分析用に構成される。ガス試験装置は、約6 m³未満（例えば、約0.5 m³～約6 m³）、典型的に約3 m³未満（例えば、約1 m³～約3 m³）、及び、しばしば2.5 m³未満（例えば、約1.5 m³～約2.5 m³）の体積を一般的に有する容器内に、収容される、または少なくとも収容されることができる。このようなサイズの制約の観点から、ガス試験装置は、例えば、試験（または現地）C1含有基質及び、選択的に、現地の水源などの他の現地付加物を評価するために、複数の位置に輸送可能である。さらなる代表的な実施形態によると、ガス試験装置は、それぞれ約1.8メートル未満の長さ、幅、及び高さ寸法を有する（例えば、これらの寸法の各々が約1.0メートル～約1.8メートルの範囲内である）、または、それぞれ約1.6メートル未満である（例えば、これらの寸法の各々が約1.0メートル～約1.6メートルの範囲内である）、箱、または他のコンテナ内に収容される、または収容されることができる。このような箱、または他のコンテナは、約1.6メートル未満である長さ、幅、及び高さ寸法の1つ（例えば、約1.0メートル～約1.6メートルの範囲内）、及び約1.3メートル未満であるこれらの寸法の他の2つ（例えば、約0.8メートル～約1.6メートルの範囲内）を有してもよい。

【0069】

他の実施形態は、生物学的プロセスにおける使用のための試験C1含有基質の好適性を評価するための方法に関する。本方法は、（a）基準C1含有基質をC1固定性微生物の第1の培養物を含む第1の（基準）バイオリアクタに供給する工程と、（b）試験C1含有基質をC1固定性微生物の第2の培養物を含む第2の（試験）バイオリアクタに供給する工程とを含む。本方法は、（c）第1及び第2のバイオリアクタの性能を判断するために、第1及び第2のバイオリアクタのガス及び液体生成物の両方を分析することをさらに含む。試験C1含有基質の好適性は、第2のバイオリアクタの性能に対する、第

1 のバイオリアクタの性能の比較から確立される。好ましくは、上述の工程 (a) 及び (b) の少なくとも一部は、同時に実行される (即ち、これらの工程の少なくとも一部の時間が重なる) 。典型的に、工程 (a) 及び (b) は、生物学的変換プロセスを実行することにおける微生物培養の性能を評価するために、数日 (例えば、約 3 日 ~ 約 2 1 日など、少なくとも約 3 日、約 5 日 ~ 約 2 1 日など、少なくとも約 5 日、または約 7 日 ~ 約 1 4 日など、少なくとも約 7 日) の、同時の操作期間、または試験期間、同時に (または少なくとも実質的に同時に) 実行される。例えば、1 つの実施形態によると、試験 C 1 含有基質が第 2 のバイオリアクタに供給される工程 (b) の持続期間の全体は、基準 C 1 含有基質が第 1 のバイオリアクタに供給される工程 (a) の持続期間によって包括されてもよい。これは、例えば、基準 C 1 含有基質を使用して第 1 と第 2 のバイオリアクタの両方の操作を開始する場合に生じ、その後、基準 C 1 含有基質から第 2 のバイオリアクタへの供給を、試験 C 1 含有基質に変更することが続く。したがって、代表的な実施形態では、本方法は、工程 (b) の前に、基準 C 1 含有基質を第 2 のバイオリアクタに供給することをさらに含んでもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 0 】

試験 C 1 含有基質を評価することに加えて、代表的な方法は、代替的に、または組み合わせで、比較性能を決定する、または評価することによって、本明細書で説明される装置及び方法を使用して、現地の水源などの現地付加物を評価する。例えば、水質を評価する場合、異なる水源が、第 1 及び第 2 の細菌培養を、調製する、及び / または補う (例えば、新鮮培地で) 使用されてもよい。1 つの実施形態によると、現地の条件は、試験 C 1 含有基質をこの培養に供給する工程と組み合わせて、第 2 のバイオリアクタの細菌培養を調製する、及び補うために (例えば、追加された新鮮培地において) 、現地の水源 (例えば、現地の処理水または現地の飲料水) を使用することによって評価されてもよい。別の実施形態では、同じ現地の水源は、試験 C 1 含有基質自体が同じ水源を使用し、基準値に対して評価されることができるよう、両方のバイオリアクタの細菌培養を作製する、及び補うために使用されてもよい。さらに他の実施形態では、同じ C 1 含有基質 (例えば、基準または試験 C 1 含有基質のいずれか) は、異なる水源のみの効果を評価するために (例えば、蒸留水などの精製された水源と比べられる、現地の処理水源または現地の飲料水源) 、両方のバイオリアクタに供給されてもよい。

【 0 0 7 1 】

さらに他の実施形態は、試験 C 1 含有基質が生物学的変換プロセスを補助するかを決定するための方法に関する。代表的な方法は、(a) 基準 C 1 含有基質を、エタノール及び少なくとも 1 つのさらなる代謝物質を生成するための栄養としてそれぞれ利用して、C 1 固定性微生物の別々の第 1 及び第 2 の培養物を維持する工程と、(b) 第 2 の培養物への栄養として、基準 C 1 含有基質から、試験 C 1 含有基質へと変える工程とを含む。本方法は、(c) 同じ一連の対象操作条件下 (例えば、自動的に、及び / または手動で制御された操作パラメータ、例えば、いくつかの場合ではバイオリアクタ pH の操作セット点) であるが、異なる基準及び試験 C 1 含有基質を使用して、第 2 の培養物の性能と比較して、第 1 の培養物の性能を評価することをさらに含む。本方法は、(d) 工程 (c) における第 2 の培養物の最小限の性能低下 (またはオフセット) を得ない場合、試験 C 1 含有基質が生物学的変換プロセスを補助すると確認することをさらに含む。本方法は追加で、(e) 工程 (c) において、最小限の性能低下を得る場合、またはより大きな性能低下を得る場合、工程 (c) において、性能を評価するために使用される試験 C 1 含有基質と比較して、より高い質の試験 C 1 含有基質を提供するために、試験 C 1 含有基質の前処理をする、または既存の前処理を強化する工程とを含む。

【 0 0 7 2 】

代替の実施形態によると、上記の方法における工程 (e) は、前処理をする、または既存の前処理を強化することによって、試験 C 1 含有基質の質を向上させる他に修正測定を含んでもよい。例えば、このような修正手段は、現地の水源などの現地付加物の質を向上させること、またはそうでなければ、より高い質の付加物、例えば、現地の処理水に対し

て現地の飲料水を代替することを含んでもよい。他の修正手段は、バイオリアクタ温度、圧力、及び／またはpHなどの操作条件の調整を含んでもよい。修正手段の任意の種類は、細菌培養物（例えば、第3の培養物）での第2のバイオリアクタの再植え付けを伴ってもよく、修正手段を試験するための再植え付け培養物の性能に比べて、第1の培養物（または基準C1含有基質を栄養として利用する他の培養物、または他の基準条件）の性能を評価すること（例えば、同じ一連の対象操作条件下であるが、異なる、基準、及びより高い質の試験C1含有基質を使用して、及び／または異なる基準、及びより高い質の付加物を使用して、及び／または調整された操作条件を使用して）が続く。再植え付け培養物（例えば、第3の培養物）の最小限の性能低下を得ない場合、本方法は、修正手段（例えば、より高い質の試験C1含有基質、及び／またはより高い質の付加物、及び／または調整された操作条件）が生物学的変換プロセスを補助すると確認することをさらに含む。この方式では、多数の修正手段（例えば、漸進的に、より高度に精製されたC1含有基質）は、例えば、逐次的な方式で、本明細書で説明されるガス試験装置を使用して評価されてもよい。いくつかの実施形態によると、試験／評価方法は、少なくとも1つの試験C1含有基質の質、付加物の質、及び／または操作条件のセットが、生物学的変換プロセスを補助することが、確立される／確認される場合、完了されてもよい。

10

20

30

40

50

【0073】

図1Aは、後部の「湿式」またはバイオリアクタステージ含有部200と、前部の「乾式」または分析部300との両方を有する、代表的なガス試験装置1の側部の切取図を示す。好ましくは、これらの部分200、300は、これらの部分に収容された機器を囲む周囲環境が相互に混ざること防ぐ、または少なくとも妨げる、縦の仕切り250などの障壁によって分離される。部分200におけるバイオリアクタステージの代表的なバイオリアクタ100は、一般的に約0.25～約5リットル、及びしばしば約1～約3リットルの範囲にあるリアクタ体積を有する。このリアクタの体積を保持する（即ち、リアクタの気相及び液相の含有物を含有する）、バイオリアクタの典型的な長さは、約0.5～約1.5メートルである。通常、バイオリアクタ含有部200は、図1Bからより明らかであるように、基準及び試験C0含有基質の両方の性能の同時の評価のための、2つの別々のバイオリアクタステージを含む。

【0074】

部分200におけるバイオリアクタステージは、外部の液体再生利用ループ25と、任意のバイオリアクタ100内の混合／均一性を向上させる、及び／またはガス-液体大量輸送の速度を向上させるための、関連付けられた外部の再生利用（または再循環）ポンプ30とをさらに含んでもよい。外部の液体再生利用ループ25、培地及びC1固定性微生物を含む液体生成物を使用することは、バイオリアクタ100（例えば、散布機などのガス分配装置の下から、及び／または液体入口または液体出口の下から）の底部（即ち、底端の近接部）から取り出されてもよく、バイオリアクタ100（例えば、連続気相域と連続液相域との間の境界を定めるガス／液体の界面上に）の上部（即ち、反対側の上端の近接部）の外部に再生利用されてもよい。上述のように、外部の液体再生利用ループ25は、好ましくは、膜ろ過システム及び関連付けられた清掃手順を含む、C1固定性微生物の分離及び再生利用に必要とされる追加された複雑性を伴わずに動作する。外部の液体再生利用ポンプ30は、例えば、エネルギー使用と大量輸送速度の向上との間の最適なトレードオフで、外部の液体循環を所望される速度で提供する。バイオリアクタ100の装着及び制御に関連付けられた他の構成要素は、例えば、棚201、及びリアクタ温度の制御（例えば、必要に応じてバイオリアクタ100の温度を上げる、または下げるためのヒートレーシング及び／またはファン）に必要とされるものなど、バイオリアクタ100の外部の追加の機器である、バイオリアクタステージを含む部分200内に含まれてもよい。

【0075】

分析部300は、バイオリアクタステージ10から取得されたガス及び液体生成物の両方の分析用にそれぞれ構成された、第1及び第2のクロマトグラフィーカラム302a、302bを含む、ガスクロマトグラフィー（GC）分析装置301を含む。このような構

成は、液体生成物における代謝濃度の分析用の高圧液体クロマトグラフィー（HPLC）の従来の使用とは異なる。本発明の実施形態は、液体生成物分析用のHPLCの使用を含むが、ガス試験装置の全体的な分析の要件が単一のGC分析装置に統合される場合、空間が有利に節約されることが分かっている。一般的に、ガス及び液体生成物の分析用に使用されるカラムは、所望されるクロマトグラフィー分離を実行するための異なる種類の固定相（例えば、樹脂）を含有する。分析部300内の他の機器は、電気部品303と、必要なディスプレイインターフェース304（例えば、コンピュータ）を有する操作ソフトウェアと、及びユーティリティボックス305とを封入する、GC分析装置301用の基準値ガス源としての使用のための、高純度の空気発生装置（図示されない「ゼロエア」発生装置）を含んでもよい。特に、不良な、または信用できない通信サービスを有する、予想される設置現場における使用における場合に、ガス試験装置1から、場所から遠隔であってもよい（例えば、現場から、少なくとも100マイル、少なくとも1000マイル、または少なくとも5000マイルでも、離れた）第2の設備にデータを送信するために衛星通信システム315も含まれてもよい。例えば、第2の設備は、リアルタイムでガス試験装置の操作に利益を有する、生物学的変換プロセスのデベロッパーまたはライセンサーであってもよい。したがって、衛星通信システム315は、推奨された操作パラメータ調整または、特定の処理工程（例えば、ガス前処理）における変更または追加など、ガス試験装置1に関する操作指示を提供することにおける使用のための情報を第2の設備に送信してもよい。他の実施形態によると、衛星通信システム315は、本明細書で説明される様々な操作パラメータを含む、ガス試験装置1の操作の直接的な制御を可能にしてもよい。さらに、底ドロワ306などの補助部品、ベンチ（図示せず）、及び／またはグリルファン（図示せず）は、分析部300にさらに含まれてもよい。

【0076】

図1Aに示されるように、ガス試験装置1の構成要素は、コンテナ500内に収容され、それが特定のC1含有基質の現場での評価のために遠隔地へ容易に輸送可能にしている。この輸送性は、有利に、組成物における組成及び揺らぎの両方について、固定の研究所の現場、パイロット工場、またはデモンストレーションユニットで、商業用ガス流を再生成する試みに固有の、誤解を招く可能性がある（及び費用がかかる）不正確さを避ける。平均サイズの間人600の描写は、コンテナ500の典型的な寸法の代表を提供する。上部を覆う分析部300で、コンテナ500は、コンテナを開けて、分析部300を有する機器へのより良いアクセスを可能にするためのヒンジ接続550などの接続を有してもよい。コンテナ500は完全に封入するガス試験装置1を必要とせず、排気ファンの動作に必要とされる開口のような開口は、コンテナ500に設けられてもよいことが理解されるべきである。コンテナ500が開口または露出された領域（または開口されてもよい領域）を含むという点で、ガス試験装置1は、そうでなければ、上述されたような寸法を有する完全に閉じられたコンテナ内に少なくとも収容されることができる。図1A及び図1Bに示されるように、コンテナ500は、パレット575上に輸送されてもよく、フォークリフト受け開口590に係合するフォークリフトトラックを介して、比較的短距離を移動されてもよい。

【0077】

図1Bの後部切取図は、基準及び試験C1含有基質の性能をそれぞれ評価するための、各バイオリアクタステージ10a、10bの2つのバイオリアクタ100a、100bを例証する。これらのバイオリアクタの各々は、図1A、図1Bに関して上述されたように、外部の液体再生利用ループ25を備えてもよく、したがって、「湿式」またはバイオリアクタステージを含む部分200のより完全な図を提供する。リアクタの温度（上述）を規制するために使用される操作制御システムに加えて、または代替して、他の操作制御システムが部分200内に少なくとも部分的にあってよいが、フィードバック制御ループに関連付けられた計測ソフトウェアは、好ましくは、分析部300内に含まれてもよい。このような追加の操作制御システムは、新鮮培地の追加速度、ガスC1含有基質の供給速度、及びリアクタpHなどの操作パラメータを制御するために使用されてもよい。界面活

性剤の追加速度を制御する場合、可変速度ポンプ 202 a、202 b（例えば、シリンジポンプ）が、バイオリアクタ 100 a、100 b に界面活性剤を個別に供給するために使用されてもよい。ガス C 1 含有基質供給速度を制御する場合、所望されるガス流速と、弁の上流（供給圧力）及び弁の下流（操作圧力）の予定される圧力とに従うサイズの、適切な流れ制御弁が使用されてもよい。リアクタ pH を制御する場合、バイオリアクタステージに導入される（例えば、図 1 A に示される再生利用ループ 25 内へ）塩基性中和剤の量は、可変速度ポンプで制御されてもよい。代表的な pH 制御システムは、図 2 についてより詳細に説明される。

【0078】

図 1 B に示されるように、合計で 6 つのポンプが含まれ、これらのうちの 3 つのポンプ 206 a は、第 1 のバイオリアクタ 100 a に塩基性中和剤及び他の処理液（ Na_2S 、培地など）を運ぶために使用され、3 つの他のポンプ 206 b は、第 2 のバイオリアクタ 100 b にこれらの液体を運ぶために使用される。さらに、CO 含有基質流速ディスプレイ / 制御装置 207 a、207 b、新鮮培地流速ディスプレイ / 制御装置 208 a、208 b、及びリアクタ温度ディスプレイ / 制御装置 209 a、209 b を含む、各バイオリアクタステージに関係づけられた操作パラメータに係するディスプレイ及び制御装置が、バイオリアクタを含む部分 200 内に収容される。これらのディスプレイ / 制御装置は、操作者のアクセス / 視認の簡便性のために折り畳みパネル（図示せず）に含まれてもよい。分析部における衛星通信システムの使用に関して上述したように、代替の実施形態において、衛星通信システム 315 は、上述したのと同じ機能性を有して、バイオリアクタを含む部分 200 内に同様に存在してもよい。

【0079】

図 1 B にさらに例証されるように、バイオリアクタを含む部分 200 内の機器は、投入されるものの供給、及びバイオリアクタ 100 a、100 b から取り出された生成物の直接の取り扱いに関連付けられた機器を含む。このような機器の例は、新鮮培地コンテナ 203 a、203 b 及び液体生成物廃棄コンテナ 204 a、204 b、ならびにそれに関連付けられたバイオリアクタ 100 a、100 b への接続である。この部分における機器のさらなる例は、様々な目的の役割をする気泡 205 a、205 b である。例えば、特定の実施形態では、各バイオリアクタ 100 a、100 b は、これらのリアクタからのガス生成物と流体連通する一連の 2 つ以上のバブラーを有してもよい。各バイオリアクタの直接の下流の 1 つ以上の空のバブラーを、バイオリアクタの溢れる液体からの保護手段として使用することが可能である。ガス試料が分析される場合、1 つ以上の液体で満たされたバブラーが、ガス生成物を GC に迂回させるための背圧の源を提供するために、1 つ以上の空のバブラーの下流で使用されてもよい。バイオリアクタを含む部分 200 は、この部分における新鮮な空気の循環を可能にするための、排気ファン及び排気口（図示せず）をさらに含んでもよい。これは、漏洩の場合に、この部分における C 1 炭素源（例えば、CO、 CO_2 、 CH_4 ）の、健康上の危険性または爆発の危険性の観点による危険な度合いまでの蓄積を妨げる、または防ぐことができる。これに関して、C 1 ガス検出器 210（例えば、CO 検出器）を含む安全制御システムが、バイオリアクタを含む部分 200 にさらに含まれてもよい。安全制御システムは、上述された操作制御システム（例えば、ガス C 1 含有基質供給速度を制御するための）のうちの 1 つ以上、例えばすべてを無効にするように構成されてもよい。例えば、安全制御システムは、閾値濃度（例えば、警告閾値濃度）を上回る環境 C 1 濃度の測定に応じて、試験 C 1 含有基質、及び / または基準 C 1 含有基質の、好ましくは両方の、流れを一時停止してもよい。

【0080】

図 2 は、基準及び試験 C 1 含有基質のそれぞれの比較性能評価のために使用される、バイオリアクタ 100 a、100 b についての動作のさらなる詳細を提供する。代表的なプロセスによると、これらの C 1 含有基質は、各バイオリアクタステージの縦方向に延びるバイオリアクタ 100 a、100 b の底端に近接して配置されるガス入口 12 a、12 b を通して、バイオリアクタステージに供給される。例えば、ガス入口は、各バイオリアク

タの長さの、底 25 % 内、及び好ましくは底 10 % 内の各バイオリアクタ内に延びてもよい。ガス入口は、通常、リアクタの長さのこれらの割合内に一般的に対応する高さで、バイオリアクタ内で中央に配置されてもよいガス分配装置まで、各バイオリアクタ内に延びる。詳細なガス分配装置は、それぞれの第 1 の端部に近接して、ガス入口が流体連通してもよい散布機 14 a、14 b を含む。変換されていない C1 炭素源と、生物学的変換反応において利用されない C1 含有基質の任意のガス不純物（例えば、 H_2 ）とを含むガス生成物は、各バイオリアクタから引き出され、底端の反対の、バイオリアクタの上端に近接して配置される、ガス出口 16 a、16 b を通って出る。ガス出口は、各バイオリアクタの長さの、上 25 % 内、及び好ましくは上 10 % 内の各バイオリアクタ内に延びてもよく、または、そうでなければ、各バイオリアクタ内に延びるガス出口を全く有さずに、ガス生成物が各バイオリアクタの上部から引き出されてもよい。

10

【0081】

液体生成物（または「培養液」）は、液体生成物が引き出されるバイオリアクタ 100 a、100 b の底部から、バイオリアクタの上部へ（例えば、バイオリアクタ 100 a、100 b の長さの上 10 % 内へ、及び、それを通して液体生成物が連続気相域に導入されるシャワーヘッド 110 a、110 b などの液体分配装置の上方へ、液体再生利用ポンプ 30 a、30 b を使用して、例えばポンピングによって、外部の液体再生利用ループ 25 a、25 b を通して再生利用されてもよい。次に、この液体は、ガス/液体インターフェース 22 a、22 b で係合が外れ、連続気相域を通して（大量に）上向きに流れ続けるガスと接触する。この方式で、バイオリアクタ 100 a、100 b は、連続液相領域の上方に配置される領域において、逆流のガス及び液体の流れ（上向きに流れるガス、及び下向きに流れる液体）で動作し、上述されたような内部液体循環で動作する。

20

【0082】

「リアクタの長さ」に関する様々な特徴の位置を定義することにおいて、この長さは、一般的に「リアクタの体積」または「リアクタの作動体積」として考えられる、リアクタの内容物（反応物の混合物及び反応生成物）を含む部分の長さを指し、この長さは、リアクタの体積の上方または下方に延びてもよい処理ライン（例えば、供給入口ラインまたは生成物出口ライン）、または、リアクタを収容するが、あらゆるリアクタ内容物を含まない、カラムまたは他の容器の部分を含まない。例えば、円筒状のリアクタの場合、リアクタの長さは、円筒の軸の長さを指す。リアクタの長さの「底 10 %」は、リアクタの底から始まり、リアクタの長さの 10 % だけ上向きに延びる、高さの範囲を指す。リアクタの長さの「上 10 %」は、リアクタの上から始まり、リアクタの長さの 10 % だけ下向きに延びる、高さの範囲を指す。

30

【0083】

バイオリアクタ 100 a、100 b は、新鮮培地を導入のための液体入口 18 a、18 b、及び、エタノール及び他の代謝物質の濃度、ならびに所望される場合、C1 固定性微生物の濃度を判断するために試料採取されることができ、リアクタの液体生成物を引き出すための液体出口 20 a、20 b をそれぞれ含む。新鮮培地のバイオリアクタ 100 a、100 b の各々から液体生成物（または「培養液」）への、入口及び出口 18 a、18 b、20 a、20 b を介した移動は、これらの入口及び出口と流体連通にある小径孔が開いた管（例えば、約 1 mm ~ 約 6 mm の内径を有する）を通して起こってもよい。バイオリアクタ 100 a、100 b から引き出された液体生成物は、作動ガス非供給液面（即ち、ガスホールドアップを有さずに存在する液面）に対応する、高さ H を通ってもよく、選択的にその上方を延びてもよい。即ち、最終段階の液体生成物が延びる最も高い高度 E は、高さ H であってもよく、または高さ H を上回ってもよい。高さ H は調整可能であってもよく、サイフォンブレイカー 75 a、75 b または他の種類の液体引き出し点の高さ H に実質的に対応してもよい。したがって、図 2 の実施形態では、液体生成物出口 20 a、20 b は、バイオリアクタ 100 a、100 b に対して、高さが調整可能であるサイフォンブレイカー 75 a、75 b と流体連通にある。高度 E 及び高さ H は、液面または水頭、即ち、各バイオリアクタ 100 a、100 b におけるガス/液体の界面 22 a、22 b のレ

40

50

ベルを、個別に調節するために規制されてもよい。

【0084】

図2に示された具体的な実施形態では、液体入口18a、18b、及び液体出口20a、20bは、好ましくは、各ガス入口12a、12b及び散布機14a、14bの下で静止部に配置され、液体が、所与のバイオリアクタステージのこの部分またはリアクタ位置に供給される、及びこの部分またはリアクタ位置から引き出されることを可能にする。しかしながら、液体生成物の供給及び引き出しのための所望される位置によって、入口及び出口が、各バイオリアクタの長さに沿ったどこかに配置されることも可能である。代替の実施形態では、例えば、液体の引き出しの高さで溢れることに基づいて液面制御を提供するために、液体出口は、例えば、ガス/液体界面22a、22bのレベルで、またはその近くに配置されてもよい。

10

【0085】

便利に、外部の液体再生利用ループ25a、25bは、バイオリアクタ液体試料採取/分析の位置を提供することができ、バイオリアクタ制御のために構成されることもできる。例えば、塩基性中和剤（例えば、 NH_4OH 溶液または NaOH 溶液などの塩基水溶液）が、リアクタpHを制御するための操作制御システムの一部として、塩基性中和剤入口35a、35bを通して、これらの再生利用ループに追加されてもよい。操作システムは、測定されたリアクタpHに基づいて、塩基性中和剤の流れを制御するための器具をさらに含むことができ、より詳細には、バイオリアクタ100a、100bの各々に関連付けられた好適なフィードバック制御ループを含むことができる。このような制御ループは、例えば、外部の液体再生利用ループ25a、25b内のバイオリアクタ液のpH値を測定する（例えば、連続的に、または断続的に）、pH分析装置40a、40bを含む。このような制御ループは、必要なハードウェア（例えば、図示されない、制御弁または可変速度供給ポンプ）と、測定されたpH値を所与のバイオリアクタ用の設定点値と比較し、そして塩基性中和剤の流れを制御し、設定点を達成する、または維持するための計測ソフトウェア（例えば、コンピュータプログラム）とをさらに含む。

20

【0086】

したがって、外部の液体再生利用ループ100a、100bは、各塩基性中和剤入口35a、35bと流体連通にあってもよく、これらのバイオリアクタ内のpHを個別に制御するための器具を含んでもよい。外部の液体再生利用ループ25a、25bは、リアクタ温度などの、他の操作パラメータの制御に関連付けられた器具を含んでもよい。例えば、バイオリアクタの操作温度の代表である温度で、外部の液体再生利用ループ内の液体の温度を測定する（例えば、連続的に、または断続的に）温度変換器は、リアクタ温度制御のために、上述された、ヒートレーシング及び/またはファンの操作を規制するために使用されてもよい。さらに、外部の液体再生利用ループ25a、25bは、他の液体希釈剤、試薬（例えば、界面活性剤）、及び/または栄養をバイオリアクタ100a、100bに、同じまたは変化する速度で個別に導入するための、さらなる液体入口45a、45bを含んでもよい。

30

【0087】

したがって、バイオリアクタステージ10a、10bは、個別に制御可能なプロセス操作変数を有してもよく、その制御は上述されたような外部の液体再生利用ループ25a、25b上のバイオリアクタ液体生成物の試料採取/分析、及び/または新鮮培地、塩基性中和剤、及び/または他の処理液の、いずれかの入口18a、18b、35a、35b、45a、45bを通した導入を含んでもよい。代表的なプロセス操作変数は、新鮮培地追加速度、ガスC1含有基質供給速度、リアクタ温度、リアクタpH、及びそれらの組み合わせを含む。様々な他の例示の制御方法によると、(1)C1含有基質の流れ（例えば、バイオリアクタステージ10aへの基準C1含有基質の流れ、及び/またはバイオリアクタステージ10bへの試験C1含有基質の流れ）は、測定されたリアクタpHに基づいて制御されてもよく、(2)バイオリアクタステージ10a、10bのいずれか、または両方への塩基性中和剤の流れは、対応するバイオリアクタ液体生成物における、測定された

40

50

酸性代謝物質濃度（例えば、アセレート濃度）に基づいて制御されてもよく、及び／または（３）バイオリアクタステージ１０ａ、１０ｂのいずれか、または両方への新鮮培地の流れは、対応するバイオリアクタ液体生成物における、Ｃ１固定性微生物の測定された濃度に基づいて制御されてもよい。

【００８８】

上述されたガス試験装置は、例えば、商業規模の生物学的変換プロセスのための予想される設置現場で利用可能な、試験Ｃ１含有基質を評価するための方法において使用されてもよい。第１及び第２のバイオリアクタは、基準Ｃ１含有基質（例えば、評価方法の持続時間を通して固定されてもよい、既知の組成のＣ１炭素源含有ガス）と、鋼製造設備などの産業設備からの利用可能なＣ１含有排気ガスであってもよく、１つ以上の汚染物質を除去するために、選択的に前処理されてもよい試験Ｃ１含有基質とを、それぞれ処理するために使用されてもよい。一般的に、前処理は、生物学的変換プロセスに有害である（例えば、Ｃ１固定性微生物の増殖に害がある）、試験Ｃ１含有基質の１つ以上の汚染物質、または１つ以上の汚染物質の少なくとも一部（例えば、１つ以上の汚染物質の、少なくとも７５％、少なくとも９０％、または少なくとも９９％）を除去するために実行される。典型的に、前処理によって除去される、試験Ｃ１含有基質における汚染物質は、前処理がない場合、同じ条件下で行われる同じプロセスと比べて、生物学的変換プロセスにおいて見られる性能低下に寄与するものである。汚染物質は、炭化水素（例えば、ベンゼン）及びヘテロ原子含有炭化水素（例えば、ハロゲン化された炭化水素、または、ジクロロプロパン、エピクロロヒドリン、及びダイオキシンなど、Ｃ１、Ｏ、Ｎ、及び／またはＳのうちの少なくとも１つを含有する炭化水素）を含む。このような汚染物質のいずれも、未処理の試験Ｃ１含有基質において、一般的に、少ない量で（例えば、容量で、１％未満、１０００ｐｐｍ未満、１００ｐｐｍ未満、またはさらに１０ｐｐｍ未満の量で）、存在する。例示の前処理は、試験Ｃ１含有基質を、例えば吸着または溶解によって、１つ以上の汚染物質を選択的に除去する、固形材料または液体のこすり洗い手段に接触させることを含む。代表的な固形材料は、炭素（例えば、活性化された炭）、樹脂、及びゼオライトを含む。他の汚染物質は、フィルタ及び／または液体のこすり洗い手段によって除去され得る、塵埃粒子、及び他の固形物（例えば、触媒微粒子）を含む。

【００８９】

代表的な基準Ｃ１含有基質は、純粋なＣＯ、またはＣＯ及び１つ以上の他のガスの合成混合物（例えば、ＣＯ／Ｈ₂の混合物、またはＣＯ、ＣＯ₂及びＨ₂の混合物）であってもよい。１つ以上の他のガスは、およそ同じ濃度で、試験Ｃ１含有基質において存在することが既知のガスであってもよい。合成混合物は、性能データが以前に取得され、選択的に大規模の操作の性能と相関性のある組成物の代表であってもよい。この方式では、基準Ｃ１含有基質の、試験Ｃ１含有基質との比較性能は、例えばパイロットプラント規模、デモンストレーション規模、または商業規模の操作などの、大規模の操作での、後者の予測された性能を計算するために使用されてもよい。多くの場合では、純粋なＣＯまたはＣＯの合成混合物を含む基準Ｃ１含有基質は、圧力をかけられた筒からバイオリアクタの１つまたは両方に補給されてもよく、及び供給されてもよい。好適な圧力規制弁（または一連の弁）を使用して、筒の圧力下流は、バイオリアクタの動作圧力（例えば、０～５バールの絶対圧力）に減少されてもよい。

【００９０】

基準及び試験Ｃ１含有基質をそれぞれ処理する、第１及び第２のバイオリアクタの性能は、試験Ｃ１含有基質の好適性を確立するための基準として決定されてもよく、及び比較されてもよい。この目的のために、本明細書で説明されるようなガス試験装置は、第１及び第２のバイオリアクタのガス及び液体生成物の両方を分析するために構成されてもよい。例えば、ガス生成物は、基準及び試験Ｃ１含有基質におけるＣ１ガスの、細菌培養物による消費に続いて、残存しているＣ１ガスの量を決定するために分析されてもよい。バイオリアクタの基質利用の全体は、そのバイオリアクタに投入され、所望される生成物（例えば、エタノール）及び微生物の他の代謝物質への変換において利用される、基質の割合

を指す。例としてCO含有ガスを使用し、バイオリアクタを出るガス生成物の組成が決定される場合、CO利用（分画と表現される）全体が、次のように計算されてもよい。

$$1 - (\text{バイオリアクタを出るCOの割合}) / (\text{バイオリアクタに投入されるCOの割合})$$

【0091】

ガス試験装置は、これらのバイオリアクタ間の比較のための1つの性能パラメータとして、バイオリアクタの各々におけるC1炭素利用の決定のために、十分な情報（例えば、供給及び生成物ガス流速及び組成）を提供することができる、または少なくとも提供することができる。このC1炭素源利用は、より高い合計利用値を提供することができる、ガス生成物再生利用の使用（及び追加された費用）を計算することなく、「通過ごとに」または「ワンスルー」ベースで決定される。しかしながら、通過ごとのC1炭素利用は、このような再生利用を利用するプロセスの合計C1炭素利用を予測するために、モデリングにおいて使用されることができる。

10

【0092】

ガス試験装置からの他の分析結果は、基準及び試験C1含有基質で動作するバイオリアクタ間の性能の比較において使用されることができる。例えば、エタノール、及びアセテート、ならびに2, 3-ブタンジオールを含む他の代謝物質の濃度（力価）を決定するために、典型的に、C1固定性微生物の分離（例えば、ろ過によって）の後に、これらのバイオリアクタから得られる液体生成物が分析されることができる。例えば、GC分析装置を使用して、これらの濃度のすべてが、リットルあたりのグラム、g/lで、得られてもよい。いくつかの場合では、好適な分析装置が、ガス試験装置に含まれてもよく、またはそうでなければ、液体生成物におけるC1固定性微生物の濃度の測定のために別々に使用されてもよい。代表的な装置は、試料を通した電磁気エネルギーの吸収度または伝送（例えば、分光測光器）、試料の特定の生物学的活動（例えば、プレートリーダ）、または使い捨て、または再使用可能なプローブ（例えば、オンラインバイオマスプローブ）における試料の別の性質（例えば、インピーダンス/容量）を測定する装置を含む。ガス及び液体生成物の分析は、連続的に（例えば、オンライン分析器を使用して）、または断続的に実行されてもよい。分析はまた、試料の調製における柔軟性、及び機器の要件の減少のためにしばしば好まれる、GCなどの分析装置への手動の注入で、自動または手動で行われてもよい。例えば、バイオリアクタの液体生成物の自動化された分析のための試料採取システムは、所望される時点での所望されるバイオリアクタの試料採取を可能にするために好適な導管（例えば、管または配管）、弁、ポンプ、及びアクチュエータ、ならびに正確な結果を得るために試料ラインを流す（浄化する）のに好適な装置を含むことができる。これらを考慮して、及び特定の実施形態によると、ガス生成物の分析は、自動的に実行されてもよく、液体生成物の分析は、手動で実行されてもよい。

20

30

【0093】

経時的なバイオリアクタのガス及び液体生成物の分析は、選択的に、上述されたような前処理が施された、所与の試験C1含有基質の好適性を確立するための基準として使用される、1つ以上の性能パラメータの監視を可能にする。第1のバイオリアクタ（基準C1含有基質を処理する）の性能の、第2のバイオリアクタ（試験C1含有基質を処理する）の性能に対する比較は、一般的に、1つ以上の測定された性能パラメータが、第1のバイオリアクタ（またはバイオリアクタ培養物）に対して、第2のバイオリアクタ（またはバイオリアクタ培養物）について、実質的に逸脱する（即ち、性能低下またはオフセットを示す）かどうかを評価することを含んでもよい。例えば、バイオリアクタの性能は、本明細書で説明されるように、操作の同時の期間、または試験期間、比較されてもよい。第1及び第2のバイオリアクタの操作期間（即ち、これらのバイオリアクタが基準及び試験C1含有基質がそれぞれ供給される時期）の性能に関する十分なデータを得るために、バイオリアクタのガス及び液体生成物は、連続的でないとしても、断続的に、十分な試料採取間隔で各バイオリアクタ操作期間、分析されてもよい。代表的な試料採取間隔は、約15分～約10時間の範囲であり、通常、約30分～約8時間である。特定の実施形態によると、ガス生成物は、約30分～約2時間の範囲の間隔で試料採取され、及び分析され、液

40

50

体生成物は、約 4 時間～約 8 時間の範囲の間隔で試料採取され、及び分析される。好ましくは、ガス及び液体生成物試料は、バイオリアクタ試験期間中、実質的に一定の間隔で、採取され、分析される。

【0094】

上述されたように、バイオリアクタ間で比較されてもよい 1 つの性能パラメータは、C 1 炭素源の利用である。他の性能パラメータは、バイオリアクタの液体生成物におけるエタノール濃度（力価）、及び／またはこれらの液体生成物における 1 つ以上の代謝物質（例えば、アセテート）の濃度を含む。さらなる性能パラメータは、液体生成物における所与の代謝物質に対するエタノールの比（例えば、エタノール／アセテート重量比）である。所与の試験 C 1 含有基質の好適性は、これらの性能パラメータのうちの 1 つ以上が、第 2 のバイオリアクタ（またはバイオリアクタ培養物）について、第 1 のバイオリアクタ（またはバイオリアクタ培養物）に対して、実質的に異なる場合、確立されてもよい。いくつかの実施形態によると、許容されてもよい相違の閾値レベルは、第 1 のバイオリアクタに対する、第 2 のバイオリアクタの最小限の性能低下（またはオフセット）を単位として定量化されることができる。

10

【0095】

例えば、上述された性能パラメータの場合、性能低下は、試験期間の性能パラメータの平均値（例えば、第 2 のバイオリアクタのものと比較した、第 1 のバイオリアクタにおいて測定された C 1 炭素源利用の平均値）に基づいてもよい。例えば、最小限の性能低下は、測定された性能パラメータの平均値における、少なくとも 5 % の不足、少なくとも 10 % の不足、少なくとも 15 % の不足、または少なくとも 20 % の不足であり得る。当業者に明らかであるように、本明細書を考慮すると、他の特定の最小限の性能低下（例えば、少なくとも 1 % の不足～少なくとも 75 % の不足の範囲内の任意の値）は、特定の性能パラメータ及び他の要因に依存する、好適性を確立するために許容されてもよい閾値差を定量化するために使用されることができる。さらに当業者に明らかであるように、本明細書を考慮すると、「不足」は、例えば、（1）第 1 のバイオリアクタに対する、第 2 のバイオリアクタの平均 C 1 炭素源利用における割合の低下、（2）第 1 のバイオリアクタに対する、第 2 のバイオリアクタの液体生成物における平均エタノール濃度における割合の低下、（3）第 1 のバイオリアクタのものに対する、第 2 のバイオリアクタの液体生成物におけるアセテートまたは他の代謝物質の平均濃度における割合の増加、または（4）第 1 のバイオリアクタのものに対する、第 2 のバイオリアクタの液体生成物における所与の代謝物質（例えば、アセテート）に対するエタノールの平均比における割合の低下など、第 1 のバイオリアクタに対する、第 2 のバイオリアクタの性能における低下を指す。

20

30

【0096】

他の実施形態によると、性能低下は、試験期間の性能パラメータの変化の速度（例えば、第 2 のバイオリアクタのものに比べた、第 1 のバイオリアクタにおいて測定された C 1 炭素源利用の変化の速度）に基づいてもよく、したがって、最小限の性能低下は、試験 C 1 含有基質を使用して達成されるべき、所望される安定度を反映することができる。変化の速度は、単位時間あたりの測定された性能パラメータにおける平均差（例えば、C 1 炭素源利用減の平均 % / 日）として表現されることができ、または、そうでなければ、指数関数速度方程式（例えば、指数関数減衰方程式、または 1 次もしくはより高次の反応速度方程式、または動的表現）などのモデル方程式に性能パラメータの測定された値を入れることから得られる速度定数で表現されることができる。変化の速度が所与の性能低下の基準として使用される、このような場合、代表的な、上述されたような最小限の性能低下（割合での）は、依然として適用可能である。また、このような場合、「不足」は、また、例えば、（1）第 1 のバイオリアクタに対する、第 2 のバイオリアクタの、C 1 利用減の平均速度、または関連する減衰速度定数における割合の増加、（2）第 1 のバイオリアクタに対する、第 2 のバイオリアクタの液体生成物における、エタノール濃度減の平均速度、または関連する減衰速度定数における割合の増加、（3）第 1 のバイオリアクタのものに対する、第 2 のバイオリアクタの液体生成物における、アセテートまたは他の代謝物質

40

50

の濃度の増加の平均速度、または関連する速度定数における割合の増加、または(4)第1のバイオリアクタのものに対する、第2のバイオリアクタの液体生成物における、所与の代謝物質(例えば、アセテート)に対するエタノールの比の減少の平均速度、または関連する速度定数における割合の増加など、第1のバイオリアクタに対する、第2のバイオリアクタの性能における低下を指す。

【0097】

他の性能パラメータ、または性能パラメータにおける他の変化は、本明細書を考慮して、当業者に明らかであるように、所与の試験C1含有基質の好適性を確立するための基準として使用されてもよい。通常、試験C1含有基質の好適性を確立するための基準として使用される、バイオリアクタの性能間の比較は、第1及び第2のバイオリアクタのガス生成物における少なくとも1つのC1炭素源の少なくとも濃度を測定する工程と、これらのリアクタの液体生成物におけるエタノール、及び少なくとも1つのさらなる代謝物質(例えば、アセテート)の濃度を測定する工程とを含む。多くの場合、第1のバイオリアクタに供給するために使用される基準C1含有基質の組成は既知であり、したがって、試験期間中に連続的、または周期的に分析されない。これは、試験期間に対応してもよい、少なくともいくらかの限定された操作期間(例えば、約1~約5日の範囲)での、試験C1含有基質の場合においても同じである。他の実施形態によると、試験C1含有基質の組成は、試験期間中に大きく変動し得、このような変動は、商業の実務で遭遇される、現実的な組成範囲下で性能を評価するために貴重であり得る。特定の実施形態では、試験C1含有基質におけるC1炭素源または他のガスの濃度は、最大及び最少濃度が試験期間中に測定された、 $100\% \times (\text{最大濃度} / \text{最少濃度} - 1)$ を基準に、少なくとも20%(例えば、約20%~約500%)変動し得る。他の実施形態では、この偏差は、少なくとも50%(例えば、約50%~約100%)の、少なくとも約40%(例えば、約40%~約250%)であり得る。

【0098】

図3に示された特定の方法によると、例えば、C1固定性微生物を使用する、C1炭素源からのエタノールの生成用の微生物発酵などの生物学的変換プロセスは、基準C1含有基質を使用して第1及び第2のバイオリアクタの両方(例えば、上述されたような、ガスの混合物であってもよい、合成ガス)において確立される。この工程では、両方の培養物の栄養として基準C1含有基質を利用して、別々の、C1固定性微生物の第1及び第2の培養物が維持される。プロセスを開始するための1つの可能性のある手順によると、第1及び第2のバイオリアクタは、C1固定性微生物が最初に植え付けられてもよく、または充填されてもよく(例えば、凍結乾燥された形式で)、及び、培養物における回分増殖の期間の後、微生物は、新鮮培地の連続的な追加が開始されることができるよう、十分に高い濃度を達成してもよい。

【0099】

各実施形態において、培養物は、例えば、回分によって、そして、合計4日の期間、またはより一般的に約1日~約10日、例えば、約2日~約7日、連続する操作によって、確立される。この期間の後、第2のバイオリアクタに供給された基準C1含有基質は、試験C1含有基質(処理ガス)に変更され、一方で、基準C1含有基質が、第1のバイオリアクタに連続的に供給される。第1のバイオリアクタの動作は、このバイオリアクタの不良な/不安定な動作の事象において、必要であれば、第2のバイオリアクタに種を付ける、または植え付けられるために使用されてもよい、安定した微生物培養物(「制御/種培養」)で維持される。「制御/種培養物」を有する第1のバイオリアクタは、例えば、バイオリアクタのガス及び液体生成物から得られた分析結果に基づいて、1つ以上の上述された性能パラメータを比較することによって、第1の性能に対して、第2の培養物の性能を評価する期間中に動作される。

【0100】

図3に示されるように、基準から試験C1含有基質への切り替えに続く、第2のバイオリアクタにおける安定状態の動作は、3日、またはより一般的に、約1~約7日を要する

。試験 C 1 含有基質は、追加の 3 日間、またはより一般的に、各試験期間の追加の 1 ~ 7 日間、安定状態の試験（評価）条件下で、この「実験培養物」に供給されることができる。試験 C 1 含有基質の好適性を確認するために、ガス及び液体生成物の分析の頻度が、「実験培養物」の先行する性能評価の頻度と同じ、またはおそらく比較して減少された頻度で、「安定性試験」の追加の期間が実行されてもよい。確認の安定試験期間は、代表的な実施形態において、約 3 日 ~ 約 28 日、及び典型的に約 7 日 ~ 約 21 日続いてもよい。したがって、第 2 のバイオリアクタは、安定状態条件がこの培養物に対して確立される間、及び / または安定試験に続く期間の間、実験培養物との性能を監視されてもよい。これらの期間のいずれか、または両方の間に不安定性が引き起こされる事象において、または、上述されたような最小限の性能低下が得られる（即ち、上述されたような性能パラメータの不足の最小限の許容レベルを超える）事象において、第 2 のバイオリアクタは、種が付けられる、または再度植え付けられてもよい。不安定性が引き起こされない（または不安定性の最少または許容レベルである）事象において、または上述されたような最小限の性能低下が得られない（即ち、上述されたような、性能パラメータの不足の最少許容レベルを超えない）事象において、試験 C 1 含有基質が生物学的変換プロセスに好適であることが確立されることができる、または確認されることができる。

10

20

30

【0101】

第 2 のバイオリアクタが、種が付けられる、または再度植え付けられる（例えば、第 3 の微生物培養物で）ことが必要である場合、第 1 のバイオリアクタに対する性能評価を行う、及び / または安定性試験を実行する、第 2 のバイオリアクタに対する、安定状態動作を達成する工程を繰り返すことが続く、上述されたような修正手段が、試験されてもよい。代表的な修正手段は、第 2 のバイオリアクタへの導入の前に、引き続き強化されたガス処理（精製）で得られる、より質の高い（例えば、より純粋な）試験 C 1 含有基質である。修正手段の試験は、本来の試験におけるように、同じ、または異なる最小限の性能低下を得ることに基づく、性能評価を含んでもよい。図 3 に例証されるように、「さらなる安定性試験」の期間は、修正手段が生物学的変換プロセスに好適であることを確立する、または確認するために実行されてもよい。さらなる安定性試験の条件及び持続期間は、本来の安定性試験のものと比べて、同じでもよく、または異なってもよい。本明細書を考慮すると、当業者に明らかであるように、連続する修正手段（例えば、4 番目、5 番目、6 番目等の細菌培養物を使用する）のさらなる試験が、特に、前の修正手段が成功しなかった事象において、実行されてもよい。

【0102】

次の例は、本発明の代表として記述される。これら、及び他の等価の実施形態が本開示及び付属の請求項から明らかであるように、これらの例は、本発明の範囲を限定するとして解釈されるべきはない。

【0103】

[実施例 1]

(装置構成)

ガス試験装置は、2 つの循環ループリアクタ（各リアクタ容量が 2 リットル）含むバイオリアクタ部を有して構築された。C 1 含有基質（基準及び試験）の制御は、ガス流測定装置 / 制御装置の設定に基づき、自動 pH 補償（制御）システムは、 NH_4OH の調整または他の塩基性中和剤流に基づいて、各リアクタ用に含まれた。リアクタステージは、細菌培養物の分離及び再生利用のための膜分離システムを含まなかった。ヒートトレーシング及びファンは、リアクタ温度制御のためのバイオリアクタ部に設置された。上下方向の仕切りを使用するバイオリアクタ部から離れて維持される分析部における機器は、二重カラムガスクロマトグラフ（ガス及び液体試料用の別々の GC カラム）と、ガス分析のための自動化された試料採取を可能にする弁 / アクチュエータとを、含んだ。分析部は、エタノール、酢酸（アセテート）、及び 2, 3 - ブタンジオールの濃度の決定のために、リアクタからの液体生成物の GC 内への手動注入用に構成された。分析の制御及び操作パラメータの処理のためのラップトップコンピュータが、この部分に含まれた。

40

50

【 0 1 0 4 】

より詳細には、ガスクロマトグラフは、ガス生成物の自動化された、連続の分析を可能にするために、外部のオープン、弁、アクチュエータ、及び6ポートの選択弁でカスタマイズされた。この弁は、GCも制御し、及びラップトップコンピュータから実行された、ソフトウェアによって制御された。ループを保持する弁及び試料のみが、主GCオープンの外部に構成され、他のカラム部品はオープン内に配置された。アクチュエータ及び弁のオープンからの隔離は、熱膨張及び収縮を防ぐ方法として選択され、それによって、動作寿命を延長し、保守を減少させた。GCの幅、及びGCの支持部品は、約80cmであった。GCとの使用のための他の機器は、ゼロエア発生装置と、熱伝導(TCD)検出器(高純度の純アルゴンで動作される)と、水素炎イオン化検出器(FID)(圧縮空気及び水素で動作される)とを含んだ。

10

【 0 1 0 5 】

バイオリアクタ及び分析部(冷却を可能にするための、約10cmの周辺を有する、GC及びGCの支持部品を含む)は、輸送用のための、内蔵型の箱内に取り付けられた。例えば活性炭を使用する、C1含有基質の前処理は、顧客のガスの質に依存して、「箱の外」の選択肢として考慮された。温度変動の追加の制御/最小化のために、ガス試験装置は、室内に収容されることができた(例えば、一時的な建物内に)。

【 0 1 0 6 】

[実施例 2]

実施例1のガス試験装置は、顧客のC1含有基質(試験C1含有基質)の設備試験のための顧客の現場に送られた。試験されるC1含有ガスは、リン生成プロセスの主要な副産物として生成される産業ガスとしてであった。典型的に、C1含有ガスは、顧客によって燃やされた。ガス試験装置は、試験C1含有基質が、生物学的変換プロセスによる生成物への変換に好適であったかどうかを決定するために、現場に送られた。

20

【 0 1 0 7 】

試験C1含有基質の組成が、表3に示される。

【 表 3 】

表3

バルク組成物				既知の汚染物質 (ppm)			
CO	N ₂	CO ₂	H ₂	PH ₃	H ₂ S	P ₂ O ₅	P ₄
72%	20%	1%	6%	1200~ 1400	0~ 1000	1000~ 2000	300~ 1000

30

【 0 1 0 8 】

試験C1含有基質のガス浄化は、典型的に、静電集塵装置及び水洗浄機を通して試験C1含有基質を通過することを含んだ。試験C1含有基質は、既知の汚染物質を除去するためにさらに処理された。さらなる処理は、2つの泡洗浄機及び活性炭床の使用を含んだ。第1の泡洗浄機は、炭酸ナトリウム溶液(5%)を含有し、第2の泡洗浄機は、硫酸銅溶液を含み、炭素床は、約10kgのCalgon社の「sulfi sorb 8 GAC」を含有した。

40

【 0 1 0 9 】

圧縮空気ガスブースターは、ガス試験装置の入口で2.0バールの最少を提供するように、処理された試験C1含有基質の圧力を増加するために使用されてもよい。

【 0 1 1 0 】

試験C1含有基質の好適性を評価するために、顧客の設備で3つの試験動作が実行された。試験動作1及び2は、処理された試験C1含有基質を使用して実行され、試験3は、原料/未処理の試験C1含有ガスを使用して実行された。

【 0 1 1 1 】

50

試験動作 1 は、次の組成を有する、処理された試験 C 1 含有基質を使用して実行された。

【表 4】

CO	PH ₃ (ppm)	H ₂ S (ppm)	P ₂ O ₅ (ppm)	P ₄ (ppm)
60%	1.0~1.8	53	15~60	20

【0112】

液体栄養培地が GST 反応容器に追加された。液体栄養培地は、リットルあたり、MgCl、CaCl₂ (0.5 mM)、KCl (2 mM)、H₃PO₄ (5 mM)、Fe (100 μM)、Ni、Zn (5 μM)、Mn、B、W、Mo、及び Se (2 μM) を含有した。本培地は、オートクレーブされ、オートクレーブの後、本培地はチアミン、パントテン酸 (0.05 mg)、及びビオチン (0.02 mg) が補給され、3 mM シス테인 HCl が減少された。

10

【0113】

窒素ガスが反応容器内に散布され、pH 及び ORP が調整される。GST 反応容器は、次に、凍結乾燥されたセルがシリンジを通して植え付けられる。凍結乾燥されたセルは、DSMZ (The German Collection of Microorganisms and Cell Cultures, Inhoffenstraße 7B、38124 Braunschweig, Germany) で堆積された、クロストリジウムオートエタノゲナム株 DSM 23693 であった。そして、投入ガスが、窒素ガスから処理された C 1 含有ガスに切り替えられた。

20

【0114】

試験動作は、5 日の期間にわたって実行された。4.2 日目、クロストリジウムオートエタノゲナム培養物の増殖が視覚的に確認された。5 日目、発酵培養液の GC 分析で、1.6 g/L のエタノール濃度、及び 5.4 g/L のアセテート濃度を確認した。

【0115】

試験動作 1 で、凍結乾燥された接種物の再生の成功を確認し、培養物の連続的な増殖を立証し、及び、培養物によるエタノール生成を立証した。試験動作 1 で、処理された試験 C 1 含有基質が、生物学的プロセスに好適であることを確認し、増殖に負の影響を有する、既知ではない汚染物質が試験 C 1 含有基質に存在しないことを立証した。

30

【0116】

試験動作 2 は、13% の CO 組成を有する、処理された C 1 含有基質を使用して実行された。増殖の視覚的な確認は、3.75 日目に確認された。4.75 日目に、同時のエタノール生成がない、5~6 g/L の比較的安定した酢酸濃度が示された。この結果は、供給不足の培養条件と一貫している。入ってくる C 1 含有物の CO 組成は、9.73 日目に 72% の濃度まで増加された。次の 3 日にわたって、観測されたエタノールの 8 g/L より多くの測定と共に、エタノール生成が観測された。

【0117】

試験動作 2 で、試験動作 1 の発見を確認した。

40

【0118】

試験動作 3 は、72% の CO 組成を有する、処理された試験 C 1 含有ガスを使用して開始された。培養物の増殖が一旦判断されると、ガスが未処理の試験 C 1 含有基質に切り替えられた。培養物は、ガス試験装置に供給される未処理の試験 C 1 含有物の 1 日の内に崩壊した。動作 3 で、原料 / 未処理の試験 C 1 含有ガスが、生物学的プロセスに好適ではないことを確認した。

【0119】

(装置動作 / 補助機器)

両方のバイオリアクタは、凍結乾燥された有機体、及び現地の供給者からのプロパンガ

50

スなどの合成ガスを使用して確立された培養物が充填された（植え付けられた）。合成ガスでの開始に続いて、1つのリアクタが、数日から数週間の試験期間に、流れの性能を検証するために、現場のガスに切り替えられる。現場のガスが十分な圧力、例えば、約3～約10バールの範囲の絶対圧力など、公称の少なくとも約2バールの絶対圧力で利用可能ではない場合、ブースターコンプレッサが、このような圧力まで現場のガスの利用可能な圧力を上げるために、必要に応じて使用されてもよく、それによって、バイオリアクタへの安定した投入を確実にする。バイオリアクタへのガス源を合成ガス（例えば、炭化水素ガスまたはプロパンガス）から現場のガスに切り替えるために使用される弁は、いくつかの場合において、代替の源からのガス流を可能にするための追加のポートを有してもよい。例えば、三方弁は、作業者が、窒素などの不活性ガスであってもよい、合成ガス、現場のガス、パージガスの中から源を変えることを可能にし得る。選択的なバッチの実行が、液体生成物のエタノール力価の増加を調べるために実行され得る。試験に必要とされる低い予定ガス流速（およそ2リットル/分）のために、ガス試験装置に存在しているガス生成物は、その源（例えば、顧客の排ガス流）に戻るか、またはそうでなければ大気に発散されるか、のいずれかであり得る。

10

【0120】

ガス試験装置に含まれるべき、機器、補助材料、及び補助、ならびに、予想される設備（顧客）の機器/要件、及び、ガス試験装置の実施/動作のために必要である、現地の販売者からのさらなる要件の例示の一覧は次のとおりである。

20

【表5】

ガス試験装置に含まれる	予想される設備	現地の販売者
コンプレッサ（必要であれば）	公称5バール圧力での現場のガス	合成ガス（N ₂ 、CO、
微生物	発散（または原点への戻り）	アルゴン、水素）
1 x 従業者支援	収容（空調された）	分析（GC-MS）
培地（粉末形状で）	水	研究所
ガラス製品	廃棄物処理	
化学物質（包装されて供給される）	ガス処理（選択）	
ガス処理（選択）	現場のガスについての情報：組成変動、汚染物質のアイデンティティ及び濃度	
操作指示/マニュアル	CO ₂ 消火器	
バイオマスプローブ（選択）	テーブル	
一般的な研究所の消耗品（シリンジ、管、針、フィルタ等）		

30

40

【0121】

（機能/目的/成果物）

ガス試験装置の動作に関連付けられるいくつかの重要な機能は、（1）設備によって供給されたガス組成の変更の範囲全体の、安定した、またはそうでなければ許容可能な操作、（2）未処理のガスにおける正の微生物増殖、（3）ガス及び液体試料の汚染物質のプロファイル、（4）合成混合物を使用してどこかで（現場以外の試験で）得られた性能目標、（5）合成ガスに対する現場のガスの使用によって、及び/または水道（現地の、飲料用の）水に対する、及びさらに購入された、蒸留水に対する、処理（現地の、現場の）

50

水の使用によって引き起こされた、あらゆる操作の不一致の、検証を含む。

【 0 1 2 2 】

予想される施設からのガスの、現場試験のさらなる目的は、(1) 合成ガスに対する、前処理を伴うか、または伴わない現場のガス、及び処理水でのバイオリアクタ性能の比較を得ることと、(2) ガス接種、微生物増殖、及び代謝物質の選択性への、微量化合物を含むガス汚染物質の影響を、汚染物質を有さない合成ガスと比べて、総計で評価することと、(3) 現場の処理水の影響を同様に評価することと、(4) さらなるガスの浄化 / 前処理が必要であるかを評価することと、(5) 現地の処理水が、希釈剤 (新鮮培地) の導入の様々な速度での細菌増殖を補助するかを評価することと、(6) 得られたデータでリアクタのモデルを検証する、または更新すること、及びそれによって、保証を提供するための基準として性能の予想を改善することと、(7) 例えば、既知の汚染物質と比較することによって、ガス前処理床 (吸着床) から脱離されたガス汚染物質の「死後」分析を得ることと、である。

10

【 0 1 2 3 】

ガス試験装置から得られた情報の結果として提供される重要な成果物は、計画及び予想される設備の必要性によって、変化する、及び依存することが予測された。成果物のいくつかの代表的な例は、(1) 設備が、生物学的変換プロセスを補助するガス流を提供することと、(2) 生成物 (エタノール) 及び代謝物質の選択性が、経済学の観点から許容可能であることと、(3) 提案されたガス精製策 (使用される場合) が効果的であることと、(4) 処理水または別の現地水源が許容可能であることと、(5) ガス組成変動の範囲が、許容可能であり、その影響が予測されることと、(6) ガス試験装置の GC 分析、及び他の情報が正確であることと、(7) ガス汚染レベル (検出される場合) が微生物培養物によって許容されることができると、の検証である。

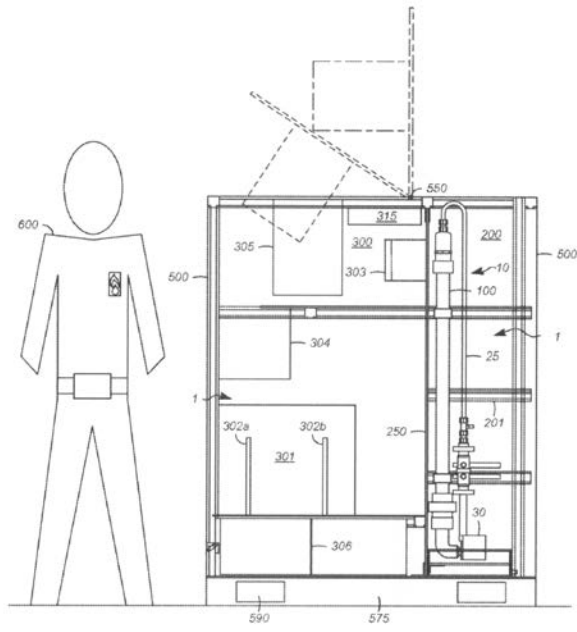
20

【 0 1 2 4 】

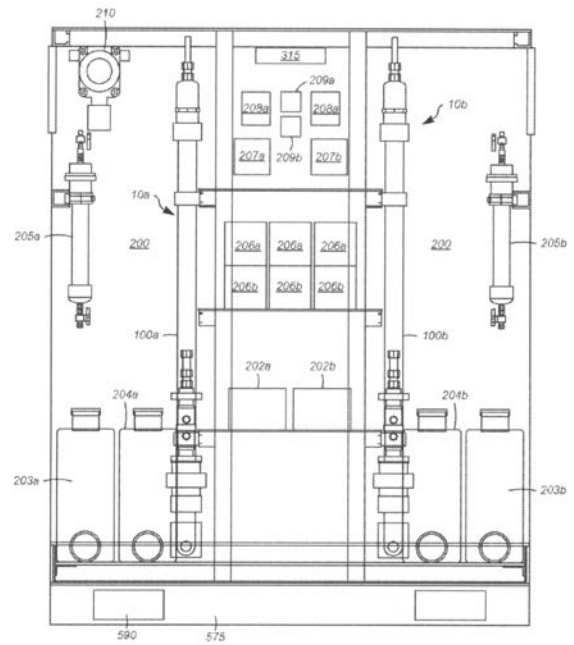
全体的に、本発明の態様は、生物学的変換プロセスにおける使用のために、及び、特に、エタノール生成のための CO 含有基質の微生物発酵のために、予想される設備で生成された、実際のガスの現場試験のための輸送可能な装置に向けられる。ガス試験装置、及び、試験 CO 含有基質の好適性を確立するための関連する方法ならびに方法論は、特に、そうでなければ、現場以外で商業用ガス組成をシミュレーションする試みから得られることができない、現実的で正確な性能予測、及び目的を得ることにに関して、本明細書において説明されるような多数の利点を提供する。当業者は、本開示から得られた知識で、本発明の範囲から逸脱せずに、本明細書に説明された装置及び方法において、様々な変更がされることができるとを認識するであろう。

30

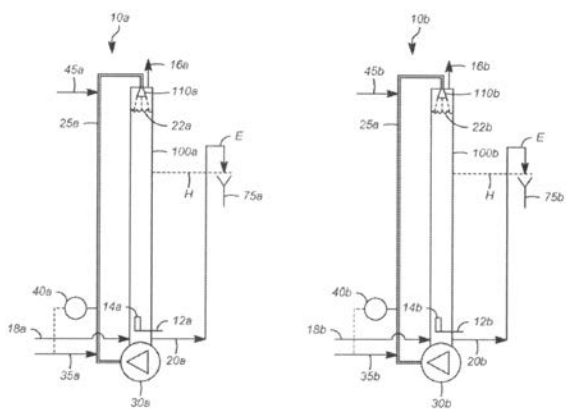
【図 1 A】



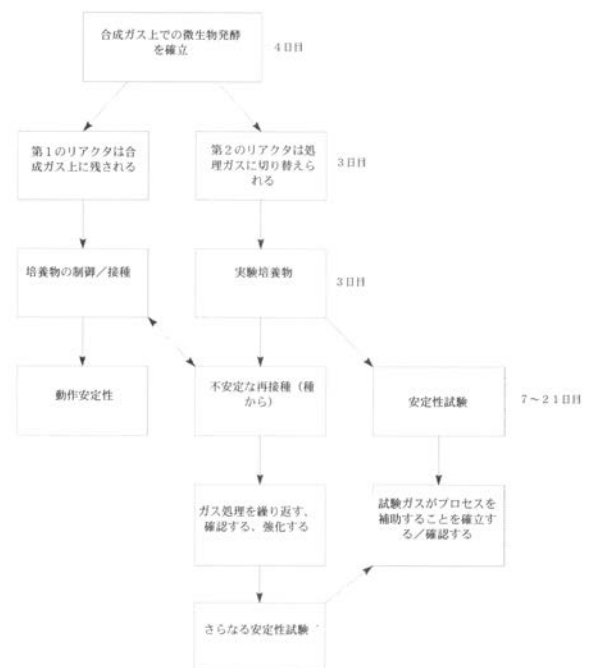
【図 1 B】



【図 2】



【図 3】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2015/056783
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G01N 30/88(2006.01)i, G01N 30/62(2006.01)i, G01N 33/00(2006.01)i, C12M 1/34(2006.01)i, C12M 3/00(2006.01)i, C12N 1/20(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) G01N 30/88; C12P 7/08; C12R 1/145; C12P 5/02; C12P 1/04; C12P 7/06; G01N 30/62; G01N 33/00; C12M 1/34; C12M 3/00; C12N 1/20		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: fermentation, carbon, alcohol, compare, suitability, reference, test, gas chromatography		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02-08438 A2 (BIOENGINEERING RESOURCES, INC. et al.) 31 January 2002 See page 3, line 20-page 6, line 15; page 1, line 13-page 30, line 16; claims 1-31; and figures 1, 2.	1-23
A	WO 2011-139163 A1 (LANZATECH NEW ZEALAND LIMITED et al.) 10 November 2011 See pages 4-30; claims 1-45; and figures 1, 2.	1-23
A	US 2007-0298478 A1 (OFFERMAN et al.) 27 December 2007 See paragraphs [0004]-[0079]; claims 1-18; and figures 15.	1-23
A	WO 2009-058028 A1 (LANZATECH NEW ZEALAND LIMITED et al.) 07 May 2009 See the whole document.	1-23
A	US 4568644 A (WANG et al.) 04 February 1986 See the whole document.	1-23
☐ 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 21 January 2016 (21.01.2016)		Date of mailing of the international search report 21 January 2016 (21.01.2016)
Name and mailing address of the ISA/KR International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-472-7140		Authorized officer CHANG, Bong Ho Telephone No. +82-42-481-3353

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2015/056783

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 02-08438 A2	31/01/2002	AU 2001-277103 A1	05/02/2002
		AU 2001-277103 B2	08/03/2007
		CA 2416500 A1	31/01/2002
		CN 1444658 A	24/09/2003
		EP 1303629 A2	23/04/2003
		EP 1303629 B1	05/07/2006
		JP 2004-504058 A	12/02/2004
		JP 4883872 B2	22/02/2012
		KR 10-0879577 B1	22/01/2009
		US 2003-0211585 A1	13/11/2003
		US 2008-0213848 A1	04/09/2008
		US 7285402 B2	23/10/2007
		WO 02-08438 A3	27/06/2002
WO 2011-139163 A1	10/11/2011	AU 2011-249140 A1	20/09/2012
		AU 2011-249140 B2	03/10/2013
		CN 103038353 A	10/04/2013
		TW 201207115 A	16/02/2012
		US 2013-0045517 A1	21/02/2013
		US 2014-0370559 A1	18/12/2014
US 2007-0298478 A1	27/12/2007	EP 2032710 A2	11/03/2009
		US 2009-0162914 A1	25/06/2009
		US 7608439 B2	27/10/2009
		US 7919290 B2	05/04/2011
		WO 2008-002538 A2	03/01/2008
		WO 2008-002538 A3	27/11/2008
WO 2009-058028 A1	07/05/2009	AU 2008-319515 A1	07/05/2009
		AU 2008-319515 B2	19/12/2013
		CN 101918567 A	15/12/2010
		CN 103290064 A	11/09/2013
		CN 103757059 A	30/04/2014
		EP 2212426 A1	04/08/2010
		EP 2212426 A4	03/10/2012
		EP 2212426 B1	12/08/2015
		EP 2650370 A2	16/10/2013
		EP 2650370 A3	25/12/2013
		EP 2660326 A1	06/11/2013
		JP 2011-500100 A	06/01/2011
		JP 5296797 B2	25/09/2013
		KR 10-1423365 B1	24/07/2014
		KR 10-1445995 B1	29/09/2014
		KR 10-2010-0100838 A	15/09/2010
		KR 10-2013-0094866 A	26/08/2013
		KR 10-2014-0023453 A	26/02/2014
		KR 10-2014-0065486 A	29/05/2014
		NZ 560757 A	30/07/2010
		RU 2010121637 A	10/12/2011

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2015/056783

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4568644 A	04/02/1986	US 2010-0317074 A1	16/12/2010
		US 2010-0323417 A1	23/12/2010
		US 2012-0309066 A1	06/12/2012
		US 2013-0316424 A1	28/11/2013
		US 8376736 B2	19/02/2013
		US 8383376 B2	26/02/2013
		US 8507228 B2	13/08/2013
		US 9127296 B2	08/09/2015
		None	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, 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, KM, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, 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

(72)発明者 ヘイジストラ, ビョーク ダニエル
アメリカ合衆国 イリノイ州 60077, スコーキー, スイート 400, ラモン アベニュー
8045

(72)発明者 シンプトン, シーン デニス
アメリカ合衆国 イリノイ州 60077, スコーキー, スイート 400, ラモン アベニュー
8045

(72)発明者 バーダコス, ニコラス
アメリカ合衆国 イリノイ州 60077, スコーキー, スイート 400, ラモン アベニュー
8045

(72)発明者 ブロムリー, ジェイソン カール
アメリカ合衆国 イリノイ州 60077, スコーキー, スイート 400, ラモン アベニュー
8045

(72)発明者 ヤップ, カイミン
アメリカ合衆国 イリノイ州 60077, スコーキー, スイート 400, ラモン アベニュー
8045

F ターム(参考) 4B029 AA01 AA08 BB02 FA12
4B065 AA23X AC14 BB02 CA60